

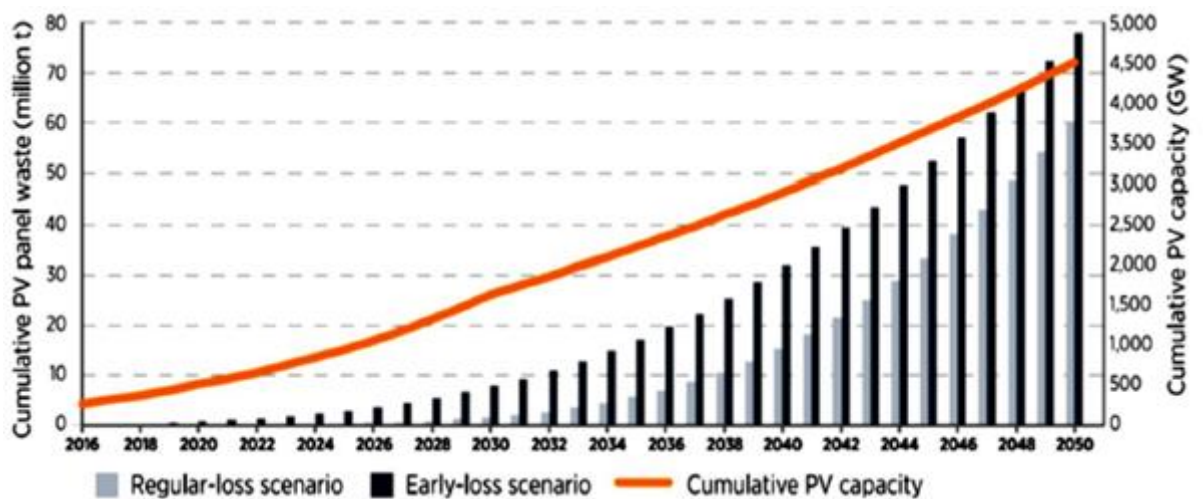
太陽光電模組回收技術概述

吳曜杉博士 / 工研院 綠能所 太陽光電技術組，研究員

太陽光電模組裝置量由2014年的175 GW，預估到了2030年和2050年時，將分別到達1,632和4,512 GW，雖然太陽電池模組的使用年限約20 – 25年，但終有廢棄的一天，目前已有少數早期裝置的太陽電池模組達到使用年限，隨著後續裝置量的急劇提升，未來將衍生更嚴重的廢棄太陽光電模組處理問題，因此模組回收技術的發展愈顯重要。

一、前言

可再生能源是確保讓自然界能永續發展的替代能源，而其中太陽能是重要目標之一，因此世界各國無不推廣裝置太陽光電模組，其裝置量由2014年的175 GW，預估到了2030年和2050年時，將分別到達1,632和4,512 GW。由於太陽電池模組的使用年限約20 – 25年，因此在2030年時，預估的早期損失和正常損失的廢棄太陽光電模組分別為約800萬噸和170萬噸，而到了2050年時，將到達7,800萬噸和6,000萬噸(如圖一)，如不適當處理，這些廢棄的太陽光電模組將造成很大的環境災難。



資料來源：IRENA/IEA PVPS Task12, End-of-Life Management: Solar Photovoltaic Panels (2016)

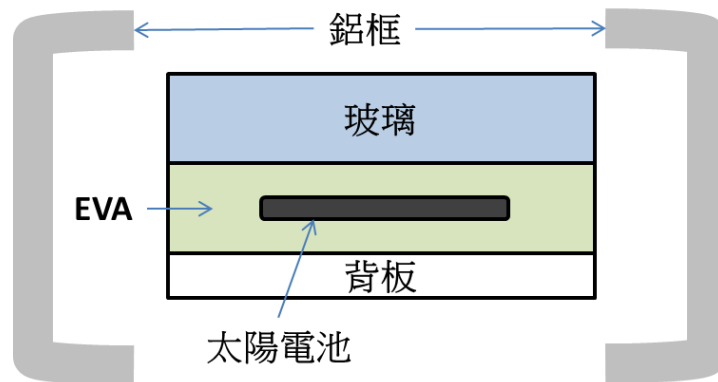
圖一、預估累積廢棄量

模式一：早期損失(Early-loss scenario，深灰色長條)

模式二：正常損失(Regular-loss Scenario，灰條長條)

二、太陽光電模組構造說明

在講述太陽光電模組的回收方式之前，需先了解太陽光電模組的組成(如圖二)：



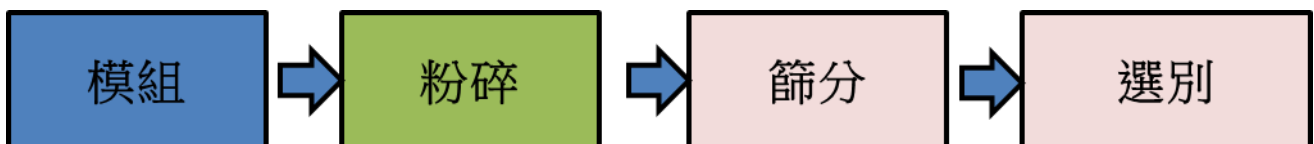
圖二、太陽光電模組結構

太陽光電模組是由玻璃/EVA/太陽電池/EVA/背板組成的三明治結構，外側再以鋁框加固，增加其結構強化，最後在模組背面裝上接線盒(未畫出)，以方便電流導出。其中EVA(Ethylene Vinyl Acetate，乙烯/醋酸乙烯酯共聚物)是將玻璃、太陽電池和背板黏合的材料，由於EVA的耐候性佳，因此可以提供太陽光電模組長達20年的使用壽命，而也因此回收時，EVA成了難以處理的材料之一。

三、太陽光電模組回收技術說明

廢棄太陽光電模組的回收流程通常都會先將鋁框和接線盒去除，接著依回收的方式，大約分成粉碎法、溶液法、熱處理法和熱刀法，以下將依序分別介紹：

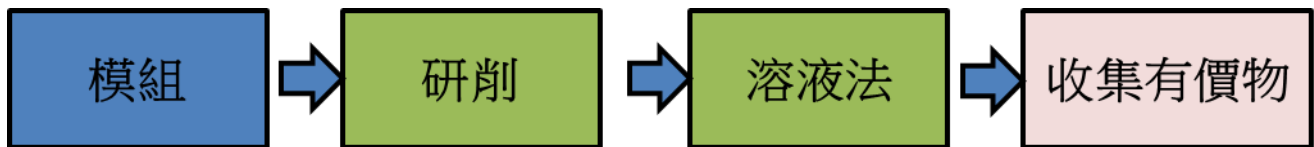
1. 粉碎法：



粉碎法的流程如上圖所示，主要就是直接將模組(玻璃/EVA/電池/EVA/背板)進行粉碎，粉碎的方式有滾輪、錘式、離心式風力等，接著將粉碎的部分依不同顆粒大小進行篩分，最後依顏色或密度進行選別，顏色選別可以依透明度分出玻璃和金屬，而密度可以依大小分出無機物(玻璃、金屬、矽等)和有機物(EVA、背板等)。粉碎法的設

備投資較少，但處理後因為 EVA 仍會附著於玻璃、太陽電池上，所以回收後的資源物售價較低。

2. 溶液法：



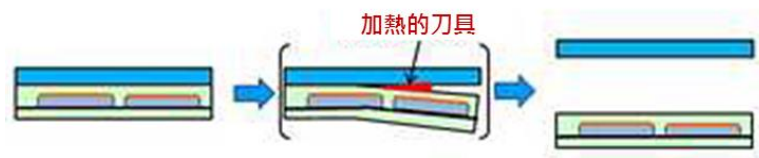
溶劑法的簡易流程如上圖所示，主要是將玻璃和背板研削之後，剩餘的部分 (EVA/電池/EVA) 利用溶液法將 EVA 溶解或使其黏度降低(通常是使其溶解)，溶劑的選擇有酸、鹼和有機溶劑等，待 EVA 去除後，就可以收集電池片。溶液法的主要問題是使用化學溶液處理 EVA，處理完模組後，需要多一程序處理廢棄溶液，雖然可以利用過濾、離心或蒸餾等回收再使用，但額外付出的時間或能源將造成處理成本的提高。

3. 熱處理法：



進行熱處理法前通常需要去除太陽光電模組的背板，因為目前大部分的背板由含氟高分子組成，而含氟的高分子在熱處理過程中可能產生危害生物和環境的物質；去除背板的剩餘部分(玻璃/EVA/電池/EVA)就可置入熱處理爐中將 EVA 熱分解，EVA 分解後再分別收集玻璃和電池片。熱處理法是利用熱能裂解或燃燒太陽光電模組中的 EVA，而 EVA 被熱分解後可能會產生有機物廢氣、酸氣或戴奧辛等，且太陽電池模組中的金屬成份可能也會因高溫被排出，因此後續的尾氣處理相當重要。

4. 熱刀法：



熱刀法為日本公司 NPC 的專利技術，是利用加熱的刀具將玻璃和 EVA/電池片/EVA 切開，是一種可以回收完整玻璃的技術，而剩餘的 EVA/電池/EVA 可以使用溶液法等進行處理。雖然熱刀法可以回收完整的玻璃，但刀具的使用壽命、處理速度等是這個技術的關鍵，而另一問題是完整的玻璃是否有其回收價值。

四、結論

我國雖於2000年時才投入太陽能產業，但近年來政府陸續推出「陽光屋頂百萬座」、「太陽光電2年推動計畫」和「綠能屋頂全民參與」等政策，預計2025年時太陽光電累積目標設置量將達20GW。而早期安裝的太陽光電模組預估將在2023年時有1萬噸的廢棄物產生，到了2030年即有7萬噸，2036年突破10萬噸，2045年將達18萬噸。政府未雨綢繆，於近期開徵太陽光電模組回收費，期盼廢棄太陽電池模組能依正常管道回收處理，而不是隨意丟棄，以上介紹的幾種回收技術都有其優缺點，而當然處理費越低、回收資源物售價越高，太陽光電模組回收產業才能與太陽光電產業一起永續經營、發展。

五、參考資料

1. 「太陽光發電リサイクル技術開発プロジェクト」(2016).