

第二期能源國家型科技計畫

期末成果效益報告

計畫名稱：風能系統工程技術開發與研究(1/4)

離岸風力及海洋能源主軸中心

性質：

☒ 研究型

☐ 非研究型(人才培育、國際合作、法規訂定、產業輔導及推動)

主管機關：行政院原子能委員會

執行單位：核能研究所

壹、基本資料

計畫名稱：風能系統工程技術開發與研究(1/4)

主 持 人：黃○城

共同主持人：

計畫期間(全程)：103 年 01 月 01 日 至 106 年 12 月 31 日

計畫目前執行：103 年 01 月 01 日 至 103 年 12 月 31 日

年度經費：17,322 仟元

全程經費規劃：152,322 仟元

執行單位：行政院原子能委員會核能研究所

貳、計畫目標、計畫架構與主要內容

一、計畫目標

(一) 中小型風機工程技術研發

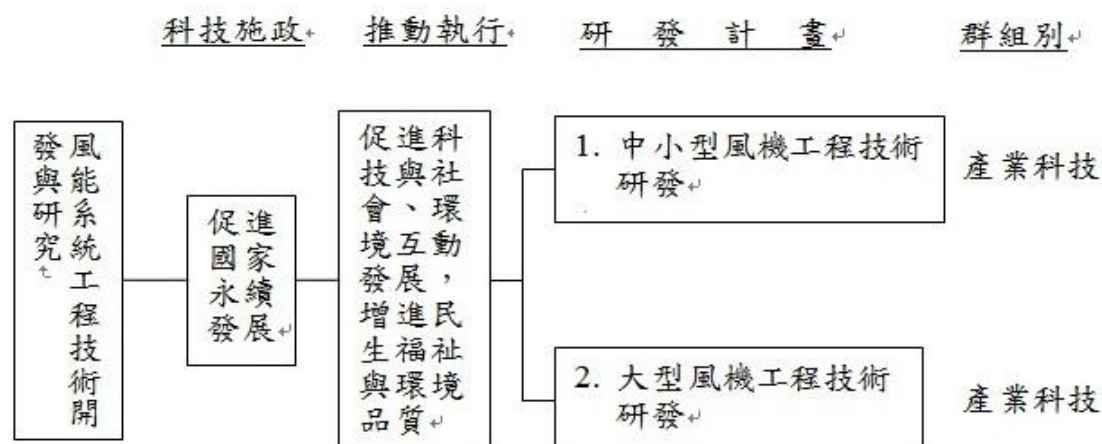
1. 150kW 二代風機系統組裝及架設並開始測試運轉
2. 5kW 垂直軸風機系統概念設計及氣動力負載計算
3. 150kW 風機系統運轉及狀況監測系統開發
4. 風機系統設計分析及軟體工作平台建立

(二) 大型風機工程技術研發

1. 離岸風機符合 IEC 國際標準引進及設計載重初步分析
2. 離岸垂直軸風機系統先期開發技術彙整
3. 風機葉片及系統結構性能測試技術及平台開發

二、計畫架構(含樹狀圖)

計畫架構圖



三、計畫主要內容

本計畫係配合政府未來風力發電規劃及技術能量建置需求，進行風能系統工程技術研發及強化風力發電系統工程與國際驗證技術，主要規劃兩個分項計畫分別為(1)中小型風機工程技術研發、(2)大型風機工程技術研發，以協助我國再生能源政策目標之達成及厚實我國的風能科技與產業技術能力。

核研所過去的風機研發主要以小風機技術建立為主，經歷 400W、25 kW 及 150 kW 的中小型風機研製，是目前國內唯一具有設計及系統整合技術能力的國家級研究實驗室。而因應科技部能源國家型科技計畫之離岸風力主軸計畫，核研所也積極參與，目前主要負責離岸風機及支撐結構設計驗證與工程技術建立，以協助離岸風力主軸技術團隊。因此，為精進中小型風機系統設計、分析、測試及運轉之機械系統整合工程技術能力，系統化的針對中小型風機及大型風機的技術提升與建置的需求，以建立自主化大型陸域及離岸風機工程技術能力，本計畫規劃兩個分項計畫(1)中小型風機工程技術研發及(2)大型風機工程技術研發。

103 年度為本計畫之第一年計畫，研發重點說明如下：

(一)、中小型風機工程技術研發，103 年研發重點包括：

1. 完成核研所 150 kW 二代風機系統組裝及架設並開始測試運轉：
 - a. 應用 200 kW 動力平台進行 150 kW 二代風機之地面測試。
 - b. 進行 150 kW 二代風機架設。
 - c. 進行 150 kW 二代風機測試運轉。
2. 5 kW 垂直軸風機系統概念設計及氣動力負載計算：
 - a. 5 kW 垂直軸風機葉片設計與設計負載計算。
 - b. 垂直軸風機過轉速保護系統概念設計。
3. 小型風力機設計評估實驗室國際接軌：
 - a. 持續改進與精進小風機設計評估實驗室品質作業程序。
 - b. 與大陸及日本進行小風機設計標準技術交流
4. 風機系統運轉及狀況監測系統開發：
 - a. 風機運轉狀況監視系統建置及人機介面開發。
 - b. 確認風機運轉狀況監視系統之完整及正確性，並收集基準數據 (baseline data)。
5. 風機系統設計分析及軟體工作平台建立：
 - a. 建立符合 IEC 61400-1 & 2 設計評估分析前處理軟體工作平台。

(二)、大型風機工程技術研發，103 年研發重點包括：

1. 離岸風機符合 IEC 國際標準引進及設計載重初步分析：
 - a. 導入 IEC 61400-3 與 GL Guideline 2010 Edition 設計標準。
 - b. 應用 5 MW 參考離岸風機，完成離岸風機設計負載初步分析。
2. 離岸垂直軸風機系統先期開發技術彙整：
 - a. 彙整國際離岸垂直軸風機系統技術發展資料。
 - b. 大型垂直軸風機分析技術先期研究。
3. 風機葉片及系統結構性能測試技術及平台開發：
 - a. 建置風機葉片模態測試設備與實驗程序。
 - b. 建置系統模態測試設備與實驗程序。

參、計畫已獲得之主要成果與重大突破就計畫預期目標及 KPI 來作重點說明(含質化與量化成果)

一、質化成果

預期成果 (本季目標)

(一) 中小型風機工程技術研發

1. 150 kW 二代風機系統組裝及架設並開始測試運轉
2. 5 kW 垂直軸風機系統概念設計及氣動力負載計算
3. 風機系統運轉及狀況監測系統開發
4. 風機系統設計分析及軟體工作平台建立

(二) 大型風機工程技術研發

1. 離岸風機符合 IEC 國際標準引進及設計載重初步分析
2. 離岸垂直軸風機系統先期開發技術彙整
3. 風機葉片及系統結構性能測試技術及平台開發

學術成就 outcomes

(一) 論文：

本計畫預計至 12 月 31 日為止，完成國內期刊 1 篇(已刊登)，國外期刊 3 篇(1 篇已投稿，2 篇將投稿)，會議論文 6 篇(2 篇已發表，4 篇已接受)，共計 10 篇。茲將 3 篇國內與國外期刊之內容簡述於下：

論文名稱：150kW 風機葉片之結構改良與減重，(投稿至風電月刊已刊登，2014/01)。論文摘要：風力發電機逐漸朝向大型化發展與離岸風場開發，以擴增其經濟效益並降低發電成本，然而風機葉片大型化伴隨自身重量的大幅增加，長時間運作下對於葉片自身結構、風機本體結構與塔架基座結構均將造成隱憂，有別於學術研究針對極少數葉片設計變數進行改善之探討方式，核能研究所以自身開發 150kW 商用型風力發電機之經驗，綜合考量葉片氣動力需求、重量限制、製作工法可行性與成本支出等因素進行葉片設計改善，本文分享葉片設計改良之成果。

論文名稱：Comparison of the simplified load model for vertical axis wind turbine between Japan and Taiwan standards，(已投稿至 Wind Energy)。論文摘要：IEC 61400-2 is a worldwide adopted design requirement for the small wind turbines. The methodologies and models, especially the simplified load model, developed in IEC 61400-2 are specifically for the horizontal axis wind turbines (HAWT). In other words, the equations and models cannot directly apply to the vertical axis wind turbines (VAWT). Therefore, the Institute of Nuclear Energy Research developed the simplified load model for VAWT (V-SLM) in 2011 and have been adopted in Taiwan standard, CNS-15176-2-1, in 2012. At the same time, the research institutes in Japan also involved in the development of V-SLM and the methodologies have been adopted in Japan standard, JSWTA 0001, in 2013. The purpose of this paper is to investigate the differences in V-SLM between CNS-15176-2-1 and JSWTA 0001. The differences in load considerations, modeling, load cases, and suggested aerodynamic coefficients were identified and a sample 400 W VAWT was used to benchmark the V-SLM. The results showed that the loads obtained from CNS-15176-2-1 are more conservative.

論文名稱： Analysis on Turbulent Characteristics using RANS-Based Turbulence Models for Vertical Axis Wind Turbine，(預計投稿至 Energy Conversion and Management)。論文摘要：Energy resources are scarce in Taiwan, surrounded by sea, which 99% of the energy has to be imported. It is important to think over how to get the limited energy via natural environment. Renewable energy is one of the potential energy to be promoted in Taiwan, especially for wind power. Taiwan is a densely populated country, and suitable for small-scale wind turbines around the neighborhood to provide household electricity or community electricity. However, low frequency noise may cause serious inconvenience to the nearby residents. The objective of this study employed Computational Fluid Dynamics (CFD) with different RANS-based turbulent models to predict the fluid field and validate the international experimental data. The results show that the distributions of velocity and pressure with SST k- ω and v^2 -f have good agreements comparing to that with LES model. The accurate predictions of flow field and pressure field can give rise to the reliability on acoustic field simulation.

(二) 研究團隊養成：

形成國內風機技術研發團隊，培養國內風機之開發與設計能量：

- (1) 與清華大學形成風力機噪音研究團隊：藉由本所 25 kW 風機葉片設計外形，進行 CFD 噪音模擬分析，並且與現場量測噪音值進行比對驗證，藉此修正計算模式，以達成 25 kW 風力機葉片減噪設計改良；此外，亦藉由設計中之 5 kW 垂直軸風力機模型，探討垂直軸風力機葉片氣動力噪音特性，以提供本計畫團隊城市應用之小型垂直軸風力機葉片外形設計之參考。
- (2) 與台灣大學形成大型風力機控制系統研究團隊：藉由 NREL 5 MW 參考離岸風力機動態模型，以逆向工程之方式，進行控制邏輯與控制器之設計與分析，建立大型離岸風力發電機控制系統設計與分析之技術能量，加速風機國產化目標之實現。
- (3) 與台經院及新○公司形成國內 IEA Task 27 研究工作團隊：參與 IEA Task 27 垂直軸風力機相關之工作項目，由本計畫團隊負責垂直軸風力機負載計算模式之開發與驗證，藉由國際合作平台，邀請大陸與日本研究團隊參與交互比對，達到國際合作技術交流之目的，並且提升國際能見度。

(三) 博碩士培育：

參與本計畫執行之碩士研究生 2 人及博士研究生 2 人，以培育國內風力發電技術相關專業人才。

(四) 研究報告：

本計畫至 11 月 30 日為止，完成研究報告 12 篇，促進所內同仁資訊交流，提昇專業知識，呈現研發成果及後續研發重點及方向，使研發成果得以交流及傳承。

(五) 辦理學術活動：

於 10 月 8 日舉辦之第二代 150 kW 風機測試運轉啟用典禮暨風機工程技術研討會，屆時將廣邀產學研專家學者，預期能推廣中型風力機本土化設計，促進產學研參與研發(圖 15)。

社會影響 outcomes

(一) 資訊服務：

本計畫於所區建立中小型風力發電示範園區。今年至 11 月 30 日為止，已提供各大專院校，以及國高中等參觀教學數件，可讓參訪者充分了解風力發電原理、應用、以及發展現況，推廣再生能源的應用。

(二) 增加就業：

本計畫至 11 月 30 日為止，雇用替代役專業技術人員共 9 人，產業界研發人員 3 人，產值(薪資)約 6,500 千元。進用相關技術人力，創造就業機會，有助於降低國內失業率。

經濟效益 outcomes

(一) 扶植產業發展：

本計畫團隊之「小型風力機設計評估實驗室」為國內目前唯一通過 TAF 認證之實驗室，於 6 月協助東○公司完成小型風力機產品符合 IEC 61400-2 設計評估報告，有助於東○公司申請日本小型風力機設計驗證，拓展海外市場，協助提升我國小型風力機產業全球競爭力。

(二) 促成產業參與投資：

促成產業參與投資，共有 1 家廠商。於 5 kW 垂直軸風力機設計開發一案，本計畫邀請國內業者新○公司參與共同合作開發，廠商先期參與投資 200 千元，有助於提升國內小型風力機業者技術能量。

(三) 創新產業：

參與產業團體數 1 件：參與能源科技產品標準、檢測、驗證聯盟，協助標檢局推動小型風力機自願性產品驗證，健全國內小型風力機產品驗證制度，提升國內小型風力機產品品質。

(四) 促成與學界合作研究計畫：

促成與學界合作研究計畫共 2 件，金額總計 1,280 仟元。支持學術前瞻研究，並促成與產業團體之合作研究，形成上中下游技術產業之結合，開拓經濟效益。

技術創新成就 outcomes

(一) 專利：

本計畫至 11 月 30 日為止，完成“用於固定風力發電機葉片扭力輸出的裝置”以及“垂直軸風力機被動 Pitch 機構設計”專利申請。

(二) 技術活動：

- (1) 計畫成員參加於勤益科技大學舉辦之 2014 綠色科技工程與應用研討會，並且發表論文 2 篇，分享研發成果，並且與會議專家學者進行技術交流。
- (2) 1 月 28 日美國 AWR L***d 公司 Senior Advisor 詹博士，以及 Senior Partner 滕○洲女士等來訪，由計畫主持人主持會議，雙方交換台灣與美國目前風力發電發展現況。
- (3) 分別於 2 月 13 日與 6 月 13 日協助辦理 IEA Task 27 視訊會議，本計畫團隊負責垂直軸負載計算模式開發之工作項目。藉由國際合作平台，驗證本計畫研發之垂直軸風力機負載計算模式，同時提升國際能見度。

(4) 計畫團隊與共同參與開發之合作廠商，分別於 3 月 28 日、4 月 22 日、5 月 20 日、6 月 23 日、8 月 7 日、9 月 30 日以及 11 月 10 日，針對 5 kW 垂直軸風力機研發進行技術討論。

(5) 於 8 月 25 日至 29 日參與 SWAT2014 及 IEA Task 27 工作會議。

(6) 於 10 月 8 日舉辦之第二代 150 kW 風機測試運轉啟用典禮暨風機工程技術研討會，預期能推廣中型風力機本土化設計，促進產學研參與研發。

(三) 技術移轉：

拜訪東○公司，洽談風力機負載計算與評估技術授權案，簽訂合作意願書(圖 16)。

(四) 技術服務：

協助東○公司完成小型風力機產品符合 IEC 61400-2 設計評估報告，有助於東○公司申請日本小型風力機設計驗證，拓展海外市場。此外，配合標檢局推行小型風力機自願性產品驗證制度，耀○科技股份有限公司已與本計畫團隊洽談協助完成該公司產品設計驗證，東○公司與計畫團隊針對自願性產品驗證設計評估審查一案簽約中，而計畫團隊已協助新○公司進行轉證工作，將本實驗室於 102 年針對該公司產品發行之符合 IEC 61400-2 設計評估報告，轉換為符合 CNS 15176-2 設計評估報告。

其它發展 outcomes

(一) 標準制訂：

參與 IEA Task 27 國際合作，負責垂直軸風力機負載計算模式開發與驗證，經由國際比對與驗證，可將此模式納入 IEC 61400-2 小型風力機設計標準第三版中，並且取得國際標準開發第一手資訊，未來有助於加速國內相關標準之修訂與調合。

(二) 資料庫：

完成本所風力發電示範區整合行監控系統之建置，整合 1 部 3 kW 垂直軸風力機、2 部 1 kW 水平軸風力機、25 kW 與 150 kW 風力機資訊平台，相關資料可作為風場營運之參考。

差異分析

(一) 目標達成情形：

1. 中小型風機工程技術研發

(1) 完成 150 kW 二代風機系統組裝及架設並開始測試運轉，無差異。

(a) 應用 200 kW 動力測試平台，完成 150 kW 二代風機地面測試(圖 1)。

(b) 完成 150 kW 二代風機吊裝(圖 2)，完成系統調教，以及部分功率性能測試(圖 3)。

(2) 完成 5 kW 垂直軸風機系統概念設計及氣動力負載計算，無差異。

(a) 完成 5 kW 垂直軸風機葉片翼型篩選及技術規格訂定(圖 4)。

(b) 完成 5 kW 垂直軸風機葉片被動 Pitch 機構初步設計(圖 4)。

(c) 完成 5 kW 垂直軸風機簡易負載計算，以及關鍵零組件結構安全檢核(圖 5)。

- (3) 完成小型風力機設計評估實驗室國際接軌，無差異。
 - (a) TAF 於 6 月 20 日派審查委員至所裡針對小型風力機設計評估實驗室進行年度評鑑，並未有任何不符合事項(圖 6)。
 - (b) 於 7 月 31 日前往日本參加 ClassNK 技術會議(圖 7)。本次會議主要針對設計標準、台日合作、以及高紊流量測等項目召開專家會議，對於國內風力機產品技術開發，以及台日風力機設計標準相互認可等有相當之助益。
 - (c) 分別於 2 月 13 日與 6 月 13 日參與 IEA Task 27 視訊會議，以及 8 月 25 日至 29 日參與 SWAT2014 及 IEA Task 27 工作會議(圖 8)，藉由國際合作平台，邀請大陸與日本進行小型垂直軸風力機負載計算比對。
- (4) 完成風機系統運轉及狀況監測系統開發，無差異。

進行本所風力發電示範區整合行監控系統之建置，已完成整合 1 部 3 kW 垂直軸風力機、2 部 1 kW 水平軸風力機、25 kW 與 150 kW 風力機資訊平台(圖 9)。
- (5) 完成風機系統設計分析及軟體工作平台建立，無差異。

完成 MATLAB GUI 人機介面功能初步設計開發，將 IECWind 與 TurbSim 程式作一整合(圖 10)，並具備設計負載案例自動產生之功能。

2. 大型風機工程技術研發

- (1) 完成離岸風機符合 IEC 國際標準引進及設計載重初步分析，無差異。
 - (a) 完成 IEC 與 GL 設計標準研析。
 - (b) 應用 NREL 5 MW 參考離岸風機，完成 IEC 設計負載案例之訂定(圖 11)。
 - (c) 應用 NREL 5 MW 參考離岸風機動態分析模型，完成 Class IA、IB、與 IC 之極限與疲勞負載計算與比對分析(圖 12)。
- (2) 完成離岸垂直軸風機系統先期開發技術彙整，無差異。
 - (a) 完成離岸垂直軸風機之基本資料蒐集(圖 13)。
 - (b) 完成離岸垂直軸風機產業近 5 年發展狀況調查及產業鏈調查(圖 13)。
- (3) 完成風機葉片及系統結構性能測試技術及平台開發，無差異。
 - (a) 完成葉片及系統結構性能測試平台之建置。
 - (b) 應用 25 kW 風機全碳纖測試葉片為測試標的，於葉片表面規劃 60 個量測點，完成葉片振頻與模態量測，建立測試方法與程序(圖 14)。

(二) 執行差異：

無差異。

二、量化成果

績效屬性	績效指標	初級產出量化值	效益說明
學術成就	A.論文	國內期刊論文數(1 篇) 國外期刊論文數(3 篇) 國內研討會論文(6 篇)	效益(II) 於國際及國內重要期刊上投稿，提昇本所能見度及學術技術之聲望。
	AD.欲發表論文	欲發表國外期刊論文數(1 篇)	
	B.合作團隊養成	跨機構合作團隊數(3 個)	效益(II) 1.建立小型風力機噪音分析與設計改良技術能量。 2.建立 MW 級風力機控制系統設計技術能量。 3.參與國際合作，提升國際能見度。 重大突破 1.25 kW 風力機葉片減噪初步設計改良。 2.逆向工程建構NREL 5 MW 風機控制邏輯。 3.垂直軸風力機負載計算模式將於國際合作平台進行驗證。
	C.博碩士培育(人才培育)	博士培育人數(2 人) 碩士培育人數(2 人)	效益(II) 參與本計畫執行之碩士研究生 2 人及博士研究生 2 人，以培育國內風力發電技術相關專業人才。
	D.研究報告	研究報告數(12 本)	效益(II) 本計畫至 11 月 30 日為止，完成研究報告 12 篇，促進所內同仁資訊交流，提昇專業知識，呈現研發成果及後續研發重點及方向，使研發成果得以交流及傳承。 重大突破 完成中小型風機設計並開始進行大型陸海域風機負載設計分析。
	E.辦理學術活動	國內學術研討會辦理次數(1 次)	效益(II) 推廣中型風力機本土化設計，促進產學研參與研發。

績效屬性	績效指標	初級產出量化值	效益說明
技術創新	G. 專利 (智慧財產)	發明專利申請件數(2 件)	效益(II) 風機機構、控制、新型葉片材料與製程等專利佈局。
	H. 技術報告	技術報告種數(5 種)	效益(II) 建置組裝、操作、運轉、維護、以及測試等相關技術文件。
	I. 技術活動	國內技術活動(3 場次)	效益(II) 1.參與國內研討會，並發表論文，有助於技術交流。 2.參與國際合作，提升國際能見度。 重大突破 藉由國際合作平台，驗證本計畫研發之垂直軸風力機負載計算模式。
	S. 技術服務 (含委託案及工業服務)	技術服務件數(1 件)	效益(II) 協助業者完成國內小型風力機產品設計評估驗證 2 件(1 件執行中，1 件簽約中)共 100 仟元，協助建立國內驗證制度，提升產品品質。 協助勤益大學小風機被動傾角測試服務，計 90 仟元，協助學界建立小型風力機領域之關鍵技術。
經濟效益	L. 促成廠商或產業團體投資	廠商研發投資件數(1 件)	效益(II) 於 5 kW 垂直軸風力機設計開發一案，本計畫促成產業(新○公司)參與共同合作投資研發。
	T. 促成與學界或產業團體合作研究	合作研究(3 件)	效益(II) 支持學術前瞻研究，並促成與產業團體之合作研究，形成上中下游技術產業之結合，開拓經濟效益。
影響社會	R. 增加就業	增加就業人數(9 人)	效益(II) 有助於降低國內失業率。

依上述選定績效指標作如下之敘述：

計畫名稱	年度目標	年度衡量指標	實際達成度
風能系統 工程技術 開發與研 究(1/4)	(一)中小型風機工程技術研發 1.150kW 二代風機系統組裝及架設並開始測試運轉 2.5kW 垂直軸風機系統概念設計及氣動力負載計算 3.150kW 風機系統運轉及狀況監測系統開發 4.風機系統設計分析及軟體工作平台建立 (二)大型風機工程技術研發 1.離岸風機符合 IEC 國際標準引進及設計載重初步分析 2.離岸垂直軸風機系統先期開發技術彙整 3.風機葉片及系統結構性能測試技術及平台開發	研究報告 辦理學術活動 專利(智慧財產) 論文 合作團隊養成 博碩士培育(人才培育) 促成廠商或產業團體投資 技術報告 技術活動 促成與學界或產業團體合作研究 欲發表論文 技術服務(含委託案及工業服務) 增加就業	(一)中小型風機工程技術研發 1.完成 150 kW 二代風機系統組裝及架設並開始測試運轉，無差異。 (1)應用 200 kW 動力測試平台，完成 150 kW 二代風機地面測試(圖 1)。 (2)完成 150 kW 二代風機吊裝(圖 2)，完成系統調教，以及部分功率性能測試(圖 3)。 2.完成 5 kW 垂直軸風機系統概念設計及氣動力負載計算，無差異。 (1)完成 5 kW 垂直軸風機葉片翼型篩選及技術規格訂定(圖 4)。 (2)完成 5 kW 垂直軸風機葉片被動 Pitch 機構初步設計(圖 4)。 (3)完成 5 kW 垂直軸風機簡易負載計算，以及關鍵零組件結構安全檢核(圖 5)。 3.完成小型風力機設計評估實驗室國際接軌，無差異。 (1) TAF 於 6 月 20 日派審查委員至所裡針對小型風力機設計評估實驗室進行年度評鑑，並未有任何不符合事項(圖 6)。 (2)於 7 月 31 日前往日本參加 ClassNK 技術會議(圖 7)。本次會議主要針對設計標準、台日合作、以及高紊流量測等項目召開專家會議，對於國內風力機產品技術開發，以及台日風力機設計標準相互認可等有相當之助益。

計畫名稱	年度目標	年度衡量指標	實際達成度
			(3)分別於 2 月 13 日與 6 月 13 日參與 IEA Task 27 視訊會議，以及 8 月 25 日至 29 日參與 SWAT2014 及 IEA Task 27 工作會議(圖 8)，藉由國際合作平台，邀請大陸與日本進行小型垂直軸風力機負載計算比對。 4.完成風機系統運轉及狀況監測系統開發，無差異。進行本所風力發電示範區整合型監控系統之建置，已完成整合 1 部 3 kW 垂直軸風力機、2 部 1 kW 水平軸風力機、25 kW 與 150 kW 風力機資訊平台(圖 9)。 5.完成風機系統設計分析及軟體工作平台建立，無差異。完成 MATLAB GUI 人機介面功能初步設計開發，將 IECWind 與 TurbSim 程式作一整合(圖 10)，並具備設計負載案例自動產生之功能。 (二)大型風機工程技術研發 1.完成離岸風機符合 IEC 國際標準引進及設計載重初步分析，無差異。 (1)完成 IEC 與 GL 設計標準研析。 (2)應用 NREL 5 MW 參考離岸風機，完成 IEC 設計負載案例之訂定(圖 11)。 (3)應用 NREL 5 MW 參考離岸風機動態分析模型，完成 Class IA、IB、與 IC 之極限與疲勞負載計算與比對分析(圖 12)。

計畫名稱	年度目標	年度衡量指標	實際達成度
			2.完成離岸垂直軸風機系統先期開發技術彙整，無差異。 (1)完成離岸垂直軸風機之基本資料蒐集(圖 13)。 (2)完成離岸垂直軸風機產業近 5 年發展狀況調查及產業鏈調查(圖 13)。 3.完成風機葉片及系統結構性能測試技術及平台開發，無差異。 (1)完成葉片及系統結構性能測試平台之建置。 (2)應用 25 kW 風機全碳纖測試葉片為測試標的，於葉片表面規劃 60 個量測點，完成葉片振頻與模態量測，建立測試方法與程序(圖 14)。

肆、主要成就與成果所產生之價值與影響

重要成就與重大突破項目	權重(%)
一、學術成就(科技基礎研究、人才培育、國際研討會及論文發表)	25
二、技術創新(科技整合創新)	30
三、經濟效益(產業經濟發展、推動輔導、國際合作)	20
四、社會影響(創業育成、增加就業、環境安全永續)	20
五、其它效益(法規制度、科技政策管理及其它)	5
總計	100

重大突破：

- (一) 本計畫所開發 150kW 風機系統遵循 IEC-61400-1 大型風機的設計準則，因此實質已具備進入大型風機系統發展的基礎實力，並於 10 月 8 月舉辦第二代 150 kW 風機測試運轉啟用典禮暨風機工程技術研討會，推廣中型風力機本土化設計，促進產學研參與研發。
- (二) 與台經院及新○公司形成國內 IEA Task 27 研究工作團隊：參與 IEA Task 27 垂直軸風力機相關之工作項目，由本計畫團隊負責垂直軸風力機負載計算模式之開發與驗證，藉由國際合作平台，邀請大陸與日本研究團隊參與交互比對，達到國際合作技術交流之目的，並且提升國際能見度。
- (三) 參與能源科技產品標準、檢測、驗證聯盟，協助標檢局推動小型風力機自願性產品驗證，提升國內小型風力機產品品質。
- (四) 協助東○公司進行日本小型風力機設計驗證，拓展海外市場，以及呈現研發成果及後續研發重點與方向，使研發成果得以交流及傳承。
- (五) 本計畫邀請國內業者新○公司參與共同合作，開發 5 kW 垂直軸風力機設計，廠商先期參與投資 200 千元。並且已輔助該公司取得日本小風機產品認證並於該國上市販售。
- (六) 本團隊目前亦與東○及中○公司接洽，將操作技術與風機負載規範設計技術技轉給該廠家。

伍、本年計畫經費與人力執行情形

一、計畫經費執行情形：

(一) 計畫結構與經費

單位：仟元

計畫名稱	經費	主持人	執行機關
風能系統工程技術開發與研究 (1/4)	17322	黃○城	行政院原子能委員會 核能研究所

(二) 經資門經費表

單位：仟元

會計科目		預算數 / (執行數)				備註
		主管機關預算 〔委託、補助〕	自籌款	合計		
				金額〔仟元〕	占總經費%	
一、經常支出						
1.人事費		0 / 0	0 / 0	0 / 0	0% / 0%	
2.業務費		10987 / 10983	0 / 0	10987 / 10983	63.4% / 63.4%	
3.差旅費		0 / 0	0 / 0	0 / 0	0% / 0%	
4.管理費		0 / 0	0 / 0	0 / 0	0% / 0%	
5.營業稅		0 / 0	0 / 0	0 / 0	0% / 0%	
6.其他		0 / 0	0 / 0	0 / 0	0% / 0%	
小計		10987 / 10983	0 / 0	10987 / 10983	63.4% / 63.4%	
二、資本支出		6335 / 6335	0 / 0	6335 / 6335	36.6% / 36.6%	
小計		6335 / 6335	0 / 0	6335 / 6335	36.6% / 36.6%	
合計	金額	17322 / 17318	0 / 0	17322 / 17318	100% / 100%	
	占總經費%	100% / 100%	0% / 0%	100% / 100%		

執行數與預算數差異說明：

預算執行數統計截止日期至 103.12.31。

(三) 100 萬以上儀器設備

單位：元

序號	儀器設備名稱	支出金額
1	計算流體力學軟體 ANSYS Fluent	2,950,000
	總計	2,950,000

二、計畫人力執行情形

(一) 計畫人力 (人/月)

執行情形	總人力	研究員	副研究員級	助理研究員級	專任助理(碩士以上)	專任助理(學士)	兼任(含碩博士)	博士後	其他
原訂	168	6	15	111	0	36	0	0	0
實際	168	6	12	111	0	39	0	0	0
差異	0	0	3	0	0	-3	0	0	0

與原核定計畫差異說明：無差異

(二) 主要人力投入情形

姓名	計畫職稱	投入主要工作	最高學歷及專長	
黃○城	計畫主持人	分支兼分項主持人	最高學歷	
			專長	
蘇○年	協同主持人	分項主持人	最高學歷	
			專長	
李○茂	副研究員	風能技術研發	最高學歷	
			專長	
林○廷	副研究員	風能技術研發	最高學歷	
			專長	

陸、本計畫可能產生專利智財或可移轉之潛力技術(knowhow)說明

計畫執行將產出兩項重要成品：(1) 5 kW 垂直軸風力機，以及(2) 150 kW 二代風力發電系統之建置。綜觀目前成熟之小型風力機產品多為輸出功率小於3 kW之機型，而且大多為被動式控制，所採用之過轉速保護機制皆為發電機電磁煞車，若在強風區域長期運轉，容易導致發電機退磁而效率降低，因此，本計畫研發之 5 kW 垂直軸風力機系統將採用被動式葉片傾角控制，此設計在垂直軸風力機之應用上屬於創新發明，藉由機構連桿之設計，能達成低風速起動，以及高風速保護之機制，待原型機經過測試與改良，將能實際應用於國內小型垂直軸風機業者產品，提升產品可靠度與安全性。

此外，本計畫建置之 150 kW 二代風力發電系統，具備主動式葉片傾角控制與轉向控制，藉由自行開發之控制程式在達到額定功率風速前以最大功率進行運轉發電，而在達到額定功率風速後藉由轉速與扭力控制，維持額定功率輸出，然而控制系統必須依賴關鍵感測器如風速、轉速、及 Pitch 角度感測器等讀數正確，以及控制機構功能正常，若有任何異常無法即時判斷，可能導致發電效率不佳，或是經常性過轉速與過負載運轉，將造成系統不必要的損壞。因此，利用 150 kW 風力發電系統當作實驗平台，將能開發適用於主動式控制風力發電系統之錯誤診斷邏輯，如此，當可免除風力發電系統持續於異常或效率不佳之狀況運轉，提高主動控制式風力發電系統之可靠度，由於 150 kW 二代風力發電系統之控制機制與 MW 級風力發電系統相當類似，因此，本錯誤診斷邏輯亦能應用於將來本土化風力機之設計，有效降低可能之運維成本，相對提升風場之容量因數，進而提升營運商之獲利。

柒、與相關計畫之配合

本計畫團隊協同台灣經濟研究院與新○能源科技股份有限公司組成 IEA Task 27 台灣技術工作團隊，而本計畫團隊主要負責垂直軸風力機負載計算模式之開發與驗證。IEA Task 27 為國際能源署專則於風機標準與標章相關之工作群組，藉由參與工作群組將可直接獲得國際風力機測試與標準發展現況，並且與國際專家技術交流，對於國內風力機產品設計驗證有相當之助益。本年度已分別於 2 月 13 日與 6 月 13 日協助辦理 IEA Task 27 視訊會議，報告目前工作進度與未來規劃。本屆 IEA Task 27 年度會議與 SWAT 會議(風機測試場年度會議)將同時於 8 月底在大陸舉行，計畫團隊亦派員參加，並且進行技術報告。

此外，本計畫團隊亦同時執行科技部離岸風力主軸計畫之「離岸風機及支撐結構設計驗證及工程技術建立」計畫，該計畫是以建立整合型動態分析模式，並且針對支撐結構進行工程技術開發，以及本土化設計驗證為目標；而本計畫在大型風機工程技術研發分項執行上，則是利用科技部計畫建立之整合型動態分析模式，依據 IEC 與 GL 設計標準進行標準研究、離岸風能系統工程整合型負載分析、葉片設計、監控系統、風機系統設計驗證等關鍵技術開發，因此兩者相輔相成。

捌、後續工作構想之重點

本計畫分為中小型與大型風機工程技術研發兩個分項，計畫時程為 5 年，今年為第一年，其後續研發工作構想重點分述於下：

- (1) 本計畫團隊之「小型風力機設計評估實驗室」為國內目前唯一通過 TAF 認證之實驗室，除了持續品質程序與設計評估程序改良與精進之外，配合國內標檢局推動小型風力機產品自願性驗證，將協助業者執行設計評估驗證，除了通過國內產品驗證之外，亦可協助國內業者產品通過國際驗證，拓展海外市場；此外，同時藉由參與 IEA Task 27 國際合作工作平台，直接獲得國際風力機測試與標準發展現況，並且與國際專家技術交流，對於國內風力機產品設計驗證有相當之助益。
- (2) 目前成熟之小型風力機產品多為輸出功率小於 3 kW 之機型，5~10 kW 級距之小型風力機產品為目前業界所需求之系列產品，本計畫於今年度將完成 5 kW 垂直軸風力機概念設計，搭配被動葉片傾角控制提升起動性與安全性，結合業界共同參與研發，後續將加速完成細部設計，以及原型機之製造與運轉測試，成熟之機種將優先授權與參與研發之業者。
- (3) 150 kW 二代風力發電系統為計畫團隊自行設計與研發之機型，藉由此實驗平台，除了能驗證與調整設計分析模型之外，亦將藉此開發控制與運維相關之技術如錯誤診斷邏輯等，而運轉數據亦可提供相關之學術單位進行分析與研究。
- (4) 大型及離岸風機普遍採用 IEC、GL、或 DNV 相關之設計標準，本計畫後續除了精準瞭解與實際應用 IEC 與 GL 相關設計規範之外，亦將同時進行標準比對分析，配合國內實際風場資料，確認國際設計標準之本土適用性，並可提出符合台灣颱風與地震等特性之修正建議，提升離岸風場營運之可靠性與安全性。

玖、檢討與展望

國內小型風力機產業仍處於起步發展階段，目前仍欠缺 5~10 kW 級距之商用風力機產品，此外，多數小型風力機普遍採用發電機電磁煞車，一旦輸出功率提升至 5~10 kW 等級，發電機成本將大幅增加，因此，小型風力機在發電機設計，以及機構安全設計等仍需投入研發資源，配合中小型風機工程技術研發分項計畫之執行，預期將能滿足目前技術缺口，逐步朝向中大型化發展，提升本土產業技術能量與競爭力。此外，國際上普遍採用之大型及離岸風機設計標準皆是針對歐洲風場特性所制訂，技術先進國家如美國仍由船務局(ABS)針對美國颶風環境對於離岸風機安全性影響進行評估，以及美國再生能源實驗室(NREL)於 103 年 1 月出版“Assessment of Offshore Wind System Design, Safety, and Operation Standards”，針對國際上相關之風機設計標準進行研究與解析，並且提出若干適用性建議，GL 於 102 年 9 月也針對“Tropical Cyclone”環境出版技術公告，因此，本計畫在大型及離岸風機設計標準研究上有其必要性，針對本土颱風與地震環境進行風機安全性影響評估，將能確認設計標準之本土適用性，有助於提升本土離岸風場之可靠與安全性。

計畫主持人已閱讀上述計畫成果效益報告內容，並同意提送第二期能源國家型科技計畫辦公室、相關連結小組/主軸中心，彙整後提送行政院、立法院及科技部備查。

GRB 佐證資料表

一、學術成就表(1)

年度	計畫名稱	中文題名	英文題名	第一作者	其他作者	發表年度	論文出處	文獻類別代碼	重要期刊資料庫簡稱	SCI impact factor	引用情形代碼	獲獎情形代碼	獎項名稱
103	風能系統工程技術開發與研究	150kW 風機葉片之結構改良與減重				2014	風電月刊, 1 月份, 頁 11-17	a			N	N	
103	風能系統工程技術開發與研究	150kW 主動式風力發電機故障分析及安全評估				2014	綠色科技工程與應用研討會	e			N	N	
103	風能系統工程技術開發與研究	25kW 主動控制型風力機噪音量測與模擬分析				2014	綠色科技工程與應用研討會	e			N	N	
103	風能系統工程技術開發與研究		Comparison of the simplified load model for vertical axis wind turbine between Japan and Taiwan standards			2014 投稿	審查中	d	Wind energy	2.556	N	N	
103	風能系統工程技術開發與研究	H 型垂直軸風力發電機之氣動力葉片設計				2014	風能研討會	e			N	N	
103	風能系統工程技術開發與研究	垂直軸風力發電機之葉片高度影響研究				2014	風能研討會	e			N	N	
103	風能系統工程技術開發與研究	台灣與日本小型垂直軸風力機簡易負載計算模式比對分析				2014	風能研討會	e			N	N	

103	風能系統工程技術開發與研究	運用實驗設計方法於 5kW 垂直軸風力葉片設計				2014	中國機械工程學會第31屆全國學術研討會	e			N	N	
103	風能系統工程技術開發與研究	25kW 風力發電機之噪音分析				2014	中國機械工程學會第31屆全國學術研討會	e			N	N	
103	風能系統工程技術開發與研究		Analysis on Turbulent Characteristics using RANS-Based Turbulence Models for Vertical Axis Wind Turbine			2014	準備投稿中	d	Energy Conversion and Management	3.604	N	N	
103	風能系統工程技術開發與研究		Investigation of Noise Frequency with the Influence of Different Turbulence Models for Vertical Axis Wind Turbine			2014	準備投稿中	d	Energy Conversion and Management	3.604	N	N	

二、培育人才表(3)(參與本計畫博碩士研究生基本資料)

			a 博士 b 碩士	a 培育 b 培訓					升學(A) 服役(B) 待業(C) 其他(D)服務機構名稱		
年度	計畫名稱	姓名	學歷代碼	屬性	所屬執行計畫名稱 (專題研究計畫)	連絡地址	電話	E-MAIL	已畢業博碩士	服務機構名稱	備註
103	風能系統工程技術開發與研究	謝 O 恩	a	a	小型垂直軸風力機 氣動力噪音研究					清華大學	博五
103	風能系統工程技術開發與研究	劉 O 佑	b	a	小型垂直軸風力機 氣動力噪音研究					清華大學	碩二
103	風能系統工程技術開發與研究	王 O 淞	a	a	大型風力機控制器 設計研究					臺灣大學	博三
103	風能系統工程技術開發與研究	蕭 O 璠	b	a	大型風力機控制器 設計研究					臺灣大學	碩一

三、智財資料表(8)

			a 發明 b 專利 c 新型 d 新式 樣 e 商標 f 著作 智財	a 中華 民國 b 美國 c 歐洲 d 其他 (填國 家名 稱)						採西元 年月 如： 2005/0 1	採西元 年月 如： 2005/0 1	a 申請 b 獲證 c 應用 d 移轉				
年度	計畫名稱	專利名稱	專利類別代碼	授予國家代碼	申請日期	獲准日期	證書號碼	發明人	專利權人	有效期間(起)	有效期間(迄)	屬性	申請人	應用對象	移轉權利金 (仟元)	備註
103	風能系統工程技術開發與研究	小型垂直軸風力發電機被動式葉片傾角調變裝置	a	a	2014-10-31							a		中小型風機產業		
103	風能系統工程技術開發與研究	用於固定風力發電機葉片扭力輸出的裝置	a	a	2014-09-16							a		中小型風機產業		

四、技術報告表(9)

			作者姓名間以半型分號「;」隔開	採西元年 如：2005			
年度	計畫名稱	報告名稱	作者姓名	出版年	頁數	出版單位	備註
103	風能系統工程技術開發與研究	25 kW 風力發電機之使用與保養		2014	32	INER	
103	風能系統工程技術開發與研究	ANSYS FLUENT 風機噪音模擬分析		2014	22	INER	
103	風能系統工程技術開發與研究	風力發電示範園區整合型展示系統之架構		2014	22	INER	
103	風能系統工程技術開發與研究	150 kWII 風力發電機維修保養規劃手冊		2014	33	INER	
103	風能系統工程技術開發與研究	150kWII 風機操作程序書		2014	22	INER	

五、技術移轉表(11)

			a 先期技術移轉 b 軟體授權 c 技術移轉 d 新技術/新品種 引進數						採西元年月 如：2005/01	採西元年月 如：2005/01			
						權利金(千元)							
年度	計畫名稱	技術名稱	類別代碼	授權單位	被授權廠商 或機構	先期技術授 權金	技術移轉授 權金	合計	合約有效期 間(起)	合約有效期 間(迄)	移轉年 度	國內/國 外	備註

六、廠商投資表(14)

					a 研發投資 b 生產投資					
年度	計畫名稱	廠商名稱	廠商統一編號	廠商地址	投資類別代碼	投資金額 (千元)	產品名稱	產值(千元)	移轉年度	備註
103	風能系統工程技術開發與研究	新○能源科技股份有限公司			a	200 千元	5 kW 垂直軸風力機設計開發			

附件：圖片說明

1. 圖片名稱：圖 1、150 kW 二代風機地面測試. jpg

說明：圖 1、150 kW 二代風機地面測試



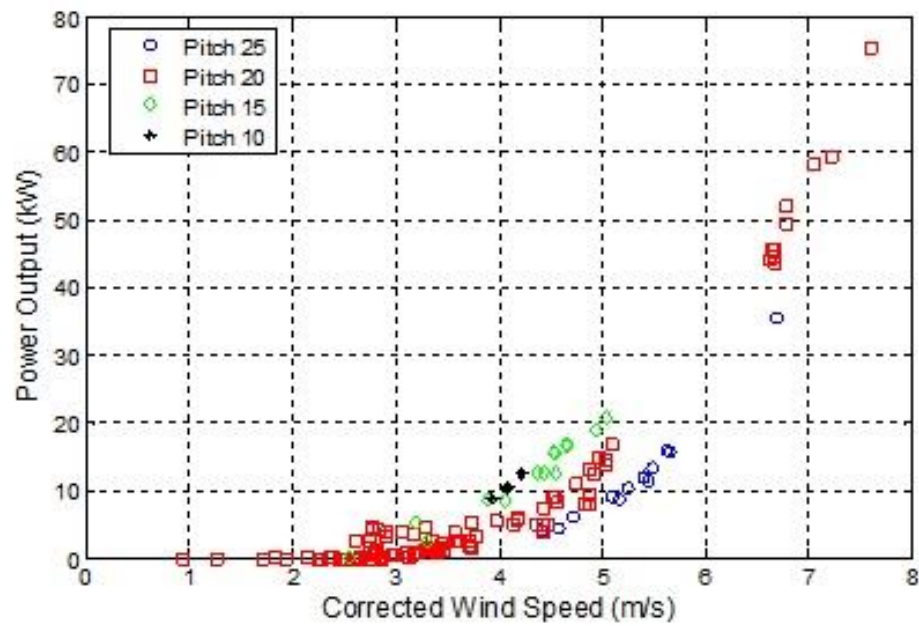
2. 圖片名稱：圖 2、150 kW 二代風機架設與測試運轉. jpg

說明：圖 2、150 kW 二代風機架設與測試運轉圖



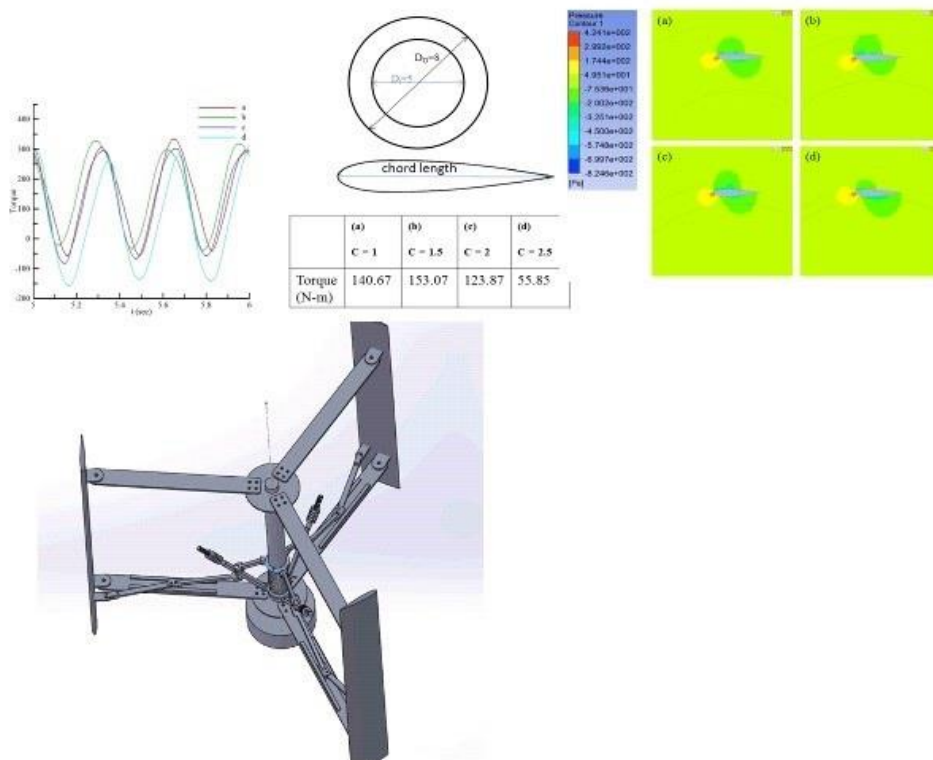
3. 圖片名稱：圖 3、150 kW 二代風機功率性能測試. jpg

說明：圖 3、150 kW 二代風機功率性能測試

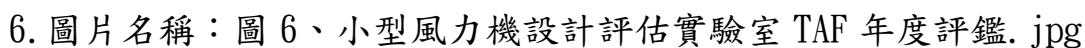


4. 圖片名稱：圖 4、5 kW 垂直軸風機概念設計. jpg

說明：圖 4、5 kW 垂直軸風機概念設計



說明：圖 5、關鍵零組件結構安全檢核



說明：圖 6、小型風力機設計評估實驗室 TAF 年度評鑑

25 / 30

7. 圖片名稱：圖 7、ClassNK 技術會議. jpg

說明：圖 7、ClassNK 技術會議



8. 圖片名稱：圖 8、SWAT2014 與 IEA Task 27 工作會議. jpg

說明：圖 8、SWAT2014 與 IEA Task 27 工作會議



9. 圖片名稱：圖 9、風力發電示範區整合型展示系統. jpg
 說明：圖 9、風力發電示範區整合型展示系統

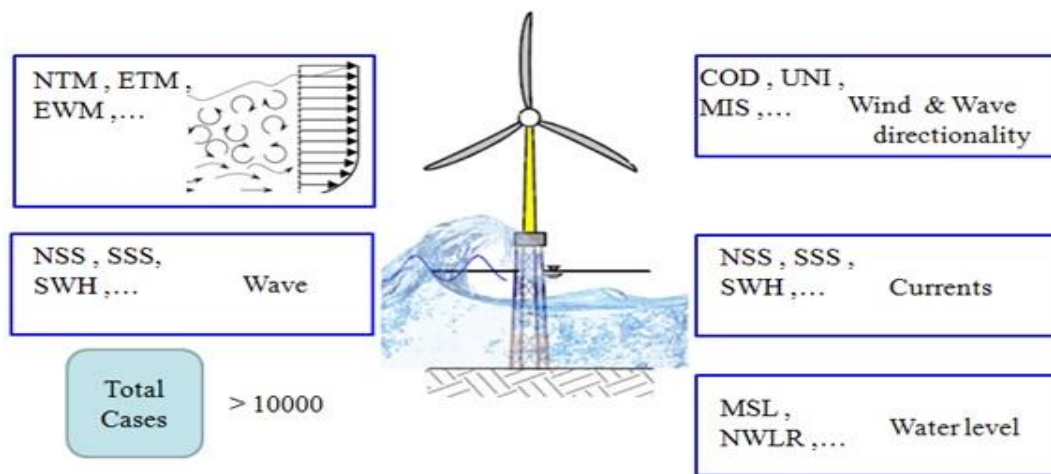


10. 圖片名稱：圖 10、符合 IEC 標準之設計評估前處理程式平台. jpg
 說明：圖 10、符合 IEC 標準之設計評估前處理程式平台



11. 圖片名稱：圖 11、IEC 設計負載案例. jpg

說明：圖 11、IEC 設計負載案例



12. 圖片名稱：圖 12、NREL 5 MW 風機極限與疲勞負載分析結果. jpg

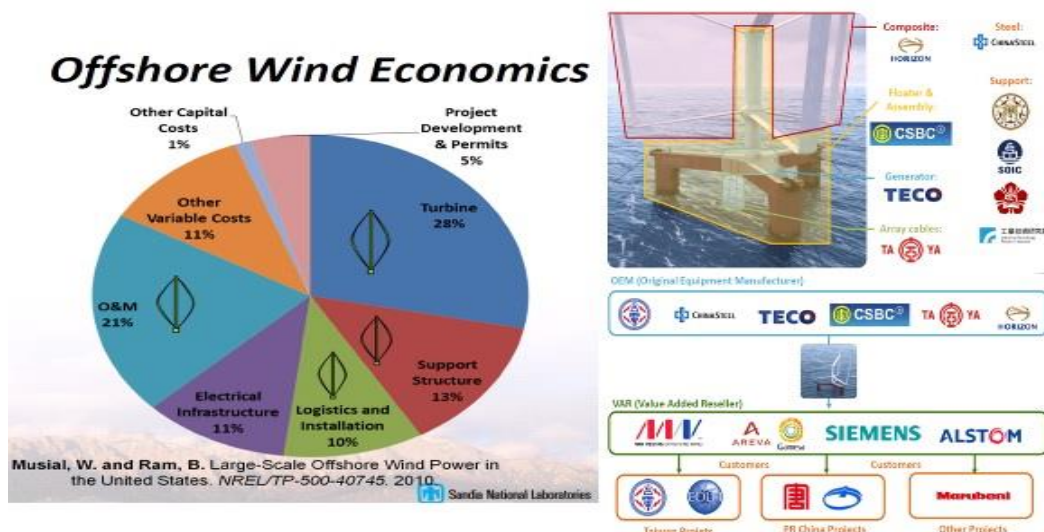
說明：圖 12、NREL 5 MW 風機極限與疲勞負載分析結果

	Extreme Load: ETM		
	1A	1B	1C
Blade falpwise moment (kN-m)	18350	17210	15970
Shaft thrust (kN)	1144	1108	1041
Shaft torque (kN-m)	6133	5922	5620
Shaft bending (kN-m)	13730	12650	11410
Tower thrust (kN)	1205	1121	1015
Tower bending (kN-m)	14170	12960	11670
Base thrust (kN)	3728	3750	3702
Base moment (kN-m)	141900	132900	13050

	Fatigue Load		
	1A	1B	1C
Blade falpwise moment (kN-m)	5065	4577	4094
Shaft thrust (kN)	221	197	174
Shaft torque (kN-m)	842	751	653
Shaft bending (kN-m)	6168	5566	4954
Tower thrust (kN)	274	246	219
Tower bending (kN-m)	4459	3936	3405
Base thrust (kN)	1695	1676	1665
Base moment (kN-m)	36358	33827	31401

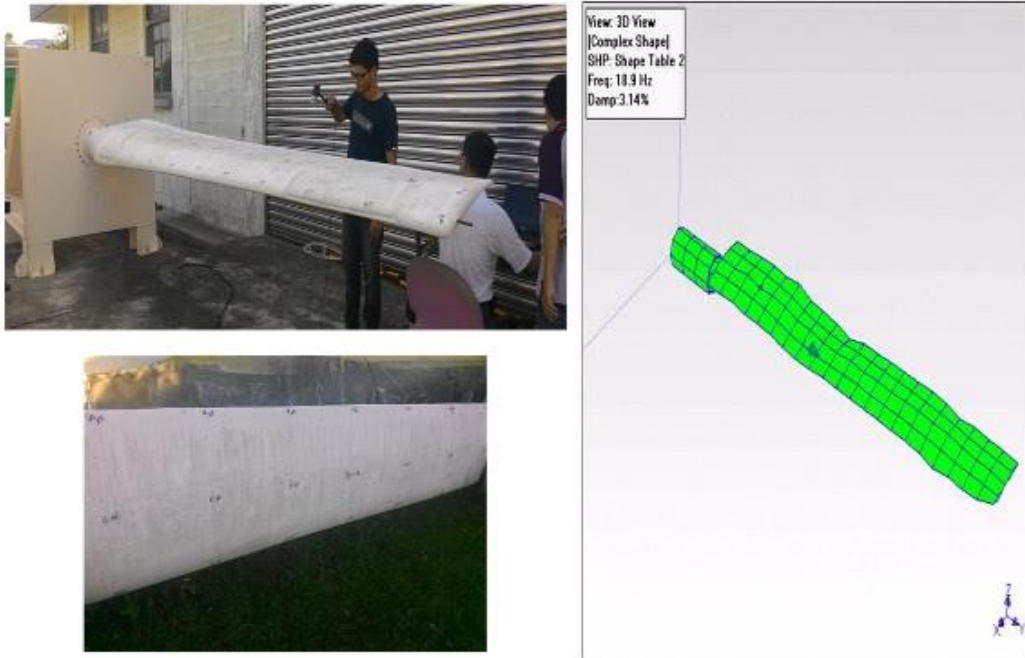
13. 圖片名稱：圖 13、離岸垂直軸風機之基本資料蒐集及產業鏈調查. jpg

說明：圖 13、離岸垂直軸風機之基本資料蒐集及產業鏈調查



14. 圖片名稱：圖 14、風力機葉片測試架設計與分析. jpg

說明：圖 14、風力機葉片測試架設計與分析



Test Report

Dec-10-2014, 09:48:42

Test Name: test123[Real Time (DSA)]

Test saved at: Dec-10-2014, 09:09:33

p54_H[Ch4,Ch1][+54Z-45Z]_H[Ch4,Ch1][+54Z-45Z]



Total Elapsed: 00:00:00
delta F: 25 Hz
Window: Hanning
Average Number: 8

Frame#: 0
Block T: 0.04 Sec
Overlap Ratio: No Overlap

dT: 3.90625E-05 Sec
Block Size/Line: 1024 / 450
Average Mode: Exponential

15. 圖片名稱：圖 15、第二代 150 kW 風機測試運轉啟用典禮暨技術研討會.jpg
說明：圖 15、第二代 150 kW 風機測試運轉啟用典禮暨技術研討會



16. 圖片名稱：圖 16、東○合作意願書.jpg
說明：圖 16、東○合作意願書

