

# 104 年度政府科技發展計畫 績效報告

計畫名稱：風能系統工程技術開發與研究(2/5)

主管機關：行政院原子能委員會

執行單位：核能研究所

中華民國 105 年 3 月 25 日



# 【104 年度績效自評意見暨回復說明(D007)】

計畫名稱：風能系統工程技術開發與研究

績效自評審查委員：吳文方、鍾年勉、張欽然、康龍全

序號	審查意見	回復說明
<p><b>壹、執行之內容與原計畫目標符合程度(自評評等：8)</b></p> <p>9-10：超越計畫原訂目標。</p> <p>8：達成計畫原訂目標。</p> <p>7：大致與原計畫目標相符。</p> <p>1-6：未達原訂目標。</p>		
1-1	<p>大部分項目皆達成目標或超越原訂目標，極少部分低於原訂目標例如研究報告篇數與技轉件數。</p>	<p>謝謝委員意見，104 年研究報告達成 6 篇，與預定目標 10 篇有差異，但在期刊論文與研討會論文部份之目標為 4 篇，實際達成為 11 篇，超出原訂目標許多，因此在學術成就之指標上，整體而言達成值與目標接近，惟在細項的分配上需要再調整，故 105 年度將妥適分配投入到研究報告與論文之比例；另技轉部分因廠商 104 年規畫之預算經費臨時移做他用，故未達成，預定 105 年可完成技轉項目。</p>
1-2	<p>本計畫期末執行成果大致與原訂目標相符，但期末報告與當初擬定細部計畫書有關 104 年預期成果相比，下述於期末報告表達並不明確或未具體呈現：</p> <p>(1) “5 kW 垂直軸風機系統製造”在本年度似只進行細部設計、縮尺模型製造及其風洞實驗，與原定 5 kW 垂直軸風機系統製造之目標甚</p>	<p>(1) 謝謝委員意見，104 年已完成 5 kW 垂直軸風力機之細部設計與部份元件發包製作，105 年將努力完成規劃之全機製作、組裝與功能性測試等工作。</p>

	<p>遠，而關於細部設計也缺乏關於整機系統的設計描述；</p> <p>(2) ”低噪音風機系統概念設計”未見提及其成果；</p> <p>(3) “離岸垂直軸風機動態特性研究”和“大型離岸垂直軸風機概念設計”，只見有關縮尺模型於實驗水槽照片，關於所謂的動態特性研究及大型離岸垂直軸風機概念設計，並未明確敘述。</p>	<p>(2) 謝謝委員意見，104 年已完成噪音之數值模擬分析與實驗量測數據比對，另已進行風機減噪系統之概念設計，後續將實際應用到風機系統當中，以評估其減噪效能。</p> <p>(3) 謝謝委員意見，本年度對於離岸垂直軸風機主要進行概念設計，模型製作與初步測試，目的在於進行離岸垂直軸風機之特性研究與可行性評估，此階段性工作已完成，由於審視現今國內離岸風電技術現況，將主要以大型水平軸風力機及固定支撐結構為主，後續將僅持續關注國外離岸垂直軸風機相關技術之發展情況。</p>
<p><b>貳、計畫經費及人力運用之妥適度(自評評等：9)</b></p> <p>9-10：與原規劃一致。</p> <p>7-8：與原規劃大致相符，差異處經機關說明後可以接受。</p> <p>1-6：與原規劃不盡相符，且計畫經費、人力與工作無法匹配。</p>		
2-1	<p>本計畫本年度總經費為 19,660 千元，實支經費 19,634 千元，預算執行率達 99.87%，執行情形非常良好。</p>	<p>謝謝委員肯定。</p>
2-2	<p>計畫經費及人力運用均稱妥適。惟期末報告 page 16，總人力 144 人年，是否為 人-月之誤，建議修正。</p>	<p>謝謝委員意見，報告中之 144 人年為系統即定格式，其實際單位即為委員所稱之 144 人-月，本計畫將向系統設計與管理單位反應。</p>
<p><b>參、已獲得之主要成果(重大突破)與成果滿意度(自評評等：8)</b></p> <p>9-10：達成原訂 KPI，且獲得成果績效超越原計畫預期。</p> <p>8：達成原訂 KPI，且獲得成果績效與原計畫預期相符。</p> <p>7：大致達成計畫原訂 KPI 與預期效益。</p> <p>1-6：未達成計畫原訂 KPI 與預期效益。</p>		

3-1	獲致成果效益說明清楚，整體符合預期，檢視細項部分超前、部分落後，例如技術創新項目，技術服務達成 2 件較原目標多出 1 件，而技轉部分則為 0 件較目標少 1 件。	謝謝委員意見，技轉部分因廠商 104 年規畫之預算經費臨時移做他用，故未達成，預定 105 年可完成技轉項目。
3-2	本計畫多項 KPI 達成有超越原計畫預期，例如論文發表、學術活動辦理、專利申請、參與技術活動、技術服務件數等。但也有如研究報告、技術報告、技術移轉等略少於預期；至於技轉，原預期一案，期末報告已有說明因廠商今年規畫之預算經費臨時移做他用，故預定明年可完成技轉項目，建議計畫下一年度應戮力達成。	謝謝委員意見，105 年將加強達成設定目標。
3-3	成果效益報告似未提到 25 kW 與 150 kW 風力機運轉與維護資料庫是否已建立完成或目前建立至某個階段。	謝謝委員意見，目前本計畫已完成本所風力發電示範區整合型監控系統之建置，並整合 103 年與 104 年 25 kW 與 150 kW 風力機運轉數據資料，建立運轉與維護之資訊平台。
<p><b>肆、評估主要成就及成果之價值與貢獻度(自評評等：8)</b></p> <p>9-10：超越原計畫預期效益。</p> <p>8：與原計畫預期效益相符。</p> <p>7：大致與原計畫預期效益相符。</p> <p>1-6：未達成原計畫預期效益。</p>		
4-1	本計畫論文發表與研討會活動參與貢獻度佳，已有執行成果發表於國際專業學術期刊中，顯示計畫執行單位具有學術研究能力，值得肯定。學生培育之質與量應可適度增加。	謝謝委員肯定，105 年將視經費額度考量是否提高學生培育數量。

4-2	專利申請布局方向正確，尚在初步階段。	謝謝委員意見，105年將針對專利佈局持續努力。
4-3	本計畫技術創新部分，在比較重要的專利申請上有超越原預期，但建議應將專利申請名稱、案號以及申請的大略摘要於期末報告，以彰顯質化績效。	謝謝委員意見，後續報告將按照建議方式撰寫。
4-4	本計畫團隊輔導風機產業界通過國內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，強化產品競爭性。另輔導國內廠商通過風力機產品驗證、協助廠商進行小型風力機之設計評估、促成國內業者投資、促成學界合作研發等事實皆為可取。	謝謝委員肯定。
4-5	已初步促進產業投資一百萬元以及實際提供技術服務與產業界，均有實際成果。	謝謝委員肯定。
4-6	協助國內建立中小型風力發電示範園區、增加就業機會。另小型風機設施供外界參訪觀摩有助綠能推廣。	謝謝委員肯定。
4-7	有關「成果效益報告」提到「完成本所風力發電示範區整合型監控系統之建置，整合1部3kW垂直軸風力機、2部1kW水平軸風力機、25kW與150kW風力機資訊平台，相關資料可作為風場營運之參考」，各種資料庫之建置相當重要，且宜適時揭露並提供國內各學、研、業界參考。	謝謝委員肯定，核研所風機技術研發持續與國內學術、研發機構及業者加強合作，所建立之資料庫也將適時與業界、學術機構與研究單位交流，協助我國於風力發電產業之發展與技術能力之提升。

4-8	積極發展與國外技研單位合作關係，辦理專家研討會，促進國內外風電相關社群資訊交流與技術發展。	謝謝委員肯定。
4-9	本計畫積極培育國內小型風機設計製造人才，提升國內小型風機技術能力，並加強國際合作。	謝謝委員肯定。
<b>伍、跨部會協調或與相關計畫之配合程度(自評評等：9)</b>		
10：認同機關所提計畫執行無須跨部會協調，且不須與其他計畫配合。 9-10：跨部會協調或與相關計畫之配合情形良好。 7-8：跨部會協調或與相關計畫之配合情形尚屬良好。 1-6：跨部會協調或與相關計畫之配合情形仍待加強。		
5-1	「成果效益報告」有關跨部會協調或與相關計畫之配合所述一節值得參考，但國內投入風力發電研發之產、官、學、研各界人士眾多，本計畫執行時應多所留意。	謝謝委員肯定。
5-2	配合科技部 NEP II 計畫良好。	謝謝委員肯定。
<b>陸、後續工作構想及重點之妥適度(自評評等：8)</b>		
9-10：後續工作構想良好；屆期計畫成果之後續推廣措施良好。 7-8：後續工作構想尚屬良好；屆期計畫之後續推廣措施尚屬良好。 1-6：後續工作構想有待加強；未規劃適當之屆期計畫後續推廣措施。		
6-1	後續發展方向兼顧中小型風機發展技術需求與離岸風機建置國內重點技術需求。	謝謝委員肯定。
6-2	建議其中有數項重點應該考慮： (1)5 kW 垂直軸風力機的研究發展，應該確信有後續持續的廠商產學配合的加入，對於確切完成整機重要零組件製造、組裝、架設、測試等期程，應該檢視原來細部執	(1) 謝謝委員意見，5 kW 垂直軸風力機之研發已有合作廠商持續進行當中，105 年將努力達成原定設定之目標。

<p>行計畫預定成果的期程是否可以達成，或者更新原定的期程。</p> <p>(2) 150 kW 風力機於所區的持續耐久和功率測試，應該持續進行，並且加強其運轉可用率。而將 150 kW 風力機的整機設計、製造、運轉等技術擴充做為與離岸風力主軸計畫下國產風力機自主研發的工作項目相配合，應該是本計畫未來的重要亮點目標。</p> <p>(3) 大型離岸垂直軸風力機的工作是否繼續進行，建議如果不再進行，應修訂細部執行計畫書的內容，同時應對停止之工作項目就其在技術發展的層面提出若干說明，例如技術困難度、產業發展配合度、人力或經費投入考量等。</p> <p>(4) 本計畫團隊亦參與離岸主軸計畫關於“「離岸風機及支撐結構設計驗證及工程技術建立”之計畫，對於支撐結構設計均只針對桁構式基礎結構進行研究，但重力式基礎結構亦可能是未來我國離岸風力機的選項。因此建議可以在 105 和 106 年度的核研所預算計畫項下，配合主軸計畫的“「離岸風機及支撐結構設計驗證及工程技術建</p>	<p>(2) 謝謝委員意見，150 kW 之風力機耐久性與功率測試將持續進行，並嘗試提高其可用率。另本計畫已針對 150 kW 風力機建置之成果，與中鋼洽談合作計畫，延伸本計畫與產學合作之研發成果應用，協助中鋼建立其大型與離岸風力發電之先期技術引進及研發能量，與後續引進離岸風力機設計技術等工作。</p> <p>(3) 謝謝委員意見，本年度對於離岸垂直軸風機主要進行概念設計，模型製作與初步測試，目的在於進行離岸垂直軸風機之特性研究與可行性評估，現已完成階段性工作，後續將持續關注國外相關技術之發展情況。</p> <p>(4) 謝謝委員意見，有關重力式基礎結構之工作項目，本計畫將通盤考量原定工作量、預算與人力變化後，再決定是否將其納入 105 和 106 年度之計畫工作當中；或是另案申請補助計畫針對重力式基礎結構進行完整分析與研究。</p>
--	--

	立”之進行，增列對於重力式基礎結構設計驗證技術建立之工作項目。	
柒、總體績效評量暨綜合意見 (自評評等：8) (10:極優 9:優 8:良 7:可 6:尚可 5:普通 4:略差 3:差 2:極差 1:劣)		
7-1	本計畫為全程 5 年之第 2 年成果進行，整體而言，進度與預期成果符合目標，本案尚屬全案進行期程之前期，效益與貢獻度已初步顯現，後續發展方向正確，值得繼續支持投入，期待未來擴大成果與效益。	謝謝委員肯定。
7-2	執行單位宜思考自己在我國風力發電發展中之定位，並釐清本計畫與其他產、官、學、研相關計畫間之異同。	謝謝委員意見，核研所為政府之國家實驗室，將更謹慎思考及參與國內於風電技術研發，整合產官學研研究資源，協助拓展及深耕國內風電技術開發。以本計畫建立離岸風機及支撐結構設計驗證及工程技術，即著眼引進國外先進技術釐清颱風與地震等極端條件於國內離岸風機設置之影響，建立設計載重及驗證能力，可協助主管機關及業者，甚至國內一般民眾，提高離岸風機未來之可靠性及安全性，並降低成本等等。未來也將實際依委員建議方向進行更縝密思考與自我定位，以協助國內風電技術研發。
7-3	1. 研發團隊在風機技術已努力多年，在風機設計、分析方面已有相當成績，除了積極參與國內外技術活動外，宜多加強與產業合作，建議多加強技轉工作。 2. 關於 5kw 垂直軸風機開發工	1. 謝謝委員意見，本計畫將朝建議方向積極進行技轉工作。 2. 謝謝委員意見，本計畫將朝建

	<p>作，計畫執行單位宜慎選合作廠商，注意廠商營運狀況，以確保合作開發案之順利進行。</p>	<p>議方向慎選合作廠商，以確保合作開發案之順利進行。</p>
--	--	---------------------------------

# 目 錄

【104 年度政府科技發展計畫績效報告基本資料表(D003)】 .....	11
<b>第一部分(系統填寫)</b>	
壹、 目的、架構與主要內容 .....	1-13
一、 目的與預期成效 .....	1-14
(一) 目的 .....	1-14
(二) 預期成效 .....	1-14
(三) 實際達成與原預期差異說明 .....	1-15
二、 架構(含樹狀圖) .....	1-18
三、 主要內容 .....	1-18
(一) 內容 .....	1-18
(二) 實際執行與原規劃差異說明 .....	1-20
貳、 經費與人力執行情形 .....	1-22
一、 經費執行情形 .....	1-22
(一) 經資門經費表(E005) .....	1-22
(二) 經費實際支用與原規劃差異說明 .....	1-24
二、 計畫人力運用情形 .....	1-25
(一) 計畫人力結構(E004) .....	1-25
(二) 人力實際進用與原規劃差異說明 .....	1-25
參、 已獲得之主要成果與重大突破 (含量化 output)(E003) .....	1-26
<b>第二部分(自行上傳)</b>	
壹、 主要成就及成果之價值與貢獻度 (outcome) .....	2-38
一、 學術成就(科技基礎研究) .....	2-39
二、 技術創新(科技技術創新) .....	2-43
三、 經濟效益(經濟產業促進) .....	2-45
四、 社會影響(社會福祉提升、環境保護安全) .....	2-46
五、 其他效益(科技政策管理、人才培育、法規制度、國際合作、推動輔導等) .....	2-47
貳、 跨部會協調或與相關計畫之配合 .....	2-47
參、 檢討與展望 .....	2-48

**【104 年度政府科技發展計畫績效報告基本資料表  
(D003)】**

審議編號	104-2001-02-癸-09				
計畫名稱	能源國家型科技計畫－風能系統工程技術開發與研究(2/5)				
主管機關	行政院原子能委員會				
執行單位	核能研究所				
計畫主持人	姓名	黃金城	職稱	研究員	
	服務機關	行政院原子能委員會核能研究所			
	電話	(03)471-1400 轉 3300	電子郵件	cchuang@iner.gov.tw	
計畫類別	■能源國家型科技計畫				
計畫群組及比重	生命科技 % 環境科技 100 % 資通電子 % 工程科技 % 科技服務 % 科技政策 % 資通訊建設 %				
執行期間	104 年 01 月 01 日至 104 年 12 月 31 日				
全程期間	103 年 01 月 01 日至 107 年 12 月 31 日				
全程計畫 資源投入 (104 年度以前 請填決算數)	年度	經費(千元)		人力(人/年)	
	103	17,322		14	
	104	19,660		12	
	105	24,816		12	
	106	24,735		15	
	107	35,000		15	
	合計	121,533		68	
當年度 經費投入 明細	104 年度	人事費	-	土地建築	-
		材料費	1,577	儀器設備	2,200

(請填決算數)				費	
	其他經常支出	11,336		其他費用	4,547
	經常門小計	12,913		資本門小計	6,747
	經費小計(千元)		經費小計 19,660 (千元)		
計畫連絡人	姓名	賴文政	職稱	研究助理	
	服務機關	行政院原子能委員會核能研究所			
	電話	(03)471-1400 轉 3342	電子郵件	abc720919@iner.gov.tw	

## 第一部分(系統填寫)

# 壹、目的、架構與主要內容

(填寫說明：計畫目的、架構、內容之呈現方式應與原綱要計畫書一致，如實際執行與原規劃有差異或變更，應予說明)

## 一、目的與預期成效

### (一) 目的

本計畫整體目標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，以及建立自主化大型陸域及離岸風機工程技術能力，以厚實我國的風能科技與產業技術能力。

為配合政府能源政策及科技研發能量建立需求，本計畫針對總計畫目標，規劃 104 年以兩個分項計畫來推動：

#### (一) 中小型風機工程技術研發：

1. 進行核研所 150kW 二代風機系統耐久性測試
2. 5kW 垂直軸風機系統細部設計
3. 建立風力機負載量測技術
4. 建立風機故障預測及示警技術能力
5. 風機系統設計分析及軟體工作平台之開發

#### (二) 大型風機工程技術研發：

1. 離岸風機國際標準適用性比較研究
2. 離岸垂直軸風機概念設計
3. 完成風機葉片及系統模態測試與模型驗證

### (二) 預期成效

#### (一) 中小型風機工程技術研發

1. 進行核研所 150kW 二代風機系統耐久性測試
2. 5kW 垂直軸風機系統細部設計
3. 建立風力機負載量測技術
4. 建立風機故障預測及示警技術能力

## (二) 大型風機工程技術研發

1. 離岸風機國際標準適用性比較研究
2. 離岸垂直軸風機概念設計
3. 完成風機葉片及系統模態測試與模型驗證

## (三) 實際達成與原預期差異說明

預期目標	實際達成情形	差異分析
<p>(一) 中小型風機工程技術研發</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 進行核研所 150kW 二代風機系統耐久性測試</li> <li>2. 5kW 垂直軸風機系統細部設計</li> <li>3. 建立風力機負載量測技術</li> <li>4. 建立風機故障預測及示警技術能力</li> </ol>	<p>(1) 進行核研所 150kW 二代風機系統耐久性測試，無差異。</p> <p>(a) 完成 150 kW 二代風機系統監控系統(Auto Mode)追風程式測試(圖 1)。</p> <p>(b) 完成 150 kW 二代風機系統耐久性測試，自 2014 年 8 月至 2015 年 6 月，總運轉時數 2313(hr)，總發電量 6550.86(kW-hr)(圖 2)。</p> <p>(c) 針對 150 kW 二代風機系統進行例行性檢測保養，發現油壓煞車卡鉗與主軸煞車碟盤磨耗，研判原因為起初組裝油壓煞車卡鉗與主軸煞車碟盤之間不對中(平行不對中及偏角不對中)所導致，遂進行對中校準改善(圖 3)。</p> <p>(2) 5kW 垂直軸風機系統細部設計，無差異。</p> <p>(a) 完成 5 kW 垂直軸風機啟動及過轉速保護之扭矩分析及葉片被</p>	<p>無差異</p>

	<p>動式過轉速保護機制設計(圖 4)。</p> <p>(b) 完成 5 kW 垂直軸風機縮尺模型風洞實驗(圖 5)，藉此修正葉片氣動力設計。</p> <p>(3) 建立風力機負載量測技術，無差異。</p> <p>(a) 完成葉片與塔架負載量測系統裝置安裝(圖 6)，利用 SG Link 將應變規的資訊以無線傳輸方式傳送至電腦端。</p> <p>(b) 進行負載量測校正(圖 7)，利用經過校正的負荷原讀數與應變規讀數進行數據分析，以了解負載與應變間的關係；並完成葉片負載與應變量測(圖 7)。</p> <p>(4) 建立風機故障預測及示警技術能力，無差異。</p> <p>(a) 完成風力故障預測量測硬體規劃與架設(圖 8)，於發電機前端低速部分選用搭配低速軸加速規進行量測，分別位於圖 8 中之位置 1、2、3、4(徑向軸承、止推軸承、齒輪箱入立軸、齒輪箱中間軸)等四處；發電機後端則以一般型加速規作為量測感測器。</p> <p>(b) 搭配 150 kW 二代風機系統耐久性測試，進行風機故障預</p>	
--	---	--

	<p>測及示警技術能力建立(圖 9)。</p> <p>(c) 應用 ANSYS 分析軟體進行齒輪故障模擬, 完成風機組件中齒輪故障偵測之檢測指標 (AF), 可代表裂縫此類局部性破壞的檢測指標在同一轉速下, 裂縫越大則 AF 越大 (圖 10)。</p>	
<p>(二) 大型風機工程技術研發</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 離岸風機國際標準適用性比較研究</li> <li>2. 離岸垂直軸風機概念設計</li> <li>3. 完成風機葉片及系統模態測試與模型驗證</li> </ol>	<p>離岸風機國際標準適用性比較研究, 無差異。</p> <p>(a) 完成 IEC 與 GL 規範之設計負載案例比較, 並完成計算極限負載與計算結果比較。(圖 11)。</p> <p>(b) 完成 IEC 與 GL 之極限負載計算結果(圖 12)。</p> <p>(2) 離岸垂直軸風機概念設計, 無差異。</p> <p>(a) 完成離岸垂直軸風機機構概念設計(圖 13)。</p> <p>(b) 完成離岸垂直軸風機概念設計之架設及組裝, 並於實驗水槽中進行測試(圖 13)。</p> <p>(3) 風機葉片及系統模態測試與模型驗證, 無差異。</p> <p>(a) 完成葉片模態測試技術精</p>	<p>無差異</p>

	進，並測量風機葉片振頻，實驗量測點劃分為 22 點，其前三振頻分別為 2.7Hz、3.5Hz、6.9Hz，如圖(14)所示。	
--	--	--

## 二、架構

細部計畫		子項計畫(本所填分項計畫)		主持人	共同主持人	執行機關	說明
名稱	預算數/ (初編決算數) (千元)	名稱	預算數/ (初編決算數) (千元)				
風能系統工程技術開發與研究(2/5)	19,660 (19,634)	1. 中小型風機工程技術研發	8,017 (7,999)	蘇煒年		核能研究所	
		2. 大型風機工程技術研發	11,643 (11,634)	黃金城		核能研究所	

註：初編決算數=實支數+保留數=執行數

## 三、主要內容

### (一) 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术提升與建置的需求，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。

(一)、中小型風機工程技術研發，104 年研發重點包括：

1. 進行核研所 150kW 二代風機系統耐久性測試：
  - a. 進行系統耐久性測試，檢視轉動件磨耗程度。
  - b. 監控系統改善與精進。
2. 5kW 垂直軸風機系統細部設計：
  - a. 最佳化葉片氣動力設計。
  - b. 垂直軸風力機過轉速保護機制設計。
  - c. 進行 5kW 垂直軸風力機之建造。
3. 建立風力機負載量測技術：
  - a. 進行小型風力機葉片與塔架負載量測。
  - b. 驗證與精進小型風力機負載計算模式。
4. 建立風機故障預測及示警技術能力：
  - a. 開發中型風機系統故障診斷流程。
  - b. 建立風機系統示警機制。
5. 風機系統設計分析及軟體工作平台之開發：
  - a. 建立符合 IEC 61400-1 & 2 設計評估分析後處理軟體工作平台。

(二)、大型風機工程技術研發，104 年研發重點包括：

1. 離岸風機國際標準適用性比較研究：
  - a. 進行參考離岸風機 IEC 與 GL 設計負載計算。
  - b. 進行參考離岸風機設計負載比對與分析。
2. 離岸垂直軸風機概念設計：
  - a. 離岸垂直軸風機動態特性研究。

- b. 進行大型離岸垂直軸風機概念設計。
- 3. 風機葉片及系統模態測試與模型驗證：
  - a. 完成風機葉片及系統模態測試。
  - b. 進行葉片結構動力分析與結構模態測試驗證比對。

## (二) 實際執行與原規劃差異說明

### (一) 1. 中小型風機工程技術研發

- (1) 進行核研所 150kW 二代風機系統耐久性測試，無差異。
  - (a) 完成 150 kW 二代風機系統監控系統(Auto Mode)追風程式測試(圖 1)。
  - (b) 完成 150 kW 二代風機系統耐久性測試，自 2014 年 8 月至 2015 年 6 月，總運轉時數 2313(hr)，總發電量 6550.86(kW-hr)(圖 2)。
  - (c) 針對 150 kW 二代風機系統進行例行性檢測保養，發現油壓煞車卡鉗與主軸煞車碟盤磨耗，研判原因為起初組裝油壓煞車卡鉗與主軸煞車碟盤之間不對中(平行不對中及偏角不對中)所導致，遂進行對中校準改善(圖 3)。
- (2) 5kW 垂直軸風機系統細部設計，無差異。
  - (a) 完成 5 kW 垂直軸風機啟動及過轉速保護之扭矩分析及葉片被動式過轉速保護機制設計(圖 4)。
  - (b) 完成 5 kW 垂直軸風機縮尺模型風洞實驗(圖 5)，藉此修正葉片氣動力設計。
- (3) 建立風力機負載量測技術，無差異。
  - (a) 完成葉片與塔架負載量測系統裝置安裝(圖 6)，利用 SG Link 將應變規的資訊以無線傳輸方式傳送至電腦端。
  - (b) 進行負載量測校正(圖 7)，利用經過校正的負荷原讀數與應變規讀數進行數據分析，以了解負載與應變間的關係；並完成葉片負載與應變量測(圖 7)。
- (4) 建立風機故障預測及示警技術能力，無差異。

- (a) 完成風力故障預測量測硬體規劃與架設(圖 8)，於發電機前端低速部分選用搭配低速軸加速規進行量測，分別位於圖 8 中之位置 1、2、3、4(徑向軸承、止推軸承、齒輪箱入立軸、齒輪箱中間軸)等四處；發電機後端則以一般型加速規作為量測感測器。
- (b) 搭配 150 kW 二代風機系統耐久性測試，進行風機故障預測及示警技術能力建立(圖 9)。
- (c) 應用 ANSYS 分析軟體進行齒輪故障模擬, 完成風機組件中齒輪故障偵測之檢測指標(AF)，可代表裂縫此類局部性破壞的檢測指標在同一轉速下，裂縫越大則 AF 越大(圖 10)。

## 2. 大型風機工程技術研發

- (1) 離岸風機國際標準適用性比較研究，無差異。
  - (a) 完成 IEC 與 GL 規範之設計負載案例比較，並完成計算極限負載與計算結果比較。(圖 11)。
  - (b) 完成 IEC 與 GL 之極限負載計算結果(圖 12)。
- (2) 離岸垂直軸風機概念設計，無差異。
  - (a) 完成離岸垂直軸風機機構概念設計(圖 13)。
  - (b) 完成離岸垂直軸風機概念設計之架設及組裝，並於實驗水槽中進行測試(圖 13)。
- (3) 風機葉片及系統模態測試與模型驗證，無差異。
  - (a) 完成葉片模態測試技術精進，並測量風機葉片振頻，實驗量測點劃分為 22 點，其前三振頻分別為 2.7Hz、3.5Hz、6.9Hz，如圖(14)所示。

## 貳、經費與人力執行情形

### 一、經費執行情形

#### (一) 經資門經費表 (E005)

1. 線上填寫經資門經費時，須依細部計畫、子項計畫逐項填寫預算數與初編決算數，本表則由細部計畫、子項計畫經費加總產生。
2. 初編決算數：因績效報告書繳交時，審計機關尚未審定 104 年度決算，故請填列機關編造決算數。
3. 實支數：係指工作實際已執行且實際支付之款項，不包含暫付數。
4. 保留數：係指因發生權責關係經核准保留於以後年度繼續支付之經費。
5. 105 年度預算數：如績效報告書繳交時，立法院已審定 105 年度法定預算，則本欄位資料為法定預算數，其金額應與「105 年度綱要計畫申請書(法定版)」一致，如立法院尚未審定 105 年度法定預算，則本欄位資料為預算案數，其金額應與「105 年度綱要計畫申請書(行政院核定版)」一致。
6. 106 年度申請數：本欄位資料係自動產生，資料來源為 106 年度綱要計畫申請書(機關送審版)。

單位：千元；%

	104 年度					105 年度 預算數	106 年度 申請數	備註
	預算數 (a)	初編決算數			執行率 (d/a)			
		實支數 (b)	保留數 (c)	合計 (d=b+c)				
總計	19,660	19,633	0	19,634	99.86%	24,816	24,735	
一、經常門小計	12,913	12,886	0	12,887	99.79%	15,914	15,735	
(1)人事費	-	-	-	-	-	-	-	
(2)材料費	1,577	1,577	0	1,577	100.00%	1,480	1,500	
(3)其他經常支出	11,336	11,309	0	11,310	99.76%	14,434	14,235	
二、資本門小計	6,747	6,747	0	6,747	100.00%	8,902	9,000	
(1)土地建築	-	-	-	-	-	-	-	
(2)儀器設備	2,200	2,200	0	2,082	100.00%	2,760	2,800	
(3)其他資本支出	4,547	4,547	0	4,547	100.00%	6,142	6,200	

## (二) 經費支用說明

(填寫說明：請簡扼說明各項經費支用用途，例如有高額其他經費支出，宜說明其用途；或就資本門說明所採購項目及目的等。)

### (一) 100 萬以上儀器設備

單位：元

序號	儀器設備名稱	支出金額
1	ANSYS Fluent/平行運算模組及維護	1,580,000
	總計 1	1,580,000

本計畫採購 100 萬以上儀器設備一套：ANSYS Fluent/平行運算模組及維護，用於風機之氣動力效能分析，金額為 1,580,000 元。

## (三) 經費實際支用與原規劃差異說明

(填寫說明：如有執行率偏低、保留數偏高、經資門流用比例偏高等情形，均請說明。)

無差異。

## 二、計畫人力運用情形

### (一) 計畫人力結構 (E004)

(填寫說明：線上填寫計畫人力結構時，須依細部計畫、子項計畫逐項填寫原訂人力、實際人力，差異值則由系統自動計算產生。)

計畫名稱	執行情形	104 年度						總人力 (人年)	105 年度 總人力 (預算數)	106 年度 總人力 (申請數)
		研究員 級	副研究 員級	助理研究員 級	助理級	技術 人員	其他			
	原訂	6	18	96	24	0	0	144	12	15
	實際	6	18	88	16	0	0	128	—	—
	差異	0	0	8	8	0	0	16	—	—

- 研究員級：研究員、教授、主治醫師、簡任技正等，若非以上職稱則相當於博士滿 3 年、或碩士滿 6 年、或學士滿 9 年以上之研究經驗者。
- 副研究員級：副研究員、副教授、助理教授、總醫師、薦任技正，若非以上職稱則相當於博士、或碩士滿 3 年、或學士滿 6 年以上之研究經驗者。
- 助理研究員：助理研究員、講師、住院醫師、技士，若非以上職稱則相當於碩士、或學士滿 3 年以上之研究經驗者。
- 助理級：研究助理、助教、實習醫師，若非以上職稱則相當於學士、或專科滿 3 年以上之研究經驗者。
- 技術人員：指目前在研究人員之監督下從事與研究發展有關之技術性工作。
- 其他：指在研究發展執行部門參與研究發展有關之事務性及雜項工作者，如人事、會計、秘書、事務人員及維修、機電人員等。

### (二) 人力實際進用與原規劃差異說明

一名專任助理人員因身體因素申請長期病假，兩名研發替代役人員退伍。

## 參、已獲得之主要成果與重大突破(含量化 output) (E003) (系統填寫)

填寫說明：

1. 績效指標之「原訂目標值」應與原綱要計畫書一致，惟因 104 年度績效指標項目修正，部分績效項目整併或分列，機關得依績效項目之調整配合修正原訂指標項目與原訂目標值，惟整體而言，不得調降原訂目標值。
2. 項目 A.論文、G.智慧財產、H.技術報告及檢驗方法、J1.技轉與智財授權、S1.技術服務、L.促成投資等 6 項目指標，因統計需要請務必填寫，無則填「0」即可。
3. 得因計畫實際執行增列指標項目以呈現計畫成果。

屬性	績效指標類別	績效指標項目		104 年度		105 年度目標值	106 年度目標值	效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
				原訂目標值	實際達成值				
學術成就 (科技基礎研究)	A.論文	期刊論文	國內(篇)	1	1	1	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。		
			國外(篇)	2	1	1			
		研討會論文	國內(篇)	4	1	1			
			國外(篇)	4	1	0			
		專書論文	國內(篇)						
			國外(篇)						
	B.合作團隊 (計畫)養成	機構內跨領域合作團隊(計畫)數						1. 建立小型風力機振動分析與減振研究技術能量。 2. 建立 MW 級風力機控制系統設計技術能量。	150 kW 二代風力機振動分析與
		跨機構合作團隊(計畫)數		2	2	2	2		
		跨國合作團隊(計畫)數		0	1				
		簽訂合作協議數							
形成研究中心數									

屬性	績效指標類別	績效指標項目	104 年度		105 年度目標值	106 年度目標值	效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
			原訂目標值	實際達成值				
		形成實驗室數					3. 參與國際合作，提升國際能見度。	初步減振研究。 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。
學術成就 (科技基	C. 培育及延攬人才	博士培育/訓人數	1	1	1	1	參與本計畫執行之碩士研究生 3 人及博士研究生 1 人，以培育國內風力發電技術相關專業人才。	
		碩士培育/訓人數	3	3	2	1		
		學士培育/訓人數						
		學程或課程培訓人數						
		延攬科研人才數						
		國際學生/學者交換人數						

屬性	績效指標類別	績效指標項目		104 年度		105 年度目標值	106 年度目標值	效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
				原訂目標值	實際達成值				
基礎研究)		培育/訓後取得證照人數							
	D1.研究報告	研究報告篇數		10	6	8	6	建立重要研究成果報告，並將成果文件化，以供經驗傳承，並增進核研所研發效益	
	D2.臨床試驗	新藥臨床試驗件數						效益說明可包含新藥、醫療器材於國內外臨床試驗通過情形等。	
		醫療器材臨床試驗件數							
	E.辦理學術活動	國內學術會議、研討會、論壇次數		0	2			德國斯圖卡大學鄭教授合作舉辦離岸風機研討會。 NEP-II 成果發表會。	
		國際學術會議、研討會、論壇次數							
		雙邊學術會議、研討會、論壇次數							
		出版論文集數量							
	F.形成課程/教材/手冊/軟體	形成課程件數						效益說明可包含課程、教材、手冊、軟體被引用情形，或其他個人或團體之加值利用情形等。	
		製作教材件數							
製作手冊件數									
自由軟體授權釋出教材件數									
其他									
技術創新(科技)	G.智慧財產	申請中	國內	發明專利(件)	1	2	1	4	風機機構、控制、新型葉片材料與製程等專利佈局
				新型/新式樣(件)					
				商標(件)					
				品種(件)					
		國外	發明專利(件)						

屬性	績效指標類別	績效指標項目	104 年度		105 年度目標值	106 年度目標值	效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破	
			原訂目標值	實際達成值					
技術創新 ( 技術創新)			新型/新式樣(件)						
			商標(件)						
			品種(件)						
		已獲准	國內	發明專利(件)					
				新型/新式樣(件)					
				商標(件)					
				品種(件)					
		國外	發明專利(件)	發明專利(件)					
				新型/新式樣(件)					
				商標(件)					
				品種(件)					
		著作/出版品	國內(件)						
			國外(件)						
		與其他機構或廠商合作智財件數							
技術創新 ( 科技技術)	H.技術報告及檢驗方法	新技術開發或技術升級開發之技術報告篇數	2	1	1	1	建立研發歷程及標準作業程序，以利技術傳承；後續的研發可在既有的基礎上發揚光大		
		新檢驗方法數							
	I1.辦理技術活動	辦理技術研討會場次					效益說明可包含技術活動參與人次、主辦國際重要技術活動場次等。		
		辦理技術說明會或推廣活動場次							
		辦理競賽活動場次							

屬性	績效指標類別	績效指標項目	104 年度		105 年度目標值	106 年度目標值	效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破		
			原訂目標值	實際達成值						
創新)	J2. 參與技術活動	發表於國內外技術活動(包含技術研討會、技術說明會、競賽活動等)場次	2	8	2	2	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。		
	J1. 技轉與智財授權	技轉(含先期技術) <u>國內</u> 廠商或機構	件數	1	0	1	1	效益說明可包含技轉與智財授權情形、商品化情形等。		
			金額(千元)	100	0	150	150			
		技轉(含先期技術) <u>國外</u> 廠商或機構	件數							
			金額(千元)							
		專利授權 <u>國內</u> 廠商或機構	件數							
			金額(千元)							
		專利授權 <u>國外</u> 廠商或機構	件數							
			金額(千元)							
		自由軟體授權件數								
其他(不含專利)授權		件數								
	金額(千元)									

屬性	績效指標類別	績效指標項目	104 年度		105 年度目標值	106 年度目標值	效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
			原訂目標值	實際達成值				
技術創新 (科技技術創新)	J2.技術輸入	引進技術件數					效益說明可包含引進技術之應用情形。	
		引進技術經費(千元)						
	S1.技術服務 (含委託案及工業服務)	技術服務件數	1	2	1	1	加速國內相關產業發展	
		技術服務家數	1	2	1	1		
		技術服務金額(千元)	500	450	400	400		
	S2.科研設施 建置及服務	設施建置項數	0	4			本計畫於所區建立中小型風力發電示範園區。今年至 12 月 30 日為止，已提供各公家單位、大專院校，以及國高中等參觀教學數件(如：元智機械系、清大動機及化工所、成大航太所/能源國際學程、中原機械系、社團法人台灣新事業促進協會、第 36 屆電力工程研討會人員等)，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。	
		設施運轉穩定度(%)		96				
		設施運轉運轉效率(%)		31				
		設施服務項目數	0	5				
		設施使用人次	0	256				
		設施服務件數	0	6				
設施服務時數		0	12					
設施服務收入								
其他								

屬性	績效指標類別	績效指標項目	104 年度		105 年度目標值	106 年度目標值	效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
			原訂目標值	實際達成值				
經濟效益 (經濟產業促進)	L.促成投資	促成廠商投資件數	0	1	1	1	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。	
		促成生產投資金額(千元)						
		促成研發投資金額(千元)	0	1000	1000	1000		
		促成新創事業投資金額(千元)						
		促成產值提升或新創事業所推出新產品產值(千元)						
	M.創新產業或模式建立	成立營運總部數					效益說明可包含增加台灣產業運籌電子化擴散面積、衍生公司投資金額、創新模式衍生新產品產值、環境改善或體系建立等提高產品競爭力、促進產業發展效益。	
		衍生公司家數						
		建立產業發展環境、體系或營運模式件數						
		參與產業發展環境、體系或營運模式之產業團體數						
		促成企業聯盟家數						
		創新模式衍生新產品上市項數						
		促成產值提升或創新模式衍生新產品產值(千元)						
	N.協助提升我國產業全球地位	建立國際品牌或排名提升					效益說明可包含相關產業(品)產值國際排名提升情形等。	
相關產業產品產值世界排名提升								
促成國際互惠合作件數								
促進國際廠商在台採購(千元)								

屬性	績效指標類別	績效指標項目		104 年度		105 年度目標值	106 年度目標值	效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
				原訂目標值	實際達成值				
經濟效益 (經濟產業促進)	O. 共通/檢測技術服務及輔導	輔導廠商或產業團體技術或品質提升、技術標準認證、實驗室認證、申請與執行主導性新產品及關鍵性零組件等	件數	0	2			效益說明可包含輔導廠商或產業團體獲得國家/國際證照、通過實驗室認證、申請或獲得專利情形、輔導對象相對投入情形、輔導個人獲得相關專業證照情形、國內二級校正衍生數等。	
			廠商家數	0	2				
			廠商配合款(千元)						
		技術、作業準則等教育訓練人次							
		提供國家級校正服務件數							
	P. 創業育成	新公司或衍生公司家數						效益說明可包含新公司或衍生公司投資金額、年營業額等。	
	T. 促成與學界或產業團體合作研究	媒合與推廣活動辦理次數						效益說明可包含合作研究產品上市項數、產量、銷售金額、降低產品成本、提升產品附加價值等	
		促成合作研究件數	2	2	2	2			
		廠商研究配合款金額(千元)							
		合作研究產品上市項數							
	U. 促成智財權資金融通	輔導診斷家數						效益說明可包含協助中小企業取得融資及保證情形等	
		案源媒合家數							
		協助廠商取得融資家數							
		協助廠商取得融資金額(千元)							
	AC. 減少災害損失	開發災害防治技術與產品數						效益說明可包含預估降低環境危害風險或成本等。	
		建立示範區域或環境觀測平台數							
		建築或橋梁補強數							

屬性	績效指標類別	績效指標項目	104 年度		105 年度目標值	106 年度目標值	效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破	
			原訂目標值	實際達成值					
		輔導廠商建立安全相關生產或驗證機制之件數							
		預估降低環境危害風險或成本(千元)							
		其他							
		AB. 科技知識普及	科普知識推廣與宣導次數	0	6			效益說明可包含於國際重要報章媒體刊登或宣傳情形。	
		科普知識推廣與宣導觸達人數	0	256					
		新聞刊登或媒體宣傳數量		1					
社會影響	社會福祉提升	Q. 資訊服務	設立網站數					效益說明可包含網站訪客人數或人次、縮短行政作業時間比率、服務使用提升率、服務滿意度、外部評鑑或查核機制獲獎情形等。	
			提供客服件數						
			知識或資訊擴散(觸達)人次						
			開放資料(Open Data)項數						
			提供共用服務或應用服務項目數						
			線上申辦服務數						
	服務使用提升率								
	R. 增加就業	廠商增聘人數	10	8	6	3	有助於降低國內失業率		

屬性	績效指標類別		績效指標項目	104 年度		105 年度目標值	106 年度目標值	效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
				原訂目標值	實際達成值				
社會影響	社會福祉提升	W. 提升公共服務	旅行時間節省(換算為貨幣價值, 千元)					效益說明可包含運輸耗能節省金額、減少二氧化碳排放量等。	
			運輸耗能節省金額(千元)						
			減少二氧化碳排放量(公噸)						
		X. 提高人民或業者收入	受益人數					效益說明可包含受益人數、受益者每人年平均增加收入等。	
			增加收入(千元)						
		XY. 人權及性別平等促進	人權、弱勢族群或性別平等促進活動場次					效益說明可包含性別或弱勢族群之受益比例等。	
	活動參與人數								
	其他								
	環境安全永續	V. 提高能源利用率及綠能開發	技術或產品之能源效率提升百分比(%)					效益說明可包含技術或產品上市銷售帶動節約能源量、減少二氧化碳排放量、提升新能源及再生能源占比等。	
			技術/產品達成綠色設計件數		5				
			減少二氧化碳排放量(公噸)						
			提升新能源及再生能源產出量		6550k W				
		Z. 調查成果	調查筆數					效益說明可包含國土、環境、健康等各式調查之調查重要發現, 以及調查結果可輔助決策之準確度等。	
調查圖幅數									
調查面積									
影像資料筆數									

屬性	績效指標類別	績效指標項目	104 年度		105 年度目標值	106 年度目標值	效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
			原訂目標值	實際達成值				
		調查物種數						
	其他							
其他效益 (科技政策管理及其他)	K. 規範 / 標準或政策 / 法規草案制訂	參與制訂政府或產業技術規範 / 標準件數					效益說明可包含採用技術規範 / 標準之廠商家數、產品種類等，以及政策建議被採納、法規草案公告實施件數等	
		參與制訂之政策或法規草案件數						
		草案被採納或認可通過件數						
		草案公告實施或發表件數						
	Y. 資訊平台與資料庫	新建資訊平台或資料庫數					推廣計畫研究成果與強化各界交流及風力機運轉與維護資料庫可作為風力發電廠營運之參考	
		更新資訊平台功能項目	1	1	1	1		
		更新或新增資料庫資料筆數						
		資訊平台或資料庫使用人次						
	AA. 決策依據	新建或整合流程數					效益說明可包含政策建議被採納數、節省公帑(千元)等。	
		提供政策建議或重大統計訊息數						
		政策建議被採納數						
		決策支援系統及其反應加速時間(%)						
	其他							

## 104 年度計畫績效指標實際達成與原訂目標差異說明：

1.技轉目標 1 件，實際達成 0 件，合作計畫已在進行當中，因廠商今年規畫之預算經費臨時移做他用，故預定明年可完成技轉項目。

2.增加就業項目，預定 10 人，達成 8 人，因 1 名專支人員與 2 名替代役人員退伍。

## 第二部分(自行上傳)

# 壹、主要成就及成果之價值與貢獻度 (outcome)

(填寫說明：請說明計畫所達成之主要成就與成果，以及其價值與貢獻度；若綱要計畫為多年期計畫，請填寫起始年累積至今之主要成就及成果之價值與貢獻度。)

## 一、學術成就(科技基礎研究)

本計畫由 103 年 1 月 1 日至 104 年 12 月 30 日為止，完成國外期刊 5 篇(2 篇已接受、3 篇已投稿)、國內期刊 3 篇(1 篇已接受，2 篇已刊登)，會議論文 14 篇(14 篇已發表)，共計 22 篇。茲將 3 篇國際會議論文與 3 篇國內與國外期刊之內容簡述於下：

論文名稱：Comparison of load calculation between IEC and GL offshore wind turbine design guideline using NREL 5 MW reference wind turbine，(International Ocean and Polar Engineering Conference，2015)。

論文摘要：IEC 61400-3 (2009) and GL Offshore guideline (2012) are two commonly adopted guidelines for certification of offshore wind turbines worldwide. Comparison of load calculation between these two guidelines is performed in this paper. The NREL 5 MW wind turbine with monopile support structure is selected as the reference wind turbine system for study of the impact on the loading conditions. Design load case (DLC) 1, 6, and 7 are considered in this work and the focus is on the Class I system with different turbulence characteristics (category A, B, and C). Both of extreme and fatigue loads are derived at critical components such as blade, shaft, tower, and foundation. The major impact is identified in this paper.

論文名稱：A Numerical Study on a Small Vertical Axis Wind Turbine using NACA0015 Airfoil，(International Green Energy

Conference , 2015)。

論文摘要：The paper presents the design of a small vertical axis wind turbine (VAWT) using a DOE method. The NACA0015 airfoil is implemented for the design and 3D simulation. The critical design parameters are chord length, tip speed ratio (TSR), aspect ratio (AR) and pitch angle in this work. The RNG  $k-\epsilon$  turbulent model and the sliding mesh method are both adopted in the CFD simulation. The results show that the model with zero pitch, 0.3 m in chord length, TSR of 3, and AR of 10 demonstrate the optimum aerodynamic power under the uniform 10m/s inlet velocity. The aerodynamic power of 3.61kW and 3.89kW is calculated for TSR equals to 3 and 4, respectively. It is observed that the aerodynamic power decreases dramatically while TSR increases to 5.

論文名稱：Investigations on Turbulent Characteristics and Pressure Distributions with RANS-Based Turbulence Models for NREL Phase VI Wind Turbine Blade , (Energy Conversion and Management , 2015)。

論文摘要：Wind energy is one of the clean renewable energy. However, the low frequency (20-200HZ) noise generated from the wind turbine blades would bothers the residents seriously and becomes the major resistance for development. It is useful for predicting the aerodynamic noise by flow field and pressure distribution on the wind turbine blade. Therefore, the main objective of this study is to use different RANS-based turbulence models to analyze the flow field and pressure distributions of the wing turbine blade. Three-dimensional Computation Fluid Dynamics (CFD) simulations of the flow field were used to predict the flow characteristics on the National Renewable Energy Laboratory (NREL) Phase VI horizontal axis

wind turbine. In respect to turbulence models used, most of researches focused on Large Eddy Simulation (LES) model to predict the variation of the flow field presently. LES model, however, needs to huge calculation resources and time consumption. In the present work, four types of Reynolds-averaged Navier-Stokes Equations (RANS) turbulence models, Standard  $k-\varepsilon$ , Realizable  $k-\varepsilon$ , SST  $k-\omega$ , and  $v2-f$ , were used to predict and make comparisons with the results from LES simulations and experimental data; meanwhile, the applicability for different turbulence models would be discussed further. Two different wind speeds with 72rpm were 7m/s and 15m/s. The prediction results show that the pressure distributions and the flow phenomena with SST  $k-\omega$  and  $v2-f$  turbulence models have good agreements with experimental data and LES simulations. However, realizable  $k-\varepsilon$  turbulence model is not appropriate for the predictions because of non-physical phenomenon existing.

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  $k-\omega$  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、技術創新(科技技術創新)

### (一) 技術活動：

104 年

1. 計畫成員參加位於台中長榮桂冠飯店舉辦之 2015 International Green Energy Conference，並且發表論文 1 篇(A Numerical Study on a Small Vertical Axis Wind Turbine using NACA0015 Airfoil)，分享小型垂直軸風機研發成果，並且與會議專家學者進行技術交流。
2. 計畫成員參加位於美國夏威夷舉辦之 2015 International Ocean and Polar Engineering Conference，並且發表論文 1 篇(Comparison of load calculation between IEC and GL offshore wind turbine design guideline using NREL 5 MW reference wind turbine)，分享大型風機研發成果，並且與會議專家學者進行技術交流。
3. 計畫成員參加位於日本東京早稻田大學舉辦之 The 13th Asian International Conference on Fluid Machinery, 2015(AICFM13)，並且發表論文 1 篇(Experimental and Numerical Investigation of a 150 kW Horizontal-axis Wind Turbine)，分享核研所自製之 150kW 水平軸風機研發成果，並且與會議專家學者進行技術交流。
4. 計畫團隊與共同參與開發之國內合作廠商新高公司，分別於 1 月 19 日、3 月 10 日、5 月 19 日、6 月 2 日、7 月 10 日、7 月 23 日、8 月 14 日、10 月、11 月 24 日，針對 5 kW 垂直軸風力機研發進行技術討論。
5. 計畫成員參加位於台北市世貿一館舉辦之 2015 台北國際發明暨技術交易展，展出小型垂直軸風力發電機被動葉片傾角機構模型(Passive

Pitch Control Mechanism for Small Vertical Axis Wind Turbine)，分享小型垂直軸風機研發成果，並與產業及專家學者進行技術交流。

6. 台灣世曦工程顧問股份有限公司港灣部林倣寬副理一行人於3月30日蒞臨本所進行大型離岸風機之技術交流與經驗分享。

7. 計畫成員參加位於台北市南港展覽館舉辦之2015台灣國際綠色產業展，展出小型垂直軸風力發電機被動葉片傾角機構模型(Passive Pitch Control Mechanism for Small Vertical Axis Wind Turbine)，分享小型垂直軸風機研發成果，並與產業及專家學者進行技術交流。

8. 計畫成員參加位於台北市台大醫院國際會議中心舉辦之2015台灣風能協會學術研討會，並且發表論文3篇(核研所150kW水平軸風機氣動力數值與實驗量測分析、NREL 5MW離岸參考風機於IEC與GL設計規範之極限負載計算比較、150kW風力發電系統設計與運轉測試)，分享風機研發成果與增進計畫績效，並且與會議專家學者進行技術交流。

9. 本所於10月6日與荷蘭能源研究所ECN簽訂合作備忘(MOU)，雙方將就包括風力發電等再生能源領域進行交流合作與技術引進，以加速國內風電技術建立。本計畫亦配合規劃派遣相關同仁於11月6日~11月28日前往ECN進行短期風機系統量測技術實習，建立技術交流管道與增進本所風機系統量測技術能力。

103年

(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 Lloyd公司Senior Advisor詹博士，以及Senior Partner滕芝洲女士等來訪，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、經濟效益(經濟產業促進)

#### (一) 扶植產業發展：

104年

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，輔導小型風力機廠商新高與東元公司，於今年通過國內小型風力機自願性產品驗證；協助標檢局推動小型風力機自願性產品驗證，進行國內凱沿公司小型風力機設計評估，提升國內小型風力機產品品質。

103年

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高能源科技股份有限公司參與共同合作開發，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：

104 年

促成與學界合作研究計畫共 2 件，金額總計 1,235 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。

103 年

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。

#### 四、社會影響(社會福祉提升、環境保護安全)

(一) 資訊服務：

104 年

本計畫於所區建立中小型風力發電示範園區。今年至 12 月 30 日為止，已提供各公家單位、大專院校，以及國高中等參觀教學數件(如：元智機械系、清大動機及化工所、成大航太所/能源國際學程、中原機械系、社團法人台灣新事業促進協會、第 36 屆電力工程研討會人員等)，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。

103 年

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：

104 年

本計畫至 12 月 30 日為止，雇用替代役專業技術人員共 6 人，產業界研發人員 2 人，產值(薪資)約 4,800 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。

103 年

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。

## **五、其他效益(科技政策管理、人才培育、法規制度、國際合作、推動輔導等)**

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。

資料庫：

完成本所風力發電示範區整合型監控系統之建置，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。

國際合作：

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。

## 貳、跨部會協調或與相關計畫之配合

(填寫說明：請說明本計畫是否與其他科技發展計畫相關連，其分工與合作之配合情形為何；如相關連計畫為其他機關所執行，請說明協調機制及運作情形是否良好；計畫審議階段如委員特別提出須區隔計畫差異性並強化分工合作、強化與其他機關合作者，建議強化說明配合情形；如計畫與其他計畫、其他機關無相關連，亦請簡扼說明該計畫業務屬性可獨立執行。)

本計畫團隊協同台灣經濟研究院與新高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 為國際能源署專責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 1 月 29 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。

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。

本所於 10 月 6 日與荷蘭能源研究所 ECN 簽訂合作備忘(MOU)，雙方將就包括風力發電等再生能源領域進行交流合作與技術引進，以加速國內風電技術建立。本計畫亦配合規劃派遣相關同仁於 11 月 6 日~11 月 28 日前往 ECN 進行短期風機系統量測技術實習，建立技術交流管道與增進本所風機系統量測技術能力。

## 參、檢討與展望

(填寫說明：請檢討計畫執行可改善事項或後續可精進處，並說明後續工作構想重點與未來展望等；屆期計畫請強化說明後續是否有下期計畫、計畫轉型或整併、納入機關例行性業務、或其他推廣計畫成果效益之作為等。)

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。

佐證圖表

圖 1、150 kW 二代風機系統監控程式(Auto mode)測試與精進

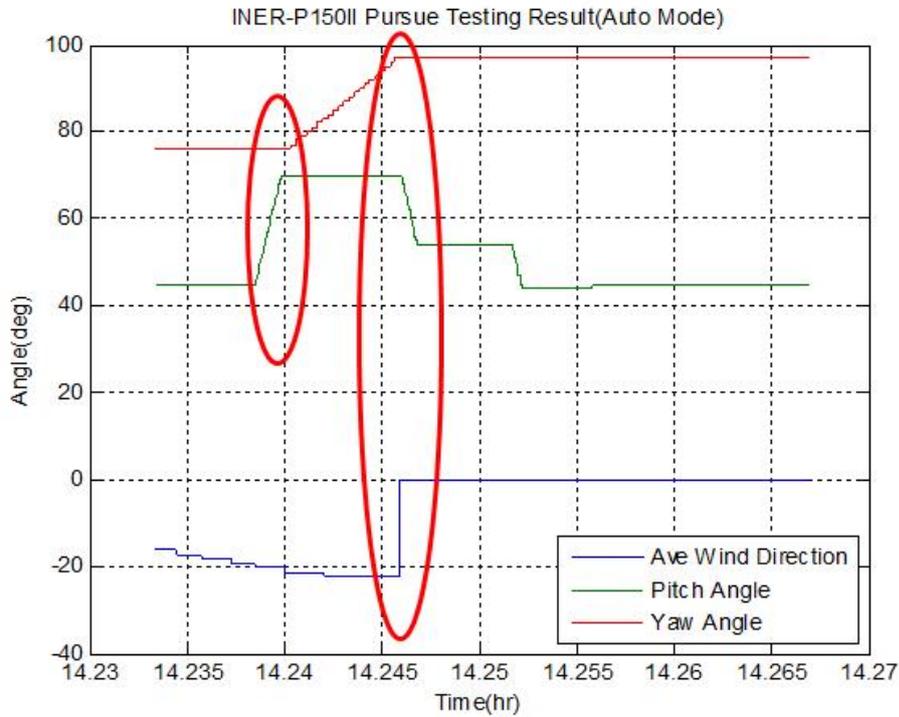


圖 2、150 kW 二代風機系統耐久性測試

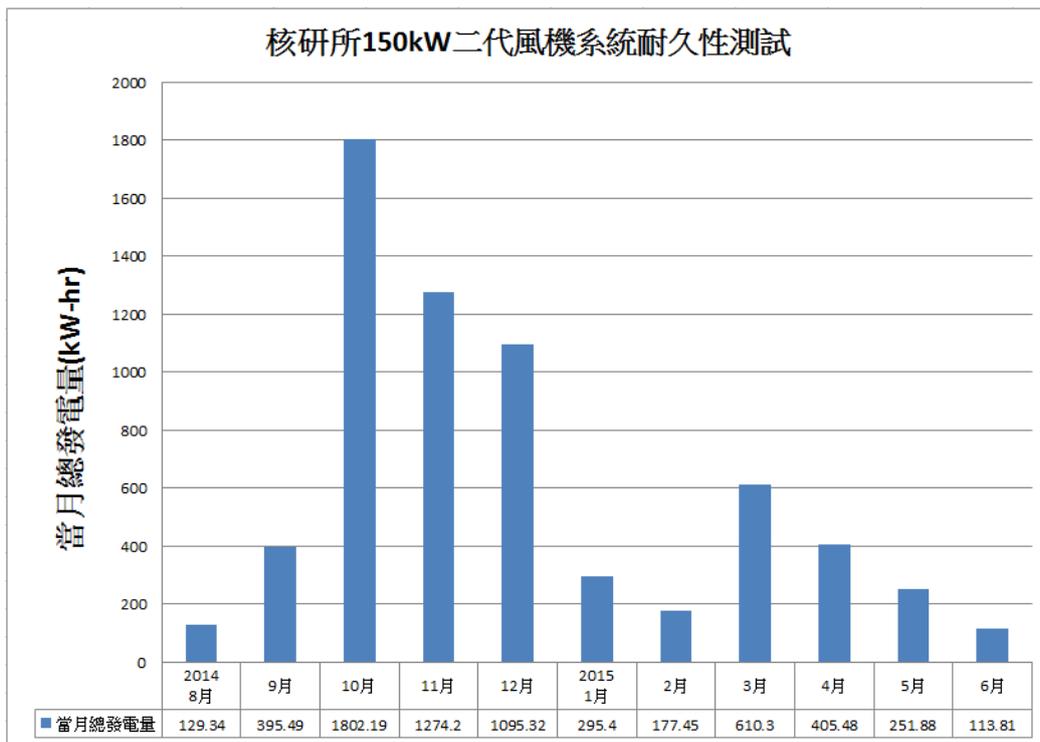


圖 3、150 kW 二代風機系統之煞車系統磨耗改善對中校準



圖 4、5 kW 垂直軸風機啟動及過轉速保護之設計及扭矩分析

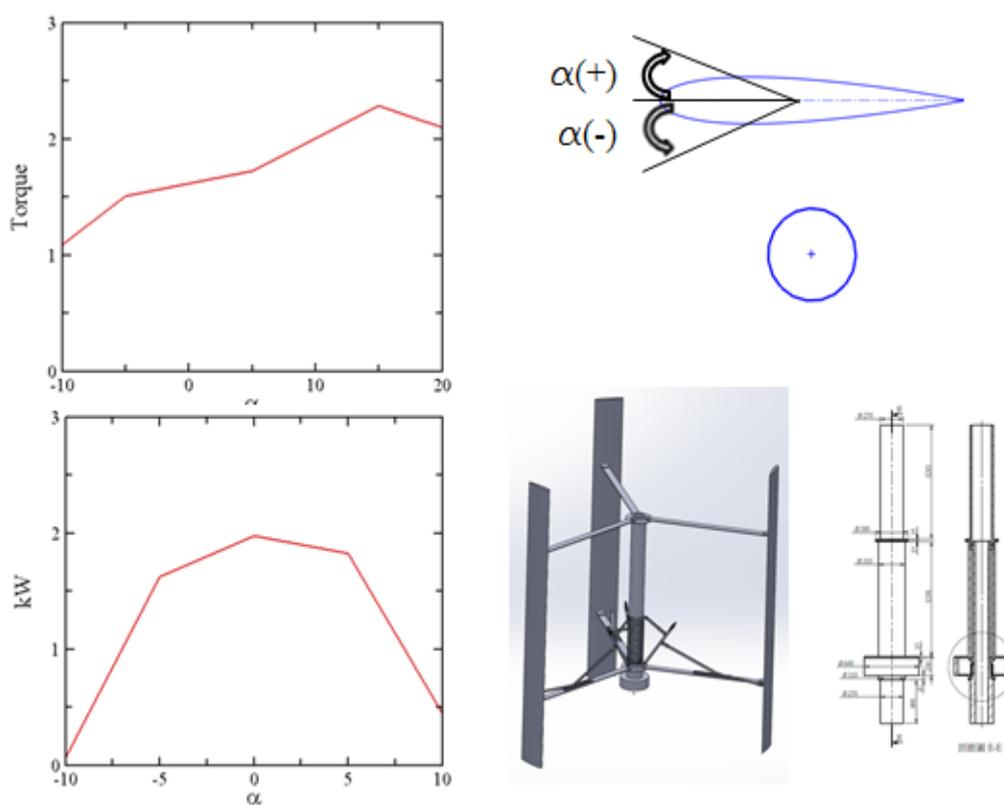


圖 5、5 kW 垂直軸風機縮尺模型風洞實驗

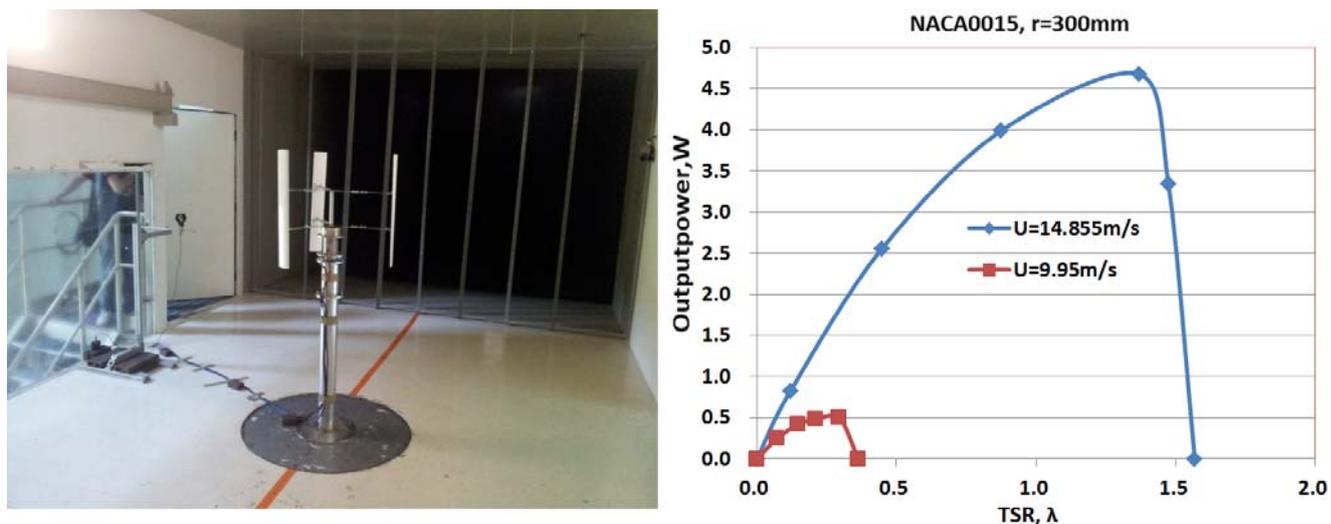


圖 6、負載量測系統架構及安裝完成圖

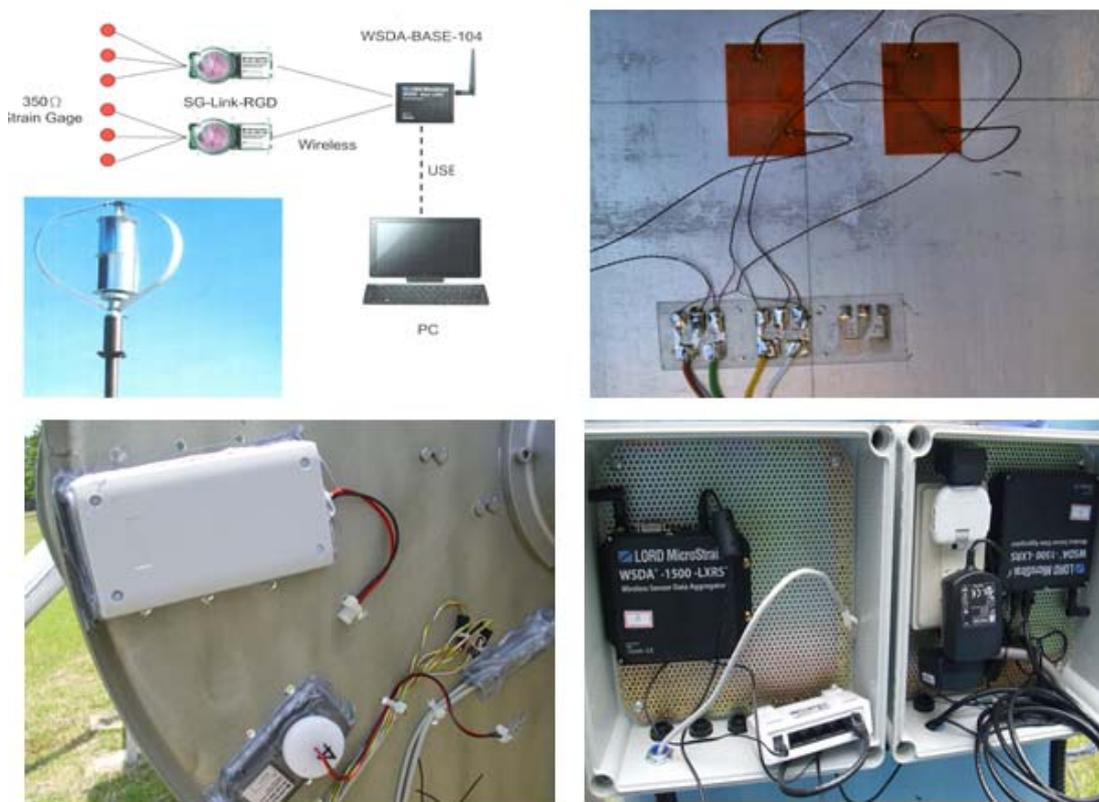


圖 7、負載量測校正及葉片負載應變關係圖

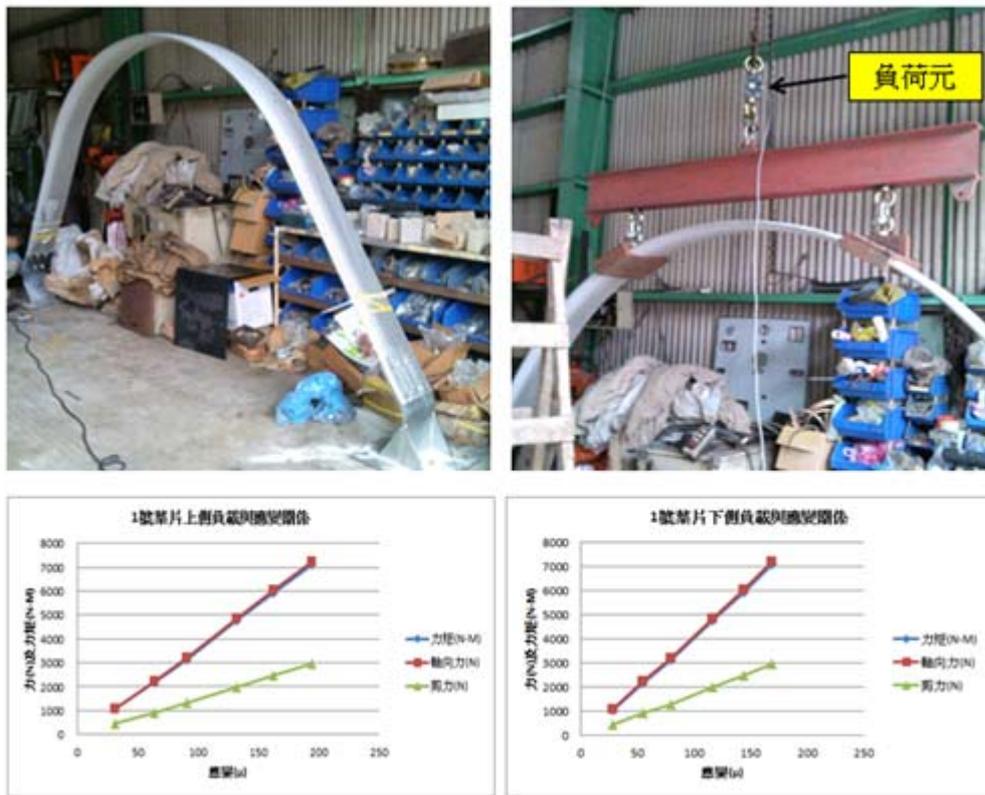


圖 8、風力故障預測量測硬體規劃與架設

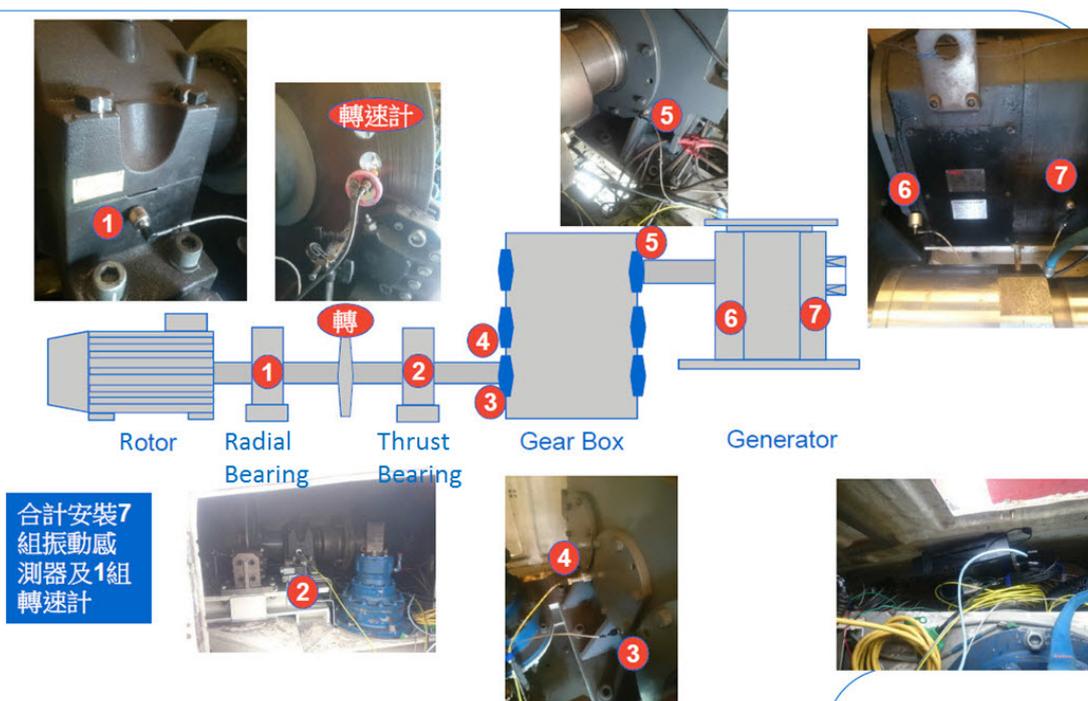


圖 9、齒輪箱之齒輪嚙合頻率頻譜圖

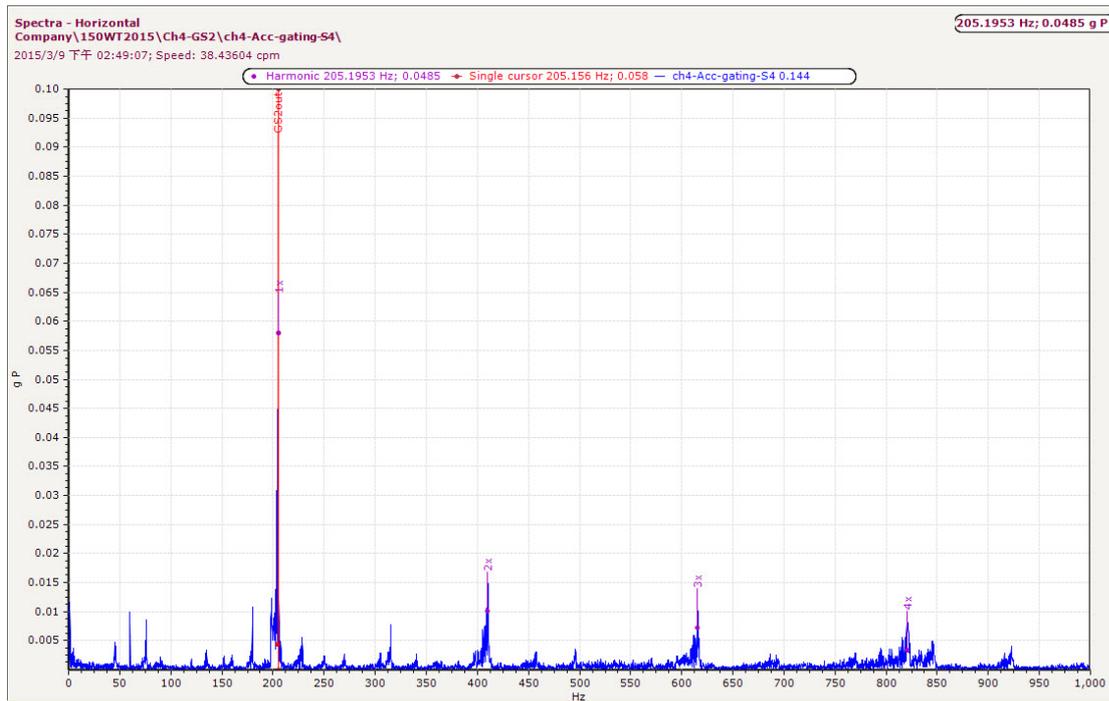


圖 10、模擬不同裂縫及轉速下的振幅比 AF

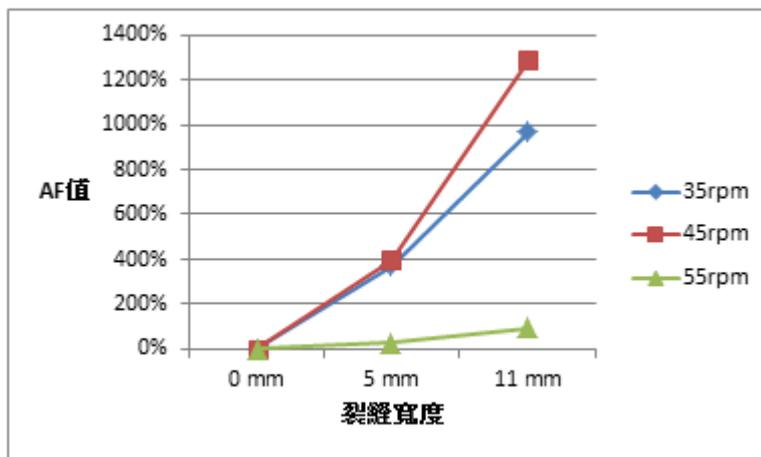
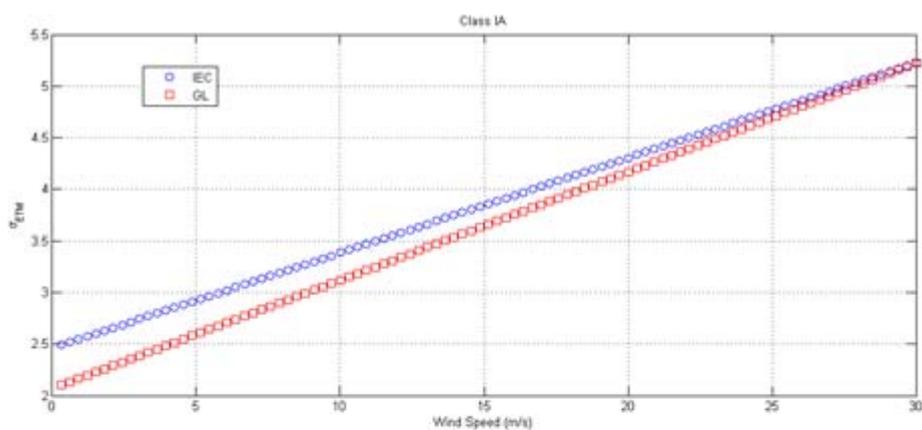
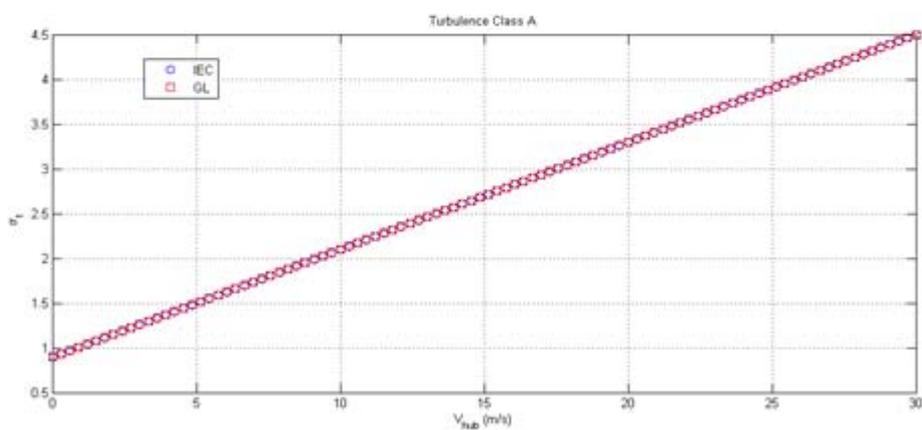


圖 11、IEC 與 GL 規範之設計負載案例比較



IEC 與 GL 規範之 ETM 風況比較



IEC 與 GL 規範之 NTM 風況比較

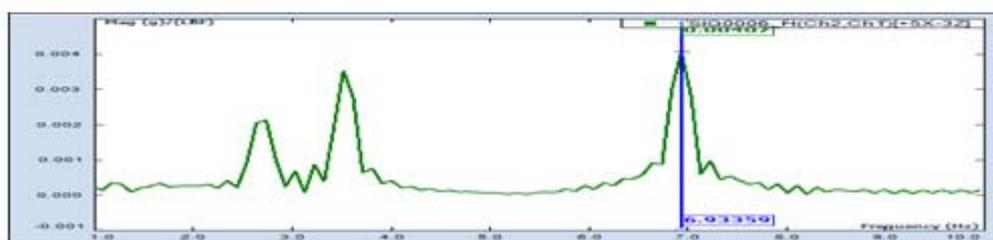
圖 12、IEC 與 GL 之極限負載計算結果

IEC Extreme load			
	IEC		GL
	Turbulent	Steady	
<b>Blade flapwise moment (kN-m)</b>	21000	21650	21550
<b>LSS bending (kN-m)</b>	14806	14806	14301
<b>TP thrust (kN)</b>	1663	1233.3	1663.7
<b>TP bending (kN-m)</b>	118000	87066	114020

圖 13、離岸垂直軸風機系統機構概念設計



圖 14、風機葉片三模態振頻圖



## 綱要計畫績效佐證資料總表

系統編號：MD10401-0351

計畫中文名稱：能源國家型科技計畫-風能系統工程技術開發與研究(2/5)

各機關計畫編號：A-EE-08

計畫性質：

備註：A代表綱要計畫層外加資料；B：代表細部計畫層外加資料；C代表GRB個別研究計畫所填資料

## 【學術成就表】

中文題名	第一作者	發表年度	文獻類別	備註
150kW風力發電系統設計與運轉測試	蘇煒年	2015	國內研討會	
NREL 5MW離岸參考風機於IEC與GL設計規範之極限負載計算比較	吳庭君	2015	國內研討會	
核研所150kW水平軸風機氣動力實驗量測與數值分析	林彥廷	2015	國內研討會	
150kW風機之振動量測	許博文	2015	國內研討會	
Experimental and Numerical Investigation of a 150 kW Horizontal-axis Wind Turbine The 13th Asian International Conference on Fluid Machinery 2015	林彥廷	2015	國際研討會	
Investigations on Turbulent Characteristics and Pressure Distributions with RANS-Based Turbulence Models for NREL Phase VI Wind Turbine Blade	林彥廷	2015	國外重要期刊	
Comparison of Load Calculation between IEC and GL Offshore Wind Turbine Design Guideline Using NREL 5MW Reference Wind Turbine	蘇煒年	2015	國際研討會	
小型風力機之國際應用趨勢及其國內研發技術現況	鄭景木	2015	國內一般期刊	
Design of Passive-Type Pitch Control Mechanism for Small Wind Turbine Generators	林玉楚	2015	國際研討會	
A Numerical Study on a Small Vertical Axis Wind Turbine using NACA0015 Airfoil	林彥廷	2015	國際研討會	
An Integrated Computer Program for Blade Design of Small to Medium Wind Turbine Generators	黃金城	2015	國外重要期刊	

## 【研究團隊表】

團隊名稱	團隊所屬機構	團隊性質	成立時間	備註
大型風力機控制系統研究團隊	台灣大學	跨機構合作	2015	
風力機振動分析與減振研究團隊	中央大學	跨機構合作	2015	

## 【培育人才表】

姓名	學歷	機構名稱	指導教授	備註
邱祺民		中央大學	黃以玫	
黃凱域		中央大學	黃以玫	

## 【研究報告表】

報告名稱	作者姓名	出版年	出版單位	備註
小型風力機流場特性之CFD分析	林彥廷	2015	核能研究所	
應用CFD分析小風機之聲場特性研究	林彥廷	2015	核能研究所	
第二代150 kW風力發電系統性能測試	鄭恩凱	2015	核能研究所	
赴加拿大卡爾加利大學實習出國報告	蘇煒年	2015	核能研究所	
赴日本參加AICFM國際研討會與參訪JFE鋼鐵公司及東京工業大學出國報告	林彥廷	2015	核能研究所	
轉動機械在風場作用下風速與應變關係之研究	林明龍	2015	核能研究所	

## 【學術活動表】

研討會名稱	性質	舉辦日期	主/協辦單位	備註
2015台灣風能協會學術研討會	國內研討會	2015/12/08	行政院原子能委員會核能研究所、台灣風能協會	
離岸風機及支撐結構動態載重分析技術研討會	國內研討會	2015/09/02	行政院原子能委員會核能研究所	

## 【技術報告表】

報告名稱	作者姓名	出版年	出版單位	備註
第二代150 kW風力發電系統設計分析與建置報告	鄭恩凱;蘇煒年	2015	核能研究所	

## 【技術活動表】

技術論文名稱	研討會名稱	性質	舉辦日期	備註
150kW風力發電系統設計與運轉測試	2015台灣風能協會學術研討會	國內研討會	2015/12/08	
NREL 5MW離岸參考風機於IEC與GL設計規範之極限負載計算比較	2015台灣風能協會學術研討會	國內研討會	2015/12/08	
核研所150kW水平軸風機氣動力實驗量測與數值分析	2015台灣風能協會學術研討會	國內研討會	2015/12/08	
150kW風機之振動量測	2015台灣風能協會學術研討會	國內研討會	2015/11/20	
Experimental and Numerical Investigation of a 150 kW Horizontal-axis Wind Turbine	The 13th Asian International Conference on Fluid Machinery	國際研討會	2015/09/07	
Design of Passive-Type Pitch Control Mechanism for Small Wind Turbine Generators	Seoul International Conference on Engineering and Applied Science	國際研討會	2015/08/08	
Comparison of load calculation between IEC and GL offshore wind turbine design guideline using NREL 5 MW reference	2015 International Ocean and Polar Engineering Conference	國際研討會	2015/06/21	

wind turbine				
A Numerical Study on a Small Vertical Axis Wind Turbine using NACA0015 Airfoil	2015 International Green Energy Conference	國際研討會	2015/05/25	

## 【廠商投資表】

廠商名稱	投資類別	投資金額(千元)	產品名稱	備註
新高能源科技股份有限公司	研發投資	200	5 kW垂直軸風力機設計開發	

## 【增加就業表】

廠商名稱	廠商統一編號	增加員工人數	增加之年度	備註
裕潔股份有限公司	80042349	2	2015	
原能會核能研究所	02717206	6	2015	

## 【促成產學合作表】

合作廠商名稱	合作計畫或合約名稱	廠商配合款(千元)	合作參與人數	備註
中央大學	中小型風力發電系統振動分析與減振研究	595	3	
臺灣大學	大型風力機控制器設計研究	640	3	

## 【建置資料庫表】

資料庫名稱	資料庫內容	資料庫類別	資料筆數	備註
風力機資訊平台	風力發電示範區整合型監控系統	Text	270	