台灣櫻花鉤吻鮭域外放流棲地之評估

Habitat Assessment of Creeks for the Propagation of *Oncorhynchus masou formosanus* (Jordan & Oshima) in Taiwan

葉明峰　張世倉　林斯正

Ming-Fon Yeh, Shi-Tsang Chang and S-Jeng Lin

行政院農業委員會特有生物研究保育中心　南投縣集集鎮民生東路1號

Endemic Species Research Institute, Chichi, Nantou, Taiwan

摘 要

本研究選擇源頭與七家灣溪較爲接近的雪山溪、白石溪、馬達拉溪及卡社溪等4條高山溪流，深入保有較原始生態環境之河段進行棲地調查評估，爲台灣櫻花鉤吻鮭找尋大甲溪上游以外的新家，爲未來可能進行的域外放流預作準備。在列入評估的4條溪流中，卡社溪海拔高度1,885-2,050m的調查河段流量變化小，雖歷經颱風、豪雨及921大地震，但河道改變不大，濱溪植物對於水面的覆蓋較爲完整，水溫、水質皆佳，水棲昆蟲數量豐富，河道坡度與七家灣溪最爲接近且無任何攔砂壩阻隔，流水型態比例亦較其他溪流均勻及穩定，是較適合台灣櫻花鉤吻鮭生存的棲地。

Abstract

In order to assess the feasibility of the propagation of *Oncorhynchus masou formosanus* (Jordan & Oshima) outside its present range at Chichiawan Creek, four streams of which altitudes and environmental conditions were fairly similar to those of the Chichiawan Creek were selected for the habitat assessment. They were Kashe Creek, Matala Creek, Paishin Creek and Hsuehshan Creek. For each creek, hydrological and hydraulic conditions, water quality, aquatic insects, and fishes were investigated. The results indicated that the Kashe Creek, a headwater creek of the Choshui River, is favorable for the propagation of *0. masou formosanus*.

關鍵詞：台灣櫻花鉤吻鮭、棲地、放流

Key words: *Oncorhynchus masou formosanus*, habitat, propogation

收件日期：91年12月18日 接受日期：92年7月11日

Received: December 18, 2002 Accepted: July 11, 2003

緒言

台灣櫻花鉤吻鮭 (*Oncorhynchus masou formosanus* (Jordan & Oshima)) 終生棲息於淡水域，爲不降海的陸封型鮭魚族群，台灣特有亞種，爲政府加強保育的瀕臨絕種保育類野生動物。台灣地處亞熱帶，卻擁有冰河時期孑遺的冷水性魚類，其所蘊藏的遺傳、演化與生物地理學上的意義，具有相當重要的學術價值，多年來國內、外專家學者對台灣櫻花鉤吻鮭著墨不少，是台灣珍貴的自然文化資產。台灣櫻花鉤吻鮭因早期不當的電魚、毒魚以及過度的人爲開發，造成棲地惡化，族群量逐年銳減，近年來不當獵捕行爲雖不復聞，政府亦陸續投入許多人力、物力加強棲地復育，並在大甲溪上游台灣櫻花鉤吻鮭曾經分布的數條支流及現存唯一棲地七家灣溪進行人工放流工作，惟棲地破壞後的復舊(restoration) 相當困難，更非一蹴可幾，現今七家灣溪部分溪段之生物承載力已不復以往，雪霸國家公園管理處2001年10月(冬季)的調查報告顯示台灣櫻花鉤吻鮭族群量僅剩408尾 (曾 2001)(圖1)。2002年雪霸國家公園管理處未進行人工放流，但10月的族群量卻暴增到4,221尾(曾 2002)，其中一齡幼魚高達2,933尾，以七家灣溪棲地現況，未來有多少幼魚能順利成長、繁殖，非常值得有關單位持續關注。另近年來七家灣溪附近的梨山地區森林火災頻傳，復以水質污染、人類活動、颱風、洪水及既有7座攔砂壩的威脅，未來縱使台灣櫻花鉤吻鮭族群量可以高達數千尾，但現況如同將僅有的雞蛋集中放在一個破損的籃子裡，隨時有滅絕的可能。

林等(1993, 1994)曾就台灣櫻花鉤吻鮭的歷史棲地大甲溪上游的雪山 (武陵)溪、南湖溪、司界蘭溪、合歡溪、有勝溪及七家灣溪等6條支流進行棲地之調查研究，發現其緩流區先天稀少，後天又迭遭破壞，在產卵場缺乏、天然繁殖不易，復以洪水及攔砂壩的加成效應下，致台灣櫻花鉤吻鮭自上游溪段逐步消失。林等並建議重新擬訂整體復育計畫，擇地放流。棲地復育是持久戰，需要長期投入人力與物力，難收立竿見影之效，今族群又面臨瀕絕危機，在持續就地保育工作的同時另外尋找大甲溪以外適合的域外放流棲地進行移地保育，建立健康的衛星族群以分散滅絕的風險，似乎是突破當前保育困境相當值得嘗試的出路。本研究選擇發源地與七家灣溪較爲接近的卡社溪、雪山溪、白石溪及馬達拉溪等4條高山溪流 (圖2)，深入海拔1,200m以上舟車難達、人煙罕至，保有較原始生態環境之河段進行棲地調查評估，爲台灣櫻花鉤吻鮭找尋大甲溪上游以外的新家，爲未來可能進行的域外放流工作預作準備。

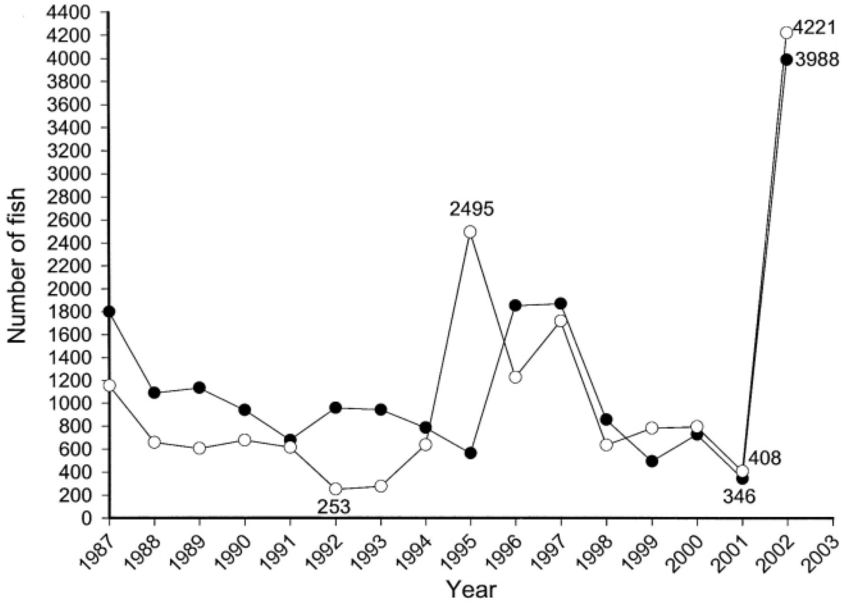

圖1. 七家灣溪台灣櫻花鉤吻鮭族群量。

Fig. 1. The population size of *Oncorhynchus masou formosanus* in the Chichiawan Creek, 1987 to 2002 (solid circles, spring; open circles, winter).

材料與方法

一、調查樣點

本研究於1996至1998年間，以淡水河重要支流大漢溪上游養老部落附近的白石溪 (又稱薩克亞金溪)、大安溪上游支流雪霸國家公園境內能甲山附近的雪山溪與觀霧附近的馬達拉溪 (原住民俗稱紅溪)，以及濁水溪上游丹大林區第5、第7林班境內的卡社溪爲調查範圍，分別選取4、3、3、4個樣點於每年的乾季進行魚類相、水生昆蟲相及棲地環境之調查，並與七家灣溪之棲地環境比較。白石溪計調查3次，時間分別爲1997年11月與1998年4月、6月；雪山溪計調查3次，時間分別爲1996年12月、1997年11月及1998年7月；馬達拉溪計調查2次，時間分別爲1997年1月、12月；卡社溪計調查7次，時間分別爲1996年9月、1997年2月、10月與11月及1998年1月、4月，2002年2月爲瞭解921大地震後卡社溪棲地的變化情形，再次前往進行補充調查。

二、 棲地環境調查

於選定的樣點進行物理環境 (含海拔高度、坡度、河寬、河深、流速、流量、流水型態、覆蓋度)、水質狀況 (包括溶氧量、pH值、導電度、濁度及水溫等) 等調查。海拔高度使用瑞士製Thommem高度計(精度10m)實地量測，樣點之坡度則以光波經緯儀 (Topcon CTS-2/2B)實地測量樣點內行水面實際坡度，流速調查使用螺旋槳數字型流速計 (digital flowmeter， Swoffer-model 2100)，覆蓋度以球面遮蔽計 (Spherical Densiometer， Model-C) 記錄在該樣點受到溪畔林木所遮蔽的百分比。另棲地流水型態係於每樣點選取200m的

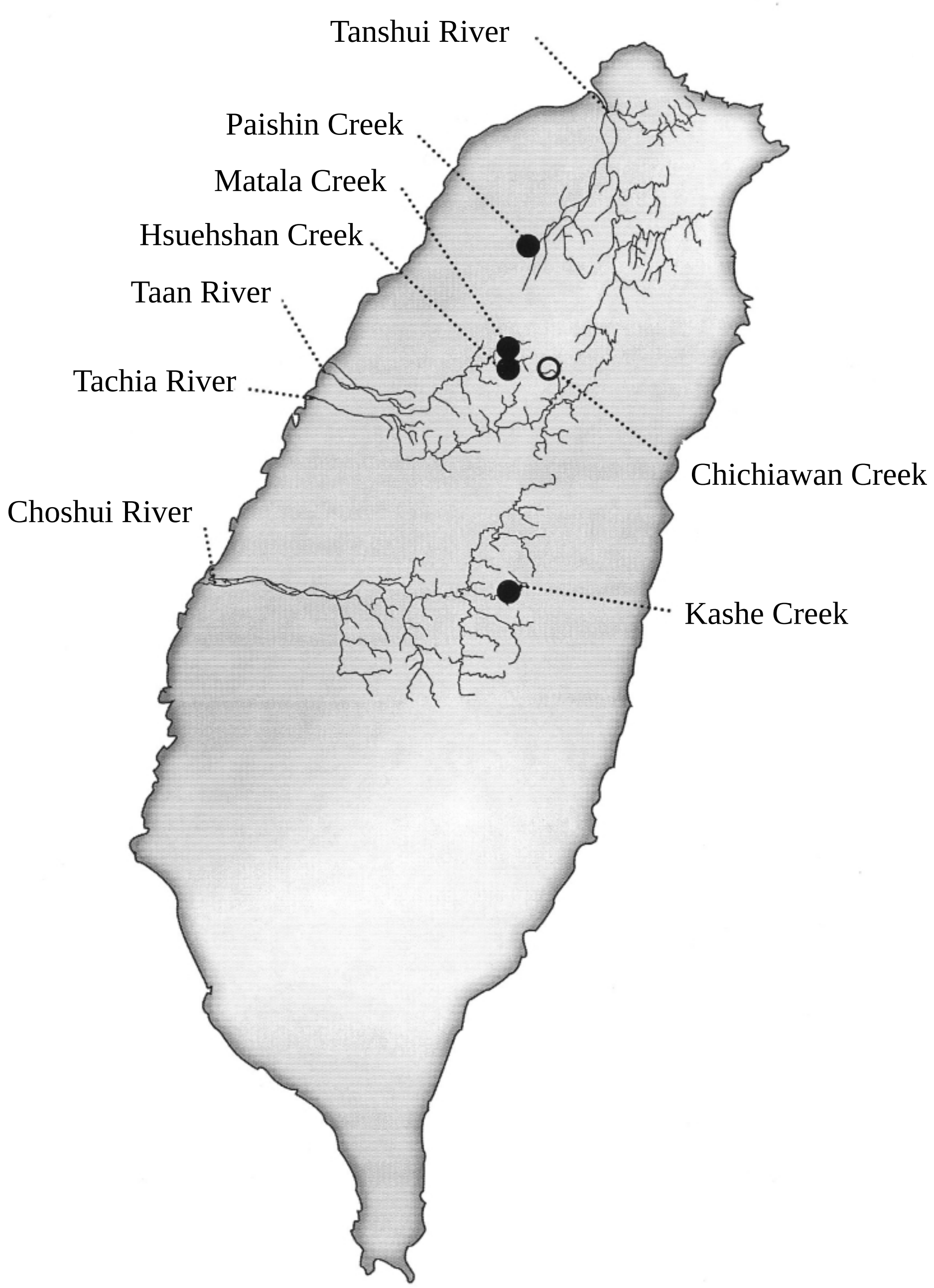

圖2. 調查溪流位置圖。

Fig. 2. Locations of the native creek of *Oncorhynchus masou formosanus* (open circle) and creeks investigated (solid circles).

溪段，以目測估計淺瀨(riffle, 水深小於30 cm 、流速大於30 cm/s、水面起伏不定並有水花)、緩流 (slow flow, 水深大於30 cm 、流速小於30 cm/s、水面起伏較緩但無水花)、急流 (rapid flow , 水深大於30 cm 、流速大於30 cm/s、水面起伏不定偶有水花)、水潭 (pool, 水深大於30 cm 、流速小於30 cm/s、水面平順無起伏且無水花) 所占的面積比例，再將各樣點各流水型態比例加總平均，以代表該溪段的流水型態狀況。水質狀況採用 Wissenschaftlich - Technische Werkstatten (WTW) 公司製造之綜合水質測定儀 (Multiline P4 Universal Meter，F/SET-3) 量測各樣點之水溫、pH值、溶氧量、導電度等諸項因子，以當年各次調查各樣點之平均值比較不同溪段之水質差異。為瞭解棲地長期之水溫變化，另於各溪段放置 onset computer corporation製造的光學型自動溫度記錄器 (optic StowAway temp)，每小時1次長期監測水溫變化。因馬達拉溪水體富含鐵質，水色及河床底石皆呈黃褐色，明顯不適台灣櫻花鉤吻鮭生存，未免儀器流失或遭土砂掩埋，該溪段並未放置長期溫度記錄器。

三、 魚類相調查

主要以電魚法採捕河川魚類，使用漁具為台製8 volt直流電背負式電魚器，採捕時以Z字形路線由下游往上游間歇性放電捕撈，採樣時間30分鐘。採捕完畢後當場鑑定種類、計數並記錄體長與體重等資料後立即將漁獲釋放回原採捕溪段。

四、 水生昆蟲相調查

以50 cm x 50 cm之蘇伯氏定面積水網 (Surber net sampler) (24 mesh) 於各樣點逢機採集3網次，現場逕行挑出個體置入75%酒精保存後攜回研究室鑑種計數。

五、生物相資料分析

族群相對豐度以每一樣點之單位努力捕獲量(catch per unit effort, CPUE)，即每30分鐘漁獲個體數或每50 cm x 50 cm之定面積(網次)捕獲之水生昆蟲為族群豐度指數。各樣點間生物相相似度以 Sorensen's similarity coefficient

$$S_s = \frac{2a}{2a+2b+2c}$$

(*a*, 在二地都會出現的種類數; *b*, 只會在甲地出現的種類數; *c*, 只會在乙地出現的種類數) 表示 (Krebs 1989)。

結 果

一、 調查樣點

於卡社溪選定的4個樣點海拔高度介於1,885m (丹野農場下方) 至2,230m間 (圖3)，河道總長約9.62 km，坡度約2.8%；於白石溪選定的3個樣點海拔高度介於1,000m (養老) 至1,400m間，河道長約8.32 km，坡度約4.8%；於雪山溪選定的3個樣點海拔高度介於1,177m (與馬達拉溪匯流點) 至1,400m間，河道長約9.6 km，坡度約3.2%；於馬達拉溪選定的3個樣點海拔高度介於1,720-1,920m間，河道長約5.2 km，坡度約3.9% (表1)。上述各溪段坡度以白石溪最為陡峭，卡社溪最為平緩，且與七家灣溪 (3%) 最為接近。另以樣點海拔高度而言，以卡社溪、馬達拉溪與七家灣溪台灣櫻花鉤吻鮭現存範圍 (1,720-2,000m) (汪 1994a) 重疊較多，雪山溪及白石溪因上游河道縮減、坡陡流急，在考量其他的棲地條件下，調查樣點之海拔高度分布遠較七家灣溪現存棲地為低。

二、棲地環境調查

(一)溶氧 (dissolved oxygen)

一般淡水魚類溶氧需求在5 mg/l左右，台灣櫻花鉤吻鮭係冷水性魚種，溶氧需求須達

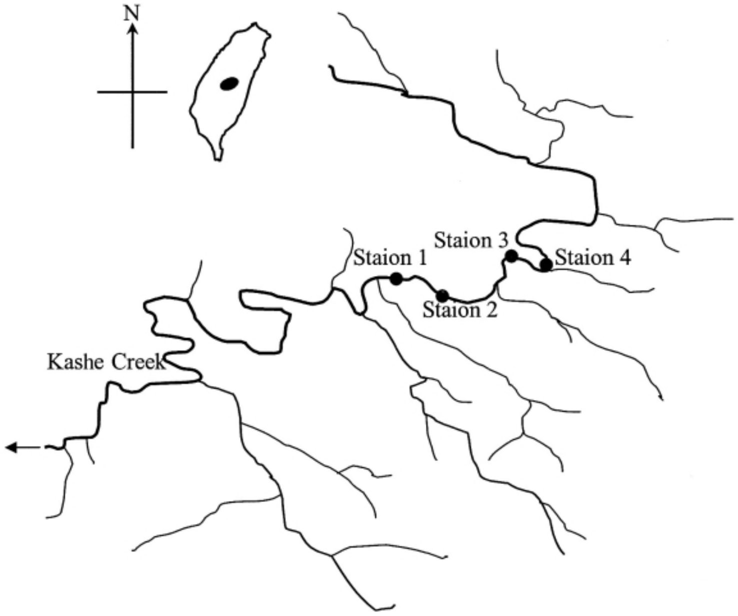

圖3. 卡社溪樣點位置圖。

Fig. 3. Sampling stations at the Kashe Creek.

表1. 1997年至1998年卡社溪、雪山溪、白石溪、馬達拉溪與2002年卡社溪調查樣點之水質、溪流坡度與海拔高度

Table 1. Water quality, stream gradient and elevation at sample stations of the Kashe, Hsuehshan, Paishin and Matala creeks, 1997-1998 and 2002

	Kashe			Hsuehshan		Matala	Paishin	
	1997	1998	2002	1997	1998	1997	1997	1998
Temperature (℃)	12.3	8.8	11.4	12.0	14.2	10.3	14.4	14.4
DO (mg/L)	8.17	10.6	9.84	9.05	8.42	9.10	10.4	10.4
pH	8.17	8.03	8.98	8.51	8.38	7.02	7.55	7.66
Conductivity (μs/cm)	142	158	210	275	250	303	195	203
Turbidity (NTU)	1.48	0.74	0.89	0.83	0.64	2.10	1.85	2.44
Overhead cover (%)	87.21	84.67	86.15	81.20	80.78	81.53	81.69	78.70
Stream width (m)	15.0	13.5	12.8	9.0	13.2	7.7	10.8	10.4
Flow velocity (m/sec)	0.28	0.27	0.22	1.64	0.44	0.18	0.30	0.32
Discharge (cms)	1.23	1.06	0.60	1.57	1.74	0.20	0.61	1.57
Stream gradient (%)		2.81		4.81		3.85	3.2	
Elevation of stations (m)		1885-2050		1200-1400		1710-1920	1250-1400	

6 mg/l (汪 1994a) ，而同屬冷水性的鱒魚在溶氧8 mg/l以下的環境罹病率較高溶氧時爲高 (林及梁 1986)。調查期間各溪段水體平均溶氧如表1所示，不僅均符合甲類河川水質標準，且皆在較易罹病溶氧閾值8 mg/l以上，若較諸於武陵地區1996年6月至1997年5月溪水溶氧狀況 (5.2-11.7 mg/l) (陳及楊 1997)，二者並無大異，台灣櫻花鉤吻鮭適應應無問題。

(二)pH值

一般水產淡水用水pH值標準在6.5-8.5間，pH值低於6.5時魚類之繁殖量會降低 (Mount 1973)，而武陵地區1996年6月至1997年5月溪水pH值則介於6.6-8.8間 (陳及楊 1997)。調查期間各溪段水體pH值皆在6.5以上 (表1)，不僅符合一般水產淡水用水標準，亦與七家灣溪極爲近似。

(三)導電度 (conductivity)

目前甲類陸域地面水體之導電度標準在750 μs/cm以下，武陵地區溪段1996年6月至1997年5月導電度介於110-387μs/cm間 (陳及楊 1997)。本研究各溪段平均導電度以卡社溪最低，馬達拉溪最高 (表1)，且皆符合甲類陸域地面水體標準，變化範圍亦未超出武陵地區。

(四)濁度 (turbidity)

溪水中泥砂等懸浮物質會使其透光度降低，影響水質，亦可能因水流的搬運作用磨擦或衝撞魚體，輕者影響魚類族群之行爲，重者可能使魚體受傷，增加染病機率。泥漿造成的高濁度 (39 NTU以上) 不但會妨礙魚類受精卵的孵化，也會使稚魚及成魚窒息死亡 (余等 1987)。本研究各溪段濁度變化皆在2.44 NTU以下 (表1)，水質清澈，低於1996年6月至1997年5月武陵地區的溪水濁度3.66 NTU (陳及楊 1997)，對鮭鱒魚類生存、繁衍而言應屬優良水體。

(五)水溫

水溫的高低會影響鮭魚的成長率、代謝率、食物的消耗量 (Brett and Groves 1979；Wood and McDonald 1997) 與受精卵孵化時間及成功率 (余等 1987)，在10-19℃的範圍內，亦會對與台灣櫻花鉤吻鮭同屬於太平洋鮭屬 (Oncorhynchus)的虹鱒 (*Oncorhynchus mykiss*) 之游泳能力產生顯著的影響 (Myrick and Cech 2000) ，故水溫對於魚類能否永續生存扮演相當重要的角色。台灣櫻花鉤吻鮭屬狹溫性 (stenothermal) 及冷水性魚類，僅適於低溫水域生存，每年10月至11月之生殖季水溫需在10-15℃間 (汪 1994a)，夏季最高水溫需在17℃以下 (鄧 1959)，而林等 (1987, 1988)發現最高水溫18℃可能是限制其往下游分布的因子。以此標準觀之，大甲溪中下游 (谷關至石岡壩間)年平均水溫高達20℃ (汪 1993)，以鯉科魚類爲優勢魚種，已不適合台灣櫻花鉤吻鮭生存，上游現存棲地下限七家灣溪迎賓橋近年來之夏季水溫已經超出17℃，迫使分布下限往上游退縮至露營場附近(曾等 2000)，其生存空間已面臨被壓縮的危機。

綜上，未來可能的域外放流棲地必須擁有終年水溫不得高於18℃的先決條件。調查期間各溪段平均水溫如表1所示，就生殖季而言，1997年10月至11月間，卡社溪平均水溫約爲13.32℃，白石溪約爲12.3℃，雪山溪約爲12.8℃，皆在台灣櫻花鉤吻鮭生殖季適水溫的範圍內。另就水溫長期監測結果觀之，卡社溪自1997年10月至1998年1月之冬季水溫變化 (圖4) 在6.53-15.85℃之間，1999年2月至2000年1月一整年度之水溫變化 (圖5)顯示，縱使在夏季亦未高過台灣櫻花鉤吻鮭的分布上限18℃。另2001年7月至2002年2月最下游第1樣點的最高水溫爲17.96℃ (圖6)，仍低於18℃，就水溫而言，卡社溪是相當適合台灣櫻花鉤吻鮭生存的棲地。白石溪1997年11月5日至1998年4月7日水溫變化在6.58-14.84℃間 (圖7)，最高水溫雖亦在18℃以下，但1998年6月至8月卻連續3個月出現18℃以上的水溫，

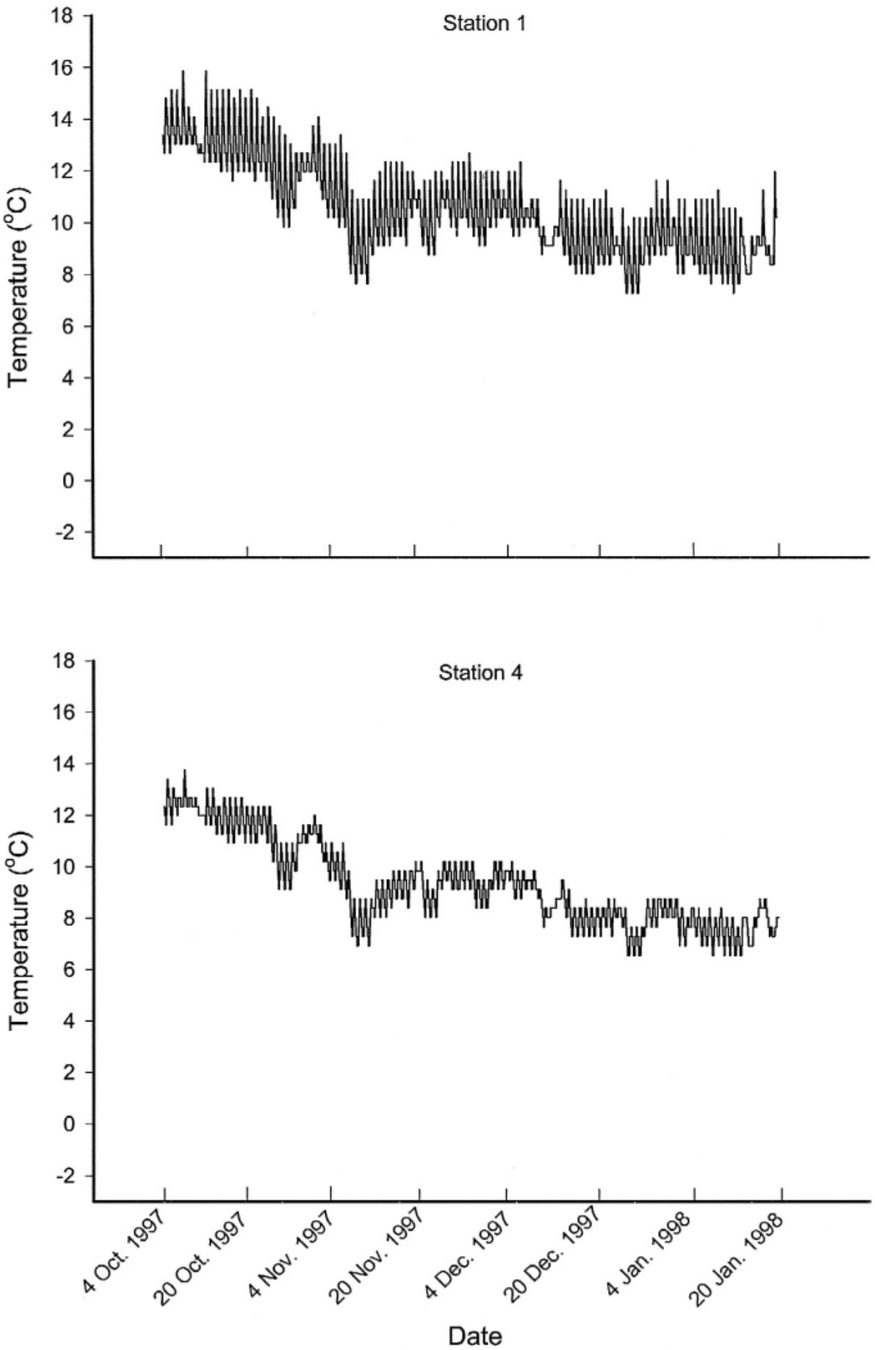

圖4. 1997年10月4 日至1998年1月20日卡社溪第1樣點與第4樣點水溫。

Fig. 4. Daily water temperatures of the Kashe Creek at Station 1 and Station 4 from 4 October 1997 to 20 January 1998.

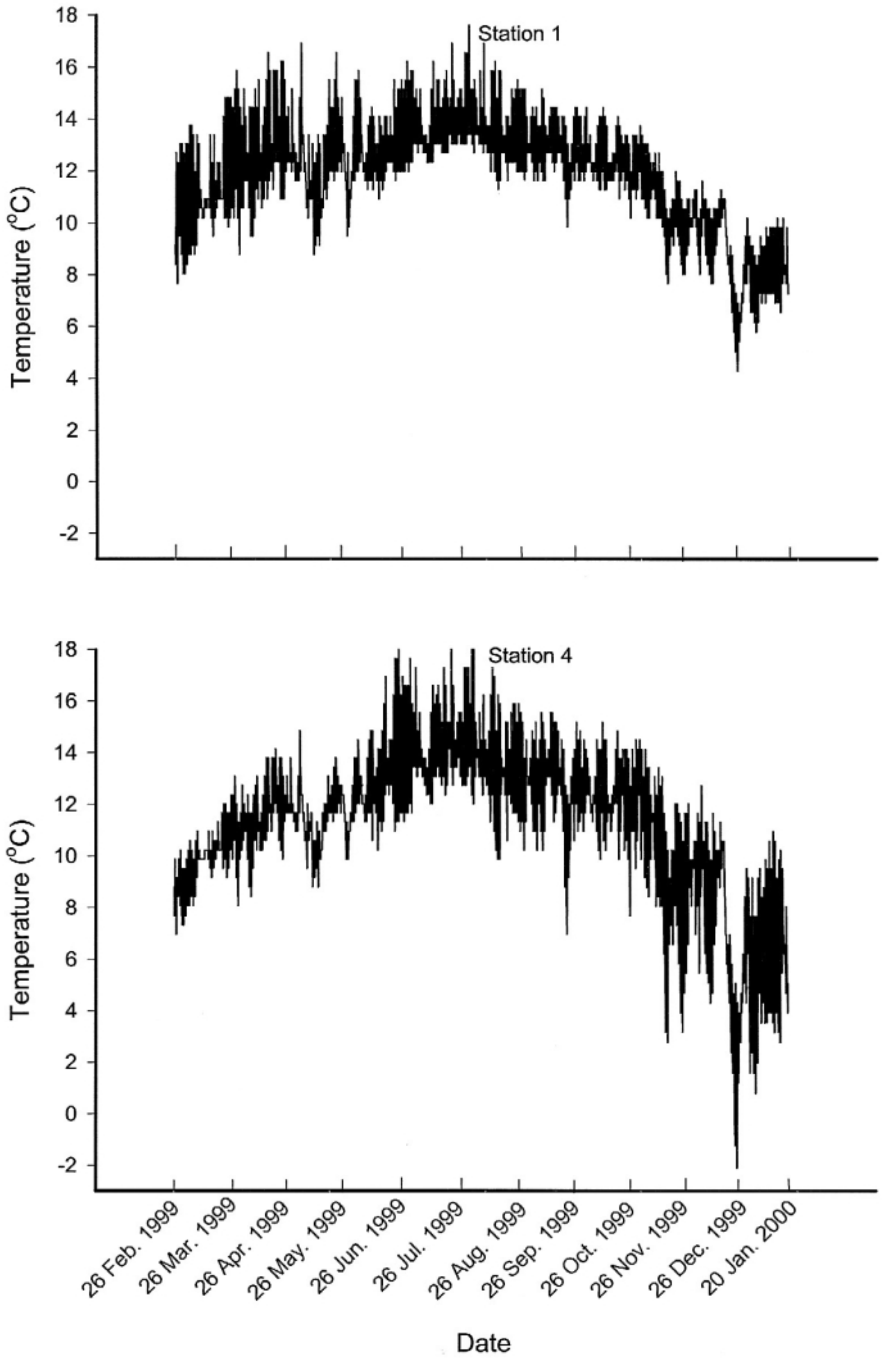

圖5. 1999年2月26日至2000年1月20日卡社溪第1樣點與第4樣點水溫。

Fig. 5. Daily water temperatures of the Kashe Creek at Station 1 and Station 4 from 26 February 1999 to 20 January 2000.

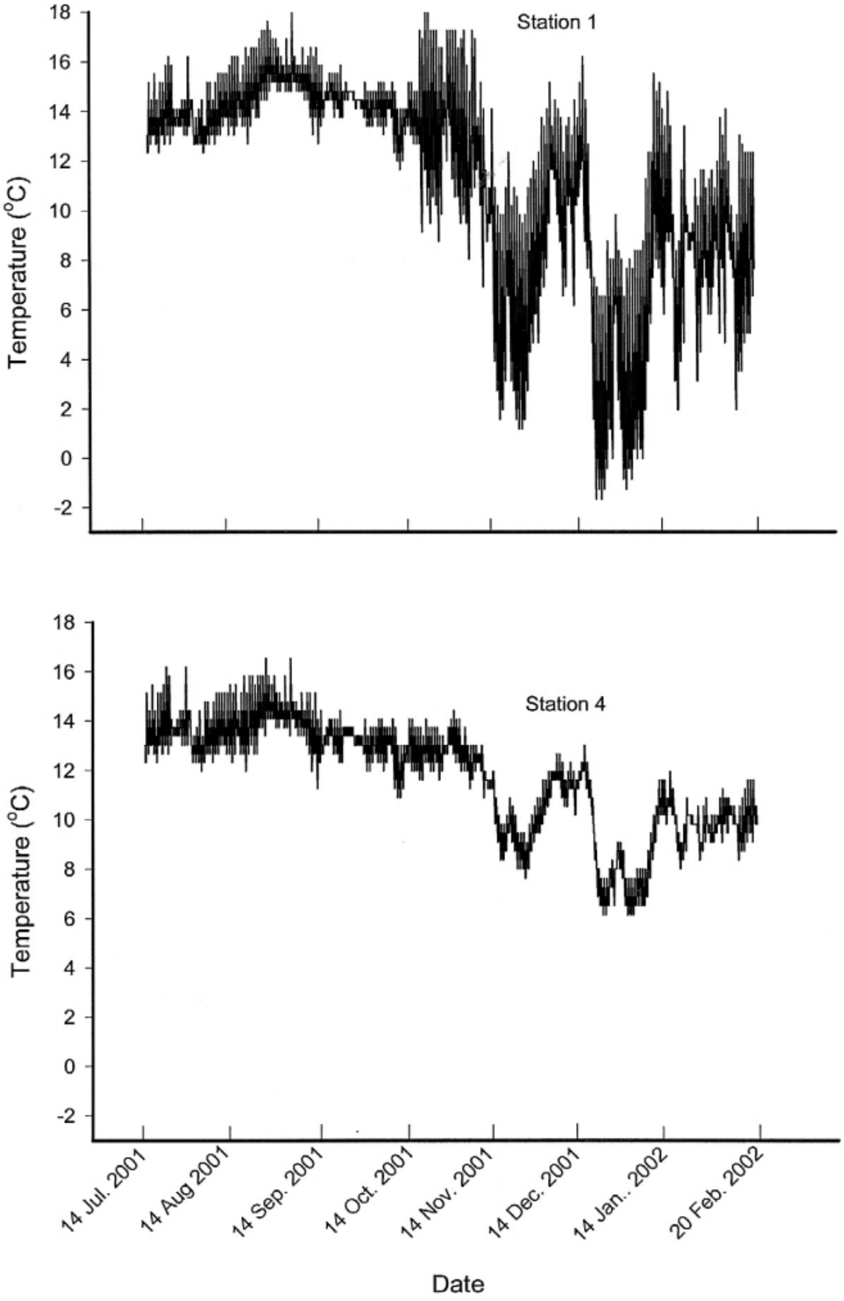

圖6. 2001年7月14日至2002年2月20日卡社溪第1樣點與第4樣點水溫。

Fig. 6. Daily water temperatures of the Kashe Creek at Station 1 and Station 4 from 14 July 2001 to 20 February 2002.

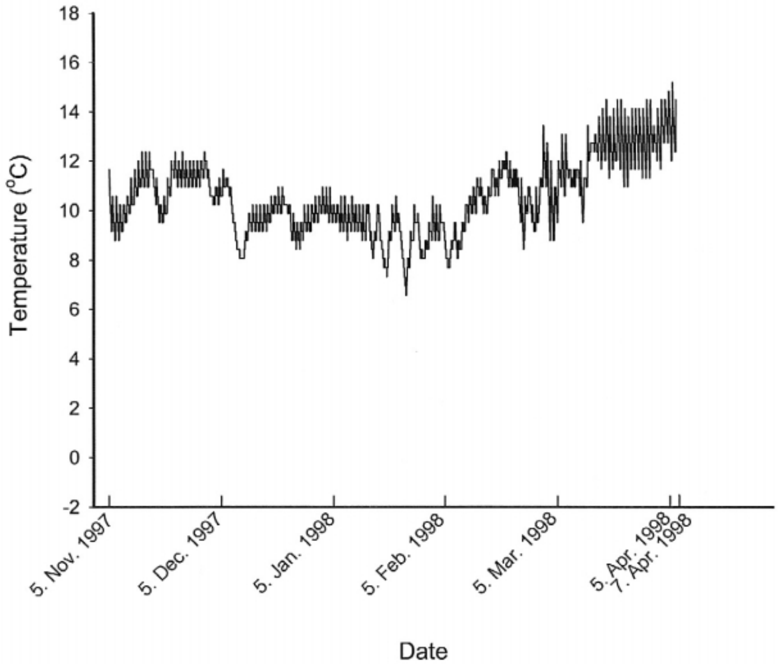

圖7. 1997年11月5日至 1998年4月7日白石溪水溫。

Fig. 7. Daily water temperatures of the Paishin Creek from 5 November 1997 to 7 April 1998.

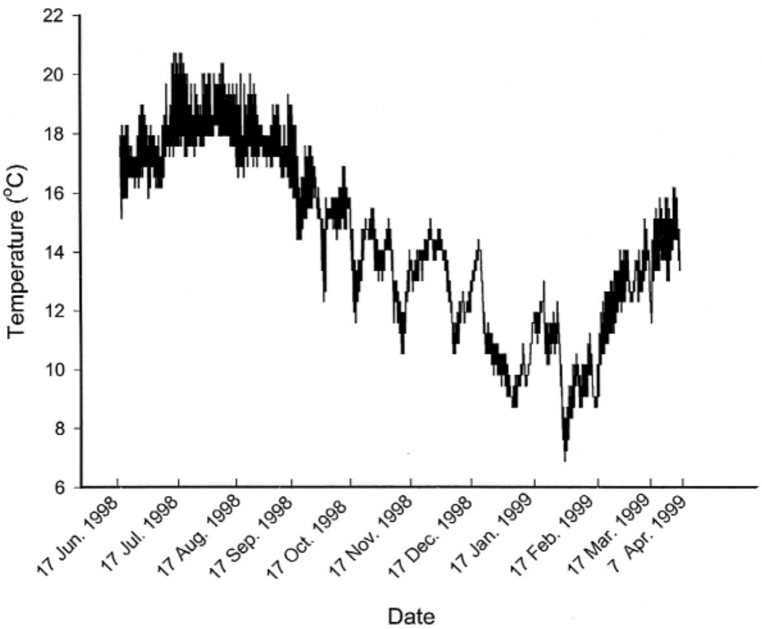

圖8. 1998年6月17日至 1999年4月7日白石溪水溫。

Fig. 8. Daily water temperatures of the Paishin Creek from 17 June 1998 to 7 April 1999.

最高甚至達20.72℃ (圖8)，恐不利於台灣櫻花鉤吻鮭生存。另先前設置於雪山溪之長期自動水溫記錄器或因溪水側蝕嚴重、流心變動遭砂石掩埋，或因雨季時遭洪水沖失，致遺失珍貴水溫資料，實爲本計畫一大憾事。惟據現場量測資料顯示，1998年7月接近馬達拉溪匯流口雪山溪第1樣點水溫高達20.9℃，台灣櫻花鉤吻鮭恐不適於該地生存。

(六)河寬、河深、流速、流量

七家灣溪之平均溪寬約6.8m，平均溪深約42 cm，平均流速約0.30 m/sec，平均流量約0.54 m^3/sec (cubic meter per second, cms) (曹及林 1997)，又台灣櫻花鉤吻鮭產卵巢水深在0.1-0.6m (平均0.25m)，表面水流速度低於0.6 m/s (平均0.09 m/s)，底層流速低於0.45 m/s (平均0.06 m/s) (林等 1989)。調查期間各溪段平均河寬及平均流速如表1，除馬達拉溪平均流速、平均流量遠低於七家灣溪外，其餘3溪段與七家灣溪並無太大差異，亦不乏適合台灣櫻花鉤吻鮭築巢產卵的淺灘。

(七)水上覆蓋度 (overhead cover)

增加濱溪植群對於溪流行水面的覆蓋度可以減少日照、降低水溫，亦可提高昆蟲、枯枝落葉等有機碎屑之掉落量，增加台灣櫻花鉤吻鮭的食物來源。調查期間各溪段覆蓋度皆在78.70%以上 (表1)，其中以卡社溪的86.12%最高，雪山溪的80.98%次之。

(八)棲地流水型態 (flow regime)

不同體型大小的台灣櫻花鉤吻鮭在不同季節內對溪流棲地物理性因子的需求不同 (戴 1992)。淺流區的流速、深度與底質結構適合台灣櫻花鉤吻鮭求偶與產卵，深潭區有較大空間供大型魚類活動，岸邊緩流區適合稚鮭與幼鮭棲息，淺瀨區則爲重要的覓食場所 (汪 1994a)。爲因應不同時期、不同體型大小魚類的需求，棲地流水型態應具高度之多樣性。圖9顯示各溪段棲地流水型態組成，其中以卡社溪流水型態組成較爲均勻且穩定，急

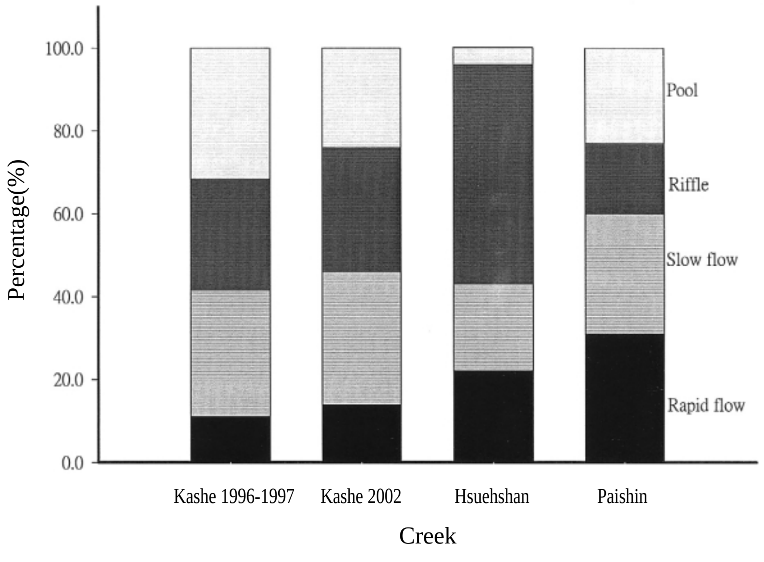

圖9. 卡社溪、雪山溪與白石溪棲地流水型態。

Fig. 9. Percentage composition of flow regimes at the Kashe, Hsuehshan and Paishin creeks.

流、緩流、瀨、水潭分別占15%、38%、23%、25%，期間雖數度經歷颱風、豪雨來襲及1999年921大地震的考驗，但2002年2月的調查資料顯示，其流水型態組成變化不大，對於河川生物的永續生存相當有利。雪山溪多瀨區 (53%)，水潭數量少 (4%)，缺乏越冬、避難及可供大型魚活動的空間，爲不利放流之因子。

三、魚類相

表2爲各調查溪段魚類相組成，卡社溪從海拔1,885m以上之水域經電魚法採集結果僅記錄到外來種冷水性魚類虹鱒的分布，在2月及3月分別發現其自行繁衍的稚魚出現，2月份體長2.3-3.4 cm，3月份體長3.4-4.8 cm，與七家灣溪1月初台灣櫻花鉤吻鮭稚魚體長2.5 cm左右 (林等 1988) 相當，顯見數年前人工放流的虹鱒已適應卡社溪棲地環境並自行建立健康的野生族群。另白石溪記錄到台灣鏟頜魚 (*Scaphesthes barbatulus*)、台灣間爬岩鰍 (*Hemimyzon formosanum*) 及台灣纓口鰍 (*Crossostoma lacustre*) 3種魚類，雪山溪有台灣鏟頜魚及台灣間爬岩鰍2種魚類，馬達拉溪則僅發現台灣鏟頜魚的蹤跡。CPUE以卡社溪較高，白石溪次之，雪山溪及馬達拉溪每30分鐘之平均漁獲量皆未達1尾，推測當地魚類族群量相當有限。

四、水生昆蟲相

水生昆蟲爲台灣櫻花鉤吻鮭最主要食物來源，占胃容物總量的74%以上 (楊等 1986)，此尙未包括半水棲的陸生昆虫，因此水生昆虫相爲考慮放流的重要參考因子。調查期間卡社溪計採集55網次，捕獲6目25科的水生昆虫；白石溪計採集43網次，捕獲6目22科；雪山溪計採集39網次，捕獲5目17科 (表3)。各溪段之水生昆蟲相與七家灣溪之相似度皆在0.60以上，其中以白石溪0.81最高，卡社溪0.79次之。另就豐度論之，馬達拉溪的每網次捕獲113隻最高，卡社溪每網次96隻次之 (表4)。

討 論

台灣櫻花鉤吻鮭在歷史上曾廣布於大甲溪上游武陵地區和環山地區之溪流，過去50年由於天災人禍造成棲息環境消失達90%以上 (汪 1994a)，多年來許多專家學者紛紛投入

表2. 1997年至1998年卡社溪、雪山溪、白石溪、馬達拉溪與2002年卡社溪的魚種組成與單位努力捕獲量

Table 2. CPUEs (number/ 30 min) of fishes collected from the Kashe, Hsuehshan, Paishin and Matala creeks, 1997-1998 and 2002

Fish	Kashe		Hsuehshan	Paishin	Matala
	2002	1997-1998	1997-1998	1997-1998	1997-1998
Scaphesthes barbatulus	-	-	0.33	5.00	0.33
Hemimyzon formosanum	-	-	0.33	0.33	-
Oncorhynchus mykiss	13.50	28.25	-	-	-
Crossostoma lacustre	-	-	-	0.33	-
Total	13.5	28.25	0.66	5.66	0.33

表3. 七家灣溪、卡社溪、雪山溪、馬達拉溪與白石溪的水生昆蟲相

Table 3. The aquatic insects of the Chichiawan, Kashe, Hsuehshan, Matala and Paishin creeks

Order	Family	Chichiawan	Kashe	Hsuehshan	Matala	Paishin
Plecoptera						
	Leuctridae	○	○			○
	Nemouridae	○	○			
	Perlidae	○	○	○	○	○
	Peltoperlidae		○			
	Taeniopterygidae	○				
	Capniidae	○				
	Chloroperlidae	○				
Odonata						
	Gomphidae	○				○
Ephemeroptera						
	Ephemeridae	○	○		○	○
	Leptophlebiidae	○	○	○	○	○
	Heptaginiidae	○	○	○	○	○
	Caenidae	○	○			
	Ephemerellidae	○	○	○	○	○
	Baetidae	○	○	○		○
Megaloptera						
	Corydalidae		○			
Trichoptera						
	Stenopsychidae	○	○	○	○	○
	Hydropsychidae	○	○	○	○	○
	Glossosomatidae	○		○		○
	Rhyacophilidae	○	○	○	○	○
	Philopotamidae		○		○	○
	Polycentropodidae	○				
	Sericostomatidae	○	○	○		
	Lepidostomatidae	○	○			
	Hydroptilidae					
	Psychomyiidae	○				
	Limnephilidae	○				
Coleoptera						
	Psephenidae	○				○
	Helodidae	○	○	○	○	○
	Elmidae	○	○	○	○	○
Diptera						
	Blepharoceridae	○	○	○		○
	Simuliidae	○	○	○		○
	Ceratopogonidae	○	○	○	○	○
	Chironomidae	○	○	○	○	○
	Tipulidae	○	○	○	○	○
	Tabanidae				○	
	Athericidae	○	○			○
Number (order/ family)		6/31	6/25	5/17	5/15	6/22
Species similarity indices as compared with the Chichiawan Creek		1.00	0.79	0.72	0.60	0.81

表4. 卡社溪、雪山溪、馬達拉溪與白石溪的水生昆蟲數量與單位努力捕獲量

Table 4. The number and CPUEs of aquatic insects collected from the Kashe, Hsuehshan, Matala and Paishin creeks

	Kashe	Hsuehshan	Matala	Paishin
Number	4189	1719	3060	3164
Effort (number of net)	43	24	27	38
CPUEs (number/ net)	96	72	113	78

台灣櫻花鉤吻鮭的研究、保育工作，對於其面臨的生存危機已有許多深入的剖析，歸納之不外乎颱風及洪水造成的土砂災害、農業及遊憩活動造成的水質污染、防砂壩造成的族群隔離與棲地碎裂化、森林火災的威脅以及不法的獵捕。前揭危機如遊憩活動或不法獵捕可以透過落實河川生態系的經營管理在短時間內有效降低衝擊，但有些卻猶如在大地劃下的傷口，縱使事後有妥善的醫療，仍需相當時日才得以痊癒。在此之前，多年來在七家灣溪持續進行的人工放流工作，對於殘存的台灣櫻花鉤吻鮭族群是使其不致滅絕的必要措施，或是加速野生族群基因均質化走向滅絕之路的催化劑，雖然不同專家學者各有論述，迄今未有共識，但可以肯定的事實是七家灣溪棲地仍不復以往，台灣櫻花鉤吻鮭迄今依然瀕危。選擇其他適合的溪流進行域外放流，透過完善的配套措施及經營管理制度，建立健康且能自我繁衍的衛星族群以分散族群滅絕的風險，是現今相當值得嘗試的保育行動策略。

汪(1992, 1994b)自1991年11月至1993年7月曾於丹大林區第5、第7林班交界與第5、第8林班交界的卡社溪分別進行動物相、溪流生態及其魚類調查研究(調查樣點海拔高度較本研究之樣點稍低)，就其非生物因子觀之，pH值(7.4-8.1)、溶氧(7.5 mg/l以上)、導電度(154-190 μs/cm)、濁度(0.4-1.7 NTU)及流量(0.5-1.7 cms)皆與本研究調查結果(表1)相近，顯示卡社溪不僅終年有水，水溫、水質亦佳，受颱風、豪雨影響小，河道相當穩定，另相較於其他列入評估的河段，其河道坡度與七家灣溪最爲接近且無任何攔砂壩阻隔，流水型態比例、濱溪植物之水面覆蓋亦較爲均勻、完整，2002年的調查結果更顯示其棲地環境之穩定性。復以人煙遠少於梨山地區，邇來雖偶傳森林火災，但皆未發現對調查溪段產生立即與直接性的威脅，七家灣溪現存的顯性、隱性危機都不存在於卡社溪，相當適合成爲國寶魚的新家。生物因子部分，台灣櫻花鉤吻鮭主要以水生昆蟲爲食，上野氏(1937)曾對於11隻台灣櫻花鉤吻鮭進行食性分析研究，發現胃內容物中共有4目11科的水生昆蟲，占胃內容物總體積的74%。若進一步與本研究及汪(1992, 1994b)之卡社溪調查結果比對，發現其中僅有長角石蛾科(Leptoceridae)與二尾蜉蝣科(Siphlonuridae)等2科不在本研究採集到的25科中，長角石蛾科與姬石蛾科(Hydroptilidae)等2科不在汪(1992, 1994b)採集到的21科中。換言之，台灣櫻花鉤吻鮭胃內容物中的11科水生昆蟲有高達10科曾在卡社溪歷年的調查資料中出現，就食物之供給而言相當適合台灣櫻花鉤吻鮭的生息。另魚類相部分，汪(1992, 1994b)與本研究在卡社溪上游皆僅調查到多年前民間人士人工放流且已能自行繁殖的外來種魚類虹鱒，虹鱒對於台

灣櫻花鉤吻鮭的影響爲何？競爭力孰優孰劣？二者能否和平共存？由於台灣櫻花鉤吻鮭屬於瀕危的台灣特有亞種保育類動物，迄今尚未發現國內、外有相關的文獻可稽，是否必須移除卡社溪的虹鱒有待究明。惟縱使爲保育瀕危的台灣櫻花鉤吻鮭而必須將台灣原無分布且族群量龐大無滅絕之虞的外來經濟性養殖魚種虹鱒從卡社溪移除，就維持生物多樣性的立場觀之未嘗不是可行之道。虹鱒在分類上與台灣櫻花鉤吻鮭同屬太平洋鮭屬的冷水性魚類，經民間人士人工放流後已成功在卡社溪自行建立健康的野生族群，從另一個角度審視，此一現象是否代表未來可能進行同屬的台灣櫻花鉤吻鮭域外放流工作亦會有相同的成果，相當令人期待。

結 論

良好的域外放流棲地不僅必須滿足台灣櫻花鉤吻鮭的基本生存條件，且不得有七家灣溪現存無法立即改善的不利環境因子。換言之，域外放流的溪流必須有受颱風及洪水影響小、少有森林火災發生、無農業活動、無防砂壩等條件。茲就上述標準分析列入評估的4條溪流：

一、馬達拉溪上游河段坡度陡峭，又有大型瀑布及4座攔砂壩阻礙魚類洄游，另部分支流水質導電度高，含鐵成份甚濃，溪水呈黃褐色且有異味，不適合台灣櫻花鉤吻鮭的放流。

二、白石溪河段水質雖佳，惟調查期間夏季水溫 (1999年6、7、8月) 曾逾18℃，且底層大多由頁岩組成，河床裸露，底質組成單純，恐無法滿足不同時期台灣櫻花鉤吻鮭對於棲地的需求。另水生昆蟲相雖然與七家灣溪的相似度最高，但族群量卻不多，台灣櫻花鉤吻鮭的食物來源堪虞。

三、雪山溪河岸崩塌情形嚴重，下游側蝕作用旺盛，流心改變甚劇，棲地並不穩定，復因流水型態多瀨少潭，缺乏越冬、避難及大型鮭魚活動的空間，並不利於台灣櫻花鉤吻鮭生存。

四、卡社溪之調查樣點位於丹大林區第5、第7林班海拔1,885-2,050m間的上游河段，該溪段河床穩定且兩旁具有堅硬穩定的基石岩盤與叢密的森林覆蓋，保土蓄水功能良好，底質歧異度大，瀨潭比例適當。近10年來卡社溪歷經颱風、豪雨及921大地震，但河道改變小，水溫、水質皆佳，河道坡度與七家灣溪最爲接近且無任何攔砂壩阻隔，流水型態比例、濱溪植物之水面覆蓋亦較其他溪流均勻、完整，2002年的調查結果更顯示其棲地環境之穩定性。復以人煙遠少於梨山地區，邇來雖偶傳森林火災，但皆未發現對調查溪段產生立即與直接性的威脅，種種條件皆符合台灣櫻花鉤吻鮭對於生存棲地的嚴苛要求。

綜上，初步評估以卡社溪海拔1,885-2,050m的溪段較適合成爲台灣櫻花鉤吻鮭域外放流棲地。卡社溪不僅與七家灣溪生態環境相似，同時蘊涵豐富而類似的水生昆蟲，極具供養高冷性嗜食水生昆蟲之國寶魚生存與繁殖之潛力(汪 1994b)，未來若以此爲域外放流地點，劃設野生動物保護區加強保護台灣櫻花鉤吻鮭的棲息環境是必要的措施，如何研擬周延完善的保護區經營管理辦法，避免人爲森林火災發生並有效管制任何可能破壞保護區棲地環境的人類活動，是有關單位未來必須審愼面對的課題。另在棲地的選擇之外，域外放流尚需考量諸多因素，如放流時機、放流魚源、魚體大小、搬運方式、放流後的長期監測、評估與管理等。本研究僅就未來可能進行的域外放流工作尋找台灣櫻花鉤吻鮭在大甲溪以外可能的新家，可視爲域外放流的先期準備工作，未來實施域外放流與否、放流地點的決定與後續相關配套措

施的制定，亟待有關單位進一步的決策。

謝 誌

承蒙農委會對於本研究經費之補助及本中心長官提供良好的研究環境與資源，使本研究得以順利完成，在此謹致萬分謝忱。另本中心國外顧問蔡住發博士的耐心指導及諄諄教誨，本中心前助理研究員邱啓銘先生(現服務於嘉義縣政府)協助計畫的執行及棲地生態組張仁川、沈明晃、李芬芳、林宗政、賴佳郎 (現服務於林務局)、薛士毅 (現服務於林務局) 等人對於野外調查工作的熱心協助，在此亦一併致謝。

引用文獻

余廷基、賴仲義、吳聲淼。1987。櫻花鉤吻鮭繁殖試驗。農委會76年生態研究第006號。 41頁。

汪靜明。1992。丹大事業區卡社溪動物相調查研究。台灣省農林廳林務局。 保育研究系列- 82-10號。 64頁。

汪靜明。1993。大甲溪魚類棲地生態研究及改善計畫三年總結成果報告。台灣電力公司81年度研究發展計畫。 40頁。

汪靜明。1994a。孑遺的國寶—台灣櫻花鉤吻鮭專輯。內政部營建署雪霸國家公園管理處。185頁。

汪靜明。1994b。 丹大事業區卡社溪溪流生態及其魚類調查研究。台灣省農林廳林務局。保育研究系列- 83- 03號。93頁。

林曜松、梁世雄。1986。鮭鱒魚類生態。農委會林業特刊第九號。 21-38頁。

林曜松、楊平世、梁世雄、曹先紹、莊鈴川。1987。櫻花鉤吻鮭生態之研究(一)魚群分布與環境因子關係之初步研究。 行政院農業委員會。76年生態研究第023號。 66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)族群分佈與環境因子間關係之研究。 農委會77年生態研究第012號。 93頁。

林曜松、曹先紹、張崑雄。1989。櫻花鉤吻鮭之生殖生態與行爲研究。農委會78年生態研究第8號。18頁。

林曜松、曹先紹、莊鈴川、戴永禔。1993。櫻花鉤吻鮭棲地之調查研究(Ⅰ)-以七家灣溪上游、武陵溪爲主。台灣省農林廳林務局。保育研究系列-82-07號。

林曜松、張明雄、莊鈴川、曹先紹。 1994。櫻花鉤吻鮭棲地之調查研究(Ⅱ)-大甲溪上游六條支流。台灣省農林廳林務局。保育研究系列-83-09號。

曹先紹、林曜松。1997。櫻花鉤吻鮭棲地之調查研究。林務局86年度溪流環境保育研討會。20頁。

陳弘成、楊喜男。1997。武陵地區－溪流之水源水質監測系統之規劃與調查。 內政部營建署雪霸國家公園管理處86年度研究報告。 88頁。

曾晴賢、游智閔、楊正雄。 2000。櫻花鉤吻鮭族群之監測與生態研究。櫻花鉤吻鮭保育研究研討會論文集 115-135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。

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。

楊平世、林曜松、黃國靖、梁世雄、謝森和、曾晴賢。1986。武陵農場河域之水棲昆蟲相及生態調查。農委會林業特刊第九號 14-20頁。

鄧火土。1959。台灣高地產陸封鮭魚的形態與生態。台灣水產試驗所報告5: 77- 82。

戴永禔。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。

上野益三。1937。台灣大甲溪の鱒關の食性と寄生蟲。台灣博物學會會報27(116): 153-159。

Brett, J. R., and T. D. D. Groves. 1979. Physiological energetics. pp. 279-352. *In:* W. S. Hoar, D. J. Randall, and J. R. Brett(eds.). Fish Physiology. Vol. VIII. Academic Press, New York.

Krebs, C. J. 1989. Ecological Methodology. Harper & Row, N. Y.

Mount, D. I. 1973. Chronic effect of low pH on fathead minnow survival, growth and reproduction. Water Research 7: 987-993.

Myrick, C. A., and J. J. Cech Jr. 2000. Temperature influences on California rainbow trout physiological performance. Fish Physiology and Biochemistry 22: 245-254.

Wood, C. M., and D. G. McDonald. 1997. Global warming: Implications for fresh water and marine fish. Cambridge University Press, Cambridge.