

# 太陽能板不同設置區位之風災風險特性探討

陳怡臻<sup>1\*</sup> 李欣輯<sup>2</sup> 鄧傳忠<sup>1</sup> 劉星妤<sup>3</sup>

## 摘要

臺灣近年積極推動綠色能源，各地建物屋頂與農業用地的太陽能板建置面積迅速增長，然而臺灣常有颱風侵襲，強風容易造成太陽能板損壞，為使太陽光電發電量穩定增加，了解颱風損失情況及風險特性對於降低災損有其必要。本研究於2020年透過電話問卷調查七個縣市的太陽能板裝設位置、歷史災損經驗，以及用戶的防災準備與風險意識，共取得333份調查樣本。統計結果顯示高達52.6%的太陽能板裝設於住宅屋頂，其次是工廠/公司屋頂，約36.3%，農業用地為11.1%，經過分析本研究發現三類設置區位無論是在建置規模、管理型態、受災經驗與損失程度，以及對於未來災害的風險意識等，各有獨特的發展特性及風險差異，建議政府和相關業者應掌握這三者的風險特質，加強宣導設施防減災的觀念，提升太陽能裝置的防損技術及保險政策，並針對災害風險增加與用戶端的說明與溝通，給予不同用戶因應未來風災的防災重點與減災對策，以降低國內太陽能板的災害風險。

**關鍵詞：**太陽能板，颱風災害，損失風險，電話調查

## 1. 前言

臺灣由於自產能源不足，長久以來大部分的能源供給都來自進口，但因為近年全球氣候變遷議題發酵改變了國內能源政策，提高能源自主性與降低環境污染成為我國致力發展再生能源的目標。因此2008年起臺灣開始推動「永續能源政策綱領」，宣示永續能源發展需兼顧能源發展、經濟發展與環境保護，並設定目標為2025年再生能源需占發電系統8%以上，由中央到地方推動各項計畫，以實現低碳及循環型社會。

奠基於半導體產業的基礎下，臺灣太陽能產業相關技術與發展可謂得天獨厚，然而早期臺灣光電的製造產業多以外銷市場為重，早年即便有受到相關政策扶植，但多半以公共工程為重心，一般住宅與家用民生用電的設置仍屬稀少(左峻德等，2011)。直到2012年行政院啟動「陽光屋頂百萬座」計畫，以「自己的電自己發」為口號，並採「先緩後快、先屋頂後地面」策略，鼓勵各地設置屋頂型太陽光電系統，且著手制定行政等配套作業，例如協調台電簡化作業申請流程，訂定躉購制優惠費率等，太陽光電因此漸漸開始普及至家戶(林子倫

<sup>1</sup>國家災害防救科技中心 助理研究員

<sup>2</sup>國家災害防救科技中心 研究員

<sup>3</sup>國家災害防救科技中心 專案助理研究員

\*通訊作者，電話：02-81958600#654，電郵：[ycchen@ncdr.nat.gov.tw](mailto:ycchen@ncdr.nat.gov.tw)

收到日期: 2023年09月08日

修正日期: 2023年10月13日

接受日期: 2023年10月23日

與李宜卿，2017)。

為了大幅提高太陽光電的發電比，2016 年行政院進一步核定了「太陽光電2年推動計畫」，其推動策略分為屋頂型、地面型以及建置太陽能光電技術平臺三面向，設置重點涵蓋三大類：「公有屋頂示範」是針對中央政府轄下機關與學校、國營企業、相關法人等公部門建物屋頂，透過招標將屋頂出委由廠商負責設置及維運太陽光電設施，以達政府示範之效；「產業園區推動」針對各部會地方政府等公部門建物屋頂及其管轄區的廠房屋頂，則獎勵設置太陽光電；「畜、農、漁電共生」係指於畜產、農業、漁業養殖之農業設施屋頂，鹽業、地下水管制區第一級管制區、水域空間、已封存之掩埋場等土地，以複合式利用方式設置太陽光電，透過中央與地方共同推動以上策略，2018年的裝置容量估計可增加至1.52百萬瓩(GW)，並且能達成2025年產出20 GW(屋頂型3 GW、地面型17 GW)的目標(行政院，2017)。

為了達成屋頂型太陽光電達3 GW的目標，行政院2019年初提出「綠能屋頂全民參與推動方案」，具體地擬定全民參與方式，讓屋主藉由出租屋頂免出資的方式參與，廠商則負責進

行綠能屋頂改造，在政府規劃與支持下，廠商以保證收購費率維持20年的長期營運，分享10%以上的躉購費率回饋金給民眾，另給付地方政府3%躉購費率成立綠電發展基金作為綠能建設，用此三方共同合作的策略，以形成三贏互利的太陽能產業商業模式(行政院，2019a)。2019年因「太陽光電2年推動計畫」已經成功達標，行政院檢視其成果後，再推出「109年太陽光電6.5 GW達標計畫」，規劃將屋頂型3 GW目標量調升為6 GW，地面型則調整為14 GW，年度目標則為2019年增加1.5 GW，2020年新增2.2 GW，累積至2020年的設置目標需達6.5 GW(行政院，2019b)。

根據經濟部能源署再生能源裝置容量統計資料來看，太陽能板主要分為太陽能熱水器及太陽光電設備兩種用途，太陽能熱水器發展時間較早，自2004年起裝置面積每年仍均有穩定增長，但在2018年至2020年之間設置面積已略為持平，維持在180萬平方公尺左右，2021年則有減少現象，降低至123萬平方公尺；相較之下，太陽光電設備在政策推動下，2012年起全臺的太陽光電裝置容量開始明顯增加，到2022年底已達9.7 GW(如圖1)。由台灣電力公司各縣

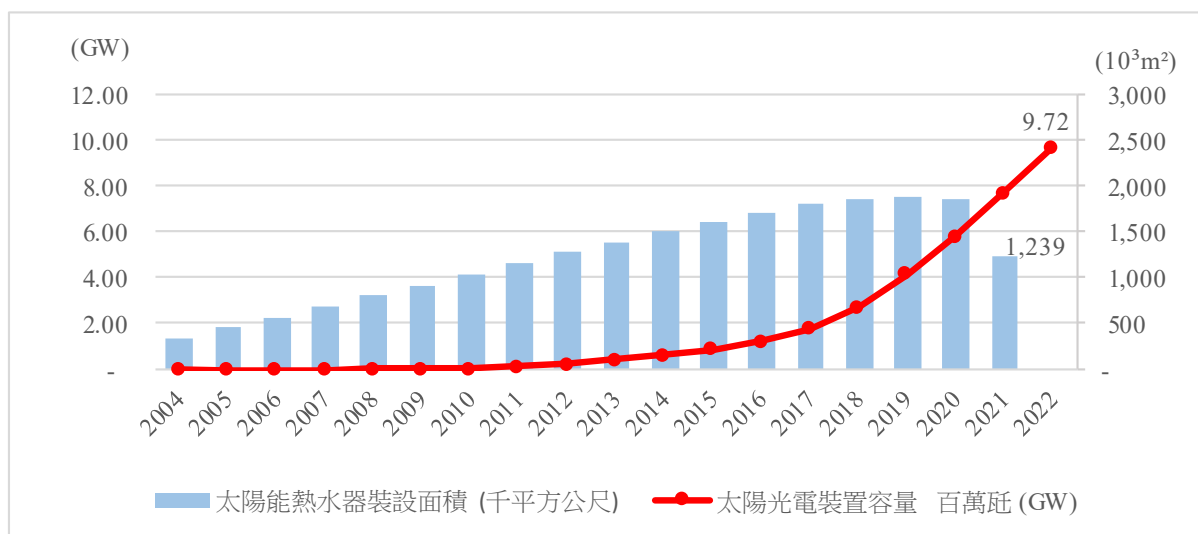


圖1 我國太陽光電歷年總裝置容量及太陽能熱水器裝設面積之變化趨勢

資料來源：本研究繪製

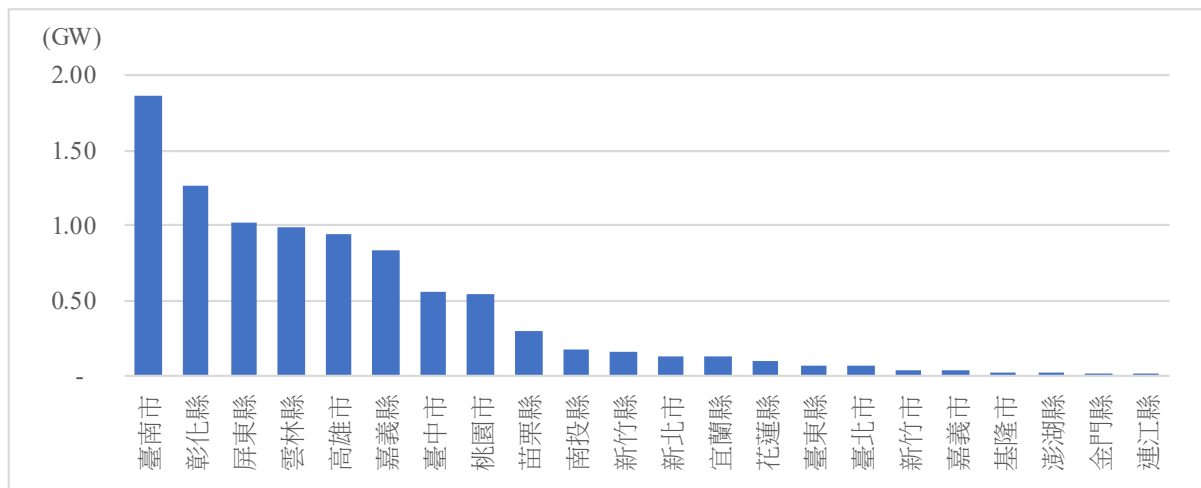


圖2 2022年各縣市太陽光電總裝置容量

資料來源：本研究繪製

市再生能源裝置容量統計資料可知目前我國太陽光電設施主要裝設於西南部縣市(如圖2)，其中以臺南市的裝置容量最高，超過1.8 GW，其次為彰化縣、屏東縣、雲林縣、高雄市、嘉義縣等地；至於可見我國太陽能熱水器裝設率發展較早，目前似乎進入高原期，與太陽光電裝置快速發展的起飛期有明顯差異。

在政府政策支持與大力推動下，太陽光電成為未來國內能源轉型的重點項目，但臺灣有著天然災害好發的自然環境，「靠天吃飯」的能源政策自然必須面對許多天然災害的威脅與挑戰。三池秀敏與南野郁夫(2019)依據不同災損之相關統計、發生原因，以及安全對策等，進行太陽能發電安全性之研究，歸納出太陽能板可能遇到的天然災害損失成因包括風災、雪災、水災與落雷等災別。根據內政部消防署(2022)公告的天然災害統計，臺灣地區自1958年至2022年發生機率最高的天然災害為颱風(65%)，其次為水災(24%)、地震(9%)，可想而知颱風災害即為國內太陽光電設備損失的主要災害。

然而，國內太陽光電發展較國外晚，故因風災造成太陽光電設備損失的歷史經驗與研究均相對較少。最早官方調查報告為2005年海

棠颱風造全臺太陽能熱水系統裝置損壞，總計39件損害案例中，花蓮縣的受損件數為17件，是全臺縣市之首，據調查報告指出，風速過強是造成損壞最直接的原因，當時花蓮縣最大風速的記錄為58.8 m/s (相當於17級風)，另外設備周遭有無屏蔽物、面板固定的方式、面板強度等等也是影響太陽能熱水器是否受災的因素之一(李清安等，2005)。2005年另一場龍王颱風亦造成嚴重災情，同樣挾帶17級的強風從花蓮縣登陸，並造成花蓮縣約42.3%民眾的財產損失，因此蕭代基等(2007)對此災害進行花蓮全縣之面訪抽樣調查，調查結果顯示家戶損失項目以頂樓加蓋、主體屋頂及招牌毀損最為嚴重。值得注意的是，這些損失類別裝設的位置亦是目前屋頂型太陽光電設備主要的設置位置，意味著設置於這些位置的太陽光電設備，致災機率可能相對較高。

近年國內風災損失較嚴重的事件包括2015年8月登陸的中颱蘇迪勒、2016年7月登陸的強颱尼伯特以及同年的強颱莫蘭蒂，三個颱風當時的最大風力均超過17級，造成全臺各地建物毀損、路樹倒塌、港口貨輪及貨櫃設備傾毀、風力發電機組傾倒等嚴重的風災損害。國家災害防救中心針對2015年蘇迪勒颱風進行臺北市

及新北市的家戶災損調查，發現颱風登陸後造成雙北、桃園、及中臺灣嚴重的強風災情，其中以屋頂(含加蓋)受損的比例最高，占40.9%，其次為主體結構附加物(陽臺、窗戶等)的損壞(李欣輯等，2017)。由於2015至2016年恰為太陽光電快速發展前期，三場颱風均對太陽光電設備造成不少損失，太陽光電業者因此損失慘重，產險業也為此付出龐大理賠金額。依據調查造成太陽能板毀損的原因除了風速過大之外，太陽能光電設施支撐元件強度不足以承受強風，亦是當時結構損壞的主要原因，故而促發修訂國內的太陽光電系統的耐風設計規範(傅仲麟，2020)。

由於國內太陽光電的發展日趨增長且與民眾生活越來越緊密相關，因此了解颱風災害對國內太陽光電設施的威脅以及不同設置類型的損失風險顯得重要。然而，目前屬於臺灣本土太陽光電的天然災害損失研究相對缺乏，且過去針對太陽光電的災害損失統計或相關調查，大多為單一個案，災損紀錄和數據較為零散，鮮少有針對太陽能設置區位且多場事件綜合全面性的調查分析，因此本研究希望透過問卷調查蒐集太陽能主要設置縣市的災損經驗，探討目前臺灣不同設置區位的太陽能設施其風災之災損風險特性，以及面對氣候變遷的風險意識，以作為未來太陽能光電產業防減災策略的參考依據。

## 2. 調查方法

由於太陽能光電設備多為私有財產，因此該類設備的災損程度未有逐年、詳實的公開官方統計報告。為了解近年颱風災害對太陽光電造成的災損程度，本研究針對國內太陽能板快速發展的地區為調查區域，並以自家出租或興建太陽能板的家戶為主要研究對象，委託廠商

透過市內電話進行電話訪問，訪問時間為2020年3月間。藉以了解臺灣家戶使用太陽能設施的比例、災損經驗與受損情況，藉以分析颱風對於太陽能板的危害特性，作為未來防災策略研擬之依據，以及災損評估模式研發基礎。

### 2.1. 調查範圍

本研究調查範圍包括臺中市、彰化縣、雲林縣、嘉義縣、臺南市、高雄市、屏東縣境內之特定鄉鎮，特定鄉鎮的條件有三項，分別為：(1)政府核定特地太陽能電板開發區、(2)歷史颱風事件中太陽能電板受災最嚴重鄉鎮，(3)目前太陽能電板發電量最高的鄉鎮。依上述條件，本研究篩選出65個鄉鎮作為調查區域，詳如表1。

抽樣設計採「分層隨機抽樣」(Stratified Random Sampling)，以鄉鎮市區進行分層，按鄉鎮市區的戶數及太陽光電發電容量比率配置樣本數，各鄉鎮市區以電話號碼後兩碼，進行隨機抽樣。

### 2.2. 問卷架構設計

本調查問卷內容分為四部分：(1)太陽能設置及使用情形：旨在調查太陽能板設置的類型、位置、方式、規模及時間；(2)歷史受災經驗：了解近年風災災損經驗及災損規模、掌握致災率較高的颱風事件、探究對於災損的處理措施、如何得知毀損的管道以及修復所需金額；(3)風險意識：颱風前是否進行防災措施、是否了解毀損原因狀況、毀損設備如何進行回收、裝置定期保養的頻率、未來氣候變遷情境下對於風災風險認知是否有改變、未來是否願意增加避損願付價格；(4)基本資料：受訪者年齡、教育程度、職業、家庭平均月收入、公司平均月營業額、所在村里、性別，如表2。



表1 本研究調查鄉鎮

地區	縣市	鄉鎮
中部地區	臺中市	龍井區、神岡區、西屯區、大雅區、后里區、太平區、霧峰區、大里區
	彰化縣	鹿港鎮、彰化市、線西鄉、芳苑鄉、埤頭鄉、竹塘鄉、伸港鄉、溪州鄉
	雲林縣	臺西鄉、口湖鄉、土庫鄉、四湖鄉、麥寮鄉、元長鄉、水林鄉、東勢鄉、二崙鄉
	嘉義縣	東石鄉、布袋鎮、六腳鄉、大林鎮、民雄鄉、義竹鄉、新港鄉、朴子市、太保市
南部地區	臺南市	七股區、佳里區、新營區、永康區、仁德區、善化區、安南區、新市區、北門區、學甲區、鹽水區、南區
	高雄市	永安區、茄萣區、鼓山區、路竹區、大寮區、鳳山區、仁武區、楠梓區、鳥松區
	屏東縣	屏東市、潮州鎮、枋寮鄉、東港鎮、林邊鄉、佳冬鄉、鹽埔鄉、內埔鄉、長治鄉、恆春鎮

表2 問卷架構

主題	問卷題目	
太陽能設置及使用情形	1. 設置類型 2. 設置位置 3. 設置方式	4. 設置規模 5. 設置時間
歷史受災經驗	1. 風災受災事件 2. 風災受損情形 3. 損毀處理措施	4. 得知毀損管道 5. 修復金額
風險意識	1. 颱風前處理措施 2. 定期維護頻率 3. 毀損設備回收方式	4. 未來風災風險認知 5. 避損願付價格
受訪者基本資料	1. 居住地 2. 年齡 3. 性別 4. 教育程度	5. 職業 6. 家戶所得 7. 公司營業額

### 3. 調查結果及統計分析

本文主要針對太陽能板設置位置類型來分析各地發展規模及現況，並了解歷史受災經驗、處置作為與損失程度，以及民眾對於災害風險意識的探討，找出目前臺灣在太陽能板建置上可能面臨的災害類型，以及風災下的災害風險特性，供各界進行降低災損的應用參考。

#### 3.1. 太陽能板設置區位與分布

本研究委託專業調查公司使用電腦輔助的電訪系統(Computer-Assisted Telephone Interviewing System, CATI)進行調查，電話撥號數共計為47,097筆，排除空號、未接聽，以及非調查範圍之樣本後，成功撥號的樣本為17,885筆，最後完成電話調查的總樣本數為333

筆。在95%信心水準下，抽樣誤差約為正負5.37%。近七成(69.4%)受訪對象的市話號碼為住家，三成(29.7%)為工廠或公司，住商合一僅0.9%。近九成的受訪者表示太陽能板是設置於屋頂上，當中住宅屋頂(含透天厝屋頂和公寓大樓屋頂)占總樣本約52.6%(如圖3)，工廠或公司屋頂則為36.3%，設於農業用地(含農地、畜禽舍屋頂、水池)約占11.1%，樣本數分別為住宅

屋頂175筆、工廠/公司屋頂121筆、農業用地37筆。

各縣市調查結果方面，本次調查樣本數最多的縣市為臺南市(24.3%)，其次依序為屏東縣(16.8%)、彰化縣(15.3%)、高雄市(15.0%)、臺中市(12.0%)，雲林縣(9.6%)及嘉義縣(6.9%)，而各縣市的太陽能板設置位置比例與分布具有明顯差異(圖4)，大致可分為四種類型：(1)與

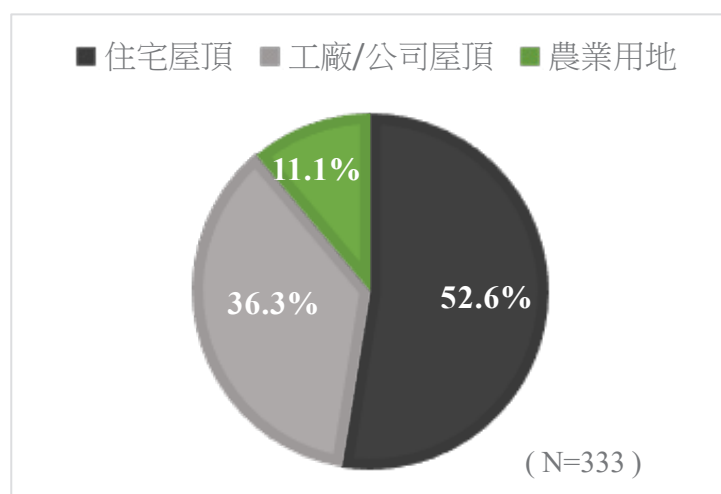


圖3 本研究調查之太陽能板設置區位比率

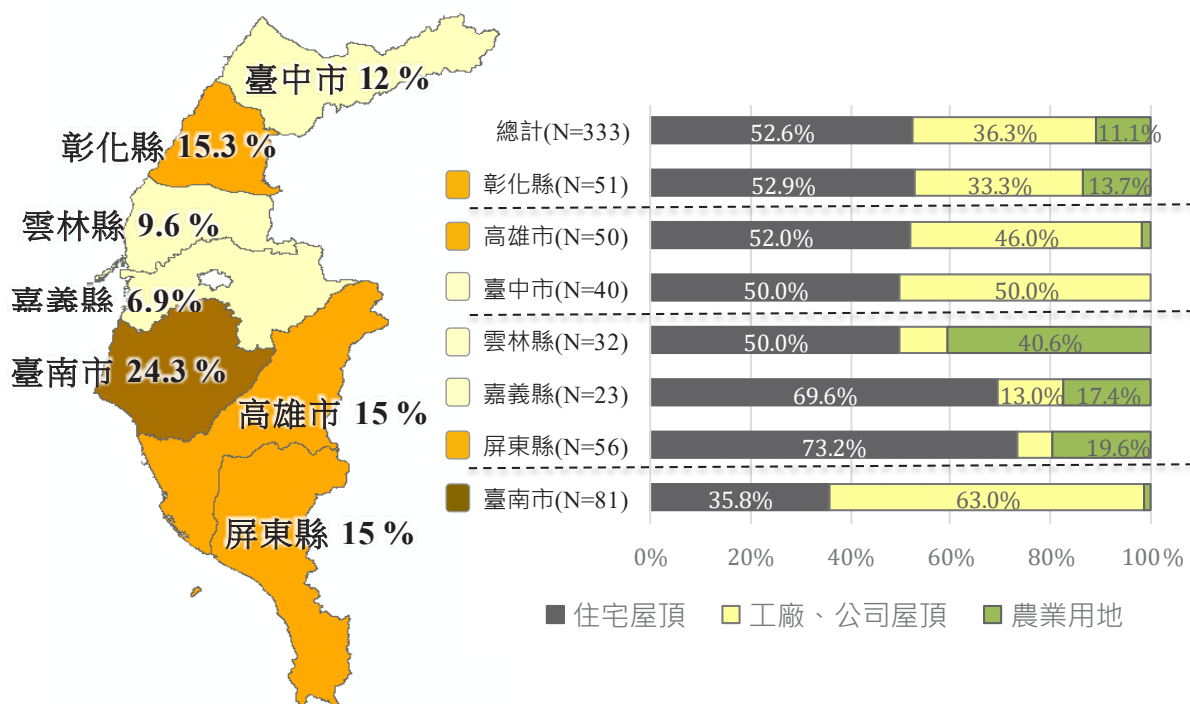


圖4 各縣市樣本數及太陽能板設置區位比例

上述總樣本分布情況最為接近的是彰化縣，以住宅屋頂為主要設置區位，其次為工廠/公司屋頂和農業用地；(2)高雄市及臺中市則是以住宅屋頂和工廠/公司屋頂為主且兩者比例趨近，農業用地的比例則是極低；(3)至於雲林縣、嘉義縣及屏東縣則是住宅屋頂與農業用地為主，其中雲林縣太陽能板設置於農業用地的比例高達40.6%，是所有縣市最高的；(4)至於臺南市則有高達63.0%的樣本比例是將太陽能板設置於工廠/公司屋頂，與其他縣市明顯不同。另外從各縣市太陽能板的設置年份來看(表3)，亦可發現南部縣市(屏東縣、高雄市、臺南市、嘉義市)設置五年以上的比例略高於中部縣市，由此可見各縣市因為不同的地理環境、產業重心以及太陽光電發展速度等差異下，可能展現出不同的太陽光電發展策略，是否會因為不同政

策獎勵或商業機制而影響了各地區對於太陽能板設置位置的選擇性，而這之間的關連與影響性，值得未來其他研究探究。

至於不同設置區位的太陽能板，是否也有建置年代的差異呢？扣除不清楚或不知道的樣本數後，由圖5可看出住宅屋頂建置時間相對於另外兩類來的早一些，住宅屋頂的太陽能板中有82.1%建置時間超過五年，意即住宅屋頂上高達八成多的太陽能板，早在2015年前就已建置，並且用途以太陽能熱水器為主；工廠公司屋頂和農業用地的太陽能板，建置年份的比例則是五年以下稍多一些，而且這兩處太陽能板用途主要為光電設備發電用，顯見太陽能板安裝在工廠公司屋頂、農業用地很可能是受到近年政府積極推動綠色能源，以及全民種電的政策影響才逐漸增長，因此與早期住宅屋頂設置

表3 各縣市太陽能板建置年份統計

建置年份	臺中市	彰化縣	雲林縣	嘉義縣	臺南市	高雄市	屏東縣	總計
5年以上	52.5%	60.8%	59.4%	65.2%	64.2%	70.0%	75.0%	64.6%
5年以下	47.5%	39.2%	40.6%	30.4%	32.1%	30.0%	25.0%	34.2%
不知道	0.0%	0.0%	0.0%	4.3%	3.7%	0.0%	0.0%	1.2%
總計	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

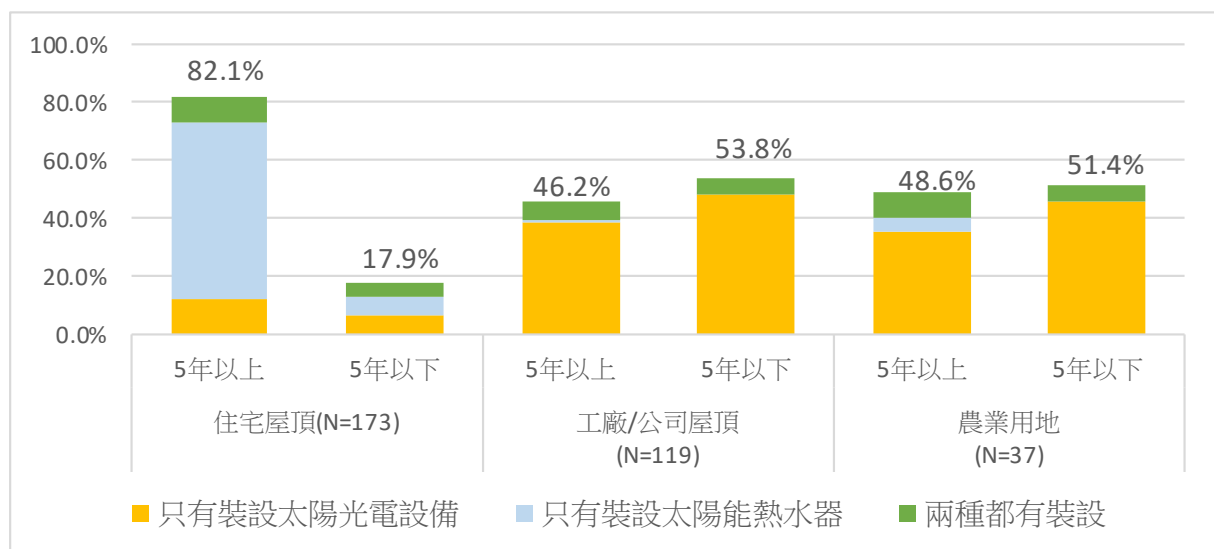


圖5 不同設置區位之設置年代及用途

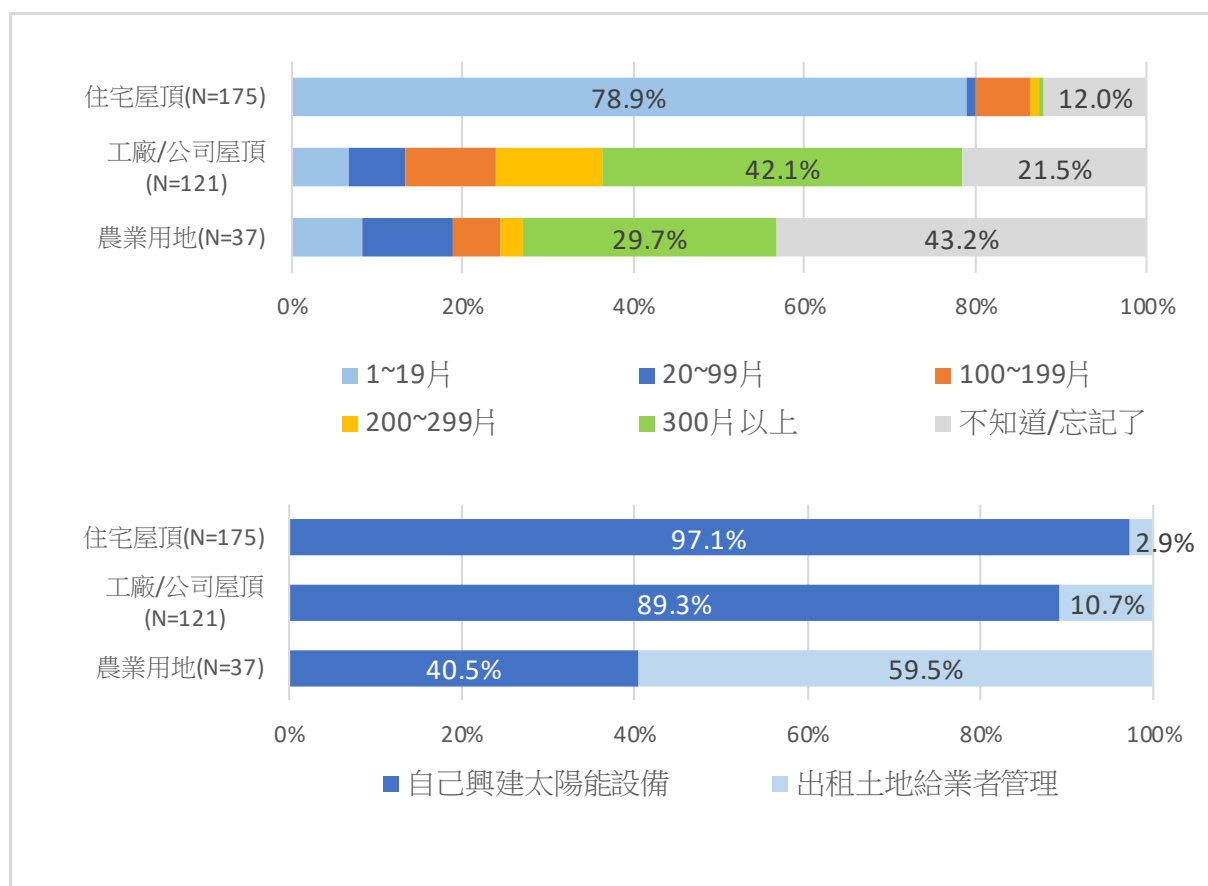


圖6 不同設置區位之設置規模及管理方式

太陽能板的用途和目的不盡相同。

除此之外，住宅屋頂設置太陽能板的規模也與另外兩類差異甚大，由圖6來看，住宅屋頂的太陽能板片數大部分為1~19片，但工廠/公司屋頂及農業用地則是以300片以上的比例較多，顯見住宅屋頂類與後者的規模有所不同；太陽能板的管理方式亦可發現這三者管理運作之差異，住宅屋頂有超過九成五是自行建置，僅少數是出租給業者委由管理，工廠/公司屋頂亦是由工廠/公司自行建置及管理為主，而農業用地的太陽能板則以出租給業者管理為主，並且委外管理比例是三者最高。

總結來說，就目前國內太陽能板設置情況來看，住宅屋頂的用戶比例仍是多數，主要為屋主自行建置且用途以太陽能熱水為主，設置規模屬於小型自用需求類型；工廠/公司屋頂

和農地的太陽能板已朝大規模產業發展型態邁進，用途均為發展光電能源為主，然而兩者差異在管理權上，前者為自行管理，可能主要以公司內部能源需求為主，後者的出租委外管理比例則較高，背後可能有著更多元化的商業營運模式。綜合上述，藉由本研究調查統計，已得知國內太陽能產業對於太陽能板設置於不同位置存有不同用途目的、商業運作模式以及推廣發展策略，因此在災害風險管理策略上，也應該思考並找出上述三類設置區位的災害弱項及防災重點。

### 3.2. 歷史損失經驗

歷史損失經驗調查題組設計目的是了解過去太陽能板曾遭遇的颱風事件、受災程度、損失金額，以及面對受損狀況的因應方式。回顧



過去，臺灣太陽能板因天然災害而導致受損的案例中，災別以風災、颱風為大宗，這兩類災害相較於其他災別，通常具有損害範圍廣泛(非單一個案)且一旦損壞其損失程度都較為嚴重的特性，例如2015年蘇迪勒颱風、2016年尼伯特颱風和2016年梅姬颱風，都曾經因為地區性陣風太強，或是太陽能設施局部結構的抗風力不足，使得同案場內的太陽能板全面損壞，造成嚴重災損，不僅太陽能設備業者損失慘重，產險業也為此付出高額理賠金，並影響了日後太陽能設施的保單規劃與投保限制(張慧雯與廖千瑩，2018)。故本研究藉此調查以了解過去颱風事件的損失情況，結果顯示太陽能板過去因為颱風而導致的受災率僅占總樣本的15%(N=50)(如表4)，受災比例並不高，以受災事件

來看，受災機率最高的事件為2015年蘇迪勒颱風(5.7%)，其次是2016年尼伯特颱風(3.3%)，整體而言，近年颱風來襲對臺灣太陽能板造成的致災機率大約介於0.3%~9.6%。

根據本次研究調查結果，臺灣於2020年3月底以前，太陽能板曾因為颱風而受損的樣本共有50筆(表5)，受災樣本中以彰化縣受災筆數最多，占了20.0%，其次為臺中市(18.0%)，第三為雲林縣、高雄市及屏東縣，比率均為16.0%；受災次數方面，受災樣本中約七成以上為受災1次，受災2次以上的比例約為26%，屏東縣則是重複受災比例相對較多的縣市。為了解各縣市受災率是否具有差異性，因此本研究計算各縣市內受災樣本數與縣市總樣本數的比率，值得注意的是，七個縣市的受災率確實

表4 不同設置位置與颱風受災經驗統計

太陽能板 設置位置	有災損經驗(複選)					無災損 經驗
	2015年 蘇迪勒颱風	2016年 尼伯特颱風	2016年 莫蘭蒂颱風	2016年 梅姬颱風	其他颱風	
住宅屋頂	3.9%	2.4%	1.2%	—	7.8%	41.1%
工廠/公司屋頂	0.9%	0.3%	0.3%	0.3%	0.9%	34.5%
農業用地	0.9%	0.6%	0.6%	—	0.9%	9.3%
總計	5.7%	3.3%	2.1%	0.3%	9.6%	85.0%

表5 各縣市受災次數與受災率統計表

縣市別	受災次數(N = 50)					縣市受災率
	1次	2次	3次	4次	總計	
臺中市	18.00%	—	—	—	18.00%	22.50%
彰化縣	18.00%	2.00%	—	—	20.00%	19.60%
雲林縣	10.00%	2.00%	4.00%	—	16.00%	25.00%
嘉義縣	2.00%	4.00%	2.00%	—	8.00%	17.40%
臺南市	4.00%	—	2.00%	—	6.00%	3.70%
高雄市	14.00%	2.00%	—	—	16.00%	16.00%
屏東縣	8.00%	4.00%	2.00%	2.00%	16.00%	14.30%
總計	74.00%	14.00%	10.00%	2.00%	100%	

註：縣市受災率=縣市受災樣本數/縣市樣本數

具有差異，受災率介於3.7%~25.0% (表5)，平均為16.9%，比率較高的縣市亦大多集中在中部地區，其中又以雲林縣最多，該縣調查總樣本數為32筆，當中有四分之一(25%)的樣本具有受災經驗，其次為臺中市(22.5%)和彰化縣(19.5%)，受災比率最少的縣市則為臺南市，受災率僅有3.7%，是本研究樣本數最多且受災率最低的縣市。以目前本研究有限的調查樣本來看，中部地區(中、彰、雲)雖然受災比例整體上略高於南部縣市，但是受災次數較少，相較之下南部縣市受災2次以上的比例則是略多於中部，至於各縣市受災比率的差異原因除了可能與颱風路徑、規模強度有關之外，其他因素尚待其他研究深入探究。

然而太陽能板整體的受災比例的多寡可能與侵臺的颱風數有關，由於近年侵臺的颱風數較少，因此不能因為統計數據較低而對災害發生產生樂觀偏誤，此外各縣市受災率差異的原因眾多，可能與颱風規模、路徑走向、風速等天然因素有關，也可能與案場的裝置結構設計不良、施工品質不佳等人為因素相關，但探討上述原因並非本調查重點，因此本文不進一步討論此差異。

至於太陽能板設置位置與受災率的關係來說，本研究調查發現這兩者在卡方檢定下具有顯著性(卡方值=15.768， $p < 0.01$ )，也就是說不同的設置位置和受災率具顯著關係，以統計結果來看(詳見圖7)，住宅屋頂(含透天厝及公寓

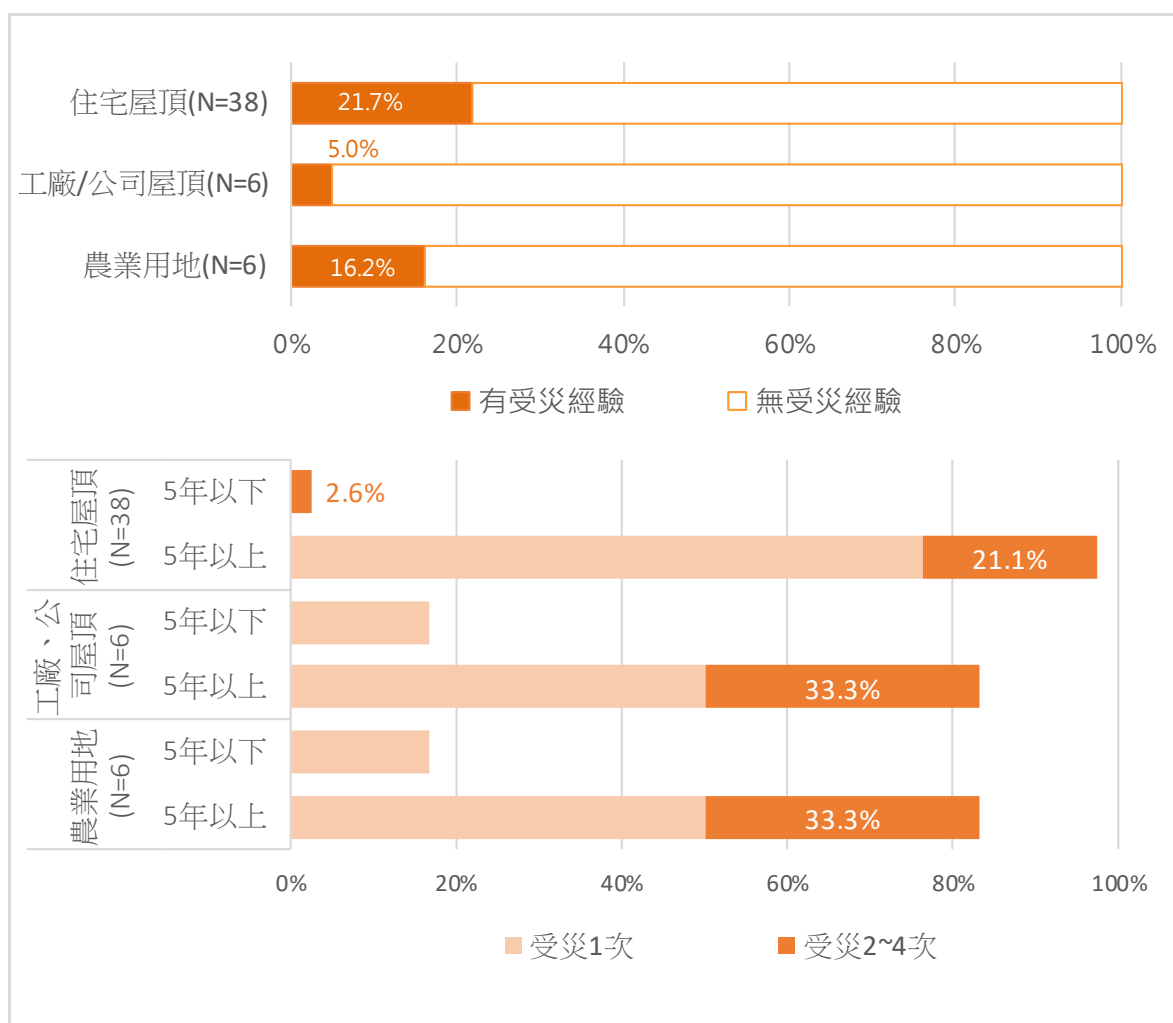


圖7 不同設置區位之受災經驗統計

大樓)曾受損比例為21.7%，是三類設置地點中最高的，其次為農業用地(16.2%)，工廠/公司屋頂則是受損經驗的比例最低(5.0%)，三者差異甚大。另外，進一步探究受災樣本的設置年份，發現無論是住宅屋頂、工廠/公司屋頂或是農業用地，多數皆為建置五年以上且受災經驗為1次，而受災2次以上比例則是農業用地、工廠/公司屋頂(33.3%)略高於住宅屋頂(23.7%)一些，但整體上仍能顯見近年颱風來襲比例相對較低，因此新設置的太陽能板案場鮮少遭遇強風侵襲的情況。

以有受災經驗樣本之歷次災害事件的受損程度來看(扣除不清楚受損程度之樣本)，比率

最多的為受損程度低於9%以下，其次為全部損毀，整體上損失程度集中於39%以下，詳見圖8。若詢問受訪者「請問您認為當時受損的情形嚴不嚴重呢？」，則受訪者大多主觀認為有偏向嚴重(還算嚴重及非常嚴重)的傾向(圖9)，其中又以工廠/公司屋頂比例認為嚴重的比例較高(66.7%)，其次為農業用地60%，住宅屋頂為51.5%。工廠/公司屋頂的損失嚴重度比例高出兩者，推測或許是工廠/公司屋頂、農業用地的類型的太陽能板數量規模較大，因此一旦結構支架或面板未能抵擋強風或異物破壞，就容易造成較面積較大的損失風險，而工廠/公司屋頂類的損失嚴重度較農業用地高，則推測可能

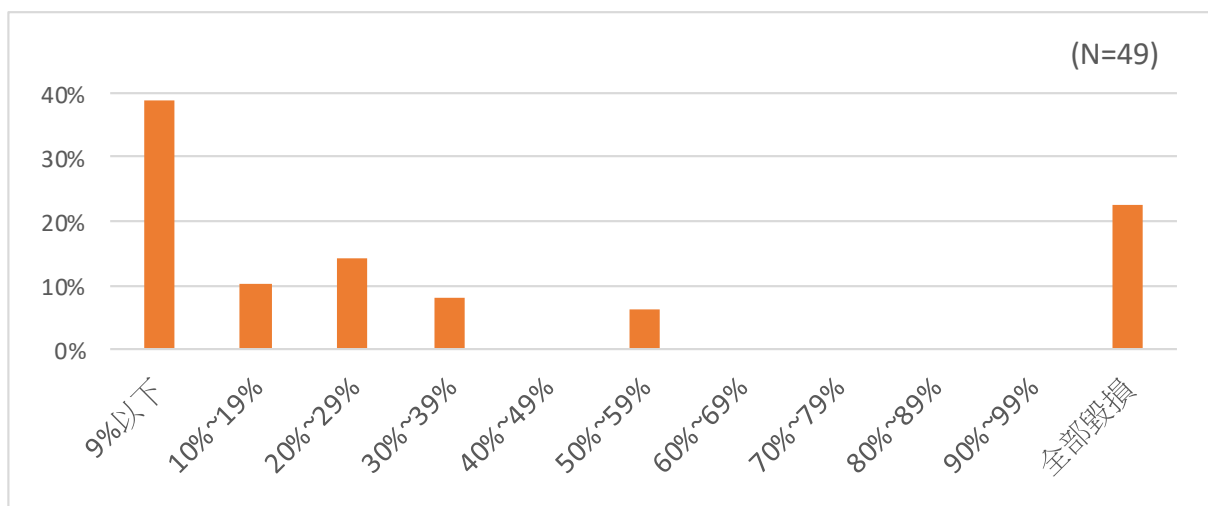


圖8 太陽能板受損程度

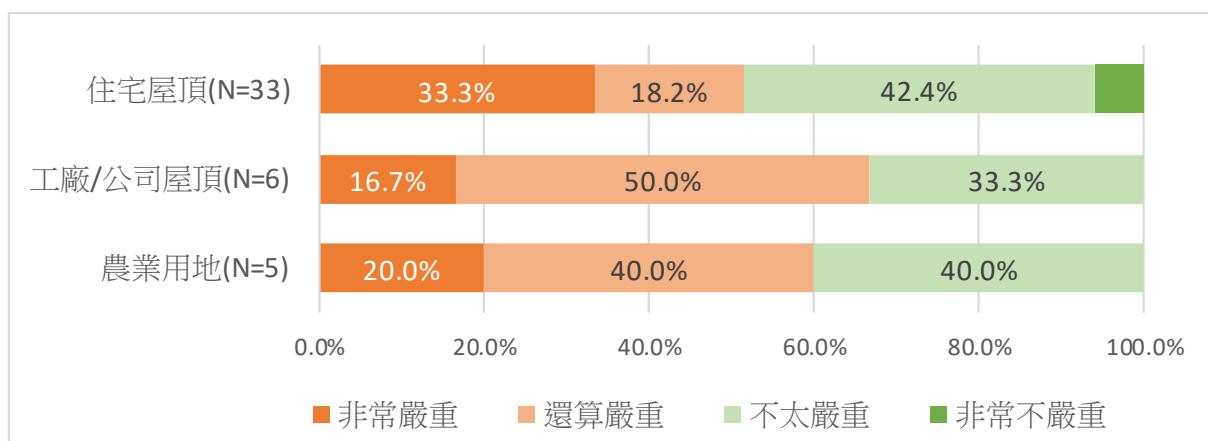


圖9 受災損失程度之嚴重性

與設置高度有關，由於設置位置越高四周障礙物越少，故高樓屋頂的風速通常也較地面高，故使得工廠/公司屋頂的太陽能板災損風險性較高。然而，本研究受限電話問卷調查形式，無法詳實詢問及紀錄太陽能板確切的設置地址與其裝設資訊，故無法將其場址條件或與太陽能板裝設工法技術等因素與颱風路徑、颱風規模及風速、風向等條件，進行更深入的分析研究。

### 3.3. 災害風險意識

降低太陽能板損失除了仰賴專業技術團隊的設置與定期檢查外，災前是否會加強防減災準備也是降低風險的要素之一，因此本研究想了解民眾對於太陽能板的災害風險意識，以及會進行那些減災防損的行為？

從調查結果來看，民眾對於風災會造成太陽能設施損壞認知的正確性與受災經驗有關，具受災經驗者對於面板毀壞、固定支架毀壞、固定結構體損毀(例如屋頂、水池基座、地基等)三種損失類型的認知程度遠高出無損失經驗者(圖10)，兩者比例平均差了近1倍，凸顯無颱風災損經驗者對其太陽能設施的災損風險性不

甚了解，若政府或裝設業者無宣導或告知其潛在風險，很可能半數以上的民眾未能意識風速過大可能會造成太陽能板的損壞，且無正確認知的情況下，亦將影響後續災前防損工作的準備態度。

對照災前防損準備的調查結果(圖11)，無受災經驗的樣本中有高達42.4%表示災前不會進行任何處理，而有受災經驗的樣本僅為26.0%，前者比例相較高出許多，並且在災前防損作為的準備上有受災經驗者相對於無經驗者積極，當中有一半比例會檢查設備的螺絲有無鬆脫、支架系統是否穩固，亦有38.0%會增加器材固定太陽能設備。以本調查受災經驗最多之個案經驗來看(表5)，該案例位於屏東縣枋寮鄉曾有4次受災經驗，屬於只有裝設太陽能熱水器的類型，其太陽能板裝設於住宅屋頂，片數為19片以下，該案例對於颱風會造成太陽能面板毀壞、固定支架毀壞、固定結構體損已具有充分認知，且於災前會檢查設備螺絲有無鬆脫及增加器材固定太陽能設備。從上述調查結果及案例顯見有受災經驗者很可能因為過去災損經驗，所以對於災害風險的意識相對較高，並且了解防損作為對減災的重要性，反之未有

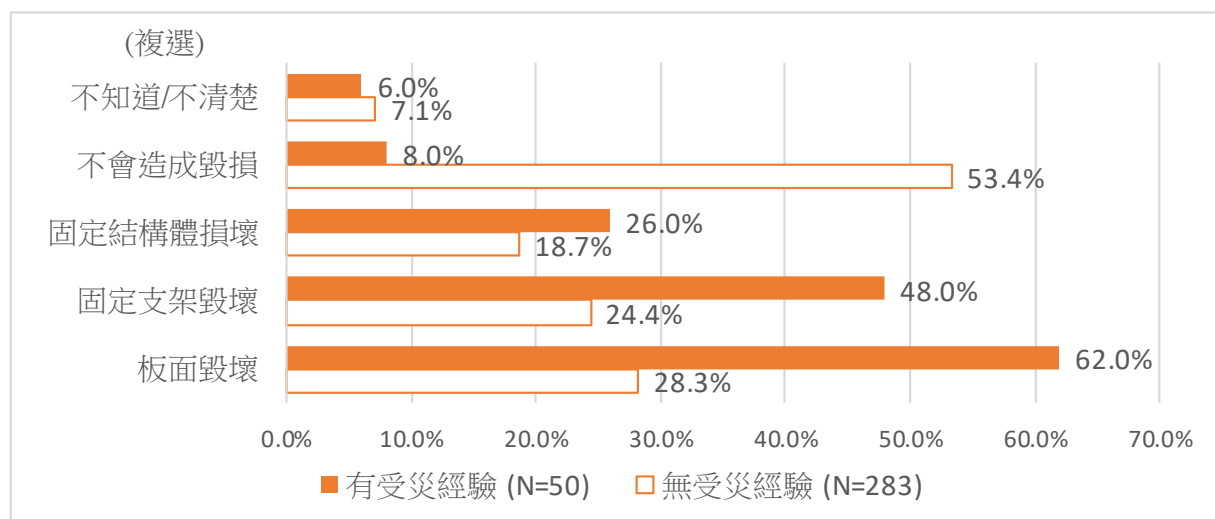


圖10 颱風災害對太陽能板損壞影響之認知結果

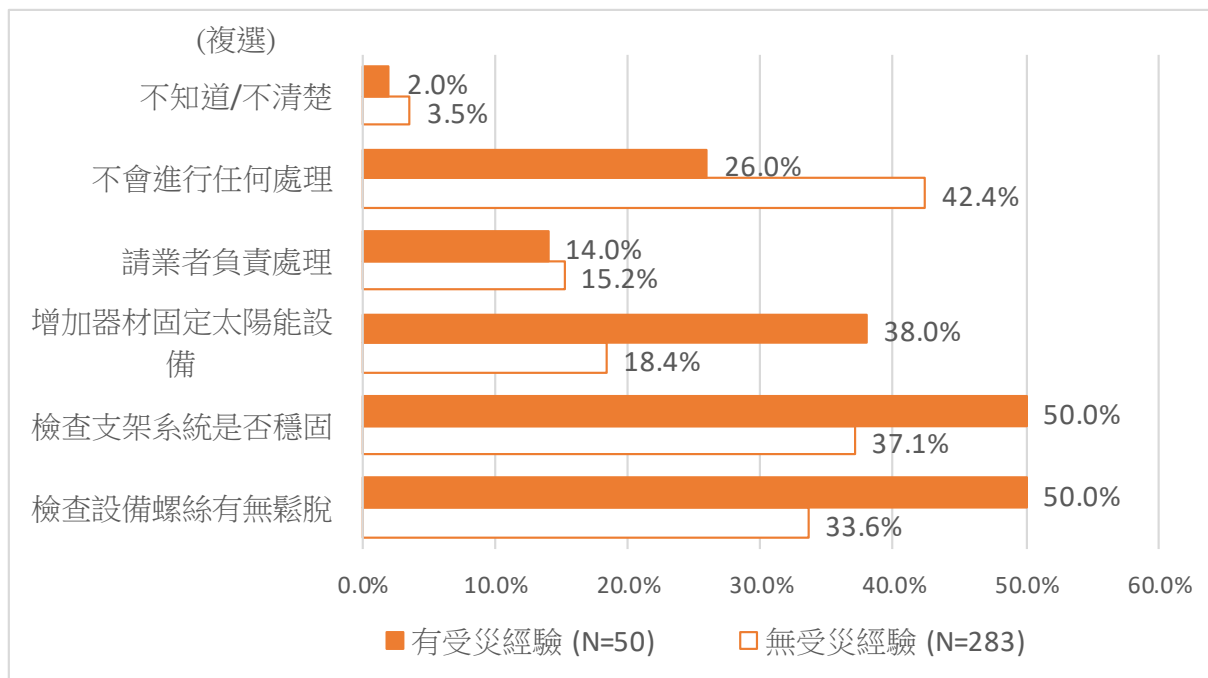


圖11 受災經驗與災前防損準備作為之調查結果

受災經驗者則大多輕忽災損風險，因此提升無受災經驗者的防災意識，是光電廠業者和政府部門可著重加強努力的方向。

另外，依設置位置別來看(表6)，亦能明顯看出不同設置位置及有無災損經驗在風險意識上的差異，整體而言，三種位置中具有受災經驗者相較於無受災經驗者都呈現較為主動、積極的防災作為，但不同位置仍有積極程度上的差異。住宅屋頂是不進行任何災前防損工作

比例最高的類型，其無受災經驗者未動作比例高達51.8%，而由業者處理的比例僅分別為4.4%及7.9%，也是三者類型中最少的，再次反映出住宅屋頂的太陽能板具有自用需求高、規模小，防損減災意識較低的傾向。有受災經驗的工廠/公司屋頂類型相對有較高的災害風險意識，其災前防損工作的重點著重於「檢查支架是否穩固」、「檢查設備螺絲有無鬆脫」及「增加器材固定太陽能設備」，顯示曾有受災

表6 設置位置及受災經驗與災前防損準備作為之統計

	住宅屋頂 N=175		工廠/公司屋頂 N=121		農業用地 N=37	
災前防損作為(複選)	受災經驗					
	無 N=137	有 N=38	無 N=115	有 N=6	無 N=31	有 N=6
檢查設備螺絲有無鬆脫	32.8%	50.0%	37.4%	66.7%	22.6%	33.3%
檢查支架系統是否穩固	35.0%	50.0%	40.9%	66.7%	32.3%	33.3%
增加器材固定太陽能設備	19.0%	42.1%	15.7%	33.3%	25.8%	16.7%
請業者負責處理	4.4%	7.9%	20.0%	16.7%	45.2%	50.0%
不會進行任何處理	51.8%	31.6%	39.1%	16.7%	12.9%	0.0%
不知道/不清楚	2.9%	0.0%	1.7%	0.0%	12.9%	16.7%



經驗的工廠/公司在風險管理上更為謹慎，並對於災前設施的安全檢查較為確實，推測背後動機或許與太陽能板的災損保險理賠條件有關，促使這類型對設備減損作為較為積極；農業用地是不進行處理比例最低的類型，且幾乎有一半的比例是直接請業者負責處理，是三類別中比例最高的，此現象反映農業用地上的太陽能設施，實際的管理者大多為光電業者，大規模的農地種電已是明顯趨勢，是最具商業化的類型。由上述調查結果可知，不同設置區位的防損準備上可能因為受災經驗、裝設規模、管理型態而有所差異，政府和業者應積極對於不同設置位置的太陽能板安裝者，給予不同防損減災策略之宣導提醒，協助民眾認知災害風險並積極防損。

對於未來氣候變遷的災害認知與願付成本議題上，約有31.2%的受訪者表示氣候變遷對於太陽光電設施的災害風險維持不變，認為風險將增加的比例則為33%，認為會減少的為14.7%，詳見圖12。依位置別來看，工廠/公司屋頂的類型認為風險會增加的比例(37.2%)略高於另外兩類，住宅屋頂和農業用地兩類地

受訪者則是未表態的比例偏高，分別為25.7%及21.6%，顯示此議題對於一般民眾來說較陌生，以至於較難明確表達想法。進一步追問若氣候變遷加劇的前提下，是否願意多支付成本來避免太陽能光電設備的損失？整體上有達63.3%願意多付成本，但願多付的成本範圍以10%以下(32.7%)為主，其中又以工廠/公司類型的受訪者願意增加成本的比例最多，顯示面對未來災害風險變化，仍有多數受訪者願意在可接受的範圍內增加建置成本以降低災損風險。但該題回答不知道或無意見的比率也有高達30% (圖13)，其中仍以農業用地類型比例最高，有51.4%的受訪者無法明確表態，再次顯現民眾對於未來氣候變遷資訊是較不了解的，或許政府未來應該對此議題須更加重視，並以簡明易懂普及性的進行宣導說明，強化民眾對此議題的了解，進而協助民眾或業者擬定太陽光電產業中長期的風險轉移策略。

## 4. 結 論

本研究經電話調查發現，2020年3月底以

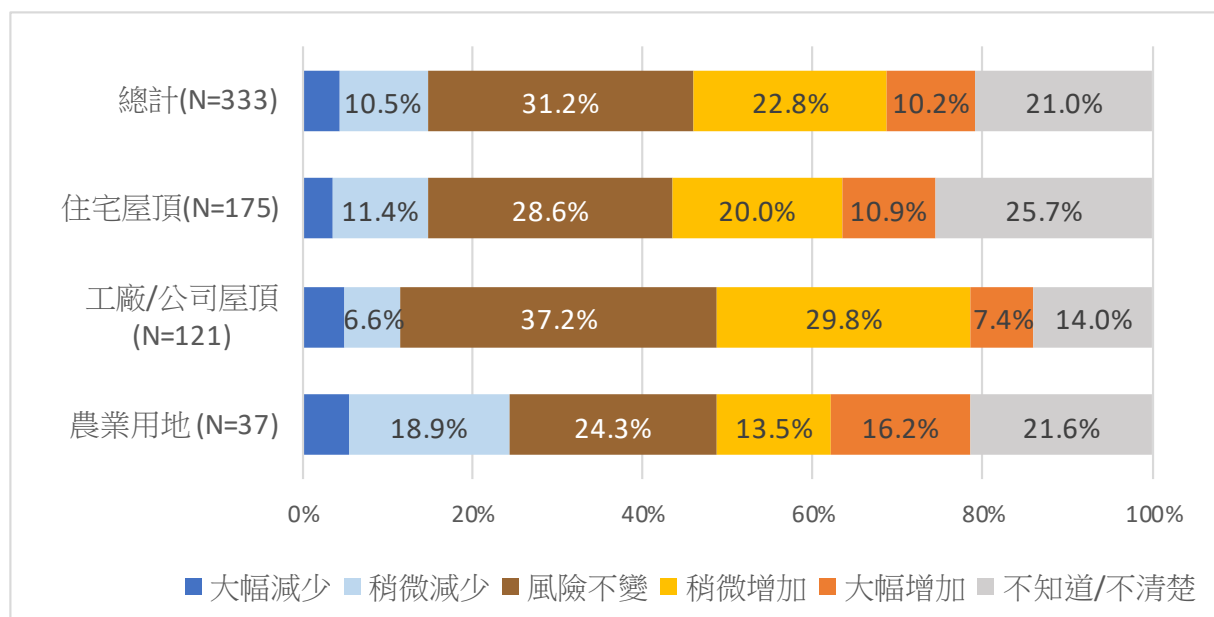


圖12 氣候變遷趨勢下的太陽能板災損風險變化之認知結果

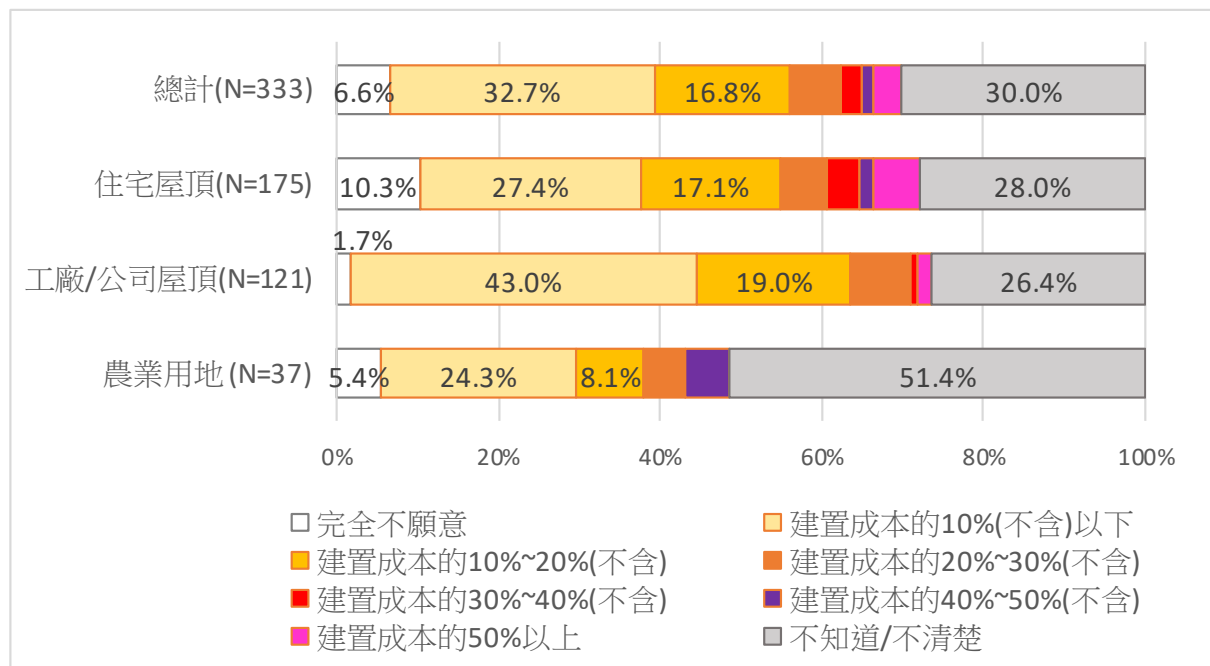


圖13 氣候變遷趨勢下民眾之風險願付成本統計

前颱風造成全臺太陽能板的損失機率介於0.3%~9.6%間，但近年因颱風侵臺次數較低，故較無嚴重的颱風災害，若未來氣候變遷強颱生成機率增加的情況下，太陽能板的損失風險恐將隨之提升，因此建議有關單位與產業界應掌握太陽光電設置位置的災害風險特性與設置對象的防災認知及意識，方能針對太陽光電設備研擬更具體明確的防減災因應策略及規劃。

本研究調查發現各縣市的太陽能設施設置於住宅屋頂、工廠/公司屋頂及農業用地的比例、發展趨勢均有差異，各縣市的風災受災比率也不盡相同。例如受災比率最高的雲林縣，約有四分之一的樣本曾有受災經驗，其縣內樣本設置於農業用地的比例也最高，因此農業用地上的太陽能設備應為雲林縣太陽光電防減災的重點。

在裝置地點方面，本研究發現住宅屋頂、工廠/公司屋頂、農業用地三種不同設置地點在設置目的、用途、規模大小、管理方式，以及災害風險意識均有差異，因此造成不同的風災損失風險特性。整體而言住宅屋頂類型在執行

災前防損作為的比例較低，災害意識也較低，但受損經驗比率為三者最高，受損嚴重程度約中等。建議政府部門在管理面上，未來可加強宣導並鼓勵民眾委請業者協助定期檢查以降低風險，或輔以獎勵措施鼓勵住宅屋頂類太陽能板之管理者，主動強化颱風前的備災作為。

工廠/公司屋頂設置數量多超過300片以上設置規模較大，且管理上多為自行管理，因此災前防損準備上最為積極，過去的受災率較低，但多數受災者均認為受損嚴重，反映出災前防損作為雖有其必要，但若颱風強度達一定規模，仍將有嚴重受損的風險。在此情況下建議政府單位除了加強監管這類大型光電案場的公共安全檢查外，另可完善相關光電案場的保險制度，或擬定其他風險轉移策略，協助公司企業或是光電業者減少損失衝擊。

農業用地部分，雖然設置規模也以300片以上為主但多是委外管理，且受訪者對於災前減災防損的準備多交由業者負責，顯示發展上具有明顯地規模經濟的商業型態，由於受訪者對於未來氣候變遷議題、風險管理的願付成本

等題目，回應不知道、不清楚的比例偏高，顯示這群受訪者在未來氣候變遷議題或是對於目前光電設備營運成本感到陌生，以致於無法判斷。建議光電業者在案場開發過程中，可加強告知民眾關於未來災害風險之說明。而政府方面，則需加強監督並鼓勵光電業者強化設施安全性之技術及提升維護率，並蒐整不同農業用地之光電案場實際受災經驗，促進屋頂型、地面型、水面型等類型太陽能板之設施建置法規的修訂，或是相關技術之創新，以降低災損的發生。

此外，有無受災經驗也會反映在災前的防減災作為的表現，有受災經驗者通常對災前防損工作準備較為積極，無受災經驗者的防災準備則較為鬆懈。然而，臺灣有裝設太陽能板的受訪者有85%在過去無任何的受災經驗，又因近年來較少風災，大部分的太陽光電案場均缺乏實際的抗風經驗，因此希望本文研究成果能有助於政府或太陽光電業者了解不同設置區位及設置對象近年的災害風險認知與防損備災行為，藉以促進提升國內太陽光電設施之損防技術或政策推動，進而降低國內太陽能板發生災損的風險。

## 參考文獻

- 三池秀敏、南野郁夫，2019。太陽光発電の光と影：発電記録から読み解く地域の気候と暦。時間学研究，第10卷：1-18。  
[https://doi.org/10.20740/timestudies.10.0\\_1](https://doi.org/10.20740/timestudies.10.0_1)
- 內政部消防署，2022。臺灣地區天然災害損失統計表(47年至111年)。取自：<https://www.nfa.gov.tw/cht/index.php?code=list&ids=233>。
- 左峻德、陳彥豪、劉婉柔與陳彥霖，2011。台灣太陽光電產業發展歷程與現況。新能源產業會刊，第9期：52-56。
- 行政院，2017。太陽光電2年推動計畫修正版，行政院，臺北。取自：<https://www.ey.gov.tw/File/F5B13E2E96E3740F>
- 行政院，2019a。綠能屋頂全民參與推動方案，行政院，臺北。取自：<https://www.ey.gov.tw/Page/5A8A0CB5B41DA11E/e9cb7d49-3982-4f9d-8cfe-8f7096df3acc>
- 行政院，2019b。109年太陽光電6.5 GW達標計畫(核定本)，行政院，臺北。取自：<https://www.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/content/wHandMenuFile.ashx?fileid=7138>。
- 李欣輯，陳怡臻，鄧傳忠，陳素櫻與李香潔，2017。災害調查—蘇迪勒颱風。載於李欣輯，陳怡臻，鄧傳忠，陳素櫻與李香潔(主編)，臺灣災害損失評估研究與應用規劃(5-13頁)。新北市：國家災害防救科技中心技術報告。
- 李清安、張克勤、李聰盛與鍾光民，2005。颱風對太陽能熱水系統裝置損壞調查剖析：海棠颱風案例。太陽能及新能源學刊，10(2)，2-5。
- 林子倫與李宜卿，2017。再生能源政策在地實踐之探討：以高雄市推動屋頂型太陽光電為例。公共行政學報，52，39-80。
- 張慧雯與廖千瑩，2018年7月5日。理賠率太高！屋頂型太陽能電廠 找無產險業敢承保。自由時報，2018年7月5日。取自：<https://ec.ltn.com.tw/article/paper/1214210>
- 傅仲麟，2020。太陽能光電板支撐架受風特性及各國規範比較。營建知訊，第446期。
- 經濟部能源署。再生能源資訊網—再生能源裝置容量統計資料【再生能源統計資料】，取自：[https://www.re.org.tw/information/statistics\\_more.aspx?id=6282](https://www.re.org.tw/information/statistics_more.aspx?id=6282)，資料下載日

期：7月14日。  
台灣電力公司。台灣電力公司網站—各縣市再生能源裝置容量統計【資訊圖表】，取自：<https://www.taipower.com.tw/tc/Chart.aspx?pn=1&mid=194&key=>，資料下載日期：7月15日。

蕭代基、陳淑惠，邱昌泰，林舒予，李欣輯，郭彥廉，麥王若凡，陳嫻瑜，黃德秀，楊惠萱與范裕康，2007。九十五年天然災害社會、心理、經濟影響調查：水災與龍王風災。新北市：國家災害防救科技中心技術報告。

# Analyzing Typhoon Disaster Risk Characteristics of Solar Panels in Different Installation Locations

Yi-Chen Chen<sup>1\*</sup>   Hsin-Chi Li<sup>2</sup>   Chuan-Zhong Deng<sup>1</sup>   Xing-Yu Liu<sup>3</sup>

## ABSTRACT

In recent years, Taiwan's strong focus on green energy has resulted in a significant increase in the installation of solar panels on both buildings and agricultural land. However, Taiwan's vulnerability to typhoons poses a threat to these installations. To ensure steady solar energy growth and mitigate typhoon-related risks, understanding losses and risk characteristics is essential. In 2020, this study conducted telephone surveys in seven counties and cities, investigating solar panel locations, historical damage, and user disaster preparedness. 333 respondents were collected. The results showed 52.6% of solar panels were on residential rooftops, 36.3% on industrial/commercial rooftops, and 11.1% on agricultural land. The analysis revealed varying development patterns and risk factors among these categories, including scale, management, damage history, losses, and awareness of future risks. We recommended that the government and stakeholders understand these risk profiles. The suggested actions include advancing disaster prevention for solar facilities, improving protective technology, reviewing and enhancing insurance policies, and increasing communication and education efforts. These measures aim to reduce overall disaster risk for solar panels in Taiwan, ensuring industry growth while minimizing typhoon-related losses.

**Keywords:** solar panels, typhoon disaster, risk of loss, telephone survey.

---

<sup>1</sup> Assistant Researcher, National Science and Technology Center for Disaster Reduction.

<sup>2</sup> Researcher, National Science and Technology Center for Disaster Reduction.

<sup>3</sup> Project-Appointed Assistant Researcher, National Science and Technology Center for Disaster Reduction.

\*Corresponding Author, Phone: +886-(0)2-8195-8600#654, E-mail: [ycchen@ncdr.nat.gov.tw](mailto:ycchen@ncdr.nat.gov.tw)

Received Date: September 16, 2023

Revised Date: October 13, 2023

Accepted Date: October 23, 2023