

湖山水庫生態保育措施成效之評估

廖文傑、張光宗*

摘要 台灣以往所興建之水資源工程，大多以灌溉、給水、發電、防洪及觀光為目標，較少兼顧原有生態之維持，開發行為往往對生態環境造成較大之影響。湖山水庫工程計畫為國內首次兼顧生態保育之水資源工程，在工程計畫期間辦理多項生態保育措施，其內容包含生態系統調查研究、動植物保育、棲地補償及營造等。本研究以湖山水庫工程計畫為例，蒐集工程進行前(2003)至完工試營運期間(2017)環境監測資料(包含水質及棲地生態物種)，以生物整合指數(IBM)、自然度(Indigenous species, I)、總豐富度指數、多樣性指數(H')、均勻度指數等項目，評估水庫開發過程中所執行之生態保育措施，對該區域自然生態之補償及回饋效益。

關鍵字：生態評估、生物整合指數、湖山水庫

Evaluation of Ecological Conservation Measures of the Hu-Shan Reservoir

Wen-Chieh Liao and Kuang-Tsung Chang*

ABSTRACT Water resource engineering in Taiwan was conducted mostly for irrigation, water supply, power generation, flood control, and tourism. It ignored the maintenance of the original ecosystem and had serious impact on the ecological environment. The Hu-Shan Reservoir Engineering Project is the first time in Taiwan to consider both the ecosystem and engineering. A number of ecological conservation measures implemented in the project included the ecosystem investigation, flora and fauna conservation, habitat compensation, and habitat creation. As a case study, we collected the environmental monitoring data before and after the project (i.e. in 2003 and 2017), respectively. The data included water quality, habitat species, index of biotic integrity (IBM), indigenous species (I), Margalef's index, Shannon-Wiener's diversity index (H'), and evenness index. The ecological compensation and benefits in the region as a result of the ecological conservation measures were evaluated.

Keywords: Ecological evaluation, index of biotic integrity, Hu-Shan reservoir

一、前言

台灣早期所興建之水資源工程，大多以灌溉、給水、發電、防洪及觀光為目標，較少兼顧原有生態之維持，其開發行為往往對生態環境造成較大之影響。現今社會大眾普遍具有環保意識，政府相關工程亦開始重視及推廣環境友善的工程理念，以往水資源工程之設計方式已不符合時代，轉變為依循當地自然環境採取因地制宜符合生態保育之設計，以達成人與環境的互利共生。

湖山水庫工程計畫為國內首次興建時兼顧生態保育

之水資源工程，工程中以生態思維儘可能避免負面生態影響，針對受工程干擾的區域，積極研擬原地或異地補償等策略，以減少對環境的衝擊。並在工程計畫期間辦理多項生態保育措施，內容包含生態系統調查研究、動植物保育、棲地補償及營造等。

本研究以湖山水庫工程計畫為例，蒐集工程進行前(2003)至試營運期間(2017)之環境監測資料，其中包含水質、棲地生態物種(魚類、爬蟲類、兩棲類及鳥類)，以生物整合指數(IBM)、自然度(I)、總豐富度指數、多樣性指數(H')及均勻度指數等項目，評估水庫開發過程中所執行

之生態保育措施，對該區域自然生態之補償及回饋效益。

二、材料與方法

(一) 研究樣區

研究樣區湖山水庫(詳圖 1)壩址位於雲林縣斗六市東南方約 10 公里，行政轄屬於雲林縣斗六市及古坑鄉，斗六丘陵為濁水溪與八掌溪間之丘陵地帶，大致呈南-北走向，北端為刀尖形之觸口山脈，南北長約 14 公里，東西寬約 4 至 5 公里，全區為 500 公尺以下之低平丘陵。

水係屬北港溪支流梅林溪上游南勢坑溪、中坑溪及土地公坑溪三條支流處，水庫壩體分為湖山主壩、湖山副壩及湖南壩三部份，集水區面積 6.58 平方公里，總蓄水量 5,347 萬立方公尺，屬離槽水庫；由於集水區範圍較小，需於清水溪上游構築桶頭攔河堰，以越域引水方式補充水源（集水面積 259.2 平方公里）攔蓄清水溪剩餘水量，引入水庫蓄存。

(二) 研究材料

蒐集研究樣區之開發前(2003 年)至完工後試營運階段(2017 年)間之環境及生態監測資料，監測頻率開發前每季 1 次，完工試營運階段每月 1 次，生態監測部分每次監測均進行三重複次數努力量，各項動物監測數量資料則以三次監測之最大值呈現；利用蒐集之監測數據，評估生態保育措施對環境的補償及回饋效益。生態調查範圍及測站位置選擇設在水壩、攔河堰上下游及敏感區域，以了解開發行為、壩體施工改變流況及越域引水等情況，對生物所造成之影響，詳見圖 2。

(三) 分析方法

1. 水質

水質監測項目以水溫(°C)、酸鹼值、導電度(μmho/cm)、溶氧(mg/l)、生化需氧量(mg/l)、懸浮固體(mg/l)、氨氮(mg/l)等 7 種項目作為本研究之水質數據，項目與分析方法詳表 1。

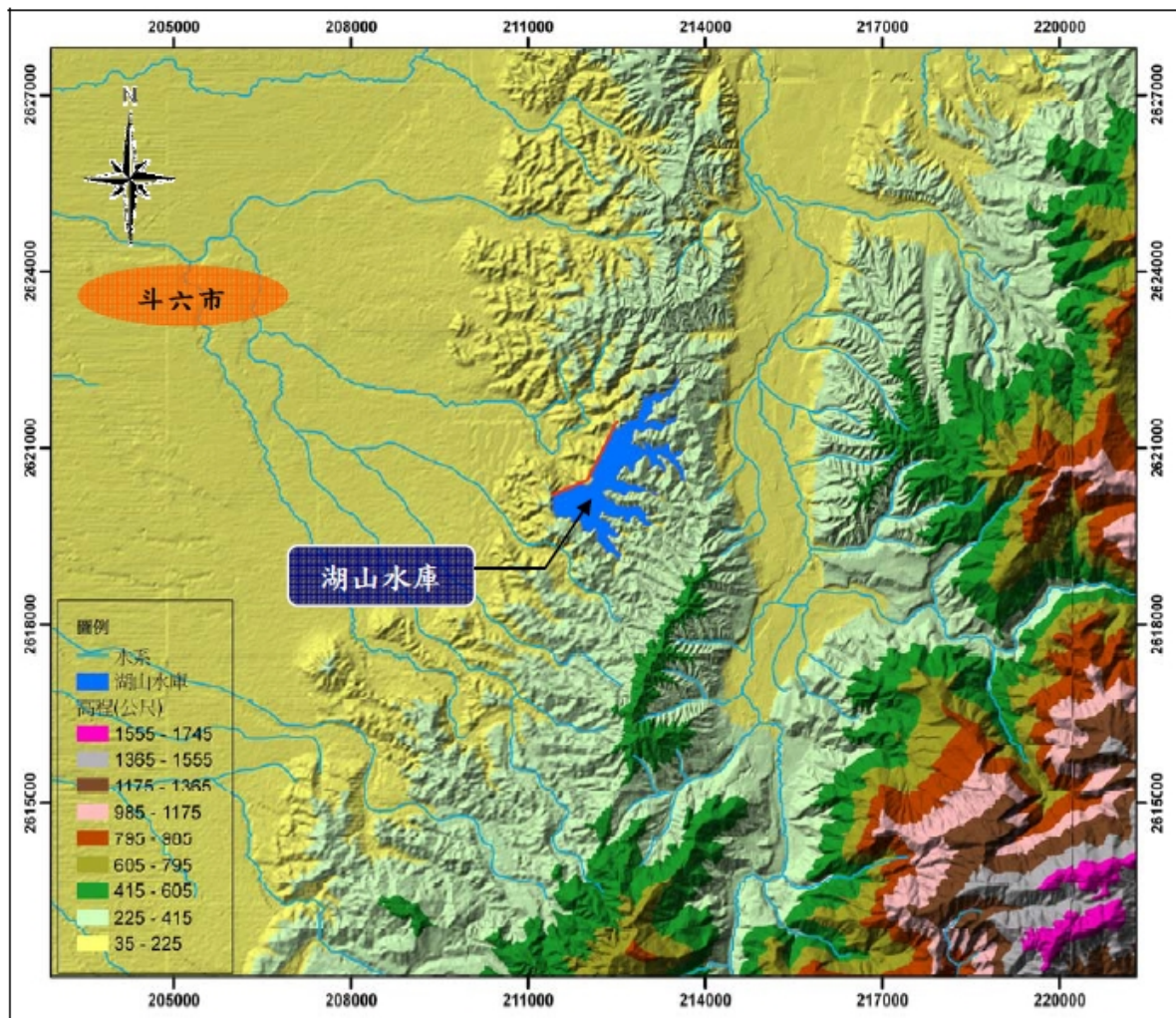


圖 1、地理位置(經濟部水利署中區水資源局，2012)

Fig. 1 The geographic location



圖 2、生態調查範圍及測站位置

Fig. 2 The scope of the ecological investigation and locations of monitoring stations

表 1、水質監測項目與分析方法

Table 1 The monitored water quality indices and analysis methods

項次	項 目	分 析 方 法
1	水溫(°C)	水溫檢測方法，現場量測(NIEA W217.51A)
2	酸鹼值(pH)	攜帶式電擊法，現場量測(NIEA W424.52A)
3	導電度(EC)	導電度計法(NIEA W203.51B)
4	溶氧(DO,mg/l)	以 BOD 瓶採樣，於實驗室分析(NIEA W455.52C)
5	生化需氧量(BOD ₅)	玻璃瓶採樣，於實驗室分析(NIEA W510.55B)
6	懸浮固體(SS,mg/l)	以抗酸性之玻璃瓶採樣，以 103°C ~105 °C 乾 燥 法 分 析 (NIEA W210.58A)
7	氨氮(NH ₃ -Nmg/l)	以 靛 酚 比 色 法 分 析 (NIEA W448.51B)

2. 河川污染程度指數(River Pollution Index, RPI)

採用行政院環境保護署用於評估河川水質之綜合性指標「河川污染指數, River Pollution Index」簡稱「RPI」, 作為評估樣區水質污染之指標。此為目前環保署用來評估台灣河川污染程度的一個指標。此指標乃早期引自日本的河川污染分類法, 也是一般大眾所常用來判斷河川是否遭受污染的一種簡易的計算方式。係以水中溶氧量(DO)、生化需氧量(BOD₅)、懸浮固體(SS)、與氨氮(NH₃-N)等四項水質參數之濃度值, 其四項參數權重均為0.25, 以各項監測數據所在級距標準給予污染點數1至10之間, 來計算所得之指數值, 並據此判定河川水質污染程度; 河川水質污染程度共可分為未受/稍受污染、輕度污染、中度污染及嚴重污染, 4個等級(詳表2)。

$$RPI = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 Si$$

式中, Si=為污染點數, i=為水質監測項目

3. 生物整合指數(Index of Biotic Integrity, IBI)

生物整合指數在1980年代由美國學者Karr(1981)發展成功後, 曾被許多生物學家及生態學者廣泛推廣應

用在美國中西部許多河流中生物之監測, 在經過多次修正現已相當完備, 國內河流魚類監測及指標之建立, 亦多次以此進行評估且得到滿意成果。

魚類是溪流生態的主要消費者, 生物整合指標主要是利用魚類組成的改變, 評估水生生態系的健康情形, 指數包括三大類。第一類為魚種組成及魚種豐富度細分為5項, 第二類為食性階層組成細分為3項, 第三類為族群量及健康狀態細分為4項, 總共包括了12項分數。利用所收集的資料, 分別對每個項目給予最佳5分、中等3分、最差1分(詳見表3), 最後加總所有分數得到IBI, 總和值越高代表溪流環境品質愈高。

生物整合指數可因地制宜做不同修改, 故具有廣泛應用價值, 本研究參考1999年環保署「淡水河系生物相調查及生物指標手冊建立」的計畫研究成果, 最後以張明雄等(1999)應用IBI評估所採用之等級, 將IBI簡化為6等級, 包含excellent(優55-60)、good(好47-54)、fair(尚可38-46)、poor(差26-37)、very poor(極差<26)以及no fish(無魚), 其總和值在12到60之間, 60分為最高屬溪流環境品質甚佳, 12分為最低屬不良品質。

表2、河川污染程度指數計算及比對基準(行政院環境保護署 <https://wq.epa.gov.tw/>)

Table 2 The comparison intervals of river pollution indexes

污染級距 監測項目	級距標準 (I)	級距標準 (II)	級距標準 (III)	級距標準 (IV)
溶氧(DO) mg/L	≥6.5	4.6~6.5	2.0~4.5	< 2.0
生化需氧量(BOD ₅) mg/L	≤3.0	3.0~4.9	5.0~15	> 15
懸浮固體(SS) mg/L	≤2.0	20~49.9	50~100	> 100
氨氮(NH ₃ -N) mg/L	≤0.5	0.5~0.99	1.0~3.0	> 3.0
污 染 點 數	1.0	3.0	6.0	10.0
污染指數積分值(RPI)	≤2.0	2.0~3.0	3.1~6.0	> 6.0
河川污染等級	未(稍) 受污染	輕度 污染	中度 污染	重度 污染

表 3、IBI 屬性評分等級表
Table 3 The rating of the IBI attribute

評估項目	評分等級		
	1 分	3 分	5 分
一、魚種組成及魚種豐富度			
1 原生魚種數	≤33%	33-66%	≥66%
2 底棲性魚種數	≤33%	33-66%	≥66%
3 水層活動性魚種數	≤33%	33-66%	≥66%
4 低容性魚數比例	≤5%	5-15%	≥15%
5 耐污性魚數比例	≥15%	5-15%	≤5%
二、食性階層組成			
6 雜食性魚種個體的百分比	≥40%	20-40%	≤20%
7 食蟲性小魚個體的百分比	≤5%	5-20%	≥20%
8 食魚性魚種(最高階肉食性魚種)個體百分比	≤3%	3-10%	≥10%
三、族群量及健康狀態			
9 單位漁獲努力量(尾數/hr)	≤100	100-250	≥250
10 生病或畸形魚之比例	≥3%	1-3%	≤1%
11 外來種之比例	≥10%	1-10%	≤1%
12 漁獲生物量(kg/hr)	≤2	2-10	≥10

資料來源：張明雄等(1999)

4. 棲地生態物種

水庫棲息地生態物種調查分析之項目包含魚類、爬蟲類、兩棲類(蛙類)及鳥類，本研究以自然度(Indigenous species, I)、豐富度指數(Margalef’ s index, D)、多樣性指數(Shannon-Wiener’ s diversity index, H’)及均勻度指數(Shannon-Wiener’ s evenness index, E)等方法進行分析，以各物種族群之多樣性及變異程度作為分析因子，評估水庫開發過程中所執行之生態保育措施，對研究區域自然生態之補償及回饋效益。

自然度(Indigenous species,I):

$$I = \frac{S - F}{S}$$

式中，S=在生態測站樣區所調查環境中所有種類數，F=在生態測站樣區所調查外來種類數。

豐富度指數(Margalef’ s index):

$$D = \frac{S - 1}{\ln(n)}$$

式中，S=在生態測站樣區所調查環境中總共出現的種類，

n=在生態測站樣區所調查環境中總共出現的個體數，D值越大則表示該族群內動物種類越多。

多樣性指數(Shannon-Wiener’ s diversity index,H’)：

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \times \log P_i$$
$$P_i = \frac{n_i}{N}$$

式中，S=在生態測站樣區所調查環境中總共出現的種類，Pi=各族群中第 i 種物種所占的數量百分比，N=在生態測站樣區所調查環境中所有種類個體數之和。

均勻度(Shannon-Wiener’ s evenness index,E)：

$$E = \frac{H'}{\log S}$$

式中，S=在生態測站樣區所調查環境中總共出現的種類，H'=Shannon-Wiener 多樣性指數的值。

三、結果與討論

(一) 棲地環境調查分析結果

水庫集水區上游原土地利用型態包括麻竹林夾雜部分次生林、果園（柑橘與柚子等）、溪流、農村聚落及工業區等，其水質受到上游居民家庭民生廢水及果園施肥、農藥等影響。本研究水質監測測站共 5 處，分別位於清水溪桶頭吊橋（攔河堰上游）、清水溪桶頭橋（攔河堰下游）、水庫集水區土地坑溪上游、水庫集水區南勢坑溪上游及梅林溪壩址下游處，以行政院環境保護署用於評估河川水質之綜合性指標(RPI)及評估溪流生態常用之生物整合指數(IBM)，同時作為評估水庫開發前後水質效益之評析方法。

1. 水質基本調查項目

蒐集前述 5 處測站工程進行前(2004)至試營運期間(2017)之水質監測資料(水溫、pH、溶氧及導電度)進行分析。

水溫(°C)：水溫係表示水的冷熱程度，是檢驗及評估

水體品質的一項重要物理參數。水溫的變化受氣候影響為主，而廢污水排放也會對水溫造成影響。在生物方面較大的水溫變化會影響微生物的活性、代謝速率及水中溶氧，進而導致魚類死亡。從歷次監測數據統計，樣區 5 處測站豐水期水溫平均值為 24.1~31.9°C，單一測站最大溫差約 4°C，水溫變化幅度穩定；枯水期水溫平均值為 16.8~25.5°C，單一測站最大溫差約 5°C，水溫變化亦穩定。

氫離子濃度指數(pH)：在通常情況下，pH 值高於 7 者屬鹼性，低於 7 者屬酸性，一般自然水之 pH 值多在中性或略鹼性範圍，影響因子包含土壤內微生物、肥料、廢水等。pH 值會影響生物的生長，數值過高或過低會引起魚類大量死亡，pH 過高或過低容易造成魚類感染疾病及死亡。從歷次監測數據統計，其均值皆符合乙類水體水質標準(民國 106 年 9 月 13 日頒布地面水體分類及水質標準)，樣區 5 處測站豐水期 pH 平均值為 7.6~8.6；枯水期 pH 平均值亦為 7.6~8.6，詳見圖 3。

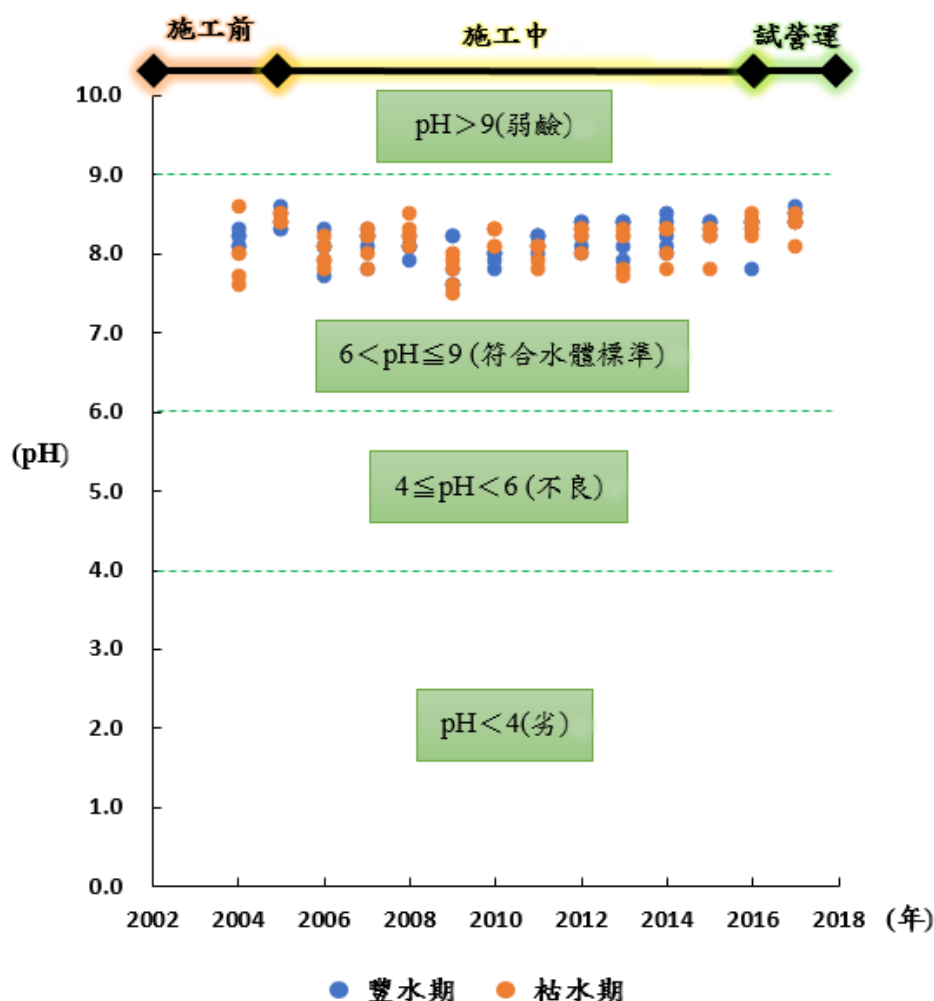


圖 3、pH 調查結果與標準關係圖

Fig. 3 The pH values before and after the project

導電度(EC, $\mu\text{mho}/\text{cm}$)：表示水傳導電流能力，通常導電度愈高對灌溉有不良的影響，會導致農作物生產力下降，因此導電度為灌溉水質之重要指標項目之一，本項目以灌溉用水標準(民國 92 年 11 月 7 日(92)農林字第 0920031524 號)管制值 $750\mu\text{mho}/\text{cm}$ 為標準。從歷次

監測數據可知，施工期間導電度有偏高的情況，且有 4 次超出標準，尤其以梅林溪壩址下游測站較為嚴重，研判為大壩施工所造成；樣區 5 處測站豐水期 EC 平均值多界於 350~600 之間；枯水期 EC 平均值多界於 400~600 之間，詳見圖 4。

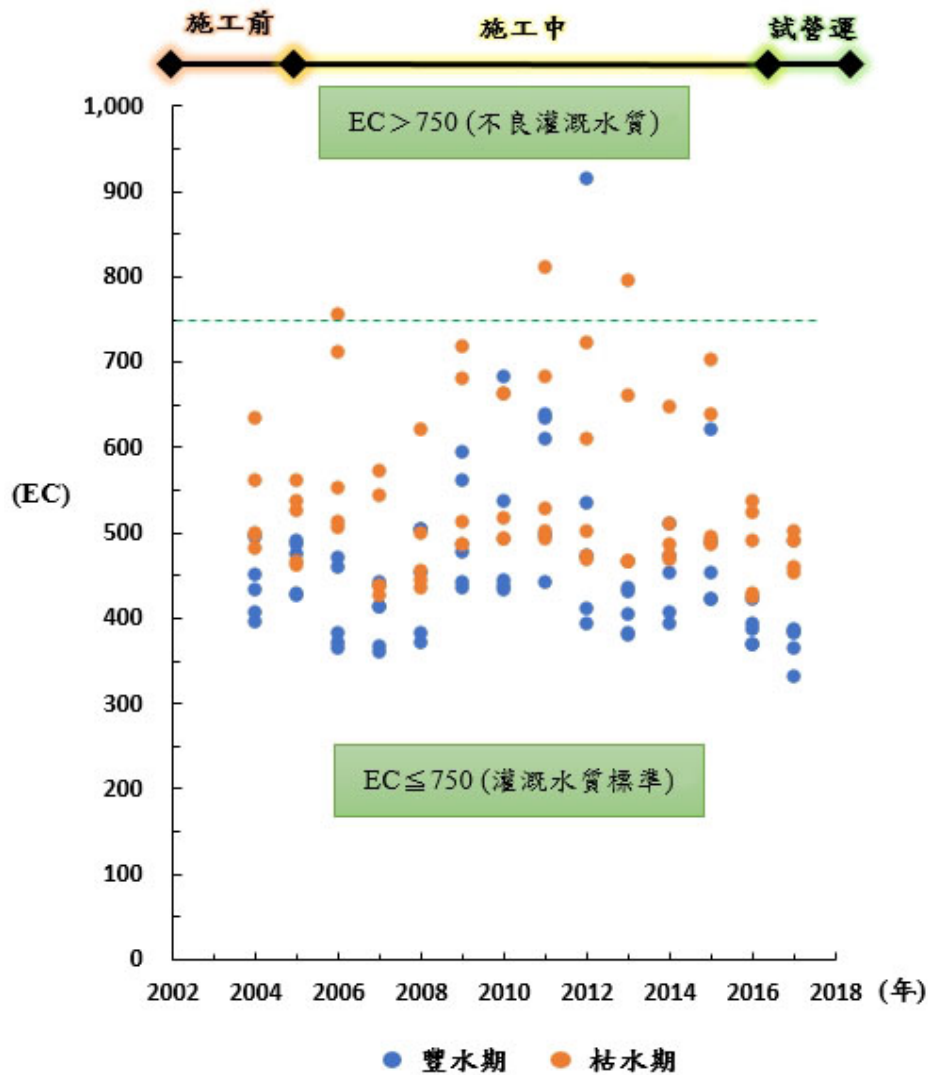


圖 4、導電度調查結果與標準關係圖

Fig. 4 The EC degrees before and after the project

溶氧係指溶解於水中的氧量，水質越純淨、溶氧越達飽和，則適合多種魚類生存。溶氧良好等級範圍為 8~10 mg/l，一般等級範圍為 5~8 mg/l，不良等級範圍為 3~5 mg/l，溶氧在 3 mg/l 以下時需氧量較大之魚種將窒息及死亡。從歷次監測數據統計，溶氧變化性不大，大多屬於一般等級，樣區 5 處測站豐水期 DO 平均值界於 5.5~8.0 mg/l；枯水期 DO 平均值界於 5.7~8.3 mg/l，詳見圖 5。

2. 水質效益評析

由圖 6 可見，梅林溪壩址下游之 RPI 指數，在施工

前及施工階段前中期，因當地居民生活污水及施工行為影響，水質界於輕度污染(2.0~3.0)及中度污染(3.1~6.0)間變化，在壩體接近完工至試營運階段因污染源消失，污染降低至未受污染(≤ 2.0)等級；而 IBI 指數方面，因梅林溪原本水流較小生態物種不豐富，在接連颱風後嚴重破壞當地溪流生態環境後，施工前及施工中之溪流品質屬於 poor(差 26-37)等級，大壩開始蓄水至試營運階段，因水流穩定物種逐漸豐富而上升至 fair(尚可 38-46)等級。兩項指數經比對，其變化趨勢是相符的，在水庫興建試營運後，河川水質及溪流生態品質皆有變好的趨勢。

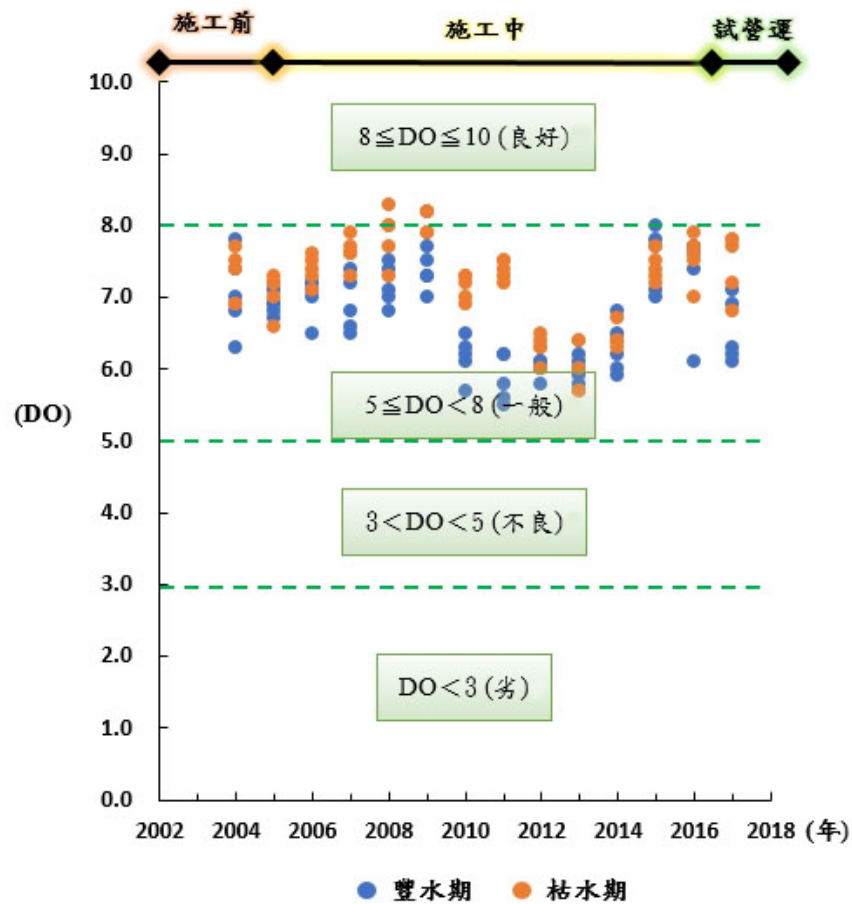


圖 5、溶氧調查結果與標準關係圖

Fig. 5 The DO degrees before and after the project

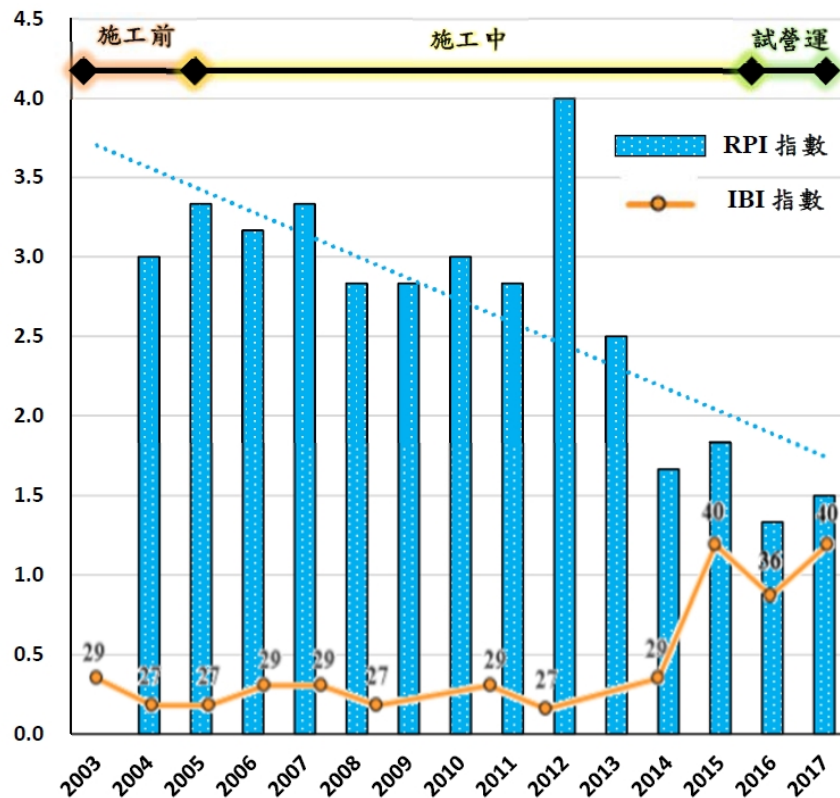


圖 6、梅林溪水質效益關係圖

Fig. 6 The water quality in the Meilin River before and after the project

由圖 7 可見，清水溪上游之 RPI 指數，在 2004 年敏督利颱風後，因土石流災情嚴重及後續颱風影響，懸浮固體(SS)多處於超標狀態，故施工前及施工階段前期，水質界於 3.3~4.0 中度污染等級，2012 年因攔河堰動工指數昇高至 4.7，而後隨著工程行為減少逐漸降低至未受污染(≤ 2.0)等級；而 IBI 指數方面，在敏督利颱風前，溪流品質良好界於 47~51 屬於「好」等級，但在接連颱風影

響後，降低至 29~34 之「差」等級，之後溪流品質緩慢回復，至試營運階段已回復至「好」等級(47-54)。比對兩項指數，RPI 指數與 IBI 指數一樣受到颱風影響而降低，而 IBI 指數因測站位置離工程地點較遠，未受到工程之影響，但整體變化趨勢仍是相符的，目前河川水質及溪流生態皆已回復施工前良好之品質。

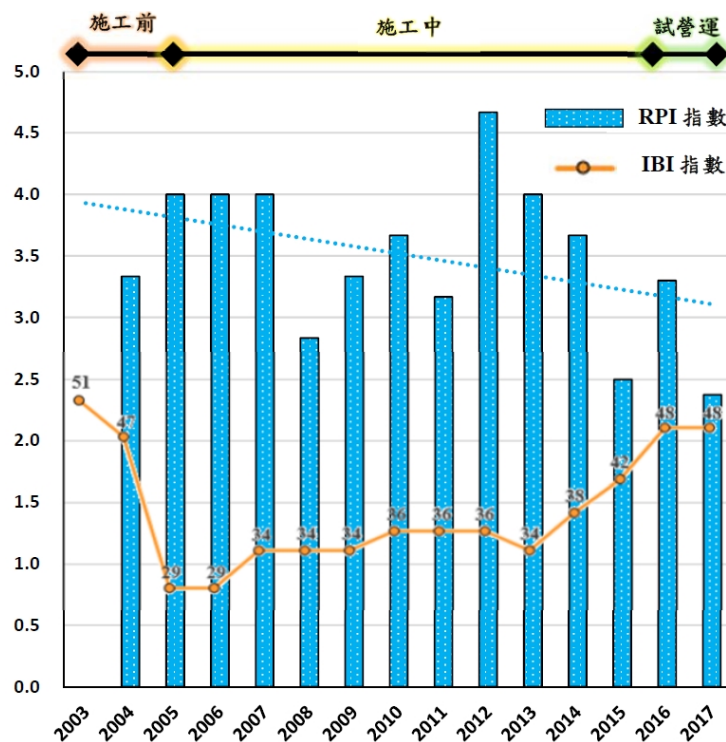


圖 7、清水溪上游水質效益關係圖

Fig. 7 The water quality in the upstream portion of the Qingshui River before and after the project

由圖 8 可見，清水溪下游之 RPI 指數，與上游相同在連續颱風及土石流影響下，懸浮固體(SS)嚴重超標，故施工前及施工階段前期，水質界於 4.0~4.3 數值偏高之中度污染，攔河堰施工後指數昇高至 4.7，而後逐漸降低至 2.2~2.5 輕度污染等級；在 IBI 指數方面，在敏督利颱風前，溪流品質與上游相同界於 47~51 「好」等級，在颱風影響後，一樣降至「差」等級，隨著攔河堰動工至完成試營運，溪流品質雖有逐漸恢復，但指數仍較上游略低。比對兩項指數，前期與上游相同指數受到颱風影響降低，但在攔河堰施作後，歷年溪流品質皆較上游略差，可見攔河堰及魚道相關設施之功效仍需繼續觀察。

(二) 棲地生態物種成長效益評估

1. 自然度(Indigenous species, I)

在自然度部分，比對施工前及完工試營運數據，由圖 9 可看出魚類清水溪上游及梅林溪為正成長，魚類清水溪

下游及鳥類為負成長，爬蟲類及兩棲類因無外來種，仍維持穩定。在引水隧道貫通後，梅林溪在清水溪水源補注後，魚種數明顯上升，故自然度效益有較大成長，成長效益比對詳見圖 9。魚類外來種包含線鱧(*Channa striata*)、吳郭魚(cichlids)、何氏棘魷(*Spinibarbus hollandi*)，其中何氏棘魷會補食其他原生魚類仔魚，對於其他原生種可能造成威脅，需要持續監測；鳥類外來種包含白腰鵲鵲(*Copsychus malabaricus*)、白尾八哥(*Acridotheres javanicus*)、家八哥(*Acridotheres tristis*)及橙頰梅花雀(*Estrilda melpoda*)皆為引近逸鳥，其中白尾八哥及家八哥沒有天敵且繁衍快速屬強勢外來種。目前魚類外來種數量，無明顯增加之趨勢，鳥類外來種數量則有上升趨勢，除持續監測外，同時加強宣導勿野放及餵食，以抑制繁殖。

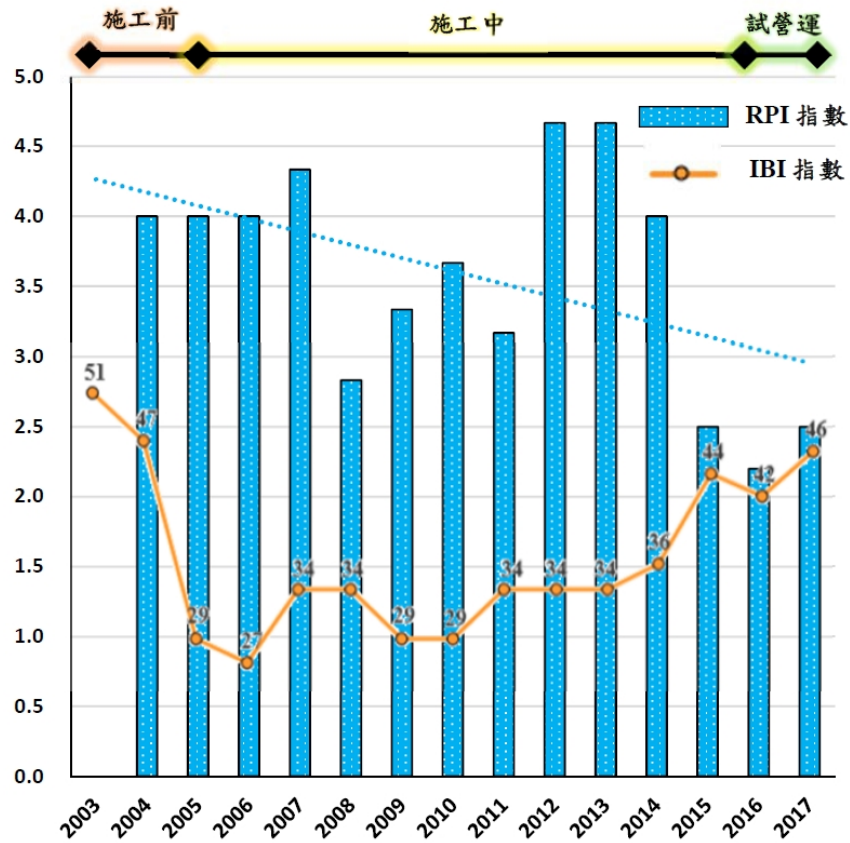


圖 8、清水溪下游水質效益關係圖

Fig. 8 The water quality in the downstream portion of the Qingshui River before and after the project

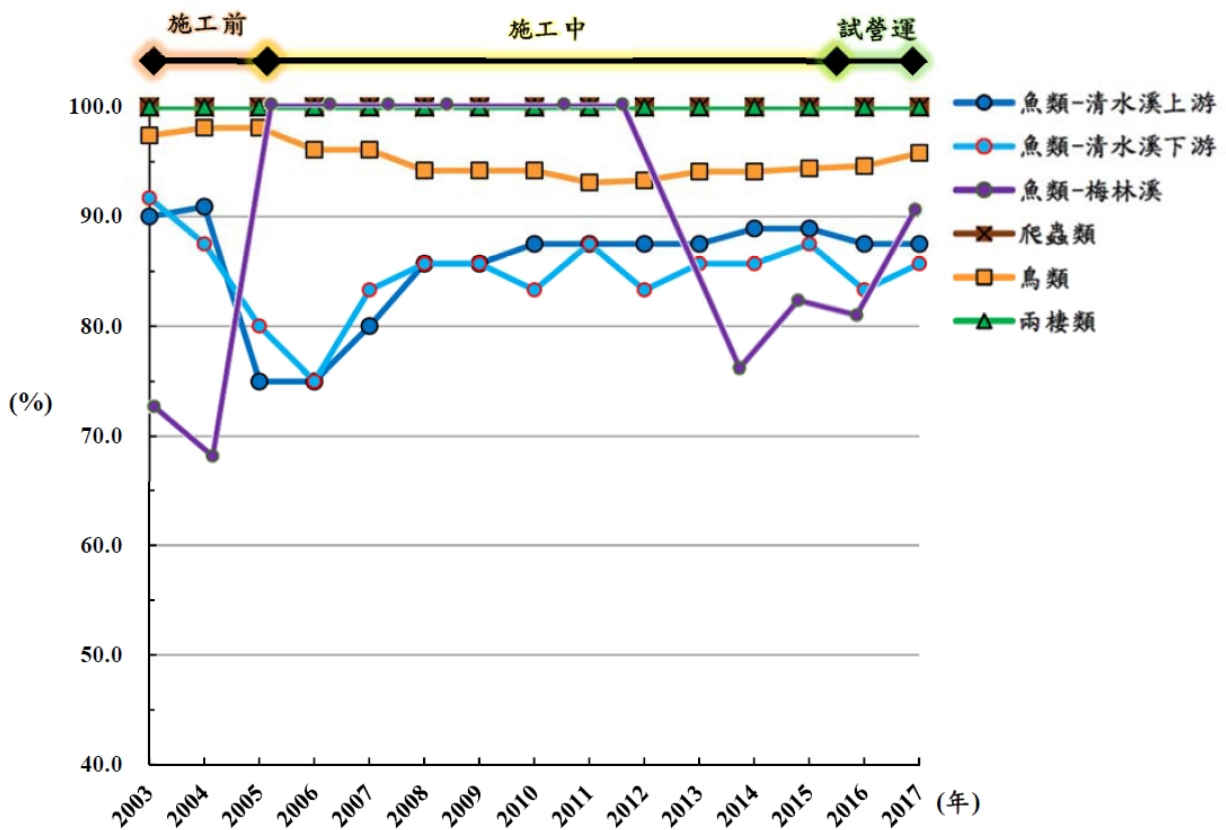


圖 9、開發前後物種自然度比對圖

Fig. 9 Indigenous species before and after the project

2. 豐富度指數(Margalef' s index,D)

在豐富度指數方面由圖 10 可看出，魚類在梅林溪成長約 40%，其次為鳥類約成長 10%及爬蟲類約成長 2%；魚類在清水溪上下游皆為減少情況，尤其以下游更為明顯，兩棲類也呈現大幅減少的狀況。梅林溪因水量變化大，魚類數量不穩定，在清水溪水源補注後，因魚種重複性高無排斥性，數量有較大幅度之成長，鳥類在工程後期數量

已趨於穩定，加上調查方法變更(2011 年因「動物生態評估技術規範」更新調查方法)，故數量較開發前大幅成長；魚類在清水溪受颱風及攔河堰影響下，數量雖未回復開發前水準，但已在穩定的狀態，兩棲類在移地保育後，集水區數量已有成長趨勢，仍需繼續觀察，成長效益比對詳圖 10。

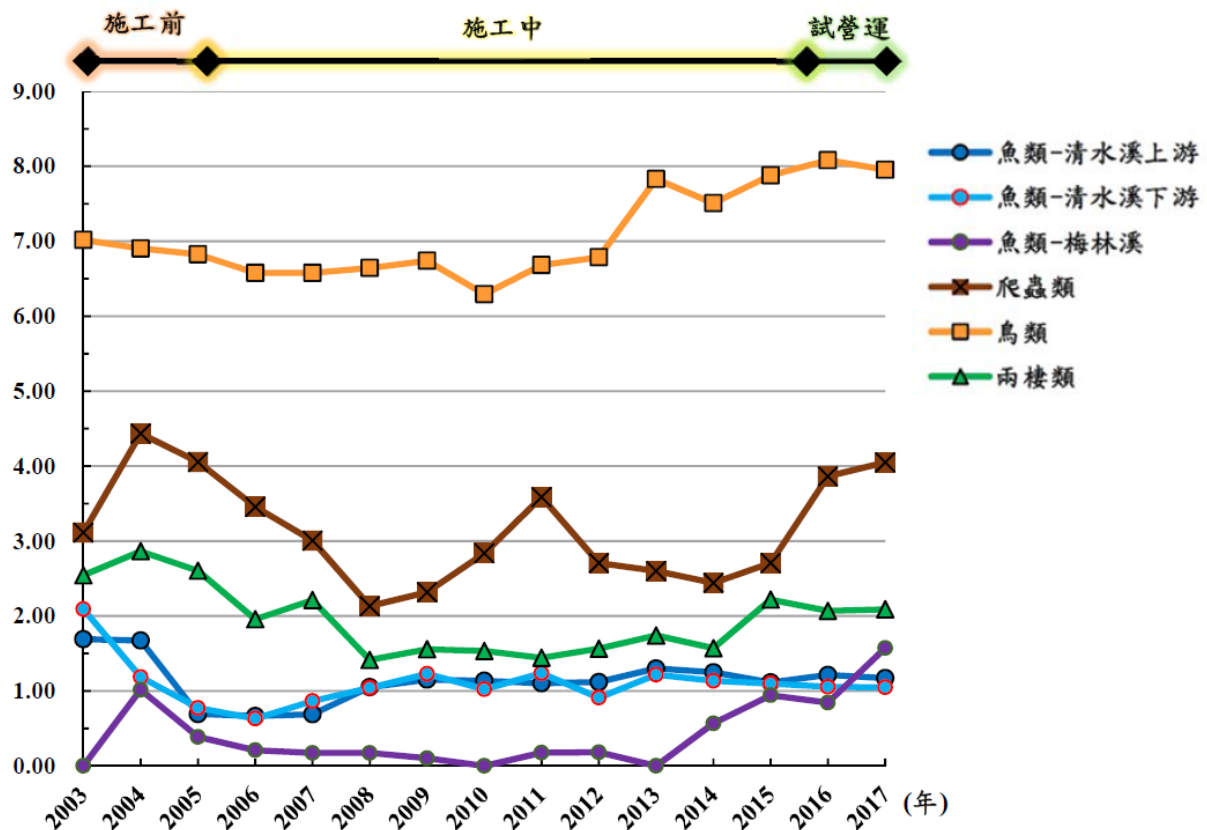


圖 10、開發前後物種豐富度指數比對圖

Fig. 10 Margalef' s index before and after the project

3. 多樣性指數 (Shannon-Wiener' s diversity index,H')

多樣性指數可反映出物種族群組成之安定程度，當指數愈高則表示該物種族群之種類多樣性豐富且穩定，愈低則表示該物種族群組成不夠豐富，容易受環境影響。由圖 11 可看出，鳥類及魚類(梅林溪流域)較開發前有明顯成長，分別成長約 10%及 30%，而爬蟲類及兩棲類多樣性之變動尚屬穩定；在清水溪方面，2004-2005 年在

連續颱風影響下，物種數及數量大幅減少，而後上游已逐漸回復至以前水準，下游因受攔河堰影響，回復較慢且未穩定，成長效益比對詳見圖 11。

4. 均勻度指數(Shannon-Wiener' s evenness index,E)

均勻度指數可反映出不同物種相對數量是否接近，在物種數及數量上分配是否均勻。就分析數據可知，各物種尚屬穩定狀態，魚類在梅林溪流域方面，因有清水溪魚類族群加入，故有較大幅度成長，成長效益比對詳見圖 12。

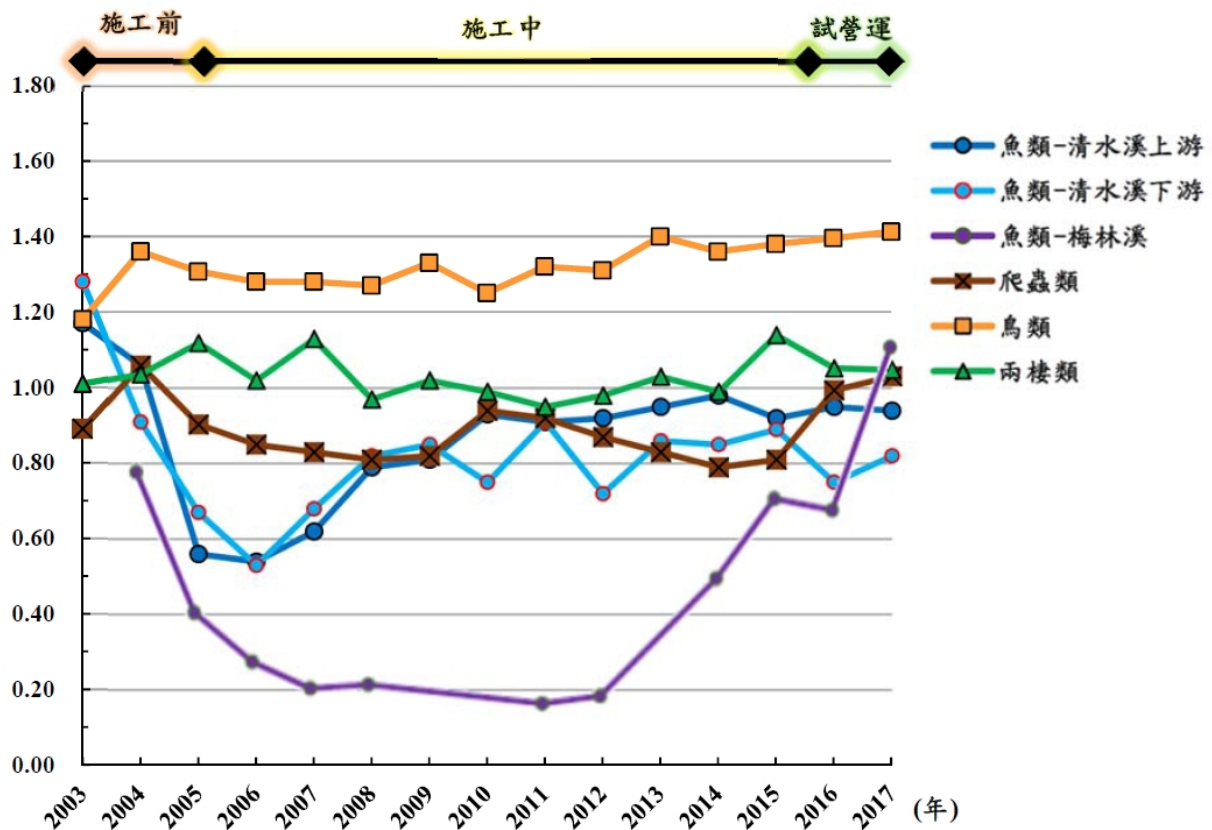


圖 11、開發前後物種多樣性指數比對圖

Fig. 11 Shannon-Wiener's diversity index before and after the project

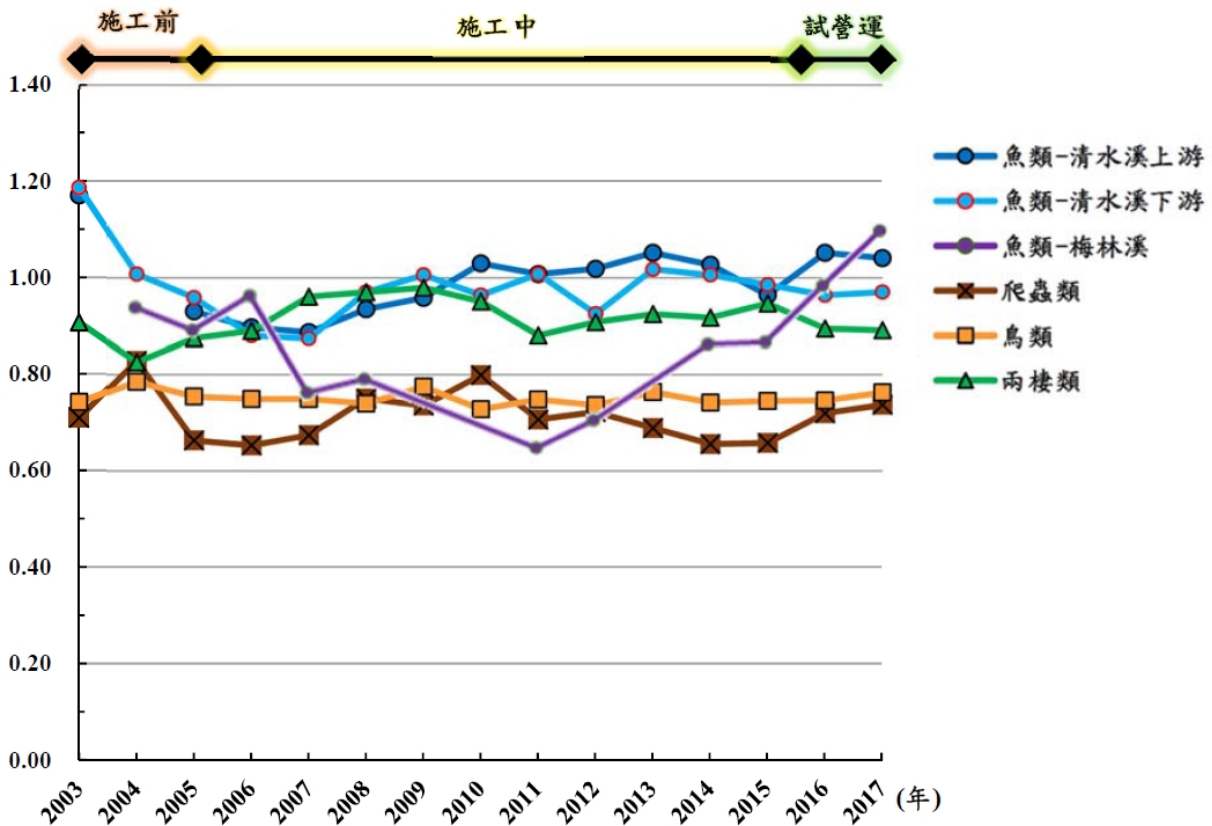


圖 12、開發前後物種均勻度指數比對圖

Fig. 12 Shannon-Wiener's evenness index before and after the project

5.八色鳥

八色鳥為湖山水庫興建過程的指標物種之一，行政院農業委員會特有生物研究保育中心(以下簡稱特生中心)在 2001 年至 2013 年曾對全臺灣執行過 5 次調查分析，資料顯示臺灣全體族群下降約 50%，由其以中、北部最為嚴重。

八色鳥監測在水庫集水區有 38 個測站，為了解施工階段造成之影響，另在湖本村(湖本區)及引水工程區各增加 10 個測站作為比對，測站分佈詳圖 13。

八色鳥監測於每年第 2 季(4 至 6 月)進行三次，監測時段為日出後 3 小時，從歷次監測結果顯示(詳見表 4)，水庫計畫區自 2005 年開始有明顯下降的趨勢，大壩全面動工後更銳減至 1~5 隻；湖本區雖遠離水庫施工範圍，但數量自 2008 年起仍大幅下降。八色鳥數量銳減之情況不只發生於湖山水庫區域，依特生中心調查資料可知，全臺灣八色鳥族群自 2001 年起即以每年約 6%的幅度減少，湖山水庫周邊地區八色鳥群族下降，是受到水庫興建及臺灣整體生態環境劣化所影響。已規劃於湖本村周邊進行棲地改善及營造，希望透過棲地補償機制，減少水庫工程對生態環境之影響。

四、結論

本研究透過水質、河川污染指數、生物整合指數及生態物種調查分析結果，探討湖山水庫計畫生態保育措施於完工試營運後之成效，以及對當地生態環境補償效益，綜合結論如下：

1. 在棲地環境分析部分，河川污染指數(RPI)與生物整合指數(IBM)之分析數據，在三處溪流測站(梅林溪、清水溪上游及下游)之變化趨勢皆是大致相符的，清水溪在敏督利颱風及接連颱風影響下，溪流品質大幅惡化，但隨著自然環境恢復及工程完工，河川水質及溪流生態皆以回復施工前良好之品質，但受攔河堰影響下游水質及環境仍較上游略差；梅林溪則是在污染源消失及清水溪水源補注後，水質及生態品質皆有變好的趨勢。
2. 就生態物種綜合分析結果來看，開發後並無外來種明顯增加之情形，僅魚類增加 1 種、鳥類增加 2 種，整體而言鳥類及魚類(梅林溪流域)較開發前有明顯成長，分別成長約 10%及 30%，其餘物種在完工進入試營運階段，也有回升及穩定的趨勢，可見施工期間各種保育措施，對各物種族群之存續有相當的成效。
3. 八色鳥族群數量下降受到水庫興建及臺灣整體環境劣化之共同影響，預期透過棲地補償機制，將減少水庫工程對生態環境之影響。

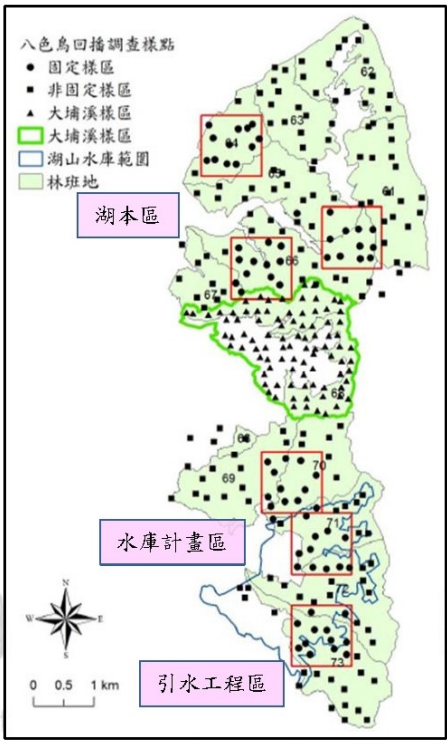


圖 13、八色鳥測站分佈圖

Fig. 13 Distribution map of Fairy Pitta Station

表 4、歷年八色鳥監測結果表

Table 4 The Monitoring data of Fairy Pitta Station

地點		水庫計畫區	湖本區	引水工程區	總計
年份	2003 年	43	21	-	64
	2004 年	54	6	-	60
	2005 年	15	4	-	19
施工前	2006 年	21	19	-	40
	2007 年	25	10	-	35
	2008 年	27	6	-	33
	2009 年	4	4	-	8
	2010 年	4	6	-	10
	2011 年	5	2	-	7
	2012 年	1	-	1	2
	2013 年	4	3	1	8
	2014 年	4	2	1	7
	2015 年	4	2	2	8
試營運	2016 年	4	1	1	6
	2017 年	7	1	-	8

五、參考文獻

- [1] 中華民國野鳥學會鳥類記錄委員會(2017)·臺灣鳥類名錄。
- [2] 王嘉雄、谷口高司(1991)·「臺灣野鳥圖鑑」。
- [3] 台灣生物多樣性網絡 <https://www.tbn.org.tw/>
- [4] 行政院農業委員會林務局(2010)·臺灣鳥類誌。
- [5] 行政院農業委員會特有生物研究保育中心
<https://tesri.tesri.gov.tw/>
- [6] 行政院環境保護署(2011)·動物生態評估技術規範。
- [7] 行政院環保署全國環境水質監測資訊網
<https://wq.epa.gov.tw/>
- [8] 張明雄、王慎之、張廖年鴻、邵廣昭(1999)·淡水河系生物相調查及生物指標手冊建立。
- [9] 經濟部水利署中區水資源局 (2009)·湖山水庫工程計畫第二次環境影響差異分析報告。
- [10] 經濟部水利署中區水資源局 (2012)·湖山水庫備援出水工程規劃期末報告。
- [11] 經濟部水利署中區水資源局 (2004~2015)·湖山水庫工程施工期間環境監測季報告。
- [12] 經濟部水利署中區水資源局 (2016~2017)·湖山水庫營運階段環境監測及檢討分析-環境監測季報告。
- [13] Karr JR(1981), "Assessment of biotic integrity using fish communities" . Fisheries 6(6):21-27.
- [14] Liang SH and BW Mensel(1997), " A New Method to Establish Scoring Criteria of the Index of Biotic Integrity." Zoological Studies 36(3) : 240-250。

2019年09月02日收稿

2019年12月16日修正

2020年02月27日接受