

## 綠建築在校園規劃上的應用

李宥賢\*、張瑞洋\*\*

### 摘要

工業與科技發展革命之後，無所不用其極，加上人口暴增、科技發展迅速，人類對環境資源的過度消耗，已經使人類所生存的地球環境遭逢前有未有的危機。各國開始重視對環境的保護，提出永續發展(sustainable development)的觀念，永續發展乃成爲全球的趨勢。全球永續發展的理念，帶動了各國綠建築的推展與綠建築指標的建立，我國亦發展出綠建築的九大指標(EEWH 系統)。學校建築屬於公共建築的一環，也是教育的場所，將綠建築應用於學校建築的規劃設計與建造使用，更引起了各國的重視。

民國 88 年 921 地震造成了許多學校校園的毀壞，這樣的危機也形成了一種轉機，讓綠建築的永續觀念成爲 921 震災重建校園的依循規範，也爲我國校園規劃開啓了新的方向。

本文首先將述說研究的動機與目的，以及學校推行綠建築的重要性；其次在文獻探討部份，針對綠建築的相關概念進行說明；接下來分析綠建築在校園中的實際應用，並說明學校綠建築規劃的原則；最後於結語中，指出學校綠建築之永續和環境共生觀點，以及其爲達成環境教育目的之重要策略。

### 壹、前言

#### 一、研究動機與目的

工業革命的成功使工業快速發展，人類的生活條件獲得改善，生活品質提升後，全世界的人口數量持續成長。在人口膨脹與人類整體社會的不斷進步發展情況下，地球環境資源被人們無限制地取用、消耗，同時也造成了地球環境的破壞與污染。長時間地累積下來，破壞與污染已經形成具體的危機，威脅人類所生存的環境，如臭氧層破壞、溫室效應、全球暖化、聖嬰現象、酸雨、極地冰山融化、海平面上升、淡水資源減少、有害廢棄物污染等等。因此，環境保護意識逐漸受到人類的重視，人們不再有地球資源是取之不盡、用之不竭的錯誤觀念，也開始正視環境污染所造成的嚴重傷害。環境永續發展(sustainable development)乃成爲全球共同的趨勢。

對於全球永續發展理念的關注，帶動了各國推展消耗最少地球資源，製造最少廢棄物的「綠建築(green buildings)」，同時也建立了綠建築指標作爲評估。我國身爲地球村的一份子，亦致力於推動綠建築之政策，並發展出綠建築的九大指標(EEWH 系統)，期望能做到環境保護與永續發展。

---

\*李宥賢：暨南大學教育政策與行政學系

\*\*張瑞洋：南投共和國小主任

921 大地震發生之時，對於南投縣境內之學校建築造成了極具破壞性的傷害，於重建規劃設計之時，正值「綠建築」推廣之際，許多建築師多已具備生態環保觀念，並將學校與環境結合納入設計重點。教育部更於「中程(90~93 年度)施政計畫」，擬定「永續發展的綠色學校計畫」及「整建國中與國小教育設施計畫」，更在「地震受災國民中小學建築規劃設計規範」中，提出未來新學校應符合綠建築指標規範，由此可見綠建築將是未來學校建築規劃之主要依據。

良好的環境規劃，是一項重大的工程，而學校校園環境的規劃，更是一個此工程中重要的一環，不只是因為其本身佔有相當程度的土地面積，更重要的是學校是教育的場所，藉由環境改造融入教育及生活中，培養出具有環境永續共存觀念的綠色公民，才使永續發展理念不斷延續。因此本文基於綠建築對環境共生與永續發展有重大助益的動機，對綠建築進行了解，並期望從南投縣和興國小學校綠建築的實施成效進行分析，並提出可能的問題和建議。

## 二、學校綠建築的重要性

學校應當提供良好的環境讓學生進行成長與學習，但有許多學生在學習的陸上遇到的障礙是學校建築本身。例如，學校設施未經周延的設計、不當的通風、不良的音響、不足的照明、耗能的熱冷空調系統和其他裂隙，都會減弱學生學習的能力(Kennedy, 2003)。

因此，學校綠建築的重要性，主要在於影響學習成就、推展環保節能、作為教學與學習場域和推動環境教育四方面(湯志民，2004)。

### (一)影響學習成就方面

學校所擁有的設施情況、市內設施的色彩、校舍的噪音、室內設施的光線、通風設計等等，都會對學生的學習狀況和學習成就造成影響。

### (二)推展環保節能方面

學校應整合運用多種節能措施，如日光照明、能源控制、電力照明系統升級、空調系統、建築外層及校地植樹綠化等等，都應納入學校建築的設計與更新。

### (三)作為教學與學習場域方面

學校的設計、建造、運作和維護，都必須對學生有利，且學校綠建築是結合了生態、科技、環保、節能、健康的教育設施，因此也提供了教師和學生最佳的教學及學習場域。

### (四)推動環境教育方面

期望透過空間的改善、生活更具生態性及人性化的學習歷程，發展學生合作、協商、整體與平等的精神。

## 貳、文獻探討

### 一、綠建築的定義

由於綠建築的定義相當廣泛，因此本文根據國外文獻「聯合國全球永續發展宣言」及我國推動綠建築具權威性代表的「內政部建築研究所」為其下定義：

#### (一)「聯合國全球永續發展宣言」中對於「綠建築」之定義

在經濟與環境兩個問題中有效率的利用僅有的資源並提出解決的方法，進一

步改善生活的環境就是所謂的綠建築。……綠建築最明顯的影響，就是使環境和經濟方面的關係達到一個平衡的狀態，這也就是永續經營的特點（2000年，江哲銘）。

(二)「內政部建築研究所」對於「綠建築」之定義

1.「綠建築」於初期的定義

內政部建築研究所於推廣之初，因簡化及量化之目的，對於「綠建築」定義為：「消耗最少地球資源，製造最少廢棄物的建築物」。

2.「綠建築」於「積極面」的定義

隨著指標的擴增、內容架構之健全與評估範圍之擴大，將其定義為：「生態、節能、減廢、健康的建築物」。

經由上述「聯合國全球永續發展宣言」及「內政部建築研究所」對於「綠建築」之解釋與定義，可知「綠建築」為「人類生存與生態環境永續發展之平衡點」，除能建立人類舒適的居住環境，更能追求與地球環境共容共存的目標。

二、我國綠建築 EEW H 評估系統

隨著「綠建築」評估邁入九大指標，其架構更為健全，並可歸納成四大部分，簡稱「EEWH 系統」(表一)。

所謂 EEW H，既是生態 Ecology、節能 Energy Saving、減廢 Waste Reduction 與健康 Health 四個英文字首，而此四項既是目前我國實施綠建築評估的四大指標群。其中生態 (Ecology) 包含生物多樣性、綠化量、基地保水等三指標，節能 (Energy Saving) 包含日常節能指標，減廢 (Waste Reduction) 包含 CO<sub>2</sub> 及廢棄物減量二指標，健康 (Health) 則包含室內環境、水資源、污水垃圾改善等三指標，而由上述組成九大指標。表一 EEW H 系統

指標群	指標名稱
生態(Ecology)	1.生物多樣性指標
	2.綠化量指標
	3.基地保水指標
節能(Energy Saving)	4.日常節能指標
減廢(Waste Reduction)	5.CO <sub>2</sub> 減量指標
	6.廢棄物減量指標
健康 (Healthy)	7.室內環境指標
	8.水資源指標
	9.污水垃圾改善指標

其各指標之主要評估內容如下：

(一)生態指標群

1.生物多樣性指標

包含生態綠網、小生物棲地、植物多樣性、土壤生態四部分內容來反應綠地的生態品質。

2.綠化量指標

以各類植栽之 CO2 固定效果作為綠化量評估計算依據。其是要求基地最小綠地面積內實施全面綠化，且單位綠化面積之 CO2 固定量計算值須大於規定基準值 600 (kg/m<sup>2</sup>)。

3.基地保水指標

以原自然土地之保水量與開發後之土地保水量之相對比值為評估依據。

(二)節能指標群

4.日常節能指標

為必須合格之門檻指標，建築外殼節能效率、空調系統節能效率及照明系統節能效率評估項目皆須合於基準方可通過本指標。

(三)減廢指標群

5. CO2 減量指標

其組成內容主要包含形狀係數、結構系統係數、輕量化係數及非金屬再生建材使用係數。

6.廢棄物減量指標

其組成內容主要包含工程不平衡土方比例、施工廢棄物比例、拆除廢棄物比例、施工空氣污染比例，以及公害防治加權係數。

(四)健康指標群

7.室內環境指標

以音環境、光環境、通風換氣與室內建材裝修等四部份為主要評估對象。

8.水資源指標

為必須通過之門檻指標。其首要以大便器、小便器及供公眾使用之水栓必須全面採用省水器具為主要考量。另在規劃設計內容有產生大耗水情形，則須輔以導入雨水貯集利用或中水系統設計。

9.污水垃圾改善指標

其包括污水指標及垃圾指標二部分。

三、綠建築九大評估指標系統、排序與地球環境關係

由表二可看出綠建築評估系統的九大指標與地球環境(氣候、水、土壤、生物、能源及資材)的關係，並瞭了解九大指標之間的尺度大小、空間內外及操作次序情形。

表二 綠建築九大評估指標系統、排序與地球環境關係

大指標群	指 標 名 稱	與地球環境關係					排序關係			
		氣候	水	土壤	生物	能源	資材	尺度	空間	操作次序
生態 (Ecology)	1.生物多樣性指標							大	外	先
	2.綠化量指標									
	3.基地保水指標									

節能 (Energy Saving)	4.日常節能指標	●				●				
	5. CO <sup>2</sup> 減量指標			●		●	●			
減廢 (Waste Reduction)	6.廢棄物減量指標			●			●			
	7.室內環境指標			●		●	●			
健康 (Healthy)	8.水資源指標	●	●							
	9.污水垃圾改善指標		●		●		●		小	內
									後	

資料來源：生活工程(2007)。建築新觀念。2007年6月23日，擷取自 <http://www.drlife.com.tw/>。

#### 四、我國現行「綠建築」評估制度之發展

目前我國「綠建築」之評估制度，由內政部建築研究的「綠建築委員會」負責評定與推展綠建築設計的「綠建築標章」，主要依據1998年「全國能源會議」結論所制訂的「綠建築與居住環境科技計畫」之基準所建立的一套評估制度。

「綠建築評估系統」主要是根據台灣所處之「亞熱帶氣候」為研究基礎，並具備國際學術理論架構，同時充分掌握國內建築耗能、耗水、排廢及環保效益的本土化評估體系，從1999年訂定的「綠建築評估指標」七項評估系統，於2003年邁向九項評估指標系統。

且隨著「綠建築」由1999年的七大評估指標，到2003年加入「生物多樣性」與「室內環境」指標而邁向九大指標的同時，通過指標也由兩項增為四項，唯「日常節能」和「水資源」兩項指標仍為必須通過之門檻指標，意指九大指標必須通過其中四項，而「日常節能」和「水資源」一定要通過才可獲得「綠建築標章」(圖一)。



圖一 綠建築標章

## 參、綠建築在校園的應用—學校綠建築

將「綠建築」的概念實踐在學校中，即形成「學校綠建築(green school buildings, green building for school)」。以下就學校綠建築的發展、學校綠建築的規劃原則進行說明。

### 一、學校綠建築的發展

我國學校綠建築的發展，可分為二階段：首先，學校只要重視環境教育，並主動上網登錄，即可成為「綠色學校」一員；其次，將以具備環境自覺及實踐能力之綠色學校，施以綠建築及生態校園環境之改造技術，使符合永續、生態、環保、健康原則之校園環境，即成為「綠校園」(教育部，2003)。而現在則正式更名為永續校園(sustainable school)。

「永續校園」的理念，即是希望創造一個富含環保概念，永續發展與再生能源利用的環境，讓學生在自然環境中的太陽、水、風資源中學習，從小奠定與自然和平共處的體認與使命(范巽綠，2003)。

### 二、學校綠建築的規劃原則

湯志民(2003)參考了相關研究提出學校綠建築的規劃原則，有生態、科技、教育、效率及健康等五個原則，簡述如下：

#### (一)生態原則

自然界本身是永續的，自然系統運用「循環圈(loops and cycles)」，以有效運用不同的資源。運用自然的智慧科技及其自我永續系統，可作為永續的人類社會之模式。學校綠建築規劃的生態原則，可從校外生態環境、校內生態環境和整體生態環境來思考。

##### 1.校外生態環境

學校的規劃設計和空間配置，應將學校的地理、地形、地貌、坡度、降雨、排水、日照時數、風向、風速、土壤、地質、地震與環境敏感性問題等，列入學校校舍和校園配置、座向、建築立面等對應方式之考量。

##### 2.校內生態環境

學校應視校地大小有適度的規模，學校的人數過多會影響共生生物的生存、覓食與生殖行為，必須預先估計，適時補充種植植物，並視學校為一生態園。

##### 3.整體生態環境

學校應融入整體環境中，並創立學校的風格和特色。

#### (二)科技原則

綠建築可以是高科技也可以是低科技，但基本上均對自然生態體系做出敏感的對應，態度上不再是「征服自然」，而是「順應自然」。學校綠建築規劃的科技原則，可從高科技和低科技來思考。

##### 1.高科技

如記憶合金、智能室溫調控系統、智能採光系統、陽光自動追蹤系統、太陽能板、風車、中央空調、雙層幕牆、隔熱玻璃、氣密窗、中水系統、垃圾處理機、

污水處理廠、高效率照明設備及自動照明等，皆為學校綠建築常採用之高科技或生態科技設備。

## 2.低科技

如日光、自然通風、遮陽板、沒有置冷的機械通風、蒸發式冷氣和消極的太陽能暖氣等，都是以消極技術調節建築。

### (三)教育原則

學校綠建築不只是考量成本，在設計和建造時使用適當材質，和考量生命週期成本的節能學校，其更強調綠色學校是教導有關環境和環保概念的學校。學校綠建築規劃的教育原則，可從參與過程和教學工具來思考。

#### 1.參與過程

包含了專家的參與(學校行政人員、建築師、工程師、建造商、建築使用者和設施操作者等)、學生的參與和社區的參與。

#### 2.教學工具

「永續性」是一個建築物如何被使用來作為教學考量要素之一，用建築作為學習工具是一個創新的取向。校園環境中每個事物都是有潛能的互動學習工具，在潛在課程的觀點下，校園應該「自我博物館化」，成為學習的開眼器(eye-opener)。

### (四)效率原則

綠建築是一項世界性趨勢，最新建造的建築平均耗能低於傳統建造者達10%-50%之多，但經費只比標準建造的多一點點。綠建築以整體的建築設計，如結合窗戶、建築方位、採光和空調系統和其他要素來節能(Alvey, 2003)。學校綠建築規劃的效率原則，可從節能、減廢、省資源、省力來思考。

#### 1.節能

校舍建築的規劃，要能盡量減少電力、瓦斯和水的浪費，鄰近的校舍亦要間隔相當的距離，以利採光。

#### 2.減廢

學校污廢水處理，應設置污廢水及化學實驗室廢氣處理設施，並盡可能減少垃圾量。建築結構輕量化、營建及施工自動化及污染防治措施等，都可減少建築施工過程的汙染。

#### 3.省資源

依資源回收的 5R 原則：拒用(refuse)、減量(reduce)、重複使用(reuse)、回收(recycle)和再生(regenerate)，運用再生能源(如太陽能、風能、地熱)。此外，建築材料本體可重複使用，雨水保存再利用，校園使用低沖水量衛生系統之設備等，皆具效率性。

#### 4.省力

選擇建材上，採用吸濕性低與含濕性低之建築材料，具備容易清潔、保養、維修及更換之基本功能。在人力維護上，在校園入口處、活動率較高的場所，加強需要較高人力維護的綠美化，而使用率較低的區域則加強生態化，如種植原生

植物並減低人力的維護管理。

#### (五)健康原則

綠建築必須以人類生活的健康、舒適為原則。學校是教育的場所，學校建築對於健康規劃的想法，應在舒適、自然之外，有其一定的安全考量。學校綠建築規劃的健康原則，可從舒適、自然和避免危害來思考。

##### 1.舒適

空間尺度應符合使用機能與使用者特性，應用良好通風系統維持健康的室內環境品質，應用吸濕性低與含濕性低之建築材料等，皆可達成舒適的環境。

##### 2.自然

學校綠建築的規劃應以自然為師，給予自然的體驗，讓身體感官體驗自然環境的美感與傳遞的訊息，觀察自然生命的現象與環境的變遷，讓學生體認人與自然的相互關係，並經由環境關懷達成自我成長與自我實現。此外，學校建築的改建，應儘量保持基地原貌，減少人工之痕，或是多運用當地的自然材料。

##### 3.避免危害

教室裝修宜使用自然材料，壁面及家具之塗裝應使用無鉛塗料，避免過度裝潢，以有效降低揮發性化學物質的毒害。建材之組裝，宜使用可更替工法與乾式組購方式，降低室內污染物生成，控制有害污染物。自然光線有助於人體健康和心情舒展，學校應盡可能運用日光，並規劃妥當遮陽設施，避免陽光直射和眩光。

#### 肆、結語

綠建築和節能建築都不是我們的目的，而是使我們的教育設施能成為最好的教育設施之策略(Ohrenscahl, 1999)。教育設施的目的應在於實施教育理念。學校綠建築乃教育的一個實踐面向，因此，其設計、建造、運作與維護都應以「改善教師的教學和學生的學習」為目的。

學校綠建築乃企圖謀求「人類居所」與「自然環境」之間的互利共生關係，以達到人、建築、環境三者永續發展。因此，不論是學校綠建築或是永續校園，其都在追求時間上的永續發展，以及空間上的環境共生。

然而不可忽視的是，我們建造了建築物，建築物也塑造了我們，學校的物理環境與使用者是互相影響的。學校綠建築強調永續發展與環境共生，但更重要的是，學校綠建築對學校成員亦具有環境教育的潛移默化功能。期望在追求技術面上的環境永續發展外，更能從教育層面培養綠色公民，使永續發展的理念能深植人心，積極為未來創造更美好的生活。

#### 參考文獻

- 內政部建築研究所（2001）。國民中小學綠建築設計規範之研究。台北：作者。  
內政部建築研究所（2004）。綠建築綜合分級評估法之研究。台北：作者。



- 內政部建築研究資訊服務網(2007)。綠建築標章。2007年6月23日，擷取自  
<http://www.cabc.org.tw/gb/>
- 王侑菁(2006)。邁向新世紀之學校綠建築—發展永續發展與環境共生之設計新  
典範。學校行政，45，260-275。
- 生活工程(2007)。建築新觀念。2007年6月23日，擷取自 <http://www.drlife.com.tw/>。
- 林國隆(2004)。綠建築在校園上的應用。師友，447，77-81。
- 胡弘才主編(2004)。綠建築在台灣：第一屆優良綠建築設計作品專輯。台北：  
內政部建築研究所。
- 湯志民(2004)。學校綠建築：各國評估工具與案例。教育研究月刊，128，96-113。
- 湯志民(2004)。學校綠建築的規劃與設計。中等教育，55：1，4-31。
- 趙家琪主編(2004)。綠建築在台灣：第二屆優良綠建築設計作品專輯。台北：  
內政部建築研究所。