

行政院原子能委員會
委託研究計畫研究報告

台灣東部區域戶外 HCPV 太陽能發電模組效能實測分析研究
Eastern Taiwan of HCPV Solar Module Performance Measurement Analysis

計畫編號：1012001INER029

受委託機關(構)：國立臺東大學

計畫主持人：陳孟炬

聯絡電話：089 356541 ext 6423

E-mail address：mchen@nttu.edu.tw

核研所聯絡人員：許怡儒

報告日期：101 年 12 月 5 日

目 錄

目錄.....	I . II
中文摘要.....	1
英文摘要.....	2
壹、計畫緣起與目的.....	3
一、HCPV 的發展.....	3
(一) III-V 族半導體之 HCPV 太陽能模組.....	4
(二) HCPV 模組轉換效率.....	4
(三) HCPV 產業在地化.....	5
二、HCPV 發電模組之臺東地區驗證測試.....	6
(一)氣候條件：日照量、焚風、颱風.....	6
(二)地理環境：鹽害、砂塵暴.....	7
貳、研究方法與過程.....	8
一、HCPV 模組設置地點之氣象測量.....	8
(一)日照量與溫濕度資料分析.....	8
(二)臨海鹽害的觀察.....	9
(三)探討季風與颱風的影響.....	9
二、HCPV 模組發電功率測量遭遇之困難及解決途徑.....	10
(一)缺乏東部 HCPV 測試人員與平台.....	11
(二)因應對策.....	13

參、主要發現與結論.....	14
一、氣候資料蒐集.....	15
(一)平均氣溫.....	15
(二)降雨天數.....	16
(三)日照時數.....	17
(四)空氣懸浮微粒濃度.....	18
(五)直射日照(DNI).....	19
(六)每月平均溫濕度與 HCPV 運作表現.....	20
二、季風與颱風的影響.....	21
(一)西南季風引起焚風的影響.....	21
(二)東北季風引起砂塵暴的影響.....	23
(三)颱風侵台引起焚風的影響.....	24
(四)颱風侵台引起砂塵暴的影響.....	24
三、戶外長期測試對 HCPV 模組所造成的影響.....	26
(一)氮化硼.....	26
(二)鹽害鏽蝕與馬達積碳.....	27
(三)控制電路板故障.....	28
四、結論與建議.....	29
肆、參考文獻.....	30

中文摘要

本研究主要是針對聚光型太陽電池模組在台東地區戶外可靠性能實地測試，評估台灣東部區域環境對聚光型太陽光發電系統影響效益，例如氣候上:台東的日照量、焚風、甚至是颱風。環境上，例如:因為鄰近海岸之鹽霧可能造成 HCPV 模組之鏽蝕傷害，或者夏天風大吹起河床底部沙子所造成之沙塵暴。

由研究結果顯示，台東地區氣候為天氣陰沉、風勢強勁，但雨量不多，極適合當作 HCPV 太陽能發電系統與模組戶外驗證場域。HCPV 模組長期在戶外受環境因素影響之實驗內容，可作為 IEC62108 驗證程序與項目之長期戶外觀測與驗證場域之研究。臺灣東部區域具有各類環境因素，高低溫差大、多風沙、焚風與鹽霧環境，可作為高聚光發電模組與系統長期戶外驗證場域之研究。

關鍵字：聚光型太陽光發電系統、焚風、鹽霧、沙塵暴

Abstract

In this study, high concentration photovoltaic (HCPV) modules were tested at the south eastern region of Taiwan (Taitung). To evaluate outdoor reliability and energy generation efficiency of HCPV systems, some impact factors are considered, such as solar irradiance, hot air and even typhoons. Other environmental impacts, for example the salty fog that may cause corrosion damages and the summer dust storms caused by the blown sand at the bottom of riverbed are also evaluated.

The study results show that although there are strong winds and severe changes of the weather in Taitung but without much rain fall which makes it a suitable place for HCPV module sand systems outdoor testing. The HCPV module outdoor testing results could also provide references to IEC62108 standard. In conclusion, Taitung, where with variously environmental factors, temperature difference high and low, dust storm, hot air, salt fog etc., can be used as a good long-term outdoor research field of HCPV.

Keywords: High Concentration Photovoltaic (HCPV), Hot air, Salty fog, Dust storm

壹、計畫緣起與目的

隨著經濟活動的增加，人類對於石化燃料的消耗也日漸增加，除了造成能源價格波動嚴重外，更加劇地球溫室效應，因此世界各國莫不致力開發各式再生能源，依據 2008/11/28 的經濟日報指出，就連面對金融風暴的美國，新當選的總統歐巴馬歐巴馬提出名為「阿波羅計畫」的綠色新政藍圖，預計在未來十年，每年將投資 150 億美元發展再生能源以深耕綠能產業，III-V 族化合物半導體具有相當優勢的光電特性，除了被利用在高速元件之外，在光電元件中也是很重要的，也相對的越來越受重視。就目前而言，多數太陽能電池都還是單晶化合物半導體為基板。具高效率轉換能力的聚光型太陽能發電系統作為有效的能源利用，提升國內發電容量，這對能源幾乎全仰賴進口的我國將有極大的助益，也為臺灣永續發展建立良好的基礎。

一、HCPV 的發展

太陽光發電成本與其電池模組的製造成本及其光電轉換效率有關，更與太陽能發電模組架設場址的全年日照條件及維護成本有密切關係。臺灣地處亞熱帶，又是海島型氣候，各地全年的日照量受到當地氣候現象影響很大，而氣候環境條件也影響到太陽能發電模組的年發電量及維護成本，因此長期的有系統的監測及評估聚光型太陽光發電系統發電特性，有利於太陽能發電模組的運作可靠度分析及相關維護模式建置，本計畫主要以工業與環境污染較低的台灣東部區域作為 HCPV 發電站建

置監測評估為重點，佐以當地區域的環境氣候資料，針對聚光太陽光電模組發電效能與耐久性作長期而有系統的實地測試分析研究。

(一) III-V 族半導體之 HCPV 太陽能模組

聚光型太陽能電池是[聚光型太陽能電池]+[高聚光鏡面菲涅爾透鏡]+[太陽光追蹤(Sun Tracker)]的組合，其太陽能能量轉換效率可達 31%~42.6%，雖然轉換效率高但是由於向陽時間長，所以要有非常好的散熱系統，過去用於太空產業，現在搭配太陽光追蹤器可用於發電產業利用。由於太陽光光譜涵蓋的能量區域廣泛，聚光型太陽能電池主要材料是[砷化鎵](GaAs)，也就是三五族(III-V)材料，一般的矽晶材料只能夠吸收太陽光譜中 400~1,100nm 波長之能量，而聚光型不同於矽晶圓太陽能技術，透過多接面化合物半導體可吸收較寬廣之太陽光譜能量，目前以發展出三接面 InGaP/GaAs/Ge 的聚光型太陽電池可大幅提高轉換效率，三接面元件之聚光型太陽電池可吸收較廣泛的波長之能量相對其轉換效率可大幅提升，而且聚光型太陽能電池的耐熱性比一般晶圓型太陽能電池又來的高。

(二) HCPV 模組轉換效率

應用 III-V 族化合物半導體所製作的多接面太陽電池，將涵蓋太陽光譜紫外光、可見光及紅外光等不同能量的區域，因此應用 III-V 族化合物半導體製作的多接面(Multi-junction)式太陽電池[1]，例如 InGaP(1.9eV)、GaAs(1.4eV)及 Ge(0.7eV)

之組合[2]，可吸收不同波長範圍的太陽光，致使量子效率可大幅提升，理論上可獲得 40% 之超高轉換效率。

各種太陽能電池的效率，薄膜型太陽能電池(7%~12%)、單、多晶矽太陽能電池(12%~20%)、傳統核能電廠(30%)、火力發電(36.8%)、聚光型太陽能電池(31%~42.6%)、新式核能電廠(42~57%)。聚光型太陽能電池可通過使用透鏡將光聚集到狹小的面積上來提高發電效率。不過因為聚光引起的溫度上升會損傷太陽能電池單元及發電系統，因此往往尚須考量聚光比率。聚光型太陽電池假如使用聚光倍率為 1000 倍的透鏡時，單位模組的太陽能電池單元的成本可降至結晶矽類之電池單元的 1/10 左右，而所需的面積僅矽晶圓的 1/2.5，另外聚光型太陽能電池必須要在位於透鏡焦點附近時才能發揮功能，因此為使模組總是朝向太陽的方位，必須搭配使用太陽追蹤系統，此設計雖然可以提高轉換效率，但卻存在透鏡、聚光發熱釋放槽以及太陽光追蹤系統的重量及體積較大等等問題。

(三) HCPV 產業在地化

高聚光太陽能電池訴以轉換效率高為優勢，而全球領導廠商 Boeing 旗下的 Spectrolab 已開始量產平均轉換效率高達 39.2% 的三五族之高聚光型太陽能產品，可說是全球太陽能電池市場中最高轉換效率的產品，是自其在 2009 年中時轉換效率達到 38.5% 後，該廠又進一步的改善。受惠於台灣在 LED 產業的蓬勃發展，台灣目前在聚光型太陽能已有完整的供應鏈，包括自上游磊晶(全新、華旭環能等)、矽晶圓製造、測試、封裝到下游的 CPV 模組/系統設計和組裝(台達電和華旭環能

等)，幾乎可以 100%在地化生產，2009 年 Spectrolab 也可做到測試產品轉換效率達 41.6%的產品，而目前日本夏普在聚光型太陽能電池效率上，該公司 2011 年時平均轉換效率可達到 42.6%以上的水準。

二、HCPV 發電模組之臺東地區驗證測試

(一)氣候條件：日照量、焚風、颱風

台東的日照量、焚風、甚至是颱風。或者環境上，例如：因為鄰近海岸所以有鹽害，或者夏天風大吹起河床底部沙子造成沙塵暴。或是東部各偏遠山區偏遠部落裡，因為地點偏遠，如果能夠架設有屬於自己的小型發電廠，可以比較不用擔心電力傳輸上的問題，但是部落要架設聚光型太陽能電池也要考慮可行性，及可能面臨的問題(例如：土石流、山崩)，也探討太陽能電池在東、西部架設上系統的差異(例如：追日軌道差異)。

計畫可分為(一)台東環境和氣候對於太陽能電池的影響(二)東西部太陽能電池在系統上的差異。太陽能發電模組架設場址的全年日照條件及維護成本有密切關係。臺灣地處亞熱帶，又是海島型氣候，各地全年的日照量受當地氣候現象影響很大，而氣候環境條件也影響到太陽能發電模組的年發電量及維護成本，因此長期的有系統的監測及評估聚光型太陽光發電系統發電特性，有利於太陽能發電模組的運作可靠度分析及相關維護模式建置，本計畫主要以工業與環境污染較低的台灣東部區域作為 HCPV 發電站建置監測評估為

重點，佐以當地區域的環境氣候資料，對高聚光太陽光電模組發電效能與耐久性作長期而有系統的實地測試分析研究。

(二)地理環境：鹽害、砂塵暴

由於台東鄰近海岸我們也探討鹽害是否會對高聚光型太陽能電池的發電量或者整個系統有所影響，或者架設在相關離島上，如：台東綠島發展太陽能電池的潛力，它的潛力在哪，以及它的優勢，當然綠島四面環海，如果 HCPV 使用年限會因為鹽分而有了嚴重影響，其對於台東甚至離島地區所有的發展都有相當大的不利，這可能就是之後沿海地區所要面臨到的困難了，所以當高聚光型太陽能發電系統在面對沿海地區時，它的表面防護材料是否會因此而有所差異，或者如果有所影響是否可以有更好的替代材料。除了以上兩點由於台灣位於中低緯度上而且春夏秋三個季節，可能面臨梅雨季以及颱風的問題，而台東又有所謂焚風和沙塵暴，如果台東要發展高聚光型太陽能電池發電要面對許多難題，我們也觀察上述幾點紀錄並觀察以上所說對於高聚光型太陽能電池的影響。

台東地區的沙塵暴也是因為砂土無法留住，被沖刷停留在河床上，夏天強風一到整個台東市就被砂塵瀰漫了。我們也探討高聚光型太陽能電池系統東西部的差別，其追日的軌道是否有所差異，而差異在哪裡，因為每一個地方太陽升起與下降的方位有所不同，而這些不同在追日的軌道設計上就會有很大的區別。

貳、研究方法與過程

PV 太陽能發電模組及自動數據擷取模組系統，逐日、逐月將太陽發電模組的發電量與當地日照、氣候條件作比較分析，並由長期監測評估過程中改善太陽能發電模組的運作及維護模式，評估其長期可靠度評估分析。

一、HCPV 模組設置地點之氣象測量

(一)日照量與溫濕度資料分析

計畫中在台東架設一高聚光型太陽能發電系統，以方便對於台東架設太陽能電池的日平均發電量與年平均發電量進行研究，也針對台東地區進行日照量以及照強度進行探討，台東相較於其他西部地區而言，夏天相對性的炎熱，太陽也比較大，所以如清楚了解台東的日照，對於台東發展高聚光型太陽能電池是有著相對性的優勢。

下圖 2-1 為架設於本校語教大樓樓頂的 HCPV 模組，同時配置一組簡易氣象站，如圖 2-2、圖 2-3 所示，透過實驗測量、長期追蹤、收集並整理這些環境溫度、環境相對濕度、太陽直射日照、風速及風向等數據。



圖 2-1：HCPV 模組



圖 2-2、圖 2-3：簡易氣象站

(二) 臨海鹽害的觀察

由於台東鄰近海岸我們也探討鹽害是否會對高聚光太陽能電池的發電量或者整個系統有所影響，或者架設在相關離島上，如：台東綠島發展太陽能電池的潛力，它的潛力在哪，以及它的優勢，當然綠島四面環海，如果 HCPV 使用年限會因為鹽分而有了嚴重影響，其對於台東甚至離島地區所有的發展都有相當大的不利，這可能就是之後沿海地區所要面臨到的困難了，所以當高聚光型太陽能發電系統在面對沿海地區時，HCPV 系統支架、模組之透鏡表面、直-交流電能轉換系統、散熱膜熱傳導效應、傳動系統運作等等，研究各部件功能與表面防護材料是否會因此而有所差異，或者如果有所影響是否可以有更好的替代材料。

(三) 探討季風與颱風的影響

除了以上兩點由於台灣位於中低緯度上而且春夏秋三個季節，可能面臨梅雨季以及颱風的問題，而台東又有所謂焚風和沙塵暴，如果台東要發展高聚光型太陽能電池發電要面對許多

難題，我們也觀察上述幾點紀錄並觀察，對於高聚光太陽能電池的影響做研究探討，而台東地區的沙塵暴也是因為砂土無法留住，被沖刷停留在河床上，夏天強風一到整個台東市就被砂塵給瀰漫了。下圖 2-4 為臺東縱谷地區衛星空照圖。



圖 2-4：臺東縱谷地區衛星空照圖

二、HCPV 模組發電功率測量遭遇之困難及解決途徑

聚光型發電模組系統測試，包含數百倍的光學聚焦、光譜頻寬、追蹤裝置等，目前戶外測試點主要以台灣西部為主，但台灣東西部有高山阻隔，所以氣候條件也大不相同，因此之測試結果預期將有很大差異。

下圖 2-5、圖 2-6 為本研究使用 SUNNY BOY SB700U 搭配手提式模組量測系統 PVE PVPM 1000C40 來測量記錄 HCPV 模組發電功率 P_m 、開路電壓 V_{oc} 、閉路電流 I_{sc} 等等。



圖 2-5：SUNNY BOY SB700U 圖 2-6：PVE PVPM 1000C40

(一) 缺乏東部 HCPV 測試人員與平台

由於國內對於台灣東部建設太陽能設施的相關研究資料有限，因為以往在此一方面的投入較少，造成學術界及產業界因缺乏測試平台，使得研發工作難以施行或不能順利推展，為促使聚光型太陽光電能於本土生根與發展，東部測試平台的建立與環境條件的研究有其必要性。為測定太陽電池及模組之照光電流-電壓特性，即須建立一完整的太陽光模擬系統分析，以量測其開路電壓、閉路電流，填充因數與能量轉換效率等參數。

東部 HCPV 研究面臨瓶頸如下分析：

1. 東部聚光型能源科技專業人才培育仍嫌不足。
2. 政府未規劃東部或偏遠地區之獨立發電設施研究工作，將需盡快減少突發天災狀況所造成的影響。
3. 台灣國內人口及負載集中，對分散式電力系統之電力品質有嚴苛之考驗。
4. 聚光型太陽電池發電系統之專業研發人力不足。

5. 颱風、地震對台灣東部來說都皆是首當其衝，因此發電系統所面對的環境挑戰也相對提高許多

另外，臺東地區日間的日照度跟多變的氣象條件關聯性甚高，例如 2012/06/18 泰利颱風襲臺可發現當日日照變化從穩定上升到垂直趨零的過程，特別是 8 月期間蘇拉、海葵、啟德、天秤等颱風接踵而來，日照度常出現偏低的狀況，因此本階段研究不適合作為一整年日照度變化的探討。

如圖 2-7 以 2012/06/01 換季入夏的情況為例：1. 清晨濕度較高，至上午 9 時隨氣溫上升穩定介於 70~75% 波動；2. 白天氣溫穩定偏高，但 DNI 有震盪的變化，中午過後雲量較多甚至下起雷陣雨；這是臺東地區夏季的典型氣候。最後，長期戶外測試 HCPV 模組 A、B，紀錄發電效率，模組 C 則預備於模組受蝕老化控制實驗。

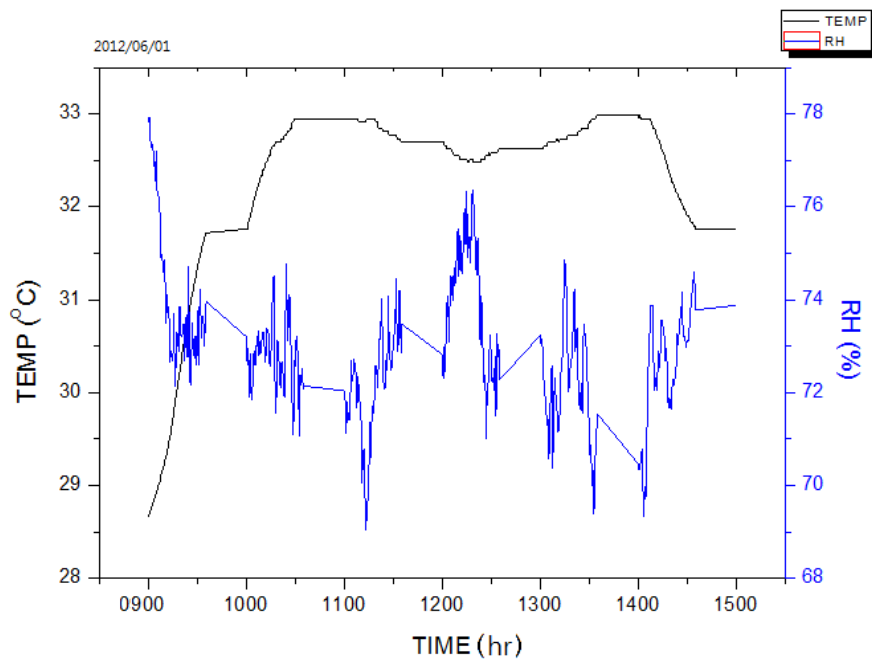


圖 2-7：夏季初期之溫-濕曲線圖

(二) 因應對策

1. 建立堅強發電系統與東部環境因素之分析工作。
2. 積極與核研所合作，進行合作開發聚光型太陽電池系統新技術。
3. 頻繁與核研所內加強溝通合作，培養更多專業人才。
4. 籌畫東部設立分散式電力系統測試機構，確保東部電力研究環境。
5. 台東大學在電力電子與模擬控制等領域均已有已相當成熟之技術。
6. 台東大學將發展各式新能源，深根台灣東部且均具經濟規模與產業規劃，適合推出搭配之電能管理技術。
7. 開發完成之聚光型太陽能源系統，妥善之電能應用安排，方能具有穩定與有效之規劃。
8. 配合聚光型太陽能源方式電力系統之建置，傳統負載也應搭配考量，達到最有能源效率之應用。
9. 台灣某些離島地區，適合規劃新能源與分散式電力系統整合。

國內以往在此一方面的投入較少，造成學術界及產業界因缺乏測試平台，使得研發工作難以施行或不能順利推展，為促使太陽光電能於本土生根與發展，測試平台的建立即有其必要性。

參、主要發現與結論

本研究 HCPV 模組在臺東地區發展之 SWOT 分析如表 3-1。

表 3-1：HCPV 模組等內部因素與臺東地區等外部因素 SWOT 分析表

	優勢 (Strength)	劣勢 (Weakness)
內部因素	<p>1. 模組輸出零廢棄排放，不產生溫室氣體也不會形成空氣污染與酸雨破壞東部自然生態。</p> <p>2. 模組產生的陰影是移動性的，所以對地面生態影響較小，面板下方的土地仍然可以提供在地產業利用。</p> <p>3. 模組可採無框架設計，不易堆積灰塵，而下雨時有清洗的效果，克服遠程人工擦拭透鏡。</p>	<p>1. 臨海考量颱風、鹽害、腐蝕等問題，模組支架等須採用鋁合金加陽極處理等防銹。</p> <p>2. 模組設置與天然景觀、生物活動、農地使用、農糧安全等等有極大衝突。</p> <p>3. 隨颱風氣旋方向所引起的焚風，溫度甚高而且非常乾燥，模組除了發電效率下降之外，還可能減少模組壽命。</p>

	機會 (Opportunity)	威脅 (Threat)
外部因素	1. 建築樓高皆很低，不易形成遮陽，可充分利用屋頂空間。 2. 郊區土地容易取得，適合大面積模組裝設施工。 3. 取代電線桿矗立山間，可配合蓄電系統節約隧道或山線路段夜間路燈的電費支出。	1. 東部海岸以礫石灘、珊瑚礁岩為主，鹽害影響甚鉅，同時是夏天颱風季節首當其衝的區域。 2. 地勢陡峻，河床比降極大，降雨易發生洪水、土石流，乾旱時強勁季風易引起砂塵暴。 3. 板塊作用引起的地震頻繁，目前模組不能感應關閉電力輸出，潛藏漏電、走火危機。

一、氣候資料分析

(一) 平均氣溫

由中央氣象局查詢 2012 年高雄與臺灣東部三縣的每月平均溫度，如圖 3-1，從表中呈現臺灣東部三縣冬季受東北季風影響，氣溫由北而南遞增，各地均溫較無明顯差異。

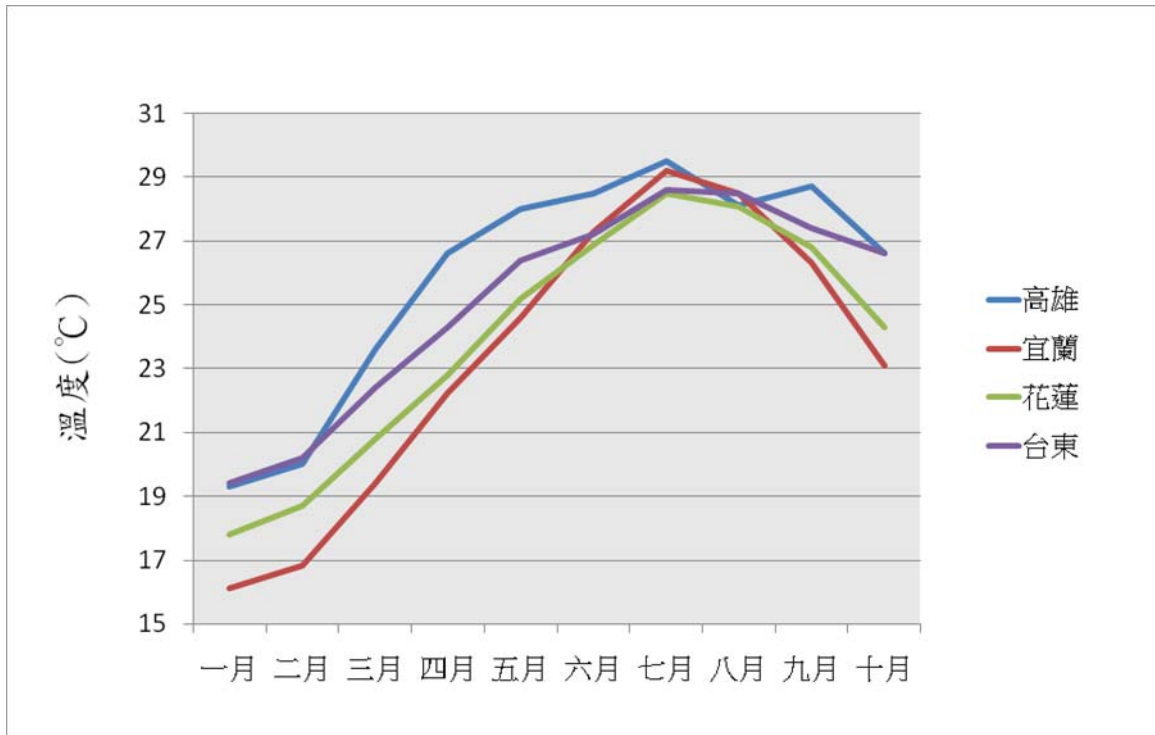


圖 3-1：高雄與臺灣東部三縣每月平均溫度

(二) 降雨天數

另外在中央氣象局公開 1981-2010 年的氣候資料當中，臺東地區的年平均降雨天數均比宜蘭、花蓮少上 16.14%~33.84%，深具發展 HCPV 太陽能發電的潛力。如圖 3-2 所示，統計 2012 年 1 月至 10 月為止，高雄地區僅梅雨及颱風季節有明顯降雨天數增加，而臺灣東部三縣均累計有 130 天以上降水量大於 0.1mm 的降雨天數，倘若考量臺灣東部用電供需較低，太陽能發電仍有其發展空間。

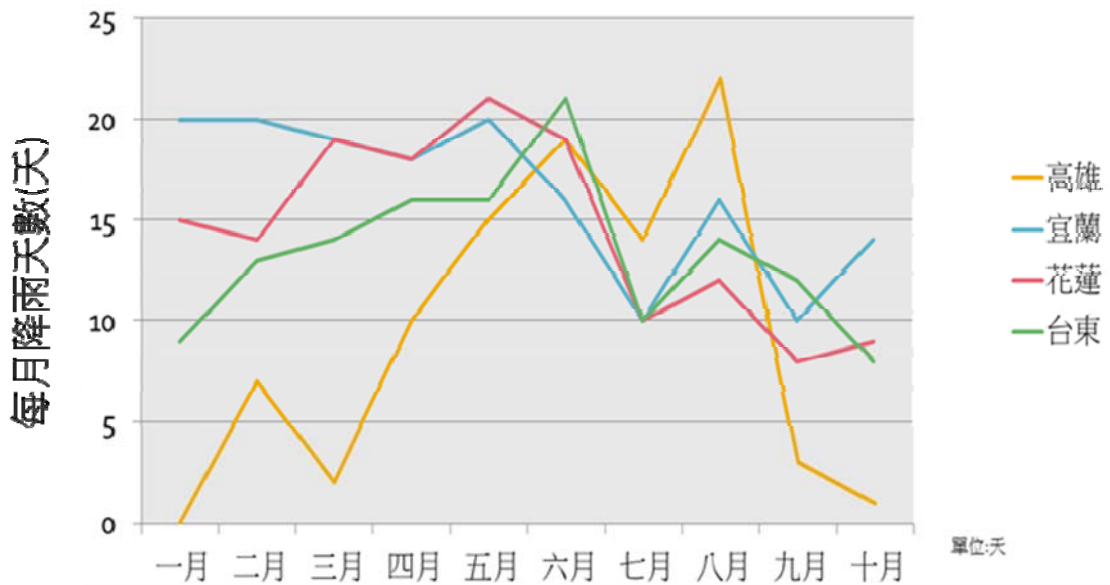


圖 3-2：高雄與臺灣東部三縣每月降雨天數統計

(三) 日照時數

2012 年高雄與臺灣東部三縣每月的日照時數作為安置太陽能的參考，理論上白天晴朗時數越高，相對的太陽能板可吸收的能量會隨之而提高許多，但考慮到其他的問題，譬如說遮蔽，雲層的厚度、大小以及太漂流的方向，都是影響日照時間的長短因素。由圖 3-3 可得知，高雄地區今年 8 月受蘇拉、海葵、啟德、天秤等颱風的影響，其他每月的日照時數平均在 150 小時以上，而臺灣東部三縣之日照時數趨勢呈現出一個山峰型，以季節來說，夏季是日照時數最充足的。

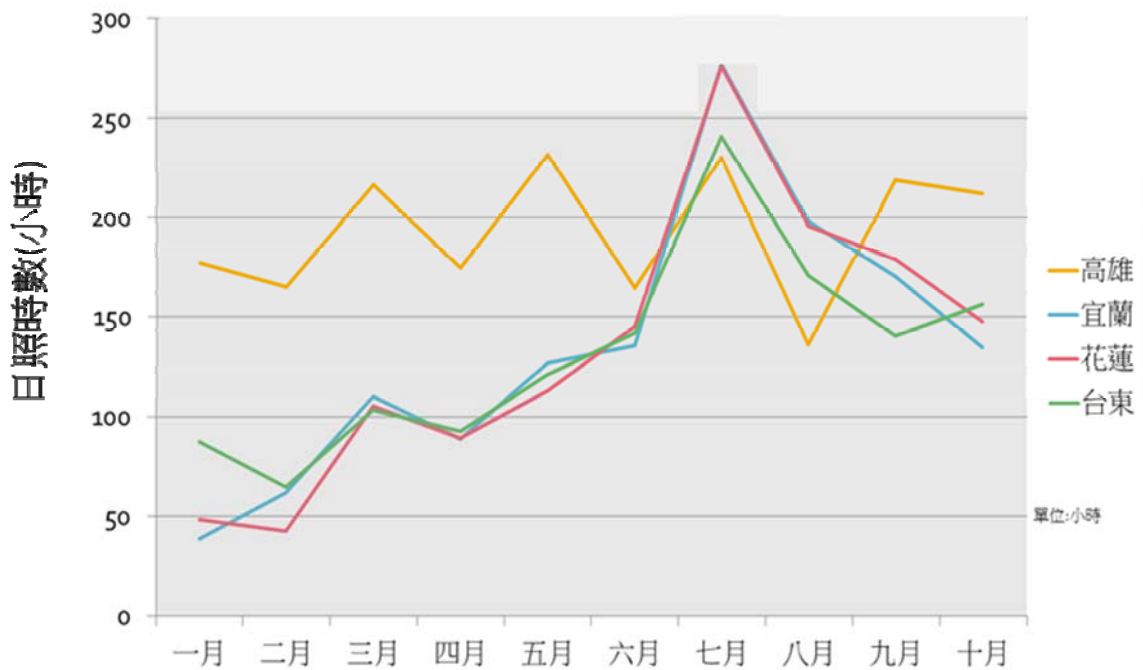


圖 3-3：高雄與臺灣東部三縣每月日照時數統計

(四) 空氣懸浮微粒濃度

每逢颱風或東北季風吹襲時，卑南溪從最北的池上鄉南至臺東市的出海口，乾涸裸露的河床就會被風揚起飛砂走石，臺東縱谷和臺東市區整個籠罩遮天蔽日，即臺東地區特有的砂塵暴現象。空氣品質監測資料整理，如圖 3-4 為 2012 年 1~10 月高雄與臺灣東部三縣每月平均懸浮微粒在 10 微米（PM₁₀）以下之粒狀污染物的濃度，臺東地區 PM₁₀ 平均數值落在 20~35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之間，能見度均在 15km 以上，至 10 月起受東北季風的影響明顯開始爬升突破至 43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

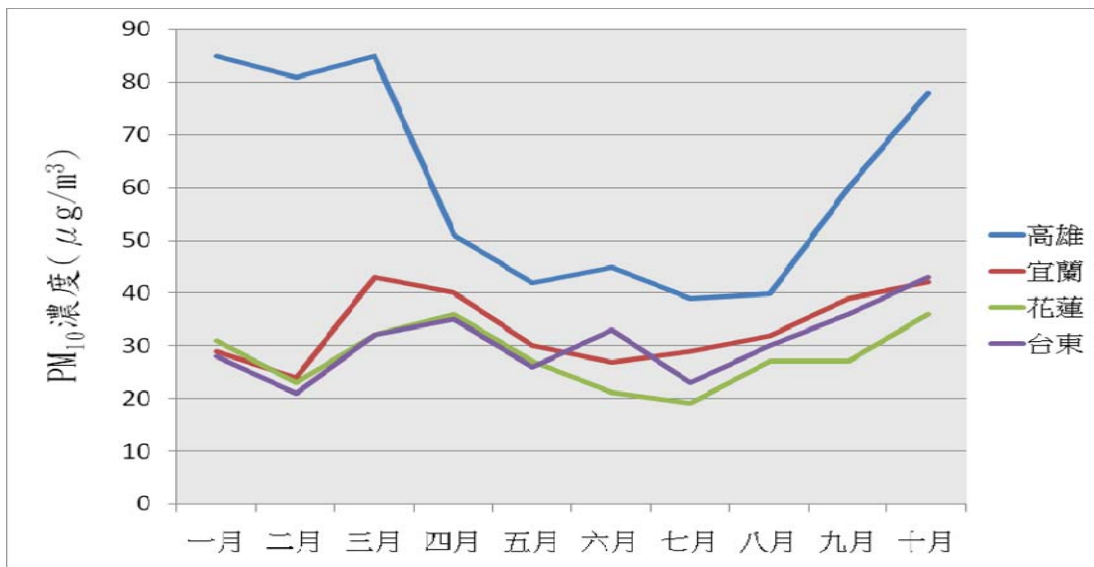


圖 3-4：高雄與臺灣東部三縣 PM₁₀ 每月平均濃度

(五) 直射日照(DNI)

2012 年 4 月~10 月臺東地區每月直射日照值(DNI)超過 800W/m² 的統計如圖 3-5、圖 3-6 所示，可發現夏秋兩季的累積日照時數(DNI > 800W/m²)皆可達到 10 天以上，八月份受到颱風侵臺數量的影響有稍微偏低的日照天數，以日照時數分析夏季之 DNI > 800W/m² 有較佳時數累計量。

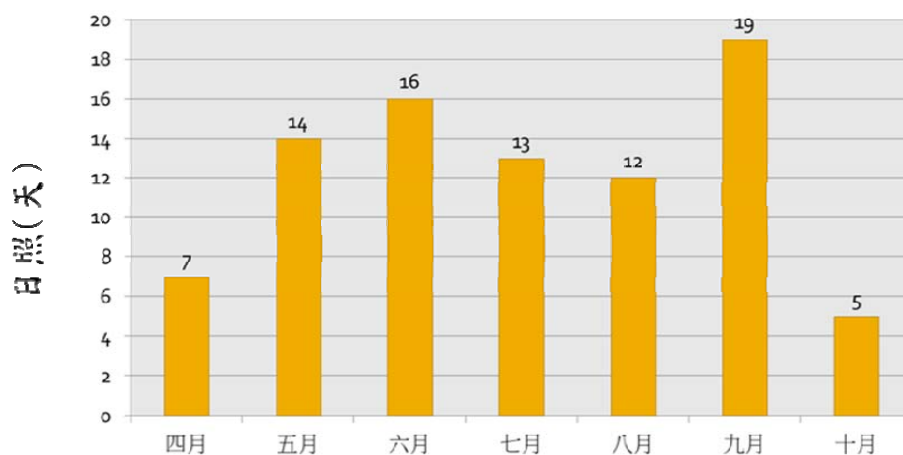


圖 3-5：臺東地區每月 DNI 達 800W/m² 以上天數

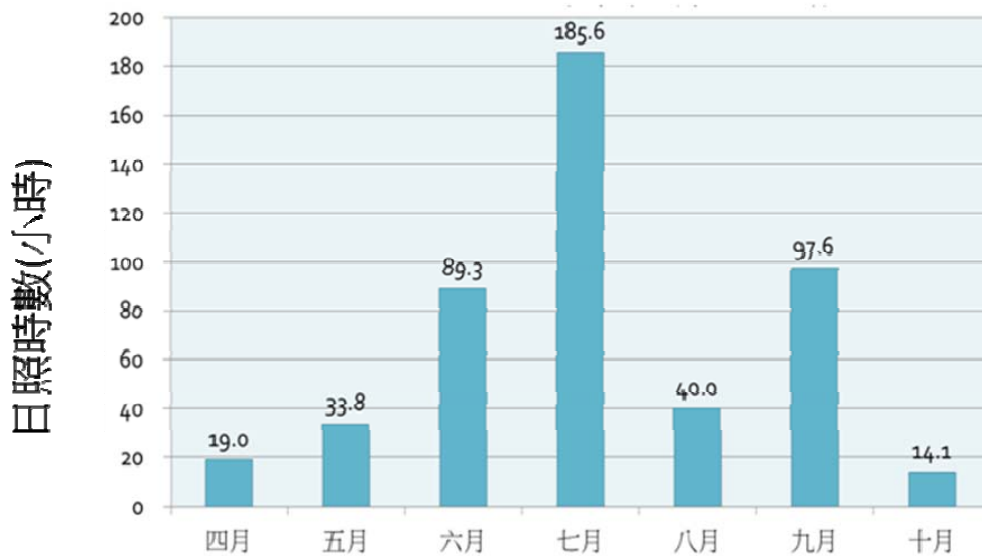


圖 3-6：臺東地區每月 DNI 達 $800\text{W}/\text{m}^2$ 以上時數

(六) 每月平均溫濕度與 HCPV 運作表現

當環境溫度與相對濕度高時，HCPV 發電模組的發電效能相對降低，環境溫濕度的高低，確實造成 HCPV 發電模組效能變化的現象；直射日照度(DNI)在 $800\text{W}/\text{m}^2$ 以上時，研究結果顯示，當溫濕度提升時，空氣中的水氣較為充足，環境中的污染物(砂塵、髒汙微粒等)將因此成核，霾霧瀰漫整個天空，進而造成 DNI 值的下降，使得 HCPV 模組發電效能下降情形，如圖 3-7 所示。研究顯示，臺灣東部區域於春夏季節受東北季風影響下，溫度與濕度相對較高，如圖 3-8 所示，也是的直射日照度明顯下降，造成模組效能偏低的情形。

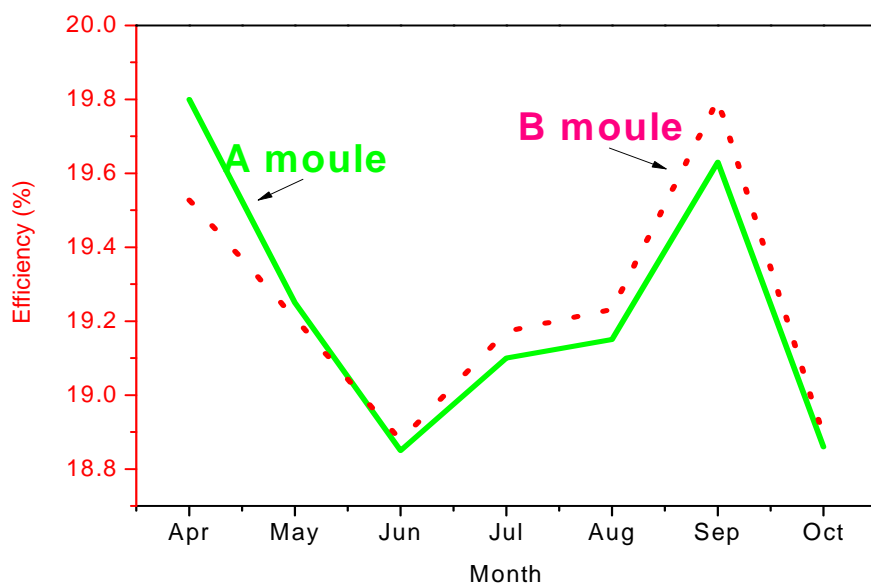


圖 3-7：HCPV 戶外模組效率

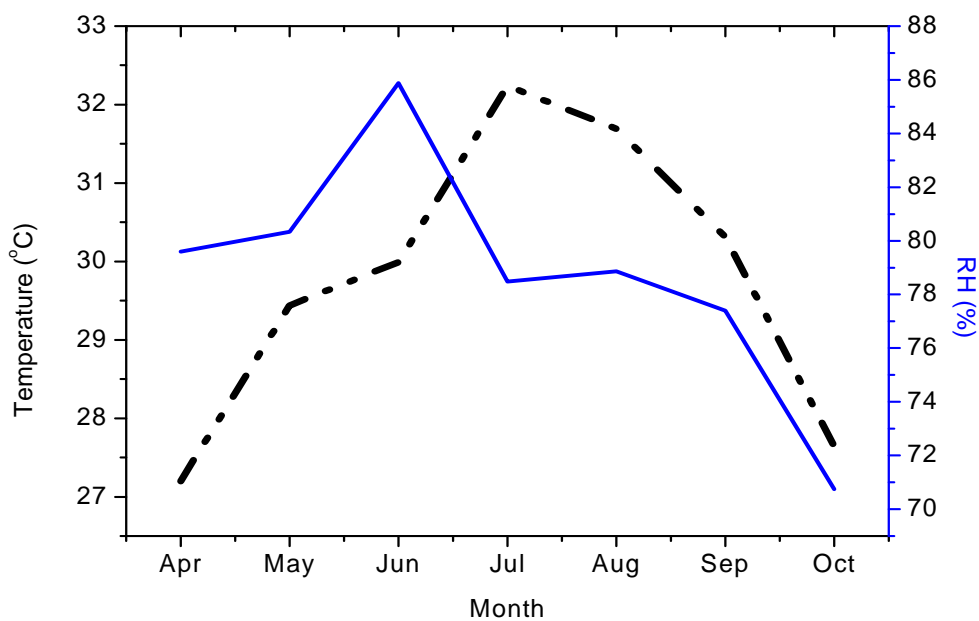


圖 3-8：每月平均溫-濕度曲線

二、季風與颱風的影響

(一) 西南季風引起焚風的影響

焚風的形成是當臺東地處中央山脈逆風面時，暖濕的氣流

在迎風面爬升過程中濕絕熱遞減，而越過山頭下降的時候乾絕熱遞增。下圖 3-9 與 3-10 圖中顯示梅雨季節暖濕的西南季風經常在午後越過中央山脈在臺東地區形成焚風，一般夜間即恢復濕冷狀態，由途可發現當焚風吹起時，DNI 值下降後，便造成 HCPV 模組發電效能低落情形。

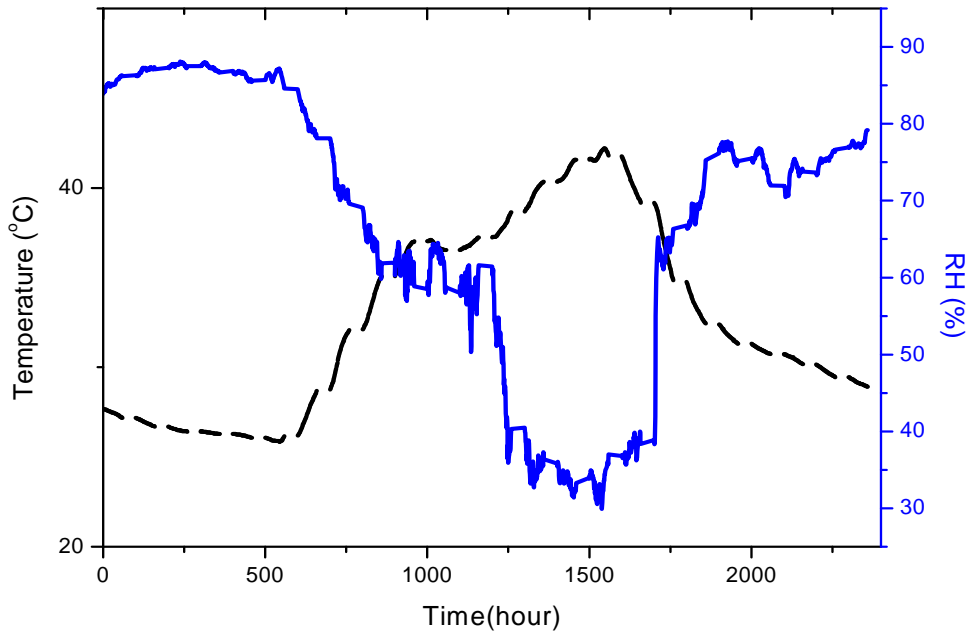


圖 3-9：焚風效應-溫濕度之日照紀錄

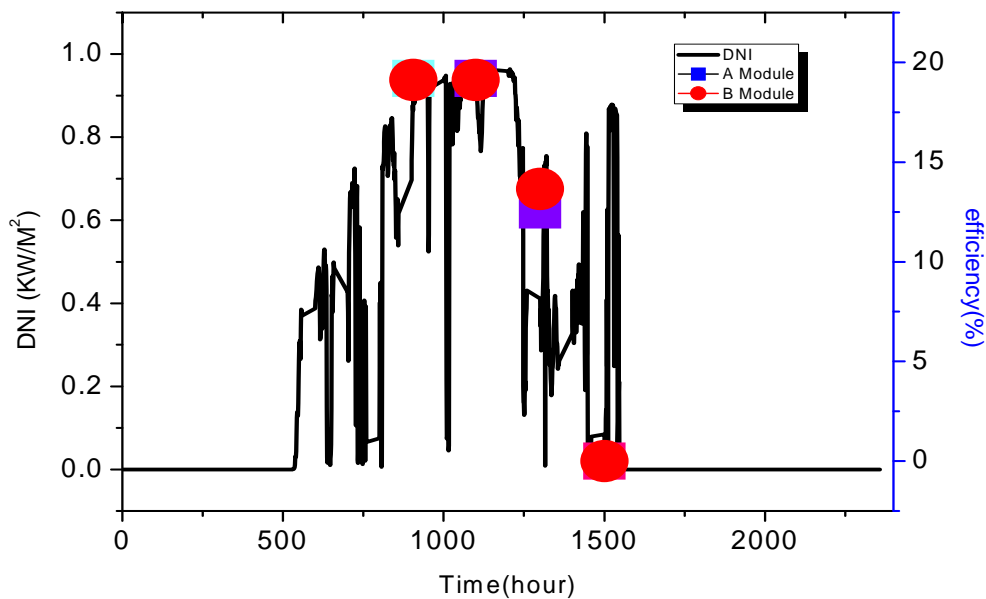


圖 3-10：焚風效應下 DNI-模組效能曲線

(二) 東北季風引起砂塵暴的影響

下圖 3-11 則為 2012/11/05 期間來自中國的沙塵及東北季風揚塵，影響臺東地區空氣懸浮微粒上濃度最高至 $88\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，以及連續三日影響 DNI 的趨勢，如圖 3-12 所示。砂塵是造成大氣微浮粒子驟升而降低 HCPV 發電模組效能低落的重要因子。

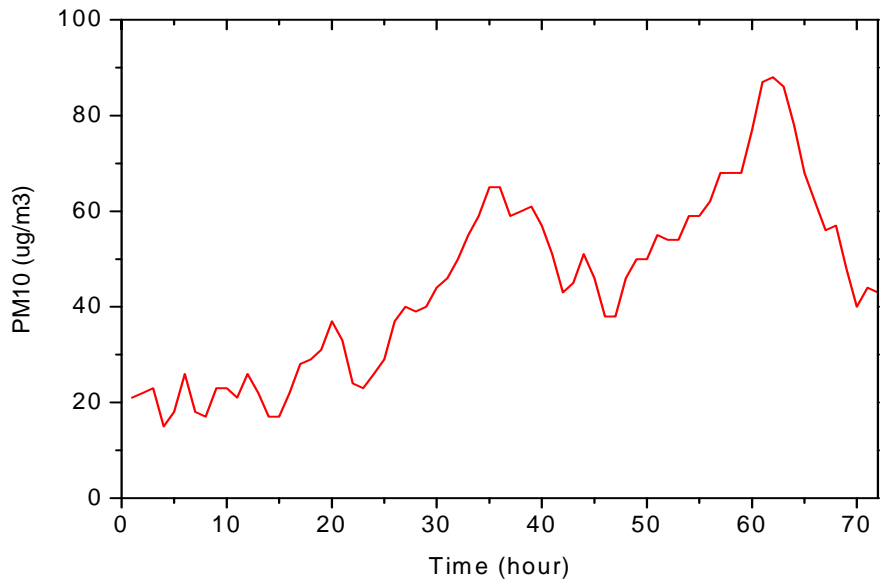


圖 3-11：空氣懸浮微粒上濃度變化

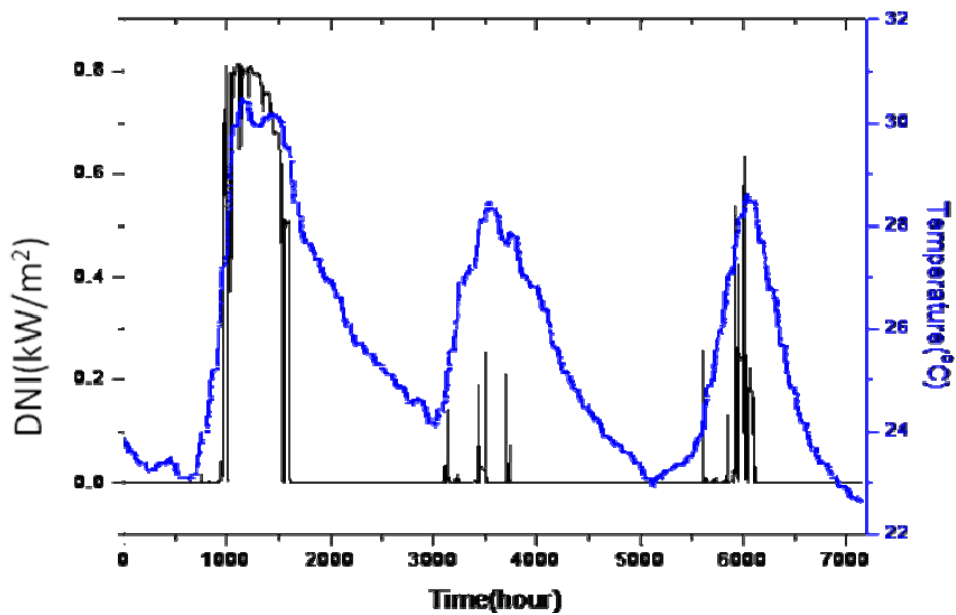


圖 3-12：砂塵暴效應下之 DNI 日照紀錄

(三) 颱風侵台引起焚風的影響

下圖 3-13 呈現 2012/08/02 蘇拉颱風逆時針的氣旋方向越過中央山脈在臺東地區形成焚風，在夜間及清晨發生兩次，而白天即恢復颱風常有狂風暴雨的狀態。颱風影響期間幾乎紀錄不到 DNI 的表現。

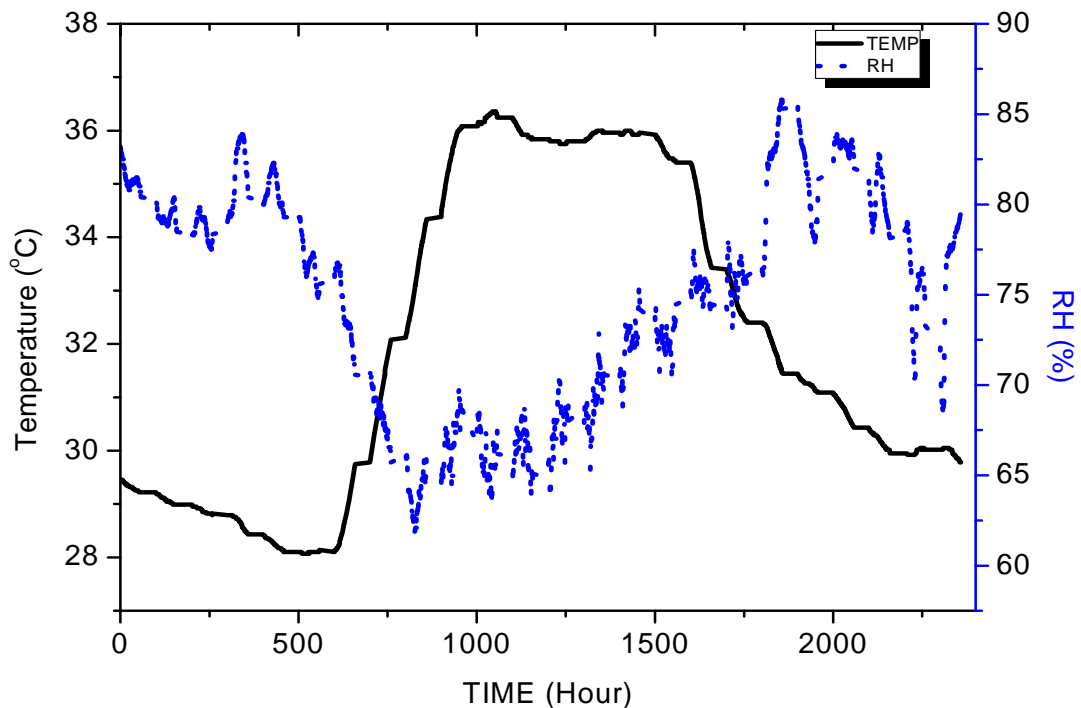


圖 3-13：蘇拉颱風時臺東地區之溫-溼度曲線

(四) 颱風侵台引起砂塵暴的影響

下圖 3-14 呈現杜蘇芮颱風於 2012/06/28 上午引起臺東地區發生砂塵暴，其懸浮微粒 PM_{10} 濃度急遽上升高達 $1,132\mu g/m^3$ ，能見度不到 200 公尺，圖 3-15 是沙塵暴效應下當日之溫-濕度變化紀錄，可以發現溫度在早上八點左右氣溫開始爬升，但是濕度卻明顯的下降，時間維持一整個白天時間，

直至夜間才又回復較高濕度氣候圖。當濕度下降且伴隨強風，將使地表砂塵揚起於空中，大幅降低 DNI 數值，如圖 3-16 所示，DNI 值出現劇烈變化情形。

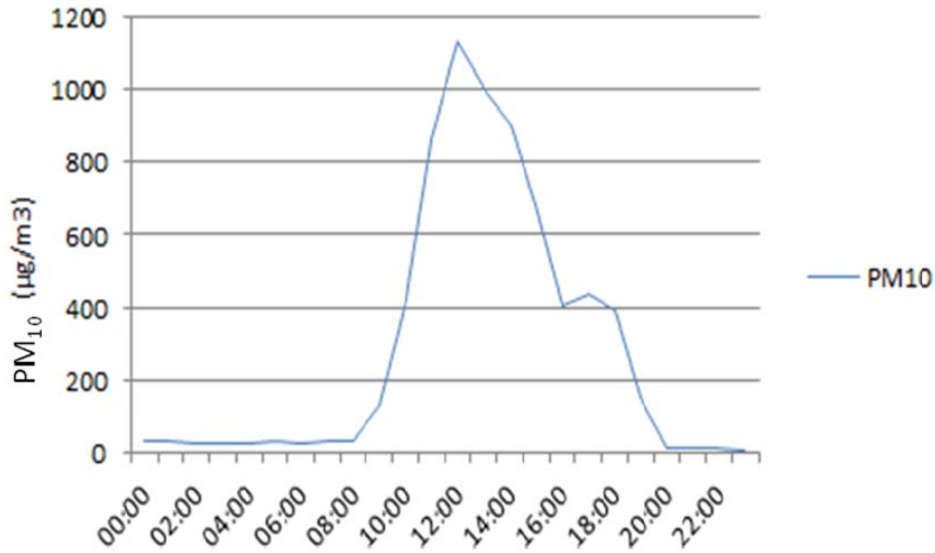


圖 3-14：臺東地區砂塵暴之 PM₁₀ 曲線
(資料來源：行政院環保署)

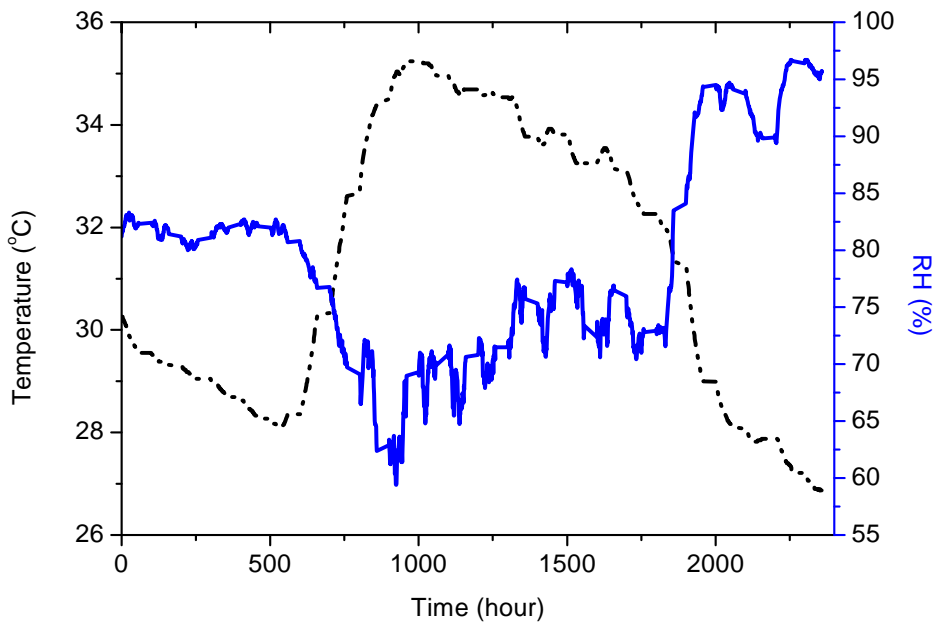


圖 3-15：沙塵暴效應-溫濕度之日照紀錄

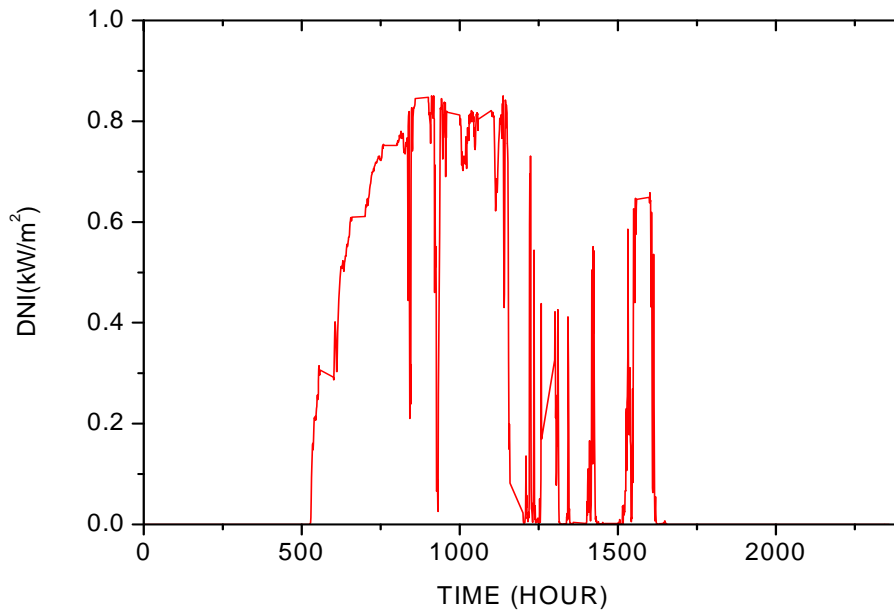


圖 3-16：沙塵暴效應影響下之 DNI 曲線

三、戶外長期測試對 HCPV 模組所造成的影響

(一) 氮化硼

HCPV 發電模組背板之散熱模(氮化硼)受鹽霧侵蝕，造成氮化硼薄膜侵蝕而嚴重剝落，如圖 3-17 所示，此現象可能會影響模組發電散熱，將與模組研發單位再行確認電池片基板塗裝程序與方式，以因應鹽霧侵蝕嚴重區域之系統架設。



圖 3-17：受測 HCPV 模組背板氧化現況圖(氮化硼)

(二) 鹽害鏽蝕與馬達積碳

今年度在台東大學架設之 HCPV 發電系統太陽光追蹤平台發現模組支撐架與傳動系統有些許損傷現象，評估可能朝受臨海環境之鹽霧侵蝕影響，受測模組鋁基板內、外部出現些微白斑老化現象，同時馬達運轉控制盒防水與排水設計不良，導致內部出現鏽蝕現象，HCPV 發電系統各部件出現些微磨損與受環境鹽霧侵蝕影響問題，如圖 3-18 所示。因該追蹤平台在今年於台東建置前，已於其他區域戶外使用 3 年後才移裝置台東大學安裝架設，故今年度所產生鏽蝕與傳動馬達損毀，並無法完全歸咎於 HCPV 架設於臨海區域受鹽霧侵蝕影響，另經與架設單位聯系討論，該款太陽光追蹤平台傳動馬達在另於區域多年戶外實測使用經驗回饋，已增加外護套管提升防水能力，並將傳動馬達定位為消耗器材，預估每三年可更換一組傳動控制馬達，馬達成本約台幣 1 千元。



圖 3-18：HCPV 發電系統之支架與傳動裝置鹽霧侵蝕現象

(三) 控制電路板故障

HCPV 發電系統太陽光追蹤平台控制器之電路板於 10 月份出現故障，導致系統停擺無法運作，觀察電路板並無任何電子元件燒毀狀態，如圖 3-19 所示，更換新電路板檢修後，已恢復正常運轉，該太陽光追蹤平台控制器於 2008 年採購，且在於其他區域戶外使用 3 年後才移裝置台東大學安裝架設，同上述傳動馬達般，無法確認於本測試場架設 1 年即發生環境侵蝕損壞，另核能研究所在 2008 年就已在台東大學架設戶外日照氣象監測站，至今尚未發現控制電路板損壞現象，因已更換新的控制電路板，後續將支援執行太陽電池模組長期戶外曝曬測試研究，會持續追蹤測試鹽霧侵蝕對 HCPV 系統可靠度影響效益。

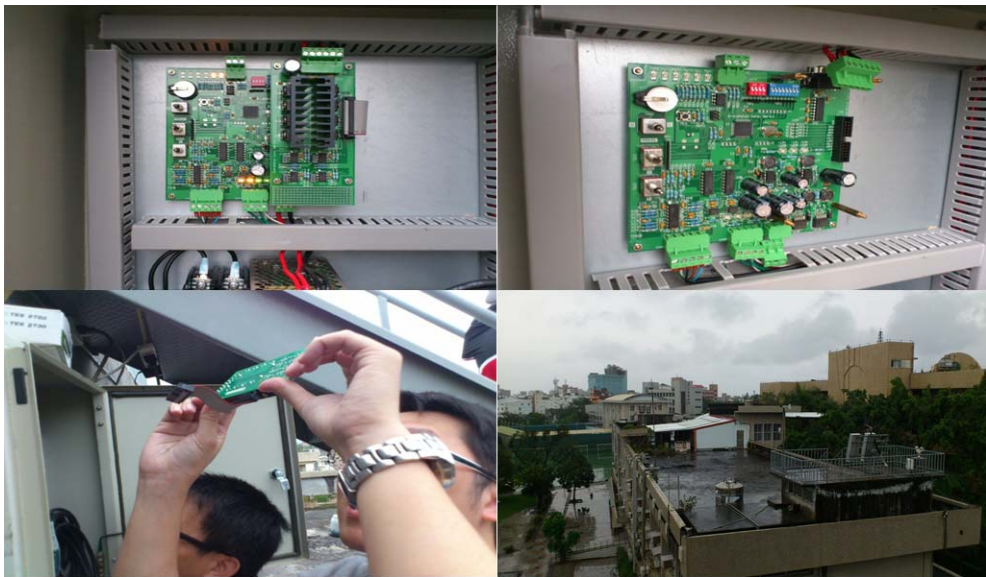


圖 3-19：HCPV 發電系統之控制系統電路板

四、結論與建議

(一)台東地區氣候因東北季風與臺灣東部海岸平行，天氣陰沉、風勢強勁，但雨量不多，為適合 HCPV 太陽能發電系統與模組戶外驗證場域。

(二)在中央氣象局公開 1981-2010 年的氣候資料當中，台東地區的年平均降雨天數平均值比宜蘭、花蓮少上 16.14%~33.84%，深具發展 HCPV 太陽能發電的潛力。

(三)HCPV 模組在臺灣東部的發展，現階段實驗仍備受挑戰。

1.本研究的戶外實際測試過程，初期發現 HCPV 模組遭受環境腐蝕現象，且追蹤平台部分元件受損，雖還無法確認完前是台東區域環境天候影響，更換新元件後的長期戶外實測過程中，將持續觀測台東大學太陽光發電測試場環境侵蝕影響效益，以作為太陽光發電系統長期戶外驗證參考依據，及 HCPV 模組設計與系統建置評估。

2.持續研究 HCPV 模組長期在戶外受風砂、鹽害侵蝕的實地測試，作為 IEC 62108 規範驗證程序之長期戶外觀測與驗證場域之研究，並協助進行太陽電池模組驗證實驗室參考模組戶外電性量測試驗。

肆、参考文献

- 1.R.E. Welser, Sol. Energy Mater.& Sol. Cells 36(1995) 349-356.
- 2.<http://www.spectrolab.com>.
- 3.Araki, K., Kondo, M., Uozumi, H., Ekins-Daukes, N.J., Yamaguchi, M., in press. M., Packaging III–V tandem solar cells for practical terrestrial applications achievable to 28% of module efficiency by conventional machine assemble technology. Solar Energy Mater. Solar Cells.
- 4.Bett, A.W., Baur, C., Dimroth, F., Lange, G., Meusel, M., van Riesen, S., Siefert, G., Andreev, V.M., Rumyantsev, V.D., Sadchikov, N.A., 2003. FLATCONTM-modules: technology and characterisation. In: Proceedings of the 3rd World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, Osaka, Japan. p. 634.
- 5.Brown, M.R., Goldhammer, L.J., Goodelle, G.S., Lortz, C.U., Perron, J.N., Powe, J.S., Schwartz, J.A., Cavicchi, B.T., Gillanders, M.S., Krut, D.D., 1997. Characterization testing of dual GaInP₂/GaAs/Ge solar cell assemblies. In: Proceedings of the 26th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, Anaheim, USA. IEEE, New York, p. 805.
- 6.Dimroth, F, Baur, C., Meusel, M., van Riesen, S., Bett, A.W., 2003. 5-Junction III–V solar cells for space applications. In: Proceedings of the 3rd World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, Osaka, Japan. p. 616.
- 7.Fan, J.C.C., Tsaur, B-Y., Palm, B.J., 1982. Optimal design of high-efficiency tandem cells. In: Proceedings of the 16th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, San Diego, USA. IEEE, New York, p. 692.

8. Gomyo, A., Suzuki, T., Kobayashi, K., Kawata, S., Hino, I., Yuasa, T., 1987. Evidence for the existence of an order state in Ga_{0.5}In_{0.5}P grown by metalorganic vapor-phase epitaxy and its relation to band-gap energy. *Appl. Phys. Lett.* 50, 673.