

臺北翡翠水庫管理局

翡翠水庫水生動物多樣性之長期監測（一）

成果報告書

執行單位：臺灣大學 生物環境系統工程系

計畫主持人：侯文祥

中華民國九十五年十二月

目 錄

附表目錄	目-2
圖目錄	目-3
表目錄	目-4
中文摘要	I
英文摘要	II
一、背景	1-1
1.1 研究緣起及目的	1-1
1.2 研究內容	1-2
二、文獻蒐集	2-1
2.1 水域生態水質管理法	2-1
2.2 翡翠水庫水質與水生動物研究相關文獻	2-4
三、研究過程與方法	3-1
3.1 運用資料之範圍與種類	3-1
3.2 蒐集資料之程序與方法	3-2
3.2.1 調查工具	3-2
3.2.2 實驗方法	3-4
3.3 資料分析方法	3-10
四、結果與討論	4-1
4.1 水庫水質之變化	4-1
4.1.1 水庫內之總磷變化	4-1
4.1.2 水庫內之卡爾森優養指數值變化	4-2
4.1.3 水庫內之藻類優養指數值變化	4-3
4.1.4 水庫大壩處水質之垂直水層變化	4-4

4.2 水庫上游支流之水質變化	4-5
4.2.1 水庫上游支流之總磷變化	4-5
4.2.2 水庫上游支流之藻類密度變化	4-6
4.2.3 水庫上游支流之氨氮濃度變化	4-7
4.3 水生動物多樣性分析	4-8
4.3.1 水庫內魚類之組成與變化	4-8
4.3.2 水庫上游支流水生動物組成與變化	4-18
4.4 水生動物與水質之關係	4-23
4.4.1 魚類食性與水質之關係	4-23
4.4.2 各水區魚類密度與水質關係	4-28
五、結論與建議	5-1
5.1 結論	5-1
5.2 建議	5-3
六、參考文獻	6-1
附錄一 流刺網設置位置及空間分布	附錄 1-1
附錄二 翡翠水庫內及其上游支流重要水生動物	附錄 2-1
附錄三 水庫各站捕獲魚種總表	附錄 3-1
附錄四 支流各站捕獲魚種總表	附錄 4-1
附錄五 水庫內河道斷面圖	附錄 5-1
附錄六 現場實驗照片	附錄 6-1
附錄七 期中、期末審查會會議紀錄	附錄 7-1
附錄八 期中、期末委託研究報告修訂說明表	附錄 8-1

圖目錄

圖 2-1 富營養化淺水層與深水層水域水質之改良措施概念	2-2
圖 2-2 食物連鎖網模式	2-2
圖 2-3 食物連鎖網金字塔模式	2-2
圖 2-4 淺湖泊的富營養化進程與魚類收支及其棲息環境關係圖	2-3
圖 2-5 魚數量與總磷營養鹽濃度關係圖	2-4
圖 4-1 翡翠水庫歷年來各年度表層水總磷濃度之年平均變化	4-1
圖 4-2 近十年來水庫大壩處藻類體積及藻數量之歷年變化圖	4-3
圖 4-3 翡翠水庫內 95 年夏冬季之水溫及酸鹼值之垂直水層變化	4-4
圖 4-4 翡翠水庫內 95 年夏冬季溶氧之垂直水層變化	4-5
圖 4-5 翡翠水庫上游溪流近十五年間之總磷濃度變化	4-6
圖 4-6 翡翠水庫上游三溪流於近四年間冬夏季節之藻類密度變化	4-6
圖 4-7 翡翠水庫上游溪流近十五年間之氮濃度變化	4-7
圖 4-8 翡翠水庫內歷年來優勢魚種及捕獲地區的重量趨勢變化圖	4-11
圖 4-9 翡翠水庫內歷年來優勢魚種及捕獲地區的尾數趨勢變化圖	4-11
圖 4-10 翡翠水庫內歷年來高身鯽及鯉魚捕獲地區及數量趨勢變化圖	4-12
圖 4-11 翡翠水庫內歷年來原有優勢魚種存在的變化趨勢圖	4-12
圖 4-12 翡翠水庫內歷年來原有優勢魚種及捕獲地區的減少趨勢變化圖	4-13
圖 4-13 翡翠水庫內歷年來黑鯪及捕獲地區的減少趨勢變化圖	4-13
圖 4-14 翡翠水庫內歷年來草魚及捕獲地區的減少趨勢變化圖	4-14
圖 4-15 翡翠水庫內 95 年捕獲魚種尾數百分比圖	4-14
圖 4-16 翡翠水庫內 95 年捕獲魚種重量百分比圖	4-15
圖 4-17 95 年翡翠水庫內捕獲黑鯪齡期趨勢變化圖	4-16
圖 4-18 95 年翡翠水庫內捕獲鯉魚齡期趨勢變化圖	4-16
圖 4-19 95 年翡翠水庫捕獲高身鯽齡期趨勢變化圖	4-17
圖 4-20 95 年翡翠水庫捕獲大眼華鯪齡期趨勢變化圖	4-17
圖 4-21 95 年翡翠水庫上游支流捕獲魚種尾數百分比圖	4-18
圖 4-22 95 年翡翠水庫上游支流捕獲魚種重量百分比圖	4-18
圖 4-23 翡翠水庫上游支流魚類捕獲尾數百分比圖	4-19
圖 4-24 北勢溪近年捕獲魚種尾數百分比變化圖	4-19
圖 4-25 金瓜寮溪近年捕獲魚種尾數百分比變化圖	4-20
圖 4-26 95 年翡翠水庫上游支流捕獲平頷鱸齡期趨勢變化圖	4-20
圖 4-27 95 年翡翠水庫上游支流捕獲粗首鱸齡期趨勢變化圖	4-21
圖 4-28 95 年 6 月翡翠水庫上、下游捕獲魚類食性分析百分比圖	4-25
圖 4-29 95 年 8 月翡翠水庫全區捕獲魚類食性分析百分比圖	4-26
圖 4-30 95 年 9 月翡翠水庫全區捕獲魚類食性分析百分比圖	4-26

圖 4-31	95 年 10 月翡翠水庫全區捕獲魚類食性分析百分比圖.....	4-26
圖 4-32	95 年翡翠水庫上游支流捕獲魚類食性分析百分比圖	4-27
圖 4-33	95 年翡翠水庫內魚種密度與總磷的關係圖	4-30
圖 4-34	95 年翡翠水庫內魚種密度與葉綠素 a 關係圖	4-30
圖 4-35	95 年翡翠水庫內魚種密度與藻類個數關係圖	4-31
圖 4-36	95 年翡翠水庫上游支流魚種密度與總磷的關係圖	4-31

表目錄

表 2-1	翡翠水庫水質與生物研究相關文獻彙整	2-4
表 3-1	溪釣用裝備組合與對象魚體	3-3
表 3-2	水庫內捕魚用網具規格	3-4
表 3-3	水庫內水域劃分表	3-10
表 4-1	近二十年來水庫卡爾森優養指數值變化	4-2
表 4-2	翡翠水庫內 95 年 6-11 月捕獲魚種總計	4-8
表 4-3	翡翠水庫內歷年與今年捕獲魚種數比較表	4-9
表 4-4	95 年 6-11 月翡翠水庫上游支流水生動物種類數量表 ...	4-22
表 4-5	翡翠水庫內魚種攝食藍綠藻的比例分析表	4-28
表 4-6	95 年翡翠水庫內魚種多樣性指標分析	4-33
表 4-7	95 年翡翠水庫上游支流魚種多樣性指標分析	4-34
表 4-8	水庫內各水區不同季節的漁獲量與水質水層變化關係 ...	4-35

中文摘要

本年度為三年期計畫之第一年，旨在建立水庫內及其上游支流水生動物物種及數量與季節的變化關係，探討水生動物之食性、多樣性及與水質關係，並製作重要水生動物標本等，以建立翡翠水庫的本土化資料。自6月至11月共進行水庫五次、支流四次現場研究。結果得知，水庫內在歷年文獻所紀錄之魚種共36種，今年共捕獲17種；且紅鰭鮒與鱖條捕獲尾數最多，可能取代高身鯽成為水庫內優勢魚種；捕獲重量則以黑鰱最高。水庫內半年共計捕獲846尾，約279公斤。上游支流包括北勢溪、魚逮魚堀溪及金瓜寮溪等三條支流，以台灣石鱖捕獲尾數最高。三支流共捕獲951尾，約68.3公斤。從食性分析結果得知，紅鰭鮒濾食藍綠藻的比例極高，佔總攝食量91%，後續應持續觀察其食性，是否有助於藻類的去除。為了解及釐清各水生動物的功能，及水庫中生物鏈的控制，宜繼續進行調查，彙集更多資料，以提供後續水質改善管理之客觀依據。

關鍵字：翡翠水庫，水生動物，生物鏈控制，生物多樣性，水質

ABSTRACT

For the first year when plan in three years, in establishing the reservoir mainly and the upper reaches tributary aquatic animal species and quantity and change relation of season in the current year, probe into the feeding habits, variety and water quality relation of the aquatic animal, make important aquatic animal's sample, etc. that in order to set up the localization materials of the Feitsui reservoir. Carry on the reservoir five times altogether from June to November, four times tributaries are studied live. The result shows, the fingerling that documents note down amounts to 36 kinds over the years in the reservoir, catch 17 kinds altogether this half year. *Culter erythropterus* and *Hemiculter leucisculus* catch the most mantissas, may replace *Carassius cuvieri* and become the advantage fingerling in the reservoir; It is highest with *Sinibrama macrops* to catch weight. Catch 846 altogether in half a year in the reservoir, about 279 kilograms. The tributary includes Beishih River, Daiyuju River and Jingualiao River. It is highest of the quantity of *Acrossocheilus paradoxus*. Three tributaries are caught 951 altogether, about 68.3 kilograms. According to the analysis result of feeding habits, it is extremely tall that *Culter erythropterus* strains the proportion of feeding *Cyanophyta*, account for and always take a 91% of appetite. It should observe its feeding habits continuously in follow-up, ones that contribute to *Cyanophyta* are got rid of. To Understand and distinguish the function of every aquatic animal, and the control of the biological chain in the reservoir, should continue carrying on the investigation, gather more materials, in order to offer the objective basis of follow-up water quality improvement management.

keywords: Feitsui reservoir , aquatic animal , bio-manipulation , biodiversity , water quality

一、背景

1.1 研究緣起及目的

翡翠水庫為大台北地區公共用水的主要供應來源，因此維護水庫水體品質是經營管理上最重要的課題。水庫管理局自民國七十六年正式啟用以來，對於翡翠水庫的水質監測即從多方面同時建立起監測系統；除了常用的物理、化學分析方法之外，也採用了生物研究方式，建立水生生物與水質變化關係的資料庫，這些水生生物主要包括藻類、浮游動物、魚類。

其中藻類與水庫水質的變化關係最為密切，因此自翡翠水庫啟用以來即不曾間斷其相關資料的收集，研究的成果對於水庫水質的管理貢獻卓著。影響藻類生長與多樣性的因素中，除了水中營養鹽與其他化學因子外，因生態系食物網的結構關係，水生動物也扮演了重要的角色。以往翡翠水庫曾有多年有關水庫魚類與水質關係的研究，累積了許多寶貴資料，對水庫管理也提供許多幫助。

由翡翠水庫管理局以往研究結果顯示，部份魚種對於藻類數量的控制具有一定的效果，如高身鯽、白鯪等；有些水庫內的魚種則因啄食底泥中的碎屑，反造成水質混濁，如鯉魚、圓吻鯛。因生態系中各物種均息息相關，故僅對少數魚種進行研究，可能對於水庫整體環境的瞭解會有所遺漏。近年來生物多樣性研究方興未艾，其研究目標乃主要針對整個生態系內相關物種間的關係進行探討，而翡翠水庫雖為人工構築而成，但仍可視為一個湖泊生態系。如岩佐義朗（1990）在「湖沼工學」一書中指出，水庫內各種環境物質的收支平衡架構觀念。如能以湖泊生態系的觀點，進行水生動物多樣性的量化研究，並與翡翠水庫持續監測的水質資料進行比較分析，以及與以往之魚類生態相關調查研究文獻加以比較分析，期望能獲得適當之水生動物水質指標、水庫是否捕撈魚類的具體規劃建議等成果，以增進對水庫水生動物的整體了解，並作為水庫水質

的經營管理與改善參考，確保水質的提昇與安全。

1.2 研究內容

計畫委辦單位提出三個年度的連續性研究，第一年度工作內容包括下列六項：

1. 每季一至二次至水庫內事先選定的樣點（至少 5 個）進行水生動物之採樣。
2. 為水庫中採獲之重要水生動物製作標本並拍攝照片。
3. 分析上述樣點採獲之水生動物組成結構與數量變化。
4. 配合本局所提供之相關水質資料，探討水生動物與水質間之關係。
5. 在水庫上游支流，包括魚逮魚堀溪、金瓜寮溪及北勢溪，於每季一次進行採樣，以便與水庫所採得的樣品進行比較。
6. 利用所得採集資料，進行生物多樣性分析，以探討水生動物多樣性變化與水質的關係，做為日後進一步研究時，提出適用之水生動物水質指標的基礎資料。

本計畫就水生動物的採樣種類可分為水生無脊椎動物和脊椎動物兩大類。

水生無脊椎動物，主要包括：軟體動物（如螺類、貝類等）、節肢動物（如水生昆蟲中之水蚤、石蠅及日本小蜉蝣等，陸生昆蟲之幼蟲，以及溪蝦、毛蟹等）。水生脊椎動物，體型通常較大，主要包括：淡水魚類（初級淡水魚：如鯛魚、台灣石鱚、粗首鱚；次級性淡水魚：如鯉魚；周緣性淡水魚：如白鰻、鱸鰻、烏魚），爬行類（如鱉）等。

本研究團隊即依據上述目標設計試驗工作，詳述於 三、研究過程與方法。

二、文獻蒐集

2.1 水域生態水質管理法

水庫為各種水質水體的匯集場所，因水深高達數十公尺以上，沉降型固態有機物多沉積於底部。一般而言整個水庫水體可以區分為淺水層與深水層兩個大區域。在小於五公尺的淺水層內空間，因具有光合作用的正面效益，可以被考慮以生物鏈的「環境平衡管理」架構進行水質改良；其中，主要成敗關鍵為動物性浮游生物與肉食性小魚是否能夠順利的生存與繁殖，亦即提供一個可保護其進行完整生活史的棲地環境設計，將是關係著生物鏈設計手法成敗的重要關鍵之一。另外，維持水域內肉食性魚量、草食性魚量、肉食與草食性小魚數量、動物性浮游生物數量、藻類數量、營養鹽濃度等之食物鏈關係的平衡管理設計與維持，更關係著生物鏈系統的成敗。此系統極易受到外來環境干擾產生失衡現象，如氣候變化、水文現象、入流水關係、上下水體互動等。因此，生物鏈系統改良水庫水質方式具有緩效性、操作難度高、不需電力耗能、屬於物理生物化學管理平衡法的特徵。然而，在五公尺以下的中下水層的廣大空間內，因不具光合作用效益，將無法以生物鏈系統產生藻類進行消化營養鹽動作。一般而言，水庫內所含需淨化的營養鹽總量，在中下水層約占八成以上。因此，必須同時考慮其他快速的淨化方法。由於以碳氮磷物質為主的營養鹽被消化過程主要以耗氧手段進行，且即使以藻類進行光合作用吸收營養鹽的生物鏈系統，在夜間也需要充足的氧氣以供呼吸耗氧。圖 2-1 為富營養化淺水層與深水層水域水質之改良措施概念圖（侯，2005）。

而與水生動物相關的水域生態水質管理法，係利用水域中生態系生物鏈方式進行淨化水質的方式，此方法只有在針對各環境物質與生物相均建

立完整資料後才有可能實施。

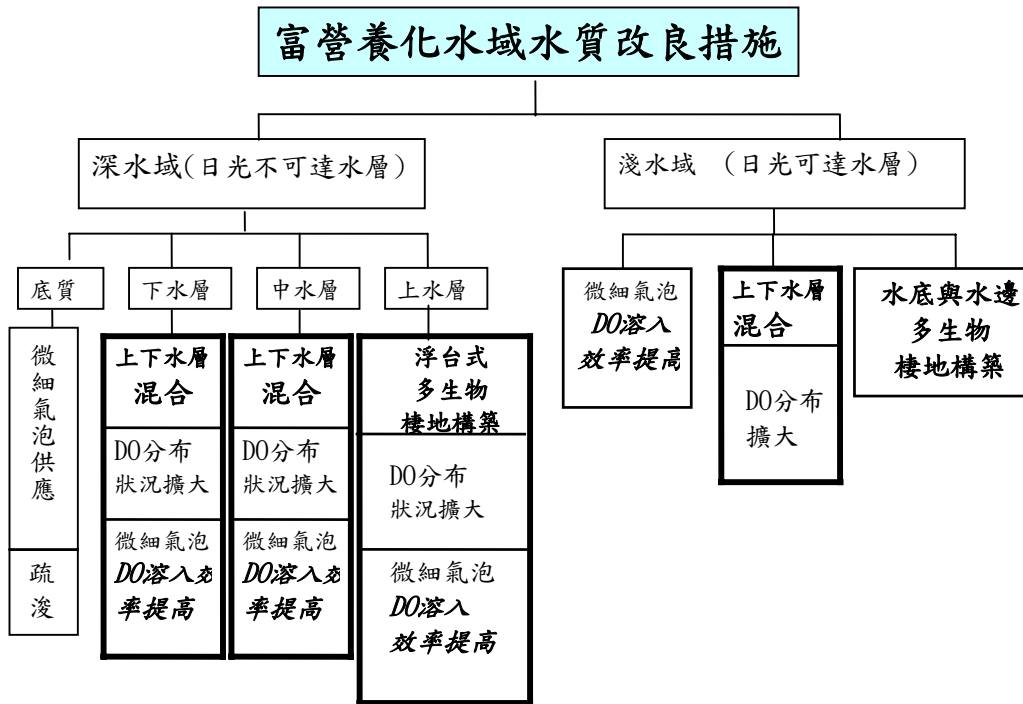


圖 2-1 富營養化淺水層與深水層水域水質之改良措施概念 (侯，2005)

1. 多生物性水質改善方式：

圖 2-2 與圖 2-3 分別為以 bottom-up (金字塔型) 和 top-down (倒三角型) 架構食物連鎖網模式關係。本單元的多生物性水質改善方式 (Bio-manipulation) 主要為以 top-down 探討由高階層至中階層水生動物的收支平衡關係。

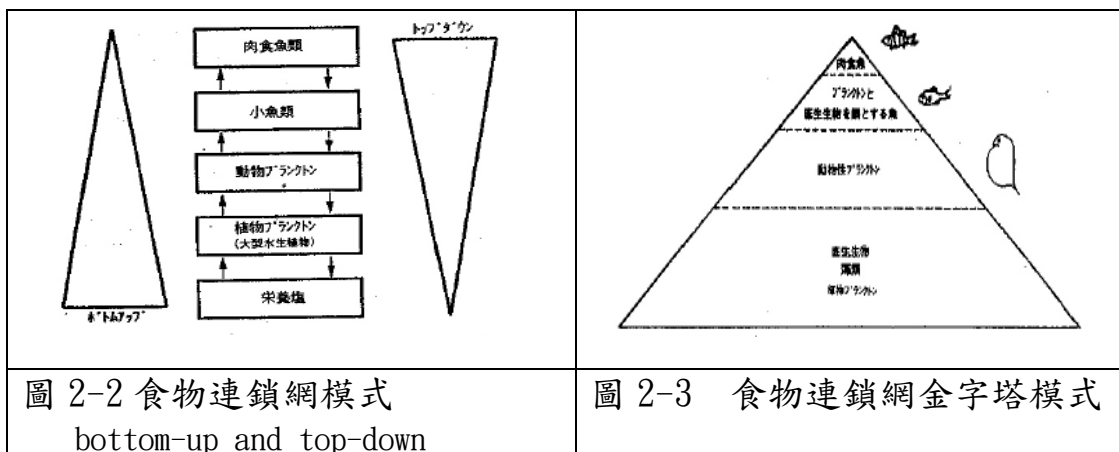


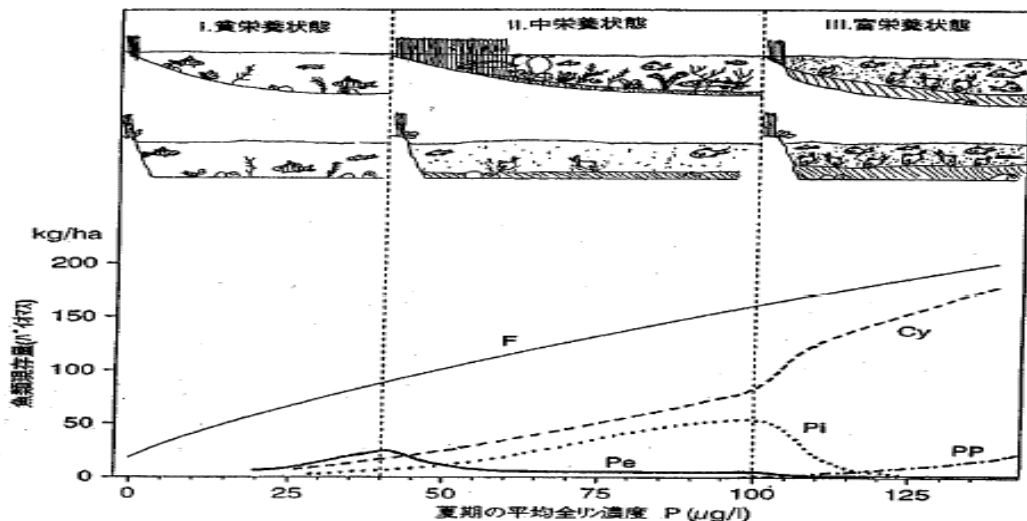
圖 2-2 食物連鎖網模式 bottom-up and top-down

圖 2-3 食物連鎖網金字塔模式

2. 與水生動物相關的生物鏈控制水質之原理：

圖 2-4 及圖 2-5 則為淺湖泊的富營養化進程與魚類收支及其棲息環境關係之實測二例圖。

由圖 2-4 資料 (Klinge, et al, 1995)，當夏季湖泊中魚總量達 150 公斤／公頃，其中草食性魚數量超過 100 公斤／公頃，而肉食性魚數量少於 50 公斤／公頃時，且與水質關係為水中總磷濃度超過 0.1ppm 時，將使該湖水質成為優氧狀態。至於在總磷濃度小於 50ppb 時，水中魚總量約小於 100 公斤／公頃，雜食性魚與草食性魚數量約保持 2:1 的比例關係。圖 2-5 (Hanson & Logget, 1982) 則為肉食性魚數量與總磷營養鹽濃度關係圖實測例，水中總磷濃度超過 0.1ppm 時，魚總量也達約 150 公斤／公頃，兩者具有近線性的正相關。



F:全魚類現存量， Pe:肉食性魚(體長 25-50cm)， Pi:肉食性魚(體長 45-120cm)
PP:肉食性魚類， Cy:鯉科魚類(雜食性魚)

圖 2-4 淺湖泊的富營養化進程與魚類收支及其棲息環境關係圖 (Klinge, et al, 1995)

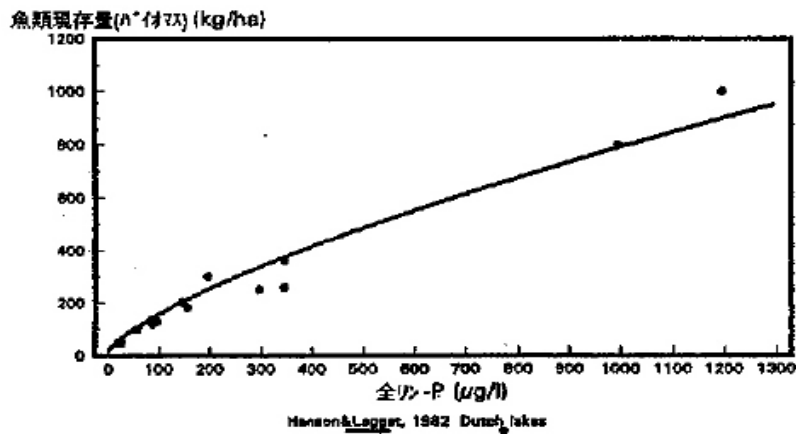


圖 2-5 魚數量與總磷營養鹽濃度關係圖（Hanson & Logget, 1982）

2.2 翡翠水庫水質與水生動物研究相關文獻

整理翡翠水庫十餘年來陸續建立的相關文獻，依研究成果報告與碩博士論文，分別彙整重點於下表 2-1。由其中多數基礎資料，初步可了解水庫食物鏈中物種的關聯性。但資料中缺乏各種生物密度的計量數據。因此，本研究結果可將翡翠水庫中食物鏈之各種相關性加以串聯，提供水庫管理者日後之參考。

表 2-1 翡翠水庫水質與生物研究相關文獻彙整

水質研究-翡翠水庫實測資料				
文獻名稱	年代 出處	對象	實驗方法和內容	結果
翡翠水庫 管理局網 站	1991- 2006	翡翠 水庫 及上 游支 流	委外、實測，建立各項基本數據如各測站的總磷、溶氧、葉綠素 a 等；以及歷年趨勢及其他翡翠水庫相關等。	累積翡翠水庫水質管理用資料。
環保署網 站	1993- 2006	全國 主要 水庫	定期計測全國主要水庫水質而得的環境資料與研究。以靠近大壩取水口表水層水樣計測為主，或包括固定水深的下水層水質計測。	國內水庫水質基本數據，與優養變化之情形參考。

翡翠水庫管理局網站 <http://www.feitsui.gov.tw/>

環保署官方網站 <http://www.epa.gov.tw/main/index.asp>

水質研究-實測與模擬資料

文獻名稱	年代 出處	對象	實驗方法和內容	
翡翠水庫集水區磷之含量及其對自來水水源影響之研究	1983 胡思聰	現場採樣與模擬	探求集水區內的磷含量與來源，對土壤、岩石、草木、水質等進行測定分析，以現場採樣的方式實行。	集水區內磷含量過高，若不以截流污水處理則有優養化的趨勢。上游區的人為污染不高，推斷TP的來源與山坡地的土壤沖刷有關。
翡翠水庫水體水質之分析探討	1996 柯文泉 (碩士論文)	模擬分析方法	水庫優養化程度之評價方法與標準至今大多沿用國外的評價指標。為了探討水庫優養狀態，必須先了解水庫之水質特徵。嘗試應用統計分析的方法，利用已有之資料，對於翡翠水庫之水質展開檢視工作探討水質近況。	由翡翠水庫之氮、磷、葉綠素 a 含量，顯示翡翠水庫水質已達普養階段。依水污染防治法所制定之水體水質分類標準，翡翠水庫之總磷仍未能符合甲類標準，顯示集水區內之點源或非點源污染仍應加強控制。以單一變數優養指標來評估結果，由於其變異性大，採用時仍須加以佐證。若以多變數理化指標與生物指標相配合，應可獲得較嚴謹與客觀的評析成果。
翡翠水庫水質模擬與應用	1998- 2000 郭振泰	動態模擬	將歷年翡翠水庫水域水質及相關水理資料作一歸納、整理、分析，並應用模式進行優養分析。	模擬水庫中藻類的消長與水質關係。
水庫整體保育計畫規範案例研究	2003 台大水工試驗所	調查推估	以翡翠水庫為例，用現場調查與推估整合資料的方式進行，針對水庫和集水區的保育做全盤性的規劃。	提出水庫集水區整體保育計畫，包含土地利用調查、水質保育及污染防治、環境生態保育、溪流整治、水土保持、森林經營、環境監測、壩體更新改善。
翡翠水庫藻類與水質關係之長期監測	2004- 2005 中央研究院植物所	翡翠水庫	持續調查翡翠水庫集水區之藻類特性，在水庫內設八個採樣點並配合自來水事業處作水質分析，以了解水質變化與藻類之關係。	以細胞數計算時，綠藻類取代藍綠藻成為優勢種，近三年綠藻數量持續增加中。N/P 比下降，水的硬度逐年增高，微囊藻減少，污染源主要為北勢溪上游。
以生態工法淨化水庫水質控	2005 郭振泰 吳俊宗	台灣水庫文獻	搜集整合國內 10 座優養化的水庫文獻，分析提出各水庫歷年優養化之趨勢、內部氮	微囊藻常形成藻華現象，主因為有機物的污染，喜好高溫，以夏季滋長最為旺盛，多浮於 3 公尺

制優養化研究計畫	吳先琪	彙整	磷污染源、去除方法與施作之生態工法類別與施作條件、去除效率及建設、操作與維護成本的分析。	之表水層。可以物理、化學、生物工法去除。由底泥釋放之總磷為影響水質重要因素，可降低內部營養源保持底層有氧狀態、維持上層水穩定之分層，及提高生物質的沉降率。打破分層及曝氣法在某些水庫具有降低優養的效果，但須有足夠的監測資料與對水質的了解。
----------	-----	----	--	--

生物研究-水生生物種類與數量變化主題

文獻名稱	年代 出處	對象	實驗方法和內容	結果
台北區新店溪水生昆蟲之研究	2004 何鎧光 (碩士 論文)	水生 昆蟲	自新店溪上游南勢溪之福山起，至下游之社子，測定各調查地點之環境概況，採集水生昆蟲標本，以觀察水生昆蟲相，再就各站之昆蟲分佈情形探討水生昆蟲與其棲聚環境之關係。	福山站之昆蟲群聚最為豐富，共33種，個體數目亦多。蜻蛉目、半翅目及雙翅目等3種多生於污濁之緩流中。蜉游目、蜻蛉目、蟬翅目廣翅目、毛翅目、雙翅目等12種多生於清澈之急流中。與捕獲之昆蟲類相比對。
台灣貝類資料庫	2006 中央研 究院	貝類	貝類資料庫，以研究彙整的方式將台灣貝類相關資訊匯集。	比對捕獲之貝類。
淡水蟹資訊網	2006	蟹類	淡水蟹資料庫，以研究彙整的方式將多篇淡水蟹類相關資訊匯集。	比對捕獲之蟹類。

台灣貝類資料庫<http://shell.sinica.edu.tw/>

淡水蟹資訊網http://www.mbi.nsysu.edu.tw/~fiddler/crab_fw/fw-crab.htm

生物研究-魚類食性分析主題

文獻名稱	年代 出處	對象	實驗方法和內容	結果
魚類應用於翡翠水庫水質保全和監測上的研究	1999 曾晴賢	現場 採樣	計畫內容以魚群數量、種類追蹤並加強分析高身鯽胃含物組成、排泄物及能量大小，作為建立水庫生態系統能量流動模式的基礎。	藍藻如微囊藻於濾食性的魚體內偏高，與之前研究吻合，而非濾食性則以矽藻和綠藻為主。
生態模擬在翡翠水庫水質保全和監測上的研究	2000 曾晴賢	採樣 與模 擬	以流刺網捕獲魚種，並進行內臟的化驗與生物多樣性分析。以ECOPATH軟體建立模擬系統，進行生物資料庫的建立。計量內容為種類、體長與尾數、總重量等。	得知黑鯪、高身鯽、鯉為優勢種。黑鯪攝食的浮游生物較藻類為多，高身鯽則以藍藻和矽藻為主，鯉魚雜食。水庫內持續有不明的外來種增加，對原生種已造成威脅，生態系穩定將影響水質狀況。

台灣魚類 資料庫	2006 中央研 究院生 物多樣 性中心	魚類	魚類資料庫，以研究、資料 比對、實測等方式進行資料 庫的建立。	以此資料為主要的判斷魚類食性 與採樣法之依據，在捕獲魚種上判 斷白鯧、圓吻鮠、台灣鏟頰魚、香 魚為草食性魚種，其餘為雜食性。
-------------	----------------------------------	----	---------------------------------------	---

台灣魚類資料庫 <http://fishdb.sinica.edu.tw/2001new/main1.asp>

生物研究-藻類與水質關係主題

文獻名稱	年代出 處	對 象	實驗方法和內容	結 果
翡翠水庫 浮游藻類 與水質關 係	1996- 2001 吳俊宗	藻 類 模 擬	監測翡翠水庫之水質變化 及了解水庫中藻類對水質 之影響。	坪林北勢溪水質近兩年水中濁度明顯升 高，造成總磷負荷，此外也伴隨有機污 染，非點源污染可能是坪林北勢溪氮源 負荷逐年增加之主因，與水庫藻類消長 有關。
水庫優養 控制優選 模式之發 展與應用	1997 莊子旺 (碩士 論文)	動 態 模 擬	發展水庫優養控制優選模 式，利用微分動態規劃的 優選方法求解，並以翡翠 水庫為案例研究。採用水 質模式，考慮六項水質參 數。	優選結果可求得污染源所需之處理效 率，以使得湖泊內之葉綠素 a 濃度可以 在某水準以下。因模式為時變性，故求 得的控制方案為時間的函數，因此可隨 時間變化做經濟而有效的調整。結果顯 示此優選方法於解決動態的水庫優養控 制問題之可行性。
翡翠水庫 中藻類種 群消長之 動態模擬	2001 廖文蓓 (碩士 論文)	藻 類 模 擬	以系統分析軟體 STELLA 建 立翡翠水庫大壩表水層藻 類生長的模式，模擬翡翠 水庫大壩表水層總藻類、 細巧隱球藻及銅綠微囊藻 等不同藻類在水庫中的消 長情形。	模式對總藻類生長模擬結果較佳，對於 不同藻類在水體中消長情形的模擬結果 較差，原因可能為國內對翡翠水庫中本 土藻種的研究不多，缺乏生長參數及藻 類自然死亡、沈降作用、被原生動物捕 食等消失速率常數，且模式未考慮參數 間的相互影響。
翡翠水庫 藻類族群 結構分析 及分層系 統動態模 擬	2003 林明郁 (碩士 論文)	藻 類 模 擬	以動態模擬軟體 STELLA 建 立分層系統模式，來探討 光線、溫度、營養鹽等限 制因子及水體混合情形對 翡翠水庫大壩表水的總藻 體積變化以及三種藻種共 存系統之體積變化的情 形。	總藻模擬以敏感度分析來探討環境因子 對藻類的生長影響，發現磷供應是其中 較為關鍵的因素。此研究也認為「環境 因子的時間變異性與空間變異性有利於 不同藻種共存」的想法應該是對的，且 可用以解釋現實世界中生物多樣性的存 在。
翡翠水庫 藻類之模 擬	2004 姚俊豪 (碩士 論文)	藻 類 模 擬	以 HEM-3D 之 simplified version 的水質反應項目為 架構，利用 FORTRAN 程式語 言開發零維藻類水質模 式。模擬綠藻、藍綠藻、	綠藻與藍綠藻較不能反映出峰值，原因 可能為兩種藻類體內細胞葉綠素 a 含量 不能保持定值，對於快速改變的環境變 化較敏感。矽藻呈現符合環境的變化週 期，在溫度較低時有較多的數量，最佳

			矽藻與其他藻四種藻類的生長變化，與有機碳、有機磷、正磷酸鹽、有機氮、氨氮、硝酸鹽氮、化學需氧量與溶氧八項水質項目。	生長溫度為 25-30°C 左右。
颱風對翡翠水庫葉綠素甲濃度時空變化之影響	2004 林靜英 (碩士論文)	藻類採樣	在翡翠水庫大壩站及水庫上至下游縱走測線(月採樣)測量水溫、Chl a、非活性葉綠素甲(Phae a)及其比值(PhR=Phae a/(Phae a+Chl a))、總懸浮物質量(TSM)及可溶性反應磷(SRP)濃度。並在颱風過後進行密集採樣。	Chl a 濃度表水高底水低，最高值常在 5m 水深處，上游高下游低。大壩站 Chl a 的 10 m 積分平均值最高值出現於秋季，最低值出現於冬季。在颱風或暴雨事件過後，水庫中下水層(約水下 20~80 m)出現次表層懸浮物團狀物(SSMP)，其上方水體內 Chl a 濃度隨之升高。秋末水溫層化微弱，颱風則可有效地增加混合層的深度，使深水層所含物質進入上層水體。此說明了夏季大壩站表水若出現高 SRP 或高 Chl a 濃度值，應來自於水庫上游的橫向輸送。夏季颱風所引發之 SSMP 若積存於水庫內，則會因秋颱或冬季的寒潮暴發而進入表水，而影響秋季及次年春季藻華的嚴重程度。
季節性翻轉與春秋藻華水體之卡爾森優養指標應用與水質預測之研究-以翡翠水庫為例	2005 王泰盛 (碩士論文)	藻類分析	以水庫大壩站為研究對象，進行歷年來藻類指數的分析與評估。	由近十年資料分析發現，總磷之極大值常出現在葉綠素a之前，彼此間約相差一至二個月，顯示水質變化上有時間的差異，因為水庫受到季節性氣候影響以及生地化反應，有時間延遲現象；可推算出葉綠素a之量，達到預防藻類增加而造成藻華現象，對於水庫水質有較良好的預警效果。當藻類大量生長時，造成水質惡化，由TSI (AVG)無法提供其訊息。因此重新評估以TSI (AVG)作為翡翠水庫營養評判指標之適用性是重要的。
翡翠水庫藻類多樣性之分析及消長動態之模擬	2005 簡鈺晴 (碩士論文)	藻類模擬	以翡翠水庫大壩之藻類族群為例，探討藻類多樣性之原因。以分層採樣之結果，分析探討藻類在大壩分層的生長情形、藻類與浮游動物之間之關係以及藻類和水質之關係。	藻類週期性的消長主要與季節性物理因子相關，其中藻類的沉降特性與水體混合程度為藻類生長之重要條件。統計結果顯示 Shannon-Wiener Index 生物多樣性指標與環境溫度梯度因子有相關性。磷之供應是其中較為關鍵的因素。

以上文獻指出，翡翠水庫內不同水深水層的葉綠素濃度在不同季節呈現出各異的變化。夏季時，葉綠素濃在近表水層高，底水層低，最高值常在水深 5m 處，且上游處較高，下游處較低。如大壩站的 10 公尺水深處之葉綠素 a 濃度之積分平均值最高值出現於秋季，最低值出現於冬季(2004，林)。在夏季時，10 公尺以下水深的溶氧量也明顯降低。以上水質文獻資料，明顯影響水庫內不同食性水生魚類的棲息處所變化。對於後續進行網捕試驗設計有密切關係。

三、研究過程與方法

3.1 運用資料之範圍與種類

1. 調查範圍需包括翡翠水庫內至少五個採樣點，以及水庫三條主要入流支流至少各一個採樣點。本研究即配合翡翠水庫內現有之水質採樣點，作為水生動物主要之採樣位置，如下圖標示。選定水庫內上中下游共三區的試驗點，分別在上游區的黃檨皮寮、灣潭，中游區的永安、鷺鷥潭、後坑子以及下游區的火燒樟、大壩等區域共計十七個採樣點。水庫上游三條主要支流，包括魚逮魚堀溪、金瓜寮溪及北勢溪，分別在各溪段上下游區域尋找淺瀨、急流及深潭等地貌環境進行採樣，三條支流共計 8 個採樣點；各採樣點位置如下：(1) 北勢溪在坪林污水廠後方溪段、(2) 魚逮魚堀溪在距大林橋下上游 100~500 公尺處、(3) 金瓜寮溪在金瓜寮溪橋下游約 500 公尺處。水庫內之採樣點視各區域環境及水深狀況而定，分別建立上、下兩個水層的資料。

翡翠水庫水質採樣位置圖



□ 翡翠水庫內之採樣點

□ 翡翠水庫上游支流之採樣點

2. 監測水生動物數量、種類、空間分佈等之變化。
3. 水生動物之季節性變化。
4. 探討不同食性水生動物多樣性與水質資料的關係。

3.2 蒐集資料之程序與方法

1. 於夏、秋、冬三季在翡翠水庫內選定至少 5 個採樣點及水庫上游三條主要支流，包括魚逮魚堀溪、金瓜寮溪及北勢溪至少各一個採樣點進行採樣。
2. 水生動物之採樣，依不同種類選用適合之方式及工具進行。魚類之調查方式，在水庫方面考量結合作業時間及魚獲量與建立生物密度資料等關係，採用流刺網捕撈之網捕法；支流方面則分別以垂釣法、手拋網捕法、流刺網捕法及射魚法等採樣，其它水生動物則採用蝦籠捕法、蘇伯氏網法等進行調查。
3. 對翡翠水庫及其支流的水生動物多樣性分析而言，係將所採樣、監測之紀錄資料，套用於生物整合指數中，利用魚類的歧異度、豐度及族群的健康程度，來評估水中生態系的健康情形（Karr, 1991），進而瞭解水質環境的狀態，作為水生動物水質指標研究時的基礎資料。

3.2.1 調查工具

一、支流區調查用工具

本次實驗主要調查的翡翠水庫支流包括北勢溪、魚逮魚堀溪及金瓜寮溪等三條支流，魚類調查部分分別以垂釣法、網捕法、誘捕法及刺魚法進行。垂釣法所使用工具為利用釣竿、釣線及釣鉤等組合而成的釣具，再輔以誘

餌，以捕獲魚類。垂釣法受棲地的限制較少，在急水區與靜水區均可使用，同時，也針對不同魚種而進行採集作業四十分鐘二重覆，根據魚鈎的號數大小及餌料，釣取不同種類或體型之魚種。釣鈎及釣線的組合如表 3-1 所示。網捕法則分別使用 1.2”網目的流刺網及 12 尺長度的手拋網，分別於日間作業二小時及三小時；誘捕法係利用三種大小規格蝦籠等工具進行放置作業二十四小時；而射魚法即是以自製刺槍進行夜間採樣二小時。現場調查尚需使用之工具及配備，如電子秤、量尺、活魚箱、兜網、安全裝備等。

表 3-1 溪釣用裝備組合與對象魚體

對象魚體	釣竿長度、種類	魚鈎號數	釣線號數	採樣水層
小型魚	12 尺溪釣竿	1-3 號	0.2~0.4	急流、淺瀨
	15 尺溪釣竿	1-3 號	0.3~0.5	
大型魚	12 尺溪釣竿	3-5 號	0.4~0.6	急流、深潭
	15 尺溪釣竿	3-5 號	0.4~0.6	

水生動物調查部分則採用蘇伯氏網法(Surber net) (含無脊椎動物) 進行，此方法是台灣環保署環境檢測所公告，河川底棲水生昆蟲採集之標準方法(NIEA E801.30T)(環境檢驗所 1995)。蘇伯氏採集網可分為兩個部份，前方具備一不鏽鋼中空方形鐵框，框長為 50 公分，但後方框架連接一個約一公尺長網袋，網袋公告標準之網目為 24 目(每公分 9 條網線，網孔大小為 0.595 mm)。但是，為了減少水流阻力，本研究使用 1 mm 之網目採集。

二、水庫區調查用工具

本次實驗所使用的是網捕法中的被動網具採集法，係以流刺網為網具作為漁獲的方法。共採用了 1.2”、1.8”、2.8”、4.5”、8” 及三層網等六種不同網目之網具，進行夜間約 14 小時捕撈作業，所使用之網目規格及數量如表 3-2 所示。

表 3-2 水庫內捕魚用網具規格

網目	現場使用網數 (95.06.27 例)	網具尺寸			放置水層	網捕主要代表魚種
		長度 m	寬度 m	面積 m ²		
8”	2 張	450’ (135m)	25’ (7.5m)	1012.5 m ²	上、中水層	鯪魚類 (大型魚)
4.5”	5 張	450’ (135m)	15’ (4.5m)	607.5 m ²	上、中水層	鯉、鯽魚類 (中、大型魚)
2.8”	8 張	200’ (60m)	8’ (2.4m)	144 m ²	底水層	大眼華鯿 (小型魚)
1.8”	4 張	85’ (25m)	2’ (0.6m)	15 m ²	底水層	唇鯿 (中小型魚)
1.2”	2 張	200’ (60m)	8’ (2.4m)	144 m ²	上水層	鱖條 (小型魚)

3.2.2 實驗方法

一、支流區調查法

(一) 水庫上游支流區採用垂釣法之作業流程如下：

三支流區均利用垂釣法調查。委託釣魚協會有豐富經驗的固定人士共五人，以及本團隊固定成員一人，以每二人一組，共三組。每次垂釣皆以六人同時垂釣 40 分鐘（分為 1 號鈎、3 號鈎與 5 號鈎等三種鈎鈎各二人），三組分別於淺瀨、急流及深潭等區進行垂釣，之後互換定點與鈎後再垂釣 40 分鐘。每一定點在垂釣 40 分鐘後，將魚獲交由岸上人員進

行鑑定、量測及摘取內臟樣本之作業，每個地點每一魚種摘取三個樣本，所採集到之樣本，攜回實驗室進行食性分析，以作為探討魚類空間分布與支流水質變化的依據。一次作業時間約三小時。



（二）水庫上游支流區採用網捕法之作業流程如下：

三支流區均利用 1.2” 網目的流刺網在水流較慢、底部平坦之溪段懸置，經過約兩小時後，再收取網具及捕捉被纏繞在網上之魚種個體，並利

用置網時間估算單位時間捕獲量（CPUE, catch-per-unit-effort）。由本團隊執行此工作。另外在溪域寬廣的北勢溪，也委託當地有經驗人士使用 12 尺的手拋網（cast net）進行採集調查。手拋網上端由一繩索牽引，底部具有鉛垂以增加沉力，採集者以適當運用腰部與臂部之扭動方式，將網袋技巧性地拋出，並在空中成面狀展開，以增加採集區域。一次作業時間約三小時。

（三）水庫上游支流區採用誘捕法之作業流程如下：

三支流區均利用塑膠材質蝦籠尺寸分別為 3.3”、4”及 5.3”三種規格，進行誘捕法調查。由本團隊執行此工作。各支流分別包括靜水區與流水區隱蔽處，各放置 12 至 30 個不等個數，置放一日夜後再回收計量。視捕獲生物種類，選擇製作標本。

（四）水庫上游支流區採用射魚法之作業流程如下：

在溪域寬廣的北勢溪急流水區，也使用長度約 100 公分的自製刺槍，於 95.11.27 進行一次夜間採樣。需著潛水裝備潛入水中射魚，委託當地有經驗人士進行採集。一次作業時間約三小時。

（五）水庫上游支流區採用蘇伯氏網法之作業流程如下：

三支流區均利用蘇伯氏網法調查。由本團隊執行此工作。在溪流中尋找多卵石、礫石且水深小於 50 公分之流動水域，且在近岸邊及河中央處均進行採集。使用蘇伯氏網時，首先面向上游水流，將中空框架先置於河川底部，再將連接網袋之方框立起，讓水流通過網袋，然後在置於河床之方框內，以手或腳攪動底質，使棲息其間的底棲昆蟲，順水流入網中，若有

附著在石塊者，可將其用鑷子夾入標本瓶或用刷子刷入網袋。完成採集後，可將網袋取起至岸邊挑取水生動物個體。一次作業時間約二小時。

二、水庫區調查法

本實驗所使用的被動網具採集法，以流刺網收獲作為魚類計量方法。流刺網之上方縛有塑膠浮子的浮線，下方為具有鉛垂之沉線，依照欲捕撈之魚種及可能出現水層設定大小不同網目及佈置水區。使用時，將流刺網懸於目標水域，另外亦可藉由適當增減浮子與鉛垂而調整流刺網懸置之水層深度位置，經過一段時間後，再收取網具及捕捉被纏繞在網上之魚種個體。網具通常於黃昏放置，約十四小時後，在第二天早上收網，可利用置網時間估算單位時間單位魚網面積的捕獲量。委託水庫上游有經驗居民協助，支援舢舨船隻及支援佈網。由本團隊成員執行其他計量工作。

（一）作業流程

依文獻收集得到水庫內水質變化的季節性特徵，在水質易呈富養性的特殊季節，進行採樣計測，並探討魚類密度資料與總磷、葉綠素、藻類數量等水質資料之關聯性。

1. 計畫期程起訖自95年5月至12月，因時間緊迫所需調查項目頗多。因此，自6月開始至11月，共計進行五次現場調查，除7月的水質狀況與8月類似而排除外，其餘月份皆前往現場進行採樣作業。
2. 每次的野外作業時間以三天兩夜為基準，第一天下午開始整理網具和舟具，大約傍晚前開始佈網作業。每一個作業點必須視實際地理環境的狀況，如水面寬度、岸邊障礙物的狀況、水流和風向的情形、交通船的航向等，但是盡量以水庫內現有之水質採樣點位置為依據，在附近進行彈性佈網。

原則上是以網具連接到能夠橫斷水庫水面的情形為之。網具配置的深度以水面下一公尺到十公尺不等，委由捕魚經驗豐富的漁民針對各季節魚群密度較高的水區水深位置作為網具佈置區域。橫斷水庫水面的兩岸濱水區則以佈置下水層網具為主。記錄各試驗地點下網時間與魚網佈置法。

3. 佈網後第二天的天亮前，約清晨五時餘開始作業，巡視各網具和採集上網的魚類。在船上詳細記錄各試驗地點收網時間與捕獲魚種及數量，並分袋收集歸類。隨後上岸進行捕獲魚類測量和各項採樣工作。量測體重、全長和體高等資料記錄作業。摘取主要魚類的肚內胃及腸等組織，將其放入收集瓶，並加以編號冷凍儲存，為方便樣本之存放，在收集瓶內加入福馬林或70%的酒精予以保存，以進行後續的魚類食性分析工作。

5. 第二天下午重新清理網具後，傍晚再次佈網作業，第三天清晨再次進行採集調查，重覆以上作業後，將網具清潔整理，以備下次的作業。

6. 魚類內臟樣本的採集係依捕獲之地點及魚種進行，每個地點每一主要魚種摘取三個樣本，所採集到之樣本，攜回實驗室進行食性分析，以作為魚類空間分佈與水庫水質變化的依據。



<p>照片 9.清晨收網的情形</p> 	<p>照片 10.清晨回收橫斷水庫網的情形</p> 
<p>照片 11.清晨收網的情形</p> 	<p>照片 12.收集漁獲情形</p> 
<p>照片 13.魚體秤重情形</p>	<p>照片 14.魚體內臟摘取情形</p>

（二）流刺網設置位置及空間分布

水庫內每回現場實驗佈網及收網各兩次。以六月份現場工作流程為例說明如下，佈網時間為 95 年 6 月 26 日及 27 日傍晚，收網時間為 6 月 27 日及 28 日清晨。水庫內佈網位置由上游至下游分別為黃榨皮寮一處、灣潭二處、永安二處、後坑子二處、鷺鷥潭三處、火燒樟二處及大壩一處等共計十三個位置，每回佈置 26 張網。流刺網之設置地點、空間分布及捕獲之魚種數量，分列於附表 1-1 至附表 1-13。表內所附水溫、總磷、CTSI 指標等水質資料，乃由近三年翡翠水庫管理局在相同水區相同月份建立的水質文獻平均而得。可作為後續探討魚種密度與水質關係之用。

以水庫下游區的大壩位置為例，流刺網設置方法及捕獲魚種密度結果與參考用水質資料，整理成如附錄一附表 1-1 所示。在大壩區共佈設了 3 張流刺網，其河道斷面約在斷面 No. 2（水庫內河道斷面圖編號）的位置，流刺網連接後全長共 405m，可得到漁獲量總密度為 130.1 kg/ha，捕獲 5

種魚類共計 96 尾，除黑鯪及大眼華扁為偏草食性魚類外，其餘皆為雜食性魚類。在兩夜的實驗期間，大壩與鷺鷥潭兩區共計有兩張 4.5” 網目及一張 8” 網目之流刺網遭破壞。因此，應可判斷此二區的捕獲量應比表中所列捕獲魚種密度更高。各區的計測結果與討論詳述於第四章。

3.3 資料分析方法

在佈置網目時，考慮需與水質的資料結合作分析，故以翡翠水庫管理局所定測站為主的地點作為佈網的依據。總計採用上中下游共 7 個測站，從上游到下游依序為上游的黃榨皮寮、灣潭；中游的永安、鷺鷥潭、後坑子；下游的火燒樟、大壩。而 7 個測站之間的地點由於無更細部資料，或因距離較近之故，將其本研究實際佈設網捕共 17 處，依水區範圍歸屬在上述 7 個測站中，示於表 3-3。水庫內河道斷面圖如附表 5-1 所示。

表 3-3 水庫內水域劃分表

區段	測站名	實際佈網地名	水庫水區之管理局編號 (附表 1-1~1-43)
上游	黃榨皮寮	黃榨皮寮	No. 57, No. 55
	灣潭	灣潭、灣潭 2 號橋、冷水坑	No. 46, No. 47, No. 49, No. 50, No. 52
中游	永安	永安、永安污水廠、石碇子溪各區段	No. 36, No. 37, No. 38, No. 40, No. 41, No. 42, No. 45, No. H1
	鷺鷥潭	鷺鷥潭、媽祖林、小格頭、砂石場	No. 21, No. 24, No. 31, No. 32, No. F2, No. F3,
	後坑子	後坑子、後坑子溪各區段	No. C2, No. D1, No. D3, No. D5, No. D7
下游	火燒樟	火燒樟、火燒樟溪各區段	No. B1, No. B3, No. B6, No. 9, No. 12,
	大壩	大壩沿岸及橫斷處	No. 2, No. 3, No. 4

1. 依不同季節計測結果計算水生動物之種類組成、數量變化趨勢及生物多樣性指數，包含(1)優勢度指數(辛普森生物多樣性指數)(2)歧異度指數(香農-威納多樣性指數)(3)均勻度指數等。

(1) 優勢度指數(辛普森生物多樣性指數) (Simpson's index)

$$\lambda = 1 - \sum_{i=1}^s \left(\frac{n_i}{N}\right)^2$$

n_i ：為第*i*種調查物種的隻次數

N ：所有物種總隻次數

值的範圍是介於 0 與 1 之間，數值越靠近 1 則表示多樣性越高，反之則越低。

(2) 歧異度指數(香農-威納多樣性指數)(Shannon-Wiener's index)

$$H' = -\sum_{i=1}^s (n_i / N) \log(n_i / N)$$

$$H' = -\sum_{i=1}^s (n_i / N) \ln(n_i / N)$$

n_i ：為第*i*種動物的隻次數

N ：所有動物總隻次數

可綜合反映一群聚內生物種類之豐富程度(species richness)及個體數在種間分配是否均勻。此數值愈大顯示該測站有較豐富的種類出現，亦表示該測站具有多樣性。

(3) 均勻度指數(Pielou's evenness index)

$$J' = H' / \log S$$

H' ：該群聚的歧異度指數

S ：群聚內的種數

表示群聚內種間分配之均勻度，其值與 λ 值相反， J' 值愈大則表示

個體數在數種間分配愈均勻。

2. 由計算所得之數值，配合水質資料，利用統計分析方式，求取水質因子和指標物種出現之相關性。其水生動物採樣之密度計算方式如下：

(1) 垂釣法: 釣魚者為定點，持竿左右各開 45 度，形成一 90 度的扇形面積。簡化成以釣竿長為鄰邊的等腰直角三角形面積來計算。以 15 呎釣竿的長度(4.5m)為例，一位釣者所形成的捕獲面積為 $4.5\text{m} \times 4.5\text{m} \div 2 = 10.125\text{m}^2$ ，以捕獲的魚重除以面積即求得密度。每次時間固定為 40 分鐘。

(2) 手拋網法: 以網目的面積乘以拋網的次數為總面積，再以捕到的魚數重量除以面積求得密度，目前使用的手拋網半徑為 3.6m，面積為 40.69m^2 。

(3) 誘捕法: 放置尺寸不同大小的蝦籠，每次放置 20 小時，籠內的生物重量除以蝦籠入口面積求得密度，目前使用的尺寸為 3.3 吋、4 吋、5.3 吋，入口面積分別為， 55.15cm^2 、 81.03cm^2 、 142.21cm^2 。

(4) 射魚捕捉法: 身著潛水裝在溪中直接以魚叉捕捉，此法目前以個人捕獲的重量除以搜尋面積，時間以 2 小時計算。

3. 比較水庫上游黃檉皮寮及灣潭等入流口與各支流在不同季節之水生動物種類組成與數量關係，且與歷年相關文獻資料比較。

4. 彙整歷年來水庫內之魚類資料庫，利用統計方法，分析水庫中主要優勢魚種出現之環境條件及變化趨勢。

四、結果與討論

4.1 水庫水質之變化

要評估翡翠水庫水體的狀況，除了水庫區內的水質資料外，匯入水庫內的上游支流之水質亦會影響水庫水質。因此，進行本研究實驗設計與現場試驗時，也自翡翠水庫管理局收集各試驗水區歷年的水質資料。

4.1.1 水庫內之總磷變化

總磷是水庫水質優養化程度的指標性因子，資料顯示磷被認為是翡翠水庫影響藻類生長最主要的限制因子。即使由環保署每年各季節一次監測全國各主要水庫水質資料顯示，翡翠水庫仍為全國極少數最佳的水庫水質之一。但依據翡翠水庫管理局十多年來的水質資料，可整理出圖 4-1，顯示總磷濃度仍有逐年升高的趨勢。民國 81 年至 86 年期間無發生優養化月份，總磷平均值為 $11.5 \mu\text{g/L}$ ，但自民國 87 年起至 95 年 9 月期間總磷平均值增加到 $26.4 \mu\text{g/L}$ ，且共有 10 個月次的水質達到優養化程度。八年間約增為 2.3 倍，且多發生在夏季。

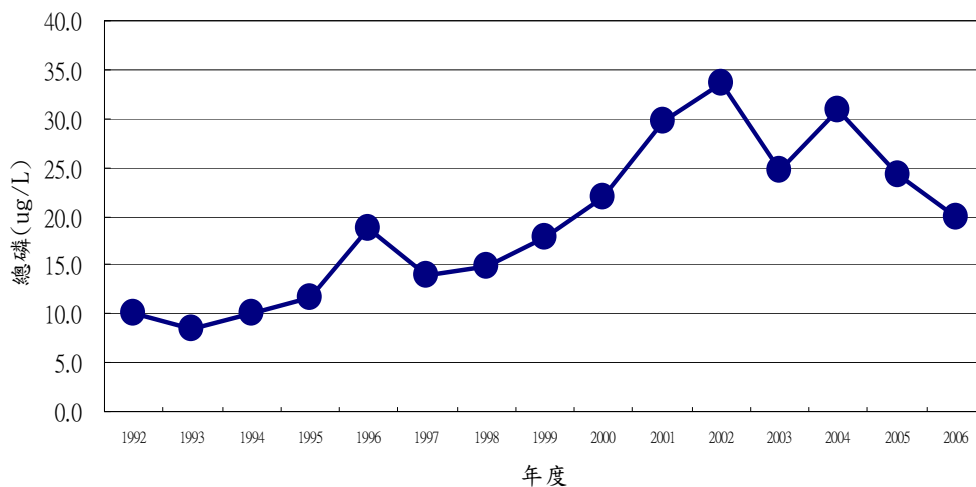


圖 4-1 翡翠水庫歷年來各年度表層水總磷濃度之年平均變化
(本研究整理)

本年度民國 95 年 1 至 9 月之總磷濃度平均為 $19.9 \mu\text{g/L}$ ，較去年同期為低，從變化趨勢來看，總磷濃度有下降趨勢，可能與坪林地區雪山隧道工程完工有關。總磷濃度的偏高與水中有機懸浮顆粒有關，如上游集水區山坡地被開發利用的茶園及露營區等非點源污染，所施用的含磷肥料也是導致水中含磷量增高的主要原因之一。從歷年的資料顯示，水中懸浮固體屢有偏高的現象，多與暴雨所造成的污染有關。

4.1.2 水庫內之卡爾森優養指數值變化

水庫水質優養化現象是水中某些營養源因人為污染或其他原因而增加的一種現象，其理化指標一般常用卡爾森優養指數（CTSI）法，此法係根據水中葉綠素 a 含量、透明度及總磷含量等資料作計算得 CTSI 值。

由表 4-1 翡翠水庫歷年來 CTSI 值多介於 40~50 之間，顯示水庫內水質大部分時間屬於中養級水質。歷年資料顯示，夏季之 CTSI 值皆高於冬季，尤其是近五年來，夏季時的 CTSI 值更曾多次達到優養標準，冬季的水質也出現從貧養變成普養的現象。近二年來，夏季的 CTSI 值已明顯降低，本年度亦比去年同期的 CTSI 值為低，顯示水質有漸變好的現象。

表 4-1 近二十年來水庫卡爾森優養指數值變化(CTSI 值)(民 95 翡管局)

年月	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	平均
76	38.50	45.70	40.20	41.10	41.60	42.80	42.40	45.70	43.10	45.90	44.80	42.30	42.84
77	38.70	34.80	36.10	42.10	44.00	44.60	47.90	57.10	49.00	47.70	54.30	43.70	45.00
78	38.80	39.30	43.90	47.70	40.50	31.80	47.50	42.80	41.70	47.60	41.30	36.60	41.63
79	33.70	40.30	38.50	44.80	44.30	44.00	46.00	43.40	48.70	43.70	44.70	42.90	42.92
80	38.60	37.80	38.60	42.00	43.50	44.40	41.20	47.90	42.20	46.00	41.20	36.10	41.63
81	36.60	36.80	41.80	40.30	44.20	43.80	44.50	44.30	42.60	46.10	42.30	40.30	41.97
82	38.80	37.30	36.80	40.50	40.30	43.90	44.50	46.10	42.00	41.00	39.70	39.10	40.83
83	34.30	39.11	34.40	40.20	44.48	41.22	43.59	47.34	46.81	45.17	41.96	41.81	41.70
84	36.49	35.79	35.70	41.23	41.73	42.01	46.84	42.58	45.55	43.52	42.78	41.49	41.31
85	39.17	39.48	39.25	45.88	44.72	*	48.61	*	49.76	46.50	46.64	44.10	44.41
86	40.70	43.66	40.62	44.71	41.90	43.28	47.22	44.21	40.03	43.42	44.18	46.90	43.40
87	42.07	41.29	45.38	43.75	43.64	44.56	45.18	46.77	46.06	48.38	52.30	55.90	46.27
88	48.67	50.29	38.59	42.08	45.80	47.08	45.86	46.10	46.14	48.34	46.99	45.95	45.99
89	42.61	43.73	42.66	47.79	45.96	43.69	44.22	42.65	45.77	46.53	50.17	50.58	45.53
90	49.08	38.42	42.28	45.00	44.95	44.68	46.58	47.68	45.85	49.54	49.34	52.97	46.36
91	46.82	44.71	43.96	45.97	49.38	50.71	52.55	46.79	45.40	41.71	41.21	44.16	46.11
92	42.17	43.95	45.91	50.94	42.97	42.34	46.41	48.11	45.05	49.95	48.87	42.22	45.74
93	42.50	41.77	42.14	42.62	49.38	49.53	42.90	52.45	45.46	45.08	43.92	46.85	45.38
94	43.74	39.88	41.91	45.94	47.72	49.85	49.66	44.90	44.17	47.57	43.54	43.23	45.18
95	43.05	40.83	39.82	43.41	42.20	42.32	42.01	45.28	41.25	43.88			
平均	40.75	40.75	40.43	43.90	44.16	44.03	45.78	46.43	44.83	45.88	45.27	44.06	43.91

4.1.3 水庫內之藻類優養指數值變化

藻類優養指數（ATSI）係以藻類群落中的一些指標藻類的相對出現數量為指標之依據，以藻類體積及藻數量資料得知。這些指標藻類的出現直接反映水質狀況，比較不受瞬息的水質變動或因季節變化而造成參數變動的影響，也較少受濁度的干擾，因此，在理化參數不適用時可用來作為替代之指標（中央研究院，2005）。

由翡管局資料顯示，藻類優養指數在近幾年間有較大的變動，反映出水庫內水質在近幾年有所變化。圖4-2為敘述翡翠水庫近大壩處，近十年來藻類變化的文獻資料（簡，2005），根據長期資料所得之藻類體積($\mu\text{m}^3/\text{ml}$)及藻數量(cells/ml)之歷年變化圖。可知，近年來藻類數量與藻體積皆有增加的趨勢，藻數量於民國92年8月達歷年來之最高峰，而藻類體積在民國91年入春後明顯高於往年，甚至在民國92年11月達歷年來之最高峰。藻類體積增加的幅度遠大於藻類數量增加之幅度。由此現象約略可以推測近年來水體中單細胞體積較大的藻類其數量有增加之現象，也意謂著近年來翡翠水庫大壩內的藻種和往年不一樣。

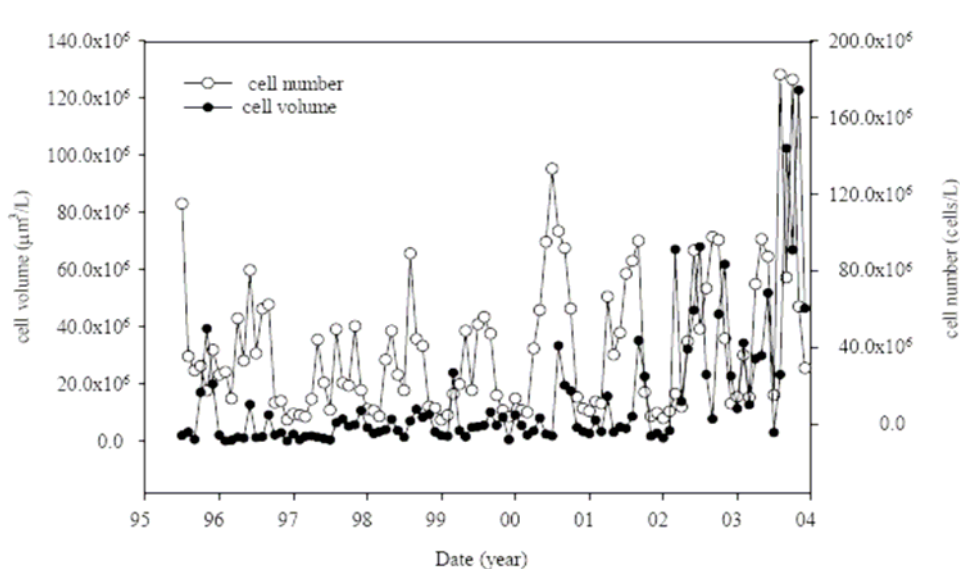


圖4-2 近十年來水庫大壩處藻類體積及藻數量之歷年變化圖（簡，2005）

4.1.4 水庫大壩處水質之垂直水層變化

由翡管局與中研院協議合作之研究資料，在民國 95 年自 1 及 8 月針對大壩處，每隔 5 公尺水深計測水質變化，建立垂直水層之週測資料（數據由夏復國老師研究室提供）。圖 4-3 與圖 4-4 分別為冬季 1 月與夏季 8 月水溫、酸鹼值、溶氧之垂直水層變化。顯示，水體在 1 月時已呈現上下水層均勻混合狀態，而 70 公尺以下水庫底水層之水溫長年維持在約 16~17 °C 之恆溫，夏季水溫在表水層約 10 至 50 公尺處發生分層現象。依去年度資料顯示，分層現象會維持至 10 月左右，冬季的分層則發生在下水層 70 公尺至 80 公尺處。圖 4-3 顯示，因受藻類行光合作用之影響，水中酸鹼值在接近表水處較高，10 公尺以下水深的水層則不受水深變化影響。水中酸鹼值之垂直變化與季節性關係較低，雖然降雨量亦會影響水體的酸鹼值分布，但其影響性比水中的溶氧小。圖 4-4 顯示，溶氧在水庫的垂直分層分布與季節有明顯關係，冬季時，水庫約 90 公尺底水層的溶氧極低，近乎厭氧狀態，且隨季節性上下水層緩慢翻混現象，至夏季時低溶氧水層區範圍上升至約 70~80 公尺水深處。

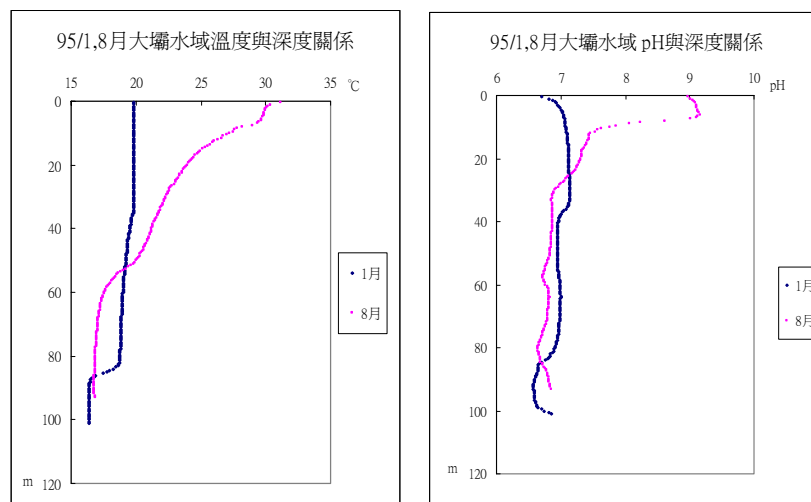


圖 4-3 翡翠水庫內民國 95 年夏冬季之水溫及酸鹼值之垂直水層變化

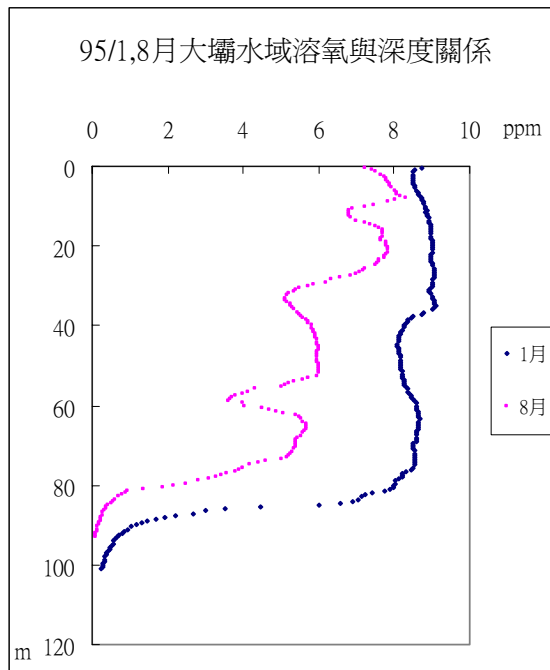


圖 4-4 翡翠水庫內民國 95 年夏冬季溶氧之垂直水層變化
 (圖 4-3 與圖 4-4 數據由夏復國老師研究室提供，(02) 採樣點)

4.2 水庫上游支流之水質變化

4.2.1 水庫上游支流之總磷變化

由翡翠水庫管理局民國 95 年 1 至 3 季之監測結果顯示，總磷季平均值由高至低依序為北勢溪坪林測站 $28.6 \mu\text{g/L}$ 、魚逮魚堀溪 $26.5 \mu\text{g/L}$ 、金瓜寮溪 $23.3 \mu\text{g/L}$ 。北勢溪坪林測站之測值較下游金瓜寮溪高之因素，顯然受坪林聚落與茶園經營有關。且可整理得圖 4-5，自民國 80 至 95 年間各支流監測站的總磷濃度資料，皆有超出甲類水體水質標準(0.02 mg/L)的情況發生。金瓜寮溪的水質近年來漸有不佳現象，除原有兩岸茶園、果園經營外，疑受其上游生態村之開闢影響。

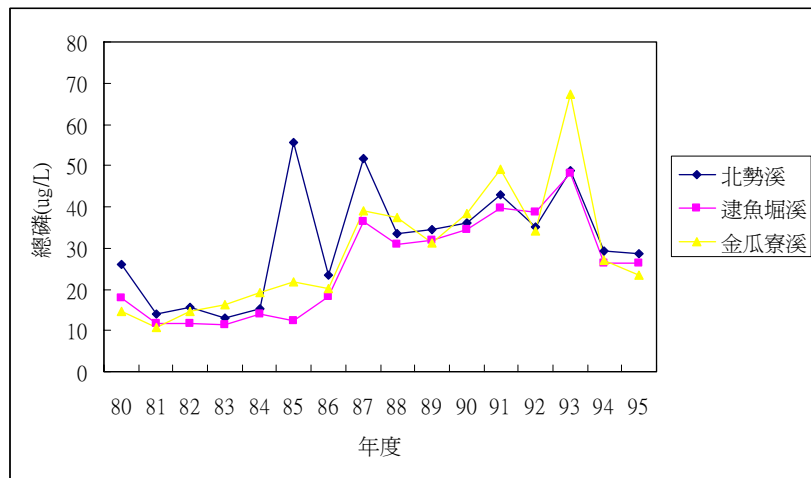


圖 4-5 翡翠水庫上游溪流近十五年間之總磷濃度變化（本研究整理）

4.2.2 水庫上游支流之藻類密度變化

彙整翡翠水庫上游三溪流共四個測站資料，自民國 92 至 95 年間冬夏季節之藻類密度變化，製圖於圖 4-6。民國 95 年的降雨量較 94 年為低，集水區溪水中的藻類密度也較去年為低，水質似有改善之情形，可能與 95 年北宜高速公程完工有關，不過尚需後續監測資料證實。與過去三年測值比較，本年度有下降的趨勢。

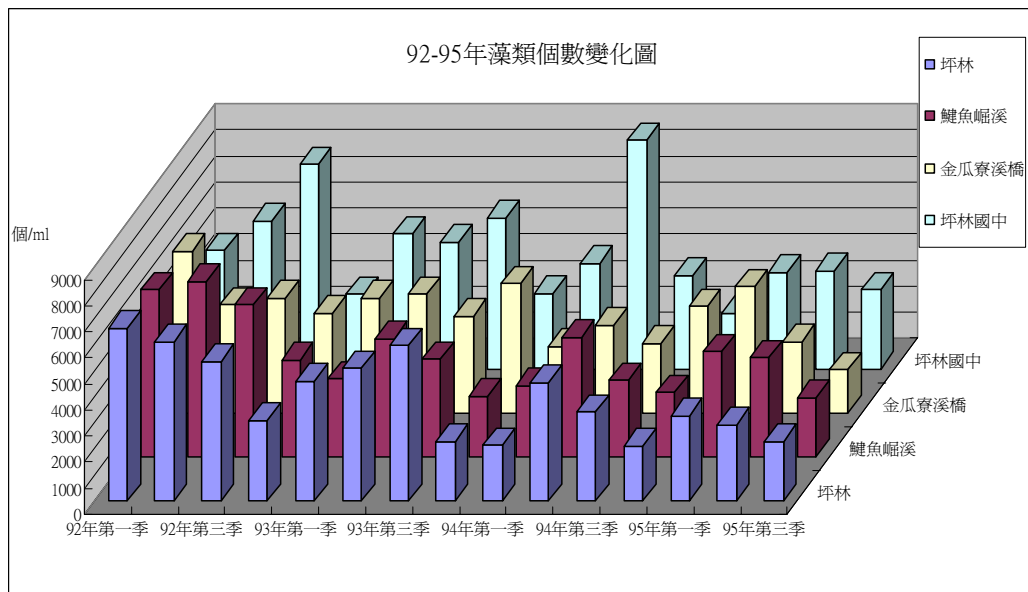


圖 4-6 翡翠水庫上游三溪流於近四年間冬夏季節之藻類密度變化（本研究整理）

翡翠水庫上游集水區三條流入水庫溪流之藻類密度平均值，歷年來均以北勢溪主流最高，魚逮魚堀溪次之，金瓜寮溪最低，本年度也是如此。

4.2.3 水庫上游支流之氨氮濃度變化

由翡管局歷年調查水質資料，可整理得圖 4-7，自民國 80 至 95 年間各支流監測站的氨氮濃度變化。顯示，翡翠水庫上游集水區溪流的氨氮濃度有減少的趨勢。在過去十年間除民國 90 年略高外，其餘年份多數低於甲類水體水質標準(0.1 mg/L)，本年度除 4 月、9 月在北勢溪及金瓜寮溪的氨氮濃度比甲類水體水質標準稍高外，其餘月份皆在標準值以下。水中氮和磷的比值與水質及藻類群落組成有密切關係。今年度的測值皆有減少的趨勢，推測與北宜高速工程完工所減少的氮污染物有關，不過尚需後續監測資料證實。

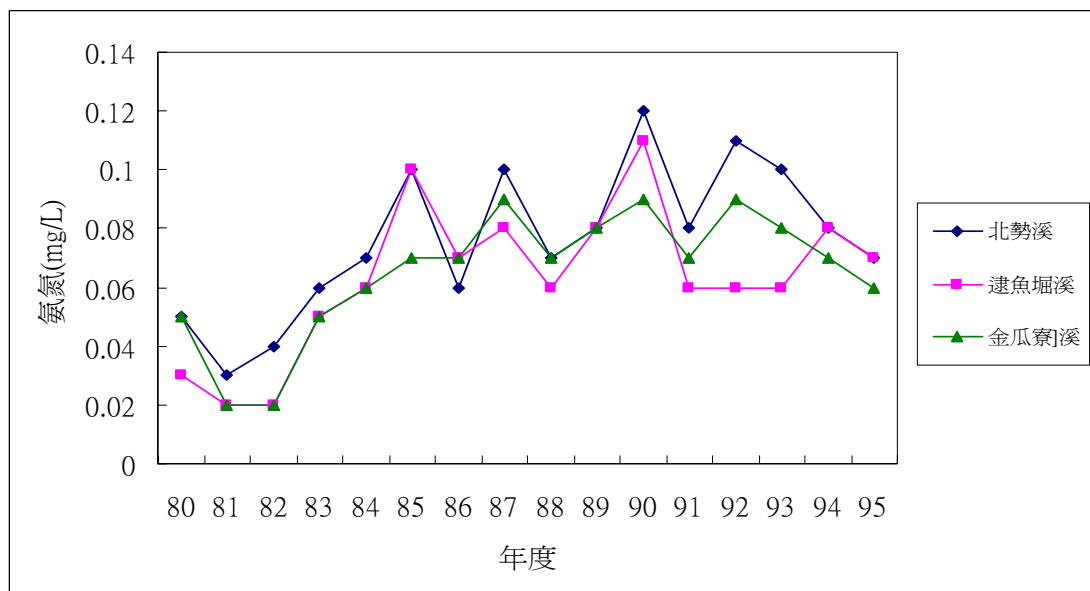


圖 4-7 翡翠水庫上游溪流近十五年間之氨氮濃度變化（本研究整理）

4.3 水生動物多樣性分析

河川生物多樣性，又稱河川生物歧異度或龐雜度，是河川生態系中生物群集結構的變異性（如豐富度與平均度）。一條河川流域或水系上下河段之生命力，即彰顯於河川生物物種組成與族群動態，或內斂於基因的遺傳。河川生物多樣性的生態特質，可以就一個時間或空間環境而比較其生物多樣性的變化（Odum, 1983）。針對單一生物而言，其實即涉及生物物種、遺傳基因及其棲息生態環境的特性等生物多樣性內涵（汪靜明, 1999）。

因此，北勢溪水系上下游河段的生態系特性與水庫水質的關係密切，而更能由生存於其中的水生動物相，來說明支流與水庫間水質的關係性。

4.3.1 水庫內魚類之組成與變化

今年度（95年6-11月）之調查結果發現，在翡翠水庫內所捕獲的魚類共計有17種（表4-2），其中原生魚類有大眼華鯿、鯽魚、台灣石鯿、台灣鏟頰魚、唇鯿、鯰魚等6種，大部分屬於未受中度污染水域的種類；另外11種外來種魚類當中，多數皆為適應性較廣的魚類，如高身鯽、鯉魚、吳郭魚及纏口下口鯰（俗稱琵琶鼠）等種類，其中只有香魚是喜淨水域的魚種。

表 4-2 翡翠水庫內 95 年 6-11 月捕獲魚種總計

魚種	重量 (kg)	尾數 (尾)	有效網捕網目 計量密度用	食性 歸類
雜交吳郭魚 <i>Oreochromis</i> sp	17.29	95	1.8", 2.8", 4.5", 3層網	雜食性
紅鰭鮒 <i>Culter erythropterus</i>	29.35	122	1.2", 1.8", 2.8", 4.5", 8", 3層網	雜食性
大眼華鯿 <i>Sinibrama macrops</i>	7.4	203	1.2", 1.8", 2.8", 3層網	雜食性
黑鯰 <i>Sinibrama macrops</i>	73.5	5	4.5", 8"	雜食性
白鯰 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	15.6	1	4.5", 8"	草食性
鯉魚 <i>Cyprinus carpio carpio</i>	97.15	65	2.8", 4.5", 3層網	雜食性

圓吻鮠 <i>Distoechodon tumirostris</i>	5.08	30	1.8", 2.8", 4.5", 3層網	草食性
高身鯽 <i>Carassius cuvieri</i>	40.9	52	2.8", 4.5", 3層網	雜食性
鯽魚 <i>Carassius auratus auratus</i>	3.42	26	1.8", 2.8", 4.5", 3層網	雜食性
鱖條 <i>Hemiculter leucisculus</i>	9.34	207	1.2", 1.8", 2.8", 3層網	雜食性
台灣石鱚 <i>Acrossocheilus paradoxus</i>	0.25	3	1.2", 1.8", 2.8", 3層網	雜食性
台灣鏟頰魚 <i>Varicorhinus barbatulus</i>	0.95	4	1.2", 1.8", 2.8", 3層網	草食性
唇鰷 <i>Hemibarbus labeo</i>	2.09	8	1.2", 1.8", 2.8", 4.5", 3層網	雜食性
斑駁尖塘鯉 <i>Oxyeleotris marmoratus</i>	3.95	9	2.8", 3層網	雜食性
鯰魚 <i>Silurus asotus</i>	1.9	2	2.8", 3層網	肉食性
纏口下口鯰 <i>Hypostomus spp.</i>	3.35	9	2.8", 4.5", 3層網	雜食性
香魚 <i>Plecoglossus altivelis altivelis</i>	0.85	5	1.2", 1.8", 2.8", 3層網	草食性

由翡翠水庫管理局歷年來的資料顯示，在民國 89 年水庫中調查的魚種數量共計有 38 種，其中原生種有 24 種，外來種有 14 種。由於本年度所執行調查之時間甚短（95 年 6-11 月），所調查之魚種減少可能與實際網捕時間不足有關，需待完整的調查資料彙整後才能作最後判定。另外，自民國 89 年開始紅鰭鮒出現後，在民國 95 年可能已取代高身鯽成為優勢魚種之一（圖 4-8、4-9），主要捕獲地點在火燒樟及鷺鷥潭二區，今年度調查出現的魚種鱖條目前亦成為水庫中的優勢魚種之一。截至目前為止，並無相關文獻提及鱖條出現的時間點，但是經由訪問當地居民得知，在 90 年水庫即出現鱖條的蹤跡，並且為數眾多，由於鱖條的繁殖力極強，相信出現在水庫的時間點更早。鱖條為初級淡水魚類，體長最長可達 25 cm，今年所捕獲體長最長的就有 22 cm，顯示鱖條已經在水庫中繁殖多年。

表 4-3 翡翠水庫內歷年與今年捕獲魚種數比較表

魚種	86.9-89.9			95.6-11		
	重量(kg)	尾數(尾)	重量百分比(%)	重量(kg)	尾數(尾)	重量百分比(%)
高身鯽	280.7	367	21.64	40.9	52	13.07
鯉魚	362.33	214	27.94	97.15	65	31.05
黑鱧	558.47	55	43.06	73.5	5	23.49
白鱧	11.3	1	0.87	15.6	1	4.99
白鰻	0.7	2	0.05	--	--	--
草魚	28.22	8	2.18	--	--	--
青魚	3.6	2	0.28	--	--	--
泰國塘虱魚	15.4	9	1.19	--	--	--
鰻魚	5.4	3	0.42	--	--	--
纏口下口鮎	1.85	4	0.14	3.85	9	1.23
紅鰭鮒	0.3	1	0.02	29.35	122	9.38
吳郭魚	0.89	10	0.07	17.29	95	5.53
粗首鱻	0.3	5	0.02	--	--	--
大眼華鯿	15.36	466	1.18	7.35	203	2.37
鯽魚	1.05	31	0.08	3.418	26	1.09
泥鰱	0.05	1	0.003	--	--	--
平頷鱻	0.61	12	0.05	--	--	--
圓吻鮠	10.1	279	0.78	5.075	30	1.62
香魚	0.374	8	0.03	0.85	5	0.27
馬口魚	0.015	1	0.001	--	--	--
鱖條	--	--	--	9.34	207	2.99
台灣石鱚	--	--	--	0.25	3	0.08
台灣鏟頷魚	--	--	--	0.95	4	0.3
唇鱚	--	--	--	2.09	8	0.67
斑駁尖塘鯉	--	--	--	3.95	9	1.26
鮎魚	--	--	--	1.9	2	0.61
總計數量	1297.02	1479	100	312.86	846	100

註：--表示當年度未捕獲

根據文獻資料顯示，不時有民眾或團體在水庫內進行放生，並且從當地居民訪問得知，去年在水庫內仍有放生的情況發生，今年度則並無聽聞；主要放生的魚種有鯉魚、香魚、福壽魚、鯽魚及鱧魚等，今年度所捕獲的鱧魚雖然都是 4 齡期以上的成魚（圖 4-14），但經由訪談的結果發現，今年的 3~4 月曾出現 2 齡期的鱧魚，可見近幾年仍有民眾在水庫內放生。

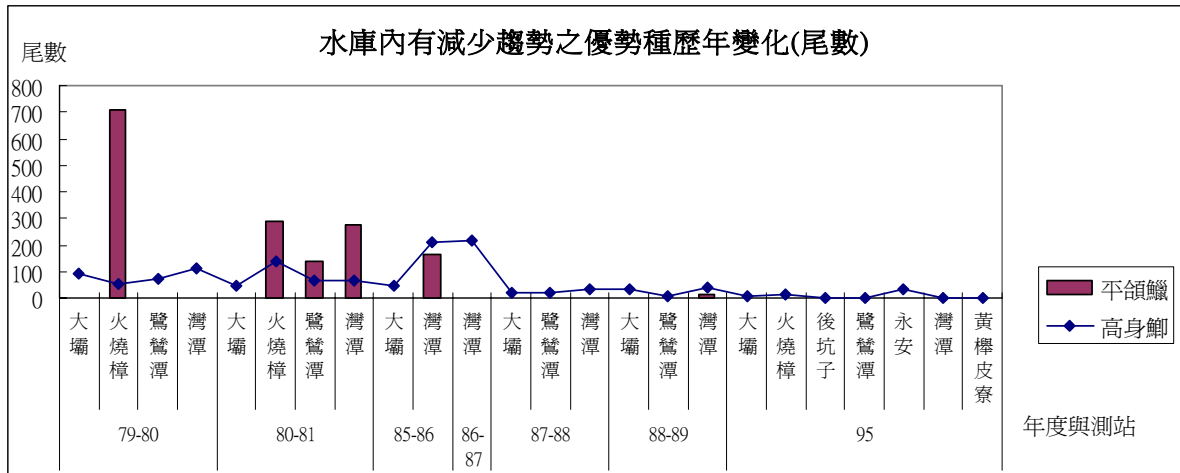


圖 4-12 翡翠水庫內歷年來原有優勢魚種及捕獲地區的減少趨勢變化圖。

黑鱧在民國 89 年以前亦為水庫中的優勢魚種之一（圖 4-13），但在經過 6 年後其數量卻有明顯的減少，從捕獲的魚體大小看來多為 4 齡期以上（圖 4-17），顯示黑鱧並無法在水庫中自行繁殖。草魚在今年度則完全未捕獲（圖 4-14）。

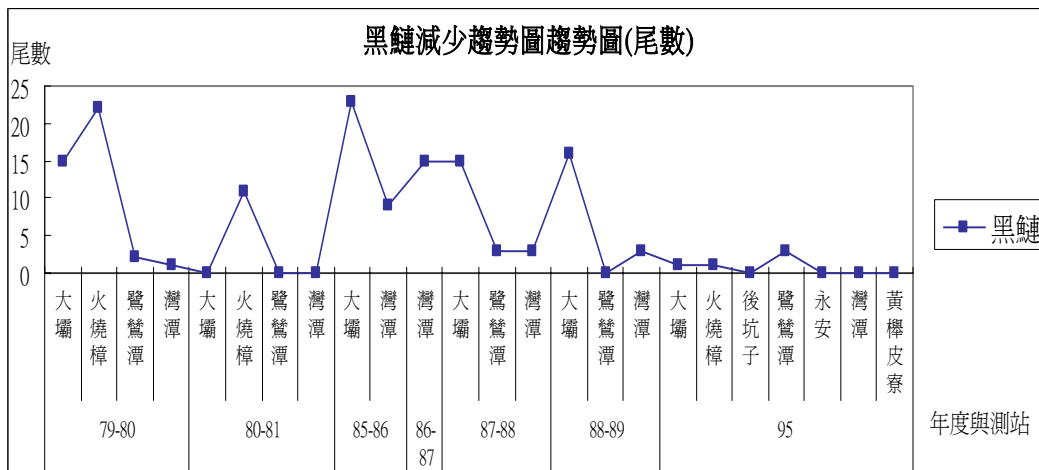


圖 4-13 翡翠水庫內歷年來黑鱧及捕獲地區的減少趨勢變化圖。

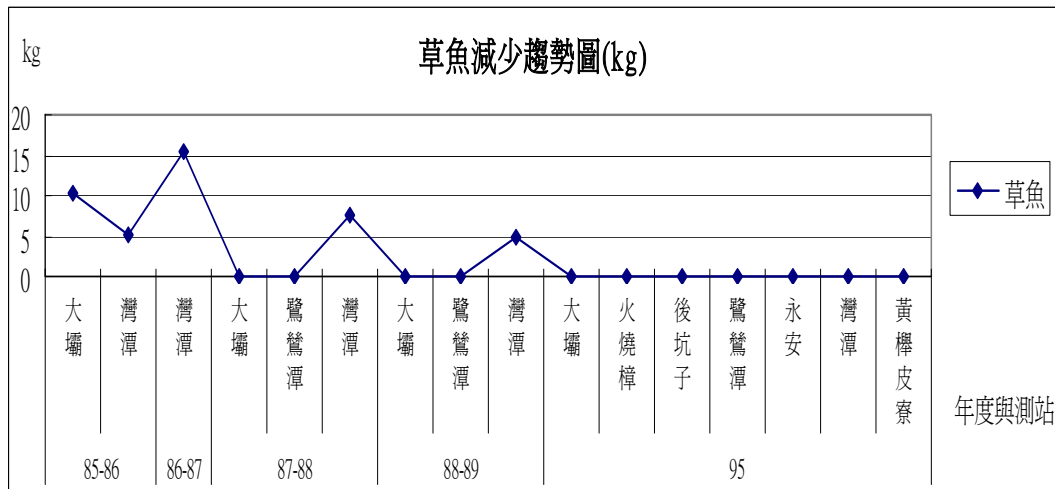


圖 4-14 翡翠水庫內歷年來草魚及捕獲地區的減少趨勢變化圖。

在捕獲個體數統計方面(圖 4-15)，鱖條的漁獲數最高，約佔 25%(207 尾)，大眼華編次之(24%，203 尾)。而在總漁獲重量方面，今年捕獲黑鯪總重佔 23%(73.5 公斤)，鯉魚總重佔 32%(97.15 公斤)，鱖條總重約佔 3%(9.34 公斤)，大眼華編總重佔 2.4%(7.35 公斤)，今年 5 次的捕撈作業中總共捕獲約 312 公斤。

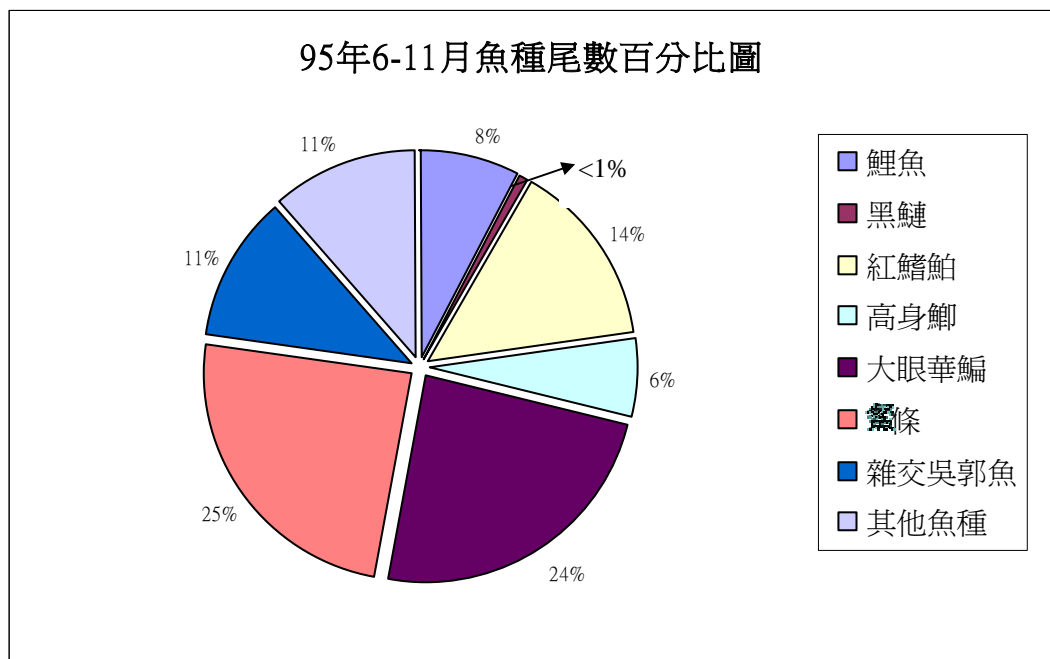


圖 4-15 翡翠水庫內 95 年捕獲魚種尾數百分比圖。

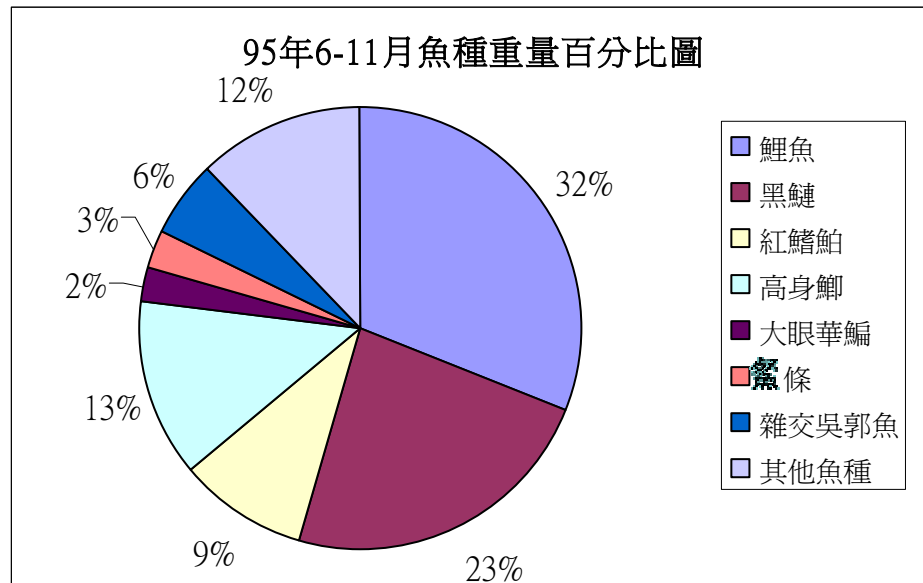


圖 4-16 翡翠水庫內民國 95 年捕獲魚種重量百分比圖。

在捕獲魚種的齡期統計方面，目前水庫中體型最大的為黑鯪，其常見的一般總體長約 92.5~100 公分，重約 10~13 公斤；今年捕獲水庫中最大者已達 115 公分，重約 18 公斤。由鱗片的年輪分析得知，體長達 100 公分者，年齡約為 8~9 歲齡。黑鯪在一般的湖泊中，2 歲齡魚可以長到 53 公分(約 2.6 公斤)，4 歲齡魚可長至 84 公分(約 10.1)公斤，8 歲齡魚可以長到 100 公分(20 公斤以上)。本區目前所捕獲的黑鯪，大多以 4 歲齡以上居多，4 歲齡以下的則無(圖 4-17)。顯示黑鯪在水中尚未有繁殖行為。

鯉魚為另外一種大型魚類，數量較多，最大體長 65 公分(5.0 公斤)，根據鱗片判斷應該為 6 歲齡魚，一般天然水域中一歲齡魚可以長至 10~15 公分，2 歲齡魚 18~25 公分，3 歲齡魚 25~35 公分，4 歲齡魚 35~40 公分(宮地等，1982)(圖 4-18)。

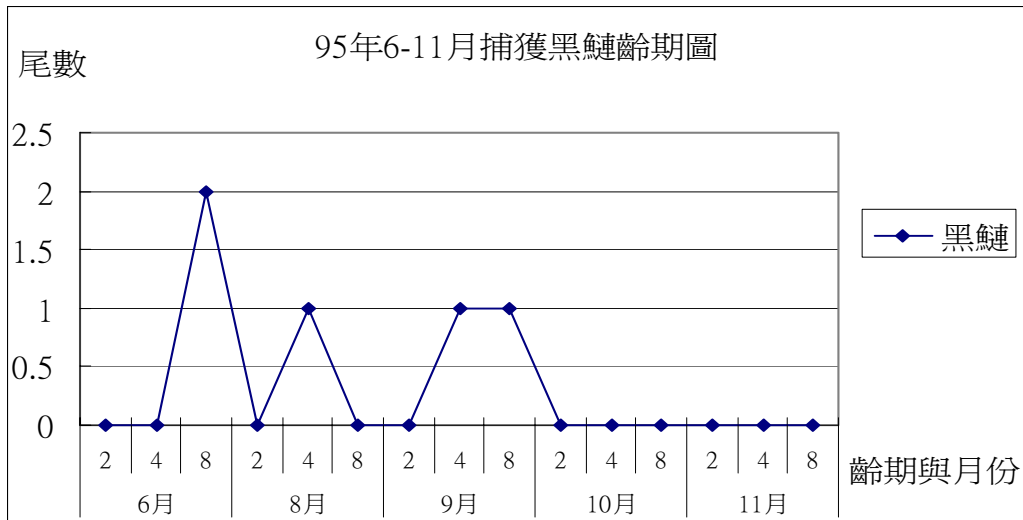


圖 4-17 95 年翡翠水庫內捕獲黑鯉齡期趨勢變化圖

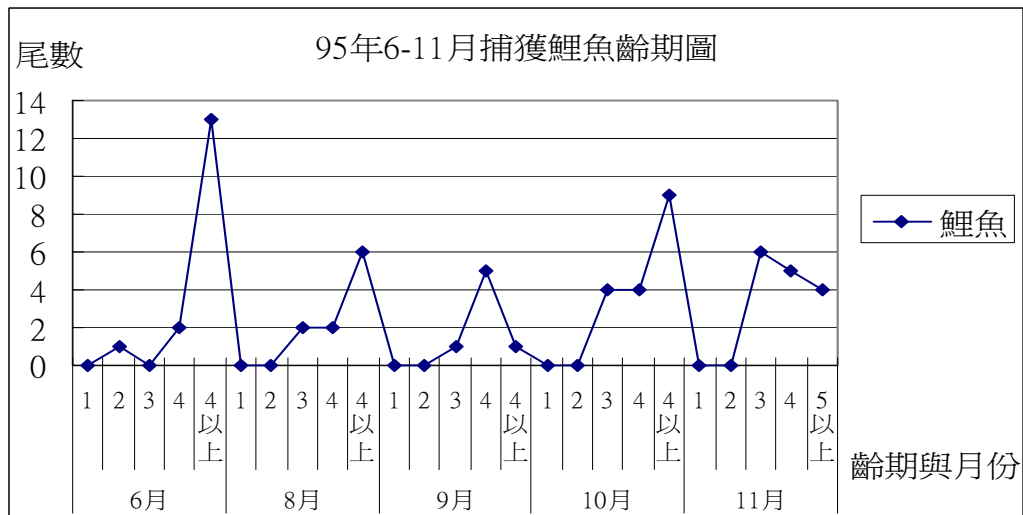


圖 4-18 95 年翡翠水庫內捕獲鯉魚齡期趨勢變化圖

根據宮地等(1982)的資料，高身鯽一年可以長至 9-11 公分，二年 15 公分，三年 23~25 公分，四~六年則為 30 公分以上。雄魚 4~5 年成熟，雌魚 3~4 年成熟。今年所捕獲的魚體以四~六年齡期居多，3 齡期以下明顯減少（圖 4-19）。

更能夠提供水域環境的整合性觀點。因此，本調查研究以魚類的多樣性指標來分析各採樣區的水質關係。

表4-4及4-5分別顯示水庫內及上游支流魚種的多樣性指標，包括優勢度指數、種歧異度指數及均勻度指數皆趨近於1，顯示水庫內的魚種多樣性豐富。

由圖 4-33、4-34、4-35、4-36 顯示，今年度水庫內的雜食性與草食性魚類密度分別與水中總磷、水中葉綠素 a 及水中藻類個數等的關係，以及上游支流魚類密度與水中總磷等的相關，均尚未顯示有明顯相關，顯示水庫內魚種以食性分類與水質所產生的相關性甚低，水庫內至今所建立的資料，由魚類食性分類方式，探討與水質關係尚無法做明確的論述。可能因為翡翠水庫內水質長期保持穩定狀態，並無優養化現象所致。後續將持續檢討以其他分析方法進行比較論述。

依本年度調查結果可看出不論是水庫內或其上游支流，魚類密度與水質的相關性並不大，可能與所執行調查的時間有限，以致調查數據不足有關，但是水域內雜食性魚與草食性魚所佔的密度比例確與水質好壞有明顯的關係性。後續待累積更完整的調查結果，再進一步分別依季節性與調查地點作討論分析。

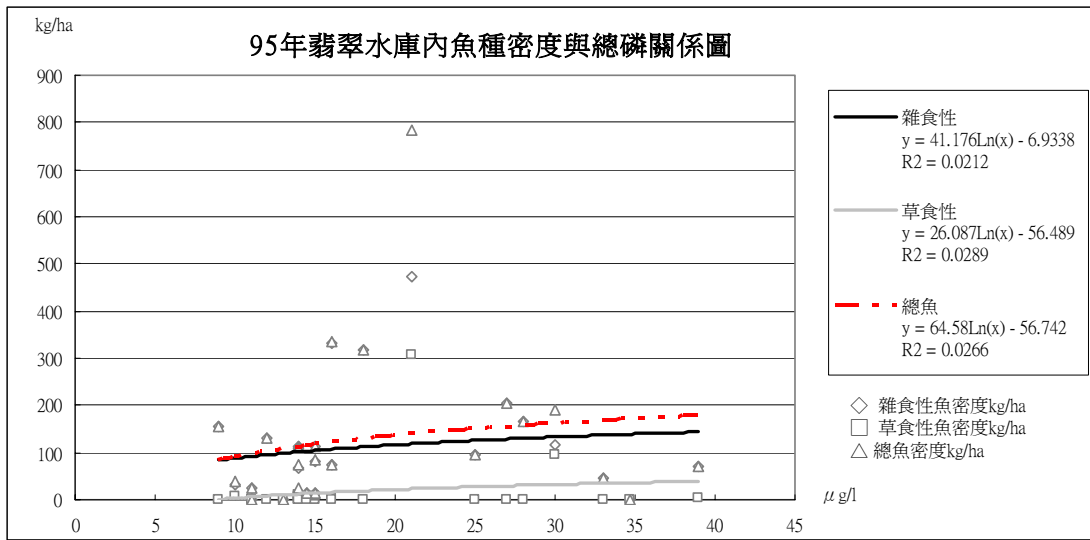


圖4-33 95年翡翠水庫內魚種密度與總磷的關係圖

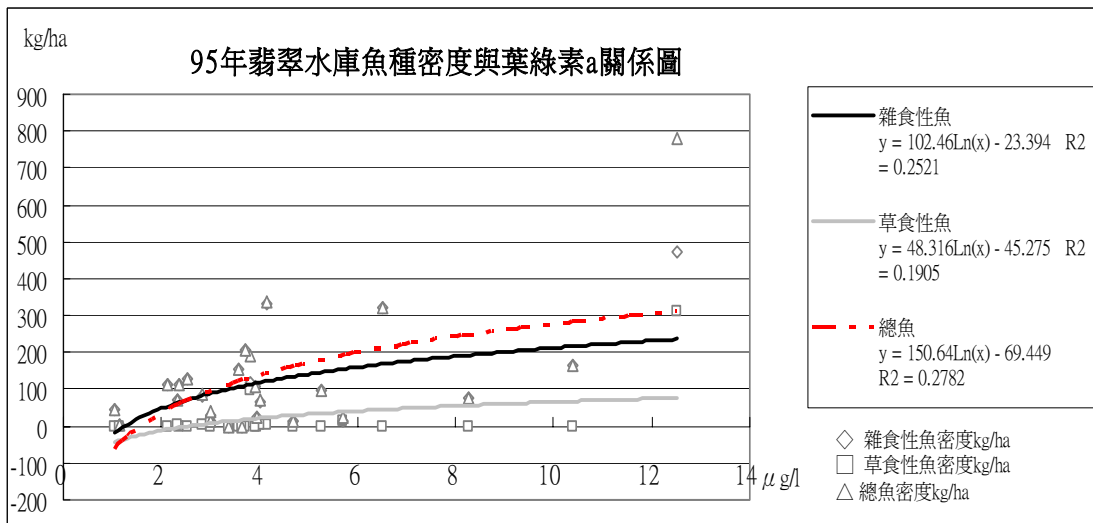


圖4-34 95年翡翠水庫內魚種密度與葉綠素a關係圖

表 4-6 95 年翡翠水庫內魚種多樣性指標分析

水庫 6-11 月指數總計表									
魚種	大壩	火燒樟	後坑子	鶯鶯潭	永安	灣潭	黃榨皮寮	總計	尾數百分比%
雜交吳郭魚 <i>Oreochromis sp</i>	10	2	29	13	9	20	12	95	11.23
紅鰭鮡 <i>Culter erythropterus</i>	18	7	2	84	2	9	0	122	14.4
大眼華鯿 <i>Sinibrama macrops</i>	40	3	1	24	0	130	5	203	24
黑鯿 <i>Sinibrama macrops</i>	1	1	0	3	0	0	0	5	0.59
白鯿 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	0	0	0	0	1	0	0	1	0.12
鯉魚 <i>Cyprinus carpio carpio</i>	0	2	0	1	24	38	0	65	7.7
圓吻鮠 <i>Distoichodon tumirostris</i>	0	0	8	15	0	4	3	30	3.55
高身鯽魚 <i>Carassius cuvieri</i>	4	13	0	1	30	3	1	52	6.15
鯽魚 <i>Carassius auratus auratus</i>	0	0	11	10	0	1	4	26	3.07
鱖條 <i>Hemiculter leucisculus</i>	67	18	0	60	0	62	0	207	24.47
台灣石鱸 <i>Acrossocheilus paradoxus</i>	0	0	0	0	0	0	3	3	0.35
台灣鏟頰魚 <i>Varicorhinus barbatulus</i>	0	0	0	0	0	0	4	4	0.47
唇鰱 <i>Hemibarbus labeo</i>	0	0	0	0	0	1	7	8	0.95
斑駁尖塘鯉 <i>Oxyeleotris marmoratus</i>	1	0	1	3	2	2	0	9	1.06
鮠魚 <i>Silurus asotus</i>	1	0	1	0	0	0	0	2	0.24
纏口下口鮠魚 <i>Hypostomus spp.</i>	0	1	0	0	2	2	4	9	1.06
香魚 <i>Plecoglossus altivelis altivelis</i>	0	0	1	0	0	1	3	5	0.59
單位個體量總計	142	47	53	214	70	273	46	846	100
種類數	8	8	7	10	7	12	11	17	17
指數名稱			水庫上游		水庫中游		水庫下游		
Simpson' s index 優勢度指數			0.72		0.85		0.76		
Shannon-Wiener' s index 歧異度指數			0.67		0.91		0.79		
Pielou' s evenness index 均勻度指數			0.67		0.79		0.69		

表4-7 95年翡翠水庫上游支流魚種多樣性指標分析

支流 6-11 月指數總表	測站/尾數				
	金瓜寮溪	北勢溪	逮魚溪	總計	尾數百分比%
雜交吳郭魚 <i>Oreochromis sp</i>	2	17	1	20	2.10
紅鰭鮒 <i>Culter erythropterus</i>	0	4	0	4	0.42
大眼華鯿 <i>Sinibrama macrops</i>	96	55	0	151	15.88
粗首鱨 <i>Zacco pachycephalus</i>	24	2	69	95	9.99
平領鱨 <i>Zacco platypus</i>	43	3	93	139	14.62
台灣馬口魚 <i>Candidia barbatus</i>	38	0	3	41	4.31
圓吻鮠 <i>Distoechodon tumirostris</i>	1	109	0	110	11.57
鯰魚 <i>Silurus asotus</i>	0	2	0	2	0.21
鯽魚 <i>Carassius auratus auratus</i>	0	14	0	14	1.47
鱖條 <i>Hemiculter leucisculus</i>	3	30	0	33	3.47
台灣石鱮 <i>Acrossocheilus paradoxus</i>	185	21	33	239	25.13
台灣鏟頰魚 <i>Varicorhinus barbatulus</i>	18	12	2	32	3.36
唇鰱 <i>Hemibarbus labeo</i>	2	9	0	11	1.16
極樂吻蝦虎 <i>Rhinogobius giurinus</i>	10	1	26	37	3.89
日本鰻 <i>Anguilla japonica</i>	0	1	0	1	0.11
台灣間爬岩鰍 <i>Hemimyzon formosanum</i>	0	0	3	3	0.32
香魚 <i>Plecoglossus altivelis altivelis</i>	4	13	0	17	1.79
脂鯰 <i>Pseudobagrus adiposalis</i>	0	0	2	2	0.21
單位個體量總計	426	293	232	951	100
種類數	12	15	9	18	18
指數名稱	金瓜寮溪	北勢溪	魚逮魚岬溪		
Simpson' sindex 優勢度指數	0.74	0.80	0.72		
Shannon-Wiener' s index 歧異度指數	0.73	0.87	0.64		
Pielou' s evenness index 均勻度指數	0.67	0.74	0.67		

五、結論與建議

5.1 結論

本計畫屬三年期調查研究之第一年計畫，計畫工作目的主要在建立水庫內及其上游支流水生動物物種及數量與季節的變化關係，同時亦建立水庫內水生動物之多樣性分析資料，以及進行水庫水生動物多樣性與水質間之關係探討，並將水庫中採獲之重要水生動物製作標本及拍攝照片，以落實本調查研究分析之知識技術本土化。

1. 已完成水庫及其上游支流內重要水生動物之標本製作，包括魚類標本8種（香魚、台灣石鱚、鯰魚、台灣纓口鰍、大眼華編、平頷鱨、粗首鱨及極樂吻蝦虎）、甲殼類標本2種（日本沼蝦、字紋弓蟹）、螺類1種（川蝻）及水生昆蟲2種（春蜓科、石蠶科）。
2. 今年度之調查結果發現，翡翠水庫內出現的魚類共計有17種，其中原生魚類有大眼華編、鯽魚、台灣石鱚、台灣鏟頰魚、唇鯿、鯰魚等6種；另外11種外來種魚類當中，多數皆為適應性較廣的魚類，如高身鯽、鯉魚、吳郭魚及纏口下口鯰（俗稱琵琶鼠）等種類，其中只有香魚是喜淨水域的魚種。
3. 由歷年資料顯示，在民國89年水庫中調查的魚種數量共計有38種，其中原生種有24種，外來種有14種。今年度的調查結果顯示，捕獲魚種多增加了鱖條（海鯉仔）及斑駁尖塘鯉（筍殼）2種，共計為40種。詳細統計表彙整於表5-1。由於本年度所執行調查之時間甚短（95年6-11月），需待完整的調查資料彙整後才能作最後魚類相變化之判定。另外，自民國89年開始紅鰭鮒出現後，於民國95年取代了高身鯽成為優勢魚種之一。今年度調查出現的魚種鱖條目前亦成為水庫中的優勢魚種之一。經由訪問當地居民得知，民國90年水庫即出現鱖條的蹤跡，並且為數眾多，由

- 於鱖條的繁殖力極強，相信出現在水庫的時間點更早。今年所捕獲體長最長的就有22cm，顯示鱖條已經在水庫中繁殖多年。
4. 民國86年以前平頷鱘為水庫內的優勢魚種之一，但是近十年來在水庫上游地區已未捕獲，顯示翡翠水庫已從河川型水庫轉型成湖泊型水庫。
 5. 黑鱧在民國89年以前為水庫中的優勢魚種之一，但經過6年後其數量卻有明顯的減少，鱧並無法在水庫中自行繁殖。草魚在今年度則完全未捕獲。
 6. 今年度6至11月間在水庫的捕獲個體數統計方面，鱖條的漁獲數最高，約佔25%（207尾），大眼華鯪次之（24%，203尾）。而在總漁獲重量方面，今年捕獲黑鱧總重佔23%（73.5公斤），鯉魚總重佔32%（97.15公斤），鱖條總重約佔3%（9.34公斤）。大眼華鯪總重佔2.4%（7.35公斤）。今年5次的捕撈作業中總共捕獲約312公斤，846尾。
 7. 今年度調查的翡翠水庫支流包括北勢溪、魚逮魚堀溪及金瓜寮溪等三條支流，在捕獲個體數組成上，台灣石鱸的捕獲數量最高，約佔25%（239尾），大眼華鯪次之（16%，151尾），平頷鱘再次之（15%，139尾）。而在總漁獲重量方面，今年捕獲圓吻鮠總重佔37%（25.8公斤），台灣石鱸總重佔13%（8.9公斤），今年4次的捕撈作業中總共捕獲約68.3公斤，951尾。北勢溪所捕獲的優勢魚種為圓吻鮠佔37%，魚逮魚堀溪所捕獲的優勢魚種為粗首鱸佔30%及金瓜寮溪所捕獲的優勢魚種為台灣石鱸佔43%。
 8. 從食性發現目前水庫中的優勢種紅鰭鮎濾食藍綠藻的比例驚人，佔了總數之90%以上，後續應持續觀察其食性，是否有助於藻類的去除。而水庫上游支流所捕獲之魚種，對於藻類的濾食亦有相當的貢獻，有助於水質的改善。

5.2 建議

1. 為了解及釐清各生物的功能，及水庫中生物鏈的控制，宜繼續進行調查，彙集更多資料，以提供後續水質改善管理之客觀依據。
2. 從魚類相及胃內容物分析結果，得知水庫內部分魚類可濾食藻類，但仍需蒐集更完整調查資料後，再進行討論。
3. 水庫上游支流的魚類調查數量較少，建議同意或協助申請增加電魚法之調查方式。
4. 上游支流的北勢溪水質有劣化趨勢，建議持續監測水庫上游支流水質的變化狀況，防止污染源的產生。
5. 由於水質在春夏秋季節具有分層現象，後續考慮在水庫內下游靠近大壩處與上游灣潭水域，增加水深約 12 公尺處的水質進行分析。可供日後探討水質參數與各種水生生物的相關性時，更客觀的資料依據。

表 5-1 歷年捕獲魚種

編號	中文名	俗名	外來種	編號	中文名	俗名	外來種
1	鱸鰻	花鰻		21	短吻鏢柄魚		
2	日本鰻	白鰻		22	台灣鏢領魚	苦花	
3	香魚		*	23	圓吻鮠	阿嬤魚	*
4	高身鯽	日北鯽	*	24	台灣纓口鰻	石貼仔	
5	鯽	土鯽仔		25	花鰻		
6	鯉		*	26	泥鰻		
7	大眼華鰻	目孔		27	鯰		
8	白鰻	竹葉鰻	*	28	脂鰻	三角姑	
9	黑鰻	大頭鰻	*	29	塘虱魚	土殺	
10	粗首鱻	闊嘴		30	泰國塘虱魚		*
11	紅鰻鮠	曲腰魚	*	31	纏口下口鯰	琵琶鼠	*
12	平領鱻	溪哥仔		32	黃鰻	鰻魚	
13	台灣馬口魚	一枝花		33	鰻		
14	草魚		*	34	七星鰻	月鰻	
15	鰻魚	土鰻	*	35	雜交種吳郭魚	福壽魚	*
16	青魚	烏鰻	*	36	吉利慈鯛	吳郭魚	*
17	高體鰻鰂			37	極樂吻蝦虎	狗甘仔	
18	羅漢魚	車栓仔		38	明潭吻蝦虎	狗甘仔	
19	台灣石鰻			39	斑駁尖塘裡	筍殼	*
20	唇鰻	竹篙頭		40	鰻條	海鰻仔	*

六、參考文獻

1. 中央研究院植物研究所，1994，翡翠水庫浮游藻類與水質關係研究(1-6)。臺北翡翠水庫管理局。
2. 中央研究院植物研究所，2000，翡翠水庫藻類與水質關係研究(1-5)。臺北翡翠水庫管理局。
3. 中央研究院植物研究所，2005，翡翠水庫藻類與水質關係研究之長期監測(1-5)。臺北翡翠水庫管理局。
4. 方力行、韓僑權、陳義雄，1995，高身鯛魚。國立海洋生物博物館。
5. 王漢泉，2002，台灣河川水質魚類指標之研究，環境檢測通訊雜誌，第40期。
6. 王泰盛，2005，季節性翻轉與春秋藻華水體之卡爾森優養指標應用與水質預測之研究-以翡翠水庫為例。碩士論文。
7. 台北科技大學土木系，2000，翡翠水庫集水區管理規劃之研究。臺北翡翠水庫管理局。
8. 台大水工試驗所，2003，水庫整體保育計畫規範案例研究。經濟部水利署。
9. 汪靜明，1999，河川生物多樣性的內涵與生態保育。生物多樣性研討會。
10. 沈世傑，曾晴賢，1992，翡翠水庫水生動物與水質關係研究。臺北翡翠水庫管理局。
11. 沈世傑，曾晴賢，1994，外來種魚類對於翡翠水庫生態及水質關係之研究。臺北翡翠水庫管理局。
12. 李培芬、梁世雄，2002，動物生態評估技術之研究及評估模式之驗證。行政院環境保護署(EPA-91-U1E1-02-112)。
13. 林明郁，2003，翡翠水庫藻類族群結構分析及分層系統動態模擬。台灣大學環境工程學研究所碩士論文。
14. 林靜英，2004，颱風對翡翠水庫葉綠素甲濃度時空變化之影響。台灣大學海洋研究所碩士論文。
15. 柯文泉，1996，翡翠水庫水體水質之分析探討。淡江大學水資源及環境工程學系碩士論文。
16. 胡思聰，1983，翡翠水庫集水區磷之含量及其對自來水水源影響之研究。台灣大學環境工程學研究所碩士論文。
17. 姚俊豪，2004，翡翠水庫藻類之模擬。台灣大學土木工程學研究所碩士論文。
18. 莊子旺，1997，水庫優養控制優選模式之發展與應用。台灣大學土木工程學系研究所碩士論文。
19. 郭振泰，1999，翡翠水庫水質模擬與應用。臺北翡翠水庫管理局。

20. 郭振泰, 吳俊宗, 吳先琪, 2005, 以生態工法淨化水庫水質控制優養化研究計畫。行政院環境保護署。
21. 張明雄, 2003 台北縣坪林鄉北勢溪魚類資源保育利用芻議。溪流環境會訊 第七卷。臺北市立動物園。
22. 梁世雄、洪慶宜、許憲呈、翁榮炫、鄭秀娟, 2002, 建立二仁溪、將軍溪河川生態指標與流域整治績效評估計畫。行政院環境保護署, (EPA-91-G103-02-217)。
23. 國立台灣大學水工試驗所, 2003, 水庫整體保育計畫規範案例研究—翡翠水庫, 經濟部水利署。
24. 曾晴賢, 1997~1999, 魚類應用於翡翠水庫保全和監測上的研究(1)~(3)。臺北翡翠水庫管理局。
25. 曾晴賢, 2002, 生態模擬在翡翠水庫保全和監測上的研究。臺北翡翠水庫管理局。
26. 葉春暉, 1991, 釣魚叢書：臺灣溪流釣場探秘（淡水河系北勢溪篇上下輯），聯經三版。
27. 廖文蓓, 2001, 翡翠水庫中藻類種群消長之動態模擬。台灣大學環境工程學研究所碩士論文。
28. 簡鈺晴, 2005, 翠水庫藻類多樣性之分析及消長動態之模擬。台灣大學環境工程學研究所碩士論文。
29. Grimrn, M. P. and J. J. G. .M. Backx, 1990, The restoration of shallow eutrophic lakes, and the role of northern pike, aquatic vegetation and nutrient concentration, *Hydrobiologia*, 200/201:557-566。
30. Hanson, J. M. and W. C. Leggett, 1982, Empirical Prediction of fish biomass and yield, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 39:257-263。
31. Hrbacek, J., M. Dvorakova, V. Korinek & L. Prochaskova, 1961, Demonstration of the effect of the fish stock on the species composition of zooplankton and the intensity of Metabolism of the whole plankton association, *Verh. int. Ver. Limnol.*, 14:192-195。
32. Klinge, M. P. Grimm and H. Hoser, 1995, Eutrophication and ecological rehabilitation of Dutch Lakes, presentation of a new conceptual framework. *Water Science Technology*, 31(8):207-218。
33. 林紀男, 稻森修平, 須藤隆一, 1995, 富栄養型湖沼の浚渫—生物学的ろ過水による循環直接浄化。用水と排水, Vol. 37. No. 8, pp. 36-39。
34. 宮地傳三郎, 川那部浩哉, 水野信彦, 1982, 日本淡水魚類圖鑑。保育社。
35. 淺枝隆, 1993, ヨーロッパの水質保全事例と曝気循環。ダム水源地環境整備センター報告書, PP. 89-118。

36. 萋人子譯，1994，釣魚百科全書，世一出版社。