

## 七家灣溪流域櫻花鉤吻鮭幼魚歷年族群變動與降雨量的關係

曾晴賢<sup>(1,2)</sup>、楊正雄<sup>(1)</sup>

(收稿日期：2002 年 4 月 10 日；接受日期：2002 年 7 月 20 日)

### 摘 要

分析自 1994 年以來的七家灣溪流域內櫻花鉤吻鮭幼魚族群變動情形，發現其數量明顯受到武陵地區降雨量強度與頻度影響。每年 1-3 月(仔稚魚隱匿期)與 10-12 月(繁殖期)兩段時間的降雨量大小與時間對族群變動影響最大，這段期間若累積月降雨量超過 200 公釐以上即會造成幼魚族群的大幅減少。

武陵地區自 1994 年以後的降雨量較以往集中，1997 年以後的豪雨頻率與強度更顯著增加，造成櫻花鉤吻鮭的幼魚死亡率上升及加入率下降，兩者差距並有增加趨勢，幼魚族群因此嚴重更新不良，並造成各齡族群數量大幅降低。

**關鍵詞：**櫻花鉤吻鮭，幼魚，族群變動，降雨量

### 一、前 言

自 1989 年起開始有系統的調查七家灣溪流域內櫻花鉤吻鮭族群數量與分布以來，顯示整個鮭魚族群數量的變動相當劇烈，甚至整個族群分布狀況也有顯著變化。族群數量的變動與每年繁殖時期的氣候狀況有非常明顯的相關性(曾等，2000)，尤其是颱風豪雨對於產卵場的危害導致繁殖失敗，影響隔年幼鮭加入各河段族群的比例(曾，1997)。使得此種在生物地理學上具有特殊意義的知名魚類(大島，1935)，族群數量始終無法大幅增加，目前的數量更只剩下四百餘尾，降至 1994 年全面普查以來的最低數量，稀少到瀕臨絕種的地步(曾，2001)。

由於幼魚族群的更新對櫻花鉤吻鮭影響整個族群數量與分布甚巨，因此雪霸國家

---

(1) 國立清華大學生命科學系

(2) 通信連絡作者

公園管理處成立後，為了增加櫻花鉤吻鮭族群數量與分布範圍，於 1994 年起著手進行櫻花鉤吻鮭的人工復育工作，並在七家灣溪與高山溪上游河段進行放流，以期減少自然環境中各河段幼魚更新不良的情形。

本研究有系統分析自 1994 年起的族群調查幼魚數量與分布資料，配合歷年放流資料(吳，2000)，探討影響櫻花鉤吻鮭幼魚族群變動的主要原因，並尋求解決方法。

## 二、材料與方法

分析自 1994 年起每年的櫻花鉤吻鮭族群數量調查結果(曾，1995、1996、1997、1998、1999、2000、2001)，這些結果是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，以及幼鮭離開隱蔽處之後，也就是於每年 9 月下旬至 10 月上旬及隔年 4 月至 6 月上旬之間，依當年度氣候與水文情形調整時間，進行兩次全面性族群數量密集調查。

野外調查方法與曾等(2000)所描述相同。以花費較少，破壞性最低的浮潛觀察(skin diving)方法進行(林，1988)，復因調查流域平常水質清澈，對於族群數量已屆瀕臨絕種的櫻花鉤吻鮭而言，這種調查方式也是為最為合適無害的方法。依其身體全長分為幼魚(全長夏季為 4-8 cm，秋季為 15 cm 以下)、一至二齡亞成魚(全長 15-25 cm)與二齡以上成魚(全長 25 cm 以上)的數量、分布及棲地型態。由於七家灣溪流域中各攔砂壩對於鮭魚分布而言，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進行，以減少可能的誤差。

族群調查範圍包括七家灣溪與有勝溪匯流點迎賓橋以上至六號壩下瀑潭，桃山北溪(舊名無名溪)支流一號壩以下至匯流點及高山溪全段至四號壩以上兩百公尺河段。由於本研究所分析族群資料為總數量統計，因此將整個調查區域範圍簡稱為「七家灣溪流域」。

比較分析樣本以 1994 年起的幼魚族群調查資料為主。為求降低誤差，本研究選擇人為誤差較小，且族群數目接近繁殖期的秋季調查資料，參考 Tsao (1995)的公式，並引用吳(2000)的復育放流統計資料。計算各年度櫻花鉤吻鮭幼魚加入族群與死亡比例，其公式說明如下：

$$i+1 \text{ 年的幼魚加入率(Recruitment)} = \frac{L_{i+1}}{A_i} (\%) \dots \dots \dots (1)$$

$$i+1 \text{ 年的幼魚死亡率(Mortality)} = 1 - \frac{S_{i+1}}{L_i + R} (\%) \dots \dots \dots (2)$$

其中

$A_i$  為第  $i$  年繁殖季節調查的二齡以上成魚(全長大於 25 cm 以上)數量。

$S_i$  為第  $i$  年繁殖季節調查的一至二齡亞成魚(全長介於 15 ~ 25 cm 以上)數量。

$L_i$  為第  $i$  年繁殖季節調查的一齡以下成魚(全長小於 15 cm 以下)數量。

$R$  為第  $i$  年繁殖季進行復育而在第  $i+1$  年春季放流的幼魚數量。

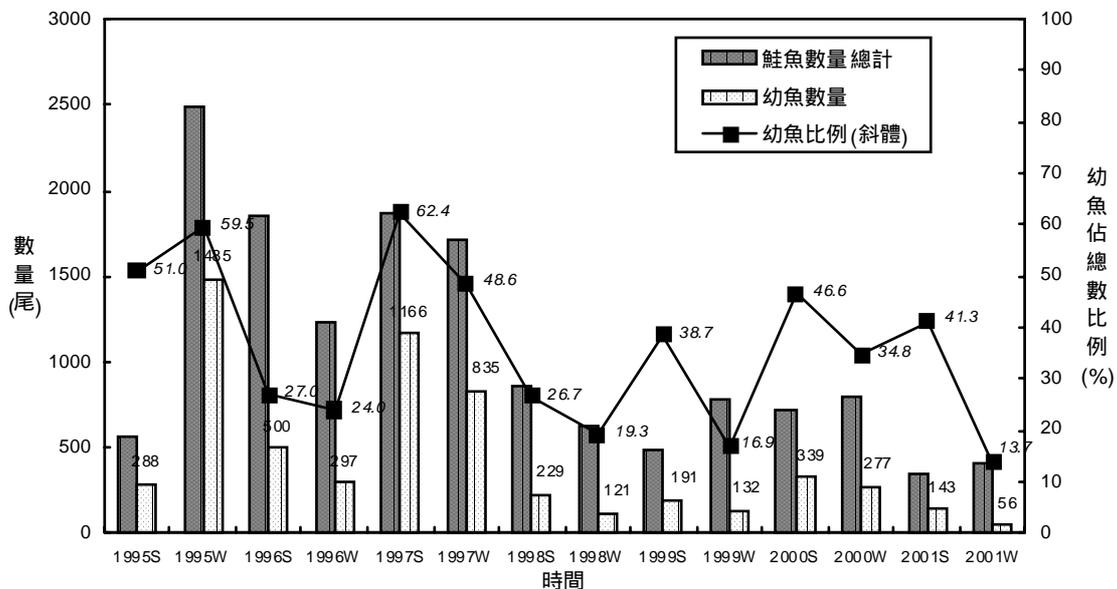
為了瞭解天災對族群變動的影響，並利用位於七家灣溪下游武陵農場的氣象站(中央氣象局與武陵農場合作，其站號為 D2F23)之歷年雨量記錄視為七家灣溪流域雨量變化進行分析整理，以瞭解其對幼魚族群的影響。

分析方式包含雨量頻度與強度的分析，以每 100 公釐分為一個等級，比較各級雨量在特定時間內的發生頻率。

### 三、結果與討論

#### 幼魚族群變動

自 1995 年以來的歷年幼魚族群的數量變化統計如圖一，與櫻花鉤吻鮭數量變化呈現一致情形，自 1995 年以後各年度幼魚數量，只有 1995 年秋季、1996 年夏季、1997 年夏秋兩季調查結果超過 500 尾，其餘各次調查皆在 400 尾以下。幼魚佔當次調查總數比例除了 1995 年秋季、1995 年秋季與 1997 年秋季外，也多在 50% 以下。自 1995 年以來的幼魚平均數量為 433 尾，佔族群總數比例的平均值為 36.5%。



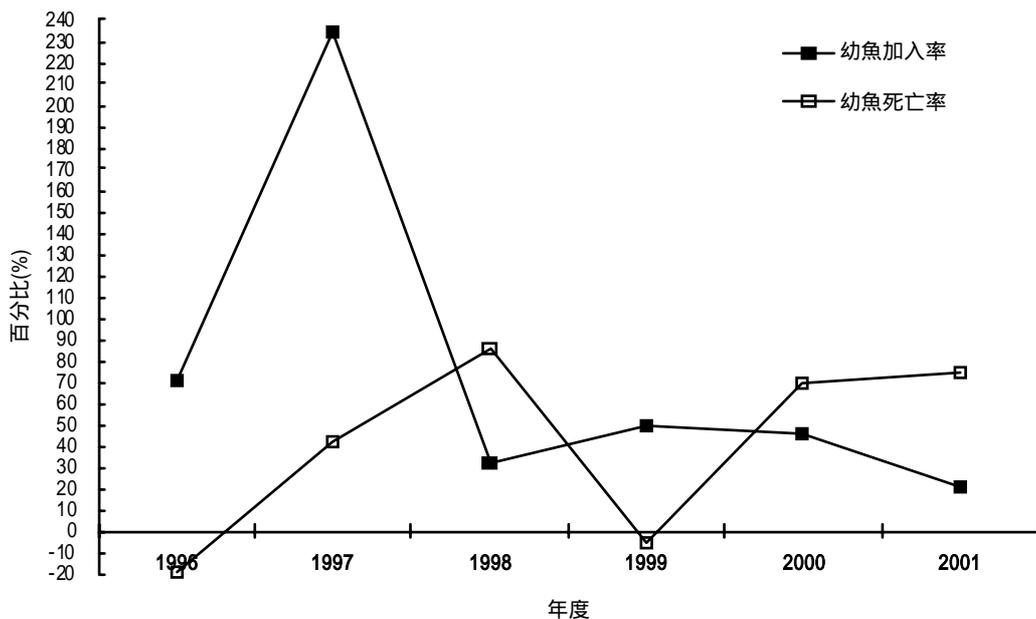
圖一 自 1995 年至 2001 年間七家灣溪流域內櫻花鉤吻鮭族群數量、幼魚數量與幼魚佔總族群比例變化關係圖

最近一次調查(2001年)的幼魚族群數量是自1995以來的年最低值，僅56尾，僅佔整個族群的13.7%。

### 幼魚加入率與死亡率變動

由於1994年春與秋季兩次調查的結果只有總數量統計，未包含成、幼魚的分齡結果，因此本報告幼魚的族群變動、幼魚加入率與死亡率的討論並未包含此兩次的調查結果。

自1995年以來的歷年幼魚加入率變化如圖二，除了1997年的加入比例超過100%外，其餘皆低於80%，加入率最低值為2001年的20.3%，其次為1998年的31.6%，歷年的平均值則為75.2%。圖二中亦可同時觀察到幼魚的死亡率變化，1996年與1999年的死亡率有低於零的情況，亦即統計上沒有死亡，應為調查的人為誤差所致。其餘各年皆高於40%，最高死亡率為1998年的85.7%，次為2001年的74.1%，歷年的平均值則為41.2%。



圖二 自1996至2001年間七家灣流域內櫻花鉤吻鮭幼魚加入率與死亡率變化圖

幼魚死亡率公式(2)中因為包括當年度放流幼魚數量一併計算，而放流通常只集中在少數幾個河段，其死亡率與野外各河段自然死亡率不盡相同，因此在與族群總數合併計算時容易造成死亡率的低估，但為了避免遺漏放流對族群總數統計的影響，本研究還是將放流考慮在計算之內。

此外，幼魚的死亡率與加入率在公式上沒有明顯關連，屬於兩個獨立因子。但仍可藉由兩者的比較，觀察幼魚族群的歷年變化趨勢。

1996 與 1999 年的死亡率低於零，顯示其幼魚幾乎沒有死亡，但兩個年度的幼魚加入率卻不相同，其差距超過 20%，這主要是因為 1996 年春季國家公園在七家灣溪流流域內放流約 300 尾幼魚所致。1999 年春季雖然亦有放流，但其幼魚數量卻只有 85 尾。

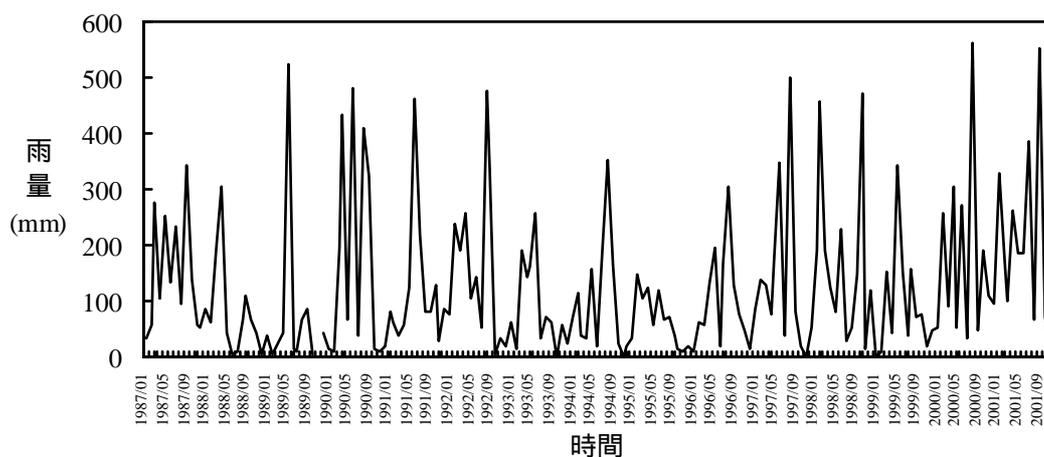
1996 年 1997 年與 1999 年的幼魚加入率高於死亡率，以 1997 年的相差幅度最大。1998 年 2000 年與 2001 年的幼魚死亡率則高於加入率，而以 2001 年的相差幅度最大。歷年的幼魚死亡率呈現逐年上升( $y = 13.14x - 4.8$ ,  $R^2 = 0.31$ )的趨勢，幼魚加入率則逐年下降( $y = -22.8x + 155.1$ ,  $R^2 = 0.29$ )，其下降幅度並較死亡率來的高。

戴(1992)曾依據 ELEFAN (Electronic Length Frequency Analysis, 直譯為「電子式體長頻度分析」)的方法，在假設水溫為 10 的情況下，估算得到櫻花鉤吻鮭的「瞬間自然死亡率」為 49.1%。不過這主要是針對成魚族群所做估算，並非針對幼魚。但仍可作為與幼魚加入率比較的參考值，因為當年度幼魚加入率必須大於成魚死亡率，族群結構才能維持平衡，數量也才不會逐年減少。圖二的歷年幼魚加入率在 1997 年以後都遠大於 49.1%，1998 年微幅下降，至 1999 年又上升至兩者完全相同，以後兩年則都逐年下滑，遠低於 49.1%。

從以上統計與分析得知，整個櫻花鉤吻鮭族群由於幼魚更新不良加上幼魚死亡率逐年上升，使得族群數量無法穩定增加。

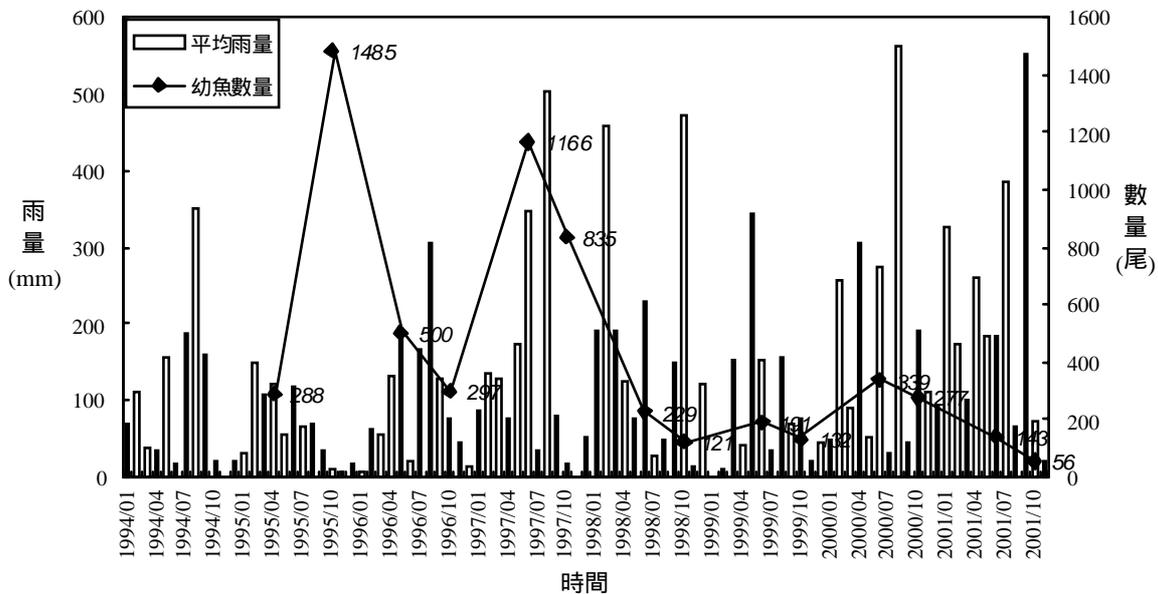
### 歷年武陵降雨量變化與族群變動

自 1987 年以來迄今的各月雨量變化呈現幅度極大的變化，且似無顯著的規律性(圖三)，但仍看出 1994 年至 1996 年間存在一段沒有較大豪雨紀錄的間歇期，最高月累計雨量不超過 200 公釐，而 1997 年以後的豪雨發生頻率顯得較先前來的密集。



圖三 自 1987 年至 2001 年間七家灣溪下游武陵農場氣象站各月雨量變化圖。雨量呈現不規則的變動，但仍看出 1994 年至 1996 年間在一段沒有豪雨紀錄的間歇期，且 1997 年以後的豪雨發生頻率顯得較先前來的密集

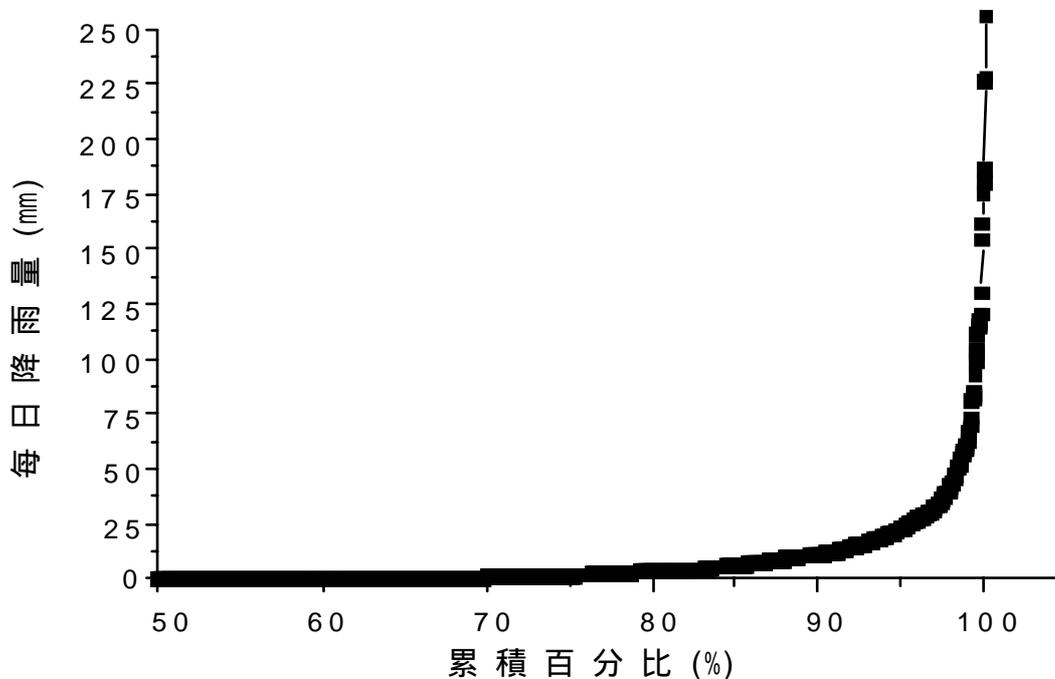
若將降雨量與族群資料相對照(圖四),由於 1995 年以前的族群調查中並未清楚說明調查月份,因此只對照 1994 年以後的雨量與 1995 年以後的族群資料討論。圖四中可以明顯看出幼魚數量與雨量變化的相關性,1994 年 9 月至 1996 年 8 月的間歇時期,幼魚數量明顯大幅上升;1996 年 8 月大雨之後,至 1997 年 5 月之前,也有一段較短時間的間歇期,也可觀察到幼魚數量明顯上升的狀況。1997 年 6 月以後,超過 300 公釐的豪大雨頻繁發生,甚至在 2000 年 4 月以後,每 2~5 個月發生一次的密集頻率,造成幼魚數量不但無法增加,還持續減少。雖然在 1998 年 11 月~1999 年 4 月與 1999 年 6 月~2000 年 1 月都有一小段間歇期存在,但幼魚並未如 1995 與 1996 年般大幅增加。對照圖二,雖然 1999 年的幼魚死亡率近乎於零,但加入率只有 40% 左右,並未大幅提高,顯示當年度的繁殖狀況相較往年仍然不佳,加上 1998 與 2000 年兩個年度的幼魚死亡率都較以往高出許多,因此雖然有兩個小間歇期存在,但幼魚數量仍無法顯著提升。



圖四 自 1994 年至 2001 年間七家灣溪流域內雨量與櫻花鉤吻鮭幼魚族群數量變化關係圖

雖然當次調查所得數量與當月雨量並沒有顯著相關性(ANOVA,  $F < 0.001$ ),但若就長期的變化趨勢來說,雨量的大小則明顯影響著幼魚數量的增減。

將 1994 年以後的武陵每日降雨量遞增排列觀察其分布狀況(圖五),可以估算得到 95% 的每日降雨量都未超過 25 公釐, 99% 的每日降雨量都未超過 68 公釐。雖然每日降雨量最高值超過 250 公釐,但武陵地區在大多數時間仍是未有降雨的情況(佔紀錄的 69.1%)。Tsao (1995) 也曾統計 1986~1994 年之間每日降雨量分布,得到 95% 的每日降雨量在 25 公釐以下, 99% 的降雨量在 72.5 公釐以下,其最大降雨量亦超過 250 公釐。兩相比較的結果顯示, 1994 年後的每日降雨量似乎較 1994 年以前來的小,這又與前



圖五 自 1994 2001 年武陵地區每日降雨量累積百分比變化圖。由圖中可以計算得 95% 的降雨量在 25 公釐以內(約落在 23 公釐), 99% 的降雨量在 68 公釐以內(約落在 67.7 公釐)。其中 69.1% 的時間雨量記錄為零。

一段的觀察不盡相同。為了釐清這個問題，我們因此進行更多關於武陵雨量的分析。

許多櫻花鉤吻鮭的相關研究都曾經針對天災對鮭魚的影響進行研究，戴(1992)曾對攔砂壩建立後，颱風對櫻花鉤吻鮭族群變動關係，提出四點結論：1、幼鮭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。曾(1997)也提及颱風對鮭魚族群除造成直接性的數量減少外，繁殖季節的侵襲更會嚴重影響隔年幼魚的更新狀況。Wang (1989) 曾統計 1897 年 1975 年的颱風資料，發現台灣中部的颱風侵襲頻率較其他地方低的許多，並認為這是櫻花鉤吻鮭得以生存繁衍在大甲溪上游的原因之一。但以上討論多針對颱風對族群損害的部分，對其發生季節性關係少有分析與討論。

從圖四得知雨量變化趨勢影響幼魚族群的變動，為了更清楚明瞭歷年天災對櫻花鉤吻鮭幼魚族群的影響，我們將武陵地區自 1987 年以來所有的雨量記錄分類整理，以每 100 公釐分為一個等級以簡化龐雜的資料，並依照月份分別統計(表一)。雖然本研

表一 武陵地區歷年(1987年元月 2001年11月)雨量頻率統計表。由於儀器失常或人為疏失，造成1989年11月、1999年1月未有紀錄或資料不足，因此不列入統計

月份 年度	次數/ 雨量級別 (mm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合計	平均 (次/年)
		(仔稚魚隱匿期)(梅雨季節)					(颱風季節)			(繁殖季節)					
1987	>500	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	2	0.3
	401-500	0	0	0	1	0	2	0	1	0	0	0	0	4	0.6
	301-400	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	3	0.4
1993	201-300	0	1	1	1	1	1	2	0	0	0	0	0	7	1.0
	101-200	0	0	4	2	3	2	0	0	1	2	0	0	14	2.0
	<100	7	6	2	2	2	2	5	5	4	5	6	7	53	7.6
1994	>500	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	3	0.4
	401-500	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0.3
	301-400	1	0	0	1	1	1	1	2	0	0	0	0	7	0.9
2001	201-200	0	1	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	4	0.5
	101-200	1	4	4	3	4	3	2	1	3	1	1	1	28	3.5
	<100	5	2	4	3	3	2	5	3	4	6	7	6	50	6.3
1987 2001 平均	降雨量(mm)	54.5	90.3	57.7	73.1	82.4	89.1	62.4	137.6	81.5	62.5	15.8	26.2	177	68.9

究以1994年以後的資料為主，但仍列出1987-1993年的雨量統計以作為比較，不過由於人為疏失或儀器失常，1989年11月與1999年1月因故未有紀錄或資料不足，故不列入統計。

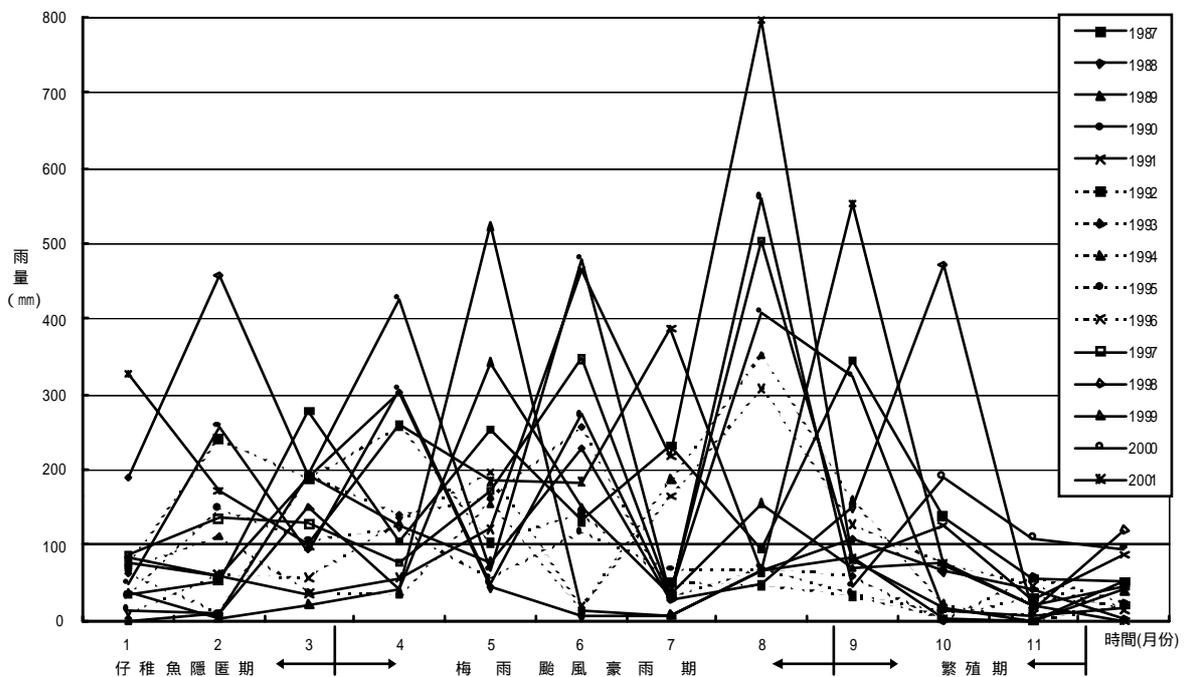
由表中可以看出，自1987年以來的總計結果，武陵地區曾有五次的月累積雨量超過500公釐，分別在5月1次，8月3次，9月1次；雨量401-500公釐有六次，301-400公釐有10次，201-300公釐有11次，101-200公釐有42次，雨量小於100公釐的次數則最高，達103次，佔歷年記錄總數177次的58.2%。整個雨量分布在統計上呈現雨量越高次數越少的趨勢，統計結果亦顯示武陵地區的豪大雨發生機率並不高，只發生過11次大於400公釐以上雨量，僅佔歷年記錄的6%。

若統計1987-2001年的各級雨量總計的發生頻率(次/年)，則可得每年有0.3次的機會遭遇大於500公釐雨量侵襲，401-500公釐為0.4次/年，301-400公釐為0.7次/年，201-300公釐為0.7次/年，101-200公釐為2.8次/年，100公釐以下則為6.9次/年。

若以1994年為分界(表一)，則1994年以後發生500公釐以上豪大雨的頻率為0.4次/年，略高於1994年以前的0.3次/年；401-500公釐頻率為0.3次/年，低於1994年以前的0.6次/年；301-400公釐頻率為0.9次/年，則遠高於1994年以前的0.4次/年；201-300公釐頻率則為0.5次/年，低於1994年以前的1次/年；101-200公釐的

頻率為 3.5 次/年，較 1994 年以前的 2 次/年來得高；100 公釐以下的頻率則為 6.3 次/年，則又低於 1994 年以前的 7.6 次/年。1994 年以前與之後的雨量頻率呈現交錯情形，但 1994 年以後的降雨量仍顯得強度較大，頻度則比較不顯著，可是發生 500 公釐以上豪大雨的次數仍然稍高。

圖六則描繪出自 1987 年以來各年度的雨量月別變化情形，其中可以看出颱風季節的 8 月發生豪大雨機率是全年最高，全期共有 5 次降雨超過 301 公釐，降雨近 800 公釐的歷年最高值也是在此月份發生。每年的 11 月與 12 月，武陵地區的累積月雨量從未超過 201 公釐，是全年雨量最低的時期，且呈現十分穩定的現象。歷年的 10 月雨量記錄中，超過 201 公釐以上只有一次，101-200 公釐也只有 4 次，雖不若 11-12 月的雨量來得穩定，但相較其他月份來說，仍是屬於雨量較少的時候。



圖六 歷年(1987年1月-2001年11月)武陵地區累積月雨量變化圖 其中1989年11月與1999年1月由於儀器失常或人為疏失造成資料不足，因此不列入統計。雨量分布呈現不均現象，除了11與12月是穩定的低水量時期外，每個月份都有高峰突起(peak)，顯現豪大雨發生的發生並沒有明顯規律可以依循。

而 10-12 月份也正是櫻花鉤吻鮭進行繁殖，產卵及孵化的重要時節。顯現櫻花鉤吻鮭在經過長期的演化適應之後，生活週期選擇在全年最低降雨量的秋末冬初進行繁殖，以保障產卵場的安全與魚卵的順利孵化。

這樣的現象使我們想進一步瞭解不同月份發生豪雨對幼魚的影響有何不同？因此我們

參考莊(1988)對繁殖季節鮭魚行為的觀察，以及張(1989)、汪(1995)、林等(1989)所描述生活史中各時期特性，將全年 12 個月分割成仔稚魚隱匿期(1-3 月)、梅雨季節(4-5 月)、颱風季節(6-9 月)與生殖季(10-12 月)共四個階段比較各時期的雨量變化(表二)。分成這四個階段討論的主要原因在於魚卵孵化與仔稚魚階段是櫻花鉤吻鮭整個生活史中最不容易躲避災害，也是最容易造成大量死亡的時候，且其自然更新順利與否關係整個鮭魚族群數量增減，加上此時的成魚也因為繁殖期耗費許多能量在求偶與產卵行為上，有許多將在繁殖季結束後死去，倖存者也必須休養生息。而每年的 4 月之後，仔稚魚的游泳能力漸強，也漸不畏光，對環境變動的忍受程度也相對提高。4 月至 9 月間，則陸續進入梅雨與颱風季節，雨量的頻度與強度都相對提高，此時亦是七家灣溪流域水量最為豐沛穩定的時節，不過這時候的稚魚已長成至幼魚階段，可以自行覓食，成魚也休養生息告一段落，開始大量進食以準備繁殖季的到來。

表二 武陵地區各季節時期雨量頻率分布統計表，括號內數字為每年發生頻度計算結果，其單位為次/年

時期	次數/ 年度 雨量(mm)	仔稚魚隱匿期 (1-3)	梅雨季節 (4-5)	颱風季節 (6-9)	生殖季節 (10-12)
1987-1993	>500	0	1 (0.1)	1 (0.1)	0
	401-500	0	1 (0.1)	3 (0.4)	0
	301-400	0	1 (0.1)	2 (0.1)	0
	201-300	2 (0.3)	2 (0.1)	3 (0.4)	0
	101-200	4 (0.6)	5 (0.7)	3 (0.4)	2 (0.1)
	<100	15 (2.1)	4 (0.6)	16 (2.3)	18 (2.6)
1994-2001	>500	0	0	3 (0.4)	0
	401-500	1 (0.1)	0	0	1 (0.1)
	301-400	1 (0.1)	2 (0.3)	4 (0.5)	0
	201-300	1 (0.1)	1 (0.1)	2 (0.3)	0
	101-200	9 (1.1)	7 (0.9)	9 (1.1)	3 (0.4)
	<100	11 (1.4)	6 (0.8)	14 (1.8)	19 (2.4)

綜合以上所述，彙整各時期的雨量頻率後，可以更清楚豪大雨對櫻花鉤吻鮭幼魚族群變動的影響(表二與圖六)。1-3 月間仔稚魚隱匿期的各次雨量記錄中，只有在 1998 年發生一次 401 公釐以上的豪雨，這次的豪雨造成幼魚數量由 1997 年秋季調查的 835 尾銳減至 1998 年夏季調查的 229 尾，減少 72.5%，並且造成族群總數由 1718 尾降至 857 尾，減少 50.1%。301-400 公釐之間的雨量記錄亦只有一次在 2001 年元月，但此次則造成幼魚數量自 2000 年秋季調查的 277 尾降至 2001 年夏季調查的 143 尾，減少 48.3%，總數量則由 796 尾降至 346 尾，減少 56.5%。

生殖季節的雨量記錄中，只有一次雨量超過 401 公釐發生在 1998 年 10 月，這是

因為當月相繼來襲的瑞伯與芭比絲颱風帶來豐沛雨量所致，不過幼魚數量並沒有減少反而增加，由 1998 年秋季颱風前調查數量的 121 尾增加至 193 尾(越冬後成為亞成魚族群)，這可能是因 1998 年春季連續大雨造成人為估算誤差所致。但颱風季節過後的 1999 年夏季調查幼魚數量仍有 191 尾，由於該年春季並沒有進行大規模的放流，只有放流 85 尾於七家灣溪中游的湧泉池河段，對幼魚族群增加助益不大，顯現該次豪大雨對幼魚族群的影響不如意料中的大。但若檢視成魚數量變化，則發現由 506 尾(1998 年秋季調查中成魚與亞成魚族群合計)降為 110 尾，減少 78.3%。這是因為繁殖季節剛開始，許多鮭魚還未進行產卵，因此雖未影響幼魚數量，卻使得進行繁殖中的成魚大規模死亡。

梅雨與颱風季節對幼魚的影響則不若仔稚魚隱匿期與繁殖期般顯著，由於我們並不清楚此時的成、幼魚對豪雨的忍受能力，往往得視颱風實際的發生狀況而定，而太過於密集的豪雨往往會超過流域的負荷，造成兩側山坡大規模崩塌，引起河水混濁，嚴重者可能達到好幾個禮拜之久。因此在討論天災與族群間的關係時，還必須考慮到棲地變動以及避難所的影響，需要收集更多的資料才能作進一步的分析。

比較 1987 1993 年與 1994 2001 年兩段時間的各時期雨量記錄(表二)，可以發現 1994 以後的豪雨發生次數較 1994 年以前來的高些，特別是攸關幼魚加入情形的仔稚魚隱匿與生殖季節兩時期。以隱匿期而言，301 公釐以上的雨量，都發生在 94 年以後，雖然 201 300 公釐雨量的次數較少，但是 101 200 公釐雨量的次數卻又提高許多。生殖期亦同，歷年唯一的 400 公釐以上豪雨記錄發生在 1994 年以後，101 200 公釐雨量也較 1994 年以前多一次。而颱風季節在 1994 年以後的雨量記錄，超過 500 公釐以上雨量有 3 次，相較 1994 年以前的 1 次，無論是強度或頻度都大的多。只有梅雨季節的比較結果不顯著。

雖然 1994 年前後時間間隔並不相同，1994 年以後較以前多了一年，因此雨量統計次數與豪雨機會本來就會比較高，本來不適合如此互相對照。但若以表一的各級雨量頻率換算，也會得到相似的結果(單位為次/年，見表二刮號內數字)。對照圖三，也顯示近年來武陵地區確實較以往有更豐沛且密集的雨量發生。這樣密集的雨量並且造成 1998 年以後的櫻花鉤吻鮭幼魚數量都低於 339 尾，且佔族群比例都低於 50% (圖一)，甚至最近一次調查(2001 年秋季)結果顯示幼魚只有剩下 56 尾，佔族群比例的 13.7%，不管數量與比例都是 1994 年調查以來的最低值。

由於七家灣溪下游環境的逐年惡化，使得下游河段族群的繁殖狀況不佳，因此櫻花鉤吻鮭幼魚族群近年來主要侷限在七家灣溪與高山溪上游河段(曾等，2000)，而這些河段因為攔砂壩的阻隔效應，在豪雨頻仍的壓力下，並不容易維持族群數量，加以河道狹窄，兩岸陡峭，缺乏合適的避難所，極容易因連續豪雨造成幼魚數量大幅降低，更使得櫻花鉤吻鮭幼魚面臨前所未有的環境壓力。

豪大雨的發生頻率增加的原因不明，雖然武陵地區是一個半封閉性的完整谷地，但氣候變遷仍受到許多大尺度環境因子，如：季風等影響，因此並不易找出其原因，而且也非本研究的目的。

總和以上所述，近年豪大雨的連續影響，造成幼魚族群數量多年來無法增加，也造成鮭魚族群的更新不良，使其族群結構無法形成穩定的金字塔型結構，這並且是2000年以來鮭魚族群調查總數大幅滑落的主要原因。

豪雨是屬於不可避免的天災，但櫻花鉤吻鮭在台灣已經過數十萬年長期的演化，應該已能完全適應包含颱風在內的環境變動考驗才是，但分析結果卻顯示豪雨天災的發生嚴重影響族群更新狀況，這顯示還有其他環境因子，如攔砂壩的存在或水質因素造成鮭魚族群數量減低，這仍有待進一步的研究分析驗證。

## 五、結 論

本研究分析自1994以來七家灣流域內的櫻花鉤吻鮭幼魚族群變動與武陵地區氣象資料，得到以下的結論：

幼魚變動影響整個櫻花鉤吻鮭族群更新、結構穩定與分布狀況。而幼魚數量則明顯受到降雨量分布頻率的影響。幼魚數量與每年1-3月(仔稚魚隱匿期)與10-12月(繁殖期)兩段時間的降雨量大小有密切關係，若當月降雨量超過200公釐以上即會造成幼魚族群的大幅減少。

1994年以後降雨量明顯較以前來的密集，尤其1997年以來武陵區地遭遇豪雨頻率與強度增加，使得櫻花鉤吻鮭的幼魚死亡率上升及加入率呈現下降趨勢，兩者差距並有增加趨勢，整個幼魚族群因而呈現更新不良情況，並造成各齡族群數量逐年降低。

櫻花鉤吻鮭族群的長期生態監測可以讓雪霸國家公園管理處瞭解族群變化情形，天災、放流與攔砂壩對鮭魚族群影響，以作為管理經營此珍貴稀有卻瀕臨絕種生物的方針。尤其許多長期變化的趨勢不是短期研究可以觀察到的，因此應持續支持生態族群測工作以解決櫻花鉤吻鮭所面臨的問題。

## 六、誌 謝

本研究是由內政部營建署雪霸國家公園管理處補助經費。研究調查期間並承蒙國家公園管理處同仁鼎力相助，以及提供許多寶貴意見與資料，謹此致謝。

## 七、引用文獻

- 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.
- 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.
- 大島正滿, 1935。タイヤルは招く, 第一書房, 東京, 共 136 頁。
- 汪靜明, 1995。孑遺的國寶--臺灣櫻花鉤吻鮭專集, 內政部營建署雪霸國家公園管理處, 共 185 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, 共 39 頁。
- 林曜松、曹先紹、張崑雄, 1989。櫻花鉤吻鮭的生態與保育, 國立台灣大學動物學系生態研究室, 共 20 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, 共 40 頁。
- 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。
- 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, 共 92 頁。
- 張石角, 1989。櫻花鉤吻鮭保護區規劃, 行政院農業委員會, 共 78 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, 共 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, 共 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, 共 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, 共 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, 共 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, 共 54 頁。
- 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, 共 34 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。
- 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, 共 121 頁。

## The Effect of Precipitations on the Fluctuations in Larva Population Size of Formosan Landlocked Masu Salmon in the Chichawan Stream Basin

Chyng-Shyan Tzeng<sup>(1,2)</sup> and Cheng Hsiung Yang<sup>(1)</sup>

(Manuscript received 10 Apr. 2002; accepted 20 July 2002)

**ABSTRACT :** The research of the Taiwan landlocked masu salmon since 1994 revealed that the intensity and frequency of the precipitation at Wulin Farm affected the fluctuations of larva population. Population of larva will decrease when the monthly precipitations over 200mm during the January to March (The stage of juvenile-to-hide) and October to December (The stage of spawn) that had noticeable effects.

The precipitations at Wulin Farm are more concentrated than before since 1994. The raising frequency and strength of torrential rain make the increasing mortality and decreasing recruitment of larva. The interval between mortality and recruitment of larva became wider year by year resulting in the bad renewal of larva and huge decrease of population at each age.

**KEYWORDS:** Taiwan landlocked masu salmon, *Oncorhynchus masu formosanus*, Larva, Fluctuations, Precipitation

---

1. Department of Life Science, National Tsing Hwa University

2. Corresponding author