

出國報告（出國類別：其他）

## 赴日本東京大學及福島再生能源研究所技術交流會議及參訪

服務機關：核能研究所

姓名職稱：黃金城 研究員

派赴國家：日本

出國期間：106年11月16日~106年11月22日

報告日期：106年12月7日



## 摘 要

本次赴日本公差主要分別前往東京大學土木工程系拜訪石原孟教授(Prof. Takeshi Ishihara)進行風能技術交流，以及位於日本東北福島縣郡山市喜久田區的國立產業技術總合研究所福島再生能源研究所(AIST/FREA)進行參訪並與其風能技術團隊負責人小垣哲也(Tetsuya Kogaki)博士進行技術交流會議與研討未來核研所與 FREA 在風能科研的技術合作。石原教授近年來與國內風電技術相關機構互動密切，並多次應經濟部標檢局及本所邀請進行技術講座加強台日再生能源技術交流。石原教授目前為日本風能協會會長並擔任國際電工協會(IEC)的風電技術標準委員會委員。而福島再生能源研究所在風能領域過去幾年則主要負責日本風機技術標準本土化研究，並與石原教授共同研究並提出日本建議之風機颱風設計標準並提交至 IEC 風機設計標準委員會審查。目前此風機颱風設計標準也已被國內經濟部標檢局引用，將為國內風電業者使用。由於技術標準主要根基於風機系統應用技術，本次前往參訪上述兩個學研機構主要增進雙方風能研發技術交流並研討未來本所與日本在極端氣候如颱風及地震等之交流合作機會，以俾利本所在風能技術領域之中長程研發規劃應用與國際合作。

## 目 錄

摘 要 .....	i
目 錄 .....	ii
圖 目 錄 .....	iii
表 目 錄 .....	iv
一、目的 .....	1
二、過程 .....	2
三、心得 .....	8
四、建議事項 .....	11
五、附 錄 .....	12

## 圖目錄

圖 1 石原孟教授(右)與黃金城博士合影.....	4
圖 2 黃金城博士與風工學實驗室結構強度實驗設施合影.....	5
圖 3 浮動式離岸風機載台縮尺模型.....	5
圖 4 小垣哲也博士(右)與黃金城博士合影.....	8
圖 5 黃金城博士於 AIST/FREA 風力園區.....	8

## 表 目 錄

表 1 行程表.....	2
表 2 赴日本公差行程會面之專業人員彙整表.....	3

## 一、目的

本所近年來執行科技部能源國家型科技計畫離岸風力主軸計畫，在離岸風力技術研發主要致力於建立本土化參考離岸風機及支撐結構整合動態設計載重分析之工程技術能力，並考量台灣特殊地理及氣候環境，進行極端氣候如颱風及地震等對於風機及支撐結構整合設計載重之影響，以作為本土化離岸風機及支撐結構整合系統設計，工程審核與降低成本及提升可靠度的參考。尤其因為離岸風機整體結構系統需要兼顧場址地理環境，並配合技術標準，以符合設計及驗證，供主管機關審核及銀行融資依據。所以近年來核研所離岸風力技術團隊亦針對國際技術標準如 IEC、DNV GL 及 ABS 等進行研究，檢討差異及本土適用性，而針對颱風影響的風機設計標準則以日本颱風設計標準為依據的最新版 IEC 61400-1 第 4 版及 DNV GL 設計導則有較多的著墨。針對日本於風機之颱風設計標準已提交給 IEC 標準委員會審議多年，預期將於明年正式納入並發行，由於台灣及日本皆為針對颱風於風機系統設計最為關注的國家，而經濟部標檢局並已於今年(2017 年)將日本的颱風設計標準納入國內風機設計標準，以供風機相關業者使用。

本所曾於今年 3 月首次邀請日本東京大學土木工程系石原孟教授(Prof. Takeshi Ishihara)蒞臨參訪，並進行離岸風電技術講座。此外並邀請科技部能源國家型計畫(NEP)離岸風力主軸計畫團隊以及相關產業界如中鋼、世曦工程等免費參加。該講座主要內容涵蓋離岸風機支撐結構基礎設計導則，也對於石原教授研究領域及團隊有初步了解。基於上述，本次赴日本公差主要分別前往東京大學土木工程系拜訪石原教授作為回訪，並進行風能技術交流，以及前往位於日本東北福島縣郡山市喜久田區的國立產業技術總合研究所福島再生能源研究所(AIST/FREA, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology/Fukushima Renewable Energy Institute )進行參訪並與其風能技術團隊負責人小垣哲也(Tetsuya Kogaki)博士進行技術交流會議與研討未來核研所與福島再生能源研究所(FREA)在風能領域可能的技術合作。

石原教授近年來與國內風電技術相關機構互動密切如金屬工業中心、台灣大電力研究中心等法人機構，並多次應經濟部標檢局邀請進行技術講座，以加強台日再生能源技術交流。石原教授目前為日本風能協會會長並擔任 IEC 的風電技術標準委員會委員，學術地位崇高並據產業機構與技術的聯繫管道。而 FREA 在風能領域過去幾年則主要負責日本風機技術標準本土化研究，並與石原教授共同研究提出日本之風機颱風設計標準並提交至 IEC 風機標準委員會審查，由於目前此風機颱風設計標準已被標檢局引用，未來離岸風電設置將為國內風電業

者使用。有鑑於，技術標準主要根基於風機系統應用技術，本次前往參訪上述兩個日本主要的學研機構主要為增進雙方風能領域研發技術交流並研討未來本所與日本在極端氣候如颱風及地震等之可能的交流合作機會，以俾利本所在風能技術領域之中長程研發規劃與應用。另，由於目前科技部與日本 AIST 有雙邊共同研究協定，並支持綠能領域的應用研究。因此，也將藉由此次參訪及會議研討，以促成本所與 AIST/FREA 未來於風能技術領域可能的國際合作。

## 二、過程

本次公差自 11 月 16 日至 11 月 22 日，為期 7 天。行程表如下表 1 所示。11 月 16 日由桃園機場搭乘華航 CI-104 班機抵達東京成田機場，並換乘機場電鐵至東京都。11 月 17 日則前往東京大學土木工程系拜訪石原孟教授並參觀其實驗室相關設施。11 月 18~19 日則為移動日除準備預計前往拜會 AIST/FREA 相關資料，也於 11 月 19 日早上搭乘日本新幹線高速鐵路由東京抵達日本東北福島縣郡山市，並隨即轉乘日本鐵路抵達預訂於磐梯熱海的飯店，抵達時間已近傍晚。11 月 20~21 日則是前往位於郡山市喜久田的日本國立產業技術綜合研究所 (AIST) 福島再生能源研究所 (FREA) 拜訪風能領域負責人小垣哲也博士進行交流討論並參觀其風力園區及討論本所未來與 FREA 在風能領域的可能合作機會。本次日本公差會晤之專業人員如表 2。

表 1 行程表

日期	公差地點	工作內容	備註
11月16日(四)	日本東京	啟程	華航 CI-104
11月17日(五)	日本東京	前往東京大學土木工程系拜訪石原孟教授及實驗室參訪	
11月18~19日 (六~日)	東京至郡山	移動日及準備資料	
11月20~21日 (一~二)	郡山日本福島再生能源研究所	拜訪福島再生能源研究所；技術交流會議及風力園區參訪	
11月22日(三)	東京-桃園	返程	華航 CI-105

表 2 赴日本公差行程會面之專業人員彙整表

單位名稱	姓名	職稱
東京大學土木工程系	石原孟 (Takeshi Ishihara)	教授
國立產業技術綜合研究所 福島再生能源研究所	小垣哲也 (Tetsuya Kogaki)	主任

以下分別就此次赴日本公差所參訪的兩個單位，進行說明。

(一) 拜訪東京大學土木工程系石原孟教授：

為因應國內能源轉型，近年來加速推動風力發電，去年新政府上台後，擬定各項再生能源推動方案，以配合 2025 年的非核家園政策。在風力發電方面，今年六月經濟部更發布四年的風力發電加速推動方案，規劃至 2020 年，以陸域風電安裝容量達到 814MW，離岸風電裝機容量達到 520MW 為加速推動目標。由於國內發展風電最為大家關切議題之一，為極端氣候條件對於台灣本土風電之影響如颱風及地震等對於風機之設計、運轉及維護，皆會影響風機之發電、安全及可靠度，甚至整體的風電成本皆會受到影響。而由於陸域風電將逐漸飽和及土地取得不易的問題，離岸風電將是台灣未來再生能源的主要選項。但是，離岸風機受到極端氣候之影響，預期將比陸域更加顯著。而有鑑於台灣與日本的地理環境近似，都是位於颱風及地震頻仍的國家，在發展風力發電所面臨的環境及氣候影響會比歐洲的經驗更加值得交流與學習。有鑑於此，過去幾年國內幾個離岸風電的研究機構如金屬中心、台灣大電力研究中心及台經院等，政府機構如經濟部標檢局及核研所都曾邀請東京大學土木工程系石原孟教授蒞臨進行颱風及地震於風力發電相關技術講座及研討，以獲得日本最新的極端氣候於風電發展的最新资讯。由於石原教授為日本東北大地震後，於福島地區海域進行浮動式離岸風場計畫的總主持人，而且目前也是日本風能協會會長，學術地位崇高並且與日本產業界有很好的鏈結。因此，本所也曾於今年 3 月邀請石原教授蒞臨，於本所舉行為期一天的離岸風機支撐結構設計導則的技術講座，並邀請參與科技部 NEP 離岸風力主軸計畫及國內主要參與離岸風電之產業界如中鋼及世曦工程等參與，以吸取日本相關的工程經驗，反應良好。而藉此，也得知石原教授近年來於颱風及地震對於風機及支撐結構工程設計及技術標準，研究涉略多年也負責日本相關風機系統設計於極端氣候的技術標準擬定，相當難得，也是非常值得核研所風力技術團隊學習及合作諮詢與交流的對象。

石原教授亦為東京大學土木工程系橋梁實驗室的負責人，因此對於各項橋梁結構設計以及風力影響設計，也有多項研究。依行程規劃 11 月 17 日由下榻飯店搭乘計程車抵達東京大學，隨即前往位於工程一號館的土木工程系造訪石原教授，於石原教授會議室研討議題廣泛，包括日本風電的設計驗證及我方所關注的風機受極端氣候如颱風及地震的設計與驗證技術等。會議中，石原教授提及日本唯一的風機驗證機構為日本海事協會 (Class NK)，其驗證項目包括小型風力機、陸域風機及離岸風機甚至是浮動式(Floating)離岸風機的驗證等，而石原教授亦是 Class NK 驗證機構的技術顧問。除此之外，Class NK 也正逐步建立日本國內的風機設計標準，以供日本未來發展風力發電的應用及依據，當然參照引用目前國外成熟先進的風機設計標準如 IEC、DNV GL 及美國船舶局 ABS(American Bureau of Shipping)等也是其團隊的主要工作之一。其實，近年來本所於台灣極端氣候如颱風及地震於離岸風機及支撐結構整合動態設計分析及國際標準的驗證，已有相關的研究成果，例如本所已從氣象局彙整 1977 年至 2015 年的颱風數據並建立工程應用的風速模式，也採用台電依據地震危害度建立第一期離岸風電預定場址於彰化外海的設計地震，並著手利用參考離岸風機及支撐結構受到颱風及地震影響的計算結果，以進行本土化參考離岸風機及支撐結構設計及驗證技術的建立，並也展開台灣未來離岸風機系統設計技術導則的建立工作。上述相關成果，也藉由此次會面及簡報如附錄一，與石原教授進行技術交流，及表達未來雙方合作的意願，也獲得石原教授的支持。除此之外，石原教授由於負責明年(2018 年)將在日本橫濱舉行雄偉再生能源國際研討會(Grand Renewable Energy 2018, GRE 2018)風能專題規劃，邀請黃金城博士擔任邀請演講貴賓，黃博士也於會議中欣然接受，也感謝有此參與國際再生能源研討會的機會。會議結束後，石原孟教授與黃金城博士合影如下圖 1。



圖 1 石原孟教授(右)與黃金城博士合影

隨後，石原教授帶領黃博士前往其主要進行風力實驗的風工學實驗室參觀。東京大學校園廣闊，與石原教授散步橫越校區馬路，抵達風力實驗室。此實驗室主要進行結構及風力模擬及測試驗證工作。有風洞實驗設施、結構強度實驗設施等，另外也看到過去幾年，石原教授領導福島浮動式離岸風場計畫，對於所採用浮動式載台的縮尺結構模型等。獲得石原教授的答應，也隨手拍幾張照片，以供參考如下。

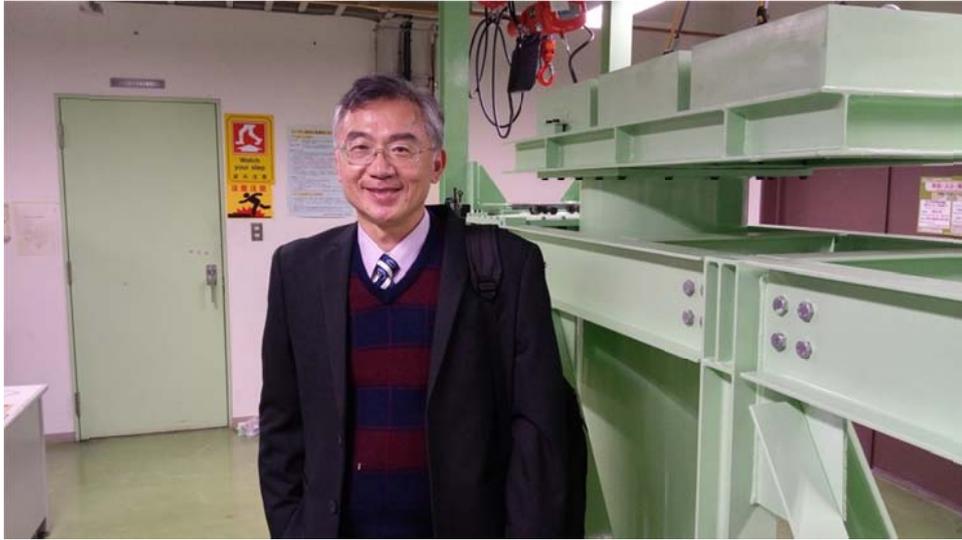


圖 2 黃金城博士與風工學實驗室結構強度實驗設施合影



圖 3 浮動式離岸風機載台縮尺模型

其中，結構強度實驗設施如圖 2 所示，主要用來進行風機塔架接合，例如法蘭本體及螺栓等結構的強度測試，藉由不同模擬條件的最大載重，於測試設備加載，配以應力應變的量測，得到結構體的力學反應。另外，由於前幾年石原教授領導福島海域浮動式

離岸風力計畫，對於採用的浮動式載台為半沉式(Semi-submersible)的載台設計，也進行為期一年的浮動載台模擬及縮尺結構測試驗證如圖 3，以獲知複雜的浮動載台動態平衡及風機運轉調控技術。其次，也告知石原教授，核研所離岸風力技術團隊目前也正參與規劃未來將與成水工試驗所等離岸技術團隊共同執行浮動式離岸風機技術計畫，其中也包括浮動載台的設計模擬與縮尺驗證，並計畫進行實海域的測試驗證，也令石原教授印象深刻。

## (二) 參訪福島再生能源研究所：

近年來，核研所離岸風力技術團隊執行科技部能源國家型科技計畫，進行離岸風機系統設計驗證技術建立及本土化離岸風機於極端氣候影響之國際風機設計標準比對及本土化導則建立需求。由於多次參與離岸風力相關技術交流及研討會議，因而有機會結識東京大學石原孟教授，也由石原教授介紹知道日本風機標準相關的研究，也是位於日本東北福島縣郡山市國立產業技術總合研究所(AIST)福島再生能源研所(FREA)的主要研究項目。而由於風力研究項目鏈結的原因，石原教授及 FREA 風能技術領域負責人小垣哲也博士也是共同研究的合作夥伴。因此，於此次公差之前，也蒐集 FREA 相關的背景資料，了解 FREA 之小垣博士於風機系統於颱風設計標準研究多年，也與石原教授共同完成目前日本風機颱風設計標準所定義的颱風等級(Typhoon Class)極端風速條件達 57 m/sec 的相關技術研究，其有別於目前國際風機標準 IEC 61400-1 針對極端風速於 50 年 10 分鐘平均風速第一級 (Class I) 為 50 m/sec,第二級 (Class II) 42.5 m/sec 及第三級 (Class III) 37.5 m/sec。值得注意的是，由東京大學石原教授及 FREA 小垣博士共同研究及推動的日本風機颱風等級設計風速相關設計標準，也於幾年前正式由小垣博士代表日本風能協會前往 IEC 技術標準委員會說明，並納入新版 IEC 61400-1 Edition 4 審查程序，而據悉依據目前審核進度，預計在明年 IEC 61400-1 Edition 4 將可以正式出版，屆時將可望成為國際上對於風機設計於颱風等級設計考量的國際標準。不過，國內經濟部標檢局則已於今年初正式將日本的颱風等級納入國內風機設計標準，以供目前風電開發商尤其是離岸風電開發商可以依據，以因應國內特殊的風機抗颱風設計參考。有鑑於以上，因此特別在此次緊湊的行程規劃特別與小垣博士聯繫，並表達為石原教授所引薦，希望可以前往 FREA 進行風能研發領域的參訪與進行雙方研究所目前於風能及離岸風力相關領域的研發項目，並進行未來建議可以合作的項目討論。

本次參訪為首次前往位於日本東北福島縣郡山市喜久田區的福島再生能源研究所，並依據行程規劃於 11 月 20~21 日前往以配合 FREA 的安排。由於事前已有一定的準備，也由上述說明背景獲得 FREA 小垣博士已執行的相關技術議題及成果，所以技術交流討論會議進行相當順利。而藉由簡報(如附錄一)，向小垣博士說明來訪目的，介紹本所沿革、組織以及本所機械系統專案目前分工與執行風力技術研發的計畫內容與科技部能源國家型計畫離岸風力主軸計畫等相關技術研發成果。小垣博士也簡報日本目前風能研究現況以及分享 FREA 在風能技術領域的研究成果。相關的簡報資料，請見附錄二。小垣博士對本所其實並不熟悉，但是也詢問國內工研院與本所組織上的差別，以及風能研究於國內情況等，尤其也關心本所在風能技術上的研發項目及成果。他表示，AIST 與工研院有簽署合作備忘書並即將於工研院設置技術交流連繫辦事處，但是目前在風能領域則尚未有具體的合作研發項目規劃與進行。我方則表達此行另外的目的，則是希望藉由雙方於風能技術研發的相互了解，加強合作，尤其建議可以在日本及台灣於颱風極端風速方面的資料蒐集與數據，以及應用於風機技術標準進行合作。另外，由於本所離岸風力技術團隊已執行科技部 NEP 離岸風力主軸計畫多年，並已建立國內本土化參考離岸風機及支撐結構整合動態載重設計驗證技術，可進一步藉以應用至檢討台日雙方於極端風速條件下的相關技術議題，也是值得 FREA 與核研所於風能領域合作的項目。其次，我方也特別介紹目前科技部與 AIST 有簽訂雙邊技術合作協定，每兩年徵求雙方共同合作計畫，今年 10 月份已計畫書徵求截止，科技部與 AIST 合作計畫徵求相關資訊如附錄三。而此項國內科技部與 AIST 共同合作計畫則預計 2019 年將再次徵求，或許也是一個很好的合作機會。尤其在風機颱風設計標準，日本及台灣地理環境相似，屆時相關研究成果，將有助於實際應用於主管機關如經濟部能源局與標檢局及相關風電產業單位等。

此外，於 FREA 拜會期間，也前往其 300kW 風力園區進行參觀。由於正值其實驗進行，並無法太過靠近，但是經由解說了解其 300kW 風機也是主要作為其風機的技術研究平台，此與本所風力園區目前主要以 25kW 及 150kW 風機為主要技術研發平台非常相似。FREA 300kW 的風機在 Lidar 偵測風速並作為風機調控的測試實驗也持續進行，也將發展最新的風機調控技術，以供風機系統研發之應用。



圖 4 小垣哲也博士(右)與黃金城博士合影



圖 5 黃金城博士於 AIST/FREA 風力園區

### 三、心得

本次赴日本公差主要分別前往東京大學土木工程系拜訪石原孟教授進行風能技術交流，以及前往位於日本東北福島縣郡山的福島再生能源研究所(FREA)進行參訪，並與其風能技術團隊負責人小垣哲也博士進行技術交流會議與研討未來本所與FREA在風能領域的技術合作。本次行程雖然緊湊，但由於事前蒐集資料完備，因此整體而言，相當順利。以下為本次公差的主要心得：

(一) 東京大學土木工程系石原孟教授目前為日本風能協會會長，學術地位崇高並為國際有聲譽學者。石原教授主要研究領域廣泛包括橋梁結構、風機系統結構及風場風資源數據應

用等。石原教授說明其早期也曾於清水建設工作，進入東京大學從事研究，也特別注意研究與工程及產業應用。石原教授也積極參與日本技術標準委員會，目前也代表日本參與 IEC TC88 技術標準委員會。此外，也擔任日本風機主要驗證機構 Class NK 擔任技術顧問，提供必要的技術諮詢。其次，石原教授也與相關產業單位維持緊密的鏈結，他舉例而言，透過技術標準訂定與技術議題討論，產業界也非常關心。因為直接攸關其風機產品設計製造等，因此可以發掘主要的研究課題，也是產業界必要的具體研發投資目的。而如無具體應用目標，與產業界研提合作計畫，則通常較不容易獲得產業界的共識，共同支持應用研究。以上，可以值得讓我風機技術團隊思考並加以學習，除於研究所內深植技術研發，也應更積極參與技術標準相關研議及與產業界加強互動等，以加深加廣風機應用技術研發能量。

(二) 東京大學石原教授積極參與國內風電建設及相關技術領域，尤其非常關心台灣離岸風電發進度。石原教授參與由日本新能源及產業技術總開發機構(NEDO)領軍，向經濟部標檢局爭取合作的日製離岸風機在台實證先期研究計畫仍持續溝通及規劃。參與的日本單位包括 NEDO、日本日立公司、清水建設、日本海事協會(Class NK)及東京大學石原教授團隊。將採用日立最新 5MW 抗颱風設計離岸風機於台灣台中港附近海域適當海域進行實證計畫包括設計分析模擬及測試驗證相關工作。而此可能的台日離岸風力共同合作計畫，今年年初本所也經標檢局同意加入團隊，並負責離岸風機及支撐結構整合設計模擬相關技術並與日方進行必要的技術聯繫討論。此部分台日共同合作的離岸風機實證計畫，具特定意義，尤其在技術標準及極端氣候共同研究上，具指標意義。然而，牽涉不同工程領域及機構，例如清水建設需求設計地震及支撐結構工程資訊，日立公司為風機製造廠家關心颱風風速及國內風機系統設計計算依據等，未來應可藉由與石原教授建立適當聯繫管道，有助於進一步的研討溝通。而未來如確定執行，也會讓整體工作的進行，更加順暢。

(三) 2011 年 3 月 11 日發生東日本大地震，引起海嘯並造成嚴重的福島核災，在一片救災如火如荼，日本政府於 2011 年 7 月制定「東日本大震災復興基本方針」，國立產業技術總研究所(AIST)於 2014 年於福島縣郡山市郊喜久田區成立福島再生能源研究所(FREA)，推動再生能源技術研發及鏈結產業群聚以加速重建。FREA 除大量開發及引進再生能源的新技術，並與當地的企業及大學積極合作開發及培育能源科技人才。FREA

主要於再生能源研發領域包括(1)智慧電網技術結合太陽電、風電等分散式電力來源及儲能技術(2)製氫技術(3)高性能風機關鍵技術研發技術(4)薄型結晶矽太陽能電池模組技術(5)地熱開發應用技術等。FREA 兼顧能源技術研發與示範場域，而且與產業鏈結非常密切，在短短約 3 年的籌畫於 2014 年成立，迄今已有不錯的成績。反思國內目前正值能源轉型，科技部能源國家型計畫也即將於 2018 年退場並著手擘劃未來的沙崙綠能科學城，將涵蓋綠能聯合研究中心及綠能示範場域。應借鏡福島再生能源研究所的規劃與經營，並可進一步鏈結日本 AIST/FREA 與沙崙綠能科學城及學研界與法人機構等之國際交流合作。

(四) 風能技術為 FREA 主要再生能源研究項目之一，近年其主要重點為先進的光達(Lidar)量測結合風機運轉調控以藉由風速風向的早期預測，調控葉片旋角及轉子與機艙轉向機構達最佳運轉時機，以提升風機的運轉發電量，依據其預估可提升 5%以上。另外，近年來 FREA 的風能技術團隊也結合日本氣象廳，建立日本全國風能地圖，利用天氣研究與預報模式 WRF 技術開發相關系統，以國家資源提供再生能源應用需求。

(五) AIST/FREA 在風能領域除以上較近的研發項目，其負責人小垣哲也博士早期專注於颱風設計標準研訂，並與東京大學石原教授共同執行，也完成颱風設計標準並前往 IEC 技術標準委員會說明，而後獲 IEC 納入 IEC 61400-1 第四版(即將出版)審核過程，近期將出版，IEC 61400-1 也將有颱風設計風速的相關標準設計依據。此部分對於部分颱風發生頻仍的西太平洋亞洲國家相當重要。經與小垣博士研討，也讓其了解台灣目前離岸風電的發展與在極端氣候條件於離岸風機設計及驗證技術上的技術需求，以及核研所過去幾年執行 NEP 離岸風力主軸計畫，主要建立台灣本土化參考離岸風機及支撐結構整合動態設計載重分析技術，希望延伸用此技術基盤，檢視國際極端風速如颱風的設計條件，也包括日本已訂定的風機颱風等級設計標準。而本所與 FREA 可以在此研發項目上，雙方進行更進一步的合作。雖然，也獲知小垣博士的團隊目前研發計畫已不涵蓋上述極端風速領域，不過在此雙方技術交流會議上，經充分討論，以及獲悉我方說明，科技部與日本 AIST 目前有雙邊共同合作計畫徵求補助協定。小垣博士表達可以在後續保持密切聯繫，並對核研所於所謂本土化離岸風機及支撐結構整合設計驗證技術，可應用於檢討日本與台灣颱風設計標準及相關分析條件如檢討日本風機在台灣適用性的研究等，表示相當的興趣。

#### 四、建議事項

- (一) 建議本所應持續關注標檢局與日本 NEDO 推動的日製離岸風機在台實證計畫規劃情形，並與日方實證計畫團隊包括日本日立公司、清水建設及日本海事協會保持必要聯繫。由於東京大學石原教授也是其團隊主要成員，建議本所可主動與石原教授保持密切聯繫，將有助於本所參與離岸風機實證計畫有關風機及支撐結構整合設計驗證，以及考量本土極端氣候條件之影響的技術開發與應用，並將讓計畫聯繫及推動，更加順暢。
- (二) 本所執行科技部能源國家型科技計畫離岸風力主軸計畫的重點項目之一為建立本土化參考離岸風機及支撐結構整合動態分析與設計驗證技術，並考量極端氣候如颱風於離岸風機設計影響。有鑑於，日本福島再生能源研究所(FREA)風能領域負責人小垣博士及其團隊，主要負責日本風機颱風等級設計標準，並將正式納入國際標準 IEC 61400-1 第 4 版。甚且，國內標檢局於今年年初也將此日本風機颱風等級設計標準，正式發布為國家風機設計標準引用，以供國內未來風電開發使用。因技術標準根源於技術基盤，核研所為政府能源主要研究機構，應持續專注於此颱風極端氣候於風機設計標準本土化的影響評估技術。建議應與 FREA 小垣博士繼續保持聯繫，並應將爭取本所與 AIST/FREA 共同合作計畫，於科技部與 AIST 雙邊合作協定下執行為努力目標。
- (三) 國內正值能源轉型，科研界並將由綠能產業推動中心統籌規劃，打造沙崙綠能科學城包括綠能聯合研究中心及示範場域。日本 AIST/FREA 成立於 2014 年，迄今約 3 年，成績斐然。FREA 兼顧能源技術研發與示範場域，而且與產業鏈結非常密切，其規劃及經營可以做為未來國內發展綠能科學城的參考。

## 五、附 錄

### 附錄一、赴日本公差介紹核研所風能技術研究簡報



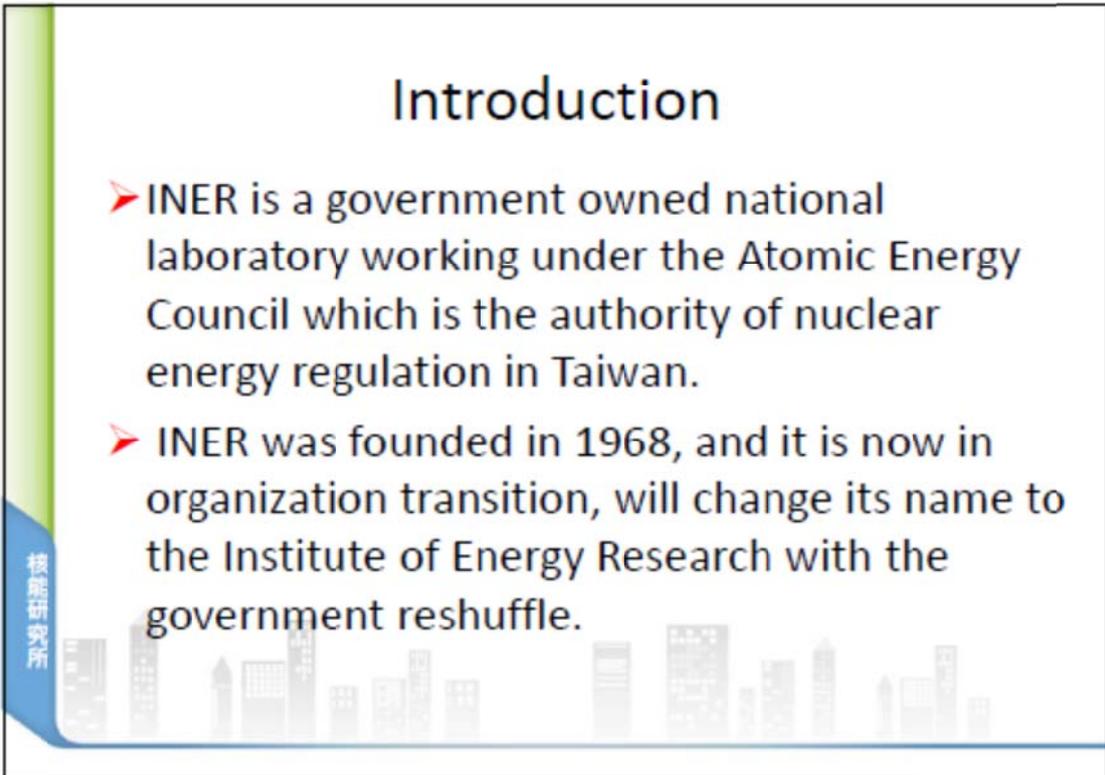
**Researches on Wind at INER**

**Chin-Cheng Huang, PhD**  
**Director**  
**Mechanical and System Engineering Program**

**At AIST-FREA**  
**November , 2017**

ENER Institute of Nuclear Energy Research

The slide features a central graphic of a globe with a wind turbine and solar panels, with a green arrow pointing right. The background is a light blue grid pattern.



**Introduction**

- INER is a government owned national laboratory working under the Atomic Energy Council which is the authority of nuclear energy regulation in Taiwan.
- INER was founded in 1968, and it is now in organization transition, will change its name to the Institute of Energy Research with the government reshuffle.

核能研究所

The slide has a vertical green bar on the left with the text '核能研究所' (Institute of Nuclear Energy Research) written vertically. The background features a city skyline silhouette at the bottom.



# Introduction

## ■ Vision

To provide integrated strategies and technical supports for energy security, environment protection and civilian health.



## ■ R&D Fields

Energy & Environment  
45%

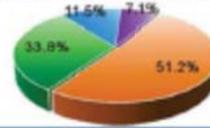
Radiation Application  
31%

Nuclear Safety  
24%

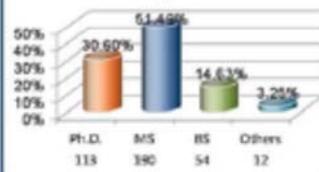
Human Resource Profile Total 1337  
(including contract manpower 668)

Staffs of INER 669

• Scientist 369 • Technician 217  
• Administrator 85 • Others 51



Statistics of staffs in Education Degree



Institute of Nuclear Energy Research

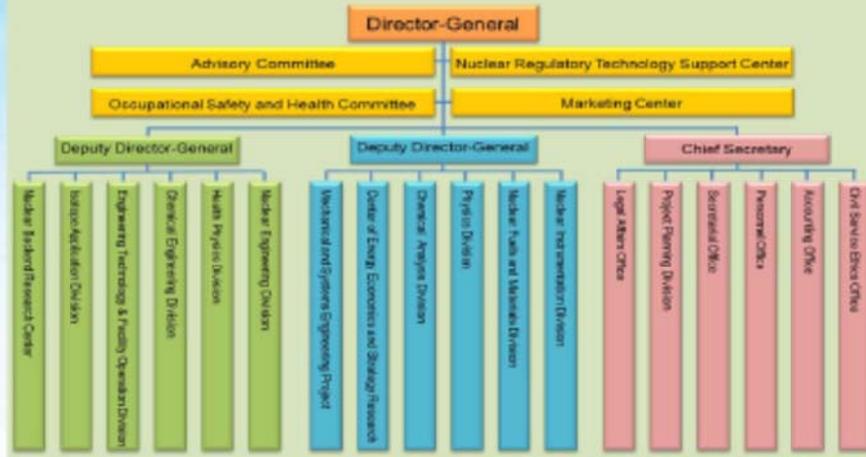
2

核能研究所



# Introduction

## Organization Chart of INER

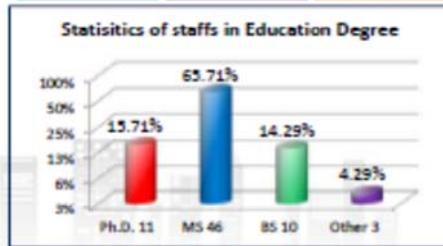
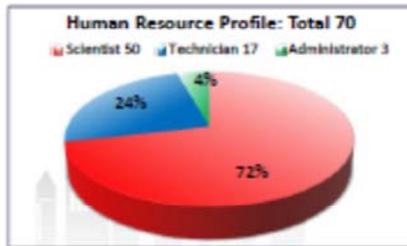
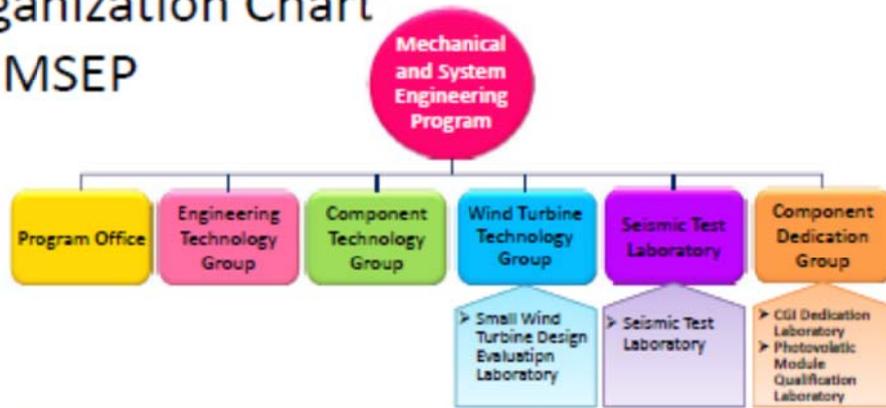


Institute of Nuclear Energy Research

3

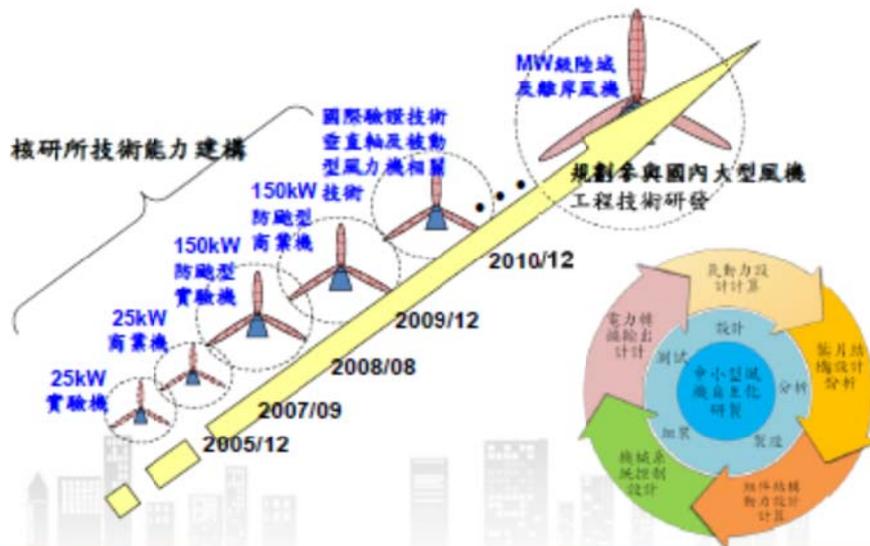
核能研究所

# Organization Chart of MSEP



核能研究所

# Chronology of Wind Turbine Technology Development



核能研究所

## R&Ds on Small Wind Turbine



25KW Wind Turbine



150KW Wind Turbine



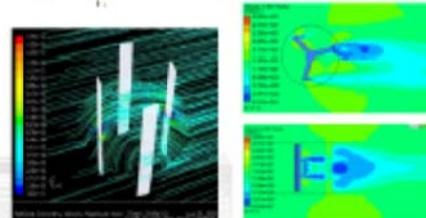
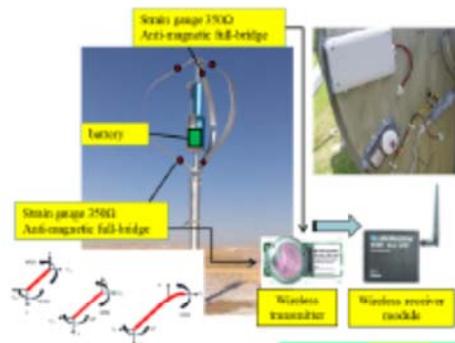
Assembly and Test for Wind Turbine

核能研究所

- INER has a test wind park with small wind turbines for R&Ds. Main budgets are from government, some are from industry.
- In the last few years, research projects on offshore wind increased.

## R&Ds on Vertical Axis Wind Turbine

- Capability of designing small VAWT with CFD tools/simplified Load model design.
- Load measurement on blades for verification.
- Small wind turbine design evaluation Lab has been accredited by TAF for small wind turbine certification.

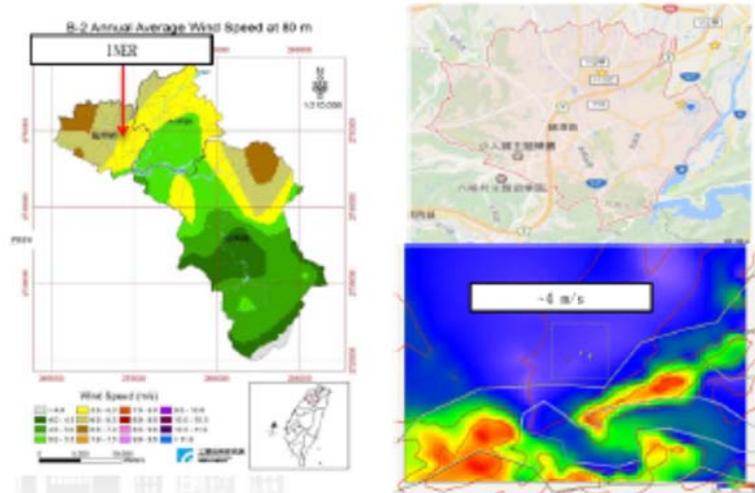


CFD simulation

核能研究所

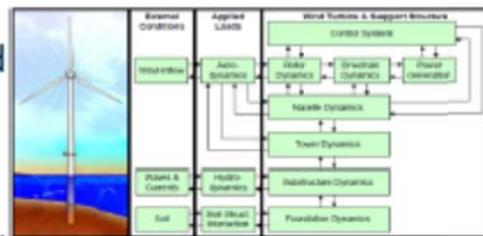
# Wind Energy Assessment

- Micro-siting for forecasting of wind energy and AEP by WAsP

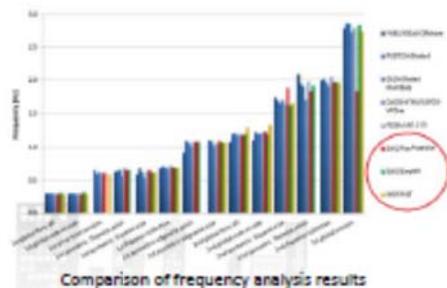


# R&Ds on Offshore Wind

- Perform Integrated dynamic load analysis for offshore wind turbine with monopile/jacket support structure.
- IEA wind Task 23/30 OC3 and OC4 were followed and NREL 5 MW reference offshore wind turbine was used.
- With the design verification of load cases for wind turbines, dynamic load analysis models of offshore wind turbine can be developed and improved.
- Join the OC5 international program (2014-2018) as an observer.

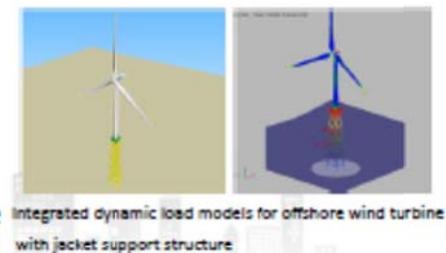
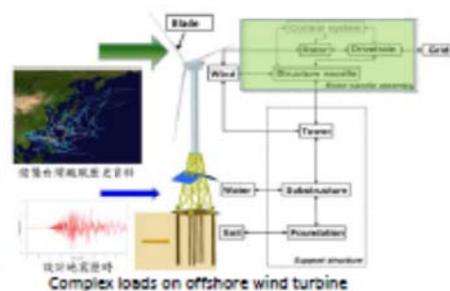


Source: NREL  
Integrated dynamic load analysis for offshore wind turbine



## R&Ds on Offshore Wind

- With the international standards as IEC, DNV, GL, etc. the adequacy of these standards used in Taiwan is to be examined.
- Develop the dynamic load analysis models to examine the influences of typhoon and earthquake on the reference wind turbines. The Taiwan domestic reference offshore wind turbine can be thus developed.
- Some of the related typhoon data and earthquake data have been collected. The corresponding statistic distributions of extreme wind speed with typhoon, and the time history of earthquake load have been used to perform the integrated dynamic load analyses.



11

## Potential collaborative projects between AIST-FREA and INER

- There is a bilateral co-project promotion between MOST(Taiwan)-AIST(Japan) in 2017. Five technical areas are to be covered. Area of energy and environment is one of them.
- INER is a national lab. and has high interests in collaboration with the AIST-FREA in the future.
- The biyearly call-for-proposal for the co-project ended in Oct. It is expected to have the collaboration between AIST-FREA and INER in 2019 and after.
- The potential co-project would be focused on the study on the wind data of Japan and Taiwan, dynamic load analysis and verification for offshore wind turbine under the extreme wind conditions.

12



2017.11.21



# WIND ENERGY

## Recent Status of Wind Energy in Japan and R&D activities at AIST-FREA

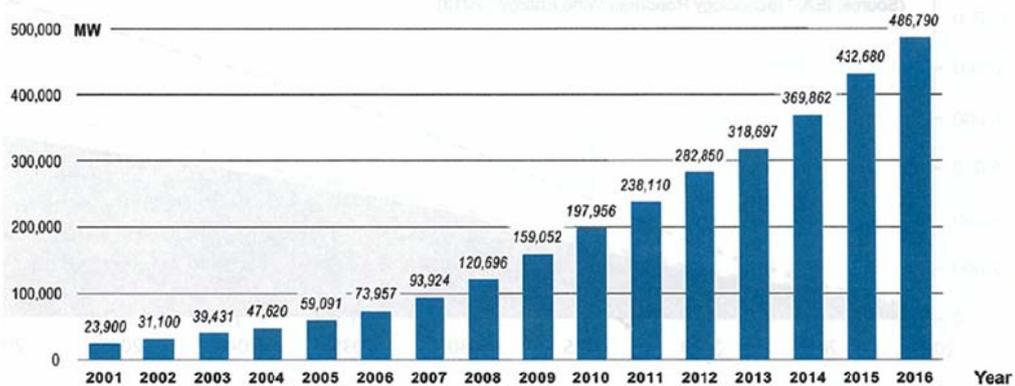
Tetsuya KOGAKI

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

NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)

1

## Global Cumulative Installed Capacity of Wind Energy



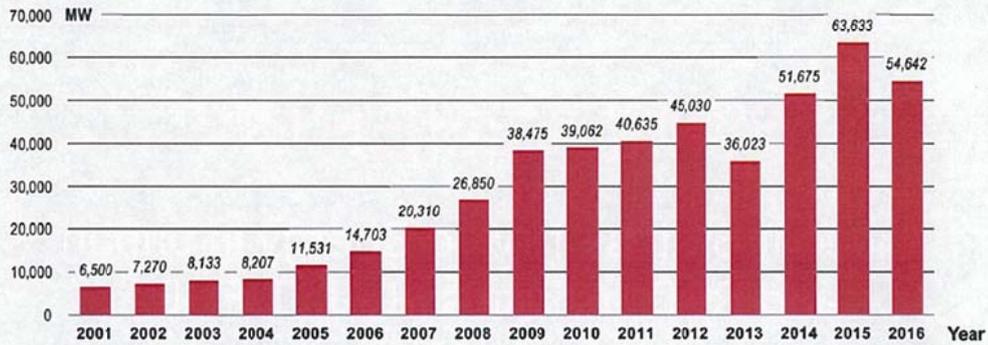
Source: GWEC, "Global Wind Report Annual Market Update 2016", 2017

- At the end of 2016, 487 GW.
  - Approx. **250,000 turbines** (Average rated power of 2MW is assumed).
  - Approx. equal to **120 nuclear reactors** of 1GW capacity (The average capacity factors for nuclear power generation and for wind turbine generation are assumed to be 80% and 20%, respectively).

NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)

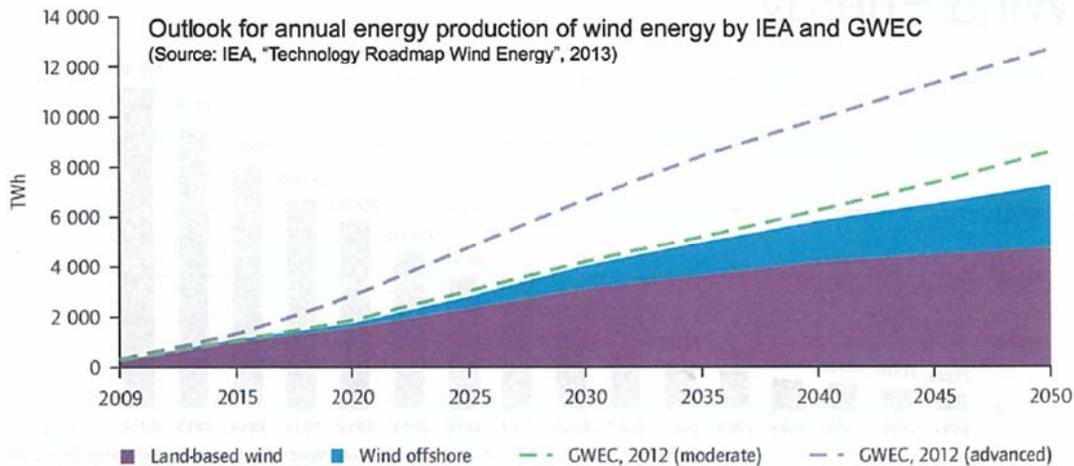
2

# Global Annual Installed Capacity of Wind Energy



- Increased steadily in 2005 to 2009.
- Leveled off for few years since 2009 by the effect of economic downturn precipitated by the Lehman Brothers bankruptcy in 2008.
- Sign of recovery was shown in 2012, however, significant decrease in 2013, then recovery in 2014.
- Total installed cost is about 300,000 JPY/kW (3,000 USD/kW).
  - The current annual installed capacity is equivalent to about 15,000,000,000 JPY (150 billion USD)

# Prospect of Wind Energy



- Outlook drafted by International Energy Agency (IEA) and international wind industry association (GWEC).
- There is a difference of outlook of AEP among scenarios,
  - About 1,500 - 3,000 TWh/year in 2020.
  - About 3,000 - 6,000 TWh/year in 2030.
  - About 4,000 - 12,000 TWh/year in 2050.

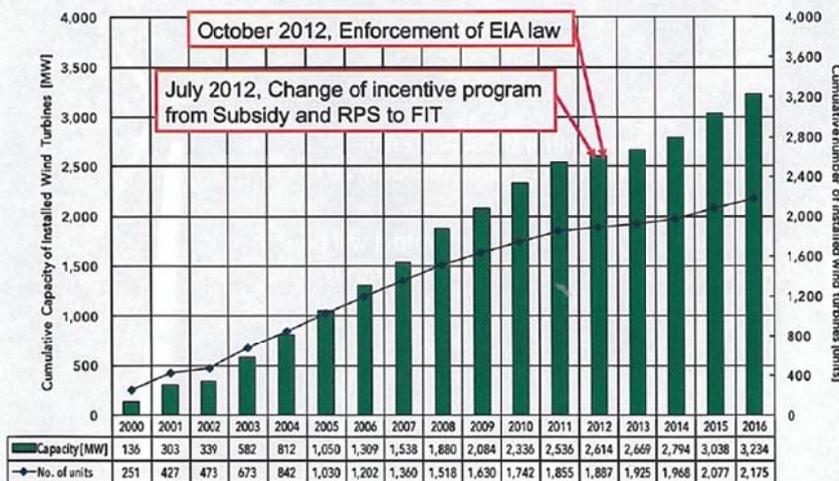
# Status of Wind Energy Development in Japan

Total installed wind generation	3,234 MW* (3,038 MW, 2015)
Offshore	59.6 MW* (52.6 MW, 2015)
Annual net increase	195 MW* (244 MW in 2015, 130 MW in 2014)
Total electric output from wind	5.3* TWh/year (5.222 TWh/year in 2015)
Wind generation as % of national electric demand (953.5 TWh)	0.55 %* (0.55 % in 2015)
Target:	N/A
Prospect:	10 GW by FY2030**

\* Statistics at the End December 2016 (JWPA).  
 \*\* The Long-term Energy Supply and Demand Outlook (2015, METI).

# History of Total Installed Capacity

- 3234 MW, 2175 units at the end of 2016
- +195 MW in 2016



- The process of assessment and approval of EIA takes **about three to five years**.
- There are about 2-GW of new wind power projects have almost finished EIA process and got FIT approval, and more 6 to 7GW of projects are in the EIA process now.

## New Wind Farm in 2015 (Land, Complex Terrain)



Eurus Yurikogen Wind Farm in Akita prefecture  
Siemens 3-MW x 17 turbines, Total capacity of 51 MW  
Source: Eurus Energy Holdings Corporation

## New Offshore Wind Turbine in 2015

- A MHI 7-MW offshore wind turbine with a 3-column semi-submersible type floating foundation has installed in July 2015.
- The 5-MW Hitachi downwind wind turbine was under manufacturing for Fukushima FORWARD project and it will be installed on the advanced spar type floater manufactured by JMU and it will start operation in 2016.



Source: Fukushima Offshore Wind Consortium

## New Offshore Wind Turbine in 2017

- The 5-MW Hitachi downwind wind turbine manufactured for Fukushima FORWARD project was installed on the advanced spar type floater manufactured by Japan Marine United Corporation (JMU) and it will start official operation in 2017.



Source: Fukushima Offshore Wind Consortium

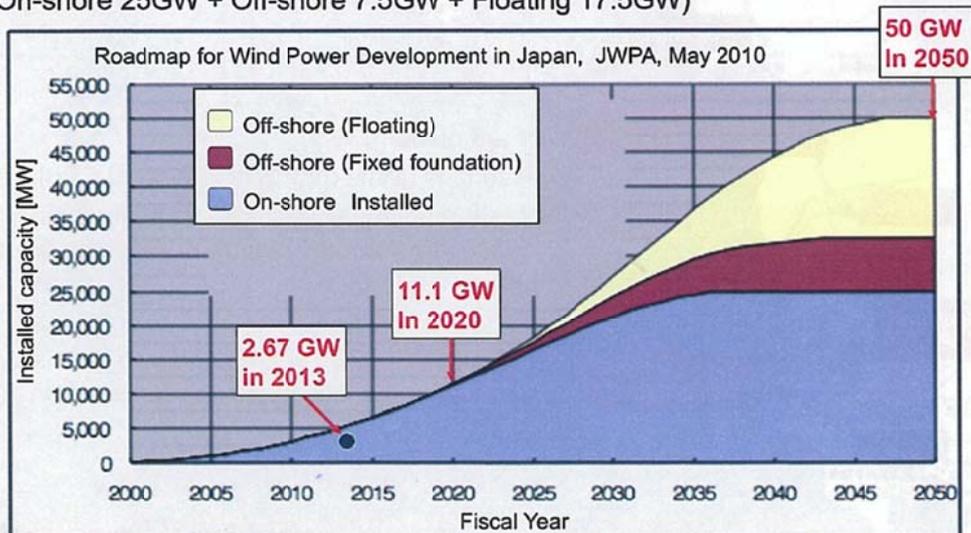
NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)

9

## Roadmap by JWPA (Japan Wind Power Association)



- Wind power shall supply 10% electricity demand in Japan by 2050.
- Installed capacity shall be 11.1GW in 2020 and 50GW in 2050.  
(On-shore 25GW + Off-shore 7.5GW + Floating 17.5GW)



Courtesy of JWPA

NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)

10

# Economics in FY2015

Economic Impact of Wind Power Development	
Estimated number of jobs	Annual sales
<b>3,200 People*</b> (61 companies, 72 factories)	<b>84.1 Billion JPY*</b> (765 Million USD**)
Estimated average turbine cost and total project cost for FY2015 (No change in recent years)	
Turbine cost	Total installed cost
<b>200,000 JPY/kW</b> (1,818 USD/kW**)	<b>300,000 JPY/kW</b> (2,727 USD/kW**)

\* Research report by Economic Research Institute in Japan Society for the Promotion of Machine Industry  
 \*\* Currency rate: 1 USD = 110.00 JPY

Courtesy of JWPA, JWEA

NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)

## Influence of Crisis of Earthquake & Tsunami

- Earthquake (M9.0)
- Tsunami (Max. run-up height of 40.1 [m] a.s.l.)
- More than 20,000 victims including missing mostly by Tsunami along the coastline of pacific ocean
- Only one wind turbine neighbor to Kamisu wind farm leaned a little by severe liquefaction.

©2011 Google - Map data ©2011 ZENRIN - Terms of Use

12

# Semi-offshore wind farm survived Tsunami attack

- **Survived a direct hit from the tsunami!**
- Shut down automatically by the earthquake, but resumed normal operation when the grid was recovered.
- Other petrochemical complex and port facilities were severely damaged.
- Wind farm owners were asked to maximize operations in order to supply much needed electricity to the North Eastern part of the country.



- The first open-sea offshore wind farm in Japan
- 14 MW
- 7 FHI/Hitachi SUBARU80/2.0 2 MW downwind turbines, at Kamisu, Ibaraki
- Foundation: Monopile



# Research Wind Turbine in FREA

## Features:

- High resistance to severe conditions (high turbulence, typhoons and earthquakes)
- Easy transportation and installation



Tower was supplied by local manufacturer (AIKAWATEKKO Inc.)

Rotor diameter: 38 m

Hub height: 41.5 m

## Wind turbine

Rated Power: 300 kW

Manufacturer: KOMAIHALTEC Inc.

Model: KWT300

(Specifications)

Rated wind speed: 11.5 m/s

Cut-in wind speed: 3.0 m/s

Cut-out wind speed: 25 m/s

Survival wind speed: 70 m/s

Upwind type

Inductive generator

AC-DC-AC convertor

Active yaw, Active pitch control

## PV system

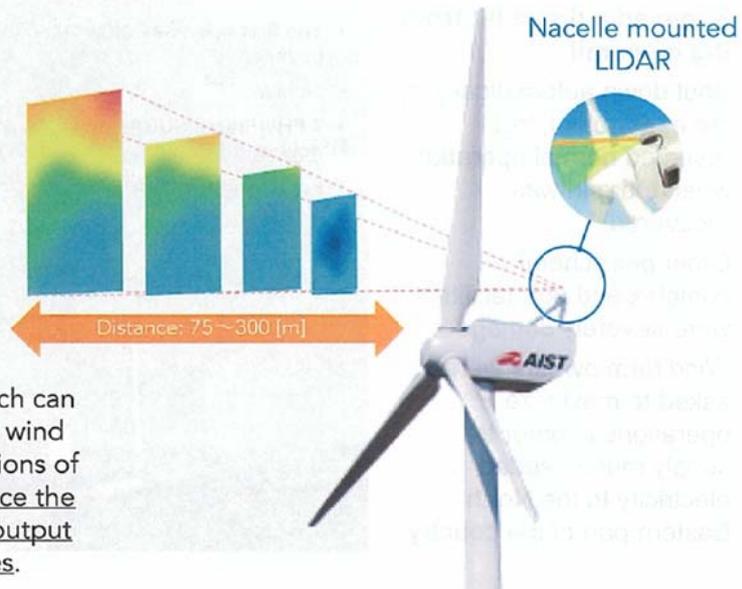
Rated power: 500 kW

## Performance improvement by nacelle mounted LIDAR

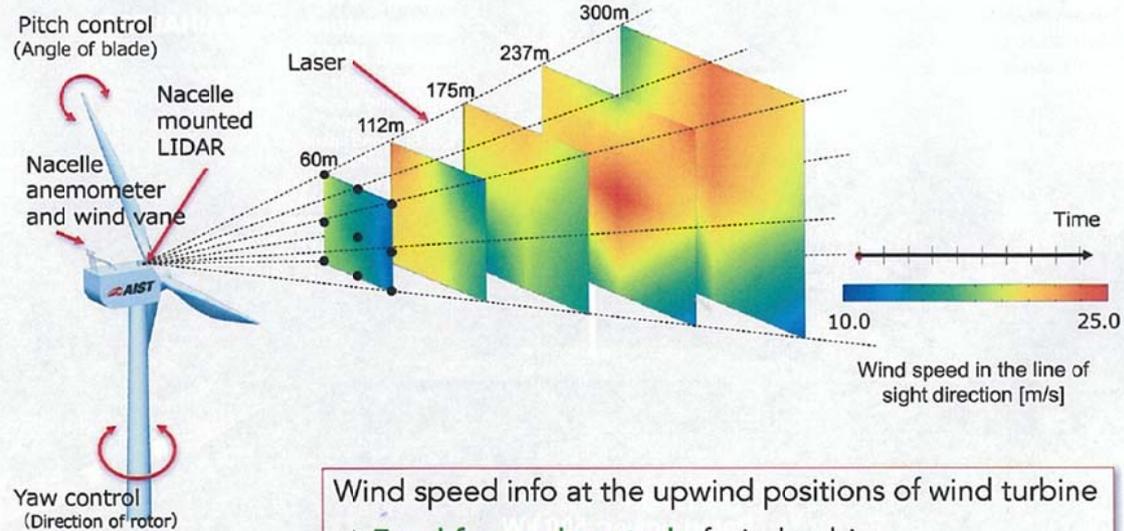
Wind speeds can be measured by **nacelle mounted LIDAR**  
 (Wind shears, Wakes)

↓  
**Feed forward control** of pitch of blades and yaw of turbine.

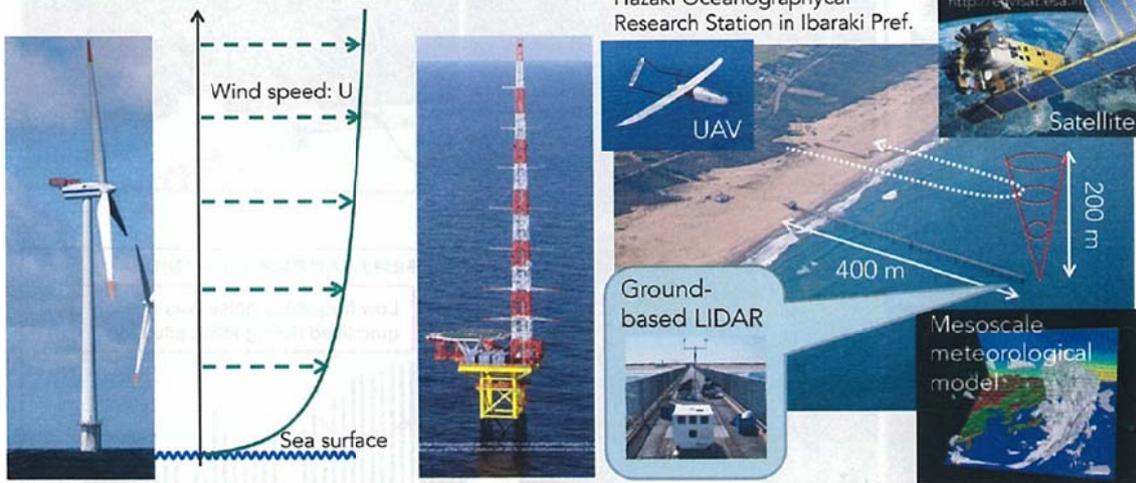
Nacelle mounted LIDAR, which can measure the wind speed and wind direction at the upwind positions of wind turbine (WT), will enhance the performance such as power output and reliability of wind turbines.



## Measurement result by nacelle mounted LIDAR



## Advancement of **assessment for offshore wind resource**



Hub height of very large offshore wind turbines increases than 100 [m].

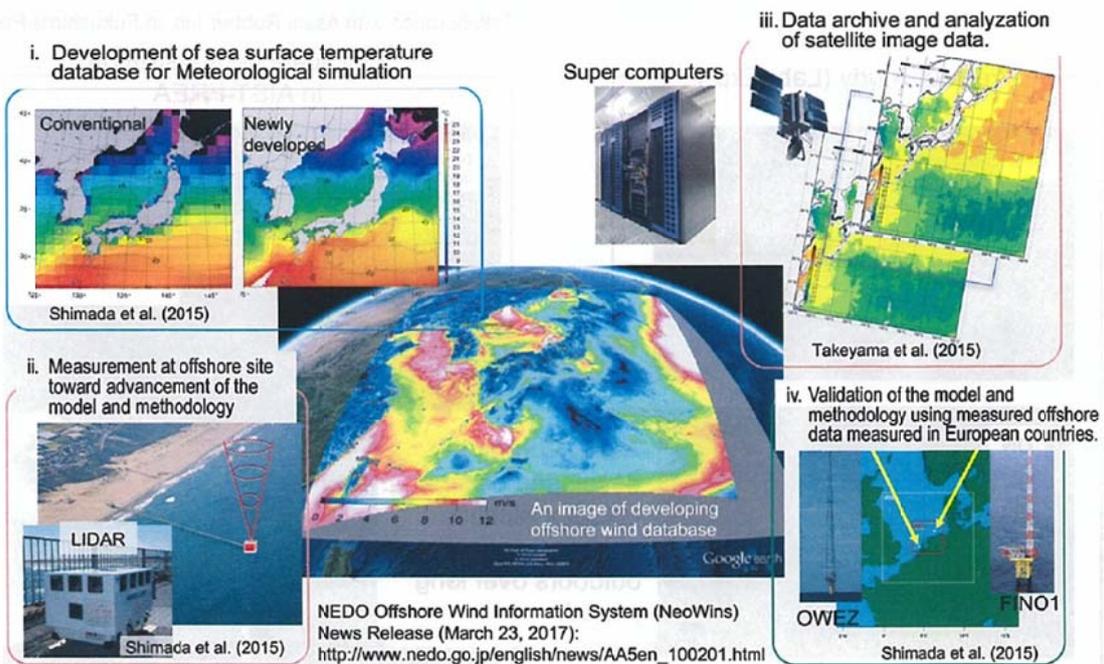
Met. mast at the north sea offshore site

Hazaki Oceanographical Research Station in Ibaraki Pref.

- The cost of measurement by the met. mast is **higher than 1 billion JPY** (about 10 million USD).

- The cost of resource assessment will decrease below 100 million JPY (about 1 million USD) by the **integrated resource assessment technology**.

## Development of Offshore Wind Database

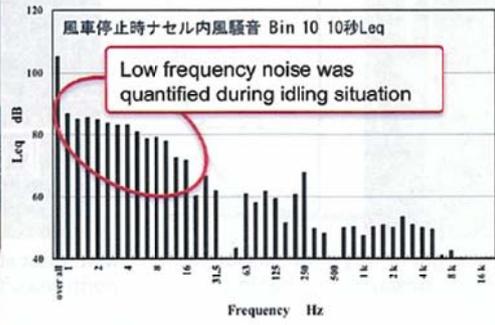
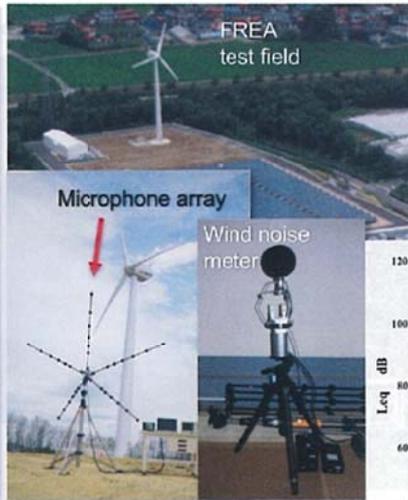




# Measurement of Noise and Vibration



Collaboration with Nihon University in Koriyama, Fukushima Pref.



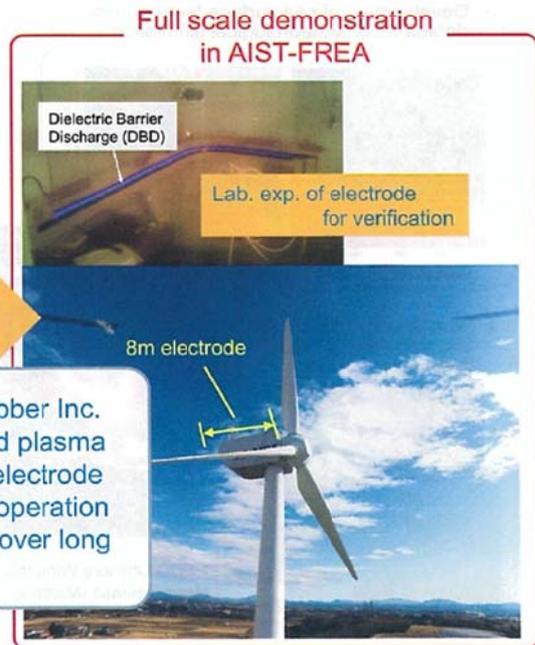
- Smoothly collaborate with Nihon University located in Koriyama city.
- Education and training at FREA test field and wind farm in Fukushima.

Equivalent continuous A-weighted sound pressure level measured during idling situation

# Aerodynamic Control by Plasma Actuator for Wind Turbine Blade



Collaboration with Asahi Rubber Inc. in Fukushima Pref.





## 徵求 2018 科技部與日本產業技術總合研究所 (TAIWAN-MOST/JAPAN-AIST) 雙邊合作鏈結法人研發 計畫

科技部(以下簡稱本部)於 2017 年 7 月與日本國立研究開發法人產業技術總合研究所(National Institute of Advanced Science and Technology, AIST)簽署雙邊合作研發計畫意向書，請參照以下補助說明並依申請程序填用所需文件，提出申請。

本項台日合作鏈結法人研發計畫須由台灣及 AIST 各一位主持人組成一個研究群，共同提出完成，其中 AIST 主持人須依該機構之規定辦理；台方計畫主持人則須符合本部規定以線上作業方式向本部提出申請，雙方計畫名稱(可用英文)須相同，計畫申請件數每人以一件為限。所提中文計畫名稱須以「國際合作鏈結法人計畫」為首，未特別標明者，將以一般國際合作研究計畫處理。

### 有關雙邊合作鏈結法人研發計畫補助說明如下---

#### ■台方計畫主持人資格：

符合本部專題研究計畫申請人資格，並具備中華民國籍，非中華民國籍者歡迎以共同主持人或協同主持人資格參與本項計畫。

#### ■台方申請計畫程序：

- (一)申請人至本部網站(<http://www.most.gov.tw>)首頁進入「學術研發服務網登入」之專題計畫類－「專題研究計畫」項下，類別請選擇「雙邊協議專案型國際合作計畫(Joint Call)」進行申請表格填寫。另應於CM01申請表中「是否為國合計畫」欄中勾選「是」，並填具「國際合作計畫表IM01-IM03」；其中國別請選填「日本」，協議單位請選填「產業技術總合研究所(AIST)」。計畫歸屬請依計畫研究主題及所屬學門勾選對應之學術司(請勿直接選「科教國合司」)。
- (二)申請人任職機構依本部「專題計畫線上申請彙整」作業系統製作及列印申請名冊乙式兩份，於本部公告之受理申請截止日期前函送本部。

■作業時間：

- (一)受理申請截止日期：**2017年10月2日**(以各申請人任職機構將申請案線上彙整後線上送達本部之日期及申請人任職機構發文日為憑)。
- (二)審查結果公告日期：**2017年12月下旬**。
- (三)計畫執行期間：**2018年4月1日~2020年3月31日(或至2022年3月31日)**。
- (四)各任職機構均須於前述受理申請截止日期前，將所屬申請人之完整申請案於線上送達本部，公文及申請名冊等文件亦須於該日期前發文函送本部。申請人務請留控任職機構受理窗口辦理行政作業之時間，以免逾期致影響申請資格。

■預定補助計畫數：至多 5 件。

■合作領域及主題：

- a) **artificial intelligence**
- b) **information technology**
- c) **energy and environment**
- d) **electronics**
- e) **geology**

■期中評量：

計畫主持人必須於第一年計畫結束時提交第一年進度報告，俾本部審查並據以核撥第二年計畫經費。若第一年進度報告未獲審查通過，本部得不予撥付第二年計畫經費。核定四年計畫者，須於第一年、第二年及第三年計畫結束時提交已完成之進度報告，俾本部審查並據以核撥次年計畫經費。若係日方不滿意進度報告內容，本部得另行評估是否繼續補助次年計畫。

■注意事項：

- (一)本項共同研發計畫申請以二年期或四年期為限；台方計畫補助經費每年以 **NT\$330 萬**(由本部提供經費)為上限，實際補助金額依審查核定為準。台方計畫申請人進行線上申請時其經費部份(即表 **CM05**) 只須填具台方計畫所需研發及差旅費用。另外應附上**台日雙方主持人英文履歷、著作目錄及國內科研法人機構參與計畫說明書**，相關資料請以 **PDF** 檔於線上表 **IM04** 處上傳。

- (二)本項共同研發計畫需經本部及 AIST 雙方審查均通過才算成立並予以補助。台方計畫主持人需事先與 AIST 計畫主持人聯繫，獲得同意合作之之意向。請檢附**雙方計畫主持人已簽名之合作確認書(請依本部所附表格下載填用)**，以 **PDF** 檔於線上表 **IM04** 處上傳。
- (三)申請案有以下任一情況，歉難受理---
- \* 未能提出雙方計畫主持人已簽名之合作確認書；
  - \* 超過規定之受理申請截止日送出；
  - \* 未依本部專題計畫作業規定及本次計畫所訂之申請程序(含資格)提出；
  - \* 申請人目前已執行 2 件本部專題研究計畫下「雙邊協議專案型國際合作研究計畫」，且其計畫執行期間均與本次徵求案之預定執行起訖日達 3 個月以上重疊者；
  - \* 申請文件(含①線上申請需填用表件②台日主持人英文履歷與其著作目錄③雙方計畫主持人簽名之合作確認書及④科研法人機構參與說明書等附件)不齊。
  - \* 未有國內科研型法人機構共同參與。(本項所指法人機構係指未與AIST簽訂合作關係文書之機構)
- (四)計畫主持人提出本項徵求計畫申請後，倘在本部與國外協議機構進行審議過程，主持人獲有本部補助「雙邊協議專案型國際合作研究計畫」達2件者，本部得不再核定補助該計畫主持人第3件同類型計畫。
- (五)台日雙方計畫主持人及國內法人機構於規劃合作時，應先議定未來各方智慧財產權與成果之歸屬、管理及運用方式，必要時可共同簽訂相關計畫合約書。
- (六)本項計畫經費，本部補助以台方計畫團隊為限；日方團隊及非符合本部可補助專題研究計畫之科研(法人)機構成員，須由該團隊及機構以自主經費支應參與本項計畫。
- (七)雙方研究人員互訪，視為計畫內之合作活動。差旅費包括國際機票、生活費及手續費，但不包含前往臺灣或日本以外第三國的支出；差旅費之估算、使用及核銷可參考行政院「國外出差旅費報支規定」辦理。

■承辦人：

\*臺灣

MOST：科教發展及國際合作司 鄭慧娟 (Ms. Hui-chuan CHENG)  
Department of International Cooperation and Science  
Education  
Ministry of Science and Technology  
Tel)：02-2737 7472  
Fax)：02-2737 7607  
E-mail: [hccheng1@most.gov.tw](mailto:hccheng1@most.gov.tw)

\*日本

AIST：イノベーション推進本部  
森岡敏博 (Toshihiro MORIOKA, Dr. Eng.)  
Associate Manager  
Global Collaboration Office  
Collaboration Promotion and International Affairs Division  
Research and Innovation Promotion Headquarters, AIST  
1-1-1, Umezono, Tsukuba, Ibaraki 305-8560, JAPAN  
Tel ): +81-29-861-6831, Fax : +81-29-862-6249  
E-mail : [tssj.morioka@aist.go.jp](mailto:tssj.morioka@aist.go.jp)

## 共同研究プロジェクトの提案

2017年 月 日

Date:(yy/mm/dd) \_\_\_\_\_

科技部 御中

To: Ministry of Science and Technology, Taiwan

台湾科技部（MOST）および 日本国立研究開発法人産業技術総合研究所（AIST）の研究交流を推進するための共同研究助成プログラムにおいて、共同研究プロジェクトを提案することに同意致します。

We agree to propose the co-project under the provisions of the Letter of Intent for Joint Research Projects between the Ministry of Science and Technology, Taiwan and National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Japan.

共同研究テーマ Topic	
共同研究期間 Period	2018/04/01-yyyy/mm/dd

国立研究開発法人 産業技術総合研究所 研究者 AIST Researcher	研究室名 Lab Name	
	所在地 AIST Campus	
	職名 Title	
	氏名 Name	(印)

台湾人研究者 Taiwan Researcher	氏名 Name	(印)
	職名 Title	
	所属 Taiwan Affiliation	(台湾)