

## 綠色化學教育類

## 衛子健 教授

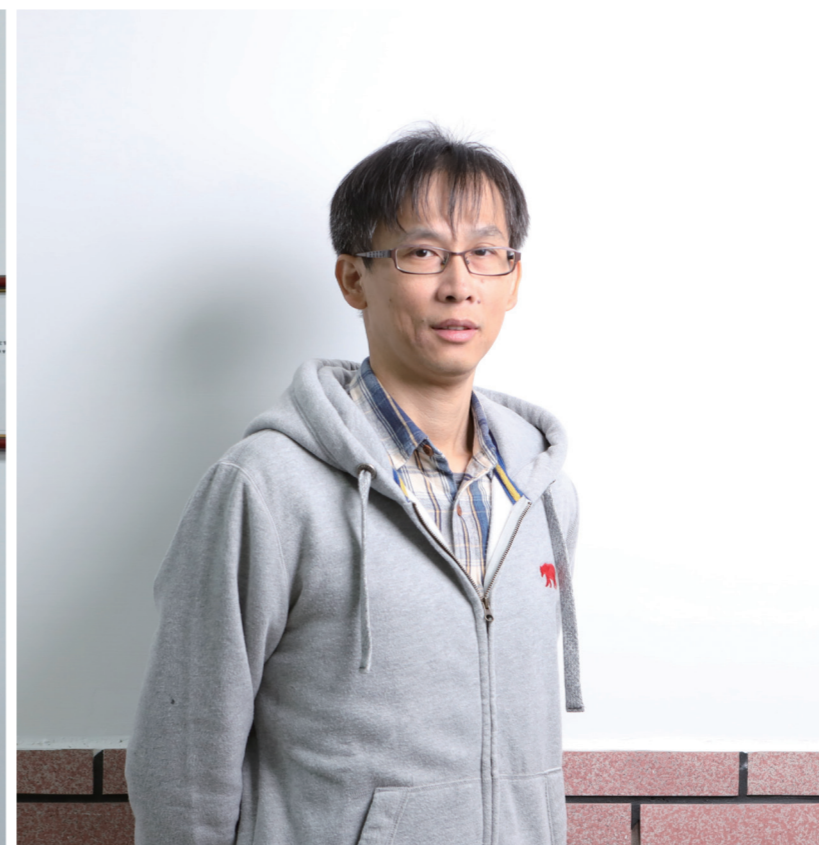
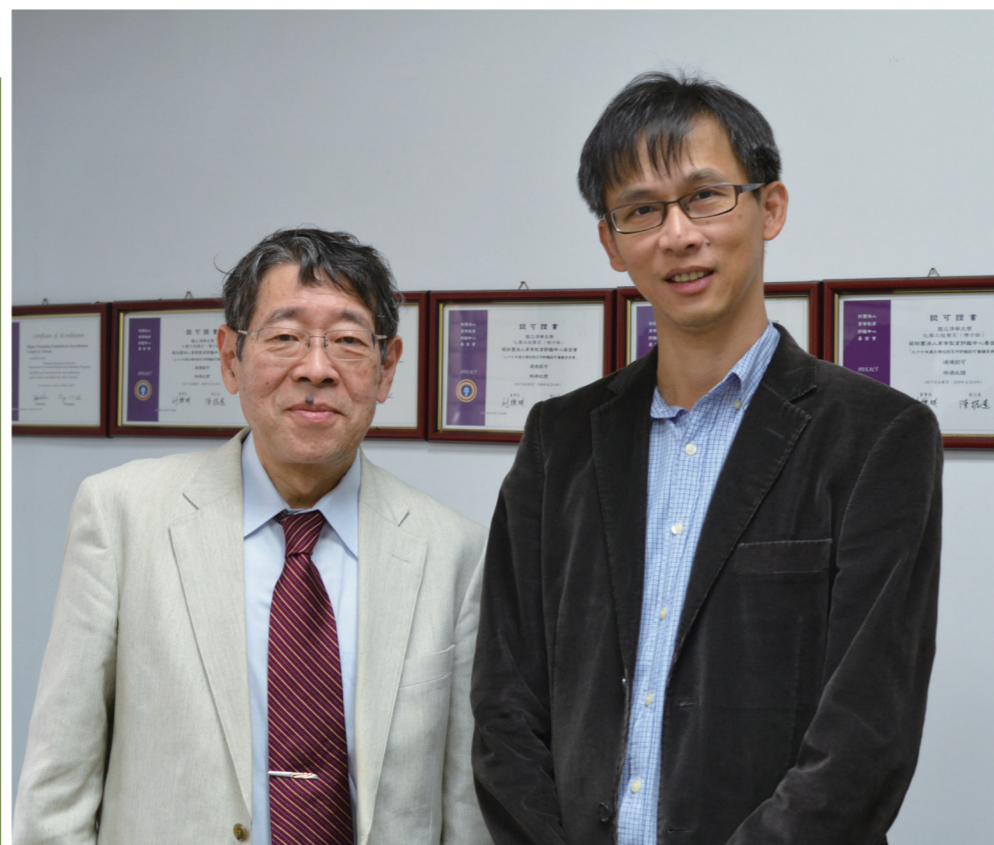
國立清華大學化學工程系

文 / 王盈雅

鈣鈦礦太陽電池 (perovskite solar cell, PSC) 目前是新興太陽能電池技術的主要方向，然而在轉換過程中所需要使用的溶劑卻對人體有害。為了不讓研發人員身處於有機溶劑的風險中，衛子健所帶領的團隊研發出硝酸鉛水溶液取代碘化鉛 + 二甲基甲醯胺 (Dimethylformamide, DMF) 溶液，成就自己所信仰的綠色化學理念。

### 研發硝酸鉛水溶液 為鈣鈦礦太陽電池另闢環保新徑

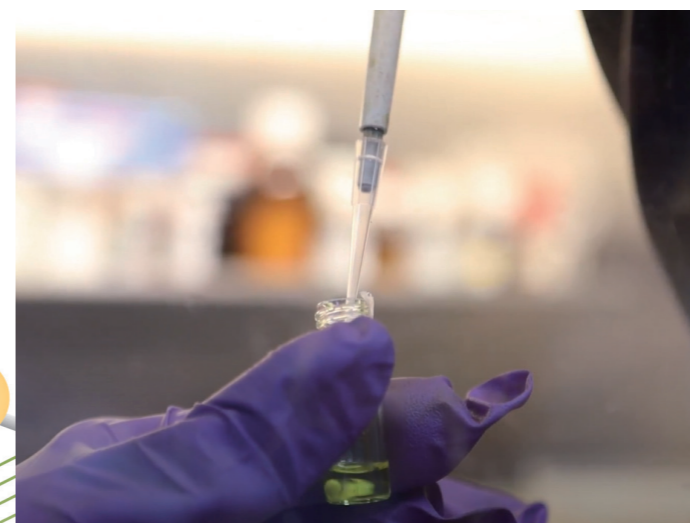
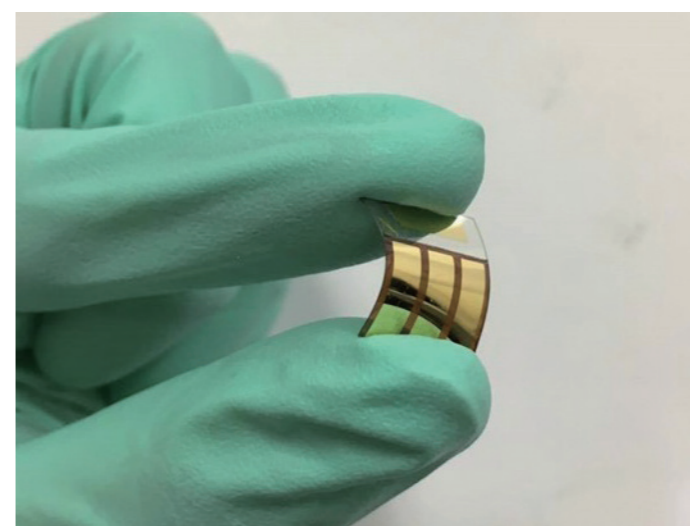
為了避免地球能源耗盡，再生能源的研發與運用近年來成為顯學，然而在「美麗」的潔淨能源研發背後，仍有著研發過程中是否會產生更多污染的「哀愁」，因此並非所有人都能完全接受再生能源的研發。第2屆綠色化學應用及創新獎綠色化學教育類得主之一衛子健，浸淫化學工程領域多年，對於再生能源的研發仍是持肯定態度。



### 太陽能唾手可得 電池製程污染難免

多數人通常搞不清楚「化學工程」與「化學」的區別，衛子健說明「化學工程的重點是工程，聽起來很生硬，但我們的生活所用其實都與工程有關。」他舉例說明，所謂的「工程」指的就是所有事物的製造程序，大至台積電的半導體製程小到一片雞排的製作過程，其中的步驟如何進行才有效率，品質又該如何保持，都屬於「工程」。從小就對「為什麼這個東西要這樣做？又是怎麼做的？」非常有興趣，衛子健走入化學工程領域似乎理所當然。

何謂「綠色化學」？衛子健的解釋極為簡單易懂：「1公斤的原料所做出來的東西，要接近1公斤。」意思就是，如果最後成品過於精煉，就代表研發製作的過程中浪費了許多原料，這些原料就可能成為污染源。以其研究重點太陽能電池而言，衛子健認為，太陽能是宇宙中最唾手可得的能源，太陽能發電的原理是「光電效應」，簡單來說就是物體吸收太陽光之後會放出電子，收集這些電子就可以發電，太陽光對宇宙萬物是一視同仁，而且免費，因此研發太陽能電池做為乾淨能源是必然的結果，然而過程中卻必須使用多種化學藥物而可能造成多種污染，卻也無法否認。



### 減少有機溶劑使用 保護研發團員健康

除此之外，雖然太陽光可說是「福澤廣被」，卻又受限於地域，並且非常不穩定，因此太陽能發電成本偏高，無法與傳統能源發電相比，而拿來儲能的太陽能板可能需要五年的時間，才能收集到相當於當時製作過程中所耗費的電力，除役回收時也需要其他能源加工，成效受到不少質疑，這也是鈣鈦礦太陽電池興起的契機。

傳統太陽能電池的半導體材料是矽晶，但製作工序繁瑣，鈣鈦礦太陽電池則是以溶液塗佈薄膜的形式製作，不需要太過高溫與真空的環境，一般環境都能製作，比如可以塗布在塑膠、玻璃與一般建材上，甚至可以做成隨身電源，成本降低許多，近年來的轉換效率也已經能與矽太陽能電池相比。但衛子健卻注意到一個一般研究人員鮮少注意到的問題：有毒溶劑二甲基甲醯胺的使用。

DMF 是環保署公告的列管毒化物，可能致癌，甚至可能造成新生兒缺陷。衛子健身為研發團隊的主導者，有多位研究生跟隨他做研究，然而在追求 PSC 高效率轉換的實驗過程中，有 99% 的原料都會被旋出，其中當然也包括有毒溶劑 DMF，長時間接觸下，可能會對身體健康造成傷害，這讓衛子健非常在意。因此他決定摒棄碘化鉛 + DMF 製程，獨自開發硝酸鉛水溶液取代，將 DMF 的使用量歸零，此計畫堅持一年後，也在國際學術期刊上發表相關成果，獲得極大肯定。

目前衛子健團隊是世界上唯一能使用水溶液製程製作高效率 PS (>18%) 的研究團隊，其餘歐美團隊雖也開始追尋其腳步，研究成果仍無法與之比擬。身為研究者與教育工作者，衛子健語重心長表示，臺灣地狹人稠，能夠置放大量太陽能面板的地方並不多，且成本很高，比如現在以太陽能發電最多的德國與日本，電費其實非常高，一般民眾恐怕無法負荷。但是持續研發對環境無害的製程，除了追求高性能，更該從源頭開始盡量降低或甚至完全不要使用有毒物質，也能同時減廢及回收再利用等符合綠色化學的理念，仍是研究者應該堅持的目標，更希望永續傳承世世代代，才能保有值得期待的未來。