

# 花蓮縣鯉魚潭環境水質與水域生態初探

## A Preliminary Study of Water Quality and Aquatic Ecology for Liyu Lake in Hualien, Taiwan

黃文彬<sup>1,\*</sup>、徐瑋婷<sup>2</sup>、劉梅君<sup>3</sup>  
Wen-Bin Huang<sup>1</sup>, Wei-ting Hsu<sup>2</sup>, Mei-June Liu<sup>3</sup>

### 摘要

在 104 年春季至 107 年冬季之研究期間，以環保署地面水體標準而言，花蓮縣鯉魚潭水質大部分符合甲-乙級標準，僅少數在丙級。由卡爾森指數（CTSI）顯示，鯉魚潭水質處於優養狀態；而河川汙染指數（RPI）顯示水質為未（稍）汙染或輕微汙染。藻類記錄 63 屬 135 種，以微囊藻屬及隱球藻屬最為優勢。在研究期間，藻類優養指數（ATSI）由中養轉至優養，而藻類水質指數（QI）及腐水指數（SI）維持在中養及  $\beta$ -中腐水質。水棲昆蟲記錄 6 目 17 科，以搖蚊科紅蟲為最常見優勢種。魚類記錄 6 科 20 種，其中新記錄 12 魚種，包含 4 個臺灣特有種，而最常見優勢種為吳郭魚和珍珠石斑。在研究期間，水棲昆蟲科級生物指標（FBI）顯示，鯉魚潭水質由一般轉變為嚴重汙染；而魚類生物整合指數（IBI）顯示水質大多維持在中等汙染。在綜合考量上述各水質指標之限制及鯉魚潭地理現況後，本研究認為花蓮縣鯉魚潭之水質評估，應以 CTSI 指數為首要、藻類的 ATSI 指數與 QI 指數為次、魚類的 IBI 指數居三，並且已知鯉魚潭為一個優養化的水體，而且此優養化現象在一年 4 季間之變動性不大。未來研究之重點，除了應持續進行生態監測外，鯉魚潭優養化問題之改善亦為首要任務，進而有助於鯉魚潭建立符合其生態特性的永續觀光發展策略。

**關鍵詞：**鯉魚潭、水質評估、生態調查、優養化、魚類群落

### Abstract

Most measured values of the water quality items in the Liyu Lake were at the level A or level B in the Surface Water Standards of the Environmental Protection Administration with a few being at the level C. The Carlson's trophic state index (CTSI) indicated that the Liyu Lake was

<sup>1</sup> 國立東華大學自然資源與環境學系教授；Professor, Department of Natural Resources and Environmental Studies, National Dong Hwa University.

<sup>2</sup> 國立東華大學自然資源與環境學系助理；Assistant, Department of Natural Resources and Environmental Studies, National Dong Hwa University.

<sup>3</sup> 交通部觀光局花東縱谷國家風景區管理處課員；國立東華大學自然資源與環境學系學生；Officer, The East Rift Valley National Scenic Area Administration, Tourism Bureau, M.O.T.C.; Graduate Student, Department of Natural Resources and Environmental Studies, National Dong Hwa University;

\* 通訊作者：黃文彬，Email: bruce@gms.ndhu.edu.tw

eutrophication while the river pollution index (RPI) indicated that the Liyu Lake was unpolluted or negligibly polluted. A total of 135 algae species in 63 genera were recorded, and *Microcystis* and *Cryptococcus* were dominant. The algal trophic state index (ATSI) indicated that the water quality of the Lake changed from the meso-trophic to the eu-trophic while the quality index (QI) and the Saprobien index (SI) indicated that the water quality was maintained, respectively, at the mesotrophic level and the  $\beta$ -mesosaprobity during the study period. Aquatic insects were recorded in 6 orders and 17 families, and the blood midge in family Chironomidae was dominant. A total of 20 fish species in 6 families were recorded, including 12 new recorded species with 4 Taiwanese endemic species. The most 2 dominant fish species were tilapia and jaguar guapote. During the study period, the family level biotic index (FBI) of the aquatic insects showed that the water quality of the Liyu Lake changed from the fair to very poor while the index of biotic integrity (IBI) of fish showed that the water quality was mostly maintained at the moderately impaired condition. After comprehensive consideration of the limitations of the said water quality indices and the geographical status of the Liyu Lake, this study indicated that the assessment of water quality in the Liyu Lake should be based on the CTSI index, the ATSI index and QI index of algae, and the IBI index of fish. It was also known that the Liyu Lake was eutrophication and this eutrophication phenomenon did not apparently vary by season. The main points of future research, in addition to continuing the ecological monitoring, the improvement of the eutrophication in the Liyu Lake is also a priority, which helps the Liyu Lake to establish a sustainable tourism development strategy that is in line with its ecological characteristics.

**Key words:** Liyu Lake, water quality assessment, ecological monitoring, eutrophication, fish community

---

## 壹、前言

### 一、觀光之重要性

花蓮縣鯉魚潭為臺灣重要觀光與遊憩景點之一，尤其是在臺灣東部地區。此潭為臺灣東部最大的內陸湖泊，屬於山岳湖泊類型之遊憩資源。遊客造訪鯉魚潭之原因，大致有二：一為大自然山明水秀之心靈陶冶，可舒解平日工作壓力及沉澱緊張思緒；二為運動休閒之體健活動，陸域及水域之戶外活動均可在鯉魚潭區域內進行，其陸域活動包括有環潭散步、騎自行車、步道健行、生態觀察（螢火蟲與植物觀察等），而水域活動則有垂釣、划獨木舟、搭天鵝船等，可強健體魄且與大自然親近。

民國 91 年，花東縱谷國家風景區管理處（以下簡稱花東縱管處）接掌鯉魚潭風景特定區的遊憩活動管理事權。透過花東縱管處與相關單位（花蓮縣政府各相關單位、林務局等）以及鄰近商家的共同努力與協助，鯉魚潭風景特定區的遊憩品質日益提升及其遊憩型態亦趨多元。近年來，來訪鯉魚潭的遊客維持在百萬人次以上，並於民國 105 年達到 167 萬人次（圖 1），顯示鯉魚潭地區在臺灣觀光遊憩上之重要性。

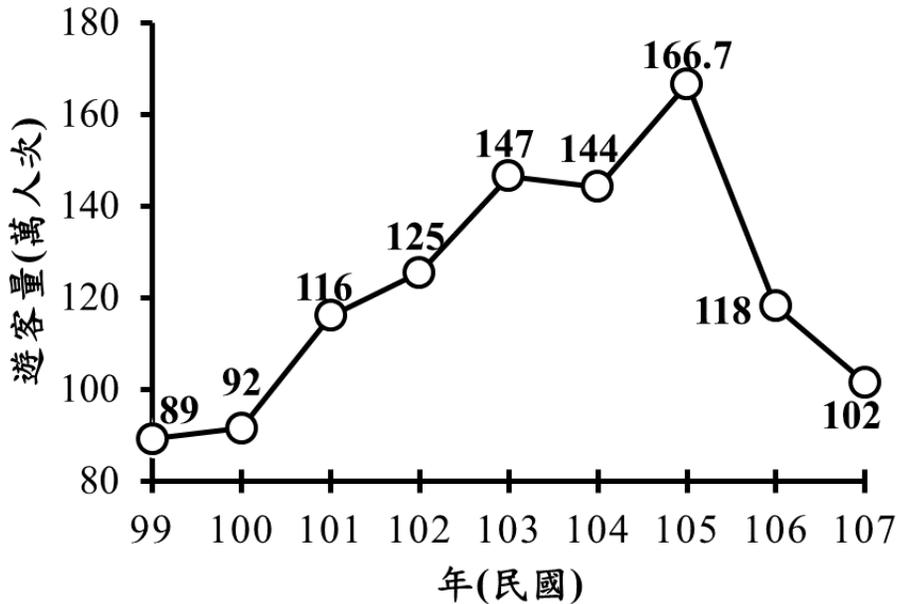


圖 1 鯉魚潭風景特定區民國 99~107 年間遊客數 (資料來源：行政資訊網交通部觀光局花東縱谷國家風景區管理處 (2019))

## 二、地理位置及特性

鯉魚潭，因潭的東側有一座鯉魚山而得名。鯉魚潭位於花蓮市西南方約 10 公里處，池南之池曾為其舊名 (宮地傳三郎 1935)。鯉魚潭潭區略呈橢圓形，海拔高度約 140 公尺，潭面面積約 105 公頃，南北長約 2 公里、東西寬約 1 公里，環潭公路全程約 5 公里，水深最深可達 15 公尺 (宮地傳三郎 1935，邱明浩等人，2006)。潭的西南及北方有淺灘，而深潭處也是坡度較陡的一側，位於潭東側鯉魚山山下，最大坡度可達 24 度，而潭底十分平坦 (自強工程顧問有限公司 2005)。

鯉魚潭三面環山，西側為中央山脈之銅門山及木瓜山，東邊為鯉魚山。在鯉魚山、銅門山及木瓜山之間，曾有一條古銅蘭溪，鄰近的文蘭溪、荖溪、白鮑溪與平和溪均曾為古銅蘭溪支流 (圖 2A)。鯉魚潭目前的地點，即曾是古銅蘭溪一段較寬的河面，原無潭的存在。在當時，古銅蘭溪是向北注入木瓜溪，而後發生河川襲奪作用。花蓮溪的支流向西侵蝕掠奪了古銅蘭溪上游的支流—白鮑溪，此造成重光附近古銅蘭溪的部分河段成為反流河 (圖 2B)。之後，此段反流河繼續向北侵蝕，再次襲奪古銅蘭溪另一支流—荖溪 (圖 2C)。從此，荖溪不再流入木瓜溪，而折向東南，形成今天荖溪的上游，池南以北河道也成了斷頭水道。原白鮑溪被襲奪之反流河段則形成荖溪下游，進而進入花蓮溪。古銅蘭溪因襲奪作用變成斷頭河後，水量減少，搬運力降低，無力再沖刷文蘭溪挾帶而下的沙石，再加上鯉魚潭北側的文蘭溪沖積扇因崩塌淤積，造成鯉魚潭出水口的堵塞，同時因荖溪伏流湧出，進而形成一處天然堰塞湖，也就是今日鯉魚潭的雛形 (圖 2D)。

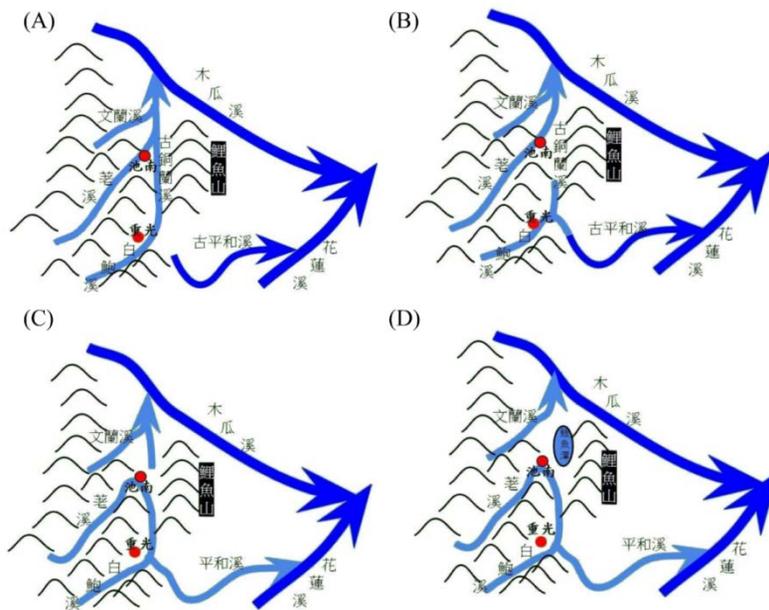


圖 2 鯉魚潭形成示意圖（徐瑋婷修製，來源：鯉魚潭遊客中心）

鯉魚潭為堰塞湖，其水源大部份是來自於降雨，少數是從鯉魚潭東側的鯉魚山流下的地表水、隨著耕作季節而引自荖溪注入到潭南的灌溉用水，以及地底伏流。潭北現有一水閘門，並且設有溢流水門，當颱風或豪雨而使潭內水過多時就會自然溢流而排出，平常無水流出。鯉魚潭之水位，在 8-9 月的颱風季達到最高水位，比 4-6 月梅雨季還高（宮地傳三郎 1935）。依據民國 105 年「鯉魚潭地區水陸域環境（含污染源）調查測量及水質改善評估規劃」報告所載，鯉魚潭潭深最深處約 10 公尺時，潭水總水量約 650 萬立方公尺（滿水量）；最深處降為 9 公尺與 8 公尺時，潭水總水量分別約 540 萬及 450 萬立方公尺，約為滿水量之八成及七成（自強工程顧問有限公司 2016）。鯉魚潭潭內水域的淤積，依據邱明浩等人於民國 94 年利用地層剖面儀（Sub-Bottom Profiler），測得淤積之平均厚度約在 1.8 至 3 公尺之間（邱明浩等人 2006）。

### 三、水質與水生生物資源

有關鯉魚潭水質狀態及生物物種的資源調查及研究文獻很少，以下就水質、藻類與水生植物、水生無脊椎動物及魚類等 4 項常見之水域生態調查類群，進行文獻回顧。

#### (一) 水質

鯉魚潭潭水水質，曾在西元 1935 年 4 月 10-11 日被記錄（宮地傳三郎 1935）。當時，潭水表層的 pH 值很高（8.4），但是在中層（6 公尺深）時會大幅降低至 6.2，以及在底層（8 公尺深）會回升至 6.3；溶氧量在表層可達 9.0 mg/l 以上，中層時已降至 0.85 mg/l 以下，底層幾乎無氧；表層水溫約 22-24℃，中、底層水溫約 18-19℃；透明度 1.8 公尺。宮地傳三郎（1935）認為鯉魚潭的這種底層無氧之現象，與在日本內陸底層無氧的湖泊所必然發生的現象相同，但是在每年 4 月上旬時會在鯉魚潭發生如此大範圍之無氧層現

象是不會在日本的湖中發生的。事隔 70 多年後，在民國 98 年「臺灣地區淡水湖泊、野塘及溪流魚類資源現況調查及保育研究規劃」報告中所載，當年 2 月 11 日鯉魚潭水文資料之 pH 值為 7.57、溶氧量 6.5 mg/l、水溫 18.8°C、濁度 9.9 NTU、導電度 138 $\mu$ s/cm、總溶解固體物含量 (TDS) 為 127 mg/l，水色透明而清澈 (中華民國魚類學會 2009)。

## (二) 藻類與水生植物

鯉魚潭之藻類，在西元 1930 年代時已記錄有微囊藻 (Microcystis) 及隱球藻 (Aphanocapsa) 等藻華發生之情形，並且在潭魚潭淺岸處也有草茨藻 (*Najas graminea*) 及菱角 (*Trapa natans*) 等水生植物之發現記錄 (宮地傳三郎 1935)。70 多年後，在民國 98 年「臺灣地區淡水湖泊、野塘及溪流魚類資源現況調查及保育研究規劃」報告中所載，鯉魚潭湖岸在當年 2 月 11 日之調查中無發現水生植物的分布 (中華民國魚類學會 2009)。在潭水較深的水底，依據民國 94 年「花蓮鯉魚潭淤積調查分析」報告之水下攝影調查結果指出，鯉魚潭潭底之影像中未發現水草或茂盛之水中植物，只發現少許小貝殼、礫石、泥沙等等 (自強工程顧問有限公司 2005)。此外，在鯉魚潭內沉積物中於民國 94 年發現 50 種矽藻，其中有 8 種是臺灣新記錄種 (汪良奇等人 2010)。

## (三) 水生無脊椎動物

在鯉魚潭曾被記錄的動物性浮游生物之種類很少，主要為劍水蚤目 (Cyclopoida)、輪蟲及角藻 (Ceratum) 等，並且其數量並非特別多；相似地，底棲動物之種類及數量亦很稀少，在優養化湖泊中常見的 *Einfeldia* 屬或 *Tanypinae* 屬的搖蚊科幼蟲在西元 1930 年代時的鯉魚潭中僅發現極少數，並且在潭西岸只發現蜻蛉類幼蟲，同時當水深超過 6 公尺就沒有底棲動物被發現 (宮地傳三郎 1935)。除了上述之水棲昆蟲外，在西元 1930 年代之鯉魚潭中曾被記錄的尚有水黽 (*Gerris* spp.)、條紋蝽 (*Ochterus marginatus*)、水螳螂 (*Ranatra annulipes*) 及大負子蟲 (*Spherodema rustica*) 等半翅目之物種 (江崎悌三 1932)。此外，對於軟體動物，臺灣錐實螺 (*Lymnaea swinhoei*) 曾在潭西岸被發現 (宮地傳三郎 1935)。

## (四) 魚種組成與群聚結構

在鯉魚潭可發現的魚類，在西元 1930 年代時以鯽、羅漢魚、極樂吻鰕虎、花鰻鱺居多，這些種類均與南日本及亞洲大陸共通 (宮地傳三郎 1935)。在民國 93 年出版的「臺灣淡水魚地圖」中記載，鯉魚潭潭內常見魚種有鯉科的鯉、鯽、革條副鱗 (臺灣石鮒)、高體鱒、黑鱧 (鱸)、青魚及草魚，鱧科的七星鱧，麗魚科的慈鯛，以及鰕科極樂吻鰕鱧與褐吻鰕鱧等，共 4 科 11 種 (陶天麟 2004)。然而，在民國 98 年「臺灣地區淡水湖泊、野塘及溪流魚類資源現況調查及保育研究規劃」之報告中，僅記錄鯉科的臺灣石鮒、鰕科的極樂吻鰕鱧、慈鯛科 (麗魚科) 的雜種慈鯛及馬拉麗體魚等 3 科 4 種魚類 (中華民國魚類學會 2009)。其中，臺灣石鮒及極樂吻鰕鱧為原生種，雜種慈鯛及馬拉麗體魚為外來種，並且外來種之捕獲數量已比原生種高，顯示該兩種外來種已在此處成功繁衍，而且以雜種慈鯛為優勢 (中華民國魚類學會 2009)。由上述本研究所整理的文獻魚種資料可知，在花蓮縣鯉魚潭中曾被記錄的魚種至少有 5 科 14 種魚類 (表 1)。

#### 四、研究目的

花蓮縣鯉魚潭乃是國內重要觀光景點，其管理單位之花東縱管處，一直為維護此花東縱谷地區珍貴之觀光資源與自然生態體系而努力，然而鯉魚潭長期承納附近山林地表雨水沖刷物及沿岸商住汙水，再加上有限的入、出水量等因素，很容易造成潭水淤泥堆積及發生水質優養化等不佳情況，而不利於可作為遊憩活動之水域，未來可能會衝擊到當地觀光旅遊。由上述之文獻回顧可知，鯉魚潭雖然已有藻類與水生植物、水生無脊椎動物及魚類等生物物種及環境水質等資料之調查及記錄，但是該等調查資料有些年代久遠、有些是科普圖鑑記述、有些則是採樣次數過少，不能反映鯉魚潭目前之水生生態現況。為了能瞭解鯉魚潭水生生態環境的現況，用以維護鯉魚潭地區珍貴之觀光資源與自然生態體系，本研究針對鯉魚潭之潭水水質、藻類、水棲昆蟲及魚類等水生生態主要組成之 4 類群，進行為期 3 年 12 季次之調查與分析，希冀此調查結果可作為鯉魚潭境水質與水域生態現況檢視、未來改善及相關規劃開發等之科學基礎資料參考。

表 1 花蓮縣鯉魚潭魚種與資料來源

	文獻	宮地 傳三郎 (1935)	陶 天麟 (2004)	中華民國 魚類學會 (2009)	本研究 (2015-2018)	備註
1	鯉科					
	魚種					
1	羅漢魚	V			V	
2	鯽	V	V		V	
3	鱖*		V		V	
4	青魚		V		V	
5	草魚		V		V	
6	鯉		V		V	
7	高體鏢鮫		V			
8	革條田中鏢鮫*		V	V	V	特有種
9	粗首馬口鱮*				V	特有種
10	臺灣馬口魚*				V	特有種
11	菊池氏細鯽				V	特有種
12	何氏棘魮				V	特有種
13	圓吻鯛				V	
14	鰲條				V	
15	臺灣鏢頰魚*				V	
16	鰕鰂科					
	極樂吻鰕鰂	V	V	V	V	
17	褐吻鰕鰂		V			
18	鰻鱺科					
	花鰻鱺*	V				
19	鱧科					
	七星鱧		V			
20	斑鱧				V	
21	鯔科				V	
22	麗魚科*				V	
	雜種慈鯛*		V	V	V	
23	馬拉麗體魚*			V	V	
24	甲鯰科				V	
	豹紋翼甲鯰*				V	

\* 魚科種別名列於刮弧中：麗魚科（慈鯛科），革條田中鏢鮫（臺灣石鯽），鱖（黑鱖），臺灣鏢頰魚（苦花），粗首馬口鱮（粗首鱮），臺灣馬口魚（臺灣鬚鱮），花鰻鱺（鱸鰻），雜種慈鯛（吳郭魚），馬拉麗體魚（珍珠石斑），豹紋翼甲鯰（琵琶鼠）。

## 貳、材料與方法

### 一、研究地區及測站

本研究以入潭水口位置為參考，將鯉魚潭水域大致均分為 6 等分來設置 6 測站以進行採樣分析，此 6 測站分別為鄰近臺九線邊的測站 1、測站 2、測站 3 及鄰近鯉魚山邊的測站 4、測站 5、測站 6（圖 3）。各測站之水質測量及生物採樣，每季進行 1 次。

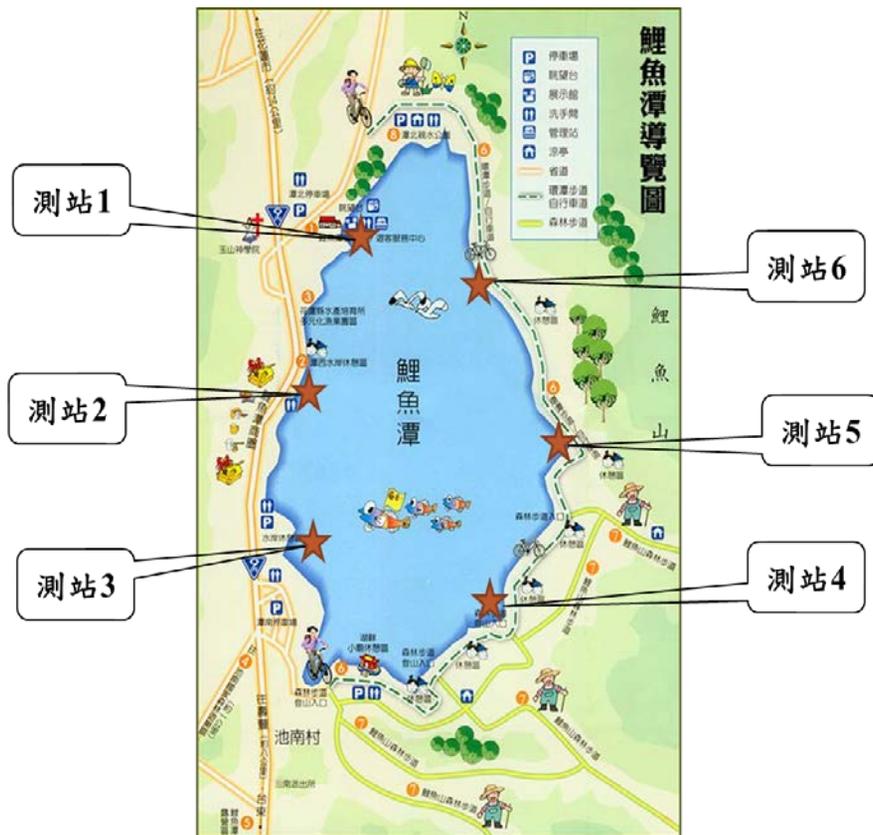


圖 3 測站位置圖

### 二、水質測量與生物調查方法

#### (一) 水質

在各測站進行水質測量項目有：水溫、pH 值、溶氧 (DO)、生化需氧量 (BOD)、懸浮固體 (SS)、導電度、氨氮 (NH<sub>3</sub>-N)、總磷、葉綠素 a 濃度 (Chl-a) 及透明度等 10 項參數，其測量方法均依據環境保護署環境檢驗所公告之「水質檢測方法」(環境保護署環境檢驗所 2017)。

## (二) 藻類

藻類採樣調查分為藻類數量計算之定量法與藻種鑑定之定性法等兩種，本研究參考財團法人農業工程研究中心（2014）之浮游藻類調查及矽藻觀察方法，進行藻類定量與定性樣本之製作與計數。

## (三) 水棲昆蟲

在各測站近岸水域 10 公尺範圍內選三個水棲昆蟲較易聚集的地方，利用 D 型手撈網（網口約 35 cm，網目 0.7 mm）採集水棲昆蟲，每次採集時間為 5 分鐘，採集到的水棲昆蟲以 70% 酒精保存帶回實驗室鑑定種類及計算數量。

## (四) 魚類

魚類採樣網具放置時間，為調查日第一天下午 15 點開始；收網及採樣記錄時間，為調查日第二天早上 8 點開始，放收網均依逆時針方向環潭一周（6 樣站）。收網時，檢視與記錄捕獲物的種類與數量。紀錄完成後將所捕捉到的原生生物在原地釋放，而外來種魚類則移除。魚類採樣網具之設置，係依據不同水層別之棲息魚類特性而選定：

1. 中水層與表水層：考量浮游（pelagic）魚種大小之差異，採行使用刺網進行採樣，每測站各設置兩張刺網，分別為：一張網目 0.7 吋之刺網（網目約 1.7 cm × 1.7 cm，約 30 m 長 × 約 1.5 m 高）及一張網目 2.8 吋之刺網（網目約 9.0 cm × 9.0 cm，約 90 m 長 × 約 2.4 m 高）。
2. 底水層：考量底棲魚種之特性差異，採行使用蝦籠與長城網等兩種網具進行採樣，每測站各設置二個蝦籠與一張長城網，大小分別為：蝦籠直徑約 15.5 cm，長度約 37 cm，（孔目大小約為 2.2 cm × 0.3 cm），與長城網大小約為 5 m 長，口徑約 30 cm 寬（網目大小約為 0.7 cm）。

## 三、分析方法

### (一) 水質

本研究採用水質測監測常用之卡爾森指數（Carlson Trophic State Index, CTSI）及河川汙染指數（River Pollution Index, RPI）等兩種常見的綜合性水質標準指數（環境保護署 2017），來判定鯉魚潭水質。

1. 卡爾森指數（CTSI）係以水中的透明度、葉綠素 a 及總磷等 3 項水質參數之濃度值來進行計算，常用於水庫水質優養程度之評估。CTSI < 40 時為「貧養狀態」，40 ≤ CTSI ≤ 50 時為「普養狀態」，CTSI > 50 時為「優養狀態」。
2. 河川汙染指數（RPI）係以水中溶氧量、生化需氧量、懸浮固體及氨氮等 4 項水質參數之濃度值來進行計算，常用於河川水質汙染程度之評估。RPI ≤ 2.0 時為「未(稍)受汙染」，2.0 < RPI ≤ 3.0 時為「輕度汙染」，3.1 ≤ RPI ≤ 6.0 時為「中度汙染」，RPI > 6.0 時為「嚴重汙染」。

## (二) 藻類

### 1. 生物多樣性指數

在本研究中之藻類生物多樣性指數，除了常見之物種數目 (Species richness, 亦稱為種豐富度) 及香農-韋納多樣性指數 (Shannon's diversity index,  $H'$ ) (Shannon and Weaver 1949) 外，同時亦包括了藻種豐富度 (Margalef Index, MI) (Margalef 1958)。

### 2. 藻類水質指標

以藻類群落作為水質指標之方法，在本研究中包括腐水度指數 (Saprobic index, SI)、藻類優養指數 (Algal Trophic State Index, ATSI) 及水質指數 (Quality Index, QI) 等三種方法。

- (1) 腐水度指數 (SI): 此指數由腐水指標系統 (Saprobien System) (Kolkwitz and Marsson 1908) 鑑定藻類至種的階段，然後依各指標種之權重、指標值及其出現之頻度，計算腐水度指數 (SI) (Zelinka and Marvan 1961)，再依 Sládeček (1973) 之區分，當  $SI < 0.5$  時為「飲水級 (Xenosaprobity)」， $0.5 < SI < 1.5$  時為「貧腐水級 (Oligosaprobity)」， $1.5 < SI < 2.5$  時為「 $\beta$ -中腐水級 ( $\beta$ -mesosaprobity)」， $2.5 < SI < 3.5$  時為「 $\alpha$ -中腐水級 ( $\alpha$ -mesosaprobity)」， $SI > 3.5$  時為「強腐水級 (Polysaprobity)」。
- (2) 藻類優養指數 (ATSI): 參考 Whitmore (1989) 用矽藻為優養化指標的模式，利用浮游藻做為水質優養化的指標，將出現的指標藻種歸類為貧養、中養和優養指標種，然後以各級指標種出現的頻度，計算藻類優養指標 (ATSI) (吳俊宗 2003、2006)。當  $ATSI > 1.25$  時為「貧養級水質」， $0.5 < ATSI < 1.25$  時為「中養級水質」， $ATSI < 0.5$  時為「優養級水質」。
- (3) 水質指數 (QI): QI 是由香農-韋納多樣性指數 ( $H'$ ) 及 McIntosh 歧異度指數 ( $MCI$ ) 等二項生物多樣性指數，求其平均綜合值計算而得，以作為水質優養化程度之評判標準 (吳俊宗 2006)。QI 值之理論最大為 100，當  $QI > 75$  時為「貧養水質」， $50 < QI < 75$  時為「中養水質」， $QI < 50$  時為「優養化水質」。

## (三) 水棲昆蟲

水棲昆蟲資料使用的多樣性指數通常有 4 種：種豐富度 (Species richness)、香農-韋納多樣性指數 ( $H'$ )、均勻度 (Species evenness,  $J'$ ) 指標及科級生物指標 (Family-level biotic index, FBI)。FBI 指標係由水棲昆蟲之污染忍受值 (Lenat 1993, 楊平世 1992) 及個體數計算而來，並且將水質狀況依據指標值由 0 至 10 劃分 0.00 - 3.75 為「極清潔 (excellent)」，3.76 - 4.25 為「非常清潔 (very good)」，4.26 - 5.00 為「清潔 (good)」，5.01 - 5.75 為「一般 (fair)」，5.76 - 6.50 為「輕微污染 (fairly poor)」，6.51 - 7.25 為「污染 (poor)」及 7.26 - 10.00 為「嚴重污染 (very poor)」等 7 個水質等級 (Hilsenhoff 1988)。

#### (四) 魚類

魚類資料分析使用的多樣性指數通常有 4 種：種豐富度、香農-韋納多樣性指數 (H')、均勻度 (J') 及魚類生物整合指數 (Index of Biotic Integrity, IBI)。前三者之計算方式與水棲昆蟲相同。魚類 IBI 指標在本研究中所使用的評分測定矩陣，主要參考「臺灣河川溪流的指標魚類：第一冊初級淡水魚類」中魚類 IBI 指標之評分測定矩陣 (陳義雄 2009)，將其十一個計量項目修改成較適合評定鯉魚潭水質的九個計量項目。在 IBI 指標計量項目中魚類屬性評分之判定，係依據臺灣魚類資料庫 (邵廣昭 2017) 所述魚種特性，並且將魚類 IBI 指標總分劃分為四個狀態等級 (Karr 1981, Liang and Menzel 1997)。此四個狀態等級之 IBI 分數範圍，係依據「臺灣地區河川棲地評估技術手冊之研究 (2/2)」中同為九項 IBI 指標計量項目標準：在 30 - 45 為「無汙染 (Non-impaired)」等級，21 - 29 為「輕微汙染 (Slightly impaired)」等級，11 - 20 為「中等汙染 (Moderately impaired)」等級，0 - 10 為「嚴重汙染 (Severely impaired)」等級 (經濟部水利署水利規劃試驗所 2006)。

#### (五) 水域生態綜合分析之主成份分析法 (Principal components analysis, PCA)

本研究使用主成份分析法，將 104-2 季至 107-1 季 (共 12 季) 之水質、藻類、水棲昆蟲及魚類等多項測量值或指數，透過線性模式組合成數目較少且彼此間相關係數為零的新變數，來分析與簡化說明水質與生態間的關係。主成份分析主要目的，是將一組多項有相關的變數 (correlated variable)，轉換成新的無相關 (獨立) 變數 (new uncorrelated variable)，且使得原變數的變異大都集中於少數新變數上，進而選取少數變異大的新變數、捨棄變異小的變數，以便精簡太多而複雜的變數 (沈明來 1998)。

## 參、結果與討論

### 一、環境水質參數與汙染指標

酸鹼值 (pH) 在各季的測值大約在 7.0 - 9.0 之間，符合 6.0 - 9.0 之乙類水質標準值 (圖 4A)。一般自然水之 pH 值多在中性或略鹼性範圍，而 106-1 季 pH 值比其他季測值低，可能與檢測前二日曾發生大量降雨有關。水溫在各季的測值大約在 18 - 33°C 之間，符合適用於 5-9 月在 38°C 以下及 10 月-翌年 4 月在 35°C 以下之丁類水質標準值 (圖 4B)。水溫的變化主要受氣候變化之影響。溶氧量在各季的測值大約在 4-10 mg/l 之間，符合溶氧  $\geq 3$  mg/l 之甲類水質標準值 (圖 4C)。水中溶氧主要來自大氣溶解、自然或人為曝氣及水生植物的光合作用等。106-3 季溶氧測值較其他季測值低，高水溫應該是主因之一。透明度在各季的測值大約在 2-4 m 之間 (圖 4D)，此項目尚無官方標準值。除了上述 4 項水質測值外，其餘 6 項水質測值之變化卡爾森指數 (CTSI) 在各季的測值大約在 50-56，顯示水質為優養狀態 (圖 4E)。河川汙染指數 (RPI) 在各季的測值大約在 1- 2，顯示水質為未 (稍) 汙染至輕微汙染之間 (圖 4F)。在季節比較上，104-2 季至 106-2 季之 RPI 等級大約均在未 (稍) 汙染至輕微汙染之間，而

106-3 季 RPI 指數上升至輕微汙染水準。此 106-3 季 RPI 指數上升之原因，主要可能是因為該季溶氧量測值較其他季測值明顯較低所致（圖 4D、F）。

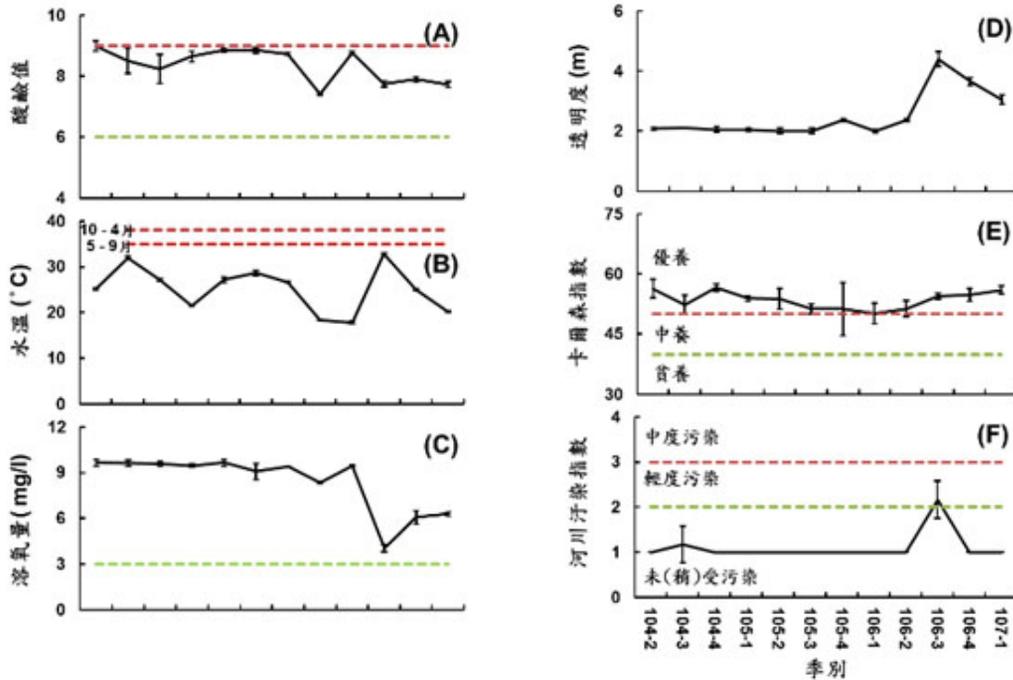


圖 4 鯉魚潭水質參數測值及汙染評估指數之季別變化。(A) 酸鹼值、(B) 水溫、(C) 溶氧量、(D) 透明度、(E) 卡爾森指數、(F) 河川汙染指數

## 二、藻類多樣性指數及優養程度

藻類在各季的物種數目約在 22-42 間，藻種豐富度 (MI) 則約在 2.1-3.9 間，兩指數於本研究期間均呈現兩個波峰，分別在 104-4 及 106-3 季（圖 5A、B）。香農-韋納多樣性指數在各季的估值約在 1.7-4.3 間，在 104-2 季到 104-4 季期間和緩上升，自 105-1 季起至 105-4 季變動劇烈且有下降趨勢，在 106-1 季反彈後呈現緩慢下降現象（圖 5C）。106-1 季香農-韋納指數上升的原因，主要是 106-1 季優勢種個體數比例降低所致。在本研究期間的 12 季，藻類在鯉魚潭中之優勢類群不固定，發現有幅囊藻屬、杆皮藻屬、微囊藻屬、隱球藻屬、隱桿藻屬及藍網藻屬等 6 大類，其中又以微囊藻屬最為常見，出現 6 季（圖 5D）。藻類優養指數 (ATSI) 在 104-2 季至 104-4 季期間與 105-3 季皆呈現中養水準，105-1 季至 105-2 季期間與 105-4 季至 107-1 季期間則是呈現優養水準（圖 5E）。ATSI 是依據優養藻種與貧養藻種比例作為計算基礎，在 105-1 季至 105-2 季期間與 105-4 季至 107-1 季期間，優養藻種之增加是 ATSI 指數上升主因之一。水質優養化程度指數值 (QI) 在 105-2 季至 105-4 季期間呈現優養水準，而在 104-2 季至 104-4 季期間與 106-1 季至 107-1 季期間則呈現中養水準（圖 5E）。QI 是依據藻類多樣性作為計算基礎，在 105-2 季至 105-4 季期間，香農-韋納指數之下降是 QI 指數下降（即優養等級上升）主因之一。腐水度指數 (S) 在本研究之 12 季期間（104-2 季至

107-1 季) 皆維持在  $\beta$ -中腐水質 (圖 5F), 指標種及其出現頻度在鯉魚潭中之變化不明顯, 可能是主因之一。

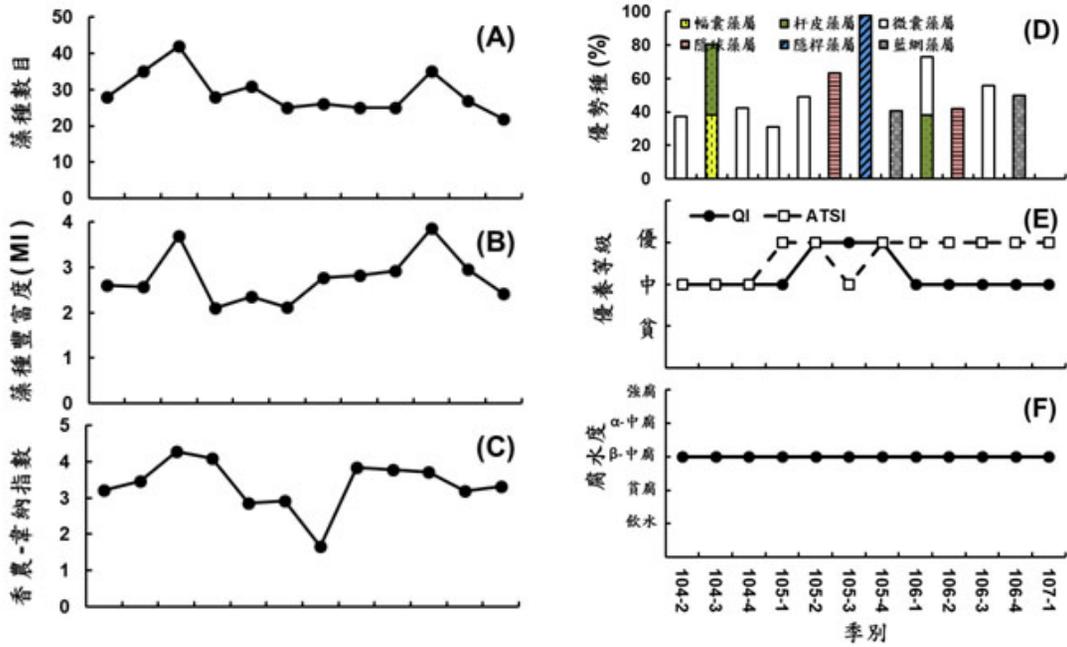


圖 5 鯉魚潭藻類多樣性指數、優勢種及水質優養程度之季別變化。(A)藻種數目、(B)藻種豐富度 (MI)、(C)香農-韋納多樣性指數、(D)優勢種、(E)優養等級、(F)腐水度

### 三、水棲昆蟲多樣性指數及水質汙染等級

水棲昆蟲在各季的種豐富度約在 3-6 間, 其中在 104-2 季至 105-4 季呈現下降趨勢, 而在 106-1 季至 107-1 季則呈現波動平移的現象 (圖 6A)。香農-韋納多樣性指數在各季的估值約在 0.4 - 1.6 間, 其中在 104-2 季至 106-1 季呈現波動下降趨勢, 而在 106-2 季至 107-1 季則呈現波動緩升的現象 (圖 6B)。均勻度在各季的估值約在 0.2 - 0.9 間, 其中在 104-2 季至 105-4 季呈現波動下降趨勢, 而 106-1 季至 107-1 季則呈現上升的現象 (圖 6C)。在本研究期間的 12 季, 水棲昆蟲在鯉魚潭中之優勢類群不固定, 發現有姬蜉蟬科、花鰓蜉蟬科、搖蚊科、搖蚊科 (紅蟲) 等 4 大類, 其中又以搖蚊科 (紅蟲) 最為常見, 出現 8 季 (圖 6D)。水棲昆蟲水質汙染等級之 FBI 指數評估鯉魚潭水質等級, 由開始 104-2 季之一般汙染 (fair) 等級, 上升至 105-1 季之嚴重汙染 (very poor) 等級, 並且波動平移至 107-1 季仍為嚴重汙染 (very poor) 等級 (圖 6E)。

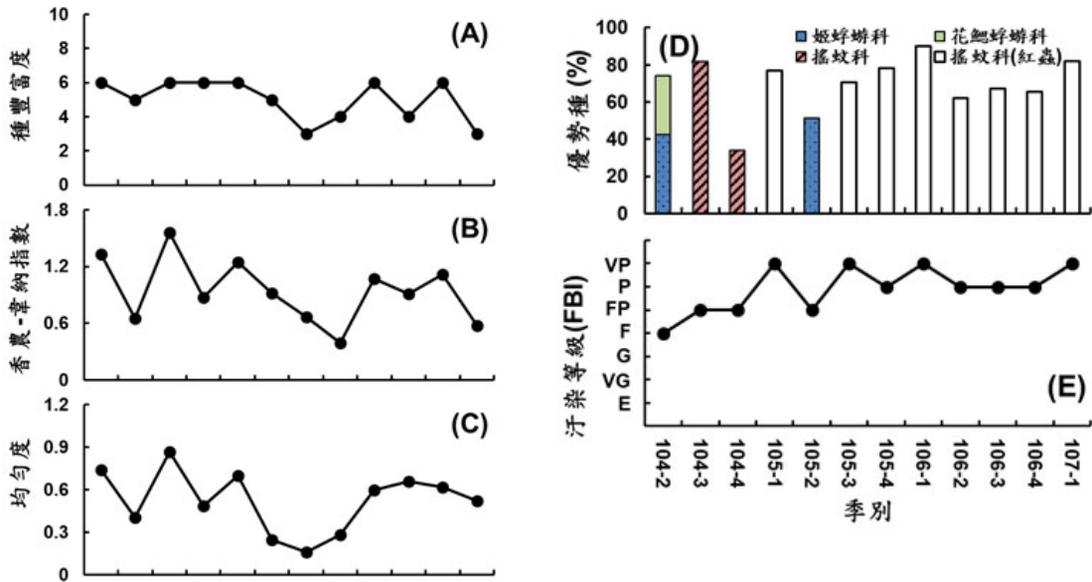


圖 6 鯉魚潭季水棲昆蟲多樣性指數、優勢種及水質污染等級之季別變化。(A)種豐富度、(B)香農-韋納多樣性指數、(C)均勻度、(D)優勢種、(E)污染等級。VP：嚴重污染 (very poor)、P：污染 (poor)、FP：輕微污染 (fairly poor)、F：一般 (fair)、G：清潔 (good)、VG：非常清潔 (very good)、E：極清潔 (excellent)

#### 四、魚類物種組成、多樣性指數及水質污染等級

在本研究期間的 12 季中，共記錄魚種 6 科 20 種魚類，其中依據臺灣魚類資料庫的等級 (邵廣昭 2017)，屬於臺灣特有種者共 5 種：菊池氏細鯽、臺灣鬚鱨、粗首馬口鱨、何氏棘鯪、臺灣石鮒，未發現保育等級物種。此外，尚依據臺灣淡水魚紅皮書 (陳義雄等 2012) 之判別標準，菊池氏細鯽屬於易危 (Vulnerable) 物種，而臺灣石鮒、圓吻鮠及斑鱧屬於接近威脅 (Near threatened) 物種。前者之易危物種，雖未達到極危或是瀕危的標準，但在一個相當長的時間內，在野外會面臨滅絕的危險。後者之接近威脅物種，係指經過評估後，雖未達極危、瀕危、易危的等級，但已很接近易危等級或是未來可能達到受脅等級。

魚類在各季的種豐富度在 4-11 間，自 104-2 季 (11 種) 至 107-1 季 (5 種) 間，呈現波動下降之現象，最低值 (4 種) 發生在 106-4 季 (圖 7A)。香農-韋納多樣性指數在各季的估值約在 1.0-1.6 間，自 104-2 季至 107-1 季間雖呈現波動，惟趨勢呈現平移現象，而最低值出現在 105-3 季 (圖 7B)。均勻度在各季的估值約在 0.6-0.9 間，自 104-2 季至 107-1 季間呈現微幅上升之趨勢 (圖 7C)。

在本研究期間的 12 季，魚類在鯉魚潭中之優勢種不固定，發現有吳郭魚、臺灣石鮒、

圓吻鯛及珍珠石斑等 4 種，其中又以吳郭魚最為常見，出現 9 季（圖 7 D）。魚類水質汙染等級之 IBI 指數評估鯉魚潭的水質等級，除了 104-2 季評估為輕微汙染等級外，其餘 11 季均評估為中等汙染等級（圖 7E）。

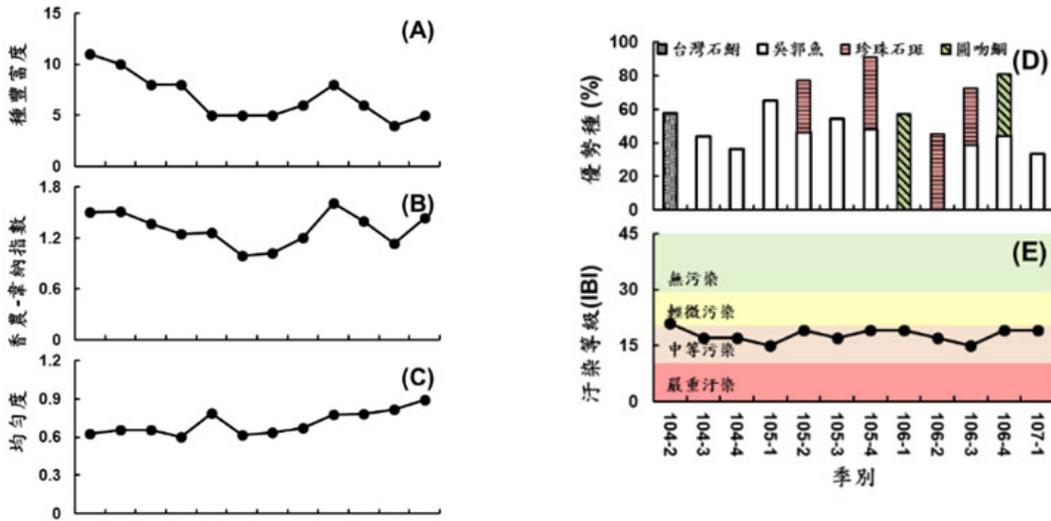


圖 7 鯉魚潭季魚類多樣性指數、優勢種及水質汙染等級之季別變化。(A) 種豐富度、(B) 香農-韋納多樣性指數、(C) 均勻度、(D) 優勢種、(E) 魚類生物整合指數 (IBI) 之水質汙染等級

### 五、水域生態之年、季變動

由主成分分析結果之成分特徵值陡坡圖，顯示本研究之環境水質與水域生態等 19 個因子經轉軸後，可由 3 個新組合因子（主成分）來解釋，而此 3 個主成分之總可解釋量為 67.3%（圖 8）。

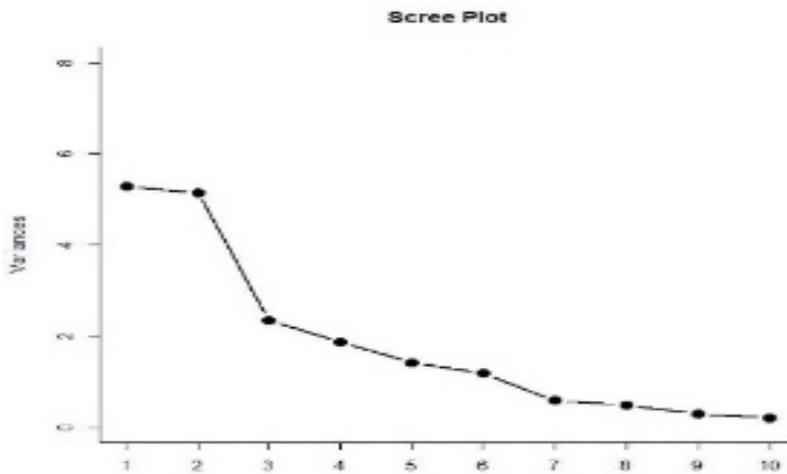


圖 8 主成分之成分特徵值陡坡圖

在第一主成分 (PC1, 解釋量 27.8%) 上, 負荷量正值較大的為透明度 (S.w)、魚均勻度 (J.f)、藻香農-韋納指數 (H.a)、藻種豐富度 (M.a) 及藻腐水度 (S.a), 負荷量負值較大的為 pH 值 (p.w)、溶氧量 (D.w) 及藻 ATSI 指數 (A.a) 等 (圖 9 A)。易言之, PC1 可視為藻水聯合正指數, PC1 值愈高表示藻類多樣性愈佳及透明度愈高, pH 值愈低及溶氧量愈低。在第二主成分 (PC2, 解釋量 27.1%) 上, 負荷量正值較大的為蟲 FBI 指數 (F.b), 負荷量負值較大的蟲均勻度 (J.b)、蟲香農-韋納指數 (H.b) 及藻種數 (r.a) 等 (圖 9 (A))。易言之, PC2 可視為蟲多樣性負指數, 高 PC2 值表示具高蟲耐汙染性、低蟲類多樣性之特性。在第三主成分 (PC3, 解釋量 12.3%) 上, 負荷量正值較大的為魚 IBI 指數 (I.f)、藻的水質指數 (Q.a) 及蟲種豐富度 (r.b), 負荷量負值較大的水溫 (w.w)、藻種數 (r.a) 及透明度 (S.w) (圖 9 B)。易言之, PC3 可視為魚蟲藻整合負指數, 高 PC3 值表示具低魚耐汙染性、低藻優養及低水溫之特性。

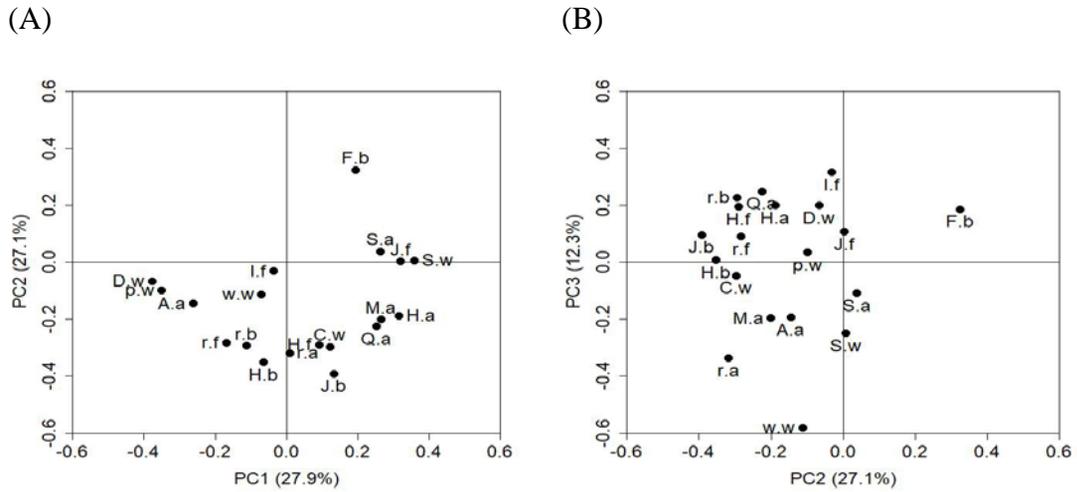


圖 9 變數負載量組成。(A) 第一主成分及第二主成分、(B) 第二主成分及第三主成份

由各季在藻水聯合正指數 (PC1)、蟲多樣性負指數 (PC2) 及魚蟲藻負指數 (PC3) 分數散佈圖 (圖 10) 顯示: (A) 104 年季數值出現在藻水聯合正指數及蟲多樣性負指數皆為負值之區域, 表示 104 年環境具藻類多樣性低及透明度低, pH 值高及溶氧量高, 蟲耐汙染性低、蟲類多樣性高等水質特性; 105 年季數值出現在藻水聯合正指數為負值及蟲多樣性負指數為正值, 表示 105 年環境具藻類多樣性低及透明度低, pH 值高及溶氧量高, 蟲耐汙染性高、蟲類多樣性低等水質略差特性; 106 年季數值出現在藻水聯合正指數及蟲多樣性負指數皆為正值, 表示 106 年環境具藻類多樣性高及透明度高, pH 值低及溶氧量低, 蟲耐汙染性高、蟲類多樣性低等水質特性 (圖 10 A)。(B) 在 104 年至 106 年之魚蟲藻負指數, 大多呈現第 1、2 季 (冬春) 為正值, 表示具魚耐汙染性低、藻優養低及水溫低等水質特性; 第 3、4 季 (夏秋) 為負值, 表示具魚耐汙染性高、藻優養高及水溫高等環境水質特性 (圖 10 B)。

簡言之, 鯉魚潭的水域生態環境特性, 在 104 年是呈現低藻類多樣性及適合低耐

污染之蟲類生存；在 105 年時，水域生態中的藻類生物多樣性仍低，惟大部分已轉變成高耐污染的蟲類棲息；在 106 年水域生態環境轉變成藻類生物多樣性高，惟蟲類還是維持在高耐污染物種的狀態。相對地，在 104 年至 106 年間的水域生態環境轉變，對魚類生物多樣性的影響無趨勢性，並維持在中等污染。

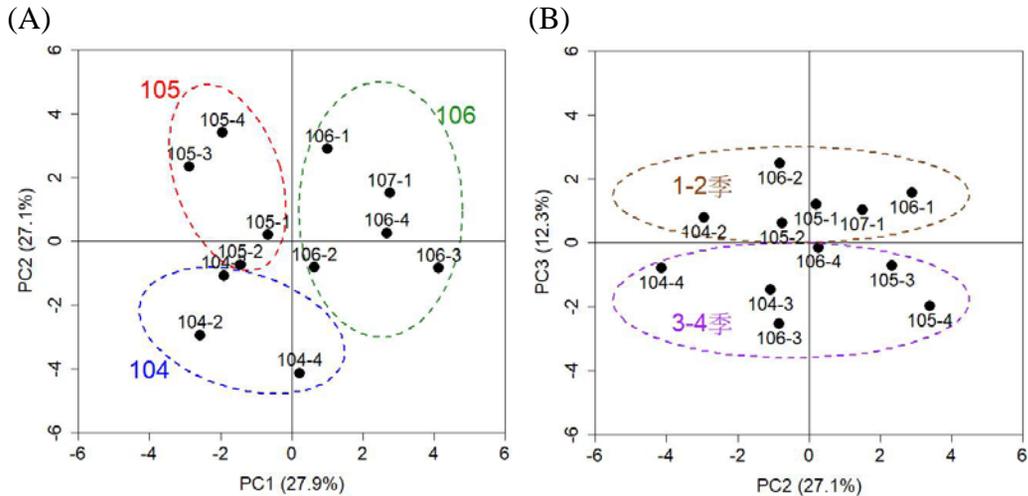


圖 10 各季在第一主成分、第二主成分及第三主成分之分數散佈圖

## 六、水質與生態調查結果對觀光發展及經營管理之影響

「觀光」是人們以消費者的身分，暫時離開日常生活範圍，至另一個地方停留，觀賞人文或自然景觀、體驗不同民情風俗，並調劑身心、舒緩壓力的一種過程（吳勉勤 2012）。由此可見，人文或自然景觀的維護與相關環境品質的提升，是確保觀光永續發展的首要任務之一。低海拔且具有廣闊、悠雅的湖面景色與怡人的環湖自然生態環境，是花蓮縣鯉魚潭讓人們樂意一再造訪與進行觀光旅遊活動的主因之一，因此對鯉魚潭觀光之永續經營管理來說，潭水水質與生態資源之調查，在自然景觀的維護上扮演著十分重要且關鍵的角色。我們可以從以下二個方面來瞭解，鯉魚潭水質與生態調查結果對觀光發展及經營管理之影響：

### (一)優良觀光環境之確保與宣傳

鯉魚潭潭水水質與生態調查之結果，如果是正面性的，應及時對外公告。此舉可增加媒體曝光度並在社群網站吸睛，讓人們在來訪前的觀光旅遊規劃及來訪從事水域活動時，降低心中對水域休閒活動水質安全衛生及環境生態干擾之不安疑慮。鯉魚潭生態調查結果呈現的生物多樣性及特殊的生物物種等自然生態，亦是吸引人們更積極來訪鯉魚潭進行觀光旅遊活動十分重要的催化資訊，水質與生態資訊相輔相成，極具觀光宣傳效果。

我國國家公園體系進行自然生態資源調查與監測工作已有長久的歷史，目前已發展成利用監測成果來維持或復育自然生態系統的完整性，用以確保國家公園的永續經

營，例如陽明山國家公園（中華民國自然生態保育協會 2007）。不同於內政部國家公園之著重生態保育，觀光局所屬風景區管理處政策的執行目標著重於遊客量的發展，但如果沒有做好優良自然生態環境之確保，觀光發展對自然景觀而言只有破壞，破壞後之自然景觀又何有觀光價值可言？由此，以自然景觀為重的鯉魚潭觀光發展，應效法國家公園的做法，對水質與生態環境進行持續監測並累積歷史資料，作為現階段經營管理與未來決策制定之科學依據。如此，鯉魚潭風景區內的自然生態保育才能落實，進而維護觀光之自然景觀，觀光發展就會是永續。

## (二) 觀光環境災害發生原因之分析、處理及預防對策

鯉魚潭潭水水質與生態調查之結果，若為負面性的，仍應及時對外公告。此舉雖然可能會對鯉魚潭觀光旅遊造成不利之影響，但此影響可以是短暫的。負面性調查結果之出現，大多反映了環境災害之發生，而水質與生態調查結果之分析，則可瞭解此災害是屬於天然發生的或是人為引起的，進而進行適當的處理，並且做為未來預防之科學依據。

對於一般湖泊及其周圍環境而言，在台灣常見的天然災害來源可能是颱風與強降雨，而人為災害則可能是汙染物排放與外來種入侵（放生）。例如，湖水優養化所造成的藻華惡臭及缺氧所造成的大量魚類暴斃事件，一直是鯉魚潭發生天然災害的核心問題，經由水質與生態調查結果之分析，可向外提供這些事件發生原因之科學解釋與新聞說明，讓當地民眾與來訪觀光客瞭解事件發生的自然性，以及行政管理單位於現場處置的適當性與積極性，用以降低對鯉魚潭自然景觀發生天然災害之負面觀感。在瞭解發生原因與機制後，對於未來災害事件之發生就可以採取預防性措施，並且可發佈預測公告讓當地民眾與訪客查知而有心理準備，可進一步降低此災害所造成的負面影響。例如，可預測藻華發生的時間，先備妥清藻器具，在藻華剛發生但惡臭未發生時，撈除過多的藻類，降低惡臭發生機率；可預測溶氧量降低的時間，事先啟動打氣裝置或注入活水增氧，降低魚類因缺氧而大量死亡機率。對於人為汙染排放或外來種入侵，水質與生態調查結果之分析，也能探知汙染的種類、來源位置或入侵種類及其數量變化，並且提供相關數據作為人為災害裁罰之依據，對於事主責任之追溯及未來相同行為之遏止，或對入侵種之防治，具有一定的助益。如此，就可以讓這個暫時性的負面結果，翻轉成長期且正面性之觀光永續基石。

## 肆、結論與建議

### 一、結論

#### (一) 環境水質

鯉魚潭水質在 pH 值、水溫、溶氧量、導電度、懸浮固體、生化需氧量、氨氮及總磷等項之測值，依地面水體標準評估，大部分均位於甲級至乙級之間，少數則在丙級水準。依 CTSI 水質指標顯示，鯉魚潭長期屬於優養狀態，而 RPI 值則是介於未（稍）汙染至輕微汙染之間。

## (二) 藻類

在本研究期間共記錄藻類 63 屬 135 種。其中，最常出現之優勢類群為微囊藻屬及隱球藻屬，分別屬於 ATSI 水質指標之優養及中養指標藻種。在季間變動上，季藻種數約在 22 - 40 種，香農-韋納多樣性指數大多維持在 1.6 至 4.4 之間。藻類組成之 ATSI 由 104 年度之中養轉至 106 年度之優養，惟 QI 及腐水指數在 104 至 106 年度均維持在中養及  $\beta$ -中腐水質。簡言之，由藻類生態結構來評估，鯉魚潭環境水質及水域生態在 104 至 106 年度間，大致維持在中養狀態。

## (三) 水棲昆蟲

在本研究期間共記錄水棲昆蟲 6 目 17 科。在季間變動上，水棲昆蟲的種豐富度範圍為 3 - 6，香農-韋納多樣性指數範圍為 0.40 - 1.56，均勻度範圍為 0.16 - 0.87，三者皆有由 104 年度向 106 年度下降之趨勢。優勢種以搖蚊科（紅蟲）最為常見，是「嚴重汙染」等級的代表物種。水棲昆蟲種類組成之 FBI 指數，由 104 年度的 fair - fairly poor 等級，至 106 年度轉變為 poor - very poor 等級。簡言之，由水棲昆蟲生態來看，鯉魚潭環境水質及水域生態由 104 年至 106 年度有逐漸劣化的現象。然而，由於各季所採樣本大多有數量過少之問題，需謹慎引用上述之數據與結論。

## (四) 魚類

在本研究期間共記錄魚種 6 科 20 種。與過去文獻比較，本研究新記錄了 12 種魚種，其中包含 4 個特有種（臺灣鬚鱨、菊池氏細鯽、粗首馬口鱨、何氏棘鯽）及 10 個原生種（臺灣鬚鱨、菊池氏細鯽、粗首馬口鱨、何氏棘鯽、圓吻鯛、臺灣鏟頰魚、羅漢魚、鰲條、鮡、斑鱧）。在原生種部分，依據「臺灣淡水魚紅皮書」判別標準，菊池氏細鯽屬於易危（Vulnerable），臺灣石鮒、圓吻鯛及斑鱧皆屬於近威脅（Near threatened）物種。魚種組成以吳郭魚、珍珠石斑等外來種為優勢種。

## (五) 環境水質與水域生態綜合分析

1. 綜合 12 季共 3 年之調查結果，鯉魚潭水質狀況大多是落在環保署所定水體標準之乙類或丙類，即可做為民生用水（需經處理）、水產用水、工業用水或是環境教育所用。可是依照水庫湖泊常用的卡爾森指數評定水質營養程度，鯉魚潭卻是處於優養化狀態，這意謂水中營養過剩，會有發生藻華之擔憂。
2. 生物多樣性指數趨勢  
在季間之水棲昆蟲種豐富度、香農-韋納多樣性指數、均勻度及魚類種豐富度、香農-韋納多樣性指數均呈下降趨勢，此下降趨勢可能是一種生態警訊。若再由本研究中的水域生態綜合分析結果顯示，目前潭水水質與水域生態是速度緩慢地朝向劣化的方向發展。

## 二、建議

### (一) 河川汙染指數（RPI）應用於湖泊監測上之合適性

河川汙染指數（RPI）原是用在河川水質之評估上，在計算中使用溶氧量、BOD、

懸浮固體及氮氮等 4 項水質參數測量值為基礎換算而成。由於鯉魚潭為一堰塞湖，不具河川流速快的特性，潭水水中物質（例如懸浮固體、氮氮等等）長期累積於潭中或潭底而鮮少變動，進而造成鯉魚潭 RPI 指數呈現大多平穩而少有變化之現象，顯示 RPI 作為在本研究中對於鯉魚潭水質及生態群聚變動指標之靈敏性不佳，因此 RPI 應用在幾乎為靜水之鯉魚潭作為水域環境變化的評估指數可能是不合適的。

## (二) 藻類生態監測以 ATSI 為首要指標、QI 為輔

在鯉魚潭以藻類組成作為水質評定指數方面，以藻類優養指數（ATSI）為主要依據、水質指數（QI）輔之，可能是最佳的組合指標。因為 ATSI 是根據各指標藻（優養、中養、貧養）之數量比例計算而成，若無出現指標藻，則無法計算；QI 是根據藻類的歧異度計算而成，QI 高表示藻種的歧異度高，水質越接近貧養。由於 QI 不需將藻種判別優養或貧養，若是「貧養」藻種大量出現時，仍可能是會計算出高的 QI 值，無法與「優養」藻種大量出現時之高 QI 值區別；而 ATSI 之缺點則是在無指標藻種出現時無法計算。在鯉魚潭藻類調查中，長期調查結果顯示隱球藻、微囊藻是鯉魚潭內的優勢藻種，且此兩藻種為優養指標藻種，多數測站皆可測得，故可計算 ATSI，偶爾 ATSI 無法計算時，再以 QI 作為參考。此外，腐水指標（SI）是由指標藻種之權重、指標值及其出現之頻度計算而得，惟在本研究期間 SI 之數值變動不大且均顯示為  $\beta$ -中腐水質等級而無變動，可見 SI 在鯉魚潭水質變化之指標性最不佳。

## (三) 魚類生物性整合指標（IBI）之靈敏性及合適性

魚類生物性整合指標（IBI）是以魚類生態特性作為溪流水質評估的一種方法，評估的計分項目包括魚種組成與豐度、生態需求、魚個體數等 12 項參數，先以未經人為破壞的溪流生態為基準，將個別參數分成優、中、劣等三種等級後，再用 12 項參數等級總和作為水質評估指標。在本研究分析結果中，IBI 指標呈現在輕微汙染與中等汙染之界線來回變動，其數值似乎是穩定的。由於 IBI 水質評估方法具有生物地理分布與歷史的特性，具有地域專一性，因此 IBI 指標的評定標準不能全盤通用。由於鯉魚潭過去未曾進行過 IBI 指標分析，並且亦無相類似地理區等同大小的湖泊魚類資料，所以在本研究中直接套用其他溪流的 IBI 指標之分數矩陣來評估鯉魚潭水質，其靈敏性及合適性可能較低。

## (四) 鯉魚潭水質評估指標結果參考之優先序

考量儀器及生物對於水質變動反應的速率（延遲性）及各指標之優缺點，鯉魚潭水質評估指標結果參考之優先序，應以水質的 CTSI 指數為首要、藻類的 ATSI 指數與 QI 指數為次、魚類的 IBI 指數居三。

## (五) 鯉魚潭水質與水域生態之未來

在經過三年 12 季的鯉魚潭水域生態調查後，本研究的成果已經明顯指出，不論是由單純的潭水水質，或是由藻類、水棲昆蟲及魚種的種類及生物多樣性指標等生態分析，均顯示鯉魚潭為一個已經優養化的水體，並且此優養化現象在一年 4 季間之變動性不大。由於鯉魚潭之水體可謂幾乎為水流只進不出之封閉型水體，經年累月的有機

物沉積於潭底而無法自然移除，為潭水持續優養化之主要成因之一。

改善湖泊優養化的方式，一般而言，需要阻斷由外向內的外源營養鹽進入之外，同時需要將已存潭內的營養鹽由內向外移除。(1)阻斷營養鹽進入：由於縱管處已經在其他計畫中著手進行商業與生活污水截流工程，相信此舉可顯著降低營養鹽之進入。(2)潭中營養鹽之移出：鯉魚潭如果單純地使用底泥移除之方式是可以達到營養鹽降低之目的，但此法之施行影響甚鉅，除了會顯著影響潭邊踩船、獨木舟等經濟活動外，並且須安排底泥去向。然而，如果應用生態學，經由植物及藻類吸收營養鹽、魚貝類食藻等食物鏈概念的方式，來降低潭中的營養鹽，則是一項溫和且符合環境保護的優良選擇。

由於生態環境之監測與研究是一項長期且不可中斷的工作，其所累積的時序列資訊，亦是工程施工環境影響評估與推動永續觀光不可或缺的背景資料。因此，建議應進行長期鯉魚潭水域生態與環境的監測，持續性地進行鯉魚潭潭水水質調查及掌握潭中生態資源變化。後續才可依循這些歷史資料與趨勢，進行各項建設工程、生態策略之評估，降低決策錯誤之風險，並有助於建立符合鯉魚潭之特性的永續觀光發展策略，成為永續生態觀光之受益者。

## 誌謝

感謝交通部觀光局花東縱谷國家風景區管理處委託計畫「鯉魚潭生態調查評估及工程環境監測整體規劃委託服務案」(104)觀谷工勞自第 001 號)之經費支助，並且同意將計畫研究重要成果發表，以及該處鯉魚潭管理站提供之協助。

## 參考文獻

- 中華民國自然生態保育協會 (2007)。陽明山國家公園長期生態監測模式之建立。臺北市：內政部營建署陽明山國家公園委託研究報告。
- 中華民國魚類學會 (2009)。臺灣地區淡水湖泊、野塘及溪流魚類資源現況調查及保育研究規劃。臺北市：行政院農業委員會林務局委託研究系列 (編號：97-00-8-04)。
- 交通部觀光局花東縱谷國家風景區管理處 (2019)。行政資訊網。取自 <https://admin.taiwan.net.tw/erv-nsa>
- 江崎悌三 (1932)。臺灣採集旅行記。福岡：江崎悌三。
- 自強工程顧問有限公司 (2005)。花蓮鯉魚潭淤積調查分析。花蓮縣：交通部觀光局花東縱谷國家風景區管理處委託服務計畫。
- 自強工程顧問有限公司 (2016)。鯉魚潭地區水陸域環境(含污染源)調查測量及水質改善評估規劃。花蓮縣：交通部觀光局花東縱谷國家風景區管理處委託服務計畫。

- 行政院環境保護署 (2017)。全國環境水質監測資訊網。取自 <https://wq.epa.gov.tw/Code/Business/Standard.aspx>
- 吳俊宗 (2003)。翡翠水庫藻類與水質關係之長期監測。臺北縣：臺北翡翠水庫管理局委託服務計畫。
- 吳俊宗 (2006)。以生態工法淨化水庫水質控制優養化研究計畫。臺北市：行政院環境保護署委託服務計畫。
- 吳勉勤 (2012)。觀光學概要 I (初版)。新北市：龍騰文化。
- 汪良奇、李德貴、陳淑華、吳俊宗 (2010)。東臺灣鯉魚潭之矽藻, *Taiwania*, **55**(3), 228-242。
- 沈明來 (1998)。實用多變數分析。臺北市：九州圖書文物有限公司。
- 邱明浩、賴澄漂、陳冠宇、朱崇銳、楊光哲、劉金源 (2006)。花蓮鯉魚潭潭底現況之調查研究--潭底攝影及淺層剖面分析, *海洋及水下科技季刊*, **16** (2), 27-35。
- 邵廣昭 (2017)。臺灣魚類資料庫, 網路電子版。取自 <http://fishdb.sinica.edu.tw>
- 宮地傳三郎 (1935)。台灣の湖沼とその生物, *陸水學雜誌*, **5** (3), 71-86。
- 財團法人農業工程研究中心 (2014)。103 年度北勢溪生態調查監測計畫。新北市：經濟部水利署臺北水源特定區管理局委託服務計畫。
- 國立東華大學 (2018)。鯉魚潭生態調查評估及工程環境監測整體規劃委託服務案成果報告書。花蓮縣：交通部觀光局花東縱谷國家風景區管理處。
- 陳義雄 (2009)。臺灣河川溪流的指標魚類：第一冊初級淡水魚類。基隆市：國立臺灣海洋大學。
- 陳義雄、曾晴賢、邵廣昭 (2012)。臺灣淡水魚紅皮書。臺北市：行政院農業委員會林務局。
- 陶天麟 (2004)。臺灣淡水魚地圖。臺中市：晨星出版社。
- 楊平世 (1992)。水棲昆蟲生態入門。臺中縣：臺灣省政府教育廳。
- 經濟部水利署水利規劃試驗所 (2006)。臺灣地區河川棲地評估技術之研究(2/2)。臺中市：經濟部水利署水利規劃試驗所計畫。
- 環境保護署環境檢驗所 (2017)。環境檢驗所。取自 <https://www.epa.gov.tw/niea/A048BA729D1F7D58>
- Hilsenhoff, W.L. (1988). Rapid Field Assessment of Organic Pollution with a Family-Level Biotic Index. *Journal of the North American Benthological Society*, **7**(1), 65-68.
- Karr, J.R. (1981). Assessment of Biotic Integrity Using Fish Communities. *Fisheries*, **6**(6), 21-27.
- Kolkwitz, R. & Marsson, M. (1908). Ökologie der Pflanzlichen Saprobien, Report. *Deutsche Botanische Gesellschaft*, **26**(A), 505-519.
- Lenat, D.R. (1993). A Biotic Index for the Southeastern United States: Derivation and List of Tolerance Values, with Criteria for Assigning Water-Quality Ratings. *Journal of the North American Benthological Society*, **12**(3), 279-290.
- Liang, S.H. & Menzel, B.W. (1997). A New Method to Establish Scoring Criteria of the Index of Biotic Integrity. *Zoological Studies*, **36**(3), 240-250.
- Margalef, R. (1958). Information Theory in Ecology. *General Systems*, **3**, 36-71.
- Shannon, C.E. & Weaver, W. (1949). *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana:

University of Illinois Press.

Sládeček, H. (1973). System of Water Quality from the Biological Point of View. *Archive für Hydrobiologie Beiheft*, 7, 1-218.

Whitmore, T.J. (1989). Florida Diatom Assemblages as Indicators of Trophic State and PH. *Limnology and Oceanography*, 34, 882-895.

Zelinka, M. & Marvan, P. (1961). Zur Prä Zisierung der Biologischen Klassifikation der Reinheit Fließender Gewässer. *Archiv für Hydrobiologie*, 57, 389-407.