

「98 年度武陵地區長期生態研究」

雪霸國家公園管理處委託研究報告

中華民國九十八年十二月

PG9712-0287

「98 年度武陵地區長期生態研究」

受委託者：國立中興大學

研究主持人：林幸助

協同主持人：李慧琳、官文惠、邵廣昭、郭美華、曾晴賢、

葉昭憲（按姓氏筆劃排列）

執行單位：國立中興大學生命科學系

雪霸國家公園管理處委託研究報告

中華民國九十八年十二月

目次

表次	6
圖次	9
研究計畫分工項目	13
中文摘要	14
一、前言與目的	14
二、材料與方法	15
(一)藻類、資料整合分析與生態模式建構.....	15
(二)物理棲地	15
(三)水質監測	15
(四)水棲昆蟲	16
(五)魚類.....	16
(六)生態資料庫建構.....	16
三、成果.....	17
四、結論與建議	19
ABSTRACT	21
第一章 藻類研究與資料整合	
中文摘要.....	1-1
英文摘要.....	1-3
一、前言.....	1-5
二、材料與方法	1-8
(一) 採集時間與樣點	1-8
(二) 石附生藻生物量監測.....	1-9
(三) 石附生藻類生物量模式建構	1-10
三、結果.....	1-11
(一) 石附生藻類生物量變化	1-11
(二) 七家灣溪不同棲地石附生藻類生物量變化.....	1-12
(三) 瀨區石附生藻類生物量變化	1-12

(四) 歷年平均瀨區石附生藻類生物量變化.....	1-12
(五) 七家灣溪石附生藻類生物量模式.....	1-12
四、討論.....	1-14
五、結論與建議.....	1-17
(一) 結論.....	1-17
(二) 建議.....	1-17
六、參考文獻.....	1-19
表.....	1-22
圖.....	1-23

第二章 物理棲地研究

中文摘要.....	2-1
英文摘要.....	2-2
一、前言.....	2-3
二、材料與方法.....	2-4
(一) 計畫範圍與執行期間.....	2-4
(二) 計畫流程及方法.....	2-4
三、結果.....	2-5
(一) 高山溪河道變化調查.....	2-5
(二) 七家灣二號壩及其副壩河道斷面調查.....	2-6
四、討論.....	2-9
(一) 高山溪及七家灣溪物理棲地分析.....	2-9
(二) 七家灣溪生態共同採樣區分析.....	2-10
五、結論.....	2-13
(一) 結論.....	2-13
表.....	2-14
圖.....	2-24

第三章 水質研究

中文摘要.....	3-1
-----------	-----

英文摘要.....	3-3
一、前言.....	3-4
(一) 研究緣起.....	3-4
(二) 研究目的.....	3-4
(三) 研究內容.....	3-4
(四) 文獻回顧.....	3-4
二、材料與方法.....	3-10
(一) 採樣地點介紹.....	3-11
(二) 採樣方法.....	3-11
(三) 樣品保存.....	3-12
(四) 溶解態樣品實驗分析方法.....	3-12
(五) 實驗室品質管制.....	3-14
三、結果.....	3-16
四、討論.....	3-17
(一) 溶解態實驗分析數據.....	3-17
(二) 山溝監測結果.....	3-20
(三) 回收用地旁二號壩樣站水質特性評估.....	3-20
五、結論與建議.....	3-21
(一) 結論.....	3-21
(二) 建議.....	3-21
六、參考文獻.....	3-23
表.....	3-25
圖.....	3-31

第四章 水棲昆蟲研究

中文摘要.....	4-1
英文摘要.....	4-4
一、前言.....	4-6
二、材料與方法.....	4-10
三、結果.....	4-12

四、討論.....	4-15
五、結論.....	4-17
六、研究成果與建議.....	4-19
(一) 研究成果	4-19
(二) 建議.....	4-20
七、參考文獻	4-22
表	4-25
圖	4-38

第五章 台灣櫻花鉤吻鮭族群監測與動態分析

中文摘要.....	5-1
英文摘要.....	5-3
一、前言.....	5-5
二、材料與方法.....	5-9
三、調查結果	5-11
(一) 生態模式建立共同樣區的調查結果	5-11
(二) 台灣櫻花鉤吻鮭普查族群數量與分布	5-14
(三) 七家灣溪其他共域魚類的數量與分布狀況.....	5-16
四、討論.....	5-18
(一) 台灣櫻花鉤吻鮭歷年族群結構變化	5-18
(二) 高山溪歷年族群變動與殘材壩及阻隔對族群的可能影響	5-19
五、結論與建議.....	5-23
(一) 結論.....	5-23
(二) 建議.....	5-24
六、參考文獻	5-26
表	5-30
圖	5-34

第六章 生態資料庫建構

中文摘要.....	6-1
-----------	-----

英文摘要.....	6-3
一、前言.....	6-4
二、材料及方法.....	6-5
三、結果.....	6-6
四、討論與結論.....	6-8
五、研究成果與建議.....	6-9
圖.....	6-10
第七章 成果與建議	
一、成果.....	7-1
二、建議.....	7-3

表次

表 1-1	各樣區流速與水流深度之平均表.....	1-22
表 2-1	高山溪三號壩上游床面平均坡降表.....	2-14
表 2-2	高山溪二號壩上游床面平均坡降表.....	2-14
表 2-3	高山溪一號壩上游床面平均坡降表.....	2-14
表 2-4	高山溪一號壩下游床面平均坡降表.....	2-14
表 2-5	七家灣溪三號壩下至二號壩上 400 公尺平均坡降表.....	2-14
表 2-6	七家灣溪二號壩上游床面平均坡降表.....	2-14
表 2-7	七家灣溪二號壩下游床面平均坡降表.....	2-14
表 2-8	一號壩下游床面平均坡降表.....	2-14
表 2-9	測站一號壩上游床面平均坡降表.....	2-14
表 2-10	測站一號壩下游床面平均坡降表.....	2-15
表 2-11	棲地底質分類表.....	2-15
表 2-12	2009 年 10 月高山溪各河段之棲地底質分佈比例.....	2-15
表 2-13	2009 年 6 月高山溪各河段之棲地底質分佈比例.....	2-15
表 2-14	2009 年 2 月高山溪各河段之棲地底質分佈比例.....	2-16
表 2-15	2008 年 11 月高山溪各河段之棲地底質分佈比例.....	2-16
表 2-16	2008 年 7 月高山溪各河段之棲地底質分佈比例.....	2-16
表 2-17	2009 年 10 月七家灣溪二號石壩上下游之棲地底質分佈.....	2-16
表 2-18	2009 年 6 月七家灣溪二號石壩上下游之棲地底質分佈.....	2-17
表 2-19	2009 年 2 月七家灣溪二號石壩上下游之棲地底質分佈.....	2-17
表 2-20	2008 年 11 月七家灣溪二號石壩上下游之棲地底質分佈.....	2-17
表 2-21	2008 年 7 月七家灣溪二號石壩上下游之棲地底質分佈.....	2-17
表 2-22	2008 年 11 月七家灣溪全河道之棲地底質分佈比例.....	2-17
表 2-23	棲地環境類型分析.....	2-18
表 2-24	2009 年 10 月高山溪棲地環境類型分析.....	2-18
表 2-25	2009 年 6 月高山溪棲地環境類型分析.....	2-18
表 2-26	2009 年 2 月高山溪棲地環境類型分析.....	2-18

表 2-27	2008 年 11 月高山溪棲地環境類型分析.....	2-19
表 2-28	2008 年 7 月高山溪棲地環境類型分析	2-19
表 2-29	2009 年 10 月七家灣溪二號石壩上下游棲地環境類型分析.....	2-19
表 2-30	2009 年 6 月七家灣溪二號石壩上下游棲地環境類型分析.....	2-19
表 2-31	2009 年 2 月七家灣溪二號石壩上下游棲地環境類型分析.....	2-19
表 2-32	2008 年 11 月七家灣溪二號石壩上下游棲地環境類型分析	2-20
表 2-33	2008 年 7 月七家灣溪二號石壩上下游棲地環境類型分析.....	2-20
表 2-34	2009 年 10 月七家灣溪一號壩上下游棲地環境類型分析	2-20
表 2-35	2009 年 6 月七家灣溪一號壩上下游棲地環境類型分析	2-20
表 2-36	2009 年 2 月七家灣溪一號壩上下游棲地環境類型分析	2-20
表 2-37	2008 年 11 月七家灣溪一號壩上下游棲地環境類型分析.....	2-20
表 2-38	桃山北溪測站床面平均坡度表	2-21
表 2-39	桃山北溪測站床面底質分佈表	2-21
表 2-40	桃山西溪測站床面平均坡度表	2-21
表 2-41	桃山西溪測站床面底質分佈表	2-21
表 2-42	觀魚臺測站床面平均坡度表	2-21
表 2-43	觀魚臺測站床面底質分佈表	2-21
表 2-44	新繁殖場測站床面平均坡度表	2-22
表 2-45	新繁殖場測站床面底質分佈表	2-22
表 2-46	萬壽橋測站床面平均坡度表	2-22
表 2-47	萬壽橋測站床面底質分佈表	2-22
表 2-48	迎賓橋測站床面平均坡度表	2-22
表 2-49	迎賓橋測站床面底質分佈表	2-22
表 2-50	有勝溪測站床面平均坡度表	2-23
表 2-51	有勝溪測站床面底質分佈表	2-23
表 2-52	司界蘭溪上游段測站床面平均坡度表	2-23
表 2-53	司界蘭溪上游段測站床面底質分佈表	2-23
表 2-54	司界蘭溪下游段測站床面平均坡度表	2-23
表 2-55	司界蘭溪下游段測站床面底質分佈表	2-23
表 3-1	採樣地點地理座標	3-25

表次

表 3-2	水體樣品保存	3-25
表 3-3	98 年 2 月溶解態分析數據.....	3-26
表 3-4	98 年 4 月溶解態分析數據.....	3-27
表 3-5	98 年 6 月溶解態分析數據.....	3-28
表 3-6	98 年 8 月溶解態分析數據.....	3-29
表 3-7	98 年 10 月溶解態分析數據.....	3-30
表 4-1	武陵地區於 2009 年 2、4、6、8 及 10 月水生昆蟲資源組成及個體數 .	4-25
表 4-2	司界蘭溪於 2009 年 2 月及 6 月之水生昆蟲資源組成及個體數.....	4-27
表 5-1	2009 年七家灣溪固定樣點魚類組成相調查結果	5-30
表 5-2	2008 秋季與 2009 夏秋季七家灣溪流域河段普查台灣櫻花鉤吻鮭數量 .	5-31
表 5-3	2009 年七家灣溪其他與台灣櫻花鉤吻鮭共域之魚類數量統計表	5-32
表 5-4	2006 至 2009 年高山溪各個河段鮭魚數量統計表	5-33

圖次

圖 1-1	2009 年本計畫樣點位置圖.....	1-23
圖 1-2	七家灣溪石附生藻類生物量模式概念圖.....	1-24
圖 1-3	2009 武陵地區各時間樣點石附生藻生物量箱型圖.....	1-25
圖 1-4	2009 年各樣區石附生藻平均生物量曲線圖.....	1-26
圖 1-5	七家灣溪五個樣點微棲地石附生藻生物量累積直方圖.....	1-27
圖 1-6	2009 年各樣點瀨區石附生藻平均生物量曲線圖.....	1-28
圖 1-7	2006.6 月至 2009.10 月間各樣點瀨區石附生藻平均生物量曲線圖.....	1-29
圖 1-8	三個測站之附生藻生物量野外觀測值(藍線)和模擬值(紅線).....	1-30
圖 1-9	七家灣溪五樣點間微棲地流速直方圖.....	1-31
圖 1-10	流速與石附生藻生物量散點圖.....	1-32
圖 2-1	本年度研究基本流程圖.....	2-24
圖 2-2	三號壩上游斷面高程剖面圖.....	2-24
圖 2-3	高山溪斷面 3-R 剖面高程.....	2-25
圖 2-4	高山溪斷面 3-T 剖面高程.....	2-25
圖 2-5	高山溪三號壩上之河道示意圖.....	2-25
圖 2-6	二號壩上游斷面高程剖面圖.....	2-26
圖 2-7	高山溪斷面 2-C 剖面高程.....	2-26
圖 2-8	高山溪斷面 2-H 剖面高程.....	2-26
圖 2-9	高山溪斷面 2-M 剖面高程.....	2-26
圖 2-10	高山溪斷面 2-Q 剖面高程.....	2-26
圖 2-11	高山溪二號壩上之河道示意圖.....	2-27
圖 2-12	一號壩上游斷面高程剖面圖.....	2-28
圖 2-13	高山溪斷面 1-B 剖面高程.....	2-28
圖 2-14	高山溪斷面 1-E 剖面高程.....	2-28
圖 2-15	高山溪斷面 1-K 剖面高程.....	2-28
圖 2-16	高山溪斷面 1-N 剖面高程.....	2-28
圖 2-17	高山溪一號壩上河道示意圖.....	2-29

圖次

圖 2-18	一號壩下游斷面高程剖面圖	2-30
圖 2-19	高山溪斷面 0-C 剖面高程	2-30
圖 2-20	高山溪斷面 0-F 剖面高程	2-30
圖 2-21	高山溪斷面 0-L 剖面高程	2-30
圖 2-22	高山溪斷面 0-O 剖面高程	2-30
圖 2-23	高山溪一號壩下至匯流口之河道示意圖	2-31
圖 2-24	三號壩下至二號壩上 400 公尺高程剖面圖	2-32
圖 2-25	七家灣溪斷面 3-4 剖面高程	2-32
圖 2-26	七家灣溪斷面 3-10 剖面高程	2-32
圖 2-27	二號壩上游 400 公尺至下游 200 公尺剖面線	2-32
圖 2-28	七家灣溪斷面 3-40 剖面高程	2-33
圖 2-29	七家灣溪斷面 2-1 剖面高程	2-33
圖 2-30	二號壩下游 200 公尺至一號壩上剖面線	2-33
圖 2-31	一號壩下游至匯流口剖面線	2-33
圖 2-32	一號壩測站上游縱剖面圖	2-34
圖 2-33	一號壩測站上游縱剖面圖	2-34
圖 2-34	高山溪棲地環境類型分析(2009/10).....	2-34
圖 2-35	高山溪棲地環境類型分析(2009/06).....	2-35
圖 2-36	高山溪棲地環境類型分析(2009/02).....	2-35
圖 2-37	高山溪棲地環境類型分析(2008/11).....	2-35
圖 2-38	高山溪棲地環境類型分布	2-36
圖 2-39	七家灣溪二號石壩上下游棲地環境類型分析(2009/10).....	2-36
圖 2-40	七家灣溪二號石壩上下游棲地環境類型分析(2009/06).....	2-36
圖 2-41	七家灣溪二號石壩上下游棲地環境類型分析(2009/02).....	2-37
圖 2-42	七家灣溪二號石壩上下游棲地環境類型分析(2008/11)	2-37
圖 2-43	七家溪二號石壩上下游棲地環境類型分布	2-37
圖 2-44	七家灣溪一號壩上下游棲地環境類型分析(2009/10).....	2-38
圖 2-45	七家灣溪一號壩上下游棲地環境類型分析(2009/06).....	2-38
圖 2-46	七家灣溪一號壩上下游棲地環境類型分析(2009/02).....	2-38
圖 2-47	七家灣溪一號壩上下游棲地環境類型分析(2008/11).....	2-39

圖 2-48	七家溪一號壩測站棲地環境類型分布	2-39
圖 2-49	七家灣溪共同樣區位置分佈圖	2-40
圖 2-50	桃山北溪棲地分佈類型百分比圖	2-40
圖 2-51	桃山西溪棲地分佈類型百分比圖	2-40
圖 2-52	觀魚臺分佈類型百分比圖	2-41
圖 2-53	新繁殖場棲地分佈類型百分比圖	2-41
圖 2-54	萬壽橋棲地分佈類型百分比圖	2-41
圖 2-55	迎賓橋棲地分佈類型百分比圖	2-41
圖 2-56	有勝溪棲地分佈類型百分比圖	2-41
圖 2-57	司界蘭溪上游測站棲地分佈類型百分比圖	2-41
圖 2-58	司界蘭溪上游測站 10-1 斷面	2-41
圖 2-59	司界蘭溪下游測站棲地分佈類型百分比圖	2-42
圖 2-60	司界蘭溪下游測站 11-1 斷面	2-42
圖 3-1	雪霸國家公園	3-31
圖 3-2	氮素循環過程	3-31
圖 3-3	流程圖	3-32
圖 3-4	採樣地點位置圖	3-32
圖 3-5	武陵地區溪流 pH 值變化	3-33
圖 3-6	武陵地區溪流導電度值變化	3-33
圖 3-7	武陵地區溪流溫度值變化	3-33
圖 3-8	武陵地區溪流溶氧值變化	3-34
圖 3-9	武陵地區溪流濁度值變化	3-34
圖 3-10	武陵地區溪流 SiO_2 值變化	3-34
圖 3-11	武陵地區溪流 $\text{NO}_3\text{-N}$ 值變化	3-35
圖 3-12	武陵地區溪流 $\text{NO}_2\text{-N}$ 值變化	3-35
圖 3-13	武陵地區溪流 SO_4^{2-} 值變化	3-35
圖 3-14	武陵地區溪流 Cl^- 值變化	3-36
圖 3-15	武陵地區溪流 PO_4^{3-} 值變化	3-36
圖 3-16	武陵地區溪流 $\text{NH}_3\text{-N}$ 值變化	3-36
圖 3-17	武陵地區溪流 TOC 值變化	3-37

圖次

圖 3-18	山溝與七家灣溪測站 NO ₃ -N 之比較	3-37
圖 3-19	山溝與七家灣溪測站之 Cl ⁻ 比較	3-38
圖 3-20	山溝與七家灣溪測站之 PO ₃ ⁴⁻ 比較	3-38
圖 4-1	武陵地區溪流水棲昆蟲監測調查採樣站之相關位置圖	4-38
圖 4-2	武陵地區溪流採樣站水棲昆蟲各月數量	4-39
圖 4-3	武陵地區溪流採樣站之櫻花鈎吻鮭中大體型昆蟲食餌數量變化圖	4-39
圖 4-4	武陵地區溪流採樣站水棲昆蟲之 Shannon- Wiener's index	4-40
圖 4-5	武陵地區溪流測站底棲昆蟲群聚結構相似度之歸群分析	4-40
圖 4-6	武陵地區溪流採樣站水棲昆蟲之 RBPII 相對分數	4-41
圖 4-7	武陵地區溪流採樣站水棲昆蟲之 MDS 分析	4-42
圖 4-8	司界蘭溪採樣站水棲昆蟲之 Shannon- Wiener's index	4-43
圖 4-9	司界蘭溪採樣站水棲昆蟲之 RBPII 相對分數	4-43
圖 5-1	武陵地區長期生態監測暨生態模式建立之調查樣站位置圖	5-34
圖 5-2	1987 年至 2008 年台灣櫻花鈎吻鮭族群數量年度變化圖	5-35
圖 5-3	1987 年至 2009 年台灣櫻花鈎吻鮭族群數量年度變化圖	5-36
圖 5-4	1995 年至 2009 年七家灣溪台灣櫻花鈎吻鮭各齡族群結構變化圖	5-37
圖 5-5	高山溪各主要河段所佔族群比例變化圖	5-38
圖 5-6	七家灣溪台灣鏟頰魚族群變動情況	5-39
圖 6-1	武陵衛星影像全圖	6-10
圖 6-2	武陵衛星影像高解析影像(迎賓橋)	6-10
圖 6-3	由衛星影像查詢調查資料操作範例	6-11
圖 6-4	LSID 格式	6-12
圖 6-5	武陵資料 LSID 範例	6-12

研究計畫分工項目

計畫項目	主持人	服務機構/系所	職稱	計畫內容
總計畫及子計畫 1	林幸助 李慧琳	中興大學生命科學系 政治大學經濟學系	教授 助理教授	藻類研究、資料整合與生態模式分析
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	物理棲地研究
子計畫 3	官文惠	明志科技大學環境與安全衛生工程系	副教授	水質研究
子計畫 4	郭美華	中興大學昆蟲系	副教授	水棲昆蟲研究
子計畫 5	曾晴賢	清華大學生物資訊與結構生物研究所	教授	魚類研究
子計畫 6	邵廣昭	中央研究院生物多樣性研究中心	研究員	生態資料庫建構

中文摘要

一、前言與目的

雪霸國家公園最重要的任務是自然資源與生物物種的保育，尤其是分布只侷限於大甲溪上游武陵地區，但數量已瀕臨絕種的陸封型台灣櫻花鉤吻鮭。保育工作需以宏觀的角度來管理自然資源，也就是生態系管理，其基礎建立在各項資源的瞭解與掌握。因此本計畫的主要目標在進行長期生態監測，藉由生態模式，整合分析長期生態資料，以瞭解武陵地區溪流的長期生態現象與過程。本計畫將以武陵地區溪流與司界蘭溪為研究地點，依循從 2004 年武陵長期生態監測研究與模式建構(WLTERM)所設立的永久測站，長期監測並整合重點監測項目，包括水溫、流量、物理棲地、水質、石附生藻類、水生昆蟲與魚類等時空動態變化，尤其是七家灣溪一號防砂壩改善前後，以及觀魚台上游果四區高濃度硝酸鹽污染改善前後的變化。具體目標為：1. 了解台灣櫻花鉤吻鮭族群的控制因子；2. 長期監測溪流生態系統食物網主要生物組成之變化，並瞭解各生物間相關性，以及各生物在生態系之重要性；3. 長期監測影響溪流生態系統主要人為與自然環境因子之變化，並瞭解各環境因子對於各生物之影響；4. 藉由與過去歷年監測資料作比較，瞭解武陵地區流域的長期生態過程與機制；5. 提供生態研究的科學資料，作為訂定台灣櫻花鉤吻鮭保育措施與武陵地區經營管理策略之參考；6. 利用生態模式整合分析監測資料，預測土地利用、環境變遷或人為干擾對於武陵溪流生態系之影響；7. 持續建立武陵地區生態資料庫。

【關鍵字】台灣櫻花鉤吻鮭、七家灣溪、高山溪、有勝溪、生態模式、生態資料庫

二、材料與方法

除持續整合從 2005 年以來所累積的資料外，本研究共設有九個測站，其中司界蘭溪上、下游作乾溼季（2 及 6 月）監測。其餘測站於 2、4、6 月、颱風干擾後與 10 月，共五次採樣時間，包括：#2 桃山西溪、#4 七家灣溪觀魚台、#12 七家灣溪一號壩上游、#13 七家灣溪一號壩下游、#5 七家灣溪繁殖場、#8 高山溪與#9 有勝溪等。

(一) 藻類、資料整合分析與生態模式建構

1. 石附生藻類生物量測定

各測站石附生藻類監測，於不同微棲地(瀨、流、潭)隨機檢取 3 個溪底石頭樣本。刮下石頭表面的藻類，以丙酮溶液萃取，以分光光度計測量萃取液之吸光值後，計算所含葉綠素 a 濃度。微棲地的分類則依據福祿數判別。

2. 石附生藻類生物量模式建構

我們考慮七家灣溪中影響石附生藻類生物量的因子有：附生藻生長速率、分離率和水棲昆蟲對其的移除率，以及外界擾動因子洪水事件的發生。而藻類生長速率與周遭環境中的溫度、光輻射強度和水體中營養鹽濃度有關。模式中亦依據 Liebig's 最小定律，亦即藻類生長會受到最小資源來源的限制所影響。我們希望藉由建立數學模式來描述影響七家灣溪石附生藻類生物量的各項因子，並與附生藻類生物量的實際監測值相吻合。

(二) 物理棲地

對共同測站之河道進行斷面測量及物理棲地調查，包括河道縱橫向變化、棲地組成、粒徑分佈之現況並進行分析探討，提供給予其它子計畫環境因子參考。最後結合現場調查和先前研究，提出河道變化趨勢與環境改變之關連性。

(三) 水質監測

首先進行當地背景資料收集，包括該區各種的土地利用型態、面積、七家灣溪水文特性與雨量資料，依週遭林地的土地利用與農田的分佈採取溪流上、下游及匯流口處做為七家灣河流域內各溪流的測站點，再進行檢定分析與因素分析，以利找出影響櫻花鉤吻鮭的相關水質參數與重新分配水質參數的權重，建立一個能快速反應該區溪流水質情況的新指標。

採集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。在現場的水質分析項目有pH、溶氧、導電度等三個項目，實驗室測定項目為生化需氧量、濁度、硝酸鹽氮、亞硝酸鹽氮、氨氮、總磷、磷酸鹽、二氧化矽、總有機碳、硫酸鹽、氯鹽等11個分析項目。

(四) 水棲昆蟲

持續生態監測並建立武陵地區水棲昆蟲相生態資料庫，以水棲昆蟲群聚結構和功能為研究主題，並且以多樣性指數、RBP II 指數及 MDS 分析進行評估各永久測站水質、棲地變化及水棲昆蟲群聚結構變動，並探討颱風及攔沙壩所造成棲地之改變對水棲昆蟲的影響，以作為集水區經營管理之參考指標。

(五) 魚類

本研究除定期調查各固定樣點的魚類族群分布與數量外，於2009年六月及十月間進行七家灣溪台灣櫻花鉤吻鮭的全面族群數量普查，以浮潛方式目視辨別魚種和計算魚數，並分別記錄各調查溪段一齡幼魚、二齡中型成魚及三齡以上大型成魚的數量、分佈與棲地型態，以瞭解2008年繁殖季節後新生幼魚加入族群數量與分布狀況及繁殖季節前成魚的狀況，並對照歷年的魚群數量與族群結構的變化以作進一步的分析。

(六) 生態資料庫建構

本計畫所收集之原始生態調查資料，採用中央研究院生物多樣性研究中心設計的『通用生態調查資料格式』，作為本計畫原始生態調查資料的格式。『生態調查資料格式』，主要以國際通用的達爾文核心欄位（Darwin Core 2.0）及 ABCD Schema 為基礎，並配合中文資料的需求，作適度的修改。

三、成果

1. 各測站石附生藻類生物量於 2 及 4 月較多，6 月因梅雨流量升高，除有勝溪外，其他測站均明顯下降。自 8 月莫拉克颱風後生物量更幾乎見底，直至 10 月仍無明顯的生物量上升。
2. 各測站石附生藻類生物量以有勝溪最多，司界蘭溪上游最少。七家灣溪觀魚台因受果四區高濃度硝酸鹽污染，生物量次之，一號壩上游再次之。
3. 七家灣溪各測站的瀨區石附生藻類生物量都較同測站的流與潭區少。
4. 整合各測站從 2006 年 6 月~2009 年 10 月的石附生藻類生物量變化，發現有勝溪的藻類生物量仍高於其他各測站，尤其是在夏季。
5. 在有勝溪，2009 年的夏天生物量的高峰值雖然沒有前兩年多，但是颱風季節前的春天與初夏因為梅雨量少，生物量明顯較前兩年多。
6. 高山溪與七家灣溪與共同樣區河道與地貌上並無重大改變。
7. 對大部分的河道而言，淤多於沖。
8. 高山溪四號壩與三號壩間殘材壩，其主體架構目前趨於穩定。10 月份調查中，而高山溪二號壩口之殘材堆積，則出現殘材與砂石減少之現象，但其高度仍約有 4 公尺高。相同地，約距高山溪與七家灣溪匯流口上游 100 公尺處的殘材壩亦出現溢流口處殘材與砂石之減少現象。
9. 七家灣溪一號壩上游坡度依舊平緩，約 0.01 上下，無太大變化。
10. 水質監測結果顯示，大部分河段水質良好，惟人為活動較密集區與農耕密集區附近之測站營養鹽濃度、導電度較高，應持續關注。
11. 本年(2009年)7測站，2、4、6、8及10月採樣調查水棲昆蟲共計有5目32科59物種(Taxa)。
12. 由連續7年數據(2003至2009年)看出，水棲昆蟲豐度以每年年初為高峰，各測站之多樣性指數於各年變化區間相似。
13. 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，司界蘭溪棲地上游優於下游。
14. MDS分析結果顯示桃山西溪、七家灣溪及高山溪的水棲昆蟲群集結構變動具相同傾向。
15. 2009年針對共同樣站的魚類定期調查已經完成五次，監測資料結果顯示與

歷年資料差異不大。

16. 今年6月與10月進行台灣櫻花鉤吻鮭的全面族群數量普查調查結果顯示，今年夏季鮭魚族群數量共計有3,382尾，其中一齡幼魚有993尾，二齡中型鮭魚有1,579尾，三齡大型成魚則有810尾。秋季調查則為4,545尾，族群量為歷年調查結果的次高。其中一齡幼魚有1,482尾，二齡中型鮭魚有1,942尾，三齡大型成魚則有1,121尾。在族群結構上，無論是夏季或秋季的調查，都以中型鮭魚最多，幼魚次之，大型鮭魚較少，形成圓桶形的族群結構。
17. 台灣櫻花鉤吻鮭族群數量，與去(2008)年秋季普查的調查結果(3,149尾)比較，發現今年秋季增加了1,396尾，顯示族群量有增加的趨勢。而今年風災對鮭魚數量的影響則不明顯，應與颱風路徑沒有直接影響武陵地區所致。
18. 高山溪阻隔與殘材壩對鮭魚族群的部分，目前高山溪中有三處殘材壩，其落差高度明顯地限制了魚群的自由移動，今年在高山溪一號壩至二號壩之間夏秋二季的調查結果，分別只有15尾與13尾的數量，顯示這些殘材壩已對魚群產生隔離效應。
19. 收集魚類資料86筆、水生昆蟲資料1435筆、水質資料35筆、藻類資料1233筆，累計收集鳥類、魚類、兩棲類、昆蟲及植物調查資料共60642筆(涵蓋15綱98目370科706種生物物種)，水體環境資料共2501筆(包括水質、硝酸鹽、基本元素通量)，藻類與有機碎屑調查記錄共1634筆，環境溫度監測資料9136筆(包括空氣、水、土表、土下溫度)以及河川流量模擬推估資料1369筆。
20. 本計畫收集的每筆資料均已依照 LSID 格式賦予全球唯一識別碼。

四、結論與建議

(一) 立即可行之建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：退輔會武陵農場、農委會林務局保育組、台中縣政府農業處保育科

1. 需統一各單位野外監測項目與採樣方法，持續建立濕地生態資料庫，可讓資料標準化及一致性，增進長期累積資料，以及時間地點間相互比較的效能。
2. 石附生藻類生物量的監測結果顯示武陵農場果四區農業活動所導致之高濃度硝酸鹽污水仍持續進入七家灣溪，應立即亟思謀求改善對策。
3. 石附生藻類生物量可作為溪流流速與農業活動所導致營養鹽污水之監測指標。但進行溪流藻類監測之採樣與比較，應顧及不同棲地採樣所造成之差異。
4. 人為活動較密集區，營養鹽濃度及導電度均較高，仍應持續監測關鍵水質項目，如：水溫、總有機碳(TOC)、磷酸鹽、硝酸鹽氮等。
5. 各站所採獲水棲昆蟲數量及中大型水棲昆蟲數量(櫻花鉤吻鮭之可能食餌)以時間動態呈現其變化，可看出兩者相似之季節性豐度變化，皆於年底至隔年年初為上升趨勢，而此時間點為溪流流量平穩時期，因此考量櫻花鉤吻鮭之食物量及避開洪流衝擊，年底至隔年年初為較佳的放流時期。
6. 2009年新增之二測站(一號壩上游及下游)與觀魚台樣站之昆蟲群聚相對組成結構相近。觀魚台樣站自2007年起棲地維持在無損害程度，但此二測站棲地評比為中度損害程度，可能此結果與二測站位於山溝水匯入後之下游流段或與攔沙壩有關，必須長期密切監測及注意，才能釐清彼此之因果關係。
7. 司界蘭溪由2005年開始至今的調查結果，以天然林旁之上游棲地評比及多樣性指數大多優於有農業活動的下游，可考慮轉為一年調查一次的長期研究，可針對年度變異進行研究，並將人力資源移轉至其他具研究價值的溪段。
8. 七家灣流域河道大致上呈現穩定狀態，但仍須持續監測，以利後續壩體改善研究提供相關資料。
9. 今年調查殘材壩對高山溪櫻花鉤吻鮭的影響及評估，匯流處殘材壩的落差高度已足以限制鮭魚的自由移動，建議採以輕度人為處理方式，利用鍊鋸或鋸子等較輕型的工具製造缺口或破壞，之後再讓水流或人工將其移除，不要等到殘材壩的結構趨於完整之後再來處理，以免付出的成本與對溪流環境的衝

擊相對增加。此外，不建議利用重型機具搬除，以免對溪谷環境或鮭魚的棲地造成二次破壞與干擾。

10. 為因應資料長期保存及國際資料交換的需求，建議調查資料應以國際通用的 XML 格式保存。

(二) 長期性建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：農委會林務局保育組、台中縣政府保育課、退輔會武陵農場

1. 七家灣流域的河道大致上呈現穩定，但仍須持續監測，以觀察細小之變化，並對後續研究提供資料。
2. 針對人為活動較密集區之七家灣溪沿岸建構人工濕地，先將含有高濃度營養鹽之山溝水先行導入人工濕地中，利用脫氮菌及除磷菌先將高濃度營養鹽部分去除後，再行排入七家灣溪流中。
3. 設立自動水質監測站，定期蒐集水質資料，以評估七家灣溪水質之變化，供管理及決策參考。
4. 應就濱岸土地利用類型對溪流流量的緩衝能力進行進一步相關研究，以作為保育及集水區經營管理參考之用，並考慮土地利用類型以能增加水留存量為主，並達減緩暴增流量之效為佳。如此一來可於暴雨過後，減少對水棲昆蟲群集之衝擊，而得以維持櫻花鉤吻鮭的食物來源。
5. 台灣櫻花鉤吻鮭體型較小的幼魚因口溝限制而無法取食中大型食餌，建議採用完整系統性實驗設計，以得知體型較小的幼魚食物量。
6. 為了釐清司界蘭溪與南湖溪的放流族群存活狀況，及其往上游擴散程度，建議應該克服其可及性及困難地形，針對整個河段進行調查，並建議另案辦理，以瞭解域外放流之成效。
7. 目前國際上正在推行生物多樣性資訊全球唯一識別碼(LSID)，目前雖尚未被普遍接受，未來仍應注意其發展，必要時得適時跟上國際腳步。

ABSTRACT

The most important mission of Shei-Pa National Park is to conserve the natural resources, especially the Formosan landlocked salmon, which is distributed only in the streams of the Wuling area. However, this recreation area is exploited intensively for agricultural activities and tourism. In order to understand the population dynamics of the Formosan landlocked salmon and identify the driving forces, it is imperative to study in a holistic view by constructing the ecosystem models and to examine the interactions between biotic communities and environmental factors in the basin. A collaborative project was conducted to continually monitor and model the changes in water temperature, discharge, physical habitats, water quality, periphyton, aquatic insects and fish following the previous monitoring framework of WLTERM, especially before and after the 1st dam removal of the Cijiawan Stream and the diversion of enriched sewage from agricultural activities. The specific aims of this ecosystem-scale project are: 1. To understand the driving forces of the population dynamics of the Formosan salmon; 2. To monitor major components of the food webs of the streams; 3. To monitor human impacts and environmental factors influencing the stream ecosystems; 4. To understand long-term ecological processes and the mechanisms in the streams of the Wuling area by comparing with previous data; 5. To provide scientific data for developing the policy for sustainable management in the future; 6. To integrate data by using ecological modeling and to predict the effects of landuse, climate change and anthropogenic disturbance; 7. To develop scientific databases.

【Keywords】 the Formosan landlocked salmon, the Cijiawan Stream, the Gaoshan Stream, the Yousheng Stream, Trophic model, Ecological database

第一章 藻類研究與資料整合

林幸助、黃秋平、林資沁、吳姿儀、林良瑾

國立中興大學生命科學系

摘要

關鍵詞：環境監測、棲地、流量、棲地型態、營養鹽

一、研究緣起

雪霸國家公園最具特色的是僅分布於大甲溪上游武陵地區溪流的陸封型台灣櫻花鉤吻鮭(*Oncorhynchus masou formosanus*)。其現存棲地的七家灣溪為野生動物保護區，也是國家級濕地。石附生藻類為溪流最重要之基礎生產者。本計畫延續武陵長期生態監測研究與模式建構(WLTERM)的研究及目標，以武陵地區溪流與司界蘭溪為研究地點，依循先前所設立的永久測站，監測石附生藻類時空動態變化，並增設測站，以監測七家灣溪一號防砂壩改善前後，以及觀魚台上游果四區高濃度硝酸鹽污染改善前後的變化。並嘗試建構武陵地區溪流石附生藻類生物量模式，以掌握控制石附生藻類生物量的生物與環境因子，以及其生態過程。

二、研究方法及過程

除持續整合從 2005 年以來所累積的資料外，本研究共設有九個測站，其中司界蘭溪上、下游只作乾溼季(2 及 6 月)監測。其餘測站於 2、4、6 月、颱風干擾後與 10 月，共五次採樣時間，包括：#2 桃山西溪、#4 七家灣溪觀魚台、#12 七家灣溪一號壩上游、#13 七家灣溪一號壩下游、#5 七家灣溪繁殖場、#8 高山溪與#9 有勝溪。監測項目為各溪段不同棲地之石附生藻類生物量變化。所建構石附生藻類生物量模式，考慮的因子有生長速率、剝離率和水棲昆蟲對其的移除率，以及外界擾動因子洪水事件。

三、重要發現

各測站石附生藻類生物量於 2 及 4 月較多，6 月因梅雨流量升高，除有勝溪外，其他測站均明顯下降。自 8 月莫拉克颱風後生物量更幾乎見底，直至 10 月仍無明顯的生物量上升。司界蘭溪上游的生物量最低，有勝溪的生物量最多，

七家灣溪觀魚台因受果四區高濃度硝酸鹽污染，生物量次之，一號壩上游再次之。七家灣溪各測站的瀨區藻類生物量都較同測站的流與潭區來的低。整合各測站從 2006 年 6 月~2009 年 10 月的石附生藻類生物量變化，發現有勝溪的藻類生物量仍高於其他各測站，尤其是夏天時。在有勝溪，2009 年的夏天生物量的高峰值雖然沒有前兩年多，但是颱風季節前的春天與初夏因為梅雨量少，生物量明顯較前兩年多。模式模擬結果顯示，石附生藻類生物量隨時間逐漸累積，但洪水發生後，各個樣站之生物量皆降低，之後逐步回升，指出洪水對石附生藻類的影響力。

四、主要建議事項

立即可行之建議

1. 石附生藻類生物量的監測結果顯示武陵農場果四區農業活動所導致之高濃度硝酸鹽污水仍持續進入七家灣溪，應立即亟思謀求改善對策。
2. 石附生藻類生物量可作為降雨量、溪流流速與流量，以及農業活動所導致營養鹽污水之監測指標。但進行溪流藻類監測之採樣與比較，應顧及各棲地所造成之差異。
3. 需統一各單位野外監測項目與採樣方法，持續建立濕地生態資料庫，可讓資料標準化及一致性，增進長期累積資料，以及時間地點間相互比較的效能。

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：退輔會武陵農場、農委會林務局保育組、台中縣政府農業處保育科

ABSTRACT

The Formosan landlocked salmon (*Oncorhynchus masou formosanus*) is an endangered endemic species, which is distributed only in the basin of the Cijawan Stream of Central Taiwan. The basin has been assigned as a wildlife refuge and national wetland. Periphyton is the most important primary producer in the stream. In order to understand the mechanisms of periphyton changes in the stream, we analyzed over five-year data from 2005~2009 to determine the driving forces in the Wuling stream ecosystems. In this year, we started to monitor periphyton communities before removal of the first dam of the Cijawan Stream and diversion of the enriched sewage derived from agricultural activities. We also modeled dynamics of periphyton biomass.

In total, there were 9 study sites. Two of them (Sites #10 and #11) were located in the Cijaclan Stream, in which the periphyton was monitored in February and June. Periphyton at other study sites was monitored bimonthly from February to June, including Site #2 at the Taoshan Stream, Site #4 at the fish observation desk, Site #12 at the upstream of the first dam, Site #13 at the downstream of the first dam, Site #5 at the breeding center, Site #8 at the Gaoshan Stream, and Site #9 at the Yousheng Stream. Periphyton biomass and species composition were determined in different habitats at each site when possible.

During the study period, periphyton biomass in terms of chlorophyll *a* concentration was greater in February and April, but lower in June. This can be attributable to the heavy rainfall brought by the plum season. After the invasion of the typhoon Morak in August, periphyton biomass was even lower to the bottom level, and remained in October. Among the study sites, periphyton biomass in the Yousheng Stream remained the greatest, but was least in the

upstream of the Cijaclan Stream. Periphyton biomass during the period of February and June in the Yousheng Stream was even greater than those recorded in the previous three years. Periphyton biomass was also greater at Site #4 the fish observation desk due to the enriched sewage derived from agricultural activities and declined along the downstream of the Cijiawan Stream. In addition, periphyton biomass was greater in pools than in runs and riffles at the study sites in the Cijiawan Stream. The results of the model shows that the most important factor influencing periphyton biomass was flooding.

This project comes to immediate strategies:

1. Monitoring of periphyton biomass showed that enriched sewage derived from agricultural activities continuously enters the Cijiawan Stream. It is imperative to diversify the sewage from the stream in an ecological way, for example constructed wetlands, to prevent the further degradation of the stream water.
2. Periphyton biomass can be used to monitor changes in rainfall, current velocity, discharge, and nutrient concentrations, and irradiance in the streams. However, the monitoring should consider the characteristics of different habitats when sampling.
3. Monitoring items and methods should be consistent and the results should be included in the database, so that the efficacy of data accumulation and spatial and temporal comparisons would increase.

【Keywords】 Ecological monitoring, Flow discharge, Habitat type, Nutrient concentration, Dam removal

一、前言

雪霸國家公園自然資源中最具有特色的是僅分布於大甲溪上游武陵地區溪流的陸封型台灣櫻花鉤吻鮭(*Oncorhynchus masou formosanus*)。牠是冰河時期的子遺生物，屬於陸封型的寒帶鮭鱒魚類，但卻能存活於地處熱帶與亞熱帶之台灣，是演化生物地理學的重大發現。其現存棲地的七家灣溪，在 1999 年由行政院農委會依據「野生動物保育法」，公告為野生動物保護區。因為七家灣溪動植物資源豐富，生物多樣性高，2007 年 10 月營建署又列為國家級濕地，亟需進行生態監測。監測結果將有助於現況了解，以及經營管理與棲地復育成效的評估，以追蹤掌握國內濕地生態系統現況與變化趨勢，同時可提供規劃及執行計畫時檢查及評估之參考，及委託單位施政之管考與經營管理依據。

生物監測(Biomonitoring)對水域生態系統是個有利的工具(Morin et al. 2008)。20 世紀歐洲國家初首先使用藻類腐水指標系統監測水質，其後陸續建立底棲生物及魚類指標監測方法(王漢泉，2002)。雖然水域生態系統可以進行物理和化學環境因子分析(Morin et al. 2008)，但是物理與化學因子的監測僅能反應瞬間的測量結果(Salomoni et al. 2006)，無法提供生物與環境間的關係(Neamtu et al. 2009)。目前廣泛用來評估環境因子的生物監測方法已被應用到水域生態上，可以提供衡量因為人為活動與自然因素帶來的影響(Duong et al. 2006)。

藻類能反應該生存水域綜合與累積的特性。在淡水環境中，附生藻類常是主要的初級生產者。附生藻類隨種類之不同對環境惡化的忍耐界限也有相當大的差異(Fore and Grafe 2002)。矽藻監測已廣泛用於河流、湖泊和古河沼學，因為矽藻對於水中化學含量，特別是離子含量、pH 值、溶解態有機物和營養物質較敏感(Marina and Donald 2007)，為眾所皆知的生物指標，包括底棲矽藻用於污染性氮和磷營養鹽的河川監測(Yu and Lin 2009)。

人為活動已經改變了全球氣候和棲地，水域生態系統中過多的營養鹽和化

學物質導致優養化情形發生(Duong et al., 2006)。優養化在淡水生態系統中相當普遍(Jonathan et al. 2007)。使用化學農用品(如:殺蟲劑和化學肥料)，雖然可以增加世界各地作物產量，但是因為人為引入的農藥肥料、垃圾和生活汙水，主要藉由水傳播及直接從大氣中沉降的機制，而流入溪流中。這些環境變遷改變長期恆穩的溪流形態與水流生態，也衝擊到水生生物的生存(Okamura et al. 2002)。

水溫、流速、流量、日照、營養鹽等環境因子能影響藻類生長 (Rosemond et al. 1993, Pan et al. 1999, Soininen and Könönen 2004)。與附生藻類行光合作用與生長有關的日光(Hill et al. 1995, Hill 1996)，因為沿岸植物受農耕行為，砍伐濱岸植被，因為濱岸植被數量降低，日光直接射入溪水中使得水溫上升，高水溫常導致藻類豐度增加(Dodds et al. 2002)。營養鹽會影響附生藻類生物量、生長速率以及群集結構的組成(Duong et al. 2006)。過高的附生藻類生物量與高營養鹽有關聯，同時也與生長發育有關，特別是絲狀藻(如:*Cladophora*、*Rhizoclonium*)。

提供人類用水的河流易受到人為因素影響，而改變原有樣貌(Bredenhand and Samways 2009)。Shuman (1995)指出橫向人工結構物如水壩對河流生態系統的環境影響，遠遠超過拆除水壩帶來的影響。因為拆除水壩會讓河流裡沉澱物移動，改變河流的棲地結構(Wood and Armitage 1997)。建設水壩無法讓生物連續通過一條河流，遷移至上游和下游，尋找最適產卵環境，或者找尋較多食物供給、不易被捕食的區域(Bednarek 2001)。在今年的研究計畫中，我們擬利用藻類生物量與藻種組成來建立背景資料，並持續監測未來在拆除一號攔砂壩後，裨益於表明藻類變化情形。

長期監測武陵地區溪流生態系統，以瞭解人為與自然環境因子的關係，以及生態的過程與機制。調查溪流生態環境參數與藻類生物量與藻種組成間的變化，有助於完整建構武陵地區藻類生態資料。本計畫仍延續 2005~2008 年武陵長期生態監測研究與模式建構(WLTERM)的研究，並完全配合「台灣長期生態研究網」計畫所規劃的長期生態目標，以武陵地區溪流與司界蘭溪為研究地

點，依循先前所設立的永久測站，長期監測並整合先前研究(林幸助等，2008)所篩選出之重點監測項目之附生藻類時空動態變化資料，尤其是監測七家灣溪一號防砂壩改善前後，以及觀魚台上游果四區高濃度硝酸鹽污染改善前後的變化。

根據 WLTERM 研究計畫先前之資料顯示，石附生藻類生物量除了與營養鹽濃度、流速與水溫有相關外，也和取食石附生藻類的水棲昆蟲有關。因此本研究整合相關計畫研究項目，發展七家灣溪石附生藻類生物量的動態模式，其目的為：

1. 藉由方程式來描述藻類生物量與生物和非生物因子間的關係；
2. 探討並比較藻類生物量之實際觀測值與模擬值。

二、材料與方法

(一) 採集時間與樣點

本研究共有九個樣點(圖 1-1)，其中#10 司界蘭溪上游、#11 下游部分為乾季(2月)、濕季(6月)。司界蘭溪為考慮人員安全，故於颱風季節前進行監測，其餘樣點則為 2、4、6 月、颱風干擾後與 10 月，由於今年 7、8 月兩月無顯著降雨，故於颱風前(8/6)進行一次採集。但由於採集當天，颱風已明顯開始對台灣造成影響，為考量人員安全，在七家灣溪部分僅採集瀨、流兩區資料。8 月颱風後，各樣點流速變快，在一號壩上游處，因為流速太快太急，使致工作人員無法進入採集，故僅能採集瀨區資料。所以今年共有六次採樣時間。

司界蘭溪位於七家灣溪下游，為魚苗放流地點。採樣點位於環山部落，上游處為一開闊樣點，附近無農業干擾；司界蘭溪下游的濱岸為農業耕作區，河道因中間沙丘一分為二，右側河道為流速極高的區域，為考量人員安全僅採集河道左側的瀨區。

七家灣溪共有 5 個採樣點，由上游至下游分別為#2 桃山西溪、#4 觀魚台、#12 一號壩上游、#13 一號壩下游、#5 繁殖場，其中一號壩上、下游為本年度計畫新增樣點。其樣點特性分述如下：

#2 桃山西溪：位於武陵吊橋下方，可清楚區分瀨、流、潭三個微棲地。今年颱風並未對此樣點造成明顯變化。

#4 觀魚台：原名稱為一號壩樣點，位於觀魚台下游約 150 公尺處。為區隔新增的一號壩上、下游兩個樣點，故將此樣點更正為觀魚台。觀魚台河道與去年相比，河道已截彎取直，並從原本的左岸改至右岸。此樣點有明顯的瀨、潭區，流區不明顯。颱風後，流區明顯，瀨區流速相對變更快。

#12 一號壩上游：為一個開闊地形，河道位於左岸，左側有些許植被覆蓋，瀨、潭區明顯，流區位於潭的下游。颱風後除了 8 月流速變快無

法進入，故無法觀察棲地變化，但 10 月的採集中微棲地無明顯差異。

#13 一號壩下游：濱岸為陡峭的岩壁，相較於一號壩上游，此樣點較為鬱閉，有明顯的瀨、潭區，流區較不明顯。颱風後，潭區不明顯。

#5 繁殖場：為一開闊地形，河道寬度是調查樣點中最寬的地區，瀨、流區明顯可見，潭區較不明顯，可算是較深的流區。颱風後微棲地無明顯變化。

另外兩個樣點位於七家灣溪支流，分別為#8 高山溪與#9 有勝溪。高山溪為鬱閉的樣點，此樣點僅見瀨區，屬於流速較快的樣點。相對於高山溪，有勝溪為則為流速較慢的瀨區，且為人為干擾最頻繁的區域，經 WLTERM 研究計畫資料可知，有勝溪有較高的營養鹽且藻類相與上述的樣點有明顯的差異。在颱風後，高山溪樣點的下游有明顯崩塌，有勝溪無太大差異。10 月的採集中，高山溪與有勝溪的濁度變高，高山溪原因不明，有勝溪則是因為邊坡整修，造成樣區的破壞，上游處濱岸變窄，流速變快。

(二) 石附生藻類生物量監測

石附生藻類生物量的估計，根據 Parson et al.(1984)以葉綠素 *a* 的濃度進行估算。

在七家灣溪流域的樣點皆可找到瀨、流、潭區。於不同微棲地中，根據樣區石頭大小，隨機撿取與樣區粒徑類似的石頭，每個微棲地取重複三次。在司界蘭溪上、下游、高山溪及有勝溪，因為採集點上僅有瀨區，故以上四個樣點，每個樣點於上、下游各採集三個石頭。在瀨區多為大石頭分佈，故採樣時採集粒徑大小次於大石頭且可搬動的石塊。將採集的石頭移到岸邊，以牙刷刮取大於 12 cm² 面積的藻樣並紀錄採集面積，或是將石頭帶回管理站進行藻樣採集，並以溪水將藻樣沖入採集瓶中，馬上放入低溫且遮光的保溫袋中。依照採集的藻液體積，定量至整數的體積。將藻液以均質機均質後，吸取體積 10 c.c. 以上的藻液以孔徑 0.7µm 的玻璃纖維濾紙進行抽氣過濾，並以 90% 丙酮溶液進行

葉綠素 *a* 萃取，萃取過程遮光並置於 4°C 冰箱中，靜置隔夜後，於 24 小時內以分光光度計或螢光光度計(葉綠素 *a* 濃度過低時)進行葉綠素 *a* 測定。將此濃度除以刮取的藻樣面積，即為石附生藻類生物量。

(三) 石附生藻類生物量模式建構

我們考慮七家灣溪中影響石附生藻類生物量的因子有：附生藻生長速率(μ , d^{-1})、分離率(d , d^{-1})和水棲昆蟲對其的移除率(g , d^{-1})，以及外界擾動因子洪水事件的發生(f , d^{-1})(圖 1-2)。

根據方程式(1)，藻類生長速率與周遭環境中的溫度($f_1(T)$)、光輻射強度($f_2(L)$)和水體中營養鹽濃度($f_3(N, P, Si)$)有關。而根據 Liebig's 最小定律，藻類生長會受到最小資源來源的限制(方程式(2))。

$$\mu = \mu_{\max}(T_{ref}) \cdot (f_1(T), f_2(L), f_3(N, P, Si)) \dots \dots \dots (1)$$

$$IR = \min[Light, Nutrient] \dots \dots \dots (2)$$

溪流中的石附生藻類附著在溪底的石頭上，溪流流量的增加會增加對附生藻類的剪切力、懸浮微粒及底質所帶來的摩擦力，使得附生藻類生物量下降。水棲昆蟲中有許多不同的功能群，而本研究先考慮對石頭上附生藻有直接影響的刮食者，計算單位面積上的水棲昆蟲生物量。洪水為武陵溪流生態系裡的強大外界擾動因子，當其發生時會使得溪流裡的附生藻類生物量降至極低。我們希望藉由建立數學模式來描述影響七家灣溪石附生藻類生物量的各項因子，並能與附生藻類生物量的實際監測值吻合。

三、結果

(一) 石附生藻類生物量變化

今年本研究迄今共採集六次，分別是 2/11~12、4/10~11、6/18~19、8/6(颱風前)、8/16(颱風後)及 10/12。圖 1-3 顯示每月各樣點間石附生藻生物量分佈。就各月份樣點間生物量變化，除了在 2 及 4 月之外，有勝溪的生物量都明顯高於其他樣點。雖然其他樣點的平均生物量皆低於有勝溪，但在 2 及 4 月可見到七家灣溪中其他樣點的生物量皆有高於有勝溪的平均生物量，尤其在 4 月的觀魚台樣點中，可見到 217 mg m^{-2} 的葉綠素 *a* 濃度。在 8 月颱風前的採集中，由於桃山西溪無法進入採集，而七家灣溪中其他樣點並無採集潭區石附生藻類，從圖中僅能顯示瀨及流區資料，從圖 1-3 中可見有勝溪有明顯的生物量變化。

司界蘭溪於今年僅調查 2 及 6 月兩次，2 月平均生物量(上游為 13.9 mg m^{-2} ；下游為 29.0 mg m^{-2})明顯高於 6 月(上游為 0.66 mg m^{-2} ；下游為 2.09 mg m^{-2})。

就今年各樣區石附生藻類生物量變化而言(圖 1-4 a)，在颱風影響前，有勝溪於各月份中皆有較高的生物量($99.4\sim 125 \text{ mg m}^{-2}$)，平均生物量於 6 月時達到最高(125 mg m^{-2})。除了有勝溪外，生物量於 6 月時明顯下降，平均生物量為 $0.66\sim 14.2 \text{ mg m}^{-2}$ ，其中司界蘭溪上游的平均生物量最低，僅有 0.66 mg m^{-2} 。在 8 月颱風前的採集資料中，因沒有採集潭區資料，故各樣點間平均生物量皆明顯下降。圖 1-4 b 將有勝溪移除後可知，在 2 月的採集中，觀魚台的平均生物量僅次於有勝溪，平均為 50.7 mg m^{-2} ，其次為一號壩上游，平均為 31.0 mg m^{-2} 。在 4 月的採集中，同樣地，觀魚台的平均生物量僅次於有勝溪，平均為 57.7 mg m^{-2} ，其次為繁殖場，平均為 37.1 mg m^{-2} 。在 6 月的採集中，觀魚台的平均生物量同樣僅次於有勝溪，平均為 14.2 mg m^{-2} ，但生物量與有勝溪相差甚大，約為有勝溪的十分之一(圖 1-4 a)，其次是繁殖場，但生物量僅有 9.70 mg m^{-2} 。在經過八月莫拉克颱風影響後，各樣點深度及流速明顯增加(表 1-1)，各樣點的葉綠素 *a* 濃度幾乎為 0.0 mg m^{-2} ，直至 10 月的採集中，平均生物量

仍小於 1.0 mg m^{-2} 。

(二) 七家灣溪不同棲地石附生藻類生物量變化

從圖 1-5 中可知，七家灣溪的瀨區石附生藻類平均生物量都較同樣點的流及潭區來的低，尤其在四月，各樣點間平均生物量潭區都佔了一半以上。經 ANOVA 分析，七家灣溪棲地間石附生藻類生物量有顯著差異 ($p = 0.022$)，瀨區顯著低於流及潭區，流區與潭區在生物量上則無顯著差異。在 8 月颱風前由於無潭區資料，故生物量明顯低於 2、4、6 三個月份，至颱風後一直至 10 月的採集中，各微棲地的生物量皆相當低，平均皆為 $0.0 \sim 1.0 \text{ mg m}^{-2}$ 之間。

(三) 瀨區石附生藻類生物量變化

單從瀨區資料進行比較，各樣點生物量以有勝溪為最高，其生物量於 2 月開始升高，6 月時達最高峰，颱風前生物量開始下降(圖 1-6a)。其他樣點皆於 2 月達最高的生物量，高山溪為 37.6 mg m^{-2} 、桃山西溪為 34.1 mg m^{-2} ，觀魚台為 14.2 mg m^{-2} 。高山溪在 4 月時生物量下降為 15.3 mg m^{-2} ，桃山西溪為 31.5 mg m^{-2} ，觀魚台為 14.2 mg m^{-2} 。6 月之後，各樣點於瀨區的生物量明顯下降，在颱風後瀨區幾乎沒有石附生藻類出現(圖 1-6b)。

(四) 歷年平均瀨區石附生藻類生物量變化

從圖 1-7 來比較 2006 年 6 月至 2009 年 10 月間石附生藻類生物量變化，由趨勢來看，2007 與 2008 年皆有極高的生物量出現，都是出現在有勝溪，分別為 175 mg m^{-2} 與 239 mg m^{-2} ，今年為 125 mg m^{-2} (圖 1-7a)，今年 2、4 兩個月的平均生物量是前兩年高 2 倍以上，可能是因為今年春雨較少所致。

排除有勝溪後比較其他樣點(圖 1-7b)，高山溪與桃山西溪於冬季有顯著的生物量高峰出現。觀魚台則在 2008 年 7 月有明顯的高峰出現，至今年則是在 2 及 4 月有高峰值出現。

(五) 七家灣溪石附生藻類生物量模式

我們藉由方程式(3)，整合 μ 、 d 、 g 和 f 等四項因素所建構的數學模型，其中被用來描述光限制為 Michaelis-Menten 方程式，營養鹽限制則為 Monod 方程式。

$$\frac{dy}{dt} = \underbrace{\mu_{\max} y IR q^{T-T_{ref}}}_{\text{growth rate}} - \underbrace{C_{det} Q (y-x)}_{\text{detachment rate}} - \underbrace{10^{0.293} M^{0.87} N \alpha}_{\text{grazer removal rate}} - \underbrace{K_{flood}(Q)(y-x)}_{\text{flood event}}$$

$$IR = \min \left[\frac{L}{K_L + L}; \frac{C_N}{K_{C_N} + C_N} \right]; \text{ If } \begin{cases} Q \geq 50 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}, K_{flood}(Q) = 100 \text{ d}^{-1} \\ Q < 50 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}, K_{flood}(Q) = 0 \text{ d}^{-1} \end{cases} \dots(3)$$

其中 y 為藻類生物量(mg m^{-2})， μ_{\max} 為藻類最大生長速率(d^{-1})， q 為溫度常數， T 為溫度($^{\circ}\text{C}$)， C_{det} 為剝離常數(s m^{-3})， Q 為流量($\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$)， x 為初始的藻類生物量(mg m^{-2})， M 為平均每隻水棲昆蟲的乾重(mg)， N 為水棲昆蟲的數量(num m^{-2})， α 為食物利用度， K_{flood} 為洪水因子， L 為光輻射強度($\mu\text{E m}^{-2} \text{ min}^{-1}$)， K_L 為藻類的光半飽和濃度($\mu\text{E m}^{-2} \text{ min}^{-1}$)， C_N 為水體中營養鹽濃度(mg L^{-1})， K_{C_N} 為藻類之營養鹽半飽和濃度(mg L^{-1})。

石附生藻類生物量隨著時間推移而逐漸累積，直到洪水發生前。而洪水發生後，各樣站之石附生藻類生物量皆降低，之後又逐步回升(圖 1-8)。我們利用方程式(3)對三個測站進行模擬，並比較結果。發現三個測站在洪水發生前，模擬值如觀測值所預期，但在洪水發生後，模擬值並無如觀測值一樣回升，其中 #2 測站回升最多(圖 1-8a)。

四、討論

本研究針對七家灣溪及其支流與下游樣點之石附生藻類的監測結果顯示，觀魚台因受到果四區富含硝酸鹽農業污水的影響，石附生藻類的生物量僅次於有勝溪測站，再其次為新增之一號壩上游測站。新增之一號壩下游測站之石附生藻類生物量又比一號壩上游測站稍低。而高山溪、司界蘭溪下游、上游等測站的生物量仍相對較低，與往年的結果類似。

石附生藻類生物量會隨著環境因子的變化而有所影響，如農業活動所輸出之營養鹽、基質大小以及濱岸植被狀態等。高山溪為一個無人為開發的地區，植被完整且為原始林，且營養鹽濃度皆低於其他樣點。從本研究中可知，在颱風影響前，高山溪除了 2 月之外，藻類生物量明顯低於其他樣點。同樣的現象在 2007、2008 年冬季出現過，林幸助等(2008)曾指出可能是由於劇烈的環境變化使河道及其上方物理結構產生變化，或是暴雨將濱岸有機物質沖刷進入溪流中。另一個可能是高山溪屬於源頭溪流，有較多的矽酸鹽濃度輸入。矽酸鹽在該地區冬天水流量小，矽藻大量生長時可能會成為限制營養鹽，因此使得高山溪因為有高濃度矽酸鹽的輸入，而有大量的石附生矽藻生長。

在颱風影響前，6 月除有勝溪外，各測站之石附生藻類生物量皆明顯下降，推測為 5 月底因梅雨季大量降雨，導致七家灣溪、高山溪、司界蘭溪等測站因流量增加，導致石附生藻無法持續累積生物量。另外是本次採集前兩天山上仍有降雨，致使石附生藻生物量明顯下降。針對颱風前，比較各月份流速資料，發現不同月份的流速有顯著差異(ANOVA, $F=83.868$, $p<0.05$)，經 Scheffe 事後檢定發現，6 月流速(67.0 cm s^{-1})顯著高於 2(18.9 cm s^{-1})與 4(20.8 cm s^{-1})月。在 8 月颱風前的採集狀況，由於颱風已慢慢對七家灣溪造成影響，故流速已開始上升。為瞭解颱風後的影響，故選在 10 天後採集，從圖 1-9 可知七家灣溪各樣點微棲地流速明顯增加，在一號壩下游瀨區甚至可達 1.61 m s^{-1} ，連潭區的平均最低流速都可達 0.57 m s^{-1} 以上，在一號壩上游、下游兩處，由於

流速太快，水流太強，人員無法進行採集，故放棄流或潭區，而本月採集的資料，僅能採集河岸兩旁，人員都能安全的區域，所以樣點的流速與深度可能會有所低估。相隔兩個月後，七家灣溪各樣點的流速仍高，且 10 採集當天山上仍有零星降雨，可能影響藻類生物量的累積。將生物量與流速的關係作一散點圖(圖 1-10)，流速在 0.7 m s^{-1} 時，石附生矽藻因流速太快，無法快速累積生物量，故可知流速高低影響石附生藻生物量的累積甚鉅。

林幸助等(2007)曾指出瀨區皆有較高的石附生藻類生物量，而在 2008 年研究指出，在二號壩(七家灣溪流域)以瀨區的生物量最低，潭區最高，與本研究相似。但在各不同樣點間，流與潭區的比例會不同。在 4 及 6 月的採集中，發現在流、潭區有絲狀綠藻出現，而絲狀綠藻多生活於低流速的環境，因此導致流、潭區有較高的生物量。因此，在明年度的採集中，應特別注意絲狀藻著生的樣點，針對這些樣點分析石附生藻不同的葉綠素濃度，如葉綠素 *b* 與 *c* 等，來估算矽藻與絲狀藻的單位生物量。

從歷年的瀨區平均石附生藻類生物量變化來看，值得注意的是今年年初(也就是 6 月前)，武陵地區並無明顯降雨，以致於今年年初在有勝溪可見到比往年累積較多的生物量。今年有勝溪的生物量並沒有比往年高，真正原因並不清楚，但推測為 6 月採集前有梅雨的影響，在 8 月颱風前的採集，可能受到零星的降雨影響，或是藻種組成的變化，這有待明年加以觀察討論。

比較 WLTERM 計畫各測站之水體營養鹽濃度和水棲昆蟲等背景資料，#2 測站並無明顯比其他測站高。故推測模擬並不如預期在洪水發生後回升，是目前模擬的時間間距約為 50~70 天間，超過藻類生長繁殖週期的時間，造成計算上的誤差。而溪流中棲地不同，藻種組成與藻類生物量也不盡相同，故可能也是觀測值會有極大差異的原因。七家灣溪溪流藻種組成有四季變化，大多以矽藻為優勢種，而#7 測站在夏季時優勢種為絲狀藻，目前發展的數學模式主要以矽藻為模擬對象，故在夏季時有較大的誤差。在未來研究上，除了繼續改進模式的準確度與可行性，以期能達到更精準的預測外，也會嘗試探討當周遭環

境因子的改變，如何影響武陵溪流藻類的生物量。

五、結論與建議

(一) 結論

在颱風前，有勝溪於各月份間皆有較高的石附生藻類生物量平均為 99.4~125 mg m⁻²，其次為觀魚台、繁殖場、桃山西溪、一號壩下、上游，而高山溪、司界蘭溪下游、上游等測站的生物量相對較低。就月份而言，6 月的生物量最低，可能與梅雨季節降雨而產生較高的水流速有關。

颱風後，流速明顯增加，造成底質擾動，影響石附生藻類著生，故石附生藻類的生物量皆趨近於 0 mg m⁻²，直至 10 月為止，由於流速仍有 0.73~1.00 m s⁻¹，故生物量仍低於 1 mg m⁻²。

在七家灣溪流域的五個測站中，其瀨區的石附生藻生物量最低，在流與潭區皆有較高的生物量，推測可能因流速較低，使矽藻與綠色絲狀藻能不受流速影響，能累積較高的生物量。

石附生藻類生物量模式顯示洪水發生前，生物量隨著時間推移而逐漸累積。而洪水發生後，各樣站之石附生藻類生物量皆降低，之後又逐步回升。模擬值如觀測值所預期，因此洪水為影響石附生藻類生物量季節變化最主要環境因子。

(二) 建議

立即可行之建議

1. 石附生藻類生物量的監測結果顯示武陵農場果四區農業活動所導致之高濃度硝酸鹽污水仍持續進入七家灣溪，應立即亟思謀求改善對策。
2. 石附生藻類生物量可作為溪流流速與農業活動所導致營養鹽污水之監測指標。但進行溪流藻類監測之採樣與比較，應顧及各棲地所造成之差異。
3. 需統一各單位野外監測項目與採樣方法，持續建立濕地生態資料庫，可讓資料標準化及一致性，增進長期累積資料，以及時間地點間相互比較的效能。

主辦機關：雪霸國家公園管理處

98 年度武陵地區長期生態研究

協辦機關：退輔會武陵農場、農委會林務局保育組、台中縣政府農業處保育科

六、參考文獻

- 王漢泉，2002。「台灣河川水質魚類指標之研究」，環境檢驗所環境調查研究年報。207-236頁。
- 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。九十七年保育研究報告。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。
- Bednarek, A.T., 2001. Undamming Rivers: A Review of the Ecological Impacts of Dam Removal. *Environmental Management*, 27:803-814.
- Bredenhand, E., and Samways, M.J., 2009. Impact of a dam on benthic macroinvertebrates in a small river in a biodiversity hotspot: Cape Floristic Region, South Africa. *J Insect Conserv*, 13:297-307.
- Dodds, W.K., Smith, V.H. and Lohman, K., 2002. Nitrogen and phosphorus relationships to benthic algal biomass in temperate streams. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 59:865-874.
- Duong, T.T., Coste, M., Feurtet-Mazel, A., Dang, D.K., Gold, C., Park, Y., and Boudou, A., 2006. Impact of urban pollution from the Hanoi area on benthic diatom communities collected from the Red, Nhue and Tolich rivers (Vietnam). *Hydrobiologia*, 563:201-216.
- Fore, L.S., and Grafe, C., 2002. Using diatoms to assess the biological condition of large rivers in Idaho (USA). *Freshwater Biology*, 47:2015-2037.
- Hill, W.R., 1996. Effects of Light. in Stevenson, R.J., Bothwell, M.L. and Lowe, R.L., Editors,. *Algal Ecology - Freshwater Benthic Ecosystems*, Academic Press, New York, 122-148.
- Hill, W.R., Ryon, M.G., and Schilling, E.M., 1995. Light Limitation in a Stream Ecosystem: Responses by Primary Producers and Consumers. *Ecology*, 76:1297-1309.
- Jonathan, P.B., Adrian, C.G., Linda, A.D., Bruce, J.P., Karie, S., William, B.B., and Hershey, A.E., 2007. Recovery of three arctic stream reaches from experimental nutrient enrichment. *Freshwater Biology*, 52:1077-1089.
- Marina P., and Donald, F.C., 2007. Diatom metrics for monitoring eutrophication in rivers of the United States. *Ecological Indicators*,

7:48–70.

- Morin, S., Duong, T.T., Dabrin, A., Coynel, A., Herlory, O., Baudrimont, M., Delmas, F., Durrieu, G., Schäfer, J., Winterton, P., Blanc, G., and Coste, M., 2008. Long-term survey of heavy-metal pollution, biofilm contamination and diatom community structure in the Riou Mort watershed. South-West France. *Environmental Pollution*, 151:532-542.
- Neamtu, M., Ciomasu, I.M., Costica, N., Costica, M., Bobu, M., Nicoara, M.N., Catrinescu, C., Becker van Slooten, K., and De Alencastro, L.F., 2009. Chemical, biological and ecotoxicological assessment of pesticides and persistent organic pollutants in Bahlui River, Romania. *Environmental Science and Pollution Research*, 16:76-85.
- Okamura, H., Piao, M., Aoyama, I., Sudob, M., Okuboc, T., and Nakamura, M., 2002. Algal growth inhibition by river water pollutants in the agricultural area around Lake Biwa, Japan, *Environmental Pollution*, 117:411-419.
- Pan, Y., Stevenson, R.J., Hill, B.H., Kaufmann, P.R., and Herlihy, A.T., 1999. Spatial patterns and ecological determinants of benthic algal assemblages, stream slope, TP, TN and riparian canopy coverage. *Journal of Phycology*, 35:460-468.
- Parson, T.R., Maita, Y., and Lalli, C.M., 1984. Fluorometric determination of chlorophyllus. *in* A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergamon Press Inc., New York, USA. 1st ed., p.14-17
- Rosemond, A.D., Mulholland, P.J. and Elwood, J.W., 1993. Top-down and bottom-up control of stream periphyton: Effects of nutrients and herbivores. *Ecology*, 74:1264-1280.
- Salomoni, S.E., Rocha, O., Callegaro, V.L., and Lobo, E.A., 2006. Epilithic diatoms as indicators of water quality in the Gravataí river, Rio Grande do Sul, Brazil. *Hydrobiologia*, 559:233-246.
- Shuman, J.R. 1995. Environmental considerations for assessing dam removal alternatives for river restoration. *Regulated Rivers: Research and Management*, 11:249-261.
- Soininen, J. and Könönen, K., 2004. Comparative study of monitoring South-Finnish rivers and streams using macroinvertebrate and benthic diatom community structure. *Aquatic Ecology*, 38:63-75.
- Wood, P.J., and Armitage, P.D., 1997. Biological effects of fine sediment in the lotic environment. *Environmental Management*, 21:203–217.
- Yu, S.F. and Lin, H.J., 2009. Effects of agriculture on the abundance and

community structure of epilithic algae in mountain streams of subtropical Taiwan. *Botanical Studies*, 50:73-87.

表 1-1 各樣區流速與水流深度之平均表

Site	Month					
	Feb	Apr	Jun	Aug 颶風前	Aug 颶風後	Oct
桃山西溪 #2	0.14 (0.01 - 0.53)	0.13 (0.01 - 0.32)	0.56 (0.06 - 1.76)	0.63 (0.45 - 1.02)	0.73 (0.14 - 1.16)	0.47 (0.13 - 1.16)
觀魚台 #4	0.17 (0.03 - 0.31)	0.29 (0.06 - 0.59)	0.69 (0.18 - 1.26)	0.63 (0.45 - 1.02)	0.84 (0.47 - 1.02)	0.52 (0.23 - 0.97)
一號壩上游 #12	0.20 (0.03 - 0.53)	0.22 (0.07 - 0.52)	0.67 (0.11 - 1.03)	0.67 (0.40 - 1.15)	0.57 (0.29 - 0.88)	0.75 (0.41 - 1.22)
一號壩下游 #13	0.20 (0.03 - 0.53)	0.11 (0.04 - 0.32)	0.66 (0.10 - 1.33)	0.64 (0.51 - 0.80)	1.39 (1.04 - 1.70)	0.63 (0.25 - 1.03)
高山溪 #8	0.21 (0.06 - 0.51)	0.21 (0.03 - 0.33)	0.80 (0.61 - 0.98)	0.75 (0.07 - 1.16)	0.61 (0.16 - 1.06)	0.75 (0.21 - 1.24)
繁殖場 #5	0.18 (0.06 - 0.26)	0.27 (0.05 - 0.44)	0.67 (0.45 - 1.03)	0.68 (0.38 - 1.07)	1.04 (0.65 - 1.35)	0.68 (0.26 - 1.20)
有勝溪 #9	0.16 (0.05 - 0.33)	0.24 (0.12 - 0.42)	0.54 (0.28 - 0.85)	0.21 (0.17 - 0.28)	0.87 (0.53 - 1.17)	0.98 (0.64 - 1.17)
司界蘭溪上游 #10	0.30 (0.07 - 0.84)		0.80 (0.34 - 1.30)			
司界蘭溪下游 #11	0.17 (0.09 - 0.29)		0.70 (0.33 - 1.02)			
桃山西溪 #2	47.11 (16 - 104)	38.22 (16 - 72)	50.44 (33 - 78)	32.67 (24 - 44)	58.00 (16 - 94)	50.33 (27 - 104)
觀魚台 #4	38.22 (22 - 60)	42.89 (30 - 68)	45.11 (28 - 78)	32.67 (24 - 44)	56.00 (14 - 100)	57.56 (20 - 106)
一號壩上游 #12	42.00 (18 - 82)	36.00 (22 - 60)	48.11 (26 - 72)	27.33 (24 - 30)	26.67 (24 - 30)	67.00 (48 - 104)
一號壩下游 #13	45.56 (22 - 78)	48.89 (30 - 72)	51.78 (32 - 74)	34.67 (28 - 40)	40.67 (20 - 58)	49.78 (22 - 86)
高山溪 #8	23.33 (12 - 36)	27.00 (16 - 38)	38.00 (14 - 50)	32.33 (20 - 40)	48.00 (20 - 64)	28.00 (16 - 42)
繁殖場 #5	39.33 (16 - 68)	35.56 (14 - 52)	39.33 (20 - 66)	32.00 (22 - 42)	56.00 (20 - 86)	50.44 (30 - 90)
有勝溪 #9	22.67 (18 - 30)	23.67 (14 - 42)	18.17 (17 - 20)	23.33 (21 - 27)	21.33 (10 - 32)	27.67 (22 - 34)
司界蘭溪上游 #10	27.00 (8 - 44)		38.67 (30 - 50)			
司界蘭溪下游 #11	20.67 (16 - 26)		25.83 (18 - 36)			

數值表示方式為 mean (minimum - maximum)

(資料來源：本研究資料)

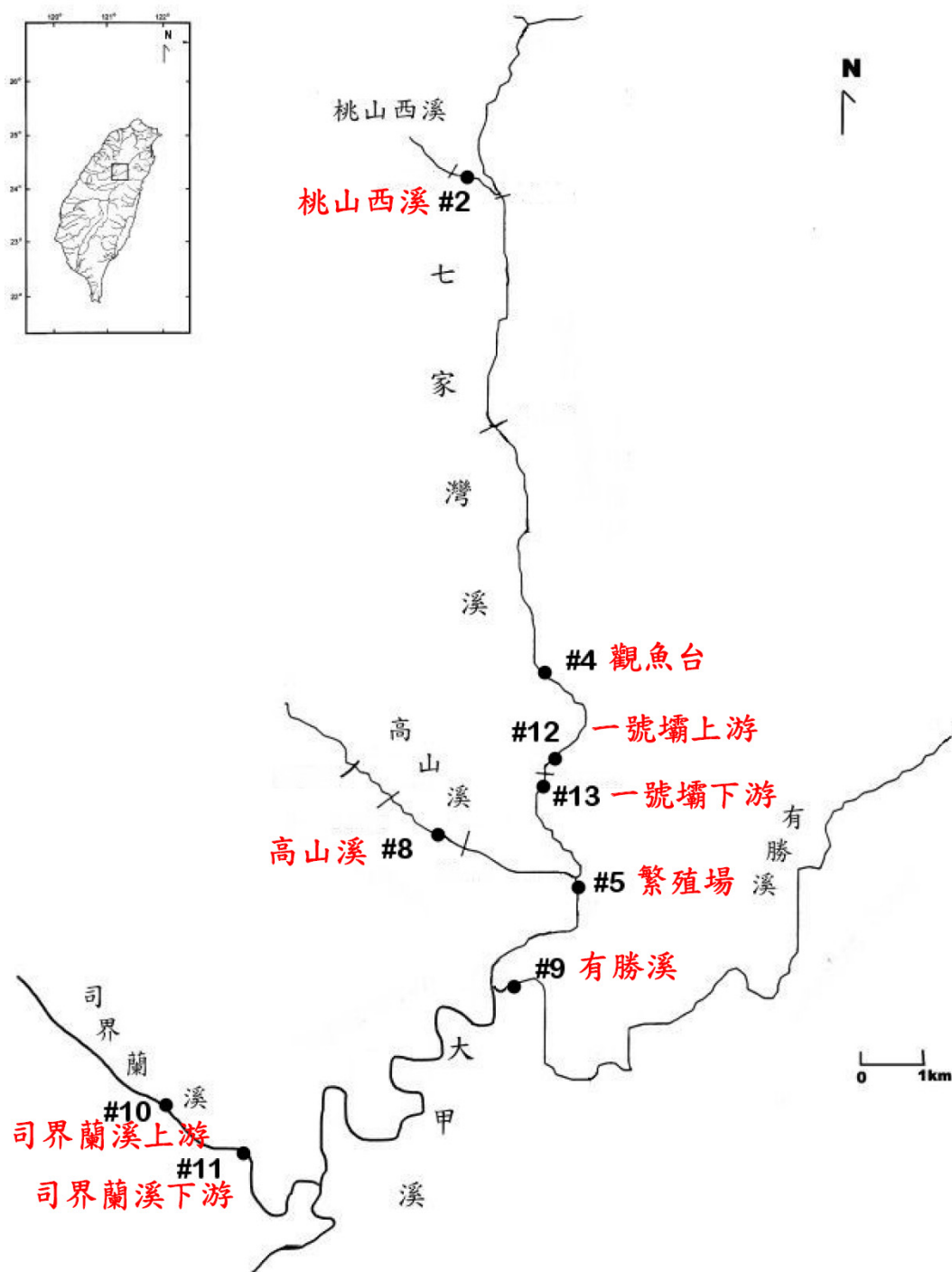


圖 1-1 2009 年本計畫樣點位置圖。
(資料來源：本研究資料)

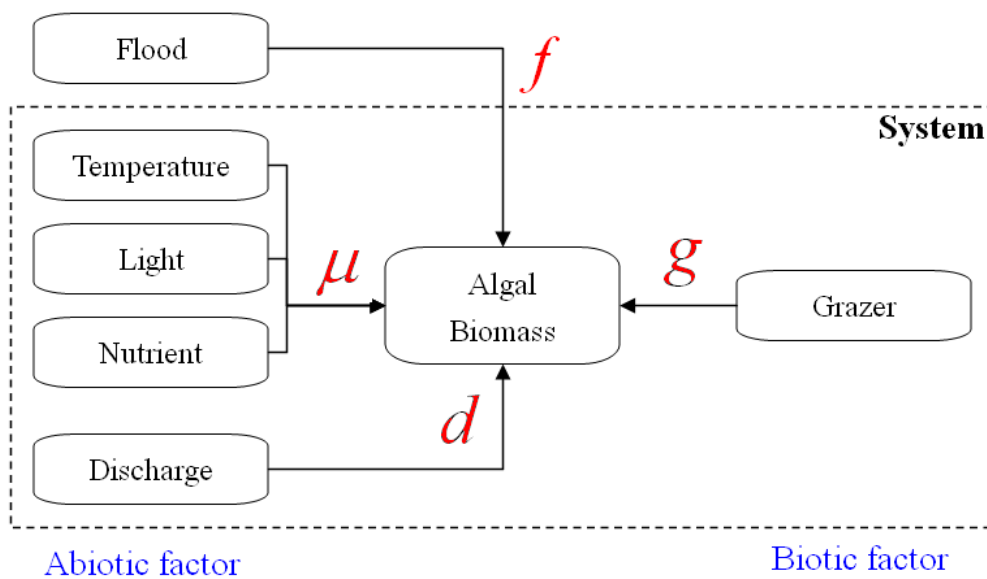
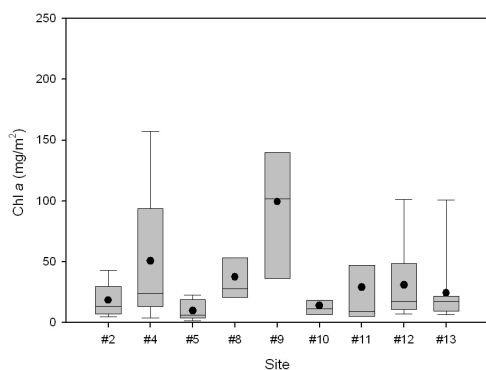
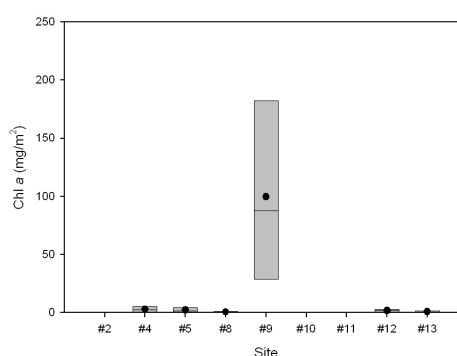


圖 1-2 七家灣溪石附生藻類生物量模式概念圖
(資料來源：本研究資料)

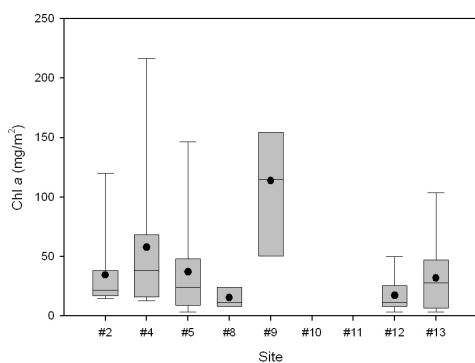
2009 Feb



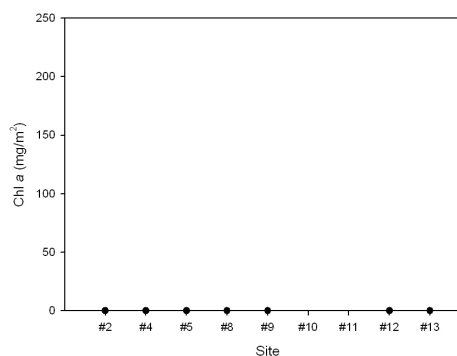
2009 Aug 颱風前(缺潭區資料)



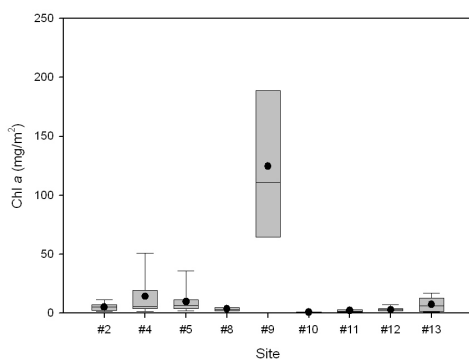
2009 Apr



2009 Aug 颱風後



2009 Jun



2009 Oct

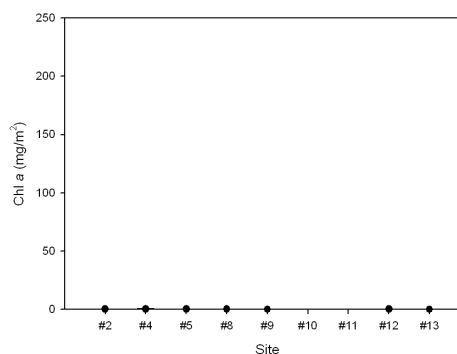


圖 1-3 2009 武陵地區各時間樣點石附生藻生物量箱型圖。
 (#2 桃山西溪、#4 觀魚台、#5 繁殖場、#8 高山溪、#9 有勝溪、#10 司
 界蘭溪上游、#11 司界蘭溪下游、#12 一號壩上游、#13 一號壩下游。
 ●為平均數)
 (資料來源：本研究資料)

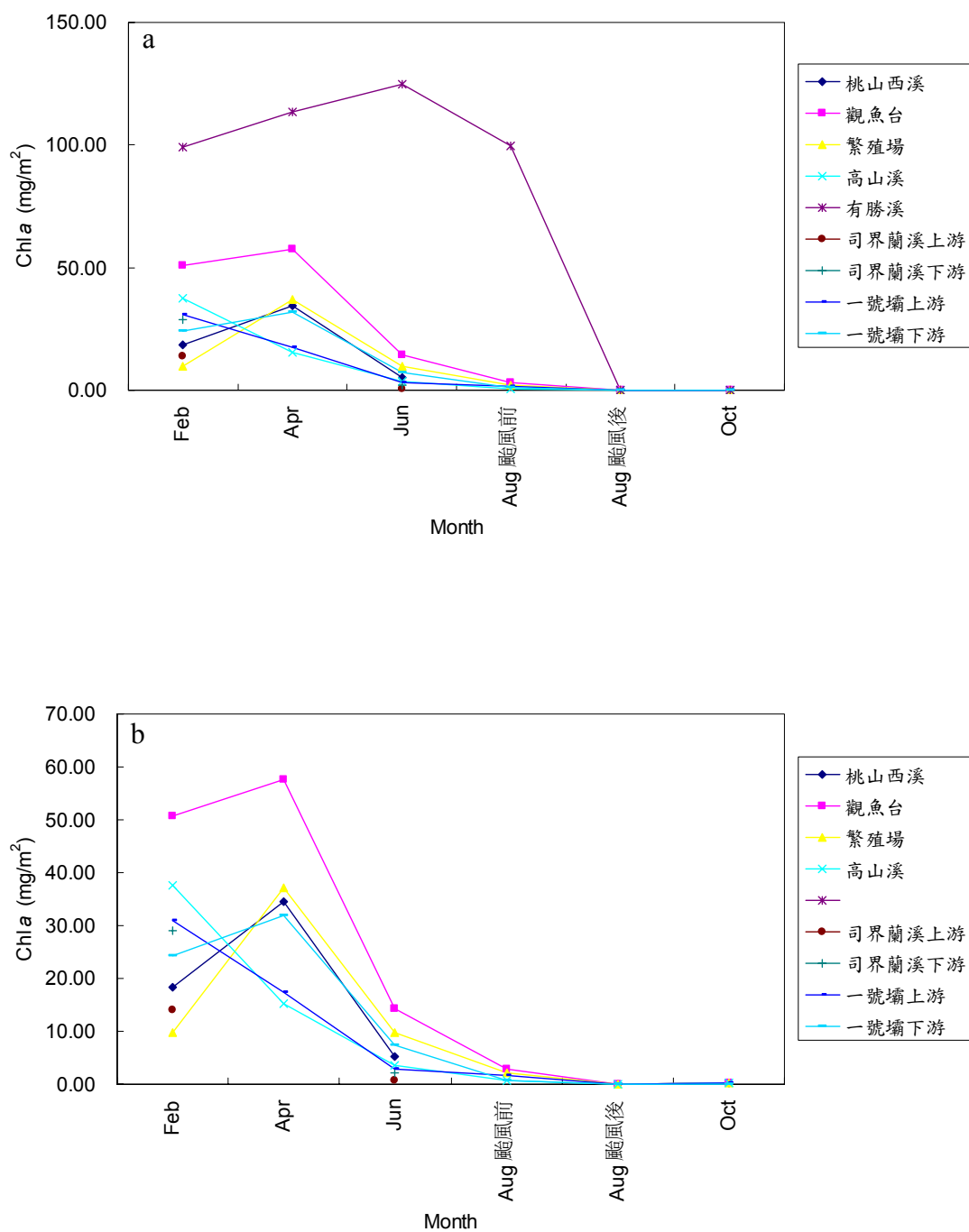


圖 1-4 2009 年各樣區石附生藻平均生物量曲線圖。
 (a) 各樣區平均生物量曲線圖；b 排除有勝溪後各樣區平均生物量曲線圖)
 (資料來源：本研究資料)

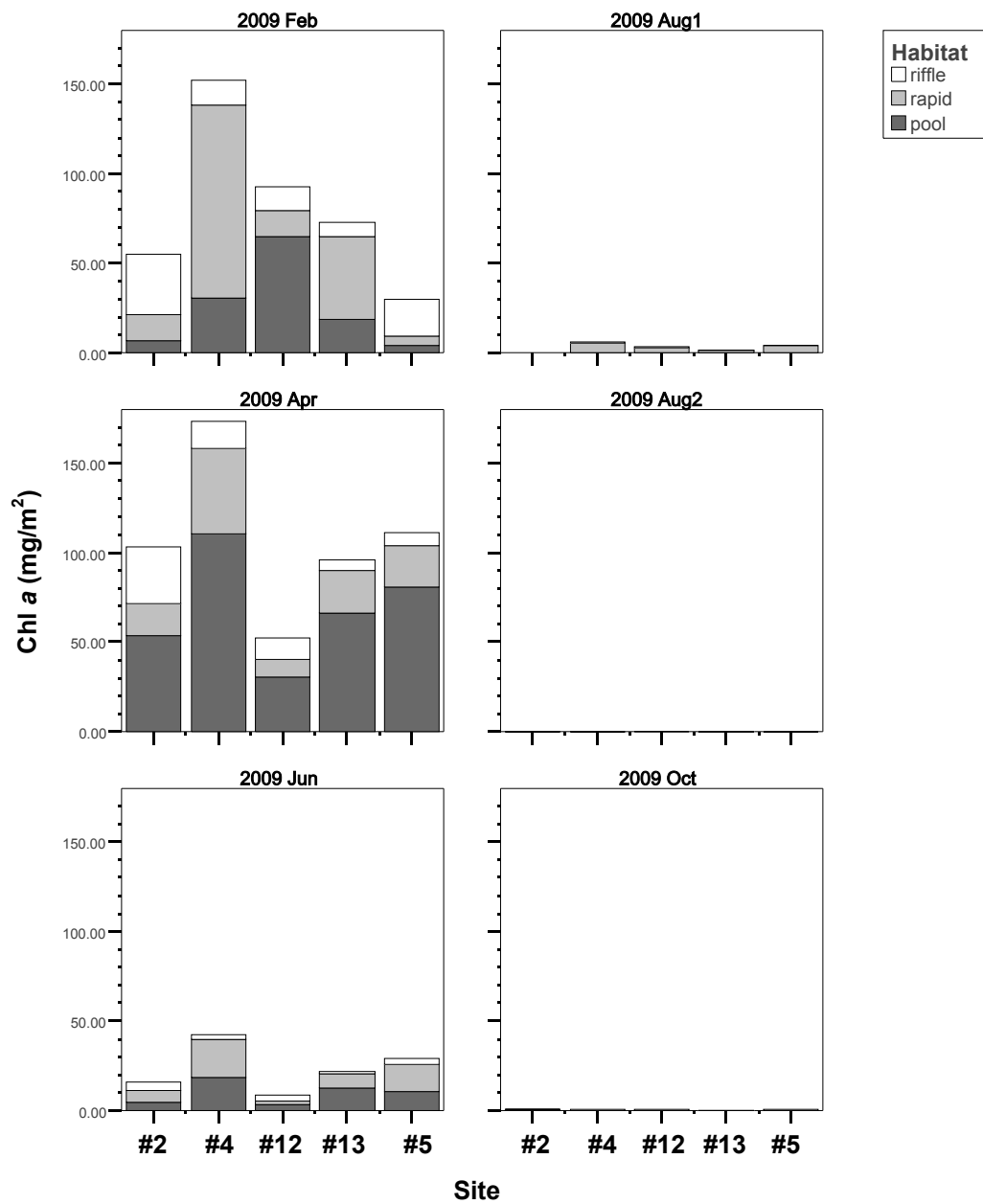


圖 1-5 七家灣溪五個樣點微棲地石附生藻生物量累積直方圖。
 (#2 桃山西溪、#4 觀魚台、#5 繁殖場、#8 高山溪、#12 一號壩上游、
 #13 一號壩下游。)
 (資料來源：本研究資料)

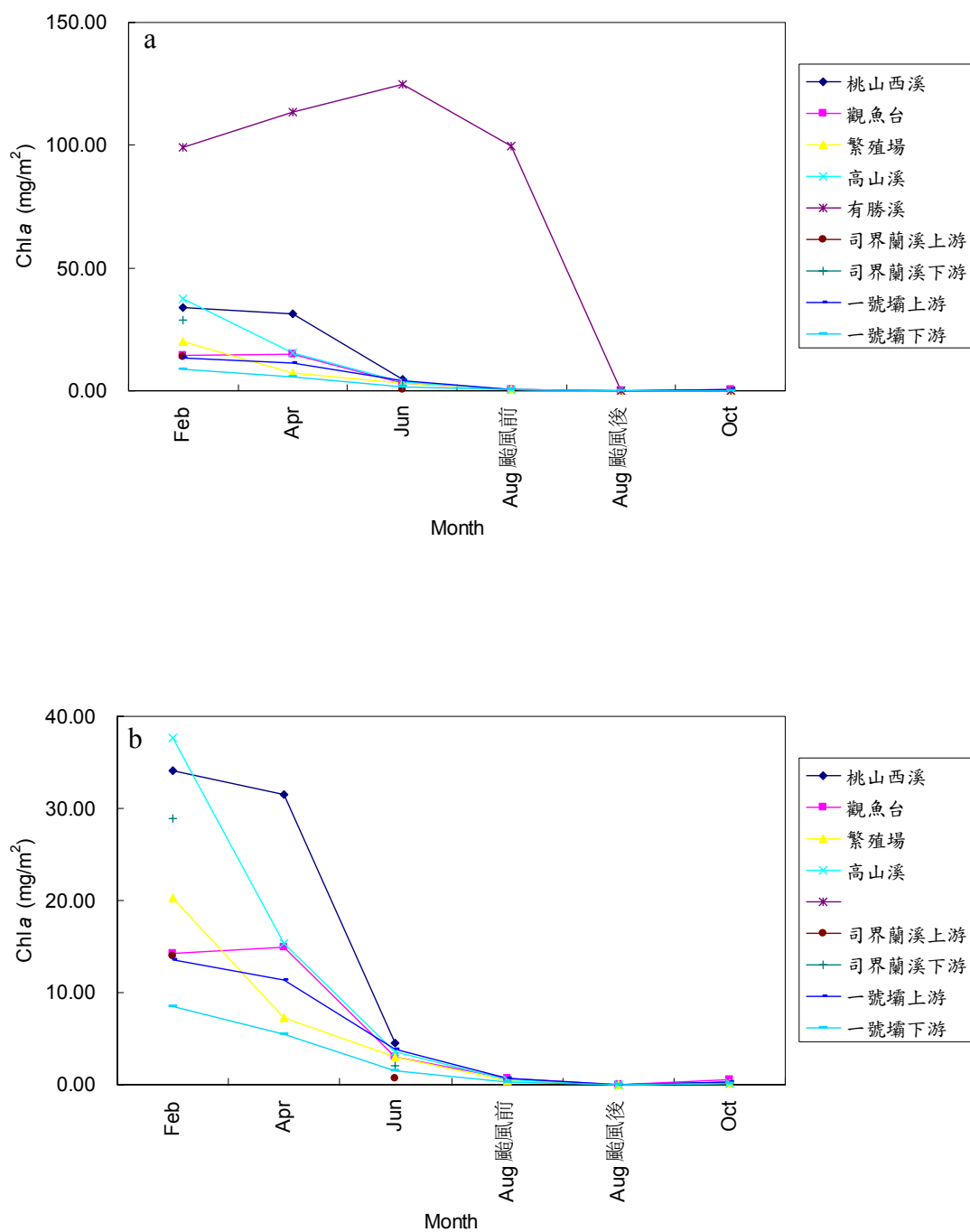


圖 1-6 2009 年各樣點瀨區石附生藻平均生物量曲線圖。
 (a) 各樣點瀨區平均生物量曲線圖；b 排除有勝溪後各樣點瀨區平均生物量曲線圖)
 (資料來源：本研究資料)

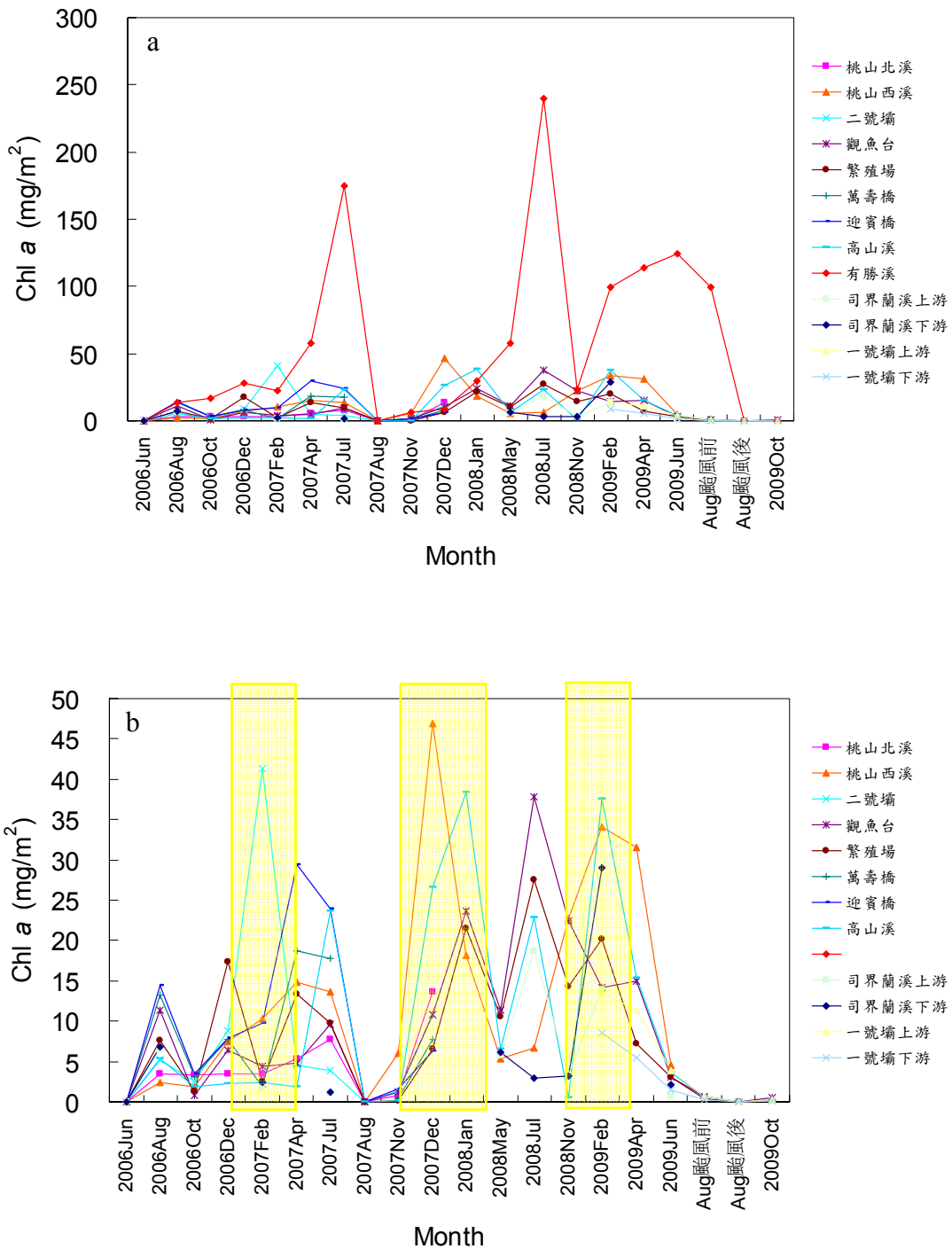


圖 1-7 2006 年 6 月至 2009 年 10 月間各樣點瀨區石附生藻平均生物量曲線圖。
 (a 各樣點瀨區平均生物量曲線圖；b 排除有勝溪後各樣點瀨區平均生物量曲線圖)
 (資料來源：本研究資料)

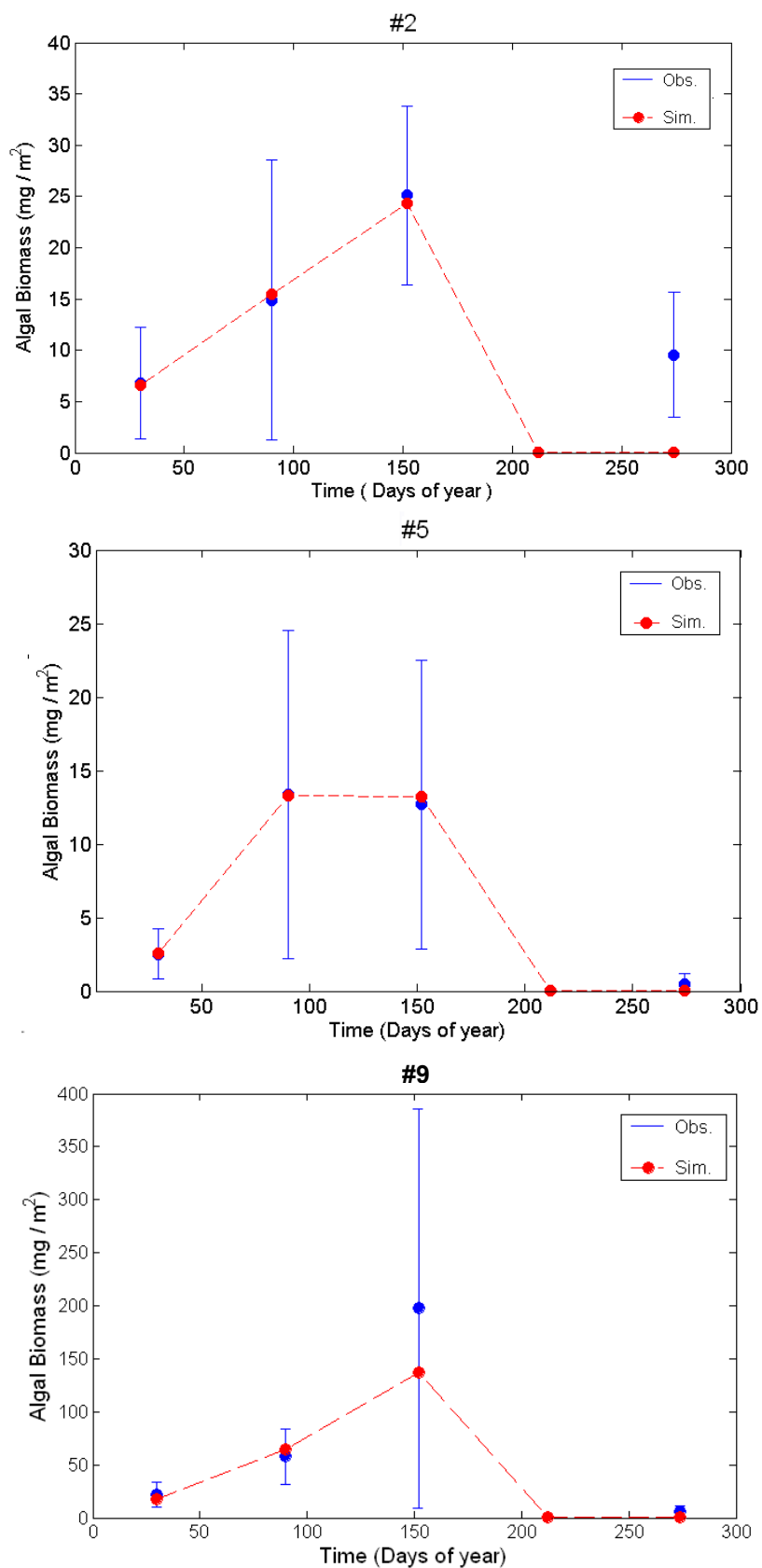


圖 1-8 三個測站之附生藻生物量野外觀測值(藍線)和模擬值(紅線)。圖 a 為#2 測站、圖 b 為#5 測站、圖 c 為#9 測站。野外觀測值(藍線)為平均值±SD。
(資料來源：本研究資料)

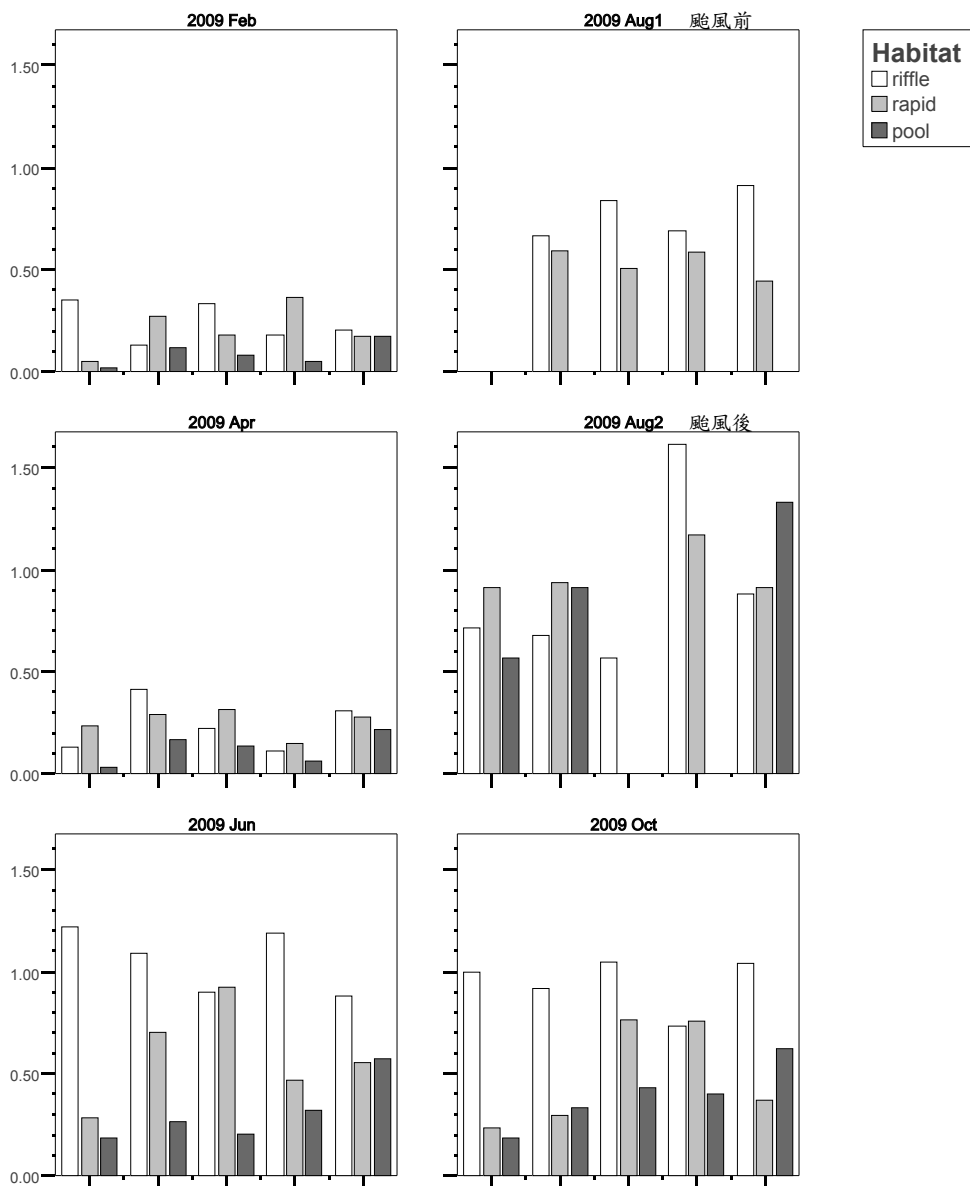


圖 1-9 七家灣溪五樣點間微棲地流速直方圖。
(資料來源：本研究資料)

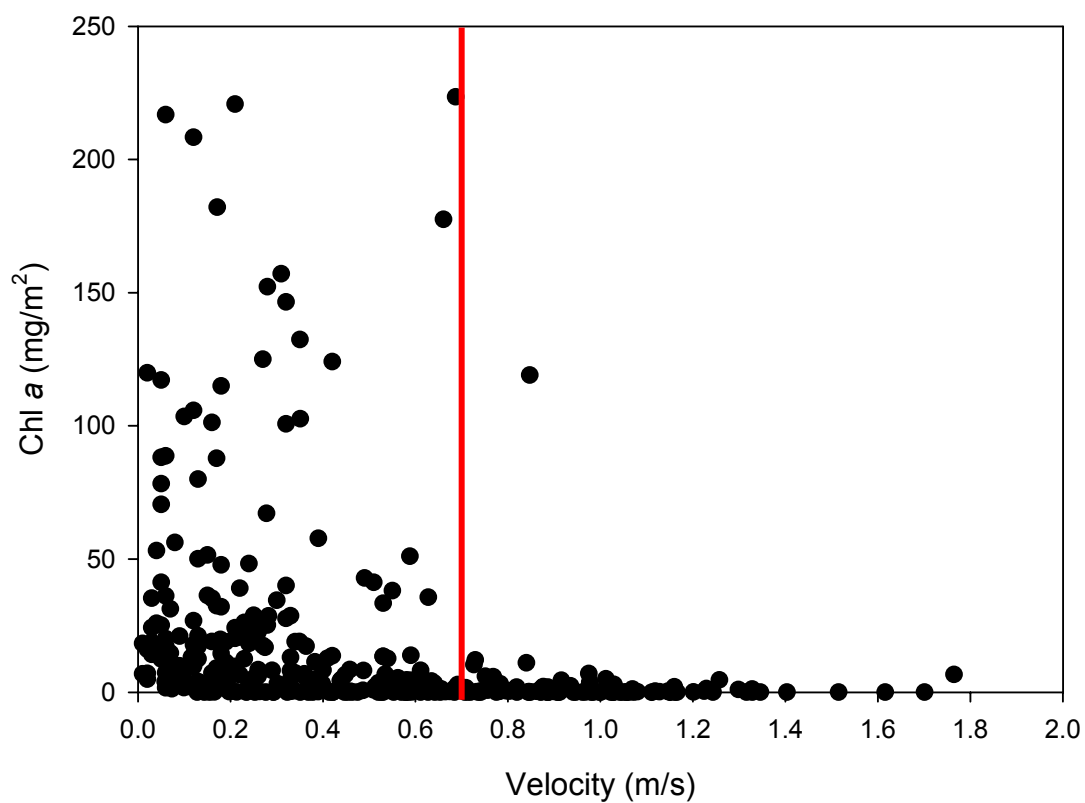


圖 1-10 流速與石附生藻生物量散點圖。
(資料來源：本研究資料)

第二章 物理棲地研究

葉昭憲、曾冠侑

逢甲大學水利工程與資源保育學系

摘 要

關鍵詞：台灣櫻花鉤吻鮭、七家灣溪、高山溪、防砂壩改善、河道演變、棲地組成

一、研究緣起

為瞭解防高山溪砂壩改善工程完成後之河道演變，並配合群體計畫之需求，本計畫對高山溪及十一處生態共同採樣區進行河道之縱、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

本年度沿用過去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

今年八月莫拉克颱風重創南台灣，但是 10 月份調查結果與 2 月及 6 月調查結果相較，無論是河道或地貌皆並無重大改變，而大部分河道淤多於沖。高山溪四號壩與三號壩間殘材壩，其主體架構目前趨於穩定。十月份調查中，而高山溪二號壩口之殘材堆積，則出現殘材與砂石減少之現象，但其高度仍約有四公尺高。相同地，約距高山溪與七家灣溪匯流口上游 100 公尺處的殘材壩亦出現溢流口處殘材與砂石之減少現象。七家灣溪一號壩上游坡度依舊平緩，約 0.01 上下，無太大變化。

四、主要建議事項

經調查結果，七家灣流域的河道大致上呈現穩定，但仍須持續監測，以觀察細小之變化，以對後續研究提供資料。

主辦機關：雪霸國家公園管理處

ABSTRACT

1. **Research Purpose:** To understand the transition of channel morphology after dam removal, this project implemented the longitude and cross sections survey and habitat composition analysis at Gau-shan Creek and eleven observation sites selected by group members of STMD.
2. **Method and Process:** This project applied the same survey and analysis methods used in past several years.
3. **Major Findings:** Even Typhoon Morakat of August severely damaged southern Taiwan, both the survey results of channel and habitat at October remain no apparent change to those applied at February and June. In general, there are more depositing reaches than degraded reaches. The woody debris dam between Dam #3 and Dam #4 of Gaushan Creek stays in the stable condition, while the large woody debris jam at the opening of Dam #2 lost some of the woody debris and sediment. Also, some of the woody debris and sediment flowed away from the woody debris dam located at the downstream channel of Dam #1. For Dam #2 of Chichiawan Creek, its slope of upstream channel keeps the same at 0.01 as usual.

【Keywords】 Gau-shan Creek, Dam Removal, Channel Morphology Change, Habitat Composition, Chi-Chia-Wan Creek, Woody Debris Dam

一、前言

在雪霸國家公園內，台灣櫻花鉤吻鮭是臺灣地區特有亞種的陸封型鮭魚，甚至在今日仍一直被視為國寶魚，這都顯示台灣櫻花鉤吻鮭保育工作之重要性。然而，近數十年來台灣櫻花鉤吻鮭的棲息環境生存條件（低水溫、高溶氧、水量充沛、覆蓋充分、豐富的無脊椎動物數量、無污染的環境及適於產卵的底質等）皆因為人為的影響而有所改變。其中，物理性之改變以防砂壩所造成水溫變化與族群阻隔最為明顯。計劃主持人自八十六年七月開始便針對防砂壩改善工程進行系列研究，在過去數年內分別對高山溪四座防砂壩之壩體改善方式提出建議。這是為了瞭解防砂壩改善工程完成後，高山溪河道縱橫斷面之演變以及其物理棲地組成及空間分佈狀況，本計畫除持續對高山溪河道斷面及 93 年自然損壞之七家灣溪二號石壩之上下游河道進行追蹤測量外，同時配合群體計畫在共同樣區進行測量、調查工作，以便群體計畫能夠提供雪霸國家公園在武陵地區生態管理上之參考。

二、 材料與方法

(一) 計畫範圍與執行期間

本年度計畫之研究範圍為高山溪四座防砂壩之觀測河段、七家灣溪二號石壩與原有的二號攔水堰間河道、七家灣溪一號壩上所設之共同採樣區與司界蘭溪，其所進行之持續性追蹤調查項目為河道之縱、橫斷面測量及物理棲地調查。計畫之執行期間為民國九十八年一月至民國九十八年十二月。

(二) 計畫流程及方法

本計畫之研究流程依序為確定研究目標與範圍、相關研究回顧、現場河道變化觀測、調查資料分析與比較等項目（如圖 2-1）。計畫執行之步驟如下：

1. 根據過去之研究及本年度之研究內容，於計畫開始實施的第一個月內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年度計畫目標。對高山溪之河道進行斷面測量及物理棲地調查，此外進一步的量測並估算河道中，各種棲地組成及分佈比例。
2. 對七家灣溪之二號石壩之上游河道 400 公尺及下游 200 公尺河道進行調查，對其現況與過去調查結果進行探討。
3. 對七家灣溪一號壩上游 100 公尺至壩下游 100 公尺進行調查，以對未來拆壩後有拆壩前之資料可做研究比對。
4. 調查七家灣溪上四處計畫共同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，希望能提供給予其它計畫執行時的環境因素方面的參考。
5. 結合現場調查和先前研究，提出高山溪河道與七家灣河道之變化趨勢與環境改變間之關連性，作為後續研究之實施目標與方向。

三、結果

(一)高山溪河道變化調查

高山溪流域中原有的四座防砂壩，陸續的在兩年半期間內（88年4月至90年9月）進行壩體的改善工程，壩體改善工程竣工後，天然渠道會自然條件的改變而有所的調整。為瞭解河床演變的趨勢及特性，本研究延續前幾年之調查，對於高山溪河道進行長期追蹤調查，並就壩體改善前後各斷面之高程及縱剖面深槽線的變化，透過圖表說明，作為河床演變與河床泥砂輸送之監控。

今年度計畫中總計對高山溪進行三次斷面調查，分別於2月、6月以及10月實施。經由調查，三號壩上游與殘材壩間的深潭，造成無法進行作業，故今年度三次測量調查結果，報告提供三號壩上游之殘材壩至匯流口處的河道調查資料。

1. 四號壩上游河道

由於今年三次的調查無法到達四號壩上游河道，故本年度報告無法提供四號壩上游河道的資料。

2. 三號壩上游河道

調查長度約150公尺至200公尺，搭配歷史資料互相比較，坡度無明顯變化，約3.8%上下。棲地型態以淺瀨為主，溪床無太多細砂之組成，以岩盤及巨大礫石為主。

3. 二號壩上游河道

高山溪二號壩上游至三號壩間的河道距離，為目前觀測之高山溪四個壩體之間間距最長的。由河道平均坡度的變化可以發現，整體而言此河段在枯水期間地形均呈現淤大於沖。除此之外，木質殘材頻繁的出現在此河段中，為數不少的漂流木集中於河道中，並且在其周邊形成淤積，進而朔造出多樣性的物理棲地，而在二號壩口的殘材壩，與下游河道仍存在著將近4公尺的落差，而在十月份調查時發現，溢流口處有部分木質殘材與砂石減少。

4. 一號壩上游河道

一號壩上游至二號壩之間的河道與二號壩上游至三號壩之間河道不論在河道長度、坡度變化河道型態上都相當類似；且此段特點是在於一號壩口上游處之河灘地廣闊，為高山溪河段中河道最寬之處，此乃因為壩體改善後土砂運移所造成。由於兩岸原本堆積的土石用於兩岸蛇籠之護岸工程，在之前流心轉向偏左後，使得左岸的蛇籠護岸有破損的現象，而其程度有越來越嚴重情形，而一號壩旁的蛇籠破損較嚴重。三次調查之河道坡度，皆約在 0.03 上下，無重大改變；今年度最後一次調查發現，一號壩上游左岸之蛇籠護岸，損毀嚴重。壩口處之水深造成此處的棲地形態為深潭。

5. 一號壩下游河道

一號壩以下到高山溪與七家灣溪匯流口之間，其坡度的變化及河道型態均與四號壩上游極為類似，屬於河道狹深且岸邊多岩盤的地形，再加上來自上游之泥砂量較大，且巨礫石較多，為階梯狀河床最明顯的區域。在今年十月份的調查，接近匯流口前的轉彎口的殘材壩，發現溢流口處也是部分的殘材與砂石都減少，但水面與溢流口高度依舊約為 2 公尺高，與 2 月及 6 月調查資料比較，高度依舊沒改變。

(二) 七家灣二號壩及其副壩河道斷面調查

本年度將進行七家灣溪第五次的全河道調查，並與去年所獲得的資料表比較。河道調查以桃山西溪與桃山北溪匯流口下游之七家灣溪三號壩為起點，終點則是七家灣溪與有勝溪匯流處，全長 6.1 公里。此部分將七家灣溪分成五個部份：三號壩下至二號壩上 400 公尺、二號壩上 400 公尺至二號壩下 200 公尺、二號壩下 200 公尺至一號壩、一號壩上 100 公尺至 1 號壩下 100 公尺與一號壩下至終點分別探討。

1. 三號壩下至二號壩上 400 公尺

本段測量起點為三號壩至二號壩上游 400 公尺處，約為 1200 公尺，河道坡度約為 0.0233，與去年度調查結果比較，河段整體坡度較緩，呈現淤大於沖之

現象，其壩下兩岸仍有多處崩塌，但多半在大雨或颱風過後被帶往下游，本河段河寬分布約為 30 至 40 公尺之間。

2. 二號壩上 400 公尺至二號壩下 200 公尺

本河段為各子計畫的共同樣區，七家灣溪二號壩之副壩於 91 年間因颱風豪雨之破壞，導致壩體發生破壞後，並導致水流經由壩體下方穿過並將副壩上游原有之淤砂逐漸帶走；目前二號副壩已幾乎完全沖毀。另一方面，也將二號壩的壩基造成嚴重的傷害，使得二號壩的壩基裸露出約有三公尺，對壩體的結構安全也產生了很大的威脅，二號壩口缺口也有持續加深的趨勢。而在二號壩的下游坡度相較二號壩上游是較為陡。河道各斷面之幾何變化及現況，可由圖 2-27~圖 2-33 及照片 2-22~照片 2-29 所示。另外，由於地形條件之影響以及床面存在許多巨礫及岩盤，導致斷面變化不大。此河段具有許多深潭（深度可達 80-90cm 以上）及急流，由此可知此河段之地形變化度大，而多樣的棲地環境能有效提供魚類的棲息及繁殖。

3. 二號壩下 200 公尺至一號壩

此河段起點位置在舊復育場下游處，一直延伸到一號壩上，其中包含了一號壩生態樣區。本河段全長約為 2500 公尺，河道坡度約為 0.033，此河段之河寬變化落差相當大，從 20 多公尺逐漸增加到觀魚台前約為 50 至 60 公尺，為相當平直的河道，兩岸有非常大量礫石所堆積成的灘地，在經過觀魚台的轉彎後，河道變得更加開闊，一號壩上游 500 公尺處至一號壩間為非常寬廣的區域，最寬處甚至超過 150 公尺，為本流域河道中寬度最為寬廣的區域，也因為河道平緩且河幅寬廣，所以本河段河流變化甚大，與之前調查資料相比，都發現流心有劇烈的改變。

4. 一號壩上 100 公尺至 1 號壩下 100 公尺

七家灣溪一號壩為傳統重力防砂壩，位於雪霸國家公園管理站西側之七家灣溪河道。上游因淤積而呈現平緩河道，其坡度約為 1% 上下。底石粒徑多以直徑 30cm 以下之砂石所組成；棲地類型以淺瀨為主。

一號壩下 100 公尺之測站，其坡度較為上游來的陡，坡度為 4%~5% 之間。棲地類型則以急流與淺瀨為主。位於一號壩下游右岸蛇籠之塌陷狀況較去年底嚴重，主因為上游水流偏於右岸，對於下游右岸蛇籠較易造成威脅及破壞。

5. 一號壩下至終點

本河段起點位在七家灣溪一號壩下，終點為七家灣溪與有勝溪匯流處；起點之七家灣溪一號壩為寬約 40 公尺，高約 20 公尺的攔砂壩，本段沿途會與高山溪匯流，並且包含新繁殖場與萬壽橋兩個生態採樣區。此區河段全長約為 1750 公尺，其中從一號壩到與高山溪匯流約為 770 公尺，而高山溪匯流口至終點約為 980 公尺，去年度調查發現一號壩下蛇籠已有損壞，且於今年度最後一次調查發現，經過今年三次颱風所帶來的大雨影響，其蛇籠呈現嚴重損壞，保護道路效果以不大。

四、討論

(一) 高山溪及七家灣溪物理棲地分析

本章節研究方法是在觀測河段中，每隔 20 公尺設置一穿越線，以針對溪流河道之流速、底質組成以及水深變化作調查。在棲地類型的分析部份則透過水流福祿數(Fr)的計算，對當地流況進行分析，進而推估其棲地類型分佈。另外，以現地粒徑大小，得知底質分布情形。最後，將所獲得之數據資料，進行研究物理棲地及底質的相關分析。

1. 流況及底質特性分佈

依據表 2-11 的分類標準產生表 2-12~表 2-16。調查發現，小型礫石的比例在枯水期提高，今年度最後一次的調查中發現，高山溪的河床組成大多集中在底質三、四為主，也就是卵石與粗石類型，而底質六(即大型礫石)比例有明顯增加之趨勢；而七家灣溪的情況與高山溪類似，粗石與卵石的比例還是佔大多數，從表 2-14 與表 2-18 可發現，今年的調查中，發現底質一以及底質二所佔百分比有下降的趨勢。在七家灣溪的部份，雖然粗粒化的趨勢已經緩和，今年十月份的調查中可以發現，各級粒徑也逐漸平均分布的現象，不過主要還是以底質三與底質四為數最多；至於七家灣溪二號石壩上下游的部份，主要的分佈皆是以底質三以上為主，在二月份時發現小型礫石比例有明顯增加趨勢。如此可知在本計劃之觀測河段中，底質粒徑的分布上主要會受豐枯水期的影響而雨季後粗粒化以及乾季因細泥沙沉積的現象發生。

2. 棲地環境類型分析

本研究利用棲地環境類型的分類(如表 2-23)。在今年度高山溪的調查中，棲地類型是以淺瀨所佔的比例最高且淺瀨比例幾乎均接近所有棲地之 50%以上，不過在九十七年 11 月份及九十八年 2 月份的調查發現，急流(Rapid)的部份有大量增加趨勢；而在七家灣溪方面也與高山溪類似，在二月份調查，急流(Rapid)的部份有大量增加趨勢。

而在乾濕季間的棲地變化情形上，淺瀨棲地的部份，一向是在本流域中最主要的棲地分佈類型，主要變化亦與乾濕季之流速變化有關，乾季時由於流速減緩使得部份比例的淺瀨成為緩流，但濕季時則因為流速增加，而水深過深，無法構成急流條件而無法使急流比例上升。在緩流棲地則與急流呈現相反的趨勢。最後則是深潭的部份，並未因乾季流量變小而減少，反而有可能由於濕季時將大量細顆粒帶走尚未回淤而使得深潭比例增加。

(二) 七家灣溪生態共同採樣區分析

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，除了在九處生態共同採樣區進行調查外(圖 2-49)，將繼續在司界蘭溪樣區調查。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。以下將個別對各樣區在本年度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。

測站 1. 桃山北溪

桃山北溪位於七家灣一號壩上游吊橋正下方，與桃山西溪匯流於一號壩上方，近幾次在測站範圍的平均坡度約為 2% 左右，但在今年的調查結果，有變緩之趨勢；而此河段中河道寬度相較於桃山西溪狹窄許多，河寬大都在 5~10 公尺左右。在本年度調查下發現河道呈現淤積現象，由斷面變化可看出流心有往左岸移動的變化趨勢。而在棲地分佈上，可以發現本河段以淺瀨比例最高，多半為 50% 以上且變化趨勢不大，但急流類型一直都是此測站欠缺的部分。至於底質分佈上，此河段均以類型三、四（卵石與粗石）為主。

測站 2. 桃山西溪

桃山西溪位於七家灣溪三號壩上游，與桃山北溪在三號壩上方匯留，測站範圍內河道大多寬於桃山北溪，約為 20~30 公尺左右，平均坡度可由下表 2-40 看出約有 2% 左右的坡降，有逐漸變緩之趨勢。此區域沒有太大的變動。而棲地分佈上，主要以淺瀨為主。底質方面均以碎石、卵石與粗石為主。但大型礫石之

比例有上升之趨勢。

測站 4. 觀魚台

觀魚台測站位於七家灣溪一號壩上，為緊接在觀魚台下游一段約 200 公尺的河道，本年度測站範圍內平均坡度均在約 2%，此河段河寬較為寬闊，約為 40 公尺左右，右岸部份有大量的土砂堆積。而棲地分佈上，本河段以淺瀨為主，站 70% 以上。而在底質分佈上，今年度調查粒徑有變大的趨勢。

測站 5. 新繁殖場

新繁殖場的位址起點始於高山溪與七家灣溪的匯流口，長約 100 公尺，河道頗為寬闊，多在 25~30 公尺間，測站範圍內水深也較其他樣區來的深，尤其是在匯流口處。平均坡度約將近 2% 左右的坡降。在棲地分佈上，可以發現本河段的調查中，幾乎集中於淺瀨類型，棲地單一化的情形嚴重。至於底質分佈上，粗細顆粒分布可稱為平均，從碎石、卵石、粗石至小型礫石與大型礫石均有出現，主要是粗石部分，站 50% 以上。

測站 6. 萬壽橋

萬壽橋測站位於有勝溪與七家灣溪匯流口的上游約 100 公尺處，測站範圍內平均坡度變化不大，大約都在 2.5% 左右。此河段河道寬度變化較大，河寬的分布 8~26 公尺皆有，主深槽主要偏於右岸。在匯流口附近有發現淤積的現象，大致上來說河道斷面的變化不會相當大。而在棲地分佈上，淺瀨佔 60% 左右，少數為急流與緩流。至於底質分佈上，此區域的粒徑分佈偏大，粗石、小型礫石與大型礫石出現的比率較其他樣區高。

測站 7. 迎賓橋

迎賓橋測站起點位於有勝溪與七家灣溪的匯流口下，屬於大甲溪流域。樣區全長約 200 公尺，測站範圍內地勢相當平坦，平均坡度約為 1.5% 左右的坡降，今年調查與去年度調查發現，河道呈穩定減緩趨勢，另外此河段中河道寬度為所有樣區中最大的，有的河段河寬大都分甚至達 40 公尺。本流域無明顯變化，流心仍維持於右岸。在棲地分佈上，本測站以前本是調查樣區中棲地多樣性突出

的，雖然以淺瀨為主，但是其他棲地類型相較於他處有明顯較多的現象，但在今年的調查中發現，幾乎以與淺瀨為主，棲地單一化嚴重。至於底質分佈上，以卵石與粗石為主，是所有測站中，底質分布較均勻的。

測站 9. 有勝溪

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，棲地單一化為所有調查樣區之最，主要為淺瀨。而在底質分佈上，主要以碎石與卵石為主。

測站 10. 司界蘭溪上游段

司界蘭溪上游段測站位於司界蘭溪舊壩上游約 1 公里處。測站區域的範圍河寬相當寬廣，寬度有達到 40 公尺之多，平均坡度約在 3% 左右的坡降。先前調查發現，流心已有往右岸偏移的現象，此區地貌變化頗大，經常有木質殘材堆積。在棲地分佈上，本測站以淺瀨與急流為主，但在本年度 6 月及 10 月調查中發現，棲地類型呈現單一化，以淺瀨為主。至於底質分佈上較為平均，各種粒徑都有，但是還是以底質三到底質四之間為主要類型。

測站 11. 司界蘭溪下游段

司界蘭溪下游段測站位於司界蘭溪舊壩下，全長約 200 公尺之調查樣區。測站以舊壩為起點，平均坡度約在 5% 左右的坡降，但在 10 月份之調查發現其坡度降為 2%。河道主深槽在右岸，左岸為高灘地。而在棲地分佈上，還是以淺瀨與急流為主要分佈類型，但在 6 月及 10 月調查中發現，棲地類型逐漸轉變為淺灘，急流消失，其原應可能坡度減緩，急流減少。至於底質分佈上，粒徑較多樣化，但主要以碎石、卵石與粗石為主要底質。

五、結論

(一) 結論

1. 本年度調查部分：今（九十八）年度研究計畫共針對高山溪、七家灣溪二號壩上下游與共同生態採樣區進行三次河道斷面以及棲地底質調查，調查時間分別為二月、六月與十月；此外，並於十一月對七家灣溪全河道進行第五次全河道測量調查，其範圍為七家灣溪三號壩至七家灣溪與有勝溪匯流處。針對調查結果，歸納成以下重點。

(1)由於去七月的卡玫基、鳳凰及九月的辛樂克連續三個颱風的影響，造成高山溪、七家灣溪與共同樣區河道與地貌上的改變。而在今年莫拉克颱風重創南台灣，對於位在中北部的七家灣流域，影響不大，所造成今年度大部份的測站中的河道，淤多於沖。

(2)位於高山溪各個殘材壩，其二號壩之殘材壩與會六口上游約 100 公尺處之殘材壩，溢流口處皆有部分殘材與砂石減少，但其溢流口至下游水面高度依舊無改變，對於迴游性的鮭魚，仍是障礙。

(3)高山溪三號壩上游 160 公尺處，由於殘材壩造成下游深潭，所以今年度高山溪資料以殘材壩為起點至匯流口。

表 2-1 高山溪三號壩上游床面平均坡降表

測量日期	改善前	2007/06	2007/09	2009/02	2009/06	2009/10
平均坡降	0.0607	0.036	0.052	0.038	0.030	0.038

(資料來源：本研究資料)

表 2-2 高山溪二號壩上游床面平均坡降表

測量日期	2001/02 前	2008/07	2008/11	2009/02	2009/06	2009/10
平均坡降	0.0227	0.033	0.030	0.030	0.030	0.029

(資料來源：本研究資料)

表 2-3 高山溪一號壩上游床面平均坡降表

測量日期	2001/02 前	2008/07	2008/11	2009/02	2009/06	2009/10
平均坡降	0.0200	0.030	0.030	0.032	0.029	0.029

(資料來源：本研究資料)

表 2-4 高山溪一號壩下游床面平均坡降表

測量日期	2001/02 前	2008/07	2008/11	2009/02	2009/06	2009/10
平均坡降	0.1072	0.041	0.043	0.040	0.040	0.040

(資料來源：本研究資料)

表 2-5 七家灣溪三號壩下至二號壩上 400 公尺平均坡降表

測量日期	2006/12	2007/12	2008/11	2009/10
平均坡降	0.028	0.029	0.023	0.023

(資料來源：本研究資料)

表 2-6 七家灣溪二號壩上游床面平均坡降表

測量日期	2008/07	2008/11	2009/02	2009/06	2009/10
平均坡降	0.034	0.03	0.028	0.030	0.033

(資料來源：本研究資料)

表 2-7 七家灣溪二號壩下游床面平均坡降表

測量日期	2008/07	2008/11	2009/02	2009/06	2009/10
平均坡降	0.0368	0.0331	0.039	0.053	0.035

(資料來源：本研究資料)

表 2-8 一號壩下游床面平均坡降表

測量日期	2006/12	2007/11	2008/11	2009/10
平均坡降	0.019	0.020	0.020	0.021

(資料來源：本研究資料)

表 2-9 測站一號壩上游床面平均坡降表

測量日期	2007/11	2008/11	2009/04	2009/06	2009/10
平均坡降	0.0095	0.0115	0.0131	0.0109	0.013

(資料來源：本研究資料)

表 2-10 測站一號壩下游床面平均坡降表

測量日期	2007/11	2008/11	2009/04	2009/06	2009/11
平均坡降	0.0394	0.0515	0.0525	0.0396	0.0324

(資料來源：本研究資料)

表 2-11 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 2-12 2009 年 10 月高山溪各河段之棲地底質分佈比例

位置 \ 底質	底質					
	1	2	3	4	5	6
四號壩以上	-	-	-	-	-	-
三號壩至四號壩	0.0%	6.7%	0.0%	16.7%	13.3%	63.3%
二號壩至三號壩	4.8%	7.2%	25.3%	48.2%	4.8%	9.6%
一號壩至二號壩	1.2%	6.2%	16.0%	42.0%	6.2%	28.4%
一號壩以下	1.2%	7.4%	11.1%	48.1%	4.9%	27.2%

(資料來源：本研究資料)

表 2-13 2009 年 6 月高山溪各河段之棲地底質分佈比例

位置 \ 底質	底質					
	1	2	3	4	5	6
四號壩以上	-	-	-	-	-	-
三號壩至四號壩	0.0%	13.3%	3.3%	13.3%	10.0%	60.0%
二號壩至三號壩	3.6%	6.0%	44.0%	35.7%	0.0%	10.7%
一號壩至二號壩	1.3%	6.4%	29.5%	34.6%	1.3%	26.9%
一號壩以下	1.2%	3.7%	28.4%	38.3%	2.5%	25.9%

(資料來源：本研究資料)

表 2-14 2009 年 2 月高山溪各河段之棲地底質分佈比例

位置 \ 底質	1	2	3	4	5	6
四號壩以上	-	-	-	-	-	-
三號壩至四號壩	3.3%	0.0%	0.0%	13.3%	23.3%	60.0%
二號壩至三號壩	1.3%	10.0%	18.8%	47.5%	6.3%	16.3%
一號壩至二號壩	1.1%	3.4%	19.5%	34.5%	12.6%	28.7%
一號壩以下	1.2%	4.8%	32.1%	36.9%	2.4%	22.6%

(資料來源：本研究資料)

表 2-15 2008 年 11 月高山溪各河段之棲地底質分佈比例

位置 \ 底質	1	2	3	4	5	6
四號壩以上	-	-	-	-	-	-
三號壩至四號壩	-	-	-	-	-	-
二號壩至三號壩	0.0%	31.7%	68.3%	0.0%	0.0%	0.0%
一號壩至二號壩	0.0%	33.3%	65.4%	1.3%	0.0%	0.0%
一號壩以下	0.0%	8.6%	90.1%	1.2%	0.0%	0.0%

(資料來源：本研究資料)

表 2-16 2008 年 7 月高山溪各河段之棲地底質分佈比例

位置 \ 底質	1	2	3	4	5	6
四號壩以上	-	-	-	-	-	-
三號壩至四號壩	-	-	-	-	-	-
二號壩至三號壩	6.2%	4.9%	16.0%	46.9%	25.9%	0.0%
一號壩至二號壩	3.6%	13.1%	6.0%	54.8%	22.6%	0.0%
一號壩以下	3.2%	0.0%	8.6%	7.5%	80.6%	0.0%

(資料來源：本研究資料)

表 2-17 2009 年 10 月七家灣溪二號石壩上下游之棲地底質分佈

位置 \ 底質	1	2	3	4	5	6
二號石壩以上	0.0%	3.7%	14.8%	33.3%	22.2%	25.9%
二號石壩以下	2.4%	0.0%	4.8%	47.6%	9.5%	35.7%

(資料來源：本研究資料)

表 2-18 2009 年 6 月七家灣溪二號石壩上下游之棲地底質分佈

位置 \ 底質	1	2	3	4	5	6
二號石壩以上	0.0%	7.2%	17.4%	42.0%	11.6%	21.7%
二號石壩以下	0.0%	2.22%	11.11%	33.33%	6.67%	46.67%

(資料來源：本研究資料)

表 2-19 2009 年 2 月七家灣溪二號石壩上下游之棲地底質分佈

位置 \ 底質	1	2	3	4	5	6
二號石壩以上	1.4%	5.8%	26.1%	66.7%	0.0%	0.0%
二號石壩以下	0.0%	0.0%	26.2%	73.8%	0.0%	0.0%

(資料來源：本研究資料)

表 2-20 2008 年 11 月七家灣溪二號石壩上下游之棲地底質分佈

位置 \ 底質	1	2	3	4	5	6
二號石壩以上	0.0%	10.6%	40.9%	36.4%	10.6%	1.5%
二號石壩以下	0.0%	6.7%	36.7%	33.3%	10.0%	13.3%

(資料來源：本研究資料)

表 2-21 2008 年 7 月七家灣溪二號石壩上下游之棲地底質分佈

位置 \ 底質	1	2	3	4	5	6
二號石壩以上	1.4%	5.8%	26.1%	66.7%	0.0%	0.0%
二號石壩以下	0.0%	0.0%	26.2%	73.8%	0.0%	0.0%

(資料來源：本研究資料)

表 2-22 2008 年 11 月七家灣溪全河道之棲地底質分佈比例

位置 \ 底質	1	2	3	4	5	6
三號壩至二號壩	2.3%	3.8%	13.6%	37.9%	17.4%	25.0%
二號壩至一號壩	2.2%	5.2%	20.7%	49.6%	5.9%	16.3%
一號壩至匯流口	2.8%	8.3%	7.6%	31.9%	10.4%	38.9%

(資料來源：本研究資料)

表 2-23 棲地環境類型分析

福祿數大小	Fr<0.095	0.095<Fr<0.255	0.255<Fr<1	Fr>1
棲地型態	Pools	Slow water	Riffles	Rapids

(資料來源：本研究資料)

表 2-24 2009 年 10 月高山溪棲地環境類型分析

棲地類型 位置	Rapids	Riffles	Slow water	Pools
四號壩以上	-	-	-	-
三號壩至四號壩	0.00%	90.00%	0.00%	10.00%
二號壩至三號壩	0.00%	82.14%	17.86%	0.00%
一號壩至二號壩	3.70%	70.37%	25.93%	0.00%
一號壩以下	0.00%	74.07%	25.93%	0.00%

(資料來源：本研究資料)

表 2-25 2009 年 6 月高山溪棲地環境類型分析

棲地類型 位置	Rapids	Riffles	Slow water	Pools
四號壩以上	-	-	-	-
三號壩至四號壩	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%
二號壩至三號壩	0.00%	92.86%	3.57%	3.57%
一號壩至二號壩	0.00%	85.71%	14.29%	0.00%
一號壩以下	0.00%	88.89%	11.11%	0.00%

(資料來源：本研究資料)

表 2-26 2009 年 2 月高山溪棲地環境類型分析

棲地類型 位置	Rapids	Riffles	Slow water	Pools
四號壩以上	-	-	-	-
三號壩至四號壩	3.3%	0.0%	0.0%	13.3%
二號壩至三號壩	1.3%	10.0%	18.8%	47.5%
一號壩至二號壩	1.1%	3.4%	19.5%	34.5%
一號壩以下	1.2%	4.8%	32.1%	36.9%

(資料來源：本研究資料)

表 2-27 2008 年 11 月高山溪棲地環境類型分析

棲地類型 位置	Rapids	Riffles	Slow water	Pools
四號壩以上	-	-	-	-
三號壩至四號壩	-	-	-	-
二號壩至三號壩	63.41%	34.15%	2.44%	0.0%
一號壩至二號壩	49.23%	49.23%	1.54%	0.0%
一號壩以下	30.16%	66.67%	1.59%	1.59%

(資料來源：本研究資料)

表 2-28 2008 年 7 月高山溪棲地環境類型分析

棲地類型 位置	Rapids	Riffles	Slow water	Pools
四號壩以上	-	-	-	-
三號壩至四號壩	-	-	-	-
二號壩至三號壩	48.72%	48.72%	0.0%	2.56%
一號壩至二號壩	57.14%	42.86%	0.0%	0.0%
一號壩以下	50.88%	43.86%	5.26%	0.0%

(資料來源：本研究資料)

表 2-29 2009 年 10 月七家灣溪二號石壩上下游棲地環境類型分析

棲地類型 位置	Rapids	Riffles	Slow water	Pools
二號石壩以上	11.1%	88.9%	0.0%	0.0%
二號石壩以下	0.0%	78.6%	21.4%	0.0%

(資料來源：本研究資料)

表 2-30 2009 年 6 月七家灣溪二號石壩上下游棲地環境類型分析

棲地類型 位置	Rapids	Riffles	Slow water	Pools
二號石壩以上	0.0%	25.9%	7.4%	0.0%
二號石壩以下	0.0%	63.0%	11.1%	0.0%

(資料來源：本研究資料)

表 2-31 2009 年 2 月七家灣溪二號石壩上下游棲地環境類型分析

棲地類型 位置	Rapids	Riffles	Slow water	Pools
二號石壩以上	35.2%	22.2%	0.0%	0.0%
二號石壩以下	22.2%	44.4%	0.0%	7.4%

(資料來源：本研究資料)

表 2-32 2008 年 11 月七家灣溪二號石壩上下游棲地環境類型分析

棲地類型 位置	Rapids	Riffles	Slow water	Pools
二號石壩以上	13.3%	76.7%	10.0%	0.0%
二號石壩以下	9.1%	81.8%	9.1%	0.0%

(資料來源：本研究資料)

表 2-33 2008 年 7 月七家灣溪二號石壩上下游棲地環境類型分析

棲地類型 位置	Rapids	Riffles	Slow water	Pools
二號石壩以上	2.4%	92.7%	4.9%	0.0%
二號石壩以下	0.0%	88.9%	11.1%	0.0%

(資料來源：本研究資料)

表 2-34 2009 年 10 月七家灣溪一號壩上下游棲地環境類型分析

棲地類型 位置	Rapids	Riffles	Slow water	Pools
一號壩以上	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%
一號壩以下	0.0%	83.3%	16.7%	0.0%

(資料來源：本研究資料)

表 2-35 2009 年 6 月七家灣溪一號壩上下游棲地環境類型分析

棲地類型 位置	Rapids	Riffles	Slow water	Pools
一號壩以上	0.0%	83.3%	16.7%	0.0%
一號壩以下	0.0%	69.2%	30.8%	0.0%

(資料來源：本研究資料)

表 2-36 2009 年 2 月七家灣溪一號壩上下游棲地環境類型分析

棲地類型 位置	Rapids	Riffles	Slow water	Pools
一號壩以上	0.0%	66.7%	33.3%	0.0%
一號壩以下	42.9%	50.0%	0.0%	7.1%

(資料來源：本研究資料)

表 2-37 2008 年 11 月七家灣溪一號壩上下游棲地環境類型分析

棲地類型 位置	Rapids	Riffles	Slow water	Pools
一號壩以上	25.00%	50.00%	25.00%	0.00%
一號壩以下	71.43%	28.57%	0.00%	0.00%

(資料來源：本研究資料)

表 2-38 桃山北溪測站床面平均坡度表

測量日期	2008/11	2009/02	2009/06	2009/10
平均坡降	0.025	0.018	0.017	0.014

(資料來源：本研究資料)

表 2-39 桃山北溪測站床面底質分佈表

底質 日期	1	2	3	4	5	6
2008-11	0.0%	12.5%	45.8%	29.2%	12.5%	0.0%
2009-02	0.0%	12.5%	50.0%	20.8%	0.0%	16.7%
2009-06	0.0%	7.4%	33.3%	44.4%	0.0%	14.8%
2009-10	3.7%	3.7%	11.1%	63.0%	0.0%	18.5%

(資料來源：本研究資料)

表 2-40 桃山西溪測站床面平均坡度表

測量日期	2008/11	2009/02	2009/06	2009/10
平均坡降	0.026	0.022	0.024	0.018

(資料來源：本研究資料)

表 2-41 桃山西溪測站床面底質分佈表

底質 日期	1	2	3	4	5	6
2008-11	0.0%	12.5%	29.2%	25.0%	33.3%	0.0%
2009-02	4.2%	4.2%	29.2%	41.7%	0.0%	20.8%
2009-06	8.3%	4.2%	4.2%	66.7%	0.0%	16.7%
2009-10	0.0%	0.0%	8.3%	79.2%	0.0%	12.5%

(資料來源：本研究資料)

表 2-42 觀魚臺測站床面平均坡度表

測量日期	2008/11	2009/02	2009/06	2009/10
平均坡降	0.0015	0.019	0.021	0.018

(資料來源：本研究資料)

表 2-43 觀魚臺測站床面底質分佈表

底質 日期	1	2	3	4	5	6
2008-11	0.0%	6.5%	35.4%	46.5%	11.6%	0.0%
2009-02	0.0%	4.8%	61.9%	19.0%	0.0%	14.3%
2009-06	0.0%	0.0%	28.6%	61.9%	0.0%	9.5%
2009-10	4.76%	4.76%	19.05%	61.90%	0.00%	9.52%

(資料來源：本研究資料)

表 2-44 新繁殖場測站床面平均坡度表

測量日期	2008/11	2009/2	2009/6	2009/10
平均坡降	0.017	0.012	0.013	0.024

(資料來源：本研究資料)

表 2-45 新繁殖場測站床面底質分佈表

底質 日期	1	2	3	4	5	6
2008-11	0.0%	15.6%	50.8%	24.4%	9.8%	0.0%
2009-02	9.5%	14.3%	14.3%	19.0%	19.0%	23.8%
2009-06	0.0%	0.0%	28.6%	61.9%	0.0%	9.5%
2009-10	0.0%	4.8%	19.0%	57.1%	14.3%	4.8%

(資料來源：本研究資料)

表 2-46 萬壽橋測站床面平均坡度表

測量日期	2008/11	2009/02	2009/06	2009/10
平均坡降	0.021	0.025	0.030	0.025

(資料來源：本研究資料)

表 2-47 萬壽橋測站床面底質分佈表

底質 日期	1	2	3	4	5	6
2008-11	0.0%	19.0%	28.6%	14.3%	38.1%	0.0%
2009-02	0.0%	4.8%	4.8%	33.3%	14.3%	42.9%
2009-06	0.0%	14.3%	0.0%	38.1%	14.3%	33.3%
2009-10	4.76%	14.29%	9.52%	19.05%	23.81%	28.57%

(資料來源：本研究資料)

表 2-48 迎賓橋測站床面平均坡度表

測量日期	2008/11	2009/02	2009/06	2009/10
平均坡降	0.021	0.018	0.018	0.018

(資料來源：本研究資料)

表 2-49 迎賓橋測站床面底質分佈表

底質 日期	1	2	3	4	5	6
2008-11	0.0%	0.0%	22.2%	50.0%	27.8%	0.0%
2009-02	0.0%	14.3%	23.8%	28.6%	9.5%	23.8%
2009-06	4.8%	4.8%	23.8%	38.1%	4.8%	23.8%
2009-10	4.8%	14.3%	23.8%	33.3%	4.8%	19.0%

(資料來源：本研究資料)

表 2-50 有勝溪測站床面平均坡度表

測量日期	2008/11	2009/02	2009/06	2009/10
平均坡降	0.017	0.015	0.018	0.013

(資料來源：本研究資料)

表 2-51 有勝溪測站床面底質分佈表

底質 日期	1	2	3	4	5	6
2008-11	0.0%	22.2%	38.9%	33.3%	5.6%	0.0%
2009-02	0.0%	0.0%	38.9%	27.8%	22.2%	11.1%
2009-06	0.0%	0.0%	44.4%	38.9%	0.0%	16.7%
2009-10	5.56%	11.11%	33.33%	38.89%	0.00%	11.11%

(資料來源：本研究資料)

表 2-52 司界蘭溪上游段測站床面平均坡度表

測量日期	2008/11	2009/02	2009/06	2009/10
平均坡降	0.032	0.26	0.33	0.027

(資料來源：本研究資料)

表 2-53 司界蘭溪上游段測站床面底質分佈表

底質 日期	1	2	3	4	5	6
2008-11	0.0%	40.0%	60.0%	0.0%	0.0%	0.0%
2009-02	0.0%	20.0%	36.7%	23.3%	3.3%	16.7%
2009-06	0.0%	0.0%	40.0%	43.3%	0.0%	16.7%
2009-10	0.00%	0.00%	55.56%	29.63%	0.00%	14.81%

(資料來源：本研究資料)

表 2-54 司界蘭溪下游段測站床面平均坡度表

測量日期	2008/11	2009/02	2009/06	2009/10
平均坡降	0.046	0.057	0.059	0.019

(資料來源：本研究資料)

表 2-55 司界蘭溪下游段測站床面底質分佈表

底質 日期	1	2	3	4	5	6
2008-11	0.0%	36.7%	60.0%	3.3%	0.0%	0.0%
2009-02	3.3%	6.7%	46.7%	20.0%	0.0%	23.3%
2009-06	0.0%	3.3%	23.3%	53.3%	0.0%	20.0%
2009-10	0.00%	13.33%	30.00%	50.00%	0.00%	6.67%

(資料來源：本研究資料)

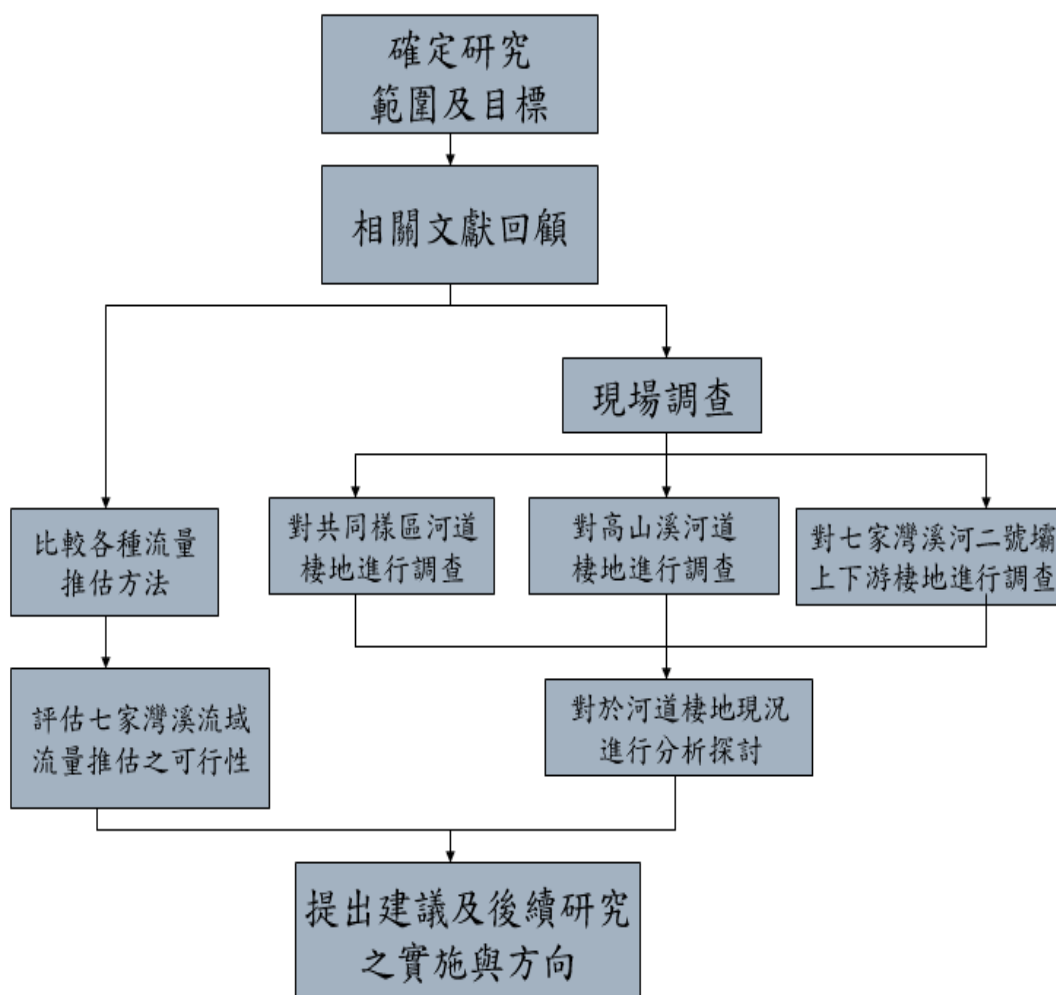


圖 2-1 本年度研究基本流程圖(資料來源：本研究資料)

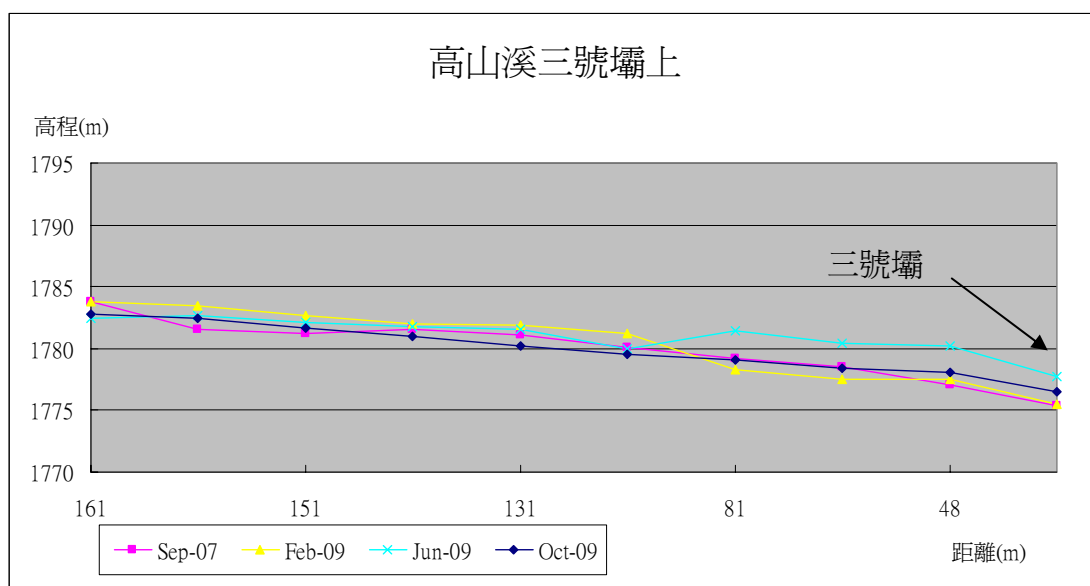


圖 2-2 三號壩上游斷面高程剖面圖(資料來源：本研究資料)

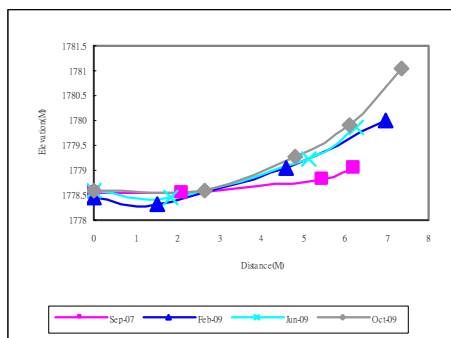


圖 2-3 高山溪斷面 3-R 剖面高程
(資料來源：本研究資料)

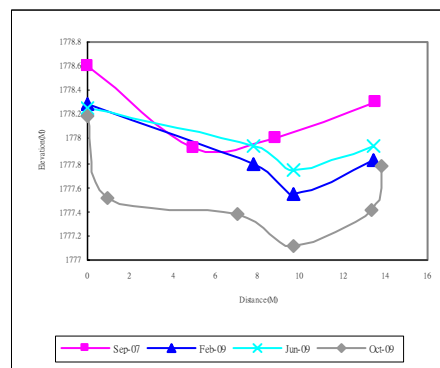


圖 2-4 高山溪斷面 3-T 剖面高程
(資料來源：本研究資料)

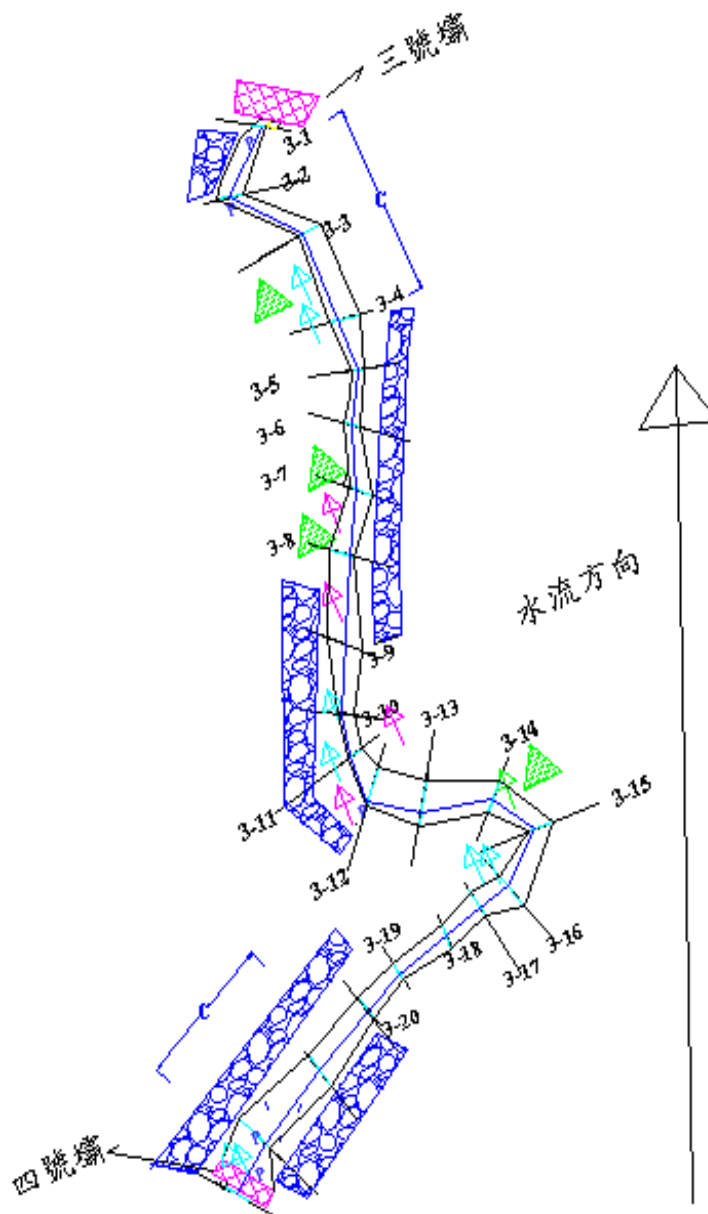


圖 2-5 高山溪三號壩上之河道示意圖(資料來源：本研究資料)

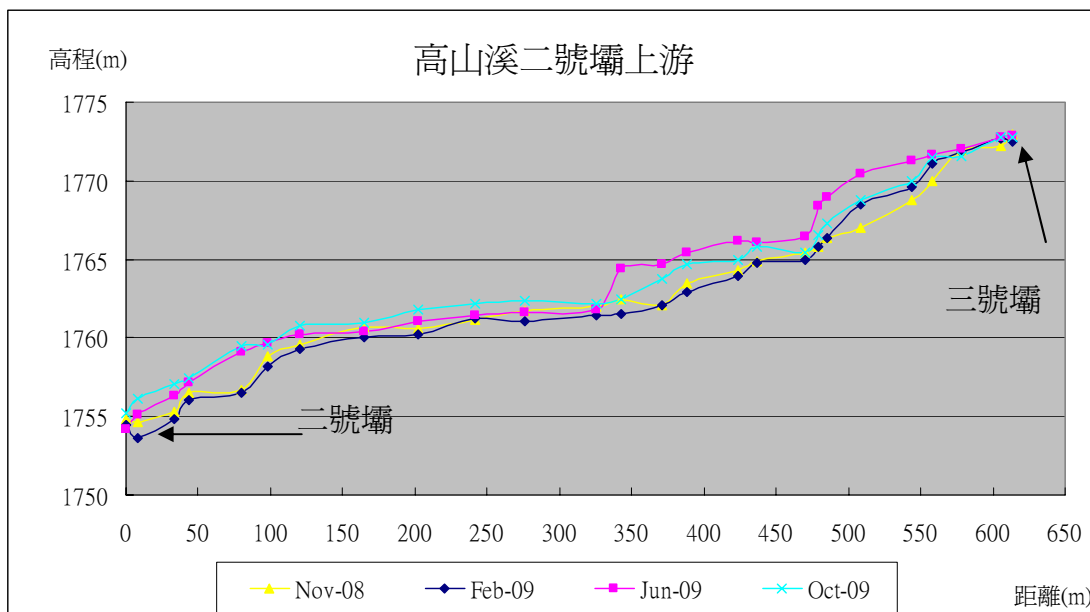


圖 2-6 二號壩上游斷面高程剖面圖(資料來源：本研究資料)

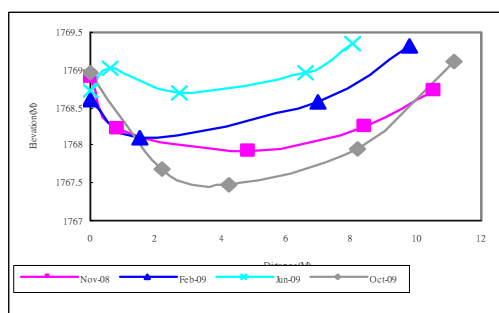


圖 2-7 高山溪斷面 2-C 剖面高程
(資料來源：本研究資料)

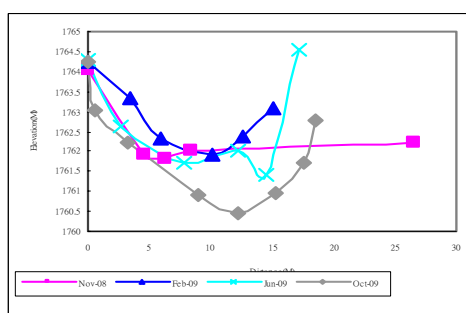


圖 2-8 高山溪斷面 2-H 剖面高程
(資料來源：本研究資料)

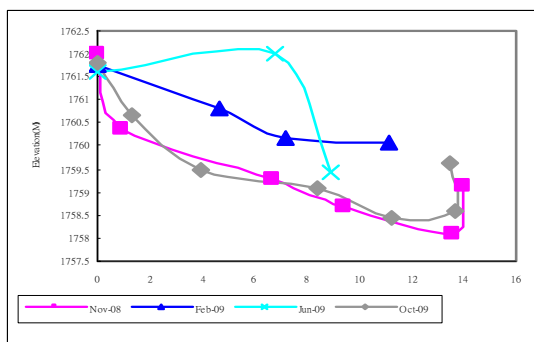


圖 2-9 高山溪斷面 2-M 剖面高程
(資料來源：本研究資料)

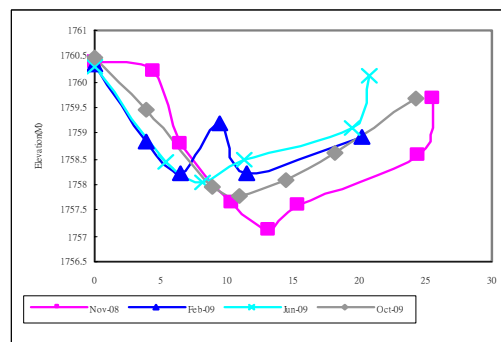


圖 2-10 高山溪斷面 2-Q 剖面高程
(資料來源：本研究資料)

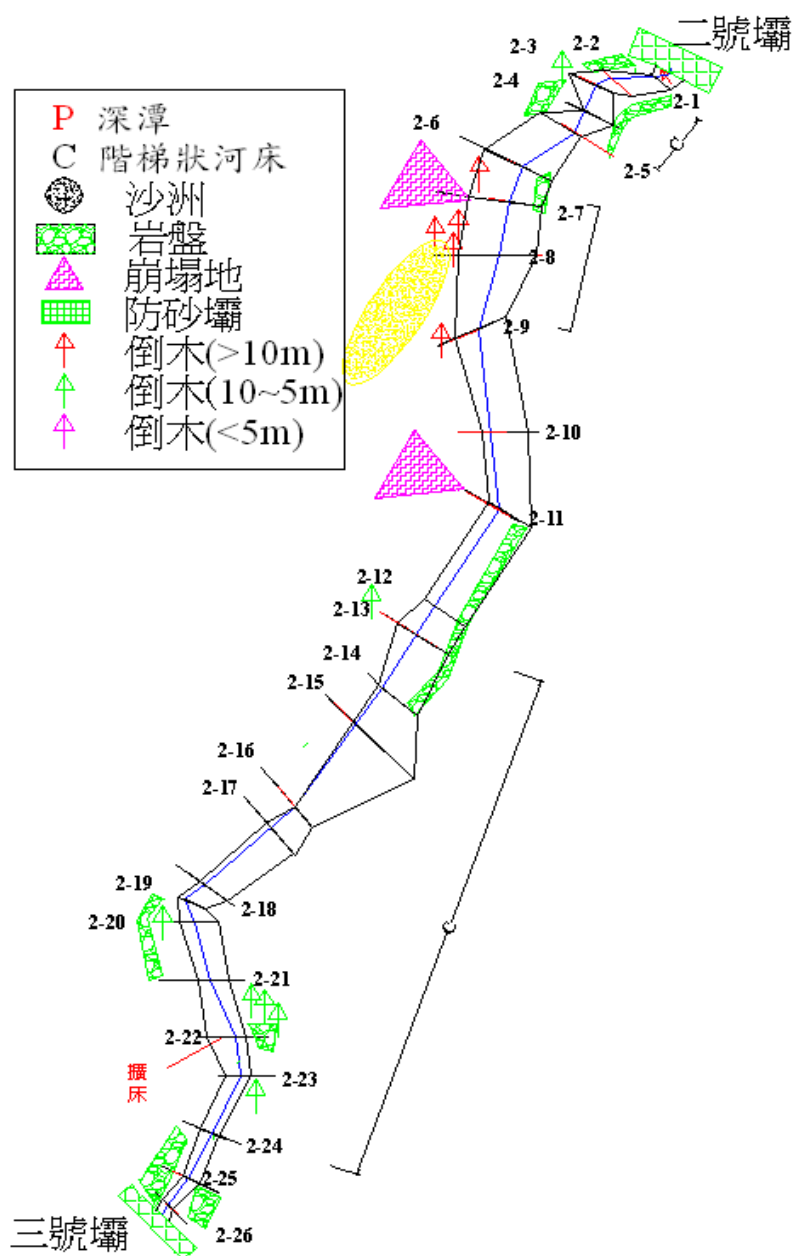


圖 2-11 高山溪二號壩上之河道示意圖

(資料來源：本研究資料)

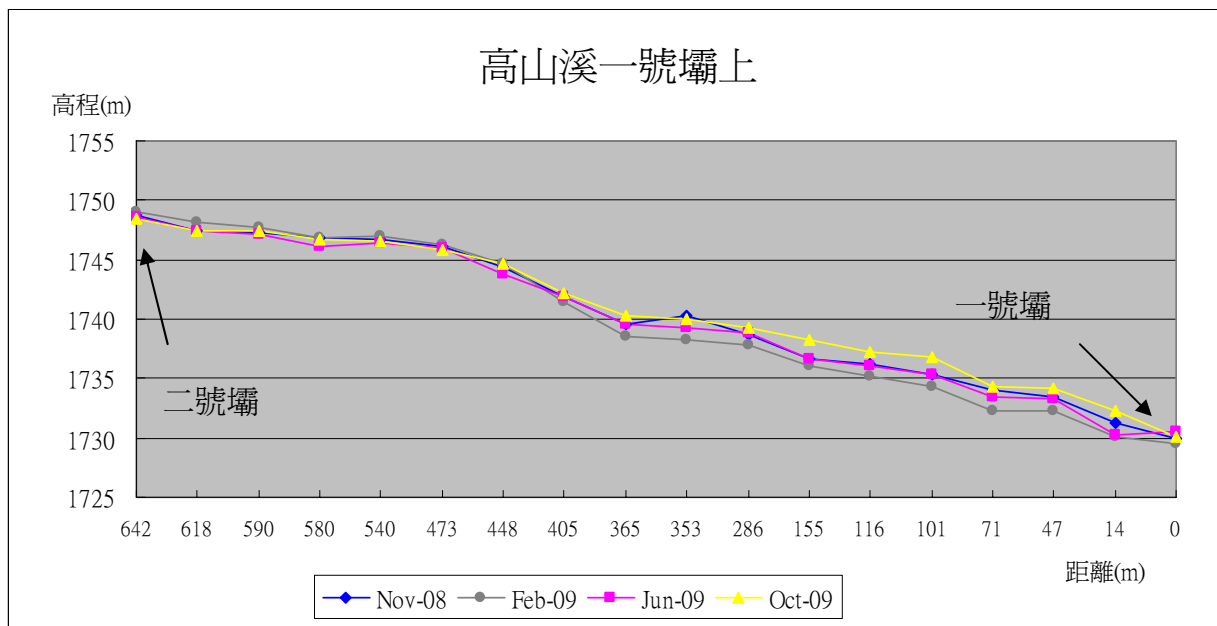


圖 2-12 一號壩上游斷面高程剖面圖(資料來源：本研究資料)

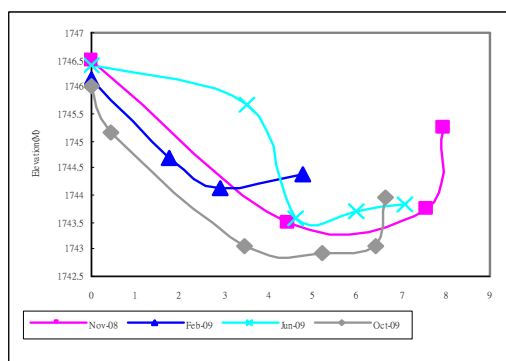


圖 2-13 高山溪斷面 1-B 剖面高程
(資料來源：本研究資料)

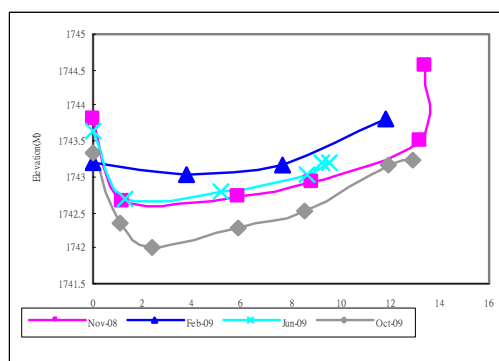


圖 2-14 高山溪斷面 1-E 剖面高程
(資料來源：本研究資料)

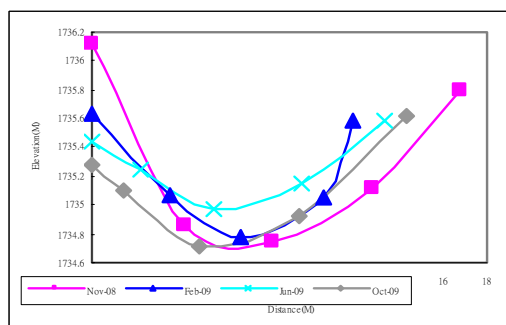


圖 2-15 高山溪斷面 1-K 剖面高程
(資料來源：本研究資料)

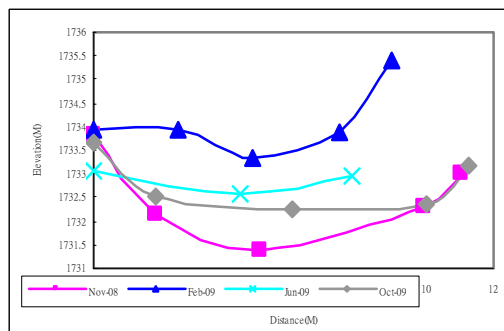


圖 2-16 高山溪斷面 1-N 剖面高程
(資料來源：本研究資料)

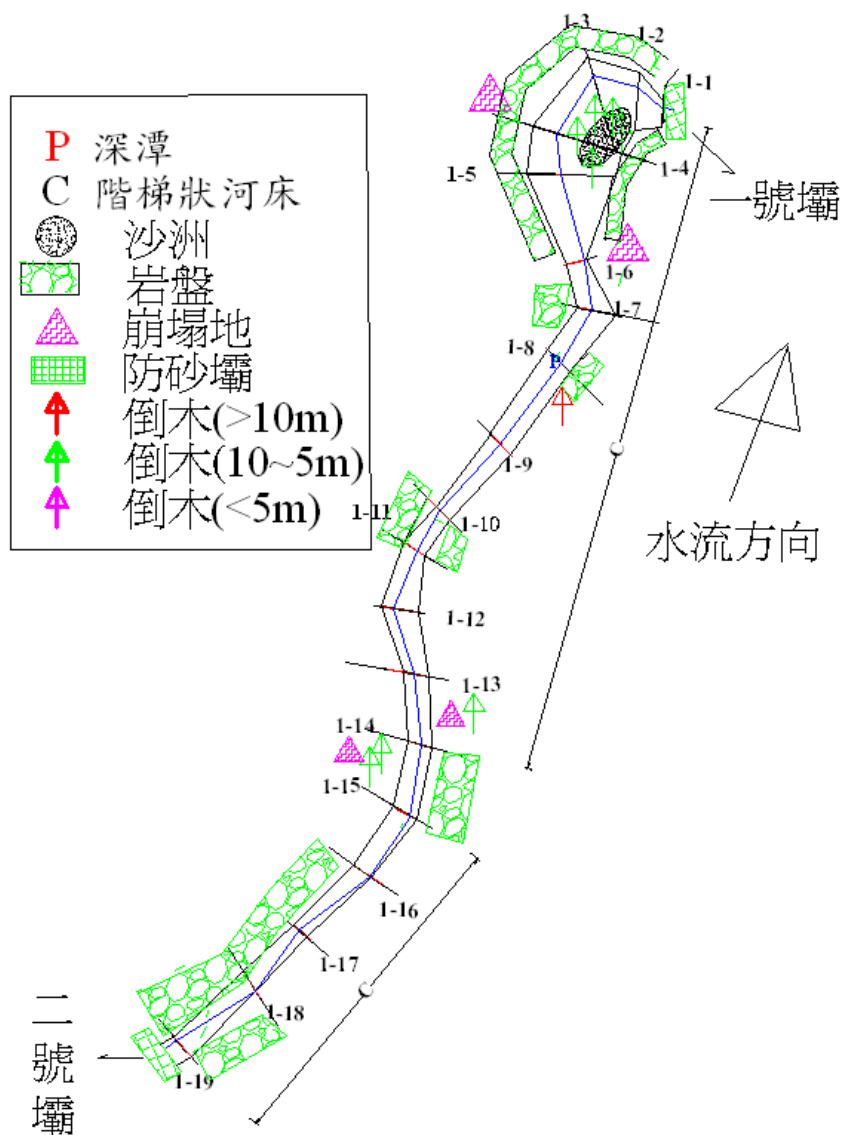


圖 2-17 高山溪一號壩上河道示意圖(資料來源：本研究資料)

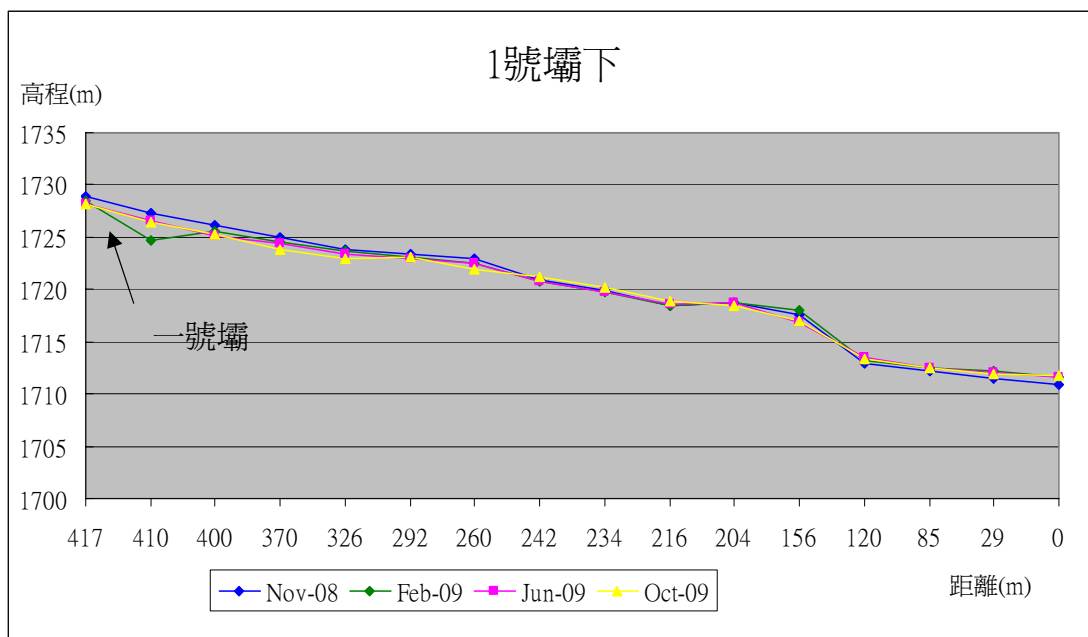


圖 2-18 一號壩下游斷面高程剖面圖(資料來源：本研究資料)

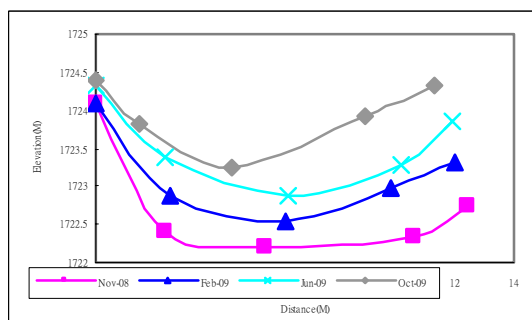


圖 2-19 高山溪斷面 0-C 剖面高程
(資料來源：本研究資料)

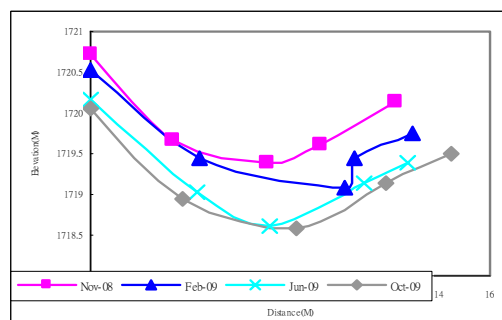


圖 2-20 高山溪斷面 0-F 剖面高程
(資料來源：本研究資料)

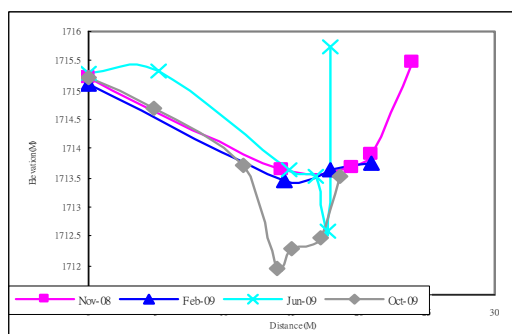


圖 2-21 高山溪斷面 0-L 剖面高程
(資料來源：本研究資料)

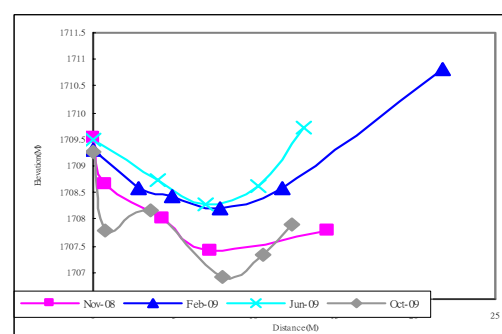


圖 2-22 高山溪斷面 0-O 剖面高程
(資料來源：本研究資料)

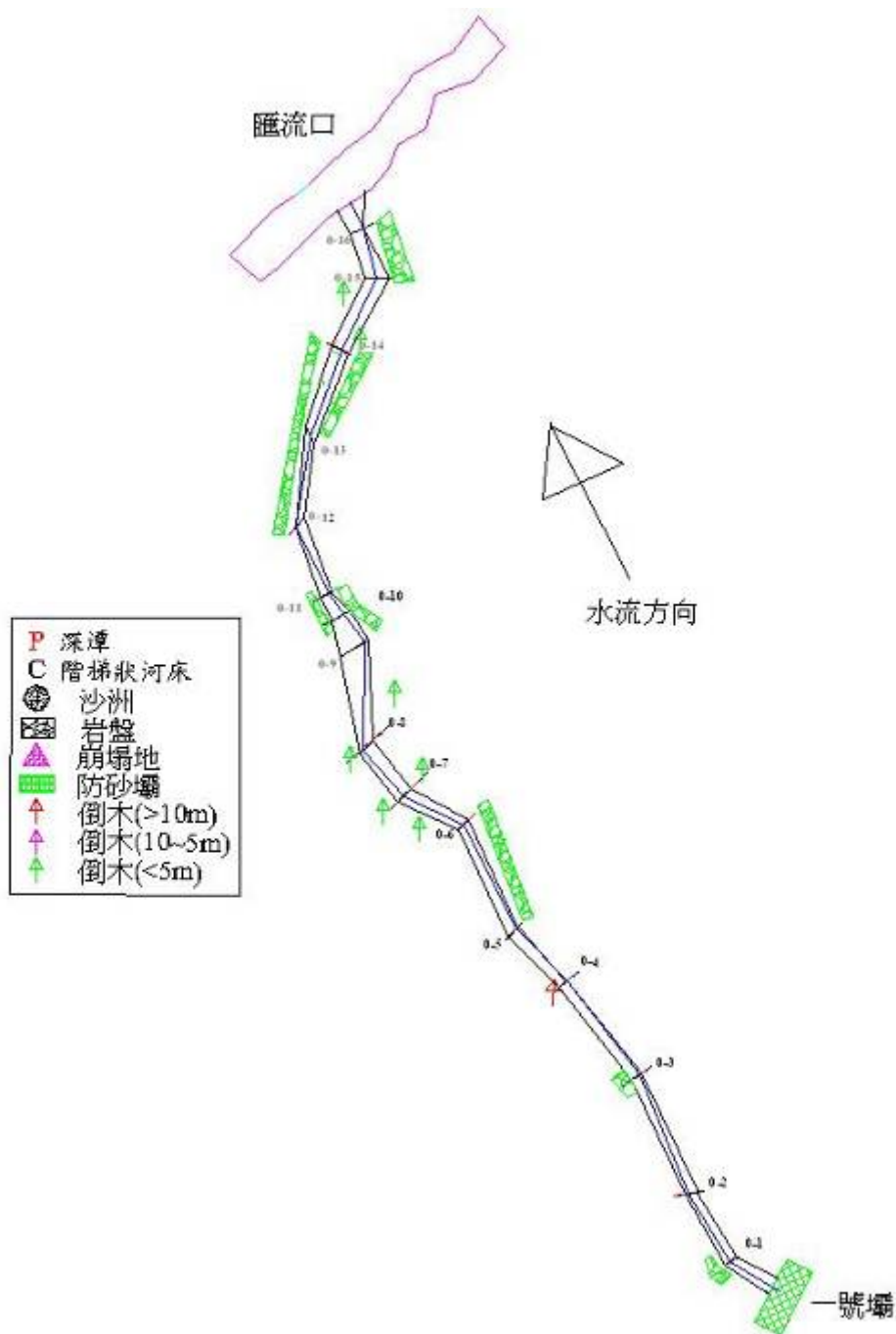


圖 2-23 高山溪一號壩下至匯流口之河道示意圖(資料來源：本研究資料)

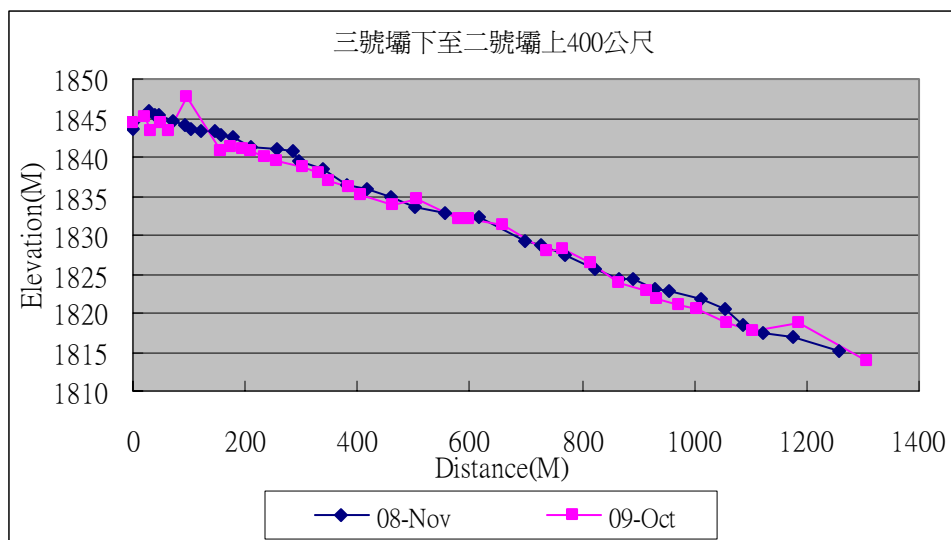


圖 2-24 三號壩下至二號壩上 400 公尺高程剖面圖(資料來源：本研究資料)

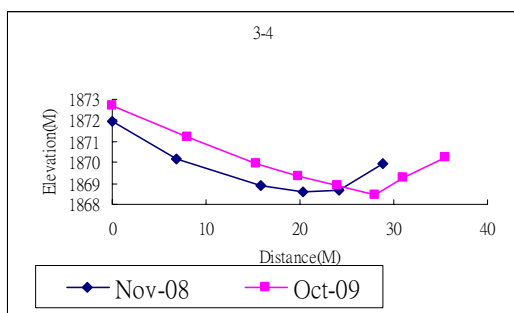


圖 2-25 七家灣溪斷面 3-4 剖面高程

(資料來源：本研究資料)

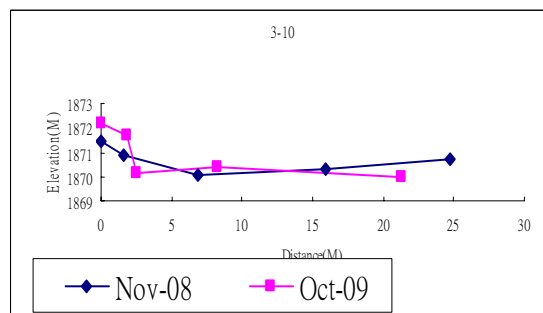


圖 2-26 七家灣溪斷面 3-10 剖面高程

(資料來源：本研究資料)

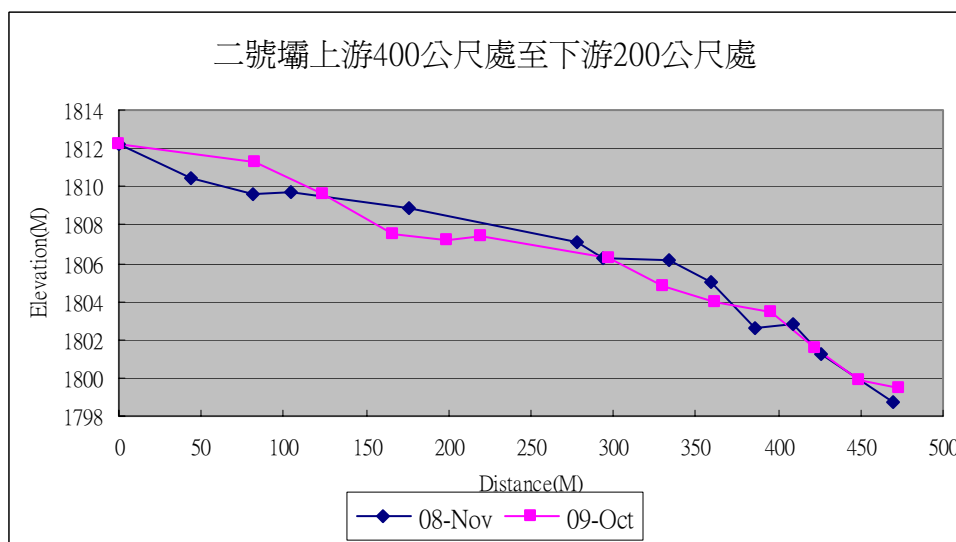


圖 2-27 二號壩上游 400 公尺至下游 200 公尺剖面線(資料來源：本研究資料)

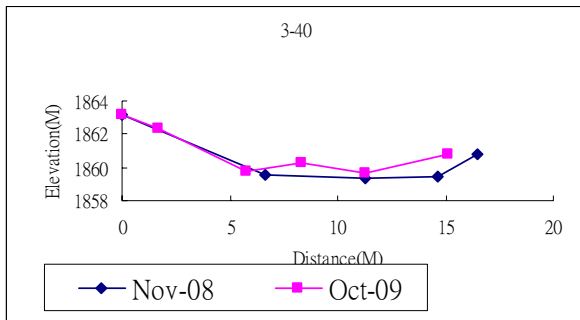


圖 2-28 七家灣溪斷面 3-40 剖面高程
(資料來源：本研究資料)

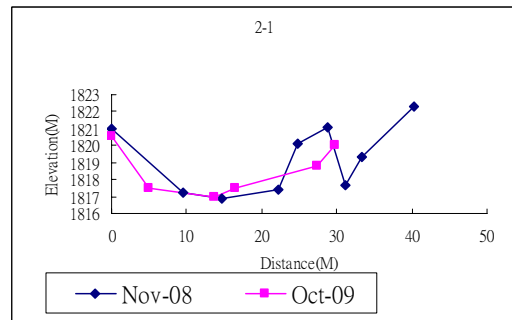


圖 2-29 七家灣溪斷面 2-1 剖面高程
(資料來源：本研究資料)

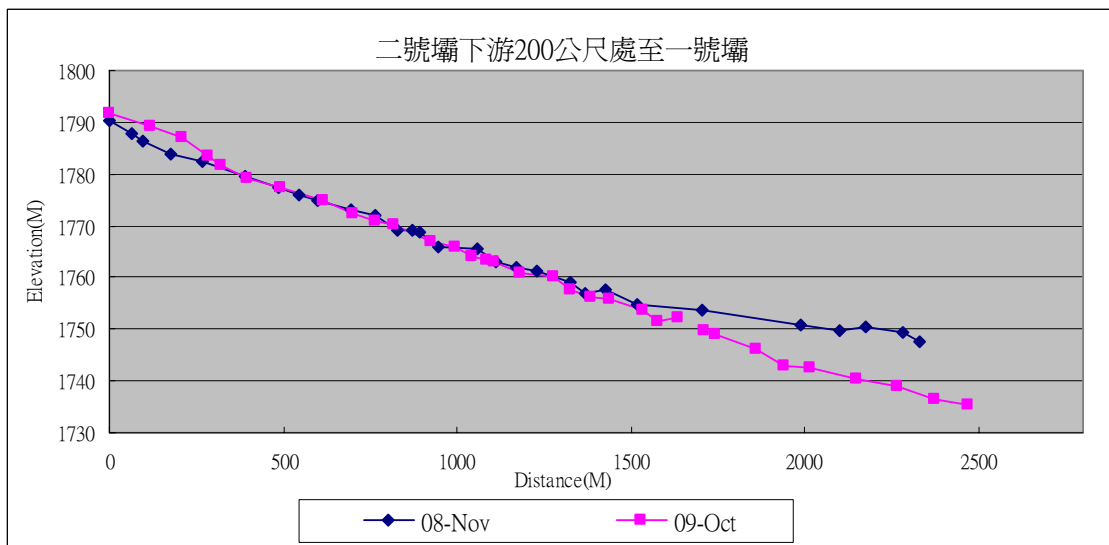


圖 2-30 二號壩下游 200 公尺至一號壩剖面線(資料來源：本研究資料)

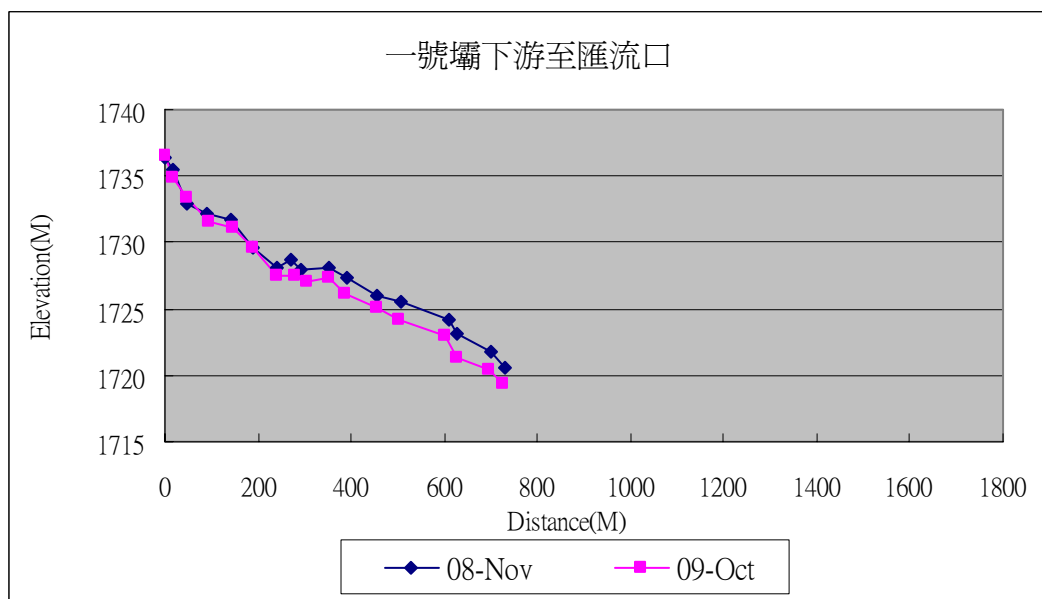


圖 2-31 一號壩下游至匯流口剖面線(資料來源：本研究資料)

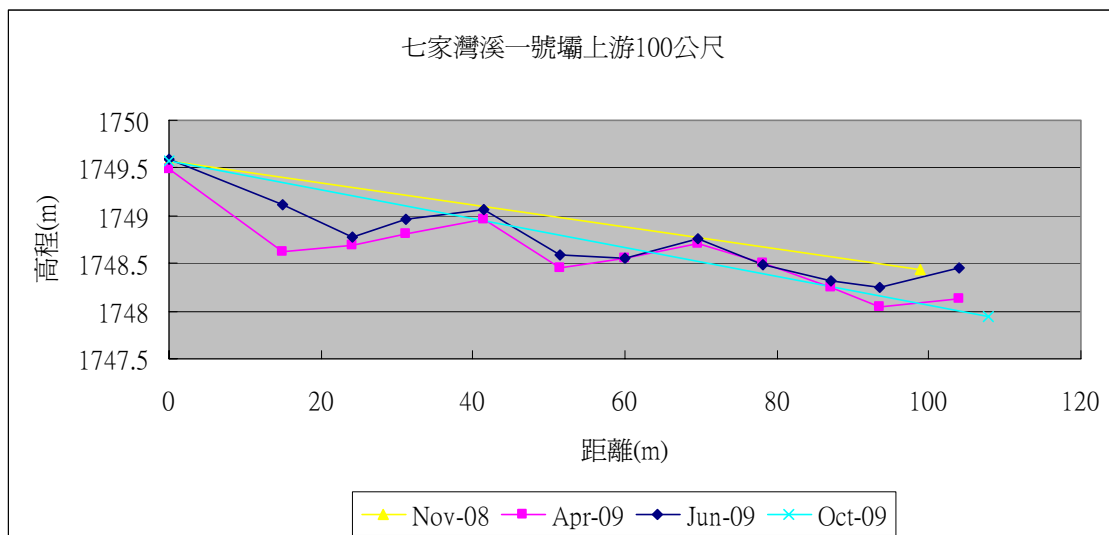


圖 2-32 一號壩測站上游縱剖面圖(資料來源：本研究資料)

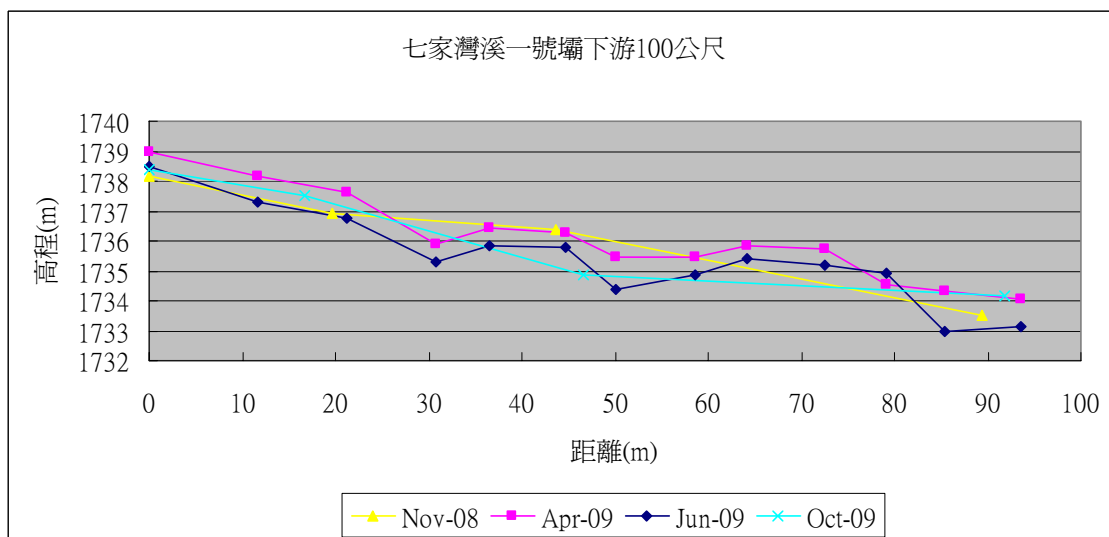


圖 2-33 一號壩測站下游縱剖面圖(資料來源：本研究資料)

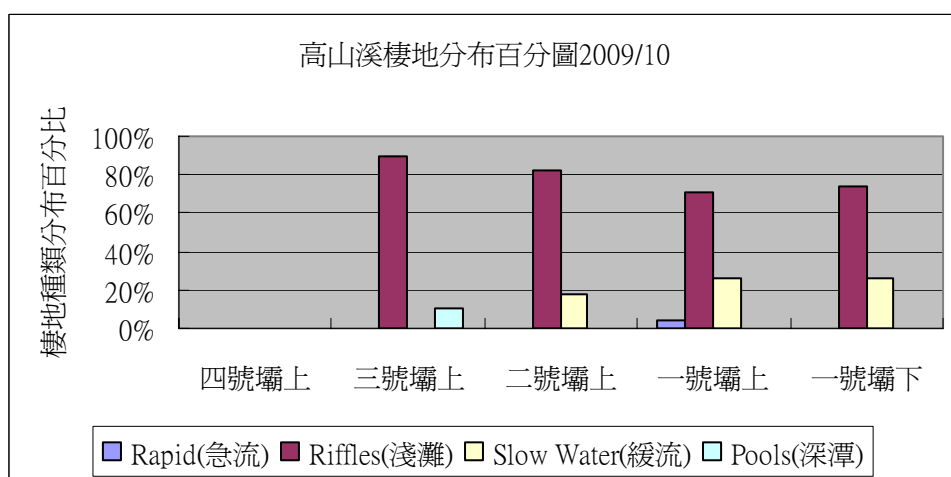


圖 2-34 高山溪棲地環境類型分析(2009/10) (資料來源：本研究資料)

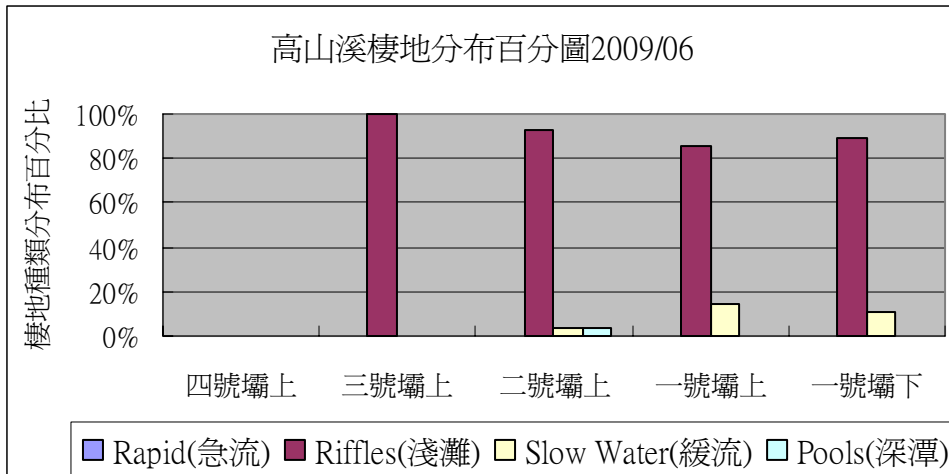


圖 2-35 高山溪棲地環境類型分析(2009/06) (資料來源：本研究資料)

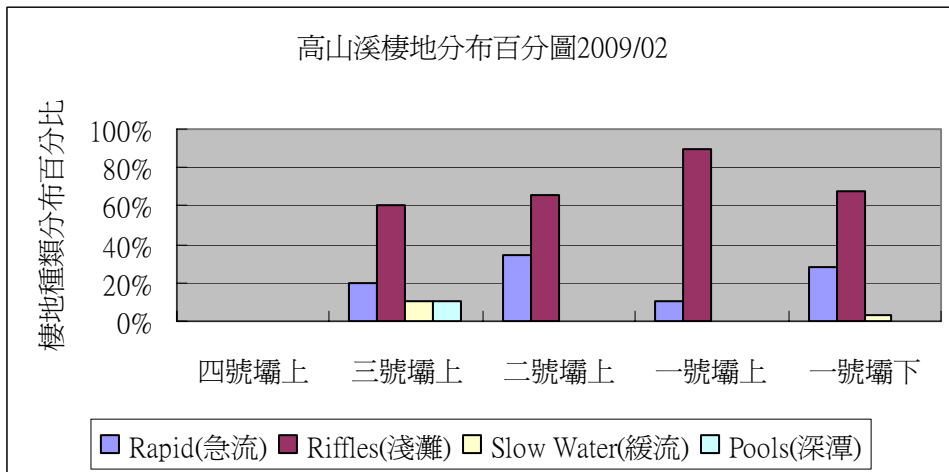


圖 2-36 高山溪棲地環境類型分析(2009/02) (資料來源：本研究資料)

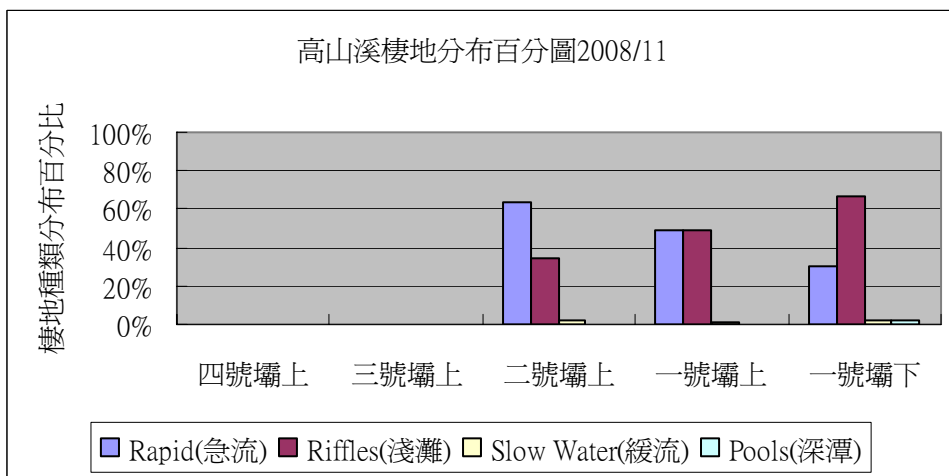


圖 2-37 高山溪棲地環境類型分析(2008/11) (資料來源：本研究資料)

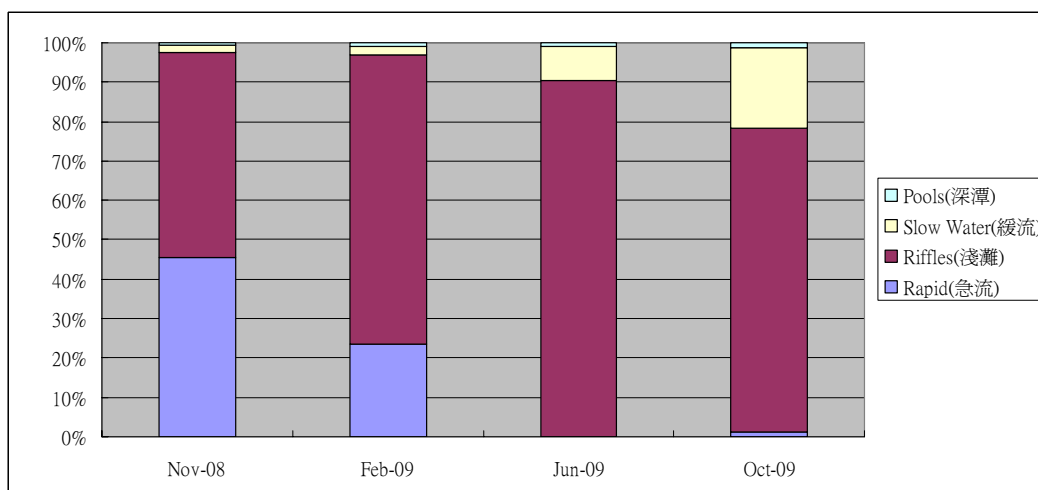


圖 2-38 高山溪棲地環境類型分布(資料來源：本研究資料)

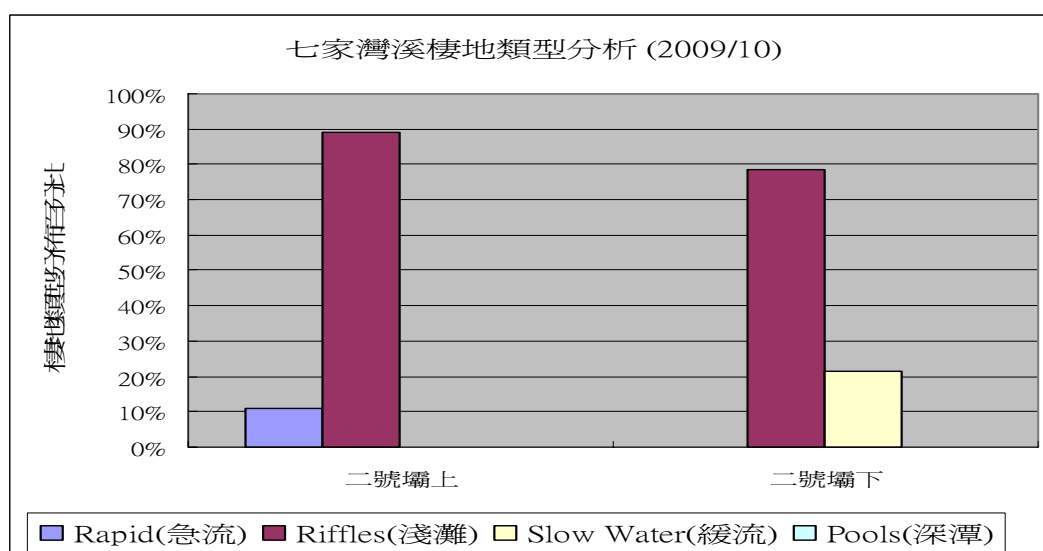


圖 2-39 七家灣溪二號石壩上下游棲地環境類型分析(2009/10)
(資料來源：本研究資料)

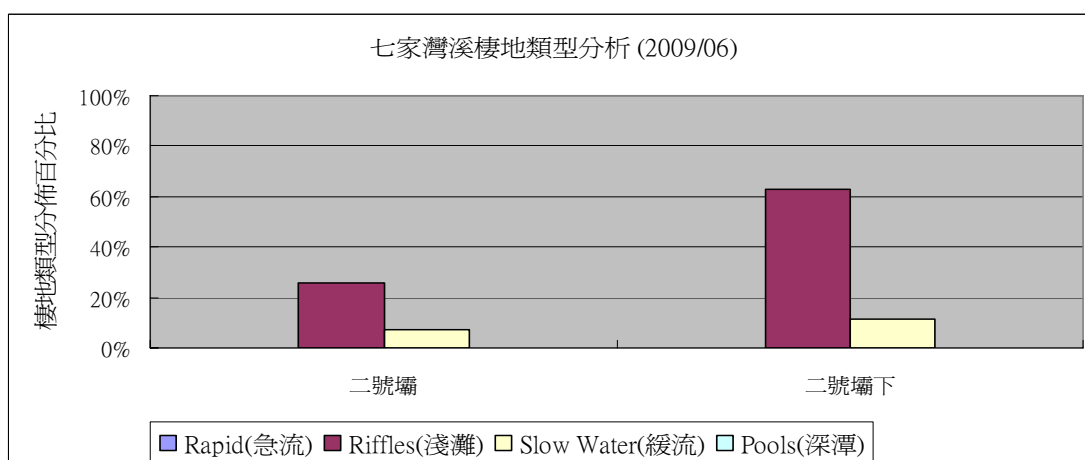


圖 2-40 七家灣溪二號石壩上下游棲地環境類型分析(2009/06)
(資料來源：本研究資料)

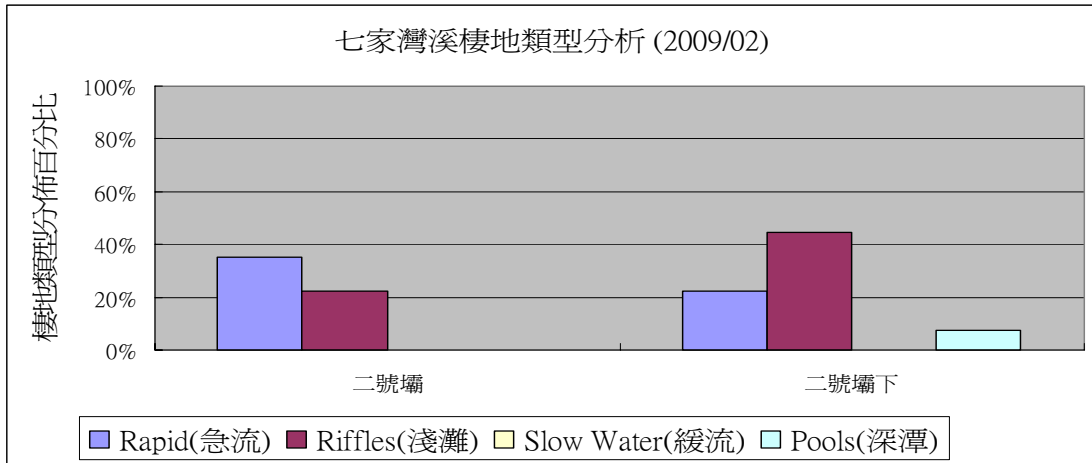


圖 2-41 七家灣溪二號石壩上下游棲地環境類型分析(2009/02)
(資料來源：本研究資料)

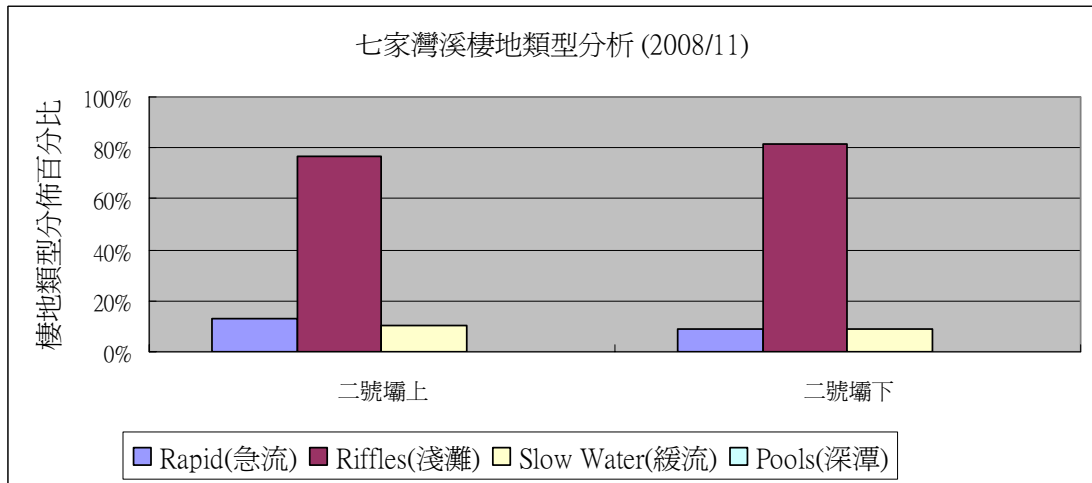


圖 2-42 七家灣溪二號石壩上下游棲地環境類型分析(2008/11)
(資料來源：本研究資料)

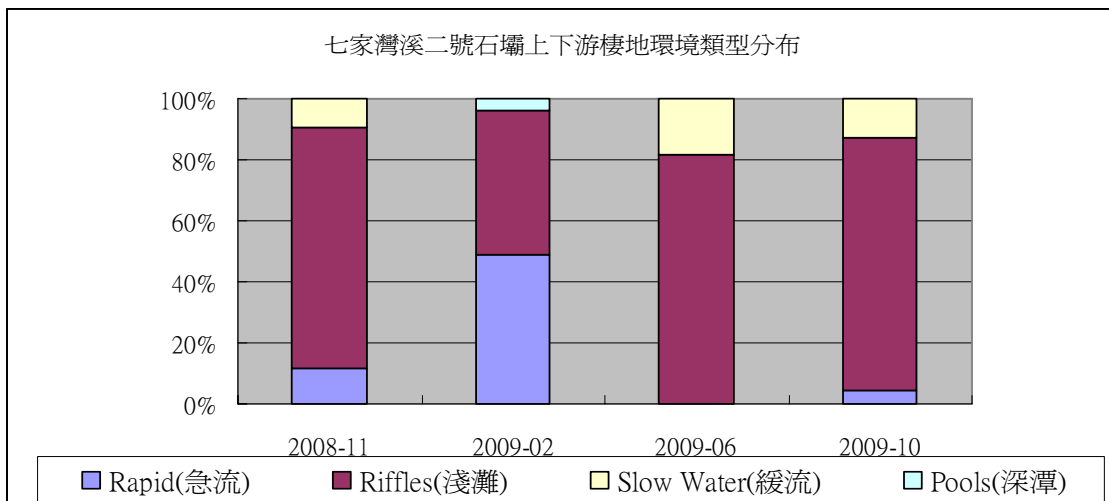


圖 2-43 七家溪二號石壩上下游棲地環境類型分布
(資料來源：本研究資料)

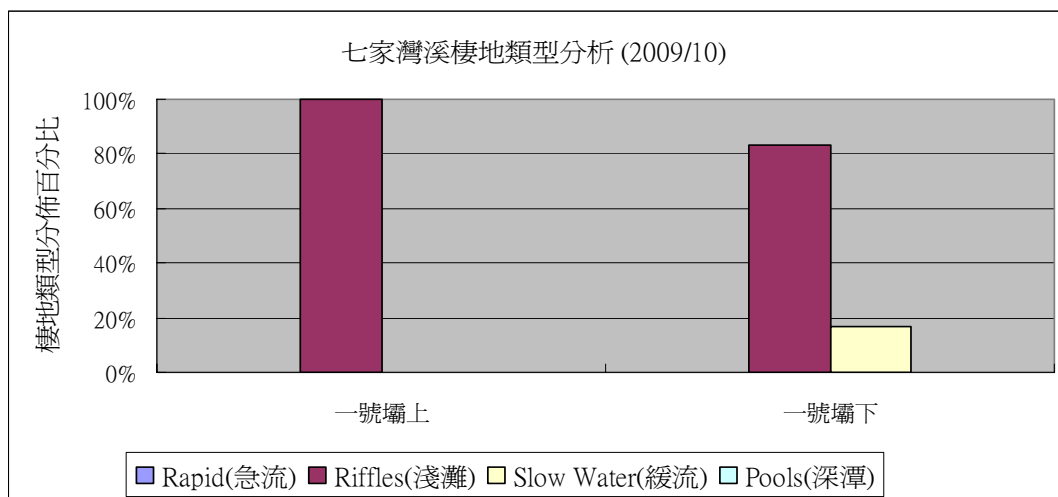


圖 2-44 七家灣溪一號壩上下游棲地環境類型分析(2009/10)

(資料來源：本研究資料)

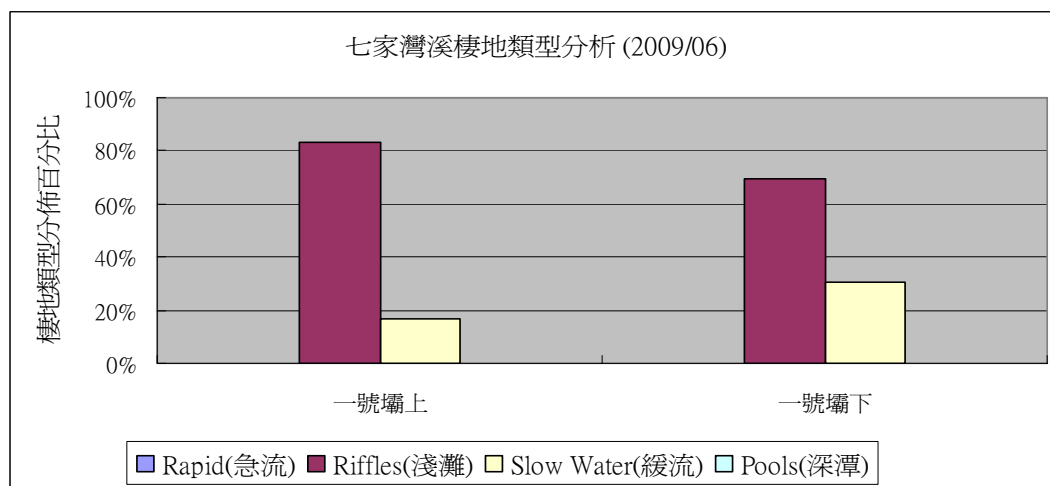


圖 2-45 七家灣溪一號壩上下游棲地環境類型分析(2009/06)

(資料來源：本研究資料)

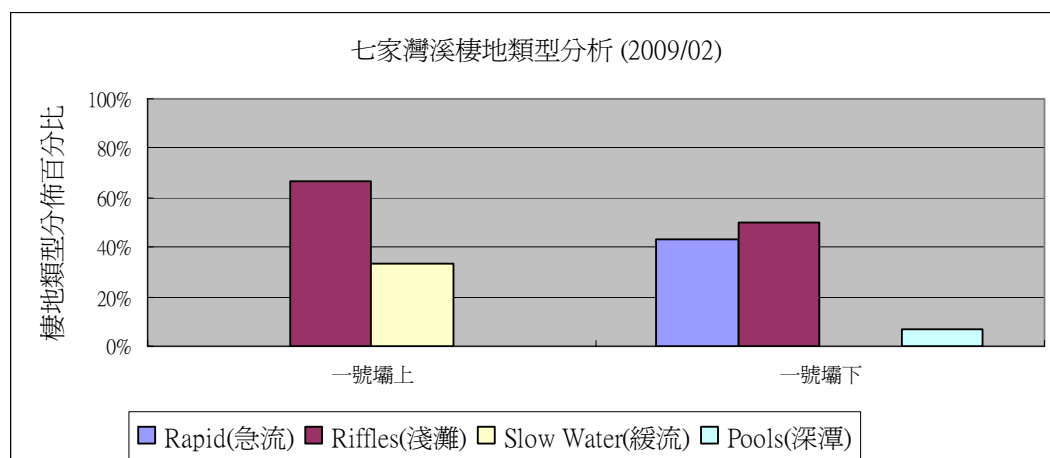


圖 2-46 七家灣溪一號壩上下游棲地環境類型分析(2009/02)

(資料來源：本研究資料)

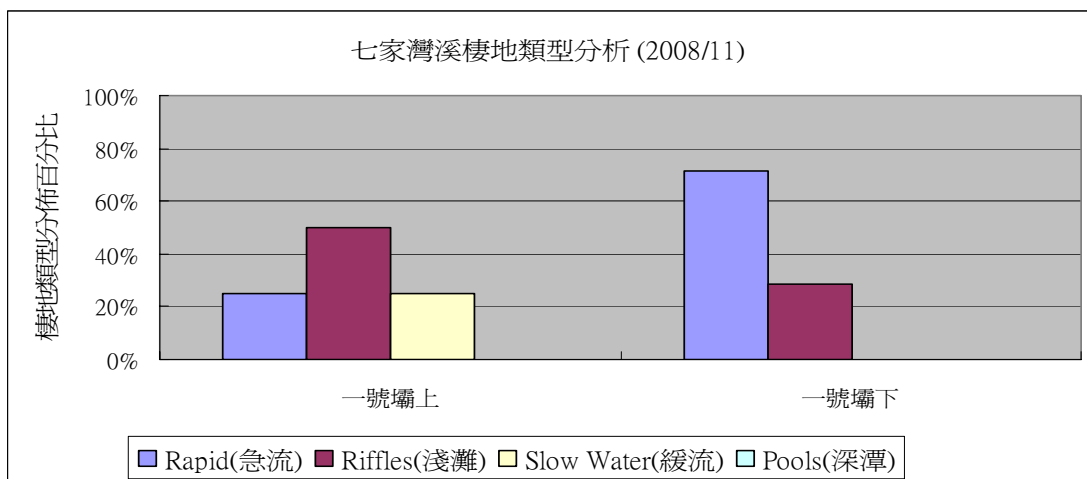


圖 2-47 七家灣溪一號壩上下游棲地環境類型分析(2008/11)
(資料來源：本研究資料)

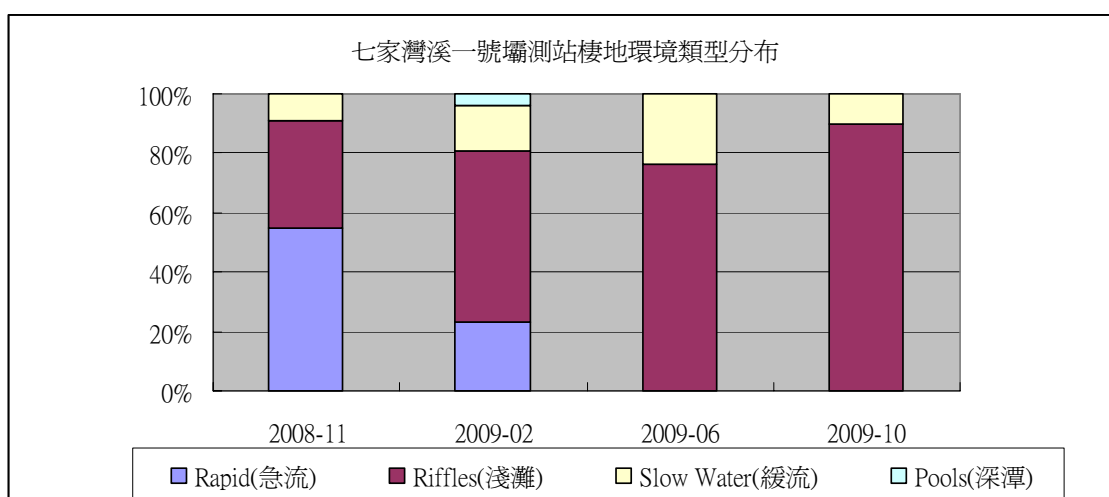


圖 2-48 七家溪一號壩測站棲地環境類型分布(資料來源：本研究資料)

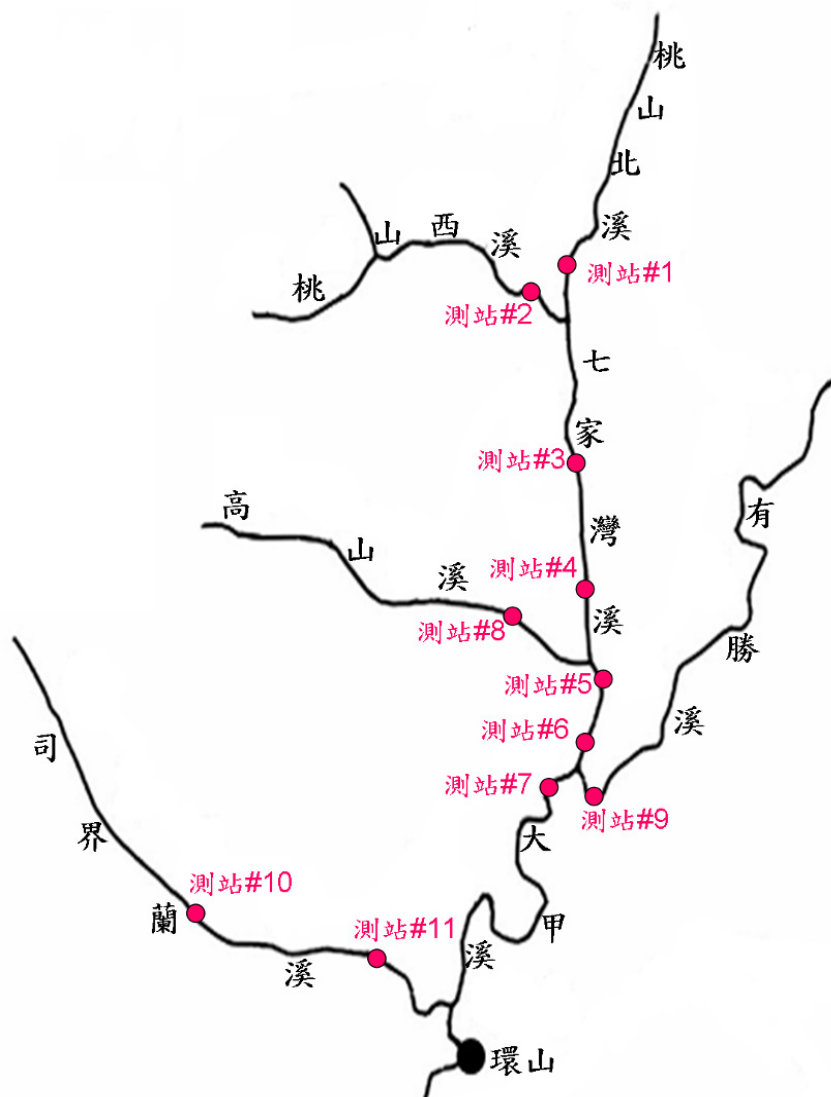


圖 2-49 七家灣溪共同樣區位置分佈圖(資料來源：本研究資料)

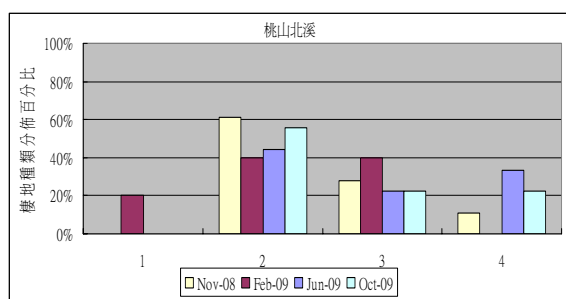


圖 2-50 桃山北溪棲地分佈類型百分比圖
(資料來源：本研究資料)

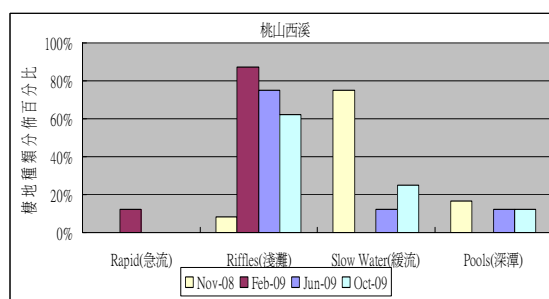


圖 2-51 桃山西溪棲地分佈類型百分比圖
(資料來源：本研究資料)

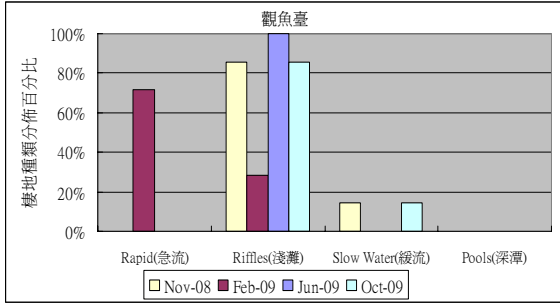


圖 2-52 觀魚臺分佈類型百分比圖
(資料來源：本研究資料)

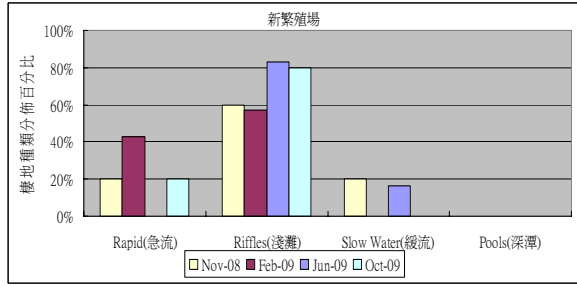


圖 2-53 新繁殖場棲地分佈類型百分比圖
(資料來源：本研究資料)

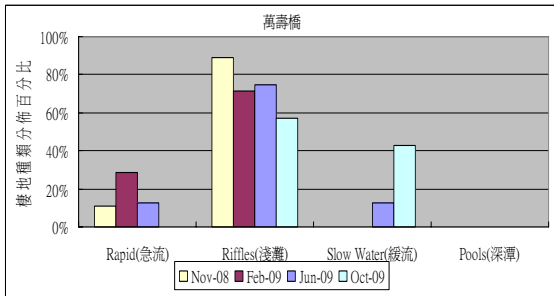


圖 2-54 萬壽橋棲地分佈類型百分比圖
(資料來源：本研究資料)

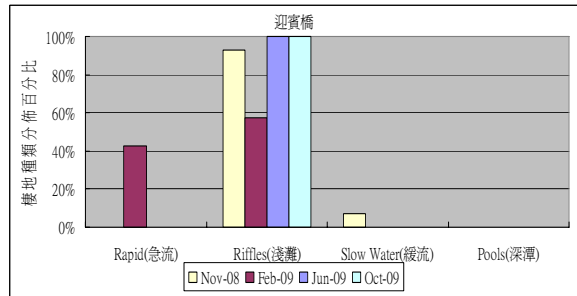


圖 2-55 迎賓橋棲地分佈類型百分比圖
(資料來源：本研究資料)

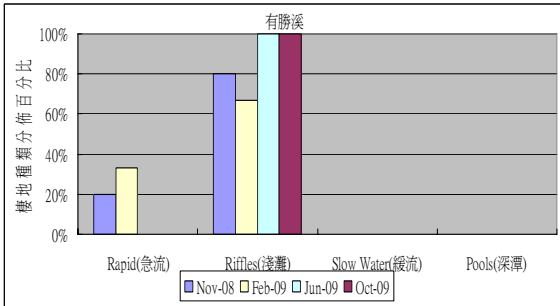


圖 2-56 有勝溪棲地分佈類型百分比圖
(資料來源：本研究資料)

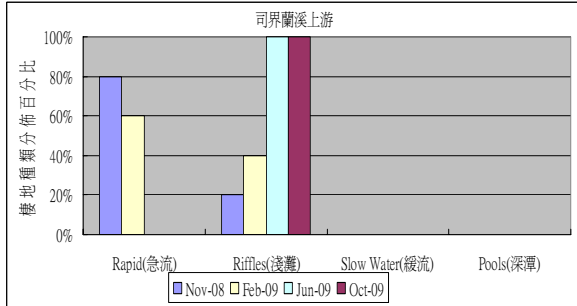


圖 2-57 司界蘭溪上游測站棲地分佈類型百分比圖(資料來源：本研究資料)

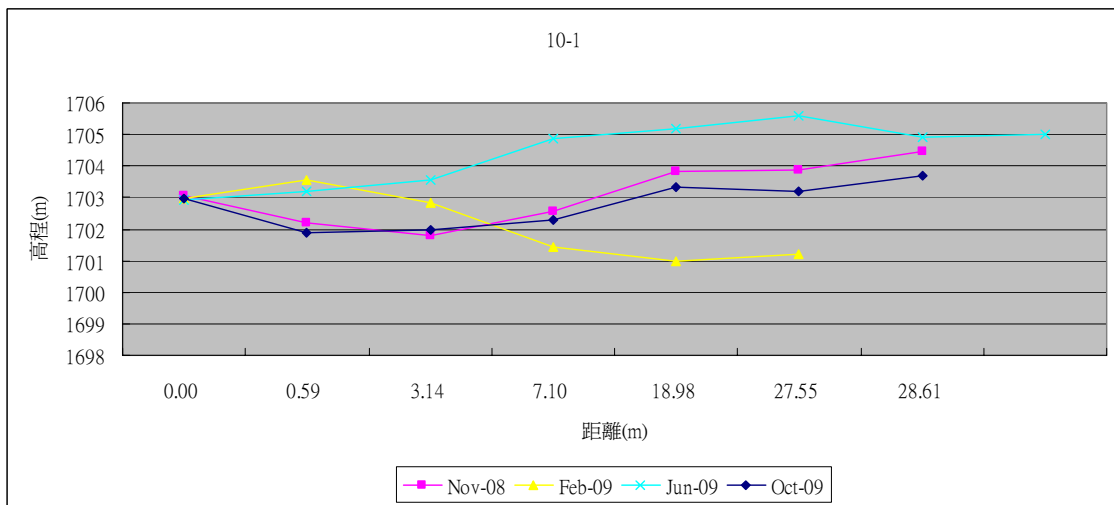


圖 2-58 司界蘭溪上游測站 10-1 斷面(資料來源：本研究資料)

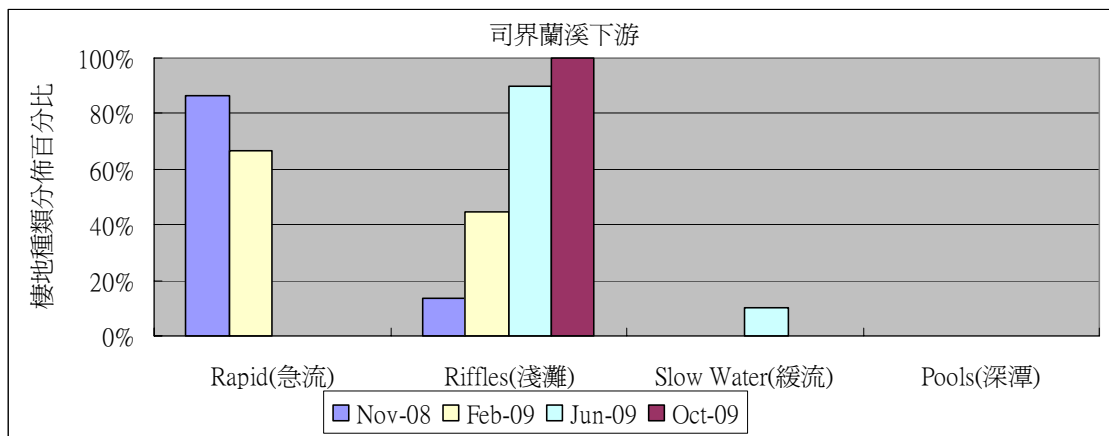


圖 2-59 司界蘭溪下游測站棲地分佈類型百分比圖(資料來源：本研究資料)

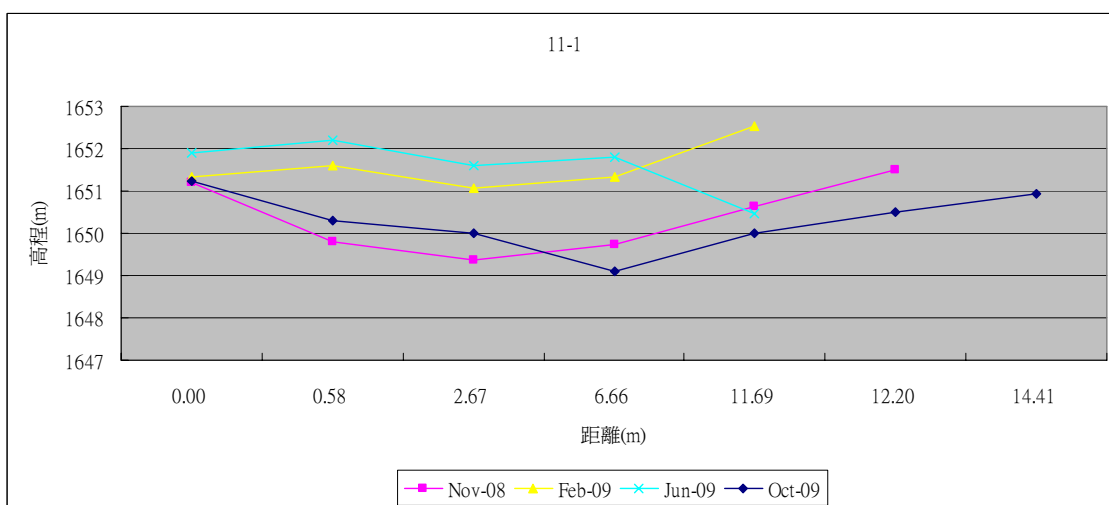


圖 2-60 司界蘭溪下游測站 11-1 斷面(資料來源：本研究資料)

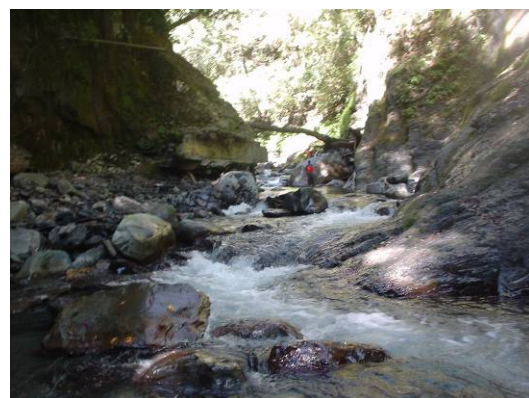
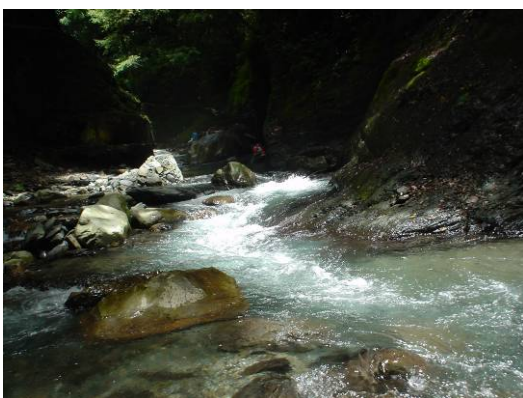


照片 2-1 斷面 3-12 殘材壩(2008/07) 照片 2-2 斷面 3-12 殘材壩(2008/11)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-3 斷面 3-12 殘材壩(2009/10) (資料來源：本研究資料)



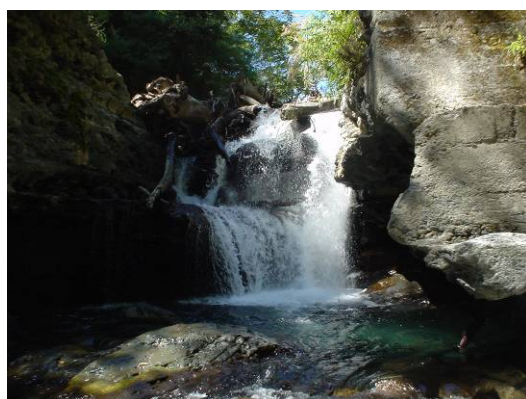
照片 2-4 斷面 2-23 上游面(2009/06) 照片 2-5 斷面 2-23 上游面(2009/10)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-6 斷面 2-20 下游面(2009/06) 照片 2-7 斷面 2-20 下游面(2009/10)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-8 二號壩口(2009/06)

照片 2-9 二號壩壩口(2009/10)

(資料來源：本研究資料)



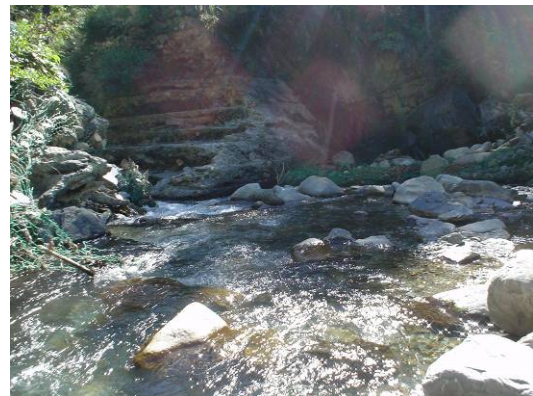
照片 2-10 斷面 1-16 下游面(2009/06) 照片 2-11 斷面 1-16 下游面(2009/10)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-12 斷面 1-2 上游面(2009/06) 照片 2-13 斷面 1-2 上游面(2009/10)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-14 一號壩 (2009/06) 照片 2-15 一號壩(2009/10)

(資料來源：本研究資料)

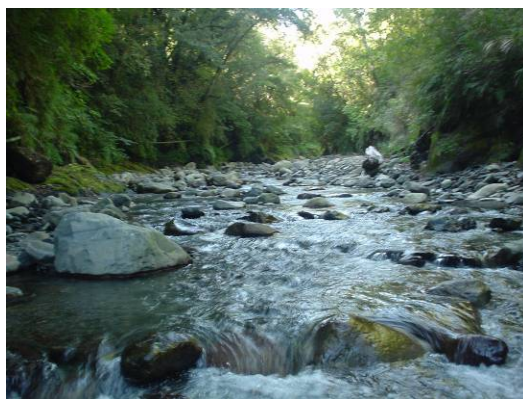


照片 2-16 一號壩 (2009/06) 照片 2-17 一號壩(2009/10)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-18 斷面 0-16 上游面(2009/06)



照片 2-19 斷面 0-16 上游面(2009/10)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-20 匯流口前深潭(2009/06)



照片 2-21 匯流口前深潭(2009/10)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-22 2-9 斷面上游(2009/06)

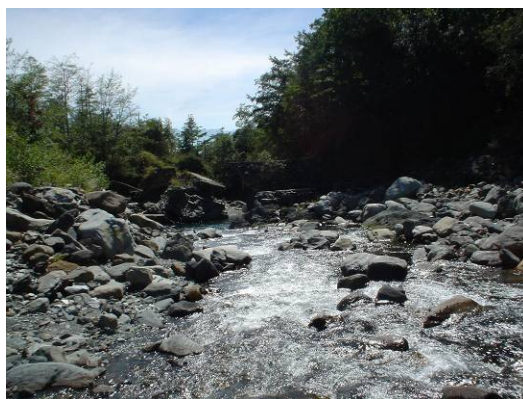


照片 2-23 2-9 斷面上游(2009/10)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-24 二號石壩下游面(2009/06)



照片 2-25 二號石壩上游面(2009/10)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-26 二號石壩下的深潭(2009/06)



照片 2-27 二號石壩下的深潭(2009/10)

(資料來源：本研究資料)

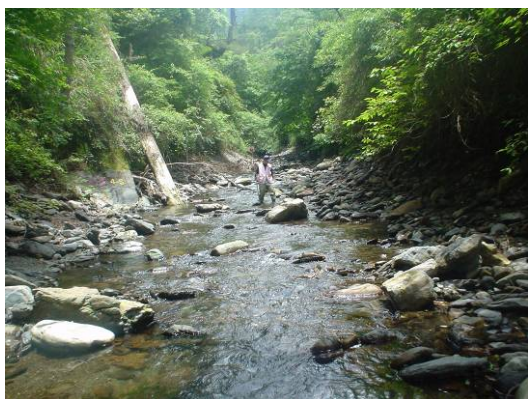


照片 2-28 二號石壩 (2009/06)



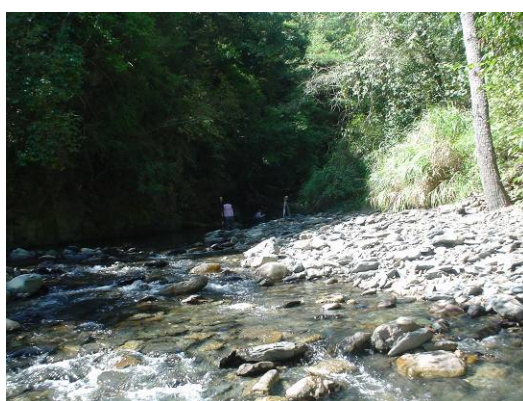
照片 2-29 二號石壩 (2009/10)

(資料來源：本研究資料)



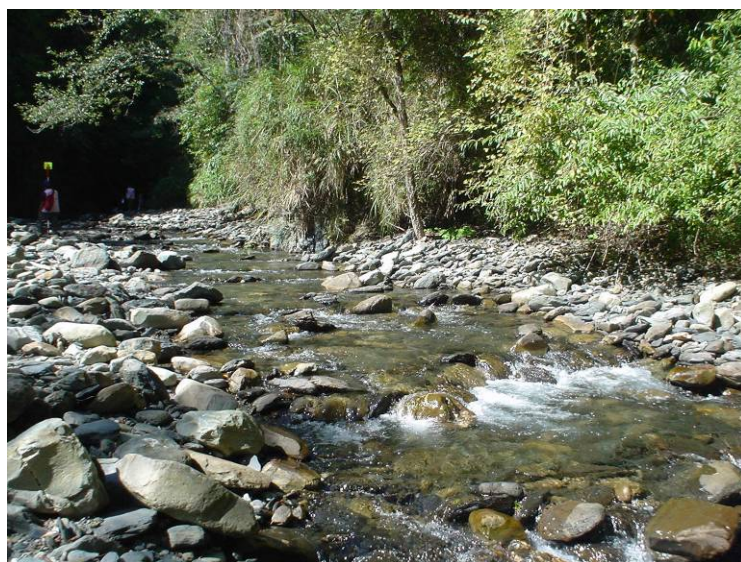
照片 2-30 桃山北溪斷面 1-1 (2009/06) 照片 2-31 桃山北溪斷面 1-1 (2009/10)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-32 桃山北溪斷面 1-4(2009/06) 照片 2-33 桃山北溪斷面 1-4(2009/10)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-34 桃山北溪斷面 1-5 (2009/10) (資料來源：本研究資料)



照片 2-35 斷面 2-1 上游(2009/06) 照片 2-36 斷面 2-1 上游(2009/10)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-37 斷面 2-6 上游(2009/06) 照片 2-38 斷面 2-6 下游(2009/10)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-39 西溪與北溪匯流處(2009/10) (資料來源：本研究資料)



照片 2-40 觀魚台 4-1 斷面(2009/06) 照片 2-41 觀魚台 4-1 斷面(2009/10)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-42 觀魚台 4-3 斷面(2009/06) 照片 2-43 觀魚台 4-3 斷面(2009/10)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-44 觀魚台 4-8 斷面(2009/10) (資料來源：本研究資料)



照片 2-45 新繁殖場起始點(2009/06) 照片 2-46 新繁殖場起始點(2009/10)

(資料來源：本研究資料)

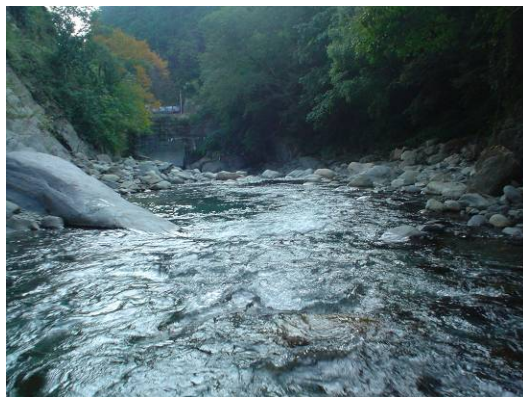


照片 2-47 新繁殖場斷面 5-4 (2009/06) 照片 2-48 新繁殖場斷面 5-4 (2009/10)

(資料來源：本研究資料)

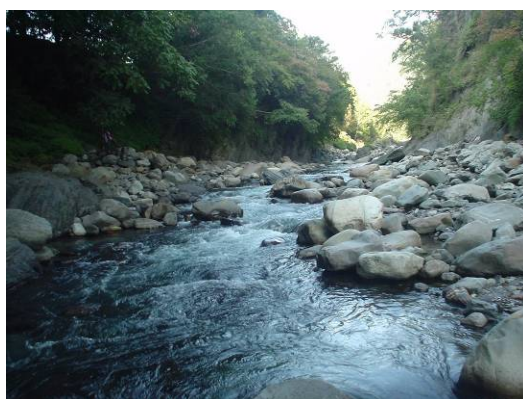


照片 2-49 新繁殖場斷面 5-6 上游(2009/10) (資料來源：本研究資料)



照片 2-50 萬壽橋斷面 6-1 (2009/06) 照片 2-51 萬壽橋斷面 6-1 (2009/10)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-52 萬壽橋斷面 6-4(2009/06) 照片 2-53 萬壽橋斷面 6-4(2009/10)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-54 萬壽橋斷面 6-6(2009/10) (資料來源：本研究資料)



照片 2-55 迎賓橋斷面 7-1(2009/06) 照片 2-56 迎賓橋斷面 7-1(2009/10)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-57 迎賓橋斷面 7-4(2009/06) 照片 2-58 迎賓橋斷面 7-4(2009/10)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-59 迎賓橋斷面 7-6 下游(2009/10) (資料來源：本研究資料)



照片 2-60 有勝溪 9-1 斷面(2009/06) 照片 2-61 有勝溪 9-1 斷面(2009/10)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-62 有勝溪 9-3 斷面(2009/06) 照片 2-63 有勝溪 9-3 斷面(2009/10)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-64 有勝溪一號壩上(2009/06) 照片 2-64 有勝溪一號壩上(2009/10)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-66 司界蘭溪上游斷面 10-1 上游
(2009/06) (資料來源：本研究資料)



照片 2-67 司界蘭溪上游斷面 10-1 下游
(2009/10) (資料來源：本研究資料)



照片 2-68 司界蘭溪上游斷面 10-9 下游
(2009/10) (資料來源：本研究資料)



照片 2-69 司界蘭溪下游舊壩下游
(2009/06) (資料來源：本研究資料)



照片 2-70 司界蘭溪下游舊壩下游
(2009/10) (資料來源：本研究資料)



照片 2-71 司界蘭溪下游斷面 11-7 上游
(2009/10) (資料來源：本研究資料)

第三章 水質研究

官文惠、蕭翔懌、盧麒丞、劉柄伸、詹晏權、張吉正、賴宥蒼、謝忠穎、江宛樺

明志科技大學環境與安全衛生工程系

摘要

關鍵詞：七家灣溪、台灣櫻花鉤吻鮭、營養鹽

一、研究緣起

武陵地區七家灣溪為國寶魚台灣櫻花鉤吻鮭之主要棲息地，該水域生態系受水環境參數之影響甚巨，故持續進行水質監測有其必要性。

二、研究方法及過程

本研究除持續針對共同採樣點採樣分析外，另因過去前人研究顯示右岸中游山溝水有高濃度之硝酸鹽，故本計劃亦於今年度在山溝的上中下游進行密集採樣。

三、重要發現

研究結果顯示，水質監測結果顯示，大部分河段水質良好。人為活動較密集區，營養鹽濃度及導電度均較高，持續監測關鍵水質項目仍屬必要。

四、主要建議事項

根據本研究於武陵地區七家灣溪流域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：

(一)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：由實驗結果顯示，人為活動較密集區，營養鹽濃度及導電度均較高，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、氨氮等。

(二)長期建議：

主辦機關：行政院所屬機關

協辦機關：武陵農場

建議事項：

1. 設立自動水質監測站，定期蒐集水質資料，以評估七家灣溪水質之變化，供管理及決策參考。

ABSTRACT

Available information indicated that the nutrients in Chichiawan stream are mainly from the fertilizer applied to the farms near the stream. These nutrients may influence the main habitat of the Formosan Salmon. Therefore, the objectives of this project were to monitor the water quality.

The study results imply that most of the water quality in this stream are good enough, but the nutrients and conductivity of the sampling site near the agricultural farms are higher than the criteria for salmon (H. C. Chen, 1998).

In light of this study, several suggestions were proposed: (a) in the short term, the monitoring of water quality is necessary because the agricultural activity is still in progress, (b) in the long term, the automatic monitoring of water quality are also recommended.

【 Keywords 】 Chiachiawan stream, the Formosan landlocked salmon, nutrients

一、前言

(一) 研究緣起

武陵地區七家灣溪為國寶魚台灣櫻花鉤吻鮭之主要棲息地，該地區的土地利用型態包含了林地、崩塌地、果園、菜園、公共建設等，故自然與人為活動將對該水域水質造成極大之衝擊並間接影響該生態系之平衡(陳,1998，王,1998，于與林,2003)。根據王氏(2003)對武陵地區土地利用型態調查之研究成果顯示，七家灣溪沿岸之農業行為與人為活動對水質有一定程度之影響，農田中的肥料常在大雨沖刷後流入河川，造成溪水中的營養鹽濃度上升，而影響台灣櫻花鉤吻鮭之主要棲息地之溪流水質。

(二) 研究目的

本研究藉由該區溪水之採樣調查，分析相關水質項目，除建立七家灣溪流域水質指標外，期能找出影響台灣櫻花鉤吻鮭生存之相關因子，且持續監測人為活動對該區水質環境之影響。

(三) 研究內容

1. 持續針對各水質項目進行採樣分析與監測。

(四) 文獻回顧

1. 研究樣區的特性

雪霸國家公園位於台灣本島之中北部，境內高山林立，景觀壯麗，由大安溪河谷海拔760公尺至3886公尺的雪山主峰，高差達3000多公尺，自然資源極為豐富；園區內涵蓋了觀霧遊憩區、武陵遊憩區與雪見遊憩區等三個遊憩區，國家公園範圍以雪山山脈的河谷稜線為界，東起羅葉尾山，西迄東洗水山，南至宇羅尾山，北抵境界山，總面積達76,850公頃，含括新竹縣五峰鄉、尖石鄉、苗栗縣泰安鄉、台中縣和平鄉，屬於高山型之國家公園(圖3-1)。

武陵遊憩區內包括了七家灣溪、有勝溪、高山溪三大主要水系，七家灣溪為大甲溪上游的主要支流，由北方的桃山西溪與桃山北溪匯流而成，並在下游匯入高山溪形成七家灣溪流域。地質方面多為板岩與頁岩；水質方面，溪流含氧量高，溶氧量變化在7.5 ppm到12 ppm之間；酸鹼值在7至9.5之間呈弱鹼性，營養鹽含量低，除部份地區受農業活動稍有影響外，一般含量均低，整體

來看，武陵地區水質為良好。

七家灣溪全長約15.3公里，其上游多峽谷深潭地形使得溪流溫度維持低溫，河段棲地富變化且遮蔽性高使其成為台灣櫻花鉤吻鮭適合生存之流域，中游河段的湧泉支流則是台灣櫻花鉤吻鮭在豪雨時最佳的避難場所。

雪霸國家公園武陵遊憩區以台灣櫻花鉤吻鮭生態保護區為著名的景點，為保育台灣櫻花鉤吻鮭得以永續生存，雪霸國家公園管理處積極採取復育工作。台灣櫻花鉤吻鮭之所以珍貴是在於其為冷水性的鮭鱒科魚類，冰河時期生活在台灣大甲溪流域，冰河時期結束後無法進入海洋迴遊，成為陸封型鮭魚而生活在於大甲溪上游1500公尺上游的高山溪流地區。這些溪流的坡度平緩，水溫維持攝氏16℃以下，溪流兩岸由砂岩與板岩組成，河床甚少泥質，且樹木茂密，水量充沛，水生昆蟲種類豐富，所以台灣櫻花鉤吻鮭得以在此生存。

2. 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、在殘質內的氮、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3-2)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酸態氮(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。

3.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、鋁離子一起往下入滲，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，之後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大量移動；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。

4. 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：

硫是氨基酸的組成元素，即生物體內含有硫。

H. 大氣：

大氣中的二氧化硫沈降。

二、材料與方法

研究流程規劃如圖(3-3)，主要研究地點為武陵地區，其中包括桃山西溪、高山溪、有勝溪、七家灣溪與司界蘭溪，以及週邊陸域生態環境。首先進行當地背景資料收集，包括該區各種的土地利用型態、面積、七家灣溪水文特性、雨量資料，同時針對相關文獻做資料整理。

武陵地區水質參數之研究搭配實地調查七家灣溪相關水域的位址後，依周遭林地的土地利用與農田的分佈採取溪流上、下游及匯流口處做為七家灣溪流域內各溪流的測站點。

採樣時間以季採(2、4、6、8、10月)進行採樣，水樣部分共設置九個採樣點，相關位置如圖(3-4)。採集樣品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。其在武陵地區現場的水質分析項目有pH、溶氧、導電度等三個項目，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、氯鹽等九個分析項目。

(一)採樣地點介紹

採樣地點包括了武陵地區內的桃山西溪、高山溪、有勝溪、七家灣溪與環山部落內的司界蘭溪等五條溪流，水樣採集樣品點共計有九個測點分別為：桃山西溪、觀魚臺、一號壩上游、一號壩下游、繁殖場、高山溪、有勝溪、司界蘭溪上游、司界蘭溪下游，各採樣點週遭環境特性描述如下。

桃山西溪：為桃山西溪後匯入七家灣溪，採樣地點上方為武陵吊橋下方，此處

河寬約4-5公尺，水深約60公分，上游處有一攔砂壩，水流較急。

觀魚臺：為七家灣溪流的中段，與道路相鄰甚近，此處河寬約4-5公尺，水深約40公分。

繁殖場：新繁殖場，由億年橋旁進入，河床寬廣，河寬約16公尺，水深約55公分。

高山溪：由億年橋進入，步行約十分鐘，河寬約4-5公尺，水深45公分，原位於此處的攔砂壩已拆除，溪岸為芒草居多。

有勝溪：為有勝溪的下游，旁為武陵收費口，河寬約4-5公尺，水深約60公分，此區流速緩慢，上游有農田栽種。

司界蘭溪上游：司界蘭溪上游，原始林相豐富，此處有台灣櫻花鉤吻鮭原生種的存在，河寬約4-5公尺，水深45公分。

司界蘭溪下游：司界蘭溪下游，位於環山部落匯入大甲溪，上游種植大片高麗菜園，溪流湍急，河寬約5.5公尺。

(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。

河川水體採樣在測站四、五、九採混合取樣，其餘測站皆採取中央處設置採樣點採樣。

(三) 樣品保存

所採集之溶解態水體樣品保存方式如表(3-2)，底泥樣品均置於塑膠瓶內。另外，直接在現場量測部分有pH、導電度以及溶氧等三項參數。

(四) 溶解態樣品實驗分析方法

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。求得知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一雜多酸——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 °C 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。

(五) 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、結果

溶解態物種實驗採樣97年前以雙月、97年以每季進行，98年以雙月及7~8月間的颱風過後，時間為94年2、4、6、8、10、12月、95年2、4、6、8、10、12月、96年2、4、6、8、10、12月、97年1、4、7、10月、98年2、4、6、8、10月共27筆數據，分析項目包括溶氧、導電度、pH、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、總有機碳等12個項目，其今年分析數據如表(3-3)至表(3-7)。

四、討論

(一) 溶解態實驗分析數據

溶解態物種實驗採樣97年前以雙月、97年後以每季進行，時間為94年2、4、6、8、10、12月，95年的2、4、6、8、10、12月，96年的2、4、6、8、10、12月，97年的1、4、7、10月、98年2、4、6、8、10月，溶解態樣品共27筆數據，如圖(3-5至3-17)。

pH值介於6.5~8.5時對魚類生產力最好，武陵地區溪流的pH值介於6.2~8.5間左右呈現中性偏鹼的狀態，以偵測之pH值，除少數數值較低或過高之外，其餘測得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)。武陵地區各溪流導電度值在400 $\mu\text{mho/cm}$ 以下，桃山西溪與高山溪無農田施作，導電度值明顯為武陵地區溪流中最低；七家灣溪中游與有勝溪有農耕活動的關係，導電度值明顯為武陵地區溪流中最高。因而可以明顯觀測到農耕行為對武陵地區溪流所造成的影響。另水量的多寡也會影響水中的導電度，在冬、春季為枯水期導電度值較高。

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。武陵地區各溪流生物量不多且無有機物的污染，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，冬季時武陵地區流域溶氧為最高，武陵地區流域大部分水系溶氧值均在7.0~12.0 mg/L之間，但觀魚臺、有勝溪與司界蘭溪下游溶氧較低，在97年7月最低至6.02 mg/L，其餘數值依然符合冷水性鮭鱒魚類對溶氧的需求在7 ppm以上或飽和度85%以上(陳,1998)，武陵地區各溪流的溶氧符合冷水性鮭鱒魚類對溶氧的需求。

攔砂壩的拆除後其水中濁度已趨於穩定，濁度對視覺性攝食魚種台灣櫻花鉤吻鮭會造成攝食的有效度降低，在有勝溪測站與高山溪測站有較高濁度值。95年6月、96年6月與10月、97年4月、98年8月因大雨過後採集水樣，導致各測站濁度值大於2 NTU外，但大致上來說其餘月份濁度均算低，視覺性攝食魚

種台灣櫻花鉤吻鮭對濁度的要求在5 NTU之下(陳,1998),武陵地區流域其濁度值在2 NTU以下符合要求。此區位於雪霸國家公園內又為台灣櫻花鉤吻鮭的生態保育區,除有必要,道路施工、溪流整治等工程均不會在此區施做,加上國人的環保意識抬頭以及教育的普及化另外加上管理處的定時巡邏,隨意傾倒垃圾的情形已不易見,因此會造成濁度上升的原因往往是因為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,但會增加魚類的染病機率。

雪霸國家公園的地質大多屬於板岩、砂岩與頁岩,其組成主要為粘土、石英、長石等礦物,二氧化矽佔其主要成分,因而溪流內矽酸鹽的來源應是與地質相關。

武陵地區各溪流所測得矽酸鹽介於0~9 ppm,以高山溪的數值較高,部分月份也有數值明顯較高的趨勢。97年10月與98年10月皆因大雨過後之沖刷,將使礦物溶於水中,矽酸鹽濃度增加。目前矽酸鹽對台灣櫻花鉤吻鮭的影響並無直接的證明,加上矽酸鹽的來源應是當地地質所提供的,且台灣櫻花鉤吻鮭在此流域已生存已久,在近幾十年才開始數量的減少,因而可判斷在此流域內的矽酸鹽並不是造成台灣櫻花鉤吻鮭減少的主因。

營養鹽方面桃山西溪與高山溪大致上低於其他溪流;有勝溪則有較高的營養鹽濃度,因有勝溪沿岸有農耕施作可能導致營養鹽高於其他溪流。司界蘭溪在上游無農田施作為一原始林相,下游處則有高冷蔬菜的種植,在營養鹽方面下游均高於上游的濃度,可推測溪流中營養鹽的流入應部份來自農地的施肥所致。

武陵地區各溪流的硝酸鹽氮含量在七家灣上游的測站點濃度低0.2 ppm,下游測站點濃度均較上游提高至1~3.3 ppm,且趨勢同導電度值。桃山西溪與高山溪無農田施作硝酸鹽氮濃度值明顯為武陵地區溪流中最低,另七家灣溪中處一號壩明顯比上游有較高的趨勢;有勝溪收費口的硝酸鹽氮為最高,有此現象發生可能為七家灣溪中游與有勝溪有農耕活動的關係。硝酸鹽氮主要的來源為含氮的肥料使用,經過雨水逕流而入河川。土壤在好氧的情況中其亞硝酸菌可將氮轉化成亞硝酸根,硝酸菌則將亞硝酸根再轉化成硝酸根,土壤顆粒的表面大多帶負電,因而氮根離子較易被吸附在土壤中,硝酸根與帶負電的黏土礦物表面相斥,極易經由淋洗作用而流入地下水或溪流中。土壤環境若是缺乏氧

氣會變成還原性，缺氧的環境有含水量太高的土壤中、深層的土壤等，在還原性環境中硝酸根與亞硝酸根可藉由脫硝菌還原成一氧化二氮或氮氣而回到大氣中。

亞硝酸鹽氮為一具有毒性的物質，在武陵地區溪流的亞硝酸鹽氮濃度值都很低，遠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)，在武陵地區各溪流亞硝酸鹽氮均在5 ppb之下，遠遠低於台灣環保署所規定的飲用水水質標準與保育台灣櫻花鉤吻鮭的水質基準，且大部分的實驗量測值幾乎是量測不到的，因此武陵地區溪流中的亞硝酸鹽氮應不致於導致台灣櫻花鉤吻鮭族群數量的減少。

溪流中氮氣的變化，在施用有機肥會因肥料中氮的分解，透過雨水的沖刷會導致溪流濃度上升，在四月為甘藍菜施肥的時節，因而有明顯的一個濃度變化。

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。上游處桃山西溪與高山溪硫酸鹽濃度較低，有勝溪測站硫酸鹽濃度較高；在冬季也較夏季濃度來得高，而這情形與該區的流量有相關。根據以往的數據顯示在12~4月枯水期時期，硫酸鹽濃度提高；在6~10月豐水期時期，硫酸鹽濃度明顯降低。有勝溪硫酸鹽濃度極高，推測可能是當地農民所使用肥料含有硫酸銨與硫酸鉀兩成份。

武陵地區溪流中氯離子的含量除了有勝溪及七家灣溪中游觀魚臺附近因有農業活動，所以氯離子含量較高，其餘皆低於1 ppm。

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。鮭鱒魚類對水中磷酸鹽的忍受濃度為10 ppb(陳,1998)，樣站之磷酸鹽濃度分佈在N.D.~30 ppb，此一濃度範圍對鮭鱒類之影響，需再作進一步之評估。

武陵地區各溪流中有機碳的來源多為落葉與有機體的分解，有機碳濃度值在七家灣流域變動不大，呈現一致性，介於0.5~1.3 ppm，有勝溪因藻類較多，

TOC值亦是所有樣站中最高的。

(二) 山溝監測結果

山溝之硝酸鹽濃度約9~15 mg/L，高於觀魚台、高山溪與有勝溪的監測濃度3 mg/L。由圖3-18~3-20觀得，山溝之硝酸鹽來源可能為生物的排泄物，或者為北面種植花海所施加之肥料，經由逕流水滲出，進而流入山溝水中。

山溝之氯鹽濃度約7~13 mg/L，皆大於觀魚台、高山溪與有勝溪的監測濃度3 mg/L。而自然界氯鹽濃度來源：(1)水將表土或土壤深處之氯鹽溶出。(2)人類排泄物-尿液，就含有高含量之氯鹽，每人平均每天排出約6 g的氯鹽，約會增加水體中15 mg/L之氯鹽含量(3)地下水也含有大量的氯鹽。故山溝水所測得之氯鹽含量，可能受山溝北面露營區人為活動之排泄物所影響，或由附近地下水流出並匯入山溝水。

山溝之磷酸鹽濃度約0.025~0.045 mg/L，皆大於觀魚台、高山溪與有勝溪的監測濃度0.020 mg/L。一般水中磷酸鹽濃度來源，皆由人體蛋白質與核酸代謝形成尿液排出，形成的產物，數據顯示每人平均一天排出約1.5 g/天的磷。山溝水質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。

山溝硫酸鹽濃度約5~17 mg/L，皆遠小於觀魚台、高山溪與有勝溪的監測濃度25~50 mg/L。因硫酸鹽幾乎存在所有天然水中，火成岩及沉澱性岩石中之金屬硫化物如黃鐵礦，在風化過程中會被水中溶氧氧化成硫酸鹽。人類、動物所排出之尿液，於好氧狀況下經過好氧菌分解，將會產生硫酸鹽。此外肥料硫酸鉀也是硫酸鹽的來源之一。

(三) 回收用地旁二號壩樣站水質特性評估

回收用地於95年12月底已完成徵收，採集滲出水進行分析，其硝酸鹽濃度約1 mg/L左右，氯鹽濃度約1 mg/L以下，硫酸鹽濃度介於25~38 mg/L，皆為標準值之下，顯示回收用地之監測項目暫無上升跡象，明顯改善許多。

五、結論與建議

(一)結論

1. 武陵地區溪流水質情況除部分河段硝酸鹽氮濃度達3.3 ppm、氨氮濃度達0.06 ppm、磷酸鹽濃度達0.02 ppm較高外，其餘物質皆無超過櫻花吻鈎鮭生存水質標準，目前武陵地區溪流生態尚屬適合櫻花吻鈎鮭生存。
2. 在營養鹽方面桃山西溪與高山溪大致均低於其他溪流；有勝溪及七家灣溪中游觀魚臺則有較高的營養鹽濃度，因有勝溪與七家灣溪中游沿岸有農耕施作可能導致營養鹽高於其他溪流。司界蘭溪在上游無農田施作為一原始林相，下游處則有高冷蔬菜的種植，在營養鹽方面下游均高於上游的濃度，得知溪流中營養鹽的流入可能來自農地的施肥。
3. 武陵地區各溪流的硝酸鹽氮含量，在七家灣溪中游觀魚臺明顯比上游桃山西溪有較高的趨勢；有勝溪收費口的硝酸鹽氮為最高，高山溪無農田施作硝酸鹽氮濃度值明顯為武陵地區溪流中最低。硝酸鹽氮主要的來源為含氮的肥料使用，經過雨水逕流而入河川，因而可以推論農耕行為所輸入的硝酸鹽對武陵地區溪流造成一定程度之影響。
4. 由實驗結果顯示，人為活動較密集區，營養鹽濃度及導電度均較高，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、硝酸鹽氮等。
5. 設立自動水質監測站，定期蒐集水質資料，以評估七家灣溪水質之變化，供管理及決策參考。

(二)建議

根據本研究於武陵地區七家灣溪流流域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

協辦機關：武陵農場

建議事項：由實驗結果顯示，人為活動較密集區，營養鹽濃度及導電度均較高，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、氨氮等。

2.長期建議：

主辦機關：行政院所屬機關

協辦機關：武陵農場

建議事項：

設立自動水質監測站，定期蒐集水質資料，以評估七家灣溪水質之變化，供管理及決策參考。

六、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。台灣櫻花鉤吻鮭保護區規劃。行政院農委會研究計劃。
- 曾晴賢，2005。台灣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。
- 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3-1 採樣地點地理座標

	站名	溪流	地理座標(經緯度)
測站二	桃山西溪	桃山西溪	E 121.1826 N 24.2352
測站四	觀魚臺	七家灣溪	E 121.1838 N 24.2215
測站五	繁殖場	七家灣溪	E 121.1848 N 24.2118
測站八	高山溪	高山溪	E 121.3075 N 24.3587
測站九	有勝溪	有勝溪	E 121.3022 N 24.3489
測站十	司界蘭溪上游	司界蘭溪	E 121.1642 N 24.1935
測站十一	司界蘭溪下游	司界蘭溪	E 121.1719 N 24.1914

(資料來源：本研究資料)

表3-2 水體樣品保存

分析項目	容器	保存方法
濁度	塑膠瓶	暗處，4°C 冷藏
矽酸鹽	塑膠瓶	暗處，4°C 冷藏
硝酸鹽氮	玻璃或塑膠瓶	暗處，4°C 冷藏
亞硝酸鹽氮	玻璃或塑膠瓶	暗處，4°C 冷藏
氨氮	玻璃或塑膠瓶	加硫酸使水樣pH<2，暗處， 4°C 冷藏
正磷酸鹽	1+1熱鹽酸洗淨之玻璃瓶	暗處，4°C 冷藏
硫酸鹽	玻璃或塑膠瓶	暗處，4°C 冷藏
氯鹽	玻璃或塑膠瓶	-
總有機碳	褐色玻璃瓶	加磷酸使水樣pH<2，暗處， 4°C 冷藏(不得預洗)

(資料來源：本研究資料)

表 3-3 98 年 2 月溶解態分析數據

站號	站名	氣候	採樣日期	pH	導電度 μS/cm	溶氧 mg/L	濁度 NTU	SiO ₂ mg/L	NO ₃ -N mg/L
測站 2	桃山西溪	晴	2 月 11 日	7.45	71	8.12	0.03	0.99	0.100
測站 4	觀魚臺	晴	2 月 11 日	7.67	210	7.73	0.28	4.43	0.836
測站 5	繁殖場	晴	2 月 11 日	7.87	171	8.12	0.05	5.13	0.081
測站 8	高山溪	晴	2 月 11 日	8.05	171	7.94	0.28	3.97	0.081
測站 9	有勝溪	晴	2 月 11 日	8.39	232	8.00	0.26	3.47	0.613
測站 10	司界蘭溪上游	晴	2 月 11 日	7.48	187	7.06	0.01	4.32	0.013
測站 11	司界蘭溪下游	晴	2 月 11 日	7.76	239	7.56	0.12	3.62	0.496

站號	站名	氣候	採樣日期	NO ₂ -N μg/L	SO ₄ ²⁻ mg/L	CL ⁻ mg/L	PO ₄ ³⁻ mg/L	NH ₃ -N mg/L	TOC mg/L
測站 2	桃山西溪	晴	2 月 11 日	N.D.	32.39	1.047	7×10 ⁻³	3.3×10 ⁻²	1.36
測站 4	觀魚臺	晴	2 月 11 日	0.3	46.46	1.437	1×10 ⁻²	3.4×10 ⁻²	1.46
測站 5	繁殖場	晴	2 月 11 日	N.D.	33.10	0.954	1.1×10 ⁻²	8×10 ⁻³	1.53
測站 8	高山溪	晴	2 月 11 日	N.D.	35.24	0.919	1.2×10 ⁻²	2.8×10 ⁻²	1.49
測站 9	有勝溪	晴	2 月 11 日	0.4	41.93	1.614	1×10 ⁻²	2.8×10 ⁻²	0.95
測站 10	司界蘭溪上游	晴	2 月 11 日	N.D.	27.94	1.010	1.7×10 ⁻²	N.D.	0.95
測站 11	司界蘭溪下游	晴	2 月 11 日	0.8	52.75	1.363	1.1×10 ⁻²	N.D.	0.75

* N.D. 值：(1)NO₂-N < 0.2 μg/L (2)PO₄³⁻ < 3×10⁻³ mg/L (3)NH₃-N < 3×10⁻³ mg/L (資料來源：本研究資料)

表 3-4 98 年 4 月溶解態分析數據

站號	站名	氣候	採樣日期	pH	導電度	溶氧	濁度	SiO ₂	NO ₃ -N
					μS/cm	mg/L	NTU	mg/L	mg/L
測站 2	桃山西溪	晴	4 月 8 日	7.78	137.5	10.18	0.01	3.50	0.423
測站 4	觀魚臺	晴	4 月 8 日	7.91	181.0	10.05	0.01	5.26	0.657
測站 5	繁殖場	晴	4 月 8 日	7.92	181.7	8.85	0.18	3.38	0.536
測站 8	高山溪	晴	4 月 8 日	8.32	169.2	8.78	0.01	2.25	0.365
測站 9	有勝溪	晴	4 月 8 日	8.85	254.0	9.07	0.15	2.60	0.832
測站 12	一號壩上游	晴	4 月 8 日	8.34	182.6	9.58	0.19	1.93	0.688
測站 13	一號壩下游	晴	4 月 8 日	7.63	189.0	9.62	0.05	4.42	0.690

站號	站名	氣候	採樣日期	NO ₂ -N	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	PO ₄ ³⁻	NH ₃ -N	TOC
				μg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
測站 2	桃山西溪	晴	4 月 8 日	0.5	26.40	0.107	5×10 ⁻³	5×10 ⁻³	0.401
測站 4	觀魚臺	晴	4 月 8 日	0.3	37.67	0.922	6×10 ⁻³	1×10 ⁻²	0.381
測站 5	繁殖場	晴	4 月 8 日	0.3	38.31	0.459	8×10 ⁻³	N.D.	0.470
測站 8	高山溪	晴	4 月 8 日	0.3	34.20	0.219	1×10 ⁻²	1.1×10 ⁻²	0.569
測站 9	有勝溪	晴	4 月 8 日	2.0	47.72	3.764	9×10 ⁻³	2.1×10 ⁻²	0.722
測站 12	一號壩上游	晴	4 月 8 日	0.2	38.26	0.897	7×10 ⁻³	N.D.	0.340
測站 13	一號壩下游	晴	4 月 8 日	0.3	40.02	0.887	8×10 ⁻³	N.D.	0.392

* N.D. 值：(1)NO₂-N < 0.2 μg/L (2)PO₄³⁻ < 3×10⁻³ mg/L (3)NH₃-N < 3×10⁻³ mg/L (資料來源：本研究資料)

表 3-5 98 年 6 月溶解態分析數據

站號	站名	氣候	採樣日期	pH	導電度	溶氧	濁度	SiO ₂	NO ₃ -N
					μS/cm	mg/L	NTU	mg/L	mg/L
測站 2	桃山西溪	晴	6 月 10 日	7.96	128.0	9.05	0.25	4.50	0.105
測站 4	觀魚臺	晴	6 月 10 日	8.00	176.2	8.76	0.25	6.80	0.482
測站 5	繁殖場	晴	6 月 10 日	9.11	164.5	8.67	0.38	6.55	0.058
測站 8	高山溪	晴	6 月 10 日	9.13	163.2	8.68	0.43	6.34	0.041
測站 9	有勝溪	晴	6 月 10 日	8.56	270.0	8.70	0.39	4.22	1.582
測站 10	司界蘭溪上游	晴	6 月 10 日	8.23	247.0	8.52	0.38	5.46	0.014
測站 11	司界蘭溪下游	晴	6 月 10 日	8.30	253.0	8.23	0.35	6.37	0.046
測站 12	一號壩上游	晴	6 月 10 日	8.24	179.0	8.66	0.18	6.44	0.505
測站 13	一號壩下游	晴	6 月 10 日	8.21	185.3	8.50	0.20	5.99	0.436

站號	站名	氣候	採樣日期	NO ₂ -N	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	PO ₄ ³⁻	NH ₃ -N	TOC
				μg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
測站 2	桃山西溪	晴	6 月 10 日	1.4	25.71	1.608	4×10 ⁻³	1.7×10 ⁻²	1.176
測站 4	觀魚臺	晴	6 月 10 日	0.4	35.86	1.952	5×10 ⁻³	1.1×10 ⁻²	1.094
測站 5	繁殖場	晴	6 月 10 日	N.D.	31.56	1.975	6×10 ⁻³	3×10 ⁻³	1.044
測站 8	高山溪	晴	6 月 10 日	0.5	31.22	1.737	6×10 ⁻³	4×10 ⁻³	1.521
測站 9	有勝溪	晴	6 月 10 日	3.7	44.27	2.825	4×10 ⁻³	1.2×10 ⁻²	1.641
測站 10	司界蘭溪上游	晴	6 月 10 日	0.5	52.69	5.949	4×10 ⁻³	11×10 ⁻²	0.825
測站 11	司界蘭溪下游	晴	6 月 10 日	1.4	54.78	2.170	5×10 ⁻³	6×10 ⁻³	0.853
測站 12	一號壩上游	晴	6 月 10 日	0.5	36.36	1.840	6×10 ⁻³	1.3×10 ⁻²	0.906
測站 13	一號壩下游	晴	6 月 10 日	0.8	38.59	1.828	5×10 ⁻³	8×10 ⁻³	0.886

* N.D. 值：(1)NO₂-N < 0.2 μg/L (2)PO₄³⁻ < 3×10⁻³ mg/L (3)NH₃-N < 3×10⁻³ mg/L (資料來源：本研究資料)

表 3-6 98 年 8 月溶解態分析數據

站號	站名	氣候	採樣日期	pH	導電度	溶氧	濁度	SiO ₂	NO ₃ -N
					μS/cm	mg/L	NTU	mg/L	mg/L
測站 2	桃山西溪	晴	8 月 19 日	7.86	121.6	8.30	0.65	5.13	0.029
測站 4	觀魚臺	晴	8 月 19 日	8.00	174.5	7.94	1.15	6.11	0.470
測站 5	繁殖場	晴	8 月 19 日	8.07	155.7	8.04	3.65	5.81	0.028
測站 8	高山溪	晴	8 月 19 日	8.03	136.9	7.73	4.21	7.83	0.019
測站 9	有勝溪	晴	8 月 19 日	8.24	210.0	7.60	3.05	7.84	0.205
測站 12	一號壩上游	晴	8 月 19 日	8.07	179.4	7.97	0.91	6.02	0.414
測站 13	一號壩下游	晴	8 月 19 日	8.12	180.2	8.15	1.44	5.61	0.468

站號	站名	氣候	採樣日期	NO ₂ -N	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	PO ₄ ³⁻	NH ₃ -N	TOC
				μg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
測站 2	桃山西溪	晴	8 月 19 日	0.7	21.02	0.833	7.9×10 ⁻³	0.0109	0.50
測站 4	觀魚臺	晴	8 月 19 日	1.0	32.28	1.353	5.6×10 ⁻³	0.0087	0.38
測站 5	繁殖場	晴	8 月 19 日	1.3	27.83	1.100	8.6×10 ⁻³	0.0108	0.39
測站 8	高山溪	晴	8 月 19 日	1.4	23.65	0.831	1.01×10 ⁻²	0.0096	0.48
測站 9	有勝溪	晴	8 月 19 日	2.6	32.04	1.334	1.55×10 ⁻²	0.0095	0.45
測站 12	一號壩上游	晴	8 月 19 日	1.0	32.84	1.339	7.9×10 ⁻³	0.0071	0.36
測站 13	一號壩下游	晴	8 月 19 日	0.9	32.41	1.348	4.6×10 ⁻³	0.0075	0.23

* N.D.值：(1)NO₂-N < 0.2 μg/L(2)PO₄³⁻ < 3×10⁻³ mg/L(3)NH₃-N < 3×10⁻³ mg/L(資料來源：本研究資料)

表 3-7 98 年 10 月溶解態分析數據

站號	站名	氣候	採樣日期	pH	導電度	溶氧	濁度	SiO ₂	NO ₃ -N
					μS/cm	mg/L	NTU	mg/L	mg/L
測站 2	桃山西溪	晴	10 月 14 日	8.24	156.9	5.81	0.37	3.80	0.343
測站 4	觀魚臺	晴	10 月 14 日	8.26	223.0	6.48	1.06	4.93	0.679
測站 5	繁殖場	晴	10 月 14 日	8.27	184.0	5.70	0.54	43.40	0.354
測站 8	高山溪	晴	10 月 14 日	8.31	184.3	5.72	1.14	13.31	0.339
測站 9	有勝溪	晴	10 月 14 日	8.31	237.0	5.35	1.77	14.33	1.056
測站 12	一號壩上游	晴	10 月 14 日	8.13	227.0	5.71	0.82	6.11	0.664
測站 13	一號壩下游	晴	10 月 14 日	8.14	228.0	5.36	0.53	3.97	0.655

站號	站名	氣候	採樣日期	NO ₂ -N	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	PO ₄ ³⁻	NH ₃ -N	TOC
				μg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
測站 2	桃山西溪	晴	10 月 14 日	0.20	26.45	0.984	N.D	2.8×10 ⁻³	0.30
測站 4	觀魚臺	晴	10 月 14 日	0.40	41.45	1.296	5.3×10 ⁻³	4.1×10 ⁻³	0.18
測站 5	繁殖場	晴	10 月 14 日	0.40	32.02	1.098	6.8 ×10 ⁻³	4.1×10 ⁻³	0.19
測站 8	高山溪	晴	10 月 14 日	0.50	31.96	1.014	4×10 ⁻³	4.1×10 ⁻³	0.23
測站 9	有勝溪	晴	10 月 14 日	1.14	33.89	1.423	9.4×10 ⁻³	4.5×10 ⁻³	0.52
測站 12	一號壩上游	晴	10 月 14 日	0.43	42.98	1.217	3.9×10 ⁻³	3.2×10 ⁻³	N.D.
測站 13	一號壩下游	晴	10 月 14 日	2.39	43.42	1.215	3.7 ×10 ⁻³	1.03×10 ⁻²	0.23

* N.D. 值：(1)NO₂-N < 0.2 μg/L (2)PO₄³⁻ < 3×10⁻³ mg/L (3)NH₃-N < 3×10⁻³ mg/L (4)TOC < 1.25×10⁻⁴ mg/L (資料來源：本研究資料)

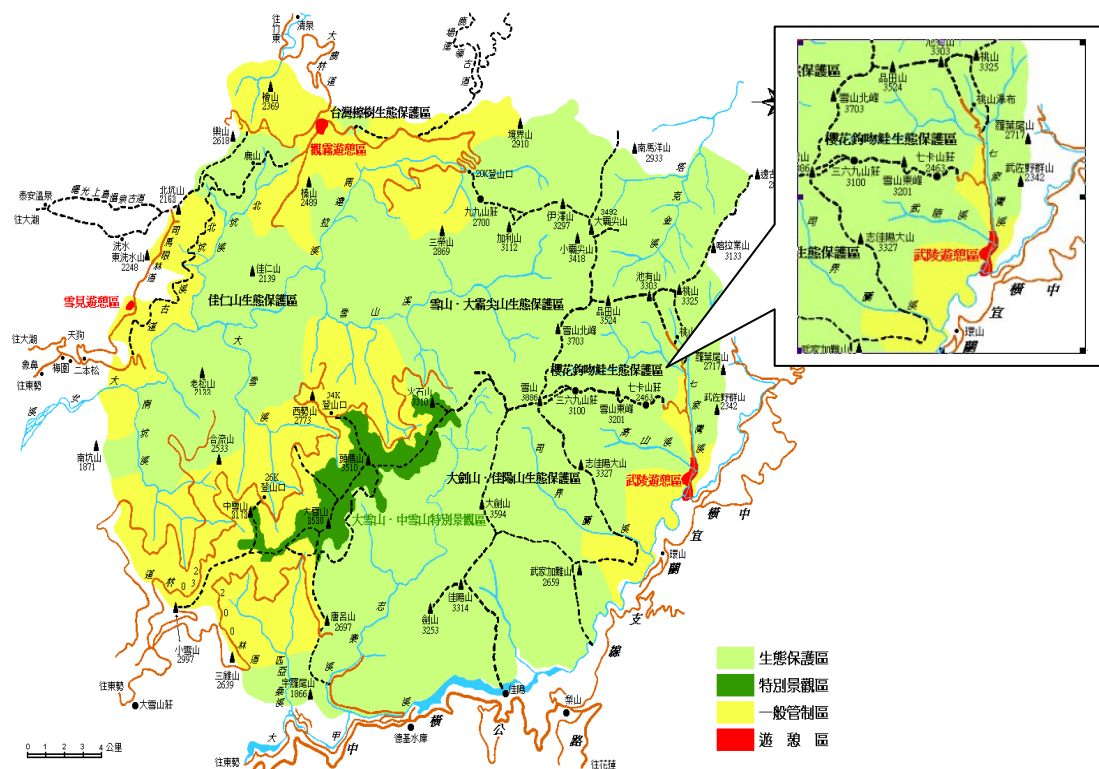


圖3-1 雪霸國家公園(資料來源：<http://www.snpn.gov.tw/>)

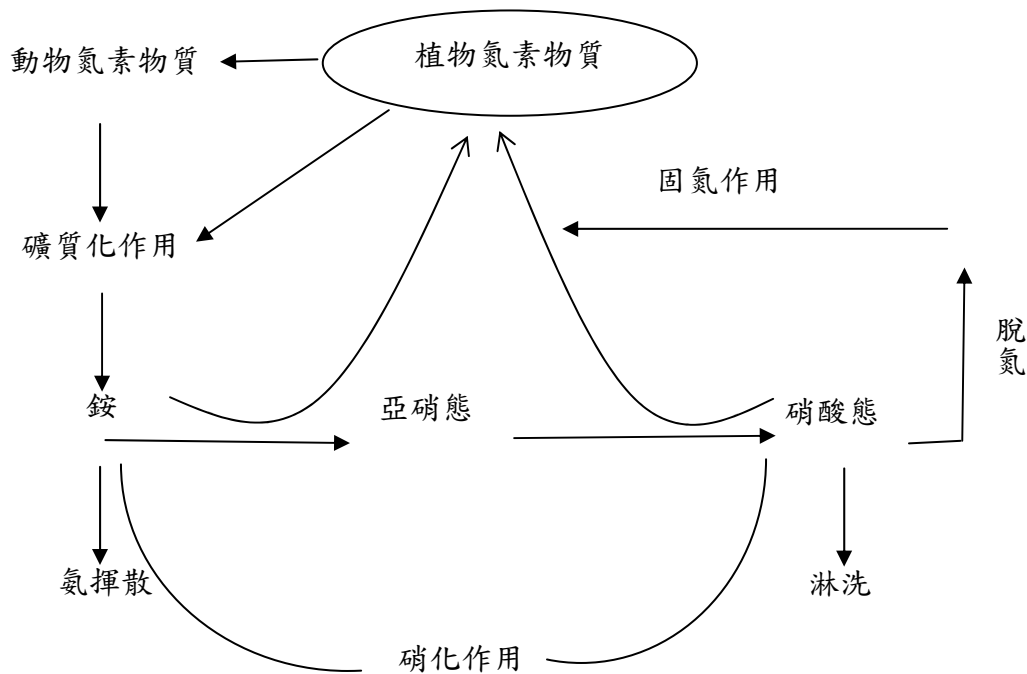


圖 3-2 氮素循環過程(資料來源：本研究資料)

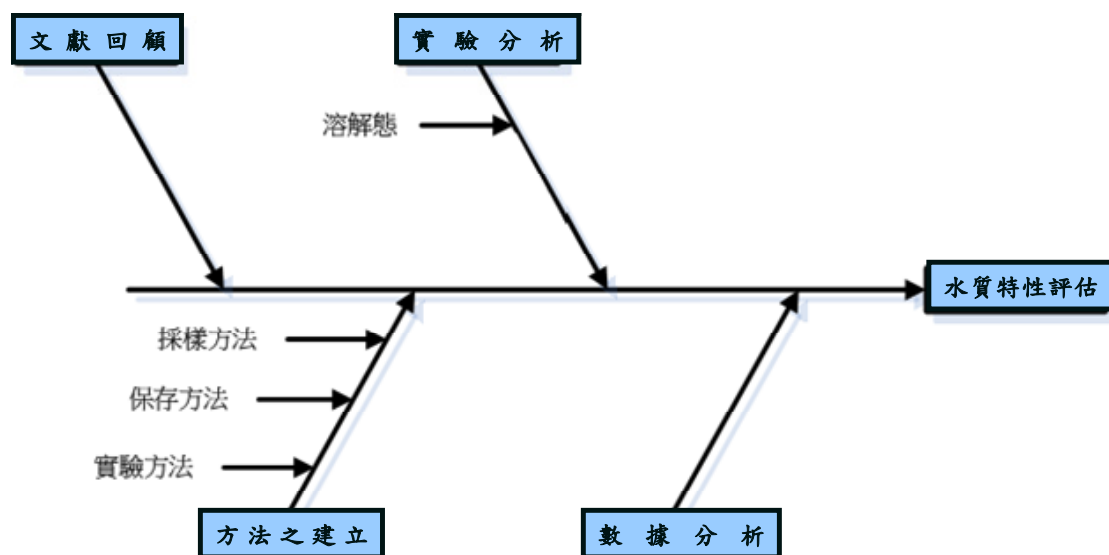


圖3-3 流程圖(資料來源：本研究資料)

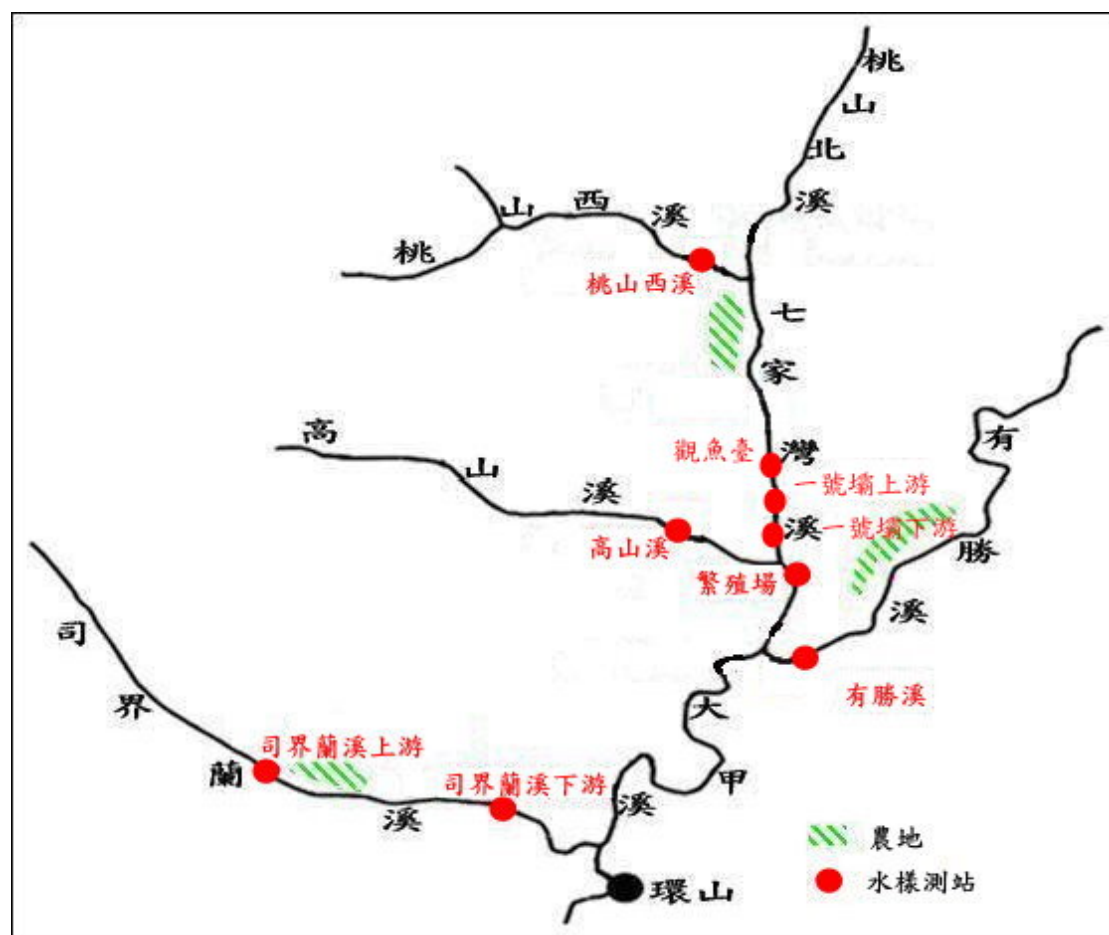


圖 3-4 採樣地點位置圖(資料來源：本研究資料)

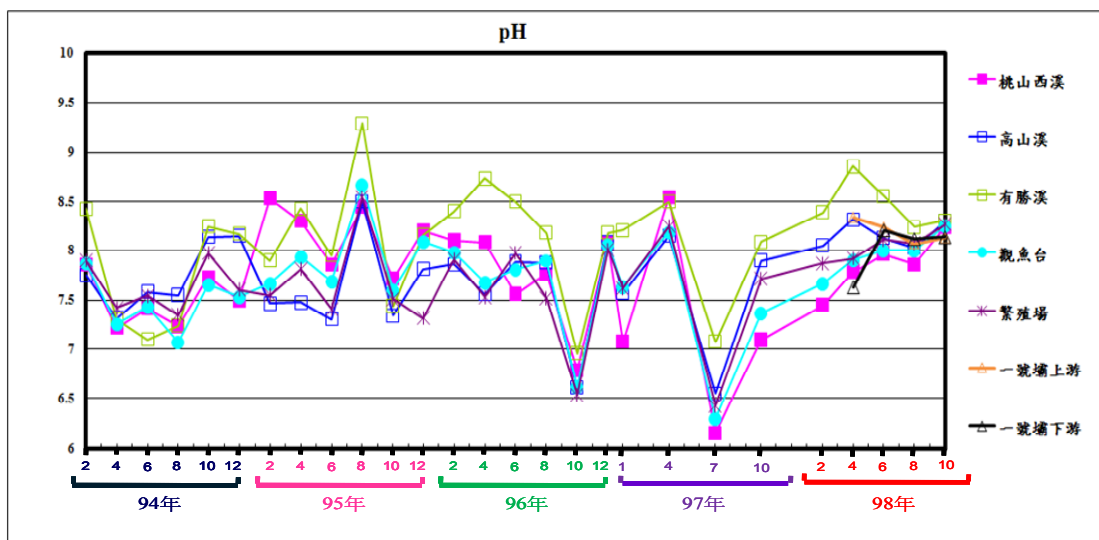


圖3-5 武陵地區溪流pH值變化(資料來源：本研究資料)

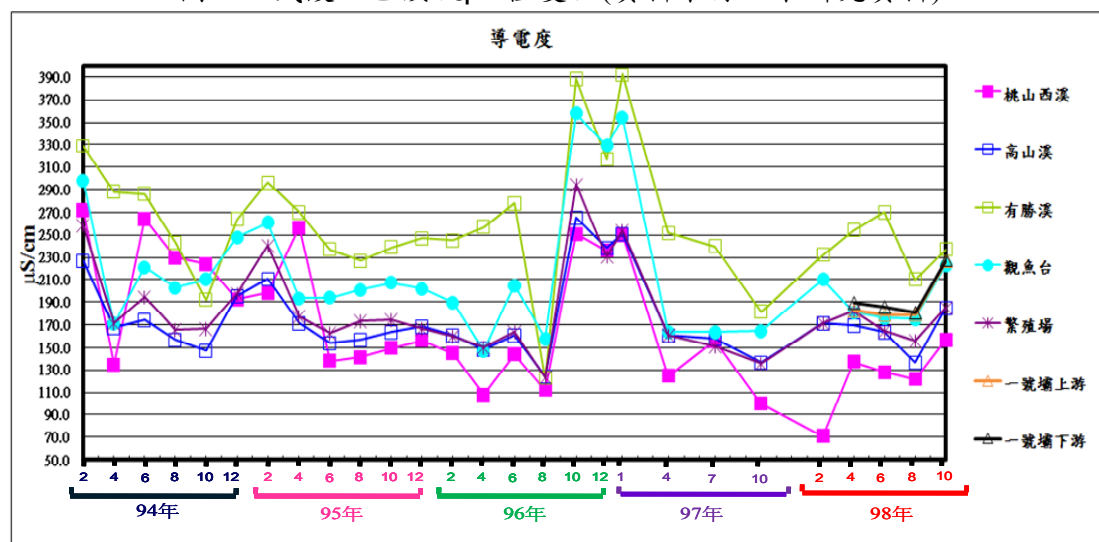


圖3-6 武陵地區溪流導電度值變化(資料來源：本研究資料)

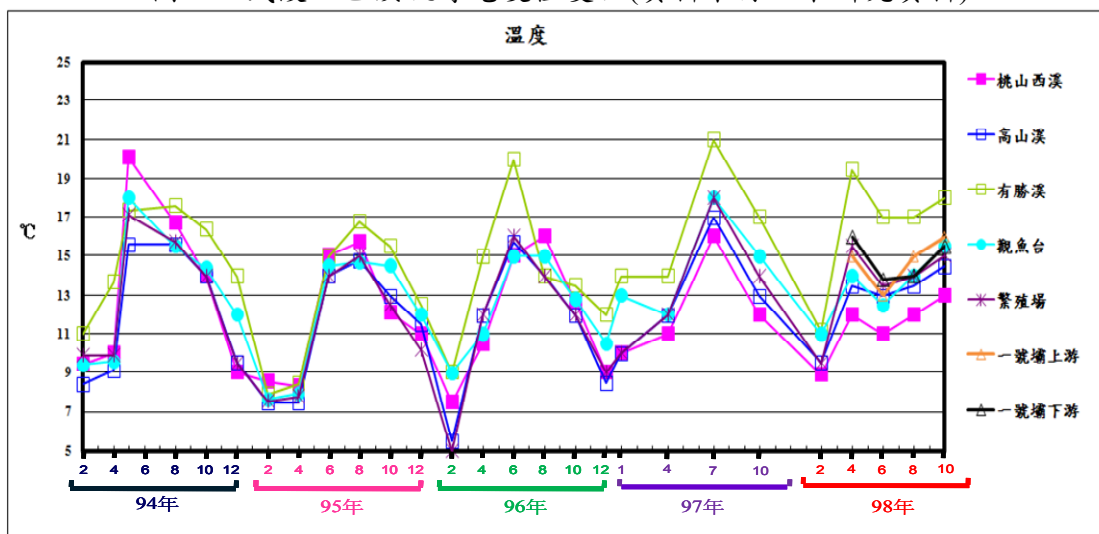


圖3-7 武陵地區溪流溫度值變化(資料來源：本研究資料)

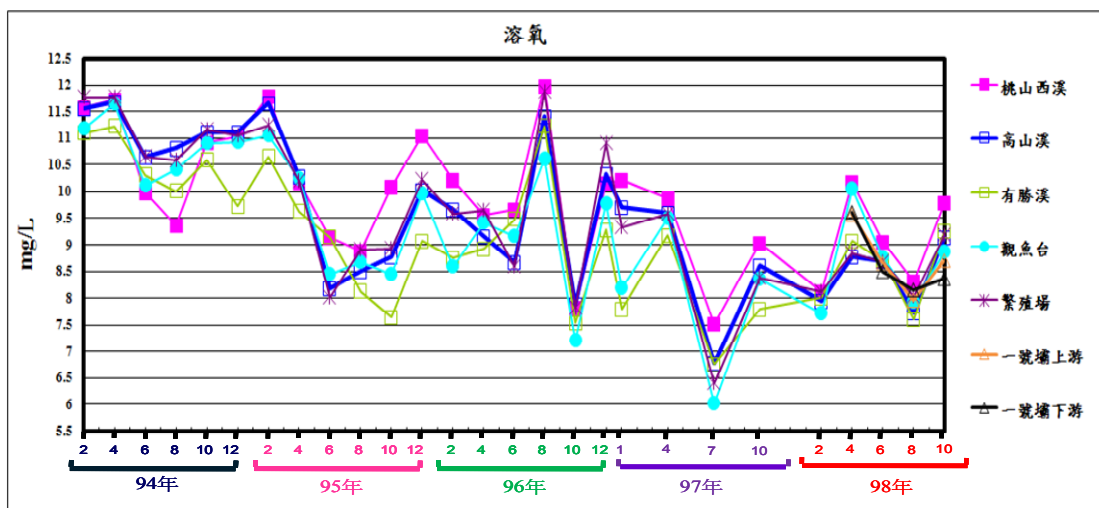


圖3-8 武陵地區溪流溶氧值變化(資料來源：本研究資料)

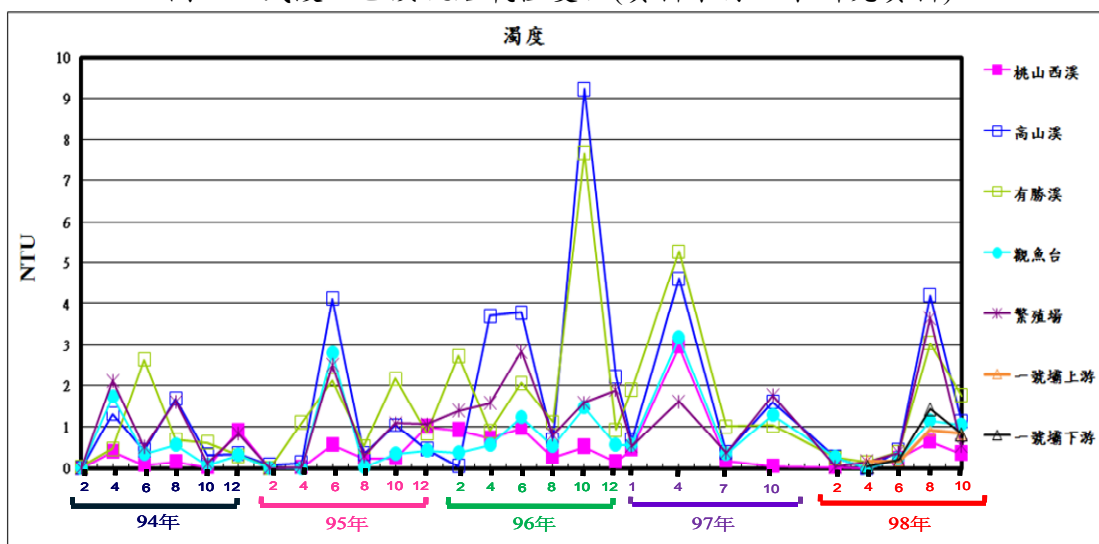


圖3-9 武陵地區溪流濁度值變化(資料來源：本研究資料)

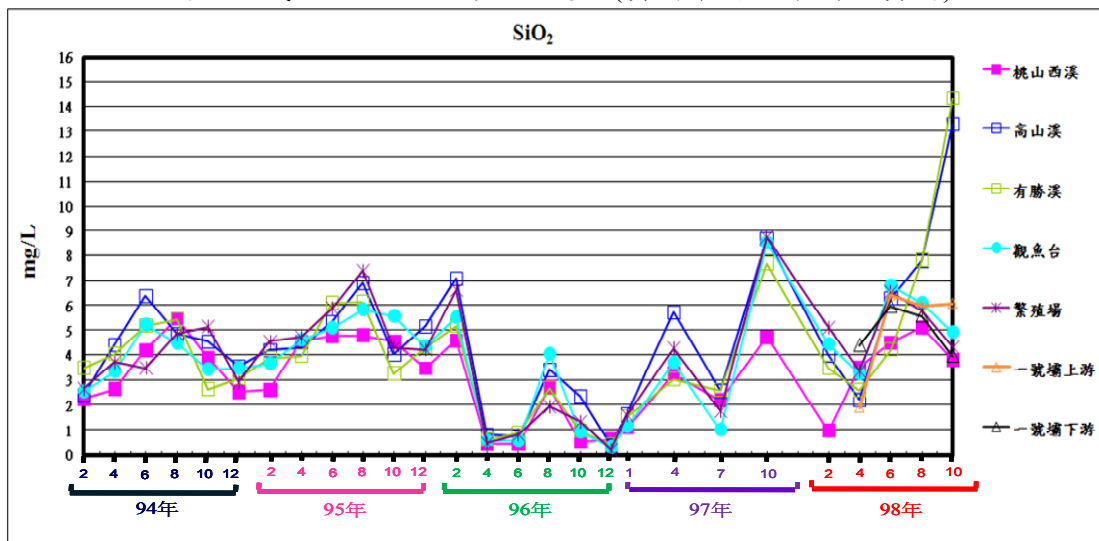


圖3-10 武陵地區溪流SiO₂值變化(資料來源：本研究資料)

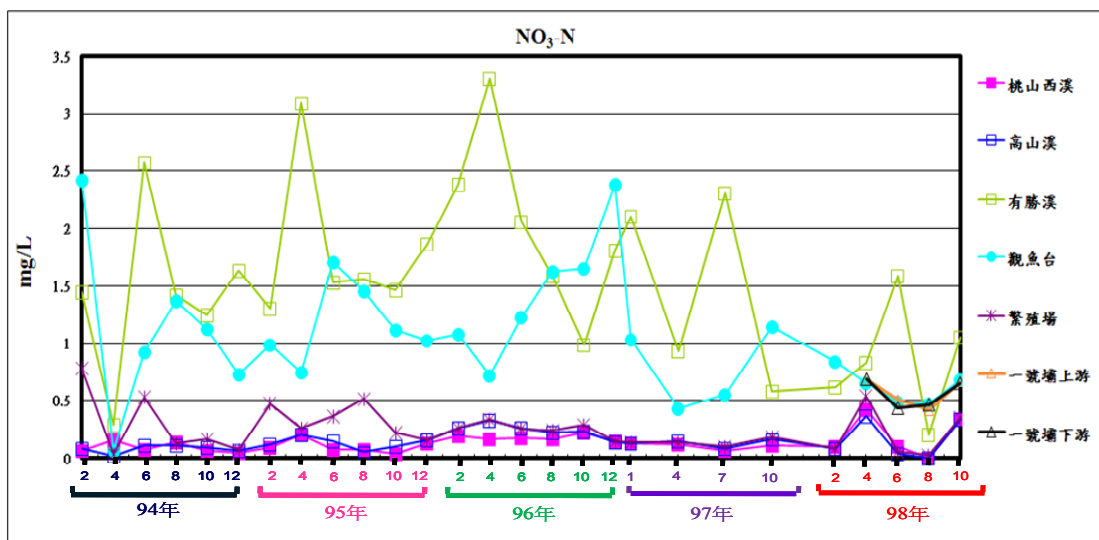


圖3-11 武陵地區溪流NO₃-N值變化(資料來源：本研究資料)

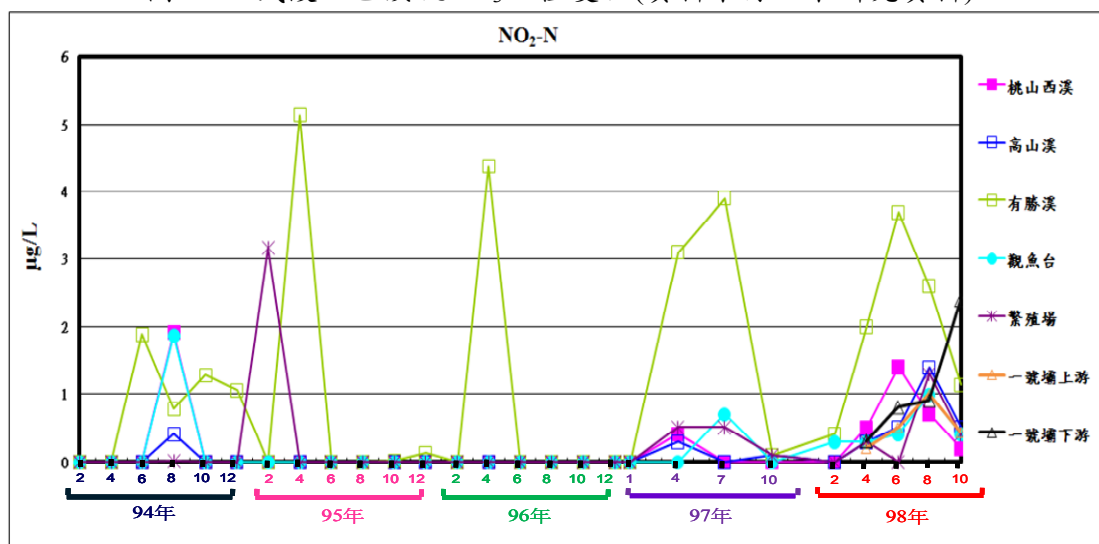


圖3-12 武陵地區溪流NO₂-N值變化(資料來源：本研究資料)

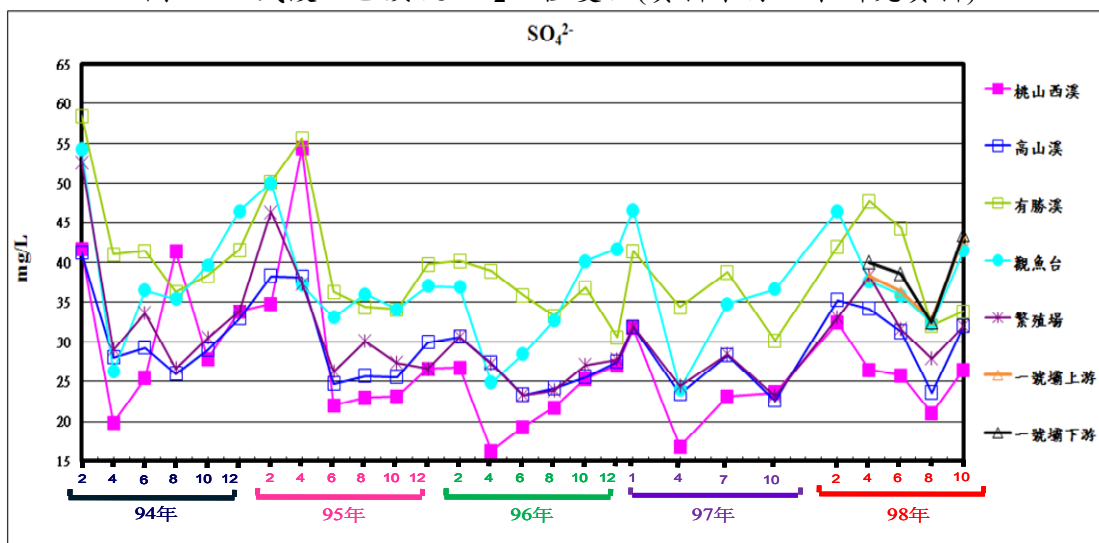


圖3-13 武陵地區溪流SO₄²⁻值變化(資料來源：本研究資料)

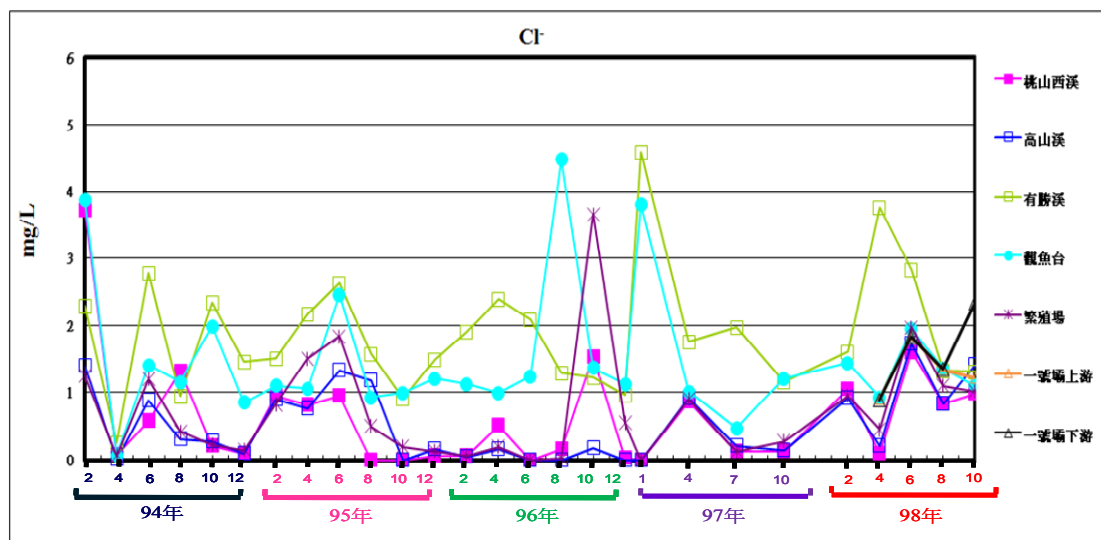


圖3-14 武陵地區溪流 Cl^- 值變化(資料來源：本研究資料)

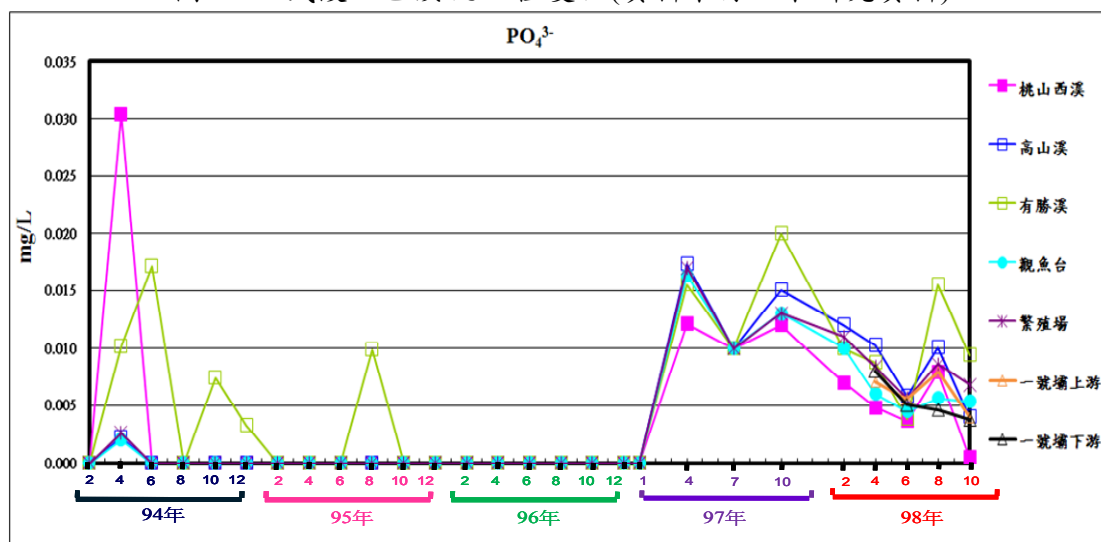


圖3-15 武陵地區溪流 PO_4^{3-} 值變化(資料來源：本研究資料)

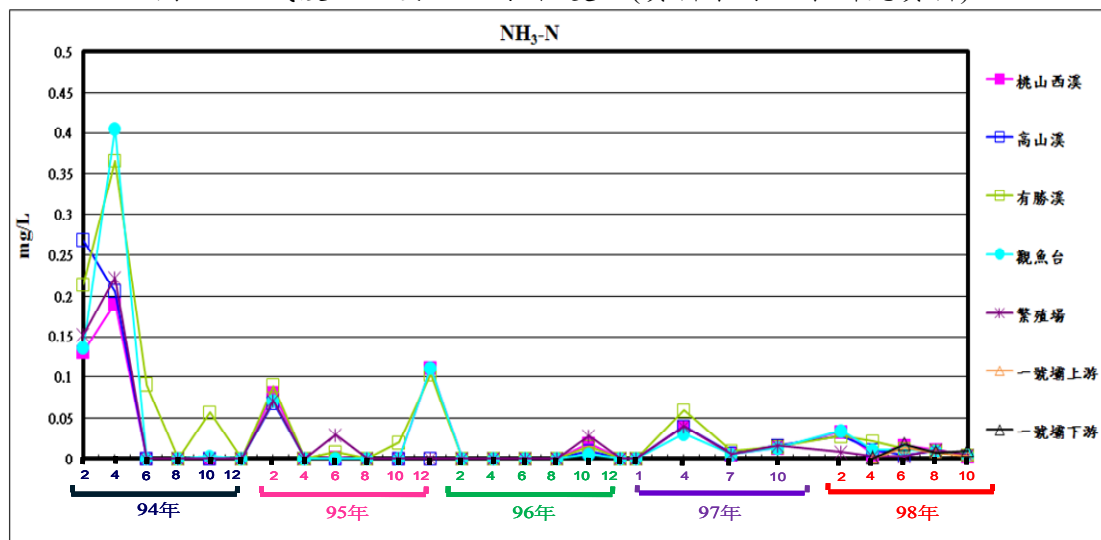


圖3-16 武陵地區溪流 $\text{NH}_3\text{-N}$ 值變化(資料來源：本研究資料)

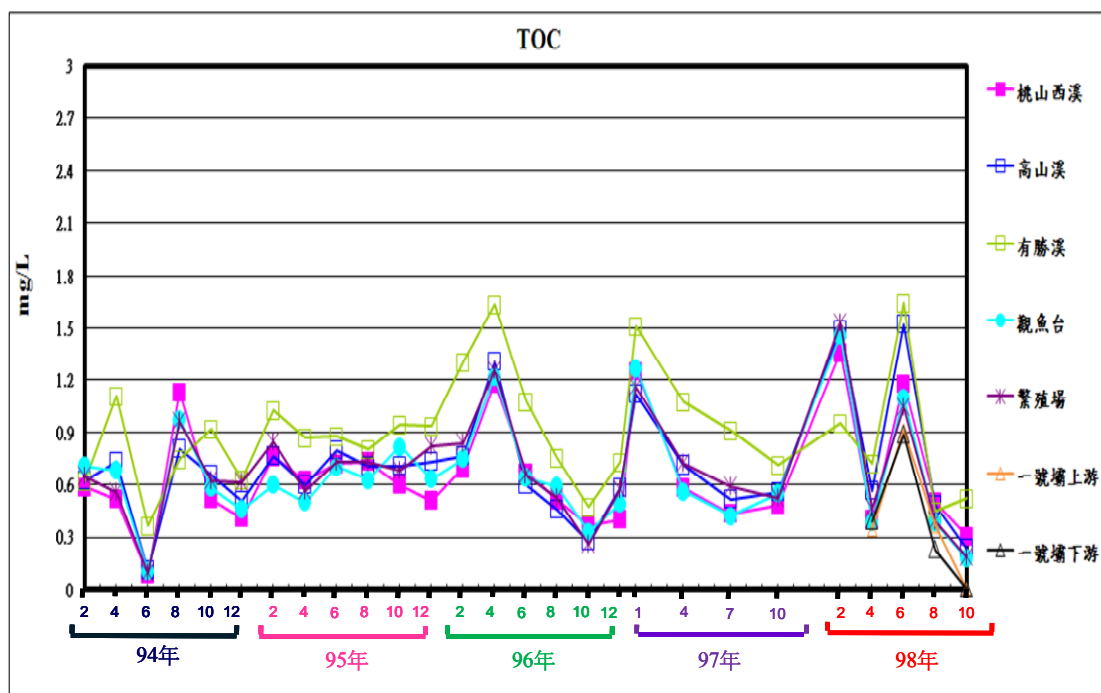


圖3-17 武陵地區溪流TOC值變化(資料來源：本研究資料)

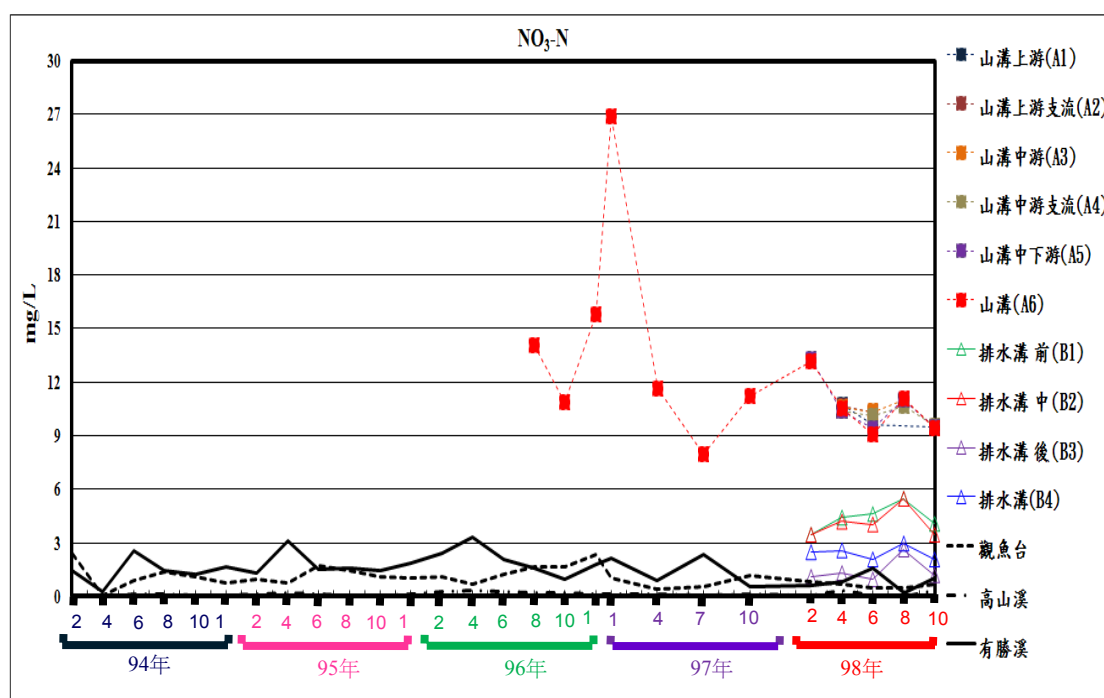


圖3-18 山溝與七家灣溪測站NO₃-N之比較(資料來源：本研究資料)

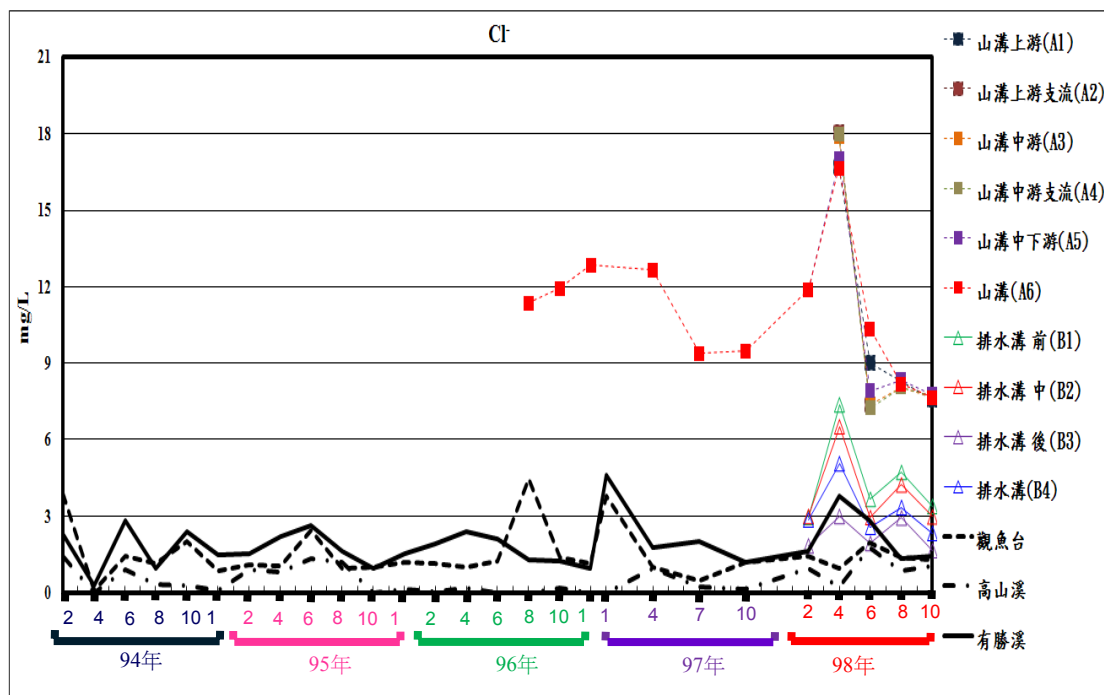


圖3-19 山溝與七家灣溪測站之Cl⁻比較(資料來源：本研究資料)

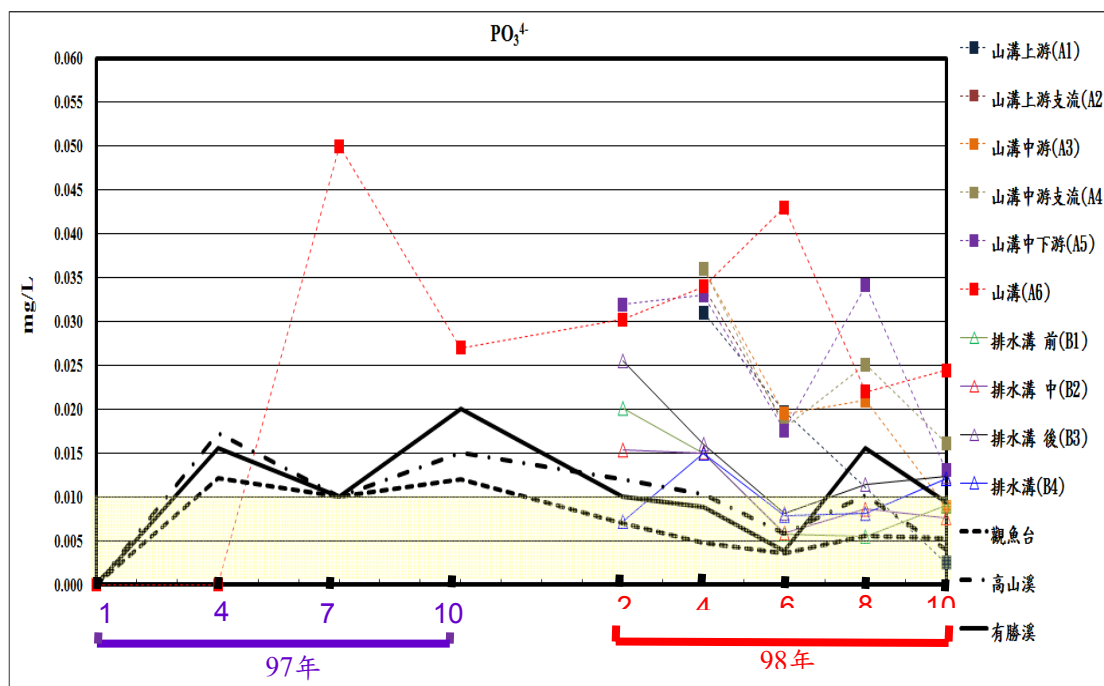


圖3-20 山溝與七家灣溪測站之PO₃⁴⁻比較(資料來源：本研究資料)

第四章 水棲昆蟲研究

郭美華、丘明智

國立中興大學昆蟲學系

摘要

關鍵詞：水棲昆蟲，快速生物評估法 II，多樣性指數

一、研究緣起

台灣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台灣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。於全球氣候變遷下，台灣季節性颱風所導致的洪流已呈現非常態化，依照未來全球暖化將持續進行之預測(IPCC, 2007)，極端洪流將變得頻繁，因此欲探討此變化對水棲昆蟲之衝擊。除此之外，並針對攔沙壩拆除前後之水棲昆蟲群聚動態加以監測，以便日後探討氣候變遷和攔沙壩拆除對水棲昆蟲群聚之影響。本研究為延續性的工作，目的在於調查台灣櫻花鉤吻鮭棲息地七家灣溪水棲昆蟲種類及數量變化，並設置永久樣區進行水棲昆蟲監測及研究，期能與物理棲地、水質、藻類及魚類等相關研究整合比較，瞭解水棲昆蟲在台灣櫻花鉤吻鮭為主的食物網中所扮演的角色、位階及所蘊含之生態意義。

二、研究方法及過程

持續生態監測並建立武陵地區水棲昆蟲相生態資料庫，以水棲昆蟲群聚結構和功能為研究主題，並且以多樣性指數、RBP II 指數及 MDS 分析進行評估各永久測站水質、棲地變化及水棲昆蟲群聚結構變動，並探討颱風及攔沙壩所造成棲地之改變對水棲昆蟲的影響，以作為集水區經營管理之參考指標。

三、重要發現

本年度(2009 年) 7 測站，2、4、6、8 及 10 月採樣調查水棲昆蟲共計有 5

目 32 科 59 物種(Taxa)。由連續 7 年數據(2003 至 2009 年)看出，水棲昆蟲豐度以每年年初為高峰。各測站之多樣性指數於各年變化區間相似。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，司界蘭溪棲地上游優於下游。MDS 分析顯示桃山西溪(七家灣溪上游)、七家灣溪及高山溪的水棲昆蟲群聚結構變動具相同傾向。

四、主要建議事項

根據研究發現，本研究針對水棲昆蟲研究，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。

(一) 立即可行的建議：

1. 各站所採獲水棲昆蟲數量及中大型水棲昆蟲數量(台灣櫻花鉤吻鮭之可能食餌) 以時間動態呈現其變化，可看出兩者相似之季節性豐度變化，皆於年底至隔年年初為上升趨勢，而此時間點為溪流流量平穩時期，因此考量台灣櫻花鉤吻鮭之食物量及避開洪流衝擊，年底至隔年年初為較佳的放流時期。

主辦機關：雪霸國家公園

協辦機關：國立中興大學昆蟲學系

2. 2009 年新增之二測站(一號壩上游及一號壩下游) 與觀魚台樣站之昆蟲群聚結構相近，觀魚台樣站自 2007 年起棲地維持在無損害程度，但此二測站棲地評比為中度損害程度，可能此結果與二測站位於山溝水匯入後之下游流段或與攔沙壩有關，必須長期密切監測及注意，才能清楚釐清彼此之因果關係。

主辦機關：雪霸國家公園

協辦機關：國立中興大學昆蟲學系

3. 司界蘭溪由 2005 年開始至今的調查結果，以天然林旁之上游棲地評比及多樣性指數大多優於有農業活動的下游，應考慮轉為一年調查一次的長期研究，可針對年度變異進行研究，並將人力資源移轉至其他具研究價值的溪流。

主辦機關：雪霸國家公園

協辦機關：國立中興大學昆蟲學系

(二) 長期性建議：

1. 應就目前濱岸土地利用類型對溪流流量的緩衝能力進行更進一步相關研究，以作為保育及集水區經營管理參考之用，並考慮土地利用類型以能增加水留存量為主，並達減緩暴增流量之效為佳，如此一來可於暴雨過後，減少對水棲昆蟲群聚之衝擊，而得以維持台灣櫻花鉤吻鮭的食物來源。

主辦機關：雪霸國家公園

協辦機關：國立中興大學昆蟲學系、國立中興大學生命科學系、環球技術學院環境資源管理

ABSTRACT

This study reports the survey of aquatic insect and water quality monitoring at 7 sample sites in the Wuling area in 2009. During the research period (February to October), we had recorded 59 taxa of aquatic insects belong to 32 families in 5 orders. According to the data of 7 years from 2003 to 2009, we found that abundance of aquatic insects presented peak in January or February in every year. Similar ranges of Shannon-Wiener's index appeared every year. Habitat quality of the Wuling area was assayed by rapid bioassessment protocol II (RBPII), and evaluations were between non-impaired and moderately impaired. The upstream site of the Sikairan Stream assayed better habitat quality than the downstream one. Using multidimensional scaling plots to analyze the composition similarity of abundances among sampling sites indicated that the community structures of Cijiawan Stream and Gaoshan Stream shifted to the same trends.

This project comes to the immediate and long-term strategies.

For immediate strategies:

1. To consider the timing in abundance peak of insect prey and flooding occurrence in streams for conservations of *Oncorhynchus masou formosanus*.
2. To consider the effects of flow input from camping zone on stream ecosystem.
3. To consider the shifts of research resources from Sikairan Stream to other streams.

For long-term strategies:

1. To consider the land use types with declining the flooding magnitudes.

【Keywords】 aquatic insects, rapid bioassessment protocol II (RBPII),
diversity index.

一、前言(文獻回顧及目的)

台灣櫻花鉤吻鮭(*Oncorhynchus masou formosanus*)原產於北半球的寒溫帶迴游性魚類，目前只有在台灣、日本、韓國及大陸東北地區曾經發現過，在台灣的地理分佈位置屬於最南端且是台灣唯一的寒帶魚類，於 1984 年 7 月依「文化資產保存法」被列為台灣珍貴的自然文化資產，因此在學術價值上，如古生物地理學、古氣候學、生物型態分類學及演化生態學上，隨著學者研究的深入，而受到矚目，被公認與有活化石之稱的「腔棘魚」相提並論(雪霸公園網頁，2003)。

早在 1937 年，上野解剖 12 尾台灣櫻花鉤吻鮭胃內容物顯示，昆蟲佔 96%，水棲昆蟲更佔 74%。顯見水棲昆蟲是台灣櫻花鉤吻鮭最主要營養來源，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棲昆蟲相與相關生態的研究報告(黃，1987；楊等，1986；楊及謝，2000)。綜合前人多年研究成果，武陵地區水棲昆蟲種類仍相當豐富，約有 6 目 40 至 60 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。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，且無法得知生物量是否也呈現相同變化趨勢，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。

本研究自 2003 年起連續監測至今，2003 年有 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)。楊等 (1986) 以形態種 (morphological species) 鑑定有 6 目 31 科 61 種, 之後 Shieh 及 Yang (2000) 以分類單元 (Taxa) 歸類整理 1985-1986 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 種, 本研究則將搖蚊科再細分為 5 taxa, 因此各目種類變化不大。綜合結果發現各測站可採到 39 至 43 種不等, 與 Shieh 及 Yang (2000) 報告的 40 種相比變化不大。水棲昆蟲群聚組成以蜉蝣目佔半數以上為最多, 其次為雙翅目(郭等, 2004)。各月份所採獲水棲昆蟲數量皆以 2 月最大宗, 4 月、6 月及 9 月有較低之勢。

以 Hilsenhoff (1988) 之科級生物指標 (Family-Level Biotic Index, FBI) 評估武陵地區水質, 在 3.071~5.576 之間, 佔 7 等水質評價之前四等, 即水質為特優 (Excellent) 到略差 (Fairly poor) (郭等, 2004), 此與楊及謝 (2000) 報導水質評價前二等, 由特優到非常好 (Very good) 有差異, 雖然物種調查種類變化不大, 但受颱風干擾, 尤其是水質優良的指標物種受颱風影響更明顯。

四種群聚指數分析 (Family richness index, Simpson's index, Shannon-Wiener's index, 及 Pielou's evenness index) 及 FBI 結果顯示思源埡口測站之棲地環境最差。思源埡口測站以四節蜉蝣為優勢種, 佔全數之 3/4 強, 因此所計算出之群聚指數如 Family richness index、Shannon-Wiener's index 及 Pielou's evenness index 皆為各站最低者, 而 Simpson's index 則為各站最高者, 顯示此站之群聚組成較不穩定(郭等, 2004)。

各測站僅高山溪測站以扁蜉蝣 *Rhithrogena ampla* 為佔多數, 其餘各站則以四節蜉蝣 *Baetis* spp. 為佔多數。指標生物評估水質污染四個等級中 (貧腐水性、 β -中腐水性、 α -中腐水性和強腐水性), 扁蜉蝣是貧腐水性水質 (水質狀況十分優良, 幾乎沒有任何污染) 指標生物之一, 以扁蜉蝣 *R. ampla* 所佔

比例與過去研究相比，桃山西溪測站 8.12%較過去 1985-1986 之 20.1%及 1995-1996 之 11.12%為低，顯示桃山西溪測站可能有棲地劣化趨勢。桃山北溪測站 7.97%與過去 1985-1986 之 7.41%及 1995-1996 之 6.89%相較之下略增。位於七家灣溪一號壩的第 4 測站為 28.59%與過去研究之相關測站 1985-1986 為 22.14%及 1995-96 為 19.43%相比，則略增 (Shieh and Yang, 2000;郭等, 2004)。若扁蜉蟬中之污染低忍受性的 *R. ampla* 比例增加表示棲地環境漸優，則顯示位於七家灣溪的測站棲地，並沒有劣化(郭等, 2004)。

連續 6 年數據(2003 年到 2008 年)看出，生物量以位於七家灣溪的第 3 站二號壩為最大，每年初期為高峰，但 2005~2006 年的生物量明顯較少，顯示溪流流量暴增對水棲昆蟲群聚之影響。2007 上半年因 2006 年下半年洪流較小，使得生物量回復至較高水準，但是 2007 年下半年強度洪流造成生物量低迷，並且延續至 2008 年不如 2007 年之水平。由 MDS 分析顯示，有勝溪測站的群聚結構和其他各站較不相似，不過有勝溪測站開始趨向其他各站之結構，可能因農地回收之效或其他原因，有待進一步證實。桃山西溪、七家灣溪及高山溪的群聚結構變動方向具一致性，顯示梅雨季節及颱風造成的溪流流量暴增可能為驅使力量，且 2003~2005 年的颱風頻度及強度逐年增加，而使群聚結構驅向某一特定群聚結構變動。2006 年颱風頻度及強度減小，群聚結構於有 2006~2007 年年前半年有回移的情形，然而 2007 年 8 月及 10 月的二次強颱中止了群聚結構回移，並再趨向洪流干擾的方向變動且分散情況高於 2005 年，而 2008 年的分散情況與 2007 年相雷同(郭, 2008)。

2007 年羽化數量在洪流易發生時期之 7 月間呈現下降趨勢，並在 10 月強颱過後降到最低，2008 年 10 月同樣有此現象。2008 年 1 月到 4 月羽化量為上升趨勢，溪流中之幼蟲數量 2008 年 1 月到 4 月為下降趨勢，兩者呈現相反趨勢(郭, 2008)。

各樣站每次可攔截約 200~16000 昆蟲(個體數/平方公尺)，來自空中落水之陸域來源(陸棲昆蟲及水棲幼蟲羽化成蟲)佔 3 到 50%。有勝溪樣站於 2008

年 1 月可攔截空中落水之陸域來源約佔 40%，2008 年 3 月底則上升至 50%，不過於 2008 年 7 月則降至 3%(郭，2008)。將各樣站所攔截水棲昆蟲漂移相對組成和溪底之水棲昆蟲相對組成，經歸群分析結果顯示，僅有 10%~60%的相似度(郭，2008)。

台灣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台灣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。本研究為延續性的工作，目的在於調查台灣櫻花鉤吻鮭棲息地七家灣溪水棲昆蟲種類及數量變化，並針對環境進行長期監測，設置永久樣區進行水棲昆蟲監測及研究，期能與植被、水文、藻類及魚類等相關研究整合比較，瞭解水棲昆蟲在台灣櫻花鉤吻鮭為主要的食物網中所扮演的角色、位階及所蘊含之生態意義。今年持續生態監測並建立武陵地區水棲昆蟲相生態資料庫，並且以多樣性指數、RBP II 指數及 MDS 分析進行評估各永久測站水質、棲地變化及水棲昆蟲群聚結構變動，探討颱風所造成棲地之改變對水棲昆蟲的影響，以作為集水區經營管理之參考指標。除此之外，並針對攔沙壩拆除前後之水棲昆蟲群聚動態，而本年度則依據攔沙壩拆除前上游及下游相近位置進行調查，以了解攔沙壩上下游之水棲昆蟲群聚結構，並且探究其和永久測站之結構異同。

二、材料與方法

配合【武陵地區長期生態監測暨生態模式建立】之計畫，設置 7 個永久樣區進行水棲昆蟲監測及研究。

桃山西溪測站於桃山西溪之武陵吊橋前方約 50 公尺處，河床底質為巨石，礫石及鵝卵石，上游有一攔砂壩；觀魚台測站於武陵地區農業區的下游處，雪霸國家公園管理處往上游的河段，其河床底質也多为礫石及鵝卵石；一號壩上游測站也於武陵地區農業區的下游處，雪霸國家公園管理處往上游約 100 公尺的河段，為一號攔沙壩上游，其河床底質也同為礫石及鵝卵石；一號壩下游測站位於雪霸國家公園管理處往下游方向的河段，為一號攔沙壩下游，其河床底質也多为礫石及鵝卵石；繁殖場測站在高山溪及七家灣溪的匯流處，新建繁殖場旁的河段，河道較為寬闊，河床底質多为礫石及鵝卵石；高山溪測站位於高山溪已拆攔沙壩上游方向 50 公尺，河床底質含砂量較高，且兩岸植被較密，陽光不易透入；有勝溪測站在有勝溪旁之農業區的下游處，河床底質多为泥砂、礫石及鵝卵石。

桃山西溪、觀魚台、一號壩上游、一號壩下游、高山溪、繁殖場及有勝溪樣站之各樣區於 1 月、4 月 6 及 10 月，並考量颱風的直接衝擊武陵地區之程度、時間點及強度而於 6 月到 10 月最多進行一次之採樣，而採樣流程則在 50 公尺範圍內以定面積之舒伯氏水網 (Surber sampler)(網框面積 12 x 12 inch，網框材質為銅合金制，網袋近框處以尼龍網製成，溪流底棲網以金屬網製成，網目大小為 52 mesh) 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。水棲昆蟲分類鑑定主要參考津田 (1962)、川合 (1985)、黃(1987)、康 (1993)、松木 (1978)等研究報告。根據台灣櫻花鉤吻鮭的食性分析(郭，2008)，將整個水生昆蟲類群可能的中大型食餌，例如蜉蝣目之扁蜉蝣科、毛翅目之長鬚石蛾科、流石蛾科、網石蛾科、弓石蛾科、

積翅目之石蠅科及雙翅目之大蚊科等數量加總計算並以時間動態呈現其變化。

統計分析各站各月各水棲昆蟲種類、數量、多樣性指數及生物指標。而多樣性指數分析是以 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) (以高山溪為參考站)作為棲地評價標準。

往年各月之各測點之各分類群的數量以 $\text{Log}(X+1)$ 轉換以計算 Bray-Curtis 相異係數後，以多元尺度分析(Multidimensional scaling plot, 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

2009 年 2、4、6、8 及 10 月共計調查水棲昆蟲有 5 目 32 科 59 物種(Taxa) (表 4-1)，且 2009 年(7 個測站及 5 個採集月份)已超過 2008 年(5 個測站及 4 個採集月份)整年累計 52 物種。

各站所採獲水棲昆蟲數量歷年以 10 月至隔年 1 月為上升趨勢，於每年的 1 或 2 月可達高峰(圖 4-2)。圖 4-3 為各站所採獲中大型水棲昆蟲數量(台灣櫻花鈎吻鮭之可能食餌) 以時間動態呈現其變化，圖中可看出和圖 4-2 有相似之季節豐度變化，皆於 10 月至隔年 1 月為上升趨勢。由歷年數據可看出，除了 2005 年、2006 年及 2009 年各樣站所採獲中大型食餌數量較少外，於每年的 1 或 2 月可達約 1400 昆蟲(個體數/平方公尺)高峰者計有：2003 年為繁殖場測站、2004 年為高山溪測站、2007 年為有勝溪測站、2008 年為觀魚台測站。值得一提的是有勝溪測站於 2005 年及 2007 年颱風季節後，隔年水棲昆蟲數量變化並沒有明顯下降之趨勢(圖 4-2)，而有勝溪測站的中大型食餌數量由 2003 年開始一直呈現低迷狀態，到 2007 年初始上升且上升到較其他各測站為高，高峰約為 1400 昆蟲(個體數/平方公尺)。觀魚台測站水棲昆蟲數量與中大型水棲昆蟲數量呈現相似之時間動態變化，且以 2008 年初較其他各測站為高，水棲昆蟲數量為 6000 昆蟲(個體數/平方公尺)及中大型水棲昆蟲數量為 1400 昆蟲(個體數/平方公尺)之高峰(圖 4-2 及圖 4-3)。桃山西溪測站約有 500 昆蟲(個體數/平方公尺)，2009 年 8 月洪水過後小幅度減少 100 昆蟲(個體數/平方公尺)，剩 400 昆蟲(個體數/平方公尺)，其他測站水棲昆蟲數量大幅減少 700~2000 昆蟲(個體數/平方公尺)昆蟲(個體數/平方公尺)，剩 200 以下昆蟲(個體數/平方公尺)，甚至在有勝溪測站只剩 28 昆蟲(個體數/平方公尺)，而於 2009 年 10 月時，除桃山西溪測站仍下降至 300 昆蟲(個體數/平方公尺)，其他各站則有回升到 200~1100 昆蟲(個體數/平方公尺)(圖 4-2)。

各測站多樣性指數於 2009 年 2、4、6、8 及 10 月大致落在以往同時期的

數值範圍內，呈現相似多樣性水準，由 2003 年到 2009 年之各樣站測站 Shannon-Wiener's index 比較結果可看出，大多數時間點高山溪測站指數值較其他測站為高，而有勝溪測站指數值則較其他測站為低(圖 4-4)，觀魚台測站於 2006 年後，其 Shannon-Wiener's index 波動中心點較過去為高，指數上下限區間範圍由 2006 年前之 1.0~2.0 慢慢升高至 2006 年後之 1.5~2.4。各測站受每年颱風的衝擊，上半年多樣性指數波動小於後半年時期，且颱風強度越大似乎會造成較大波動(圖 4-4)。

將各測站 2009 年 2、4、6、8 及 10 月之水棲昆蟲群聚結構相似度進行歸群分析(圖 4-5)，可知地理位置相近的觀魚台、一號壩上游及一號壩下游等三測站於 2、4 及 6 月份採樣之被歸為同一群，表示此三測站於這些相同月份之昆蟲群聚結構相近，與其他測站的群聚結構較不相似，然而於 2009 年 8 月洪水過後，此三站開始與同月份或不同月份的其他測站有混雜的歸群結果(圖 4-5)。

由快速生物評估法 II 所得之相對分數可知，各測站都介於無損害到中度損害之間(圖 4-6)。往年皆以颱風過境時，多數測站一致顯示棲地大幅劣化情況，且以有勝溪測站最為明顯，但由圖中可看出自 2007 年起各測站於颱風季節後棲地劣化幅度變小，且以有勝溪測站及觀魚台測站最為明顯，尤其是觀魚台測站棲地可維持在無損害程度，並且於 2006 年後，其相對分數波動中心點較過去為高(圖 4-6)。

2003~2009 年各測站之 MDS 分析顯示於圖 4-7。其 Stress 值為 0.20，並無大於 0.2，其分析結果仍具有群聚組成變異之代表性。進一步推測及判定各測站之關係，有勝溪測站連續 7 年來為一類群，而其他測站為另一類群，不過分析圖上可看出兩類群於 2009 年有交集，顯示有勝溪測站開始與其他測站有相近結構之趨勢，各站的群聚結構大致約一年完成一個循環。分析圖顯示，群聚結構大致隨著年份，往同一方向轉移(MDS 軸 1 的負向)，2006 年到 2007 年初群聚結構有回移的現象，但 2007 年後半年則停此回移，且和 2005 年變

動幅度相近，到了 2008 年及 2009 年仍有此律動。總括而言，每年上半年都會回移，但後半年則似乎受颱風季節之洪流強度影響，而呈現另一方向之相對應轉移量(圖 4-7)。

司界蘭溪上游及下游於 2009 年 2 月及 6 月共計調查水棲昆蟲有 5 目 17 科 31 種(Taxa) (附表 4-2)，司界蘭溪上游 Shannon-Wiener's index 指數值較下游為高(圖 4-8)，且波動較小。司界蘭溪上游 2005 年 8 月多樣性指數為 1.4 為最低，隨後即上升於 2008 年 2 月之 2.5 為最高後，開始下降於 2009 年 2 月之 1.9，然而於 2009 年 6 月則回升至 2.4。司界蘭溪下游 2005 年 8 月多樣性指數最低為 1.3 後，即上升至 2006 年 7 月多樣性指數為 2.0 後開始下降，於 2007 年 7 月多樣性指數最低為 1.3 後，即上升至 2008 年 2 月多樣性指數 2.3 為最高後開始下降，於 2009 年 1 月之多樣性指數 1.6，但於 2009 年 6 月則回升至 1.8(圖 4-8)。司界蘭溪棲地評等結果介於無損害到中度損害之間，大多數時間點上游棲地評等為無損害，下游則為中度損害，司界蘭溪下游劣於上游，以 2007 年 7 月劣化最為嚴重(圖 4-9)。

四、 討論

2009 年調查水棲昆蟲有 5 目 32 科 59 物種(Taxa)，較 2008 年之 6 目 32 科 52 物種為多，由過去調查結果顯示，2003 年 46 物種(郭，2003)、2004 年 43 物種(郭，2004)、2005 年及 2006 年 45 物種(郭，2005; 2006)、2007 年 48 物種(郭，2007)與 2008 年 52 物種(郭，2008)，以及楊與謝(2000)報導有 40 物種相比，物種數逐年微量增加，今年增加的原因可能與測站及採集月份增多有關，然而蜻蛉目春蜓科鉸剪春蜓 *Sinogomphus formosanus* 於 2009 年並沒有採獲到。從 2003 年至今所採到之武陵溪流水棲昆蟲達 6 目 40 科 70 物種(Taxa)，較楊等 (1986) 以形態種 (morphological species) 鑑定有 6 目 31 科 61 種為多，也較楊與謝(2000)報導之 6 目 27 科 39 屬 40 種為多，就物種數及科數而言，七家灣溪棲地並沒有劣化。

由水棲昆蟲數量及生物量變化連續 7 年(2003 年至 2009 年)研究數據顯示，在歷經較嚴重的洪流，可能未來會造成水棲昆蟲群聚中體型較大物種之比例下降(郭，2008)。由圖 4-2 數據可看出，中大型食餌數於每年的 1 或 2 月為高峰，2003 年至 2004 年初期達到最高，2005~2006 年的中大型食餌數明顯較少，顯示溪流流量暴增對水棲昆蟲群聚中體型較大物種之影響。

大多數測站之多樣性指數在歷經 2004 年 7 月及 9 月的颱風，增加了均勻度數值，或是因優勢物種的減少，所空出的資源使得其他物種得以拓殖，進而種類數增加，多樣性指數數值上升。到了 2005 年 2 月，種類數持續回復，然而由於搖蚊(Chironomidae)等物種快速增長且成為優勢物種，因而均勻度降低，導致 Shannon- Wiener's index 下降。2006 後半年多樣性指數下降程度較 2004 及 2005 年為小，可能和 2006 年颱風頻度和強度都較小有關(郭，2006)。雖然過洪流會造成種類數下降，但優勢種因數量大幅減少，而使均勻度升高， Shannon- Wiener's index 也上升(郭，2005)。2005 年 6 月數值回升及 2005 年 8 月數值下降，皆呈現以上相似多樣性變化傾向，同樣的 2006

年 1 月上升及 6 月回降變化，並可延伸 2007 年、2008 年(郭，2008)及 2009 年相近時期的數值變化，如同本年度(2009 年)8 月洪水雖造成多樣性數值下降，然而 2009 年 10 月物種回復則造成多樣性上升，這樣的現象說明了颱風及梅雨季節所帶來洪流對多樣性有一定的正向影響。

以 2003 到 2009 年的 RBPII 數值而言，各測站於流量暴增後，其評等往往都會趨向劣化，然而流量暴增的情況下，群聚結構變化受此強力的物理因子的影響遠大於水質或棲地因子，群聚結構起先為高留存之抗急流的物種居多，後續發展為快速拓殖的物種居多，因此除非水質或棲地劣化非常嚴重，能快速反應於 RBPII 評等的情況，在水質或棲地普遍較為良好的地區，流量暴增事件的出現，應等待一段時間，待物種拓殖穩定後，方可用 RBPII 來評等。除此之外，由 RBPII 結果得知，各測站都介於無損害到中度損害之間，往年皆以颱風過境時，多數測站都一致顯示棲地大幅劣化情況，2007 年起各測站於颱風季節後棲地劣化幅度較小，且觀魚台測站棲地可維持在無損害程度，此結果說明了颱風季節，颱風的出現及強度對武陵地區溪流之影響。2009 年新增之二測站(一號壩上游及一號壩下游)與觀魚台測站於 2009 年上半年之昆蟲群聚相對組成結構相近，但於整年大部分月份棲地評比為中度損害程度，可能此結果與二測站位於山溝水匯入後之下游流段或與攔沙壩有關，必須長期密切監測及注意，才能清楚釐清彼此之因果關係。

另外一提，觀魚台於 2006 年至 2009 年之 Shannon- Wiener's index 及 RBPII 數值波動上下限區間範圍已較以往(2003 年至 2006 年)有提升的現象，表示其多樣性變高及棲地評地變優，可能和 2006 年開始進行農地回收有所關聯，必須長期監測以進行後續的追蹤，以了解其農地回收成效，並且可證實其管理方針可行性。

五、結論

各站所採獲水棲昆蟲物種數逐年微量增加。水棲昆蟲歷經了 2003 年無颱風的年度，數量及生物量於 2004 年 2 月達到高峰，但往後幾年也明顯受到颱風季節及梅雨季節所造成的洪流影響而呈現下降趨勢。總括來說，其趨勢皆以各年年初為高峰，年中受流量暴增而下降並持續低迷到年終。2004 年下半年到 2006 年，一些體型較大的物種，已逐漸減少；而被替換成體型較小的物種，由於 2006 年颱風頻度和強度都較小，2007 年年初毛翅目之長鬚石蛾等較大體形物種有增多的現象(郭，2007)，不過受 2007 年後半年的二次強颱風影響，於 2008 年體型較小的物種比例再度上升、生物量下降，且由底棲幼蟲、成蟲羽化之組成再次驗證颱風季節對昆蟲群聚結構及組成之影響 (郭，2008)，而由歷年中大型食餌數據也證實了洪流對昆蟲群聚結構及組成之衝擊。

MDS 分析中顯示有勝溪測站為一類群，而其他站為另一類群，表示有勝溪測站的群聚結構和其他各站較不相似，然而 2009 年開始和其他測站於 MDS 分析圖中具有交集，表示其和其他測站有相以度提高的現象。除了有勝溪測站外，各站的群聚結構變動方向具一致性，流量暴增可能為驅使力量，而使群聚結構驅向某一特定群聚結構，然而 2006 年干擾較小，因此 2006 年到 2007 年年初的群聚結構已開始回移，但因 2007 年後半年的強颱風的干擾，則再度驅向特定群聚結構直到隔年年初回復，為每年皆有回復現象之時期，由 2009 年前半年及後半年結果分別再度證實年初回復及其後洪水干擾之情形。

由於不同種類的水棲昆蟲發生時間都不盡相同，為不同的消長變化，司界蘭溪之水棲昆蟲相，明顯較七家灣溪少，但多樣性指數落在武陵地區各測站之數值上下限範圍內。調查結果 2007 年 7 月下游多樣性指數下降，達其歷史記錄的下限，2008 年 2 月上下游的多樣性指數數值高出往年，然而 2008 年

7 月開始，直到 2009 年 2 月呈現下降趨勢，然而於 2009 年 6 月多樣性回升，近同於以往的高峰，從 2005 年至今的調查已有穩定的結果，為天然林旁之上游棲地評比及多樣性指數大多優於有農業活動的下游。

六、研究成果與建議

(一) 研究成果

1. 2009 年調查水棲昆蟲有 5 目 32 科 59 物種(Taxa),較 2008 年之 52 物種(Taxa) 為多。2003 年至今所採到之武陵溪流水棲昆蟲達 6 目 40 科 70 物種(Taxa), 就物種數及科數而言,七家灣溪棲地並沒有劣化。以快速生物評估法 II (Rapid Bioassessment Protocol II, RBP II) 進行棲地評價,各測站介於無損害到中度損害之間。
2. 各站所採獲水棲昆蟲數量於每年的 1 或 2 月可達高峰,各站所採獲中大型水棲昆蟲數量(台灣櫻花鉤吻鮭之可能食餌) 以時間動態呈現其變化,兩者有相似之季節性豐度變化。
3. 各測站受每年颱風季節的衝擊,上半年多樣性指數波動小於後半年時期,且颱風強度越大似乎會造成較大波動。
4. 觀魚台測站 2006 年至 2009 年之 Shannon- Wiener's index 及 RBPII 數值波動上下限區間範圍已較以往(2003 年至 2006 年)有提升的現象,表示其多樣性變高及棲地評地變優,自 2007 年起棲地維持在無損害程度,水棲昆蟲數量與中大型水棲昆蟲數量呈現相似之時間動態變化,且以 2008 年初較其他各測站為高,水棲昆蟲數量為 6000 昆蟲(個體數/平方公尺)及中大型水棲昆蟲數量為 1400 昆蟲(個體數/平方公尺)之最高峰。
5. 2009 年前半年同月份採樣之觀魚台、一號壩上游及一號壩下游等三測站被歸為同一群,表示此三測站於洪水發生前的相同時期之昆蟲群聚結構相近,與其他測站的群聚結構較不相似。8 月洪水過後,此三站與其他測站有混雜的歸群結果。
6. 2003 年到 2009 年各測站之 MDS 分析顯示有勝溪測站連續 7 年來為一類群,而其他測站為另一類群,有兩類群於 2009 年時有交集,顯示有勝溪測站開始與其他測站有相近結構之趨勢。

7. 司界蘭溪天然林旁之上游棲地評比及多樣性指數大多優於有農業活動的下游。

(二) 建議

1. 建議一

放流時間點之考量：立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園

協辦機關：國立中興大學昆蟲學系

各站所採獲水棲昆蟲數量及中大型水棲昆蟲數量(台灣櫻花鉤吻鮭之可能食餌) 以時間動態呈現其變化，可看出兩者相似之季節性豐度變化，皆於年底至隔年年初為上升趨勢，而此時間點為溪流流量平穩時期，因此考量台灣櫻花鉤吻鮭之食物量及避開洪流衝擊，年底至隔年年初為較佳的放流時期。

2. 建議二

攔沙壩及山溝水對下游流段之影響考量：立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園

協辦機關：國立中興大學昆蟲學系

2009 年新增之二測站(一號壩上游及一號壩下游)與觀魚台測站之昆蟲群聚結構相近，觀魚台測站自 2007 年起棲地維持在無損害程度，但此二測站棲地評比為中度損害程度，可能此結果與二測站位於山溝水匯入後之下游流段或與攔沙壩有關，必須長期密切監測及注意，才能清楚釐清彼此之因果關係。

3. 建議三

司界蘭溪研究人力資源移轉：立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園

協辦機關：國立中興大學昆蟲學系

從 2005 年開始至今的調查結果顯示天然林旁之上游棲地評比及多樣性指數大多優於有農業活動的下游，應考慮轉為一年調查一次的長期研究，可針對年度變異進行研究，並將人力資源移轉至其他具研究價值的溪流。

4. 建議四

減緩暴增流量之土地利用類型：中長期建議

主辦機關：雪霸國家公園中

協辦機關：國立中興大學昆蟲學系、國立中興大學生命科學系、環球技術學院環境資源管理系

應就目前濱岸土地利用類型對溪流流量的緩衝能力進行更進一步相關研究，以作為保育及集水區經營管理參考之用，並考慮土地利用類型以能增加水留存量為主，並達減緩暴增流量之效為佳，如此一來可於暴雨過後，減少對水棲昆蟲群聚之衝擊，而得以維持台灣櫻花鉤吻鮭的食物來源。

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，第 27 期，153-159 頁。
- 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，第 21 期，133-180 頁。
- 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，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，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，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 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、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，第 24 期，339-352 頁。

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。台灣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。台灣櫻花鉤吻鮭研究保育研討會論文集，151-177 頁。

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

Allan. J.D., and Flecker, A.S., 1993. Biodiversity conservation in running waters. *Bioscience*, 43: 32-43.

Benke, A.C., Huryn, A.D., Smock, L.A., and Wallace, J.B., 1999. Length-mass relationships for freshwater macroinvertebrates in North America with particular reference to the southeastern United States. *Journal of the North American Benthological Society*, 18: 308–343.

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

Chen, C.C., 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, K.R., and Warwick, R.M., 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. 2nd edition. Technical Report, PRIMER-E, Plymouth, UK. 172 pp.

Hilsenhoff, W.L., 1988. Rapid field assessment of organic pollution with family-level biotic index. *Journal of the North American Benthological*

Society, 7: 65- 68.

Krebs, C.J., 1999. Ecological methodology. 2nd ed. Addison Wesley Longman, INC. 620 pp.

Ludwing, J.A., Reynolds, J.F., 1988. Statistical ecology. A primer on methods and computing. John Wiley & Sons. 338 pp.

IPCC, 2007. Summary for policymaker. In : Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Eds Solomon, S., Qin, D., Manning, M., et al.). Cambridge University Press, United Kingdom and New York, NY, USA.

Merritt, R.W., Cummins, K.W., 1996. An introduction to the aquatic insects of North America. 3rd ed. Dubuque. IA: Kendall/Hunt.

Odum, E.P., 1983. Basic ecology. Saunders College Publishing Company, Georgia. 613 pp.

Plafkin, J.L., Barbour, M.T., Porter, K.D., Gross, S.K., and Hughes, R.M., 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, S.H., Yang, P.S., 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 4-1、武陵地區於 2009 年 2 月、4 月、6 月、8 月及 10 月之水生昆蟲資源組成及個體數 (individuals / square meter)

Order	Family	Taxa	桃山	西溪	觀魚台	高山溪	繁殖場	有勝溪	一號壩上游	一號壩下游
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Oreodytes</i> sp.	1.8							
	Elmidae	<i>Zaitzevia</i> sp.A	19.7	30.5	179.2	82.4	53.7	10.7	46.6	
		<i>Zaitzevia</i> sp.B			1.8					
	Scirtidae	<i>Cyphon</i> sp.	87.8	12.5	26.9	12.5				7.2
Diptera	Athericidae	<i>Asuragina</i> sp.								
		<i>Atherix</i> sp.					1.8			
	Blepharoceridae	<i>Agathon</i> sp.		1.8	7.2	5.4			3.6	1.8
		<i>Bibliocephala</i> sp.	3.6	39.4	9.0	5.4			7.2	7.2
	Ceratopogonidae	<i>Bezzia</i> sp.	1.8	16.1	17.9		1.8			3.6
	Chironomidae	Chironomidae sp.B	2094.4	2243.1	3669.3	951.4	619.9	1922.4	1755.8	
		Chironomidae sp.C	52.0	157.7	73.5	39.4	249.0	14.3	39.4	
		Chironomidae sp.D	10.7	5.4	9.0	10.7	12.5	1.8	1.8	
		Chironomidae sp.E	3.6		28.7	5.4	16.1	3.6	19.7	
		Chironomidae spp.	344.0	1252.4	155.9	197.1	702.3	550.0	619.9	
		Tanypodinae spp.	252.6	198.9	48.4	53.7	175.6	132.6	95.0	
	Empididae	<i>Chelifera</i> sp.		7.2						10.7
		<i>Clinocera</i> sp.A	1.8	3.6			1.8			5.4
		<i>Clinocera</i> sp.B	1.8		3.6					1.8
		<i>Dolichocephala</i> sp.					1.8			
	Ephydriidae	<i>Setacera</i> sp.		1.8						
	Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	109.3	2422.3	182.7	437.2	57.3	877.9	856.4	
	Tabanidae	<i>Silvius</i> sp.			3.6		3.6			
	Tipulidae	<i>Antocha</i> sp.	7.2	111.1	28.7	21.5	73.5	82.4	59.1	
		<i>Dicranota</i> sp.	7.2		5.4	1.8				5.4
<i>Eriocera</i> sp.A		62.7	114.7	30.5	28.7	1.8	10.7	55.5		
<i>Eriocera</i> sp.B		26.9	102.1	69.9	107.5	105.7	21.5	87.8		
<i>Erioptera</i> sp.						1.8				
Limoniinae sp.				17.9						
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetiella bispinosa</i>	21.5	34.0	102.1	28.7	3.6	62.7	84.2	
		<i>Baetis</i> spp.	645.0	1114.4	374.5	335.0	2089.0	895.8	625.3	
		<i>Pseudocloeon latum</i>	123.6	521.4	288.5	603.8	75.2	965.7	551.8	
	Caenidae	<i>Caenis</i> sp.	3.6		1.8	1.8	1.8			
Ephemerellidae	<i>Acerella montana</i>	3.6	7.2	9.0	10.7		23.3	3.6		

(資料來源：本研究資料)

表 4-1、武陵地區於 2009 年 2 月、4 月、6 月、8 月及 10 月之水生昆蟲資源組成及個體數 (individuals / square meter)(續)

Order	Family	Taxa	桃山西溪	觀魚台	高山溪	繁殖場	有勝溪	一號壩上游	一號壩下游
	Ephemeriidae	<i>Ephemera sauteri</i>	3.6	3.6	3.6		9.0		
	Heptageniidae	<i>Afronurus floreus</i>		3.6	1.8		9.0	1.8	
		<i>Afronurus nanhuensis</i>	96.7	53.7	9.0		12.5	28.7	1.8
		<i>Epoerus erratus</i>					1.8		
		<i>Nixe</i> sp.		5.4			12.5		
		<i>Rhithrogena ampla</i>	480.2	449.7	514.2	573.3	345.8	555.4	410.3
	Leptophlebiidae	<i>Paraleptophlebia</i> sp.	34.0		14.3				
	Siphonuridae	<i>Ameletus camtschaticus</i>	157.7	98.5	39.4	48.4		9.0	138.0
Plecoptera	Leuctridae	<i>Rhopalopsale</i> sp.	1.8		1.8				
	Nemouridae	<i>Amphinemura</i> sp.	17.9	333.2	48.4	52.0	73.5	77.0	150.5
		<i>Protonemura</i> spp.	12.5	34.0	12.5	14.3	1.8	3.6	3.6
	Perlidae	<i>Gibosia</i> sp.		9.0		1.8	3.6		
		<i>Neoperla</i> spp.	32.2	84.2	118.2	41.2	3.6	35.8	30.5
	Styloperlidae	<i>Cerconychia</i> sp.	57.3	3.6	9.0				
Trichoptera	Apataniidae	<i>Manophylas</i> sp.	39.4	3.6	1.8	1.8			
	Glossosomatidae	<i>Glossosoma</i> sp.	3.6	25.1	5.4	14.3		41.2	30.5
	Hydrobiosidae	<i>Apsilochorema</i> sp.	5.4	3.6	7.2	5.4		1.8	9.0
	Hydropsychidae	<i>Arctopsyche</i> sp.		3.6	5.4			9.0	9.0
		<i>Hydropsyche</i> spp.	23.3	19.7	52.0	34.0	3.6	68.1	116.5
	Lepidostomatidae	<i>Goerodes</i> sp.		10.7	3.6		5.4		10.7
	Leptoceridae	Leptoceridae sp.					1.8		
	Polycentropodidae	<i>Plectrocnemia</i> sp.	1.8						
	Rhyacophilidae	<i>Himalopsyche</i> sp.			7.2			5.4	3.6
		<i>Rhyacophila nigrocephala</i>	25.1	116.5	44.8	57.3	111.1	28.7	60.9
		<i>Rhyacophila</i> spp.	25.1	12.5	14.3	3.6	1.8	16.1	10.7
	Stenopsychidae	<i>Stenopsyche</i> sp.A	7.2	5.4	5.4	5.4		14.3	28.7
	Total Orders		5	5	5	5	5	5	5
	Total Families		27	24	27	20	18	16	20
	Total Taxa		41	41	46	35	34	32	38

(資料來源：本研究資料)

表 4-2、司界蘭溪於 2009 年 2 月及 6 月之水生昆蟲資源組成及個體數 (individuals / square meter)

Order	Family	Taxa	司界蘭溪下溪	司界蘭溪上溪
Coleoptera	Elmidae	<i>Zaitzevia</i> sp.A	1.8	16.1
Diptera	Blepharoceridae	<i>Agathon</i> sp.	1.8	0.0
		<i>Bibiocephala</i> sp.	7.2	7.2
	Chironomidae	Chironomidae sp.B	736.4	378.0
		Chironomidae sp.C	12.5	10.7
		Chironomidae spp.	177.4	26.9
		Tanypodinae spp.	32.2	43.0
	Empididae	<i>Clinocera</i> sp.A	0.0	1.8
		<i>Clinocera</i> sp.B	0.0	1.8
	Simuliidae	<i>Simullium</i> sp.	1157.4	243.7
	Tipulidae	<i>Antocha</i> sp.	44.8	19.7
		<i>Dicranota</i> sp.	0.0	1.8
		<i>Eriocera</i> sp.B	3.6	34.0
		<i>Baetiella bispinosa</i>	46.6	21.5
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis</i> spp.	52.0	145.1
		<i>Pseudocloeon latum</i>	648.6	182.7
		<i>Acerella montana</i>	0.0	1.8
	Heptageniidae	<i>Afronurus nanhuensis</i>	0.0	1.8
		<i>Rhithrogena ampla</i>	172.0	129.0
	Siphonuridae	<i>Ameletus camtschaticus</i>	0.0	1.8
	Plecoptera	Nemouridae	<i>Amphinemura</i> sp.	25.1
<i>Protonemura</i> spp.			9.0	10.7
Perlidae		<i>Neoperla</i> spp.	1.8	26.9
Trichoptera	Glossosomatidae	<i>Glossosoma</i> sp.	37.6	50.2
	Hydrobiosidae	<i>Apsilochorema</i> sp.	0.0	1.8
	Hydropsychidae	<i>Arctopsyche</i> sp.	25.1	5.4
		<i>Hydropsyche</i> spp.	103.9	112.9
	Lepidostomatidae	<i>Goerodes</i> sp.	3.6	0.0
	Rhyacophilidae	<i>Himalopsyche</i> sp.	1.8	1.8
		<i>Rhyacophila nigrocephala</i>	21.5	16.1
	<i>Rhyacophila</i> spp.	1.8	9.0	
Total Orders			5	5
Total Families			13	16
Total Taxa			24	29

(資料來源：本研究資料)

98 年度武陵地區長期生態研究

附表 4-1、武陵地區於 2009 年 2 月之水生昆蟲資源組成及個體數 (individuals / square meter)

Order	Family	Taxon	桃山	西溪	觀魚台	高山溪	繁殖場	有勝溪	一號壩		司界蘭溪	
									上游	下游	上游	下游
Coleoptera	Elmidae	<i>Zaitzevia</i> sp.A	12.5	10.7	105.7	23.3	30.5	1.8	7.2	12.5	0.0	
	Scirtidae	<i>Cyphon</i> sp.	82.4	3.6	23.3	7.2	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	
Diptera	Blepharoceridae	<i>Bibiocephala</i> sp.	0.0	3.6	0.0	3.6	0.0	3.6	0.0	0.0	1.8	
	Ceratopogonidae	<i>Bezzia</i> sp.	0.0	5.4	5.4	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	
	Chironomidae	Chironomidae sp.B		1797.0	727.4	2051.4	594.8	157.7	754.3	1218.3	301.0	684.4
		Chironomidae sp.C		9.0	77.0	35.8	10.7	0.0	1.8	5.4	10.7	9.0
		Chironomidae sp.D		0.0	0.0	1.8	9.0	9.0	0.0	1.8	0.0	0.0
		Chironomidae sp.E		0.0	0.0	1.8	0.0	14.3	0.0	0.0	0.0	0.0
		Chironomidae spp.		250.8	541.1	25.1	57.3	449.7	290.2	313.5	1.8	103.9
		Tanypodinae spp.		218.6	34.0	21.5	14.3	53.7	30.5	46.6	19.7	30.5
		Empididae	<i>Chelifera</i> sp.	0.0	7.2	0.0	0.0	0.0	0.0	10.7	0.0	0.0
		<i>Clinocera</i> sp.A	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	
	Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	50.2	28.7	48.4	338.6	5.4	784.7	28.7	34.0	379.8	
	Tipulidae	<i>Antocha</i> sp.	0.0	26.9	0.0	9.0	26.9	10.7	12.5	1.8	0.0	
		<i>Dicranota</i> sp.	1.8	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	1.8	1.8	0.0	
		<i>Eriocera</i> sp.A	7.2	30.5	10.7	16.1	1.8	5.4	28.7	0.0	0.0	
		<i>Eriocera</i> sp.B	10.7	23.3	12.5	26.9	12.5	9.0	37.6	19.7	0.0	
		Ephemeroptera Baetidae	<i>Baetiella bispinosa</i>	1.8	12.5	3.6	0.0	3.6	5.4	3.6	0.0	21.5
		<i>Baetis</i> spp.	17.9	173.8	16.1	46.6	1076.8	26.9	114.7	37.6	10.7	
	<i>Pseudocloeon latum</i>	0.0	249.0	9.0	52.0	28.7	95.0	96.7	41.2	177.4		
Caenidae	<i>Caenis</i> sp.	1.8	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
Ephemerellidae	<i>Acerella montana</i>	1.8	1.8	1.8	1.8	0.0	1.8	1.8	1.8	0.0		
Ephemeridae	<i>Ephemera sauteri</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0		
Heptageniidae	<i>Afronurus floreus</i>	0.0	0.0	1.8	0.0	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
	<i>Afronurus nanhuensis</i>	9.0	32.2	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
	<i>Rhithrogena ampla</i>	231.1	224.0	100.3	170.2	207.8	186.3	107.5	46.6	23.3		
	Leptophlebiidae	<i>Paraleptophlebia</i> sp.	26.9	0.0	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Siphonuridae	<i>Ameletus camtschaticus</i>	111.1	71.7	35.8	43.0	0.0	7.2	89.6	1.8	0.0		
Plecoptera	Leuctridae	<i>Rhopalopsole</i> sp.	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	Nemouridae	<i>Amphinemura</i> sp.	7.2	139.7	5.4	34.0	69.9	50.2	102.1	9.0	25.1	
		<i>Protonemura</i> spp.	0.0	23.3	7.2	5.4	1.8	1.8	0.0	0.0	1.8	
	Perlidae	<i>Gibosia</i> sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	
		<i>Neoperla</i> spp.	10.7	28.7	32.2	9.0	1.8	21.5	12.5	25.1	1.8	
Styloperlidae	<i>Cerconychia</i> sp.	50.2	3.6	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
Trichoptera	Apataniidae	<i>Manophylas</i> sp.	39.4	1.8	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	Glossosomatidae	<i>Glossosoma</i> sp.	0.0	21.5	1.8	3.6	0.0	34.0	1.8	3.6	0.0	
	Hydrobiosidae	<i>Apsilochorema</i> sp.	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4	1.8	0.0	
	Hydropsychidae	<i>Arctopsyche</i> sp.	1.8	5.4	1.8	0.0	0.0	7.2	0.0	1.8	25.1	
		<i>Hydropsyche</i> spp.	1.8	1.8	3.6	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	
	Lepidostomatidae	<i>Goerodes</i> sp.	0.0	9.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	3.6	
	Polycentropodidae	<i>Plectrocnemia</i> sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	Rhyacophiliidae	<i>Himalopsyche</i> sp.	0.0	0.0	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	

(資料來源：本研究資料)

附表 4-1、武陵地區於 2009 年 2 月之水生昆蟲資源組成及個體數 (individuals / square meter)(續)

Order	Family	Taxon	桃山	西溪	觀魚台	高山溪	繁殖場	有勝溪	一號壩		司界蘭溪	
									上游	下游	上游	下游
		<i>Rhyacophila nigrocephala</i>	10.7	17.9	9.0	12.5	30.5	3.6	5.4	3.6	5.4	
		<i>Rhyacophila</i> spp.	7.2	3.6	0.0	0.0	0.0	9.0	1.8	1.8	1.8	
	Stenopsychidae	<i>Stenopsyche</i> sp.A	3.6	1.8	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	Total Orders		5	5	5	5	5	5	5	5	5	
	Total Families		20	21	19	16	12	14	15	14	10	
	Total Taxa		29	33	33	24	23	23	26	22	18	

(資料來源：本研究資料)

附表 4-2、武陵地區於 2009 年 4 月之水生昆蟲資源組成及個體數 (individuals / square meter)

Order	Family	Taxon	桃山	西溪	觀魚台	高山溪	繁殖場	有勝溪	一號壩	一號壩
									上游	下游
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Oreodytes</i> sp.	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Elmidae	<i>Zaitzevia</i> sp.A	3.6	7.2	0.0	9.0	3.6	1.8	3.6	
	Scirtidae	<i>Cyphon</i> sp.	3.6	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Diptera	Athericidae	<i>Asuragina</i> sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		<i>Atherix</i> sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	
	Blepharoceridae	<i>Agathon</i> sp.	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		<i>Bibliocephala</i> sp.	3.6	0.0	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Ceratopogonidae	<i>Bezzia</i> sp.	1.8	10.7	7.2	0.0	0.0	0.0	1.8	
	Chironomidae	Chironomidae sp.B	125.4	1073.2	62.7	96.7	57.3	1014.1	447.9	
		Chironomidae sp.C	30.5	59.1	28.7	28.7	243.7	10.7	30.5	
		Chironomidae sp.D	7.2	5.4	1.8	0.0	0.0	1.8	0.0	
		Chironomidae spp.	37.6	458.7	43.0	96.7	202.5	236.5	225.7	
	Empididae	Tanypodinae spp.	14.3	35.8	0.0	5.4	89.6	21.5	14.3	
		<i>Clinocera</i> sp.A	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	
	Simuliidae	<i>Clinocera</i> sp.B	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	
		<i>Simulium</i> sp.	50.2	207.8	111.1	34.0	9.0	43.0	44.8	
	Tabanidae	<i>Silvius</i> sp.	0.0	0.0	3.6	0.0	3.6	0.0	0.0	
	Tipulidae	<i>Antocha</i> sp.	0.0	26.9	1.8	0.0	7.2	35.8	19.7	
		<i>Dicranota</i> sp.	1.8	0.0	3.6	1.8	0.0	0.0	3.6	
		<i>Eriocera</i> sp.A	48.4	3.6	0.0	0.0	0.0	5.4	1.8	
		<i>Eriocera</i> sp.B	5.4	7.2	5.4	14.3	1.8	5.4	16.1	
		Limoniinae sp.	0.0	0.0	17.9	0.0	0.0	0.0	0.0	
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetiella bispinosa</i>	0.0	3.6	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	
		<i>Baetis</i> spp.	80.6	254.4	62.7	26.9	198.9	146.9	105.7	
		<i>Pseudocloeon latum</i>	0.0	116.5	12.5	9.0	14.3	306.4	37.6	
	Caenidae	<i>Caenis</i> sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	
	Heptageniidae	<i>Afronurus nanhuensis</i>	50.2	0.0	3.6	0.0	7.2	3.6	0.0	
		<i>Rhithrogena ampla</i>	62.7	17.9	26.9	39.4	1.8	57.3	7.2	
Leptophlebiidae	<i>Paraleptophlebia</i> sp.	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
Siphonuridae	<i>Ameletus camtschaticus</i>	43.0	0.0	3.6	3.6	0.0	0.0	48.4		
Plecoptera	Leuctridae	<i>Rhopalopssole</i> sp.	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	
	Nemouridae	<i>Amphinemura</i> sp.	7.2	77.0	9.0	9.0	0.0	12.5	28.7	
		<i>Protonemura</i> spp.	9.0	1.8	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	
	Perlidae	<i>Gibosia</i> sp.	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
		<i>Neoperla</i> spp.	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	3.6	3.6	
Styloperlidae	<i>Cerconychia</i> sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
Trichoptera	Apataniidae	<i>Manophylas</i> sp.	0.0	1.8	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	
	Glossosomatidae	<i>Glossosoma</i> sp.	0.0	1.8	1.8	7.2	0.0	0.0	3.6	
	Hydrobiosidae	<i>Apsilochorema</i> sp.	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche</i> spp.	3.6	1.8	3.6	1.8	0.0	0.0	0.0	

(資料來源：本研究資料)

附表 4-2、武陵地區於 2009 年 4 月之水生昆蟲資源組成及個體數 (individuals / square meter)(續)

Order	Family	Taxon	桃山	西溪	觀魚台	高山溪	繁殖場	有勝溪	一號壩	一號壩
									上游	下游
	Lepidostomatidae	<i>Goerodes</i> sp.	0.0	1.8	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	10.7
	Polycentropodidae	<i>Plectrocnemia</i> sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Rhyacophilidae	<i>Himalopsyche</i> sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		<i>Rhyacophila nigrocephala</i>	0.0	1.8	0.0	0.0	5.4	3.6	0.0	0.0
		<i>Rhyacophila</i> spp.	1.8	3.6	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Total Orders		5	5	4	5	5	5	5	5
	Total Families		16	16	14	11	12	9	13	13
	Total Taxa		24	26	22	17	18	18	21	21

(資料來源：本研究資料)

附表 4-3、武陵地區於 2009 年 6 月之水生昆蟲資源組成及個體數 (individuals / square meter)

Order	Family	Taxa	桃山	山西溪	一號壩	高山溪	繁殖場	有勝溪	一號壩		司界蘭溪		
									上游	下游	上游	下游	
Coleoptera	Elmidae	<i>Zaitzevia</i> sp.A	3.6	3.6	46.6	19.7	12.5	3.6	16.1	3.6	1.8		
Diptera	Blepharoceridae	<i>Agathon</i> sp.	0.0	0.0	0.0	3.6	0.0	3.6	1.8	0.0	1.8		
		<i>Biocephala</i> sp.	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	3.6	7.2	7.2	5.4		
	Ceratopogonidae	<i>Bezzia</i> sp.	0.0	0.0	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
	Chironomidae	Chironomidae	sp.B	87.8	172.0	1515.7	238.3	388.8	130.8	186.3	77.0	52.0	
			sp.C	10.7	1.8	3.6	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6
			sp.D	1.8	0.0	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
			sp.E	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
			spp.	25.1	16.1	50.2	12.5	34.0	7.2	26.9	25.1	73.5	
			Tanypodinae	spp.	5.4	3.6	16.1	1.8	30.5	1.8	12.5	23.3	1.8
			Empididae	<i>Clinocera</i>	sp.A	1.8	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	1.8
	sp.B	1.8	0.0		3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0		
	Ephydriidae	<i>Setacera</i> sp.	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
	Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	19.7	10.7	12.5	17.9	14.3	43.0	729.2	209.6	777.6		
	Tipulidae	<i>Antocha</i>	sp.	3.6	35.8	19.7	5.4	34.0	23.3	23.3	17.9	44.8	
			<i>Dicranota</i> sp.	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
			<i>Eriocera</i> sp.A	7.2	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
			<i>Eriocera</i> sp.B	5.4	17.9	32.2	19.7	59.1	1.8	16.1	14.3	3.6	
Ephemeroptera			Baetidae	<i>Baetiella bispinosa</i>	0.0	1.8	89.6	25.1	0.0	48.4	71.7	21.5	25.1
	Baetidae	<i>Baetis</i> spp.	200.7	392.4	86.0	166.6	745.3	207.8	288.5	107.5	41.2		
		<i>Pseudocloeon latum</i>	69.9	60.9	240.1	243.7	23.3	401.3	288.5	141.5	471.2		
		Ephemeridae	<i>Ephemeria sauteri</i>	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Heptageniidae	<i>Afronurus</i>	<i>floreus</i>	0.0	3.6	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0		
		<i>nanhuensis</i>	7.2	0.0	1.8	0.0	3.6	0.0	0.0	1.8	0.0		
		<i>Epoerus erratus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0		
		<i>Nixe</i> sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	12.5	0.0	0.0	0.0	0.0		
		<i>Rhithrogena ampla</i>	82.4	35.8	26.9	50.2	132.6	87.8	107.5	82.4	148.7		
Siphonuridae	<i>Ameletus camtschaticus</i>	0.0	23.3	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
Plecoptera	Nemouridae	<i>Amphinemura</i> sp.	0.0	1.8	12.5	0.0	1.8	1.8	7.2	1.8	0.0		
		<i>Protonemura</i> spp.	0.0	1.8	1.8	0.0	0.0	0.0	3.6	10.7	7.2		
Perlidae	<i>Gibosia</i> sp.	sp.	0.0	5.4	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
		<i>Neoperla</i> spp.	0.0	16.1	35.8	3.6	0.0	5.4	9.0	1.8	0.0		
Styloperlidae	<i>Cerconychia</i> sp.	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			

(資料來源：本研究資料)

附表 4-3、武陵地區於 2009 年 6 月之水生昆蟲資源組成及個體數 (individuals / square meter)(續)

Order	Family	Taxa	桃山	西溪	一號壩	高山溪	繁殖場	有勝溪	一號壩		司界蘭溪	
									上游	下游	上游	下游
Trichoptera	Glossosomatidae	<i>Glossosoma</i> sp.	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	3.6	23.3	46.6	37.6	
	Hydrobiosidae	<i>Apsilochorema</i> sp.	0.0	0.0	3.6	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	
	Hydropsychidae	<i>Arctopsyche</i> sp.	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	7.2	3.6	0.0	
		<i>Hydropsyche</i> spp.	9.0	1.8	28.7	3.6	1.8	16.1	60.9	112.9	102.1	
	Lepidostomatidae	<i>Goerodes</i> sp.	0.0	0.0	1.8	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	
	Leptoceridae	Leptoceridae sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	
	Rhyacophilidae	<i>Himalopsyche</i> sp.	0.0	0.0	3.6	0.0	0.0	5.4	1.8	0.0	1.8	
		<i>Rhyacophila nigrocephala</i>	7.2	53.7	23.3	12.5	55.5	16.1	46.6	12.5	16.1	
		<i>Rhyacophila</i> spp.	1.8	3.6	5.4	1.8	1.8	0.0	7.2	7.2	0.0	
	Stenopsychidae	<i>Stenopsyche</i> sp.A	0.0	3.6	1.8	0.0	0.0	0.0	5.4	0.0	0.0	
Total Orders			5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Total Families			11	13	15	12	12	13	13	13	11	
Total Taxa			22	23	18	20	21	21	23	23	19	

(資料來源：本研究資料)

98 年度武陵地區長期生態研究

附表 4-4、武陵地區於 2009 年 8 月之水生昆蟲資源組成及個體數 (individuals / square meter)

Order	Family	Taxa	桃山	西溪	一號壩	高山溪	繁殖場	有勝溪	一號壩上游	一號壩下游
Coleoptera	Elmidae	<i>Zaitzevia</i> sp.A	0.0	1.8	1.8	7.2	0.0	0.0	0.0	0.0
	Scirtidae	<i>Cyphon</i> sp.	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	1.8
Diptera	Chironomidae	Chironomidae sp.B	25.1	3.6	7.2	1.8	1.8	3.6	3.6	3.6
		Chironomidae sp.C	1.8	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Chironomidae sp.D	1.8	0.0	0.0	1.8	3.6	0.0	0.0	0.0
		Chironomidae sp.E	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0
		Chironomidae spp.	25.1	12.5	5.4	3.6	1.8	0.0	0.0	0.0
		Tanypodinae spp.	12.5	3.6	1.8	1.8	0.0	0.0	0.0	3.6
		Empididae	<i>Clinocera</i> sp.A	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		<i>Dolichocephala</i> sp.	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0
	Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	1.8	1.8	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8
	Tipulidae	<i>Antocha</i> sp.	0.0	3.6	1.8	3.6	0.0	0.0	0.0	3.6
		<i>Eriocera</i> sp.A	0.0	12.5	1.8	7.2	0.0	0.0	0.0	3.6
		<i>Eriocera</i> sp.B	0.0	21.5	3.6	9.0	9.0	0.0	0.0	1.8
		<i>Erioptera</i> sp.	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetiella bispinosa</i>	17.9	1.8	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	9.0
		<i>Baetis</i> spp.	263.4	3.6	16.1	12.5	1.8	16.1	9.0	9.0
		<i>Pseudocloeon latum</i>	9.0	0.0	5.4	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0
	Ephemerellidae	<i>Acerella montana</i>	0.0	3.6	0.0	1.8	0.0	3.6	1.8	1.8
	Ephemeridae	<i>Ephemera sauteri</i>	1.8	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Heptageniidae	<i>Afronurus nanhuensis</i>	26.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Rhithrogena ampla</i>		25.1	78.8	121.8	87.8	1.8	41.2	39.4	39.4	
Plecoptera	Nemouridae	<i>Amphinemura</i> sp.	1.8	17.9	7.2	9.0	1.8	5.4	3.6	
		<i>Protonemura</i> spp.	1.8	0.0	1.8	0.0	0.0	1.8	0.0	
	Perlidae	<i>Neoperla</i> spp.	5.4	3.6	12.5	1.8	0.0	0.0	0.0	
	Styloperlidae	<i>Cerconychia</i> sp.	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Trichoptera	Glossosomatidae	<i>Glossosoma</i> sp.	1.8	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	1.8	
	Hydrobiosidae	<i>Apsilochorema</i> sp.	0.0	0.0	0.0	3.6	0.0	0.0	0.0	
	Hydropsychidae	<i>Arctopsyche</i> sp.	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	1.8	1.8	
		<i>Hydropsyche</i> spp.	5.4	10.7	3.6	5.4	1.8	3.6	9.0	
Lepidostomatidae	<i>Goerodes</i> sp.	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0		

(資料來源：本研究資料)

附表 4-4、武陵地區於 2009 年 8 月之水生昆蟲資源組成及個體數 (individuals / square meter)(續)

Order	Family	Taxa	桃山	山西溪	一號壩	高山溪	繁殖場	有勝溪	一號壩上游	一號壩下游
	Polycentropodidae	<i>Plectrocnemia</i> sp.	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Rhyacophilidae	<i>Himalopsyche</i> sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8
		<i>Rhyacophila nigrocephala</i>	1.8	21.5	3.6	5.4	3.6	0.0	0.0	0.0
		<i>Rhyacophila</i> spp.	5.4	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Stenopsychidae	<i>Stenopsyche</i> sp.A	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	1.8
Total Orders			4	5	5	5	4	4	4	5
Total Families			12	13	12	14	7	6	6	12
Total Taxa			21	19	21	21	10	8	8	17

(資料來源：本研究資料)

98 年度武陵地區長期生態研究

附表 4-5、武陵地區於 2009 年 10 月之水生昆蟲資源組成及個體數 (individuals / square meter)

Order	Family	Taxa	桃山	西溪	一號壩	高山溪	繁殖場	有勝溪	一號壩上游	一號壩下游
Coleoptera	Elmidae	<i>Zaitzevia</i> sp.A	0.0	7.2	25.1	23.3	7.2	3.6	19.7	
		<i>Zaitzevia</i> sp.B	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	
	Scirtidae	<i>Cyphon</i> sp.	1.8	1.8	3.6	3.6	0.0	0.0	3.6	
Diptera	Blepharoceridae	<i>Agathon</i> sp.	0.0	0.0	7.2	1.8	0.0	0.0	0.0	
		<i>Bibiocephala</i> sp.	0.0	0.0	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0	
	Ceratopogonidae	Chironomidae	Chironomidae sp.B	59.1	34.0	32.2	19.7	14.3	19.7	43.0
			Chironomidae sp.C	0.0	17.9	5.4	0.0	3.6	1.8	3.6
			Chironomidae sp.D	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0
			Chironomidae sp.E	3.6	0.0	25.1	5.4	0.0	3.6	19.7
			Chironomidae spp.	5.4	69.9	32.2	26.9	12.5	16.1	53.7
			Tanypodinae spp.	1.8	120.0	9.0	30.5	1.8	78.8	17.9
			Empididae	<i>Clinocera</i> sp.A	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	1.8	1.8	9.0	44.8	0.0	7.2	52.0	
	Tipulidae		<i>Antocha</i> sp.	3.6	1.8	5.4	3.6	5.4	12.5	0.0
			<i>Eriocera</i> sp.A	0.0	62.7	16.1	5.4	0.0	0.0	21.5
			<i>Eriocera</i> sp.B	5.4	30.5	16.1	37.6	23.3	5.4	16.1
	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetiella bispinosa</i>	1.8	0.0	5.4	3.6	0.0	7.2	0.0
			<i>Baetis</i> spp.	82.4	290.2	193.5	82.4	66.3	498.1	107.5
<i>Pseudocloeon latum</i>			44.8	95.0	21.5	297.4	9.0	163.0	129.0	
Caenidae		<i>Caenis</i> sp.	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	
Ephemerellidae		<i>Acerella montana</i>	1.8	1.8	7.2	7.2	0.0	17.9	0.0	
Ephemeridae		<i>Ephemeria sauteri</i>	0.0	1.8	3.6	0.0	5.4	0.0	0.0	
Heptageniidae			<i>Afronurus nanhuensis</i>	1.8	21.5	0.0	0.0	1.8	25.1	1.8
			<i>Nixe</i> sp.	0.0	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
			<i>Rhithrogena ampla</i>	78.8	93.2	238.3	225.7	1.8	182.7	148.7
Leptophlebiidae		<i>Paraleptophlebia</i> sp.	1.8	0.0	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0	
Siphonuridae		<i>Ameletus camtschaticus</i>	0.0	3.6	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	
Plecoptera		Nemouridae	<i>Amphinemura</i> sp.	1.8	28.7	14.3	0.0	0.0	7.2	9.0
	<i>Protonemura</i> spp.		1.8	3.6	1.8	7.2	0.0	0.0	0.0	
	Perlidae		<i>Gibosia</i> sp.	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
			<i>Neoperla</i> spp.	1.8	17.9	37.6	26.9	0.0	5.4	5.4
	Styloperlidae	<i>Cerconychia</i> sp.	1.8	0.0	7.2	0.0	0.0	0.0	0.0	

(資料來源：本研究資料)

附表 4-5、武陵地區於 2009 年 10 月之水生昆蟲資源組成及個體數 (individuals / square meter)(續)

Order	Family	Taxa	桃山	山西溪	一號壩	高山溪	繁殖場	有勝溪	一號壩上游	一號壩下游
Trichoptera	Glossosomatidae	<i>Glossosoma</i> sp.	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	3.6	0.0	
	Hydrobiosidae	<i>Apsilochorema</i> sp.	0.0	3.6	3.6	1.8	0.0	0.0	3.6	
	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche</i> spp.	3.6	3.6	12.5	21.5	0.0	48.4	46.6	
	Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila nigrocephala</i>	3.6	21.5	9.0	23.3	16.1	5.4	9.0	
		<i>Rhyacophila</i> spp.	0.0	1.8	3.6	1.8	0.0	7.2	1.8	
Stenopsychidae	<i>Stenopsyche</i> sp.A	3.6	0.0	3.6	1.8	0.0	14.3	21.5		
Total Orders			5	5	5	5	4	5	5	
Total Families			14	15	19	17	7	14	15	
Total Taxa			22	26	32	25	13	23	23	

(資料來源：本研究資料)

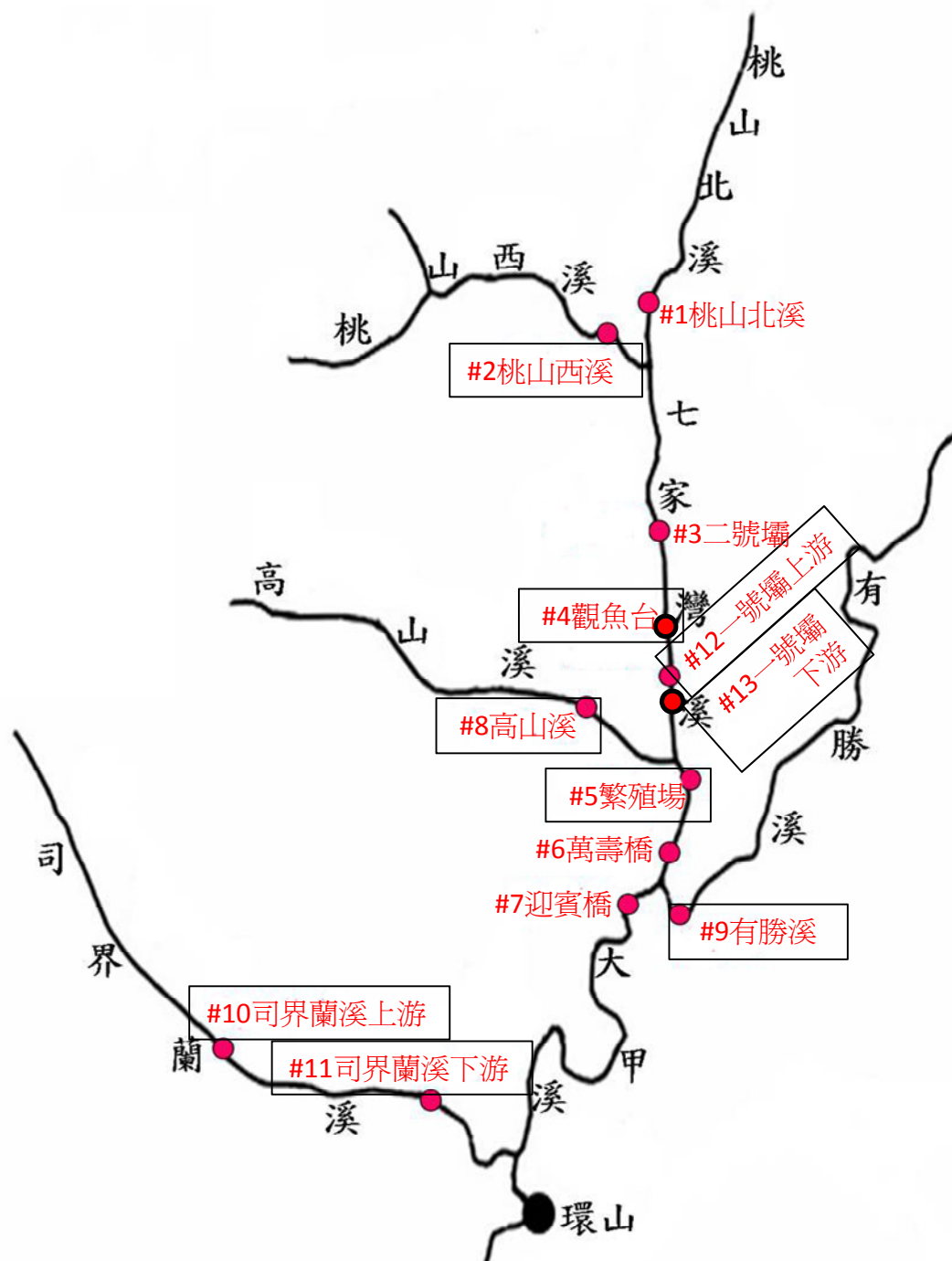


圖 4-1、武陵地區溪流水棲昆蟲監測調查測站之相關位置圖
(資料來源：本研究資料)

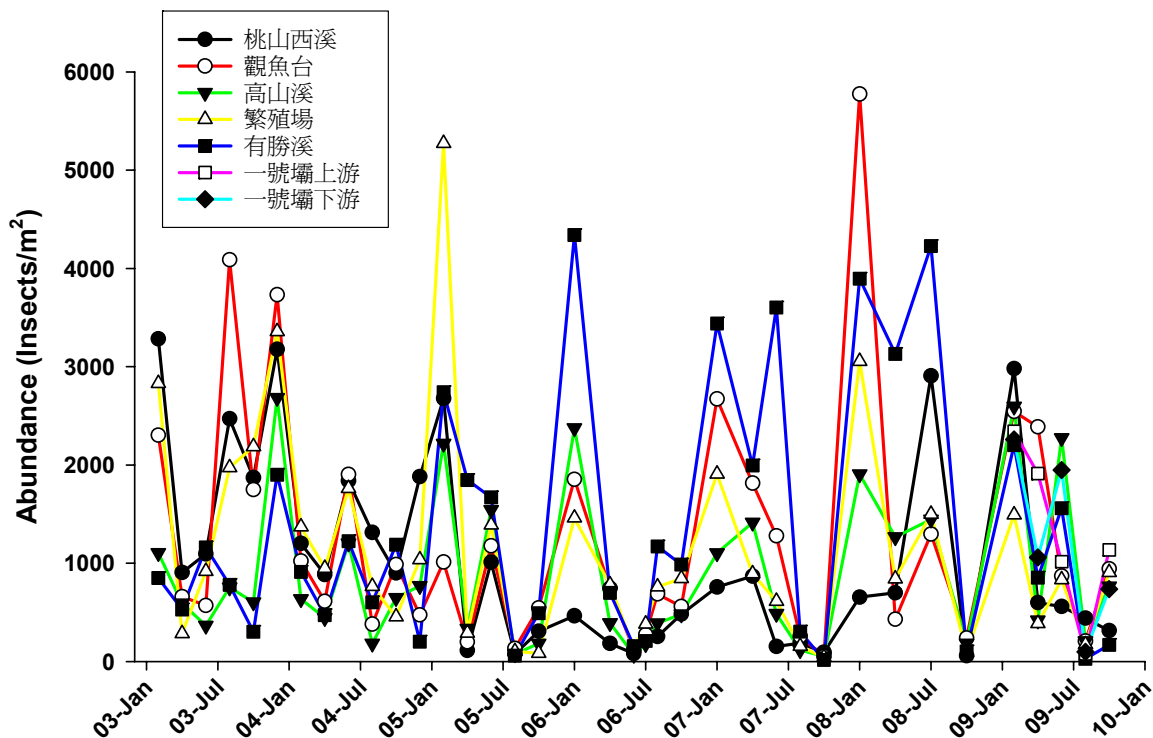


圖 4-2、武陵地區溪流測站水棲昆蟲各月數量(資料來源：本研究資料)

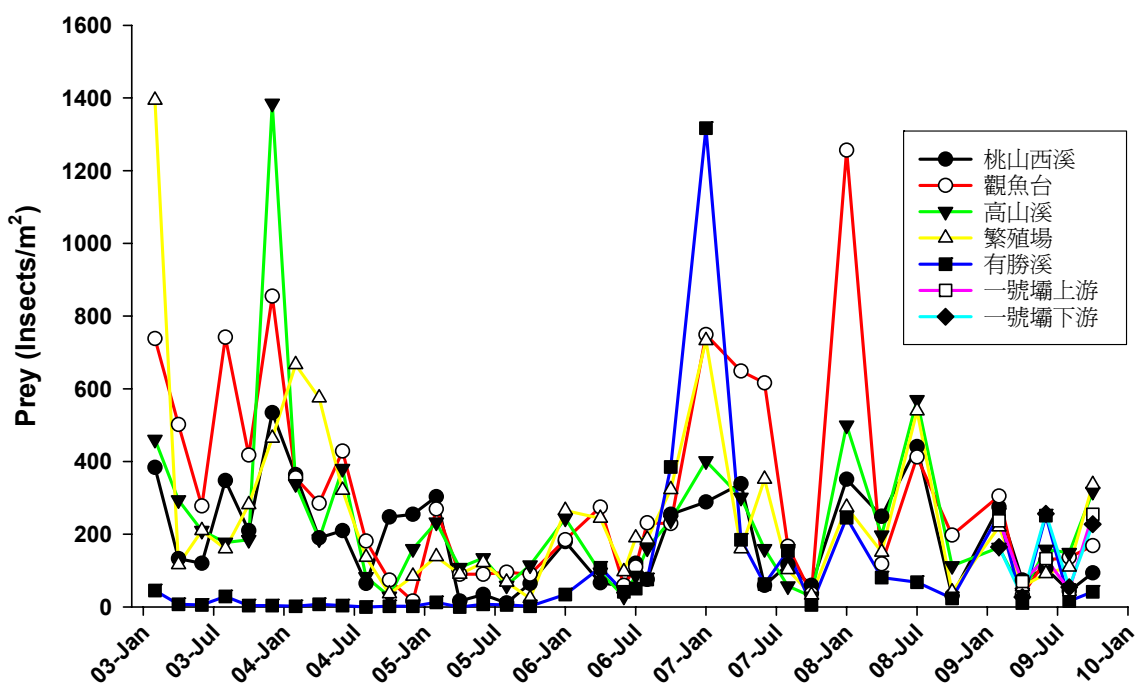


圖 4-3、武陵地區溪流測站之櫻花鉤吻鮭中大體型昆蟲食餌數量變化圖。
(資料來源：本研究資料)

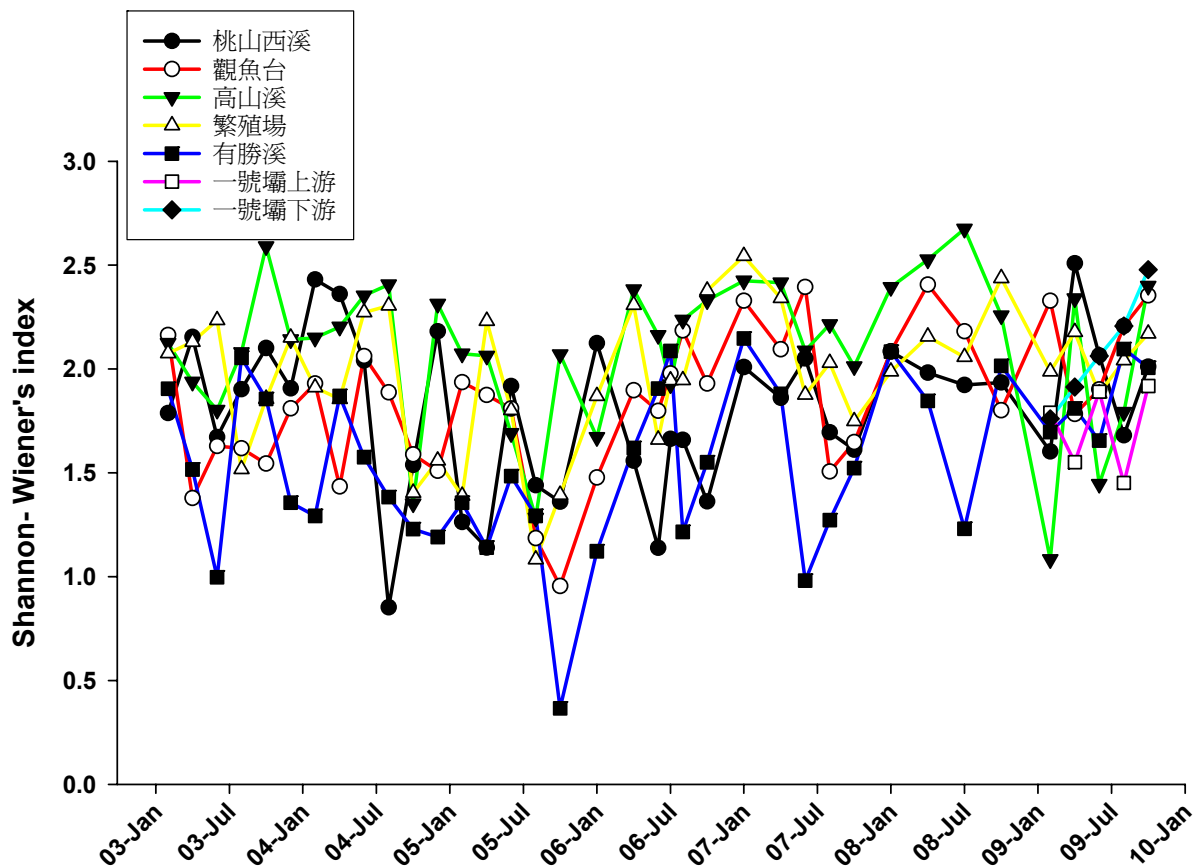


圖 4-4、武陵地區溪流測站水棲昆蟲之 Shannon- Wiener's index (資料來源：本研究資料)

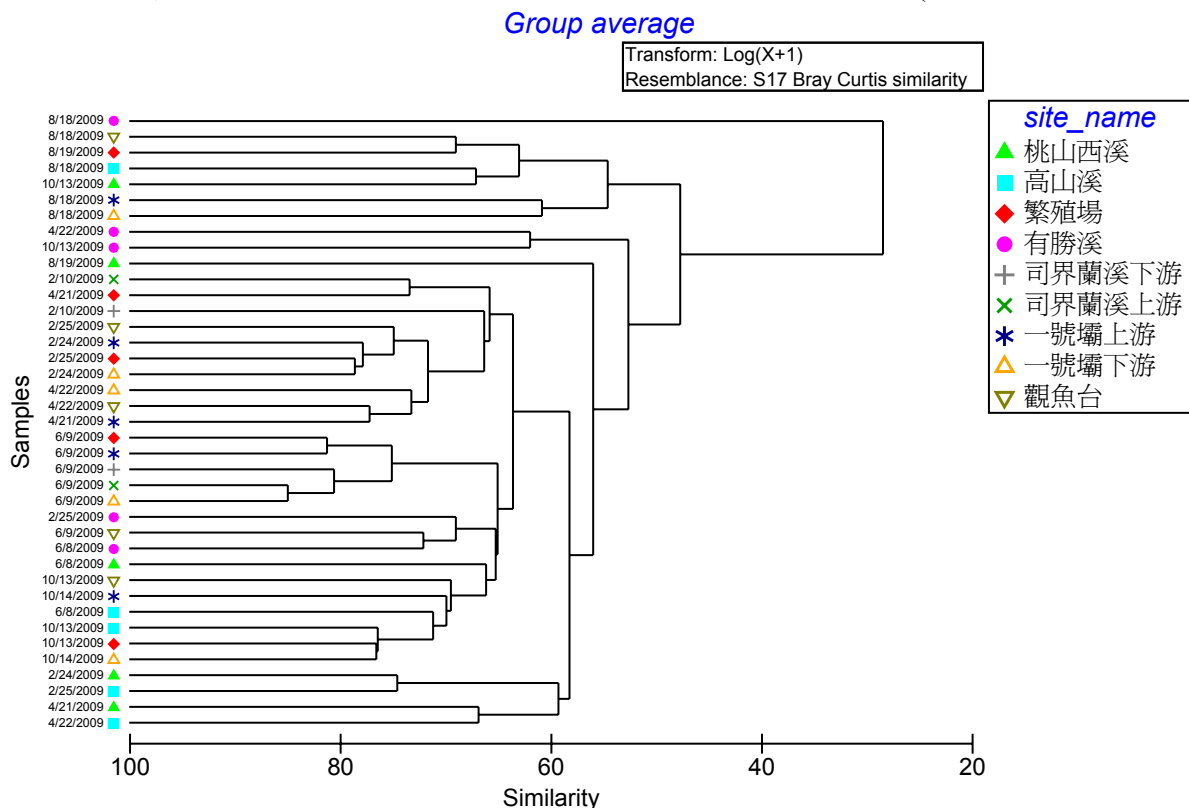


圖 4-5、武陵地區溪流測站底棲昆蟲群聚結構相似度之歸群分析(資料來源：本研究資料)

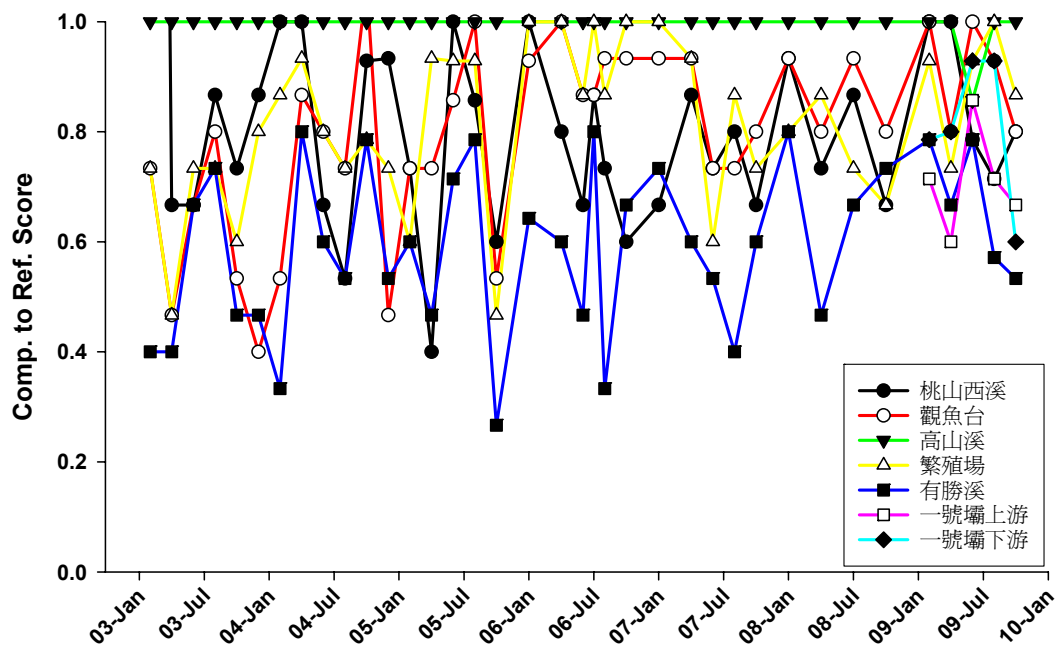


圖 4-6、武陵地區溪流測站水棲昆蟲之 RBPII 相對分數(資料來源：本研究資料)

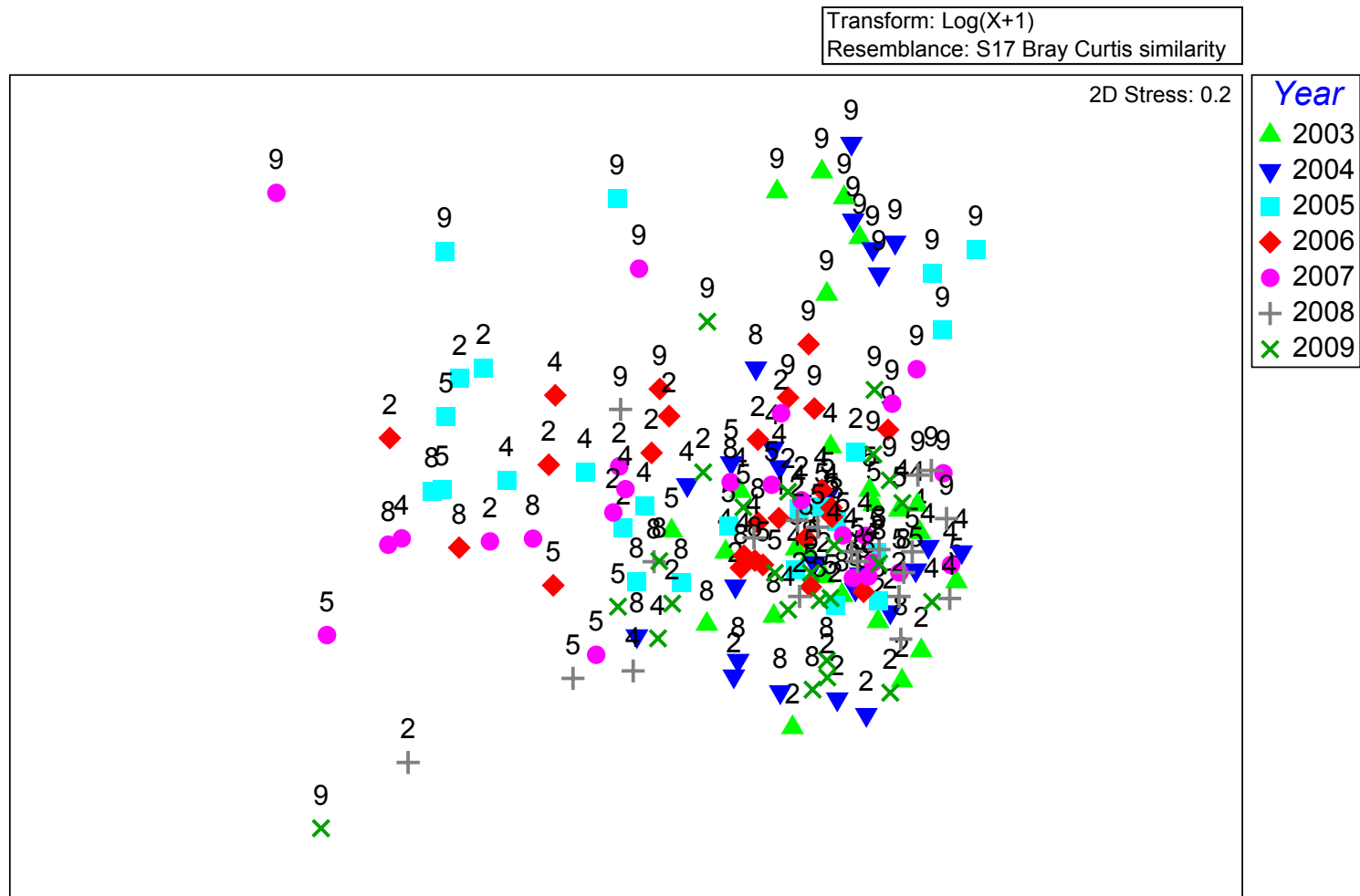


圖 4-7、武陵地區溪流測站水棲昆蟲之 MDS 分析。(圖標數字表示樣站編號)(資料來源：本研究資料)

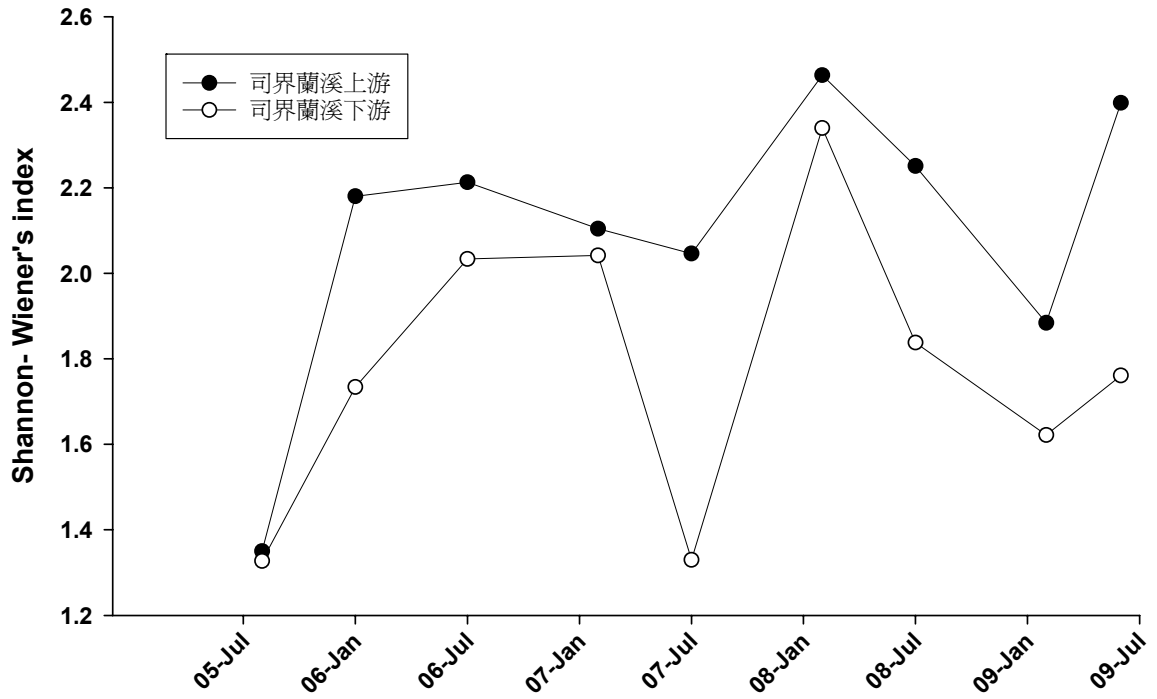


圖 4-8、司界蘭溪測站水棲昆蟲之 Shannon- Wiener's index(資料來源：本研究資料)

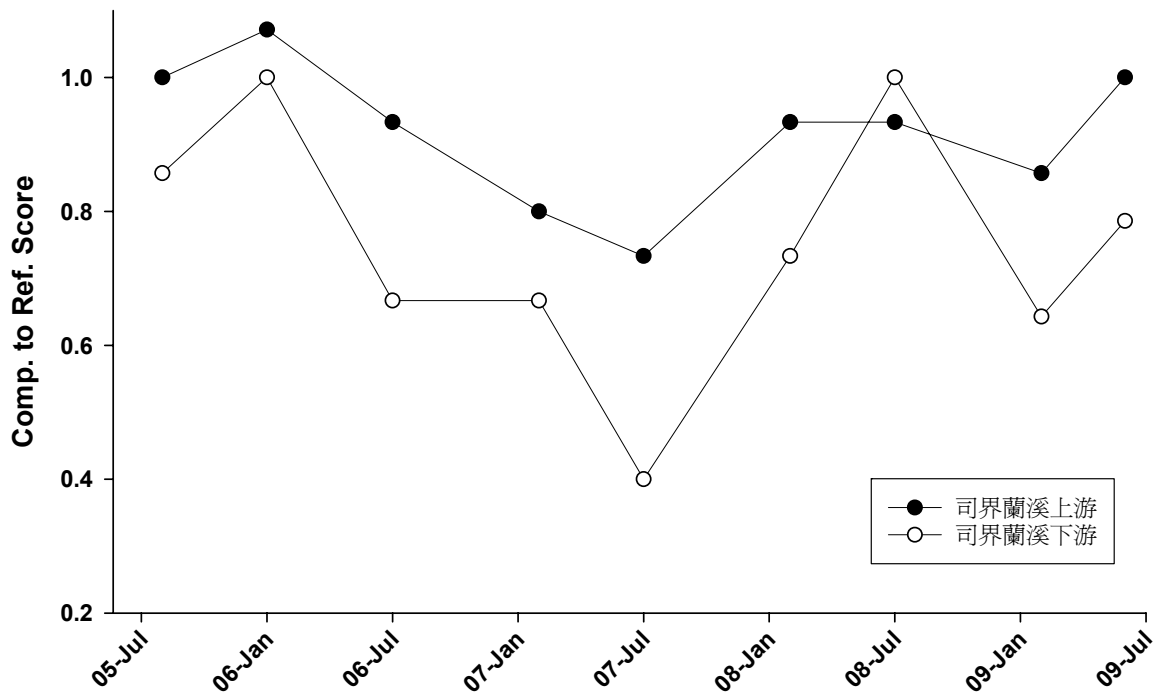


圖 4-9、司界蘭溪測站水棲昆蟲之 RBPII 相對分數(資料來源：本研究資料)

第五章 台灣櫻花鉤吻鮭族群監測與動態分析

曾晴賢、胡景程

清華大學生物資訊與結構生物研究所

摘要

關鍵詞：台灣櫻花鉤吻鮭、七家灣溪、族群數量、生態調查

一、研究緣起

台灣櫻花鉤吻鮭(*Oncorhynchus masou formosanus*)是「瀕臨絕種」保育類野生動物，也是台灣特有的冰河孑遺生物。但因為颱風洪水、農業開發、防砂壩阻隔等諸多因素衝擊，使得生存棲地環境變化很大，並且造成嚴重威脅其生存。雪霸國家公園管理處因此自 1994 年開始進行台灣櫻花鉤吻鮭族群現況的普查工作，以瞭解並掌握台灣櫻花鉤吻鮭族群數量多寡、年齡結構組成和分布範圍的最新動態與變化情形。以建立基礎資料並據以擬定復育計畫。

二、研究方法及過程

本研究除定期調查各固定樣點的魚類族群分布與數量外，於 2009 年六月及十月間進行七家灣溪台灣櫻花鉤吻鮭的全面族群數量普查，以瞭解 2007 年繁殖季節後新生幼魚加入族群數量與分布狀況及繁殖季節前成魚的狀況，並對照歷年的魚群數量與族群結構的變化以作進一步的分析。

三、重要發現

- 1、2009 年針對共同樣站的定期調查已經完成五次，監測資料結果顯示與歷年資料差異不大。
- 2、今年六月與十月進行台灣櫻花鉤吻鮭的全面族群數量普查調查結果顯示，今年夏季鮭魚族群數量共計有 3,382 尾，其中一齡幼魚有 993 尾，二齡中型鮭魚有 1,579 尾，三齡大型成魚則有 810 尾。秋季調查則為 4,545 尾，族群量為歷年調查結果的次高。其中一齡幼魚有 1,482 尾，二齡中型鮭魚有 1,942 尾，三齡大型成魚則有 1,121 尾。在族群結構上，無論是夏季或秋季的調查，

都以中型鮭魚最多，幼魚次之，大型鮭魚較少，形成圓桶形的族群結構。(夏季的調查結果顯然少於秋季的調查結果，主要原因可能跟夏季的水量較大，同時還有相當多數量的的小魚躲在洞穴裡，以及水溫較高魚類的活動能力較強，因此計數較不容易而會有低估的情形發生)。

3、就族群數量來看，與去(2008)年秋季普查的調查結果(3,149 尾)比較，今年秋季增加了 1,396 尾，顯示族群量有增加的趨勢。而今年風災對鮭魚數量的影響則不明顯，應與颱風路徑沒有直接影響武陵地區所致。

4、高山溪阻隔與殘材壩對鮭魚族群的部分，目前高山溪流域中有三處殘材壩，其落差高度明顯地限制了魚群的自由移動，今年在高山溪一號壩至二號壩之間夏秋二季的調查結果，分別只有 15 尾與 13 尾的數量，顯示這些殘材壩已對魚群產生隔離效應。

四、主要建議事項

1、立即可行之建議：高山溪殘材壩的移除工作

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：雪霸國家公園管理處武陵管理站

今年調查殘材壩對高山溪櫻花鉤吻鮭的影響及評估，匯流處殘材壩的落差高度已足以限制鮭魚的自由移動，建議採以輕度人為處理方式，利用鍊鋸或鋸子等較輕型的工具製造缺口或破壞，之後再讓水流或人工將其移除，不要等到殘材壩的結構趨於完整之後再來處理，以免付出的成本與對溪流環境的衝擊相對增加。此外，不建議利用重型機具搬除，以免對溪谷環境或鮭魚的棲地造成二次破壞與干擾。

ABSTRACT

Taiwan masu salmon (*Oncorhynchus masou formosanus*) is one of the endangered species of conserved wildlife. It is also a Taiwanese endemic wildlife since the glacial epoch. However, owing to the impact of Typhoons, floods, agriculture development, dams, etc. on the environmental habitats, the survival of wildlife has been seriously threatened. The Shei-Pa National Park has engaged the investigation projects on the population circumstances of Taiwan masu salmon since 1994. Those projects have aimed to understand and to control the current statuses of the population, age structure and distribution areas. On the basis of those data, the Shei-Pa National Park may make proposals of projects for restoration of Taiwan masu salmon.

Beside the investigation on the 7 joint site every two month, the overall population investigations for Taiwan masu salmon in the Chichiawan creek have been conducted between Feb-App and middle June of 2009 in order to know the population and the distribution of new born juveniles attending to the salmon group and the distribution and number of the adults before 2008 breeding season.

The major findings are as follows:

1. The population survey on the joint site had completed triple and the result revealed that only a few difference with the data over the years.
2. In the summer of 2009, the population of the masu salmon was 3,328, in which the amount of the one-aged juvenile was 993, the two-aged adult 1,579, and the three-aged adult 810. And in the fall of 2009, the population of the masu salmon was 4,545 which the amount of population was the second over the years , in which the amount of the one-aged juvenile is 1,482, the two-aged adult 1,942, and the three-aged adult 1,121. This

result showed that the structure of population was bucket shape.

3. The amount of masu salmon population in this fall was more 1,396 than last fall. This result showed that the population of masu salmon was stabled in Chichiawan creek, and the effect on population by the flood and typhoon was not noticeable in this year.
4. The analysis to salmon population in Gao-shan creek blocked by the wood dam and residue checkdam showed that the limitation focused to the migration of salmon because of there were only 15 salmon from dam 1 to dam 2 in this summer, and 13 in this fall.

For immediate strategies:

1. In order to avoid disturbing and destroying the Gao-shan creek, we suggest no need to do improvement with the wood dam and residual checkdam by heavy machines and tools. If it needed, suggest to improve by handle saw or chain-saw to cut gaps on wood, then it will moved by the floods.

【Keywords】 Formosan landlocked salmon 、 *Oncorhynchus masu*

formosanus 、 population censuses 、 population ecology

一、前言

台灣的台灣櫻花鉤吻鮭 *Oncorhynchus masou formosanus* (Jordan and Oshima) 是世界上知名的魚類之一，其在生物地理學上的科學意義相當大，在亞熱帶地區的台灣出現了寒帶性的鮭鱒科(Salmonidae)魚類，實在是令人意想不到的事情。

目前僅知台灣櫻花鉤吻鮭在台灣只分布於中部的大甲溪上游，由於本種有非常重要的學術和經濟價值，而目前數量稀少到瀕臨絕種的地步，因此政府於民國七十三年(1984)七月依「文化資產保存法」第 49 及施行細則 72 條之規定，指定並公告台灣櫻花鉤吻鮭為珍貴稀有動物，至此，台灣櫻花鉤吻鮭被列為文化資產之一。其現存棲息地的七家灣流域，並且在民國八十六年(1997)由農委會依據「野生動物保護法」，公告為野生動物保護區。

根據早期的記錄顯示(Kano, 1940)，台灣櫻花鉤吻鮭在日據時代(自 1917 年至 1941 年間)的分布遍及今日松茂以上的整個大甲溪上游，包括合歡溪、南湖溪、司界蘭溪、七家灣溪及有勝溪等支流都曾是它的棲息地。其中司界蘭溪及七家灣溪的數量最多，甚至在七家灣溪還可以用投網的方式，每人每天可以捕獲到十五斤以上，在當時是當地原住民重要的食物來源之一。但是到了民國五、六十年代時日本人來台灣採集調查時，發現就只剩下司界蘭溪、高山溪及七家灣溪有鮭魚的蹤影了(Watanabe and Lin, 1988)。當時並且發現這種魚類受到嚴重的迫害，毒魚、電魚的情形極為嚴重，魚類數量已經極度稀少。到了在民國七十三年(1984)時，農委會委託台大動物系林曜松教授等人再次詳細調查時，發現只剩下七家灣溪約五公里左右的溪段，有這種國寶魚的存在(林等, 1988)。之後又根據民國八十年(1991)林務局邱健介先生等人之調查，台灣櫻花鉤吻鮭的棲地大概是以七家灣溪武陵農場迎賓橋為下限，向上至七家灣溪上游桃山西溪六號壩底下約七公里長之區域(邱, 1991)。近年來由於人工復育的幼魚都放流在七家灣溪與高山溪的上游地區，所以後來的調查結果顯示，台灣櫻花鉤吻鮭的分布範圍之最

上游約在池有溪匯流點以下附近，海拔約在 1980 公尺左右，距離分布範圍的最低點七家灣溪與有勝溪匯流點約有八公里左右的距離。雖然過去亦曾經發現有極少數鮭魚個體會分布到更下游的大甲溪和平農場附近(曾，1996)，但是這種情形應該是颱風等天災所帶來之洪水將部份個體沖刷到下游地區的結果，並未能夠在此下游河段建立穩定的族群。

雪霸國家公園管理處自民國八十三年(1994)五月起開始，委託辦理台灣櫻花鉤吻鮭族群現況的普查(曾，1994、1995、1996、1997、1998、1999、2000、2001、2002、2003)，本項研究計畫延續林曜松教授等人在七家灣溪主流域的族群數量調查工作(林等，1988；林等，1990；林等，1991；Tsao，1995)，以瞭解並掌握台灣櫻花鉤吻鮭族群數量多寡、年齡結構組成和分布範圍的最新動態與變化情形。這些台灣櫻花鉤吻鮭族群變動與分布資料不僅關係到本種珍貴保育類動物的存續問題，復為提供一般大眾了解台灣櫻花鉤吻鮭族群現況，為雪霸國家公園管理處建立一個接續以往本種珍貴魚類之保育工作的基礎生態資料，因此有必要持續且全面調查該種魚類的分布現況，以瞭解其族群數量和分布變化情形。

多年來的調查結果分析顯示，天然災害如颱風、梅雨，對於台灣櫻花鉤吻鮭族群的威脅最大，經常會影響整個鮭魚族群的數量與分布變化(曾等，2000)。加上此地甚多防砂壩阻隔的重疊效應，往往使得被洪水沖到下游的鮭魚無法再回到上游地區，影響族群的天然分布。而天然災害對台灣櫻花鉤吻鮭族群最深遠的影響，主要是在產卵季節時對於新生族群的傷害，例如在 1994 年十月的產卵季開始時，正好碰上豪雨使得溪水高漲，許多已經產完卵的巢場和卵均被沖毀。洪水同時挾帶甚多的泥沙，覆蓋許多未被沖毀的鮭魚產卵場，導致魚卵的死亡率大增(曾，1995)。

每年新生幼魚的加入對整個台灣櫻花鉤吻鮭族群的影響甚巨，各河段魚卵孵化死亡率的高低影響到當年度各河段新生族群的加入(楊，1997)。如七家灣溪一號壩至二號壩之間的河段雖然在多年來都觀察到有許多產卵場，幼魚的數量卻都是偏低的。在 1995 年的調查中，發現此段唯一的一尾幼魚是在觀魚台棲地改善

後的深潭中所記錄到的，其餘近二公里的河段竟然看不到其他的幼魚蹤跡(曾，1995)。這樣的現象提醒我們對各河段的水文水質特性進一步的調查分析，以了解魚群分布與環境因子之間的關係。由於七家灣溪流域長期進行水質監測與分析(陳，1996、1997、1998、1999、2000)，因此本研究只就最有可能影響鮭魚族群的水溫條件著手分析研究，自1996年起開始就加上水溫長期監測與分析的工作，探討水溫在台灣櫻花鉤吻鮭生活史各個階段所扮演的角色，以了解天然族群數量的變化與水溫之間的關聯。進一步研究影響水溫變化的各相關因子，期能提供一良好的策略作為管理單位棲地改善及經營管理的依據。同時為了瞭解台灣櫻花鉤吻鮭族群數量、結構及分布溪段的變化，提供管理單位保育經營政策擬定之精確的參考資訊與基本資料，持續進行長期而全面性的族群監測是相當重要的。

由於2001年繁殖季節的低水溫與少洪水等環境因素使得2002年幼魚數量大幅提高，由於當年度並未對七家灣溪流域進行人工繁殖放流工作，因此這些大量增加的幼魚都是自然生殖成功的加入族群，且在各個主、支流河段中都可以觀察到大量發生的幼魚族群，並未如以往只特別集中在某一河段，鮭魚總數因此創下族群調查工作以來的最高數量。隨後兩年內的幼魚更新狀況也不算差，因此自2002年以後的鮭魚數量都在三千尾以上，雖然各齡族群有所增減變動，但仍然顯得十分穩定。不過2004年夏季以後，遭逢兩個敏督莉(Mindulle)以及艾莉(Aeri)颱風侵襲，以及2005年多個連續颱風，包含七月強烈颱風海棠(Haitang)，八月份中度颱風馬莎(Matsa)、輕度颱風珊瑚(Sanvu)、強烈颱風泰利(Talim)，九月份強烈颱風龍王(Longwang)，超大且連續豪雨所帶來的洪水，使台灣櫻花鉤吻鮭再次面臨生存威脅，由於大多數的防砂壩仍舊矗立，形成的阻隔效應使得風災對族群的衝擊放大，因此去年夏秋季以來的族群數量，又呈現快速的衰退。不過風災過後在2006年夏秋兩季由於幼魚數量的增加，整個族群數量又大幅度的提升，之後雖然又歷經一些颱風的侵襲，但影響並不大。2007年夏秋季節三個颱風，包含聖帕(Sepat)、韋帕(Wipha)和柯羅沙(Krosa)的接連侵襲，帶來的充沛雨量也對七家灣溪流域造成一定的損害與衝擊，尤其是十月初的柯羅沙颱風來襲時

已經是繁殖季節的初期，不過隨後的調查結果顯示，族群損失並未如預期般嚴重，大多數河道雖然因為風災洪水沖刷或是泥沙淤積完全改觀，但各河段仍保有許多良好的棲地環境。

由於整個河床棲地在洪水衝擊後將完全改觀，由以往對賀伯風災的觀察經驗，棲地恢復以及族群穩定通常都需要二至三年以上的時間，甚至可能因為連續的天災，以及氣候變遷造成幼魚更新狀況不佳而使得族群數量跌到谷底，但由調查結果看來，2005 年風災的影響似乎沒有想像中來得高，不過即使如此，因為造成台灣櫻花鉤吻鮭族群不穩定的各項因子依舊存在，許多河段的防砂壩依舊矗立，因此仍有必要密切且持續地監測風災後台灣櫻花鉤吻鮭族群變動以及棲地回復情形。

二、材料與方法

本年度計畫為「武陵地區長期生態監測暨生態模式」的子計畫，配合各相關計畫的共同樣點(圖 5-1)進行定期監測工作，依照總計畫之預定進度，今年度監測地點簡化為五個主要測站，此五個主要測站分別為「桃山西溪」測站、「觀魚台」(之前該測站名稱為一號壩)測站、「高山溪」測站、「繁殖場」測站以及「有勝溪」測站。除上述五個樣站之外，今年度分別於七家灣溪一號壩的上下游 100 公尺處新增二個共同樣站(圖 5-1)，以了解未來七家灣溪一號壩可能拆壩後，對上下游鮭魚族群的影響。每二個月(2、4、6、8、10 月)進行一次監測工作。此外司界蘭溪則維持一年進行兩次監測(2、6 月)，以瞭解共同樣區內魚類種類與數量分布等狀況。

此外，為了延續以往的台灣櫻花鉤吻鮭長期族群監測工作，本研究亦持續進行全流域的族群普查工作，預定在夏季及秋季分別進行兩次普查工作，主要希望瞭解各河段台灣櫻花鉤吻鮭在前一年繁殖季節孵化及幼魚更新的狀況，及觀察瞭解各河段秋季成年鮭魚繁殖的狀況。調查範圍預計如圖 5-1 所示，包含迎賓橋(有勝溪匯流點)以上至桃山西溪六號壩的整個七家灣溪流域，其中並包含桃山北溪(舊名無名溪)、高山溪(舊名雪山溪或武陵溪)與湧泉等支流。

族群數量調查採用浮潛法，此法是野外調查魚類的方法中花費較少，破壞性最低的方法(林等，1988)，由於本流域平常水質清澈，對於族群數量已屆瀕臨絕種的台灣櫻花鉤吻鮭而言，這無異是最為合適的方法。調查時採三人一組，其中一人於岸上記錄，二人穿著防寒衣、面鏡、呼吸管以浮潛的方式直接觀察和鑑定魚種及估計其大小，由於台灣櫻花鉤吻鮭每年只進行一次繁殖活動，因此各齡魚間的體型差異明顯，因此本研究依其體長大小來辨別鮭魚的年齡，年齡是依鮭魚經歷繁殖期的次數作為依據，如一齡幼魚指經歷過一次繁殖期的鮭魚，全長約為 15cm 以下(幼魚夏季全長約在 5~8cm 左右，秋季則約在 8~15cm 左右)；二齡中型成魚指經歷過兩次繁殖期的鮭魚，全長 15~20cm 之間；及全長 25cm 以上

的三齡大型成魚，指經歷過三次以上繁殖期的鮭魚，三齡以上大魚亦是參與繁殖的成魚。族群調查中利用手繪河道圖標定各齡魚的相對位置與數量。魚群較多的地點並輔以潛水相機和攝影機加以拍攝記錄，藉以進行族群結構、數量分布分析。調查結果均直接標示於河段圖面上，並比較歷年魚群數量、結構及分布的變化。

野外調查工作時，並且一併進行其他共域魚種(Wang, 1989)，包含台灣鏟頰魚(*Onychostoma barbatulus*)、台灣台鰵(*Formosania lacustre*)與明潭吻蝦虎魚(*Rhinogobius candidianus*)的數量與分布狀況。不過由於其他魚類與鮭魚的生長速率不同，以及生殖特性不同，特別是是數量最多的台灣鏟頰魚，生殖季節長，體型與體長都呈現連續變化，雄、雌魚性成熟的體型明顯不同，且數量眾多，並不如台灣櫻花鉤吻鮭般容易判定。不過為了調查與記錄的方便，我們只在調查當時，採用與台灣櫻花鉤吻鮭相同的體型判別標準進行調查與記錄，記錄不同體族群的數量與分布位置，並未針對其實際年齡進行判斷與討論。

此外，除了七家灣溪之外，由於雪霸國家公園管理處在 2006 年十月時在司界蘭溪及南湖溪先後放流台灣櫻花鉤吻鮭的幼魚各 250 尾，並且與當地環山居民組成的護溪巡守隊合作，配合國家公園警力，進行例行性的護溪巡邏工作，因此本研究除了針對司界蘭溪上下游的兩個固定樣點進行例行調查，亦計畫在期末簡報前亦針對司界蘭溪及南湖河流域進行過概略的普查，以便與七家灣溪的鮭魚族群進行比較。

三、調查結果

(一) 生態模式建立共同樣區的調查結果

本年度計畫首先配合「武陵地區長期生態監測暨生態模式」總計畫的需要，在總計畫選擇的九個共同樣點(圖 5-1)中進行定點監測。今年度監測地點簡化為五個主要測站，此五個主要測站分別為「桃山西溪」測站、「觀魚台」(之前該樣站名稱為一號壩)測站、「高山溪」測站、「繁殖場」測站以及「有勝溪」測站。除上述五個樣站之外，今年度分別於七家灣溪一號壩的上下游 100 公尺處新增二個共同樣站，以了解未來七家灣溪一號壩可能拆壩後，對上下游鮭魚族群的影響。預計每二個月(2、4、6、8、10 月)進行一次監測工作。此外司界蘭溪則維持一年進行兩次監測(2、6 月)，以瞭解共同樣區內魚類種類與數量分布等狀況。今年五次(2、4、6、8、10 月)的各樣點調查結果如表 5-1 所示。各個固定河段的調查結果與狀況說明如下：

Site2：桃山西溪(武陵吊橋)

本河段的調查點位於武陵吊橋下的稍上游河段，棲地型態以平瀨或急瀨為主，不過在調查樣點下游，有個依著岩壁地形的大型深潭。二月份浮淺調查共記錄了 2 尾大型鮭魚與 17 尾中型鮭魚，四月份則分別記錄了 2 尾大型鮭魚、11 尾中型鮭魚及 1 尾小型鮭魚。六月份則記錄了 31 尾大型鮭魚、13 尾中型鮭魚與 8 尾小型鮭魚。八月份記錄了 15 尾大型鮭魚、17 尾中型鮭魚與 8 尾小型鮭魚，十月份記錄了 2 尾大型鮭魚、29 尾中型鮭魚與 17 尾小型鮭魚，與去年的秋季的調查紀錄比較起來，今年該樣站的鮭魚數量有增加的現象。而此河段在今年的調查過程中，都沒有發現台灣鏟頰魚的紀錄。

Site4：觀魚台(原名稱為一號壩)

本河段的調查點位於觀魚台下游約 150m 的七家灣溪河段，棲地主要是平瀨地形，但有較多的大石頭，在較上游河段的轉折處有個深潭區。此處通常開始記錄到較多的台灣櫻花鉤吻鮭，而台灣鏟頰魚的分布也開始受到侷限，在該區域及

其以上河段的數量通常都相當零星，此測站可以視為是台灣鏟頰魚的過渡地帶，歷年調查都可以發現零星記錄，不過今年的五次調查中還並未發現到台灣鏟頰魚的蹤影。在台灣櫻花鉤吻鮭數量調查部分，二月份記錄了 3 尾大型鮭魚與 27 尾中型鮭魚，四月份記錄了 3 尾大型鮭魚、2 尾中型鮭魚與 3 尾幼鮭。六月份則記錄了 3 尾大型鮭魚、4 尾中型鮭魚與 6 尾幼鮭，八月份只有記錄到 4 尾大型鮭魚，十月份則有 2 尾大型鮭魚與 3 尾中型鮭魚。大體而言，該樣站的鮭魚數量與往年的紀錄差異並不大。

Site5：繁殖場(新復育中心)

本河段調查點位於七家灣溪與高山溪匯流後，新復育心中旁的七家灣溪河段，棲地型態主要是水深較深的平瀨環境，在高山溪匯流點附近有個深潭區，大多數魚群都是在平瀨區域被紀錄到，不過台灣櫻花鉤吻鮭通常分布在匯流點附近的水潭區，且此處通常開始記錄到較多的台灣鏟頰魚。在二月份的紀錄中，共計有 12 尾鮭魚與 7 尾台灣鏟頰魚；四月份的數量紀錄較少，只有 3 尾鮭魚，沒有台灣鏟頰魚的紀錄；六月份的紀錄中，則計有 12 尾鮭魚與 5 尾台灣鏟頰魚，八月份只有紀錄到 6 尾台灣鏟頰魚，十月份則記錄 6 尾鮭魚與 20 尾台灣鏟頰魚。

Site8：高山溪

本河段的調查點位於高山溪一號破壩上游，棲地型態以急瀨為主，不過因為高山溪的底質較多大粒徑石頭，加上坡度較其他河段來得大，因此形成類似階梯狀的急瀨地形。本河段都是以台灣櫻花鉤吻鮭為主要魚類，不過以往有時可以記錄到零星的台灣鏟頰魚個體，不過近三年的歷次調查都只記錄到台灣櫻花鉤吻鮭，而沒有發現到台灣鏟頰魚。在今年二月與四月的調查中，都沒有發現任何魚類，六月調查時，則僅發現到 1 尾鮭魚個體，八月則因為莫拉克颱風過後造成溪水較為渾濁而無法記錄，十月份也沒有發現任何魚類。相較於過往的紀錄而言，今年在高山溪樣站的紀錄有減少的趨勢，可能與高山溪殘材壩的阻隔有關係。

Site9：有勝溪

有勝溪的調查點位於收費站旁防砂壩上游河段，該河段通常都是以台灣鏟頰

魚為主，因為樣區下游有座高聳的防砂壩矗立，七家灣溪下游的台灣櫻花鉤吻鮭也沒有機會上溯到該樣區內，因此沒有發現到零星台灣櫻花鉤吻鮭的機會。二月份共記錄了 103 尾中小型的台灣鏟頰魚。四月份則有 4 尾大型台灣鏟頰魚與 66 尾中小型的台灣鏟頰魚；六月份的數量則大幅提升，尤其是以小型的台灣鏟頰魚的數量增加最多，計有 425 尾，而中大型的台灣鏟頰魚也有 98 尾，到八月份，台灣鏟頰魚的數量更增加為 1,090 尾，其中小型的台灣鏟頰魚計有 1,012 尾，應該是受到繁殖季節後新生幼魚補充有關，但十月份則因為上游邊坡施工導致溪水相當渾濁而無法進行調查。

Site10 及 Site11 司界蘭溪上下游

司界蘭溪共有兩個樣點，編號 10 的上游樣點則位於松柏農場以上的未開發河段，後來於前(2006)年十月後更改至雪霸國家管理處的放流點位置，棲地以急瀨為主，上方有一水潭區(即放流點)。2005 年各月份調查在上下游樣點都沒有記錄到任何魚群。自雪霸國家公園管理處在 2006 年十月於司界蘭溪放流一百多尾台灣櫻花鉤吻鮭幼魚以後，才開始記錄到魚群。由去年調查結果看來，樣站鮭魚數量逐漸減少，或許是幼魚已經由原本放流的水潭擴散至其他河段。今年該樣站只有在二月份紀錄一尾大型的台灣鏟頰魚個體，其餘皆沒有任何紀錄，六月份也沒有紀錄到任何的魚類。

編號 11 的下游樣點位於司界蘭溪松柏農場旁防砂壩下游河段，棲地主要是平瀨為主，該河段通常僅能記錄到台灣鏟頰魚個體，有時則沒有發現任何魚群。今年度二月調查只有發現 4 尾中型台灣鏟頰魚，六月份共記錄了 15 尾台灣鏟頰魚。

Site12 與 Site13：七家灣溪一號壩上下游

為了了解七家灣溪一號壩在未來可能拆壩後，其上下游的台灣櫻花鉤吻鮭族群數量的變化，今年度分別於七家灣溪一號壩上游與下游各 100 公尺新增二處共同監測樣站。編號 12 一號壩上游樣站以平瀨為主，樣站較靠近下游有一處深潭的環境，此深潭在六月的調查紀錄中，記錄了 7 尾大型成鮭，並在靠近主流處

附近的一條小支流中，發現了 3 尾台灣鏟頷魚；十月則記錄了 12 尾大型鮭魚與 1 尾小型台灣鏟頷魚，其餘月份只有零星的紀錄。

編號 13 一號壩下游樣站則由數個連續深潭為主，且溪谷兩側幾乎是由岩盤所組成的峭壁地形。在今年三次的調查中，此樣站的成鮭數量都有穩定的紀錄，幼鮭反而較為少見，而台灣鏟頷魚則呈現零星的分布，其中以十月份的紀錄最多，共記錄了 8 尾大型鮭魚、19 尾中型鮭魚與 10 尾小型鮭魚，另外也有 32 尾台灣鏟頷魚的紀錄。

以上是共同樣區範圍的調查狀況，不過由於無論是台灣鏟頷魚或是台灣櫻花鉤吻鮭的平日移動範圍都並非僅限於共同樣區範圍內，因此其將各河段的鮭魚數量列表提供其他相關子計畫研究團隊進行相關係數分析時使用，本研究並未特別針對此部分調查結果進行分析或進一步的討論。

(二) 台灣櫻花鉤吻鮭普查族群數量與分布

今(2009)年於六月的普查結果顯示(表 5-2)，總共記錄到 3,382 尾台灣櫻花鉤吻鮭，其中一齡幼魚有 993 尾，二齡中型成魚有 1,579 尾，三齡以上的大型成魚計有 810 尾。十月份的普查結果顯示，共記錄了 4,545 尾鮭魚，其中小型鮭魚共有 1,482 尾，中型鮭魚有 1,942 尾，大型鮭魚有 1,121 尾；而今年秋季普查的結果(4,545 尾)為歷年鮭魚族群普查結果的次高，僅次於 2008 年夏季普查的 5,321 尾(圖 5-2)。今年夏秋兩季的普查結果顯示，整個七家灣溪流域的台灣櫻花鉤吻鮭族群結構都呈現以中型鮭魚居多的圓桶型結構(圖 5-4)。而去年秋季的普查結果顯示，共計有 3,149 尾台灣櫻花鉤吻鮭，其中一齡幼魚有 1,875 尾，二齡中型成魚有 848 尾，三齡以上的大型成魚計有 426 尾，其族群結構呈現以小型鮭魚居多的金字塔型結構。從二者之間的比較可以看出，今年夏季幼鮭的數量有明顯降低的趨勢，而亞成鮭與成鮭則是成長的現象，顯示從去年至今年的鮭魚族群成長狀況良好，但是幼鮭的增加並未如預期。顯示去年秋季的繁殖季節裡，鮭魚的繁殖狀況並不理想。至於今年影響台灣甚劇的八月莫拉克颱風與十月份的芭瑪颱風，雖然為武陵地區帶來較大的降雨量，也有溪水暴漲與渾濁的情

形，但都因為其路徑並未直接經過武陵地區，所以並未對七家灣溪的台灣櫻花鉤吻鮭族群造成損害(圖 5-3)。

若只有探討七家灣溪主流上的台灣櫻花鉤吻鮭的族群數量(排除高山溪不計)，夏季共有 3,149 尾台灣櫻花鉤吻鮭，秋季則增加為 4,384 尾。而在去(2008)年秋季普查結果顯示，若不包含高山溪河段發現的零星數量，當時共記錄到 2,009 尾台灣櫻花鉤吻鮭，其中一齡幼魚有 625 尾，二齡中型成魚有 798 尾，三齡大型成魚則有 586 尾。同(2008)年夏季普查結果則總計記錄到 2,624 尾台灣櫻花鉤吻鮭，其中一齡幼魚有 1,028 尾，二齡中型成魚有 1,087 尾，三齡大型成魚則有 509 尾。與前(2007)年秋季調查的 2,270 尾總數(一齡幼魚有 986 尾，二齡中型成魚有 911 尾，三齡大型成魚則有 373 尾)相較，數量都在 2,000 尾以上。以上結果顯示武陵地區台灣櫻花鉤吻鮭多集中於七家灣溪上，而高山溪的鮭魚族群較少。今年在湧泉池的調查結果部分，受到湧泉池與七家灣溪之間小支流斷流的影響，導致此地的鮭魚數量相當少，夏季調查只有發現 4 尾鮭魚，秋季調查只有 2 尾中型鮭魚。比較去(2008)年的調查結果，也只有 5 尾鮭魚的紀錄，顯示湧泉池的鮭魚數量受到支流斷流的影響相當大。

再從七家灣溪主流的各個河段來看台灣櫻花鉤吻鮭的族群分佈與年齡結構(表 5-2)，無論是 2008 年秋季的普查結果或是 2009 年夏秋兩季的普查結果，都顯示台灣櫻花鉤吻鮭多集中於七家灣溪主流的中游，也就是從一號壩以上至三號壩之間是目前台灣櫻花鉤吻鮭最主要的棲息河段。以今年的夏季而言，此河段鮭魚數量的比例佔當季七家灣溪主流族群量的 47%，秋季則佔了 51%，比例都在一半左右。其次為上游河段，佔夏季普查數量的 47%，秋季為 41%。鮭魚分佈最少的是一號壩以下至迎賓橋的下游河段，夏季只有 6%，秋季為 8%。在年齡結構上，除了下游河段是以大型鮭魚居多之外，其餘中上游則是以中型鮭魚較多數，夏季的調查顯示，中型鮭魚佔七家灣溪主流鮭魚族群總數的 48%，秋季則為 43%；此結果不同於去年的結果，2008 年的調查顯示各河段是以小型鮭魚的比例較高(60%)。

在高山溪部分，目前除了有二號破壩與三號破壩因倒木的堆積而形成殘材壩之外，2008 年於高山溪與七家灣溪匯流處往高山溪方向約 50 公尺也有一處因倒木堆疊自然形成的殘材壩。若以各個破壩作為分界點，在高山溪匯流處至一號壩之間，共計有 33 尾成鮭與 7 尾幼鮭(表 5-2)，一號壩至二號壩只有 15 尾成鮭，二號壩至三號壩之間的流域也只記錄了 10 尾成鮭與 5 尾幼鮭；但在三號壩與四號壩之間，則紀錄了 46 尾成鮭與 117 尾幼鮭，此河段為今年夏季高山溪普查中鮭魚數量最高的河段。而秋季的普查結果顯示，一號壩以下有 35 尾鮭魚，以大型鮭魚為主；一至二號壩只有 13 尾，也是以大型鮭魚為主；二至三號壩較多，共計有 74 尾，以中型鮭魚的 40 尾較多；三號壩以上則為 39 尾。從今年的高山溪夏秋兩季的調查結果可以得知，高山溪各個河段中鮭魚數量最少的是一至二號壩之間的河段，夏秋兩季分別只有 15 尾與 13 尾，而二號壩至三號壩之間的族群較為穩定。

目前台灣櫻花鉤吻鮭的分布範圍最下游的分布界線，本研究仍傾向於以七家灣溪與有勝溪匯流點所在的迎賓橋為界。這主要是依據以往調查經驗，雖然迎賓橋以下的大甲溪(伊卡丸溪河段)會因洪水暴雨衝移而保有零星鮭魚個體，甚至在更下游的松茂大甲溪河段(或是德基水庫)都有耳聞鮭魚存活的訊息，但一方面因為是未經確認的消息，也因為以下河段的水域太長，不適合以普查方式進行，加上長期水溫資料顯示迎賓橋以下河段的高水溫環境，並不合適台灣櫻花鉤吻鮭進行有效的繁殖，因此這些零星記錄到的鮭魚個體並不能形成穩定的族群。故以下河段的族群並未列入統計。

(三) 七家灣溪其他共域魚類的數量與分布狀況

本季在進行櫻花鉤吻鮭族群調查時，同時進行七家灣溪共域魚類的數量與分布狀況調查，這些魚類包含台灣鏟頰魚(*Varicorhinus barbatulus*)與台灣台鰍(*Formosania lacustre*)(過去稱之為台灣纓口鰍 *Crossostoma lacustre*)。其中台灣鏟頰魚數量眾多，族群優勢加上河域寬廣，又喜愛聚集成群，即使是以浮潛進行觀察，台灣鏟頰魚的族群數量仍然不易正確估計，因此表中的數量較櫻花鉤吻

鮭族群調查結果誤差會來得更高。

共域魚類的數量調查結果顯示(表 5-3)，今年夏季普查共紀錄台灣鏟頰魚 1,002 尾，其中在高山溪匯流處以下至迎賓橋的河段較多，計有 829 尾，遠超過族群數量的一半以上，並未發現其他共域魚類；秋季調查的結果共記錄 2,008 尾，其族群分布與夏季相同，也是以高山溪匯流處以下的河段較多，計有 1,533 尾，在其他共域魚類部份，則記錄了二隻台灣台鰍，發現地點在迎賓橋上游約 200 公尺處的河段。今年的調查結果與前幾年的調查結果相同，台灣鏟頰魚數量仍然集中在七家灣溪一號壩以下河段，特別是高山溪匯流點以下至迎賓橋河段的魚群數量最為豐富。

台灣鏟頰魚在七家灣溪的分布上限約在一號壩至觀魚台附近之河段，雖然在七家灣溪一至三號壩間河段已經沒有高落差的防砂壩阻隔，但歷年來的調查顯示在觀魚台以上河段難以發現台灣鏟頰魚的蹤影，即使有也都是零星的小群分布，並未如下游般成群聚集。今年在一號壩以上至觀魚台的紀錄，夏季普查只有 6 尾台灣鏟頰魚的紀錄，秋季更只有 3 尾的紀錄，而觀魚台以上則沒有任何紀錄。這也許是上游水溫較低或是附著藻類較少，不適合台灣鏟頰魚生活所致。因此以七家灣溪來說，觀魚台附近可以視為台灣鏟頰魚的分布上限。在沒有任何防砂壩阻隔的高山溪河段，也有觀察到這樣的現象，台灣鏟頰魚族群大約以高山溪一號壩為界，以上河段僅偶見零星個體蹤影。

台灣鏟頰魚族群普查迄今總共進行十二次的完整數量調查，比較歷年調查結果(圖 5-6)，無論是總加或是各河段的數量，都是呈現遞減的趨勢，只有去年與今年，族群才有略為上昇的現象。由於櫻花鉤吻鮭的數量和天災相關，隨著洪水侵襲而呈現鋸齒狀的變動，而共域台灣鏟頰魚卻一直呈現減少的趨勢，兩者的趨勢不盡相同，這其中除了不可避免的調查誤差外，可能還有其他因素也同時影響到台灣鏟頰魚幼魚族群數量、分布及族群更新的狀況。

四、討論

(一) 台灣櫻花鉤吻鮭歷年族群結構變化

將歷年族群調查數量及族群結構整理比較如圖 5-2 與 5-3(族群數量變化圖)與圖 5-4(族群結構變化圖)，比較 2002 年以來的族群調查結果，除了 2005 年兩次普查結果因為受到當年度接連數個強烈颱風天候影響，造成數量銳減至 523 尾之外。其他各次調查結果總數都有 1,000 尾以上，尤其在 2005 年之後，台灣櫻花鉤吻鮭族群又逐年有數量回升的趨勢，且多能維持在 2,000 尾以上，而今年的秋季普查數量為 4,545 尾，更是歷年普查的次高，僅次於 2008 年夏季普查的 5,321 尾，此結果亦顯示今年的風災並未對武陵地區的台灣櫻花鉤吻鮭造成太大的損失。

對照去年秋季的調查小型幼魚的數量(1,875 尾)，顯示今年整體水系裡的幼魚更新狀況都還平平，但是以今年夏秋兩季的調查結果裡具有繁殖能力的大魚超過一千尾的情形而言，幼魚的新增數量並不算太多。而且中型鮭魚數量佔有整個族群最多的數量(分別為 1,469 與 1,942 尾)，此結果也說明幼魚的更新狀況並不是最好，但是以整體族群數量而言，應該還是能夠維持整個鮭魚族群的穩定性。今年族群結構也從去年的近金字塔狀結構(小型幼鮭最多，中型鮭魚次之，三齡大型成魚數量最少)轉變為桶狀結構(中型鮭魚數量最多，小型幼魚數量與三齡大型成魚數量接近)。

比較歷年的族群結構變化(圖 5-4)，大多數時間都偏離穩定的金字塔型結構，只有 1995 年、1997 年、2002 年、2004 年、2006 年和 2008 年因為幼魚數量的大幅增加，才得以建構出金字塔型結構。Hjort(1904)在進行大西洋鮭研究時曾經觀察到整個族群中有某一「齡級」(year-class)的數量，相較其他齡級，會持續保有數量上的優勢多年。這種情形與一般想像魚類族群的組成並不完全相同，其真正的原因雖然還並不清楚，不過許多學者都認為優勢齡級的生成在生活史初期時，如孵化與仔稚魚等的那一段時期就已決定(Chamber et al., 1997)。

觀察台灣櫻花鉤吻鮭歷年的族群結構變動，似乎也可以觀察到這樣的現象。但由於台灣櫻花鉤吻鮭的壽命只有三至四年，而且分齡族群統計次數也少，加上氣候變遷影響頻仍，以及防砂壩效應的干擾，似乎並不容易直接判定。由於台灣櫻花鉤吻鮭和台灣其他溪流性魚類不同，一年僅繁殖一次，因此其繁殖季節的成功與否，直接關係到隔年的幼魚族群數量與分布狀況，因此其族群數量與結構特別容易遭逢到天災變動的影響。雖然台灣櫻花鉤吻鮭進行繁殖的秋冬季節，已經是一年之中豪雨風災較少的時節，不過由近年來風災侵襲的狀況來說，以及全球氣候變遷的可能影響，台灣櫻花鉤吻鮭族群的未來仍有可能面對相當大的挑戰。

關於台灣櫻花鉤吻鮭生育地(產卵場)部分，由於本研究今年的調查時間為 10 月中旬(10/14~10/17)，而鮭魚主要的繁殖季節在於 10 月底至 11 月，所以並沒有發現較明顯的繁殖行為與產卵場。根據過往的研究結果(曾，1997、1998、1999；莊，1988)，台灣櫻花鉤吻鮭產卵場的水深約在 0.1~0.6 公尺(平均 0.25 公尺)之間，產卵場附近的底質石多為礫石、卵石與圓石，產卵場附近的表面水流速低於 0.6 m/s(平均 0.09 m/s)，而底層水流速則低於 0.45 m/s(平均 0.06 m/s)；產卵場的水溫約在 11.5~14.5 度左右(莊，1988)。而台灣櫻花鉤吻鮭主要的繁殖河段在七家灣溪主流的觀魚台~二號壩與二號壩~三號壩之間(曾，1997、1998、1999)，此結果與今年主要的鮭魚分佈河段類似，今年的夏秋兩季的普查結果都顯示七家灣溪的中游河段是鮭魚數量最多的河段。此外，過往的研究亦指出，湧泉池、七家灣溪五號壩~六號壩與高山溪匯流處~高山溪一號壩也是產卵場較多的河段，因為這些河段有較多適合鮭魚產卵的棲地，即緩瀨淺瀨的水流、或深潭末端水位較淺水流較緩的棲地。但根據今年的調查結果，在上述河段中，目前連接湧泉池與七家灣溪之間的支流幾乎呈現斷流的情形，而高山溪匯流處~高山溪一號壩之間也有一處天然的倒木殘材壩阻隔，降低了台灣櫻花鉤吻鮭適合繁殖的河段棲地。因此，如何改善這些台灣櫻花鉤吻鮭原本適合的繁殖河段也值得後續研究工作留意。

(二) 高山溪歷年族群變動與殘材壩及阻隔對族群的可能影響

高山溪因為坡度大，流湍水急，加上近幾年來風災頻仍，造成河岸兩側崩塌地明顯，因此河中倒木本來就多。加上因為河岸狹窄，河岸屬於 V 字形峽谷地形，因此容易因為倒木的聚集而形成殘材壩。這些殘材壩的高度、結構都不太一樣，端視形成當時與後續水文發展的條件，存留時間與影響也都不太一樣。依據其形成原因，殘材壩可以分成兩個大類，第一類是所謂天然形成的殘材壩，如高山溪三至四號壩之間的殘材壩，又或者是 2008 年秋季在高山溪與七家灣溪匯流點以上 50 公尺形成的小殘材壩；第二類則是在既有破壩地點所形成的殘材壩，以高山溪二號破壩為代表性。

圖 5-5 是高山溪各河段族群比例變化圖，為了比較上的單純，將高山溪分成三個河段討論，分別是下游的一號(破)壩以下河段，中游的一號(破)壩至三號(破)壩河段與上游的三號(破)壩以上河段，進行其族群所佔比例的變化比較。

由圖 5-5 中可以看出高山溪上游的三號(破)壩以上河段，自拆壩完成後，由於棲地型態多樣，河床底質穩定，水溫環境優良(林等，2001)。加上人工放流的關係，因此一開始即可記錄到相當多的幼魚，之後許多成魚也上溯集中於此河段。由於幼魚更新狀況亦相當穩定，加上當時三號壩以下河段仍然因為兩岸砂石堆積，水流湍急，同時經常有工程的干擾，棲地型態與底質都尚未完全穩定(葉等，2001)，因此該河段各齡鮭魚的比例一直佔有整個高山溪族群的 50% 以上(圖 5-5)。直到 2003 年秋季開始，上游族群開始往下游擴展，因此各齡族群比例有降低的趨勢。有時，洪水亦會將該河段的鮭魚沖移至下游，例如：2004 年的豪雨，造成高山溪各河段的族群分布狀況完全改觀，原先穩定的上游河段族群受到嚴重的衝擊，中大型成魚的族群比例降低至 23% 以下，幼魚也僅保有 30% 不到的族群。但由於整個高山溪流域是完全沒有阻礙的自由河段，因此雖然此次風災對該流域的族群造成嚴重的損失，但是當棲地環境又逐漸穩定之際，還是可以吸引到下游以及七家灣溪主流河段的鮭魚上溯至此。

不過族群回復的狀況在 2005 年開始又面臨新的考驗，由於高山溪河道嚴重

沖刷使的拆壩後殘留的壩基形成高落差。加上新堆疊而成的倒木堆，又變成新的人工構造阻礙，連帶也影響到該河段的族群補充，其中又以二號破壩為最明顯。二號破壩以上的倒木殘材壩目前結構趨於穩定，此殘材壩自 2005 年形成至今，經歷幾次的重大風災與洪水之後仍舊存在。根據今(2009)年秋季的調查顯示，其落差高度約有 4 公尺的高度，已經嚴重阻隔台灣櫻花鉤吻鮭在高山溪中的自由移動。在去(2008)年於匯流點上游約 50 公尺的峽谷中，新形成的天然倒木殘材壩，其結構也趨於穩定。根據今年調查人員的目測判斷其落差高度約有 2 公尺，也嚴重影響了台灣櫻花鉤吻鮭與台灣鏟頰魚的上溯。

根據今年歷次共同採樣的紀錄顯示(表 5-1)，在一號破壩上方的樣站只有紀錄到一尾鮭魚。而今年的普查結果也顯示(表 5-2)，高山溪河段目前鮭魚數量最少的河段也在一號破壩與二號破壩之間。夏季普查結果只有 15 尾鮭魚，秋季普查結果更只剩 13 尾鮭魚。在匯流處直上方的天然殘材壩尚未形成之前，高山溪一號壩至二號壩尚有不少鮭魚存在(表 5-4)，如 2006 年的夏季普查尚有 94 尾，秋季則有 69 尾；2007 年夏季雖然降至 26 尾，但 2008 年夏季又升為 110 尾。但是 2008 年匯流處直上方天然殘材壩形成之後，於 2009 年的夏秋兩季調查時本河段則分別只記錄到 15 與 13 尾而已。造成高山溪一號壩至二號壩之間鮭魚數量減少的原因，推測其可能原因有：(1) 二號破壩的殘材壩與匯流處的天然殘材壩所形成的落差，造成了此河段的鮭魚族群被切割成分散小族群；(2) 且七家灣溪的鮭魚因為匯流處的天然殘材壩阻隔，無法進入高山溪進行族群更新，只能依賴上游二號壩與三號壩以上的新生鮭魚加以補充。

由上所述之調查結果來看，這些人為或是天然阻礙已經可能影響到台灣櫻花鉤吻鮭族群自由的移動。雖然二號壩或三號壩以上的幼魚族群更新仍可以補充部分風災洪水所造成的族群數量損失，但是根據今年的調查結果顯示，一號壩至二號壩之間上下游的殘材壩阻隔，已經讓此河段的鮭魚數量大幅減少。因此以經營管理層面來說，能夠維持較大的活動區域對於族群數量的穩定有絕對的重要性。殘材壩的威脅其實跟人工的水泥防砂壩對於鮭魚族群的影響沒有什麼差別，都會

阻礙鮭魚的自由移動。就長遠的經營角度來看，高山溪的河谷地形比七家灣溪來的狹窄，且因為上游的邊坡崩落情形較嚴重，因此容易有大型倒木堆積在溪谷中，如果不加以處理之時，除了會影響鮭魚的活動之外，也會因為流心變得不穩定之後，可能危及周邊坡面的穩定。如果不在新的天然殘材壩形成之初，就針對這些倒木殘壩進行移除的工作，等到其結構趨於穩定且形成落差時才想要加以處理，將可能增加移除這些殘材壩所需付出的代價。

五、結論與建議

(一) 結論

總結今(2009)年台灣櫻花鉤吻鮭族群調查結果整理分述如下：

1. 今年度定期針對共同樣站的監測結果與歷年資料差異不大，在台灣櫻花鉤吻鮭族群數量普查方面，今年夏季鮭魚族群數量共計有 3,382 尾，其中一齡幼魚有 993 尾，二齡中型鮭魚有 1,579 尾，三齡大型成魚則有 810 尾。秋季調查則為 4,545 尾，族群量為歷年調查結果的次高。其中一齡幼魚有 1,482 尾，二齡中型鮭魚有 1,942 尾，三齡大型成魚則有 1,121 尾。秋季調查的數量大於夏季的瀟量之原因，有可能與夏季時仍有部分幼魚躲藏在洞穴中，以及水溫較高魚類活動力較強而不易計數有關。
2. 在族群結構上，無論是夏季或秋季的調查，都以中型鮭魚最多，幼魚次之，大型鮭魚較少，形成圓桶形的族群結構，顯示去年的繁殖狀況並未如預期般良好。在空間分佈上，台灣櫻花鉤吻鮭的族群仍以七家灣溪一號壩至三號壩之間的中游河段為主要棲息河段，顯示此一河段應為保護的重點區域。
3. 與去(2008)年秋季普查的調查結果(3,149 尾)比較，今年秋季增加了 1,396 尾，顯示族群量有增加的趨勢。雖然今年風災(八月的莫拉克颱風與十月的芭瑪颱風)也為武陵地區帶來較大的水量，但是對鮭魚數量的衝擊不明顯，應與颱風路徑或暴風圈沒有直接影響武陵地區所致。
4. 高山溪殘材壩對鮭魚族群的影響，從族群數量和分布之分析結果裡顯示，殘材壩已經明顯阻礙且限制了鮭魚的自由移動，其中阻絕效應又以一號壩至二號壩之間的河段最為明顯。

(二) 建議

1. 建議一：高山溪殘材壩的移除工作

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：雪霸國家公園管理處武陵管理站

從今年調查殘材壩對高山溪櫻花鉤吻鮭的影響及評估裡發現，匯流處殘材壩的落差高度已足以限制鮭魚的自由移動，建議採以輕度人為處理方式，利用鍊鋸或鋸子等較輕型的工具製造缺口或完全加以破壞，之後再讓水流或以人工將其移除，不要等到殘材壩的結構趨於完整之後再去處理，以免付出的成本與對溪流環境的衝擊相對增加。此外，不建議利用重型機具搬除，以免對溪谷環境或鮭魚的棲地造成二次破壞與干擾。

誌謝

今年度研究工作期間受到雪霸國家公園管理處保育課、警察隊和武陵管理站及遊客中心全體同仁的幫忙與照顧，在此特別感謝他們。除此之外，全體清華大學生命科學系淡水魚類生態及分子系統學實驗室等同仁，以及曾建偉、劉明浩、陳存洋、謝雅雯、彭玉程、吳郁琳、陳燦然、潘怡婷、蕭程友、呂明諭、許佑銘、葉其綦、沈祥仁、楊采華、洪詩涵、李樹春、郭白嘉、林怡萱、倪之中、李秉璋、汪承麟、陳鴻儒、張瑞宗、蘇哲賢、陳建廷等人在野外工作上的協助，才能順利平安完成本年度多次的野外調查工作，特別在文末致謝之。

六、參考文獻

- 吳祥堅，2000。台灣台灣櫻花鉤吻鮭(*Oncorhynchus masou formosanus*)人工繁殖與放流。台灣櫻花鉤吻鮭保育研究研討會論文集：31-46 頁。
- 林曜松、曹先紹、張崑雄、楊平世，1988。台灣櫻花鉤吻鮭生態之研究(二)族群分布與環境因子間關係之研究。農委會 77 年生態研究第 012 號。39 頁。台北。
- 林曜松、張崑雄，1990。台灣七家灣溪台灣櫻花鉤吻鮭族群生態與保育。農委會 79 年生態研究第 001 號。40 頁。台北。
- 林曜松、張崑雄、詹榮桂，1991。台灣大甲溪上游產陸封性鮭魚的現況。農委會林業特刊第 39 號：166-172。
- 林幸助、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、葉文彬、葉昭憲、蔡尚惠，2007。96 年度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。苗栗。
- 邱建介，1991。探尋國寶魚-台灣櫻花鉤吻鮭魚的故鄉。台灣林業 17(8):25-29。
- 陳弘成、林培旺、楊喜男，1996。溪流之水質調查與生物監測之研究— 武陵附近地區。內政部營建署雪霸國家公園管理處。苗栗。
- 陳弘成、楊喜男，1997。武陵地區—溪流之水源水質監測系統之規劃與調查。內政部營建署雪霸國家公園管理處八十六年度研究報告。苗栗。
- 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。內政部營建署雪霸國家公園管理處八十七年度研究報告。苗栗。
- 陳弘成，1999。武陵地區溪流水源水質監測系統之規劃與調查。內政部營建署雪霸國家公園管理處，78 頁。苗栗。
- 陳弘成，2000。武陵地區溪流水源水質監測系統之規劃與調查(六)。內政部營建署雪霸國家公園管理處。106 頁。苗栗。
- 戴永禎，1992。台灣台灣櫻花鉤吻鮭之族群生態學研究。國立台灣大學動物學

- 研究所博士論文。121 頁。台北。
- 曾晴賢，1994。台灣櫻花鉤吻鮭族群調查及觀魚台附近河床之改善研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處。24 頁。苗栗。
- 曾晴賢，1995。台灣櫻花鉤吻鮭復育研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處。21 頁。苗栗。
- 曾晴賢，1996。台灣櫻花鉤吻鮭族群數量和生態調查。內政部營建署雪霸國家公園管理處。苗栗。
- 曾晴賢，1997。台灣櫻花鉤吻鮭族群生態調查和育種場位址評估。內政部營建署雪霸國家公園管理處。71 頁。苗栗。
- 曾晴賢，1998。台灣櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查(一)。內政部營建署雪霸國家公園管理處。79 頁。苗栗。
- 曾晴賢，1999。台灣櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查(二)。內政部營建署雪霸國家公園管理處。43 頁。苗栗。
- 曾晴賢，2000。台灣櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查(三)。內政部營建署雪霸國家公園管理處。54 頁。苗栗。
- 曾晴賢、游智閔、楊正雄，2000。七家灣溪台灣櫻花鉤吻鮭族群數量變動的研究。國家公園學報 10(2)：190-210。
- 曾晴賢，2001。台灣櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查(四)。內政部營建署雪霸國家公園管理處。34 頁。苗栗。
- 曾晴賢，2002。台灣櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查(五)。內政部營建署雪霸國家公園管理處。36 頁。苗栗。
- 曾晴賢，2003。台灣櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查(六)。內政部營建署雪霸國家公園管理處。48 頁。苗栗。
- 沈世傑，2004。台灣櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查(七)。內政部營建署雪霸國家公園管理處。45 頁。苗栗。
- 曾晴賢，2005。台灣櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查(八)。內政部營建署雪霸國家公園管理處。45 頁。苗栗。

- 家公園管理處。41 頁。苗栗。
- 曾晴賢，2006。台灣櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查(九)。內政部營建署雪霸國家公園管理處。37 頁。苗栗。
- 曾晴賢，2007。台灣櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查(十)。內政部營建署雪霸國家公園管理處。44 頁。苗栗。
- 曾晴賢，2008。台灣櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查(十一)。內政部營建署雪霸國家公園管理處。55 頁。苗栗。
- 莊玲川，1988。櫻花鉤吻鮭(*Oncorhynchus masou formosanus*)資源生物學的基礎研究。國立台灣大學漁業科學研究所碩士論文。92 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。
- 楊正雄，1997。水溫對台灣櫻花鉤吻鮭族群的影響。國立清華大學生命科學系碩士班碩士論文。76 頁。新竹。
- 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。
- Hjort, J., 1914. Fluctuations in the great fisheries of Northern Europe. Rapp. P.-v. Reun. Cons. Int. Explor. Mer 20, 1-28.
- Kano, T., 1940. Zoogeographical studies of the Tsugitaka Mountains of Formosa. Inst. Ethnogr. Res. Tokyo. 145pp.
- Tsao, E.H., 1995. An ecological study of the habitat requirements of the Formosan landlocked salmon(*Oncorhynchus masou formosanus*). Ph. D. Dissertation, Colorado State Univ. 213pp.
- Tsao, E.H., Y.S. Lin. E.P. Bergersen, R. Behnke and C. R. Chiou, 1996. A stream classification system for identifying reintroduction sites of Formosan landlocked salmon(*Oncorhynchus masou formosanus* Jordan and Oshima). Acta Zoologica Taiwanica 7(1):39-59.

Wang, C.J., 1989. Environmental quality and fish community ecology in an agricultural mountain stream system of Taiwan. Ph. D. Dissertation, Iowa State Univ. 138pp.

Watanabe, M., and Y.L. Lin, 1985. Revision of the salmonid fish in Taiwan. Bull. Biogeog. Soc. Japan 40(10): 75- 84.

表 5-1、2009 年七家灣溪固定樣點魚類組成相調查結果

調查時間	2009.2						2009.4						2009.6						2009.8						2009.10					
種類	櫻花鉤吻			台灣鏟頰			櫻花鉤吻			台灣鏟頰			櫻花鉤吻			台灣鏟頰			櫻花鉤吻			台灣鏟頰								
	鮭	魚		鮭	魚		鮭	魚		鮭	魚		鮭	魚		鮭	魚		鮭	魚		鮭	魚							
地點/尺寸	大	中	小	大	中	小	大	中	小	大	中	小	大	中	小	大	中	小	大	中	小	大	中	小	大	中	小			
#2 桃山西溪	2	17	0	0	0	0	2	11	1	0	0	0	31	13	8	0	0	0	15	17	8	0	0	0	2	29	17	0	0	0
#4 觀魚台	3	27	0	0	0	0	3	2	3	0	0	0	3	4	6	0	0	0	4	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0
#5 繁殖場	1	11	0	2	5	0	0	1	2	0	0	0	4	8	0	0	1	4	0	0	0	5	1	0	2	2	2	2	9	9
#8 高山溪	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	未調查						0	0	0	0	0	0
#9 有勝溪	0	0	0	0	34	69	0	0	0	4	48	18	0	0	0	8	90	425	0	0	0	12	66	1012	未調查					
#10 司界蘭溪上游	0	0	0	1	0	0	未調查						0	0	0	0	0	0	未調查						未調查					
#11 司界蘭溪下游	0	0	0	0	4	0	未調查						0	0	0	2	4	9	未調查						未調查					
#12 一號壩上游	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	3	1	0	1	0	0	0	12	0	0	0	0	1
#13 一號壩下游	2	3	0	0	9	0	9	10	0	1	0	0	3	2	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	8	19	10	17	11	4
備註	桃山西溪固定樣點下游潭區鮭魚大 2 中 16，但未列入固定樣站之數量調查。						1.本季調查水量較上次大且急。2.本季前往南湖溪放流處，但因水較為混濁而無法潛水調查。						調查結果整理自夏季普查結果(6/3~6/7)						1.本次調查為莫拉克颱風後調查。 2.高山溪水混濁，水中能見度差，無法進行調查。						1.本次調查有勝溪因有邊坡施工，導致溪水相當渾濁而無法進行調查。 2.調查結果整理自夏季普查結果(10/14~10/17)。					

時間自 2009.2 至 2009.10。(資料來源：本研究資料)

表 5-2、2008 年秋季與 2009 年夏秋兩季七家灣流域各河段普查之台灣櫻花鉤吻鮭數量

調查時間		2008 年秋			2009 年夏			2009 年秋		
地點/族群類別	分類小計									
	大型鮭	中型鮭	小型幼鮭	大型鮭	中型鮭	小型幼鮭	大型鮭	中型鮭	小型幼鮭	
分類小計		426	848	1875	810	1579	993	1121	1942	1482
總計		3149			3382			4545		
下游	迎賓橋~高匯	水濁及洪水無法調查			53	43	6	44	7	7
	高匯~一號壩				36	43	21	110	114	41
中游	一~二號壩	134	251	491	240	325	153	160	281	124
	二~三號壩	136	256	632	174	479	98	491	871	326
	湧泉池	0	3	2	0	4	0	0	2	0
上游	三~四號壩	10	121	116	37	172	88	8	41	199
	桃山北溪	73	148	337	133	173	284	100	191	264
	四~五號壩	6	19	63	79	103	93	51	99	236
	五~六號壩	67	50	234	16	175	121	95	270	252
高山溪	一號壩以下				12	21	7	19	9	7
	一~二號壩	水濁無法調查			13	2	0	10	1	2
	二~三號壩				1	9	5	20	40	14
	三~四號壩				16	30	117	13	16	10

(資料來源：本研究資料)

表 5-3、2009 年七家灣溪其他與台灣櫻花鉤吻鮭共域之魚類數量統計表

調查時間	2009 夏季			2009 秋季				
	台灣鏟頰魚			台灣台鯢	台灣鏟頰魚			台灣台鯢
種類	大	中	小		大	中	小	
地點/體型	大	中	小		大	中	小	
迎賓橋~高山溪匯口	55	183	591	0	164	509	860	2
高山溪匯口~一號壩	34	51	63	0	53	122	266	0
一號壩~觀魚台	1	0	5	0	1	2	0	0
觀魚台~二號壩	0	0	0	0	0	0	0	0
二號壩~三號壩	0	0	0	0	0	0	0	0
三號壩~四號壩	0	0	0	0	0	0	0	0
四號壩~五號壩	0	0	0	0	0	0	0	0
五號壩~六號壩	0	0	0	0	0	0	0	0
高山溪一號破壩以下	2	5	12	0	2	9	20	0
高山溪一~二號破壩	0	0	0	0	0	0	0	0
高山溪二~三號破壩	0	0	0	0	0	0	0	0
高山溪三~四號破壩	0	0	0	0	0	0	0	0
總計	92	239	671	0	220	642	1146	2

(資料來源：本研究資料)

表 5-4、2006 至 2009 年高山溪各個河段鮭魚數量統計表

調查時間	2006 年夏			2006 秋			2007 年夏			2008 年夏			2009 年夏			2009 年秋		
	大	中	小	大	中	小	大	中	小	大	中	小	大	中	小	大	中	小
一號壩以下	11	60	16	7	19	53	6	9	14	15	17	20	12	21	7	19	9	7
一~二號壩	2	44	48	7	55	7	4	11	11	26	27	57	13	2	0	10	1	2
二~三號壩	4	28	101	12	49	42	4	10	21	10	13	76	1	9	5	20	40	14
三~四號壩	1	21	46	12	45	33	7	7	11	28	77	142	16	30	117	13	16	10
小計	18	153	211	38	168	135	21	37	57	79	134	295	42	62	129	62	66	33

(資料來源：本研究資料)

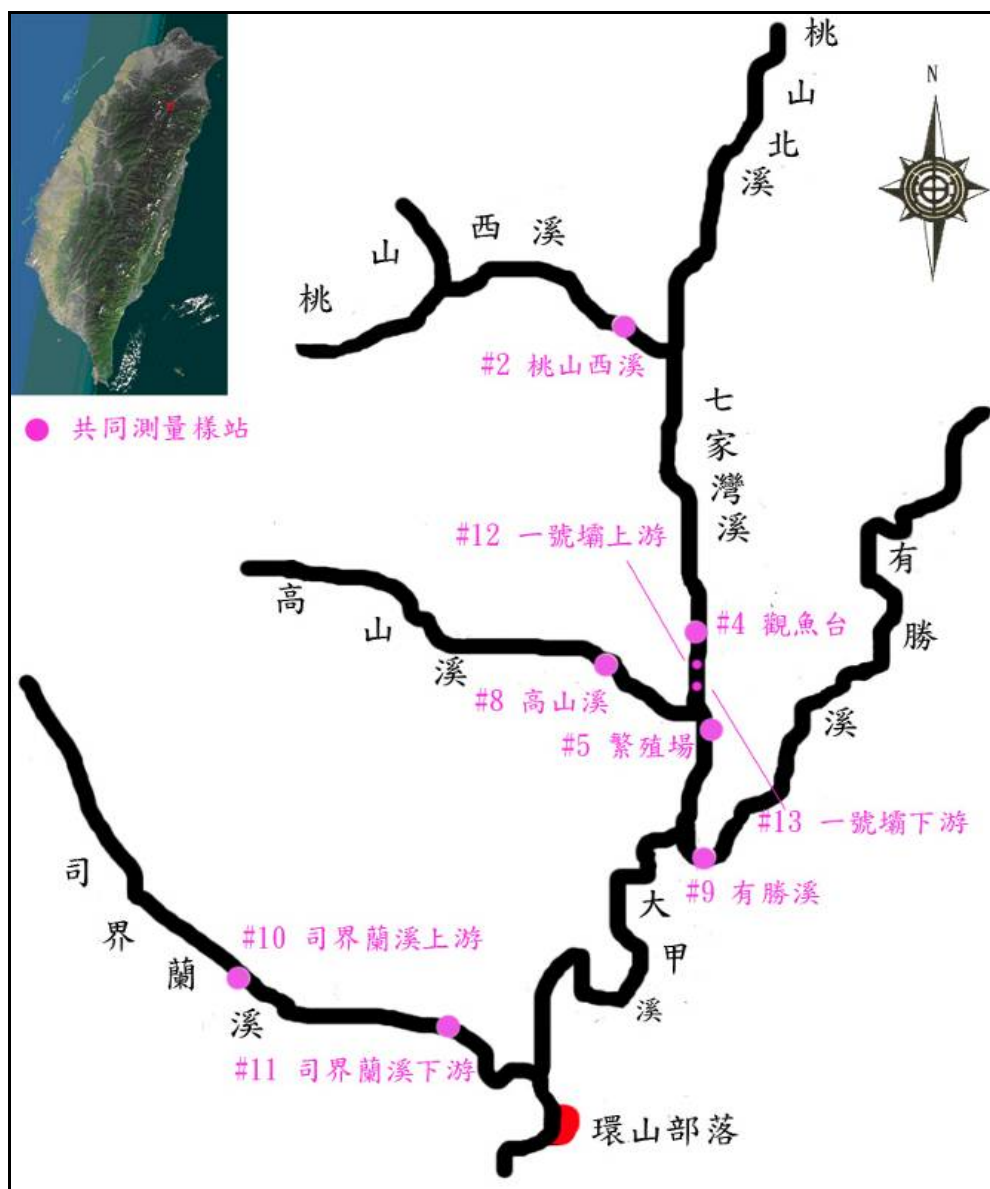


圖 5-1：武陵地區長期生態監測暨生態模式建立之調查樣站位置圖

今年武陵地區長期生態監測暨生態模式建立之的共同採樣站如圖所示，今年新增一號壩上下游各 100 公尺之共同監測樣站(#12 與 #13)。原本 #4 一號壩更名為觀魚台。(資料來源：本研究資料)

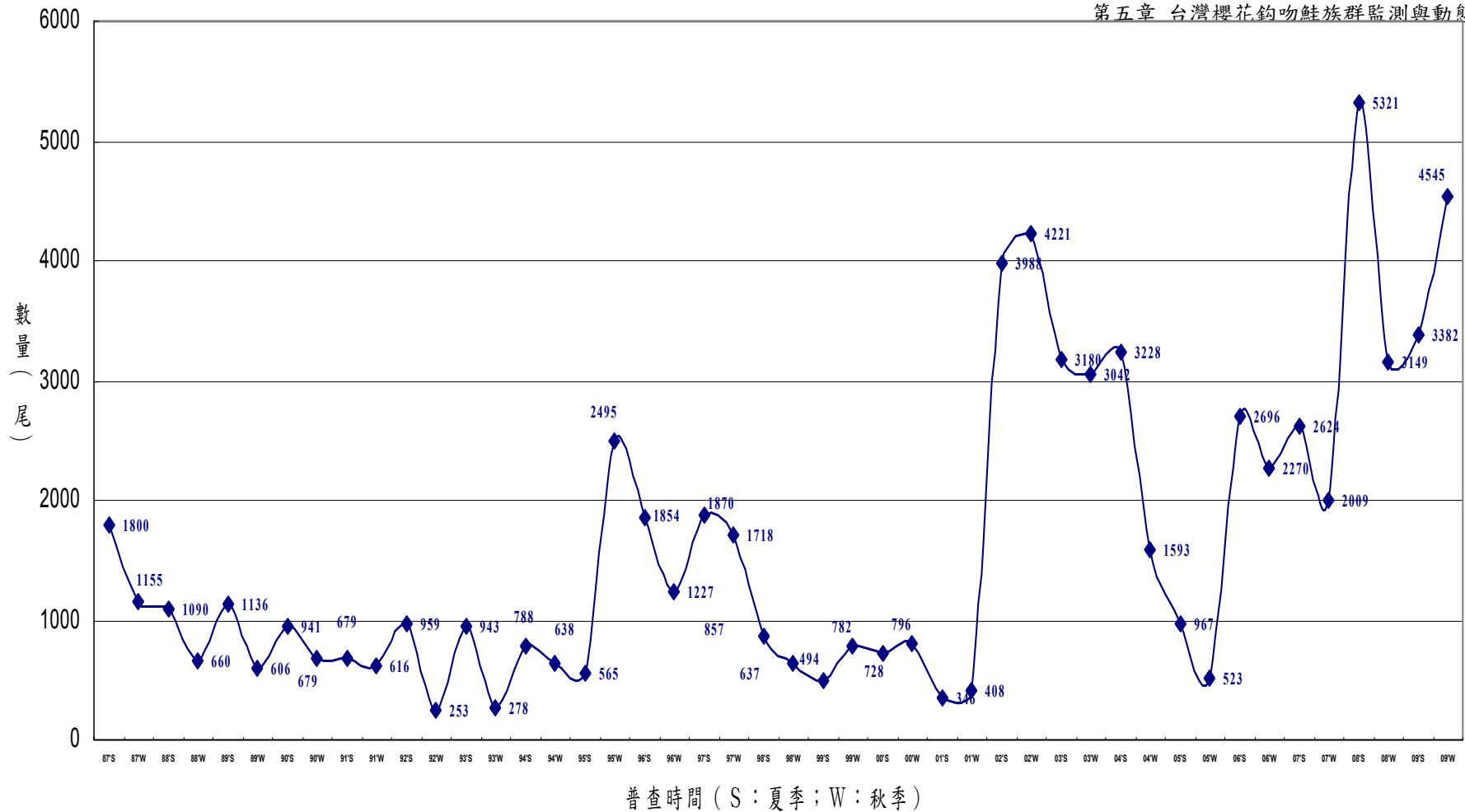


圖 5-2、1987 年至 2008 年台灣櫻花鉤吻鮭族群數量年度變化圖

1993 年以前的資料取自 Tsao(1995)，其統計河段為七家灣溪一號壩至三號壩間河段，唯當時的七家灣溪上游與高山溪河段，並沒有台灣櫻花鉤吻鮭族群的存在。1994 年以後的數目為本研究針對整個七家灣溪集水區完整調查所得之實際族群數目。

(資料來源：本研究資料)

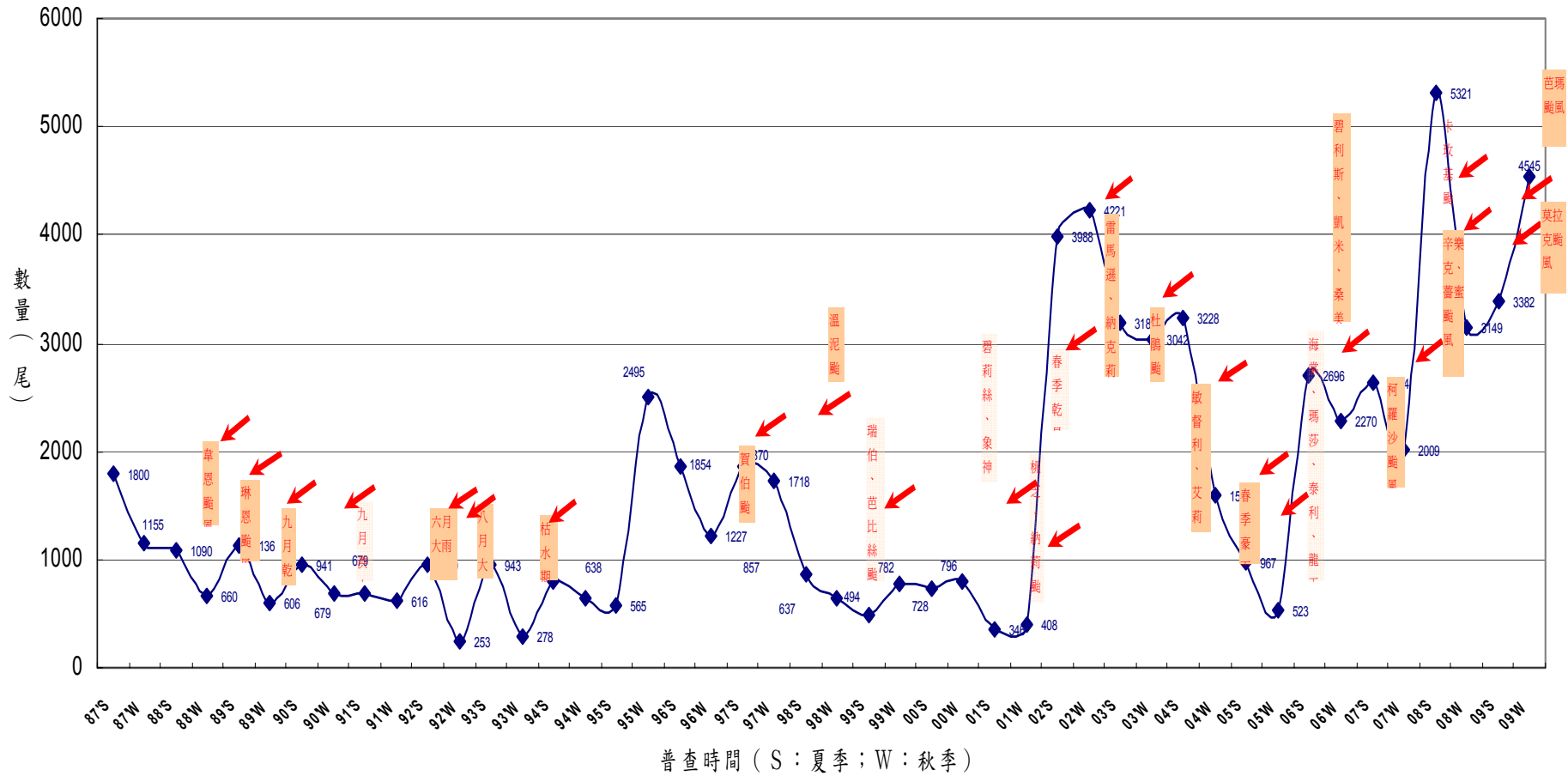


圖 5-3、1987 年至 2009 年台灣櫻花鉤吻鮭族群數量年度變化圖(含歷年重大風災)(資料來源：本研究資料)

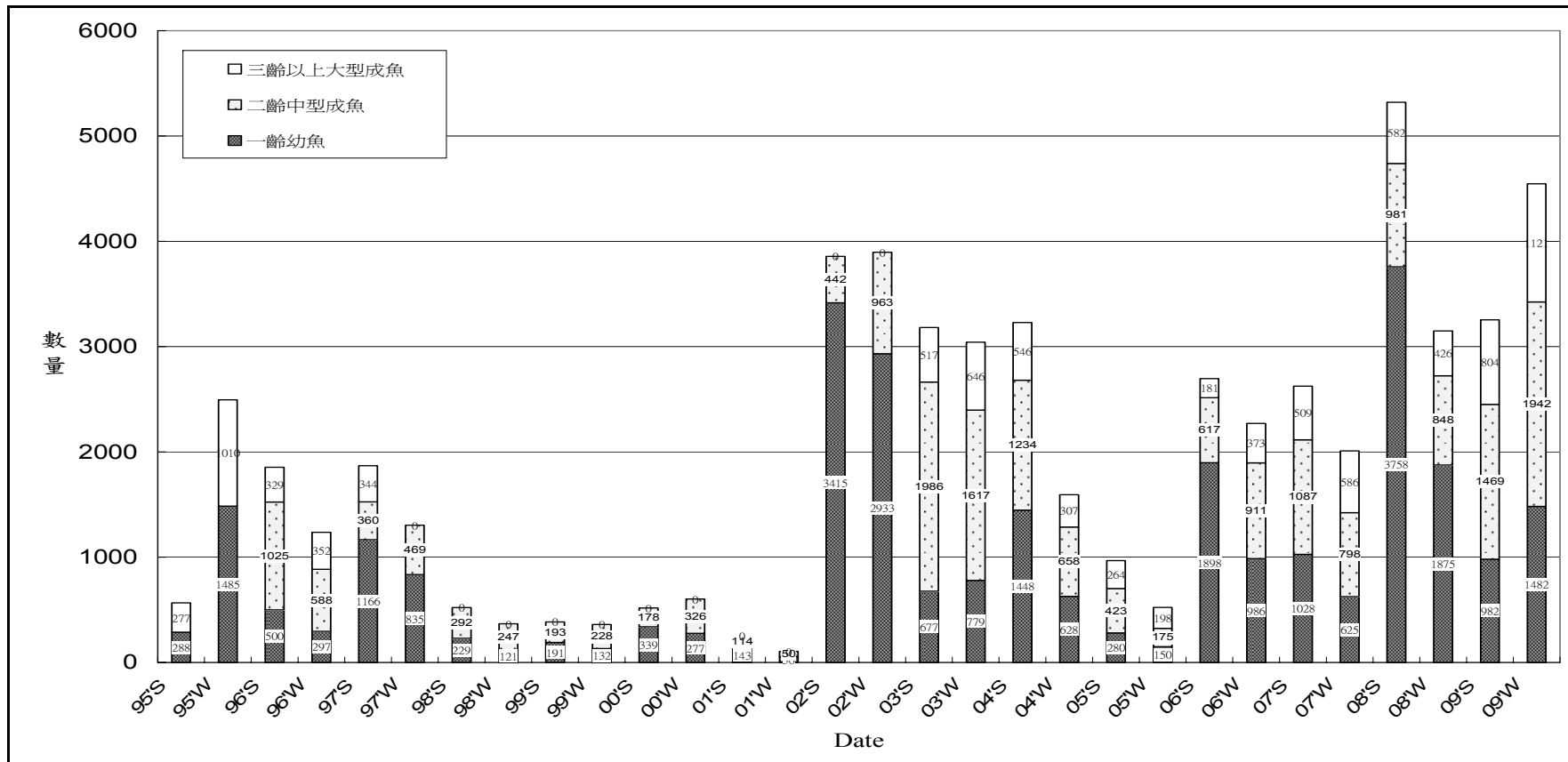


圖 5-4、1995 年至 2009 年七家灣溪台灣櫻花鉤吻鮭各齡族群結構變化圖

可以看出整個族群結構在 2005 年時由於各齡鮭魚的數量都受到風災大幅折損，形成倒金字塔型的族群結構。但 2006 年和 2008 年夏季調查時又因幼魚大幅增加而變成為金字塔型結構。今年調查結果則為中型成魚居多的桶狀族群結構。(資料來源：本研究資料)

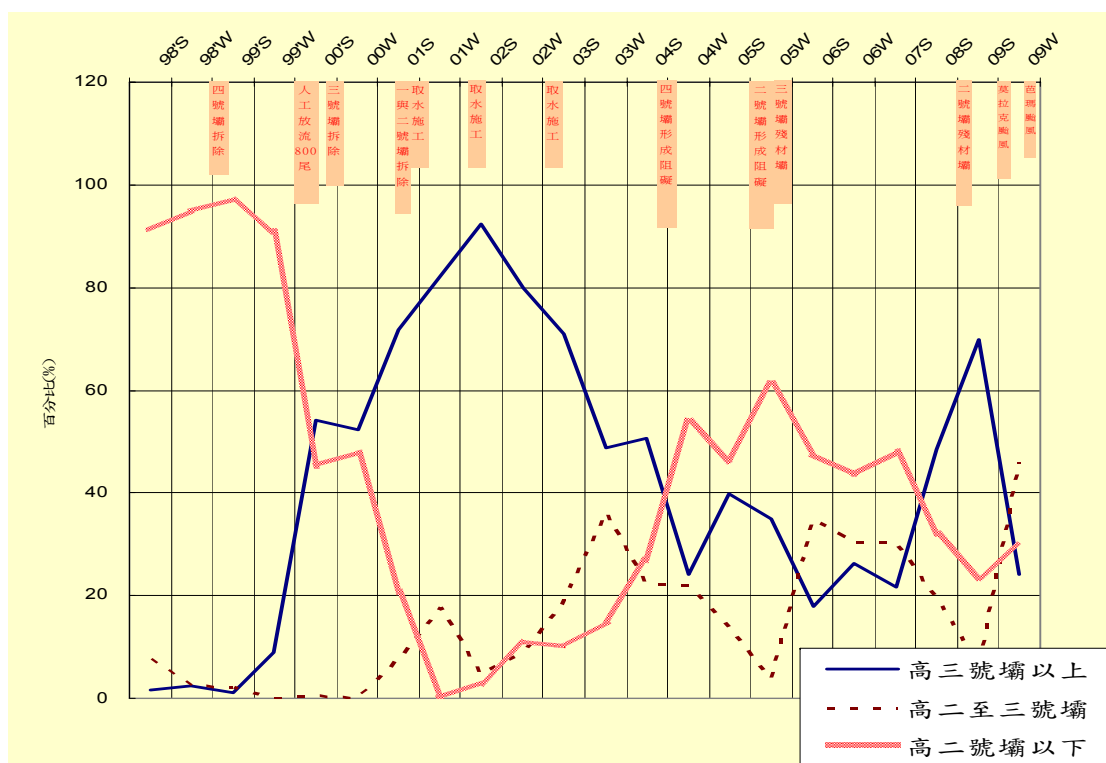


圖 5-5、高山溪各主要河段所佔族群比例變化圖

統計時間自 1998 年迄今，數值為各河段鮭魚族群佔高山溪全段族群的比例變化。其中將高山溪分成三個河段：二號(破)壩以下，二號(破)壩至三號(破)壩與三號(破)壩以上河段分別進行比較。由圖中可見 1999 年高山溪防砂壩陸續拆除及復育放流後，上游三號(破)壩以上河段的族群比例快速攀升，其他各河段則呈現相對的降低。隨後三號(破)壩以上河段族群逐漸下降，而其他下游河段的族群也逐漸攀升，達到穩定的情況，雖然會因為風災造成族群比例上的變動，但又會因為成魚上溯又馬上恢復。不過自從河床落差加大，先前防砂壩又再次形成阻礙，加上河中倒木形成的幾個殘材壩，高山溪各河段又再次形成阻隔與隔離狀況。(資料來源：本研究資料)

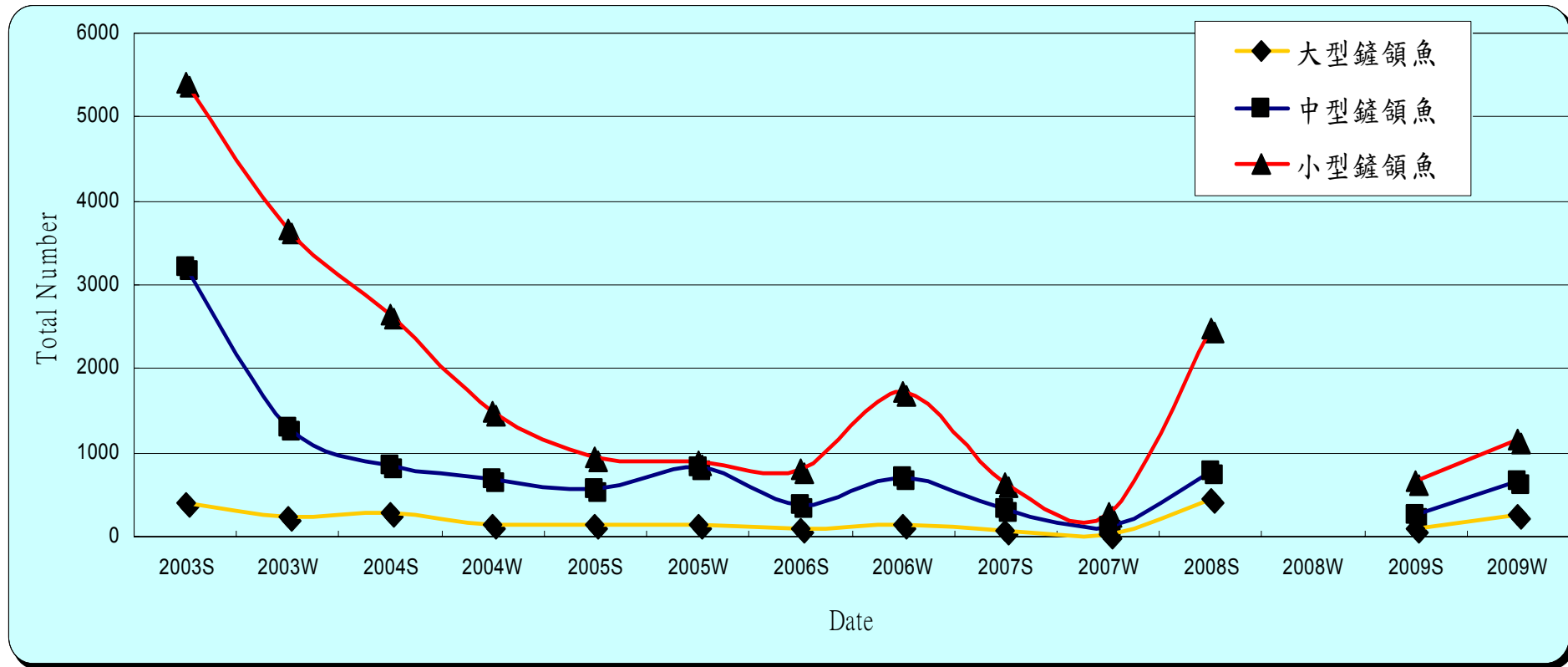


圖 5-6、七家灣溪台灣鑿領魚族群變動情況(2002-2009)

近年的監測結果顯示，台灣鑿領魚各類體型族群都有逐年減少的趨勢，尤其小型魚下降最多。今年調查似有回復的情形發生，但仍須長期的進行監測方能知其族群波動。(資料來源：本研究資料)

第六章 生態資料庫建構

邵廣昭、林永昌

中央研究院生物多樣性研究中心

摘要

關鍵詞：達爾文核心欄位, Darwin Core, 生態調查資料

一、研究緣起

武陵地區過去雖然有一些零星的生態調查，很可惜的是，大部分的生態調查資料，都沒有數位化建檔保存或上網供查詢，有鑑於此，本計畫將配合目前國科會、農委會漁業署、農委會林務局及農委會特生中心正在推動或執行的『台灣生物多樣性資料庫及資訊網』(TaiBNET 與 TaiBIF)、『漁業署海域生態資料庫』、及『東沙生態資源基礎調查研究計畫』等計畫所蒐集之資料，加以整合、數位化建檔及上網。

二、研究方法及過程

武陵地區長期生態監測暨生態模式建立計畫，所收集之原始生態調查資料，採用中央研究院生物多樣性研究中心設計的『簡便通用生態調查資料格式』，作為本計畫原始生態調查資料的格式。

『生態調查資料格式』，主要以國際通用的達爾文核心欄位(Darwin Core 2.0)及 ABCD Schema 為基礎，並配合中文資料的需求，作適度的修改。

三、重要發現

本年度收集魚類資料 86 筆、水生昆蟲資料 1435 筆、水質資料 35 筆、藻類資料 1233 筆，累計收集鳥類、魚類、兩棲類、昆蟲及植物調查資料共 60642 筆(涵蓋 15 綱 98 目 370 科 706 種生物物種)，水體環境資料共 2501 筆(包括水質、硝酸鹽、基本元素通量)，藻類與有機碎屑調查記錄共 1634 筆，環境溫度監測資料 9136 筆(包括空氣、水、土表、地下溫度)以及河川流量模擬推估資料 1369 筆。

四、主要建議事項

(一) 立即可行建議

為因應資料長期保存及國際資料交換的需求，調查資料應以國際通用的 XML 格式保存。

(二) 中長期建議

目前國際上正在推行生物多樣性資訊全球唯一識別碼(LSID)，目前雖尚未被普遍接受，未來仍應注意其發展，必要時得適時跟上國際腳步。

本計畫收集的每筆資料均已依照 LSID 格式賦予全球唯一識別碼。

ABSTRACT

The data formats for collecting raw data of the project “The Long Term Ecological Monitoring and Ecological Model Establishment for Wulin Area” adopts “the Common Ecological Investigation Data Format” designed by the Research Center for Biodiversity Academia Sinica on the basis of Darwin Core 2.0 and ABCD Schema, the common formats in the worldwide, with some modifications for the requirement of chinese language we use.

For the need and the convenience to exchange data internationally, the data in the project are recorded in XML format which is also internationally adopted. In addition, to compensate the need for information searching and presentation, the relevant databases were established at the same time. Currently, partial raw investigation data has been preserved digitized and is available online (<http://wlterm.biodiv.sinica.edu.tw>). The project sponsors and data providers as well as the general public are welcomed to inquire and download the data as they need.

Immediately feasible suggestion:

To meet the need of data long period preserving and international data exchange, investigating data should use XML format.

Medium long-term suggestion:

Currently, LSID is promoting by many international biodiversity institute, although it haven't been widely accepted, we should still notice its development in the future, and keep up with the international step. All collection data of this project has already been endowed with a Global Unique Identifier according to the LSID format.

【Keywords】 Darwin Core, raw data, Ecological Investigation Data, LSID

一、前言

「生物多樣性資訊學」中包括生態分佈資訊之資料，此等資料之搜集、建置與整合之理論，技術與實作又被歸為「生態資訊學」之範疇。生態分佈資料又包括標本採集或觀測(僅做紀錄並未採集標本)兩類不同的時間與空間的分佈資料，也是生物學領域中探討生物地理分佈、擴散、群聚或生態系變遷之機制、陸域與海域環境影響評估、資源或生態之保育、利用、經營管理等非常重要之基本資料。台灣之生態調查研究計畫甚多，每年政府所投入之調查經費龐大，但因過去缺乏各機關、各領域或各資料庫間之橫向聯絡與整合，故各資料庫建置之方式、設定之欄位格式、所使用之 GIS 或資料庫管理系統及資料公開之程度等亦多不一致，以致於目前國內之生態分佈資料庫仍多屬各自為政之狀態，所造成資源之重疊浪費、資料之散失及未來整合之困難度將日益嚴重。

武陵地區過去雖然有一些零星的生態調查，很可惜的是，大部分的生態調查資料，都沒有數位化建檔保存或上網供查詢，有鑑於此，本計畫將配合目前國科會、農委會漁業署、農委會林務局及農委會特生中心正在推動或執行的『台灣生物多樣性資料庫及資訊網』(TaiBNET 與 TaiBIF)、『漁業署海域生態資料庫』、及『東沙生態資源基礎調查研究計畫』等計畫所蒐集之資料，加以整合、數位化建檔及上網，此亦為行政院『生物多樣性推動方案』中所要求達成的，整合全國生物多樣性資訊的首要任務。

二、材料及方法

武陵地區長期生態監測暨生態模式建立計畫，所收集之原始生態調查資料，包括鳥類、魚類、兩生爬蟲類、無脊椎動物、陸棲昆蟲、水棲昆蟲、植物以及水文、棲地、水質等資料，涵蓋多種生物類別及多種資料型態，經過各類別的研究人員討論後，決定採用農委會漁業署於 2005 頒佈的『通用生態調查資料格式』，作為本計畫原始生態調查資料的格式，農委會漁業署及經濟部環保署已於 2005 年起推行於漁業署及環保署所委辦的各個生態研究計畫，作為共通的生態調查資料格式。

『通用生態調查資料格式』為中央研究院生物多樣性研究中心所設計，主要以國際通用的達爾文核心欄位(Darwin Core 2.0)及 ABCD Schema 為基礎，並配合中文資料的需求，作適度的修改，該資料格式提供多種資料提供方法及介面，包括 Excel, Access, XML, 及網路線上輸入等方法，供生態調查者選擇使用，目前絕大多數的生態調查者都採用 Excel 格式提供資料，再由資訊人員負責後端資訊格式的轉換工作。

為因應國際資料交換的需求，本計畫收集的資料，主要以國際通用的 XML 格式為主，此外為配合網站資料查詢及資料呈現的需求，也同步建立關聯式資料庫，供一般使用者使用。

三、結果

(一) 持續利用通用生態調查資料格式整合調查資料，依照 Darwincore 整理成 xml 檔案且同步建立 MDB 關連式資料庫，本年度收集魚類資料 86 筆、水生昆蟲資料 1435 筆、水質資料 35 筆、藻類資料 1233 筆，截至目前為止，累計收集鳥類、魚類、兩棲類、昆蟲及植物調查資料共 60642 筆(涵蓋 15 綱 98 目 370 科 706 種生物物種)，水體環境資料共 2501 筆(包括水質、硝酸鹽、基本元素通量)，藻類與有機碎屑調查記錄共 1634 筆，環境溫度監測資料 9136 筆(包括空氣、水、土表、上下溫度)以及河川流量模擬推估資料 1369 筆。所有調查資料，均上網供使用者查詢，網址：<http://wlterm.biodiv.sinica.edu.tw>，使用者可使用以下任一種方法查詢。

1. 由地圖查資料：

提供武陵地區手繪地圖，使用者可直接點選地圖上的調查點，查得該點的調查資料。反之亦可由調查資料，查得該調查點的地圖。

2. 由生物分類階層查得資料

將此次計畫調查到的所有物種，依照生物分類階層，排序，供使用者點選查詢詳細資料，亦可反查調查點的地圖。

3. 由調查記錄清單查得資料

將此次計畫收集到所有資料，逐筆列出，並提供多種排序選擇，供使用者點選查詢單筆詳細資料，亦可反查調查點的地圖。

4. 由子計畫生物類別查詢資料

可單獨列出個別子計畫生物類別的資料及調查點，供使用者點選查詢詳細資料，亦可反查調查點的地圖。

(二) 每筆資料均賦予全球唯一識別碼

使用 TDWG (Biodiversity Information Standards)推行的 LSID (Life

Science Identifiers), 作為全球唯一識別碼(Globally Unique Identifier), 以利資訊交流, LSID 格式如圖 12-4。

依照 LSID 格式, 本計畫建立的資料使用

「urn:lsid:wlterm.biodiv.sinica.edu.tw:observation:」加資料流水號, 作為全球唯一識別碼。

(三) 使用 PHP+MySQL 開發網站介面, 並以 UTF-8 作為資料編碼。

本年度將網站及資料庫由 ASP+MSSQL+Unicode 改為 PHP+MySQL+UTF-8, 以方便後續維護。

四、 討論與結論

1. 網站及資料庫已全部改為 PHP+MySQL+UTF-8。
2. 使用 LSID 作為全球唯一識別碼，已確定可行，唯當初規劃以 LSID 為工具整合資料的願景，尚未實現。

五、研究成果與建議

1. 本計畫收集的原始生態調查資料，將以 XML 及資料庫兩種格式燒錄至光碟，提供委辦單位雪霸國家管理處永久保存，或整合入管理處的網頁上，此外，亦可與國家生物多樣性入口網 TaiBIF 整合，使用者也可以使用 TaiBIF 網站提供的 GIS 系統，依地點查詢到本計畫各測站的物種，也可以由物種學名，依物種查詢該物種的分佈地點(保留敏感性保育類物種之分佈資料)。
2. 後續的調查計畫，將持續增補資料，以發揮建置此網站及資料的目的，亦可提供解說教育及分區規劃、經營管理之用。

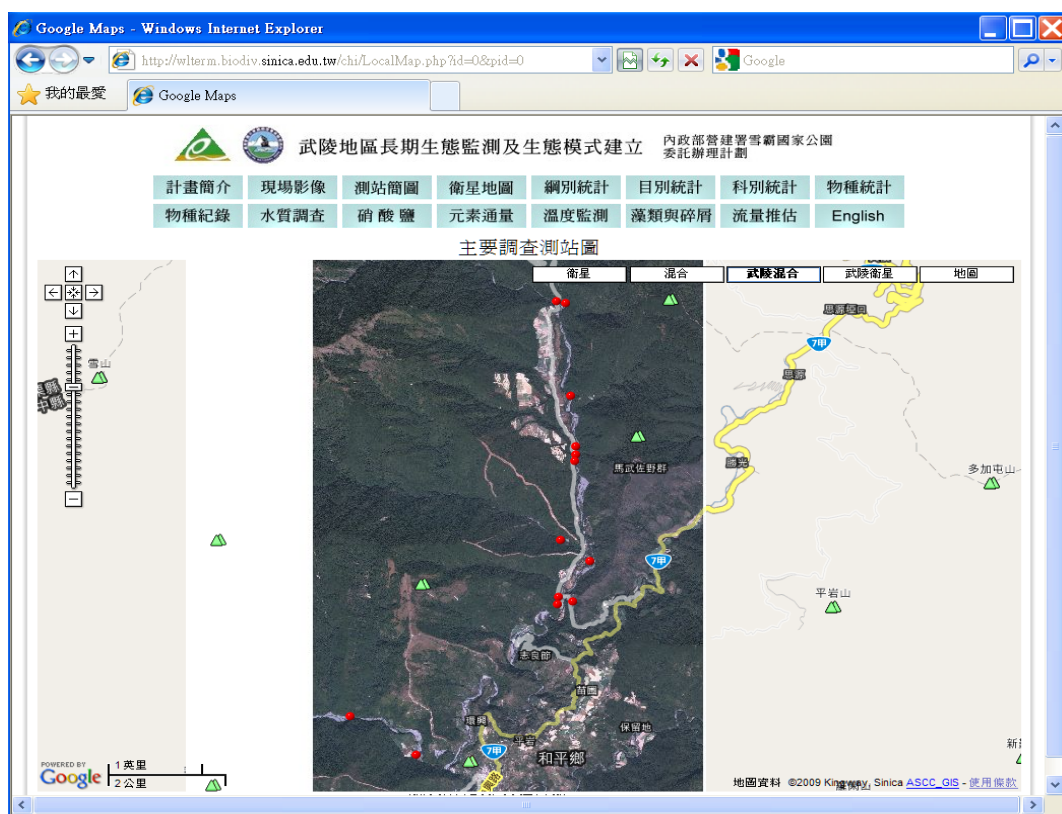


圖 6-1 武陵衛星影像全圖(含 13 個測站)(資料來源：本研究資料)

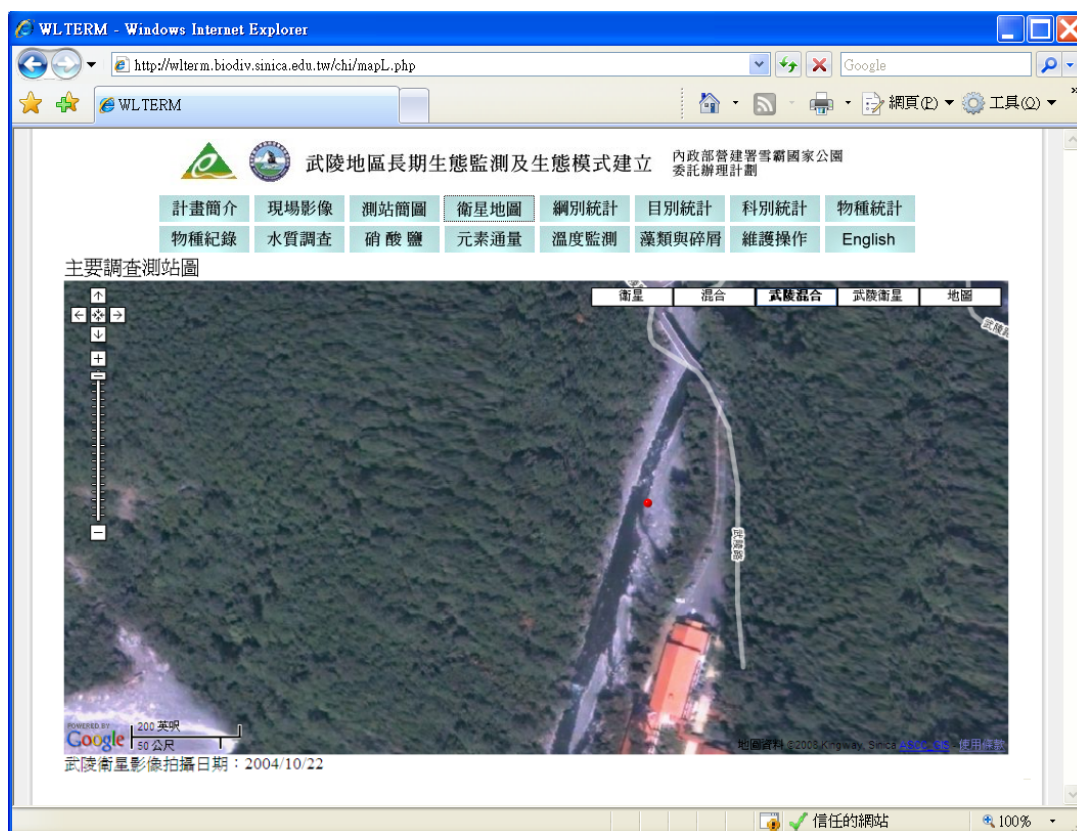


圖 6-2 武陵衛星影像高解析影像(迎賓橋)(資料來源：本研究資料)

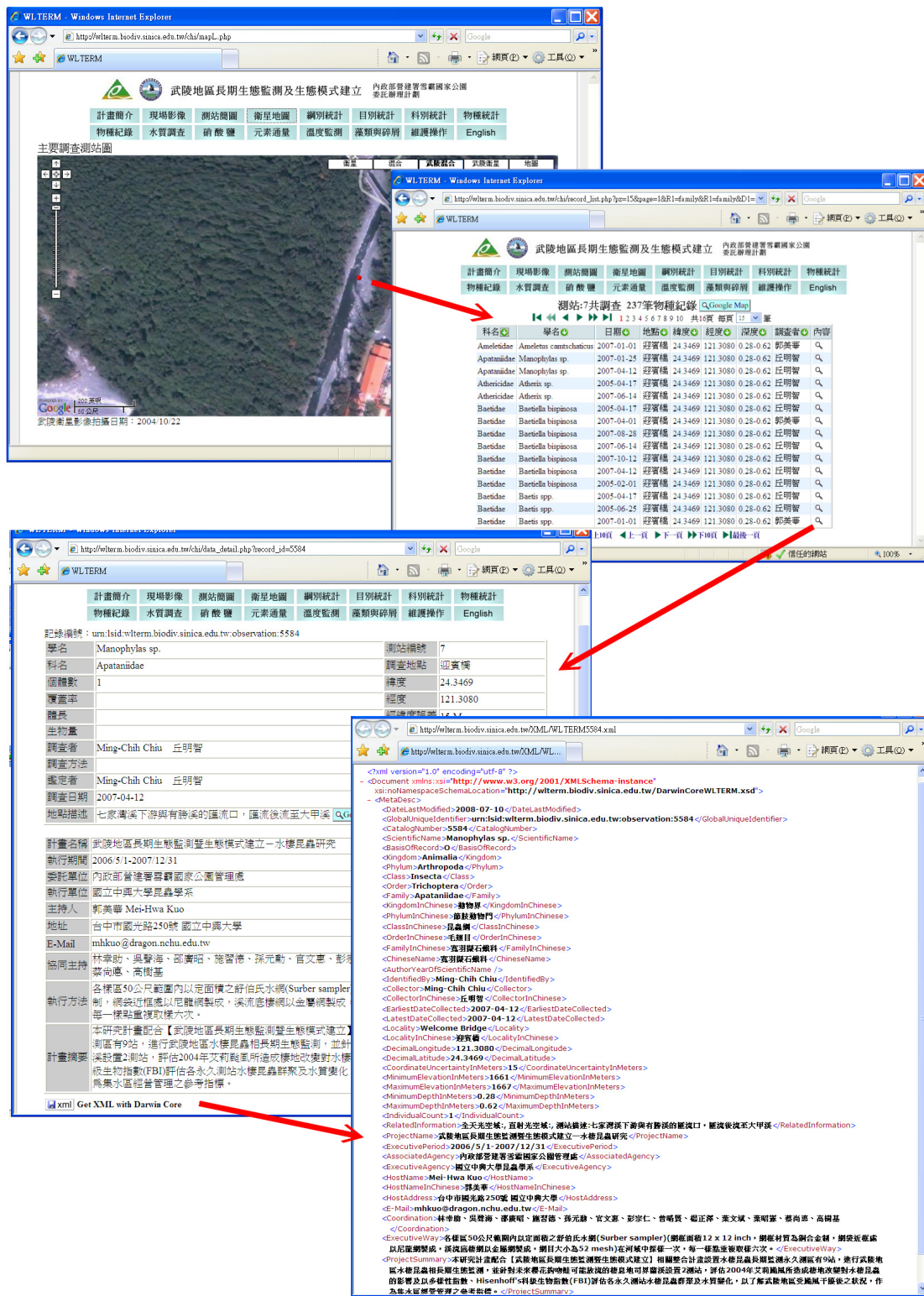


圖 6-3 由衛星影像查詢調查資料操作範例

(圖片來源：http://wlterm.biodiv.sinica.edu.tw)

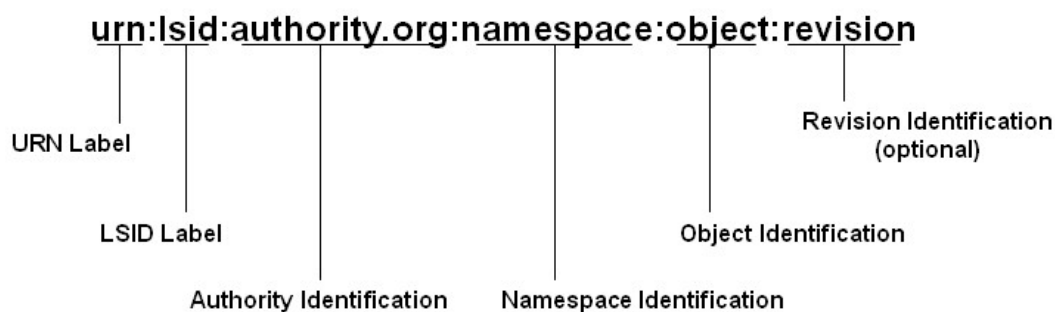


圖 6-4 LSID 格式

(圖片來源：<http://www.tdwg.org/>)

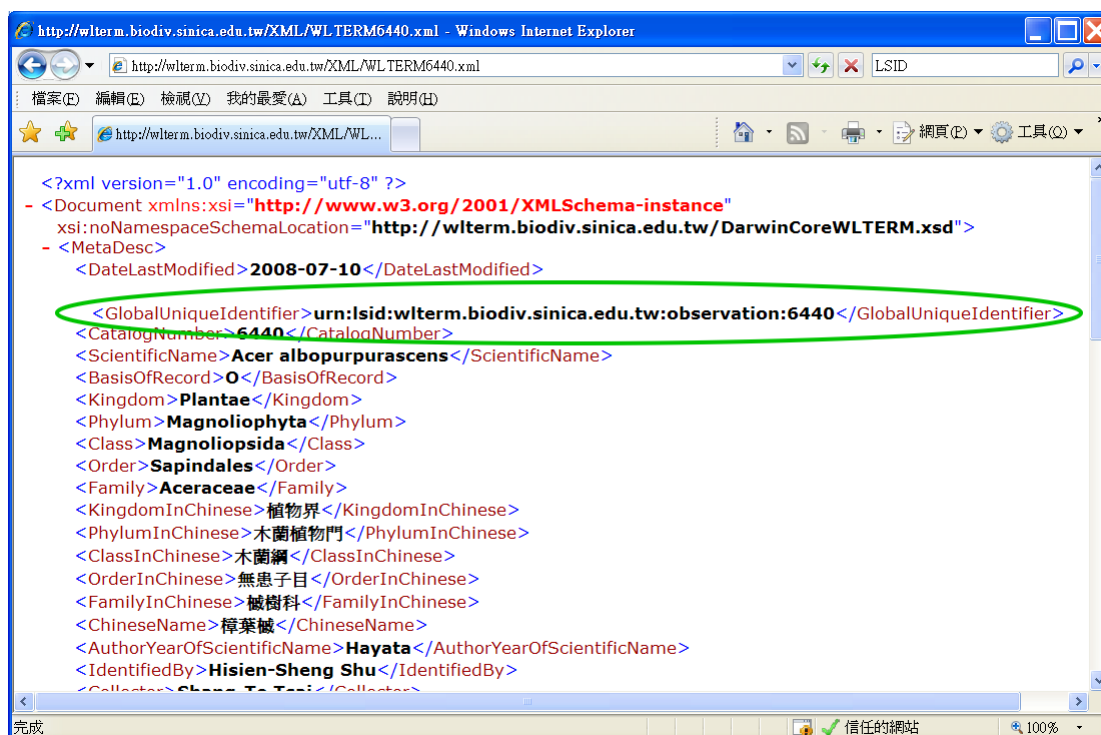


圖 6-5 武陵資料 LSID 範例

(圖片來源：<http://wlterm.biodiv.sinica.edu.tw>)

第七章 成果與建議

一、成果

1. 各測站石附生藻類生物量於 2 及 4 月較多，6 月因梅雨流量升高，除有勝溪外，其他測站均明顯下降。自 8 月莫拉克颱風後生物量更幾乎見底，直至 10 月仍無明顯的生物量上升。
2. 各測站石附生藻類生物量以有勝溪最多，司界蘭溪上游最少。七家灣溪觀魚台因受果四區高濃度硝酸鹽污染，生物量次之，一號壩上游再次之。
3. 七家灣溪各測站的瀨區石附生藻類生物量都較同測站的流與潭區少。
4. 整合各測站從 2006 年 6 月~2009 年 10 月的石附生藻類生物量變化，發現有勝溪的藻類生物量仍高於其他各測站，尤其是在夏季。
5. 在有勝溪，2009 年的夏天生物量的高峰值雖然沒有前兩年多，但是颱風季節前的春天與初夏因為梅雨量少，生物量明顯較前兩年多。
6. 高山溪與七家灣溪與共同樣區河道與地貌上並無重大改變。
7. 對大部分的河道而言，淤多於沖。
8. 高山溪四號壩與三號壩間殘材壩，其主體架構目前趨於穩定。10 月份調查中，而高山溪二號壩口之殘材堆積，則出現殘材與砂石減少之現象，但其高度仍約有 4 公尺高。相同地，約距高山溪與七家灣溪匯流口上游 100 公尺處的殘材壩亦出現溢流口處殘材與砂石之減少現象。
9. 七家灣溪一號壩上游坡度依舊平緩，約 0.01 上下，無太大變化。
10. 水質監測結果顯示，大部分河段水質良好，惟人為活動較密集區與農耕密集區附近之測站營養鹽濃度、導電度較高，應持續關注。
11. 本年(2009年)7測站，2、4、6、8及10月採樣調查水棲昆蟲共計有5目32科59物種(Taxa)。
12. 由連續7年數據(2003至2009年)看出，水棲昆蟲豐度以每年年初為高峰，各測站之多樣性指數於各年變化區間相似。
13. 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，司界蘭溪棲地上游優於下游。
14. MDS分析結果顯示桃山西溪、七家灣溪及高山溪的水棲昆蟲群集結構變動具相同傾向。

15. 2009年針對共同樣站的魚類定期調查已經完成五次，監測資料結果顯示與歷年資料差異不大。
16. 今年6月與10月進行台灣櫻花鉤吻鮭的全面族群數量普查調查結果顯示，今年夏季鮭魚族群數量共計有3,382尾，其中一齡幼魚有993尾，二齡中型鮭魚有1,579尾，三齡大型成魚則有810尾。秋季調查則為4,545尾，族群量為歷年調查結果的次高。其中一齡幼魚有1,482尾，二齡中型鮭魚有1,942尾，三齡大型成魚則有1,121尾。在族群結構上，無論是夏季或秋季的調查，都以中型鮭魚最多，幼魚次之，大型鮭魚較少，形成圓桶形的族群結構。
17. 台灣櫻花鉤吻鮭族群數量，與去(2008)年秋季普查的調查結果(3,149尾)比較，發現今年秋季增加了1,396尾，顯示族群量有增加的趨勢。而今年風災對鮭魚數量的影響則不明顯，應與颱風路徑沒有直接影響武陵地區所致。
18. 高山溪阻隔與殘材壩對鮭魚族群的部分，目前高山溪中有三處殘材壩，其落差高度明顯地限制了魚群的自由移動，今年在高山溪一號壩至二號壩之間夏秋二季的調查結果，分別只有15尾與13尾的數量，顯示這些殘材壩已對魚群產生隔離效應。
19. 收集魚類資料86筆、水生昆蟲資料1435筆、水質資料35筆、藻類資料1233筆，累計收集鳥類、魚類、兩棲類、昆蟲及植物調查資料共60642筆(涵蓋15綱98目370科706種生物物種)，水體環境資料共2501筆(包括水質、硝酸鹽、基本元素通量)，藻類與有機碎屑調查記錄共1634筆，環境溫度監測資料9136筆(包括空氣、水、土表、土下溫度)以及河川流量模擬推估資料1369筆。
20. 本計畫收集的每筆資料均已依照 LSID 格式賦予全球唯一識別碼。

二、建議

(一) 立即可行之建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：退輔會武陵農場、農委會林務局保育組、台中縣政府農業處保育科

1. 需統一各單位野外監測項目與採樣方法，持續建立濕地生態資料庫，可讓資料標準化及一致性，增進長期累積資料，以及時間地點間相互比較的效能。
2. 石附生藻類生物量的監測結果顯示武陵農場果四區農業活動所導致之高濃度硝酸鹽污水仍持續進入七家灣溪，應立即亟思謀求改善對策。
3. 石附生藻類生物量可作為溪流流速與農業活動所導致營養鹽污水之監測指標。但進行溪流藻類監測之採樣與比較，應顧及不同棲地採樣所造成之差異。
4. 人為活動較密集區，營養鹽濃度及導電度均較高，仍應持續監測關鍵水質項目，如：水溫、總有機碳(TOC)、磷酸鹽、硝酸鹽氮等。
5. 各站所採獲水棲昆蟲數量及中大型水棲昆蟲數量(櫻花鉤吻鮭之可能食餌)以時間動態呈現其變化，可看出兩者相似之季節性豐度變化，皆於年底至隔年年初為上升趨勢，而此時間點為溪流流量平穩時期，因此考量櫻花鉤吻鮭之食物量及避開洪流衝擊，年底至隔年年初為較佳的放流時期。
6. 2009 年新增之二測站(一號壩上游及下游)與觀魚台樣站之昆蟲群聚相對組成結構相近。觀魚台樣站自 2007 年起棲地維持在無損害程度，但此二測站棲地評比為中度損害程度，可能此結果與二測站位於山溝水匯入後之下游流段或與攔沙壩有關，必須長期密切監測及注意，才能釐清彼此之因果關係。
7. 司界蘭溪由 2005 年開始至今的調查結果，以天然林旁之上游棲地評比及多樣性指數大多優於有農業活動的下游，可考慮轉為一年調查一次的長期研究，可針對年度變異進行研究，並將人力資源移轉至其他具研究價值的溪段。
8. 七家灣流域河道大致上呈現穩定狀態，但仍須持續監測，以利後續壩體改善研究提供相關資料。

9. 今年調查殘材壩對高山溪櫻花鉤吻鮭的影響及評估，匯流處殘材壩的落差高度已足以限制鮭魚的自由移動，建議採以輕度人為處理方式，利用鍊鋸或鋸子等較輕型的工具製造缺口或破壞，之後再讓水流或人工將其移除，不要等到殘材壩的結構趨於完整之後再來處理，以免付出的成本與對溪流環境的衝擊相對增加。此外，不建議利用重型機具搬除，以免對溪谷環境或鮭魚的棲地造成二次破壞與干擾。
10. 為因應資料長期保存及國際資料交換的需求，建議調查資料應以國際通用的 XML 格式保存。

(二) 長期性建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：農委會林務局保育組、台中縣政府保育課、退輔會武陵農場

1. 七家灣流域的河道大致上呈現穩定，但仍須持續監測，以觀察細小之變化，並對後續研究提供資料。
2. 針對人為活動較密集區之七家灣溪沿岸建構人工濕地，先將含有高濃度營養鹽之山溝水先行導入人工濕地中，利用脫氮菌及除磷菌先將高濃度營養鹽部分去除後，再行排入七家灣溪流中。
3. 設立自動水質監測站，定期蒐集水質資料，以評估七家灣溪水質之變化，供管理及決策參考。
4. 應就濱岸土地利用類型對溪流流量的緩衝能力進行進一步相關研究，以作為保育及集水區經營管理參考之用，並考慮土地利用類型以能增加水留存量為主，並達減緩暴增流量之效為佳。如此一來可於暴雨過後，減少對水棲昆蟲群集之衝擊，而得以維持櫻花鉤吻鮭的食物來源。
5. 台灣櫻花鉤吻鮭體型較小的幼魚因口溝限制而無法取食中大型食餌，建議採用完整系統性實驗設計，以得知體型較小的幼魚食物量。
6. 為了釐清司界蘭溪與南湖溪的放流族群存活狀況，及其往上游擴散程度，建

議應該克服其可及性及困難地形，針對整個河段進行調查，並建議另案辦理，以瞭解域外放流之成效。

7. 目前國際上正在推行生物多樣性資訊全球唯一識別碼(LSID)，目前雖尚未被普遍接受，未來仍應注意其發展，必要時得適時跟上國際腳步。