

國小校園生態池類型暨環境效益研究 —以台北市為例

王秀娟* 陳貞譚**

摘要

本研究目的在探討都市中不同類型的校園生態池對於校園學習環境之影響，包含實質環境之微氣候改善、生物多樣性增加與環境教育機會等，研究對象為台北市設有生態池的三十九所國民小學，經由田野調查後，分類篩選五所案例學校進行深入調查與問卷訪談。調查結果顯示，多數校園生態池已經逐漸朝向模擬自然生態水塘或濕地的方式施作；各學校種植的水生植物相似度頗高；常見動物種類則因人為引進物種與學校地理環境不同而有差異。分類中之生態景觀學習池是以雨水回收或水循環系統為生態池主要用水模式；景觀、教材資料庫與仿生態池之水源補注則多為自來水、降雨與部分山區學校之山泉水，在結合雨水回收再利用之觀念上仍有改善空間。另外，管理維護與環境教育方面則因各校教學方針、任教老師與管理者而有不同成效。

本研究建議在校園中設置生態池時應優先考量校內區位環境條件，除了依據生物的生長習性模擬其生存環境之外，結合週邊綠地資源、配合雨水回收系統與持續維護管理甚為重要。在永續經營方面可與社區組織或NGO團體合作架構校園水生動植物及課程教案共享平台，強化校際間生態池資訊的相互交流。再者更應加強學童對生物生存權利及親水安全的重視與認知，透過與生態池的互動培養學童環境感知的敏銳度，激發美感與尊重環境。

關鍵字：生態池、食物鏈、環境效益、永續校園

* 輔仁大學藝術學院景觀設計系所 副教授

** 輔仁大學藝術學院景觀設計系所綠地暨景觀計畫研究室 研究員

壹、前言

世界自然基金會(WWF)於2006年公佈的報告《富有的國家，貧窮的水資源》中，首度發出警告：「水資源危機已經真正成爲全球領域的威脅」。也因此人類對待環境的態度需要被重新教育，自然環境保育與水資源善用的觀念、做法，應當是現今全民教育的首要任務。

近十年教育部因應世界環境變遷，持續推動綠校園、永續校園、生態校園、新校園運動、綠色學校夥伴網路等計畫及政策，其中「生態景觀水池」爲申請永續校園獎勵補助初始推動時的項目之一，九年一貫能力指標亦在課程內容中列出學生需要知道水生動植物之外型特徵及運動方式。爲了讓校園空間符合生態環境與推展生態教學並達成永續校園的理念，促使許多國小致力於校園中新增一處生態池或改造既有水生教材園。根據教育部「全國國小生態教學資源現況調查」顯示，國小設計教材園已有多年，目的爲充實教學資源，提供各種生物素材之設施。陳智帆(2005)調查指出在已經設置教材園的學校中，國民小學約有八成比例設置水生池，約有六成學校經常在教學過程時使用。但是，建造一個生態池並不代表符合生態，重新審視今日校園中各類型生態池，可發現其空間特質、規劃目的、工法特色及導入之環境教育有所差異。

何晨瑛(2004)調查顯示許多生態池的營造純粹只著重於表面型態之構築，卻忽略其生態功能真正意涵。因此相關部門在這期間不斷的摸索、修正與改造，對於生態池的規劃設計與維護管理方式已逐漸累積經驗，許多專家學者亦建議暫緩生態池的興建潮流，重新思索與檢討校園中設置生態池的必要性或永續性。

2005年底於「國民中小學老舊校舍整建作業規範」中指出生態景觀水池爲有經費才能考慮的項目，2006年至今，「教育部補助永續校園局部改造計畫」已不單獨補助生態水池項目，而是朝向「自然淨化水循環處理」之整體規劃爲優先補助考量。設置生態池如何爲校園帶來正面的環境效益是本研究動機所在。

貳、文獻探討

環境教育在先進國家中推行久遠，藉由環境認識、問題探討來促進民眾對環境的關心及行動，以邁向永續發展。1970年美國實施環境教育法案，並擬定國際環境教育計畫經聯合國核定後實施。1977年聯合國科教文組織(UNESCO)在國際環境教育會中定義：「環境教育是一種過程，在這個過程中，個人和社會認識他們的環境，以及組成環境的生物、物理和社會文化成分間的交互作用，得到知識、技能和價值觀，並能個別地或集體地解決現在和將來的環境問題。」(楊冠政，1997)。王鑫(1999)說明環境教育所倡導的是珍惜資源、愛護自然、疼惜環境之情操，並實踐節約能源、惜福、愛物及減廢的生活方式。專於戶外解說的學者Heimlick(1998)提出學習過程不代表學習者一定可以接受到教師所要傳達的訊息，營造好的學習環境或具有教育功能的環境相對上更爲重要，而「環境」是「教」與「學」互動的媒介，這「環境」包括自然環境，人爲環境，以及教育者與學習者營造的學習氣氛(王順美，2004)。王佩蓮(1996)指出教學活動設計最重要的是喚醒感官(Sense awakening)，在教學過程中讓兒童透過多用眼睛去觀察、鼓勵用觸覺去體會及瞭解大自然、鼓勵用嗅覺的方式來辨別大自然的一切、激勵用耳

朵去聽等培養學生以五官去關心環境。因此，在校園中實行環境教育之教學活動，對學童環境保護的認知應有莫大的影響。

校園是孩提時期與青少年生活體驗、人格塑造的初步環境，也是社區生態環境教育的最前線，假如能以「永續校園」的方向，廣建更優質的校園生態環境，對全民生態教育當有無比的助益（林憲德，2004）。永續校園推動項目在硬體方面含括「生態環境恢復與維護」以及「永續建築」兩大項目，在軟體部分，配合九年一貫課程實行，各校對應校園環境改造，創造出各校教學特色的教學教材，未來擴大結合鄰近不同教育特色的學校，更能形成緊密的環境教育聯聯網。為推廣與維持永續校園推動成果，教育部訂定有「教育部補助永續校園局部改造計畫作業要點」，並依執行狀況與時勢潮流調整作業內容。於2008年修訂版中指定主要補助項目有：1.資源流與能源流循環主題；2.基地永續對應主題；3.生態循環主題；4.健康建築主題；5.其他：各校可以發揮創意，找出符合永續發展精神之項目。資源流與能源流循環主題之自然淨化水循環處理中說明：應配合雨水再生水利用水循環系統或原有生態景觀池整體規劃，並應確認營運上對於校園安全衛生及健康環境無虞。其中所指之生態景觀池即為本研究探討之重點。

近年來陸續有不少專家學者投入生態池的研究，本研究回顧文獻歸納校園生態池之定義：「在校園中天然存在或人工開挖模擬自然溼地、湖泊、池塘、水田、埤塘、溪流等水域環境，具有生物與非生物間互動循環的食物鏈過程，為生物棲息之小型生態系空間，並可提供生態教育、示範及景觀美化功能之水域環境」。校園生態池的營造因建造年代、理念與

需求差異而出現各種樣式，早期的甚至僅能稱作校園水生池，生態效益並不明顯。陳智帆（2005）在92年度教育部永續校園局部改造計畫補助案例學校中，以南區申請生態景觀水池改造之9所國民小學為研究對象，依據生態水池的主要功能將之區分為生態型、景觀型、污廢水處理型等三類；林財富、王根樹（2005）針對教育部補助全台灣55個設置生態池之學校進行調查分析，以生態水池之週邊環境將校園生態池分為開放式且互動良好型，開放式但互動欠佳型與封閉式且自成一格型；張蕙莉（2003）透過訪談與調查南北區域八個學校共十五個校園水生池，依照教育、生態及規劃主體性三個面向，將水生池歸類成景觀型、教材資源庫型、仿生態型、生態學習型等四個類型；詹見平（1999）則依水體流動特性表示水池可分為河流式、池塘式、綜合式。

近十年來政府相關機關、民間團體與學者對生態池之規劃設計、施工與經營管理已有多方探討及深入研究，對濕地教育等相關議題也持續辦理研習活動，可知生態池在臺灣的推展已有一定程度的共識。由環境教育、永續校園與綠色學校夥伴網路之政策宣導、執行，配合環境生態學之水域生態系統、食物鏈（網）、營養階級及生態金字塔之思考，將傳統觀念中以「人」為環境主角的思緒，逐漸轉換成以「自然生態」為中心思考之環境思維，因此，校園生態池的成敗關鍵應在於對校園自然環境營造之正確「觀念」與環境教育是否真能養成「習慣」。審視過去相關研究結果，生態池的設置確實有助於校園整體環境的改善與增加環境教育的便利性，但也相對帶來新的維護管理問題，因此學校是否具有設置生態池之條件是營造前必需重視的議題。

參、研究方法

本研究以台北市為範圍，第一階段利用電話訪查建立設有生態池學校的基本資料，參考文獻對生態池的分類方式，透過現地調查予以歸類，並提出整體分析意見。第二階段就屬「生態景觀學習池」類型之學校為案例研究對象，調查校園生態池基本條件，並進一步檢測各所學校生態池水質現況，並輔以開放式問卷，針對管理維護單位與使用生態池教學之教師進行訪談，提出生態池基本面、教學面、環境面與維護管理面向之相關課題。

一、校園生態池構成要項調查

實地踏勘之調查項目包含生態池在校園中

表 1 田野調查項目與紀錄表

學校名稱(行政區)	位置	水源	規模 [1]	水深 cm	植物 條件 [2]	常見 動物 [3]	設施	親合性	照片

[1]生態池面積規模：1代表<20㎡，2代表20~40㎡，3代表40~60㎡，4代表60~80㎡，5代表80~100㎡，6代表>100㎡

[2]就該次所調查之植物，「-」表示部分學校之教材池因校方為維護管理方便，暑假期間會將池水放空並清除水生植物。

[3]就該次調查所發現之動物，「-」表示未發現。

二、案例學校水質檢測

郭一羽（2003）、陳有祺（2005）認為水生植物的生長主要受水深和水質兩因子影響，因此適合生態池的水質監測項目，以水溫、PH值、溶氧量最為適宜(吳青蓉、林晏州，2008)。本研究為進一步確認各生態池之水生植物生存特性，故同時進行導電度與TDS之檢測。受測點的選取以生態池不同水域條件為主，如水源之入水口、疊石或落瀑區段、開放水域面、有遮蔭之水域及目測有優養化或水質渾濁之水域

之設置位置、水池規模、水源、水深、動植物狀況、設施物與親和性等基本資料，並輔以照片說明（表1）。

於動植物調查方面，本研究以研究者觀察札記與拍照作為田野調查之動植物資源紀錄，並同時由三位調查員進行觀察紀錄，以補足單人觀察時可能缺漏之部分，受限於觀察時間，調查物種以當日所觀察到之物種為主要紀錄內容，另加入受訪者平時維護利用生態池之物種觀察資料。倘若有不確定或無法辨認之物種，則以拍照記錄其外觀特徵，再尋求專家學者或圖鑑輔助查詢。親和性方面是為瞭解生態池在校園中之易及性，是否因維護管理或使用安全考量而予以管制，與校園其他空間使用明顯區隔。

等，進行水質檢測、同時紀錄YSI 556 MPS水質分析儀之顯示數據。檢測分別於八月（暑假期間）及十月（開學期間）各一次，因檢測時間與測量深度可能不同，且難免有個人主觀因素之判斷而影響檢測結果，此為研究工具之限制。另因調查人力、經費與時間之限制，無法定期定時進行水質檢測。爾後於資料分析時，乃參考環保署河川/地下水與農委會灌溉用水標準，作為水質調查分析之依據。

三、問卷訪談

研究者依據文獻回顧及研究目的，自編問卷與擬定提問事項。問卷分別為結構性問卷（封閉式）及非結構性問卷（開放式）就國小校園生態池主要經營管理單位和教學教師進行問卷訪談。問卷訪談內容分為基本面向、教學面、環境面與維護管理面等四大面向，從不同的角度和立場深入瞭解各別的意見與觀點，而獲致更廣泛及完整的資訊。

肆、結果與討論

一、台北市國小生態池類型調查分析

本研究經由電話訪查台北市157所國民小學，就回應設有生態池之學校有39所(圖1)進行現地調查。多數調查日為暑假期間與開學後周末双休二日，少部分調查日為開學後之上課時間。

(一) 校園生態池類型與相關環境營造理念

一般都市學校受限於校地規模與教育重點等多方因素，校園生態池多是由舊有景觀池、教材池改造或既有庭園、綠地改建而成。本研究因此參考張蕙莉（2003）之校園水生池類型分類方式，進行實地田野調查與篩選，同時依調查現況修正各類型分類理念，將39所國小校園生態池進行歸類(表2)，並說明生態池水源、規模、植物條件、常見物種、附屬設施與親合性等條件。

1. 景觀型

景觀型之校園水生池共有10所學校。其中平等國小位於陽明山山區，緊鄰陽明山國家公園東南側與坪頂古圳，環境條件良好，校內既有的兩座景觀池雖皆為混凝土構造，但其內生物種類卻比其他學校多，此外校內作為排水用的混凝土溝渠，因自然之山泉水與貼近地表，

亦成為學童較常使用與方便親近觀察蝌蚪、小蝦、水蠶等生物的場所。

2. 教材資料庫型

教材資料庫型之校園水生池共有13所學校。其中溪山國小位於陽明山山麓與外雙溪旁，環境條件良好，其教學池利用校園邊緣之既有溝渠，為早期混凝土構造，溝內栽植布袋蓮，仔細觀察可發現蜻蜓幼蟲（水蠶）、蝌蚪，不同於其他學校的教材池。另值得一提的是國語實小，因校內專責照顧教材池之校工對水生植物照顧不遺餘力，從原生種至外來種應有盡有、生長良好且繁衍數量頗多，讓校內水生池擁有豐富且多樣之水生植物，並分區栽植管理與設置解說牌。校工用心經營與熱誠態度令人敬佩，可作為其他學校水生植物之補充來源，或繁衍技術與照顧經驗之交流分享。

3. 仿生態型

仿生態型之校園水生池共有11所學校。其中碧湖國小位於五指山山麓與緊鄰碧山公園綠地旁，環境條件良好，其水生池與周邊緩衝綠地及蝴蝶網室共同構成生態教材園區，於春夏之際，隨處可見各種兩棲類及昆蟲等活躍於仿生態水域環境，相較於其他學校來說，生物條件更為豐富且易於觀察。

4. 生態景觀學習型

生態景觀學習型之校園水生池共有5所學校。其動植物物種類及數量是四個類型中最豐富多元者，且水域環境規模亦大於其他35所學校。



圖1 台北市設有生態池之國小分布圖

表2 台北市39所國小生態池類型分類一覽

類型	學校名稱	數量
景觀池	永吉國小、博愛國小、天母國小、日新國小、明湖國小、潭美國小、葫蘆國小、南湖國小、明道國小、平等國小	10所
教材資料庫池	忠孝國小、國語實小、東湖國小、麗山國小、長春國小、師院附小、蓬萊國小、溪山國小、湖田國小、指南國小、湖山國小、龍山國小、雙園國小	13所
仿生態池	實踐國小、志清國小、逸仙國小、大屯國小、大橋國小、光復國小、西湖國小、碧湖國小、河堤國小、三玉國小、陽明山國小	11所
生態景觀學習池	雙蓮國小、公館國小、永春國小、三民國小、大湖國小	5所

(二) 校園生態池環境效益探討

各類型生態池對校園學習環境產生的影響與功能各有不同，透過前述校園生態池的營造方法與環境生態學相關理論對環境的益處，藉以推測校園生態池具有之環境效益(表3)。就各類型生態池而言，景觀型設置目的較著重於校園景觀美化，教材資料庫型則以教學為主要思考，仿生態與生態景觀學習型則強調生命及生態棲地之重要性。

生態池對校園學習環境直接造成的影響，可略分為基礎營造工程，以及內部之水體、動植物，與外部之動植物、附屬設施等因素，其中營造工程與附屬設施屬於先期規劃設計考量之基礎構造(硬體環境)，而水體與動植物屬於水域生態環境必要的構成單元(軟體環境)。其產生的環境效益，在水體部分，水的特性、面積與水質條件等會直接影響微氣候的改變；在植物部分，植栽種類、數量與生長狀況會影響動物的生存繁衍及覓食條件，亦會改變微氣候與視覺美質；在營造工程與附屬設施的部分，仿自然生態工程施作與設施物、水循環過濾系統與解說系統等則對學習過程具示範性之保育及教育功用，對孩童學習成長歷程應具正面影響。

有鑑於此，可知校園生態池應具有環境教育、生態保育、調節微氣候、水循環及景觀美質等環境效益。值得進一步思考的是，對以教育為出發點的校園而言，生態池作為學童認識水生動植物之場所確實具有顯著的教學功能，但教學過程對學童環境認知造成的影響及對整體校園環境的益處並非短期間就能看出成效，重要之觀點應在於孩童可否藉由生態池學習對生態環境的尊重與珍惜。

表3 校園生態池構成因素與環境效益之關係

校園生態池構成因素			環境效益			
			微氣候	棲地保護	教育	視覺美質
規劃設計基礎構造(硬體環境)	基礎營造工程	仿自然生態工程施作與設施物		◎	◎	◎
	附屬設施	水循環過濾系統	◎	◎	◎	◎
		解說系統			◎	◎
水域生態環境(軟體環境)	水體	水的特性	◎	◎	◎	
		池水面積	◎	◎		◎
		水質條件	◎	◎		◎
	植物	植栽種類	◎	◎	◎	◎
		數量	◎	◎		◎
		生長狀況	◎	◎	◎	◎

豆娘等。位於市區邊緣與接鄰天母古道及陽明山山麓的三玉國小，在生態池旁另規劃有蜜源植物區、枯木堆疊之多孔隙空間等，故進行教學觀察時除了蜻蜓、蝴蝶之外，可發現少數青蛙如貢德氏赤蛙，亦有機會觀察到翠鳥。但位於市區中比鄰民權東路與松山機場旁的三民國小，雖營造有良好的水生植物環境，但可觀察到的動物物種則以蜻蜓等會飛行的生物為主，且數量稀少，更不易觀察到陸生、兩棲類生物。由上述三例比較可知，校園區位環境對校園生態池的重要性遠大於生態池本身的構造與棲地營造條件。

二、生態景觀學習池之環境效益探討

為深入探討校園生態池之環境效益，本研究篩選最接近濃縮自然型態之生態池(生態景觀學習池) -大同區雙蓮國小、大安區公館國小、信義區永春國小、松山區三民國小以及內湖區大湖國小等5所案例學校進行環境效益探討，包含生態池水質檢測與問卷調查。

(一) 水質檢測

八月及十月調查日之溫度皆低於灌溉標準值溫度(35°C)及PH值檢測結果正常(6.0~9.0之間)，唯導電度、TDS與溶氧有顯著變化，圖2、圖3及圖4可以清楚呈現各校在兩次調查所得測量值與標準值之間的差異，故本研究選擇此三項參數進行分析說明。

1. 導電度與TDS

依據參數顯示結果發現，5所學校6座生態池之「導電度」與「TDS」皆高於標準值750(μ S/cm)與0.5(g/L)，推測有兩種可能因素。第一是生態池設計時水深通常控制在100公分之內，並因顧及學童安全，大部分水域深度不超過60公分甚或小於30公分，且池底皆會覆土以

(三) 調查結果與討論

調查結果顯示：1.水生植物栽植數量、種類與校園水池大小有關；普遍栽植大萍、水蘊藻、莎草等植物。2.依賴水域生存之動物種類與周邊環境條件之自然度有顯著關係。調查過程中可明顯發現校園周邊環境對學校生態池影響顯著，例如陽明國小、湖田國小、湖山國小、大屯國小、碧湖國小、公館國小、指南國小、明道國小…等皆位於山區或緊鄰山麓，或是位處於國家公園中，自然條件良好。以陽明山國家公園內的湖山國小為例，校園水生池雖為早期景觀庭園設計手法，但仍可觀察到貢德氏赤蛙、拉都希氏赤蛙，水泥邊溝亦可發現紅娘華、

栽植各類型水生植物，因此水質容易受到土壤中的礦物質、鹽類等影響。亦即生態池本身之導電度與TDS本來就較高，故評估水質時，使用農委會或環保署的水質灌溉標準來做評斷水質良瓢的依據可能會有爭議。第二個推測因素是因為水量不足或且水生動植物數量太多，導致生物排泄多但無足夠之時間、空間讓微生物或分解者進行處理代謝，以致於水中之礦物質、雜質、離子或不明化學物、污染物等物質濃度會較高。若長期水量不足，則容易引發不耐鹹之水生動植物被自然淘汰或生長不良，使得原本多元化之環境變成單一化。

但在觀察各個生態池之水生植物生長狀況時發現，五所學校生態池之水生植物生長狀況甚為良好，尤其是莎草科（如風車草、畦畔莎草）、荷花、大萍、布袋蓮、香蒲、蘆葦、大安水蓑衣…等。因此，可證實適合栽植於校園生態池內之水生植物種類，以耐鹽、耐污染甚或耐枯水期（除了需足夠水深的沉水與浮葉植物之外，如水王孫、台灣萍蓬草等）之種類為佳。

2.溶氧

十月調查日的溶氧量幾乎皆高於八月調查日，表示水中有足夠的氧可提供水草、藻類、魚類、螺類、浮游生物等各類型水生動植物進行物理與化學作用之需氧量，以維持其正常生理機能的運作；唯十月檢測日2-2（DO%:104.1%即DOmg/L:8.26mg/L）與八月檢測日4-3（DO%:104.5% 即DOmg/L:7.15mg/L）兩個檢測點DO%已經超出100%，推測是因水淺且無遮蔭，陽光直接入射以致光合作用過於旺盛，水質已出現大量小泡泡與有部分水棉產生，呈現綠色、渾濁之現象。若白晝因日照使藻類大量繁殖的結果，植物於夜晚行呼吸作用時，易使水中缺氧導致其他生物死亡，因此適度的遮蔭與清除

生長過量的藻類有其必要性，或是以曝氣方式增加水體與空氣之接觸面提高水中溶氧。

（二）問卷調查結果與省思

問卷調查結果顯示，生態景觀學習型之生態池在規劃設計多已考量生態工法之施作，並依教學需求提供各類型水生植物與各項解說、觀察之附屬設施。在水源補助方面，四所學校均設有雨水回收系統作為生態池之水源補助，其中雙蓮國小更有中水回收系統，不但可以減少自來水的使用以降低水費，更具有教育學童節約水資源的重要示範性價值。如何更有效的將可再利用的水源充分發揮，儘量避免使用自來水補助，是未來可持續發展或思考改善之議題。

在教學方面，常因為都市學校家長給予師生之升學壓力和顧及學童安全與教師執行意願、課程安排等因素，以至於教師與學生參與生態池規劃設計或施工的機會仍然不多，主要還是著重在生態池完工後之相關教學活動。另外，生態池所培育之物種雖然皆符合教師教學需求，但仍有四所學校在教學過程中有不易觀察水中生物的困擾，推測此乃規劃設計時，為了提供生物較安全之棲息環境，而忽略師生教學觀察時的視覺可及性與互動性，故較不易親近水域進行觀察。因此如何設計便於師生親近觀察之生態池，又可兼顧水域環境生物多樣性之條件，是設計成功與否的重點。

設置生態池對校園環境之影響，普遍在於提供小生物棲息地與增加生物多樣性，並強化校園景觀美質與特色。訪談發現，五所案例學校普遍存在維護管理之問題，其中生態池的經營管理以雙蓮、三民與大湖國小等三所學校對生態池之維護項目較多，皆為不定期之管理模式，雖然自然科教師與社區居民或家長熱心投

入協助生態池之管理，但常隨著主要管理者的轉換，而有不同理念想法或無法持續。其中維管經費、參與人力、課業壓力等皆是難以克服

的問題。因此生態池之維護管理需要有關心者願意長期投入，並必須有傳承接續之觀念，尋求與社區長久的互動合作。

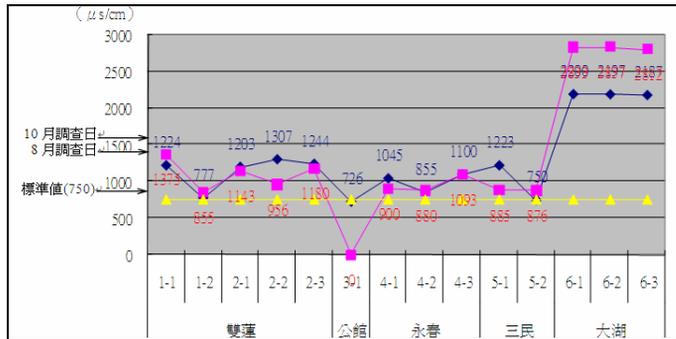


圖 2 五所學校生態池水中導電度與標準值之比較圖

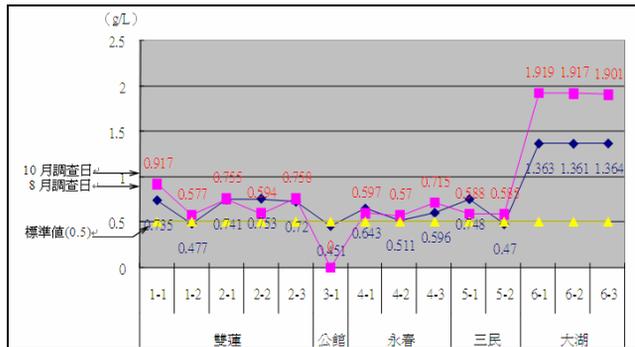


圖 3 五所學校生態池水中 TDS 與標準值之比較圖

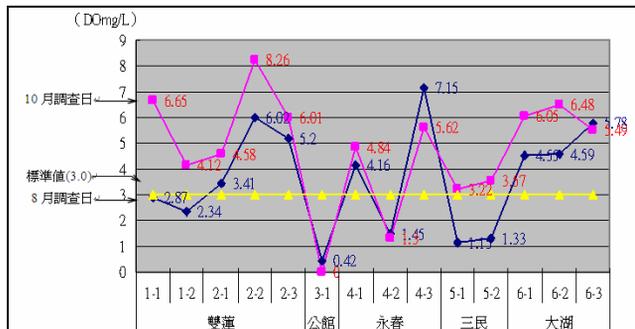


圖 4 五所學校生態池水中溶氧與標準值之比較圖



雙蓮國小生態池(I)



雙蓮國小生態池(II)



公館國小生態池



永春國小生態池



三民國小生態池



大湖國小生態池

(三) 校園生態池理想與實踐概念

校園生態池乃因應教育學童之需要，而在校園中創造仿生態環境，以便於教師教學時帶領學童就近觀察。在以教育為前提之下，校園生態池的設立基本上可分為：教學系統、環境系統、規劃指導系統及經營管理系統等四部分之考量（圖5）。在教學方面應包含配合生態池籌劃教學課程和參與規劃設計與施工之機會；環境系統之建置包含規劃設計之前置作業，如基地適宜性條件、非生物因子（陽光、氧氣、二氧化碳、水、營養鹽、底土、腐植質）、生物因子條件（表4）與基地設計欲導入之生態條件（圖6）；規劃設計與營造過程則包含生態學觀念、生態工程與美學思考、預期環境效益或附加價值等觀念均需導入設計與施工；日後經營管理則包含管理制度建立、組織維護團隊及人員培訓等實質運作。

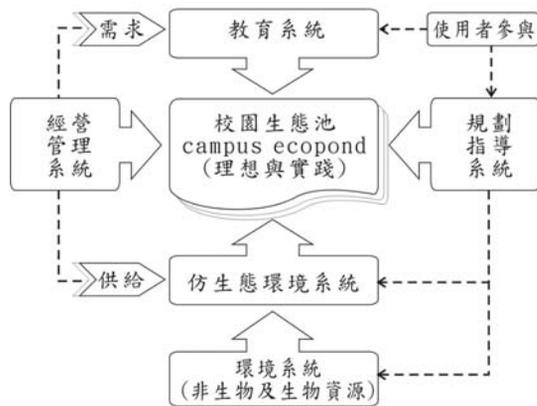


圖5 校園生態池之理想與實踐概念圖

表 4 北部校園生態池環境生物因子組成單元表

環境因子	內容		棲地條件與生活習性	
生物因子	生產者			
	藻類	浮游植物如水棉、螺旋藻、單胞藻、綠藻、藍綠藻等，多小於 1 公分。	多數生活於較淺的靜水域中。可將 CO ₂ 轉換成碳水化合物，是食物鏈中轉換效益較高者，較易為動物消化吸收。並提供水蚤等水棲昆蟲覓食與躲藏的場所，但其繁衍數量若過多，則易造成水中缺氧的情形。	
	水生植物	沉水型	台灣水韭*、拂尾藻、烏蘇里聚藻、絲葉狸藻、黃花狸藻、苦草、水王孫、水蘊藻、金魚藻、水車前草	沉浸在水中生活，沒有水上型態，植物體的體表多不具角質層，水分可由植物體表面直接進出。
		浮水型	水蘩、布袋蓮、大萍、青萍、槐葉萍	植物體的根無定著性，呈浮「遊」於水面上的狀態，或是懸浮在水域的上層，且因水流或風力而四處漂移。
		浮葉型	台灣萍蓬草*、小杏菜、台灣菱*、睡蓮、龍潭杏菜*、水禾	生活於較深的水域環境中，葉能不貼於水面上，植物體於水上的部分有角質層，可以防止水分快速蒸散。
挺水或濕生型	大安水蓴衣*、小花石龍尾*、台灣水龍*、芋頭、荷花、水稻、荸薺、香蒲、野慈菇、小穀精草、擬紫蘇草、水杉菜、窄葉瀉澤、圓葉瀉澤、空心菜、半邊蓮、風車草、大葉穀精草、畦畔莎草、水豬母乳、針蘭、水蕨、田字草、田蔥、野薑花	植物的根系深入水下的土壤中，葉子或是莖幹挺出水面，包括草本與木本兩類植物，或植物體沒有浸泡在水中，植物的根部生長在潮濕的土壤中。		
生物因子	消費者			
	鳥類	白鵝、小白鷺、夜鷺、大捲尾	主要活動於池塘、溪流、水田、或魚塭等，依習性可覓食昆蟲、魚類、貝類或青蛙等。	
	魚類	蓋班鬥魚、大肚魚	喜好棲息於溫暖靜水域，其中蓋班鬥魚喜在水生植物較多的緩流區，大肚魚則喜在水域表層活動。均嗜食孑孓，或以浮游動物、昆蟲幼蟲為食，能容忍高鹽份和耐污濁及低溶氧。	
	兩棲類	拉都希氏赤蛙、貢德氏赤蛙、澤蛙、黑框蟾蜍、盤古蟾蜍	多分布於平地及低海拔山區的水池、稻田、流動緩慢的溝渠、墾地、草叢或溪流，食物以昆蟲、穀粒、軟體動物為主。	
	昆蟲類	蜻蛉目	水虻（蜻蜓、豆娘的稚蟲）	棲息於落葉枯枝底下、泥沙地上。喜歡捕食小型水生昆蟲及其幼蟲，較大時可捕食蝌蚪或小魚。
		半翅目	水生椿象如水黽、紅娘華	紅娘華的成蟲、幼蟲均生活在水中，以吸食生物體液為食；水黽棲息於靜水面或溪流緩流水面，以落水小蟲或死魚體液為食。冬天均在石下或水邊植物下渡冬。
	螺類	田螺	棲息於未受農藥污染之稻田或水塘，以齒舌刮食底泥上的有機物沈積以及藻類等微生物為主食。	
	甲殼類	青蝦、沼蝦	棲息於水生植物間，一般喜食藻類或浮游生物。	
	浮游動物	水蚤	生活於靜態水體中，濾食水中微小粒子（包括細菌、單細胞藻類及有機碎屑等），是淡水魚、貝類重要的餌料生物。	
	分解者			
細菌和真菌，包含原生動物如有孔蟲、原生菌類如水黴菌		皆為單細胞之異養生物，可把複雜的水生動植物殘體，分解成無機物再歸還於環境中。		

¹植物資料乃本研究現地調查常見之物種，與參考李松柏（2005）對台灣水生植物平面分布劃分中的北台灣（包括大台北地區、桃園、新竹等區域）與全台分布型之水生植物。

*表示台灣特有種水生植物。

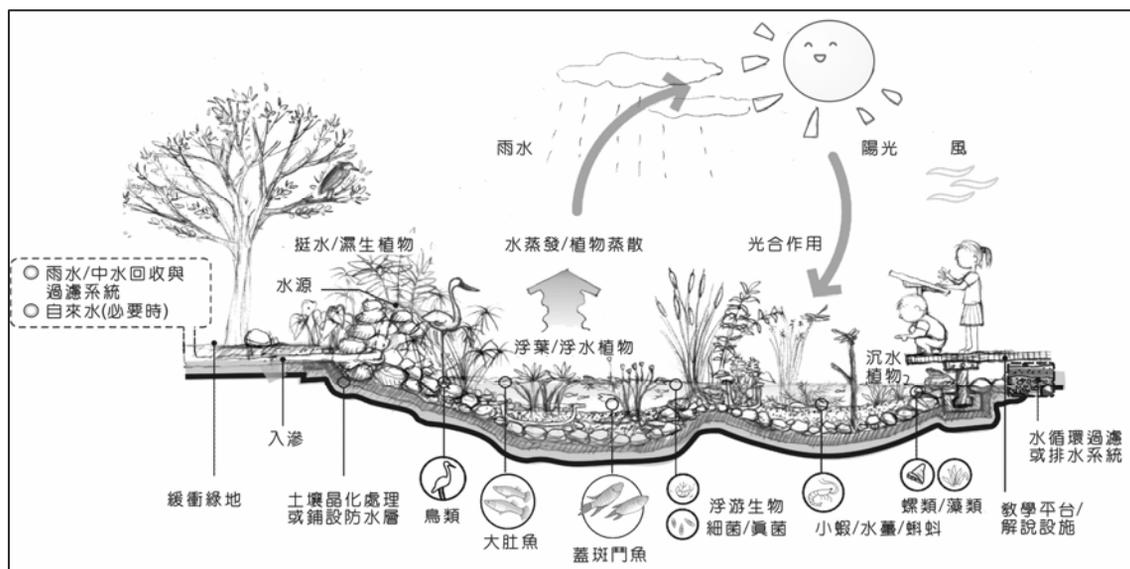


圖 6 校園生態池環境組成示意圖

伍、結論與建議

結論

研究調查顯示，一個合宜之校園生態池，在規劃設計方面應具備環境生態學之思考，在施作工法方面應落實近自然生態工程之營造，在經營管理方面應具備計畫性之維管操作，在教育學習方面應具備積極互動與有效運用資源之教學模式。此四部份乃相輔相成而能構築成功的生態景觀學習池，對孩童學習成長發揮潛移默化與積極正面之影響。

研究結果發現：1.早期興建的景觀池與教材資料庫池在陸續改造改善工程中已朝向仿生態池與生態景觀學習池逐步修正。2.生態景觀學習型之生態池具備(1)都市生態保育與教育示範功能、(2)多種生物的棲息地-生物多樣性、(3)調節校園微氣候、(4)景觀改善、(5)水質淨化與(6)都市生態環境多樣化提升等多樣環境效益。3.校園周邊環境的自然度是營造生態池物種多

樣性成功與否的關鍵因素。4.永續經營管理仍是各校興建生態池後最困擾之課題，亟需具物種及植栽維管專業知識與技術之專業者協助，從而引導有興趣之教師與校園志工投入長期的維管與監測工作。

建議

優質生態池環境的永續經營可以加強以下作為，以提供可持續經營的「優」與「質」生態池環境：

- 1.師長對生態池環境的關注重視及課程安排可引導學童養成愛護自然生命的觀念與習慣，進而培養校園環境倫理與生態價值觀念，並應推及社區民眾。
- 2.校園生態池之營造切莫躁進，應著重於各種可能之教學契機，因應環境條件與教學需求整合改造既有景觀池與教材資料庫池。
- 3.善用再生水、中水等水資源並逐步推行校園既有生態池進行污水就地處理之可行性。

4.各校與相關Eco-NGO團體可建立諮詢管道進行經驗交流，建立長期監測以適時維護管理。

探索之研究。台北市：國立台灣師範大，學環境教育研究所碩士論文。

郭一羽（2003）。水域生態工程。台中：滄海書局。

楊冠政（1997）。環境教育。明文出版社，台北市。

詹見平（1999）。教材觀察園實務。台中縣新社鄉東新國民小學，台中縣。

陸、參考文獻

Heimlick, Joe E. (1998) 非正規環境教育的理論與實務。八十七年度中美環境教育研習會－邁向二十一世紀永續發展的環境教育：C23-C30。

王鑫（1999）。地球環境教育與永續發展教育。環境教育季刊，37，87-103。

王順美（2004）。社會變遷下的環境教育-綠色學校計畫。師大學報:教育類，四十九卷第一期，164。

李松柏（2005）。台灣水生植物地圖。台中市：晨星。

吳青蓉、林晏州（2008）。台北市國小校園生態池之評估。造園景觀學報第十三卷第四期，75。

何晨瑛，2004，台灣綠色小學校園生態環境現況解析之研究，國立成功大學建築研究所，碩士論文。

林憲德（2004）。永續校園的生態與節能計劃。詹氏書局。

林財富、王根樹（2005）。生態工程技術產學論壇-生態池與人工濕地的生態技術(I)。教育部技術及職業教育司。

陳智帆（2005）。永續校園生態景觀池之規劃設計課題探討。國立高雄大學都市發展與建築研究所。

陳有祺（2005）。濕地生態工程。台中：滄海書局。

張蕙莉（2003）。小學校園水生池現況及其課題

A Study of Eco-Pond types and Environmental benefits of Elementary School Campus in Taipei

Abstract

This study aimed to explore the relationship among local environmental knowledge, local environmental attitude and status quo of environmental protection behavior. Fifth graders of elementary school were invited to through conducting a questionnaire. The researcher then proposed suggestions for implementing local environmental education for the goal of environmental sustainability.

Results of current research found that fifth-graders demonstrated a moderate level of environmental protection. It is, however, those who had low frequency in the participation of community activities demonstrated lower level in their local environmental knowledge, local environmental attitude and status quo of environmental protection behavior. Positive relationship was found in referring to fifth graders' local environmental knowledge, local environmental attitude and status quo of environmental protection behavior.

Implications suggest outdoor experiential courses, environmental education curriculum issues should be carefully designed locally. It is also encouraged to have students to participate in local, community activities, to enhance the local environment and contribute to environmental protection behavior as well as attitude.

Key words: eco-pond, food chain, environmental benefits, sustainable campus