

內政部營建署雪霸國家公園管理處八十九年度研究報告

櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查（三）

**Studies on population ecology of the Formosan landlocked  
salmon *Oncorhynchus masou formosanus* (III)**

執行單位：內政部營建署雪霸國家公園管理處

研究機構：中華民國自然與生態攝影學會

研究主持人：曾晴賢

研究人員：楊正雄

中華民國八十九年十二月三十一日



統一編號

002294890190

## 目次

中文摘要 .....	1
英文摘要 .....	3
壹、前言 .....	6
貳、研究內容方法 .....	8
參、結果與討論 .....	10
肆、結論與建議 .....	26
伍、謝誌 .....	29
陸、參考文獻 .....	29
表及圖 .....	32

## 摘要

本研究先行於1999年秋季（十月上旬）及2000年夏季（六月上旬）與秋季（九月下旬），在七家灣溪保護區內進行櫻花鉤吻鮭族群數量普查，並利用水溫記錄器連續監測七家灣溪的長期水溫變化。將研究結果摘錄如下；

### 一、櫻花鉤吻鮭族群數量的普查

本次普查是統計1999年產卵季後新生幼魚加入族群的數量與分布狀況，以及檢視成鮭在繁殖季之後在各河段的族群變化情形，並對照歷年的魚群數量與族群結構的變化做更進一步的分析。

本年度調查結果整理簡述如下；

1、1999年秋季的普查結果共計發現782尾櫻花鉤吻鮭，其中一齡以下幼魚有132尾，一至二齡的亞成魚有228尾，二齡以上的成魚有422尾，整個族群結構偏向老化。2000年夏季的普查結果則共計發現728尾櫻花鉤吻鮭，其中一齡以下幼魚有339尾，一至二齡的中型成魚有176尾，二齡以上的大型成魚則有213尾。2000年秋季普查結果總計為796尾，其中一齡以下幼魚有193尾，一至二齡的中型成魚有326尾，二齡以上的大型成魚有277尾。

2、2000年夏秋兩季調查時間相隔甚短，期間並無嚴重天然災害發生，但仍發現整個櫻花鉤吻鮭族群往下游遷移的情況，顯示溪中攔砂壩對櫻花鉤吻鮭族群的阻隔持續影響各河段族群數目變化。七家灣流域中櫻花鉤吻鮭的分布上限仍為桃山西溪六號壩，分布下限則為迎賓橋有勝溪匯流點附近，但近幾年族群分布有逐漸退出迎賓橋河段的趨勢，大概只分布到露營場附近。

3、2000年夏秋兩季調查顯示七家灣溪四號壩以上河段是一齡以下櫻花鉤吻鮭幼魚族群最集中的河段，此河段為自然繁衍的族群，顯示此河段自1996年賀伯颱風後，漸漸回復為適合鮭魚繁殖的良好棲地。幼魚數量次高為高山溪與主流的湧泉池河段，此兩河段族群應是2000年初放流所建立的。實驗記錄上水溫過高不適繁殖的主流一號壩至二號壩河段，仍可發現不少數量幼魚，應為上游族群被大雨沖下之個體。

4、歷年幼魚放流後的族群數量普查結果，並不能明顯反應在該河段隔年數量的增加。但由於桃山西溪三號壩以上河段幼魚加入率呈現穩定上升，所以持續三年皆200尾以上數量的放流工作對建立族群與穩定結構仍有極大助益。這結果可作為未來管理單位擬定放流計畫參考。

5、繼高山溪四號壩在1999年三月拆除之後，高山溪三號壩也在2000年十月拆除完畢。四號壩拆除後連續三季的族群調查資料顯示，游泳能力較好的二齡以上成魚全都上溯至壩以上河段棲息，一至二齡成魚與一齡以下幼魚也有分布擴散至四號壩上游河段的現象。證明高壩拆除後，櫻花鉤吻鮭得以選擇最適棲地環境並擴展生存領域。雖然高山溪三號壩拆除對此地鮭魚的影響有待進一

步觀察，但由四號壩拆除後的追蹤調查顯示其正面的效果，本研究建議持續進行七家灣溪流域的拆壩工作，以擴展櫻花鉤吻鮭生存流域與改善河流棲地環境。若因相關單位立場不同而有執行上的困難，可採取其他方式，如：間隔拆壩或是先將功能不彰的矮壩拆除，既不會影響其他攔砂壩的功能，更可直接擴展鮭魚活動的河域

6、今年三號壩拆除工作時間選擇在櫻花鉤吻鮭繁殖季節，並非恰當時間。施工期間大量攪動淤積泥沙搬移造成滾滾濁水，對鮭魚產卵掘巢相當不利。未來進行拆壩工程，當選擇水文狀況穩定而水量不太，鮭魚活動力旺盛且隱匿性高的時節。最好的時間是在春季，即三至五月間進行，最晚則不能超過九月。

7、在七家灣溪流域的攔砂壩未完全拆除前，復育放流工作的持續進行可以降低天災對族群沖移效應並維持上游鮭魚族群及保存鮭魚基因庫。由族群調查則可以估算放流族群存活比例、各河段鮭魚自然死亡率與移出移入的影響，根據這些結果可隨時檢討修改放流計畫與方式，而更完整了解櫻花鉤吻鮭族群變動的因素與情況，因此執行長期監測調查有其必要性。

## 二、水溫對櫻花鉤吻鮭族群的影響

本年度繼續監測七家灣溪的水溫變化，其主要結果有：

1、各主要河段自 1996 年迄今顯示全年水溫有逐漸上升的趨勢，尤其最低水溫的變化最為明顯，三號壩測站的升溫程度則最大。若以 12 與 17 等溫線比較，除三號壩以上河段外，七家灣溪下游最高水溫皆超過 17，且秋末水溫較晚降至 12 以下。一號壩上河段與迎賓橋河段是七家灣溪流域中水溫最高的河段，與族群分布資料比較，發現與迎賓橋河段櫻花鉤吻鮭族群有逐漸往上游移動的現象有正相關。

2、影響繁殖成功與否的繁殖前期（十一月）12 等溫線位置，由 1996 年約在二號壩附近河段，至 1997 年上升至三號壩下方河段，1999 年更上升至六號壩以上河段。顯示整個七家灣溪繁殖水溫條件惡化的情形嚴重。在回歸分析的結果，三年內合適鮭魚孵化等溫線的海拔上昇了 131m，相對地水平距離也往上游退縮了約 5.2km。

未來的計畫，除應持續監測鮭魚族群數量、結構與分布的調查，配合各河段各類型微棲地分布比例及持續分析比較各溪段的長期水溫監測資料外。並將根據這些資料分析櫻花鉤吻鮭族群變動情形以協助管理單位規劃最佳放流計畫。

**Studies on population ecology of the Formosan landlocked salmon**  
***Oncorhynchus masou formosanus* (III)**

**Abstract**

Continuing the population and ecology surveillance of the Formosan landlocked salmon (*Oncorhynchus masou formosanus*) in the Chichiawan Stream basin, we carried out population census of the species three times in early October, 1999, early June, 2000, and late September, 2000 respectively. In addition, water temperature fluctuations of the basin were recorded continuously at twelve different locations with optic temperature recorders. The major findings are as follows:

I. The population and census of Formosan landlocked salmon

(1)The 1999 autumn census revealed a total of 782 individuals, including 132 juveniles, 228 one to two year olds (sub-adults) and 422 more than two year olds (adults). The totals of summer and autumn of year 2000 are 728 (39 juveniles, 176 sub-adults, 213 adults) and 796 (193 juveniles, 326 sub-adults, 277 adults), respectively.

(2)The upper distribution boundary of the masu salmon lies under checkdam No.6, while the lower limit approximates to the In-Bin Bridge, where the Yo-Shen Creek merges into the Chichiawan Stream. However, long-term population census results indicate the masu salmon population is retreating from the downstream sections of the Chichiawan Stream.

(3)The effects of artificial breeding and releasing of the masu salmon larvae on the population size as a whole have been obscure through recent years. Nevertheless, the survey revealed that persistent release of larvae into the same river section helps stabilize the juvenile population. For example, the size of the juvenile cohort upstream of checkdam No. 3 increases steadily as more than 200 larvae are released for three consecutive years, though the motality of larvae oscillates year by year. Besides, the population structure within the certain river section tends to stabilize. The result stands as an important reference to the release policy of the administrations.

(4)Naturally bred juveniles are most abundant at the section upstream of checkdam No.4 according to this year's census, indicating the local environments have been recovering to be breeding-amicable since the Herb typhoon devastated the population in 1996. The population of the Spring Pool and the upstream reaches of the Go-Shan Stream host the second largest number of juveniles, probably due to the larvae release in early

spring, 2000. We also found many individuals in the section between checkdam No.1 and checkdam No.2, which features high, inclement water temperatures to larvae. These individuals may be flush away of heavy rains from the upstream reaches. This observation well illustrates the serious departing effects of the check dams on the masu salmon population distribution.

(5) Since checkdam No.4 of Go-Shan Stream was destroyed, all adults and a portion of the sub-adults and juveniles previously residing the downstream section of the dam have relocated to the upstream areas of the broken checkdam. The result suggests that the masu salmon spontaneously searches for the optimum habitats and extends its territory once artificial obstacles are lifted. Even though the influences of checkdam No.3 demolition remain unclear, we suggest all the other checkdams be demolished to expand the living territory of the masu salmon. An alternative is obliterating shorter checkdams and disabled ones first, taking into account the concerns of other pertinent administrations.

(6) The destruction of checkdam No.3 of the Go-Shan Stream coincided with the masu salmon reproduction season of year 2000. The turbidity of the stream elevated dramatically, which seriously impaired the spawning and nesting activities of the species. We suggest future destruction work be implemented in spring, namely, from March to May, when the river flow stays low and salmon tend to be active but hideous. The destruction work is also advised not to continue past late September, considering the frailty of the masu salmon reproduction activities.

(7) The artificial breeding and release of salmon larvae into the Chichiawan Stream basin can counterbalance the detriments to the population caused by natural disasters before all the checkdams are completely dismantled. This strategy can also maintain the population size of the upstream reaches and preserve the gene pool therein. The salmon population census offers the estimations of survival rates of the released larvae, natural mortality within each stream section and the disaster effects on population size. Based on the results, the National Park authorities will be able to understand better the masu salmon ecology and population dynamics, and revise the recovery strategy accordingly.

## II. The effects of water temperature on the salmon population

(1) The water temperature of the Chichiawan Stream is gradually rising from 1996 to 2000. The changes of the yearly lows are especially remarkable. The water temperatures at checkdam No.3 change most



drastically among all. Comparing the 12 and 17 isotherms, we found that the water temperature of Chichawan Stream downstream of checkdam No.3 usually rises over 17 during summer, and later declines to be lower than 12 . The highest temperature appears at checkdam No.1 and the In-bin Bridge, consequently the lower limit of the salmon distribution has retreated upstream to the Camping Site from the In-bin Bridge.

(2)The 12 isotherm of mean water temperature of November, which is crucial to the pre-hatch stage of the masu salmon, was located at checkdam No.2 site in 1996. The isotherm then moved upwards to checkdam No.3 in 1997, and it went even further upstream to checkdam No.6 in 1999. The trend reveals that the water temperature circumstances have been worsening since 1996. The correlation analysis shows the location of 12 isotherm ascends 131m in altitude and moves 5.2km backwards in horizontal distance.

It is suggested that the salmon population, structure and distribution be continuously monitored. The long-term water temperature data and various microhabitats of the Chichiawan Stream also need to be established. The data will be invaluable references for the Formosan landlocked masu salmon recovery.

## 壹、前言

台灣的櫻花鉤吻鮭 *Oncorhynchus masou formosanus* ( Jordan and Oshima ) 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，在熱帶性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、1936)。

目前櫻花鉤吻鮭在台灣只分布於中部的大甲溪上游，由於本種有非常重要的學術和經濟價值，而目前數量稀少到瀕臨絕種的地步，因此政府於民國七十三年七月依「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，至此櫻花鉤吻鮭被列為文化資產之一。其現存棲息地的七家灣溪與高山溪 (舊稱雪山溪或武陵溪) 流域，在1997年十月一日並且由台中縣政府依據「野生動物保育法」申請，經農委會公告為野生動物保護區，而更完整保護櫻花鉤吻鮭的生存範圍與棲地環境。

根據早期的記錄顯示，櫻花鉤吻鮭在日據時代的分布遍及今日松茂以上的整個大甲溪上游，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其的棲息地 (Kano, 1940)。其中司界蘭溪及七家灣溪流域的數量最多，甚至當時在七家灣溪還可以以投網的方式，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。但是到了六、七十年代時日本人來台灣採集調查時 (Watanabe et al., 1988)，發現就只剩下司界蘭溪、高山溪及七家灣溪有鮭魚的蹤影了。當時並且發現這種魚類受到嚴重的迫害，毒魚、電魚的情形極為嚴重，魚類數量已經極度稀少。到了1984年時，農委會委託台大動物系林曜松教授等人再次詳細調查時 (林, 1987、1988)，發現只剩下七家灣溪主流約五公里左右的溪段，有這種國寶魚的存在。之後1990年林務局邱健介先生等人之調查，櫻花鉤吻鮭的棲地大概是以武陵農場迎賓橋為下限，向上至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)。而近年來由於人工復育的小魚都放流在七家灣溪與高山溪的上游地區，所以後來的調查結果顯示，櫻花鉤吻鮭的分布範圍最高擴展至池有溪會流點以下附近，海拔約在1980公尺左右，距離分布的最低點七家灣溪與有勝溪匯流點約八公里左

右的距離。雖然曾經發現有極少數鮭魚會分布到七家灣溪更下游的和平農場附近（曾，1996），但是這種情形乃上游鮭魚因颱風等天災被沖至下游的結果，鮭魚並無法在此建立穩定族群。

自1994年五月起，本研究室接受雪霸國家公園管理處的委託，進行櫻花鉤吻鮭族群現況普查（曾，1994、1995、1996、1997、1998、1999），延續林耀松教授等人在七家灣溪主流域的族群數量調查工作（林，1988、1990、1991）。以持續瞭解並掌握櫻花鉤吻鮭族群數量多寡、年齡結構組成和分布範圍的最新動態與變化情形。這些櫻花鉤吻鮭族群變動與分布的基本資料不僅關係本種珍貴保育類動物的存續問題，復為提供一般大眾了解目前櫻花鉤吻鮭族群現況，以及為雪霸國家公園管理處建立一個接續以往本種珍貴魚類之保育工作的基本生態資料，因此實有必要持續全面性的調查該種魚類的分布現況，以瞭解其族群數量和分布之變化情形。

多年來的調查資料顯示，天然災害如：颱風與梅雨，對於櫻花鉤吻鮭族群的威脅最大。由於攔砂壩阻隔的重疊效應，使得被洪水沖到下游的鮭魚無法再上溯至上游地區，影響族群天然分布。但是天然災害對櫻花鉤吻鮭族群最大的影響，是在產卵季時對新生族群的傷害（曾，1995）。例如：1994年十月的產卵季開始時，正好碰上豪雨洪水暴增，許多已經產完卵的巢場和卵均被沖毀。同時在產卵季所發生的洪水挾帶甚多泥沙，也覆蓋了許多重要產卵場，致使卵的孵化死亡率大增（曾，1995）。

每年新生櫻花鉤吻鮭族群的加入對整個族群的影響甚巨，各河段產卵死亡率的高低並直接影響到當年度各河段新生族群的加入。七家灣溪一號壩至二號壩之間的河段雖然在多年來都觀察到有許多產卵場，幼魚的數量卻都是偏低的。在1995年的調查中，發現此河段唯一的一尾幼魚是在觀魚台棲地改善後的深潭中所記錄到的，其餘近二公里的河段竟然看不到其他的幼魚蹤跡（曾，1995）。這樣的現象使我們想要對各河段的水文水質特性作進一步的調查分析，以了解魚群分布與環境因子之間的關係。因此本研究自1996年開始加上長期水溫監控分析的工作，就最有可能影響鮭魚族群分布的水溫條件著手分析研

究，探討水溫在櫻花鉤吻鮭生活史各個階段所扮演的角色，以了解天然族群數量的變化與水溫之間的關聯，並進一步研究影響水溫變化的各相關因子，期能提供一良好的策略作為管理單位棲地改善及經營管理的依據。

## 貳、研究內容與方法

本年度計畫（1999年十二月一日起）延續前四年的調查研究工作，於櫻花鉤吻鮭繁殖季之前和仔稚魚加入族群之際，分別進行全面性族群數量與分布的詳細調查。本年度計畫雖然自1999年十二月一日起才開始，但為了顧及族群調查的延續與完整，我們在1999年十月下旬櫻花鉤吻鮭產卵季前，就已先進行族群數目與分布調查，以收集最完整的櫻花鉤吻鮭族群資料。

本計畫並持續進行櫻花鉤吻鮭分布各溪段水溫的長期記錄與分析；並根據前兩項研究基礎，以水溫的變化條件，研究七家灣溪最需要進行棲地改善的溪段以及研究可行的改善策略。茲分述如下：

### 一、魚群數量、結構及分布的普查

本年度的調查分別於1999年十月上旬（自十月廿二日至十月廿七日）及2000年六月上旬（自六月二日至六月六日）及九月下旬（自九月廿九日至十月一日）鮭魚繁殖季節前，共進行三次全面性族群數量密集調查，並標定櫻花鉤吻鮭棲息溪段與棲地，希望能對七家灣溪流流域棲地現況及其與櫻花鉤吻鮭分布關係有更詳細瞭解。

調查範圍包括七家灣溪迎賓橋以上至六號壩、桃山北溪（又名無名溪）一號壩以下至匯流口、高山溪全段至四號壩以上兩百公尺天然障礙以下之河段。調查方法是以在野外調查魚類的方法中花費較少，破壞性最低的浮潛方法（林，1988）。復以本流域平常水質清澈，對於族群數量已屆瀕臨絕種的櫻花鉤吻鮭而言，這無異是最為合適的方法。調查時採三人一組，其中一人於岸上記錄，二人穿著防寒衣、面鏡、呼吸管以浮潛的方式，直接觀察和鑑定魚種及

估計其大小，並分別記錄各調查溪段幼魚（全長夏季為5至7cm，冬季為15cm以下）、一至二齡魚（全長25cm以下）及二齡魚以上（全長25cm以上）的數量與棲地型態。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。其結果均標示於圖面上，並比較近年來魚群數量、結構及分布的變化。

本研究並分析歷年重大天災，與復育放流仔鮭對櫻花鉤吻鮭族群分布、消長與數量變動的影響。

## 二、水溫對櫻花鉤吻鮭族群的影響

持續以長期自動偵測及記錄水溫的光學水溫記錄器（ONSET，optic Stowaway temperature data logger），放置於各個櫻花鉤吻鮭生存河段（圖一）以記錄完整的水溫變化，結合族群數量、結構及分布普查的結果，針對水溫與族群分佈的關係進行分析，藉以進一步了解水溫對櫻花鉤吻鮭族群的影響，以做為棲地改善、魚群分布及人工復育檢討的依據。

### （一）、水溫變化記錄

本研究的每一支溫度記錄器在使用之前，皆事先在實驗室中的循環水槽中以水冰狀態進行過線性升溫試驗，以確定其所記錄溫度值為合理，且誤差不超過0.5℃，才使用於野外記錄。

自1996年元月起，在現有櫻花鉤吻鮭分布的各個河段中，自七家灣溪五號壩上至武陵賓館旁七家灣溪近有勝溪匯流處、湧泉池、桃山北溪（舊稱無名溪）與高山溪等支流，放置共十一支自動記錄的光學型溫度記錄器（圖一），並放置一支記錄器於武陵農場場部氣象百葉箱中記錄無風氣溫，時間設定在每小時儲存記錄一至四筆平均水溫資料（自1996年8月之後所有記錄器皆調整為每一小時記錄一筆水溫料），每一至二月的間隔以Shuttle（ONSET，optic shuttle）或手提式電腦在野外現場讀取所儲存的記錄資料，並帶回實驗室分析。由於七家灣溪的水淺而且水流湍急，因此本研究假設在河中的熱量是完全

均勻混合的，因此記錄器中所記錄的數據可代表此河段的平均水溫值。在各個不同時間及河段的資料中，選取代表性的時間及河段進行比較分析，以觀察各河段水溫變化的情形。

## （二）、水溫對櫻花鉤吻鮭的影響

在水溫與族群分布的關係方面，將七家灣溪近年水溫資料與櫻花鉤吻鮭歷年族群分布調查資料比較（曾，1997、1998、1999），探討水溫與鮭魚族群分布關係，以及水溫變化對櫻花鉤吻鮭族群可能造成的影響。

# 參、結果與討論

## 一、魚群數量、結構與分布調查

### （一）、本年度族群調查結果

1999年秋季普查結果為782尾櫻花鉤吻鮭，其中一齡以下幼魚有132尾，一至二齡的中型成魚有228尾，二齡以上的大型成魚有422尾。2000年夏季的普查結果為728尾櫻花鉤吻鮭，其中一齡以下幼魚有339尾，一至二齡的中型成魚有176尾，二齡以上的大型成魚有213尾。2000年秋季普查結果總數量為796尾，其中一齡以下幼魚有193尾，一至二齡的中型成魚有326尾，二齡以上的大型成魚有277尾。將三次調查結果列於表一比較。

三次調查結果的櫻花鉤吻鮭族群總數並無太大差異。其中1999與2000年秋季調查的族群結構雷同（圖二），但2000年秋季的族群總數量較高，幼魚數量也稍高，就族群結構來看，幼魚的加入族群略多於成魚死亡族群，因此櫻花鉤吻鮭的族群數量在這段時間也大致呈現微幅上升的穩定狀況。但各季各河段間數目仍有變化，表一中可觀察到，高山溪二至三號號壩與高山溪匯流點以下的七家灣溪河段，一直是族群數量很少的河段，尤其高山溪二至三號壩，除了2000年夏季發現一尾外，其他則沒有任何個體被發現。二齡以上成魚與一至二齡成魚的數量通常在主流二至三號壩河段最高，幼魚則由1999年秋季原本在高

山溪一至二號壩河段最多，至2000年夏秋兩季變成七家灣溪四至五號壩最多。

1999年並無任何颱風侵襲本區，2000年也只有四至五月間短暫的鋒面豪雨，所以族群數量受天然災害影響不如往年颱風造成災害來的嚴重。1999年繁殖期前的調查也觀察到櫻花鉤吻鮭的肥滿度是歷年來最佳的，復育時所採集到的種鮭，也能產下較往年成熟鮭魚還要多的卵數，每尾雌鮭皆可產下300粒以上的卵。但2000年實際調查族群數量，尤其是幼魚，除了七家灣溪上游的四號壩以上族群外，其他河段族群並沒有如預期般的大幅增加。這樣的結果顯示，當年的氣候條件溫和，櫻花鉤吻鮭的成長雖然相當好，但是繁殖期的水溫條件不好的話，當年的繁殖狀況並不一定會理想。

詳細比較各次調查間櫻花鉤吻鮭的空間分布（表二），2000年秋季記錄整個族群的總數以七家灣溪二至三號壩（包含二號壩至二號破壩河段與湧泉池河段）記錄230尾（佔當次調查族群的28.9%）最多。較諸2000年夏季調查的172尾（佔當次調查族群量的23.6%，為各河段中最高者），在數量與比例上都來的高，但是若與1999年秋季的258尾（33%，為當次調查各河段中最高）相較則相差不多。

1999年秋季調查顯示一至二齡成魚與二齡成魚相同，主要集中在二至三號壩（包含湧泉池）河段，兩族群合計共有229尾，佔了一齡以上成魚總數量的35.2%；幼魚數量最多的河段則不在七家灣溪主流，而是在支流高山溪的一至二號壩河段，共有42尾，佔幼魚總數量的31.8%。2000年夏季的計數結果，二齡以上的成魚分布並沒有特別突出的河段，一齡至二齡成魚仍是以主流二至三號壩河段的族群佔最大比例，佔整個一齡魚的39.2%。並有53.1%的二齡成魚與68%的一至二齡成魚是分佈在七家灣溪三號壩以下河段，結果顯示整個成魚族群的分佈偏於七家灣溪主流；幼魚分佈則以七家灣溪四至五號壩河段間的幼魚86尾最多，佔幼魚族群的25.4%，其餘數量較多河段有高山溪三號壩以上河段（64尾，18.9%）、七家灣溪二至三號壩含湧泉河段（56尾，16.5%）、七家灣溪五至六號壩河段（51尾，15.0%）與觀魚台至二號壩河段（43尾，12.7%）。2000

年秋季的調查中，二齡成魚則以二至三號壩河段數量最高，有82尾，佔當季二齡成魚的29.7%；一至二齡成魚則以二至三號壩的107尾比例最高，佔一至二齡成魚的32.8%；幼魚分布狀況則與夏季調查結果相似，但數量上卻減少許多，仍然以七家灣溪四至五號壩河段族群最多，數量較2000年夏季減少至52尾，佔幼魚族群的26.9%，其餘較多河段為二至三號壩含湧泉池河段（41尾，21.2%）、高山溪三號壩以上河段（32尾，16.6%）、七家灣溪五至六號壩河段（21尾，15.0%）與觀魚台至二號壩河段（15尾，7.8%）。

由於2000年春天放流人工復育孵化的幼魚在湧泉池（200尾）與高山溪四號壩以上河段（750尾），因此二至三號壩及湧泉池與高山溪上游河段的幼魚有部份為人工放流的族群，而七家灣溪三號壩以上河段的幼魚則為自然繁殖建立的族群。此上游河段在1996年遭遇賀伯颱風侵襲，曾造成族群數量大幅下降，此次調查則顯示四號壩以上的上游河段已逐漸恢復各齡族群的穩定結構。

每年春季對流雨或是夏季颱風所帶來的豪雨，造成櫻花鉤吻鮭族群被沖往下游，使得上游族群數量逐漸減少，尤其是對游泳能力較差的幼魚，影響最為明顯。將2000年夏與秋季的幼魚數量相比較，分布數量最多的七家灣溪四至五號壩短少了39.5%，二至三號壩短少26.8%，高山溪三號壩以上河段短少50%，五至六號壩短少58.8%，各河段族群數量都有明顯下降。顯示櫻花鉤吻鮭存活時間愈久，愈有機會被洪水沖至下游河段。本來像這樣的天然災害是不可避免的，但以往的鮭魚在被短時間的洪水沖移至下游之後，可以再自行上溯至上游尋求水溫較低的環境生活，不像今日被溪中高聳的攔砂壩阻擋。為了減低攔砂壩對櫻花鉤吻鮭族群分布的影響，國家公園管理處將每年復育放流的幼魚放流於七家灣溪與高山溪的上游，以減緩上游族群數量的快速流失，是相當正確的做法。關於放流對櫻花鉤吻鮭族群的影響，將在後文作更進一步深入的探討。

成、幼魚族群結構分析結果顯示（圖三），整個族群結構有慢慢趨向穩定



正金字塔型族群結構的趨勢。2000年夏季幼魚數量超越二齡成魚與一齡成魚的族群數量，與1998、1999年繁殖季調查族群呈現倒金字塔的形狀不同，顯現整個櫻花鉤吻鮭的族群更新逐漸恢復正常。

## （二）、歷年族群調查結果比較分析

比較歷年櫻花鉤吻鮭族群數量變化（圖三），顯示整個流域的鮭魚數目受到重大天災如：颱風、大雨或乾旱之影響甚巨，重大天災之後即造成整個族群數量明顯下降，天災並可能造成棲地破壞而影響往後一至二年族群數量無法回升。

歷年族群數量變化的分析結果顯示族群數量仍是偏低的（圖二），自1995年以後整個七家灣河流域十一次的完整調查，包含2000年秋季共有七次的計數所得，族群量都只有介於500尾至1000尾之間，而幼魚則亦有七次低於300尾。歷次調查中數目最高的總數量是2495尾，幼魚則可達1485尾，對照今年資料顯示櫻花鉤吻鮭族群不管是總數量或幼魚數目都還有很大的成長空間。但在我們希望櫻花鉤吻鮭數量愈來愈多的同時，也必須考慮到生存空間與食物的有限，亦即櫻花鉤吻鮭在七家灣溪流域的最大生物承載量。由圖二來看，總族群量2000尾似乎是櫻花鉤吻鮭現存流域最大的生物承載量。因此若想要提高櫻花鉤吻鮭的族群分佈與數量，七家灣溪與高山溪流域以外的域外放流是必須的，既可增加族群數量與分佈範圍，也能造成鮭魚基因的多樣性，避免均質化的危機。在2000年夏秋兩季的調查中，觀察到還有許多適合櫻花鉤吻鮭棲息的深潭緩流區域，卻都沒有發現任何鮭魚，顯示對現存族群數目而言，還有成長空間。不過由於研究尚不清楚，各類河川棲地如：深潭、淺灘、階梯潭、急灘，哪一種棲地影響櫻花鉤吻鮭族群數量最巨，櫻花鉤吻鮭在生活史不同時期也會利用不同的棲地（林等，1987、1988），加上七家灣溪流域的各类棲地分布不均（賴，1996），因此對最大生物承載量的研究，也許是未來在進行大規模復育或放流前該先進行的研究方向。

將七家灣溪中的攔砂壩或天然障礙的瀑布（如六號壩以上的高瀑或桃山北溪的小瀑布）視為各個河段的分界，七家灣溪二至三號壩河段是最長

的完整河段，因此其族群數量常較其他河段來的高。由表二與表三來看，自1996年以來，二至三號壩河段就一直是櫻花鉤吻鮭族群數量最多的一個河段，數量最高時曾達到整個族群的一半。不過二至三號壩河段原本就是最長的河段，因此若考慮族群密度，此河段的鮭魚數量其實並不算多。二至三號壩河段族群影響櫻花鉤吻鮭族群數量最大的原因，是此河段原本是櫻花鉤吻鮭極為重要的產卵場（曾，1997）。但由表二來看，此河段的鮭魚族群，包含成、幼魚的比例，都呈現逐年下降的趨勢，對照其他河段的族群變化，整個櫻花鉤吻鮭族群漸漸由集中於一個河段分散至各個河段，這樣的族群擴張趨勢對族群延續來說是較好的現象，但是主要可以繁殖的族群卻多分散至不適鮭魚生存繁殖的下游河段。颱風、豪雨與崩塌淤積等天災及攔砂壩等人為不當設施的多重影響下，造成整個族群空間分布明顯地移向下游地區，上游族群結構因此漸趨老化。此上游河段雖然曾是幼魚數目最多的河段，但卻只是曇花一現後數量就大幅銳減，顯然此河段雖然適合鮭魚生活繁殖，卻仍是個不穩定的河段，極容易受到環境因子如：暴雨影響，造成族群數目的減低。湧泉池是二至三號壩間的支流河段，潭區廣闊、水流平緩而水溫穩定（楊，1997），對二至三號壩河段的鮭魚而言，在重大天災的時候，湧泉池是個重要的避難場所。但歷年來的調查顯現湧泉池的的族群不管是成、幼魚的數量都不多，最高數量約80尾左右，或許是因湧泉連接主流位置不好，加上水量不夠大而無法吸引鮭魚前往所致。

櫻花鉤吻鮭在七家灣河流域分布的最下游河段，有勝溪匯流點（迎賓橋）至高山溪匯流點長約1.2km的河段間，鮭魚數量有愈來愈少的趨勢。表二顯示自1997年以後，此河段數量比例從未超過當次調查總族群的4.2%，而多數時候是在2%以下。若單以數量來看，1999年夏季9尾、1999年秋季4尾、2000年夏季6尾，2000年秋季3尾，自1998年夏季調查以來，更從未發現超過2尾以上的幼魚，主流一號壩以下的鮭魚族群大多分布在高山溪匯流點至高山溪一號壩，或是至主流一號壩的河段（表二）。此七家灣溪最下游的河段已不適合櫻花鉤吻鮭棲息，反過來卻只能看到另一種原生魚類--台灣鏟頰魚大規模族群。

歷年族群變化的資料（表二與表三）顯示高山溪二號壩以上的河段並不適

合櫻花鉤吻鮭生存。歷年的調查中此河段的族群數量與比例偏低，族群比例總是在1%以下，雖然國家公園在1994、1995、1996與1999年都曾在此河段進行放流，卻一直沒有建立起穩定的鮭魚族群。高山溪全段的水溫環境雖然合適櫻花鉤吻鮭生存，卻沒有多樣性的棲地，整個河段以急瀨與階梯潭為主，對鮭魚生存延續最重要的淺瀨與深潭則是少之又少（賴，1996）。葉（2000）對高山溪棲地的研究，發現高山溪的河道寬深比（河道寬/河道深）皆小於十，顯示高山溪屬於寬淺型河流，其特性鮮少有深潭出現，並不利於櫻花鉤吻鮭棲息。此點與本研究的觀察結果吻合，尤其是高山溪二至三號壩河段最為明顯，除了極少數的緩流與岩壁側蝕潭區域可供櫻花鉤吻鮭棲息外，其餘都為急瀨棲地，這樣的地形在颱風暴雨時因為沒有夠大的緩流區域提供魚群躲避，所以無法建立穩定族群。1995與1996年春季各放流約100與250尾在高山溪三號壩直下的河段，隔年的調查高山溪二至三號壩卻只分別發現2尾與14尾幼魚，歷年的族群數量更是常常出現0尾的記錄，如此看來，高山溪河段並不適合放流仔魚。整個高山溪全段只有在高山溪二號壩以下的河段可以建立穩定鮭魚族群，一至二號壩間的河段並曾發現許多幼魚棲息（曾，1997），但鮭魚若被大水沖至一號壩以下河段，由於此河段與最不適合鮭魚棲息繁殖的七家灣溪下游地區是相通的河域，對整個族群的延續演替就變得不利。

高山溪四號壩自1999年春季拆除後，成鮭可自由穿梭於壩上壩下河段。相對於破壩以下多急瀨棲地的情形，破壩以上因為穿過岩盤，與七家灣溪三號壩下方的多個連續峽谷潭區相似。1999年秋季、2000年夏與秋季的調查，都顯示成魚族群在高山溪三號壩以上的河段集中在破壩以上的河段，1999年的12尾成魚與2000年夏季此河段僅有的4尾成魚都是在此觀察到的。而2000年三月放流在破壩上的幼魚與去年長大的一齡至二齡成魚，亦有部份分布在破壩上的河段。顯示攔砂壩拆除之後，直接擴大了原本高山溪三至四號壩河段的櫻花鉤吻鮭族群活動範圍。此河段距離並不長，包含三至四號壩之間約四百公尺，總共也只有五百公尺左右河段，但此河段卻因多樣性的棲地而適合鮭魚棲息。2000年秋季並更已進一步把高山溪三號壩敲掉，使得高山溪自二號壩以上形成一個連續河段，但要比較族群變化的關係，則仍有待下一季之調查結

果。由於四號壩河段最後將遇到一個峭壁深潭困難地形，使得調查人員無法通過，但因為落差不大，游泳能力較好的成魚應該可以上溯至更上游的河段。未來的調查必須想辦法高繞此困難地形，以了解是否更上游的河段仍有櫻花鉤吻鮭生存繁殖。

若就櫻花鉤吻鮭族群內最重要的新生幼魚分布而言，1996年秋季時數量最多的河段是在主流一號壩以下河段（圖六），其他時間調查結果都是在二至三號之間的河段（包含湧泉池及其支流河段）的總數量最高，1997年兩季調查的結果甚至超過當次調查所有幼魚族群比例的一半以上（表二）。自1997年秋季以來數量與比例卻有愈來愈少的趨勢，此河段原本為良好繁殖場的環境，如今卻已不復以往。其他幼魚較多的河段則沒有那麼明顯的變化，七家灣溪三至四號壩、四至五號壩、五至六號壩、桃山北溪小瀑布以下、及高山溪各河段都曾佔有一定的幼魚比例。若比較歷年來各河段幼魚族群變化（表二與圖六），上述這些河段都不是穩定繁殖的河段，這或許與之前該河段是否有可繁殖成魚有關。由於合適櫻花鉤吻鮭繁殖的緩流（Run）棲地並不多（賴，1996），因此在繁殖季時，成魚往往會競爭少數的合適產卵場，造成產卵場的被重複利用，再加上水溫環境的改變，使得魚卵孵化時的死亡率大幅上升（曾，1997），而影響隔年幼魚族群的加入（recruitment）。櫻花鉤吻鮭現存唯一棲地的七家灣溪流缺乏良好而穩定的繁殖河段，正是櫻花鉤吻鮭族群數量一直無法增加的最主要原因。每年春季大雨與颱風帶來的豪雨，往往改變河川棲地並將鮭魚沖移至下游，並且因為攔砂壩的阻隔，下游族群無法自行回到上游河段，因此改變並隔離鮭魚正常分布。繁殖季節的大雨，更會造成櫻花鉤吻鮭的繁殖失敗，使得新生幼魚族群大量減少（曾，1998）。

為了避免上游族群因為天災與攔砂壩雙重效應而滅絕，並增加各封閉河段基因交流，國家公園管理處每年都會到七家灣溪下游捕捉該河段無法成功繁殖的成年種魚進行人工繁殖，並將復育孵化的幼魚放流在七家灣溪與高山溪上游河段。Hendry（2000）針對於溪流中與被引進華盛頓湖（Washington Lake）的紅鮭（*Oncorhynchus nerka*）加以比較研究，結果發現在不同棲地生存的鮭魚，在約十三代以內極短的時間，即有生殖隔離的趨勢，雖然基因層次的變異

較外型來得大，但是這些顯著的族群間變異卻又比族群內的多樣性來的高。由此研究證據，七家灣溪流域的櫻花鉤吻鮭雖然因攔砂壩隔絕而有滅絕之虞，但每年的仔魚放流工作，可以將下游族群的鮭魚基因得以在上游河段散播繁衍，雖然七家灣溪的上下游棲地變化不大，並且放流在上游河段的仔鮭會逐漸被往下沖，但是長時期持續放流還是能讓櫻花鉤吻鮭在不同棲地環境下逐漸產生出基因多樣性，避免在同一河段近親交配造成基因均質化而加速滅絕的腳步。

本研究並未進行標放以正確估計放流族群的野外存活率，因為標放工作在成本上及對鮭魚本身造成危害或壓力都較大，所以只能以間接但安全性高的族群調查來估算歷年各河段族群變化與放流成效。由於受到上游族群被大水沖移至下游、每年復育放流與攔砂壩阻隔族群之移動，使得本研究在估算族群變化上更難精確，但我們仍希望這樣的分析可以幫助管理處作為每年放流工作之參考，並得以更宏觀的眼光規劃放流計畫。

### （三）、歷年放流與族群變動估算

1998與1999年這一段期間，七家灣溪流域沒有颱風與暴雨，而且1998年的復育工作因為繁殖季颱風的關係，只有放流一百多尾，所以應該可以用這一段時間的調查資料來正確估算自然族群。我們選擇族群數目估計比較準確的秋季計數資料比較（表四），可以發現整個流域的幼魚加入率為49.1%，成魚死亡率為18.2%，幼魚加入的數目高於成魚死亡數目，顯示繁殖期之後新生族群大於死亡的族群。幼魚族群的加入會較成魚死亡高出30%以上之比例（約80尾）是因為1999整年都沒有重大天災，若有颱風或是豪雨，幼魚存活數目與比例將會更低。比較各個主要河段幼魚加入、成魚與幼魚死亡等情形，則會發現比例變化劇烈，原因可能是各河段的鮭魚族群仍有移出或移入的現象，某些河段族群總數過少造成統計誤差，或是計數調查本身的誤差造成的。

本研究嘗試以多年累積的完整族群資料，參考表四的計算方式，估算七家灣溪流域櫻花鉤吻鮭各主要河段族群的幼魚加入率（larva recruitment）、成魚死亡率（adult mortality）與幼魚死亡率（larva mortality），以了解櫻花鉤吻鮭族群變動的因素與可能原因。

為了儘可能正確估算，本研究選擇族群數目與分布之調查誤差均較小，接近繁殖期的秋季資料來分析，並假設二齡以上之鮭魚皆為自然死亡，所謂自然死亡包含因天災死亡、繁殖季節死亡與沖移至下游不適環境而死亡的個體，幼魚死亡率則包含每一年度放流族群的數目。我們將各河段的二齡以上成魚、一至二齡亞成魚與一齡以下之幼魚族群數量分別統計，自1996年秋季調查起，以每兩年間各齡鮭魚族群變化的情形，來估算整年間影響族群變化的死亡率與加入率。各齡族群數目估算公式如下：

假設1999年秋季調查各齡族群分別為二齡成魚數量A1，一至二齡亞成魚數量S1，幼魚數量L1；2000年秋季則為二齡成魚數量A2，一至二齡亞成魚數量S2，幼魚數量L2；2000年春季放流族群為R。則可以估算

$$2000\text{年幼魚加入率 (larva recruitment)} = L2/A1 (\%) ;$$

$$2000\text{年二齡成魚死亡率 (adult mortality)} = 1 - [ A2/(A1+S1) ] (\%) ;$$

$$2000\text{年幼魚死亡率 (larva mortality)} = 1 - [ S2/(L1+R) ] (\%) .$$

其中幼魚加入率的計算公式中雖沒有包含每年復育放流的幼魚族群R，但因公式是考量幼魚存活數量和前一季具有繁殖能力成魚的比例，幼魚加入比例其實已經包含各河段放流幼魚族群在內。成魚死亡率主要是估算繁殖季後二齡以上成鮭的自然死亡率，由於統計數字相隔一年，因此計算出的死亡率中包含天災或是其他非繁殖期死亡的個體。各河段加入率與死亡率並且包含移出移入的族群，不純粹只是死亡的數目。各年統計整理列於表五。

為降低攔砂壩阻隔、洪水造成鮭魚族群遷移、每年放流地點族群數量不一的情形，以及有些河段過短或族群數太少而造成估計上的錯誤，本研究將整個七家灣流域依照攔砂壩分隔之實際狀況，分成幾個主要河段來討論。以主流一號壩與三號壩為分段，主流一號壩以下為下游河段，包含有勝溪匯流點以上，以及高山溪全段，為避免高山溪一號壩以上族群因合計而看不出其真正變化，表五另列出高山溪一號壩以上，與高山溪一號壩以下和主流一號壩至迎賓橋兩河段的比較結果。主流一號壩至三號壩為中游河段，包含湧泉池及其支流

河段，但一至二號壩與二至三號壩結果已分列於表五。主流三號壩以上為上游河段，包含桃山北溪與桃山西溪（七家灣溪上游）至六號壩以上的河段。本研究以主要河段之間的比較來討論（表五）。將各主要河段族群變動分述如下：

一號壩以下包含高山溪全段的下游河段，幼魚加入率呈現忽高忽低的情形（表五），這是因本區包含高山溪與七家灣溪一號壩下兩個河段棲地環境與族群數目迥異所致。因此將兩河段分開討論，一號壩以下的成魚因受到上游族群沖移而有不斷加入的影響，死亡率並沒有大幅上升；幼魚加入率在這幾年則呈現大幅下滑的情況，這與此河段的水溫不適合繁殖，幼魚族群多為高山溪或二號壩以上之族群所沖移下來的，所以此河段的幼魚加入率並沒有穩定的增加。高山溪一號壩以上的幼魚加入率則呈現鋸齒狀的大幅度變化。成魚死亡率，亦是鋸齒狀變化。但兩者恰成相對變化，亦即該河段成魚死亡率大幅提升的同時，幼魚加入率就大幅度降低，因成魚的數量關係到隔年幼魚族群加入比率，而此河段1996年放流100尾，幼魚加入率不見明顯增加，但下游河段之幼魚加入率卻高達156.5%；1997年春季在此河段放流285尾，隔年加入率馬上高達105.3%。族群變動估算結果顯示高山溪一號壩上之族群，受到人為放流與大水移出之影響而經常有劇烈變動，自然狀況下的幼魚族群加入情況則十分不良。

七家灣溪一至三號壩河段由於距離較長，亦為櫻花鉤吻鮭分布數量最多的中游河段，因此我們以二號壩為界限，分成上下兩河段來表示。兩河段的成魚死亡率除了1999年外，似乎呈現一個平衡的狀態，成魚死亡率多在50%以上。1998年秋季調查由於對一至二齡成魚的過度低估，而有過低的成魚死亡率，若不包含1999年的資料，一至二號壩歷年平均死亡率為60.7%，二至三號壩為67.8%，兩河段之平均死亡率為64.2%，若與其他河段相比較，最為接近七家灣溪全域族群平均死亡率的57.2%。顯示此兩河段由於河段距離很長，鮭魚族群數量也多，因此族群受洪水移出至下游與上游移入的效應較小，成魚死亡率因而十分接近自然死亡率，此與余等（1987）觀察自然產卵種魚繁殖期後死亡率超過50%的結果頗為一致。但二至三號壩河段的死亡率，較下游的一至二號壩河段稍高，是值得注意的問題。

中游兩河段除了1999年與1997年二至三號壩之外，其他時間的成魚死亡率都較幼魚加入率來的高。顯示此兩河段的幼魚族群更新嚴重不足，繁殖率受環境影響變動過大，幼魚加入率呈現逐年下降的趨勢，實在令人擔憂。二至三號壩之間的河段原為櫻花鉤吻鮭幼魚族群的主要棲息地，但水溫與族群分析結果卻都顯示此河段棲地環境逐漸惡化，使得族群數量與比例一直無法增加（表二與表三）。

主流三號壩以上的上游河段，幼魚加入率多在30%以上（表五）。雖然1997年與1998年的幼魚數量下降，但此河段的整個幼魚加入率趨勢是逐漸上升的，1998年為37.9%，1999年為58.8%，在2000年並大幅上升至122.2%。此河段在1996年春季放流200尾，1997年春季放流285尾，1998年春季放流902尾。1996與1997年春季放流後並沒有發現幼魚加入率大幅提升的情形，而1998年放流902尾之後，隔年幼魚數量隨即提升20%以上，至2000年更大幅上升為122.2%。因此持續的放流對該河段櫻花鉤吻鮭族群之建立，似乎比較有用。這個結果讓我們注意到放流位置與族群數量對該河段加入率的影響，以及是否有可能評估出放流族群必須達到多少數量，才能建立穩定的櫻花鉤吻鮭族群。

圖九顯示1997年在二至三號壩之間與在1999年在高山溪一號壩上游的幼魚加入率大幅上升，達到600%以上。比較歷年放流記錄（吳，2000），可發現這是因為1997年與1999年春季的放流造成。1998年各河段的幼魚加入率表現最差，尤其是下游河段，這是因為當年全河段水溫上升嚴重所致。圖十中櫻花鉤吻鮭成魚死亡率高於100%為族群受到洪水，而有明顯移出現象，低於0%者為上游族群移入之影響。由圖十成魚死亡率的變化，觀察到1999年在高山溪一號壩以上以及主流一至二號壩之間因為移入的關係，有低於0%的死亡率變化。1997年成魚死亡率則是上游比下游高出許多。這應是因為當年賀伯颱風侵襲導致上游族群大量移往下游所造成。1998與2000年各河段的成魚死亡率則表現一致，都高於30%以上。圖十一的幼魚死亡率則顯示1997年的二至三號壩河段有遠低於0%的死亡率，恰與該河段當年成魚死亡率相反。



大部分鮭魚類都有領域行為。但實際調查發現，台灣的櫻花鉤吻鮭族群在非繁殖期的領域行為雖不明顯，但是仍可觀察到棲地空間與食物競爭的情形。由於攔砂壩阻隔鮭魚在上下河段行動自由的能力，使得各河段之間的競爭顯得更為嚴重，尤其是河段較短的上游與支流河段。每年管理單位進行復育放流時，為了減少同時受到環境改變而滅絕的壓力，而將所有仔魚分成二至三個小族群放流在不同河段。但因為每年復育的數量不穩定，有時每個河段只有一百多尾的放流數量。雖然放流幼魚在同一河段若超過一定數目時，將造成短時間幼魚大量集中，食物與隱匿空間不足而使得被掠食的機會大增。例如2000年春季在高山溪上游的三號壩放流時，便有許多人當場目擊到幼魚為櫻花鉤吻鮭成魚所捕食的畫面。但是由族群調查結果之分析顯示，放流數目較少的河段，似乎較難見到幼魚數目明顯增加的現象。本研究考慮歷年放流之數量，估算各主要河段櫻花鉤吻鮭幼魚死亡率，以評估放流對各河段族群的影響。比較表五的統計，並未發現放流與幼魚死亡率之間有任何直接關係。但觀察歷年各河段幼魚死亡率間的關係，可以發現當上游死亡率較小時，下游的死亡率就增高，而上游死亡率上升時，下游的死亡率卻會隨著變小。這可能是上游幼魚族群因為天災嚴重遷移的結果。因此下游自然繁殖比率較低的地方，會隨著上游族群的加入而改變。

放流須達到多少基本數目，才能建立穩定的族群呢？以司界蘭溪為例，在1996年放流前並無任何記錄，1996年春季放流60尾，1997年春季放流250尾，1997年夏季調查有24尾一齡至二齡成魚，14尾幼魚。但1998年夏季調查，時則已無任何魚蹤，研判應是人為獵捕所致（曾，1998）。1996年放流幼魚死亡率為60%，但隔一年半之後仍有24尾的櫻花鉤吻鮭幼魚長成；1997年放流之死亡率高達94.6%，但1997年調查時由於水量較大，司界蘭溪多急瀨，兩岸罩蓋度亦佳，因而不易發現魚蹤，所以幼魚存活數目應該更高。若以在司界蘭溪並不是良好幼魚棲地的環境中，少量的幼魚放流也能有高比例存活的結果而言，在七家灣溪多樣棲地富隱匿環境的上游河段，應該會有更好的結果才是。但事實上從表五中卻未能發現這樣的結果，七家灣溪上游較短的河段卻有較多攔砂壩的棲地環境，使得幼魚有較多機會被沖至下游卻無法回到上游，可能是使得

幼魚族群不若預期中會增加的主要原因。但真正理由則仍有待持續調查與進一步的分析。

七家灣溪三號壩以上的幼魚死亡率雖然時有增減，但幼魚加入率仍然穩定上升。這應是管理處過去三年以固定數量200尾以上，之持續放流的結果。這樣的放流方式可以幫助該河段櫻花鉤吻鮭在賀伯颱風後之族群數量回升，而且結構恢復穩定。此結果應可作為國家公園管理處在制定放流策略與行動時，對放流數量與選擇河段時的參考依據。

對剛出生的幼魚而言，避難所是非常重要的，因此隱匿棲所的多少對櫻花鉤吻鮭整個族群的延續是非常重要的。幼魚由於生性畏光且游泳能力不好，為了閃躲天敵或成魚掠食，常會躲在岸邊緩流區，最好能有芒草掩蔽或是其他良好罩蓋。在颱風或是暴雨之後，水量大增且夾帶大量泥沙，整個鮭魚族群，尤其是體積較大而不易找到躲避地方的成魚，往往需要面積較大的緩流區來躲避洪水。例如1996年十月賀伯颱風來襲，造成整個櫻花鉤吻鮭生存流域重大的棲地破壞與族群傷害，當時露營場河段可以觀察到很多鮭魚就在暴漲溪水旁較緩的回流區徘徊。然而水退之後，有些鮭魚來不及退回溪中，被困在沙洲上而不幸死亡。整個七家灣河流域中，只有湧泉池與桃山北溪小瀑布以下之河段，是匯入七家灣溪主流的小支流河段，也是比較好的天然避難所。前者河段適合成魚與幼魚，後者河段則由於水淺潭少較適合幼魚躲避，例如：在1996年秋季賀伯颱風過後的族群計數裡，可以觀察到湧泉池與桃山北溪有較以往更多的鮭魚數目之情形（表三）。

七家灣溪的另一主要支流—高山溪河段，雖然歷年調查結果顯示此河段仍有一定數量之鮭魚存活，且七家灣溪一號壩以下之河段中，高山溪一號壩至匯流點的族群數目常佔該段最高之比例，顯示就算合適的棲地環境不足，但是較低水溫之環境仍然會吸引此河段的鮭魚聚集。但由於高山溪常在春夏豐水季節時較七家灣溪主流還先混濁，棲地環境上也較少深潭緩流，因此並不是個好的避難所。在七家灣河流域某些缺乏避難所棲地的河段，以人工方式建立避難所，或許是個可行的方式。如：1994年的棲地改善工程，在觀魚台旁挖掘出另

一個多深潭的小分流河道作為人工避難所，1998年湧泉池的棲地改善，將原本的淤泥清出，都是改善棲地方式。

戴（1992）認為攔砂壩興建之後，颱風對櫻花鉤吻鮭族群會造成四點影響：1.幼魚易受到環境變動的影響而增高死亡率；2.攔砂壩阻礙了被洪水沖刷至下游的魚群回到上游；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。由上可知，颱風、豪雨所帶來的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，其中上游地區族群數量的大幅度滑落正印證了其看法。尤其這些上游河段長期是目前七家灣溪水溫較為穩定的河段，是櫻花鉤吻鮭棲息與繁殖的良好棲所，因此為了解決攔砂壩所帶來的災害放大效應，應儘快設法研究攔砂壩拆除事宜，同時應利用人工復育放流，設法增加並維持這些溪段之族群數量及基因歧異度

司界蘭溪在1996與1997年連續放流之後，雖然曾經建立起小規模櫻花鉤吻鮭族群，卻因釣客捕捉而殆盡。因此在1998年夏季普查時已無魚群分布之蹤跡，實在令人痛心！但就歷史記錄、物化棲地因子等各項因子而言，此地仍是一條櫻花鉤吻鮭棲息的河川。因此若能與2000年春季在環山當地成立的巡守隊合作，做好司界蘭溪保護工作，仍不失為一良好域外放流之溪段。另一條也是曾有櫻花鉤吻鮭分布河川的南湖溪，流域面積相當大、多深潭且罩蓋度佳，與七家灣溪流域的桃山北溪小瀑布以上的溪段一樣坡降平緩，溪流棲地型態以深潭、緩平賴、斜急瀨為主，三者呈現交互出現的分布，植被覆蓋及罩蓋度良好，冬季水溫在8至9 之間，溫差極小。兩河段都有可供成魚躲藏覓食的處所，亦有多處優良的繁殖場可供使用，都是相當合適的棲息地，將來可作為未來人工復育放流的考慮溪段。

## 二、水溫對櫻花鉤吻鮭族群的影響

本年度除持續於各溪段進行水溫的長期監測分析外，並配合棲地測量作業結果及歷年的連續水溫監測資料進行比對分析，期能找出水溫上升最嚴重的溪段，再結合春季普查所得的各溪段幼魚數量分布之情形進行綜合分析，期能研

究相關影響因子，以謀求改善的策略。

若將17 視為成魚分布的臨界水溫 (Kano, 1940)，12 當成鮭卵孵化致死的水溫參考值 (楊, 1997)，因此夏季最高水溫是否超過17 與秋末冬初水溫降溫至12 的時間。是影響櫻花鉤吻鮭族群分布與更新的重要水溫參考值。所以我們在分析各主要河段自1996年起的連續水溫變化時，將各河段的連續水溫變化圖中標上12 與17 等溫線作為比較的參考。七家灣溪流域海拔最高的兩個測站五號壩測站 (圖十二) 與三號壩測站 (圖十三)，有較穩定的水溫環境，全年水溫均低於17 ，水溫也較早 (約在十一月初以前) 即降溫至12 以下。中下游河段的二號壩測站 (圖十四)、觀魚台測站 (圖十五)、一號壩測站 (圖十六)、露營場河段 (圖十七) 與迎賓橋河段 (圖十八) 各站的夏季最高水溫皆超過17 。其中迎賓橋附近河段與一號壩河段的水溫資料顯示較其他測站，有更長的時間處在高水溫的情形，而秋末繁殖期的水溫卻較其他河段更晚開始降溫至12 以下，是各河段中水溫環境最不適合櫻花鉤吻鮭棲息與繁殖的河段。自1996年起的歷年水溫變化顯示，各河段的全年最低水溫皆有逐漸升高的趨勢，尤其上游的三號壩河段最為明顯，水溫高於五號壩河段甚多。支流高山溪匯流點 (圖十九) 與上游 (圖廿) 的水溫記錄和七家灣溪相比較，顯示高山溪水溫條件較七家灣溪來的優良，應是高山溪河域較窄、流速較急與兩岸森林罩蓋度較良好有關。由高山溪下游匯流點的水溫記錄來看，高山溪全年水溫均低於17 ，而在十一月初水溫即已降至12 以下。總結來說，依據水溫條件與族群計數的結果而言，可以歸納出七家灣溪上游五號壩以上的河段，與高山溪河段為鮭卵孵化的合適良好場所。而水溫資料與族群資料相比較時，可以發現櫻花鉤吻鮭族群在迎賓橋至一號壩附近的河段，因水溫條件不良而有逐漸退縮至上游的趨勢，目前族群集中在水溫條件較好的高山溪支流下游或是一號壩下游至匯流點之間的河段。支流湧泉池的長期水溫記錄 (圖廿一) 顯示此河段的水溫變化穩定，是所有測站中水溫變化最小的，水溫條件仍如以往一般穩定。

本研究為監測拆壩前後水溫變化情形，在管理處拆除高山溪四號壩之前，自1998年12月31日起即放置水溫記錄器在高山溪三號壩上，希望完整監測連續

水溫變化，以了解水溫變化受攔砂壩影響的程度。但是自1999年10月14日至2000年5月12日的水溫資料，因記錄器故障而遺漏此時間的水溫資料，因此無法更完整比較拆壩前後不同時間的水溫變化。但由圖廿中仍可以看出全年水溫低於17℃，由趨勢來看，應該是在十一月初以前水溫即已降低至12℃以下。

本研究雖然並不特別針對七家灣溪流域另一種原生魚類—俗稱苦花的台灣鏟頰魚的分布與數量做調查，但實地觀察發現此種魚類在七家灣溪流域的分布目前已可達二號壩之下。與七家灣溪流域中其他原生魚類相較，台灣鏟頰魚與櫻花鉤吻鮭有最大重疊分布的空間與河段。雖然如此，台灣鏟頰魚在一至二號壩之間的分布是不均勻的，觀魚台以上的河段，只有很少數的台灣鏟頰魚族群。1999年秋季與2000年夏秋兩季連續三次之計數，都只在二號壩下方幾百公尺河段之內才能發現到少數的台灣鏟頰魚。就算是下游的一號壩至觀魚台的河段，也只有靠近一號壩附近的河段才有較多的數量。相較於一號壩以下，台灣鏟頰魚龐大而完整的族群，一號壩以上的族群顯得相當稀少。由於二號壩之下的台灣鏟頰魚可能是人工放流所存在的族群，因此觀魚台附近的河段或許是台灣鏟頰魚在七家灣溪流域分布的自然上限。若不考慮一號壩下方為高壩阻隔的鮭魚族群而言，櫻花鉤吻鮭要到一號壩以上的觀魚台附近才有較多族群的分布。顯然現觀魚台以上之河段，可能才是現今櫻花鉤吻鮭分布的主要河段。如此看來，觀魚台應該可以算是櫻花鉤吻鮭與台灣鏟頰魚分布的自然界限。但是觀魚台附近並無天然地形障礙，可以阻礙台灣鏟頰魚或櫻花鉤吻鮭自由活動，因此在河段相通與棲地連續的情形下，只有水溫是最有可能限制台灣鏟頰魚分布的環境因子。

此河段在1999年十月間的平均水溫是13.8℃，2000年四月平均水溫是15.0℃。與其上游二號壩河段1999年十月平均水溫是14.0℃，2000年四月平均水溫是12.2℃相比；更下游的一號壩河段在1999年十月平均水溫是14.4℃，2000年四月平均水溫則是12.3℃。夏季調查前的四月水溫顯示觀魚台河段較上下游河段有較高的平均水溫，而秋季計數時的十月水溫雖然觀魚台河段沒有明顯的高水溫，仍較其他河段尤其是二號壩河段，有較高的溫差變化。監測資料顯示此河段對櫻花鉤吻鮭水溫過高，對台灣鏟頰魚卻又過低以致於形成生物分布的天

然界限。

將1999年繁殖前期（11月）七家灣溪各河段水溫監測站的平均水溫值作一次線性迴歸，再與七家灣溪河床坡降做比較（圖廿二），可以發現到1997年12等溫線位置已由楊（1997）報告中在二號壩下的河段，1998年上升至三號壩左右的河段，1999年則上升至六號壩以上的位置。雖然去年水溫資料顯示12等溫線不尋常的快速遷移至六號壩以上的河段。由以上的分析顯示，整個七家灣溪三號壩以下的河段，在聖嬰年間水溫條件並非合適櫻花鉤吻鮭繁殖場所。

## 肆、結論與建議

將本研究報告結論摘要如下：

1、1999年秋季的普查結果共計發現782尾櫻花鉤吻鮭，其中一齡以下幼魚有132尾，一至二齡的亞成魚有228尾，二齡以上的成魚有422尾，整個族群結構偏向老化。2000年夏季的普查結果則共計發現728尾櫻花鉤吻鮭，其中一齡以下幼魚有339尾，一至二齡的中型成魚有176尾，二齡以上的大型成魚則有213尾。2000年秋季普查結果總計為796尾，其中一齡以下幼魚有193尾，一至二齡的中型成魚有326尾，二齡以上的大型成魚有277尾。

2、2000年夏秋兩季調查時間相隔甚短，期間並無嚴重天然災害發生，但仍發現整個櫻花鉤吻鮭族群往下游遷移的情況，顯示溪中攔砂壩對櫻花鉤吻鮭族群的阻隔持續影響各河段族群數目變化。七家灣溪流域中櫻花鉤吻鮭的分布上限仍為桃山西溪六號壩下，分布下限則為迎賓橋有勝溪匯流點附近，但近幾年櫻花鉤吻鮭族群分布有逐漸退出迎賓橋河段的趨勢，只分布到大概露營場。

3、2000年夏秋兩季調查顯示七家灣溪四號壩以上河段是一齡以下櫻花鉤吻鮭幼魚族群最集中的河段，此河段為自然繁衍的族群，顯示此河段自1996年賀伯颱風後，漸漸回復為適合鮭魚繁殖的良好棲地。幼魚數量次高為高山溪與主流的湧泉池河段，此兩河段族群應是2000年初放流所建立的。實驗記錄上水溫過高不適繁殖的主流一號壩至二號壩河段，仍可發現不少數量幼魚，應為上

游族群被大雨沖下之個體。4、櫻花鉤吻鮭持續遭受天災、幼魚更新不良、攔砂壩阻隔族群與水溫環境惡化多重效應，造成鮭魚族群數量一直無法增加，分布範圍在七家灣溪下游與高山溪河段並且有明顯退縮趨勢。

4、櫻花鉤吻鮭持續遭受颱風侵襲等天災、攔砂壩阻隔與環境條件水溫惡化多重壓力之下，造成族群數量一直無法增加，在七家灣溪下游河段近幾年的分布範圍並且有明顯退縮情形。

5、族群變動估算結果顯示，因遭攔砂壩分割造成各河段櫻花鉤吻鮭族群數量大幅變動，並使得族群數量無法自然地穩定增加，但持續而有計畫的放流工作可以幫助上游河段建立穩定族群。因此在攔砂壩未完全拆除，鮭魚仍舊被嚴重隔離，且上游族群數量易因天災影響而萎縮甚至滅絕時，復育放流是最有效建立上游族群，維持鮭魚基因多樣性的重要工作。持續監測鮭魚族群變動與評估放流效益可以作為管理單位擬定放流計畫與政策之依據。

6、高山溪四號壩拆除後櫻花鉤吻鮭分布的擴張情形，可以說明原有攔砂壩對鮭魚族群造成的阻隔影響。由歷次族群分布資料顯示拆壩前後的族群分布有顯著改變，游泳能力較好的二齡成魚多聚集在破壩以上有較多深潭棲地的天然河段。管理處在2000年秋季更進一步拆除三號壩，使得高山溪自二號壩以上成為一連續河段，但此項工作對鮭魚族群的真實影響仍有待持續調查與分析。

根據以上的研究分析，認為可建議管理單位：

1、放流在七家灣溪上游的幼魚族群，相對於放流在高山溪的族群，有更多樣的生存棲地，也有較多機會被沖移到更下游地區。因此未來人工復育後的幼魚應優先考慮在七家灣溪上游河段放流。

2、三號壩的拆除工程期間正好是櫻花鉤吻鮭產卵季節，施工期間為挖除淤砂造成長期溪水混濁，重機械的移動與運作會改變河床棲地，使得當時進行繁殖的鮭魚承受極大的壓力。雖然真正影響還有待持續調查分析，但必然對此河段今年鮭魚繁殖造成衝擊。由於拆壩的原意是為增加鮭

魚族群生存空間，但拆壩過程必須使用到重機械，人員也須頻繁出入保護區，因此拆除規劃報告為保護施工區的鮭魚族群已訂下嚴密的防範措施（葉，1999）。但今年在執行時卻因申請手續延宕，造成施工期展延至繁殖季節。此外研究人員在調查過程中亦發現拆壩工作人員未完全遵守施工規範。因此建議未來新的拆除計畫必須更注意拆壩時間應選在流量最低、河床穩定且鮭魚活動力旺盛的春季，約三至五月間最為合適，應避免在水量豐沛的夏或鮭魚繁殖的秋季進行。若不得以選在夏季進行，也應在九月底以前完成工作，讓河床得以在繁殖季前逐漸恢復穩定，以免干擾鮭魚繁殖季的進行。

3、請相關水土保持專家研究現有七家灣溪攔砂壩對沿溪邊坡穩定的影響，並以直接數據說明在高山地區興建攔砂壩對於水土保持的效用如何？本研究調查結果顯示高壩確實阻礙櫻花鉤吻鮭尋找更合適的生存棲地，因此建議拆壩工作應持續進行，以幫助鮭魚進行基因交流、擴大族群分布與更新幼魚，這也是拯救櫻花鉤吻鮭族群與復育舊有分布棲地最重要的關鍵。

4、對拆壩意見分歧的不同單位，建議可以使用間隔拆壩方法，或許較容易妥協而達成目標，例如：一號壩至三號壩河段中，將較矮且已無功用的二號攔水壩拆除，一方面可以先觀察拆壩對櫻花鉤吻鮭族群數量與分布擴展的關係，一方面也可以看到河床棲地逐漸改變的狀況。持續的族群調查結果並可以進一步評估拆壩計畫，這樣應可減少水庫與林管當局對拆除所有攔砂壩的疑慮。事實上由於一次將溪中所有攔砂壩拆除對整個溪流環境影響甚大，雖然時間相對集中而縮短對環境衝擊，但是大量原本淤積的泥沙同時釋放出來，可能會對鮭魚的生存環境與河床棲地造成極大傷害。且七家灣溪較高山溪來的河寬水急，拆壩計畫須由更多專家學者詳加評估，以高山溪攔砂壩拆除的經驗，針對鮭魚數量、砂石累積量與對下游集水區影響，考慮是否在更下游河段建立砂庫或是事先挖除攔砂壩所累積的砂石，以疏濬取代新建的方式，以使計畫更為周全完備。



## 伍、謝誌

本計畫有賴雪霸國家公園管理處全體同仁的協助與支持。野外實際調查工作的進行，完全是由清華大學生命科學系魚類分子演化與淡水生態實驗室所有成員不辭辛勞的協助調查。水溫資料的分析及資料的整理，則有賴助理游智閔及楊正雄二人之協助與分析，方得以完成本項工作，均僅於文末致謝之。

野外工作上並得到雪霸國家公園武陵管理站、國家公園警察隊武陵小隊與武陵農場各單位同仁的大力協助，特此致謝。

## 陸、參考文獻

Hendry, A. P., J. K. Wenburg, P. Bentzen, E. C. Volk, and T. P. Quinn, 2000. Rapid evolution of reproductive isolation in the wild: evidence from introduced salmon. *Science*. 290: 516-518.

Kano, T., 1940. Zoogeographical studies of the Tsugitaka Mountains of Formosa. *Inst. Ethnogr. Res. Torkyo*. 145pp.

Kuramoto, T., K. Arima, S. Kawakami, N. Shimizu, A. Nakawatri, M. Hasegawa, S. Hirama, K. Moriyama, K. Yotsugi, F. Yasuda, and O. Hiroi., 1988. On the early development and the occurrence of twin malformation in chum salmon eggs and fry. *Sci. Rep. Hokkaido Salmon Hatchery*. 42: 59- 73 (in Japanese).

Watanabe, M., and Y. L. Lin 1985. Revision of the salmonid fish in Taiwan. *Bull. Biogeog. Soc. Japan* 40 ( 10 ) : 75- 84.

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 , 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。

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。

林曜松、楊平世、梁世雄、曹先紹、莊鈴川 , 1987 , 櫻花鉤吻鮭生態之研究 (一)魚群分布與環境因子間關係之研究 , 農委會76年生態研究第023號 , 55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、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。

林永發、陳裕良、廖林彥，2000，2000年櫻花鉤吻鮭保育紀要，雪霸國家公園管理處研究報告，39頁。

邱建介，1991，探尋國寶魚-櫻花鉤吻鮭魚的故鄉，台灣林業，17(8):25-29。

吳祥堅，2000，台灣櫻花鉤吻鮭 (*Oncorhynchus masou formosanus*) 人工繁殖與放流，櫻花鉤吻鮭保育研究研討會論文集，31-46頁。

曾晴賢，1994，櫻花鉤吻鮭族群調查及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，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。

楊正雄，1997，水溫對櫻花鉤吻鮭的影響，國立清華大學生命科學系碩士班碩士論文。

葉昭憲、段錦浩與連惠邦，1999，七家灣溪河床棲地改善之試驗研究（二），內政部營建署雪霸國家公園管理處，50頁。

賴建盛，1996，防砂壩對櫻花鉤吻鮭物理棲地影響之研究，國立臺灣大學地理

學研究所碩士論文。

戴永禎，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。

表一：1999 年秋、2000 年夏與 2000 年秋等三季七家灣溪各河段櫻花鉤吻鮭族群數量比較表。其中成鮭為體長達 25cm 以上的二齡以上個體；亞成鮭為 15cm 以上，25cm 以下之一至二齡的個體；幼鮭則為當年度新加入的一齡魚族群，體長在夏季為 5 至 7cm，秋季則可達 15cm 左右。灰框字為該季該齡族群最高數目的河段。

調查時間 地點/族群類別	1999 秋			2000 夏			2000 秋		
	成鮭	亞成鮭	幼鮭	成鮭	亞成鮭	幼鮭	成鮭	亞成鮭	幼鮭
迎賓橋至高山溪匯流點	3	1	0	0	4	2	0	3	0
高山溪匯流點至主流一號壩	26	9	0	37	1	15	33	16	4
主流一至二號壩	102	37	17	59	20	54	52	42	17
主流二至三號壩	140	63	19	41	52	14	73	52	31
湧泉池	12	14	10	6	17	42	9	55	10
主流三至四號壩	9	14	9	5	0	5	4	14	13
桃小山北溪瀑布至匯流點	1	8	5	2	22	0	6	12	2
小瀑布至桃山北溪一號壩							1	1	0
主流四至五號壩	37	13	6	6	13	86	28	52	52
主流五至六號壩	25	6	10	13	13	51	20	24	21
高山溪一號壩以下	33	31	13	17	17	5	33	24	11
高山溪一至二號壩	25	28	42	22	5	1	1	2	0
高山溪二至三號壩	0	0	0	1	0	0	0	0	0
高山溪三至四號壩	0	0	0	0	7	36	4	14	10
高山溪四號壩以上	12	4	1	4	5	28	13	15	22
小計	422	228	132	213	176	339	277	326	193
各季合計		782			728			796	

表二：自 1996 年至 2000 年櫻花鉤吻鮭二齡成魚、一至二齡亞成魚與幼魚在各河段族群比較表。時間欄內 W 指秋季調查值，S 指夏初調查值。合計欄總和未達 100 % 是因為某些河段未包含統計所致。這包含七家灣溪流域的桃山北溪小瀑布以上與迎賓橋以下河段及司界蘭溪的調查結果。

族群分類	二齡以上成魚 ( % )									一至二齡亞成魚 ( % )									一齡以下幼魚 ( % )									
	河段/時間		96'W	97'S	97'W	98'S	98'W	99'S	99'W	00'S	00'w	96'W	97'S	97'W	98'S	98'W	99'S	99'W	00'S	00'w	96'W	97'S	97'W	98'S	98'W	99'S	99'W	00'S
迎賓橋至高山溪匯流點		2.6	12.2	5.8	2.7	3.7	3.6	0.7	0.0	0.0	4.9	1.4	4.9	0.3	6.5	2.6	0.4	2.3	0.9	9.8	0.2	2.5	0.0	0.8	0.0	0.0	0.6	0.0
高山溪匯流匯流點至一號壩		8.5	17.4	14.0	11.0	13.0	23.6	6.2	17.4	11.9	3.7	3.1	7.9	5.8	12.1	6.7	3.9	0.6	4.9	5.7	0.2	4.8	3.5	4.1	1.0	0.0	4.4	2.1
高山溪一號壩至高山溪匯流點		3.1	8.1	6.5	3.6	16.7	4.5	7.8	8.0	11.9	5.6	14.7	8.7	2.1	14.2	5.7	13.6	9.7	7.4	17.2	11.8	5.1	0.4	3.3	7.9	9.8	1.5	5.7
一號壩以下小計		14.2	37.8	26.3	17.3	33.5	31.8	14.7	25.4	23.8	14.3	19.2	21.5	8.2	32.8	15.0	18.0	12.5	13.2	32.7	12.2	12.5	3.9	8.3	8.9	9.8	6.5	7.8
主流一號壩至觀魚台		7.1	9.9	8.0	3.9	6.3	7.3	0.7	6.6	6.1	12.1	1.1	0.9	4.1	2.0	5.2	8.3	2.3	3.1	12.5	0.3	1.6	3.5	1.7	1.0	6.8	3.2	1.0
觀魚台至主流二號壩		9.4	23.5	15.0	21.7	14.1	16.4	22.7	21.1	12.6	14.6	3.1	15.4	9.2	9.7	11.9	7.9	9.1	9.8	13.8	1.7	6.9	9.6	17.4	4.7	6.1	12.7	7.8
主流一至二號壩小計		16.5	33.4	22.9	25.6	20.4	23.6	23.5	27.7	18.8	26.7	4.2	16.2	13.4	11.7	17.1	16.2	11.4	12.9	26.3	2.1	8.5	13.1	19.0	5.8	12.9	15.9	8.8
主流二至三號壩		20.5	11.3	22.7	41.4	18.6	28.2	33.2	19.2	26.4	27.4	46.7	45.8	42.8	28.3	35.8	27.6	29.5	16.0	10.1	54.0	67.0	26.6	25.6	31.9	14.4	4.1	16.1
湧泉池及湧泉支流		3.4	1.7	0.2	0.3	5.9	0.9	2.8	2.8	3.2	3.6	2.2	1.7	5.5	2.0	5.2	6.1	9.7	16.9	14.1	0.3	1.8	15.3	24.8	2.6	7.6	12.4	5.2
主流二至三號壩小計		23.9	13.1	22.9	41.7	24.5	29.1	36.0	22.1	29.6	31.0	48.9	47.5	48.3	30.4	40.9	33.8	39.2	32.8	24.2	54.4	68.8	41.9	50.4	34.6	22.0	16.5	21.2
主流三至四號壩		25.0	5.5	7.0	4.2	11.9	4.5	2.1	2.3	1.4	12.2	1.9	2.8	4.5	5.3	3.6	6.1	0.0	4.3	8.4	2.4	2.2	13.5	10.7	1.6	6.8	1.5	6.7
無名溪小瀑布以下		4.3	2.6	2.7	0.0	0.4	0.0	0.2	0.9	2.2	2.7	3.1	2.8	0.3	2.0	9.3	3.5	12.5	3.7	1.0	0.3	1.2	0.0	0.8	19.4	3.8	0.0	1.0
主流三至四號壩小計		29.3	8.1	9.7	4.2	12.3	4.5	2.4	3.3	3.6	15.0	5.0	5.5	4.8	7.3	13.0	9.6	12.5	8.0	9.4	2.7	3.4	13.5	11.6	20.9	10.6	1.5	7.8
主流四至五號壩		7.7	2.6	7.7	2.1	3.3	1.8	8.8	2.8	10.1	8.5	1.9	3.0	14.7	6.1	6.2	5.7	7.4	16.0	5.4	0.7	2.9	13.1	6.6	2.6	4.5	25.4	26.9
主流五至六號壩		2.0	2.6	4.6	2.4	3.3	3.6	5.9	6.1	7.2	3.1	3.3	1.9	1.0	1.2	1.0	2.6	7.4	7.4	1.3	2.6	1.5	6.1	3.3	3.7	7.6	15.0	10.9
主流六號壩以上		0.3	0.9	1.0	1.2	0.0	0.0	?	?	?	0.9	0.8	0.4	0.3	0.0	0.0	?	?	?	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	?	?	?
主流四至六號壩小計		9.9	6.1	13.3	5.7	6.7	5.5	14.7	8.9	17.3	12.4	6.1	5.3	16.1	7.3	7.3	8.3	14.8	23.3	6.7	4.0	4.4	19.2	9.9	6.3	12.1	40.4	37.8
高山溪一至二號壩		4.8	0.9	3.4	4.2	1.5	4.5	5.9	10.3	0.4	0.0	8.1	2.1	7.5	9.7	6.2	12.3	2.8	0.6	0.0	23.0	2.2	2.6	0.0	23.0	31.8	0.3	0.0
高山溪二至三號壩		0.6	0.0	1.0	1.2	0.4	0.9	0.0	0.5	0.0	0.5	0.8	0.9	0.3	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.1	0.0	0.8	0.5	0.0	0.0	0.0
高山溪三至四號壩			0.6	0.5	0.3	0.7	0.0	2.8	1.9	6.1	?	1.1	0.9	0.0	0.4	0.5	1.8	6.8	8.9	?	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.8	18.9	16.6
高山溪一號壩以上小計		5.4	1.5	4.8	5.7	2.6	5.5	8.8	12.7	6.5	0.5	10.0	3.8	7.9	10.5	6.7	14.0	9.7	9.5	0.7	23.4	2.4	2.6	0.8	23.6	32.6	19.2	16.6
司界蘭溪中上游			0.0	?	0.0	?	?	?	?	?	?	6.7	?	0.0	?	?	?	?	?	?	1.2	?	0.0	?	?	?	?	?
合計		99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	100	100	100	100	100	100	100	100	94	100	100	100	100	100

表三：櫻花鉤吻鮭歷年各河段成魚、亞成魚與幼魚族群分佈比較表。調查河段包含七家灣溪流域及高山溪支流與司界蘭溪。時間欄內 W 指秋末調查數量，S 指夏初調查數量。

分類.時間 河段	各河段二齡以上成魚數量 (尾)										各河段一齡成魚數量 (尾)										各河段幼魚數量 (尾)									
	96'W	97'S	97'W	98'S	98'W	99'S	99'W	00'S	00'W	96'W	97'S	97'W	98'S	98'W	99'S	99'W	00'S	00'W	96'W	97'S	97'W	98'S	98'W	99'S	99'W	00'S	00'W			
和平農場~迎賓橋	3	?	?	?	?	?	?	?	?	1	?	?	?	?	?	?	?	?	0	?	?	?	?	?	?	?	?			
迎賓橋~高匯點	9	42	24	9	10	4	3	0	0	29	5	23	1	16	5	1	4	3	29	2	21	0	1	0	0	2	0			
匯流點~一號壩	30	60	58	37	35	26	26	37	33	22	11	37	17	30	13	9	1	16	17	2	40	8	5	2	0	15	4			
一號壩~觀魚台	25	34	33	13	17	8	3	14	17	71	4	4	12	5	10	19	4	10	37	4	13	8	2	2	9	11	2			
觀魚台~二號壩	33	81	62	73	38	18	96	45	35	86	11	72	27	24	23	18	16	32	41	20	57	22	21	9	8	43	15			
二號壩~三號壩	72	39	94	139	50	31	140	41	73	161	168	215	125	70	69	63	52	52	30	630	553	61	31	61	19	14	31			
湧泉池及湧泉支流	12	6	1	1	16	1	12	6	9	21	8	8	16	5	10	14	17	55	42	4	15	35	30	5	10	42	10			
三號壩~四號壩	88	19	29	14	32	5	9	5	4	72	7	13	13	13	7	14	0	14	25	28	18	31	13	3	9	5	13			
無名溪小瀑布以下	15	9	11	0	1	0	1	2	6	16	11	13	1	5	18	8	22	12	3	4	10	0	1	37	5	0	2			
無名溪 無一號壩	0	0	0	0	?	?	?	?	1	0	0	0	0	?	?	?	?	1	0	0	0	0	?	?	?	?	0			
無一號壩 匯流點	0	0	0	0	?	?	?	?	?	0	0	0	4	?	?	?	?	?	0	0	0	13	?	?	?	?	?			
四號壩~五號壩	27	9	32	7	9	2	37	6	28	50	7	14	43	15	12	13	13	52	16	8	24	30	8	5	6	86	52			
五號壩~六號壩	7	9	19	8	9	4	25	13	20	18	12	9	3	3	2	6	13	24	4	30	12	14	4	7	10	51	21			
六號壩以上	1	3	4	4	0	0	?	?	?	5	3	2	1	0	0	?	?	?	0	9	0	0	0	0	?	?	?			
高一號壩~匯流點	11	28	27	12	45	5	33	17	33	33	53	41	6	35	11	31	17	24	51	138	42	1	4	15	13	5	11			
高一號壩~二號壩	17	3	14	14	4	5	25	22	1	0	29	10	22	24	12	28	5	2	0	268	18	6	0	44	42	1	0			
高二號壩~三號壩	2	0	4	4	1	1	0	1	0	3	3	4	1	1	0	0	0	0	2	0	1	0	1	1	0	0	0			
高三號壩~四號壩	?	2	2	1	2	0	12	4	17	?	4	4	0	1	1	4	12	29	?	5	1	0	0	0	1	64	32			
司界蘭溪中上游	?	0	?	0	?	?	?	?	?	?	24	?	0	?	?	?	?	?	?	14	?	0	?	?	?	?	?			
總計	352	344	414	336	269	110	422	213	277	588	360	469	292	247	193	228	176	326	297	1166	825	229	121	191	132	339	193			

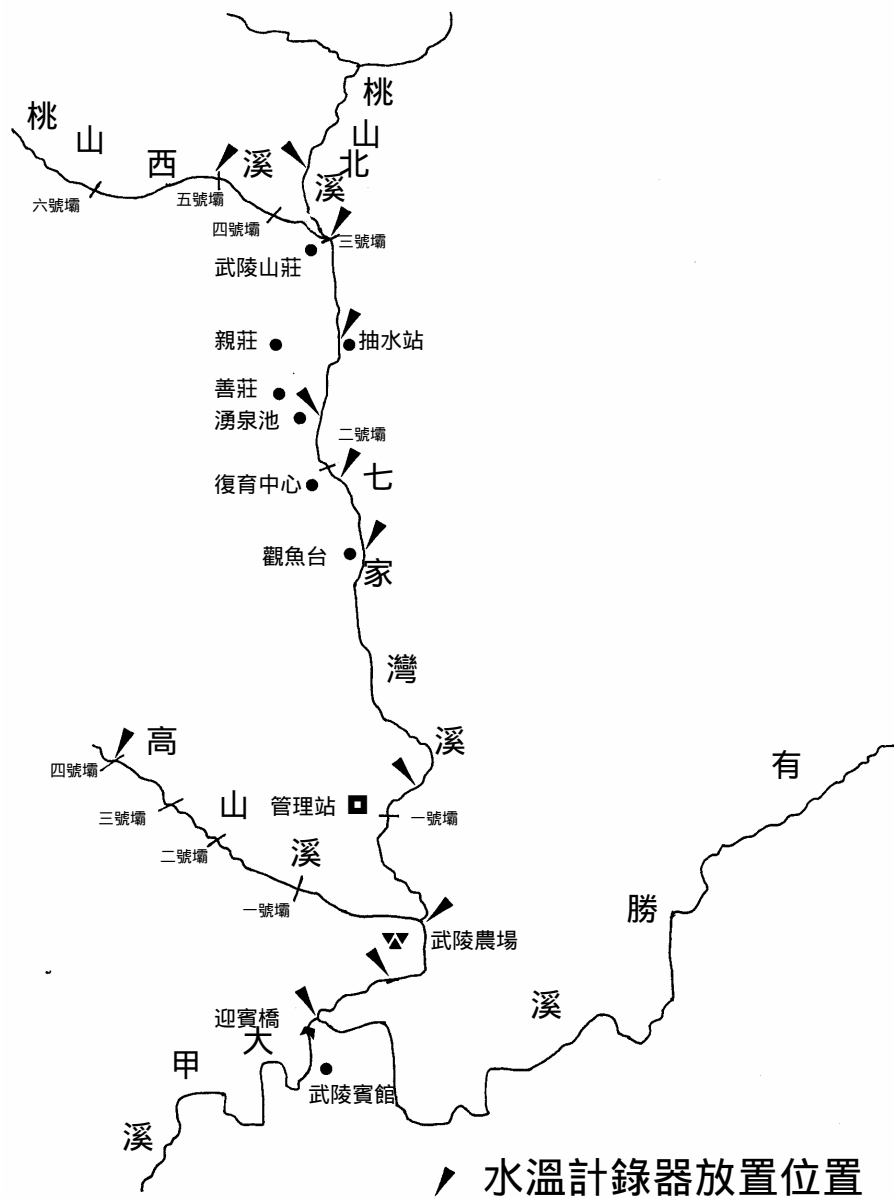
表四：1998 年與 1999 年秋末七家灣溪櫻花鉤吻鮭族群計數結果比較表。在此兩年間，七家灣溪流域並未遭受颱風或暴雨的侵襲，並且只有在湧泉池河段放流 85 尾幼魚，因此將各齡族群變化視為自然狀態，以分段統計幼魚自然加入率、成魚自然死亡率與幼魚死亡率。估算公式中假設所有二齡成魚皆為自然死亡。幼魚則為體長未滿 15cm 的新進族群。表中的 \* 為包含放流族群所估算數值。

調查時間	1998W			1999W			幼魚加入率 recruitment rate (%)	二齡成魚死亡率 adult mortality (%)	幼魚死亡率 larva mortality (%)
	二齡魚	一齡魚	幼魚	二齡魚	一齡魚	幼魚			
河段/族群合計	A	B	C	D	E	F	F/A	1-D/(A+B)	1-E/C
公式代號	A	B	C	D	E	F	F/A	1-D/(A+B)	1-E/C
有勝匯口至主流一號壩	45	46	6	29	10	0			
高山溪匯至高山溪一號壩	45	35	4	33	31	13			
迎賓橋至主流一號壩小計	90	81	10	62	41	13	14.4	63.7	-310.0
高山溪一至二號壩	4	24	0	25	28	42			
高山溪二至三號壩	1	1	1	0	0	0			
高山溪三號壩以上	2	1	0	12	4	1			
高山溪一號壩以上小計	7	26	1	37	32	43	614.3	-12.1	-3100.0
主流一號壩以下合計	97	107	11	99	73	56	57.7	51.4	-563.6
主流一至二號壩	55	29	23	99	37	17	30.9	-17.9	-60.9
主流二至三號壩	50	70	31	140	63	19			
湧泉池及其支流	16	5	30	12	14	10			
主流二至三號壩小計	66	75	61	152	77	29	43.9	-7.8	47.3*
主流三至四號壩	32	13	13	9	14	9			
桃山北溪至匯流點	1	5	1	1	8	5			
主流三至四號壩小計	33	18	14	10	22	14	42.4	80.4	-57.1
主流四至五號壩	9	15	18	37	13	6	66.7	-54.2	
主流五至六號壩	9	3	4	25	6	10	111.1	-108.3	
主流四至五號壩小計	18	18	22	62	19	16	88.9	-72.2	13.6
主流三號壩以上合計	51	36	36	72	41	30	58.2	17.2	-13.9
族群合計	269	247	131	422	228	132	49.1	18.2	-5.6*
數量總計	647			782					

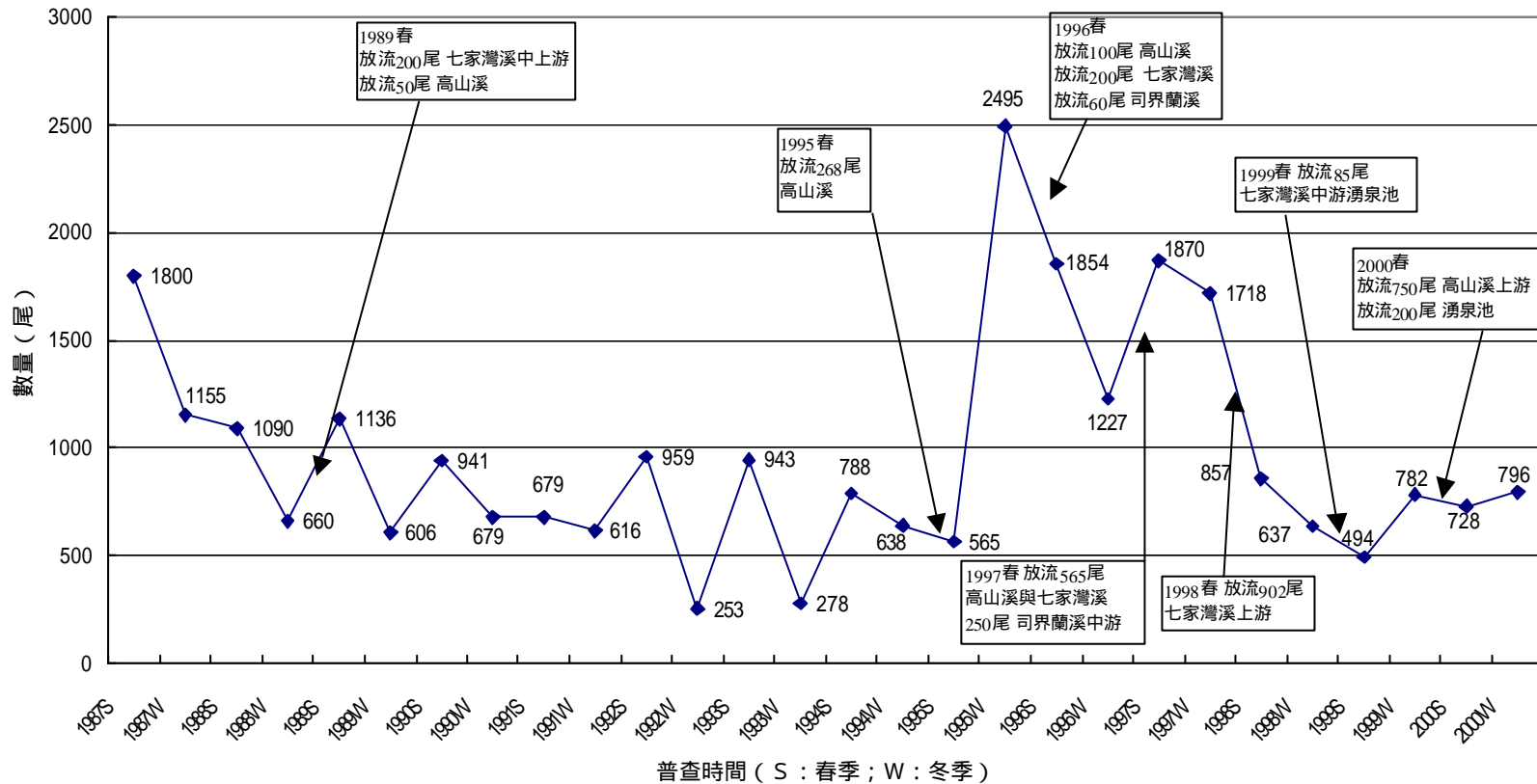


表五：七家灣溪流域櫻花鉤吻鮭各年度幼魚加入率、幼魚死亡率與成魚死亡率統計表。採用表三之計算公式，其中粗體字部份為數值超過 100 或低於 0 者；灰框字則為包括放流族群數目所估算之幼魚死亡率，幼魚為體長未達 15cm 的鮭魚；成魚死亡率估算，是假設二齡成魚為自然死亡。放流資料取自吳（2000）。

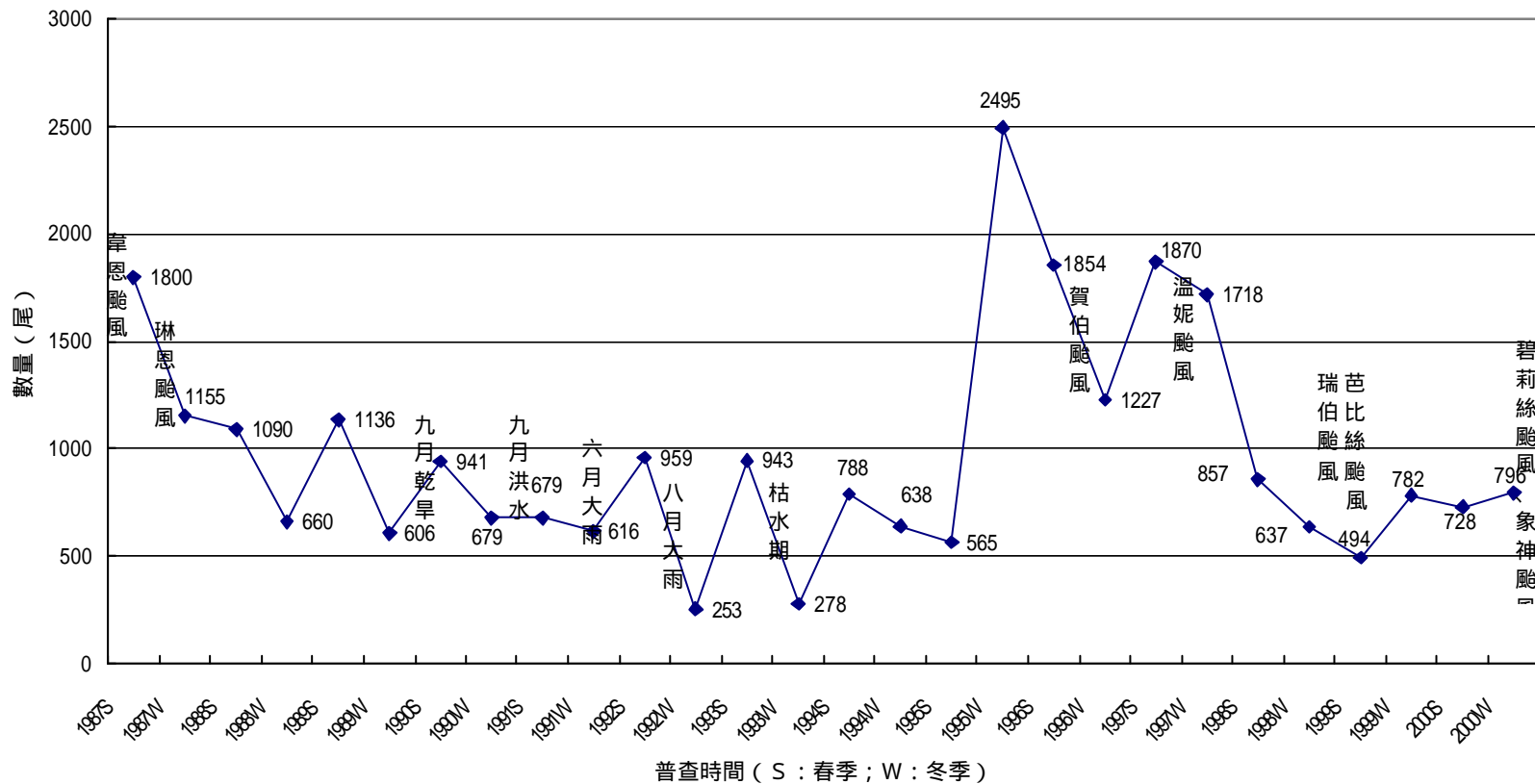
變動估算項目	幼魚加入率 recruitment rate ( % )					二齡成魚死亡率 adult mortality ( % )					幼魚死亡率 larva mortality ( % )				
	1996	1997	1998	1999	2000	1996	1997	1998	1999	2000	1996	1997	1998	1999	2000
河段/調查年代															
主流一號壩以下	<b>156.5</b>	<b>194.3</b>	9.2	14.4	24.2	48.5	21.0	57.1	63.7	35.9	24.8	74.6	21.4	<b>-310.0</b>	94.4
高山溪一號壩以上	5.4	<b>105.3</b>	5.0	<b>614.3</b>	86.5	72.5	9.1	81.6	<b>-12.1</b>	73.9	97.9	94.6	<b>-30.0</b>	<b>-3100.0</b>	96.1
主流一號壩以下及高山溪	<b>100.0</b>	<b>170.8</b>	8.5	57.7	47.5	58.1	19.4	60.9	51.5	51.2	43.6	70.2	13.0	<b>-563.6</b>	91.8
主流一至二號壩	78.8	<b>120.7</b>	24.2	30.9	17.2	57.4	55.8	67.8	<b>-17.9</b>	61.8	<b>-823.5</b>	2.6	58.6	<b>-60.9</b>	<b>-147.1</b>
主流二至三號壩及湧泉支流	47.4	<b>676.2</b>	64.2	43.9	27.0	63.3	64.3	79.3	<b>-7.8</b>	64.2	20.5	22.3	86.8	47.3	53.3
主流三號壩以上	66.3	46.4	37.9	58.8	<b>122.2</b>	<b>-22.1</b>	68.2	65.1	17.2	48.7	<b>-436.7</b>	<b>-6.3</b>	96.3	<b>-13.9</b>	<b>-240.0</b>
族群合計	70.4	<b>234.4</b>	31.6	49.1	45.7	45.9	56.0	69.5	18.2	57.5	<b>-19.5</b>	42.2	85.7	<b>-5.6</b>	70.0



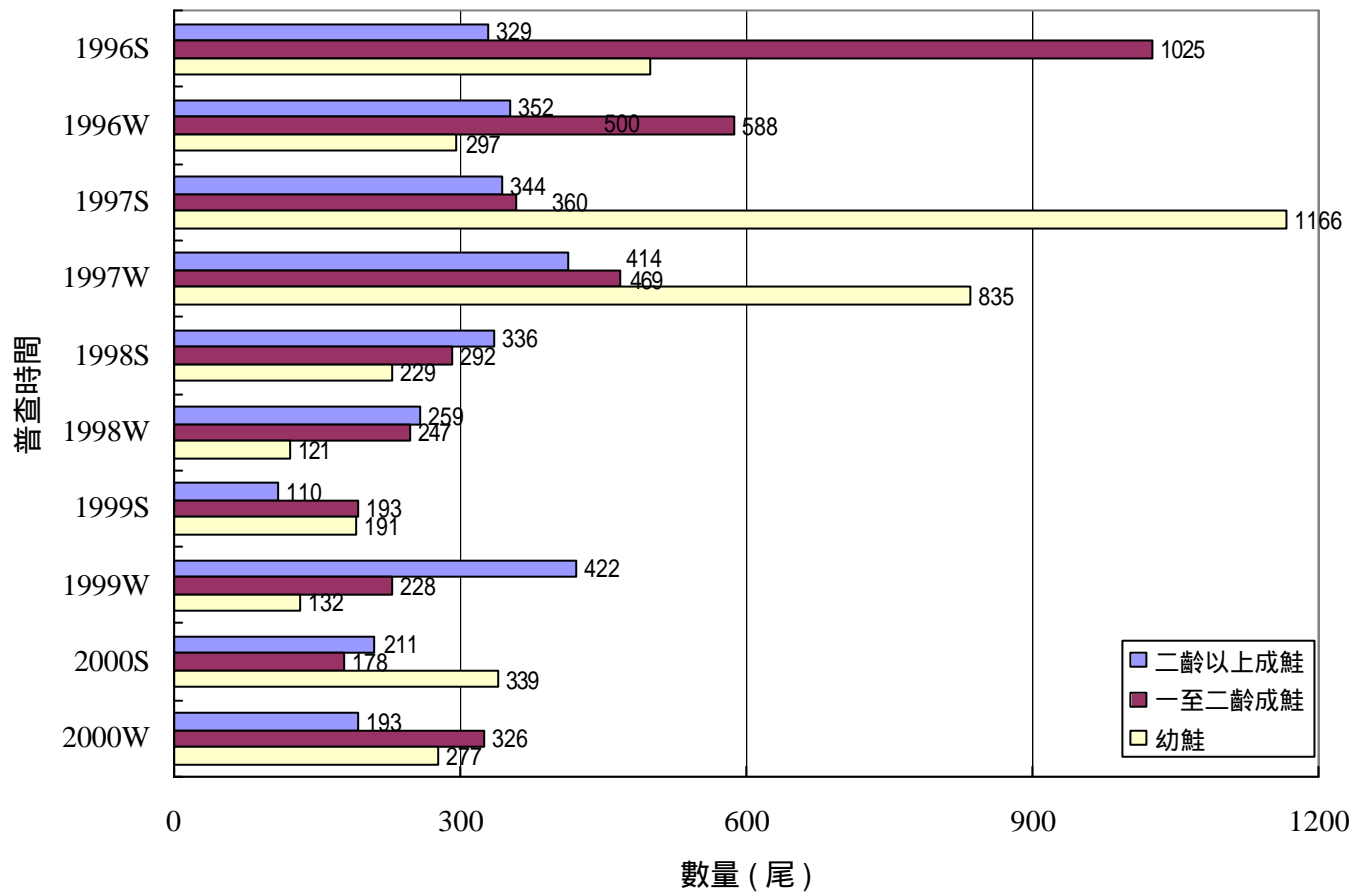
圖一：七家灣河流域與光學型水溫記錄器放置位置圖：自 1996 年起於七家灣溪主流和高山溪等地放置十二組水溫記錄器及一組氣溫記錄器(位於農場場部氣象站內)，另外在 1998 年 11 月於桃山北溪小瀑布上方，以及 1998 年 12 月在高山溪三號壩各增設一組水溫記錄器。



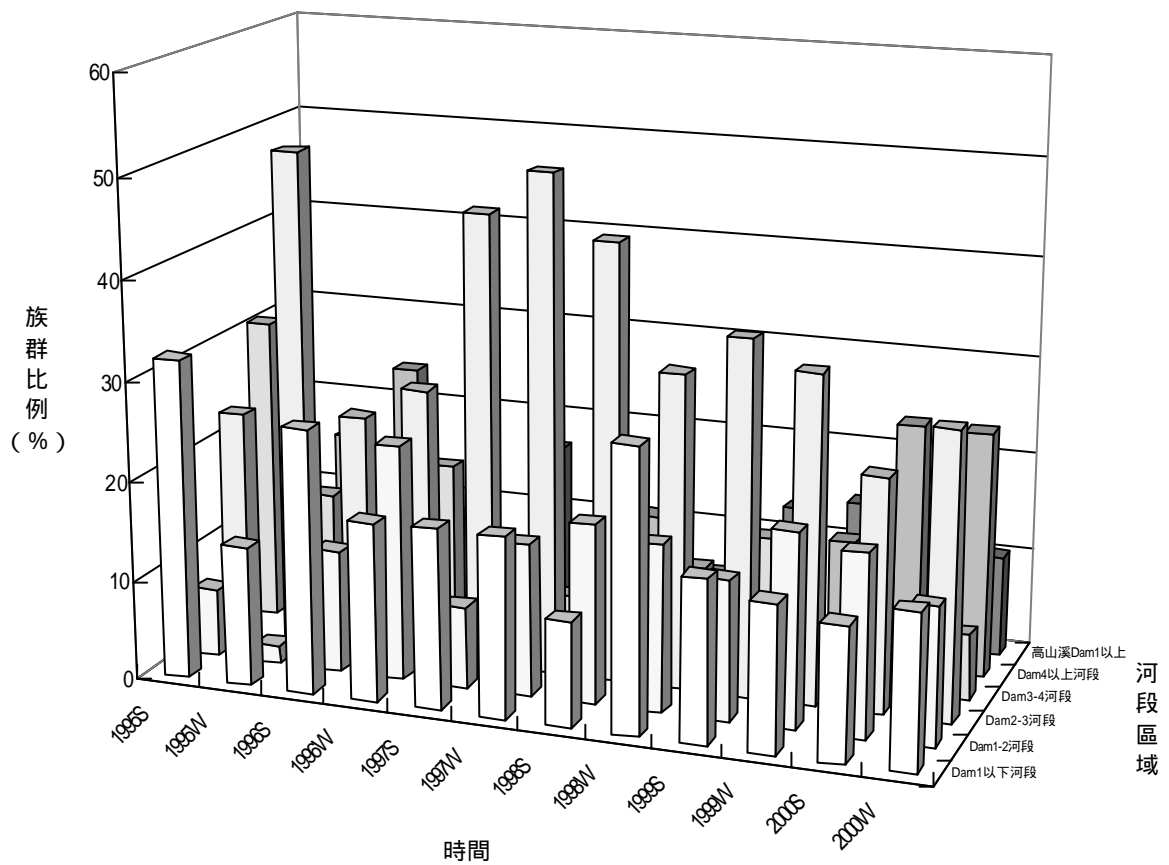
圖二：七家灣溪櫻花鉤吻鮭歷年族群數量變化圖。其中 1993 年以前的資料取自 Tsao (1995)，其統計河段為七家灣溪一號壩至三號壩之間的河段，唯當時的七家灣溪上游與高山溪河段（舊稱雪山溪），並沒有櫻花鉤吻鮭族群的存在。1994 年（含）以後的數目為本研究持續調查所得實際族群數目。歷年復育仔鮭放流地點數量並標示於圖中，放流資料取自吳（2000）。圖中並包含 1996 年春季和 1997 年春季各有 60 尾與 250 尾仔鮭放流於司界蘭溪中游的鮭魚數量。



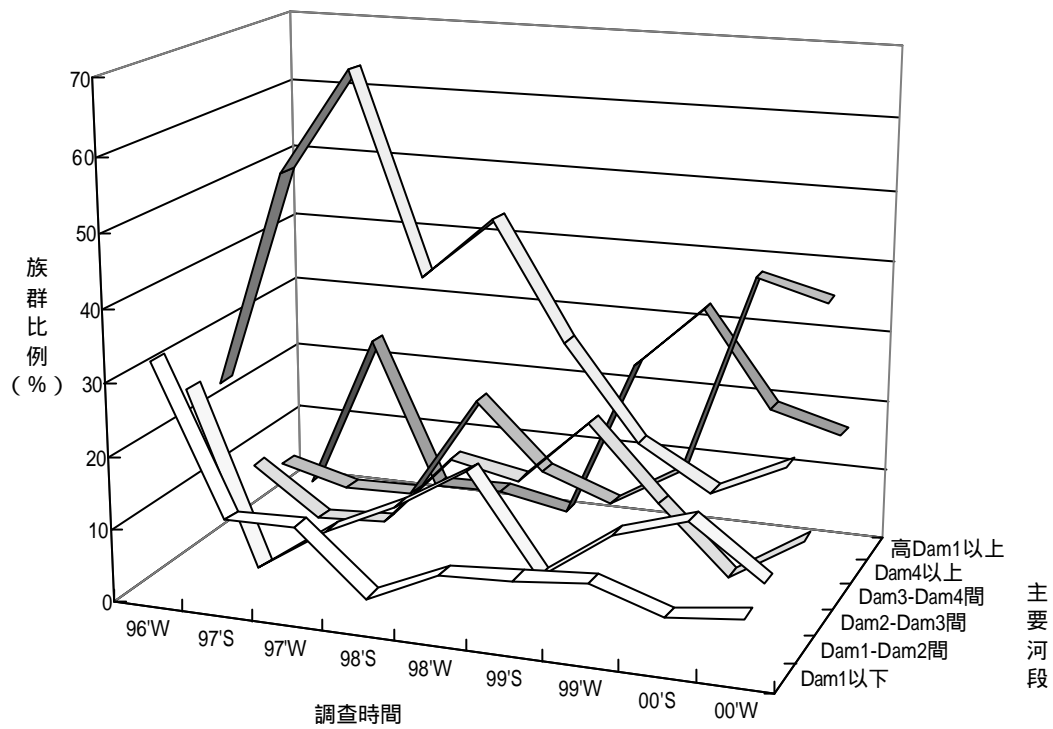
圖三：七家灣溪櫻花鉤吻鮭族群歷年數量變化與重大天災關係圖。資料來源同圖二，1993年以前的資料取自 Tsao (1995)，其統計河段為七家灣溪一號壩至三號壩間河段，唯當時的七家灣溪上游與高山溪河段（舊稱雪山溪），並沒有櫻花鉤吻鮭族群的存在。1994年（含）以後的數目為本研究持續調查所得實際族群數目。歷年的重大天災並標示於圖中。由圖中所見，櫻花鉤吻鮭的族群數量變化與重大天災的發生有密切關係。



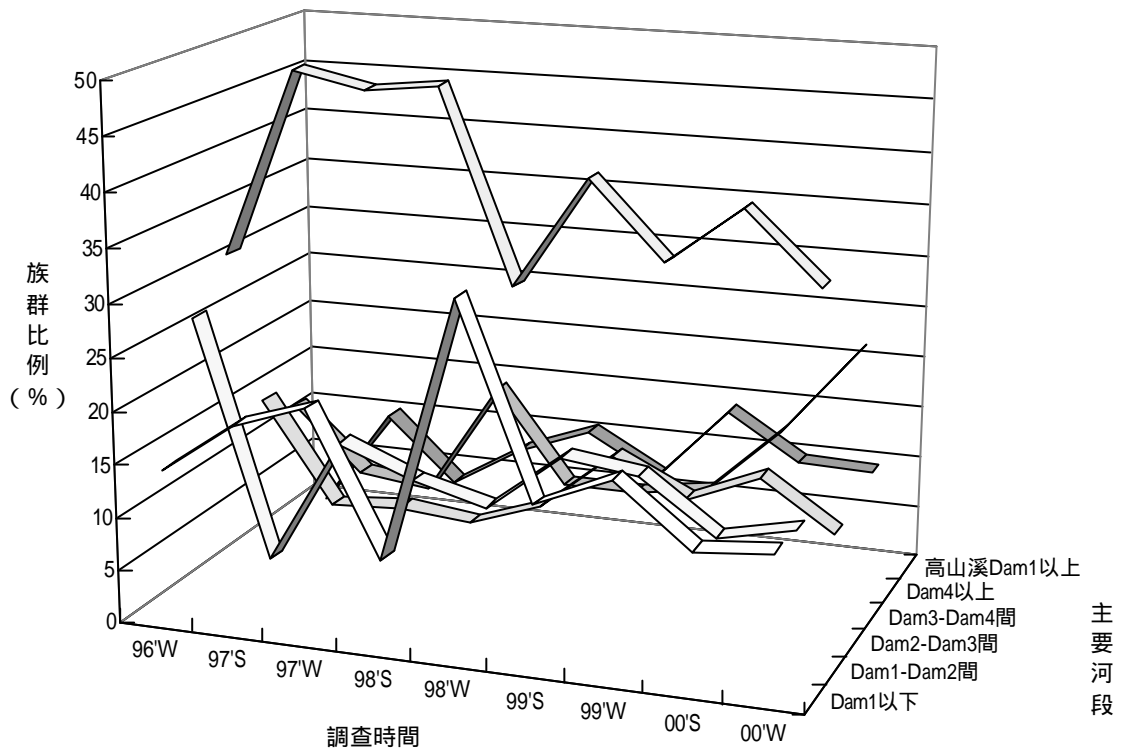
圖四：自 1996 年以後七家灣溪櫻花鉤吻鮭族群結構變化圖。族群結構分析以二齡以上成鮭，一至二齡亞成鮭與一齡以下之幼鮭三個小層級做比較。由圖中可以看出整個族群結構只在 1997 年為幼鮭較成鮭數量多的正金字塔型結構，其餘年度則甚至呈倒金字塔型的族群結構。自 1999 年秋季以來，2000 年秋季的族群結構又逐漸轉變為倒金字塔型中。



圖五：七家灣溪各主要河段櫻花鉤吻鮭族群歷年分佈比例變化圖。以各個攔砂壩或天然地形阻隔為分隔河段，分析各河段櫻花鉤吻鮭族群比例變化。主流二至三號壩之間族群所佔比例通常是最高的，主流四號壩以上河段的族群，則逐漸恢復至 1996 年賀伯颱風之前的水準。

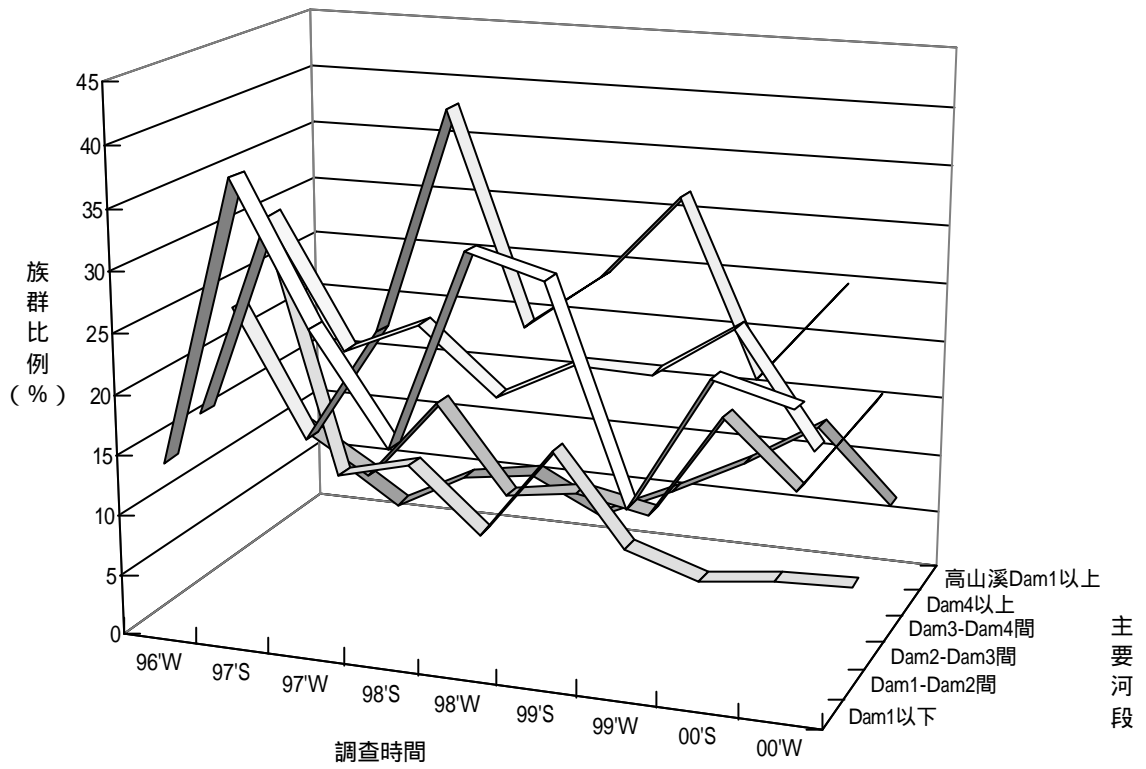


圖六：近五年來七家灣溪各河段櫻花鉤吻鮭一齡以下幼魚族群比例變化圖。主流二至三號壩河段自 1997 年秋季之後幼魚比例一直下降；最下游的一號壩以下河段，比例也呈現下降的趨勢，甚至自 1998 年之後比例一直低於 10%；而三號壩以上的上游河段，有兩個高峰的出現，最近一次高峰可能是自行繁殖幼魚所造成，高山溪的幼鮭族群也有兩個高峰，其中 1999 年的族群與人工大量放流有關。

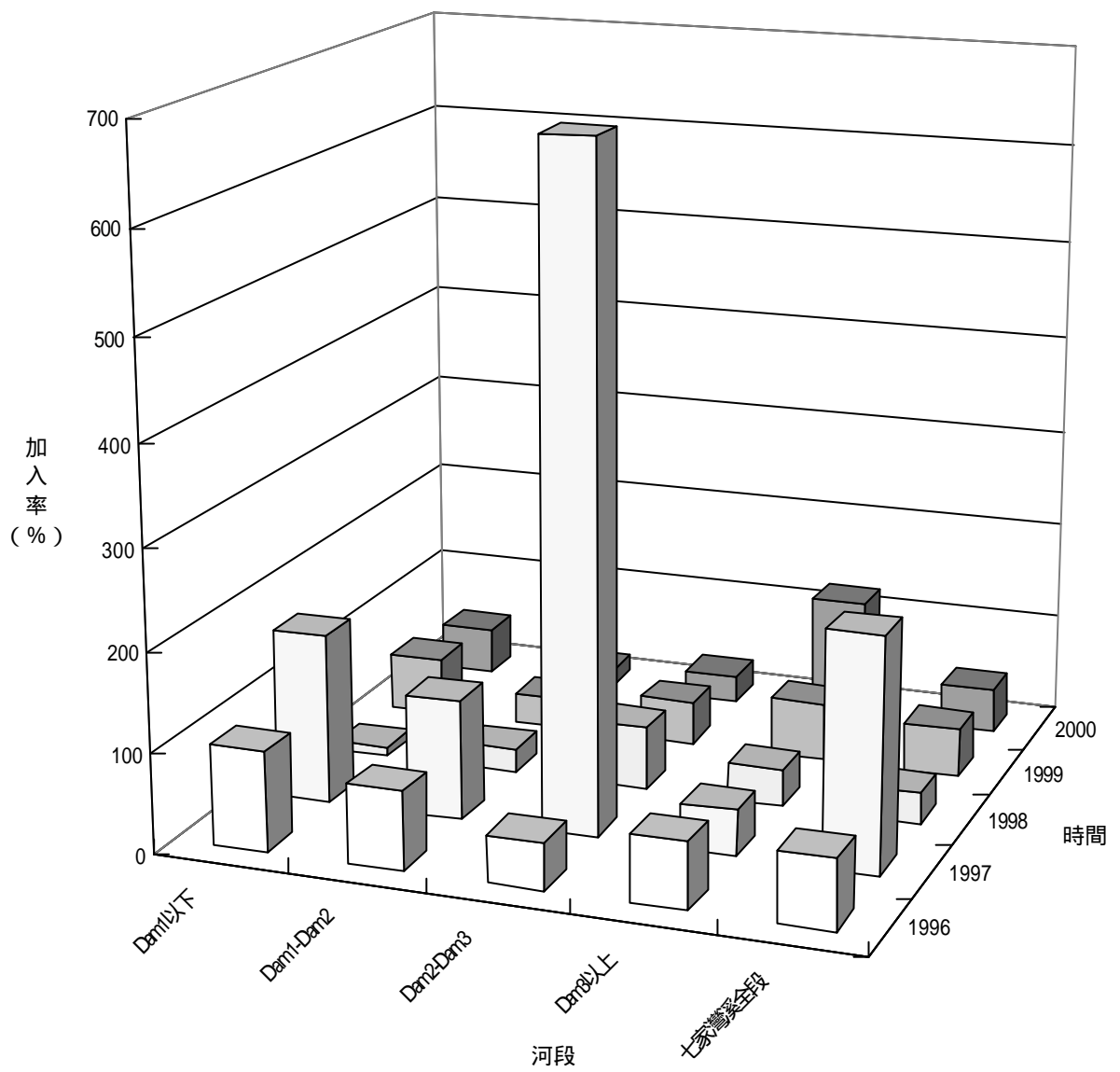


圖七：近五年來七家灣溪各河段櫻花鉤吻鮭一至二齡亞成魚族群比例變化圖。二至三號壩河段族群比例通常最高；一號壩以下河段的族群比例在 1998 年以前變化較為劇烈；一至二號壩間河段族群則在 1997 年以前有較大變化；其他河段的族群變化則比較不明顯。

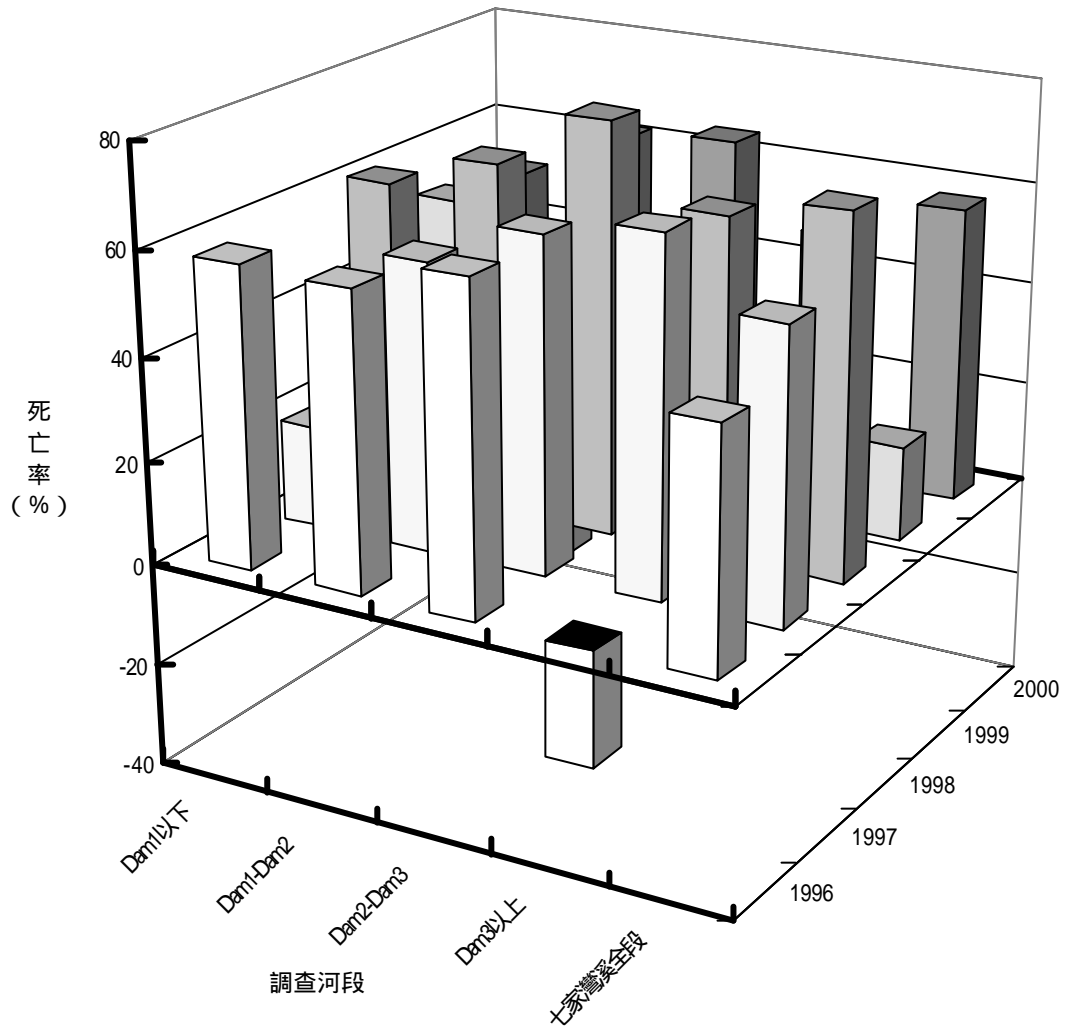




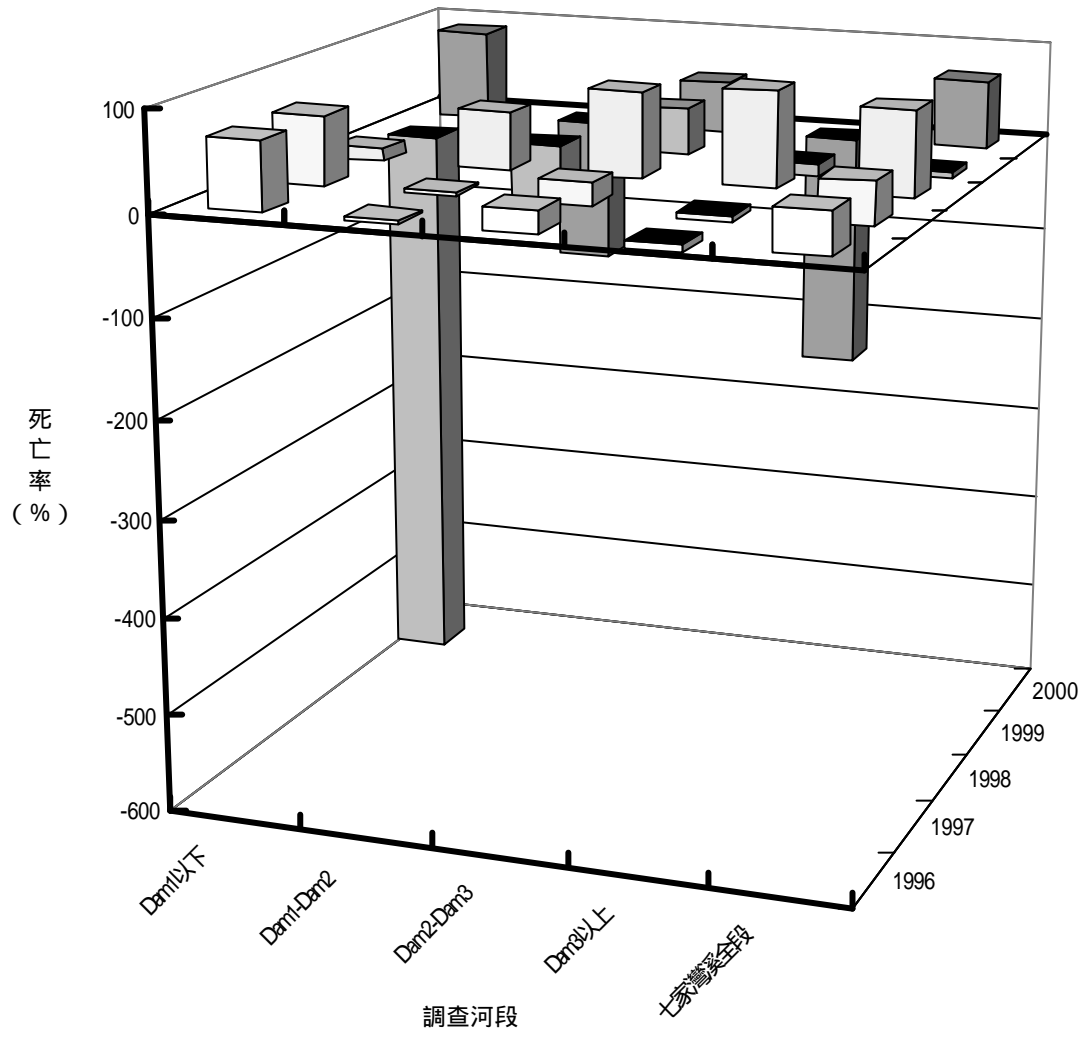
圖八：近五年來七家灣溪各河段櫻花鉤吻鮭二齡以上成魚族群比例變化圖。各河段族群呈現鋸齒狀高低變化，其中二至三號壩河段與一號壩以下河段變化幅度較大。



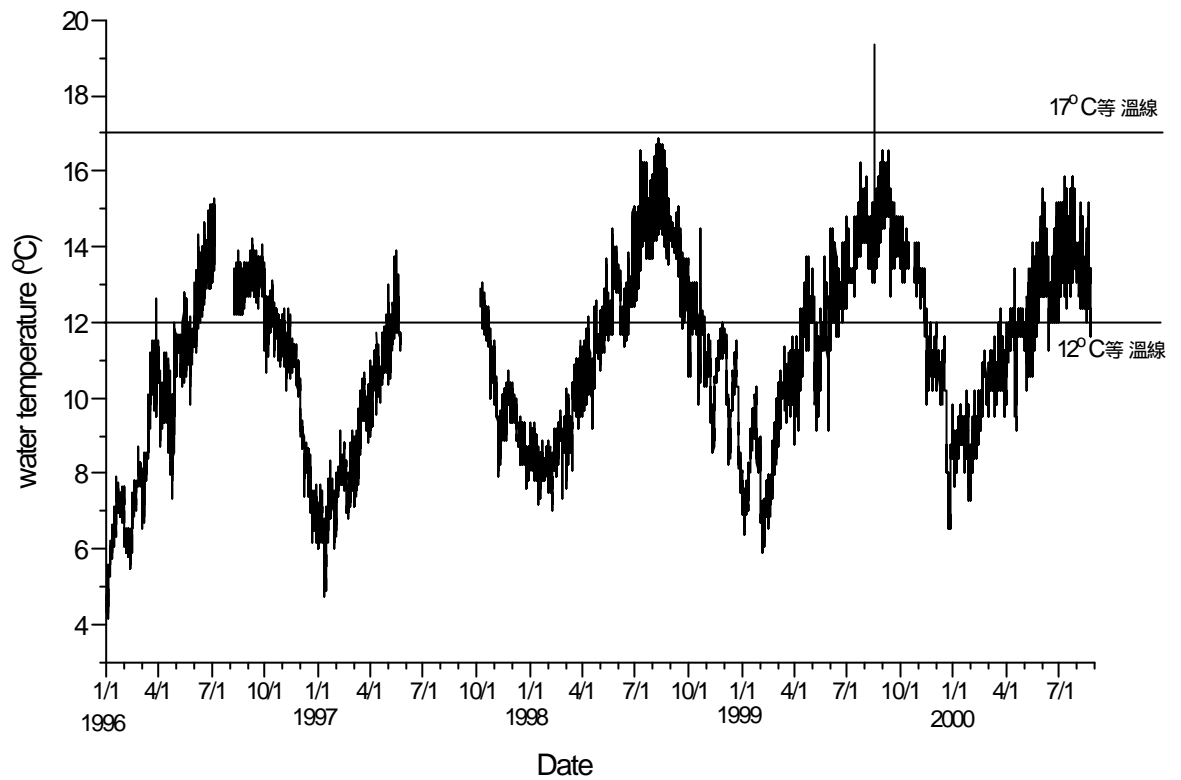
圖九：七家灣溪近五年來各主要河段櫻花鉤吻鮭一齡以下幼魚加入率（含移出移入）變化圖。



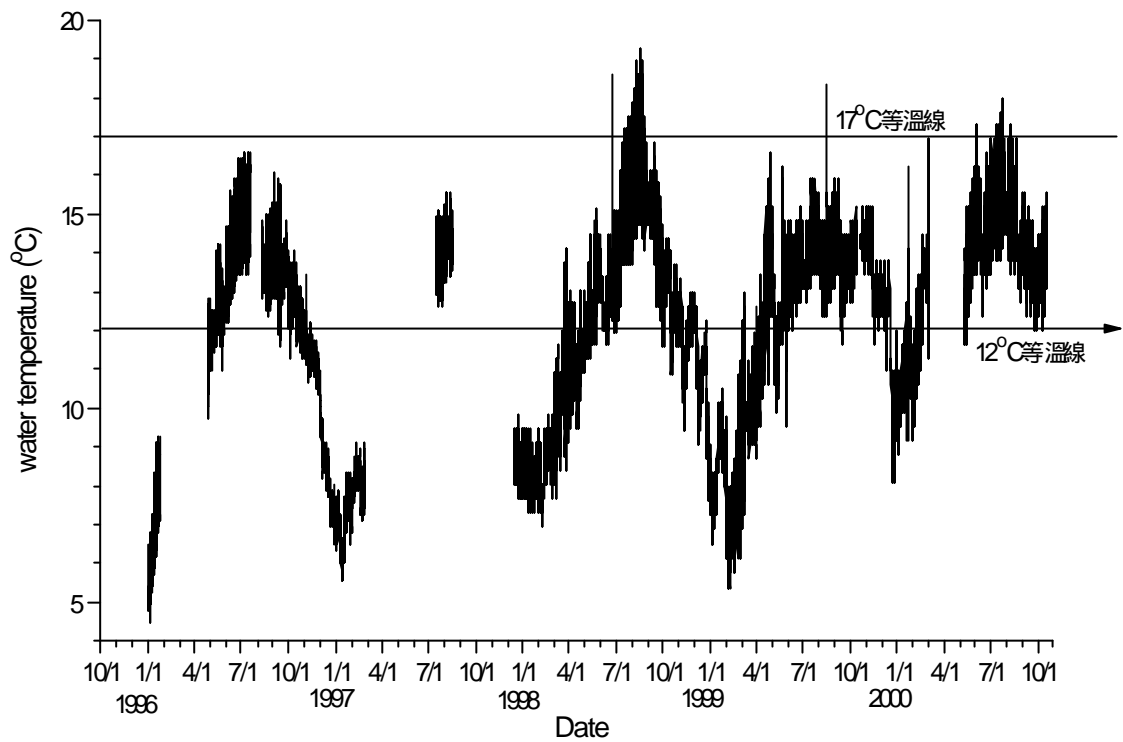
圖十：七家灣溪近五年來各主要河段櫻花鉤吻鮭二齡成魚死亡率（含移出移入族群）變化圖。



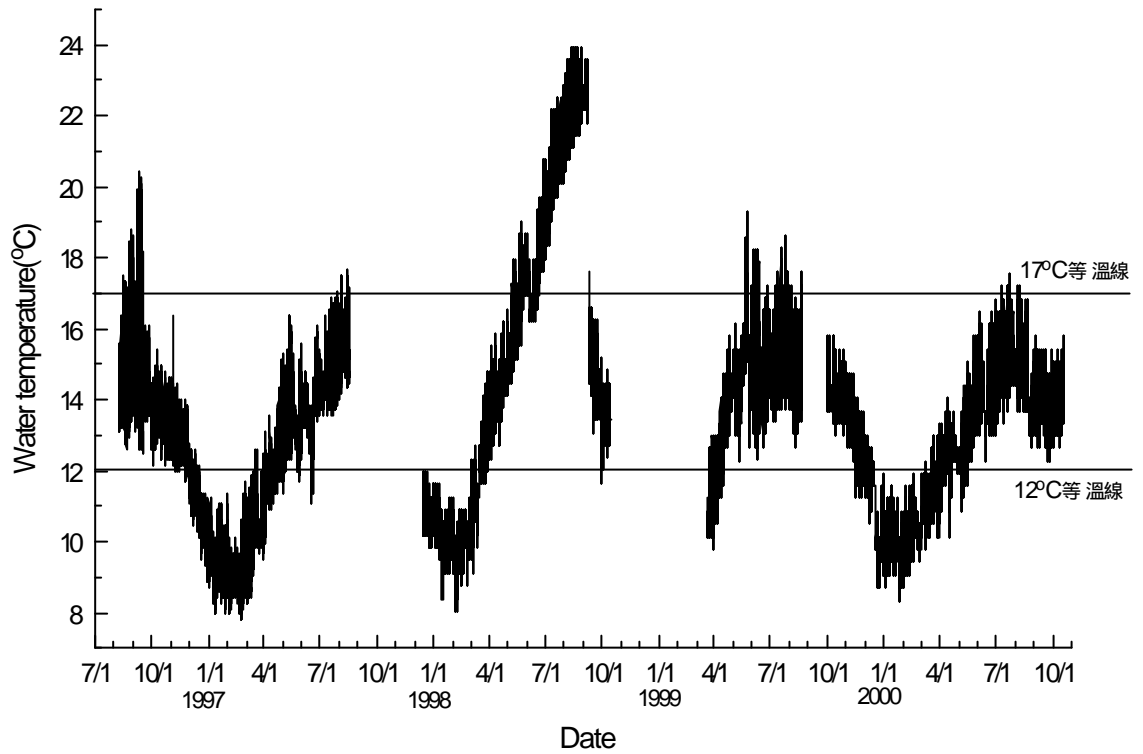
圖十一：七家灣溪近五年來各主要河段櫻花鉤吻鮭一齡以下幼魚死亡率（含移出移入族群）變化圖。



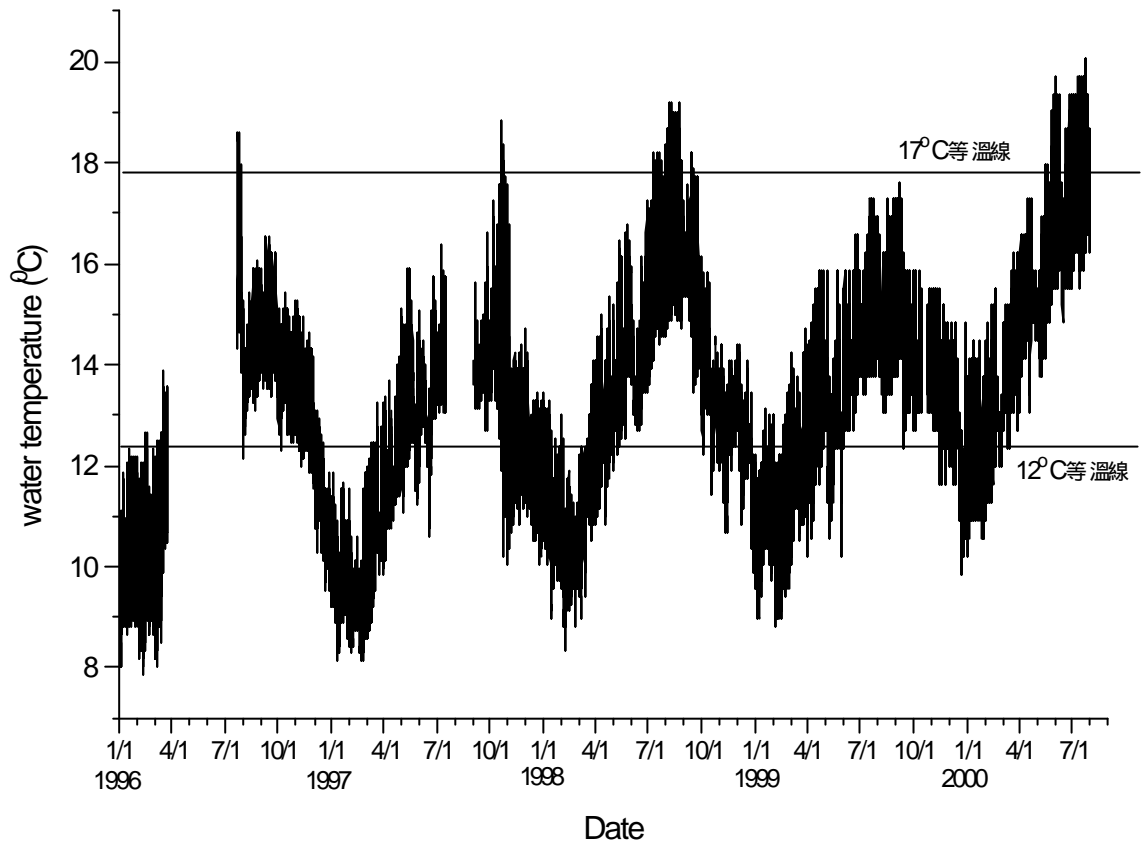
圖十二：七家灣溪五號壩測站水溫變化圖。水溫記錄自 1996 年 1 月 2 日至 2000 年 8 月 24 日，空白處為因大水沖失或儀器本身故障，造成資料遺失。由圖中可以看出，全年最低水溫有逐年升高的趨勢。本測站全年水溫皆低於 17℃，約在十月底至十一月初期間降低至 12℃ 以下。



圖十三：七家灣溪三號壩測站水溫變化圖。水溫記錄自 1996 年 1 月 2 日至 2000 年 10 月 19 日，空白處為因大水沖失或儀器本身故障，造成資料遺失。此測站儀器容易在大水退後為砂石掩埋或是沖上陸地，而有時記錄到氣溫變化而非水溫變化。最低水溫則在 1999 年有較高的升溫變化。水溫大致上與五號壩站相似，全年水溫均在 17 以下，在十月初至十一月初水溫降至 12 以下。

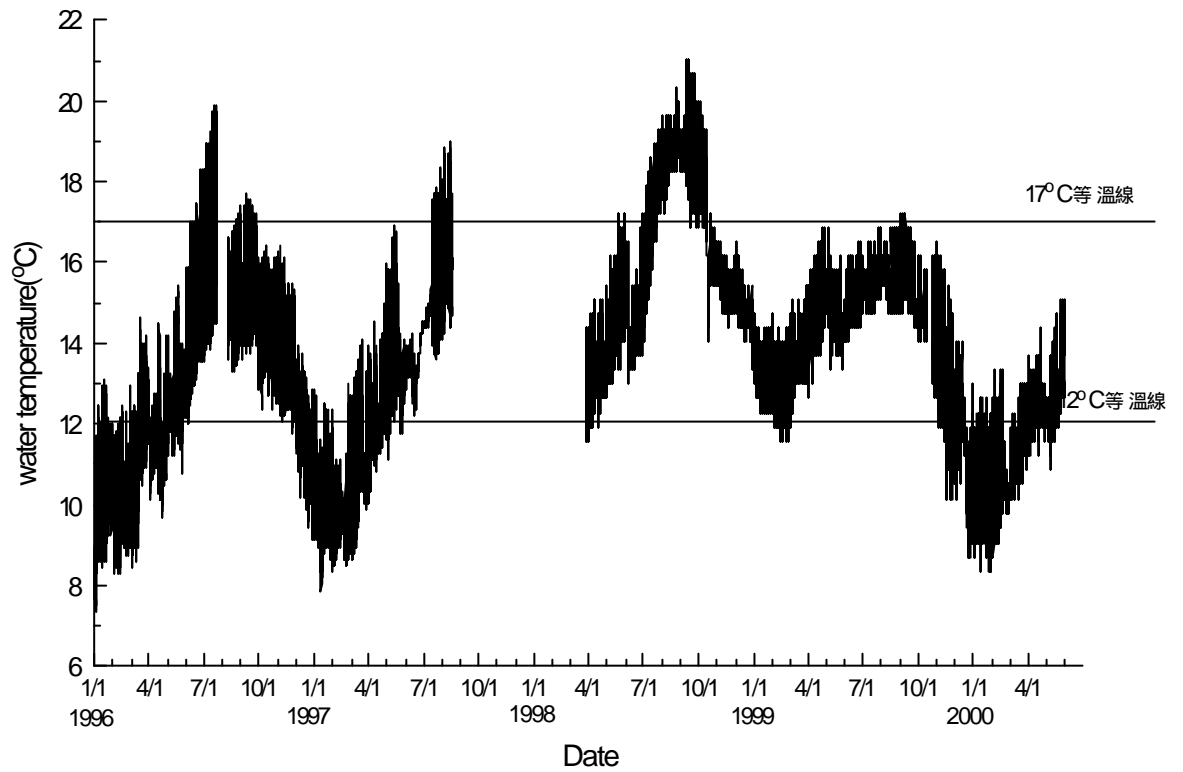


圖十四：七家灣溪二號壩測站水溫變化圖。水溫記錄自 1996 年 8 月 10 日至 2000 年 10 月 19 日，空白處為因大水沖失或儀器本身故障，造成資料遺失。其中 1998 年夏季異常的水溫升高懷疑是水溫記錄器故障所致，經更換另一新的記錄器後已無問題。水溫記錄顯示夏季水溫超過 17℃，秋末水溫約十一月中以後始降至 12℃ 以下。

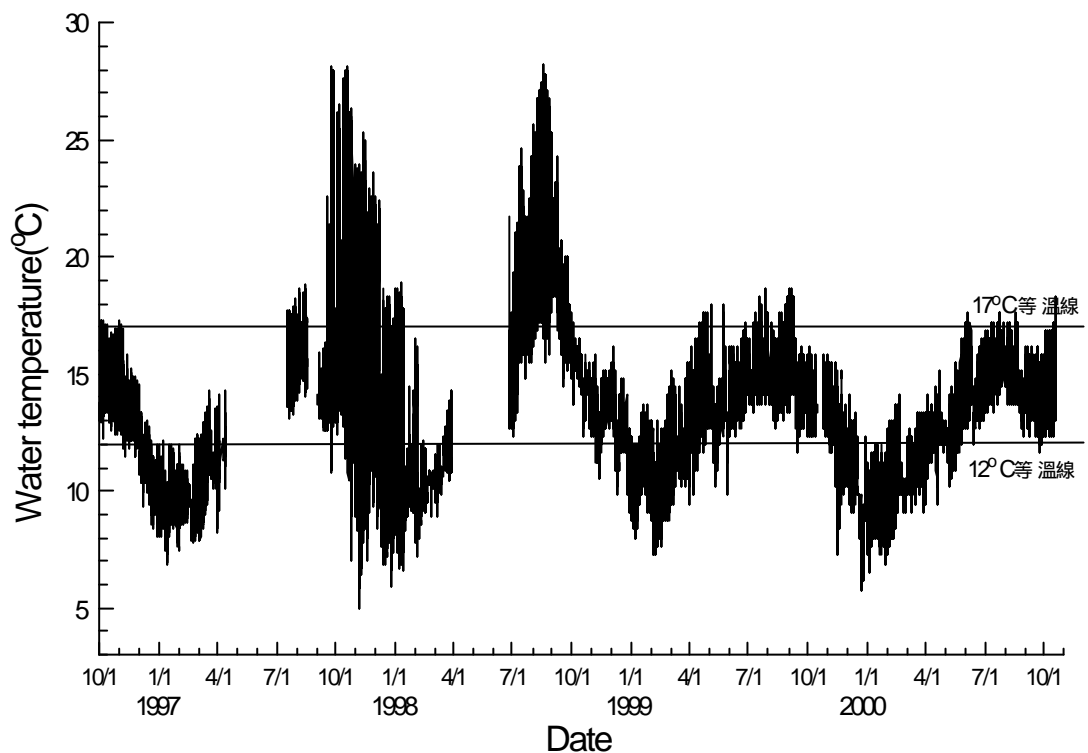


圖十五：七家灣溪觀魚台測站水溫變化圖。水溫記錄自 1996 年 1 月 3 日至 2000 年 8 月 1 日，空白處為因大水沖失或儀器本身故障，造成資料遺失。整個水溫變化顯現升溫的趨勢，尤其是最低水溫的變化最為明顯。全年最高水溫有時超過適合櫻花鉤吻鮭生存的 17 °C 水溫界限，通常要到十一月以後水溫才會降到 12 °C 。

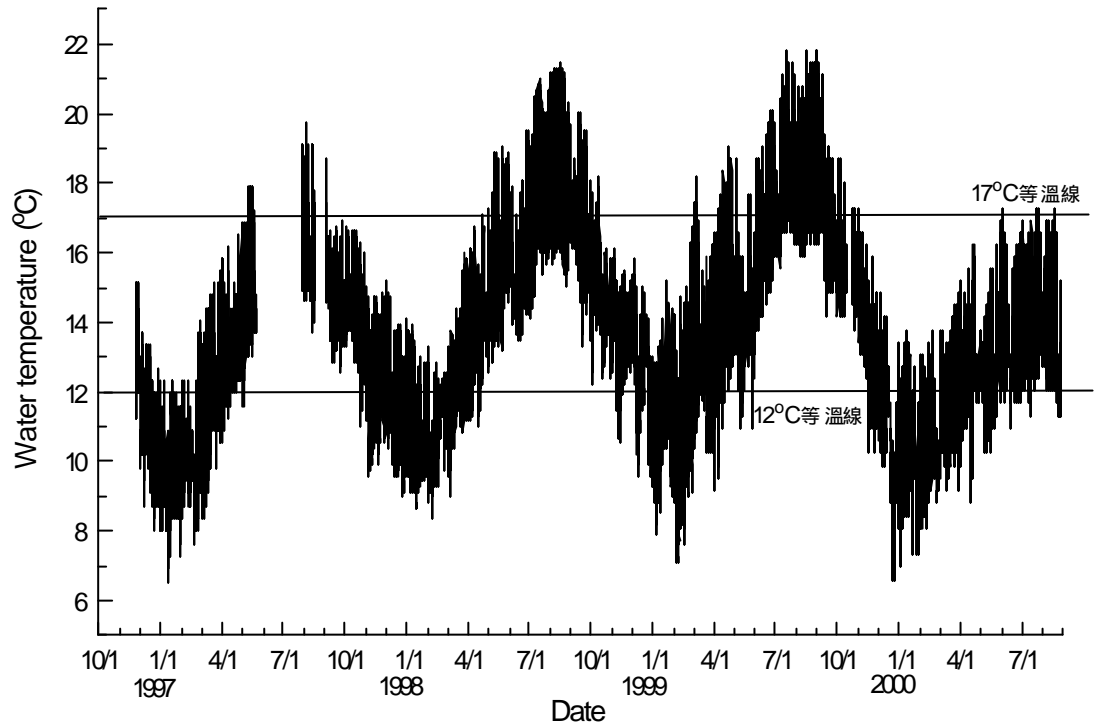




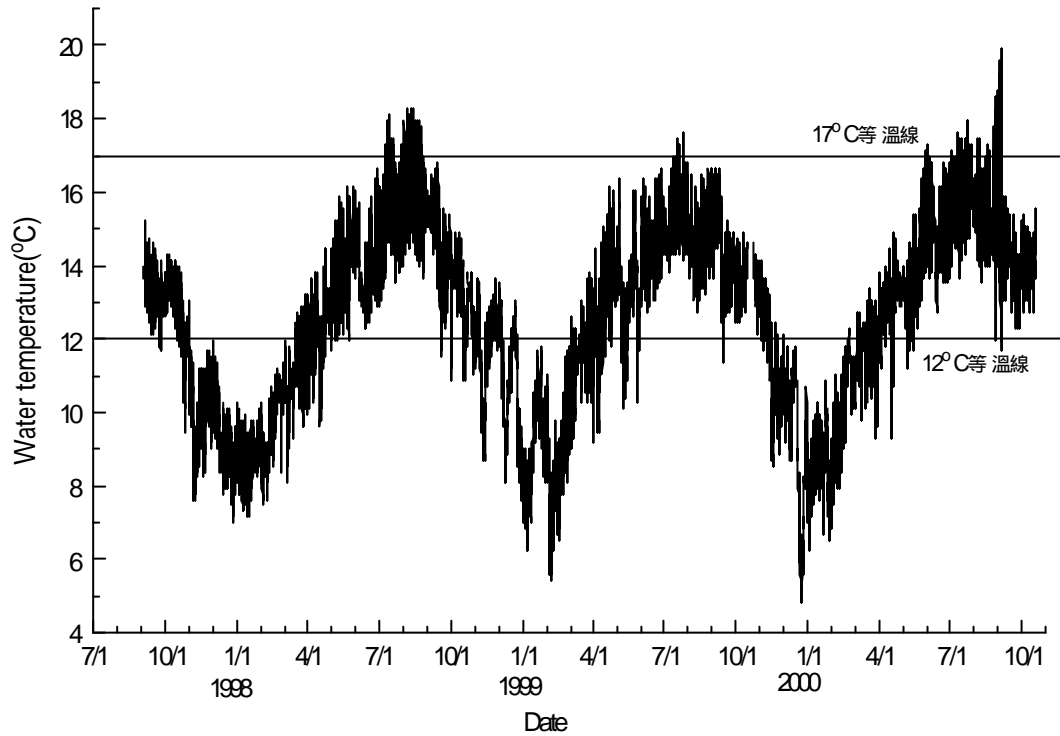
圖十六：七家灣溪一號壩測站水溫變化圖。水溫記錄自 1997 年 1 月 2 日至 2000 年 5 月 30 日，空白處為因大水沖失或儀器本身故障，造成資料遺失。1999 年全年水溫變化顯得比較穩定，原因可能是原本是主流經過的測站，在河水暴漲改變河床地形之後，反而變成水淺而緩的支流，在 1999 年十月之後，才改放置在主流與支流匯流點附近。全年約有五個多月是高於 17 的水溫，而在十一月底左右才會降至 12 以下。



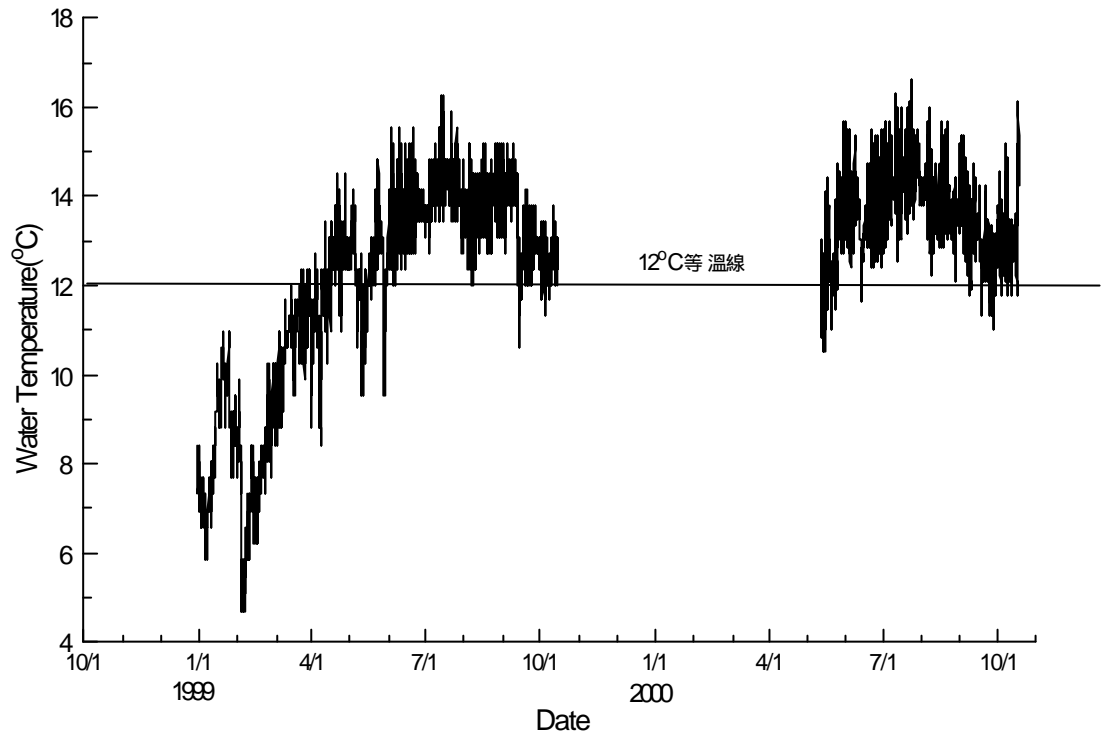
圖十七：七家灣溪露營場測站水溫變化圖。水溫記錄自 1996 年 9 月 18 日至 2000 年 10 月 19 日止，空白處為因大水沖失或儀器本身故障，造成資料遺失。水溫突然急劇變化是因為記錄器為砂石掩埋或沖上陸地所致。雖然本站因為有水溫較低的高山溪支流注入，使得此河段水溫高於 17 以上的時間較一號壩測站來短，卻仍在十一月中以後方才降至 12 以下，顯示此河段或許有鮭魚分布，卻不是個好的繁殖場所。



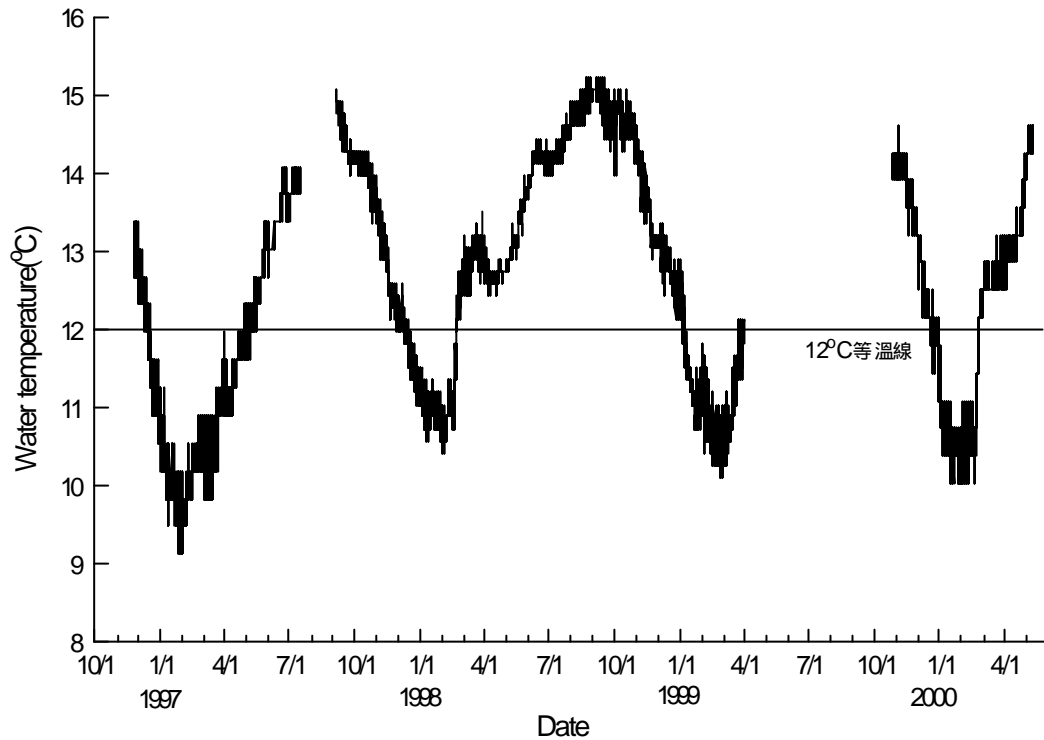
圖十八：七家灣溪迎賓橋測站水溫變化圖。水溫記錄自 1996 年 11 月 24 日至 2000 年 8 月 27 日止，空白處為因大水沖失或儀器本身故障，造成資料遺失。此河段的全年最高水溫在七至九月間發生，遠超過 17 以上，最高可達 21 以上。並且要到十一月底以後才會降低到 12 以下。此河段達五個月長時間之超過 17 水溫的環境，也許是驅使櫻花鉤吻鮭族群退出此河段的主要原因。



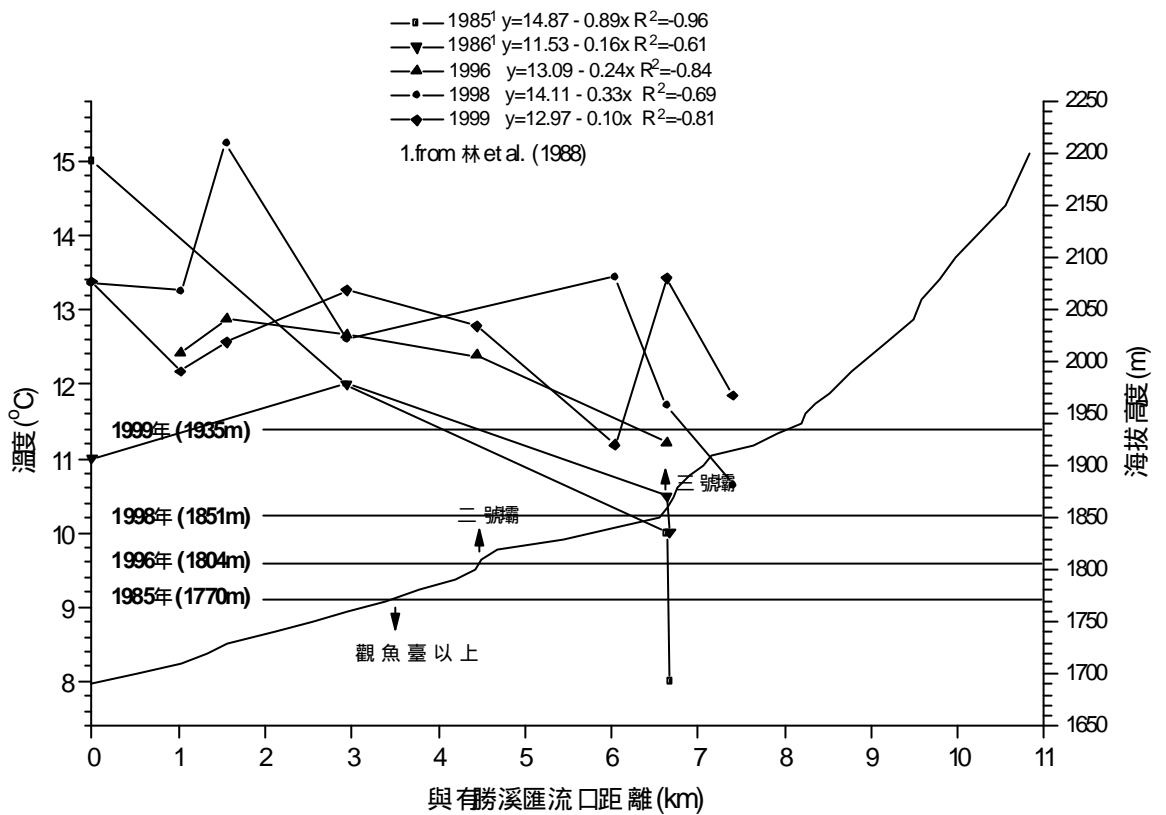
圖十九：高山溪匯流口測站水溫變化圖。水溫記錄自 1997 年 9 月 3 日至 2000 年 10 月 19 日止。本測站全年水溫幾乎都維持在 17 以下的水準，而冬季水溫在十月中旬左右即下降至 12 以下。此河段的水溫條件是七家灣溪一號壩以下河段最為優良的，也往往吸引較多的幼魚躲藏其中。



圖廿：高山溪三號壩測站水溫變化。水溫記錄自 1998 年 12 月 30 日至 2000 年 10 月 17 日止，空白處為因記錄器故障送修而未能取得的資料。由現有資料顯示，全年水溫皆遠低於 17 。



圖廿一：七家灣溪湧泉池水溫變化圖。水溫記錄自 1996 年 11 月 24 日至 2000 年 5 月 12 日止，空白處為因大水沖失或儀器本身故障，造成資料遺失。歷年的水溫變化顯示此河段的水溫相當穩定，全年水溫約 15 左右；最低溫則不低於 9 ，不過卻要到十二月上中旬水溫才會完全降到 12 以下。此河段廣闊的潭區、隱匿與支流河段的特性，適合作為此河段櫻花鉤吻鮭的天然避難所。



圖廿二：七家灣溪流流域歷年櫻花鉤吻鮭繁殖前期(十一月)各站平均水溫變化與溪流坡降關係圖。其中 1985 與 1986 年的資料引自林等 (1988)。各年溫度變化一次線性迴歸方程式列於圖上方。以迴歸計算 1996 年之 12 等溫線在海拔 1804m, 約為二號壩附近, 1998 年的 12 等溫線位置上升至海拔 1851m, 約三號壩附近位置。去年 (1999 年) 的 12 等溫線位置更上升至海拔 1935m, 已是七家灣溪六號壩以上的河段。歷年水溫資料分析顯示整個七家灣溪流流域的繁殖季節水溫愈來愈高, 顯示水溫條件愈來愈差。