

國軍營產土地房建物增設綠電模式之探討(以金陵營區為例)

張峯育少校

國防大學中正理工學院軍事工程系 95 年班、正規班 104 年班；曾任排長、教育行政官、連長，現職為工訓中心軍工組教官。

提要

- 一、全球溫室氣體逐年增加，導致南極大陸冰層融化速度加劇，於 2015 年 12 月在巴黎舉辦的聯合國氣候變遷會議中，各國將朝「全球平均氣溫上升在 2°C 之內」目標努力，而我國目前也由經濟部能源局運作三年的「陽光屋頂百萬座計劃」，發展至農地種電，相信未來不久，國軍營產土地及房建物也會設置綠電。
- 二、在國家整體發展、能源利用與環境永續考量下，為促進能源多元化及自主供應，打造綠能低碳環境，行政院規劃太陽光電 2025 年設置量達 20GW，年發電量 250 億度電，目標達成 2025 年再生能源發電佔比為 20%。經濟部能源局擬定「各中央機關推動公有屋頂及國有土地設置太陽能政策說帖」，藉由公有單位將屋頂出租設置太陽能，可有效利用公有房舍的閒置空間，活化國有資產，享有固定的租金收益貢獻國庫。
- 三、本次研究價值針對公部門主要應用 PV-ESCO 模式將公有屋頂出租設置太陽能：PV-ESCO (Photovoltaic-Energy Service Companies，太陽光電能源技術服務業) 係配合太陽光電 20 年固定電價收購特性，結合金融機構融資，降低設置者資金負擔。公部門只需提供場址，無須負擔設置成本，由業者負責建置太陽光電發電系統及後續營運與維護，獲得售電收入後，公部門則依合約收取租金或分享售電利潤，形成雙贏局面。

關鍵字：綠能、國軍房建物、回饋金

前言

隨著人類文明的發展，能源的消耗量與日俱增，但是地球上所蘊藏之化石能

源，如：石油、天然氣、煤等在人類的大量開採下，即將消耗殆盡，為解決能源危機，人們致力於開發永續能源，因此，具備低污染、容易取得、不易消逝之特質的太陽能，成為未來最理想的替代能源。綠電係指在生產電力的過程中，他的二氧化碳排放量為零或趨近於零，目前綠電的主要來源為「太陽能」、「風力」、「生質能」、「地熱」等，而本文係以金陵營區為探討之對象，就上述之綠能設置方式，僅太陽能有設置之可行性，故下列之探討將以太陽能為主。太陽可說是地球上最大的能源，太陽光每天到達地面的能量約為全世界石油蘊藏量的 $\frac{1}{4}$ ，且不會產生環境污染，再加上近年來半導體材料突飛猛進，使得太陽能的轉換效率不斷提昇，造就了太陽能熱力及發電的廣泛應用。在光照充足的地區（例如：太空向陽區、海洋、海岸、空曠岩地），太陽能的供應源源不斷，生產過程不會產生環境污染，又不會消耗其他地球資源或導致地球溫室效應。據估計，在過去漫長的11億年當中，太陽只消耗了它本身能量的2%，今後數十億年太陽也不會發生明顯的變化，所以太陽可以作為人類永久性的能源，取之不盡、用之不竭。它給地面照射15分鐘的能量，就足夠全世界使用一年。

我國太陽能發展現況

一、臺灣太陽能發展現況

臺灣因日照時間長、日光偏斜角度小，相當適合發展太陽能。臺灣雖為全球第二大矽晶太陽電池生產國，惟因地狹人稠，安裝容量受到極大限制，內需市場極為有限。目前經濟部能源局積極推動的「陽光屋頂百萬座」計畫，另規劃於2030年，太陽光電裝置容量要達到6,200MW，若能如期達成，換算每年總發電量約80億度(以太陽能之容量因素為15%來計算)。我們若以核四廠兩部機組年發電量約193億度估算，欲以太陽能發電完全取代核四發電，則安裝容量約需15GW，此時必須仰賴地面型發電廠才能達成。在不考量土地成本下，1MW目前之建

置成本約5,200萬元，土地面積約需1公頃(亦即0.01平方公里)，因此欲以太陽能完全取代核四，單是安裝所需費用就需新臺幣7,800億元，且所需用地面積約150平方公里。在土地寸土寸金的臺灣，並需考量糧食安全情況下，欲找到如此大面積的土地建置太陽能發電系統，難度極高。

西元2013年10月農委會修訂〈申請農業用地作農業設施容許使用審查辦法〉，放寬於特定農業區與一般農業區的農業生產設施可以申設附屬的綠能設施之後，短短不到兩年內，打著「農地種電」旗號的光電大棚，在中南部農業區如雨後春筍冒出。

政府推動太陽能發電，向來以「陽光屋頂百萬座」措施、設置屋頂型太

陽光電為主，而今開放農地設置地面太陽能光電，企業向農民租地，並依經濟部能源局每年訂的價格，與台電簽訂太陽能 20 年、以同一價格保證收購合約。因目前綠電價格高於傳統發電，再生能源發展基金針對綠電保證收購，補貼台電購電。農業與太陽能發展結合，有助農地多元利用，適度提高農民收益，也節省政府休耕補助經費，並有助於太陽能設施群聚發展；在保證收購制度下，對企業是穩賺不賠生意；政府則藉此提高綠電比率。若要做為太陽能專區的農地，有兩大前提，一是不適合農耕，如地層下陷農地鹽化、缺水，已長年無法農耕使用；二是基於農地利用不希望零碎化，因此太陽能專區農地希望是在一定規模以上，約是 25 公頃以上，以達到區位集中的效益。

為推動太陽能發電政策，繼開放地層下陷農地設太陽能專區後，行政院擬加碼釋出 1,300 公頃受工業污染農地，主要分布桃園和彰化，供民間開發為太陽能專區。農委會已公告彰化、雲林、嘉義三縣 1,253 公頃不適合耕種、地層下陷農地，可開發為太陽能專區；若加計正在規畫受污染農地約 1,300 公頃面積，合計逾 2,500 公頃農地將開放設地面型太陽能面板(如圖一)¹。

圖一 政府開放農地設太陽能專區

政府開放農地設太陽能專區			
農地性質	規畫面積	分布區位	進展
地層下陷農地	1,253公頃	彰化、雲林、嘉義	●農委會去年8月公告開放 ●民間已申設逾20公頃 ●屏東縣擬跟進
工業污染農地	約1,300公頃	桃園、彰化	●規畫中 ●須完成土壤整治才能開放

資料來源：江睿智，〈政院推太陽能再釋農地種電〉，<http://udn.com/news/story/7238/1610173>，檢索日期：西元 2016 年 4 月 6 日。

二、太陽能運用實例²

(一)嘉義縣鹿草鄉實例

嘉義縣鹿草鄉青年農民黃勝裕是以現代化方式飼養白肉雞的二代雞農，為了防控禽流感等禽病的傳遞，特別從美國進口新式密閉負壓溫控水濺雞舍。他們家有兩棟雞舍分別飼養多達 6 萬羽和 8 萬羽的白肉雞，連同兩棟雞舍屋頂都租給綠能業者(如圖二)，裝置容量分別是 165KW 和 211KW。出租雞舍屋頂給綠能業者發電，簽約 20 年，每年可收租金達 58 萬元。綠能公司曾經因為原來使用的中國製太陽光電板發電效率不好，在裝設的第三年又全部重新換裝台廠生產的太陽光電板。這些光電板的換裝與平日保養維護，都不用花到農民一毛錢，唯一對綠能業者的要求就是在白肉雞飼養期間不能上屋頂清洗太陽光電板，因為製造的聲響容易讓雞受驚嚇。業者也承諾

¹江睿智，〈政院推太陽能再釋農地種電〉《經濟日報》(台北)，西元 2016 年 4 月 6 日。

²汪文豪，林慧貞，〈二次農地沉淪錄專題〉《上下游》(台北)，西元 2015 年 6 月 10 日。

圖二 嘉義二代雞農黃勝裕出租自家禽舍屋頂



資料來源：汪文豪，林慧貞，二次農地沉淪錄專題，<http://www.newsmarket.com.tw/land-factory/>，檢索日期：西元 2015 年 6 月 10 日。

滿二十年後，會幫他們換一個全新的雞舍屋頂。嘉義縣養雞協會理事長吳永賜就很認同農業結合發展綠色能源的作法，除了出租自己的禽舍屋頂給綠能業者，與綠能業者約定收取租金以售電所得抽 8%。

(二)屏東縣竹田鄉實例

出身屏東竹田的向陽公司董事長陳貴光，人生下半場落葉歸根，響應屏東縣政府「養水種電」計劃，每當外界質疑光電板下真的能種作物嗎？陳貴光總會拿竹田園區裡的草莓為例（如圖三），自信滿滿地說：「你知道這讓熱帶屏東也可種出草莓嗎？」讓陳貴光引以為傲的不只草莓，他從營造業起家，陸續接觸光電業，運用特殊的鋼骨和工法，打造出足以承受太陽光電板重量的溫室結構，目前已成立三個農業大棚，遍佈在竹田園區、屏東光電農棚園區、佳冬光電農棚園區，在網路上成立銷售平台，以蔬菜箱形

式銷售自己生產的作物。佔地 1.1 公頃的竹田園區分成多層次栽培、立體式栽培等等不同溫室，前者是利用不同高度的盆栽，精細利用每一寸空間。4 月底的屏東已經熱得讓人想躲進冷氣房，向陽的農業大棚溫度卻顯示 24 度，配備 4、5 台電風扇，草莓的盆栽支架從屋頂垂降而下，底下鋪著黑色塑膠布，別人是蹲著採草莓，他們是抬頭找尋草莓蹤跡。這種立體式栽培不用擔心雜草問題，也能減低病蟲害，不必施農藥，而且每個盆栽都配備滴灌水管，精準控制水量，比以往地面栽培減少九成水量，連前行政院長江宜樺和農委會主委陳保基都曾觀摩稱讚。

三、小結

不管是農業設施附屬綠能設施的准駁或是稽察農地是否落實農用的管理權責，明確是在縣市政府，中央負責法規命令的制定，並針對地方政府有法規疑義時予以協助。當農業設施結合綠能設施涉及農業生產技術專業時，農委會所轄的試驗場或改良場會有專家協作認定。在研討各類農業設施附屬綠能設施的樣態中，畜禽舍和水產養殖設備比較單純，頂多需考量結構安全，這部分是建管單位的職責。至於爭議性較大的農作產銷設施，目前農委會正思考協助地方政府進一步釐清規範方式，比如溫網室當中本來已經屬於密閉式的區域，或是俗稱植物工廠的環控設施屋頂，應該可以放寬附屬綠能設施。溫、網室屬於透光

的部分，由於每種作物對於光照的需求性不一樣，而綠能業者所使用的太陽光電板材質也不同，農委會只能訂出通則性的審認標準，不太可能針對每種作物逐一訂出規範，因此還是得針對個案進行審查與認定，並且找相關的農業、綠能或是設施結構方面的專家跨領域審查。對於某些光電業者抱怨農政單位態度消極，一面開放農業設施得附屬綠能設施，卻又處處設下法規障礙，要發展甚麼樣的農業設施結合綠能設備的型態，應該是由綠能業者要負責提出專業性評估。

太陽能未來展望

一、太陽能的優缺點

(一)普遍性：太陽光照射的面積散布在地球大部分角落，僅差入射角不同而造成的光能有異，但至少不會被少數國家或地區壟斷，造成無謂的能源危機。

(二)永久性：太陽的能量極其龐大，科學家計算出至少有六百萬年的期限，對於人類而言，這樣的時間可謂是無限。

(三)無污染性：現今使用最多的礦物能源，其滋生的問題不外是廢物的處理，物體不滅，能源耗竭越多，產生污染也相對增加，太陽能則無危險性及污染性。

(四)穩定性差：受日夜季候的影響，太陽能不斷地發生變化。

(五)裝置成本過高：吸收太陽能的受

光面積須達一定規模方有效果，因此相對地成本提高。

二、太陽能發展的問題及解決方案³

(一)環境面：外乎土地資源利用與生態危害。太陽能發電廠雖然能夠減少空氣的污染，但需要大量面積。在地窄人稠、人口密度每平方公里達 644 人，全世界國家排名為第 10 名的臺灣，要建置數量如此多的大型太陽能發電廠，需要相當的努力與協調。而如今臺灣面臨廢核氛圍，啟用太陽能已是刻不容緩的議題。解決方案 1.化整為零，也就是盡量利用住家學校屋頂、牆壁、窗戶等，建置太陽能發電設施。

2.利用偏遠地區、山區、高速公路兩旁空地、鐵路沿線，建置大型太陽能發電廠，可彌補土地不足之缺點。3.在湖泊、水庫或閒置漁港安裝大型太陽能發電廠亦是一個解決方案，在地小人稠的環境限制下，臺灣要使太陽能具有舉足輕重的替代性，必須有新思維，思考既有空間再利用方式，有效提升太陽能發電比例。臺灣四周環海與多水庫(壩)(約 114 座，曾文水庫湖面面積達 17 平方公里，為臺灣地區最大者)；另外，臺灣各地之廢棄漁港榮景不在，面臨廢存轉型(例如：台中市沿海從北到南目前共有六座漁港，依序為松柏、五甲、北汕、溫寮、梧棲及麗水漁港)，亦是可利用的空間。同是缺乏土地的亞洲鄰國(日本、韓國及新

³ 郭成聰，〈臺灣太陽能發展的現況、問題、解決方案或建議〉《核能研究所》，西元 2014 年。

加坡等)目前皆在興建或已完成 MW 級之水面浮動太陽能電廠之案例，可提供臺灣參考。

(二)技術面：太陽能發電目前成本仍然高過石化發電成本，根據美國能源局(DOE)的 Sunshot 計畫，期望在 2020 年模組成本降低至每瓦 0.50 美元。有機或鈣鈦礦太陽電池為新世代太陽電池技術，由於其可採非真空溶液製程加以製造，相較於其他無機太陽電池更易於生產，並可降低其產製成本。由於具有輕、薄及可撓式之特性，易結合於環境建物，構成建材一體型發電應用，另亦可應用於行動穿戴式電子裝置，在節能環保上更具實質效益。解決方案：經由新穎材料與製程技術開發，以降低成本，增進太陽能產品應用價值與範疇。

(三)政策面：世界各國對大型太陽能發電系統有不同的補助，有的採用再生能源發電配比制度 (Renewable Portfolio Standard, RPS)，藉由市場競爭及依循最低成本的原則，彈性的市場機制可使被規範義務之電力生產業者有更多的選擇空間；由於不需要進行價格補貼，在市場機制下，可避免行政權干預。有的採用再生能源電力收購制度(Feed-in Tariff, FIT)，FIT 稱得上是最有效的經濟誘因，保證收購價格，具有穩定市場價格、增加投資信心與確保投資成本效益的功能；推廣安裝系統帶來工作機會、降低成本，因此造就了市場規模，但當收購

價低至系統成本價時，其誘因就不再彰顯。解決方案：建議兩者合併採用，也就是 FIT 搭配 RPS 使用。利用 RPS 的各項關鍵因素如總量控制、競標程序等，避免訂價錯誤引爆的後遺症。因此，避免再生能源產業對 FIT 補助政策之依賴。同時，避免 RPS 訂定的太多變因，難以事先估計執行成本的問題，無法有效開發利用再生能源。此外，在市場競爭機制下，低成本的再生能源可不斷地被啟用，有效率地達到再生能源發展的目的。

三、小結

矽晶太陽能發電系統約佔太陽能市場的 85%，因技術成熟且能吸收散射光，相當適合在臺灣建置太陽能發電設施。水面浮動太陽能發電可安裝於埤塘、湖泊、水庫、海面上，非常適合臺灣，且可防止海藻生長，有助於淨化水質。而如何發展太陽能發電預測技術，以提供預測的量化太陽能發電輸出變化資訊，使電網可以適當儲備，確保電網的穩定，最佳的成本效益，突顯其價值是為關鍵。總之，發展太陽能是未來能源的趨勢，提升轉換效率、降低成本及配合儲能設施，可將其間歇性能源轉為連續性。當再生能源使用占比大到一定的程度時，電力調度輸送將顯得格外重要。在國人紛紛提出廢除核能，要求停止核四建廠，核一、二、三廠除役之際，瞭解太陽能發電及其限制與如何應用，是當務之急。多一分瞭解及早一分準

備，不但有助於能源使用、安全維護，且對降低民怨有所助益。此外，利用國內產、官、學、研機構在太陽能方面既有的研究、生產與製造之能量，配合政府政策開創新局，是未來我國拓展太陽能應用之重要關鍵。

國軍營產土地房建物設置綠電探討

一、軍方土地建物運用符合政府綠電設置範疇⁴：

針對設置場域，經濟部能源局區分屋頂型及地面型場址，其中屋頂型場址係以原則上均要填報，僅「法定古蹟」、「建築物所有權為非機關自有者」、「未來 20 年，屋頂有增建、改建的規劃者」及「雜項工作物」這四類毋須填報；而地面型場址則以「可供光電設置利用之土地且相鄰面積累積達 2 公頃以上」之土地進行填報，且需滿足「不利耕作土地」、「被汙染土地」、「未來 20 年無開發利用之土地」、「水域場址(滯洪池、埤塘、水利設施等)」，「可利用之交通、鹽業用地」其中之一。國防部軍備局建議，屋頂型應納入者為「永久使用營區」且「未來 20 年，房屋屋頂無增建、改建的規劃者」，並應滿足「非屬機密」、「非位於禁限建或防爆安全距離者」、「非法定古蹟」；地面型場址應納入者為「永久使用營

區」，且需為「能源局所訂不利使用之土地」。

二、開放範圍及試行方式：

初步以永久使用營區，且建物可提供廠商出入，營區或建物非屬機密、且非位於禁限建或防爆安全距離者可列表提供，優先以學校、醫院、獨立福利站、職務宿舍等進行提供。能源局目前係以標租之方式進行土地或建物之提供，原則係以「國有財產法」第 28 條但書規定、「國有公用不動產收益原則」等執行，惟此項收益應繳納國庫。另依「促進民間參與公共建設法施行細則」，電業設施係中央目的事業主管機關認定之經營發電、輸電、配電業務，因供給電能而需設置之相關發電、輸電、配電、變電設施。國軍管理之不動產是否採用促參法執行以利太陽光電設施設置之同時，得一併維護部分營舍。依資源司政策主管單位意見辦理。倘資源司未表示意見，則視為認同經濟部研擬以標租方式執行，排除促參法之運用。

三、用電報酬、餘電回饋及投資成本⁵：

太陽光電發電評估以金陵營區為例(面積約 37,000m²)，以現行計算方式每 10m²可設置 1 瓩太陽光電系統，約計可設置 3,700 瓩太陽光電系統，本案使用高效能模組，收購費率為 4.6744 元/度，每年發電量約 1,250

⁴〈研商配合行政院推動「太陽光電 2 年期推動計畫—中央公有屋頂與國有土地設置太陽能相關事宜」會議議程〉，檢索日期：西元 2017 年 2 月 15 日。

⁵吳家揚，〈太陽能面板發電夯固定收益另類投資解密〉《民報》，西元 2015 年 10 月 19 日。

度/瓩(能源局補助設備資料)，以 20 年為週期，區分租賃予廠商、委商設置後賣電給台電及委商設置後自用等三種設置方式實施探討(表二)：

(一)租賃予廠商：以 PV-ESCO 方式出租屋頂設置 3,700 瓩太陽光電系統於 106 年完工為例，假設廠商得標之回饋金為賣電收入的 5%。本中心不需投入自有資金，平均每年租金(回饋金)收益為 108 萬元($3700 \text{ 瓩} \times 1250 \text{ 度/瓩} \times 4.6744 \text{ 元/度} \times 5\%$)，扣除太陽光電板發電效率逐年遞減(以 0.5%計算)，20 年約可收益 2,062 萬元。

(二)委商設置後賣電給台電：以招標委商方式設置 3,700 瓩太陽光電系統於 106 年完工為例，屋頂設置太陽能板市價每 10m^2 需 5 萬元，本中心設置費用約 1 億 8,500 萬元，設定前 5 年為保固期免維護成本，後 15 年維修費用每年為 925 萬元(設置費用 5%)，維護成本為 1 億 3,875 萬元，扣除太陽光電板發電效率逐年遞減(以 0.5%計算)，賣電收入約為 4 億 1,244 萬元

($3700 \text{ 瓩} \times 1250 \text{ 度/瓩} \times 4.6744 \text{ 元/度} \times (1+0.995+0.99+\dots+0.905)$)，20 年收益為 8,869 萬元。

(三)委商設置後自用：以招標委商方式設置 3,700 瓩太陽光電系統於 106 年完工為例，屋頂設置太陽能板市價每 10m^2 需 5 萬元，本中心設置費用約 1 億 8,500 萬元，設定前 5 年為保固期免維護成本，後 15 年維修費用每年為 925 萬元(設置費用 5%)，維護成本為 1 億 3,875 萬元，105 年度用電總量 268 萬度，電費 876 萬元，每年可以饋電 194 萬 5 千度，扣除太陽光電板發電效率逐年遞減(以 0.5%計算)，20 年賣電收入為 1 億 6,190 萬元，省下電費 1 億 7,520 萬元，收益為 1,335 萬元。

就上述分析可以發現，以委商設置後賣電給台電投資收益較佳，惟其初期建設之經費來源，且維護成本可能因天然災害而有所差異，較為無法掌握預算編列，另需派遣專員實施管理，對於現階段國軍人力不足部分可能會造成負擔等因素，此項目較不建

表二 太陽光電 20 年投資效益分析表

太陽光電 20 年投資效益分析表(以金陵營區為例) 單位：萬元						
設置方式	設置成本	維護成本	20 年租金	20 年用電省下金額	20 年賣電收入	20 年純收益
租賃予廠商	0	0	2,062	0	0	2,062
委商設置賣電給台電	18,500	13,875	0	0	41,244	8,869
委商設置後自用	18,500	13,875	0	17,520	16,190	1,335

資料來源：作者自行彙整。

議選用；另以租賃予廠商，每年獲取定額租金(回饋金)方式，雖然收益較自辦自管差，但每年可以有穩定之收入挹注國庫，且維管等都由廠商負擔，可以省下之人力亦可專注於戰訓本務，較符合國軍之效益；另外委商設置後自用，其效益為最低，且易受天候影響，故不建議實施。

四、小結：

依目前經濟部能源局政策指導，優先以各級機關之建築物屋頂，以標租方式來設置及執行太陽光電2年期推動計畫，國防部依此模式辦理營區土地及房建物屋頂設置綠電，設置後對國庫自然是一筆不小的收益，也為我們賴以維生的地球做好節能減碳工作。

結論

未來一定是逐漸朝向節能減碳的目標發展，運用自然力發電已是不可避免的趨勢，在民間已發展一段時間，相信不久的將來，會在軍方的土地及房建物上開啟綠電大門，進而朝減核之路前進，但設置後的維管、保養和太陽光電板於設置20年後的最終處置才是太陽能光電要面臨的核心問題。

參考文獻

中文書籍

1. 郭成聰，〈臺灣太陽能發展的現況、問題、解決方案或建議〉《核能研究所》，西元2014年。
2. 經濟部能源局，《太陽光電推動

政策簡報資料》(經濟部能源局，西元2016年11月30日)。

3. 郭成聰，〈臺灣太陽能發展的現況、問題、解決方案或建議〉《核能研究所》，西元2014年。
4. 〈研商配合行政院推動「太陽光電2年期推動計畫－中央公有屋頂與國有土地設置太陽能相關事宜」會議議程〉，檢索日期：西元2017年2月15日。

中文報刊：

1. 江睿智，〈政院推太陽能再釋農地種電〉《經濟日報》(台北)，西元2016年4月6日。
2. 汪文豪，林慧貞，〈二次農地沉淪錄專題〉《上下游》(台北)，西元2015年6月10日。
3. 吳家揚，〈太陽能面板發電夯固定收益另類投資解密〉《民報》，西元2015年10月19日。

網路引用：

1. 江睿智，政院推太陽能再釋農地種電，[http : //udn.com/news/story/7238/1610173](http://udn.com/news/story/7238/1610173)，檢索日期：西元2016年4月6日。
2. 汪文豪、林慧貞，二次農地沉淪錄專題，[http : //www.newsmarket.com.tw/land-factory/](http://www.newsmarket.com.tw/land-factory/)，檢索日期：西元2015年6月10日。