

109年度氣候變遷創意實作競賽

作品說明書

| | |
|---------|--------------------------------|
| 隊伍編號+名稱 | 菠蘿油（Puro） 18 |
| 作品中文名稱 | 太陽能裝置降溫系統 |
| 作品英文名稱 | Cooling system of solar panels |

參賽學校：國立臺灣師範大學

系所名稱：地理學系

指導老師：吳秉昇助理教授

團隊成員：劉翰隆、邱繼成、陳銘

目錄

| | | |
|----|-----------------------|----|
| 一、 | 作品摘要 | 4 |
| 二、 | 動機與目的與創意構想來源 | 4 |
| | 1. 動機與目的 | 4 |
| | 2. 創意構想來源 | 5 |
| | 3. 本產品特色與創意亮點 | 6 |
| 三、 | 作品說明圖 | 7 |
| | 1. 傾斜式太陽能板 | 8 |
| | 2. 平放式太陽能板 | 8 |
| | 3. 綠屋頂儲水系統 | 9 |
| 四、 | 預期成果 | 9 |
| | 1. 實驗前預期成果 | 9 |
| | 2. 實驗結果說明 | 10 |
| | 3. 成本效益分析 | 11 |
| 五、 | 其他 | 12 |
| | 1. 太陽能常見降溫方式比較表 | 12 |
| | 2. 模型展示 | 13 |
| 六、 | 參考文獻 | 14 |

圖表檢索

圖

| | |
|----------------------------|----|
| 圖一、電池溫度與發電效率關係圖..... | 4 |
| 圖二、在不同情境下，台灣北部的溫度變化量..... | 5 |
| 圖三、灰塵重量與發電效率之關係..... | 6 |
| 圖四、產品特色與創意量點示意圖..... | 6 |
| 圖五、太陽能降溫系統概念圖..... | 7 |
| 圖六、發電效率概念示意圖..... | 7 |
| 圖七、傾斜式太陽能板與降溫系統示意圖..... | 8 |
| 圖八、平放式太陽能板與降溫系統概念圖..... | 8 |
| 圖九、於現有太陽能板裝設降溫系統之預期成果示意圖.. | 9 |
| 圖十、推廣降溫系統之預期成果示意圖..... | 10 |
| 圖十一、預期效益..... | 12 |

表

| | |
|----------------------|----|
| 表一、成本效益分析..... | 11 |
| 表二、太陽能常見降溫方式比較表..... | 12 |

一、 作品摘要

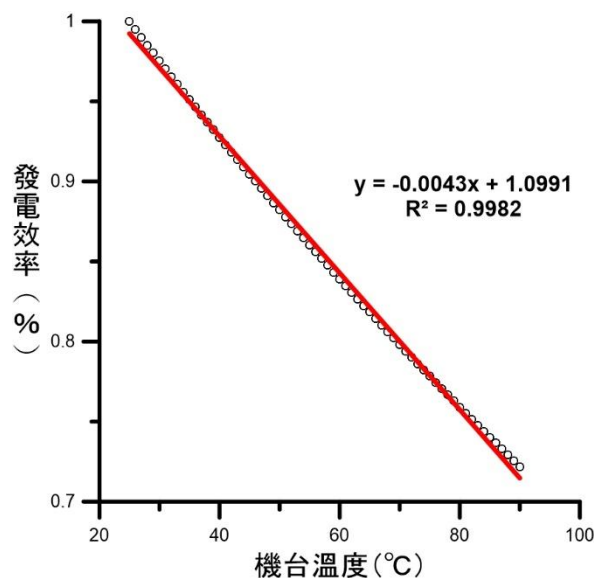
本作品利用簡單、低成本的全自動溫控滴水式水流降溫系統，解決太陽能發電系統因溫度過高與灰塵堆積導致發電效率降低的問題，藉由降溫系統增加發電收益以提高民眾安裝意願，並提供氣候變遷下的太陽能發電將面臨之困境所因應的調適策略之一。

二、 動機與目的與創意構想來源

1. 動機與目的

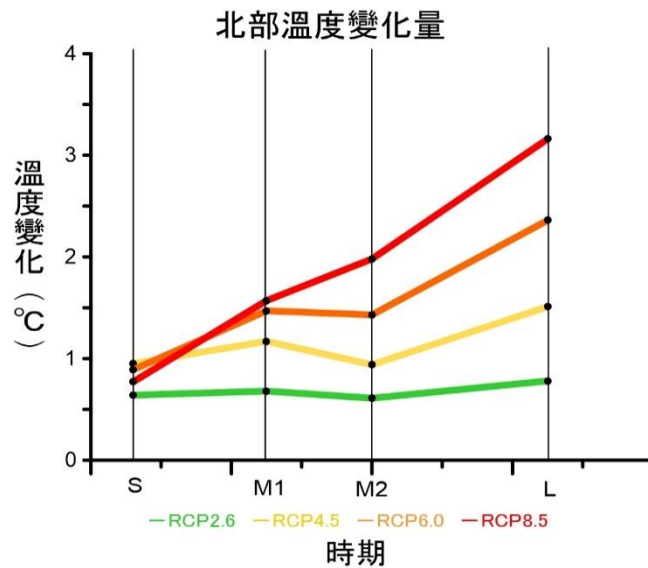
現行台灣的能源政策正積極開發再生能源，而台灣太陽能發電量與安裝數也快速成長，但**實際發電效率低與成本收益低**也是面前太陽能發電正面臨的課題之一，而影響實際發電效率其中一個重要因素是太陽能電池溫度（圖一），如果能藉由**降低電池溫度以改善發電效率降低的問題**，將有助於提升太陽能發電量，進而提高成本收益來吸引市場對太陽能的投資。

根據臺灣氣候變遷推估與資訊平台（以下簡稱 TCCIP）的資料顯示，全台各地溫度 RCP8.5 的情境下長期平均將**上升至少 3°C**（圖二、以北部地區為例），而**環境溫度將直接影響太陽能電池溫度**（Satish, 2018），因此，建立降溫系



圖一、電池溫度與發電效率關係圖

資料來源：改繪自 Nizetić (2016)



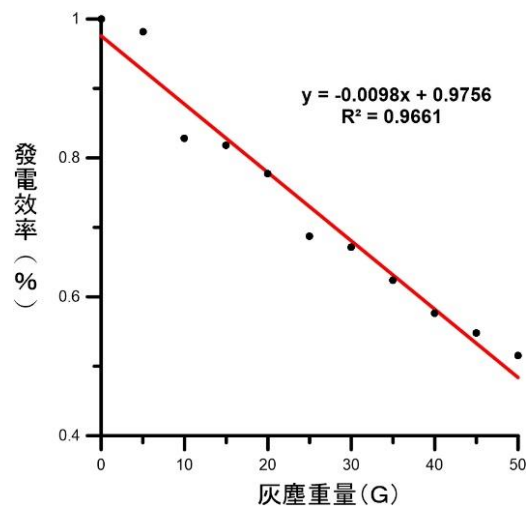
圖二、在不同情境下，台灣北部的溫度變化量
資料來源：改繪自 TCCIP

2. 創意構想來源

地理系的訓練，讓我們對環境及社會的敏感度大幅提升，團隊秉持「**science for society**」的信念，認為科學知識應為社會所用，希望將我們所認知的自然環境與社會人文知識結合，讓社會朝向永續發展的目標邁進。為此，本作品預期**運用氣候變遷等相關知能**，改裝太陽能板，使太陽能板的發電效率有效提升。**輔以市場機制**，讓人們在不知不覺中先行調適氣候變遷的影響並藉此實踐綠色生活，以達到聯合國永續發展目標，也是身為世界公民，想為地球盡一份力的心願。

3. 本產品特色與創意亮點

本作品利用全自動溫控滴水式水流系統達到降溫目的，此系統可直接加裝在當前的太陽能系統上，不需要進行過多的工程即可透過偵測太陽能板的實際溫度自動啟動降溫系統開關，實現自動化管理，並使用少量的水達到最大的降溫效益，且系統成本低，一般民眾皆可負擔（詳如表二），而此系統的附加價值是可以在降溫過程中同時清潔太陽能表面，以提升整體的發電效能（圖三、圖四）。另外為有效利用水資源與結合綠屋頂，設計綠屋頂儲水系統提供給一般住宅區的屋頂。



圖三、灰塵重量與發電效率之關係

圖片來源：本研究繪製

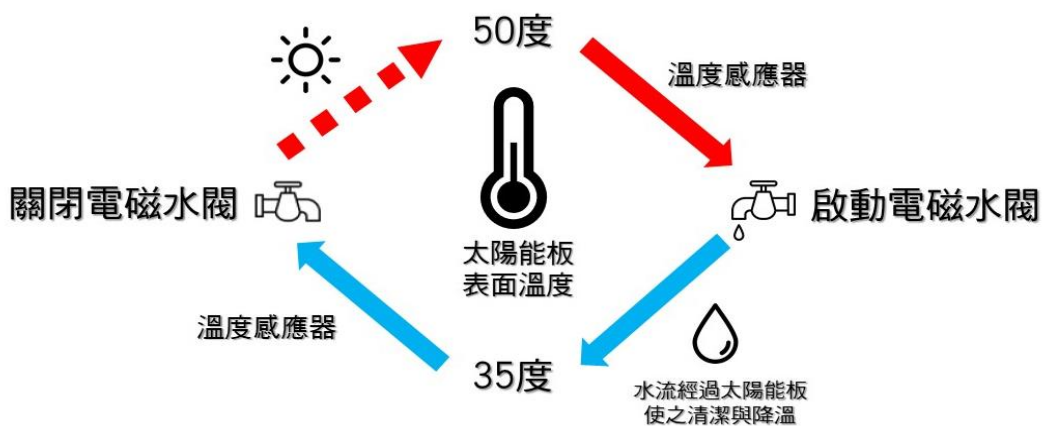


圖四、產品特色與創意量點示意圖

資料來源：改繪自 Mekhilef (2012)

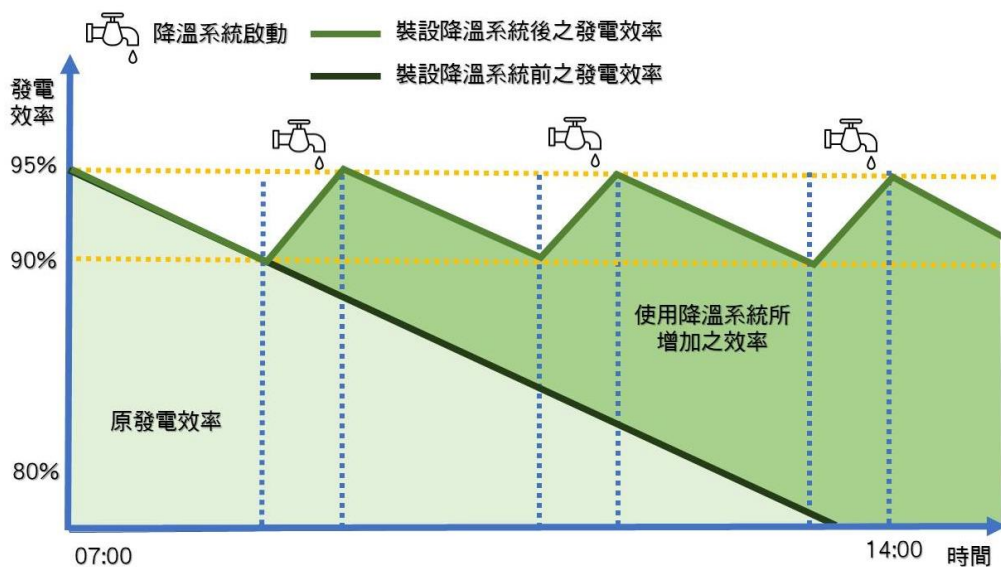
三、 作品說明圖

全自動溫控滴水式水流降溫系統基本概念如圖五所示，當溫度感應器測得太陽能板溫度到達50度時（發電效率90%），將會啟動電磁水閥，滴水式水流將會慢慢流下太陽能面板，而當溫度到達35度（發電效率95%），水閥將會關閉，藉由降溫系統將發電效率控制在90~95%，避免因溫度過高導致發電效率降低的問題（圖六）。此系統分別針對目前常用的傾斜式及平放式太陽能板做設計，並提供加裝綠屋頂儲水系統。



圖五、太陽能降溫系統概念圖

圖片來源：本研究繪製

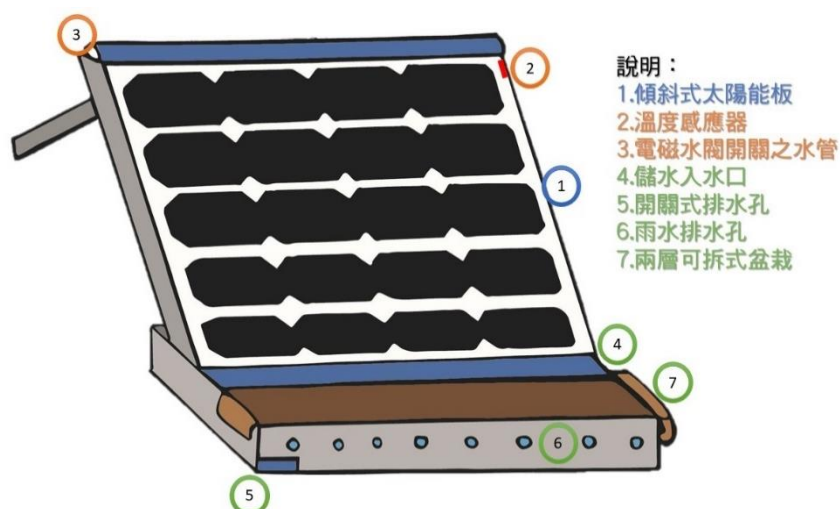


圖六、發電效率概念示意圖

圖片來源：本研究繪製

1. 傾斜式太陽能板

圖七為傾斜式太陽能板，加裝降溫系統的示意圖，透過裝置在面板上的溫度計，測量溫度到達50度時，便會啟動電磁水閥，水將會順著太陽能板慢慢流下，達到降溫的效果。

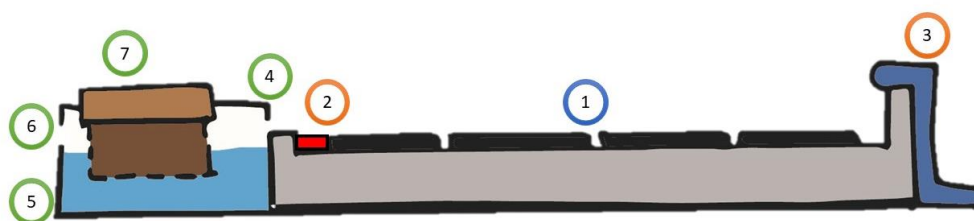


圖七、傾斜式太陽能板與降溫系統示意圖

圖片來源：本研究繪製

2. 平放式太陽能板

圖八為平放式太陽能板加裝降溫系統示意圖，平放式太陽能板一樣設有溫度感應器以及電磁水閥之水管，但它是利用水淹系統使其降溫，並且利用一面的較低的設計達到大雨時的排水效果。



圖八、平放式太陽能板與降溫系統概念圖

圖片來源：本研究繪製

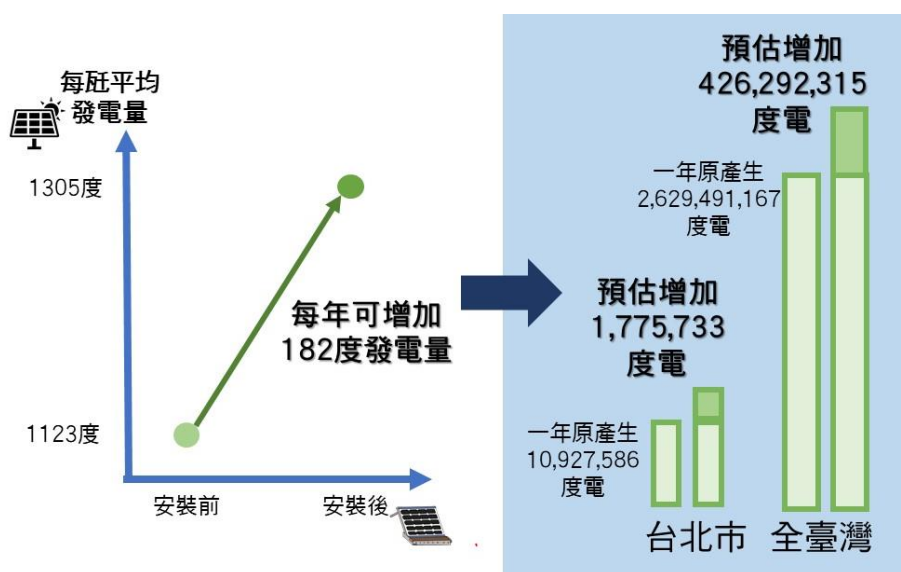
3. 綠屋頂儲水系統

針對一般民眾於自家屋頂設置的太陽能板，可以加裝額外的儲水系統（圖五與圖六，標號4至7）。水流留下太陽能板後，會通過入水孔（標號4）進入儲水槽中，進行儲水，並且設置水位排水孔（標號6），當下雨造成過多水進入時，會自行排出，也可利用下方的開關式排水孔（標號5）進行人工的排水及清理。並上方裝設兩層可拆式盆栽（標號7），透過毛細現象，由植物自行吸收儲水槽中的水，使水資源達到最大化的利用。

四、 預期成果

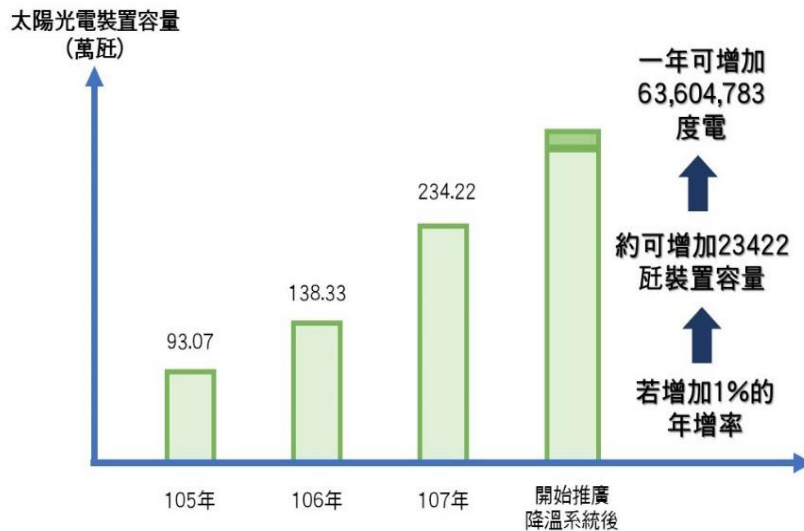
1. 實驗前預期成果

本作品的降溫系統預計可將發電效率維持在90~95%，預計將比無安裝降溫系統提升10~15%的發電效率。以台北市為例，如果全台北市太陽能板皆加裝降溫系統，估計每瓦的裝置容量一年可增加1,775,733度的發電量，進而推廣至全台，預估一年將可增加427,292,315度的發電量（圖九）。而目前台灣太陽光電裝置容量的年增率約41%，若再推行此降溫系統而使年增率增加1%，預估一年將可額外多增加63,604,783度電（圖十）。



圖九、於現有太陽能板裝設降溫系統之預期成果示意圖

圖片來源：本研究繪製



圖十、推廣降溫系統之預期成果示意圖

圖片來源：本研究繪製

2. 實驗結果說明

本次實驗受限於新冠肺炎疫情，導致無法於現有太陽能發電設施操作實驗，因此，本研究以小型太陽能板（6V）替代，實驗結果說明如下：

經過灑水，太陽能板的溫度能從平均40°C降至約平均30°C，能顯著地受到灑水後的降溫效果。此外，電流量於灑水前後也有上升的趨勢，若將之換算成一般安裝於屋頂的太陽能板（30片，共約9150V），每秒可以增加61.2瓦特的發電量，以平均每日發電10小時計算，每戶安裝降溫系統的人家，一年約可增加225度¹電，比實驗前預估的效益更高！

¹ 1度電相當於3600000瓦特

3. 成本效益分析

此外，本團隊根據實驗結果進行成本效益分析。表一為本系統預估之成本效益分析，若民眾能安裝此系統，不僅是一種對地球環境較友善的生活方式，我們更預估每戶每年可以增加大約1500元的電費收益，且在生活上能藉由綠屋頂使房屋將溫約3~5°C，讓炎炎夏日不再難受，更能節省冷氣電費。當然，整體設施亦兼具美化環境的效益，雖然需要些微裝設成本，然其性價比肯定是高的。

表一、成本效益分析

| 成本 | | 效益 |
|---------|-----------------------|--|
| 降溫系統 | | 1. 年約增加1500元電費收益 ² ，估計安裝此系統後能於兩年內回本 2. 綠屋頂降溫約3~5°C 3. 美化環境 4. 增加居民安裝太陽能板意願 |
| 溫控開關 | 約300元／個 | |
| 電磁閥 | 約500元／個 | |
| 水管 | 約100元／尺 | |
| 水費 | 約900元 ³ ／年 | |
| 儲水系統 | | |
| 儲水槽 | 約700元／個 | |
| 兩層可拆式盆栽 | 約300元／個 | |

表格來源：本研究繪製

² 根據能源署109年再生能源賣電價格，苗栗以北1度電約6.6元，按實驗結果，一年約可增加225度電，因此預估可增加1500元的電費收益。

³ 以自來水公司四段收費的平均值一度（等同於一立方公尺）10元，一整座屋頂型太陽能系統（估計30片）的面積約為45平方公尺。若以淹沒式為例，每次淹沒約0.2公分，一年約需900元水費。

最後，從大尺度來看，本作品整體預期效益如圖十一所示，透過太陽能降溫系統提升發電效率，使民眾透過此系統生產更多的發電量與收益，並在損益評估下，預期裝設太陽能板之民眾數量會有所提升，進一步帶動台灣使用再生能源的比例、減少能源生產過程中的碳排放，讓社會朝向聯合國的永續發展目標邁進。



圖十一、預期效益

圖片來源：本研究繪製

五、其他

1. 太陽能常見降溫方式比較表

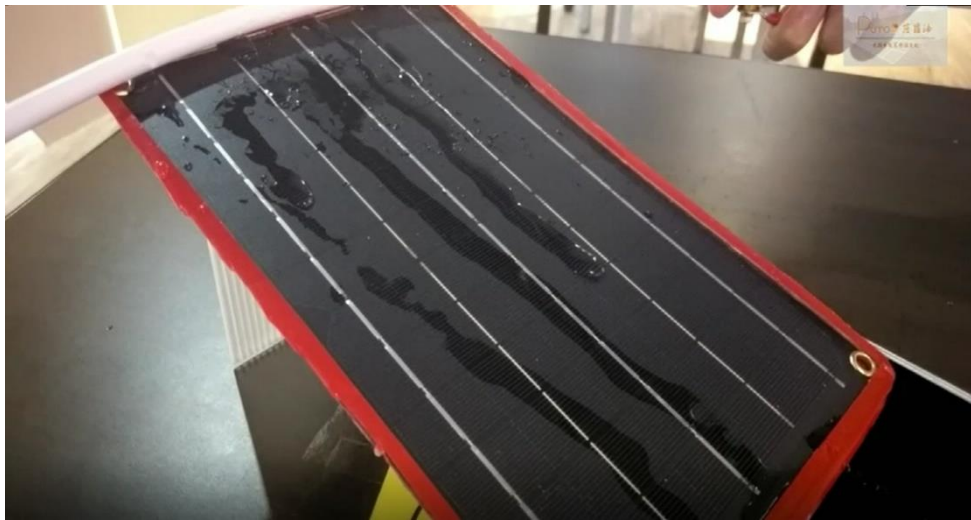
表二為本研究彙整之太陽能常見降溫方式比較表

表二、太陽能常見降溫方式比較表

| 類型 | 溫控滴水式 水流降溫系統 | 灑水系統 | 鋁製水冷排系 統 | 內部加裝 相變材料 |
|----|---|---------------|----------------------------|-----------------------------|
| 方式 | 用溫度感應器偵測面板溫度，當溫度過高時將啟動電磁水閥，以滴水式水流為太陽能降溫 | 以灌水到面板的方式進行降溫 | 在面板裡面裝設鋁管的水冷系統，以流水方式進行內部冷卻 | 透過其本身之性質使其在夜晚降溫並保冷，白天開始進行冷卻 |
| 優點 | 1. 自動化 2. 架設容易 3. 成本低 4. 清潔面板 | 架設容易 | 冷卻效率較佳 | 無須加裝裝置 |
| 缺點 | 面板防水性等不確定因素 | 耗水量較高 | 價格較貴且裝設不易 | 有時效性與降溫限制 |

表格來源：本研究繪製

2. 模型展示



六、參考文獻

1. 專書

臺灣氣候變遷科學報告 2017 第一冊-物理現象與機制
國家災害防救科技中心技術報告，NCDR 107-T19，新北市。

2. 外文文獻

- Kumar, R., & Rosen, M. A. (2011). A critical review of photovoltaic-thermal solar collectors for air heating. *Applied Energy*, 88 (11), 3603-3614.
- Mekhilef, S., Saidur, R., & Kamalisarvestani, M. (2012). Effect of dust, humidity and air velocity on efficiency of photovoltaic cells. *Renewable and sustainable energy reviews*, 16 (5), 2920-2925.
- Skoplaki, E., & Palyvos, J. A. (2009). On the temperature dependence of photovoltaic module electrical performance: A review of efficiency/power correlations. *Solar energy*, 83 (5), 614-624.
- Yadav, S. K., & Bajpai, U. (2018). Performance evaluation of a rooftop solar photovoltaic power plant in Northern India. *Energy for sustainable development*, 43, 130-138.
- Nižetić, S., Čoko, D., Yadav, A., & Grubišić-Čabo, F. (2016). Water spray cooling technique applied on a photovoltaic panel: The performance response. *Energy conversion and management*, 108, 287-296.

3. 中文文獻

- 程俊穎. (2016). 基因演算法為基礎之考量灰塵及天氣不確定性下太陽能板發電模擬最佳化. 暨南大學資訊管理學系學位論文, 1-50.
- 潘进军, 申彦波, 边泽强, & 王香云. (2014). 气象要素对太阳能电池板温度的影响. *应用气象学报*, 25 (2), 150-157.
- 翁叔平、楊承道, 2012, 台灣地區月降雨及溫度 1 公里網格資料庫之建立 (1960-2009) 及其在 近未來 (2015-2039) 的氣候推估應用, *大氣科學*, 第 40 期, 349-370。
- 翁叔平、楊承道, 2018, 臺灣地區日降雨網格化資料庫 (1960~2015) 之建置與驗證, *台灣水利*, 第 66 卷 (第 4 期), 33-52。
- 林李耀等, 2011, 臺灣氣候變遷推估與資訊平台建置計畫第二年期末報告。
- 童裕翔、陳正達、劉俊志、陳永明 (2018)。統計降尺度 (日) 資料評估與應用。

4. 網站資料

- 國情統計通報
https://www.stat.gov.tw/public/Data/9102116241660JT536W.pdf?fbclid=IwAR3dZ-Kxy-i4N_tF99zUo2LYg4bWT1KdcQJ1gyUWjGCP2-yEHUAiEhM3NBw
- 風光電能源股份有限公司 <http://www.eptech.com.tw/index.html>
- 原生生活太陽能系統公司 <https://www.initialsolar.com/>
- 斯坦福大學開發太陽能電池散熱技術, 可使模塊溫度下降18度以上
http://finance.people.com.cn/BIG5/n/2014/0729/c348883-25362572.html?fbclid=IwAR2HdorwnZsiHGiaT_gLHAHOZSjSBTcD9JXukniUf

XcbvuGT9cIDpSI4tys

綠源科技股份有限公司 <http://www.green-source.com.tw/tw/>

台灣太陽光電產業協會

<https://www.tpvia.org.tw/index.php?do=tech&pid=4&id=543>

台電官網 <https://www.taipower.com.tw/tc/index.aspx>