

建築物設置太陽光電發電設備趨勢探討

— 以彰化縣為例

莊明泰 (Ming-Tai
Chuang)

逢甲大學建築專業學院
建築碩士在職學位學程

*鄭明仁(Ming-Jen
Cheng)

逢甲大學建築專業學院
教授

**廖峯淇(Feng-Chi
Liao)

崑山科技大學空間設計
系助理教授

摘要

太陽能是台灣主要的再生能源之一，太陽光電更是節能減碳政策重要的一環。本研究主要透過瞭解彰化縣內建築物設置太陽光電發電設備之分布現況，探討其與國土計畫法之關聯，進而分析太陽光電發電設備設置之趨勢及脈絡，希冀提供台灣未來政策研擬及規劃之參考。

研究中，蒐集彰化縣內 2 市 6 鎮 18 鄉共 26 鄉鎮市之建築物太陽光電申請數量及裝置容量，透過量化統計及迴歸分析探討太陽光電建置時間、行政區域、申請態樣、建築使用類型及躉購費率之相關性，進一步了解使用者意願、太陽光電設置趨勢及潛力，已提出改進現有太陽光電政策之建議。

本研究另依國土計畫法為分區參考，回顧再生能源發電量、日照潛力、補貼政策等文獻，再以台灣再生能源政策及發展為背景，透過彰化縣之實績分析，做出建置趨勢、不同建築物使用類型、發電潛力等成果，以提出政策研擬與產業規劃的建議。

關鍵詞：太陽光電發電設備、國土計畫法、裝置容量、發電潛力

Discussion on the trends of Solar Energy Power Plants in Buildings : A study of Changhua

Abstract

Solar power is one of the main renewable power providers in Taiwan today. Also, Solar energy power system plays a vital role in energy saving and carbon reduction policies. Our research aims on through the current solar power generating plant in buildings in Chunghwa coped with Spatial Planning Act to analyze the path and the trend of solar energy power system in order to indicate the plan for Taiwan future

policies as reference.

Results based on the collecting data in numbers of solar energy power storing applications and the available capacity of facilities in Chungwa urban and suburban areas(Two cities, six towns, 18 counties: 26 regions in total). Though the results of Quantitative statistics and Regression analysis from the plant durations, regions, various aspects of applications, building usage types and purchase rates, the survey explains the consumers intentions and the trend and the potentials of solar energy power plants. This can be seen as reference for solar energy power promoting strategies.

The survey suggests relative strategies and industrial development plans based on results from the trend of generating plants, building types and power potentials in Chungwa current solar energy power usage. The analyzed data includes current regions coped with Spatial Planning Act and literature reviews of renewable power supply, Daylight Analysis and subsidy policies and history of Taiwan renewable power usage and polies.

Keywords : Solar energy power system, Spatial Planning Act, the capacity of equipment, power potential

一、前言

1-1 研究動機

2015年12月12日，聯合國195個成員國在聯合國氣候高峰會中通過巴黎協議（Paris Agreement）以取代京都議定書，期望共同遏阻全球暖化趨勢，其目標控制全球升溫幅度於工業革命前水平 2°C 以內，並致力於 1.5°C 目標。

有鑒於此，台灣於2009年制定再生能源發展條例，陸續展開能源轉型計畫，其計畫包括：改善火力發電為更乾淨有效率的發電方式、加入民間閒置的汽電共生能量、積極推展多元創能潔淨之能源發展、推動綠色能源建置比例。政策部分經濟部於2015年規劃全力發展綠色再生能源，期望於2025年再生能源總發電量佔比達20%，其中，太陽光電發展目標為裝置容量20GW。而彰化縣擁全前三的太陽光電年平均及日平均發電量，太陽光電的發展必為重要領頭羊，其發展趨勢定可供台灣再生能源發展為規劃參考。

1-2 研究目的

本文從彰化縣10年內推動之建築物設置太陽光電發電設備進行現況調查、蒐集及分析，並探討太陽光電發電設備之分布、態樣、裝置容量、售電量及建築物使用類型等各項趨勢，提供結論作為機關、專家學者或產業人士於其他縣市推廣再生能源之方向。

二、文獻回顧

2-1 太陽光電產業發展及推動策略

太陽能推動及發展一方面是因應石油能源危機，另一方面也是為了減少碳排放及建立永續能源，而太陽能設備開發也可帶動綠色能源產業商機。目前台灣面臨矽材原料缺乏，矽片切割等高階技術與製程已不如國際大廠，整體太陽能產業已難與各國匹敵，因此必須透過政策建立國家型產業、提升太陽能轉換效率、整合產業鏈合作，以提升國際競爭力[1]。

(1) 補助政策

台灣於2000年起於公共工程或公部門場域訂定太陽光電示範點，不過該措施並無明顯趨勢，2010年再生能源發展條例修正，台灣開始執行國際通用之電能躉購政策(FIT制度)，近年在法令鬆綁下帶動太陽光電產業崛起，惟總補貼金額隨著太陽光電發電設備建置量而提升，帶來補貼過度干預市場等隱憂[2]。

(2) 推動策略

台灣自2012年起開辦陽光屋頂及海陸風力機計畫[3]，2016年為達成2025年太陽光電裝置容量20GW目標，陸續提出「太陽光電2年推動計畫」、「綠能屋頂全民參與推動計畫」、「產業園區擴大設置太陽光電」、「經濟部推動陽光社區補助要點」及「建築整合型太陽光電發電設備示範獎勵辦法」等政策，針對不同的土地規劃屋頂型、地面型、水域空間型及受汙染土地型等策略。

(3) 法令配套

太陽光電發電設備之設置係依相關規定辦理同意備案及設備登記，涉及農業或其他用地則依序辦理，彰化縣目前尚無其餘自治條例或自設規定。

表1、太陽光電發電設備近期法規修法內容概述

法令規範	修法沿革	修法內容概述
電業法	2017年1月26日	再生能源得透過代輸、直供及再生能源售電業等方式銷售、用戶得選擇向再生能源發電業或源售電業購電。
電業登記規則	2018年1月8日	簡化再生能源電業籌設創設規定。
再生能源發展條例	2019年5月1日	放寬再生能源申設種類、制定躉購費率、電價補貼。
再生能源發電設備設置管理辦法	2015年7月3日	簡化再生能源申設規定。
設置再生能源設施免請領雜項執照標準	2016年9月10日起	放寬建築物設置太陽光電發電設備申設規定。
申請農業用地作農業設施容許使用審查辦法	2015年8月12日起	放寬農業用地及農業設施設置再生能源設備標準及規模。

2-2 太陽光電建置評估及發電潛力

再生能源如太陽能、生質能、地熱能、海洋能、風力、水力、氫能等具多元化的特色，其中太陽能乾淨、無聲、可依不同需求安裝在載具，是較普及的再生能源，而太陽能裝設位址影響其發電效率，台灣地區彰化日照條件位居發展潛力前三[4]；另外研究發現太陽光電建置位址及模組效能遞減率對於發電量期望值有較高影響，因此，設置於陽光較佳區域並選用優良的太陽光電產品，有效提升太陽光電年發電量的期望值[5]。

2-3 小結

綜觀相關文獻，太陽光電發電設備的相關研究約分為能源政策及產業面向。有探討電能躉購費率、發電設備模型、能源科技在地化等，亦有聚焦於發電設備之規設、機電模組應用與其成本效率等。本研究希冀藉由彙整完整的太陽光電資料，做出趨勢及潛力等分析，進而探討推動成果，提供未來擬訂相關計畫之參考。

三、彰化縣再生能源政策

彰化縣國土計畫先期研究規劃[6]已將綠能產業用地需求納入，並盤點綠能產業潛力區域、指認綠能專區及擬定土地使用指導原則，其中有關綠能政策[7]為：

1. 區域三角綠能發展-彰化縣位處台中港離岸風電產業專區、麥寮陸域風電區、明潭水庫光電園區交通中心，具再生能源產業發展便利性。
2. 彰濱綠能發展核心-彰濱工業區配合綠能政策推動閒置工業區檢討與轉化，研擬為台灣首處太陽光電與離岸風電產業發展核心。
3. 綠能繁星示範點-北彰化區域推動汙染農地綠能發展、擴大彰東都市計畫設置綠能中心、南彰化區域設置地層下陷綠能專區、台西綠能示範村等。

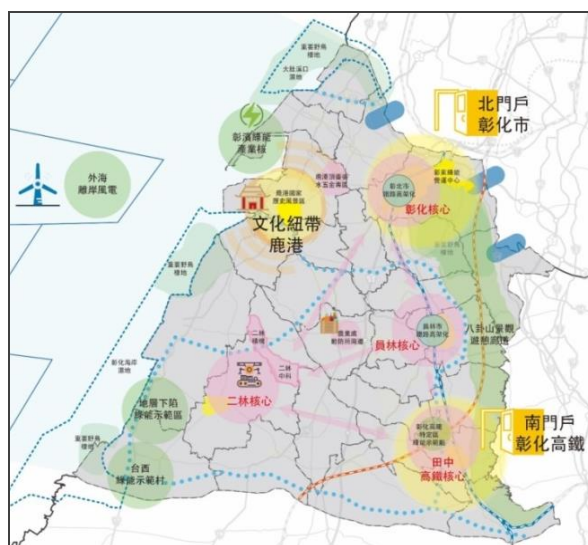


圖1、彰化縣國土整體空間發展構想圖[6]

四、研究方法

4-1 研究方法

本研究以彰化縣內建築物設置太陽光電發電設備申請件數及裝置容量等資料進行蒐集彙整，針對年份、人口、行政區域、申請及機組態樣、建築物使用類型及躉購費率等因子，透過量化統計及迴歸分析進行探討，進一步分析申請者意願、太陽光電設備建置趨勢及地區發電潛力，進而提出再生能源政策或規劃建議。

4-2 研究範圍

彰化縣所轄2市6鎮18鄉共26鄉鎮市，總面積為1074平方公里[8]，在空間及產業發展結構上分為「北彰化」及「南彰化」。北彰化區域因鄰近臺中中科及臺中精機等大型產業園區，金屬及機械產業集中於鹿港鎮、線西鄉、和美鎮；另彰化縣總耕地面積為61,510.8公頃，主要農地分布於二林鎮、芳苑鄉、溪州鄉及大城鄉。

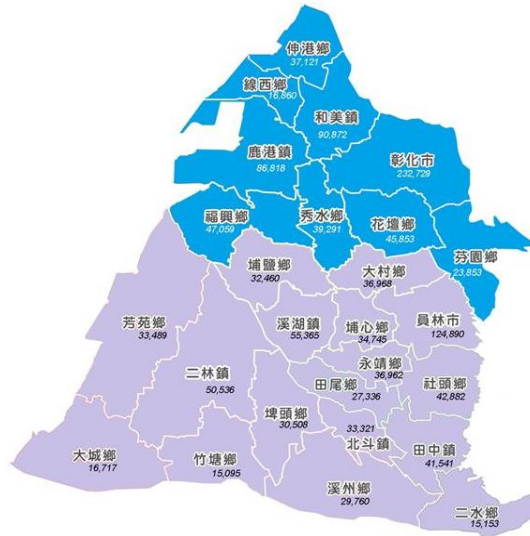


圖2、彰化縣之北彰化(藍色區塊)及南彰化(紫色區塊)區位圖

彰化縣近年來為全台積極設置太陽光電之縣市之一，2017及2018年皆為全台該年度新增裝置容量第三縣市，而太陽光電總裝置容量至2018年止為全台第三大縣。本研究蒐集2009年至2018年10年間經濟部核發彰化縣內建築物設置太陽光電發電設備已併聯可供發電之設備登記[9]案例為研究對象。

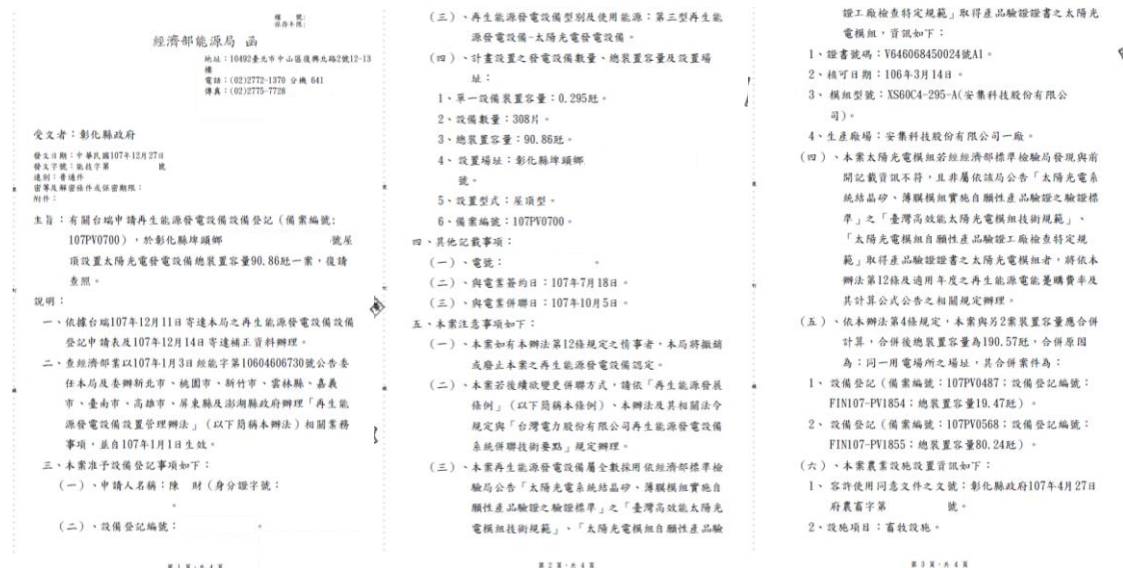


圖3、建築物屋頂設置再生能源發電設備登記

五、分析與探討

本章針對彰化縣內建築物設置太陽光電發電設備進行資料蒐集及分析。

5-1 營運件數及裝置容量之逐年趨勢

營運件數為所有權人投資或提供財產以設置太陽光電發電設備，裝置容量指構成該太陽光電發電設備機組之原動機或發電機之設計容量，表示其在最佳狀態時之最大發電量，研究中將進一步以機組態樣及申請態樣進行分析。圖4中顯示，躉購費率逐年下降，而彰化縣建築物設置太陽光電發電設備申請件數及裝置容量自2014年後仍逐年成長，至2018年已有662件、裝置容量123,406 kW的成果。

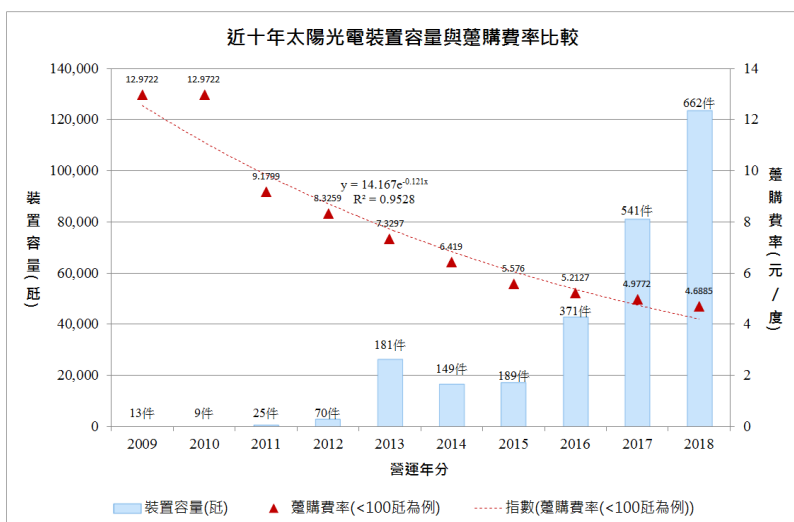


圖4、近十年裝置容量與營運件數趨勢

(1) 機組態樣

機組態樣分為商轉躉購及商轉自用兩種類型，躉購類型代表申請者依規定售電於台電以獲得電能收入；自用類型為家戶用電所需電力自發自用。商轉躉購自2012年起穩定成長，年平均增加逾100件；而商轉自用以2011年最多僅11件，自2016年起已無申請案件，如圖5所示。

(2) 申請態樣

申請態樣代表申請者身分，公司行號以太陽光電能源技術服務業者為主，由業者與所有權人簽訂契約做成售電利潤、維護管理等權利分配；自然人為自發申請人；機關學校以學校、機關廳舍、國營事業單位為主。如圖6所示，申請態樣以公司行號類型最多，自2015年起年平均增加165.33件，至2018年已增加593件；自然人類型自2013年起年均申請82.33件；機關學校類型申請數逐年減少。

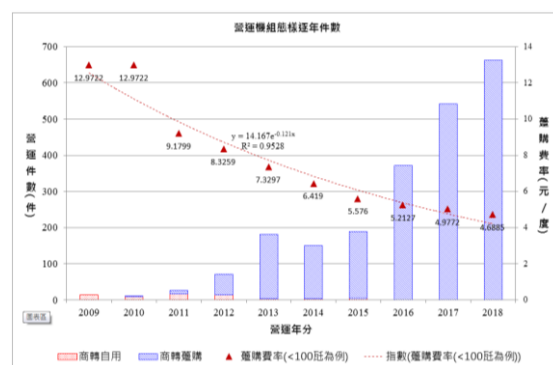


圖5、營運機組態樣趨勢

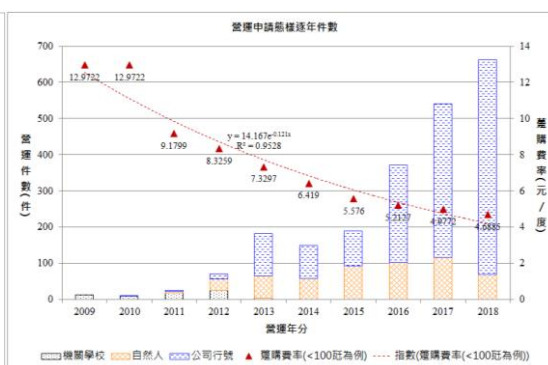


圖6、營運申請態樣趨勢

5-2 裝置容量與行政區域之相關性

以彰化縣近10年的太陽光電逐年新增裝置容量進行分析，26個鄉鎮市之裝置容量於2013年起開始增加，其中，鹿港鎮、線西鄉及芳苑鄉於2015年起大幅度增加，分別逐年增加9677.19 kW/y、3316.21 kW/y、4406.61 kW/y，如圖7及圖8所示；而芬園鄉及二水鄉近十年合計僅為1142.45 kW及1152.42 kW。

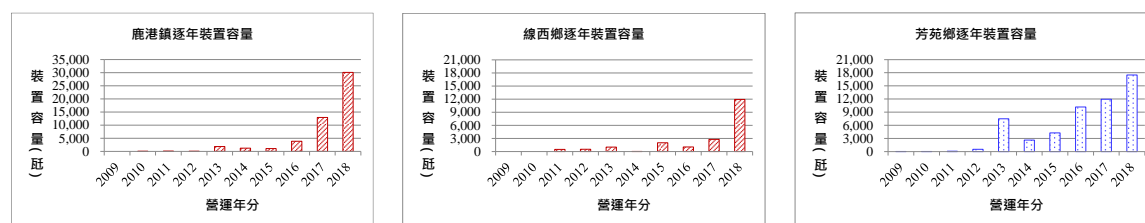


圖7、彰化主要地區逐年裝置容量統計

5-3 裝置容量與建築物使用類型之相關性

研究中將設置太陽光電發電設備之建築物使用類型分為四類：公共建築、一般建築、工業廠房及農業設施。公共建築指學校、體育場址、公有廳舍、國營事業所屬建築物等；農業設施指多樣化農產儲藏、植栽溫室、畜牧設施、農舍等；工業廠房為工廠及其附屬設施；其餘住宅、商業設施等則歸類為一般建築。

有鑑於2009年至2011年申請案件裝置容量僅990 kW，並無代表性，故本項以2012年後各不同建築物使用類型資料進行分析。其中，農業設施及工業廠房建築物為主要設置場域，其逐年累積裝置容量分別佔47.4%及36.2%，公共建築則於2016年及2017年有較明顯增加，而一般建築所佔比例僅2.5%，如圖8所示。

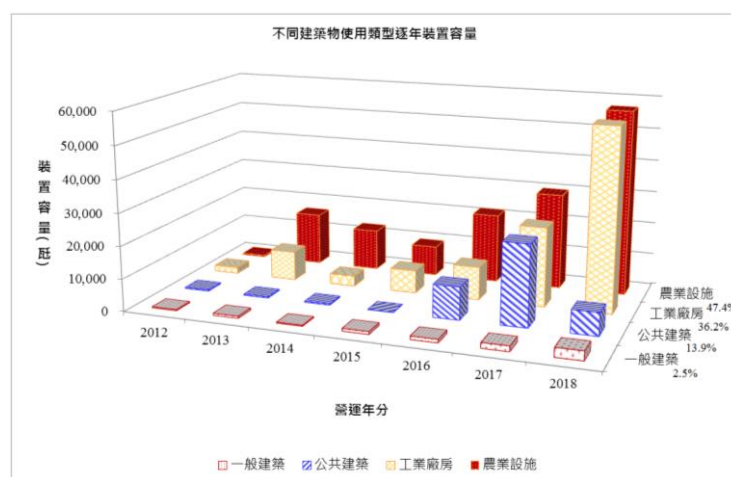


圖8、不同建築物使用類型逐年裝置容量

另外，以彰化縣國土計畫法空間發展定位將各鄉鎮市依序由北至南置於橫軸，彰化市至福興鄉為北彰化區域，員林市至大城鄉為南彰化區域，由此對照各項因子與國土空間發展定位之關係。

如下圖9所示，分析發現鹿港鎮設置之工業廠房裝置容量佔全縣40.32%、線西鄉為16.41%，農業設施則為芳苑鄉25.39%、二林鎮16.14%，公共建築為縣轄市彰化市13.79%、員林市9.22%；另北彰化區域工業廠房設置容量為67.03%、農業

設施17.03%、公共建築13.1%、一般建築2.78%；南彰化區域工業廠房17.26%、農業設施65.8%、公共建築14.55%、一般建築2.37%。

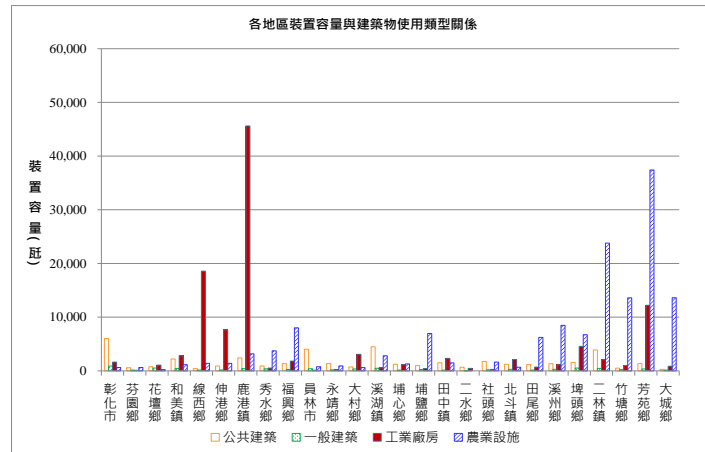


圖9、各鄉鎮市裝置容量與建築物使用類型關係

5-4 太陽光電發電設備之潛力預測

依經濟部太陽光電單一服務窗口[10]坪效計算，2018年彰化縣高效能太陽光電發電設備模組每坪屋頂面積約可設置0.444瓩裝置容量，本節將與彰化縣1999年~2018年20年間之使用執照建築面積對照，以進行潛力預測。

如下圖10，不計屋頂面積未能設置之情形，以工業廠房為例，尚未設置之屋頂面積依序為鹿港鎮676,229.4m²、線西鄉352,851.6m²、彰化市254,243.3m²，另全縣尚有2,183,077.097m²屋頂面積未設置太陽光電發電設備；同理，農業設施尚未設置之屋頂面積依序約為芳苑鄉775,827.4m²、福興鄉262,929.9m²、埤頭鄉160,254.7m²，另全縣尚有1,824,415.9m²屋頂面積未設置太陽光電發電設備。

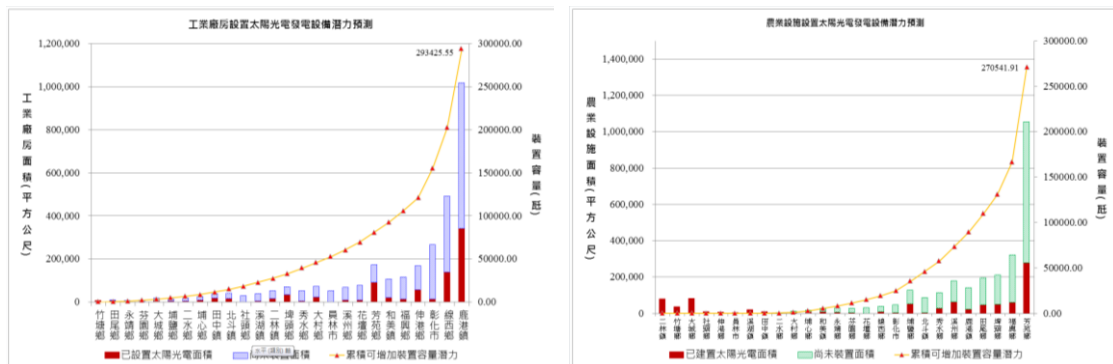


圖10、工業廠房及農業設施設置太陽光電發電設備潛力預測

5-5 年平均發電量與年平均住商用電量之比較

取2018年台灣電力公司彰化縣太陽光電每瓩裝置容量年平均發電量1,173度與台灣電力公司各鄉鎮市住商部門售電量[11]對照。如圖12，全縣太陽光電發電設備年平均發電量為住商用電量18.1%，北彰化區域太陽光電發電設備年平均發電量為南彰化區域之56.77%；另外，大城鄉及芳苑鄉太陽光電發電設備年平均發電量超出當地用電量合計15,945,340.84度，大城鄉住商用電量為18,944,369度。

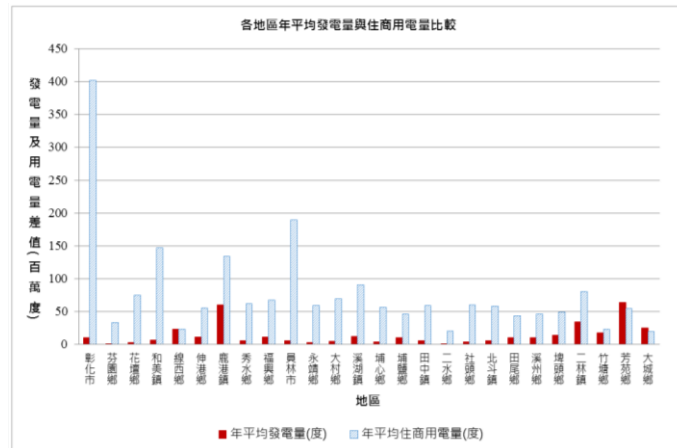


圖12、各鄉鎮市年平均發電量與住商售電量關係

六、成果與討論

6-1 分析成果：

2015年起，台灣逐步推動綠能政策及法令修正，且FIT制度費率2016~2018年僅下修0.52元/度，故以2016~2018這三年為分析樣本，發現此期間營運件數年平均增長154.82%、設置容量年平均增長196.44%，也發現公司行號申請件數較前7年成長4倍，而商轉自用申請件數則為0，爰政策、法令及FIT制度修正著實帶動裝置容量成長並穩定市場信心，也帶動仰賴商轉躉購的太陽光電業者積極投入。

各鄉鎮市總裝置容量以芳苑鄉54,609.32 kW最多、續為鹿港鎮51,197.97 kW、二林鎮29,426.39 kW；另分析建築物使用類型，全縣裝置容量以農業設施147,34.17 kW及工業廠房113,132.14 kW為主，其中線西鄉、鹿港鎮、伸港鄉工業廠房裝置容量佔該鄉鎮市75%以上，大城鄉、竹塘鄉、二林鎮、芳苑鄉佔該鄉鎮市70%以上，故裝置容量集中設置於北彰化區域工業廠房密集的三个鄉鎮及南彰化區域農業設施群聚的四個鄉鎮，呈現極端分布情形。

假設以該鄉鎮市目前已設置工業廠房裝置容量為一個單位，與該近20年內使用執照建築面積為單位相除以預測各鄉鎮市的再發展潛力，工業廠房中，彰化市2180.29%、線西鄉355.14%、鹿港鎮299.05%個單位比例，農業設施則福興鄉541.16%、埤頭鄉419.79%、芳苑鄉378.49%個單位比例可供設置，可得主要設置地區仍具極佳潛力，而彰化市現況則是低估；另外，全縣工業廠房未設置建築面積為農業設施之196.65%，故工業廠房潛力稍優於農業設施。

6-2 政策與產業建議：

本文綜觀彰化縣案例進行分析與成果，提出下列政策導引及產業方向為參考：

(1) 訂定潛力區域細部規範以強化在地特色：

各鄉鎮市有不同的在地特性，政策上應從一體適用的法令規範轉而呼應地區特性給予不同的規範或限制，並建立公共參與平台解決不同類型的需求。

(2) 工業廠房及農業設施的設計思維：

建築物設計普遍著重於公共建築或一般建築，從成果可得工業廠房及農業設施擁有極佳的建築物設置太陽光電發電設備設置條件，此類建築推測其建築物形式單純、設置面積大有效率、違章建築的阻礙較少、所有權人身份單純、太陽光電設備無礙建築使用等，後續應加強研究與工業廠房搭配的環保、高效率模組設計，而農業設施可著重生態、環境及農業特色的自給自足設計。

(3) 鼓勵商轉自用類型並帶動都市革新：

商轉躉購極仰賴 FIT 制度，而補貼隨成本及政策修正無法避免逐年下調，長遠考量下，商轉自用仍是穩定且節能的類型，且搭配地區性儲能系統能達到地區用電自給自足的期望，故為引導一般建築的設置，應由都市計畫及建築街廓群為整體考量設計，透過整體建築規劃導入再生能源發電及儲電配置。

(4) 工業廠房潛力區域建立產業鏈：

工業廠房尤其是群聚性工業區具有極佳的設置條件，潛力區域具備高效率設置空間且有鄰近生產基地的就近性，後續也有利管理維護的整合，故在工業廠房潛力區域建立生產運維鏈可降低太陽光電設備的成本。

(5) 搭配多元化再生能源發展，儲能系統之研究：

芳苑鄉及大城鄉的年平均太陽光電發電量已超越住商用電量，狹義上指標意義在於太陽光電發電設備在滿載時有優於當地需求的電力輸出，故透過街區規劃或建築物設計納入儲能系統建置，有效調配尖峰及離峰時刻電力使用。

參考文獻

1. 王啟秀、孔祥科、左玉婷，「全球能源產業趨勢研究-以台灣太陽光電產業為例」，碩士在職專班學位論文，中央大學產業經濟研究所，2008。
2. 陳心怡，「台灣太陽能補貼政策情境分析」，學位論文，交通大學環境工程系所，2011。
3. 林子倫、李宜卿，「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，52，39-80，2017。
4. 黃國榮、余政達，「臺灣地區太陽能潛力評估」，碩士論文，立德管理學院資源環境研究所，2008。
5. 蕭子訓、黃孔良、張耀仁，「太陽光電年發電量預測模型建置及策略研究」，台灣能源期刊，4，4，401-430，2017。
6. 彰化縣政府，彰化縣國土計畫先期研究規劃案總結報告書，彰化縣國土計畫先期研究規劃案，取自<http://chcgspatialplanning.longi.tw/index.php>，2018。
7. 彰化縣政府，彰化縣城鄉發展策略規劃，2011。
8. 彰化縣政府，107年彰化縣統計年報，2018。
9. 經濟部能源局，建築物屋頂設置再生能源發電設備設備登記函。
10. 經濟部能源局，太陽光電單一服務窗口，2018。
11. 台灣電力公司，台灣電力公司資訊揭露網站，2019。