

翡翠水庫魚類相變化與水質關係探討(1)

The Relationship between Variations of the Fish Fauna and Water Quality of the Feitsui Reservoir in Taiwan (1)

台灣大學 生物環境系統工程研究所 副教授	台灣大學 生物環境系統工程研究所 碩士	台灣大學 生物環境系統工程研究所 碩士	台灣大學 生物產業機電工程研究所 博士班研究生
侯文祥*	許振曜	王晨光	陳以容
Wen-Shang Hou	Chang-Yao Hsu	Chen-Kuang Wang	I-Zon Chen

摘 要

國外近十年來漸重視以生物控制水質管理法達到淨化湖泊水庫水質的目的，對於長久以來一直以化學及物理工法作為管理水質的策略，提供另一種研究方法。

翡翠水庫管理局自 1980 年水庫啓用以來，持續建立水質資料，1988 年起也進行包括魚類的水生生物監測計畫，但在 2001 至 2005 年間卻中斷魚類相調查。因此，本研究自 2006 年 6 月至 2007 年 12 月實地調查水庫內魚種組成，且與 1997 年至 2000 年捕獲魚類的文獻資料比較其變化。水庫內不同水域的魚類相調查，包括水庫內上中下游共八個水域。以流刺網法、八卦網、陷阱、釣具等複合性漁法捕獲魚類。以相似性指數及重量、尾數百分比計算魚類密度。再將每季捕獲魚種重量、魚種密度及生物整合指數，與各季節的總磷、葉綠素 a、透明度、藻數量等四項水質優養化因子進行相關性分析，研究不同水域魚種數量變化與水質之關係。

研究結果顯示，2000 年捕獲的中大型優勢魚種高身鯽及黑鱧的捕獲重量百分比已較現在明顯降低，而紅鰭鮪與雜交吳郭魚有取代高身鯽成為水庫內優勢魚種的趨勢。小型魚種大眼華編及鰲條的尾數百分比最高，其中鰲條與斑駁尖塘鱧為 2006 年在水庫內第一次被捕獲的新增魚種。黑鱧、鯉魚、高身鯽等中大型鯉科魚類，分別在春季與夏秋季時與葉綠素 a 的相關性較高，判斷應與食性有關。本研究依水庫魚類組成出現季節與水域的調查結果，與翡翠水庫長期監測的水質資料進行比較分析。結果得知，在肉食性魚類在群聚數量較高水域與透明度偏低現象有較明顯負相關性。至於其他分類魚種與水質的相關性尚無法作明確探討。期望後續建立的食性分析結果能獲得適當之水生動物水質指標，建立更完整的基礎資料，提供水庫水源保護與管理策略之重要參考依據。

*通訊作者，國立台灣大學生物環境系統工程研究所副教授，10617 台北市大安區羅斯福路 4 段 1 號，houws@ntu.edu.tw

關鍵詞：生物控制法，魚類密度，水質，優養化，翡翠水庫。

ABSTRACT

The fish fauna contains the wide ranges of nutrition and is located at the high level of the food chain of the aquatic, so the fish fauna has close relations with the change of water quality. Feitsui Reservoir is one of the important collection watersheds in the north of Taiwan. It have had successively biology monitored plan successively since 1988, but reported no researches of relation between fish and water quality after 2000. The object of this study is to investigate the varieties of the fish and study the relation between the variations of fish mass and water quality in order to offer the sustainable for the Feitsui Reservoir administrations.

The result of this study shows that percentage of catching weight from the original dominant species of larger cyprinids, *Sinibrama macrops*, *Carassius cuvieri*, were lower than the eight years ago. *Culter erythropterus* and *Oreochromis sp.* have replaced *Carassius cuvieri* to become the new dominant species in Feitsui Reservoir. In the small size fish, the number of *Sinibrama macrops* and *Hemiculter leucisculus* is the highest. In the first time, *Hemiculter leucisculus* and *Oxyeleotris marmorata* are the new non-native species in Feitsui Reservoir that were caught at 2006.

The larger cyprinids *Sinibrama macrops*, *Cyprinus carpio carpio*, *Carassius cuvieri* have the higher correlation with chlorophyll-a in spring, summer and autumn separately. This phenomenon possibly comes from the feeding habits. The ecosystem may be produced and changed gradually due to the raising of non-native species during 2000 to 2006. We propose that the monitoring of variation in the condition of fish should be carried out continuously, and establish the continuous, correlative information between fish and water quality.

Keywords: Biomanipulation, Fish fauna, Water quality, Eutrophication, Feitsui Reservoir.

一、前言

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 1987 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，因生態系食物鏈的結構關係，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、白鯽等；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、圓吻泥。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

表 1 水庫內捕魚用網具規格

網目	現場使用網數	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	135	7.5	1012.5	上、中水層	鱧魚類(大型魚)
4.5"	5 張	135	4.5	607.5	上、中水層	鯉、鯽魚類(中、大型魚)
2.8"	8 張	60	2.4	144	底水層	大眼華鯿(小型魚)
1.8"	4 張	25	0.6	15	濱水區	唇鱖(中、小型魚)
1.2"	2 張	60	2.4	144	上水層	鯊條(小型魚)

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。依所調查水庫魚類組成出現季節、水區、食性採樣分析結果，與翡翠水庫持續監測的水質資料進行比較分析，期望能獲得適當之水生動物水質指標、進行水庫水質與生態系健康度生物指標之基礎資料的建立，提供水資源保護與管理之重要參考依據，確保水質的提昇與安全。

1.2 文獻探討

Hansson *et al.* (1998) 分析近年來歐洲溫帶水域利用生物控制改善水質，並持續監測超過 5 年的案例，共 16 個湖泊，包括 4 種不同操作方式，分別為(A)鯉科魚類移除並放入食魚性魚類、(B)鯉科魚類移除、(C)食魚性魚類放入、(D)無選擇性魚類移除等，提出比較及建議。由結果得知，大部分的生物控制案例中，在實行 1 至 2 年間，具有改善水質的效果，可證明生物鏈控制的確是一種可有效改善水質的方式。但是在許多案例裡發現，鯉科魚類捕撈強度不足或是食魚性魚類數量不足以控制鯉科魚類殘存個體及幼魚數量時，則這些食浮游動物魚類將在 2 至 4 年內回復到原始族群數量，水質也回復到原先狀態。可知不同的操作方式，其改善成效皆有高低，影響成效高低主要的關鍵在於鯉科魚類移除率。因此，Hansson *et al.* (1998) 指出生物控制法須要達到以下三個目標：(1)消除藻類造成水體能見度降低的現象、(2)減少藍綠藻的數量、(3)成效的穩定。

Olin (2002)於 1997 至 2001 年，在芬蘭南部的 10 個湖泊，以定置流刺網的方式實施生物控制法移除鯉科魚類，並將捕獲魚種分成四類：食

魚性魚種(Piscivores)、鯉科(Cyprinides)魚種、河鱸類魚種(Perch)、其他魚種(Others)，而鯉科與河鱸類又依體型大小各分成三類(<10 cm、10~15 cm、>15 cm)建立地域性的資料。計算單位以魚種重量/網目數/每晚(kg/net/night)為 BPUE (biomass per unit effort)，流刺網每晚的時間約為 12 小時(20:00~08:00)。在 2002 年 Mikko Olin 整合芬蘭南部 36 個湖泊之研究，以軟體 Mixed linear models 探討魚種與水質之關係，發現總魚種和鯉科魚種的單位生物量(biomass)有隨總磷(TP)升高而增加的趨勢，而鯉科魚種與食魚性魚種的單位量比例，也有隨總磷上升而提高的趨勢。其中，總磷變化範圍為 12 至 130 $\mu\text{g/l}$ ，捕獲的鯉科(cyprinides)魚類密度為 27.8 至 269.9 kg/ha；總魚密度為 155.8 至 281 kg/ha。河鱸類(Perch)與歐鯉類(roach)在中營養水域為優勢種，而在優養水域則以鯉科(cyprinids)類為優勢，顯示魚種族群的結構與水中的營養鹽有關。

二、研究方法

2.1 調查範圍及漁法設計

本研究之調查範圍包括翡翠水庫內上、中、下游三區，配合翡翠水庫現有之水質採樣點作為魚類相調查的主要採樣位置。水庫內每個水域均包括至少上中水層及濱水區底水層的漁法設計，水層分區數目可能二至三層，依採樣區水深狀況而定(圖 1)。自 2006 年 6 月至 2007 年 11 月，進行四個不同季節的調查。實驗使用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 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捕撈，所使用之網目規格及數量如表 1 所示。

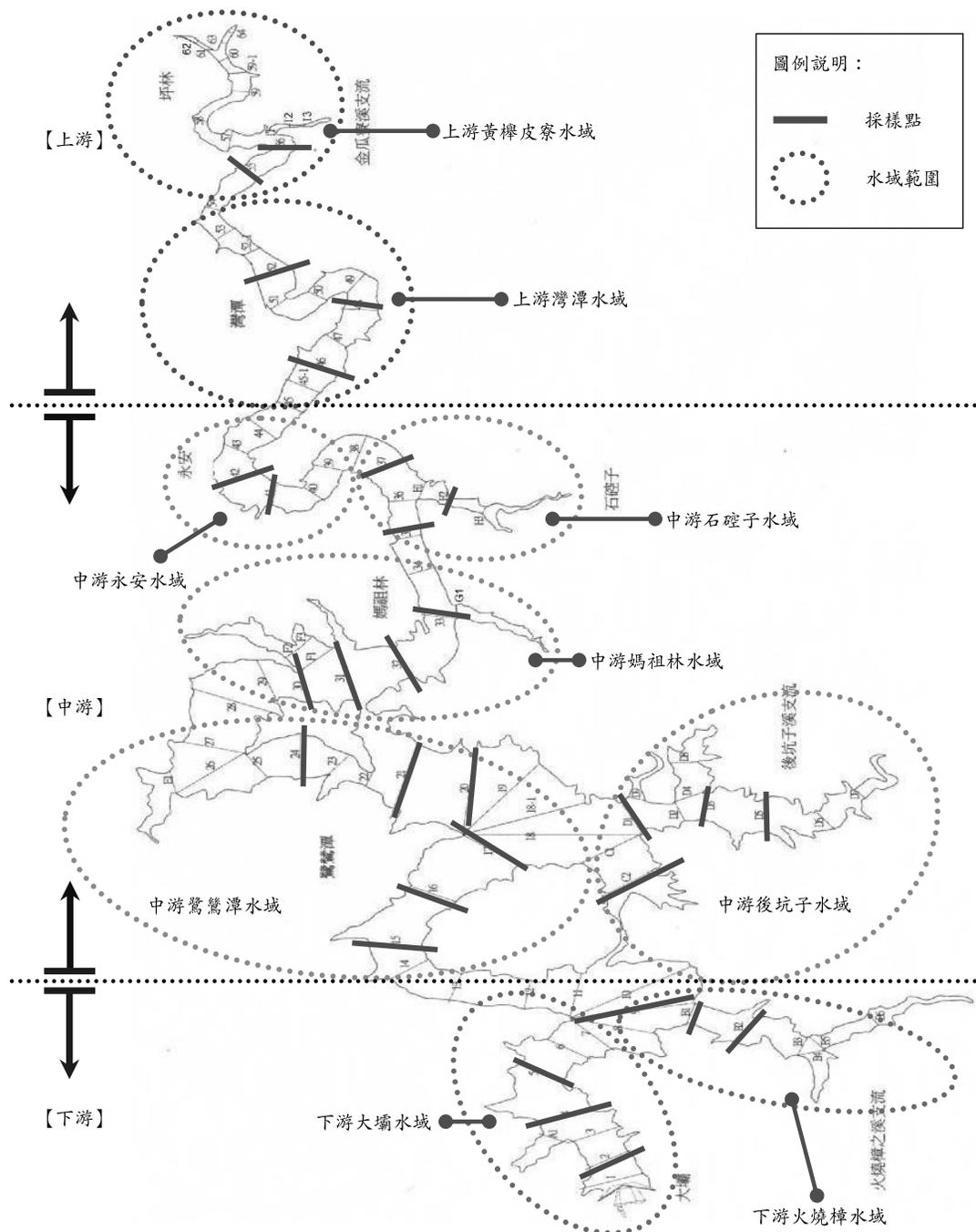


圖 1 本研究調查水域區位圖

2.2 魚類相調查方法與水質資料彙集

本研究主要調查魚類相數量、種類、體型、空間分布等變化。依據翡翠水庫上中下游各水區的水質特徵與季節及氣候變化關係，選定不同季

節內的計測時程。捕獲魚類密度計算方式如表 2 所示。並配合魚類相調查期間，彙整翡翠水庫管理局在 2006 年至 2007 年間建立的水庫水質之透明度、總磷濃度、葉綠素 a 濃度及藻類個數等 4

表 2 魚類相計量法

水 區	水生動物		計量法	備 註
水庫內	魚	魚種密度	g/m ² , kg/ha/night	m ² : 網材面積, 夜間捕集 14 小時
	魚	數量	尾數、重量、體長	各水區捕獲魚種體型與數量
	魚	食性	%	%: 攝食量之相對比例

種水質項目，就季節別與水域別變化加以分析。並使用 XY 散佈圖分析魚類相與透明度、總磷濃度、葉綠素 a 濃度及藻類個數等水質之間的相關性。

三、結果與討論

3.1 水庫魚類相之組成

本研究於 2006 年半年間進行 5 次調查，2007 年一年間進行 6 次調查，1.5 年間共進行 11 次調查，上中下游共 9 個水域，共計 30 個採樣點。每季進行 1 至 2 次調查。2006 年半年間調查魚獲總重 279 公斤，總尾數 846 尾。2007 年一年間調查魚獲總重 661.4 公斤，總尾數 571 尾。1.5 年間總計調查魚獲總重 940.4 公斤，總尾數 1417 尾；種歧異度約 2.56 至 2.92，優勢度及均勻度皆為一穩定的魚類群聚網。由文獻統計及本調查結果，在翡翠水庫內，自建造前至 2007 年，累計共記錄 40 種魚類，其中有 24 種屬於水庫建造前記錄魚種，16 種為水庫建造後新增記錄魚種。本研究在 1.5 年間累計捕獲 24 種魚種，其中有 10 種屬於水庫建造前記錄魚種，14 種為水庫建造後新增魚種。與 2000 年文獻比較，2006 年新增捕獲魚種有鰲條(俗稱奇力魚)及斑駁尖塘鱧(俗稱筍殼魚)二種。捕獲的水庫建造前魚種包括大眼華鰱、土鯽、日本鰻、粗首鱸、台灣石鱸、台灣鏟頰魚、唇鰭、鯰、七星鱧、中華鰲等 10 種，大部分屬於河川未受中度污染水域的種類。另外 14 種水庫建造後新增魚種中，多數皆為適應污染水域較廣的魚類，如高身鯽、鯉魚、吳郭魚及纏口下口鯰(俗稱琵琶鼠)等種類。

2007 年調查結果，大眼華鰱(19.2%)及鰲條(15.0%)的尾數佔尾數百分比的優勢，其次為雜交吳郭魚(14.9%)，值得注意的是黑鰱的捕獲尾數(12.5%)大增，多為 30 至 48 cm 的體型。由文獻可

知，黑鰱因生理特徵而無法在水庫進行繁殖，由當地居民訪談結果得知，2007 年 3 月有民眾放養黑鰱魚苗情況。因此黑鰱數量增加應是人為放生，但後續仍需進行長期監測，由捕獲體型變化資料才能作精確判斷。

由於 1997 年以前文獻的魚類相資料無捕獲水域與季節別記錄，也無體型變化、重量等詳細數據。而 1997 至 2000 年文獻的魚類相資料有上述資料，因此，本研究調查結果(自 2006 年 6 月至 2007 年 11 月)主要與文獻資料(自 1997 年 9 月至 2000 年 9 月)進行比較。彙整魚類相變化得知，高身鯽數量明顯下降，吳郭魚、紅鰭鮪與鰲條已漸取代原本優勢種高身鯽。新增捕獲肉食性魚類斑駁尖塘鱧(俗稱筍殼魚)，主食底棲類魚蝦，對原生於翡翠水庫中的特有蝦類造成威脅。因 2001 至 2005 年並無魚類相調查文獻，經由當地居民訪談得知，鰲條與斑駁尖塘鱧在 2001 至 2002 年早已出現，且依其生態習性與捕獲體型研判，應已能自行在水庫繁殖。

由表 3 可得知翡翠水庫內各種特定魚種在不同季節捕獲數量之比較。本研究調查期間所捕獲黑鰱的尾數雖然排名第四，但是其捕獲總重 478.2kg 最多，佔所有捕獲魚重量之 50.9%，其中又以夏秋季捕獲比重最多。高身鯽的捕獲量則有逐漸減少的趨勢，在春季甚至沒有捕獲。吳郭魚現有捕獲的數量(14.9%)則比文獻(0.67%)多十餘倍，尤其在繁殖季的數量更驚人。紅鰭鮪跟鰲條為調查期間新增捕獲魚種，其數量亦有增加的趨勢，主要繁殖季皆在夏季；而由冬季捕獲上述兩種魚種的食性分析結果，得知有 90% 為空腸狀態，顯示冬季的食物來源較少。唇鰭在翡翠水庫建庫前之文獻有紀錄，但在 1997~2000 年的文獻未有捕獲紀錄，本研究捕獲 17 至 45 cm 體型唇鰭共 34 尾，大部分為冬季捕獲。

表 3 水庫內各特定魚種在不同季節捕獲尾數比較(文獻彙整與本研究資料)

季節	春 (捕獲尾數百分比)		夏 (捕獲尾數百分比)		秋 (捕獲尾數百分比)		冬 (捕獲尾數百分比)		合計 (尾, 100%)	
	本研究 (2006-2007)	文獻 (1997-2000)								
黑鯪	2.8%	85.4%	5.1%	3.6%	92.1%	3.6%	-	7.3%	177	55
高身鯽	-	18.0%	61.2%	16.6%	25%	38.4%	13.7%	27%	80	367
吳郭魚	14.7%	20%	61.1%	20%	21.8%	60%	2.4%	-	211	10
紅鱗鮪(曲腰魚)	3.6%	100%	88.6%	-	2.1%	-	5.7%	-	140	1
鯊條(奇力魚)	-	-	99.5%	-	-	-	0.5%	-	213	-
斑駁尖塘鱧(筍殼魚)	22.2%	-	72.2%	-	5.6%	-	-	-	18	-
唇鱖(竹篙頭)	5.9%	-	26.5%	-	23.5%	-	44.1%	-	100	-

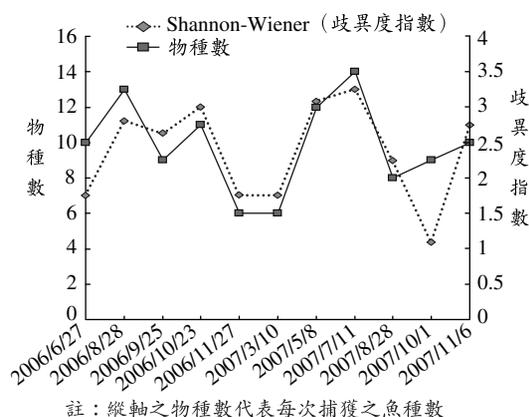


圖 2 水庫內捕獲魚類相之種數及歧異度指數變化

3.2 魚類組成與季節性分佈關係

本研究調查結果顯示，各月份的魚類物種數變化大，月均值为 9.8 ± 0.05 ，其中 2007 年 7 月物種數最多，為 14；2006 年 11 月份及 2007 年 3 月份最少，均為 6，顯示目前使用漁法，在冬季期間捕獲的困難度提高。魚類多樣性指數的年動態與物種數年動態大體上一致，其月均值为 2.36 ± 0.08 ，2007 年 7 月份的 3.34 最高；2007 年 10 月份的 1.1 最低(圖 2)。

根據翡翠水庫近十年的魚類相文獻及本研究調查資料，得知本研究期間單季最大的物種數和歧異度指數，分別為夏季的 20 及 2.92；優勢度指數為夏季的 0.82 最大；均勻度指數為冬季的 2.61 最大。文獻數據之單季最大的物種數和歧異度指數，分別為春季的 19 及 2.56；優勢度指數為春季的 0.77 最大；均勻度指數為春季的 1.99

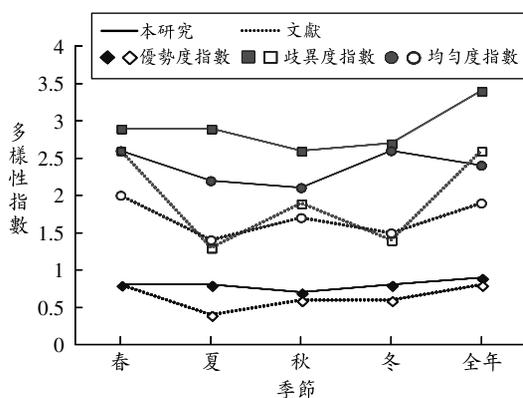


圖 3 近十年翡翠水庫季節變化之魚類相多樣性指數變化

註：文獻研究期間：(曾，1997-1999)
本研究期間：2006年6月至2007年11月

最大(圖 3)。顯示近十年來的魚類相仍相近，變化不大，但對於新增肉食性魚種與鯉科魚種的變化趨勢，仍應持續監測。

3.3 鯉科魚類捕獲狀況及與水質變化關係分析

1. 大型鯉科魚類

大型鯉科魚類以黑鯪為主要對象。文獻指出黑鯪無法在水庫自行繁殖，2007 年 5 月使用八卦網捕獲 157 尾黑鯪幼魚，魚齡介於 1 至 2 年間，顯示近年可能仍有民眾在水庫放生黑鯪的情況(圖 4)。黑鯪佔所捕獲重量百分比達 50.8%，所捕獲體長大部分介於 100 至 120 公分，魚齡皆 8 年以上，與文獻(曾，2000)比較顯示族群數量變化不大。

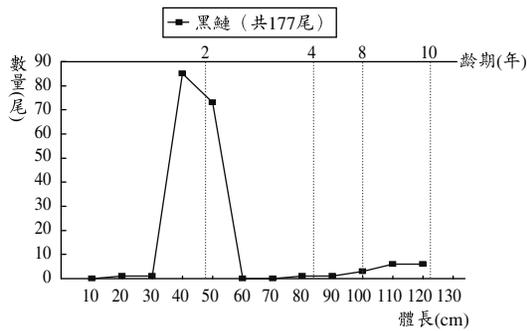


圖 4 水庫內大型鯉科魚類捕獲體型狀況

2. 中大型鯉科魚類

翡翠水庫內的中大型鯉科魚類，主要以紅鰭鮎、鯉魚及高身鯽為分析對象。紅鰭鮎屬高經濟養殖淡水外來種魚類，原本分佈於台灣中南部，日月潭內有業者以箱網方式養殖，南部曾文水庫內已成為優勢種魚類之一。本研究調查翡翠水庫上游支流北勢溪及金瓜寮溪也發現其蹤跡，由於人為的不當放流於水庫以及上游支流，本研究於水庫曾捕獲 86 公分，於上游支流曾捕獲 42 公分，由於其為肉食性強勢大型魚種，對其上游支流原生種魚類造成威脅(圖 5)。高身鯽體型大多介於 4 至 6 年的魚齡。鯉魚體型大多介於 2 至 6 年的魚齡。

3. 小型鯉科魚類

小型鯉科魚類以大眼華鰻、唇鰭、圓吻泥、鯽魚及鯿條等 5 種為主要對象。新增捕獲魚種鯿條，依體型分布魚齡介於 1 至 3 年間，共計捕獲 213 尾，佔總捕獲數量 15.03%，捕獲體型介於 15 至 22 公分。目前除了可在水庫自行繁殖外，族群數量亦有明顯增加的趨勢(圖 6)。

4. 鯉科魚類與水庫水質相關性分析

本研究參考 Hansson *et al.* (1998)及 Olin (2002)資料將水庫內魚類相分類，依目前水庫內所調查的魚種分為中大型鯉科魚類(尾數佔 37.1%)、小型鯉科魚類(尾數佔 43.3%)、肉食性魚類(尾數佔 2.8%)及其它魚種(尾數佔 16.9%)共四類。目前水庫魚類相以鯉科魚類為主，因此以鯉科魚類利用 XY 散佈圖進行魚類相與水質的相關性分析。X 軸為本研究魚類相採樣當月的水域

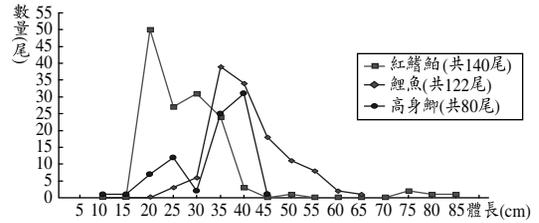


圖 5 水庫內中大型鯉科魚類捕獲體型狀況

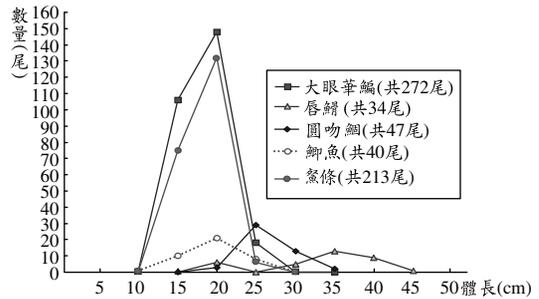


圖 6 水庫內小型鯉科魚類捕獲體型狀況

別水質資料，分別為影響 CTSI 值的三項水質參數，總磷濃度($\mu\text{g/l}$)、葉綠素-a 濃度($\mu\text{g/l}$)及透明度(m)，以及影響水庫優養化的因子的藻類個數(個/ml)。Y 軸為四類魚種分別以每次(水域別)所捕獲的重量(kg)、尾數(尾)、魚類密度(kg/ha)。分析探討鯉科魚類與水質的相關性(表 4)。由相關性分析顯示肉食性魚類所捕獲重量、尾數及密度與透明度呈現較高的相關性。分析結果如圖 7 所示，肉食性魚類捕獲重量與透明度 R^2 值為 0.66，捕獲尾數與透明度 R^2 值為 0.72，捕獲密度與透明度 R^2 值為 0.55，顯示在肉食性魚類在群聚數量較高水域，透明度有偏低的現象。其餘分類魚種與水質的相關性不高，尚無法做進一步探討。相關性不高的主要原因為本研究使用翡翠水庫四項水質資料的變化範圍並不大，且資料筆數也不足所致。因此，建議水庫管理局能持續建立此兩者資料，應有更豐富結果。且後續是否也可使用其他項目水質資料與捕獲魚類資料進行比較分析，也可持續進行探討。

四、翡翠水庫具有水質指標潛能的魚種

篩選水庫內魚類作為水質指標的原則，以捕

表 4 捕獲魚類相與水質相關性分析(R² 值)

魚種類型	水質因子	透明度 (m)	總磷 (µg/l)	葉綠素 a (µg/l)	ln 藻類數 (個/ml)	數據 總筆數
	R ² 值					
中大型鯉科	重量	0.0005	0.0004	0.0991	0.3354	38
	尾數	0.0004	0.068	0.0125	0.2092	
	密度	0.0348	0	0.0304	0.1491	
小型鯉科	重量	0.1874	0.5255	0.1124	0.0392	22
	尾數	0.0188	0.45	0.2475	0.0048	
	密度	0.0582	0.3127	0.1525	0.0014	
肉食性魚類	重量	0.6589	0.2723	0.0165	0.0097	16
	尾數	0.7208	0.1282	0.0405	0.1355	
	密度	0.55	0.0365	0.0447	0.0552	
其他魚類	重量	0.4262	0.0094	0.0714	0.0502	28
	尾數	0.2787	0.0097	0.0081	0.039	
	密度	0.3624	0.0003	0.0606	0.0487	

註：魚類相調查期間：2006 年 6 月至 2007 年 11 月，共 11 次調查。

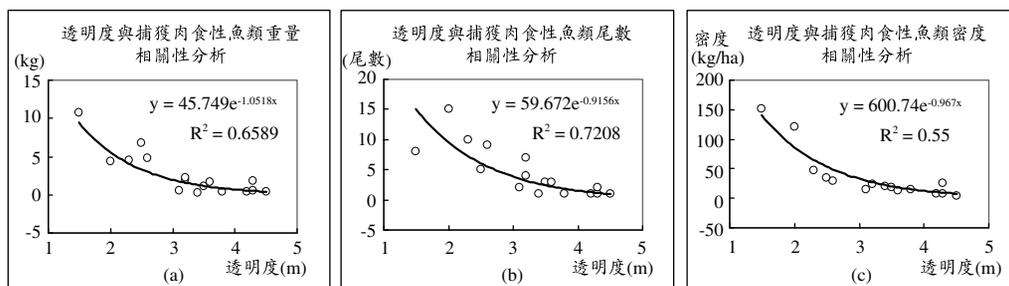


圖 7 透明度與肉食性魚類各種性質之相關性分析(a)魚類重量、(b)魚類尾數、(c)魚類密度

獲數量百分比排名第一之魚種為主，因捕獲尾數與捕獲重量皆有代表性意義，對於後續與水質變化資料及食物鏈關係比較各有不同意義。因此，整理調查魚類結果，提出可能具有水質指標潛能的魚種。

1. 黑鱧：以濾食性優勢魚種黑鱧為例，近十年所調查皆資料顯示族群數量穩定。國內外文獻皆顯示鱧、鰱魚類對淨化水質，控制優養化均有助益。本研究調查期間所捕獲黑鱧尾數 177 尾，為第四順位，但總捕獲重量共 478.2 公斤則為最高。
2. 紅鰱鮑：紅鰱鮑為曾(1997 至 2000 年)在翡翠水庫魚類調查期間，於 2000 年新增捕獲魚種，但只捕獲 1 尾。本研究在 2006 至 2007 年調查期間共捕獲 140 尾，佔總捕獲尾數 9.9%，族群數量明顯增加。由食性分析與文獻顯示，

食性廣含肉食與藻類，對水質與生態的影響，有待更進一步調查分析。

3. 鰲條：鰲條為本研究於 2006 年新增捕獲魚種，調查期間共捕獲 213 尾，佔總捕獲尾數 15%。國內文獻缺乏其食性與水質關係之相關研究。

因此後續將選定黑鱧、紅鰱鮑、鰲條為指標性魚種，持續探討其食性與水庫水質的關係及對生態的影響。

五、結 論

翡翠水庫魚類相的調查，除了建立水庫內魚類相及數量與季節的變化關係外，亦建立水庫內魚類相之多樣性分析資料，進行水庫魚類相多樣性與水質間之關係探討，並提出可能具有水質指標潛能之魚類相物種，進行魚類相指標可行性評估之初步篩選。而對水庫水質狀況及水庫生物相

的調查，是施行生物控制法和永續經營所必要的資訊。利用生物控制法控制水質之優養化已在各國得到驗證，且對於中小型或較淺的湖泊、水庫有較佳的案例，值得參考。

謝 誌

本研究得臺北翡翠水庫管理局補助經費與協助研究，謹致誠摯謝意。

參考文獻

1. 王晨光(2007)，魚類相變化與水庫水質關係之探討-以翡翠水庫為例，台灣大學生物環境系統工程學系碩士論文。
2. 史為良、金文洪、王東強、李玉成、洪加明、鄭亞靜(1989)，放養鱖魚對水體富營養化的影響。大連水產學院學報，4(3-4): 11-24，大連。
3. 台北翡翠水庫管理局(2006-2007)，水庫水質監測資料。
4. 吳俊宗，陳弘成，吳先琪，郭振泰(2006)，以生態工法淨化水庫水質控制優養化研究計畫(2)，行政院環境保護署。
5. 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成果報告。
6. 曾晴賢(2000)，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成果報告。
7. 許根曜(2008)，翡翠水庫水質與魚類之相關性研究，台灣大學生物環境系統工程學系碩士論文。
8. Hansson, L.A., Annadotte, H., Bergman, E., 1998, Minireview: Biomaniipulation as an application of food-chain theory: constraints, synthesis, and recommendations for temperate lakes. *Ecosystems*, 1: 558-574.
9. Olin Mikko, 2002, Fish community structure in mesotrophic and eutrophic lakes of southern Finland: the relative abundances of percids and cyprinids along a trophic gradient. *Journal of Fish Biology*, 60: 593-612.

收稿日期：民國 97 年 8 月 22 日
修正日期：民國 97 年 9 月 19 日
接受日期：民國 97 年 9 月 24 日