

臺灣櫻花鉤吻鮭族群分布 及放流監測

成果報告

雪霸國家公園管理處

中華民國一百零五年十二月

臺灣櫻花鉤吻鮭族群分布 及放流監測

研究人員：廖林彥

雪霸國家公園管理處

中華民國一百零五年十二月

目錄

摘要	1
第一章 臺灣櫻花鉤吻鮭族群分布及放流監測	1
一、前言.....	1
二、材料與方法.....	7
三、調查結果.....	8
(一) 臺灣櫻花鉤吻鮭普查野生族群數量與分布.....	8
(二) 放流河段監測結果.....	11
四、討論.....	15
(一) 臺灣櫻花鉤吻鮭歷年族群結構變化.....	15
(二) 七家灣溪一號壩壩體改善與魚類監測結果.....	17
(三) 氣候變遷對臺灣櫻花鉤吻鮭族群的影響探討.....	18
(四) 臺灣櫻花鉤吻鮭歷年各河段數量與總數量之相關性分析.....	20
五、結論與建議.....	23
(一)結論.....	23
(二)建議.....	26
六、參考文獻	29

表目錄

表 1-1、武陵地區 2014 年~2016 年臺灣櫻花鉤吻鮭普查結果.....	34
表 1-2、各河段族群數與全河段總數的相關性.....	35
表 1-3、以五號壩至六號壩為模式河段預測歷年全河段總數結果.....	36
表 1-4、不同模式河段的預測結果.....	37

圖目錄

圖 1-1：2016 年武陵地區臺灣櫻花鉤吻鮭野生族群與放流新建立族群之相關位置圖.....	38
圖 1-2、1987 年至 2016 年武陵地區臺灣櫻花鉤吻鮭族群數量年度變化與重大天災圖.....	39
圖 1-3、1995 年至 2016 年武陵地區臺灣櫻花鉤吻鮭各齡級族群結構變化趨勢圖.....	40
圖 1-4、1995 年至 2016 年武陵地區臺灣櫻花鉤吻鮭各齡級數量變化趨勢圖.....	41
圖 1-5 A~D、2016 年夏季武陵地區各河段臺灣櫻花鉤吻鮭族群數量分布百分比.....	42
圖 1-6、全河段與模式河段對於各齡級的相關性散佈圖.....	43
圖 1-7：2009~2016 年歷史溪流放流河段羅葉尾溪族群分布曲線圖.....	45
圖 1-8：2011~2016 年歷史溪流放流河段有勝溪上游族群分布曲線圖.....	46
圖 1-9：2011(2013)~2016 年域外放流河段樂山溪族群分布曲線圖.....	47

照片目錄

照片 1-1、七家灣溪一號壩下游樣站壩體改善前之環境照.....	48
照片 1-2、七家灣溪一號壩下游樣站壩體改善後之環境照.....	49
照片 1-3、2011.06.17 於一號壩下游樣站所拍攝到標放的鮭魚.....	51

摘要

關鍵詞：臺灣櫻花鉤吻鮭、七家灣溪、羅葉尾溪、有勝溪、樂山溪、族群數量、生態調查、壩體改善、群聚結構、歷史棲地流放、域外保育

一、研究緣起

臺灣櫻花鉤吻鮭 (*Oncorhynchus masou formosanus*) 又被稱之為臺灣鉤吻鮭 (*Oncorhynchus formosanus*)，是「瀕臨絕種」保育類野生動物，也是臺灣特有的冰河孑遺生物。但因為颱風洪水、農業開發、防砂壩阻隔等諸多因素衝擊，使得生存棲地環境變化很大，並且對其生存造成嚴重的威脅。雪霸國家公園管理處因此自 1994 年開始進行臺灣櫻花鉤吻鮭族群現況的普查工作，以瞭解並掌握臺灣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 2016 年六月至九月間進行七家灣溪與高山溪臺灣櫻花鉤吻鮭的野生族群數量全面普查，另外並包含以往放流河段的羅葉尾溪、有勝溪上游、樂山溪、以及志樂溪做放流族群的普查，以瞭解 2015 年繁殖季節後新生幼鮭加入族群數量與分布狀況。

三、重要發現

1、本年度 (2016) 台灣櫻花鉤吻鮭族群數量普查工作從六月底開始、九月中旬完成，經調查目前野外的台灣櫻花鉤吻鮭總數量為 3,603 尾，其中七家灣溪 1,899 尾，約佔二分之一，其餘依照數量多寡依序為高山溪 902 尾、羅葉尾溪 555 尾、樂山溪 231 尾、有勝溪 9 尾、2015 年 11 月放流的志樂溪分布最少為 7 尾。這兩年台灣櫻花鉤吻鮭在蘇拉、蘇力颱風的影響後呈現穩健的生長，分布範圍更廣，尤其新增加樂山溪流域的棲地。2013 及 2014 年放流至樂山溪，如今表現成功繁殖下一代的成效。

- 2、今年夏季普查結果顯示，七家灣溪與高山溪河段野生臺灣櫻花鉤吻鮭族群數量共計有 2,801 尾，較去年調查少了約 118 尾。其中一齡幼鮭有 827 尾，佔族群總數的 29.53%，而二齡中型亞成鮭有 1,116 尾，佔族群總數的 39.84%，三齡大型成鮭則有 858 尾，佔族群總數的 30.63%。族群結構呈現以中型鮭魚最多，大型鮭魚次之，而小型鮭魚較少的中胖桶型族群結構，跟去年相似。調查結果顯示今年六月之前武陵地區臺灣櫻花鉤吻鮭族群更新狀況良好，受到之前蘇拉、蘇力颱風連續影響的鮭魚族群數量因為棲地漸趨穩定而有成長。
- 3、2016 年的乾旱季節，則造成有勝溪部分河段乾涸，只剩下伏流，且雲霧公路南湖大山登山口段今年度也有施工，鮭魚族群數量跟去年相比明顯下降，有勝溪族群從 2015 年的 221 尾下降成只有 9 尾的記錄，而其上游的羅葉尾溪族群則也受影響，從 2015 年的 900 尾下降成只有 555 尾的記錄。
- 4、由於 2012 年蘇拉颱風洪水影響，使得武陵地區七家灣溪河床變的相當不穩定，在經歷 2013 年蘇力颱風所帶來的洪水事件影響，造成河道的側向侵蝕與崩塌，使棲地環境改變甚大，多數深潭與峽谷地形被填滿。2013 年秋季普查結果顯示，臺灣櫻花鉤吻鮭族群數量僅剩 1,245 尾，跟夏季相比減少了約三分之二。其中小型鮭魚由於對大水的耐受力較低，受颱風影響減少較多。而 2014 年夏季普查結果則可以見到小型鮭魚比例甚高，2015 年以及 2016 年調查族群總數較颱風後相比上升快 2 倍，且族群更新狀況良好，可見受到蘇力颱風所影響的鮭魚族群數量如無後繼的大型天災時應可望漸漸恢復。
- 5、2016 年 6 月於歷史溪流放流河段的羅葉尾溪的調查顯示，此處的族群總數為 555 尾，以小型幼鮭最多 211 尾，佔整體比例約 38.02%，中型亞成鮭次之為 180 尾，佔整體比例約 32.43%，大型成鮭最少 164 尾，佔整體比例約 29.55%，整體族群結構為金字塔型，且皆為放流個體在此處野地繁殖所產生的後代，顯示棲地未大幅變動的狀況下，未來族群更新狀況應為良好。相連河段的有勝溪上游族群總數為 9 尾，以大型成鮭最多 5 尾，佔整體比例約 55.55%，中型亞成鮭次之為 3 尾，佔整體比例約 33.33%，小型幼鮭最少 1 尾，佔整體比

例約 11.11%。2016 年的乾旱季節，造成有勝溪部分河段乾涸，只剩下伏流，且雲霧公路南湖大山登山口段今年度也有施工，鮭魚族群數量跟去年相比明顯下降，有勝溪族群從 2015 年的 221 尾下降成只有 9 尾的記錄，而其上游的羅葉尾溪族群則也受影響，從 2015 年的 900 尾下降成只有 555 尾的記錄。

6、2016 年 9 月於域外放流河段樂山溪的調查顯示，此處的族群總數為 231 尾，以小型幼鮭最多 136 尾，佔整體比例約 58.87%，大型成鮭次之為 55 尾，佔整體比例約 23.81%，中型亞成鮭最少 40 尾，佔整體比例約 17.32%，整體族群結構為幼鮭較多的沙漏型，相比 2015 年的倒金字塔高齡族群結構，顯示此河段的族群更新狀漸趨穩定，但仍需後續的族群與棲地監測觀察。

7、從歷年的普查資料研判，高山溪一號壩是臺灣鏟頰魚自然分布的上限。原本在高山溪一號壩下的殘材壩，於 2012 年四月崩解之後仍舊無更多的臺灣鏟頰魚上溯到高山溪一號壩以上，顯示其在高山溪的分布上限並未更往上移，可能與高山溪河道較窄、兩側林相遮蔽程度較高，使得水溫仍保持在較低溫有關。

8、七家灣溪一號壩壩體改善後的鮭魚普查結果顯示，已有部分標誌的臺灣櫻花鉤吻鮭可上溯至三號壩下。在二號壩以上河段所發現的臺灣鏟頰魚與一號壩上游河段所發現的臺灣鏟頰魚幼鮭群，皆顯示七家灣溪二種主要魚類都可通過一號壩而上溯至上游河段。高山溪舊殘材壩下游河段之魚類數量原本在一號壩壩體改善後有較明顯增加的趨勢，但是在七家灣溪主流漸趨穩定之後，則數量又漸漸恢復以往的水平；2012 年蘇拉颱風過後，又可見到比壩體改善後更為大量的臺灣鏟頰魚躲在此處。顯示高山溪殘材壩下游河段，可以提供臺灣櫻花鉤吻鮭與臺灣鏟頰魚做為在壩體改善工程期間，或是洪水影響時的重要庇護所。

9、歷年普查結果各河段數量與全河段總數相關性最高的河段為五號壩至六號壩，其次為一號壩至二號壩以及二號壩至三號壩。三號壩至四號壩的 Y 形河段雖然在總數的相關性比不上前面提到的三個河段，但是對於幼鮭的相關性

卻非常高，僅略低於二號壩至三號壩。調查作業上理想的模式河段可以選擇五號壩至六號壩以及二號壩至三號壩。前者對於總數的相關性較高，後者對於各齡級數量的相關性較高。兩河段各屬上游與中游，不同的環境狀況可以提供互補的資訊讓預測能力更佳。如果想要調查夏季幼鮭的數量，則可選擇三號壩至四號壩的 Y 形河段做為模式河段，以了解前一年的繁殖狀況。

四、主要建議事項

(一)立即可行之建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：雪霸國家公園管理處武陵管理站

1. 未來三年的工作目標，於 2015 年 11 月放流養殖族群至志樂溪之後，接下來預定的放流地點為合歡溪，已經著手進行探勘工作，探勘的結果顯示該河段棲地良好，利於台灣櫻花鉤吻鮭的生存，利用此放流工作期能建立第四及第五個台灣櫻花鉤吻鮭衛星族群及棲地。

(二)長期性建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：雪霸國家公園管理處武陵管理站

1. 七家灣溪一號壩壩體改善後魚類族群動態變遷研究。2011 年度七家灣溪一號壩壩體的改善工程的主要目標之一，就是希望可以透過壩體改善後使得七家灣溪河道暢通，除了可增加棲地利用之外，也應可擴大七家灣溪中鮭魚之基因交換機會，並減少下游魚類無法順利繁衍的問題，故建議主管機關在壩體改善後應持續進行魚類族群動態變遷之研究，與其他環境與生物因子變化的生態模式研究，其研究結果亦可提供往後壩體改善時之重要依據與寶貴資源。針對魚類研究往後的具體建議如下：

(1)以臺灣櫻花鉤吻鮭與臺灣鏟頰魚兩種魚類做為指標物種。

(2)至少保留桃山西溪、二號破壩、繁殖場、高山溪等四個固定樣站，

每年二月、四月、六月、八月、十月施做調查研究。

(3)建議針對七家灣溪二號壩~三號壩、三號壩~四號壩(加上無名溪之 Y 形封閉河段)、五號壩~六號壩；於每年夏季與秋季做該三段河段的普查。

(4)依經費狀況與天然災害的強度時間而定，至少每三~五年做一次夏季與秋季的武陵地區七家灣溪流域全河段的普查。

2. 於重要測站(鮭魚活動密集、受人為活動污染潛勢高、未來規劃可能進行鮭魚移地保育等)放置溫度記錄器，定期蒐集水溫等相關資料，以評估臺灣櫻花鉤吻鮭棲息地七家灣溪流水溫之時空變化情形，供管理及決策參考。

第一章 臺灣櫻花鉤吻鮭族群分布及放流監測

一、前言

臺灣的臺灣櫻花鉤吻鮭 *Oncorhynchus masou formosanus* (Jordan and Oshima, 1919) ，又名臺灣鉤吻鮭 *Oncorhynchus formosanus* (Ho & Gwo, 2010) ，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，在亞熱帶地區的臺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。

目前僅知臺灣櫻花鉤吻鮭在臺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 (1984) 年七月依「文化資產保存法」第 49 及施行細則 72 條之規定，指定並公告臺灣櫻花鉤吻鮭為珍貴稀有動物，至此，臺灣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，並且在民國八十六 (1997) 年由農委會依據「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) ，臺灣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用投網的方式，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臺灣採集調查時，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 and Lin, 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 (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，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（1991）年林務局邱健介先生等人之調查，臺灣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鮭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，臺灣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。

雪霸國家公園管理處自民國八十三（1994）年五月起開始，委託辦理臺灣櫻花鉤吻鮭族群現況的普查（曾，1994、1995、1996、1997、1998、1999、2000、2001、2002、2003、2004、2005、2006、2007、2008、2009、2010、2011、2012、2013、2014），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；Tsaio，1995），以瞭解並掌握臺灣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。這些臺灣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臺灣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，對於臺灣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）。加上此地甚多防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。而天然災害對臺灣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）。

每年新生幼鮭的加入對整個臺灣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，幼鮭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鮭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鮭蹤跡（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，探討水溫在臺灣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。同時為了瞭解臺灣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以及族群動態研究是相當重要的。

由於 2001 年繁殖季節的低水溫與少洪水等環境因素使得 2002 年幼鮭數量大幅提高，由於當年度並未對七家灣溪流域進行人工繁殖放流工作，因此這些大量增加的幼鮭都是自然生殖成功的加入族群，且在各個主、支流河段中都可以觀察到大量發生的幼鮭族群，並未如以往只特別集中在某一河段，鮭魚總數因此創下族群調查工作以來的最高數量。隨後兩年內的幼鮭更新狀況也不算差，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 2004 年夏季遭逢中度颱風敏督利（Mindulle）以及中度颱風艾莉（Aeri）侵襲，以及 2005 年多個連續颱風，包含七月強烈颱風海棠（Haitang），八月份中度颱風馬莎（Matsa）、輕度颱風珊瑚（Sanvu）、強烈颱

風泰利 (Talim)，九月份強烈颱風龍王 (Longwang)，超大且連續豪雨所帶來的洪水，使臺灣櫻花鉤吻鮭再次面臨生存威脅，由於大多數的防砂壩仍舊矗立，形成的阻隔效應使得風災對族群的衝擊放大，因此 2005 年夏秋季以來的族群數量，又呈現快速的衰退。不過風災過後在 2006 年夏秋兩季由於幼鮭數量的增加，整個族群數量又大幅度的提升，之後雖然又歷經一些颱風的侵襲，但影響並不大。2007 年夏秋季節三個颱風，包含聖帕 (Sepat)、韋帕 (Wipha) 和柯羅沙 (Krosa) 的接連侵襲，帶來的充沛雨量也對七家灣溪流域造成一定的損害與衝擊，尤其是十月初的柯羅沙颱風來襲時已經是繁殖季節的初期，不過 2007 年秋季調查結果顯示，族群損失並未如預期般嚴重，大多數河道雖然因為風災洪水沖刷或是泥沙淤積完全改觀，但各河段仍保有許多良好的棲地環境。在 2008 年夏季的調查中，因鮭魚族群結構良好，幼鮭數量的增加使的整個數量回到歷史上的新高點，但武陵地區在九月中旬又受到辛樂克颱風 (Sinlaku) 的侵襲，此次的雨量也對鮭魚的數量帶來衝擊。接下來的 2009~2012 年初整個武陵地區可謂是風調雨順，鮭魚的族群量亦不斷攀升，至 2011 年秋季以及 2012 年夏季調查達到歷史最高點，並已接近七家灣溪流域所預估的最大承載量。但 2012 年八月的蘇拉颱風 (Saola) 的降雨為武陵地區帶來相當大的洪水事件，大多數河道因風災洪水沖刷或泥沙淤積而改觀，鮭魚族群數量也受到衝擊而減少約三分之一。由於 2012 年蘇拉颱風洪水影響，使得武陵地區七家灣溪河床已變的相當不穩定，再經歷 2013 年七月的蘇力颱風 (Soulik) 所帶來的洪水事件影響，造成河道的側向侵蝕與崩塌，使棲地環境改變甚大，多數深潭與峽谷地形被填滿。2013 年秋季普查結果顯示臺灣櫻花鉤吻鮭族群數量跟颱風前相比減少了約三分之二。2014 年無颱風侵襲武陵地區，因此鮭魚族群數量逐漸復原。雖然數量仍在一千多尾，但是其中小魚佔了近七成的數量，前景仍相當樂觀。2015 年因棲地漸趨穩定，鮭魚族群數量回升至接近三千尾，且族群結構呈現中胖桶型族群結構，可說是漸趨穩定。

由於整個河床棲地在洪水衝擊後將完全改觀，由以往對賀伯風災的觀察經驗，棲地恢復以及族群穩定通常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鮭更新狀況不佳而使得族群數量跌到谷底，而且因

為造成臺灣櫻花鉤吻鮭族群不穩定的各項因子依舊存在，許多河段的防砂壩依舊矗立，或是壩體改善之後仍有壩基或殘材所造成的落差，因此仍有必要密切且持續地監測風災後臺灣櫻花鉤吻鮭七家灣溪野生族群變動以及棲地回復情形。

臺灣櫻花鉤吻鮭野生族群現今除了七家灣及高山溪流域區段外，鮭魚消失於原來生存的歷史棲地，其原因究竟是棲地環境完全受破壞，還是外在人為因素(過度捕撈、非法毒魚等)所造成，無法完全釐清。而這些歷史棲地是否仍然有適當的環境供鮭魚活存延續，值得嘗試。如果能夠有效增加歷史棲地的鮭魚數量，至少可以減輕目前臺灣櫻花鉤吻鮭所面臨的瀕絕威脅。因此，雪霸國家公園管理處自 2006 年迄今利用復育場(臺灣鮭魚保育中心)人工繁殖所產生的鮭魚，選擇了司界蘭溪、南湖溪、伊卡丸溪及羅葉尾溪進行歷史溪流放流，此外更於 2011 年底進行樂山溪之域外放流。

現今臺灣櫻花鉤吻鮭野生族群僅分布於七家灣溪之中，若七家灣溪遭逢不可抗拒之災害，將會使野生鮭魚滅絕的機會增加許多，因此尋覓其他合適鮭魚存活的棲地，是目前保育所必須進行的首要工作。特生中心曾調查七家灣溪之外的放流地點，建議濁水溪上游的卡社溪適合進行域外放流的工作(葉，2003)，但因距離及路況等因素，所以並未將卡社溪納入放流考量。早期大甲溪中上游有大量的鮭魚族群棲息，但受到人為及氣候影響才逐漸消失，因此挑選放流溪流時，臺灣櫻花鉤吻鮭過去的歷史溪流便是優先的考量。過去司界蘭溪也曾經進行過野生族群放流(吳祥堅，2000)，但因當時人力資源等因素而無法持續性的調查與監測，難以評估放流的成效。而在 2003 年之後的調查，即沒有再發現到野生族群(曾晴賢，2003；黃沂訓，2006)，南湖溪則於 2006 年調查中沒有發現野生族群(黃沂訓，2006)。為提高放流效率，因此事前須謹慎評估合適的放流溪段，並在放流之前針對水質、食餌、溪流地形以及共域魚類等進行相關評估；而主要以放流 18 月齡以上體型避開洪水季節而可順利於當年底繁殖產生子代者為佳。並進行後續放流溪段族群動態監測，藉此評估放流成效。

歷史溪流有系統之規畫放流始於 2006 年 10 月 11 日至 10 月 18 日間，在司界蘭溪與南湖溪進行 2 次放流，各放流 250 尾，總計共 500 尾。2007 年於 10 月 30 日至 11 月 1 日間，司界蘭溪放流 165 尾、南湖溪 315 尾，合計 480 尾。2008 年 3 月底則於伊卡九溪放流 300 尾。更於 2009 年 6 月在羅葉尾溪(有勝溪上游)放流 150 尾，司界蘭溪第二野溪(Gon-bkuli)放流 100 尾。次年(2010)5 月，再度在羅葉尾溪放流 350 尾，司界蘭溪第二野溪及第一野溪(Gon-gamin)分別放流 120 尾及 180 尾。於 2010 年 10 月在羅葉尾溪更上游及環山部落的伊卡九溪進行放流，兩個放流點各放流 15 對亞成鮭(23 月齡)。2011 年 11 月於伊卡九溪放流 100 尾鮭魚並新增樂山溪放流 100 尾。2013 年 11 月於樂山溪放流 150 尾。2015 年 11 月於志樂溪放流 18 尾。

降低物種滅絕危機的首要工作，目的在於將原本絕跡的歷史溪流再次導入臺灣櫻花鉤吻鮭，建立第二及第三條具有能夠獨立延續物種之衛星族群的流域。臺灣櫻花鉤吻鮭移地保育的目的除使穩定族群數量外，利用符合基因多樣性的人工繁殖可增加遺傳性狀，增加人工繁殖族群對抗天擇的考驗，可望擴大臺灣櫻花鉤吻鮭目前之生存範圍。而持續加強在上游溪段進行放流，以增加上游族群數量並維持基因的歧異度，亦是相當重要的課題(曾晴賢，1997)。目前除分布於七家灣溪與高山溪的臺灣櫻花鉤吻鮭族群數量相對穩定(曾晴賢，2009，2010，2011，2012)之外，只有在有勝溪上游羅葉尾溪於 2009 年與 2010 年放流的鮭魚迄今(2015)已多於 1,000 尾族群量，成為超大衛星族群。而自 2006 年~2008 年放流於南湖溪、司界蘭溪及伊卡九溪的鮭魚則未能形成有效的衛星族群。相對於歷史溪流在 2011 及 2013 年域外放流於樂山溪的鮭魚截至 2015 年已有 296 尾上述功能的衛星族群，雖族群結構仍不是非常穩定，是否仍有相當大的機會成為繼羅葉尾溪後的第二條放流成功並形成衛星族群的溪流，還有待更長期的監測與調查。除了武陵地區七家灣溪以及高山溪流域的野生族群保育工作之外，無論域內或域外放流，就近於武陵地區附近適於鮭魚生存的溪流，在完成棲地前置調查作業舉凡水溫、水質、地形、植被、食物來源以及人為活動等因素綜合評估後，進行鮭魚放流作業，期以建立有效衛星族群是目前迴避滅絕壓力的重要方向之一。

二、材料與方法

本計畫延續了以往的臺灣櫻花鉤吻鮭長期族群監測工作，持續進行全流域的族群普查工作，在夏季進行一次普查工作，主要希望瞭解各河段臺灣櫻花鉤吻鮭在前一年繁殖季節孵化及幼鮭更新的狀況。調查範圍如圖 1-1 所示，包含和平農場(伊卡丸溪)以上至桃山西溪六號壩的整個七家灣流域，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)等支流，而湧泉池則由於這幾年來已跟七家灣溪無水流流通，目前前去調查裡面已無鮭魚生存，水溫也因無流動而較高。

除了七家灣溪以及高山溪野生鮭魚族群的普查之外，也於目前仍有放流續存繁殖族群的野放流域進行監測調查工作，包含羅葉尾溪、有勝溪上游(該兩處族群生活空間相連)、以及樂山溪、志樂溪等溪流進行放流續存族群的監測普查工作。

族群數量調查採用浮潛法，此法是野外調查魚類的方法中花費較少，破壞性最低的方法(林等，1988)，由於本流域平常水質清澈，對於族群數量已屆瀕臨絕種的臺灣櫻花鉤吻鮭而言，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，由於臺灣櫻花鉤吻鮭每年只進行一次繁殖活動，因此各齡魚間的體型差異明顯，因此本研究依其體長大小來辨別鮭魚的年齡，年齡是依鮭魚經歷繁殖期的次數作為依據，如一齡幼鮭指經歷過一次繁殖期的鮭魚，全長約為 15cm 以下(幼鮭夏季全長約在 5~8cm 左右，秋季則約在 8~15cm 左右)；二齡中型成鮭指經歷過兩次繁殖期的鮭魚，全長 15~20cm 之間；及全長 25cm 以上的三齡大型成鮭，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鮭。族群調查中利用手繪河道圖標定各齡魚的相對位置與數量。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。

野外調查工作時，並且一併進行其他共域魚種 (Wang, 1989)，包含臺灣鏟頰魚 (*Onychostoma barbatulum*)、纓口台鰍 (*Formosania lacustre*) 與明潭吻鰕虎 (*Rhinogobius candidianus*) 的數量與分布狀況。不過由於其他魚類與鮭魚的生長速率不同，以及生殖特性不同，特別是數量最多的臺灣鏟頰魚，因生殖季節長，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，並不如臺灣櫻花鉤吻鮭般容易判定。不過為了調查與記錄的方便，我們只在調查當時，採用與臺灣櫻花鉤吻鮭相同的體型判別標準進行調查與記錄，記錄不同體型族群的數量與分布位置，並未針對其實際年齡進行判斷與討論。

三、調查結果

(一) 臺灣櫻花鉤吻鮭普查野生族群數量與分布

今 (2016) 年夏季的普查結果顯示 (表 1-1) 七家灣溪與高山溪河段臺灣櫻花鉤吻鮭族群數量共計有 2,801 尾，較 2015 年減少了約 118 尾的數量，相差並不大。其中一齡小魚有 827 尾，佔全部數量的 29.53%，二齡中型鮭魚有 1,116 尾，佔全部數量的 39.84%，三齡大型成鮭則有 858 尾，佔全部數量的 30.63%。族群結構呈現以中型鮭魚較多，大型鮭魚次之，而小型鮭魚稍微較少的桶狀族群結構，顯示今年六月之前武陵地區臺灣櫻花鉤吻鮭族群更新狀況相當良好，受到 2013 年蘇力颱風影響的鮭魚族群數量，因為 2014 年新生幼鮭有相當多的加入 (2014 年夏季調查新生幼鮭達 916 尾) 而有成長。2014 年秋季在野外調查時有觀察到不少鮭魚在 15 公分上下，在體型的判定上是難以界定的，推測有部分的中型鮭魚其實是成長較快速的一齡鮭魚，跟夏季數據比較之下可以推測這種成長較為快速的一齡魚至少有 240 尾左右。此觀察結果顯示 2014 年因族群量小，棲地

競爭較少，因此新生小魚成長狀況良好。事實上，在過去調查報告中也有發現體型判別的問題（曾，2002、2006），通常在幼鮭數量與比例較高的年份可較明顯地看出來。

由於 2012 年蘇拉颱風洪水影響，使得武陵地區七家灣溪河床變的相當不穩定，在經歷 2013 年七月份蘇力颱風所帶來的洪水事件影響，造成河道的側向侵蝕與崩塌，使棲地環境改變甚大，多數深潭與峽谷地形被填滿。2013 年的秋季普查結果顯示（表 1-1），受到七月蘇力颱風所帶來的影響，臺灣櫻花鉤吻鮭族群數量跟颱風前相比減少了約三分之二，而且中小型鮭魚由於對大水的耐受力較低，受颱風影響減少很多，新生族群僅剩少部分留存。所幸 2014 年夏季的普查結果顯示雖然魚的總數並沒有增加許多，但小型鮭魚比例很高，顯示去年六月之前武陵地區臺灣櫻花鉤吻鮭族群更新狀況良好，且 2014 年秋季普查的結果也顯示夏季到秋季時小魚的生長狀況良好，受到蘇力颱風所影響的鮭魚族群數量在無後繼的大型天災下可望漸漸恢復。到 2015 年的夏季普查則顯示族群量跟 2014 年相比大幅上升幾近 2 倍，增加達 1,217 尾，總數為 2,919 尾，族群結構呈現桶狀，族群更新回復狀況良好。2016 年的夏季普查則顯示族群量跟 2015 年相似，總數為 2,801 尾，族群結構呈現桶狀，族群更新回復狀況良好。

在七家灣溪流域各個河段的鮭魚數量上（表 1-1），可以看出 2014 年，以中游與上游河段所佔的比例較高，二者所佔的比例將近八成左右，而下游河段與高山溪比例較低；2015 年夏季的結果則顯示中游所佔比例仍高，接近五成，但上游比例則比 2014 年下降，2016 年則又更加下降；而高山溪 2015 年比例則比 2014 年明顯增多，2016 年比例更加上升。在 2016 年夏季的普查結果上，中游河段（一號壩至三號壩）所佔的比例較高，為 44.20%（圖 1-5B），跟去年的 46.52% 差不多。而上游河段（三號壩以上，含桃山西溪與桃山北溪），為 21.96%（圖 1-5C），比去年的 25.83% 下降，2013 年由於蘇力颱風的影響，秋季調查時三號壩上以及四號壩上的鮭魚數量變的極少，被颱風帶走的鮭魚因攔沙壩的阻隔而無法回到三號壩及四號壩上，在四號壩至五號壩這一區段甚至完全不見任何鮭魚蹤跡；然而由於桃山北溪水量較小，受到颱風的影響也相對小的多，此處的鮭魚族

群即佔了 2013 年秋季調查上游部分魚群的 85.5%，桃山北溪可視為上游河段部分鮭魚的庇護所，也因此才讓上游的鮭魚族群能保持在總族群量的 35%，2014 年夏季的普查顯示上游河段有許多的幼鮭加入，繁殖季的更新情況良好，才讓上游河段所佔的族群比例提高。2015 年夏季則是由於七家灣溪三號~六號壩河段漸趨穩定，鮭魚數量增多，也不必再以桃山北溪為庇護河段，其中桃山北溪鮭魚族群只佔了上游部分魚群的 28.65%，跟 2013 年颱風來襲後的 85.5%相差甚多，2016 年則是桃山西溪以及桃山北溪棲地都穩定，因而鮭魚分布平均。而下游河段(和平農場至一號壩)2016 年所佔的比例為 1.64%(圖 1-5A)，跟去年的 2.30% 比例相似；高山溪所佔比例則為 32.20%(圖 1-5D)，較 2015 年的 25.35%高出不少，且三種年齡的鮭魚數量也有所增加，顯示高山溪自 2013 年的蘇力颱風後棲地漸趨穩定，此處的野生鮭魚族群更新狀況良好。以歷年結果來看自 2000 年以來，臺灣櫻花鉤吻鮭最主要的分布地點都集中於一號壩以上的中上游河段，且其數量高於下游河段與高山溪，但是高山溪的鮭魚族群在非面臨天災的狀況下則有增加的趨勢。

若從 2002 年至 2016 年七家灣溪中下游河段(迎賓橋至三號壩)的臺灣鏟頰魚族群的數量變化來看，下游河段(迎賓橋至一號壩)的臺灣鏟頰魚族群數量雖然變動相當大，但是一直都有新的個體補充進來，加上鄰近的有勝溪與大甲溪都是臺灣鏟頰魚適合棲息的棲地，故此河段都能維持一定的族群數量。而中游的一號壩至三號壩之間的河段，在 2004 年夏季以後，遭逢敏督莉以及艾莉颱風侵襲，以及 2005 年多個連續颱風，包含七月強烈颱風海棠，八月份中度颱風馬莎、輕度颱風珊瑚、強烈颱風泰利，九月份強烈颱風龍王，超大且連續豪雨所帶來的洪水，使中游河段的臺灣鏟頰魚族群遭受強烈的干擾與衝擊，加上大多數的防砂壩仍舊矗立，形成的阻隔效應使得風災對臺灣鏟頰魚族群的衝擊放大，導致 2004 年至 2011 年夏季這段期間，中游河段的臺灣鏟頰魚數量都相當零星，尤其是 2006 年以後到 2011 年夏季，二號壩至三號壩之間就完全沒有臺灣鏟頰魚的紀錄。但是在 2011 年 5 月底一號壩改善工程結束後，在 2011 年以及 2012 年的十月份秋季普查中二號壩至三號壩之間的河段都有臺灣鏟頰魚的紀錄，雖然數量仍不多，但卻是相當明顯的變化。尤其是 2012 年八月武陵地區也曾經遭逢十年

一度級的蘇拉颱風洪水事件影響，緊接著 2013 年七月的蘇力颱風伴隨著蘇拉帶來的棲地不穩定化效應，讓七家灣溪的棲地變化更大，但這兩年秋季普查時仍能在七家灣溪中游二號壩至三號壩之間發現臺灣鏟頰魚的族群，此現象應該也是一號壩改善工程施工後所產生的正面效應，亦即可以讓被洪水沖到一號壩以下的臺灣鏟頰魚個體能自由上溯至中游河段棲息利用，而不至於像 2004 年夏季颱風之後連續七年在一號壩以上的族群數量都相當低。由近年整體結果看來，2011 年一號壩壩體改善之後，從 2011 年秋季以後開始到 2016 年整體的臺灣鏟頰魚分布上限在七家灣溪有上移的現象，可能與壩體改善後原本在下游的魚類可自由通過有關；但在高山溪的河段，其下游殘材壩在 2012 年四月崩解之後仍無很多臺灣鏟頰魚往上游移動之記錄，顯示其在高山溪的分布上限並未上移，可能與高山溪河道較窄、兩側林相遮蔽程度較高，使水溫仍保持在較低溫有關。

(二) 放流河段監測結果

本年度除了七家灣溪以及高山溪野生鮭魚族群的普查之外，也於目前仍有放流續存繁殖族群的野放流域進行監測調查工作，包含羅葉尾溪、有勝溪上游（該兩處族群生活空間相連）、以及樂山溪、志樂溪等溪流(圖 1-1)進行放流續存族群的監測普查工作。各個河段的調查結果說明如下：

歷史溪流放流：有勝溪上游與羅葉尾溪

有勝溪又稱為比亞南溪，發源於雪山山脈桃山稜線的羅葉尾山東側，經過思源啞口後，在武陵農場與七家灣溪匯流後，流入大甲溪。全長約 10.5 公里。羅葉尾溪是有勝溪的上游，全長約四公里。本溪段原本鮭魚數量很多，據南山原住民表示，此處為重要狩獵區域。調查樣區為入口處往上約 1.5 公里。有勝溪沿岸有些許農業活動，如種植高山蔬果等，而到了思源啞口附近南湖大山登山口後，往上游的羅葉尾溪，因為兩岸地勢狹窄且陡峭，故不適合農業開發，而能保有原始林的風貌。其主要地形結構組成以大型岩盤為主，使不易崩塌，而濱岸植批覆蓋度高，其深潭和淺瀨組成數量及分佈適合鮭魚的生存。羅葉尾溪(含有勝

溪)流域樣區自第十放流點往最上游延伸約 200 公尺止，為一處高 2 公尺的天然瀑布障礙，下游與有勝溪主流交接處，再往有勝溪下游延伸約 2500 公尺，樣區總長度 4400 公尺。其中羅葉尾溪區段樣區長度為 1900 公尺，有勝溪上游區段為 2500 公尺。

2009 年 6 月 26 日於羅葉尾溪放流了 150 尾 18 月齡大的鮭魚，並於 2010 年 5 月追加放流 350 尾 5 月齡大的鮭魚，同年 10 月於更上游處放了 15 對(30 尾雌雄各半)23 月齡的亞成鮭。由族群分布曲線圖(圖 1-7)可看出 2009 年的四次調查都是只有放流標記的個體被記錄到，顯示此河段在放流前確實已無臺灣櫻花鉤吻鮭棲息於此，然而隔年 2010 年 2 月份的調查就記錄到 20 尾未標記的幼鮭，且同年的其他月份調查有增多的趨勢，顯示 2009 年~2010 年間的繁殖季第一批 150 尾放流的鮭魚在此河段已成功繁殖。此批野外新生的幼鮭並在 2011 年順利長成中型亞成鮭，可望將來一起加入繁衍後代的族群。2010 年 5 月放流的 350 尾 5 月齡鮭魚，跟同年 10 月放流的 15 對 23 月齡的亞成鮭，在 2012 年則可看出其跟野外新生族群整合產生的成效，在 2012 年 9 月的調查中於羅葉尾溪河段中記錄到有 776 尾的野生幼鮭；每年 5 月份以前的幼鮭由於魚體較小，有較高的隱蔽性，因此並不容易觀察，通常在 5 月份之前的數量調查會造成一定程度的低估現象，5 月以後的幼鮭數量比較能作為一個準確的參考。有標記的放流個體只到 2012 年的 10 月之後就再無紀錄，之後的族群都是當初放流之後在野外的新生族群所組成，野生幼鮭於 2010 年 2 月份開始記錄到，亞成鮭於 2011 年 4 月份開始記錄到，大型成鮭則於 2012 年 4 月開始記錄到。整個族群量在 2012 年 10 月時加上放流個體達到第一波的高峰，紀錄有 1,269 尾，2013 年 10 月只剩新野生族群，紀錄有 900 尾，2014 年 10 月到達歷史高峰，紀錄有 2,434 尾，2015 年 7 月份的調查記錄有 900 尾，2016 年 6 月份的調查記錄則有 555 尾。目前此處的族群都是野外新生族群，以小型幼鮭最多 211 尾，佔整體比例約 38.02%，中型亞成鮭次之為 180 尾，佔整體比例約 32.43%，大型成鮭最少 164 尾，佔整體比例約 29.55%，整體族群結構為金字塔型，但由於下游的有勝溪 2016 年的旱季斷流，以及雲霧公路南湖大山登山口段施工的影響，使族群數量減少，影響到羅葉尾溪的族群數量也比去年少了 345 尾。

有勝溪並無放流鮭魚，但其緊鄰上游羅葉尾溪且中間並無斷層，因羅葉尾溪之鮭魚族群成功放流並擴展下來，故於 2011 年開始記錄有勝溪之鮭魚族群數量。從 2011 年的三次調查(圖 1-8)可看到同時記錄有放流標記的個體與新野生族群的中型亞成鮭，此紀錄與羅葉尾溪同時段的紀錄相符，是為羅葉尾溪放流的個體與新野生中型亞成鮭沿著溪流往下游擴散至此。放流標記的族群一樣是在 2012 年 10 月以後就沒有再紀錄到，新野生大型成鮭一樣是在 2012 年以後才開始有紀錄，跟羅葉尾溪較不一樣的地方是新野生小型幼鮭在 2011 年並沒有記錄到，2012 年 6 月以後才開始有紀錄，且 2013 年整年數量都相當少，推測是有勝溪河段較羅葉尾溪為下游，而小型幼鮭則因上游水溫較低而有較多的分布。如同羅葉尾溪，2014 年 10 月有勝溪鮭魚族群的數量也到達一個高峰期，總數有 555 尾，此時的幼鮭也比之前的多。2015 年 7 月份的調查記錄有 221 尾，2016 年 6 月份的調查則僅記錄有 9 尾。由於 2016 年的乾旱季節，造成有勝溪部分河段乾涸，只剩下伏流，且雲霧公路南湖大山登山口段今年度也有施工，鮭魚族群數量跟去年相比明顯下降，有勝溪族群從 2015 年的 221 尾下降成只有 9 尾的記錄，而其上游的羅葉尾溪族群則也受影響，從 2015 年的 900 尾下降成只有 555 尾的記錄。

域外放流：樂山溪

樂山溪域外溪流在大小劍山以東，屬於大甲溪上游的其中一條支流，目前放流點約在大甲溪匯流口上溯兩公里左右的位置，再往上游延伸 500 公尺的河段。據原住民口述原無鮭魚蹤跡，但判斷其溪流環境狀況與穩地性應適合鮭魚生存。樣區設置於放流點往上游 600 公尺間，而未於下游處設置樣區，爰於 2012 年 4 月調查時放流點下游並未發現魚隻。而於 2013 年則將鮭魚放流於樣區最上游，因此調查樣區自原區段順勢往上游擴增至總長為 2200 公尺。樂山溪自第一放流點分別往上游 2200 公尺止，為一處高 4 公尺的天然瀑布障礙，往下游到樂山橋 100 公尺設定為樣區。樣區總長度約 2300 公尺。

樂山溪於 2011 年 11 月第一次放流 100 尾 23 月齡的臺灣櫻花鉤吻鮭，2013 年 11 月又放流 150 尾 23 月齡的鮭魚，並於 2014 年 10 月放流 34 尾 22 月齡的鮭魚。由族群分布曲線圖(圖 1-9)可看出 2011 年放了 100 尾鮭魚後的隔年(2012 年)並沒有做後續的追蹤與監測，2013 年 4 月開始才在當年做了兩次的調查，結果顯示 2011 年放流的鮭魚已在此處繁殖，且新野生鮭魚已長成中型亞成鮭，但在 2013 年 4 月即 10 月的調查中數量都不多。2013 年 11 月追加放流 150 尾鮭魚在樂山溪，2014 年的調查中即可記錄到新野生鮭魚族群已經有大型成鮭、中型亞成鮭、與小型幼鮭了，但新野生族群量仍少，尚不穩定。2014 年 10 月又追加放流 17 對鮭魚，在 2015 年 7 月的紀錄上顯示已無紀錄到放流標記的個體，且新野生族群量開始增加，總共紀錄有 296 尾，2016 年 9 月記錄的野生個體則有 231 尾。目前此處的族群以小型成鮭最多 136 尾，佔整體比例約 58.87%，大型亞成鮭次之為 55 尾，佔整體比例約 23.81%，中型幼鮭最少 40 尾，佔整體比例約 17.32%，整體族群結構為小型鮭魚居多的沙漏型，相比 2015 年以中老年個體為主的倒金字塔型，顯示此河段的數量以及族群更新狀況漸趨穩定，但仍需後續的族群與棲地監測，以及適時配合鮭魚的放流，方能使族群成長並較為穩定。

域外放流：志樂溪

志樂溪域外溪流在大劍山以西，屬於大甲溪中游的其中一條支流，發源地為翠池山，兩岸植被完整，溪流棲地多樣，雖然在歷史記錄上沒有鮭魚的分佈，且因德基水庫進行越域引水造成攔水堰以下河段水量減少甚至斷流，但是志樂攔水堰以上的中上游河段其實擁有非常好的環境，不但平坦無礙的河道距離夠長，棲地富深潭且呈現多樣化，亦可見許多緩流棲地，純就棲地而言，十分合適櫻花鉤吻鮭的分佈。不過由於台電維修攔水堰道路的存在，十分方便釣客與獵人前往，因此該流域的獵捕壓力仍大。

志樂溪於 2015 年 11 月第一次放流 18 尾 12 月齡的臺灣櫻花鉤吻鮭，2016 年 9 月記錄的個體則有 7 尾，全是之前放流所存活下來的大型個體。目前此河段的數量以及族群更新狀況尚未穩定，且仍未觀察到有新生幼魚的加入，仍需後

續的族群與棲地監測，以及適時配合鮭魚的放流，方能使族群成長並較為穩定。

四、討論

(一) 臺灣櫻花鉤吻鮭歷年族群結構變化

將歷年族群調查數量及族群結構整理比較如圖 1-2、1-3、1-4，探討 1987 年以來的族群調查結果。1987 年至 1993 年以前的調查結果取自 Tsoo (1995)，其統計河段為七家灣溪一號壩至三號壩之間河段，唯當時的七家灣溪上游與高山溪河段，並沒有臺灣櫻花鉤吻鮭族群的存在，整體族群總量也大都在 1,000 尾以下。1994 年以後由本研究團隊進行調查，調查的期間可以見到有數個大型風災或是繁殖期豪雨是讓臺灣櫻花鉤吻鮭族群下降最主要的原因。如 1996 年的賀伯颱風、1998 年五、六月的連續豪雨，2000 年十一月才來到的象神颱風接連著 2001 年的桃芝、納莉颱風更是使得族群數量僅剩下岌岌可危的 400 尾左右 (圖 1-2) 從 1987 年至 2001 年的鮭魚族群總量全都在 2,500 尾以下，且只有少數時間有超過 1,000 尾。但自 2001 年完成高山溪所有壩體改善後，2001 年至 2002 年的繁殖季低水溫加上春季乾旱，以及可利用的棲地增加，產生鮭魚繁殖大發生的現象 (圖 1-1)，族群總數一口氣衝破 3,000 尾以上。自此之後除了 2005 年兩次普查結果因為受到當年度春季豪雨與夏季接連數個強烈颱風天候影響，造成數量銳減至 523 尾之外。其他各次調查結果總數都有 1,000 尾以上，尤其在 2005 年之後，臺灣櫻花鉤吻鮭族群又逐年有數量回升的趨勢，且多能維持在 2,000 尾以上，2008 年之後則維持在 3,000 尾以上 (圖 1-2)。至 2011 年秋季以及 2012 年夏季達到歷年族群數量最高的 5,479 尾，接近武陵地區七家灣溪臺灣櫻花鉤吻鮭保護區最大承載量的 5,807 尾 (林，2010)，顯示 2008 年至今臺灣櫻花鉤吻鮭族群量處於一穩定的狀態，此結果亦顯示 2008 年歷經卡玫基、辛樂克、薔蜜颱風侵襲之後的 4 年間，武陵地區並沒有遭受嚴重的天災侵襲，讓此區的臺灣櫻花鉤吻鮭可以持續維持一穩定族群量。然而 2012 年度十月份的秋季普查結果顯示，受到八月蘇拉颱風所帶來的洪水事件影響，臺灣櫻花鉤吻鮭族群數量僅剩

3,764 尾，跟颱風前相比減少了約三分之一（圖 1-2）。但由於風災過後臺灣櫻花鉤吻鮭的族群結構仍屬更新狀況良好的筒型結構（圖 1-3），並且一號壩改善工程後種種證據顯示被洪水沖往下游的魚還是能夠透過生態廊道回到七家灣溪的中游，2013 年夏季的普查結果即可見到不少新生幼鮭的出生以及族群數量的些微復原。然而由於 2012 年蘇拉颱風洪水影響，使得武陵地區七家灣溪河床變的相當不穩定，在經歷 2013 年七月份蘇力颱風的影響後，造成河道的側向侵蝕與崩塌，使棲地環境改變甚大，多數深潭與峽谷地形被填滿，秋季普查臺灣櫻花鉤吻鮭族群數量僅剩 1,245 尾，跟颱風前相比減少了約三分之二，出乎原本只會下降三分之一的預測。連同歷史調查結果以及天災資料來看的話，這也證明七家灣溪的鮭魚族群會受到最大影響的天災有兩類，一是連續衝擊的颱風或洪水事件，容易造成棲地的變動；二則是在繁殖季發生的颱風或豪雨，會對剛出生的新生族群產生威脅。2015~2016 年則因武陵地區未受風災以及洪水的嚴重侵襲，鮭魚族群數量則又成長兩倍，上升為接近 3,000 尾，未來在一號壩已經改善的情況下但卻可能更容易有極端氣候降雨的條件下，七家灣流域中的臺灣櫻花鉤吻鮭族群是否有持續增長的空間值得我們繼續關注與研究監測。

若比較歷年的族群結構變化（圖 1-3、1-4），雖然僅有 2002 年、2006 年、2008 年、2013 年、2014 年這幾年有幼鮭大發生的時期才有穩定的金字塔型結構，但其他時候也能多能維持以中型鮭魚居多的中胖桶型結構，且小型鮭魚與中型鮭魚的族群數量差異並不明顯，例如 2015 年、2016 年夏季普查皆是此種族群結構。自 2002 年族群狀況穩定以後，就一直是中小型鮭魚多於大型鮭魚，顯示以小型和中型鮭魚為主要優勢齡級，可以維持七家灣溪鮭魚的族群穩定；再從圖 10-5 來看歷年各齡級鮭魚的族群數量變化，亦能得知 1995 年以來，小型和中型鮭魚數量增加較明顯，而大型鮭魚則較為平緩，限制大型鮭魚的增加或許與環境承载力有關聯，而 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生活史初期時，如孵化與仔稚魚等的那一段時期就已決定（Chamber et al., 1997）。觀察臺灣櫻花鉤吻

鮭歷年的族群結構變動，似乎也可以觀察到這樣的現象。但由於臺灣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，以及防砂壩效應的干擾，似乎並不容易直接判定。由於臺灣櫻花鉤吻鮭和臺灣其他溪流性魚類不同，一年僅繁殖一次，因此其繁殖季節的成功與否，直接關係到隔年的幼鮭族群數量與分布狀況，因此其族群數量與結構特別容易遭逢到天災變動的影響。雖然臺灣櫻花鉤吻鮭進行繁殖的秋冬季節，已經是一年之中豪雨風災較少的時節，不過由近年來風災侵襲的狀況來說，以及全球氣候變遷的可能影響，臺灣櫻花鉤吻鮭族群的未來仍有可能面對相當大的挑戰。

（二）七家灣溪一號壩壩體改善與魚類監測結果

雪霸國家公園於 1999-2001 年間為了臺灣櫻花鉤吻鮭的保育，曾在高山溪陸續進行四座攔沙壩的改善工程，而根據研究顯示，高山溪四座壩體的拆除了可以改善族群之間的阻隔，降低基因同質化的問題之外，也因為壩體的拆除後可將細沙與淤泥從中上游帶走，提高大石頭的比例，增加洪水與渡冬的避難處所，對於高山溪的鮭魚族群確有正面的效應（鐘豐昌，2007）。而 2011 年雪霸國家公園更於 5 月 26 日針對七家灣溪一號壩進行壩體改善，並於 5 月 30 日完成，本研究同時配合壩體改善前後，針對魚類族群進行密集的監測工作。

根據已經完成的監測資料顯示，在一號壩壩體改善之後幾天內，一號壩上下游的棲地樣貌與水文條件尚未恢復穩定，但是一個星期過後，上游樣站便開始有魚類的紀錄。其中，有幾個記錄可以顯示一號壩壩體改善後對於魚類的助益：(1) 在 2011 年九月份時於一號壩上游樣站調查到的臺灣鏟頰魚幼鮭魚群（171 尾），這是近年來的第一次紀錄，顯示臺灣鏟頰魚已經開始在一號壩上游建立族群；(2) 從 2002 年至 2016 年七家灣溪中下游河段（迎賓橋至三號壩）的臺灣鏟頰魚族群的數量變化歷年來的監測結果來看，也可以推測在一號壩壩體改善後，拓展了臺灣鏟頰魚在七家灣溪中的棲息利用空間；(3) 研究人員於一號壩壩體改善後，已經有數次於一號壩以上的河段記錄到標誌的臺灣櫻花鉤吻鮭（照片 1-3），如：

三號壩下深潭、觀魚台固定樣站或二號壩等，這些記錄都顯示部分鮭魚已經可以自由地於一號壩上下游移動。

除上述一號壩壩體改善後對魚類的助益之外，高山溪匯流處至原殘壩前的河段，從資料上的顯示可以得知此河段為壩體改善產生干擾時的重要庇護河段，無論是臺灣櫻花鉤吻鮭或臺灣鏟頰魚都會利用此河段當成其庇護所，以避開壩體改善時所產生的濁度或河中滾動之砂石，此一現象亦值得將來國內要進行類似的河川構造物改善時，可以參考的工程安排選項之一。也就是說，在工程進行的同時，也要將工程影響範圍內的魚類是否有庇護躲藏的空間考量進去。

（三）氣候變遷對臺灣櫻花鉤吻鮭族群的影響探討

人類當前所面臨最重大的環境議題之一是氣候變遷（Scott et al. 2002），氣候變遷對於整個生態系的影響可從不同的層級討論，對於生物個體的層級上，氣候變遷可能會影響個體的形態、生理狀況與行為上的改變；對族群層級而言，可能會影響族群的出生與死亡率，也會改變遷移的模式，造成族群量的增加或減少與族群結構的改變，也會影響物種的空間與時間分布模式，而族群結構的改變也會造成物種與物種之間相互關係的重新組合；就生態系統而言，氣候變遷的影響包含能量與物質的循環、土地利用模式等等（白梅玲等，2004）。

淡水魚類的分布深深地受到水溫而有所限制，如果水溫上升，對於冷水性的淡水魚類是個相對不利的環境限制，但對溫水域的淡水魚類而言卻是可以增加其擴張的機會；而總雨量的改變與雨量季節的分布響影了溪水流量及豐水期、枯水期的週期，進而影響淡水魚的繁殖週期（Winder & Schindler, 2004）。而根據白梅玲（2004）的研究顯示，當未來二氧化碳倍增所造成的氣候暖化，將導致臺灣初級淡水魚生物多樣性降低。利用 RSM2 的模擬氣候變遷情境下，臺灣本島

不同區域魚種豐富度受到的衝擊各有不同，魚種最豐富的低海拔地區（<500m）豐富度呈現大幅度下滑；中海拔地區（1000~2000m）魚種豐富度為微幅增加；而2000m以上的高海拔地區原本的魚種豐富度就偏低，氣候變化對此海拔區域的改變不大。也就是說，當氣候變化時，臺灣魚種豐富度呈現「低海拔劇減，中海拔微幅增加，高海拔變化不顯著」的形態（白梅玲等，2004）。

依據白梅玲等人（2004）針對氣候變遷對臺灣淡水魚多樣性之衝擊評估後，提出幾項建議：一、加強基礎研究，包含：（一）累積長期與標準的研究資料；（二）深入對生態系統各個層級的研究；（三）加強國內外各研究網路間的資料與技術交流。二、落實監測，包含：（一）監測對變遷特別敏感的物種；（二）監測外來種；（三）沿海拔梯度監測淡水魚群聚。

該研究同時也提出幾項保育策略：（一）建立沿海拔梯度的生態廊道：臺灣的保護區系統雖然已經沿著中央山脈完成連續的生態廊道，但多只涵蓋高海拔地區，魚類及兩棲類物種最豐富的低海拔區域被嚴重忽視，應加強低海拔至中高海拔生態廊道的建立；（二）評估移地保育的可行性：尤其是許多河段受到人為設施的阻礙，如攔砂壩、水庫或橫向構造物等，將嚴重影響臺灣淡水魚遷移至新的棲地；（三）將氣候變遷對生態系的衝擊納入國家資源管理的考量。

因此，本研究團隊自1994年起對於七家灣流域的臺灣櫻花鉤吻鮭族群調查之長期監測報告中（曾，1994、1995、1996、1997、1998、1999、2000、2001、2002、2003、2004、2005、2006、2007、2008、2009、2010、2011、2012、2013、2014），幾乎每年都強調如果沒有將影響臺灣櫻花鉤吻鮭繁衍最嚴重的一號壩（已於2011年進行改善工程）和二號壩（已於2002年自然崩毀）拆除的話，將嚴重危害其族群的增長，同時亦將難以面對氣候變遷所帶來的極端氣候或溫度上升之負面衝擊。而二號壩在2002年的自然崩毀，以及1999年至

2001 年間的高山溪各壩體改善工程，讓原本棲息於其下游河段的魚類，可以上溯到更適合繁殖的較高河段，因此自 2002 年以後繁衍之族群數量增加甚多，族群數量也更顯穩定，驗證了我們之推論，並強化我們對於拆除一號壩的建議理論基礎。且歷年的調查中也發現一號壩之基礎已經嚴重損壞，如果不儘速改善則萬一突然崩壞，所產生的突發狀況有時更難收拾。

如今，雪霸國家公園已於 2011 年五月底完成一號壩改善工程，讓七家灣溪自迎賓橋至三號壩之間的中游河段暢通，預計除了可增加棲地利用之外，也應可擴大七家灣溪中鮭魚之基因交換機會，並減少下游魚類無法順利繁衍的問題。還有，面對當今氣候變遷對整個生態系的衝擊與極端氣候的難以預料的情況下，擴大臺灣櫻花鉤吻鮭在七家灣溪流域的棲息面積與改善河道暢通，都能增加鮭魚在面對溫度上升或極端氣候所帶來負面衝擊時的生存機會。因此，一號壩壩體的改善，對七家灣溪中的臺灣櫻花鉤吻鮭與臺灣鏟頰魚都是具有相當正面的助益。然建議主管機關在壩體改善後應持續研究魚類與其他環境與生物因子的變化，其研究成果亦可提供往後全臺灣溪流壩體改善時之重要依據與寶貴資源。

（四）臺灣櫻花鉤吻鮭歷年各河段數量與總數量之相關性分析

本研究團隊自 1994 年開始進行每年兩次的臺灣櫻花鉤吻鮭族群普查至今已累積二十一年的調查資料，本分析欲從這些珍貴的資料中得到各河段族群數量與總族群之間的關係，找出相關性較高的幾條模式河段，以提供往後調查規劃的科學量化參考。

整個七家灣河流域曾存在著許多攔砂壩或自然落差等，有些雖現已不存在，但是以下討論仍依照這些阻隔將整個調查範圍分成主要九個河段，分別為 1.迎賓橋~一號壩、2.一號壩~二號壩、3.二號壩~三號壩（含湧泉池）、4.三號壩~四號壩（含無名溪之 Y 形河段）、5.四號壩~五號壩、6.五號壩~六號壩、7.桃山北溪小瀑布~桃山北溪一號壩、8.桃山北溪一號壩~最上游詩崙溪匯流點、9.高山溪全

段。分析時選擇的模型為對數預測模型，因為如果未取自然對數而直接建立模型的話，會導致常數項過大，這種模型較不合理。

分析結果（表 1-2）顯示，與全河段總數相關性最高的河段為五號壩至六號壩（0.93），其次為一號壩至二號壩以及二號壩至三號壩（0.9）。其中由於一號壩至二號壩以及二號壩至三號壩是所有河段中最長的兩段，分別為 2.88 公里以及 1.6 公里，這兩個河段所包含的族群數量比例也非常高，因此和總族群數量相關性當然會比較高。但是相反地，與總族群數量相關性最高竟然是長度只有 0.68 公里的五號壩至六號壩河段，這也表示了此河段比較可以反映出整個河段的變化情形，將來若要選擇模式河段預測全河段總數可以優先考慮此河段。

從表 2-3 中也可以看出各河段對於每個齡級的相關性，例如過去報告提到的三號壩至四號壩的 Y 形河段雖然在總數的相關性比不上前面提到的三個河段，但是對於幼鮭的相關性卻非常高（0.9），僅略低於二號壩至三號壩（0.91）。因此也建議如果在夏季無法做到普查時，可以針對此一河段做調查，以了解當年新生幼鮭的數量以及前一年的繁殖狀況。雖然二號壩至三號壩的相關性較高，但考慮到調查人力與時間，調查長度只有 0.677 公里的 Y 形河段是比較有效率的選擇。

另外，從五號壩至六號壩以及二號壩至三號壩的各齡級相關性（表 1-2）中，可以發現五號壩至六號壩雖然對於總數的相關性最高，但是對於各齡級的相關性卻不如二號壩至三號壩來的好，這是因為各齡級的數量加總後，可相互抵消個別齡級間反向之變異性，所以大大的增加了總數的相關性（圖 1-6）。也因為如此，如果想要調查各齡級數量以了解族群結構時，以五號壩至六號壩單一河段做為模式河段所估算出來的齡級數量結果可能會有些誤差。圖 1-6 中縱座標為全河段的數量取自然對數，橫坐標為模式河段的數量取自然對數。如果散佈圖上的點越集中於一條線則表示相關性越高，反之，越分散則相關性越低。其中五號壩至六號壩大中小魚的分布狀況其實不如二號壩至三號壩來的集中，但是當加總成總數

時，剛好抵銷了各齡級反向的變異性，導致相關性變高，分布狀況也明顯集中。

為了瞭解模型預測的能力，可以利用過去的資料做檢驗，以五號壩至六號壩去做預測得到的預測誤差比率（prediction error rate，以下簡稱 PER）平均為 0.25（表 1-3、表 1-4），雖然預測能力仍然有些差距，但已是所有河段中預測能力最好的。不過如果不要考慮人為因素影響導致預測失準的年份，如 1999 年到 2001 年的高山溪拆壩導致下游難以計數，以及 2001 年二號壩至三號壩數量疑似受人為干擾影響，導致數量異常減少等事件，這三年的 PER 分別為 0.34、0.69、0.94，扣除掉這些失準的年份則平均 PER 可以降至 0.17，甚至更低。另外，從表 2-4 也可以看出在巨大的颱風事件後，預測能力也較差，例如 1996 年的賀伯颱風造成上游河段族群數量銳減導致 PER 為 0.34，2013 年的蘇力颱風造成整個七家灣溪數量減少三分之二，而 PER 為 0.43。這可能是因為五號壩至六號壩為上游河段，地形與環境因子和中下游有很大的差異，對於一些環境的改變無法完全和全河段有相同程度的反應。所以如果可以再多調查一個中下游的河段，兩個河段一起做預測的話，能夠互補不足，讓預測能力更佳。

因此，綜合以上幾點，建議未來如果在經費與狀況允許的情況下，能至少對兩個河段做調查，讓預測的結果能夠更接近實際情況。理想的模式河段可以選擇五號壩至六號壩以及二號壩至三號壩，前者對於總數的相關性較高，後者對於各齡級數量的相關性較高，且兩河段各屬上游與中游，不同的環境狀況可以提供互補的資訊讓預測能力更佳。另外，如果想要調查夏季幼鮭的數量，可以選擇三號壩至四號壩的 Y 形河段做為模式河段，以了解前一年的繁殖狀況。以上為較折衷的調查方法以提供在經費有限的情況下，讓臺灣櫻花鉤吻鮭的基本族群動態資料得以延續下去。但是七家灣溪的環境變動較大，且天然災害頻繁，對於臺灣櫻花鉤吻鮭與棲地環境都造成極大的影響，加上近年來的氣候變遷、攔沙壩拆除等原因，都可能使得預測模型逐漸失真，甚至導致最佳的模式河段改變。因此仍建議往後每年仍可以做一次普查，如此可以修正預測模型，也可以確實了解魚群數量的真實狀況。

五、結論與建議

(一)結論

總結今（2016）年臺灣櫻花鉤吻鮭族群調查結果整理分述如下：

一、本年度（2016）台灣櫻花鉤吻鮭族群數量普查工作從六月底開始、九月中旬完成，經調查目前野外的台灣櫻花鉤吻鮭總數量為 3,603 尾，其中七家灣溪 1,899 尾，約佔二分之一，其餘依照數量多寡依序為高山溪 902 尾、羅葉尾溪 555 尾、樂山溪 231 尾、有勝溪 9 尾、2015 年 11 月放流的志樂溪分布最少為 7 尾。這兩年台灣櫻花鉤吻鮭在蘇拉、蘇力颱風的影響後呈現穩健的生長，分布範圍更廣，尤其新增加樂山溪流域的棲地。2013 及 2014 年放流至樂山溪，如今表現成功繁殖下一代的成效。

二、今年夏季普查結果顯示，七家灣溪與高山溪河段野生臺灣櫻花鉤吻鮭族群數量共計有 2,801 尾，較去年調查少了約 118 尾。其中一齡幼鮭有 827 尾，佔族群總數的 29.53%，而二齡中型亞成鮭有 1,116 尾，佔族群總數的 39.84%，三齡大型成鮭則有 858 尾，佔族群總數的 30.63%。族群結構呈現以中型鮭魚最多，大型鮭魚次之，而小型鮭魚較少的中胖桶型族群結構，跟去年相似。調查結果顯示今年六月之前武陵地區臺灣櫻花鉤吻鮭族群更新狀況良好，受到之前蘇拉、蘇力颱風連續影響的鮭魚族群數量因為棲地漸趨穩定而有成長。

三、2016 年的乾旱季節，則造成有勝溪部分河段乾涸，只剩下伏流，且雲霧公路南湖大山登山口段今年度也有施工，鮭魚族群數量跟去年相比明顯下降，有勝溪族群從 2015 年的 221 尾下降成只有 9 尾的記錄，而其上游的羅葉尾溪族群則也受影響，從 2015 年的 900 尾下降成只有 555 尾的記錄。

四、由於 2012 年蘇拉颱風洪水影響，使得武陵地區七家灣溪河床變的相當不穩

定，在經歷 2013 年蘇力颱風所帶來的洪水事件影響，造成河道的側向侵蝕與崩塌，使棲地環境改變甚大，多數深潭與峽谷地形被填滿。2013 年秋季普查結果顯示，臺灣櫻花鉤吻鮭族群數量僅剩 1,245 尾，跟夏季相比減少了約三分之二。其中小型鮭魚由於對大水的耐受力較低，受颱風影響減少較多。而 2014 年夏季普查結果則可以見到小型鮭魚比例甚高，2015 年以及 2016 年調查族群總數較颱風後相比上升快 2 倍，且族群更新狀況良好，可見受到蘇力颱風所影響的鮭魚族群數量如無後繼的大型天災時應可望漸漸恢復。

五、2016 年 6 月於歷史溪流放流河段的羅葉尾溪的調查顯示，此處的族群總數為 555 尾，以小型幼鮭最多 211 尾，佔整體比例約 38.02%，中型亞成鮭次之為 180 尾，佔整體比例約 32.43%，大型成鮭最少 164 尾，佔整體比例約 29.55%，整體族群結構為金字塔型，且皆為放流個體在此處野地繁殖所產生的後代，顯示棲地未大幅變動的狀況下，未來族群更新狀況應為良好。相連河段的有勝溪上游族群總數為 9 尾，以大型成鮭最多 5 尾，佔整體比例約 55.55%，中型亞成鮭次之為 3 尾，佔整體比例約 33.33%，小型幼鮭最少 1 尾，佔整體比例約 11.11%。2016 年的乾旱季節，造成有勝溪部分河段乾涸，只剩下伏流，且雲霧公路南湖大山登山口段今年度也有施工，鮭魚族群數量跟去年相比明顯下降，有勝溪族群從 2015 年的 221 尾下降成只有 9 尾的記錄，而其上游的羅葉尾溪族群則也受影響，從 2015 年的 900 尾下降成只有 555 尾的記錄。

六、2016 年 9 月於域外放流河段樂山溪的調查顯示，此處的族群總數為 231 尾，以小型幼鮭最多 136 尾，佔整體比例約 58.87%，大型成鮭次之為 55 尾，佔整體比例約 23.81%，中型亞成鮭最少 40 尾，佔整體比例約 17.32%，整體族群結構為幼鮭較多的沙漏型，相比 2015 年的倒金字塔高齡族群結構，顯示此

河段的族群更新狀漸趨穩定，但仍需後續的族群與棲地監測觀察。

七、從歷年的普查資料研判，高山溪一號壩是臺灣鏟頰魚自然分布的上限。原本在高山溪一號壩下的殘材壩，於2012年四月崩解之後仍舊無更多的臺灣鏟頰魚上溯到高山溪一號壩以上，顯示其在高山溪的分布上限並未更往上移，可能與高山溪河道較窄、兩側林相遮蔽程度較高，使得水溫仍保持在較低溫有關。

八、七家灣溪一號壩壩體改善後的鮭魚普查結果顯示，已有部分標誌的臺灣櫻花鉤吻鮭可上溯至三號壩下。在二號壩以上河段所發現的臺灣鏟頰魚與一號壩上游河段所發現的臺灣鏟頰魚幼鮭群，皆顯示七家灣溪二種主要魚類都可通過一號壩而上溯至上游河段。高山溪舊殘材壩下游河段之魚類數量原本在一號壩壩體改善後有較明顯增加的趨勢，但是在七家灣溪主流漸趨穩定之後，則數量又漸漸恢復以往的水平；2012年蘇拉颱風過後，又可見到比壩體改善後更為大量的臺灣鏟頰魚躲在此處。顯示高山溪殘材壩下游河段，可以提供臺灣櫻花鉤吻鮭與臺灣鏟頰魚做為在壩體改善工程期間，或是洪水影響時的重要庇護所。

九、歷年普查結果各河段數量與全河段總數相關性最高的河段為五號壩至六號壩，其次為一號壩至二號壩以及二號壩至三號壩。三號壩至四號壩的Y形河段雖然在總數的相關性比不上前面提到的三個河段，但是對於幼鮭的相關性卻非常高，僅略低於二號壩至三號壩。調查作業上理想的模式河段可以選擇五號壩至六號壩以及二號壩至三號壩。前者對於總數的相關性較高，後者對於各齡級數量的相關性較高。兩河段各屬上游與中游，不同的環境狀況可以提供互補的資訊讓預測能力更佳。如果想要調查夏季幼鮭的數量，則可選擇三號壩至四號壩的Y形河段做為模式河段，以了解前一年的繁殖狀況。

(二)建議

1、立即可行之建議：合歡溪之放流工作

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：雪霸國家公園管理處武陵管理站

未來三年的工作目標，於 2015 年 11 月放流養殖族群至志樂溪之後，接下來預定的放流地點為合歡溪，已經著手進行探勘工作，探勘的結果顯示該河段棲地良好，利於台灣櫻花鉤吻鮭的生存，利用此放流工作期能建立第四及第五個台灣櫻花鉤吻鮭衛星族群及棲地。

2、長期性建議：七家灣溪一號壩壩體改善後魚類族群動態變遷研究

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：雪霸國家公園管理處武陵管理站

2011 年度七家灣溪一號壩壩體的改善工程的主要目標之一，就是希望可以透過壩體改善後使得七家灣溪河道暢通，除了可增加棲地利用之外，也應可擴大七家灣溪中鮭魚之基因交換機會，並減少下游魚類無法順利繁衍的問題，故建議主管機關在壩體改善後應持續進行魚類族群動態變遷之研究，與其他環境與生物因子變化的生態模式研究，其研究結果亦可提供往後壩體改善時之重要依據與寶貴資源。針對魚類研究往後的具體建議如下：

- (1)以臺灣櫻花鉤吻鮭與臺灣鏟頰魚兩種魚類做為指標物種。
- (2)至少保留桃山西溪、二號破壩、繁殖場、高山溪等四個固定樣站，每年二月、四月、六月、八月、十月施做調查研究。
- (3)建議針對七家灣溪二號壩~三號壩、三號壩~四號壩(加上無名溪之 Y 形封閉河段)、五號壩~六號壩；於每年夏季與秋季做該三段河段的普查。
- (4)依經費狀況與天然災害的強度時間而定，至少每三~五年做一次夏季與秋季的武陵地區七家灣河流域全河段的普查。

(5) 於重要測站(鮭魚活動密集、受人為活動污染潛勢高、未來規劃可能進行鮭魚移地保育等)放置溫度記錄器，定期蒐集水溫等相關資料，以評估臺灣櫻花鉤吻鮭棲息地七家灣溪流水溫之時空變化情形，供管理及決策參考。

誌謝

六、參考文獻

- 白梅玲、李培芬、端木茂甯。2004。氣候變遷對臺灣淡水魚多樣性之衝擊評估。全球變遷通訊雜誌第四十九期，24-37 頁。
- 吳祥堅。2000。臺灣臺灣櫻花鉤吻鮭 (*Oncorhynchus masou formosanus*) 人工繁殖與放流。臺灣櫻花鉤吻鮭保育研究研討會論文集：32-46 頁。
- 沈世傑。2004。臺灣櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查 (七)。內政部營建署雪霸國家公園管理處。45 頁。苗栗。
- 林幸助、吳聲海、官文惠、邵廣昭、孫元勳、高樹基、郭美華、彭宗仁、曾晴賢、楊正澤、葉文彬、葉昭憲、蔡尚惠。2007。96 年度武陵地區長期生態監測暨生態模式建立。內政部營建署雪霸國家公園管理處。苗栗。
- 林幸助。2010。從生態系統研究來探討七家灣溪櫻花鉤吻鮭野生動物保護區的最大承載量。2010 年淡水魚類保育成果研討會暨保育策略系列論壇。
- 林曜松、張崑雄、詹榮桂。1991。臺灣大甲溪上游產陸封性鮭魚的現況。農委會林業特刊第 39 號：166-172。
- 林曜松、張崑雄。1990。臺灣七家灣溪臺灣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。台北。
- 林曜松、曹先紹、張崑雄、楊平世。1988。臺灣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。台北。
- 邱建介。1991。探尋國寶魚-臺灣櫻花鉤吻鮭魚的故鄉。臺灣林業 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。苗栗。
- 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。苗栗。

- 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。苗栗。
- 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。苗栗。
- 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。苗栗。
- 曾晴賢、游智閔、楊正雄。2000。七家灣溪臺灣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。2005。臺灣櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查（八）。內政部營建署雪
霸國家公園管理處。41 頁。苗栗。
- 曾晴賢。1994。臺灣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。苗栗。
- 曾晴賢。1995。臺灣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。苗栗。
- 曾晴賢。1996。臺灣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。苗栗。
- 曾晴賢。1997。臺灣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。苗栗。
- 曾晴賢。1998。臺灣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。苗栗。
- 曾晴賢。1999。臺灣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。苗栗。
- 曾晴賢。2000。臺灣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。苗栗。
- 曾晴賢。2001。臺灣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。苗栗。

- 曾晴賢。2002。臺灣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。苗栗。
- 曾晴賢。2003。臺灣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。苗栗。
- 曾晴賢。2006。臺灣櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查（九）。內政部營建署雪霸國家公園管理處。37 頁。苗栗。
- 曾晴賢。2007。臺灣櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查（十）。內政部營建署雪霸國家公園管理處。44 頁。苗栗。
- 曾晴賢。2008。臺灣櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查（十一）。內政部營建署雪霸國家公園管理處。55 頁。苗栗。
- 曾晴賢。2009。臺灣櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查（十一）。內政部營建署雪霸國家公園管理處。40 頁。苗栗。
- 曾晴賢。2010。臺灣櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查（十二）。內政部營建署雪霸國家公園管理處。40 頁。苗栗。
- 曾晴賢。2011。臺灣櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查（十三）。內政部營建署雪霸國家公園管理處。47 頁。苗栗。
- 曾晴賢。2012。臺灣櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查（十四）。內政部營建署雪霸國家公園管理處。52 頁。苗栗。
- 曾晴賢。2013。臺灣櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查（十五）。內政部營建署雪霸國家公園管理處。73 頁。苗栗。
- 曾晴賢。2014。七家灣溪及高山溪鮭魚族群及棲地監測。內政部營建署雪霸國家公園管理處。186 頁。苗栗。
- 黃沂訓。2014。臺灣櫻花鉤吻鮭歷史溪流放流及環境生態監測。內政部營建署雪霸國家公園管理處。177 頁。苗栗。
- 楊正雄。1997。水溫對臺灣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。新竹。

- 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。苗栗。
- 賴建盛。1996。防砂壩對臺灣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。台北。
- 戴永禎。1992。臺灣臺灣櫻花鉤吻鮭之族群生態學研究。國立臺灣大學動物學研究所博士論文。121 頁。台北。
- 鐘豐昌。2007。壩體改善對臺灣櫻花鉤吻鮭族群動態的影響。國立中興大學生命科學研究所博士論文。113 頁。台中。
- Hjort, J. (1914) Fluctuations in the great fisheries of Northern Europe. Rapp. P.-v. Reun. Cons. Int. Explor. Mer 20, 2-28.
- Ho & Gwo (2010) *Salmo formosanus* Jordan & Oshima, 1919 (currently
- Kano, T. (1940) Zoogeographical studies of the Tsugitaka Mountains of Formosa. Inst. Ethnogr. Res. Torkyo. 145pp.
- Oncorhynchus formosanus*) (Pisces, SALMONIDAE, SALMONINAE) : proposed conservation of the specific name. Bulletin of Zoological Nomenclature, 67 (4) :300-302.
- Scott, D, Malcolm, J.R., Lemieux, C. (2002) Climate change and modeled biome representation in Canada`s national park system: implication for system planning and park mandates, Global Ecology & Biogeography, 11, 475-484.
- 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.

Winder, M., Schindler, D., (2004) Climate change uncouples trophic interactions in an aquatic ecosystem, *Ecology*, 85, 2100-2106

表 1-1、武陵地區 2014 年~2016 年臺灣櫻花鉤吻鮭普查結果

(資料來源:本研究團隊)

調查時間 地點 / 體型 分類小計	2014 年夏季			2014 年秋季			2015 年夏季			2016 年夏季			
	大型	中型	小型	大型	中型	小型	大型	中型	小型	大型	中型	小型	
總計	104	306	916	284	692	672	926	1118	875	858	1116	827	
	1326 尾			1648 尾			2919 尾			2801 尾			
下游	和平農場~迎賓橋	-	-	-	-	-	6	0	0	0	10	0	
	迎賓橋~高匯	3	2	4	6	9	4	12	12	10	2	10	1
	高匯~一號壩	1	4	5	10	4	9	6	10	11	10	8	5
中游	一~二號壩	37	64	203	71	123	96	101	158	94	115	149	40
	二~三號壩	28	71	210	97	236	148	445	351	209	396	380	158
上游	三~四號壩	0	19	12	9	25	10	41	62	73	39	55	60
	四~五號壩	1	3	8	0	2	1	40	18	0	14	17	28
	五~六號壩	3	25	35	20	39	33	106	144	54	12	17	9
	桃山北溪	22	94	334	43	161	230	39	72	105	72	129	163
高山溪	高匯~二號壩	4	8	70	9	45	96	47	105	196	70	122	207
	二~四號壩	5	16	35	19	48	45	83	186	123	128	219	156

表 1-2、各河段族群數與全河段總數的相關性

(資料來源:本研究團隊)

河段	相關性				
	總數	大魚	中魚	小魚	
下游	迎賓橋至一號壩	0.48	0.21	0.61	0.74
中游	一號壩至二號壩	0.9	0.75	0.92	0.87
	二號壩至三號壩 (含湧泉池)	0.9	0.87	0.91	0.91
上游	三號壩至四號壩 (含無名溪)	0.87	0.19	0.87	0.9
	四號壩至五號壩	0.54	0.42	0.7	0.64
	五號壩至六號壩	0.93	0.77	0.84	0.88
	桃山北溪小瀑布至桃山北溪一號壩	0.8	0.52	0.87	0.58
	桃山北溪一號壩至最上游	0.75	0.56	0.8	0.65
支流	高山溪全段	0.77	0.7	0.64	0.72

相關性界於 0 到 1 之間，數值越大代表相關性越高。

表 1-3、以五號壩至六號壩為模式河段預測歷年全河段總數結果

(資料來源:本研究團隊)

年份	觀測值 (尾)	預測值 (尾)	絕對差值 (尾)	預測誤差比率
1996	1237	818	419	0.34
1997	1703	962	741	0.44
1998	637	627	10	0.02
1999	782	1047	265	0.34
2000	794	1339	545	0.69
2001	408	791	383	0.94
2002	4221	4086	135	0.03
2003	3042	4181	1139	0.37
2004	1611	1628	17	0.01
2005	523	698	175	0.33
2006	2270	2444	174	0.08
2007	2009	1600	409	0.2
2008	3149	3090	59	0.02
2009	4545	4084	461	0.1
2010	4049	4457	408	0.1
2011	5476	4280	1196	0.22
2012	3764	3816	52	0.01
2013	1245	706	539	0.43
2014	1648	1546	102	0.06

預測誤差比率 (PER) = 差值/觀測值，界於 0 到 1 之間，數值越大代表誤差越大。

表 1-4、不同模式河段的預測結果

模式河段	相關性	平均預測誤差比率	平均絕對差值 (尾)	平均方均差 (尾)
五號壩至六號壩	0.93	0.25	381	508
二號壩至三號壩	0.9	0.31	639	863
一號壩至二號壩	0.9	0.33	694	938
三號壩至四號壩	0.87	0.36	710	950
四號壩至五號壩	0.54	0.74	1068	1262

(資料來源:本研究團隊)



圖 1-1：2016 年武陵地區臺灣櫻花鉤吻鮭野生族群與放流新建立族群之相關位置圖

註：1994 年以前資料為迎賓橋至三號壩之鮭魚總數

（族群資料來源:本研究團隊）

（颱風資料來源:侵臺颱風資料庫 <http://photino.cwb.gov.tw/tyweb/tyfnweb/table/completetable.htm>）

圖 1-2、1987 年至 2016 年武陵地區臺灣櫻花鉤吻鮭族群數量年度變化與重大天災圖

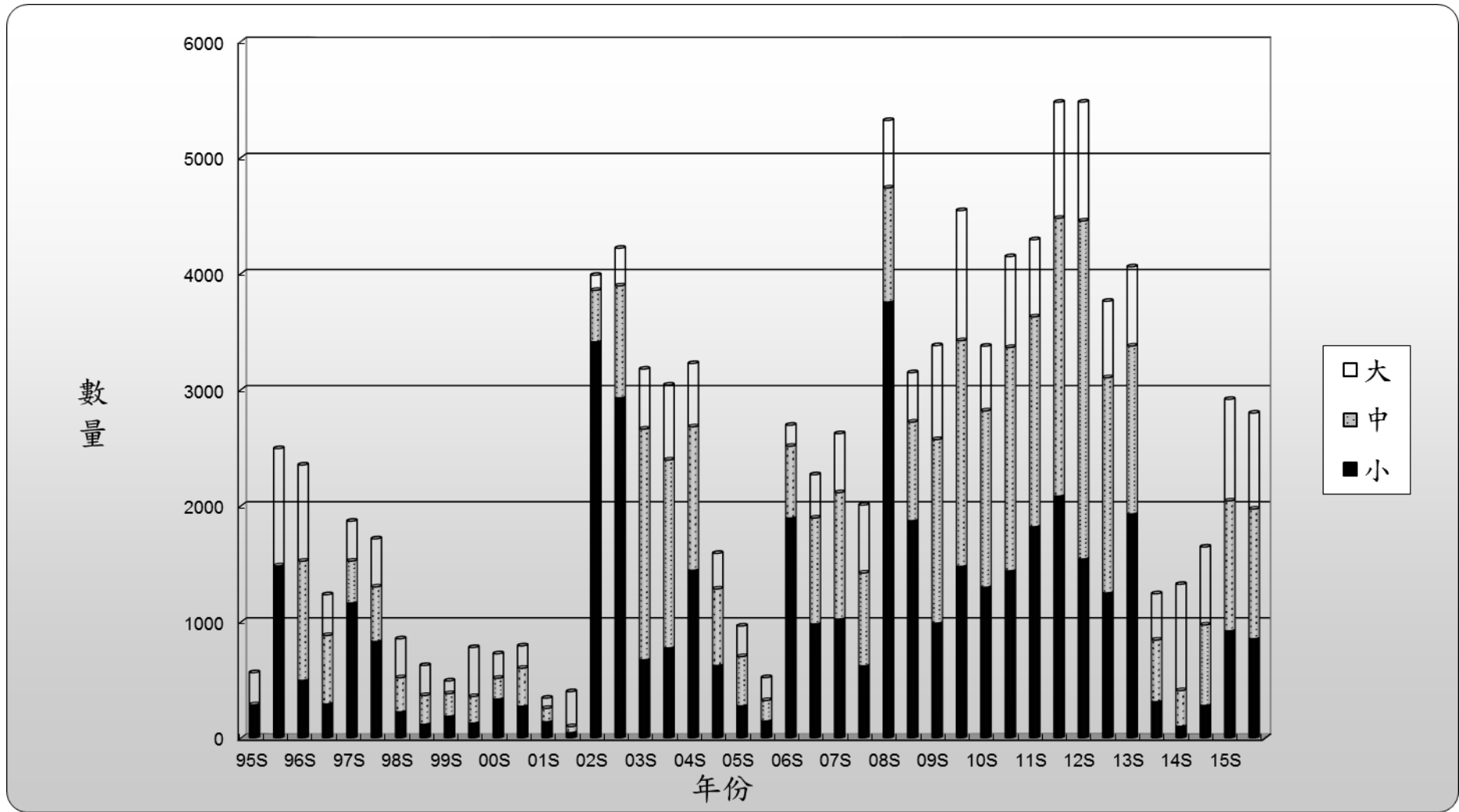


圖 1-3、1995 年至 2016 年武陵地區臺灣櫻花鉤吻鮭各齡級族群結構變化趨勢圖

(資料來源:本研究團隊)

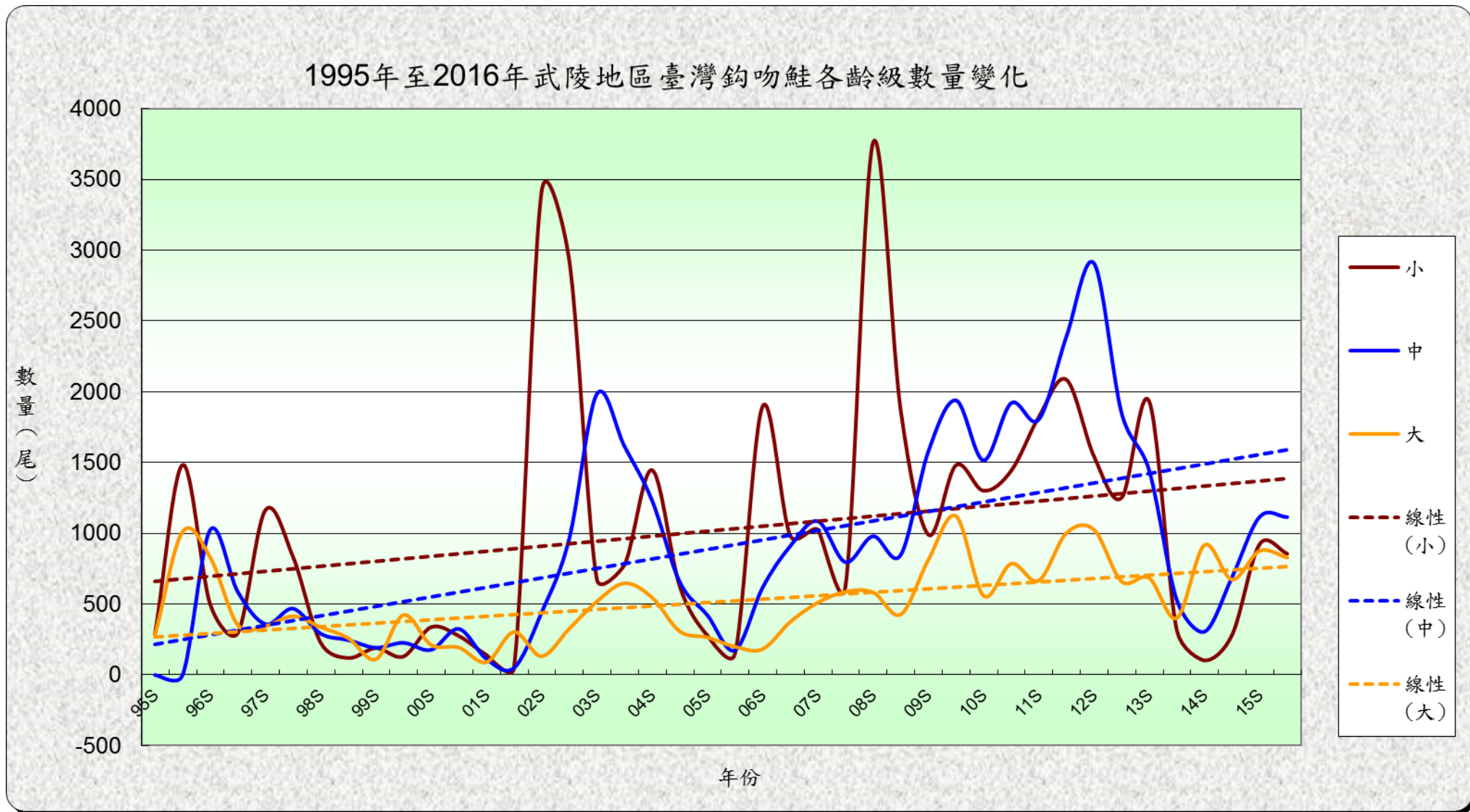


圖 1-4、1995 年至 2016 年武陵地區臺灣櫻花鈎吻鮭各齡級數量變化趨勢圖

(資料來源:本研究團隊)

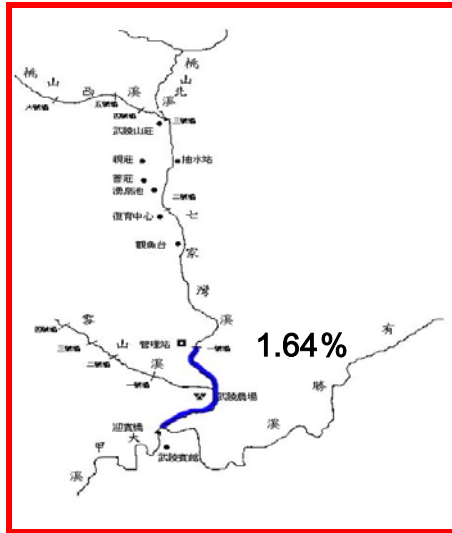


圖 1-5A、下游河段

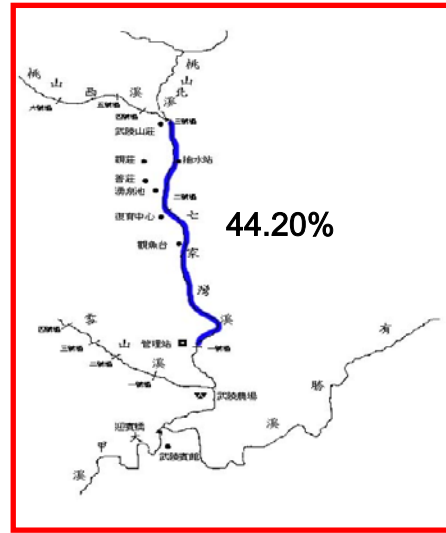


圖 1-5B、中游河段

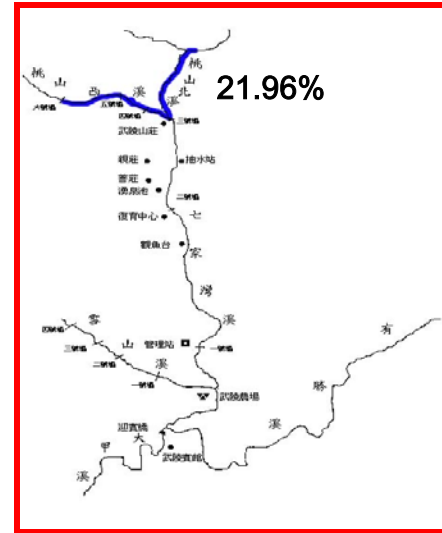


圖 1-5C、上游河段

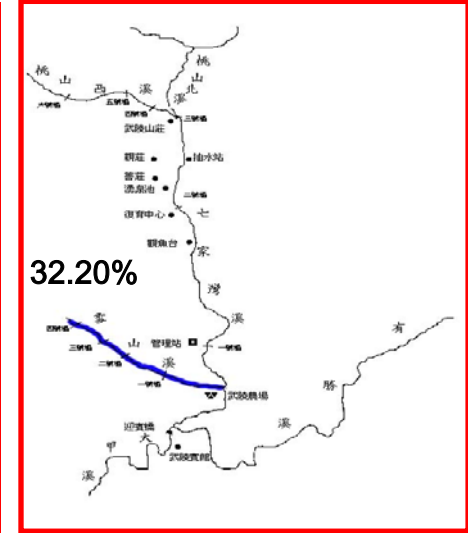


圖 1-5D、高山溪

圖 1-5 A~D、2016 年夏季武陵地區各河段臺灣櫻花鉤吻鮭族群數量分布百分比

(資料來源:本研究團隊)

全河段與模式河段相關性散佈圖

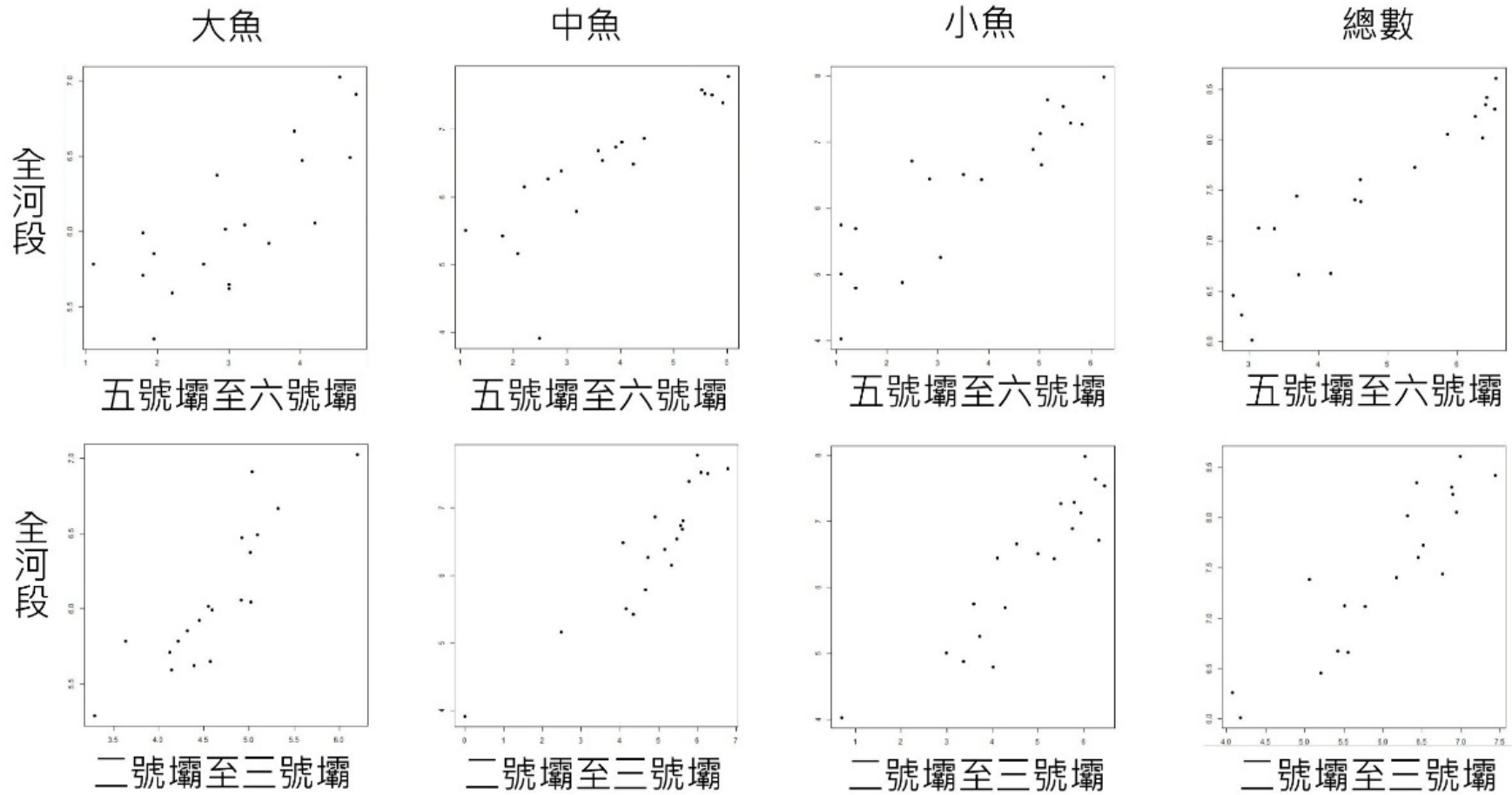


圖 1-6、全河段與模式河段對於各齡級的相關性散佈圖

(資料來源:本研究團隊)

圖 1-7：2009~2016 年歷史溪流放流河段羅葉尾溪族群分布曲線圖

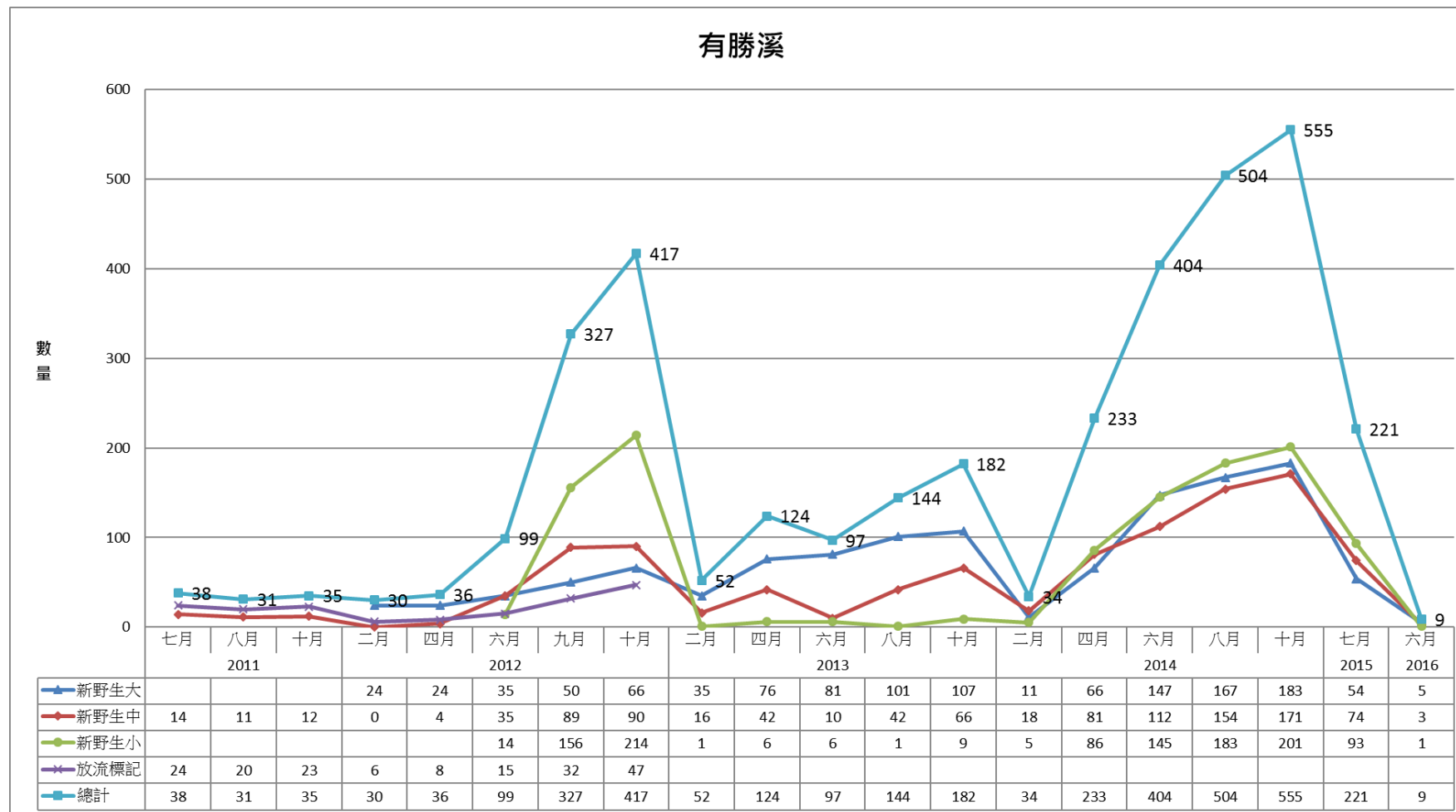


圖 1-8：2011~2016 年歷史溪流放流河段有勝溪上游族群分布曲線圖

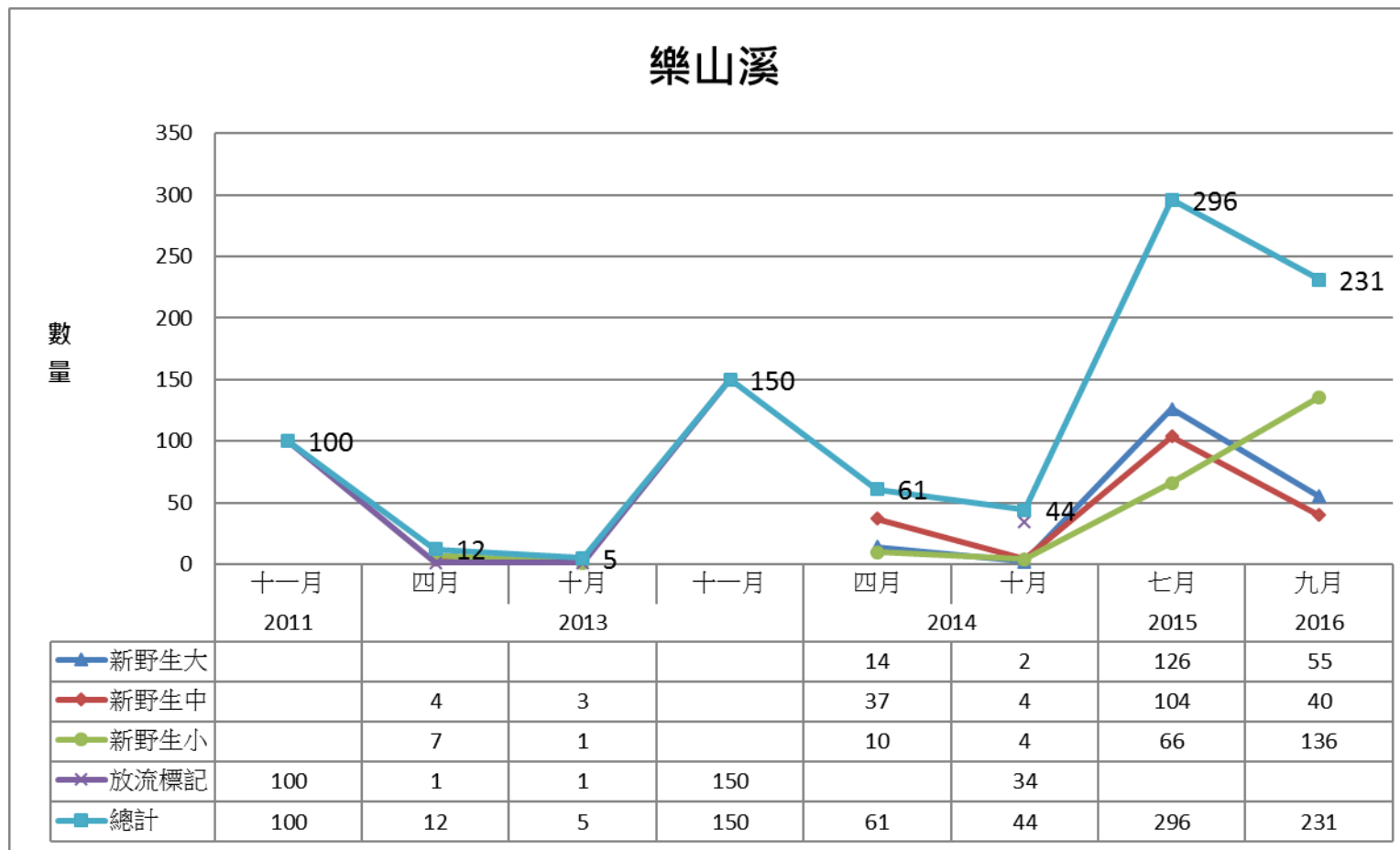


圖 1-9：2011(2013)~2016 年域外放流河段樂山溪族群分布曲線圖



照片 1-1、七家灣溪一號壩下游樣站壩體改善前之環境照

(照片來源:本研究團隊)



照片 1-2、七家灣溪一號壩下游樣站壩體改善後之環境照

(照片來源:本研究團隊)



照片 1-3、2011.06.17 於一號壩下游樣站所拍攝到標放的鮭魚

(照片來源:本研究團隊)

