

The Theory and Technique of In-depth Interview : A Case Study of Shuttle-Bus in Yangmingshan National Park

Wen-Chin Huang^(1, 3) and Yann-Jou Lin⁽²⁾

(Manuscript received 24 September 1998 ; accepted 28 October 1998)

ABSTRACT: The in-depth interview, by means of conversation with some representatives, is one of the qualitative research methods that have made great achievements on the studies of feminist, society and cultural differentiation. According to researches, the in-depth interview can be divided into three methods: (a)informal conversational interview; (b)general interview guide approach; and (c)standardized open-ended interview. The issues of interview include experience and behavior, opinion and values, feeling, sensory, knowledge, personal background and demographic. Concerning a successful in-depth interview, experienced and well-prepared interviewers and proper sampling of representatives are required. Finally code all the quotation or the whole transcription by means of grounded theory.

The case study of in-depth interview on shuttle-bus program in Yangmingshan National Park, is trying to find the unique and different opinions from some comprehensive samples, including the policy makers, park managers, planners, experienced tourists, and ordinary tourists. The issues of interview relate to tourism policy, park management, plan, tourists' experience, facilities, and the environment. The results of the study show that high percentage of the interviewees support the shuttle bus program in Yangmingshan National Park. Their improvement suggestion aims at: (a)well-designed ecotour in national parks for two-day weekend; (b)the participation of NGO (Non-government Organization); (c)reducing further construction; and (d)safety, etc..

KEYWORDS: Qualitative Research, In-Depth Interview, Shuttle Bus, Grounded Theory.

七家灣溪河床棲地改善之試驗研究

段錦浩⁽¹⁾、連惠邦⁽²⁾、葉昭憲^(3, 4)

(收稿日期：1998年8月5日；接受日期：1998年11月26日)

摘 要

由於稀有動物保育意識逐漸受重視，政府乃將國寶魚櫻花鉤吻鮭復育列為重點計畫，其中又以防砂壩阻礙魚類迴游路線的問題需迫切解決，雖曾有魚道之設計，但並不成功。本研究為瞭解防砂壩改善成滯洪壩後，對棲息環境之影響及其改善效果，故利用室內水工模型試驗針對河床深槽線形成以及泥砂輸出歷線進行觀測。根據試驗之結果，本研究認為以拆除部分壩體作為恢復河川魚類生態棲地環境之作法，對溪流安定及泥沙輸移均未造成激烈之衝擊，具有相當的可行性。若以不同拆除型式及拆除方式進行改善工程後，壩體上下游之坡度增率、淘刷深度、深槽形成、排沙增率及泥沙濃度增率等河床變化為考量因素，本研究認為最佳之改善方式為分次將雪山溪四號防砂壩改造成具梯形開口之滯洪壩。根據水文條件及櫻花鉤吻鮭之生物特性，本研究建議最適當之施工時間應為梅雨季來臨前三、四月份。

關鍵字：櫻花鉤吻鮭、河床棲地改善、滯洪壩、模型試驗。

一、前 言

在日據時代，日人於民國 27 年曾將櫻花鉤吻鮭列為天然紀念物，規定在此魚生存範圍 300 公尺內，禁止砍伐林木及變更地形，當時魚類分布，舉凡有勝溪、雪山溪，士家灣溪迄梨山附近，均有其蹤跡，而目前卻僅於武陵農場附近七家灣溪及雪山溪，但在此二溪流中，共有壩高在 5 公尺以上之防砂壩十一座，而且均積滿砂石，櫻花鉤吻鮭絕無可能越過，所以這些防砂壩已將其生存區域切割成十餘個分離區域，不但減少彼此間交配機會，對維持櫻花鉤吻鮭基因之多樣性有妨礙，也容易使各地區分立的族群遭到絕滅的危機(林曜松、梁世雄，1990)。

根據林曜松、梁世雄(1990)之研究，有關鮭、鱒魚類良好生存條件應包括：低水溫(16°C 以下)，高溶氧(6ppm 以上)，水量充沛，覆蓋充分，無脊椎動物數量豐富，無污染與底質適於產卵、孵化及護育。而影響其生存的人為因素計有：火災、森林的砍伐、不良的農耕、過度放牧、污染、開礦、水災、人為或自然的乾旱、築壩、游淤泥

1. National Park Department, Construction and Planning Administration, Ministry of Interior. 15F, No.333 Sec.2 Dun-Hwa S. Rd., Taipei 106, Taiwan, Republic of China.

2. Department of Horticulture, National Taiwan University, Taipei 106, Taiwan, Republic of China.

3. Corresponding author.

1. 國立中興大學水土保持系，台中市 40227 南區國光路 250 號。

2. 私立逢甲大學水利工程系，台中市 407 西屯區文華路 100 號。

3. 私立逢甲大學土地管理系，台中市 407 西屯區文華路 100 號。

4. 通信聯絡員。

及溶氧降低與河川改道等。以棲息環境因子之改變，中研院張崑雄 (1990) 將之區分為物理性、化學性和生物性三方面。就物理性的改變而言，包括建造攔河堰、水庫、水閘以及森林或河岸植物的大量砍伐，或是其它開墾性的活動等。對櫻花鉤吻鮭而言，棲息環境因子之改變主要來自於物理性改變，其中以水溫變化與族群阻隔為更為明顯。而造成溪流溫度改變的原因，可大致分為幾種 (林曜松、梁世雄，1990)：(1) 氣溫的異常變化；(2) 溪流附近的開發；(3) 砍伐森林；(4) 人工水庫的建造。然而，族群阻隔的主要因素則為防砂壩之設置。一般而言，防砂壩建立後，壩後便因攔阻而形成水潭；可能造成：(1) 將產卵區和設育地淹沒；(2) 湖泊型態的環境，減緩幼年魚的游泳速度，造成洄游上障礙；(3) 產生某些不想要的魚類。但對櫻花鉤吻鮭的情況而言，防砂壩除了造成的水溫升高現象導致的七家灣溪中下游河段 (二號壩以下) 櫻花鉤吻鮭繁殖期的受精卵高死亡率外，並且導致遺傳多樣性貧乏 (曾晴賢，1997)。

魚類棲地改善工作之目的在於避免或解決棲地環境惡化的問題，並增加溪流承载力，以蓄集更多的魚類資源。而常見之棲地改善作法可歸納為四類：(1) 魚梯工程魚道設施；(2) 植生工法；(3) 木、石、網、籠棲地改善設施；以及(4) 其它方法如構築柵欄、鐵刺網等藩籬阻隔牲畜、野生動物或人類活動以保護水源、水質及魚類棲地 (邱健介，1990)。國內之棲地改善研究以本研究第一作者之相關研究較具代表性，在名為「大甲溪水潭水文及河道疏濬及沖淤研究」(段錦浩，1993) 中，應用四種方式來進行棲息地改善工程：開口式輪胎壩；堆石丁壩；開口式堆石壩以及河道挖濬。其中，開口式輪胎壩除如預期地產生沖刷坑外，其上游亦因束流而出現滯洪坑，針對魚類棲息地而言效果最佳。

然而滯洪壩在外形上類似傳統之重力式防砂壩或鋼筋混凝土擋土牆，但與前述兩種防砂構造物之最大差別在於壩體中央之開口。滯洪壩在經過一段時間後，壩體上下游之河床型態也會產生變化 (見圖一)。在壩體上游會形成一個半碗形的滯洪坑，而在滯洪坑的上游處則是一條具梯形斷面的沖刷槽，在下游處則會產生一個橢圓形之沖刷坑，而在沖刷坑的下游面則是一個半月形的堆積丘。而這些特殊河床型態的尺寸則與開口寬度(W)、單位寬度流量(q)、有效壩高(H)及原河床坡度(S)有關 (葉昭憲、段錦浩，1994)。因此本研究認為可將原有之防砂壩在壩體中央開設直抵壩基之開口而形成滯洪壩，如此不僅可為櫻花鉤吻鮭提供迴游至上游之通道，同時也製造了低溫的深潭棲地。然而，為瞭解此改善工程在試驗壩址對附近河床型態之影響，本研究期望藉由室內水工模型試驗之試驗結果以瞭解開口形狀、拆除方式及拆除時機等因素對櫻花鉤吻鮭之影響。研究範圍亦以櫻花鉤吻鮭之分布範圍為主，而實際進行拆除試驗工程之對象則是位於雪山溪之四號防砂壩。

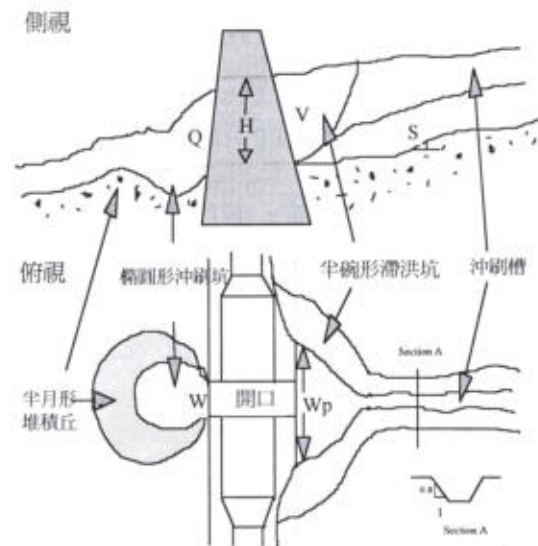


圖1：滯洪壩構築後之河床型態

二、材料與方法

(一) 水文分析

為使室內水工模型試驗能充分模擬現場之水文狀況，本研究首先對試驗區內之水文站進行水文資料收集及分析。經調查，共計有桃山、志佳陽大山、環山、平岩山及思源等五處雨量站及一處流量站：七家灣站。雖然各站之資料長短不一，但皆有二十五年以上之紀錄。根據各站資料之月分佈百分率，各站之水文特性尚稱一致，也就是雨量與流量大多集中於春夏兩季 (四月至九月)。其中，思源站之分佈略不同於其它各站，據判斷應是由於不同受風面所致。若根據水文條件，本研究認為進行防砂壩改造為滯洪壩之最佳時段應在每年十一月至次年二月之間，但此期間亦為櫻花鉤吻鮭之產卵期及幼魚之成長期，故較適當之施工時間應為梅雨季來臨前之三、四月份。

由於缺乏試驗壩址 (雪山溪四號壩) 之流量紀錄，故模型試驗所需之流量歷線必須以設計暴雨加以模擬進行。這過程包含設計暴雨量之決定、降雨分布狀態以及逕流歷線之推導三部分：

1. 設計暴雨量之決定

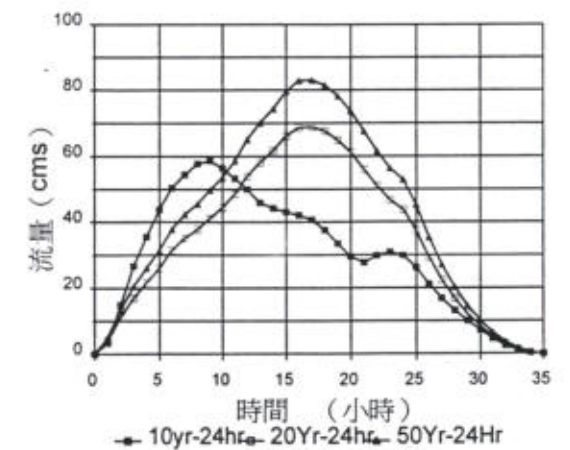
由於試驗壩址位於赤嘉楊大山站之範圍內，故以該站之頻率分析結果作為決定設計暴雨之依據。依照 Log-Pearson III 機率分布函數為主並參考其他機率函數所得之推估結果，頻率為 10 年、20 年及 50 年之 24 小時暴雨分別為 2900、3400 及 4000 公厘。

2. 降雨分布狀態

為了解試驗區之降雨分布狀態，首先蒐集赤嘉楊大山站 75 年至 85 年間之暴雨資料，並將各暴雨之最大 24 小時降雨紀錄加以分離。其次，將這 11 場暴雨之最大 24 小時降雨依其總降雨量分為五類，再計算各小時之降雨百分率，最後獲得不同降雨量下之時間分布曲線。

3. 逕流歷線之推導

為產生設計暴雨之逕流歷線，本研究利用相關研究結果並配合試驗壩址之地文參數 (如集水區面積、主流坡度、主流長度) 來推導該壩址之單位歷線，計有 1967 年吳建民推求本省主要集水區之合成單位歷線、美國土壤保持局 (U.S. Soil Conservation Service) 分析近 500 各大小集水區所得之三角型單位歷線、及陳樹群之三角型單位歷線三種方式。最後，將不同頻率之設計暴雨量分配於 24 小時上，再配合上述三種單位歷線則可產生該壩址之設計流量歷線。比較這些歷線可知，10 年頻率之洪峰流量較 20 年及 50 年頻率之洪峰流量提早七至九小時；而不同單位歷線所推算之洪峰流量，其差異大致在 10cms 之範圍內，而吳建民合成單位歷線 (見圖二) 比其他兩種推算方法能產生圓滑之歷線。



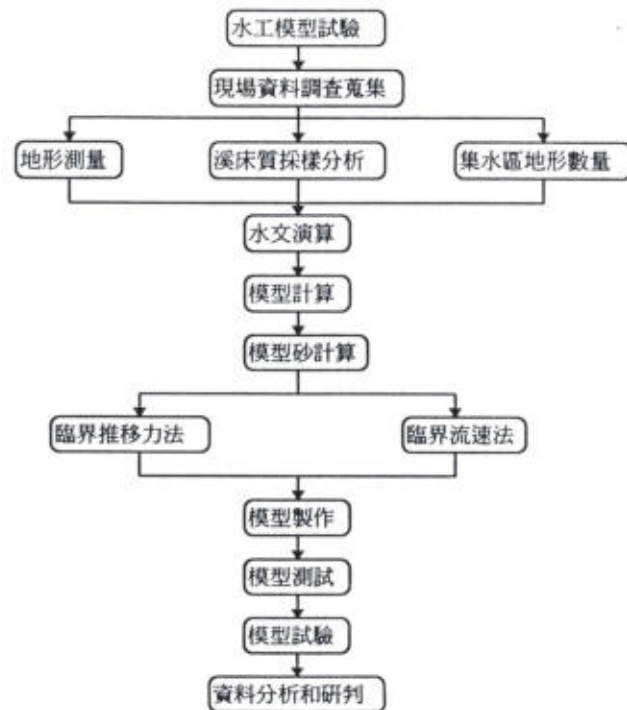
圖二、設計流量歷線

(二) 水工模型試驗

魚類棲息環境之改善可分為(1)生態觀點、(2)水利觀點、(3)水土保持觀點：

- (1)生態觀點：鮭魚主要是以水生昆蟲為食，水生昆蟲又以落葉、藻類為食，這食物鏈中不管是那種因素受到破壞，都會使魚類生存出現問題，另外當施工進行時所造成水流泥砂濃度增加，也是會造成魚類生存環境出現危機的關鍵。
- (2)水利觀點：水流之流速對魚類溯溪上游佔有決定性關鍵，當壩體施工後，其集中水流之流速會對魚類迴游造成影響，當流速過快時魚類不易溯溪迴游；流速過慢時，流量不夠也會造成魚類無法迴游。
- (3)水土保持觀點：由於壩體上下游皆呈現穩定狀態，淤砂坡面已達飽和狀態，因此當壩體進行拆除工作時，其壩體拆除後留下的開口會使上游漸漸出現深槽坑線，此種情況是由於壩體出現開口後，泥砂會隨著開口深度加大而增加其泥砂出淤量，當壩體開口拆除到河床時，深槽坑線將會成有穩定斷面之發生，此穩定斷面將會直接影響岸邊植物入侵之程度，其對於穩定岸坡與提供食物來源有著直接影響，而在拆除期間所造成水體之含砂量增加，對於魚類棲息環境是否會有影響，也是本次試驗需探討的問題。不過，基本上當壩體拆除開口後，可以將壩體間流路打通、增加魚類棲息流域、擴大覓食空間、形成階梯河道，對於魚類棲息環境將有重大之改善。

有鑑於此，本試驗擬以水工模型試驗方式模擬雪山溪四號壩，在壩體不同的開口型式及深度下，探討其上游淤砂流出及其幾何形態對魚類棲息環境之影響。依據試驗目的，為達到壩體及其上游淤砂模型相似之要求，必須進行現場資料蒐集及分析(包括集水區地形數量計算)、水文演算、模型計算、模型砂計算、模型製造、模型測試及其資料分析及研判等工作，(詳見圖三)。



圖三、水工模型試驗工作流程

1. 模型尺寸分析

經由現場調查報告，預定施工地點最大河床寬度約為 20 多公尺，而實驗室中渠槽寬度為 30 公分，因此欲模擬現場整體狀況，則須將現場比例縮尺成 1/70，才能容納現場整體狀況。除此之外，尚須考量泥砂粒徑的比例縮尺，當泥砂之比例縮尺過大時，則試驗容易出現懸浮質，增加量測泥砂出淤量之困難度，因此模型之比例縮尺必須同時兼顧模型與泥砂，在兩者之間取得平衡。

模型試驗必須遵守五個相似條件：

- (1) 重力相似條件： $V_r = \sqrt{H_r}$
- (2) 阻力相似條件： $V_r = \frac{1}{n_r} H_r^{1/5} \sqrt{H_r \frac{H_r}{L_r}}$
- (3) 泥沙起動相似條件(水土保持技術規範第 71 條)： $Q_r = Q_{cr} = d_r^{1.56} \frac{L_r}{H_r}$
- (4) 輸沙量相似條件： $P_r = P_{or}$
- (5) 沖淤時間相似條件： $T_r = \frac{L_r^2 H_r}{P_r}$

式中， V_r =流速； V_o =起動流速； H =水深； n =粗糙係數； L =河流長度； d =固體泥沙顆粒密度； ρ =水體密度； P =輸沙量； P_o =輸沙公式； T =時間； γ_o =混合泥沙比重；下標 r 表原體與模型之比。

根據上述之相似條件，可計算出現場狀況與試驗室中各模擬條件之比例關係(表 1)，而壩體之原型尺寸與模型之長、寬、深比例各為 1/70、1/70 及 1/50。此外，模型試驗中之流量與沖刷時間亦由水文分析與比例縮尺的演算而求得到的結果。

表 1. 試驗條件表

試驗條件項目	原型條件	模型比尺
試驗流量條件	採用現場推算之 50 年頻率暴雨	$Q_r = 24750$
試驗坡度條件	2.79%	3.906%
試驗砂石條件	現場所採樣之土石	$d_r = 30$
試驗時間條件	現場之時間	$T_r = 16$
試驗壩體條件	現場量測之結果	不等比縮尺 ($L_r = 70$ 、 $H_r = 50$)

本次試驗共採用兩種開口型式，一種為寬 3 公分、長 5 公分、深 8 公分之矩形開口，另一種開口形式為上寬 8.8 分、下寬 3 公分、長 5 公分、深 8 公分之倒梯形開口，而拆除的方式則分為一次拆除與分次拆除兩種拆除方式。

2. 模型製作與儀器設備

本次試驗所選定之場地為逢甲大學水工實驗室，試驗中所用的渠槽是採用長 7 公尺、寬 30 公分，渠槽可調整坡度範圍在 0° ~ 20° 之間，本次試驗是模擬現場而進行試驗，所以坡度在模擬試驗時為定值；在流量控制與沖刷時間方面，是以閘門控制水流流量與沖刷時間。模型砂之泥砂粒徑是以比例縮尺後所得出之結果，以現場採集之土砂為主再搭配其他級配粒徑之土石而成。

三、結果與討論

試驗結果之分析，主要在於觀察各種因壩體拆除開口後而發生之現象，可分為壩體上游淤砂坡度之變化、壩體上游河床淘刷之深度、壩體上游深槽線之形成與發展以及輸砂量分析等四項。

(一) 壩體上游淤砂坡度之變化

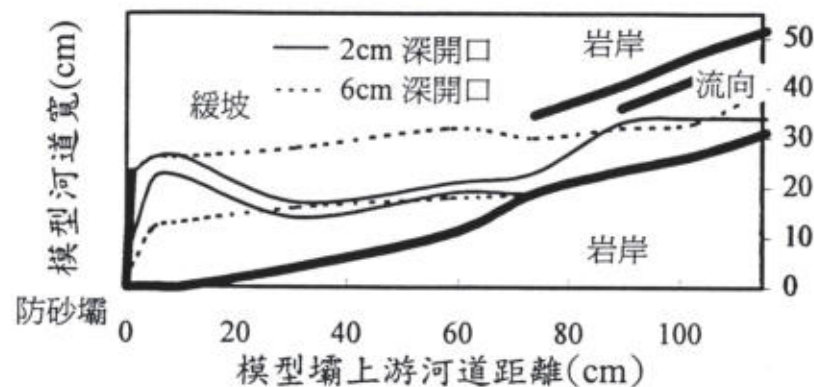
深槽之平均坡度為試驗後上游河床最後所形成之平均坡度，而此深槽亦為壩體拆除開口後之自然河道，當最後河道平均坡度愈陡時，水流就會愈急速，此時對於魚類要迴游上溯則會增加其困難度。整體而言，深槽之平均坡度與壩體拆除方式之關係並不顯著，然而拆除深度對河床最終平均坡度的影響較大，不管何種開口型式，其河床最終平均坡度都會隨著拆除深度的增加而變陡峭，但其坡度增加的倍數與拆除深度之增加倍數並未呈正比例。而在開口型式方面，試驗結果顯示以梯形開口所得之平均坡度較緩。

(二) 壩體上游河床淘刷之深度

為瞭解開口型式與拆除方式對河床淘刷深度之影響，故利用渠槽上、中、下游之特定斷面為進行斷面量測。上游河床之淘刷深度大致會隨著壩上游可沖刷範圍之增加以及開口深度之增加而加深，而壩上游可沖刷範圍會隨著拆除方式不同而產生變化，而開口型式對上游之淘刷深度的影響，大致上是梯形開口會導致比較嚴重淘刷。在中、下游河段中，淘刷深度皆隨著拆除深度增加而加深，且矩形開口會導致比較嚴重淘刷。總體而言，開口為矩形時，中、下游段較易產生淘刷，而以生態復育上的關點來看，沖刷較深容易產生深潭，容易讓魚類生長繁殖。

(三) 壩體上游深槽線之形成與發展

當壩體出現開口後，上游泥砂會隨著水流排放到下游處，因而上游河床會產生一條深槽線（見圖四）。為瞭解此深槽線之演變，故針對其蜿蜒度、寬度、偏移性、與岩岸之分離點等四項特性進行分析。



圖四、矩形開口一次拆除形成之深槽線

1. 深槽線蜿蜒度之分析

蜿蜒度的定義為流心線長度與河谷長度之比，一般河川之蜿蜒度多在 1~3 之間，而試驗壩址上游之深槽線蜿蜒度為 0.97。由於深槽提供了魚類迴游的路線，因此當深槽的蜿蜒度愈高時，表示深槽會向岸邊偏移，如此樹蔭會降低水溫而提供較佳之棲息環境。在不同開口形狀及拆除型式之組合下，深槽之蜿蜒度大致改變為 0.97 與 1.1 之間。一般而言，矩形開口所形成之深槽蜿蜒度比梯形開口所形成之深槽蜿蜒度大。

2. 深槽線寬度之分析

深槽線寬度之影響主要是在於兩岸之淘刷，當深槽寬度愈寬時，則容易導致深槽淘刷到河床邊岸產生側向沖刷，使邊坡因淘刷嚴重而產生崩塌。然而深槽寬度愈寬，愈容易靠近河床邊岸，則此時所形成之棲息環境則較適合魚類生存。而試驗壩址上游之原有深槽線寬度為 0.28 公尺(原型)，在不同開口形狀及拆除型式之組合下，進行改善工程後形成之深槽線寬度則變為 0.245 與 2.73 公尺之間。一般而言，在梯形開口情況下其最後深槽寬度會比較大且隨拆除深度的增加而變寬。

3. 深槽線偏移性之分析

深槽線偏移性實際上是觀測斷面深槽中心離左岸之距離。比較原有距離之 0.98 公尺，隨著拆除深度的增加，其距離都是先增加後再減少，此種現象說明深槽偏移的趨勢都會先隨著拆除深度的增加而先往右岸偏移，等到水流淘刷右岸到一定程度而無法使深槽再往右岸偏移後，這時拆除深度繼續增加，則深槽就會往左岸偏移淘刷，使左岸之淤積範圍減少。

4. 深槽線與岩岸之分離點

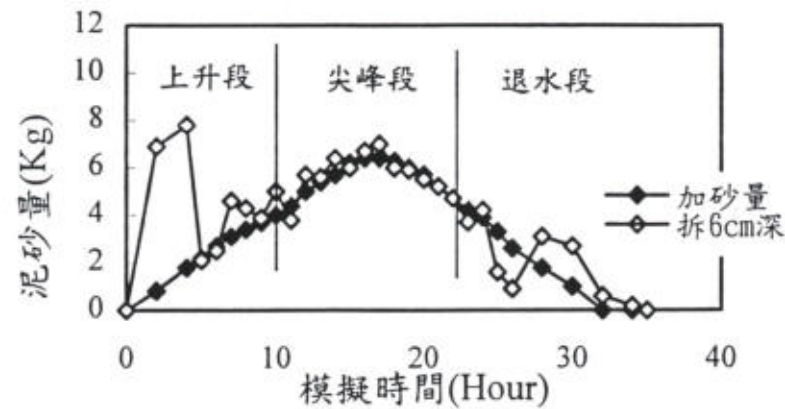
由模擬現場狀況之結果發現，由於上游水流都會往左岸流動，因此深槽線都會沿著左岸發展直到河床中間段時才會往右岸偏移，若將深槽線與左岸分離之處定義為分離點，當數值愈大，則表示深槽與左岸愈快分開，反之，如果數值愈小，則表示深槽與左岸愈慢分開。若以與原始之 50.4 公尺作比較可知，除了梯形開口拆 1~3cm 之外，其他拆除方式分離點座標皆在 49 公尺左右，而且不管是何種開口型式與拆除方式，深槽對左岸的沖刷都不會發展到橫座標 42 公尺以下，如果要對壩體進行拆除之工作並避免嚴重的淘刷，可針對於此處作河岸保護工。

(四) 輸砂量分析

當壩體拆除後，通過壩體之泥砂量可能對下游魚類生態及其棲息環境亦造成極大之衝擊，因此本研究乃從泥砂輸出歷線，輸出總泥砂量及泥砂濃度等三方面之變化進行討論，以解析壩體部分拆除後對水流泥砂含量之影響。

1. 泥砂輸出歷線之變化

在開口未拆除時，其上游加砂量與下游排砂量大致維持著沖淤平衡的狀態。當壩體開口拆除後，上游泥砂會隨模擬水流之流況而排出到下游，因此在各級模擬水流下，泥砂之排放量會隨著模擬流量而產生不同之排放量，一般而言，出砂歷線跟流量歷線類似地可被區分成上升段、尖峰段，退水段等三個階段（見圖五）。



圖五、梯形開口一次拆除出砂狀況圖

- (1)上升段：在出砂歷線之上升段中，其起始出砂量通常會比較大，而泥砂來源為壩體開口上游處之泥砂。等到開口附近泥砂排放結束後，泥砂排放量才會回復到正常的排放量。在立即排砂量方面，一般而言，梯形開口之立即排砂量會比矩形開口大多，且排砂時間多集中在前 4 小時中排放。而拆除方式上，不管何種型式的開口，其一次拆除方式在上升段中之泥砂立即排出量都會比分次拆除的泥砂排出量大。若在施工時間容許逐次拆除之施工方式，則最好是以多次漸進式施工來拆除壩體以減低對下游之衝擊。
- (2)尖峰段：在流量漸增的狀況之下，從壩體開口流出的泥砂量也會逐漸的增加，此一趨勢在兩種拆除開口中都是一樣的，且尖峰段之最大出砂量大都集中在暴雨開始後的第 17 小時左右，但與拆除方法無明顯關係。而將尖峰段的泥砂排出量跟上游加砂量相比，發現除了開口未拆除、矩形開口拆除 0.5 與 1.0 公尺外，在其它拆除方式之尖峰段泥砂排出量都大於加砂量。以沖淤平衡的觀念來看，表示此時上游泥砂下移量不夠下游泥砂的排出，如此勢必會對河床面本身或兩岸進行淘刷。
- (3)退水段：由於流量在退水段逐漸變小，所以泥砂的排出量也會隨之減小，但是當流量減小到一定程度之後，此時河床面上會出現一條深槽坑線，水流會集中於此條坑線流動，而隨著流量的減少，水流會產生溯源沖蝕的現象，等到水流穩定之後，深槽坑線的淘刷深度也就達到穩定。由試驗結果可知，矩形開口所形成之最大淘刷深度都會比梯形開口為深但差異並不大，而發生的地方則都在壩體開口之橫斷面上。然而，拆除方式對最深淘刷深度並無顯著之影響。

2. 輸出總泥砂量

泥砂排放總量為在 50 年頻率洪水中，泥砂在壩體開口拆除後之排出總量。若定義相對排砂率為各種開口型式之總泥砂輸出量除以開口未拆除時之總泥砂輸出量，則其值介於 0.97 及 1.29 之間，而梯形開口之相對出砂率較大且對上游河床的淘刷也較嚴重，且壩體開口一次拆除後，其泥砂增加率大約為分次拆之 2 倍。因此，對於壩體的施工過程，最好採取少量而多次的施工方法進行，以避免土石突然大量流出而造成下游災害。

3. 泥砂濃度的變化

在壩體開口拆除過後，由於泥砂排出量會產生變化，導致下游的泥砂濃度之改變，進而影響及水中生物。若將開口未拆除前之濃度與壩體拆口拆除後之濃度作比較，便可求出其濃度變化率。而濃度值為重量百分濃度，其計算方法為泥砂排出量除以泥砂排出總量與水流重量之和。試驗結果顯示，泥砂排出量隨壩體拆除開口加大而增加，因而其濃度也隨之增加，由原有之 0.048% 增至最大之 0.062%。濃度變化值會隨拆除方式而有變化，因為分次拆除方式使得泥砂濃度較一次拆除方式為小，所以對河中生態的影響也會較小。

四、結 論

- (一) 本研究經由相關文獻回顧後發現，對櫻花鉤吻鮭而言，棲息環境因子之改變主要來自於物理性改變，其中以水溫變化與族群阻隔為更為明顯。而造成族群阻絕之原因則是來自河道中之防砂壩。因為防砂壩設置後，河床變寬、水位變淺、水溫增加、溪岸植群社會改變、溪流主要營養來源減少、溪流多樣性的環境改變，影響水生昆蟲和魚群種類、分布和數量 (吳祥堅, 1998)。而根據中興大學水保研究所何智武及段錦浩兩位教授多年之系列研究，防砂壩設置後，河床變寬且流心不穩定，進而沖刷壩體上游面河床抬高後之河岸，經常造成更多的崩塌，以蘭陽溪支流之圓山溪特別顯著。所以，如果針對防砂壩進行改善工程將有助於棲息環境之改善。
- (二) 由國內外棲息地改善工程之研究得知，具有束流功能之工程構造物可造成深潭而增進棲息地之多樣性。若將防砂壩改善而成為滯洪壩後，在壩體上游會形成一個半碗形的滯洪坑，而在滯洪坑的上游處則是一條具梯形斷面的沖刷槽，在下游處則會產生一個橢圓形之沖刷坑，如此滯洪壩不僅可為櫻花鉤吻鮭提供迴游至上游之通道，同時也製造了低溫的深潭棲地。因此，無論從流量、水溫或河床型態來看，將防砂壩改善成滯洪壩應為可行之棲息環境改善方式。
- (三) 利用各水文站之各月分佈百分率可知，雨量與流量大多集中於春夏兩季 (四月至九月)，若根據水文條件，本研究認為進行防砂壩改造為滯洪壩之最佳時段應在每年十一月至次年二月之間，但此期間亦為櫻花鉤吻鮭之產卵期及幼魚之成長期，故較適當之施工時間應為梅雨季來臨前三、四月份。
- (四) 根據室內水工模型試驗，本研究獲致三項有關防砂壩改善工程之成果：
 1. 深槽線形成與發展：河床深槽線常於退水段形成，而其蜿蜒度受開口拆除方式影響有限，但拆除深度越大者，深槽線蜿蜒度有減小之趨勢。在深槽線寬度方面，梯形開口大於矩形開口，一次全部拆除較分次拆除為寬，而拆除深度越高，深槽線寬度有擴大趨勢。深槽線離岸距離 (以左岸為準)，不論任何拆除方式、開口型式及拆除深度，均不會影響緊臨壩體上游左岸岸坡，惟深槽線離岸距離隨拆除深度而減少。而上游 80 至 100 公尺間右岸應防止沖刷。

2. 泥砂輸出歷線：相對於未拆壩之狀況，輸砂歷線可分為三個階段。在上升段，其流出壩體泥砂量增加，而泥砂來源主要是緊臨壩體開口上游處之砂石；在尖峰段，水流挾沙能力提高並具多來多排之特性，故流出壩體泥沙量雖然增大但壩體上游溪床面變動幅度卻非最大，而不論拆除方式及型式，流出壩體之泥沙量差異不大；在退水段，水流因具趨中特性而使床面產生溯源沖刷，加上水流挾沙能力降低但欠缺泥沙補充而易形成深槽，而流出壩體泥沙也會明顯地增加。
3. 結論：以拆除部分壩體作為恢復河川魚類生態棲地環境之作法，對溪流安定及泥沙輸移均未造成激烈之衝擊，具有相當的可行性。若以不同拆除型式及拆除方式進行改善工程後，壩體上下游之坡度增率、淘刷深度、深槽形成、排沙增率及泥沙濃度增率等河床變化為考量因素，本研究認為最佳之改善方式為分次將雪山溪四號防砂壩改造成具梯形開口之滯洪壩(見表 2)。
- (五) 根據本研究之結論，雪山溪四號防砂壩進行改善工程為可行之方式。但考慮壩址位處雪山溪上游，並避免大型施工機械通道對環境之破壞，故建議使用施工人員可背負搬運之輕型破石器械進行改善工程。其次，為改進並驗證水工模型試驗之現場模擬能力，本研究建議在雪山溪四號防砂壩進行改善工程時，同時藉由現場之水位觀測及河道斷面測量等資料對室內模型試驗進行修正。如此，模型試驗、改善工程以及現場監測可在一年之研究期間同時進行。

表 2. 不同拆除型式及拆除方式進行改善工程後之河床改變狀況

拆除型式		矩形開口		梯形開口	
拆除方式		一次	分次	一次	分次
上游	坡度增率	2.57	2.48	2.32	2.32
	淘刷深度	2.5m	2.5m	2.7m	2.7m
	深槽形成	有	有	有	有
下游	排沙增率	1.28	1.15	1.29	1.17
	泥沙濃度增率	1.27	1.15	1.29	1.17
方案排序		④	②	③	①

五、誌 謝

本研究由內政部營建署雪霸國家公園管理處經費補助。研究期間，雪霸國家公園管理處及清華大學生命科學系曾晴賢教授在決定試驗壩址以及櫻花鉤吻鮭之生態習性等方面提供許多寶貴意見及建議，促使本計畫順利進行，謹此致謝。

六、引用文獻

林曜松，1990。美國棲地改善研習及考察報告，森林溪流淡水魚保育訓練班論文集，臺灣省農林廳林務局，189-196 頁。

- 林曜松、梁世雄，1990。鮭鱒魚類生態，森林溪流淡水魚保育訓練班論文集，臺灣省農林廳林務局，33-52 頁。
- 邱健介，1990。森林溪流淡水魚類棲地調查、棲地改善概說，森林溪流淡水魚保育訓練班論文集，臺灣省農林廳林務局，139-188 頁。
- 張崑雄，1990。魚類生態，森林溪流淡水魚保育訓練班論文集，臺灣省農林廳林務局，15-22 頁。
- 段錦浩，1993。大甲溪水潭水文及河道疏濬及沖淤研究--三年總結成果報告，國立中興大學水土保持研究所。
- 葉昭憲、段錦浩，1994。滯洪壩之水文水力特性，中華水土保持學報，25(4): 181-189。
- 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委託計畫，國立清華大學生命科學系。
- 吳祥堅，1998。由生態保育觀點評述上游集水區的土地利用，雪霸國家公園管理處研究報告。

An Experimental Study of Channel Habitat Improvement for Chi-Chia-Wan Creek

Ching-Hao Tuan⁽¹⁾, P. H. Ling⁽²⁾ and Chao-Hsien Yeh^(3, 4)

(Manuscript received 5 August 1998 ; accepted 26 November 1998)

ABSTRACT: With higher recognition on conservation of endangered species in Taiwan, one of the major conservation projects for the government is the restoration of Formosan Salmon (*Oncorhynchus masu formosanus*) which is threatened by check dams in the channels for blockading the pathway to upstream and causing the problems of population isolation and close-blood mating for this treasure fish. Auxiliary fishways were investigated and installed to solve this problem, but their effect was decreased dramatically by the damage and deposit of sediment. By partially breaking the dam body or cutting opening appropriately, this study tried to provide alternative solution for this problem through model experiments. Based on the experiment results, this method of habitat improvement does not have serious impacts on channel stability and sedimentation. The best alternative from various combinations of opening types and destruction procedures for check dam #4 of Chi-Chia-Wan Creek is to convert the original dam into detention dam with trapezoid opening based on the considerations of upstream channel slope increment, scoring depth, flush flute formation, and downstream sedimentation increments on discharge and concentration. Besides, this study suggests that the best operation time for habitat improvement is between March and April before raining season according to hydrologic records and the characteristics of Formosan Salmon.

KEYWORDS: Formosan Salmon, Channel Habitat Improvement, Detention Dam, Model Experiment.

1. Department of Soil and Water Conservation, National Chung Hsing University, Taichung 40227, Taiwan, Republic of China.
2. Department of Hydraulic Engineering, Feng Chia University, Taichung 407, Taiwan, Republic of China.
3. Department of Land Management, Feng Chia University, Taichung 407, Taiwan, Republic of China.
4. Corresponding author.

誌 謝

本卷蒙下列專家學者百忙中抽空審查，特此誌謝。

方立行
丘臺生
呂金城
李錦地
林曜松
袁孝維
陳子英
陳榮銳
臧振華
劉平妹
錢憲和
蘇鴻傑

王 鑫
吳俊宗
李培芬
林俊全
姜蘭虹
連照美
陳昭明
葉慶龍
裴家騏
潘素美
羅紹麟

國家公園編輯部
主編