

推動台灣校園的綠色奇蹟

編輯部 蘇娟儀整理

綠色化是 21 世紀的世界風潮，在地球環境負荷愈來愈重的情況下，許多人開始思考永續環境的真諦，如何以生態考量、資源整合的概念，結合自有資源，從生活面進行綠色學習。很多企業開始轉型，導入綠色生產、綠色設計、產品回收觀念；而在生活環境以生態思考的呈現，則是綠色社區、綠色學校的推動。



▲ 江哲銘教授

「綠校園」或者是「綠色學校」(Green school) 的概念，在國外已經推行了一段不算短的時間，在北美的加拿大、美國，歐洲的英國、北歐等地，以及亞洲的日本，都已經擁有相當亮麗的成果。而綠色學校的觀念則是在 1998 年引入台灣，歷經多年的推動，至今也開始萌芽茁壯。

921 地震 綠校園推動的關鍵點

「所謂的綠校園，就是將校園設計或改造成具有永續性、前瞻性以及環保性的優質校園。換言之，它將成為一環境教育基地」，綠色學校融合硬體的空間建築（境教），以及軟體的學校生活、教材（身教），「以軟、硬體的結合，將永續、環保概念帶入教育體系；又工學跨入教育領域，可以說是一個創舉」，成功大學建築系江哲銘教授說。

談起推動綠校園的過程，江教授指出 921 大地震是相當重要的關鍵點。在台灣歷經 921 大地震之後，中部地區包括南投、中寮在內的許多社區、學校建築都倒塌毀壞，當時原本想將生態社區的概念帶入社區的重建規劃，但卻遭遇到重重的障礙，包括地籍必須重新測量，還有許多法令上的限制，此外，由於社區住戶

眾多，每個人的需求不同，所以要執行生態社區的計畫並不容易，而這也突顯出現實與理想的衝突。「當時我們改換思考方向，將生態學校的理念從中、小學校的重建規劃開始推動，這是個很好的起點」。江教授：「台灣每個鄉、鎮都有中、小學，如果將生態學校、綠色社區的概念從學校開始推動，具有極佳的示範作用，再從學校擴大至社區，影響力會更大」。

綠校園的規劃，一是注重生態的校園環境；二是綠色建築技術，我們以這兩個因素做為空間與建築設計的最高指導原則。而綠校園除了建立省能、省資源、健康、舒適的校園建築及生態環保回收利用的校園環境外，更從校園出發推動社區再造方案，以校園公共空間作為示範，利用居民參與方式，獲致鄰里社區認同，更有凸顯地域特色、順應環境條件、凝聚社區意識等效益，創造出各社區與校園緊密結合的生態教育示範社區。

「這將是改變台灣大格局的基磐」，「如果台灣推動成功的話，將成為世界奇蹟」成功大學江哲銘教授在勾勒我國「綠校園」遠景時，眼中閃耀著光采。



▲ 世界各國雨水收集方式集錦(雨水博物館)

台灣綠校園將成為世界生態教室瑰寶

「台灣地理環境相當精采，不論東西、南北、高低等地區環境、特色都各不相同，卻巧妙的維持著一種動態的平衡」，台灣是一個幅員不大的海島，卻涵括了寒帶、溫帶、熱帶及亞熱帶的多種氣候。「台灣的基因庫種類佔了地球的1/3至1/4，這是非常難能可貴的」。江教授特別強調生物多樣化是台灣的特點。如果綠校園推動成功的話，台灣3百多個鄉鎮，每一個鄉鎮都有一些結合當地特色及本土原生植物生態環境的綠色學校示範點，各個學校因地理環境差異而擁有不同的特點，不僅為永續教育播下種子，更可以提供豐富多元的生態旅遊參觀點，與達到社區環境教育應用之目的。而在彈丸之地的台灣卻同時囊括溫帶、熱帶、亞熱帶及寒帶氣候的生態學校，更將成為世界奇蹟，也是世界級的生態教室瑰寶。

綠色學校風潮將席捲全台

目前，台灣推動綠色學校可以說是如火如荼的展開，而綠色學校理念也迅速獲得全國學校的熱烈迴響，這可以從一場綠校園的說明會出席率超過8成的盛況看出。而目前在網路上所進行的綠色學校夥伴網絡計劃，是讓各學校藉由電腦網路分享相關經驗與進行交流，讓象徵綠色學校目標的希望樹，愈來愈茂盛。「綠校園已經納入2008年國發計劃中，我想到了2010年，應該可以看出綠校園的成果」，江教授從國外的發展經驗中，推估了台灣綠校園的開花結果期。「屆時這一批接受綠色學校整套教育、擁有環保概念的學生畢業後，成為社會的中堅份子，所發揮的影響力相當可觀」，江教授不僅期待硬體的推展成果，也對軟體教育成效深具信心。

綠校園的水資源運用設計

在綠校園的設計中，對於水資源的運用規劃別具用心，例如透水鋪面、貯留滲透的設計、中水利用、雨水再利用、節水設計都會融入整體的建築規劃裡。

在透水鋪面方面：為增加校園基地的透水性，讓水能滲透到地面下的土壤中，發揮自然土層涵養水分的能力，以降低都市降雨期之逕流量，因此必須盡可能將校園中的地坪（停車場、操場、人行步道、集合場）保持為自然土壤層或採用透水性的鋪面（如多孔質的連鎖磚、植草磚、水泥板塊、砌石、透水性柏油），促進水的自然循環並降低都市洪患的機率。

在省水器材方面：所謂省水器材，是在不影響原設計功能下（如沖水馬桶、小便器），使用較少水量的用水、控水器材，省水器材的使用可輔助節約用水，有效運用日益缺乏的水資源。校園可用之省水器材包含馬桶（省水馬桶及水箱節流控制）、小便器、節流閥、空調用水設備、水龍頭等。經濟部水利署已推動省水標章來認證相關產品，因此在省水器材的採用上可選用有省水標章之產品。



▲ 日本墨田區具多重功能的地下雨水貯存槽「路地尊」



▲ 泰國收集雨水的大水缸（雨水博物館內）



▲ 日本墨田區運用廢棄之小學改建為雨水博物館(門口黑桶子為「天水尊」)

雨水再利用方面：近年來有鑑於水資源日益匱乏的危機，經濟部水利署已積極推動水資源的節約與再利用，雨水再利用系統即為其推動之重點項目。由於校園腹地廣大，可以利用雨季雨量集中時集水，貯存後再善加應用，因此各個校園就是一個個的小水庫。貯留之雨水可使用於植栽澆灌（校園之植栽澆灌用水佔相當比重）、清潔用水、景觀水池用水等或回歸地下水層之涵養等，不但可舒緩缺水問題，亦可減少開發水庫所帶來的社會成本與生態破壞。

北歐生態學校經驗 令人激賞

曾經遠赴北歐、日本參訪當地生態學校的江哲銘教授，對於其他國家之生態學校的整體規劃及運作留下了相當深刻的印象，而他們的經驗也相當值得我國參考。

北歐雖然鄰近北極圈，全年氣候嚴寒，冰封時期甚長，自然資源十分有限，然而他們卻更加重視自然資源，強調生態平衡、永續環境的生活智慧。例如瑞典的 Lund School 就是一個令人激賞的成功案例，學校在整體設計之初就融入生態概念，以營造生態學校（Eco-school）為主軸。其設計的兩大重點，一為教室內教學環境品質之確保，另一個則為生態循環系統設計。為了確保教室內教學環境品質，室內選用健康建材，而為因應嚴寒的氣候，建築設計以厚重的牆體以及氣密窗來加強保溫效果，而室內通風則利用地下風道引進室外空氣，進行預熱或預冷，此外也有太陽能的利用；而在生態循環系統的設計上，則包含自然水循環應用、污水與排泄物生態處理模式、廚餘堆肥設備等等。

「在這個學校裡，所有 input 的資源，經過處理後可以完全的回饋社區，沒有增加環境一絲一毫的負擔」，江教授指出瑞典生態學校已形成了一個可循環的、自給自足的社區。在瑞典的這個案例中，校內產生的所有污水、廚餘、甚至連排泄物都經過妥適的處理，成為可以再利用回收的資源，緊鄰著學校的就是一個有機農場，而農場中所使用的肥料即來自學校的有機堆肥。



▲ 日本雨水博物館的屋頂收集雨水展示

最值得介紹的是學校內所有的馬桶均採用乾濕分離式，「所以在這裡，男生上廁所是要用坐的」。乾濕分離的目的，除了方便後續堆肥處理的程序外，更可以減少大量水資源的耗用，江教授說：「其實在學校裡，沖廁用水佔了整體用水量相當高的比例，乾濕分離的馬桶設計，有效的降低了學校的總用水量」，而這種乾濕分離式的馬桶設計，已經成為所有北歐生態學校的基本



▲ 生態池

國家地區/新舊建築	新建築	舊建築
台灣	3%	97%
日本	2%	98%
北歐	1%	99%

▲ 表 1

配備。「學校與社區的互動、學校與社區的融合，是瑞典政府給予學校補助的重要條件」江哲明教授說明瑞典政府相當重視學校與社區的互動，希望學校能扮演社區教育的功能，發揮深遠的影響力。而這所擁有 500 名學生的瑞典生態學校，也已經成為聯合國認定的種子學校，而生態學校推動成功的經驗，吸引眾多各界人士前來參觀，學校方面對這些慕名而來的參觀人潮，採取收費制度，不僅為學校開闢另一個收入來源，也活化了當地的觀光價值。

日本東京都墨田區 雨水運用效益發揮致極

日本雨水利用技術與成果首屈一指的東京都墨田區，在當地政府機關結合民間社區、學校推展雨、中水運用概念，將水資源運用效益發揮得淋漓盡致。當地一所原本已經廢棄的學校，在經過政府相關單位的精心改造後，搖身一變成為雨水再利用展示博物館。裡面收集世界各國對雨水運用的方式、技術等相關資訊，而博物館設置屋頂收集雨水的展示實例以及雨水澆灌系統，讓參觀者可以實地瞭解雨水的運用，在博物館外也有一個運用植物淨化功能的生態水池，「這個博物館是一個相當好的教育場所，當地各個小學，每學期都會把參觀博物館排入戶外教學課程，這樣的概念其實在台灣也相當值得推行」，賦予廢棄的學校新生命，推廣水資源運用的教育理念，江教授希望台灣也能夠朝著這個目標努力。

「墨田區對於雨水的推動利用，真是令人佩服」，江教授對墨田經驗讚許有加。墨田區除了在公共設施採用雨水集中水系統之外，更制定雨水利用獎勵辦法，來鼓勵民眾增加雨水的運用。當地政府分別規劃容量為 200 公升的「天水尊」及 5000 公升的「路地尊」，獎勵民眾將屋頂上的雨水截流到地面上較小的「天水尊」貯槽，作為澆灌、擦地、洗車之用；另一方面，在社區住宅區的小巷道或空地，則鼓勵居民採用設置在地下的大型雨水貯存槽「路地尊」，其管路設計規劃為「防洪」、「雨水利用」及「防災」等多用途的應用，在暴雨期這些「路地尊」就像許多地下小水庫似的可以滯洪，平常可以做雨水利用，在火災時，更可以做為消防用水。

此外在墨田公園內也設置「天水尊」與「路地尊」，而該區的每間國小的門口也設置「天水尊」，讓民眾瞭解雨水利用相關資訊，體驗雨水資源的珍貴，充分發揮教育功能。

台灣綠色校園經驗分享

台灣綠校園在經過數年的推展，也有不少成功案例。例如位於台北縣的三芝國小，就是全國第 1 所將雨水有系統地收集，並優先應用於學生衛廁沖水的示範小學。三芝地區降雨量充沛，三芝國小就充分運用大自然賦予的水資源，以學校屋頂來收集雨水，估計 1 年所收集的水量約可達 700 公噸。而學校也在 1 樓教室外設置造型可愛的雨撲滿，學生可以運用裡面收集的雨水清洗地板、拖把及澆花，讓學生在日常生活中體驗雨水資源的利用，也落實了綠色教育目的。

另外位於台東的東海國小，在建校之初，就將綠校園的概念融入其中，除了重視基地的透水性，也有雨水利用系統的規劃。而學校教室的地板，更採用廢棄的課桌椅重新加工製成。台灣在光復時期的課桌椅多以材質優良的鐵杉木製成，至今因老舊而遭淘汰，東海國小就特別到全省收購這批面臨汰舊換新的課桌椅，重新加工成木製地板，為永續利用、避免浪費地球資源立下良好的典範。

利用綠色科技 老歌新唱

依目前的新舊建築的比例來看，新建築的比例相當小（表 1），所以要推動永續建築及綠校園，除了新造建築的整體規劃設計之外，很大一部份是利用舊有建築進行改造。包括太陽能、節水系統等設備等都可以附加在舊建築上，佔 97% 的舊建築要改造成綠建築，規模可觀，「21 世紀是利用綠色科技來唱老歌」，江教授說。而綠校園的全面推動，也將創造台灣綠色產業的新機，包括太陽能、風力能等潔淨能源相關產業，省水器材、雨、中水系統設備等節水相關產業，甚至觀光旅遊業也可以受惠。

不景氣成為推動永續建築的契機

現今雖然面臨不景氣的時期，但卻是推動綠建築、綠校園的最佳時機。「不景氣時人們更會思考如何妥善運用現有資源，就如同歷經缺水危機之後，大家就有節水、換裝省水器材的想法，也是推動水價合理化的好時機，這是一樣的道理」，江哲銘教授說，推動綠建築，北歐從 1965 年開始，日本從 1990 年開始，都是不景氣的時代，也都相當成功。

「大概在明年中，會有 20 個綠校園的示範學校可以完成」，江教授說。自詡為環境佈道師的江哲銘教授，不斷的到全國各地推廣綠校園理念，一顆顆的種子不斷的被深埋在台灣的各個角落，期待在 10 年間，綠校園、綠色學校將陸續發芽茁壯，台灣將會展現本土的綠色奇蹟。