

以褐藻光合葉綠素製造太陽能電池之趨勢

易琮凱、蔡慧君

水產試驗所水產加工組

前言

綠色能源是近年來的新興產業，深受各界矚目。傳統太陽能板因使用空間有限，製備成本高，在發展上有其侷限性，且其所用的塗佈染劑在鍍膜過程中會對環境帶來負擔，故以天然染料發展太陽能電池的想法乃因應而生。

藻類的生長不需利用陸上的農業用地也不爭搶水資源，且與陸地植物的光合接受體 - 葉綠素 *a* 與葉綠素 *b* 相較，藻類所蘊含的葉綠素 *c* 具有更廣泛的光能波長利用區間與更高的可見光收集率，其中又以褐藻優於綠藻和紅藻。

染料敏化太陽能電池 (Dye Sensitized Solar Cell, DSSC)

第一代太陽能電池為矽晶太陽能電池，具有高轉換率是目前主流，但其成本高且生產耗能，因而發展出第二代的矽薄膜太陽能電池與化合物半導體薄膜太陽能電池，但卻都有轉換效率低的缺點。染料太陽能電池則是第三代太陽能電池，目前仍在概念研發階段，最早是由 Tsubomura et al. 於 1976 年提出，期間經過多次的改革，其概念係以多孔隙的半導體來塗布光敏染劑，然而具有多孔隙與吸附性質的半導體材料僅有二氧化矽與

二氧化鈦，若考量到成本，則常以二氧化鈦來作為半導體介質。光敏染劑透光性佳，太陽能電池得以使用兩面透光的夾層來包覆光敏染料並搭配半導體進行感電，以其透明結構達光能利用的最大化，利用此特點可使其容易應用於現代高樓的玻璃帷幕，甚至適用於室內燈光進行充能，但其缺點是所使用之光敏染料成本非常高，同時因目前全球供應量不足，導致每公克光敏染料價格超過萬元。

利用褐藻製備太陽能電池

鑒於化學合成之光敏染料成本昂貴，使用天然的光合色素作為染料已成為趨勢，其中又以褐藻的光合色素最具競爭力。藻類具有生長快速且不佔用土地的優勢，可降低原料成本。藻類中，使用綠藻產生的最大電流通量為 0.397 mA/cm^2 ，而褐藻可達 0.690 mA/cm^2 ；以褐藻作為光敏染料的 DSSC 與使用化學合成染料的 DSSC 相較，效能提升約 12%。

褐藻光敏染料的製備係以 90% 丙酮萃取磨碎之褐藻，冷凍乾燥後再以乙醇復溶保存。兩面透光夾層的導電玻璃則使用耐高溫的摻氟氧化錫 ($\text{SnO}_2:\text{F}$, FTO) 來製作，在玻璃上分別塗布一層二氧化鈦 (TiO_2) 與鉑來作為陽極與陰極，其中二氧化鈦層只能吸收紫外線波段的光，所以再利用褐藻光敏染料

來作為光吸收介質，也就是光敏劑，以吸收可見光。因此製備時需要將陽極二氧化鈦浸於光敏染料中吸附染劑後再於兩片夾層中密封 I^-/I_3^- 電解液，並以熱熔墊圈真空密封，形成 DSSC。電池經測試後，顯示褐藻光敏染料於波長 680 nm 具有明顯吸光性 (圖 1)，吸收光能後可促進溶液中 TiO_2 進行連鎖光敏反應以蓄積太陽能。故電池之作用機制是當光線照在染料敏化電池時，染料會吸收光線並將能量傳遞給二氧化鈦，使其能階由基態躍遷至激發態，吸收光譜向右偏移至可見光區並釋放出電子，之後電子從二氧化鈦流經導電玻璃至外部負載，而電解液會將電子補充給染劑，同時外部電子經鉑電極流回電池維持平衡，使反應重複 (圖 2)。

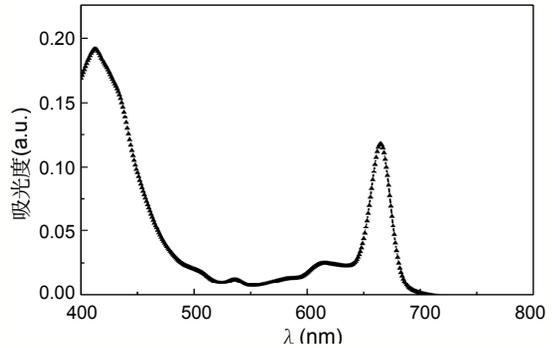


圖 1 溶液中之褐藻葉綠素吸光譜 (Calogero, et al., 2014)

的概念，綠色能源的開發勢在必行，而 DSSC 在太陽能發展利用上是屬於技術門檻最低且價格不高的一種，而且採光也沒有角度限制。未來 DSSC 的應用可隨著投入開發廠商的增加而降低成本，預見將可在市場占有一席之地。藻類已廣泛用於食品、醫藥與保健食品等諸多領域，而 DSSC 的發展，再度為藻類開啟另一個新的應用範疇，相信未來有關海藻的多元利用與創新研發仍有無限可能與嶄新面向等待我們更進一步的探索。

結語

人類對能源的需求永無止盡，而非再生的石化資源總有耗竭之時，為因應永續發展

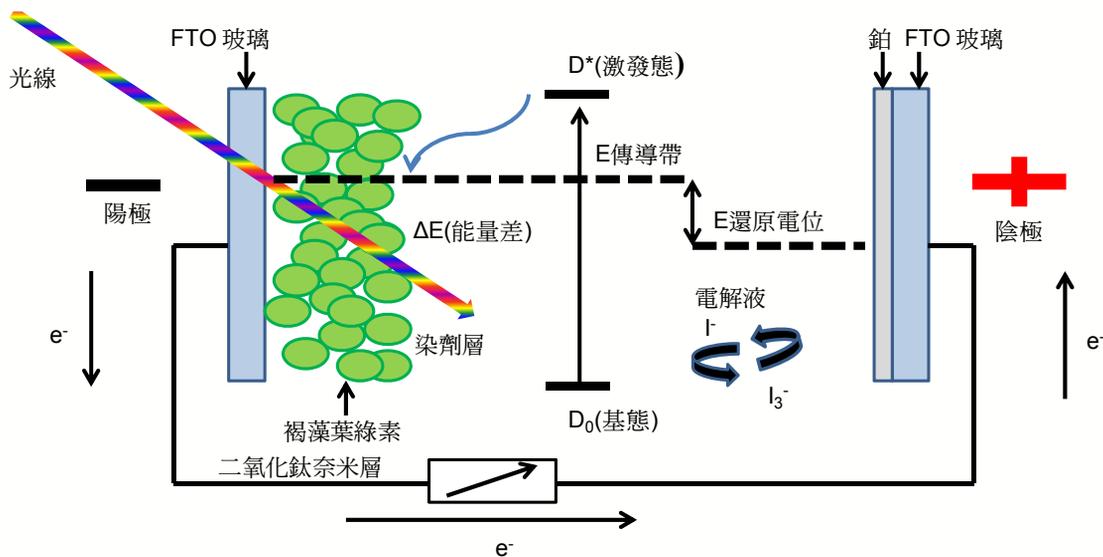


圖 2 染料敏化太陽能電池之示意圖 (修改自 Calogero et al., 2014)