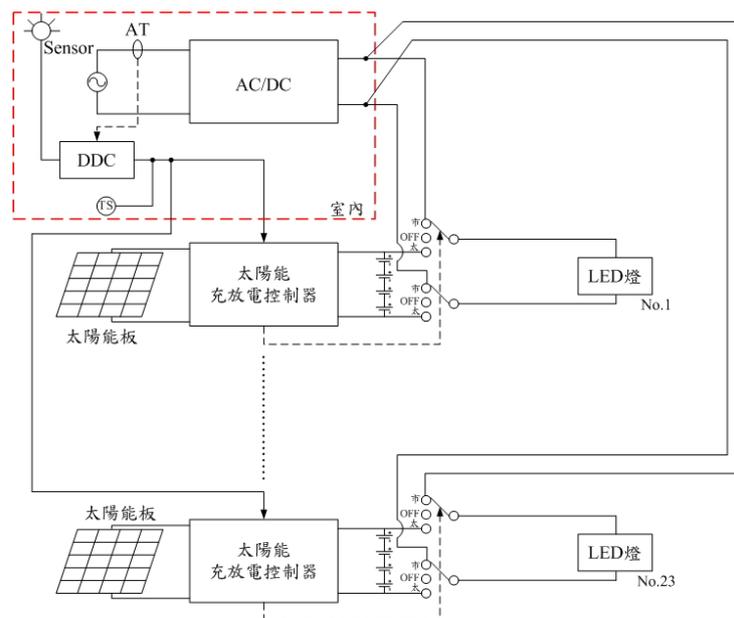


## 前言

近年來，再生能源在國內、外皆在積極發展中，不僅節省石油及煤碳的消耗，也是追求綠色環境生活的方式之一。眾多的再生能源包括水能、太陽能、風能、地熱能及海洋潮汐等，台灣地處亞熱帶，日照量豐富且日照時間長，非常適合太陽光電發電技術之開發。此外，高效率照明系統在現今社會發展中是不可或缺的，利用太陽能發電技術，搭配高發光效率燈具作為夜間照明，可達成節能及環保的要求。由台灣科技大學電機工程系 蕭弘清副教授所帶領的「照明工程與設計實驗室」對於國內外照明普及與推廣貢獻良多，本次將針對太陽能電網與照明系統提出相關論述，同時導入光學設計軟體 TracePro 於太陽能日照條件分析並提出相關經驗分享。

## 研究計畫類型

實驗室主要研究方向分為「電力系統規劃」與「照明工程設計」兩大主軸，其中太陽能照明系統結合上述兩項概念，對於配電系統須考量太陽能供電與既有電網併聯之規畫，而照明設備之評估則包含光電特性與戶外照明設計等項目。目前有關太陽能照明系統之設計多以產學計劃方式進行，主要針對系統評估與光學設計為主要合作項目。



太陽能照明系統架構圖

## 太陽能照明系統設計關鍵

太陽能系統其供電特性分為「併聯型」、「獨立型」與「混合型」三類，併聯型多用於太陽能發電系統，係以大型電網供電為主要目的；若結合照明燈具則多採後兩者方式，差別在於是否有市電轉供，相同處則為蓄電池的使用。對於太陽能照明系統於設計時除須考量計有供電系統之外，另有幾項關鍵因素需特別注意，分述如下：

### (1) 天候因素：太陽日照量

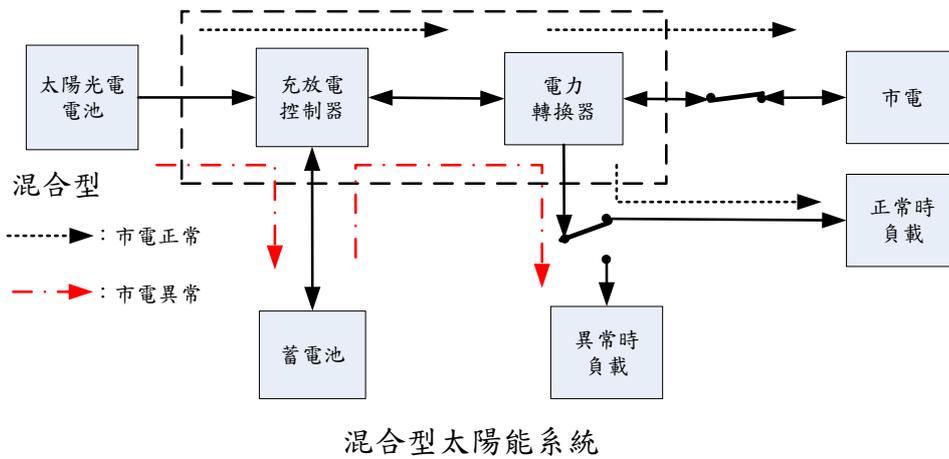
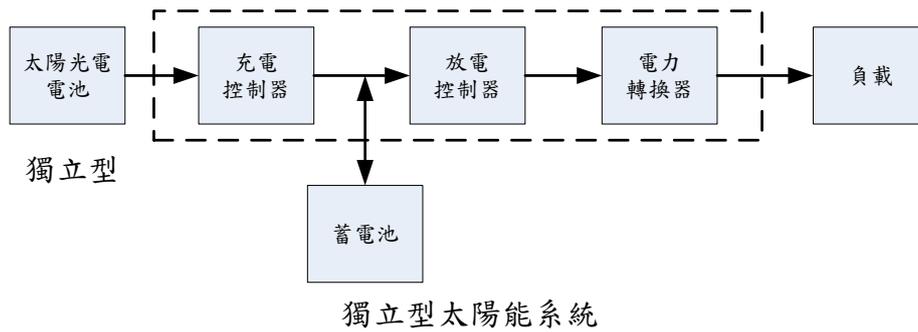
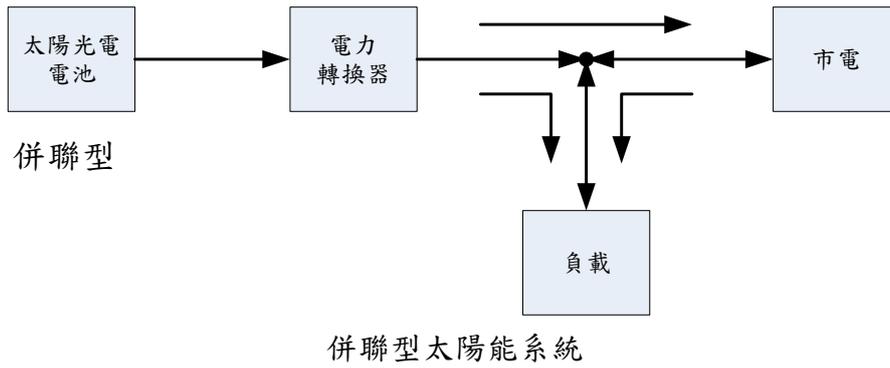
對於環境評估首重日照量條件，這關係到太陽能板規格選用，通常會參照氣象局歷年氣候紀錄作為參考，然而太陽能板的裝設傾斜角度係跟地區緯度有絕對關係，一般而言經由這兩項參數推估後僅能得到相對合理的模式，故現階段已逐漸導入TracePro 光學軟體進行分析，藉由內建的日照能量數據庫分析出最為準確之設計方式。

### (2) 系統匹配：太陽能板、蓄電池、電力轉換器、充放電控制器

針對太陽能板系統電壓、燈具負載功率與獨立供電日數決定蓄電池容量，目前於太陽能照明系統大多採用鉛酸深循環式蓄電池，然而電池一般壽命約為3年左右，通常是為系統中最需維護之關鍵零件，故其選用需特別注重，此外充放電控制器亦須搭配選用之電池種類，不可任意匹配。

### (3) 燈具選用：高光效均勻配光燈具

受限於太陽能板的發電功率，其燈具大多不選裝如高壓鈉燈或複金屬燈等需耗費高功率的光源，故太陽能照明系統通常選用省電燈泡、PL 燈或 LED 等，具備低耗電與高照度之產品。LED 燈具主要優勢在於省電、環保、壽命長，再加上可以直流驅動，減少直流轉交流所造成功率的損失，若與太陽能結合應用於照明系統，不但自給自足同時降低維修成本，且還可使夜間照明續航力增強。



光源特性比較表

光源種類	LED	PL 燈管	省電燈泡
發光效率(lm/W)	60~100	70~80	50~60
演色性(CRI)	70~90	70~85	70~80
光源經濟壽命(hrs)	>20,000	6,000~10,000	6,000~8,000
二次光學特性	優 (透鏡/反射杯)	一般 (反射罩)	差 (反射罩)
燈具效率(L.O.R)	>85 %	60~70 %	50~60 %
汞汙染	無	有	有

## 太陽能發電/照明系統設計案例

針對太陽能系統以發電(併聯型)與照明(混合型)分別提出案例說明，該案皆為實驗室與電機技師事務所合作，前者以平溪鄉公所頂樓太陽光電架設工程為例，該案已設計施工完成；後者則以高速公路服務區及停車場試辦太陽能燈具計畫為例，該案目前仍在設計規劃中。

### (1) 平溪鄉公所頂樓太陽光電架設工程

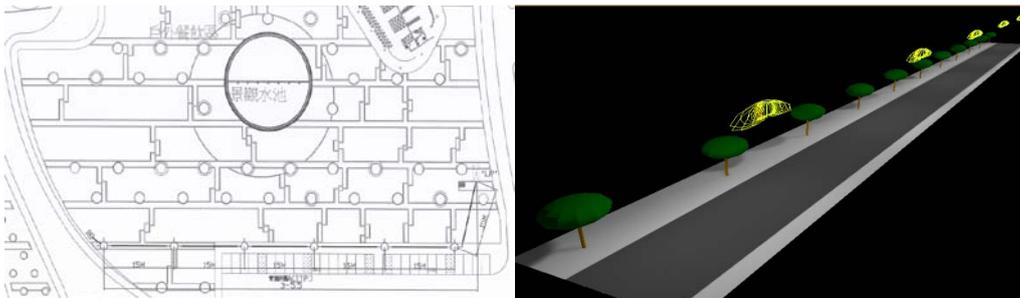
本案之太陽能系統採併聯型系統設計，至少可提供 8.28 kWp 電能，依據其安裝區域換算單位輸出功率為 140 W/m<sup>2</sup>，採用單片 230 Wp 之多晶矽太陽能板，其光電轉換效率大於 14%，採南向 23.5° 傾斜角安裝。



平溪鄉公所頂樓太陽光電架設工程

### (2) 高速公路服務區及停車場試辦太陽能燈具計畫

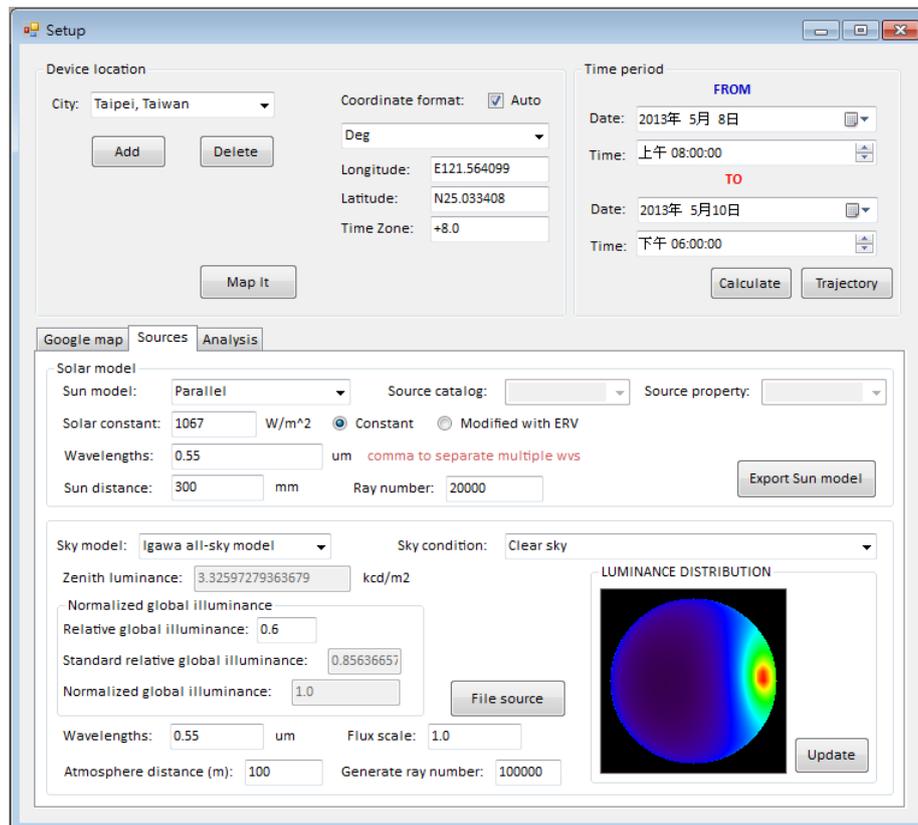
本案係針對關西、清水與關廟服務區進行太陽能照明系統評估，採混合型系統設計，主要需求係於安裝區域提供 10 lux 以上照度，並可由蓄電池獨立供電 3 日，上採用 30 W 以下 LED 燈具進行搭配。



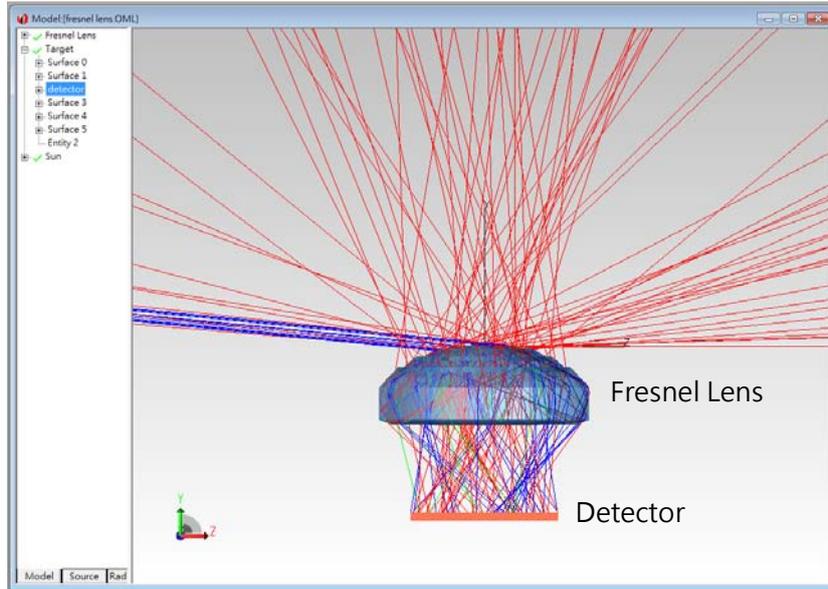
清水服務區太陽能照明系統工程

## 導入 TracePro 於太陽能系統之應用

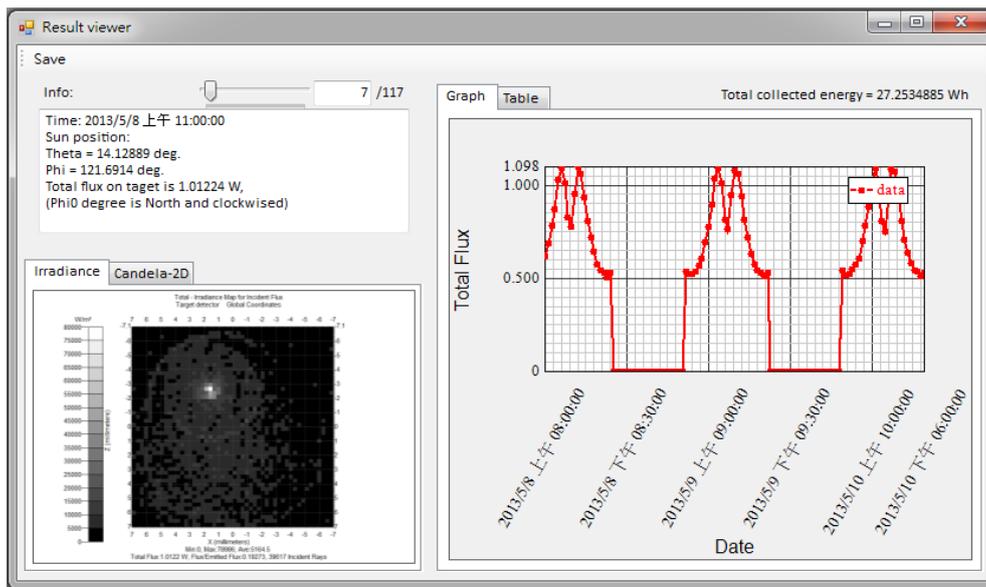
TracePro 內建的太陽能工具程式係根據美國國家再生能源實驗室(NREL)提供之太陽軌跡資料(<http://www.nrel.gov/midc/spa/>)進行計算，可分析太陽能集光系統之效率。太陽能工具程式透過經緯度定位所在地，能設定分析週期和太陽光發射功率，以模擬陰天或晴天的收光效果。在設定的目標平面上，可完整地呈現出照度圖、坎德拉圖、一個時間週期下的總光通量以及詳細的光效率。太陽能工具程式以對話框的方式設定不同時間、地點下的太陽位置，配合 Google Earth 做位置驗證、3D 地球模型做軌跡驗證，並導入大氣層的散射模型，可大幅減少分析時間、增加分析品質。



太陽模型和大氣模型設定對話框



加入 Igawa all-sky 散射模型後的光線路徑



分析週期內的收光光通量與輻照度圖

## 太陽能系統規畫總結

對於太陽能照明系統之規畫設計，多數市售產品基於性價比與節能效益等因素，普遍採用多晶矽太陽能板搭配 LED 燈具之組合，這類的系統主要係以節能減碳及綠色照明為主要目標，若由設備成本之觀點考量，目前仍無法有效回收。

市售太陽能照明套裝系統規格眾多，普遍而言皆以獨立型供電作

為設計依據，如此雖可藉由陽光能量全般供應照明燈具，然而若遇到長時陰雨天或蓄電池老化則可能造成供電不足，使得燈具無法點亮，由於這類工程案例之施行大多具有綠能宣導作用，應避免夜間燈具停止供電使得民眾觀感不佳，故建議太陽能照明系統應採獨立型規劃主要元件規格，使其能於夜間長時獨立供電，並且採用「混合型」供電方式連接電網，使其於連續陰雨天或系統異常時改由市電供其運轉所需電力。

就系統之相關設計程序，初期應考量燈具光通量是否可提供充足照度選擇合適功率，並藉由設置地點日照條件與供電天數規劃太陽能板功率與蓄電池電流容量，其中日照條件之評估除可參照全球氣象資料，更可搭配 TracePro 軟體所提供之評估功能提供更為精確之分析結果，對於系統供電方式雖可與市電併聯，然而蓄電池之有效經濟壽命通常為 2~3 年，故經常發生太陽能板與 LED 燈具仍可有效運作，但由於蓄電池的老化故須改由全市電轉供，因而失去原有的環保意義。

因此太陽能照明系統之規畫應首重後續維護，包含太陽能板定期清潔、蓄電池老化汰換、長期照度與氣候記錄等，如此才可落實再生能源永續發展之效。