

生態水池管理模式之研究

黃隆明⁽¹⁾ 李昱廷⁽²⁾ 王興宙⁽³⁾

摘要

本研究採(郭, 2005)北中南七處不同型態生態水池之調查結果, 藉由理論分析及現況管理調查, 研擬出一套生態水池管理模式為 $OM=4W+3B+2P+E$; 模式中 OM 為評估值, W 為水源管理, B 為生物管理, P 為人力經費, E 為環境管理。為進行應用評估, 再建立評估因子與評估指標, 依據評估結果區分管理等級與綜合評析, 據以提供生態水池管理單位改善之參考。經本模式應用評估結果以台中都會公園生態水池較佳, 每年皆有持續實施環境監測工作; 至於其餘六處生態水池, 均有待改善。由於本模式之評估結果, 不僅能切中水池管理問題的癥結, 亦可提供有效之改善策略, 以達到生態水池永續經營與管理之目的。

(**關鍵詞**: 生態水池、管理模式、應用評估)

Study on Management Model of Ecological Pond

Long-Ming Huang⁽¹⁾ *Yu-Ting Li*⁽²⁾ *Sing-Jhou Wang*⁽³⁾

Professor⁽¹⁾, Associate Graduate Student⁽²⁾ and Master⁽³⁾ Department of Soil and Water Conservation, National Chung-Hsing University, Taiwan

ABSTRACT

Seven different types of ecological ponds selected from northern, central, and southern parts of Taiwan were studied. Through theoretical analysis and survey of current management condition, a model of ecological pond management was developed, That is, $OM=4W+3B+2P+E$. In this model, OM is the assessed value; W is water source management; B is the biological management; E is the environmental management. In order to perform application assessment and establish the assessment factors and index, the management levels were differentiated in accordance with the assessment results comprehensive evaluation and analysis were carried out and provided as a reference for ecological pond management organization for making improvement. The results show that Taichung Metropolitan Park had better model performance, its environmental monitoring work has been continuously executed every year. In addition, however, there are still rooms for improvement for the

(1)國立中興大學水土保持學系副教授

(2)國立中興大學水土保持學系碩士班學生(通訊作者 e-mail: imyouknowwho@hotmail.com)

(3)國立中興大學水土保持學系碩士

other six ecological ponds.

The results of model assessment not only can hit the mark of the crux of pond management, but also can offer effective improvement strategy to achieve the goal of sustainable management of ecological ponds.

(Keywords: Ecological pond, Management model, Application assessment.)

前言

水占整個地球的 2/3，人為的營造可加速形成各種水域空間與水體，這些水域空間與水體若能予以適當的管理維護亦可具有高度生態效益與價值，因此，無論是自然形塑或人為營造之「趨生態化」水體，均已成為一種資源與經濟政策。

生態水池(Eco-Pond)在一般民眾心目中，應是較賞心悅目且具體可親的。依其功能、性質、區域等，可分校園水池、都會(公園)水池、(半)自然水池(黃，2008)。近年來國內生態水池之建設、開發與研究，在全球永續發展與「生態化」思潮影響及政府的推動下已蓬勃發展。

由於往昔一些高度人造建築環境中的水池，有的太過水泥化，有的缺乏管理，雜草叢生、水質汙濁、動植物單調且多為外來種，失去了生態水池應有的自然風貌、物種豐富度及多樣性(彭，2001)。因此，亟需研究一套具體可行的管理模式，以利營造一個生態豐富度及多樣性較高的「生態水池」，並達到永續經營與管理之目的。

有鑑於此，本研究利用(郭，2005)北、中及南部地區七處生態水池之調查結果，包含校園、公園及自然水池三大類型，分別為(1)新北市深坑區深坑國小生態池(2)新北市汐止

區新夢山湖(3)台中市都會公園生態池(4)南投縣鹿谷鄉內湖國小生態池(5)南投縣中寮鄉和興村原生種植物公園生態池(6)高雄市都會公園生態池及(7)屏東縣恆春鎮墾丁國家公園龍鑾潭。

研究過程中依據評估指標、配分基準及最佳化之理論(Mitsch，1996；郭，2005)，從事管理模式之應用與評估。據此針對研究個案，建立評估指標、配分基準及四大評估因子(1)水源管理(2)生物管理(3)人力經費(4)環境管理，而後進行綜合評估，再將評估結果區分為優、甲、乙及丙四級，藉此評定水池管理的優劣與缺失所在，不僅能切中水池管理問題的癥結，亦可提供作為生態水池管理單位改善之參考依據，進而營造優質的生態水池。綜合本研究流程如圖 1 所示。

材料及方法

一、研究材料

(一) 研究個案概述：

本研究採用(郭，2005)在北中南七處生態水池所作之調查數據與分析資料及現地勘查所得之實況與觀察結果，做為生態水池最佳化管理模式評估驗證之研究材料。本研究個案之水池類型與環境概述詳如表 1。

(二) 評估個案選取原則：

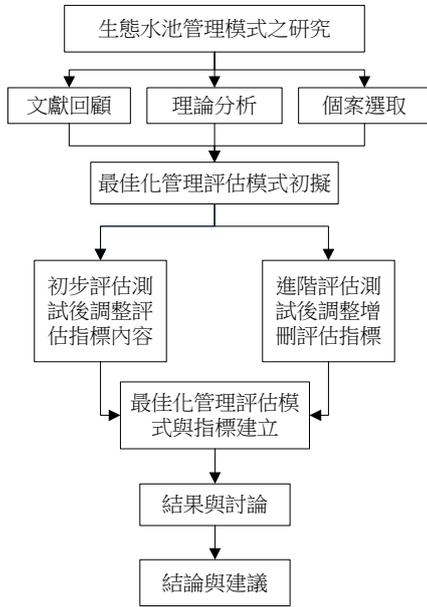


圖 1 研究流程圖

Figure 1 Flow chart of study

1. 完工三年以上，已經開始進入穩定期，適用於本管理模式評估與驗證。
2. 包含有公園、校園及自然水池三大類型，以利於比較其管理成效之差異。
3. 含蓋本研究模式評估因子所需的各項指標，並有完整的背景資料及調查、監測數據，方能獲得客觀之結果。

二、研究方法：

(一) 評估因子及指標

本研究依據文獻回顧、專家學者意見、國內外優良生態水池個案探討、實地查訪及經驗心得，並經由(蔡，2007)之研究結果，研擬出生態水池評估管理之四大因子為水源管理、生物管理、人力經費與環境管理；再

表 1 水池類型概述

Table 1 Outline of the Eco-Pond type

水池名稱	水池類型	所在區域	環境概述
汐止新夢山湖	(半)自然水池	新北市汐止區	為台灣蓋的，環境良好。斑復育地，生態良好。
深坑國小生態池	校園水池	新北市深坑區	校內結合森林、濕地與生態環境。
台中市都會公園生態池	都會(公園)水池	台中市西屯區	屬人造水週邊有綠地。
南投鹿谷內湖國小生態池	校園水池	南投縣鹿谷鄉	外緣緊鄰木道，製池有踏石，近水生物。
南投中寮原植園生態池	都會(公園)水池	南投縣中寮鄉	園內堆砌石塊，遭有檳榔及紅龍果。
高雄市都會公園生態池	都會(公園)水池	高雄市楠梓區	結合森林生態，從觀察要點。
恆春墾丁國家公園龍鑾潭	(半)自然水池	屏東縣恆春鎮	為台灣最大且留鳥息地。

(資料來源：郭瓊瑩，2005)

依各因子之特性研擬出評估指標，如下所述：

1. 水源管理因子：

- (1) 水源類型成本：水池的水源可分為雨水、

外部進水、自然湧水及人工給水四種基本形式，不同的水源類型，對於水池水量、水質亦有所影響。前三者不需額外的操作成本，人工給水將增加維護成本。水池與主要水源間的距離越近運輸成本越低，故以自然水源直接串連為最佳。

(2) 水源污染程度：常態性進行水質監測(約每月一次)，至少需持續二年。颱風、豪大雨後須立即監測，以瞭解其對生態池的影響(郭，2005)。

(3) 水量管理機制：考慮乾溼季節變動，調整水位高低，維持水池出流量及進流量之平衡，必要時設置水閘或水龍頭。

(4) 水池面積水溫：水溫及水池面積影響池內動植物之生長環境，水溫過高會造成藻類過度繁殖，形成優養化；水池面積過大恐造成管理不易。

(5) 水體流動速度：生態水池管理維護應注意水體是否經常性的流動，以增加水中的氧氣。另外，水體流動可帶走植物殘體或“污染物”分解後的營養鹽等物質，透過水體的稀釋效應，以避免該水池營養鹽的累積(郭，2005)。

2. 生物管理因子：

(1) 生物動態調查：已建構完成的生態水池，應針對其生物動態進行長期的監視，其中包括物種數量及多樣性，以掌握其物種、數量變化的狀況，提供維護管理決策者改善之依據。

(2) 生物物種數量：調查生物物種數量可以瞭解生態系的變化，一般來說，物種數量越多，此生態系的生產力相對也越高。

(3) 生物多樣性：生物多樣性越高則越能維持生態系統之平衡。

(4) 優勢植物管理：視其生長及競爭情形隨時做分次分區整理，俾利維持多樣化之水池生態系。

(5) 入侵物種移除：應隨時避免外來入侵之物種並嚴禁放生，發現入侵應予以移除。

3. 人力經費因子：

(1) 管理組織人力：應有專門之維護管理組織或人員，並擬訂管理維護計畫，長期參與生態水池之維護管理，經常去除過渡繁衍的動植物、底泥及腐質物等，維護人力的多寡須視水池面積的大小與各項設備操作的複雜程度而定(郭，2005)。

(2) 管理維護經費：必須要有長期性維護經費支持，一旦經費短缺可能導致水池維護管理停止。因此，在興建之初就應考量爾後管理維護費用及如何降低之，以節約管理成本(郭，2005)。再者，生態水池應設置輔助用水系統，以降低水源維護管理費用；並使用水生植物搭配曝氣設施，降低曝氣與濾水設備使用率，減少設備維護費及電費支出(林，2006)。

(3) 管理維護頻率：適時的人為介入可減少維護管理成本，而管理的頻率依各水池的條件有所差異，通常在穩定生態系統的水池，維護管理的頻率可降低，但基本上一星期一次以上之維護頻率是較佳的狀況(郭，2005)。

(4) 參與管理程度：民眾或志工參與的程度越高，可降低維護管理成本，減少惡意破壞行為。

4. 環境管理因子：

- (1) 池岸坡度孔隙：水池池岸之土壤應避免被沖刷而流失，應修復水池周圍崩塌處，坡度以不超過 45°為原則，自然材質之水岸可維持多孔隙。
- (2) 池底維護管理：池底亦應有足夠之土層，除可有利植物生長及動物躲藏外，並提供水生微生物棲息。
- (3) 岸邊環境整理：每年應有兩次至三次的除草工作，主要是針對禾本科生長太快的種類，以免影響其他植物的生長。過多的枯枝落葉會影響水質，應作適度的清除，但仍須留部分作為水域生態系的來源(郭，2005)。
- (4) 多樣棲地維持：池底亦應保持多樣化質地，包含土壤及大小不一之石塊，以營造多樣化之環境提供更多生物棲息。
- (5) 水池上方遮蔭：生態水池雖必須有充足日照，但過多陽光照射會使水溫上升及水體蒸發，故須有適度遮蔭。

(二) 管理模式之研擬

依據上述，本研究再綜合水質、生物、經濟及生態環境等學者觀點、相關研究文獻(蔡，2007；吳，2007；彭，2008)及問卷調查結果，擬訂出生態水池管理模式評估指標配分基準，如表 2 所示。

由於本研究主軸在於生態水池，因此水源為最重要之評估指標，其次為池中生物，再其次則為人力及環境管理，根據問卷調查結果，分別給予 4 至 1 之權重分級，故初步研擬出一套生態水池管理模式為：

$$OM=4W+3B+2P+E$$

OM：最化管理模式總體評估值

W：水源管理(含水源水量水質水體管控)

B：生物管理(含物種數量監測調查)

P：人力經費(含住民參與程度)

E：環境管理(含池岸、池底土壤管理)

此模式經現地勘查檢核，並參考(郭，2005)水池生態系統適地性評估指標之評估原則，初步測試後調整指標內容，再經由進階評估測試後，調整增刪評估指標項目及配分基準，再從事模式之測試與修正，所得結果應可客觀評估生態水池管理之優劣，並提供管理單位改善之參考依據。

(三) 評估總分之分級

將評估因子內各評估指標，依表 2 各細項之配分加總，則可訂出水池管理優劣之合理配分基準範圍值，本研究中將評估值區分為四個等級：優等為 90 分以上、甲等為 80-90 分、乙等為 70-80 分、丙等為 70 分以下。評定優等之水池表示管理已達最佳化狀態，甲等表示管理良好，優等及甲等之水池，其經營管理之方式可繼續保持；乙等之水池表示管理有缺失，丙等表示極不理想，乙等及丙等之水池，則應依評分表各細項之缺失找出問題點，確實檢討改進。

結果與討論

一、生態水池管理模式個案評估情形：

本管理模式之評估流程以圖 2 表示，可供各單位評估時參考使用；茲將研究個案調查分析結果列於表 3，並依個案調查分析結果概述如下：

表 2(1) 生態水池評估指標配分基準表

Table 2(1) Eco-Pond assessment index score benchmark

評估因子	評估指標	配 分			
		2.0	1.0	0.5	0.0
水源管理	水源類型 成本	使用多種自然水源，與水源直接串連無距離，成本最經濟。	使用河川、圳路、雨水等外部進水，水池與水源距離 1-50m，成本較經濟。	使用雨水、人工給水及輔助用水，水池與水源距離 50-200m，成本高不經濟。	使用自來水、雨水，水池與水源距離 200m 以上。成本高不經濟且管線末端易缺水。
	水源汙染 程度	水質定期檢測，水質未（稍）受汙染。	水質未定期檢測，水質輕度汙染。已採防治措施。	水質未定期檢測，有中度汙染。未採有效防治措施。	水質未定期檢測，已嚴重汙染，未採有效防治措施。
	水量管理 機制	有自動化水位監測設施。	有水位標尺，可供檢視調控水位。	無水位監測設備，憑目視檢視調控水位。	水量嚴重不足或過深，無水量管理機制。
	水池面積 水溫	面積 150~8000 m ² ；全日照水溫 30℃ 以下。	水池面積 100~150m ² 或 8000~13000m ² ；全日照水溫 30℃ 以下。	水池面積 50~100m ² 或 13000~18000m ² ；全日照水溫 30℃ 以下。	水池面積 50m ² 以下或 18000m ² 以上；全日照水溫超過 30℃。
	水體流動 速度	有進排水口設置，水體經常保持流動狀態。	有進排水口設置及池水擾動設備，池水可緩慢流動。	有進排水口設置，僅人工補水或下雨時可造成池水流動。	池水經常不足，亦無池水擾動設備，池水經常處於停滯狀態。
生物管理	生物動態 調查	定期實施監測調查，持續超過二年。	視經費人力狀況不定期監測紀錄。	平日少實施生物動態監測與調查，僅於特定目的需要時調查。	人力、經費、知識、時間不足，無法實施生物動態監測調查。
	生物物種 數量	物種數量眾多，原生種 50 種以上。外來物種 25 種以下。	物種數量中等，原生種 20~50 種。外來物種 10~20 種。	物種數量低，原生種 10~20 種。外來物種 5-10 種	物種數量極少，原生種 10 種以下。外來物種 4 種以下。
	生物多樣 性	動物：19 種以上；植物：89 種以上，多樣性高。	動物：7~19 種、植物：50~89 種，多樣性中等。	動物：3~7 種，植物：10~50 種，多樣性低。	動物：0~3 種；植物：10 種以下，無多樣性。
	優勢植物 管理	優勢植物適度管理，維持植物正常密度與高度及質能流循環。	部分優勢植物未適度管理，植物密度與高度日漸增高勢。	優勢植物佔據生態池過半空間未清除，影響弱勢植物生長。	優勢植物佔據生態池整個空間未清除，侵犯弱勢植物生長。
	入侵物種 移除	定期檢查防範，發現外來入侵物種初期能立即移除。	定期檢查防範，發現外來入侵物種未能立即予以移除。植物：4 種以下；動物：0 種。	未定期檢查，發現外來入侵物種亦未能立即移除。植物：4~18 種；動物：1~3 種。	未定期檢查，發現外來入侵物種亦未能移除。植物：18 種以上；動物：3 種以上。
環境管理	池岸坡度 孔隙	池岸坡度 5-45°，邊坡由自然材質構成多孔隙之生物棲息環境。	池岸坡度 45-60°，邊坡由半自然材質構成多孔隙生物棲息空間。	池岸坡度 60-80°，邊坡由石塊與水泥構成，池岸有多孔隙棲息空間。	池岸坡度 80-90°，邊坡完全由人工構造物構成，缺少多孔隙棲息空間。
	池底維護 管理	底泥少，定期清理。土壤含 40% 以上黏土，土壤質地粉粒與黏粒含量較高。pH 值介於 5-6 之間。	底泥中等，未定期清理。黏土含量低於 40%；土壤質地泥質土，土壤 pH 值介於 6-7 之間。	底泥多，未定期清理或水泥池底，砂質土與泥質土混合。土壤 pH 值介於 7-8 之間。	底泥多，未定期清理。土壤 pH 值 8 以上。砂質土，人造材質。
	岸邊環境 整理	岸邊植栽有分次分區整理，無枯枝落葉雜草及垃圾。	岸邊植栽有分區整理，但頻度不夠，有枯枝落葉雜草垃圾。	岸邊植栽未分區整理，大多成叢分布，有枯枝雜草垃圾。	完全未整理，四周已是枯枝落葉，雜草叢生的景象。
	多樣棲地 維持	水域有微地形變化、生態島、枯倒木等多樣性棲地。池岸有多孔隙、多樣化質地。	水域有微地形變化、無生態島、枯倒木多樣性棲地。池岸有多孔隙及多樣化質地。	水域有微地形變化，無生態島、枯倒木多樣性棲地。池岸亦無多樣性棲地可棲息。	水域、池底無微地形變化、多樣化質地，池岸與水中均無多孔隙多樣化棲地。
	水池上方 遮蔭	池岸有大型植物遮蔭，可減少水面蒸發。	大型植物較少，可提供遮蔭的物體有限。	大型植物稀少，可提供遮蔭的物體極少。	無大型植物可供遮蔭。

表 2(2) 生態水池評估指標配分基準表

Table 2(2) Eco-Pond assessment index score benchmark

評估指標	配分			
	2.5	1.2	0.6	0.0
管理組織 人力	水池管理單位、地方組織或住民有固定人力直接參與水池管理維護等工作。	水池管理單位、地方組織或住民有固定管理組織無固定人力，視需要臨時派遣。	水池管理單位、地方組織或住民無固定組織人力僅視需要臨時派遣人力維護。	水池管理單位、地方組織、住民或管理者本身均無人力可供管理維護工作。
管理維護 經費	有政府專案補助或當地民間組織、住民自行設置及持續編列管理維護費用。	有政府補助設置，但由民間組織、住民或管理單位自行負擔管理維護費用。	無政府或當地民間組織及住民補助經費，管理單位自行負擔所有管理維護費用。	由政府或民間組織補助設置，但未編列後續管理維護經費。
管理維護 頻率	初期每週管理維護一次以上，爾後視狀況維護。	固定每月或每季管理維護一次以上。	約每年或多年管理維護一次。	自設置完成後未曾進行管理維護。
參與管理 程度	有政府專業單位主動指導，地方組織、住民積極參與規畫及投入管理維護工作。	政府專業單位應邀指導，地方組織及住民主動參與投入水池管理維護等工作。	無政府專業單位指導，地方組織或住民自行進行管理維護工作。	水池設置完成後地方組織、住民或政府單位無人投入後續管理維護工作。

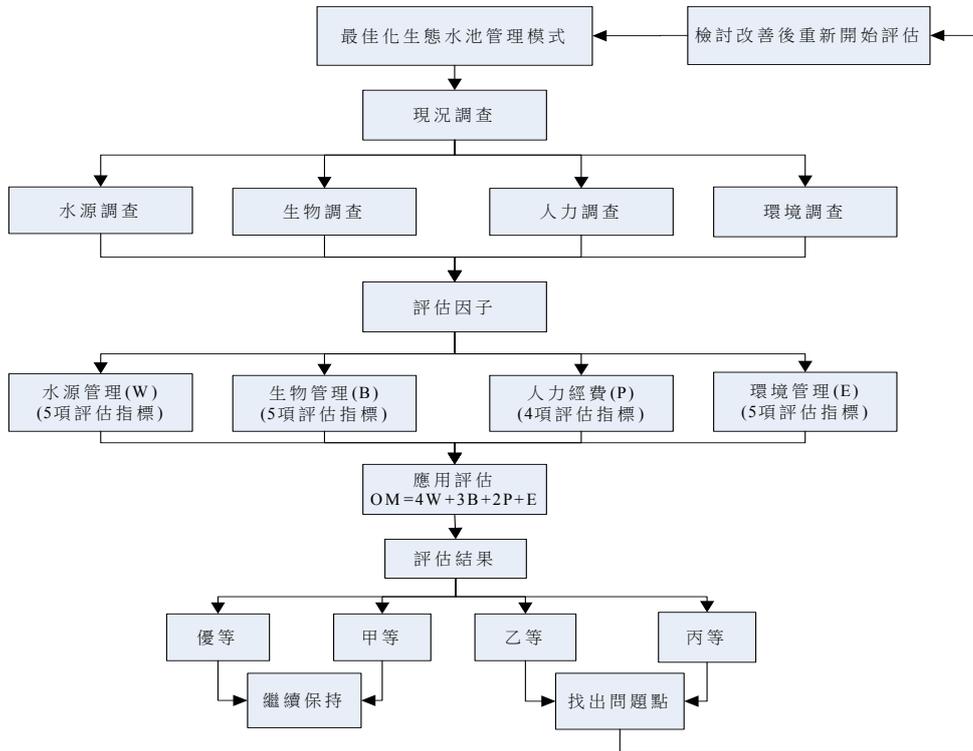


圖 2 模式評估流程圖

Figure 2 Flow chart of management model

表 3(1) 生態水池評估個案分析結果表

Table 3(1) The results of ecological pool assessment

評估因子	評估指標	水池名稱													
		新北市汐止 新夢山湖		新北市 深坑國小生態池		台中市 都會公園生態池		南投鹿谷 內湖國小生態池		南投中寮 原生植物園生態池		高雄市 都會公園生態池		恆春墾丁 國家公園龍鑾潭	
水源管理	水源類型成本	雨水、河水	2.0	雨水、河水	2.0	地下水	0.5	自來水	0.5	圳路水	1.0	溪流水	2.0	溪流水	2.0
	水源污染程度	無污染	2.0	無污染	2.0	無污染	2.0	無污染	2.0	輕度污染	1.0	輕微污染	1.0	輕度污染	1.0
	水量管理機制	無	0	目視	0.5	設有水位標尺	1.0	目視	0.5	設有自動閘門	2.0	目視	0.5	水庫水門管理	2.0
	水池面積水溫	約一公頃、水溫 28.5°C	1.0	約 500m ² 、水溫 26.4°C	2.0	大池 4500 m ² 、水溫 29.4°C 小池 1800m ² 、水溫 30.3°C	2.0	上池 250m ² 、水溫 23.5°C 下池 200 m ² 、水溫 25.7°C	2.0	總面積 1000m ² ，舊池水溫 27°C、1 號池水溫 25°C	2.0	約 3200 m ² 、水溫 29°C	2.0	滿水可達 175 公頃 水溫 33.5°C	0
	水體流動速度	大部分時間未流動	0.5	大部分時間未流動	0.5	池水擾動時緩慢流動	1.0	大部分時間停滯未流動	0.5	池水經常流動，流速適中	2.0	經常流動	2.0	經常流動	2.0
	合計		5.5		7.0		6.5		5.5		8.0		7.5		7.0
生物管理	生物動態調查	無定期觀測	0.5	每週	2.0	每年持續監測調查	2.0	無定期觀測	0.5	無定期觀測	0.5	無定期觀測	0.5	無定期觀測	0.5
	生物物種數量	40 餘種，數量中等	1.0	40 餘種，數量中等	1.0	100 種以上，數量多	2.0	70 餘種，數量多	2.0	100 種以上，數量多	2.0	30 餘種，數量中等	1.0	40 餘種，數量中等	1.0
	生物多樣性	植物 43 種 蛙類 6 種， 多樣性偏低	0.5	植物 43 種 蛙類 5 種， 多樣性偏低	0.5	動物 37 種， 植物 92 種， 多樣性高	2.0	蛙類 5 種， 植物 72 種 多樣性中等	1.0	植物 97 種； 蛙類 5 種， 種類多樣性高	2.0	植物 28 種 蛙類 4 種， 多樣性低	0.5	植物 39 種 蛙類 7 種， 多樣性偏低	0.5
	優勢植物管理	未發現優勢種	2.0	未發現優勢種	2.0	小池部分優勢植物未能移除	1.0	上池佈滿人厭槐葉蘋未移除	0	1 號池滿江紅有日漸增多之趨勢未管理。	0.5	未發現優勢種	2.0	未發現優勢種	2.0
	入侵物種移除	植物 18 種	0	植物 16 種	0.5	有巴西龜、福壽螺、吳郭魚未移除	0.5	有福壽螺及卵、人厭槐葉蘋未移除	0.5	有錦鯉、草魚、鱸鰻、曲腰魚未移除	0.5	植物 18 種	0	植物 15 種	0.5
	合計		4.0		6.0		7.5		4.0		5.5		4.0		4.5

評估因子	評估指標	水池名稱													
		新北市汐止新夢山湖		新北市深坑國小生態池		台中市都會公園生態池		南投鹿谷內湖國小生態池		南投中寮原生植物園生態池		高雄市都會公園生態池		恆春墾丁國家公園龍鑾潭	
人力經費	管理組織人力	無	0	總務處及師生	1.2	公園管理處	2.5	總務處及師生	1.2	當地有機文化發展協會	2.5	公園管理處	2.5	公園管理處	2.5
	管理維護經費	無	0	學校管理維護費	1.2	管理處募志工	2.5	學校管理維護費	1.2	由文化發展協會負擔	1.2	管理處募志工	2.5	政府編列經費	2.5
	管理維護頻率	無	0	每週	2.5	每月一次	1.2	視水池環境而定	0.6	每天	2.5	每月 1-2 次	1.2	無固定	0
	參與管理程度	無	0	教師及學生	0.6	政府主動輔導志工參與	2.5	教師及學生	0.6	居民	0.6	政府主動輔導志工參與	2.5	無	0
	合計	0	5.5	8.7	3.6	6.8	8.7	5.0							
環境管理	池岸坡度孔隙	坡度大於 60°，有浮木及自然水岸	0.5	坡度小於 15°，池岸屬自然草坡水岸	2.0	坡度 20°，池岸由草叢、水泥構成缺乏多孔隙	1.0	坡度 80°；池岸以大石塊砌成，有多孔隙	0.5	坡度 75°；舊池孔隙較緊密，1 號池孔隙較大	0.5	坡度 15°-30°，池岸由草叢構成缺乏多孔隙	1.0	坡度 15°-30°，池岸多草叢	1.0
	池底維護管理	底泥多且未定期清理	0.5	池底有少許淤泥	2.0	淤泥中等未清除，本區土壤偏中等酸性	2.0	上池水泥池底，砂質壤土；下池坩質黏土	0.5	土壤質地為坩質黏土淤泥厚度將近 30 公分	0.5	淤泥不多但未清除，土壤偏鹼性	1.0	池底淤泥多但因面積過大清理不易	1.0
	岸邊環境整理	岸邊草地分區整理	2.0	岸邊植栽定期整理	2.0	岸邊植栽分區整理但有部分枯枝落葉雜草	2.0	有分區整理植栽頻度不高，枯枝落葉甚多	1.0	植栽環境有整理，仍有許多枯枝落葉	0.5	岸邊草地分區整理	2.0	岸邊草地定期整理	2.0
	多樣棲地維持	無生態島等多樣棲地	0.5	有石塊、生態島多樣棲地	2.0	各水池之間及池底有高差變化及多樣化棲地	2.0	上下池間有高差變化，池岸有多孔隙，無多樣化棲地	1.0	兩池之間有高差變化及多樣化棲地	2.0	水池及池底高差變化小且無多樣化棲地	0.5	池底高差變化不大亦無生態島等多樣棲地	0.5
	水池上方遮蔭	有大型植物可供水池上方遮蔭	2.0	大型植物較少，遮蔭有限	1.0	大型植物較少，遮蔭有限	1.0	有大型植物可供水池上方遮蔭	2.0	有大型植物可供水池上方遮蔭	2.0	大型植物稀少，遮蔭極少	0.5	大型植物稀少，遮蔭極少	0.5
	合計	5.5	9.0	8.0	5.0	5.5	5.0	5.0							
	評估等級	丙級(39.5 分)	丙級(66 分)	乙級(73.9 分)	丙級(46.2 分)	乙級(71.4 分)	丙級(64.4 分)	丙級(56.5 分)							

表 4 水質檢測結果

Table 4 Ecological Pool water quality test results

水質檢測項目	北區		中區						南區	
	新北市汐止 新夢山湖 檢測值	新北市 深坑國小 生態池 檢測值	台中市 都會公園生態池		南投鹿谷 內湖國小生態池		南投中寮 和興村生態池		高雄市 都會公園 生態池 檢測值	恆春墾丁 國家公園 龍鑾潭 檢測值
			小池 檢測值	大池 檢測值	上池 檢測值	下池 檢測值	舊池 檢測值	1 號池 檢測值		
採樣日期	94/07/27	94/07/27	94/07/21	94/07/21	94/07/20	94/07/20	94/07/22	94/07/22	94/07/26	94/07/26
水溫 (°C)	29.2	31	30.3	29.4	25.7	23.5	27.0	25.0	29	33.5
pH 值	4.4	6.8	7.8	7.4	9.0	8.7	8.1	8.0	10.1	9.1
電導度 (µS/cm)	70	133	105	102	1231	1383	731	510	48	254
透視度(m)	1.95	可見底	0.14	0.24	N/A	N/A	0.65	0.08	0.38	0.38
溶氧 (mg/L)	7.2	3.1	6.8	7.7	7.1	9.5	4.9	6.7	8.1	9.5
生化需氧量 (mg/L)	5.55	5.18	14.2	13.7	4.3	0.5	7.6	13.1	26.31	21.01
氨氮 (mg/L)	0.16	0.16	0.43	0.27	0.59	0.03	0.14	0.33	0.10	0.25
凱氏氮 (mg/L)	0.32	0.17	0.53	0.65	0.71	0.55	0.58	0.69	0.32	0.30
葉綠素 a (µg/L)	1.5	5.9	9.9	4.0	5.1	20.0	12.0	0.7	201.4	0.1
水深(m)	>2.0	0~0.5	0.6~0.8	0.6~0.8	0.1~0.25	0.1~0.25	0.5~1.2	0.75~1.0	0.5~1.0	>3.0
坡度(°)	>60	0~15	0~20	0~20	≒80	≒80	≒75	≒75	15~30	15~30

(資料來源：郭瓊瑩，2005)

(一) 水源管理

水質檢測結果詳如表 4(郭, 2005), 採計項目含透視度、溶氧、生化需氧量及氨氮等。

1. 新夢山湖水源為雨水及河水, 水質無污染, 面積約為 1 公頃, 但無水量管理機制且流動速度極緩慢。
2. 深坑國小生態池水源為雨水及河水, 水質無污染, 面積約為 500m², 單純以目視管理水量, 水體大部分時間靜止。
3. 台中都會公園生態池水源大部分為地下水, 未遭受污染, 水池面積介於 1800m²~4500m² 之間, 有噴泉等水體擾動設備。
4. 內湖國小生態池水源為自來水, 水質無污染, 以目視管理水量, 水池面積 200m² 左右, 水體大部分時間靜止。
5. 南投原生植物園生態池水源採圳路水, 受到輕度污染, 設有自動閥門管理水量, 總面積約 1000m², 池水經常流動。
6. 高雄都會公園生態池水源為溪流水, 有輕微污染, 採目視管理水量, 水池面積約 3200m², 水體經常流動。
7. 龍鑾潭水源為溪流水, 有遭到輕度污染, 以水庫水門管理水量, 滿水時面積可達 175 公頃, 水體經常流動。

(二) 生物管理

1. 新夢山湖的生物種類有 40 餘種, 但無定期觀測, 多樣性偏低, 雖無發現優勢種, 但入侵植物有 18 種。
2. 深坑國小生態池周遭有生物 40 餘種, 幾乎每週觀察, 但多樣性偏低, 無優勢種過

盛的問題, 入侵植物有 16 種。

3. 台中公園生態池周遭生物有 100 種以上, 且每年均有持續調察, 多樣性高, 有小部分優勢種及入侵動物未移除。
4. 內湖國小生態池有生物 70 餘種, 但植物量遠多於動物量, 多樣性中等, 但無定期調查, 有優勢植物及入侵動植物未適度移除。
5. 南投原生植物園生態池有物種 60 種以上, 且多樣性也高, 但無定期調查, 池內有優勢植物滿江紅及入侵魚類未適度移除。
6. 高雄都會公園生態池內物種僅 30 餘種, 無定期調查且多樣性也低, 雖未發現優勢種, 但入侵植物有 18 種。
7. 龍鑾潭周遭物種有 40 餘種, 但多樣性稍低, 池內並無發現優勢種, 但入侵植物有 15 種。

(三) 人力經費

1. 新夢山湖周遭因多屬私人土地, 故並無管理人力與經費相關之編制。
2. 深坑國小生態池由全校師生每週維護, 且學校有編列管理維護費用。
3. 台中都會公園生態池由公園管理處募集志工, 每月進行水域的清潔維護
4. 內湖國小生態池由校內師生視水池環境維護, 且學校也有編列維護經費。
5. 南投原生植物園生態池每天都有附近居民自發性的進行維護工作, 其餘相關經費由社區發展協會負擔。

6. 高雄都會公園的生態池是由管理處募集志工，每月進行 1~2 次的維護。
7. 龍鑾潭是由政府編列經費交由公園管理處負責維護管理。

(四) 環境管理

1. 新夢山湖坡岸大於 60°，且底泥未定期清理，池中無生態島等多樣棲地，但岸邊草地有分區整理且周遭的大植物生長情況良好，可提供水池遮蔭。
2. 深坑國小生態池岸坡度小於 15°，池底僅有少許淤泥，池中有石塊及生態島等多樣棲地，岸邊植栽也有定期整理，但池畔無大型植物提供遮蔭。
3. 台中都會公園生態池岸坡度約 20°，池底淤泥未清除，池中有多樣性棲地，岸邊植栽有定期整理，但周遭無大型植物提供遮蔭。
4. 內湖國小生態池岸坡度約 80°，十分陡峭，池中有少許底泥未清除且無多樣性棲地，周邊植栽整理頻度不高，但池畔大型植物生長良好，提供水池上方遮蔭。
5. 南投原生植物園生態池坡岸約為 75°，池底有大量淤泥未清除，池中有多樣性棲地，岸邊植栽有定期整理周遭也有大型植物遮蔭。
6. 高雄都會公園生態池岸坡度 15°~30°，池底淤泥不多，無多樣性棲地，岸邊植栽有分區整理但無大型植物遮蔭。
7. 墾丁龍鑾潭坡岸約 15°~30°，池底淤泥多但因面積過大不易清理，池中無多樣性棲地，岸邊草地有定期整理，但周遭並無大型植物。

二、生態水池管理模式評估結果：

(一) 評估分析

由表 3 中進一步分析比較各水池水源、生物、環境管理及人力經費之差異，將可發現各水池管理的優缺點及問題所在，提供現有生態水池管理單位或預備設置生態水池的單位參考借鏡。

(二) 評估等級

經由現況管理調查與資料評估分析，模式計算結果如下：

1. 新北市汐止區新夢山湖：丙級。
2. 新北市深坑區深坑國小生態池：丙級。
3. 台中市都會公園生態池：乙級。
4. 南投縣鹿谷鄉內湖國小生態池：丙級。
5. 南投縣中寮鄉原生植物園生態池：乙級。
6. 高雄市都會公園生態池：丙級。
7. 屏東縣恆春鎮墾丁國家公園龍鑾潭：丙級。

結論

一、本研究所研擬之生態水池管理模式為：
 $OM=4W+3B+2P+E$

二、經由生態水池管理模式綜合評估結果以台中都會公園最佳，汐止新夢山湖及鹿谷內湖國小生態池較差。

三、各評估因子評估結果：

(一) 水源管理方面：

以南投中寮原生植物園為最佳，鹿谷內湖國小較差。鹿谷內湖國小較差的主因是

缺乏自然水源，無水量管理維護機制，水體未經常保持流動。

(二) 生物管理方面：

以台中都會公園最佳，汐止新夢山湖、鹿谷內湖國小及高雄都會公園較差。鹿谷內湖國小生態池較差的主因是優勢種過度生長未予清除，且外來入侵物種已嚴重影響其他生物生長，應加強宣導嚴禁放生，並儘速移除；新夢山湖與高雄都會公園雖無優勢植物，但物種數量及多樣性過低，且外來種無適度管理與清除。

(三) 人力經費方面：

以高雄都會公園及台中都會公園較佳，汐止新夢山湖較差。汐止新夢山湖由於無專門組織、人力及經費可供管理維護之用，因此評估指標所得配分最低。

(四) 環境管理方面：

以深坑國小最佳，台中都會公園為次之，其餘五處皆為較差。主要原因乃池底淤泥多且未定期清理，且池岸坡度陡或缺乏多孔隙與多樣棲地。

參考文獻

1. 吳青蓉(2007), 台北市國小校園生態池使用後評估之研究, 第 37 頁。

2. 林可涵(2006), 「以使用管理觀點探討國小校園生態池規劃之研究」, 南華大學環境與藝術研究所碩士論文。

3. 郭瓊瑩(2005), 「生態水池研究案」, 內政部營建署委託等研究報告。

4. 彭國棟(2001), 「如何營造有生命力的生態水池」, 自然保育季刊, 第 35 期, 第 6-10 頁。

5. 彭國棟(2008), 自然保育概論-生物多樣性及物種保育, 第 8-10 頁、第 187 頁。

6. 黃于玻(2008), 「坡地生態水池規劃參考手冊」, 水土保持局編印。

7. 蔡政融(2007), 「EOQ 模式模擬生態水池水量管理機制」, 台灣科技大學建築研究所碩士學位論文, 第 103 頁。

8. Mitsch, W.J. (1996), "Ecological engineering: A new paradigm for engineers and ecologists," Engineering within Ecologists Constraints. Schulze, P. C. Ed. National Academy Press, Washington, D.C.

100 年 11 月 17 日收稿

101 年 03 月 12 日修改

101 年 03 月 19 日接受

水土保持學報 44(1) : 49 – 62 (2012)

Journal of Soil and Water Conservation , 44 (1) : 49 - 62 (2012)