

高山溪防砂壩改善前後棲地變之調查研究

摘要

近數十年來台灣櫻花鉤吻鮭 (*Oncorhynchus masou formosanus*) 已急劇縮減至族群維繫的瓶頸，而瀕臨絕種。由多年來的研究結果顯示台灣櫻花鉤吻鮭乃受到自然災害（洪水與颱風）與人為干擾（農業活動與水利工程）的綜合因素而使得數量減少，因此本處目前對於台灣櫻花鉤吻鮭的保育工作有兩大主軸，一是建立室內台灣鮭魚人工族群，二是維護生存棲息地的品質。其中在這三年來陸續完成高山溪四座防砂壩的改善工作更是重大保育成果。

本研究乃針對高山溪建立基礎水文資料，並探討防砂壩改善前後對棲地類型、水質、水生昆蟲及台灣鮭魚族群動態的影響。由本研究可得幾項結果：（一）高山溪平均溪寬 7.3m，溪深 0.38m，急瀨佔 70.1%，深流 6.9%，深潭 8.1%，緩流%，底質石類型以圓石 37.2% 佔最多數，依序為小漂石（24.8）大漂石（22.1）、卵石（13.4）、粒石（2.3）及沙土（0）。就棲地型態而論，以四號壩上游深潭（20.4）和大漂石（51.9）佔最多數，是台灣鮭魚良好的棲息地。（二）由單變量和多變量分析結果，高山溪三號壩改善前後物理性棲地因子沒有顯著差異（ $p < 0.05$ ）。（三）高山溪四號壩改善期間濁度高達 1545NTU，一個月後回復以前水準。高山溪一、二號防砂壩改善期間水質指數（WQI）略低於高山溪上

游（78），改善三個月後亦已恢復以前狀況。（四）高山溪上游採獲較多的水棲昆蟲種類及數量，反映出上游可能有較好的環境，但這是否因為高山溪下游受拆壩的影響之故，需時間再評估。（五）高山溪四號壩完成改善後原生存在三至四號壩河段的鮭魚，有通過四號壩口往上游動的現象。

將防砂壩保留壩基部分並在壩體中央開設倒梯形缺口的改善方式值得推廣。日後並應研究如何提高施工品質，改良施工方式，將生態衝擊減至最低，並以生態工法方式在高山溪營造多樣性棲息環境。加強生物學研究，結合棲地和環境的變化，藉以推估台灣櫻花鉤吻鮭之承載量，以作為經營管理的參考。

目錄

摘要

壹、前言	1
一、研究緣起	1
二、研究目的	3
貳、研究方法與過程	4
一、試驗地描述	4
二、防砂壩改善方式	4
三、研究方法	4
1.物理性棲地	4
2.水質	6
3.水棲昆蟲	7
4.台灣鮭魚族群數量	7
參、研究結果	9
一、高山溪物理性棲地及水質長期調查資料	9
二、防砂壩改善前後與物理性棲地變化的關係	11
三、防砂壩改善前後與水質變化的關係	12
四、防砂壩改善前後與水棲昆蟲變化的關係	13
五、防砂壩改善前後與台灣鮭魚族群動態的關係	14
肆、建議事項	16
伍、參考文獻	18

表目錄

表一、台灣鮭魚棲息溪流中攔砂壩興建及改善紀錄表	20
表二、溪流底質石型態及棲地型態分類表	21
表三、九十年高山溪全河段物理性棲地長期調查表	22
表四、匯流口至高山溪一號壩物理性棲地長期調查表	23
表五、高山溪一號壩至二號壩物理性棲地長期監測調查表	24
表六、高山溪二號壩至三號壩物理性棲地長期監測調查表	25
表七、高山溪三號壩至四號壩物理性棲地長期監測調查表	26
表八、高山溪四號壩以上河段物理性棲地長期監測調查表	27
表九、九十年三、四及五月份高山溪上、下游水質調查表	28
表十、九十年六、七及八月份高山溪上、下游水質調查表	29
表十一、九十年九、十及十一月份高山溪上、下游水質調查	30
表十二、高山溪三號壩改善前後物理性棲地單變量分析結果	31
表十三、高山溪三號壩改善前後物理性棲地多變量分析結果	32
表十四、三號壩改善前後底質石類型單變量分析結果	33
表十五、高山溪四號壩改善後其濁度與矽酸變化	34
表十六、高山溪一號及四號壩下游水棲昆蟲種類及數量	35
表十七、高山溪四號防砂壩改善前後台灣鮭魚族群數量變動情形	36
表十八、高山溪三號防砂壩改善前後台灣鮭魚族群數量變動情形	37

圖目錄

圖一、高山溪一、二號防砂壩改善工程示意圖	38
圖二、高山溪二、三號防砂壩改善工程示意圖	39
圖三、匯流口至高山溪一號壩河道改變平面圖	40
圖四、高山溪一號壩至二號壩平面圖	41
圖五、高山溪二號壩至三號壩平面圖	42
圖六、高山溪三號壩至四號壩上游平面圖	43
圖七、九十年高山溪全河段棲地類型所佔百分比 (%)	44
圖八、九十年高山溪全河段底質石類型所佔百分比 (%)	44
圖九、九十年高山溪各河段棲地類型所佔百分比 (%)	45
圖十、九十年高山溪各河段底質石類型所佔百分比 (%)	45
圖十一、匯流口至高山溪一號壩棲地類型和溪寬溪深長期變化圖	46
圖十二、匯流口至高山一號壩底質石類型長期監測變化圖	46
圖十三、高山溪一號壩至二號壩棲地類型和溪寬溪深長期變化圖	47
圖十四、高山溪一號壩至二號壩底質石類型長期監測變化圖	47
圖十五、高山溪二號壩至三號壩棲地類型和溪寬溪深長期變化圖	48
圖十六、高山溪一號壩至二號壩底質石類型長期監測變化圖	48
圖十七、高山溪三號壩至四號壩棲地類型和溪寬溪深長期變化圖	49
圖十八、高山溪三號壩至四號壩底質石類型長期監測變化圖	49
圖十九、高山溪四號壩以上河段棲地類型和溪寬溪深長期變化圖	50
圖二十、高山溪四號壩以上河段底質石類型長期監測變化圖	50
圖二十一、高山溪上、下游 (第七及第八站) 與七家灣溪上游 (六站	

平均值) 水質變化圖 51

圖二十二、高山溪上下游水棲昆蟲個體數及種類數之比較圖 52

摘要

近數十年來台灣櫻花鉤吻鮭 (*Oncorhynchus masou formosanus*) 已急劇縮減至族群維繫的瓶頸，而瀕臨絕種。由多年來的研究結果顯示台灣櫻花鉤吻鮭乃受到自然災害（洪水與颱風）與人為干擾（農業活動與水利工程）的綜合因素而使得數量減少，因此本處目前對於台灣櫻花鉤吻鮭的保育工作有兩大主軸，一是建立室內台灣鮭魚人工族群，二是維護生存棲息地的品質。其中在這三年來陸續完成高山溪四座防砂壩的改善工作更是重大保育成果。

本研究乃針對高山溪建立基礎水文資料，並探討防砂壩改善前後對棲地類型、水質、水生昆蟲及台灣鮭魚族群動態的影響。由本研究可得幾項結果：（一）高山溪平均溪寬 7.3m，溪深 0.38m，急瀨佔 70.1%，深流 6.9%，深潭 8.1%，緩流%，底質石類型以圓石 37.2% 佔最多數，依序為小漂石（24.8）大漂石（22.1）卵石（13.4）粒石（2.3）及沙土（0）。就棲地型態而論，以四號壩上游深潭（20.4）和大漂石（51.9）佔最多數，是台灣鮭魚良好的棲息地。（二）由單變量和多變量分析結果，高山溪三號壩改善前後物理性棲地因子沒有顯著差異（ $p < 0.05$ ）。（三）高山溪四號壩改善期間濁度高達 1545NTU，一個月後回復以前水準。高山溪一、二號防砂壩改善期間水質指數（WQI）略低於高山溪上游（78），改善三個月後亦已恢復以前狀況。（四）高山溪

上游採獲較多的水棲昆蟲種類及數量，反映出上游可能有較好的環境，但這是否因為高山溪下游受拆壩的影響之故，需時間再評估。（五）高山溪四號壩完成改善後原生存在三至四號壩河段的鮭魚，有通過四號壩口往上游動的現象。

將防砂壩保留壩基部分並在壩體中央開設倒梯形缺口的改善方式值得推廣。日後並應研究如何提高施工品質，改良施工方式，將生態衝擊減至最低，並以生態工法方式在高山溪營造多樣性棲息環境。加強生物學研究，結合棲地和環境的變化，藉以推估台灣櫻花鉤吻鮭之承載量，以作為經營管理的參考。

壹、前言

一、緣起

台灣櫻花鉤吻鮭 (*Oncorhynchus masou formosanus*) (Jordan and Oshima, 1919) 是台灣島珍藏的自然文化資產也是我們子遺的國寶。在 1938 年日本殖民政府總都府已將它列為天然紀念物而嚴加保護。1984 年經濟部依「文化資產保存法」指定公告櫻花鉤吻鮭為珍貴稀有動物之一。1989 年行政院農業委員會依「野生動物保育法」將櫻花鉤吻鮭列為瀕臨絕種的野生動物。無論在動物地理、遺傳演化和族群生態上，均具珍貴價值而應予以保存。雪霸國家公園自八十一年成立以來，本著自然保育的精神，除了細心呵護著園區內每一個寶貴的自然資源外，更致力於台灣櫻花鉤吻鮭的保育工作和相關研究。

近數十年來台灣鮭魚已急劇縮減至族群維繫的瓶頸，而瀕臨絕種。所面對的兩大生存危機，一是棲地生態的改變，二是族群生態問題。其中造成棲地生態改變有兩大變因，分別是自然變因（颱風、洪水及全球氣溫提高）以及人為變因（防砂壩、農業活動及遊憩活動）(汪，1994)。在人為變因當中，防砂壩的建立對於台灣鮭魚的負面影響更是劇大，因為目前台灣鮭魚僅棲息在武陵地區的七家灣溪及高山溪流流域中，在這不到十公里的河段內就有十一座防砂壩，亦就是每平均一公里即有一座防砂壩的設立。防砂壩的設立後使溪

流的流水型態及底質石組成改變，並阻絕了台灣鮭魚的溯游，造成族群隔離的生態危機，尤其當洪水侵襲鮭魚族群，往往使的被沖至下游的鮭魚，因攔砂壩阻隔的重重效應，無法再回到上游地區，影響族群的天然分佈（曾，2001）。戴（1992）指出水利工程影響台灣鮭魚在空間分布與隨時間的變異，並經由棲地惡化使的族群數量減少。

台灣櫻花鉤吻鮭分布的位置主要受到棲地內流速、深度、底質和遮蔽物及魚類體型等因子的影響。稚魚（約 2cm）在一月間出現後，多集中在岸邊有遮蔽物之淺灘與淨水區底質為細砂或小型礫石之棲地；三至四月間仔魚（約 5cm）多分佈於淺水區或流速較大的河域，而底質則以中型鵝卵石時與礫石為主；大型魚主要棲息在具有良好隱蔽之深潭或巨石嶙峋之深水區域。十至十一月大型魚移至淺灘展開生殖活動，幼魚（約 14cm）即於此時遷入成魚之生活領域（林等，1988）。

有鑑於此，如何營造多樣性的棲息環境及進行防砂壩的改善工作應是當務之急（廖，2001）。雪霸處在八十八年四月進行第一座防砂壩改善工程，由室內水工模型試驗，測試河床間的淤積坡度、斷面、沖刷坑與輸砂量的相關性，提供拆壩參考依據。經多次開會協調並進行現場勘查，遂進行高山溪另外三座攔砂壩改善工程。於八十九年十月及九十年六月將分別將高山溪一、二及三號防砂壩改善完畢。改善的方式是將防砂壩作部分拆除或開口處理，一方面使防砂壩保護

邊坡的功能繼續存在，另一方面亦可改善台灣鮭魚棲息環境（葉等，1998）。

高山溪四座防砂壩的順利改善，對保育工作推動是一大進展，亦是全世界注目的焦點，如何將高山溪物理棲地的基礎資料建立、防砂壩改善前及改善後的現場監測，並從物理棲地、水質、水棲昆蟲及鮭魚族群動態作一比較，是本研究工作的動機。

二、研究目的

1. 建立高山溪基礎水文及物理性棲地資料。
2. 防砂壩改善前後與物理性棲地變化情形。
3. 防砂壩改善前後與水質變化的關係。
3. 防砂壩改善前後與水棲昆蟲變化的關係。
4. 防砂壩改善前後與台灣鮭魚族群動態的關係。

貳、研究過程與方法

一、試驗地描述

高山溪昔稱雪山溪或武陵溪，發源於雪山主峰和志佳陽大山，全長共 10.6 公里流域面積達 3960 公頃，下游與七家灣溪下游在武陵農場場部附近合流（汪，1995）。兩岸植被完整，鮮少人為開墾情形。高山溪上游海拔約 1900 公尺，下游 1750 公尺，比降 1/7（中華水土保持學會，1983）。

民國六十三年十月德基水庫完工，在施工期間台灣省林務局即配合在上游集水區開始廣設攔砂壩。其中高山溪四座攔砂壩分別於民國六十二年及六十七年完工，壩高為 14 公尺至 10.5 公尺，這些攔砂壩屬於混凝土或砌石造重例行壩類，施工期均長達四個月以上，對於台灣鮭魚的干擾和影響極大（台灣省山地農牧局，1982）。而高山溪四座防砂壩分別於民國八十八年及九十年在各單位及專家學者的支持之下，終於順利改善完成，高山溪四座防砂壩的興建及改善紀錄，詳如表一。

二、防砂壩改善方式

本案係委託中興大學段錦浩教授、逢甲大學葉昭憲及連惠邦副教授經現場斷面測量及室內水工模型試驗作為防砂壩改善依據，改善方式原則將壩體兩翼基礎保留，依河道流心方向將壩體做適當的倒梯形缺口，改善方式，如圖一。

三、研究方法

1.物理性棲地

於高山溪及七家灣溪匯流口為起點，每隔 20 公尺建立標記，測量時以一條垂直水流方向之穿越線，將試驗地以畫棋盤格方式均等份，先測溪寬，並於溪寬 1/4、1/2 和 3/4 處分別測溪深、流速和底質石，並藉以判定棲地類別。棲地分級：參考 Oswald and Barber (1982) 及 Rimmer (1986) 之方法，以各季或全段測量之平均流速 (m/sec) 和溪深 (0.45m)，將棲地分為快深 (深流)、快淺 (瀨)、慢深 (深潭)、慢淺 (緩流) 四個等級 (如表)。

- (1) 測量點：匯流點至一號壩長 485 公尺，標定 24 條穿越線。一號壩至二號壩長 485 公尺，標定 24 條穿越線。二號壩至三號壩長 600 公尺，標定 30 條穿越線。三號壩至四號壩長 390 公尺，標定 19 條穿越線。四號壩以上標定 14 條穿越線 (再往上游為天然屏障無法通過)。
- (2) 溪寬：在各穿越線上以防水之捲尺在水面上測量，捲尺由兩人手持橫越兩岸之標定位置，而與溪水主流方向垂直，測量之精準度記錄至 0.1 公尺。
- (3) 溪深：在各設定的穿越線上面朝上游之左岸為起點，每隔一公尺，以自行加上之刻度木尺，測量之精確度記錄至 0.1 公尺。
- (4) 流速：在測量深度後於水面下距底部約十分之六的全深位置，以流速計放置 15 秒以測出流速 (m/sec)。
- (5) 底質 (Substrate)：測量溪寬時所拉之捲尺，面朝上游，以腳踏法和目視法判定底質石種類 (表二)。

(6) 時間：每二個月量測乙次，遇到施工期則暫停。

2. 水質

(1) 測量點：分別於高山溪四號壩及一號壩設採樣點。

(2) 時間：每個月測量乙次。

(3) 項目：

1. 水溫：使用溫度測定計，於採樣水域現場測定之。

2. 溶氧：以 D.O meter 在實驗室中經 Winkler method 校正後於現場測定。

3. 酸鹼度：以 pH meter 於現場測定。

4. 生化需氧量：將水樣稀釋後裝入瓶中置於 20 恆溫箱中，經五日後測定其溶氧量之變化，二者相差之值即為 BOD₅ 之值。

5. 濁度：以 Hydrazine sulfate 及 Hexamethylene tetramine 兩者混合溶液為 400 N.T.U. 之標準液，而後以分光光度計(波長 450 nm)求得標準曲線，樣品再與此標準曲線比對出其濃度。

6. 銨態氮：在鹼性中銨與 Phenol 反應生成之 Indo-phenol blue，以 Sodium nitroprusside 使其增加呈色效果，以分光光度計於波長 640 nm 定量之。

7. 磷酸鹽：取過濾試水在酸性溶液中與 Ammonium molybdate 反應形成 Ammonium phosphomolybdate

complex，其在 Ascorbic acid 之存在下被還原成 Molybdenum blue；用分光光度計在波長 885nm 下測定之。

8.水質指數

水質指數 (Water Quality Index) 係依據溫(1994)之 NCKU 法再加以修正、計算而得，並以 Brown (1970)之平均法求得加以比較與參考。水質指數係以溶氧、生化需氧量、pH、氨態氮、濁度與磷量而加以評估，其各要項的權重分別為 0.2464、0.2016、0.1792、0.1456、0.1008 與 0.1120。

3. 水棲昆蟲

- (1) 採樣位置：在高山溪四號壩以上及高山溪下游。
- (2) 採集方法：選擇底質石直徑小於 20 公分，以 60 平方公分大小水生昆蟲收集網採樣水生昆蟲，以酒精保存後，在解剖顯微鏡下鑑定。

4.台灣鮭魚族群數量調查

- (1) 評估方法：每三人一組由高山溪下游往上游溯行，採破壞性最低的浮潛觀察 (skin diving) 方法進行 (林, 1988)，復因調查流域平常水質清澈，對於族群數量已屆瀕臨絕種的櫻花鉤吻鮭而言，這種調查方式也是為最為合適無害的方法。野外調查時採三人一組，以輪替方式，各人分別穿著防寒衣、防寒手套、防滑鞋、

面鏡及呼吸管，其中兩位調查人員以浮潛的方式沿調查溪段兩岸平行行進，直接觀察和鑑定魚種，同時估計魚體之大小。兩人隨時確認彼此所觀察的個體，避免產生重複記錄之現象。另外一個人則於岸上記錄浮潛人員發現魚類出現的數量與分布地點，記錄各溪段鮭魚分為幼鮭（全長夏季為4至8cm，冬季為15cm以下）、一至二齡亞成鮭（全長25cm以下）與二齡以上成鮭（全長25cm以上）的數量、分布及棲地型態。由於七家灣溪流域中各攔砂壩對於鮭魚分布而言，是一種非常明顯的區隔（戴，1992），因此調查均以兩座攔砂壩之間為分段區域進行，以減少調查可能的誤差。

(2) 計算次數：每年於夏、秋二季計算。本計畫是委託清華大學生命科學系曾晴賢副教授及淡水魚類生態及分子系統學研究室同仁共同完成。

參、研究結果

一、高山溪物理性棲地及水質長期調查資料

物理性棲地

(一) 高山溪全河段

高山溪急瀨佔多數為 71 % (表三)(圖七), 深流 14 % 次之, 緩流和深潭分別為 7 和 8 %。底質石類型以編號 4 佔多數為 38 % (圖八), 其次編號 5 和 6 為 22 和 25 %, 再次之為編號 3 和 2 為 13 和 2 %, 編號 1 的底質石並未出現。平均溪寬 6.37~7.59 公尺, 平均溪深 0.31~0.48 公尺。九十年度高山溪各河段棲地類型及底質石所佔百分比如圖九、十。

(二) 匯流口至高山溪一號壩

棲地型態所佔面積百分比與全河段有一致的現象, 即以急瀨 (77 %) 為主, 深流 (14 %) 和深潭 (5 %) 次之, 緩流 (3 %) 最少。底質石類型與全河段亦有一致的現象, 編號 4 佔多數 (36 %), 其次編號 5 (21 %) 和 6 (21 %), 再次之為編號 3 (19 %) 和 2 (4 %), 編號 1 的底質石沒有發現。平均溪寬 7.59 公尺, 大於全河段平均值 7.26, 平均溪深 0.48 公尺, 大於全河段溪深 0.38 公尺。

九十年物理性棲地長期監測調查表和監測變化圖如表四和圖十一、十二。

(三) 高山溪一號壩至二號壩

在棲地型態方面以急瀨 79 % 佔最多數, 深流 5 % 次

之，緩流 5 % 和深潭 4 % 最少。底質石以編號 4 佔最多數高達 61 % ，比其它四河段高，編號 5、3、6 及 2 分別為 19 %、14 %、4 % 及 1 % ，編號 1 沒有發現。平均溪寬 7.59 公尺，平均溪深 0.33 公尺。

九十年物理性棲地長期監測調查表和監測變化圖，如表五和圖十三、十四。

(四) 高山溪二號壩至三號壩

棲地型態以急瀨所佔面積為最多，高達 82 % ，緩流為 8 % ，亦比其它四河段高，深流 7 % ，低於其它四河段，深潭為 3 % 。底質石以編號 4 的 40 % 佔最多，依次編號 5、3、6、1 和 2 為 31、14、13、2 和 0 % 。平均溪寬 7.32 公尺，平均溪深 0.31 公尺。

九十年物理性棲地長期監測調查表和監測變化圖，如表六和圖十五、十六。

(五) 高山溪三號壩至四號壩

急瀨所佔面積為 65 % ，緩流和深流皆為 13 % 左右，深潭為 8 % 。底質石類型以編號 4 (31 %) 和 5 (33 %) 為多數，依次編號 6、3、2、1 為 21、12、3 及 0 % 。平均溪寬 7.45 公尺，平均溪深 0.46 公尺。

九十年物理性棲地長期監測調查表和監測變化圖，如表七和圖十七、十八。

(六) 高山溪四號壩以上河段

棲地型態以急瀨 51 % 仍佔多數，但小於其它河段，深

流 24 % 和深潭佔 21 % ，明顯多於全河段平均值，緩流為 4 % 。底質石類型以編號 6 為 52 % 佔多數，與其它各河段皆以編號 3 為多數明顯不同，其它為類型底質石所佔面積依次為編號 5、4、3、2、1 分別為 20、18、8、1 及 0 % 。平均溪寬 6.37 公尺，小於其它河段，平均溪深 0.46 公尺。

九十年物理性棲地長期監測調查表和監測變化圖，如表八和圖十九、二十。

水質

(一) 高山溪水質指數 (WQI) 為 73.25~82.67 之間 (表九、十、十一)，屬於良好水質。容氧量在 7.02~10.34、水溫 10.4~13.9 、酸鹼值 8.03~8.24、氨濃度在 0~0.05mg/l 及磷酸鹽 0.01~0.03，顯示非常適合鮭魚生存而且完全沒有農業污染的現象。濁度 (NTU) 0.1~1.44，在六月份之後有偏高趨勢，顯然大水及人為工程造成水質偏濁，尤以十一月份高山溪下游 1.44 為最高，因為當時有引排水工程正在施作。而生化需氧量 (BOD) 在 0.28~1.79 之間，顯示高山溪在 4~9 月份水溫較高，微生物耗氧量比較大。

二、防砂壩改善前後與物理性棲地變化的關係

(一) 三號壩改善前後

根據 SAS8.01 版，整樣本結構總共有 12 個觀測值，可區分為 3 號壩改善前和 3 號壩改善後兩個類別，三號壩改善資料

為89年9月份，改善後選取89年11、12月及90年1、3及5月。河段有2~3號壩及3~4號壩，也區分成兩個類別，以單變量分析和多變量分析來看六個因子在類別改善前後和類別河段間是否有顯著差異（ $\alpha = 0.05$ ），在類別改善前後和類別河段間交互作用下，六個因子是否有顯著差異。

由單變量和多變量分析結果，高山溪三號壩改善前後及改善前後和類別河段間交互作用下，物理性棲地因子包括急瀨、緩流、深流、深潭、溪寬和溪深並沒有顯著差異（表十二、十三）。但2~3號壩及3~4號壩間河段，除了溪寬和溪深沒有顯著差異外，其它四種棲地型態皆有顯著差異，除了急瀨之外，3-4號壩的深潭、深流、緩流所佔面積大於2~3號壩。

以六種底質石統計結果，單變量和多變量分析高山溪三號壩改善前後及改善前後和類別河段間交互作用下，並沒有顯著差異（表十四）。

由89年11月的調查，防砂壩改善後一個月，三號壩前潭及壩後轉彎處測刷潭消失，經過90年3月份的調查結果，二號壩至四號壩之間河段，深潭所佔的面積亦逐漸恢復當中，以高山溪四號壩為例，改善後壩前潭的重新形成及壩後粒徑粗粒化現象，顯示棲地逐漸恢復當中。

三、防砂壩改善前後與水質變化的關係

（一）水質指數（WQI）

高山溪上游水質比高山溪下游較佳但不明顯(4月份下游比上游之WQI高)(圖二十一),在90年6月防砂壩改善後,上游水質在7~10月份皆比下游佳,而且7月份下游之水質指數呈現年度最低73.78,8月份回升至77.65,甚至在11月份的水質指數(82.67)還比上游81.61略高,顯示防砂壩改善後約有一個月水質呈現較差狀況,隨兩岸邊坡趨於穩定時,水質亦逐漸恢復,在90年11月份水質指數與七家灣溪上游(六佔平均值)已有相同數值。

(二) 濁度與矽酸濃度

以88年4月高山溪四號壩改善完畢為例,5月的調查結果,濁度高達2605(表十五),6月時又回復到以前的標準,顯示高山溪四號壩改善二個月後水中濁度趨於穩定。矽酸濃度在四號防砂壩壩體附近有增加及變動的趨勢,

四、防砂壩改善前後與水棲昆蟲變化的關係

在兩次的採集過程中,一共採得38個種類(taxa,表一),其中有28個種類發現於高山溪下游,有34個物種發現於高山溪上游。以蜉蝣目(Ephemeroptera)的種類最多,在這兩採樣站共採得11個種類,其次為雙翅目(Diptera)10個種類,再其次分別毛翅目(Trichoptera)8個種類、襍翅目(Plecoptera)5個種類、鞘翅目(Coleoptera)2個種類。在高山溪下游較為優勢的種類為Rhithrogena sp.、Zaitzeiva sp.、與Non-Tanypodinae Chironomidae,高山溪上游除了以上這3種

以外，在六月的樣本中 *Baetis* sp.與 *Baetis taiwanensis* 亦為優勢的種類，在十一月則為 *Cyphon* sp.與 *Tanypodinae* (表十六)。

比較這兩個採樣站在這兩次採樣中之蟲數與種類數(圖二十二)。就個體數而言，高山溪上游所採獲的個體數在兩次的採樣期間皆大於大於高山溪下游，種類數則在六月份上游大於下游，在十一月份則此兩採樣站約相等。但總括而言，所採獲的種類數仍以高山溪上游多於高山溪下游。

由以上的初步結果，雖然在高山溪上游採獲較多的水棲昆蟲種類及數量，反映出高山溪上游可能有較好的環境，提供水棲昆蟲的棲息，但這是否因為高山溪下游受拆壩的影響之故，需時間再評估。

五、防砂壩改善前後與台灣鮭魚族群動態的關係

高山溪四號壩於 88 年 4 月份完成改善，以二齡以上成魚、一至二齡亞成魚及一齡以下幼魚數量來看(表十七)，87 年春、秋及 88 年春天的三次族群調查四號壩以上都沒有鮭魚蹤跡，而在 88 年秋天四號壩以上卻發現有鮭魚存在，88 年秋天共有 17 尾，89 年冬天 33 尾，89 年秋天 35 尾，如此可證實高山溪四號防砂壩完成改善後原生存在三至四號壩河段的鮭魚，有通過四號壩口往上游動的現象。

高山溪二至三號壩間河段，在 88 年及 89 年的調查只有一尾成魚(表十八)，89 年 10 月份高山溪三號防砂壩改善後，

90 年的調查在 2 至 3 號壩間已逐漸增加之鮭魚數量，顯示上游之族群亦有往下游動現象。

89 年三月初本處於 3 至 4 號壩河段間人工放流近 400 尾幼魚（林等，2000），在那年（89）三至四號壩及四號壩以上河段的魚群數量即顯著增加，且一部分魚苗從三號壩游至四號壩以上的河段。

由上述資料證實防砂壩改善後，確實在下游的魚群會往上游動，而上游得魚群亦會為尋找適合的微棲地而往下游遷移。

90 年颱風所帶來的洪水，使的高山溪三號壩右岸人造石龍被沖毀阻擋主河道在三號壩的缺口，且在歷經 10 個月的現場監測，三號壩的缺口與主河道水面有近 1.8 公尺落差，因此壩口宜再往下約 1.8 公尺，並往左（約 0.8 公尺）至岩壁止，如此的修正，才能使鮭魚成功上下游的移動，防砂壩改善後的成效才能很快實現。

高山溪四號壩以上河段不僅水溫低，在生存棲地有連續數個峽谷潭區，在往上約 300 公尺是一個峭壁深潭的地形，棲息環境不因颱風洪水來襲造成巨大變化，是非常適合台灣鮭魚的生存和繁衍。

肆、建議事項

世上物種滅絕的原因，一部分是因為自發的生物現象，而一部分乃是人類活動的結果。台灣櫻花鉤吻鮭族數量減少，隨時可能低於最小可維持族群數量而致無法回復的地步，由多年來的研究結果顯示台灣櫻花鉤吻鮭乃受到自然災害（洪水與颱風）與人為干擾（農業活動與水利工程）的綜合因素，而使得數量減少，因此本處目前對於台灣櫻花鉤吻鮭的保育工作有兩大主軸，一是建立室內台灣鮭魚人工族群，二是維護生存棲息地的品質。其中在這三年來完成高山溪四座防砂壩的改善工作更是重大保育成果。

由本高山溪防砂壩改善前後棲地變化之研究及現場觀察資料，提出以下建議：

- （一）本防砂壩改善工程是將原有防砂壩在壩體中央開設直抵壩基之開口，類似硬體復育方法中的局部偃壩，形成壩後大顆粒石裸露的階瀨及壩前滯洪壩，並提供台灣鮭魚自由游動空間。此種防砂壩改善方式值得推廣至各集水區，並作為日後進行七家灣溪七座防砂壩改善的參考。
- （二）宜在枯水期 3 至 7 月進行相關工程，並避開台灣鮭魚的繁殖季節（10-12 月）。研究並創新如何提高施工品質，改良施工方式，將生態衝擊減至最低。
- （三）高山溪水質良好，非常適合鮭魚生存，防砂壩改善後可擴大棲息空間，增加活存機會，但高山溪深潭及緩

流的棲地數量不多，應研究如何以生態工法方式營造多樣性棲息環境。

- (四) 以台灣鮭魚為「環境指標」因子，了解在武陵地區櫻花鉤吻鮭於食物鏈中所扮演的角色和所處的位階，結合棲地和環境的變化，藉以推估影響族群數量的「限制因子」和河川對鮭魚之「承載量」，以作為經營管理的參考。

伍、參考文獻

- 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，中華水土保持學會，344 頁。
- 汪靜明，1995。武陵地區環境生態，雪霸國家公園管理處，231 頁。
- 台灣省山地農牧局，1982。台灣省防砂壩工程調查報告，台灣省山地農牧局，170 頁。
- 汪靜明，1994。子遺的國寶-台灣櫻花鉤吻鮭，雪霸國家公園管理處，185 頁。
- 林永發、陳裕良、廖林彥，2000。2000 年櫻花鉤吻鮭保育紀要，雪霸國家公園管理處，37 頁。
- 陳弘成、高事宜、林泰榮，2000。台灣櫻花鉤吻鮭得水質基準之研究，特有生物研究保育中心，312 頁。
- 曹先紹，林曜松，2000。櫻花鉤吻鮭棲地之調查研究，特有生物研究保育中心，312 頁。
- 曾晴賢，2001。櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查（四）期末報告，雪霸國家公園管理處，30 頁。
- 廖林彥，2001。國家公園生態保育-以台灣櫻花鉤吻鮭為例，社教資料雜誌，教育部台中社教館，第 279 期 2-4 頁。
- 葉昭憲、連惠邦、段錦浩，1999。七家灣溪河床棲地改善之試驗研究（二）。雪霸國家公園管理處，50 頁。
- 賴建盛，1996。防砂壩對櫻花鉤吻鮭物理棲地影響之研究。國立台灣大學動物系碩士論文，112 頁。

戴永禎 , 1992。台灣櫻花鉤吻鮭之族群生態學研究。國立台灣大學動物系博士論文 , 121 頁。

Oswood, M.E., and W.E. Barber. 1982. Assessment of fish habitat in stream; goal, constraints, and a new technique. Fisheries. 7 (3) :8-11.

Rimer, D.M., U. Paim, and R.L. Saunders. 1983. Autumnal habitat shift of juvenile Atlantic salmon *Salmo salar* in a small river. Can. J. Fish. Aquat.Sci. 40 (6) : 671-680.

表一、台灣鮭魚棲息溪流中攔砂壩興建及改善紀錄表

溪流	壩名	主支流溪段	施工期 (起訖)	壩體全高 (公尺)	改善月份 (施工期 20 天)
高山溪	第一號	主流下游	1973.12.16 1974.07.21	14	2001.6
	第二號	主流下游	1973.12.16 1974.07.21	14	2001.6
	第三號	主流下游	1978.05.16 1978.06.19	10.5	2000.10
	第四號	主流下游	1978.01.15 1978.05.16	10	1999.4
七家灣溪	第一號	主流下游	1972.04.21 1972.09.11	13	還未改善
	第二號	主流中游	1972.04.20 1972.12.11	7	還未改善
	第三號	主流上游	1972.09.26 1972.10.25	8	還未改善
	第四號	桃山西溪下游	1976.12.15 1977.03.02	11	還未改善
	第五號	桃山西溪下游	1976.12.15 1977.03.02	10	還未改善
	第六號	桃山西溪下游	1978.03.23 1978.06.16	11	還未改善
	第七號	桃山北溪下游	不詳	18	還未改善

表二、溪流底質石型態及棲地型態分類表

底質類型	大小範圍 (cm)	代號	通稱
細沉積砂土 (Fine sediments, Smooth surface) 有機物碎屑 (Organic detritus) 粘土 (Clay)、泥 (Silt)、砂 (Sand)	< 0.2	1	小型石
礫石 (或稱砂礫、碎石, Gravel)	0.2 1.6	2	小型石
卵石 (小礫, Pebble)	1.7 6.4	3	中型石
圓石 (大礫, Cobble or Rubble)	6.5 25.6	4	中型石
小漂石 (小蠻石, Small boulder)	25.7 51.2	5	大型石
大漂石 (大蠻石, Large boulder)	> 51.2	6	大型石

(汪, 1990b)

棲地型態	流速 0.4 m/sec	溪深 0.45m
瀨	大於	小於
緩流	小於	小於
深流	大於	大於
深潭	小於	大於

(曹, 1988)

表三、九十年高山溪全河段物理性棲地長期調查表

	0-1 號壩	1-2 號壩	2-3 號壩	3-4 號壩	4 號壩上	全河段
急瀨 (%)	77.22	79.44	81.9	64.69	50.95	70.84
緩流	3.33	5.28	8.05	13.38	4.29	6.87
深流	14.44	10.56	6.9	13.82	24.29	14.00
深潭	5	4.72	3.16	8.11	20.48	8.29
溪寬 (m)	7.59	7.59	7.32	7.45	6.37	7.26
溪深	0.48	0.33	0.31	0.34	0.46	0.38
底質類型 (%)						
1	0	0	0	0	0	0
2	3.89	1.39	1.92	3.07	1.43	2.34
3	18.61	14.17	13.98	12.28	8.1	13.428
4	35.56	61.39	40.42	30.92	18.1	37.278
5	21.11	18.88	30.84	32.68	20.47	24.796
6	20.83	4.17	12.84	21.05	51.9	22.158

表四、匯流口至高山溪一號壩物理性棲地長期調查表

		90年1月	90年3月	90年5月	90年9月	90年11月
棲地類型 (%)	急瀨	76.39	76.39	77.78	79.17	76.39
	緩流	2.78	5.56	5.56	1.39	1.39
	深流	12.50	11.11	11.11	18.06	19.44
	深潭	8.33	6.94	5.56	1.39	2.78
溪寬 (m)		10.06	9.19	9.46	9.60	9.36
溪深		0.49	0.42	0.46	0.53	0.50
底質類型 (%)	1	0	0	0	0	0
	2	4.17	8.33	6.94	0.00	0.00
	3	13.89	11.11	16.67	25.00	30.56
	4	44.44	31.94	38.89	30.56	34.72
	5	18.06	23.61	16.67	23.61	26.39
	6	19.44	25.00	20.83	20.83	22.22

表五、高山溪一號壩至二號壩物理性棲地長期監測調查表

		90年1月	90年3月	90年5月	90年9月	90年11月
棲地型態 (%)	急瀨	76.39	76.39	77.78	79.17	76.39
	緩流	2.78	5.56	5.56	1.39	1.39
	深流	12.50	11.11	11.11	18.06	19.44
	深潭	8.33	6.94	5.56	1.39	2.78
溪寬 (m)		10.06	9.19	9.46	9.60	9.36
溪深		0.49	0.42	0.46	0.53	0.50
底質類型 (%)	1	0	0	0	0	0
	2	4.17	8.33	6.94	0.00	0.00
	3	13.89	11.11	16.67	25.00	30.56
	4	44.44	31.94	38.89	30.56	34.72
	5	18.06	23.61	16.67	23.61	26.39
	6	19.44	25.00	20.83	20.83	22.22

表六、高山溪二號壩至三號壩物理性棲地長期監測調查表

		89年 9月	11月	12月	90年 1月	3月	5月	9月	11月
棲地 型態 (%)	急瀨	82.76	87.36	88.51	77.01	78.16	79.31	83.91	78.16
	緩流	11.49	10.34	5.75	10.34	8.05	6.90	6.90	4.6
	深流	3.45	1.15	3.45	8.05	9.20	9.20	6.90	13.79
	深潭	2.30	1.15	2.30	4.60	4.60	4.60	2.30	3.45
溪寬(m)		8.21	6.55	6.52	7.63	7.85	8.14	6.85	6.81
溪深		0.34	0.23	0.27	0.3	0.31	0.34	0.28	0.38
底質 類型 (%)	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	2.30	2.30	3.45	1.15	1.15	1.15	0	0
	3	13.79	17.24	13.79	11.49	13.79	13.79	3.7	2.47
	4	19.54	29.89	17.24	65.52	57.47	52.87	49.38	44.44
	5	39.08	29.89	34.48	21.84	27.59	32.18	38.27	43.21
	6	25.29	20.69	31.03	0.00	0.00	0.00	8.64	9.88

表七、高山溪三號壩至四號壩物理性棲地長期監測調查表

		89年 9月	11月	12月	90年 1月	3月	5月	9月	11月
棲地 型態 (%)	急瀨	61.40	63.16	68.42	66.67	68.42	66.67	61.40	61.4
	緩流	19.30	19.30	8.77	10.53	12.28	10.53	12.28	7.02
	深流	12.28	14.04	12.28	14.04	12.28	14.04	8.77	15.8
	深潭	7.02	3.51	10.53	8.77	7.02	8.77	7.02	5.26
溪寬(m)		8.1	6.75	7.35	7.52	6.7	7.83	7.46	7.9
溪深		0.36	0.27	0.34	0.4	0.3	0.38	0.31	0.34
底質類型 (%)	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	7.02	8.77	0.00	3.51	1.75	1.75	1.75	0
	3	5.26	8.77	1.75	14.04	21.05	24.56	12.28	10.5
	4	28.07	21.05	12.28	43.86	38.60	40.35	31.58	31.58
	5	40.35	35.09	29.82	24.56	28.07	24.56	38.60	40.35
	6	19.30	26.32	56.14	14.04	10.53	8.77	15.79	17.54

表八、高山溪四號壩以上河段物理性棲地長期監測調查表

		90年1月	90年3月	90年5月	90年9月	90年11月
棲地型態 (%)	急瀨	45.24	54.76	47.62	50.00	57.14
	緩流	4.76	7.14	2.38	2.38	4.76
	深流	28.57	16.67	28.57	26.19	21.43
	深潭	21.43	21.43	21.43	21.43	16.67
溪寬 (m)		6.28	5.3	6.57	7.07	6.65
溪深		0.45	0.46	0.47	0.46	0.44
底質類型 (%)	1	0	0	0	0	0
	2	2.38	2.38	0	0	2.38
	3	9.52	7.14	4.76	9.52	9.52
	4	16.67	16.67	19.05	19.05	19.05
	5	19.05	19.05	23.81	21.43	19.05
	6	52.38	54.76	52.38	50.00	50.00

表九、九十年三、四及五月份高山溪上、下游水質調查表

三月份

	Do (mg/L)	Temp	PH	Ammonia (mg/L)	濁度 (NTU)	磷酸鹽 (mg/L)	BOD (mg/L)	WQI
高山溪 上游	8.91	10.40	8.08	0.02	0.54	0.03	0.39	82.33
高山溪 下游	8.83	11.40	8.13	0.02	0.45	0.02	0.28	81.90

四月份

	Do (mg/L)	Temp	PH	Ammonia (mg/L)	濁度 (NTU)	磷酸鹽 (mg/L)	BOD (mg/L)	WQI
高山溪 上游	7.10	11.10	8.04	0.00	0.10	0.01	0.55	77.81
高山溪 下游	7.55	12.00	8.03	0.01	0.10	0.01	1.77	80.31

五月份

	Do (mg/L)	Temp	PH	Ammonia (mg/L)	濁度 (NTU)	磷酸鹽 (mg/L)	BOD (mg/L)	WQI
高山溪 上游	7.02	12.10	8.06	0.07	0.64	0.01	0.45	80.50
高山溪 下游	7.59	12.80	8.15	0.03	0.63	0.06	1.79	74.99

表十、九十年六、七及八月份高山溪上、下游水質調查表

六月份

	Do (mg/L)	Temp	PH	Ammonia (mg/L)	濁度 (NTU)	磷酸鹽 (mg/L)	BOD (mg/L)	WQI
高山溪 上游	10.39	12.9	8.18	0.00	0.53	0.01	1.70	79.13
高山溪 下游	9.24	13.2	8.17	0.00	0.72	0.01	1.04	75.01

七月份

	Do (mg/L)	Temp	PH	Ammonia (mg/L)	濁度 (NTU)	磷酸鹽 (mg/L)	BOD (mg/L)	WQI
高山溪 上游	10.34	12.9	8.19	0.00	0.51	0.01	1.71	78.44
高山溪 下游	9.25	13.7	8.18	0.04	0.70	0.01	1.05	73.78

八月份

	Do (mg/L)	Temp	PH	Ammonia (mg/L)	濁度 (NTU)	磷酸鹽 (mg/L)	BOD (mg/L)	WQI
高山溪 上游	10.34	13.2	8.18	0.02	0.49	0.01	0.71	82.67
高山溪 下游	9.25	13.9	8.17	0.03	0.62	0.01	0.05	77.65

表十一、九十年九、十及十一月份高山溪上、下游水質調查表

九月份

	Do (mg/L)	Temp	PH	Ammonia (mg/L)	濁度 (NTU)	磷酸鹽 (mg/L)	BOD (mg/L)	WQI
高山溪 上游	9.96	13.20	8.17	0.05	0.56	0.01	1.04	79.63
高山溪 下游	9.24	13.90	8.21	0.03	0.67	0.01	0.94	77.92

十月份

	Do (mg/L)	Temp	PH	Ammonia (mg/L)	濁度 (NTU)	磷酸鹽 (mg/L)	BOD (mg/L)	WQI
高山溪 上游	9.86	12.10	8.24	0.06	0.49	0.01	0.45	81.32
高山溪 下游	9.28	13.20	8.20	0.02	0.64	0.01	0.45	79.96

十一月份

	Do (mg/L)	Temp	PH	Ammonia (mg/L)	濁度 (NTU)	磷酸鹽 (mg/L)	BOD (mg/L)	WQI
高山溪 上游	8.10	11.90	8.24	0.00	0.15	0.01	0.39	81.61
高山溪 下游	9.20	12.10	8.20	0.02	1.44	0.01	0.41	82.67

表十二、高山溪三號壩改善前後物理性棲地單變量分析結果

Dependent Variable: 急瀨

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
改善前後	1	8.7325350	8.7325350	0.51	0.4946
2-3和3-4河段	1	563.1019350	563.1019350	33.02	0.0004
改善前後*2-3和3-4河段	1	14.7907350	14.7907350	0.87	0.3789

急瀨在河段間在顯著水準=0.05下有顯著差異，在改善前後和及改善前後和類別河段間交互作用下，並沒有顯著差異。

Dependent Variable: 緩流

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
改善前後	1	43.62242667	43.62242667	4.13	0.0767
2-3和3-4河段	1	58.17410667	58.17410667	5.50	0.0470
改善前後*2-3和3-4河段	1	6.02934000	6.02934000	0.57	0.4718

緩流在河段間在顯著水準=0.05下有顯著差異，在改善前後和、改善前後和類別河段間交互作用下，並沒有顯著差異。

Dependent Variable: 深流

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
改善前後	1	6.0674400	6.0674400	0.83	0.3878
2-3和3-4河段	1	106.0808067	106.0808067	14.58	0.0051
改善前後*2-3和3-4河段	1	1.2098400	1.2098400	0.17	0.6941

深流在河段間在顯著水準=0.05下有顯著差異，在改善前後和、改善前後和類別河段間交互作用下，並沒有顯著差異。

Dependent Variable: 深潭

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
改善前後	1	1.42604167	1.42604167	0.29	0.6029
2-3和3-4河段	1	33.67504167	33.67504167	6.93	0.0301
改善前後*2-3和3-4河段	1	0.08437500	0.08437500	0.02	0.8984

深潭在河段間在顯著水準=0.05下有顯著差異，在改善前後和、改善前後和類別河段間交互作用下，並沒有顯著差異。

Dependent Variable: 溪寬

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
改善前後	1	1.26440167	1.26440167	3.11	0.1157
2-3和3-4河段	1	0.01980167	0.01980167	0.05	0.8308
改善前後*2-3和3-4河段	1	0.00000167	0.00000167	0.00	0.9984

溪寬在河段間在顯著水準=0.05下沒有顯著差異，在改善前後和、改善前後和類別河段間交互作用下，也沒有顯著差異。

Dependent Variable: 溪深

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
改善前後	1	0.00216000	0.00216000	0.93	0.3643
2-3和3-4河段	1	0.00192667	0.00192667	0.83	0.3902
改善前後*2-3和3-4河段	1	0.00032667	0.00032667	0.14	0.7181

溪深在河段間在顯著水準=0.05下沒有顯著差異，在改善前後和、改善前後和類別河段間交互作用下，也沒有顯著差異。

表十三、高山溪三號壩改善前後物理性棲地多變量分析結果

多變量分析

改善前後

Statistic	Value	F Value	Num DF	Den DF	Pr > F
Wilks' Lambda	0.09949814	4.53	6	3	0.1215
Pillai's Trace	0.90050186	4.53	6	3	0.1215
Hotelling-Lawley Trace	9.05043951	4.53	6	3	0.1215
Roy's Greatest Root	9.05043951	4.53	6	3	0.1215

以多變量分析來看六個因子在類別改善前後間沒有顯著差異

for 2-3和3-4河段

Statistic	Value	F Value	Num DF	Den DF	Pr > F
Wilks' Lambda	0.01937803	25.30	6	3	0.0115
Pillai's Trace	0.98062197	25.30	6	3	0.0115
Hotelling-Lawley Trace	50.60483650	25.30	6	3	0.0115
Roy's Greatest Root	50.60483650	25.30	6	3	0.0115

表十四、三號壩改善前後底質石類型單變量分析結果

Dependent Variable: factor2 底質類型2

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
改善前後	1	0.54613333	0.54613333	0.08	0.8073
2-3和3-4河段	1	29.04000000	29.04000000	4.10	0.1800
改善前後*2-3和3-4河段	1	0.07680000	0.07680000	0.01	0.9265

Dependent Variable: factor3 底質類型3

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
改善前後	1	15.05280000	15.05280000	0.99	0.4246
2-3和3-4河段	1	34.80041667	34.80041667	2.29	0.2695
改善前後*2-3和3-4河段	1	10.34163333	10.34163333	0.68	0.4963

Dependent Variable: factor4 底質類型4

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
改善前後	1	353.1675000	353.1675000	0.79	0.4680
2-3和3-4河段	1	80.4468167	80.4468167	0.18	0.7128
改善前後*2-3和3-4河段	1	188.4961333	188.4961333	0.42	0.5829

Dependent Variable: factor5 底質類型5

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
改善前後	1	187.8625333	187.8625333	4.28	0.1745
2-3和3-4河段	1	14.0760167	14.0760167	0.32	0.6284
改善前後*2-3和3-4河段	1	2.4120333	2.4120333	0.05	0.8365

Dependent Variable: factor6 底質類型6

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
改善前後	1	65.94140833	65.94140833	0.46	0.5692
2-3和3-4河段	1	31.19040000	31.19040000	0.22	0.6881
改善前後*2-3和3-4河段	1	83.47687500	83.47687500	0.58	0.5269

從單變量分析來看改善前後、2-3和3-4河段、改善前後*2-3和3-4河段交互作用在顯著水準=0.05下都沒有顯著影響。

附註：以多變量分析結果，改善前後、2-3和3-4河段、改善前後*2-3和3-4河段交互作用在顯著水準=0.05下亦都沒有顯著影響。

表十五、高山溪四號壩改善後其濁度與矽酸變化

測站	高山溪四號壩		高山溪下游	
月份\分析項目	Turbidity	Silicate	Turbidity	Silicate
Apr-1999	0	-	N.D.	-
May-1999	1545	4.25	2605	3.60
Jun-1999	3	8.92	0	5.88
Jul-1999	3	5.16	0	3.97
Aug-1999	0	4.7	0	4.83
Sep-1999	0	2.58	0	4.27
Oct-1999	0	3.86	2	5.19
Nov-1999	3	2.17	1	2.15
Dec-1999	0	11.15	0	7.98
Jan-2000	0	5.17	0	4.35
Feb-2000	0	2.12	0	2.22
Mar-2000	0	2.56	0	3.18

表十六、高山溪一號及四號壩下游水棲昆蟲種類及數量

(單位 = No. of individuals per sample unit)

種類	2001/06		2001/11	
	一號壩下游	四號壩下游	一號壩下游	四號壩下游
Ephemeroptera				
<i>Afronurus</i> sp.	0	0	1	1
<i>Ameletus</i> sp.	0	0	1	15
<i>Baetella bispinosa</i>	2	3	1	0
<i>Baetiella</i> sp.	1	6	2	0
<i>Baetis</i> sp.	3	52	15	1
<i>Baetis taiwanensis</i>	2	61	2	14
<i>Caenis</i> sp.	0	1	1	7
<i>Eburella brocha</i>	1	0	2	0
<i>Ephemera sauteri</i>	0	0	0	1
<i>Paraleptophlebia</i> sp.	0	0	0	4
<i>Rhithrogena</i> sp.	36	178	48	42
Plecoptera				
<i>Amphinemura</i> sp.	0	1	1	3
<i>Gibosia</i> sp.	0	4	1	0
Leuctridae	0	0	1	1
<i>Neoperla</i> sp.	8	3	7	15
<i>Protonemura</i> sp.	1	0	0	0
Trichoptera				
<i>Cheumatopsyche</i> sp.	0	0	1	1
<i>Glossosoma</i> sp.	0	7	7	0
<i>Goerodes</i> sp.	0	0	0	1
<i>Hydropsyche</i> sp.	0	4	0	0
<i>Melanorichica</i> sp.	1	0	0	1
<i>Rhyacophila</i> sp.	0	17	5	1
<i>Stenopsyche</i> sp.	0	1	1	0
<i>Uenoa</i> sp.	0	0	1	0
Coleoptera				
<i>Cyphon</i> sp.	0	2	0	20
<i>Zaitzevia</i> sp.	17	90	54	89
Diptera				
<i>Antocha</i> sp.	0	1	0	0
<i>Hexatoma</i> sp.	5	7	19	4
Non-Tanypodinae	26	84	12	22
Chironomidae	0	3	0	1
<i>Pedicia</i> sp.	1	22	0	1
<i>Prosimulium</i> sp.	1	4	2	0
<i>Simulium</i> sp.	0	1	0	0
<i>Surgina</i> sp.	0	1	0	0
Tanypodinae	1	16	0	4
<i>Ulomorpha</i> sp.	5	8	7	21
Acari	1	2	2	12
Oligochaeta	0	0	1	0
Total number of individuals	112	579	195	282
Total number of taxa	17	26	25	24

表十七、高山溪四號防砂壩改善前後台灣鮭魚族群數量變動情形

位置 \ 時間	87 春	87 秋	88 春	88.4	88 秋	89 春	89 秋
	二齡以上成魚 (尾)						
高山溪三號壩至四號壩	1	2	0	完成高山溪四號壩改善工程	0	0	4
四號壩以上	0	0	0		12	4	13

	一至二齡亞成魚						
高山溪三號壩至四號壩	0	1	1	完成高山溪四號壩改善工程	0	7	4
四號壩以上	0	0	0		4	5	13

	一齡以下幼魚						
高山溪三號壩至四號壩	0	0	0	完成高山溪四號壩改善工程	0	36	10
四號壩以上	0	0	0		1	28	22

表十八、高山溪三號防砂壩改善前後台灣鮭魚族群數量變動

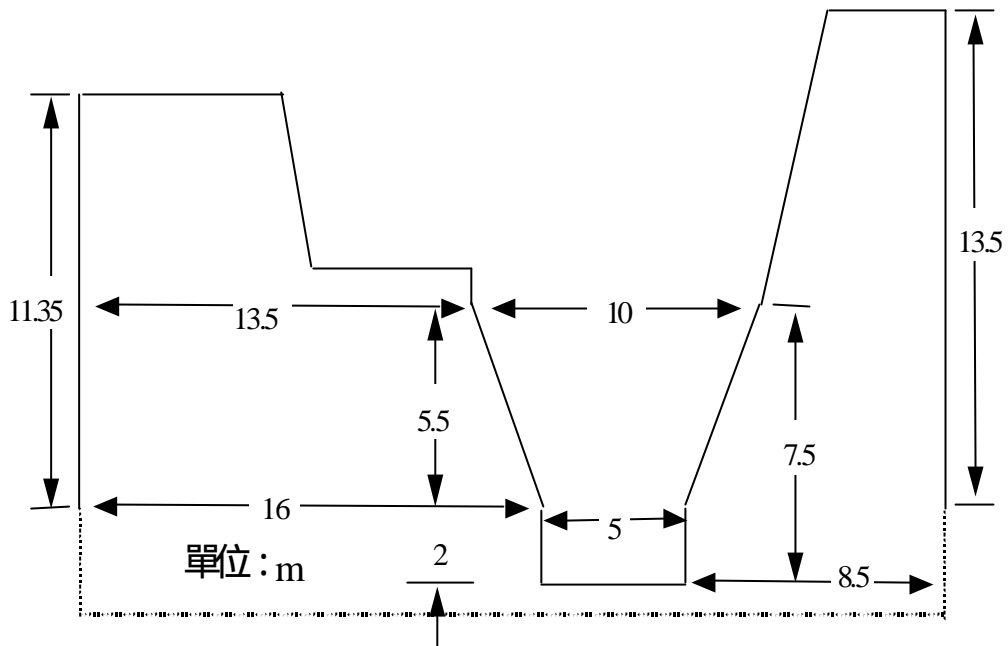
情形

位 置 \ 時 間	88 秋	89 春	89 秋	89.10	90 秋	90 春
	二齡以上成魚 (尾)					
高山溪二至三號壩	0	1	0	完成高山	0	6
高山溪三至四號壩	0	0	4	溪三號壩	0	6
四號壩以上	12	4	13	改善工程	8	17

位 置 \ 時 間	88 秋	89 春	89 秋	89.10	90 秋	90 春
	二至二齡亞成魚 (尾)					
高山溪二至三號壩	0	0	0	完成高山	0	4
高山溪三至四號壩	0	7	14	溪三號壩	1	4
四號壩以上	4	5	15	改善工程	3	9

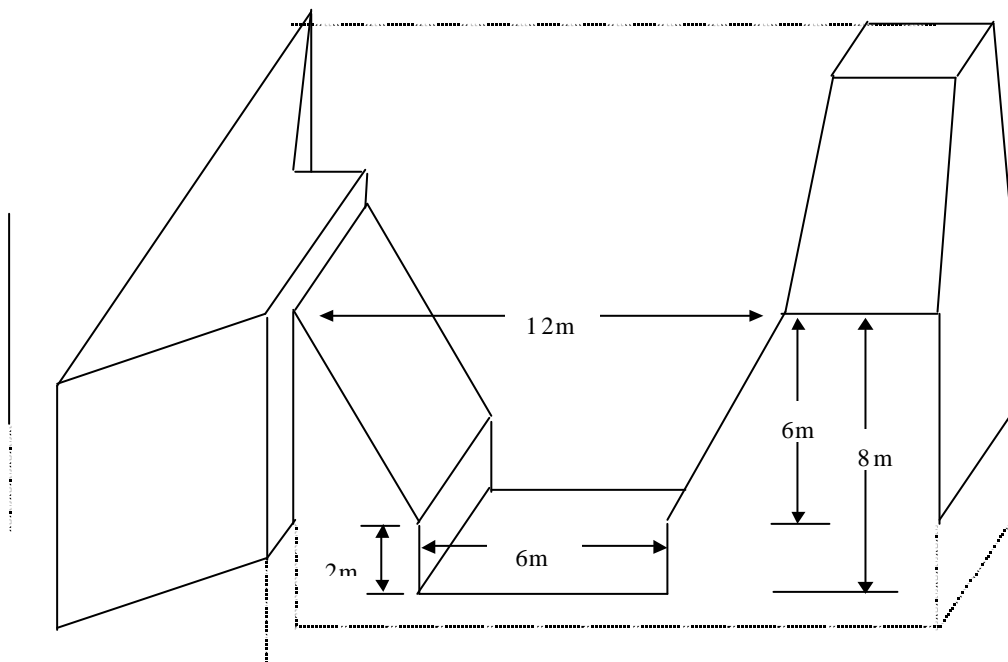
位 置 \ 時 間	88 秋	89 春	89 秋	89.10	90 秋	90 春
	一齡以下幼魚 (尾)					
高山溪二至三號壩	0	0	0	完成高山	3	0
高山溪三至四號壩	0	36	10	溪三號壩	2	4
四號壩以上	1	28	22	改善工程	4	7

圖一、高山溪一、二號防砂壩改善工程示意圖



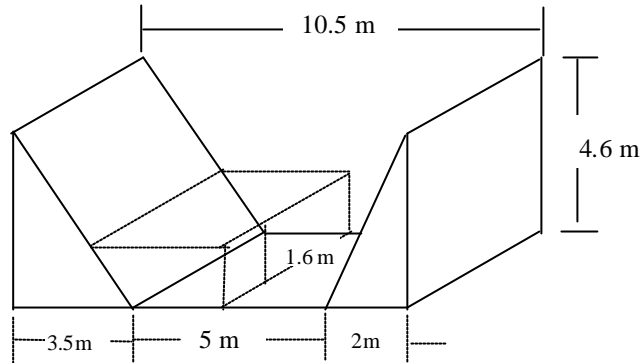
高山溪一號壩

附註：90.12 進行壩口修正（加寬、深各 2 公尺）



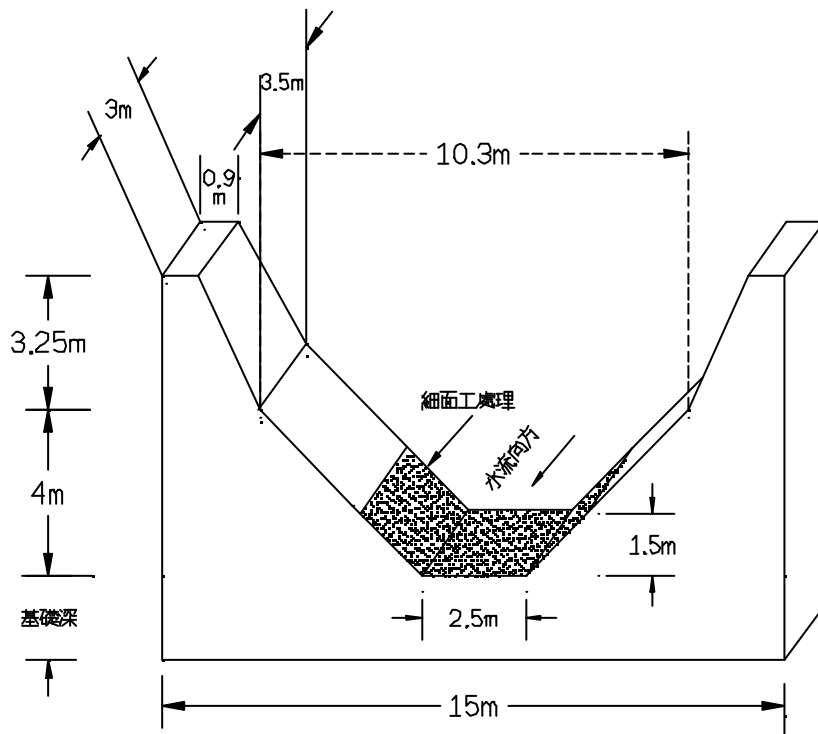
高山溪二號防砂壩

圖二、高山溪二、三號防砂壩改善工程示意圖



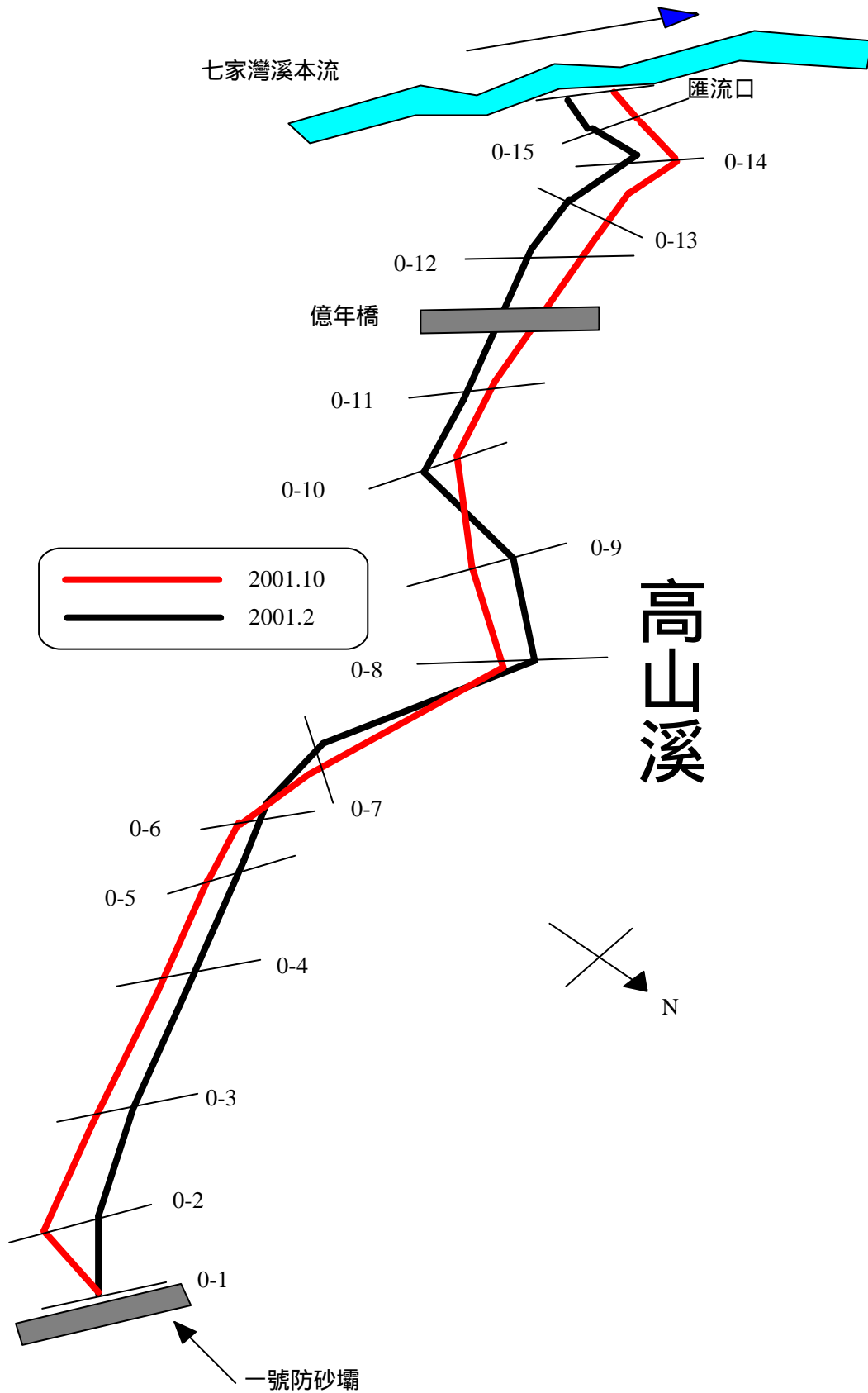
高山溪三號防砂壩

附註：90.12 進行壩口修正（加深 2 公尺、左岸至岩壁止）

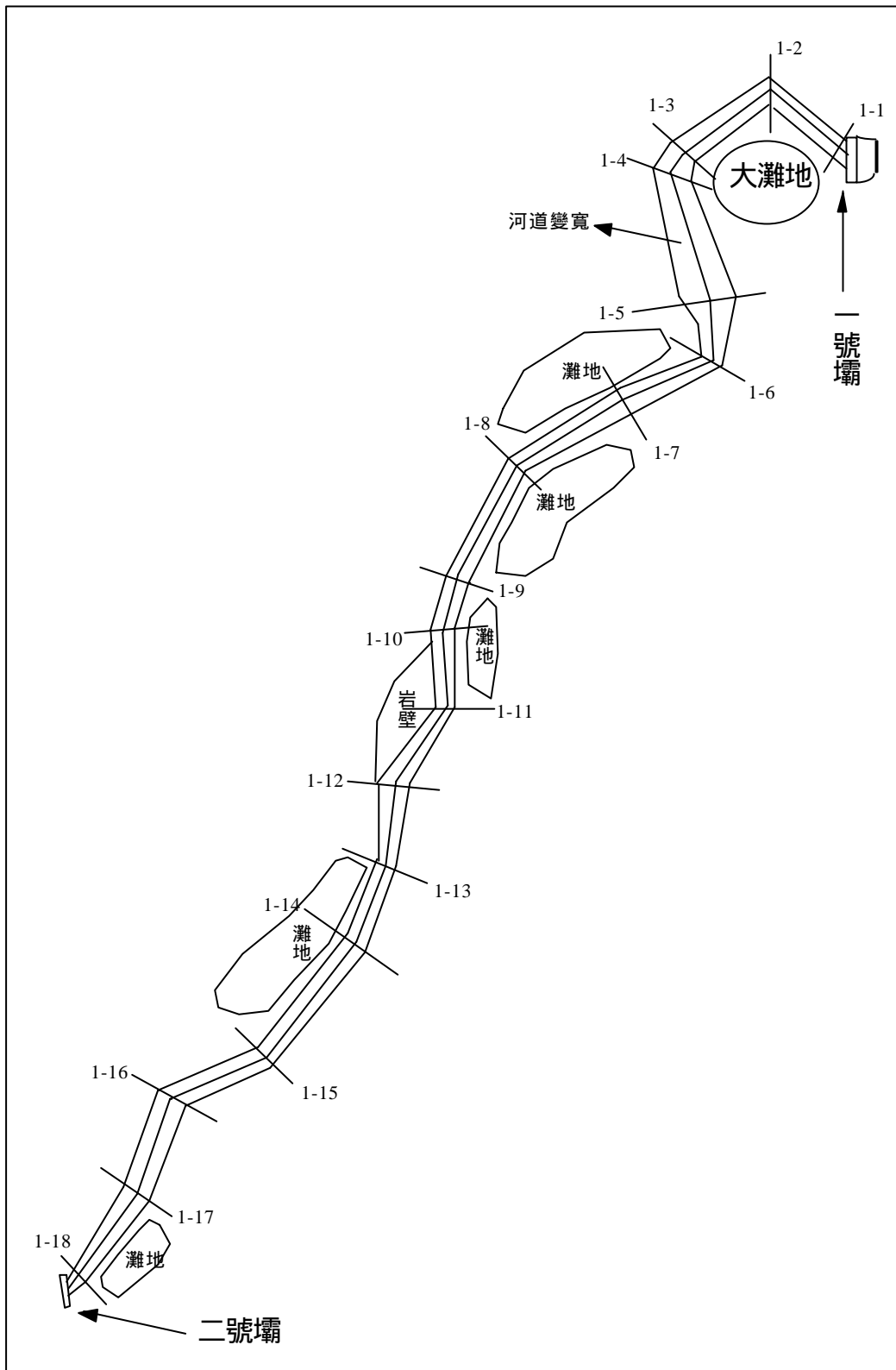


高山溪四號壩

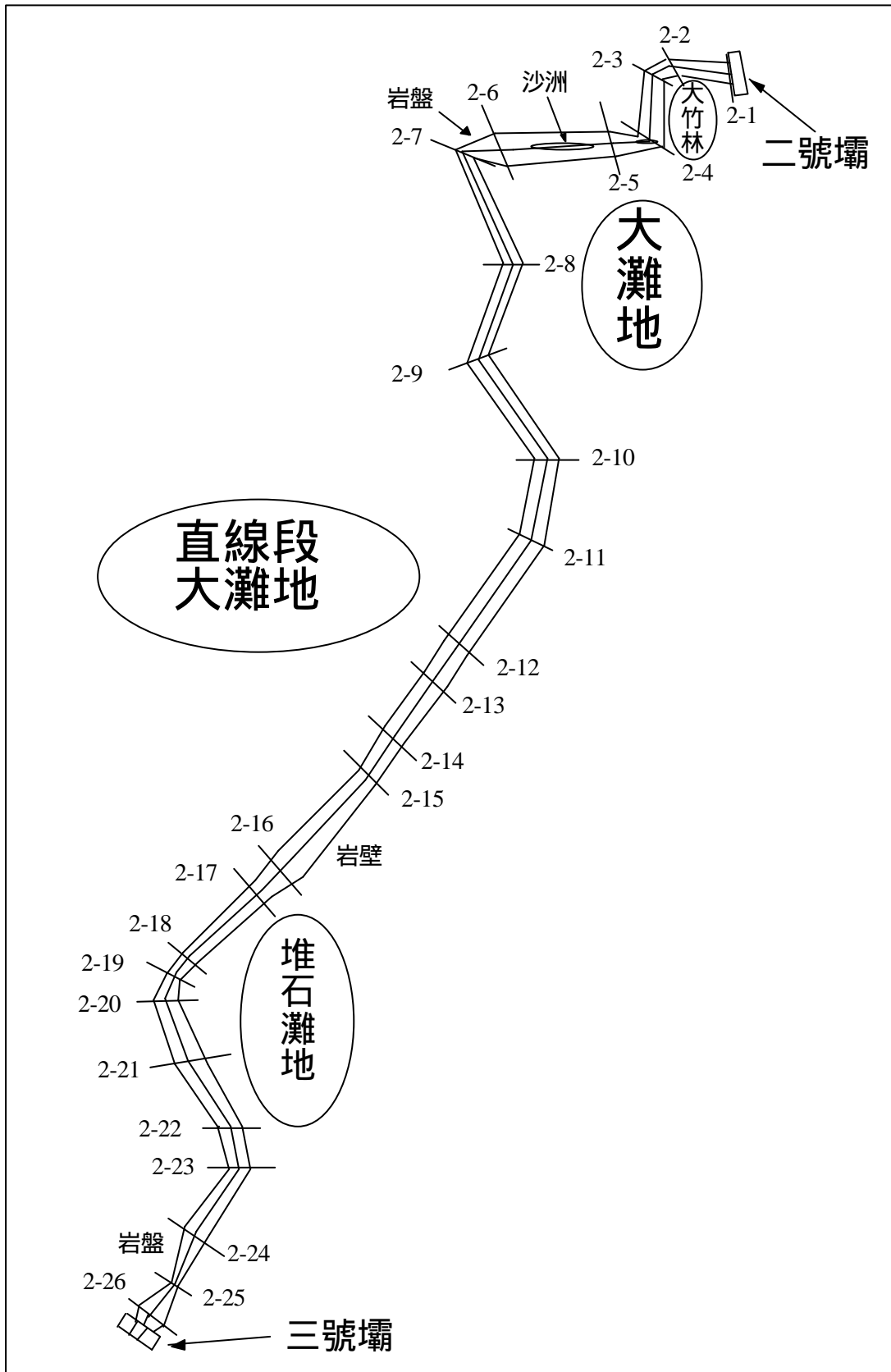
圖三、匯流口至高山溪一號壩河道改變平面圖



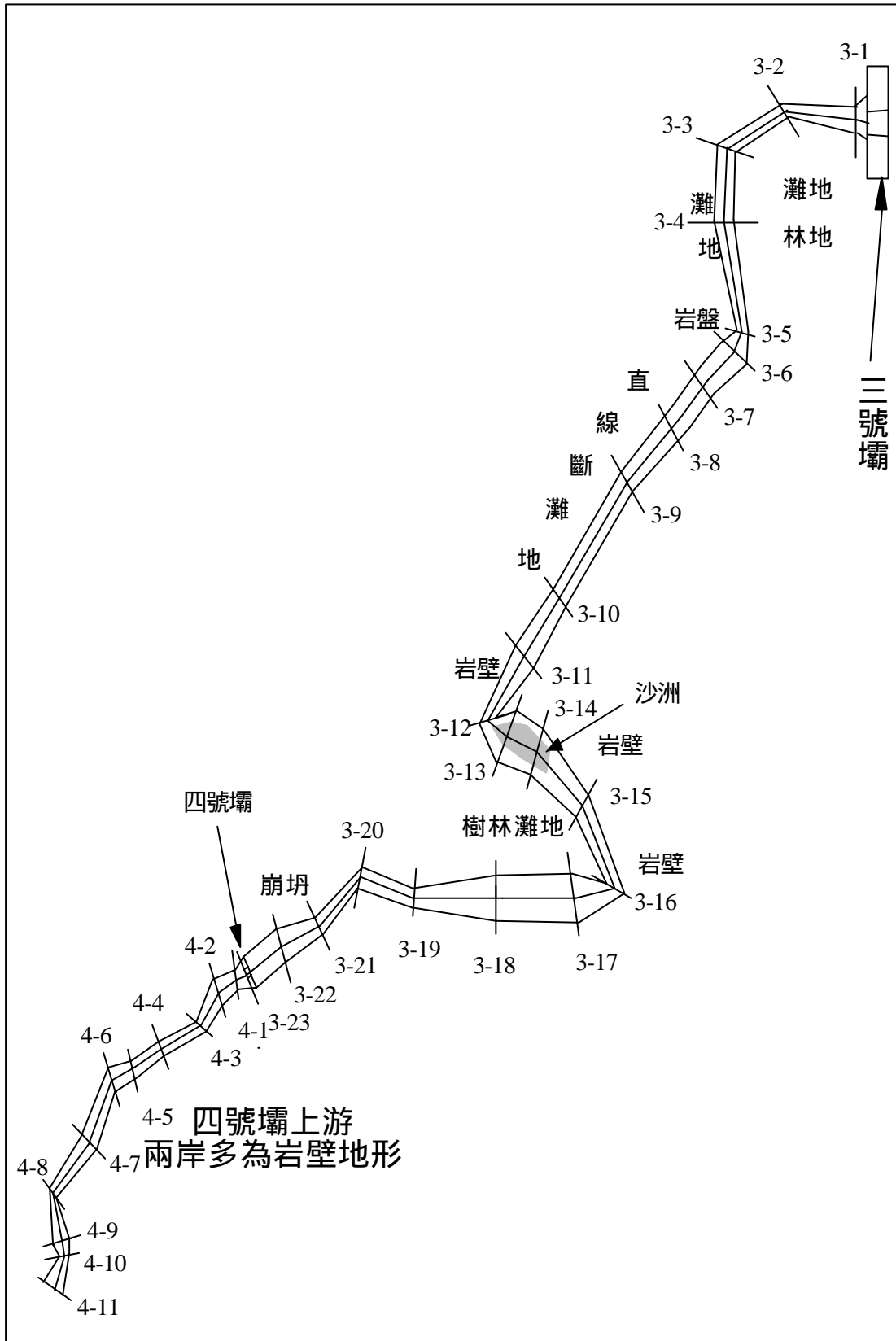
圖四、高山溪一號壩至二號壩間平面圖



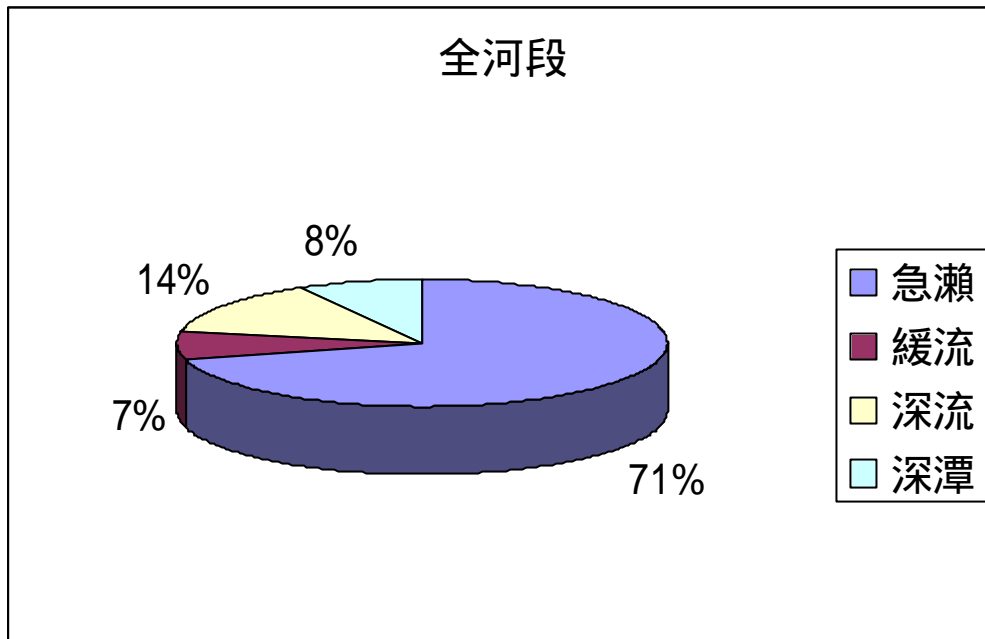
圖五、高山溪二號壩至三號壩間平面圖



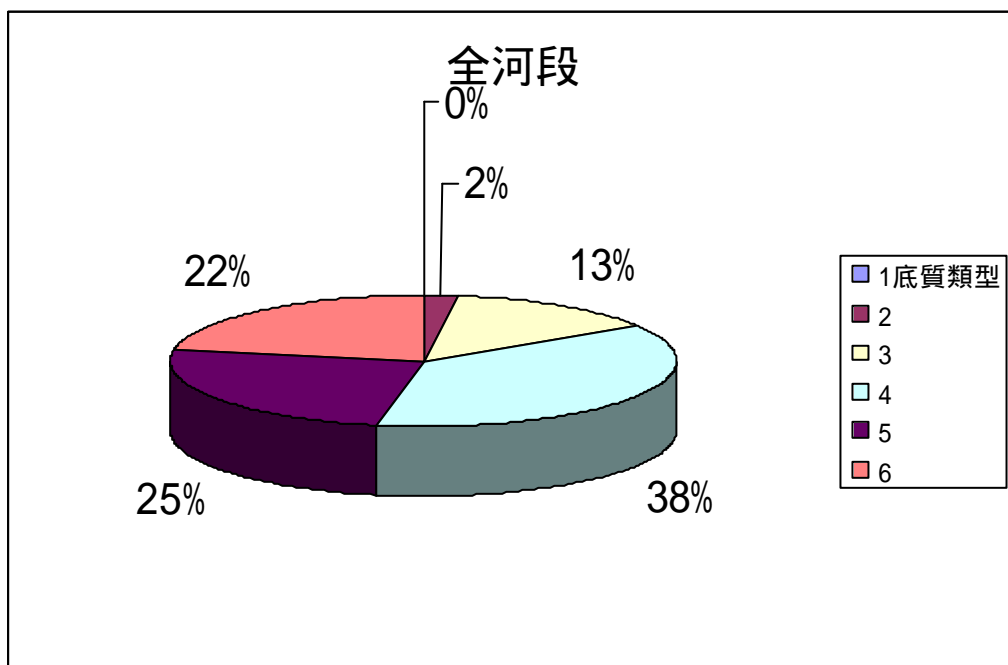
圖六、高山溪三號壩至四號壩上游間平面圖



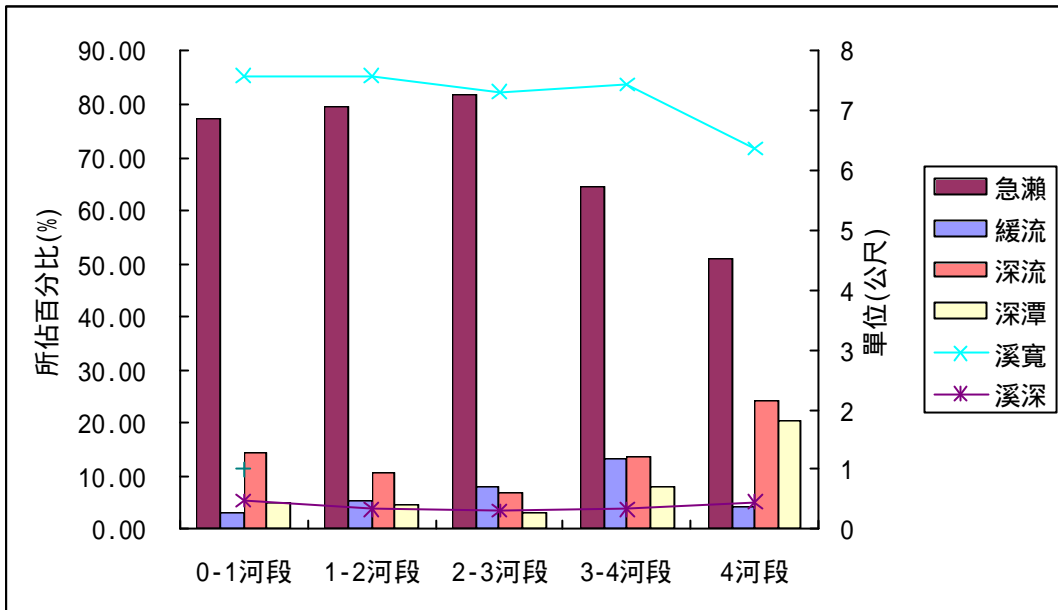
圖七、九十年高山溪全河段棲地類型所佔百分比（ % ）



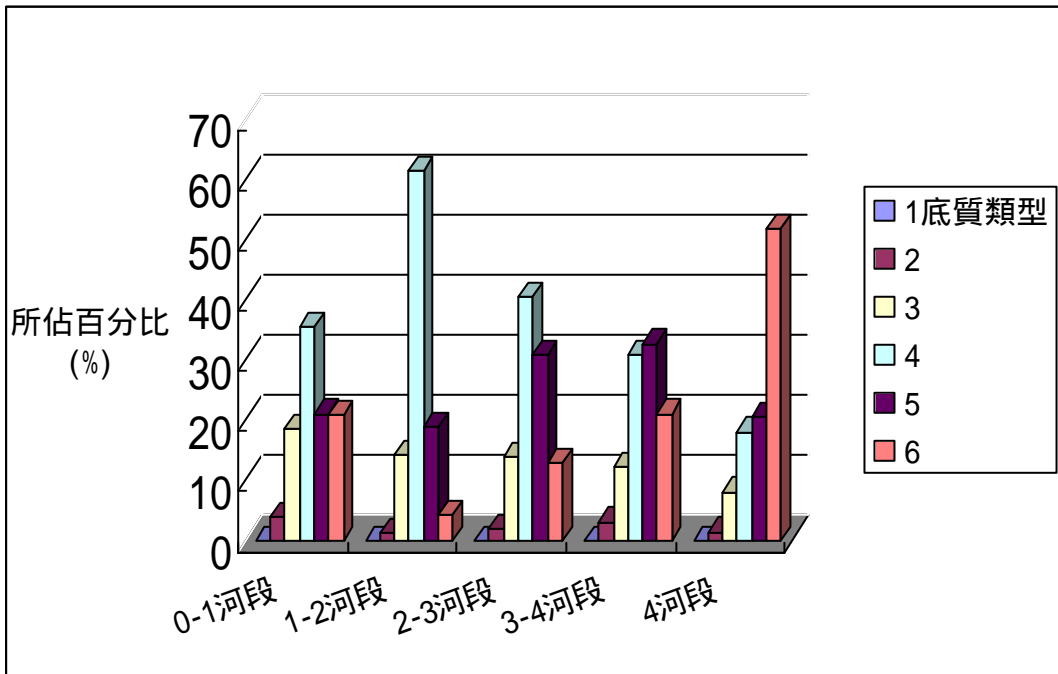
圖八、九十年高山溪全河段底質石類型所佔百分比（ % ）



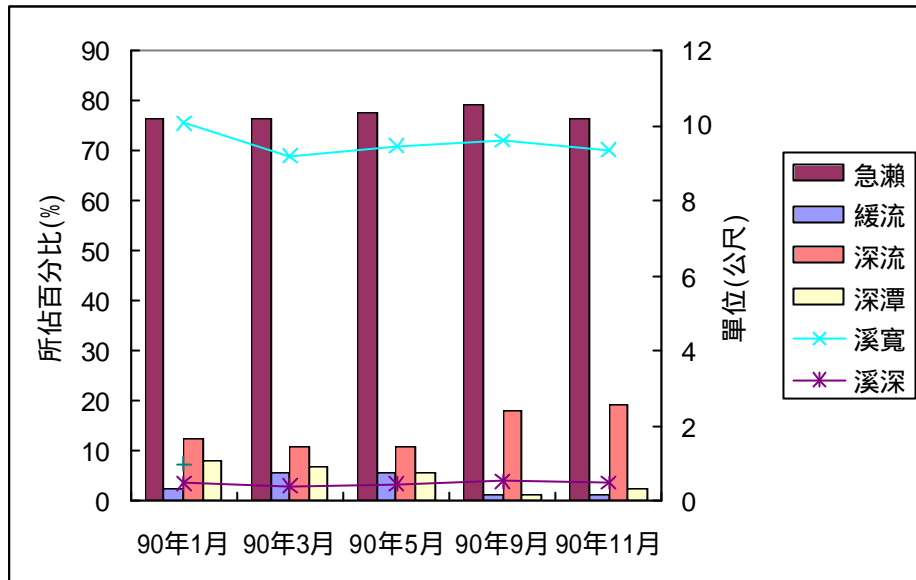
圖九、九十年高山溪各河段棲地類型所佔百分比 (%)



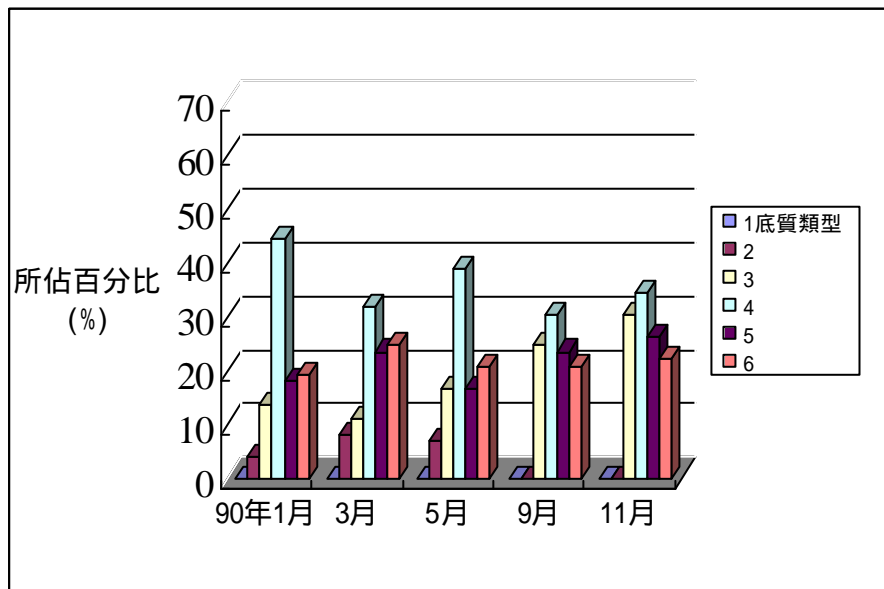
圖十、九十年高山溪各河段底質石類型所佔百分比 (%)



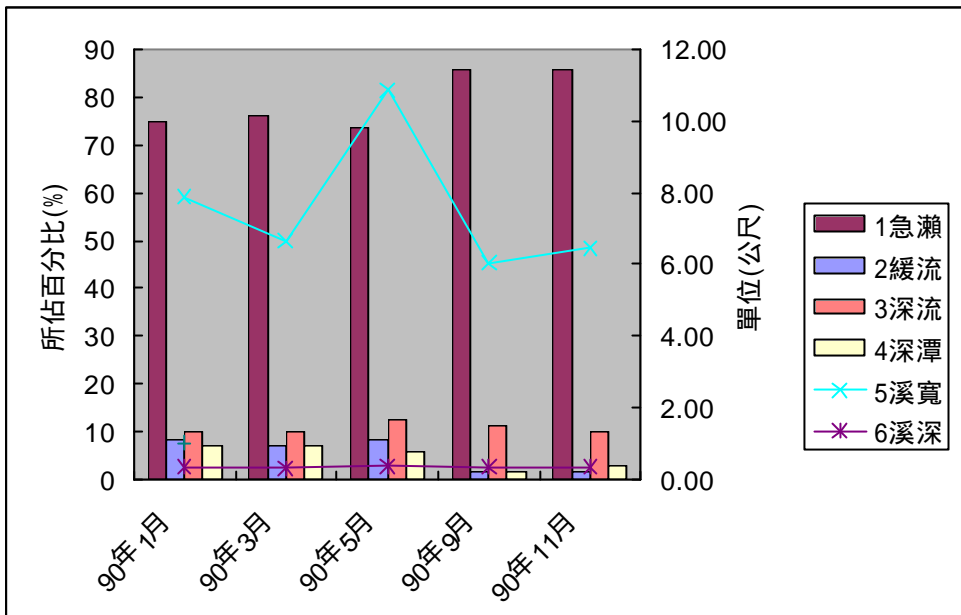
圖十一、匯流口至高山溪一號壩棲地類型和溪寬、溪深長期監測變化圖



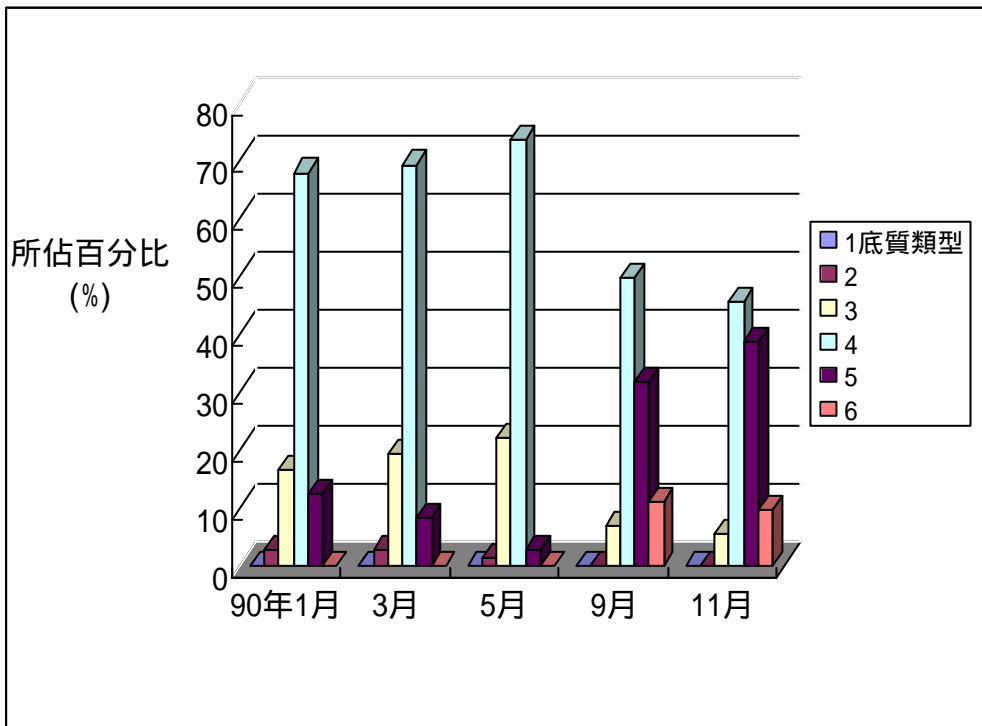
圖十二、匯流口至高山一號壩底質石類型長期監測變化圖



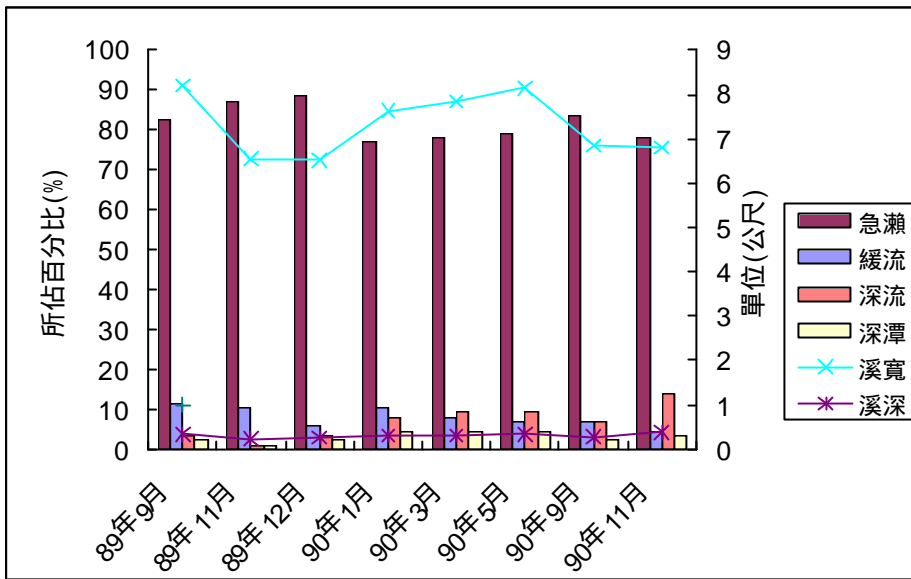
圖十三、高山溪一號壩至二號壩棲地類型和溪寬、溪深長期監測變化圖



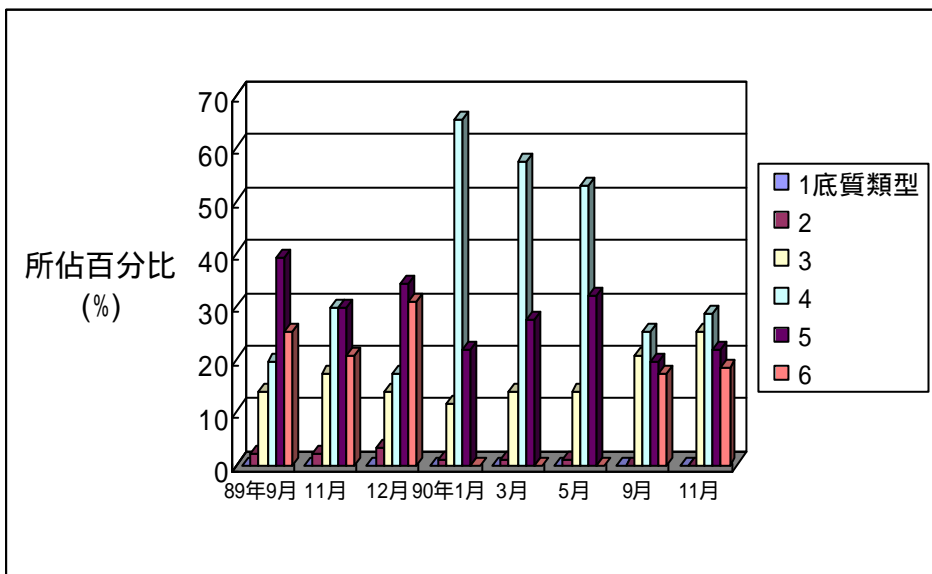
圖十四、高山溪一號壩至二號壩底質石類型長期監測變化圖



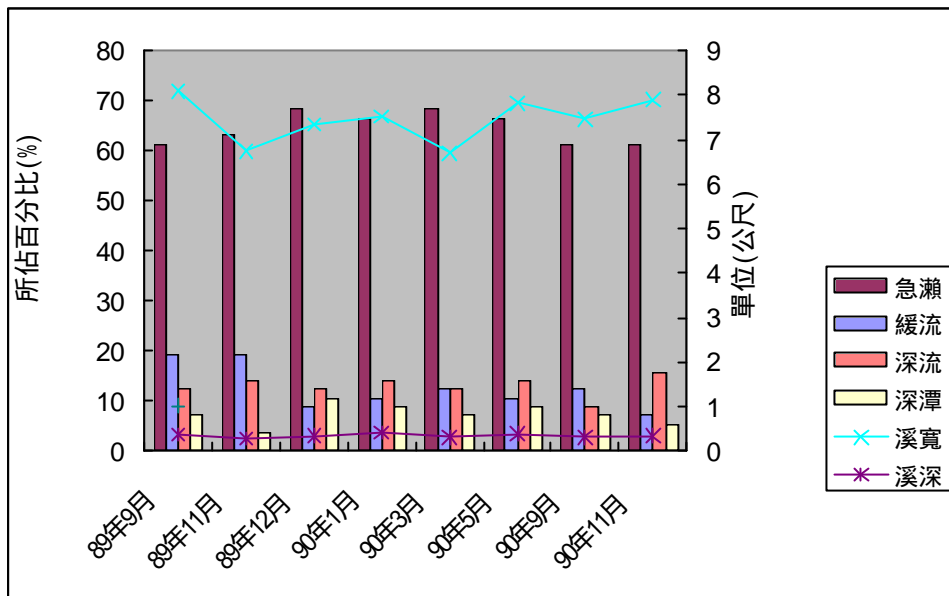
圖十五、高山溪二號壩至三號壩棲地類型和溪寬、溪深長期監測變化圖



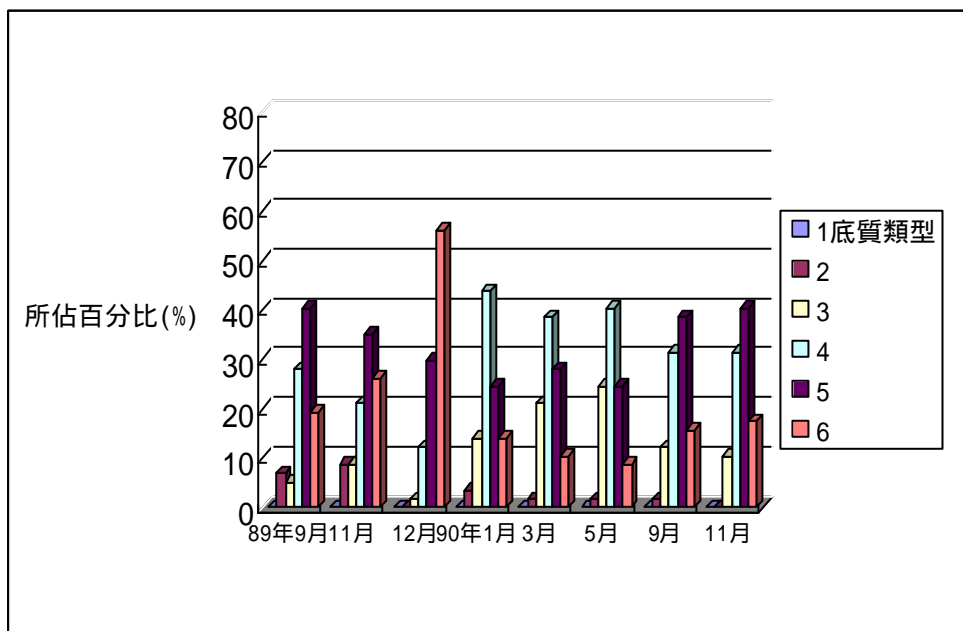
圖十六、高山溪二號壩至三號壩底質石類型長期監測變化圖



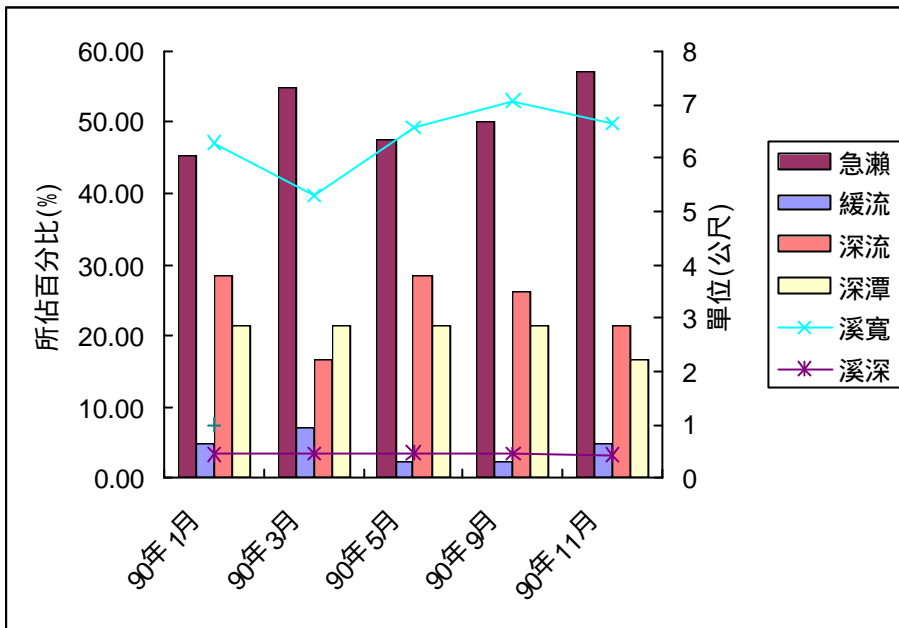
圖十七、高山溪三號壩至四號壩棲地類型和溪寬、溪深長期監測變化圖



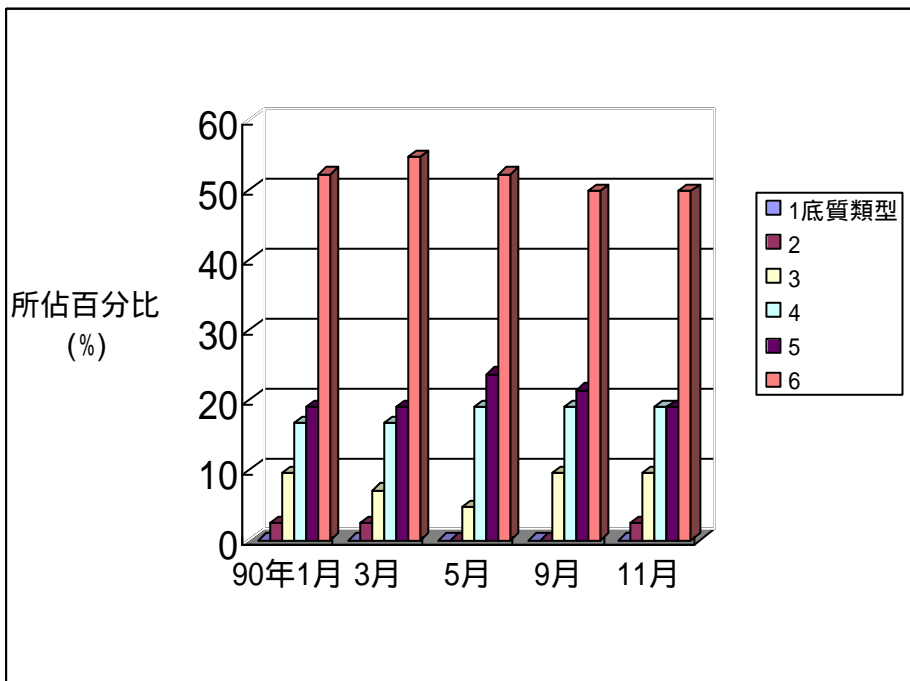
圖十八、高山溪三號壩至四號壩底質石類型長期監測變化圖



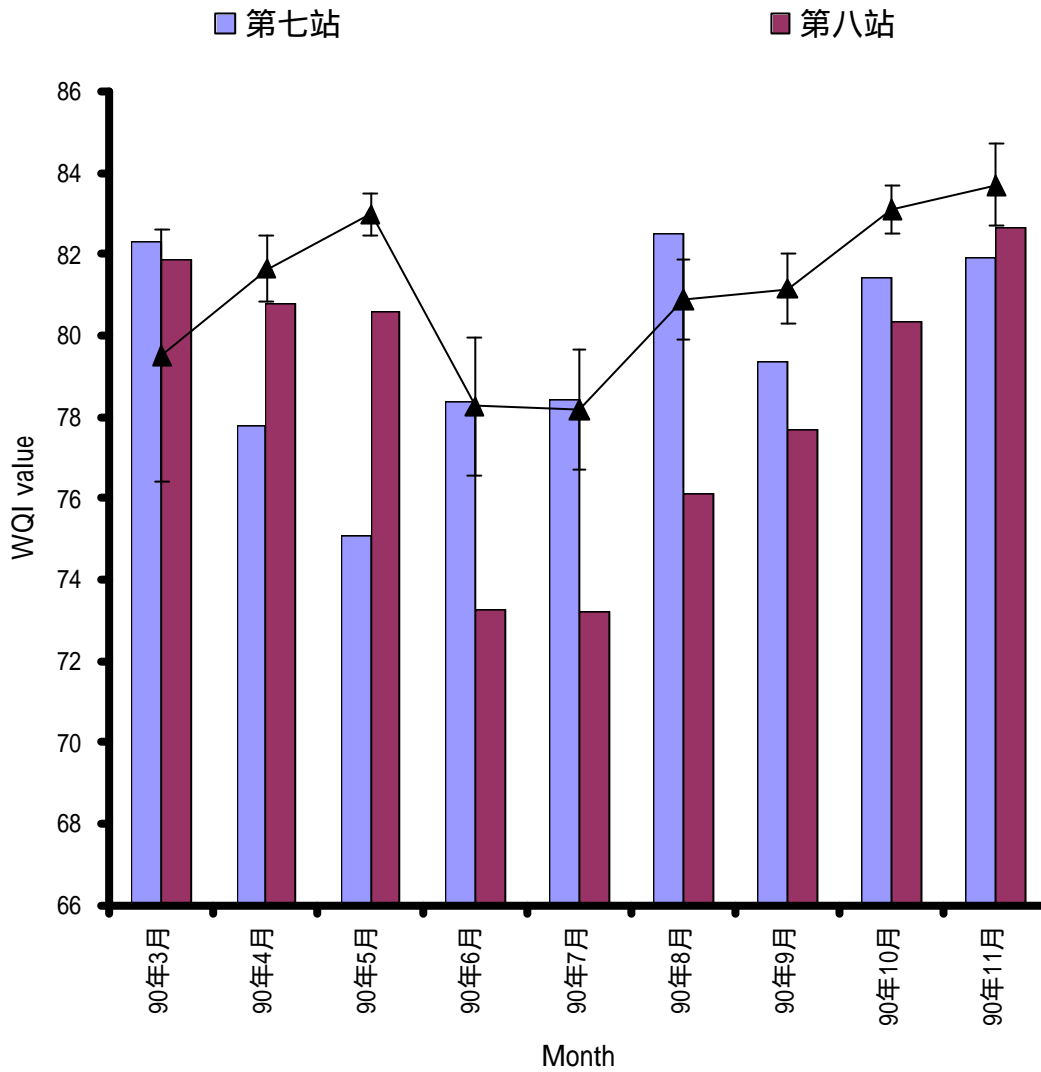
圖十九、高山溪四號壩以上河段棲地類型和溪寬、溪深長期監測變化圖

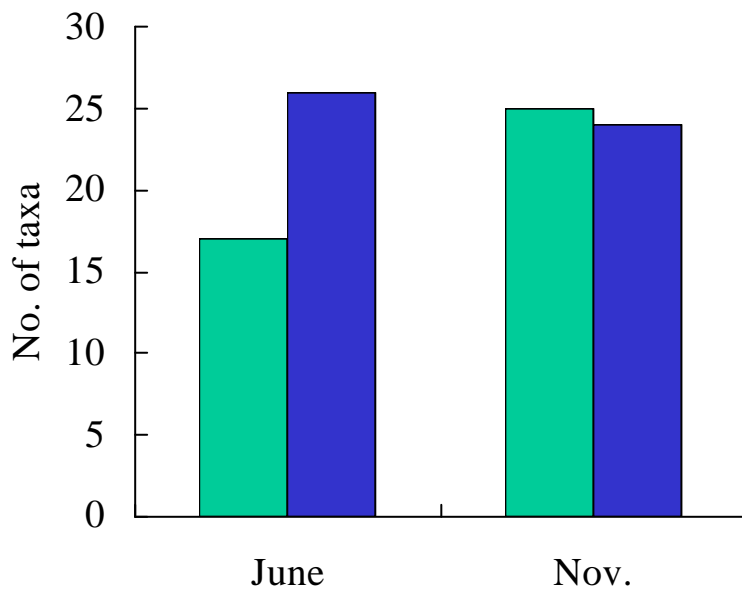
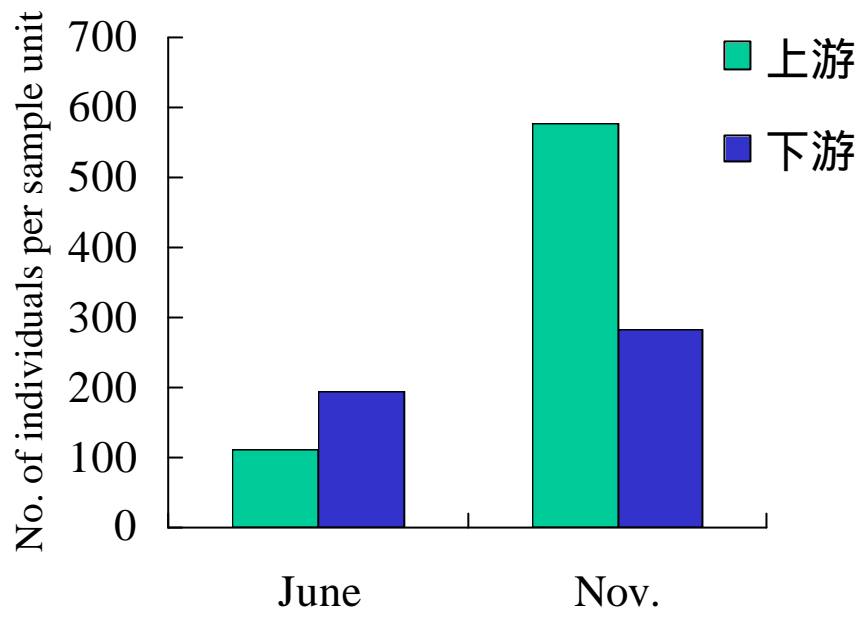


圖二十、高山溪四號壩以上河段底質石類型長期監測變化圖



圖二十一、高山溪上、下游（第七及第八站）與七家灣溪上游（六站平均值）水質變化圖



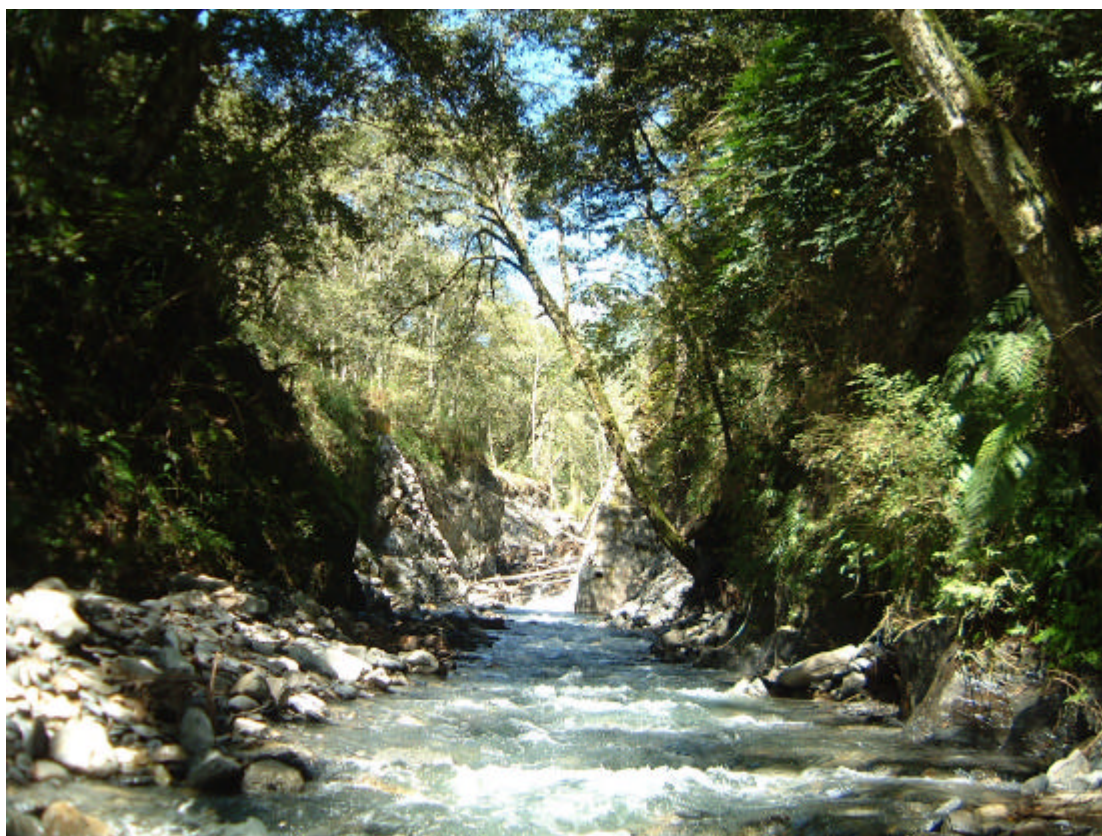


圖二十二、高山溪上下游水棲昆蟲個體數及種類數之比較

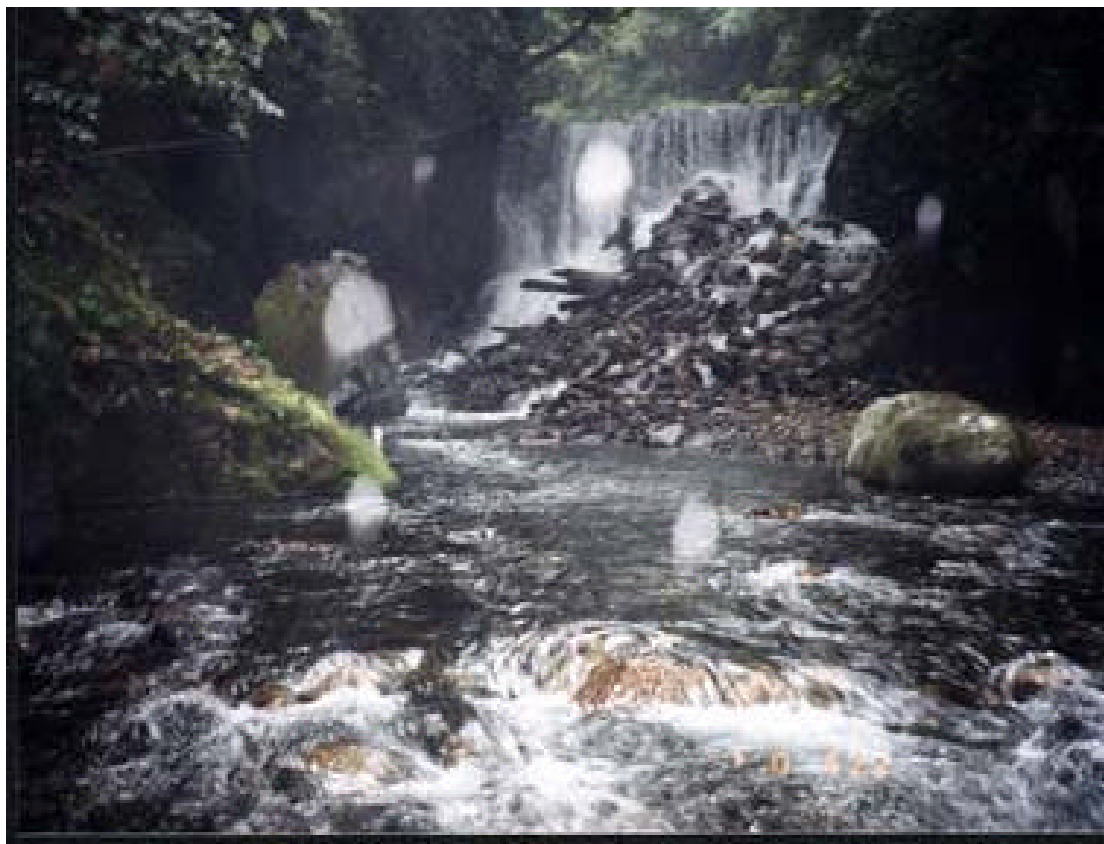
照片一、高山溪一號防砂壩改善前及改善後（90.10）



照片二、高山溪二號防砂壩改善前及改善後（90.10）



照片三、高山溪三號防砂壩改善前及改善後（90.10）



照片四、高山溪四號防砂壩改善前及改善後（90.10）

