

# 櫻花鉤吻鮭族群監測與動態分析

內政部營建署雪霸國家公園管理處

委託研究報告

093-301020500G-008

# 櫻花鉤吻鮭族群監測與動態分析

受委託者：中華民國自然與生態攝影學會

研究主持人：沈世傑

協同主持人：曾晴賢

研究助理：楊正雄

內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告

中華民國 93 年 12 月

9308 櫻花鉤吻鮭族群監測與動態分析 研究主持人：沈世傑

雪霸國家公園管理處

## 目 錄

表目錄 .....	ii
圖目錄 .....	iii
摘要 .....	iv
Abstract.....	vi
壹、前言 .....	1
貳、研究內容與方法 .....	4
參、結果與討論 .....	6
一、櫻花鉤吻鮭族群數量、分布以及風災對族群影響 .....	6
二、其他共域魚類的數量與分布狀況 .....	8
三、櫻花鉤吻鮭歷年族群變動情形 .....	10
四、2002 齡級幼魚成長情形 .....	13
五、司界蘭溪流域勘查 .....	15
六、棲地分析 .....	16
肆、結論與建議 .....	20
伍、誌謝 .....	23
陸、參考文獻 .....	24
附錄一：結案報告審查意見改善表 .....	40
附錄二：期中報告會議記錄 .....	41
附錄三：期末報告會議記錄 .....	45

## 表目錄

表 一：2004 年夏季櫻花鉤吻鮭調查數量統計表。.....	27
表 二：2004 年秋季櫻花鉤吻鮭調查數量統計表。.....	28
表 三：艾莉颱風（2004）與賀伯颱風（1996）後七家灣溪各河段櫻花鉤吻鮭 各齡族群存活率比較表。.....	29
表 四：2004 年與櫻花鉤吻鮭共域之魚類數量統計表。.....	30
表 五：2001 年迄今各齡櫻花鉤吻鮭在各河段所佔族群比例統計表。.....	32
表 六：1995 年、1997 年與 2002 年齡級七家灣溪各河段櫻花鉤吻鮭幼魚族群 存活比率比較表。.....	33
表 七：2002 年與 2004 年十月七家灣溪流域各類棲地型態比例比較表。.....	34

## 圖目錄

圖 一：七家灣溪與高山溪流域位置圖。.....	35
圖 二：1998 年至 2004 年櫻花鉤吻鮭族群數量年度變化圖。.....	36
圖 三：1995 年至 2004 年七家灣溪櫻花鉤吻鮭各齡族群結構變化圖。.....	37
圖 四：2000 年至 2004 年七家灣溪各主要河段櫻花鉤吻鮭族群分布比例變化 圖。.....	38
圖 五：2000 年至 2004 年七家灣溪二至三號壩河段各齡鮭魚族群比例變化圖。 .....	38
圖 六：2000 年至 2004 年七家灣溪一至二號壩河段各齡鮭魚族群比例變化圖。 .....	38
圖 七：2002 年與 2004 年十月七家灣溪各齡櫻花鉤吻鮭在各類棲地型態分布 比例比較圖。.....	39

## 摘要

### 一、研究緣起

櫻花鉤吻鮭 (*Oncorhynchus masou formosanus*) 是「瀕臨絕種」保育類野生動物，也是台灣特有的冰河孑遺生物。但因為颱風洪水、農業開發、攔砂壩阻隔等諸多因素衝擊，使得生存棲地環境變化很大，並且造成嚴重威脅其生存。雪霸國家公園管理處因此自 1994 年開始進行櫻花鉤吻鮭族群現況的普查工作，以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。以建立基礎資料並據以擬定復育計畫。

### 二、研究方法及過程

本研究於 2004 年六月間與十月底進行兩次七家灣溪櫻花鉤吻鮭的全面族群數量普查，以瞭解 2003 年繁殖季節後新生幼魚加入族群與 2004 年繁殖季前鮭魚數量與分布狀況，並對照歷年的魚群數量與族群結構的變化以作進一步的分析。八月初並且前往司界蘭溪進行該流域櫻花鉤吻鮭族群分布與數量的調查。

針對颱風過後的棲地型態 (Mesohabitat) 也進行調查，並記錄鮭魚在各種棲地型態 (深潭、急瀨、平瀨及緩流等) 的分布狀況，與颱風前的資料比較，以了解此次風災對七家灣溪棲地變動以及鮭魚族群的影響。

### 三、研究結果

分述如下：

1、2004 年秋季調查總數共為 **1,593** 尾，其中一齡幼魚有 **628** 尾，二齡中型成魚有 **658** 尾，三齡大型成魚則有 **307** 尾，較夏季調查的 3,228 尾總數減少一半以上，數量的大幅減少主要是受敏督利及艾利颱風帶來暴雨洪水侵襲所致，各齡族群中以游泳能力較差的幼魚折損情況較為嚴重，上游河段的族群損失較下游河段嚴重許多。由於二齡中型成魚及幼魚數量較多，大型成魚數量較少，因此族群結構偏向近似金字塔的瓶狀結構。

2、高山溪鮭魚族群在此次風災的族群折損較七家灣溪流域族群嚴重許多，原先上游河段數量頗多的穩定族群都在此次風災被洪水沖移到下游河段，四號破壩並且形成新的阻礙，造成鮭魚無法回溯。雖然如此，但由於高山溪的棲地環境並未遭到完全破壞，仍然有多樣化的棲地型態，且高山溪河段完全沒有攔砂壩阻隔，因此咸信下游的鮭魚族群將逐漸溯回擴展至上游河段。

3、各齡鮭魚族群都明顯集中在中游的七家灣溪一至二號壩河段，其次是最下游的一號壩以下河段，幸而上游河段的五號破壩以上河段以及桃山北溪還保留相當的族群數量，不過上下游河段族群不均的現象，將影響未來各河段幼魚族群數量及分布狀況，形成可能的隱憂。

4、司界蘭溪本季的調查工作並未記錄到任何族群，2003 年夏季原先數量頗多的鮭魚族群都因為敏督利颱風帶來的暴雨洪水而被沖失，考量到可能的調查誤差，仍將持續對司界蘭溪進行不定期的監測，並與當地環山護溪隊保持聯絡，隨

時掌握當地環境及族群動態。

5、大幅增加的 2002 齡級幼魚族群，第一年越冬的平均存活率約 58.2%，第二年越冬的平均存活率則為 16%。但各河段存活情況不同，越往上游的存活率有越低趨勢。由於該齡級鮭魚並沒有遭遇可以嚴重折損族群的重大天災，因此可以視為野外族群的自然平均存活率。

6、針對七家灣流域棲地型態的調查，發現大洪水過後，許多深潭及緩流地形都被砂石淹沒，整個棲地轉變為以急瀨為主的環境。上游河段的棲地均質化情形較下游嚴重。由於棲地型態的轉變，鮭魚也被迫利用較差的棲地，如急瀨或平瀨棲息。

#### 四、建議事項

分述如下：

1、由於風災對一些臨溪河段造成損害，這些河段都將陸續進行修復工程，建議應該提出完善的計畫並且謹慎進行，以避免危及這些河段的櫻花鉤吻鮭族群與干擾棲地環境。

2、桃山北溪前幾次調查即已存在相當數量的鮭魚族群，此次風災對次河段的影響不大，族群數量維持穩定，但由於河段仍為攔砂壩與小瀑布切割阻隔，加以遭逢旱季時下游的流量不穩定，造成該河段的族群岌岌可危。建議對此河段進行長期族群監測工作，並保護下游族群的穩定。上游河段則需加強巡邏與宣導工作，以利保護。

3、七家灣溪一至三號壩河段之間唯一阻隔的矮壩（二號石壩）在此次風災後因為河床淘刷，壩高落差加大，不過此壩基淘空的狀況十分嚴重，並且已經有滲水的狀況，極可能在遭遇大雨之後隨即整個坍塌。由於拆壩的評估工作正在進行中，建議考量利用低衝擊的簡易人為施工搭配自然力量（大雨洪水）的幫助，讓壩基自然坍塌，對該河段的衝擊較小，也可以立即消弭壩體上下兩河段間既有族群數量與比例的差異，並有助於整個鮭魚族群的穩定。

4、調查人員在近年的調查中仍在保護區內發現多件捕魚工具，顯示人為捕獵活動仍然威脅七家灣流域的鮭魚族群。由於一些不易進入的河段也有發現人為活動的情形，因此建議管理處特別留意，建立完善報護區管制系統並加強巡邏工作，避免有心人士盜獵。

5、由於洪水直接侵襲舊復育中心，使得三年來嚴密保護的所有人工復育鮭魚都被洪水沖失。由於野外的鮭魚族群明顯集中在一至二號壩以及一號壩以下的中下游河段，建議國家公園管理處仍需持續進行人工復育放流工作以減低攔砂壩對上游族群的阻隔效應，並提供分布在下游高水溫河段成魚族群的繁殖機會，和維持基因歧異度的多樣化。

關鍵詞：櫻花鉤吻鮭、七家灣溪、族群數量、生態調查、棲地型態



## Abstract

### **Studies on population dynamics of the Formosan landlocked salmon *Oncorhynchus masu formosanus***

Taiwan masu salmon (*Oncorhynchus masou formosanus*) is one of the endangered species of conserved wildlife. It is also a Taiwanese endemic wildlife since the glacial epoch. However, owing to the impact of Typhoons, floods, agriculture development, dams, etc. on the environmental habitats, the survival of wildlife has been seriously threatened. The Shei-Pa National Park has engaged the investigation projects on the population circumstances of Taiwan masu salmon since 1994. Those projects have aimed to understand and to control the current statuses of the population, age structure and distribution areas. On the basis of those data, the Shei-Pa National Park may make proposals of projects for restoration of Taiwan masu salmon.

In the period of May to June and in October of 2004, twice overall population investigations for Taiwan masu salmon in the Chichiawan creek have been conducted. This study is to understand the population and the distribution of salmon after the juveniles of the 2003 breeding season attending to the group and before the 2004 breeding season, and to compare the variations of the population and the population structure of the previous years, and further to make analyses. In August, an investigation in the Sikairan creek was also conducted to ascertain whether Taiwan masu salmon has distributed in this creek.

The measurement of the meso-habitat of the Chichiawan creek and the distribution of salmon in each meso-habitat unit (pool, riffle, run etc.) has been monitored after typhoon, and compared to the data set before typhoon to understand the variation of habitat and the effect on salmon population.

The major findings are as follows:

1. In the autumn of 2004, the population of the masu salmon is 1,593, in which the amount of the one-aged juvenile is 628, the two-aged adult 658, and the three-aged adult 307. In comparison with the population 3,228 investigated in this summer, the amount has been decreased half more, those mainly because of the coming of the Mindulle and Aeri typhoon. The one-aged juvenile lost more than two aged and three-aged adults, and the population located in the upstream lost more than downstream. The age structure of the population becoming bottle shape (resemble pyramid shape) because the two-aged adults and one-ages juvenile occupy more, and the large sized adults the less.

2., The population of salmon in the Kao-shan creek decreased more than in Chichiawan creek after typhoon, many salmon be located at the upstream moved to the downstream by flood. And the checkdam no.4 again block the tracing back of the salmon. However, because it had not any checkdams in the Kao-shan creek, and the habitat not to be destroyed out by flood and keeping the various habitat, the salmon should be back to the upstream in the future.

3. The population of salmon gathered up major at the region of checkdam no.2 to no.3, minor in the region under the checkdam no.1, but some population still reserved in the upstream above the checkdam no.5 and Tao-mountain north stream. The population distribution obviously uneven between upstream and downstream region, and it will be worried that affecting the quantity and distribution of the juvenile salmon in the future.

4. For the research in the Sikairan creek, the investigation in August didn't find out any salmon. Most salmon lost by flood because of the Mindulle typhoon. We will still irregularly scheduled investigate the population and habitat of Sikairan creek to avoid of the error of survey, and contact with the leader of the stream-protect team in local village to get over the population present.

5. The mean survival rate of 2002 year-class salmon that raised substantially after first winter is 58.2% , and reduce to 16% after the second winter. But the survival rate variable in different region, the more upstream region, the less rate. It can be taken as natural mean survival rate of the wild salmon because the 2002 year-class salmon didn't meet heavy disaster that caused lots of death when growing up.

6. The analyses of meso-habitat of the Chichiawan creek revealed that most pool and run unit buried by sandstone because of the heavy flood, and the composition of habitat becoming to the riffle-major environment. The habitat pattern turned into the tendency toward more seriously homogeneous in the upstream than in the downstream region. Because the transforming of the meso-habitat, the salmon be forced to located in the riffle and smooth-riffle unit that unsuitable for resting either pool unit.

And some suggestions are as follows:

1. Because of some section of roads beside the river be damaged by flood, it will be repaired by constructor in succession. We suggested that perfect proposal should be submitted in previously and carried out carefully in order to avoid endangered the salmon population and disturbed the habitat.

2. A stable population of masu salmon certainly existed in the Tao-shan north creek and didn't disturbing by typhoon this time. But the reaches cut off by dams and small water falls, that caused the salmon in the lower reach becomes danger owing to the fluids are not stable in dry seasons. Long-term monitor for the population should also be conducted to protect the stable population in the lower reach. In the upper reach, intensive cruise and propagation of protection should be taken.

3. The only obstruction between the checkdam No. 1 and No. 3 is the low dam (the sub-dam of the old No. 2 dam). It should be amended with some methods having minor impacts so that the masu salmon may easily go upstream. The difference of the population between the upper and lower reaches separated by the dams will be eliminated accordingly. It is also beneficial to the whole population of the masu salmon.

4. Research workers found several fishing equipments in the protected zone when carried out the survey recently year. It revealed that artificial fishing still

threaten the salmon in the Chichiawan creek. Because many human activity be found in the some region that difficultly to get into, we suggested that the administration to care more and to establish the completely entrance guard system of protected zone and enhance the daily routine patrol to avoid people fishing unlawfully.

5. The old recovery center destroyed by flood and caused all the natural-propagation salmon that protected strictly in three years all lost. We suggested that the administration of NP should continue to proceed the restoration program because most wild salmon distributed in the region of the checkdam no.1 to no.2 and under the checkdam no.1, to decrease the obstructive effect of checkdam and supply for the breeding chance of the adult salmon in high water temperature region downstream, and maintain the genetic diversity.

**Keyword:** Formosan landlocked salmon · *Oncorhynchus masu formosanus* · population censuses · population ecology · meso-habitat

## 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。

目前僅知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（1984）七月依「文化資產保存法」第 49 及施行細則 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流域，並且在民國八十八年（1999）由農委會依據「野生動物保護法」，公告為野生動物保護區。

根據早期的記錄顯示（Kano, 1940），櫻花鉤吻鮭在日據時代(自 1917 年至 1941 年間)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它的棲息地。其中司界蘭溪及七家灣溪的數量最多，甚至在七家灣溪還可以以投網的方式，每人每天可以捕獲到十五斤以上，在當時是當地原住民重要的食物來源之一。但是到了民國五、六十年代時日本人來台灣採集調查時，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（Watanabe et al., 1988）。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。到了在民國七十三年（1984）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，發現只剩下七家灣溪約五公里左右的溪段，有這種國寶魚的存在（林等，1988）。之後又根據民國八十年（1991）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七家灣溪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）。近年來由於人工復育的幼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之最上游約在池有溪匯流點以下附近，海拔約在 1980 公尺左右，距離分布範圍的最低點七家灣溪與有勝溪匯流點約有八公里左右的距離。雖然過去亦曾經發現有極少數鮭魚個體會分布到更下游的大甲溪和平農場附近（曾，1996），但是這種情形應該是颱風等天災所帶來之洪水將部份個體沖刷到下游地區的結果，並未能夠在此下游河段建立穩定的族群。

## 櫻花鉤吻鮭族群監測與動態分析

雪霸國家公園管理處自民國八十三年（1994）五月起開始，委託辦理櫻花鉤吻鮭族群現況的普查（曾，1994、1995、1996、1997、1998、1999、2000、2001、2002、2003），本項研究計畫延續林曜松教授等人在七家灣溪主流域的族群數量調查工作（林等，1988；林等，1990；林等，1991；Tsao，1995），以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資料不僅關係到本種珍貴保育類動物的存續問題，復為提供一般大眾了解櫻花鉤吻鮭族群現況，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礎生態資料，因此有必要持續且全面調查該種魚類的分布現況，以瞭解其族群數量和分布變化情形。

多年來的調查結果分析顯示，天然災害如颱風、梅雨，對於櫻花鉤吻鮭族群的威脅最大，經常會影響整個鮭魚族群的數量與分布變化（曾等，2000）。加上此地甚多攔砂壩阻隔的重疊效應，往往使得被洪水沖到下游的鮭魚無法再回到上游地區，影響族群的天然分布。而天然災害對櫻花鉤吻鮭族群最深遠的影響，主要是在產卵季節時對於新生族群的傷害，例如在 1994 年十月的產卵季開始時，正好碰上豪雨使得溪水高漲，許多已經產完卵的巢場和卵均被沖毀。洪水同時挾帶甚多的泥沙，覆蓋許多未被沖毀的鮭魚產卵場，導致魚卵的死亡率大增（曾，1995）。

每年新生幼魚的加入對整個櫻花鉤吻鮭族群的影響甚巨，各河段魚卵孵化死亡率的高低影響到當年度各河段新生族群的加入（楊，1997）。如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）。這樣的現象提醒我們對各河段的水文水質特性進一步的調查分析，以了解魚群分布與環境因子之間的關係。由於七家灣溪流域長期進行水質監測與分析（陳，1996、1997、1998、1999、2000），因此本研究只就最有可能影響鮭魚族群的水溫條件著手分析研究，自 1996 年起開始就加上水溫長期監測與分析的工作，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。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。同時為了瞭解櫻花鉤吻鮭族群數量、結構及分布溪段的變化，提供管理單位保育經營政策擬定之精確的參

考資訊與基本資料，持續進行長期而全面性的族群監測是相當重要的。

由於 2001 年繁殖季節的低水溫與少洪水等環境因素使得 2002 年幼魚數量大幅提高，這些大量增加的幼魚並且都是自然更新而非人工放流的族群，也分散在各個主、支流河段中，並未如以往只集中在某一河段，鮭魚總數並且創下族群調查工作以來的最高數量。之後的幼魚更新狀況也不算差，因此自 2002 年以後的鮭魚數量都在三千尾以上，雖然各齡族群有所增減變動，但仍然顯得十分穩定。不過今（2004）年夏季以後，遭逢兩個敏督莉（Mindulle）以及艾莉（Aeri）颱風侵襲，歷史性豪雨造成的洪水，使櫻花鉤吻鮭再次面臨生存威脅，由於大多數的攔砂壩仍舊矗立，形成的阻隔效應使得風災對族群的衝擊放大，由觀察賀伯風災的經驗，棲地恢復以及族群穩定都需要二至三年以上的時間，甚至可能因為連續的天災，以及氣候變遷造成幼魚更新狀況不佳而使得族群數量跌到谷底，因此密切且持續地監測風災後櫻花鉤吻鮭族群變動以及棲地回復情形仍是相當重要且必須的工作。

## 貳、研究內容與方法

本年度計畫延續以往的族群調查研究，於今（2004）年夏、秋兩季分別進行一次全流域的鮭魚族群調查工作，調查範圍如圖一所示，包含迎賓橋（有勝溪匯流點）以上至桃山西溪六號壩的整個七家灣河流域，其中並包含桃山北溪（舊名無名溪）、高山溪（舊名雪山溪或武陵溪）與湧泉等支流。除進行族群數量調查外，並標定櫻花鉤吻鮭棲息溪段與棲地型態，希望對七家灣流域棲地現況及其與櫻花鉤吻鮭分布關係有更詳細的瞭解。

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（林等，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，雖然體型大小與營養有關，但由於櫻花鉤吻鮭每年只進行一次生殖行為，因此各齡魚間的體型仍然存在顯著差異，加以無法對野外個體捕抓實際測量尺寸，因此本研究依其目測相對體長大小來進行鮭魚年齡的辨別，年齡是依鮭魚經歷繁殖期的次數作為依據，如一齡幼魚指經歷過一次繁殖期的鮭魚，全長約為5~8cm；二齡中型成魚指經歷過兩次繁殖期的鮭魚，全長8~20cm之間；及全長25cm以上的三齡大型成魚，指經歷過三次以上繁殖期的鮭魚，三齡以上大魚亦是參與繁殖的成魚。族群調查中標定各齡魚的數量和其出現的棲地型態。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、數量分布分析。調查結果均直接標示於河段圖面上，並比較歷年魚群數量、結構及分布的變化。

在進行族群調查工作的同時，本研究並且進行棲地環境的記錄工作，將整個七家灣河流域分割成許多均質的棲地型態（Mesohabitat，各類棲地型態單元的描述與分類則見表六中的說明），除了測量每個棲地單元的河寬、長度、水深、底質環境以及周遭環境因子（如遮蔽狀況）外，並配合鮭魚族群調查統計的結果，估算不同河段的不同齡級鮭魚利用各類型棲地單元的狀況。

野外調查工作時，並且一併進行其他共域魚種（Wang，1989），包含台灣鏟頰魚（*Varicorhinus barbatulus*）、台灣纓口鰍（*Crossostoma lacustre*）與明潭吻蝦虎魚（*Rhinogobius candidianus*）的數量與分布狀況。不過由於其他魚類與

## 櫻花鉤吻鮭族群監測與動態分析

鮭魚的生長速率不同，以及生殖特性不同，特別是是數量最多的台灣鏟頰魚，生殖季節長，體型與體長都呈現連續變化，雄、雌魚性成熟的體型明顯不同，且數量眾多，並不如櫻花鉤吻鮭般容易判定。不過為了調查與記錄的方便，我們並未針對台灣鏟頰魚等不同體型族群的數量與分布狀況分別記錄，亦未針對其他魚類不同齡魚數量分別進行討論。



## 參、結果與討論

### 一、櫻花鉤吻鮭族群數量、分布以及風災對族群影響

今(2004)年夏、秋兩季普查結果分別如表一與表二，最近一次的秋季調查整個七家灣溪流域總計記錄到 **1,593** 尾櫻花鉤吻鮭，其中一齡幼魚有 **628** 尾，二齡中型成魚有 **658** 尾，三齡大型成魚則有 **307** 尾。前一次的夏季普查時則記錄到 **3,228** 尾櫻花鉤吻鮭，其中一齡幼魚有 **1,448** 尾，二齡中型成魚有 **1,234** 尾，三齡大型成魚則有 **546** 尾。比較秋季與夏季調查結果，整個族群數量大幅減少超過 1/2，各齡鮭魚的族群數量都有減少，其中以一齡幼魚減少的幅度最為顯著，超過 55%，其他二齡以與三齡以上鮭魚族群雖然情況較不嚴重，但亦有 46% 的族群損失。根據以往調查經驗，在沒有豪雨天災干擾的情況下，夏、秋兩季的族群數量差異並不會太大，因此本季調查族群數量大幅減少的主要原因應是七月以及九月分別遭受敏督利 (Mindulle) 以及艾莉 (Aeri) 兩個歷史性的超級颱風侵襲所致。此兩次風災對七家灣溪流域棲地環境以及櫻花鉤吻鮭族群變動則待後詳細討論。

今(2004)年秋季族群調查發現櫻花鉤吻鮭的分布範圍如圖一。依據以往調查經驗，會有零星鮭魚個體因洪水暴雨被沖移到更下游河段，甚至是松茂附近的大甲溪河段都有發現鮭魚的記錄，有些個體亦會游入有勝溪下游河段，但由於河段距離太長，加上那些櫻花鉤吻鮭分布相當分散且並無法形成穩定的族群，因此並未針對大甲溪河段進行詳細調查，亦無法將這些零星個體納入總數。櫻花鉤吻鮭主要族群的分布起點仍以有勝溪匯流點，亦即迎賓橋開始，往上游可達桃山西溪六號壩下，往桃山北溪(無名溪)則可超過桃山(煙聲)瀑布溪與詩崙溪匯流點，到達以上約一百公尺一個落差小瀑布止，高山溪流域則可達到四號破壩下。本次高山溪的分布上限與夏季調查時為四號破壩上游約五百公尺有所不同，這是因為高山溪河道由於受到洪水淘蝕，整個上游河床基盤下降一公尺以上，造成原先已經拆除的四號破壩壩基又抬高形成新的阻礙，使得所有被洪水沖移至四號破壩以下的鮭魚個體都無法順利回溯，以上河段在此次調查中並未記錄到任何鮭魚個體。

此外，七家灣溪上游的五號壩在此次風災也因洪水被切割出一塊缺口，四號壩的副壩也為砂石所完全淤積，使得三至四號壩河段，以及四至六號壩間的河段

成為沒有阻礙的新河段。復育中心旁已經崩垮的二號壩，在這次風災更被洪水整個沖移摧毀，僅存左翼的壩基遺址，其餘部分則散落下游河床。

以櫻花鉤吻鮭在七家灣溪的空間分布狀況而言，夏季調查時七家灣溪一至二號壩河段的族群數量最多，共記錄到 1,246 尾（佔整個族群的 38.6%）。高山溪匯流點以上的整個高山溪河段，共計 579 尾，佔整個族群的 17.9% 居次。再其次則為二至三號壩（包含二號破壩至二號石壩及湧泉支流共計 400 尾，佔 12.4%）與五至六號壩（共計 360 尾，佔 11.2%）。數量最少的河段則為三至四號壩河段，包含桃山北溪全段數量共計 204 尾，佔所有族群的 6.3%。以往通常數量最少的一號壩以下河段，此次則略多於三至四號壩河段，共計 213 尾，佔 6.6%。

最近一次的秋季調查仍以一至二號壩河段的族群數量最多，共記錄到 614 尾（佔整個族群的 38.6%），由於整個二號壩已經完全被洪水破壞，僅存部分基座，因此不再成為阻礙。若將原來的二號壩至二號石壩（副壩）河段族群也包含在此河段內，則數量達到 738 尾，佔所有族群的 46.3%。其次則為一號壩以下河段的 254 尾，佔所有族群的 15.9%。再其次則為三至四號壩河段的 218 尾（佔 14.2%），不過若不考慮桃山北溪（舊名無名溪）的族群，則三至四號壩河段僅記錄到 8 尾（佔整個族群的 1% 不到）。以往數量都還頗多的二號石壩（副壩）至三號壩河段，則降至 158 尾（佔 9.9%）。以往數量頗多的高山溪全段及五至六號壩河段，族群比例下降情況更為嚴重，本次調查結果都僅佔整個族群的 6.3%。

由於風災暴雨的影響，加上攔砂壩阻隔影響，整個族群比例明顯傾向下游河段。高山溪河段雖然沒有攔砂壩的阻隔，但原先以三號破壩以上河段族群為優勢的現象也被打破，族群亦明顯向較下游河段集中。

為了評估此次風災對櫻花鉤吻鮭造成的影響，將風災前後族群數量變化統計整理列於表三，並且同時列出 1996 年十月在七家灣溪及中部地區也造成極為嚴重災害的賀伯風災後，當時櫻花鉤吻鮭族群存活的狀況作為比較，由夏、秋兩季族群數量的比較，風災後存活率為 49.3%。其中大型成魚存活 56.2%，中型成魚存活比例為 53.3%，幼魚則僅 43.4%，存活率與體型大小成正比關係，顯示體型越大，體能越佳，游泳能力亦越好，有較高比例在躲避洪水暴雨侵襲下得以倖存。觀察 1996 年的賀伯風災前後族群數量亦有類似的結果。

比較各個河段的存活狀況，七家灣溪下游（一號壩以下河段）與中游下段（一

至二號壩河段)，由於有上游族群的補充，因此有些齡級的族群比例相對增加外，越往上游有存活率越低的趨勢。桃山北溪的比率不減反增的原因是在夏季調查時適逢枯水季節，許多河段形成不連續的淺瀨，以浮潛方法觀察容易造成誤差，秋季時則因為水量較多，反而可以發現較多的鮭魚個體，不過桃山北溪的兩岸環境與族群在此次風災所受影響在各河段中確實也是最為輕微的。

高山溪河段的族群存活比率是整個流域中最低的，這與溪流環境特性以及風災的影響同時有關，就溪流環境特性來說，高山溪的兩岸緩衝空間較小，不若七家灣溪兩岸可以見到較大的沙洲地，這些沙洲地在風災豪雨來臨，溪水暴漲的時候，往往可以形成緩流區供鮭魚暫時避難。此次風災後，整個高山溪的河道底床嚴重往下淘深，上游河段的下降深度超過一公尺。此外，雖然敏督莉與艾莉風災之間，本研究並未進行族群普查，但敏督莉颱風後高山溪的河道變化即已相當劇烈，相對來說七家灣溪的棲地環境則幾乎沒有改變，艾莉颱風後則又再完全改觀，從棲地環境的記錄來看，整個高山溪河段似乎經歷過兩次風災的嚴重侵襲，七家灣溪則以艾莉風災的影響較大。

與 1996 年的賀伯颱風相較，當時的族群總數存活率約 67.2%，相較今年兩次風災的存活率僅 49.3%，高出不少，無論是大型成魚或是幼魚，當時的存活比率也都今年來得高，在各個上、中、下游及支流河段也有相同的現象。不過若以族群數量而非比例作為比較，今年風災後的櫻花鉤吻鮭存活數量共 1,593 尾，較賀伯颱風後的 1,245 尾來說其實是更多的。

## 二、其他共域魚類的數量與分布狀況

今（2004）年夏、秋兩季在進行櫻花鉤吻鮭族群調查時，並且同時進行七家灣溪共域魚類的數量與分布狀況調查，這些魚類包含台灣鏟頰魚（*Varicorhinus barbatulus*）、台灣纓口鰍（*Crossostoma lacustre*）與明潭吻蝦虎魚（*Rhinogobius candidianus*）等三種，其結果整理如表三。由於數量眾多，族群優勢加上河域寬廣，又喜愛聚集成群，即使是以浮潛進行觀察，台灣鏟頰魚的數量仍然不易正確估計，因此表中的數量較櫻花鉤吻鮭族群調查結果誤差會來得更高。

兩季調查結果顯示，台灣鏟頰魚數量仍然集中在七家灣溪一號壩以下河段，特別是高山溪匯流點以下至迎賓橋河段的數量最多，超過所有族群數量的 1/2 以上。在高山溪則主要分布在高山溪一號破壩以下的河段，但仍有零星個體會上溯

至較上游的河段。

秋季的台灣鏟頰魚數量明顯較夏季少，除了與上游水溫較低，可能不適台灣鏟頰魚分布外，風災豪雨的搬移效應也有關係。比較今（2004）年夏、秋兩季的族群數量，風災後的台灣鏟頰魚分布範圍雖然沒有改變，但數量僅存原來族群的56%，顯現此次的風災也對台灣鏟頰魚族群造成相當嚴重的族群損失。

由於二號壩早在2002年時即因颱風崩壞，形成可以自由上溯的通路，此次的風災更是將整個壩體沖垮摧毀，台灣鏟頰魚因此可以上溯至更上游的二號石壩（副壩），才被隔絕無法前進，不過觀魚台以上至此河段的台灣鏟頰魚數量不多，且多零星分布，並未如下游般成群聚集。因此仍可視觀魚台附近為其主要分布上限。這也許是上游水溫較低或是附著藻類較少，不適合鏟頰魚生活所致。在沒有任何攔砂壩阻隔的高山溪河段，也有觀察到這樣的現象，族群以高山溪一號破壩以下河段為主，上游則僅見零星個體的蹤影。

值得注意的是，台灣鏟頰魚族群迄今總共進行兩年四次的完整數量調查，監測的結果顯示，除了最大體型（>25 cm）的台灣鏟頰魚族群外，其他中體型（15~25 cm）及小體型（<15 cm）的族群，無論是總加或是各河段的數量，都有逐年遞減的趨勢。不過櫻花鉤吻鮭的數量並未有明顯減少的趨勢，或許除了不可避免的估計誤差外，可能還有其他因素也影響到台灣鏟頰魚幼魚的族群數量及更新狀況。

除了台灣鏟頰魚之外，台灣纓口鰍與明潭吻蝦虎魚的數量並不多，都只有零星發現，這是因為浮潛方法不易發現底棲性魚類而有較低的估計所致，還有這兩種魚類不會像鮭魚和鏟頰魚般有群聚的行為的緣故。熱帶性魚類的蝦虎魚不耐低溫，夏季調查時在有勝溪匯流點還可以見到，但水溫較低的秋季則不見蹤影。具有攀附能力的台灣纓口鰍分布範圍可以越過攔砂壩，達到一號壩以上河段。

這些與櫻花鉤吻鮭同時分布在七家灣溪流域的魚類，其中台灣纓口鰍與明潭吻蝦虎魚因為數量十分稀少，且不耐於低水溫環境，因此和櫻花鉤吻鮭的棲息環境幾乎完全隔離，彼此之間沒有互動。上溯能力極強的台灣鏟頰魚，和櫻花鉤吻鮭有最大的重疊區域，而且數量龐大，往往被視為櫻花鉤吻鮭的競爭者，甚至有可能影響鮭魚族群的消長，不過其嗜食附著性藻類的食性明顯與肉食為主的櫻花鉤吻鮭有所區隔，加以兩者在最適水溫環境與生殖棲地等需求亦有不同，研究人員在調查時，也從未見到兩者有太多的追逐或驅趕等互動行為。雖然沒有堅實的

科學證據指出兩種魚類之間的相互影響程度，但由長期演化的觀點來看，咸信共域數十萬年之久的兩種魚類族群，其相互干擾應該不會太大。

### 三、櫻花鉤吻鮭歷年族群變動情形

#### 1、歷年族群數量與結構

將歷年族群調查數量及族群結構整理比較如圖二（族群數量變化圖）與圖三（族群結構變化圖），今（2003）年秋季調查結果是自 2002 年幼魚大發生以來的最低數值，先前三年內雖然也有遭逢旱災或颱風等天候影響，但其間五次的調查族群數量都至少在 3000 尾以上。以這樣的情形來看，今（2003）年秋季的調查結果似乎偏低，不過若比較歷年的族群數量趨勢，可以發現櫻花鉤吻鮭的族群數量其實多在 1000 尾以下浮動，許多時間甚至低於 500 尾。而經歷過兩次重大風災之後，族群數量仍可維持在 1500 尾的數量，實屬難能可貴。

本季調查由於風災侵襲，各齡級鮭魚受損狀況不同，因此年齡結構的組成受到干擾。本季由於三齡以上大型鮭魚的數量較少，二齡中型成魚及一齡幼魚數量幾乎相同，因此形成類似瓶狀結構，雖然並非穩定的金字塔型，但由於仍以中型成魚與幼魚族群較多，亦可視為相對穩定的族群結構。

比較歷年的族群結構變化（圖三），大多數時間都偏離穩定的金字塔型結構，只有 1995 年、1997 年與 2002 年因為幼魚數量的大幅增加才得以建構出金字塔型結構。Hjort（1904）在進行大西洋鮭研究時曾經觀察到整個族群中有某一「齡級」（year-class）的數量，相較其他齡級，會持續保有數量上的優勢多年。這種情形與一般想像魚類族群的組成並不完全相同，其真正的原因雖然還並不清楚，不過許多學者都認為優勢齡級的生成在初期生活史時，如孵化與仔稚魚等的那一段時期就已決定（Chamber et al., 1997）。櫻花鉤吻鮭的族群結構似乎也有這樣的現象，但由於櫻花鉤吻鮭的壽命只有三至四年，而且分齡族群統計次數也少，加上氣候變遷影響頻仍，以及攔砂壩效應的干擾，似乎不容易看出這樣的趨勢。不過這也指出另外一種可能性，櫻花鉤吻鮭或許為了適應台灣多颱風豪雨天災的氣候，而演化出不同的族群對應策略。

#### 2、各河段歷年族群比例變化趨勢

比較歷年各主要河段自 2000 年以來的族群比例變化（圖四），可以發現七家灣溪一號壩以下主流河段的族群比例原本一直都不高，近年的族群比例通常都

## 櫻花鉤吻鮭族群監測與動態分析

是各河段中最低的。這是由於該河段的水溫環境通常偏高，並不合適鮭魚繁衍。不過由於颱風的洪水，將高山溪以及七家灣溪上游河段的許多鮭魚沖移至此，因此族群比例較往年提高許多。

高山溪河段的鮭魚族群比例則自 1999 年攔砂壩陸續拆除，河道上下游形成穩定通路後，由於上游環境良好且棲地穩定，幼魚更新也十分良好，因此總數量即一直呈現穩定上升的趨勢。不過此次風災對高山溪的棲地及鮭魚族群都造成相當大的衝擊，整個河道淘刷嚴重，底床下切，原本穩定的上游河段鮭魚族群都因大雨死亡或被沖移至下游河段，許多個體可能甚至沖移至七家灣溪下游河段，所佔族群比例因此銳降至歷年最低數值。

七家灣溪最上游的三號壩以上河段，雖然被攔砂壩區隔為數個封閉河段，河道距離短且亦不如下游河段來得寬廣，但鮭魚族群總還佔有相當比例。其中三至四號壩河段雖然很短，約僅 500 公尺左右，但因為有許多大型深潭存在，因此族群數量與比例自 2000 年以來逐年升高，由原先未達 5% 攀高至近 20%，這一方面固然是幼魚數量的大幅增加，桃山北溪（無名溪）小瀑布以上發現數量穩定的鮭魚族群分布也是主要原因。今年的比例與往年比較雖然亦不算低，但實際上其中多為分布在桃山北溪的族群，若單純只考慮三至四號壩河段，則族群比例降低至不到 1%。原本在 15%~35% 之間變動的四號壩以上河段，也在此次風災後比例大幅降低至 10% 以下。

中游主要河段的一至二號壩與二至三號壩的族群比例呈現不規則的劇烈變動。由於兩河段兩兩相鄰，又是整個七家灣溪流域內距離最長的無障礙河段。由於棲地多樣，歷年調查結果亦顯示此兩河段通常為櫻花鉤吻鮭分布的最主要河段尤其是以中大型的成魚居多，為了進一步釐清其歷年族群比例的相互變動趨勢，特別比較此二河段的各齡鮭魚族群變化情形如圖五。

### 3、一至二號壩與二至三號壩河段各齡族群變動

二至三號壩間河段的各齡鮭魚比例都有逐年下降的趨勢，雖然三齡大型成魚比例變動較為緩和，但長期來看仍是呈現下降趨勢。一齡以下幼魚以及二齡中型成魚比例雖然在 2002 年有攀升情形，但相對往年比例仍舊不高。至 2004 年以後的族群比例又明顯下滑。

一至二號壩河段的各齡族群歷年變化呈現較為劇烈的變動，且有不同的趨勢。三齡以上大型鮭魚呈現逐年攀升的趨勢，整個七家灣溪近幾年來都有 40%

左右的大型成魚集中於此。在 2001 年以前至少有 25% 的比例，這幾次調查發現，三齡成魚族群中近 40% 比例的個體皆分布於此河段。一齡的幼魚與二齡中型鮭魚則呈現大幅變動，特別是幼魚族群有兩個 40% 左右比例的高低鋒變化，顯示該河段的幼魚族群並不穩定。由於一至二號壩河段的長期水溫監測顯示，在秋季繁殖季節的水溫通常較上游河段來得高些，並不利於幼魚的自然繁殖，因此雖然該河段的成魚比例極高，但每年幼魚更新狀況卻不甚穩定，其中有不少都是上游河段被洪水沖移來此的，族群比例因此呈現劇烈變動。例如 2001 年多次的大雨與颱風侵襲，將上游鮭魚族群沖移至該河段，各齡鮭魚族群數量與比例因此呈現大幅上升（曾，2001），尤其是二齡中型成魚的數量。也因此使得幼魚族群數量在隔年（2001）隨之大幅增加。

一至二號壩與二至三號壩兩河段的族群比例差異在風災過後更為顯著，無論是三齡以上成魚或是一齡幼魚，都有近 50% 的族群集中於此河段，由於舊復育中心旁原先設計作為攔水堰的「二號壩」長期受溪水淘空基礎，加上 2002 年七月遭逢颱風，洪水衝擊造成坍塌崩壞，形成一個新的通路，下游的魚群因此可以自由上溯到湧泉出口下方的「二號石壩」副壩，才被石壩阻隔無法上溯，由於有許多鮭魚聚集於此壩下方深潭活動，因此形成新的鮭魚集中熱點(Hot Spot)(曾，2002)。

整個一至三號壩河段，目前僅剩此石壩阻隔鮭魚上溯，本研究先前曾經提出以利用人工或輕機具等較為簡單的施工方式進行，主要採取對環境衝擊性小的施工法，對該壩進行改善或是拆除工程，評估上或許也不一定需要將石壩整個拆除，只需造成較大缺口可供鮭魚跳躍游泳即已足夠。如此將使得整個七家灣溪中游河段（一至三號壩間）形成超過四公里無障礙通路。這對穩定櫻花鉤吻鮭的野外族群，將有重大的助益。除了直接減低攔砂壩的阻隔效應外，也可以改善兩河段存在棲地型態不均勻的問題（賴，1996），以及免於大型成魚族群數量影響幼魚自然更新的問題。

不過本次風災後，由於遭到大雨嚴重淘刷基床，整個石壩以下的峽谷河段底床下降超過兩公尺，石壩也因此加大落差，形成超過五公尺的高瀑阻礙，不過依照現場觀察，此壩基的基礎已經完全流失，壩頂呈現懸空的狀態，壩基深處上游已經可見水流自礫石中滲出，與先前二號壩的狀況十分類似，預料此壩可能也會與二號壩以類似的模式在不久的將來為大雨或洪水衝破。

#### 4、高山溪歷年族群變動

高山溪整個流域原先在 1999 年陸續拆壩形成通路後，櫻花鉤吻鮭族群比例即呈現穩定上升的趨勢（圖四）。特別是最上游的高山溪三號壩以上河段，從拆壩完成後，由於棲地型態多樣，河床底質穩定，水溫環境優良（林等，2001），一開始即吸引許多成魚上溯集中於此，之後的幼魚更新也都相當穩定，加上當時三號壩以下河段仍然因為兩岸砂石堆積，水流湍急，加上時有工程干擾，棲地型態與底質都尚未完全穩定（葉等，2001），因此上游河段各齡鮭魚的比例一直佔有整個高山溪族群的 50% 以上（圖六）。去（2003）年秋季調查時發現，由於上游族群的穩定及擴展，高山溪中游河段的幼魚數量也開始增加，最下游河段也有少量鮭魚個體分布。不過今年嚴重的風災，已經完全改變高山溪各河段的族群分布狀況，原先穩定的上游河段族群收到嚴重的衝擊，中大型成魚的族群比例降低至 23% 以下，幼魚也僅保有 30% 不到的族群。

由於整個高山溪流域是完全沒有阻礙的自由河段，因此雖然此次風災對該流域的族群造成嚴重的損失，但是當棲地環境又逐漸穩定之際，應該可以吸引下游以及七家灣溪流河段的鮭魚上溯至此，族群恢復以及穩定所需要的時間，本研究將再持續進行觀察。

#### 四、2002 齡級幼魚成長情形

2001 年後的每個鮭魚繁殖季節，雖然國家公園仍然持續進行種魚捕捉與人工繁殖工作，但孵化出來的幼魚都未放流到七家灣溪流域中，因此整個調查範圍內所記錄到的一齡幼魚與二齡中型成魚皆為自然更新之族群。

曾（2002）研究中對七家灣溪流域雨量、水溫進行比較，認為 2002 年櫻花鉤吻鮭一齡幼魚大量出現的原因，應與前一年春、夏兩季較少的豪雨洪水、較低的水溫以及種內競爭較少有關。2002 年的一齡幼魚記錄到共 3,415 尾，在秋季調查時則還有 2,933 尾，到去（2003）年時長成為二齡中型鮭魚，夏季調查記錄到 1,986 尾，秋季調查則記錄到 1,617 尾，今（2004）年夏季長成為三齡大型鮭魚，則調查到 546 尾。如果以 2002 年夏季為基準 100%，則秋季調查時數量減少為 85.9%，去（2003）年夏季則降至 58.2%，到秋季則降為 47.3%（表五），越冬存活率約在 50% 左右，經歷競爭的繁殖季節後的今（2004）年夏季，則大幅降至 16%，兩次嚴重風災侵襲後的秋季調查則降至 9%。



比較歷年調查結果中，同樣有幼魚大量增加的 1995 年與 1997 年，其幼魚存活情形，在 1995 年的一齡魚原有 1,485 尾（100%），在 1996 年夏季時還有 1,025 尾（69%）成長為二齡中型成魚，但秋季則降至 588 尾（39.6%），越冬存活率約 40%，再隔年歷經繁殖季後，則僅存 344 尾（23.2%），秋季則因為 1998 齡級鮭魚成長為大型成魚又小幅增加至 414 尾（27.9%）。而 1997 夏季時的幼魚數量有 1166 尾（100%），至秋季調查時還有 835 尾（72%），到了隔年 1998 年的夏季調查時，卻只剩下 292 尾（25%），到秋季調查，更降至 247 尾（21.2%），其越冬存活率不到 25%，再隔年歷經繁殖季後，僅存 110 尾（9.4%），秋季則因為 1998 齡級鮭魚成長為大型成魚又增加至 422 尾（36.2%）。

1995 齡級的鮭魚族群因為遭逢賀伯颱風的侵襲，1997 年的族群亦面臨夏季颱風與 1998 年春季豪雨的洪水侵襲，才會造成較高的越冬死亡率。而且 1995 年與 1997 年的幼魚大量增生都以二至三號壩河段族群為主，並未遍及整個流域，族群集中造成競爭激烈，族群也容易因為當地棲地環境變動而同時受到影響。

對 2002 年大量增加的幼魚族群來說，雖然在成長的過程中也遭受幾個颱風侵襲，但因為降雨都不多，並未形成嚴重的洪水，加上去（2003）年春季又遭逢旱季，所以鮭魚的死亡與天災較沒有關連，反而可能因為大量幼魚的增生所帶來的壓力影響更大。以往研究人員僅在秋季繁殖季節的尾聲，才會在溪邊緩流處看到死魚，不過去年以來，調查人員經常發現中型成魚的死亡魚體，顯示不少數量的鮭魚可能因為食物、棲地競爭或疾病等非豪雨天災原因而死去。因此 2002 年齡級鮭魚的歷年存活情形，應該可以用來估算作為櫻花鉤吻鮭野外族群的自然死亡率。

比較七家灣溪各主要河段以及高山溪之間鮭魚的幼魚死亡情況（表五），可以發現到除了一號壩以下與二至三號壩河段的族群曾因為大雨沖移影響，造成幼魚存活比率不減反增以外，其餘河段的幼魚數量皆呈現逐年減少的趨勢。在 2002 年秋季時，以七家灣溪一至二號壩河段的存活率最低，但也有 74.1%，三號壩以上河段也有 78.4% 的存活率，高山溪全段則在 83.5%，不過這其中可能有調查誤差的成分在內。去（2003）年夏季調查結果，存活率最高的是二至三號壩河段的鮭魚族群，有 86.6% 的一齡幼魚順利長大為二齡中型成魚，其次為一至二號壩的 72.7%，最低則為高山溪族群，只有 45.8%，不過一號壩下及三號壩以上兩河段的存活率也都只略超過五成。秋季調查結果中，存活率最高則為二至三號壩的

100.9%，不過這其中應該有不少上游沖移下來的個體，其餘河段都低於 50%，其中三號壩以上為 49.5%，一至二號壩為 31.5%，一號壩以下則最低，僅 19.1%。高山溪的存活率則為 30.1%，略低於一至二號壩河段族群的存活率。歷經繁殖季後的今（2004）年夏季調查結果，除了最下游的一號壩以下河段可能由於大量鮭魚的移入，存活比例不減反增外，其他河段都大幅減少。期中三號壩以上河段的存活率最低，僅 4.7%，其次是二至三號壩的 18.8%。七家灣溪主流有越往下游存活率越高的趨勢，這應該是因為下游河段可以承接自上游移入的族群，但下游族群卻因攔砂壩阻隔而無法上溯補充上游河段族群所致。高山溪則有 21.2% 的存活比率。

觀察各河段存活比率，有越往上游越低的趨勢，這主要是因為大雨沖移以及攔砂壩阻隔雙重效應影響所致。由於各河段的幼魚除了自然死亡外，還有族群移出移入的變動影響，加以上游河道較為窄小，棲地與食物的限制大，因此上游的存活比率最低，不過在表六中卻也有下游反而較上游差的情形發生，其中除了二至三號壩可能因為上游族群的加入而得以保留最多的鮭魚族群外，越往下游河段的族群存活比率反而越低，這應該是因為最下游的一號壩以下河段其實並不適合鮭魚棲息成長，可能是因為下游的水溫太高，即使可以發現鮭魚個體，但並無法長久棲息。至於高山溪因為河道短窄，棲地空間與食物更少，加上下游流域的河道底質尚未完全穩定，族群之間的競爭更大，因此存活率較七家灣溪流域來得更低些。

由於櫻花鉤吻鮭逐漸成長為大型成魚時，棲地需求會轉變成偏好深潭棲地棲息（Tsao, 1995；曾，2002），由於深潭具有較佳的覓食環境，因此可以吸引到最多的大型成魚，而七家灣溪各河段間的深潭棲地比例並非一致，食物與棲地間的競爭關係因此可能也影響到各河段的族群存活情形。

### 五、司界蘭河流域勘查

由於司界蘭溪曾經在 1996 春季與 1997 年春季分別放流 60 尾與 200 尾幼魚（吳，2000），先前研究亦曾前往該流域調查族群數量與變動情形（曾，1997、1998、1999），1997 年的調查記錄顯示司界蘭溪的櫻花鉤吻鮭已經可以自然更新，並已建立少量的族群。不過 1999 年調查人員再度前往調查時，卻未能發現任何族群，當時並且遇到許多釣客與釣具餌料等物品。因此認定司界蘭溪的鮭魚

族群可能因為人為捕抓而又再度滅絕，所以之後本延續計畫一直未再前往該流域調查。去（2003）年的十月上旬，為了確認司界蘭溪流域長久以來傳聞有櫻花鉤吻鮭蹤影的消息是否屬實，亦或其實是其他鮭魚如虹鱒，研究人員再次前往司界蘭溪進行調查。去年的調查發現，司界蘭溪確實存在櫻花鉤吻鮭，數量並且相當多。當時粗略估計族群數量應該有兩三百尾左右，分布則自攔砂壩松柏農場流域以上至雙溪匯流點都可以見到鮭魚的蹤影，威信應該可以分布到更上游的支流才是。

雖然數量明顯比不上七家灣溪與高山溪流域的族群規模，但數量也不算少。這些鮭魚並非國家公園再一次進行放流所建立的族群，而是1997年與1998年時放流所建立的族群，1999年最後一次調查時可能因為人為誤差，因此遺漏少數鮭魚個體，這些被遺忘的族群因此自行繁衍更新，再逐漸增加擴展領域的鮭魚新族群。

為了保護該流域的櫻花鉤吻鮭族群，雪霸國家公園與當地環山部落居民自發組成的護溪巡守隊合作，由巡守隊員定期前往巡視，保護該流域的櫻花鉤吻鮭族群。七月敏督莉颱風過後，研究人員曾在今（2004）年八月二日至五日前往司界蘭溪進行災後的族群調查，調查範圍包含松柏農場攔砂壩以上，一直到雙溪匯流點的右支流更上方約五百公尺的瀑布處，不過此次並未發現狀況到任何鮭魚個體的蹤影，不但如此，敏督莉颱風的豐沛雨量也使得整個司界蘭溪河床完全改觀，兩岸原本茂密的赤楊林在此次風災後整個整個消失或破壞，由上游帶來大量崩塌的砂石，並且將原本的深潭都完全填平，整個河床兩岸的砂石淤積嚴重，顯示颱風侵襲當時水況相當惡劣，因此雖然可能仍有鮭魚存活，只是因為調查誤差而未被發現，但機率應該不大。艾莉颱風過後本研究雖然尚未前往該流域進行調查以及記錄，但透過當地巡守隊的訊息得知，風災的破壞更甚於敏督莉颱風，由上游所沖移下來的砂石木頭散落於整個河床地上，讓原本岌岌可危的司界蘭溪鮭魚族群更上雪上加霜。

為了確定該流域的鮭魚是否受到風災影響而完全滅絕，以及記錄風災後的現況，本研究仍將持續對該流域進行不定期的族群及棲地調查工作。

## 六、棲地分析

本研究將整個七家灣溪流域（包含高山溪以及桃山北溪）的整個河段分割成

## 櫻花鉤吻鮭族群監測與動態分析

許多均質的棲地單元，亦即所謂「棲地型態 (Meso-habitat)」，並記錄每個棲地單元的長度、寬度、水深以及底質等物理因子，同時比較族群調查時各齡鮭魚在每個棲地單元的數量，用以分析鮭魚出現在各棲地出現頻度。由表六可以得知在本次調查中，整個七家灣溪的棲地型態是以水淺流急的急瀨 (Rif) 為主，佔所有水域面積的79.3%，其次是平瀨 (Rip) 的16.6%。深潭 (P) 和梯狀潭 (Cp) 分別只有2.9%和1.2%，緩流 (R) 棲地則沒有任何紀錄。不過各個河段的分布並非一致，並且存有相當大的差異。下游的一號壩以下河段以及中游的一至二號壩河段有較高比例的平瀨棲地單元，越往上游，則有較多的急瀨棲地，高山溪支流的急瀨棲地則是整個流域中最高的。

由於2002年時亦曾針對整個流域環境進行過棲地單元分布的調查工作，而在這其間並無天災或豪雨曾經像艾莉風災劇烈地改變整個流域的棲地型態組成與分布，因此比較這段時間內各類型棲地單元的組成比例變化，也可以看出此次風災對整個七家灣溪流域棲地環境所造成的改變以及衝擊。2002年秋季調查的各類棲地單元中，急瀨 (Rif) 棲地也是最主要的棲地型態，佔了當時整個水域面積的64.2%，其次是深潭 (P) 的17.2%，平瀨 (Rip) 的12.6%，梯狀潭 (Cp) 的4.2%，緩流 (R) 棲地的面積最少，但還佔有1.7%。風災後最顯著的改變是急瀨棲地的比例大幅增加，而深潭棲地的比例則相對減少許多，梯狀潭與緩流棲地的比例小幅減少，平瀨棲地的比例則小幅增加。若比較各河段變化，可以發現在2002年時各河段的棲地組成較為多元化，中游二至三號壩河段以及下游一號壩以下河段因為各有一段峽谷地形，因此有較多的深潭棲地，其他中游一至二號壩河段以及上游三號壩以上河段雖然深潭地形較少，但也有10%以上的比例，只有高山溪較少，僅6.8%。而風災後的調查，各個河段的深潭比例則都滑落到不到5%，其中以中游二至三號壩河段的深潭棲地單元減少幅度最大。

比較兩次調查，風災對棲地的影響包含有深潭棲地的減少，以及急瀨棲地的增加，並且造成緩流棲地的消失，由於各河段棲地組成演變成以急瀨為主，也造成均質化現象。

曾有許多研究針對七家灣溪的棲地型態進行分析，Tsao (1996) 曾統計七家灣溪一至三號壩河段的棲地組成，其棲地組成中亦以瀨區 (Riffle) 所佔面積最廣，達到所有面積的39.9%，其次為深潭 (Pool) 的30.9%，湍瀑瀨 (Cascade)

的15.7%，緩流（Run）的12.1%，最少的棲地型態是下蝕潭（Plunge pool）的1.4%。若不考慮不同調查方式或棲地分類造成誤差，歷年資料的結果顯示，急瀨棲地面積有增加的趨勢，深潭與緩流棲地則相對減少。即使單只比較一至三號壩河段，也是相似的情形。吳（1999）整理戴（1992）與賴（1996）等對七家灣溪進行調查所得棲地型態比例的歷年變化後，也發現七家灣溪的深潭與緩流有減少，而梯狀潭有上升的趨勢。這些研究都顯示，七家灣溪的棲地組成有逐漸惡化的趨勢，急瀨棲地逐漸變成七家灣溪流域中最主要的棲地型態類型。由於急瀨棲地雖然可以提供河川高溶氧環境，但是湍急的水流也會讓鮭魚的大部分能量耗費在游泳，因此中大型的鮭魚雖然擁有絕佳的游泳能力可以停留在急流環境中，但無論是調查所見，以及棲地型態與微棲地分析的結果，大多數時間鮭魚仍會選擇在平瀨或是深潭棲地棲息覓食，既可節省能量，又比較安全。因此急瀨為主的棲地環境對於櫻花鉤吻鮭雖然並非有直接性的傷害，但長期來看，卻是不利的。

比較2004年秋季調查中各齡鮭魚在各類棲地單元的分布比例如圖六，可以發現無論是大、中型成魚或是幼魚，都是以在急瀨棲地記錄到的比例居多，其次是平瀨棲地。而風災前的2002年調查資料則顯示，雖然多數鮭魚利用急瀨棲地的比例還是較高，但利用深潭棲地的鮭魚比例也不少，利用兩者的族群比例並不會差距太多，其次才是平瀨與梯狀潭棲地。兩者的比較顯示，風災時洪水對棲地型態組成的改變，有迫使櫻花鉤吻鮭利用相對較差的棲地，如平瀨或急瀨棲息的趨勢。急瀨環境也使得櫻花鉤吻鮭的食物來源減少，由於底質不穩定，使得水棲昆蟲無法快速群聚，因此秋季調查時發現的鮭魚，許多相較往年顯得十分瘦弱。

此外緩流棲地的消失，也可能影響到櫻花鉤吻鮭的族群更新狀況，由於緩流棲地是提供櫻花鉤吻鮭產卵的重要棲地，而此次風災的影響，許多緩流棲地都消失或是轉變為急瀨棲地，這使得許多成年的大型鮭魚都找不到合適的繁殖場所，或是只能選擇利用其他棲地型態。例如在一至二號壩河段，由於主流的流況十分湍急，許多成年的鮭魚只好全部聚集在壩上伏流的右分流中，而該河段在更早之前兩個禮拜進行族群調查時是沒有發現任何魚群個體的。在二至三號壩河段，則有許多鮭魚則是利用平瀨或深潭的末端進行繁殖。加上食物來源的不足，營養缺乏的成年鮭魚也連帶影響到其繁殖狀況，研究人員曾經觀察過幾個繁殖巢場，但都未發現到魚卵的蹤影。人工繁殖所捕獲的種魚，其觀察到的卵粒數以及卵質相

較往年也都不佳。

今年的風災除了對野外族群造成影響之外，也對多年來人工繁殖的成果造成不可挽救的損失，整個舊復育中心建築在此次風災被洪水沖毀，連帶著原本養育的許多大、中、小型各齡鮭魚約三千多尾（體長在8~20cm間的一齡魚約3000尾，體長大於20cm的二齡魚約250尾，三齡魚則有21尾）也都一併捲入滾滾洪流之中，雖然可以這些加入的鮭魚可以視為加入野外族群的放流，不過原先雪霸國家公園規劃的種源庫及櫻花鉤吻鮭完全養殖計畫卻整個被破壞。由於這些鮭魚中有些個體在頭部有進行號碼標記，因此研究人員在進行族群調查時，也曾盡可能針對鮭魚進行觀察，以確認是否有發現到標記個體，不過研究人員並未發現任何標記的鮭魚個體，不過因為不是每一尾調查的鮭魚都有機會可以仔細觀察，因此未來持續進行族群調查工作時，仍為特別留意標記的部分。為了彌補損失的族群，國家公園管理處已經在今年又立即著手進行種魚的捕抓以及建立養殖族群，並將所有繁養殖的鮭魚移往新建的復育中心（原露營場位址）妥善照顧，

人工復育與放流工作原本的目的是為了捕捉分布於下游高水溫河段的成熟雌、雄鮭魚，進行人工繁殖後，待孵化的小魚長成至可以主動覓食的階段，再選擇於七家灣溪與高山溪上游合適棲地進行放流，一方面可以讓下游河段無法成功孵化的成熟鮭魚有繁衍機會，一方面也是減低攔砂壩的阻隔效應。

由於前（2002）年與去（2003）年的野外幼魚族群更新狀況都還不錯，所以一直沒有進行放流的迫切需求與行動。不過今年由於風災的影響，野外的櫻花鉤吻鮭族群面臨食物缺乏，棲地均質以及分布不均的種種危機，預料明年調查時的幼魚更新狀況不會太好，因此如果今年的人工繁殖工作進行順利的話，可以考慮視野外族群的狀況，對上游河段進行一些補充數量的放流工作，以減少既存族群分布上的差異。司界蘭溪的棲地狀況如果調查後仍然許可，也可以再考慮進行放流工作，以建立另一個櫻花鉤吻鮭的野外種源。其他鮭魚則可以移作研究用途，申請進行以往因數量限制而無法進行的相關生態或生理研究工作。

## 肆、結論與建議

總結今（2004）年夏、秋兩季櫻花鉤吻鮭族群調查結果整理分述如下：

一、櫻花鉤吻鮭的分布範圍下游自迎賓橋起，往上游可達桃山西溪六號壩，往桃山北溪（無名溪）則可超過桃山（煙聲）瀑布溪與詩崙溪匯流點，到達以上約一百公尺一個落差小瀑布止。高山溪流域則因為四號破壩落差變大，僅達四號破壩止。此外，桃山西溪五號壩的崩毀，使得四號壩以上至六號壩河段形成通路。

二、族群結構為三齡以上的成魚最少，二齡中型鮭魚與一齡幼魚與數量相當的瓶狀結構。

三、如果不考慮攔砂壩阻隔效應，中游河段的一至三號壩族群數量最多，佔了整個族群數量的一半以上，其次是下游的一號壩以下河段。因為風災的大雨沖移，整個族群分布偏向中、下游河段為主。三號壩以上以及高山溪河段的鮭魚數量大幅減少。

四、三齡以上成魚集中在中游的一至三號壩河段，比例超過 50%，其中又以一至二號壩河段族群的數量最多。由於一至三號壩河段僅存一矮壩阻隔鮭魚上溯，因此建議對此壩體進行非破壞性的降低工程，以利壩上下河段族群交流。

五、二齡中型成魚以及一齡幼魚族群分布都以中游的一至二號壩以及下游的一號壩以下河段為主。

六、今年八月在司界蘭溪調查沒有發現任何櫻花鉤吻鮭個體，且兩岸植被與河床棲地劇烈變動，顯示風災對司界蘭溪流域造成非常嚴重的損害。

七、完全沒有攔砂壩阻隔的高山溪流域，櫻花鉤吻鮭數量大幅減少，原先穩定的上游河段族群在此次風災被大量沖移至下游河段。

八、比較風災前後族群各河段櫻花鉤吻鮭族群存活比率，下游河段因為補充效應存活比率較高，甚至有不減反增的情形，越往上游，存活比率越低，高山溪的族群損失比率最高。各齡級中，一齡以下幼魚的死亡比率明顯較中、大型成魚來得高。

九、風災對台灣鏟頰魚族群也有影響，整個七家灣溪流域的台灣鏟頰魚數量也損失近一半。近年的監測結果顯示，台灣鏟頰魚的族群有逐年減少的趨勢。

## 櫻花鉤吻鮭族群監測與動態分析

十、2002 年大幅增加的幼魚族群，第一年的越冬平均存活率為 58.2%，歷經去（2003）年繁殖季後，越冬平均存活率約 16%，但各河段的存活比率不同，除了中、下游河段受到遷入族群影響外，其他河段的存活率都在 20% 以下，越上游的存活比率則越低。由於該齡級鮭魚在這段時間並未遭遇重大天災干擾族群，因此其存活率可以視為野外族群的自然存活情形。

十一、針對七家灣河流域所進行棲地型態（Mesohabitat）分析結果顯示，風災過後棲地型態轉變為以急瀨為主，許多深潭及緩流棲地也因為砂石掩埋或流況改變而消失，且越往上游，急瀨棲地的比例越高。由於棲地的均質化趨勢，也影響櫻花鉤吻鮭的棲地利用選擇情況，鮭魚分布由原先以深潭及急瀨為主改變為以急瀨和平瀨為主。

以下則是針對族群調查結果所提出的相關建議，分別詳述如下：

### 一、復舊工程應謹慎並避免過度干擾河床穩定

此次風災對七家灣河流域的河岸植被及棲地環境造成很大的損害，有些河段，例如舊復育中心、觀魚台或是一號壩旁，因為河床十分臨近道路，因此也發生有路基嚴重淘蝕，護岸崩毀，甚至整棟建築被沖毀的情形發生，這些地點都將陸續或是已經發包進行修復工程。如果在設計上可以避免風災的再次干擾最佳，若囿於預算限制只能依照原有形式進行復舊的話，因為這些工程施作的地點都在保護區範圍內，有些河段的鮭魚群聚密度很高，例如觀魚台旁有個大深潭，常常都可以發現到廿至卅尾左右的大小鮭魚，或是一號壩上的分流在十一月間發現有許多大型鮭魚在此配對築巢。加上這些河段也都在道路旁邊，是許多遊客駐足觀賞或是必經之路，某種程度上可以作為生態保育的教育示範。因此在規範及施作上都應該較一般工程更為嚴苛，包含工程計畫的詳細施行細則以及方式，臨時應變計畫等都應該完備，經過嚴格審查後才能施作，且需嚴格監管該地水質（特別是濁度）及族群狀況，務求降低對環境及生態影響至最低。

此外高山溪河段由於此次風災受損相當嚴重，原先武陵農場（或是富野度假村）在三號破壩上方的取水口以及整個取水管線也都被掩埋沖毀。由於先前的取水工程採取重機械施工，怪手直接長驅直入進入高山溪保護區進行挖掘、填土等施工，嚴重破壞整個高山溪河段棲地穩定，並且干擾當地櫻花鉤吻鮭族群。因此強烈建議不應再許可類似工程活動的進行，而應規劃引用其他水源或是以更環保



的循環利用等方式解決現有水源不足的問題。

## 二、桃山北溪的穩定族群應該避免干擾

桃山北溪河段存在小瀑布與一座攔砂壩阻隔鮭魚上溯，也將整條小溪切割成三個不連續的河段。1998年春季的放流工作（吳，2000），有時復育時採完精卵的成魚，有些也都放流於此。在2003年秋季本研究開始針對桃山北溪小瀑布以上以及攔砂壩以上河段進行調查，發現雖然桃山北溪的水量不大，甚至在許多地方形成不連續的小水窪，但卻有不少的鮭魚躲藏分布其中，且數量相當穩定，鮭魚的分布可以一直到達桃山（煙聲）瀑布溪與詩崙溪的匯流點以上，直到上方一百公尺左右遇到一個小落差瀑布為主。

風災後的調查顯示，此河段的兩岸植被及棲地並未受到太大的影響，鮭魚數量也並沒有明顯的減少，由於底質穩定，食物豐富，比較其他河段，該河段的鮭魚也有較豐滿的體態。由於該溪的兩岸森林茂密且罩蓋完整，且不易接近，水溫與棲地都相當適於櫻花鉤吻鮭生存，但仍存有一些既有的問題，包含1、不算長的河段被切割成三個不連續的河段，族群之間並無法交流或活動。2、可能的乾旱與斷流問題。去（2002）年與今（2003）年由於全球氣候變遷影響，導致全省各地普遍乾旱缺水，由於桃山北溪攔砂壩以及匯流點附近的砂石淤積嚴重的河段，容易形成伏流狀況，造成徑流量少而無法形成連續水流。2003年乾旱最嚴重時，桃山北溪下游斷流乾枯曾經達到匯流點以上約175m左右，已經超過小瀑布以下河段長度的一半。更上游的河段在一號壩的上下位置，雖然還可見到表面逕流，但卻形成一個個的小水窪，無法完全連續。調查人員並且發現，許多鮭魚就處在小水窪中，一旦有人影靠近，則擠在岩石縫中躲藏，顯得十分岌岌可危，如果不是第一波梅雨帶來豐沛的水量，有許多鮭魚將會乾渴死在石下或者為天敵捕食殆盡。3、在上游的桃山（煙聲）瀑布溪與詩崙溪匯流點附近，臨近登山步道，由於該地是登爬四秀的重要水源，因此往來旅客都會在此小憩休息，因此需要加強巡邏與宣導工作，以利保護該流域的鮭魚。

## 三、建議拆除一至三號壩間唯一的攔砂壩

戴（1992）的研究顯示攔砂壩興建之後，颱風對櫻花鉤吻鮭族群將造成以下影響：1、幼魚易受到環境變動的影響增高死亡率；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。

自 2002 年以來的調查發現一至二號壩有較高比例的三齡以上大型鮭魚棲息，風災後的集中效應更為顯著。由於大型成魚是魚群更新的關鍵，有較多的成年鮭魚，往往會有較多的配對行為與產卵場分布，可惜該流域的水溫環境並不穩定，往往限制了幼魚孵化存活率，攔砂壩又阻隔鮭魚尋求較好的水溫環境。由於一至三號壩間河段只有一個不高的攔砂矮壩阻隔，施工困難度不高，所需經費亦不多，加以此次風災後壩基嚴重淘蝕，不需要以重機器將整個壩體拆除，而只需要以人力或輕機械進行，此工作雖然簡單，但對七家灣溪鮭魚族群穩定影響很大。

### 四、嚴格管制七家灣溪保護區的人為活動

由於七家灣河流域雖然已經劃設為野生動物保護區，但各項工作仍由林務局、武陵農場以及國家公園等多個單位分工進行，除了研究人員之外，各單位出入保護區頻繁，例如：林務局有些防火巷清除或是步道清除工作，都會經過一些河段，如高山溪上游或是原抽水站河段，這些河段有些相當隱密不為人知，一般研究人員也鮮少經過。由於最近幾次的調查過程仍可發現，七家灣河流域仍然存在人為捕獵的威脅。研究人員在去（2003）年夏季以及今（2004）年夏季調查時，都曾經於七家灣溪下游分別發現流刺網具、魚鉤及魚簍，顯示有人在七家灣溪核心保護區範圍內進行獵捕活動，而且可能是經常性之活動。因此建議主管的國家公園單位應該和其他單位更加密切的聯絡，建立保護區出入的登記制度，以嚴格管制，避免為有心人士有機可趁。

### 伍、誌謝

本研究工作期間受到雪霸國家公園管理處處長、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。除此之外，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，以及陳聖宗、吳杰峰、許佑銘、林千育、銀琬春、葉國明、陳志豪、葉仲書、張家苑、葉昶志、黃寶儀、鄭安怡、蕭一真、溫文新、吳靜茹、余文義、顏士清、姚中翎、王捷暉、楊亦岑、陳佳伶、陶天麟、王一如等多人在野外工作上的協助，才能順利平安完成本年度的野外調查工作，特別在文末致謝之。

## 陸、參考文獻

Chambers, R.C., and Trippel, E.A. (eds.), 1997, Early life history and recruitment in fish populations. Chapman & Hall 21, London, 596 p.

Hjort, J., 1914. Fluctuations in the great fisheries of Northern Europe. Rapp. P.-v. Reun.Cons. Int. Explor. Mer 20, 1-28.

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

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.

Tsao, E. H., Y. S. Lin, E. P. Bergersen, R. Behnke and C. R. Chiou, 1996, A stream classification system for identifying reintroduction sites of Formosan landlocked salmon (*Oncorhynchus masou formosanus*, Jordan and Oshima), Acta Zoologica Taiwanica 7(1):39-59.

Wang, C. J. 1989. Environmental quality and fish community ecology in an agricultural mountain stream system of Taiwan. Ph. D. Dissertation, Iowa State Univ. 138pp.

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

吳富春、王文江、徐享田、張守陽，1999，水庫集水區治理規劃與成效評估計畫(二)，經濟部水資源局研究計畫。

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。

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

## 櫻花鉤吻鮭族群監測與動態分析

林業特刊第 39 號：166-172。

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。

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。

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。

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。

陳弘成，1999，武陵地區溪流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，78 頁。

陳弘成，2000，武陵地區溪流水源水質監測系統之規劃與調查（六），內政部營建署雪霸國家公園管理處，106 頁。

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。

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。

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。

曾晴賢，2000。櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查（三），內政部營建署雪霸國家公園管理處，54 頁。

曾晴賢、游智閔、楊正雄，2000. 七家灣溪櫻花鉤吻鮭族群數量變動的研究，國家公園學報 10（2）：190-210。

曾晴賢，2001，櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查（四），內政部營建署雪霸國家公園管理處，34 頁。

曾晴賢，2002，櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查（五），內政部營建署雪霸國家公園管理處，36 頁。

曾晴賢，2003，櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查（六），內政部營建署雪霸國家公園管理處，48 頁。

葉昭憲、段錦浩、連惠邦，2001，七家灣溪河床棲地改善之試驗研究（四），內政部營建署雪霸國家公園管理處，72 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班碩士論文，76 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，112 頁。

表一：2004年夏季櫻花鉤吻鮭調查數量統計表。

調查於五月廿八日至六月三日前往進行，調查河段包含迎賓橋以上至六號壩以下的七家灣溪主流全段、高山溪全段與桃山北溪（舊名無名溪）匯流口以上至詩崙溪匯流點河段，統計總數量為3,228尾。其他魚類數量估計請見表三。

地 點	三齡以上成魚	二齡中型成魚	一齡幼魚	小計	備註
	(25cm 以上)	(8~20cm)	(5~8cm)		
迎賓橋~高山溪匯口	23	26	47	96	
高山溪匯口~一號壩	50	19	48	117	
一號壩~觀魚台	100	102	400	602	一至二號壩 共計 1,246
觀魚台~二號壩（破）	116	148	380	644	尾
二號壩（破）~三號壩	61	162	150	373	二至三號壩 共計 400 尾
湧泉池	2	8	17	27	
三號壩~四號壩	18	64	26	108	三號壩以上
無名溪匯流點至小瀑布	1	13	10	24	河段共計 790 尾
無名溪小瀑布以上	23	28	21	72	
四號壩~五號壩	9	149	68	226	
五號壩~六號壩	35	296	29	360	
高山溪一號破壩以下	8	12	51	71	高山溪全段 共計 465 尾
高山溪一~二號破壩	12	21	52	85	
高山溪二~三號破壩	15	48	66	129	
高山溪三~四號破壩	21	70	70	161	
高山溪四號破壩以上	52	68	13	133	
小計	<b>546</b>	<b>1,234</b>	<b>1,448</b>	<b>3,228</b>	

表二：2004年秋季櫻花鉤吻鮭調查數量統計表。

調查於十月十五日至廿日前往進行，調查河段包含迎賓橋以上至六號壩以下的七家灣溪主流全段、高山溪全段與桃山北溪（舊名無名溪）匯流口以上至小瀑布河段，桃山北溪小瀑布以上至詩崙溪匯流點河段則在十一月一日至二日進行。所有統計總數量為1,593尾。其他共域魚類的數量估計請見表三。

地 點	三齡以上成魚	二齡中型成魚	一齡幼魚	小計	備註
	(25cm 以上)	(8~20cm)	(5~8cm)		
迎賓橋~高山溪匯口	4	40	28	72	
高山溪匯口~一號壩	16	34	132	182	
一號壩~觀魚台	41	128	79	248	一至二號壩 共計
觀魚台~二號壩（破）	89	144	133	366	738尾
二號壩（破）~二號石壩	22	27	75	124	二至三號壩 共計
二號石壩~三號壩	34	57	51	142	282尾
湧泉池	4	2	10	16	
三號壩~四號壩	2	1	5	8	三號壩以
無名溪匯流點至小瀑布	9	15	5	29	上河段共
無名溪小瀑布以上	45	83	61	189	計117尾
四號壩~五號壩（破）	1	8	7	16	
五號壩（破）~六號壩	14	70	17	101	
高山溪一號破壩以下	14	25	8	47	高山溪全
高山溪一~二號破壩	0	6	1	7	段 共計
高山溪二~三號破壩	6	8	8	22	100尾
高山溪三~四號破壩	6	10	8	24	
高山溪四號破壩以上	0	0	0	0	
小計	<b>307</b>	<b>658</b>	<b>628</b>	<b>1,593</b>	

表 三：艾莉颱風（2004）與賀伯颱風（1996）後七家灣溪各河段櫻花鉤吻鮭各齡族群存活率比較表。

基數 100% 分別為 2004 年與 1996 夏季族群調查總數量。

時間		2004 (艾莉颱風)			1996 (賀伯颱風)	
河段/體型/存活百分比 (%)		大	中	小	大	小
七家灣溪	下游 (一號壩以下)	27.4	164.4	168.4	86.5	39.0
	中游下段 (一至二號壩)	70.4	119.6	36.8	146.3	125.0
	中游上段 (二至三號壩)	60.3	34.7	36.5	67.1	88.6
	上游(桃山西溪三號壩以上)	27.4	15.5	23.6	51.5	43.5
	桃山北溪	225.0	239.0	212.9	200.0	42.9
高山溪		24.1	22.4	9.9	38.0	41.1
小計		<b>56.2</b>	<b>53.3</b>	<b>43.4</b>	<b>70.0</b>	<b>59.4</b>
總計		<b>49.3</b>			<b>67.2</b>	



表 四：2004 年與櫻花鉤吻鮭共域之魚類數量統計表。

夏季調查時間於五月廿八日至六月三日前往進行，秋季調查時間於十月十五日至廿日以及十一月一日至四日前往進行，調查河段包含迎賓橋以上至六號壩以下的七家灣溪主流全段、高山溪全段與桃山北溪（舊名無名溪）匯流口以上至桃山瀑布溪與詩崙溪匯流點河段。

種類	2004 夏季			2004 秋季			備註				
	台灣鏟頰魚			櫻口鰍	蝦虎魚	台灣鏟頰魚			櫻口鰍	蝦虎魚	
	中			中							
	地點/體型	大(25cm 以上)	(15-25cm)	小(15cm 以下)	大(25cm 以上)	(15-25cm)		小(15cm 以下)			
迎賓橋~高山溪匯口	142	404	1,387	5	0	84	480	838	1	0	
高山溪匯口~一號壩	125	363	1,131	1	0	39	125	565	0	0	
一號壩~觀魚台	17	68	112	4	0	7	42	50	0	0	
觀魚台~二號壩	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
二號壩~二號破壩	0	0	0	0	0	5	0	5	0	0	
二號破壩~三號壩	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
三號壩~四號壩	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
四號壩~五號壩	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
五號壩~六號壩	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
高山溪一號破壩以下	11	17	11	0	0	3	28	31	0	0	
高山溪一~二號破壩	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
高山溪二~三號破壩	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
高山溪三~四號破壩	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	

高山溪四號破壩以上	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
小計	295	853	2,641	10	0	134	677	1,489	1	0

表 五：2001 年迄今各齡櫻花鉤吻鮭在各河段所佔族群比例統計表。

時間欄內 W 指秋冬時的調查，S 指春夏間的調查。其中三齡以上大型成魚為 25 公分以上的大魚，二齡中型成魚則指 8~20 公分的中魚，一齡幼魚為 5~8 公分的小魚。河段範圍未包含迎賓橋以下的河段，故合計欄有些年份總和未達 100%。2004 年夏、秋兩季統計結果中，由於原二號壩已經毀損，因此一至二號壩與二至三號壩河段總計分界線改以更上游的二號石壩（副壩）為界。其中「？」指以前曾有鮭魚分布，但未進行調查河段，不確定數量。

分類.時間 河段	各河段三齡以上成魚比例(%)										各河段二齡成魚比例(%)										各河段一齡幼魚比例(%)									
	00S	00W	01S	01W	02S	02W	03S	03W	04S	04W	00S	00W	01S	01W	02S	02W	03S	03W	04S	04W	00S	00W	01S	01W	02S	02W	03S	03W	04S	04W
迎賓橋~高匯點	0.0	0.0	?	0.3	0.8	4.9	11.6	2.5	4.2	1.3	2.3	0.9	?	0.0	1.6	2.2	1.1	0.4	2.1	6.1	0.6	0.0	?	0.0	0.7	1.6	0.1	0.9	3.2	4.5
匯流點~一號壩	17.4	11.9	4.2	11.0	2.3	9.8	11.2	2.5	9.2	5.2	0.6	4.9	2.6	2.0	3.2	4.5	1.2	0.6	1.5	5.2	4.4	2.1	5.6	1.8	1.9	2.5	1.5	3.2	3.3	21.0
一號壩以下小計	17.4	11.9	4.2	11.3	3.1	14.8	22.8	5.0	13.4	6.5	2.8	5.8	2.6	2.0	4.8	6.6	2.3	1.1	3.6	11.2	5.0	2.1	5.6	1.8	2.6	4.1	1.6	4.1	6.6	25.5
一號壩~觀魚台	6.6	6.1	4.9	3.6	9.2	17.2	16.6	8.0	18.3	13.4	2.3	3.1	4.4	8.0	19.9	11.0	3.9	1.0	8.3	19.5	3.2	1.0	0.0	3.6	4.1	3.4	0.7	0.1	27.6	12.6
觀魚台~二號壩	21.1	12.6	22.4	30.5	43.5	23.1	21.1	30.7	24.9	36.2	9.1	9.8	45.6	24.0	27.8	21.6	20.3	11.9	14.7	26.0	12.7	7.8	30.3	62.5	15.2	13.3	11.4	10.0	28.7	33.1
一至二號壩小計	27.7	18.8	27.3	34.1	52.7	40.3	37.7	38.7	43.2	49.5	11.4	12.9	50.0	32.0	47.7	32.6	24.2	12.9	22.9	45.4	15.9	8.8	30.3	66.1	19.3	16.7	12.1	10.1	56.4	45.7
二號壩~三號壩	19.2	26.4	16.1	16.9	7.6	26.5	18.6	21.7	7.5	11.1	29.5	16.0	5.3	2.0	25.6	16.9	14.0	19.8	10.5	8.7	4.1	16.1	2.2	3.6	7.2	12.6	11.2	12.5	7.9	8.1
湧泉池及湧泉支流	2.8	3.2	2.1	3.6	3.8	0.0	0.0	1.2	0.4	1.3	9.7	16.9	4.4	0.0	1.6	0.3	0.6	1.1	0.6	0.3	12.4	5.2	2.2	0.0	2.6	3.4	4.4	0.9	1.2	1.6
二至三號壩小計	22.1	29.6	18.2	20.5	11.5	26.5	18.6	22.9	7.9	12.4	39.2	32.8	9.6	2.0	27.1	17.2	14.6	20.9	11.1	9.0	16.5	21.2	4.5	3.6	9.8	16.1	15.7	13.4	9.0	9.7
三號壩~四號壩	2.3	1.4	14.7	6.6	0.0	0.6	5.2	7.3	3.3	0.7	0.0	4.3	5.3	6.0	8.4	9.8	12.0	12.5	5.2	0.2	1.5	6.7	3.4	1.8	12.6	17.1	13.4	3.9	1.8	0.8
桃山北溪匯流點以上	0.9	2.2	0.7	2.3	2.3	0.6	3.1	6.7	4.2	17.6	12.5	3.7	0.0	0.0	0.9	3.2	6.7	8.4	3.3	14.9	0.0	1.0	0.0	0.0	1.6	2.3	8.7	14.4	2.1	10.4
三至四號壩小計	3.3	3.6	15.4	8.9	2.3	1.2	8.3	13.9	7.5	18.2	12.5	8.0	5.3	6.0	9.3	13.0	18.7	20.9	8.5	15.0	1.5	7.8	3.4	1.8	14.1	19.4	22.2	18.2	3.9	11.1
四號壩~五號壩	2.8	10.1	16.1	13.6	0.0	3.4	0.6	1.4	1.6	0.3	7.4	16.0	12.3	0.0	4.8	10.5	12.5	11.7	12.1	1.2	25.4	26.9	19.1	1.8	16.6	11.6	12.1	9.2	4.7	1.1
五號壩~六號壩	6.1	7.2	11.9	2.0	0.0	0.9	1.4	8.7	6.4	4.6	7.4	7.4	13.2	24.0	0.0	8.8	17.9	23.1	24.0	10.6	15.0	10.9	13.5	5.4	22.7	17.7	4.6	19.5	2.0	2.7
六號壩以上	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
四至六號壩小計	8.9	17.3	28.0	15.6	0.0	4.3	1.9	10.1	8.1	4.9	14.8	23.3	25.4	24.0	4.8	19.3	30.4	34.8	36.1	11.9	40.4	37.8	32.6	7.1	39.2	29.3	16.7	28.8	6.7	3.8
高一號壩~匯流點	8.0	11.9	0.0	?	0.0	4.0	0.8	1.1	1.5	4.6	9.7	7.4	0.9	?	0.9	2.3	0.5	0.4	1.0	3.8	1.5	5.7	2.2	?	0.3	0.3	0.3	2.4	3.5	1.3
高一號壩~二號壩	10.3	0.4	1.4	?	0.0	0.3	1.0	1.2	2.2	0.0	2.8	0.6	2.6	?	0.5	1.0	0.8	0.6	1.7	0.9	0.3	0.0	0.0	?	0.0	0.3	1.5	1.4	3.6	0.2
高二號壩~三號壩	0.5	0.0	0.0	2.0	1.5	0.6	1.7	3.4	2.7	2.0	0.0	0.0	0.0	8.0	0.0	1.3	1.7	3.9	3.9	1.2	0.0	0.0	3.4	0.0	0.7	1.3	6.8	8.3	4.6	1.3
高三號壩以上	1.9	6.1	5.6	7.6	29.0	8.0	7.2	3.7	13.4	2.0	6.8	8.9	3.5	26.0	5.0	6.5	6.8	4.6	11.2	1.5	18.9	16.6	18.0	19.6	13.9	12.6	23.2	13.2	5.7	1.3
高山溪小計	20.7	18.4	7.0	9.6	30.5	12.9	10.6	9.4	19.8	8.5	19.3	16.9	7.0	34.0	6.3	11.2	9.8	9.5	17.7	7.4	20.6	22.3	23.6	19.6	14.9	14.5	31.8	25.4	17.4	4.0
司界蘭溪中上游	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
合計	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

表六：1995年、1997年與2002年齡級七家灣溪各河段櫻花鉤吻鮭幼魚族群存活比率比較表。

分別以1995年、1997年以及2002年夏季的族群調查總數作為基數100%，並列出幼魚族群在逐年成長過程的存活比率。

調查時間/族群	2002S	2002W	2003S	2003W	2004S	2004W
地點/百分比 (%)	一齡魚	一齡魚	二齡魚	二齡魚	三齡魚	三齡魚
七家灣溪						
一號壩以下	100	134.8	51.7	19.1	82.0	22.5
一至二號壩	100	74.1	72.7	31.5	32.7	19.7
二至三號壩	100	140.6	86.6	100.9	18.8	17.9
三號壩以上	100	78.4	53.5	49.5	4.7	3.9
高山溪	100	83.5	45.8	30.1	21.2	5.1
合計	100	85.9	58.2	47.3	16.0	9.0

調查時間/族群	1997S	1997W	1998S	1998W	1999S	1999W
地點/百分比 (%)	一齡魚	一齡魚	二齡魚	二齡魚	三齡魚	三齡魚
合計	100	71.6	25.0	21.2	9.4	36.2

調查時間/族群	1995S	1995W	1996S	1996W	1997S	1997W
地點/百分比 (%)	一齡魚	一齡魚	二齡魚	二齡魚	三齡魚	三齡魚
合計	100	100.0	69.0	39.6	23.2	27.9

表 七：2002 年與 2004 年十月七家灣河流域各類棲地型態比例比較表。

棲地型態單元	Rif	P	Rip	Cp	R	Total	
	急瀨	深潭	平瀨	梯狀潭	緩流		
流況描述	水面紊動且明顯並有水花，流速快，水淺，底層石塊可能突出水面，局部水流遇阻會有水躍。	水勢緩和，水面平順無擾動，水深較深。可能產生迴流區。	水面紊動明顯，流速快，水淺，無水躍。	石塊或石肋阻水形成迭水水躍，石肋間形成水渦潭，水位落差明顯。	水勢緩和，水淺流速慢，包含岸邊緩流及潭瀨轉換段。		
底質描述/棲地比例(%)	大型圓石，局部有石塊突出水面。	底質多為小型底石，幾乎無石塊突出水面。	底質多為小型底石。	石塊突出聚集，穿插於河面上。	小型砂礫石與卵石。		
2004 Oct	下游(一號壩以下)	73.4	3.3	23.3	0.0	0.0	100
	中游(一至二號壩)	73.1	2.5	22.8	1.6	0.0	100
	中游(二至三號壩)	81.0	4.1	10.5	4.4	0.0	100
	上游(三號壩以上)	83.3	2.6	14.1	0.0	0.0	100
	高山溪	89.1	2.4	8.6	0.0	0.0	100
	全流域	79.3	2.9	16.6	1.2	0.0	100
2002 Oct	下游(一號壩以下)	57.8	26.5	12.8	2.9	0.0	100
	中游(一至二號壩)	66.2	11.5	16.3	0.0	5.9	100
	中游(二至三號壩)	37.9	31.6	13.7	16.7	0.1	100
	上游(三號壩以上)	68.4	12.7	15.6	2.8	0.4	100
	高山溪	87.6	6.8	3.6	2.0	0.1	100
	全流域	64.2	17.2	12.6	4.2	1.7	100

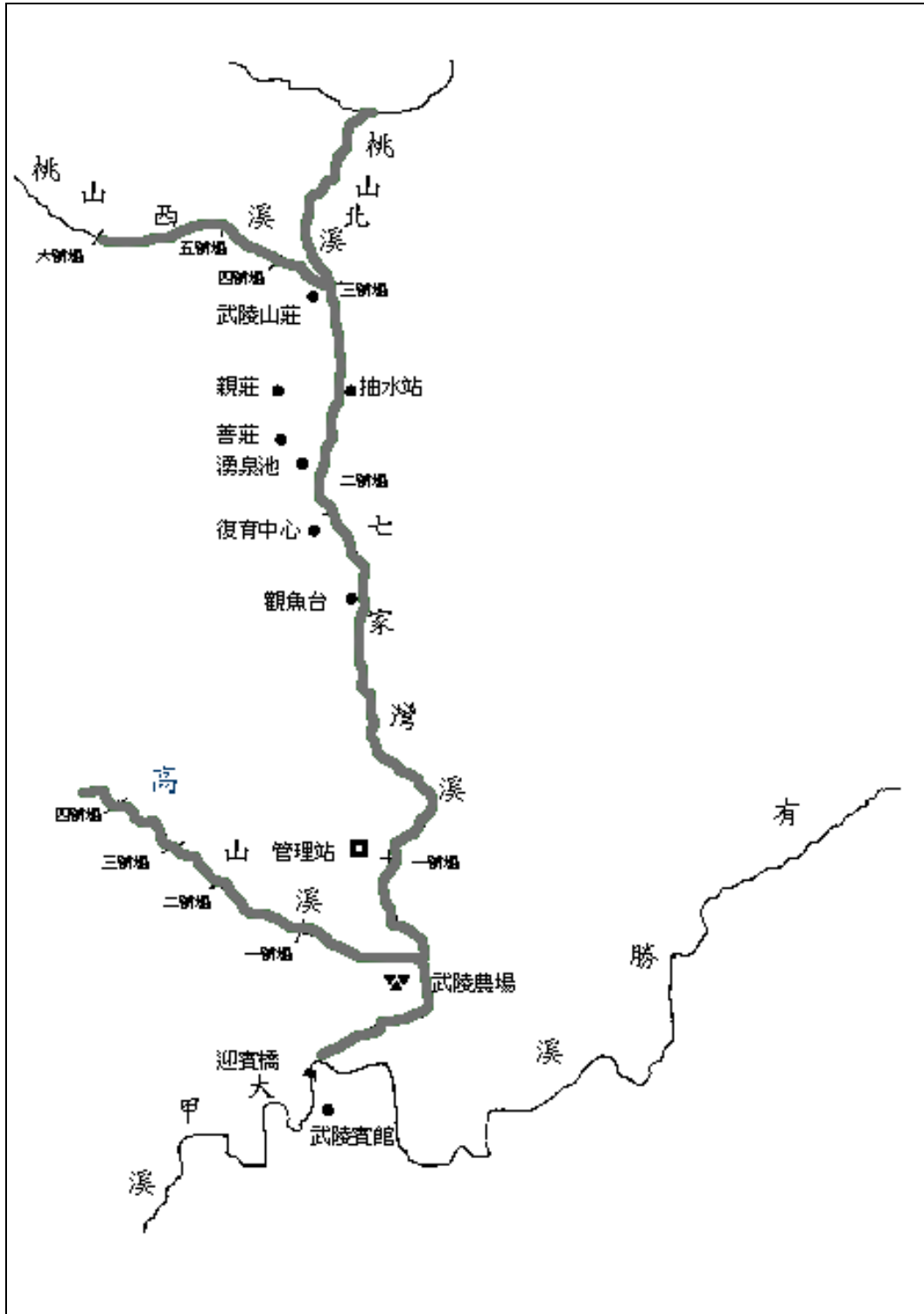
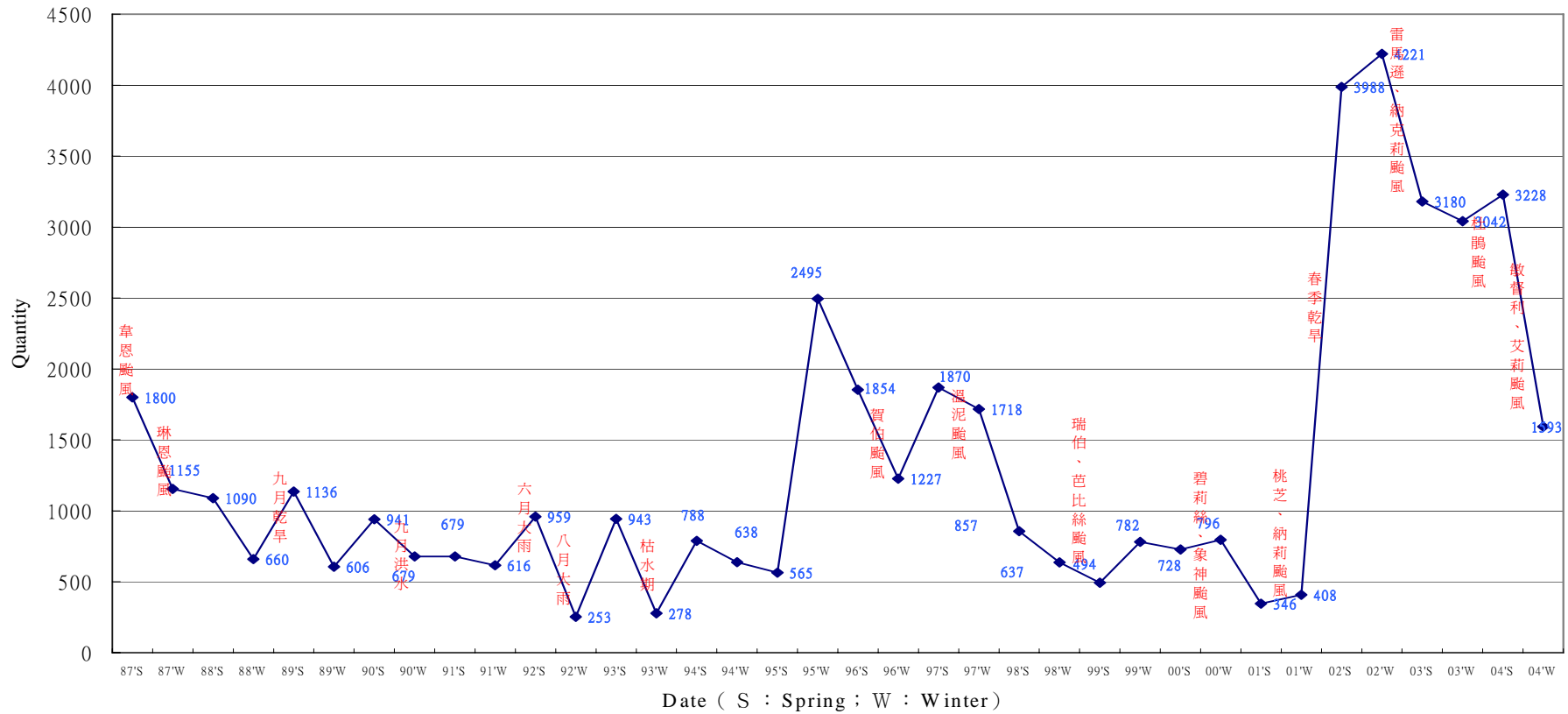


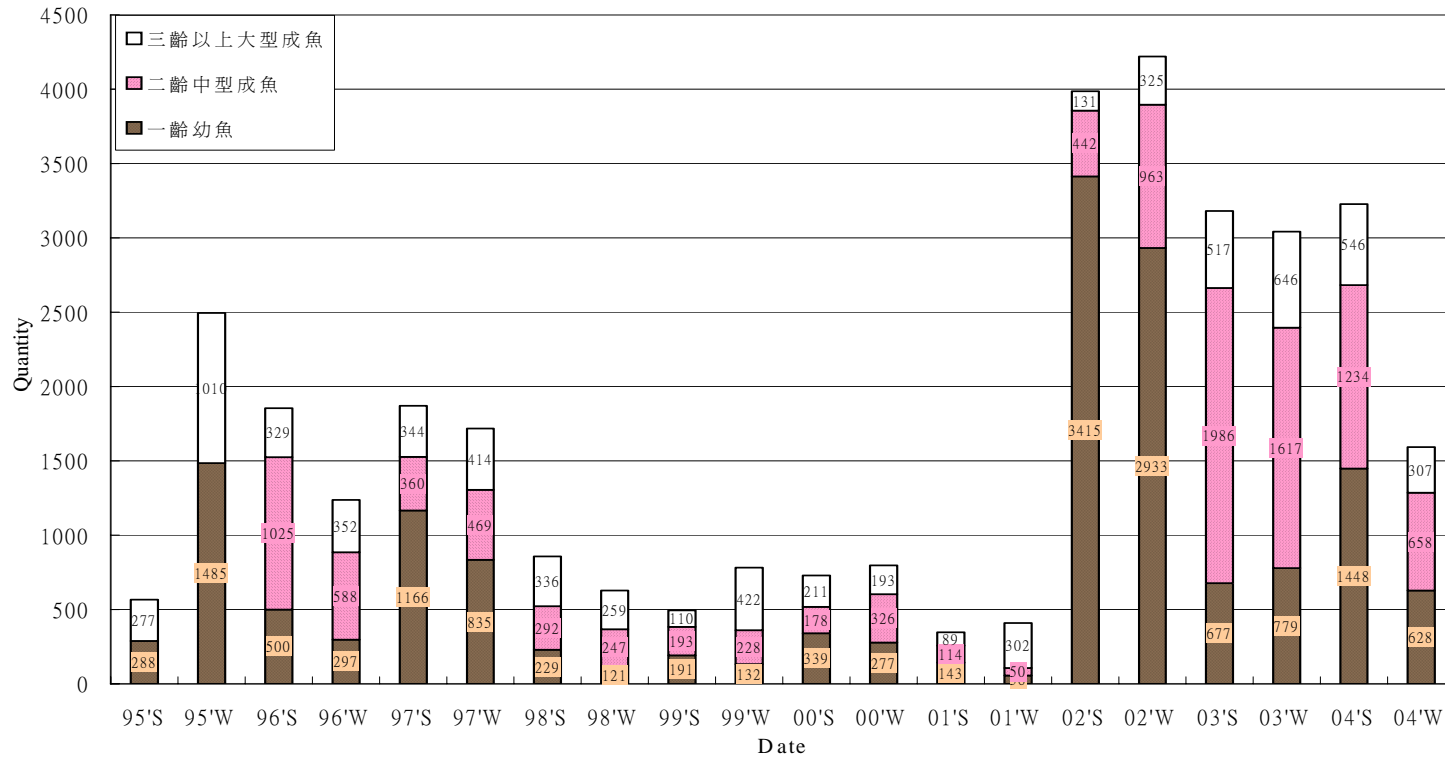
圖 一：七家灣溪與高山溪流域位置圖。

各個攔砂壩位置與編號如圖示，其中高山溪一至四號攔砂壩已經分別拆除完畢，七家灣溪原二號壩在 2003 年已因大雨崩毀，桃山西溪五號壩則在今（2004）年秋季因艾莉颱風崩毀。灰色粗線部分為櫻花鉤吻鮭分布範圍上限，高山溪為四號破壩，桃山北溪為上游匯流點以上的天然瀑布，桃山西溪則為六號壩止。



圖二：1998年至2004年櫻花鉤吻鮭族群數量年度變化圖。

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，並沒有櫻花鉤吻鮭族群的存在。1994年以後的數目為本研究持續調查所得實際族群數目。今(2004)年夏季的調查總數為3,228尾，秋季則為1,593尾，雖然是近三年以來的最低數量，但仍較歷年平均數量高出許多。



圖三：1995年至2004年七家灣溪櫻花鉤吻鮭各齡族群結構變化圖。

可以看出整個族群結構在2002年時因幼魚大幅增加而形成金字塔型結構。而此次調查則由於受到風災影響，變成大型成魚較少，而中型成魚與一齡幼魚數量相當的瓶狀結構。



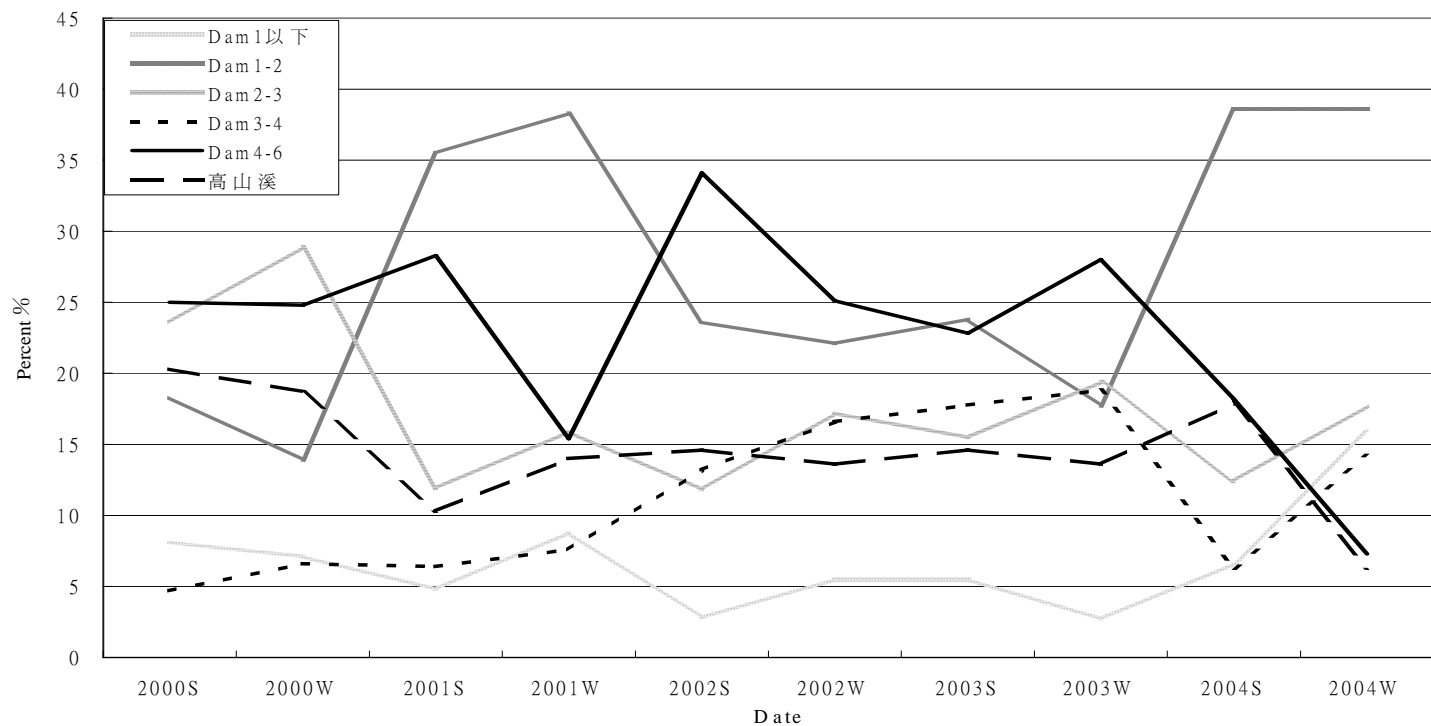


圖 四：2000 年至 2004 年七家灣溪各主要河段櫻花鉤吻鮭族群分布比例變化圖。

由圖中可見七家灣溪一號壩以下主流河段的族群比例不高，且有逐年下滑趨勢，但在今年秋季突然增加。一至二號壩距離最長，其族群比例在 2001 年攀升後又逐年下滑，但今年又大幅上升；二至三號壩在 2001 年大幅下滑後穩定上升；三至四號壩維持穩定上升，但在今年夏季突然大幅下滑；四號壩以上河段的族群比例則變化幅度較大，且自 2003 年以來大幅下滑；高山溪全段在 20001 年下滑後攀高後即維持穩定的比例但在今年的調查中大幅滑落。

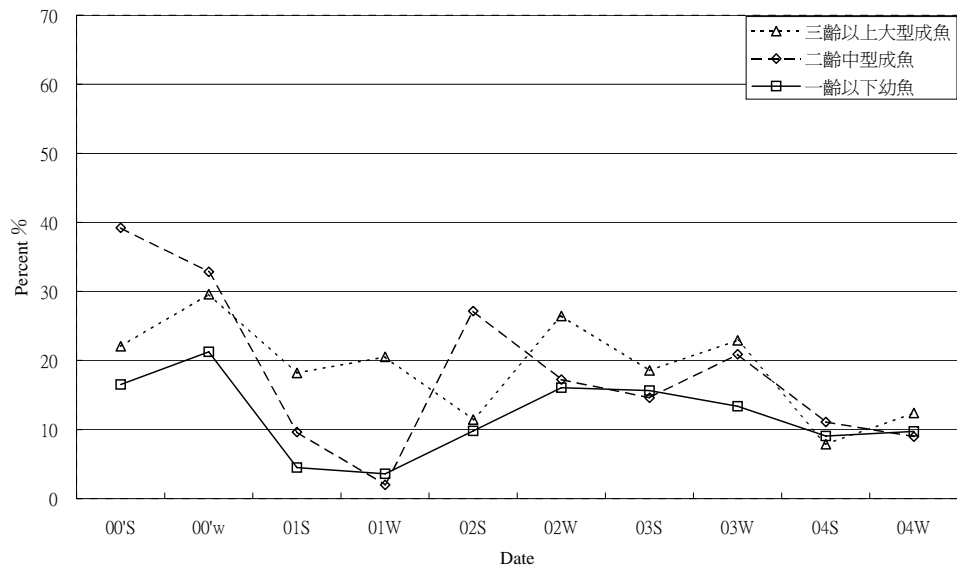


圖 五：2000 年至 2004 年七家灣溪二至三號壩河段各齡鮭魚族群比例變化圖。

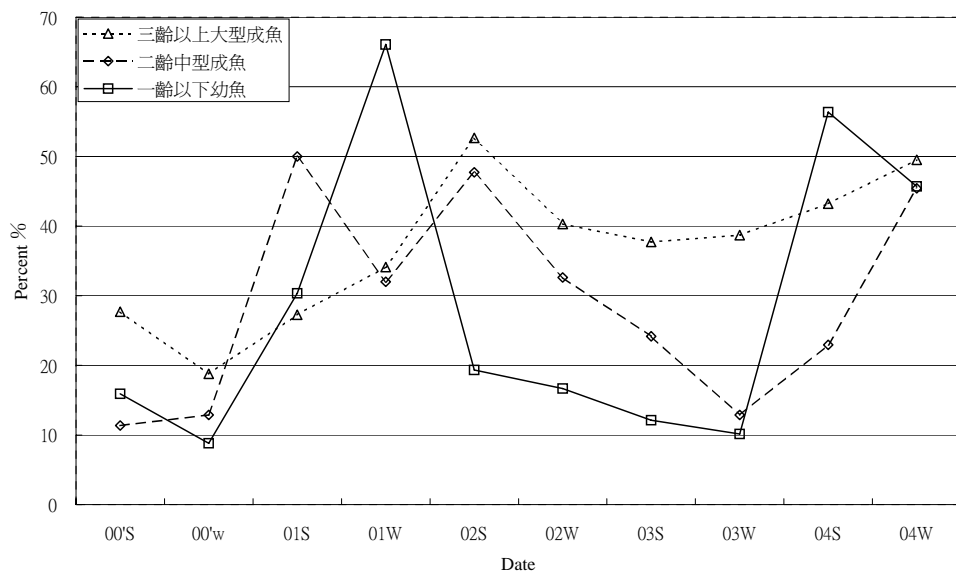
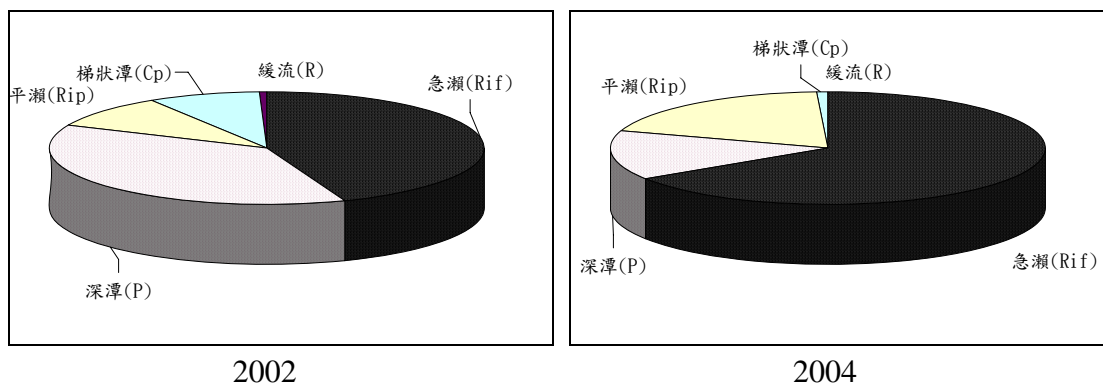


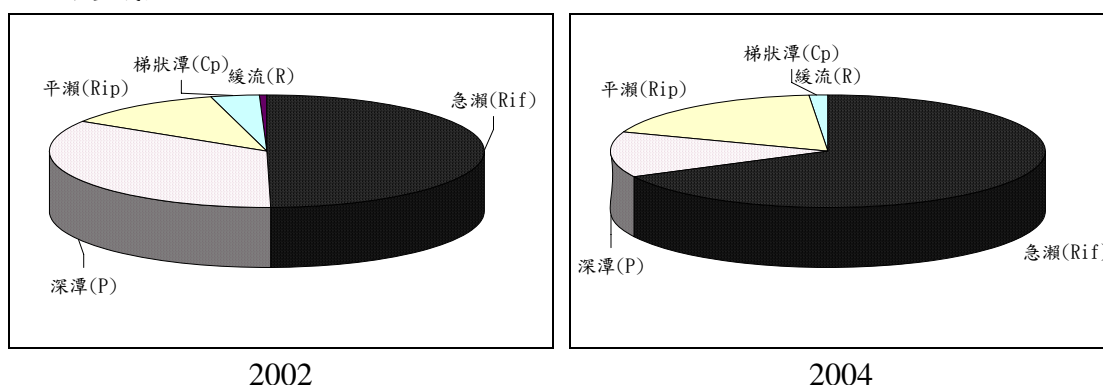
圖 六：2000 年至 2004 年七家灣溪一至二號壩河段各齡鮭魚族群比例變化圖。

由兩圖比較，可見二至三號壩河段各齡族群，所佔整個族群比例有逐年降低情形；一至二號壩河段的各齡鮭魚有不同變化，但大略呈現上升趨勢，其中以大型成魚上升最為顯著。

三齡大型成魚



二齡中型成魚



一齡幼魚

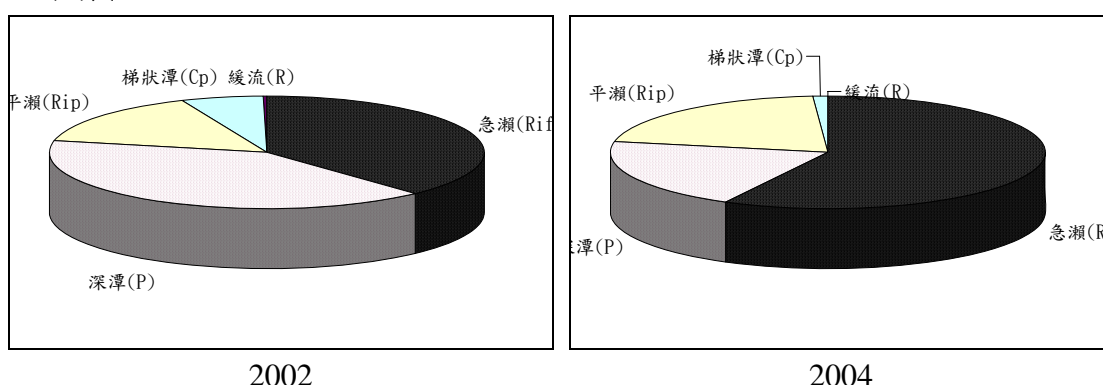


圖 七：2002 年與 2004 年十月七家灣溪各齡櫻花鉤吻鮭在各類棲地型態分布比例比較圖。

棲地型態共分為急瀨 (Rif)、深潭 (P)、平瀨 (Rip)、梯狀潭 (Cp) 以及緩流 (R) 等五大單元，各單元流況及底質描述請詳見表六。

# 附錄一：結案報告審查意見改善表

## 期中與期末報告審查意見改善表

項次	審查意見	改善內容	於報告書之頁次
1	說明各表中以問號代表之意義，同時請於表中加入曾放流地點。(期中)	遵照辦理。	參見期末報告第29頁。
2	建議請於摘要中加入分析結果(期中)	遵照辦理。已經將幼魚存活率估算結果增補於期末報告中。	參見期末報告第V頁。
3	請將鮭魚年齡標示說明(期中)	遵照辦理。	參見期末報告第4頁。
4	請管理站及警察隊加強七家灣溪之巡邏，以防不法情事發生。(期中)	期中簡報建議事項。期末報告亦條列於建議事項中。	參見期末報告第21頁。
5	日後有關於高山溪施工案件請審慎考量。(期中)	期中簡報建議事項。期末報告亦條列於建議事項中。	參見期末報告第19頁。
6	考量餘七家灣溪沿線遊容易進入地區裝設感應器，防止遊客或不法人士進入。(期中)	期中簡報建議事項。期末報告亦條列於建議事項中。	參見期末報告第21頁。
7	請於日後之研究調查中加入觀察已標誌鮭魚項目。(期末)	本次調查中，研究人員在進行族群調查過程中有特別留意鮭魚魚體上是否有無標誌記號，但惜未發現任何標記個體。未來後續的調查工作將遵照辦理，特別留意。	參見期末報告第16頁。

## 附錄二：期中報告會議記錄









## 附錄三：期末報告會議記錄