

## 綠建築與生態環境應用於校園建築規劃之解析 以新設國立屏北高中為例

洪武智\*

### 壹、前言

自一九九二年於巴西里約召開首次地球高峰會議所簽署的「氣候變化公約」及「生物多樣性公約」起，即揭櫫人類為追求開發與經濟成長，所需面對地球環境破壞的危機——每天約有一個紐約市大的雨林生態被砍伐燒毀，代而產生的是工廠、房舍等建築叢林或耕地……等，大量排放的二氧化碳造成全球溫暖化氣候異常、南北極冰層融化海平面升高，繼而聖嬰現象產生降雨不均，造成部分區域土地沙漠化，而部分區域卻水鄉澤國暴雨成災；尤其近幾年來人類的所做所為更是貪婪的大量捕取野生物、開挖礦產、開發山坡地及沼澤地、工程大量使用鋼筋水泥產生不透水鋪面等等，不僅嚴重破壞水土保持，更嚴重斷傷環境生態系的平衡，造成大自然對人類的反撲，SARS、口蹄疫、禽流感等病毒肆虐；地震、風災、洪水、土石流、海嘯等等天災人禍頻傳，疾病與災害已深深的震撼到所有家庭民生。教育，是人類生活最具影響力的改造環境，從教育的環境改變起，透過環境教育提升狹隘的思維，由個人擴展到全球人類，台灣的未來生活才能從此升級(黃榮村，2003)。今後為求人與大地間的和諧，實現社會文化與自然生態的協調與發展，教育應傳達世代永續利用的理念，而校園更是教育思想觀念的發軔之地，學校建築是校園的主體，其透過教師、學生、家長、教育行政人員、社區民眾及建築專業人士等人的參與發揮所致。因此，綠建築與生態環境應用於校園建築規劃是頗值得探討的課題。

身教、言教、境教、制教為學校教育的四大主軸，而境教更有潛移默化的功效，所以古時即有「孟母三遷」的故事，也有「近朱者赤，近墨者黑。」的說法；偉大教育家杜威曾說：「要想改變一個人，必須先改變環境，環境改變了，人也就被改變了。」現今有為尋好學區到處搬家的家長，皆是深刻體認了環境影響人格發展最好的證明。教育乃為百年大計，亦是立國建國的根本，教育的成敗攸關國家興衰；因此，如何提昇教育品質就愈發重要。身為學校行政工作者，應以提昇教育品質，增進學生學習為首務，而學校校園的規劃，不僅是輔助教學的必要硬體設施，更可發揮陶冶學生身心、激勵學習興趣、涵養開闊的胸襟、蘊育豁達人生哲理的「境教」功效；由此可知學校建築與校園規劃的良窳，在教育功能的發揮，教育目標的達成，師生互動的促進、學生行為的改變及教、學的成效上，具有關鍵性的影響作用。因此，國立屏北高中的新設校園建築及設施工程曾獲2005年綠建築獎及2006年台灣建築獎，從設校至今已有國內外數百單位參訪，其在校園建築與校園規劃上能適時將綠建築與生態環境觀念導入，對學校教育的經營與發展已產生非常重大的影響，希望藉由對此成功案例的實務解析，能提供參與學校校園規劃的教育工作者些許參酌價值。

---

\*洪武智：國立屏北高中校長

## 貳、綠建築與生態環境應用於校園建築規劃之原則

研究者曾負責國立屏北高中的籌備設校工作，從2001年8月接任籌備處主任起即走訪全省各縣市中小學數十所，並與各校教職員及學校校長交換心得，探討校園規劃及學校建築特色，並閱覽文獻了解各學者專家觀點，然後提出國立屏北高中校園規劃原則綜合整理如下：

### 一、 健康舒適原則

健康舒適的校園環境能提高教學和學習的績效是不爭的事實，所以綠建築與生態環境校園規劃應營造健康舒適的高環境品質，具體做法可利用所在地氣候及環境優點，如採校園建築的走向配合太陽的位移，以獲得較好的照明採光與遮光；完善的校園建築空間配置及改變房舍的面向、造形及棟距的開口，以獲得較佳的通風與空氣品質、降低噪音迴盪干擾；室內外裝修多選用自然素材為建材，以增進人與自然的調合降低心理的浮動；採用中空樓板、彈性隔間等預鑄建材，以增進結構安全及防震、噪音阻隔；採特殊塗料以防潮、除霉、透氣；裝設外遮陽板以通風透氣、遮陽採光……等等，都可增進校園健康舒適與安全衛生的管理。

### 二、 永續生態經營原則

校園是學生學習活動的場所，因教育即生活所以校園環境教育，將推展到學生的成人社會，綠建築與生態環境校園規劃可提供學生完善的環境教育，具體做法即從校園工程基地開發時應有環境影評估，儘量融合當地地形地貌生態自然景觀及特色，降低環境衝擊，以生態規劃校地及空間時，也應抱持永續棲地文化的理念，不可胡亂引進動植物造成當地的生態循環失衡。具體做法在基地工程開挖時，即應考量土方表層微生物的搬移；房舍配置、動線規劃、建築造形都要考量動物的遷徙通過與棲息；校園生態多性植栽除數量、物種、基因多樣外，要儘量選用當地原生種植栽、棲地的多層次植栽、促進生態循環的誘鳥、誘蝶植栽；校園景觀的庭、池、坡、牆，應多採用生態工法施作，保持較大面積的透水鋪面及穿透性圍籬。如此，可確保校園生態環境的永續經營。

### 三、 永續節能科技原則

經費是校園營運維護管理的重要命脈，因水與電是學校業務費的大宗支出，綠建築與生態環境校園規劃應提高學校能源的使用效率，並教育學生如何製造替代能源。具體做法如利用建築結構造形與地域微氣候引進氣流降低室內溫度、大開窗增進採光、外推窗引進較大氣流、外遮陽板降低太陽直照調節室內溫度、採用省水馬桶、省水龍頭、高功率省電日光燈、高效能空調設備；製造替代能源方面，可配合地方特性做雨水及中水回收再利用，做衛廁用水或花草澆灌；太陽熱水器做宿舍洗澡、廚房用水、游池加溫；太陽能發電或風力發電做燈具照明、電扇、馬達用電或併聯學校用電等，以上若能應用科技來節省能源或製造能源，減少學校經費支出，必更有利校園的永續經營。

### 四、 永續資源管理原則

人類雖是自然界的一員，但卻經常藉著高度的智慧過分擷取應與其他生物共享的地球資源，而破壞生物鏈斷傷生態循環系的平衡，如何做好資源需求與保護的平衡，是永續資源管理的重大課題。具體做法在觀念上應有「滿足人類的最小需求，歸還自然最大的空間」的思維，如校園建築從設計建造到營運，應儘量減

少廢棄物的產出、使用可再生或可重複利用的建材、使用低耗能製造的建材；可做垃圾分類資源回收再利用、枯枝樹葉及廚餘變堆肥做花草樹木肥料；中水及廢水回收利用結合水生棲地及生態池，做水生動植物養殖及花草澆灌；校園以少量步道增加透水鋪面以滲水及儲水等。都可減少資源的消耗增加其利用價值。在作為上應有「當地產生的問題在當地解決、當地的需求由當地提供」的做法，如基地開挖要有剩餘土方當地平衡的計畫、車輛運輸及建材供應要當地雇用就近取材；學校營運時要與社區資源共享。如此，不僅可以降低成本有利永續經營，更可以創造獨特的校園文化。

##### 五、 工程結合教育原則

綠建築與生態環境規劃的校園其跟傳統校園最大的區別，在其能超越建築之見，校園建築不僅是一幢幢建築物，而是結合科技整體設計具高適應力的有機體；是讓使用者參與決策的參與式設計，能結合社區總體營造符合永續社區理念，可與自然環境及周圍環境具親和共生具環境學習功能的教育工具。所以它的規劃是具有工程與教育相結合性，因它的完成本身就具有極高的教育價值。

校園建築規劃從基地開發到正式營運要經過規劃設計、建築設計、工程營建和維修保固等四個階段，過程需要集結眾多的人力參與、物力支援才能完成，完成後更是結合生態、科技、環保、節能、健康的教育設施，這種校園建築才能提供健康安全、自然和諧的學習情境，讓教學由教室內延伸到校園拓展到社區，並從戶外學習探索調查養成跨領域的統整學習，使學生真正體會低噪音、低污染、自然採光、自然通風、省能源、省資源及物質循環利用的環境生活議題，由校園生活及教育機能培養尊重生命及順應自然的運作規律，因此，校園建築規劃應遵循以上原則，讓學校成爲一個重要的社會資源，可永續經營的最佳教育場所。

國立屏北高中綜合前述規劃原則，提出校園建築需考量的問題分析如下：

- (一) 校園規劃依設校目標，以整體發展爲考量，需考慮教學、行政、活動、休閒、性別平等、無障礙、停車及宿舍等區域分配，並重視空間的區隔與動線之連結等問題。
- (二) 設校規劃採開放性原則，校園建築物需考量安全性、前瞻性、實用性、採光性、通風性、經濟性、教育性、美觀性及性別平權使用的差異性等多元性機能原則及無障礙開放空間設計等原則性問題。
- (三) 建築物及校園景觀確保綠建築及生態環境，應具有文化藝術的意象，能與社區的生態及自然環境相結合，並能利用自然能源，增加太陽能源使用。
- (四) 校園整體區塊規劃，需考量現代化資訊科技規劃，高壓用電管路、弱電通信管路、資訊網路管路、飲用水及污排水管路等都要預先規劃埋留，並預先規劃全校雨水、中水、澆灌、消防池及生態池等水循環再利用系統及廢污水處理系統等整合性問題。
- (五) 房屋建築應融合社區農村風格，建物強調鄉下親切溫和學習空間，樓層四層以下，教室應能像家的感覺，結合戶外平台與廊道，並規劃出導師與學生互動空間。

總而言之，雖然近幾年來政府單位召集學者專家、建築設計師、營建承造商

等商討推動所謂綠建築、生態建築等環保節能的建築相關技術與規範，但是畢竟其主要理念還是以建築物本體節能設計、營建過程中減少耗能以及降低污染、以及建築物舒適健康和美綠化環境品質等的提升；近來建築設計理念的發展開始重視社區整體開發的關係，同時加入了生態環境的地球環保概念，從生態環境技術的角度，來執行實質的校園規劃計畫，其對生物棲地環境品質的改善，具有空氣淨化、噪音防阻、防風、防塵、防砂、防火、水土保持、氣候調節等功能；更由於生物移動障礙的減少，可促進傳播與移動及基因的交換，而增加了生物族群的數量，使生物鏈健全發展；校園生態環境所營造的美化、舒適與健康環境，同時也提供學生、教職員工及社區民眾看書、運動、遊戲、散步、聊天、休息、乘涼、賞景的絕佳去處。由此可知，綠建築是點而生態環境是面，若真正關心生態環境的人應深深體認到「綠建築」究竟只是建築的範圍，對整體的居住環境及地球環保的貢獻有限，必需將綠建築與生態環境相結合才能讓人類及其他生物真正和諧共存，並確保賴以綿延世代的生存環境永續發展。

### 參、校園建築規劃各階段的問題及其解決策略分析

校園建築從規劃到完工使用，可區分為籌備構想階段、規劃設計施作階段、完工維護使用階段等各有不同的焦點議題，就以國立屏北高中為實例做各階段的問題及其解決策略分析。

#### 一、規劃構想階段的問題及其解決策略分析

校園規劃的構想階段是理念萌芽與觀念建立時期，對爾後的發展具有指標引導作用，可分學校內部構想問題、建築師構想問題及問題的解決策略等方面分析與討論：

##### (一) 籌備階段校內構想問題彙整分析

彙整籌備階段校內規劃構想的問題如下：

##### 1、基本理念

- (1) 人與環境的對話---人類非萬物的主宰我們只是生態系的一環，人一生最重要的是乾淨的空氣、水、食物及溫暖的陽光。
- (2) 人類的反思---人類生命的價值為何？如何營造眾生和諧共存的環境？
- (3) 綠建築與生態環境---未來『桃花源』的校園想像。
- (4) 校園一如生物有機的母體提供了孕育的本能，校園建築群體像是由母體中心所開展的嫩芽，永續著教育母體賦予的學習成長任務，延伸至各個角落，提供學習、生活、並醞釀活動。

##### 2、期待的校園雛型

- (1) 生態校園
- (2) 多元主題複合學習空間
- (3) 社區居民終身學習與營造的核心
- (4) 學習森林校園
- (5) 生活/教育的田野聚落
- (6) 培養身心及知識的學習家園

##### 3、預期校園規劃的效益

- (1) 滿足屏北地區國中畢業生就近升學之需求，擲節家長教育經費支出，增進

教學不利區的就學負擔，改善屏北學區就學失衡架構，實現教育機會均等的理想。

- (2) 以生態環境及綠建築技術關建人性化、科技化的美綠化校園，學校建築能創造健康舒適的學習空間，能節能、減廢協助長久經營，更是學生快樂成長的學習樂園。
- (3) 舉辦多元性活動，如講座、表演、展覽、聯誼、社團活動等，提供社區民眾休閒與學習活動之空間，並推展終生教育，創造社區民眾進修學習的機會，成為社區的發展中心。
- (4) 落實開放教育，校園以學習群落整體規劃，學校場所及設施提供社區居民使用；社區各項活動及資源提供學生實習場所，使成為學校與社區共生共榮之典範。

## (二) 建築師事務所規劃構想階段問題彙整及解決策略分析

建築師經與籌備處對談後，並對學校用地及附近社區田野調查，提出籌備構想階段問題及解決策略分析如下：

### 1. 基地之自然生態及產業文化環境

- (1) 基地座落與面積：基地座落在屏東縣鹽埔鄉彭厝農場(台糖土地)，面積八公頃，距鹽埔、高樹、里港、九如等鄉鎮行政中心約3~4公里，屏東市約14公里，四周皆為農作區。
- (2) 社區環境資源及地域風格：校園四周的鄉里社區居民，對社區文化與農業推展頗為重視。有機散置的農舍、莊園、聚落，為此地的重要建築景緻；而大片遮蔭斜屋頂與寬廣遊廊形成了特殊的地域性格。
- (3) 自然環境資源：基地四周皆為低度平坦的地形，基地本身並低於路面呈1~3米的高差，基地東側有灌溉用溝渠，並有大面積的養殖池，而西、南、北側有濃密的台糖蔗田，使得狹長的基地兩端各有不同的地理性格。

### 2. 校園整體規劃四大問題及解決策略

- (1) 校園與社區的互動---轉化校園為社區營造的核心學校一向是城鄉地域中一個極為重要的公共教育資源和可塑性高的開放空間。在屏北地區之居民幾乎沒有接受成人教育或職後教育的理想場所，導致區域發展教育受限。新設學校其地理位置位於四個鄉里之間，而其綠化的校園、多類型的運動場地、及軟硬體資源設備，不僅可提供在地學子的教育環境，更可良善提供社區的教育角色，進而提升整體屏北地區的文化水準和區域發展，成為社區發展與改善社區環境的重要角色。
- (2) 有別都市型態的田野聚落校園---塑造融合社區農莊風格的校園意象與特色長久以來一般都市之校園設計，受限於土地面積及使用人數，教室多半採連棟方式圍塑空間，學生長期生活在如圍牆般的教學場所，無法完全享受校園生活的樂趣，尤其面對改制後的多元入學，這樣的校園設計不符合多元學習環境的期望，對學生來說更是嚴肅、缺乏創造力的學習空間。面對新設學校如此開闊的地理環境，我們不再受水泥叢林般校舍的束縛，企圖在合理的條件中，創造開放流暢的校園空間，在我們的設計藍圖中，校園

是學習的場所，也是學生自在的『家』。

- (3) 親和多元的學習環境---以人為本的學習空間校園為一包含了教授、學習、生活互動、人格培養等多元教育的『生活蘊育場』，我們認為教室內外皆應充滿了學習的生氣，其使用行為不單只是侷限於局部特定的室內空間，穿堂、廊道、轉角、雨棚、草坡、樹下、陽台、池畔等……處處充滿了可供師生學習與互動的角落，人性化親和的空間設計，在如此校園聚落中，才是真正符合良好的使用者環境。
- (4) 生態環境與綠建築的實踐---生態有機循環的地景建築九二一地震之後，讓我們真正關懷及珍惜自己土地的每一資源，而省能的「生態建築」和「綠建築」則是我們自身的反省與改進，利用結合生態學與專重自然資源的綠建築設計，除了低度開發企圖降低環境衝擊與營建成本之外，主要企圖在於配合新設學校地區有利的微氣候與物理環境，利用自然條件讓「綠」建築達到舒適、通風、節能的效果。另一方面，我們更企圖以更謙遜的建築態度，配合當地的有機錯落的農村聚落、以及水與綠自然地景，塑造多元的池、圃、園、林、和院落空間，以及多目標有機的開放空間計畫，收納活動場域、串連景觀空間、以形成一個文化意象、低調融合、自然學習、永續發展的「生態校園」。

### 3.校園規劃問題解決策略的具體措施

- (1) 配置原則融合地域涵構--創造社區鄉土親切記憶空間的學習場所  
我們延續了基地週邊既成的自然紋理，配置校區的景觀與建築，希望藉此建構出與環境相互依存的教學空間。在視覺環境上結合了地景之塑造，創造出寬闊而多層次的視覺感受。藉由對水、生態林與建築的結合，圍塑出連繫鄉土記憶的地方感，使師生之學習環境與社區居民之生活情境相互調合，創造出親切的空間經驗並建立社區的場所感。
- (2) 多層次的機能分區與空間計畫--讓教學、活動、行政不受干擾又可相互支援  
在教學區的南北向上，我們將校區塑造出四個空間層次，分別為生態池、小型開放空間、大型開放空間與界面菱形綠籬及土坡；在校園東西向上，則為由密而疏的流動性空間，配置以生活群落區、教學群落區、行政人文群落區、生活運動區等四個大三合院型群落；室內、外教學、活動、行政互不干擾，但又相互支援，並於其中以適切的過道空間控制序列的收放，盡量保持其通透性，以引入東面較為涼爽的氣流。整體校園以教學單元為核心，教學區以聚落的方式構成，聚落之間相互環扣形成數個更大的開放空間，使空間層次更為多樣而分明。以生態林為一道基地邊緣的綠色界面，並以流水、生態池與綠樹作為各使用分區的交界。北側的專科教室與西側的運動場為主要的社區開放區，東側則為幽靜的宿舍區。圖書館位於校園之樞紐位置與制高點，象徵對智慧與知識的無限追求。
- (3) 生活宿舍區：水與綠間的生活院落  
延伸東側的水池及聚落型態，形成尺度親密且生活機能獨立的宿舍群落，不僅與校園教學區鄰近且以綠林區隔，使師生於「水」與「綠」之間悠閒地生活、討論、互相學習。並於寒暑假，成為冬/夏令營的宿舍。
- (4) 教學區：有機群落、如「家」般的教學聚落  
將有機的田園聚落意象，導入校園之教室群落設計，善意的建築尺度與學習角落，使教室群體充滿著親和與向心力，聚落的型態，適當的分散使用頻率，提供一個『不擁擠』且像家庭的學習空間。而位於教室後方的陽台，

則藉由拉出的出入口，作為班級與班級間的界定，除提供學生如家中後花園般的自在外，並設置飲水機掃具間洗手台方便學生使用。此外，在教學聚落之間的開放空間上，校園亦塑造出陽光草坪連接大樓梯及挑高穿堂，做為校園中心意象；並於專科教室之角隅，亦利用草坡與教室間，塑造一個連接音樂教室的戶外音樂廣場，除配合音樂教室的彈性使用，供學生於課餘時參與樂團練習之外，並可提供假日時舉辦中小型的音樂活動。

(5) 行政區：自由人文的校園意象

校門入口處的中心廣場，摒除以往軸線式的入口意象，改採開放的態度，並藉由行政大樓、人文大樓、體育館及活動中心的串連，圍塑出內聚的校園廣場，並以圖書館作為整體校園之中心意象。而位於人文大樓的圖書館，則是校園中最高的建築物，除提供良好的閱讀環境外，亦可在討論室及視聽室切磋，由此可俯瞰整個中心廣場，夜晚時屋頂更是最佳的觀星場所。

(6) 開放空間及景觀計畫---以生動的軟性界面，營造與自然相契合的校園景觀

我們企圖以空間組織結合生態環境為概念，在建築物與開放空間之間植入生態林與生態池，並以它們為空間中生動的軟性界面，使校園生活猶如記憶中的田園生活學生們在清晨或傍晚由宿舍前往球場的路上，將經過生意盎然的綠色隧道；游泳池連結了生態池，使人猶如置身湖岸悠遊地戲水。我們認為唯有當人造物同時於內在與外在與自然相契合時，人們才能同時感受到美和自在。

(7) 生活學習角空間計畫---形成角落認同的聚集場所，凝聚師生情感與向心力

由於空間所呈現的形貌可以引導人們的行為模式，因此我們在此塑造了一連串的流動性空間來重塑聚集場所，使之在其中自然形成數個具備角落認同的聚集場所，改變了現代垂直水平走向的武斷性分割。師生們可以聚集在屋簷與樹蔭下進行討論，並安全地被包被在一個莊園式的空間氛圍之中，藉此凝聚師生之間的情感與向心力。我們觀想的是一群有理想的青年沐浴在大自然與人性化空間之中教學相長的畫面。

(8) 動線系統計畫---主要以悠遊式的自然步道形成無障礙的人行動線

人行動線主要以悠遊式的自然步道為主，無障礙的穿廊與連貫東西的生態林為輔，使人猶如穿梭於聚落與田園的小徑之間。各區域之間均以有遮蔽的走廊、通道與平臺相連貫，形成流暢的水平動線迴路。

(9) 社區共享計畫---促進學校成為社區發展中心

校區四周不設置任何圍牆，僅配合地景於意象上區隔校園之內外空間。除了全面開放的公共空間外，其他的學習空間如專科教室、圖書館、活動中心、體育館、游泳池等亦於特定時段開放給社區使用，以達到社區資源共生共享的目的。

由前述籌備處規劃構想階段的問題彙整分析與建築師事務所規劃構想階段問題彙整及解決策略分析，可以看出國立屏北中設校在校園規劃構想階段即考量聲音、自然光、空氣、水及生態景觀等元素對生態環境的影響，並能以減少對環境衝擊的綠建築技術，整體規劃設計成生態與環境共存的校園，建立校園永續的理念推動社區獨特的永續文化，冀望成為校園永續環境教育的示範中心。

一、 規劃設計施作階段的問題及其解決策略分析

校園建築及設施工程在規劃設計施作階段，首要面臨的是有多少經費可做怎樣的工程？接著是檢核施作後成效如何？將問題彙整及解決策略分析如下：

## (一) 基本資料分析

1. 工程名稱：國立屏北高級中學校舍新建及設施工程
2. 設計單位：原相聯合建築師事務所
3. 專案管理：內政部營建署南區工程處
4. 監造單位：原相聯合建築師事務所
5. 施工單位：一品營造股份有限公司
6. 工程金額：三億七千四百七十一萬八千九百六十七元整
7. 工期：行政大樓、普通教室區及專科教室區二百五十五日曆天
8. 整體工程原定三百三十日曆天完工，因天候及物料調漲短缺延後 90 日曆天完工。
9. 開工日期：中華民國九十二年八月二十五日
10. 工程地點：屏東縣鹽埔鄉彭厝段 1424-1、1425、1426-1 地號
11. 基地面積：79,224 m<sup>2</sup>
12. 建物構造形式、樓地板面積

從基本資料及結構和造價分析表研究分析，可以看出綠建築與生態環境應用於新設學校，其施工工期一年三個月，每坪的平均造價亦不到四萬元，可見工程經費相較其他一般性工程並未變多，施工期程反較往昔設校工程縮短，施作問題及其成效則有待檢核。

## (二) 分項施作問題及其解決策略與成效分析

綠建築與生態環境應用於國立屏北中校園各實施項的施作問題及其解決策略分析：

1. 如何融合社區環境，成為開放校園及生態廊道？
2. 如何節能、節水降低學校營運成本？
3. 如何善用建材裝修提昇健康環境降低營建成本？
4. 如何規劃植栽達成生物多樣性增加綠化量？
5. 如何資源循環利用達成減廢增值目的？
6. 如何營造生物鏈環境的生態池？
7. 如何讓校園生態環境與周圍綠帶連結？

### 解決策略分析：

- (1) 校園四周採穿透性圍籬菱形網，並在生態邊溝坡種植蔓藤類植物軟枝黃蟬、大黃蟬、爆竹花、飄香藤及原生牽牛；東西側種植九重葛、蔓性薔薇；南側面臨農田則種植百香果、肉豆、絲瓜……等植栽與周圍綠帶連結(圖 20-1)。
- (2) 校園建築物大部分裝修採用木材南方松、天然石材及簡單油漆，且為二樓斜屋頂建築，完全融合當地地景地貌；動線除棟間連接走廊外全部以石板為連接步道，儘量降低影響生態環境。
- (3) 在校園建築物棟與棟之間規劃成林區、草皮或生態池，形成水與綠的有機田園聚落，不只連結周圍綠帶更營造一個豐富的多樣性生物棲地(圖 20-2)。



圖 20 與周圍綠帶連結的生態環境校園

## 8.如何讓校園基地開發減少生態環境的衝擊？

### 解決策略分析：

- (1) 施工時需在基地四周架設安全圍籬，減少空污及噪音可降低對基地四周生態環境的影響(圖 21)。
- (2) 規劃時考慮校園建築物的空間配置及校園景觀的設置，管線施工時應預先埋設，避免重複開挖，儘量保有原基地豐富的動植物生態(圖 22,23)。
- (3) 生態環境的規劃與施工，應以生態工法為優先考量，設置也應以功能及維護生物鏈為最大考量。
- (4) 校園基地開發除注意到可視見的動植物外，對最基層的微生物分解者也應給予考量，表土暫行搬移堆置對微生物分解者保護，可讓新設學校之初的花草植栽有較高的存活率(圖 24)。



圖 20 施工在安全圍籬內 圖 23 管線施工時預先埋設 圖 22 原基地豐富生態 圖 24 表土暫行搬移堆置

由此可知，國立屏北高中的校園以綠建築與生態環境規劃，從構想階段到設計施作階段，雖然有不少技術問題待克服，但經由上述解決策略分析，在經費有限的情況顯然已頗具成效，這就值得爾後新設學校工程推動的參考。

### (三) 完工後維護使用階段的問題及其解決策略分析

分析校園建築及設施工程完工後的維護使用問題，可分初始的規劃設計影響日後的營運；繼而是施工的良好是否正確，影響日後維護的難易；當然最後成效評估的關鍵取決於學校使用成員是否能持續維護，探討完工後維護使用階段的問題及其解決策略分別就初始規劃、施工良窳及維護制度對營運影響等問題分析之。

#### 1.初始規劃影響營運問題及解決策略分析

根據實地調查及文件分析整理，列出工程與生態教育相結合整體規劃問題及解決策略分析如下：

- (1) 全校依學生活動、社區民眾參與將學校整體規劃成生活群落區、教學群落區、行政人文群落區及休閒運動區等四大群落，再依生態環境規劃成落葉堆肥區、生態水池區、香草區、本土果樹區、荒野地被觀察區、森林區、草原區、中草藥區、招蝶區、四季花海區、生態邊溝區等11個生態教學觀察區(圖25,26)。

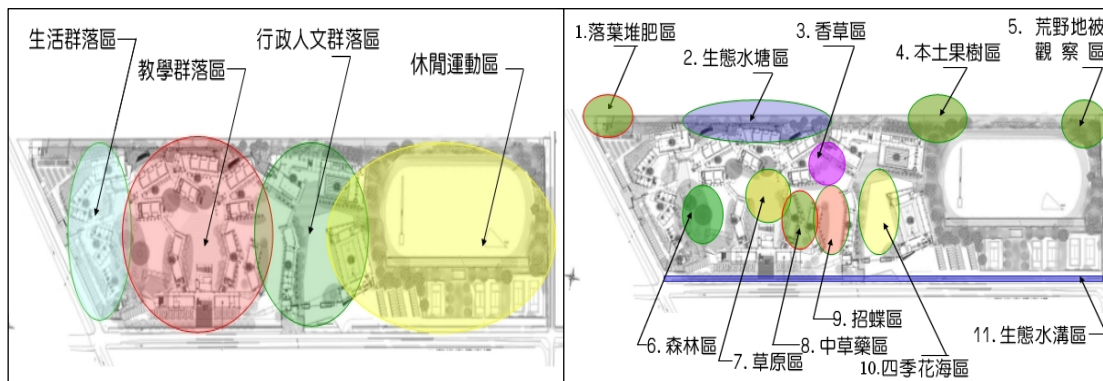


圖25 整體校園區域規劃

圖26 生態教學區域規劃

- (2) 植栽規劃除依日照、雨量及風向選用耐旱、耐陰及防風植物外，可依大喬木、小喬木、灌木及地被花草等多層次植栽配置，喬木規劃可配合校內教學情境及學生作息活動進行工程與教學連結規劃，如伴隨學生年級心情成長於一年級教室四周種植黃金玉蘭花，二年級教室四周種植阿勃勒，三年級教室四周種植苦楝等不同香氣及生態喬木；伴隨學生清掃在運動場四周種植土肉桂及校園四周種植白千層、酒瓶刷子及檸檬桉等不易落葉或細葉喬木；營造招蝶食材種植鐵道木、木槿，招鳥種植雀榕、重陽木等等喬木；營造藝文氣在音樂教室表演台四周種植風鈴木及火焰木等，將植栽種植規劃融入生態環境的情境教育當中。
- (3) 規劃生態綠帶或廊道的連結，如校園四周植栽連結內部植栽及校外農場田園四周10米環保林木帶；學校門前生態邊溝引東側養蝦專業區廢水淨化養魚，供學生及社區民眾休憩觀賞，創造學校與社區相結合改變城鄉風貌的生態環境教育學習典範。

校園建築與設施工程不論整體規劃或局部改造，規劃時即應考量工程完工之後學校教職員工、學生和家長及社區民眾有沒有經營校園的長程計畫，將校園經營成爲一個可以學習的豐富生態環境，讓校園能真正反應時代教育精神，成爲能連結社區生態促進改變城鄉風貌的生態環境教育中心。

## 2. 施工影響營運問題及解決策略分析

根據實地調查及文件分析整理，列出施工影響營運問題及解決策略如下：

- (1) 綠建築規劃的學校建築及設施，設計時不僅重視自然通風、引進白晝光，施工時更主張當地的問題當



圖 27 太陽電池燈具

地解決，如材料循環利用減少廢棄物、剩餘土方平衡利用、降低空污及噪音、利用太陽電池燈具做夜間照明(圖27)、儘量以天然素材及簡單材料裝修，不僅可降低建築成本更可減少產製建材的能源消耗等等，可將全部的工程施工過程整理成整套簡報資料或說明手冊，做為全校師生及來校參訪團體的介紹資料，落實工程與教育相結合，因推廣了解而建立情感並培養出持久維護的動力。

(2) 校園喬木、灌木及花卉草皮等的種植，前幾年是否容易養活表土微生物是



圖 28 招蝶區可提供蝴蝶生態教學觀察

重要的關鍵，微生物往往被忽視是一種肉眼無法視察到的生物，但在生物鏈中具有分解者的重要地位，在土壤30公分以下或不透氣的構造物之下即不易生存，新開發基地難免會有開挖或填土，應做好植栽表土的搬移或養護，只有在兼顧微生物的生存時才會種植出欣欣向榮的多樣性植物，所以施工階段後的營運植栽養護工程即影響日後的營運至鉅。

(3) 校園綠美化空間要連結校園外綠帶成為動物穿越的廊道，除配合空間規劃種植花木外，同時應營造出動物棲息的空間，比如種植易生果子或長毛虫的林木、果樹以招鳥；種植蜜源及不同蝴蝶食材以招蜂引蝶；配合傳統點心美食製作種植黃槿、毛竹；菱形網附生蔓藤植栽配合校園安全及作物教學種植等等，將生態環境植栽工程與課程教學相結合，因可提供別具特色的教學單元(圖28)，會增進師共同維護的意願。

(4) 學校的潮濕地方往往是蚊蟲茲生的源頭，學校可利用生態工法構築為生態池，施工時首應考量到微生物的共存，繼而考量到儲水、岸邊及水中生物的生態完整性，池的造形及水的深淺、邊坡的斜度、多孔隙環境的營造及生態島的關建等，再依池的特性種植水生植物淨化水質，孕育水中動物如青蜓、青蛙及孔雀、蓋斑、溪哥、鰱、烏鰂等各類魚種和福壽螺，其與親水產卵的蚊子等構成生物鏈循環運做模式，不僅可提供水生生態動植物觀察，更可發揮兼做消防水池、降低環境溫度、以及消滅全校蚊蟲的功能，因功能性增加也提升了維護的必要性。

總而言之，綠建築與生態環境規劃的校園，主題性的工程項施工問題可因工程與教學結合的情感、工程施工程序與對周匝環境的關懷，以及其工程項的功能性增加而使完工後的維護使用更為順利。

### 3.完工後使用階段維護問題及解決策略分析

常見一些規劃不錯的工程案例，往往在施工完成不久即已荒蕪變樣，歸究原因是規劃時有工程費可資設立，但完成之後不是缺人就是缺經費致使無法持續維護，解決策略分析如下：

- (1) 學校應有生態環境政策及設有專責負責的人，並依據生態環境政策訂定校園生態環境管理和環境教育的經營計畫，在教職員開會時規劃校園管理和生態環境教育教學或辦理校園生態環境宣導活動，對推展有功的學生、老師或家長給予表揚，促使工程與教育相結合的維護能持續進行。
- (2) 推動工程與教育相結的維護原則，是期望透過教學認知的過程，提供學生參與實踐的機會並建立正確的價值觀，如：生態池的造景工程於泥漿封底及邊坡多孔隙砌石可讓師生共同參與，在赤腳踩泥及搬運卵石時可建立土親的情感；生態池的植物可發動全校師生共同去蒐集種植，不僅可節省大筆植栽經費，更讓大家因採擷而認識植栽，在到處蒐集時相對喚起對環境污染的覺知；在以生物多樣性增加綠化量的維護過程，可由全體師生採擷附近原生種開花小灌木像長穗木、野馬纓丹等等，原生種不只適合當地氣候環境，更有利後續維護的推動，並借由情感的投入而使工程與教學更易達成(圖29)。



圖29 工程與教育相結合師生共同參與維護

總而言之，工程與教學相結合的維護，最重要的並不是經費而是方法與人，只要有正確的方法讓人願意參與，一種出自心甘情願富含情感的維護，才是長久推動工程與教學相結合的最佳推手。

#### 肆、綠建築與生態環境應用於校園建築規劃之特色

校園建築規劃後的工程施作，不僅對學校師生有莫大的影響，對地方來說也是一件大事，尤其綠建築與生態環境規劃的校園，更是社區民眾目光驟焦所在，以國立屏北高中為例研究分析發現，整理出校園建築規劃較具特色者列述如下：

##### 一、具有整體規劃的特色

新設學校從無到有並以整體規劃開發，其他特色計有：

- (一)新設學校時進行基地座落與面積、社區環境資源、自然環境資源及人文教育環境資源等基地分析後，校園做鄉村聚落式的整體規劃，依學生學習、住宿生活、社區互動及休閒運動等活動領域機能，區分為住宿生活群落區、教學群落區、行政人文群落區及休閒運動區等四大群落，彼此互動時以迴廊連結，也可單獨運作互不干擾，自然形成動靜得宜的校園群落。
- (二)校園管線如高壓供電系統及弱電的電信系統、資訊系統、視訊系統、廣播系統、監控系統及空調通風系統，以及給水的供水系統、飲水系統和中水系統、污排水系統、雨水收集系統、澆灌系統和生態池給水系統及救災的消防系統



- 56 - 圖30 棟距間鋪設石板小徑做為通道

等，併同校園規劃做整體性的預埋處理，並以涵管做好後續維修管理，避免重複管線的挖掘，減少環境的衝擊與破壞。

- (三)校園人車動線妥善規劃，車道環繞校園四周並以植草磚鋪設，內部建築棟距之間除穿廊連結外，其餘全部皆為草皮綠地，穿越動線以石板磚鋪成小徑，確保人員能無慮的在內部移動，營造溫馨和諧的健康環境(圖30)。

由上研究分析發現，整體規劃不僅是看得到的建築物空間配置，同時預埋地下看不到的管線也應一併處理，最後連結彼此的景觀規劃更可以豐腴生態環境，營造一所真正水與綠的生態校園。

## 二、校園建築與格局的特色

本研究樣本學校校園建築與格局的特色，經研究分析後整理如下：

- (一)校園建築大部分為紅磚色蛭形鋼瓦斜屋頂，有如閩南合院鄉村聚落式的莊園，整體規劃成外圍、前庭、中庭及後院四大群落，外圍為運動場及球場構成的休閒運動區，前庭為行政大樓、圖書館、綜合游泳池及活動中心等所構成的人文行政區，外圍及前庭除全校教職員工生使用外，更可開放社區民眾使用而不會干擾到學生的學習及生活座息；中庭為教學群落區，由各年級普通教室及專科教室所構成，學生學習活動及升旗都在此區舉行，是全校師生互動較頻繁的區域，後院為宿舍、餐廳和音樂教室戶外小劇場等所構成，其內並遍植林木營造成一個悠閒寧靜的住宿生活區域，校園建築進落分明機能顯著，並以穿廊串接連結的格局是本研究樣本學校建築的一大特色。
- (二)一般學校校園建築空間配置大都成直排型、U字型、口字型、H字型或圓弧型，本研究樣本學校以綠建築設計，為達成自然通風、大量引入白晝光及減少陽光直接射入室內空間，除大出簷遮蔭外就是調整房屋的面向，並採建築物棟距兩端不等及兩側不等長的斜梯形，其類似U字型或口字型合院的變形，為了讓氣流在校園內產生緩急流動，將較短距邊做為嬉戲的迴廊以利氣流穿透，同時營造成像家般的溫馨學習環境，這種建築格局配置成為校園規劃的一大特色。
- (三)新設學校基地原較周邊道路低窪，兼設校基地狹長近500米，兩側高差近120公分，校園規劃利用高層差及群落用途形成區塊，同時雖因設校經費短絀，但校地卻廣達8公頃，充分利用這種優勢規劃校園建築，除代表學校意象的圖書館為四樓，行政大樓及男女生宿為三樓外，全校皆為二層樓建築，不只降低建築成本同時增進學生親土性的機會。除綜合游泳池利用筏基做成可暫存中水及雨水1200噸的預備消防水池外，全區不設地下室，但為確保建築物安全及避免淹水，全區地坪採杆欄式構築，施工方式是在最底下以RC封底再豎立杆欄，其挑高出路面約30公分再施作一樓地板，不僅不會淹水更為小動物營造棲息空間，這也是學校建築格局的特色之一。

## 三、校園景觀與生態環境的特色

本研究樣本學校校園景觀與生態環境的特色，經研究分析後整理如下：

(一) 在地特色景觀與生態環境的建立，在顧及學生安全兼能營造校內外生態的連結，以穿透綠籬替代圍牆，校內基地超過80%的透水鋪面，依日照量與耐旱程度撒上在地常見草仔或種植花草，草地採用半野放式自然生長，營造出生態親和的環境特色(圖31)。



圖 31 半野放式自然生長草地

(二) 校園植栽景觀依學生學習情境、生活作息、環境維護及活動特色而規劃以開花的香氣、四季樹木的變化、落葉的多寡、果子招鳥及生物食材等配合特殊用途及群落區域，種植本土或馴化已久的喬木，營造出親和多元有利境教及生物棲息的生態環境景觀。

(三) 生物多樣功能多元的生態池景觀，以生態功法構築，橫越三個年級教室長200多米，內有三個生態島，邊坡砌石彎道設計考量水流及生物棲息、繁殖及趨性，目前種植有水邊植物、挺水植物及水中植物合計超過70種以上，池中也有數種魚類，不僅具有消防、消暑及滅蚊的多元功能，同時構築成一個完整的生態循環體系特殊景觀。

由此可知，校園景觀與生態環境的規劃，只要主事者多用點心思多充實生態知能，在不增加經費的情下，甚至可以更節省經費，經營出與基地原地形地貌融合、功能親合多元的特殊景觀與生態環境特色。

#### 四、校園各處作息空間可結合教學的特色

本研究樣本學校以群落規劃校園營造像家一樣溫馨的學習環境，不僅讓學生可以無慮的在內活動學習，同時也方便社區民眾部分共享學校資源，除此之外，較具特色的校園作息場域與教學相結合的規劃分述如下：

(一) 健康舒適的班群教室多元彈性空間設計：以年級為班群，導師室居於樞紐位置，各班群教室以雙走廊設計，但一側考量到與教室學生學習連結的需求，規劃出「導師工作、圖書櫃及班級電腦的資源學習角空間」、「分組討論及壁報製作等活動空間」(圖32)；在室內則採用9X10M<sup>2</sup>的挑高大空間，含有可調式桌椅、佈置及展示空間、置物櫃等生活必要活動空間，除此之外，兩側牆2/3採用大開窗，二樓的窗檐上方至斜屋頂樑下安置百葉，儘量引進自然風及白晝光，燈具使用省電式電子護眼日光燈，營造出有利推動生活教育、教學多樣化彈性的教室教學空間。



圖 32 班群教室多元彈性空間設計

(二) 自然採光通風透氣的活動中心：活動中心選用南北向以利採光，但以看台階梯做大出檐防止陽光直射，同時兩側面牆設計成可全部外推門，利用建築面向及如漏斗出檐引進自然風降低室內溫度，創造出在南部高溫下可容納近千

人集合而不必有冷氣的節能室內空間(圖33)。這種不用開燈就可打球運動，集合開會也不必使用冷氣空調的建築物，建築工程本身即是健康節能的好教材。



圖33 自然採光通風透氣的活動中心

(三) 遮蔭通風透氣的綜合游泳池：游泳池該蓋成室內或室外，其爭議最大之處是室外通風透氣陽光可殺菌、脫臭之臭氣及殺菌之氯氣易於揮發，但藻類易滋生、使用人員有陽光直接曝曬的威脅；室內則免受陽光直接曝曬的威脅，但有易生黴菌及密閉空間臭氣及氯氣不易於揮發中毒的危險，本研究樣本學校以鋼柵欄做隔牆，並以彩色鋼板做斜屋頂(圖34)，可防止陽光直射又能導入自然氣流，讓臭氧及氯氣易於揮發，確保一個健康舒適的運動環境，這種融合室內外優點而摒除其缺點的建築體，是工程結合教學的良好示範場所。



圖 34 通風透氣的綜合游泳池

(四) 空間面向引進氣流的圖書館：圖書館利用不同面向服務空間造形，形成風阻與穿越風洞，引自然氣流進入圖書館內部，只要有些許氣流就能因造形而形成較強的氣流在內部流竄，大大降低室內溫度，這種利用造形增強氣流的技術提供物理教學很好的印證(圖35)。



圖35 空間面向引進氣流的圖書館

由上可知，進行校園規劃時每一棟建築物都有其特定的用途，為滿足學生作息場域的需求，必需達成該場域應有的功能，為達成此項功能所做的設計規劃，即可提供教學印證的絕佳示範。

## 伍、結論

綠建築與生態環境規劃的校園，可以反應現代教育推動永續校園的特色，可以營造崇尚自然主義的開放式教學環境，讓師生的教學活動由教室內延伸到教室外的校園，甚至延伸到校園四周的社區，喚起全體師生除學習課堂的知識外，更應注意四周跟大家生活息息相關的生態環境，所以從構想規劃到施工以及完工後

的推動維護，初始要規劃學校成一個綠建築與生態環境的校園，只要依循規劃原則及遵循分析問題的解決策略即非難事，但完工後要長期維護或有效推就非常困難，往往因規劃者或推動者職務更動或調職而荒廢者屢見不鮮。學校應有推動全體參與的策略，讓工程與生態教育相結合成為師生的共識及學校發展的特色，也只有營造共生和諧的生態環境才足以讓世世代代永續繁延下去。

## 參考文獻

黃榮村(2003)。你，和世界的關係。載於教育部編印，**打造綠校園 Taiwan Green School：與世界接軌的學習環境—永續、生態、環保、健康**(第 2-3 頁)。台北，教育部。