

台灣櫻花鉤吻鮭歷史棲地—
有勝溪及羅葉尾溪環境生態監測及評估期末報告

雪霸國家公園管理處委託研究報告

中華民國九十九年十二月

台灣櫻花鉤吻鮭歷史棲地—
有勝溪及羅葉尾溪環境生態監測及評估期末報告

受委託單位：明志科技大學環境與安全衛生工程系
 國立中興大學昆蟲學系
 逢甲大學水利工程與資源保育學系
研究主持人：官文惠
共同主持人：郭美華、葉昭憲

雪霸國家公園管理處委託研究報告

中華民國九十九年十二月

目錄

| | |
|----------------|------|
| 目錄..... | I |
| 圖目錄..... | III |
| 表目錄..... | VI |
| 整合計畫摘要..... | VII |
| 一、計畫緣起及目的..... | VII |
| 二、研究成果與建議..... | VII |
| 三、重要發現..... | VIII |
| 四、主要建議事項..... | VIII |
| 研究計畫項目與內容..... | X |

第一章 水質監測研究

| | |
|----------------|------|
| 摘要..... | 1-1 |
| Abstract..... | 1-4 |
| 一、前言..... | 1-5 |
| 二、材料與方法..... | 1-15 |
| 三、研究成果..... | 1-21 |
| 四、討論..... | 1-21 |
| 五、初步結論與建議..... | 1-24 |
| 5.1 初步結論..... | 1-24 |
| 5.2 建議..... | 1-25 |
| 六、參考文獻..... | 1-26 |

第二章 物理棲地研究

| | |
|--------------------|-----|
| 摘要..... | 2-1 |
| Abstract..... | 2-2 |
| 一、前言..... | 2-3 |
| 二、材料與方法..... | 2-4 |
| 三、羅葉尾溪生態採樣區分析..... | 2-5 |
| 四、歷年群體生態採樣區分析..... | 2-7 |
| 五、結論..... | 2-8 |
| 六、建議..... | 2-8 |
| 七、參考文獻..... | 2-9 |

第三章 水生昆蟲研究

| | |
|---------------|-----|
| 摘要..... | 3-1 |
| Abstract..... | 3-3 |

| | |
|---------------|------|
| 一、 前言..... | 3-4 |
| 二、 材料與方法..... | 3-6 |
| 三、 結果..... | 3-7 |
| 四、 討論..... | 3-9 |
| 五、 結論..... | 3-10 |
| 六、 建議..... | 3-11 |
| 七、 參考文獻..... | 3-12 |

圖目錄

| | |
|---|------|
| 圖 1-1 氮素循環過程..... | 1-35 |
| 圖 1-2 有勝溪及羅葉尾溪各測站位置..... | 1-35 |
| 圖 1-3 測站1羅葉尾溪放流點..... | 1-36 |
| 圖 1-4 測站2南湖登山口..... | 1-36 |
| 圖 1-5 測站3勝光..... | 1-36 |
| 圖 1-6 測站4有勝溪下游..... | 1-36 |
| 圖 1-7 羅葉尾溪與武陵地區樣站之pH比較..... | 1-37 |
| 圖 1-8 羅葉尾溪與武陵地區樣站之溫度比較..... | 1-37 |
| 圖 1-9 羅葉尾溪與武陵地區樣站之導電度比較..... | 1-38 |
| 圖 1-10 羅葉尾溪與武陵地區樣站之溶氧比較..... | 1-38 |
| 圖 1-11 羅葉尾溪與武陵地區樣站之濁度比較..... | 1-39 |
| 圖 1-12 羅葉尾溪與武陵地區樣站之SiO ₂ 比較..... | 1-39 |
| 圖 1-13 羅葉尾溪與武陵地區樣站之NO ₃ ⁻ -N比較..... | 1-40 |
| 圖 1-14 羅葉尾溪與武陵地區樣站之NO ₂ ⁻ -N比較..... | 1-40 |
| 圖 1-15 羅葉尾溪與武陵地區樣站之SO ₄ ²⁻ 比較..... | 1-41 |
| 圖 1-16 羅葉尾溪與武陵地區樣站之Cl ⁻ 比較..... | 1-41 |
| 圖 1-17 羅葉尾溪與武陵地區樣站之PO ₄ ³⁻ 比較..... | 1-42 |
| 圖 1-18 羅葉尾溪與武陵地區樣站之NH ₃ -N比較..... | 1-42 |
| 圖 1-19 羅葉尾溪與武陵地區樣站之TOC比較..... | 1-43 |
| 圖 1-20 羅葉尾溪與武陵地區樣站之大腸桿菌比較..... | 1-43 |
| 圖 2-1 羅葉尾溪之測站位置圖..... | 2-14 |
| 圖 2-2 本年度研究基本流程圖..... | 2-14 |
| 圖 2-3 羅葉尾溪放流點斷面高程剖面圖..... | 2-15 |
| 圖 2-4 南湖登山口斷面高程剖面圖..... | 2-15 |
| 圖 2-5 勝光斷面高程剖面圖..... | 2-15 |
| 圖 2-6 有勝溪下游斷面高程剖面圖..... | 2-16 |
| 圖 2-7 羅葉尾溪放流點棲地環境類型分布..... | 2-16 |
| 圖 2-8 南湖登山口棲地環境類型分布..... | 2-16 |
| 圖 2-9 勝光棲地環境類型分布..... | 2-16 |
| 圖 2-10 有勝溪下游棲地環境類型分布..... | 2-16 |
| 圖 2-11 羅葉尾溪 10 月份各測站棲地分佈類型百分比圖..... | 2-17 |
| 圖 2-12 羅葉尾溪 6 月份各測站棲地分佈類型百分比圖..... | 2-17 |
| 圖 2-13 羅葉尾溪 2 月份各測站棲地分佈類型百分比圖..... | 2-17 |
| 圖 2-14 羅葉尾溪放流點底質分佈圖..... | 2-18 |
| 圖 2-15 南湖登山口底質分佈圖..... | 2-18 |
| 圖 2-16 勝光底質分佈圖..... | 2-18 |

| | |
|---|------|
| 圖 2-17 有勝溪下游底質分佈圖..... | 2-18 |
| 圖 2-18 羅葉尾溪 10 月份各測站底質分佈類型百分比圖..... | 2-18 |
| 圖 2-19 羅葉尾溪 6 月份各測站底質分佈類型百分比圖..... | 2-19 |
| 圖 2-20 羅葉尾溪 2 月份各測站底質分佈類型百分比圖..... | 2-19 |
| 圖 2-21 群體生態採樣區位置分佈圖..... | 2-20 |
| 圖 2-22 有勝溪收費口棲地歷年棲地分佈類型百分比圖..... | 2-20 |
| 圖 2-23 高山溪一號壩歷年棲地分佈類型百分比圖..... | 2-21 |
| 圖 2-24 觀魚台棲地分佈類型百分比圖..... | 2-21 |
| 圖 2-25 有勝溪收費口底質分佈類型百分比圖..... | 2-22 |
| 圖 2-26 高山溪一號壩底質分佈類型百分比圖..... | 2-22 |
| 圖 2-27 觀魚台底質分佈類型百分比圖..... | 2-23 |
| 圖 2-28 羅葉尾溪、有勝溪與武陵共同測站之棲地 Shannon-Wiener index..... | 2-23 |
| 圖 2-29 羅葉尾溪、有勝溪與武陵共同測站之底質 Shannon-Wiener index..... | 2-24 |
| 照片 2-1 羅葉尾溪放流點斷面 1-1 下游面(2010/10)..... | 2-24 |
| 照片 2-2 羅葉尾溪放流點斷面 1-1 上游面(2010/06)..... | 2-24 |
| 照片 2-3 羅葉尾溪放流點 1-4 斷面上游面(2010/10)..... | 2-24 |
| 照片 2-4 羅葉尾溪放流點 1-4 斷面上游面(2010/06)..... | 2-24 |
| 照片 2-5 羅葉尾溪放流點斷面 1-5 下游面(2010/10)..... | 2-25 |
| 照片 2-6 羅葉尾溪放流點斷面 1-5 下游面(2010/06)..... | 2-25 |
| 照片 2-7 南湖登山口斷面 1-1 下游面(2010/10)..... | 2-25 |
| 照片 2-8 南湖登山口斷面 1-1 下游面(2010/06)..... | 2-25 |
| 照片 2-9 南湖登山口斷面 1-4 上游面(2010/10)..... | 2-25 |
| 照片 2-10 南湖登山口斷面 1-4 上游面(2010/06)..... | 2-25 |
| 照片 2-11 南湖登山口斷面 1-5 下游面(2010/10)..... | 2-26 |
| 照片 2-12 南湖登山口斷面 1-5 下游面(2010/06)..... | 2-26 |
| 照片 2-13 勝光斷面 1-1 下游面(2010/10)..... | 2-26 |
| 照片 2-14 勝光斷面 1-1 下游面(2010/06)..... | 2-26 |
| 照片 2-15 勝光斷面 1-3 上游面(2010/10)..... | 2-26 |
| 照片 2-16 勝光斷面 1-3 上游面(2010/06)..... | 2-26 |
| 照片 2-17 勝光斷面 1-5 上游河道(2010/10)..... | 2-27 |
| 照片 2-18 勝光斷面 1-5 上游河道(2010/06)..... | 2-27 |
| 照片 2-19 有勝溪下游斷面 1-1 上游面(2010/10)..... | 2-27 |
| 照片 2-20 有勝溪下游斷面 1-1 上游面(2010/06)..... | 2-27 |
| 照片 2-21 有勝溪下游斷面 1-3 下游面(2010/10)..... | 2-27 |
| 照片 2-22 有勝溪下游斷面 1-3 下游面(2010/06)..... | 2-27 |
| 照片 2-23 有勝溪下游斷面 1-5 上游面(2010/10)..... | 2-28 |
| 照片 2-24 有勝溪下游斷面 1-5 上游面(2010/06)..... | 2-28 |
| 圖 3-1 水棲昆蟲監測調查測站之相關位置圖..... | 3-17 |

| | |
|--|------|
| 圖 3-2 羅葉尾溪、有勝溪與武陵地區溪流測站水生昆蟲數量變化圖..... | 3-17 |
| 圖 3-3 羅葉尾溪、有勝溪與武陵地區溪流測站之櫻花鉤吻鮭中大體型昆蟲食 餌之數量變化圖..... | 3-18 |
| 圖 3-4 羅葉尾溪、有勝溪與武陵地區溪流測站水生昆蟲之 Shannon- Wiener's index..... | 3-18 |
| 圖 3-5 羅葉尾溪、有勝溪與武陵地區溪流測站水生昆蟲之 RBPII 相對分數..... | 3-19 |
| 圖 3-6 羅葉尾溪、有勝溪與武陵地區溪流測站底棲昆蟲組成之 MDS 分析..... | 3-19 |

表目錄

| | |
|--|------|
| 表1-1 飲用水水源水質標準..... | 1-28 |
| 表1-2 地面水體分類及水質標準..... | 1-28 |
| 表1-3 羅葉尾河流域各測站地理座標..... | 1-29 |
| 表1-4 99年2月羅葉尾河流域與武陵地區各測站分析數據..... | 1-30 |
| 表1-5 99年4月羅葉尾河流域與武陵地區各測站分析數據..... | 1-31 |
| 表1-6 99年6月羅葉尾河流域與武陵地區各測站分析數據..... | 1-32 |
| 表1-7 99年8月羅葉尾河流域與武陵地區各測站分析數據..... | 1-33 |
| 表1-8 99年10月羅葉尾河流域與武陵地區各測站分析數據..... | 1-34 |
| 表 2-1 棲地底質分類表..... | 2-11 |
| 表 2-2 各種物理棲地環境指標定義..... | 2-11 |
| 表 2-3 羅葉尾溪放流點採樣點床面平均坡度表..... | 2-11 |
| 表 2-4 南湖登山口採樣點床面平均坡度表..... | 2-11 |
| 表 2-5 勝光採樣點床面平均坡度表..... | 2-11 |
| 表 2-6 有勝溪下游採樣點床面平均坡度表..... | 2-11 |
| 表 2-7 棲地底質分類表..... | 2-12 |
| 表 2-8 2010 年 10 月羅葉尾溪各河段之棲地底質分佈比例..... | 2-12 |
| 表 2-9 2010 年 06 月羅葉尾溪各河段之棲地底質分佈比例..... | 2-12 |
| 表 2-10 2010 年 02 月羅葉尾溪各河段棲地環境類型分析..... | 2-12 |
| 表 2-11 2010 年 10 月羅葉尾溪各河段棲地環境類型分析..... | 2-13 |
| 表 2-12 2010 年 06 月羅葉尾溪各河段棲地環境類型分析..... | 2-13 |
| 表 2-13 2010 年 02 月羅葉尾溪各河段棲地環境類型分析..... | 2-13 |
| 表 3-1 羅葉尾溪及有勝溪於 2010 年之水棲昆蟲資源組成及個體數 (individuals / square meter)..... | 3-15 |

整合計畫摘要

關鍵詞：台灣櫻花鉤吻鮭、羅葉尾溪、水文與物理棲地、水質監測、水生昆蟲

一、研究緣起

台灣櫻花鉤吻鮭過去在大甲溪上游之六條支流中，但隨時間之演進，最後僅生存於七家灣溪及高山溪。近年來雪霸國家公園管理處致力於櫻花鉤吻鮭之復育工作，並今年在羅葉尾溪放流，希冀國寶魚櫻花鉤吻鮭可重新悠游於溪流中。本研究將(1) 監測羅葉尾溪水質，並進行櫻花鉤吻鮭目前生存之七家灣流域與羅葉尾溪水質進行客觀比較；(2) 針對水文物理棲地調查，進行持續性追蹤調查之項目包含河道縱、橫斷面測量及物理棲地調查；(3) 對櫻花鉤吻鮭主要食物來源水生昆蟲進行調查，並以統計方法分析水生昆蟲種類、數量、生物量及群聚各重要參數；最後將整合三者研究結果，比較羅葉尾溪中水質、水文與物理棲地及水生昆蟲種類及數目與七家灣溪之異同，探討對櫻花鉤吻鮭之影響及生態意義。期能將調查結果彙集成文，裨益集水區之經營管理，並提供鮭魚溪流移地保育之評估與建議。

二、研究方法及過程

本研究針對水溫、溶氧、導電度、pH等水質項目進行現場量測；濁度、矽酸鹽、硝酸鹽氮、亞硝酸鹽氮、生化需氧量、氨氮、磷酸鹽、硫酸鹽、氯鹽、總磷、總有機碳、大腸桿菌，則現地採集樣品後，運回實驗室分析。

水文物理棲地之調查，沿用葉昭憲(2007)於七家灣溪及高山溪相關研究計畫中實施多年之河道斷面測量及物理棲地調查方法。

水生昆蟲之調查係進行櫻花鉤吻鮭之域外放流地羅葉尾溪之生態監測，並建立水生昆蟲相生態資料庫。利用群聚指數及快速生物評估法II指標監測羅葉尾溪各測站水生昆蟲群聚、棲地變化及水質變化並加以評估，以作為集水區經營管理之參考指標。

三、重要發現

羅葉尾河流域 pH 值在 pH7.19~8.96 間，不似武陵地區各溪流有季節性趨勢，且有測站間之相關性。水溫於同月份均較武陵地區各溪流為高，各測站溶氧值皆大於 6.5 ppm 以上。羅葉尾河流域於 2 月份上流放流點（測站 1）與有勝溪收費口（測站 5）濁度較高外，其餘測站濁度與武陵地區各溪流近似。營養鹽方面因羅葉尾河流域沿岸有農耕施作，羅葉尾溪中、下游處種植區域較廣導致營養鹽高於武陵地區各溪流，羅葉尾溪中下游流域導電度均較武陵地區各溪流高。羅葉尾河流域 TOC 較武陵地區各溪流低，因各測站兩旁樹冠較武陵地區各溪流稀疏，故落葉量相對武陵地區各溪流少。

在 6 月份調查發現，與 2 月調查資料相比，四個測站河段之河道皆有稍微刷深之趨勢，在棲地環境分佈上，四個河段淺流與緩流比例占大多數，只有南湖登山口深潭比例較高。在 10 月份調查發現有勝溪下游(測站 4)河道改變且有不少漂流木堆積在河床上；匯整「武陵地區長期生態監測暨生態模式建立」歷年相關計畫從 2009 年至今年 10 月份之有勝溪收費口測站、觀魚台測站以及高山溪一號壩測站之研究成果並進行初步歸納比較。

2010 年採樣調查水棲昆蟲共計有 6 目 41 科 68 種(Taxa)，較武陵地區之 6 目 37 科 64 物種(Taxa)(郭, 2010)為多。各站的豐度高峰水準與觀魚台測站相似，不過中大型食餌卻低於觀魚台測站。各測站之多樣性指數大多數都介於武陵地區參考站變化區間內。快速生物評估法 II 評估結果顯示羅葉尾溪及有勝溪棲地在無損害與中度損害之間。MDS 分析顯示僅放流點測站和武陵地區優良參考站(高山溪測站)的群聚結構較相近。

四、主要建議事項

根據本研究於羅葉尾溪之水質採樣分析、水文物裡棲地調查及水生昆蟲調查研究結果建議事項敘述如下：

(1)立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：武陵農場

建議事項：由調查分析結果顯示，羅葉尾溪水質狀況大致良好，其水溫、導電度較七家灣溪樣站略高，羅葉尾溪採樣點營養鹽濃度較七家灣溪高，欲在羅葉尾溪放流櫻花鉤吻鮭，持續監測關鍵水質項目仍屬必要，如水溫、總有機碳（TOC）、磷酸鹽、硝酸鹽、氨氮、生化需氧量等。羅葉尾溪流域的河道坡度較陡，平均為3%左右，六月份雨量多但調查發現細顆粒有增加趨勢，所以仍須持續監測研究，以觀察各測站的物理棲地變化，以對後續研究提供資料。

(2)長期建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：武陵農場

建議事項：由現有調查分析結果顯示，羅葉尾溪各項目間之穩定性與規律性比七家灣河流域略差，故持續監測關鍵收集相關數據，以評估是否適合櫻花鉤吻鮭之放流仍有其必要性。

研究計畫項目與內容

| 計畫項目 | 主持人 | 服務機構/所 | 職稱 | 計畫內容 |
|-------|-----|------------------|-----|-----------|
| 子計畫 1 | 官文惠 | 明志科技大學環境與安全衛生工程系 | 副教授 | 水質監測 |
| 子計畫 2 | 葉昭憲 | 逢甲大學水利工程與資源保育學系 | 副教授 | 水文與物理棲地研究 |
| 子計畫 3 | 郭美華 | 中興大學昆蟲系 | 副教授 | 水棲昆蟲研究 |

第一章 水質監測研究

官文惠、詹晏權、劉柄伸、張吉正、賴宥蒼

張滋芳、吳宏彬、江宛樺

明志科技大學環境與安全衛生工程系

摘要

關鍵詞：台灣櫻花鉤吻鮭、羅葉尾溪、水質監測

一、研究緣起

台灣櫻花鉤吻鮭是冰河時期子遺的珍貴物種，是北半球鮭魚分佈最南限，冰河時期海平面下降，改變櫻花鉤吻鮭洄游到大海的習性，被阻隔在大甲溪上游之高山溪流中，成為陸封性的鮭魚。過去在日治時代，在大甲溪上游之六條支流中，包括有勝溪上游羅葉尾溪均有櫻花鉤吻鮭之分佈，但隨時間之演進，最後僅生存於七家灣溪及高山溪。近年來雪霸國家公園管理處致力於櫻花鉤吻鮭之復育工作，並且進行移地保育工程，即是在自然原生地以外的地方進行物種的保育。物種保育整體的經營管理可劃分為就地和遷地行動，前者著重在自然族群和生態系統，立即的保護和復育，而後者朝向發展移地的基因保存能力，以便保護物種免於全然絕滅，並補充或復育自然族群。移地保育就像是備分一樣，有時又是一種暫時性的替換手段。雪霸加公園管理處，近年在羅葉尾溪進行放流，希冀國寶魚櫻花鉤吻鮭可重新悠游於之溪流中。羅葉尾溪位於有勝溪上游，全長約 4 公里，有勝溪發源於雪山山脈桃山稜線的羅葉尾山東側，經思源啞口後在武陵農場與七家灣溪匯流，流入大甲溪，有勝溪全長 10.5 公里。雪霸國家公園管理處於 2006 至 2009 年，在大甲溪上游其它溪流進行放流工作，2009 年 6 月於羅葉尾溪放流 150 尾約 15 公分之之櫻花鉤吻鮭。惟過去羅葉尾溪之溪流生態環境監測與評估之數據較為缺乏，亦無法與櫻花鉤吻鮭目

前生存之七家灣溪及高山溪流進行客觀之比較。本團隊於 2010 年針對羅葉尾溪之溪流水質進行調查，並延用本團隊於七家灣溪流域之研究方法，針對羅葉尾溪及有勝溪進行水環境參數之評估。研究結果，將與 七家灣溪之調查成果進行比較，探討對櫻花鉤吻鮭之影響及生態意義。期能將調查結果彙集成文，裨益集水區之經營管理，並提供鮭魚溪流移地保育之評估與建議。

二、研究方法及過程

本研究針對水溫、溶氧、導電度、pH等水質項目進行現場量測；濁度、矽酸鹽、硝酸鹽氮、亞硝酸鹽氮、生化需氧量、氨氮、磷酸鹽、硫酸鹽、氯鹽、總磷、總有機碳，則現地採集樣品後，運回實驗室分析。

三、重要發現

羅葉尾溪流域pH值在pH7.19~8.96間，不似武陵地區各溪流有季節性趨勢，且有測站間之相關性。水溫於同月份均較武陵地區之高山溪觀魚台測站高，各測站溶氧值皆大於6.5 ppm以上。羅葉尾溪流域於2月份上游放流點（測站1）、有勝溪收費口（測站5）與10月份勝光(測站3)濁度略較高外，其餘測站濁度與武陵地區各溪流近似。營養鹽方面因羅葉尾溪流域沿岸有農耕施作，羅葉尾溪中、下游處種植區域較廣導致營養鹽高於武陵地區各溪流，羅葉尾溪中下游流域導電度均較武陵地區各溪流高。羅葉尾溪流域TOC較武陵地區各溪流低，因各測站兩旁樹冠較武陵地區各溪流稀疏，故落葉量相對武陵地區各溪流少。

四、主要建議事項

羅葉尾溪之水質採樣分析結果，可做成立即可行及長期建議事項，分述如下：

(1)立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

建議事項：結果顯示，羅葉尾溪水質狀況大致良好，惟營養鹽濃度較武陵地區背景測站，如高山溪為高，此結果是受羅葉尾溪中下游流域農耕活動影響，應再經較長期之監測始能得知。故建議持續監測關鍵水質項目仍屬必要，如pH、酸鹽、磷酸鹽、硝酸鹽、氨氮、總有機碳（TOC）、大腸桿菌等。

(2)長期建議：設立自動水質監測站定期蒐集水質資料，以評估羅葉尾溪水質變化，供管理及決策參考。

Abstract

Formosan landlocked salmon (*Oncorhynchus masou formosanus*), the scarce protected species, had distributed in the branches of stream Da-Chia, including Lo-Ye-Wei Stream. However, the protected salmon only occur in stream Chi-Chia-Wan in last a number of decades. Due to the government policy, Shei-Pa National Park recently devotes to recover the salmon and release the cultivated breeds in Lo-Ye-Wei Stream. Therefore, the comprehensive assessment and monitoring of the new selected habitats are indispensable. This study was aimed to monitor the water quality. Additionally, the overall evaluating data will be compared to that of stream Chi-Chia-Wan in order to propose ecologically suggestions for the restoration of the Formosan salmon. The results indicated that the water quality of upper Lo-Ye_wei Stream is similar with that of Chi-Chia-Wan Steam but the water quality of middle and down stream is inadequate than that of Chi-Chia-Wan Stream because of the human activities.

Key words: the Formosan salmon; stream Lo-Ye-Wei, stream chi-chia-wan, water quality monitoring, water-born insect, microhabitat

一、前言

(一) 研究緣起

台灣櫻花鉤吻鮭是冰河時期子遺的珍貴物種，是北半球鮭魚分佈最南限，冰河時期海平面下降，改變櫻花鉤吻鮭洄游到大海的習性，被阻隔在大甲溪上游之高山溪流中，成為陸封性的鮭魚。過去在日治時代，在大甲溪上游之六條支流中，包括有勝溪上游羅葉尾溪均有櫻花鉤吻鮭之分佈，但隨時間之演進，最後僅生存於七家灣溪及高山溪。近年來雪霸國家公園管理處致力於櫻花鉤吻鮭之復育工作，並且進行移地保育工程，即是在自然原生地以外的地方進行物種的保育，物種保育整體的經營管理可劃分為就地和遷地行動，前者著重在自然族群和生態系統，立即的保護和復育，而後者朝向發展移地的基因保存能力，以便保護物種免於全然絕滅，並補充或復育自然族群。移地保育就像備分一樣，也是一種暫時性的替換手段。目前管理處已逐年在其他溪流進行放流，希冀國寶魚櫻花鉤吻鮭可重新悠游於之溪流中。羅葉尾溪位於有勝溪上游，全長約 4 公里，有勝溪發源於雪山山脈桃山稜線的羅葉尾山東側，經思源啞口後在武陵農場與七家灣溪匯流，流入大甲溪，有勝溪全長 10.5 公里。雪霸國家公園管理處 2006 至 2009 年，於其他溪流進行放流工作，2009 年 6 月於羅葉尾溪放流 150 尾約 15 公分之之櫻花鉤吻鮭。惟過去羅葉尾溪之溪流生態環境監測與評估之數據較為缺乏，亦無法與櫻花鉤吻鮭目前生存之七家灣溪及高山溪流進行客觀之比較。2010 年針對羅葉尾溪之溪流水環境參數進行初步調查。故本計畫擬延續前人之研究方法，針對羅葉尾溪進行環境生態之評估，將研究結果，比較羅葉尾溪水質與七家灣溪之異同，探討對櫻花鉤吻鮭之影響及生態意義。

(二) 研究目的

計畫樣區主要位於雪霸國家公園及宜蘭縣大同鄉境內，本計畫將針對羅葉

尾溪放流點及有勝溪下游匯流處之生態環境進行調查與評估，針對羅葉尾溪溪水採樣與分析，並比較櫻花鉤吻鮭目前生存之七家灣溪域與羅葉尾溪之異同。本研究持續針對水溫、溶氧、導電度、pH等水質項目進行現場量測；濁度、矽酸鹽、硝酸鹽氮、亞硝酸鹽氮、生化需氧量、氨氮、磷酸鹽、硫酸鹽、氯鹽、總磷、總有機碳，則現地採集樣品後，運回實驗室分析。

(三) 文獻回顧

櫻花鉤吻鮭棲息地之水質對條件對魚隻數目有相當大之影響。張（1989）與陳（1998）研究指出櫻花鉤吻鮭對水質的要求如下所述，溫度是最直接影響鮭魚的生存條件，鮭魚生存最適溫度在5~17 °C為最佳，孵化時7~12.5 °C，水溫過低攝食率亦隨之降低，過高對魚卵會產生致死作用；水溫升高更會造成溶氧的降低，水溫控制著魚類的攝食、代謝、生長率影響魚類甚巨。pH值介於6.5~8.5時對魚類生產力最好，pH值大於9與低於5.2時對魚類鰓的表面細胞有損害作用，更會產生大量黏液妨害魚類呼吸。當pH值過高水中氫會以劇毒性之非離子狀態存在，對魚類更會造成影響。導電度表示水中離子的含量多寡，鮭魚最適水中導電度條件介在120~450 $\mu\text{mho}/\text{cm}$ 之間。冷水性鮭鱒魚類對溶氧的需求在7 ppm以上或飽合度85%以上，溶氧過低會影響消化作用，當低於2.65 ppm以下時便會產生窒息現象；溶氧過高會造成鰓微血管和皮下組織會出現氣泡，妨礙血液循環而使魚類出現呼吸困難導致死亡。濁度要求在5 NTU之下，濁度對視覺性攝食魚種櫻花鉤吻鮭會造成攝食的有效度降低，懸浮顆粒更容易經由摩擦對水棲生物造成物理性的傷害，若附著於魚卵表面，則其透氧率會降低導致孵化率亦隨之降低。生化需氧量代表著水中有機物質的多寡，其值越低表示其水中有機物的含量越少，水質亦越好。在甲級河川水體其生化需氧量值規定於1 ppm以下，鮭鱒魚類對水中生化需氧量的濃度可忍受在1 ppm以下，孵化時忍受值更低為0.6 ppm以下。硝酸鹽於水體未污染之上限濃度為0.5 ppm，

若大於10 ppm會加速水中藻類繁殖造成水質優養化，並使溶氧減少。鮭 鱒魚類對水中硝酸鹽的濃度可忍受在2 ppm以下。亞硝酸鹽氮為一具有毒性的物質，飲用水規定的最高容許濃度為0.1 ppm，鮭鱒魚類對水中亞硝酸鹽的忍受濃度為50 ppb，孵化時則需低於30 ppb。在氮的部分其忍耐值需小於12.5 ppb。冷水性鮭鱒魚類對氯極為敏感，水中若含有0.3 ppm的氯，兩個小時內虹鱒便會死亡；含氯0.25 ppm時，4~5個小時便能殺害幼魚。氯的毒性影響常是久遠的且無法復原，在含氯的溪水中會導致魚類的鰓受損而無法保持體內離子平衡。其他化合物與氯結合後大多數具有毒性，生物不能經由代謝而排除致使魚類死亡。環境中的磷大多以磷酸鹽 (PO_4^{3-}) 的型式存在。磷關係著水質優養化的現象發生，溶解性磷酸鹽水體未受污染之上限濃度為0.01 ppm，鮭鱒魚類對水中磷酸鹽的忍受濃度為10 ppb磷酸鹽濃度。

氮及磷等物質進入溪流中之主要作用包括有滲淋、沖蝕，以及降雨逕流三種方式。其中鉀肥及其他陽離子，將造成溪水導電度升高，而氮肥及磷肥則是水中藻類之營養鹽來源。滲淋作用是藉由水在地表下之擴散作用與傳流作用把污染物往下帶動的情形；土壤沖蝕係指藉由雨滴沖刷或逕流沖刷，將附著在土壤顆粒表面之營養鹽，隨土壤顆粒自陸域移動至水域之過程；而降雨逕流則是指一場有效降雨，陸地上的污染物或營養鹽被雨水攜帶進入水體之情形。這三種將污染物或營養鹽自陸域帶入水域之污染方式，稱為非點源污染；而點源污染有如家庭污水及事業廢水污染源都有集中且明確的產生與排放地點，其所造成的污染稱為點源污染。土壤的主要營養元素中，磷素與氮素的行為差異甚大，氮素在土壤之移動或流失容易發生，而磷素移動或流失則較不容易發生。

磷的循環透過物理、化學及生物作用之交互影響及傳輸而決定磷的形式。在土壤中磷主要是以無機和有機的形式存在，有機磷的含量和土壤中的有機質的含量有關，在一般的土壤中有機磷常佔總磷的20~50%。磷在酸性土壤中會被鐵離子和鋁離子吸附，在鹼性土壤中則會被鈣離子吸附。無機磷透過為生物

活動將有機磷礦化而增加，在某些情況下無機磷透過固定化過程會轉變為有機磷。無機磷透過風化分解轉變為溶解態及生物可利用之有效磷型態。透過各種化學反應之累積，例如磷固定或沈降，有效磷可被置於土壤中。溶解性磷極易被植物攝取、淋溶至地表下層或溶至表面逕流水(Wischmeir and Smith, 1978)。磷的傳輸主要是以逕流的方式傳送溶解性磷和吸附在微粒上的粒狀磷。粒狀磷主要藉由降雨所造成之土壤沖刷和雨水逕流兩種形式移動。溶解性磷主要也是藉由逕流作用移動。地表逕流水中磷的濃度就和土壤中5 cm內磷的量有密切之關係(Sherpley, 1995)。

1、氮

(1)氮的來源

楊（1997）說明氮肥的來源之種類甚多，包括有機質與無機質的來源。

A、有機質的來源：

各種有機質中均含有氮的成份，由胺基酸所組成的蛋白質含量甚高，一般在動物性肉及豆科植物中經由共生或非共生將大氣中的氮固定成生物能利用的 NH_3 而合成胺基酸。有機態氮需經分解成小分子或無機態氮後才利於被植物所吸收利用。氮肥中有胺基酸所組成的有機氮肥，施肥進入土壤中大部分都會被分解為無機態氮肥。

B、無機質的來源：

無機氮的來源大多是將大氣中的氮氣經高溫高壓合成 NH_3 之後的產物，或工業合成的氰胺基化鈣（ CaCN_2 ），少部份來源是由自然界沈積的礦石中來獲得。

(2)氮的型態

土壤中氮素的存在型態可區分為五種分別為有機的氮、在土壤溶液及交換

位置的礦物氮、在黏粒中固定的銨態及氣態的氮。因此，土壤的氮可分為「有機態」及「無機態」的氮，各種不同土壤中所佔的比例差異甚大，一般有機態氮的量高出許多，約佔95%以上，無機態氮約僅佔5%以下。

(3) 氮的循環

氮素循環（圖1-1）與土壤微生物的關係甚為密切，與植物營養上的關係更是重要，將各項氮素轉化分述如下：

A、礦質化作用：

動植物體內的有機物分解成無機物，其中微生物是分解菌的主角，分解後的產物是提供植物養分吸收。

B、固氮作用：

空氣中含有大量氮素，植物無法直接利用，只有微生物能有固定氮素的功能。固氮微生物包括非共生、協生及共生三大類。

C、硝化作用：

有機氮素經礦質化作用形成銨態，或使用尿素分解也成銨態氮素，這些土壤中的銨態氮會被硝化菌利用，轉化為亞硝酸態，最後轉化成至態氮，這種轉化作用稱為「硝化作用」。

D、脫氮作用：

土壤通氣排水不良時，脫氮微生物利用硝態氮轉化成氣態氮而揮發散失。

E、氮不移動現象：

氮不移動現象包括氮固定及微生物吸收的固定作用，有些土壤對銨態氮固定較強，使氮不易流失。

(4) 氮的流失

氮肥是最易被流失的養分，流失的方式可分為淋洗作用、氮揮散現象、嫌氣的脫氮作用及硝化作用的脫氮現象等，分別說明如下：

A、淋洗作用：

雨水及灌溉排水將可溶性氮肥溶出移出土壤或進入地下水，尤其是以硝態氮 (NO_3^-) 最易移動而淋洗流失。

B、氮揮散現象：

尿素及銨態氮施肥施入pH值大於7.5的鹼性土壤時，易使銨態 (NH_4^+) 轉變為 NH_3 氮之氣體而揮散，尤其在高溫或風大之季節則更嚴重。

C、脫氮作用：

a、嫌氣的脫氮作用：土壤在排水不良的條件下土壤中缺乏氧氣，一群嫌氣的脫氮微生物會將氮肥的硝態氮 (NO_3^-) 轉變為氣態的氧化亞氮 (N_2O) 及氮氣 (N_2)，而導致氣態氮的流失問題，一般土壤可能由脫氮損失氮肥的9%~15%，嚴重者達30%之損失。

b、硝化作用的脫氮現象：土壤在通氣良好的條件時，銨態氮 (NH_4^+) 會被硝化菌先轉化為亞硝酸態氮 (NO_2^-)，再被微生物轉化為硝態氮 (NO_3^-)，此過程稱為硝化作用。硝化作用的過程中微生物也釋放氧化亞氮 (N_2O)，而產生氮肥的流失問題。

2、磷

(1)磷的介紹

磷的循環透過物理、化學及生物作用之交互影響及傳輸而決定磷的形式。在土壤中磷主要是以無機和有機的形式存在，磷的形式會因土壤的成分、結構或因不同土地利用所加入或去除的磷而有所變化。有機磷的含量和土壤中的有機質的含量有關，土壤中之N/P比率，約為0.1~0.3，故土壤有機磷的多寡，隨

有機質含量而異，在一般的土壤中有機磷常佔總磷的20~50%。磷在酸性土壤中會被鐵離子和鋁離子吸附，在鹼性土壤中則會被鈣離子吸附。無機磷透過微生物活動將有機磷礦化而增加，在某些情況下無機磷透過固定化過程會轉變為有機磷。無機磷透過風化分解轉變為溶解態及生物可利用之有效磷型態。透過各種化學反應之累積，例如磷固定或沈降，有效磷可被置於土壤中。Wischmeir and Smith (1978) 研究指出溶解性磷極易被植物攝取、淋溶至地表下層或溶至表面逕流水。

磷的傳輸主要是以逕流的方式傳送溶解性磷和吸附在微粒上的磷（粒狀磷）。粒狀磷被吸附於土壤微粒與有機質當中，並且為耕地主要流失磷的來源（達75~90%）。在草地或林地則溶解性磷占主要的部分。其主要之傳輸方式也可分為滲淋、沖蝕與降雨逕流三種方式。當降雨發生時，因為深層土壤磷含量較少，滲入土壤內之雨水會將土壤中的磷帶到更底層之土壤。但若土壤是含有大量有機質或是泥質性土壤則有機質會隨著磷和鐵、鋁離子一起向下入滲，減少磷被土壤吸附的量。粒狀物磷主要藉由降雨所造成之土壤沖刷和雨水逕流兩種形式移動。當降雨發生時雨水會沖擊土壤表面，若土壤表面沒有很好的覆蓋或保護，很容易造成土壤脫離母體，脫離之土壤又會隨著雨水逕流搬運作用被帶至遠方。溶解性磷主要也是藉由逕流作用移動，雨水逕流會把土壤中還未被植物吸收、溶解於土壤水或不溶於土壤水的磷沖出，便隨地表逕流流至遠方。Sherpley (1995) 指出地表逕流水中磷的濃度就和土壤中磷的量有密切之關係，尤其和表土五公分土壤中含磷量有相當大之關係。

(2)磷的形態

土壤中磷素的形態主要可區分為下面三類：

A、土壤有機質內的有機磷。

B、無機磷，存在於鈣、鎂、鐵、鋁及粘粒結合的磷。

C、存於生命體中的有機及無機磷。

有機質中的有機磷將受土壤微生物的分解，轉化為無機磷素，這是有機磷的「礦質化作用」。植物在土壤中吸收的磷素形態大都以磷酸二氫及一氫離子 (H_2PO_4^- 及 HPO_4^{2-})，其中吸收 H_2PO_4^- 較 HPO_4^{2-} 容易，部份有機磷也有少量能被植物吸收。在土壤液中 H_2PO_4^- 及 HPO_4^{2-} 之比例受pH的影響，在偏酸性時則以 H_2PO_4^- 為多；反之則以 HPO_4^{2-} 為多。

(3)磷的移動

土壤的主要營養元素中，磷素與氮素的行為差異甚大，氮素在土壤之移動或流失容易發生，而磷素移動或流失則較不容易發生，楊與Goen and Notodarmojo (1997, 1995) 提出植物營養元素在土壤中的移動行為是決定正確施肥方法的重要指標，營養元素在根圈上植物吸收，於是根圈中的營養元素逐漸減少，營養元素將從根圈周圍往根移動，移動最快的形式屬隨水流移行的大量移動，例如硝態氮素的移動即屬於此類；另一種移動是靠高濃度往低濃度擴散的移動，這種移動的方式甚慢，磷素在土壤中的移動是靠此擴散移動，從根圈外供應根吸收的能力甚低。因此根吸收磷素是靠根系接觸土壤的方式為主要來源。磷在濕潤的土壤中擴散係數比氮的擴散係數小1000至2000倍，磷素不易從表土中向下移動到深層土壤，尤其粘粒多的土壤更不易移動，有機磷的移動較無機磷高，有機質有助磷素在土壤的移動。然而，磷在低溫時不易被固定；高溫時磷則易被固定。

3、硫

(1)硫的介紹

硫是植物營養的次要元素，其需要量次於氮、磷、鉀三要素。硫為合成植物蛋白質的必需物，亦可協助酵素與維他命的合成，也是葉綠素形成所必需。

土壤中的無機硫是以 SO_4^{2-} 的型態存在，硫酸根呈負價，不易被土壤黏粒

與有機質吸附，容易存於土壤的溶液中隨之移動，易被淋洗而流失，會有表土含硫量低，底土含硫量高的現象。硫肥的來源可分為可溶性硫與不可溶性硫兩大類，可溶性型態的硫肥是以鈣、鉀、銨、鎂、鋅、銅、錳的硫酸鹽類，對農作物的有效性高，但易因被淋洗而流失，尤以砂土質地及雨量多的地方更易流失。不溶性硫是元素硫，不能直接被植物利用，需經土壤微生物的氧化作用轉化，充分的水分、通氣、較高的土壤溫度及細粒礦粉等條件有利於元素硫轉化為可溶性之硫酸根而利植物吸收。

(2) 硫的來源

土壤中硫的來源可有以下的來源：

A、硫黃土：

當種植作物的土壤太鹼時，會以鋪硫黃土在土壤中以降低土壤的pH值。

B、土壤：

土壤有機質含有相當多的硫含量。

C、肥料：

農地中硫肥的使用，可溶性硫為硫酸鹽類，不可溶性硫為元素硫。

D、糞便：

動物中的糞便含有大量的硫酸銅，主要以雞糞與豬糞為常用的有機肥料，作為蔬菜的基肥使用。

E、農藥：

使用含硫的農藥。

F、過磷酸鈣：

磷肥中常用的過磷酸鈣即含有11.9%的硫。

G、生物體：

硫是胺基酸的組成元素，即生物體內含有硫。

I、大氣：

大氣中的二氧化硫沉降。

4水體分類水質標準

環保署為確保飲用水符合人體衛生與安全之要求，並減輕淨水場處理設施之負荷，依飲用水管理條例於民國八十六年九月二十四日公告「飲用水水源水質標準」，並於民國八十七年五月二十一日施行，規定水質不符合飲用水水源標準者，將禁止做為用水水源。依據標準規定，以地面水會地下水體作為自來水或簡易自來水之水源者，大腸桿菌密度每100 mL不得超過二萬個，氨氮

(NH₃-N)不得超過1mg/L，化學需氧量(COD)不得超過25 mg/L，總有機碳(TOC)為4 mg/L，標準值如表1-3所示。其中以地面水會地下水體作為自來水或簡易自來水之水源者，取水處所屬河流區段須符合「地面水體分類及水質標準」中針對各種用途所訂定之水體分類標準，取水處所屬河流區段至少需符合乙類河川水質標準，其規範項目包含pH、溶氧量(溶氧量)、生化需氧量(BOD₅)、懸浮固體(SS)、大腸桿菌群、氨氮、總磷(TP)等項目，如表 1-4 (行政院環境保護署)。

二、材料與方法

(一)採樣地點介紹

羅葉尾溪主要位於雪霸國家公園及宜蘭縣大同鄉境內，本計畫將針對羅葉尾溪放流點及有勝溪匯流處之生態環境進行調查與評估，採樣時間以季節(2、4、6、10月)進行採樣，水樣部分共設置五個採樣點，包括羅葉尾溪放流點(測站1)，南湖登山口(測站2)，勝光(測站3)，有勝溪下游(測站4)，有勝溪收費口(測站5)等五個測站，相關測站地理座標與位置如表1-3、圖1-2，各測站現地照片如圖1-3~1-6所示。取樣方法為河川水體採樣，實驗的分析方法依河川水質分析方法進行樣品的分析，其在羅葉尾溪現場的水質分析項目有pH、溶氧、導電度等3個項目，實驗室測定項目為濁度、硝酸鹽氮、亞硝酸鹽氮、氨氮、正磷酸鹽、二氧化矽、總有機碳、硫酸鹽、氯鹽、總有機碳、大腸桿菌等11個分析項目。

(二) 採樣方法

直接採集河川水體，測其溶解態物質

1.河川水體採樣

確認採樣測站後以面朝河川下游方向之左、右兩側區分為左、右岸，按比例將河川斷面區分為左岸、中央及右岸。再依照不同河川寬度、河水深度等之採樣原則，採集具代表性之水樣。

(1) 不同河川寬度之採樣原則：

河寬小於6公尺時僅於中央處設置採樣點，若河寬大於6公尺時，則分左岸、右岸及河中央各設置採樣點，再依各採樣點之實際水深進行採樣，然後將左岸、中央、右岸採樣點之水樣，等體積比例作最終均勻混合後，分裝入採樣瓶中。

(2) 不同河川深度之採樣原則：

當採樣點水深<1.5公尺時，取0.6公尺水深處之水樣。採樣點水深介於1.5

~3公尺間時，分別取水面下0.2、0.8公尺水深之兩層水，將此兩層水等體積比例混合取樣。而當採樣點水深>3公尺時，取0.2、0.6、0.8公尺水深處之三層水，將此三層水等體積比例混合取樣。

(三) 樣品保存

溶解態樣品實驗分析方法均根據環境檢驗所之實驗分析方法公告，另二氧化矽是改採用HACH Method 8186。

1.pH：

利用玻璃電極及參考電極，測定水樣中電位變化，可決定氫離子活性，而以氫離子濃度指數（pH）表示之。pH之測定需要用標準pH溶液先行校正pH度計（HACH sension1）後，再測定水樣之pH。

2.導電度：

導電度為將電流通過1 cm²截面積，長1 cm之液柱時電阻之倒數，單位為mho/cm，導電度較小時以其10⁻³或10⁻⁶表示，記為mmho/cm或μmho/cm。導電度之測定需要用標準導電度溶液先行校正導電度計（HACH sension5）後，再測定水樣之導電度。

3.溶氧：

利用溶氧計測定水樣中溶氧值（YSI 500A）。

4.濁度：

在特定條件下，比較水樣和標準參考濁度懸浮液對特定光源散射光的強度，以測定水樣的濁度（WTW TURB350IR）。

5.矽酸鹽：

水樣經過濾後，矽酸鹽於胺基酸、檸檬酸酸性溶液下與鉬酸鹽反應生成藍

色之反應物，以分光光度計（HACH DR/2010）於815 nm 波長處測其吸光度而定量水中矽酸鹽濃度。

6.硝酸鹽氮：

水樣中之硝酸鹽離子以離子層析儀（DIONEX ICS-1500）分析，隨碳酸鈉及碳酸氫鈉流洗液流經一系列之離子交換層析管時（DIONEX AS4A-SC 4mm），即因其與低容量之強鹼性陰離子交換樹脂間親和力之不同而被分離。分離後待測硝酸鹽離子再流經一高容量的陽離子交換樹脂之抑制裝置，而被轉換成具有高導電度酸之形態，移動相溶液則轉換成低導電度之碳酸。經轉換後之待測硝酸鹽離子再流經電導度偵測器，即可依其滯留時間及波峰面積、高度或感應強度予以定性及定量。求得硝酸鹽濃度除轉換係數4.43即為硝酸態氮的濃度。

7.亞硝酸鹽氮：

磺胺與水中亞硝酸鹽在pH 2.0至2.5之條件下，起偶氮化反應而形成偶氮化合物，此偶氮化合物與N-1-萘基乙烯二胺二鹽酸鹽偶合，形成紫紅色偶氮化合物，以分光光度計在波長543 nm 處測其吸光度而定量之，並以亞硝酸鹽氮之濃度表示之（Perkin Elmer UV/VIS Spectrometer Lambda 16）。

8.氨氮：

水樣以鹼液及酸鹽緩衝溶液調整pH值至9.5，加入去氯試劑後，經蒸餾並以硼酸溶液吸收蒸出液，最後以靛酚試劑呈色，以分光光度計於640 nm波長處測其吸光度而定量之（Perkin Elmer UV/VIS Spectrometer Lambda 16）。

9.正磷酸鹽：

水樣未經消化處理，加入鉬酸銨、酒石酸銻鉀，使其與正磷酸鹽作用生成磷鉬酸，經維生素丙還原為藍色複合物鉬藍，以分光光度計於波長880 nm 處

測其吸光度定量之 (Perkin Elmer UV/VIS Spectrometer Lambda 16)。

10. 硫酸鹽：

水樣中之硫酸鹽離子以離子層析儀 (DIONEX ICS-1500) 分析，隨碳酸鈉及碳酸氫鈉流洗液流經一系列之離子交換層析管時 (DIONEX AS4A-SC 4mm)，即因其與低容量之強鹼性陰離子交換樹脂間親和力之不同而被分離。分離後待測硫酸鹽離子再流經一高容量的陽離子交換樹脂之抑制裝置，而被轉換成具有高導電度酸之形態，移動相溶液則轉換成低導電度之碳酸。經轉換後之待測硫酸鹽離子再流經電導度偵測器，即可依其滯留時間及波峰面積、高度或感應強度予以定性及定量。

11. 氯鹽：

水樣中之氯離子以離子層析儀 (DIONEX ICS-1500) 分析，隨碳酸鈉及碳酸氫鈉流洗液流經一系列之離子交換層析管時 (DIONEX AS4A-SC 4mm)，即因其與低容量之強鹼性陰離子交換樹脂間親和力之不同而被分離。分離後待測氯離子再流經一高容量的陽離子交換樹脂之抑制裝置，而被轉換成具有高導電度酸之形態，移動相溶液則轉換成低導電度之碳酸。經轉換後之待測陰離子再流經電導度偵測器，即可依其滯留時間及波峰面積、高度或感應強度予以定性及定量。

12. 總有機碳：

水樣導入可加熱至95~100℃的消化反應器中，加入過氧焦硫酸鹽溶液，水樣中的有機碳被氧化轉換為二氧化碳，隨即被載流氣體導入可吸收二氧化碳特定波長的非分散式紅外線 (NDIR) 分析儀，依儀器設定條件 (O-I Analytical 1010)，求得總有機碳的濃度。

13. 大腸桿菌：

使用濾膜監測水樣中好氧或兼性厭氧之大腸桿菌群細胞，該群細菌以 m-Endo agar LES 培養基於 35°C 培養 24~26 小時會產生具有金屬光澤之菌落，將培養機置於數菌儀上進行計數。

(四) 實驗室品質管制

1. 校正曲線：

以檢測儀器測定一系列已知濃度標準品之訊號，求出標準品濃度與訊號之關係，製備成曲線或計算其校正因子或感應因子。此項程序應在儀器量測樣品待測物含量之前建立。檢量線均由校正最低點與校正最高點之間構成「校正範圍」，使用時，不使用外插法；製備檢量線時，依個別檢測方法所規定之步驟，使用適當濃度範圍的標準溶液。並包括至少五種不同濃度的標準溶液。樣品的濃度則應在偵測器的線性濃度範圍內。樣品中待測物之濃度應於檢量線最高濃度之 20 至 80% 間之濃度為適當。

2. 實驗室空白樣品：

監測整個分析過程中可能導入污染而設計之樣品，以不含待測物之試劑水、吸收液，由方法空白樣品之分析結果，可判知樣品在分析過程是否遭受污染或樣品之背景值，並以一批次實驗做一實驗室空白樣品分析。

3. 查核樣品：

使用濃度經確認之標準品添加於與樣品相似的基質中所配製成的樣品，由查核樣品之分析結果，可確定分析程序之可信度與分析結果之準確性。以一批次實驗做一實驗室查核樣品分析。

4. 重覆樣品：

在實驗室將一樣品取二等份，依相同前處理及分析步驟檢測，由重複樣品之分析可確定分析結果之精密度。以一批次實驗做一實驗室樣品重覆分析。

5. 添加樣品分析：

添加樣品分析係指將添加樣品依與待測樣品相同前處理及分析步驟執行檢測。以一批次實驗做一實驗室添加樣品分析。

三、研究成果

溶解態物種實驗採樣以99年2、4、6、8、10月五筆數據，分析項目包括pH、溫度、導電度、溶氧、濁度、矽酸鹽、硝酸鹽氮、亞硝酸鹽氮、硫酸鹽、氯鹽、正磷酸鹽、氨氮、總有機碳、大腸桿菌等14個項目，其今年分析數據如表（1-4~1-8）。

四、討論

4.1 實驗分析數據

溶解態物種實驗採樣以99年2、4、6、8、10月五筆數據，分析項目包括pH、溫度、溶氧、導電度、濁度、矽酸鹽、硝酸鹽氮、亞硝酸鹽氮、氨氮、正磷酸鹽、硫酸鹽、氯鹽、總有機碳、大腸桿菌等14個項目，如圖（1-7~1-20）。

pH值介於6.5~8.5時對魚類生產力最好；羅葉尾流域的pH值介於7.19~8.96間左右呈現中性偏鹼的狀態，目前所偵測之pH值除羅葉尾溪下游(測站4)在四月、八月數值偏高之外，其餘測站測得之pH皆符合魚類生產力最好之範圍。

導電度表示水中離子的含量多寡，鮭魚最適水中導電度條件介在120~450 $\mu\text{mho/cm}$ 之間（陳,1998）。羅葉尾溪河段導電度值介在143~335 $\mu\text{mho/cm}$ 範圍，放流點（測站1）與南湖登山口（測站2）較無農田施作，導電度值明顯為羅葉尾溪河段中最低；中游勝光（測站3）與羅葉尾溪下游（測站4）有農耕活動的關係，導電度值明顯為羅葉尾流域中最高。因而可以明顯觀測到農耕行為對測站導電度所造成的影響。

溫度、生物間的呼吸作用、光合作用等為主要影響溶氧之因子，動、植物於夜間的呼吸作用與低氧之流水流入則會造成較顯著的耗氧發生。羅葉尾流域生物量不多，另又依亨利定律計算得之飽合溶氧濃度會隨著溫度降低而增加，由數據觀得冬季時羅葉尾流域溶氧為最高，羅葉尾流域大部分溶氧值均在6.9~9.3 mg/L之間，但放流點（測站1）溶氧較低，在99年6月為6.9 mg/L，

其餘溶氧數值符合冷水性鮭鱒魚類對溶氧的需求在7ppm以上或飽和度85%以上(陳,1998)。

濁度對視覺性攝食魚種櫻花鉤吻鮭會造成攝食的有效度降低,99年2月放流點(測站1)與有勝溪收費口(測站5)有較高濁度值,大致上來說其餘測站濁度均在1 NTU以下。視覺性攝食魚種櫻花鉤吻鮭對濁度的要求在5 NTU之下(陳,1998),羅葉尾河流域其濁度值是符合要求。造成濁度上升的原因往往是因為上游受大雨沖刷的關係所致,濁度高之水質並不會造成魚類立刻死亡,則會增加魚類的染病機率。

羅葉尾河流域測得矽酸鹽介於0.5~5.7 mg/L,矽酸鹽從4月~8月都明顯現較高,但在六月份最高,可能是因為五、六月份梅雨的降雨沖刷累積,又羅葉尾溪pH值偏弱鹼性,讓矽酸鹽更容易溶解於水中。矽酸鹽對櫻花鉤吻鮭的影響目前並無直接的證明。

營養鹽方面因羅葉尾河流域沿岸有農耕施作,羅葉尾溪中、下游處種植區域較廣導致營養鹽高於武陵地區各溪流,推測溪流中營養鹽的來源可能來肥料,而肥料種類使用會因為季節與農作物而有所不同。

羅葉尾溪各測站硝酸鹽氮於2、4、6、8、10月份中,2月份中游勝光(測站3)與羅葉尾溪下游(測站4)較高,其他測站皆低於3 mg/L,可推測是中游勝光(測站3)與羅葉尾溪下游(測站4)周圍有農耕行為,而硝酸鹽氮的來源主要為氮肥的使用。

亞硝酸鹽氮為一具有毒性的物質,在羅葉尾流域的亞硝酸鹽氮濃度值都很低,遠低於飲用水規定的最高容許濃度標準100 ppb。鮭鱒魚類對水中亞硝酸鹽的忍受濃度為50 ppb,孵化時則需低於30 ppb(陳,1998),羅葉尾流域與武陵地區各溪流亞硝酸鹽氮均在5 ppb之下,遠低於環保署所規定的飲用水水質標準與保育櫻花鉤吻鮭的水質標準。

硫酸鹽在各溪流的濃度均高於其他營養鹽類,因此可推測水中導電度的來

源可能為硫酸鹽。羅葉尾溪各測站的硫酸鹽介於5.0~46.1 mg/L，但2月份羅葉尾溪下游（測站4）71.7 mg/L最高。

羅葉尾溪各測站的氯鹽低於2.00 mg/L，但十月份有勝溪下游(測站4)的2.011 mg/L 略高於標準值，僅4月份放流點（測站1）、南湖登山口（測站2）及勝光（測站3）測值有峰值出現且高於武陵地區各溪流測值。推測羅葉尾溪流域可能受農耕季節性影響，有持續監測需要。

自然界中的含磷量並不多，溪流中磷的來源主要為清潔劑與施肥或土壤中磷沖刷等型式，實驗分析上以正磷酸鹽為主。磷對自然環境水中最顯著的影響為湖泊或是河川的優養化，優養化會使湖泊或河川的藻類大量繁生並間接影響水中生物生態。羅葉尾溪各測站的磷酸鹽與武陵地區各溪流測值差異並不大。

羅葉尾溪各測站氨氮以2月份南湖登山口（測站2）0.139 mg/L、有勝溪收費口（測站5）0.174 mg/L、8月份有勝溪下游(測站4) 0.1 mg/L及有勝溪收費口（測站5）0.2 mg/L高於0.1 mg/L，其他測站皆與武陵地區各溪流測值相似。

羅葉尾溪各測站中總有機碳的來源多為落葉與有機體的分解，羅葉尾溪各測站有機碳濃度值介於0.3~1.7 mg/L，僅4月份羅葉尾溪下游(測站4)測值高於武陵地區各溪流測值。羅葉尾溪流域TOC較武陵地區各溪流低，因各測站兩旁樹冠較武陵地區各溪流稀疏，故落葉量相對武陵地區各溪流少。

大腸桿菌數羅葉尾溪各測站4月份數值皆高於武陵地區各溪流，以羅葉尾溪下游(測站4)為最高1200 CFU/100 mL，其餘樣站菌數介於500~700 CFU/100 mL，高於甲類標準50 CFU/100mL屬乙類水體，需經混凝、沉澱、過濾、消毒等一般通用之淨水方法處理可供公共給水之水源（行政院環保署）。6~10月份羅葉尾溪各測站大腸桿菌數明顯下降，皆介於2~50 CFU/100 mL，僅有勝溪收費口(測站5)大腸桿菌數為60 CFU/100 mL高於甲類標準。羅葉尾溪是否受到動物排泄物的影響，但仍需進一步監測分析，使可證實確切來源。

五、初步結論與建議

初步結論

1. 羅葉尾河流域pH值在pH7.19~8.96間，不似武陵地區各溪流有季節性趨勢，且有測站間之相關性。水溫於同月份均較武陵地區各溪流為高，各測站溶氧值皆大於6.5 ppm以上，僅6月份放流點（測站1）溶氧較差。
2. 羅葉尾河流域於2月份放流點（測站1）、有勝溪收費口（測站5）與10月份勝光（測站3）濁度略較高外，其餘測站濁度與武陵地區各溪流近似。
3. 營養鹽方面因羅葉尾河流域沿岸有農耕施作，羅葉尾溪中、下游處種植區域較廣導致營養鹽高於武陵地區各溪流，羅葉尾溪中下游流域導電度均較武陵地區各溪流高。羅葉尾溪各測站的磷酸鹽與武陵地區各溪流測值差異並不大。氨氮以2月份南湖登山口（測站2）0.139 mg/L與有勝溪收費口（測站5）高於0.1 mg/L，6月份羅葉尾溪下游（測站4）0.03 mg/L，其他測站與武陵地區各溪流測值相似。羅葉尾溪各測站的氯鹽低於2.00 mg/L，僅4月份放流點（測站1）、南湖登山口（測站2）及勝光（測站3）測值有峰值出現且高於武陵地區各溪流測值，且10月份有勝溪下游（測站4）2.011 mg/L及有勝溪收費口（測站5）2.100 mg/L高於標準值。
4. 羅葉尾溪各測站有機碳濃度值介於0.3~1.7 mg/L，羅葉尾溪上游處測值低於下游處，且中下游測值較武陵地區各溪流測值高，尤其4、8月份有勝溪下游（測站4）測值較高。
5. 4月份羅葉尾溪各測站大腸桿菌數皆高於武陵地區各溪流測值皆大於甲類標準50 CFU/100 mL，以羅葉尾溪下游（測站4）為最高1200 CFU/100 mL，其餘樣站菌數介於500~700 CFU/100 Ml均屬乙類水體；6~10月份羅葉尾溪各測站大腸桿菌數明顯下降，皆介於2~50 CFU/100 mL，僅有勝溪收費口（測站5）大腸桿菌數為60 CFU/100 mL高於甲類標準。羅葉尾溪是否受到動物排泄物的影響，但仍需進一步監測分析，

使可證實確切來源。

5.2 建議

根據本研究於羅葉尾溪之水質採樣分析結果，可做成立即可行及長期建議事項，分述如下：

(1) 立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

建議事項：結果顯示，羅葉尾溪水質狀況大致良好，惟營養養鹽濃度較武陵地區各溪流高，此結果是受羅葉尾溪中下游流域農耕活動影響，應再經較長期之監測始能得知。故建議持續監測關鍵水質項目仍屬必要，如pH、酸鹽、磷酸鹽、硝酸鹽、氨氮、總有機碳（TOC）、大腸桿菌等。

(2) 長期建議：設立自動水質監測站定期蒐集水質資料，以評估羅葉尾溪水質變化，供管理及決策參考

參考文獻

- 于淑芬，2002。高山溪拆壩後環境監測及武陵地區水質調查。內政部營建署雪霸國家公園研究計劃。
- 于淑芬、林永發。2003。武陵地區水質調查及環境監測。內政部營建署雪霸國家公園研究計劃。
- 于淑芬。2004。武陵地區水質監測及水質評估。內政部營建署雪霸國家公園研究計劃。
- 王敏昭。1998。七家灣溪濱岸保護帶地下水質之監測。內政部營建署雪霸國家公園研究計劃。
- 王敏昭。2003。七家灣溪沿岸土地各利用型態對溪流生態影響之研究。內政部營建署雪霸國家公園研究計劃。
- 林幸助。2005。溪流生態系食物來源與模式建構。內政部營建署雪霸國家公園研究計劃。
- 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(四)。內政部營建署雪霸國家公園研究計劃。
- 張石角。1989。櫻花鉤吻鮭保護區規劃。行政院農委會研究計劃。
- 曾晴賢。2005。櫻花鉤吻鮭族群監測與動態分析。內政部營建署雪霸國家公園研究計劃。
- 葉昭憲。2005。環境改變對河道地形及物理棲地變化趨勢之影響。內政部營建署雪霸國家公園研究計劃。
- 楊秋忠。1997。植物營養與施肥要領土壤與肥料第六版。農世股份有限公司。
- 賴文龍。1999。梨山地區高冷地蔬菜綠肥輪作模式。台中區農情月刊12(3)。
- 賴文龍、吳尚鑒、藍祐利、林文陞。2004。梨山地區甘藍蔬菜園土壤肥培管理之探討。台中區農情月刊57。
- 行政院環境保護署環保法規資料中心。

- Horton, R. K., 1965. "An index-number system for rating water quality," *Journal Water Pollution Control Federation*, 37, 3, 300-305
- Brown, R. M., Mclelland, N. I., Deininger, R. A., Tozer, R. G., 1970. "A water quality index-do we dare?" *Water Sewage Works*, 117, 339-343.
- McCellard, N. I., Brown, R. M., Deininger, R. A., Landwehr, J. M., 1973. "Water quality index application in the Kansas river basin," Presented at the 46th Annual Conference, Water Pollution Control Fed., Cleveland, U. S. A.
- Harkins, R. S., 1974. "An objective water quality index," *Journal of Water Pollution Control Federation*, 46, 3, 588-591.
- Donohue I., Martin L., McGarrigle, Mills P., 2006. Linking catchment characteristics and water chemistry with the ecological status of Irish river, *Water Research*, 40 : 91-98.
- Goen E. H., Notodarmojo S., 1995. Phosphorus movement through soils and groundwater : application of a time-dependent sorption model. *Water Science Technology*, 31, 7 : 83-90.
- Novotny V., 1996. Integrated water quality management, *Water Science Technology*, 33 (4) : 1-7.
- Sherpley, A., 1995. Fate and transport of nutrients: phosphorus. USDA, agricultural research service, national agricultural water quality laboratory, Durant, Oklahoma.
- Wischmeier, W. H., Smith, D. D., 1978. Predicting rainfall erosion losses:A guide to conservation department of agricultural.U. S. Department of Agriculture, Agricultural Handbook, No. 537.

表 1-1 飲用水水源水質標準(作為自來水及簡易自來水之飲用水水源者)

| 項目 | 最大限值 | 單位 |
|-------------------------|-----------------|--------------|
| 大腸桿菌群 | 20,000 (具備消毒單位) | MPN/100 mL 或 |
| 密度 | 50 (未具備消毒單位) | CFU/100mL |
| 氨氮 (NH ₃ -N) | 1 | mg/L |
| 化學需氧量 (COD) | 25 | mg/L |
| 總有機碳 (TOC) | 4 | mg/L |

(資料來源：行政院環境保護署飲用水水源水質標準)

表1-2 地面水體分類及水質標準

| 基準值 | | | | | | | |
|-----|------------------------|-----------------|--------------------|------------------|-------------------|--------------------------------|----------------|
| 分級 | H ⁺ 濃度 (pH) | 溶氧量 (DO)(mg/L) | 生化需氧量 (BOD)(mg/L) | 懸浮固體 (SS)(mg/L) | 大腸桿菌群 (CFU/100ML) | 氨氮 (NH ₃ -N)(mg/L) | 總磷 (TP)(mg/L) |
| 甲 | 6.5-8.5 | 6.5 以上 | 1 以下 | 25 以下 | 50 個以下 | 0.1 以下 | 0.02 以下 |
| 乙 | 6.0-9.0 | 5.5 以上 | 2 以下 | 25 以下 | 5,000 個以下 | 0.3 以下 | 0.05 以下 |
| 丙 | 6.0-9.0 | 4.5 以上 | 4 以下 | 40 以下 | 10,000 個以下 | 0.3 以下 | — |
| 丁 | 6.0-9.0 | 3 以上 | — | 100 以下 | — | — | — |
| 戊 | 6.0-9.0 | 2 以上 | — | 無漂浮物 且無油污 | — | — | — |

(資料來源：行政院環境保護署水污染防治)

註：1. 甲類地面水體適用於一級公共用水等，乙類適用於二級公共用水等，丙類適用於三級公共用水等。

2. 一級公共用水：指經消毒處理即可供公共給水之水源。

二級公共用水：指需經混凝、沉澱、過濾、消毒等一般通用之淨水方法處理可供公共給水之水源。

三級公共用水：指經活性碳吸附、離子交換、逆滲透等特殊或高度處理可供公共給水之水源。

表 1-3 羅葉尾溪流域各測站地理座標

| 站號 | 站名 | 經緯度 | 說明 |
|------|---------|--|---------------------------|
| 測站 1 | 羅葉尾溪放流點 | E : 121°21'4.3" N : 24°23'40.4" H : 1956.5 m | 櫻花鉤吻鮭 放流處之採樣點 |
| 測站 2 | 南湖登山口 | E : 121°21'6.8" N : 24°23'28.6" H : 1929.9 m | 溪流匯流處 之採樣點 |
| 測站 3 | 勝光 | E : 121°21'8.5" N : 24°22'13.4" H : 1835.5 m | 勝光橋下匯流 處之採樣點 |
| 測站 4 | 有勝溪下游 | E : 121°19'21.3" N : 24°21'5.8" H : 1901.8 m | 產業(葉)道路旁 溪流匯流處之採 樣點 |
| 測站 5 | 有勝溪收費口 | E : 121°50'37" N : 24°58'15" H : 1724.6 m | 匯入七家灣溪 前之採樣點 |

(資料來源：本研究資料)

表 1-4 99 年 2 月羅葉尾溪流域與武陵地區各測站分析數據

| 站號 | 站名 | 採樣日期 | pH | 溫度 °C | 溶氧 mg/L | 導電度 μS/cm | 濁度 NTU | SiO ₂ mg/L | NO ₃ ⁻ -N mg/L |
|------|---------|---------|------|----------|------------|--------------|-----------|--------------------------|---|
| 測站 1 | 羅葉尾溪放流點 | 2 月 2 日 | 7.65 | 8.0 | 9.28 | 182 | 3.53 | 1.48 | 1.80 |
| 測站 2 | 南湖登山口 | 2 月 2 日 | 7.62 | 10.0 | 9.06 | 180 | 0.98 | 1.67 | 2.41 |
| 測站 3 | 勝光 | 2 月 2 日 | 7.60 | 13.0 | 8.59 | 210 | 1.09 | 2.44 | 3.44 |
| 測站 4 | 有勝溪下游 | 2 月 2 日 | 8.56 | 15.0 | 8.39 | 214 | 0.88 | 1.44 | 3.75 |
| 測站 5 | 有勝溪收費口 | 2 月 2 日 | 8.45 | 12.0 | 8.15 | 295 | 2.74 | 1.59 | 0.75 |

| 站號 | 站名 | NO ₂ ⁻ -N μg/L | SO ₄ ²⁻ mg/L | Cl ⁻ mg/L | PO ₄ ³⁻ mg/L | NH ₄ ⁺ -N mg/L | TOC mg/L |
|------|---------|---|---------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|---|-------------|
| 測站 1 | 羅葉尾溪放流點 | 0.26 | 46.0 | 0.89 | 0.015 | N.D. | 0.38 |
| 測站 2 | 南湖登山口 | 0.01 | 38.7 | 0.89 | 0.008 | 0.14 | 0.37 |
| 測站 3 | 勝光 | 0.41 | 39.6 | 1.55 | 0.013 | N.D. | 0.97 |
| 測站 4 | 有勝溪下游 | 0.49 | 70.7 | 1.70 | 0.013 | N.D. | 0.79 |
| 測站 5 | 有勝溪收費口 | 0.37 | 55.9 | 1.98 | 0.014 | 0.17 | 1.52 |

* N.D.值：(1) NH₄⁺-N < 0.003 mg/L

(資料來源：本研究資料)

表 1-5 99 年 4 月羅葉尾溪流域與武陵地區各測站分析數據

| 站號 | 站名 | 採樣日期 | pH | 溫度 °C | 溶氧 mg/L | 導電度 μS/cm | 濁度 NTU | SiO ₂ mg/L | NO ₃ ⁻ -N mg/L |
|------|---------|---------|------|----------|------------|--------------|-----------|--------------------------|---|
| 測站 1 | 羅葉尾溪放流點 | 4 月 7 日 | 8.34 | 13.0 | 8.75 | 178 | 0.23 | 4.46 | 2.54 |
| 測站 2 | 南湖登山口 | 4 月 7 日 | 7.36 | 14.0 | 8.04 | 169 | 0.26 | 2.26 | 2.79 |
| 測站 3 | 勝光 | 4 月 7 日 | 7.79 | 15.0 | 8.65 | 335 | 0.63 | 3.61 | 1.78 |
| 測站 4 | 有勝溪下游 | 4 月 7 日 | 8.13 | 16.0 | 8.40 | 294 | 0.27 | 4.59 | 2.34 |
| 測站 5 | 有勝溪收費口 | 4 月 7 日 | 8.40 | 16.0 | 7.10 | 302 | 1.00 | 4.87 | 2.36 |

| 站號 | 站名 | NO ₂ ⁻ -N μg/L | SO ₄ ²⁻ mg/L | Cl ⁻ mg/L | PO ₄ ³⁻ mg/L | NH ₄ ⁺ -N mg/L | TOC mg/L | 大腸桿菌 CFU/100 mL |
|------|---------|---|---------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|---|-------------|--------------------|
| 測站 1 | 羅葉尾溪放流點 | 0.58 | 39.41 | 9.15 | N.D. | 0.004 | 0.71 | 700 |
| 測站 2 | 南湖登山口 | 0.64 | 31.52 | 10.34 | N.D. | 0.006 | 0.64 | 700 |
| 測站 3 | 勝光 | 0.90 | 32.62 | 22.13 | 0.003 | 0.007 | 1.24 | 500 |
| 測站 4 | 有勝溪下游 | 1.63 | 34.05 | 0.42 | N.D. | 0.007 | 1.42 | 1200 |
| 測站 5 | 有勝溪收費口 | 1.18 | 33.81 | 2.96 | N.D. | 0.007 | 1.38 | 700 |

*N. D. 值：(1) PO₄³⁻ < 0.003 mg/L

(資料來源：本研究資料)

表 1-6 99 年 6 月羅葉尾流域與武陵地區各測站分析數據

| 站號 | 站名 | 採樣日期 | pH | 溫度 °C | 溶氧 mg/L | 導電度 μS/cm | 濁度 NTU | SiO ₂ mg/L | NO ₃ ⁻ -N mg/L |
|------|---------|---------|------|----------|------------|--------------|-----------|--------------------------|---|
| 測站 1 | 羅葉尾溪放流點 | 6 月 3 日 | 7.25 | 13.6 | 176 | 6.9 | 0.20 | 5.5 | 0.28 |
| 測站 2 | 南湖登山口 | 6 月 3 日 | 7.19 | 14.2 | 178 | 7.2 | 0.20 | 5.0 | 0.37 |
| 測站 3 | 勝光 | 6 月 3 日 | 7.31 | 15.2 | 253 | 7.4 | 0.30 | 5.7 | 0.81 |
| 測站 4 | 有勝溪下游 | 6 月 3 日 | 7.90 | 16.4 | 308 | 7.8 | 0.52 | 5.3 | 1.01 |
| 測站 5 | 有勝溪收費口 | 6 月 3 日 | 8.22 | 16.8 | 322 | 7.8 | 0.57 | 2.3 | 1.13 |

| 站號 | 站名 | NO ₂ ⁻ -N μg/L | SO ₄ ²⁻ mg/L | Cl ⁻ mg/L | PO ₄ ³⁻ mg/L | NH ₄ ⁺ -N mg/L | TOC mg/L | 大腸桿菌 CFU/100 mL |
|------|---------|---|---------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|---|-------------|--------------------|
| 測站 1 | 羅葉尾溪放流點 | 0.182 | 32.02 | 0.107 | N.D. | 0.003 | 0.825 | 35 |
| 測站 2 | 南湖登山口 | 0.394 | 30.05 | 0.026 | 0.005 | 0.007 | 0.735 | 35 |
| 測站 3 | 勝光 | 0.967 | 42.03 | 0.485 | N.D. | 0.006 | 0.844 | 50 |
| 測站 4 | 有勝溪下游 | 2.352 | 42.67 | 0.371 | N.D. | 0.030 | 1.200 | 35 |
| 測站 5 | 有勝溪收費口 | 2.254 | 45.02 | 0.539 | N.D. | 0.005 | 1.280 | 60 |

*N. D. 值：(1) PO₄³⁻ < 0.003 mg/L

(資料來源：本研究資料)

表 1-7 99 年 8 月羅葉尾溪流域與武陵地區各測站分析數據

| 站號 | 站名 | 採樣日期 | pH | 溫度 °C | 溶氧 mg/L | 導電度 μS/cm | 濁度 NTU | SiO ₂ mg/L | NO ₃ ⁻ -N mg/L |
|------|---------|----------|------|----------|------------|--------------|-----------|--------------------------|---|
| 測站 1 | 羅葉尾溪放流點 | 8 月 11 日 | 8.14 | 15.8 | 144.9 | 8.36 | 0.09 | 4.52 | 0.823 |
| 測站 2 | 南湖登山口 | 8 月 11 日 | 8.22 | 17 | 157.4 | 7.84 | 0.09 | 3.08 | 0.855 |
| 測站 3 | 勝光 | 8 月 11 日 | 8.73 | 18.8 | 217 | 7.6 | 0.17 | 3.14 | 0.909 |
| 測站 4 | 有勝溪下游 | 8 月 11 日 | 8.96 | 20.5 | 256 | 7.14 | 0.34 | 3.29 | 0.909 |
| 測站 5 | 有勝溪收費口 | 8 月 11 日 | 8.83 | 21.5 | 266 | 7.37 | 0.25 | 3.44 | 0.887 |

| 站號 | 站名 | NO ₂ ⁻ -N μg/L | SO ₄ ²⁻ mg/L | Cl ⁻ mg/L | PO ₄ ³⁻ mg/L | NH ₄ ⁺ -N mg/L | TOC mg/L | 大腸桿菌 CFU/100 mL |
|------|---------|---|---------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|---|-------------|--------------------|
| 測站 1 | 羅葉尾溪放流點 | 0.1 | 5.196 | 0.461 | N.D. | N.D. | 0.847 | 0 |
| 測站 2 | 南湖登山口 | 0.2 | 5.016 | 0.377 | N.D. | N.D. | 0.953 | 0 |
| 測站 3 | 勝光 | 0.6 | 5.610 | 0.964 | N.D. | N.D. | 1.390 | 0 |
| 測站 4 | 有勝溪下游 | 1.0 | 6.130 | 0.817 | N.D. | 0.1 | 1.695 | 0 |
| 測站 5 | 有勝溪收費口 | 1.6 | 6.471 | 0.422 | N.D. | 0.2 | 1.631 | 0 |

* N. D. 值：(1) PO₄³⁻<0.003 mg/L (2) NH₄⁺-N<0.003 mg/L

(資料來源：本研究資料)

表 1-8 99 年 10 月羅葉尾溪流域與武陵地區各測站分析數據

| 站號 | 站名 | 採樣日期 | pH | 溫度 °C | 溶氧 mg/L | 導電度 μS/cm | 濁度 NTU | SiO ₂ mg/L | NO ₃ ⁻ -N mg/L |
|------|---------|----------|------|----------|------------|--------------|-----------|--------------------------|---|
| 測站 1 | 羅葉尾溪放流點 | 10 月 6 日 | 7.48 | 15.7 | 142.5 | 8.34 | 0.67 | 4.76 | 0.196 |
| 測站 2 | 南湖登山口 | 10 月 6 日 | 7.42 | 15.2 | 157 | 7.96 | 0.55 | 6.03 | 0.981 |
| 測站 3 | 勝光 | 10 月 6 日 | 7.27 | 16 | 273 | 7.09 | 1.29 | 4.57 | 1.205 |
| 測站 4 | 有勝溪下游 | 10 月 6 日 | 7.66 | 17 | 276 | 7.14 | 0.89 | 6.81 | 2.020 |
| 測站 5 | 有勝溪收費口 | 10 月 6 日 | 7.59 | 17.5 | 277 | 7.17 | 0.7 | 5.05 | 1.452 |

| 站號 | 站名 | NO ₂ ⁻ -N μg/L | SO ₄ ²⁻ mg/L | Cl ⁻ mg/L | PO ₄ ³⁻ mg/L | NH ₄ ⁺ -N mg/L | TOC mg/L | 大腸桿菌 CFU/100 mL |
|------|---------|---|---------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|---|-------------|--------------------|
| 測站 1 | 羅葉尾溪放流點 | 0.003 | 25.222 | 1.124 | N.D. | 0.041 | 1.067 | 0 |
| 測站 2 | 南湖登山口 | 0.003 | 22.537 | 1.442 | 0.005 | 0.041 | 1.038 | 4 |
| 測站 3 | 勝光 | 0.007 | 40.50 | 1.870 | 0.005 | 0.029 | N.D. | 14 |
| 測站 4 | 有勝溪下游 | 0.005 | 43.10 | 2.011 | 0.004 | 0.049 | N.D. | 0 |
| 測站 5 | 有勝溪收費口 | 0.007 | 37.435 | 2.1 | 0.003 | 0.044 | 1.489 | 0 |

* N. D. 值：(2) PO₄³⁻<0.003 mg/L (1) TOC<0.001 mg/L

(資料來源：本研究資料)

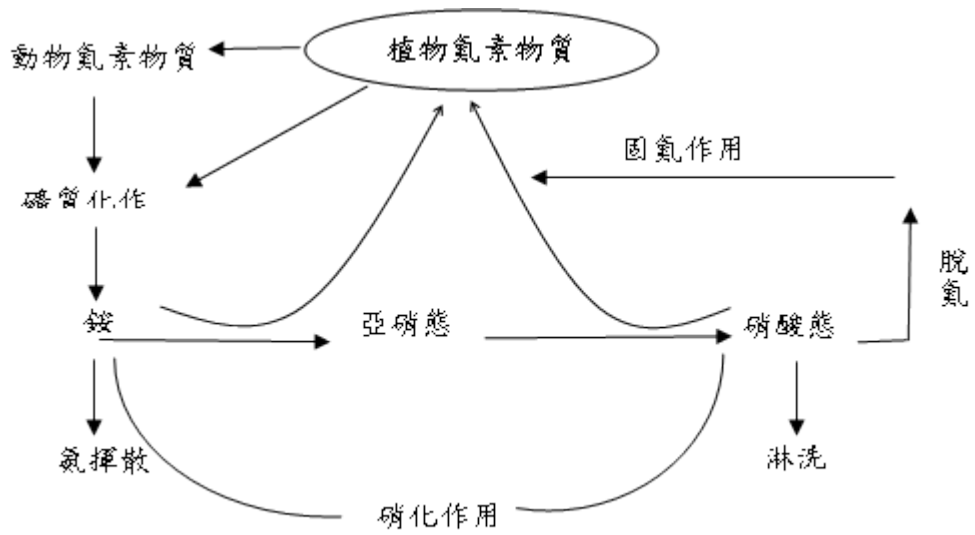


圖 1-1 氮素循環過程
(資料來源：本研究資料)



圖 1-2 有勝溪及羅葉尾溪各測站位置圖
(資料來源：本研究資料)



圖 1-3 測站 1-羅葉尾溪放流點
(資料來源：本研究資料)



圖 1-4 測站 2-南湖登山口
(資料來源：本研究資料)



圖 1-5 測站 3-勝光
(資料來源：本研究資料)



圖 1-6 測站 4-有勝溪下游
(資料來源：本研究資料)

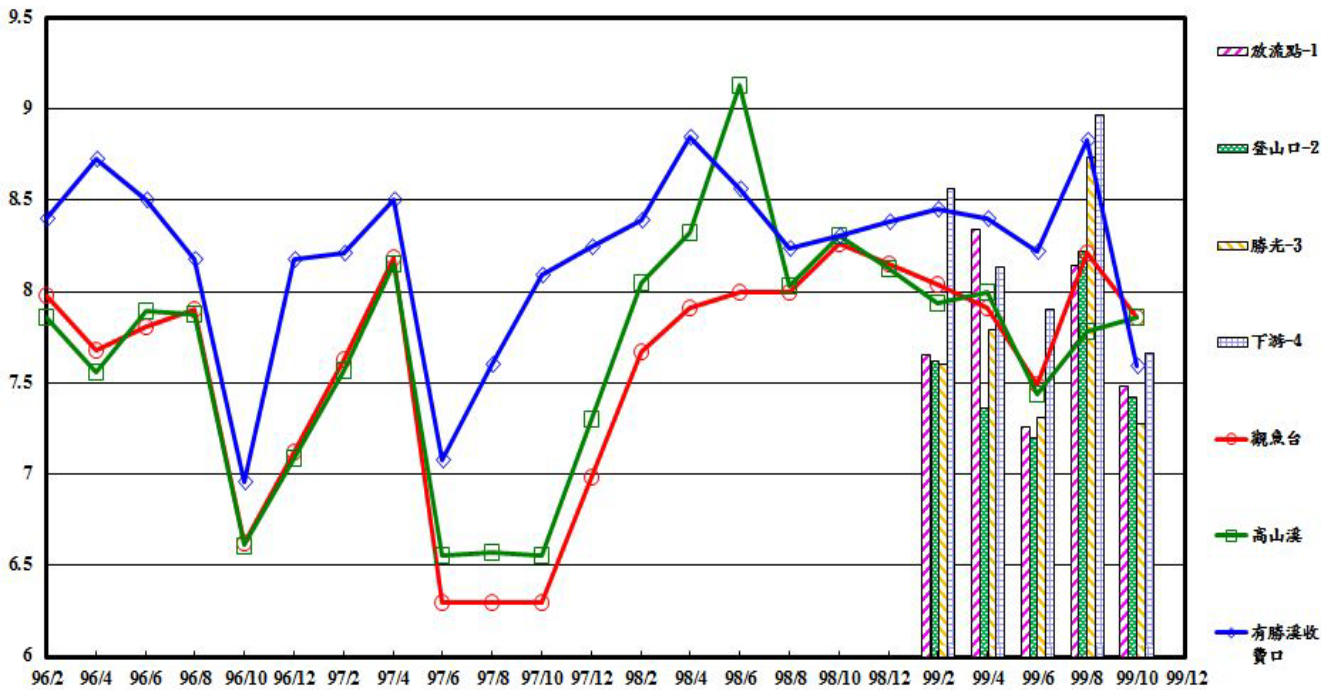


圖 1-7 羅葉尾溪與武陵地區樣站之 pH 比較
 (資料來源：本研究資料)

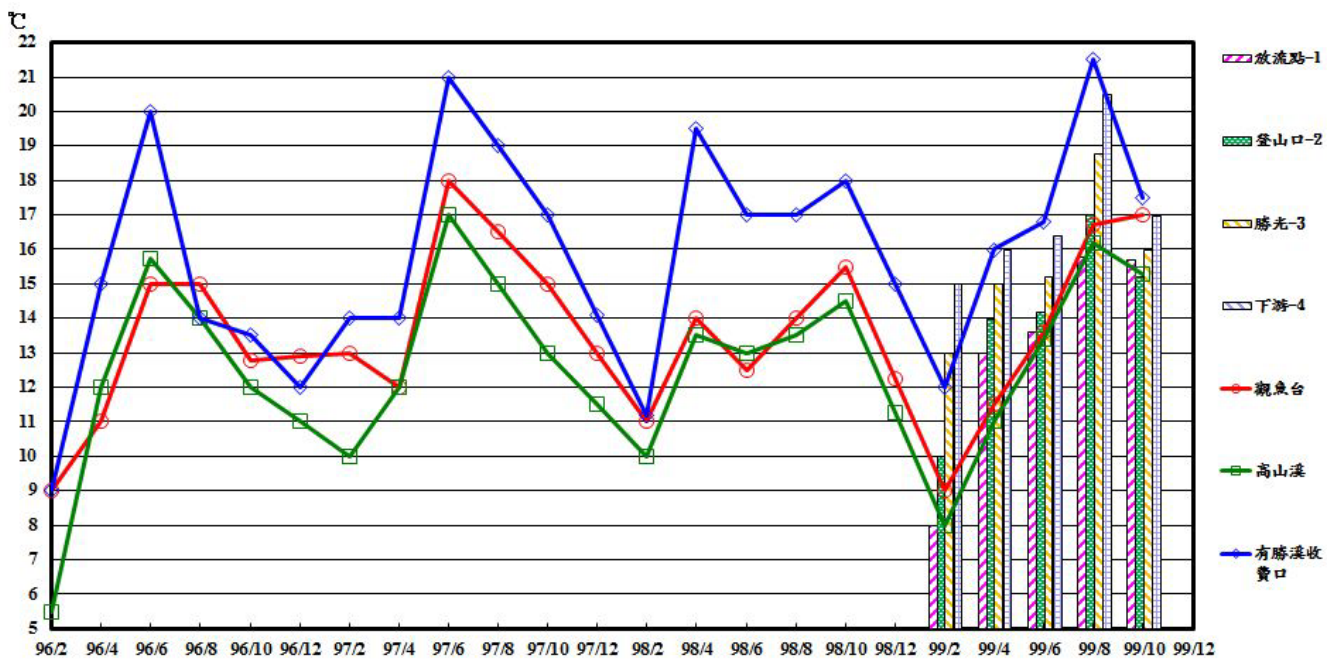


圖 1-8 羅葉尾溪與武陵地區樣站之溫度比較
 (資料來源：本研究資料)

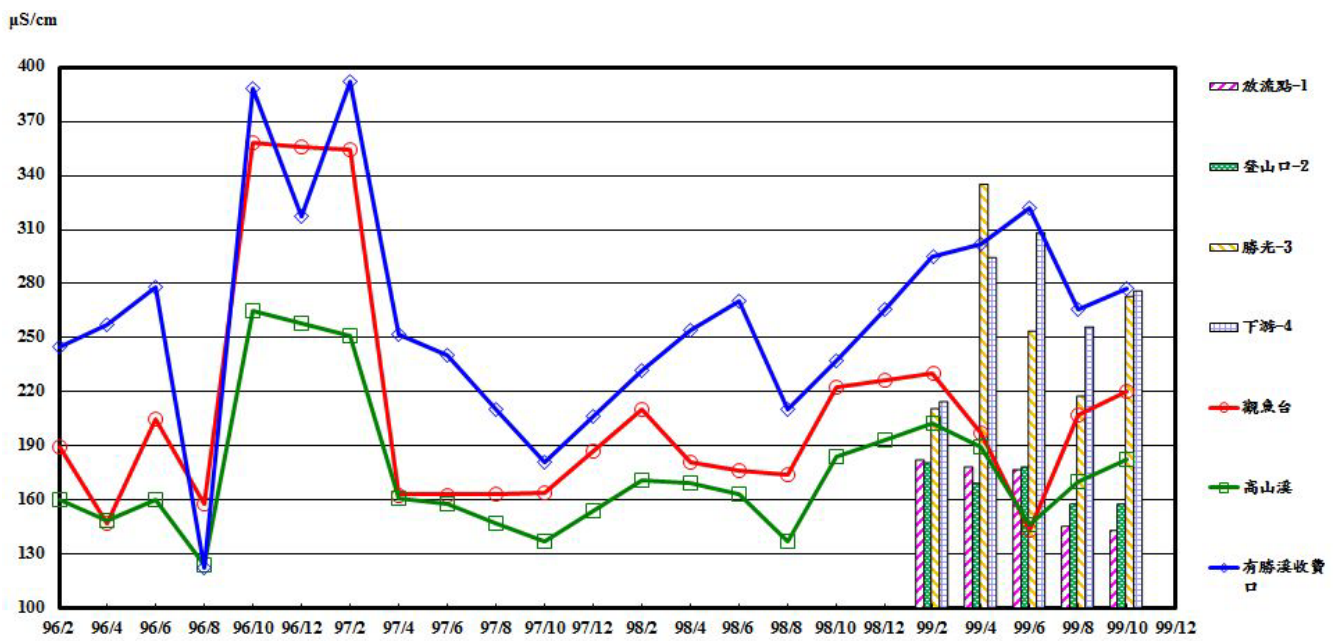


圖 1-9 羅葉尾溪與武陵地區樣站之導電度比較

(資料來源：本研究資料)

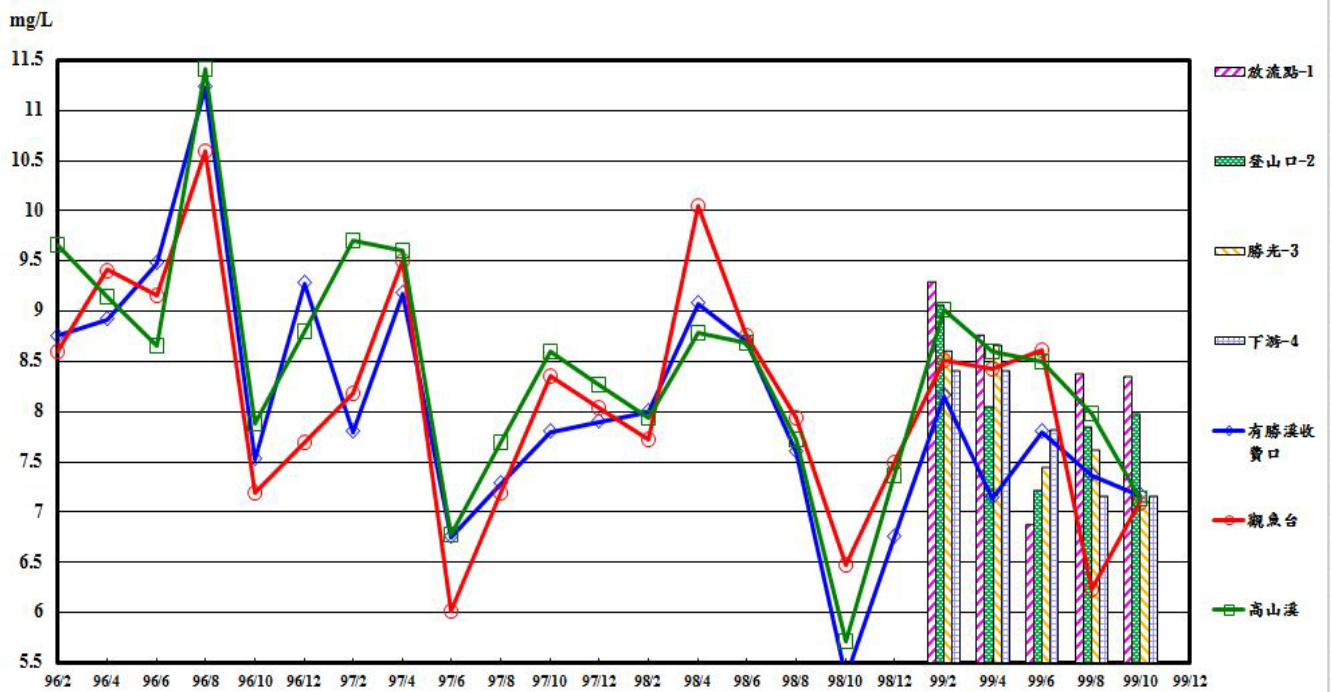


圖 1-10 羅葉尾溪與武陵地區樣站之溶氧比較

(資料來源：本研究資料)

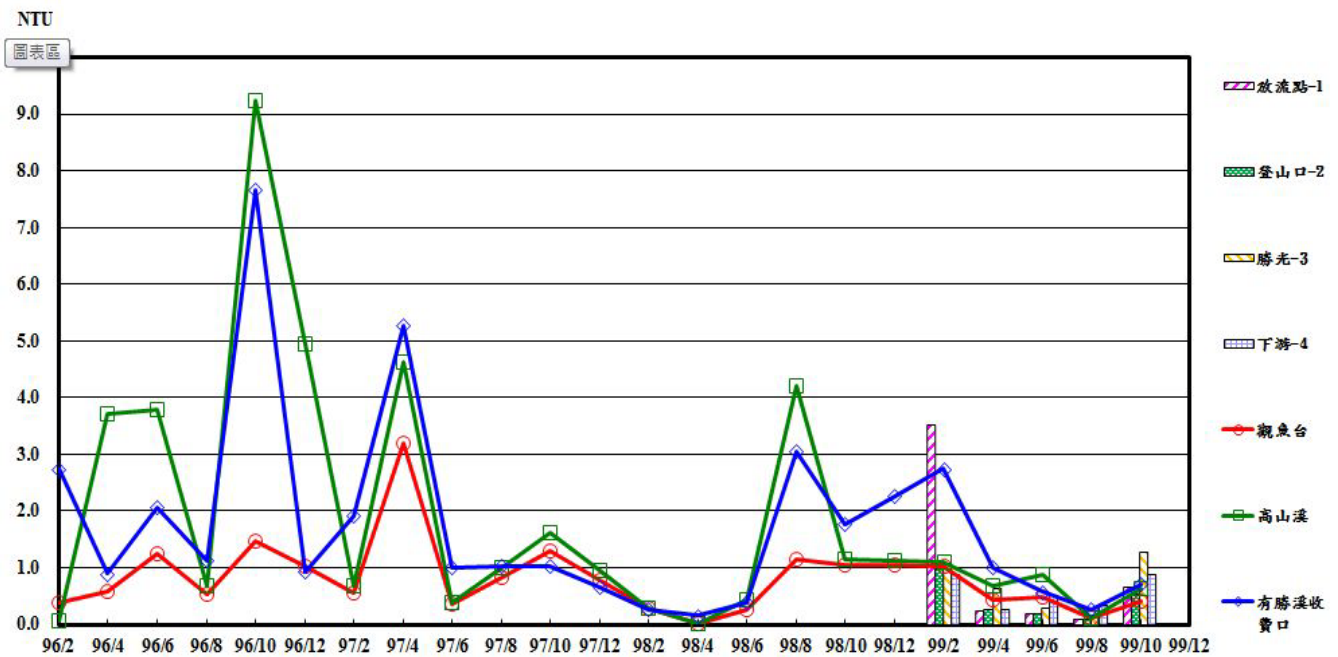


圖 1-11 羅葉尾溪與武陵地區樣站之濁度比較

(資料來源：本研究資料)

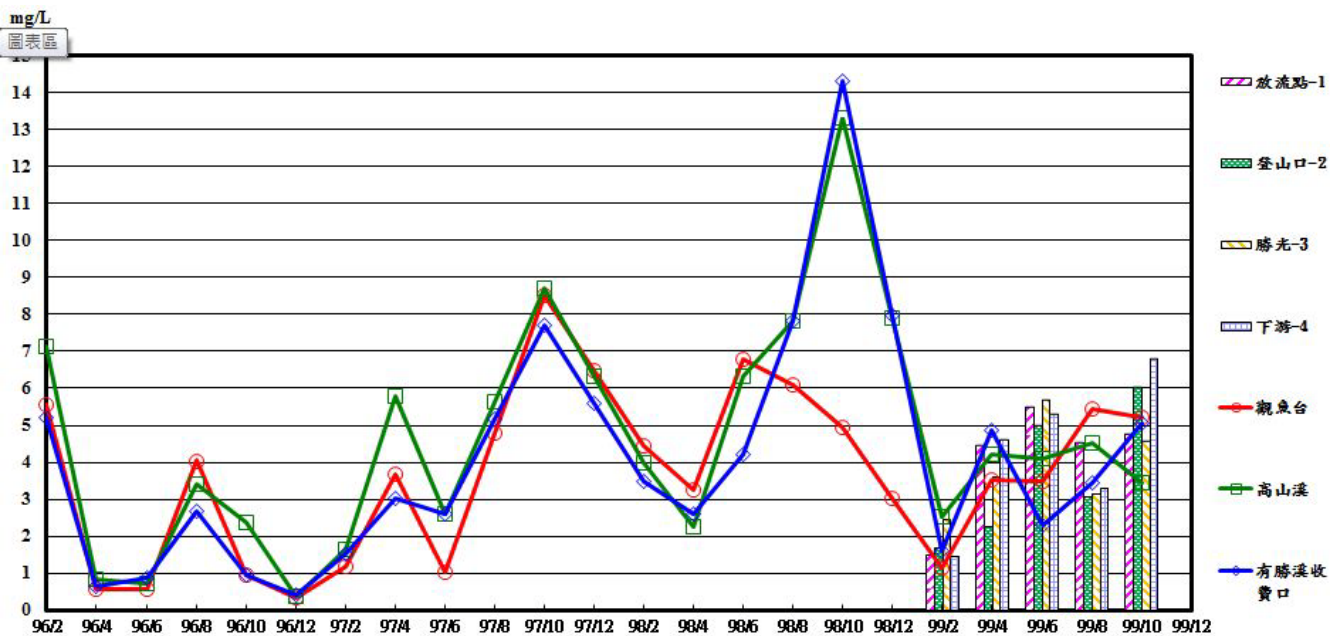


圖 1-12 羅葉尾溪與武陵地區樣站之SiO₂比較

(資料來源：本研究資料)

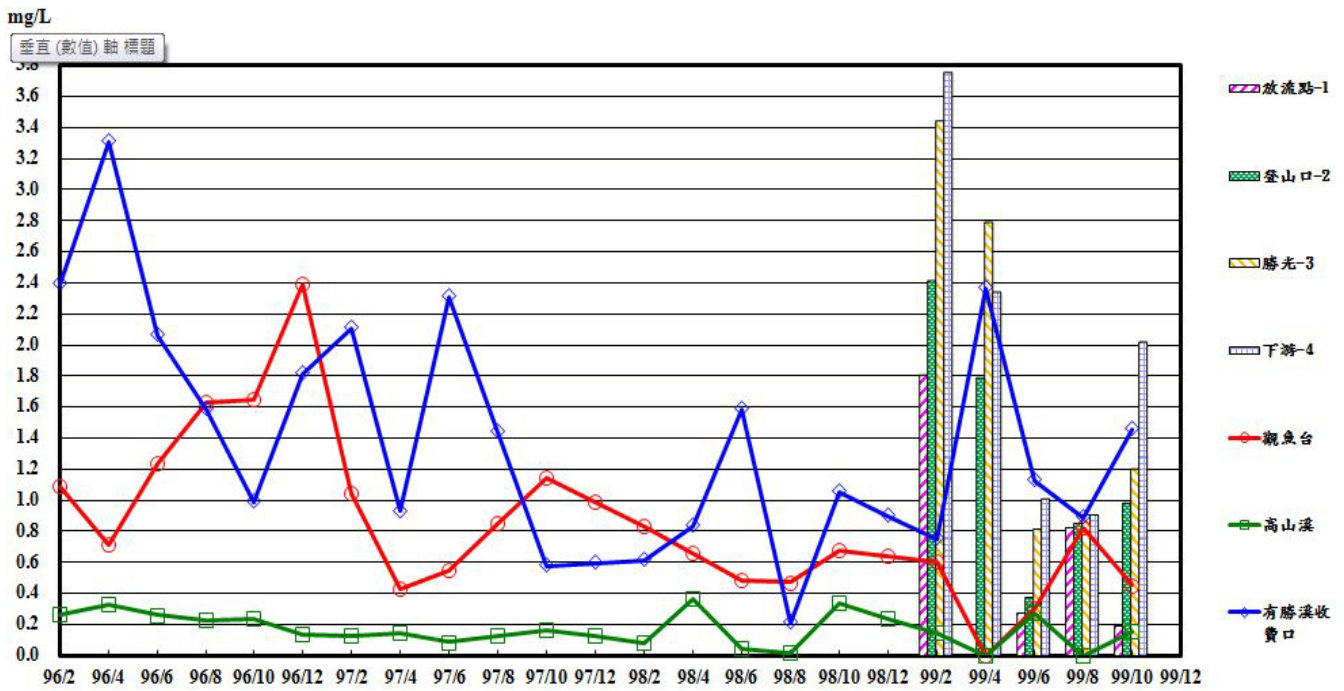


圖 1-13 羅葉尾溪與武陵地區樣站之 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 比較

(資料來源：本研究資料)

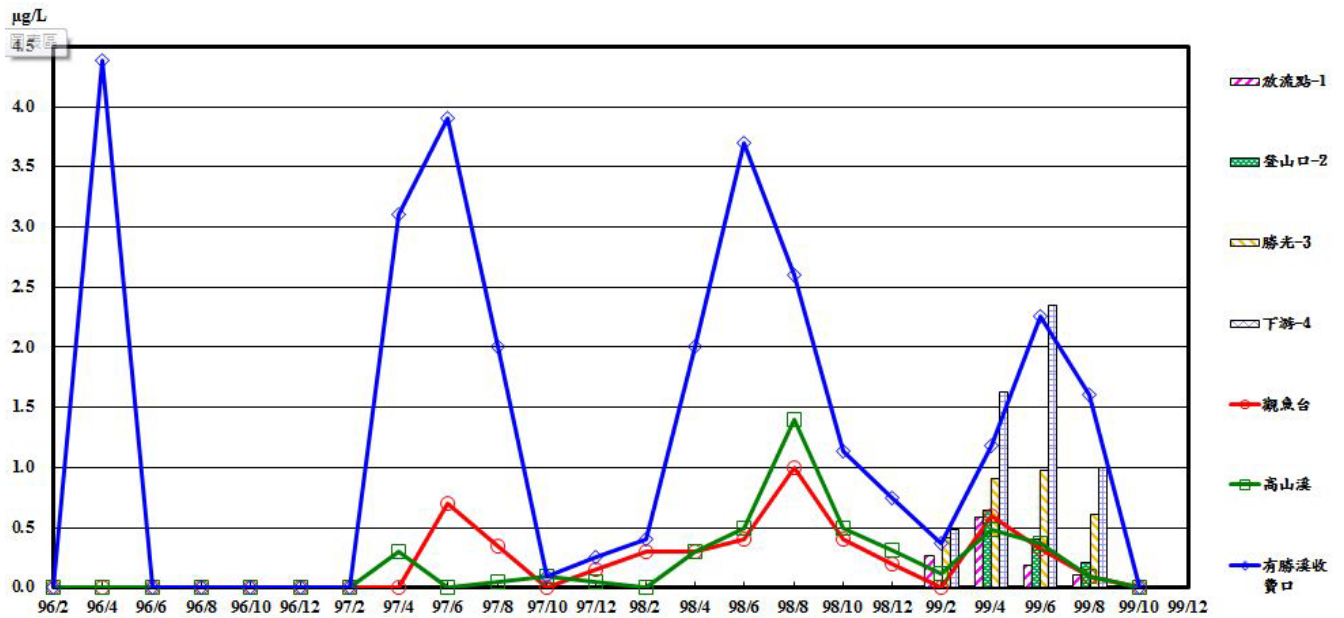


圖 1-14 羅葉尾溪與武陵地區樣站之 $\text{NO}_2^- \text{-N}$ 比較

(資料來源：本研究資料)

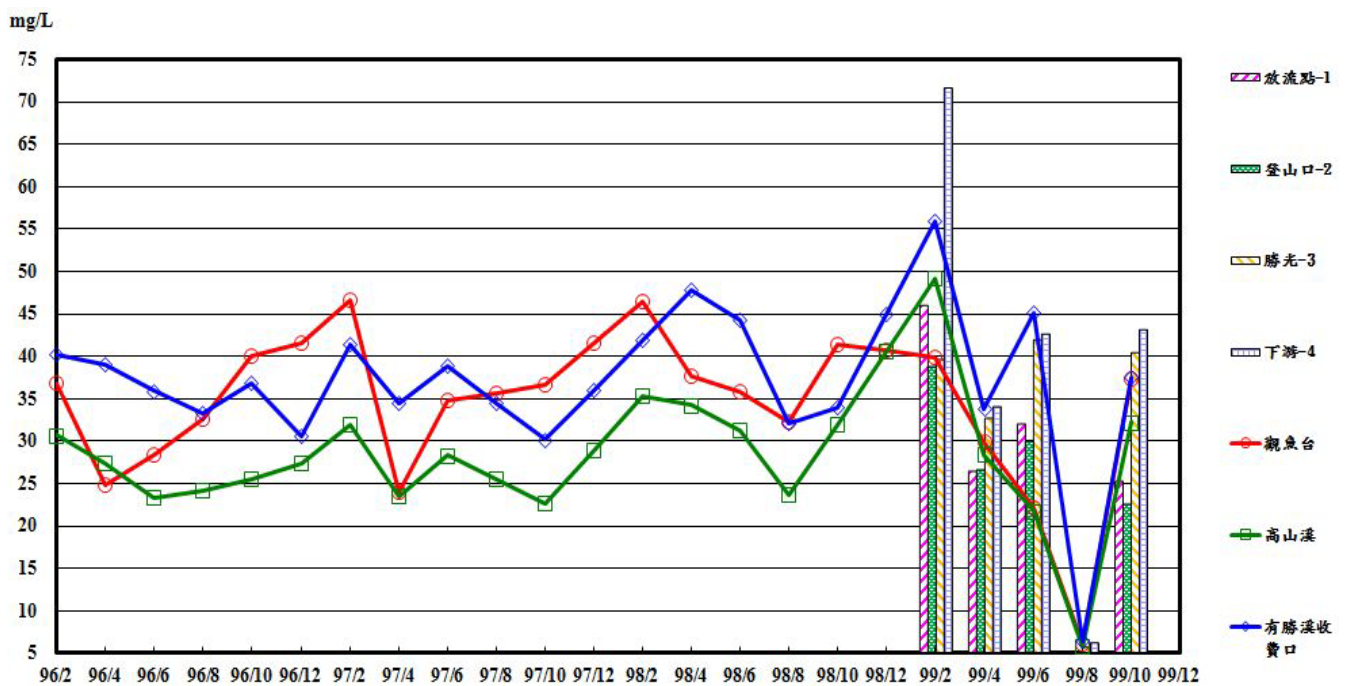


圖 1-15 羅葉尾溪與武陵地區樣站之 SO_4^{2-} 比較

(資料來源：本研究資料)

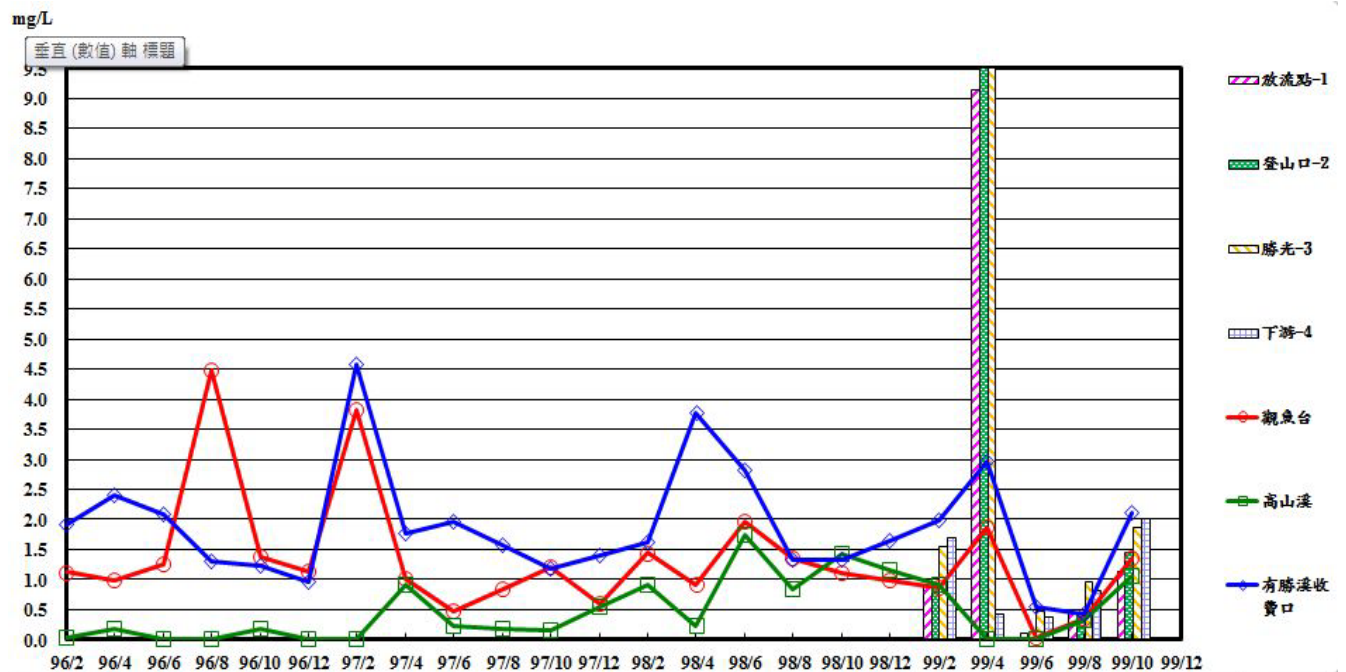


圖 1-16 羅葉尾溪與武陵地區樣站之Cl比較

(資料來源：本研究資料)

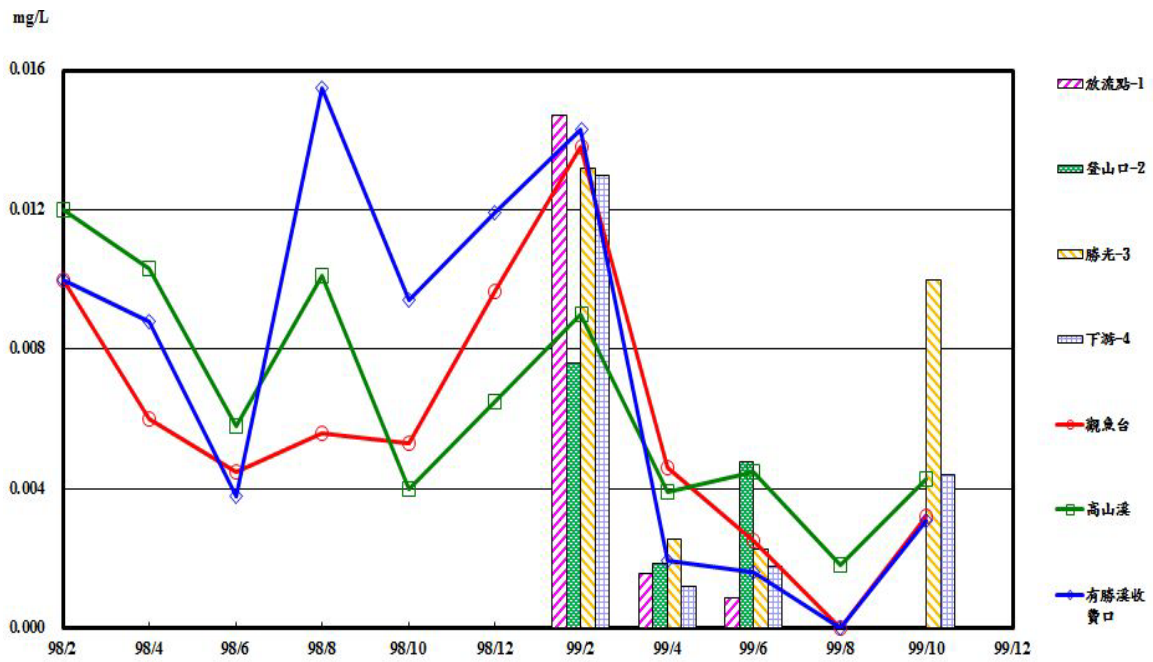


圖 1-17 羅葉尾溪與武陵地區樣站之 PO_4^{3-} 比較

(資料來源：本研究資料)

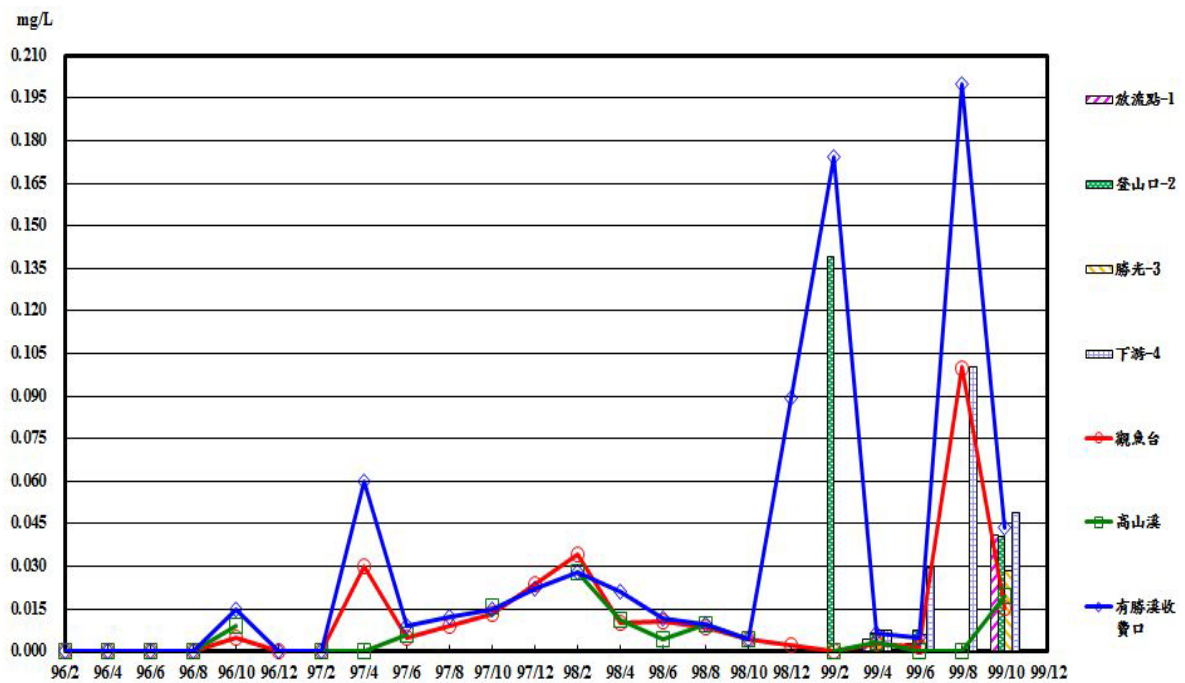


圖 1-18 羅葉尾溪與武陵地區樣站之 NH_4^+-N 比較

(資料來源：本研究資料)

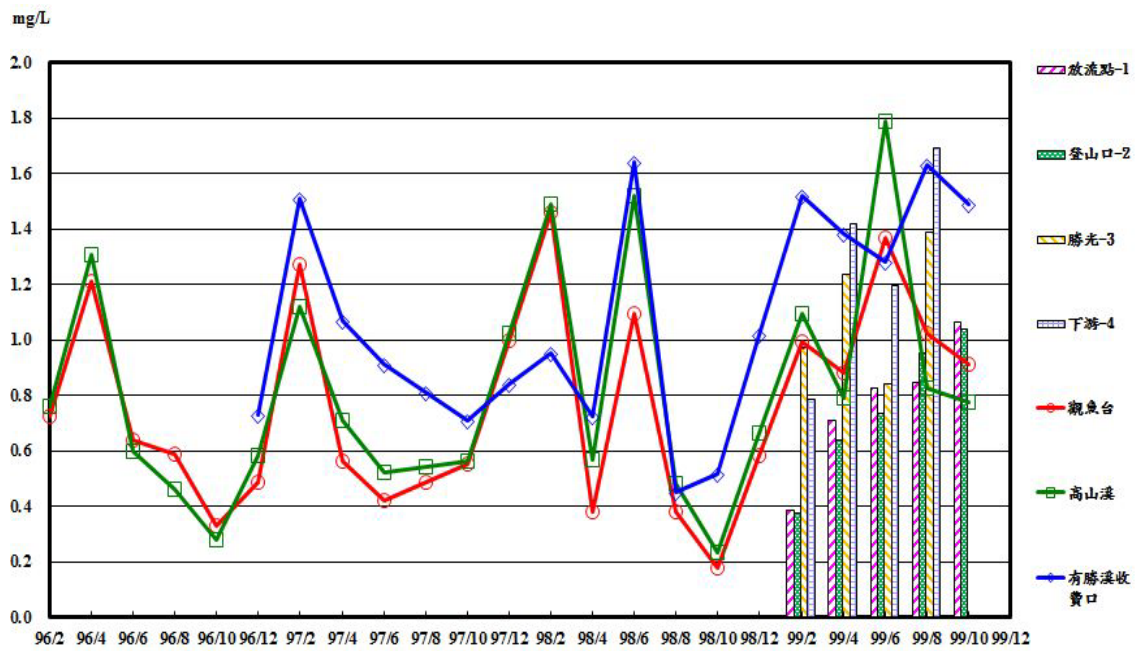


圖 1-19 羅葉尾溪與武陵地區樣站之 TOC 比較
(資料來源：本研究資料)

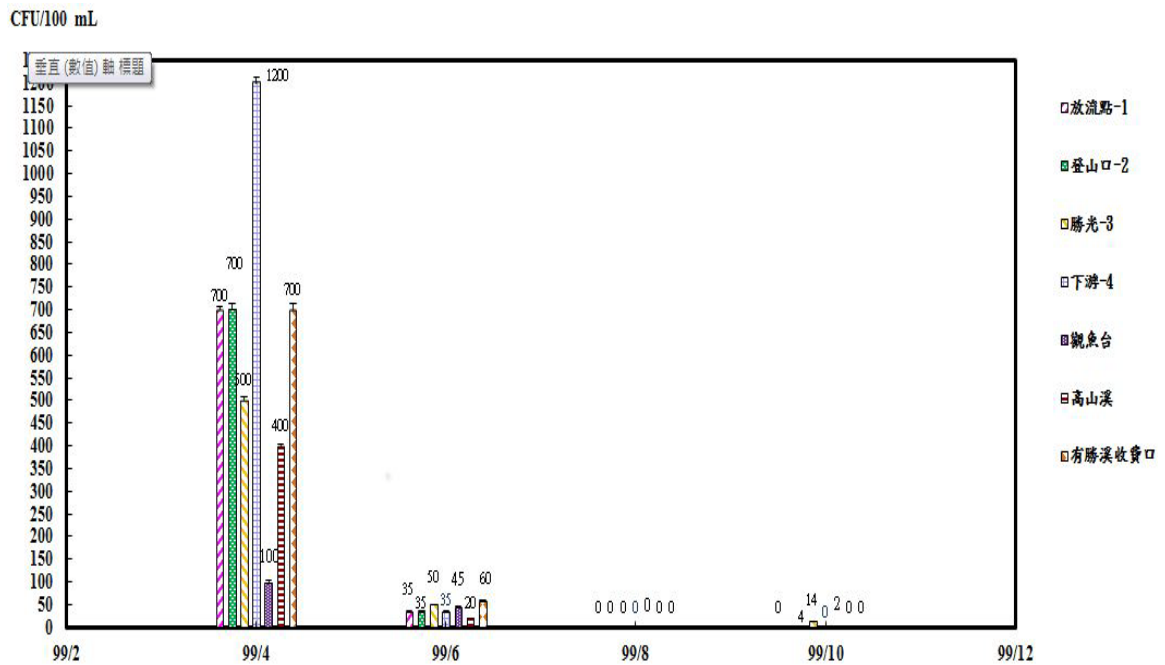


圖 1-20 羅葉尾溪與武陵地區樣站之大腸桿菌比較
(資料來源：本研究資料)

第二章 物理棲地研究

葉昭憲、王永賢

逢甲大學水利工程與資源保育學系

摘要

關鍵詞：櫻花鉤吻鮭、羅葉尾溪、高山溪、棲地組成

一、研究緣起

為瞭解在羅葉尾溪進行櫻花鉤吻鮭放流區域之河道環境特性後，本工作項目針對羅葉尾溪放流點、南湖登山口、勝光站與有勝溪下游共四處進行河道之縱、橫斷面測量及物理棲地組成調查及空間分佈分析。

二、研究方法及過程

本計畫沿用葉昭憲（2009）於七家灣溪及高山溪相關研究計畫中實施多年之河道斷面測量及物理棲地調查方法。

三、重要發現

在勝光站與有勝溪下游斷面流心部分，沖淤互見並無太大變化；而在羅葉尾溪放流點與南湖登山口，六月份調查結果有明顯刷深趨勢。在棲地環境分佈上，除羅葉尾溪放流點在六月份緩流之比例較為提昇外，其餘皆以淺灘與緩流為主。此外，本計劃亦彙整「武陵地區長期生態監測暨生態模式建立」從 2009 年及 2010 年有勝溪收費口、觀魚台及高山溪一號壩等各站研究成果，並將之調查區段資料進行歸納比較。

四、主要建議事項

根據研究發現，本研究針對調查結果，提出下列具體建議。

(1)長期建議：增設當地雨量站或流量站，以便比對氣候因素之影響。

Abstract

- 1. Research Purpose:** To understand the channel environment of Luoyehwoei Creek as the potential releasing site of the hatched Formosan Landlocked Salmon, four observatory reaches were investigated, including cross and longitude sections survey, substrate composition, and physical habitat patterns.
- 2. Method and Process:** This project applied the same survey and analysis methods used in past several years of STMD project.
- 3. Major Findings:** Based on this year investigations applied at February, June, and October, two of these four channel reaches were under slight scouring. For physical habitat, the riffles and slow water were the major compositions for the observatory reaches. To compare the environmental settings for the Formosan Landlocked Salmon, three observatory reaches of traditional habitats in STMD project were compared to confirm the feasibility of these four channel environments.

Keywords: Formosan Landlocked Salmon, Luoyehwoei Creek, Gaushan Creek, habitat composition

一、前言

(一) 計畫範圍與執行期間

計畫研究範圍為雪霸國家公園管理處於羅葉尾溪之櫻花鈎吻鮭放流點處所在河段見(圖 2-1)，將進行持續性追蹤調查之項目包含河道縱、橫斷面測量及物理棲地調查，而在執行期間內(99年1月至99年12月)至少執行三次調查工作。

主要研究地點為羅葉尾溪，進行實地觀測、調查與探勘。研究四個主要測站為固定測站，如(圖 2-1)所示，包括羅葉尾溪放流點(測站#1)，南湖登山口(測站#2)，勝光(測站#3)，有勝溪下游(測站#4)等四個測站。此外，亦將進行持續性追蹤調查之項目包含河道縱、橫斷面測量及物理棲地，而在計畫執行期間內將至少執行三次調查工作。

(二) 工作流程及方法

本工作項目之流程依序為確定研究目標與範圍、現場河道變化觀測、調查資料分析與比較等細項(如圖 2-2)：

1. 根據研究計畫內容，於計畫開始實施前進行團隊會議，以對計畫實施方式之相關細節進行討論，以確認調查結果符合本計畫之整體目標。
2. 調查羅葉尾溪上四處放流採樣區之河道縱橫向變化、棲地組成、粒徑分佈之現況並進行分析探討。
3. 彙整「武陵地區長期生態監測暨生態模式建立」歷年相關計畫之研究成果並進行初步歸納比較。

二、材料與方法

當河川系統在進行平衡調節過程中，河道地形及物理棲地組成亦隨之逐漸轉變，因此透過定期調查及分析將可定義出其變化趨勢。調查方式如下：

(一) 河道地形變化趨勢

河床高程與受干擾後，隨著時間的變化呈非線性函數關係。受到干擾後，一開始河床變動快，高程會隨時間驟降，其後漸達到穩定的狀態。藉由河道縱橫斷面測量結果之比較，本計畫可獲致兩項河道地形之演變歷程。

1.河道之縱向演變：利用河段縱斷面測量之實測紀錄，可推算研究河段環境變化後之高程演變趨勢。

2.河道橫向演變：將各觀測斷面之歷年調查結果同時繪製於同一橫斷面圖上，即可判斷河道邊坡及河床面之沖淤狀況。

(二) 物理棲地組成

利用所設置之間距 20 公尺穿越線，首先測定各河段之溪寬，其次於溪寬 1/4、2/1 和 3/4 處分別觀測水深、流速和底質礫石，並藉以判定棲地類別。最後，利用不同觀測時段之河段物理棲地組成，歸納其變動趨勢。而底質之量測將以腳踏法和目視法判定，底質石種類及其分類對照如表 2-1 所示。

棲地分級則根據 Leopold (1969)之研究成果，將水流型態歸類為水潭(pool)、緩流(slow water)、湍流(淺瀨)(riffles)、急流(rapids)、岸邊緩流(slack)、迴流(backwater)等六種流況。上述六種水流形態，可利用水深與流速之比值，也就是

福祿數(Froude Number) $F_r = V/\sqrt{gH}$ 來表示。而棲地多樣性指標是以 Shannon-

Wiener 多樣指標對於相對的棲地類型變化較能表現出來。

三、羅葉尾溪生態採樣區分析

本年度計畫為了提供各研究計畫，在共同區域上做整合性的研究，進而能將研究成果加以連結。而在此類共同樣區之調查方式是以該樣區為中心，向上下游分別作 50 至 100 公尺做河道斷面測量、棲地組成以及底質分佈。以下將彙整各樣區於本年度二月、六月與十月三次調查的河道斷面以及棲地底質調查結果所顯示的分佈情形作進一步分析。

(一) **羅葉尾溪放流點**：此河段位於四處採樣點之最上游處，本年度調查測站範圍的平均坡度平均約為 5.5% 左右；河寬約為 10 公尺左右，在六月下游有向下掏刷現象。而在棲地分佈上，三次調查發現本河段以緩流與淺灘比例最高，在六月份調查發現緩流比例有增加之趨勢。至於底質分佈上，底質分佈狀況平均，此河段以類型三、類型四（卵石、粗石）為主。

(二) **南湖登山口**：此河段位於有勝溪之上游處，本年度調查測站範圍的平均坡度約為 2.4% 左右，在六月下游有向下掏刷現象；此河段河寬略為狹窄，約為 8 公尺。而在棲地分佈上，本河段第一次調查緩流與深潭比例最高，第二次調查淺灘比例有增加趨勢，在月份變為緩流與淺灘為主。此河段底質分佈多半為粗石與小型礫石為主以偏較大顆粒為主。

(三) **勝光**：此河段位於有勝溪之中游，在測站範圍的平均坡度約為 3.0% 左右；此河段河寬大都在 15 公尺以上較放流點與登山口為寬闊。而在棲地分佈上，三次調查結果都是以淺灘為主。至於底質分佈上，以類型一（細石）與類型二（碎石）為主，在 10 月份卵石比例有明顯增加。

(四) **有勝溪下游**：此河段位於有勝溪之下游處，測站範圍的平均坡度約為 3.7% 左右，流心高程互有充淤但無太大變化；河寬大都在 12 公尺左右。而在棲地

分佈上，今年度調查結果都是以淺灘與緩流為主，少有深潭出現；在底質分佈上，前兩次調查都是以以類型一(細石)與類型二(碎石)為主，在 10 月份卵石與粗石取代原本的細顆粒。

綜合分析：

各測站在三次調查結果，棲地部分羅葉尾溪放流點以緩流為主，淺灘、急流與深潭互見；南湖登山口與有勝溪下游，多半以淺灘與緩流為主，少有深潭形成；勝光絕大部分以淺灘為主要棲地類型，此河段之棲地 Shannon-Wiener's index 值介於 0.5~0，較其他測站數值低（其他測站介於 1.1~0.5，如圖 2-28 所示）。底質部分，在十月調查結果粒徑分佈相較於二月與六月有變粗趨勢，各測站的底質 Shannon-Wiener's index 值都介於 1.6 至 0.8 之間(圖 2-29)。

四、 歷年群體生態採樣區分析

本工作項目針對「武陵地區長期生態監測暨生態模式建立」群體計畫之有勝溪收費口、高山溪一號壩測站、觀魚台，考量本年度於羅葉尾溪將進行三次調查工作，故彙整三個測站 2009 年至今年 2 月、6 月及 10 月份三次調查之研究成果，整理各測站棲地與底質分佈狀況下：

- (一) **有勝溪收費口**：有勝溪測站位於有勝溪一號壩上游的 100 公尺，此河段中河道寬度變化不大，河寬大都分布在 15~20 公尺之間。在棲地分佈上，此區域的棲地類型較無劇烈變化，主要為淺灘與緩流。而在底質分佈上，今年二月份與六月份較為細顆粒，其餘調查時間主要以卵石與粗石為主。
- (二) **觀魚台**：觀魚台測站位於七家灣溪一號壩上，此河段河寬較為寬闊，約為 40 至 50 公尺左右，也由於河道較為寬廣平緩導致流心變化較大。棲地分佈上，本河段以淺灘與緩流為主，只有少部份的深潭。而在底質分佈上，也是今年二月份與十月份較為細顆粒，其餘調查時間卵石與粗石為主要成份。
- (三) **高山溪一號壩**：高山溪測站位於高山溪一號壩上，此河段河寬約為 10 至 15 公尺左右。而棲地分佈上，本河段以淺灘與緩流為主，與觀魚台一樣只有少部份的深潭。而在底質分佈上，與觀魚台和收費口相似，在今年二月與六月偏細顆粒，其他為粗石與卵石為主。

五、結論

在本年度研究計畫之年度研究期間內，分別在二月、六月與十月對於羅葉尾溪放流點、南湖登山口、勝光、有勝溪下游四個共同測站與有勝溪收費口、高山溪一號壩、觀魚台共同生態樣區，進行河道縱橫斷面、棲地型態及底質類型調查。

1. 河道斷面測量部分，發現羅葉尾溪放流點為四處測站中坡度最陡之河段，坡度約為 5%。六月份調查結果發現，羅葉尾溪放流點與南湖登山口斷面向下加深，此現象可能與調查實施前之梅雨不斷，導致河川水流量高有關。
2. 棲地與底質調查結果顯示，除勝光測站都以淺灘為主外，其他測站皆為淺灘與緩流為主，而南湖登山口之底質相較其他三處測站則明顯偏粗。
3. 與共同測站做分析比較後，在棲地部分勝光站與收費口兩處較為相似，都以淺灘為主少有緩流出現；有勝溪下游處與高山溪一號壩也較為相似，不過高山溪一號壩河寬較窄。底質分析比較後，羅葉尾溪與共同測站相比較後較無明顯相似的情況。

六、建議

部份調查河段僅有一年資料，其變動是否為短期波動或長期演變過程皆無法認，故建議針對重要河段持續觀測。

七、參考文獻

- 林幸助、王一匡、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、葉文斌、葉昭憲、蔡尚惠，2008。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。九十八年保育研究報告。684 頁。
- 林幸助、吳聲海、官文惠、邵廣昭、施習德、孫元勳、郭美華、彭宗仁、曾晴賢、楊正澤、葉文斌、葉昭憲、蔡尚惠，2007。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。九十六年保育研究報告。600頁。
- 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。防砂壩對台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。
- 葉昭憲，2005。環境改變對河道地形及物理棲地變化趨勢之影響。內政部營建署雪霸國家公園研究計劃。
- 于錫亮 1997，「淺談 流量與棲地關係的方法學」，自然保育季刊 19，pp15-19。
- 汪靜明，1996，「河川生態保育原理」，環境教育季刊 31，pp.27-53。
- 汪靜明，1998，「河川生態基 流量設計及魚類棲地改善之理念」，環境教育季刊，35，pp49-69。
- 吳富春、胡通哲、李國昇、李德旺，1998，「應用棲地模式評估台灣河川之生態流量」，第九屆水利工程研討會，p(C21)。
- 林幸助，2005，「武陵地區長期監測 暨生態模式建立」中「環境改變對河道地形及物理棲地變化趨勢之影響」。
- 林秉賢，2001，「橫向堆石群對溪流生態棲地流況之影響」，逢甲大學土木及水利工程所碩士論文。
- 孫凱政，2004，「利用WUA 法評估流量對魚類棲地之影響」，國立台灣大學碩士論文。
- 張幀驩，2001，「河川魚 類棲地分布之推估與分析研究以卑南溪新武呂溪河段為例」，國立中央大學土木工程學研究所碩士論文。
- 梁麗芬，2003，「河川棲地及歧異度之變化與時空因素之探討」，中央大學土木工程

程研究所碩士論文。

溫博文，2005，「台灣中部河川生態棲地分佈特性及時空變化之研究」，國立中央大學土木 工程研究所博士論文。

謝暲樟，2002，「大漢溪中游生態基流量推估與棲地改善之研究」，中央大學土木工程研究所碩士論文。

Crispin, V., R. House, and D. Roberts, 1993, "Changes in instream habitat, large woody debris, and salmon habitat after the restructuring of a coastal Oregon stream", *North American Journal of Fisheries Management* 13:96-102.

David J. Gilvear, 1997, "Fluvial geomorphology and river engineering: future roles utilizing a fluvial hydrosystems framework", Department of Environmental Science, University of Stirling, Scotland, FK9 4LA, UK.

Fausch, K. D., and T. G. Northcote, 1992, "Large woody debris and salmonid habitat in a small coastal British Columbia stream", *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 49:682-693.

Howard T. Odum, B. Odum, 2003, "Concepts and methods of ecological engineering", *Ecological Engineering* 20 (2003) 339–361.

Joseph M. Wheaton et al., 2004, "Spawning habitat rehabilitation – I. Conceptual approach and methods", *Intl. J. River Basin Management* Vol. 2, No. 1 , pp. 3–20.

Joseph M. Wheaton et al., "Spawning habitat rehabilitation – II. Using hypothesis development and testing in design, Mokelumne River, California, U.S.A." *Intl. J. River Basin Management* Vol. 2, No. 1, pp. 21–37

Jowett, I.G., 1997, "Instream Flow Methods: A Comparison of Approaches" *Regulated Rivers: Research and Management*, 13, pp115-127.

Mitsch, W. J. and Jorgenson, 2004 , "Ecological Engineering and Ecosystem Restoration", Wiley, US, pp23.

Vismara R., A. Azzellino, R. Bosi, G. Crosa, G. Gentili. , 2001, "Habitat suitability curves for brown trout (*Salmo trutta fario* L.) in the river Adda, Northern Italy: Comparing univariate and multivariate approaches", *Regulated Rivers-Research & Management*, 17(1), pp37-50.

表 2-1 棲地底質分類表

| 編號 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----------|----------------|---------|---------|----------|---------------|---------------|
| 底質 | Smooth surface | Gravel | Pebble | Rubble | Small Boulder | Large boulder |
| 粒徑範圍(cm) | <0.2 | 0.2-1.6 | 1.6-6.4 | 6.4-25.6 | 25.6-51.2 | >51.2 |

(資料來源：本研究資料)

表 2-2 各種物理棲地環境指標定義

| 型態 | 淺瀨 | 緩流 | 水潭 | 急流 |
|------|------------------|----------------------|-------------------------------|----------|
| 福祿數 | $0.255 < Fr < 1$ | $0.095 < Fr < 0.255$ | $Fr < 0.095$ | $Fr > 1$ |
| 其他限制 | 但 $b/h > 15$ | $15 < b/h < 30$ | 水面坡度 ≈ 0 , $b/h < 15$ | 無 |

(資料來源：本研究資料)

表 2-3 羅葉尾溪放流點採樣點床面平均坡度表

| 測量日期 | 20010/02 | 2010/06 | 2010/10 |
|------|----------|---------|---------|
| 平均坡降 | 0.054 | 0.052 | 0.058 |

(資料來源：本研究資料)

表 2-4 南湖登山口採樣點床面平均坡度表

| 測量日期 | 2010/02 | 2010/06 | 2010/10 |
|------|---------|---------|---------|
| 平均坡降 | 0.023 | 0.025 | 0.024 |

(資料來源：本研究資料)

表 2-5 勝光採樣點床面平均坡度表

| 測量日期 | 2010/02 | 2010/06 | 2010/10 |
|------|---------|---------|---------|
| 平均坡降 | 0.029 | 0.031 | 0.031 |

(資料來源：本研究資料)

表 2-6 有勝溪下游採樣點床面平均坡度表

| 測量日期 | 2010/02 | 2010/02 | 2010/10 |
|------|---------|---------|---------|
| 平均坡降 | 0.037 | 0.041 | 0.032 |

(資料來源：本研究資料)

表 2-7 棲地底質分類表

| 編號 | 底質 | 底石粒徑 |
|----|----------------|-------------|
| 1 | Smooth surface | <0.2cm |
| 2 | Gravel | 0.2-1.6cm |
| 3 | Pebble | 1.6-6.4cm |
| 4 | Rubble | 6.4-25.6cm |
| 5 | Small Boulder | 25.6-51.2cm |
| 6 | Large boulder | >51.2cm |

(資料來源：本研究資料)

表 2-8 2010 年 10 月羅葉尾溪各河段之棲地底質分佈比例

| 位置 \ 底質 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------|------|-------|-------|-------|-------|------|
| 羅葉尾溪放流點 | 0.0% | 13.3% | 20.0% | 53.3% | 13.3% | 0.0% |
| 南湖登山口 | 0.0% | 0.0% | 6.7% | 46.7% | 40.0% | 6.7% |
| 勝光 | 0.0% | 13.3% | 60.0% | 13.3% | 6.7% | 6.7% |
| 有勝溪下游 | 0.0% | 0.0% | 46.7% | 46.7% | 0.0% | 6.7% |

(資料來源：本研究資料)

表 2-9 2010 年 06 月羅葉尾溪各河段之棲地底質分佈比例

| 位置 \ 底質 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 羅葉尾溪放流點 | 6.7% | 33.3% | 20.0% | 20.0% | 13.3% | 6.7% |
| 南湖登山口 | 13.3% | 6.7% | 6.7% | 20.0% | 46.7% | 6.7% |
| 勝光 | 40.0% | 13.3% | 13.3% | 13.3% | 6.7% | 13.3% |
| 有勝溪下游 | 26.7% | 33.3% | 20.0% | 13.3% | 0.0% | 6.7% |

(資料來源：本研究資料)

表 2-10 2010 年 02 月羅葉尾溪各河段之棲地底質分佈比例

| 位置 \ 底質 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 羅葉尾溪放流點 | 0.0% | 6.7% | 46.7% | 20.0% | 0.0% | 26.7% |
| 南湖登山口 | 6.7% | 0.0% | 20.0% | 40.0% | 20.0% | 13.3% |
| 勝光 | 33.3% | 26.7% | 13.3% | 13.3% | 0.0% | 13.3% |
| 有勝溪下游 | 26.7% | 40.0% | 6.7% | 6.7% | 6.7% | 13.3% |

(資料來源：本研究資料)

表 2-11 2010 年 10 月羅葉尾溪各河段棲地環境類型分析

| 位置 \ 棲地型態 | Rapids | Riffles | Slow water | Pools |
|-----------|--------|---------|------------|-------|
| 羅葉尾溪放流點 | 0.0% | 55.6% | 22.2% | 22.2% |
| 南湖登山口 | 0.0% | 42.9% | 57.1% | 0.0% |
| 勝光 | 0.0% | 100.0% | 0.0% | 0.0% |
| 有勝溪下游 | 0.0% | 54.5% | 27.3% | 18.2% |

(資料來源：本研究資料)

表 2-12 2010 年 06 月羅葉尾溪各河段棲地環境類型分析

| 位置 \ 棲地型態 | Rapids | Riffles | Slow water | Pools |
|-----------|--------|---------|------------|-------|
| 羅葉尾溪放流點 | 0.0% | 22.2% | 77.8% | 0.0% |
| 南湖登山口 | 0.0% | 41.7% | 33.3% | 25.0% |
| 勝光 | 0.0% | 100.0% | 0.0% | 0.0% |
| 有勝溪下游 | 0.0% | 50.0% | 25.0% | 25.0% |

(資料來源：本研究資料)

表 2-13 2010 年 02 月羅葉尾溪各河段棲地環境類型分析

| 位置 \ 棲地型態 | Rapids | Riffles | Slow water | Pools |
|-----------|--------|---------|------------|-------|
| 羅葉尾溪放流點 | 20.0% | 40.0% | 40.0% | 0.0% |
| 南湖登山口 | 0.0% | 14.3% | 42.9% | 42.9% |
| 勝光 | 0.0% | 80.0% | 20.0% | 0.0% |
| 有勝溪下游 | 0.0% | 66.7% | 16.7% | 16.7% |

(資料來源：本研究資料)



圖 2-1 羅葉尾溪之測站位置圖
(資料來源：本研究資料)

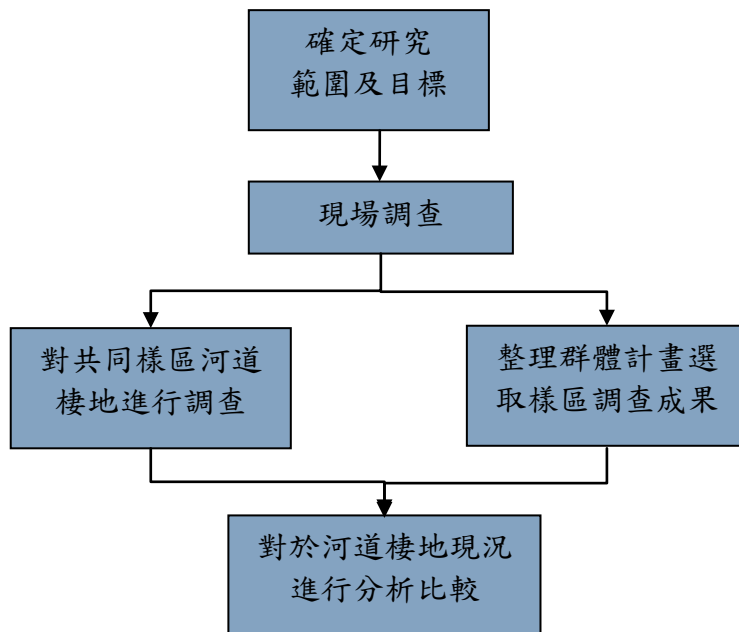


圖 2-2 本年度研究基本流程圖
(資料來源：本研究資料)

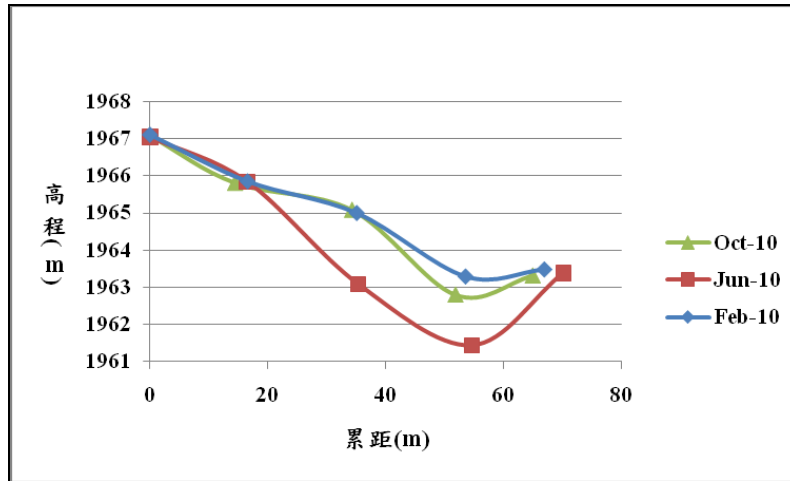


圖 2-3 羅葉尾溪放流點斷面高程剖面圖
(資料來源：本研究資料)

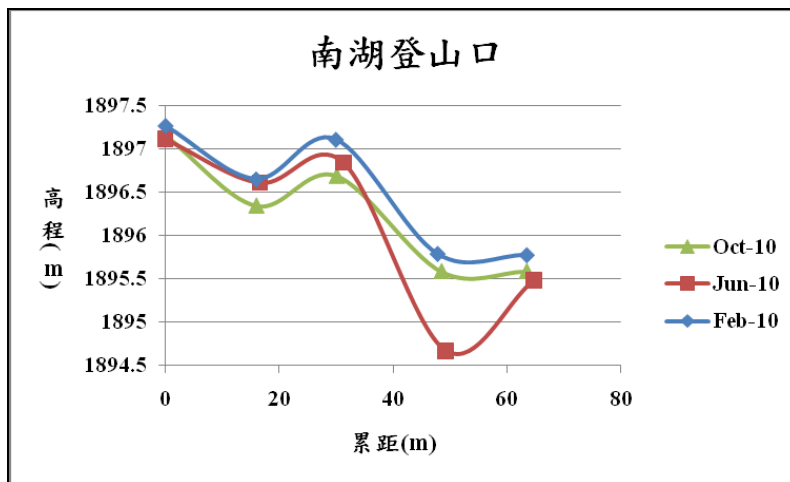


圖 2-4 南湖登山口斷面高程剖面圖
(資料來源：本研究資料)

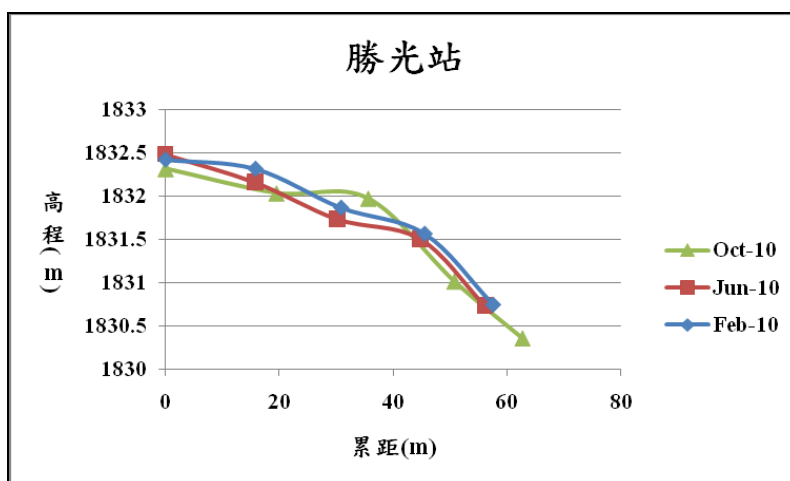


圖 2-5 勝光斷面高程剖面圖
(資料來源：本研究資料)

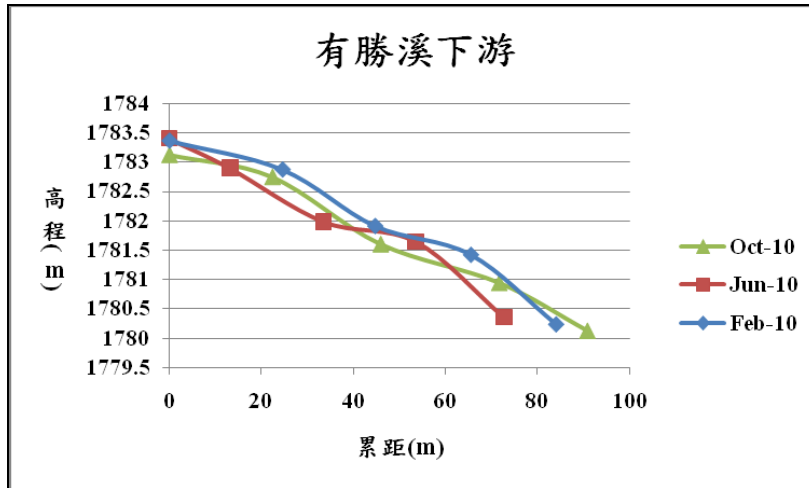


圖 2-6 有勝溪下游斷面高程剖面圖
(資料來源：本研究資料)

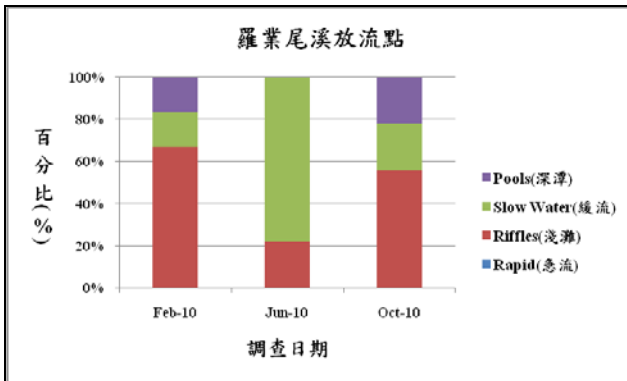


圖 2-7 羅葉尾溪放流點棲地環境類型分佈
(資料來源：本研究資料)

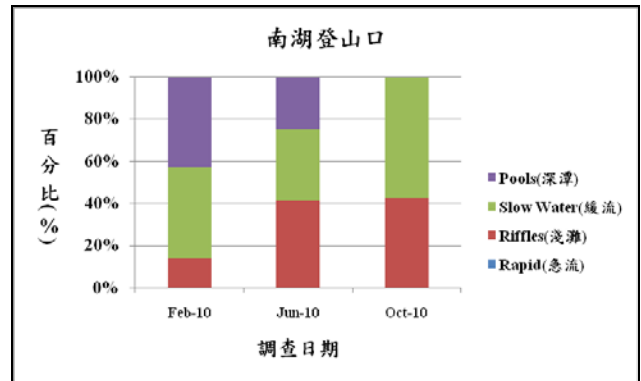


圖 2-8 南湖登山口棲地環境類型分佈
(資料來源：本研究資料)

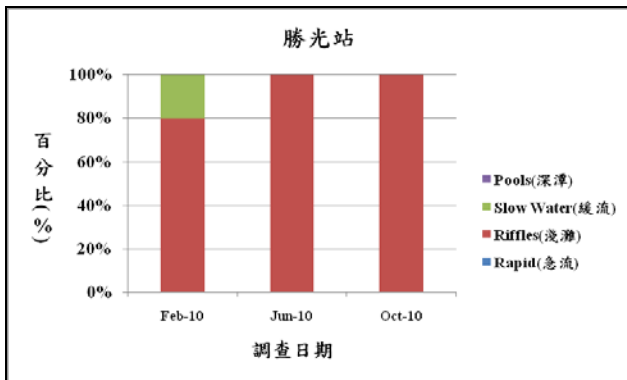


圖 2-9 勝光站棲地環境類型分佈
(資料來源：本研究資料)

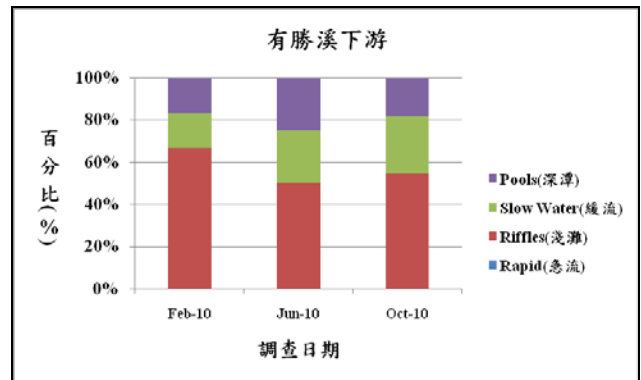


圖 2-10 有勝溪下游棲地環境類型分佈
(資料來源：本研究資料)

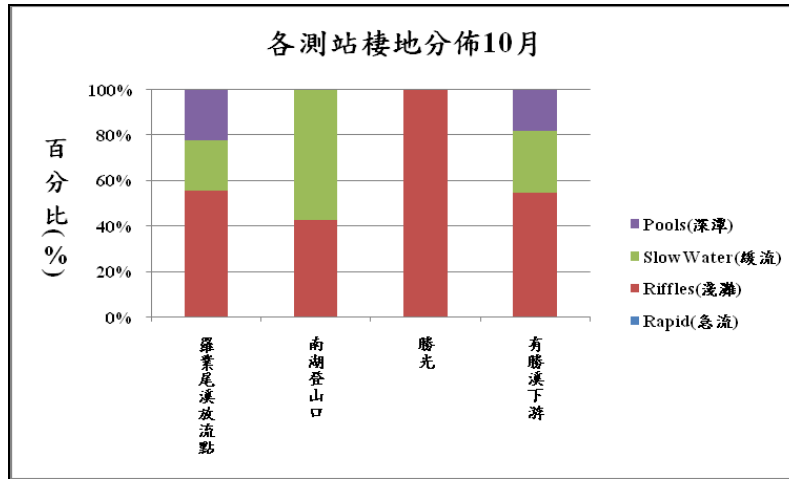


圖 2-11 羅葉尾溪 10 月份各測站棲地分佈類型百分比圖
(資料來源：本研究資料)

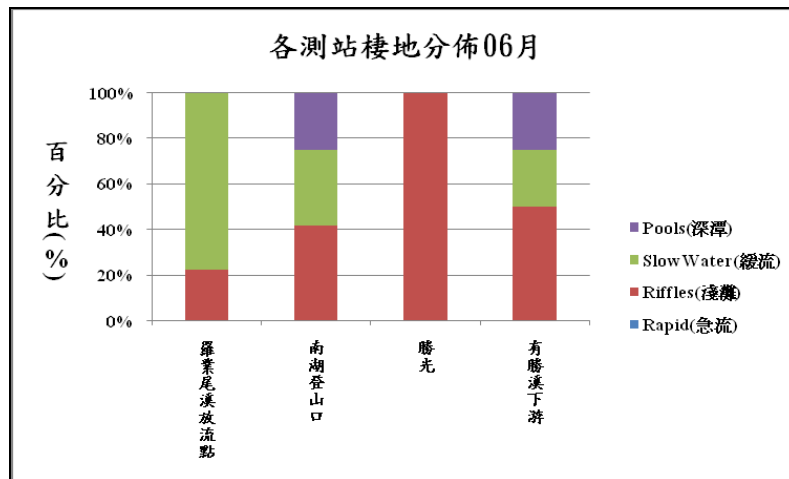


圖 2-12 羅葉尾溪 6 月份各測站棲地分佈類型百分比圖
(資料來源：本研究資料)

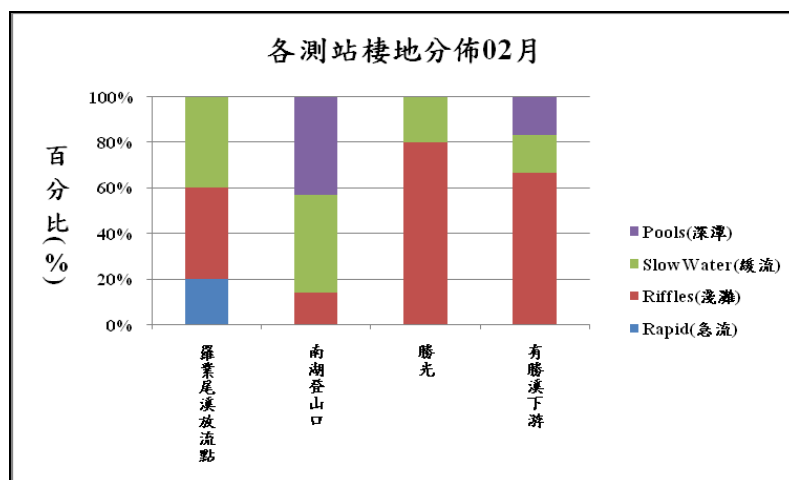


圖 2-13 羅葉尾溪 2 月份各測站棲地分佈類型百分比圖
(資料來源：本研究資料)

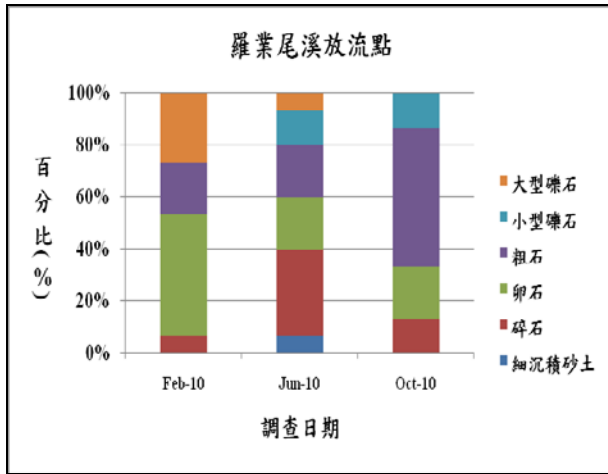


圖 2-14 羅葉尾溪放流點底質分佈圖
(資料來源：本研究資料)

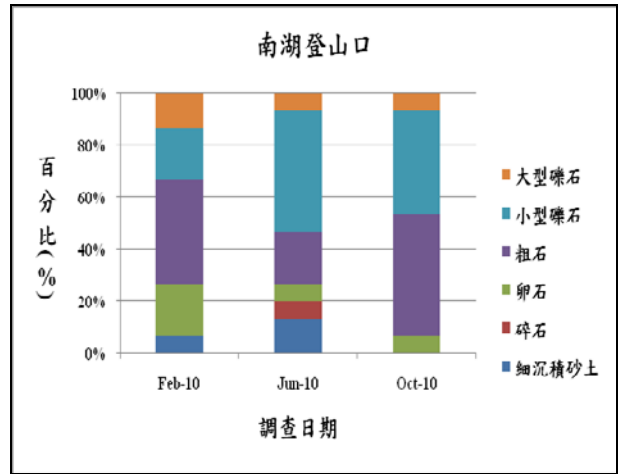


圖 2-15 南湖登山口底質分佈圖
(資料來源：本研究資料)

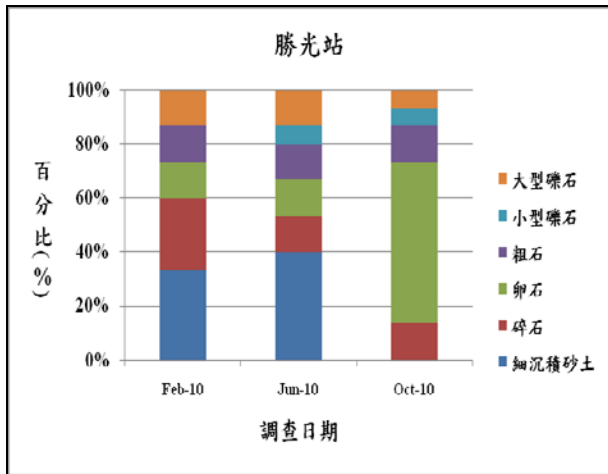


圖 2-16 勝光底質分佈圖
(資料來源：本研究資料)

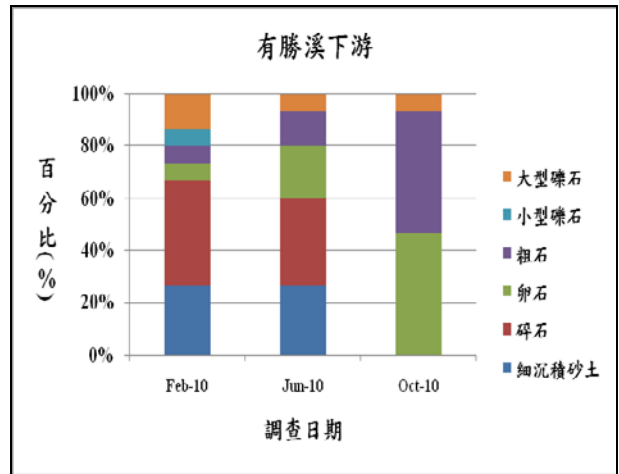


圖 2-17 有勝溪下游底質分佈圖
(資料來源：本研究資料)

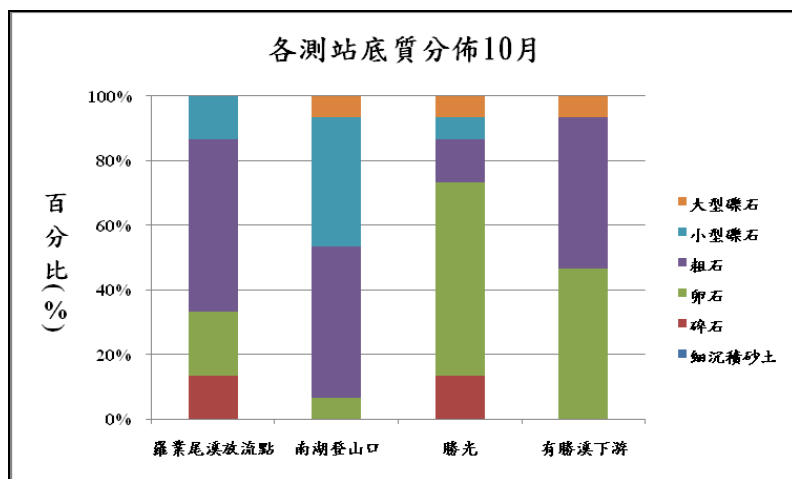


圖 2-18 羅葉尾溪 10 月份各測站底質分佈類型百分比圖
(資料來源：本研究資料)

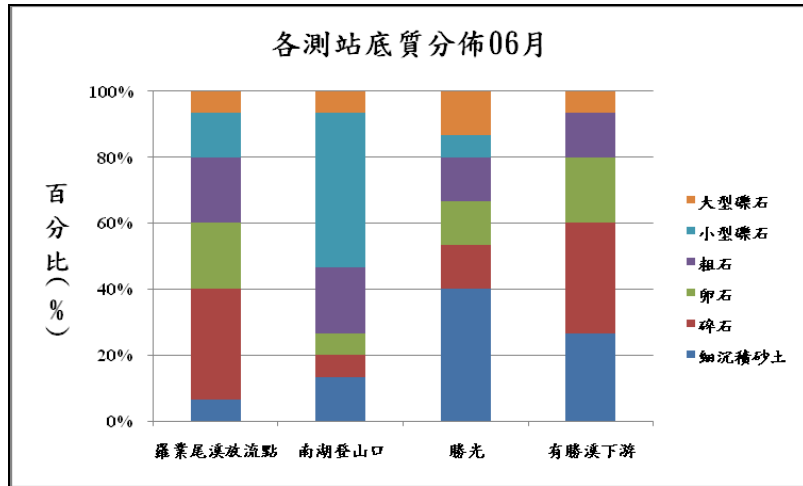


圖 2-19 羅葉尾溪 6 月份各測站底質分佈類型百分比圖
(資料來源：本研究資料)

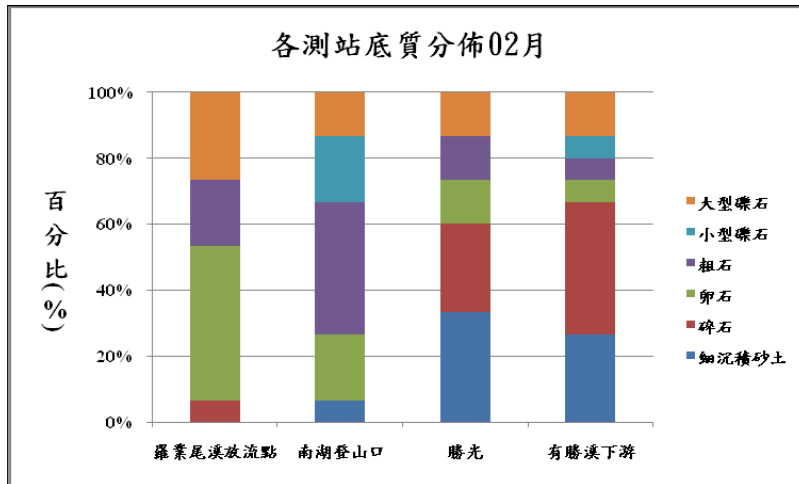


圖 2-20 羅葉尾溪 2 月份各測站底質分佈類型百分比圖
(資料來源：本研究資料)

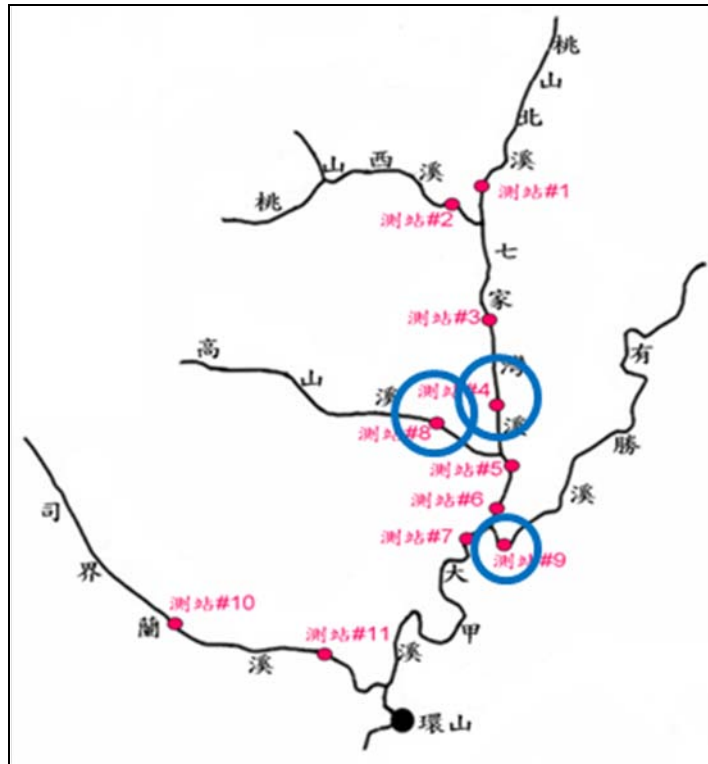


圖 2-21 群體生態採樣區位置分佈圖
(資料來源：本研究資料)

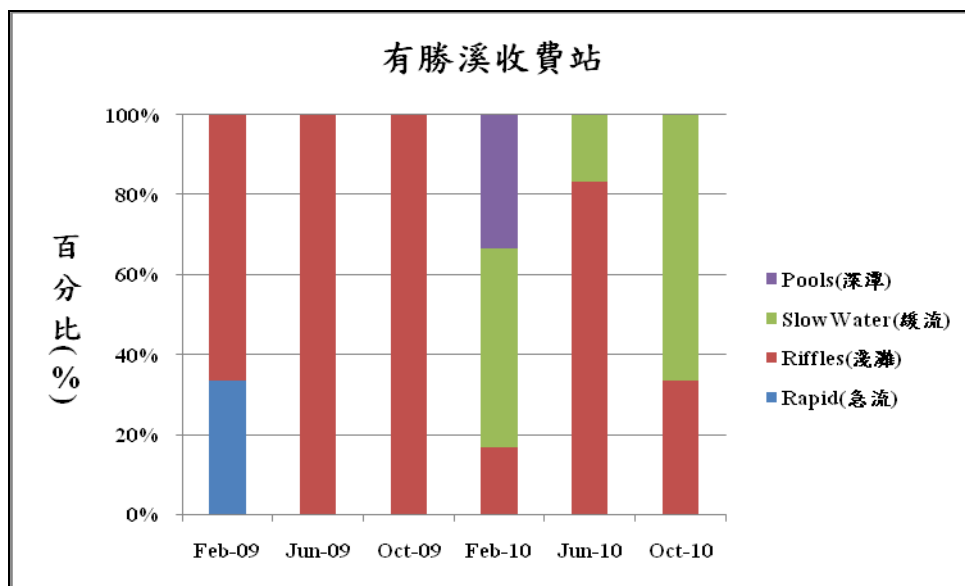


圖 2-22 有勝溪收費口棲地棲地分佈類型百分比圖
(資料來源：本研究資料)

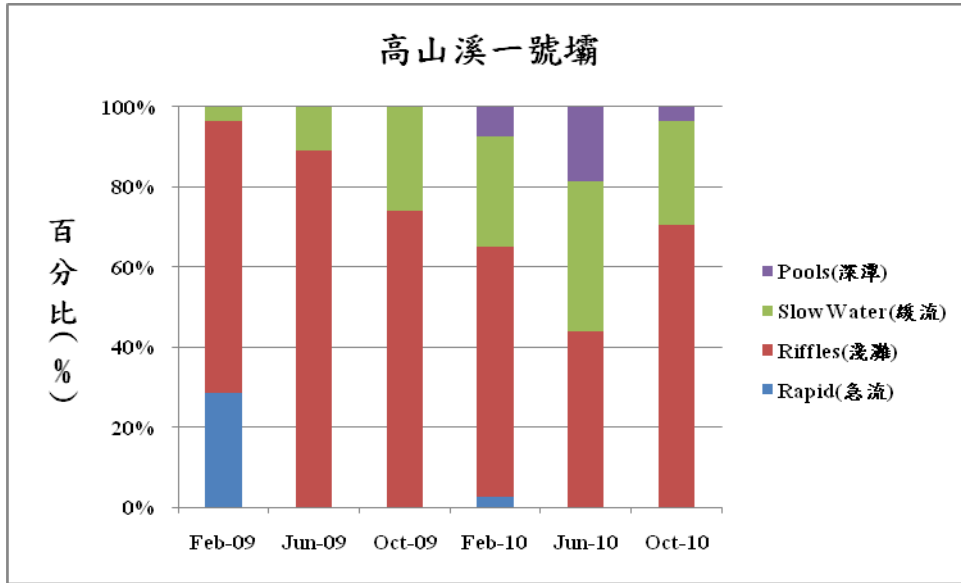


圖 2-23 高山溪一號壩棲地分佈類型百分比圖
(資料來源：本研究資料)

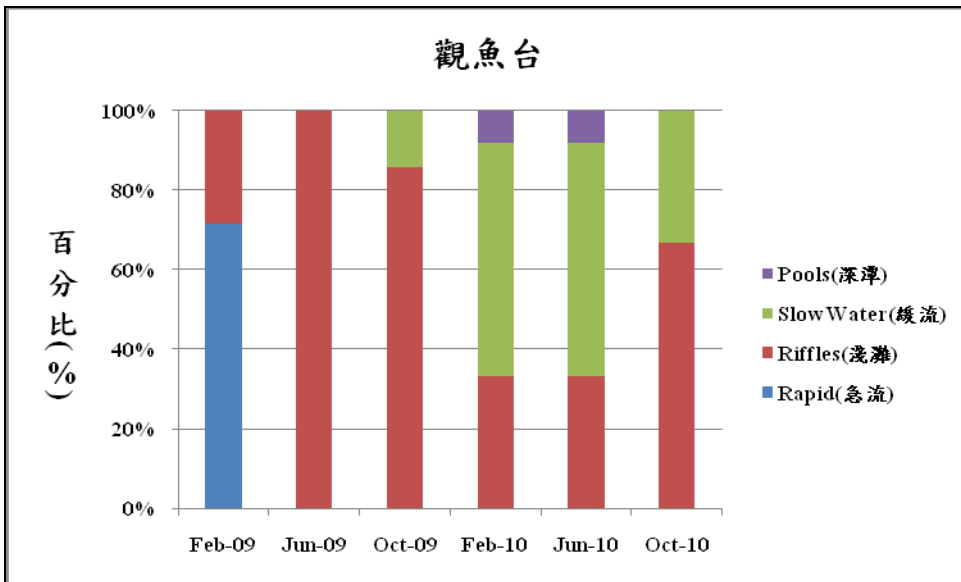


圖 2-24 觀魚台棲地分佈類型百分比圖
(資料來源：本研究資料)

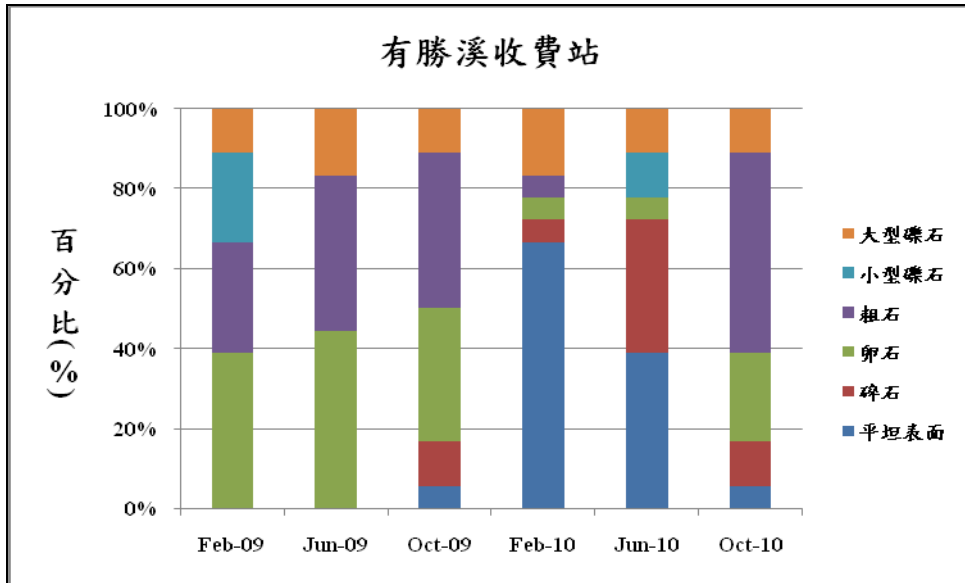


圖 2-25 有勝溪收費口底質分佈類型百分比圖
(資料來源：本研究資料)

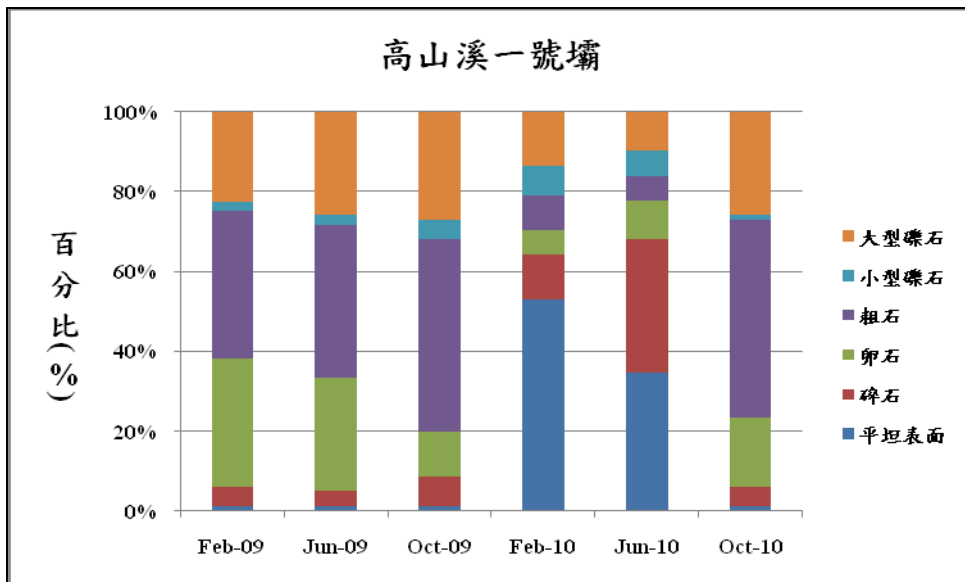


圖 2-26 高山溪一號壩底質分佈類型百分比圖
(資料來源：本研究資料)

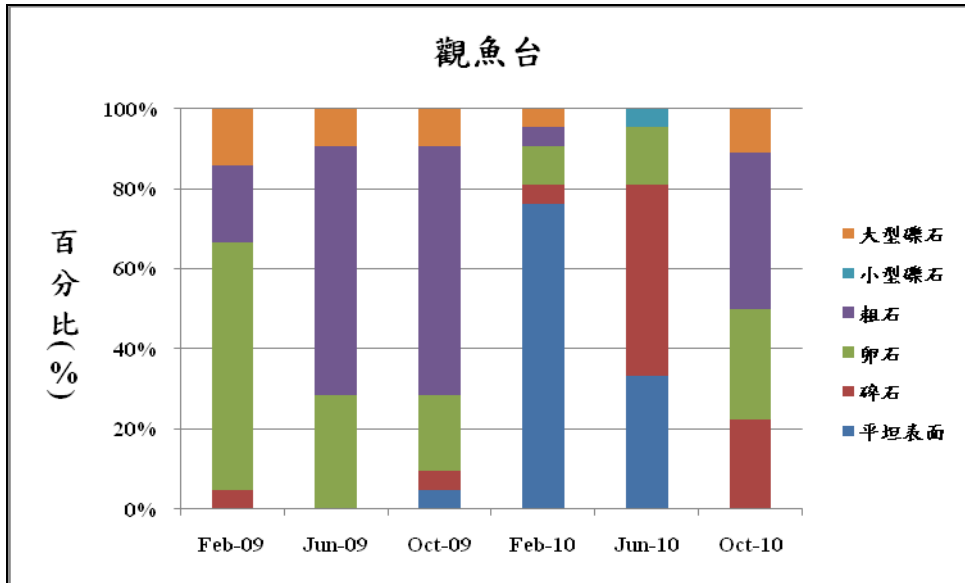


圖 2-27 觀魚台底質分佈類型百分比圖
(資料來源：本研究資料)

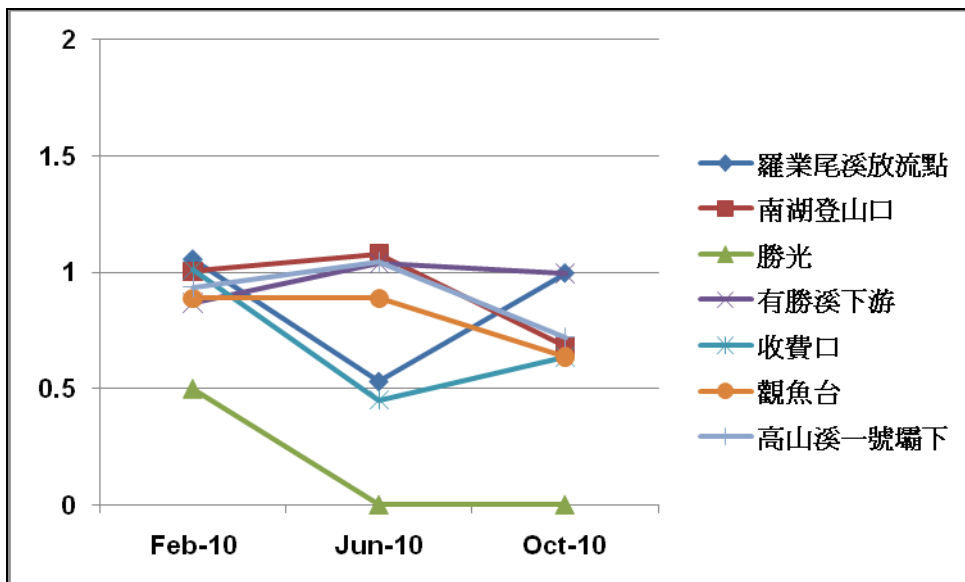


圖 2-28 羅業尾溪、有勝溪與武陵共同測站之棲地 Shannon-Wiener index
(資料來源：本研究資料)

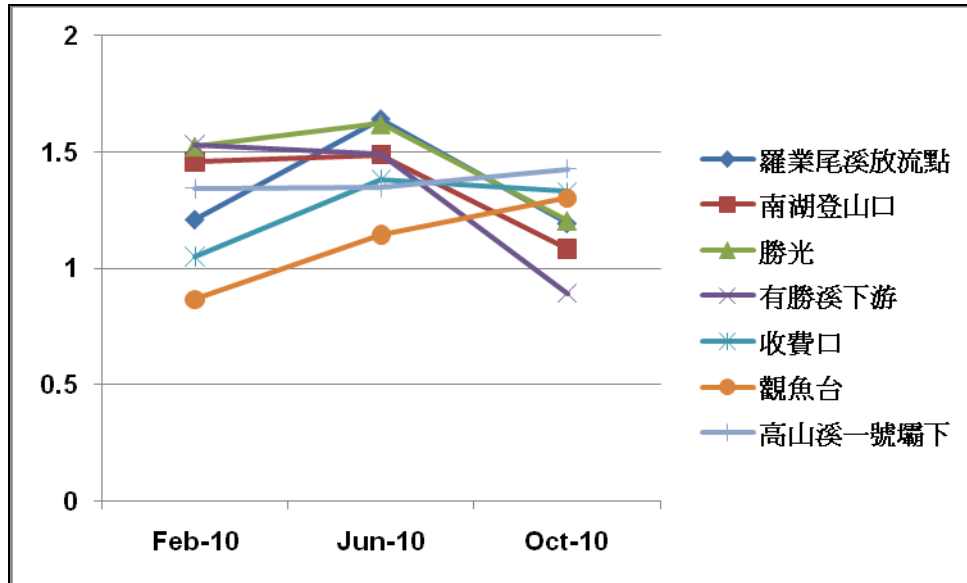


圖 2-29 羅業尾溪、有勝溪與武陵共同測站之底質 Shannon-Wiener index
(資料來源：本研究資料)



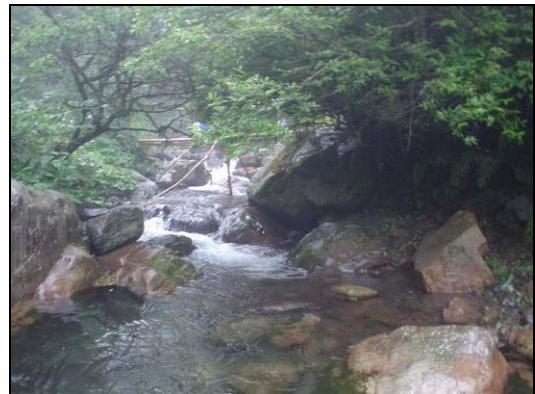
照片 2-1 羅業尾溪放流點斷面 1-1 下游面(2010/10) (資料來源：本研究資料)



照片 2-2 羅業尾溪放流點斷面 1-1 上游面(2010/06) (資料來源：本研究資料)



照片 2-3 羅業尾溪放流點 1-4 斷面上游面(2010/10) (資料來源：本研究資料)



照片 2-4 羅業尾溪放流點 1-4 斷面上游面(2010/06) (資料來源：本研究資料)



照片 2-5 羅葉尾溪放流點斷面 1-5 下游面(2010/10) (資料來源：本研究資料)



照片 2-6 羅葉尾溪放流點斷面 1-5 下游面(2010/06) (資料來源：本研究資料)



照片 2-7 南湖登山口斷面 1-1 下游面 (2010/10) (資料來源：本研究資料)



照片 2-8 南湖登山口斷面 1-1 下游面 (2010/06) (資料來源：本研究資料)



照片 2-9 南湖登山口斷面 1-4 上游面 (2010/10) (資料來源：本研究資料)



照片 2-10 南湖登山口斷面 1-4 上游面 (2010/06) (資料來源：本研究資料)



照片 2-11 南湖登山口斷面 1-5 下游面
(2010/10) (資料來源：本研究資料)



照片 2-12 南湖登山口斷面 1-5 下游面
(2010/06) (資料來源：本研究資料)



照片 2-13 勝光斷面 1-1 下游面
(2010/10) (資料來源：本研究資料)



照片 2-14 勝光斷面 1-1 下游面
(2010/06) (資料來源：本研究資料)



照片 2-15 勝光斷面 1-3 上游面
(2010/10) (資料來源：本研究資料)



照片 2-16 勝光斷面 1-3 上游面
(2010/06) (資料來源：本研究資料)



照片 2-17 勝光斷面 1-5 上游河道
(2010/10) (資料來源：本研究資料)



照片 2-18 勝光斷面 1-5 上游河道
(2010/06) (資料來源：本研究資料)



照片 2-19 有勝溪下游斷面 1-1 上游面
(2010/10) (資料來源：本研究資料)



照片 2-20 有勝溪下游斷面 1-1 上游面
(2010/06) (資料來源：本研究資料)



照片 2-21 有勝溪下游斷面 1-3 下游面
(2010/10) (資料來源：本研究資料)



照片 2-22 有勝溪下游斷面 1-3 下游面
(2010/06) (資料來源：本研究資料)



照片 2-23 有勝溪下游斷面 1-5 上游面
(2010/10) (資料來源：本研究資料)



照片 2-24 有勝溪下游斷面 1-5 上游面
(2010/06) (資料來源：本研究資料)

第三章 水生昆蟲研究

關鍵詞：水生昆蟲，快速生物評估法Ⅱ，多樣性指數。

摘要

一、研究緣起

櫻花鉤吻鮭以溪流中的水棲昆蟲為主要的食物來源，因此水棲昆蟲的種類及數量對櫻花鉤吻鮭的成長繁殖具有重要意義。此外由於水棲昆蟲種類與數量繁多且不同種類可反映出環境差異與變化，十分適合作為水質變化與集水區經營管理績效之指標。本研究目的在於調查櫻花鉤吻鮭移地保育棲息地羅葉尾溪之水棲昆蟲種類數量變化並對環境進行監測，並希冀與水質水文、地理棲地等相關研究整合比較，以瞭解羅葉尾溪及其下游(有勝溪)水棲昆蟲種類及數目並與七家灣溪相比較，並探討對櫻花鉤吻鮭之影響及生態意義。期望能將調查結果彙集成文，將來有助於集水區之經營管理並對於鮭魚溪流移地保育提供較好的建議。

二、研究方法及過程

進行櫻花鉤吻鮭之域外放流地羅葉尾溪之生態監測，並建立水棲昆蟲相生態資料庫，及利用多樣性指數、快速生物評估法Ⅱ(RBPII)指數、多元尺度分析(Non-metric multidimensional scaling, MDS)監測各測站水棲昆蟲群聚及棲地變化並加以評估，以作為集水區經營管理之參考指標。

三、重要發現

2010年採樣調查水棲昆蟲共計有6目41科68種(Taxa)，較武陵地區之6目37科64物種(Taxa)(郭，2010)為多。各站的豐度高峰水準與觀魚台測站相似，不過中大型食餌卻低於觀魚台測站。各測站之多樣性指數大多數都介於武陵地區參考站變化區間內。快速生物評估法Ⅱ評估結果顯示羅葉尾溪及有勝溪棲地在無損害與中度損害之間。MDS分析顯示僅放流點測站和武陵地區優良參考站(高山溪測站)的群聚結構較相近。

四、主要建議事項

根據水棲昆蟲研究及發現，提出下列具體建議。以下分別從立即可行的建議、及長期性建議加以列舉。

長期性的建議：

建議一

羅葉尾溪及有勝溪長期監測：長期性建議

主辦機關：雪霸國家公園

協辦機關：國立中興大學昆蟲學系

羅葉尾溪及有勝溪各測站僅 2010 年的資料不足以評論是否和武陵地區測站有一致變動，因此需長期研究才可看出羅葉尾溪及有勝溪各站的水棲昆蟲變動趨勢。

Abstract

During the research period, we had recorded 68 taxa of aquatic insects belong to 41 families in 6 orders. We found the similar abundance peak level of these sites to that of the Wuling area but the lower prey level of the study sites than reference sites with moderate habitat quality of Wuling area. Shannon-Wiener's index at these sites usually fell in the range of the index at reference sites of the Wuling area. Habitat quality of these sites was assayed by RBPII, and evaluations were between non-impaired and moderately impaired. While using MDS plot to show the composition similarity of abundances among sampling sites, the plot indicated that the community structures of these sites in Yousheng Stream were less similar to reference sites with best habitat quality of Wuling area.

【Keywords】 aquatic insects, RBPII, diversity index.

一、前言

櫻花鉤吻鮭是位處亞熱帶的台灣所特有的冷水性魚類，因其生物地理與陸封特性，自發現以來即受到官方與學界的重視並享有「天然紀念物」與「國寶魚」的殊榮。由於受到氣候與環境改變，其生育地與族群規模卻日益減少，目前面臨滅絕的危機。所幸官方與學界很早就注意到國寶魚所處窘境，積極投入研究保育並已有豐富的成果彙整（農委會等，2000；汪，2000；雪霸公園，2000）。

就以櫻花鉤吻鮭為主軸的水生昆蟲研究來說，最早為上野（1937）對 12 尾櫻花鉤吻鮭胃內容物所作調查，其中 96% 為昆蟲，水生昆蟲更佔 74%。由於水生昆蟲是櫻花鉤吻鮭最主要營養來源，是相當重要的棲地因子，因此在農委會與雪霸國家公園等單位支持下，陸續有對武陵地區水生昆蟲相與相關生態的研究報告（黃，1987；楊等，1986；楊及謝，2000）。綜合過去前人多年研究成果，武陵地區水棲昆蟲種類仍相當豐富，約有 6 目 40 至 60 物種 (Taxa or 形態種)，主要種類為四節蜉蝣科（約佔總隻數 25~30%）、扁蜉蝣科（約佔總隻數 10%）、沼石蛾科（約佔總隻數 10%）、流石蛾科（約佔總隻數 5%）、網石蛾科（約佔總隻數 3%）、長角石蛾科（約佔總隻數 3%）及搖蚊科（約佔總隻數 10~15%）。其中屬於水質優良的指標物種比率仍高，Hilsenhoff's 科級生物指數 (FBI) 約在 3.2~4.0，多屬於 7 等水質評價之前二等，即水質為特優 (Excellent) 到非常好 (Very good) 的評價（黃，1987；楊等，1986；楊及謝，2000）。雖然楊及謝（2000）報導 1985-1986 及 1995-1996 兩個年度，在 10 年間水生昆蟲數量下降約至原有之半。惟此結果是否足以代表棲地逐年劣化趨勢 (Trend) 或僅為個別年度差異而已，實有賴於長期的監測調查，如此可增加統計可信度外並對颱風或人為干擾事件影響有更佳的診斷。

2003 年調查武陵地區水生昆蟲有 6 目 27 科 35 屬 46 種 (Taxa)（郭，2003；郭等，2004），2004 年有 6 目 27 科 43 種(郭，2004)，2005 年有 6 目 26 科 45 種(郭，2005)，2006 年有 6 目 28 科 45 種(郭，2006)，2007 年有 6 目 29 科 48 種(郭，2007)，2008 年有 6 目 32 科 52 種(郭，2008)，2009 年有 5 目 32 科 59 種(郭，2009)。2010 年有 6 目 37 科 64 種(郭，2010)。楊等(1986)以形態種(morphological species)鑑定有 6 目 31 科 61 物種，之後 Shieh 及 Yang(2000)以分類單元(Taxa)

歸類整理 1995-1986 年及 1995-1996 年而其中數種形態種合併為複合種，共記錄 6 目 27 科 39 屬 40 物種。水棲昆蟲群聚組成以蜉蝣目約佔 64.39% 為最多，其次為雙翅目佔 23.26% (郭，2003)。各月份所採獲水生昆蟲數量以 4 月、6 月及 9 月有較低之勢(郭，2003)。由連續 7 年數據看出，生物量以每年的 1、2 月為高峰。羽化數量及種類於 1 月到 4 月都為上升變化，10 月達最低。各測站之多樣性指數於各年變化區間相似，以有勝溪測站為最低。快速生物評估法 II 評估武陵地區棲地維持在無損害與中度損害之間，且司界蘭溪水質棲地上游優於下游(郭，2003; 2004; 2005; 2006; 2007; 2008; 2009)。

2008 年調查南湖溪水棲昆蟲有 5 目 28 科 47 物種(Taxa)。各測站的豐度變化以 7 月份之採樣為最高(郭，2008)，而 2009 年採樣調查水棲昆蟲共計有 5 目 24 科 43 種(Taxa)，水棲昆蟲豐度以 2 月份為最高且與 2008 年各測站豐度變化並不一致。2008 年、2009 年各測站之 Shannon-Wiener's 指數值為 1.25~2.5 之間，介於武陵地區參考站變化區間內。快速生物評估法 II 評估南湖溪棲地於 2008 年至 2009 年則在無損害與中度損害之間。MDS 分析顯示南湖溪各測站和武陵地區優良參考站的群聚結構相近(郭，2009)。

二、材料與方法

配合【台灣櫻花鉤吻鮭歷史棲地—羅葉尾溪環境生態監測及評估】計畫設置共同的 5 個樣站，並進行水棲昆蟲監測及研究。羅葉尾溪選定羅葉尾溪放流點(簡稱：放流點)，而有勝溪則選定南湖登山口(簡稱：登山口)、勝光、有勝溪下游(簡稱：下游)及有勝溪收費口(簡稱：收費口)(圖 3-1)。

各樣站於 2 月、4 月、6 月、8 月及 10 月在 50 公尺範圍內以定面積之舒伯氏水網 (Surber sampler)(網框面積 30.48 x 30.48 cm，網目大小為 250 μ m) 在河域中採樣一次，每一樣點重複取樣六次。將採獲之水棲昆蟲以水盤承接並置入 70% 酒精中，攜回實驗室鑑定種類 (Taxa)，以及記錄數量。水棲昆蟲分類主要參考津田 (1962)、川合 (1985)、黃(1987)、康 (1993)、松木 (1978)等研究報告。

統計分析各站各月各水棲昆蟲種類、數量、群聚多樣性及均勻度等群聚參數。而群聚指數分析是以 Shannon-Wiener's index 公式運算(Ludwing and Reynolds, 1988; Krebs, 1999)。生物指標分析以快速生物評估法 II (Rapid Bioassessment Protocol II, RBP II) (Plafkin et al., 1989) (以武陵地區之高山溪為參考站)作為棲地評價標準，並與武陵地區之三測站(包含七家灣溪流域之一號壩及高山溪測站，與有勝溪流域之有勝溪測站)相比較。

各測站與武陵地區之三參考站(觀魚台、高山溪及有勝溪)之監測結果結合，其中武陵地區有勝溪測站同為本研究有勝溪收費口測站，並將各站之各分類群的數量以 $\log(X+1)$ 轉換以計算 Bray-Curtis 相異係數後，以多元尺度分析 (Non-metric multidimensional scaling, MDS)繪製成圖，並以二度空間顯示各年度各測點彼此間之關係。得到圖形之壓縮值 (Stress)，可信建議值為小於 0.2，但如果大於 0.3 時，圖形各點的距離扭曲程度嚴重，不可採用，以此來推測及判定各測站之關係(Clark and Warwick, 2001)。

三、 結果

本研究調查水棲昆蟲有 6 目 41 科 68 種(Taxa) (表 3-1)。武陵地區測站的水棲昆蟲數量變化以每年年初為高峰，其後為遞降趨勢，羅葉尾溪放流點測站及登山口測站有相似趨勢，但勝光測站及有勝溪下游測站則是在下半年出現高峰(圖 3-2)，需長時間記錄方可確實了解兩集水區之數量變化異同。於 2010 年 2 月及 4 月期間，南湖登山口測站及有勝溪收費口測站的水棲昆蟲數量分別為約 9500 及 8000 個體數/平方公尺，和武陵地區觀魚台測站(約 8000 個體數/平方公尺)有相似水準(圖 3-2)，勝光測站之水棲昆蟲數量為 1800 個體數/平方公尺，低於高山溪測站之 2500 個體數/平方公尺，羅葉尾溪放流點測站及有勝溪下游測站之水棲昆蟲數量分別為 4200 及 4900 個體數/平方公尺，則介於觀魚台測站和高山溪測站之間；於 2010 年 6 月到 10 月期間，勝光測站及有勝溪下游測站分別呈現 8700 及 4200 個體數/平方公尺之高峰，明顯高於同時期之其他測站(圖 3-2)。

圖 3-3 為根據櫻花鉤吻鮭的食性分析(郭，2008)，再將武陵地區、羅葉尾溪和有勝溪各測站 2010 年之中大體型食餌以時間動態呈現其數量變化。圖中顯示羅葉尾溪和有勝溪各測站於 2010 年年初時中大體型昆蟲食餌數量約為 400~800 個體數/平方公尺，較武陵地區之 800~2200 個體數/平方公尺為低，且明顯不足於觀魚台測站(高數量水平)。2010 年 9 月武陵地區遭遇到洪水衝擊，10 月時觀魚台測站之採樣結果仍有 1000 個體數/平方公尺之高數量水平，但高山溪測站和放流點測站僅 500 及 400 個體數/平方公尺之數量水平。

南湖登山口測站和有勝溪收費口測站之 Shannon-Wiener's index 介於 1.3~2.4；有勝溪下游測站及勝光測站於大部時間點為 2.0~2.4，但是 8 月則分別落到 1.6 及 0.9，但上述測站都不如羅葉尾溪放流點測站為 2.4~2.7，並且此放流點測站的數值甚致較高山溪測站及觀魚台測站之 2.0~2.5 為高(圖 3-4)。

於 RBPII 棲地評等方面，2010 年 2 月至 4 月期間，羅葉尾溪放流點測站及勝光測站與武陵地區之高山溪測站及觀魚台測站均被評定為無損害，南湖登山口測站及有勝溪收費口測站則被評定為中度損害，有勝溪下游測站則是由無損害降至中度損害；2010 年 6 月到 10 月期間，除了勝光測站劣化至中度損害，其他各測站維持不變(圖 3-5)。

經歸群分析結果顯示羅葉尾溪放流點測站、高山溪測站及觀魚台測站為一類

群，而其他測站和收費口測站則為另一類群 (圖 3-6)。

四、討論

羅葉尾溪及有勝溪各測站的高峰豐度，與七家灣溪流之觀魚台測站及高山溪測站相近，且在此 5 測站共採獲 6 目 41 科 68 種(Taxa)，也較武陵地區之 6 目 37 科 64 物種(Taxa) (郭，2010) 為多，但此 5 測站之中大體型水棲昆蟲高峰豐度卻大都低於觀魚台測站。武陵地區溪流的水棲昆蟲數量每年初期為高峰，然而羅葉尾溪及有勝溪各測站有的是年初出現高峰，有的是年中出現高峰，僅一年的資料仍不足以評論是否和武陵地區測站有一致變動，因此短時間的研究仍無法明白地看出羅葉尾溪及有勝溪各測站的水棲昆蟲數量變動趨勢。

羅葉尾溪放流點測站之多樣性指數及 RBPII 評等水準可與武陵地區優質參考站(高山溪)相提並論。除此之外，由歸群分析顯示有勝溪各測站的群聚結構，雖然和七家灣流域測站(觀魚台及高山溪)較不相似，不過羅葉尾溪放流點測站之群聚結構仍和高山溪(優良參考站)有較相近之記錄。

五、 結論

武陵地區溪流其趨勢都為各年年初為高峰，年中受流量暴增而下降並持續低迷到年終，但羅葉尾溪及有勝溪各測站與武陵地區之趨勢並不完全相同，雖然各測站的高峰豐度及採獲物種數有武陵地區的水平，但各測站之中大體型水棲昆蟲數量的確低於觀魚台測站，僅放流點測站的多樣性指數較高及 RPBII 評等與優良參考站(高山溪)有相同水準記錄，評等為無損害。因此其變動趨勢仍需要長期監測始可透析。

六、建議

根據水棲昆蟲研究及發現，提出下列具體建議。以下分別從立即可行的建議、及長期性建議加以列舉。

長期性的建議：

建議一

羅葉尾溪及有勝溪長期監測：長期性建議

主辦機關：雪霸國家公園

協辦機關：國立中興大學昆蟲學系

羅葉尾溪及有勝溪各測站僅 2010 年的資料不足以評論是否和武陵地區測站有一致變動，因此需長期研究才可看出羅葉尾溪及有勝溪各站的水棲昆蟲變動趨勢。

七、參考文獻

- 川合禎次 1985 日本產水棲昆蟲檢索圖說。東海大學出版會。東京。
- 上野益三 1937 台灣大甲溪之鱒之食性與寄生蟲 (日文)。台灣博物學會會報 27(166)：153-159。
- 松木和雄 1978 臺灣產春蜓科稚蟲分類之研究。台灣省立博物館科學年刊 21：133-180。
- 津田松苗(編) 1962 水棲昆蟲學。北隆館。東京。
- 汪靜明 1992 河川生態保育。國立自然科學博物館。臺中市。
- 汪靜明 1999 河川生物多樣性的內涵與生態保育。生物多樣性前瞻研討會論文集。行政院農業委員會。臺北市。
- 林曜松 1998 生物多樣性前瞻研討會論文集。行政院農業委員會。臺北市。
- 康世昌 1993 臺灣的蜉蝣目 (四節蜉蝣科除外)。國立中興大學昆蟲學研究所博士論文。臺中市。
- 雪霸國家公園編印 2000 雪霸國家公園自然資源研究方向芻議-歷年保育研究計畫總檢討。
- 郭美華 2003 武陵地區水生昆蟲研究 (二) 雪霸公園管理處。
- 郭美華 2004 武陵地區水生昆蟲研究 (三) 雪霸公園管理處。
- 郭美華 2005 [武陵地區長期生態監測暨生態模式建立：水棲昆蟲長期生態監測](#)。內政部營建署雪霸國家公園管理處保育研究報告。
- 郭美華 2006 武陵地區長期生態監測暨生態模式建立，第六章 水棲昆蟲研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處保育研究報告。
- 郭美華 2007 武陵地區長期生態監測暨生態模式建立，第七章 水棲昆蟲研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處保育研究報告。
- 郭美華 2008 武陵地區長期生態監測暨生態模式建立，第七章 水棲昆蟲研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處保育研究報告。
- 郭美華 2008 台灣櫻花鉤吻鮭歷史棲地—南湖溪環境生態監測及評估，第三章 水棲昆蟲研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處保育研究報告。
- 郭美華 2009 武陵地區長期生態監測暨生態模式建立，第四章 水棲昆蟲研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處保育研究報告。

郭美華 2009 台灣櫻花鉤吻鮭歷史棲地—南湖溪環境生態監測及評估,第三章 水棲昆蟲研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處保育研究報告。

郭美華 2010 99 年度武陵地區長期生態研究,第四章 水棲昆蟲研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處保育研究報告。

郭美華、丘明智、謝易霖 2004 以水棲昆蟲監測雪霸國家公園武陵地區溪流水質。台灣昆蟲 24(4): 339-352。

黃國靖 1987 七家灣溪水棲昆蟲相及其生態研究。國立台灣大學植物病蟲害研究所碩士論文。

農委會、特生中心、營建署及雪霸公園管理處編印 2000 櫻花鉤吻鮭研究保育研討會論文集。

楊平世、謝森和 2000 以水棲昆蟲之群聚結構及功能組成監測七家灣溪環境品質。農委會、特生中心、營建署及雪霸公園管理處編印。櫻花鉤吻鮭研究保育研討會論文集。 Pp. 151-177。

楊平世、林曜松、黃國靖、梁世雄、謝森和及曾晴賢 1986 武陵農場河域之水棲昆蟲相與生態調查。農委會 75 年生態研究第 1 號。

Allan JD, Flecker AS (1993) Biodiversity conservation in running waters. *Bioscience* 43: 32-43.

Benke AC, Huryn AD, Smock LA Wallace JB (1999) Length-mass relationships for freshwater macroinvertebrates in North America with particular reference to the southeastern United States. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 18: 308–343.

Benke AC (1984) Secondary production of aquatic insects. In: *The Ecology of Aquatic Insects* (Eds V.H. Resh & D.M. Rosenberg), pp. 289–322. Praeger Scientific, New York.

Chen CC (1994) The Name-list of Insecta (above Family Level) with Chinese Common Name. The Entomological Society of the Republic of China, Taipei, Taiwan. 40 pp. (in Chinese)

Clark KR, Warwick RM (2001) Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. 2nd edition. Technical Report, PRIMER-E, Plymouth, UK. 172 pp.

Hilsenhoff WL (1988) Rapid field assessment of organic pollution with family-level biotic index. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 7: 65- 68.

Krebs CJ (1999) *Ecological methodology*. 2nd ed. Addison Wesley Longman, INC.

620 pp.

Ludwing JA, Reynolds JF (1988) *Statistical ecology. A primer on methods and computing.* John Wiley & Sons. 338 pp.

Merritt RW, Cummins KW (1996) *An introduction to the aquatic insects of North America.* 3rd ed. Dubuque. IA: Kendall/Hunt.

Odum EP (1983) *Basic ecology.* Saunders College Publishing Company, Georgia. 613 pp.

Plafkin, J. L., M. T. Barbour, K. D. Porter, S. K. Gross, and R. M. Hughes. 1989. Rapid assessment protocols for use in streams and rivers: Benthic macroinvertebrates and fish. EPA 440-4-89-001. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water Regulations and Standards, Washington, D.C.

Shieh SH, Yang PS (2002) Community structure and functional organization of aquatic insects in an agricultural mountain stream of Taiwan: 1985-1986 and 1995-1996. *Zoological Studies* 39: 191-202.

表 3-1、羅葉尾溪及有勝溪於 2010 年之水生昆蟲資源組成及個體數 (individuals / square meter)

| Order | Family | Taxa | 羅葉尾溪 放流點 | 南湖 登山口 | 勝光 | 有勝溪 下游 | 有勝溪 收費口 | |
|-----------------|----------------------|-------------------------------|----------------------|-----------|--------|-----------|------------|--|
| Coleoptera | Dytiscidae | <i>Deronectes</i> sp. | 1.8 | 5.4 | | | 17.9 | |
| | | <i>Oreodytes</i> sp. | 7.2 | | | | | |
| | Elmidae | <i>Zaitzevia</i> sp.A | 154.1 | 39.4 | 39.4 | 591.2 | 247.2 | |
| | | <i>Zaitzevia</i> sp.B | 19.7 | 3.6 | | 17.9 | 12.5 | |
| | Hydrophilidae | <i>Ametor</i> sp. | 1.8 | | | | | |
| | Psephenidae | <i>Ectopria</i> | 1.8 | | | | | |
| | | <i>Eubrianax</i> sp. | 3.6 | 1.8 | | | | |
| | Scirtidae | <i>Cyphon</i> sp. | 962.1 | 9.0 | 3.6 | 3.6 | | |
| | Diptera | Athericidae | <i>Asuragina</i> sp. | 16.1 | 1.8 | | 43.0 | |
| | | | <i>Atherix</i> sp. | 50.2 | | | | |
| Blepharoceridae | | <i>Agathon</i> sp. | | 1.8 | | 12.5 | | |
| | | <i>Bibiocephala</i> sp. | | 1.8 | | 1.8 | | |
| Canacidae | | <i>Canace</i> | | 3.6 | | | 1.8 | |
| Ceratopogonidae | | <i>Bezzia</i> sp. | 120.0 | 68.1 | 109.3 | 62.7 | 78.8 | |
| | | Ceratopogonidae sp. | | | | 1.8 | | |
| | | <i>Pericoma</i> | | | | 1.8 | | |
| Chironomidae | | Chironomidae sp.B | 1021.2 | 7037.5 | 7827.6 | 3151.5 | 2956.2 | |
| | | Chironomidae sp.C | 1216.5 | 392.4 | 342.2 | 1245.2 | 2583.5 | |
| | | Chironomidae sp.D | 48.4 | 9.0 | 3.6 | 10.7 | 14.3 | |
| | | Chironomidae sp.E | 216.8 | 17.9 | 3.6 | 32.2 | 177.4 | |
| | | Chironomidae spp. | 268.7 | 766.8 | 182.7 | 560.8 | 1992.3 | |
| | | Tanypodinae spp. | 865.4 | 901.2 | 254.4 | 854.6 | 974.6 | |
| Dolichopodidae | | Dolichopodidae | 1.8 | | | | | |
| Empididae | | <i>Chelifera</i> sp. | | | 1.8 | 3.6 | 5.4 | |
| | | <i>Clinocera</i> sp.B | 3.6 | | | | | |
| Scathophagidae | | Scathophagidae | | | | | 1.8 | |
| Simuliidae | | <i>Simulium</i> sp. | 1.8 | 186.3 | 720.2 | 1030.2 | 57.3 | |
| Tipulidae | | <i>Antocha</i> sp. | 26.9 | 109.3 | 528.5 | 1422.6 | 861.8 | |
| | <i>Dicranota</i> sp. | | | 1.8 | | | | |
| | <i>Eriocera</i> sp.A | 256.2 | 1.8 | 5.4 | 55.5 | 57.3 | | |
| | <i>Eriocera</i> sp.B | 60.9 | 73.5 | 100.3 | 376.2 | 275.9 | | |
| | | | | | | | | |
| Ephemeroptera | Ameletidae | <i>Ameletus camtschaticus</i> | 369.1 | 10.7 | 3.6 | | | |
| | Baetidae | <i>Baetiella bispinosa</i> | 35.8 | 87.8 | 584.1 | 714.9 | 66.3 | |
| | | <i>Baetis</i> spp. | 3456.1 | 5910.6 | 3122.8 | 6365.7 | 5516.4 | |
| | | <i>Pseudocloeon latum</i> | 89.6 | 311.7 | 476.6 | 817.0 | 392.4 | |

表 3-1、羅葉尾溪及有勝溪於 2010 年之水生昆蟲資源組成及個體數 (individuals / square meter)(續)

| Order | Family | Taxa | 羅葉尾溪 放流點 | 南湖 登山口 | 勝光 | 有勝溪 下游 | 有勝溪 收費口 |
|-------------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------|-----------|--------|-----------|------------|
| | Caenidae | <i>Caenis</i> sp. | 21.5 | | 3.6 | | |
| | Ephemerellidae | <i>Acerella montana</i> | 55.5 | 32.2 | 3.6 | 1.8 | |
| | | <i>Cincticostella fusca</i> | 12.5 | 62.7 | 3.6 | 1.8 | |
| | Ephemeridae | <i>Ephemera sauteri</i> | 399.5 | 129.0 | 71.7 | 55.5 | 66.3 |
| | Heptageniidae | <i>Afronurus floreus</i> | 204.2 | 756.1 | 250.8 | 146.9 | 37.6 |
| | | <i>Afronurus nanhuensis</i> | 23.3 | 12.5 | 23.3 | | |
| | | <i>Epoerus erratus</i> | 3.6 | | 1.8 | | |
| | | <i>Nixe</i> sp. | 3.6 | | 1.8 | 19.7 | 14.3 |
| | | <i>Rhithrogena ampla</i> | 1189.6 | 1132.3 | 1245.2 | 1055.3 | 765.0 |
| | Leptophlebiidae | <i>Paraleptophlebia</i> sp. | 763.2 | 35.8 | | 1.8 | |
| Odonata | Gomphidae | <i>Sinogomphus formosanus</i> | 1.8 | 14.3 | | | |
| Plecoptera | Leuctridae | <i>Rhopalopsale</i> sp. | 9.0 | 1.8 | | | |
| | Nemouridae | <i>Amphinemura</i> sp. | 53.7 | 145.1 | 109.3 | 347.6 | 213.2 |
| <i>Protonemura</i> spp. | | 1.8 | 1.8 | | 1.8 | | |
| | Perlidae | <i>Gibosia</i> sp. | 39.4 | 7.2 | 5.4 | 14.3 | 35.8 |
| | | <i>Neoperla</i> spp. | 686.2 | | 9.0 | 16.1 | |
| | Styloperlidae | <i>Cerconychia</i> sp. | 682.6 | 1.8 | | 1.8 | 1.8 |
| Trichoptera | Apataniidae | <i>Manophylas</i> sp. | 5.4 | 14.3 | | | |
| | Beraeidae | <i>Nippoberaea</i> | 3.6 | | | | |
| | Glossosomatidae | <i>Glossosoma</i> sp. | 5.4 | 3.6 | 1.8 | 3.6 | |
| | Goeridae | <i>Goera</i> | 1.8 | | | 3.6 | |
| | Helicopsychidae | <i>Helicopsyche</i> | 77.0 | | | | |
| | Hydrobiosidae | <i>Apsilochorema</i> sp. | 50.2 | 105.7 | 25.1 | 14.3 | 5.4 |
| | Hydropsychidae | <i>Arctopsyche</i> sp. | | | | 7.2 | |
| | | <i>Hydropsyche</i> spp. | 30.5 | 68.1 | 136.2 | 299.2 | 10.7 |
| | Hydroptilidae | <i>Hydroptila</i> | | 14.3 | 3.6 | 23.3 | 32.2 |
| | Lepidostomatidae | <i>Goerodes</i> sp. | 82.4 | 48.4 | 23.3 | 1.8 | 9.0 |
| | Phryganeidae | <i>Eubasilissa</i> | 1.8 | | | | |
| | Polycentropodidae | <i>Plectrocnemia</i> sp. | 12.5 | | | 1.8 | |
| | Psychomyiidae | <i>Psychomyia</i> sp. | 1.8 | | | | |
| | Rhyacophilidae | <i>Rhyacophila nigrocephala</i> | 150.5 | 116.5 | 209.6 | 584.1 | 378.0 |
| <i>Rhyacophila</i> spp. | | 26.9 | 21.5 | 62.7 | 41.2 | 3.6 | |
| Stenopsychidae | <i>Stenopsyche</i> sp.A | 25.1 | 3.6 | 75.2 | 5.4 | 1.8 | |

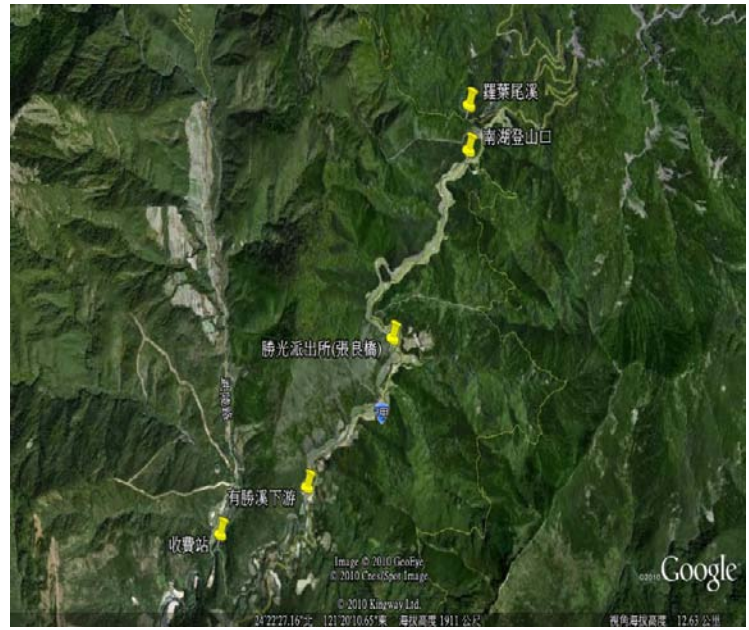


圖 3-1、水棲昆蟲監測調查測站之相關位置圖

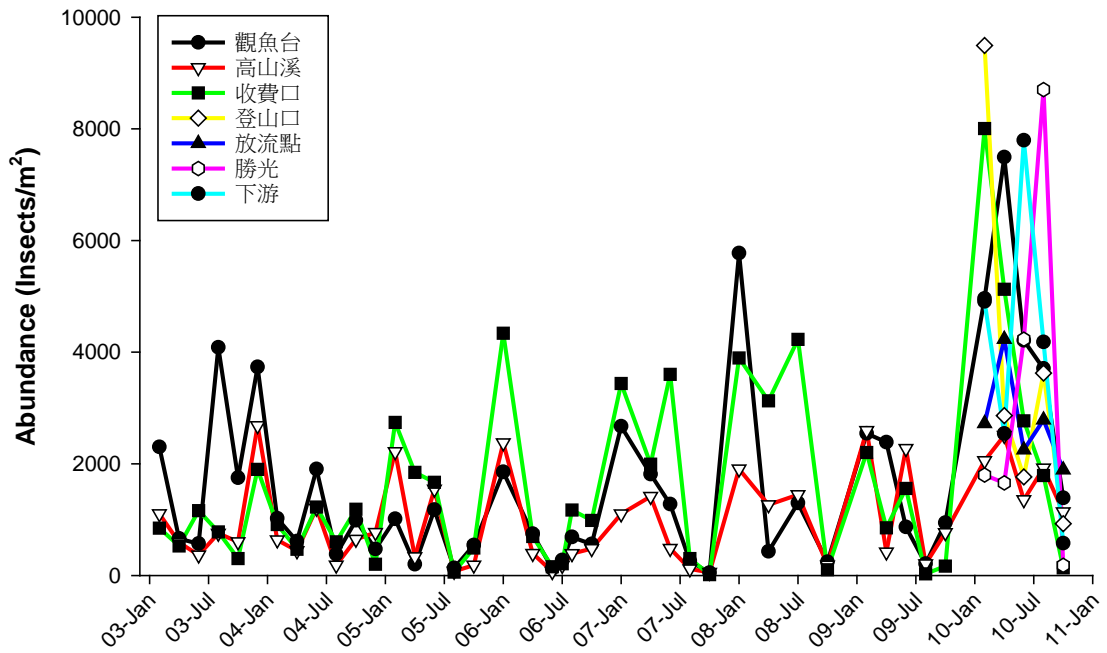


圖 3-2、羅葉尾溪、有勝溪與武陵地區溪流測站水生昆蟲數量變化圖。

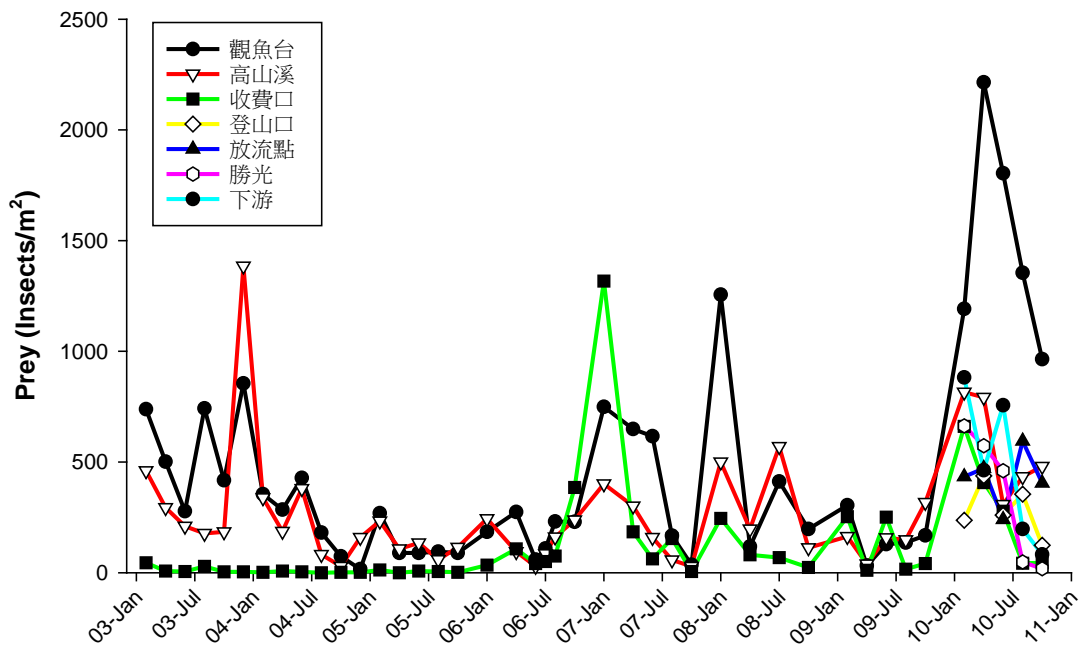


圖 3-3、羅葉尾溪、有勝溪與武陵地區溪流測站之櫻花鉤吻鮭中大體型昆蟲食餌之數量變化圖

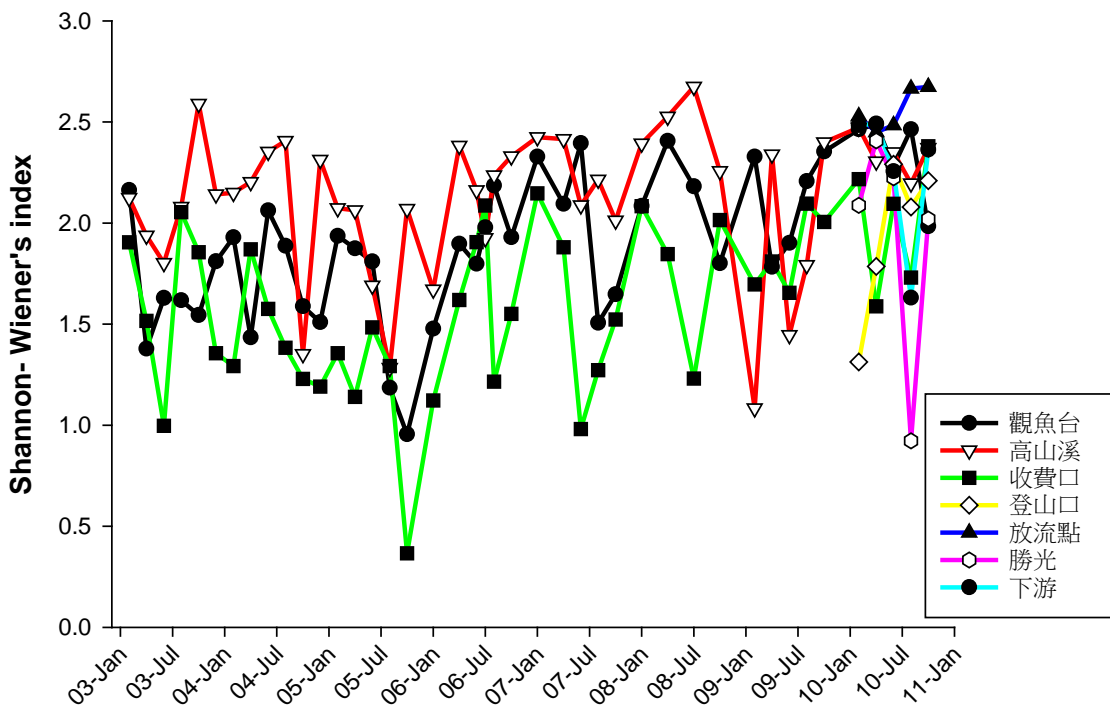


圖 3-4、羅葉尾溪、有勝溪與武陵地區溪流測站水生昆蟲之 Shannon- Wiener's index。

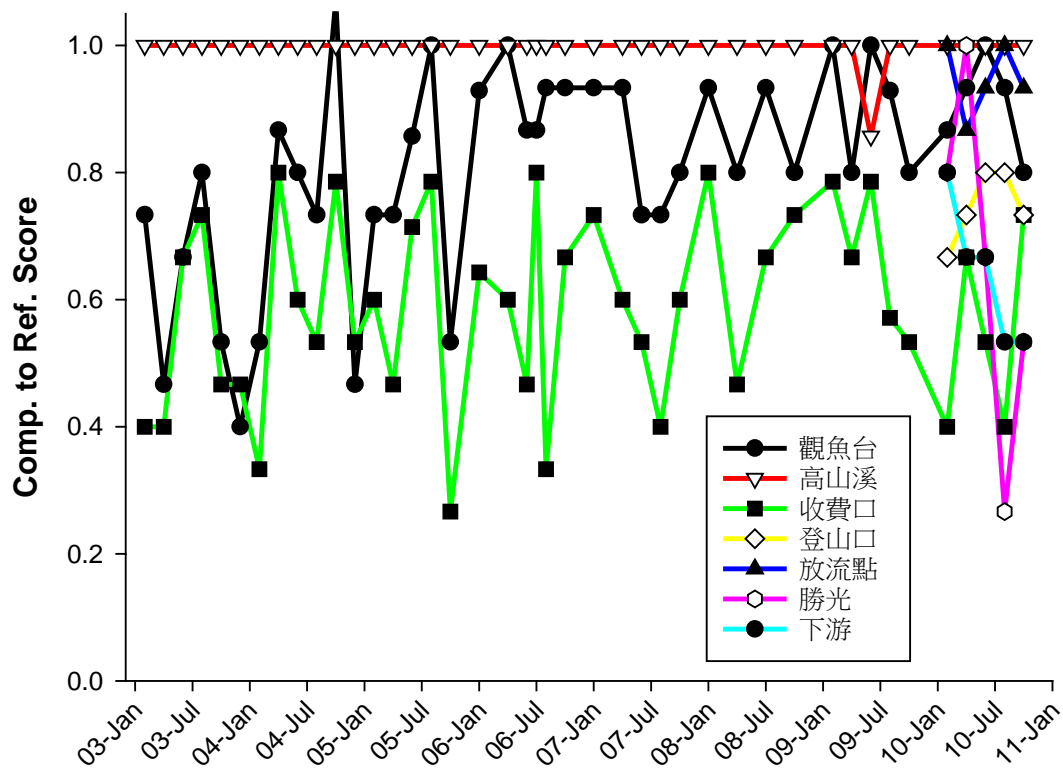


圖 3-5、羅葉尾溪、有勝溪與武陵地區溪流測站水生昆蟲之 RBPII 相對分數。

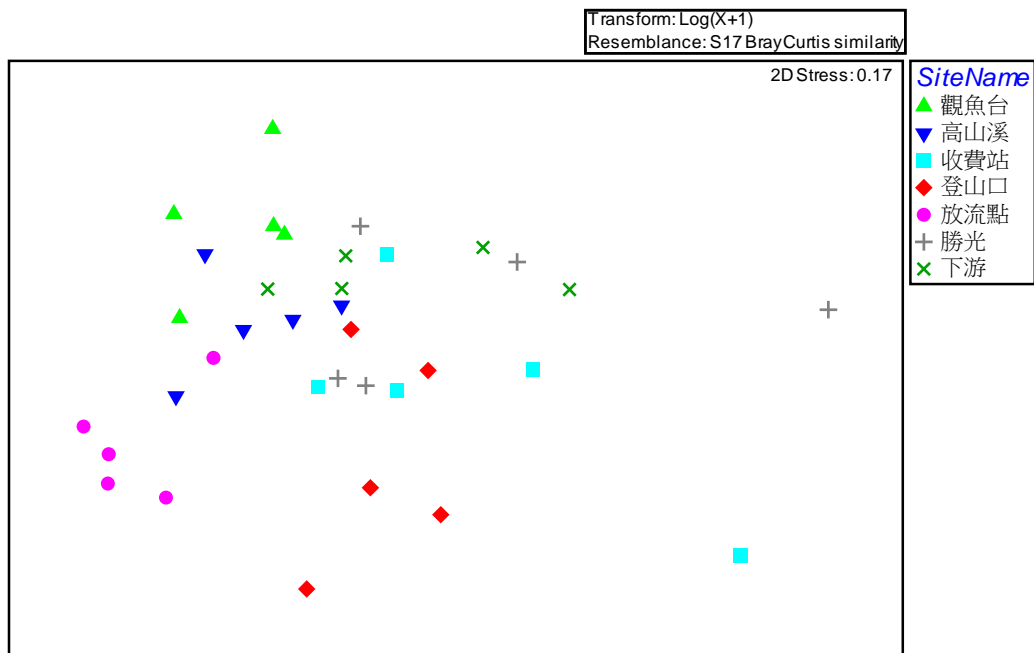


圖 3-6、羅葉尾溪、有勝溪與武陵地區溪流測站底棲昆蟲組成之 MDS 分析。