

2015 中華民國營建工程學會第十三屆營建產業

永續發展研討會

永續校園環境更新診斷與改造評估之探討

楊錫麒(Hsi-Chi Yang)

中華大學營建管理學系

碩士班

副教授

馬嘉俊(Chia-Chun Ma)

中華大學營建管理學系

碩士班

研究生

陳韻襄(Yun-Hsiang Chen)

中華大學營建管理學系碩

士班

研究生

摘要

近年來教育部為使教學資源不致於浪費，並期校園環境更新改造後之校舍能符合經濟環保效應，以建立一個符合永續、生態、健康原則的『永續校園』為目標，對應永續發展精神，將「永續校園」計畫融入「綠建築」理念，藉以塑造優質的學習環境與永續教育理念。

本研究利用相關文獻分析校園環境與綠建築九大評估要項以及教育部「永續校園推廣計畫」之關係，初擬原始評估因子及層級架構。再經由德爾菲法專家問卷相關領域專家意見，確立 9 大主要評估因子，18 項次要評估因子。最後透過層級分析法專家問卷整合各領域專家意見，求得評估因子與層級指標之優先排序及權重值成果，以確定評估指標評分比重。而後得以實地分析學校校舍建築使用現況，評估校園未來之發展需求；探討學校應符合永續校園哪些指標與解決之道，作為將來永續校園經營與創新的參考。

關鍵字：永續校園、評估架構、德爾菲法、層級分析法

Investigation on Sustainable School Campus

Environmental Renewal Assessment

Abstract

Recently, the Department of Education has been focusing on the integrated approach to combine the concept of green building to campus sustainability. The objective of this study is to build up a better sustainable campus environment and the philosophy of sustainable education into the existing schools.

This study first, through literature reviews and studying the EETH (Ecology, Energy saving, Waste reduction and Health) green building certification system in Taiwan as well as the “sustainable campus promotion plan” of the Department of

Education, establishes the initial assessment framework for sustainable school campus environmental Renewal. Then, the final framework with 9 major factors and 18 minor factors is determined by using three rounds of expert questionnaires of the Delphi method. Furthermore, in order to easily apply the assessment framework to the sustainable school campus environmental renewal, a renewal scoring table is established by using Analytic Hierarchical Process to determine the relative weights of the major and minor factors. Finally, the scoring table is applied to school as a case study.

Keywords: Sustainable campus, Assessment framework, Delphi method, AHP

一、緒論

近年來教育趨於多元化，而建築設施、設備也必須隨著社會的變遷來因應教育課程的發展。學校是一特定的教育環境，學校建築是學生從事學習活動的場所，其良窳關係著學生人格發展與學習效果。對於校園環境而言，不僅影響學校師生安全及資源分配，同時也影響到學生的學習品質，校園環境改造及整建，實為不容忽視之議題。

政府多年來雖投入甚多經費於整建校園環境，但校內建築物會因時間之推移而老舊、而危險，現有老舊建物部分原未有使照必須補照、補強或拆除改建必須符合無障礙、消防及電力管路改善要求、校園環境（含體育設施）改善工程、報廢校舍拆除、老舊實習設備及教學設備更新等，均影響教學成效及師生安全甚鉅，亟待重視處理(98 年教育部，加速高中職老舊校舍及相關設備補強整建計畫中提出)，為使教學資源不致於浪費，並期更新改造後之校舍符合經濟環保效應，將「永續校園」計畫融入「綠建築」理念，妥善、有效率的分配教育資源，藉以塑造優質的學習環境、永續教育理念。

所以本研究分析學校校舍建築使用現況，評估校園未來之發展需求；探討改建後的新社高中應符合永續校園哪些指標、解析改造歷程遇到的困境與解決之道，作為將來永續校園經營與創新的參考。

二、文獻回顧

永續校園(綠校園)之意涵，可從一些專家學者和相關權威機構的描述來界定。Weiss(2000)認為永續校園(sustainable school)著重在學校設計、建造及營運期間，所運用到的資源應減廢、無論何時都儘可能使用可更新再用的資源，及創造一個學校環境成為不可或缺的教育工具和社區資源等永續設計概念。教育部(2003)界定「綠校園」，2004 年更名為「永續校園」，是將已具備環境自覺及實踐能力的綠色學校，施以綠建築及生態校園環境改造技術，使符合永續、生態、環境健康原則之校園環境。江哲銘(2004)認為「永續校園」為應用本土化之永續校園建築技術與生態式校園環境結合所建構而成，符合永續、生態、環保、健康等原則且

與世界接軌。「永續發展」及「綠建築」觀念的養成應與學校教育充分的結合，若校園環境能夠落實綠建築之理念，除了能夠有利校園環境的永續發展外，更可直接作為學校環境教育之教材。

國內綠建築九大評估指標及具體做法:內政部建築研究所出版之「綠建築解說與評估手冊」之綠建築指標目前為九大評估指標系統，分別為：生物多樣性指標、綠化量指標、基地保水指標、日常節能指標、CO₂減量指標、廢棄物減量指標、室內環境指標、水資源指標及污水垃圾改善指標。

國內目前執行狀況正處於計畫執行階段，申請教育部補助及地方政府補助改造之校園，幾乎均為既有校園(舊校舍)，即校園在改造完成後，更需進行評估與檢驗，以確保校園環境確實達到永續生存之目標。

綜合老舊校舍之整體改造規畫理念整理歸納如下:

- 一、各項規劃設計，應以防災安全、易於維護、易於保養為原則。
- 二、舊校舍拆除後之拆除物有效適當納入校園規劃的再利用材料。
- 三、注重校園綠化與環保設施。
- 四、校園內應設有完善規劃之無障礙環境設施。
- 五、朝向安全樸實、健康友善、永續環保的方向改造。
- 六、各項設施考量其無性別偏見、安全、友善與公平分配等原則。
- 七、考量配合校舍整體搭配感官及後續維修之便利性。

由上述相關研究探討可知，目前許多研究方向多僅著重於如何規範邁向永續校園之規劃設計原則及概念、針對綠建築之評估指標進行實際執行之驗證與教育教學方面成果探討，在永續校園運作執行成果方面甚少相關研究提出成效評估及針對國家政策實施計畫，是否影響學校推動過程及是否有相關配套措施可供依循的探究。因此，可確立本研究欲探討執行成果之重要性，並針對推動組織成員進行訪談及問卷實施的關鍵性，此為本研究探討之重要方向。

三、評估架構之建立

3.1 評估主要指標與次要因子

本研究利用文獻蒐集及現況調查之所得，針對綠建築九大評估要項關係之綠建築設計手法，加以分析後建立主要項目與次要項目並進行說明，接著進行專家問卷，採用半結構式訪談，預先擬定訪談大綱，再依此大綱訪談相關專家學者，內容中請專家針對問題內容進行審查，並提供意見回饋以建立永續校園實質環境改造選擇之主、次要項目。經研究整理後永續校園實質環境改造之評核重點主要項目共計9項與次要項目30項，如表1所示：

表1 永續校園實質環境初步改造主、次要評估項目

指標群	主要評估要項	評估因子
生態 指標群	生物多樣性指標	多層次生態綠化
		生物棲地及通道保留

指標群	主要評估要項	評估因子
		表土微生物系統保持
		生態景觀水池
	綠化量指標	建築物屋頂綠化
		建築物牆面綠化
		校園綠化量
		教學農園
	基地保水指標	地表土壤改良
		保水設施及透水鋪面設置
		基地微氣候環境對應
		親和性圍籬
節能 指標群	日常節能指標	開窗及遮揚控制
		照明節能
		屋頂隔熱措施
		節約能源設計措施
		省水器具的使用
		再生能源應用
減廢 指標群	CO ₂ 減量指標	綠建材之使用
		易拆解再利用或再循環的設計
	廢棄物減量指標	落葉及廚餘堆肥
		資源回收管理
健康 指標群	室內環境指標	音環境
		光環境
		空氣環境
		噪音、外界干擾防制
	水資源指標	水資源環境
		用水效率管理
	污水垃圾改善指標	污水處理及放流水質管理
		人工濕地自然淨化水循環處理

資料來源:本研究整理

3.2 模糊德爾菲法調查與檢定分析

本研究階段透過一致性檢定，取得本次專家問卷最終所歸納整理出之永續校園環境更新診斷與改造之評估架構如表 2 所示：

表 2 永續校園環境更新診斷與改造之評估架構

指標群	主要 評估要項	評估因子
生態	生物多樣性指標	多層次生態綠化

指標群	主要 評估要項	評估因子
指標群		生物棲地及通道保留
	綠化量指標	校園綠化量
	基地保水指標	地表土壤改良
保水設施及透水鋪面設置		
節能 指標群	日常節能指標	開窗及遮揚控制
		屋頂隔熱措施
		節約能源設計措施
		再生能源應用
減廢 指標群	CO ₂ 減量指標	綠建材之使用
	廢棄物減量指標	落葉及廚餘堆肥
		資源回收管理
健康 指標群	室內環境指標	音環境
		光環境
		空氣環境
	水資源指標	用水效率管理
	污水垃圾改善指標	污水處理及放流水質管理
		人工濕地自然淨化水循環處理

3.3 層級分析法調查與檢定分析

本研究利用 AHP 層級分析法問卷方式，調查專家對本研究所提出之評估主要因子及次要因子。透過 AHP 層級分析問卷之方式，取得各位專家們對 18 項次要評估因子及 9 項主要項目彼此之間兩兩的比較判別，並建立成對比較矩陣。再透過 Expert choice 軟體計算，可得永續校園環境更新診斷改造評估架構之影響因子架構之各個主要項目及其次要項目之相對權重值；依據各層面之相對權重，綜合整理永續校園環境更新診斷改造評估架構整體項目之權重比，如表 3 所示，在統計表評估項目間之相對權重值，整體層級評估之數據分析如下：

就整體層級來看，本研究 9 項主要評估要項中，受到專家重視的評估準則依序為：「日常節能指標」絕對權重 (20.78%)，「室內環境指標」絕對權重 (18.17%)，「基地保水指標」絕對權重 (14.83%)，「綠化量指標」絕對權重 (11.14%)，「污水垃圾改善指標」絕對權重 (9.16%)，「廢棄物減量指標」絕對權重 (8.52%)，「生物多樣性指標」絕對權重 (7.00%)，「水資源指標」絕對權重 (5.23%)，「CO₂ 減量指標」絕對權重 (5.17%)；另外 18 項評估準則，最受到專家重視的前五項評估準則依序為「校園綠化量」絕對權重 (11.14%)，「保水設施及透水鋪面設置」絕對權重 (10.45%)，「光環境」絕對權重 (8.14%)，「節約能源設計措施」絕對權重 (7.51%)，「開窗及遮揚控制」絕對權重 (6.74%)。所以各項評估準則的相對重要性愈高者，其各層面引響重要性也愈高。

表 3 永續校園環境更新診斷改造評估架構整體項目權重比統計表

主要評估要項	權重	排名	次要評估項目	相對權重	絕對權重	排名
生物多樣性指標	7.00%	7	多層次生態綠化	60.42%	4.23%	12
			生物棲地及通道保留	39.58%	2.77%	16
綠化量指標	11.14%	4	校園綠化量	100.00%	11.14%	1
基地保水指標	14.83%	3	地表土壤改良	29.56%	4.38%	11
			保水設施及透水鋪面設置	70.44%	10.45%	2
日常節能指標	20.78%	1	開窗及遮揚控制	32.42%	6.74%	5
			屋頂隔熱措施	14.22%	2.96%	15
			節約能源設計措施	36.13%	7.51%	4
			再生能源應用	17.24%	3.58%	14
CO ₂ 減量指標	5.17%	9	綠建材之使用	100.00%	5.17%	10
廢棄物減量指標	8.52%	6	落葉及廚餘堆肥	28.99%	2.47%	17
			資源回收管理	71.01%	6.05%	8
室內環境指標	18.17%	2	音環境	21.09%	3.83%	13
			光環境	44.80%	8.14%	3
			空氣環境	34.10%	6.20%	7
水資源指標	5.23%	8	用水效率管理	100.00%	5.23%	9
污水垃圾改善指標	9.16%	5	污水處理及放流水質管理	26.86%	2.46%	18
			人工濕地自然淨化水循環處理	73.14%	6.70%	6

3.4 建立評分表

經由上節各個主要項目及其次要項目權重計算，建構永續校園環境更新診斷改造評估評分表，如表 4，為利於使用者評估給分，填表方式說明如下：

1. 得分為介於 0~10 的整數。
2. 當有一項目之得分小於 4 分則表示該項目不通過且急需改善。
3. 當有一項目之得分介於 4 至 7 分之間表示該項目有改善空間。
4. 當有一項目之得分大於 7 分則表該項目通過評量。
5. 評估加權總分在 60 分以下，表示此校園環境急需改善，60 分至 80 分之間代表校園環境合格，但仍有改善空間，80 分以上代表此校園環境總體上表現良好。

表 4 永續校園環境更新診斷改造評估評分表

永續校園環境更新診斷改造評估評分表					
主要評估要項	相對分數	次要評估項目	加權分數	得分	加權得分
生物多樣性指標	7	多層次生態綠化	4.23		
		生物棲地及通道保留	2.77		

永續校園環境更新診斷改造評估評分表					
主要評估要項	相對分數	次要評估項目	加權分數	得分	加權得分
綠化量指標	11.14	校園綠化量	11.14		
基地保水指標	14.83	地表土壤改良	4.38		
		保水設施及透水鋪面設置	10.45		
日常節能指標	20.78	開窗及遮揚控制	6.74		
		屋頂隔熱措施	2.96		
		節約能源設計措施	7.51		
		再生能源應用	3.58		
CO ₂ 減量指標	5.17	綠建材之使用	5.17		
廢棄物減量指標	8.52	落葉及廚餘堆肥	2.47		
		資源回收管理	6.05		
室內環境指標	18.17	音環境	3.83		
		光環境	8.14		
		空氣環境	6.20		
水資源指標	5.23	用水效率管理	5.23		
污水垃圾改善指標	9.16	污水處理及放流水質管理	2.46		
		人工濕地自然淨化水循環處理	6.70		
總分			100		

資料來源：本研究整理

四、結論與建議

(一)本研究利用文獻回顧法配合專家訪談以找出與永續校園環境更新改造相關之評估指標及其項下之原始評估因子後，接著以專家評價法之『模糊德爾菲法』篩選評估因子，並以『層級分析法』求得主要與次要評估項目之相對權重值。本研究之成果可歸納為以下之結論：

1. 經本研究整理出永續校園環境更新改造評估之項目，以生物多樣性指標、綠化量指標、基地保水指標、日常節能指標、CO₂ 減量指標、廢棄物減量指標、室內環境指標、水資源指標、及污水垃圾改善指標，作為評估架構建立之主要項目，並於各項目中彙整出 30 項次要項目，再透過專家訪談方式，建立評估要項，確立主要評估項目為 9 大項，次要項目計 18 項。
2. 為利於本研究所建立之評估架構可方便運用於永續校園環境更新改造評估，使

用 AHP 問卷進行各評估項目之權重分析比較，建立永續校園環境更新改造評估設施評分表。在評分表之九個主要項目中，以「日常節能指標」絕對權重（20.78%）為最高，最為專家學者所重視，其次以「室內環境指標」絕對權重（18.17%）次之，以「基地保水指標」絕對權重（14.83%）為第三高；次要評估項目中，以「校園綠化量」絕對權重（11.14%）為最高，最為專家學者所重視，「保水設施及透水鋪面設置」絕對權重（10.45%），「綠化量指標」絕對權重（11.14%）為第三高。此外，本研究中全體專家對於評估指標次要項目之『綠建材之使用』重視程度則相對偏低，顯示當前國內對於執行校園環境更新改造之綠建材之使用仍未獲得普遍的重視。

（二）經由本研究，可歸納出以下幾點建議：

1. 後續研究應以完善各指標因子之評估基準及評估方式

本研究利用相關文獻分析校園環境與綠建築評估要項以及教育部「永續校園推廣計畫」之關係，擬定評估因子及層級架構，再經由德爾菲法專家問卷相關領域專家意見，確立了主要及次要評估因子，最後透過層級分析法，以確定評估指標評分的相關比重，惟囿於時間因素及人、物力有限，僅能挑選新社高中進行個案測試評估，建議後續研究可嘗試以本評估架構進行其他校園更新診斷與改造評估，並配合教育部及相關文獻參考而進一步更完善各評估因子與層級指標，以建立符合永續、生態、健康原則的『永續校園』為目標，對應永續發展之精神。

2. 改善校園環境應考量後續維護能力

因不同校園、不同改造項目，效益結果也因此不同。然而過於現代化與複雜的綠化校園設計，往往會因後續維護經費有限，管理人力不足、建築設備過分電子化，而致使在日後漫長的建築生命週期中，引來龐大的維護費壓垮，而產生後續維護管理困難的危機，所以永續校園之設計應是量入為出，以適當考量學校本身特質、後續持續的維護管理、衡量足夠的維護費用，才是真正的「永續校園」。

五、參考文獻

1. 湯志明，2011，「優質學校環境規劃與問題探析」，五南書局。
2. 黃世孟、曾漢珍，1990，「臺灣地區學校建築研究文獻之回顧與分析」。
3. 湯志民，2006，「學校建築與校園規畫」（第三版），五南書局，台北市。
4. 黃世孟，2002，「各級學校校舍維護管理參考作業手冊」，教育部。
5. 內政部建築研究所，2015 版，綠建築評估手冊-基本型。
6. 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》。