

核能？太陽能？

文・圖／林清富



太陽能發電廠。

<http://en.wikipedia.org/wiki/File:SolarPowerPlantSerpa.jpg>

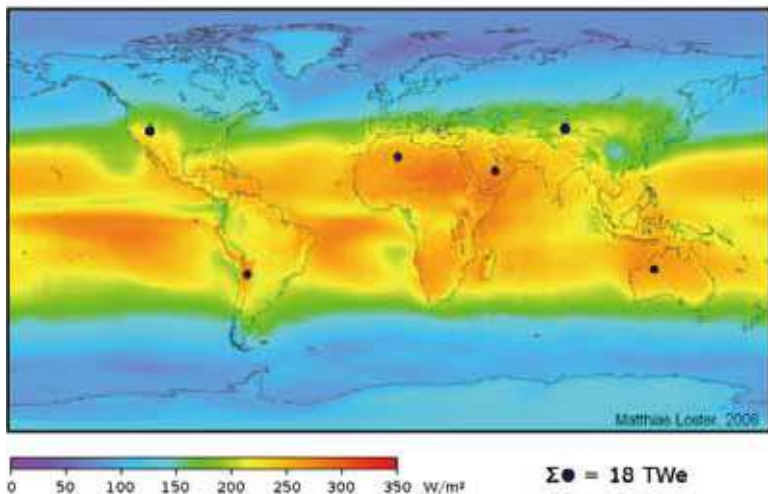
近年來油價飆升，全球都對替代能源相當重視，但臺灣卻甚少討論能源政策。最近因為日本地震引起核能電廠輻射外洩，且搭上2012年總統競選，終於讓候選人以及國人較為重視能源政策。

所有替代能源可以分為兩大類，由太陽來的和非由太陽來的能源。風力、潮汐、洋流、水力、生質能、太陽熱電機組和太陽能電池等都是由太陽而來，只是前5者是間接由太陽能而來，而後2者是直接由陽光產生電。非由太陽來的能源有兩大項，地熱和核能；地熱能供應的發電量極有限，因此過去大多以開發核能為主。在美國三哩島及蘇聯車諾比核災後到日本福島核災前，20多年間沒有核能事故，因此逐漸贏得大家對核能安

全的信賴。但9級大地震兼海嘯對日本核電廠的損害，已經數週，至今仍未能做好善後，核污染還在擴散當中，叫世人不得不擔心核能安全。

核能不安全，替代能源又勢在必行，從太陽而來的能源應該是最為可靠。太陽每天供應給地球的能量，以功率計為17萬4千兆瓦，比全球人類每日的需求量16兆瓦高出一萬倍以上，因此不虞匱乏。而且太陽能沒有污染，以及臺灣地處熱帶到亞熱帶，陽光充足，我們沒有道理放棄上帝或上天賜給臺灣這麼好的禮物。有人認為使用間接從太陽來的能源，不如直接從太陽而來，不過最關鍵的應是成本和可靠度。

目前石油發電的成本約為每瓦5角美金，所以替代能源應該朝此低成本的方向邁進。風力是



全球平均日照強度可轉換為電力之分布圖，黑色區域表示可供應該地區之能源需求之太陽光照面積。與整個面積相比，黑色區域只是極小的比例，不到全部面積之千分之一。此圖顯示，大部分地區，其日照強度可轉換為電力超過150 W/m。
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Solar_land_area.png



太陽能發電廠。
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/45/Giant_photovoltaic_array.jpg

目前建製成本最低的，臺灣具有穩定風場的地方應該值得設立，而風力發電所應用的技術不難，以臺灣的製造技術應該不成問題，如果朝向生產給全球使用之風力發電機組努力，則不止使用的機組成本可降低，還能成為替代能源輸出產

品，但挑戰是要和已發展風力發電多年的國家競爭。

另一方面，臺灣具穩定風場的地方不大，風力發電本身無法提供大量的替代能源。潮汐和洋流是臺灣可能選取的項目，因為臺灣四面環海。要考慮的是，海水的侵蝕性大，以及海藻滋生在機組上，可能造成機組壽命縮短，因此若和風力發電相同的機組成本，因使用壽命縮短，其發出每度電的成本會增加，而若要防止海水侵蝕，機組研發和製作成本必然增加。

運用生質能是另一個不錯的選項，但要提供生長植物的面積，對地狹人稠的臺灣來說，可能大大壓縮了農業生產的可用面積。較理想的是，發展海洋植物，因為臺灣四面環海，陽光也充分，應該有機會成為生產海洋植物生質能源的大國，只是這類生物技術需有多方投入，離成熟量產還頗有距離。是否可以在能源危機嚴重前來得及量產，有不少風險。

直接從太陽而來的能源有兩類，一類是陽光加熱發電機組，另一類是太陽能電池。陽光加熱發電機組的技術和現在的火力發電類似，只是改為利用聚焦的陽光來加熱液體，利用來產生蒸汽以推動發電機組。這在臺灣南部陽光強烈，且晴天很多的地方應該不錯。其發電成本和風力發電類似，是目前由太陽來的替代能源方案中，成本較為低廉的項目。不過也有缺點，臺灣沒有像沙漠般全年都不陰

雨的地方，一旦陰雨，就無法供應能源，但配合部分的火力發電可以解決此問題。

最直接的做法是將陽光轉為電，也就是太陽能電池，但發展此太陽能發電最主要的問題是成本。太陽能發電的成本每瓦2元美金以上，攤開太陽能發電的成本架構，不計入材料、設備、製作封裝等成本，單單土地和安裝成本約為每平方公尺50元美金，此成本不太受太陽能電池種類和技術影響。太陽光強度約為每平方公尺一千瓦，若太陽能發電的效率是10%，則單單土地和安裝成本就達每瓦5角美金，再加上太陽能面板的成本，總成本一定超過每瓦5角美金。所以太陽能發電的效率必須超過10%，才有可能低於石油發電的成本。若發電效率達20%，土地和安裝成本就降為每瓦0.25元美金。

在材料、設備、製作封裝等成本中，目前最關鍵的是材料成本，矽晶太陽能電池之面板的材料成本還是每平方公尺60元美金以上，因此其成本比土地和安裝成本還高。若是發電效率為20%，此成本將是每瓦0.3元美金，把土地和安裝成本加進來，將超過每瓦5角美金的石油發電成本。不過已有不少技術設法減少材料的使用，應該在幾年內就有可能將材料成本降到十分之一以下。以目前太陽能電池技術不斷進步，而材料、設備、製作封裝等成本也持續下降的趨勢來看，15年內達到比石油發電成本低的機會相當大，運用太陽能發電為主要能源之一應該就指日可待了。但還是有缺點，就是天候可能晴時多雲偶陣雨，因此太陽能電池極可能會有數種類型，以運用於不同氣候類型的地區。除此之外，夜間沒有陽光，因此發展儲能或儲電技術也是相當重要。

太陽能電池的另一個重要議題是量產速度。目前全球的能源需求約16兆瓦，以太陽能發電廠

商業運轉的15%效率來估計，要供應20%的能源需求，需要面積約2萬平方公里的太陽能面板；若採用IC技術來製造，需2000年才能生產完成；若用液晶面板技術，也需200年才能完成；但是若改為溶液製程相容的印刷技術，則不到10年就可



太陽能飛機。
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Helios_in_flight.jpg



太陽能飛機。
<http://en.wikipedia.org/wiki/File:SunseekerFlying.jpg>

完成，由每天報紙的印製量可以理解其可能性，只是用此技術於太陽能電池生產尚未完全開發出來。

臺灣的能源消耗約占全球的1%，如果使用太陽能發電來供給臺灣能源需求的20%，所需面積約為200平方公里；如果能發展到在海面裝設，那麼所需面積就不會是大問題，但要有更佳的封裝保護，以免海水侵蝕的影響，不可避免地將增加此類成本，但是土地成本卻可以大為降低。也有另一種技術，把微小的半導體丟到水中，在光照之下，可以直接將水分解為氫和氧，不需製作太陽能面板。這種作法變成是從海上運送氫氣到火力發電廠，但和石化燃料火力發電廠不同，不會產生二氧化碳，並可兼賣氧氣，而且也能夠儲存到夜間使用，應該值得臺灣進行。

我們相信替代能源不會在一夕之間取代石化能源，而是逐漸取代。例如目前值得思考的是將火力發電和太陽能發電同時並行，在初期階段，建制太陽能發電廠做為輔助電力，夏天及中午時段，用電最多，但陽光也最強，配合電費隨著使用量增加而遞增的政策，有機會讓用電量較多的用戶來吸收目前太陽能發電的高成本。然後隨著太陽能發電科技的進步，在成本逐漸降低之下，

讓太陽能發電和火力發電都是能源主力；再後來，當太陽能發電成本比石油發電低時，改用火力發電做為輔助電力，而太陽能發電做為能源主力。

對於太陽能發電，臺灣擁有極佳條件，一來與太陽能面板最相關的半導體、液晶面板、以及印刷技術，臺灣在世界上都是數一數二；二來高科技量產能力，全球公認臺灣最強；三來臺灣的陽光充足。科技大國德國就對臺灣高科技業又敬又畏，因為臺灣進入液晶面板的時間才大約10年的光景，就占有全世界30%的產量。無污染、不受存量限制的太陽能，應該是我們的未來；陽光、空氣、和水，本就是生命的三大要素，沒有必要讓生命與大自然過不去！

而日本福島的核安事故也值得科技界自我省思。不少科技人士過去為了爭取計畫，常是老王賣瓜，自賣自誇，較少全盤性思考，於是核能的高危險性被刻意忽視。日本福島核污染事件提醒我們，需要更多人文省思，少一些本位主義，多一些全方位的思考，使科技扮演其該扮演的角色，不過度誇大其效用，讓科技真正有益於人類的文明。☞



林清富小檔案

現任臺灣大學電資學院光電所所長。1983年獲臺灣大學電機學士，之後赴美就讀研究所，獲美國康乃爾大學研究所電機碩士和電機博士。歷任臺大電機系和光電所合聘副教授，臺大電資學院光電所、電子所、電機系合聘教授。曾任國際電機電子工程師學會中華民國分會理事，中華民國光學工程學會理事，中華民國光電學會理事，以及IEEE LEOS Taipei Chapter主席；研究領域涵括太陽能電池、半導體發光元件、光通訊、奈米電子和奈米光電等，發表期刊論文140餘篇，會議論文300多篇，一本介紹光纖通訊元件之英文專書，以及2本中文小說。其傑出表現獲多方肯定，得過國科會傑出研究獎、甲種獎、中國電機工程學會傑出電機工程教授獎、科林論文獎、宏基基金會龍騰論文獎等等。目前為國際電機電子工程學會會士（IEEE Fellow），國際光學工程學會會士（SPIE Fellow），以及亞太材料科學院院士（Member, Asia-Pacific Academy of Materials）。