

遊客餵食行為對於流路型埤塘水質影響- 以八德埤塘自然生態公園為例

EFFECT OF TOURIST FEEDING ACTIVITIES ON STREAM TYPE POND WATER QUALITY-TAKE THE
BA-DE POND ECOLOGY PARK AS AN EXAMPLE

國立臺灣師範大學
永續管理
與環境教育研究所
博士候選人

吳 思 儒*
Szu-Ju Wu

大浪據文化有限公司
助理研究員

林 柏 安
Bo-An Lin

景澤創意有限公司
協理

朱 淳 懿
Chun-Yi Chu

國立臺北大學
自然資源與環境管理研究所
助理教授

王 之 佑
Chih-Yu Wang

景澤創意有限公司
助理研究員

謝 智 元
Chih-Yuan Hsieh

國立臺灣師範大學
永續管理與環境教育研究所
優聘教授兼所長

方 偉 達
Wei-Ta Fang

摘 要

埤塘是北臺灣臺地的重要農業地景，近年來隨著都市擴張而逐漸消失，其中部分埤塘改作為休憩的埤塘公園，維持了既有的地景脈絡也提供都市居民具有水域與休憩功能的開放空間。而民眾在人造水域環境餵食的習慣，也對於埤塘的水質產生了影響，衍生出了新的管理課題。

本研究以八德埤塘自然生態公園為案例，依據現場流路可以分為入水口後的東側流路、西側流路與末端的大池，同步進行水質監測與餵食人數調查。結果顯示餵食人數多集中於最後的大池，但流路中西側水路餵食人數約為東側水路 2.08 倍。對東、西側水路的水質資料進行獨立樣本 T 檢定，結果顯示，懸浮固體 ($p=0.009$) 為非常顯著性差異，而濁度 ($p=0.070$)、總磷 ($p=0.031$)、葉綠素 a ($p=0.032$) 則為顯著性差異，顯示東西側水質有明顯差異，且西側水路較差。

本研究結果顯示餵食行為強度可能對於水質產生一定的影響，對於遊客餵食禁止或是管制將是在埤塘大量成為都市遊憩活動空間後的重要課題，本研究初步提出以規範結合環境教育的混合式管理機制，期待可以在兼顧遊憩、生態、管理成本的面向下，維持環境品質，後續仍有待更多實證研究驗證其成效。

關鍵詞：埤塘、遊客餵食、水質。

* 通訊作者 · 國立臺灣師範大學永續管理與環境教育研究所博士候選人
104 臺北市中山區新生北路二段 129-2 號 · szusolar@gmail.com

EFFECT OF TOURIST FEEDING ACTIVITIES ON STREAM TYPE POND WATER QUALITY-TAKE THE BA-DE POND ECOLOGY PARK AS AN EXAMPLE

Szu-Ju Wu*

National Taiwan Normal
University Graduate Institute of
Sustainability Management and
Environment Education

Chun-Yi Chu

Vision Union Limited Company

Chih-Yuan Hsieh

Vision Union Limited Company

Bo-An Lin

Big Swell
Limited Company

Chih-Yu Wang

National Taipei University
Institute of Natural Resource
Management

Wei-Ta Fang

National Taiwan Normal
University Graduate Institute of
Sustainability Management and
Environment Education

ABSTRACT

Ponds are critical agricultural landscapes in the northern Taiwan terraces, gradually disappearing with urban expansion. Some of these ponds have been repurposed into recreational pond parks, maintaining the existing landscape context while providing urban residents with open spaces featuring aquatic and recreational functions. However, feeding in artificial aquatic environments has impacted the water quality of these ponds.

This study takes the example of the Nature Ecological Park in Ba-de Pond as a case study, categorizing the site flow paths into the eastern and western flow paths. Both flow paths enter the terminal main pond. Simultaneous investigations of water quality and feeding population were conducted. Results indicate that feeding activities are concentrated mainly in the terminal main pond, with approximately 2.08 times more feeding observed in the western flow path compared to the eastern flow path. Independent sample t-tests were conducted on water quality data from the eastern and western flow paths. Results show significant differences in suspended solids ($p = 0.009$) and significant differences in turbidity ($p = 0.070$), total phosphorus ($p = 0.031$), and chlorophyll a ($p = 0.032$). These findings indicate significant differences in water quality between the eastern and western flow paths, with the latter exhibiting poorer water quality.

The results of this study indicate that the intensity of feeding behavior may have a certain impact on water quality. Prohibiting or regulating tourist feeding will be an important issue after the pond has become a significant urban recreational space. We preliminarily propose a hybrid management mechanism that combines regulations with environmental education. This innovative approach

holds the potential to maintain environmental quality while balancing recreation, ecology, and management costs. Further empirical research is needed to verify its effectiveness, but the potential for positive change is promising.

Keywords: Pond, Tourists feeding, Water quality.

一、前言

桃園市千塘之鄉的美名，源自於高度發展的農田水利灌溉調節設施，其星羅密布之數千口埤塘，形成特有的地景 (顏亭瑜, 2016)。埤塘存在具有重要意義，包含有景觀、休閒遊憩等功能，同時反映人文歷史之變遷，並且在生態、教育、防災治洪等皆有貢獻 (陳桓敦, 2008)。因此，在桃園開發的過程雖然有許多埤塘因此消失，但仍有為數不少的埤塘都被保留成為遊憩或教育使用。

八德埤塘自然生態公園 (後簡稱為八德埤塘公園) 是由灌溉埤塘改建而成的都會公園，於 2008 年正式落成啟用，並且在 2018 年通過環境教育場所認證，為桃園臺地中較為完善經營之生態公園，同時為八德區第一座兼具自然生態與休憩教育之生態埤塘公園 (桃園市八德區公所, 2018)。八德埤塘公園周邊仍保有許多未開發之農地與綠地，具有一定品質的棲息空間，長年吸引紅冠水雞、夜鷺、鴛鴦等野生水鳥棲息，水域內也棲息了許多原生生物，如斑鱧、斑龜等。同時園區中有人為放養之鴨、鵝等水禽，以及吳郭魚、巴西紅耳龜等外來物種。

八德埤塘公園曾在 2019 年獲得桃園市環境教育場域票選人氣王 (桃園市政府環境保護局, 2019)，可說明八德埤塘公園對民眾有一定的吸引力。遊客在園區中進行各種休憩活動，以散步、生物觀察與互動為主，其中駐足水域周邊餵食水禽、魚類是經常可見的活動之一，這類的活動縮短了遊客與動物的距離。在許多研究中都顯示親近野生動物對於人類有許多的好處 (Berman *et al.*, 2008)，但由於餵食野生動物可能造成自然行為模式與族群數量的改變，導致動物對於食物的依賴以及與人類接觸的習慣，同時人造食物也會帶來營養或疾病 (Orams, 2002)。目前研究除了針對瀕

危生物進行餵食具有生態學的意義外，其餘的餵食都基於社會與經濟的考量為主 (Orams, 2002)。綜合上述，目前對於野生動物餵食的管理仍充滿爭議，而目前八德埤塘公園管理策略上不鼓勵餵食野生動物，但因目前並沒有對應罰則，故無法有強制的管理作為，所以民眾仍是可以自由餵食野生動物。

過往人為餵食的相關研究，大多以養殖漁業作為對象進行探討，包含提高餵食效率以降低餵食物之不必要消耗，及養殖池之水質控管以把控養殖品質 (Hlaváč *et al.*, 2014)。但相關研究已指出遊客餵食可能會對於公園式的水塘水質造成影響 (呂淑瑋等, 2014)，過多的餵食物進入水體以及水生動物排泄會增加系統的有機含量負荷 (Hlaváč *et al.*, 2014)，過多營養物質輸入水體則會造成優養化 (石鳳城, 2005)，但餵食卻仍然是遊客在公園常見行為之一 (羅鳳恩等, 2021)。

而本研究則以八德埤塘公園中休閒遊憩之餵食行為對於水質之影響進行探究，遊客於埤塘中從事餵食行為多以休閒遊憩與娛樂為目的，並未考慮餵食對於埤塘水質之影響，但管理單位卻必須兼顧遊憩、生態與水質等多面向因子，提出經營管理的對策。以埤塘為主體的公園，如何在大眾餵食行為、環境品質與生態品質維護，成為了經營管理的課題之一。本研究希望透過前期研究，釐清目前餵食對於水質的實際影響狀況，作為後續埤塘經營管理參考依據。

二、材料與方法

2.1 研究區域

八德埤塘公園位於桃園市八德區，鄰近與新北市鶯歌區的交界，如圖 1。桃園市屬於副熱帶季風氣候，

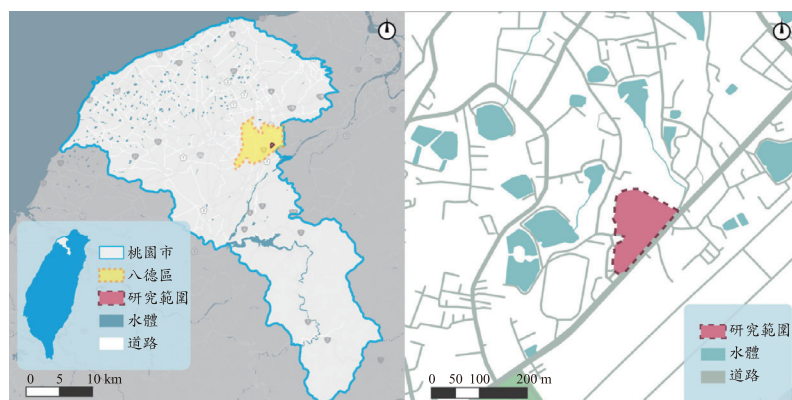


圖 1 研究地點區位圖

較常受到東北季風與西南季風影響，常有午後雷陣雨，尤其每年七月至九月常有颱風來臨，然而因地理位置因素，為臺灣較不容易因颱風造成災情之城市。桃園市年雨量約為 1,500 至 2,000 mm，以夏季為雨量較高之季節。年均溫約為 22.6 °C，夏季平均為 29 °C，冬季則為 16 °C (桃園市政府衛生局，2024)。

八德埤塘公園於 2008 年完工啟用，核定面積為 5.92 公頃，其以自然生態為主軸進行設計，除了保存原有的樹木及埤塘外，更以人工方式建造流路型的生態水池，營造淨化水質之生態池。其水源來自於既有的圳溝入流，同時也定時抽取地下水補充，以及最後一池回抽的水體，三種水源會在入流的第一個池塘匯集後，分為東西兩側水路順流至面積最大的埤塘。同時因灌溉水路的荒廢，所有的水體並沒有流出生態公園。園區內所有水路旁皆有步道、平台與涼亭等服務設施，以便於民眾於中間穿梭與休憩，民眾也都聚集於相關服務設施進行餵食行為。

2.2 調查方法

2.2.1 水質監測

本研究水質調查始於 2022 年 10 月，為每季一次，至 2023 年 07 月共進行四季的調查。本研究調查設定

8 個水質固定監測樣點，監測樣點為沿埤塘之水路進行樣點設置。第 1 至 3 樣點為流路分流前之上游監測樣點，而水路分流後於東側水路設置第 4 及第 7 樣點，西側水路設置第 5 及第 6 樣點，最後第 8 樣點則位於水路匯集之大池，如圖 2。水質監測分為現場檢測與實驗室檢驗分析，現場檢測為使用 YSI ProDSS 攜帶式多參數水質儀，檢測水體之溫度 (°C)、溶氧 (mg/L)、鹽度 (PSU)、pH、氧化還原電位 (mV)、濁度 (NTU)。而實驗室檢驗分析則委託精湛檢驗科技股份有限公司 (行政院環境保護署認可證字號：環署環檢字第 019 號) 進行，檢測項目為氨氮 (mg/L)、總磷 (mg/L)、生化需氧量 (mg/L)、懸浮固體 (mg/L)、葉綠素 a (mg/m³)。本研究水質數據取自八德埤塘自然生態公園環境教育委託經營管理計畫資料 (吳思儒，2022；吳思儒，2023)。

2.2.2 餵食人數調查

八德埤塘公園內之遊客餵食人數調查期間為 2022 年 10 月至 2023 年 07 月，調查頻率為每週三及週五的 09:50、10:50、13:50、14:50 共四個時段。依據園區內遊客常聚集從事餵食行為之地點設定 5 處觀察樣點，點位如圖 2，並於各樣點記錄 3 分鐘內所觀察到之餵食人數。



圖 2 水質及餵食人數監測樣點位置圖

2.3 統計分析

2.3.1 群落分析 CLUSTER

群落分析 (Cluster analysis) 的目的是將具有相似特性之事物根據其特性進行分類，使得同一群落內的事物具有高度同質性，而不同群落間的事物則具有高度異質性 (黃俊英，1995；李建生，2006)。本研究將水質數據導入軟體 PRIMER 7，進行八德埤塘公園水質樣點的群落分析。

群落分析可分為以下步驟 (李建生，2006；賴瑩嫻，2012)：

1. 資料標準化處理：進行群落分析前應對各變數進行標準化處理，使其平均值為 0、變異數為 1，以消除不同變數尺度的影響。
2. 相似性的衡量：群落分析為將相似性大的物體分為一群，計算出物體間之相似係數後列出相似矩陣。衡量相似性程度有多種方法，本研究採用歐基里德距離法 (Euclidean distance)，其公式如下：

$$d_{ij} = \left[\sum_{p=1}^m (x_{ip} - x_{jp})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (1)$$

d_{ij} ：第 i 個樣本與第 j 個樣本間之距離

x_{ip} ：第 i 個樣本之第 p 個變數

x_{jp} ：第 j 個樣本之第 p 個變數

m：變數個數

p：樣本數

i、j：1, 2, …… , n

3. 群落分析方法之選擇：分析方法可分為階層式 (hierarchical method) 及非階層式 (nonhierarchical method) 兩大類：

- 階層式：階層群落法是較為廣泛使用的方法，先將群落之樣本或變數各自分為一群，而後確定群與群之間的相似統計量，再選擇最接近的若干群合併為一新群，直到所有樣本或變數接合併為一群為止。常用的系統群落法是以距離為相似統計量時，確定新群與其他各群間的距離，本研究採用群平均法 (group-average method)，群平均法為兩群落中之一群落內任一觀察值至另一群落內任一觀察值之平均值，作為群集間的距離。
- 非階層式：階層群落法在分類過程中，群落一旦形成即不再拆散，而非階層群落法則在分類過程中，均將原有群落拆散，再重新組合成新群落。

4. 群落分類的決定：通常根據研究目的對樣本或變數進行適當的劃分。若群落數目較多，群落內的同質

性會較高，但不易辨識資料的整體結構；若群落數目較少，則較容易看出資料的簡單結構，但群落內的同質性會較低。

5. 群落的解釋：針對群落分類後，將各群落進行描述，以群落各觀察值在各變數上之平均值來描述群落。若資料經過標準化，則須將資料還原為原始數據再進行描述。

2.3.2 獨立樣本 T 檢定

獨立樣本 T 檢定必須滿足假定：(1)常態化 (normality) (2)變異數同質性 (homogeneity of variance) (3)獨立性 (independent) (4)依變數為連續項，滿足假定後即可進行檢定。於檢定時除須滿足常態分配，且平均數差也須符合常態化之假定。當 T 檢定結果位於顯著水準以下，則拒絕虛無假設，表示兩樣本平均值不相等，具顯著性差異 (林馳源，2013；游志弘，2014)。

本研究使用 IBM SPSS 軟體進行獨立樣本 T 檢定，該軟體以同時進行變異數同質性檢定，當達顯著水準時則使用獨立樣本 T 檢定，若拒絕虛無假設代表具顯著性。本研究透過獨立樣本 T 檢定比較八德埤塘公園中不同餵食人數之水質差異。

三、結果

3.1 遊客餵食人數調查成果

將 2022 年 10 月至 2023 年 07 月調查到各樣點之餵食累積人數可見 (圖 3)，八德埤塘公園之遊客主要餵食地點聚集在於 C、D、E 樣點，該三樣點位於埤塘流路之終點大池。其次為 A 樣點之西側水路，最後則是 B 樣點之東側水路，而 A 點之餵食人數約為 B 點的 2.08 倍。

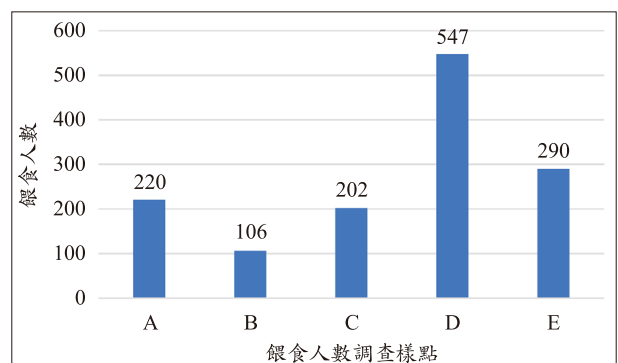


圖 3 各樣點餵食人數

埤塘整體遊客餵食人數的多寡與分布，可能會受到天氣、設施等因素影響，本研究調查成果顯示，最多遊客餵食的區域為埤塘之大池，由餵食累積人數可初步判定西側水路之餵食人數高於東側水路，故可進行兩處對水質差異之探討。

3.2 水質樣點之群落分析

本研究為了解八德埤塘公園各水質監測樣點之水

質是否有差異，使用 PRIMER7 套裝軟體將表 1 的水質數據平均值進行群落分析。由表 2 可見，先將各變數進行標準化，以去除各參數不同尺度之影響，再計算樣點間之相似係數 (similarity coefficient)，彙整出相似矩陣，得以了解樣點間之相似性，如表 3。

將各樣點間之相似性應用歐基里德距離法 (Euclidean distance) 進行階層式群落分析 (hierarchical) 中的群平均法 (group-average method) 繪製群落樹狀圖。由圖 4 可見，大池之第 8 樣點與西

表 1 四季水質監測結果之平均值

樣點	1	2	3	4	5	6	7	8
水溫 (°C)	24.55	24.58	25.10	24.43	25.38	25.63	25.75	26.08
溶氧 (mg/L)	4.13	2.96	4.61	2.80	4.18	4.17	5.15	6.55
鹽度 (PSU)	0.13	0.13	0.12	0.12	0.12	0.13	0.13	0.10
pH	5.98	5.96	6.31	6.36	6.51	6.56	6.93	7.70
濁度 (NTU)	8.23	24.37	31.69	16.52	27.51	25.56	10.29	19.77
氨氮 (mg/L)	0.62	0.71	0.69	0.46	0.48	0.60	0.74	0.25
總磷 (mg/L)	0.23	0.36	0.35	0.31	0.41	0.34	0.25	0.16
生化需氧量 (mg/L)	2.03	1.90	2.47	1.98	4.55	4.18	2.48	4.28
懸浮固體 (mg/L)	10.68	28.68	27.05	26.63	67.50	39.55	18.60	35.93
葉綠素 a (mg/m ³)	9.63	12.63	15.48	19.03	57.60	66.48	17.50	89.20

表 2 各樣點水質數據標準化數值

項目	1	2	3	4	5	6	7	8
水溫 (°C)	-1.02	-0.98	-0.14	-1.22	0.31	0.71	0.91	1.43
溶氧 (mg/L)	-0.15	-1.14	0.25	-1.27	-0.12	-0.12	0.69	1.87
鹽度 (PSU)	0.48	1.03	-0.07	-0.07	-0.07	0.75	0.21	-2.26
pH	-1.00	-1.02	-0.40	-0.31	-0.05	0.03	0.69	2.05
濁度 (NTU)	-1.47	0.47	1.34	-0.48	0.84	0.61	-1.22	-0.09
氨氮 (mg/L)	0.31	0.85	0.73	-0.69	-0.52	0.22	1.04	-1.95
總磷 (mg/L)	-0.85	0.75	0.57	0.08	1.36	0.43	-0.62	-1.72
生化需氧量(mg/L)	-0.83	-0.95	-0.45	-0.88	1.37	1.04	-0.44	1.13
懸浮固體 (mg/L)	-1.24	-0.18	-0.28	-0.31	2.09	0.45	-0.78	0.24
葉綠素 a (mg/m ³)	-0.86	-0.76	-0.67	-0.55	0.71	1.00	-0.60	1.75

表 3 各樣點標準化後之相似矩陣

樣點	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-							
2	3.00	-						
3	3.58	2.30	-					
4	2.42	2.35	3.04	-				
5	5.69	4.47	3.71	4.42	-			
6	4.47	3.61	2.84	3.81	2.28	-		
7	2.91	3.99	3.31	3.73	5.05	3.59	-	
8	6.89	7.75	6.24	6.47	5.60	5.30	5.48	-

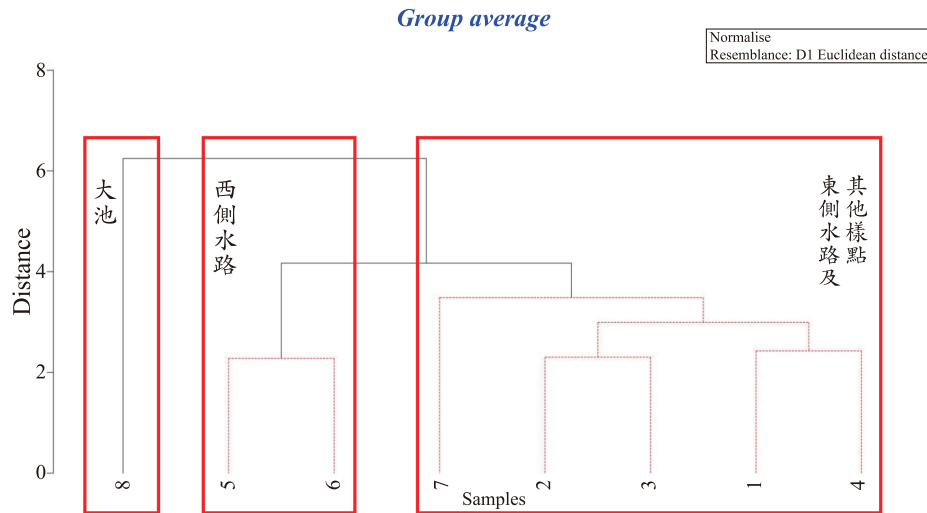


圖 4 水質樣點之群落樹狀圖

表 4 東、西側水路水質項目獨立樣本 T 檢定

項目	T 檢定			
	假設均數差	自由度	t 統計	顯著性
水溫 (°C)	0	14	0.14	0.890
溶氧 (mg/L)	0	14	0.17	0.871
鹽度 (PSU)	0	14	0.30	0.771
pH	0	14	-0.60	0.559
濁度 (NTU)	0	14	1.96	0.070*
氨氮 (mg/L)	0	14	-0.33	0.748
總磷 (mg/L)	0	14	2.41	0.031*
生化需氧量 (mg/L)	0	14	2.01	0.064
懸浮固體 (mg/L)	0	14	3.04	0.009**
葉綠素 a (mg/m ³)	0	14	2.38	0.032*
*表示為顯著性差異				
**表示為非常顯著性差異				

側水路之第 5、6 樣點較明顯與其他水質樣點離群 (Outlier)。可說明此三樣點之整體水質性質與其他樣點較不相似，尤其第 8 樣點為差異最大之樣點，主要影響原因為第 8 樣點位於埤塘流路之終點，其滿水面積為 1.49 公頃，有效蓄水量達 8,630 m³，且水體上方較無樹蔭遮蔽，與其他樣點之水體環境特性明顯不同。而西側水路之第 5、6 樣點與其他樣點水質性質不同，本研究將進一步探討其影響原因，以及與西側水路餵食人數較東側水路多是否相關。

3.3 東西側水路水質差異性研究

為探究西側水路 (樣點 5、6) 於群落樹狀圖中較為離群之原因，本研究以埤塘流路中，同位於水路分流後的東側水路 (樣點 4、7) 做為對照組進行比較分

析。透過東、西側水路之各項水質檢測項目進行獨立樣本 T 檢定，而兩側水路各包含兩水質樣點則視為同一母體之重複抽樣。檢定結果如表 4，懸浮固體 ($p = 0.009 < 0.01$) 為非常顯著性差異，而濁度 ($p = 0.07 < 0.05$)、總磷 ($p = 0.031 < 0.05$)、葉綠素 a ($p = 0.032 < 0.05$) 則為顯著性差異。

四、討論

4.1 遊客餵食對於埤塘水質影響

餵食行為造成水質污染的原因可能包含過多餵食食物進入水體、餵食吸引魚類聚集擾動水體、魚類排泄物進入水體等因素。水體中大部分的氮和磷來自魚類

排泄的代謝廢物 (Hakanson *et al.*, 1998; Lemarie *et al.*, 1998; Gondwe *et al.*, 2011; Hlaváč *et al.*, 2014)，而餵食物中過量的磷會導致動物排泄物中磷含量較高 (Kim *et al.*, 1998; Jahan *et al.*, 2003; Hlaváč *et al.*, 2014)。較多遊客餵食之地點會吸引魚類及水禽聚集，可能使動物排泄物較為聚集，同時也造成較多餵食物進入水體，推論因西側餵食人數較多，使西側水路之總磷含量顯現較東側水路高的狀態，如圖 5。

當水體輸入大量的營養物質，促使水中藻類快速且大量生長，形成藻華 (algal bloom) 現象，稱之為優養化 (eutrophication) (石鳳城, 2005)。投入過量餵食物會造成未使用的餵食物與氮、磷等有機廢物之營養物質進入水體，促進藻類生長使葉綠素 a 含量提高，可顯示藻類密度與餵食物的用量為正相關 (Wu *et al.*, 2012; Kong *et al.*, 2020)。本研究遊客餵食較多之西側水路，亦呈現葉綠素 a 含量較高情形，如圖 6。葉綠素 a 含量較高，將使水體在白天溶氧量濃度較高，夜間則因強烈呼吸作用消耗氧氣，在清晨前出現缺氧狀況 (Schroeder, 1974; Boyd, 1982; Jana. & Sarkar., 2005., Hlaváč *et al.*, 2014)，對於水生生物之生存較為不利。應控制水體中溶解性有機碳 (dissolved organic carbon, DOC) 的輸入量，如減少遊客餵食物或生物排泄輸入埤塘水體，以減緩水池優養化的現象 (呂淑璋等, 2014)。

懸浮固體是指溪流、河流或湖泊水體中的無機物和有機物濃度。過去相關研究顯示，懸浮固體較高與水域附近有較多的人為活動或自然因素有關 (Du *et al.*, 2022)。其含量會受水中其他成分影響，如總磷、總氮和一些會引起優養化或水污染的污染物質，會在物理、化學與生物作用下沉積於懸浮固體中並帶入水體 (Xie *et al.*, 2003; Du *et al.*, 2022)。而底泥沉積物容易因水域擾動造成沉積物再懸浮，進而影響水體之懸浮固體與濁度 (Dong *et al.*, 2011; Hou *et al.*, 2017; Du *et al.*, 2022)。本研究發現較多遊客餵食之西側水路，其懸浮固體含量與濁度皆高於東側水路，其影響原因可能即包含水生生物聚集對於水體之擾動，以及水生生物排泄物較為集中，如圖 7 及圖 8。

根據上述結果可以得知，在埤塘流路分流後的東、西兩側水路中，西側水路表現出較多的餵食行為，而水質監測的結果亦顯示西側水路的水質較東側水路較差。由此推斷，遊客在埤塘進行餵食行為的確會對埤塘水質造成影響。埤塘之水質優劣，將影響埤塘中水生動植物之生長情形。而懸浮固體、葉綠素 a 等含量較高，則會降低埤塘水體之能見度，將間接影響埤塘之觀賞性。因此對於遊客休閒遊憩之餵食行為，勢必需進行經營管理。

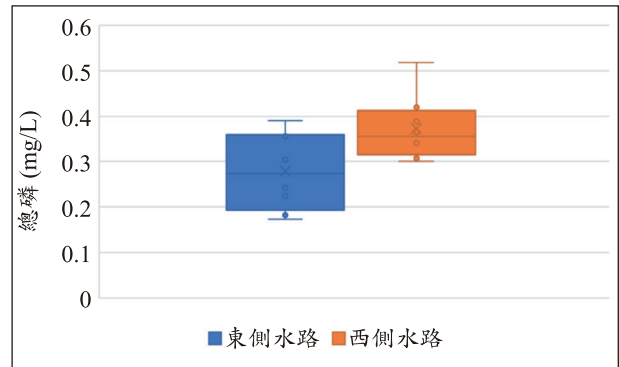


圖 5 東、西側水路總磷含量差異

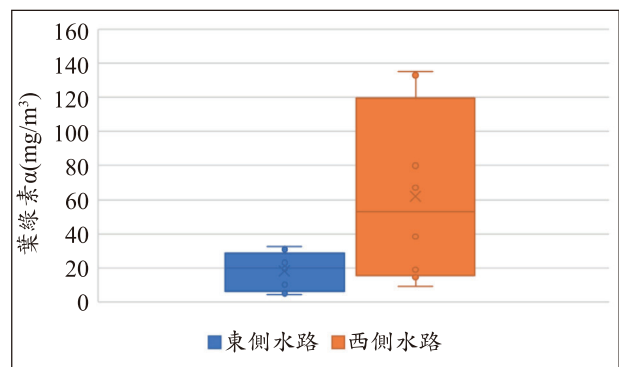


圖 6 東、西側水路葉綠素 a 含量差異

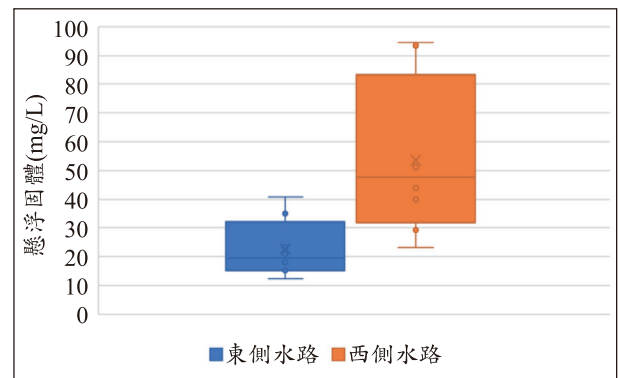


圖 7 東、西側水路懸浮固體含量差異

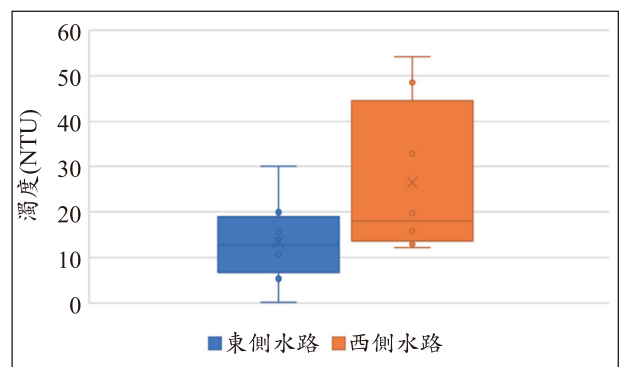


圖 8 東、西側水路濁度差異

若針對遊客餵食之頻率、餵食物的種類進行管理，減少餵食物之殘留量並提高餵食的效率，可以顯著減少水中氮磷廢物的濃度 (Mallekh *et al.*, 1999; Hasan., 2001)。有效的餵食管理，不僅可提供動物生長的營養來源，還可以間接作為埤塘生態品質穩定的管理工具 (Hlaváč *et al.*, 2014)。

4.2 埤塘遊客餵食管理

經本研究結果顯示遊客餵食行為確實會對埤塘水質產生影響，但同時從 Google 的公眾評論中，也顯示出餵食與動物互動是現場常見的遊憩行為，且受到參訪者喜愛，因此如何在遊憩需求與環境管理中尋求可能的解答，亦是本研究場域及其他相似場域需要面對的課題。

為維護埤塘之永續發展，本研究以環境、社會與經濟三面探討，並嘗試提出對應的策略與方法。

- 環境層面：由於八德埤塘公園是一個水體僅有流入的埤塘，不論是現場生物產生的排泄物或是人為餵食所衍生的污染源，都只能依靠內部循環淨化，因此，控制現場的家禽數量、餵食的狀況，以及強化埤塘自我淨化的能力都是需要兼顧的面向。
- 社會層面：人透過餵食與動物親近產生出良好的感受，或是餵食對於特定生物的好處，抑或放任餵食對於生物與環境的危害都有對應的研究，顯示出這個議題是一個涉及跨學科的課題，同時臺灣的農村文化中，餵食家禽也是其中一個常見的行為。因此，如何在人類感受、動物福祉與既有文化中間產生平衡，是在管理中需要考量的面向。
- 經濟面向：兼具休閒與教育的埤塘公園都需要投入一定的軟硬體資源，其中本研究的關鍵課題是對於遊客行為的限制，由國內案例可以發現，若透過封閉式的管理是可以有效對於遊客行為進行管理。反之，開放空間則需有明確規範與一定程度巡查才能達到成效，其中封閉式的管理或是高強度的巡查都會增加經營管理的成本。

本研究依據上述三個面向的探討，初步提出一個結合環境現場限制、遊客感受、環境教育等多目標的經營管理建議：

1. 逐步建立制度

建議應針對目前現況制訂出相關的規範，不論是全面禁止或是有限制的餵食都需要一個公告周知的制度，並且透過宣導與勸導，逐步管理遊客的行為。

2. 建立基本生態基礎資料與承載量

除了人為餵食造成的污染影響外，埤塘公園內的野鳥、家禽與外來種魚類的數量等因素也可能導致水質劣化。因此，可以針對這些相關物種的種類及數量進行監測，並適度地移除家禽和外來種魚類，透過上述相關資料與水質狀態進行交互驗證，建立對應埤塘公園的環境資料庫，作為在地管理之基礎。

3. 整合餵食行為的強化淨化機制

目前現地有透過水生植物浮島進行水質淨化，未來可規劃種植適合餵食之植物，定期將上方植物採收，並作為民眾餵食的材料，可以兼顧餵食的食物種類與數量外，亦可發展成為環境教育課程，邀請民眾參與相關操作過程，讓參與民眾理解餵食與環境之間的動態關係。

五、結論

本研究顯示出，餵食人數較多之西側水路，水質明顯劣於東側水路，推論遊客餵食行為的確會對埤塘之水質造成影響。相較於過去大多集中在養殖業的相關研究，本研究突顯了休閒遊憩環境下的餵食活動對環境水體的潛在影響，其中懸浮固體、濁度、總磷及葉綠素 a 達到顯著性差異，推論過量的餵食物和水生生物排泄物的輸入會增加水體的有機質含量，促進藻類的生長，導致水體優養化現象，進而影響水生生物的生存狀況。此外，懸浮固體含量與濁度提高也可能與遊客餵食活動引起的水體擾動和水生生物排泄物的集中有關。為了可以更好地掌握埤塘水質的動態變化，並採取相對應的管理措施，建議在埤塘的關鍵點位架設水質連續監測儀器，實時監控埤塘之水質變化。

此外，本研究從環境、社會與經濟三面向探討了埤塘的管理策略，基於此三面向，初步提出多目標經營管理建議，包括逐步建立餵食管理制度、建立基本生態基礎資料與承載量，以及整合餵食行為的強化淨化機制。這些建議有助於在保護環境的同時，維持遊客的滿意度和提升教育效果，實現埤塘的永續發展。

謝誌

感謝桃園市八德區公所對本研究支持，部分資料取自八德埤塘自然生態公園環境教育委託經營管理計畫 (計畫編號：BB1091210、BB1111129)。感謝八德埤塘自然生態公園志工服務隊協助調查埤塘公園之遊客

餵食人數；黃國文博士、楊懿如博士、陳章波博士提供研究建議；王辰云協助空間圖面繪製，使本研究可以順利完成，誠摯感謝。

參考文獻

1. Berman, M. G., Jonides, J., & Kaplan, S. (2008). The cognitive benefits of interacting with nature. *Psychological Science*, 19(12), 1207-1212.
2. Boyd, C. E. (1982). Water quality management for pond fish culture. Elsevier.
3. Dong, L. X., Guan, W. B., Chen, Q., Li, X. H., Liu, X. H., & Zeng, X. M. (2011). Sediment transport in the Yellow Sea and East China Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 93(3), 248-258.
4. Du, Y., Song, K., Wang, Q., Li, S., Wen, Z., Liu, G., Tao, H., Shang, Y., Hou, J., Lyu, L., & Zhang, B. (2022). Total suspended solids characterization and management implications for lakes in East China. *Science of The Total Environment*, 806(Part 4), 151374.
5. Gondwe, M. J. S., Guildford, S. J., & Hecky, R. E. (2011). Carbon, nitrogen and phosphorus loadings from tilapia fish cages in Lake Malawi and factors influencing their magnitude. *Journal of Great Lakes Research*, 37(1), 93-101.
6. Hakanson, L., Carlsson, L., & Johansson, T. (1998). A new approach to calculate the phosphorus load to lakes from fish farm emissions. *Aquacultural Engineering*, 17(3), 149-166.
7. Hasan, M. R. (2001). Nutrition and feeding for sustainable aquaculture development in the third millennium. In *Technical Proceedings of the Conference on Aquaculture in the Third Millennium* (pp. 193-219). Bangkok, Thailand.
8. Hlaváč, D., Adámek, Z., & Hartman, P. (2014). Effects of supplementary feeding in carp ponds on discharge water quality: A review. *Aquaculture International*, 22(2), 299-320.
9. Hou, X., Feng, L., Duan, H., Chen, X., Sun, D., & Shi, K. (2017). Fifteen-year monitoring of the turbidity dynamics in large lakes and reservoirs in the middle and lower basin of the Yangtze River. *Remote Sensing of Environment*, 190, 107-121.
10. Jahan, P., Watanabe, T., Kiron, I., & Satoh, S. H. (2003). Balancing protein ingredients in carp feeds to limit discharge of phosphorus and nitrogen into water bodies. *Fish Science*, 69(2), 226-233.
11. Jana, B. B., & Sarkar, D. (2005). Water quality in aquaculture-impact and management: A review. *Indian Journal of Animal Sciences*, 75(11), 1354-1361.
12. Kim, J. D., Kim, K. S., Song, J. S., Lee, J. Y., & Jeong, K. S. (1998). Optimum level of dietary monocalcium phosphate based on growth and phosphorus excretion of mirror carp. *Aquaculture*, 161(3-4), 337-344.
13. Kong, W., Huang, S., & Yang, Z. (2020). Fish feed quality is a key factor in impacting aquaculture water environment: Evidence from incubator experiments. *Scientific Reports*, 10, 187.
14. Lemarie, G., Martin, J. L. M., Dutto, G., & Garidou, C. (1998). Nitrogenous and phosphorous waste production in a flow-through land-based farm of European seabass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquatic Living Resources*, 11(4), 247-254.
15. Mallekh, R., Boujard, T., & Lagardère, J. P. (1999). Evaluation of retention and environmental discharge of nitrogen and phosphorus by farmed turbot (*Scophthalmus maximus*). *North American Journal of Aquaculture*, 61(2), 141-145.
16. Orams, M. B. (2002). Feeding wildlife as a tourism attraction: A review of issues and impacts. *Tourism Management*, 23(3), 281-293.
17. Schroeder, G. L. (1974). Use of fluid cowshed manure in fish ponds. *Bamidgeh*, 26(4), 84-96.
18. Wu, M., Huang, S. L., Zang, C. J., & Du, S. L. (2012). Release of nutrient from fish feed and effects on *Microcystis aeruginosa* growth. *Aquaculture Research*, 43(10), 1460-1470.
19. Xie, L., Xie, P., & Tang, H. (2003). Enhancement of dissolved phosphorus release from sediment to lake water by *Microcystis* blooms-an enclosure experiment in a hyper-eutrophic, subtropical Chinese lake. *Environmental Pollution*, 122(3), 391-399.
20. 石鳳城，「水質分析與檢測」，新文京開發股份有限公司，2005。
21. 李建生，「應用多變量分析法於台灣主要河川流域特性之研究 (碩士論文)」，中國文化大學地學研究所，2006。
22. 呂淑璋、王秋嫻、劉瓊霏，「臺中都會公園水化學之

- 研究」，林業研究季刊，36(3)，227-338，2014。
23. 吳思儒，「111 年度八德埤塘自然生態公園環境教育委託經營管理計畫 成果報告書」，桃園市八德區公所：景澤創意有限公司，2022。
24. 吳思儒，「112 年度八德埤塘自然生態公園環境教育委託經營管理計畫 成果報告書」，桃園市八德區公所：景澤創意有限公司，2023。
25. 林馳源，「伏流水對地表逕流水質與魚類影響之研究 (碩士論文)」，國立成功大學水利及海洋工程學系，2013。
26. 桃園市八德區公所，「八德埤塘自然生態公園。公園簡介」，取自 <https://badepond.blogspot.com/2018/01/blog-post.html>，2018。
27. 桃園市政府衛生局，「地理環境及氣候。城市簡介」，取自 <https://agefriendly.tycg.gov.tw/cp.aspx?n=768>，2024。
28. 桃園市政府環境保護局，「最愛的『桃園環境教育場域』票選出爐老少咸宜的好去處」，取自 <https://www.tydep.gov.tw/TYDEP/Message/Detail/3525>，2019。
29. 陳桓敦、鍾政偉、蔡進祥、王維民，「桃園地區埤塘永續觀光之發展策略研究」，休閒暨觀光產業研究，3(2)，105-122，2008。
30. 游志弘，「地表逕流與伏流水交換對水質特性相關性之探討 (碩士論文)」，國立成功大學水利及海洋工程學系，2014。
31. 黃俊英，「多變量分析 (第七版)」，中國經濟研究所，1995。
32. 賴瑩嫻，「應用群集分析探討侵臺颱風之分類特性 (碩士論文)」，國立交通大學土木工程學系，2012。
33. 顏亭瑜，「八德埤塘生態公園對遊客吸引力、滿意度與重遊意願之研究 (碩士論文)」，國立臺灣師範大學地理學系，2016。
34. 羅鳳恩、余佳珉、夏先瑜、傅光良，「民眾自評在公園曾做不當行為與做此行為原因」，環境與管理研究，22，頁 39-54，2021。

收稿日期：民國 113 年 04 月 24 日

修改日期：民國 113 年 07 月 01 日

接受日期：民國 113 年 07 月 08 日