

七家灣溪櫻花鉤吻鮭族群數量變動的研究

曾晴賢^(1,2)、游智閔⁽¹⁾、楊正雄⁽¹⁾

(收稿日期：88年12月9日；接受日期：89年10月21日)

摘 要

現存台灣櫻花鉤吻鮭族群只分布在雪霸國家公園境內的七家灣溪大約八公里長的河段，自1996年起已規劃為櫻花鉤吻鮭野生動物保護區之範圍。由於這個區域的族群雖然有嚴密的保護措施，但是整個櫻花鉤吻鮭的族群數量，一直都未能有顯著的增加，因此這項問題頗受各界的重視。本報告嘗試分析過去十餘年間的族群調查以及環境監測結果，以了解這個區域裡的櫻花鉤吻鮭族群數量變動狀況，探討可能的影響因子，以及尋求正確的保育策略。

七家灣溪的櫻花鉤吻鮭族群數量與分布情形自1994年開始有全面性的系統調查，結果發現族群數量的變動相當劇烈，甚至整個族群分布狀況的變化也非常明顯。族群總數最少的是在1995年夏季，只有554尾，最多的時候數量則有2,495尾，數量相差四倍以上。族群變動原因主要為每年十月前後繁殖期的氣候狀況，尤其是颱風豪雨對於產卵場的危害導致繁殖失敗等因素，影響隔年幼魚加入各河段族群的比例。族群數量的波動與氣候狀況有非常明顯的相關性。

攔砂壩分割整個櫻花鉤吻鮭族群，使得櫻花鉤吻鮭在遭受環境壓力之下無法自行逃避。因此在還沒有能夠有效改善攔砂壩所導致櫻花鉤吻鮭區域洄游問題之前，以人工繁殖的方法改善二號壩以下的成魚繁殖問題，並經由將新生復育的幼魚放流至上游河段，以維持基因多樣性，並確保上游隔離族群的有效數量，在現階段是有效的策略之一。

關鍵詞：櫻花鉤吻鮭、七家灣溪、族群數量

一、前 言

被列為瀕臨絕種保育類動物的櫻花鉤吻鮭 *Oncorhynchus masou formosanus* (Jordan and Oshima)，在1917年被發現之後 (Jordan et al., 1919)，曾經被叫做撒拉矛 (現在的梨山村，泰雅族稱之為Saramao) 鱒、次高山鱒或是台灣鱒，是世界上知名的魚類之一，其在生物地理學上的科學意義相當大，在亞熱帶地區的台灣出現了寒帶性的鮭鱒科 (Salmonidae) 魚類，實在是令人意想不到的事情 (大島，1935)。日據

時代已經察覺其族群數量可能因為濫捕而逐漸減少，同時也可能因人工孵化技術發達而會造成混種，所以在1938年台灣總督府史蹟名勝天然紀念物調查委員會出版專輯，將之列為台灣天然紀念物之一 (興儀等，1938)。

台灣光復之後因為調查知道本種只分布於本省中部的大甲溪上游，使得本種有非常重要的學術和經濟價值，目前數量並已稀少到瀕臨絕種的地步，因此政府於1984年7月依「文化資產保存法」第49條及施行細則第72條之規定，指定並公告櫻花鉤吻鮭為珍貴稀有動物，將櫻花鉤吻鮭列為重要文化資產之一。

1940 時代日本人調查櫻花鉤吻鮭時的數量還不少，分布範圍在今日松茂以上的整個大甲溪上游各支流，包括合歡溪、南湖溪、司界蘭溪、七家灣溪及有勝溪等支流都曾是它的棲息地。其中司界蘭溪及七家灣溪的數量最多，在七家灣溪甚至還可以用投網的方式，一人一天可以捕獲到十五斤以上，是當地原住民重要的食物來源之一 (興儀等，1938)。當櫻花鉤吻鮭在被列為天然紀念物之後，規定在清泉橋下游大甲溪支流的南湖溪和七卡丸溪 (現稱七家灣溪) 匯流點以東各支流上游，於五月至十二月間禁止捕魚；七家灣溪主流於十月至十一月間禁止捕魚 (興儀等，1938)。可惜這些保護措施在二次世界大戰時期，以及戰後台灣光復後未能繼續執行保護措施，而在此地區魚類的數量變化也未有真正的調查，因此對櫻花鉤吻鮭族群數量與真實分布並不清楚。

光復後台灣第一次並且是當時唯一的正式學術調查是在1958年十月間，當時的台灣省水產試驗所鄧火土所長等人，在七家灣溪採集到七十三尾櫻花鉤吻鮭的標本，並且有相關的生態記錄與分類報告 (鄧，1959)。雖然在這次的調查結束之後，就幾乎沒有任何台灣官方有關於櫻花鉤吻鮭的後續研究調查工作，但是關心的日本學者仍舊千方百計的來台灣尋找本種的標本，當時日本生物地理學會會長渡部正雄博士就曾經在1964年到1974年之間，前後共十六次在台灣各地河川採集調查有關鮭魚的蹤跡 (Watanabe et al., 1985)。渡部博士在七家灣溪和司界蘭溪等地採集到數十尾的櫻花鉤吻鮭標本。根據研究報告中的描述，當時的鮭魚還存有一定的數量。除此之外，日本淡水魚保護協會木村英造理事長在1969年也前來七家灣溪採集時，雖然還能夠採集到不少的標本，但是已經知道當時有不少原住民使用電魚或是毒魚的方法捕捉魚類，對於櫻花鉤吻鮭的族群已經造成相當大的衝擊 (木村，1977)。主要是這一段時間，由於大梨山地區高冷蔬菜與水果的開墾，除了帶給當地居民相當的財富，也帶來許多不良的後遺症。當地居民有錢有閒，加上購買氰酸鉀等毒藥極為方便，因此梨山附近大甲溪上游各支流的溪流生態在這一段時間遭受到嚴重的迫害，毒魚、電魚的情形極為嚴重，使得魚類數量變得極度稀少。

後來林務局在1974年開始委託東海大學于名振教授和鄭明能等人進行櫻花鉤吻鮭生態調查研究 (鄭等，1976)，並在桃山北溪和桃山瀑布溪匯流口附近建造了第一座櫻花鉤吻鮭復育場。之後數年間鄭明能先生持續地在此進行保育工作，使得櫻花鉤吻鮭開始受到民間保育人士與政府主管機關的重視。這項保育重任後來由農委會接手，開始了近年來櫻花鉤吻鮭保育史的另一個階段。

農委會執行櫻花鉤吻鮭保育工作除了積極建設復育中心的各項硬體設施之外，也委託台灣大學動物系林曜松教授等人詳細調查櫻花鉤吻鮭的族群數量。當時 (1984) 的調查發現只剩下七家灣溪約五公里左右的溪段，有這種國寶魚的零星存在 (林等，1988)。隨後因為鮭魚苗復育工作所進行的放流 (余等，1985；1986；1987)，讓櫻花

(1) 國立清華大學生命科學系，新竹市(30043)光復路二段101號。

(2) 通信連絡員。

鉤吻鮭的分布擴大到較上游的六號壩上方，以及七家灣溪支流高山溪一號壩以上河段。也因此 1991 年林務局邱健介先生等人之調查時，發現櫻花鉤吻鮭的分布河段較之前長，大致是以武陵農場迎賓橋為下限，向上可達七家灣溪上游桃山西溪六號壩底下約七公里長之區域 (邱, 1991)。雖然之後在有勝溪 (林等, 1994)、南湖溪 (個人記錄) 等地還有零星的鮭魚記錄，但是都只有極少數的個體而已，並不能肯定的證明除了七家灣溪之外，還有另外的穩定族群存在。

依據本研究自 1994 年延續前人的詳細調查結果發現，櫻花鉤吻鮭目前的分布範圍，最高約在桃山西溪和池有溪匯流點附近，海拔約在 1980 公尺左右，距離分布下限的七家灣溪與有勝溪匯流點約有八公里左右的距離 (圖一)。雖然根據附近民眾的描述，也有一些鮭魚會分佈到七家灣溪更下游的和平農場附近，但是這種情形經實地調查發現，認為僅是颱風洪水過後極少數遭大水帶離適當棲地的大型鮭魚，且該溪段水溫已超出一般認定上限高溫 17°C 甚多，這些個體若未能回溯到適當產卵棲地，對於整個族群而言也沒有任何貢獻，因此記錄的意義並不大。



圖一、七家灣流域相關位置與攔砂壩分布位置圖；高山溪舊名雪山溪或武陵溪，桃山北溪舊名為無名溪。

雪霸國家公園管理處成立後，進行人工復育的櫻花鉤吻鮭魚苗 (林等, 1995)，曾經在 1995 年於司界蘭溪上游進行放流，1997 年的追蹤調查仍舊可以發現長成的櫻花鉤吻鮭個體 38 尾，說明了域外放流的可行性與成效 (曾, 1997)。然而司界蘭溪的溪流棲地環境雖然適合魚類棲息，但是管理可能不夠理想，無法避免這些人工復育之個體為人所獵取，因此不能順利擴展繁衍族群，目前此地的族群已經無法存續了 (曾, 1998)。

櫻花鉤吻鮭在適當的環境和保護之下，應當具有良好的自然繁殖能力，族群的增加也是可以預期的。然而長期以來，現存最大族群的七家灣溪的櫻花鉤吻鮭族群數量卻沒有如預期中的增加，顯然是其他因素所造成，例如：環境或保護工作上面出了問題，或者是在這樣的環境條件下，目前的櫻花鉤吻鮭族群已經到達了最大的承載量 (carrying capacity)。對於一項保育的投資而言，如果問題是出在可以積極改善的環境或是保護工作之上，那麼找出問題之所在，以及尋求解決的辦法，便對這項保育工作有相當大的幫助。反過來，如果問題是此地的族群數量已經到達最大承載量了，我們就應當設法積極進行域外放流的工作，讓櫻花鉤吻鮭的族群回復到它們原有的分布區域，或者是拓展新的棲息環境，以利保存這種珍貴冰河時期孑遺生物的種源庫。這也正是為何需要長期進行櫻花鉤吻鮭族群調查研究的原因，族群數量與分布的長期監測基礎資料，可以提供棲地或保護區的經營單位作為管理參考與方針修改。

二、材料與方法

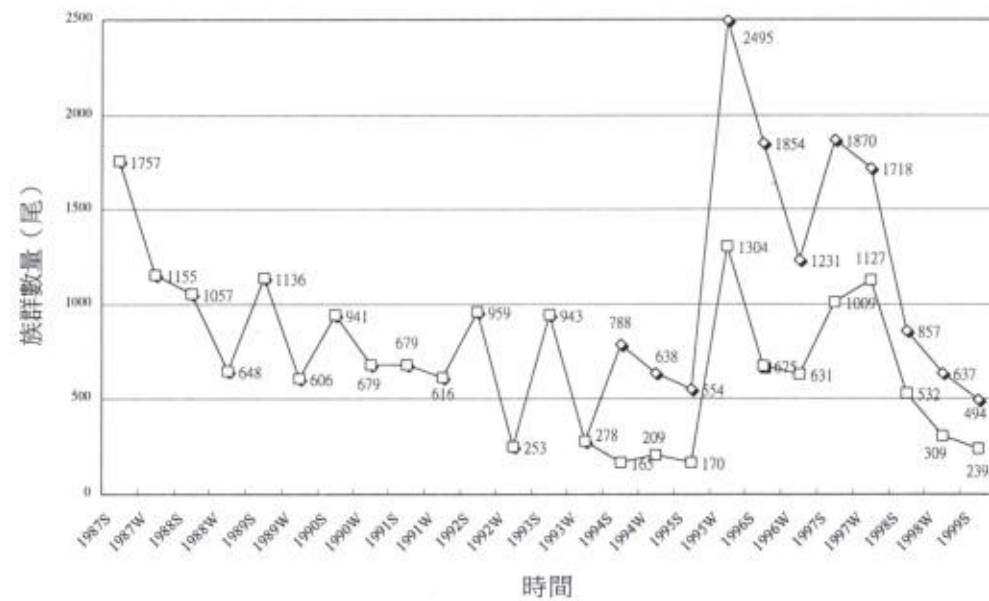
自 1987 年至 1994 年間的族群數量統計資料，引用以前台大動物所研究的調查記錄 (林等, 1988; 林等, 1990; Tsao, 1995)，自 1995 年以後的族群數量調查工作，則係由清華大學生命科學系淡水魚類生態及分子系統學研究室同仁，分別於每年櫻花鉤吻鮭繁殖期之前，以及幼魚離開隱蔽處之後，也就是每年九月下旬至十月上旬及隔年四月至六月上旬左右，實際調查時間會依當年度氣候與水況情形進行調整，進行兩次全面性族群數量密集調查。

由於浮潛觀察 (skin diving) 是在調查溪流魚類的方法中花費較少，破壞性最低的方法 (林等, 1988)，復因調查流域平常水質清澈，對於族群數量瀕臨絕種的櫻花鉤吻鮭而言，這種調查方式也是為最為合適無害的方法。野外調查時採三人一組，以輪替方式，各人分別穿著防寒衣、防寒手套、防滑鞋、面鏡及呼吸管，其中兩位調查人員以浮潛的方式沿調查溪段兩岸平行行進，直接觀察和鑑定魚種，同時估計魚體之大小。兩人隨時確認彼此所觀察的個體，避免產生重複記錄之現象。另外一個人則於岸上記錄浮潛人員所發現魚類出現的數量與分布地點，記錄各溪段鮭魚分為幼魚 (全長夏季為 4 至 8cm，冬季為 15cm 以下)、一至二齡亞成魚 (全長 25cm 以下) 與二齡魚以上成魚 (全長 25cm 以上) 的數量、分布及棲地型態。魚群較多的地點並輔以潛水相機和攝影機加以拍攝記錄，藉以進行族群結構、數量分布及魚群出沒的棲地分析。由於櫻花鉤吻鮭在河川內的遷移現象並不明顯，加上各攔砂壩對於魚類分布而言，是一種非常明顯的區隔 (戴, 1992)，因此調查均以兩座攔砂壩之間為分段區域，以減少調查可能的誤差。為對族群數量有較精確之估算，將調查結果標示於圖面上，並比較近年來魚群數量、結構及分布的變化。

三、結 果

(一) 七家灣溪櫻花鉤吻鮭的族群數量變化

七家灣溪櫻花鉤吻鮭族群數量有系統的調查開始於 1986 年夏季的普查 (林等, 1988)。由於早期在七家灣溪流域的交通甚為困難, 且主要族群分布在七家灣溪主流河段。因此對於櫻花鉤吻鮭的調查重心僅限於七家灣溪主流一號攔砂壩至三號攔砂壩之間。1986 年夏季在一至二號壩之間的七家灣溪主流總共記錄到 646 尾櫻花鉤吻鮭, 其中一齡或以下的個體約佔總數的 50%, 一齡至二齡之間的個體佔 33%, 二齡以上者佔 17% (林等, 1988)。1987 年開始則擴展調查的範圍到七家灣溪一號壩至三號壩之間, 當年夏天 (九月) 發現有 1,757 尾, 冬天 (1988 年二月) 則記錄到 1,155 尾 (林等, 1988)。1988 年七月記錄到 1,057 尾, 1989 年元月記錄到 648 尾 (林等, 1990)。1989 年夏季與冬季分別記錄到 1,136 和 606 尾, 1990 年夏季到 1992 年夏季, 大都維持在夏季有九百餘尾, 冬季則減少到六百餘尾的情形 (Tsao, 1995)。然而在 1992 和 1993 年的統計, 櫻花鉤吻鮭在夏季調查的數量雖仍各有九百餘尾, 但是到了冬季卻只有不到三百尾的瀕危階段 (Tsao, 1995) (圖二)。



圖二、七家灣溪櫻花鉤吻鮭族群數量統計圖；1994S 以後的菱形曲線代表全部七家灣溪水域 (包括高山流域和主流一號壩以下, 以及三號壩以上各支流) 的魚群總數之外, 自 1987S 到 1999S 之間七家灣溪一號壩至三號壩之間的魚群數量變化 (正方形代表), 顯示 1992W、1993W 到 1995S 及 1998W 後此溪段的魚類族群數量幾度達到相當低的程度 (本統計資料分別取自林等, 1988; 林等, 1990; Tsao, 1995)。各年重大天災並標於圖中。

雪霸國家公園管理處成立之後積極辦理各項櫻花鉤吻鮭保育工作, 因此自 1994 年起開始在七家灣溪及其支流高山溪進行全面性的鮭魚族群普查工作。在 1994 年夏季裡調查七家灣溪四號壩以下的河段, 總共記錄到 788 尾櫻花鉤吻鮭 (曾, 1994)。1994 年秋季起, 所有的魚群數量調查範圍就逐漸擴及到整個七家灣溪各主流 (圖一), 對於所有魚群的總數和分布狀況也有比較詳細的統計。在 1995 年秋季的普查統計中發現魚群數量多達 2,495 尾, 1996 年夏季的普查結果總共記錄到 1,854 尾 (曾, 1996)。1996 年在賀伯颱風過後的秋季普查記錄到 1,227 尾, 但是隔年 (1997) 春天則又增加到 1,870 尾 (曾, 1997)。1997 年的秋季繁殖期之前的統計還有 1,718 尾, 但是在 1998 年夏季的普查結果卻只剩下 857 尾 (曾, 1998), 秋季繁殖季的普查結果也只有記錄到 637 尾櫻花鉤吻鮭而已 (曾, 1999)。最近一次 1999 年夏季在全部範圍內的普查, 更只有記錄到 494 尾的最少數量 (曾, 1999)。

(二) 七家灣溪櫻花鉤吻鮭的分布變化

早年在七家灣溪的全面性分布調查記錄並不多, 在 1988 年的時候, 林等 (1988) 的調查發現高山溪 (當時記錄稱雪山溪) 一至二號壩之間全無魚蹤。一號壩以下原本也不見鮭魚蹤影, 但是在 1988 年三月的時候, 經由人工復育繁殖出 250 尾幼魚被分別釋放於七家灣溪中上游 (二百尾) 以及高山溪 (五十尾) 兩地 (林等, 1990), 這些魚類後來都成為相當重要的新生族群。1995 年春季在高山溪一號壩之上放流人工復育的鮭魚苗, 到了 1997 年夏季除了記錄到三十餘尾的成魚之外, 還發現 268 尾的幼魚 (曾, 1997)。1997 年春季同樣的放流魚苗到更上方的四號壩之下, 結果隨後的幾年調查裡, 都可在此地發現鮭魚 (曾, 1999)。

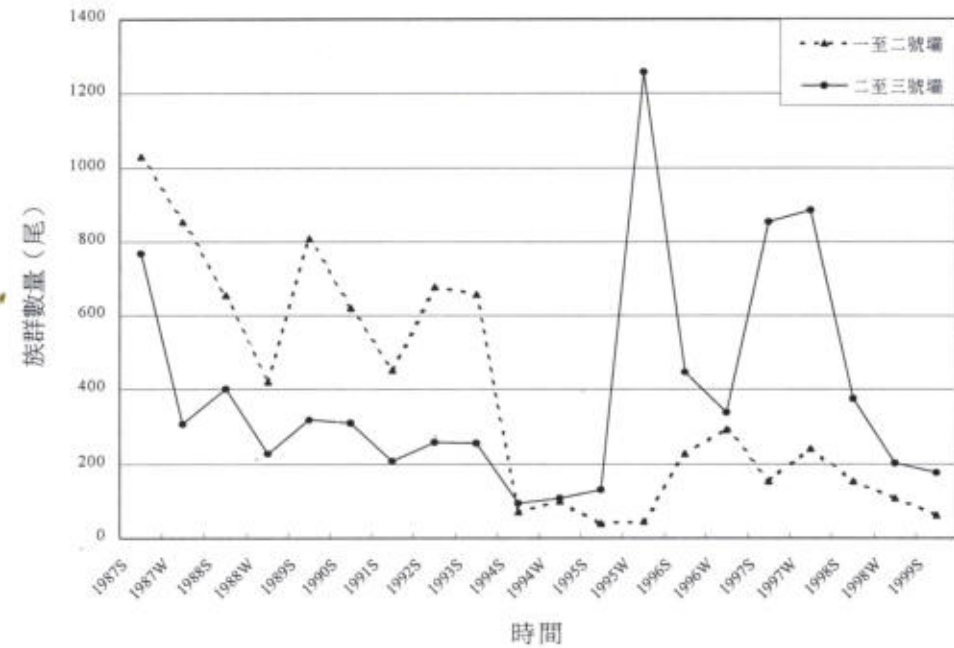
1993 年元月在七家灣溪上游桃山西溪六號攔砂壩上游放流三百尾鮭魚苗, 1994 年元月的追蹤調查仍可以看到二十尾存活的鮭魚 (林等, 1994), 甚至到 1998 年夏天的調查, 都還可以在此發現魚類的蹤跡, 但隨後就沒有發現的記錄 (曾, 1999), 所以目前能夠發現櫻花鉤吻鮭蹤跡的範圍最高僅達六號攔砂壩之下。

1998 年雖然曾經將復育的鮭魚苗放流到桃山北溪 (舊稱無名溪) 一號壩以上, 但是一年後的後續追蹤並無發現。雖然在 1999 年發現到一尾死掉的成鮭, 但仍無法確定此河段鮭魚的真正數量。因此桃山北溪支流中櫻花鉤吻鮭目前較可靠的分布範圍, 僅止於接近七家灣溪三號壩之桃山北溪小瀑布以下的河段。

四、討 論

(一) 櫻花鉤吻鮭族群數量的長年變動

在 1986 年開始調查七家灣溪局部的櫻花鉤吻鮭族群數量分布, 從最早調查範圍只有主流一號壩到二號壩之間, 已經記錄到 646 尾 (林等, 1988), 隨後普查擴及到三號壩的範圍, 此段區域的數量從最高的 1,757 尾 (1987 年夏天), 到最低的 165 尾 (1994 年夏天), 幾乎是呈現鋸齒狀的波動變化 (圖三)。其中比較明顯的幾次最小族群數量時期是發生在 1992 年冬季, 1993 年冬季到 1995 年夏季, 以及 1998 年冬季以後, 在一號壩到三號壩的區間, 櫻花鉤吻鮭的數量都不到三百一十尾 (圖三)。



圖三、七家灣溪一號壩至三號壩之間的櫻花鉤吻鮭族群數量分段變化圖；1987-1988 年的統計資料取自林等 (1990)，1989-1993 年間因無相關資料可供參考，故只有 1994 年後的統計資料做為比較參考。由圖上明顯看出在 1994 年以前，二號壩以下的魚群數量明顯多於二號壩以上的河段，但是自 1995 年以後這種情形卻完全相反，可能顯示這一個區段的環境（尤其是二號壩以下）有明顯的變化，才導致這個區域的魚群數量急劇減少。

在嚴格保護的環境之下，人為的干擾應當是相當有限的，因此這種明顯鋸齒狀的族群數量變動，應當和各種環境條件的關係會較有關連。Tsao(1995)的論文裡很早就注意到這一問題。如果把圖二的族群數量變動曲線，比對這十三年來各年度的氣候狀況，尤其是颱風豪雨、乾旱年和聖嬰年的狀況，非常清楚的就看出一些端倪來。例如 1987 年十月琳恩颱風，1989 年九月莎拉颱風，1990 年九月大洪水，1991 年六月大洪水，1992 年八月大洪水，1994 年十月大洪水、1993 年全省夏季大旱災，1996 年七月賀伯颱風，1997 年八月溫妮颱風加上聖嬰現象，1998 年九月瑞伯颱風，以及同年十月的芭比絲颱風的侵襲，都和當年與隔一年族群的急劇變化有明顯的關連。

在這些重大天然災害事件之中，若是碰到九月到十一月之間繁殖季的時候，對於櫻花鉤吻鮭族群的傷害尤其明顯。例如 1987、1989、1990、1994 和 1998 等五年，都在繁殖季前後碰到大洪水，許多原本已經產卵成功的繁殖巢被摧毀，甚至因為繁殖期間過久的洪水期 (1998 年)，導致無法順利尋覓產卵場，都會對於隨後幼魚的孵化有嚴重的影響 (圖二)。這種情形在戴 (1992) 和 Tsao (1995) 的論文中也都有相同的發現。

除了颱風嚴重的破壞力之外，乾旱年 (1993) 和導致水溫過高的聖嬰年 (1997)，也會使得當年的魚類繁殖產生問題 (圖二)。乾旱年的水流量變的非常小，河床上長滿密密麻麻的絲藻，雖然在水底直接觀察時發現水生昆蟲數量相當多，卻不容易被沖下來。同時水溫過高造成鮭魚的身體狀況不理想，因此影響後續的產卵問題。另外鮭魚

要花費許多力氣與能量清除覆蓋的絲藻，以覓得良好的產卵場。鮭魚的產卵場因而容易被重複利用，其結果導致鮭魚的孵化情形也不佳。

在 1997 聖嬰年的夏秋兩季，七家灣溪各河段水溫普遍的升高甚多 (曾, 1998)，導致原本可以讓櫻花鉤吻鮭順利繁殖的二號壩以上河段，都因為當年的水溫過高使的繁殖環境變得非常不理想。此點可驗證在當年的人工復育繁殖工作上，因為所接用的山泉水水溫升高，因而降低了魚卵的孵化成功率。這種水溫上升的問題對於生活在自然溪流的魚類而言，原本可以自行上溯到較理想的上游河段，找到較低溫的河段進行繁殖，但是本地溪流被攔砂壩切割成許多不可連接的片段，魚類無法越過高聳的攔砂壩，導致絕大部份的魚類只能在攔砂壩之下不合適的棲地產卵，但這些產下的鮭卵卻毫無生存的希望，這恐怕是整個櫻花鉤吻鮭族群數量迄今無法有效增加的最關鍵問題了。從莊 (1988) 的論文資料中可以發現，在二號壩或是三號壩之下的河段，魚群的繁殖點集中在較靠近壩的下游地區，顯示魚類除了繁殖棲地的適切與否之外，還會尋找較低水溫的河段進行繁殖。觀察長期的櫻花鉤吻鮭族群數量變動狀況，可以發現颱風是一個非常重要的危害因子 (圖二)，那麼在河川中是否有一些適當的避難場所，能夠讓魚類躲過颱風洪水的侵襲，就顯得非常重要了。在高山地區所設的攔砂壩，經常會將原本彎曲深遠的峽谷型溪流，改變成平坦寬廣的直線形河道，使得魚類在洪水期沒有避難所可以棲息，這也是急需改善現有攔砂壩設計的原因之一。

雖然在七家灣流域超過海拔兩千公尺以上的河段都是相當陡峭的天然高落差之河谷，但是在這個高度以下的區域還是有可以賴以繁衍生存的空間，縱使在聖嬰年水溫普遍上升的時候，還是有一些小區域可以讓魚類順利繁殖。可惜的是大部分的成魚都被侷限在水溫較高的下游河段，毫無機會越過攔砂壩繼續往上游遷移，所導致魚類無法順利增殖的問題，更凸顯出攔砂壩對於整個族群傷害力的嚴重程度。

攔砂壩在剛建好時的危害與效應比較不明顯，例如在七家灣溪主流上面的三座攔砂壩是在 1974 到 1978 年間所建造完成的，攔砂壩上下河段所形成的深潭往往是鮭魚相當好的棲所，但只要時間一久，多次的洪水暴雨造成崩塌發生之後，使得深潭完全被填平。當攔砂壩上方的水潭被填滿之後，砂石還會繼續的堆積，河川因此變得不穩定而經常改道，枯水期的時候甚至還會形成伏流的情形，這些現象在七家灣溪三號壩上方的河段最為明顯。

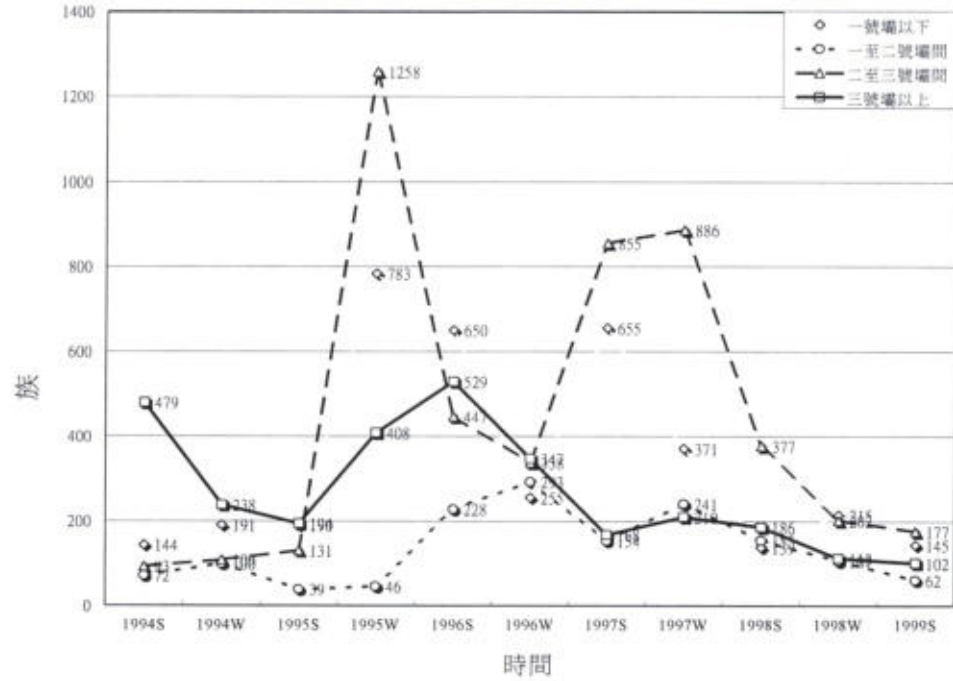
雖然這幾年來生態與工程各界人士，已經逐漸對於攔砂壩的問題有相當程度的共識，但是對於現有大型攔砂壩的問題，仍舊不敢輕易的加以處理。可喜的是雪霸國家公園管理處在審慎評估研究之後 (段等, 1998)，已經開始在高山溪四號壩的地方，進行改善研究工作，希望這樣的努力可以為這個地區大環境的改善踏出一大步。

(二) 櫻花鉤吻鮭族群分布的變動

由於早年的族群普查大都放在整個七家灣溪主流櫻花鉤吻鮭集中分布的區域，對於外圍的上下游和各支流，限於人力的關係並未有詳細的調查。因此櫻花鉤吻鮭在七家灣溪的原始分布範圍，一直到林務局邱健介 (1991) 的調查之後才有一個較清楚的了解。目前櫻花鉤吻鮭在七家灣流域的分布，由於人工復育放流擴展領域最高可到達海拔接近兩千公尺的桃山西溪六號壩之上，支流高山溪地區則可以達到四號壩之下 (圖一)。至於櫻花鉤吻鮭分布的最下限，只有零星的大型個體可以分布到大甲溪主流的和平農場附近。雖然非正式記錄上，有人曾在南湖溪與大甲溪匯流點附近發現櫻花

鈎吻鮭的蹤跡，但是經過實際的調查結果發現該地有相當數量的虹鱒出沒，可能因為辨認不易而導致誤傳。

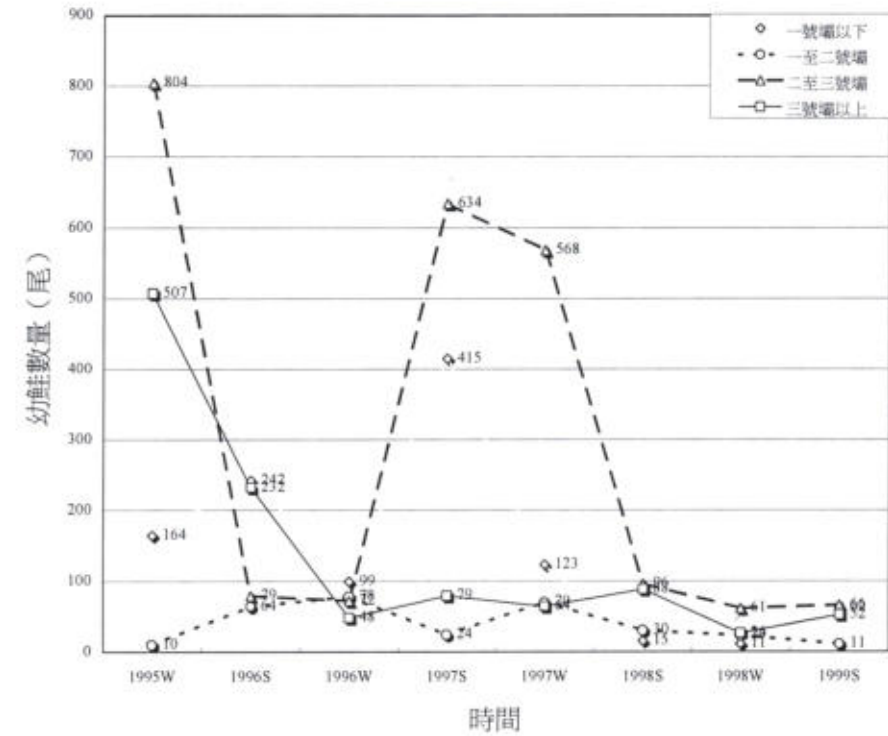
雖然在七家灣溪極上游的支流區域可以看到櫻花鈎吻鮭的蹤跡，但是它們大都是經由人工放流之後所活存下來的。經過長年的追蹤發現它們並無法在這些地區建立穩定的族群，主要的原因是棲地環境不夠合適，上游地區由於坡度大，河寬窄，當有大洪水侵襲時，上游地區的櫻花鈎吻鮭族群容易被沖移至下游，使得族群數量漸漸減少。例如在桃山西溪三號壩以上溪段的族群數量，在1996年七月賀伯颱風前有高達654尾的高密度族群（佔總族群量的35%），在颱風後急劇的減少至僅餘168尾，僅佔總族群數量的8.9%（圖四）。此河段原本是深潭遍佈，亦是極為重要的繁殖區，颱風後因為上游崩塌下來的砂石，將深潭掩埋，而使得棲地變成只有細砂石底的急流，河床變寬與流路改變並造成罩蓋度大減，水溫日夜溫差變大，因此族群數量無法和其他地區一樣回復舊觀。顯示除了氣候的因素之外，微棲地環境的變化也可能扮演非常重要的角色（曾，1997）。



圖四、1994~1999年間七家灣溪各河段櫻花鈎吻鮭族群數量變化圖；各河段的統計分別以一號壩、二號壩和三號壩為分界點，由圖中明顯發現三號壩以上河段的魚群數量在1996年冬季以後就顯著減少；二號壩至三號壩之間的魚群數量大都明顯的多於其他各段，同時也和一號壩以下河段（主要是高山溪）的族群一樣，在1995和1997年都有明顯增加的情形。

在1997年八月，武陵地區遭受溫妮颱風及豪大雨的侵襲，造成高山溪四號壩上游大崩塌，使得原本清澈的高山溪成了滾滾濁水，歷經三星期才漸漸恢復清澈。也因此原本繁殖和成長狀況皆良好的高山溪櫻花鈎吻鮭族群大量銳減，隨後的數年之間，族群數量也一直沒有恢復往日的水平（圖四）。這種族群數量衰退的原因在上游地區除了

和微棲地惡化有密切的關係之外，並因為颱風將原本生活在此河段的鮭魚沖到更下游，卻因攔砂壩之阻隔無法回到上游有關。當時遭受大雨及崩塌雙重影響的高山溪，幼魚數量從春季普查之411尾銳減至62尾，顯現洪水及攔砂壩雙重效應的嚴重影響。賀伯颱風後二號壩以上及高山溪的幼魚數量雖呈現減少的情形，但是七家灣溪二號壩以下溪段幼魚數量卻較颱風前為多（圖五），顯示上游溪段的幼魚被洪水沖移至下游溪段的現象。更直接的證據是在賀伯颱風之後，在七家灣溪下游的露營場附近，撿到三十多尾擱淺的櫻花鈎吻鮭，其中有不少原本是在二號壩之上所標記的個體，顯現了上游的魚類在洪水期會被沖到下游去的事實。



圖五、七家灣溪 1995~1999 年間各河段櫻花鈎吻鮭幼魚（包括未成熟的小魚）數量統計圖；在 1997 年幼魚繁殖狀況較好的年度，也只有二號壩至三號壩之間，以及一號壩以下河段（主要是高山溪）才有較多數量的幼魚。由幼魚的數量可以反應出各該河段魚類繁殖成功的狀況，因此由圖上明顯看出一號壩至二號壩之間的魚類繁殖情形一直都不理想，三號壩以上則在 1996 年以後也不理想。

若颱風並不是在繁殖季裡侵襲七家灣溪的話，通常對於整個族群的影響比較小，只對於局部地區如崩塌地下游的鮭魚族群分布影響較為顯著。縱使是像1996年7月31日，侵襲台灣全島造成中部嚴重災害的賀伯颱風，驚人的瞬間降雨量，使得七家灣溪流域環境造成相當嚴重程度的損害（曾，1996），並使本區將近三分之一的河道發生改道、上游溪段河床大幅抬高、河床寬度變寬、兩岸原有的濱溪植被被沖失、河川上游及兩岸土石崩塌嚴重及許多深潭被填滿等嚴重的棲地損害，同時也對整個櫻花鈎吻鮭族群造成相當大的影響。1996年冬季的普查總族群量為1,231尾（圖二），較颱風前減少了近三分之一，其中二齡以上的大型魚幾無折損，一~二齡的成魚折損率為

42.6%，一齡以下的幼魚折損率達40.6%。雖然如此，若比較在台灣其他地區的災害，此地的族群損失算是輕微的程度而已(曾, 1997)。雖然1996年的賀伯颱風影響整體族群分布與數目至為重大，但是對當年的繁殖季節卻沒有影響。因此隔年1997年夏季普查結果總共記錄到1,870尾櫻花鉤吻鮭，其中又有幼魚的大量加入(1,166尾)使得總族群數量能快速恢復到颱風前的族群數量與族群結構。顯現各魚齡族群對天然災害的耐受程度與恢復能力不同。除此之外，1997年夏季在司界蘭溪記錄到38尾去年及前年人工復育放流而成功存活的小族群鮭魚，顯示進行域外放流的鮭魚族群在如賀伯颱風般的重大天然災害下仍具有足夠的存活能力。對於櫻花鉤吻鮭的能否重回原有棲息地的司界蘭溪具有相當大的意義。

1997年秋季十月的族群普查共記錄到1,718尾櫻花鉤吻鮭，其中滿二齡以上的成魚414尾，滿一齡至未滿二齡的亞成魚469尾，前一年孵化的一齡幼魚835尾，與同年溫妮颱風及夏季(八月)大雨前的普查結果比較，雖然在總數上減少了162尾，但是族群數量尚稱穩定，僅減少約9%而已。但各河段族群分布卻改變很大，對照1997年夏季與秋季高山溪二號壩以下的櫻花鉤吻鮭族群數量，由佔總族群數量的27.7%銳減至9.4%(表1)。當年溫妮颱風以及八月豪大雨的侵襲，造成高山溪上游大崩塌，河水混濁達三星期之久，使得原本可供棲息的環境被破壞以及食物來源短缺，因此導致高山溪族群數量的大幅減少。也嚴重影響高山溪族群更新而威脅族群延續。

表 1. 櫻花鉤吻鮭歷年族群數量、結構與分布變化表(1996-1999)：

| 分布溪段 | 各溪段成魚數量(尾) | | | | | | 各溪段幼魚數量(尾) | | | | | | 各溪段族群總數(尾) / 佔總族群量之比例(%) | | | | | |
|-------------|------------|------|------|------|------|------|------------|------|------|------|------|------|--------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 96°W | 97°S | 97°W | 98°S | 98°W | 99°S | 96°W | 97°S | 97°W | 98°S | 98°W | 99°S | 96°W | 97°S | 97°W | 98°S | 98°W | 99°S |
| 和平農場-迎賓橋 | 4 | ? | ? | ? | ? | ? | 0 | ? | ? | ? | ? | ? | 4/0.3 | ? | ? | ? | ? | ? |
| 迎賓橋-高山溪匯流點 | 38 | 47 | 47 | 10 | 26 | 9 | 29 | 2 | 21 | 0 | 1 | 0 | 57/4.7 | 49/2.6 | 68/4.0 | 10/1.2 | 27/4.2 | 9/1.8 |
| 匯流點-七家灣溪一號壩 | 52 | 71 | 95 | 54 | 65 | 39 | 17 | 2 | 40 | 8 | 5 | 2 | 69/5.6 | 73/3.9 | 135/7.8 | 62/7.2 | 70/11 | 41/8.3 |
| 七家灣溪一號壩-觀魚台 | 96 | 38 | 37 | 25 | 22 | 10 | 37 | 4 | 13 | 8 | 2 | 2 | 133/10.8 | 42/2.2 | 50/2.9 | 33/3.9 | 24/3.8 | 20/4.0 |
| 觀魚台-七家灣溪二號壩 | 119 | 92 | 134 | 100 | 62 | 41 | 41 | 20 | 57 | 22 | 21 | 9 | 160/13.0 | 112/6.0 | 191/12.4 | 122/14.2 | 83/13 | 50/10.1 |
| 七家灣溪二號壩-三號壩 | 233 | 207 | 309 | 264 | 120 | 100 | 30 | 630 | 553 | 61 | 31 | 61 | 263/21.4 | 837/44.8 | 862/48.8 | 325/37.9 | 151/23.6 | 161/32.6 |
| 湧泉池及湧泉支流 | 33 | 14 | 9 | 17 | 21 | 11 | 42 | 4 | 15 | 35 | 30 | 5 | 75/6.1 | 18/1.0 | 24/1.4 | 52/6.1 | 51/8.1 | 16/3.2 |
| 七家灣溪三號壩-四號壩 | 160 | 26 | 42 | 27 | 45 | 12 | 25 | 28 | 18 | 31 | 13 | 3 | 185/15.1 | 54/2.9 | 60/3.5 | 58/6.8 | 58/9.1 | 15/3.0 |
| 桃山北溪小瀑布以下 | 31 | 20 | 24 | 1 | 6 | 18 | 3 | 4 | 10 | 0 | 1 | 37 | 34/2.8 | 24/1.3 | 34/2.2 | 1/0.1 | 7/1.1 | 55/11.1 |
| 桃山北溪小瀑布~一號壩 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 |
| 桃山北溪一號壩~匯流點 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 0 | 0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 17/2.0 | 0/0 | 0/0 |
| 七家灣溪四號壩-五號壩 | 77 | 16 | 46 | 50 | 24 | 14 | 16 | 8 | 24 | 30 | 8 | 5 | 93/7.6 | 24/1.3 | 70/4.1 | 80/9.3 | 32/5 | 19/3.8 |
| 七家灣溪五號壩-六號壩 | 25 | 21 | 28 | 11 | 12 | 6 | 4 | 30 | 12 | 14 | 4 | 7 | 29/2.4 | 51/2.7 | 40/2.3 | 25/2.9 | 16/2.5 | 13/2.7 |
| 七家灣溪六號壩以上 | 6 | 6 | 6 | 5 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6/0.5 | 15/0.8 | 6/0.3 | 5/0.6 | 0/0 | 0/0 |
| 高山溪一號壩-匯流點 | 44 | 81 | 68 | 18 | 80 | 16 | 51 | 138 | 42 | 1 | 4 | 15 | 95/7.7 | 219/11.7 | 110/6.4 | 19/2.2 | 84/13.2 | 31/6.3 |
| 高山溪一號壩-二號壩 | 17 | 32 | 24 | 36 | 28 | 17 | 0 | 268 | 18 | 6 | 0 | 44 | 17/1.4 | 300/16.0 | 52/3.0 | 42/4.9 | 28/4.4 | 61/12.3 |
| 高山溪二號壩-三號壩 | 5 | 3 | 8 | 5 | 2 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 7/0.6 | 3/0.2 | 9/0.5 | 5/0.6 | 3/0.5 | 2/0.5 |
| 高山溪三號壩-四號壩 | ? | 6 | 6 | 1 | 3 | 1 | ? | 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | ? | 11/0.6 | 7/0.4 | 1/0.1 | 3/0.5 | 1/0.3 |
| 司界蘭溪中上游 | ? | 24 | ? | 0 | ? | ? | ? | 14 | ? | 0 | ? | ? | ? | 38/2.0 | ? | 0/0 | ? | ? |
| 總計 | 940 | 704 | 883 | 628 | 516 | 303 | 297 | 1166 | 835 | 229 | 121 | 191 | 1237/100 | 1870/100 | 1718/100 | 857/100 | 637/100 | 494/100 |

颱風等天災使得櫻花鉤吻鮭從環境條件較佳的高山溪地區，被沖移到環境條件較差的七家灣溪下游溪段，這種現象尤其對當年出生的幼魚影響最大。這種情形可由1996年賀伯颱風前後及1997年溫妮颱風及八月豪雨前後櫻花鉤吻鮭在高山溪的族群結構變化得到充分的印證(曾, 1998)。除了因為幼魚游泳能力與躲避洪水的能力較差，易被帶離至下游區域，而且幼魚對水溫變動及日夜溫差的容忍程度較大型魚來的小，因此當其不幸被洪水帶至下游水溫較高且日夜溫差大的溪段時，死亡率將會大幅提高。以七家灣溪二號壩以下的溪段而言，於每年六月中旬~七月中旬之間的每日最高水溫往往超出櫻花鉤吻鮭生存的水溫上限17°C(楊, 1997)，因此這些溪段不僅野外繁殖孵化率極低，更不易有幼魚在此溪段生存，此點可由近幾年族群普查幼魚的空間分布得到印證(圖五)。

(三) 水溫對於櫻花鉤吻鮭族群分布的影響

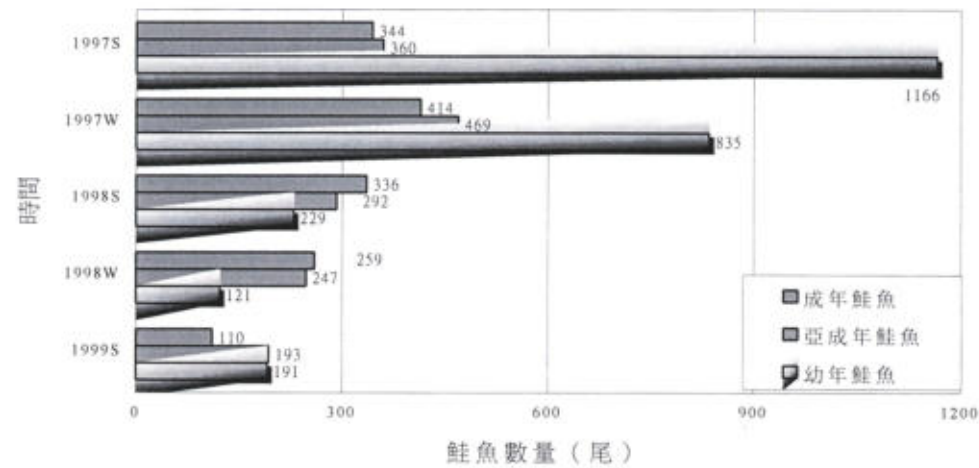
1. 櫻花鉤吻鮭族群結構的變化

一個穩定的魚類族群結構組成，是指最底層而數量最多的新生幼魚，與隨年齡成長而減少的各齡成魚，共同組成金字塔形的年齡組成。除了增加成魚活存的機率可以讓整個族群的數量維持穩定之外，每年穩定的幼魚加入才是使整個族群數量和結構穩定的關鍵。如果幼魚每年都能夠穩定的增加，對於族群結構而言基本上是呈金字塔形，因此是比較穩定與安全的，不容易因為天然災害而滅絕。但若幼魚的數量不增反減，那麼鮭魚族群結構就變成倒金字塔形而顯得不夠穩定，甚至容易因為繁殖季後成鮭大量死亡而有滅絕的危機。

由於七家灣溪流域受到全球聖嬰效應，造成冬季水溫較往年上升的關係，櫻花鉤吻鮭在1997年的繁殖情形不佳，較往年情形都來的差。隔一年的1998年夏季的普查共記錄了857尾，其中二齡以上成魚336尾，一至二齡的成魚292尾，而幼魚卻只有229尾。不僅總族群量較1998年秋季普查減少近九百尾，同時整個櫻花鉤吻鮭年齡組成已經由金字塔形轉變為倒金字塔形的結構，整體族群有嚴重老化現象(曾, 1998)。

1998年的秋季普查期間適逢瑞伯及芭比絲颱風虐境，統計到的魚群數量僅剩637尾，其中二齡以上成魚269尾，一至二齡的成魚247尾，幼魚121尾，比同年夏季調查的結果減少了220尾，其中一齡以下的幼魚就減少了107尾，在族群結構方面則仍是組成老化的倒金字塔形(圖六)。不過在環境狀況一直相當穩定的湧泉池地區，魚群數仍與夏季普查時相近(51尾，佔8.1%)，且族群組成以幼魚為主(佔全溪段幼魚數的24.8%，佔湧泉池魚群數的58.8%)。由於1999年整治湧泉池水道與堤防的關係，魚類的數量明顯減少，但是在2000年的普查結果(尚未發表)，已經發現到比以往更多的魚群數量，因此可見其於棲地改善後成為避難池及復育池的功能已開始彰顯。這項工作相信已經達到改善湧泉池棲地因賀伯颱風淤塞的問題，同時規劃為避難池及復育池的計畫目標。

1999年六月的普查工作總共只記錄到了494尾魚(圖二)，是自1994年調查以來的最低數量，其中二齡以上成魚110尾，一至二齡的成魚193尾，幼魚也只有191尾，總族群量較1998年秋季普查減少了143尾。雖然1999年夏天的普查時期正逢梅姬颱風及梅雨季節，水量大且混濁視界不佳，會有較大的計數誤差而低估族群總數之可能。但整體而言，櫻花鉤吻鮭的族群數量的確已經低到一個不可忽視的程度了。



圖六、1997年至1999年夏季之間七家灣溪櫻花鉤吻鮭族群數量結構變化圖：櫻花鉤吻鮭族群組成由1997年以幼魚居多的正金字塔形，轉變成1998年成魚居多的倒金字塔型，主要原因和聖嬰年水溫上升過高，以及繁殖季遇到颱風侵襲的原因有關；1999年夏季的族群組成雖然看起來又回到了以幼魚組成爲主的正金字塔型，但是實際上是因爲繁殖期過後成魚急劇減少的關係。

由於1998年繁殖季節的颱風影響，不僅天然的繁殖情形非常差，連帶的人工繁殖的工作也無法如期的順利進行，使得1999年調查的幼魚數量減少甚多。雖然1999年魚群的年齡結構(圖六)，有從倒金字塔形轉變回金字塔形的趨勢，看似族群組成漸趨年輕化的情形，但是其中真正的訊息卻顯示過去兩年繁殖季節時天然環境的惡劣，導致性成熟的成魚無法順利繁殖，如今又因自然死亡或其他因素而減少，整個族群變成以年輕不能參與繁殖的個體為主，對於爾後的整個族群非常不利。

這種繁殖狀況變差的現象，除了普遍性水溫上升的關係之外，也和上游的魚群因爲被洪水沖到較下游的河段，隨後被攔砂壩阻絕在較下游的地區，無法回溯到較上游低水溫的區域去產卵，以致於整體的繁殖極爲不理想。這些問題更顯示攔砂壩在這種氣候變暖的時候，有如火上加油的加成破壞作用。

2. 七家灣溪生態環境的變化

由於1997和1998連續兩年都只有兩百尾左右的幼魚增加量，而成魚的數量卻連續三年在銳減，顯示整個櫻花鉤吻鮭的繁殖狀況非常差。這個原因除了和上面所敘述的颱風侵襲和聖嬰現象所導致水溫升高的情形有關之外，更和許多成魚無法上溯到適當的產卵場有關。例如在分區的族群數量統計裡面，七家灣溪主流二號壩以下河段的大型成魚雖然都維持在百餘尾以上(圖三)，可是每年的幼魚增加數量都只有一、二十尾左右(這之中有不少可能還是上游所沖下來的個體)，顯示這一大段地區的成魚可能完全無法在自然的環境中繁殖成功(圖五)。對於一個無法繁殖的族群而言，就等於是已經滅絕了一樣。這幾年此地有完整的水溫記錄，經過分析之後發現在二號壩以下的地區，繁殖季節的水溫已經超過 12°C ，同時日夜溫差也

高達 4°C (楊, 1997)，加上許多想要努力上溯到更上游水溫較低的河段產卵的櫻花鉤吻鮭成魚，因爲高聳的二號攔砂壩的阻擋，只好勉強的擠在二號壩下方復育中心旁的短短數十公尺溪段之間產卵。這種合適產卵棲地不足的情形很容易導致有成魚重複使用同一處產卵場，原本已經產下的卵會被後來的魚煽挖出來而流失或死亡。更嚴重的是這些產卵地點的卵在孵化的過程中因爲水溫過高，以致於所有的繁殖與結果都是無效的。二號壩(實際上是復育中心所建攔水壩，原二號攔砂壩位於稍上方的地區，主壩已經崩潰而僅存副壩)原本也有魚道的設計，但是以台灣高山地區可怕的洪水威力而言，所有的魚道都無法長存。也因此這裡的攔砂壩在喪失功能之後，就變成整個七家灣流域櫻花鉤吻鮭族群最大的殺手。

戴(1992)的研究認爲攔砂壩興建之後，使得颱風對櫻花鉤吻鮭族群有四點影響：

- (1) 因爲幼魚較易受到環境變動的影響而死亡率增高；
- (2) 攔砂壩阻礙了被洪水沖刷至下游的魚隻回到上游；
- (3) 鮭魚在七家灣溪的分布及依時間的變異乃經由棲息地惡化而改變；
- (4) 具有適合棲地的溪段減少，增加小族群局部絕滅的機率。

其實不一定要有颱風侵襲，春季對流雨造成大洪水就以足夠造成櫻花鉤吻鮭族群的大量減少。1997和1998連續兩年的颱風洪水，使得七家灣溪櫻花鉤吻鮭族群空間分布發生重大的改變，原本是重要繁殖區域的七家灣溪三號壩以上溪段，以及高山流域等上游溪段的族群數量，從1996年春季佔總族群量的51.5%，降至1997年夏季的37.5%，而1998年夏季再降至總族群數量的29.5%，1999年夏季的統計也只稍稍回升至37.5%而已，整個族群空間分布明顯地向下游地區遷移，增加上游溪段的小族群滅絕的機率。其中上游地區族群數量的大幅度滑落，印證了戴(1992)的看法。

另一方面，七家灣溪下游溪段則由於水溫的持續上升，夏季水溫高於 17°C 的時間愈來愈長，使得最下游河段的魚群數量逐年減少，1999年夏季於高山溪匯流點至迎賓橋之間僅僅記錄到4尾大型個體及5尾中型個體(曾, 1999)。其中除了迎賓橋下發現的1尾大型魚外，其餘8尾都集中在露營場附近及以上的溪段。從1996年起，連續四年的統計發現這一段區域的魚群數量逐年減少(曾, 1999)，1998與1999年連續兩年的夏季調查，此河段櫻花鉤吻鮭數目都不超過10尾(4%)，在2000年的調查結果裡也是得到相類似的結果(曾, 尚未發表)。由於此河段不乏合適鮭魚生活的深潭淺灘，卻只能看到極少數鮭魚族群，反過來卻有非常多的台灣鱈領魚族群，顯示櫻花鉤吻鮭在水溫高的夏季有逐漸退出露營場以下溪段的趨勢。

除了對族群數量及結構的不良影響之外，颱風及豪雨等惡劣天氣及攔砂壩的放大及堆積效應，同時造成棲地改變，如：上游河床淤高、河流改道或分流、深潭淤滿或變淺、河床變寬(賴, 1996)、濱岸植被減少、罩蓋度降低、水棲昆蟲減少等現象，對於那些逃過一劫的鮭魚族群造成生存上的壓力，將影響到整個族群的更新延續，對整個櫻花鉤吻鮭的生存已經產生嚴重威脅。因此在過去的報告中建議改善攔砂壩的影響，希望能夠研擬降低攔砂壩效應及拆除攔砂壩等事宜。經過大家的共識與雪霸國家公園管理處的努力，終於在1999年的四月間，完成高山溪四號壩拆壩的工作，經過後續的追蹤調查發現，以往主要分布在四號壩以下的魚群，明顯的

上溯到四號壩以上(曾, 尚未發表), 因此相信拆壩的結果對於高山溪上游鮭魚棲息環境的改善有很大的幫助。

有不少的人曾經質疑七家灣溪水質會受到周邊農墾和旅遊活動的污染, 但是根據過去的水質監測分析結果發現, 武陵地區之溪流水質大都符合鮭鱒類的水質需求(陳, 1996; 1997; 1998), 也無法看出哪一項水質污染指標, 可以和整個七家灣溪櫻花鉤吻鮭的族群數量與空間分布, 具有明顯的相關性。加上這幾年櫻花鉤吻鮭保護區成立之後, 雪霸國家公園管理處和台中縣政府, 配合林務局和武陵農場農業轉型計畫, 在溪畔廣植樹苗的造林活動, 減低高污染農藥與肥料的使用, 都有明顯改善水質的成效(陳, 1998)。因此整個七家灣溪地區櫻花鉤吻鮭保育上的問題, 似乎就剩下攔砂壩的這個大問題了。如果攔砂壩問題能夠逐漸解決, 那麼七家灣溪櫻花鉤吻鮭的保育工作才可能有希望。

多年來的研究基本上都指出櫻花鉤吻鮭的保育問題, 以攔砂壩所產生的危害效應最為嚴重。雖然攔砂壩在某些地區之水土保持工作上或許有一定程度的效益, 但是在七家灣溪流域中所興建的十餘座攔砂壩並未有任何正面效益評估的結論。許多攔砂壩興建地點所產生的崩塌問題, 對於上述的效益理論似乎並不支持。例如賀伯颱風後, 一號壩旁的崩塌危及兩岸的茶園和道路, 二號壩右側崩塌危及復育中心的建築, 三號壩的崩塌將舊有的氣象觀測站毀壞等等, 都一再說明此地的攔砂壩造成河道不穩定問題的嚴重程度。由於高山溪流多流經峽谷地形, 經過長年累月的侵蝕沖刷作用, 河流左右兩岸多是堅硬的岩盤, 因此縱使洪水侵襲的時候, 對於兩岸的土壤侵蝕也較為輕微。但攔砂壩建設之後, 初期尚能發揮攔砂功能, 但一旦為泥沙淤積之後, 往往造成水位抬高, 使得流心失去方向而無法掌控, 洪水四處奔竄所導致的侵蝕問題, 反而成為攔砂壩效益理論的最佳反證。

五、結論與建議

經過長期的生態調查分析, 我們發現在七家灣溪櫻花鉤吻鮭保護區內, 攔砂壩對於鮭魚族群分割與季節洄游的嚴重程度。因此如何設法減輕攔砂壩危害的問題, 除了對於整個櫻花鉤吻鮭保育工作有幫助之外, 也可以讓許多極力維護攔砂壩工程效益的人有所省思。

攔砂壩一旦興建完成之後, 除了壩堤本身之外, 還有壩上非常大量的蓄積砂石, 都是不容易在一時之間解決的問題。雖然目前已經在進行研究與實驗, 但是要全面的改善現實問題可能也非短時間可以做到, 因此選擇較為消極的人工復育, 可能是這一段漫長過渡期所能採取的唯一措施。

現階段人工復育的工作主要是將七家灣溪下游河段無法自然繁殖成功的櫻花鉤吻鮭成魚, 在適當水溫水質的環境裡進行人工繁殖, 再將復育成功的稚魚放入溪中更上游的河段, 以增加櫻花鉤吻鮭新生族群的加入率, 並可以增加基因交流的機會, 暫時解決攔砂壩阻礙魚類遷移的問題。這些建議在這幾年裡, 能夠為國家公園所採納與實際執行, 其效果在後續的追蹤裡的確也得到證明, 因此往後仍應繼續辦理相關人工復育措施。

早在 1977 年的時候, 台灣省林務局就已經將櫻花鉤吻鮭棲息地劃為國有林自然保護區。農委會則自 1985 年開始執行櫻花鉤吻鮭保育計畫, 在這個時期之中有非常

多的研究計畫在此進行, 已經將此地的基礎生態研究打下一個相當好的基礎。因此自從雪霸國家公園管理處成立後, 能夠立即的接手進行各項保育研究工作。這幾年來積極的從事櫻花鉤吻鮭人工復育的研究工作, 一方面希望能增加櫻花鉤吻鮭在現存棲地七家灣溪的族群數量, 另一方面更希望藉由人工復育放流的方式, 將部份人工繁殖成功的仔稚魚, 逐步放流至以往櫻花鉤吻鮭曾經分布的大甲溪其他支流, 如司界蘭溪和桃山北溪等地。將復育的幼苗放流到較上游的河段, 同時能減少上游地區個體的近親交配所產生的問題。這些工作的成效已是有目共睹。而高山溪攔砂壩首先拆除的工作在國內河川保育工作上, 更是一項創舉。

1996 年櫻花鉤吻鮭野生動物保護區正式成立之後, 台中縣政府在農委會的資助與武陵農場大力的配合之下, 已將七家灣溪兩岸五十公尺以內的地區畫為保護區的核心區, 不僅植樹造林之外, 更將武陵路以東的果園和菜園徵收之後轉植樹木, 不僅有助於水土保持的功效, 同時也可以有效的過濾集水區各項農業所可能產生的污染。加上整個七家灣溪流域的污水, 都已經規劃設置污水下水道和污水處理場, 相信未來更可以保證七家灣溪的水更清澈。有鑑於舊復育中心在賀伯颱風後地基整個被侵蝕, 現況並不適合櫻花鉤吻鮭的繁殖工作, 國家公園並已著手在高山溪匯流口旁的露營場興建新的復育中心。也將合適做為櫻花鉤吻鮭避難所的湧泉池河域重新整理, 以增加洪水期櫻花鉤吻鮭生存的空間。

在過去的數年裡, 相關單位已經進行了相當多的櫻花鉤吻鮭相關研究, 農委會、林務局和特有生物保育研究中心等單位, 調查許多可能做為域外放流的溪流生態與水質基礎條件, 太魯閣國家公園管理處也積極協調未來南湖溪放流後的管理措施, 台中縣政府希望積極的推動環山地區生態保育團體的成立, 以做為長期櫻花鉤吻鮭保育的尖兵。除此之外, 台中縣政府和武陵農場也積極的整修原有的復育中心, 以做為櫻花鉤吻鮭保護區管理中心, 希望透過網際網路的及時資訊傳播, 能夠讓更多的民眾了解各單位正在積極進行的保育工作, 以及整個櫻花鉤吻鮭保護區的現況。這些的工作都具有相當的前瞻性, 相信經由大家的努力, 可以讓世人所關心的櫻花鉤吻鮭有更美好的明天。

六、誌謝

在整個櫻花鉤吻鮭保育的歷程裡, 我們只不過是一個保育接力賽中的一員, 過去所有為這種珍稀生物曾經付出努力的人, 都是我們誠心感謝的前輩。日本專家學者不僅為這種世界級的冰河孑遺生物奠定了最重要的研究基礎, 更持續的關心此種生物的安危。例如日本淡水魚權威的川那部浩哉博士(原日本京都大學教授), 在此之前就曾經透過中日交流協會張崑雄博士(原中研院動物所所長, 農委會櫻花鉤吻鮭保育計畫總召集人), 表達了嚴重關切櫻花鉤吻鮭可能混種的問題。作者在數次協同各單位人員前往日本各地參觀各項櫻花鉤吻鮭復育及棲地改善工程的行程中, 都得到非常多日本友人的協助, 例如豐橋技術大學中村俊六教授, 北里大學井田齊教授, 北海道鮭鱒魚資源中心的真山紘博士等人, 都是我們最佳的學習對象。

在國內, 有不少民間保育人士(例如鄭明能先生)在最重要的關鍵時期, 能夠不辭辛勞的從事櫻花鉤吻鮭保育工作, 不僅是存亡關鍵之所繫, 更因此喚起整個保育的

風潮。接著在所有政府機關或是學術團體相關人員的努力之下，我們才有機會學習到如何和這些珍貴生物共同生活在這一塊被稱為寶島的台灣之上。

台大動物系林曜松教授的實驗團隊，在過去為櫻花鉤吻鮭的生態基礎研究所作的努力最為可觀，本文所引用的資料有絕大部份是他們的珍貴研究成果。近年來對於櫻花鉤吻鮭族群調查的工作，是受雪霸國家公園管理處委託進行，工作期間受到處長、秘書、保育課、警察隊和武陵遊客中心全體同仁的幫忙與照顧，才能順利完成。除此之外、武陵農場黃場長和台中縣政府農業局相關同仁的協助，全體清華大學生命科學系淡水魚類生態及分子系統學實驗室同仁的辛勞才有些許的成果。

七、引用文獻

- 大島正滿，1919. 台灣產鱒の新種に就て，台灣博物學會會報第四十號，：10-11。
 大島正滿，1935. 大甲溪の鱒に關する生態學的研究，植物及動物，4(2)：1-13。
 大島正滿，1935. タイヤルは招く，第一書房，東京，136頁。
 大島正滿，1936. 大甲溪の鱒に關する生態學的研究，植物及動物學會會報，4: 337-349。
 大島正滿，1955. 就生物學上所見的台灣，台灣科學，9:44-48。
 內政部營建署，1992. 雪霸國家公園計劃，221頁。
 內政部營建署雪霸國家公園管理處，1994. 櫻花鉤吻鮭保育計劃，49頁。
 木村英造，1977. 台灣ヤマメ探索紀行，在紀村落釣(著)，愛をもて溪魚を語れ，79-94頁，青泉社，大阪。
 王昱人，1997. 台灣鉤吻鮭與日本櫻花鉤吻鮭遺傳多樣性之研究，國立清華大學生命科學所碩士論文，65頁。
 台中縣政府，1995. 櫻花鉤吻鮭野生動物保護區保育計畫書。
 余廷基、賴仲義、吳聲森，1985. 櫻花鉤吻鮭繁殖試驗，農委會74年生態研究第003號，14頁。
 余廷基、賴仲義、吳聲森，1986. 櫻花鉤吻鮭繁殖試驗，農委會75年生態研究第003號，22頁。
 余廷基、賴仲義、黃長俊、楊明道，1987. 櫻花鉤吻鮭繁殖試驗，農委會76年生態研究第006號，41頁。
 呂光洋、汪靜明，1987. 武陵農場河域之原產種魚類生態之初步研究，農委會76年生態研究第010號，86頁。
 汪靜明，1994. 子遺的國寶—台灣櫻花鉤吻鮭專集，內政部營建署雪霸國家公園管理處印行。
 林培旺、吳祥堅，1995. 櫻花鉤吻鮭(*Oncorhynchus masou formosanus*)野生種魚觀察與人工繁殖經驗，雪霸國家公園管理處研究報告。
 林曜松、梁世雄，1986. 鮭鱒魚類生態，農委會林業特刊，第九號：21-38頁。
 林曜松、曹先紹、張崑雄、楊平世，1988. 櫻花鉤吻鮭生態之研究(二)族群分布與環境因子間關係之研究，農委會77年生態研究第012號，39頁。

- 林曜松、曹先紹、張崑雄，1989. 櫻花鉤吻鮭之生殖生態與行為研究，農委會78年生態研究第008號，18頁。
 林曜松、曹先紹、張崑雄，1989. 櫻花鉤吻鮭的生態與保育，國立台灣大學動物系生態研究室，12頁。
 林曜松、張崑雄，1990. 台灣七家灣溪櫻花鉤吻鮭族群生態與保育，農委會79年生態研究第001號，40頁。
 林曜松、張崑雄、張瓊文、張耀文，1990. 武陵農場魚類研究教育中心初步規劃，農委會79年生態研究第002號，40頁。
 林曜松、張崑雄、詹榮桂，1991. 台灣大甲溪上游產陸封性鮭魚的現況，農委會林業特刊第39號：166-172。
 林曜松、曹先紹、莊鈴川、戴永禎，1993. 櫻花鉤吻鮭棲地之調查研究(I)-以七家灣溪上游、雪山溪為主，農林廳林務局保育研究系列-82-07號，40頁。
 林曜松、張明雄、莊鈴川、曹先紹，1994. 櫻花鉤吻鮭棲地之調查研究(II)-大甲溪上游六條支流，臺灣省農林廳林務局保育研究系列-83-09號，49頁。
 邵廣昭，1995. 水溫變化對臺灣沿岸魚類分佈之影響，中國農業化學會、行政院農委會，氣候變遷與農業生產研討會論文集：189-206頁。
 邱建介，1991. 探尋國寶魚-櫻花鉤吻鮭的故鄉，台灣林業，17(8)：25-29。
 段錦浩、連惠邦、葉昭憲，1998. 七家灣溪河床棲地改善之試驗研究，國家公園學報，8(2)：179-190。
 張石角，1989. 櫻花鉤吻鮭保護區規劃，農委會78年生態研究第010號，78頁。
 張崑雄、吳英陵，1985. 櫻花鉤吻鮭(台灣鱒)復育現況及展望，台灣農業，22(4)：32-37。
 曹先紹，1988. 武陵農場櫻花鉤吻鮭族群分布與環境因子關係之研究，國立臺灣大學動物學研究所碩士論文。
 莊鈴川，1988. 櫻花鉤吻鮭(*Oncorhynchus masou formosanus*)資源生物學的基礎研究，台大漁業科學研究所碩士論文，92頁。
 陳弘成、林培旺、楊喜男，1996. 溪流之水質調查與生物監測之研究—武陵附近地區，內政部營建署雪霸國家公園管理處與經濟部及國立臺灣大學合辦漁業生物試驗所，104頁。
 陳弘成、楊喜男，1997. 武陵地區—溪流之水源水質監測系統之規劃與調查。內政部營建署雪霸國家公園管理處八十六年度研究報告，88頁。
 陳弘成，1998. 武陵地區—溪流之水源水質監測系統之規劃與調查。內政部營建署雪霸國家公園管理處八十七年度研究報告，85頁。
 曾晴賢，1984. 為梨山鮭正名-鱒之頌，大自然季刊，3: 83-85頁。
 曾晴賢，1994. 櫻花鉤吻鮭族群調查與觀魚台附近河床之改善研究，內政部營建署雪霸國家公園管理處印行，24頁。
 曾晴賢，1995. 櫻花鉤吻鮭復育研究，內政部營建署雪霸國家公園管理處，21頁。
 曾晴賢，1996. 櫻花鉤吻鮭族群數量和生態調查，內政部營建署雪霸國家公園管理處，40頁。
 曾晴賢，1997. 櫻花鉤吻鮭族群生態調查和育種場位址評估，內政部營建署雪霸國家公園管理處，71頁。

- 曾晴賢, 1998. 櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查(一), 內政部營建署雪霸國家公園管理處, 79頁。
- 曾晴賢, 1999. 櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查(二), 內政部營建署雪霸國家公園管理處, 43頁。
- 楊平世、林曜松、黃國靖、梁世雄、謝森和、曾晴賢, 1986. 武陵農場流域之水棲昆蟲相及生態調查, 農委會 75 年生態研究第 001 號, 48 頁。
- 楊平世、林曜松, 1988. 櫻花鉤吻鮭 (*Oncorhynchus formosanus*) (Jordan & Oshima) 的食性, 農委會林業特刊第九號, 14-20 頁。
- 楊正雄, 1997. 水溫對櫻花鉤吻鮭族群的影響, 國立清華大學生命科學系碩士論文, 76 頁。
- 鄭明能、于名振, 1976. 桃山櫻花鉤吻鮭自然繁殖場建造設計, 東海大學環境科學研究叢刊, 第二十三號, 22 頁。
- 鄭枝修、張瑞欣, 1988. 櫻花鉤吻鮭魚道勘查規劃第一報, 農委會 77 年生態研究第 011 號, 66 頁。
- 鄭枝修、張瑞欣, 1989. 櫻花鉤吻鮭魚道勘查規劃第二報, 農委會 78 年生態研究第 007 號, 74 頁。
- 鄧火土, 1959. 台灣高地產陸封鮭魚的形態與生態, 台灣省水產試驗所報告, 77-82 頁。
- 賴建盛, 1996. 防砂壩對櫻花鉤吻鮭物理棲地影響之研究, 國立台灣大學地理學研究所碩士論文, 112 頁。
- 戴永祺, 1992. 台灣櫻花鉤吻鮭之族群生態學研究, 國立台灣大學動物學研究所博士論文, 121 頁。
- 與儀喜宣、中村廣司, 1938. 台灣高地產鱒 (櫻花鉤吻鮭), 天然紀念物調查報告第五輯, 台灣總督府內務局, 32 頁。(林曜松譯, 1986, 農委會林業特刊, 9: 1-14。)
- 鍾虎雲, 1990. 水域生態與魚類健康, 森林溪流淡水魚保育訓練班論文集, 215-230 頁。
- 關壯狄、鄭枝修、張瑞欣, 1987. 櫻花鉤吻鮭魚道勘查規劃, 農委會 76 年生態研究第 007 號, 53 頁。
- Behnke, R. J., T. P. Koh, and P. R. Needham 1962. Status of the landlocked salmonid fishes of Formosa with a review of *Oncorhynchus masou* (Brevoort). *Copeia* 2: 400-407.
- Brown, G. W., 1980. *Forestry and water quality*. O. S. U. Book Stores, Inc. (李昌哲、張理宏譯, 1994. 森林與水質, 中國林業出版社, 208 頁)
- Day, Y. T., H. S. Tsao, K. H. Chang, and Y. S. Lin 1993. Spatial and temporal changes of Formosan landlocked salmon (*Oncorhynchus masou formosanus*) in Chichiawan stream, Taiwan. *Bull. Inst. Zool; Academia Sinica* 32:87-99.
- De Sylva, D. P. 1968. Theoretical considerations on the effects of heat effluents on marine fishes. In Ksenkel and Parker (eds.), *Biological Aspects of Thermal Pollution*. Vanderbilt Univ. press. 229- 293pp.
- Hosoya, K., K.H. Chang and K. I. Numachi 1992. Character examination of the basibranchial teeth of the Formosan salmon. *Bull. Inst. Zool., Academia Sinica* 31:213-220.

- Jan, R. Q., L. C. Jaung, Y. S. Lin and K. H. Chang 1990. A Morphometric and meristic study of the landlocked salmon in Taiwan, in Comparison with other members of the genus *Oncorhynchus* (Salmonidae), *Bull. Inst. Zool; Academia Sinica* 29(3 suppl): 41-59.
- Jordan, D. S., and M. Oshima 1919. *Salmo formosanus*, a new trout from the mountain streams of Formosa. *Proc. Acad. Nat. Sci. Philad.*, 71:122-124
- Kano, T. 1940. *Zoogeographical studies of the Tsugitaka Mountains of Formosa*. Inst. Ethnog. Res. Tokyo 145pp.
- Numachi, K. J., T. Kobayashi, K. H. Chang and Y. S. Lin 1990 Genetic identification and differentiation of the Formosan landlocked salmon, *Oncorhynchus masou formosanus*, by restriction analysis of mitochondrial DNA. *Bull. Inst. Zool, Academia Sinica* 29(3 suppl) 61-72.
- Okazaki, T. 1986. Genetic variation and populations structure in masu salmon *Oncorhynchus masou* of Japan. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* 52(8): 1365-1376.
- Tsao, E. H. 1995. An ecological study of the habitat requirements of the Formosan landlocked salmon (*Oncorhynchus masou formosanus*). Ph. D. Dissertation, Colorado State Univ. 213pp.
- Watanabe, M., and Y. L. Lin 1985. Revision of the salmonid fish in Taiwan. *Bull. Biogeog. Soc. Japan* 40(10): 75- 84.

Fluctuations in Population Size of Formosan Landlocked Masu Salmon

Chyng-Shyan Tzeng^(1,2), Chi-Min Yu⁽¹⁾ and Cheng-Hsiung Yang⁽¹⁾

(Manuscript received 23 October 2000 ; accepted 12 December 2000)

ABSTRACT: The existing Formosan landlocked Masu Salmon (*Oncorhynchus masou formosanus*) has distributed only in a protected eight-kilometer section of the Chi-Chia-Wan River located in the Sheh-Bah National Park. Although the Masu Salmon in this area has been well protected, its population size has not distinctively enlarged. Therefore, it is a significant object to increase the population of the Masu Salmon. This report has revealed the investigation of the Masu Salmon during the past decade and analyzed the monitoring results of the surroundings. It has also described the fluctuation status of the Masu Salmon's population size in this area and discussed the possible influence factors and the methods of the conservation.

Since 1994, the population and distribution of the Masu Salmon in the Chichiawan Stream has systematically investigated. It has revealed that not only the population of the Masu Salmon has violently fluctuated; its distribution status has also been distinctively changed. The minimum of its total amount of population was only 554 (in 1995 summer), however, the maximum 2,495 (in 1995 winter). Their difference is over four times. From the analysis of its fluctuations, it can be found that the weather status of the breeding seasons, from early October till late November, plays a significant factor. The floods of typhoon will destroy the breeding habitats. This weather factor is strongly relative to the population size of the Masu Salmon. Salmon breeding habitats destroyed by Typhoon will affect the recruitment of the population.

Before being able to solve the problems of the partition of salmon population caused by the dam, it is suggested that artificial breeding be adopted in order to move larva salmon to suitable upstream habitat to keep from the extinction of the upstream salmon population. This method might be the efficient strategy at this moment.

KEYWORDS: Formosan Landlocked Masu Salmon, *Oncorhynchus Masou Formosanus*, Population Size.

(1)Department of Life Science, National Tsing Hua University.

(2)Corresponding author.

國家公園經營管理指標之研究：以陽明山國家公園為例

林晏州^(1,2)、黃文卿⁽¹⁾、沈立⁽¹⁾

(收稿日期:2000年6月3日;接受日期:2000年10月22日)

摘要

本研究以陽明山國家公園為對象，首先提出現階段應重視之經營管理課題有八項：國家公園土地管理、遊憩地區及保護地區之經營管理、環境維護、建築管理、環境監測、保育研究、解說服務及資訊發展等。以現地觀察及專家訪談蒐集相關資料進行研析，並研提各課題之目標及可行策略，作為經營管理指標之對應項目。其次再參考指標理論及相關實際研究案例，以及適用於陽明山國家公園之指標設計原則，研提 29 項指標及其衡量準則，例如：生態保護區土地取得面積之比例、公共設施用地取得執行成效、遊憩私密性、遊客使用遊憩設施之滿意度、國家公園事業執行績效、廢棄物有效管理、自然植被面積增加率...等。本文並以最具國家公園保育代表性之指標：自然植被面積增加率，應用聯合國建構之指標清單及「壓力-狀況-回應(PSR)系統」指標設計原則，擬出該指標之定義、量測單位、PSR 類型、可行性、量測方法、替選指標、應用之限制、資料取得、負責課室等。

關鍵詞：國家公園、經營管理指標、PSR 系統。

一、前言

「國家公園」屬於世界保育聯盟保護區委員會 (IUCN/WCPA) 在 1998 年擬定的保護區系統之第二類等級，其定義規模為：保護面積相對較大且具有國家級或國際級意義的自然景致地區，供保護、研究、教育和娛樂之用。我國的「國家公園法」將其定義為：為保護國家特有之自然風景、野生物及史蹟，並供國民之育樂及研究。所採用的國家公園計畫，主要是將園區土地劃分為生態保護區、特別景觀區、史蹟保存區、一般管制區及遊憩區等五個分區，並依國家公園法之規範，研擬各項保護計畫、利用計畫、解說教育計畫及國家公園事業計畫等。重要之經營管理課題常是生態保育土地取得、設施用地取得、落實保育研究措施、園區資源調查、觀光遊憩與生態旅遊之推展、解說活動及環境教育、原住民文化傳承及考古遺址保存，以及如何獲得國家公園周遭居民之認同與認養管理園區資源等。各國家公園均設有管理處，並轄設五個業務

(1)國立台灣大學園藝學研究所造園組，台北市 106 羅斯福路四段 1 號。

(2)通信連絡員。