

計畫中文名稱：湖山水庫相關溪流生態系經營管理研擬及檢討

計畫英文名稱：The propositions of management for river ecosystem on Hushan reservoir

計畫編號：260

全程計畫期間：2010年1月1日至2014年12月31日

本年計畫期間：2014年1月1日至2014年12月31日

計畫主持人：葉明峰

## 一、摘要

本計畫自2010年起持續進行湖山水庫工程影響範圍內溪流生態系魚類資源監測工作，並彙整「湖山水庫工程計畫生態保育措施-溪流生態系統之調查研究規劃」調查研究成果，提出未來湖山水庫庫區與關連溪流生態系經營管理建議書。自2014年1月至2014年6月底止，現地調查資料結果顯示梅林溪河段共發現2科4種魚類，清水溪河段共發現6科12種魚類。自2007年起7年多來捕獲魚種數變化並不大，但近4年來單位努力捕獲量有減少的趨勢，且魚類體型小型化，推測應是受水庫即將完工，相關工程緊鑼密鼓推動以及其他人為干擾之影響所致。湖山水庫完工後，溪流生態系將面臨水庫及桶頭攔河堰所造成的水域生物移動限制、下游棲地改變及流量減少造成的水域生物可利用棲地劣化與縮減等問題。庫區內原溪流生態系轉變成水庫生態系後，推測僅有鯉科的粗首鱮、臺灣馬口魚、臺灣石魚賓，鰻鱺科的鱸鰻，以及鰕虎科的短吻紅斑吻鰕虎、明潭吻鰕虎等魚類可適應存活。經營管理建議書除將呈現施工期間清水溪與梅林溪魚類資源現況外，亦分析未來湖山水庫完工營運後可能會面對的問題，提供主管機關具體的經營管理策略，以降低水庫工程對關連溪流生態系造成的負面影響。

**關鍵詞：**溪流生態系、經營管理、湖山水庫

## Abstract

For the appropriate use of water resources, building a reservoir is one of solutions. In other countries, the management of reservoir includ water flow management, water quality management, and fisheries management. The ecosystem of stream in the area of Hushen reservoir present the problems about the limited movement of aquatic organisms, habitat changes and reduction instream flow. From January 2014 to June 2014, 4 species of fishes from Merlin stream, and 12 species

from Chingshui stream were collected. After reservoir construction would reduce the flow of water on downstream, and result the reduction of habitats. We propose to discharge sufficient instream flow to the downstream ecosystem for reducing the impact on aquatic.

**Key words:** river ecosystem, management, Hushen reservoir

## 二、計畫目的

經濟部水利署計畫於北港溪河系上游建置湖山水庫，其水源主要自濁水溪支流清水溪桶頭附近越域引水，引水處屬於中游河川生態。另水庫位址為北港溪河系上游支流梅林溪河谷，屬於上游河川生態，且為雷公溪型河川，暴雨來時河水迅速上漲，過後水量遽減，乾季時甚至部分河段斷流情形頻仍。湖山水庫營運後，水源自桶頭攔河堰引入後，不但清水溪桶頭以下河段之生態環境將會因流量減少而受到影響，湖山水庫庫區下游水域（梅林溪部分）之河川生態亦將連帶產生劇變。本計畫擬分析未來湖山水庫完工營運後可能會面對的問題，藉由水域生物監測、指標魚種生活史、水域生物適合之棲地及基流量及水域生物生態系食物網模式等相關研究計畫成果之彙整，研議湖山水庫庫區與關連溪流生態系經營管理建議書，提供具體的經營管理策略，期儘量降低水庫工程造成之生物多樣性損失。

## 三、重要工作項目及實施方法

### (一) 文獻蒐集

蒐集國內外水庫經營管理、生態保育相關參考文獻，提供未來主管機關施政之參考與應用。

### (二) 湖山水庫地區魚類資源現況調查

主要以電魚法採捕河川魚類，使用漁具為固定 110 volt 輸出的交流電背負式電魚器，採捕時在樣區以 Z 字形路線由下游往上游間歇性放電捕撈，採樣時間 30 分鐘。另使用蝦籠陷阱定置誘捕，當日放置，隔日回收。採捕完畢後當場鑑定種類、計數並記錄體長與體重等資料後立即釋放回原採捕溪段，調查頻度每月一次。

### (三) 成果報告撰寫

彙整國內外參考文獻與歷年來湖山水庫地區魚類資源現況調查成果，撰寫報告及湖山水庫庫區與關連溪流生態系經營管理建議書，提供相關單位未來施政之參考。

湖山水庫庫區與關連溪流生態系

經營管理建議書

**The propositions of management for  
river ecosystem on Hushan reservoir**

第二版

**The second edition**

經濟部水利署中區水資源局

行政院農委會特有生物研究保育中心

中華民國 103 年 08 月

# 目錄

一、 前言.....	189
1.1 緣起與目標.....	189
1.2 建議書研擬流程.....	190
二、 溪流生態系基本資料.....	190
2.1 地理資料.....	190
2.1.1 庫區.....	191
2.1.2 梅林溪.....	191
2.1.3 清水溪.....	191
2.2 湖山水庫地區魚類資源現況.....	191
2.2.1 梅林溪流.....	192
2.2.2 桶頭攔河堰上游（清水溪上游）.....	192
2.2.3 桶頭攔河堰下游（清水溪下游）.....	193
三、 經營管理策略.....	193
3.1 湖山水庫庫區－水質管理.....	193
3.1.1 泥沙淤積.....	194
3.1.2 水庫優養化.....	196
3.1.3 水庫底泥對優養化之影響.....	198
3.1.4 國內外水庫相關案例蒐集與探討.....	199
3.1.5 未來經營管理策略建議.....	204
3.2 水庫集水區-外來種與放生.....	213
3.2.1 外來種分布現況.....	214
3.2.2 外來種之來源.....	214
3.2.3 外來種影響.....	216
3.2.4 不當放生外來種對生態的影響.....	218
3.2.5 國內外水庫相關案例蒐集與探討.....	218

3.2.6 未來經營管理策略建議 .....	221
3.3 垂釣 .....	225
3.3.1 垂釣開放之合宜性 .....	225
3.3.2 垂釣利弊分析 .....	225
3.3.3 國內外水庫相關案例蒐集與探討 .....	226
3.3.4 未來經營管理策略建議 .....	226
3.4 梅林溪、清水溪（桶頭攔河堰） .....	230
3.4.1 河川流量與水域可利用棲地面積減少之相關問題 .....	230
3.4.2 國內外河川棲地改善相關案例蒐集與探討 .....	231
3.4.3 河川棲地改善之未來經營管理策略建議 .....	233
3.4.4 洄游性魚類溯游障礙 .....	236
四、 結語與建議 .....	239
五、 參考文獻 .....	241

## 一、前言

### 1.1 緣起與目標

臺灣的河川流路短促，河床比降頗大，上游多超過 1/100，下游則介於 1/200–1/500 間。流域面積小，降雨集中於 5–10 月，水量豐枯懸殊，豐水期流量大，雨季及颱風季節甚至泛濫成災，枯水期細水涓涓，甚至乾竭。因此，為了充分利用有限的珍貴水資源，建立水庫為常用的解決方法之一。根據經濟部水資源局統計資料顯示，臺灣目前的水庫共有 41 座（不包含外島 24 座水庫），其中較大型的水庫如翡翠水庫、石門水庫、日月潭水庫、鯉魚潭水庫等，其管理單位分別為經濟部水利署臺北水源特定區管理局、經濟部水利署北區水資源局、臺灣電力股份有限公司、經濟部水利署中區水資源局，另較大型的水壩及攔河堰約 28 座。臺灣多數的水庫營運後的經營管理，多偏重於庫區及集水區內水質、水文的管控與水量的調配等非生物面向，卻常忽略與水庫水體健康息息相關的生物面向。近年來隨著生態保育觀念的抬頭，水庫水域與周邊環境生態資源調查研究與經營管理逐漸受到水庫管理單位的重視，例如「石門水庫上游集水區保育治理之生態保育措施評估」計畫（2007–2008）、「翡翠水庫水生動物多樣性之長期監測」計畫（2006–2008）、「鯉魚潭水庫水域與周邊環境生態資源調查」計畫（2008–2009）等。過去日月潭水庫長期進行水中生物資源監測計畫，記錄魚種有 12 科 32 魚種，其中屬於特有魚種 8 科 16 種，另外 5 科 16 魚種為放流魚種，放流魚種佔 50%。本(2013)年以前放流魚種以曲腰魚(*Culter erythropterus*)、青魚(*Mylopharyngodon piceus*)、鱧魚、鯉魚(*Carassius cuvieri*)及草魚(*Ctenopharyngodon idellus*)為大宗，偶有鰻魚(*Cirrhinus molitorella*)、鯽魚(*Carassius auratus*)、泥鰱及武昌魚(*Megalobrama amblycephala*)放流。日月潭區漁會有紀錄者自 2007 年至 2012 年止，分別有 10,000 尾、118,767 尾、108,000 尾、38,000 尾、471,400 尾、149,600 尾，每年放流數量差異大，每年漁獲量亦完全闕如。另放流單位以宗教團體及臺電較為頻繁，其他尚包括南投縣政府、日月潭區漁會（該會自 2010 年起已停止放流魚種）及個人等等。庫區內水域生物種類、數量與水體品質息息相關，近年來雖然有相關放流（生）法令予以規範，但因缺乏對水域生物資源長期、計畫性的監測與控管，相關法令常無法有效落實與推動。因此，如何充分並即時掌握水域生物資訊，事前科學性規劃控管、事後計畫性追蹤評鑑，實為未來水庫永續經營管理必需面對的課題。

經濟部水利署計畫於北港溪河系上游建置湖山水庫，其水源為濁水溪河系之

支流清水溪，屬中游河川生態，另水庫位址位於北港溪河系上游支流梅林溪河谷，屬上游雷公溪型河川生態，暴雨來時河水迅速上漲，過後水量遽減，乾季時甚至部分河段有斷流情形。因此，水庫水源自清水溪越域引入後，不但清水溪下游河川生態會因流量減少而受衝擊，湖山水庫庫區下游水域（梅林溪部分）之河川生態亦將會造成影響。

因此本計畫擬藉由水域生物監測、指標魚種生活史、水域生物棲地需求及基流量、水域生物生態系食物網模式等資料累積與彙整，並參考國內外文獻與歷年來湖山水庫地區魚類資源現況調查成果，撰寫報告及湖山水庫庫區與關連溪流生態系經營管理建議書，提供相關單位未來水庫與溪流生態系經營管理及系統化監測參考。

## 1.2 建議書研擬流程

2001年1月30日湖山水庫工程計畫奉行政院臺經字第37096號函核定實施，惟為降低該計畫對生態環境造成的衝擊，2006年1月16日「湖山水庫工程計畫生態保育措施」經環保署以環署綜字第0950005611號函同意備查，工程開發單位施工時必需確實依照生態保育措施及「湖山水庫工程計畫環境影響評估報告書」相關內容及承諾事項辦理。

本計畫為生態保育措施專案研究計畫中之溪流生態系統之調查研究規劃計畫項下之子計畫，本計畫自2010年開始先討湖山水庫溪流生態系遭遇問題及未來經營管理方向架構圖（圖1），擬依此架構並持續納入2007年5月至2014年12月底溪流生態系相關調查研究成果分析資料加強並修正建議書的內容。

## 二、溪流生態系基本資料

### 2.1 地理資料

湖山水庫為一離槽水庫，位於雲林縣斗六市湖山里及古坑鄉棋盤村，水庫壩體分為湖山主壩、湖山副壩及湖南壩三部份，分別位於北港溪支流梅林溪上游之北勢坑溪支流土地公坑溪、中坑溪及南勢坑溪主流上。水庫設置目的主要為解決雲林地區用水供應並減緩沿海因長期抽用地下水導致地層下陷的問題。其集水區位於斗六丘陵西麓，北港溪支流梅林溪上游，行政區域則為雲林縣斗六市、古坑鄉相鄰山區，總集水面積僅6.58平方公里，水庫容量5,347萬噸，因梅林溪本身水源有限，故在鄰域濁水溪支流清水溪構築桶頭攔河堰（集水面積259.20 km<sup>2</sup>）



引水挹注。

### 2.1.1 庫區

庫區內共選擇 3 個樣站，分別為：南勢坑溪、崙尾坑溪及土地公坑溪，3 條溪流都為可跨越性之雷公溪型溪流，暴雨來時河水迅速上漲，雨後溪流水量迅速變小，乾季時甚至部分河段有斷流情形，3 條溪流又因溪流長度、坡降及河床底質的不同，形成不同的流況及生態環境。整體而言，崙尾坑溪底質組成偏大，流量小時地表逕流易出現不連續之情況，甚至完全變成伏流，較不利水域生物生存。另南勢坑溪雖然流路較長、水量較多且有連續流況，但因施工頻繁且環境變遷較劇，生態棲地環境較不穩定，上游區域亦有部分河段有斷流情形，亦不利水域生物生存。土地公坑溪擁有彎曲綿長的河道，也有穩定的水量及幽閉的環境，水庫完工蓄水後上游應仍有部分溪流型棲地環境存在，提供僅適合生活於溪流型棲地的魚類生存。2014 年間各樣區之棲地環境因施工範圍擴大而造成改變（圖 2）；其中土地公坑溪樣點因施工關係，已造成溪流河段棲地改變，加上氣候影響道路施工，導致部分月份（5、6 月）無法前往調查，故今年 1 月至 6 月底止仍未捕獲任何魚類及蝦蟹類。

### 2.1.2 梅林溪

庫區外梅林溪河段共選擇 2 個樣點調查，分別為梅林溪及北勢坑溪。2 條溪流河道較寬，水流趨於平緩；梅林溪因施工影響，泥沙堆積作用旺盛，水流量較不穩定；北勢坑溪的河道較彎曲綿長，也有穩定的水量及幽閉的環境，屬於溪流型溪地，以淺流為主（圖 3）。

### 2.1.3 清水溪

清水溪主流河段以桶頭攔河堰分為上、下游，各選擇 3 個樣點分別為：上游的樟湖吊橋、瑞草橋及桶頭吊橋；下游為桶頭橋下游、鯉魚大橋及南雲大橋。樟湖吊橋因自然災害的影響，造成道路及橋墩損害，河床上布滿大小不一的石頭，屬於溪流型的棲地，洪水時期，水流深且廣，也有部分深潭形成；其餘樣點的河道寬且長，洪水時期水流深且急，其中桶頭吊橋因長期施工而無法進入調查；另外瑞草橋樣點因今年 2 月開始進行疏浚工作，並將維持至明年 1 月，故今年將無法進入調查（圖 4）。

## 2.2 湖山水庫地區魚類資源現況

### 2.2.1 梅林溪流

自 2014 年 1 月至 2014 年 12 月底止，梅林溪河段共選擇 5 個樣點（包含土地公坑溪、北勢坑溪、南勢坑溪、中坑溪及崙尾坑溪等支流）魚類調查共發現 2 科 5 種 322 尾魚類（表 1），皆為臺灣特有種，無保育類魚種，主要優勢魚種為鯉科的粗首鱨（*Zacco pachycephalus*，41.3%）、鰕虎科的短吻紅斑吻鰕虎（*R. rubromaculatus*，22%）及明潭吻鰕虎（*Rhinogobius candidianus*，21.4%（圖 5）；與去年同時段調查結果相比，自 2013 年 1 月至 2013 年 12 月底止，魚類調查共發現 3 科 5 種 163 尾魚類，主要優勢魚種相同為鰕虎科的短吻紅斑吻鰕虎（*Rhinogobius rubromaculatus*，33.7%）、明潭吻鰕虎（*R. candidianus*，24.5%）及鯉科的粗首鱨（*Zacco pachycephalus*，23.3%）。以整體數量而言，今年魚類數量比去年魚類數量略為增加，推測原因可能為部分樣點因減少施工關係及氣候影響，使調查之魚獲量結果有較多的情形。

自 2014 年 1 月至 2014 年 12 月底止，蝦蟹類共記錄 2 科 2 種 141 隻，主要優勢物種為粗糙沼蝦（*Macrobrachium asperulum*，75.9%），其餘為多齒新米蝦（*Neocaridina denticulate*，24.1%）（圖 6）；相較於去年同時段調查結果相比，共記錄 3 科 3 種 140 隻，主要優勢物種為粗糙沼蝦（*Macrobrachium asperulum*，94%），其餘為多齒新米蝦（*Neocaridina denticulate*，1%）及拉氏清溪蟹（*Candidiopotamon rathbunae*，5%），以整體數量相比較，今年的物種數量與去年數量差不多，而截至目前結果仍未發現任何蟹類。

### 2.2.2 桶頭攔河堰上游（清水溪上游）

自 2014 年 1 月至 2014 年 12 月底止，清水溪河段（含上、下游，6 個樣點）共發現 7 科 15 種 1460 尾魚類，其中外來種 1 種、特有種 11 種、保育類野生動物 1 種（埔里中華爬岩鰍，*Sinogratomys puliensis*）（表 2）；主要優勢魚種為明潭吻鰕虎（35.9%）、臺灣石鱮（*Acrossocheilus paradoxus*，18.2%）、粗首鱨（12.3%）及臺灣馬口魚（7%）（圖 7）。與去年同時段之調查結果比較，清水溪河段共發現 7 科 14 種 839 尾魚類，其中特有種 11 種、保育類野生動物 1 種（埔里中華爬岩鰍）；主要優勢魚種相同的為明潭吻鰕虎（21%）及臺灣石鱮（16%），相異的為短臀鮠（*Pseudobagrus brevianalis brevianalis*，19%）。

桶頭攔河堰上游樣點從 2014 年 1 月至 12 月底止，共發現 3 科 7 種 173 尾魚類，主要優勢魚種為臺灣間爬岩鰍（30.6%）、明潭吻鰕虎（28.3%）、臺灣馬口魚（15.6%）、臺灣石鱮（14.5%）、及鮰魚（*Onychostoma barbatula*，5.2%）（圖

8)；因桶頭攔河堰的施工範圍擴大，桶頭吊橋樣點站全年無法進入調查，且今年因疏浚工程影響，瑞草橋樣點自 2 月開始無法進入調查，因此上游 2 個樣點之調查數量有逐漸減少趨勢。

蝦蟹類自 2014 年 1 月至 2014 年 12 月底止，清水溪河段共記錄 2 科 3 種 744 隻，分別為粗糙沼蝦 (78.7%)、多齒新米蝦 (18.1%) 及大和沼蝦 (*M. japonicum*, 3.2%)，其中粗糙沼蝦明顯較為優勢 (圖 10)；與去年調查結果相比，蝦蟹類共記錄 2 科 4 種 784 隻，分別為粗糙沼蝦、大和沼蝦、多齒新米蝦及臺灣沼蝦 (*M. formosense*)，其中也以粗糙沼蝦明顯較為優勢 (70.3%)。

桶頭攔河堰上游樣站自 2014 年 1 月至 12 月底止，共發現 1 科 1 種 143 隻的粗糙沼蝦，與去年同時段調查之蝦蟹類共發現 2 科 3 種 136 隻，且優勢種 (粗糙沼蝦，55.9%) 組成相同。

### 2.2.3 桶頭攔河堰下游 (清水溪下游)

清水溪過了桶頭吊橋後，其坡度漸緩，流速也漸緩慢，河道也較上游寬，自 2014 年 1 月至 2014 年 12 月底止，清水溪下游河段之桶頭橋下游、鯉魚大橋及南雲大橋為調查記錄種類最多的樣站，共發現 7 科 13 種 751 尾，主要優勢魚種類組成與清水溪河段 (含上、下游) 相同的為明潭吻鰕虎 (39.5%)、臺灣石鱚 (18.1%)、粗首鱚 (13.2%) 及臺灣馬口魚 (5.3%)，相異的為埔里中華爬岩鰕 (5.2%) (圖 9)；相較於去年之優勢種魚類相同的為明潭吻鰕虎 (20.7%)、粗首鱚 (14.2%)、臺灣石 (13.8%)，相異的為埔里中華爬岩鰕 (15.6%) 及短臀鱚 (12.4%)。

蝦蟹類調查結果，桶頭攔河堰下游樣站自 2014 年 1 月至 12 月底止，共發現 2 科 3 種 802 隻，主要優勢種為粗糙沼蝦 (75%)、多齒新米蝦 (21%) 及大和沼蝦 (4%) (圖 11)；與去年同時段調查結果比較，共發現 2 科 4 種 646 隻蝦蟹類，且優勢種類組成皆以粗糙沼蝦 (73.4%) 為主。

綜合以上結果，桶頭攔河堰上下游都有分布的魚種為明潭吻鰕虎、埔里中華爬岩鰕、粗首鱚、臺灣石鱚、臺灣馬口魚及臺灣間爬岩鰕，都為臺灣溪流常見魚類；蝦蟹類的部分，皆以粗糙沼蝦為主要優勢種。

## 三、經營管理策略

### 3.1 湖山水庫庫區 - 水質管理

在水庫集水區內，傳統物化水質方面有兩項最大的水質問題：1. 暴雨時水質濁度過高、2. 水質優養化（郭 1990）。暴雨時水質濁度過高則是與集水區的過度開發或開發不當有關。在集水區中公共工程的開發，土地超限利用或濫墾濫伐，若管理不當，往往會造成土石崩落或一些有害物質進入水體內。若是污染極為嚴重時，可考慮用工程技術做集水區的水中污物清理，如過多垃圾的清除、淤沙的移除、加強曝氣與生物方法加速分解污染物質等。所以在集水區內的任何工程開發都需要作完善的環境管理計畫。另一方面，則是實施土地使用分區，依據環保署的規劃，飲用水水源水質保護區內土地可分為三級：完全禁止區、限制管制區與許可管制區。並配合水源區居民之回饋制度，以落實分區管理，達到水源區保護與永續經營的目標。

而水質優養化主要是由於營養鹽的輸入過量而造成的現象（莊 1986）。所以，對營養鹽輸入的控制是這個問題的首要工作。營養鹽的來源可分點源與非點源，點源多半是家庭污水所致，其根本的控制策略是水庫集水區內的家庭污水接管處理，當然，更進一步則是控制集水區域內人口密度與開發度。非點源的污染不但是水庫優養化的主因，其控制也更困難：在農業方面，可以實施農地最佳管理措施（BMPs），如草溝、滯留池等，減少肥料與農藥的用量、使用有機肥或生物防治替代化學肥料及農藥，以減少因地表逕流帶走的營養鹽；另外，在畜牧業方面，家禽家畜的糞便及屍體也是主要的污染源，應該對飼養規模做限制，並應做好動物糞便等的管理與污水處理（楊等 2001）。

### 3.1.1 泥沙淤積

水庫集水區內的崩塌地所產生的岩塊或山坡上所沖蝕下來得泥沙，由地表逕流攜帶進入水庫，大量沉澱下來成為淤積。淤積會影響水庫的正常運作，減少有效蓄水容量，同時也可能影響取水口之正常運轉及水庫調節性能等甚至堵塞洩流設施而危及水庫安全，且泥沙淤積的速度對水庫使用的年限影響很大。

造成臺灣地區水庫淤積的主因有：地質結構較鬆散，岩層和土壤都很容易被水沖蝕而下；地形陡峻，強化逕流的沖刷能力；降雨時間集中，雨量豐沛，沖刷力量強大且水庫上游區域之土地利用密集，其主要影響因素有：

#### 1. 農業活動

人類之農業活動常需清除地面上原有植被及鬆動表土，導致抗蝕能力降低，土壤侵蝕率升高。其侵蝕比例與土地坡度、土壤特性、作物種類及耕種方式有關。

如清除山地上之森林所造成之侵蝕率遠大於清除緩坡或平地之植被；農業活動在泥岩地區所形成之侵蝕率大於抗蝕力較強之沙岩地區；坡地上栽種桂竹所造成之侵蝕率大於一般果園；山坡地以梯田方式耕作之侵蝕率將小於順坡耕種者。

## 2. 伐木

森林在伐木後可能因下列原因而導致山坡地崩塌：(a) 樹根腐化影響土層強度，減低坡面移動之抵抗力；(b) 擾動伐木區表土及破壞植被；(c) 蒸發散量 (evapotranspiration) 降低增加土壤水份，影響坡塊安定性。伐木對崩塌之影響與餘木密度、地被層植生、林地再生率及型態、伐木區具體條件及逕流特性等因素有關。坡地崩塌常在林木砍伐後，因根部腐化失去抗滑作用而發生，其程度在 10 年內常可增加 4~5 倍 (Bishop and Stevens 1964)。

## 3. 築路

山區築路是土壤加速侵蝕之主要原因之一。築路施工時常需於上坡面進行挖掘而於下坡面進行填土，多餘之土壤常被直接倒入下坡面，於暴雨時經逕流沖刷入河川。且山地築路也常導致坡面發生崩塌。其原因為：下坡面承受重量因填土而變大；坡面變陡，挖掘使上坡面支撐變弱；道路之排水導致逕流集中，沖刷能力變大；道路因排水不良而增加入滲量，使坡塊含水量趨於飽和 (Sidle et al. 1986)。以臺灣之翡翠水庫集水區為例：該集水區面積為 303 km<sup>2</sup>，1984 年水庫完工至 1995 年間之年均淤積率為 882,000 m<sup>3</sup>。因來沙幾乎全部淤積於水庫內，此期間集水區之年均土壤侵蝕率可估得為 2.91 mm。1996 年，因北宜高速公路之施工，當年 7 月 31 日~8 月 1 日受到強烈賀伯颱風之侵襲，集水區泥沙產量大增，水庫年淤積率升為 3,470,000 m<sup>3</sup>，相當於 11.45 mm 之年均土壤侵蝕率。依此來看，除因賀伯颱風侵襲外，北宜高速公路之施工可能為該年度土壤侵蝕率劇升因素之一。1997~2008 年間，水庫年均淤積率降為 623,000 m<sup>3</sup> (王 2013)。

## 4. 其他沙源

人為活動除了加速表土侵蝕外，也可能增加溪流沖刷量，例如溪流因河道內人工結構物 (例如水庫、攔沙壩等) 來攔阻泥沙使下游河床形成長距離沖刷，或因橋樑結構等緊縮水流而形成局部性沖刷。溪流也可能因集水區人為開發導致暴雨逕流集中，河道洪水流量變大而挾帶泥沙至下游河段堆積。

自然界中的崩坍與沖蝕，其因素複雜，如氣象、水文、地質、地形、山林等，多非人力所能控制，因此為減低水庫內泥沙淤積的速度，應結合政府與民眾力量

來共同維護自己的居住地及延長水庫的使用年限。

### 3.1.2 水庫優養化

水庫蓄水初期，隨著時間逐漸增加「優養化」將加速進行，優養化是指水域中藻類生長所需的營養鹽濃度逐漸增加的一種情形，其形成原因有許多種，往往是物理、化學及生物因子等一起相互作用之產物。原本水域的優養化是一水域生態系自然消長的過程，但透過人們的化學營養鹽等汙染物流入水庫，再經由溫度、光度、水體水文等的交互作用，再加上各種生物的參與，因而造就有利於某些藻類大量滋長的環境，再透過食物網關係，水中生物質量於是增加，加速水庫之優養化程度。

#### 1. 造成優養化之營養源型態

水庫營養源可分為天然因素及排放人為因素兩部分，天然因素部分，在水庫開始蓄水後，被淹沒地面植被、枯枝、落葉等會逐漸的腐爛，生態系統中扮演分解者（decomposers 或 reducers）角色的異營性生物，最終會將其分解成簡單的化合物或氮、磷等基本元素，經大氣沉降進入水體中或與土壤微生物形成固氮作用並重新參與物質循環，被自營性生物再次利用；另人為排放因素造成水域的優養化稱為人為優養化，其造成水體所涵容的氮、磷營養鹽因人為活動而逐漸增加大量的營養物質，而導致水庫水質優養化現象，而主要營養鹽（化學因子）因子有磷、氮、矽鹽等污染物質，以磷鹽所佔機率最高，氮鹽次之（郭等 2005）。

人為優養化之汙染源可分為點源汙染及非點源汙染，點源汙染是指汙染物由可確認的地點流入水體中，如工廠和廢水處理場廠的排水管線、下水道、排水溝等。非點源汙染則是指環境中的汙染物，並非由單一可確認的地點流入水體所導致的汙染，如大氣中的沉降物、都市下水道暴漲的逕流，及來自農、礦、營建業等活動的逕流所造成的汙染。非點源汙染的特性為散佈、間歇性發生，汙染來源為暴雨初期的沖刷（first flush），這些汙染物平日累積於集水區，當暴雨發生後的初期逕流及沖蝕，將使得大量汙染物被帶入承受水體，對水庫造成相當大的衝擊，其影響因素包括土地利用、氣候、水文、地形、原生植被及地質等，過程十分複雜。不管是農地、遊憩區、施工工地、都市、工廠及工業區，均會因降雨而沖刷出累積在地表及土壤中的營養鹽、各種汙染物及泥砂其未經處理直接排入水庫，並透過地表沖刷及地表下滲漏的途徑以流進河道或水庫（樓 2010）其中沖蝕的泥砂造成淤積、濁度、懸浮固體及磷、氮濃度的增加，且由於水流靜態化，沖刷下來的汙染物蓄積在水庫中，易造成水質惡化及水庫優養化，進而影響水資

源的分配與利用。

與點源污染相比，非點源污染起源於分散、多樣的地區，地理邊界和發生位置難以識別和確定，隨機性強、成因複雜、潛伏週期長，因而防治十分困難。隨著各國政府對點源污染控制的重視，點源污染在包括我國在內的許多國家已經得到較好的控制和治理，而非點源污染，由於涉及範圍廣、控制難度大，且相關之調查研究是需要花費相當的人力、物力，及長時間經驗之累積。

且水庫中有些藻類自身無法合成生長所需的維他命和一些有機酸等物質，它們需要自外界吸收這些有機物作為其營養才能快速滋長。而這些有機物大多數由水中微生物供應，藻類經由與微生物共生而得到這些營養物質。因此，當水庫在受到以上污染源之有機汙染時，它們會直接吸收和利用有機物使藻類快速滋長而形成藻華現象。據此，這些有機汙染物即成為造成藻華現象的關鍵汙染物。此情形常見諸於有些矽藻、金黃藻、甲藻、鞭毛藻等所形成之藻華現象（郭等 2005）。有些產生藻華現象之藻類代謝產物往往有毒，可能造成紅潮，使魚蝦貝類死亡，水質惡化，嚴重影響水庫供水品質及水域生態。水域中浮游藻類的增加原本為提高生態系中的生產量，原利於生態系生物，但當數量超過消費者所能消耗時，多餘的浮游藻類就大量死亡而在水中腐爛分解，造成水域中缺氧，使水中的魚蝦貝類死亡（註一）。又因水體缺氧造成有機酸的累積使 pH 降低，此同樣不利水生生物的生存。

目前此汙染源對水庫集水區之水體水質會造成極大的衝擊，除引起水庫淤積、縮短水庫壽命外，因藻類孳長，產生的水庫優養化現象對於水庫生物生長及自來水處理加藥量，及供水水質均造成重大的影響。

## 2. 水庫內藻類、營養鹽及代謝汙染物之間相關性

水庫優養化造成藻類過度繁殖，其藻類會產生許多代謝汙染物而造成水質和環境的問題，例如有些藻類產生藻毒、異味與臭味直接影響自來水之供水品質，有的藻類和微生物產生之胞外有機代謝物等，也間接造成藻類代謝汙染物之問題（郭等 2005）。

### (1) 藻毒：

有些藻種如藍綠藻、甲藻、綠藻、矽藻、金黃藻等（Chorus and Bartram 1999）會產生藻毒，這些藻毒有肝毒（如微囊藻毒 microcystin、nodularin、

cylindrospermopsin 等)、神經毒(如 anatoxin、saxitoxin 等)、過敏原(如 lyngbyatoxin、lipopolysaccharide (LPS)) 等。

(2) 異味及臭味：

有些藻類和真菌類會產生異味與臭味，此主要係有一些藍綠藻和放線菌等產生之 geosmin、methylisoborneol (MIB) 等物質，它們具有臭土味或霉臭味，使飲用水及水中魚、蝦類帶這些臭味。有些綠藻、甲藻、鞭毛藻等會產生帶腥臭味之化學物質，也影響自來水水質，常在優養化之水庫可聞到此異味。有的藻類產生草味物質，飲用水時造成令人不悅的感覺。

(3) 胞外有機代謝物：

有的藻類和微生物在生長時會產生一些胞外有機代謝物，這些胞外有機物多為小分子，屬於有機酸、酚類、酮類和醛、烷類等，用一般傳統之自來水淨水過程並不易予以去除，而這些物質在加氯滅菌過程中易與氯或其它鹵素形成三氯(或三鹵)甲烷等有毒物質。水庫因優養化而滋長之藻類愈多，產生此種胞外有機代謝物及三氯(或三鹵)甲烷等有毒物質的機會就愈高。

### 3.1.3 水庫底泥對優養化之影響

水庫水質發生優養化與過量輸入的營養鹽有關，除了從集水區進入的外部營養鹽，氮、磷也會自水庫底泥釋出，成為藻類生長來源。因此控制底泥營養鹽釋出被視為保護表水水質的重要方法之一。優養化使水庫基礎生產力旺盛，沉降有機物量也高。底泥礦化分解所產生的氮磷營養鹽、其他還原性物質及重金屬等很容易再被釋放回到上層水中，對水質產生影響。此種正向的回饋機制需要被打破，才能淨化水質。底泥釋出的污染物包括溶解及非溶解性的懸浮物，底泥釋出污染物以氮、磷及有機質對水質的影響較大，其中又以磷的釋出為主要考慮對象。尤其是底棲性魚種，譬如鯉魚等鯉科魚類，更會翻攪底泥而加速磷自沈積物釋放至水中 (Hansson et al. 1998； Persson et al. 1999)。而磷藉由食物鏈被浮游植物或動物吸收後再被魚類攝食，雖有部分的磷將被轉換成生物量形式儲存於魚體中，但隨魚種不同，將會有一部份的磷再度被分泌或以糞便及尿液之代謝形式排放至水體；所以魚類的代謝與分泌亦是其另一項來源 (Mehner et al. 1998)。而若水體的 pH 值上升時，也會加速磷自底部沈積物溶解至水中 (Bechmann et al. 2005)。這些自底泥釋放與魚體代謝產生的磷，都是水體中磷的內部再循環現象，



並無法直接使磷自整個水域系統中消失或減少；而當外界的磷卻又不斷地輸入時，將會使得磷在水中的含量不斷地累積。這些物質對水質的影響包括：(a) 底泥釋出營養鹽增加，使藻類大量繁殖，產生藻毒、異味與臭味直接影響自來水之供水品質；(b) 底泥厭氧釋出磺酸、腐植質等有機酸會增加水廠生成三鹵甲烷潛勢（郭等 2005）。

### 3.1.4 國內外水庫相關案例蒐集與探討

污染源分為非點源污染及點源污染，在水庫集水區營養鹽的來源及控制方面，非點源污染包括集水區地面氮與磷的收支及機轉與非點源污染之控制；點源污染包括水庫集水區營養鹽之控制方法及點源污染控制——人工濕地法。

#### 1. 日本：

1984 年，日本環境省（前身為日本環境廳）通過「湖泊水質保全特別措置法」，特別保護湖沼水質。並由內閣大臣召開大會訂定「湖沼水質保全基本方針」。1985 年指定霞浦湖、印旛沼、手賀沼、琵琶湖和兒島湖五個為最初整治湖泊，其後再陸續指定釜房水庫、諏訪湖、野尻湖、中海及 宍道湖等共十個為重點整治湖泊水庫。日本對湖沼優養控制分為採用湖沼前的控制及湖沼中的控制兩類，一般常用為湖沼中控制，即是在湖沼水庫中以物理化學或生物的方法將營養鹽或藻類去除。以下列出其中關於水庫內的治理方法（表 3）。日本對湖沼內控制優養化的方法有底泥釋出抑制法、強迫湖水循環來控制藻類生成、生物控制法、湖中去藻法、選擇性取水或放水法及人工浮島等。以下說明各個方法之原理、效果及適用條件（日本水道協會 1989；岩田修正 民國 79 年；中村圭吾 2001）。

#### (1) 底泥釋出抑制法

淤泥或生物體死亡沉積湖底，經分解重新回到湖水，常是湖泊重要的污染負荷。底泥釋出的污染物質以氮、磷及有機質如磺酸或腐植質等為主，前兩者會加速水庫的優養化，後者則會增加自來水三鹵甲烷形成的潛勢。磷的釋出速率，受溶氧的影響很大。在好氧狀況下，因底泥中的鐵離子為正三價會與磷酸鹽結合成不溶性之  $\text{FePO}_4$ ，因此不容易釋出。但在厭氧狀態下，鐵離子為溶解度高之二價鐵，磷的釋出率較大。底泥釋出的控制方法有：(a) 提高底泥上層水的溶氧使之成為好氧狀態，使釋出率降低（曝氣循環法）；(b) 清除底淤泥，以降低底泥之釋出量（底泥浚渫法）；(c) 固化底泥阻絕底泥之釋出（底泥覆蓋或固化法）。

## (2) 強迫湖水循環法

對於較深的水庫，表層受到陽光照射，水溫較高，底層溫度較低，自然形成分層現象。一般底層因沉澱關係水質較差，又因底泥之耗氧及溶氧由表層傳輸關係，底層溶氧較低，甚至降至零。為了使底部保持好氧狀態，以抑制底泥營養鹽的溶出，或是使表層藻類的光合作用經由水循環作用來增加底層水域的溶氧量，利用湖水循環的方法藉由機械攪拌（如抽水機、渦輪翼、水車等）或用曝氣方法迫使湖水上下層混合，打破分層現象，以改善水質。

## (3) 生物控制法

水庫優養化造成浮游生物繁殖過多，影響水質，生物控制法主要是利用生態水域食物鏈的關係，利用浮游藻類吸收利用水中營養鹽類，將無機營養鹽轉化成有機的浮游藻類質量，然後藉水生動物攝食藻類而削減藻類。生物控制藻類的方法有下列幾種：(a) 浮游動物法：利用某些浮游動物捕食藻類的特性，以控制水庫中藻類數量；(b) 魚貝類法：有些魚貝類以浮游生物為食物，可去除水中之浮游生物；(c) 水生植物法：在湖邊或湖中種植水生植物，利用植物生長吸收湖中氮、磷甚至重金屬，成長到一定階段再將植物收穫處理，以達到去除湖水氮、磷和淨化水質的目的。

日本在湖泊集水區營養鹽控制策略與方法方面主要分為點源控制工法及非點源控制工法。日本湖泊流入排水路營養鹽控制的方法，有礫間處理系統、接觸填充水路淨化法、曝氣法、薄層流淨化法、伏流淨化法、多自然型河川工法、水生植物淨化法、人工浮島等。非點源控制工法上，源頭控制較常使用包括林地更換較不易落葉的樹種、農地使用測溝施肥或緩效性肥料施肥；逕流處理，日本較常使用的控制方法，植物緩衝帶或保護帶、滯留池或人工濕地等，這些方法若國內地理環境許可，亦可適用；流入湖庫之河道或排水溝的淨化法，礫間氧化、接觸排水路、入滲、薄層流、漫地流、濕原、人工濕地、河道浚渫或湖口湖等，若環境條件合適、設計、施工與管理適當，國內均可使用。

### 2. 美國：

美國水質控制主要是依據 1977 年《水污染防治法》的標準—即可釣魚及游泳的水質，來管制廢水處理與工業廢棄物的污染。點源污染依據《聯邦水污染防治法》訂定一般放流標準與分類水質標準，並配合「全國污染排放削減系統」(National Pollutant Discharge Elimination System, NPDES)許可制進行管理，各州經

聯邦環保署許可後，建立各州的許可制度，大部份的州政府即透過許可的核發來管制集水區的點污染源，且 NPDES 要求每個點污染源排放者向地表水體排汙之前必須申領排汙許可證。非點源污染管理方面，則以 1977 年修正過後的水污染防治法為依據，管制的主要項目包括農業、畜殖廢水、礦業、都市暴雨逕流、建築物侵蝕等，強調運用「最佳管理方案」(Best Management Practices, BMPs) — 在不同地域、土地管理政策下採行不同的因應對策，分結構性與非結構性二類措施，結構性措施是利用結構設施，如建造滯留池、下滲溝、透水性路面、植物緩衝帶等，以對非點源污染進行削減；非結構性方法則是利用土地使用規劃、農肥料使用控制、營養鹽管理、改變農耕方式等促使污染減量。美國環保署准許州政府基於不同土地使用狀況，及其潛在危險性訂定不同的分區及土地使用辦法來保護水源，多數管制會隨著與水源距離增加管制之嚴格性也隨之變動(郭等 2005)。

#### (1) 美國環保署清淨湖泊計畫

1972 年起，美國環保署制定聯邦法規 Section 314 美國清淨湖泊計畫 (The Clean Lakes Program)，提供地方政府經濟及技術支援。之後陸續有許多湖庫受到支助進行水質改善計畫，以下說明美國 3 個優養湖泊之治理情形 (表 4)。

#### (2) 美國加州 Palmdale 湖泊【可調整深度之太陽能驅動曝氣機】

美國加州 Palmdale 湖泊之主要用途是作為鄰近自來水廠供水的水源，同時亦提供居民划船、釣魚及打獵等活動。平時風速頗大，在 2003 年有兩次風速高達 100 英哩/時。此湖泊所面臨的是外來流入的水含有高濃度之營養鹽以及藻華產生之問題。在 2002 年曾使用硫酸銅，然而無法完全改善藻華的問題，藍綠藻仍為優勢藻類，並且還有味覺及臭味的問題。為了解決上述問題，水庫安裝了 6 台太陽能曝氣機，利用可調整深度之太陽能驅動曝氣機進行整治，此曝氣方法是曝氣機底部接導水管，隨管子長短可因應不同深度的水體。此方式減少了原夏季大量產生之藍綠藻而促使綠藻成為優勢藻類，增加底部溶氧且其溶氧值與上層溶氧相近，湖泊中之生物亦變得有活力。在沒有改變入流水營養鹽濃度情況下，Palmdale 湖泊從優養狀態改善至中養狀態；此湖泊原本只能提供全市 25% 之需水量，亦因此提升至 60% (郭 2005)。

#### (3) 邁阿密之 Hillsdale 湖泊水質改善策略

Hillsdale 湖泊位於堪薩斯南方 30 哩的邁阿密縣，其因人為非點源汙染而

使湖泊出現大量藻類繁殖，造成湖泊優養化，魚類死亡率增加，加速湖泊的老化，使湖泊水質出現臭味，變得不適合人們飲用，亦增加水質處理程序的複雜性。在 1991 年由當地居民組成公民管理委員會（CMC）為湖泊的未來共同努力。「Hillsdale 水質保護計畫」即為湖泊和集水區制定了長期的保護項目，在 1993 年 5 月獲得環保署的資金，由當地的居民、環保署、聯邦政府共同合作展開水質保護計畫。Hillsdale 湖泊是採用總資源管理系統計畫（Total Resource Management System Planning）之過程，來達到改善水質和保護所有的資源。水質改善策略說明如下：

- A. 水質監測：包括總懸浮固體物、總磷、可溶解磷、總氮、氨氮、綠葉素 a 等水質項目。並將水質監測報告彙整，送交堪薩斯環境保護局，為日後的總量管制監控數據。
- B. 實施污染控制：對集水區實施水質保護和總自然資源管理，了解集水區附近農業地區、建築工地和鄰近地區的污染來源，並落實污染防治、控制水質惡化。資源管理計畫也包括告示牌警示、員警巡邏、圍牆隔離、野生動植物之保護。
- C. 農業污染管理策略：實施農地最佳管理措施（Best Management Practices），以控制非點源之水質污染。例如，對農業用地進行適度之營養鹽控管，以降低營養鹽過量之現象。肥料的施用可利用噴灑設備，減低營養鹽流失到地下水與地表水之機率。
- D. 城市和居住地污染：建立下水道實施計畫，以取代目前的現地污水系統，其主要效益為減除水庫周圍部份區域之地下飲用水污染，以維護公共衛生。
- E. 資料庫建立：利用 GIS 系統（Geographic Information System）建立足夠之資料庫，以便正確地找出集水區污染的位置，並適度地校正水質改善計畫，以建構完整的水質保護模式。
- F. 教育：透過參與集水區維護水源活動，增加民眾接觸水源地之機會，教導民眾關於點污染源和非點污染源的相關知識及防治，以落實教育宣導的成效。

#### (4) 歐洲：

位於歐洲義大利的 Lake Annone 與丹麥的 Lake Sobygaard 兩座湖泊，其採用包括底泥清除、生物控制等復育策略，並佐以結構性動態模式（structural

dynamic model)(Jørgensen and de Bernardi 1997; Jørgensen 2002) 進行水質模擬，成功削減了原本過高的磷酸鹽濃度和嚴重優養化的水質。

(5) 英國：

英國英格蘭水庫利用風力混合式曝氣機使整個水體循環將水庫的分層打破，同時曝氣提高水庫底部溶氧。

(6) 中國：

中國撫仙湖位於雲南省澄江縣右所鄉馬房村旁，為窯泥溝河入撫仙湖處，窯泥溝河為流經澄江縣城後入撫仙湖的主要河道之一，每年流入湖污水接近 300 萬噸。場址係由原來的 0.26 公頃之菜園和魚塢改建而成。由中央科學院南京地理湖泊研究所設計建設，每日處理水量達 3,500 至 10,000 噸，年處理污水約 300 萬噸，可滿足窯泥溝污水處理之需求，一期工程經費投資人民幣 169 萬元。河中污水經攔污閘去除垃圾及漂浮物後，引入人工濕地系統。該場址為溝渠表面流型，分區域種植香蒲、蘆葦、水芹菜、菱角、慈菇、水竹等 10 多種水生植物，水中污染物透過系統自然淨化處理後再經過濾池過濾後流入湖中，其總氮量、總磷量去除率分別為 50% 和 40%，懸浮固體去除率達 80% 以上，而化學需氧量和生化需氧量分別去除 60% 和 50%。另該場址每年可提供 30 多噸鮮魚和水生蔬菜，其經濟收入可支付部分操作管理費用。

(7) 國內：

在國內水庫水質評估標準上，國內目前並無專用於湖泊、水庫水質等級之法定分類標準，僅有訂定通用之「域地面水體分類及水質標準」，因此一般的評估也多是依此而行，在加上臺灣本島主要水庫之水庫優養化指標常用卡爾森優養化指數 (CTSI) 之有效容量加權來計算。卡爾森優養化指數是以水庫監測資料中葉綠素、透明度及總磷加以計算。另考量水源保護區內土地利用之使用、開發，產生之汙染物質不外乎「點源」與「非點源」兩種形式，其中「非點源」汙染部分，Li 及 Yeh (2004) 認為非點源汙染為臺灣水資源汙染主要來源，故以逕流體積、尖峰流率、產砂量、可溶性氮、磷及化學需氧量等 6 種因子計算集水區非點源汙染潛勢指標 (nonpoint source pollution potential index, NPPI)，研究結果認為 NPPI 能做為流域內非點源汙染管理工具之一，也能幫助決策者選擇最佳管理策略，NPPI 潛勢分類如 (表 5)。

經濟部在 2010 年於水利署水利規劃試驗所中的「永續水庫規劃研究」計畫內容有提到，用來判定水庫水體的水質汙染對生態影響的程度，需結合河川汙染指標、水質相關指標、科級生物指標（Family-level Biotic Index, FBI）與水庫優養化相關指標來做為水庫水質汙染評估標準方法之研究（經濟部水利署水利規劃試驗所，2010）。

針對國內水庫優養化之情形，目前已有多個水庫使用曝氣工法改善水質，如澄清湖及鳳山水庫之曝氣裝置，屬於連續式全層循環型式，鳳山水庫尚在表層水裝有散氣設備，以加強曝氣量（郭等 2005）。

### 3.1.5 未來經營管理策略建議

水庫之經營管理需事先診斷水庫各時期之狀況，再依據不同情況做分析再結合各種物理、化學及生物方法來控制水庫水質及延長水庫之使用壽命(圖 13)。

#### 1. 設立水文站

水文站包括氣象站、雨量站、水位站等，設置目的在收集水庫集水區域內的氣象（包含風速、風向、氣壓、蒸發量、相對溼度及氣溫等）與降雨量，及水庫集水區與上游各主要河川的水位資訊，作為水庫蓄水、調蓄利用的操作參考。現今因全球暖化、氣候變遷等因素影響，對於未來水文環境變化仍具高度之不確定性，如驟雨頻率變多、降雨量及強度增加、乾旱期增加等，極端水文事件發生規模與頻率改變，對水利建設及河防安全也造成很大的衝擊。因此除水文站外建議設置流量觀測站，維持水文觀測能量，強化即時傳輸功能，並能即時掌握及監控水文環境資訊與加值預報應用，以降低環境變遷的衝擊。

#### 2. 防污、水土保持

水庫建立後為減少淤沙進入水庫，應於集水區或周邊地域做好水土保持，集水區人為開發所引起之加速侵蝕可實施水土保持來抑止，其原則為依侵蝕型態採取適當措施，以降低地表逕流之侵蝕能力，提高表土之抗蝕能力，及攔阻逕流所挾帶之泥沙。各類型態土壤侵蝕可依其具體條件，單獨或綜合的應用上述各類水土保持措施來控制。說明如下：

##### (1) 表土侵蝕：

多發生於裸露地或農地。控制裸露地之表土侵蝕宜採植生措施，在已遭人為破壞之地表或坡面種植草生植物，以減低雨滴對表土之撞擊力及阻滯地表逕流以

減低其沖刷及輸沙能力，並以其根系抵抗逕流沖刷。植生所用植物宜以能適應當地土質與氣候為重要考慮因素。農地則宜採取梯田（亦即平臺階段）措施。

#### (2) 蝕溝沖刷：

集水區內之蝕溝在暴雨時因地表逕流入溝而發生坡面沖刷與溝底溯源沖刷。坡面沖刷治理措施包括：坡面植生以保護表土；在坡頂設置植物過濾帶及截洩溝以避免逕流及泥沙進入坡面；在坡面上設置安全排水設施，以避免逕流過度集中而沖刷坡面或淘刷坡腳。溝底溯源沖刷可沿蝕溝以適當間隔設置潛壩或節制壩以抬高水深、降低流速來抑止。

#### (3) 崩塌地土壤流失：

坡地崩塌不僅在坡腳堆積大量泥沙，而且坡面也易遭受侵蝕。控制措施包括：設置坡面穩定工程，以抑止崩塌之繼續發生；於坡面植生及設置安全排水設施，以抑制表土沖蝕；於崩塌處下游河道修築防沙壩以攔阻泥沙。

#### (4) 林地土壤流失：

集水區內宜林地因濫伐、濫墾以致發生崩塌或嚴重表土流失時，應儘快造林；近程措施為在坡面植生，並設置邊坡穩定與安全排水設施，以避免坡面逕流過度集中而發生嚴重沖刷或擴大崩塌範圍。

#### (5) 道路土壤流失：

集水區內未施以水土保持措施之道路極易在暴雨時形成滑塌與沖刷。改善措施包括：設置邊坡穩定工程及安全排水設施，並於坡面植生；設置路面排水設施；鋪設柏油或水泥路面，並使其具有縱向坡度，以避免因積水而至路面受損發生沖刷。

#### (6) 河道沖蝕：

河水可能沖刷河床或淘刷岸腳而發生崩塌。河床沖刷通常起因於上游來沙不足或河道局部過陡。改善方法為在陡急河段興建防沙壩、潛壩或節制壩。彎道凹岸可用護岸工程來抑止沖刷。

### 3. 水庫水質污染防治

要減少水庫優養化即要減少在水庫集水區的營養鹽來源，需先統計水庫水質資料以瞭解藻類生長之限制因子，並調查集水區內的營養來源（圖 12），其主要營養鹽來源大部份來自非點源污染物（磷、氮），尤其磷為水庫優養化之主要營養鹽。根據國內相關研究（郭等 1997），水庫或水源集水區之非點源污染是佔總污染量往往達到 90% 以上，非點源污染之產生主要為暴雨之沖刷及逕流之攜帶傳輸。因此水質污染防治可分為兩方面來進行，分別為源頭控制及逕流處理，可參考農地非點源污染最佳管理作業（表 6，范 1998），利用此作業規範來達成降低流速、減少沖刷、增加入滲以及利用植生控制等方法來減少污染量，以有效控制源頭之營養鹽來源。其主要方式如下：

#### (1) 源頭控制：

在營養鹽發生的地區實施各種污染防制措施，主要內容為集水區管理以及污染行為的管制。例如以氮肥管理為例，可加強推廣有機肥的使用，而其來元可參考日本低負荷資源循環策略（森田等 2001），將集水區中產生之農牧業廢棄物處理後再回歸集水區使用；磷的部分，植體內含磷量不高，使用複合肥料往往造成磷的過量，且磷肥與土壤的結合強，植物的有效吸收與施肥部位息息相關，因此單質肥料的使用及有效施肥的推廣，可有效降低磷肥的浪費。

#### (2) 逕流處理：

主要是以硬體的結構物將逕流加以處理，水庫集水區內受到坡度大的地型限制使得結構物設置不易，因此著重利用水庫邊較平緩的濱水區或下游河川做逕流處理，利用緩衝帶、緩衝區、天然及人工濕地、灌木樹籬及遮蔽帶等生態工法，利用植物攝取營養鹽或與土壤結合而沉降方式，以緩衝性的生態系統來減緩水庫優養化現象。

### 4. 水庫優養化控制方法：

水庫優養化主要是指水中營養成份因污染而增高，導致水中藻類數量增多的一種現象。但有些藻類不能適應優養化發生時所形成的特殊物理化學環境，例如低溶氧、高酸鹼度、高氨氮濃度、高硝酸氮濃度等環境，因而不能存活；反之，有些藻比較喜好上述的環境而成長得更好，因此造成數量上優勢，於是水中藻類



種類數目變少，而由少數能存活的種類以優勢之情形出現，造成種歧異度降低，此種藻種組成的差異，也連帶影響攝食者初級消費者和次級消費者包括浮游動物、節肢動物和魚介類等的組成和數量。因此，水質理化環境與生物鏈的結構和型態息息相關。而要有好的水質狀態則需由下列不同工法依據環境所需相互配合使用才能達到一定成效，相關工法如下：

(1) 物理工法（去層化作用）：

一般藻華之發生多及中在水表層，利用混合作用打破層化作用，以控制藻類濃度。控制分層方法之實施，需要對水庫水文及水質有相當之了解與即時監控之能力。打破分層可運用（a）曝氣法，增加底層溶氧，避免底層變成還原態，以減少氨氮和溶解磷的產生，其在某些水庫內確實可以發揮降低優養化的功能。或（b）攪動水體，破壞水體之分層現象，使藻體被帶到水體之下層而逐漸死亡。

(2) 化學工法：

A. 藥物控制法：

施用硫酸銅等殺藻劑或藻類生長抑制劑，去除藻類及植物性浮游動物，但需嚴格控制劑量和使用時機。

B. 改變水中營養鹽組成：

如添加特定營養鹽類，改變 N/P 比值等，以改變水中藻類相的組成。

C. 高級處理：

利用二段過濾法，微細篩，混凝沉澱及生物處理法去除氮、磷（林，2007）。

(3) 生物工法：

水庫有許多種類的水生動物、植物和微生物，浮游動物以浮游植物為食，魚類以浮游植物和浮游動物為食，魚類和其它水生生物死亡後，在微生物參與下被分解成二氧化碳、氮、磷等基本物質，而這些物質又是水中浮游植物的基本營養物，微生物在分解過程中要消耗水中的氧，被消耗的氧由浮游植物通過光合作用所產生的氧來補充。水中各種生物與環境，生物與生物之間相互聯繫、相互制約，構成了一個處於相對穩定狀態的水生生態系統。生物工法則是利用水生生態系統中的生物鏈形式來進行水質優養化防預，生物工法的至少有三個優點：a. 較經

濟，不需要昂貴的工程和儀器設備；b. 有魚獲產出，具有經濟利益；c. 使水生生態系維持較高的種歧異度，使其較能適應日後環境變遷的不同衝擊。不過，水庫如使用生物防治方式來減低藻類形成時，要控制生物防治之魚類多寡，如太多其排泄物或釣客使用太多之人工餌料，亦會造成水質優養化。要減少水域的優養化，唯有將我們日常生活所產生的廢水經過處理，減少磷酸鹽及硝酸鹽等成分後再排放到水中，再者改變我們的生活習慣及減少合成肥料的使用也非常重要。

#### A. 魚類防治：

生物防治法最常被利用之水生動物為魚類，國內、外研究發現，有許多種魚類對於湖泊水庫水質具有顯著的影響，且魚本身的體型大小與生長速率亦是影響水中磷循環的重要因素。因為生物體的大小與其代謝率有著反比異速生長關係 (inverse allometric relationship)，使得體型越小的個體的磷分泌量會越高，與其他研究有相似的結果 (Starling et al. 2002)。而植食性魚類雖能有效降低水體中浮游植物或藻類的數量，但當其族群量達高峰時，大量的排泄物與因自然或食物鏈中消費者間的掠食競爭而死亡的個體，亦將嚴重影響水域生態的健康。是故，若要利用生物控制的方式來改善水質，除了減少外界環境的輸入源外，則必須同時兼顧到水中原有營養鹽的去除與適當的掠食壓力。並且採取有效的魚類資源管理手段，維持水域生態系中生產者與消費者的適度平衡，是水庫管理單位在水庫開始蓄水後必需認真面對與重視的經營管理課題。

#### (A) 魚(物)種選擇：

鯉科的鯪魚可分為黑鯪 (*Aristichthys nobilis*，又叫花鯪或大頭鯪) 與白鯪 (*Hypophthalmichthys molitrix*，俗稱竹葉鯪或白葉鯪)。黑鯪性情溫馴，時常緩慢悠游於水域上層，主要攝食動物性浮游生物，且成長快速，和其他魚種一起混養，不只可以充分運用水體中的天然餌料，同時也經由食物鏈達到動態平衡以維持水質的穩定，黑鯪的浮游生物攝取量可達 6.7% 體重。白鯪善於跳躍，對環境適應力強，成長迅速，棲息於大型河流或湖泊的上層水域，並以浮游植物為食，又稱食藻魚，是藍綠藻天然的剋星，其可改善水體優養化的情況，減少水體中的氮磷含量並維護水體品質。研究報告顯示 (石等 1976)，白鯪在浮游植物繁盛水域中，每小時可攝食體重 1.4–1.6 % 左右 (乾重) 或 13.3% 左右 (濕重) 的藻類。在 4–10 月之生長期間，白鯪攝食的浮游植物平均可達其體重量的 11.4%。體長 9–11cm 左右的白鯪，每天濾食六百萬個細胞的螺旋魚腥藻 (*Anabaena spiroides*)。黑鯪、白鯪類因其終身攝食浮游生物的特性，對於控制水庫中各種

藻類數量具有顯著的功效(石等 1976)。另據侯文祥(2010)在翡翠水庫調查結果分析顯示,水庫內黑鯪及高身鯽數量與藻個數呈負相關,顯示增加水庫內黑鯪及高身鯽數量可有效控制藻個數。根據前人經驗,為平衡控制水庫浮游動、植物的滋生,一般係以 3:1 的比例來放流白鯪與黑鯪。

鯉科的草魚喜歡覓食湖底或邊緣的大型水生植,例如蔞草(*Vallisneria spiralis*)、黑藻(*Hydrilla verticillata*)、菹草(*Potamogeton crispus*)、小茨藻(*Najas minor*)等,甚至亦會覓食昆蟲及幼蟲。草魚的食量相當大,每天攝取沉水植物超過體重的 93%,甚至超過魚的體重。雖然某些魚類並無法完全消化藻類(尤其是綠藻),但是半消化物卻可能成為其他雜食性水生物(如蝦子)的食物,因此可以藉由食物鏈將所有藻類能量蓄積到大型魚類或是蝦類身上,再藉魚類和蝦類適當的資源管理,有效的清除水庫中的生質能,因此除了魚類之外,通常亦會放流相當數量的底棲性沼蝦(如日本沼蝦,*M. nipponense*),以清除水庫底部沈積營養物質。

## (B) 群聚結構

通常庫區魚類資源量會在水庫開始蓄水營運後幾年迅速增加,待魚類族群量達到高峰後,接下來會有年間或季節性的波動現象,然後再逐漸趨於穩定。年間或季節性的波動現象與魚類的生活史及環境變化有關,研究並瞭解這些變動因素將有利於庫區內魚類族群變動量的長期預測與未來水庫的永續經營管理。

### a. 魚類族群之形成

水庫建造完成後魚類的來源是原本上游流域存活下來及放養的魚種,湖山水庫因梅林溪本身水源有限,另自鄰域濁水溪支流清水溪構築桶頭攔河堰越域引水挹注,故其魚類來源尚包括來自清水溪的魚種。水庫的魚類群聚結構建立取決於個別魚種的性成熟時間長短,因此需要幾年的時間才會穩定下來。溫帶氣候地區將新開發水庫中之魚類群聚結構變化分為 3 個階段:(a) 成長期:魚類族群量快速生長增加;(b) 衰退期:溪流型魚類數量急劇減少;(c) 穩定期:形成以水庫型魚類為主體的群聚結構。通常在熱帶地區因為魚類的生活史週期較短,庫區魚類群聚結構達到穩定所需的時間相對也較溫帶地區為短。

### b. 魚種組成

水庫建立完成初期,可能有些魚種無法適應新的水體條件而無法在水庫中生

存，但有些魚種則非常適應新水體環境。在魚類族群已達穩定狀態的水庫中，也有可能受人為影響而破壞族群數量比例，例如無限制或無計畫性的開放捕撈、垂釣或人為不當的放生行為所引起的強勢掠食外來魚種入侵，皆將導致原已趨穩定的水庫魚類群聚結構失衡，進而崩解重組。因此，透過有系統的調查、監測與研究，謹慎研議、規劃水庫的魚類資源管理措施並加以落實推動，是水庫管理單位永續維護水庫生態品質必須採取的手段。

### c. 族群量分布

魚類是水庫最主要且最常見的水生生物族群，水庫的魚類群聚結構與族群數量與水庫的水質及生態環境品質息息相關。不同的魚種有不同的生活史階段、棲地喜好、攝食方式與季節變動，隨各自之生態習性不均勻的分布在水庫中。為了維護水庫良好的水質與生態環境，建議水庫管理單位最好可以長期、定期進行水庫的魚類資源調查及族群量評估，隨時準確、有效的掌控水庫各魚種組成、數量與分布等生物參數，俾據以擬訂適當有效的資源管理措施。一般常用的水庫魚類調查方法包括刺網、手拋網、大型蝦籠、魚籠、延繩釣等漁法。另特有生物研究保育中心曾於 2008 年利用科學魚群探測機，針對苗栗縣鯉魚潭水庫的魚類分布時空位置與現存量進行水下超音波聲學調查研究。相較於傳統庫區的漁法，聲學法可以相對快速、精確且大範圍的掌握水下生物現存量的多寡，提供管理單位更迅速、精確的生物資訊，值得未來湖山水庫經營管理單位參採。

### B. 貝類防治：

目前用來控制水庫水質的方法很多，近年較受重視的是生物鏈工法，屬於生物操控的一種。水庫生態系中的生物鏈可分為初級生產者、初級消費者、次級消費者和三級消費者等。其中浮游藻類和水生植物都是初級生產者，浮游動物和貝類等是初級消費者，魚類為次級消費者，生物鏈工法是利用魚、貝類攝食藻類的生物特性，企圖降低優養化以控制水庫水質，但使用魚類其可能衍生出其他問題，即是魚類可能在水庫內快速繁衍，排泄物反而增加汙染，另一方面，人類為了捕獲可觀之漁獲，可能帶來更多營養鹽汙染（如投入餌料），讓水質更難改善。為降低水中營養鹽，達到改善水質目標，國外已有數個國家利用貝類移除水中營養鹽，如韓國、日本和中國大陸，韓國主要是在實驗室中將廢棄牡蠣殼經日照曬乾後磨碎，以高溫和熱裂解方式將殼中的碳酸鈣轉成氧化鈣，灑入具有高濃度磷的水樣中，藉著氧化鈣和磷形成不可溶解的化合物，降低水中磷的含量，結果發現吸收磷達到 68% 到 98%；日本則是將貝類養殖用在改善水質上，在湖內養殖

蚬仔，經過捕撈，不但可創造不少產值還可以降低氮含量 15%；如果是運用珍珠貝改善水質，還可以收成珍珠；中國江南地區同樣以魚、貝混養方式，改善水質並獲取魚、貝收益，尤其是促進珍珠收成，但因常有人為達到豐收而放置營養鹽，反而不利水質淨化。

國內也有學者在新山水庫進行箱網養殖貝類之實驗試做，運用貝類攝食藻類之特性後再移除，大幅削減營養鹽的存在，並建議於水庫放養珍珠貝而不是一般食用性貝類，因一般食用性貝類可能引起民眾覬覦，下水撈捕反而污染水質，若採用珍珠貝，因經濟價值高，且經相關單位的法令管制並定期移除，不但達到控制水質效果，還可增加地方收入，但此方法較適合水淺的小型水庫，因水深的大型水庫水太深且水質變化大，不適合放養貝類（註十）。

### C. 水生植物防治

水生植物和藻類同樣都屬於初級生產者，其利用進行光合作用時，吸收水中的氮和磷等營養鹽類來達到降低水庫優養化之效果，不論是浮水性或是沉水性植物均可以達到相同作用。利用岸邊、淺水域、溼地或人工浮島等水生植物來吸收水中營養鹽，再利用動物攝食植物或是人工移除、捕撈，降低優養化程度。國內已有部分水域採用此種方式，如翡翠水庫在水庫上游施行人工溼地，在溼地中種植水生植物，先行將水庫上游之水源經由濕地過濾水質再排入水庫；花蓮鯉魚潭在汙水流入潭內前，先流經溼地，雖然溼地不大，仍有其成效。另日月潭、石門水庫等則運用浮島種植植物，但相對於日月潭或石門水庫之面積，浮島面積範圍顯得過小，以致整體效益有限。

#### (A) 人工濕地：

人工濕地係以生態、滯洪、景觀、遊憩或污水處理等目的，係包括以生物棲地營造為主的創造濕地，也是一處可營造出兼具雨水滯留與廢水處理(淨化水質)之場域，同時兼具景觀美質及除污的功能，進而促進民眾的生態旅遊等多重目標，符合生態工程精神的公共工程建設（註十二）。此濕地以工程方式構築池塘或溝渠，性質與自然濕地類似，並種植水生植物，導入廢汙水進行淨化處理之技術。即具有飽和含水層的土地領能承受經常性的洪水氾濫，並且有水生植物生長在水域上。濕地底不可為不透水土壤層或其他介質 20~30 公分，以提供水生植物著根（國立成功大學環境研究中心 2005）。

## (B) 人工浮島：

「浮島」的概念，來自水域的「陸域化」現象。許多陸生的植物，只要有好的支撐，也可以在水中生長，因此在天然湖泊或池塘的陸域化過程中，長在陸地上的植物，會逐漸蔓延生長到水面上，千百年下來，水面上就會形成厚厚的陸域植物層，稱為「浮島」或「草島」。人工浮島可以為污水處理效力，運用的就是浮島上植物能通透氧氣、根系能提供微生物附著生長的特性，不但能淨化水質，還能美化景觀、提供野生動物食物和棲息的所在及生產經濟作物與水生養殖功能。人工浮島也經常與表面流人工溼地相互運用，增加去污效能（註十三）。

在新山水庫也運用人工浮島，種植天使花、仙草和魚腥草等，學者發現它們都會大量吸收氮、磷，魚腥草對氮的效果較好。一般不建議種植具有經濟價值的食用植物，因為如水中營養不足，其生長狀態並不佳，而民眾若為了讓它長好而施肥，反而造成水質汙染，種植藥用植物或香料植物會比較適宜。水生植物工法較適合用在離槽水庫施作，如澄清湖和鳳山水庫等，其水源經由河川引導而蓄存於水庫，這類水庫可以用「庫前庫」的模式，即在水源進入水庫前，先在庫前小水庫（或溼地）沉澱、濾淨並經水生植物吸收營養鹽，這對於消除濁度、有機物及總磷等汙染有很大之成效，如此可以淨化及保障水源水質（註十）。

水庫水質狀態關係著工法施用的種類。例如水中濁度高時，宜先以濕地工法將懸浮固體、總磷和濁度等降低，然後才能考慮利用生物操控之工法進行處理。即人工濕地與水庫內之生物鏈工法串連使用，效果更理想。

## 5. 水生生物資源管理

### (1) 水生植物管理

在熱帶國家，很容易發生水庫區中的水生植物（漂浮型水生植物、沉水性植物及藻類）過量增生而導致水質惡化的問題，例如水庫上游集水區土壤營養鹽漸出，致使水生植物大量繁殖，因此水生植物管理為水庫經營管理上之重要問題。通常在經營管理上，針對水生植物清除方法有下列 3 種：A. 利用人工、機械清除或過濾等物理方法；B. 使用不傷害人、動物及魚類的化學藥劑清除方式；C. 利用某些草食性魚類、蝦蟹、螺貝類及水棲昆蟲等生物抑制水生植物大量增殖的生物防治法。上述 3 種方法也可以彈性地綜合應用。

## (2) 魚類資源管理-人工產卵場

在溫帶國家，因為鱒魚、鮭魚等需要洄游完成生活史之魚種，會因水庫調整放水量使其無法上溯至合適之產卵棲所，致使這些魚種的族群量減少。因此，經營管理單位會在水庫上、下游建造人工產卵場，提供對象魚種繁衍棲地。在熱帶地區則因為具上溯習性的魚種主要為草食性魚種，這些魚類主要的繁殖季節通常都在雨季，因雨季水流量較大，若水庫的溢流流速在其游泳能力範圍內，牠們通常可以順著水庫的溢流上溯至上游河中找到合適的產卵地。在經營管理上，則需於水庫的上下游區域之魚類產卵棲地限制魚類的捕撈活動，確保其生存安全。

## 6. 水質生態長期監測

需長期蒐集水庫注水後完整的水文基礎資料，採樣監測水中藻類，結合藻類的群聚組成分析，建構藻類生態系的演替機制，並調查其物種種類、相對數量與空間分布，以評估水庫水體的持續變化，以及生態棲地環境效益以及其對區域內原有物種的影響。

## 7. 水生物疾病與寄生蟲防治

魚類若感染寄生蟲，會使生長、繁殖等功能受到影響，導致魚類數量減少，一般而言，魚類寄生蟲一般存在於（1）淹沒前的溪流或土壤中；（2）新引進的魚種已感染；（3）食魚性鳥類或淡水軟體動物等中間宿主攜帶寄生蟲卵；（4）由上游溪流中流入。寄生蟲的數量與水庫年齡呈正比，（Bhukaswan,1980）建議在水庫經營管理上，應在水庫建置完成前後，定期於相同季節、固定樣站以固定方法採取水樣檢測來長期監控及預防控制寄生蟲大發生的問題。

## 3.2 水庫集水區-外來種與放生

水庫集水區不僅自成一完整的生態體系，更是居住在集水區內、外的人類或其他生物，不可或缺的多功能維生系統。集水區的開發無可避免地會改變水域原本的形貌與各種水利表徵，諸如物理性棲地、水質、水溫、營養循環、乃至生物量/能量關係亦隨之改變，而這些非生物環境因子的變化，或多或少均影響著生物族群與群聚的動態（Sale 1985）。水庫，即是將原本河道中流動水體改變成靜水環境，在棲地型態移轉後，原棲地水生生物亦面臨群聚消長的衝擊。水庫形成後，伴隨水庫集水區內不當的開發利用，各種污染往往使水中營養鹽快速累積，在流水程度受限、自淨能力不足的情況下，每逢水位降低及水溫升高，水體即呈優養化現象，造成水生生物食物網的混亂，大大破壞生態系原有的平衡。

且近年來從水庫集水區、到傳統的埤塘、甚至都會公園內的水池，總不難發現人類的蓄意或意外引入的外來魚種身影。部份外來魚種對污染物的耐受度遠高於本土魚種，也非常適應人為變換過的水域環境，再加上良好的繁殖能力，因此常成為水域的優勢魚種，如吳郭魚及琵琶鼠等。且外來魚種之棲地競爭能力較原生魚種強，易對原生魚種之族群量造成嚴重威脅，此種現象，不僅牽涉到不當的人為放流，且與人為改造棲地密切相關，環境中外來入侵生物嚴重氾濫的原因有很多，除了養殖生物的溢流，或是寵物的隨意棄養之外，每年的宗教放流、放生活動亦是外來入侵的重要來源，生態平衡因外來入侵生物的影響逐漸改變，如何保有原生種淡水魚類的生存空間，是個值得深思的議題。

### 3.2.1 外來種分布現況

在清水溪部分自 2007 年 5 月至 2013 年 12 月調查到的外來魚種有 5 種 24 尾，數量最豐為尼羅口孵魚 15 尾，其次為吉利慈鯛 3 尾，鯉魚、日本鯽跟琵琶鼠各 2 尾。調查到最多外來魚種之樣站為南雲大橋 st6，共捕獲到 4 種外來魚種，分別為鯉魚、日本鯽、尼羅口孵魚及吉利慈鯛，而琵琶鼠分別於 2010 年及 2011 年 9 月於鯉魚大橋 st5 樣站中發現，而尼羅口孵魚分布最廣，除南雲大橋 st6 樣站外，亦發現於桶頭橋下 st3 及鯉魚大橋 st5 樣站；在梅林溪部分目前並未發現到任何外來魚種。

### 3.2.2 外來種之來源

#### 1. 非蓄意引入：

開發中國家對工業化國家的主要輸出是各種尚未加工的初級產品，如木材、農產品等。砍伐後的木材往往成為許多動物的臨時棲所，最常見的有蛇及蜥蜴等。當木材運送至目的地後，這些不請自來的動物也進入了當地的環境，並有可能透過捕食或競爭，對當地生態造成衝擊。此外，這些木材也可能帶有各種害蟲，一旦擴散之後，對當地的林業將造成很大的損害。在農產品方面，假如引進時沒有透過正常管道檢疫，被帶進來的害蟲有可能攻擊當地的作物，對經濟將有相當大的衝擊。許多水棲外來種生物也會經由貨船的壓艙水帶到遠處，此種入侵管道是最紛雜且最難預防控制的。以下為部分已入侵臺灣之外來物種（註七）：

#### (1) 貓腥菊 (Praxelis)

原產於南美洲，具有長的開花期、種子的繁殖率極高、很強的養份吸收力等



特性，有助於快速生長及迅速覆蓋地面，影響其他植物的生長，目前常見於路邊、管理不良的農田、廢耕地及水邊。目前正在新竹、苗栗、臺中等地擴張中。

#### (2) 野生種向日葵 (Wild sunflower)

來自北美洲的向日葵是重要油料作物，早在 1700 年已引入臺灣。1995 年間，彰化縣漢寶附近卻出現一種類似向日葵的野生植物，經研究後認為是野生種的向日葵。野生種與栽培原種的區別最主要在野生種分枝性很強，而栽培種是單莖幹的。該野生種在當地似乎可以週年開花結實、種子萌芽力強且耐風耐鹽，並常見於西部海邊地區。

#### (3) 銀膠菊 (Parthenium weed)

早在 1986 年高雄縣美濃地區的人就把它當做花材來運用。到了 1995 年它已往北擴展到彰化縣漢寶地區，生長高度接近 2 公尺的銀膠菊已成為當地優勢的草本植物。另外在金門島，1983 年前全島未曾看過銀膠菊，然而在 1997 它已為最嚴重的入侵植物。近年來花蓮縣的光復地區及南投縣仁愛鄉山區也已發現它的蹤跡。這種植物也會引起人類皮膚及呼吸道不適。

#### (4) 大白花咸豐草 (Hairy beggarticks)

原產於美國，適應性很強、在臺灣幾乎全年開花結實、並能粘附動物皮毛上傳播。在臺灣各地平野地區幾乎都有它的分佈，也影響了許多原生植物的生存。

#### (5) 多線南蜥 (Indonesian Skink)

此種蜥蜴相信是隨東南亞進口的原木從高雄港進來的，臺灣首次發現地就是在澄清湖附近。多線南蜥的體長可達 12 公分，而尾長約為體長的 1.5 倍。它的食性與棲地需求非常的廣，因此它已影響到許多本土蜥蜴的生存。

#### (6) 中國梨木蝨 (Chinese pear psyllid)

果農因改良品種而從中國私自帶入梨穗進來，這當然沒有經過檢疫的過程，間接也進口了中國梨木蝨。剛開始為害時，只在果農自己的果園為害，損失的也只是增加農藥的防治成本、環境的污染及本身梨子的收成量，當中國梨木蝨擴散出去後，影響範圍也逐漸擴大。目前中國梨木蝨在臺中縣、南投縣及苗栗縣梨園

皆有害，需要動員政府農業及學術單位來防治。

## 2. 蓄意引入 (顏, 2000):

### (1) 農業引種或貿易行為:

基於農業發展或貿易上的需求，人類有計畫大規模引進飼養動物或栽培植物以作為食物來源，如早已歸化的吳郭魚、已有野外繁殖紀錄的牛蛙；或因藥用、牧草用、飼料及綠肥等用途所引進之外來植物（如藥用：毛地黃；牧草用：象草、白花三葉草；綠肥用：田菁；木材生產：銀合歡）。

### (2) 娛樂及觀賞用:

此類所引進物種多以民眾漁獵、育樂或觀賞用，包括寵物之飼養、放生、魚苗放流及觀賞花卉植物引進等，如巴西龜、大陸畫眉，各種熱帶鸚鵡，馬纓丹，非洲鳳仙。

### (3) 生物防治:

希望藉由天敵生物引進，以寄生或捕食方式來控制另一種生物的數量，進而減少農藥噴灑，為目前生物防治上所採用的方法。如引進瓢蟲以捕食介殼蟲，引進大肚魚以捕食蚊子的幼蟲子等。

### (4) 科學研究:

因科學研究所需，引進飼養或栽植於實驗室之生物，逃脫或不慎溢出後，而入侵當地生態系。例如非洲蜜蜂 (African honey bee) 即是從實驗室不慎溢出而分布於美國並造成危害的一種外來種生物。

## 3.2.3 外來種影響

### 1. 正面影響

增加可食作物或生物種類促進經濟發展。例如：一九四六年引進以來，吳郭魚創造了可觀的經濟價值，除了供國內民眾食用之外，養殖業者更打開了日本、美國等主要市場，可說成為外銷自用兩相宜的重要養殖魚種。引進新物種可利用其天性解決本土問題。例如：布袋蓮作為水質淨化的植物，因為繁殖力極高，能吸收水中大量的重金屬，在部分重金屬污染較嚴重的工業區，能夠減輕水質優養

化，是淨水、污水處理時的優良植物。

## 2. 負面影響 (顏 2000):

### (1) 對原生種的影響:

#### A. 掠食

掠食性的外來種會捕食當地原生物種，導致其族群量下降甚至滅絕。例如：1950 年褐色樹蛇由新幾內亞被引進關島後，至今已使 12 種特有鳥類消失了 9 種；非洲的維多利亞湖引進尼羅鱸後，捕食湖中各種魚類，造成 50% 以上的魚種滅絕。

#### B. 競爭

外來種的習性若與原生種相近，就會和原生種競爭食物與棲地等資源，排擠或驅逐原生種，以取代當地原生物種的生態地位，嚴重者亦會導致原生種之滅絕。例如引進臺灣的象草、五節芒以及引進蘭嶼的木麻黃均威脅原生植物；引進的家八哥、泰國八哥則威脅臺灣八哥的存活。

#### C. 傳染疾病或寄生蟲

外來種身上可能帶有外來疾病或寄生蟲，易感染沒有抵抗力的原生物種，使得原生種大規模染病，甚至死亡。早年歐洲人到世界各地探險、移民，傳播了各種疾病，引發原住民的感染與死亡。熱帶家蚊於 1826 年意外引進夏威夷，之後這個傳播禽鳥瘧疾和禽痘病毒的媒介昆蟲便迅速蔓延，並使 Kauai 島低海拔的特有唐納雀全數消失。二十年前在臺灣北部發生的松樹萎凋病，是由外來的松材線蟲引起的，造成琉球松樹的大量死亡。

#### D. 雜交

如外來種與原生種親緣相近，兩者自然雜交的機會將大幅提高，其結果會改變原生種的基因組成，降低遺傳多樣性，而汙染原生種的基因。例如大陸畫眉與高麗雉分別因叫聲優美與具觀賞價值，而被引進臺灣並大量飼養，但少部分被放生或逃逸的個體，在野外適應良好並與臺灣原生種雜交，污染了原生種的基因庫。

#### E. 改變生態系統

一個生態系中，各種生物均維持穩定的動態平衡，外來種的引進常會擾亂當

地的生態系統，造成失衡現象。例如：將野放家豬引進夏威夷後，因豬有挖掘植物根莖的習性，加上從其腸道排出未消化的種子，因而促進當地少數外來種植物的傳播與生存，大幅改變當地的植物相。另琵琶鼠、大肚魚與吳郭魚引進臺灣後，這些適應性強的外來魚種，已成為臺灣污染河川中的優勢種。

## (2) 對人類的影響：

### A. 經濟損失

外來種最直接的影響就是金錢損失。各國政府每年都必須支付龐大的金額防治入侵種或賠償外來入侵種所造成的農業、健康及生態損失。以臺灣為例，過去引進養殖的福壽螺與非洲大蝸牛，因為市場崩盤、農民棄養，使得這些外來種族群擴散，入侵農業生態系，噬食經濟作物，不但造成稻米大量減產，嚴重影響農作物收成，政府必須貼補農民損失，而農民則必須購買農藥進行防治，這些都是巨大的經濟成本。另一入侵種小花蔓澤蘭其生長快速，會奪取其它植物的養分，且阻礙寄生植物的光合作用，導致其他植物難以生存，故有「綠色殺手」或「植物殺手」之稱，亦嚴重危害經濟。

### B. 健康威脅

引發人類新疾病。

#### 3.2.4 不當放生外來種對生態的影響

放生為當前臺灣社會普遍存在的一種民間活動，因而也成為國內常見的外來種引入管道之一，儀式性放生的動物數量通常相當龐大，原生種及外來種都可能被作為放生動物，由於大多數儀式性放生活動僅為放生而放生，缺乏對於生態影響及被放生動物特性之了解，放生的結果除可能因環境不適合致使放生動物大量死亡外，然而放生過程釋放非常大量的個體，這種族群數量的急劇變化，提升了交配機會，並可能加快族群的擴張，更可能會對被放生地點生物帶來危害，甚至物種的雜交改變了原有物種族群的遺傳結構，更有可能導致原生物種的滅絕等生態災害。如生存臺灣淡水水域的巴西龜、福壽螺、烏頭翁與白頭翁雜交導致基因獨特性的流失、而日月潭也遭到外來魚類（如食人魚及玻璃魚）侵入等實例（方，2000）。

#### 3.2.5 國內外水庫相關案例蒐集與探討

## 1. 各國外來種入侵情形

### (1) 夏威夷

以夏威夷為例，滿山滿谷耀眼的美麗植物，幾乎都是外來種，就連套在旅客身上的花園，都是外來種花卉編織而成。根據植物學家的鑑定，在 1,935 種開花植物中，有 902 種是外來植物，它們幾乎佔滿了整個夏威夷，只除了最原始的棲地，即使在海岸低地及山坡較低處，看起來最自然的棲地，其植物也大半是由外界引入的。看起夏威夷曾經擁有一萬種以上的原生物種，經過無數殖民者的森林砍伐、濫殺鳥類與動物，以及成為太平洋商業及運輸中心之後，外來植物、動物、微生物，從全球各地不斷湧入，原生物種根本抵抗不了外來物種的壓境，只能接受外來種擴張成為「自然棲地」的事實（註三）。

### (2) 福壽螺

福壽螺於 1979 年引進臺灣，1980 年開始大量飼養與推廣，由於此螺飼養管理簡單，繁殖速度極快，所以飼養者趨之若鶩，但因肉質不合臺灣地區民眾口味，且可食部份僅及整體之 19%，加工製罐成本過高，因此養殖業者將大量福壽螺棄置於排水、灌溉水渠中。至 1982 年 7 月間各地二期稻作開始受到農害，受害農作面積達 17,000 公頃，其中水稻田面積達 4,000 公頃，政府花費三千九百多萬元試圖撲滅，但沒有效果。此後福壽螺危害越烈，19,980 公頃，單就稻米損害就高達 3,090 萬美元。福壽螺除在臺灣造成重大農業災害外，在亞洲其他國家亦有農害報告。於菲律賓 1989 年受害水稻田面積達 400,000 公頃，於日本在 1985 年受害農作物面積達 16,195 公頃，其中水稻田面積高達 16,122 公頃，此外中國大陸自 1988 年起也傳出福壽螺危害農作物的消息，整個亞洲國家均已受到福壽螺的入侵與危害（註四）。

### (3) 小花蔓澤蘭

小花蔓澤蘭雖於 1986 年在屏東地區即有標本採集紀錄，然而當時均未多加重視，孰料近些年來，卻在臺灣南部、中部及花東地區頻傳其危害報導，且已擴及北部地區。小花蔓澤蘭在臺灣地區業已造成嚴重的危害，目前在中、南及東部海拔 1,000 公尺以下的山坡地、林班地、廢耕地、人跡罕至的公有地、圳堤溝壁、廢耕或管理不良的果園、檳榔園等，都可見其蹤跡。小花蔓澤蘭在入侵地區到處蔓延肆虐，許多植物都被它纏勒覆蓋而死，或因光合作用受阻，使樹勢衰弱「室

息」而死，直接競爭原生物種生存棲地，導致原生態系的生物多樣性受到侵害，嚴重地影響著當地物種多樣性的維持及穩定。故被稱為恐怖的「植物殺手」、「綠癌」、「綠色福壽螺」或「生態入侵者」(註五)。

#### (4) 紅火蟻

入侵紅火蟻 (Red imported fire ant, RIFA; *Solenopsis invicta*) 原分布於南美洲巴拉那河 (Parana) 流域，在二十世紀初入侵美國南方，造成美國農業與環境衛生上非常嚴重的問題，也造成經濟上極大損失。目前美國南方 13 個州以上超過 1 百萬公頃的土地被入侵紅火蟻所盤據，受侵害地區經濟損失每年估計約 50 億美元以上，單是農業上的損失即超過 7 億 5 千萬美元以上。據美國德州政府西元 2001 年的統計，因入侵紅火蟻危害所造成的實際經濟損失每年就高達 12 億美元以上。近來因商業活動與農業運輸全球化的影響，入侵紅火蟻危害的問題不再只是美國或美洲國家重視的問題，全世界各國皆需極力防範入侵紅火蟻的侵入。但因交通便利及世界貿易全球化，而使防堵入侵紅火蟻向外擴散的策略終究百密一疏，於 1975~1984 年間入侵波多黎各，1998 年入侵南加州，更於 2001 年於紐西蘭與澳洲建立了新族群，並且已造成農業與環境上的危害。亞洲地區過去一直未有發現入侵紅火蟻的報告發表，在 2003 年 9~10 月於桃園與嘉義地區發現疑似入侵紅火蟻危害農地案例，經臺灣大學採樣鑑定後確定是入侵紅火蟻，且陸續有農民與民眾被叮咬而送醫的案例通報 (註六)。

### 2. 各國外來種防制相關法案 (註二)

#### (1) 美國

美國因外來種入侵所造成的損失已達 1000 億美元，同時美國境內有超過 40% 的瀕危物種受到外來種之威脅。由於自然環境受到嚴重影響，美國在 1999 年成立「入侵種委員會」(Invasive Species Council)，並於 2001 年展開「國家入侵種管理計畫」，提供有效處理外來種問題的重要架構與藍圖。「入侵種委員會」由內政部、農業部、商務部共同主導，協調包含州政府、財政部、國防部、內政部、農業部、商務部、運輸部、衛生及公眾服務部及環保署等機關。「國家入侵種管理計畫」目標在於統合相關機關管制外來種，與增強民間參與及國際合作。

#### (2) 日本

於 2005 年通過管理外來種專法——「特定外來生物被害防止法」，明令規定禁止飼養、栽種、保管、運輸、輸入及其他處理的「特定外來種生物」，並以 5-10 年的時間來驅除 20 種特定外來物種。此外，該專法也規定若有野放特定外來種等違法情事，將對個人處以 3 年以下有期徒刑或 300 萬日圓罰金，對法人處以 1 億日圓以下的高額罰款。

### (3) 紐西蘭

於 2002 年提出「生物安全計畫」(Bio-security Program)，並由生物安全委員會 (Bio-security Council) 統籌包含農林部、保育部、保健部、漁業部、環境部、研究及科學技術部、環境風險管理局等部門推動該計畫，以強化並確保未來紐西蘭的生產與自然環境不受有害生物及疾病的影響。

#### 3.2.6 未來經營管理策略建議

##### 1. 立法管制之相關法令規範

###### (1) 管制外來種

生物多樣性保育是目前全世界所重視的議題，然而不論是在面對本土生物多樣性的保育或是原生物種的保護，外來種問題都不容輕忽；臺灣擁有獨特島嶼生態系，對外來生物的入侵是敏感且脆弱的，因此深入瞭解外來生物在臺灣的發展現況與影響，並確實管理外來生物的引入，是亟需且必要的。目前國內管理外來種生物的法令及管理措施，可依循「畜牧法」、「國家公園法」、「動物保護法」、「野生動物保育法」、「植物品種及種苗法」、「森林法」、「漁業法」、「動物傳染病防治條例」及「植物防疫檢疫法」等法規。農委會負責大部分管理業務，並定期追蹤各部會辦理情形。若違反外來種相關管理法令時，罰則包括：(1) 非經中央主管機關同意輸入野生動物，處新臺幣 1 萬元以上 5 萬元以下罰鍰；(2) 違反經中央主管機關公告禁止飼養、輸入或輸出之動物者，處新臺幣 5 萬元以上 25 萬元以下罰鍰；(3) 擅自從國外引進新品種或新品系之種畜禽或種原，處新臺幣 2 萬元以上 10 萬元以下罰鍰；(4) 販賣或持有經公告禁止或限制的水產動物，處 3 年以下有期徒刑、拘役或科或併科新臺幣 3 萬元以下罰金。(5) 如果棄養的動物有破壞生態之虞，可處 2 至 10 萬元罰鍰。

國內推動外來種防治的現況可分為建立跨部會管理機制、分級防治與監控等部分，分述如下：(1) 建立跨部會管理機制：由農委會邀請內政部、衛生署、環

保署、海岸巡防署等相關機關及專家學者舉辦跨部會會議，進行監測及防治；(2) 加強入侵種生物防治：農委會將 21 種入侵種生物分為「優先防治」、「長期管理」及「觀察評估」等三類；(3) 持續蒐集聯合國國際保育聯盟所列世界惡性入侵生物名錄及鄰近國家（包括中國大陸）之入侵種名錄。(4) 加強寵物店販售生物之管理（黃，2005）。

## (2) 放生保育相關法令

### A. 中央主管機關

復考量放生活動近年來有朝向大型化及商業化之趨勢，其來源多購自野生動物飼養販賣者，據估計每年放生之動物超過二億隻，物種涵蓋蟲魚鳥獸；除可能造成放生動物不適應野外環境而大量死亡、污染環境及民眾恐慌（例如放生毒蛇）等問題外，亦增加破壞生態環境、傳播疾病或危害野生物種之可能，對野生動物之保育影響至深遠，現行野生動物保育法對於放生行為尚無明確規範，致使放生者無所依循，實應有效管理。為強化野生動物釋放之管理，行政院於 103 年 1 月 27 日將野生動物保育法修正草案函請立法院審議，野生動物保育法修正草案中將現行第三十二條規定修正為釋放經飼養之野生動物者，應經主管機關同意，使得為之。且前項野生動物釋放程序、種類、數量、區域及其他應遵行辦法，由中央主管機關定之。若違反修正草案第三十二條第一項規定或同條第二項規定者，釋放一般類野生動物者，處新臺幣 5 萬元以下罰鍰；其釋放保育類野生動物者，處新臺幣 5 萬元以上 25 萬元以下罰鍰。

違反第三十二條規定至釋放之野生動物大量死亡或有破壞生態細之虞者，處新臺幣 50 萬元以上 250 萬元以下罰鍰。另近代放生活動其來源多購自野生動物飼養販賣業者，除可能導致放生動物不適應而死亡，也增加破壞生態環境、散播疾病的可能性，因此林務局為配合野生動物保育法修正草案修正公布第三十六條第二項增列野生動物買賣、加工之規定，將原「營利性野生動物飼養繁殖管理辦法」名稱修正為「營利性野生動物飼養繁殖買賣加工管理辦法」，明確要求業者其動物來源必須合法，並應遵守飼主責任，以解決長久以來野生動物飼養、繁殖、販售的亂象。

在水庫集水區的放生活動，依照水庫蓄水範圍使用管理辦法第五條規定，應事先向主管機關提出申請。若未依規定申請任意放生，則依水利法第九十三條之三的規定，可處新臺幣 1 萬元以上 5 萬元以下之罰鍰。若在海洋、潟湖或潮間帶



等任意進行放生活動，則依漁業法規定，可處 3 萬元以上 15 萬元以下之罰鍰。

## B. 地方主管機關

### (a) 臺中市

放生保育自治條例於 2012 年 10 月 22 日公布，其條例內容（附錄一）為進行放生行為前要先與農業局申請，內容須包括申請人或團體之基本資料、放生目的與實施方法、時間、地點、放生對象之基本資料，包括來源、數量、食性、自然棲息環境等及預防造成放生動物緊迫或死亡與為害生態及風險評估管理措施。如未申請可處 2 萬元以上 10 萬元以下罰鍰，且違反規定導致為害生態環境之虞者，應負清理責任；如未清理則由農業局依行政執行法規定辦理。

### (b) 南投縣

放生保育自治條例於 2007 年 4 月 14 日公布，其為維護南投縣自然生態環境，規範人為不當放生行為，避免生態環境平衡遭受破壞，而訂定此條例（附錄二），如要放生應於實施前十五日擬具放生計畫向當地鄉（鎮、市）公所提出申請經縣政府核准後始得為之，如違反本自治條例第六條規定禁止之行為，處新臺幣 10 萬元以下罰鍰，其尚未放生之物種沒入。

### (c) 臺北市政府

於 95 年 6 月 6 日修正公布臺北市公園管理自治條例，以加強公園管理，維護公園環境設施，避免少數行為人因不依規定使用之禁止行為，給予適當之行政處分，以保障多數民眾使用公有設施之權益。如違反自治條例規定第 13 條第 2 款在公園內不得在水池或湖泊內隨意放生之規定，將依違規次數進行罰鍰，第 1 次處罰鍰新臺幣 2,400 元以上至 2,800 元以下；第 2 次處罰鍰新臺幣 2,800 元以上至 3,000 元以下；第 3 次（含以上）處罰鍰新臺幣 3,000 元以上至 4,000 元以下。或移請警察機關依社會秩序維護法之規定處理（附錄三）。

## 2. 放生魚種的限制及選擇

密集並選擇性的捕撈以及非法或不當放生行為的禁止，可以有抑制較強勢領域的肉食性魚類（如鯰魚，*Parasilurus asotus*）以及雜食性的外來入侵種魚類的族群數量，而使得原生雜食性及草食性魚種數量增加，維護水質與生態平衡。

放流可選擇不同魚種組合，以達其放流目的。一般以當地或臺灣原生魚種為

優先，其次為外來魚種。放養前應謹慎評估，避免破壞食物鏈的平衡。一般水庫放流魚種組合多選擇濾食動物性浮游生物的黑鱧、濾食植物性浮游生物的白鱧、攝食水生植物的草魚、攝食浮游動物、池底的螺、貝、昆蟲、紅筋蟲等底棲生物與植物種子，水生植物，底屑等的鯉魚、攝食浮游生物、藻類、水草碎片和腐植質的鯽魚等。由於鯉魚多於水庫底層攝食，攝食時會擾動底層沉澱的淤泥腐植質，造成水體污染，因此水庫蓄水初期前幾年不建議放流鯉魚。

### 3. 建立外來種監（偵）測、鑑定及早期預警機制

入侵種對於社會、經濟、生態環境、人類健康所造成的影響已引起各界重視，如何有效管理已刻不容緩。為避免外來種入侵造成水庫生態的衝擊，相關主管機關單位，應依照分工權責建立「水庫入侵種生物管理機制」，推動各項重點工作，包括：

#### (1) 建置外來種之管制：

對於現有本土野生動物的保護及限制外來種引進的相關法規應適時修法，來保障原生物種之生存及降低外來種可能造成之傷害。

#### (2) 定期環境物種監測機制：

培訓新的物種監測人員，使監測人員知悉外來物種及當地原生種之相關知識與資訊，以增加監測人員在進行環境物種監測時能降低物種辨識錯誤之情形，提升監測人員的監測能力，並建立監測調查計畫所需之頻度、時間及其他注意事項，且將監測資料建立成資料庫以方便查詢。

#### (3) 當地社區參與生態及環境因子長期監測之相關計畫：

主管機關應與水庫周邊社區建立夥伴關係，對社區民眾講解當地的生態特色及外來種危害之嚴重性，進而以社區自發性意識主動參與自然資源保育，使社區能因保育資源而受惠。

#### (4) 外來種影響評估、管理及偵測機制：

在水庫周邊應設立禁止放生之告示牌，並且積極進行影響原生種多樣性之入侵種防治，以及建立外來種清單，以維護水庫之生態平衡並對各種蓄意、非蓄意引入管道設計足夠的偵測機制，並能夠快速反應。如外來種有入侵之潛力，而造成水庫內原生物種生態環境之危害時，即啟動「入侵種生物防除機制」

系統，透過行政體系告知各入侵種生物管理分工主管機關或縣市政府轉知轄內人員或主動透過媒體進行宣導及教育，鼓勵區域內所有人員主動配合及隨時進行防除活動，減低外來種入侵之傷害。同時加強宣導及教育民眾充分認識水庫內的低風險或尚無立即防除必要之入侵物種，並瞭解其拓殖的速率或趨勢，反映給水庫各入侵種生物管理分工主管機關了解。建立流暢迅速的通報系統，一旦發現意外進入的生物，權責單位即可在最短時間主動介入處理，避免進一步的擴散污染；同時，水庫之生物防治須引進外來種生物時，應做好環境生態影響評估，降低或避免對原生物種造成衝擊。

### 3.3 垂釣

#### 3.3.1 垂釣開放之合宜性

水質維護是水庫管理單位必需重視的課題，水庫水質污染源不外乎人為活動將污染物和營養鹽帶入水庫。釣魚活動雖為健康的休閒娛樂，釣餌、誘餌及垃圾對水庫水質所造成負面影響卻可能大於正面影響。為維護公共用水之品質，水庫營運初期建議暫不開放垂釣。未來若有意開放垂釣，建議先行針對水庫魚種現存量作有效評估，並針對開放垂釣的季節、地點、人數、釣竿數量、魚鉤數量與大小、誘餌使用管制、漁獲數量與魚種體型限制等訂定嚴謹的垂釣管理辦法，俾在民眾享受釣魚樂趣的同時，亦能兼顧水庫水體品質與生態環境之健全。垂釣管理辦法研議時必需考慮（註九）：

#### 3.3.2 垂釣利弊分析

水庫為維持水中營養鹽之平衡，常會放入攝食浮游藻類之魚種，如白鰱或草魚等，又因一般水庫禁止捕捉漁獲，所以水庫內魚類數量可能會達到飽和狀態，當魚類數量過多，其所排放的糞便無法立即被環境代謝而污染水質，且同時有些魚種因為食性和習性不同的關係，對於水庫水質的維護並沒有正面的幫助，如啄食底泥的鯉魚和鰱魚等，反而會增加水質惡化的可能。過多可供垂釣的魚類也會伴隨著其他污染。如開放垂釣除了可以降低魚類族群數量至正常值外，另亦預期可以撈捕部分之優勢非原生種魚類，同時藉這些可以有效濃縮能量的魚類移除水庫中過多營養物質，以減輕水庫污染。這樣的方法曾在國內外大量的應用，並也得到相當顯著的成效，但為避免開放垂釣而伴隨其他污染產生應加強釣客的公德心，最常見的是釣客帶來的釣餌包裝袋、香煙和檳榔的紙盒、維士比、飲料罐、便當盒和煙蒂。另外，要在廣大的水域中誘使魚類靠近，每個釣客灑下的誘餌量更是驚人，此行為亦會造成水中有過多的營養鹽，反而本末倒置的增加水庫的優

養化。水庫除了蓄水防洪、供應民生、農業和工業用水之外，也是野生動物廣大的自然棲地和社會大眾觀光和遊憩的地方，亦是我們接近自然和進行環境教育的絕佳教室，因此要維護水庫的環境及水質需要透過硬體建設、軟體制度和管理思維來教育大家共同維護其珍貴水資源。

### 3.3.3 國內外水庫相關案例蒐集與探討

#### 1. 香港

在現有的十七個水塘於魚類非繁殖季節（即每年九月一日至翌年三月三十一日）會開放給民眾釣魚。如欲到水塘釣魚的民眾，須先向水務署申請釣魚牌照。如釣獲 36 公分以下的鱸魚、30 公分以下的鱧魚及其他 18 公分以下的各種魚類均須生放回水塘內，而長度測量是由魚頭最前端起計至魚尾最末端止，另每名釣魚民眾一天的漁獲，不得多於長度 36 公分以上的鱸魚兩尾，30 公分以上的鱧魚兩尾，以及其他 18 公分以上的每種魚類兩尾（註八）。

#### 2. 美國

在美國科羅拉多州 Big Thompson 河，當地漁業局規定垂釣者一天至多只能釣二尾鱒魚，而且尺寸不得小於 16 英吋。

#### 3. 新加坡

麥里芝水庫為了維持水庫的水質與清潔，管理當局在垂釣區開放區設立告示牌和箭頭，旁邊還有佈告欄宣導正確的釣魚觀念和相關資訊，僅能使用釣竿（不超過 2.7 米（9 呎）長）、釣線和人工餌，鼓勵民眾在水庫垂釣時使用沒有倒刺的魚鉤和擬餌釣法，以減少水域的污染。教育民眾愛護大自然、不要餵食野生動物、不要亂丟垃圾、不要侵入自然棲地、不要污染水庫和在林間輕聲的行走等等，利用管制、誘因、傳媒、教育、組織和制度來達成環境教育之目的。

### 3.3.4 未來經營管理策略建議

#### 1. 限制或禁止法令規範

##### (1) 主要依循條例

##### A. 水利法

違反第五十四條之一第一項第七款所規定，為維護水庫安全，水庫蓄水範圍

內禁止違反水庫主管或管理機關公告許可之遊憩範圍、活動項目或行為。違反者，依同法第九十三條之三第一款規定，處 1 萬元以上 5 萬元以下之罰鍰。

#### B. 水庫蓄水範圍使用管理辦法

次按水利法第五十四條之二授權訂定之水庫蓄水範圍使用管理辦法第五條第一項規定「於蓄水範圍內為下列使用行為，其行為人應向其管理機關（構）申請許可：一、施設建造物。二、變更地形地貌。三、放生、捕撈孳生魚類、水產物。四、行駛船筏、浮具。五、水域、水面使用。六、其他影響水庫水質、水庫營運安全之使用行為。」，許可方式則由行為人依「水庫蓄水範圍使用管理辦法」第十條、第十一條、第十三條規定提送申請書及其他相關證明文件，向主管機關申請許可。釣客垂釣範圍僅限於申請許可活動區域，嚴禁於上述限制活動區域內垂釣及船筏、浮具上垂釣。

#### (2) 各水庫禁止垂釣依據法規

##### A. 北部水庫：

##### (A) 石門水庫

依據「石門水庫水域水面使用許可及管理要點」第九條水庫蓄水範圍內禁止垂釣以及游泳，申請人亦不得提出上述活動申請，水域水面使用人之使用內容不得有違反水利法第五十四條之一規定，如有違反者，依同法及其相關法規辦理。

##### (B) 翡翠水庫

水利法第五十四條之一及水庫蓄水範圍使用管理辦法第二條、第三條、第五條、第六條規定。

##### (C) 寶山水庫

水利法第五十四條之一。

##### (D) 新山水庫

水庫蓄水範圍使用管理辦法第二條、第三條、第五條、第六條規定。

(E) 鳶山堰水庫

水庫蓄水範圍使用管理辦法第二條、第三條、第五條、第六條規定。

B. 中部水庫：

(A) 永和山水庫

水利法第五十四條之一。

(B) 明德水庫

水庫蓄水範圍使用管理辦法第三條、第五條、第六條、第十條規定。

(C) 鯉魚潭水庫

水利法第五十四條之一。

(D) 石崗壩水庫

水利法第五十四條之一、第五十四條之二及水庫蓄水範圍使用管理辦法第五條規定。

(E) 頭社水庫

依據水利法第五十四條之二及水庫蓄水範圍使用管理辦法第二條、第三條、第五條及第六條規定。

(F) 霧社水庫

水庫蓄水範圍使用管理辦法第二條、第三條、第五條、第六條規定。

(G) 日月潭水庫

依據水利法第五十四條之一及水庫蓄水範圍使用管理辦法第二條、第三條、第五條及第六條規定。

C. 南部水庫：

(A) 蘭潭水庫

水利法第五十四條之一及水庫蓄水範圍使用管理辦法第二條、第五條。

(B) 仁義潭水庫

水利法第五十四條之一及水庫蓄水範圍使用管理辦法第二條、第五條。

(C) 白河水庫

依據水利法第五十四條之一及水庫蓄水範圍使用管理辦法第二條、第三條、第五條及第六條規定。

(D) 烏山頭水庫

依據水利法第五十四條之一及水庫蓄水範圍使用管理辦法第二條、第三條、第五條及第六條規定。

(E) 曾文水庫

依據水利法第五十四條之一及水庫蓄水範圍使用管理辦法第二條、第三條、第五條及第六條規定。

(F) 南化水庫

水利法第五十四條之一及水庫蓄水範圍使用管理辦法第二條、第五條。

(G) 阿公店水庫

依據水利法第五十四條之一及水庫蓄水範圍使用管理辦法第二條、第三條、第五條及第六條規定。

2. 漁期、漁具、漁法、漁場、努力量之限制或禁止

(1) 劃設禁釣區域及季節

可對水域內的所有魚類訂定一個最短的共同禁止釣魚期間，亦可視對象魚種

之生活史來訂定不同魚種之繁殖期及繁殖區域來設置禁釣區域及禁釣季節，避免對象魚種在繁殖期時被大量釣獲而造成族群量失衡，亦可減少對繁殖期的干擾。在繁殖期間，除了因為人工繁殖的目的必須捕捉種魚外，通常是禁止捕捉魚類的。繁殖期不但可保護魚類之生殖，也可保護濱水植物的生長及水鳥的棲息。

## (2) 魚體大小限制

為避免尚未成長的魚類被捕捉，因此限制可釣獲魚類的體型大小，若水庫內的功能性魚種種類不多時，限制開放釣獲的魚體型大小，可以保護繁殖能力較差之魚種。通常每一魚種的體型限制標準設定在可供漁獵活動的適當成熟體型，可以雌魚的體型為設定之標準依據。而一般常見的控管措施為規定網目或魚鉤大小與數量。當然魚類體型會因生活環境不同而改變。而此限制雖給釣客帶來許多不便，但為使魚類資源確保永續利用，其是水庫經營管理重要的一環。

## (3) 魚釣限制

限制每日釣客數量、使用漁具、釣獲數量及收費等項目。漁獲量限制可以緩減捕捉壓力，亦使釣客有感受釣魚的樂趣。

## (4) 漁法限制

嚴禁破壞性的捕撈方式，如電魚、炸魚或毒魚等或是其他危害性較強的網具或漁法。

### 3.4 梅林溪、清水溪（桶頭攔河堰）

#### 3.4.1 河川流量與水域可利用棲地面積減少之相關問題

##### 1. 移動限制

攔河堰因切割原本連續的河道，廊道中斷使得洄游性生物路徑阻隔和區隔化。

##### 2. 水域棲地不足

攔河堰下游流量減少後，部分魚種將會受到影響或限制。

##### 3. 河川水質問題



河川污染主要是由於污染物未經妥善處理即排入水體，超過了水體的涵容能力，以至影響水體正常用途，或危害國民健康及生態環境。污染來源可分為：

#### (1) 點源

污染物透過管線網路收集，並且在固定地點排放，例如工業廢水、都市廢水等。

#### (2) 非點源

主要由降雨造成地表逕流所產生，暴雨初其所產生之地表逕流造成大面積的沖刷與土壤侵蝕，沖刷帶走自然或人為之污染物，如泥沙、營養鹽與毒性物質，直接進入承受水體，最後沉澱堆積於河川。非點源污染變動性遠比點源污染為大，發生之地點及時間均有很大的不確定性，主要受降雨、土地利用、水文、地形及地質等因素影響，且傳輸途徑與過程十分複雜，難以辨別及監控。其主要來源包括：

- A. 農業活動施肥、除草劑、殺蟲劑等過量使用。
- B. 地表逕流沖刷路面地表油漬或是毒性化合物。
- C. 河床侵蝕或是建造用地、農地及林地不當管理所產生之沉積物。
- D. 灌溉活動所產生的營養鹽及垃圾掩埋場之滲出液。
- E. 家禽或是動物排泄物所產生之營養鹽及微生物。
- F. 大氣沉降作用及雨水之變化。

#### 4. 外來種問題

水庫建造後，水庫下方溪流流量減少，將造成下游水質惡化及水庫中外來魚種流入溪流中，目前外來魚種大多耐污染、耐低溫，且性兇猛、領域性強、易攻擊其它魚種，嚴重影響下游溪流之原生物種之生存，可能使其族群量減少甚至滅絕。

#### 3.4.2 國內外河川棲地改善相關案例蒐集與探討

## 1. 國外改善魚類棲地案例：

### (1) 拆壩

根據 2011 年科學期刊指出，以國外經驗而言，美國在 1950 年代所建的堰壩，至今據估計約有超過 75000 座的堰壩接近或已達到其使用年限，需要聯邦能源組織等相關單位核可發行續用許可。因此進一步促使了相關單位對水工結構物所造成環境生態系統可能有的衝擊進行詳細的檢查評估。以位於奧勒岡州 (Oregon State)、因發電與供水需求而興建於 1909 年的馬莫 (Marmot) 壩為例，其壩高 15 公尺，攔蓄泥砂量約 75 萬立方公尺。由於其在營運 80 年後已失去原本的功效，且因執照使用年限屆滿，經過整體評估後，馬莫壩於 2007 年被移除。在拆除的過程中，生物學家同時先行遷移數百條在影響河道範圍的魚類，移至相關養殖區放置，以免在壩體移除後，泥砂所造成河道濁度標高，影響當地鮭魚，壩體拆除後魚類可往上洄游、多了近 150 公里的棲地可供利用，且已在原壩址上游發現為數不少的鮭魚。

### (2) 改善魚類棲地：

在河川魚類生產力低的環境中，經過人為棲地的改變往往可增加河川中魚類的數量。例如在日本兵庫縣的圓山川流域，其水域原來最深僅 80cm，後來挖掘成 3m 的水潭，結果在 1m×2m 的範圍裡，魚群的密度增加了 4 至 15 倍，現存重量則增加了 60 至 120 倍，魚體體型也自改善前的 5cm 增加為 25 至 40 cm (水野，1987)。在威斯康辛州的小溪中，1980 年也曾因為使用河流改向設計，使河寬變窄、深度增加，並且增加河岸遮蔽物，結果使得魚類數量以及垂釣者的漁獲量也增加。在一條有遮蔽物的溪流中，以縱向 6 公尺間隔放置一半邊原木 (Single half-log)，使得體長 25 公分或甚至更大的野生鱒魚族群在三年之內，由放置前平均每英哩有 40 尾魚，放置後平均每英哩有 450 尾，共增加了 11 倍 (註九)。

## 2. 國內案例：

「濁水河流域上游栗栖溪之魚類棲地改善及生態評估」計畫針對臺灣高山河川之魚類生態常因水利工程之開發而受破壞，進行研究調查與生態評估 (汪靜明，2011)。藉由河川生態基流量之設計，當以維護或改善魚類等河川生物之存活條件，並保持河川生物多樣性與生態完整性為規劃理念。在魚類棲地改善之生

態效益評估上，經由長期生態監測結果，發現原河段調查之指標生物—原生種魚類，包括：臺灣爬岩鰍、埔里中華爬岩鰍、臺灣石鱚、臺灣鮭、鮎魚、粗首鱻、川鰕虎，均仍棲息於整治河段，且數量有明顯增加之趨勢。因此，以生態工法進行魚類棲地改善工程，可形成多樣化的水域型態，對於魚類棲地改善及恢復具有幫助，而有效維繫生態基流量，亦有助於栗栖溪魚類的保育。

### 3.4.3 河川棲地改善之未來經營管理策略建議

#### 1. 基流量

##### (1) 清水溪河川生態基流量建議

若以臺灣石鱚為清水溪魚類之雨傘物種，依據「清水溪水域生物棲地需求研究」計畫執行成果資料顯示，以當時清水溪河川斷面現況與臺灣石鱚棲地適合度資料評估，流速參數對映之權重可使用面積在流量 10 cms 及 1.5 cms 達相對大值，即為 WUA 值之理想值。當考量水源利用效率時，若以 WUA 值之理想值或 WUA 佔總水域面積百分比之極大值的某個百分比（如 80%）為考量，則枯水期之生態基流量約為 0.5 cms、豐水期之生態基流量約為 6 cms。

枯水期之生態基流量為 0.5 cms 時，低水河槽水深為 0.12 m、流速為 0.69 m/s，水深遠低於一般生態學者建議之 0.30 m，將產生水溫提高及棲地多樣性惡化之不良影響，故建議枯水期之生態基流量維持 1.5 cms，水深為 0.17 m、流速為 0.87 m/s。豐水期之生態基流量為 6 cms 時，低水河槽水深為 0.35 m、流速為 1.42 m/s，可滿足棲地多樣性，低水河槽流速偏大時魚類會移往低水河槽兩側與灘地交界處，當地之流速降至約 0.40 m/s。惟前揭結果係以當時（2010 年）清水溪河川斷面進行評估，近年來經多次颱風、洪水之影響，河川斷面早已今非昔比，建議未來桶頭攔河堰正式營運時，應以清水溪河川斷面現況，配合雨傘物種棲地適合度曲線資料進行正式評估，以求得最新、最適之生態基流量。

##### (2) 梅林溪生態基流量：

因湖山水庫為自然溢流型水庫，梅林溪原即為雷公型河川，原河道水量即相當不穩定，雨季有水，乾季可能斷流僅剩伏流。未來水庫完工後，當乾季水庫水位未滿無法溢流時，如何排放生態基流量至下游，將是水庫管理單位必需思考的課題。

## 2. 雨傘物種選擇與保育

### 3. 封溪護魚

封溪護魚係地方政府依據漁業法第 44 條規定，公告特定溪流河段之特定時間限制或禁止捕獵使用水中魚類等生物資源，達到資源管理之目的，而當地社區亦配合成立巡守隊與保育社團，共同維護溪流生態資源。湖山水庫施工後，梅林溪上游的土地公坑溪、南勢坑溪、中坑溪的魚類族群量隨著工程的進行而逐漸減少，北勢坑溪則反而有增加之趨勢，顯示施工區河段魚類有移棲北勢坑溪的現象，北勢坑溪成為保存庫區原有魚種之重要溪段。建議有關單位協助當地民眾申請北勢坑溪為封溪護魚之重點水域，嚴加保護梅林溪上游僅剩的魚類棲地，並由學術研究單位輔導當地居民在該溪段封溪前、中、後進行水域生物監測調查與棲地的巡守與維護管理工作，以經營維護良好之溪流生態，未來可成重要之休閒產業與環境教育資源。

### 4. 棲地補償與改善措施（蜿蜒化、深潭、生態池... ..）

改善魚類棲地：可將原溪段蜿蜒的地方用人工方式挖掘為深潭水域，深潭除了在雨季時儲水，亦可增加魚群的棲地利用範圍。

## 5. 水質污染防治

河川遭棄置廢棄物後受污染之河水將引起食物鏈的變化，直接或間接對人體產生不利的影響，有鑑於此，對河川水質防治為一種要課題。目前國內的河川生態水質評量主要以河川污染指數（River Pollution Index, RPI）來當河川水質指標，RPI 是界定河川總長度中優於輕度污染河段長度比率。主要量測河川水質中溶氧（DO）、生化需氧量（BOD）、懸浮固體（SS）、氨氮（NH<sub>3</sub>-N）等 4 項水質參數濃度值，計算所得指標分值，判定河川污染程度。（行政院國家永續發展委員會，2013）。除了定期做河川水質監測外亦須結合其他工作項目一同進行以降低水質污染之程度，其他工作項目如下（林 2007）：

### (1) 加強污染源管制及排放削減

#### A. 源頭控制

在營養鹽發生地區實施各種污染防制措施，以提升水質，維護水域生物之棲息環境與保障飲用水水源。

## B. 輔導管制工廠及畜牧業污染改善

研訂輔導管制辦法及計畫，以改善工廠及畜牧業之廢污水排放。

## C. 加強污染源稽查管制

訂定稽查管制計畫管制事業及地下工廠，加強工業區水污染管制，廢液污泥管制，建立水庫周邊溪流之污染源基本資料，提升地方政府執行管制能力。

## (2) 推動排放許可制度

### A. 建立污染源基本資料檔案

建構水庫周邊溪流之資料檔及地理資訊系統，以不同河段涵容能力來審核污染源之排放許可，以免造成部分河段之水質惡化。

### B. 建立操作檢測申報制度

嚴格執行申報資料之審查，要求排放廢水之工廠及畜牧業者在排放廢水之前須做基本的廢污水處理才可排放。

## 6. 河川之水資源經營及管理：

### (1) 河川治理

#### A. 河川行水區違規行為之取締

嚴格取締河川行水區內違法養殖、墾殖或亂倒垃圾之行為，建立巡查通報制度依法執行取締，以維護河川之生態。

#### B. 河川治理與空間使用

結合生態工法來確保河川防汛及改善水質功能，如建立生態池，利用當中支水生昆蟲及水生動植物來自自然分解淨化改善家庭廢水，減少社區污水處理與環境惡化的問題。但其重要的是日後應結合各單位與民眾來持續維護管理才能將功能持續發揮所長。

### (2) 管治生態用水平衡

管制河川取水量及廢水排水量，維持生態保育最低流量，攝至魚道等生態基礎建設以維持河川生態平衡。

#### A. 河川生態環境長期監測

一般魚類選擇棲所的原因為 i. 棲地能提供魚群最大食物能量，使個體獲得最好的生長速率，並提供成功繁殖子代的環境；ii. 減少被捕食的風險（方等，1995；呂及孫，2010），因此建立良好的棲地環境對魚類的生存非常重要，並藉由長期監測生態環境提供良好的建議改善其棲地環境並達到永續經營的目的。建議定期、定點調查，監測項目包含：水質參數、水文、魚類資源、蝦蟹類資源等。

#### B. 巡守維護管理（結合在地化，建立夥伴關係）

河川巡守是結合地方資源、人力，啟動志（義）工團體參與河川巡守及檢舉機制，並鼓勵其進行河川河段認養、監測工作，參與河川環境管理及污染巡守，以降低污染排放量及改善河岸面髒亂情形。並可藉由主管機關的經費補助來執行專案計畫，可由當地社區組成巡守隊，針對河川巡守志工進行教育宣導，建立一套完善的教育訓練課程，由一般性基礎訓練課程到專業性的特殊課程，有計畫、有步驟、有方法、有目標地循序漸進，加強志工對於河川的汙染行為判定，每月進行河川水質現況採樣，以瞭解河川水質程度，如發現汙染源應做立即追蹤及通報，並舉發非法捕魚。且可由鄉公所或主管機關編列檢舉獎金，鼓勵檢舉非法電、毒、炸魚等行為，藉以杜絕任何危害生態之行為，保護河川之水產資源及生物棲息環境，來達成溪流生態資源的維護與社區永續發展之目標。另可建立河川巡守隊競賽機制，評選優良巡守隊，給予適當獎勵，以提升志工參與熱忱，並結合當地社區、志工及企業力量，辦理河川水質淨化認養及解說，並對推動高灘地多功能使用，使其亦能成為當地各級學校戶外生態教學的場所。

#### 3.4.4 洄游性魚類溯游障礙

##### 1. 國外相關案例蒐集與探討

###### (1) 美國

立法減輕水壩對魚類的危害（註九），1934 年美國國會通過了『魚類與野生動物協調法案』（Fish and Wildlife Coordination Act），該法案要求聯邦政府建築水壩的機構或核發水壩建築執照的單位，在核發執照或興建水壩之前，應與漁業局協調，只要經濟上許可，水壩工程必須包括魚梯工程。這方案也附帶要求商業部協助聯邦、州政府或其他機構從事魚類的繁殖、放養、魚病與污染研究。在 1946 與 1958 年的魚類與野生動物協調法案，又附加新的條款，要求水資源機構

必須平等對待水與魚類資源，在任何改變溪流環境的計劃，應設法防止對魚類與野生動物的傷害，包括合理的魚類與野生動物保護計畫。

## (2) 美國奧勒崗州波特蘭

附近的哥倫比亞河上，有二座建於 1900 年的大水壩，因阻隔了鮭魚的迴游，所以電力公司便於 1958 年興建一個長達二英哩的魚梯，橫跨兩個大水壩，可讓約三萬尾的迴游性鮭、鱒魚上溯至上游產卵，幼魚也可經魚梯向下方迴游至海洋成長。魚梯附有自動照相裝置，可以計數溯溪而上的成魚及判別種類，也附有可取樣計數下海迴游小魚之裝置。在奧勒崗州 Dallas 河，落差很大，當地州政府漁業與野生動物管理處便興建了兩座相連的魚梯，第一座落差約 1.5 公尺，第二座約 1 公尺，兩座魚梯之間有水潭，以供魚類 (Steelhead) 休息後，重新跳躍至上游。

## 2. 國內相關案例蒐集與探討

以欖仁溪攔砂壩為例，防砂壩不僅攔阻了砂石傳輸到下游，同時也阻斷了洄游性物種的上溯，其對於水生生物影響為 (1) 魚類族群縮小 (物種基因庫的單一化) 與區隔化，(2) 魚類棲息地單調化。在欖仁溪攔砂壩的生態調查中發現魚類在攔砂壩上游僅發現洄游性物種 2 種，其為褐吻鰕虎及日本禿頭鯊，在下游部分則發現了 7 種洄游性物種，分別為溪鱧、鱸鰻、日本禿頭鯊、褐吻鰕虎、寬頰禿頭鯊、雙帶禿頭鯊及眼斑厚唇鯊，攔砂壩對於洄游性蝦蟹類亦造成一定的阻礙影響，當洪水來臨時易將上游族群沖刷至攔砂壩下游，而下由水生生物族群則無法上溯，造成水生生物多樣性之損失。

## 3. 未來經營管理策略建議

### (1) 究明魚類游泳能力

「魚道」，顧名思義為提供魚類通行的水道，通常設置在水庫、攔河堰或防砂壩等影響河川魚類溯游的橫向水工構造物上，主要的功能為協助河川魚類克服水域中之游泳障礙順利上溯，以完成其生活史的階段性使命。既謂之「魚」道，設計、施工過程絕對不可忽略「水」和「魚」二項重要因子，否則設置魚道的效益將大打折扣。所謂「水」是指魚道所在位置之河川水理、水文等特性，「魚」是指魚道「使用者」魚類能夠游多快、能持續游泳多久、能夠跳躍多高等行為生態習性。

桶頭攔河堰為湖山水庫最重要之引水工程之一，由於堰體橫斷清水溪河道，造成水生物縱向廊道受阻，為維持清水溪水域生物縱向廊道之暢通，桶頭攔河堰未來將於副堰臨排砂道處設計舟通式魚道，另亦將於主堰下游跌水潭臨排砂道處設計暗渠魚道入口，採半錐型隔版式（寬3.4m、高1.5m）通過排砂道底部，再以垂直豎槽式（寬2.5m、高1.8m）明渠魚道銜接至左排砂道左側與堤防間上游出口。前揭二種魚道功效之優劣，與上溯魚種之突進泳速(burst velocity)與巡航泳速(cruising velocity)息息相關，魚道內流況設計必需在上溯魚種游泳能力範圍內，魚道功效才得以有效發揮。

## (2) 監測可能利用魚道的物種

據歷年調查結果顯示，清水溪較常見的魚種有明潭吻鰕虎、臺灣石魚賓、粗首鱻、臺灣馬口魚、埔里中華爬岩鰍（保育類野生動物）、臺灣間爬岩鰍、台灣鏟頰魚、高身小鰈鰻、短臀鮠等，另蝦類有粗糙沼蝦、多齒新米蝦及大和沼蝦。未來建議應於桶頭攔河堰上、下水域與魚道入口進行調查監測，瞭解堰體上、下水域魚類群聚結構之差異，釐清無法利用魚道上溯之物種，隨時修正調整魚道設計，以利水域生物上溯。

## (3) 魚道改善評估

臺灣現有魚道九成以上多為階段式魚道（pool and weir type fishway）（顧，1995），其設計亦多參仿國外以寒帶大型洄游性魚類為對象魚種之設計範例，卻忽略臺灣河川坡陡流急、流路短促、水量豐枯不均、溪水土石含量高、流路變化快的特性與臺灣本土魚類的生態需求，以致魚道設置後發生魚道淤塞、有水無魚等「水土不服」之窘境。

湖山水庫為一溢流型離槽水庫，大壩並無魚道之設計，下游魚類亦難以上溯，就算上溯亦難有適合之棲地生存。惟其主要水源清水溪因越域引水之需建構桶頭攔河堰，桶頭攔河堰位於南投縣竹山鎮桶頭里清水溪桶頭吊橋下游約70 m處，為一臥箕型自由溢流堰，橫向截斷清水溪流路，堰高4 m，未來將設置魚道以暢通洄游性魚類之生態廊道。臺灣魚道過去多在未就本土魚類量「地」、量「身」打造的情形下即逕行設置，究竟是否為本土魚類的「可行之道」？人類對於河川魚類保育之美意是否完全轉化為協助魚類溯游的正面助益？長久以來在魚道完工、完成以「人」為主體的制度面工程驗收工作後似乎即已劃下句點，甚少於魚



道現地進行以「魚」為主體的溯游監測研究，請魚道實際使用者魚類親身檢驗魚道功能之良窳。建議桶頭攔河堰魚道應針對清水溪原生魚類之生態習性加以設計，並在完工後立即推動原生魚種之魚道現地溯游試驗，以科學方法實地驗證魚類究竟能否利用魚道順利上溯以及上溯之成功率為何，並長期予以維護管理，使其能發揮其生態廊道效益。

#### (4) 魚道維護管理

台灣河川坡陡流急、流量豐枯懸殊、土砂災害頻仍，台灣的魚道於完工後常因颱風、洪水之影響而淤積、堵塞或損毀，甚至因河道改變造成魚道無水或位移，復因缺乏後續的維護管理，致魚道功能喪失殆盡，縱向生態廊道又遭阻斷。桶頭攔河堰魚道設置後，應每年投入人力、物力持續維護管理，尤其在颱風、洪水等天災過後，應機動派員檢視魚道災損並即時復舊，以維魚道正常功能。

#### (5) 生態環境長期監測

政院於民國 90 年 9 月通過「生物多樣性推動方案」，彰顯了全民對環境保育的殷切需求，對於公共水域所孕育獨特的生物多樣性予以正視，亦是相關單位未來亟需推動的重要課題。湖山水庫與桶頭攔河堰完工正式營運後，水域生態環境產生巨變，橫斷河道之人工構造物進入梅林溪與清水溪，原溪流環境亦轉變為湖泊生態環境，相關水域生態長期監測計畫應在完工後即刻推動，除可瞭解湖山水庫相關工程對當地生態之影響外，全面、完整的基礎生態調查所產生的資料，亦可提供各界參訪時進一步之生態保育資訊以及水庫管理單位未來施政之參考。

#### 四、結語與建議

湖山水庫係政府為解決雲林地區民生用水問題、減輕地下水超抽及地層下陷所積極推動之重要水資源建設，工程計畫於民國 89 年通過行政院環境保護署之環境影響評估審查，並於 2011 年 1 月 30 日經行政院核定實施。為減輕湖山水庫開發過程對生態負面之衝擊，維持多樣性生態環境，並期能將研究所得資訊應用於將來湖山水庫之經營管理，水庫開發單位另訂「湖山水庫工程計畫生態保育措施」，於 2006 年報請環保署同意備查後，據以研提「湖山水庫工程計畫生態保育措施執行作業計畫」落實推動。「湖山水庫工程計畫生態保育措施」主要是經

由執行環境保護計畫以減輕水庫施工對生態之影響，並針對每一生態系挑選保育類物種（或敏感性物種），依據施工期間環境監測與相關環境調查及生態敏感物種特性調查結果，進行棲地改善及保育，並透過生態調查及監測評估，來瞭解保護措施執行成效，且依據監測成果調整保育措施執行計畫內容。前揭總總皆顯示各界對湖山水庫工程的關注與政府對開發過程生態保育的重視。惟生態保育措施的推動，並非隨著工程的完工即消聲匿跡，完工後的營運，生態保育仍是不可忽視的一環，因為有健康生態環境的湖山，才有健康的湖山水庫，有健康生態環境的桶頭，才有健康的桶頭攔河堰。「湖山水庫庫區與關連溪流生態系經營管理建議書」係彙整施工過程溪流生態系相關計畫之研究成果，以及國內、外水庫經營管理相關案例與參考文獻，研議不同面向的經營管理策略，提供水庫管理單位施政之參考，期待未來透過相關保育措施的持續推動，營造兼顧水資源利用與生態保育的湖山水庫。

## 五、參考文獻

- 方力行、韓僑權、陳義雄。1995。高身鮎魚—臺灣溪流中珍貴稀有的原住民。國立海洋生物博物館籌備處。
- 水野信彥編。1987。內水面漁場環境，利用實態調查報告書。日本全國內水面漁業協同組合連會印。
- 王文江。2013。水利工程中之泥砂問題。中興工程科技研究發展基金會。
- 王筱雯、郭偉丞。2011。科學發展。467期，52~57頁。
- 行政院國家永續發展委員會。2013。2012 永續發展指標系統評量結果。
- 呂映昇、孫建平。2010。魚類於生命週期的不同階段棲地使用與物理棲地因子之量化關係。農業工程學報第 56 卷第 1 期。
- 汪靜明。2002。河川生態保育。國立自然科學博物館。
- 汪靜明。2011。「棲地生態資訊整合應用於水利工程生態檢核與河川復育措施」。經濟部水利署水利規劃試驗所。第 60 至 64 頁。
- 林駿。2007。環境規劃與管理(下)-實務篇及國際篇。鼎茂圖書出版股份有限公司。
- 國立成功大學環境研究中心。2005。以生態工法去除水庫集水區營養源研究計畫。行政院環境保護署。
- 張世倉、葉明峰、李訓煌。1997。攔砂壩對河川魚群及其棲地影響之研究。特有生物研究保育中心研究報告。
- 張世倉、葉明峰、李訓煌。1998。攔砂壩對河川魚群及其棲地影響之研究。特有生物研究保育中心研究報告。
- 郭振泰、余嘯雷、林鎮洋、駱尚廉、李永展、徐年盛、陳愛娥，水庫集水區非點源污染控制手冊及分級分區管理措施之研定，臺灣大學慶齡工業研究中心執行，經濟部水資源局委託，民國 86 年 6 月。
- 陳義雄、方力行。1999。臺灣淡水及河口魚類誌。海洋生物博物館籌備處。
- 森田昌敏，酒井伸一，稻森悠平，2001。環境低負荷型・資源循環型水環境改善關係調查研究，國立環境研究所。

- 黃德昌(農委會動植物防疫檢疫局), 2005, 國政研究報告-入侵種生物之現況與管理, 財團法人國家政策研究基金會。
- 楊雅梅、游以德。2001。臺灣水庫集水區水質指標與管理系統建立之研究。國立臺灣大學。
- 經濟部水利署中區水資源局—湖山水庫工程計畫網頁。  
<http://www3.wracb.gov.tw/>。
- 經濟部水利署水利規劃試驗所。2010。永續水庫規劃研究(4)-永續水庫開發之規劃決策架構研究。
- 經濟部水利署北區水資源局。2010。石門水庫集水區水域指標生物習性調查及棲地環境營造計畫。國立臺灣大學。
- 經濟部水利署全球資訊網。<http://www.wra.gov.tw/>。
- 葉明峰、張世倉、何東輯。2009。鯉魚潭水庫水域及周邊環境生態資源調查委託服務計畫-期末報告。經濟部水利署中區水資源局。
- 臺灣大百科全書。<http://taiwanpedia.culture.tw/web/content?ID=3419>。
- 顏仁德。2000。「外來種與放生問題」-- 2000 生物多樣性保育展望大會議論文集, 中華民國自然生態保育協會(SWAN)。
- Baker, J. P, H. Olem, C.S. Creager, M.D. Marcus and B.R. Parkhurst.1993.Fish and Fisheries Management in Lakes and Reservoirs. EPA 841-R-93-002. Terrene Institute and U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- Bhukaswan T. 1980. Management of Asian reservoir fisheries. North American Journal of Fisheries Management 17 : 85–92.
- Bhukaswan, T. and S. Pholprastith. 1977. The fisheries of Ubolratana Reservoir in the first ten years of impoundment. Proc. IPEC, 17(3):195–205.
- Bishop, D. M. and M. E. Stevens, 1964, “Landslides on Logged Areas in Southeast Alaska,” Res. Pap. NOR-1, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, Juneau, Alaska.
- Chorus, I., and J. Bartram. (1999). Toxic cyanobacteria in water. E & FN Spon, London, New York.

Jenkins, R.M. 1970. Reservoir fish management. Page 178 in N.G.

Jørgensen, S. E. (2002). Integration of Ecosystem Theories: A pattern, 3rd ed., Kluwer Academic, Dordrecht, The Netherlands, 428 pp.

Jørgensen, S. E., and R. de Bernardi. (1997). "The use of structural dynamic models to explain the success and failure of biomanipulation,"  
Hydrobiologia, 379:147-158.

Sidle, R. C., A. J. Pearce and C. L. O'Loughlin, 1986, "Hillslope Stability and Land Use," American Geophysical Union, Water Resources Monograph 11.

Starling, F., Lazzaro, X., Cavalcanti, C. & Moreira, R. (2002). Contribution of omnivorous tilapia to eutrophication of a shallow tropical reservoir: evidence from a fish kill. Freshwater Biology 47, 2443-2452.

註一：全人教育百寶箱。

<http://hep.ccic.ntnu.edu.tw/browse2.php?s=936>。

註二：林務局，外來入侵種生物管理資訊網。

<http://ias.forest.gov.tw/invast/knowledge/Situation.aspx>。

註三：威爾森。生物圈的未來。(臺北市：天下文化，2002)。頁 88-89 頁。

註四：陳韻如。「臺灣生物多樣性的損失—哪些資源正在流失？」

<http://bc.zo.ntu.edu.tw/article/005.htm> (檢索日期 2008/8/12) 論「生態殺手—外來種」之影響與防治。

註五：黃士元、彭仁傑、郭曜豪。2003。「小花蔓澤蘭之生態習性及蔓延監測」。頁 128。

註六：國家紅火蟻防制中心。

<http://www.fireant.tw/> (檢索日期 2014/3/13)。

註七：國立自然科學博物館 失序的自然—外來種特展。

[http://info.nmns.edu.tw/nmns\\_source/94-11-out/out-2.htm](http://info.nmns.edu.tw/nmns_source/94-11-out/out-2.htm) (檢索日期 2014/3/13)。

註八：香港特別行政區政府-水務屬。

[http://www.wsd.gov.hk/tc/customer\\_services\\_and\\_water\\_bills/application\\_for\\_li](http://www.wsd.gov.hk/tc/customer_services_and_water_bills/application_for_li)

cence\_certificate/application\_for\_fishing\_licence/index.html

註九：中華民國溪流環境協會。

[http://wagner.zo.ntu.edu.tw/sos/sosknow/sosknow\\_3\\_2.htm](http://wagner.zo.ntu.edu.tw/sos/sosknow/sosknow_3_2.htm)

註十：中國時報-看中時、愛科學

<http://forums.chinatimes.com/report/science/PDF/20080610.pdf>

註十一：國立臺灣科學教育館 生物教室- 臺灣淡水水域中的「外來客」

<http://www.ntsec.gov.tw/FileAtt.ashx?id=1785>

註十二：人工濕地在生態工程技術上的應用

[http://www.sinotech.org.tw/eerc-ctr/conference/2014\\_conference/1030106/The%20decentralized%20sewage%20treatment%20facilities%20%E2%80%93%20Constructed%20wetlands.pdf](http://www.sinotech.org.tw/eerc-ctr/conference/2014_conference/1030106/The%20decentralized%20sewage%20treatment%20facilities%20%E2%80%93%20Constructed%20wetlands.pdf)

註十三：行政院環境保護署水質淨化現地處理網站

<http://wqp.epa.gov.tw/ecological/Taiwan.aspx?Num=06>

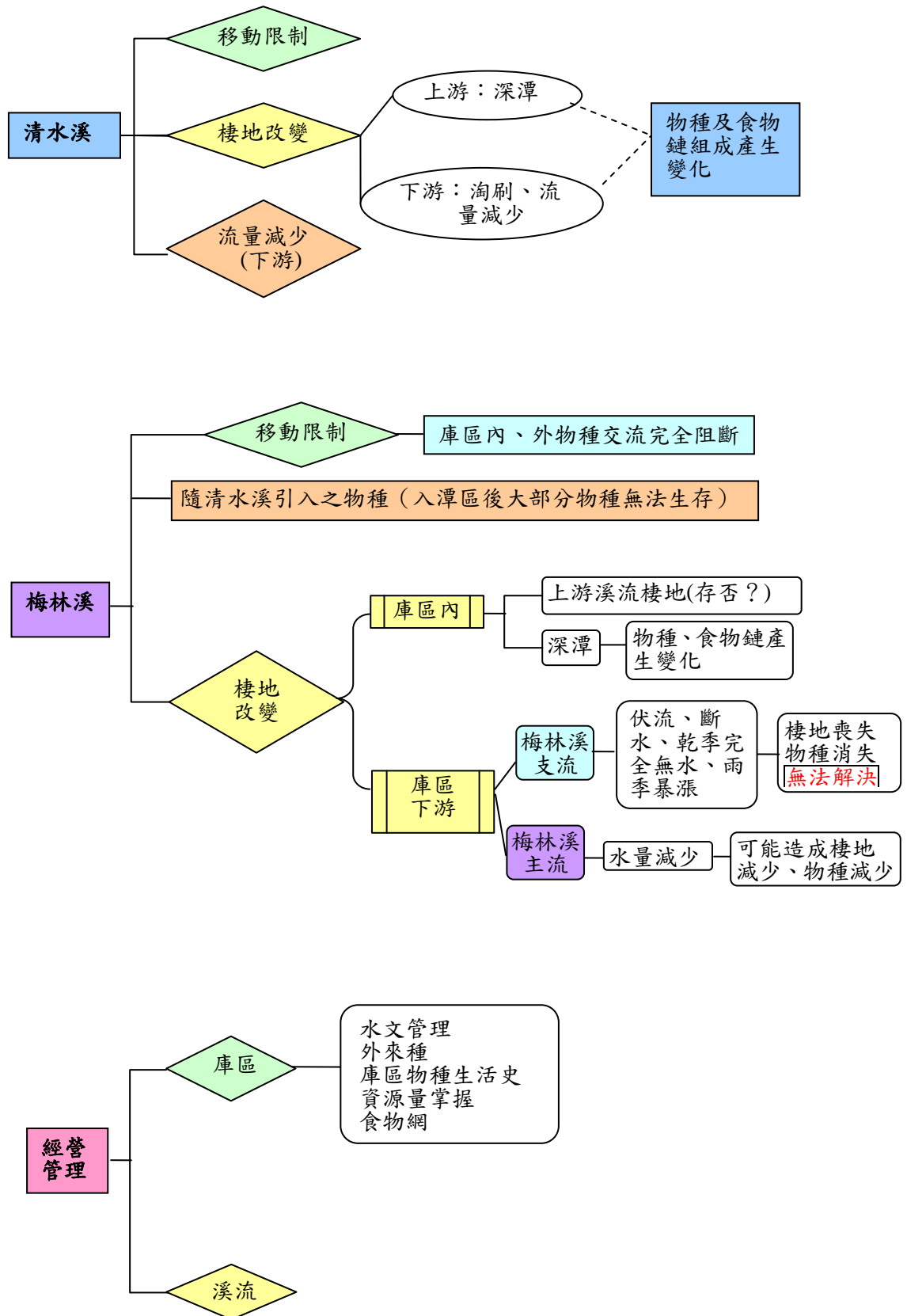


圖 1. 湖山水庫溪流生態系遭遇問題及未來經營管理方向研擬架構圖。

庫區內



南勢坑溪樣點照



崙尾坑溪樣點照



土地公坑溪樣點照

圖 2. 2014 年梅林溪（庫區內）各樣點環境照。



庫區外



梅林溪樣點照



北勢坑溪樣點站

圖 3. 2014 年梅林溪（庫區外）各樣點環境照。

<p>桶頭攔河堰上游</p>	<p>桶頭攔河堰下游</p>
 <p>樟湖吊橋樣點照</p>	 <p>桶頭橋下游樣點照片</p>
 <p>瑞草橋樣點照</p>	 <p>鯉魚大橋樣點照片</p>
 <p>桶頭吊橋</p>	 <p>南雲大橋樣點照片</p>

圖 4. 2014 年清水溪各樣點環境照。

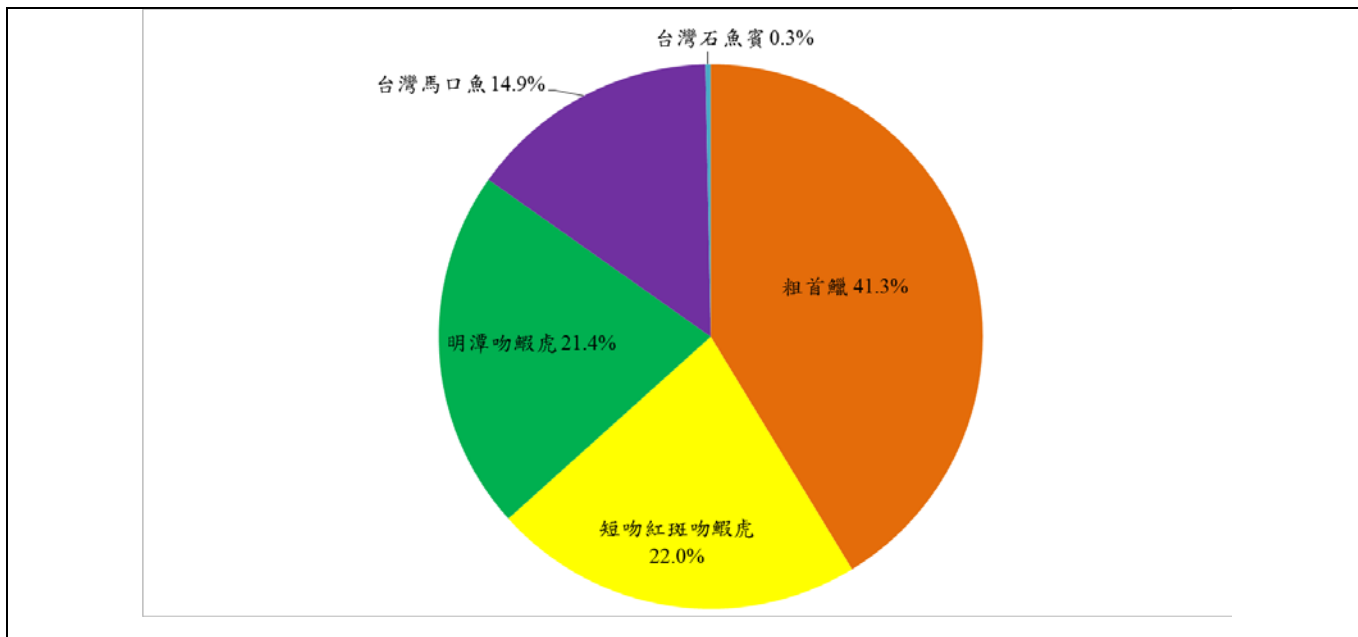


圖 5. 2014 年 1 月至 2014 年 12 月梅林溪調查樣點捕獲魚類優勢種數量比例圖。

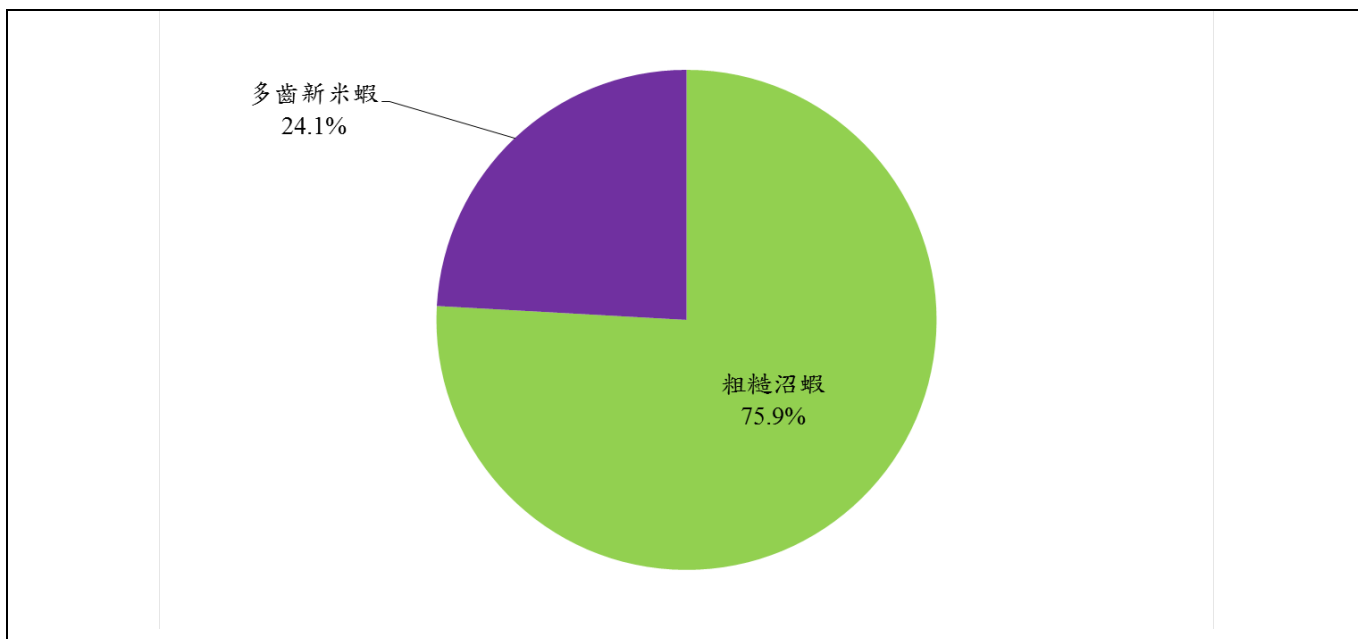


圖 6. 2014 年 1 月至 2014 年 12 月梅林溪調查樣點捕獲蝦蟹類優勢種數量比例圖。

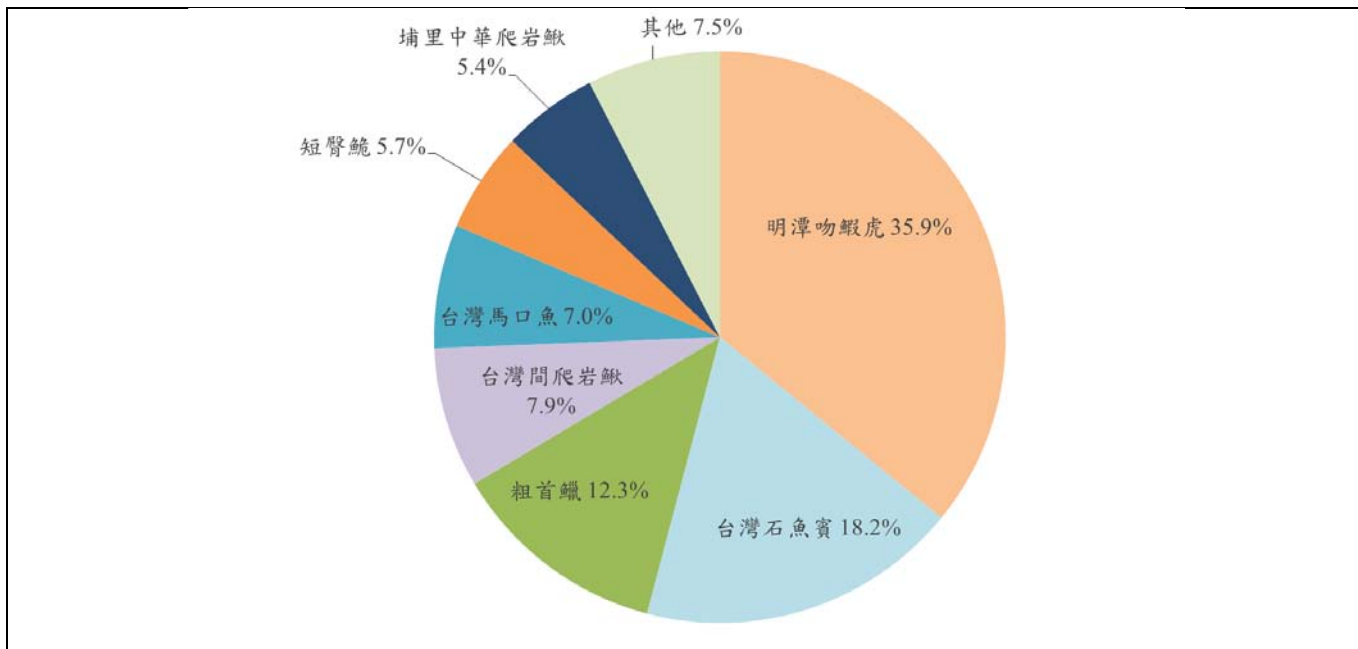


圖 7. 2014 年 1 月至 2014 年 12 月清水溪河段調查樣點捕獲魚類優勢種數量比例圖。

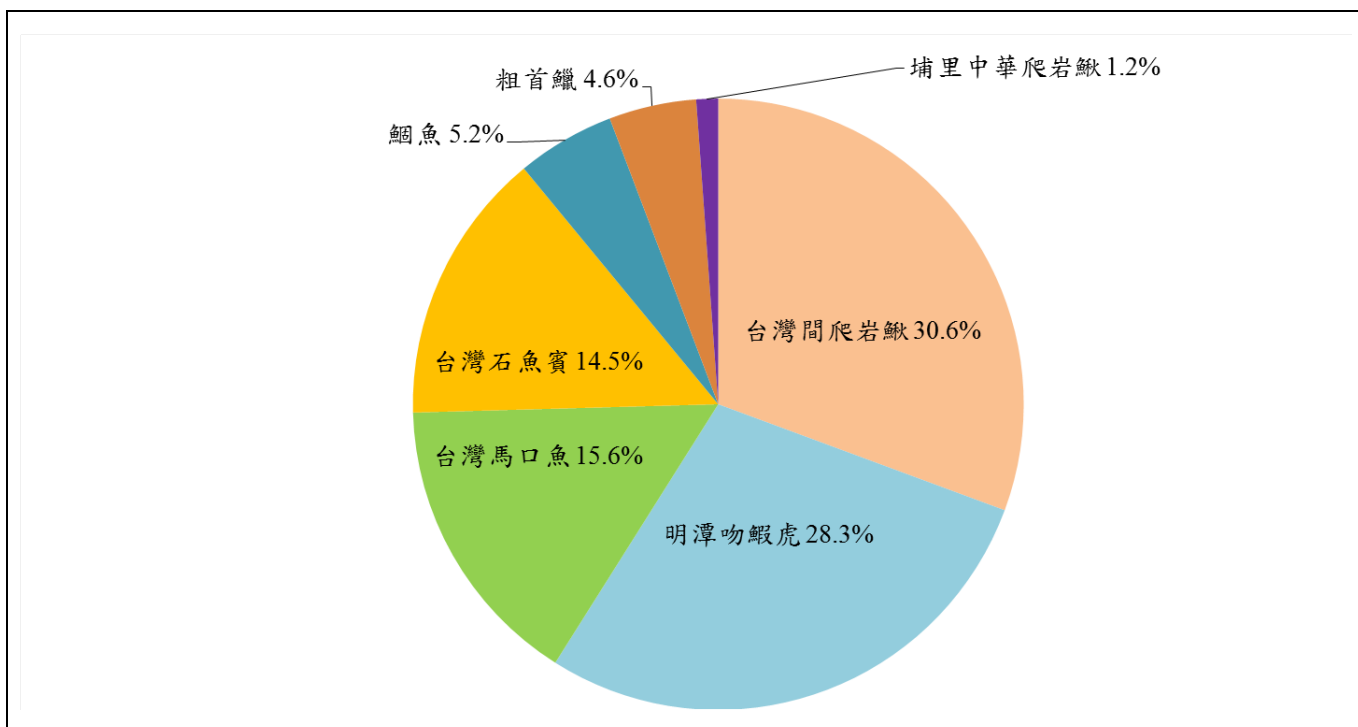


圖 8. 2014 年 1 月至 2014 年 12 月桶頭攔河堰上游調查樣點捕獲魚類優勢種數量比例圖。

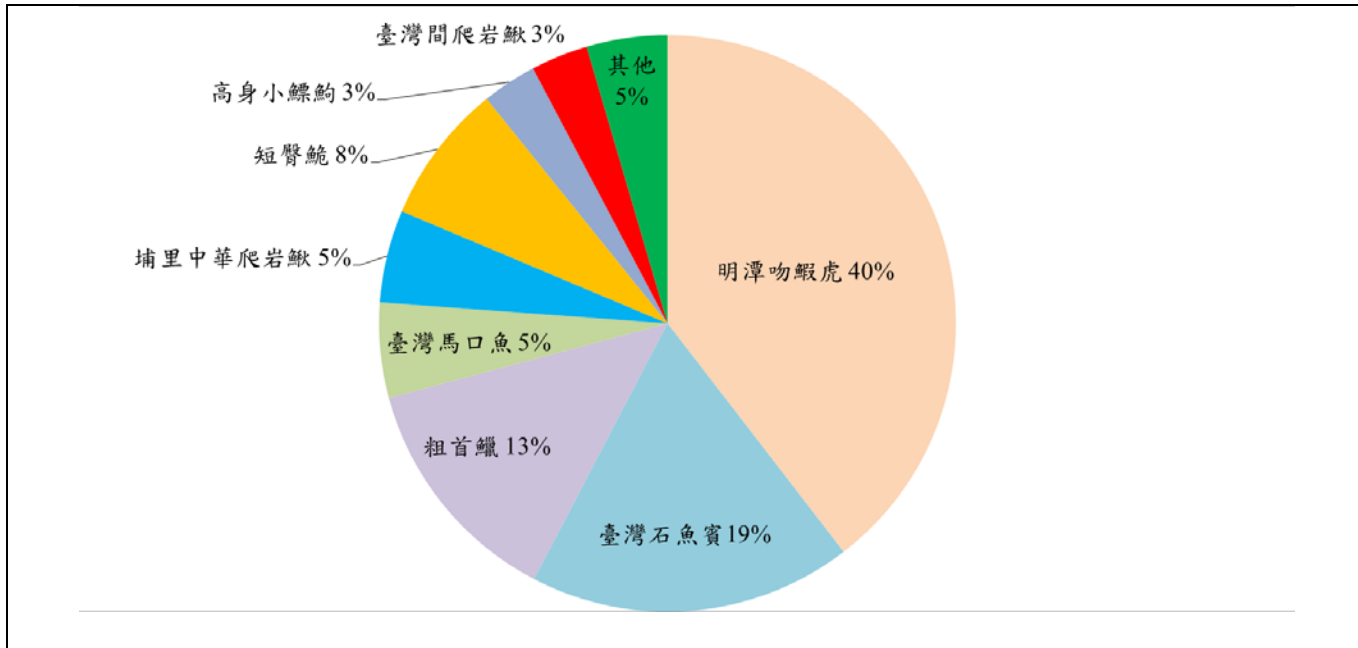


圖 9. 2014 年 1 月至 2014 年 12 月桶頭攔河堰下游調查樣點捕獲魚類優勢種數量比例圖。

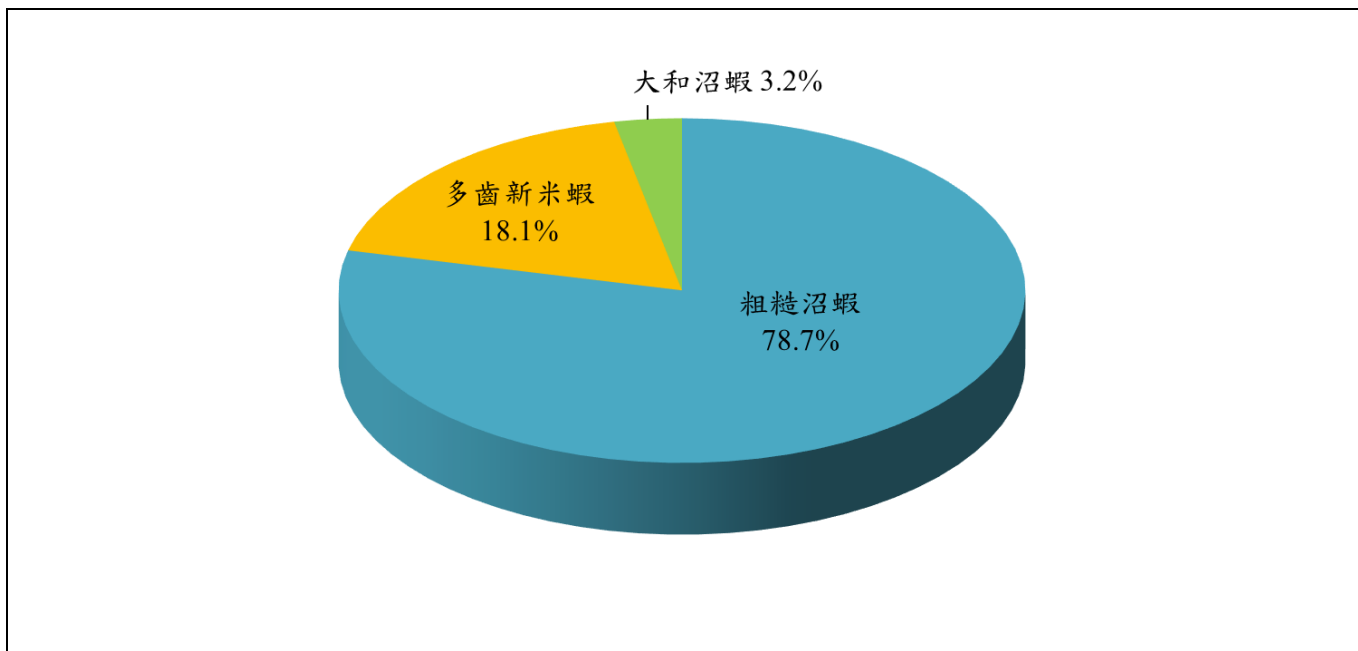


圖 10. 2014 年 1 月至 2014 年 12 月清水溪河段調查樣點捕獲蝦蟹類優勢種數量比例圖。

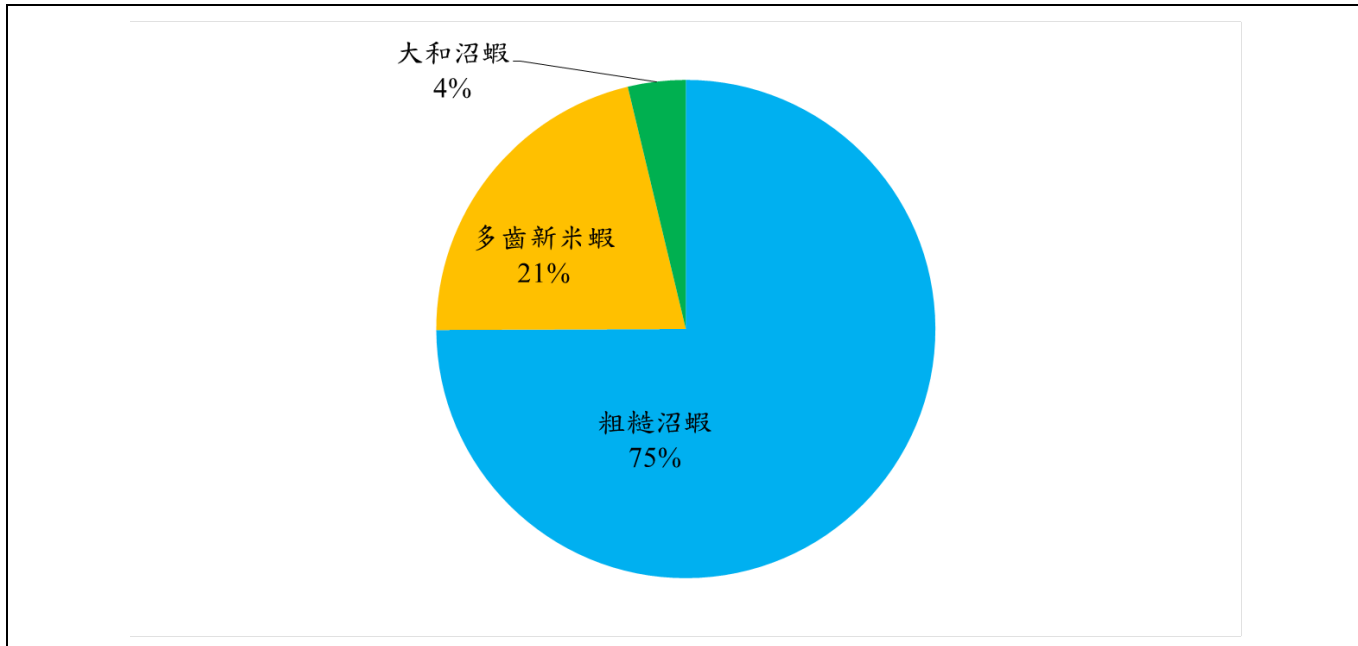


圖 11. 2014 年 1 月至 2014 年 12 月桶頭攔河堰下游調查樣點捕獲蝦蟹類優勢種數量比例圖

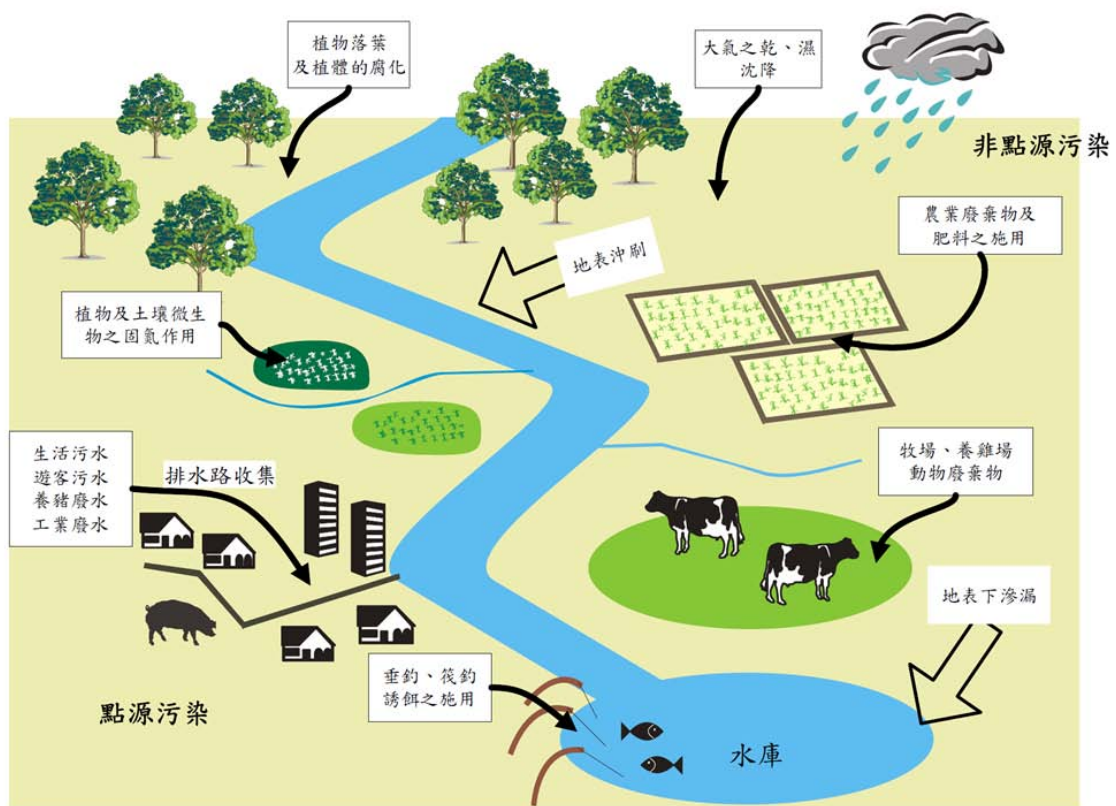


圖 12. 水庫集水區營養鹽的來源及傳輸 (國立成功大學環境研究中心, 2005)。



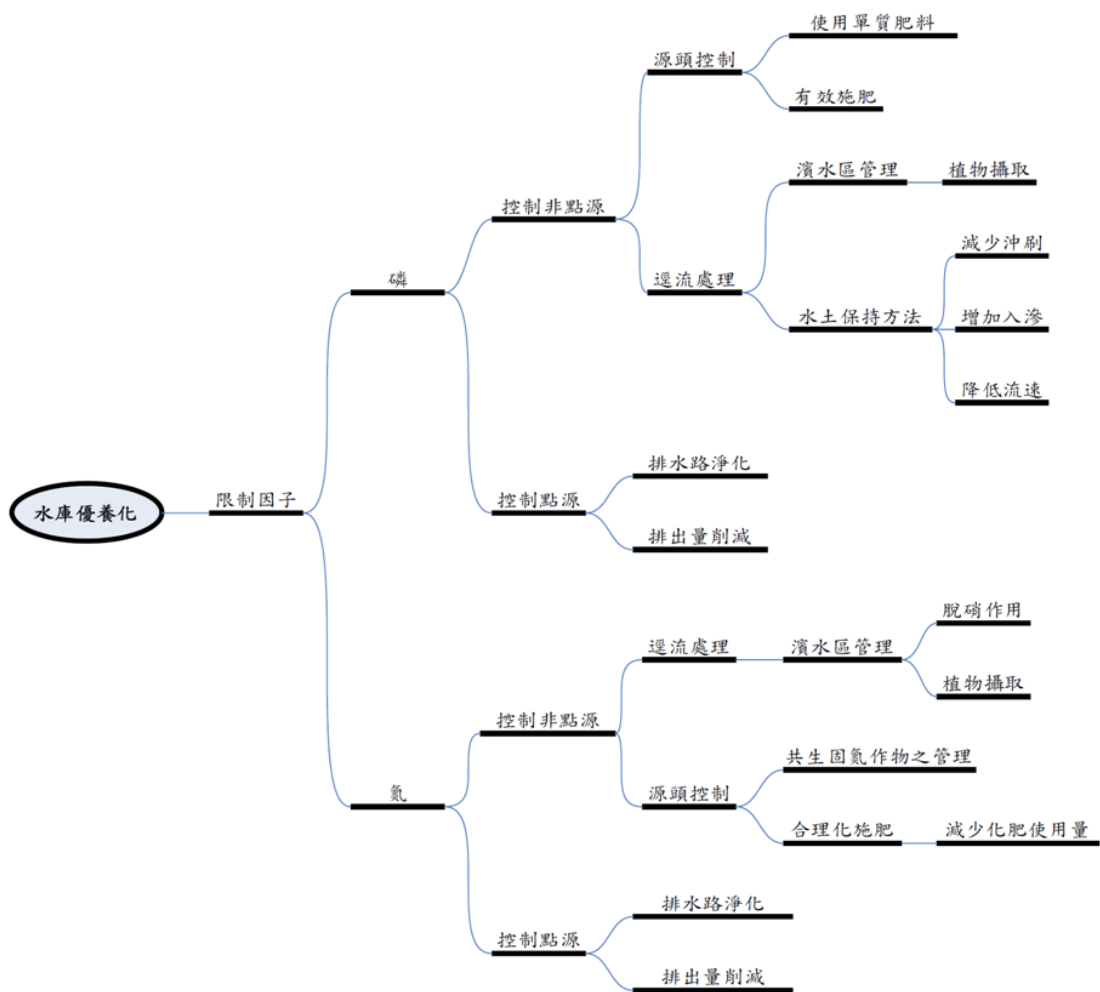


圖 12. 水庫集水區營養鹽控制策略（國立成功大學環境研究中心，2005）。

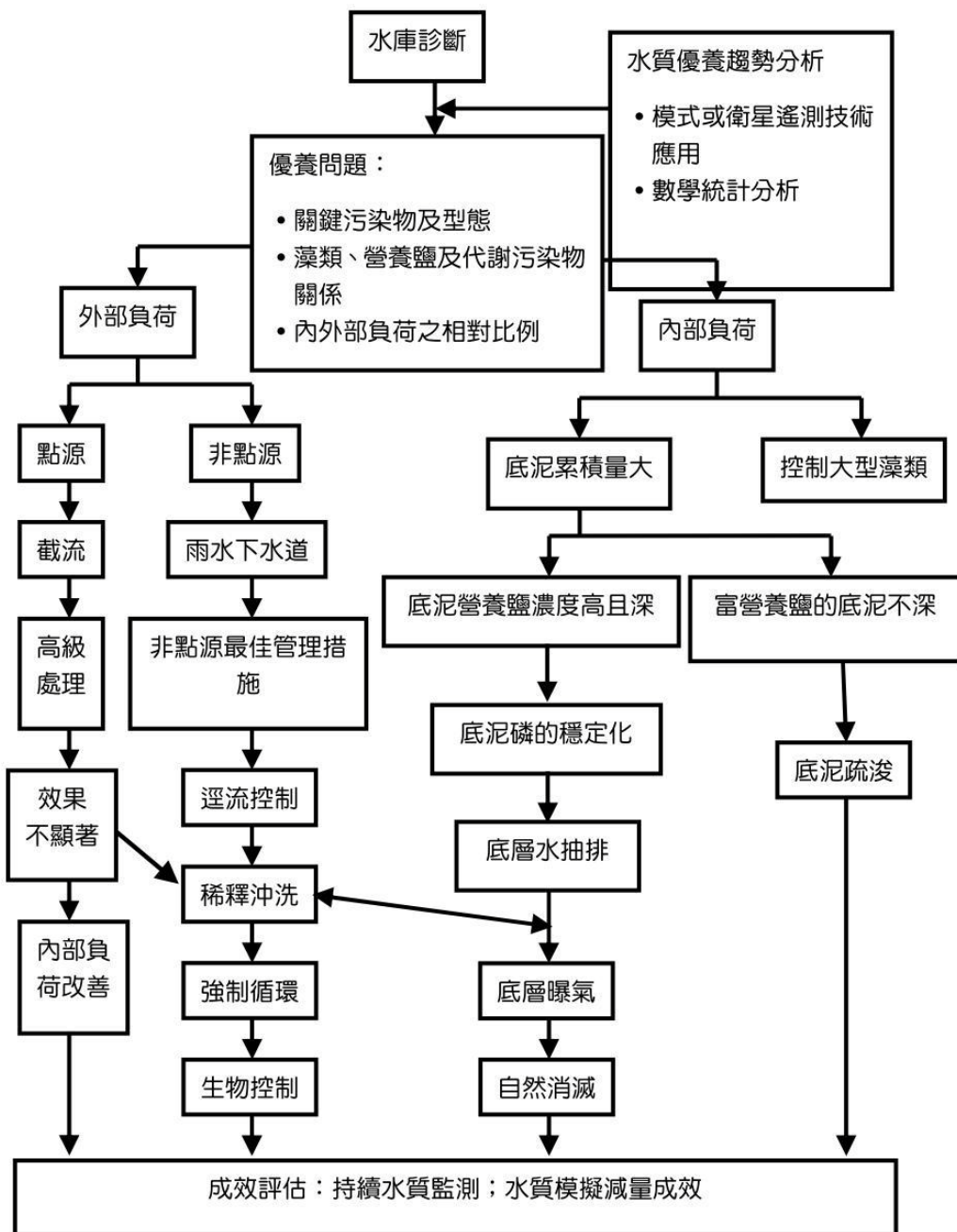


圖 13. 選擇改善措施簡單的決策樹。



表 1. 2014 年 1 月至 2014 年 12 月梅林溪調查樣點魚類名錄。

科名	中文名	學名	特有種	保育等級	隻數
鯉科 Cyprinidae	臺灣石魚賓	<i>Acrossocheilus paradoxus</i>	◎		1
	臺灣馬口魚	<i>Zacco barbata</i>	◎		48
	粗首鱨	<i>Zacco pachycephalus</i>	◎		133
鰕虎科 Gobiidae	明潭吻鰕虎	<i>Rhinogobius candidianus</i>	◎		69
	短吻紅斑吻鰕虎	<i>Rhinogobius rubromaculatus</i>	◎		71

註 1：“◎”為臺灣特有種。

表 2. 2014 年 1 月至 2014 年 6 月清水溪調查樣點魚類名錄。

科名	中文名	學名	特有種	保育等級	隻數	上游	下游
鮡科 Bagridae	短臀鮡	<i>Pseudobagrus brevianalis brevianalis</i>	◎		83		√
	臺灣石魚賓	<i>Acrossocheilus paradoxus</i>	◎		266	√	√
	高身小鰾鮡	<i>Microphysogobio alticorpus</i>	◎		45		√
鯉科 Cyprinidae	鯛魚	<i>Scaphesthes barbatus</i>	◎		27	√	
	何氏棘魴	<i>Spinibarbus hollandi</i>	◎		16		√
	臺灣馬口魚	<i>Zacco barbata</i>	◎		102	√	√
	粗首鱮	<i>Zacco pachycephalus</i>	◎		180	√	√
鰕虎科 Gobiidae	明潭吻鰕虎	<i>Rhinogobius candidianus</i>	◎		524	√	√
平鰭鰕科 Homalopteridae	臺灣間爬岩鰕	<i>Hemimyzon formosanum</i>	◎		116	√	√
	埔里中華爬岩鰕	<i>Sinogratomyzon puliensis</i>	◎	III	79	√	√
棘甲鯰科 Loricariidae	琵琶鼠	<i>Pterygoplichthys</i> sp.	▲		4		√
鯰科 Siluridae	鯰	<i>Parasilurus asotus</i>			9		√

註 1：“III”為其他應予保育類野生動物；“◎”為臺灣特有種；“▲”為外來種。

註 2：空格部分為非保育類、非特有、非外來種。

表 3. 日本湖泊水庫水質改善方法。

類別	水質改善技術	成本 <sup>a</sup>	建設工程需求	工期預估(年)	大規模化適用性	水處理技術可靠性 <sup>b</sup>	日本國內實績
湖沼內發生負荷之削減	底泥浚渫	I+R	有	1~5	有	○	有
	底泥覆蓋(湖內材料)	I	無	—	有	□	
	底泥覆蓋(湖外材料)	I	無	—	有	□	
	營養鹽不活性化處理	R	無	—	無	□	
	水產養殖業對策	—	無	—		—	有
湖沼內富優養化之控制	河口處理	I	有	3~5	有	□	
	湖沼分離	I	有	5~10	有	□	
	浮葉植物利用處理	R	有	1~3	無	×	有
	藻類去除	R	有	1~3	無	×	有
	殺藻劑、除草劑處理	R	無	—	無	×	有
	生態系控制	—	無	—		×	
	淨化用水導入	I+R	有	5~10	有	○	有
	湖水人工循環	I+R	有	3~5	無	□	
	深水層曝氣	I+R	有	3~5	有	○	
	湖水揚水型循環處理	I+R	有	3~5	有	□	
	深水層氧氣注入	I+R	有	1~5	有	□	
	地下水補注	I+R	有	3~5	有	□	
深水層選擇放流	I+R	有	3~5	有	□		
湖岸環境保護	汀型湖岸	I	有	1~10	有	×	
	植生湖岸	I	有	1~10	有	×	

a. I：初期投資型；R：經常投資型；I+R：混合型  
b. ○：可靠；□：未定；×：不確實

資料來源：湖泊水質改善技術適用手冊，日本建設省土木研究所水質研究室，1987。

表 4. 美國環保署清淨湖泊計畫若干湖泊水庫的優養治理措施(郭等,2005)。

湖庫名稱	治理措施
New Hampshire 州 Kezar Lake	底泥磷以鋁鹽去活性抑制磷釋出及集水區管理
Iowa 州 Green Valley Lake	底泥營養鹽的暫留設施(Sediment /nutrient retention dikes) 阻緩入庫水流及加速底泥排出及集水區管理
Vermont 州 Lake Bomoseen	生物控制:施放水生象鼻蟲 Aquatic weevil (Euhrychiopsis lecontei)去除大型水生植物

資料來源：美國環保署 Clean Lakes Program 網站；

<http://www.epa.gov/owow/lakes/cllkspgm.html>。

表 5. 非點源污染潛勢指標分類。

NPPI	分類
<50	低汙染潛勢
51~70	中汙染潛勢
>70	高汙染潛勢

表 6. 農地非點源污染最佳管理作業（行政院環保署，2005）。

非結構性 BMP		結構性 BMP
管理作業	植生與耕犁系統	
肥料管理 <sup>S</sup>	保育耕作 <sup>I,E</sup>	階段 <sup>E,I</sup>
整體性農藥管理 <sup>S</sup>	等高耕種 <sup>I,E</sup>	調節暨攔砂池 <sup>V</sup>
灌溉用水管理 <sup>E,V</sup>	等高帶狀耕種	分水工 <sup>E</sup>
調節性排水系統 <sup>E</sup>	過濾帶(緩衝帶) <sup>E</sup>	邊坡穩定結構物 <sup>V,E</sup>
土壤鹽分管理 <sup>S</sup>	田埂 <sup>E</sup>	草溝 <sup>M</sup>
地下水位控制 <sup>I</sup>	覆蓋和綠肥作物 <sup>F,E</sup>	灌溉系統：尾水回收 <sup>M</sup>
農業廢污管理 <sup>S</sup>	保育輪作 <sup>E</sup>	水量管制結構物 <sup>M</sup>
逕流管理系統 <sup>E</sup>	田間防風林 <sup>風林</sup>	護岸 <sup>M</sup>
	草及豆科植物之間作 <sup>E</sup>	濕地開發與復育 <sup>M</sup>
	田間條作 <sup>I,E</sup>	農業化學污染物之管理及處置 <sup>S</sup>

S：源頭控制，E：減少沖刷，V：降低流速，I：增加入滲，M：綜合

## 附錄一

# 臺中市放生保育自治條例

中華民國 101 年 10 月 22 日府授法規字第 1010185861 號令制定公布

第一條 臺中市（以下簡稱本市）為維護自然生態環境，並規範人為不當放生行為，特制定本自治條例。

第二條 本自治條例之主管機關為臺中市政府農業局（以下簡稱農業局）。

第三條 本自治條例用詞，定義如下：

- 一、放生：指將動物釋放至自然環境或具棲息功能之人工環境之行為。
- 二、保育：指基於生物多樣性與自然生態平衡之原則，對於野生動物所為保護、復育、管理之行為。
- 三、棲息環境：指維持動植物生存之環境。

第四條 本市相關生態棲息環境得由農業局會同相關機關勘查之，並彙集人文、宗教、地方需求及本市生態環境公告不得辦理放生之地區及動物種類。變更或廢止時，亦同。

第五條 農業局應辦理自然資源調查、保育、教育宣導、管理作業、獎勵及取締、處理違法案件等事項。

第六條 放生行為及棲息環境維護之巡查輔導事項得由農業局、臺中市政府（以下簡稱本府）民政局、本市海岸資源漁業發展所、本市動物保護防疫處、本府建設局、本府水利局、本府環境保護局、本府警察局、本府觀光旅遊局、臺中市各區公所、相關保育機關 依實際需要辦理。

前項各機關為辦理放生行為及棲息環境維護之巡查輔導之事項，得由民間團體協助之。

第七條 申請放生應擬具放生計畫並於預定辦理之日十五日前向農業局申請許可後始得為之。

前項放生計畫應載明下列事項：

- 一、申請人姓名或法人團體負責人姓名、地址、電話。

二、放生物種學名或中文名、俗名、來源、數量、雌雄別、食性、自然棲息環境。但放生物種其他法令另有特別規定者，並應載明依其規定辦理之情形及各該法令主管機關同意釋放之日期、文號。

三、放生之目的、實施方法、時間、地點。

四、參與放生之對象及人數。

五、經專業保育團體或生態學者、專家，就放生地區生態環境及其相關生物相，所做研究調查報告或評估。

六、預防造成放生動物緊迫或死亡與危害生態及風險管理措施。

第八條 任何人不得未經申請許可而放生或未依前條第一項許可之放生計畫放生。

第九條 違反第八條規定者，處新臺幣二萬元以上十萬元以下罰鍰，其尚未放生之物種應依相關規定處理。

前項情形違反動物保護法、野生動物保育法或漁業法相關規定者，依各該法律處罰。

違反前條規定致生危害生態環境之虞者，應負清理責任；未清理時，由農業局依行政執行法規定辦理。

第十條 民眾檢附相關證據，檢舉違反本自治條例案件，經查證屬實者，得由農業局給予獎金獎勵。其獎勵辦法由農業局另定之。

第十一條 本自治條例所需相關書、表格式，由農業局定之。

第十二條 本自治條例自公布日施行。

## 附錄二

# 南投縣放生保育自治條例

中華民國 96 年 4 月 14 日南投縣政府府行法字第 09600752830 號令制定公布

第一條 南投縣政府（以下簡稱本府）為維護本縣自然生態環境，規範人為不當放生行為，避免生態環境平衡遭受破壞，特制定本自治條例；本自治條例未規定者，適用其他有關法律之規定。

第二條 本自治條例之主管機關在縣為本府（農業局），在鄉（鎮、市）為鄉（鎮、市）公所。

第三條 本自治條例用辭定義如下：

- 一、野生動物：係指一般狀況下，應生存棲息於自然環境下之哺乳類、鳥類、兩棲類、魚類、爬蟲類、昆蟲及其他種類之動物。
- 二、經人工飼養繁殖之動物：係指凡經人工飼養繁殖之動物，包含寵物、經濟動物、野生動物經人工飼養繁殖第二代以後之個體。
- 三、棲息環境：係指維持動植物生存之自然環境。
- 四、保育：係指經科學實證，無礙自然生態平衡之原則，對於野生動植物，所為保護、復育管理之行為。
- 五、外來種動物：係指非臺灣地區原生種動物，對本地環境及生態有危害之虞者。
- 六、放生：係指以放流、野放或其他方法，將動物投入自然環境。

第四條 本府得依施政需要或鄉（鎮、市）公所申請，會同相關機關就相關生態棲息環境勘查後，公告不得辦理放生活動地區及動物種類。

前項之地區及動物種類由本府參酌中央主管機關相關公告或規定，並彙集人文、宗教、地方需求及本縣生態特色訂定公告實施。

第五條 為加強自然環境維護，落實本縣放生保育自治條例，各主管機關應積極籌措經費，辦理轄管自然資源調查、保育、教育宣導、管理作業、獎勵及取締、處理違法案件等事項。

第六條 本自治條例管理範圍內禁止下列行為：

- 一、於公告範圍擅自放生。



二、放生未經核准之外來種動物、野生動物及經人工飼養繁殖動物、寵物或經濟動物。

三、於自然環境採捕野生動物，作為放生物種。

四、擅自破壞或改變棲息地環境。

五、未依核准物種及數量放生者。

第七條 放生應於實施前十五日擬具放生計畫向當地鄉(鎮、市)公所提出申請核轉本府核准後始得為之。

前項放生計畫應載明下列事項：

一、申請人姓名或法人團體負責人姓名、地址、電話。

二、放生實施時間、地點。

三、放生物種學名、中文名、俗名、來源、數量、雌雄別。

四、放生之目的。

五、參與放生之對象及人數。

六、放生實施方法。

簡易之放生申請由鄉(鎮、市)公所核准，其放生種類及數量由本府另行公告之。

第八條 放生行為及棲息環境維護之巡查輔導事項得由本府農業局、水利局、環境保護局、警察局、觀光局、鄉(鎮、市)公所、相關保育機關、團體，依實際需要辦理。

第九條 違反本自治條例第六條規定禁止之行為，處新臺幣十萬元以下罰鍰，其尚未放生之物種沒入。

第十條 對本縣自然生物資源調查或推動放生法令、教育、宣導有功人員或團體，得由本府予以表揚獎勵。

第十一條 凡民眾檢舉違反本自治條例案件，經查證屬實者，得由本府給予獎金獎勵。其獎勵辦法由本府另定之。

第十二條 執行本自治條例規定事項有功之警察人員及各級行政人員，由本府依其優良事蹟，函請其所屬機關從優敘獎。

第十三條 本自治條例自公布日施行。

## 附錄三

# 臺北市公園管理自治條例

中華民國 95 年 6 月 6 日臺北市府九十五府法三字第 09579038600 號令修正

第一條 臺北市為加強公園管理，維護公園環境設施，特制定本自治條例。

本自治條例未規定者，適用其他法規規定。

第二條 本自治條例所稱公園，指依都市計畫所開闢之市管公園、綠地、廣場、兒童遊樂場、配合其他公共工程興建或其他依法令設置供公眾遊憩之場地。

第三條 本自治條例之主管機關為臺北市政府，並以下列機關為管理機關：

一、都市計畫公園、綠地、廣場、兒童遊戲場為市政府工務局公園路燈工程管理處。

二、運動公園為市政府教育局。

三、配合公共工程興建供公眾遊憩之場所為該公共工程管理機關。

四、其他依法令設置供公眾遊憩之場所，其管理機關由主管機關定之。

主管機關或管理機關認為必要時得將權限委任所屬下級機關或委託市政府所屬其他機關執行之。

第四條 公園周圍境界線如須設置圍護物，應以植物或設置適當穿透性之設施為之。

第五條 管理機關得依公園性質及環境需要設置下列設施：

一、園景設施：樹木、花卉、草坪、花壇、綠籬、花鐘、花架、綠廊、噴泉、水流、池塘、小橋、瀑布、假山、雕塑、藝術作品、踏石、園燈等。

二、休憩設施：亭、榭、樓閣、迴廊、園椅等。

三、遊樂設施：沙坑、塗寫板、浪木、搖椅、鞦韆架、蹺蹺板、迴轉環、滑梯、迷陣、爬竿架、攀登架、戲水池等。

四、運動設施：籃球場、排球場、足球場、網球場、羽球場、棒（壘）球場、手球場、曲棍球場、高爾夫球練習場、橄欖球場、田徑場、游泳池、溫泉池、溜冰場、撞球檯、乒乓球檯、單雙槓、吊環、遊

樂場、滑水場、木（槌）球場、健康步道、跑道、腳踏車專用道及其他運動設施等。

五、社教設施：植物園區、生態園區、趣味性科學園區、溫室、苗圃、水族館、露天劇場、音樂臺、閱覽室、美術館、博物館、陳列室、日晷臺、氣象觀測設施、牌坊、紀念碑、瞭望臺等。

六、服務設施：管理所、售票亭、崗亭、服務中心、停車場、時鐘塔、飲水臺、洗手臺、廁所、給排水設備、照明設備、消防設備、垃圾箱、標誌、園門圍欄、防止柵、倉庫、材料堆置場、解說及無障礙設施等。

七、其他經主管機關核准設置者。

第六條 前條設施中，須申領建築執照之建築物，應依都市計畫及建築法令有關規定辦理。

第七條 公園內各項設施應由管理機關依臺北市市有財產管理法令規定建立圖冊、文件登記列管。

第八條 公園內樹木及其他設施，管理機關應經常派員巡查，並應隨時補植或修護。

第九條 私人或機關團體欲捐贈公園內各項設施者，應檢附設計圖樣及設置位置，向管理機關提出申請。

第十條 公園內各項設施提供使用，得收取使用規費，其項目及收費基準，由主管機關定之。

第十一條 公園內各項設施得依促進民間參與公共建設法令、臺北市市有財產委託經營管理法令及其他法令規定，委託民間興建、經營、管理或維護。

第十二條 公園開放時間，由管理機關公告，除特殊情形經主管機關核准者外，星期日及例假日不得停止開放。

第十三條 公園內不得有下列行為：

一、隨地拋棄果皮、紙屑或其他廢棄物。

二、在水池或湖泊內游泳、沐浴、洗滌、網魚、釣魚、銼魚、放生、划船或其他污染毒害水質及傷害動植物之行為。但經主管機關公告在指定地點得划船、釣魚者，不在此限。

三、曝曬衣物或其他物品。

四、未經許可駕駛或違規停放車輛。

- 五、擅自種植果、菜或花木等。
- 六、任意放置桌、椅、箱、櫃或板架等。
- 七、不依規定使用遊樂設施足生安全之虞。
- 八、未在指定場所從事腳踏車、溜冰、直排輪、滑板車或高爾夫球等活動。
- 九、攜帶未加適當防護措施之寵物或其他牲畜。
- 十、擅自在公園內設施或樹木上塗寫、書刻或張貼。
- 十一、隨地便溺或其他不檢行為。
- 十二、未經許可販賣物品、出租遊憩器具或為其他之營利行為。
- 十三、毀損花卉、草皮或公園之設施或擅自挖掘土、石、草皮、傾倒餘土、破壞景觀等。
- 十四、擅自營火、野炊、夜宿、燃放鞭炮或搭設棚、帳。
- 十五、喧鬧或製造噪音，致妨害公共安寧。
- 十六、酗酒或鬥毆滋事，妨害公共秩序。
- 十七、有妨害風化或賭博之行為。
- 十八、攜帶危險物品。
- 十九、毀損樹木。
- 二十、主管機關為特定傳染病之防治或公園管理之必要而公告禁止或限制之事項。

第十四條 於公園埋（架）設地下（上）物者，應先檢送相關圖說資料向管理機關申請，經報主管機關核准後，始得埋設；其依規定應繳納相關費用者，應於繳納後，始得為之。

施工單位因施工而致各項設施現狀變更、損壞或侵害他人權益時，應負 修復及其他損害賠償之責。

第十五條 於公園內集會、展覽（售）、演說、表演或為其他使用者，除經主管機關核准之藝文活動外，應填具申請書，如屬參加人數超過五千人之大型活動，並應檢附交通維持計畫，向管理機關申請核准。

前項公園場地使用辦法及收費基準，由主管機關定之。

第十六條 有下列情形之一者，管理機關得停止使用人之使用：

一、違反本自治條例或公園場地使用辦法規定者。

二、發生空襲、天然災害或其他意外事件。

第十七條 違反第十三條第一款至第七款、第十款至第十六款及第二十款規定者，依中央法律裁處之；中央法律未規定者，得處行為人新臺幣一千二百元以上六千元以下罰鍰。

第十八條 違反第十三條第八款、第九款規定，得處行為人新臺幣二千元以上一萬元以下罰鍰。

攜帶具攻擊性寵物進入公園，無成年人伴同或未採取適當防護措施，得處新臺幣二萬元以上十萬元以下罰鍰。

第十九條 違反第十三條第十七款、第十八款規定者，移請警察機關依法處理。

第二十條 違反第十三條第十九款規定者，應依臺北市行道樹管理維護辦法所定標準賠償。但其所毀損者，如為受保護樹木，應依臺北市樹木保護自治條例規定辦理。

第二十一條 本自治條例所定罰鍰之處罰，由管理機關為之。

本自治條例所處之罰鍰，經通知限期繳納，逾期不繳納者，依法移送強制執行。

第二十二條 本自治條例自公布日施行。