

台灣省農林廳林務局保育研究系列-82-07號

國立臺灣大學合作

櫻花鈎吻鮭棲地之調查研究(I)

—以七家灣溪上游、雪山溪爲主

林曜松 曹先紹
莊鈴川 戴永禎

主辦機關：臺灣省農林廳林務局

執行機關：國立臺灣大學動物學系
動物生態研究室

中華民國八十二年二月

目 錄

摘要	
前言	1
實驗地描述	1
調察方法	3
結果	8
討論	14
謝辭	18
參考文獻	19
圖	22
表	37

摘要

為瞭解櫻花鉤吻鮭 (*Oncorhynchus masou formosanus*) 族群在大甲溪上游分布的實際情況，並評估各支流的水域物理環境，以尋求適合重放流櫻花鉤吻鮭的溪段。自民國81年2月至11月，於七家灣溪、雪山溪、及南湖溪三條支流，藉潛水觀察其魚群組成，與中型棲地之測量，比較目前櫻花鉤吻鮭分布區域內外，魚類棲息地結構的差異。發現像七家灣溪六號攔砂壩上游、雪山溪壹至四號壩間、及南湖溪上游等沒有櫻花鉤吻鮭分布的溪段，緩流區所佔的比例偏低。而以往的研究顯示，此類緩流區乃櫻花鉤吻鮭最常利用來產卵的環境。縱使調查區域內不乏適合成魚及亞成魚棲息的場所，推測在產卵場缺乏，不利繁殖子代的因素下，更兼有洪水與攔砂壩的衝擊，遂造成櫻花鉤吻鮭在上述溪段的消失。

前言

台灣的櫻花鉤吻鮭 (*Oncorhynchus masou formosanus*)，為陸封型的鮭魚，依地理位置而言，乃世界鮭鱒魚類分布的第二南限，緯度僅略高於分布在墨西哥的陸封型虹鱒，其珍貴可見一般。櫻花鉤吻鮭在台灣的族群，目前只在武陵農場境內七家灣溪第陸號攔砂壩下游，約7公里的河段有所發現 (邱 1991；林等 1988未發表)。然而，早期的文獻顯示，櫻花鉤吻鮭在民國30年代以前，廣布在大甲溪上游，松茂附近溪流合流處以上之各支流，包括合歡溪、南湖溪、有勝溪、七家灣溪、雪山溪、與司界蘭溪等河域 (與儀及中村 1938；Kano 1940)。今該區域雖多遭修築道路、墾植果菜、溪流截彎取直及水庫淹沒而不再適合櫻花鉤吻鮭的棲息；亦有部份區域，仍屬於人跡罕至之原始森林溪流，實有必要在上述地區，進行詳細的現場探勘。除瞭解是否尚有未被發現的櫻花鉤吻鮭族群外，亦對各溪流環境加以評估，以尋求適合該魚移地復育的溪段，為整體復育計劃預謀出路。

實驗地描述

文獻中記載曾有櫻花鉤吻鮭分布的六條溪流，均位於台中縣和平鄉境內，海拔1450至2500公尺，屬大甲溪之集水區。其東邊之南湖、合歡貳支流，匯集南湖大山 (海拔3470公尺)、中央尖山 (3703公尺) 及合歡山 (3416公尺) 西坡面之水，於環山一帶注入主流，地形上多呈角階及肩狀平坦陵。西邊之七家灣溪、雪山溪及司界蘭溪，則源自桃山 (海拔3324公尺)、品田山 (3529公尺)、雪山 (3884公尺) 和大劍山 (3393公尺) 一脈。

依河川縱剖面來看，大甲溪各支流間有流路愈長、斜坡率（gradient；河道落差／河距）愈小的關係。像合歡溪長35.6公里，斜坡率1/21；南湖溪長10.6公里，斜坡率1/7。受蘭陽溪河川襲奪作用影響，大甲溪主源頭至思源啞口一段，斜坡率約1/6，而思源啞口至環山一段，則僅1/43，較諸本省其它河川上游，緩了許多（中華水土保持學會1983）。此一地理上的特色，亦被Kano（1940）認為是櫻花鉤吻鮭得以在冰河時期後，留存在大甲溪上游各支流內的主要條件。

然自中橫公路於民國49年通車以來，大甲溪集水區受到極大的開發壓力，農業在土地上的超限利用，對溪流環境造成許多負面的傷害，像七家灣溪西面及有勝溪兩側的土地，多已開發為果園及菜園，水質則有優養化的現象（林等1987，1988）。普遍設於大甲溪各支流的攔砂壩，高度多達4公尺以上，結合颱風期間夾帶的洪水，亦對魚群分布造成天然無法恢復的衝擊（林等1990）。

由於上述大甲溪6條支流流域範圍極廣，本年度計畫乃先針對其中3條支流：七家灣溪、雪山溪及南湖溪進行調查。研究之溪段包括：（1）七家灣溪自果二區旁壹號壩至陸號壩上方；（2）雪山溪壹號壩至肆號壩間；（3）南湖溪與中央間溪匯流前之一段（圖一）。

調查方法

本研究的主旨，首在探討櫻花鉤吻鮭於大甲溪集水區內分佈的實際範圍，從而深入解析各支流的水域物理環境，將其棲息地加以分門別類，以瞭解各溪段在供應櫻花鉤吻鮭不同功能棲所時的限制，並探尋重新放流櫻花鉤吻鮭的適當區域。爲了確保放流工作成功，有關稚魚對棲地之需求，亦爲本研究探討重點之一。

一、棲地部份：

自民國81年2月至11月，以武陵農場果二區附近，七家灣溪壩壩及憶年橋西側雪山溪壩壩爲起點，分別探勘七家灣溪與雪山溪的棲地物理環境。南湖溪上游部份則組登山隊，自思源啞口附近登上黑水潭，經木瓜鞍部下南湖溪谷進行研究。前期的工作，在確認通往各溪段的路徑，例如在溪流中遇到攔砂壩阻隔而無法上溯時，探尋是否可由兩岸溪谷繞行至攔砂壩上游而繼續研究。當路徑確定後，即以噴漆或紅色登山路標加以標記，此外並記錄往返各溪段所需要的時間，作爲規劃野外工作行程與選定監測範圍（在可負擔的野外工作時間內）的參考。

爲了對調查之各溪段能有基本的概念，並與國內外相關研究人員溝通之便，依Rosgen（1985）所提之溪流分類系統（圖二），從相片基本圖與實地的測量工作中，蒐集各河道的：1·斜坡率（gradient），2·曲率（sinuosity），3·寬／深率，4·底質組成，5·山谷限制洪水情形，6·河道切割狀況，與7·地形土壤穩定性等資料，將各溪段型態（stream morphology）加以分門別類（邱 1991），以進行其大環境（macrohabitat）的比較。

以往對棲息地物理環境的調查，多是取等距離之溪段（如每100公尺），作為在整體溪流採樣時的標準區域。有鑑於本省溪流環境高度的歧異性（diversity）與鑲嵌模式（mosaic pattern），並就水生生物對棲息地物理因子的基本需求加以考量，區集後再逢機取樣（stratified random sampling）的方式確有其必要性。亦即在溯溪調查時，先將均質性（homogeneous）較高的溪段區分出來，例如一段急流、一個水潭、或是一個瀑布型臺階（riffle, pool, or cascade），我們稱此類均質的棲地為中型棲地（mesohabitat），由於各類中型棲地在溪流中出現的長度不盡相同，可依其個別資料經過加權（weighted）處理，來顯現整體溪段的特徵。

中型棲地的調查，是由選定溪段的最上游開始，順流而下，藉伸縮皮尺測距，並將均質性較高的溪段區別開來，各別描述其特徵，加以定名為急流、水潭、或是瀑布型臺階，登記於防水記錄簿中，再用噴漆在其邊界作上標記（包括各溪段名及其序號，如：C14、C15）。為瞭解各中型棲地內的狀況，再依Bovee等（1982，1986）Instream Flow Incremental Methodology（IFIM）的方法判定測量區域內微棲地（microhabitat）時，穿越線的總數量，（例如一個水潭可能有三條穿越線），隨機選定一條穿越線，測量微棲地因子（圖三）。穿越線與水流垂直設置，除溪寬（林等 1988）外，於其上測溪水深度、流速、溪流內遮蔽物指數（Index of instream cover；Bovee et al., 1982）、最顯著的底質石種類、與細砂包埋之狀況（Embeddedness；Platts et al., 1983）。各溪段之下游地段，並置放一高低溫度計，以瞭解該區水溫變化的幅度，是否適合櫻花鉤吻鮭生存。

溪水之深度與流速乃利用Swoffer 2100型流速器，先量取各測量點上的水深，再將感應流速之螺旋瓣調整至水面下十分之六水深的位置，測量平均水流速（圖四）。溪流內遮蔽物指數分四個等級，若毫無遮蔽

可言，則為1；僅視覺屏障為2；僅緩流作用為3；同時提供視覺屏障與緩流作用則為等級4。細砂包埋之狀況，依其細砂填塞於河床之嚴重程度，由1至4亦命名4個等級。

底質石的分級乃參照 Platts et al. (1983) 系統再加以修正成公制單位如下 (Tsao 1988)：

底質石等級		底質石直徑
1 細沙	sand	< 0.2 cm
2 小礫石	gravel	0.2-1.6cm
3 大礫石	pebble	1.6-6.4cm
4 卵石	cobble	6.4-25.6cm
5 小巨石	small boulder	25.6-51.2cm
6 大巨石	large boulder	>51.2cm

然後依據上述底質石分級系統，來認定其最顯著的底質石組成。

二、魚群部份

為避免傷害數量有限的櫻花鉤吻鮭族群，魚群的調查，暫不採用任何主動性的漁法 (active fishing technique)，像一般調查魚類族群時常使用的背負式電魚器等。而是研究人員以浮潛方式，自研究區域的下游開始，Z字形逐步上溯，並向溪流兩側的水域內目測。於防水記錄簿上，記錄在每一個中型棲地內所觀察到的魚群種類、個體數量、以及參照臨近底質石大小所估計之魚體體長 (至cm)，同時註明該中型棲地之標號與位置，作為探討魚群數量與棲息地環境之間關聯性時的依據。

由於櫻花鉤吻鮭為冷水性的魚類，其棲息環境的水溫相對較低，研究人員冬季需穿著乾式防寒潛水衣，其餘三季則穿著五厘米之濕式潛水衣，此外尚配備潛水鏡、手套、及防滑鞋。潛水時段約自上午九時至下午四時，水中能見度較佳與離水氣溫較高的環境下。為安全起見，至少兩人同行，並隨時注意是否有失溫與自發性顫抖的症狀。

三、稚魚棲息地

武陵農場復育中心附近的七家灣溪溪段上，曾觀察到許多櫻花鉤吻鮭的稚魚，而且本段是 1989 至 1991 年間記錄中櫻花鉤吻鮭最多的溪段，因此便在此溪段調查稚魚對棲息地的需求。研究人員在夜間以 6 伏特手電筒作為光線之輔助器，於上述區域 200 公尺範圍內溪岸的西側尋找稚魚。

通常稚魚出現的地點，物理環境上都是類似由石塊圍成的淺潭。看到稚魚後，記錄稚魚的數量，同時注意該處有無其它動物出現，以及是否堆積了落葉與枯枝；發現稚魚後，便在該地點放置有標記的鉛錘。第二天清晨回到放置鉛錘的地方，測量小潭的深度（cm）、最長直徑（cm）、開口寬度（cm），以及目測開口對小潭之 360 度圓周的百分比（以每 5% 為單位）；開口寬度與開口對圓周百分比，代表稚魚的微棲地位置與外界水流接觸的程度。除此之外，因為用流速計無法測出此類棲地的水流速，遂以該處的「相對流速」作觀察對象；記錄「相對流速」的方式由慢到快共分四級，即完全「靜止」、「微晃」、「搖晃」與「波動」。底質石的測定方式，除與微棲地測量部份相同，先認定其組成中最顯著者外；再則觀察是否有大型巨石圍繞此小池子的周圍，以及該大型巨石是否在水面下亦提供了讓稚魚躲藏的地方，特稱之為「

大巨石庇蔭效應」。水面的遮蔽度以圓形的凸面密度計（convex spherical densiometer Model-A；Platts et al., 1987；Tsao 1988）放在水面測得；而水面上遮蔽度則在測量者胸高的部位測得。溪流棲地型態乃參照 Bisson et al.（1982）的系統；依此記錄稚魚出現位置之上、下游各 1 公尺範圍內的棲地型態。此外並將該 200 公尺長的溪段劃分成 20 個長 10 公尺的區間；再以區間內稚魚的有無，用 Wald-Wolfowitz runs test（Wilkinson 1987）來檢驗稚魚的分布是否為隨機。

結果

一．溪流型態

1) 七家灣溪：

調查範圍除延續果二區上方壹號至參號攔砂壩間約4.2公里的區域外，另經大甲溪事業區第29林班內之造林步道繞行至伍號壩上方，再上溯並利用繩索攀越陸號壩以進行物理環境之評估研究（單程耗時約一小時）。大體而言、七家灣溪由源流高約20公尺之瀑布溢注入大型深潭之後，呈現近似A3型的河道，底質多是巨石組成，斜率很大，流往陸號壩頂約962公尺的距離內，單是13個較明顯的水面落差（超過0.5公尺者）即累積達14.7公尺的高度。漸往下游開始有B1型河道出現，坡度較為緩和。陸號壩至伍號壩間之溪流長僅588公尺，陸號壩下游亦有小段峽谷地形，明顯的水面落差在此段只有一個（1.5公尺）記錄，近伍號壩的溪段最顯著之底質種類轉為中型卵石，應歸類為B3型河道。

七家灣溪壹號至參號壩間的河段，壩頂已由卵石、礫石及細砂所淤塞，攔砂壩正下方除沖積成大型水潭外，多保留小段A3型河道，但大部份的溪段斜坡率已十分緩和，例如果三區附近，斜坡率在0.02至0.04之間，符合B型河道的特色。平均溪寬約在9公尺，平均深度則在0.3公尺左右，水溫一般保持17°C以下。參號壩下游左岸的山坡地多已開發為菜園、果園。目前右側山坡地似亦有部份被開發為茶園，此現象值得多加注意。

2) 雪山溪：

自武陵農場場本部左側之林道，可通往雪山溪參號壩下游，於該處涉溪順河谷右側小徑上行、則可達肆號壩下方，估算步行往返時間，

約一個半小時，遂以雪山溪四號至壹號攔砂壩間三段溪流，作為棲地調查之重點區域。雪山溪在此區域內的溪谷狹窄、亦即其限制洪水向平行面流動的能力較強；斜坡率小於0.04，河道的深度中等，底質石組成近上游部分多為巨石及大型卵石，靠下游臨壩頂部份則多卵石、礫石及砂，由此判斷本段雪山溪的河道型態應屬 B1或B3型。

雪山溪的水溫一般較七家灣溪低1-2°C，11月份中旬其最高最低水溫分別是11.5及8°C，兩岸仍保有台灣帝杉—台灣二葉松之過群叢（*Pseudotsuga wilsoniana*--*Pinus taiwanensis* Associes）、覆蓋十分良好。各溪段的長度分別是：雪山溪肆號壩至參號壩410公尺；參號至貳號壩635公尺；貳號至壹號壩492公尺，全程共1537公尺。

3) 南湖溪

前往南湖溪上游須從思源埡口附近徒步上昇約400公尺至稜線，經黑水潭、箭竹林、木瓜鞍部再陡下500公尺，涉過溪水駐於南湖小木屋。視山區氣候狀況，僅單程即耗費壹至壹日半的時間，研究人員以小木屋為據點，往南湖溪上、下游共探測了近2公里的溪段。

由於儀器攜帶不便，尚未能確實以水準儀測出溪流之斜坡率，但根據測量資料及實地觀察之記錄，顯示南湖溪上游與七家灣溪六號攔砂壩上游之溪段，有頗多相似之處：例如44個明顯的水面落差累積達46.2公尺。底質石主要由巨石及中、大型卵組成。河道切割為中等深度，因此研判其河道型態亦不脫A3、B1及B3三型。溪谷較雪山溪寬廣，兩岸植被則不若雪山溪茂密，夏季水溫在12°C左右。

二、中型棲地分析

七家灣溪壹至參號攔砂壩間之中型棲地有所變化，貳號壩上游共計1,601公尺，以瀑布型台階為主，佔42%；其次為水潭的環境，佔溪

流30%的長度；急流區則佔24.5%；緩流區十分稀少，僅佔4%；貳號壩下游（2,577公尺）是以急流區的37%最多；其次乃緩流區及水潭區分別佔 25%及24%；瀑布型台階減少至14%（表一）。至於6號壩以上，是以急流為主（52.8%）、水潭居次（37%）、瀑布型台階與緩流區均十分少。6號壩下游，急流與水潭的環境仍為主體，分佔37%及29%；緩流區則大幅增加至28%，台階型區域僅佔5%（表二）。

雪山溪部份，三個溪段的長度均在500公尺左右，自上游開始分別是410、635及492公尺，中型棲地最相似處是緩流區普遍比例甚低，在8%到11%間，水潭區在上兩段溪段佔有率尚達30%，在貳號至壹號壩間卻降至17%；各區環境以急流瀑布型台階為主而互有消長，肆號至參號間急流區佔55%，在其餘二溪段之長度則只佔全長的23%（表三）。

南湖溪的研究溪段全長共1,951公尺，以瀑布型台階所佔的881公尺（45%）最高，水潭區的707公尺（36%）居次，急流總長度達259公尺，佔調查全程的13%；而緩流區的比例則非常低，僅出現了104公尺（5%）。水潭區的寬度由4~12.5公尺，平均8公尺左右，而平均深度則達1.9公尺，急流區一般寬度在1.8至12公尺間，平均有5.5公尺；瀑布型台階的寬度範圍由6公尺到13公尺，平均8.8公尺，而緩流區唯一測量值顯示，其寬度居四種環境之冠，達11公尺（表四）。

綜合言之，目前有櫻花鉤吻鮭分布的七家灣溪三個溪段，除貳號壩至參號壩間緩流區較少而瀑布型台階較多外，其餘兩溪段均具備了比例各在四分之一左右的緩流區與水潭區（圖五）。沒有櫻花鉤吻鮭分布的區域，縱使水潭在中型棲地上佔有相當程度的比例，緩流區的比例卻明顯較少。如七家灣溪陸號壩上，緩流區不及百分之三的出現率；雪山溪調查範圍內的緩流區在百分之九以下；南湖溪上游的溪段，緩流區的比例則在百分之五上下（圖六）。

三、魚群分布

根據以往的資料，顯示除櫻花鉤吻鮭外，在研究之各溪流內尚有可能出現的魚種包括：鯛魚 (*Varicorhinus barbatulus*)、台灣纓口鰍 (*Crossostoma lacustre*) 及川鰕虎 (*Rhinogobius brunneus*) 三種魚類，由於其體形、特徵差異極大，在水域中直接辨認並無困難。

纓口鰍主要分布在有勝溪及七家灣溪與其交會口的上游，可達武陵農場場部旁的溪段；鯛魚則更上溯至雪山壹號攔砂壩下，以及七家灣溪果三區附近的溪段。纓口鰍多數分布於水溫較高、水深較淺的急流區，而鯛魚在冬季，多集中較深的水潭區，例如在距七家灣溪壹號壩約900公尺上游的水潭內，研究人員便於10月初記錄到25隻10公分以上的鯛魚。至於川鰕虎，在本年度的調查中，尚無任何記錄。

櫻花鉤吻鮭的分布，仍是以武陵農場場本部旁的七家灣溪上游為主，由於與雪山溪在較上游處會流，櫻花鉤吻鮭亦可分布至雪山溪壹號壩以下的溪段。在七家灣溪上連續的攔砂壩分隔下，櫻花鉤吻鮭族群分布的上限在陸號攔砂壩下方的深水潭，6月份的潛水觀察估記有5隻30 cm以上的成魚，18 cm以上的成魚有35隻。

配合七家灣溪壹至參號壩間長期的觀測，研究人員依中型棲地的分界浮潛估算了各棲地內櫻花鉤吻鮭的數量。發現鮭魚無論體型大小，出現率最高的均在水潭區 (8--24隻/水潭)，其次則在瀑布型台階與緩流區，急流區內發現鮭魚的機率最低。鮭魚在二段河域的分布，在壹至貳號壩間密度有超過貳至參號壩間的密度甚多的現象 (表五)。

研究人員在雪山溪壹號壩上游及南湖溪上游，以浮潛探尋櫻花鉤吻鮭的分布，均無所獲，證實櫻花鉤吻鮭在上述二段區域已經消失。

四、稚魚的微棲地

1990年1月於七家灣溪長200公尺溪岸的靜水區中，總共發現18個小潭中出現櫻花鉤吻鮭的稚魚（表六）。在梭德氏赤蛙蝌蚪出現的小潭中之稚魚數量，與沒有梭德氏赤蛙蝌蚪的小潭中之稚魚數量並無顯著差異（圖七； $p > 0.05$ ）；而小潭中有無落葉枯木，對稚魚數量亦沒有顯著的差異（圖七； $p > 0.05$ ）。

可能影響稚魚分布的物理因子，流速、底質石、結構、遮蔽度與溪道的棲地型態。在水晃動的位置所發現的稚魚數量最多（21尾；圖八）；完全靜止的水域次之，僅6尾。主要組成底質石—發現稚魚的微棲地位置中，全部沒有任何以壹號石為主的；而稚魚有偏好貳號石與參號石的傾向（圖九）。

微棲地位置的結構可用水潭之深度、最大直徑、開口寬度與開口對圓周百分比來加以描述：有64.5%（20/31）的稚魚分布在深度10至20公分的中（圖十）；稚魚的微棲地位置的水潭之最大直徑介於20至130公分之間（圖十），主要分成兩個範圍，即30至50公分的範圍佔35.5%（11/31），70至120公分佔54.8%（17/31）。稚魚的微棲地位置的開口寬度介於3至120公分之間（圖十），60至70公分的範圍內佔29%（9/31）；開口對圓周百分比以20至30%的範圍內最多（45%；14/31），也就是開口大約為圓周的45度左右（圖十）。

水上的遮蔽度（canopy）的有無對稚魚的分布也沒有影響（圖十一； $p > 0.05$ ）；於水面測得遮蔽度的有無，與稚魚數量也無關（圖十一； $p > 0.05$ ）。然而，有83.9%（26/31）的稚魚出現在由大巨石圍成的地方，並且大巨石要能提供庇蔭的效應（圖十二）。

稚魚出現位置旁溪道主要的棲地型態有五種（圖十三），即「下蝕潭」（plunge pool）、「平瀨」（glide）、「緩坡瀨」（low gradient riffle）、「快急瀨」（rapid）與「階瀨」（cascade）。其中以「緩坡瀨」的稚魚最多，佔 38.7%（12/31）。屬於深潭類型（pool）的「下蝕潭」僅 22.6%（7/31），餘者皆出現在急流型態（riffle）的溪段中。

討論與建議

本研究的主旨，除標定目前櫻花鉤吻鮭分布的區域外，亦同時運用河道型態之分類系統與中型棲地的研究，來探討櫻花鉤吻鮭在特定溪段消失的肇因，並比對各條溪流物理環境的異同，以利執行人工復育時適當放流點的選定。

溪流棲息地的環境因子可約略歸納為物理環境、水質、與生物組成 (Marcus et al. 1990)。鮭魚類乃冷水性的魚類，據Watanabe & Lin (1985) 所述，櫻花鉤吻鮭分布在海拔1600公尺，梨山以上的大甲溪各支流，而鄧 (1959) 曾記錄其分布區域夏季最高水溫 17°C 以下，林等 (1987, 1988) 調查七家灣溪鮭魚棲地時，發現夏季最高水溫 18°C 可能是限制其往下游分布的因子。本研究的三條溪段，七家灣溪壹號壩以上仍有櫻花鉤吻鮭之分布，而雪山、南湖之溪段，水溫均較該區低，故僅水溫應不致構成櫻花鉤吻鮭在後二段溪流消失的原因。至於水質部份，尤其是農業開發所造成營養鹽過剩的問題，雪山溪與南湖溪上游溪谷兩側並無七家灣溪兩岸之農業區，且屬人跡較為罕至的區域。記錄中各溪段更往下游均有鮭魚之分布，以其在七家灣溪及雪山溪下游與櫻花鉤吻鮭共同分布之事實，足見各溪段的水質亦不應成為限制因子。

Fausch (1984) 指出，食物與空間乃影響鮭魚選擇棲息環境的主要兩個因素，櫻花鉤吻鮭乃食蟲性魚類 (Insectivores)，就其瀕臨絕種的處境與溪流中堪稱豐富的水生昆蟲相研判，食物也不應為造成其數量下降的因素。在與其它生物可能產生之種間競爭而言，無論是體形或食性，鮭魚及纓口鰍均難扮演排除櫻花鉤吻鮭的角色。就鮭魚物理性棲地之關係而言，隨個體發育，鮭魚類通常需要功能不盡相同的棲息地。例如在浮現期前，胚胎所需要的是高度的溶氧，含砂量過高的產卵場內，鮭魚

受精卵表面被細砂包覆，與外界的氣體交換受到限制，亦即受精卵的生存率相對降低（Wickett 1954）。

依本年度所蒐集的資料來看，可以發現南湖溪上游、七家灣溪陸號壩上游、與雪山溪的溪段，緩流區的比例均遠低於七家灣溪伍號壩至陸號壩間的溪段，而根據以往的研究，此類緩流區（run）卻是櫻花鉤吻鮭利用來產卵最多的環境（林等 1989）。先不論其底質細砂之含量，單是此類中型棲地存在的數量偏低，即顯示了鮭魚族群很難在該溪段順利繁衍補足新生代。七家灣溪伍至陸號壩間的環境，也的確在生殖季時提供了相當的產卵場地，因此其下游仍保有櫻花鉤吻鮭的族群，亦不足為奇了。

在討論台灣溪流魚類分布時，最常注意的問題即是攔砂壩，由於此人為阻隔，配合大型洪水（例如50年或百年洪水），自然將上游的魚類沖離適當的棲息地。若以雪山溪各攔砂壩距離之近（約500公尺），加上台灣夏、秋兩季的颱風與大量洪水，顯然容易造成壩頂魚種的流失。另一種棲地型態，像南湖溪上游與七家灣溪陸號壩上游，天然而顯著的水面落差（高度由0.5至2.5公尺），是否在櫻花鉤吻鮭的分布上亦有影響，由於尚無人分析櫻花鉤吻鮭利用水流，跳越高度的能力，須進一步的研究。

由10月初櫻花鉤吻鮭所分布的中型棲地而言，冬季水潭無論對成魚或亞成魚（年齡0）均十分重要，在其餘三類棲所中，除急流中鮭魚極少出現外，櫻花鉤吻鮭在瀑布型台階與緩流區似乎傾向隨機的選擇棲所。至於成魚與亞成魚的比例，在亞成魚數量原本較多的情況下，不同體型鮭魚對棲地的喜好變得並不十分明顯。值得注意的是，以往七家灣溪貳號壩上游為櫻花鉤吻鮭出現密度較高的區域似已改觀，幾個重點水潭內僅記錄到零星的鮭魚，本年度9月中連續的三個颱風，勢必對鮭魚分布

有影響，因此，積極的探尋適合櫻花鉤吻鮭生存的溪段，則已是勿庸置疑之事。

要瞭解生物族群對環境的依存關係，須以其整個生活史的角度去考量，方能去蕪存菁，過濾出影響族群數量的限制因子。綜合以上述的分析，各溪流內物理性環境因子，如水溫、水面落差、流速與底質石等，較有可能是目前櫻花鉤吻鮭族群分布上，難再維持原貌的主要瓶頸。此外，不定期大型洪水加上攔砂壩的阻絕，更加速惡化了櫻花鉤吻鮭在大甲溪上游的生機。運用河道型態之分類系統與中型棲地的研究，來探討原生魚種數量減少的原因，或尋求重新放流的地點，在國外雖行之有年，而國內卻仍屬嘗試階段。本年度受時間與人力的限制，僅針對雪山溪、七家灣溪、及南湖溪上游部分進行調查，但由其棲地資料與是否有櫻花鉤吻鮭存在來看，不難略見溪流物理環境如何影響櫻花鉤吻鮭族群之端倪；證明此種研究棲息地的方式，確有推展至大甲溪上游其它支流、乃至大甲溪以外其它溪流的價值。

為解決櫻花鉤吻鮭移地復育與未來經營管理上可預見的難題，建議：

- 1) 在有勝溪、司界蘭溪、及合歡溪等櫻花鉤吻鮭曾經生存的溪流，調查其物理性棲地環境與目前之魚類相，以瞭解櫻花鉤吻鮭在此三條溪流絕跡的因素，同時評估重新放流櫻花鉤吻鮭的可行性。
- 2) 利用此河道型態之分類系統與中型棲地的研究，調查林務局轄區內其它的高山溪流，並評估未來櫻花鉤吻鮭移地復育的可行性。
- 3) 整理櫻花鉤吻鮭對微棲地需求上的資料，以深入瞭解各中型棲地內可容納的魚群數量。

- 4) 進一步在調查之溪流採集水生昆蟲，探討其與食蟲性魚類在食物鍊上的緊密關聯，作為探究棲地因子對水生生物長期影響的佐證。
- 5) 選定各溪流內攔砂壩上之緩流區或適當之稚魚棲息地，放流櫻花鉤吻鮭魚苗，並監測洪水後鮭魚族群所受之衝擊，以瞭解攔砂壩對櫻花鉤吻鮭的實際影響。
- 6) 收集國外治山防洪的經驗，尋求攔砂壩以外對迴游性魚類影響較小且兼具防砂功能的替代方案。
- ✓ 7) 收集國外有關鮭魚魚道設置及評估的資料，並於櫻花鉤吻鮭族群成功重建於七家灣溪以外之溪流時，進行構築魚道之試驗，以應用於目前已經存在之攔砂壩，減低其對水生生物的負面衝擊。

謝辭

本計劃承林務局在經費上之大力奧援，始能完成，本人深致謝意。對林務局保育課楊秋霖課長及同仁之協助，及調查隊管立豪隊長之多方協助，特此申謝。野外工作端賴台大動物系生態研究室同仁大力參與，方能克服，在此同表最大謝忱。

參考文獻

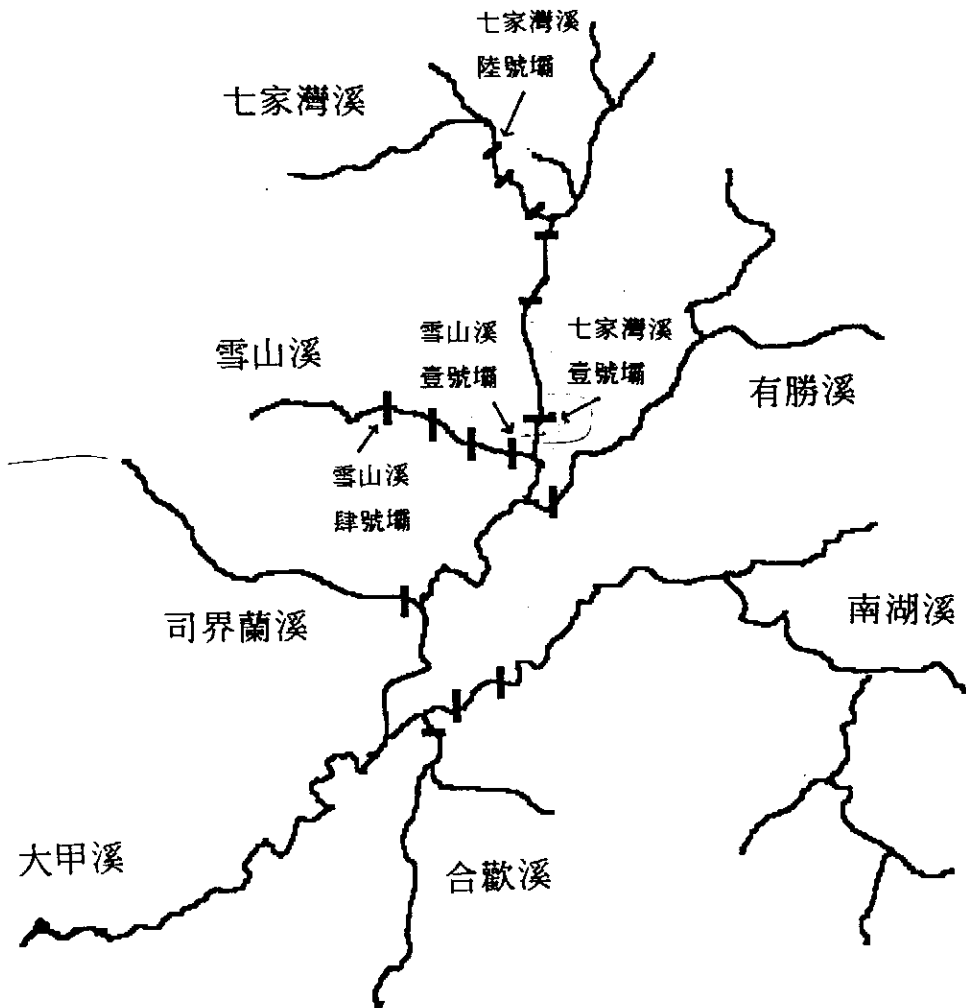
- 邱健介，1991，探尋國寶魚櫻花鉤吻鮭魚的故鄉，臺灣林業月刊第十七卷第八期，p25-29。
- 中華水土保持學會，1983，德基水庫集水區水土保持第二期整理規劃報告，臺灣省政府及經濟部德基水庫管委會委託，中華水土保持學會辦理，344pp。
- 林曜松、楊平世、梁世雄、曹先紹、莊鈴川，1987，櫻花鉤吻鮭生態之研究（一）魚群分布與環境因子關係之初步研究，農委會76年生態研究第023號，55pp。
- 林曜松、曹先紹、張崑雄、楊平世，1988，櫻花鉤吻鮭生態之研究（二）族群分布與環境因子關係之研究，農委會77年生態研究第012號，93pp。
- 林曜松、曹先紹、張崑雄，1989，櫻花鉤吻鮭之生殖生態與行為研究，農委會78年生態研究第008號，18pp。
- 林曜松、張崑雄，1990，臺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，40pp。
- 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之研究，農委會75年生態研究第001號，48pp。
- 鄧火土，1959，台灣高地產陸封鮭魚的形態與生態，臺灣省水產試驗所報告，pp：77-82。
- 與儀喜宣、中村廣司，1938，臺灣高地產梨山尊(櫻花鉤吻鮭)，天然紀念物調查報告第五輯，臺灣總督府內務局32pp。

- Bisson, P. A.; J. L. Nielsen.; R. A. Palmason.; and L. E. Grove. 1982. A system of naming habitat types in small streams, with examples of habitat utilization by salmonids during low flow. pp 62-73. In: N. B. Armantrout, [ed.] Acquisition and utilization of aquatic habitat inventory information. Amer. Fish. Soc., Bethesda, Maryland.
- Bovee, K. D. 1982. A guide to stream habitat analysis using the Instream Flow Incremental Methodology. Instream Flow Information Paper 12. U.S. Fish & Wildlife Serv. Biol. Rep. FWS/OBS-82/26. 248pp.
- Bovee, K. D. 1986. Development and evaluation of habitat suitability criteria for use in the Instream Flow Incremental Methodology. Instream Flow Information Paper 21. U.S. Fish & Wildlife Serv. Biol. Rep. 86(7). 235pp.
- Fausch, K. D. 1984. Profitable stream positions for salmonids: relating specific growth rate to net energy gain. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 38: 1220-1227.
- Kano, T. 1940. Zoogeographic studies of the Tsugitaka Mountains of Formosa. Inst. Ethnogr. Res. Tokyo. 145pp.
- Marcus, M. D.; M. K. Young; L. E. Noel; and B. A. Mullan. 1990. Salmonid-habitat relationships in the Western United States: a review and indexed bibliography. USDA, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Ft. Collins, CO 80526. General Tech. Rept. RM-188.

- Platts, W. S.; W. S. Megahan; and M. G. Wayne. 1983. Methods for evaluating stream, riparian, and biotic conditions. Gen. Tech. Rep. Int-138. Ogden, UT, USDA, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station. 70pp.
- Platts, W. S.; C. Armour,.; G. D. Booth.; M. Bryant.; J. L. Bufford.; P. Cuplin.; S. Jensen.; G. W. Lienkaemper.; G. W. Minshall.; S. B. Monsen.; R. L. Nelson.; J. R. Swdell.; and J. S. Tuhy. 1987. Methods for evaluating riparian habitats with applications to management. USDA, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station. 177pp.
- Rosgen, D. 1985. A stream classification system. In: Riparian Ecosystem and Their Management; Reconciling Conflicting Uses. Proceeding of the First North American Riparian Conference, April 16-18, Tucson, Arizona. GTR-RM120, pp. 91-95.
- Watanabe, M.; and Y. L. Lin. 1985. Revision of salmonid fish in Taiwan. Bull. Biogeogr. Soc. Japan. 40:75-84.
- Wickett, W. P. 1954. The oxygen supply to salmon eggs in spawning beds. J. Fish. Res. Bd. Canada. 11(6):933-953.
- Wilkinson, L. 1987. Systat: The system for statistics. Systat, Inc., Evanston. 822pp.

高度 8m. 壩高土 6-7m

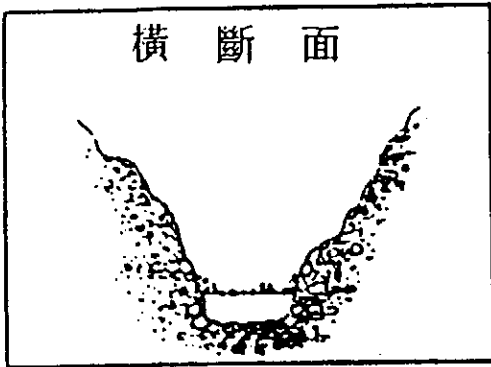
壩加強, 水土保持局同時發包



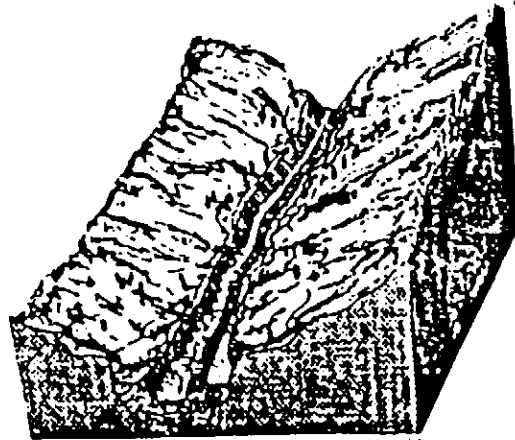
圖一、研究區域各溪流相關位置。



橫 斷 面

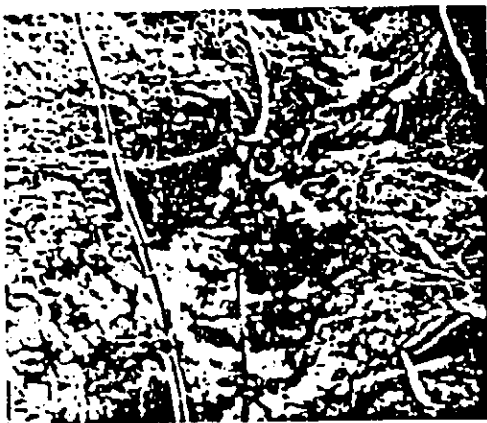


河道型態 A3

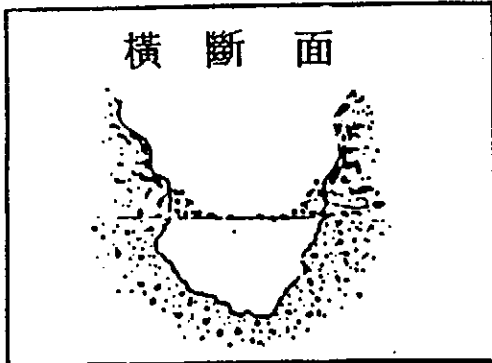


總述：陡而易沖蝕崩坍之粗粒質河道
 地形／土壤：陡峭的崩岩層；冰河深積之礫土式尚未固結之粗粒質淤積土
 斜坡率： $>4\%$
 曲率： $1.2\sim 1.3$
 寬／深比： <10
 河道組成：巨石、卵石、礫石及砂
 切割情形：很深
 洪水限制情形：很嚴格

河道型態 A4



橫 斷 面



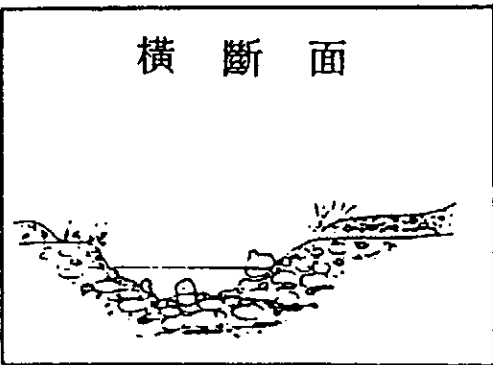
總述：陡而易沖蝕崩坍之細粒質河道
 地形／土壤：陡峭；不安定的堆積坡由冰河形成之湖積土層及花岡岩塊組成
 斜坡率： $>4\%$
 曲率： $1.2\sim 1.4$
 寬／深比： <10
 河道組成：砂，泥
 切割情形：很深
 洪水限制情形：很嚴格

圖二（之一）、河道型態命名及其依據（資料來源：Rosgen 1985）

河道型態 B1



橫 斷 面

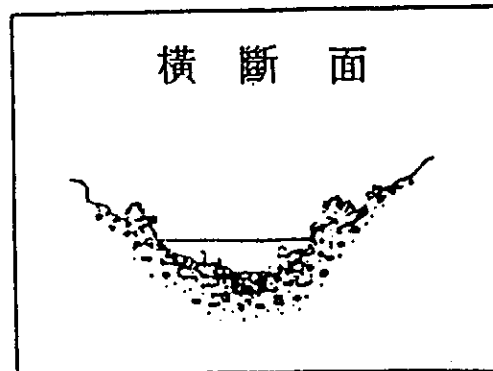


總述：中等坡度，安定的大型石頭河道
 地形／土壤：平緩安定；粗粒質
 斜坡率：2.5～4.0 %
 曲率：1.1～1.3
 寬／深比：5～10 (平均值 $\bar{x} = 10$)
 河道組成：小型巨石，大型卵石，礫石
 切割情形：中等深度
 洪水限制情形：嚴格

河道型態 B2

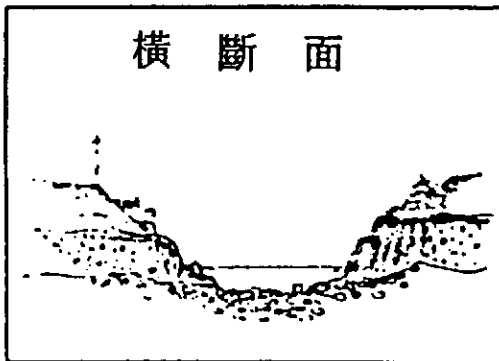


橫 斷 面



總述：中等坡度，安定的中型石頭河道
 地形／土壤：中度 陡坡；粗質淤積土壤
 斜坡率：1.5～2.5 %
 曲率：1.3～1.5
 寬／深比：8～20 ($\bar{x} = 14$)
 河道組成：大型卵石，礫石及砂
 切割情形：中等深度
 洪水限制情形：嚴格

圖二 (之二) 、河道型態命名及其依據 (資料來源：Rosgen 1985)



河道型態 B3



總述：中等坡度，不安定的小型石頭河道
 地形／土壤：陡到堆積初成之中等坡地，邊坡不安定；沉積之沙石及未固結的粗型物質堆質而成。

斜坡率：1.5 ~ 2.5 %

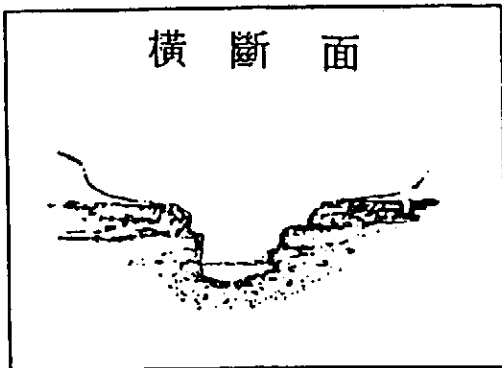
曲率：1.3 ~ 1.7

寬／深比：8 ~ 20 ($\bar{x} = 12$)

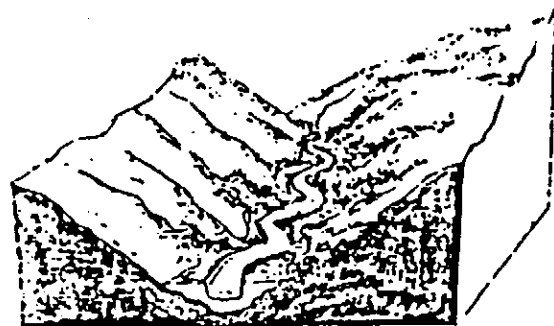
河道組成：小型巨石，卵石，礫石及砂

切割情形：中等深度

洪水限制情形：嚴格



河道型態 B4



總述：中等坡度，不安定的小石子／沙床河道

地形／土壤：不安定的邊岸；無粘性的細質沉積土

斜坡率：1.5 ~ 2.5 %

曲率：1.5 ~ 1.7

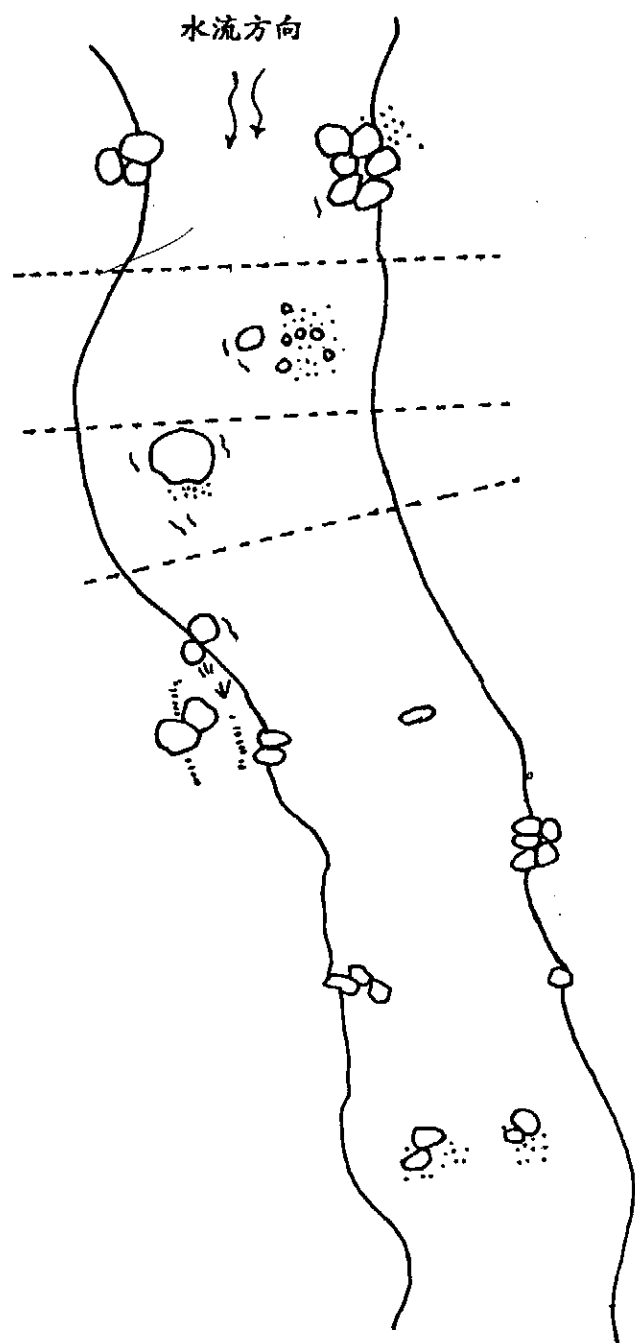
寬／深比：8 ~ 20 ($\bar{x} = 10$)

河道組成：礫石，砂及些許淤泥

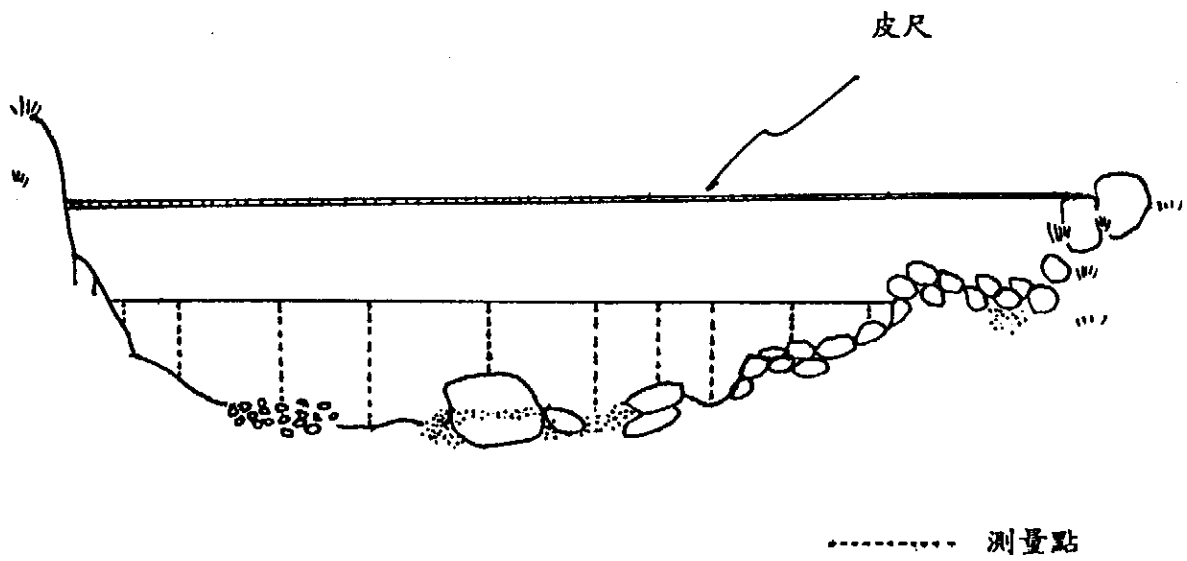
切割情形：深

洪水限制情形：嚴格

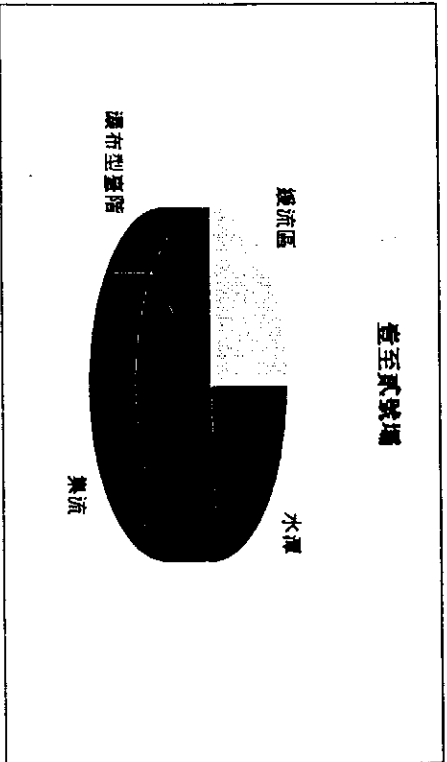
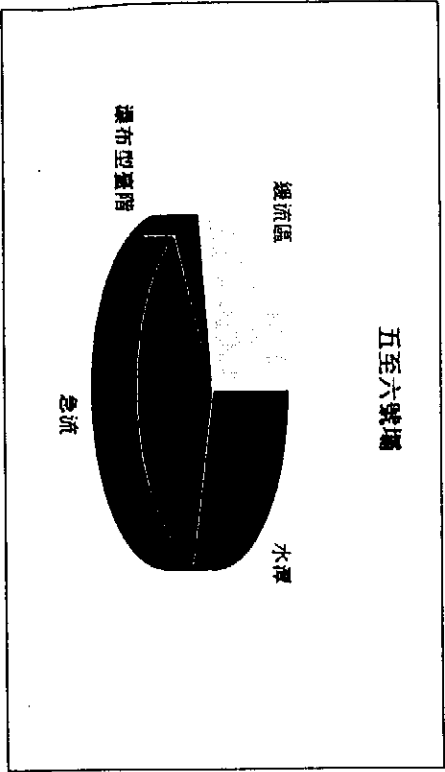
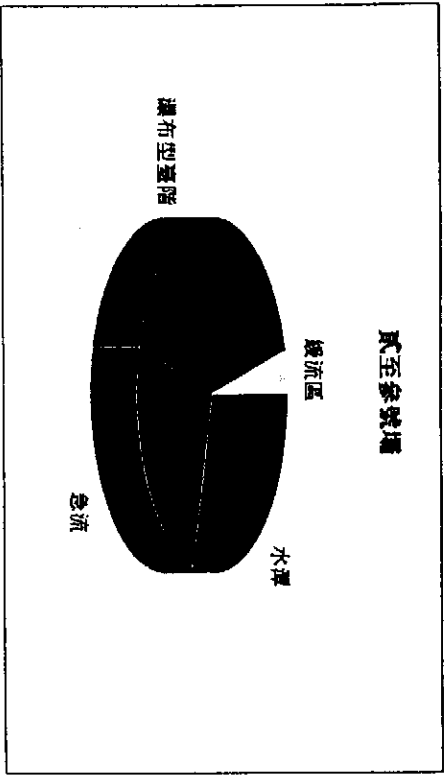
圖二(之三)、河道型態命名及其依據 (資料來源：Rosgen 1985)



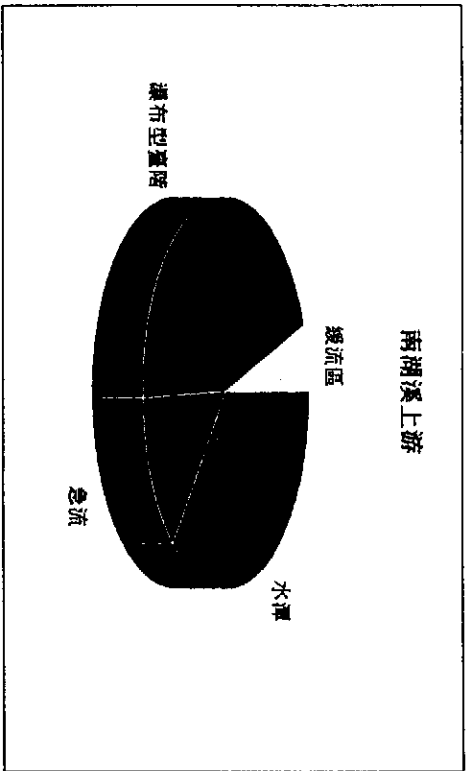
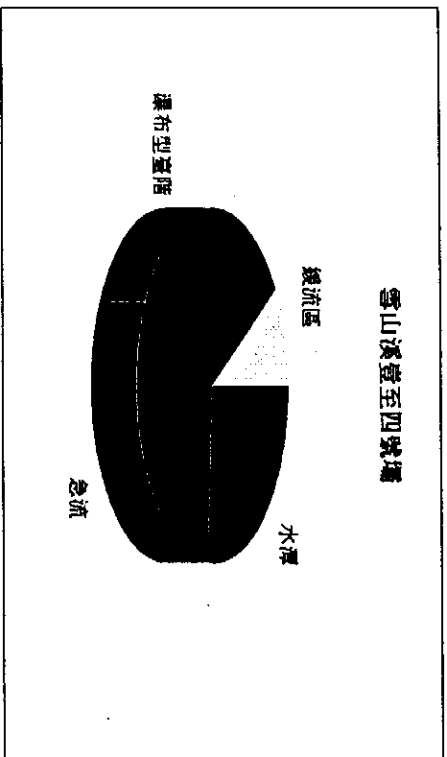
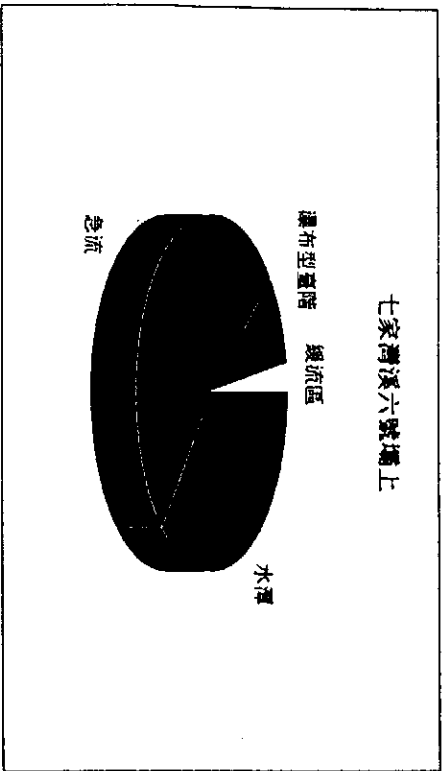
圖三、中型棲地內可列為穿越線之位置



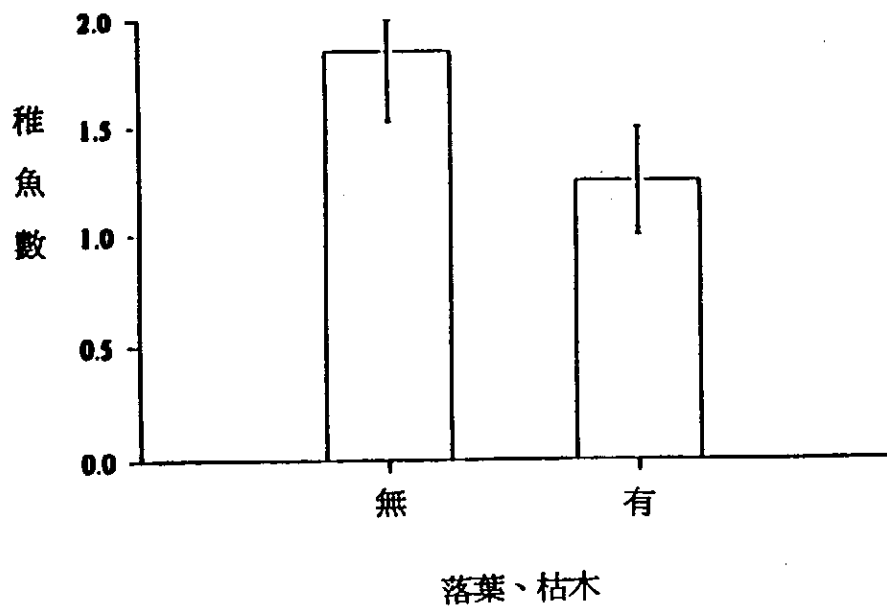
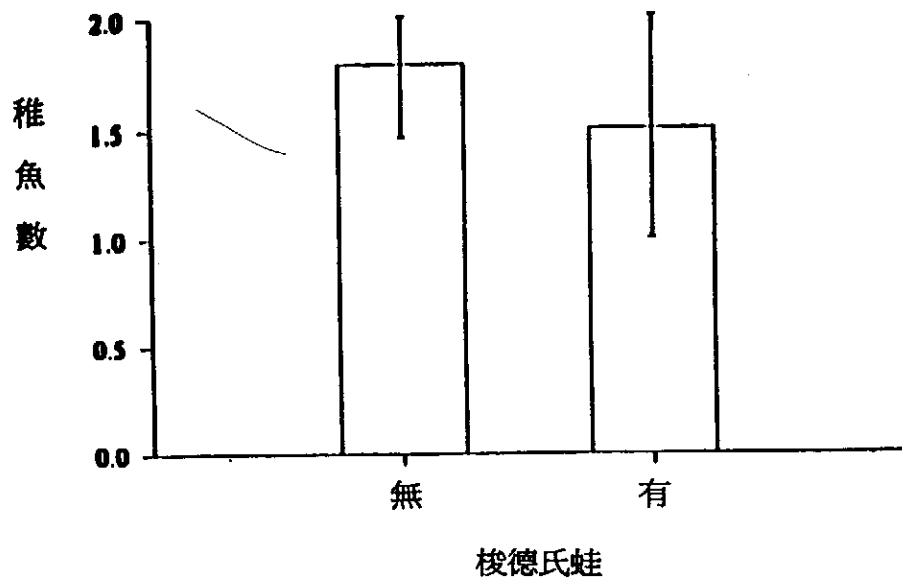
圖四、穿越線上各測量點位置之分配



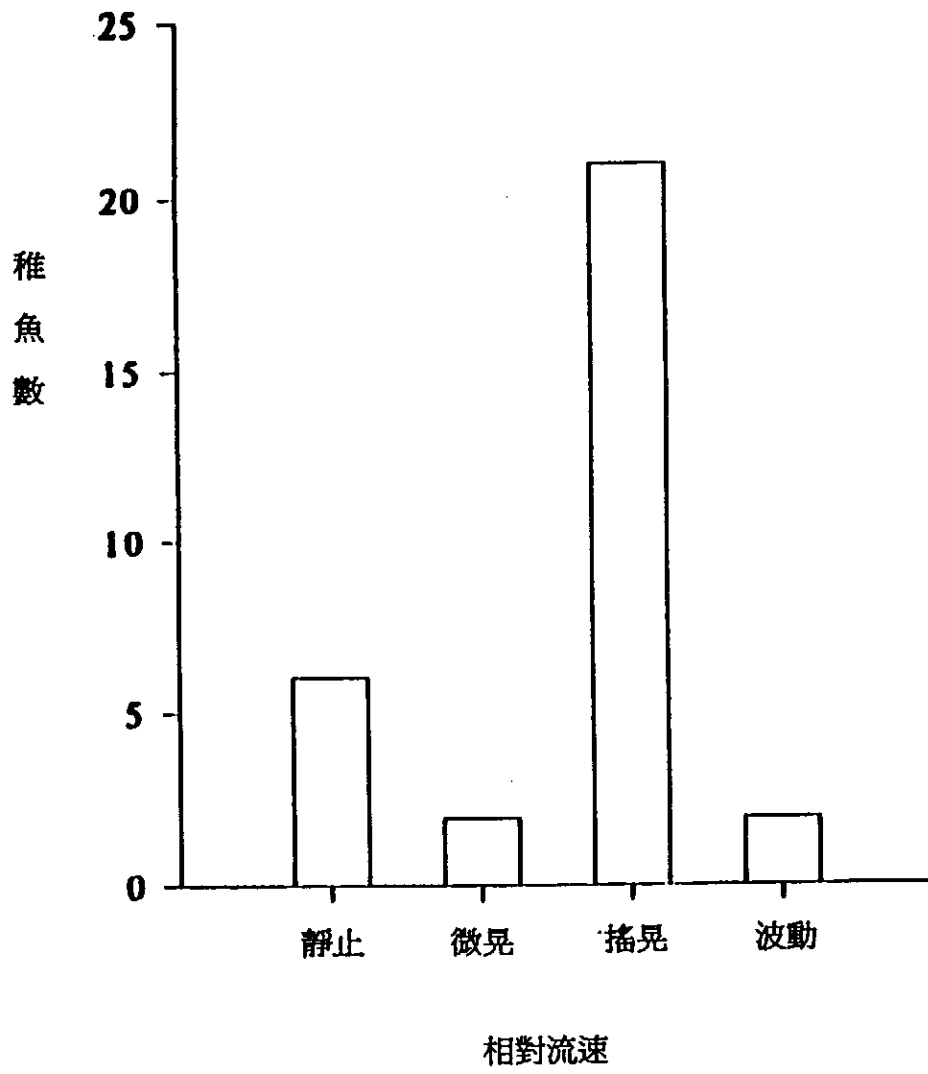
圖五、櫻花鉤吻鮭分布區域內中型棲地分析



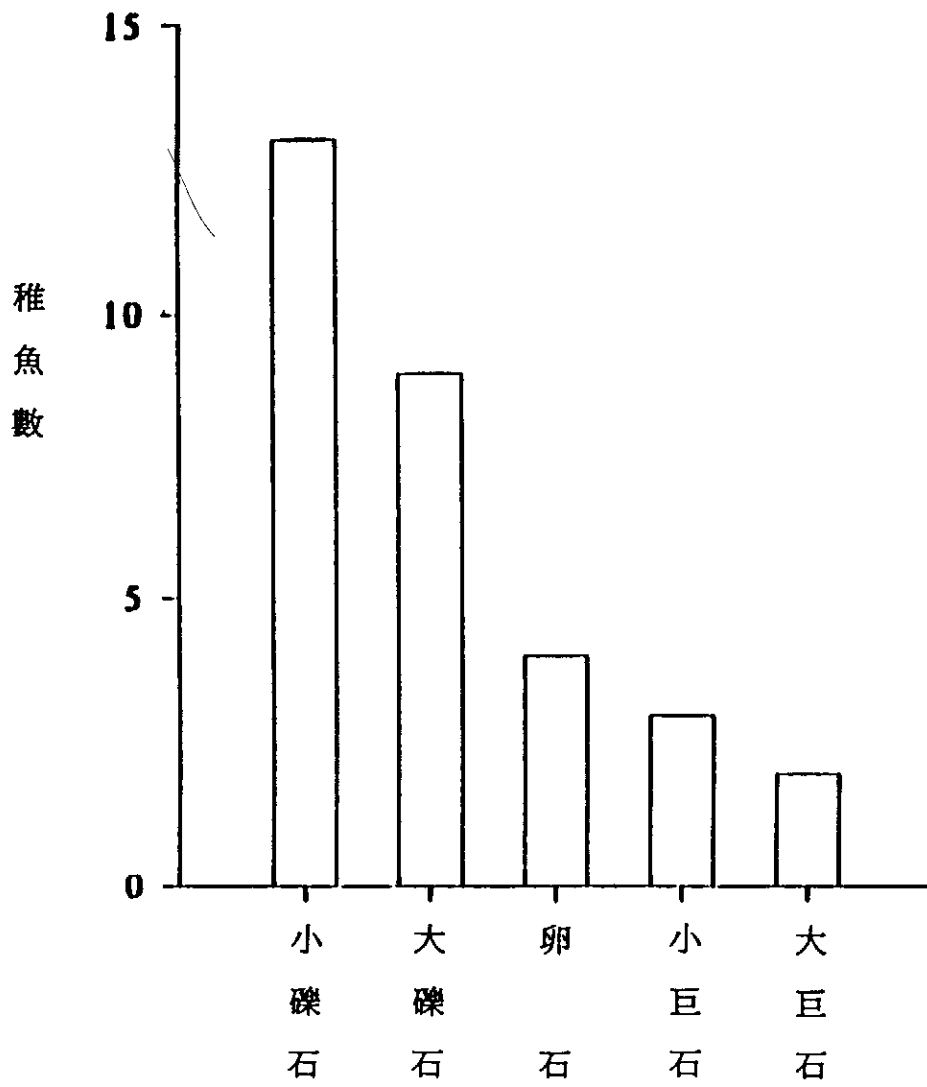
圖六、櫻花鉤吻鮭分布區域外中型棲地分析



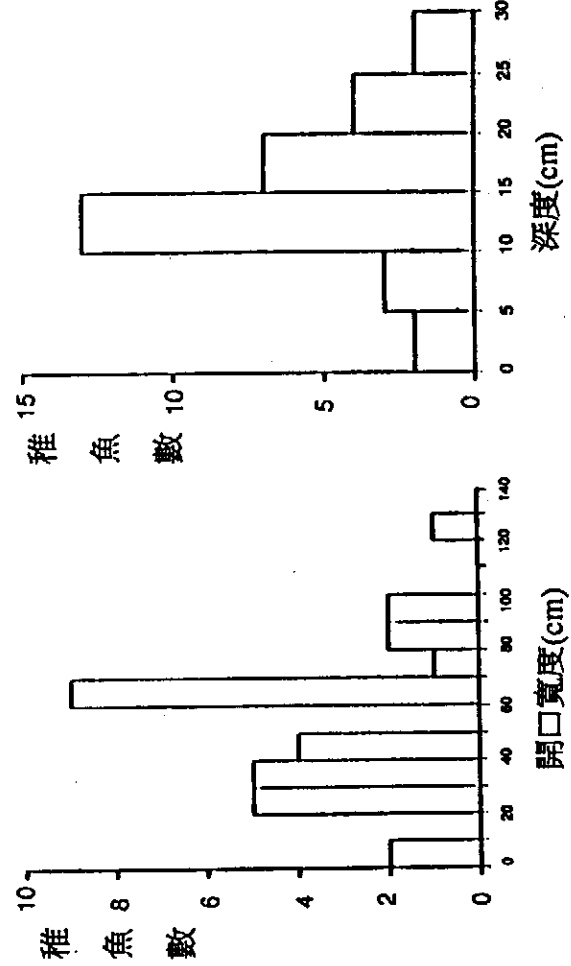
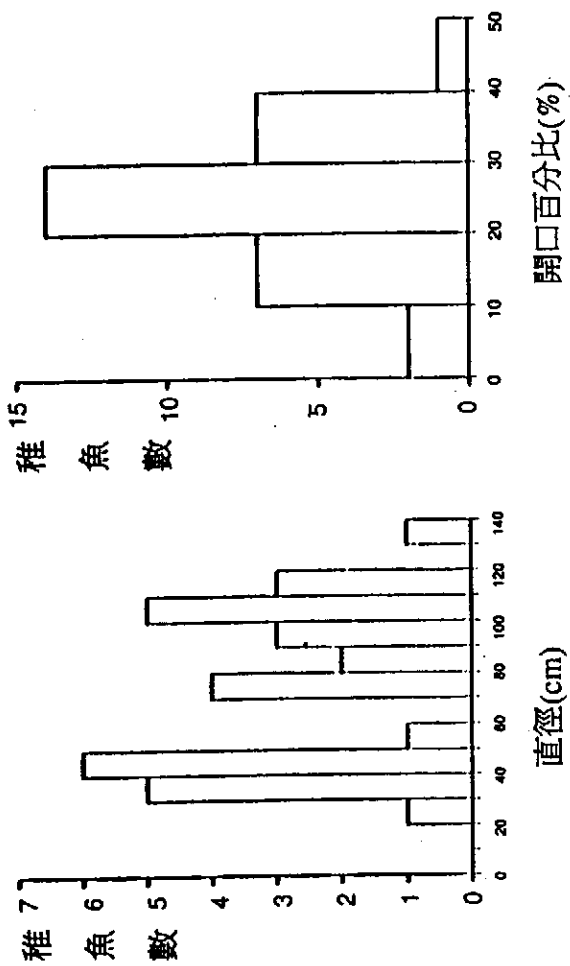
圖七。櫻花鉤吻鮭稚魚數量，與梭德氏赤蛙蝌蚪 (*Rana sauteri*)、落葉枯木有、無的關係。



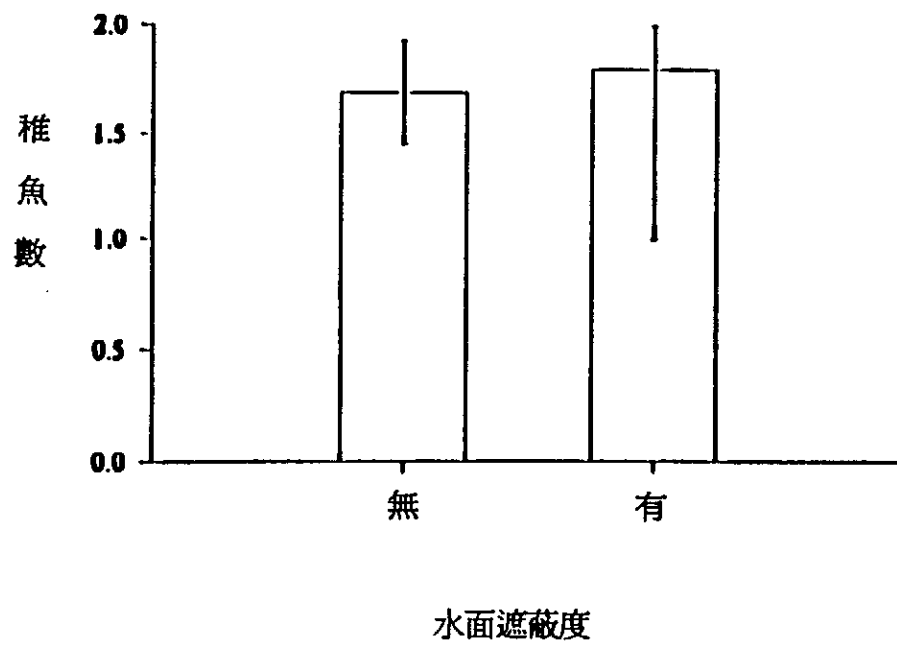
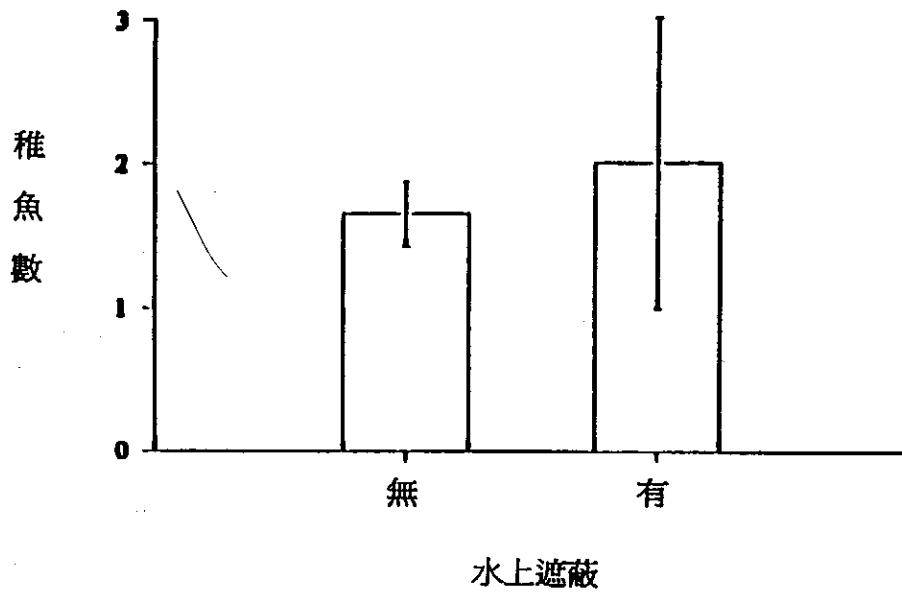
圖八·櫻花鉤吻鮭稚魚數量與相對流速 (Relative velocity) 的關係。



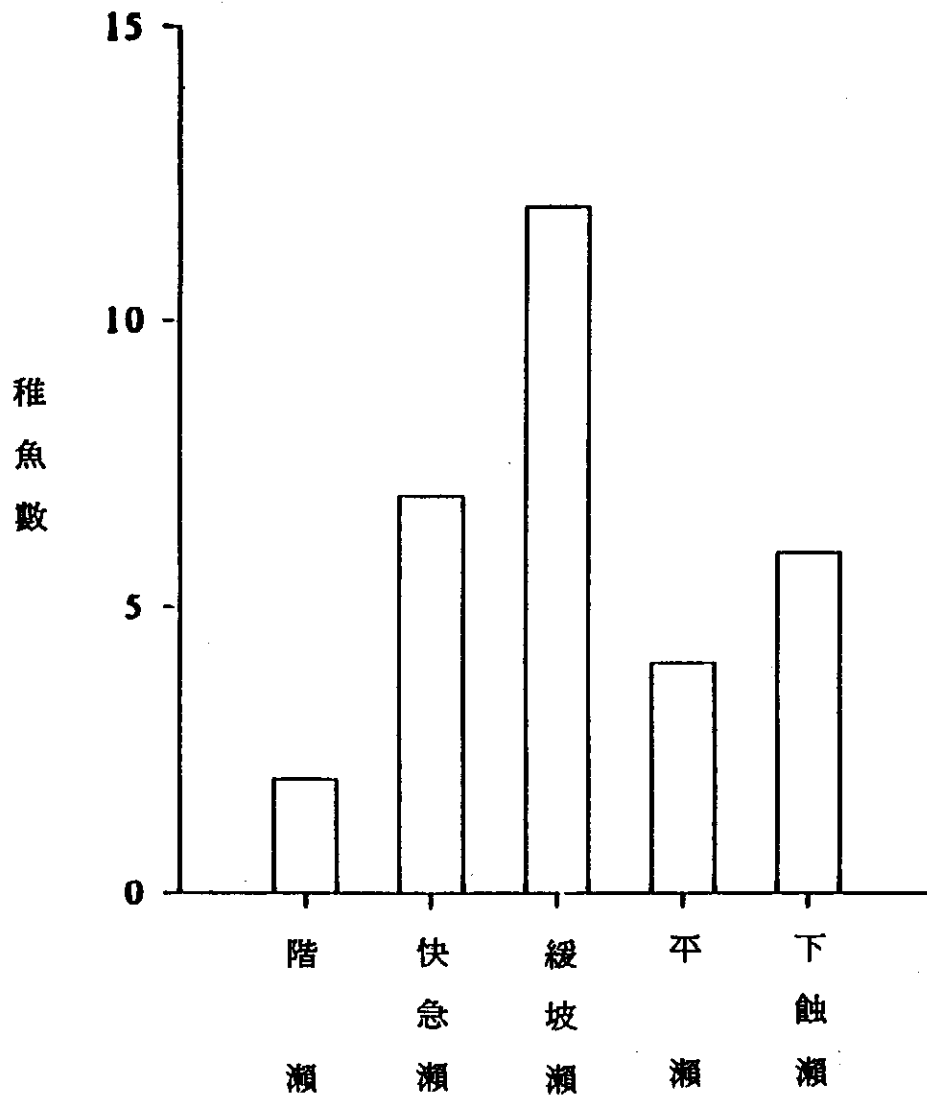
圖九。櫻花鉤吻鮭稚魚數量與底質石主要組成大小 (main substrate size) 的關係。



圖十 櫻花鈎吻鮭稚魚數量與微棲地物理結構因子的關係；微棲地物理結構因子包括深度 (depth)、直徑 (diameter)、開口寬度 (Length of opening) 與開口百分比 (percentage of opening)。

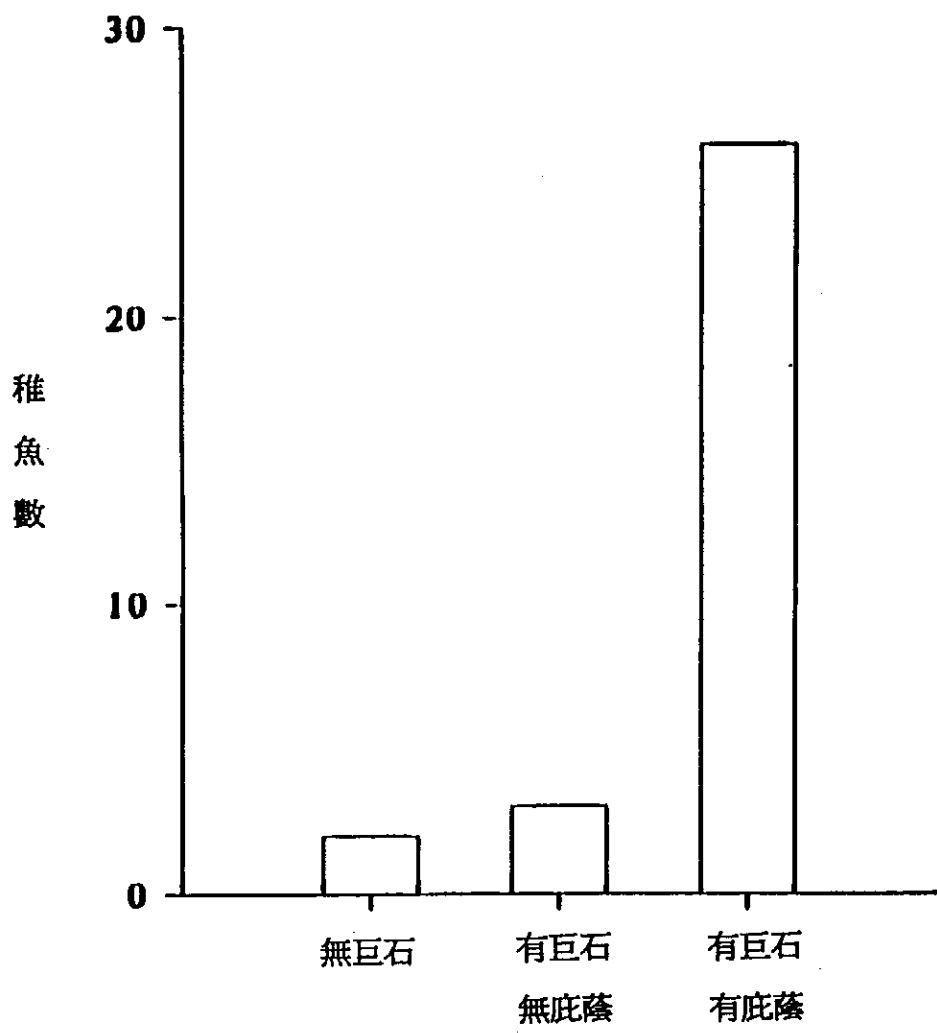


圖十一 櫻花鉤吻鮭稚魚微棲地位置中有、無 (A) 水面遮蔽度 (surface cover) 與 (B) 水上遮蔽度 (cover above surface) 的平均稚魚數量之差異。



溪流棲地型態

圖十二 櫻花鉤吻鮭稚魚數量與其微棲地旁溪流棲地型態的關係；棲地型態，包括「階瀨」(cascade)、「快急瀨」(rapid)、「緩坡瀨」(low gradient riffle)、「平瀨」(glide) 與「下蝕潭」(plunge pool)。



大 巨 石 庇 蔭 效 應

圖十三 有無大巨石庇蔭效應之櫻花鉤吻鮭稚魚數量頻度。

表一、七家灣溪中型棲地分析
(壹號壩至參號壩)

棲地型態	貳號壩至參號壩		壹號壩至貳號壩	
	溪段長(m)	百分比(%)	溪段長(m)	百分比(%)
水潭	475.6	29.7	618.2	24.0
急流	392.6	24.5	952.2	37.0
瀑布型臺階	672.4	42.0	367.1	14.3
緩流	60.7	3.8	639.0	24.8
總合	1601.3		2576.5	

表二、七家灣溪中型棲地分析
(五號壩及其上游)

棲地型態	六號壩及其上游		五號壩至六號壩	
	溪段長(m)	百分比(%)	溪段長(m)	百分比(%)
水潭	351.9	36.6	173.2	29.5
急流	508.3	52.8	219.9	37.4
瀑布型臺階	77.5	8.1	31.7	5.4
緩流	24.2	2.5	163.1	27.7
總合	961.4		587.9	

表三、雪山溪中型棲地分析 (壹號壩至四號壩)

棲地型態	參號壩至四號壩		貳號壩至參號壩		壹號壩至貳號壩	
	溪流長 (m)	百分比 (%)	溪流長 (m)	百分比 (%)	溪流長 (m)	百分比 (%)
水潭	123.6	30	197	31	83.5	17
急流	227.4	55	145	23	111.6	23
瀑布型臺階	27.4	7	241	38	243.7	50
緩流	31.5	8	52	8	53.2	11
總合	410.0		635		492.0	

表四、南湖溪上游中型棲地分析

棲地型態	溪流長 (m)		溪流範圍 (m)		平均溪寬 (m)	
	溪流長 (m)	百分比 (%)	溪流範圍 (m)	百分比 (%)	平均溪寬 (m)	百分比 (%)
水潭	706.5	36.2	4.0	--12.5	8.2	
急流	259.0	13.3	1.8	--12	5.5	
瀑布型臺階	880.9	45.2	6.0	--13	8.8	
緩流	104.1	5.3	11.0		11.0	
總合	1950.5					

表五、櫻花鉤吻蛙族群分布與七家灣溪中型棲地間之關係

棲地型態	貳號壩至參號壩		壹號壩至貳號壩	
	櫻花鉤吻蛙體長 大於 20 cm	櫻花鉤吻蛙體長 小於 20 cm	櫻花鉤吻蛙體長 大於 20 cm	櫻花鉤吻蛙體長 小於 20 cm
水潭	73(4.1)	79(4.4)	152(8.4)	278(15.4)
急流	1(0.1)	4(0.5)	13(0.7)	52(2.6)
瀑布型臺階	28(3.1)	23(2.6)	24(1.5)	76(4.8)
緩流	2(2)	1(1)	13(1.9)	50(7.1)

*括弧內數量為各型棲地內每次潛水觀察所可能發現的櫻花鉤吻蛙數量

表六、櫻花蚋吻鮭稚魚與微棲地。微棲地因子包括棲地型態(habitat type)、相對流速(relative velocity)、水上(above)、水表(on)及水下遮蔽(below cover)的程度；以及主要底質(main subs.)、微棲地小潭的直徑(Diam.)、深度(depth)、開口寬度(opening leng.)與開口對小潭圓周的百分比(%)。

Fry No.	Block No.	Leaf stick	Habitat Type	Relative velocity		Cover		Main Subs.	Daim. (cm)	Depth (cm)	Opening Leng.	Opening %
				Above	On	Below	Subs.					
3	0	A	PLN	2	A	A	2	4	45	18	45	25
1	1	P	RAP	0	A	A	2	2	80	18	30	10
1	2	P	CAS	2	A	P	2	2	72	15	5	2
1	2	A	CAS	3	A	P	2	3	70	21	67	25
2	4	P	GLI	2	A	A	2	3	77	16	67	25
1	11	A	PLN	3	P	P	2	3	80	14	80	35
1	12	A	PLN	2	A	A	0	6	90	4	88	25
1	13	A	PLN	1	A	A	0	6	130	11	65	15
1	14	P	RAP	1	A	A	1	4	35	3	3	1
5	15	A	GLI	2	P	P	2	3	107	14	25	10
1	15	A	GLI	2	P	P	1	3	20	7	35	25
1	16	A	GLI	2	P	P	2	3	50	7	120	25
3	17	A	LGR	2	A	A	2	5	35	23	35	35
2	18	A	LGR	2	A	A	2	3	90	26	90	20
3	18	A	LGR	2	A	A	2	2	110	12	65	20
2	18	A	LGR	2	A	A	2	2	40	10	60	35
1	19	A	LGR	2	A	A	1	2	30	6	70	45
1	19	A	LGR	2	A	A	2	3	40	10	45	35



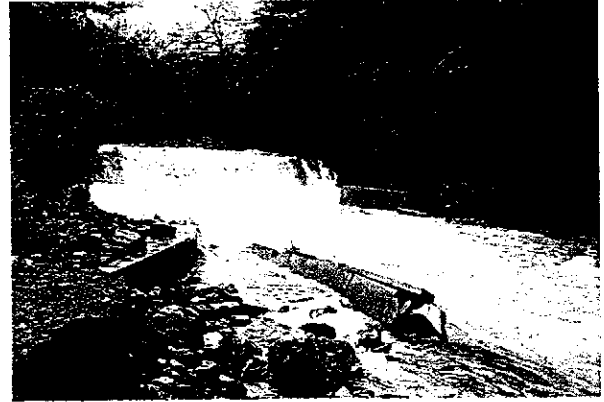
圖片 1 櫻花鉤吻鮭是世界鮭鱒魚類分布的第二南限



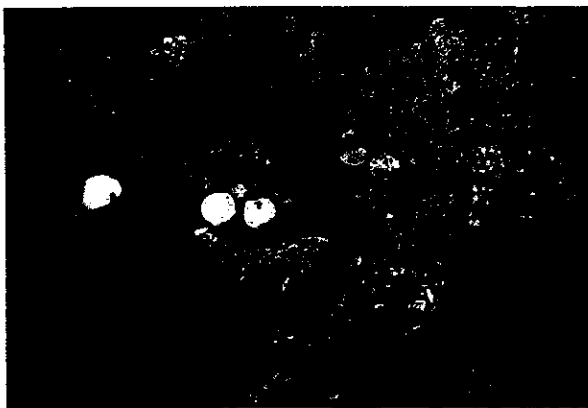
圖片 2 目前櫻花鉤吻鮭僅在武陵農場七家灣溪內有所發現



圖片 3 本省夏秋兩季颱風常挾帶洪水



圖片 4 寶莉颱風期間，洪水沖毀復育中心的人工引水道



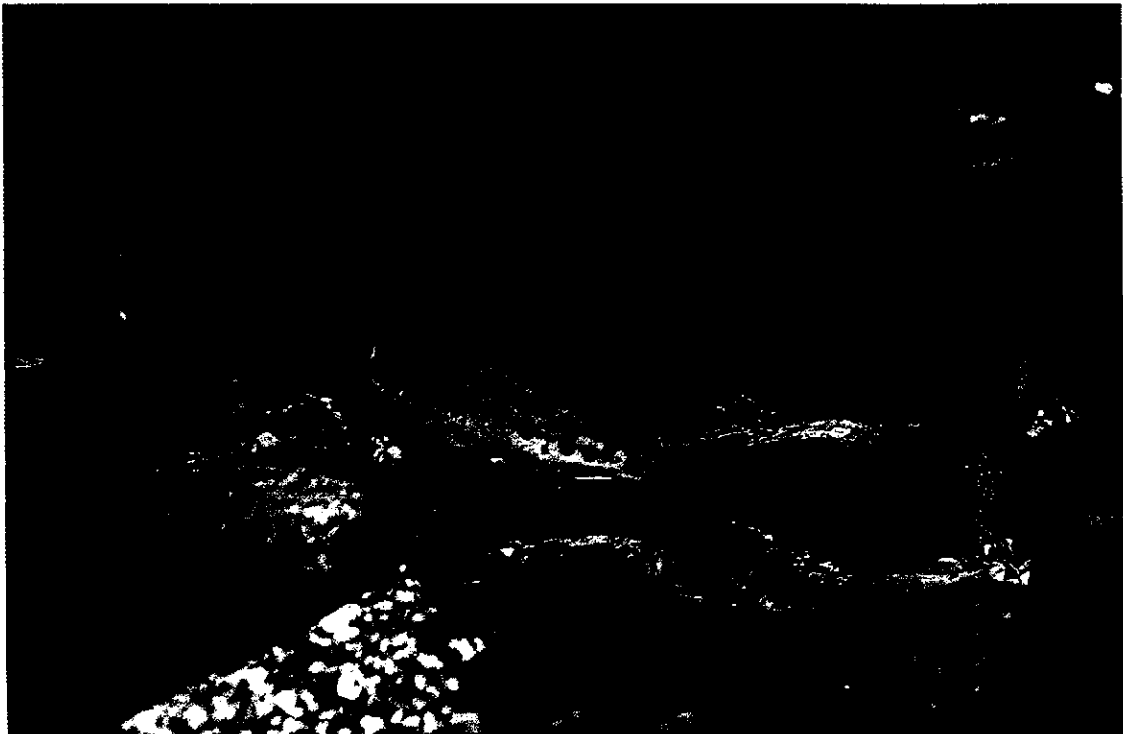
圖片 5 洪水挾帶的大量泥砂，堆積在產卵場內，增加了鮭魚卵的死亡率



圖片 6 研究人員以浮潛方式調查魚群



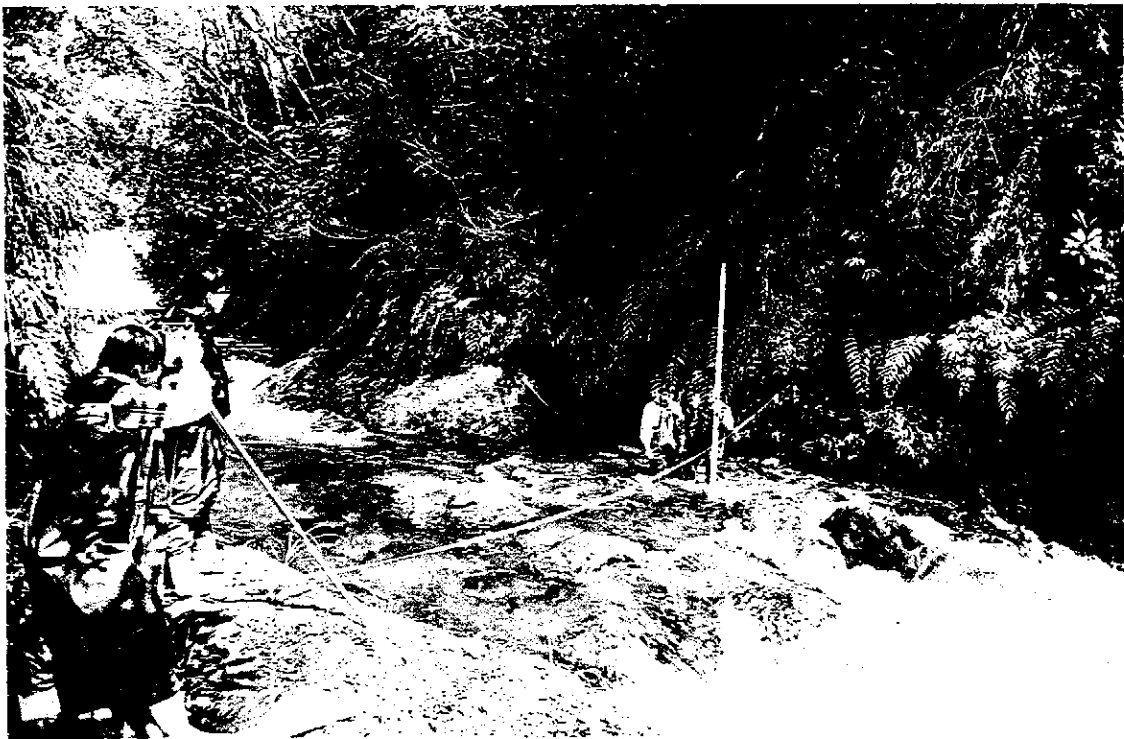
圖片 7 稚魚出現的棲地，多是由石塊圍成的淺潭



圖片 8 溪流內遮蔽 (Instream Cover) 乃鮭魚選擇棲息位置時的重要物理因子



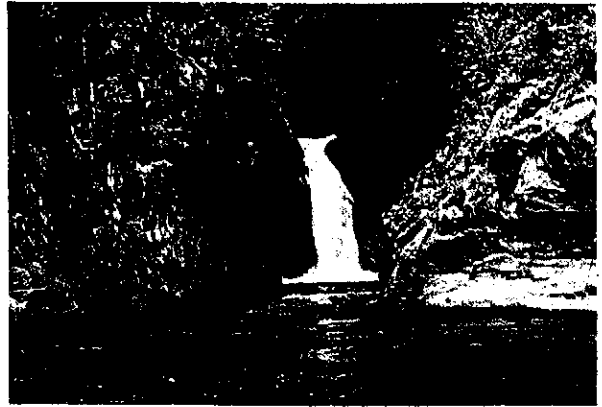
圖片 9 研究人員在穿越線上測量流速



圖片 10 研究人員以水準儀測量溪流橫剖面、水平面，並估算斜坡率



圖片 11 溪流調查時，遇到攔砂壩，研究人員往往得繞道而行



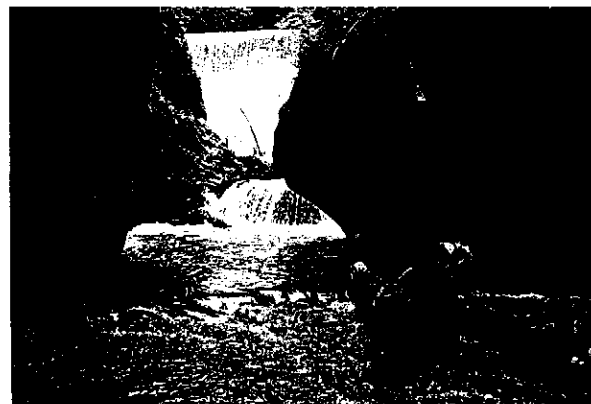
圖片 12 七家灣溪陸號壩上方源流處的瀑布及水潭



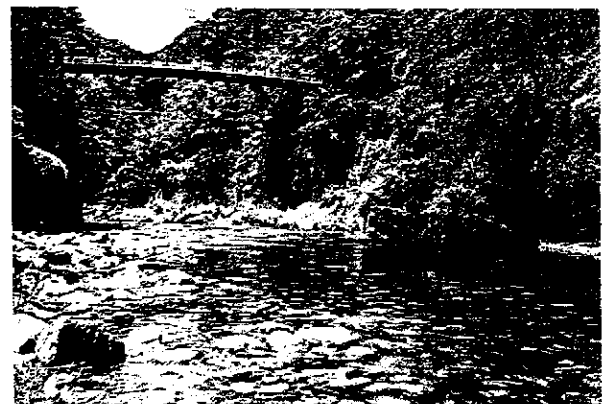
圖片 13 七家灣溪陸號壩上游溪流環境



圖片 14 七家灣溪陸號壩上游顯著的水面落差



圖片 15 七家灣溪陸號壩下方的水潭是櫻花鉤吻鮭分布的上限



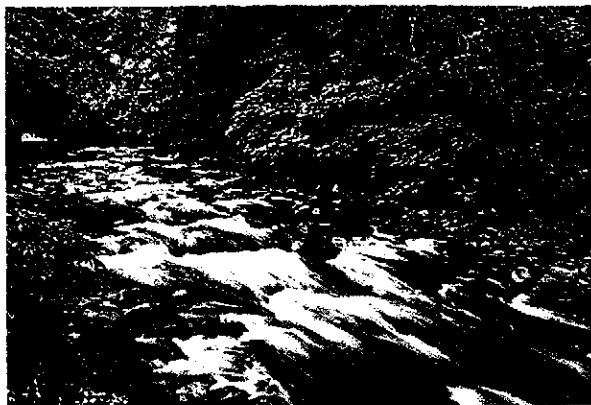
圖片 16 七家灣溪伍至陸號壩間不乏如吊橋區般，良好的生殖場地



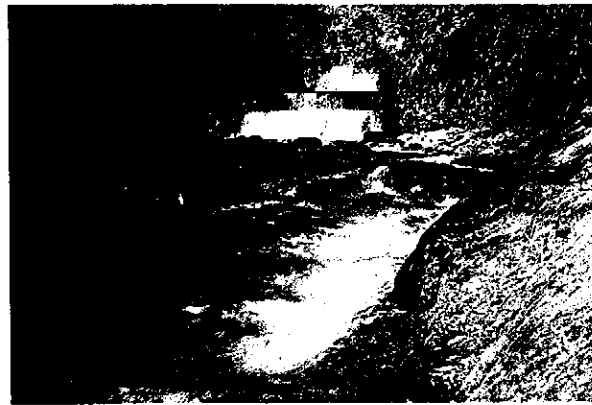
圖片 17 雪山溪水源部份來自雪山的雪水



圖片 18 雪山溪具備良好的覆蓋，水溫可較七家灣溪低 $1-2^{\circ}\text{C}$



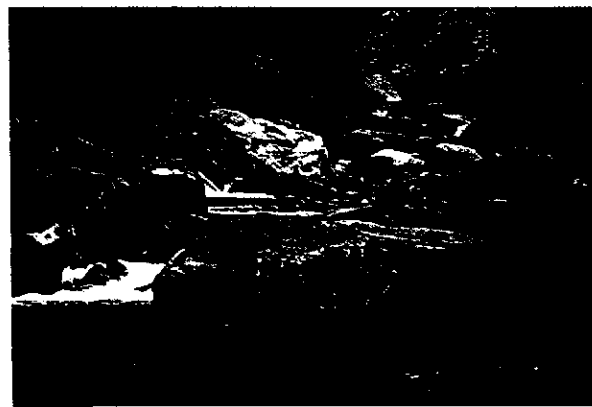
圖片 19 雪山溪多瀑布型臺階



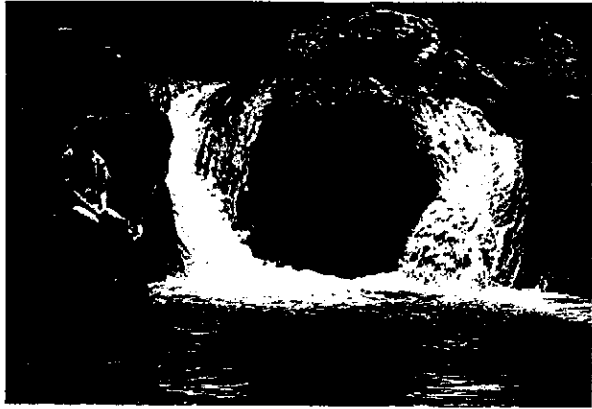
圖片 20 雪山溪各攔砂壩間距離甚短，僅在500公尺左右



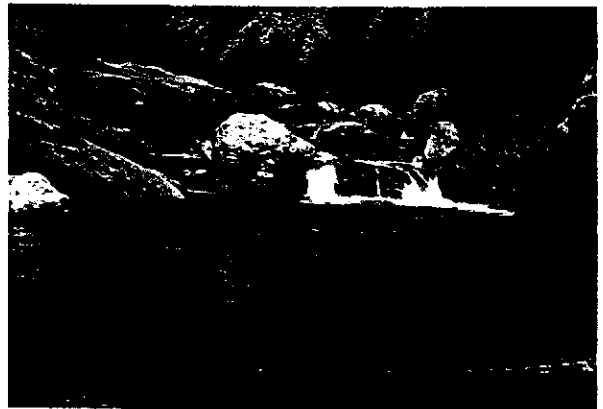
圖片 21 南湖溪上游需步行八小時以上才可到達



圖片 22 南湖溪上游河床多大型巨石



圖片 23 南湖溪上游類似七家灣溪陸號壩上游，隨處可見顯著的水面落差



圖片 24 南湖溪上游亦有極高比例的水潭區



圖片 25 颱風期間的洪水，對溪流物理環境的衝擊



圖片 26 洪水下降2小時左右，七家灣溪即恢復清澈



圖片 27 有勝溪在洪水過後仍濁流滾滾



圖片 28 農民在有勝溪上游與溪爭地，卻難逃大自然的負面衝擊