



經濟部標準檢驗局 102 年度
自行研究計畫

102BSMI-23

花蓮海岸區風光發電系統運作調查

經濟部標準檢驗局花蓮分局 編印
中華民國 103 年 1 月 7 日

標準檢驗局 102 年度自行研究報告提要表		填表人：陳政賢 填表日期：103 年 1 月 9 日	
研究報告名稱	花蓮海岸區風光發電系統運作調查		
研究單位及人員	標準檢驗局花蓮分局 陳政賢課長、陳森期技士 朱明德技佐	研究時間	自 102 年 1 月 1 日 至 102 年 12 月 31 日
報 告 內 容 提 要			
一、研究緣起與目的 101年11月在總局科專計畫的資源挹注之下獲得經費補助，在本分局設置了一組風力機與太陽能模組發電系統。由於本分局位於花蓮市美崙地區其地理位置緊鄰太平洋，剛好又在花蓮港邊，冬季時東北季風強勁有時風勢更勝颱風，而夏季時花蓮又恰好位於歷年來多數侵襲台灣的颱風行經路線之上，而花蓮市美崙地區其地勢原本即較市區高出20公尺以上，本分局位置附近區域較空曠遮蔽物較少，對於觀察風力機或太陽能模組運作發電，不論於一般或特殊氣象狀況下，都提供良好的觀測設置條件。 102 年 7 月為了解其他氣象參數影響情形，並增加監測數值取樣頻率，同時提供總局即時數值傳輸監看與遠端下載的功能，及增加原有系統發電功率，復於本分局新增設一組太陽能模組發電系統及相關搭配設備，使本分局原有系統更臻完備。本研究即是想了解此風力機與太陽能模組發電系統亦稱為風光發電系統目前實際運作發電情形，並希望與其他發電設施設置點資料進行比較分析。 二、研究方法與過程 本次研究主要是利用風光發電系統監測資料進行分析，分別以風力發電與太陽能發電各別效益進行檢討，並且以裝設地點類似臨近海岸地區的兩個位置花蓮市南濱地區的陽光電城與中華電信設置於台 11 線鹽寮風力機發電資料進行比較分析，並且與能源局公布於花蓮縣目前的發電性能為參考依據，同時也分析風力機原廠所提供的發電效益。 三、研究發現與建議 本研究發現該風力機性能可充分發揮反映風場特性，惟本分局風場遠遜於花蓮鹽寮地區；而太陽能模組板發電結果其效能遠優於能源局所公布100年花蓮地區補助裝設太陽能設備的發電效果，也較花蓮陽光電城為佳。本系統完整的監測項目與密集的取樣頻率，其成果可供研究再生能源領域各方研究人員參用或可提供改善意見，本分局亦將以此持續進行觀測研究。			

目 錄

壹、前言	1
貳、風光發電系統簡介	2
參、資料收集與研究方法	4
肆、結果與分析	8
伍、結論與建議	21
陸、參考文獻	24

壹、前言

本分局自98年1月成為「深層海水驗證中心」以來，即持續關注與深層海水有關資源運用發展議題，繼101年2月成立「深層海水教育展示中心」後，除了深層海水海洋資源、能源利用之外，由於綠色再生能源的議題不斷在全世界受到注目，國內產官學界對此所投入的資源與研究亦不斷引起本分局的注意，考量除了在既有深層海水領域，以本分局地理位置與現有資源，似可擴大將觸角延伸去更深入了解再生能源方面的發展，則無論最後結果是僅作為研究觀測，或更深入結合現有資源形成一完整體系，都將使本分局與分局同仁受益，同時也可望給在這方面接觸訊息較少的花蓮地區民眾提供目前這方面的發展實績。而最終透過多方聯結各類再生能源的實例與研究，強化節能與智慧型能源利用，期望發展並希望再生能源的研究與現有本分局各項資源結合，能形成東部地區生態與環境教育的展示場域，並終能成為本分局的一項特色。

101年11月在總局科專計畫的資源挹注之下獲得經費補助，在本分局設置了一組風力機與太陽能模組發電系統。由於本分局位於花蓮市美崙地區其地理位置緊鄰太平洋，剛好又在花蓮港邊，冬季時東北季風強勁有時風勢更勝颱風，而夏季時花蓮又恰好位於歷年來多數侵襲台灣的颱風行經路線之上，而花蓮市美崙地區其地勢原本即較市區高出20公尺以上，本分局位置附近區域較空曠遮蔽物較少，對於觀察風力機或太陽能模組運作發電，不論於一般或特殊氣象狀況下，都提供良好的觀測設置條件。

102年7月為了解其他氣象參數影響情形，並增加監測數值取樣頻率，同時提供總局即時數值傳輸監測與遠端下載的功能，及增加原有系統發電功率，復於本分局新增設一組太陽能模組發電系統及相關搭配設備，使本分局原有系統更臻完備。本研究即是針對此風力機與太陽能模組發電系統亦稱為風光發電系統目前實際運作發電情形，此外並希望能與目前設置於花蓮市南濱地區的陽光電城與中華電信設置於台11線鹽寮風力機發電資料進行比較分析。

貳、風光發電系統簡介

本分局風光發電系統的完整設置分為兩個階段，第一階段於101年11月設置包含1組垂直軸風力機與太陽能發電模組及資料蒐集監測電腦、LED 展示板，發電結果並與本分局化工實驗室台電市電併接，以提供該實驗室部分電力使用。而第二階段為能擴充發電效能，並將發電資料即時提供台北總局作為與本局其他風力太陽能發電監測單位進行資料分析比較，同時將資料收集頻率提高至每秒1筆，並將大氣壓力、溫濕度條件、轉速同時納入監測，於102年7月新增設1組太陽能發電模組及各有關感測器與擴充資料收集主機功能。

各階段系統安裝主要內容與配置如下：

第一階段—101年11月

1. 風力機—新高能源科技股份有限公司 DS-3000 垂直軸型3KW 1台；3葉槳數；葉片直徑4.0m；葉片高度3.84m；掃掠面積10.5m²；額定風速12m/s；啟動風速<3m/s。
2. 太陽光電模組列—單片模組240 W_p，總輸出功率1.44 kW_p，最大轉換效率95%。
3. 監測及展示系統—風速計0~50m/s；日照計0~2000W/m²；模組溫度計-20~120℃；資料收集及紀錄器1套；LED 展示看板。

其中風速計的安裝方式是與風力機位於相同的水平高度。

第二階段—102年7月24日

1. 戶外型溫濕度計—溫度0~100℃、濕度0~100%RH。
2. 大氣壓力計及轉換器—800~1100hPa。
3. 頻率轉換器(轉速計)及轉換器—0.1Hz~100kHz。
4. 太陽光電模組列—單片模組240 W_p，總輸出功率1.44 kW_p，最大轉換效率95%。
5. 資料收及主機(含收值程式)。

6. 資料庫標準版與監測圖控介面。

對於二個階段的太陽能模組裝設方式由於需配合本分局化工實驗室屋頂原本斜平面，及利用原廠所附太陽能模組安裝支架逕行裝設，並未予調整修正，所以其安裝角度並未如台灣地區一般裝設太陽能模組板朝向正南方，而是南偏東 7° 。

此外二者的仰角分別為 5° （第一模組）與 26° （第二模組），裝設角度明顯不同。在後續觀測資料結果與分析中將可發現兩者的發電效果亦有所不同。

整個設備的組合情形如下圖照片所示。



圖1 風力機一以纜線經H鋼連接化工實驗室



圖2 太陽能模組板一架設於化工實驗室屋頂呈5°、26°不同仰角

叁、資料收集與研究方法

由於台灣地區風能資源的蘊藏評估過去各單位學者已多有研究，大部分都是透過中央氣象局歷年氣象觀測資料利用模式加以分析。目前較常使用韋氏風速概率分佈函數(Weibull distribution)對風速做統計分析，再利用風能公式 $P=1/2 \rho A V^3$ 去進行風能蘊藏量的評估。根據2000年曾仁佑、林和毅二位的研究結果，台灣地區針對風能評估方面結論如下：

1. 根據模擬並修正後的結果顯示，十月至次年三月是最具風能開發價值的時間。而夏季則在台灣東北部及高屏溪流域到恆春半島一帶有較豐富之風能資源。
2. 另外根據模擬計算的結果，較具風能開發潛能的地區有台南以北的西部沿海一帶、澎湖離島地區、恆春半島附近與東北角一帶等。
3. 新竹、苗栗、台中一帶的外海為台灣本島地區風能密度最高的地區。利用離岸式的風力渦輪機進行風力發電，除了可以開發豐富的風能資

源，又可解決設置電廠的土地問題，值得參考。【1】

花蓮地區依目前所發表的論文顯示似乎並非理想裝設風力機的場域，惟本研究將以實際運作情形進行觀察，並與現有類似設施進行比較，不偏學術性討論。經了解目前除本分局裝設風力機外，花蓮地區僅有中華電信於鹽寮機房，即靠近台11線臨太平洋岸於100年12月20日設置了1組與本分局同型式之3KW 垂直軸式風力機，因此將比較該處風力機的發電效益。



圖3 中華電信鹽寮機房風力機裝置情形，後方為海岸山脈

另外，在太陽能模組發電部分，根據能源局網站資料【2】因台灣地區北中南日照條件不同，系統發電量也有所不同，下表為能源局補助設置系統於 100年回報發電量各縣市平均值：

縣市地區	日平均發電量 kWh/day/kWp	年平均發電量 kWh/kWp
台北	2.61	952.65
桃園	2.72	992.8
新竹	2.69	981.85
苗栗	2.96	1080.4

台中	3.5	1277.5
彰化	3.65	1332.25
雲林	3.51	1281.15
嘉義	3.45	1259.25
台南	3.68	1343.2
高雄	3.56	1299.4
屏東	3.02	1102.3
宜蘭	2.6	949
花蓮	2.38	868.7
台東	2.92	1065.8
澎湖	3.59	1310.35

觀察該表，於花蓮裝設的太陽能模組發電無論在日平均發電量(kWh/day/kWp)或是在年平均發電量(kWh/kWp)與西南部縣市差距甚多，此在一般的理解之下，但甚至也比宜蘭、台北差則令人訝異。

花蓮縣政府為發展低碳城市在相關經費的補助下於97年2月開始，於花蓮市南濱六期重劃區著手動工興建全台第一座「洄瀾之心－陽光電城」，該陽光電城實際設置容量202.78kWp，依計畫完工後每年可發電199000度電。陽光電城於98年完工後的發電效益，一直有引起地方媒體的關注並為文檢討。例如101年12月6日花蓮東方日報、102年7月23日花蓮更生日報【3】【4】刊載報導陽光電城的建造成本與當時預期的發電效益有相當的落差。洄瀾之心陽光電城規劃有四大主題，鐵道印象廣場、向海散步道、水與綠地景草坡與洄瀾城鄉願景館等，加上原有花蓮的無毒農業示範概念，完整呈現了花蓮想往生態的、環保的永續城市方向前進的決心。因此，陽光電城除了發電功用外，其實也提供城市民眾休閒遊玩的場所。

對於同樣位於花蓮海岸區的此項太陽能發電模組，由於無法取得陽光電城實際太陽能板裝設方式，因此將以媒體報導揭露發電資料數據進行比對。

本分局的發電資料係以發電資料收集主機，以每秒1筆的頻率儲存於資料庫，並透過監控介面軟體可執行即時顯示，亦可查詢歷史資料及相關

統計圖表，監控軟體介面首頁如圖五。

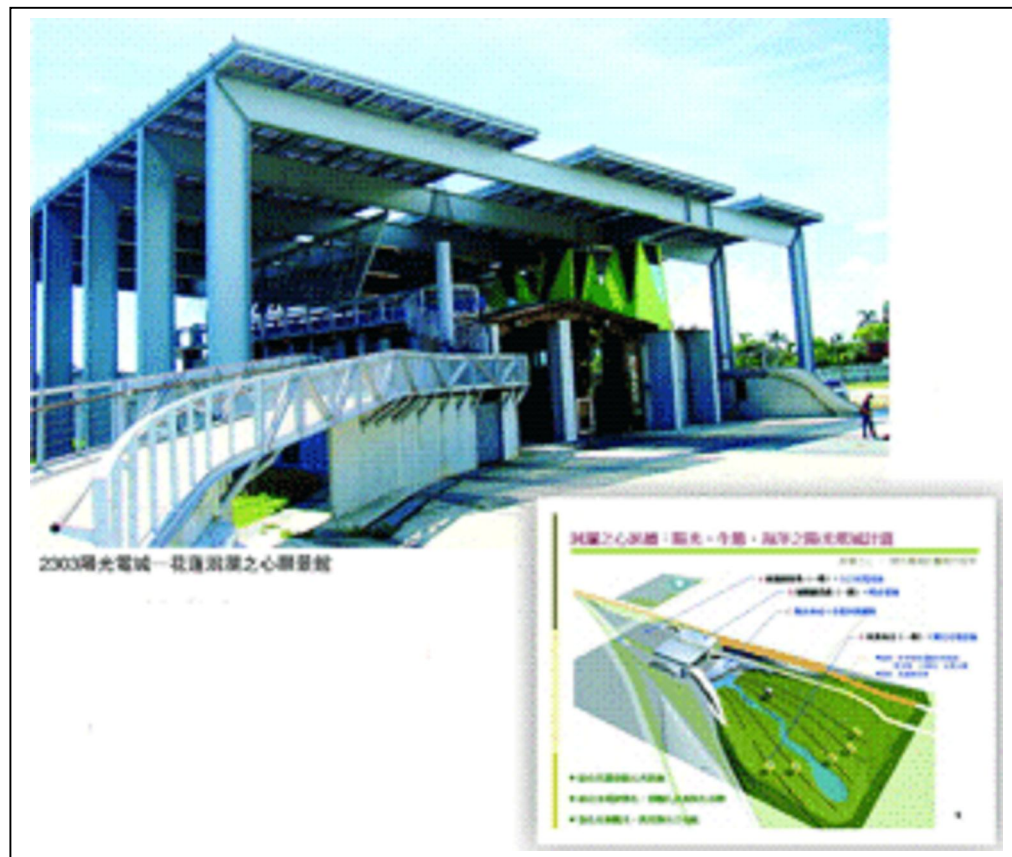


圖4 花蓮市南濱洄瀾之心—陽光電城

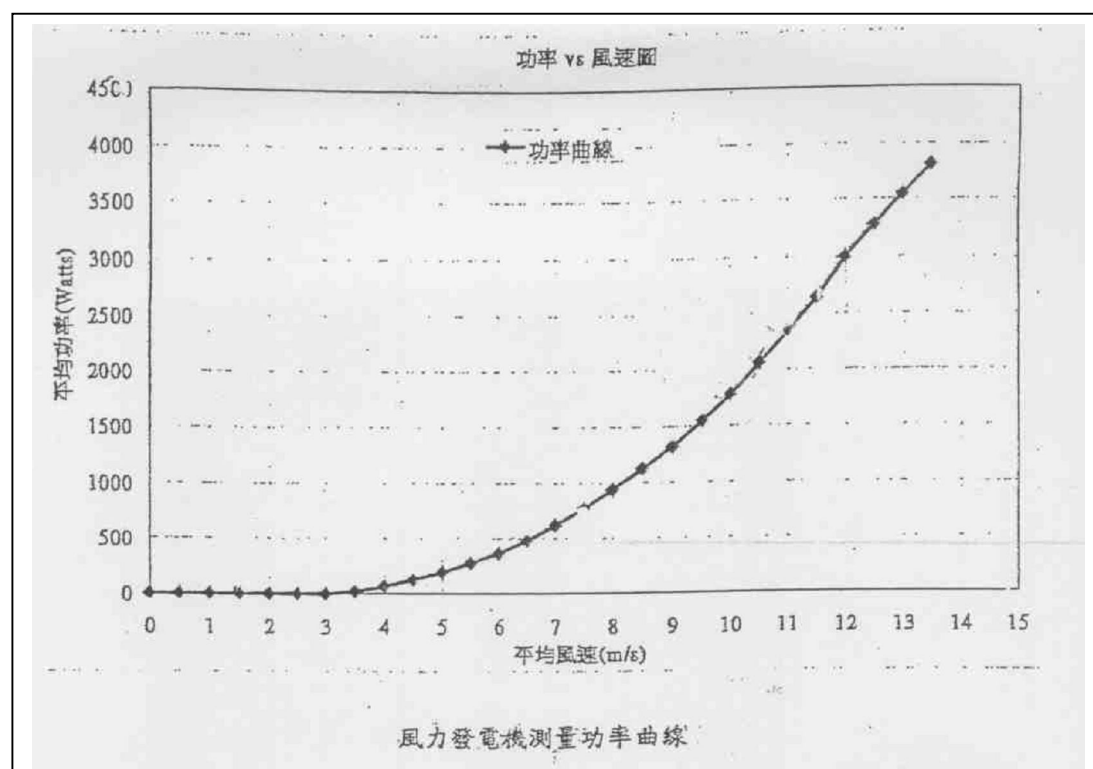


圖5 本分局風光發電系統監控軟體介面首頁

肆、結果與分析

一、 首先針對風力機運轉效能監測結果進行檢視，並依據風力機製造商所提供於標準測試場的測試結果進行比對，以了解該風力機於本分局風場環境下的運作情形。根據監測資料就「風力風速」與「即時發電」兩項數值並未如原廠所提供如下測試結果所呈現如此理想簡單易於對比的資料組。

輪穀高度的風速(m/s)	輸出功率 w	輪穀高度的風速(m/s)	輸出功率 w
0	0.00	7	622.31
0.5	0.00	7.5	770.56
1	0.00	8	936.32
1.5	0.00	8.5	1116.43
2	0.00	9	1316.49
2.5	0.08	9.5	1545.12
3	2.1	10	1790.93
3.5	21.04	10.5	2056.88
4	68.43	11	2331.57
4.5	123.15	11.5	2642.44
5	193.1	12	3003.24
5.5	276.26	12.5	3286.57
6	371.37	13	3550.09
6.5	483.82	13.5	3818.02



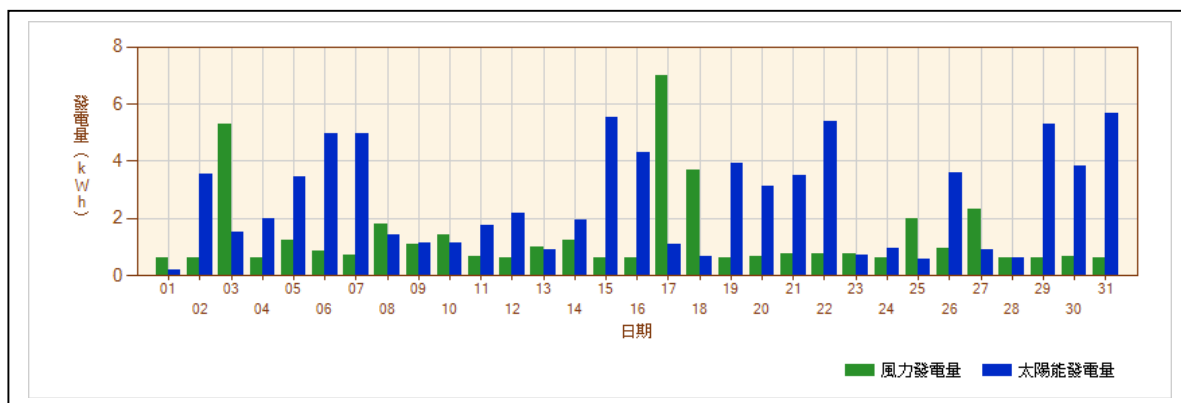


圖6 本分局風光發電系統102年1月發電統計圖

如圖6我們先以風力發電最顯著的其中一日102年1月17日其監測數值進行分析。

時間	風力即時發電 (KW)	風力風速(m/s)	時間	風力即時發電 (KW)	風力風速(m/s)
2013/1/17 下午 07:04:37	0.408	9.36	2013/1/17 下午 07:11:14	1.066	8.97
2013/1/17 下午 07:05:09	1	6.41	2013/1/17 下午 07:11:33	0.576	5.13
2013/1/17 下午 07:05:28	0.952	7.48	2013/1/17 下午 07:11:42	0.554	7.99
2013/1/17 下午 07:05:37	0.901	5.03	2013/1/17 下午 07:12:15	1.498	6.56
2013/1/17 下午 07:06:10	0.19	4.42	2013/1/17 下午 07:12:34	1.377	8.79
2013/1/17 下午 07:06:28	0.306	5.48	2013/1/17 下午 07:12:43	0.813	4.64
2013/1/17 下午 07:06:38	0.344	5.63	2013/1/17 下午 07:13:16	1.61	7.93
2013/1/17 下午 07:07:11	0.424	4.16	2013/1/17 下午 07:13:34	0.629	7.17
2013/1/17 下午 07:07:29	0.265	3.02	2013/1/17 下午 07:13:44	0.664	6.23
2013/1/17 下午 07:07:39	0.178	2.68	2013/1/17 下午 07:14:17	0.545	6.42
2013/1/17 下午 07:08:12	0.118	4.73	2013/1/17 下午 07:14:35	0.674	5.99
2013/1/17 下午 07:08:30	0.434	9.46	2013/1/17 下午 07:14:45	0.59	5.51
2013/1/17 下午 07:08:40	0.6	5.08	2013/1/17 下午 07:15:18	0.266	2.77
2013/1/17 下午 07:09:13	0.432	3.45	2013/1/17 下午 07:15:36	0.257	5.94
2013/1/17 下午 07:09:31	0.256	3.99	2013/1/17 下午 07:15:46	0.3	4.02
2013/1/17 下午 07:09:41	0.181	2.84	2013/1/17 下午 07:16:18	0.533	4.42
2013/1/17 下午 07:10:13	0.283	4.69	2013/1/17 下午 07:16:37	0.483	6.04
2013/1/17 下午 07:10:32	0.261	4.38	2013/1/17 下午 07:16:47	0.358	6.2
2013/1/17 下午 07:10:42	0.55	7.96	2013/1/17 下午 07:17:19	0.497	9.6

由於102年7月24日前本系統的取樣頻率並非1Hz 且風速計與風力機葉片、轉軸的靈敏度與慣性不一樣，監測紀錄顯示會有高風速對應低即時發電與低風速對應高即時發電的現象。

而以該時段(1月17日下午 07:04:37至下午 07:17:19)監測紀錄完整資料 (raw data) 逐筆檢視，在約13分鐘38筆資料中，除10筆資料 (反白部分) 是在與原廠相同對應風速下產出較低的即時發電，其餘28筆紀錄皆是產出較高的即時發電，我們可以合理認定該風力機的性能符合原廠理想的設計，只要提供理想的風場條件應能讓其充分發揮發電功用。

102年7月24日後本分局系統提升為取樣頻率1Hz，再次以風力發電顯著的102年10月15、16日監測資料進行觀察 (參閱後頁4表資料)。前述所呈現的現象依然存在，逐漸增加或降低的風速對發電所產生的影響，通常對系統會延遲反應，而極短暫的高風速與低風速變化，由於系統慣性因素，並不會對發電形成即時的改變。

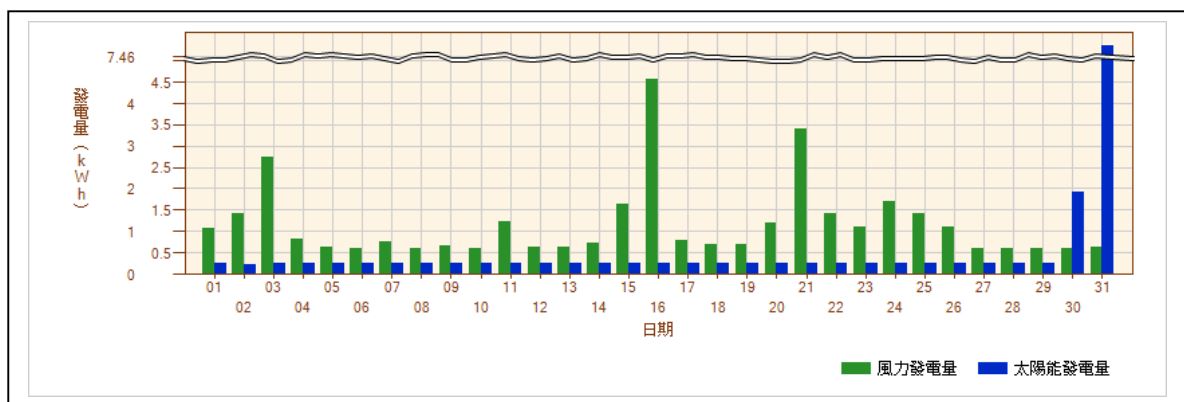


圖7 本分局風光發電系統102年10月發電統計圖 (該月屋頂整修)

二、 風力機發電結果比較：

本項監測數值將與中華電信位於台11線鹽寮機房所設置風力機發電結果進行比較分析。該處所設置的風力機與本分局屬同一型式，裝設運轉時間為100年12月20日，因該單位並無數值收集主機將監測資料收集儲存，並可隨時查詢欲了解時段發電結果，整體發電結果展現僅可獲知已累積發電量。根據102年12月20日其 LED 展示看板所顯示的結果，於2年期間的發電量為1601 KWh，平均一年的發電量約

時間	風力即時發電 (KW)	風力風速(m/s)	時間	風力即時發電 (KW)	風力風速(m/s)
2013/10/15 下午 11:27:24	0.183	7.07	2013/10/15 下午 11:27:55	0.245	4.4
2013/10/15 下午 11:27:25	0.183	7.07	2013/10/15 下午 11:27:56	0.245	4.4
2013/10/15 下午 11:27:26	0.183	7.07	2013/10/15 下午 11:27:57	0.245	6.11
2013/10/15 下午 11:27:27	0.183	7.07	2013/10/15 下午 11:27:58	0.245	6.11
2013/10/15 下午 11:27:28	0.183	6.26	2013/10/15 下午 11:27:59	0.296	6.11
2013/10/15 下午 11:27:29	0.319	6.26	2013/10/15 下午 11:28:00	0.296	6.11
2013/10/15 下午 11:27:30	0.319	4.98	2013/10/15 下午 11:28:01	0.296	6.11
2013/10/15 下午 11:27:31	0.358	4.98	2013/10/15 下午 11:28:02	0.321	6.11
2013/10/15 下午 11:27:32	0.358	4.98	2013/10/15 下午 11:28:03	0.321	6.11
2013/10/15 下午 11:27:33	0.358	4.98	2013/10/15 下午 11:28:04	0.321	6.11
2013/10/15 下午 11:27:34	0.367	4.98	2013/10/15 下午 11:28:05	0.321	5.46
2013/10/15 下午 11:27:35	0.367	4.98	2013/10/15 下午 11:28:06	0.321	5.46
2013/10/15 下午 11:27:36	0.367	4.98	2013/10/15 下午 11:28:07	0.372	5.46
2013/10/15 下午 11:27:37	0.356	3.62	2013/10/15 下午 11:28:08	0.372	5.46
2013/10/15 下午 11:27:38	0.356	3.62	2013/10/15 下午 11:28:09	0.372	5.46
2013/10/15 下午 11:27:39	0.356	3.62	2013/10/15 下午 11:28:10	0.372	5.46
2013/10/15 下午 11:27:40	0.356	4.6	2013/10/15 下午 11:28:11	0.372	5.46
2013/10/15 下午 11:27:41	0.356	4.6	2013/10/15 下午 11:28:12	0.372	5.46
2013/10/15 下午 11:27:42	0.292	7.38	2013/10/15 下午 11:28:13	0.372	5.46
2013/10/15 下午 11:27:43	0.292	7.38	2013/10/15 下午 11:28:14	0.372	5.46
2013/10/15 下午 11:27:44	0.264	7.38	2013/10/15 下午 11:28:15	0.372	5.46
2013/10/15 下午 11:27:45	0.264	7.38	2013/10/15 下午 11:28:16	0.372	5.46
2013/10/15 下午 11:27:46	0.264	7.38	2013/10/15 下午 11:28:17	0.372	5.46
2013/10/15 下午 11:27:47	0.264	7.38	2013/10/15 下午 11:28:18	0.372	5.46
2013/10/15 下午 11:27:48	0.264	7.38	2013/10/15 下午 11:28:19	0.372	5.46
2013/10/15 下午 11:27:49	0.264	7.38	2013/10/15 下午 11:28:20	0.372	5.46
2013/10/15 下午 11:27:50	0.264	4.43	2013/10/15 下午 11:28:21	0.372	5.46
2013/10/15 下午 11:27:51	0.264	4.43	2013/10/15 下午 11:28:22	0.372	5.46
2013/10/15 下午 11:27:52	0.236	4.43	2013/10/15 下午 11:28:23	0.989	5.46
2013/10/15 下午 11:27:53	0.236	4.4	2013/10/15 下午 11:28:24	0.989	7.63
2013/10/15 下午 11:27:54	0.245	4.4	2013/10/15 下午 11:28:25	0.989	7.63

時間	風力即時發電 (KW)	風力風速(m/s)	時間	風力即時發電 (KW)	風力風速(m/s)
2013/10/15 下午 11:28:26	0.989	5.67	2013/10/15 下午 11:28:56	0.477	4.28
2013/10/15 下午 11:28:27	0.989	5.67	2013/10/15 下午 11:28:57	0.477	4.28
2013/10/15 下午 11:28:28	0.846	5.67	2013/10/15 下午 11:28:58	0.417	3.35
2013/10/15 下午 11:28:29	0.846	5.67	2013/10/15 下午 11:28:59	0.417	3.35
2013/10/15 下午 11:28:30	0.846	5.67	2013/10/15 下午 11:29:00	0.39	3.35
2013/10/15 下午 11:28:31	0.846	6.5	2013/10/15 下午 11:29:01	0.39	3.58
2013/10/15 下午 11:28:32	0.846	6.5	2013/10/15 下午 11:29:02	0.364	3.58
2013/10/15 下午 11:28:33	0.961	7.54	2013/10/15 下午 11:29:03	0.364	3.58
2013/10/15 下午 11:28:34	0.961	7.54	2013/10/15 下午 11:29:04	0.364	3.58
2013/10/15 下午 11:28:35	0.867	7.54	2013/10/15 下午 11:29:05	0.364	3.96
2013/10/15 下午 11:28:36	0.867	6.89	2013/10/15 下午 11:29:06	0.364	3.96
2013/10/15 下午 11:28:37	0.85	6.89	2013/10/15 下午 11:29:07	0.328	3.96
2013/10/15 下午 11:28:38	0.85	5.58	2013/10/15 下午 11:29:08	0.328	3.65
2013/10/15 下午 11:28:39	0.744	5.58	2013/10/15 下午 11:29:09	0.326	3.65
2013/10/15 下午 11:28:40	0.744	5.58	2013/10/15 下午 11:29:10	0.326	3.65
2013/10/15 下午 11:28:41	0.744	5.58	2013/10/15 下午 11:29:11	0.326	3.65
2013/10/15 下午 11:28:42	0.744	5.58	2013/10/15 下午 11:29:12	0.326	3.65
2013/10/15 下午 11:28:43	0.744	5.58	2013/10/15 下午 11:29:13	0.326	6.91
2013/10/15 下午 11:28:44	0.744	5.58	2013/10/15 下午 11:29:14	0.357	6.91
2013/10/15 下午 11:28:45	0.744	5.58	2013/10/15 下午 11:29:15	0.357	6.91
2013/10/15 下午 11:28:46	0.744	6.38	2013/10/15 下午 11:29:16	0.357	6.91
2013/10/15 下午 11:28:47	0.511	6.38	2013/10/15 下午 11:29:17	0.376	6.19
2013/10/15 下午 11:28:48	0.511	6.38	2013/10/15 下午 11:29:18	0.376	6.19
2013/10/15 下午 11:28:49	0.511	6.38	2013/10/15 下午 11:29:19	0.411	6.19
2013/10/15 下午 11:28:50	0.494	6.38	2013/10/15 下午 11:29:20	0.411	6.19
2013/10/15 下午 11:28:51	0.494	6.38	2013/10/15 下午 11:29:21	0.411	6.19
2013/10/15 下午 11:28:52	0.477	6.38	2013/10/15 下午 11:29:22	0.411	5.14
2013/10/15 下午 11:28:53	0.477	4.28	2013/10/15 下午 11:29:23	0.411	5.14
2013/10/15 下午 11:28:54	0.477	4.28	2013/10/15 下午 11:29:24	0.455	5.14
2013/10/15 下午 11:28:55	0.477	4.28	2013/10/15 下午 11:29:25	0.455	5.14

時間	風力即時發電 (KW)	風力風速(m/s)	時間	風力即時發電 (KW)	風力風速(m/s)
2013/10/16 上午 12:20:18	0.28	4.76	2013/10/16 上午 12:20:48	0.254	10.1
2013/10/16 上午 12:20:19	0.28	4.76	2013/10/16 上午 12:20:49	0.254	10.1
2013/10/16 上午 12:20:20	0.28	4.76	2013/10/16 上午 12:20:50	0.254	10.1
2013/10/16 上午 12:20:21	0.28	4.76	2013/10/16 上午 12:20:51	0.295	8.1
2013/10/16 上午 12:20:22	0.28	4.76	2013/10/16 上午 12:20:52	0.295	8.1
2013/10/16 上午 12:20:23	0.28	4.76	2013/10/16 上午 12:20:53	0.295	8.1
2013/10/16 上午 12:20:24	0.28	4.76	2013/10/16 上午 12:20:54	0.295	5.15
2013/10/16 上午 12:20:25	0.28	4.76	2013/10/16 上午 12:20:55	0.295	5.15
2013/10/16 上午 12:20:26	0.28	3.68	2013/10/16 上午 12:20:56	0.329	5.15
2013/10/16 上午 12:20:27	0.28	3.68	2013/10/16 上午 12:20:57	0.329	5.15
2013/10/16 上午 12:20:28	0.225	3.68	2013/10/16 上午 12:20:58	0.329	5.15
2013/10/16 上午 12:20:29	0.225	3.68	2013/10/16 上午 12:20:59	0.329	5.15
2013/10/16 上午 12:20:30	0.228	3.68	2013/10/16 上午 12:21:00	0.329	5.15
2013/10/16 上午 12:20:31	0.228	3.68	2013/10/16 上午 12:21:01	0.329	5.15
2013/10/16 上午 12:20:32	0.228	3.68	2013/10/16 上午 12:21:02	0.329	5.15
2013/10/16 上午 12:20:33	0.231	3.68	2013/10/16 上午 12:21:03	0.329	5.15
2013/10/16 上午 12:20:34	0.231	4	2013/10/16 上午 12:21:04	0.4	7.48
2013/10/16 上午 12:20:35	0.231	4	2013/10/16 上午 12:21:05	0.4	7.25
2013/10/16 上午 12:20:36	0.231	4	2013/10/16 上午 12:21:06	0.42	7.25
2013/10/16 上午 12:20:37	0.231	4	2013/10/16 上午 12:21:07	0.42	7.25
2013/10/16 上午 12:20:38	0.231	4	2013/10/16 上午 12:21:08	0.42	7.25
2013/10/16 上午 12:20:39	0.231	3.76	2013/10/16 上午 12:21:09	0.445	4.46
2013/10/16 上午 12:20:40	0.231	3.76	2013/10/16 上午 12:21:10	0.445	4.46
2013/10/16 上午 12:20:41	0.232	6.45	2013/10/16 上午 12:21:11	0.459	4.46
2013/10/16 上午 12:20:42	0.232	6.45	2013/10/16 上午 12:21:12	0.459	4.46
2013/10/16 上午 12:20:43	0.237	6.45	2013/10/16 上午 12:21:13	0.459	4.46
2013/10/16 上午 12:20:44	0.237	10.1	2013/10/16 上午 12:21:14	0.467	4.33
2013/10/16 上午 12:20:45	0.254	10.1	2013/10/16 上午 12:21:15	0.467	4.33
2013/10/16 上午 12:20:46	0.254	10.1	2013/10/16 上午 12:21:16	0.457	4.33
2013/10/16 上午 12:20:47	0.254	10.1	2013/10/16 上午 12:21:17	0.457	4.33

時間	風力即時發電 (KW)	風力風速(m/s)	時間	風力即時發電 (KW)	風力風速(m/s)
2013/10/16 上午 12:21:18	0.457	4.33	2013/10/16 上午 12:21:48	0.17	6.35
2013/10/16 上午 12:21:19	0.457	4.01	2013/10/16 上午 12:21:49	0.17	6.35
2013/10/16 上午 12:21:20	0.457	4.01	2013/10/16 上午 12:21:50	0.186	4.16
2013/10/16 上午 12:21:21	0.381	3.48	2013/10/16 上午 12:21:51	0.186	4.16
2013/10/16 上午 12:21:22	0.381	3.48	2013/10/16 上午 12:21:52	0.201	4.16
2013/10/16 上午 12:21:23	0.336	3.48	2013/10/16 上午 12:21:53	0.201	4.16
2013/10/16 上午 12:21:24	0.336	3.4	2013/10/16 上午 12:21:54	0.214	4.16
2013/10/16 上午 12:21:25	0.292	3.4	2013/10/16 上午 12:21:55	0.214	3.48
2013/10/16 上午 12:21:26	0.292	3.4	2013/10/16 上午 12:21:56	0.214	3.48
2013/10/16 上午 12:21:27	0.292	3.4	2013/10/16 上午 12:21:57	0.219	3.48
2013/10/16 上午 12:21:28	0.292	3.4	2013/10/16 上午 12:21:58	0.219	3.48
2013/10/16 上午 12:21:29	0.292	3.4	2013/10/16 上午 12:21:59	0.219	3.48
2013/10/16 上午 12:21:30	0.292	3.4	2013/10/16 上午 12:22:00	0.219	3.48
2013/10/16 上午 12:21:31	0.292	5.82	2013/10/16 上午 12:22:01	0.219	3.48
2013/10/16 上午 12:21:32	0.292	5.82	2013/10/16 上午 12:22:02	0.219	3.48
2013/10/16 上午 12:21:33	0.17	6.8	2013/10/16 上午 12:22:03	0.219	7.56
2013/10/16 上午 12:21:34	0.17	6.8	2013/10/16 上午 12:22:04	0.219	7.56
2013/10/16 上午 12:21:35	0.153	6.8	2013/10/16 上午 12:22:05	0.213	7.56
2013/10/16 上午 12:21:36	0.153	6.8	2013/10/16 上午 12:22:06	0.213	7.56
2013/10/16 上午 12:21:37	0.153	6.8	2013/10/16 上午 12:22:07	0.213	7.56
2013/10/16 上午 12:21:38	0.153	5.56	2013/10/16 上午 12:22:08	0.213	7.56
2013/10/16 上午 12:21:39	0.153	5.56	2013/10/16 上午 12:22:09	0.213	7.56
2013/10/16 上午 12:21:40	0.133	8.2	2013/10/16 上午 12:22:10	0.25	7.56
2013/10/16 上午 12:21:41	0.133	8.2	2013/10/16 上午 12:22:11	0.25	4.9
2013/10/16 上午 12:21:42	0.135	8.2	2013/10/16 上午 12:22:12	0.25	4.9
2013/10/16 上午 12:21:43	0.135	8.2	2013/10/16 上午 12:22:13	0.25	4.9
2013/10/16 上午 12:21:44	0.135	8.2	2013/10/16 上午 12:22:14	0.25	3.23
2013/10/16 上午 12:21:45	0.135	6.35	2013/10/16 上午 12:22:15	0.27	3.23
2013/10/16 上午 12:21:46	0.135	6.35	2013/10/16 上午 12:22:16	0.27	3.23
2013/10/16 上午 12:21:47	0.17	6.35	2013/10/16 上午 12:22:17	0.27	3.23

800 KWh (如圖8)，此與本分局風力機年發電332KWh 顯然更具發電成效。



圖8 中華電信鹽寮風力機 LED 顯示1601 KWh (2年期間)

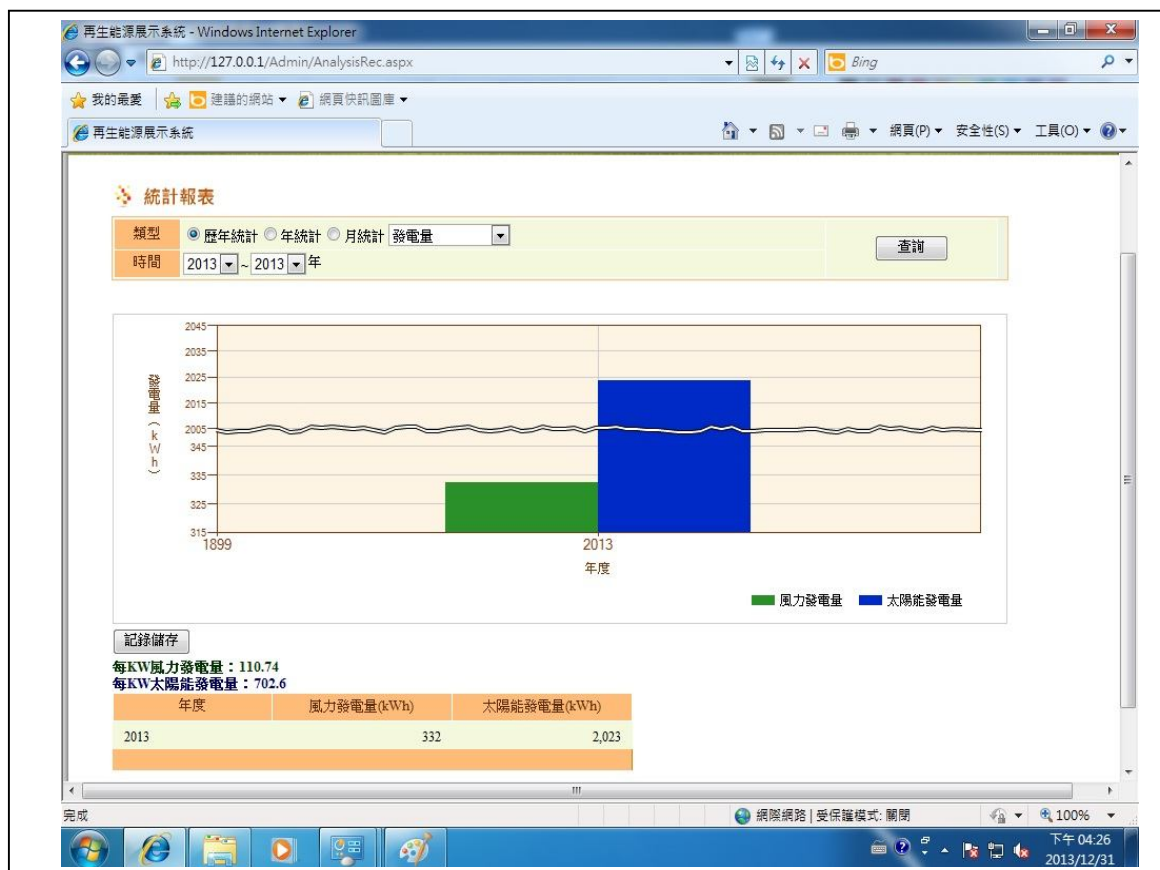


圖9 102年本分局風力機發電量顯示332 KWh 而太陽能則為2023KWh

顯然同一型式風力機於鹽寮有較好的發電結果，年度發電結果是本分局的2倍多。

對此現象，嚴謹的分析如前所述應植基於對兩處風力機基地進行風場的長年觀測，並透過一般常使用風能計算中廣泛且有效的方法，例如利用風速的概率分佈像使用韋氏機率函數 Weibull distribution 與風能密度公式來評估風能資源。

由於花蓮至台東台11線沿線僅有花蓮與成功氣象站，惟兩地與鹽寮距離較遠，以該兩處觀測資料作為評估似乎並不恰當，我們將以另一直觀角度重新思考差異原因。

如圖10與圖11比較本分局與鹽寮所處位置的衛星照片顯示，本分局所處位置周圍開闊，而鹽寮近海西邊即為海岸山脈，鹽寮風力機設立的位置就好像於其風向 270° 處豎立了一座高牆，任何於 $0^{\circ}\sim 180^{\circ}$ 風向的風最後都因高山的阻擋對它形成集中的現象，所以合理的推論其風能密度高出本分局位置許多。

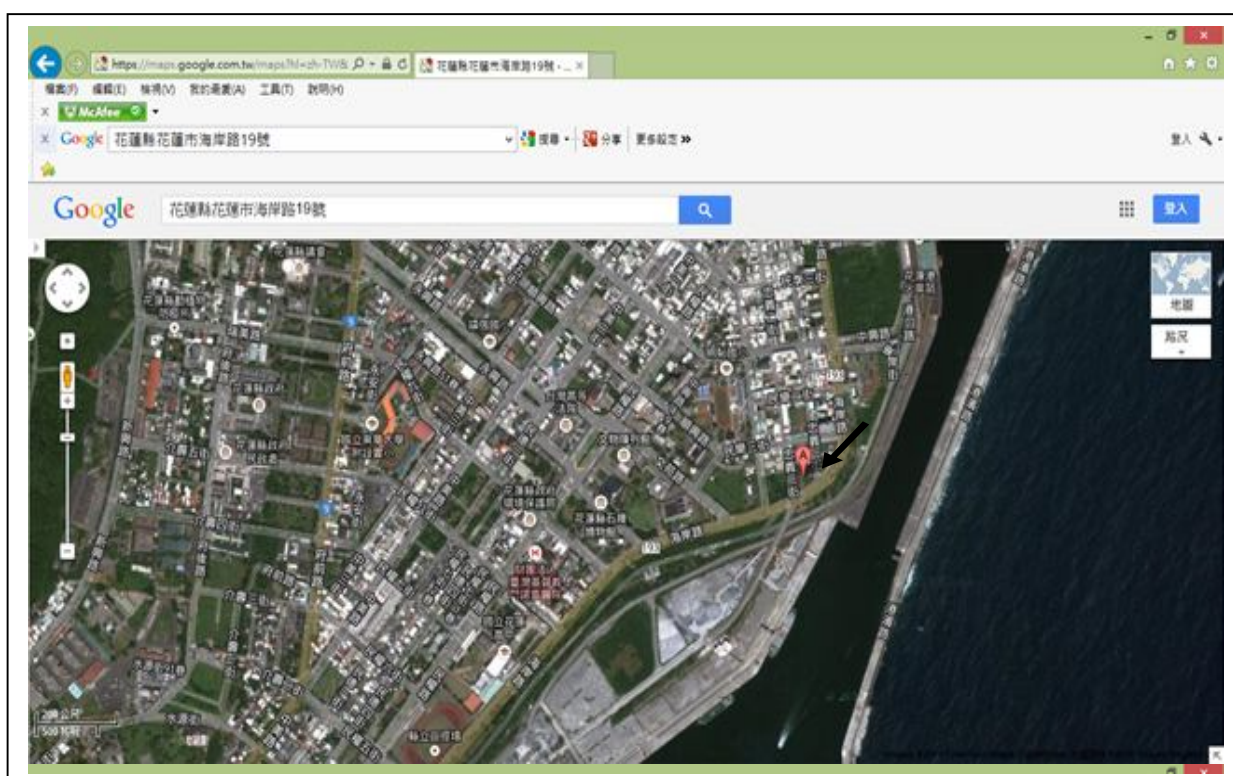


圖10 本分局風力機設置位置衛星圖（圖中 A 所示）

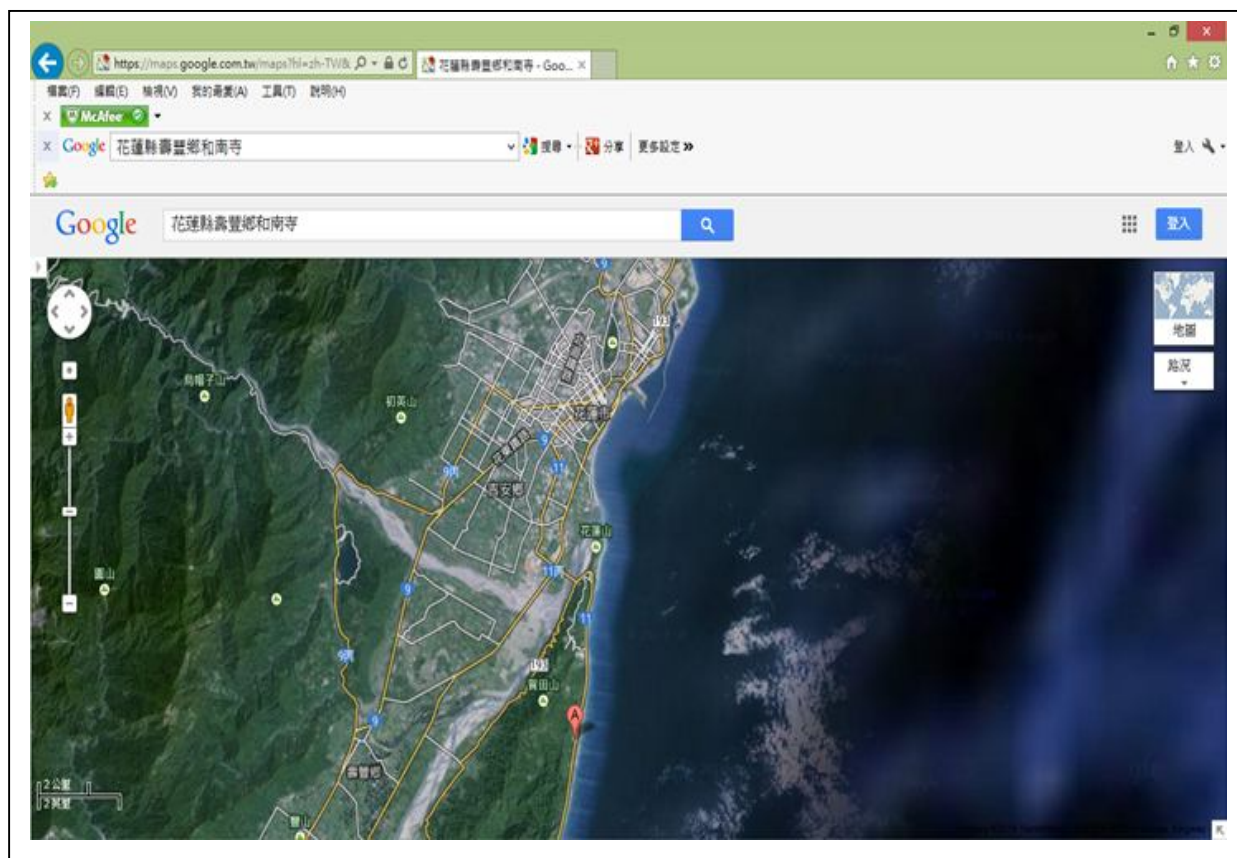


圖10 中華電信鹽寮風力機設置位置衛星圖（圖中 A 所示）

三、二組太陽能模組板發電效益的比較：

首先觀察第一組安裝的太陽能模組板的發電情形，此可僅以102年1月至7月11日發電資料充分代表，因此時系統尚未安裝第二組太陽能模組板。102年1月至7月11日各月太陽能發電為81、102、133、101、135、177、87 kWh 共發電 816kWh，如計算日平均發電量則為 $816/191/1.44=2.97\text{kWh/day/kWp}$ ，1月至7月11日的年平均發電量為 $816*365/191/1.44\div 1083\text{kWh/kWp}$ 。上述數值明顯優於100年各縣市回報給能源局的花蓮縣的對應數值。而由於7月25日至12月裝設第二組太陽能模組板後，雖然第二組太陽能板似乎因裝設仰角過大導致有將整體發電效能拉低的情形，如下表日平均發電量 kWh/day/kWp 所顯示，7月前11天該值為5.49裝設後驟降至後半6天僅4.90（差異原因亦可能為前部分靠近夏至太陽直射北迴歸線故有較好的效率），兩數值皆高於6月，因每年6~10月為太陽能發電發電效果最佳的期間，除非花蓮地區遭遇連續颱風或其他氣候惡劣因素，否則日平均發電量將更明顯優於上半年的2.97 kWh/day/kWp，

則無論在日平均發電量或年平均發電量，本系統將有優於能源局所公布的更好的成效。

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
每月發電量 kWh	81	102	133	101	135	177	87(<7/11) 84.8(7/26~31)	370	333	—	186	141
日平均發電量 kWh/day/kWp	1.81	2.52	2.97	2.33	3.02	4.09	5.49 4.90	4.14	3.85	—	2.15	1.57
當月月測年平均發電量 kWh/kWp	660	920	1066	850	1102	1493	2004 1789	1511	1405	—	785	573
本分局於2013年7月25日裝設另一組總輸出功率1.44 kW _p 太陽能模組板。												

再觀察第二組太陽能模組板安裝後的發電情形，102年7月26日至12月底，扣除10月因裝設點屋頂施工移除模組板之各月發電為84.8、370、333、186、141 kWh 共發電1114.8kWh，如計算日平均發電量則為 $1114.8/128/2.88=3.02\text{kWh/day/kWp}$ ，7月26日至12月底的年平均發電量為 $1114.8*365/128/2.88\div 1103\text{kWh/kWp}$ ，如前述若非裝設第二組太陽能模組板因裝設仰角過大，導致有將整體發電效能拉低的情形，該數值應更大。

無論如何本分局此次設置的太陽能發電系統其發電結果已優於能源局公布的100年回報發電量花蓮縣平均值。可能是因為此系統為第一年運

轉，模組尚無發電衰減問題，當然太陽能產業研發所產生模組發電的轉換效率越來越好，亦是不爭的事實，而或許本分局裝設地點相較花蓮其他靠山區域，有更好的吸收太陽能條件。

下圖分別為102年7月7日第一模組與7月27日第一加第二太陽能模組板即時發電圖。

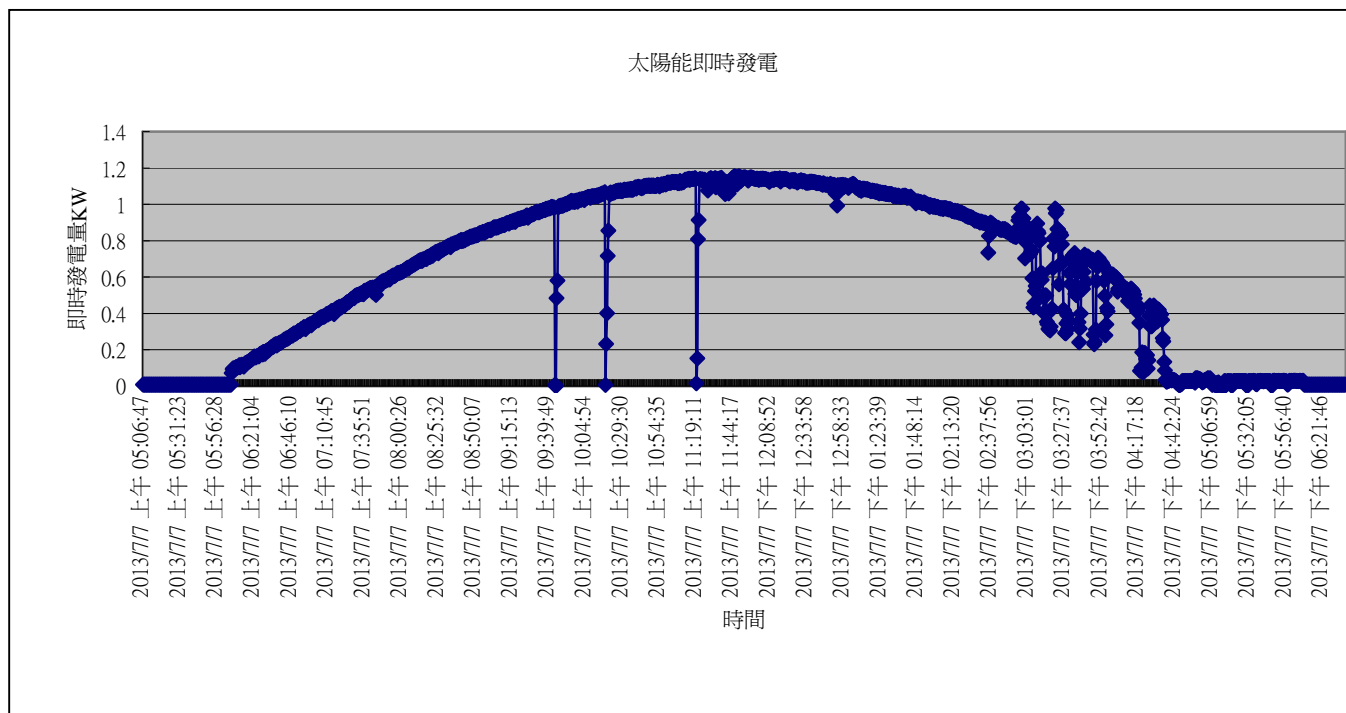


圖11 102年7月7日第一太陽能模組板即時發電圖

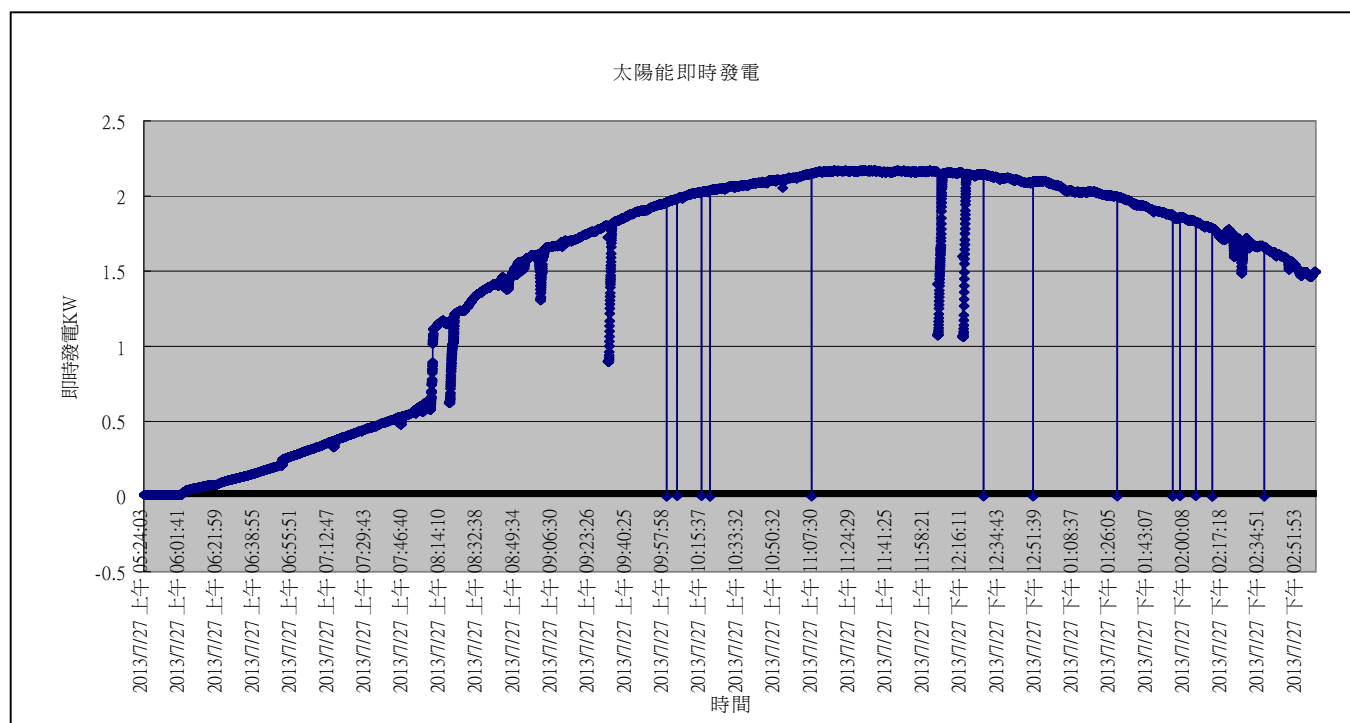


圖12 102年7月27日第一加第二太陽能模組板即時發電圖（1）

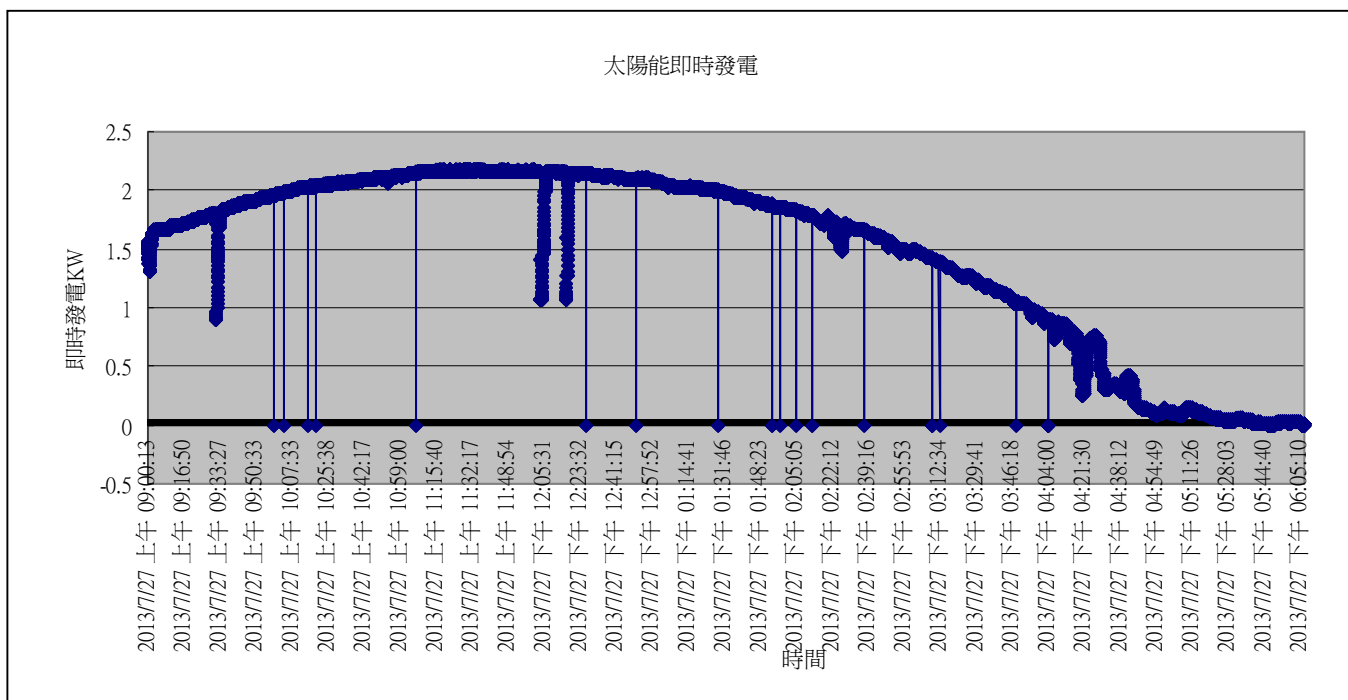
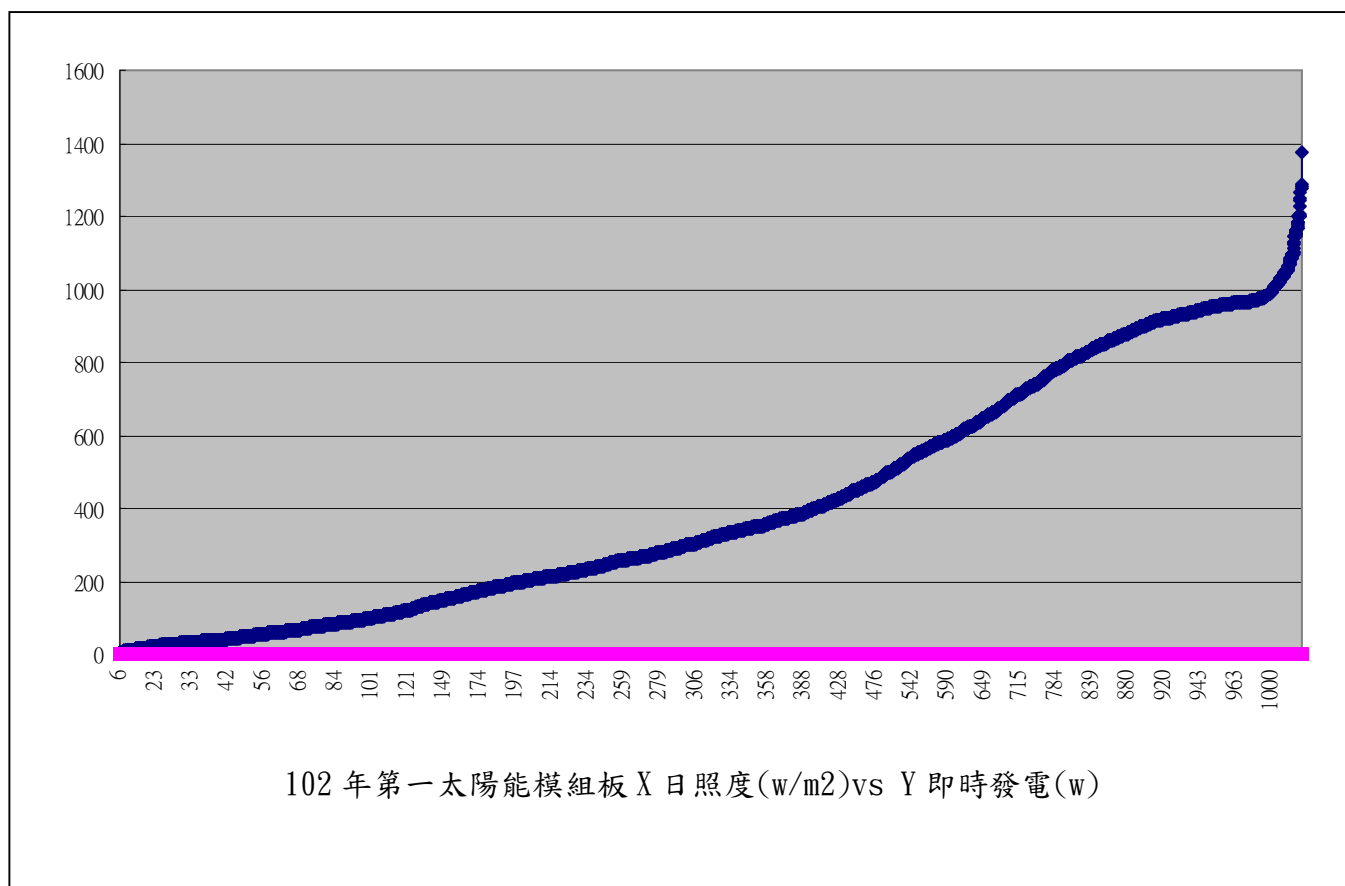


圖12 102年7月27日第一加第二太陽能模組板即時發電圖（2）



四、與陽光電城發電效益比較：

花蓮市南濱陽光電城依原始規劃為202.78kWp、年發電量199000 kWh。如依計畫理想的日平均發電量為 $199000/365/202.78=2.69$

kWh/day/kWp，年平均發電量 $199000/202.78=981\text{kWh/kWp}$ ，僅能產生相當於100年新竹縣提報發電水平。以實際99年度該系統發電情形全年發電179360 kWh 核計，日平均發電量為 $179360/365/202.78=2.42\text{kWh/day/kWp}$ ，年平均發電量 $179360/202.78=884.5\text{kWh/kWp}$ ，顯然不符原計畫。如此看來，本分局的太陽能模組板發電效益，遠優於陽光電城。即便如此，要累積高量的太陽能發電，花蓮仍面對無法解決全年日照時間遠低於西南部的自然問題。

五、無庸置疑，本分局3KW 風力機系統發電結果與2.88 kWp 太陽能模組板發電差距甚大。如以102年風力機僅發電332 KWh 換算要達太陽能發電效益，恐怕需安裝5~6台風力機才足以匹敵，而每一台風力機需近百萬成本與太陽能模組板單位 kWp 費用逐年下降來看，安裝風力機以工程經濟角度考量根本不敷效益。

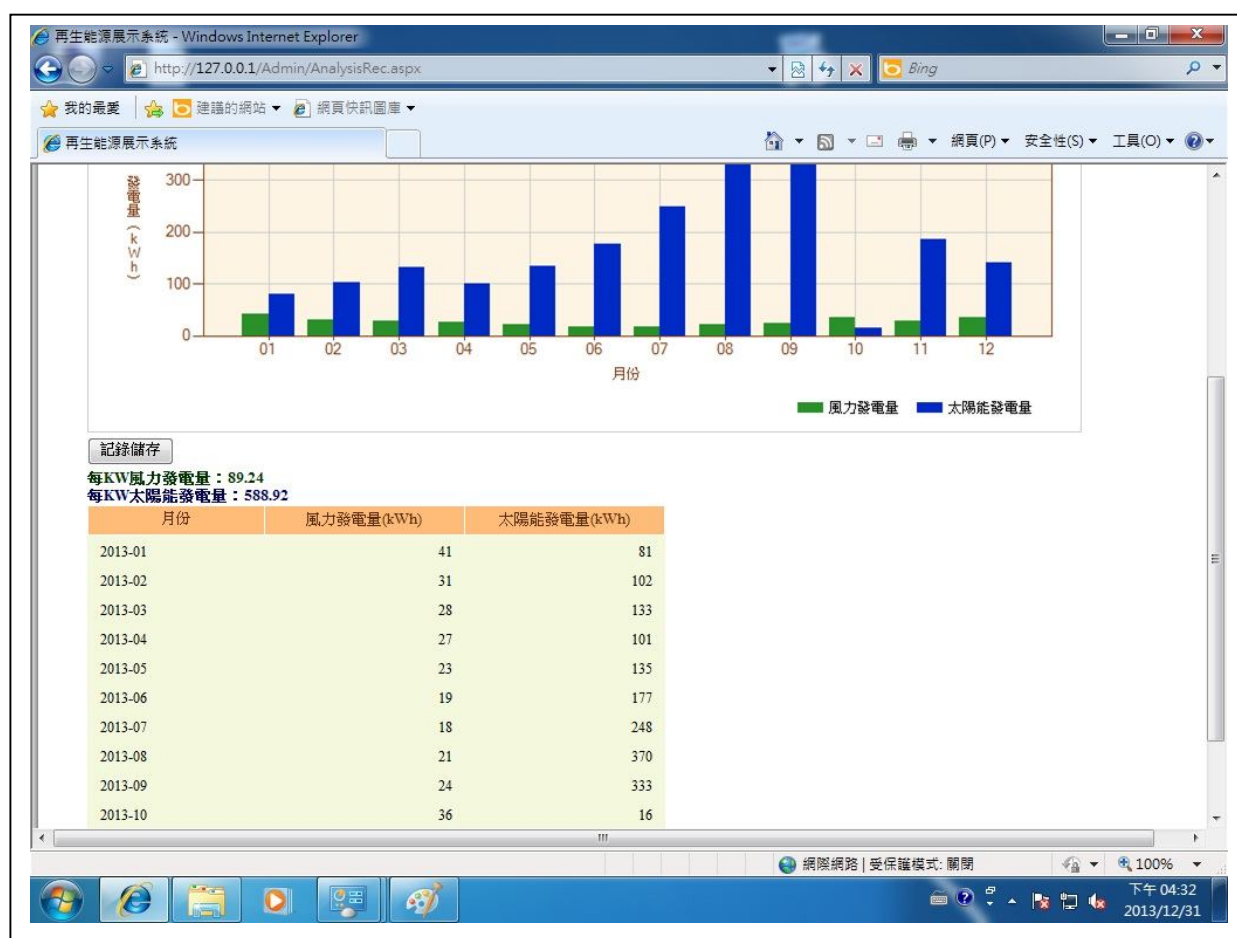


圖13 102年風力機與太陽能發電逐月發電數值與統計

伍、結論與建議

本次研究係以102年本分局風光發電系統發電監測資料結果為基礎進行分析，並嘗試與中華電信鹽寮機房風力機、100年台灣地區各縣市回報能源局補助太陽能設置系統發電結果量與花蓮市陽光電城發電情形進行比較，以了解同樣裝設於花蓮海岸區的風力機與太陽能模組板發電效益差異。

對於風力機發電顯然與原先僅依氣象資料所預期的結果有明顯的落差，而經由比較也發現海岸山脈東緣中華電信鹽寮機房設置點可以提供更好的風場條件，至於台11線沿線是否有更優越的位置則有待研究。

對於太陽能模組板發電情形，依本分局目前系統發電運作結果，無論對比於100年能源局收集各縣市回報資料或與花蓮市陽光電城發電資料比較，似乎又優於原本理解的情形。

雖然本分局風光發電系統裝設至今由於不斷有系統提升變更、葉片烤漆、裝設屋頂翻修等原因，發生部分監測資料中斷的情形，同時系統裝設皆為固定方式缺乏可變動控制以利於研究觀察，但無論如何本系統已完成多項指標的性能嚴謹感測監控，可提供國內研究機構對於花蓮地區再生能源議題參考比較的依據。

本分局亦不斷努力將深層海水海洋資源結合此風光發電再生能源系統形成一完整生態教育體系與觀光地標，期待立足於東台灣扮演台灣經濟、科技發展與生態教育推廣的重要推手。



圖14 本分局風光發電系統風力機美麗光雕影像

陸、參考文獻

- 【1】曾仁佑 林和毅，2000，「利用 MM5模式評估台灣地區風能蘊藏量之研究」。
- 【2】能源局網站，能源局補助設置系統2011年各縣市回報發電量平均值資料。
- 【3】東方報，週四，06 十二月 2012 09:34 報導。
- 【4】2013-07-23，更生日報，「4.6億元洄瀾之心陽光電城 1年賣電38萬」。
- 【5】本分局再生能源風光發電系統發電監測資料。