



淺談海上型太陽光電系統的技術挑戰

謝建俊/ 工研院 綠能所 太陽光電技術組, 副工程師

隨著全球氣候變遷與節能減碳的議題逐漸受到國際重視，再生能源之中的太陽光電技術已成為全球科技發展的重點，但大型太陽能電廠需要大面積土地支應，而多數島嶼型國家如：台灣、日本、新加坡、韓國、菲律賓等，則因土地面積不足使太陽光電裝置量成長受到限制。為此，各國結合湖泊、潟湖、水壩、灌溉池塘、廢水處理廠與養魚場等既有資源整合浮動型太陽光電系統已成為太陽光電市場成長的新動能。

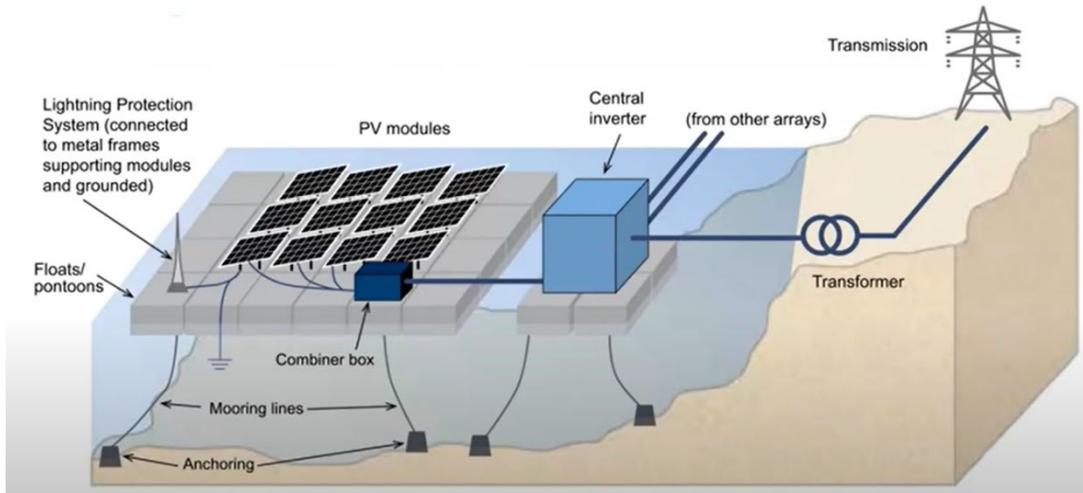
2007年第一座浮動型太陽光電安裝於日本地區，法國、義大利、南韓、西班牙、美國、印度、台灣與中國也相繼投入浮動型電廠建置。早期浮動型光電結合原有水力發電的饋線，提升整體水壩的發電效率(淡水生態系)。近期發展利用離岸風力的原有饋線，透過太陽光電與風電同時競標(海水生態系)，以降低平均發電成本，同時達成各國的再生能源目標。

台灣屬海島型國家，地狹人稠，政府採取「逐步發展、先屋頂後地面」的推動策略，並預計2025年達到20 GW的設置目標。政府目前考慮以嚴重地層下陷區、水庫及濱海地區為優先許可設置區域，以達到土地充分利用及綠能應用之雙重功效。

隨著太陽光電系統建置於水面與濱海區等嚴苛環境，對太陽光電系統可靠度影響甚遠，最著名的案例是2013年澎湖的低碳島專案計畫，太陽能系統支架不堪鹽害腐蝕，撐不到5年就損壞，遠遠低於太陽光電模組保障發電20年期限，可知目前國內業者對嚴苛環境建置系統經驗不足。本文將收集國內外報導中海上型太陽光電系統的問題與分析，進一步給予建議方向。

一、海上型太陽光電系統設計多元，產品百家爭鳴

(一) 依據National University of Singapore (NUS)的Solar Energy Research Institute of Singapore (SERIS)提出的典型大面積浮動型太陽光電示意圖如下圖一。從環境條件、PV技術、浮台技術、變流器選擇、直流/交流箱設計、電纜設計等等都需要多方考量。



圖一、典型大面積浮動太陽光電示意圖

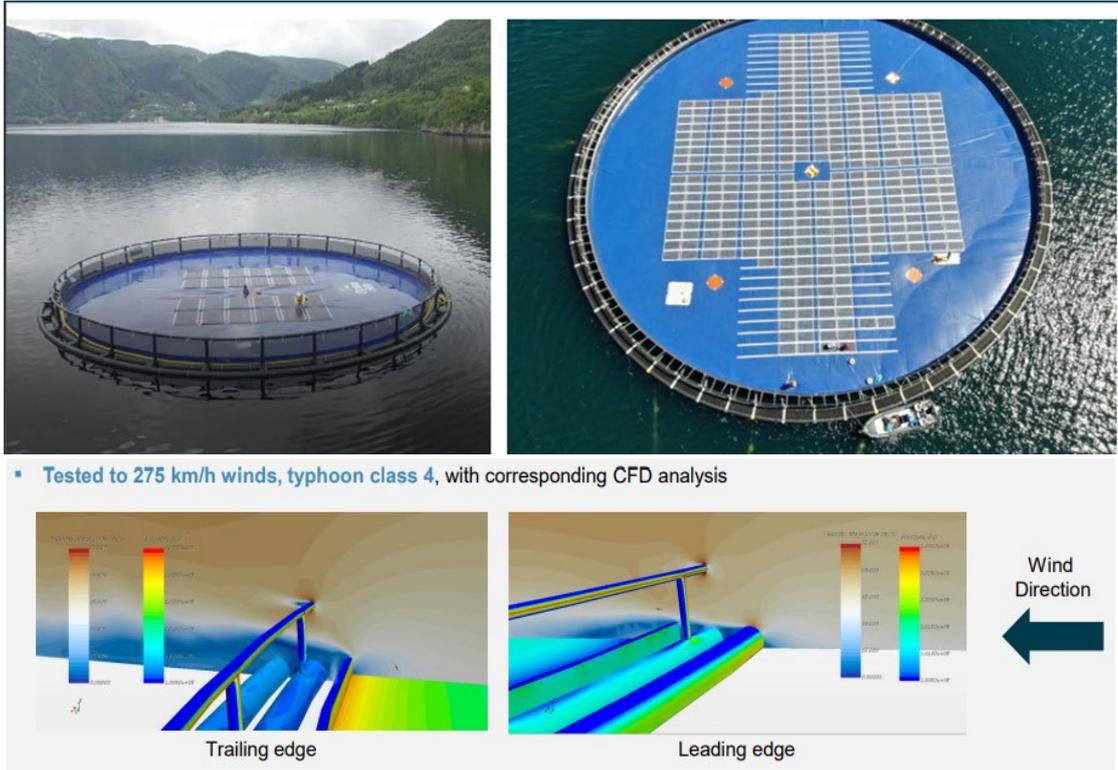
※Source：Solar Energy Research Institute of Singapore (SERIS) at NUS.

(二) Ciel & Terre產品：以浮台來支撐太陽光電系統，以夾具或固定件方式固定PV發電設備，系統架構如下圖二所示。



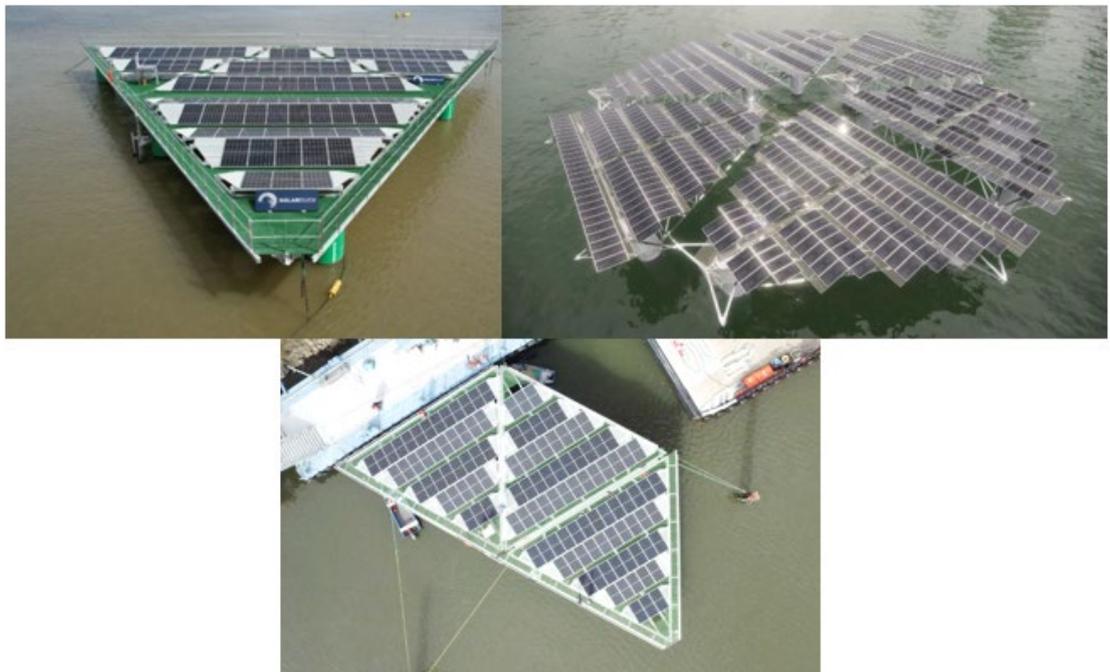
圖二、Ciel & Terre浮動太陽光電示意圖

(三) Ocean Sun產品：將PV發電設備接到額外的可支撐的強化膜片中，例如提供浮力支撐的管狀環，再利用抽水馬達將流入強化膜中的水抽出，系統架構如下圖三所示。



圖三、Ocean Sun浮動太陽光電示意圖

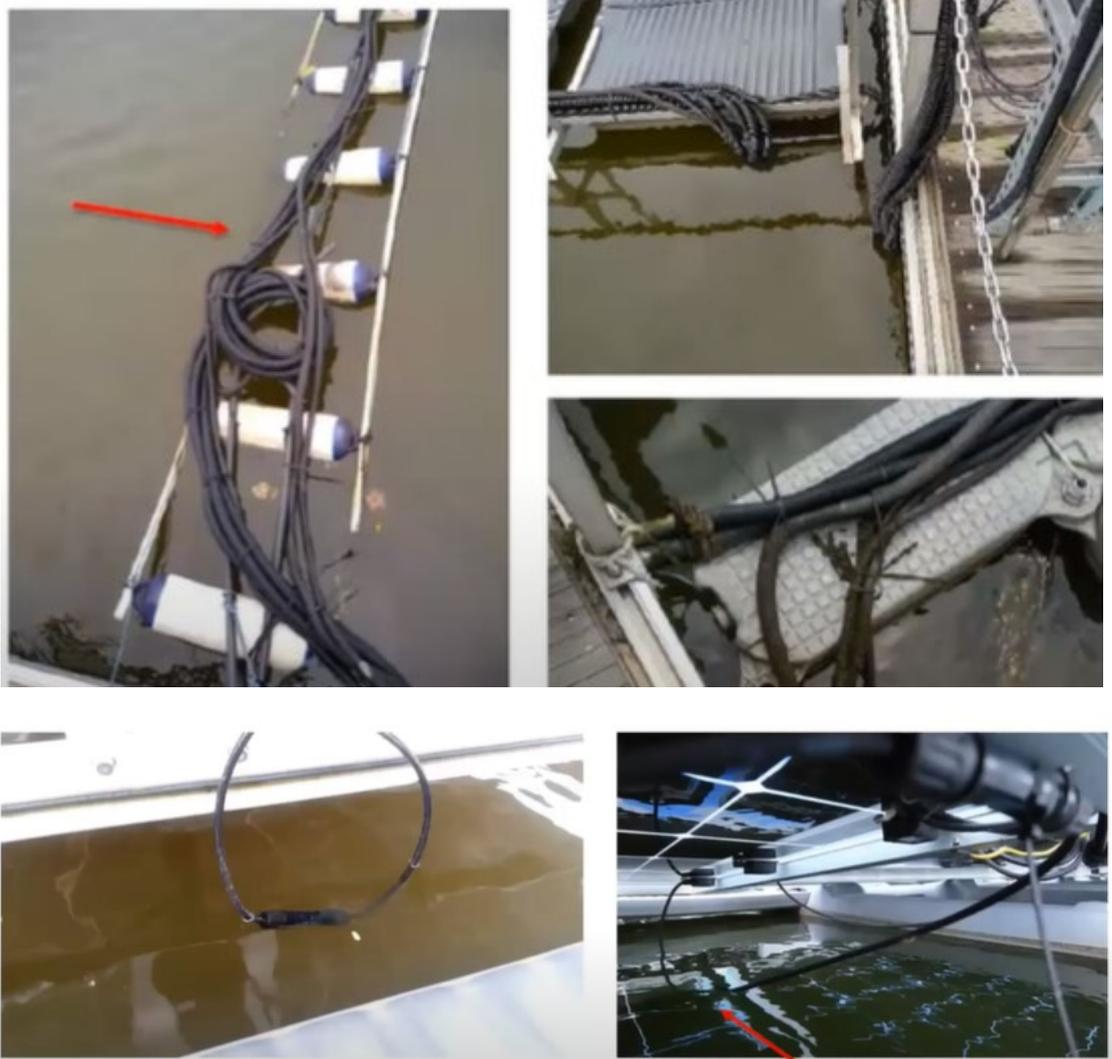
(四) Solar Duck產品：以浮台來支撐太陽光電系統，結構可以承載多個太陽光電模組，同時可以支撐線纜、直流箱與變流器，系統架構如下圖四所示。



圖四、Solar Duck浮動太陽光電示意圖

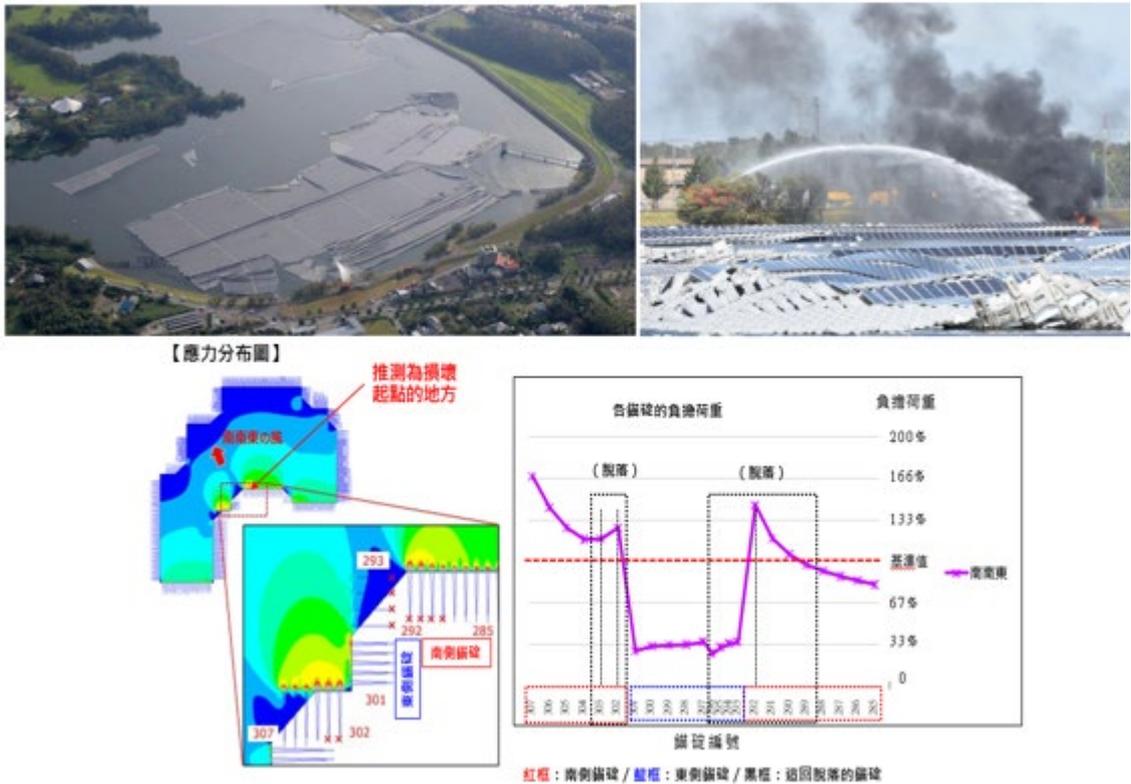
二、海上型太陽光電系統的技術與挑戰

- (一) 當浮動型太陽光電系統設計不良時，比如電纜沒有好的固定方式，電纜與連接器有可能泡在水中，如圖五所示，長期系統將發生問題。



圖五、浮動型太陽光電系統電纜固定設計不良情形

- (二) 當浮動型太陽光電系統設計不良時，比如抽水馬達發生故障時，系統無法順利將水排出，系統有可能沉入海中。
- (三) 當浮動型太陽光電系統設計不良時，比如錨定裝置無法承受強風或強浪時，將會造成錨定裝置脫離、浮台捲起等問題。例如2019年9月9日第15號颱風來襲，位於日本千葉山倉大壩，全日本最大的水上型太陽光電發電廠發生了火災事故，因為強風造成，整體一裂為三。錨定脫離、浮台捲起，如圖六所示。



圖六、日本千葉山倉大壩火災事故

(四) 當浮動型太陽光電系統施工品質不良時，比如水底泥與樹枝無事前整頓，當退潮時，有可能浮台會緊貼在泥灘地上或被樹枝刺穿，如圖七所示。



圖七、浮動型太陽光電系統在退潮時有可能緊貼泥灘地

(五) 當浮動型太陽光電系統施工品質不良時，比如電纜串接接錯，或連接器沒裝好，線纜長期會有腐蝕老化或電弧效應問題，將有可能產生火災，如圖八所示。



圖八、浮動型太陽光電系統線纜長期會有腐蝕老化或電弧效應問題，將有可能產生火災

三、海上型太陽光電系統的設計、施工與運維建議

- (一) 台灣北回歸線以北為副熱帶季風氣候，以南為熱帶季風氣候，長期氣旋對流旺盛，腐蝕行為加劇，設計系統時需考量耐腐蝕組件材料。
- (二) 台灣長期有颱風與潮流變化大，系統設計需考量錨定裝置。
- (三) 海上光電系統若裝置量過大，猶如冰山的外形，需有明顯標示，避免船隻發生碰撞。
- (四) 若施工場地的水底泥與樹枝過多，則需要安排事前整頓，避免退潮浮台緊貼在泥灘地上或被樹枝刺穿。
- (五) 現場施工廠商需要行前說明與施工教育訓練，避免施工中發生意外、電纜錯接或浮台被強風吹翻等問題。
- (六) 現場施工廠商製作直流用連接器，應採用與太陽能模組連接器之相同廠牌與型號。
- (七) 海鷗、沙鴨與候鳥有可能在這溫度較高的海上光電系統棲息築巢，有可能有鳥糞遮陰系統的問題，需要增加運維頻率。
- (八) 現場運維檢查項目應包含接地系統、接地連續性檢查。
- (九) 現場運維檢查採用熱影像定期巡檢找出熱異常處，如發現有過熱處，則檢查確認是否電阻過大，並且進行更換與維護。