

我國地面型太陽光電的現況與挑戰

黃郁青

核能研究所 能源經濟及策略研究中心

2019/3

壹、前言

近年來政府積極推動再生能源的布建，以達成 2025 年再生能源發電量佔 20%之目標，其中地面型太陽光電規劃約 17GW，然而布建受到地理環境與氣候因素等自然條件的限制，以我國最常見的天然災害如地震及颱風為例，應會增加太陽光電運維成本，而且我國因地狹人稠，雖然能源局已盤點出二點五萬公頃土地，實際可以興建的場址相當不易選定，究其原因，由於太陽光電建置完成後必須併網，現有的饋線容量並不足以應付，因此必須進行擴建，相關的設施，例如：變電站、電塔和高壓電纜均為民眾排斥的鄰避設施，受到民眾的抗議，另外，太陽光電與濕地是否能共存，也引起生態團體關切與質疑。除了要兼顧場址與併網，太陽光電的躉購費率、不同廠牌互通整合以及我國颱風及地震等天然災害造成的損壞等因素也影響太陽光電的布建的期程。有鑑於此，本研究對於我國太陽光電的現況以及可能面對之挑戰，將進行盤點與說明，對於太陽光電併網後須面臨的問題，亦提出解決方案，以提供決策單位參考。

貳、國內太陽光電技術現況與挑戰

太陽能電池吸收太陽光，再轉化為直流電能，這個現象稱為光伏效應(photovoltaic effect)，太陽能電池共區分為四代，國內太陽能電池廠商主要為第一代太陽能電池，包括單晶矽、多晶矽等，目前市佔率最高且技術較為成熟，由於我國半導體產業相當發達，擁有完整半導體與面板生產供應鏈，能夠快速且積極布局太陽能電池產業，然而生產過程汙染，光電板無法回收再利用為其最大的缺點。第二代太陽能電池導入薄膜技術，使得材料成本降低，例如非晶矽(A-Si)及碲化鎘(CdTe)等，然而製程較不穩定以及某些材料具汙染性，因此國內尚未大規模生產，而第三代電池與前兩代電池差異較大，除了運用新穎的元件結構設計，來嘗試突破第一、二代太陽能電池物理限制外，也嘗試新材料的引進，如「有機物」和「化合物」等，使得製程簡化及效率提升，常見的技術包括：染料敏化太陽能電池(DSSC)、有機太陽能電池(OPV)、三五族材料高聚光型太陽能電池(HCPV)等。其中三五族材料高聚光型太陽能電池效率最高，主要材料是砷化鎵(GaAs)，透過多接面化合物半導體可吸收較寬廣之太陽光譜能量，搭配太陽光追蹤器，使得轉換效率大幅提升，而且廢棄物少，可單顆更換不良電池接受器，但缺點為製作成本較高及光線散射會影響效率。第四代太陽能電池使用複合薄膜材料，針對電池

吸收光的薄膜做出多層結構，國內較為少見。各類太陽能電池均有優缺點，詳如表一。

表一、國內太陽光電技術現況

種類		模組轉換效率		系統整體造價 (USD/W)		國內現況與挑戰
		目前	未來	目前	未來	
矽晶太陽能電池	單、多晶矽類	13%~15%	>24%	1.1~1.7	1.0~0.8	● 市佔率最高，且技術最為成熟 ● 必須面對中國低價競爭 ● 生產過程汙染，光電板無法回收再利用
薄膜太陽能電池	銅銦鎵硒(CIGS)、碲化鎘(CdTe)、非晶矽(A-Si)	6%~8%	>20%	1.8~2	1.0~0.8	● 利用薄膜製程降低電池製造成本，但壽命短、效率低為缺點 ● CIGS製程較不穩定 ● 鎘對環境汙染
陽能電池	染料敏化太陽能電池(DSSC)、有機太陽能電池(OPV)	8%~10%	>18%	>1.8	0.8~0.5	● 弱光效率佳、可撓性，可應用於BIPV及電子產品 ● 低碳、低耗能生產 ● 印刷製程開發不易、壽命短
陽能電池	三界面InGaP/GaAs/Ge高聚光型	35%~37%	>40%	4~3.5	3~2.5	● 追日系統、三五族化合物(效率高) ● 廢棄物少、可單顆更換電池接受器 ● 製作成本過高以及必須降低光線散射，且追日機構易受風災的破壞

資料來源:1.Set-Plan(2017) 2.WEC(2016)3.曹正熙(2016)4.洪慧芬(2017) 5.本研究整理

叁、太陽光電之困境與對策

國內常見的半導體材料的種類如本文第二節所述，其中第一代矽晶太陽能電池技術已經相當成熟，目前市占率最高，預估政府收購太陽光電併網發電將以此技術為主，雖然國內在生產供應鏈已經相當完整，然而真正的挑戰為太陽光電併網至電力系統的問題，太陽光電電廠所需設置的面積較大，大部分可以興建的地點並非在既有的輸配電網系統上，電力基礎工程較為不足，且電塔、變電所多為民眾排斥的鄰避設施，在工程建設相對耗時。因此能源局提出兩種策略因應，包括「以地找線」與「以線找地」雙管齊下並行，「以地

找線」是透過跨部會盤點尋找可用空間作為太陽光電施作地點，目前已清點出二點五萬公頃土地，包括地層下陷地區不利耕作、掩埋場等，再請台電做輸電線網等電力工程；「以線找地」是先尋著台電既有的輸配電網系統，集結附近可發展的場址，由於不需要大幅增加基礎建設，在時程上應該較快，但土地能否足夠施作大型的太陽光電系統則是另一大問題。除了場址、併網為首要突破的瓶頸，其他太陽光電建置初期面臨之困境還包括太陽光電躉購費率的訂定、大量太陽光電併網之衝擊、不同廠牌互通整合以及我國颱風及地震等天然災害損壞造成的影響等，本研究針對相關困境的說明與提出之解決方案，詳如表二。

表二、太陽光電建置初期面臨之困境與對策

面臨困境	簡要說明	解決方案
躉購費率落差	各類型太陽光電系統的平均期初設置成本與業者之期待有誤差。	建議躉購費率參考多家研究單位的數據進行比對，以制定合理且可負擔的費率。
饋線容量不足	設置地點偏遠不易饋線，市區新案饋線使電壓變動率超過台電3%限制。	台電將電壓變動率提高至法定5%，以及設置專區變電所、升壓站。
鄰避設施阻力	電塔、變電站和高壓電纜均為民眾排斥的鄰避設施。	政府主導成立電業公司，從前端申請裝置到後續維運、相關廢棄處理能標準化。
資訊整合不易	現行系統中不同廠牌發電技術的規格不同，無法進行整合。	建立整合不同廠牌互通模式，克服各家自訂規格、資訊無法互相傳輸的問題。
大量併網衝擊	太陽光電的間歇性、不易預測性是電力調度的最大挑戰。	準確的發電量預測、再生能源電廠升降載率限制、儲能系統、動態監控。
場址選定不易	能源局已盤點出二點五萬公頃土地，但後續不易興建電塔、變電所。	政府獎勵裝設高效率模組，可有效降低興建面積。
天然災害損壞	亞洲地區特有地震、颱風的天氣型態造成太陽能板及其支架毀損。	提高設計安全係數，並合理反應成本。
遮蔽率落差大	初期農地未規定，後續增加遮蔽率四〇%之規定，造成業者損失。	仿效日本變動調整，依各地區農業收成狀況、模組發電情形，適度調整遮光率。

資料來源：1.台電月刊(2018) 2.黃孔良(2018) 3.吳進忠(2018) 4.本研究整理

肆、結論與建議

本研究盤點國內常見的太陽能電池，其中仍以矽晶太陽能電池市佔率最高且技術較為成熟，而且我國半導體產業擁有相關完整的生產供應鏈，能夠快速且積極布局，然而目前太陽光電發電廠以場址選定與併網的問題為首要突破的瓶頸，除此之外，本研究另外整理其他面臨的困境，包括：國內太陽光電的躉購費率、不同廠牌互通整合、我國颱風及地震等天然災害損壞造成的影響等困境，並提出解決方案供決策單位參考。本研究可以清楚的了解國內太陽光電的技術發展現況並釐清可能面臨的障礙，透過本研究的評估，提出以下建議供決策單位參考：

- 一、 隨著太陽光電模組效率的提升，使用高效能模組可以有效降低場址不足的困境，雖然目前仍有躉購時數訂定過高而造成政府財務支出增加的考量，隨著模組效率逐年提升，建議可適度調高躉購時數，以提高投資者裝設太陽能板的誘因。
- 二、 太陽光電佔地面積較大，且廠址的選定相當不易，因此建議政府應投入更多研發經費在高效率模組技術，以第三代太陽能電池為例，有機太陽能電池(OPV)的弱光效率佳且具可撓性，可應用於建築整合太陽能(BIPV)；高聚光型(HCPV)模組效率高，可減少占地面積並提高發電量，然而仍有製作成本較高、必須降低散射以及追日機構易受颱風破壞等問題待克服。

三、 太陽光電併網之設備如電塔，變電站和高壓電纜均為民眾排斥的鄰避設施，且除役後的廢棄物不易處理，建議各縣市政府可參考雲林縣政府的作法，籌設成立電業公司，從前端申請裝置到後續維運、相關廢棄處理能標準化，才能縮短建置的時間與降低衝擊。

四、 為降低 PV 發電之間歇性與不確定性，需要搭配儲能系統的建置，以提高電力系統的調度能力並降低併網的衝擊，目前儲能系統以抽蓄水力較為便宜，然而工期約 10 年，難以在 2025 年前完工，建議應同步規劃化學儲能之建置。

參考資料

1. 台電月刊 672 期，頁 10-15，2018。
2. 吳進忠，再生能源併聯運轉對電力調度的挑戰與機會，2018。
3. 洪慧芬，聚光型太陽能技術發展現況與未來展望，2017。
4. 曹正熙，有機太陽光電(OPV)技術，2016。
5. 黃孔良，再生能源需要大量土地面積 臺灣是否適合發展再生能源，2018。
6. WEC(2016), World Energy Resources Solar, World Energy Council , London, England.
7. EU(2016), Set plan PV Implementation plan, European Technology and Innovation Platform.