

(國科會 GRB 編號)

PG9901-0011

武陵地區生態系長期監測與研究

成果報告

受委託者：國立中興大學

研究主持人：林幸助

協同主持人：吳聲海、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

中華民國九十九年十二月

（本報告內容及建議，純屬研究團隊意見，不代表本機關意見）

目次

表次	VII
圖次	X
研究計畫分工項目	XVII
中文摘要	XVIII
一、前言與目的	XVIII
二、材料與方法	XIX
(一)藻類、資料整合分析與生態模式建構.....	XIX
(二)物理棲地	XIX
(三)水質監測	XX
(四)水棲昆蟲	XX
(五)魚類.....	XX
(六)哺乳類	XX
(七)生態資料庫建構.....	XXI
三、成果.....	XXII
四、結論與建議	XXV
ABSTRACT	XXVII

第一章 藻類研究與資料整合

中文摘要.....	1-1
英文摘要.....	1-5
一、前言	1-8
二、材料與方法	1-11
(一) 採集時間與測站	1-11
(二) 石附生藻生物量監測.....	1-12
(三) 流速、水棲昆蟲與石附生藻生物量關係	1-13
(四) 石附生藻生產力與營養限制	1-14
三、結果.....	1-17
(一) 石附生藻生物量時空變化.....	1-17

(二) 石附生藻微棲地變化.....	1-18
(三) 歷年瀨區石附生藻生物量變化.....	1-19
(四) 流速、水棲昆蟲與石附生藻生物量關係.....	1-19
(五) 石附生藻生產力與營養限制.....	1-22
四、討論.....	1-25
五、結論與建議.....	1-31
(一) 結論.....	1-31
(二) 建議.....	1-32
六、參考文獻.....	1-34
圖.....	1-40

第二章 物理棲地研究

中文摘要.....	2-1
英文摘要.....	2-3
一、前言.....	2-4
(一) 計畫範圍與執行期間.....	2-4
(二) 計畫流程及方法.....	2-4
二、材料與方法.....	2-6
(一) 河道地形變化趨勢.....	2-6
(二) 物理棲地組成.....	2-6
三、結果.....	2-7
(一) 高山溪河道變化調查.....	2-7
(二) 七家灣溪二號壩及一號壩河道斷面調查.....	2-8
(三) 高山溪及七家灣溪物理棲地分析.....	2-9
(四) 七家灣溪生態共同採樣區分析.....	2-10
四、結論與建議.....	2-13
(一) 結論.....	2-13
(二) 建議.....	2-13
五、參考文獻.....	2-14
表.....	2-17

圖	2-27
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) 文獻回顧	3-4
二、材料與方法	3-12
(一) 採樣地點介紹	3-13
(二) 採樣方法	3-13
(三) 樣品保存	3-14
(四) 溶解態樣品實驗分析方法	3-14
(五) 實驗室品質管制	3-17
三、結果	3-18
四、討論	3-19
(一) 溶解態實驗分析數據	3-19
(二) 山溝監測結果	3-22
(三) 遊客人數和山溝與排水溝水質項目之 Pearson 相關係數分析	3-23
(四) 遊客人數與 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 、 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的關係	3-23
(五) 回收用地旁二號壩樣站水質特性評估	3-23
五、結論與建議	3-25
(一) 結論	3-25
(二) 建議	3-25
六、參考文獻	3-27
表	3-29
圖	3-36

第四章 水棲昆蟲研究

中文摘要.....	4-1
英文摘要.....	4-3
一、前言.....	4-4
二、材料與方法.....	4-8
三、結果.....	4-10
四、討論.....	4-14
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.....	4-19
七、參考文獻.....	4-21
表.....	4-25
圖.....	4-28

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
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.....	5-20
五、結論與建議.....	5-23
(一) 結論.....	5-23
(二) 建議.....	5-23
六、參考文獻.....	5-25
表.....	5-29

圖	5-33
第六章 哺乳類研究	
中文摘要.....	6-1
英文摘要.....	6-3
一、前言.....	6-4
二、材料與方法.....	6-6
(一) 森林內台灣長尾鮑微棲地利用的季節差異.....	6-6
(二) 濱岸環境水鮑分布調查及共域使用濱岸環境之小型哺乳類調查.....	6-6
三、結果.....	6-7
四、討論.....	6-10
五、結論與建議.....	6-12
(一) 結論.....	6-12
(二) 建議.....	6-12
六、參考文獻	6-13
表	6-14
圖	6-18
第七章 生態資料庫建構	
中文摘要.....	7-1
英文摘要.....	7-3
一、前言.....	7-4
二、材料及方法.....	7-5
三、結果.....	7-6
四、討論與結論.....	7-8
五、研究成果與建議.....	7-9
圖	7-10
第八章 成果與建議	
一、成果.....	8-1

二、建議.....	8-4
附錄一 期中簡報會議紀錄	
附錄二 期末簡報會議紀錄	

表次

表 2-1	高山溪三號壩上游床面平均坡降表	2-17
表 2-2	高山溪二號壩上游床面平均坡降表	2-17
表 2-3	高山溪一號壩上游床面平均坡降表	2-17
表 2-4	高山溪一號壩下游床面平均坡降表	2-17
表 2-5	七家灣溪三號壩下至二號壩上 400 公尺平均坡降表	2-17
表 2-6	七家灣溪二號壩上游床面平均坡降表	2-17
表 2-7	七家灣溪二號壩下游床面平均坡降表	2-17
表 2-8	七家灣溪一號壩上游床面平均坡降表	2-17
表 2-9	七家灣溪一號壩下游床面平均坡降表	2-17
表 2-10	棲地底質分類表	2-18
表 2-11	2010 年 10 月高山溪各河段之棲地底質分佈比例	2-18
表 2-12	2010 年 6 月高山溪各河段之棲地底質分佈比例	2-18
表 2-13	2010 年 2 月高山溪各河段之棲地底質分佈比例	2-18
表 2-14	2009 年 10 月高山溪各河段之棲地底質分佈比例	2-19
表 2-15	2009 年 6 月高山溪各河段之棲地底質分佈比例	2-19
表 2-16	2010 年 10 月七家灣溪二號石壩上下游之棲地底質分佈	2-19
表 2-17	2010 年 6 月七家灣溪二號石壩上下游之棲地底質分佈	2-19
表 2-18	2010 年 2 月七家灣溪二號石壩上下游之棲地底質分佈	2-19
表 2-19	2009 年 10 月七家灣溪二號石壩上下游之棲地底質分佈	2-20
表 2-20	2009 年 6 月七家灣溪二號石壩上下游之棲地底質分佈	2-20
表 2-21	2010 年 10 月七家灣溪一號石壩上下游之棲地底質分佈	2-20
表 2-22	2010 年 6 月七家灣溪一號石壩上下游之棲地底質分佈	2-20
表 2-23	2010 年 2 月七家灣溪一號石壩上下游之棲地底質分佈	2-20
表 2-24	2009 年 10 月七家灣溪一號石壩上下游之棲地底質分佈	2-20
表 2-25	2009 年 6 月七家灣溪一號石壩上下游之棲地底質分佈	2-21
表 2-26	棲地環境類型分析	2-21
表 2-27	2010 年 10 月高山溪棲地環境類型分析	2-21

表 2-28	2010 年 6 月高山溪棲地環境類型分析	2-21
表 2-29	2010 年 2 月高山溪棲地環境類型分析	2-21
表 2-30	2009 年 10 月高山溪棲地環境類型分析	2-22
表 2-31	2009 年 06 月高山溪棲地環境類型分析	2-22
表 2-32	2010 年 10 月七家灣溪二號石壩上下游棲地環境類型分析	2-22
表 2-33	2010 年 6 月七家灣溪二號石壩上下游棲地環境類型分析	2-22
表 2-34	2010 年 2 月七家灣溪二號石壩上下游棲地環境類型分析	2-22
表 2-35	2009 年 10 月七家灣溪二號石壩上下游棲地環境類型分析	2-23
表 2-36	2009 年 6 月七家灣溪二號石壩上下游棲地環境類型分析	2-23
表 2-37	2010 年 10 月七家灣溪一號壩上下游棲地環境類型分析	2-23
表 2-38	2010 年 6 月七家灣溪一號壩上下游棲地環境類型分析	2-23
表 2-39	2010 年 2 月七家灣溪一號壩上下游棲地環境類型分析	2-23
表 2-40	2009 年 10 月七家灣溪一號壩上下游棲地環境類型分析	2-23
表 2-41	2009 年 6 月七家灣溪一號壩上下游棲地環境類型分析	2-24
表 2-42	桃山北溪測站床面平均坡度表	2-24
表 2-43	桃山北溪測站床面底質分佈表	2-24
表 2-44	桃山西溪測站床面平均坡度表	2-24
表 2-45	桃山西溪測站床面底質分佈表	2-24
表 2-46	觀魚臺測站床面平均坡度表	2-24
表 2-47	觀魚臺測站床面底質分佈表	2-25
表 2-48	新繁殖場測站床面平均坡度表	2-25
表 2-49	新繁殖場測站床面底質分佈表	2-25
表 2-50	萬壽橋測站床面平均坡度表	2-25
表 2-51	萬壽橋測站床面底質分佈表	2-25
表 2-52	迎賓橋測站床面平均坡度表	2-25
表 2-53	迎賓橋測站床面底質分佈表	2-26
表 2-54	有勝溪測站床面平均坡度表	2-26
表 2-55	有勝溪測站床面底質分佈表	2-26
表 2-56	司界蘭溪上游段測站床面平均坡度表	2-26
表 2-57	司界蘭溪上游段測站床面底質分佈表	2-26

表 2-58	司界蘭溪下游段測站床面平均坡度表	2-27
表 2-59	司界蘭溪下游段測站床面底質分佈表	2-27
表 3-1	採樣地點地理座標	3-29
表 3-2	水體樣品保存	3-29
表 3-3	地面水體分類及水質標準	3-30
表 3-4	99 年 2 月溶解態分析數據	3-31
表 3-5	99 年 4 月溶解態分析數據	3-32
表 3-6	99 年 6 月溶解態分析數據	3-33
表 3-7	99 年 8 月溶解態分析數據	3-34
表 3-8	99 年 10 月溶解態分析數據	3-35
表 4-1	武陵地區於 2010 年之水生昆蟲資源組成及個體數	4-25
表 4-2	司界蘭溪於 2010 年 2 月之水生昆蟲資源組成及個體數	4-27
表 5-1	2010 年七家灣溪固定樣點魚類組成相調查結果	5-29
表 5-2	武陵地區 2009 年夏秋季與 2010 年夏秋季台灣櫻花鉤吻鮭普查結果 ...	5-30
表 5-3	2009~2010 武陵七家灣溪流各河段台灣櫻花鉤吻鮭數量百分比	5-31
表 5-4	2010 武陵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 6-1	2010 年各月份各樣區捕獲之小型哺乳類數量	6-14
表 6-2	各月份所捕獲之小型哺乳動物捕獲比率	6-15
表 6-3	各樣區小型哺乳類物種組成	6-15
表 6-4	四到十月森林樣區之小型哺乳類總生物量比較	6-16
表 6-5	毛髮陷阱在不同月份樣區調查的毛髮筆數及各樣站在當月的黏獲比例 ..	6-16
表 6-6	各樣站在八月和十月所收到的排遺數量	6-17
表 6-7	2008 與 2010 年夏季森林樣區森鼠與黑腹絨鼠之數量比較	6-17

圖次

圖 1-1	本計畫之研究範圍為雪霸國家公園東邊的武陵地區	1-40
圖 1-2	共同樣站相對位置圖	1-41
圖 1-3	流速、水棲昆蟲種類與數量對石附生藻生物量影響實驗設計圖	1-42
圖 1-4	石附生藻生產力與營養鹽添加實驗	1-43
圖 1-5	微溶氧探針偵測石附生藻溶氧情形	1-43
圖 1-6	石附生藻擴散邊界層溶氧濃度變化(高山溪-控制組)	1-44
圖 1-7	2010 年二月石附生藻葉綠素 <i>a</i> 、 <i>b</i> 、 <i>c</i> 箱型圖	1-45
圖 1-8	2010 年四月石附生藻葉綠素 <i>a</i> 、 <i>b</i> 、 <i>c</i> 箱型圖	1-46
圖 1-9	2010 年六月石附生藻葉綠素 <i>a</i> 、 <i>b</i> 、 <i>c</i> 箱型圖	1-47
圖 1-10	2010 年八月石附生藻葉綠素 <i>a</i> 、 <i>b</i> 、 <i>c</i> 箱型圖	1-48
圖 1-11	2010 年十月石附生藻葉綠素 <i>a</i> 、 <i>b</i> 、 <i>c</i> 箱型圖	1-49
圖 1-12	2010 年十二月石附生藻葉綠素 <i>a</i> 、 <i>b</i> 、 <i>c</i> 箱型圖	1-50
圖 1-13	七家灣溪六測站微棲地之石附生藻葉綠素 <i>a</i> 、 <i>b</i> 、 <i>c</i> 百分比累積圖	1-51
圖 1-14	歷年瀨區石附生藻類生物量曲線圖	1-52
圖 1-15	乾季中繁殖場瀨區及潭區 28 天內各環境因子變化	1-53
圖 1-16	濕季中繁殖場瀨區及潭區 28 天內各環境因子變化	1-54
圖 1-17	七家灣溪繁殖場乾季 28 天內石附生藻類平均生物量變化	1-55
圖 1-18	七家灣溪繁殖場濕季 28 天內石附生藻類平均生物量變化	1-56
圖 1-19	七家灣溪繁殖場乾季石頭上各方向流速變化	1-57
圖 1-20	七家灣溪繁殖場濕季石頭上各方向流速變化	1-58
圖 1-21	七家灣溪繁殖場乾季水棲昆蟲平均隻數	1-59
圖 1-22	七家灣溪繁殖場濕季水棲昆蟲平均隻數	1-60
圖 1-23	七家灣溪繁殖場乾季研究模式徑路圖	1-61
圖 1-24	七家灣溪繁殖場濕季研究模式徑路圖	1-62
圖 1-25	一月各測站石附生藻淨生產量	1-63
圖 1-26	各月各測站石附生藻淨生產量	1-63
圖 1-27	各測站年平均石附生藻生產量	1-64

圖 1-28	一月各測站石附生藻淨生產力	1-64
圖 1-29	各月各測站石附生藻淨生產力	1-65
圖 1-30	各測站石附生藻年平均生產力	1-65
圖 1-31	一月營養鹽添加實驗	1-66
圖 1-32	四月營養鹽添加實驗	1-67
圖 1-33	七月營養鹽添加實驗	1-68
圖 1-34	十一月營養鹽添加實驗.....	1-69
圖 1-35	石附生藻生物量與淨生產量相關分析	1-70
圖 1-36	各測站微棲地間石頭長徑與石附生藻生物量關係	1-70
圖 1-37	歷年二月與四月石附生藻生物量與水溫及流速關係圖	1-71
圖 2-1	本年度研究基本流程圖.....	2-27
圖 2-2	三號壩上游斷面高程剖面圖	2-28
圖 2-3	高山溪斷面 3-R 剖面高程.....	2-28
圖 2-4	高山溪斷面 3-T 剖面高程	2-28
圖 2-5	高山溪三號壩上之河道示意圖	2-29
圖 2-6	二號壩上游斷面高程剖面圖	2-29
圖 2-7	高山溪斷面 2-C 剖面高程.....	2-30
圖 2-8	高山溪斷面 2-H 剖面高程.....	2-30
圖 2-9	高山溪斷面 2-M 剖面高程	2-30
圖 2-10	高山溪斷面 2-Q 剖面高程	2-30
圖 2-11	高山溪二號壩上之河道示意圖	2-31
圖 2-12	一號壩上游斷面高程剖面圖	2-31
圖 2-13	高山溪斷面 1-B 剖面高程.....	2-32
圖 2-14	高山溪斷面 1-E 剖面高程.....	2-32
圖 2-15	高山溪斷面 1-K 剖面高程.....	2-32
圖 2-16	高山溪斷面 1-N 剖面高程	2-32
圖 2-17	高山溪一號壩上河道示意圖	2-32
圖 2-18	一號壩下游斷面高程剖面圖	2-33
圖 2-19	高山溪斷面 0-C 剖面高程	2-33
圖 2-20	高山溪斷面 0-F 剖面高程.....	2-33

圖 2-21	高山溪斷面 0-L 剖面高程	2-33
圖 2-22	高山溪斷面 0-O 剖面高程	2-33
圖 2-23	高山溪一號壩下至匯流口之河道示意圖	2-34
圖 2-24	七家灣溪三號壩下至二號壩上 400 公尺處高程剖面圖	2-34
圖 2-25	七家灣溪斷面 3-4 剖面高程	2-35
圖 2-26	七家灣溪斷面 3-10 剖面高程	2-35
圖 2-27	七家灣溪三號壩至二號壩測量點位示意圖	2-35
圖 2-28	七家灣溪二號壩上游 400 公尺至下游 200 公尺剖面高程	2-36
圖 2-29	七家灣溪二號壩上 400 公尺處至二號壩下 200 公尺示意圖	2-36
圖 2-30	七家灣溪斷面 3-40 剖面高程	2-37
圖 2-31	七家灣溪斷面 2-1 剖面高程	2-37
圖 2-32	七家灣溪斷面 2-1 剖面高程	2-37
圖 2-33	七家灣溪二號壩下游 200 公尺至一號壩上剖面線	2-38
圖 2-34	七家灣溪一號壩上下游各 100 公尺測量點位示意圖	2-38
圖 2-35	七家灣溪斷面 A-76 剖面高程	2-39
圖 2-36	七家灣溪斷面 A-83 剖面高程	2-39
圖 2-37	七家灣溪一號壩下游至匯流口剖面高程	2-39
圖 2-38	七家灣溪斷面 A-100 剖面高程	2-39
圖 2-39	七家灣溪斷面 A-108 剖面高程	2-39
圖 2-40	七家灣溪一號壩下壩至匯流口測量點位示意圖	2-40
圖 2-41	高山溪棲地環境類型分析(2010/10)	2-40
圖 2-42	高山溪棲地環境類型分析(2010/06)	2-41
圖 2-43	高山溪棲地環境類型分析(2010/02)	2-41
圖 2-44	高山溪棲地環境類型分析(2009/10)	2-41
圖 2-45	高山溪近兩年棲地環境類型分佈圖	2-42
圖 2-46	高山溪近兩年棲地底質類型分佈圖	2-42
圖 2-47	七家灣溪全河道棲地環境類型分析(2010/10)	2-42
圖 2-48	七家灣溪全河道棲地環境類型分析(2009/10)	2-43
圖 2-49	七家灣溪全河道棲地環境類型分析(2008/10)	2-43
圖 2-50	七家灣溪全河道棲地環境類型分析(2007/10)	2-43

圖 2-51 歷年七家灣溪全河道棲地環境類型分佈	2-44
圖 2-52 歷年七家灣溪全河道棲地底質類型分析	2-44
圖 2-53 七家灣溪共同樣區位置分佈圖	2-45
圖 2-54 桃山北溪 4-S 斷面剖面高程	2-45
圖 2-55 桃山北溪 4-3 斷面剖面高程	2-45
圖 2-56 桃山北溪棲地分佈類型百分比圖	2-45
圖 2-57 桃山北溪底質分佈類型百分比圖	2-46
圖 2-58 桃山西溪 2-1 斷面剖面高程	2-46
圖 2-59 桃山西溪 2-2 斷面剖面高程	2-46
圖 2-60 桃山西溪棲地分佈類型百分比圖	2-46
圖 2-61 桃山西溪底質分佈類型百分比圖	2-47
圖 2-62 觀魚臺 4-1 斷面剖面高程	2-47
圖 2-63 觀魚臺 4-2 斷面剖面高程	2-47
圖 2-64 觀魚臺棲地分佈類型百分比圖	2-47
圖 2-65 觀魚臺底質分佈類型百分比圖	2-48
圖 2-66 新繁殖場 5-1 斷面剖面高程	2-48
圖 2-67 新繁殖場 5-2 斷面剖面高程	2-48
圖 2-68 新繁殖場棲地分佈類型百分比圖	2-48
圖 2-69 新繁殖場底質分佈類型百分比圖	2-49
圖 2-70 萬壽橋測站 6-2 斷面剖面高程	2-49
圖 2-71 萬壽橋測站 6-5 斷面剖面高程	2-49
圖 2-72 萬壽橋棲地分佈類型百分比圖	2-49
圖 2-73 萬壽橋底質分佈類型百分比圖	2-50
圖 2-74 迎賓橋測站 7-1 斷面剖面高程	2-50
圖 2-75 迎賓橋測站 7-3 斷面剖面高程	2-50
圖 2-76 迎賓橋棲地分佈類型百分比圖	2-50
圖 2-77 迎賓橋底質分佈類型百分比圖	2-51
圖 2-78 有勝溪測站 9-1 斷面剖面高程	2-51
圖 2-79 有勝溪測站 9-2 斷面剖面高程	2-51
圖 2-80 有勝溪棲地分佈類型百分比圖	2-51

圖 2-81	有勝溪底質分佈類型百分比圖.....	2-52
圖 2-82	司界蘭溪上游測站 10-1 斷面.....	2-52
圖 2-83	司界蘭溪上游測站 10-8 斷面.....	2-52
圖 2-84	司界蘭溪上游測站棲地分佈類型百分比圖.....	2-52
圖 2-85	司界蘭溪下游測站 11-1 斷面.....	2-53
圖 2-86	司界蘭溪下游測站 11-2 斷面.....	2-53
圖 2-87	司界蘭溪下游測站棲地分佈類型百分比圖.....	2-53
圖 3-1	雪霸國家公園.....	3-36
圖 3-2	氮素循環過程.....	3-36
圖 3-3	流程圖.....	3-37
圖 3-4	採樣地點位置圖.....	3-37
圖 3-5	武陵地區溪流 pH 值變化.....	3-38
圖 3-6	武陵地區溪流導電度值變化.....	3-38
圖 3-7	武陵地區溪流溫度值變化.....	3-39
圖 3-8	武陵地區溪流溶氧值變化.....	3-39
圖 3-9	武陵地區溪流濁度值變化.....	3-40
圖 3-10	武陵地區溪流 SiO ₂ 值變化.....	3-40
圖 3-11	武陵地區溪流 NO ₃ -N 值變化.....	3-41
圖 3-12	武陵地區溪流 NO ₂ -N 值變化.....	3-41
圖 3-13	武陵地區溪流 SO ₄ ²⁻ 值變化.....	3-42
圖 3-14	武陵地區溪流 Cl ⁻ 值變化.....	3-42
圖 3-15	武陵地區溪流 PO ₄ ³⁻ 值變化.....	3-43
圖 3-16	武陵地區溪流 NH ₃ -N 值變化.....	3-43
圖 3-17	武陵地區溪流 TOC 值變化.....	3-44
圖 3-18	武陵地區溪流大腸桿菌菌落數.....	3-44
圖 3-19	山溝與七家灣溪測站之 NO ₃ -N 比較.....	3-45
圖 3-20	山溝與七家灣溪測站之 Cl ⁻ 比較.....	3-45
圖 3-21	山溝與七家灣溪測站之 PO ₄ ³⁻ 比較.....	3-46
圖 3-22	山溝與七家灣溪測站之 SO ₄ ²⁻ 比較.....	3-46
圖 3-23	山溝與七家灣溪測站之大腸桿菌比較.....	3-47

圖 3-24	98、99 年度各月份露營區遊客人數與山溝 $\text{NH}_3\text{-N}$ 數據比較	3-47
圖 3-25	98、99 年度各月份露營區遊客人數與山溝 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 數據比較	3-48
圖 3-26	98、99 年度各月份露營區遊客人數與山溝 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 數據比較	3-48
圖 3-27	98、99 年度各月份露營區遊客人數與排水溝 $\text{NH}_3\text{-N}$ 數據比較	3-49
圖 3-28	98、99 年度各月份露營區遊客人數與排水溝 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 數據比較.....	3-49
圖 3-29	98、99 年度各月份露營區遊客人數與排水溝 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 數據比較	3-50
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	4-28
圖 4-2	武陵地區溪流測站水棲昆蟲各月數量	4-29
圖 4-3	武陵地區溪流測站之櫻花鈎吻鮭中大體型昆蟲食餌數量變化圖	4-29
圖 4-4	武陵地區溪流測站水棲昆蟲之 Shannon- Wiener's index	4-30
圖 4-5	武陵地區溪流測站水棲昆蟲之 RBPII 相對分數	4-30
圖 4-6	武陵地區溪流測站水棲昆蟲之 MDS 分析	4-31
圖 4-7	司界蘭溪測站水棲昆蟲之 Shannon- Wiener's index	4-32
圖 4-8	司界蘭溪測站水棲昆蟲之 RBPII 相對分數.....	4-32
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	5-33
圖 5-2	1987 年至 2010 年武陵地區台灣櫻花鈎吻鮭族群數量年度變化圖.....	5-34
圖 5-3	1995 年至 2010 年武陵地區台灣櫻花鈎吻鮭各齡族群結構變化圖.....	5-35
圖 5-4	1995 年至 2010 年武陵地區台灣櫻花鈎吻鮭各齡族群數量變化曲線圖 ..	5-36
圖 5-5	2000 年~2010 年武陵七家灣溪主流各河段台灣櫻花鈎吻鮭族群數量變化圖	5-37
圖 5-6	2000 年~2010 年武陵七家灣溪主流各河段台灣櫻花鈎吻鮭族群數量百分比變 化圖.....	5-38
圖 5-7	1998 年至 2010 年武陵地區高山溪各河段台灣櫻花鈎吻鮭族群數量變化 圖.....	5-39
圖 5-8	高山溪各主要河段所佔族群比例變化圖.....	5-40
圖 6-1	各月份之小型哺乳類的棲地（地表或樹上）利用情形	6-18
圖 6-2	齧齒目各月份之數量分布	6-19
圖 6-3	鼯形目各月份之數量分布	6-19
圖 6-4	小型哺乳動物在樣區間的分布比例.....	6-20
圖 6-5	各月份小型哺乳動物的單位面積生物量比較	6-21

圖次

圖 6-6	濱岸各樣站調查到之哺乳類組成 (共二個月份資料)	6-22
圖 7-1	武陵衛星影像全圖.....	7-10
圖 7-2	武陵衛星影像高解析影像(迎賓橋).....	7-10
圖 7-3	由衛星影像查詢調查資料操作範例.....	7-11
圖 7-4	LSID 格式	7-12
圖 7-5	武陵資料 LSID 範例	7-12

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	中興大學生命科學系	特聘教授	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	吳聲海	中興大學生命科學系	副教授	哺乳類研究
子計畫 7	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，以瞭解武陵溪流的長期生態現象與過程。本計畫以武陵地區溪流與司界蘭溪為研究地點，依循 2005 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，持續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、藻類、沿岸植被、水生昆蟲、魚類與小型哺乳動物等時空動態變化資料，尤其是監測七家灣溪一號攔砂壩改善前、武陵農場山溝水點源污染源以及 2005 年 8.1 公頃農地回收後的生態環境變化。具體目標為：1. 了解台灣櫻花鉤吻鮭族群的控制因子，確保台灣櫻花鉤吻鮭優質棲地；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. 分析溪流沿岸植被覆蓋度與溪流水溫之關係；8. 持續更新與國際接軌之武陵生態資料庫。

【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

持續整合從 2005 年以來所累積的資料。本研究共設有十個測站，其中司界蘭溪上、下游僅作乾季(2 月)監測。其餘測站分別於二、四、六、八、十及十二月，共六次採樣時間，涵蓋#2 桃山西溪、#3 二號壩、#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. 石附生藻類生物量與群集測定

各測站石附生藻類監測，於不同微棲地(瀨、流、潭)隨機撿取 3 個 20 cm 左右大小相近溪底石頭樣本。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、b 與 c 濃度。微棲地的分類則依據福祿數判別。

2. 流速、水棲昆蟲與石附生藻生物量關係實驗

在乾季(2010.01.12~2010.02.09)於#5 繁殖場進行連續一個月監測。將預先處理刷洗過 104 顆石頭，直徑約為 20 cm，以塑鋼土固定在木板上，分別放置在瀨及潭區，每隔兩天採集一次，以了解其石頭表面上各區塊之流速與水蟲對藻類群集及動態變化的影響。

3. 石附生藻生產力營養限制實驗

本研究利用微溶氧電極來偵測石附生藻經光合作用後釋放到臨界層水體中極微量的溶氧變化。於一及四月之桃山西溪、觀魚台、高山溪、繁殖場及有勝溪等測站，分別採集瀨、潭兩區之石附生藻進行。實驗分為控制組及添加氮、磷、矽的三個實驗組，各三重複。利用 25 × 20 × 14 cm 的壓克力水缸，注入 5 L 的水，再以人工光源照射石附生藻，光度控制在 $750\sim 850 \mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 。微溶氧電極在實驗開始後五分鐘添加營養鹽前偵測一次，從附生藻表面開始垂直往上測量，每 50 μm 偵測一次，共偵測 1000 μm 之溶氧濃度剖面變化曲線。在添加營養鹽後的第 5 min 與第 15 min 各偵測一次，以得知石附生藻營養限制情形。

(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，以瞭解去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) 哺乳類

1. 森林內台灣長尾鮑微棲地利用的季節差異

將湧泉池樣區林 1、林 2 重新劃分為 A、B、C 區。每一樣區設置 8 x 8 方格樣區，每點放置一個 Sherman 鼠籠，籠距為 10 m，並在離每個鼠籠最近的樹上，離地 2 m 處綁直徑 6 cm、50 cm 長的塑膠水管一支，底部加蓋。鼠籠中放置適量冷凍麵包蟲與麥片並開籠，水管只放麵包蟲數隻。每日上午檢查陷阱，若有捕獲

動物則記錄物種與樣點編號等資料，並將捕捉到的尖鼠科(Soricidae)動物安樂死並製成標本，其餘物種原地釋放。每雙月份採樣3天。

2. 濱岸環境水鼩分布調查及共域使用濱岸環境之小型哺乳類調查

在共同樣站分別設置毛髮及排遺陷阱。每一樣區使用20個陷阱，每陷阱相距5-10m。陷阱為開口內徑3cm和6cm之鋁製半圓錐物，一端放置冷凍麵包蟲，水管內頂端放置雙面膠。如此可收集動物排遺，並可將毛髮黏於膠上另做分析。每一陷阱於放置後，每日上午巡視。糞便收集於小管中，以80%酒精保存。毛髮於收集後換新膠帶。每次調查均收集兩日資料。

(七) 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. 各測站石附生藻生物量，除繁殖場四月較二月上升3.5倍外，其餘樣點在四月皆較二月份低，其中又以有勝溪與一號壩下游下降最多。而六月、八月石附生藻類生物量以有勝溪為最高，八月各測站藻類生物量僅次於二月，十月藻類生物量受颱風洪水影響降至最低。十二月各測站藻類生物量則呈現上升。
2. 從2003年二月~2010年十二月瀨區石附生藻生物量變化，有勝溪的生物量高於其他各測站，尤其是每年從春季開始到夏季颱風前。但今年狀況與往年稍有不同，2009年十二月生物量達到最高峰後，於2010年二月、四月平均生物量因春雨下降後，但至八月又達高峰。
3. 與2009年二月比較，2010年一號壩上、下游皆明顯上升，而其餘測站有下降趨勢。而2010年四月、六月、十月及十二月與歷年生物量類似，八月生物量因未有颱風侵襲，與歷年資料相比明顯上升。
4. 綠藻多出現在一號壩上、下游兩樣點中，而有勝溪與繁殖場的矽藻相對量高於其他樣點。
5. 綠藻大多存在於流區與潭區，而矽藻在流區與瀨區最多。
6. 司界蘭溪二月生物量與去年二月比較，上游平均生物量明顯減少，但下游無差異。
7. 瀨與潭區石附生藻生物量分別在第26及28天累積到最高，但生長速率分別在第10及14天達最高峰。水棲昆蟲在瀨區以蚋科數量最多，潭區則以扁蜉科、四節蜉科與長鬚石蛾科為主。瀨區水棲昆蟲刮食者種類及數量皆比潭區高，出現刮食者的時間也比潭區早。
8. 石附生藻類生物量在乾、濕季期間，瀨、潭區的藻類生物量有差異。在28天拓殖過程中，藻類生物量在乾季有顯著棲地與時間的交互作用。乾季瀨區藻類生物量與流速為顯著正相關，潭區藻類生物量與刮食者水棲昆蟲有正相關。濕季瀨區藻類生物量與溫度有顯著負相關，而潭區藻類生物量與刮食者水棲昆蟲亦有正相關。
9. 有勝溪附生藻淨生產量最高，主要受附生藻生物量大而影響，而桃山西溪附生藻淨生產力最高。而整體來看附生藻淨生產力，呈現夏秋高於冬春。

10. 高山溪因濱岸鬱閉程度高，附生藻類無足夠光源，使附生藻全年皆無營養限制。有勝溪受農業污水影響，水體營養鹽含量過高，亦無營養限制。氮限制多發生在七家灣溪測站，顯示此處極易受沿岸果園肥料廢水影響而藻華，因此台灣櫻花鉤吻鮭數量最多的七家灣溪，應致力於避免農業肥料與人為污水的輸入惡化水質。
11. 高山溪在二號壩址與一號壩下之殘材壩，在雪霸國家公園管理處進行裁切作業後，其高度已有下降；然而，高山溪二號壩與下游河道依舊存在約2.5公尺的高低差，而高山溪一號壩下之殘材壩，高差也有3公尺多。
12. 七家灣溪一號壩上游多為平坦河床，坡降約為2.0%，而一號壩下游兩岸均為岩盤，坡降則為4%至5%，其棲地類型則以緩流與淺灘為主。
13. 各測站之物理棲地與底質類型調查結果，與過去調查成果無劇烈變化，可能與今年觀測區無強烈暴雨或颱風事件有關。
14. 司界蘭溪因為河道較寬廣，所以每逢大水過後流心變動甚鉅，河道與地貌變化相對較為劇烈。
15. 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。
16. 水棲昆蟲調查發現由2003年6目27科46物種(Taxa) 增加至2010年之6目37科64物種。去年沒採獲之鉸剪春蜓 *Sinogomphus formosanus* 於今年又有採獲記錄。
17. 毛翅目之長鬚石蛾 Stenopsychidae 數量增加，且前兩年沒有採獲之黑管石蛾 Uenoidae 於今年又有採獲，因此毛翅目這二物種可作為極端洪流的生物指標。
18. 2005年施行的農地回收政策後，觀魚台測站多樣性變高且棲地評地變優，且二號壩測站同樣顯示多樣性變高及棲地評地變優，顯現農地回收政策已具有成效。
19. 由連續8年數據(2003至2010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。
20. 水棲昆蟲快速生物評估法 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。
21. 多尺度空間排序分析(MDS)顯示桃山西溪(七家灣溪上游)、七家灣溪及高山

- 溪的水棲昆蟲群集結構變動具相同傾向，且於今年有勝溪測站與其他測站群集結構相近。
22. 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。
 23. 今年五季濱岸森林樣區的小型哺乳類調查，總計捕獲 943 隻次。其中優勢物種為森鼠、黑腹絨鼠、台灣長尾鮑。
 24. 濱岸森林樣區中台灣長尾鮑多在地表活動捕獲，但夏季在樹上水管捕獲 3 隻，顯示此區的長尾鮑可能對樹上的利用程度不高。
 25. 毛髮/排遺陷阱的試驗於八月和十月兩次採樣共計 57 次毛髮/排遺黏獲紀錄。以二號壩黏獲比例最高。但目前尚無水鮑的紀錄。
 26. 2010 年魚類共同樣站的定期調查結果顯示族群數量與歷年資料差異不大，但在高山溪樣站的族群數量略有增加的現象。
 27. 鮭魚族群數量在六月的普查結果顯示台灣櫻花鉤吻鮭族群數量共計有 3,377 尾，其中一齡小魚有 1,302 尾，二齡中型鮭魚有 1,517 尾，三齡大型成魚則有 558 尾。十月份普查結果共計有 4,149 尾，為歷年調查的第四高，其中一齡小魚有 1,443 尾，二齡中型鮭魚有 1,922 尾，三齡大型成魚則有 784 尾。
 28. 在鮭魚族群結構上，今年六月與十月皆屬於中胖型的族群結構，皆以中型鮭魚最多，小型鮭魚次之，大型鮭魚較少，顯示今年武陵地區台灣櫻花鉤吻鮭族群更新狀況良好。
 29. 本年度迄今收集水生昆蟲資料 927 筆、陸生昆蟲資料 3133 筆、水質資料 35 筆(增加大腸桿菌測項)、藻類資料 484 筆，植物資料 4947 筆，魚類資料 114 筆，累計收集鳥類、魚類、兩棲類、昆蟲及植物調查資料共 69583 筆(涵蓋 15 綱 100 目 403 科 816 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 2117 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。
 30. 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. 石附生藻類營養限制研究結果顯示七家灣溪石附生藻一般為氮限制，應致力於避免農業肥料與人為污水的輸入，導致藻華，水質惡化。
2. 石附生藻類營養限制研究結果，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，應亟思謀求改善對策。
3. 高山溪四號與三號壩間殘材壩、深潭與其週遭岩盤地形仍形成鮭魚洄游明顯障礙，建議進行逐步拆除殘材壩體。
4. 高山溪二號壩之殘材壩與匯流口上游約 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，對於迴游性的鮭魚是否有影響，應持續監測。
5. 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。若能適度管控遊客人數或收集處理遊客之生活污水，應可顯著降低七家灣溪水體，尤其是中游之營養鹽濃度。
6. 水棲昆蟲觀測結果顯示一號壩上游及一號壩下游兩測站，其棲地評比為中度損害程度，Shannon- Wiener's index 值亦較觀魚台測站為低。此結果是受山溝水影響或與防砂壩有關，必須長期監測及注意，才能釐清彼此因果關係。
7. 氣象資料中雨量可做為流量指標，也可做為模擬流量之重要參數，進而了解生態反應和流量之關係。目前研究地區附近之氣象站都有明確之獲取管道，然而武陵農場托管之氣象站雖為中央氣象局所有，但需要中央氣象局同意資料謄抄之公文，建議雪霸國家公園能予以協助。
8. 今年調查殘材壩對高山溪櫻花鉤吻鮭的影響及評估，發現二號破壩堆積之殘材壩與其上游大型倒木已有做切割分段之處理。為了不致於形成高落差殘材壩而影響鮭魚洄游路徑，建議仍須針對這些殘材後續情況進行監測，以瞭解大型倒木之殘材在經處理後能否被大水帶往下游。
9. 為因應資料長期保存及國際資料交換的需求，建議調查資料應皆以國際通用的 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. 維持濱岸植被高覆蓋度 $>70\%$ 可以將石附生藻原本受營養限制情形轉化為光限制，不至於因為沿岸農業廢水輸入而藻華，污染水質。
2. 設立自動水質監測站與流量站，定期蒐集水質與水文資料，以監測七家灣溪水質與水文變化，供管理即時反應及決策參考。
3. 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. We developed a collaborative project to continually monitor and model the changes in water temperature, discharge, physical habitats, water quality, periphyton, riparian plants, aquatic insects, fish and small mammals following the previous monitoring framework of WLTERM. We focused on monitoring changes before the 1st dam removal of the Cijiawan Stream and effects of the point source pollution derived from agriculture and the recovered 8.1 ha of agricultural zone in 2005 along the stream. 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 land use, climate change and anthropogenic disturbance;
7. To analyze the relationships between riparian plant cover and water temperature;
8. To update the WLTERM scientific database.

【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、林資沁、葉峻銘、黃秋平、呂易哲、戴孝勳、林良瑾

國立中興大學生命科學系

摘要

關鍵詞：環境監測、微棲地、微溶氧電極、農業、生產力、營養限制

一、研究緣起

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，以瞭解武陵溪流的長期生態現象與過程。本計畫以武陵地區溪流與司界蘭溪為研究地點，依循於 2005 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，持續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、藻類、沿岸植被、水生昆蟲、魚類與小型哺乳動物等時空動態變化資料，尤其是監測七家灣溪一號防砂壩改善前、武陵農場山溝水點源污染源以及 2005 年 8.1 公頃農地回收後的生態環境變化。石附生藻類為溪流主要初級生產者，經由食物網將能量傳遞給台灣櫻花鉤吻鮭。以石附生藻類拓殖過程，探討乾、濕季於瀨、潭區石附生藻類受水棲昆蟲與流速影響之動態變化。同時，營養鹽為石附生藻類主要影響因素，亦為農業活動污染源，因此本實驗利用微溶氧電極，量測武陵溪流石附生藻類生產力，並探討受營養限制情形。

二、研究方法及過程

今年本研究共有十個測站，其中七家灣溪設有六個測站，司界蘭溪兩個測站，高山溪與有勝溪各一個測站，已進行二月、四月、六月、八月、十月及十二月共六次採集。司界蘭溪上游與下游兩測站於乾季(二月)進行監測。監測項

目為各溪段不同微棲地之石附生藻類生物量與藻類相。另外，於乾、濕兩季每兩天一次，於七家灣溪下游繁殖場的瀨及潭區，進行流速、水棲昆蟲與石附生藻生物量發展連續觀測。石附生藻生產力與營養限制實驗則每季一次於桃山西溪、觀魚台、高山溪、繁殖場與有勝溪的瀨、潭兩區進行實驗。於室內以人工光源培養石附生藻，利用微溶氧電極偵測石附生藻類氧氣產生量，再分別添加氮、磷及矽營養鹽，觀察其生產力是否因此顯著上升。

三、重要發現

各測站石附生藻類生物量葉綠素 *a* 濃度，除繁殖場四月較二月上升 3.5 倍外，其餘測站在四月皆較二月份來的低，其中又以有勝溪與一號壩下游減少最多，而六月、八月石附生藻類生物量以有勝溪為最高，八月各測站藻類生物量僅次於二月，十月藻類生物量受颱風洪水影響降至最低。十二月各測站藻類生物量開始提升，以一號壩下游藻類生物量最高。綠藻大多存在於流與潭區，而矽藻在流與瀨區最多。從 2003 年二月~2010 年十二月瀨區石附生藻生物量變化，以有勝溪的生物量高於其他各測站，尤其是每年從春季開始到夏季颱風前。但今年狀況與往年稍有不同，2009 年十二月生物量達到最高峰後，至 2010 年二月及四月下降，但至八月又達高峰。與 2009 年二月比較，2010 年一號壩上、下游皆明顯上升，而其餘測站則下降。2010 年八月各測站與歷年八月相比平均生物量皆有明顯上升，而 2010 年四月、六月、十月和十二月與歷年生物量類似。綠藻多出現在一號壩上、下游兩測站中，而有勝溪與繁殖場的矽藻相對量高於其他測站。司界蘭溪今年二月與去年二月比較，上游生物量明顯減少，但下游無差異。

乾季瀨與潭區石附生藻類的拓殖在前 12 天生物量漸增，分別在第 26 及 28 天達到最高峰。乾季藻類生長速率於瀨與潭區在第 10 及 14 天達最高，各為 0.71 及 $0.60 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ 。濕季瀨與潭區石附生藻類生物量發展比乾季晚兩天，且分別在第 26 與 22 天達最高，分別為 40.96 及 9.85 mg m^{-2} 。

乾季水棲昆蟲在瀨區以蚋科(Simuliidae)數量最多，潭區則以扁蜉科

(Heptageniidae)、四節蜉科(Baetidae)與長鬚石蛾科(Stenopsychidae)為主。濕季瀨區水棲昆蟲以四節蜉科的數量佔最多，次為蚋科，潭區則四節蜉科的數量佔最多，次為搖蚊科(Chironomidae)。乾季與濕季瀨區刮食者種類及數量皆比潭區高，同時乾季潭區刮食者出現的時間也比瀨區晚，而濕季瀨區與潭區種類及數量皆以刮食者為優勢。

石附生藻類生物量在乾、濕季之瀨、潭區的藻類生物量有差異，而瀨、潭區與石頭表面前、中、後位置間藻類生物量亦有差異。在 28 天拓殖過程中，藻類生物量在乾季時棲地與時間的交互作用顯著。乾季瀨區藻類生物量與流速為顯著正相關，潭區藻類生物量與刮食者水棲昆蟲有顯著正相關。濕季瀨區藻類生物量與溫度有顯著負相關，而潭區藻類生物量與刮食者水棲昆蟲亦有正相關。

有勝溪石附生藻淨生產量最高，達 $2.14 \mu\text{mol} [\text{O}_2] \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ，受石附生藻生物量影響。桃山西溪石附生藻淨生產力最高，達 $0.17 \mu\text{mol} [\text{O}_2] \text{mg}[\text{Chl a}]^{-1} \text{s}^{-1}$ 。整體而言，石附生藻淨生產力，呈現夏秋高於冬春。高山溪因濱岸鬱閉程度高，石附生藻無足夠光源，使石附生藻全年皆無營養限制。有勝溪受農業污水影響，水體營養鹽含量過高，亦無營養限制。氮限制多發生在七家灣溪測站，顯示此處極易受沿岸果園肥料廢水影響而藻華，因此台灣櫻花鉤吻鮭數量最多的七家灣溪，應致力於避免農業肥料與人為污水的輸入惡化水質。

四、主要建議事項

(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. 石附生藻類營養限制研究結果顯示七家灣溪石附生藻一般為氮限制，應致力於避免農業肥料與人為污水的輸入，導致藻華，水質惡化。
2. 石附生藻類營養限制研究結果，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，應亟思謀求改善對策。

(二) 長期性建議

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. 維持或復育濱岸植被高覆蓋度 $>70\%$ ，可以轉化石附生藻成為光限制情形，不易直接受沿岸農業廢水輸入影響而藻華，污染水質。

ABSTRACT

The Formosan landlocked salmon (*Oncorhynchus masou formosanus*) is an endangered endemic species, which is distributed only in the basin of Cijiawan Stream of Central Taiwan. The basin has been assigned as a wildlife protection area and national wetlands. Periphyton is the most important primary producers in the streams. In order to establish the background information, we monitored periphyton communities before removal of the first dam of the Cijiawan Stream. Moreover, we conducted periphyton development experiments and nutrient limitation experiments to better understand the controlling factors of periphyton biomass in the streams.

In total, there were 10 study sites. Two of them were located in the Cijaclan Stream and the periphyton was annually monitored only in February. Periphyton at other sites were monitored every two months, including Taoshan West Stream, the second dam, Fish observation desk, the upstream of the first dam, the downstream of the first dam, Breeding center, Gaoshan Stream and Yousheng Stream. Periphyton biomass and community structure were also monitored in different habitats at each site.

During the study period, periphyton biomass in terms of chlorophyll *a* concentration was greater in February. This can be attributable to the little rainfall in winter. Green algae generally occurred in run and pool, but diatoms were dominant in run and riffle. Among the study sites, periphyton biomass in the Yousheng Stream remained the greatest, followed by the downstream of the first dam, but was least in the upstream of the Cijaclan Stream. The peak of periphyton biomass occurred in December 2009, declined later and then reached a peak in August. Periphyton biomass at the Fish observation desk was not as great as last year.

The results of periphyton development experiments show that periphyton biomass increased gradually in the first 12 days and reached the peaks after 26 and 28 days in riffle and pool, respectively. Periphyton growth rates reached highest after 10 and 14 days in riffle ($0.71 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) and pool ($0.60 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$). Simuliidae was the most dominant aquatic insects in riffle. However, Heptageniidae, Baetidae, and Stenopsychidae dominated in pool. Grazers were more abundant and diverse in riffle than in pool. The occurrence time was also earlier in riffle than in pool.

In nutrient limitation experiments, there have three treatments, including addition of nitrogen (N), phosphorus (P) and silicate (Si) and one control without nutrient enrichment. We applied artificial light indoor to induce periphyton photosynthesis. Then we used an oxygen microelectrode to determine the profile of diffusion boundary layer of periphyton to calculate O_2 production rate. During the study period, the highest production rate was observed at Yousheng Stream, corresponding to the high periphyton biomass. The highest periphyton productivity was observed at Taoshan West Stream. Our results show that periphyton in the stream was generally N-limited rather than P-limited. Periphyton collected from Yousheng Stream was not limited by N nor P because of agricultural wastewater. Periphyton collected from Gaoshan Stream was not limited by N nor P because the plant coverage was > 70%.

This project comes to immediate strategies:

1. Nutrient limitation experiments show that periphyton in Cijiawan Stream was generally N-limited rather than P-limited. The first priority for stream management in the Wuling area is to prevent anthropogenic N inputs.
2. Monitoring of periphyton biomass showed that enriched sewage derived

from agricultural activities continuously enters the Cijiawan Stream from Fish observation deck. 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.

This project comes to long-term strategies:

1. Our results of nutrient limitation experiments suggest that periphyton would not be limited by nutrients when plant coverage is >70%, which indicates that recovery of high coverage of riparian plants would be helpful to prevent algal blooms in the stream.

【Keywords】 Ecological monitoring, Habitat type, Oxygen microelectrodes, Agriculture, Productivity, Nutrient limitation

一、前言

雪霸國家公園位於台灣中北部，自然資源豐富，生物多樣性高。在 1937 年日據時代即有將此區及太魯閣地區合併納入「次高太魯閣國家公園」之芻議。內政部自 1987 年開始進行本區自然資源之調查、分析與研究後，認為本區具備成立國家公園之價值與必要，乃由行政院核定「雪霸國家公園範圍」，研擬「雪霸國家公園計畫」，於 1992 年七月成立雪霸國家公園管理處。雪霸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 76,850 公頃，涵括新竹縣五峰鄉和尖石鄉、苗栗縣泰安鄉、台中縣和平鄉，屬於亞熱帶高山型國家公園(圖 1-1)。雪霸國家公園的自然資源中，最具有特色的是發現於大甲溪上游武陵地區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(汪靜明，1994)。在 50 年前整個大甲河流域上游支流均可見到鮭魚的蹤影，但如今魚群數量大幅減少，自然分布範圍只侷限於武陵地區七家灣溪、高山溪與桃山北溪(林幸助等，2008)。由於具有重要的學術價值，因此政府於 1984 年七月依「文化資產保存法」，指定並公告台灣櫻花鉤吻鮭為珍貴稀有動物，又稱為「國寶魚」。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，2007 年 10 月營建署又列為國家級濕地。2008 年 1 月國科會生物多樣性行動方案推動小組將武陵溪流建議為生態熱點，為長期生態研究重點區域。

武陵地區在雪霸國家公園成立前由農委會所主導之研究，主要著重在台灣櫻花鉤吻鮭及棲地描述(如 Wang 1989; Tsao 1995; 曾晴賢及楊正雄 2001a、b)及與鮭魚食性有關的水生昆蟲等(林曜松等，1987)。國家公園成立後才開始擴大到溪流其他相關生物自然資源之研究與調查，與台灣櫻花鉤吻鮭有關之研究計畫林林總總迄今已超過上百項之多(雪霸國家公園，2000)。然而在此之前，量化資料非常少，且資料一直缺乏整合(林幸助，2002)，而且濱岸棲地的生物，包括植被、陸棲昆蟲、兩生類、爬蟲類、哺乳類與鳥類均一直缺乏研究，或僅是非量化性質的附帶性研究對象(袁孝維，1995; 呂光洋，2002)。在溪流生態系中，這些生物可能都與台灣櫻花鉤吻鮭有直接或間接的能量傳遞關係。對於

這些生物的瞭解，不但有生物學上的意義，也能對七家灣溪生態系的運作，有更進一步的認識。武陵長期生態監測研究與模式建構(WLTERM)已針對這類附屬生物作初步量化工作(林幸助等，2008)，並發現其食物網中之基礎生產者石附生藻類及溪流主要消費者水棲昆蟲可作為反應該溪流環境的良好指標。

生態系統中的擾動是指在任何時間的不連續事件，擾亂生態、族群與群集結構，或改變資源、基質利用性或物理環境(Pickett and White 1985)。擾動分為物理及化學擾動兩部分，物理性擾動有水文急劇變動或刮食者帶來的攪動，而化學擾動大多是農業活動所造成。溪流底棲藻類為武陵溪流最主要基礎生產者，其群集會受到擾動改變結構與功能(Peterson 1996)。草食性動物會影響藻類生物量(Lamberti et al. 1989)；而 Bergey (2005)認為藻類生物量與附著的基質有關，粗糙基質對藻類生物量有正向影響。在溪段空間尺度下，Biggs (1996)認為水流、底質、營養物質交換為影響藻種組成及生物量的主要變因，其中水流為最直接的影響因子。Stevenson (1996)也認為水流是影響底棲藻類群聚變異最重要的因子。對溪流中的生物來說，水流為持續不斷的擾動來源，但是水流對藻類生物量的累積並非總是負面的，因為水流也會增加細胞間營養物質的傳輸，刺激新陳代謝，進而使得生物量累積更快，因此有所謂之最適流速(optimum current velocity)(Raven 1992；Biggs and Stokseth 1996)。

水體營養鹽濃度的增加主要是經由其他高營養鹽水體的輸入(Dodds et al. 2002)及沉積物的釋放(Carlton and Wetzel 1988)。大量的營養鹽輸入可能導致水質優養化，造成藻類藻華，惡化水質。但若水體中缺乏藻類生長所需營養鹽時，即會產生營養限制情形(Dodds et al. 2002)，因而限制藻類的生長及生產量。Ludwig et al. (2008)指出藻類可能不僅受到單一營養限制，可能會有兩種營養鹽共限制的情形。近年來研究溪流石附生藻類營養限制的方法有很多種，Pringle et al. (1986)與 Luttenton and Lowe (2006)利用營養釋放基質，持續釋放營養鹽到水體中進行營養限制實驗。Ludwig et al. (2008)以裝有不同營養鹽溶液的水罐，瓶口覆上玻璃纖維濾紙，置於溪流中，使石附生藻生長在濾紙上，

觀察石附生藻是否受到營養鹽的刺激而增加生物量。溫珮珍 (2005)曾以微觀生態箱(microcosm)密閉培養石附生藻，藉添加不同的營養鹽，觀察石附生藻生產力的變化。

新近發展的微溶氧電極(microelectrode)為尖端直徑只有 100 μm 的微電極，可偵測到微量的溶氧變化($1 \mu\text{mol L}^{-1}$)，並提供一個直接且快速的方法測量石附生藻類的生產力變化。Jørgensen and Revsbech (1985)首先利用微溶氧電極偵測沉積物擴散邊界層中溶氧濃度的梯度變化，計算氧氣的產生速率。Larkum et al. (2003)也以微溶氧電極進行珊瑚礁表面石附生藻光合作用的研究。Nakano et al. (2006)使用微溶氧電極得知溪流石頭上生物膜內部流速及溶氧的變化。

今年本計畫研究重點如下：

1. 持續監測七家灣溪、高山溪與有勝溪等測站之石附生藻生物量變化。
2. 七家灣溪內各測站之微棲地石附生藻類群集結構。
3. 探討石附生藻生物量發展與流速和水棲昆蟲種類、數量之關係。
4. 探討七家灣溪、桃山西溪、高山溪與有勝溪的石附生藻生產力是否受到營養限制之影響。

二、材料與方法

(一) 採集時間與測站

今年本研究共有十個測站(圖 1-2)，在二月、四月、六月、八月、十月及十二月共進行六次採集。#10 司界蘭溪上游、#11 下游兩測站僅於二月進行監測。司界蘭溪於七家灣溪下游匯入大甲溪，曾為櫻花鉤吻鮭魚苗放流地點。測站位於環山部落，上游處為一開闊測站，附近無農業干擾，今年上游河道變寬，原本的採測站因棲地改變，因此改往下游 50 公尺處設為本測站；司界蘭溪下游兩岸為農業耕作區，河道因中間沙丘一分為二，左側河道為流速極高的區域，為考量人員安全僅採集河道右側的瀨區。

七家灣溪共設有 6 個測站，由上游至下游分別為#2 桃山西溪、#3 二號壩、#4 觀魚台、#12 一號壩上游、#13 一號壩下游、#5 繁殖場，其中二號壩為今年新增測站。其測站特性分述如下：

#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。

#3 二號壩： 已受損二號壩體下游約 100 m 處，具有深潭與急流。

#4 觀魚台： 原測站名為一號壩，但實際上一號壩位於觀魚台下游約 200 m 處，故將此測站改為觀魚台，有清楚的瀨、流、潭區，為一開闊測站。

#12 一號壩上游：為一個開闊地形，河道位於右岸，右側有些許植被覆蓋，瀨、潭區明顯，流區位於潭的下游。

#13 一號壩下游：兩岸為陡峭的岩壁，相較於一號壩上游，此測站較為鬱閉，有明顯的瀨與潭區，流區較不明顯。

#5 繁殖場： 為一開闊地形，河道寬度是調查測站中最寬的地區，瀨、流區明顯可見，潭區較不明顯，受礫石覆蓋。

另外兩個測站屬於七家灣溪支流，分別為#8 高山溪與#9 有勝溪。高山溪為鬱閉的測站，此測站僅有瀨區，流速較快。相對於高山溪，有勝溪則為流速

較慢的瀨區，且為人為干擾最頻繁的區域。歷年監測資料顯示，有勝溪有較高的營養鹽濃度，藻類相亦與上述測站有明顯的差異。

(二) 石附生藻生物量監測

在七家灣河流域各測站大多可找到瀨、流與潭區，故於不同微棲地中，根據樣區石頭大小，隨機撿取與樣區粒徑類似的石頭，每個微棲地有三重複。在司界蘭溪上及下游、高山溪及有勝溪，因僅有瀨區，故於每個測站在上、下游各隨機採集三個石頭。在瀨區多為大石頭分布，故採樣時僅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 面積的藻樣並記錄採集面積與石頭長徑，以溪水將藻樣收集至採集瓶中，馬上放入低溫且遮光的保冷袋中，並將採集的藻液體積定量至採集瓶上整數的刻度。在實驗室中將藻液以均質機均質後，吸取 10 ml 藻液以 ADVANTEC GF-75 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（當葉綠素 a 濃度過低時）進行葉綠素 a、b 與 c 濃度測定，其測定波長為 630、647、664、750 nm。將此濃度除以刮取的藻樣面積，即為石附生藻單位面積生物量。公式如下：

$$[\text{Chl } a] = 11.85 \times E_{664} - 1.54 \times E_{647} - 0.08 \times E_{630}$$

$$[\text{Chl } b] = -5.43 \times E_{664} + 21.03 \times E_{647} - 2.66 \times E_{630}$$

$$[\text{Chl } c_1+c_2] = -1.67 \times E_{664} - 7.6 \times E_{647} + 24.53 \times E_{630}$$

$$[\text{Chl } a] = \text{葉綠素 } a \text{ 濃度, 單位為 } \mu\text{g ml}^{-1}$$

$$E_{664} = \text{波長 } 664 \text{ nm 吸光值} - \text{波長 } 750 \text{ nm 吸光值}$$

$$E_{647} = \text{波長 } 647 \text{ nm 吸光值} - \text{波長 } 750 \text{ nm 吸光值}$$

$$E_{630} = \text{波長 } 630 \text{ nm 吸光值} - \text{波長 } 750 \text{ nm 吸光值}$$

(Parsons et al. 1984)

(三) 流速、水棲昆蟲與石附生藻生物量關係

在乾季(2010/1/12~2010/2/9)與濕季(2010/6/29~2010/7/27)於武陵地區七家灣溪下游#5 繁殖場(瀨及潭區)進行實驗。將 168 顆直徑為 15-20 cm 的石頭，預先處理刷洗以除去石頭上原本存在的藻類，再以塑鋼土將之固定在木板(150 cm × 15 cm × 3 cm)上。石頭之間距離與木板之間距離皆為 10 cm，分別放置在瀨及潭區(圖 1-3)，以流速計(FlowTracker Handheld ADV, SonTek/YSI, USA)測量石頭表面(前、後、中)各方向的水流速度，以了解其石頭表面各區塊之流速對藻類群集及動態變化的影響。

每隔兩天採集一次，在瀨區及潭區取出設在木板上的石頭三顆 ($n = 3$)，以牙刷分別於石頭表面的前、後及中心三區塊，各刮取 16 cm² 面積的石附生藻樣，之後將藻液定量保存在採集瓶中，同「石附生藻生物量監測」步驟，經由 90% 丙酮萃取葉綠素 *a*，再以螢光光度計測定，求得石附生藻生物量。剩餘藻液以 10% 福馬林固定保存，做為藻種鑑定之樣本。另外，利用計算生長速率方式進一步了解石附生藻類生物量變化。生物量變化參照 Guillard (1973) 與 Morin et al. (2008) 的方法，其公式如下：

$$k = \frac{\ln(x_2) - \ln(x_1)}{d_2 - d_1} \quad \begin{array}{l} x_1: \text{cell number at day } d_1 \text{ (cell cm}^{-2}\text{)} \\ x_2: \text{cell number at day } d_2 \text{ (cell cm}^{-2}\text{)} \end{array}$$

實驗同時測定各微棲地環境因子，包含：水溫、溶氧、pH、導電度、流速、濁度、覆蓋度、與營養鹽濃度。以水質儀(600XLM, YSI, USA)測量水溫、pH、水體導電度及溶氧濃度；以流速計測量石頭所在位置的流速及水深；以不透光褐色瓶採集溪水後，以濁度計(2020e TURBIDIMETER, LaMotte, USA)測量水體濁度；覆蓋度利用覆蓋度計置於胸前，面對上、下游及左岸、右岸進行覆蓋度測量；水體營養鹽則以不透光褐色瓶採溪水後，保存於-20°C 冰箱中，待回實驗室再進行分析。另外，每次從瀨及潭區各採集三顆石頭於刮取藻樣前，先以

昆蟲夾及過濾網(63 μm)採集石頭上的水棲昆蟲，並以 70 %酒精固定保存在採集瓶中，攜回實驗室後進行分類並計算數量與生物量。

以 Two-way Repeated Measures ANOVA 加入時間因子的考量，檢驗季節與棲地，以及棲地與石頭表面位置對於石附生藻類生物量發展是否有交互作用。以 Two-way Nested ANOVA 探討乾、濕季的瀨與潭區各石頭表面上位置之流速是否有差異，以及 Spearman's rank correlation 分析各石頭表面上位置的藻類生物量與流速相關性。以上統計分析皆使用 SAS (Version 9.1)軟體。研究架構之模式以徑路分析(Path Diagram Analysis)說明各變相之間可能的因果關係，統計分析使用 SPSS 17 軟體。

(四) 石附生藻生產力與營養限制

於 2010 年一(冬天)、四(春天)、七(夏天)及十一月(秋天)在武陵七家灣溪流域進行實驗。採樣地點分別位於桃山西溪、觀魚台、高山溪、繁殖場及有勝溪的瀨區。一月另外進行潭區的採樣。調查分析分為棲地環境因子測量及營養鹽添加實驗兩部分。

所測量環境因子包含流速、水質、濁度、覆蓋度及水體營養鹽濃度。測量方法同「流速、水棲昆蟲與石附生藻生物量關係」之步驟。

在微棲地內採集 12 顆具有石附生藻的平滑石頭及 70 L 溪水，石頭放在加入溪水的夾鏈袋中，保持石附生藻濕潤，並隨即返回室內，將含石附生藻的石頭放置在裝有溪水的水箱中，遮光等待進行營養鹽添加實驗。實驗分為控制組及分別添加氮、磷及矽營養鹽的三個實驗組，各三重複。實驗利用 25 cm \times 20 cm \times 14 cm 的壓克力水缸，注入 5 L 的溪水，再將具石附生藻的石頭置於水缸中，並測量水溫。為避免石附生藻突然照射光源，而出現氧氣產生速率不穩定的光合作用震盪情形發生(Kühn and Raven 2008)，先將有石附生藻的石頭照光 10 分鐘後再移入進行實驗的水缸中。

以複金屬燈(1500W, VENTURE)照射石附生藻，激發其光合作用(圖 1-4)。

於實驗前、後分別利用光量子感測器(LI-190SA, LI-COR, USA)測量石附生藻放置位置的光度，以光度資料蒐集器(LI-1400, LI-COR, USA)接收光度資料，將石附生藻所受光度控制在 $750\sim 850 \mu\text{mol photons m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 。石附生藻氧氣產生速率利用微溶氧電極來偵測。微溶氧電極(Microelectrode, OX-100, UNISENSE, DENMARK)使用鉑製成的金屬絲外層包覆玻璃管的探針來偵測微弱的溶氧變化 ($\mu\text{mol L}^{-1}$)，微電極尖端直徑約為 $90\sim 110 \mu\text{m}$ ，由電腦控制馬達驅動機械手臂(MM9, UNISENSE, DENMARK)來移動電極。實驗開始時，將微溶氧電極尖端手動調整到石附生藻表面(圖 1-5)，使其偵測到石附生藻所產生的溶氧。以微溶氧電極偵測石附生藻的擴散邊界層(diffusion boundary layer, DBL)溶氧濃度變化，自石附生藻表面開始垂直往上測量，間距為 $50 \mu\text{m}$ ，偵測 20 個位置，共偵測 $1000 \mu\text{m}$ 。偵測完後隨即添加營養鹽，同時使用壓克力板擾動水層使水體中營養鹽混合均勻，待水體穩定後在添加營養鹽後的 5 分鐘與 15 分鐘測量一次石附生藻的擴散邊界層溶氧濃度變化。

在營養鹽添加濃度方面，控制組不添加任何營養鹽。為檢視各測站營養限制情形，所添加的營養鹽濃度均為各測站實際水體營養鹽濃度的 5 倍，各實驗組水缸添加的營養鹽目標濃度為氮($106.54 \mu\text{M}$)、磷($0.34 \mu\text{M}$)、矽($458.83 \mu\text{M}$)；有勝溪測站因上游農業區影響，水體營養鹽含量高於其他測站許多，所以添加目標營養鹽濃度則比其他測站高，為氮($287.0 \mu\text{M}$)、磷($0.59 \mu\text{M}$)、矽($541.0 \mu\text{M}$)。

石附生藻氧氣產生速率則根據 Jørgensen and Revsbech (1985)的方法，偵測石附生藻的擴散邊界層(DBL)中氧氣濃度的梯度變化(圖 1-6)，並以下列公式計算出石附生藻的氧氣產生量：

$$J = D \times \frac{\Delta[\text{O}_2]}{Z_5}$$

其中 J 為氧氣產生速率 ($\mu\text{mol} [\text{O}_2] \text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$)； D 為水體中氧氣擴散常數； $\Delta[\text{O}_2]$

為擴散邊界層中底層至表面氧氣濃度的變化量($\mu\text{mol L}^{-1}$); Z_0 為擴散邊界層厚度 (μm)。

將進行完營養鹽添加實驗的石頭，利用牙刷刮取定面積的石附生藻後，以溪水沖洗刮下的石附生藻並稀釋成藻液，將藻液保存在白色 PE 瓶中並定量。其方法參照石附生藻生物量監測。

營養鹽添加前後石附生藻類生產力變化以 *t*-test 進行分析；各測站間石附生藻類淨生產量與淨生產力差異利用簡單線性模型(General Linear Model, GLM) 及 Duncan's range test 進行事後檢定分析。

三、結果

(一) 石附生藻生物量時空變化

本研究迄今共採集六次，分別是 2/10~11、4/9~10、6/6~7、8/5~6、10/1~2 及 12/2，各測站間石附生藻生物量以葉綠素 *a* 濃度為指標。二月平均生物量為 3.37~ 82.65 mg m⁻²，其中有勝溪最高，一號壩下游次之；司界蘭溪上游的平均生物量最低，為 3.37 mg m⁻²，高山溪次之，為 6.17 mg m⁻²(圖 1-7a)。四月平均生物量為 5.07~38.21 mg m⁻²，其中以繁殖場與有勝溪最高，二號壩次之；高山溪最低 (圖 1-8a)。整體而言，除繁殖場四月平均生物量較二月上升 3.5 倍外，其餘測站在四月平均生物量皆較二月來的低，其中又以有勝溪與一號壩下游下降最多。六月平均生物量為 3.47~92.08 mg m⁻²，其中以有勝溪最高，繁殖場、一號壩下游次之，高山溪最低 (圖 1-9a)；八月平均生物量為 7.18~175.72 mg m⁻²，以有勝溪最高，一號壩上游與繁殖場次之 (圖 1-10a)；十月平均生物量為 0.11~0.74 mg m⁻²，各測站平均生物量皆顯著下降(圖 1-11a)；十二月平均生物量為 6.11~121.22 mg m⁻²，以一號壩下游最高，二號壩次之(圖 1-12a)。整體而言，今年各月份平均生物量以有勝溪最高，其次為一號壩下游，最低的為高山溪。

司界蘭溪於今年僅調查一次，二月平均生物量(上游為 3.37 mg m⁻²；下游為 28.91 mg m⁻²) 與去年二月比較(上游為 13.93 mg m⁻²；下游為 28.96 mg m⁻²)，上游平均生物量明顯減少，但下游則無明顯差異。

在二月的葉綠素 *b* 平均值以一號壩上游最高，一號壩下游次之，分別為 4.08 mg m⁻² 與 2.56 mg m⁻² (圖 1-7b)；四月以一號壩上與下游最高(2.09 mg m⁻² 與 3.40 mg m⁻²，圖 1-8b)，顯示綠藻多出現在這兩測站中。六月葉綠素 *b* 平均值以有勝溪最高(17.25 mg m⁻²)，一號壩下游次之(3.30 mg m⁻²) (圖 1-9b)；葉綠素 *b* 平均值在八月以有勝溪最高(9.01 mg m⁻²)，一號壩上游次之(3.80 mg m⁻²) (圖 1-10b)；十月葉綠素 *b* 平均值明顯較其他月份下降，以一號壩下游與

繁殖場最高(0.04 mg m^{-2}) (圖 1-11b)；十二月葉綠素 *b* 平均值，以一號壩下游最高(32.90 mg m^{-2})，一號壩上游次之(8.81 mg m^{-2}) (圖 1-12b)。葉綠素 *c* 平均值在二月以有勝溪最高，為 12.36 mg m^{-2} (圖 1-7c)；四月則以繁殖場最高，有勝溪次之，分別為 5.33 與 3.85 mg m^{-2} (圖 1-8c)。六月葉綠素 *c* 平均值以有勝溪最高(8.57 mg m^{-2})，一號壩下游次之(2.16 mg m^{-2}) (圖 1-9c)；八月葉綠素 *c* 平均值同樣在有勝溪最高(16.56 mg m^{-2})，繁殖場次之(4.99 mg m^{-2}) (圖 1-10c)；十月葉綠素 *c* 平均值明顯下降，以觀魚台與繁殖場最高(0.08 mg m^{-2}) (圖 1-11c)；十二月葉綠素 *c* 平均值則以二號壩最高(15.99 mg m^{-2}) (圖 1-12c)。由今年資料顯示，矽藻生物量在有勝溪與繁殖場相對較其他測站多。

(二) 石附生藻微棲地變化

如圖 1-13 所示，二月時，除了一號壩下游外，各溪段石附生藻生物量多來自流區與潭區所貢獻；四月時，除了二號壩與一號壩下游的瀨區具有較高的生物量外，其餘測站的生物量仍為流區與潭區所貢獻。六月時，由於二號壩潭區水深過深且無適當石頭可採集，故二號壩潭區無生物量資料。一號壩上與下游的石附生藻生物量多來自瀨區與潭區所貢獻，其餘測站的石附生藻生物量以流區與潭區所貢獻；八月時，一號壩上游的葉綠素 *a* 生物量無論在瀨區、流區與潭區其貢獻度相當，繁殖場的葉綠素 *a* 主要來自流區的貢獻，平均生物量為 121.24 mg m^{-2} 。十月時，繁殖場與觀魚台具有較高的石附生藻生物量，各來自於潭區與瀨區所貢獻。十二月時，各測站以流與潭區貢獻最多，而一號壩下游則以瀨區葉綠素 *a* 生物量貢獻最多。

葉綠素 *b* 含量的多寡，顯示此測站綠藻含量的高低，從圖 1-13 可顯示出綠藻多存在於流區與潭區。在四月採集中，一號壩下游瀨區綠藻含量稍多於流區與潭區。六月時，除了桃山西溪與一號壩下游，各測站葉綠素 *b* 的含量多在潭區；八月在桃山西溪與繁殖場兩測站最高的葉綠素 *b* 含量，皆來自流區所貢獻；十月各測站的葉綠素 *b* 含量皆偏低；十二月時，在二號壩與觀魚台，潭區葉綠素 *b* 貢獻最多。而葉綠素 *c* 為矽藻主要的色素組成，從圖 1-13 中得知二

月至六月間各測站間流區與瀨區多為矽藻組成，其中又以一號壩下游瀨區最為明顯，佔了 50% 以上。八月各測站潭區葉綠素 c 含量皆最低，而十月各測站間主要以流區與潭區為主，在二號壩、繁殖場與一號壩上游測站潭區葉綠素 c 含量明顯高於瀨與流區。十二月在各測站間主要以流與潭區為主，二號壩測站葉綠素 c 含量多為潭區貢獻。

(三) 歷年瀨區石附生藻生物量變化

各樣站於 2006 年六月~2010 年十月瀨區生物量變化，整體而言以有勝溪的平均生物量最高，高峰多出現在六、七月。較特別的是在 2009 年十二月，有勝溪平均生物量達到歷年來最高峰，至 2010 年二月、四月下降後，六月開始上升至八月達高峰。與 2009 年二月相比，2010 年一號壩上與下游皆明顯上升，其餘測站則有下降趨勢，而司界蘭溪下游生物量則保持穩定。在 2010 年四月繁殖場與一號壩上與下游平均生物量皆較 2009 年高，其中又以繁殖場及一號壩下游兩測站之生物量變化情形最為明顯。2010 年六月的一號壩上與下游平均生物量與 2009 年六月皆有明顯上升的趨勢；2010 年八月各測站與歷年八月相比平均生物量亦有明顯上升；2010 年十月，與歷年各測站的生物量趨勢相似，平均生物量皆偏低；2010 年十二月各測站生物量提升與歷年十二月相比平均生物量趨勢相似(圖 1-14a)。

石附生藻生物量於去年十二月至今年二月間上升(圖 1-14b)，各測站間生物量以一號壩下游上升最多，其次為一號壩上游；四月瀨區的繁殖場、二號壩及觀魚台三測站生物量上升，其餘各測站生物量皆下降；六月的有勝溪與一號壩下游生物量上升最多，繁殖場與二號壩兩測站的生物量則下降；八月有勝溪與一號壩上游生物量持續上升，以一號壩下游生物量下降最多。十月各測站生物量皆下降，有勝溪與一號壩上游生物量下降最多。十二月各測站生物量皆提升，以一號壩下游平均生物量上升最多，有勝溪次之。

(四) 流速、水棲昆蟲與石附生藻生物量關係

在今年一~二月(乾季)與七月(濕季)於繁殖場瀨區及潭區進行實驗，每兩天

進行一次環境因子連續監測，結果如圖 1-15 與圖 1-16。整個 28 天的實驗過程中，乾季水溫介於 7-10°C 之間，瀨及潭區在實驗進行的第一週受到寒流來襲影響，水溫在 8°C 以下，但潭區水溫略高於瀨區；濕季水溫介於 14-15°C，瀨區與潭區水溫差異不大。乾季水中溶氧量在瀨區與潭區第 4 天最高，接近 11 mg L⁻¹，推估其結果與當天水流速較快有關，而濕季溶氧量低於乾季，瀨區及潭區皆介於 7-8 mg L⁻¹ 之間。乾季導電度維持在 250-260 μS cm⁻¹ 穩定狀態，只有在實驗第 26 天測得導電度較低的 230 μS cm⁻¹，但是潭區比瀨區稍高；濕季導電度範圍 230-300 μS cm⁻¹，潭區比瀨區稍高。pH 值無論乾、濕季皆維持在 8-9 之間。乾季瀨區石頭表面平均流速 0.65-1.35 m s⁻¹，流速達 1.35 m s⁻¹，受降雨影響大；潭區流速介於 0.05-0.20 m s⁻¹，流速稍慢；濕季瀨區石頭表面平均流速 0.50-1.00 m s⁻¹；潭區流速介於 0.03-0.11 m s⁻¹。實驗第 14 天的早上、中午及傍晚，各進行營養鹽採樣測量，結果以 NO₃⁻ + NO₂⁻ 濃度最高(0.57-0.83 mg L⁻¹)，而 NH₄⁺ 與 PO₄³⁻ 濃度皆低於 0.05 mg L⁻¹。一天當中的三個時段裡，NO₃⁻ + NO₂⁻ 濃度在中午最低，瀨區變化比潭區明顯，而其他三種營養鹽在不同時段間變化不大。

整體而言，基質上的石附生藻類從無到有的動態變化中 (圖 1-17)，乾季瀨與潭區石附生藻類平均生物量在前 12 天呈現漸增的情形，其平均生物量在 0.6 mg m⁻² 以下。瀨區藻類平均生物量在 18 天出現高峰，之後平均生物量開始下降，於第 26 天再次出現高峰，達 20.82 mg m⁻²，比第 18 天更高；潭區平均生物量在第 2 天最低，僅 0.1 mg m⁻²，至第 14 天生物量增多，平均生物量在 3.25-8.89 mg m⁻²，其第 28 天平均生物量最高達 12.93 mg m⁻²。瀨區與潭區各別在 26 及 28 天藻類生物量達最高峰，另外，經由藻類生物量變化的結果發現瀨與潭區在第 10 及 14 天有最高的生長速率，各增長 0.71 及 0.60 mg m⁻² d⁻¹。

濕季石附生藻類從無到有的動態變化中 (圖 1-18)，瀨區石附生藻類發展時間比乾季晚兩天，於第 14 天後才呈現漸增的情形，平均生物量在 1.99 mg m⁻² 以下，至第 26 天平均藻類生物量出現最高峰，其平均生物量達到 40.96 mg

m^{-2} 。潭區於第 14 天藻類平均生物量與瀨區第 14 天藻類平均生物量相當，之後平均生物量開始上升，至第 20 天藻類平均生物量下降至 6.25 mg m^{-2} ，第 22 天藻類生物量達最高峰在 9.85 mg m^{-2} 。由藻類生物量變化的結果發現瀨與潭區在第 18、20 天有最高的生物量變化，各增長 0.70 及 $0.61 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ 。

以 Two-way Repeated Measures ANOVA 加入時間因子的考量，檢驗季節與棲地對於石附生藻類生物量是否有交互作用。結果顯示乾、濕季瀨與潭區拓殖至第 4、18、20 天，棲地間的藻類生物量有差異($p < 0.05$)。初期第 4 天潭區藻類生物量高於瀨區，但第 18、20 天時瀨區藻類成長速度增快，藻類生物量在拓殖第 26 與 28 天受棲地與季節間有交互作用，瀨區以濕季的藻類生物量較高，潭區則以乾季藻類生物量較高。棲地與各石頭表面上位置對於石附生藻類生物量交互作用結果顯示，乾季時間與棲地有交互作用($p < 0.001$)，分別在第 4、8、10、14、16、18 天顯示棲地間有差異($p < 0.05$)，濕季則在第 6、8、24、26 天顯示棲地間有差異($p < 0.05$)。

在拓殖實驗中，Two-way Nested ANOVA 分析結果顯示在乾季繁殖場瀨與潭區棲地間水流速度有差異($p < 0.001$)，而石頭表面(前、中、後)位置的流速有差異($p < 0.001$)。濕季棲地間水流速度有差異($p < 0.001$)，但石頭表面前、中、後位置流速為顯著邊緣 (圖 1-19 與圖 1-20)。進一步以 Spearman's rank Correlation 分析乾、濕季以及前、中、後流速與相對位置與藻類生物量相關性，發現分別在乾季的瀨與潭區流速與藻類生物量有顯著相關($p < 0.001$)，而濕季的瀨與潭區流速與藻類生物量相關性不高。

水棲昆蟲數量部分，28 天實驗中，繁殖場乾季瀨區及潭區共採集到 6901 隻水棲昆蟲，其瀨區及潭區各別有 6686 隻及 217 隻。以形態分類結果顯示，瀨區有 4 目 11 科；潭區 4 目 9 科。繁殖場濕季瀨區及潭區共採集到 1901 隻水棲昆蟲，其瀨區及潭區各別有 1274 隻及 627 隻。以形態分類將瀨區的水棲昆蟲分為 4 目 9 科；潭區的水棲昆蟲 3 目 7 科。

乾季瀨區水棲昆蟲以蚋科(Simuliidae)的數量佔最多 (圖 1-21a)，其次為搖

蚊科 (Chironomidae) 與扁蜉科 (Heptageniidae)；潭區則以扁蜉科 (Heptageniidae)、四節蜉科 (Baetidae) 與長鬚石蛾科 (Stenopsychidae) 為主 (圖 1-21b)。乾季瀨區水棲昆蟲的平均數量在第 2-12 天約 200 隻，持續增多 (850 隻)，第 20 天其平均數量明顯減少僅剩約 200 隻，之後又再次提升。潭區在第 2-12 天情況與瀨區相似，而不同於瀨區則是在第 28 天潭區水棲昆蟲數量最多可達 80 隻。濕季瀨區水棲昆蟲以四節蜉科 (Baetidae) 的數量佔最多 (圖 1-22a)，次為蚋科 (Simuliidae)；潭區則四節蜉科 (Baetidae) 的數量佔最多，次為搖蚊科 (Chironomidae) (圖 1-22b)。瀨區水棲昆蟲的平均數量在第 2-12 天約 49 隻，以蚋科 (Simuliidae) 數量最多，第 14 天後以扁蜉科 (Heptageniidae) 與四節蜉科 (Baetidae) 數量佔最多，至第 26 天水棲昆蟲總數量達最高峰；潭區在第 2-14 天僅有少量的水棲昆蟲，第 26 天與瀨區有相同趨勢，水棲昆蟲總數量達最高峰，以四節蜉科 (Baetidae) 之數量最佔優勢。

依據 Cummins (1973) 及 Williams and Feltmate (1992) 指出，刮食藻類為食的水棲昆蟲為搖蚊科 (Chironomidae)、扁蜉科 (Heptageniidae)、虻科 (Tabanidae)、四節蜉科 (Baetidae)、小蜉科 (Ephemerellidae) 等。乾季與濕季瀨區刮食者種類及數量皆比潭區高，同時乾季潭區刮食者出現的時間也比瀨區晚，而濕季瀨區與潭區種類及數量皆以刮食者為優勢。

以徑路分析 (Path Diagram Analysis) 分析研究模式中各變因之間可能的因果關係 (圖 1-23 與圖 1-24)，顯示乾季瀨區藻類生物量與流速間關係為顯著正相關，乾季潭區藻類生物量與刮食者水棲昆蟲間呈正相關。而濕季期間主要影響瀨區藻類生物量為溫度，呈顯著的正相關。濕季潭區與乾季潭區結果相同，藻類生物量與刮食者水棲昆蟲間呈現正相關。

(五) 石附生藻生產力與營養限制

1. 石附生藻淨生產量

一月各測站石附生藻淨生產量 (圖 1-25)，以有勝溪石附生藻淨生產量顯著高於其他測站 ($p < 0.05$)，觀魚台瀨區生產量次之，桃山西溪潭區生產量最低。

一月瀨區石附生藻淨生產量皆大於潭區。

四月只針對瀨區進行採樣。繁殖場石附生藻淨生產量顯著高於其他測站(圖 1-26)，有勝溪生產量次之，桃山西溪與高山溪生產量顯著低於其他測站($p < 0.05$)。七月各測站間石附生藻淨生產量皆有顯著差異($p < 0.05$)，其中以有勝溪淨生產量最高，繁殖場淨生產量次之，高山溪生產量最低。十一月各測站石附生藻淨生產量中，觀魚台及繁殖場測站淨生產量相似，顯著高於其他測站($p < 0.05$)。有勝溪淨生產量最低。

各測站石附生藻年平均生產量(圖 1-27)，有勝溪為各測站中最高，達 $2.14 \mu\text{mol} [\text{O}_2] \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ，繁殖場年平均生產量次之($1.82 \mu\text{mol} [\text{O}_2] \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$)，高山溪年平均生產量最低($0.97 \mu\text{mol} [\text{O}_2] \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$)。

2. 石附生藻淨生產力

一月各測站石附生藻淨生產力(圖 1-28)，觀魚台瀨區淨生產力顯著高於其他測站($p < 0.05$)，觀魚台潭區淨生產力次之，有勝溪淨生產力顯著低於其他測站($p < 0.05$)。

四月各測站石附生藻淨生產力(圖 1-29)，觀魚台、桃山西溪與高山溪淨生產力顯著高於繁殖場與有勝溪($p < 0.05$)，淨生產力最高為觀魚台，有勝溪最低。七月各測站石附生藻淨生產力，桃山西溪淨生產力顯著高於其他測站，其他四個測站淨生產力無顯著差異。十一月各測站石附生藻淨生產力，桃山西溪淨生產力顯著高於其他測站($p < 0.05$)，有勝溪淨生產力次之。

各測站石附生藻年平均生產力(圖 1-30)，桃山西溪為各測站最高，觀魚台次之，繁殖場最低。

3. 營養限制實驗

一月各測站營養添加實驗結果(圖 1-31)，顯示桃山西溪潭區石附生藻在添加氮鹽後淨生產力有顯著的提高($p = 0.047$)；觀魚台瀨區石附生藻在添加磷鹽後淨生產力有顯著提高($p = 0.032$)，顯示一月桃山西溪潭區的石附生藻為氮限制，而觀魚台瀨區的石附生藻為磷限制。

四月各測站營養添加實驗結果(圖 1-32)，顯示桃山西溪瀨區($p = 0.023$)與繁殖場瀨區($p = 0.013$)石附生藻類生產力在氮鹽添加後有顯著的上升，但其他各測站無營養限制情形。

七月各測站營養鹽添加結果(圖 1-33)，顯示觀魚台石附生藻生產力在添加氮鹽後有顯著差異($p = 0.039$)，繁殖場石附生藻生產力也提升($p = 0.076$)。各測站在添加磷鹽後無顯著差異，而高山溪石附生藻生產力在添加矽鹽後卻顯著地降低($p = 0.002$)。

十一月各測站添加營養鹽結果(圖 1-34)，顯示各測站石附生藻生產力皆無顯著的上升，僅觀魚台測站添加矽鹽後，石附生藻生產力有顯著的下降($p = 0.05$)。

石附生藻生物量與淨生產量相關分析結果(圖 1-35)顯示兩者有顯著正相關($r = 0.639, p < 0.001$)，表示石附生藻生物量越高，石附生藻生產量也隨之提高。

四、討論

司界蘭溪在今年二月調查中，上游的石附生藻類生物量較去年明顯降低，而下游的生物量則無差異，推測今年司界蘭溪上游石附生藻生物量降低是受到河道偏移的原因，影響石附生藻生物量累積。在司界蘭溪上游無農業活動進行，下游的右岸種植高冷蔬菜，受農地活動影響，水中具有較高濃度的營養鹽(官文惠等，2006)，進而影響司界蘭溪下游具有較高的生產量。

在今年四月採集前受鋒面影響使山區雨量增加，各測站間流速上升，採集過程為考量人員安全，流速快的微棲地(接近流心的位置)，僅撿拾較靠近岸邊的石頭。而岸邊的石頭因為流速低，易累積石附生藻生物量，故反而在瀨區出現較高的生物量，此狀況特別出現在二號壩與一號壩下游(圖 1-8a)。今年八月採集情況與四月相似。採集過程中則發現有勝溪、觀魚台與一號壩上游瀨區的石附生藻類除了矽藻以外，還有絲狀綠藻的出現使藻類生物量上升。而今年十二月於一號壩下游瀨區情況與今年八月相似，採集近岸邊的石頭有絲狀綠藻的出現。于淑芬(2008)發現溫度高、流速緩慢水域為絲狀藻類發生頻繁的區域。因此推測採集過程中，與選擇的底質粒徑大小有關，因而影響藻類生物量(蘇美如，2009)。另外有勝溪的葉綠素 a 量高於武陵其他樣站，推測高濃度 NO_2+NO_3 有關，利於絲狀藻類生長。

Power and Stewart (1987)提出溪流環境中，流速是一個主要的擾動因子，會減少河底基質上藻類生物量。武陵溪流當流速達 0.7 m s^{-1} 時，會影響石附藻類生物量(林幸助等，2009)；Antoine and Benson-Evans (1982)報告也指出高流速($0.76\sim 1.78 \text{ m s}^{-1}$)狀況下，流速與附生生物的拓殖呈現負相關。底質大小決定對抗水流的能力，當底質受到流速影響搬移或滾動，過程中造成石附生藻類生物量損失及改變石頭上藻種組成(蘇美如等，2009；Rader et al. 2008)。由圖 1-36 發現除有勝溪外，瀨區多為大石頭分布的區域，而石頭越大其石附生藻的生物量也提高。因此測站間在石頭的揀選上，需注意石頭長徑大小。往後

的採樣過程中將採集石頭長徑 20 cm 以下的石頭，作為監測石附生藻生物量的依據。

有勝溪於今年二月出現最高的石附生藻生物量，但由歷年資料顯示有勝溪石附生藻生物量出現高峰的月份為每年六、七月。由圖 1-37 發現 2009 與 2010 年二月水溫有偏高的趨勢，生物量也有相同上升的狀況，且去年十一月至今年二月無明顯降雨，推測最近的暖冬與低降雨，使有勝溪的石附生藻生物量在今年二月出現歷年的高峰。

今年四月除了繁殖場石附生藻類生物量比二月上升 3.5 倍外，其餘測站在四月的平均生物量皆較二月來的低。從圖 1-7c 與 1-8c 可得知今年四月繁殖場的石附生藻生物量上升，可能與該測站的綠藻與矽藻增加有關，可能與今年以來的暖冬與低降雨有關。但較可能的原因推測是人為因素干擾。由於今年一月至二月間，在繁殖場的瀨區與潭區設置實驗區，該實驗區剛好離監測採測站不遠。實驗過程中，人員需不斷穿梭於河道上，破壞了該測站石附生藻的累積，推測是造成今年二月繁殖場石附生藻生物量低於四月的主因。

2009 年生物量在二至四月過程中，石附生藻生物量隨時間有增加的趨勢(林幸助等，2009)，而今年結果與往年不同。除了四月採集前受到鋒面影響使溪水的流速增加外，郭美華與丘明智(2010)報告亦指出水棲昆蟲數量在每年一或二月可達高峰。藻類為水棲昆蟲食物來源，水棲昆蟲的攝食會影響藻類生物量及改變其藻種組成(Hillebrand 2002；Peters et al. 2007)，推測二至四月瀨區生物量下降可能受到流速與水棲昆蟲影響。

2010 年八月各測站的石附生藻類生物量與 2009 年八月颱風來臨前的石附生藻類資料比較(圖 1-14a)，發現各測站今年石附生藻類生物量皆偏高，其主要原因為今年八月採集前還未有颱風形成，故累積石附生藻生物量。根據 2009 年八月資料得知，颱風來襲前與颱風侵襲後的石附生藻類生物量相比，生物量明顯下降許多。根據 Yang et al. (2009)研究溪流底棲藻類群集時空變化的結果顯示，受季節性影響，雨季時的藻類會受洪水擾動，藻類生物量會比乾季時期

少，其藻類生物量受季節性影響與武陵地區八月採集情形相似。藻類生物量也會受到其他生物與非生物因子影響(例:水棲昆蟲、光、溫度、營養鹽)，使藻類生物量減少。

2010年十月採集時間在颱風後的第二週，藻類生物量明顯偏少。觀察發現受到擾動的溪流不但改變棲地原有樣貌，水流速增加，降低藻類生物量亦下降，與Stevenson (1996)研究結果相符。另外，在2010年十二月採集期間發現有勝溪測站水體呈現混濁，其瀨區藻類生物量結果雖然僅次於一號壩下游的藻類生物量，但是與2009年12月瀨區石附生藻類生物量變化相比，卻明顯呈現下降趨勢。追溯有勝溪上游發現，香菇橋正進行造橋工程，因此推斷是人為干擾導致有勝溪水體呈現混濁。工程進行的過程中會擾動水中沉積物，溪水流搬移沉積物與沉澱作用，提升水體的濁度，進而影響溪流裡的底棲生物。而濁度增加減少穿透水層的光線，降低藻類的生產力(Connolly and Pearson, 2007)。

在石附生藻拓殖實驗中，乾季繁殖場瀨及潭區導電度維持在 250- 260 $\mu\text{S cm}^{-1}$ ，而第 26 天(2/7)測得較低的導電度(230 $\mu\text{S cm}^{-1}$)。水量的多寡會影響水中導電度，因此冬與春季枯水期之導電度會比較高(官文惠等，2009)。推測當天的高流速帶來較多水量而降低水中導電度的值。水體營養鹽部分在一天中早上、中午與下午三個時段進行採樣，發現中午的營養鹽量低，推測與藻類大量行光合作用時吸收營養有關。

基質上的石附生藻類生物量從無到有的拓殖過程中，乾季瀨區拓殖第 26 天與潭區第 28 天的石附生藻平均生物量達 20.82 與 12.98 mg m^{-2} (圖 1-17)，與今年二月繁殖場瀨區、潭區生物量相當(11.90 mg m^{-2} 及 15.06 mg m^{-2})。因此基質至少需置放 26 天，其生物量才會近於當地環境基質的生物量。瀨區藻類生物量於實驗第 26 天為拓殖後期，潭區則還未達拓殖後期。濕季瀨區在拓殖第 20 天藻類生物量為 14.29 mg m^{-2} (圖 1-18)，可達石附生藻類的野外生物量(8.36 mg m^{-2})，而潭區生物量第 22 天的最高生物量為 9.85 mg m^{-2} ，尚未達到野外的藻類生物量 16.05 mg m^{-2} 。此結果顯示濕季石附生藻類生物量累積較

乾季快，可能與乾季水生昆蟲較多有關。

Francoeur and Biggs (2006)提出，洪氾事件中的三個物理過程會減少藻類生物量，包含水中流速增加，提升剪切力使藻類剝離。水流帶動沉積物進而磨損藻類，且基質受水流帶動使生長於其上的藻類受到磨蝕。在石附生藻類拓殖過程中，乾季瀨區流速比潭區快。在流速快的環境中，水流帶來的剪切力，對藻類生物量帶來負面影響，研究結果顯示拓殖的藻類生物量高於野外的藻類生物量，也就是野外石附生藻生物量一直維持在未飽和狀態下。推測其原因為實驗過程中卵石受到固定，減低流速帶動基質移動或滾動的情形，因此拓殖的藻類生物量會比野外藻類的生物量高。

在徑路分析結果顯示乾、濕季潭區石附生藻類生物量與刮食者水棲昆蟲為正相關。刮食者水棲昆蟲以藻類與碎屑作為食物來源，藻類生物量能反應刮食者水棲昆蟲的草食作用程度，而水棲昆蟲在溪流中為重要初級消費者，會影響藻類群集結構及豐度(Hill and Knight 1987, Merritt and Cummins 1996)。水棲昆蟲以取食方式能分成五大功能群：碎食者(shredders)、刮食者(scrapers)、濾食採集者(collector-filters)、聚食採集者(collector-gatherers)和掠食者(predators) (Merritt and Cummins 1996)。功能群中的刮食者(scrapers)會刮食藻類做為食物(Williams and Feltmate 1992)，依照不同特化的取食構造，對藻類生長型式的選擇也有所不同(Tuchman and Stevenson 1991)。于淑芬 (2008)在武陵七家灣溪進行植食性水棲昆蟲與石附生藻類相關研究裡，探討具有高流速環境的七家灣溪中，黏附性藻種為優勢種類，而水棲昆蟲多以底層黏附性藻種為食。在今年的拓殖實驗過程中，水棲昆蟲的數量與藻種數量有密切相關，但與藻種組成之間的關係，仍需進一步分析。

Ghosh and Gaur (1997)曾於瀨與潭區進行流速與石附生藻類群集關係研究，發現流速快慢會決定石附生藻類偏好選擇，同時即使在靜水域的潭區與水流速較慢的瀨區($0.1-0.14 \text{ m s}^{-1}$ 與 $0.18-0.21 \text{ m s}^{-1}$)其流速差異不大的環境中，也能區隔出石附生藻類的偏好選擇。在拓殖實驗中，繁殖場的瀨與潭區水流速

快慢不一，石頭面上各方向的藻種群集組成與結構推測也有不同結果。

本實驗以微溶氧電極偵測石附生藻類行光合作用時的溶氧產生量，因微溶氧電極為極敏銳的溶氧電極，所以須在穩定的條件下進行偵測，以減少外界環境的干擾。人工光源也曾被用來進行石附生藻類的控制型實驗(Hill and Fanta 2008)，且許多利用微溶氧電極測量石附生藻類生產力的研究中，也利用人工光源來進行實驗(Carlton and Wetzel 1988; McMinn and Ashworth 1998; Larkum et al. 2003; Kühn and Raven 2008; Nishihara and Ackerman 2009; Wilson and Dodds 2009)。本實驗中所採人工光源，光度約 $750\sim 850 \mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ，已極為接近野外實際光照。

根據 Redfield (1934)提出，當環境中的 C:N:P 為 106:16:1 時，藻類會達到最大代謝速率，若是其中一種營養鹽未達此比例，則會成為藻類的限制營養。本實驗結果與溫珮珍(2005)結果相較，兩實驗結果中，桃山西溪與繁殖場皆有出現氮限制情形，有勝溪則皆無營養限制。在寡營養鹽地區，營養鹽刺激石附生藻類生產力的效能比優養化的地區來的大(O'Brien et al. 2007)，因此推測由於有勝溪的農業活動，導致石附生藻類並不缺乏營養鹽。藻種不同也會影響營養限制情形(Stanley et al. 1990)。兩實驗結果有出入的部分，可能因兩實驗進行時棲地狀況已有所差異，導致各測站不同的營養限制情形。營養限制情形隨不同時空變化造成差異性極大(Dodds and Welch 2000; Lewis and Mccutchan 2010; Tank and Dodds 2003)。關於營養限制情形的季節性，有些研究認為夏季不易產生營養限制情形(溫珮珍 2005; Rosemond et al. 1999)。本實驗結果中，觀魚台及繁殖場於夏季亦產生氮限制情形，推測觀魚台測站受到上游山溝水輸入高濃度營養鹽的影響，使七家灣溪中游產生氮限制情形。因此，本區域需致力控制高濃度營養鹽的輸入，避免藻類大量增生，惡化水質(Dodds 2006)。

一、四及七月生產量最高測站為有勝溪，繁殖場次之。而一月各測站瀨區生產量皆高於潭區，可能受瀨區石附生藻生物量高於潭區所影響。將石附生藻生物量與石附生藻生產量進行相關分析，結果顯示，淨生產量與石附生藻生物

量具顯著正相關，顯示石附生藻生物量的增加，會提升溪流石附生藻的生產量。十一月受到颱風影響，使有勝溪石附生藻生物量銳減，而減少石附生藻生產量。溫珮珍(2005)於七家灣溪所作實驗結果發現，有勝溪石附生藻年生產量為各測站最高，高山溪石附生藻年生產量最低，與此實驗結果是相符。桃山西溪為此實驗中石附生藻年平均生產力最高的測站，而繁殖場與有勝溪為石附生藻淨生產力最低的兩個測站，推測受到大量石附生藻生物量影響，上層石附生藻遮蔽下層石附生藻，使下層石附生藻無法接受到足夠光源行光合作用，即為藻類的自我遮蔽效應(Self-shading)，此效應可能也影響到石附生藻生產力的季節變化。石附生藻生產量有明顯季節變化，呈現冬、春兩季高於夏、秋兩季，推測可能原因為夏秋兩季水流較快，使石附生藻量減少(McIntire 1966)，而石附生藻生產量也隨之降低。

高山溪石附生藻於四季的實驗中皆無出現營養限制，顯示有其他的限制因子影響高山溪石附生藻類的生產力。溪流中石附生藻類的生長會受到光的影響(Hill and Dimick 2002; Hill and Fanta 2008)，光源也會影響石附生藻類的營養限制情形(Mosisch et al. 2001)，所以單純以水體 DIN 與 DIP 比例來判斷石附生藻營養限制情形是不夠的(Dodds 2003)，且低營養鹽環境中石附生藻類受到光的影響更為明顯(Fanta et al. 2010)。當環境中光線不足以供石附生藻利用時，不會產生營養限制情形，也就是說在高度鬱閉的溪流環境中，即使石附生藻類具有營養限制情形，也可能因光線不足而無法表現出來。本實驗中，高山溪為覆蓋度最高的測站，綜觀高山溪各月並沒有任何營養限制情形，推測高山溪受到光的限制。相較於溫珮珍(2005)的研究中，高山溪石附生藻出現氮限制與磷限制。在溫珮珍(2005)高山溪植被覆蓋度資料中，發生營養限制的春、夏兩季覆蓋度僅 50-60%左右，反觀本實驗高山溪四季皆有 80%左右的植被覆蓋度，由此得知溫珮珍(2005)實驗中，高山溪石附生藻受到光照仍是充足的，使高山溪石附生藻產生營養限制。

五、結論與建議

(一) 結論

各測站石附生藻類生物量葉綠素 *a* 濃度，除繁殖場四月較二月上升 3.5 倍外，其餘測站在四月皆較二月份來的低，其中又以有勝溪與一號壩下游減少最多，而六月、八月石附生藻類生物量以有勝溪為最高，八月各測站藻類生物量僅次於二月，十月藻類生物量受颱風洪水影響降至最低。十二月各測站藻類生物量開始提升，以一號壩下游藻類生物量最高。綠藻大多存在於流與潭區，而矽藻在流與瀨區最多。從 2003 年二月~2010 年十二月瀨區石附生藻生物量變化，以有勝溪的生物量高於其他各測站，尤其是每年從春季開始到夏季颱風前。但今年狀況與往年稍有不同，2009 年十二月生物量達到最高峰後，至 2010 年二月及四月下降，但至八月又達高峰。與 2009 年二月比較，2010 年一號壩上、下游皆明顯上升，而其餘測站有下降趨勢。2010 年八月各測站與歷年八月相比平均生物量皆有明顯上升，而 2010 年四月、六月、十月與十二月與歷年生物量類似。綠藻多出現在一號壩上、下游兩測站中，而有勝溪與繁殖場的矽藻相對量高於其他測站。司界蘭溪今年二月與去年二月比較，上游生物量明顯減少，但下游無差異。

乾季瀨與潭區石附生藻類的拓殖在前 12 天生物量漸增，分別在第 26 及 28 天達到最高峰。乾季藻類生長速率於瀨與潭區在第 10 及 14 天達最高，各為 0.71 及 0.60 mg m⁻² d⁻¹。濕季瀨與潭區石附生藻類生物量發展比乾季晚兩天，且分別在第 26 與 22 天達最高，分別為 40.96 及 9.85 mg m⁻²。

乾季水棲昆蟲在瀨區以蚋科(Simuliidae)數量最多，潭區則以扁蜉科(Heptageniidae)、四節蜉科(Baetidae)與長鬚石蛾科(Stenopsychidae)為主。濕季瀨區水棲昆蟲以四節蜉科的數量佔最多，次為蚋科，潭區則四節蜉科的數量佔最多，次為搖蚊科(Chironomidae)。乾季與濕季瀨區刮食者種類及數量皆比潭區高，同時乾季潭區刮食者出現的時間也比瀨區晚，而濕季瀨區與潭區種類

及數量皆以刮食者為優勢。

石附生藻類生物量在乾、濕季之瀨、潭區的藻類生物量有差異，而瀨、潭區與石頭表面前、中、後位置間藻類生物量亦有差異。在 28 天拓殖過程中，藻類生物量在乾季時棲地與時間的交互作用顯著。乾季瀨區藻類生物量與流速為顯著正相關，潭區藻類生物量與刮食者水棲昆蟲有顯著正相關。濕季瀨區藻類生物量與溫度有顯著負相關，而潭區藻類生物量與刮食者水棲昆蟲亦有正相關。

有勝溪石附生藻淨生產量最高，達 $2.14 \mu\text{mol} [\text{O}_2] \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ，受石附生藻生物量影響。桃山西溪石附生藻淨生產力最高，達 $0.17 \mu\text{mol} [\text{O}_2] \text{mg}[\text{Chl a}]^{-1} \text{s}^{-1}$ 。整體而言，石附生藻淨生產力，呈現夏秋高於冬春。高山溪因濱岸鬱閉程度高，石附生藻無足夠光源，使石附生藻全年皆無營養限制。有勝溪受農業污水影響，水體營養鹽含量過高，亦無營養限制。氮限制多發生在七家灣溪測站，顯示此處極易受沿岸果園肥料廢水影響而藻華，因此台灣櫻花鉤吻鮭數量最多的七家灣溪，應致力於避免農業肥料與人為污水的輸入惡化水質。

(二) 建議

1. 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) 石附生藻類營養限制研究結果顯示七家灣溪石附生藻一般為氮限制，應致力於避免農業肥料與人為污水的輸入，導致藻華，水質惡化。
- (2) 石附生藻類營養限制研究結果，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，應亟思謀求改善對策。

2. 長期性建議

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) 維持或復育濱岸植被高覆蓋度 $>70\%$ ，可以轉化石附生藻成為光限制情形，

不易直接受沿岸農業廢水輸入影響而藻華，污染水質。

六、參考文獻

- 于淑芬，2008。武陵地區水生昆蟲對石附生藻類影響之研究，博士學位論文。37-38頁。
- 呂光洋，2002。雪霸國家公園兩生爬蟲類調查研究—武陵地區。內政部營建署雪霸國家公園管理處九十一年度研究報告。
- 汪靜明，1994。子遺的國寶—臺灣櫻花鉤吻鮭專集。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 官文惠、呂佩珊、江美貞、林彥均，2006。武陵地區長期生態監測暨生態模式建立，第三章 水質研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處。苗栗。
- 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，2009。98年度武陵地區長期生態研究，第三章 水質研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處。苗栗。
- 林幸助，2002。武陵地區生態系監測與模式建構規劃。內政部營建署雪霸國家公園管理處，苗栗縣。
- 林幸助、吳聲海、官文惠、邵廣昭、孫元勳、郭美華、高樹基、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管理處委託辦理計畫案。
- 林幸助、官文惠、邵廣昭、郭美華、曾晴賢、葉昭憲。2009。98年武陵地區長期生態研究。內政部營建署雪霸國家管理處委託辦理計畫案。
- 林曜松、楊平世、黃國靖、謝森和，1987。武陵農場河域蜉蝣目稚蟲之生態研究。行政院農業委員會林業特刊第13號。57-78頁。
- 袁孝維，1995。武陵地區登山步道沿線野生動物景觀資源調查。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 郭美華，2009。武陵地區長期生態監測暨生態模式建立，第四章 水棲昆蟲研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處保育研究報告。
- 郭美華、丘明智。2010。99年武陵地區長期生態研究。內政部營建署雪霸國家管理處委託辦理計畫案。
- 雪霸國家公園管理處，2000。雪霸國家公園自然資源研究方向芻議-歷年保育研究計劃總檢討。

- 曾晴賢、楊正雄，2001a。復育放流與攔砂壩拆除對於七家灣溪櫻花鉤吻鮭族群的影響。雪霸國家公園委託研究計劃。
- 曾晴賢、楊正雄，2001b。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九十年年度研究報告。
- 溫珮珍，2005。武陵地區水溫與營養鹽添加對溪流淺流區石附生藻類之影響。國立中興大學生命科學碩士班碩士論文。75頁。台中。
- 蘇美如，2009。武陵地區溪流潭、流及瀨之石附生矽藻生物量與群集結構分析，碩士學位論文。
- 蘇美如、張世倉、林幸助，2009。雪霸國家公園有勝溪冬季不同微棲地(瀨、流及潭)之石附生矽藻群集結構分析，國家公園學報。70-82頁。
- Antoine, S.E. and Benson-Evans, K. 1982. The effect of current velocity on the rate of growth of benthic algal communities. *Internatiobal Revue Der Gesamten Hydrobiologie*, 67: 575-583.
- Bergey, E. A., 2005. How protective are refuges? Quantifying algal protection in rock crevices. *Freshwater Biology*, 50: 1163-1177.
- Biggs, B.J.F. 1996. Patterns in benthic algae of streams. In: Stevenson RJ et al. (eds.) *Algal Ecology, Freshwater Benthic Ecosystems*. Academic Press, San Diego, California, USA.
- Biggs, B.J.F. and S. Stokseth, 1996. Hydraulic habitat suitability for periphyton in rivers. *Regulated Rivers: Research & Management* 12: 251-261.
- Carlton, R.G. and Wetzel, R.G. 1988. Phosphorus flux from sediments: Effect of epipelagic algal oxygen production. *Limnology and Oceanography*, 33: 562-570.
- Connolly, N.M. and Pearson, R.G. 2007. The effect of fine sedimentation on tropical stream macroinvertebrate assemblages: a comparison using flow-through artificial channels and recirculating mesocosms. *Hydrobiologia* 592: 423-438.
- Dodds, W.K. 2003. Misuse of inorganic N and soluble reactive P concentrations to indicate nutrient status of surface waters. *Journal of North American Benthological Society*, 22: 171-181.
- Dodds, W.K. 2006. Eutrophication and trophic state in rivers and streams. *Limnology and Oceanography*, 51: 671-680.

- Dodds, W.K. and Welch, E.B. 2000. Establishing nutrient criteria in streams. *Journal of North American Benthological Society*, 19: 186-196.
- 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.
- Fanta, S.E., Hill, W.R., Smith, T.B. and Roberts, A.B. 2010. Applying the light : nutrient hypothesis to stream periphyton. *Freshwater Biology*, 55: 931-940.
- Francoeur, S. N. and B. J F. Biggs. 2006. Short term effects of elevated velocity and sediment abrasion on benthic algal communities. *Hydrobiologia*, 561: 59–69.
- Guillard, R.R.L. 1973. Division rates. In: Stein, J. R. (ed.), *Culture Methods and Growth Measurements. Handbook of Phycological Methods*. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 289–311.
- Hill, W.R. and Dimick, S.M. 2002. Effects of riparian leaf dynamics on periphyton photosynthesis and light utilization efficiency. *Freshwater Biology*, 47: 1245-1256.
- Hill, W.R. and Fanta, S.E. 2008. Phosphorus and light colimit periphyton growth at subsaturating irradiances. *Freshwater Biology*, 53: 215-225.
- Hill, W.R. and Knight, A.W. 1987. Experimental analysis of the grazing interaction between a mayfly and stream algae. *Ecology*, 68: 1955–1965.
- Hillebrand. 2002. Top-down versus bottom-up control of autotrophic biomass – a meta-analysis on experiments with periphyton. *Journal of the North American Benthological Society*, 21: 349-369.
- Jørgensen, B.B. and Revsbech, N.P. 1985. The diffusive boundary layers and the oxygen uptake of sediments and detritus. *Limnology and Oceanography*, 30: 111-122.
- Kühn, S.F. and Raven, J.A. 2008. Photosynthetic oscillation in individual cells of the marine diatom *Coscinodiscus wailesii* (Bacillariophyceae) revealed by microsensor measurements. *Photosynthesis Research*, 95: 37-44.
- Lamberti, G.A., Gregory, S.V., Ashkenas, L.R., Steinman, A.D., and McIntire, C.D. 1989. Productive capacity of periphyton as a determinant of plant-herbivore interactions in streams. *Ecology*, 70: 1840-1856.
- Larkum, A.W.D., Koch, E.-M.W., and Kühl, M. 2003. Diffusive boundary layers and photosynthesis of the epilithic algal community of coral reefs. *Marine*

- Biology, 142: 1073-1082.
- Lewis, W.M., JR. and Mccutchan, J.H., JR. 2010. Ecological response to nutrients in streams and rivers of the Colorado mountains and foothills. *Freshwater Biology*, 55: 1973-1983.
- Ludwig, A., Matlock, M., Haggard, B.E., Matlock, M., and Cummings, E. 2008. Identification and evaluation of nutrient limitation on periphyton growth in headwater streams in Pawnee Nation, Oklahoma. *Ecological Engineering*, 32: 178-186.
- Luttenton, M.R. and Lowe, R.L. 2006. Response of a lentic periphyton community to nutrient enrichment at low N:P ratio. *Journal of Phycology*, 42: 1007-1015
- McIntire, C.D. 1966. Some effects of current velocity on periphyton communities laboratory streams. *Hydrobiologia*, 27: 559-570.
- Mcminn, A. and Ashworth, C. 1998. The use of oxygen microelectrodes to determine the net production by an Antarctic sea ice algal community. *Antarctic Science*, 10: 39-44.
- Merritt, R.W. and Cummins, K.W. 1996. An introduction to the aquatic insects of North America, 2nd Ed. Kendal/Hunt Publishing Company, USA.
- Morin, S., Coste, M., and Delmas, F. 2008. A comparison of specific growth rates of periphytic diatoms of varying cell size under laboratory and field conditions. *Hydrobiologia*, 614: 285-297.
- Mosisch, T.D., Bunn, S.E., and Davies, P.M. 2001. The relative importance of shading and nutrients on algal production in subtropical streams. *Freshwater Biology*, 46: 1269-1278.
- Nakano, S., Takeshita, A., Ohtsuka, T., and Nakai, D. 2006. Vertical profile of current velocity and dissolved oxygen saturation in biofilms on artificial and natural substrates. *Limnology*, 7: 213-218.
- Nishihara, G.N. and Ackerman, J.D. 2009. Diffusive boundary layers do not limit the photosynthesis of the aquatic macrophyte *Vallisneria Americana* at moderate flows and saturating light levels. *Limnology and Oceanography*, 54: 1874-1882.
- O'Brien, J.M., Dodds, W.K., Wilson, K.C., Murdock, J.N. and Eichmiller, J. 2007. The saturation of N cycling in Central Plains streams: 15N experiments across a broad gradient of nitrate concentrations.

- Biogeochemistry, 84: 31-49.
- Parsons, T.R., Maita, Y., and Lalli, C.M. 1984. Fluorometric determination of chlorophylls. In: A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergamon press inc, New York, USA. 1st ed., pp. 14-17.
- Passy, S.I. 2001. Spatial paradigms of lotic diatom distribution: a landscape ecology perspective. *Journal of Phycology*, 37: 370-378.
- Passy, S.I. 2007. Diatom ecological guilds display distinct and predictable behavior along nutrient and disturbance gradients in running waters. *Aquatic Botany*, 86: 171-178.
- Peters, L., Hillebrand, H., and Traunspurger, W. 2007. Spatial variation of grazer effects on epilithic meiofauna and algae. *Journal of the North American Benthological Society*, 26: 78–91.
- Peterson, C.G. 1996. Response of benthic algal communities to natural physical disturbance. In: Stevenson RJ, Bothwell ML, Lowe RL (eds) *Algal ecology: freshwater benthic ecosystems*. Academic Press, San Diego, pp. 375–402.
- Pickett STA, White PS (eds), 1985. *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. Academic Press, London.
- Power, M. E., and A.J. Stewart., 1987. Disturbance and recovery of an algal assemblage following flooding in an Oklahoma stream. *American Midland Naturalist*, 117: 333-345.
- Pringle, C.M., Paaby-Hansen, P., Vaux, P.D., and Goldman, C.R. 1986. In situ nutrient assays of periphyton growth in a lowland Costa Rican stream. *Hydrobiologia*, 134: 207-213.
- Rader, R.B., Voelz, N.J., and Ward, J.V., 2008. Post-flood recovery of a macroinvertebrate community in a regulated river: resilience of an anthropogenically altered ecosystem. *Restoration Ecology*, 16: 24-33.
- Raven, J. A. 1992. How benthic macroalgae cope with flowing freshwater: resource acquisition and retention. *Journal of Phycology*, 28: 133-146.
- Redfield, A.C. 1934. On the proportions of organic derivatives in sea water and their relation to the composition of plankton. In: James Johnstone Memorial Volume, Liverpool, pp. 176-192.
- Revsbech, N.P. 1989. An oxygen microsensor with a guard cathode. *Limnology and Oceanography*, 34: 474-478.
- Rosemond, A.D., Mulholland, P.J. and Brawley, S.H. 1999. Seasonally shifting

- limitation of stream periphyton: response of algal populations and assemblage biomass and productivity to variation in light, nutrients, herbivores. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 57: 66-75.
- Soininen, J. 2005. Assessing the current related heterogeneity and diversity patterns of benthic diatom communities in a turbid and a clear water river. *Aquatic Ecology*, 38: 495-501.
- Stanley, E.H., Short, R.A., Harrison, J.W., Hall, R., and Wiedenfled, R.C. 1990. Variation in nutrient limitation of lotic and lentic algal communities in a Texas(USA) river. *Hydrobiologia*, 206: 61-71.
- Stevenson, R.J. 1996. The stimulation and drag of current. in: Stevenson RJ, et al. (eds). *Algal Ecology, Freshwater Benthic Ecosystems*. Academic Press, San Diego, California, USA.
- Tank, J.L. and Dodds W.K. 2003. Nutrient limitation of epilithic and epixylic biofilms in ten North American streams. *Freshwater Biology*, 48: 1031-1049.
- Tsao, E.H.S. 1995. An ecological study of the habitat requirements of the Formosan landlocked Salmon (*Oncorhynchus masou formosanus*). PhD. Dissertation of Colorado State University. Fort Collins, Colorado, USA. pp. 213
- Tuchman, N.C. and Stevenson, R.J. 1991. Effects of selective grazing by snails on benthic algal succession. *Journal of the North American Benthological Society*, 10: 430–443.
- Uehlinger, U. 1991. Spatial and temporal variability of the periphyton biomass in a Prealpine River (Necker, Switzerland). *Archiv fuer Hydrobiologie*, 123: 219-237.
- Wang, C.M.J. 1989. Environmental quality and fish community ecology in an agricultural mountain stream system of Taiwan. PhD Thesis, Department of Animal Ecology, Iowa State University. pp. 138
- Williams, D.D. and Feltmate, B.W. 1992. *Aquatic Insects*. CAB. International, Wallingford, Oxford,UK.
- Wilson, K.C. and Dodds, W.K. 2009. Centimeter-scale stream substratum heterogeneity and metabolic rates. *Hydrobiologia*, 623: 53-62.
- Yang, G.Y., Tang T. and Dudgeon D. 2009. Spatial and seasonal variations in benthic algal assemblages in streams in monsoonal Hong Kong. *Hydrobiologia*, 632: 189–200.

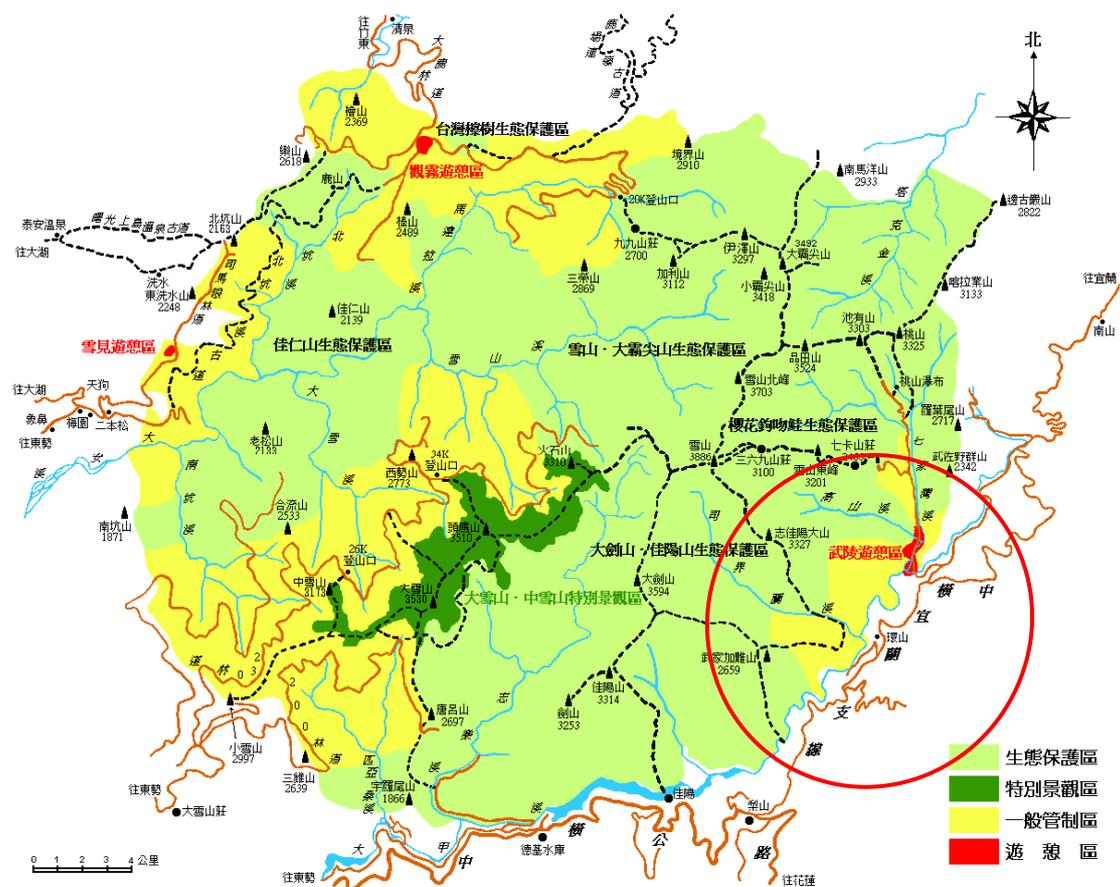


圖 1-1 本計畫之研究範圍為雪霸國家公園東邊的武陵地區

(資料來源：http://www.snp.gov.tw)

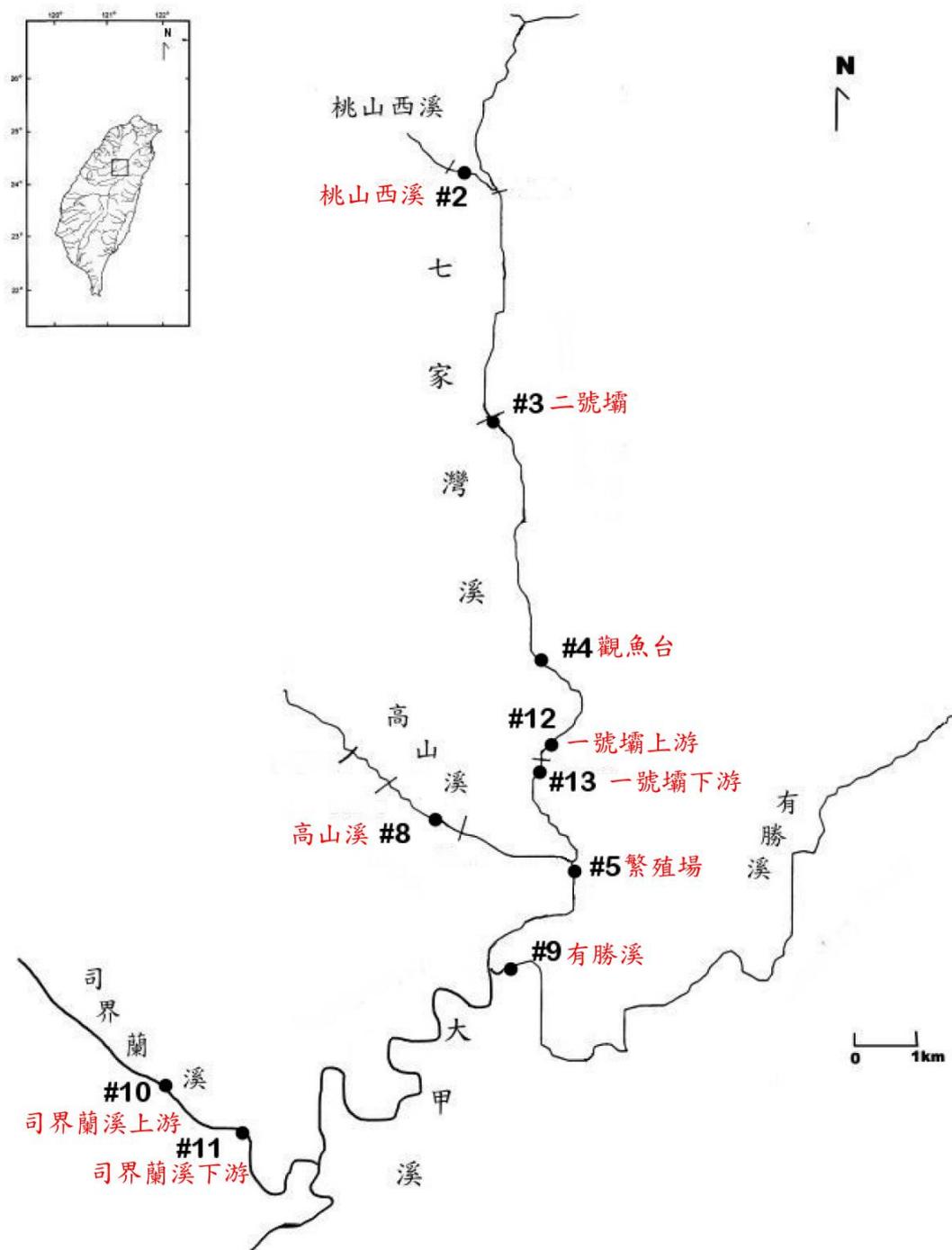


圖 1-2 共同樣站相對位置圖

(資料來源：本研究資料)



圖 1-3 流速、水棲昆蟲種類與數量對石附生藻生物量影響之實驗設計圖

(資料來源：本研究資料)



圖 1-4 石附生藻生產力與營養鹽添加實驗 (資料來源：本研究資料)

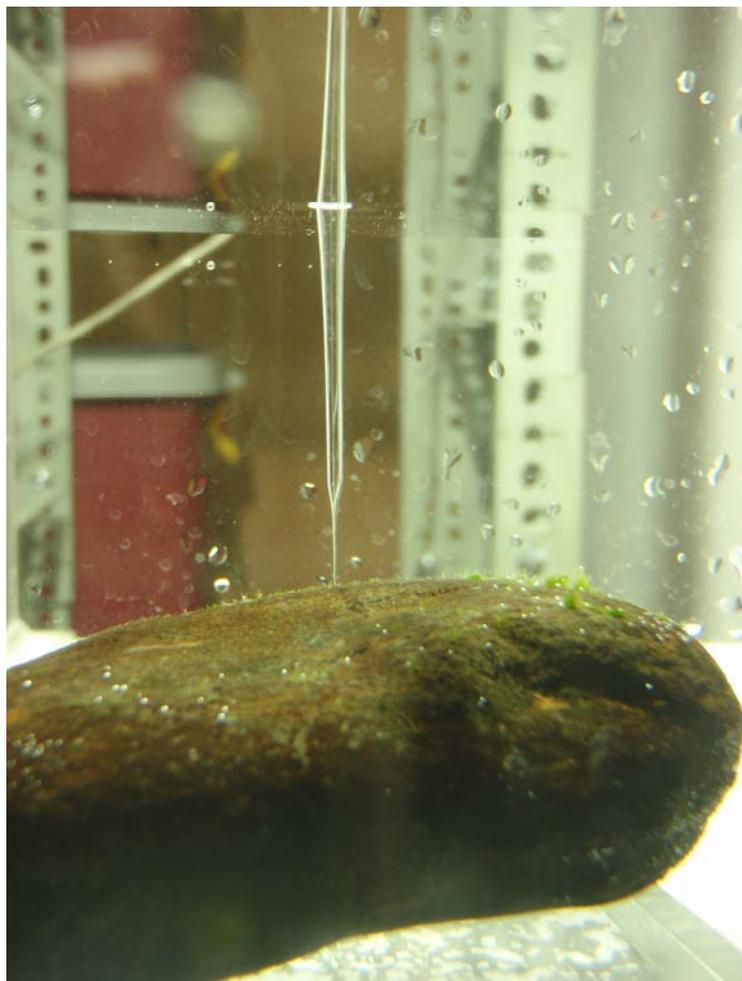


圖 1-5 微溶氧探針偵測石附生藻溶氧狀況

(資料來源：本研究資料)

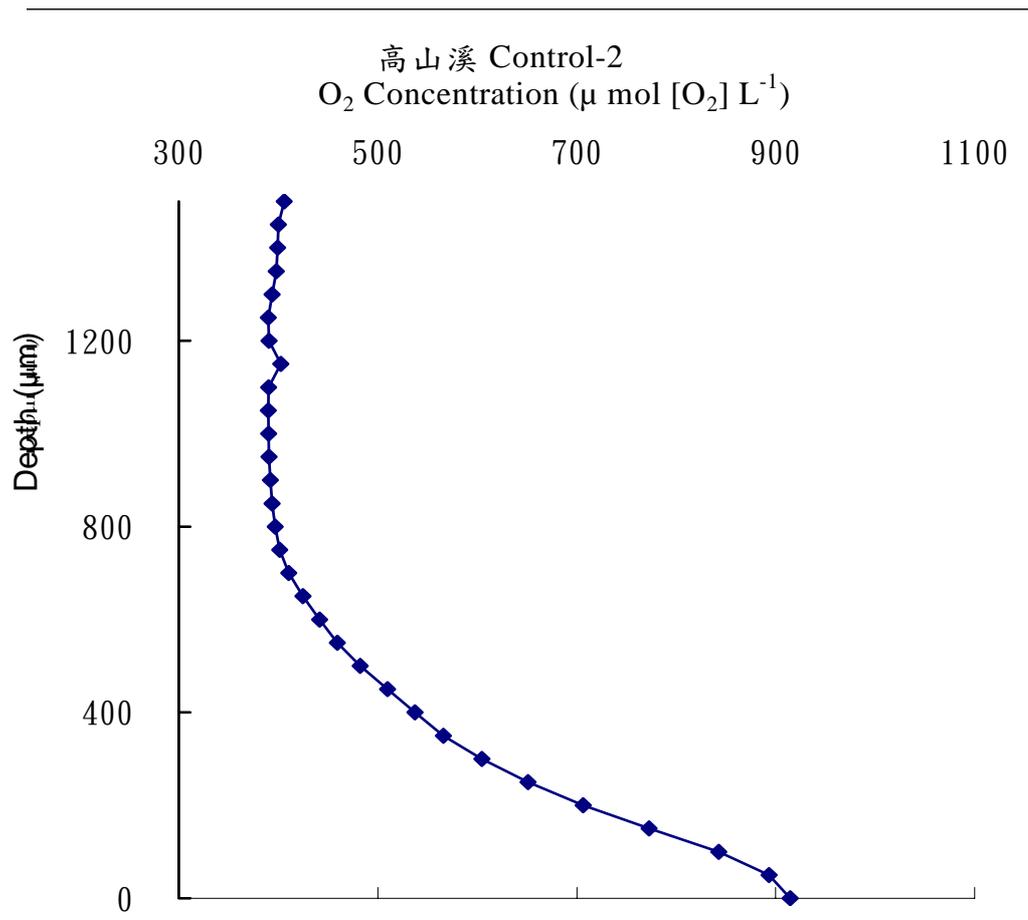


圖 1-6 石附生藻擴散邊界層溶氧濃度變化(高山溪-控制組)

(資料來源：本研究資料)

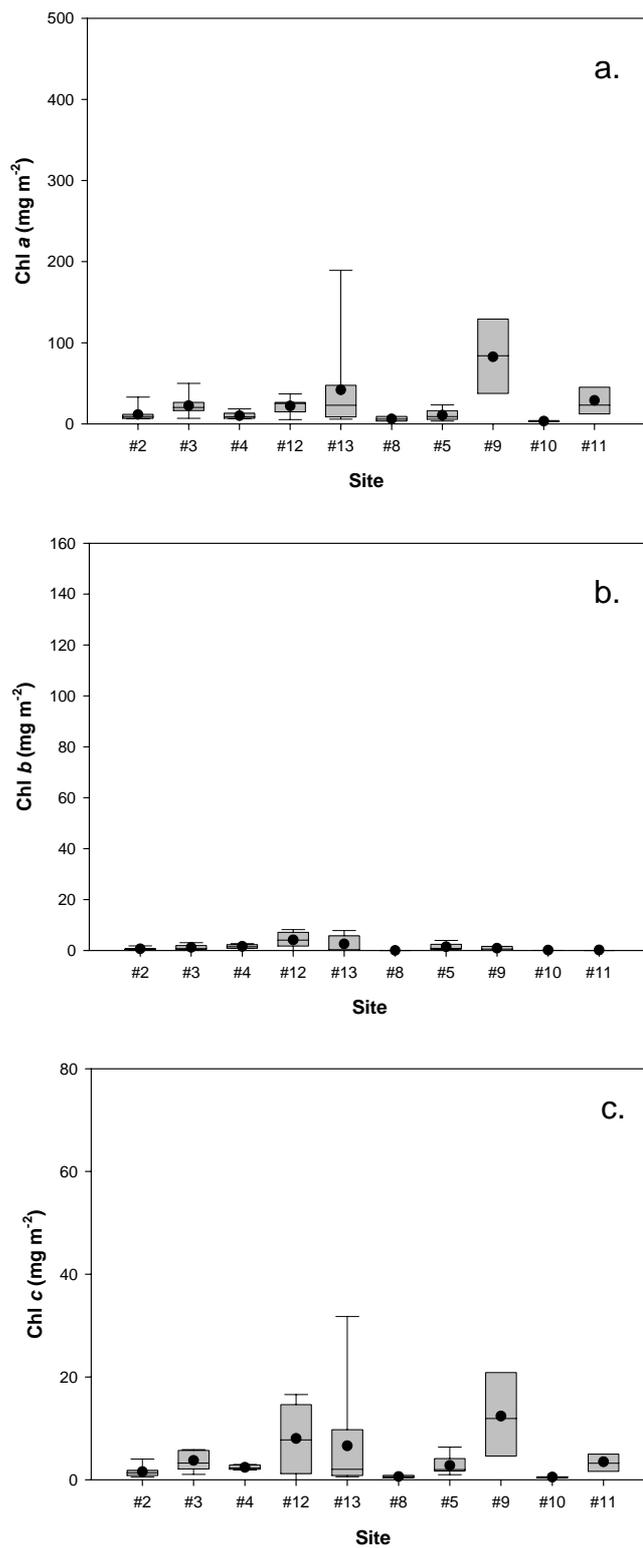


圖 1-7 2010 年二月石附生藻葉綠素 a、b、c 箱型圖

(a. 葉綠素 a; b. 葉綠素 b; c. 葉綠素 c)

(資料來源：本研究資料)

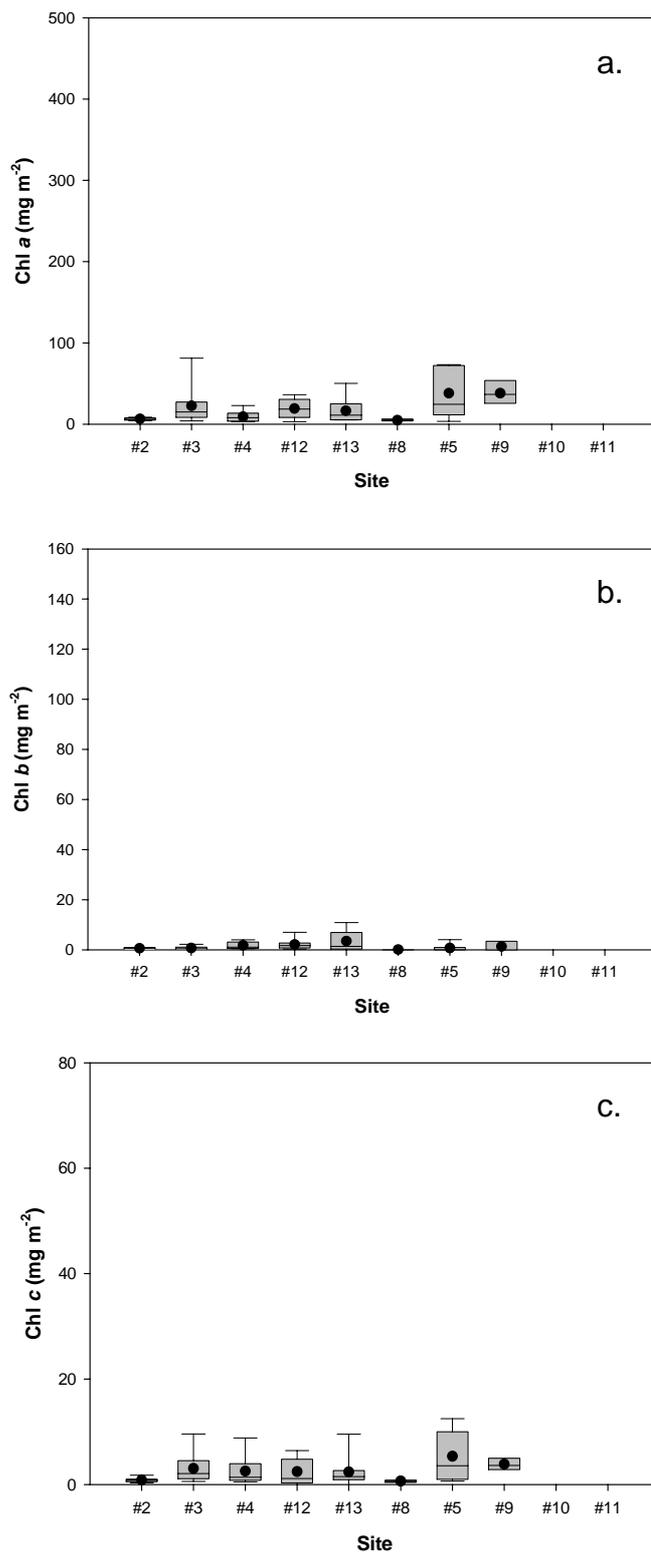


圖 1-8 2010 年四月石附生藻葉綠素 a、b、c 箱型圖

(a. 葉綠素 a; b. 葉綠素 b; c. 葉綠素 c)

(資料來源：本研究資料)

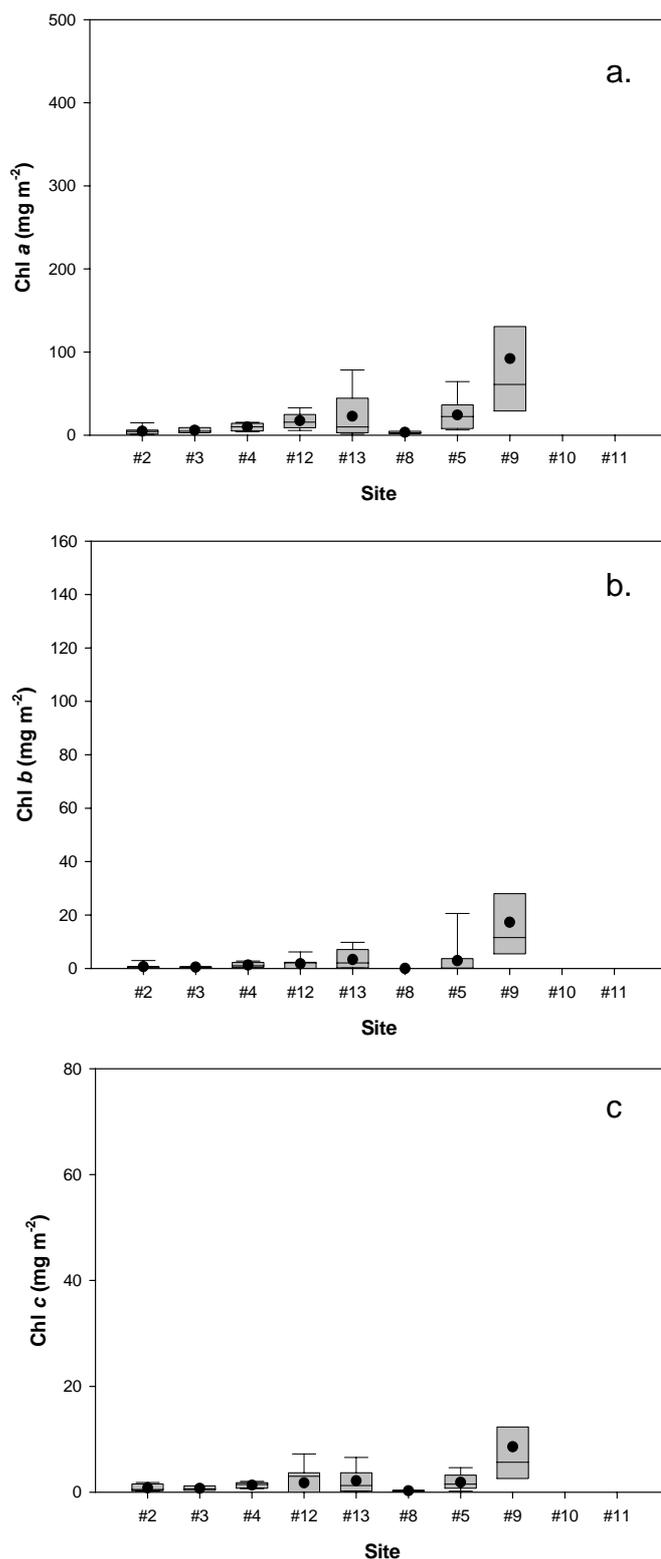


圖 1-9 2010 年六月石附生藻葉綠素 a、b、c 箱型圖

(a. 葉綠素 a; b. 葉綠素 b; c. 葉綠素 c)

(資料來源：本研究資料)

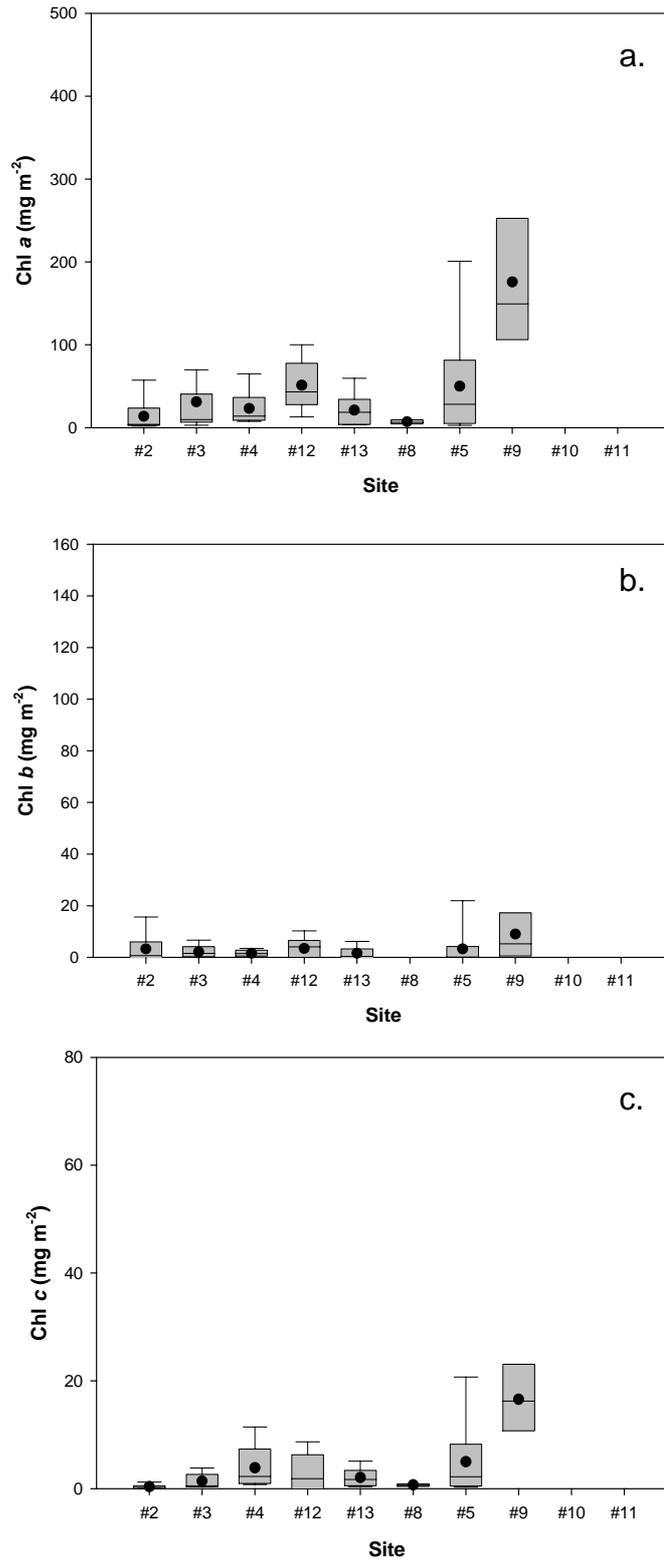


圖 1-10 2010 年八月石附生藻葉綠素 a、b、c 箱型圖

(a. 葉綠素 a；b. 葉綠素 b；c. 葉綠素 c)

(資料來源：本研究資料)

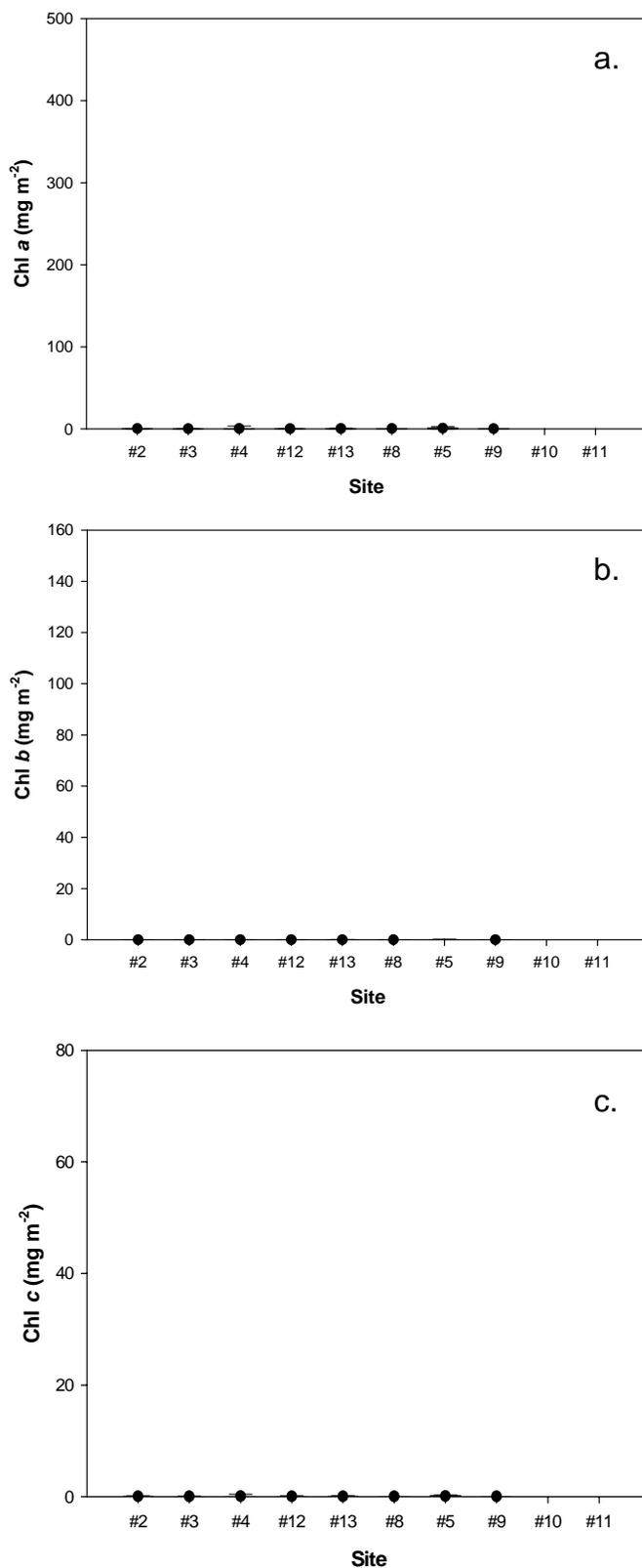


圖 1-11 2010 年十月石附生藻葉綠素 a、b、c 箱型圖

(a. 葉綠素 a ; b. 葉綠素 b ; c. 葉綠素 c)

(資料來源：本研究資料)

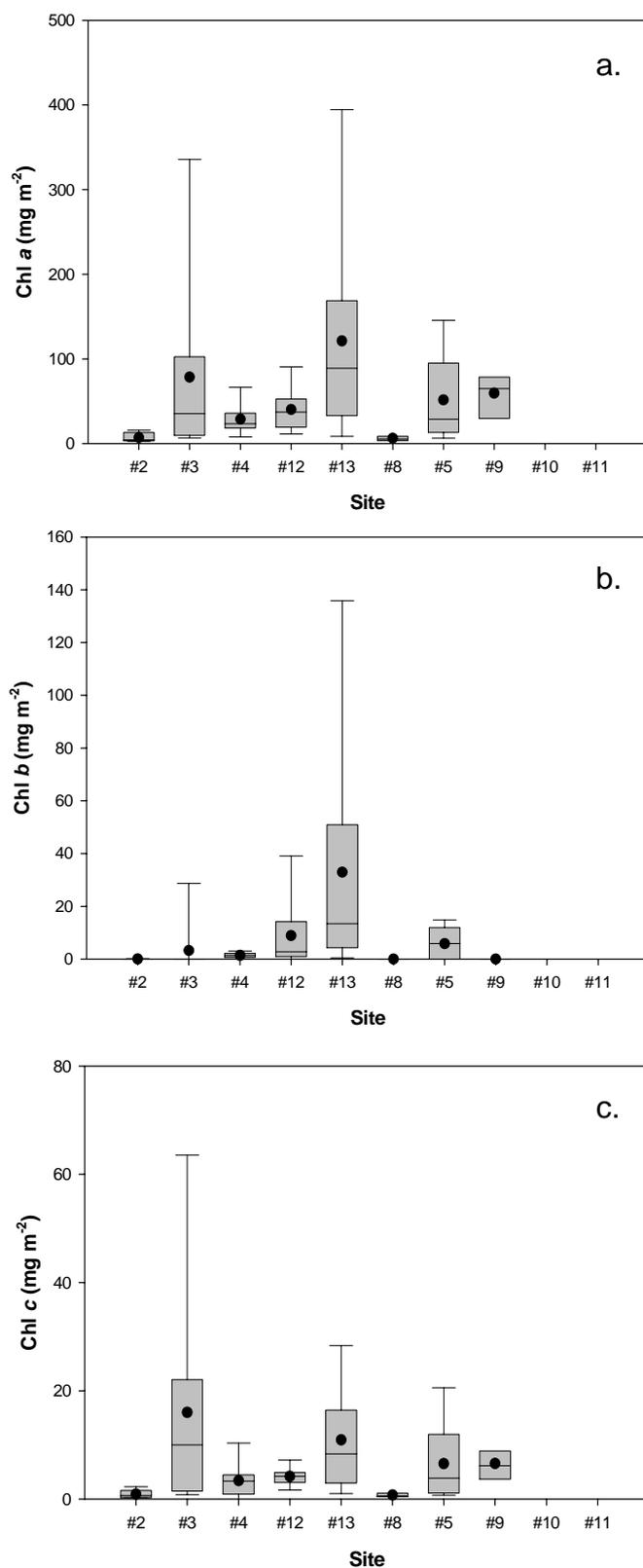


圖 1-12 2010 年十二月石附生藻葉綠素 a、b、c 箱型圖

(a. 葉綠素 a; b. 葉綠素 b; c. 葉綠素 c)

(資料來源：本研究資料)

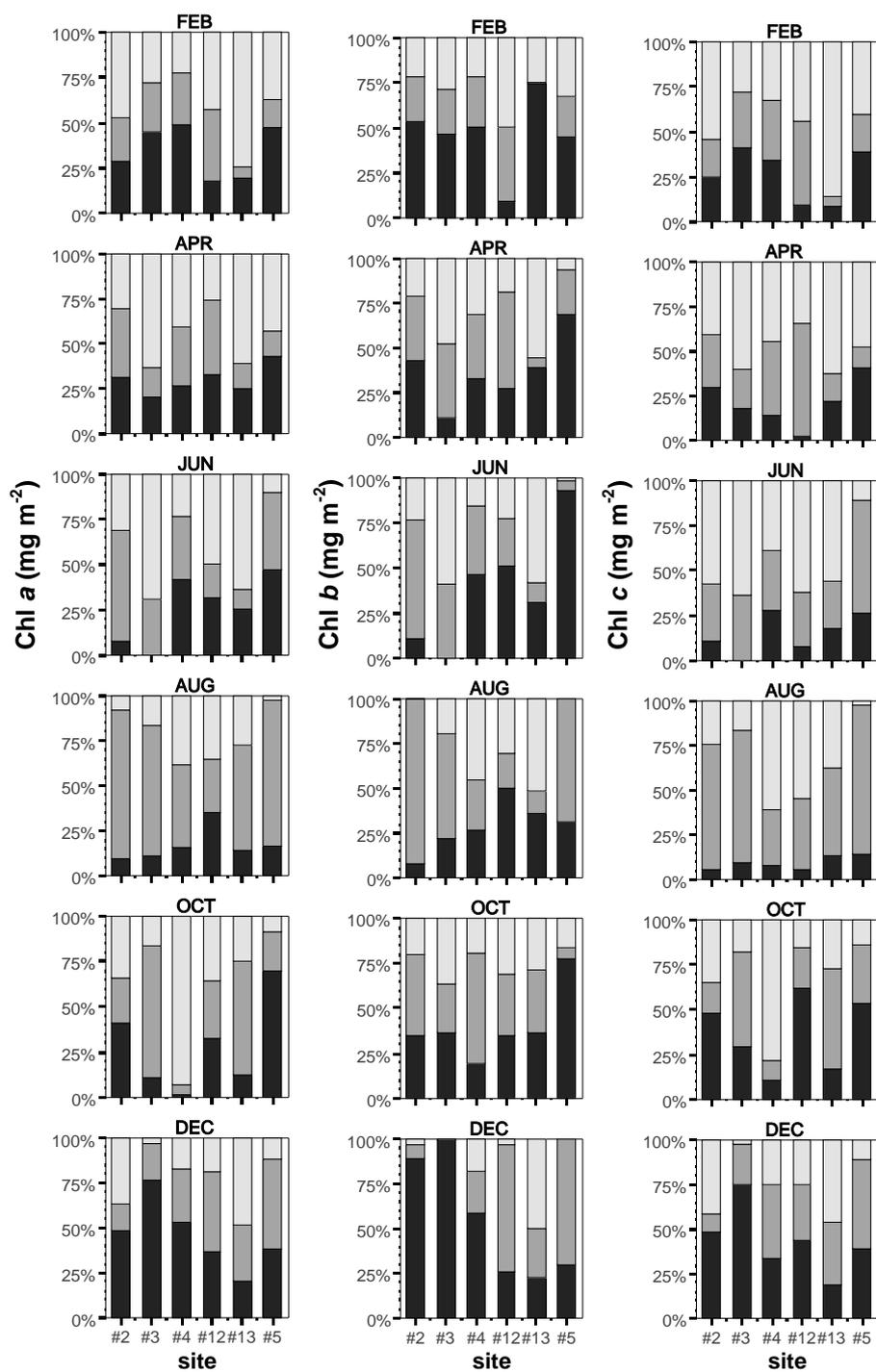


圖 1-13 七家灣溪六測站微棲地之石附生藻葉綠素 a、b、c 百分比累積圖
(資料來源：本研究資料)

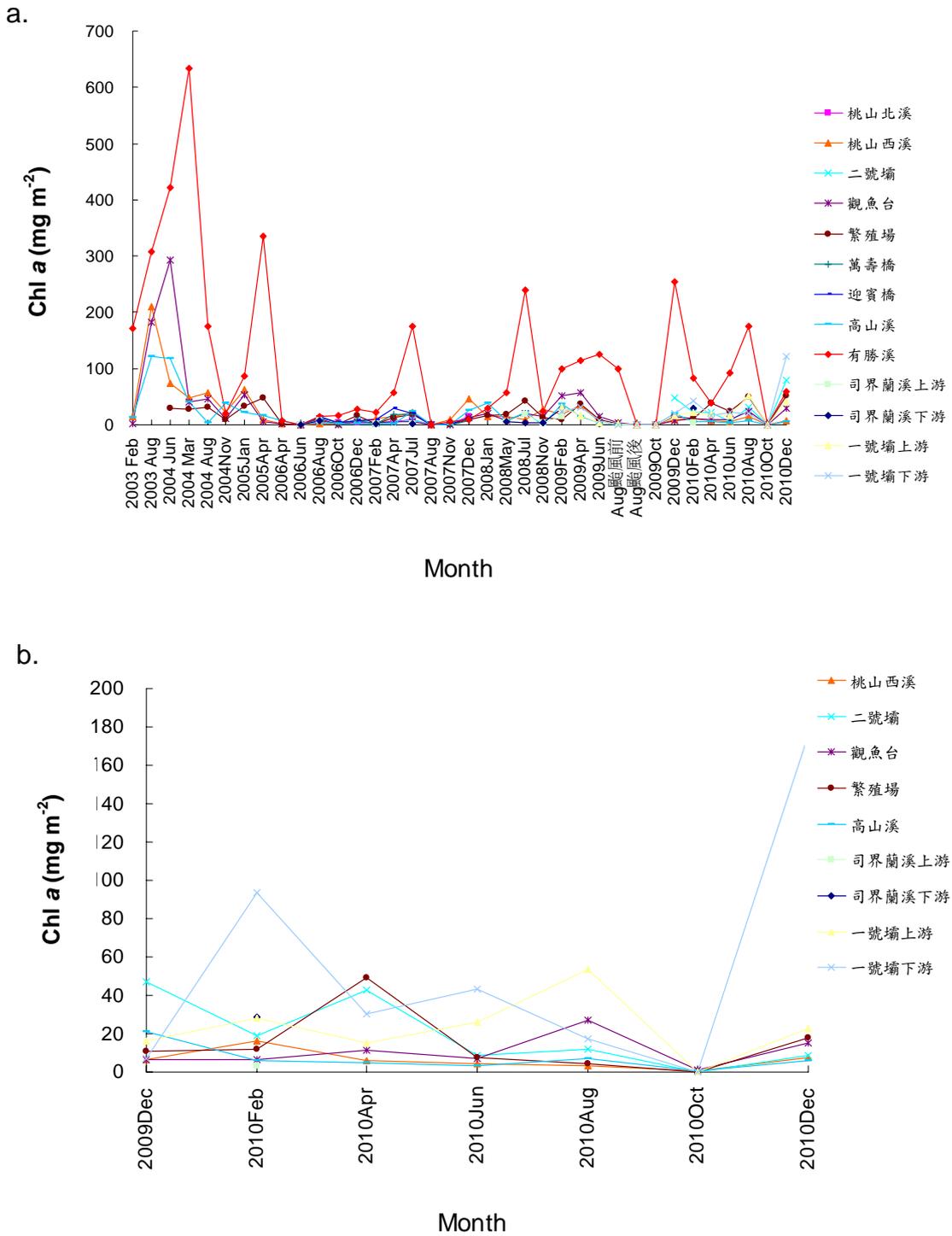


圖 1-14 歷年瀨區石附生藻類生物量曲線圖

(a. 2003 年六月至 2010 年十二月歷年瀨區石附生藻生物量；

b. 2009 年十二月至 2010 年十二月排除有勝溪測站後石附生藻生物量)

(資料來源：本研究資料)

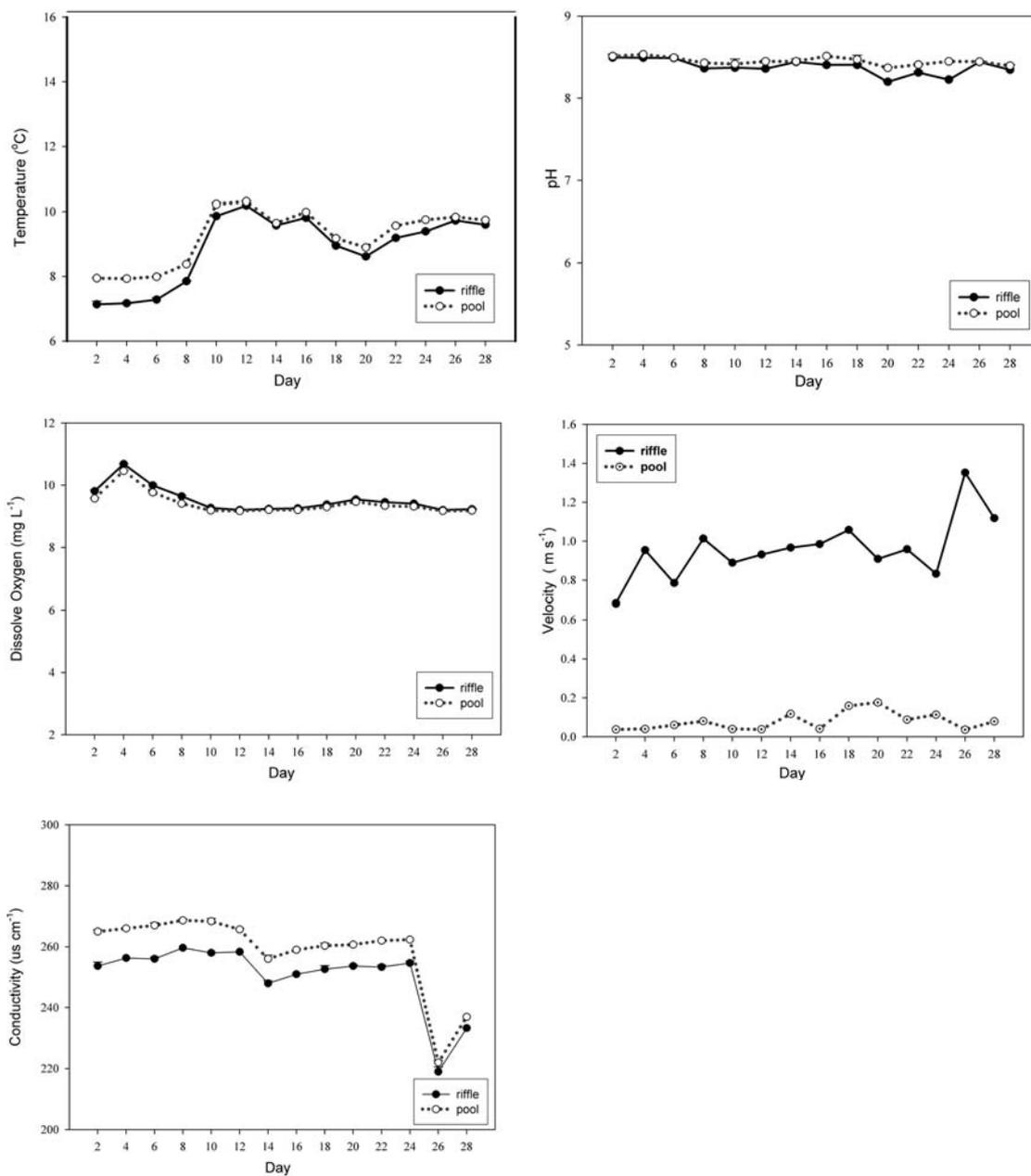


圖 1-15 乾季中繁殖場瀨區及潭區 28 天內各環境因子變化

(資料來源：本研究資料)

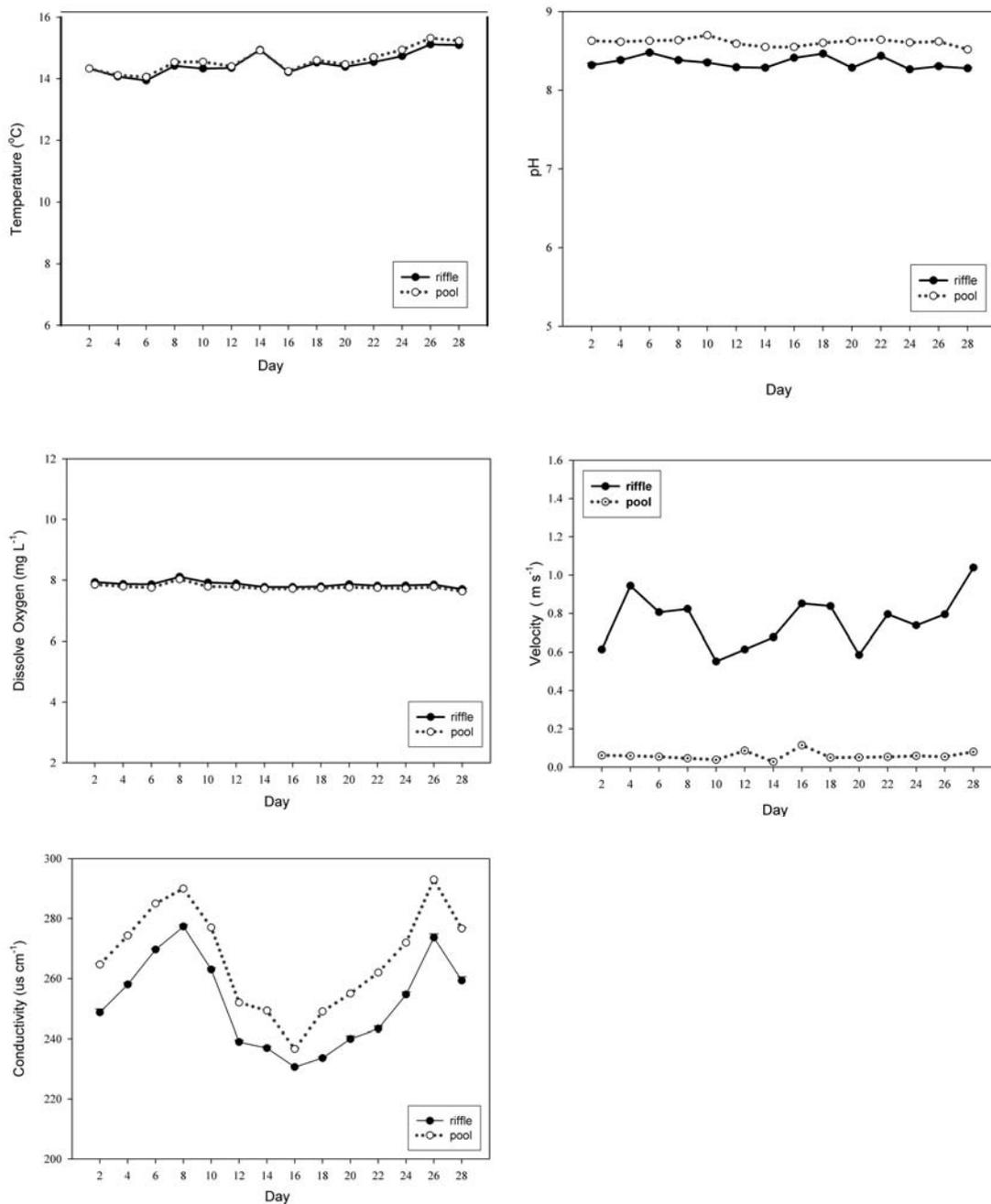


圖 1-16 濕季中繁殖場瀨區及潭區 28 天內各環境因子變化

(資料來源：本研究資料)

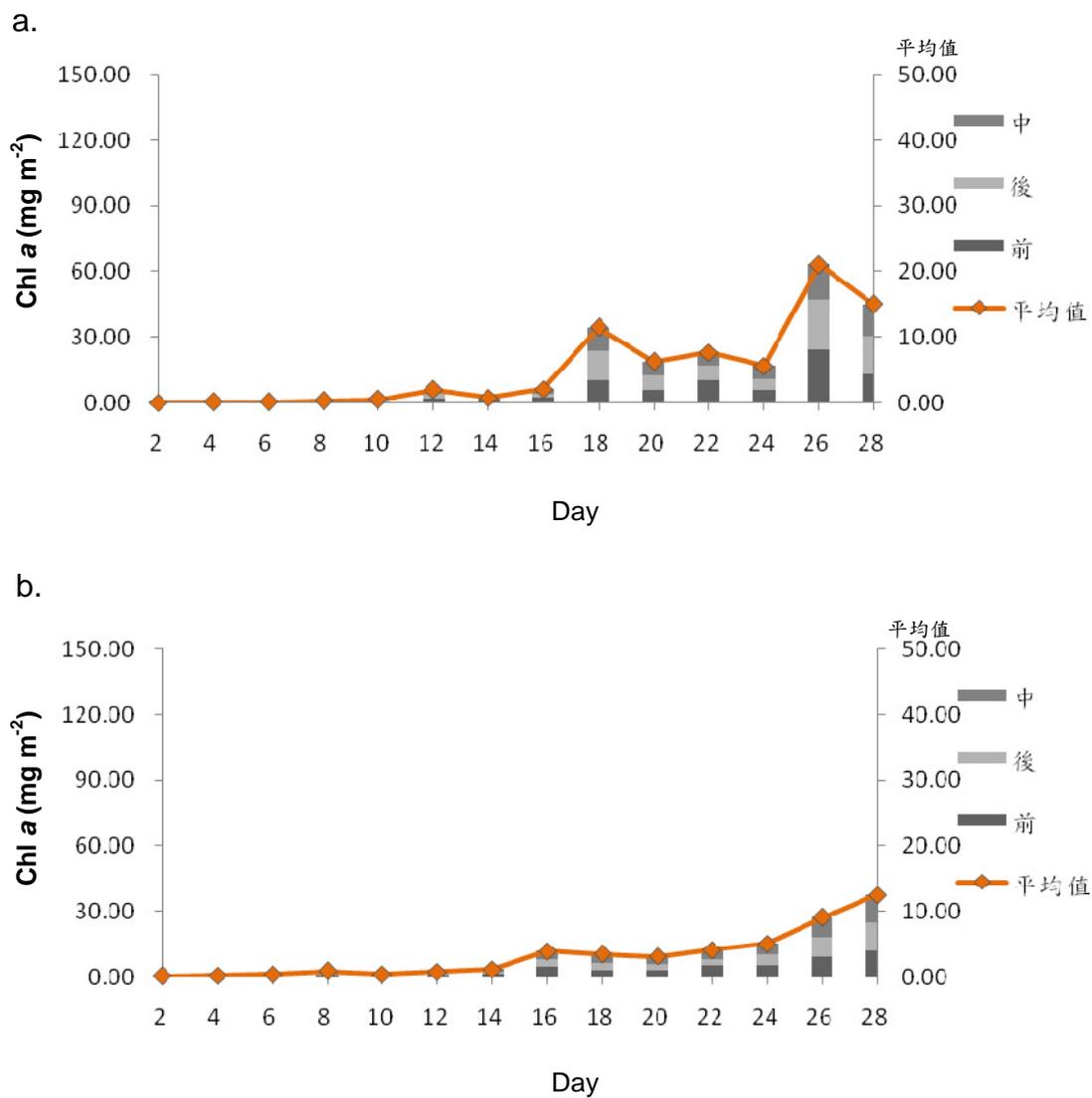


圖 1-17 七家灣溪繁殖場乾季 28 天內石附生藻類平均生物量變化

(a. 瀨區；b. 潭區)

(資料來源：本研究資料)

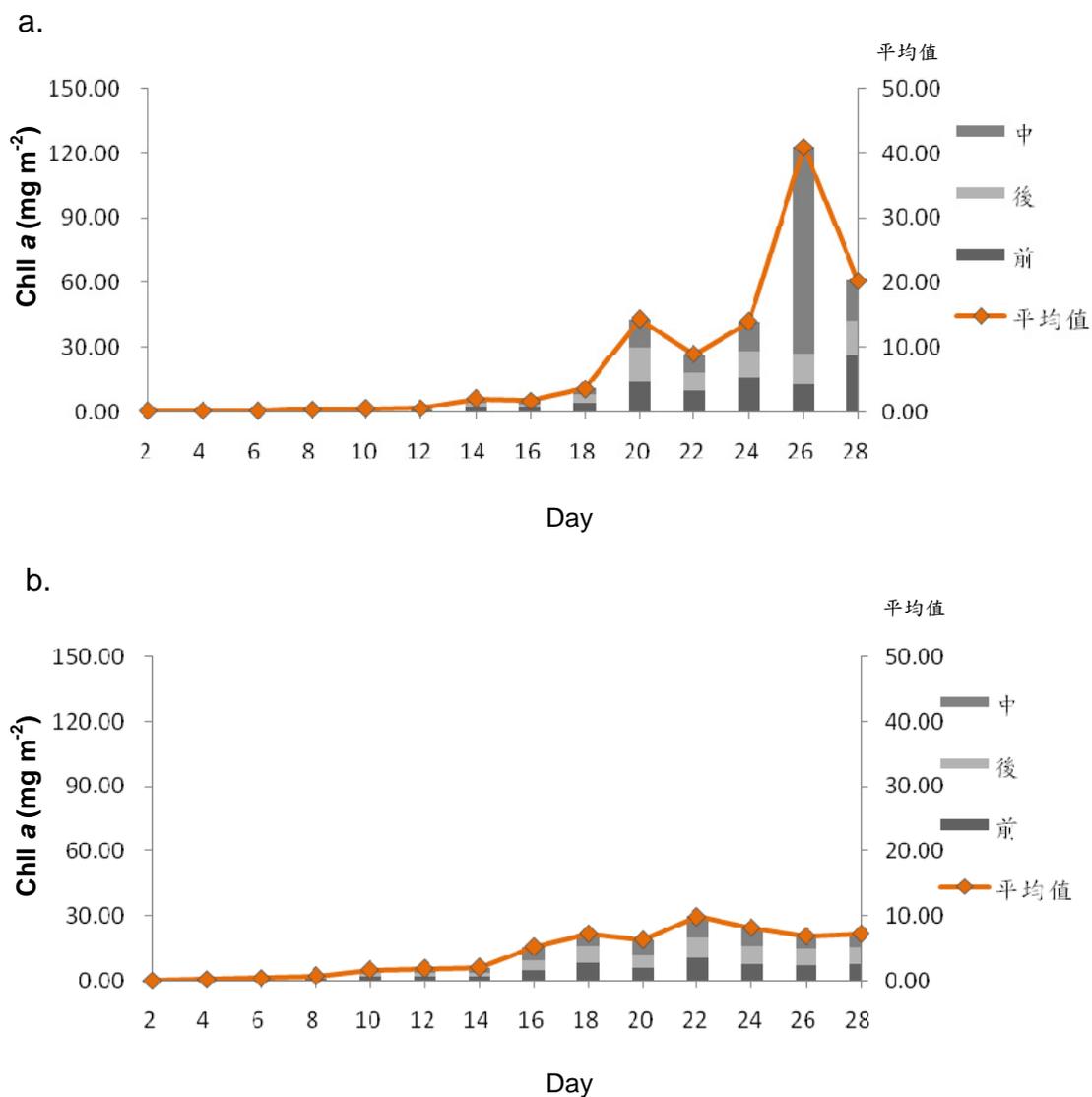
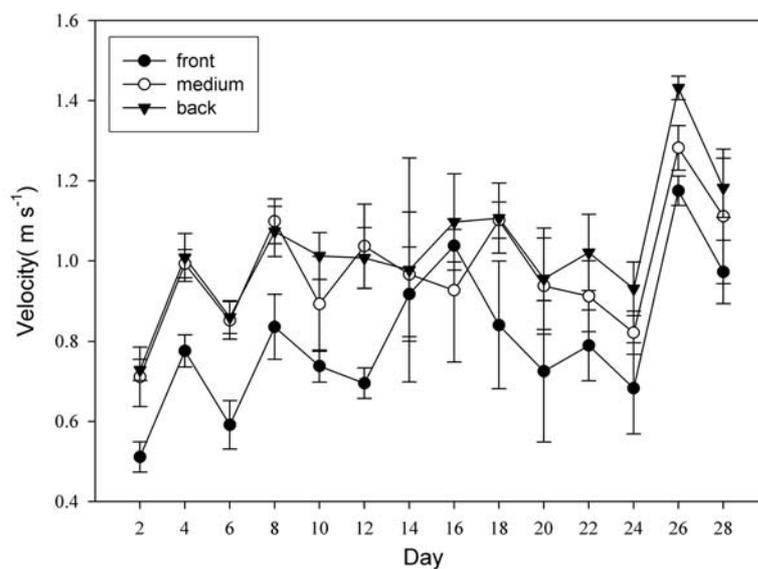


圖 1-18 七家灣溪繁殖場濕季 28 天內石附生藻類平均生物量變化

(a. 瀨區；b. 潭區)

(資料來源：本研究資料)

a.



b.

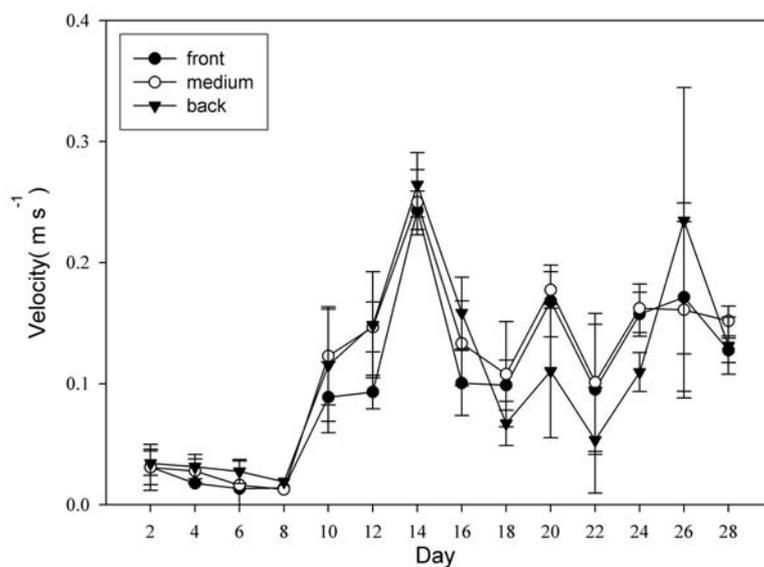
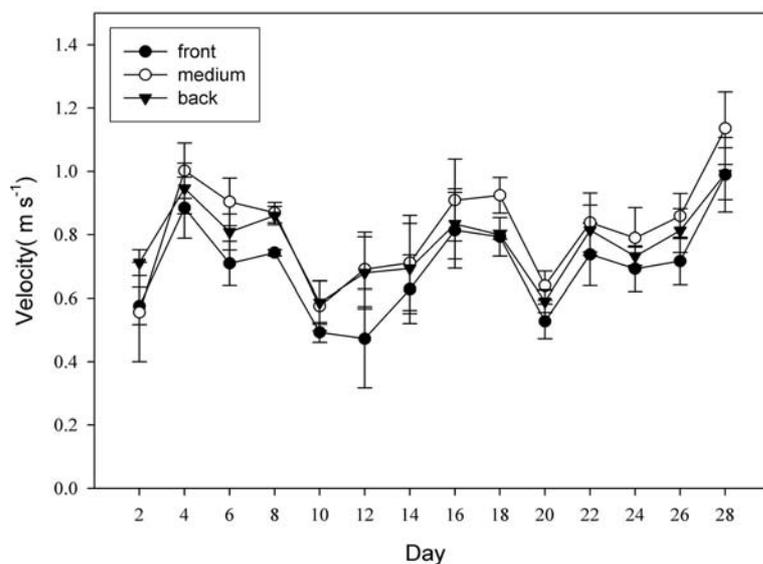


圖 1-19 七家灣溪繁殖場乾季石頭上各方向流速變化

(a. 瀨區；b. 潭區)

(資料來源：本研究資料)

a.



b.

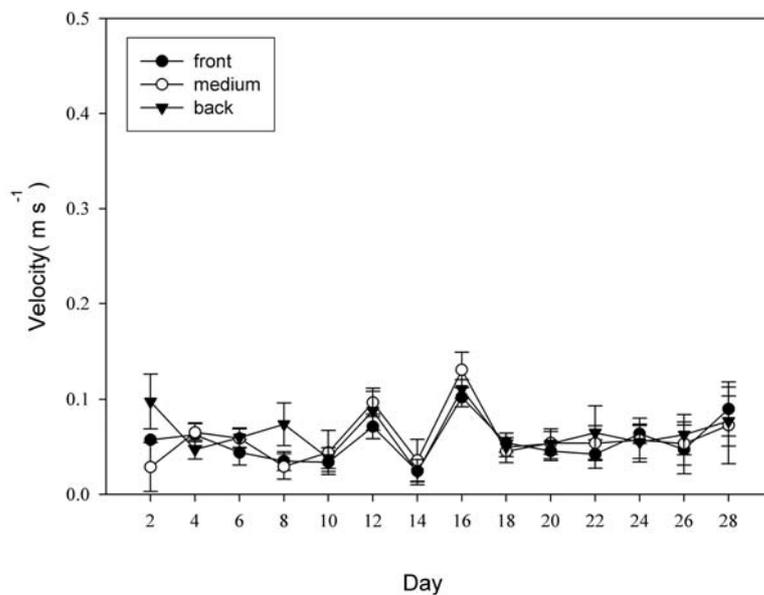


圖 1-20 七家灣溪繁殖場濕季石頭上各方向流速變化

(a. 瀨區；b. 潭區)

(資料來源：本研究資料)

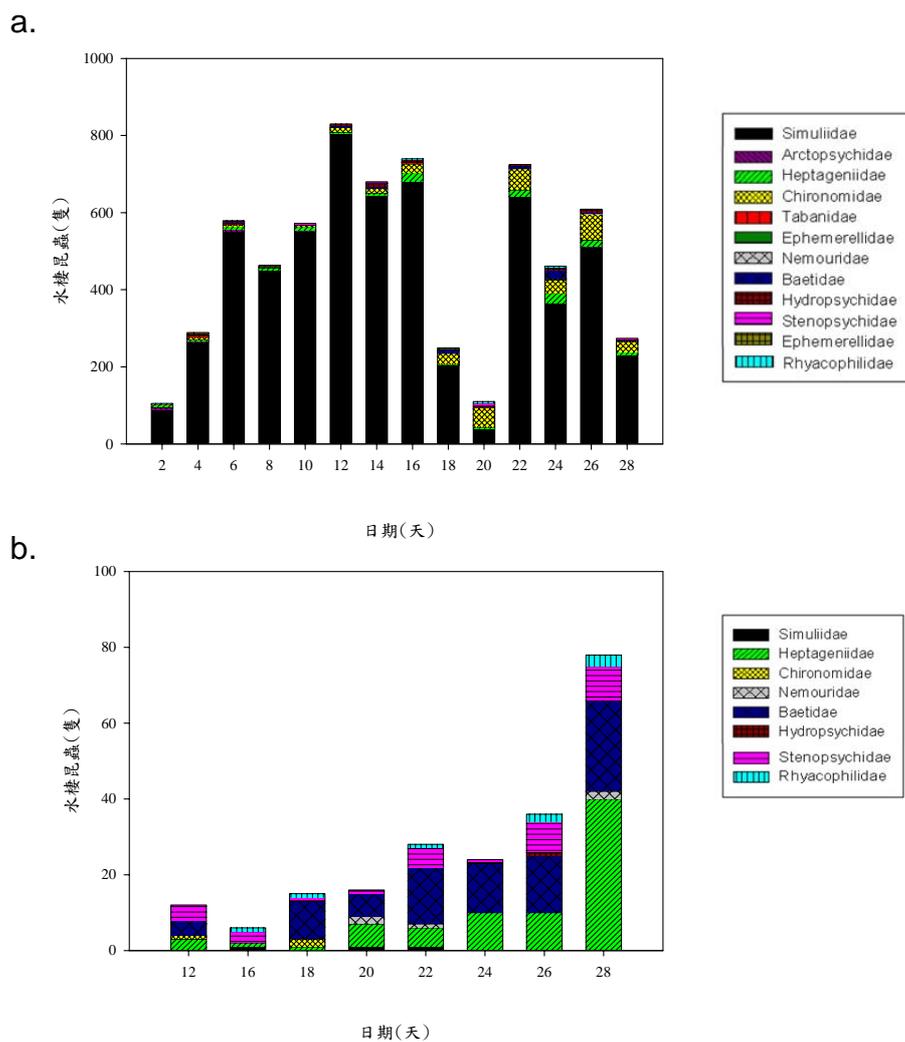


圖 1-21 七家灣溪繁殖場乾季水棲昆蟲平均隻數

(a. 瀨區；b. 潭區)

(資料來源：本研究資料)

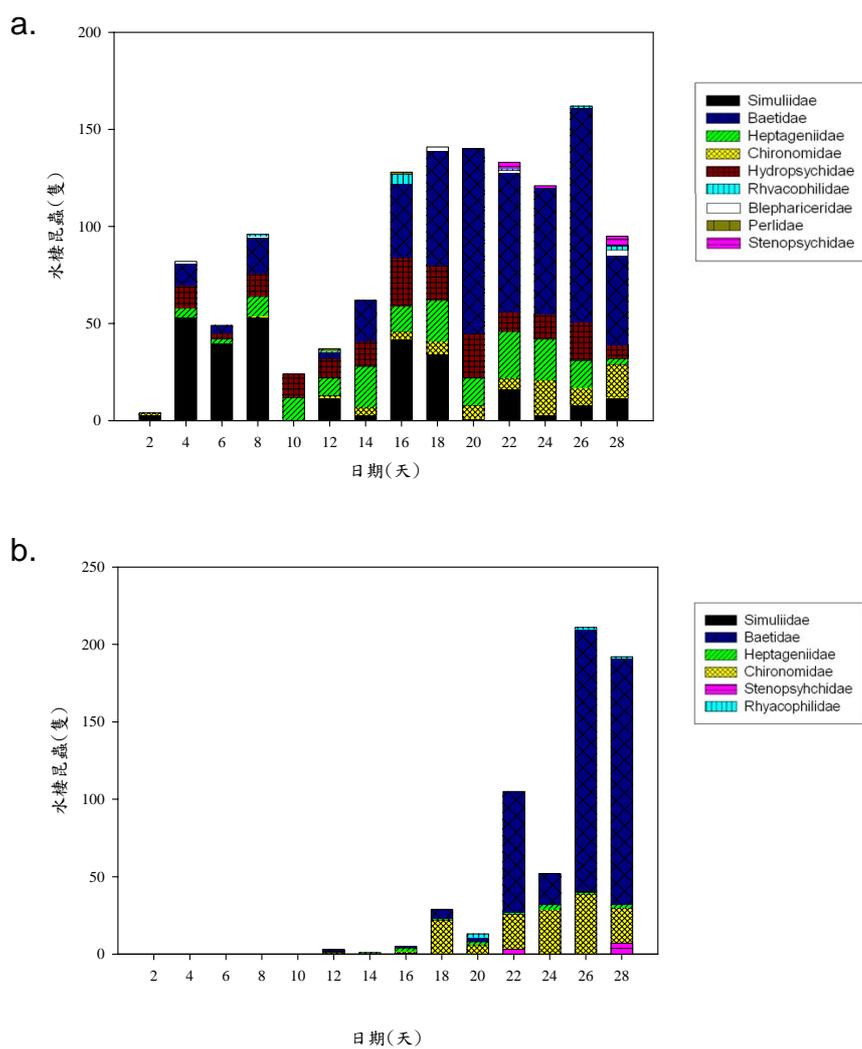


圖 1-22 七家灣溪繁殖場濕季水棲昆蟲平均隻數

(a. 瀨區；b. 潭區)

(資料來源：本研究資料)

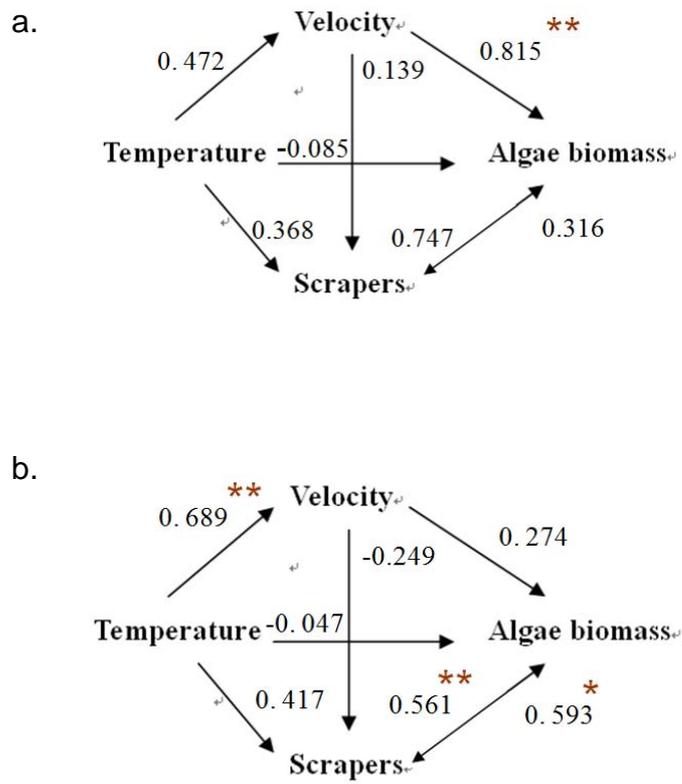


圖 1-23 七家灣溪繁殖場乾季研究模式徑路圖

(a. 瀨區；b. 潭區)

(資料來源：本研究資料)

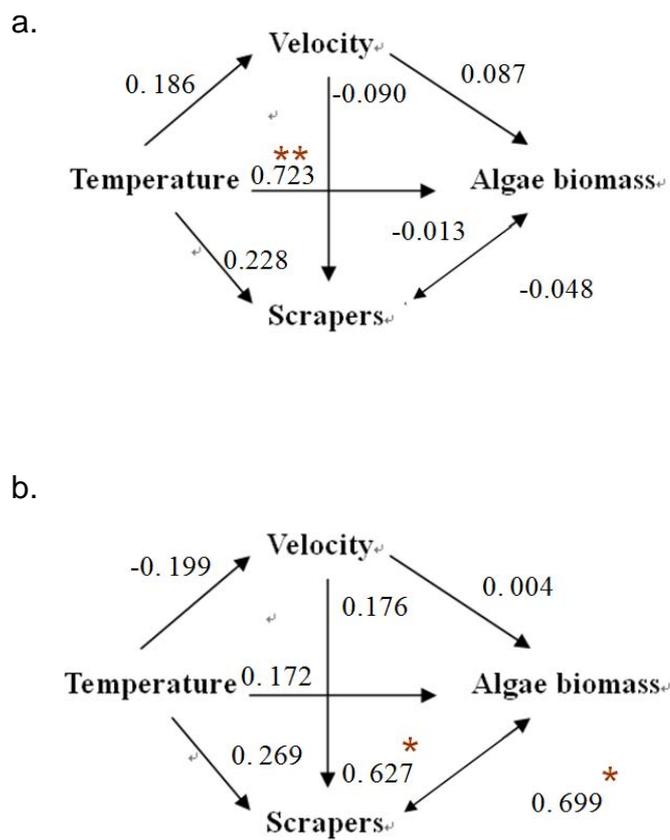


圖 1-24 七家灣溪繁殖場濕季研究模式徑路圖

(a. 瀨區；b. 潭區)

(資料來源：本研究資料)

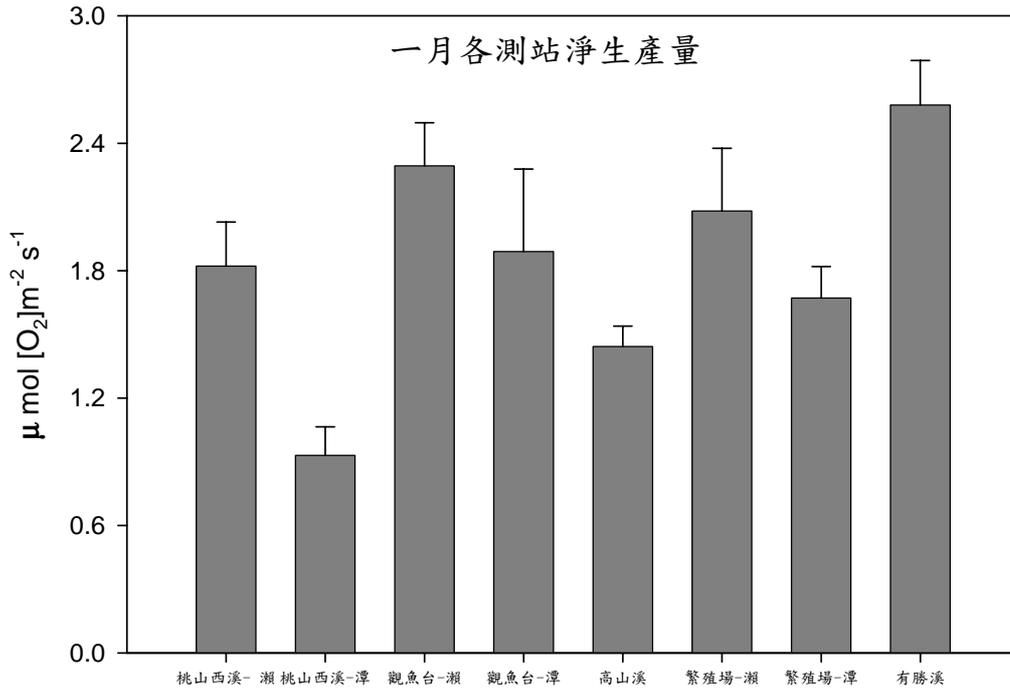


圖 1-25 一月各測站石附生藻淨生產量

(資料來源：本研究資料)

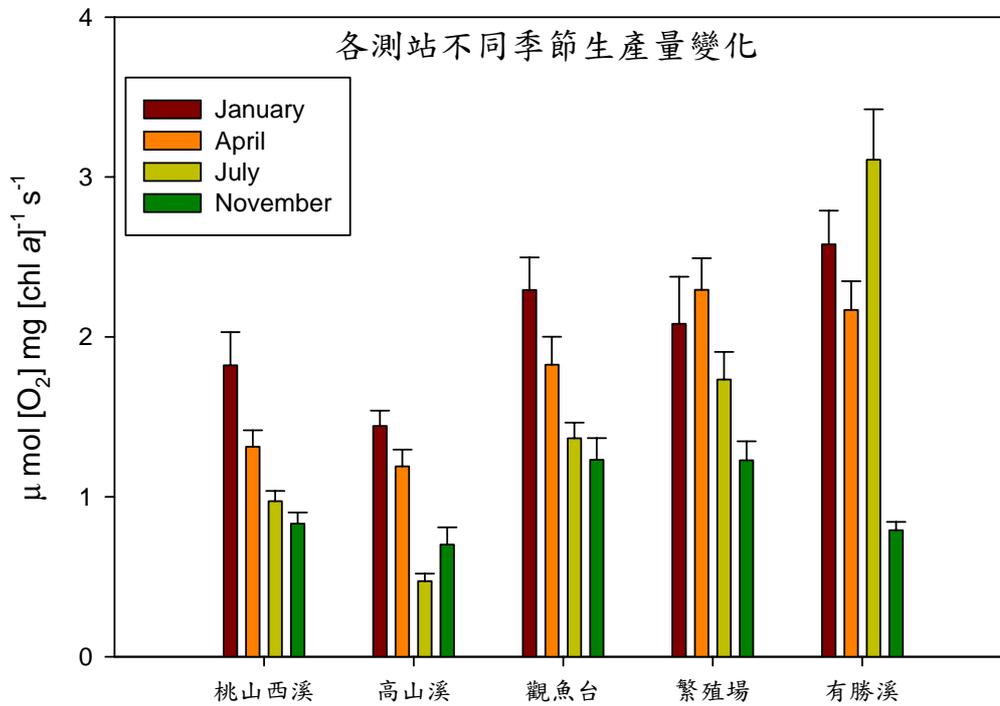


圖 1-26 各月各測站石附生藻淨生產量

(資料來源：本研究資料)

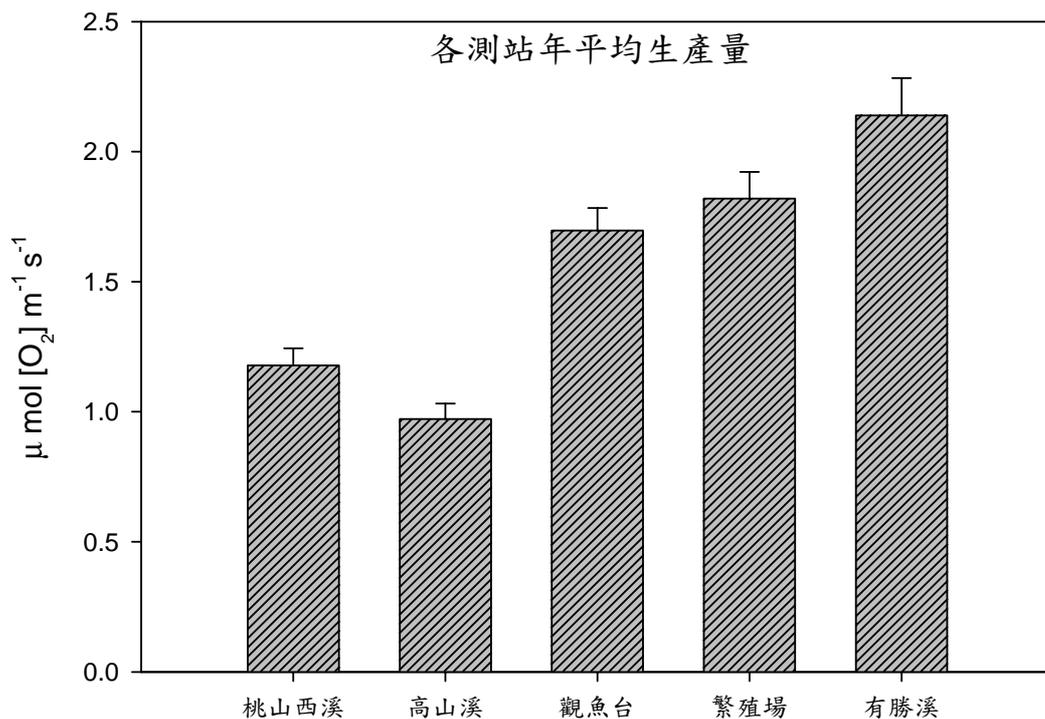


圖 1-27 各測站年平均石附生藻生產量

(資料來源：本研究資料)

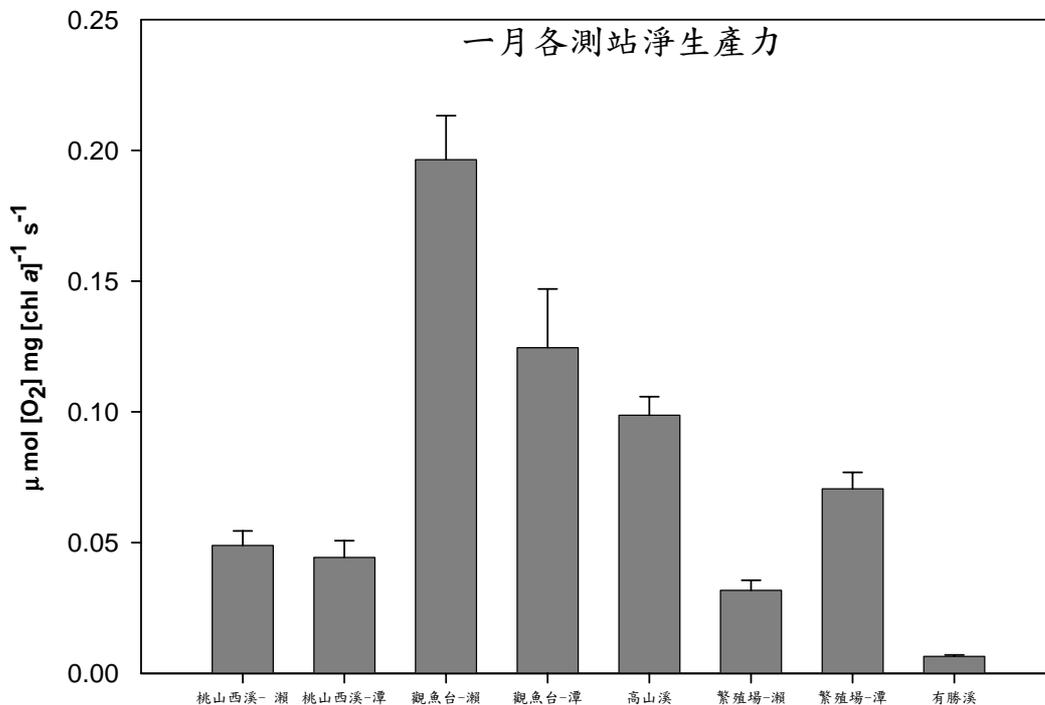


圖 1-28 一月各測站石附生藻淨生產力

(資料來源：本研究資料)

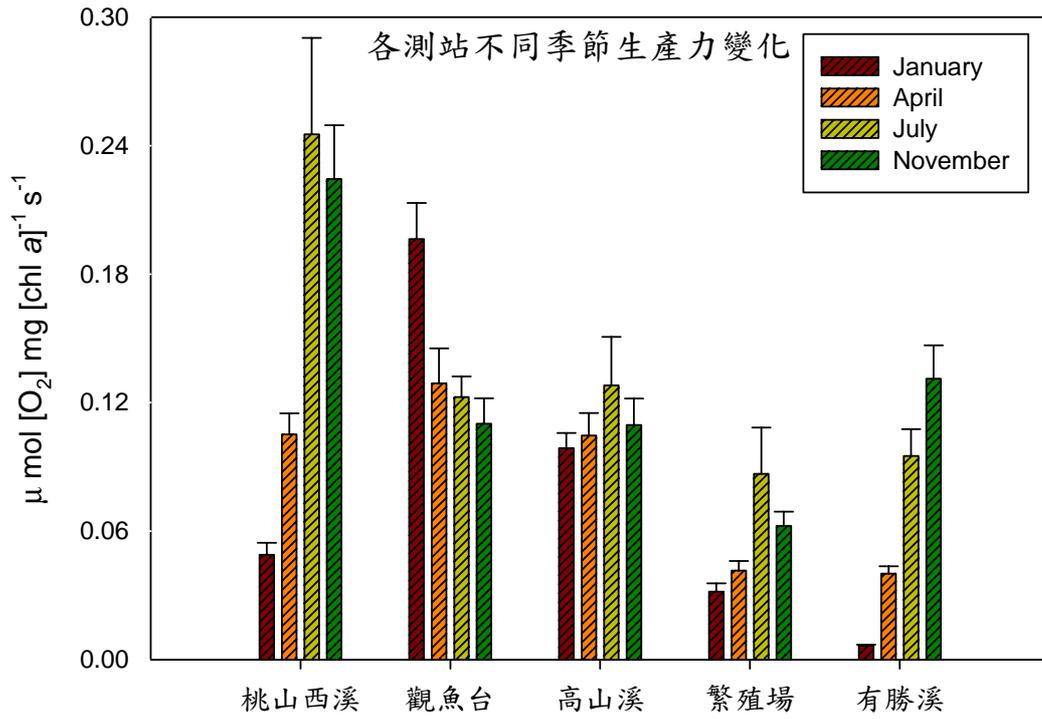


圖 1-29 各月各測站石附生藻淨生產力

(資料來源：本研究資料)

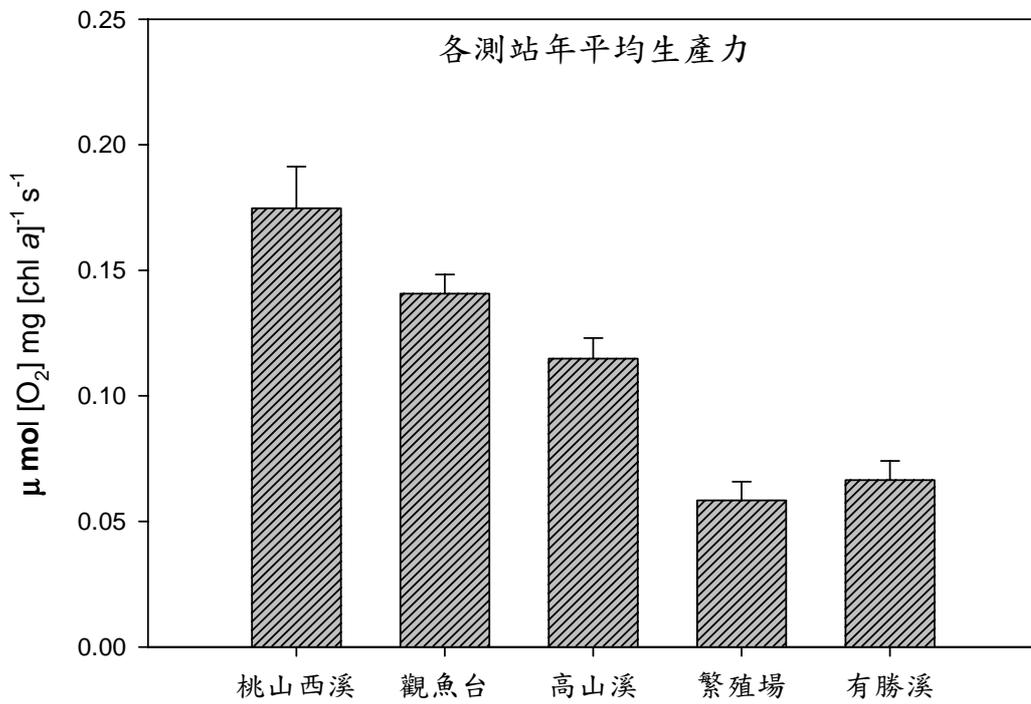


圖 1-30 各測站石附生藻年平均生產力

(資料來源：本研究資料)

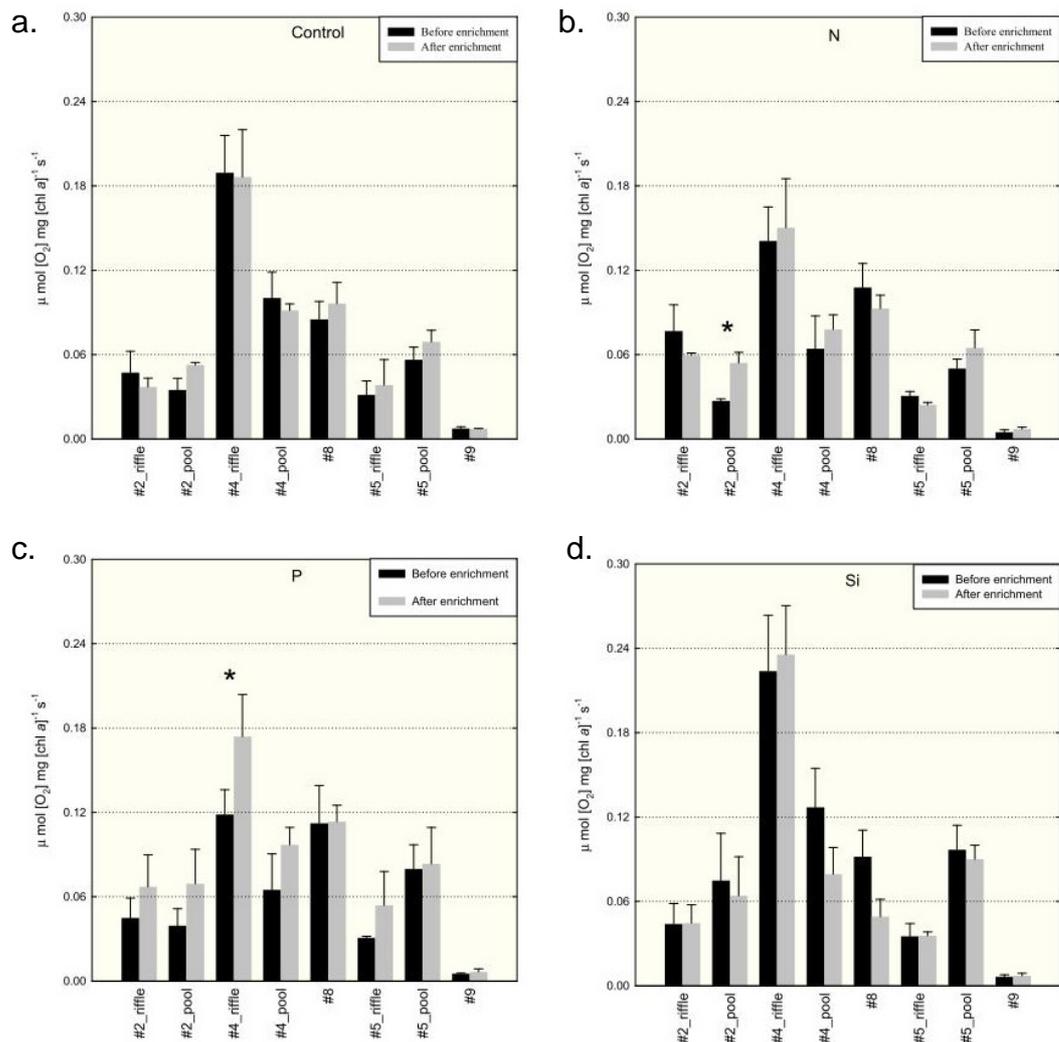


圖 1-31 一月營養鹽添加實驗

(a.控制組 b.氮添加組 c.磷添加組 d.矽添加組)

(資料來源：本研究資料)

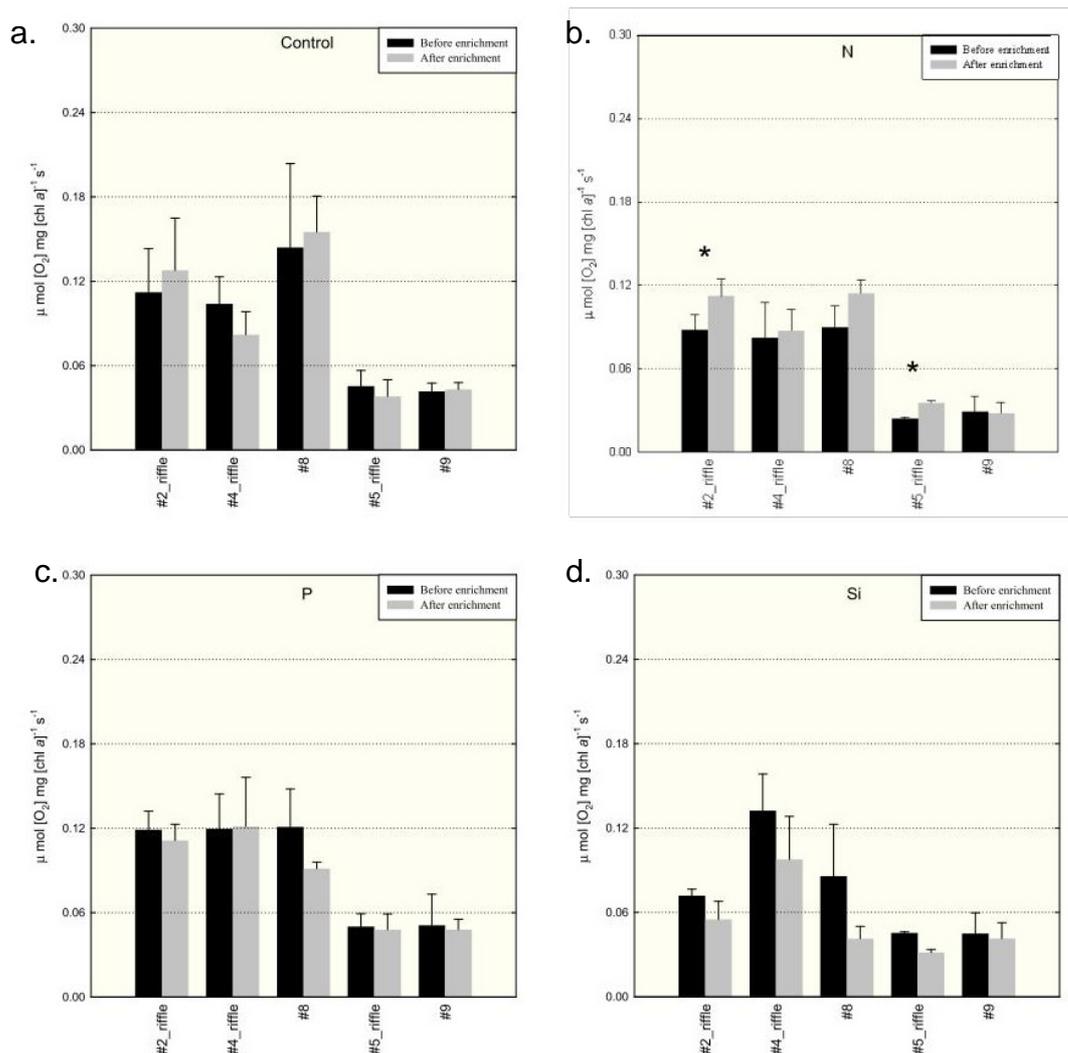


圖 1-32 四月營養鹽添加實驗

(a.控制組 b.氮添加組 c.磷添加組 d.矽添加組)

(資料來源：本研究資料)

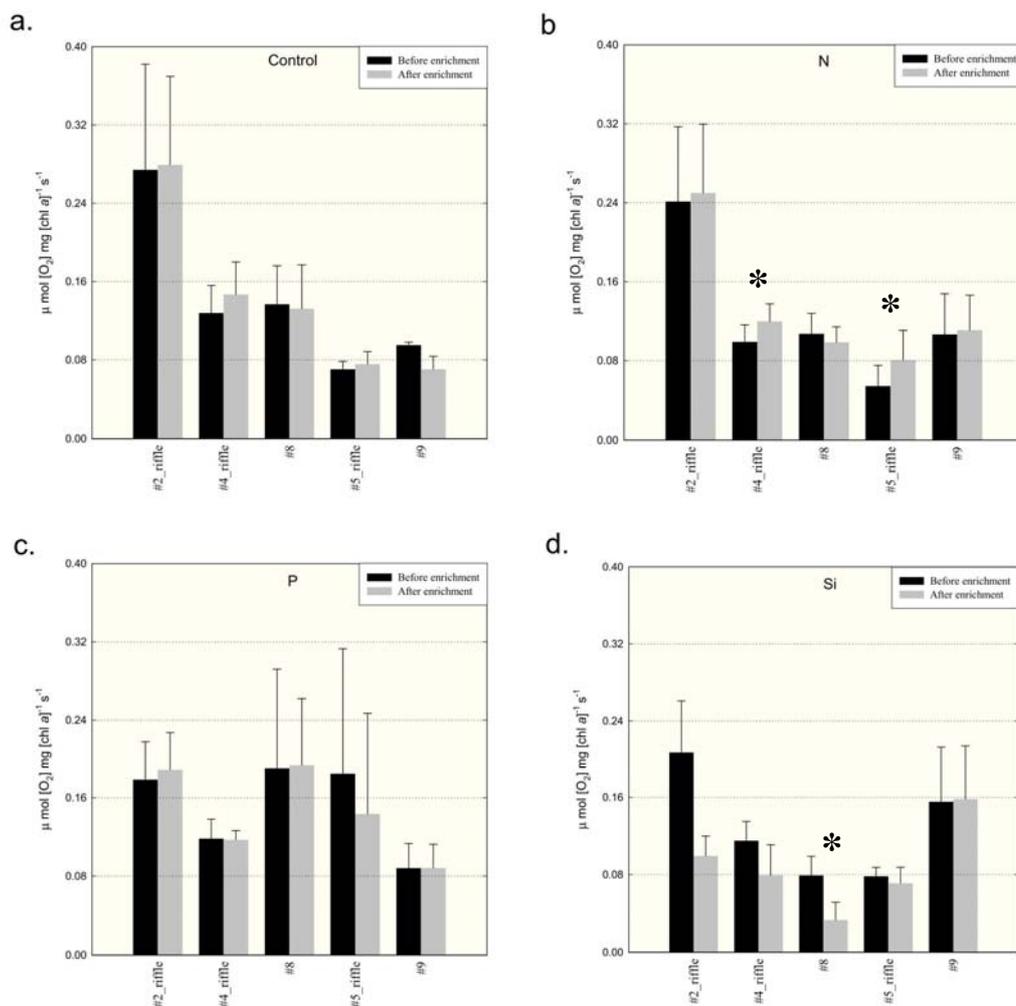


圖 1-33 七月營養鹽添加實驗

(a.控制組 b.氮添加組 c.磷添加組 d.矽添加組)

(資料來源：本研究資料)

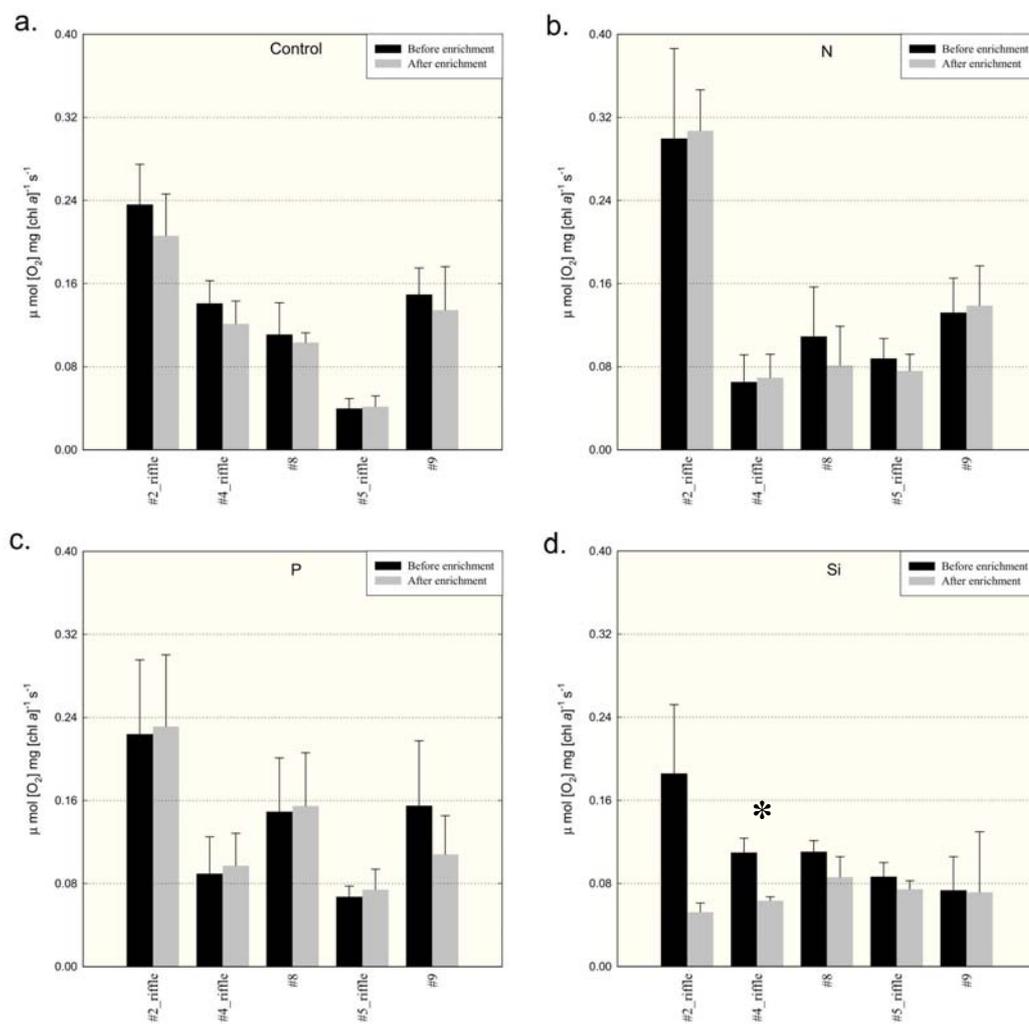


圖 1-34 十一月營養鹽添加實驗

(a.控制組 b.氮添加組 c.磷添加組 d.矽添加組)

(資料來源：本研究資料)

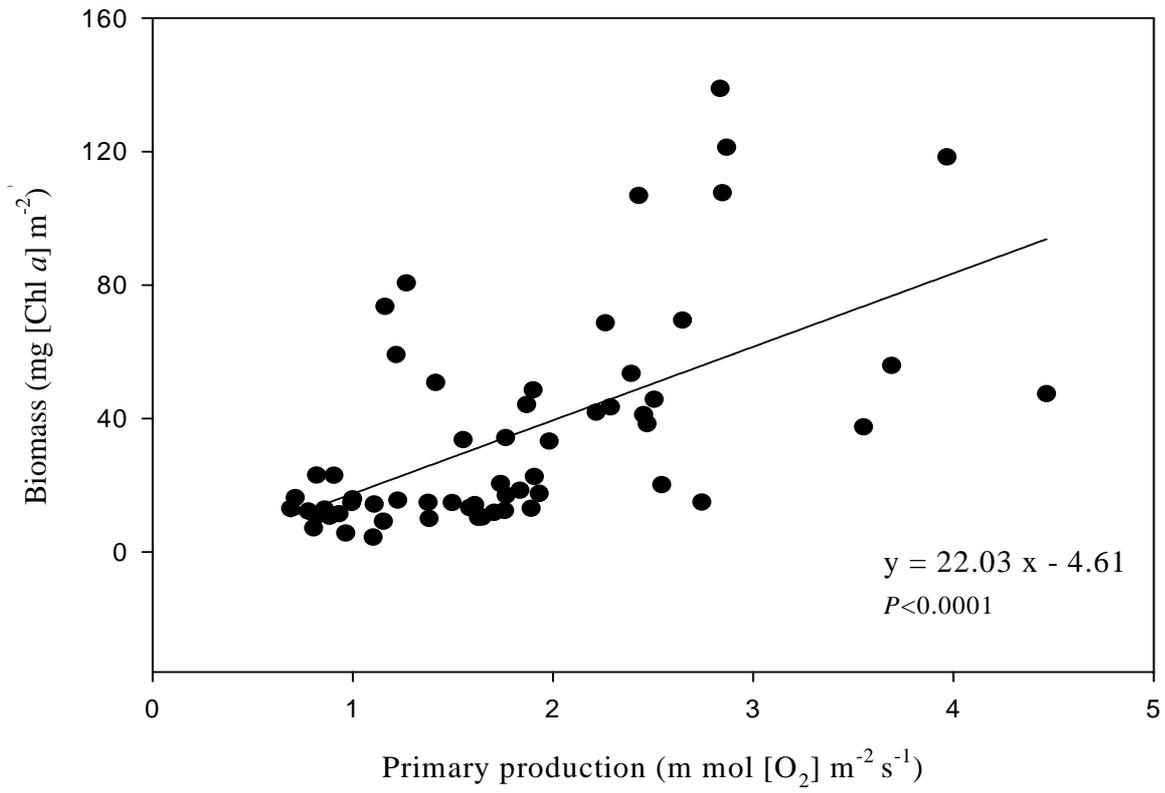


圖 1-35 石附生藻生物量與淨生產量相關分析

(資料來源：本研究資料)

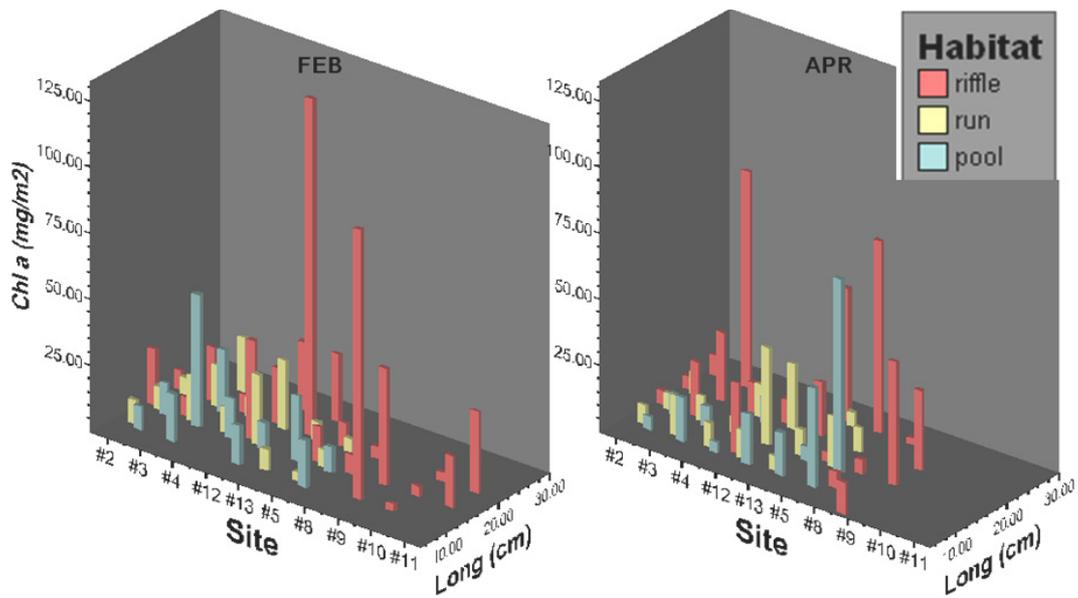


圖 1-36 各測站微棲地間石頭長徑與石附生藻生物量關係

(資料來源：本研究資料)

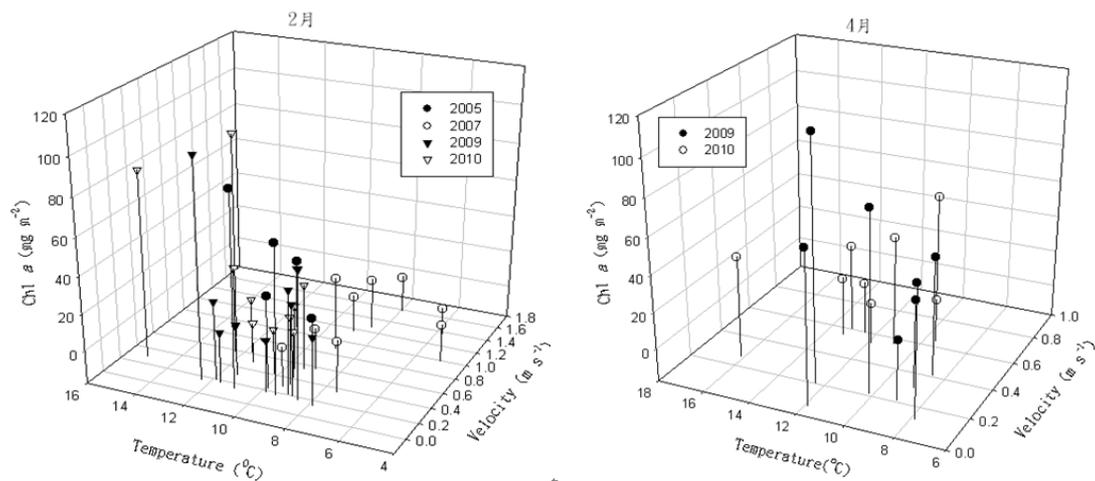


圖 1-37 歷年二月與四月石附生藻生物量與水溫及流速關係圖

(資料來源：本研究資料)

第二章 物理棲地研究

葉昭憲、王永賢

逢甲大學水利工程與資源保育學系

摘要

關鍵詞：櫻花鈎吻鮭、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**：為瞭解武陵地區長期生態系統之互動關係，並配合群體計畫之需求，追蹤高山溪防砂壩改善工程完成後之河道演變，本計畫對數年來所設置十一處生態共同採樣區及高山溪進行河道之縱、橫斷面測量，以及物理棲地組成調查與空間分佈分析。
- 二、**研究方法及過程**：本年度計畫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**：調查結果顯示 98 年底到 99 年底調查間，高山溪河道並無太大顯著變化，僅在局部地區有小幅度的沖淤互現。木質殘材在高山溪四號與三號壩間所形成的殘材壩及深潭，仍使四號壩現況無法在近兩年之調查中確認；高山溪一號壩下游之殘材壩兩次調查中呈現穩定狀態，而二號壩壩址之上木質殘材高度則趨漸降低。七家灣溪一號壩上游多為平坦河床，坡降約為 1.0%，而一號壩下游坡降則為 3.0%至 4.0%，其棲地類型則以緩流與淺灘為主。司界蘭溪因本年度調查一次，河道較寬廣，導致河道與地貌變化相對較為劇烈，坡度較去年度變緩，粒徑分佈為卵石居多。
- 四、**主要建議事項**：根據研究發現，本研究針對調查結果，提出下列具體建議。以下分別從立即可行的建議、及長期性建議加以列舉。
(一) 立即可行之建議—高山溪殘材壩對生態系統影響之研究

主辦機關：雪霸國家公園管理處

歷年來，兩岸樹木由於暴雨及坡面崩坍進入河道而形成殘材壩，如九十四年在高山溪三號壩與四號壩間之殘材壩，九十六年在高山溪二號壩壩址處之殘材壩，以及九十七年一號壩下游之殘材壩，因此高山溪目前已有三座殘材壩之結構存在。而由於殘材壩造成河道之明顯落差，雪霸國家公園管理處為避免形成阻隔魚類自由通行之狀況，亦於今年(99年)對高山溪二號壩壩址殘材壩及一號壩下游殘材壩之殘材以電鋸予以裁切，期望藉由暴雨事件之洪水將長度漸短之殘材輸送離開殘材壩址。但是，此人為處理方式所產生之生態與環境影響則需輔以持續魚類或生態監測及調查方能確認，是故提出「高山溪殘材壩對生態系統影響之研究」之長期性建議。

ABSTRACT

1. **Research Purpose:** To understand the interactive relationships among the ecosystem components of Wulin Area and the transition of channel morphology after dam removals, this project implemented longitude and cross sections survey and habitat composition analysis at eleven observation sites and Gaushan Creek 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:** Based on the this year's investigations applied at February, June, and October, the channel of Gaushan Creek has no significant change but minor deposit or scour locally. The woody debris dam and its downstream deep pool between Dam #3 and #4 are still impossible to go over such that the channel condition beyond the woody debris dam is remained unclear. However, the other two woody debris dams in the Gaushan Creek decreased in heights because of cutting the woody debris into halves during this year. At the upstream part of Dam #1 of Chichiawan Creek, the channel slope is about 1% with flat cross section. On the other hand, the channel slope is up to 4% with habitats of rapids and riffles for the downstream part of Dam #1 of Chichiawan Creek. The channel of Sihjielan Creek often changes dramatically after storm for its wide channel.

【Keywords】Formosan Landlocked Salmon, Chi-Chia-Wan Creek, Gau-shan Creek, Dam Removal, Channel Morphology Change, Habitat Composition

一、前言

在雪霸國家公園內，臺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，這都顯示櫻花鉤吻鮭保育工作之重要性。然而，近數十年來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。雪霸國家公園自八十六年起即開始針對防砂壩改善工程進行系列研究，並於 88 年至 90 年分別對高山溪四座防砂壩進行壩體改善。而為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，雪霸國家公園亦透過研究計畫除持續對高山溪河道斷面進行追蹤測量。而為進一步釐清臺灣櫻花鉤吻鮭與其生存環境及生態系之互動關係，雪霸國家公園則於 94 年開始以群體計畫方式進行系列「武陵地區長期生態研究」計畫。本章之研究內容如同 98 年度計畫在共同樣區進行測量、調查工作外，本年度持續監測七家灣溪一號壩上下游各 100 公尺之測站間斷面測量並紀錄七家灣溪一號壩壩體改善前之河道狀態，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。

(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、七家灣溪一號壩上下游監測、七家灣溪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。計劃之執行期間為民國九十九年一月至民國九十九年十二月。

(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劃目標。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. 對七家灣溪之一號壩上游河道 100 公尺及下游 100 公尺、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. 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。
4. 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。

二、材料與方法

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

(一) 河道地形變化趨勢

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

- 1.河道之縱向演變：利用河段縱斷面測量之實測紀錄，可推算研究河段環境變化後之高程演變趨勢。
- 2.河道橫向演變：將各觀測斷面之歷年調查結果同時繪製於同一橫斷面圖上，即可判斷河道邊坡及河床面之沖淤狀況。

(二) 物理棲地組成

利用所設置之間距 20 公尺穿越線，首先測定各河段之溪寬，其次於溪寬 1/4、2/1 和 3/4 處分別觀測水深、流速和底質礫石，並藉以判定棲地類別。最後，利用不同觀測時段之河段物理棲地組成，歸納其變動趨勢。而底質之量測將以腳踏法和目視法判定，底質石種類及其分類對照如(表 2-10)所示。

棲地分級則根據 Leopold (1969)之研究成果，將水流型態歸類為水潭(pool)、緩流(slow water)、湍流(淺瀨)(riffles)、急流(rapids)、岸邊緩流(slack)、迴流(backwater)等六種流況。上述六種水流形態，可利用水深與流速之比值，也就是福祿數(Froude Number) $F_r = V / \sqrt{gH}$ 來表示。

三、 結果

(一)高山溪河道變化調查

高山溪原有四座防砂壩，在 88 年 4 月至 90 年 9 月陸續進行壩體改善工程後，其河道地形會因為此人為條件改變而有所的調整。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。

99 年度計畫預計對高山溪進行三次斷面調查，分別為 2 月、6 月以及 10 月實施。經由調查發現，一號壩下游的殘材壩，其木質殘材間之空隙也被砂石填滿，主體結構趨於穩定。二月與十月調查時，受限於三號壩上游之殘材壩前深潭，無法再向上游到達四號壩，故以該殘材壩前深潭為起點；六月份更因豐水期間使三號壩前深潭造成通行障礙，故其測量係以三號壩為起點。

- 1. 四號壩上游河道：**由於今年度三次調查因三號壩上游 250 公尺處殘材壩體而無法到達四號壩上游河道，故本年度報告缺乏四號壩上游河道的資料。
- 2. 三至四號壩間河道：**二月份及十月份調查長度約 150 至 200 公尺，與歷史資料互相比較，坡度稍緩，約 3.1%。棲地型態為淺灘與緩流為主，溪床底質以岩盤及巨大礫石偏大顆粒為主。
- 3. 二至三號壩間河道：**為目前觀測之高山溪四個壩體之間間距最長的河段，由河道平均坡度的變化發現此河段在枯水期間地形均呈現淤大於沖。此外，木質殘材在此河段頻繁出現，為數不少的漂流木集中於河道中，並且在其周邊形成淤積，進而塑造出多樣性的物理棲地。在二號壩口原本堆積大量的木質殘材，已有部分被鋸斷，故主體結構有降低趨勢，與下游河道落差約為 2.5 公尺。此河段棲地型態，以淺灘與緩流為主，溪床底質以平坦表面和碎石偏細顆粒為主。
- 4. 一至二號壩間河道：**一至二號壩間河道以及二至三號壩間河道，在河道長度、

坡度變化與河道型態等方面皆相當類似；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。本年度調查結果，平均坡降為 3.6%。棲地型態為緩流居多，少有深潭出現，溪床底質分佈較均勻。

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，屬河道狹深且岸邊多岩盤的地形，再加上巨礫石較多，為階梯狀河床最明顯的區域。接近匯流口前的轉彎處，97 年 11 月份調查所發現之殘材壩，壩體部分已有鋸斷清除，與下游河道落差為 3 公尺。此區域之棲地類型，以淺灘與緩流為主少有深潭出現，溪床底質以小型礫石居多。

(二)七家灣溪二號壩及一號壩河道斷面調查

本年度進行七家灣溪的全河道調查，並與去年和前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，全長約 6.1 公里。本節將七家灣溪分成四個部份：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，本河段河寬分布約為 30 至 40 公尺之間，河道坡度約為 0.026，與去年度調查結果比較，河段坡度相當但呈現沖淤互見之狀況。三號壩壩下兩岸為岩盤且有多處崩塌，但多半在大雨或颱風過後被帶往下游。
2. **二號壩上游 400 公尺至二號壩下游 200 公尺：**此河段坡度約為 0.025，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。然而由於地形條件之影響以及床面存在許多巨礫及岩盤，導致橫斷面變化不大。此河段具有許多深潭（深度可達 80-90cm 以上）及急流，此河段地形變化大，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

至一號壩上，其中包含了一號壩生態樣區。本河段全長約為 2,300 公尺，河道坡度約為 0.022，此河段斷面寬度變化落差相當大，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，發現深槽流心有隨豐枯水季而改變。

4. **一號壩下至匯流口：**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東側之七家灣溪河道。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 1650 公尺，其中從一號壩到與高山溪匯流約為 800 公尺，而高山溪匯流口至終點約為 850 公尺，今年度調查中位於一號壩下游右岸蛇籠之塌陷狀況較去年嚴重，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。

(三)高山溪及七家灣溪物理棲地分析

本研究在觀測河段中每隔 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，得知底質分佈情形。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 2-26)的分類標準產生(表 2-27~表 2-41)。在今年的調查中發現，高山溪的河床組成大多集中在粗石與卵石類型；而七家灣溪的情況與高山溪類似，以卵石的比例佔大多數，從(表 2-16~表 2-25)可發現，七家灣溪今年調查中，二號壩上粗顆粒比例有上升趨勢，可能與今年度並無嚴重颱風可將粗顆粒帶走有關。因此可知，本計畫觀測河段之底質粒徑

的分布主要受豐枯水期的影響，而發生雨季後粗粒化以及乾季因細泥沙沉積的現象。

- 2. 棲地環境類型分析:**本研究利用(表 2-26)進行,棲地環境類型的分類如(表 2-27 至表 2-31)。在今年度高山溪的調查中,棲地類型是以淺灘所佔的比例最高且淺灘比例幾乎均接近所有棲地之 60%以上,與今年度二月份相似,可見環境棲地類型會隨著豐枯水季而變化。而在乾濕季間的棲地變化情形上,淺灘棲地的部份,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灘成為緩流,而濕季則因為流速增加而使得部分淺灘成為急流。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。

(四)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 11 處生態共同採樣區進行調查外(圖 2-53),將繼續在司界蘭溪樣區做枯水期的監測調查。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三號壩上游吊橋正下方,與桃山西溪匯流於三號壩上方,近幾次在測站範圍的平均坡度約為 1.3%左右,今年 6 月所調查的平均坡度降為 1.2%左右;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較往年呈現掏刷現象,由斷面變化可看出流心有往中間移動的變化趨勢。而在棲地分佈上,可以發現本河段以淺灘比例最高,均有 60%以上且變化趨勢不大,緩流有減少趨勢。至於底質分佈上,在今年度兩次調查此河段均以類型二、三(碎石與卵石)為主,少有大型礫石出現。

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流，測站範圍內河道大多寬於桃山北溪觀測河段，約為 20~30 公尺左右，平均坡度約 2.0% 左右(表 2-46)，與其他共同樣區相較屬於較陡的河段，此區域沒有太大的變動。而棲地分佈上，主要以淺灘為主，急流與緩流比例呈現相當的狀態。底質方面以粗石比例有比今年度前兩次調查提升，趨近於去年度調查成果。

測站 4. 觀魚臺：觀魚臺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 1.8% 上下，此河段河寬較寬闊，約為 30 公尺左右，而右岸部份有大量的土砂堆積。而棲地分佈上，本河段以淺灘為主，還是有部份的緩流。而在底質分佈上，今年十月份調查粒徑底質方面以碎石、粗石為主，少有發現大型礫石的存在。

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，而平均坡度約將近 1.2% 左右的坡降，測站範圍內水深也較其他樣區來的深，尤其是在匯流口處。在棲地分佈上，可以發現本河段的調查中，幾乎集中於淺灘類型，今年度發現緩流與深潭出現，可能與匯流口左岸產生崩塌地而造成。至於底質分佈，今年度調查發現粗細顆粒分佈平均，從碎石、卵石、粗石至小型礫石與大型礫石均有出現。

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 2.4% 左右。此河段河道寬度變化較大，河寬的分布 10~25 公尺皆有，河道斷面大致變化不大。而在棲地分佈上，淺灘是為主要類型。至於底質分佈上，此區域的粒徑分佈偏大，粗石至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 1.7% 左右的坡降，近期兩次調查與去年度調查發現，河道呈穩定趨勢。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，本流段無明顯變化，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，雖然以淺灘為主，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，幾乎以淺灘為主。至於底質分佈上，整體上是較為平均，粗石與大型礫石佔多數比例。

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，坡降為 1.5% 上下。在棲地分佈上，此區域上游左岸在進行到路邊坡施工，多少影響了環境棲地的改變，在今年度調查中，棲地環境淺灘與緩流呈現互相消長現象，底質分佈上偏卵石與粗石為主。

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。此區地貌變化大，經常有木質殘材堆積。在棲地分佈上，本測站以淺灘與急流為主。底質分佈上以底質三到底質四之間為主要類型，較少又細砂之粒徑存在。

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。測站以舊壩圍起點，平均坡度約在 3% 左右的坡降，今年所調查結果顯示坡度有比去年變緩之走向。此區河道流心變動甚鉅。而在棲地分佈上，還是以淺灘與急流為主要分佈類型。至於底質分佈上，主要以卵石、粗石與大型礫石為主要底質。

四、結論與建議

(一) 結論

今(九十九)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，並於十月對七家灣溪全河道進行第六次全河道測量調查，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. 今年度二月及十月以其三號壩上游 250 處殘材壩體深潭為斷面起始點進行量測作業。高山溪在二號壩址與一號壩下之殘材壩，在雪霸國家公園管理處進行裁切作業後，其高度已有下降；然而，高山溪二號壩與下游河道依舊存在約 2.5 公尺的高低差，而高山溪一號壩下之殘材壩，高差也有 3 公尺多。
2. 各測站之物理棲地與底質類型調查結果，與過去調查成果無劇烈變化，可能與今年觀測區無強烈暴雨或颱風事件有關。
3. 七家灣溪二號破壩在歷經長時間的沖淤變化後，調查發現，壩體的下游因兩岸為岩盤束縮河道，流速加外，豐水期間可能為了調查人員安全而無法通行。
4. 七家灣溪一號壩上游多為平坦河床，坡降為 2.0% 上下，而一號壩下游兩岸均為岩盤，坡降則為 4.0% 至 5.0%，其棲地類型則以緩流與淺灘為主。

(二) 建議

1. 高山溪四號與三號壩間殘材壩、深潭與其週遭岩盤地形造成人員無法通過，故二月份與十月份以其深潭為斷面量測起始點，六月份以三號壩做為量測起始點，是否建議進行逐步拆除殘材壩體。
2. 位於高山溪各個殘材壩，其二號壩之殘材壩與匯流口上游約 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，是否有影響或者為障礙，將持續監測。

五、參考文獻

- 林幸助、王一匡、吳聲海、官文惠、邵廣昭、孫元勳、高樹基、郭美華、彭宗仁、曾晴賢、楊正澤、葉文斌、葉昭憲、蔡尚惠，2008。武陵地區長期生態監測暨生態模式建立。內政部營建署雪霸國家公園管理處。九十八年保育研究報告。684 頁。
- 林幸助、吳聲海、官文惠、邵廣昭、施習德、孫元勳、郭美華、彭宗仁、曾晴賢、楊正澤、葉文斌、葉昭憲、蔡尚惠，2007。武陵地區長期生態監測暨生態模式建立。內政部營建署雪霸國家公園管理處。九十六年保育研究報告。600頁。
- 葉昭憲、段錦浩、連惠邦，2001。七家灣溪河床棲地改善之試驗研究(四)。內政部營建署雪霸國家公園管理處。72 頁。苗栗。
- 賴建盛，1996。防砂壩對台灣櫻花鉤吻鮭物理棲地影響之研究。國立臺灣大學地理學研究所碩士論文。112 頁。台北。
- 葉昭憲，2005。環境改變對河道地形及物理棲地變化趨勢之影響。內政部營建署雪霸國家公園研究計劃。
- 于錫亮，1997。「淺談流量與棲地關係的方法學」。自然保育季刊。19，pp15-19。
- 汪靜明，1996。「河川生態保育原理」。環境教育季刊。31，pp.27-53。
- 汪靜明，1998。「河川生態基流量設計及魚類棲地改善之理念」。環境教育季刊。35，pp49-69。
- 吳富春、胡通哲、李國昇、李德旺，1998。「應用棲地模式評估台灣河川之生態流量」。第九屆水利工程研討會，p(C21)。
- 林幸助，2005。「武陵地區長期監測暨生態模式建立」中「環境改變對河道地形及物理棲地變化趨勢之影響」。
- 林秉賢，2001。「橫向堆石群對溪流生態棲地流況之影響」。逢甲大學土木及水利工程所碩士論文。
- 孫凱政，2004。「利用 WUA 法評估流量對魚類棲地之影響」。國立台灣大學碩

士論文。

張幘驩，2001。「河川魚類棲地分布之推估與分析研究-以卑南溪新武呂溪河段為例」。國立中央大學土木工程學研究所碩士論文。

梁麗芬，2003。「河川棲地及歧異度之變化與時空因素之探討」。中央大學土木工程研究所碩士論文。

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

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

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

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

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

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

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

Joseph M. Wheaton et al., "Spawning habitat rehabilitation – II. Using hypothesis development and testing in design, Mokelumne River, California,

- U.S.A.” Intl. J. River Basin Management Vol. 2, No. 1, pp. 21–37
- Jowett, I.G., 1997. “Instream Flow Methods: A Comparison of Approaches”
Regulated Rivers: Research and Management, 13, pp115-127.
- Mitsch, W. J. and Jorfenson, 2004. “Ecological Engineering and Ecosystem
Restoration”, Wiley, US, pp23.
- Vismara R., A. Azzellino, R. Bosi, G. Crosa, G. Gentili. , 2001. “Habitat
suitability curves for brown trout (*Salmo trutta fario* L.) in the river Adda,
Northern Italy: Comparing univariate and multivariate approaches”,
Regulated Rivers-Research & Management, 17(1), pp

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	2009/06	2009/10	2010/02	2010/06	2010/10
平均坡降	0.0607	0.03	0.038	0.039	-	0.031

(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	2009/06	2009/10	2010/02	2010/06	2010/10
平均坡降	0.023	0.030	0.033	0.025	0.029	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	2009/06	2009/10	2010/02	2010/06	2010/10
平均坡降	0.020	0.029	0.029	0.031	0.035	0.036

(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	2009/06	2009/10	2010/02	2010/06	2010/10
平均坡降	0.107	0.040	0.040	0.048	0.035	0.031

(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	2010/10
平均坡降	0.028	0.029	0.012	0.023	0.026

(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	2010/10
平均坡降	0.034	0.03	0.028	0.030	0.033	0.028

(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	2010/06	2010/10
平均坡降	0.037	0.033	0.039	0.053	0.035	0.023

(資料來源：本研究資料)

表 2-8 七家灣溪一號壩上游床面平均坡降表

測量日期	2009/04	2009/06	2009/10	2010/02	2010/06	2010/10
平均坡降	0.0131	0.0109	0.013	0.012	0.011	0.011

(資料來源：本研究資料)

表 2-9 七家灣溪一號壩下游床面平均坡降表

測量日期	2007/11	2008/11	2009/10	2010/02	2010/06	2010/10
平均坡降	0.020	0.020	0.021	0.040	0.033	0.021

(資料來源：本研究資料)

表 2-10 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 2-11 2010 年 10 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%	3.3%	13.3%	20.0%	60.0%
二號壩至三號壩	1.1%	8.9%	31.1%	42.2%	3.3%	13.3%
一號壩至二號壩	7.4%	8.6%	23.5%	38.3%	3.7%	18.5%
一號壩以下	1.2%	4.9%	22.0%	40.1%	4.6%	23.4%

(資料來源：本研究資料)

表 2-12 2010 年 6 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	33.3%	36.7%	11.1%	6.7%	3.3%	8.9%
一號壩至二號壩	28.4%	30.9%	12.3%	8.6%	3.7%	16.0%
一號壩以下	34.6%	33.3%	9.9%	6.2%	6.2%	9.9%

(資料來源：本研究資料)

表 2-13 2010 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	6.1%	9.1%	12.1%	27.3%	9.1%	36.4%
二號壩至三號壩	48.9%	22.2%	4.4%	10.0%	3.3%	11.1%
一號壩至二號壩	58.0%	11.1%	4.9%	2.5%	3.7%	19.8%
一號壩以下	53.1%	11.1%	6.2%	8.6%	7.4%	13.6%

(資料來源：本研究資料)

表 2-14 2009 年 10 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	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 2-15 2009 年 6 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	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 2-16 2010 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	2.9%	5.1%	19.6%	31.2%	17.4%	23.9%
二號石壩以下	2.3%	13.2%	27.9%	42.6%	1.6%	12.4%

(資料來源：本研究資料)

表 2-17 2010 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	-	-	-	-	-	-
二號石壩以下	8.9%	13.3%	13.3%	20.0%	17.8%	26.7%

(資料來源：本研究資料)

表 2-18 2010 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	37.0%	1.9%	20.4%	7.4%	11.1%	22.2%
二號石壩以下	19.3%	7.0%	7.0%	3.5%	10.5%	52.6%

(資料來源：本研究資料)

表 2-19 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 2-20 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%	2.2%	11.1%	33.3%	6.7%	46.7%

(資料來源：本研究資料)

表 2-21 2010 年 10 月七家灣溪一號石壩上下游之棲地底質分佈

位置 \ 底質	1	2	3	4	5	6
一號石壩以上	2.3%	13.2%	27.9%	42.6%	1.6%	12.4%
一號石壩以下	7.6%	6.3%	5.6%	38.2%	6.9%	35.4%

(資料來源：本研究資料)

表 2-22 2010 年 6 月七家灣溪一號石壩上下游之棲地底質分佈

位置 \ 底質	1	2	3	4	5	6
一號石壩以上	20.8%	20.8%	25.0%	20.8%	0.0%	12.5%
一號石壩以下	8.3%	8.3%	12.5%	8.3%	12.5%	50.0%

(資料來源：本研究資料)

表 2-23 2010 年 2 月七家灣溪一號石壩上下游之棲地底質分佈

位置 \ 底質	1	2	3	4	5	6
一號石壩以上	41.7%	29.2%	12.5%	4.2%	0.0%	12.5%
一號石壩以下	6.7%	3.3%	0.0%	10.0%	13.3%	66.7%

(資料來源：本研究資料)

表 2-24 2009 年 10 月七家灣溪一號石壩上下游之棲地底質分佈

位置 \ 底質	1	2	3	4	5	6
一號石壩以上	0.0%	16.7%	25.0%	58.3%	0.0%	0.0%
一號石壩以下	0.0%	0.0%	0.0%	11.1%	5.6%	83.3%

(資料來源：本研究資料)

表 2-25 2009 年 6 月七家灣溪一號石壩上下游之棲地底質分佈

位置 \ 底質	1	2	3	4	5	6
一號石壩以上	0.0%	2.8%	27.8%	44.4%	0.0%	25.0%
一號石壩以下	2.6%	7.9%	10.5%	0.0%	15.8%	63.2%

(資料來源：本研究資料)

表 2-26 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 2-27 2010 年 10 月高山溪棲地環境類型分析

位置 \ 棲地類型	Rapids	Riffles	Slow water	Pools
四號壩以上	-	-	-	-
三號壩至四號壩	0.0%	70.0%	30.0%	0.0%
二號壩至三號壩	0.0%	60.0%	40.0%	0.0%
一號壩至二號壩	0.0%	70.4%	25.9%	3.7%
一號壩以下	0.0%	70.4%	25.9%	3.7%

(資料來源：本研究資料)

表 2-28 2010 年 6 月高山溪棲地環境類型分析

位置 \ 棲地類型	Rapids	Riffles	Slow water	Pools
四號壩以上	-	-	-	-
三號壩至四號壩	-	-	-	-
二號壩至三號壩	0.0%	42.86%	46.94%	10.20%
一號壩至二號壩	0.0%	44.19%	51.16%	4.65%
一號壩以下	0.0%	43.75%	37.50%	18.75%

(資料來源：本研究資料)

表 2-29 2010 年 2 月高山溪棲地環境類型分析

位置 \ 棲地類型	Rapids	Riffles	Slow water	Pools
四號壩以上	-	-	-	-
三號壩至四號壩	26.1%	60.9%	8.7%	4.3%
二號壩至三號壩	0.00%	71.4%	25.7%	2.9%
一號壩至二號壩	0.00%	60.0%	30.0%	10.0%
一號壩以下	2.5%	62.5%	27.5%	7.5%

(資料來源：本研究資料)

表 2-30 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	0.0%	90.0%	0.0%	10.0%
二號壩至三號壩	0.0%	82.1%	17.9%	0.0%
一號壩至二號壩	3.7%	70.4%	25.9%	0.0%
一號壩以下	0.0%	74.1%	25.9%	0.0%

(資料來源：本研究資料)

表 2-31 2009 年 06 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	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%
二號壩至三號壩	0.0%	92.9%	3.6%	3.6%
一號壩至二號壩	0.0%	85.7%	14.3%	0.0%
一號壩以下	0.0%	88.9%	11.1%	0.0%

(資料來源：本研究資料)

表 2-32 2010 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	0.0%	52.1%	43.8%	4.2%
二號石壩以下	0.0%	90.9%	9.1%	0.0%

(資料來源：本研究資料)

表 2-33 2010 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	-	-	-	-
二號石壩以下	0.0%	57.6%	30.3%	12.1%

(資料來源：本研究資料)

表 2-34 2010 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	0.0%	55.0%	30.0%	15.0%
二號石壩以下	0.0%	65.2%	30.4%	4.3%

(資料來源：本研究資料)

表 2-35 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 2-36 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%	77.8%	22.2%	0.0%
二號石壩以下	0.0%	85.0%	15.0%	0.0%

(資料來源：本研究資料)

表 2-37 2010 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%	90.9%	9.1%	0.0%
一號壩以下	0.0%	60.4%	33.3%	6.3%

(資料來源：本研究資料)

表 2-38 2010 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%	54.4%	36.4%	9.1%
一號壩以下	0.0%	57.1%	28.6%	14.3%

(資料來源：本研究資料)

表 2-39 2010 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%	60.0%	40.0%	0.0%
一號壩以下	0.0%	61.5%	38.5%	0.0%

(資料來源：本研究資料)

表 2-40 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%	0.00%	0.00%
一號壩以下	0.0%	83.3%	16.7%	0.00%

(資料來源：本研究資料)

表 2-41 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%	83.33%	16.7%	0.00%
一號壩以下	0.0%	69.2%	30.8%	0.00%

(資料來源：本研究資料)

表 2-42 桃山北溪測站床面平均坡度表

測量日期	2009/06	2009/10	2010/02	2010/06	2010/10
平均坡降	0.017	0.014	0.015	0.012	0.013

(資料來源：本研究資料)

表 2-43 桃山北溪測站床面底質分佈表

底質 日期	1	2	3	4	5	6
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%
2010-02	50.0%	25.0%	20.8%	4.2%	0.0%	0.0%
2010-06	16.7%	41.7%	25.0%	16.7%	0.0%	0.0%
2010-10	3.7%	18.5%	22.2%	44.4%	0.0%	11.1%

(資料來源：本研究資料)

表 2-44 桃山西溪測站床面平均坡度表

測量日期	2009/06	2009/10	2010/02	2010/06	2010/10
平均坡降	0.024	0.018	0.019	0.020	0.019

(資料來源：本研究資料)

表 2-45 桃山西溪測站床面底質分佈表

底質 日期	1	2	3	4	5	6
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%
2010-02	25.0%	12.5%	20.8%	12.5%	4.2%	25.0%
2010-06	12.5%	12.5%	33.3%	33.3%	8.3%	0.0%
2010-10	8.3%	4.2%	12.5%	58.3%	0.0%	16.7%

(資料來源：本研究資料)

表 2-46 觀魚臺測站床面平均坡度表

測量日期	2009/06	2009/10	2010/02	2010/06	2010/10
平均坡降	0.0021	0.0021	0.018	0.018	

(資料來源：本研究資料)

表 2-47 觀魚臺測站床面底質分佈表

底質 日期	1	2	3	4	5	6
2009-06	0.0%	0.0%	28.6%	61.9%	0.0%	9.5%
2009-10	4.8%	4.8%	19.0%	61.9%	0.0%	9.5%
2010-02	76.2%	4.8%	9.5%	4.8%	0.0%	4.8%
2010-06	33.3%	47.6%	14.3%	0.0%	4.8%	0.0%
2010-10						

(資料來源：本研究資料)

表 2-48 新繁殖場測站床面平均坡度表

測量日期	2009/06	2009/10	2010/02	2010/06	2010/10
平均坡降	0.013	0.013	0.013	0.010	

(資料來源：本研究資料)

表 2-49 新繁殖場測站床面底質分佈表

底質 日期	1	2	3	4	5	6
2009-06	5.6%	11.1%	27.8%	27.8%	11.1%	16.7%
2009-10	0.0%	4.2%	16.7%	50.0%	29.2%	0.0%
2010-02	44.4%	16.7%	5.6%	11.1%	5.6%	16.7%
2010-06	22.2%	16.7%	27.8%	5.6%	16.7%	11.1%
2010-10						

(資料來源：本研究資料)

表 2-50 萬壽橋測站床面平均坡度表

測量日期	2009/06	2009/10	2010/02	2010/06	2010/10
平均坡降	0.030	0.025	0.021	0.025	0.024

(資料來源：本研究資料)

表 2-51 萬壽橋測站床面底質分佈表

底質 日期	1	2	3	4	5	6
2009-06	0.0%	14.3%	0.0%	38.1%	14.3%	33.3%
2009-10	4.8%	14.3%	9.5%	19.0%	23.8%	28.6%
2010-02	40.0%	5.0%	0.0%	10.0%	10.0%	35.0%
2010-06	20.0%	45.0%	10.0%	5.0%	20.0%	5.0%
2010-10	4.8%	0.0%	14.3%	42.9%	4.8%	33.3%

(資料來源：本研究資料)

表 2-52 迎賓橋測站床面平均坡度表

測量日期	2009/06	2009/10	2010/02	2010/06	2010/10
平均坡降	0.018	0.018	0.018	0.018	0.017

(資料來源：本研究資料)

表 2-53 迎賓橋測站床面底質分佈表

底質 日期	1	2	3	4	5	6
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%
2010-02	66.7%	0.0%	0.0%	4.8%	0.0%	28.6%
2010-06	33.3%	52.4%	0.0%	4.8%	9.5%	0.0%
2010-10	16.7%	5.6%	11.1%	38.9%	5.6%	22.2%

(資料來源：本研究資料)

表 2-54 有勝溪測站床面平均坡度表

測量日期	2009/06	2009/10	2010/02	2010/06	2010/10
平均坡降	0.018	0.012	0.012	0.014	0.015

(資料來源：本研究資料)

表 2-55 有勝溪測站床面底質分佈表

底質 日期	1	2	3	4	5	6
2009-06	0.0%	0.0%	44.4%	38.9%	0.0%	16.7%
2009-10	5.6%	11.1%	33.3%	38.9%	0.0%	11.1%
2010-02	66.7%	5.6%	5.6%	5.6%	0.0%	16.7%
2010-06	38.9%	33.3%	5.6%	0.0%	11.1%	11.1%
2010-10	5.6%	11.1%	22.2%	50.0%	0.0%	11.1%

(資料來源：本研究資料)

表 2-56 司界蘭溪上游段測站床面平均坡度表

測量日期	2009/06	2009/10	2010/02	2010/06	2010/10
平均坡降	0.033	0.027	0.033	-	-

(資料來源：本研究資料)

表 2-57 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
2009-06	0.0%	0.0%	40.0%	43.3%	0.0%	16.7%
2009-10	0.0%	0.0%	55.6%	29.6%	0.0%	14.8%
2010-02	56.7%	23.3%	6.7%	0.0%	3.3%	10.0%
2010-06	-	-	-	-	-	-
2010-10	-	-	-	-	-	-

(資料來源：本研究資料)

表 2-58 司界蘭溪下游段測站床面平均坡度表

測量日期	2009/06	2009/10	2010/02	2010/06	2010/10
平均坡降	0.059	0.188	0.033	-	-

(資料來源：本研究資料)

表 2-59 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
2009-06	0.0%	3.3%	23.3%	53.3%	0.0%	20.0%
2009-10	0.0%	13.3%	30.0%	50.0%	0.0%	6.7%
2010-02	40.0%	13.3%	13.3%	6.7%	3.3%	23.3%
2010-06	-	-	-	-	-	-
2010-10	-	-	-	-	-	-

(資料來源：本研究資料)

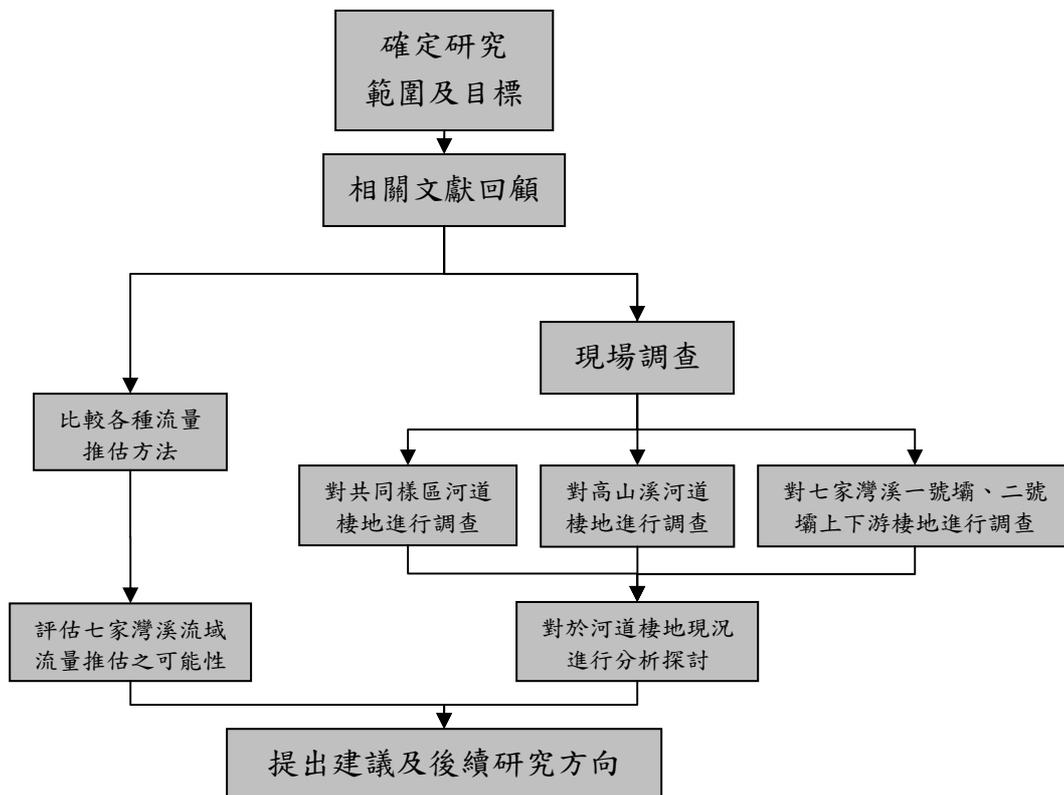


圖 2-1 本年度研究基本流程圖

(資料來源：本研究資料)

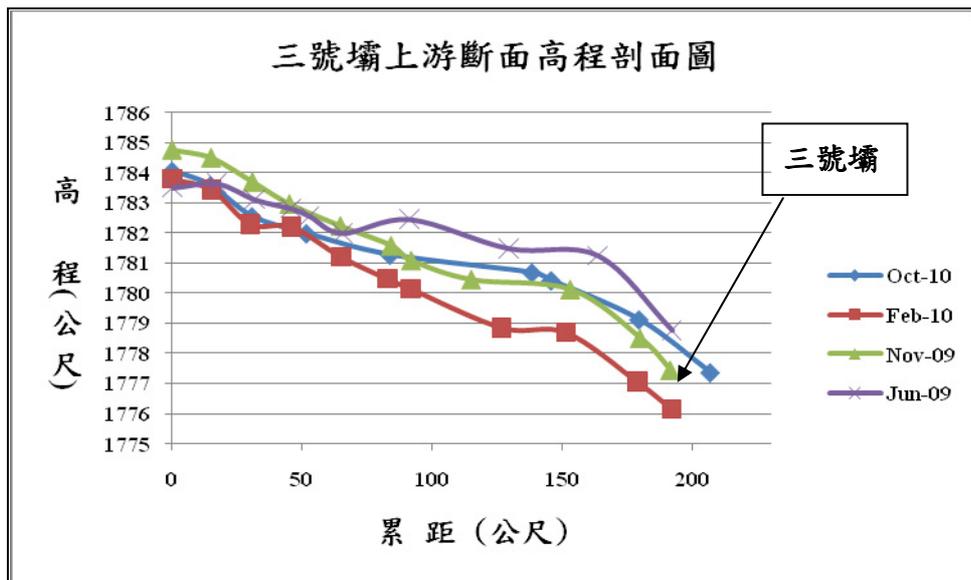


圖 2-2 三號壩上游断面高程剖面圖(Jun-10 因深潭無法抵達，三號壩上無資料)
(資料來源：本研究資料)

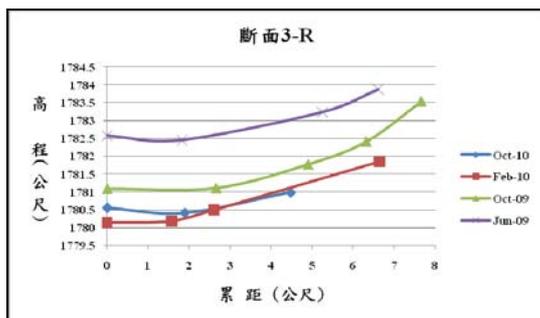


圖 2-3 高山溪断面 3-R 剖面高程
(資料來源：本研究資料)

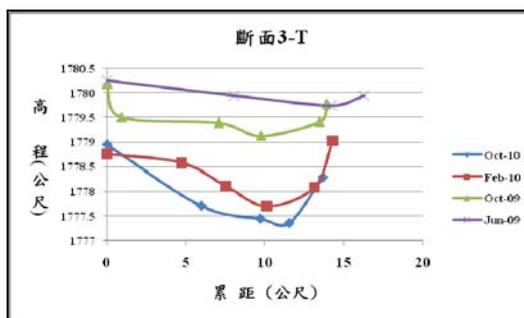


圖 2-4 高山溪断面 3-T 剖面高程
(資料來源：本研究資料)

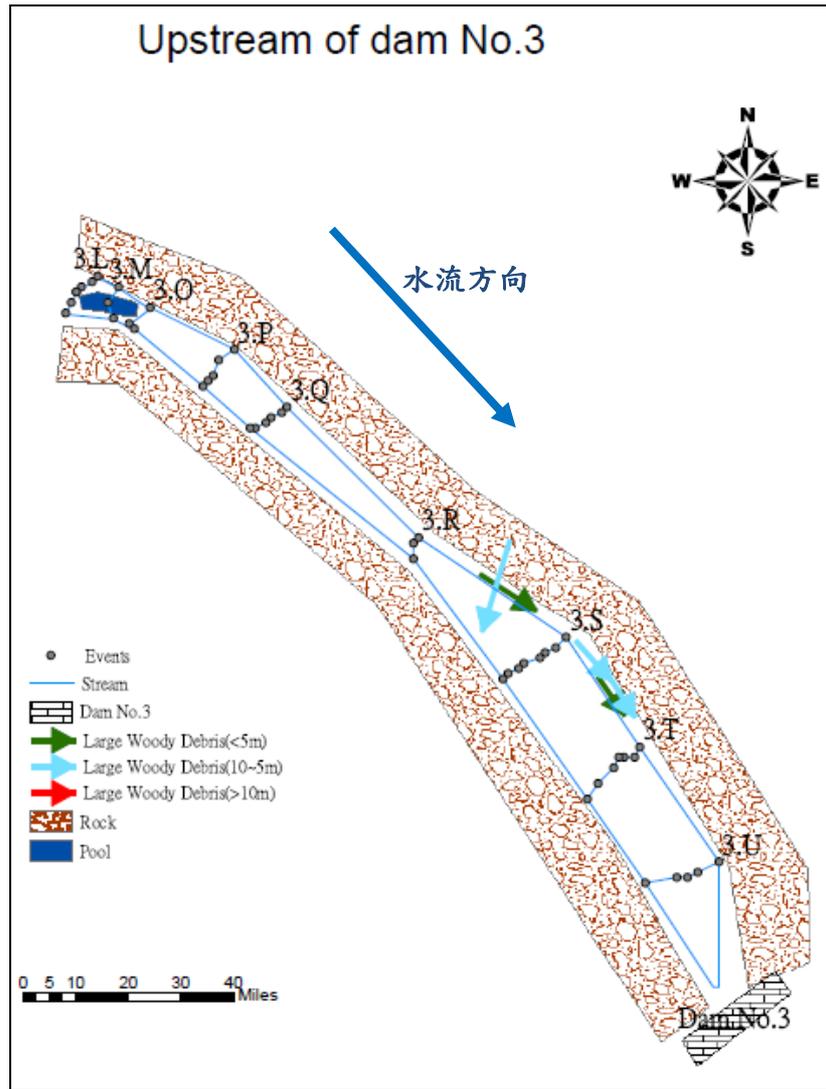


圖 2-5 高山溪三號壩上之河道示意圖
(資料來源：本研究資料)

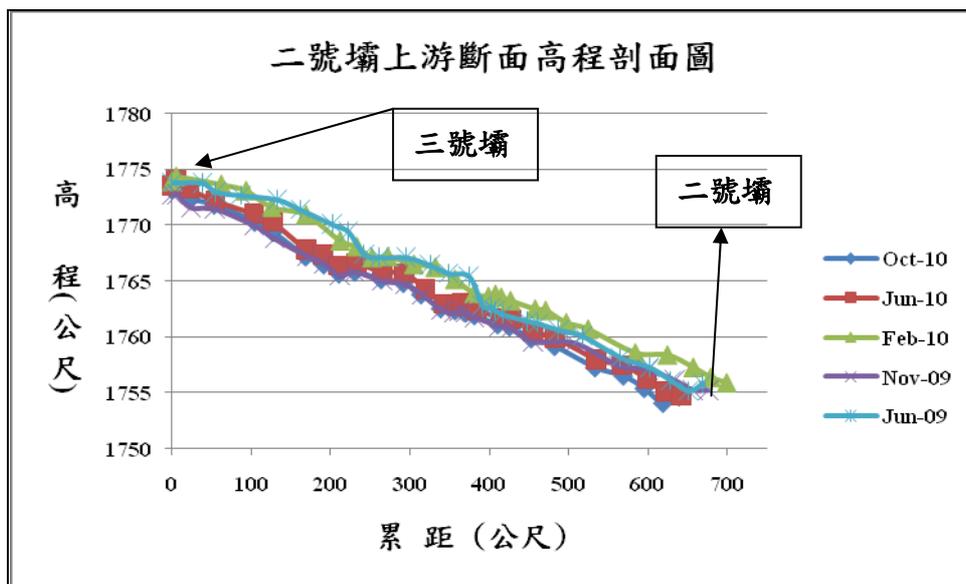


圖 2-6 二號壩上游斷面高程剖面圖(資料來源：本研究資料)

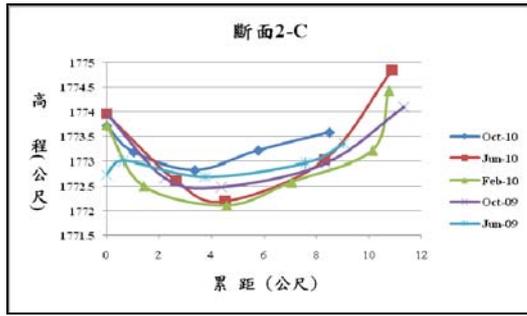


圖 2-7 高山溪断面 2-C 剖面高程
(資料來源：本研究資料)

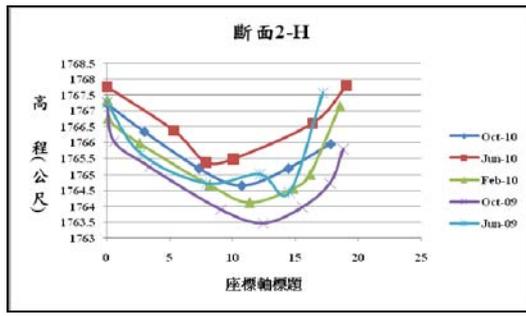


圖 2-8 高山溪断面 2-H 剖面高程
(資料來源：本研究資料)

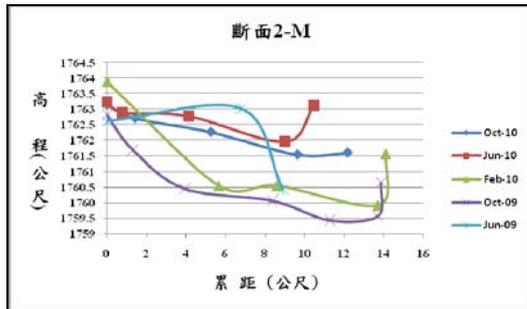


圖 2-9 高山溪断面 2-M 剖面高程
(資料來源：本研究資料)

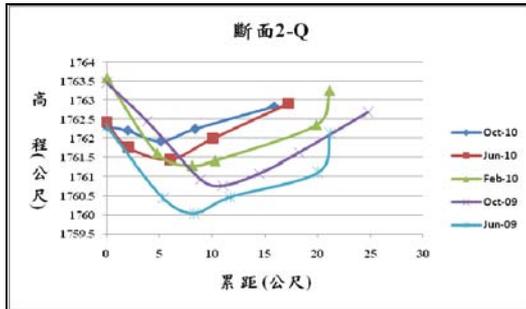


圖 2-10 高山溪断面 2-Q 剖面高程
(資料來源：本研究資料)

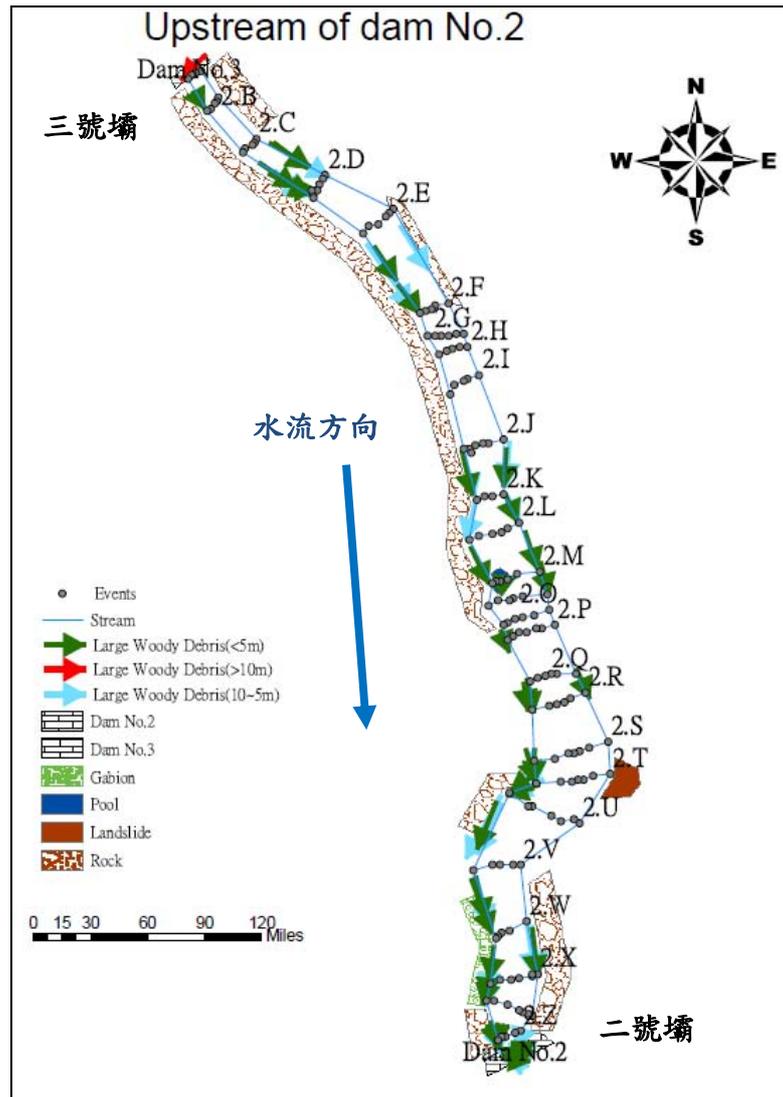


圖 2-11 高山溪二號壩上之河道示意圖
(資料來源：本研究資料)

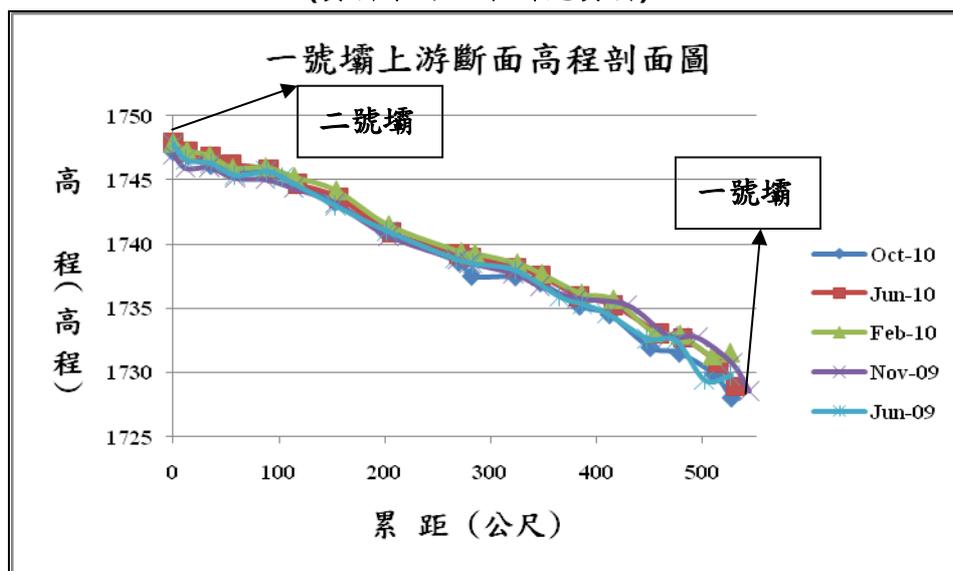


圖 2-12 一號壩上游斷面高程剖面圖(資料來源：本研究資料)

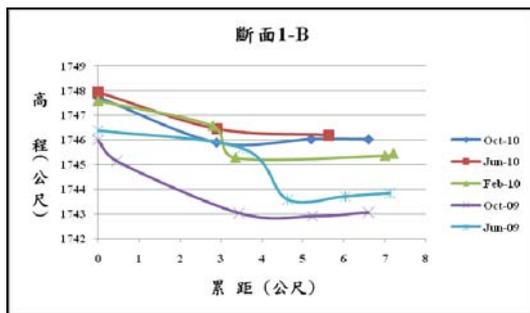


圖 2-13 高山溪断面 1-B 剖面高程
(資料來源：本研究資料)

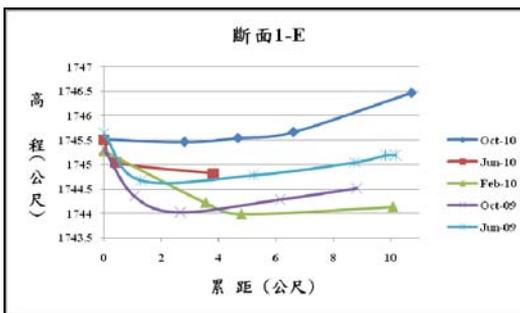


圖 2-14 高山溪断面 1-E 剖面高程
(資料來源：本研究資料)

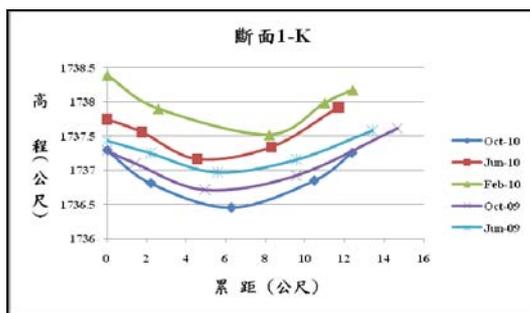


圖 2-15 高山溪断面 1-K 剖面高程
(資料來源：本研究資料)

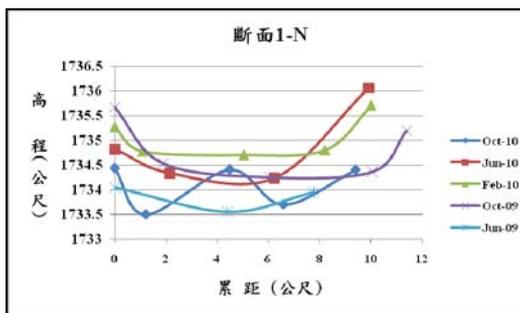


圖 2-16 高山溪断面 1-N 剖面高程
(資料來源：本研究資料)

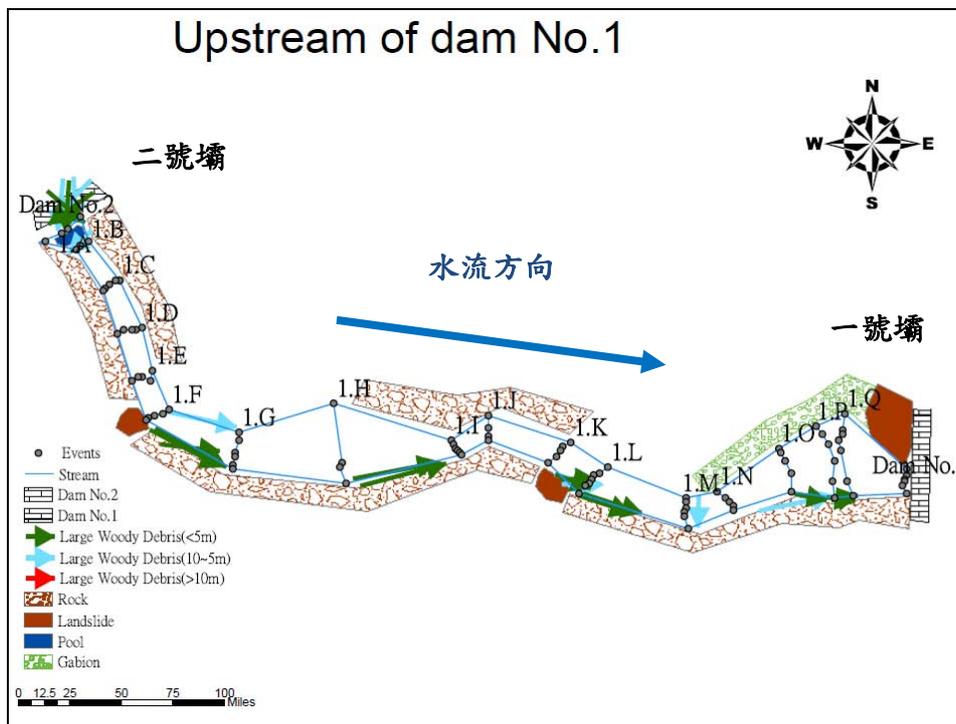


圖 2-17 高山溪一號壩上河道示意圖
(資料來源：本研究資料)

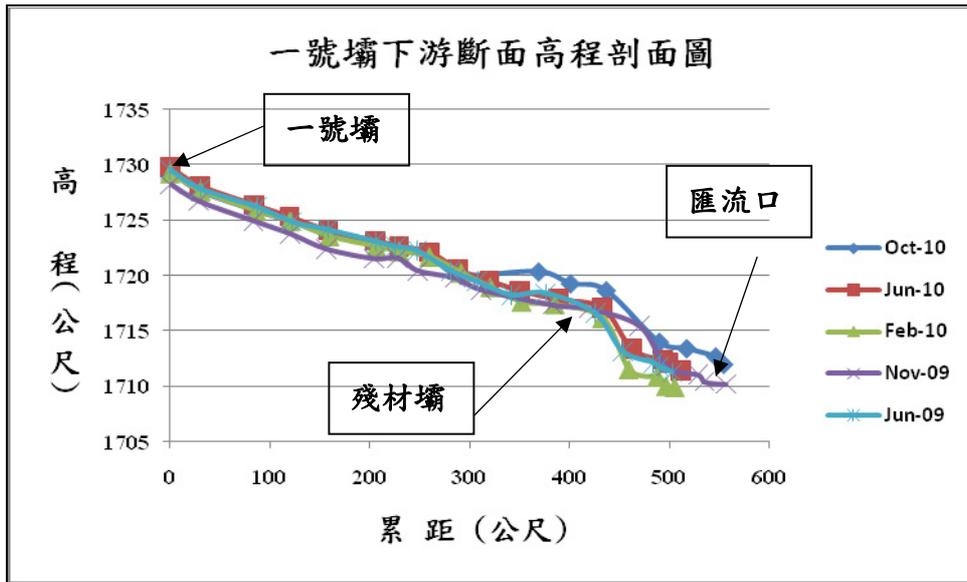


圖 2-18 一號壩下游斷面高程剖面圖(資料來源：本研究資料)

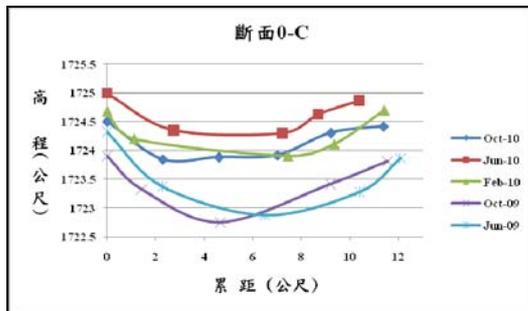


圖 2-19 高山溪斷面 0-C 剖面高程
(資料來源：本研究資料)

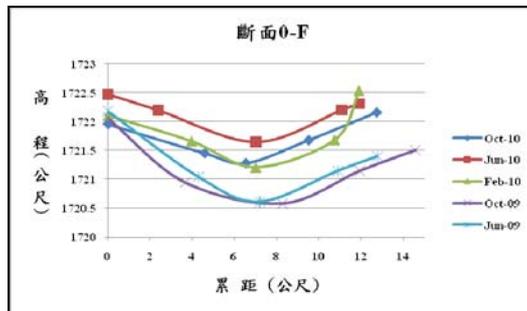


圖 2-20 高山溪斷面 0-F 剖面高程
(資料來源：本研究資料)

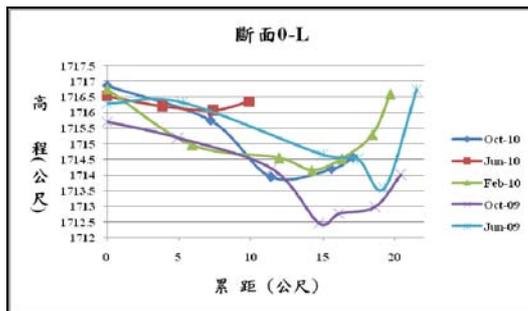


圖 2-21 高山溪斷面 0-L 剖面高程
(資料來源：本研究資料)

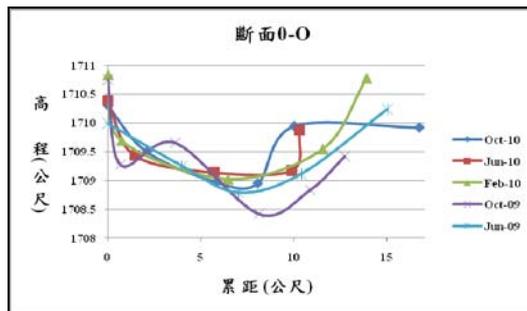


圖 2-22 高山溪斷面 0-O 剖面高程
(資料來源：本研究資料)

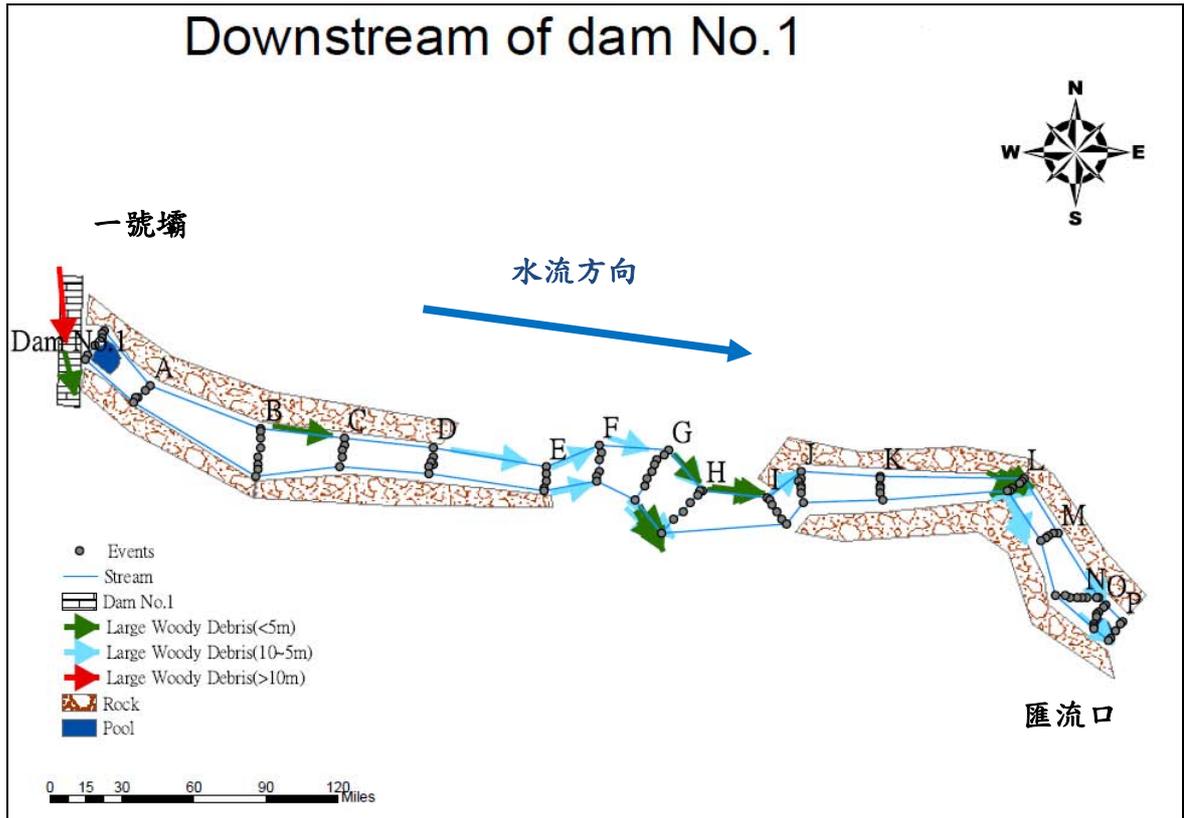


圖 2-23 高山溪一號壩下至匯流口之河道示意圖
(資料來源：本研究資料)

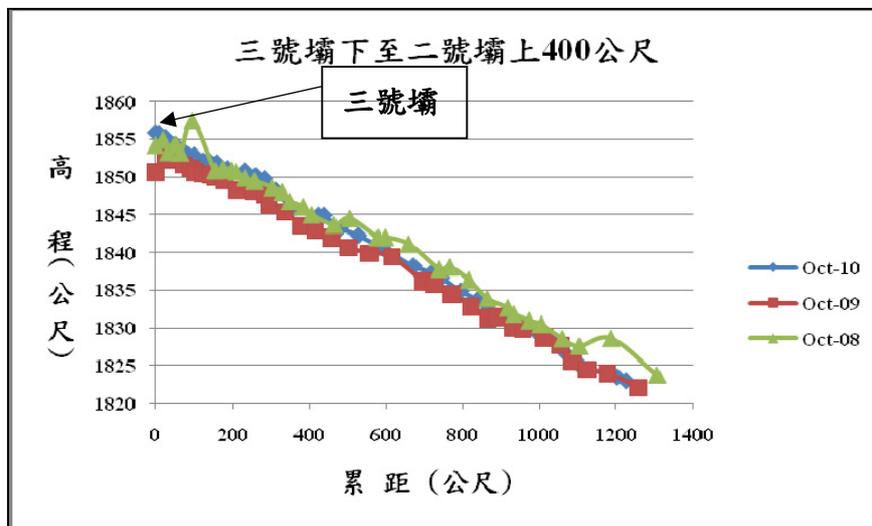


圖 2-24 七家灣溪三號壩下至二號壩上 400 公尺處高程剖面圖
(資料來源：本研究資料)

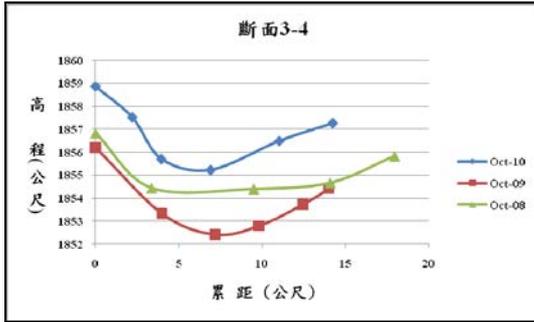


圖 2-25 七家灣溪断面 3-4 剖面高程
(資料來源：本研究資料)

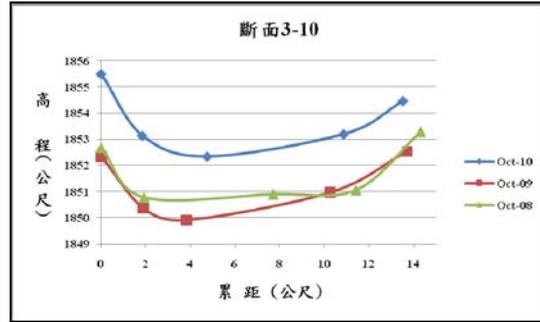


圖 2-26 七家灣溪断面 3-10 剖面高程
(資料來源：本研究資料)

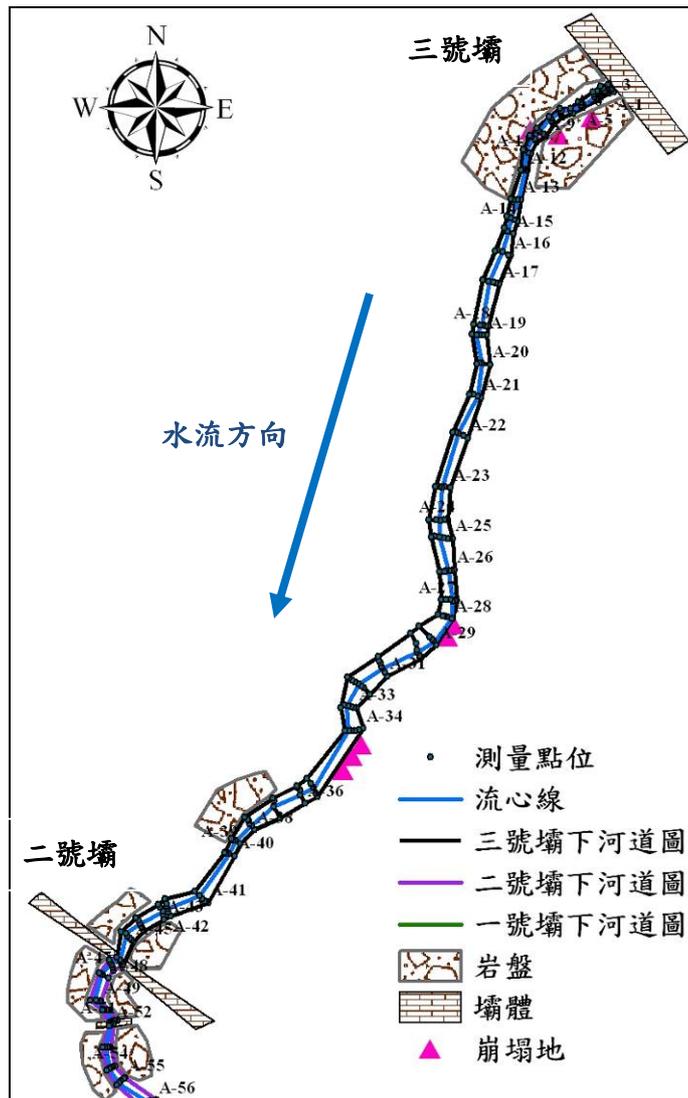


圖 2-27 七家灣溪三號壩至二號壩測量點位示意圖
(資料來源：本研究資料)

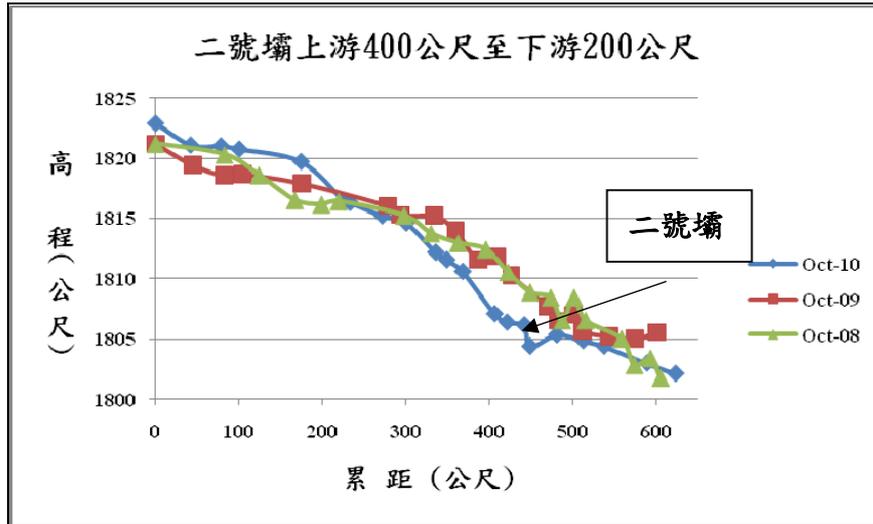


圖 2-28 七家灣溪二號壩上游 400 公尺至下游 200 公尺剖面高程
(資料來源：本研究資料)

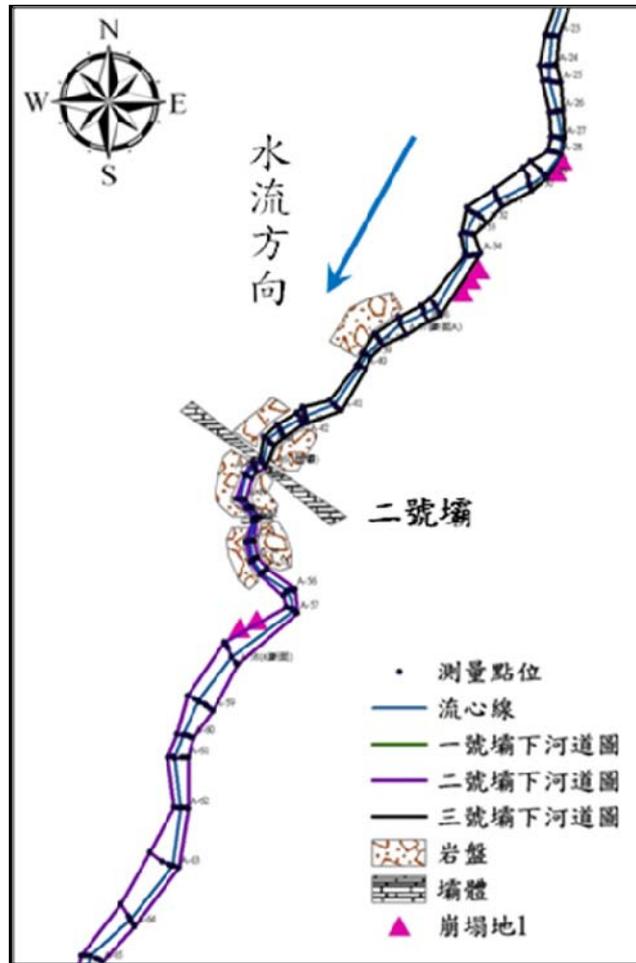


圖 2-29 七家灣溪二號壩上 400 公尺處至二號壩下 200 公尺示意圖
(資料來源：本研究資料)

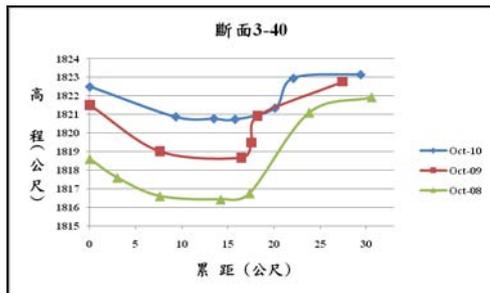


圖 2-30 七家灣溪断面 3-40 剖面高程
(資料來源：本研究資料)

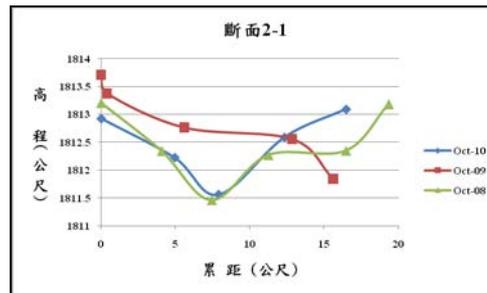


圖 2-31 七家灣溪断面 2-1 剖面高程
(資料來源：本研究資料)

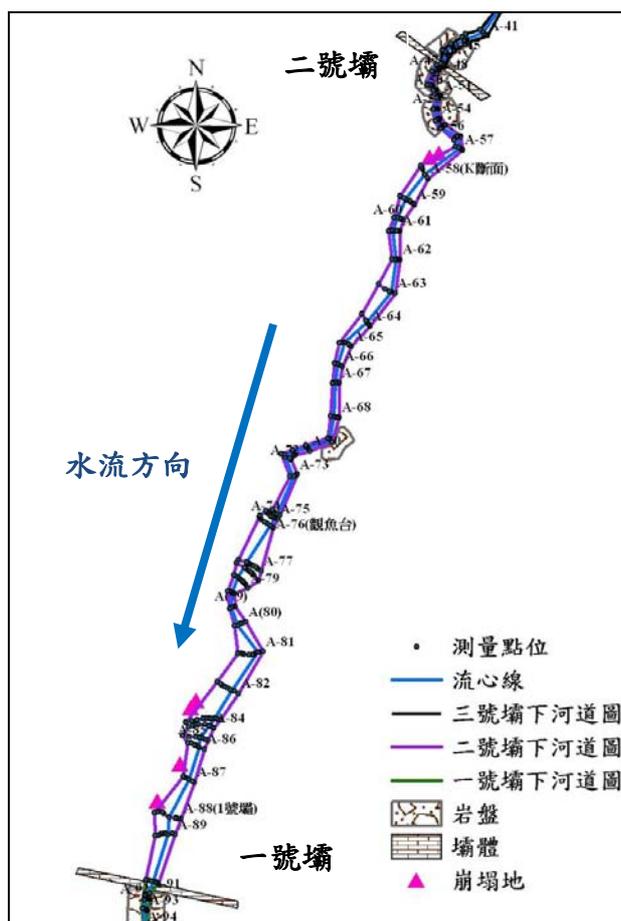


圖 2-32 七家灣溪二號壩至一號壩上測量點位示意圖
(資料來源：本研究資料)

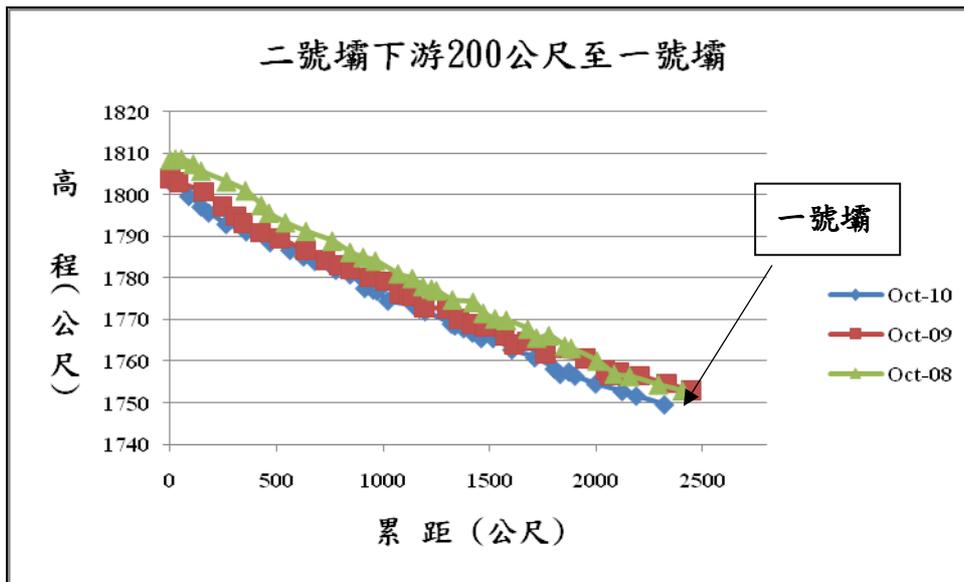


圖 2-33 七家灣溪二號壩下游 200 公尺至一號壩上剖面線
(資料來源：本研究資料)

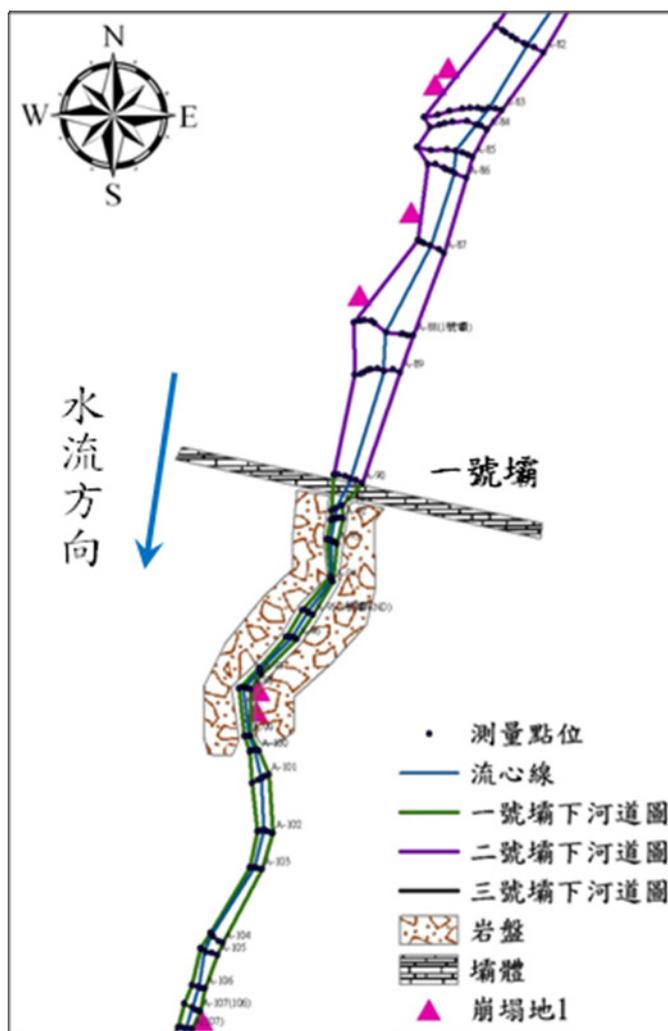


圖 2-34 七家灣溪一號壩上下游各 100 公尺測量點位示意圖
(資料來源：本研究資料)

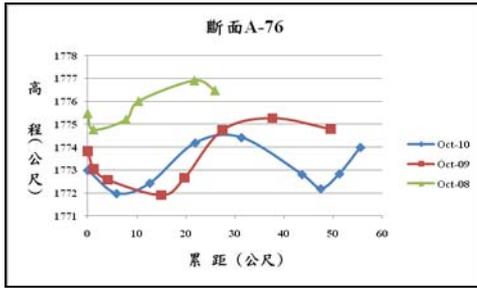


圖 2-35 七家灣溪断面 A-76 剖面高程
(資料來源：本研究資料)

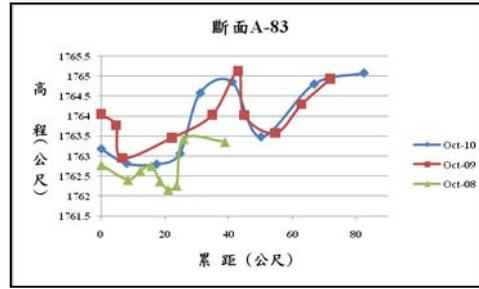


圖 2-36 七家灣溪断面 A-83 剖面高程
(資料來源：本研究資料)

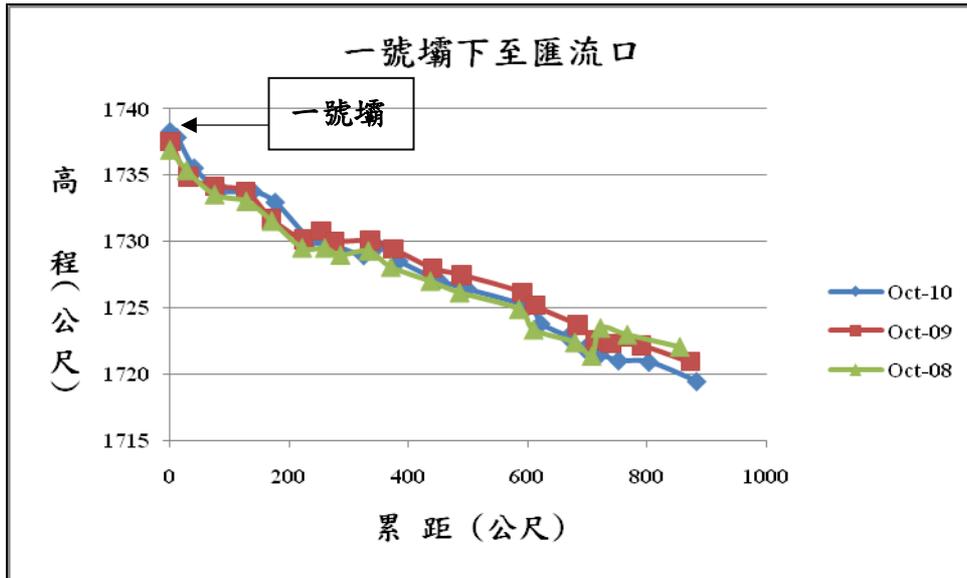


圖 2-37 七家灣溪一號壩下游至匯流口剖面高程(資料來源：本研究資料)

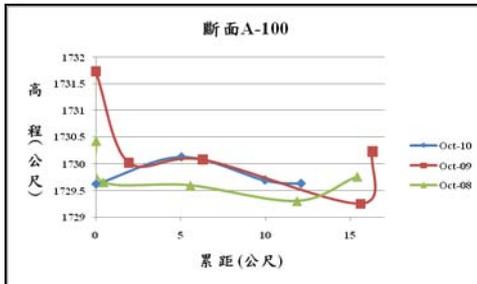


圖 2-38 七家灣溪断面 A-100 剖面高程
(資料來源：本研究資料)

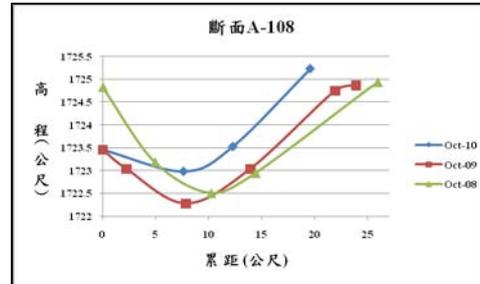


圖 2-39 七家灣溪断面 A-108 剖面高程
(資料來源：本研究資料)

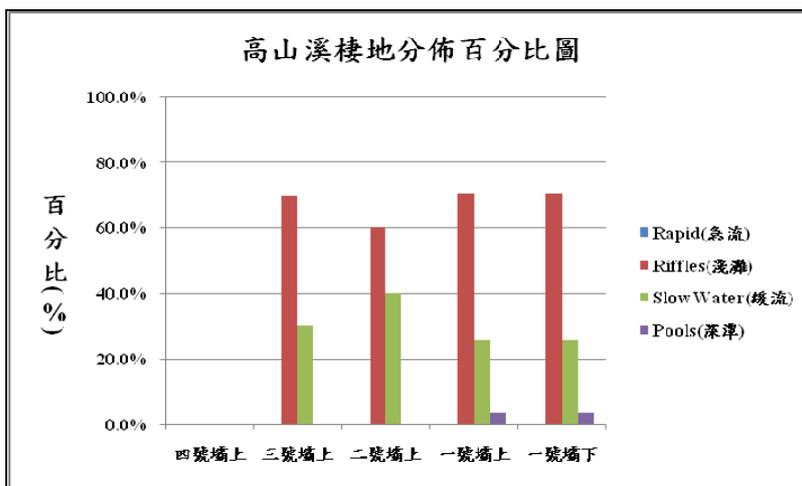
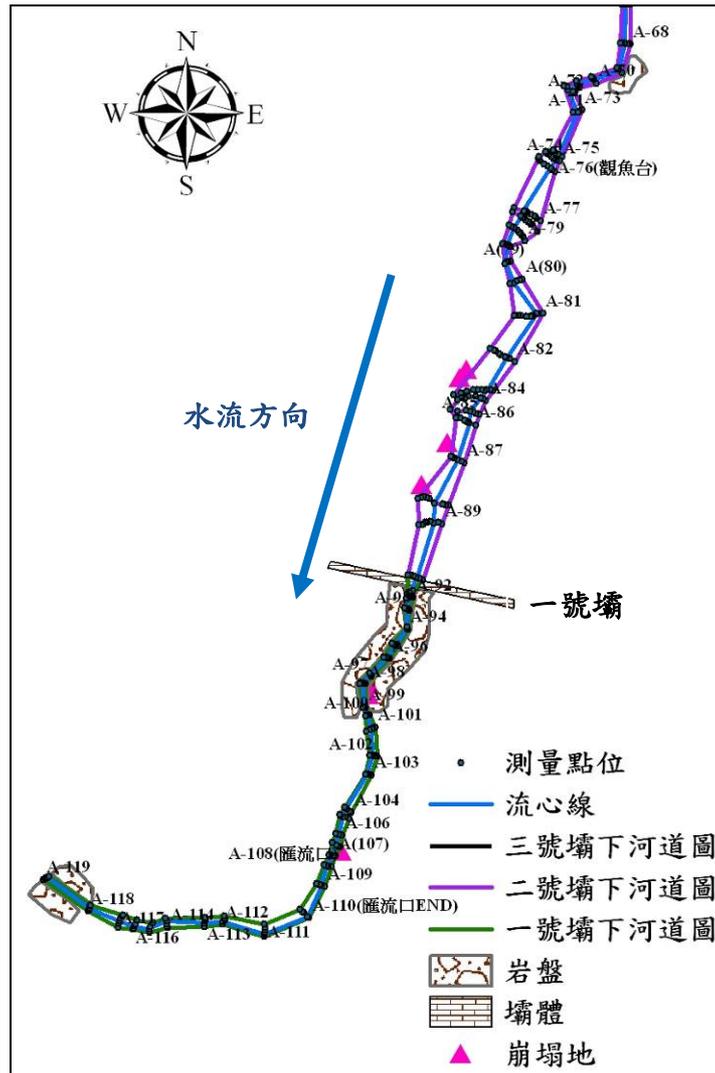


圖 2-41 高山溪棲地環境類型分析(2010/10)
 (資料來源：本研究資料)

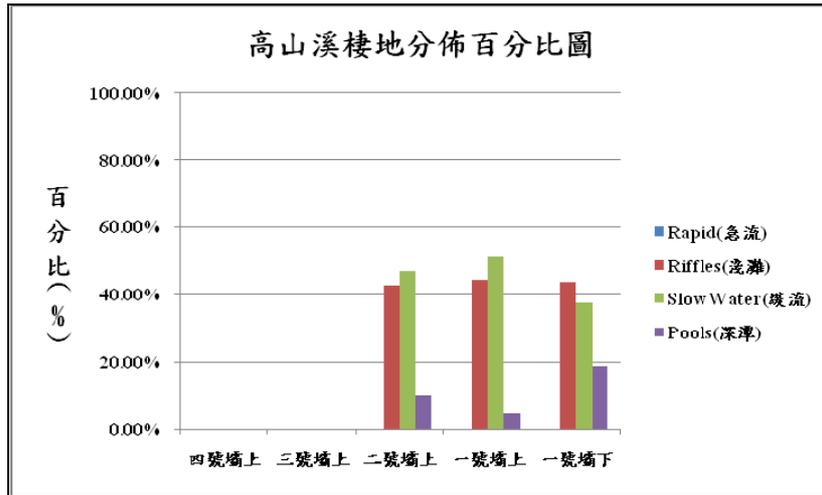


圖 2-42 高山溪棲地環境類型分析(2010/06)
(資料來源：本研究資料)

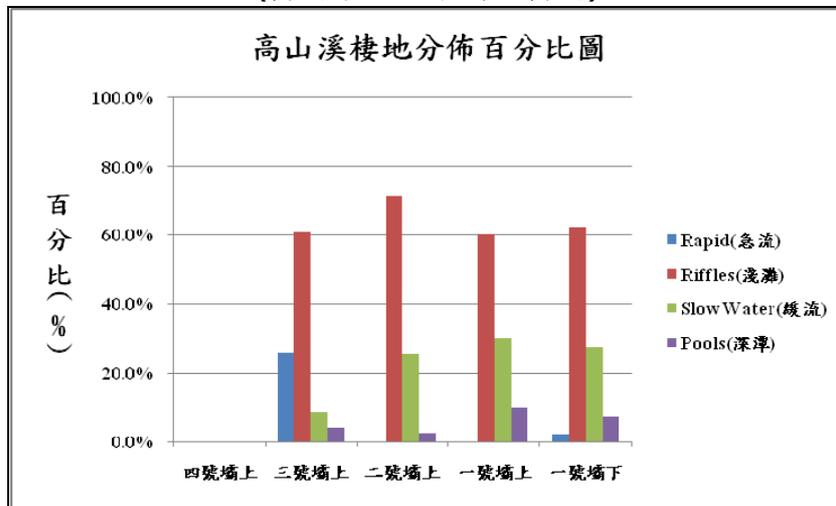


圖 2-43 高山溪棲地環境類型分析(2010/02)
(資料來源：本研究資料)

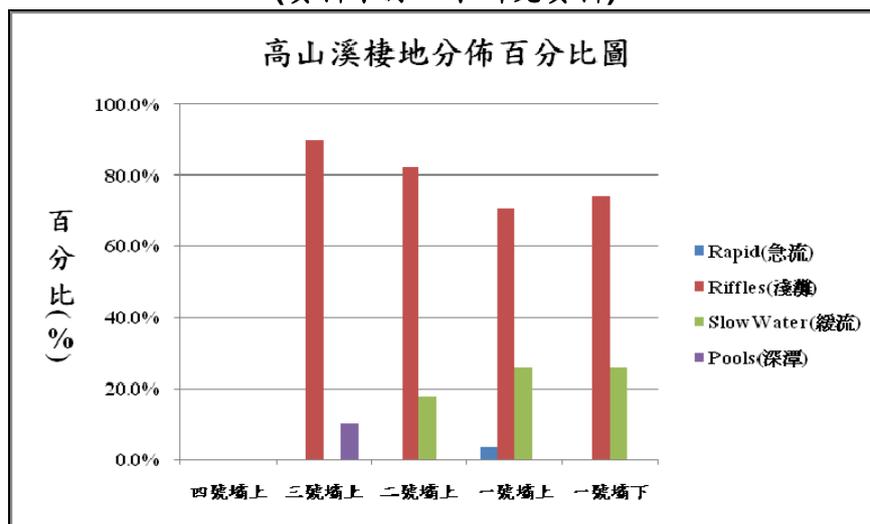


圖 2-44 高山溪棲地環境類型分析(2009/10)
(資料來源：本研究資料)

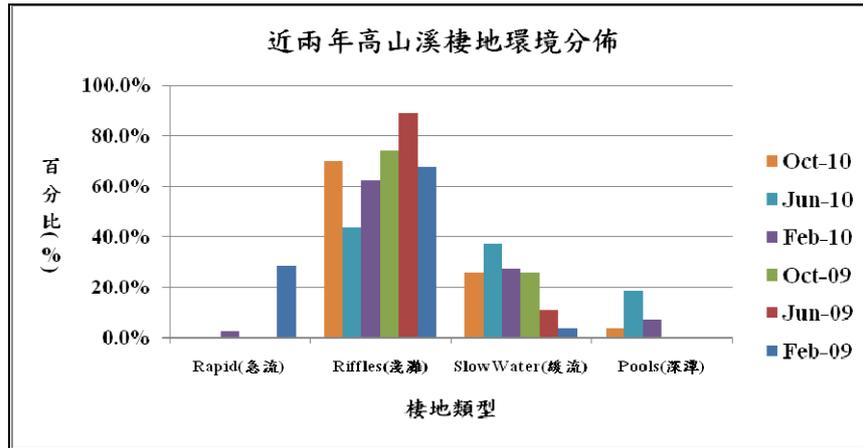


圖 2-45 高山溪近兩年棲地環境類型分佈圖
(資料來源：本研究資料)

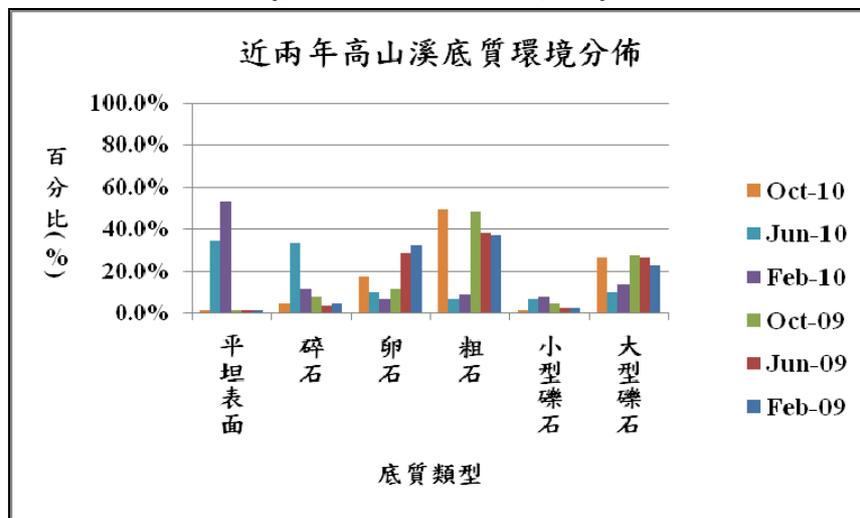


圖 2-46 高山溪近兩年棲地底質類型分佈圖
(資料來源：本研究資料)

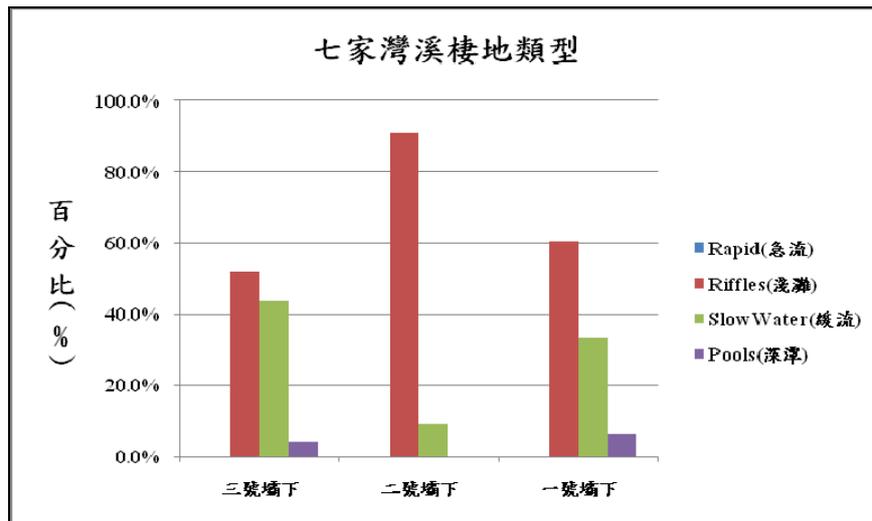


圖 2-47 七家灣溪全河道棲地環境類型分析(2010/10)
(資料來源：本研究資料)

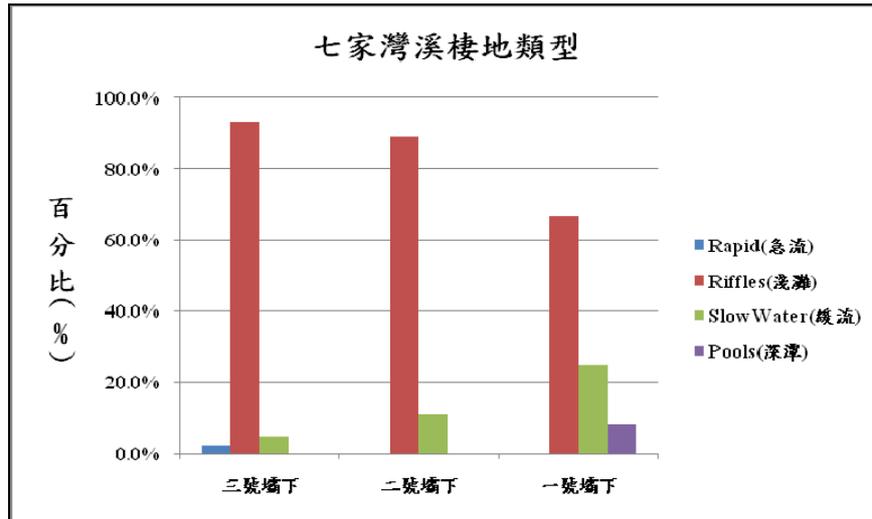


圖 2-48 七家灣溪全河道棲地環境類型分析(2009/10)
(資料來源：本研究資料)

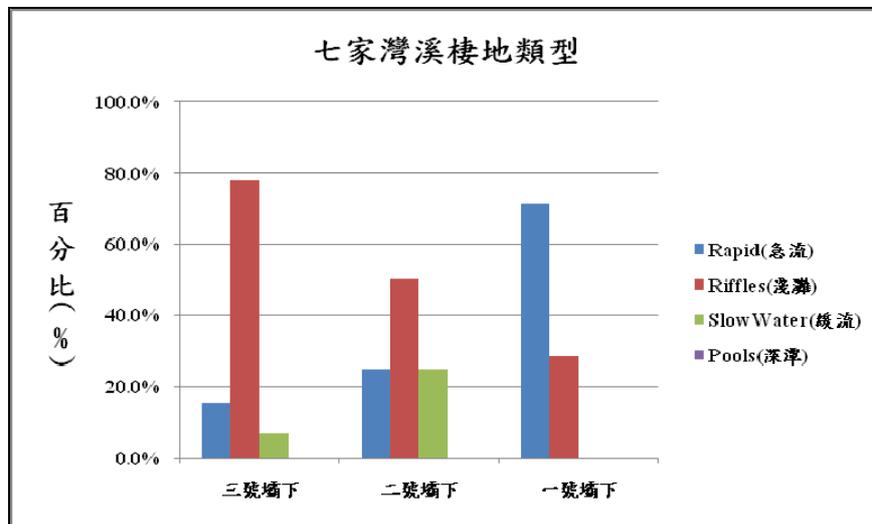


圖 2-49 七家灣溪全河道棲地環境類型分析(2008/10)
(資料來源：本研究資料)

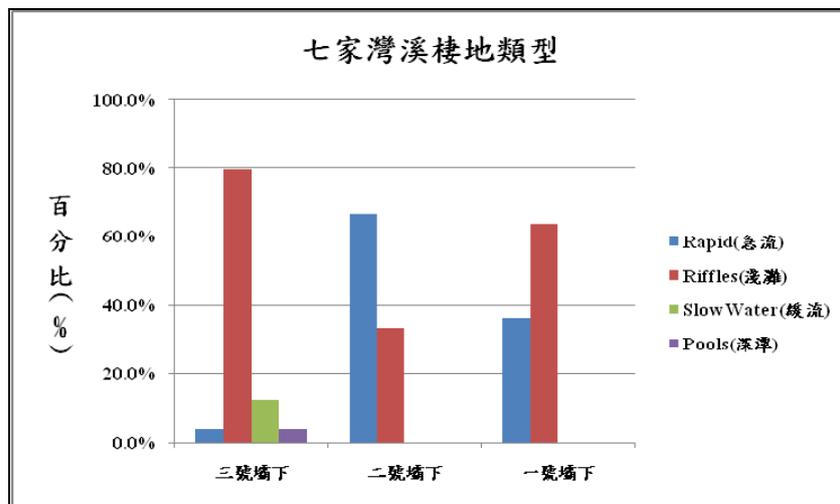


圖 2-50 七家灣溪全河道棲地環境類型分析(2007/10)
(資料來源：本研究資料)

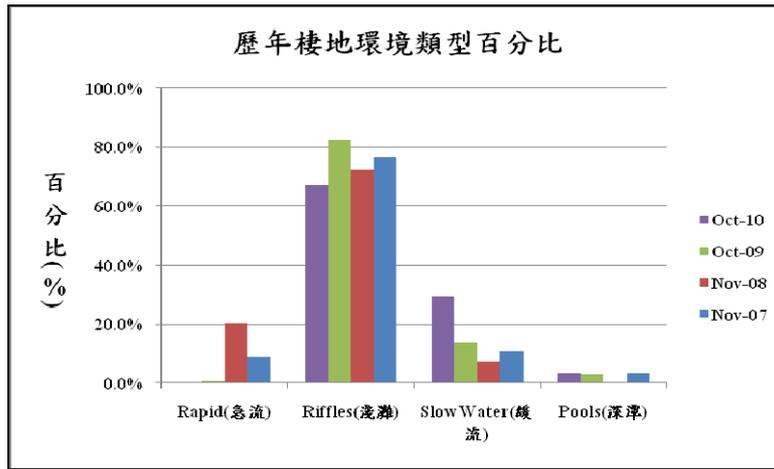


圖 2-51 歷年七家灣溪全河道棲地環境類型分佈
(資料來源：本研究資料)

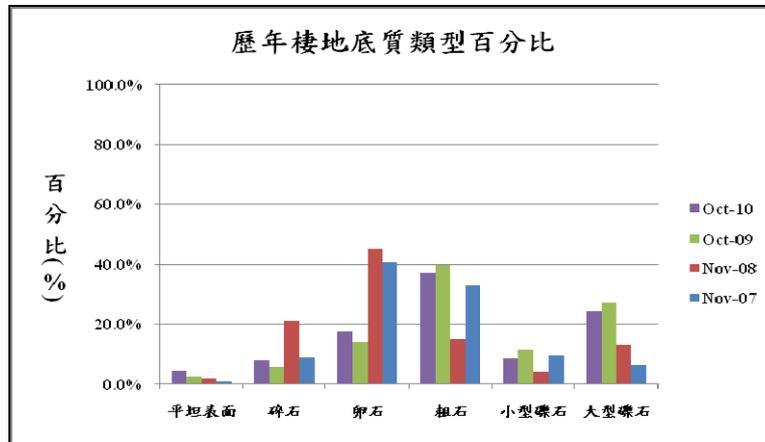


圖 2-52 歷年七家灣溪全河道棲地底質類型分析
(資料來源：本研究資料)

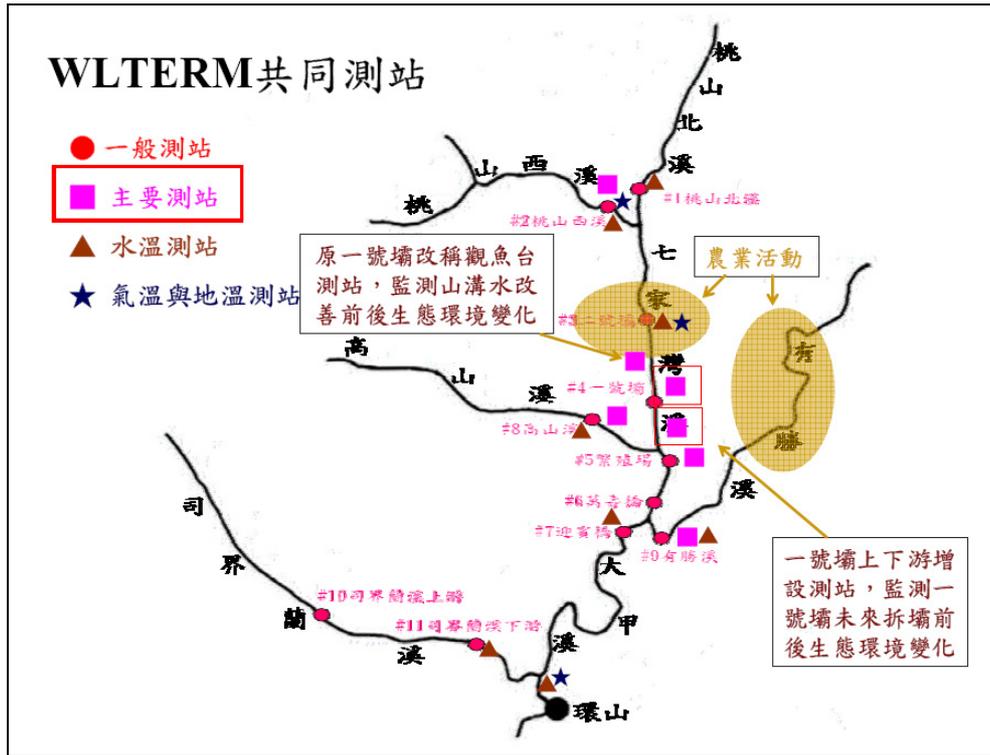


圖 2-53 七家灣溪共同樣區位置分佈圖(資料來源：本研究資料)

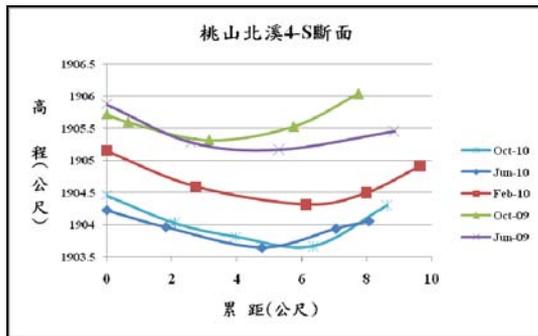


圖 2-54 桃山北溪 4-S 斷面剖面高程 (資料來源：本研究資料)

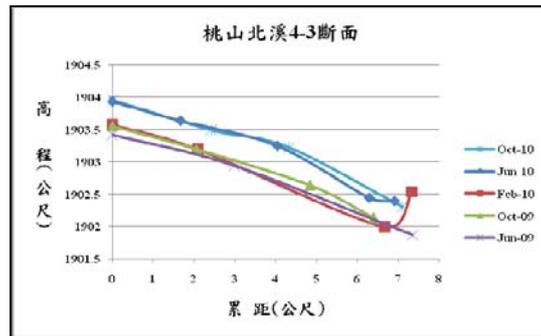


圖 2-55 桃山北溪 4-3 斷面剖面高程 (資料來源：本研究資料)

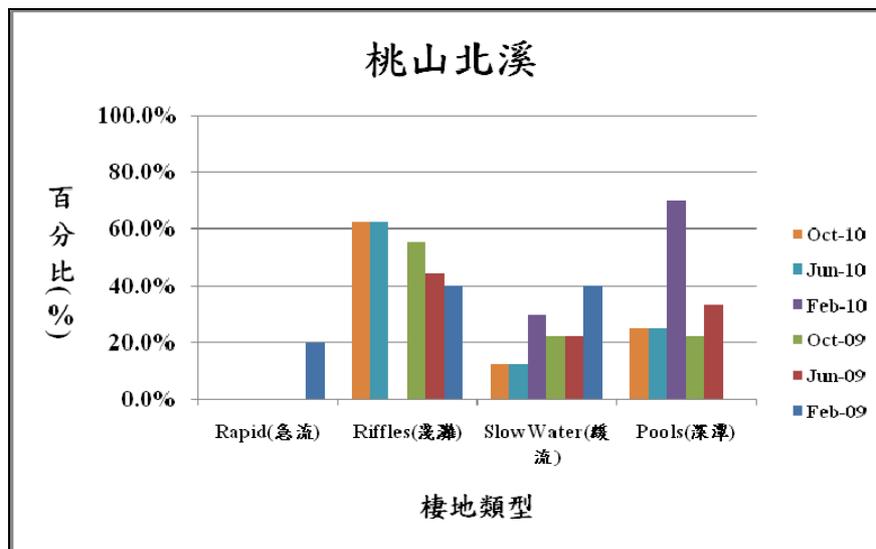


圖 2-56 桃山北溪棲地分佈類型百分比圖(資料來源：本研究資料)

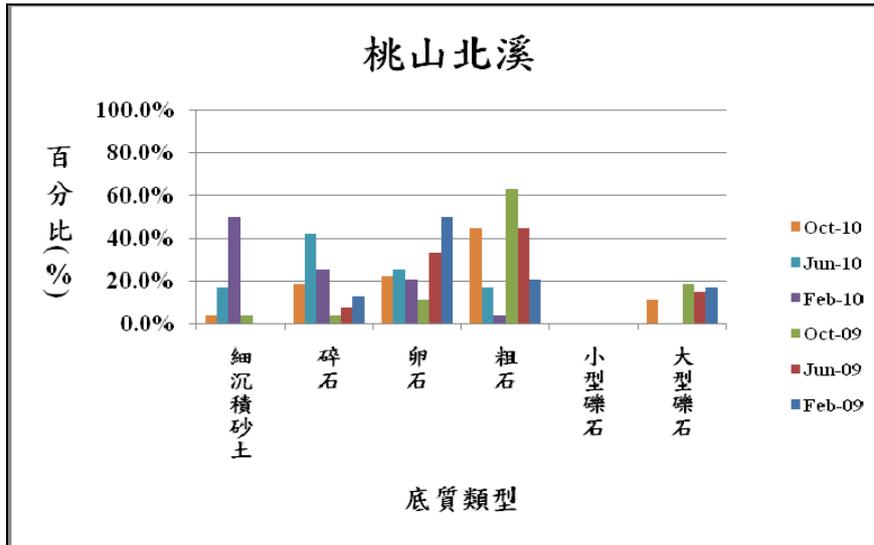


圖 2-57 桃山北溪底質分佈類型百分比圖
(資料來源：本研究資料)

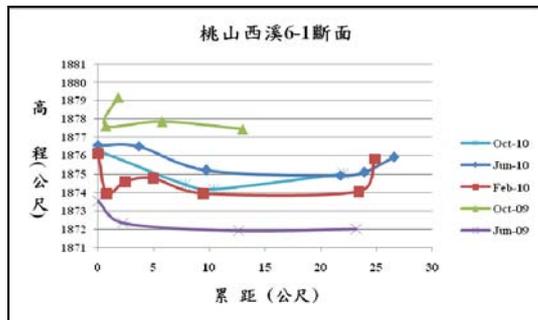


圖 2-58 桃山西溪 2-1 断面剖面高程
(資料來源：本研究資料)

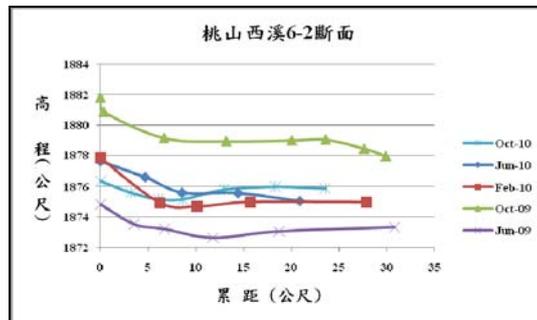


圖 2-59 桃山西溪 2-2 断面剖面高程
(資料來源：本研究資料)

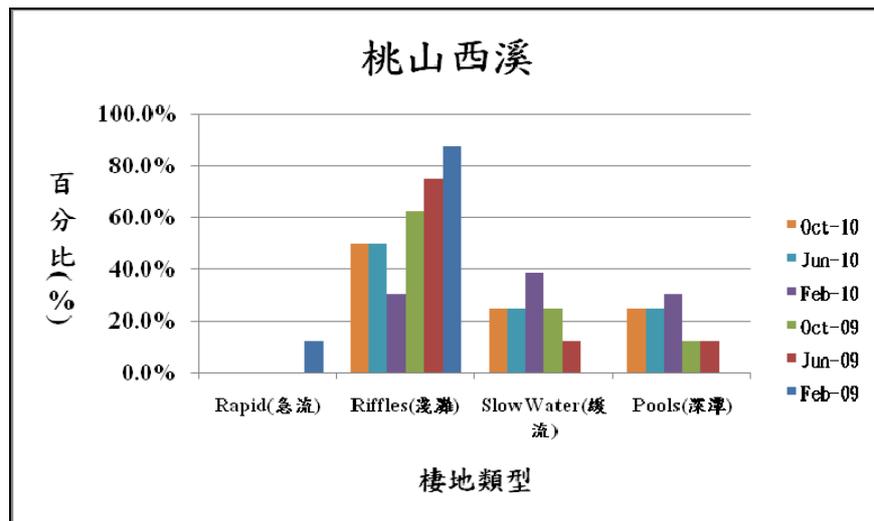


圖 2-60 桃山西溪棲地分佈類型百分比圖
(資料來源：本研究資料)

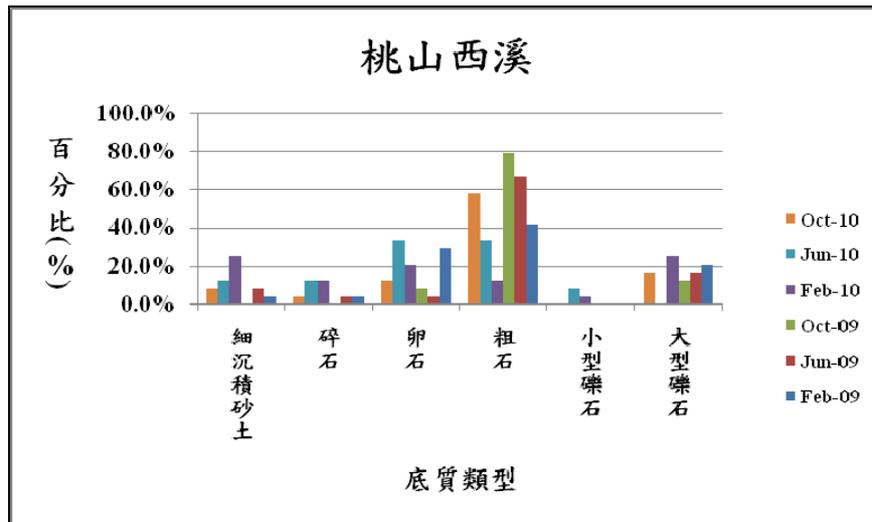


圖 2-61 桃山西溪底質分佈類型百分比圖
(資料來源：本研究資料)

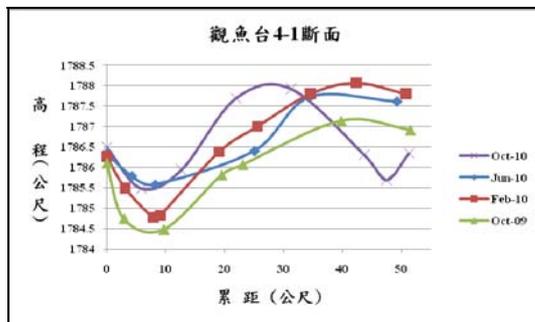


圖 2-62 觀魚臺 4-1 断面剖面高程
(資料來源：本研究資料)

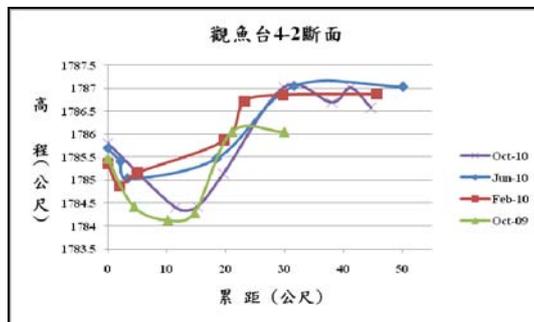


圖 2-63 觀魚臺 4-2 断面剖面高程
(資料來源：本研究資料)

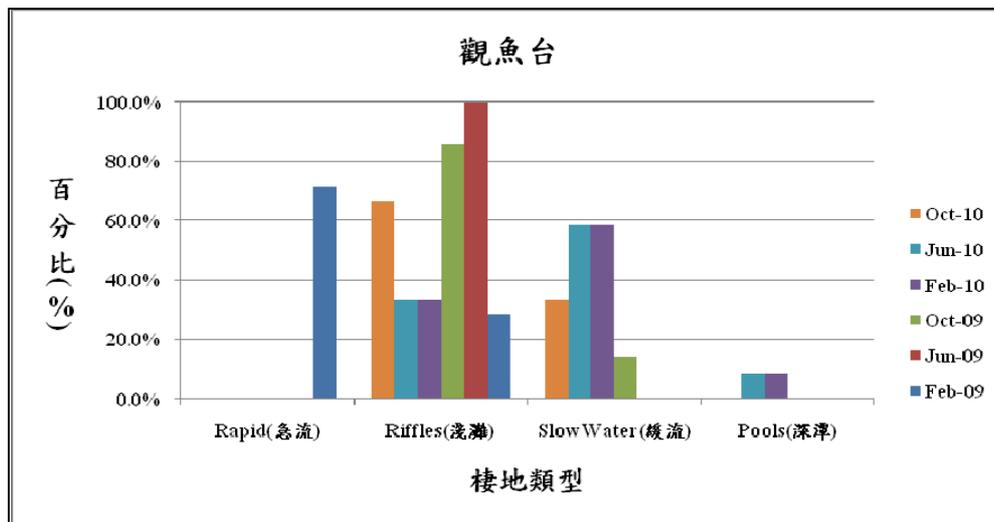


圖 2-64 觀魚臺棲地分佈類型百分比圖
(資料來源：本研究資料)

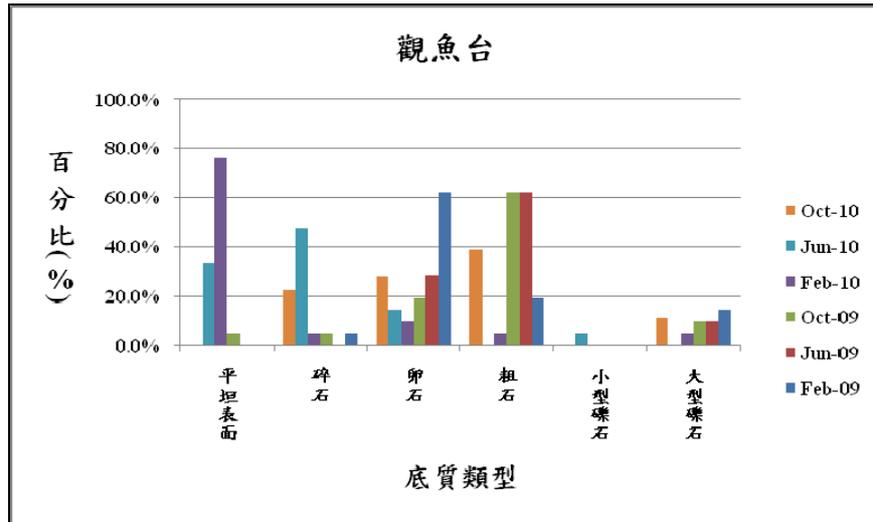


圖 2-65 觀魚臺底質分佈類型百分比圖
(資料來源：本研究資料)

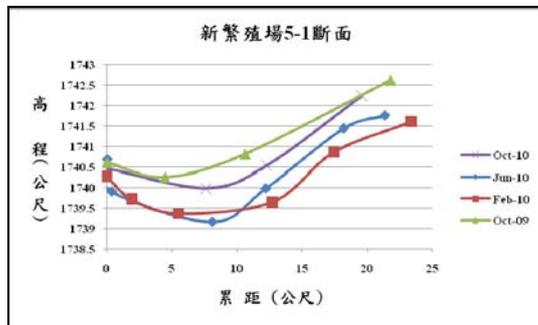


圖 2-66 新繁殖場 5-1 剖面剖面高程
(資料來源：本研究資料)

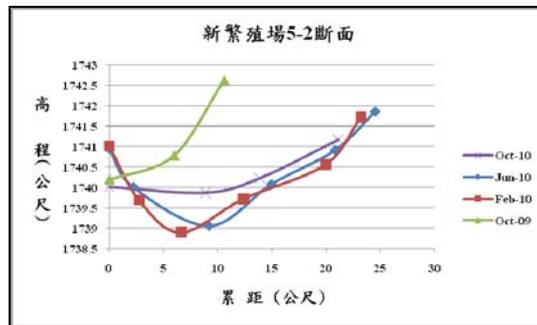


圖 2-67 新繁殖場 5-2 剖面剖面高程
(資料來源：本研究資料)

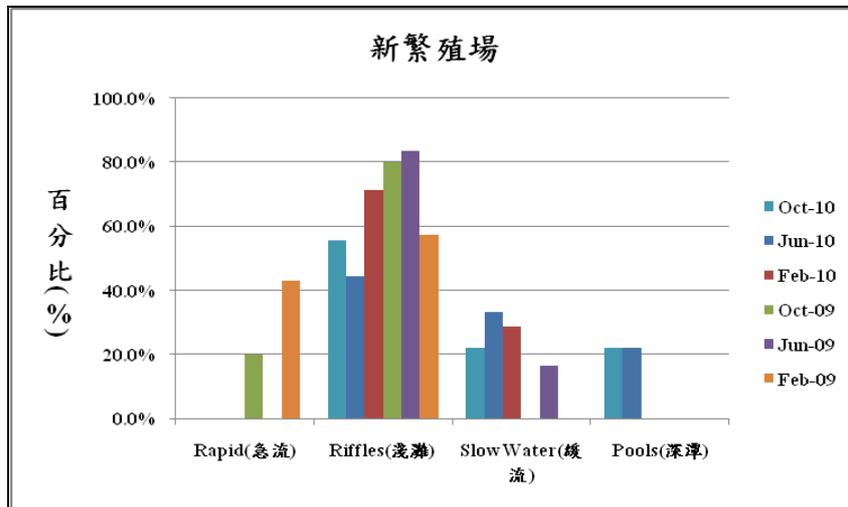


圖 2-68 新繁殖場棲地分佈類型百分比圖
(資料來源：本研究資料)

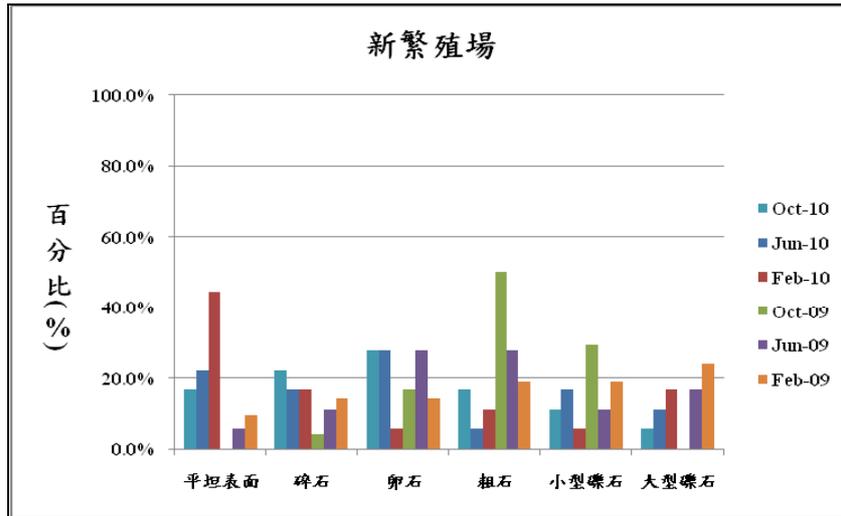


圖 2-69 新繁殖場底質分佈類型百分比圖
(資料來源：本研究資料)

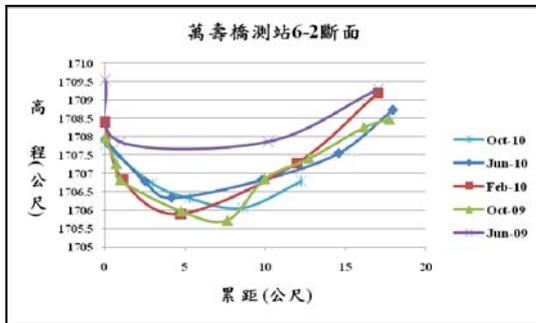


圖 2-70 萬壽橋測站 6-2 斷面剖面高程
(資料來源：本研究資料)

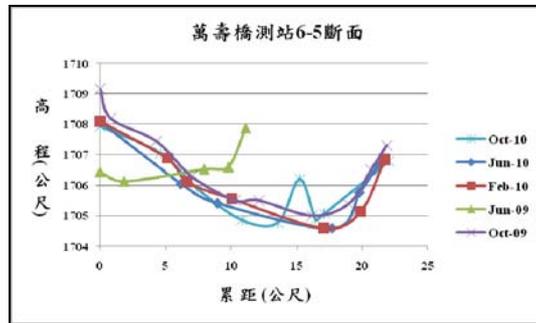


圖 2-71 萬壽橋測站 6-5 斷面剖面高程
(資料來源：本研究資料)

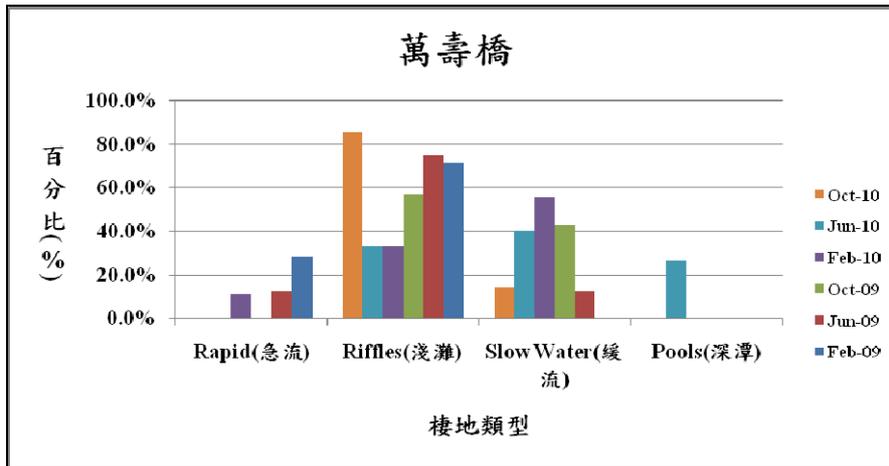


圖 2-72 萬壽橋棲地分佈類型百分比圖
(資料來源：本研究資料)

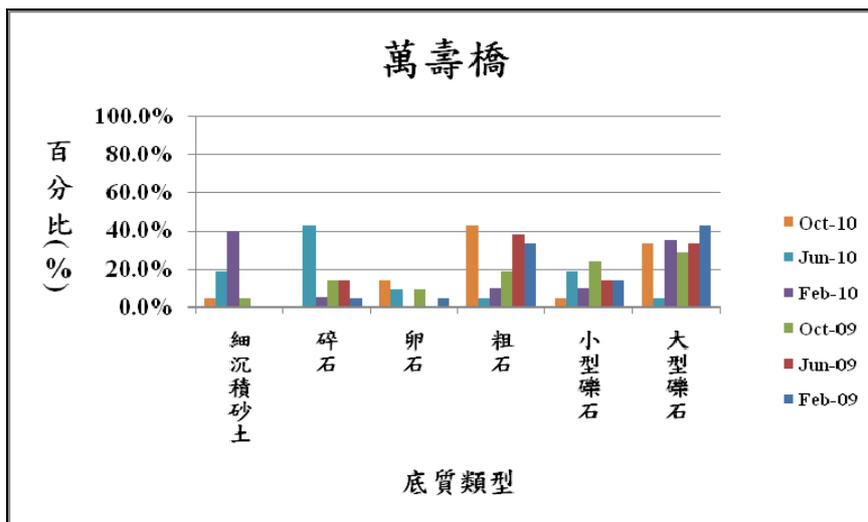


圖 2-73 萬壽橋底質分佈類型百分比圖
(資料來源：本研究資料)

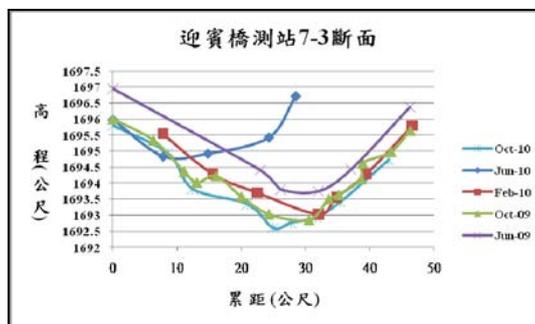
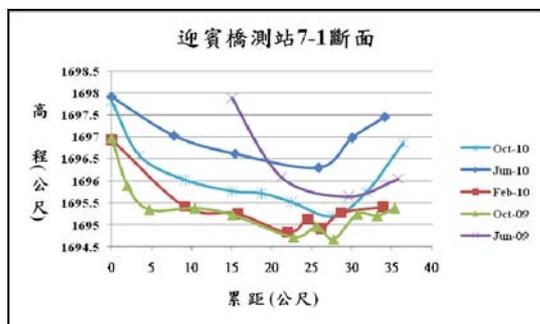


圖 2-74 迎賓橋測站 7-1 断面剖面高程
(資料來源：本研究資料)

圖 2-75 迎賓橋測站 7-3 断面剖面高程
(資料來源：本研究資料)

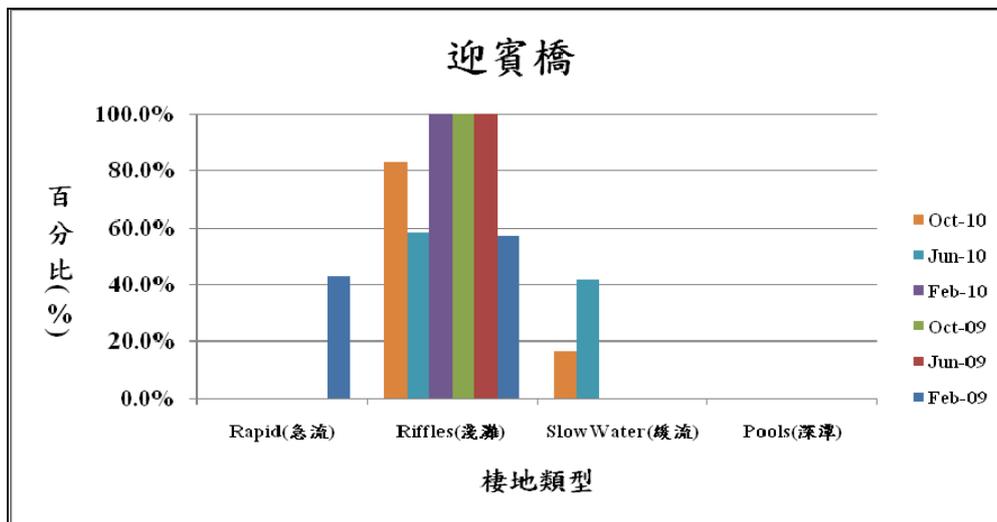


圖 2-76 迎賓橋棲地分佈類型百分比圖
(資料來源：本研究資料)

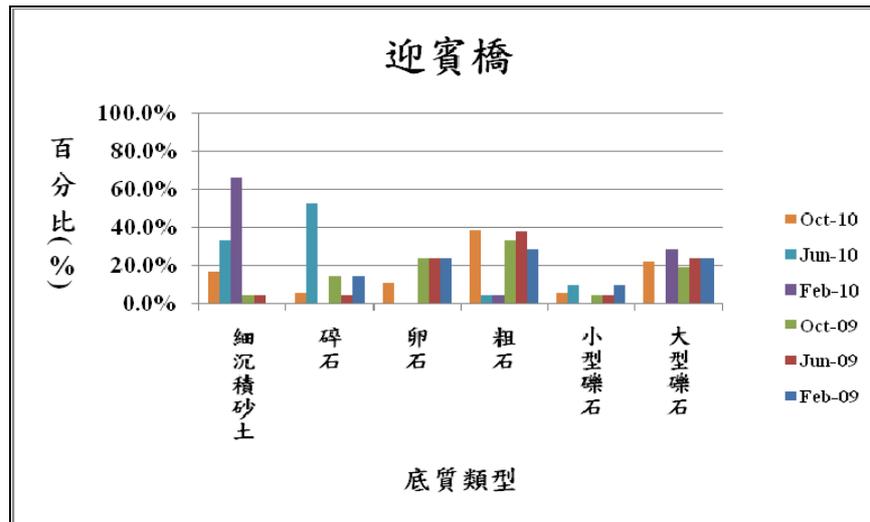


圖 2-77 迎賓橋底質分佈類型百分比圖
(資料來源：本研究資料)

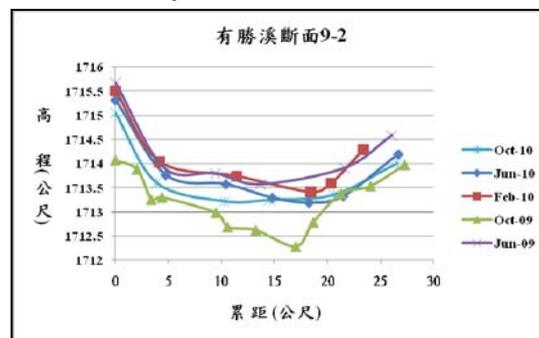
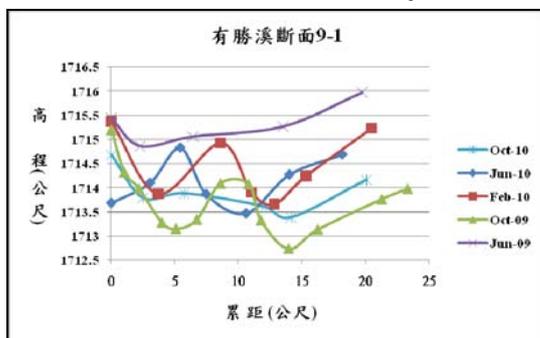


圖 2-78 有勝溪測站 9-1 断面剖面高程
(資料來源：本研究資料)

圖 2-79 有勝溪測站 9-2 断面剖面高程
(資料來源：本研究資料)

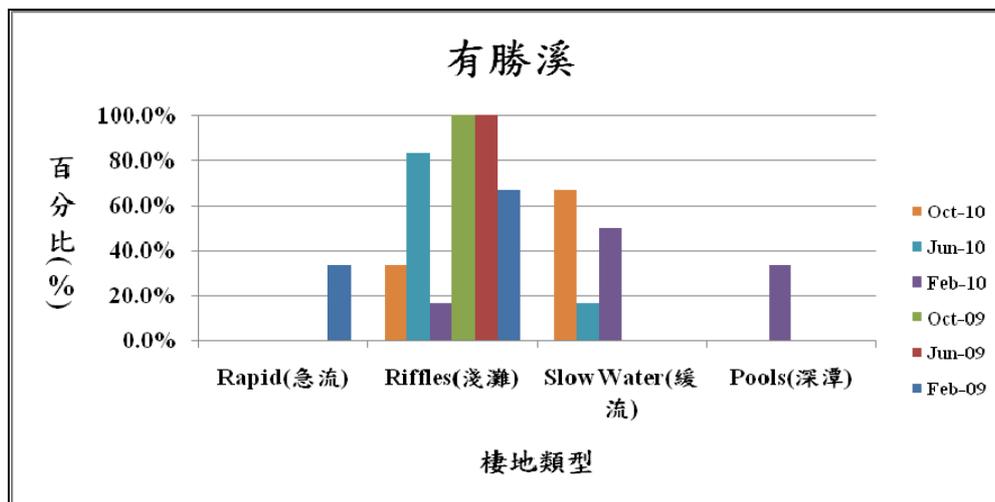


圖 2-80 有勝溪棲地分佈類型百分比圖
(資料來源：本研究資料)

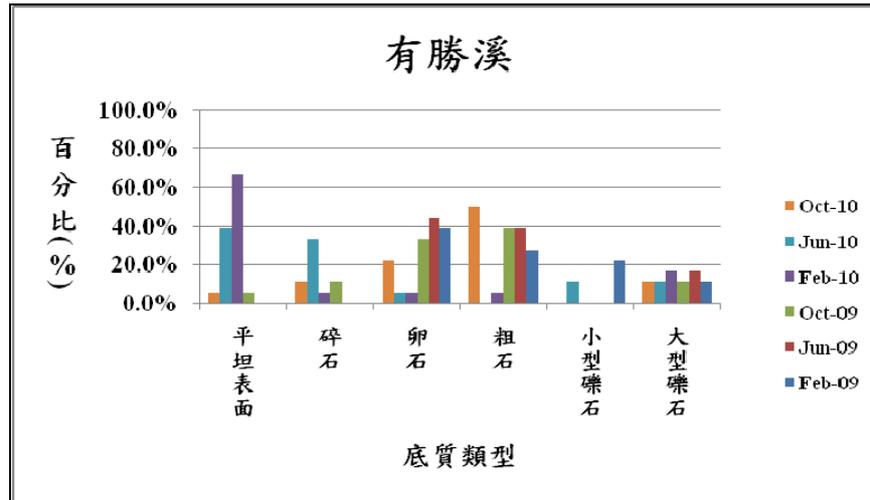


圖 2-81 有勝溪底質分佈類型百分比圖
(資料來源：本研究資料)

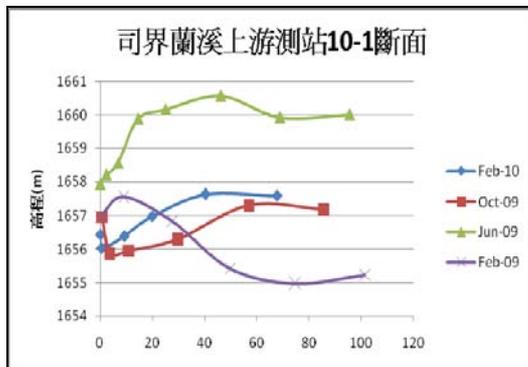


圖 2-82 司界蘭溪上游測站 10-1 斷面
(資料來源：本研究資料)

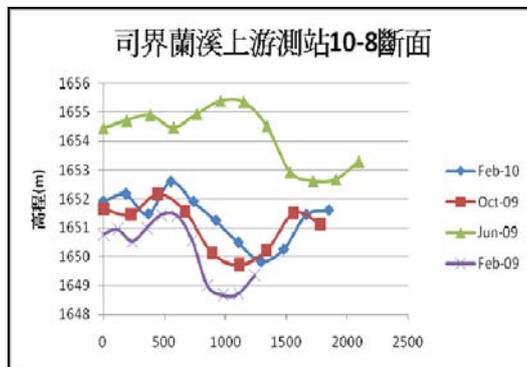


圖 2-83 司界蘭溪上游測站 10-8 斷面
(資料來源：本研究資料)

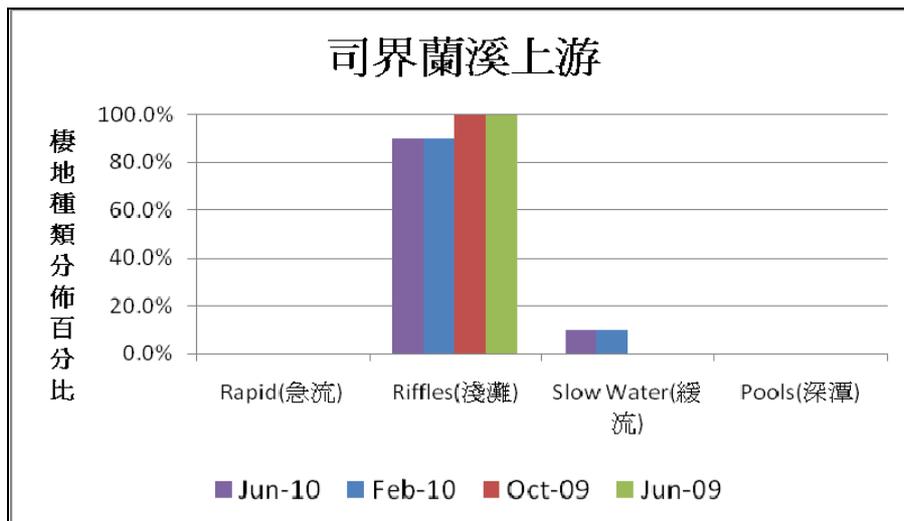


圖 2-84 司界蘭溪上游測站棲地分佈類型百分比圖
(資料來源：本研究資料)

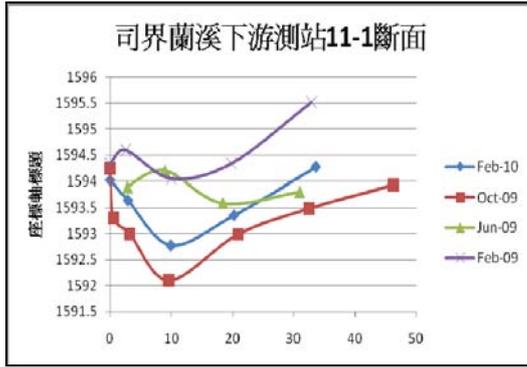


圖 2-85 司界蘭溪下游測站 11-1 斷面
(資料來源：本研究資料)

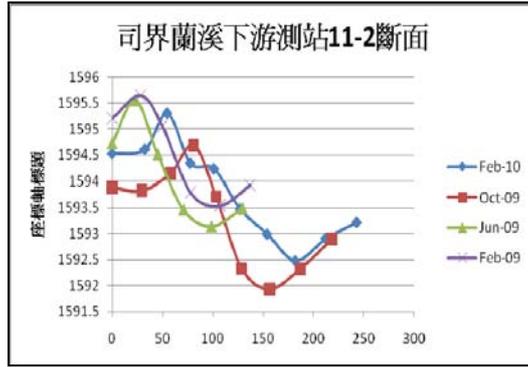


圖 2-86 司界蘭溪下游測站 11-2 斷面
(資料來源：本研究資料)

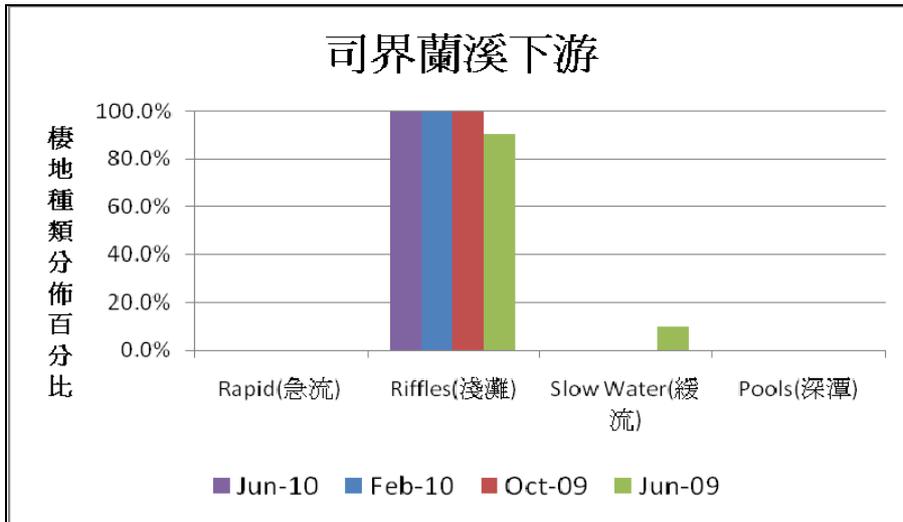
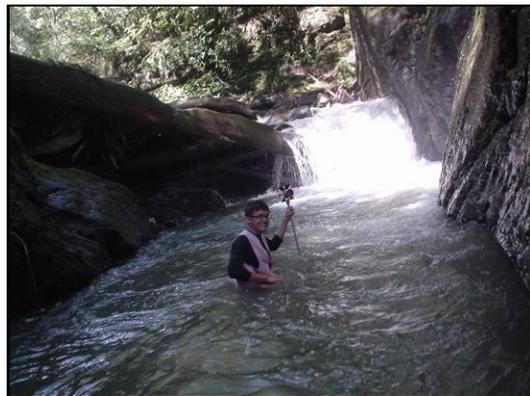


圖 2-87 司界蘭溪下游測站棲地分佈類型百分比圖
(資料來源：本研究資料)



照片 2-1 斷面 3-12 殘材壩(2010/02)



照片 2-2 斷面 3-12 殘材壩(2010/10)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-3 斷面 2-23 上游面(2010/06)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-4 斷面 2-23 上游面(2010/10)



照片 2-5 斷面 2-15 下游面(2010/06)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-6 斷面 2-15 下游面(2010/10)



照片 2-7 二號壩壩口(2010/06)

(資料來源：本研究資料)

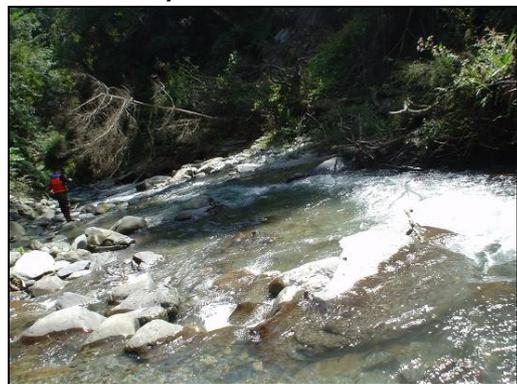


照片 2-8 二號壩壩口(2010/10)



照片 2-9 斷面 1-14 下游面(2010/06)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-10 斷面 1-14 下游面(2010/10)



照片 2-11 斷面 1-4 下游面(2010/06)

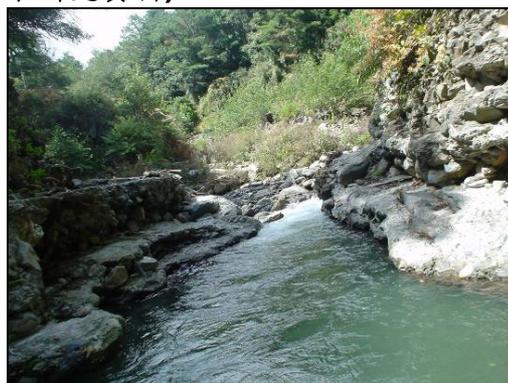


照片 2-12 斷面 1-4 下游面(2010/10)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-13 一號壩壩口(2010/06)

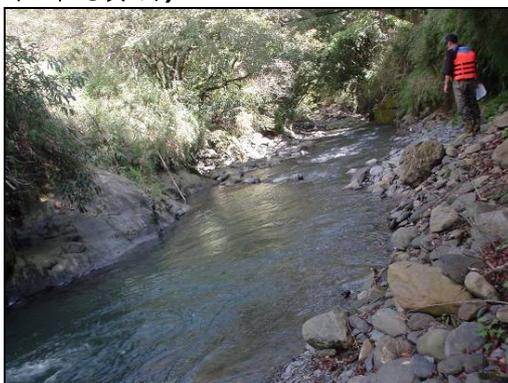


照片 2-14 一號壩壩口(2010/10)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-15 斷面 0-13 下游面(2010/06)

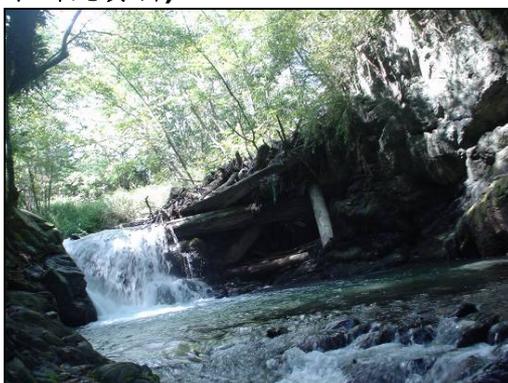


照片 2-16 斷面 0-13 下游面(2010/10)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-17 斷面 0-5 殘材壩(2010/06)



照片 2-18 斷面 0-5 殘材壩(2010/10)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-19 匯流口前深潭(2010/06)



照片 2-20 匯流口前深潭(2010/10)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-21 斷面 2-18 上游(2009/10)



照片 2-22 斷面 2-18 上游(2010/10)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-23 二號石壩下游面(2010/02)



照片 2-24 二號石壩下游面(2010/10)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-25 二號石壩下的深潭(2009/10)



照片 2-26 二號石壩下的深潭(2010/02)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-27 一號石壩 (2010/06)

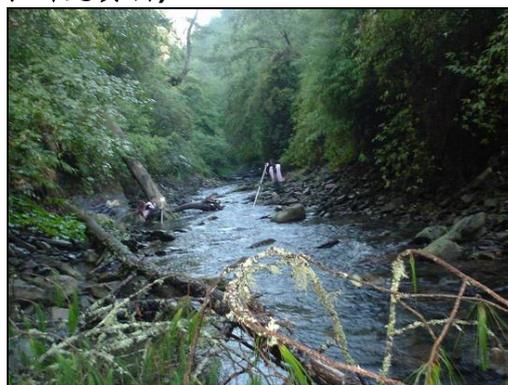


照片 2-28 一號石壩 (2010/10)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-29 桃山北溪斷面 1-2 (2010/06)



照片 2-30 桃山北溪斷面 1-2 (2010/10)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-31 桃山北溪斷面 1-5(2010/06)

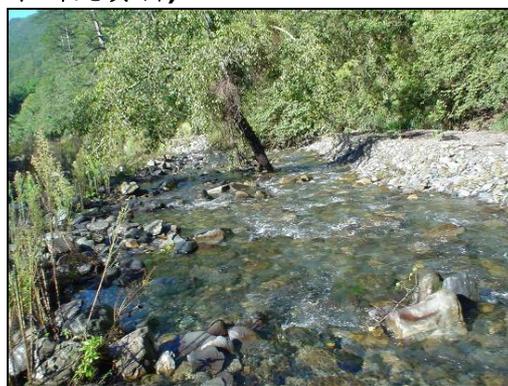


照片 2-32 桃山北溪斷面 1-5(2010/10)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-33 桃山北溪斷面 1-7 (2010/06)



照片 2-34 桃山北溪斷面 1-7 (2010/10)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-35 桃山西溪斷面 2-2(2010/06)



照片 2-36 桃山西溪斷面 2-2 (2010/10)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-37 桃山西溪斷面 2-5(2010/06)



照片 2-38 桃山西溪斷面 2-5(2010/10)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-39 桃山西溪斷面 2-7(2010/06)



照片 2-40 桃山西溪斷面 2-7(2010/10)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-41 新繁殖場起始點(2010/06)



照片 2-42 新繁殖場起始點(2010/10)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-43 新繁殖場斷面 5-4 (2010/06)



照片 2-44 新繁殖場斷面 5-4 (2010/10)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-45 萬壽橋斷面 8-2 (2010/06)



照片 2-46 萬壽橋斷面 8-2 (2010/10)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-47 萬壽橋斷面 8-5(2010/06)

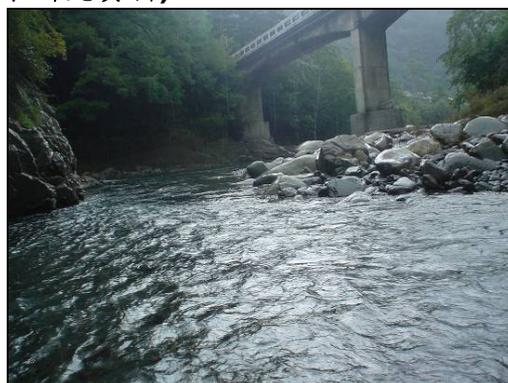


照片 2-48 萬壽橋斷面 8-5(2010/10)

(資料來源：本研究資料)

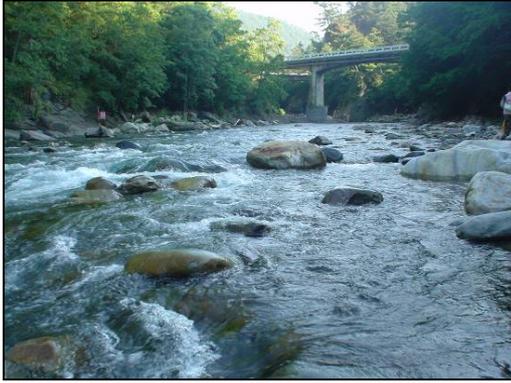


照片 2-49 萬壽橋斷面 8-7(2010/06)



照片 2-50 萬壽橋斷面 8-7(2010/10)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-51 迎賓橋斷面 9-2(2010/06)



照片 2-52 迎賓橋斷面 9-2(2010/10)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-53 迎賓橋斷面 9-5(2010/06)



照片 2-54 迎賓橋斷面 9-5(2010/10)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-55 迎賓橋斷面 7-6 (2010/06)



照片 2-56 迎賓橋斷面 7-6 (2010/10)

(資料來源：本研究資料)



照片 2-57 有勝溪 1-2 斷面(2010/06)

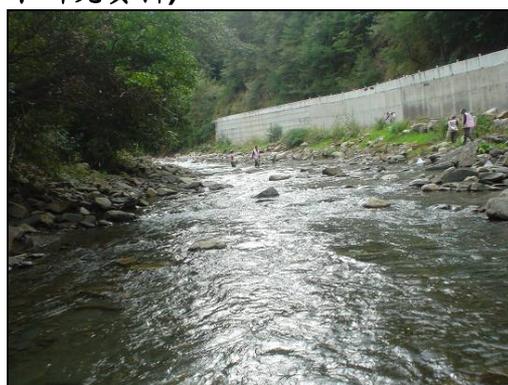


照片 2-58 有勝溪 1-2 斷面(2010/10)

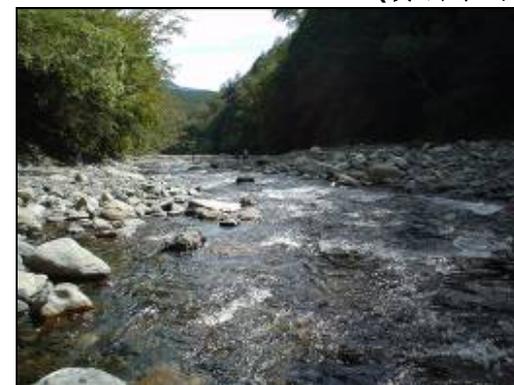
(資料來源：本研究資料)



照片 2-59 有勝溪 1-5 斷面(2010/06) 照片 2-60 有勝溪 1-5 斷面(2010/10)
(資料來源：本研究資料)



照片 2-61 有勝溪一號壩上(2010/02) 照片 2-62 有勝溪一號壩上(2010/06)
(資料來源：本研究資料)



照片 2-63 司界蘭溪斷面 10-1 (2009/10) 照片 2-64 司界蘭溪斷面 10-1 (2010/02)
(資料來源：本研究資料)



照片 2-65 司界蘭溪斷面 10-9 (2010/02) 照片 2-66 司界蘭溪下游舊壩(2010/02)
(資料來源：本研究資料)



照片 2-67 司界蘭溪舊壩(2010/02) 照片 2-68 司界蘭溪斷面 11-8 (2010/02)
(資料來源：本研究資料)

第三章 水質研究

官文惠、劉柄伸、詹晏權、張吉正、賴宥蒼、吳宏彬、張滋芳、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、櫻花鉤吻鮭、水質參數

一、研究緣起

武陵地區七家灣溪為國寶魚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，故有監測水質變化之必要性。

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，故本計劃今年度仍持續在山溝，及其附近之排水溝，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。進行山溝與排水溝之 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 、 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 等水質項目，與露營區遊客人數統計分析，結果顯示，相關性較佳者為山溝 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 及排水溝的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 與遊客人數，Pearson相關係數分別約為0.15~0.35及0.42~0.79，顯示隨著遊客人數與排水溝及山溝之N與P濃度具一定程度之關聯性；此外，在遊客人數較多的2、7、8月份採樣值和後面的採樣月份(3、10月)都有升高的趨勢。

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：

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

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，且若能適度管控遊客人數或收集遊客之生活污水，應可顯著降低七家灣水體，特別是中游之營養鹽濃度。

2. 長期建議：

主辦機關：行政院所屬機關

協辦機關：武陵農場

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

The available information indicated that human activities, including farming, camping and travel recreation could contribute significant nutrients into Chichiawan 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 removal of nutrients from the water of agricultural discharge could be effectively achieved by the land-use and travel recreation management, and additionally, the automatic monitoring of water quality are also recommended.

【Keywords】 Chiachiawan stream, Formosan landlocked salmon, Water quality parameter

一、前言

(一) 研究緣起

武陵地區七家灣溪為國寶魚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) 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櫻花鉤吻鮭適合生存之流域，中游河段的湧泉支流則是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櫻花鉤吻鮭生態保護區為著名的景點，為保育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。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：

大氣中的二氧化硫沉降。

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。

採樣時程為雙月(2、4、6、8、10月)進行，水樣部分設置的採樣點從九個變七個(原司界蘭溪上下游從今年4月後則無採樣)，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、溫度等四個項目，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、99年開始加測大腸桿菌。

(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，上游種植大遍高麗菜園，溪流湍急，河寬約5.5公尺。

回收用地：在七家灣溪、桃山西溪、桃山北溪匯流處，距離2號壩上游約500公尺處。

山溝：距離觀魚臺上游約700公尺處，右邊有大空地一處，常有車輛停放。

排水溝：距離觀魚臺上游約400公尺處，左邊水泥路邊即為排水溝。

(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 cm^2 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 $\mu\text{mho/cm}$ 。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℃的消化反應器中，加入過氧焦硫酸鹽溶液，水樣中的有機碳被氧化轉換為二氧化碳，隨即被載流氣體導入可吸收二氧化碳特定波長的非分散式紅外線(NDIR)分析儀，依儀器設定條件(O-I Analytical 1010)，求得總有機碳的濃度。

13. 大腸桿菌：

使用濾膜監測水樣中好氧或兼性厭氧之大腸桿菌群細胞，該群細菌以m-Endo agar LES培養基於35℃培養24~26小時會產生具有金屬光澤之菌

落，將培養機置於數菌儀上進行計數。

(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、99年2、4、6、8、10、12月共33筆數據，分析項目包括溫度、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、大腸桿菌等14個項目，其今年分析數據如表(3-4)至表(3-5)。

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、99年2、4、6、8、10、12月共33筆數據，分析項目包括溫度、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、大腸桿菌等14個項目，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98年年底最低至5.35 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應來自農地的施肥所致。

武陵地區各溪流硝酸鹽氮含量在七家灣上游的測站點濃度低至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。

硝酸鹽氮濃度在中游測站點均較上游桃山西溪來得高，因而可以觀測到農耕行為所輸入的硝酸鹽對武陵地區溪流所造成的影響。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。四月為甘藍菜施肥的時節，因而有硝酸鹽氮有明顯濃度變化。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櫻花鉤吻鮭族群數量的減少。

溪流中氮氮的變化，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，其餘河段氯離子的含量也有些高於1 ppm之情況。

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
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，有機碳濃度值至99年10月份採樣為止在七家灣流域變動不大，呈現一致性均介於0.5~1.7 ppm，有勝溪之TOC值是所有樣站中最高，推測有機質含量較高。

各樣站之大腸桿菌數介於100~700 CFU/100mL，綜合其他檢測項目數據對照環保署陸域地面水體標準範圍，略高於甲類標準50 CFU/100mL屬乙類水體，只需經混凝、沉澱、過濾、消毒等一般通用之淨水方法處理可供公共給水之水源（行政院環保署）。該測值範圍對鮭鱒類之影響，需長時間監測評估。

(二) 山溝監測結果

由圖3-19~3-23觀得，山溝之硝酸鹽濃度介於3~27 mg/L，高於觀魚台、高山溪與有勝溪的監測濃度之較大值3 mg/L。山溝之硝酸鹽來源可能為生物的排泄物，或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7~20 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)地下水也可能含有氯鹽。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13~90 $\mu\text{g/L}$ ，皆大於觀魚台、高山溪與有勝溪的監測濃度10 $\mu\text{g/L}$ 。一般水中磷酸鹽濃度來源，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。山溝水質可能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10~20 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。此外肥料硫酸鉀與硫酸銨也是硫酸鹽的來源之一。

(三) 遊客人數和山溝與排水溝水質項目之Pearson相關係數分析

選取山溝(A6)、排水溝(B4)兩測站之14項水質項目和農場提供之露營區遊客人數進行相關性之統計分析。為比較遊客量之短中長程影響，分別累計採樣前3、5、14天和整個月之遊客人數。統計分析結果顯示，相關性較佳者為山溝 PO_4^{3-}P 及排水溝的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 與遊客人數，Pearson相關係數分別約為0.15~0.35及0.42~0.79，顯示隨著遊客人數與排水溝及山溝之N與P濃度具一定程度之關聯性。

(四) 遊客人數與 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 、 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的關係

從圖3-24、3-25、3-26、3-27、3-28、3-29可得知山溝與排水溝對 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 、 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的比較後，發現在遊客人數較多的2、7、8月份採樣值和後面的採樣月份(3、10月)都有升高的趨勢。

(五) 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，其硝酸鹽濃度介於2~3.5 mg/L，亞硝酸鹽濃度低於1 µg/L，硫酸鹽濃度介於15~53 mg/L，氯鹽濃度低於3 mg/L，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。
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，遊客人數與營養鹽濃度之間的趨勢圖或其相關係數，都顯示其有一定的相關性，相關性較佳者為山溝 PO_4^{3-}P 及排水溝的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 與遊客人數，Pearson相關係數分別約為0.15~0.35及0.42~0.79，顯示隨著遊客人數與排水溝及山溝之N與P濃度具一定程度之關聯性。

(二)建議

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：

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

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，且若能適度管控遊客人數或收集遊客之生活污水，應可顯著降低七家灣水體，特別是中游之營養鹽濃度。

2.長期建議：

主辦機關：行政院所屬機關

協辦機關：武陵農場

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。櫻花鉤吻鮭保護區規劃。行政院農委會研究計劃。
- 曾晴賢。2005。櫻花鉤吻鮭族群監測與動態分析。內政部營建署雪霸國家公園研究計劃。
- 葉昭憲。2005。環境改變對河道地形及物理棲地變化趨勢之影響。內政部營建署雪霸國家公園研究計劃。
- 楊秋忠。1997。植物營養與施肥要領土壤與肥料第六版。農世股份有限公司。
- 賴文龍。1999。梨山地區高冷地蔬菜綠肥輪作模式。台中區農情月刊12(3)。
- 賴文龍、吳尚鑒、藍祐利、林文陞。2004。梨山地區甘藍蔬菜園土壤肥培管理之探討。台中區農情月刊57。
- 行政院環境保護署環保法規資料中心。

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

表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)
大腸桿菌	清潔並經滅菌之 玻璃或是塑膠容器	暗處，4°C 冷藏

(資料來源：本研究資料)

表3-3 地面水體分類及水質標準

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

資料來源：行政院環境保護署水污染防治

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

2.一級公共用水：指經消毒處理即可供公共給水之水源。

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

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

表 3-4 99 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 2 日	7.37	164	9.72	0.64	2.09	0.423
測站 4	觀魚臺	晴	2 月 2 日	8.04	230	8.52	1.02	1.14	0.602
測站 5	繁殖場	晴	2 月 2 日	7.99	222	8.54	0.43	2.43	0.508
測站 8	高山溪	晴	2 月 2 日	7.94	203	9.02	1.10	2.53	0.140
測站 9	有勝溪	晴	2 月 2 日	8.45	295	8.15	2.74	1.59	0.749
測站 12	一號壩上游	晴	2 月 2 日	8.00	230	8.56	1.18	2.4	0.612
測站 13	一號壩下游	晴	2 月 2 日	7.95	233	9.08	1.18	1.16	0.578

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 ₄ ⁺ -N mg/L	TOC mg/L
測站 2	桃山西溪	晴	2 月 2 日	0.200	24.75	0.937	0.007	N.D.	0.863
測站 4	觀魚臺	晴	2 月 2 日	0.006	39.79	0.868	0.014	N.D.	0.993
測站 5	繁殖場	晴	2 月 2 日	0.050	29.06	0.885	0.012	0.142	1.067
測站 8	高山溪	晴	2 月 2 日	0.120	49.15	0.902	0.009	N.D.	1.096
測站 9	有勝溪	晴	2 月 2 日	0.370	55.95	1.980	0.014	0.174	1.520
測站 12	一號壩上游	晴	2 月 2 日	1.309	50.50	0.856	0.012	N.D.	1.243
測站 13	一號壩下游	晴	2 月 2 日	1.125	52.43	0.866	0.012	0.124	0.943

* N.D.值：(1) NO₃⁻-N < 0.001 mg/L (2) PO₄³⁻ < 0.003 mg/L (3) NH₄⁺-N < 0.003 mg/L (4) TOC < 0.001 mg/L

(資料來源：本研究資料)

表 3-5 99 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 7 日	7.82	145.3	9.45	0.54	3.84	N.D.
測站 4	觀魚臺	晴	4 月 7 日	7.91	196.9	8.43	0.44	3.54	N.D.
測站 5	繁殖場	晴	4 月 7 日	7.79	196.6	8.21	0.47	3.68	N.D.
測站 8	高山溪	晴	4 月 7 日	8.00	189.9	8.60	0.68	4.21	N.D.
測站 9	有勝溪	晴	4 月 7 日	8.40	302.0	7.14	1.00	4.87	2.363
測站 12	一號壩上游	晴	4 月 7 日	7.09	199.6	8.81	0.37	3.97	2.675
測站 13	一號壩下游	晴	4 月 7 日	7.49	203.0	9.16	0.46	3.13	2.627

站號	站名	採樣日期	NO ₂ ⁻ -N	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	PO ₄ ³⁻	NH ₄ ⁺ -N	TOC	大腸桿菌
			μg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	CFU/100 mL
測站 2	桃山西溪	4 月 7 日	0.149	24.75	N.D.	N.D.	N.D.	0.939	100
測站 4	觀魚臺	4 月 7 日	0.596	29.84	1.856	0.005	0.003	0.880	100
測站 5	繁殖場	4 月 7 日	0.568	28.56	4.743	0.004	0.003	0.841	100
測站 8	高山溪	4 月 7 日	0.479	28.35	N.D.	0.004	0.003	0.788	400
測站 9	有勝溪	4 月 7 日	1.183	33.81	2.959	N.D.	0.007	1.382	700
測站 12	一號壩上游	4 月 7 日	0.569	30.24	0.260	0.005	0.003	0.733	200
測站 13	一號壩下游	4 月 7 日	0.704	27.08	5.044	0.003	0.004	0.659	200

* N.D.值：(1) NO₃⁻-N < 0.001 mg/L (2) PO₄³⁻ < 0.003 mg/L (3) NH₄⁺-N < 0.003 mg/L (4) TOC < 0.001 mg/L
(5) Cl⁻ < 0.01 mg/L

(資料來源：本研究資料)

表 3-6 99 年 6 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	6 月 2 日	8.08	99.8	9.05	0.34	3.09	0.291
測站 4	觀魚臺	晴	6 月 2 日	7.49	143.0	8.62	0.49	3.460	0.3
測站 5	繁殖場	晴	6 月 2 日	7.96	174.0	8.10	0.29	1.920	0.297
測站 8	高山溪	晴	6 月 2 日	7.44	146.2	8.5	0.88	4.14	0.27
測站 9	有勝溪	晴	6 月 2 日	8.22	322.0	7.8	0.57	2.3	1.13
測站 12	一號壩上游	晴	6 月 2 日	7.62	182.0	8.43	0.47	0.06	0.281
測站 13	一號壩下游	晴	6 月 2 日	7.78	156.2	8.68	0.4	4.1	0.303

站號	站名	採樣日期	NO ₂ ⁻ -N μg/L	SO ₄ ²⁻ mg/L	Cl ⁻ mg/L	PO ₄ ³⁻ mg/L	NH ₄ ⁺ -N mg/L	TOC mg/L	大腸桿菌 CFU/100 mL
測站 2	桃山西溪	6 月 2 日	0.194	17.922	0.057	N.D.	0.004	0.94	55
測站 4	觀魚臺	6 月 2 日	0.324	22.131	0.033	0.003	N.D.	1.37	45
測站 5	繁殖場	6 月 2 日	0.406	27.622	0.08	0.004	0.014	0.863	50
測站 8	高山溪	6 月 2 日	0.371	21.697	0.001	0.005	N.D.	1.788	20
測站 9	有勝溪	6 月 2 日	2.354	45.021	0.539	N.D.	0.004	1.287	60
測站 12	一號壩上游	6 月 2 日	0.6	22.968	0.026	N.D.	N.D.	1.399	40
測站 13	一號壩下游	6 月 2 日	0.299	N.D	0.088	0.003	N.D.	1.275	45

* N.D.值：(1) NO₃⁻-N < 0.001 mg/L (2) PO₄³⁻ < 0.003 mg/L (3) NH₄⁺-N < 0.003 mg/L (4) TOC < 0.001 mg/L
(5) Cl⁻ < 0.01 mg/L

(資料來源：本研究資料)

表 3-7 99 年 8 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	8 月 11 日	8.17	151.5	6.38	0.1	6.16	0.823
測站 4	觀魚臺	晴	8 月 11 日	8.21	207.0	6.23	0.12	4.45	0.826
測站 5	繁殖場	晴	8 月 11 日	8.04	186.0	7.11	0.15	4.32	0.818
測站 8	高山溪	晴	8 月 11 日	7.78	170.4	7.98	0.12	4.53	N.D
測站 9	有勝溪	晴	8 月 11 日	8.83	266.0	7.37	0.25	3.44	0.89
測站 12	一號壩上游	晴	8 月 11 日	7.83	173.1	5.26	0.12	4.54	0.827
測站 13	一號壩下游	晴	8 月 11 日	8.15	207.0	6.55	0.12	2.96	0.828

站號	站名	採樣日期	NO ₂ ⁻ -N μg/L	SO ₄ ²⁻ mg/L	Cl ⁻ mg/L	PO ₄ ³⁻ mg/L	NH ₄ ⁺ -N mg/L	TOC mg/L	大腸桿菌 CFU/100 mL
測站 2	桃山西溪	8 月 11 日	0.2	5.14	2.121	N.D.	N.D.	0.902	0
測站 4	觀魚臺	8 月 11 日	0.1	6.003	0.344	N.D.	0.1	1.024	0
測站 5	繁殖場	8 月 11 日	0.1	6.166	0.354	1	0.1	1.017	0
測站 8	高山溪	8 月 11 日	0.1	5.758	0.321	1.8	N.D.	0.825	0
測站 9	有勝溪	8 月 11 日	1.60	6.471	0.422	N.D.	0.2	1.631	0
測站 12	一號壩上游	8 月 11 日	0.2	6.162	0.371	N.D.	N.D.	0.951	0
測站 13	一號壩下游	8 月 11 日	0.1	6.181	0.355	N.D.	0.2	0.824	0

* N.D.值：(1) NO₃⁻-N < 0.001 mg/L (2) PO₄³⁻ < 0.003 mg/L (3) NH₄⁺-N < 0.003 mg/L (4) TOC < 0.001 mg/L
(5) Cl⁻ < 0.01 mg/L

(資料來源：本研究資料)

表 3-8 99 年 10 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	10 月 6 日	7.62	195.4	7.23	0.16	0.315	0.785
測站 4	觀魚臺	晴	10 月 6 日	7.86	220.0	7.10	0.42	0.52	1.037
測站 5	繁殖場	晴	10 月 6 日	6.70	202.0	6.7	0.4	0.464	0.946
測站 8	高山溪	晴	10 月 6 日	7.86	182.3	7.17	0.63	0.345	0.814
測站 9	有勝溪	晴	10 月 6 日	7.59	277.0	7.17	0.70	0.505	1.67
測站 12	一號壩上游	晴	10 月 6 日	7.77	222.0	6.89	0.68	0.497	1.071
測站 13	一號壩下游	晴	10 月 6 日	7.74	197.6	7.21	0.71	0.68	1.079

站號	站名	採樣日期	NO ₂ ⁻ -N μg/L	SO ₄ ²⁻ mg/L	Cl ⁻ mg/L	PO ₄ ³⁻ mg/L	NH ₄ ⁺ -N mg/L	TOC mg/L	大腸桿菌 CFU/100 mL
測站 2	桃山西溪	10 月 6 日	0.470	22.838	1.062	N.D.	N.D.	0.793	19
測站 4	觀魚臺	10 月 6 日	0.410	37.296	1.354	N.D.	N.D.	0.910	2
測站 5	繁殖場	10 月 6 日	0.710	35.990	1.241	N.D.	N.D.	1.024	0
測站 8	高山溪	10 月 6 日	0.530	32.171	1.054	N.D.	N.D.	0.775	0
測站 9	有勝溪	10 月 6 日	2.080	37.435	2.10	N.D.	N.D.	1.489	0
測站 12	一號壩上游	10 月 6 日	2.020	37.509	1.389	N.D.	N.D.	1.505	0
測站 13	一號壩下游	10 月 6 日	0.58	39.342	1.380	N.D.	N.D.	1.046	0

* N.D.值：(1) NO₃⁻-N < 0.001 mg/L (2) PO₄³⁻ < 0.003 mg/L (3) NH₄⁺-N < 0.003 mg/L (4) TOC < 0.001 mg/L
(5) Cl⁻ < 0.01 mg/L

(資料來源：本研究資料)

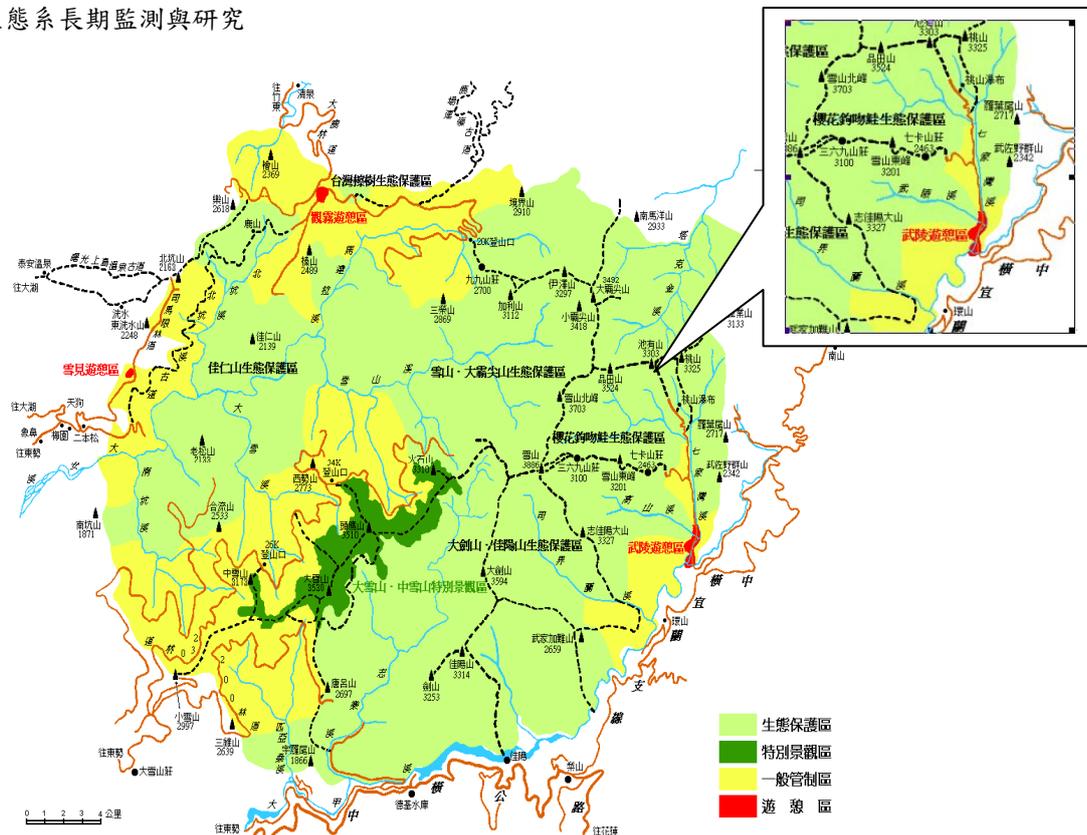


圖3-1 雪霸國家公園

(資料來源：<http://www.spnp.gov.tw>)

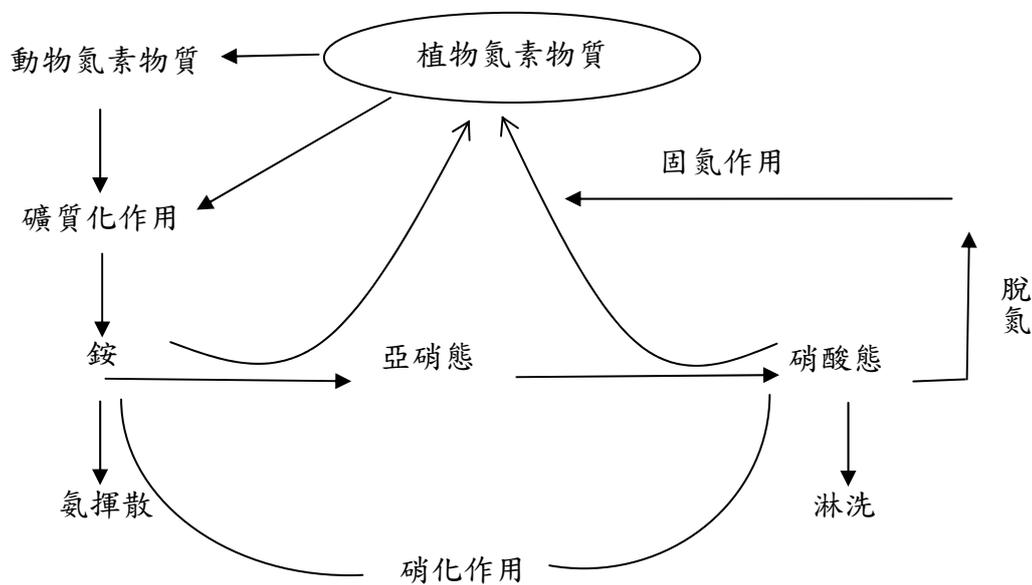


圖 3-2 氮素循環過程
(資料來源：本研究資料)

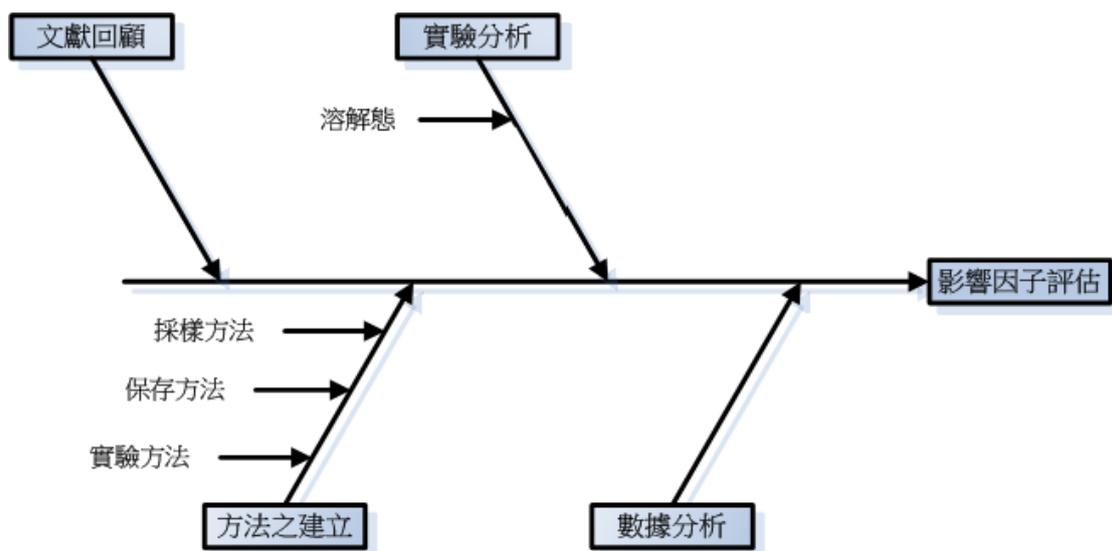


圖3-3 流程圖

(資料來源：本研究資料)

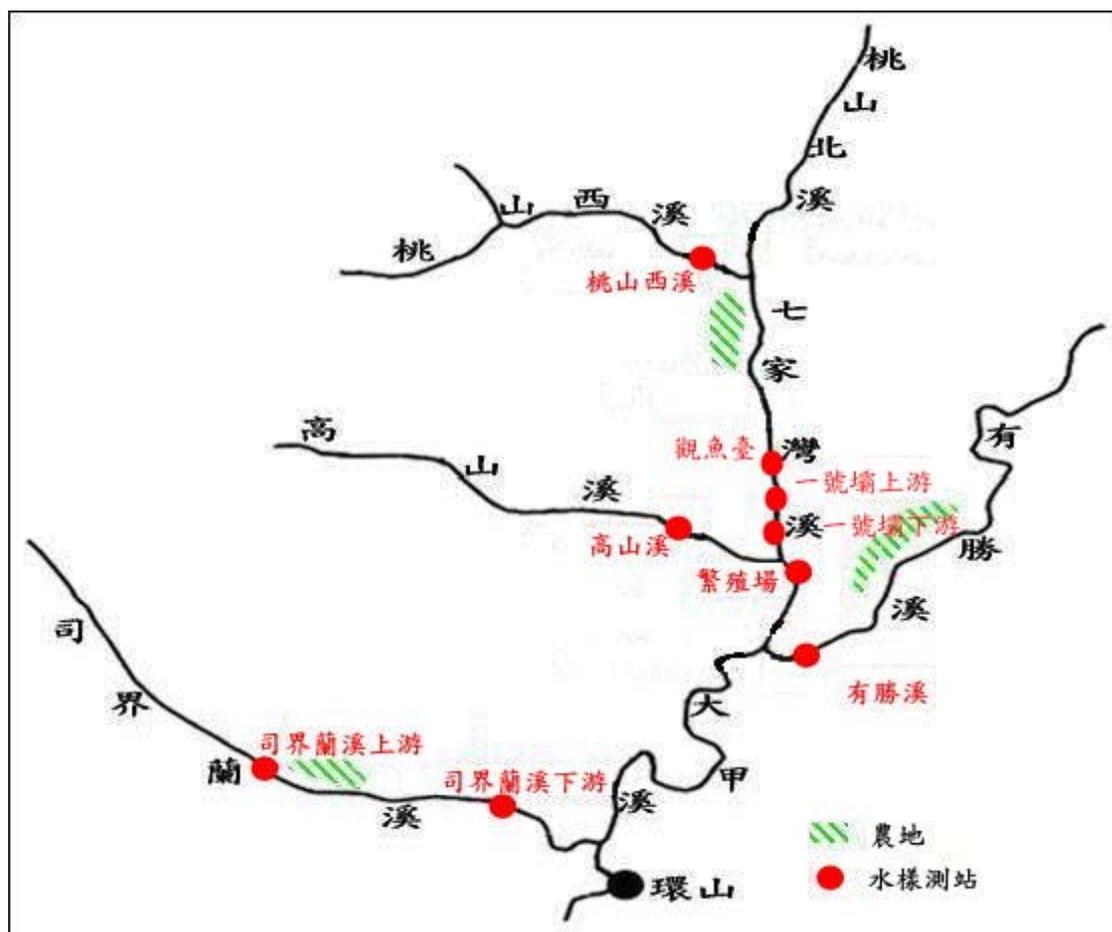


圖 3-4 採樣地點位置圖

(資料來源：本研究資料)

pH值

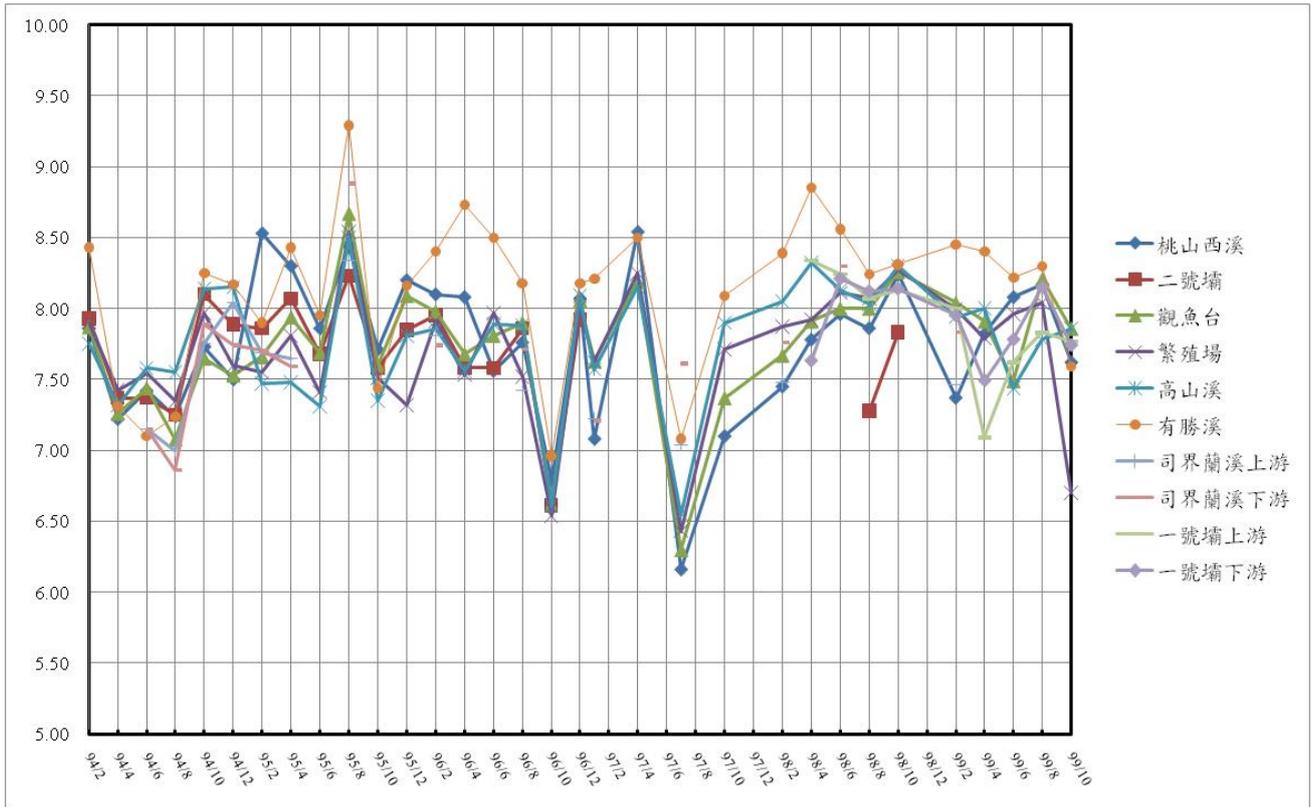


圖3-5 武陵地區溪流pH值變化
(資料來源：本研究資料)

導電度(單位：μs/cm)

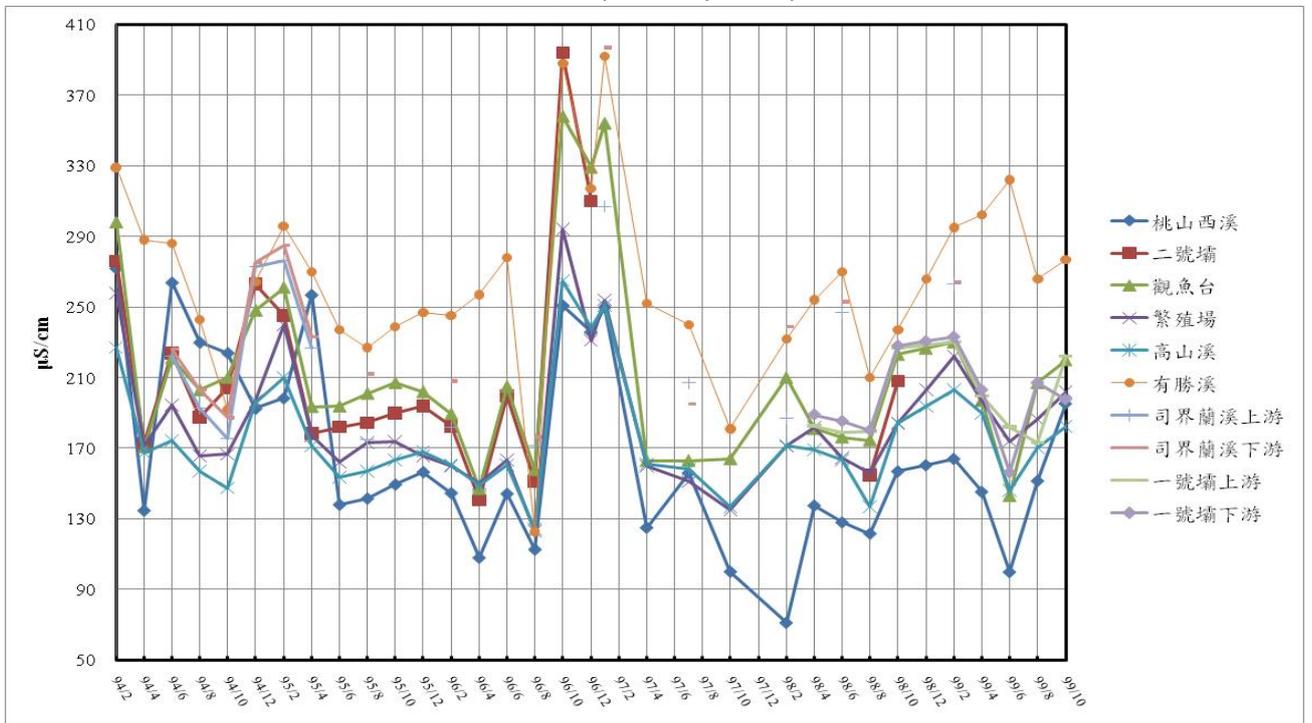


圖3-6 武陵地區溪流導電度值變化
(資料來源：本研究資料)

溫度(單位：°C)

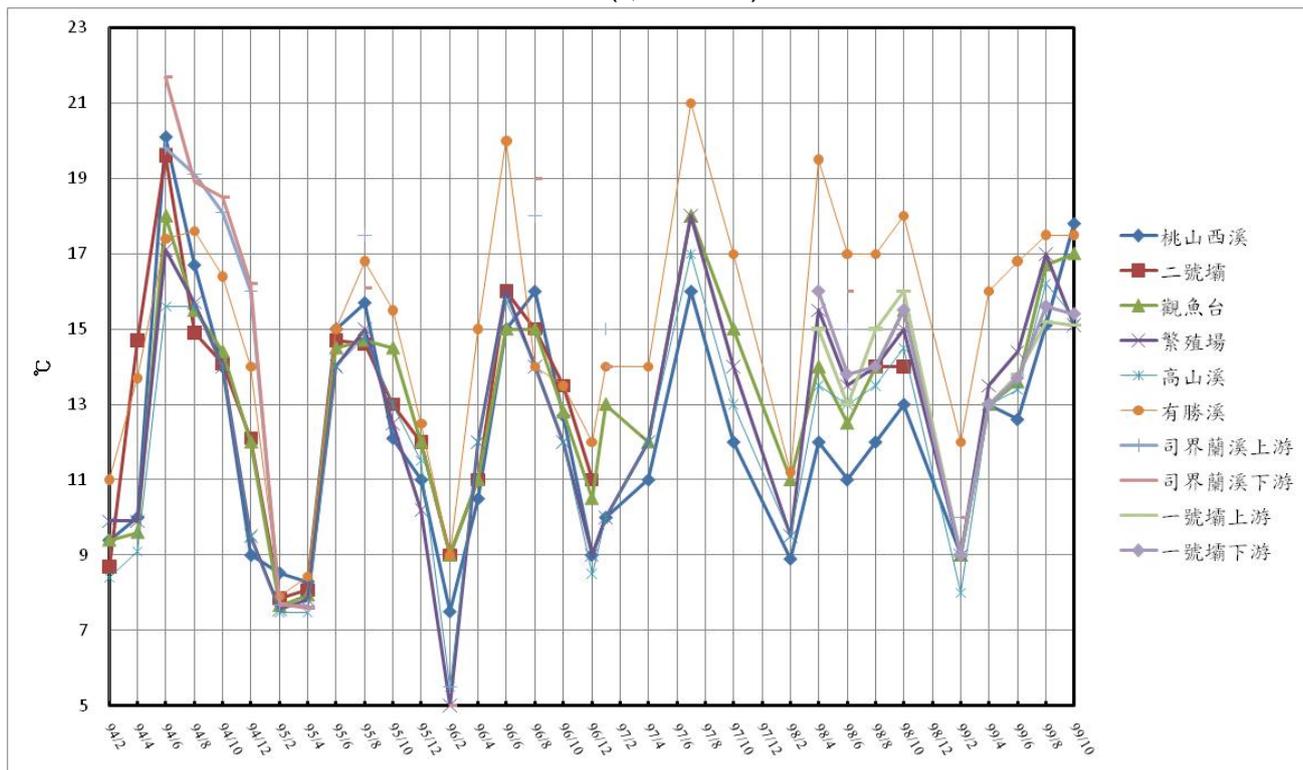


圖3-7 武陵地區溪流溫度值變化
(資料來源：本研究資料)

溶氧(單位：mg/L)

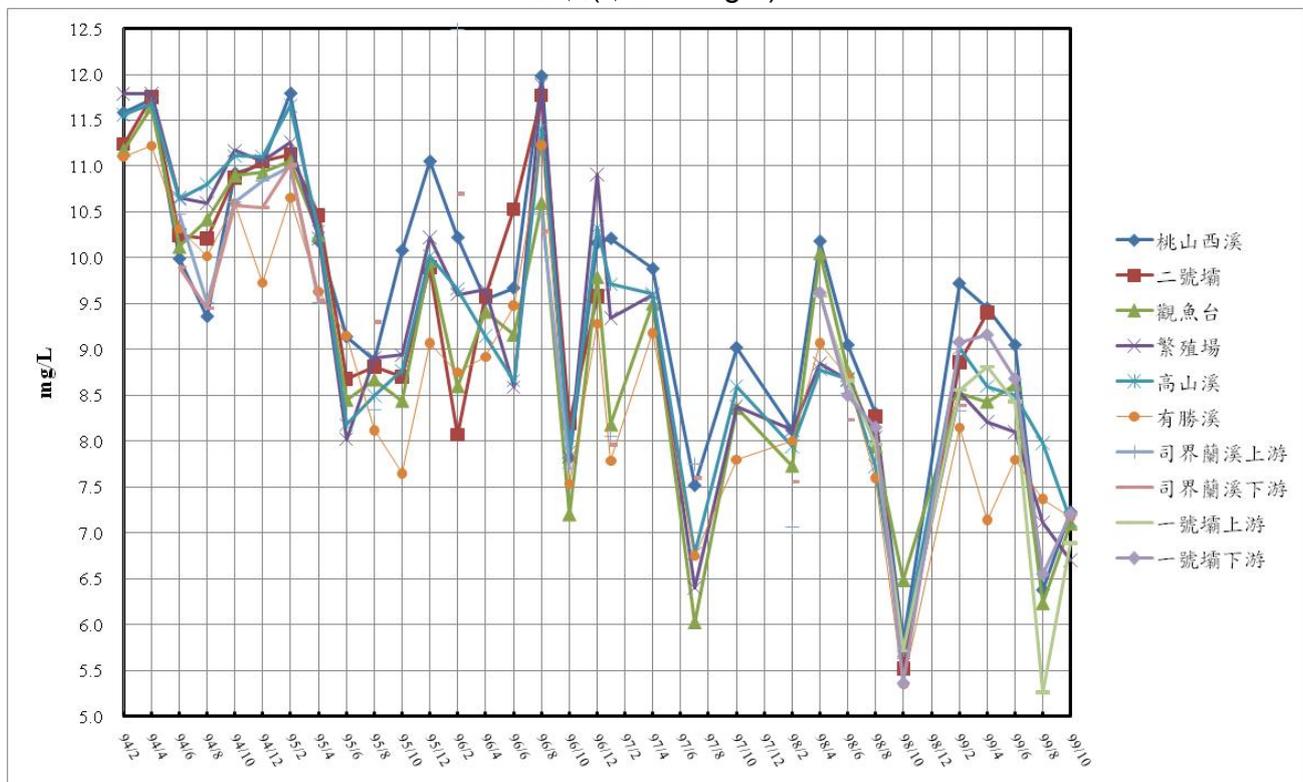


圖3-8 武陵地區溪流溶氧值變化
(資料來源：本研究資料)

濁度(單位：NTU)

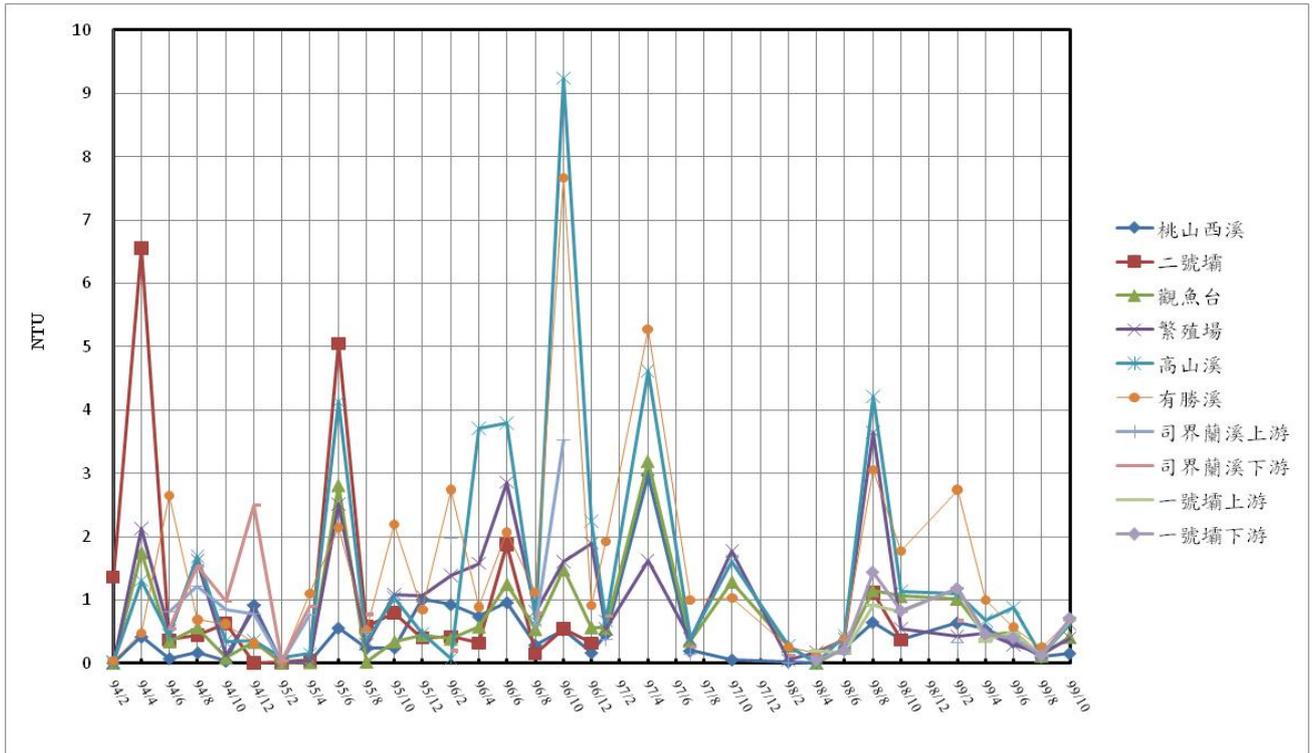


圖3-9 武陵地區溪流濁度值變化
(資料來源：本研究資料)

SiO₂(單位：mg/L)

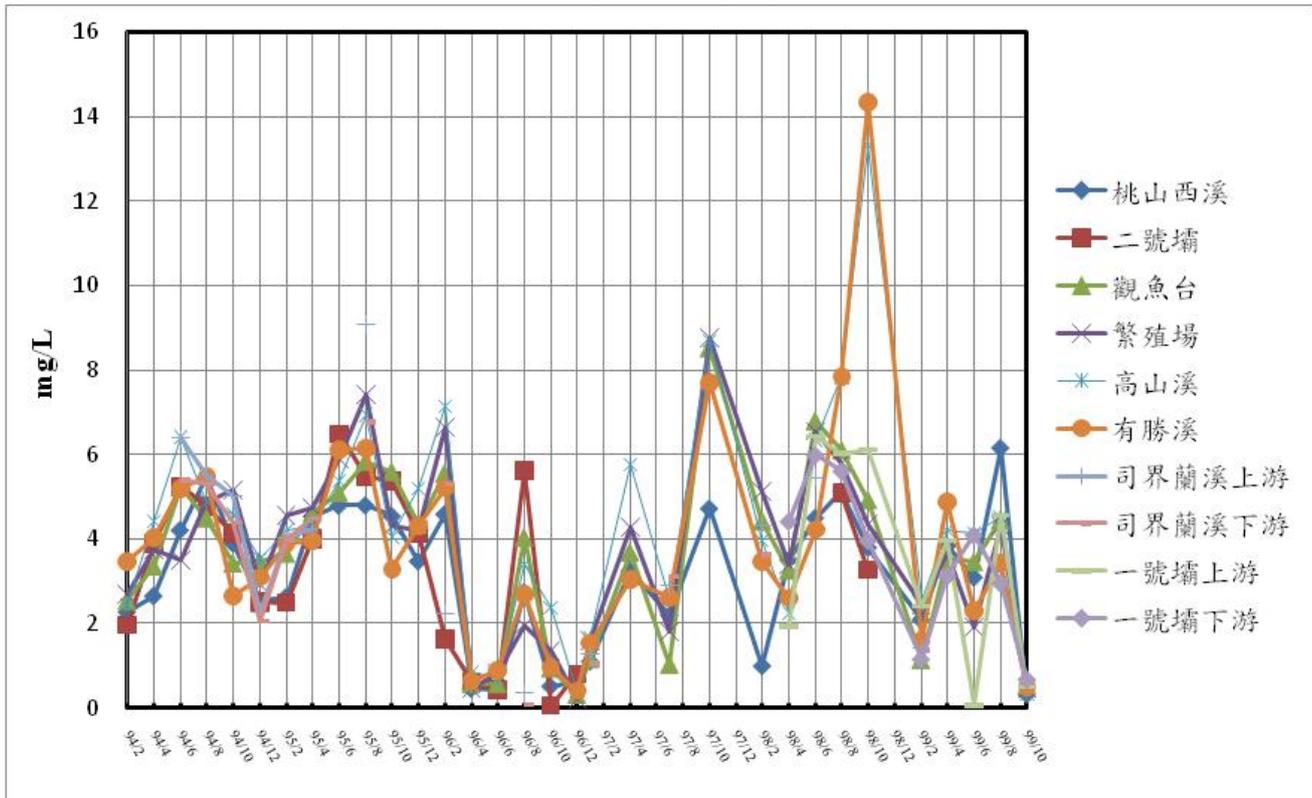


圖3-10 武陵地區溪流SiO₂值變化
(資料來源：本研究資料)

NO₃-N(單位：mg/L)

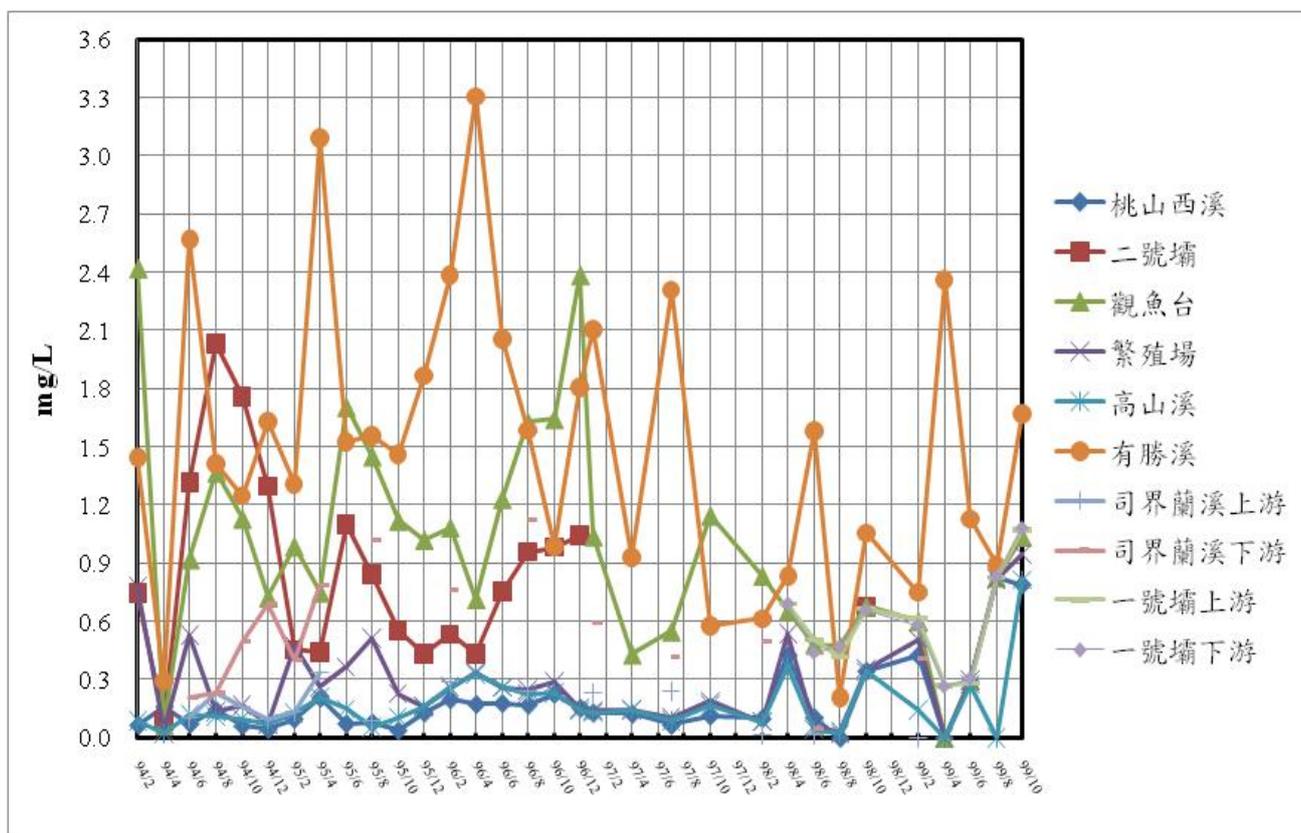


圖3-11 武陵地區溪流NO₃-N值變化
(資料來源：本研究資料)

NO₂-N(單位：mg/L)

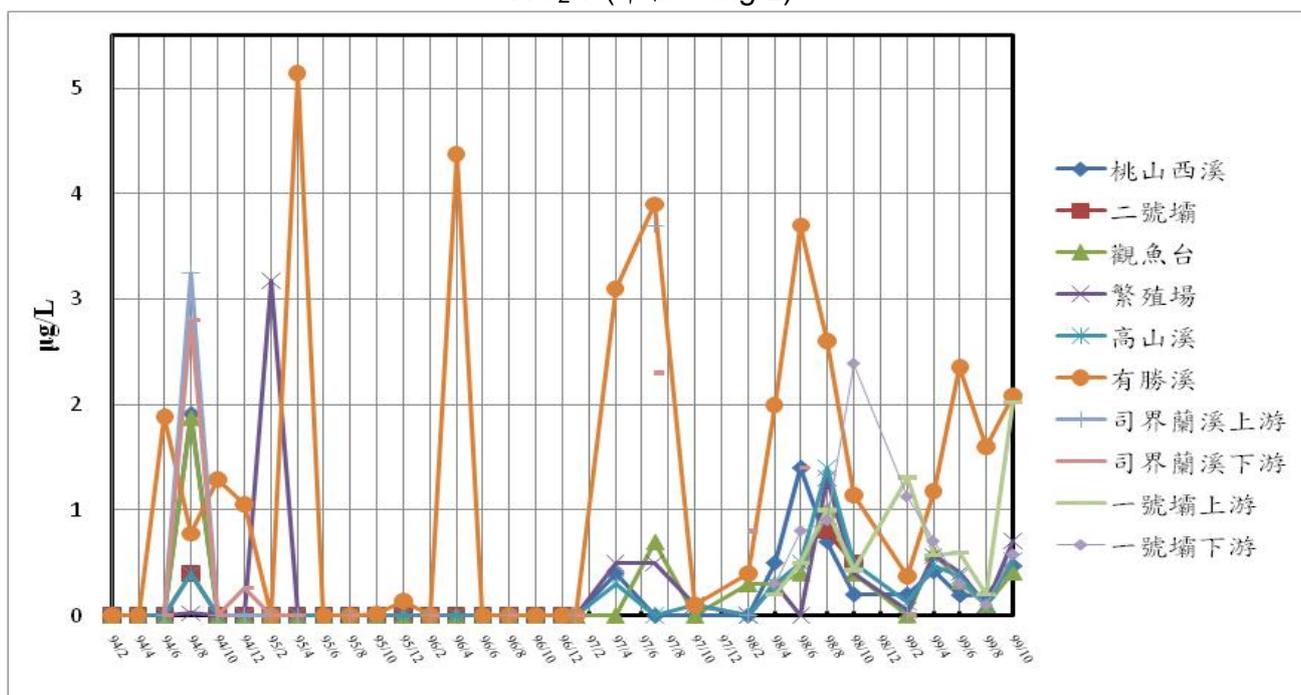


圖3-12 武陵地區溪流NO₂-N值變化
(資料來源：本研究資料)

SO₄²⁻ (單位：mg/L)

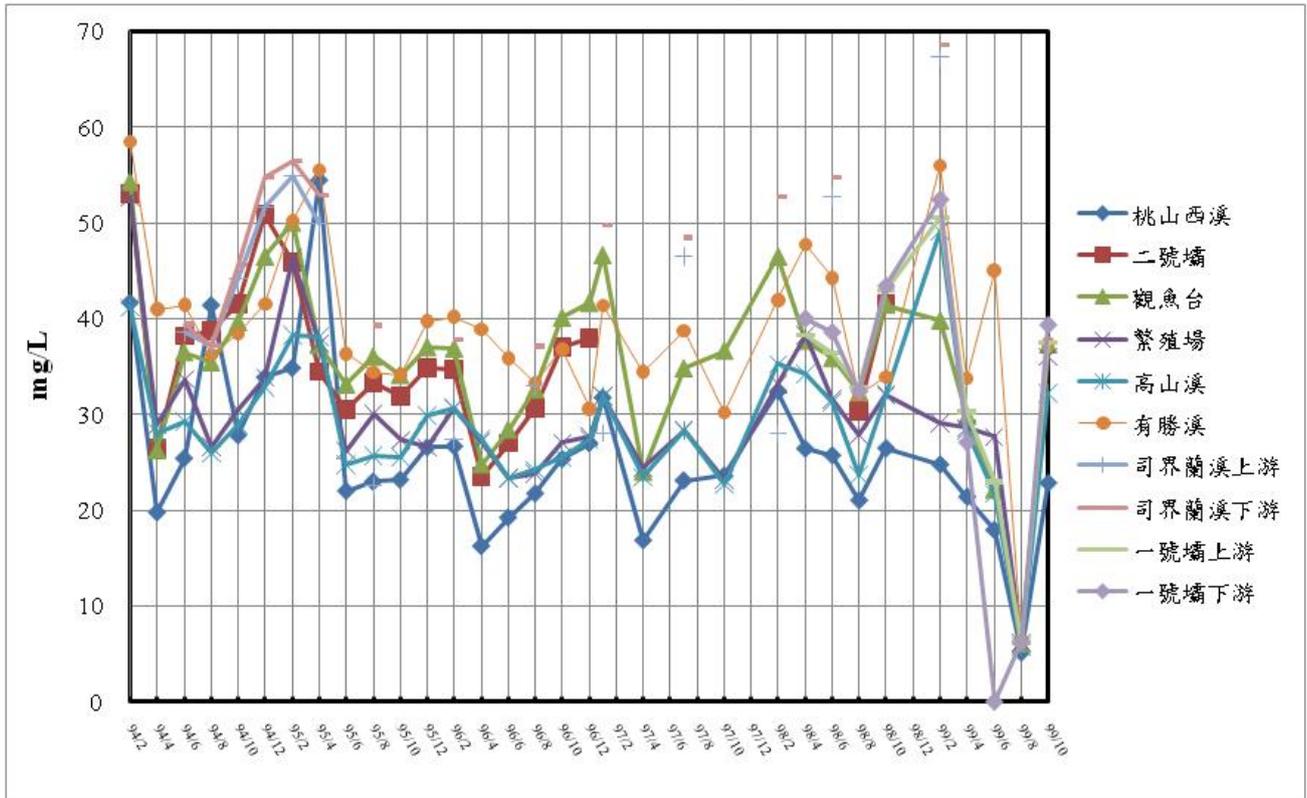


圖3-13 武陵地區溪流SO₄²⁻值變化
(資料來源：本研究資料)

Cl⁻ (單位：mg/L)

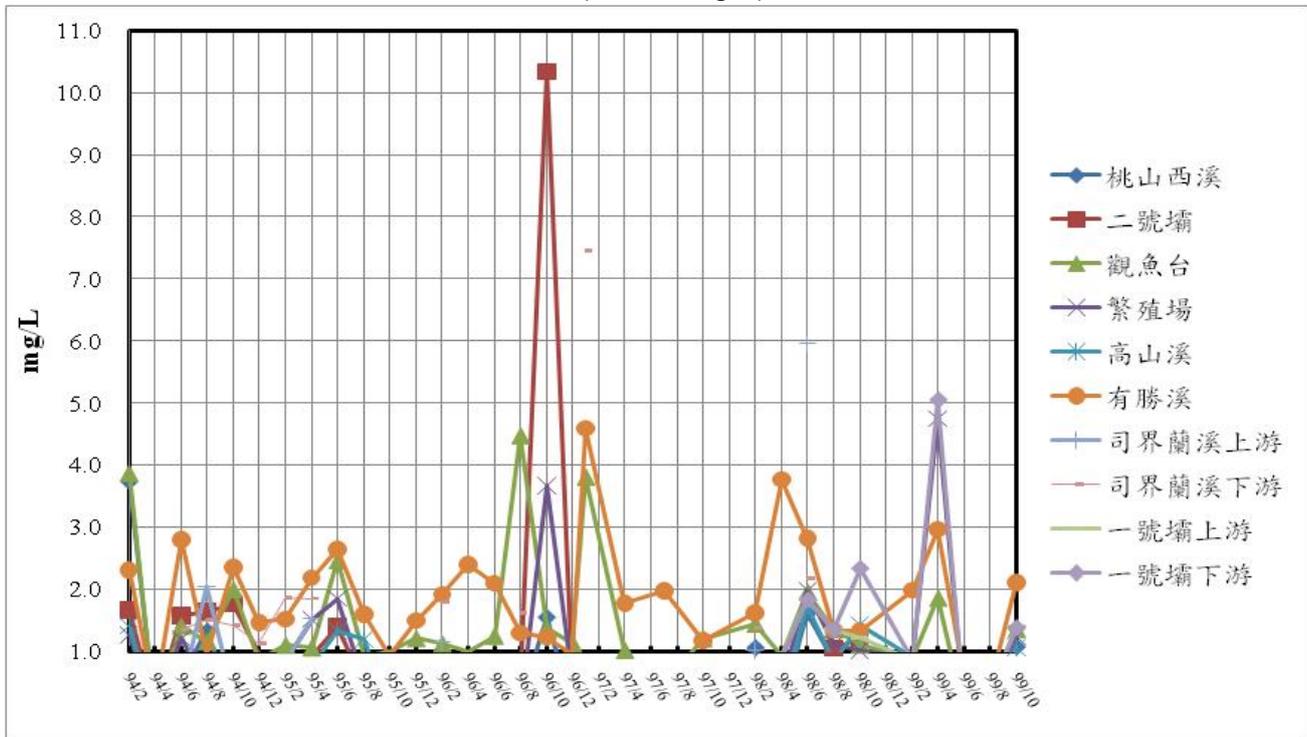


圖3-14 武陵地區溪流Cl⁻值變化
(資料來源：本研究資料)

PO₄³⁻ (單位：mg/L)

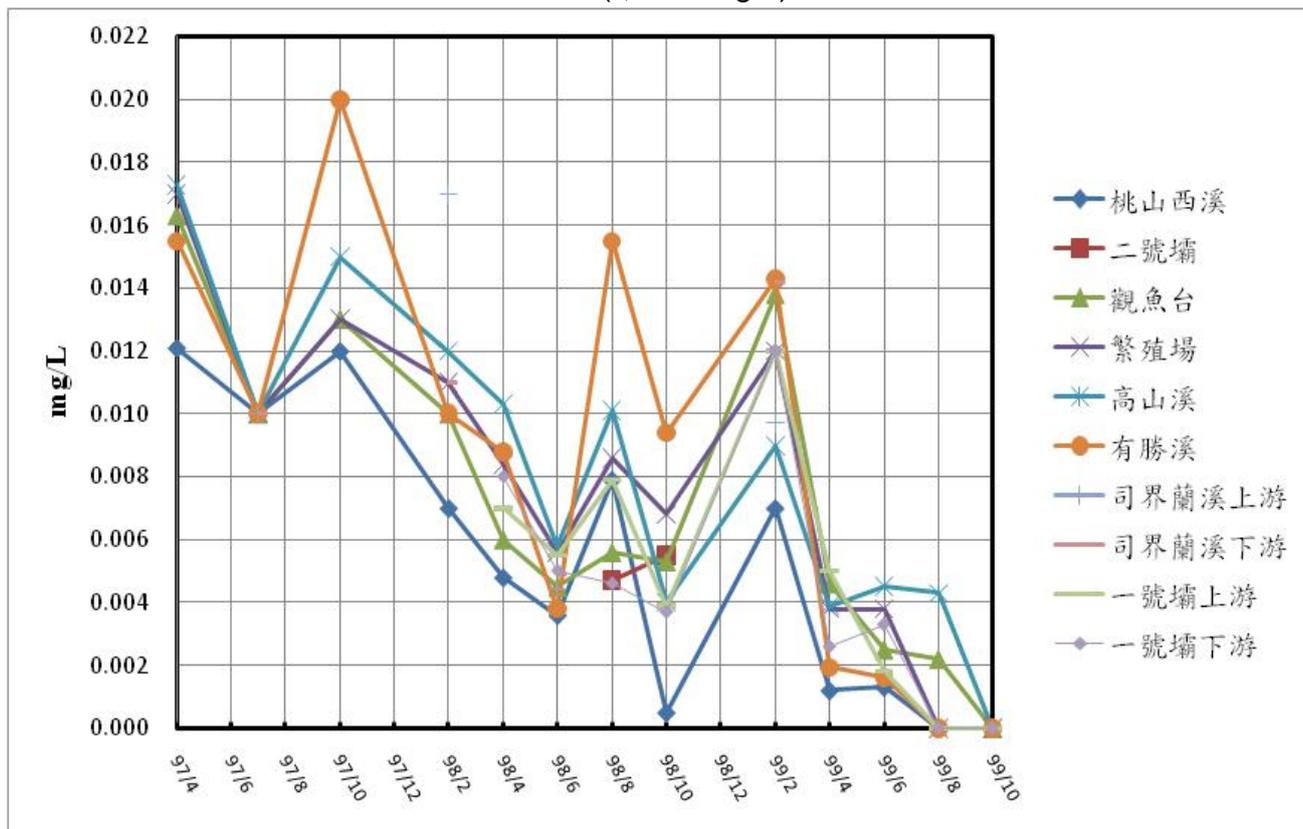


圖3-15 武陵地區溪流PO₄³⁻值變化
(資料來源：本研究資料)

NH₃-N(單位：mg/L)

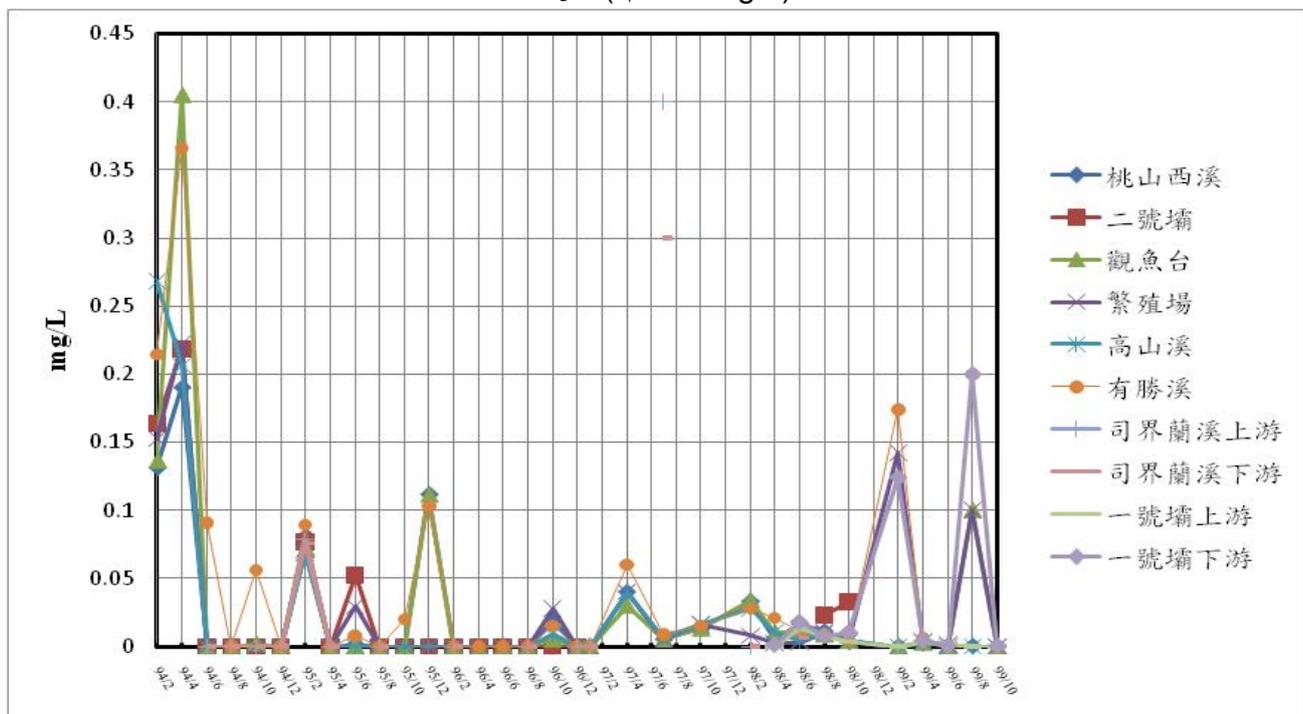


圖3-16 武陵地區溪流NH₃-N值變化
(資料來源：本研究資料)

TOC(單位：mg/L)

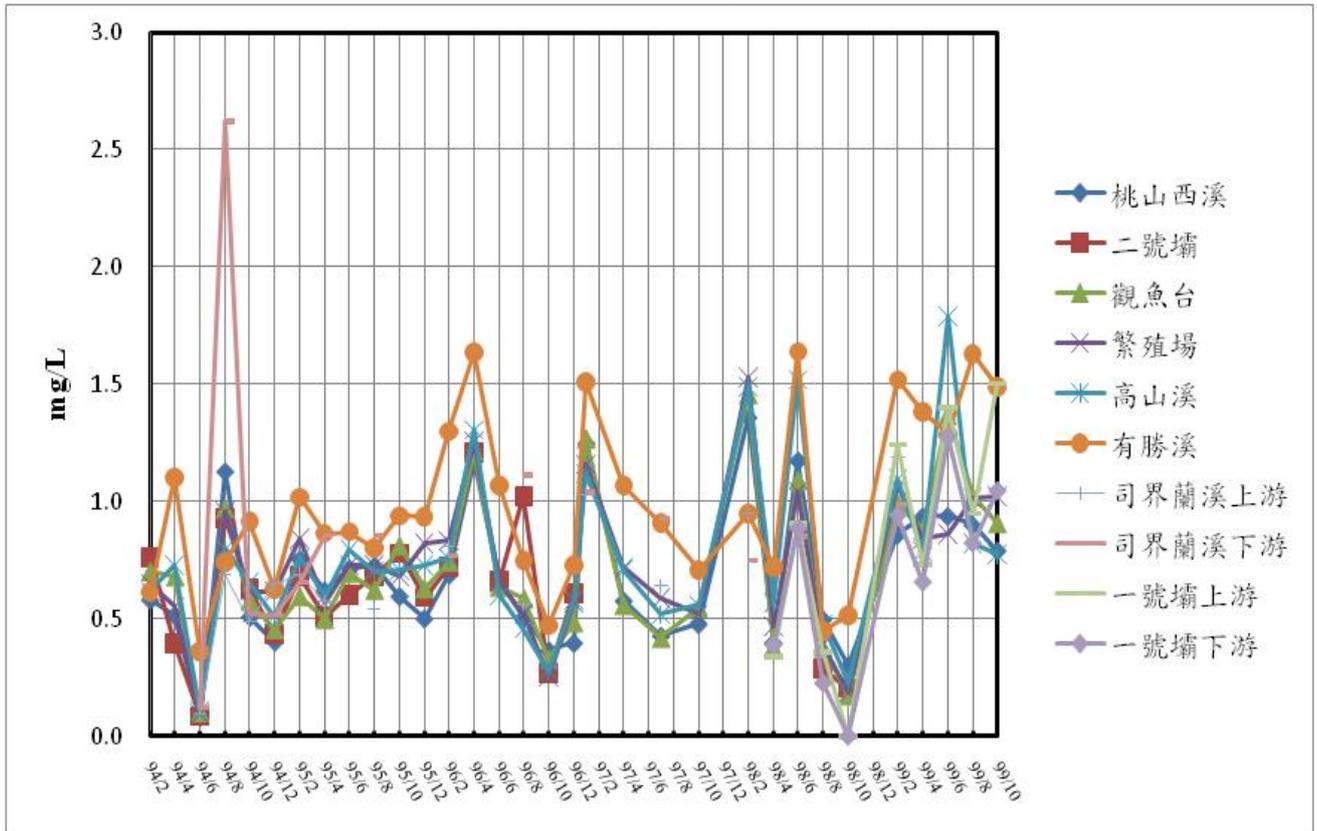


圖3-17 武陵地區溪流TOC值變化

(資料來源：本研究資料)

大腸桿菌菌落

CFU/100 mL

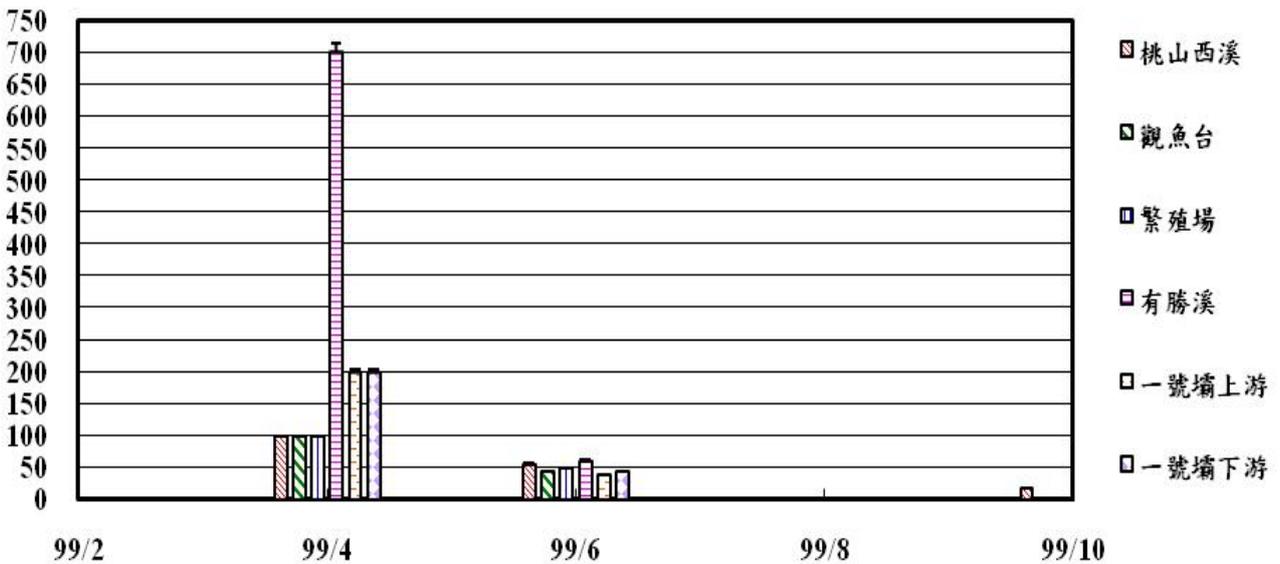


圖3-18 武陵地區溪流大腸桿菌菌落數

(資料來源：本研究資料)

NO₃-N(單位：mg/L)

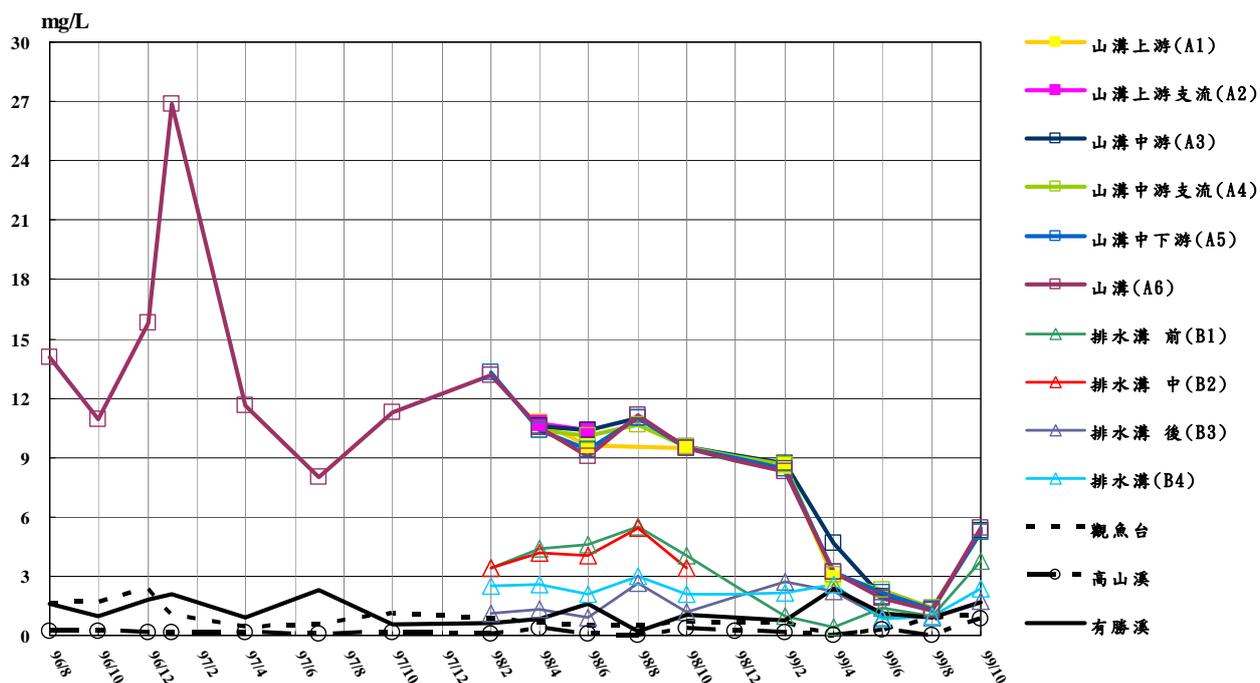


圖3-19 山溝與七家灣溪測站之NO₃-N比較
(資料來源：本研究資料)

Cl⁻(單位：mg/L)

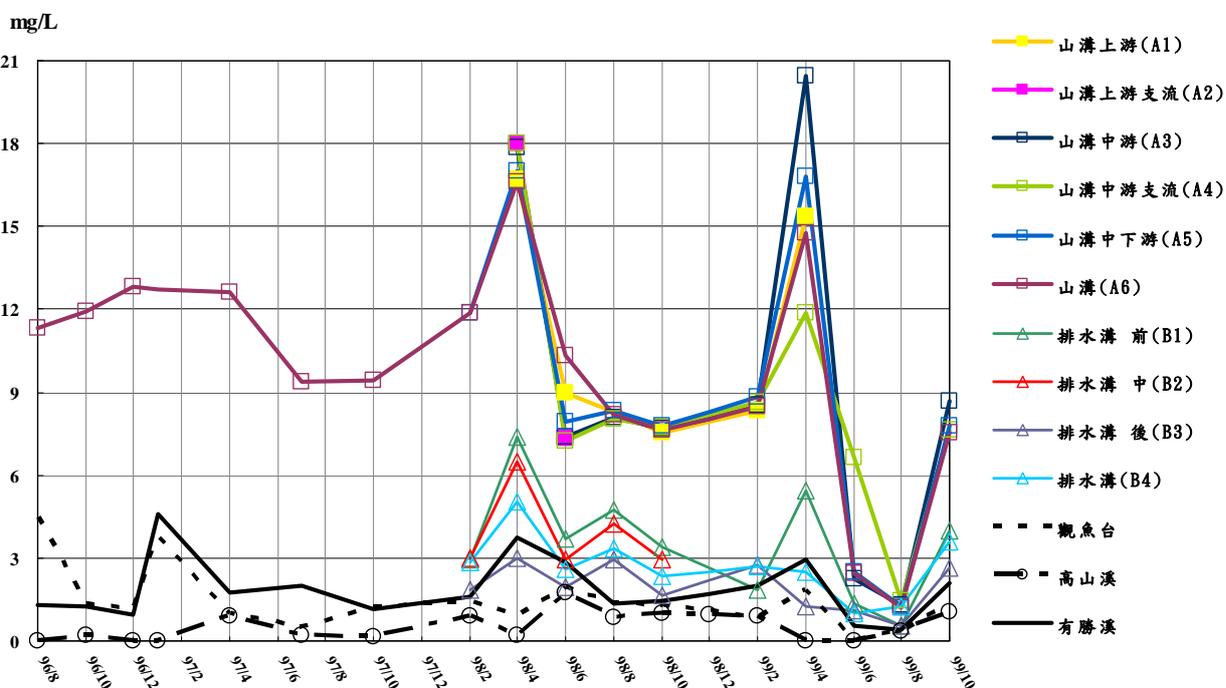


圖3-20 山溝與七家灣溪測站之Cl⁻比較
(資料來源：本研究資料)

PO₄⁻³ (單位：mg/L)

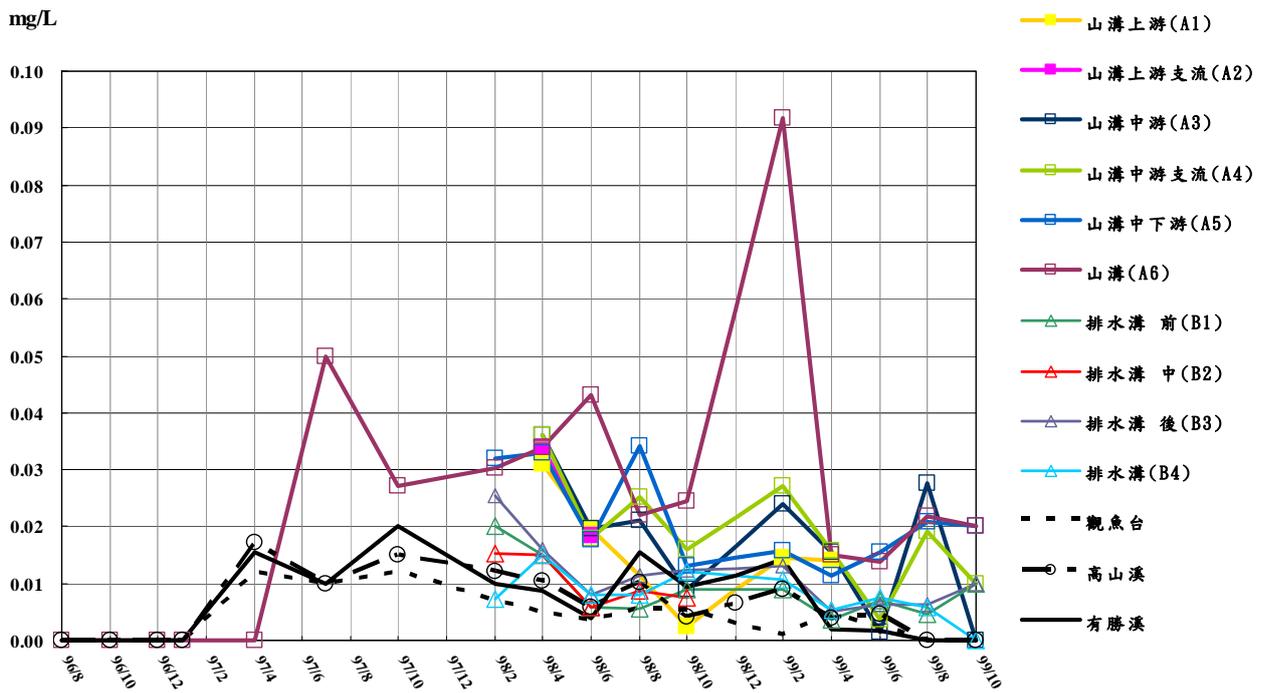


圖3-21 山溝與七家灣溪測站之PO₄⁻³比較
(資料來源：本研究資料)

SO₄⁻² (單位：mg/L)

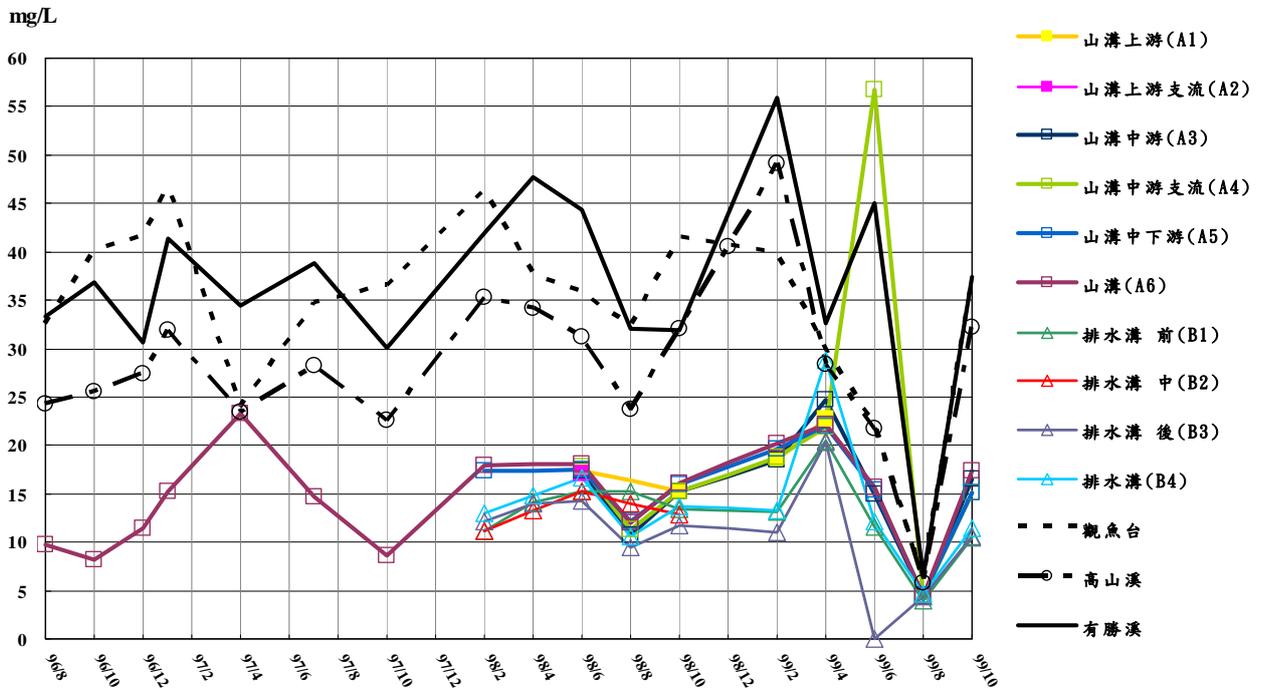


圖3-22 山溝與七家灣溪測站之SO₄⁻²比較
(資料來源：本研究資料)

大腸桿菌(單位：CFU/100mL)

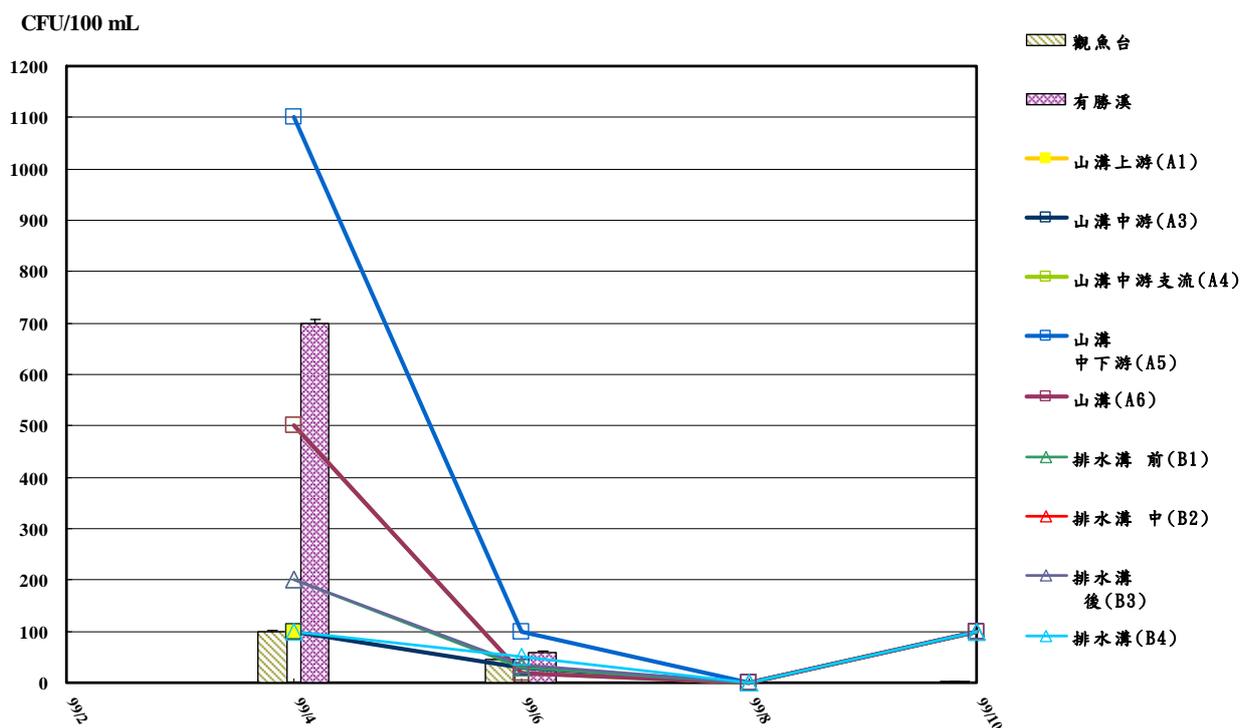


圖3-23 山溝與七家灣溪測站之大腸桿菌比較
(資料來源：本研究資料)

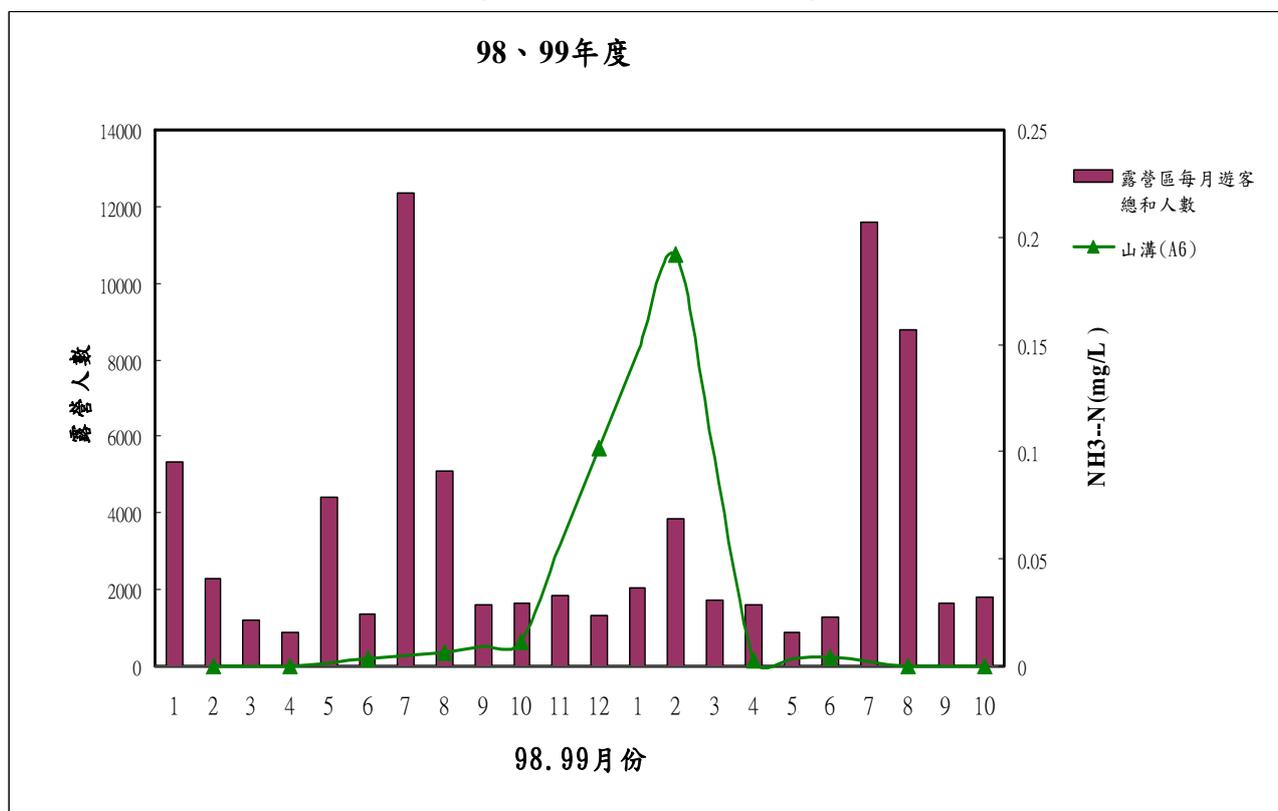


圖3-24 98、99年度各月份露營區遊客人數與山溝NH₃-N數據比較
(資料來源：本研究資料)

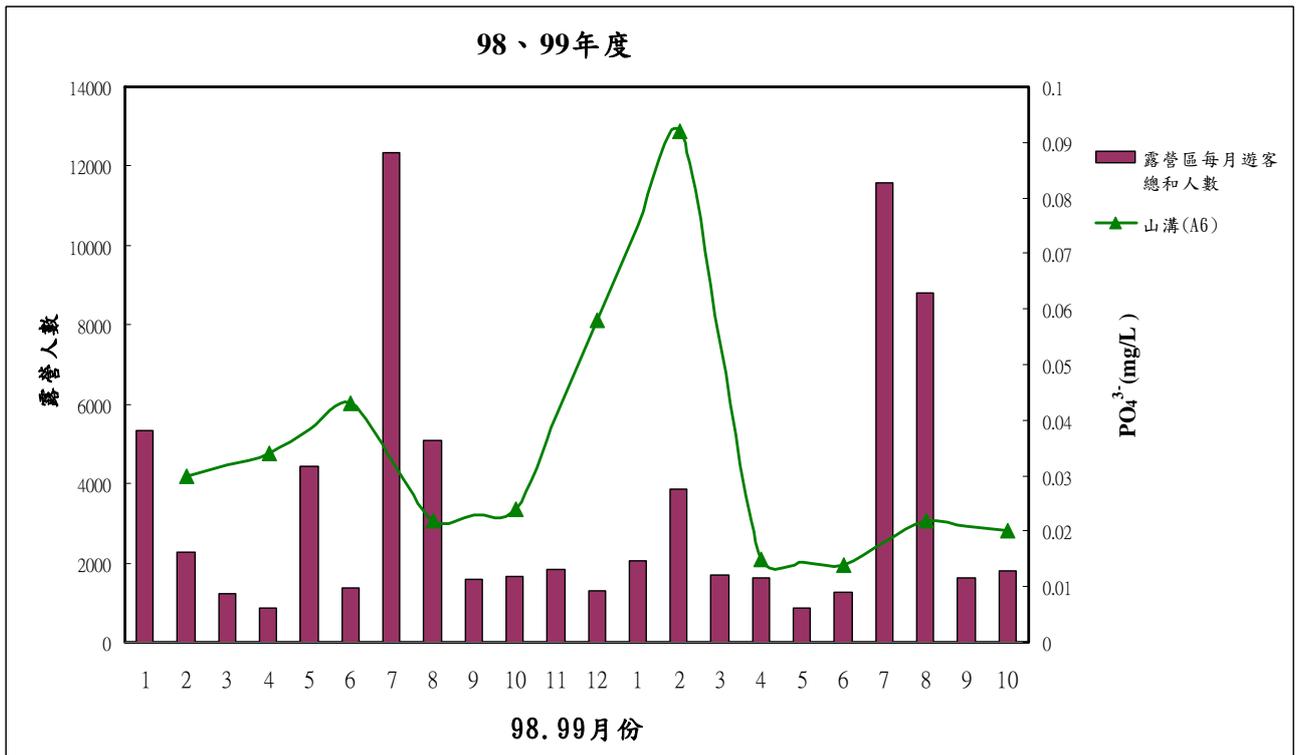


圖3-25 98、99年度各月份露營區遊客人數與山溝PO₄³⁻-P數據比較
(資料來源：本研究資料)

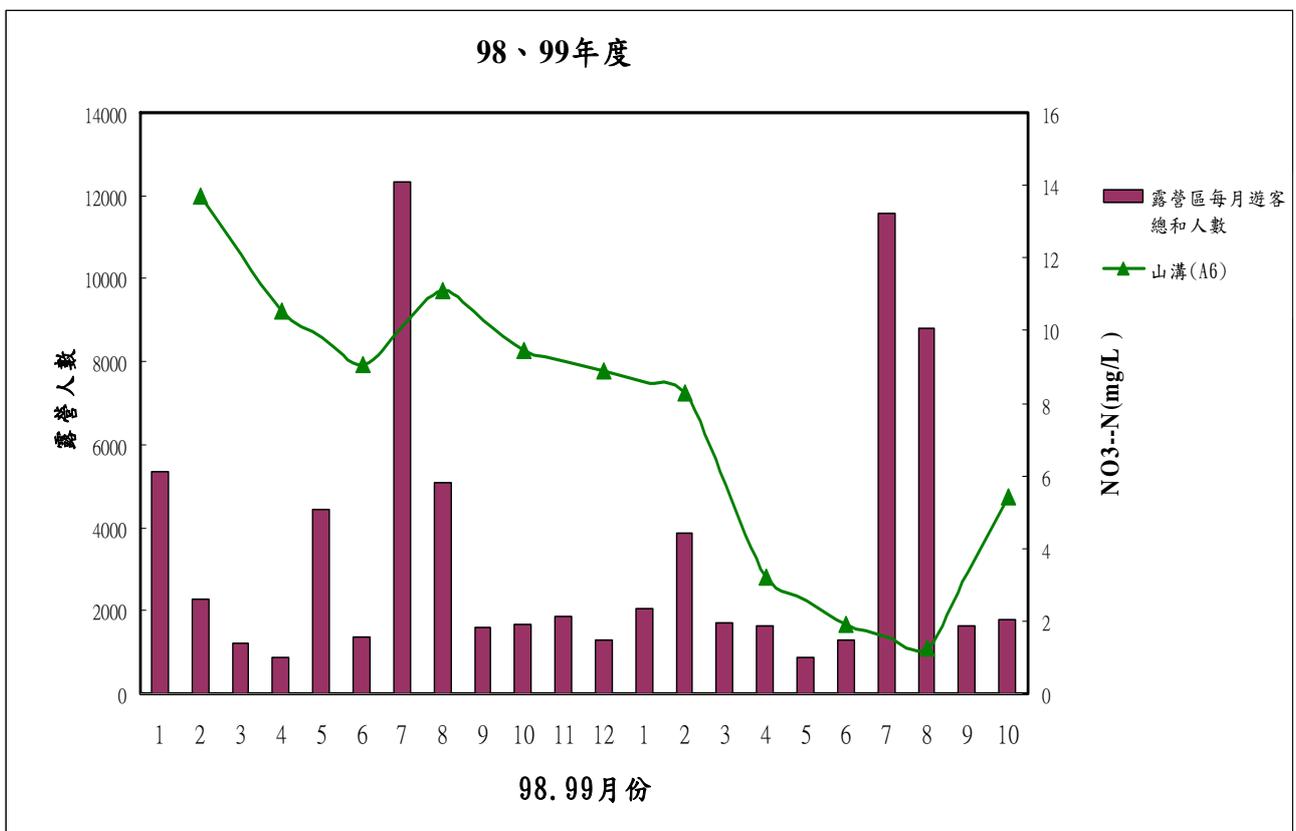


圖3-26 98、99年度各月份露營區遊客人數與山溝NO₃⁻-N數據比較
(資料來源：本研究資料)

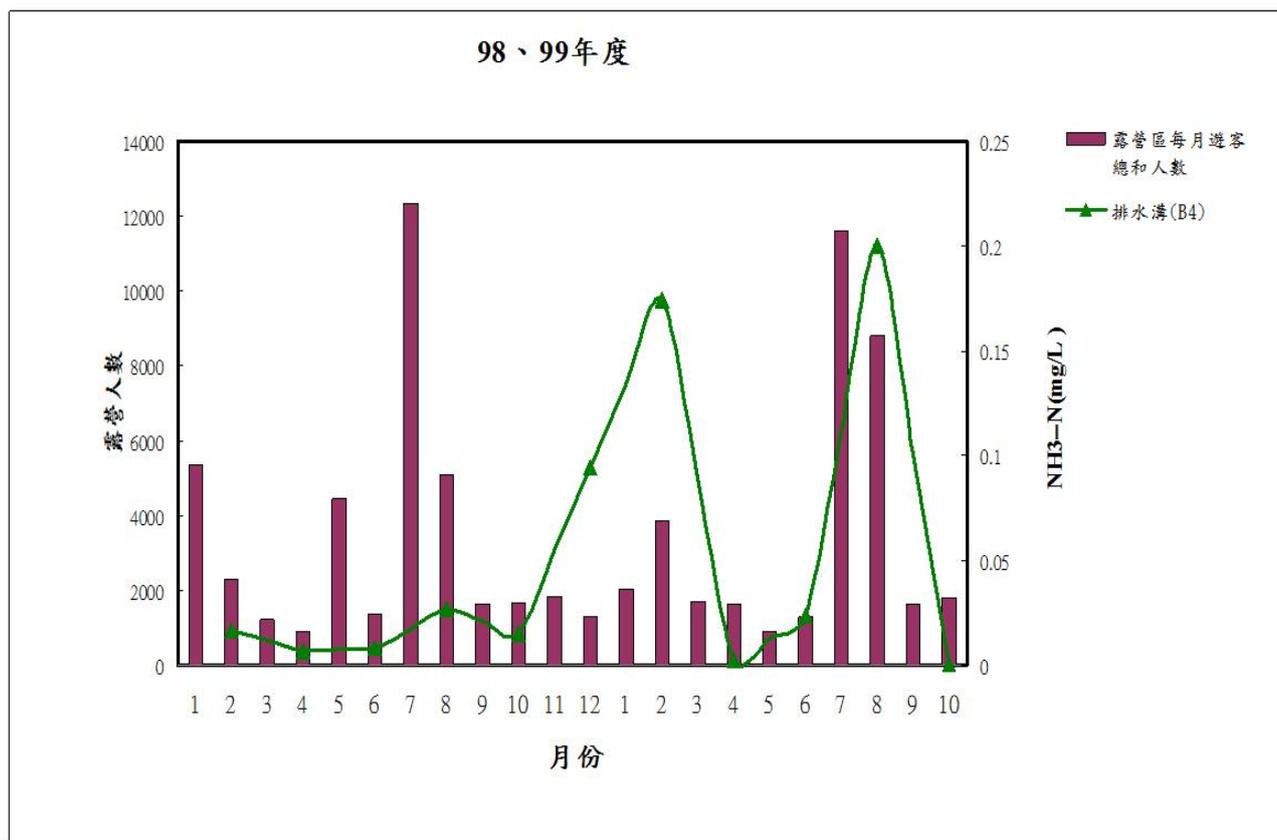


圖3-27 98、99年度各月份露營區遊客人數與排水溝NH₃-N數據比較
(資料來源：本研究資料)

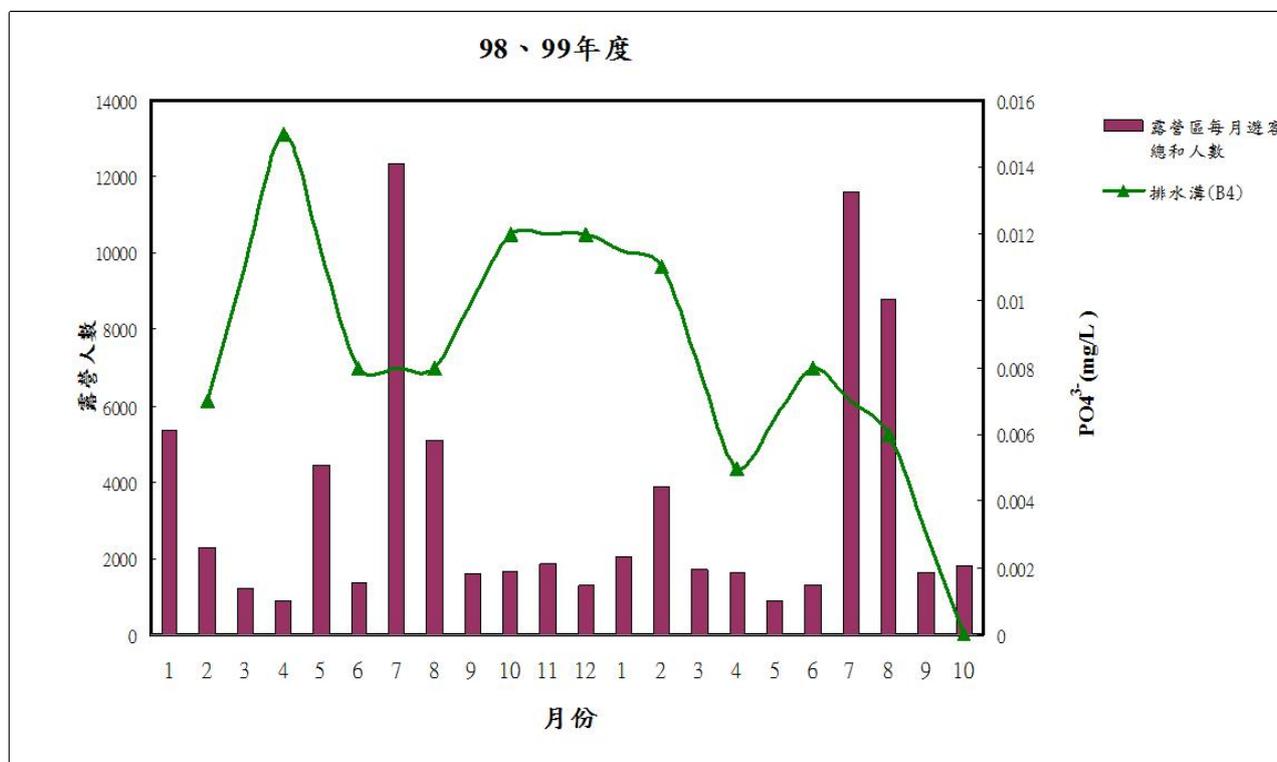


圖3-28 98、99年度各月份露營區遊客人數與排水溝PO₄³⁻-P數據比較
(資料來源：本研究資料)

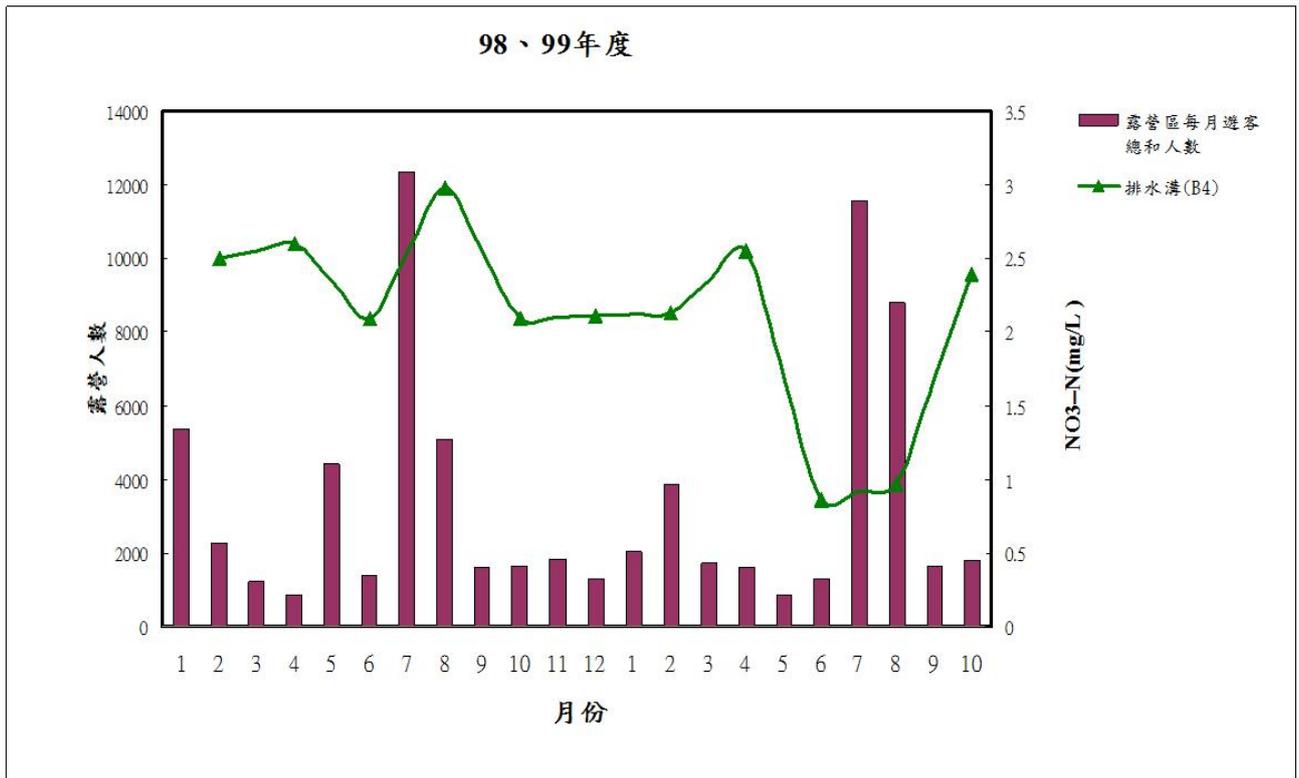


圖3-29 98、99年度各月份露營區遊客人數與排水溝NO₃⁻-N數據比較
(資料來源：本研究資料)

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

櫻花鈎吻鮭以溪流中的水棲昆蟲為主要的食物來源，因此水棲昆蟲的種類及數量對櫻花鈎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，IPCC 預測未來全球暖化將持續進行，極端洪流將變得頻繁(IPCC, 2007)，因此欲探討此變化對水棲昆蟲之衝擊。除此之外，並監測防砂壩拆除前後之水棲昆蟲群聚動態變化，以便日後探討氣候變遷和防砂壩拆除對水棲昆蟲群聚之影響。本研究為延續性的工作，目的在於調查櫻花鈎吻鮭棲息地七家灣溪之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，瞭解水棲昆蟲在櫻花鈎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。

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，並以多樣性指數、RBP II 指數及 MDS 分析評估各永久測站棲地環境、棲地損害程度及水棲昆蟲群聚結構變動，探討颱風及防砂壩對水棲昆蟲的影響，並選取水棲昆蟲類群中足以代表受拆壩工程影響之生態指標，以做為集水區經營管理之參考用。

三、重要發現

本年度(2010 年) 8 測站，採樣調查水棲昆蟲共計有 6 目 37 科 64 物種 (Taxa)。物種數逐年微量增加，其中鉸剪春蜓 *Sinogomphus formosanus* (蜻蛉

目:春蜓科)於 2009 年沒採獲記錄而今年回復採獲記錄。復見毛翅目之長鬚石蛾 *Stenopsychidae* 且數量增加,及毛翅目之黑管石蛾 *Uenoidae* 於 2008~2009 年沒採獲記錄而今年有採獲記錄,我們認為毛翅目這二物種可作為極端洪流的生物指標。由連續 8 年數據(2003 至 2010 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 (RBP II 指數)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。多元尺度分析(MDS)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,且於 2009~2010 年有勝溪測站與其他測站群聚結構相近。

四、主要建議事項

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

(一) 立即可行的建議:

1. 山溝水及防砂壩對下游流段之影響考量

主辦機關:雪霸國家公園

協辦機關:國立中興大學昆蟲學系

2003 到 2005 年山溝水輸入源之上游二號壩測站之多樣性及 RBP II 指數水準大部分時間點較下游觀魚台測站為高,時至 2006 年及 2007 年,兩測站仍沒有上游優於下游之現象。二號壩測站於 2008 年及 2009 年沒有監測資料,今年恢復監測,結果顯示此測站多樣性變高且棲地變優,但與觀魚台測站的 Shannon- Wiener's index 相比並沒有一致的優劣。2009 年新增之二測站(一號壩上游及一號壩下游),其棲地評比為中度損害程度,以及 Shannon- Wiener's index 值較觀魚台測站為低,然而此結果是受上游山溝水影響或與此流段防砂壩有關,必須長期監測及注意,才能清楚釐清彼此之因果關係。

ABSTRACT

This study reports the survey of aquatic insects and water quality monitoring at 8 sampling sites in the Wuling area in year 2010. During the research period, we have collected 64 taxa of aquatic insects belong to 37 families in 6 orders. According to the data of 8 years from 2003 to 2010, we found that abundance peak of aquatic insects were present in January or February every year. Similar ranges of Shannon-Wiener's index appeared among years. As the habitat quality of the Wuling area was assayed by the rapid bioassessment protocol II (RBPII), the evaluations of the Wuling area were between non-impaired and moderately impaired, and the upstream site of the Sikairan Stream was of better habitat quality than the downstream one. While a non-metric multidimensional scaling (MDS) plot were used to show the composition similarity of abundances among site-time samples, the plot indicated that the community structures of Cijawan Stream and Gaoshan Stream shifted to the same trends, and, in year 2009 and 2010, the community structures of Yousheng Stream and the two streams began to tend toward higher similarity.

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

For immediate strategies:

1. To consider the effects of the flow input from the camping zone and of the dam on stream ecosystem.

【 Keywords 】 aquatic insects, rapid bio-assessment protocol II (RBPII), diversity index.

一、前言(文獻回顧及目的)

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)。

上野(1937)曾自12尾櫻花鉤吻鮭之胃內容物得知此魚所吃食餌，昆蟲佔96%，而水棲昆蟲更佔74%。顯見水棲昆蟲是櫻花鉤吻鮭最主要營養來源，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(黃，1987；楊等，1986；楊及謝，2000)。雖然楊及謝(2000)報導1985-1986及1995-1996兩個年度，在10年間水棲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)或僅是個別年度差異而已，且在無法得知生物量是否也呈現相同變化趨勢之時，實有賴於長期的監測調查，如此除可增加統計可信度外，並可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), 2009 年有 5 目 32 科 59 種(郭, 2009)。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)。

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)。由郭(2009)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。過去連續 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 年年上半年有回移的情形，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

強颱風過後降到最低，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)。

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 8 個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，其河床底質也多為礫石及鵝卵石；二號壩測站位於武陵地區農業區旁，河床底質以巨石及卵石為主；觀魚台測站也位於武陵地區農業區及觀魚台的下游處，其河床底質也多為礫石及鵝卵石；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，為一號防砂壩上游，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，為一號防砂壩下游，其河床底質也多為礫石及鵝卵石；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，河床底質多為礫石及鵝卵石；高山溪測站位於高山溪已拆防砂壩上游方向 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，河床底質多為泥砂、礫石及鵝卵石。

上述 8 測站於 2 月、4 月、6 月、8 月、10 月進行 5 次採樣，採樣流程則在 50 公尺範圍內以定面積之舒伯氏水網 (Surber sampler, 網框面積為 30.48 x 30.48 cm, 網目大小為 250 μ m) 在河域中採樣一次，每一樣點重複取樣六次。將採獲之水棲昆蟲以水盤承接並置入 70% 酒精中，攜回實驗室鑑定種類 (Taxa)，以及記錄數量。水棲昆蟲分類鑑定主要參考津田 (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、襉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(Non-metric multidimensional scaling, MDS)繪製成圖，並以二度空間顯示各年度各測點彼此間之關係。得到圖形之壓縮值(Stress)，可信建議值為小於 0.2，但如果大於 0.3 時，圖形各點的距離扭曲程度嚴重，不可採用，以此來推測及判定各測站之關係(Clark and Warwick, 2001)。

三、 結果

2010 年 (8 個測站及 5 個採集月份)共計調查水棲昆蟲有 6 目 37 科 64 物種(Taxa) (表 4-1)。*蜻蛉目春蜓科鉸剪春蜓 Sinogomphus formosanus* 於 2009 年並沒有採獲到， 2010 年 2 月於二號壩、觀魚台、高山溪等測站被採獲；2010 年 4 月於二號壩測站被採獲。毛翅目之長鬚石蛾 *Stenopsychidae*(大體形物種)於 2010 年每兩個月不同測站之採樣活動中，幾乎都可採獲到且以七家灣溪較其他溪流為多；再者毛翅目之黑管石蛾 *Uenoidae* 於 2008 年到 2009 年已無採獲記錄，2010 年 2 月於二號壩及繁殖場測站被採獲到，2010 年 8 月於桃山西溪測站及 2010 年 10 月於桃山西溪、一號壩上游也再度復見。

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，且於其後洪水較易發生之溼季，呈現較低數量水平，2010 年年初各站之水棲昆蟲數量有 2800~8000 昆蟲(個體數/平方公尺) (圖 4-2)。2010 年 2 月以有勝溪測站及 2010 年 4 月以觀魚台測站之水棲昆蟲數量為歷史新高，約 8000 昆蟲(個體數/平方公尺)，隨後則呈現下降之趨勢至 10 月為全年最低數量。圖 4-3 為各站所採獲中大型水棲昆蟲數量(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，以及後續其較低數量水平。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，2010 年繁殖場測站及觀魚台測站達到歷史最高峰，約為 2300 及 1500 昆蟲(個體數/平方公尺)，其餘每年的 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，隔年水棲昆蟲食餌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，今年 2010 年更躍升為最高，水棲昆蟲數量為 8000 昆蟲(個體數/平方公尺)及中大型水棲昆蟲數量為 2400 昆蟲(個體數/平方公尺)之高峰。於研究初期(2003 年年初)，繁殖場測站之中大型水棲昆蟲數量為 1400 昆蟲(個體數/平方公尺)，為各站之首，然而後續幾年數量在 700 昆蟲(個體數/平方公尺)以下，直到 2010 年初，此測站數量上升至 1500 昆蟲(個體數/平方公尺)，再度達到 2003 年的水準且僅次於觀魚台測站(圖 4-2 及圖 4-3)。

各測站多樣性指數於 2010 年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 2010 年之各測站 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，但已有優化之趨勢(圖 4-4)。2010 年回復監測之二號壩測站(於 2006 年回收之農業區旁，且為山溝水輸入源上游)達 1.8~2.8，較過往數據範圍(0.9~2.5)為高，其下游之觀魚台測站(露營區之廢水輸入源下游)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 1.5~2.5。2003 到 2005 年二號壩測站之指數水準大部分時間點較下游觀魚台測站為高，於 2006 年及 2007 年則不相上下，無上游優於下游之現象，2010 年 2 月及 4 月二號壩測站較觀魚台測站為高，不過 2010 年 6 月、8 月及 10 月則呈現相反結果，表示致今仍沒有一致的優劣關係。山溝水匯入後之下游流段之一號壩上游測站及一號壩下游測站有一號防砂壩在此，Shannon- Wiener's index 值較觀魚台測站為低，此結果是受山溝水影響或與防砂壩有關，必須長期監測及注意，才能清楚釐清彼此之因果關係。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)。

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 4-5)。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，並且二號壩測站與觀魚台測站於時間上之優劣消長，相似於 Shannon-Wiener's index 之結果，一號壩上游測站及一號壩下游測站棲地評比為中度損害程度，僅優於有勝溪測站(圖 4-5)。

2003~2010 年各測站之 MDS 分析顯示於圖 4-6。其 Stress 值為 0.20，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 8 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 年及 2010 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、2009 年及 2010 年仍有此律動，然而 2010 年結構已回移至 2003 年的狀態。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 4-6)。

司界蘭溪上游及下游於 2010 年 2 月共計調查水棲昆蟲有 5 目 18 科 35 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 4-7)，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，並於 2010 年 2 月持續升至 2.5。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，並於 2010 年 2 月持續升至 2.1

(圖 4-7)。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，其中以 2007 年 7 月及 2010 年 2 月之劣化最為嚴重(圖 4-8)。

四、 討論

2010 年調查水棲昆蟲有 6 目 37 科 64 物種(Taxa)，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)、2008 年 52 物種(郭，2008)與 2009 年 59 物種(郭，2009)，以及楊與謝(2000)報導有 40 物種相比，物種數逐年微量增加，今年可採到 64 物種，可能與測站及採集月份增多也有關。

近年來受颱風及梅雨影響溪流流量暴增，以 2005 年為最嚴重的一年，其次依序為 2007 年、2008 年、2004 年，也是過去 40 年來此地流量暴增的前 4 名(Chiu *et al.* 2008; 丘, 2009)。由連續 8 年(2003 年至 2010 年)水棲昆蟲數量之研究數據顯示，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，2009)。由圖 4-2 及圖 4-3 數據可看出，水棲昆蟲數量及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。由 8 年數據可看出，流量為常態發生而非暴增時，其隔年年初中大型食餌則會比例增加，此現象發生於 2003 年初及 2010 年初。觀魚台測站及一號壩下游之水棲昆蟲數量於 2009 年及 2010 年初同時期相比較，分別為增加及減少之結果，而藻類生物量為減少及增加之反向結果(林，2010)，顯現出由上而下之效應(Top-down effect)。

洪流擾動過後，物種可能大量減少，進而造成物種多樣性之降低，2005 年 8 月 Shannon- Wiener's index 數值下降，並且 2006 後半年 Shannon- Wiener's index 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；不過因優勢物種的減少所空出的資源使得其他物種得以拓殖，而得以增加了均勻度，例如大多數測站之多樣性指數在歷經 2004 年 7 月及 9 月的颱風，其暴雨所帶來之洪流，其群聚生態反應於均勻度指數

之數值上升(郭, 2005); 然而下半年洪流過後, 年終至隔年年初之持續拓殖回復, 物種數之增加的確會正向關聯於多樣性上升, 而小型且生活史短之物種因非常態干擾影響, 其比例之提升導致均勻度下降, 終究造成多樣性降低, 例如 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, 導致大部分樣站 Shannon-Wiener's index 於溼季前之逐月下降趨勢(郭, 2005), 並且同樣的 2006 年 1 月上升及 6 月 Shannon- Wiener's index 回降變化, 可延伸 2007 年、2008 年、2009 年及 2010 年相近時期的數值變化。這樣的現象說明了颱風及梅雨季節所帶來洪流於對多樣性有一定的影響力, 而其干擾時間點、頻度及強度之常態與否則決定正向或負向影響。

以 2003 到 2010 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為主, 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, 其中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, 然而 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 RBPII 或許可用來偵測到洪流對武陵地區溪流之影響, 但似乎無法關聯到洪流強度。

農業區下游之觀魚台測站於 2006 年至 2010 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, 以及於 2010 年回復監測之二號壩測站(農業區旁), 其 Shannon-Wiener's index 也較過往為高, 表示其多樣性變高及棲地評地變優, 與 2006 年開始進行農地回收有所關聯, 證實農地回收政策具有成效。山溝水輸入源上游之二號壩測站, 其 Shannon- Wiener's index 及 RBPII 數值於 2003 年至

2005年，大部分時間點皆優於山溝水輸入源下游之觀魚台測站，而於農地回收後之2006年、2007年及2010年則為互為優劣，山溝水影響似乎無法由水棲昆蟲反應加以歸納，由於二號壩測站於2008年及2009年沒有監測資料，其山溝水影響尚無明確定論，仍需長期密切監測及注意。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年前半年之昆蟲群聚相對組成結構相近(郭，2009)，但於2009年及2010年，大部分時間點都不如觀魚台測站的棲地評比水準，可能此結果與二測站位於山溝水匯入後之下游流段或與防砂壩有關，必須長期密切監測及注意，才能清楚釐清彼此之因果關係。

壩體拆除過程本身就會產生各種對溪流生態系之短期且顯著衝擊，包含沉積物和污染物之釋放，以及溶氧過飽和的威脅性 (Bednarek, 2001)。根據這些已廣泛認知的衝擊，本研究今年先擬定假說為：這些衝擊與生態反應依變，並呈現出生態功能及角色變換，即某些生物特徵之水棲昆蟲組成(非特定分類群)將有所變化，且經由明年拆壩之後續數據來驗證此廣泛性假說，而非地區性經驗之歸納(使得研究格局限制為特定系統或特定分類群之特定現象)，且地區性經驗無法廣泛應用於其他視為基石之系統中。明年之假說測試中，將依各分類群特性對其各特徵類別之配置量加以模糊編碼 (Fuzzy coding)，再按照分類群於各特徵類別之相對配置量相似度，進一步劃分各功能群，使其通用性及功能優於分類階層，這些特徵有生活史、潛在彈性或抗性能力、生理和形態描述、繁殖及取食行為等。於應用層面考量下，考慮形態特徵操作難易度影響了鑑定時效性，因而選取櫻花鉤吻鮭的中大型食餌為分析類群，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、襉翅目之石蠅科及雙翅目之大蚊科，以此類群內之特徵變換來顯現壩體拆除過程之短期且顯著衝擊，作為受此工程影響之生態指標。

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，影響隔年水棲昆蟲組成拓殖回復之方向。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(郭，2009)，不過可能 2009 年洪流較為減弱，2010 年年初之拓殖回復，又復見長鬚石蛾 *Stenopsychidae* 之增加(大體形物種)及黑管石蛾 *Uenoidae* 之採獲記錄，我們認為毛翅目這二物種可作為極端洪流的生物指標。

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 2009~2010 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似度提高的現象。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 年後半年的強颱的干擾，則再度驅向特定群聚結構直到隔年年初回復，可歸納出每年回復之時期為年初。由 2009 年與 2010 年年初，以及 2009 年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。並且可能 2009 年洪流較為減弱，相近於 2002 年洪流，造成 2010 年及 2003 年群聚結構相近之現象。

由於不同種類的水棲昆蟲發生時間都不盡相同，有不同的消長變化，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。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，多樣性指數方面以果 2007 年 7 月下游多樣性指數達其歷史記錄的下限後上升於 2008 年 2 月上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，但於 2009 年 6 月多樣性回升，持續升高到 2010 年之 2 月。棲地評比方面，2010 年 2 月司界蘭溪上下游皆有多樣性上升但棲地評比下降之趨勢，因此兩者數值變化可推測出司界蘭溪下游之棲地劣化耐受性較高物種增多，並且有二個可能影響因素，第一為暖冬(林，2010)，可能造成短生活史之 r 選汰物種量增，第二為細顆粒底質比例上升(葉，2010)，可能造成棲地多樣性下降。

六、研究成果與建議

(一) 研究成果

1. 物種數逐年微量增加，由 2003 年 6 目 27 科 46 物種(Taxa) 增加至 2010 年之 6 目 37 科 64 物種(Taxa)。2009 年沒採獲之鉸剪春蜓 *Sinogomphus formosanus* (蜻蛉目:春蜓科)於 2010 年有被採獲記錄。
2. 復見毛翅目之長鬚石蛾 *Stenopsychidae* 且數量增加，2008~2009 年沒採獲之黑管石蛾 *Uenoidae* 於 2010 年有採獲記錄，我們認為毛翅目這二物種可作為極端洪流的生物指標。
3. 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。
4. 各站所採獲水棲昆蟲數量於每年的 1 或 2 月可達高峰，並呈現較低水平於後續溼季，各站所採獲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，兩者有相似之季節性豐度變化。
5. 觀魚台測站 2006 年至 2010 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，以及於 2010 年回復監測之二號壩測站(農業區旁)，其 Shannon- Wiener's index 也較過往為高，表示其多樣性變高及棲地評地變優，農地回收政策已具有成效。
6. 2003 年到 2010 年各測站之 MDS 分析顯示有勝溪測站連續 8 年來為一類群，而其他測站為另一類群，有兩類群於 2009 年及 2010 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，並且武陵地區於 2003 年及 2010 年的群聚結構相近。
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. 山溝水及防砂壩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

2003 到 2005 年山溝水輸入源之上游二號壩測站之多樣性及 RBP II 指數水準大部分時間點較下游觀魚台測站為高，時至 2006 年及 2007 年，兩測站仍沒有上游優於下游之現象。二號壩測站於 2008 年及 2009 年沒有監測資料，今年恢復監測，結果顯示此測站多樣性變高且棲地變優，但與觀魚台測站的 Shannon- Wiener's index 相比並沒有一致的優劣。2009 年新增之二測站(一號壩上游及一號壩下游)，其棲地評比為中度損害程度，以及 Shannon- Wiener's index 值較觀魚台測站為低，然而此結果是受上游山溝水影響或與此流段防砂壩有關，必須長期監測及注意，才能清楚釐清彼此之因果關係。

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。
- 丘明智，2009。武陵地區洪流及河鳥與溪流昆蟲之關係。國立中興大學昆蟲學研究所博士論文。臺中市。
- 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 2005 武陵地區長期生態監測暨生態模式建立：水棲昆蟲長期生態監測。內政部營建署雪霸國家公園管理處保育研究報告。
- 郭美華，2006。武陵地區長期生態監測暨生態模式建立，第六章 水棲昆蟲研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處保育研究報告。
- 郭美華，2007。武陵地區長期生態監測暨生態模式建立，第七章 水棲昆蟲研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處保育研究報告。
- 郭美華，2008。武陵地區長期生態監測暨生態模式建立，第七章 水棲昆蟲研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處保育研究報告。

- 郭美華，2009。武陵地區長期生態監測暨生態模式建立，第四章 水棲昆蟲研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處保育研究報告。
- 郭美華、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。櫻花鉤吻鮭研究保育研討會論文集。
- 楊平世、謝森和，2000。以水棲昆蟲之群聚結構及功能組成監測七家灣溪環境品質。農委會、特生中心、營建署及雪霸公園管理處編印。櫻花鉤吻鮭研究保育研討會論文集，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.
- Bednarek, A.T. 2001 Undamming rivers: a review of the ecological impacts of dam removal. *Environmental Management*, 27: 803-814.
- 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)
- Chiu, M.C. Kuo M.H., Sun Y.H., Hong S.Y., and Kuo C.C. 2008. Effects of flooding on top-predators and their invertebrate prey in a monsoonal Taiwan stream. *Freshwater Biology* 53: 1335-1344.
- 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.

Poff NL, Olden JD, Vieira NKM, Finn DS, Simmons MP, Kondratieff BC. 2006.

Functional trait niches of North American lotic insects: traits-based
ecological applications in light of phylogenetic relationships. *Journal of the
North American Benthological Society*, 25: 730-755.

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 2010 年之水生昆蟲資源組成及個體數 (individuals / square meter)

Order	Family	Taxa	桃山	山西溪	二號壩	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>Deronectes</i> sp.	1.8		17.9							
	Elmidae	<i>Zaitzevia</i> sp.A	103.9	77.0	281.3	1286.4	408.5	247.2	23.3	96.7		
		<i>Zaitzevia</i> sp.B	12.5	3.6	1.8	23.3	9.0	12.5	3.6			
	Hydrophilidae	<i>Ametor</i> sp.	1.8								1.8	
		<i>Paracymus</i>	1.8									
	Scirtidae	<i>Cyphon</i> sp.	571.5	148.7	125.4	191.7	53.7	32.2	19.7			
Diptera	Athericidae	<i>Asuragina</i> sp.	3.6		1.8	3.6	1.8					
	Blepharoceridae	<i>Agathon</i> sp.	1.8		5.4	16.1	1.8	3.6				
		<i>Bibiocephala</i> sp.	14.3	7.2	1.8	9.0	1.8					
	Canacidae	<i>Canace</i>	1.8									
	Ceratopogonidae	<i>Bezzia</i> sp.	19.7	25.1	143.3	44.8	12.5	78.8	3.6	32.2		
	Chironomidae	Chironomidae sp.B	1909.9	942.4	1187.9	1241.6	994.4	2956.2	2911.4	404.9		
		Chironomidae sp.C	232.9	661.1	2277.2	745.3	494.5	2583.5	317.1	705.9		
		Chironomidae sp.D	3.6	3.6	12.5	10.7	3.6	14.3	1.8			
		Chironomidae sp.E	3.6		1.8	19.7	9.0	177.4				
		Chironomidae spp.	198.9	216.8	587.7	245.5	216.8	1992.3	464.0	318.9		
		Tanypodinae spp.	308.2	96.7	585.9	114.7	86.0	974.6	132.6	166.6		
	Empididae	<i>Chelifera</i> sp.	3.6		96.7	1.8	5.4	5.4				
		<i>Clinocera</i> sp.A	1.8	1.8	7.2	3.6	1.8	1.8				
		<i>Clinocera</i> sp.B					3.6	1.8				
		<i>Dolichocephala</i> sp.						1.8				
		<i>Trichoclinocera</i>						1.8				
	Scathophagidae	Scathophagidae	1.8									
	Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	98.5	64.5	627.1	95.0	292.0	57.3	77.0	141.5		
	Tipulidae	<i>Antocha</i> sp.	21.5	102.1	265.2	23.3	93.2	861.8	284.9	150.5		
		<i>Dicranota</i> sp.	3.6		1.8							
<i>Eriocera</i> sp.A		198.9	170.2	618.1	146.9	136.2	57.3	5.4	179.2			
<i>Eriocera</i> sp.B		123.6	179.2	455.1	238.3	232.9	275.9	39.4	186.3			
Unknown_Diptera		Unknown_Diptera	26.9									
Ephemeroptera	Ameletidae	<i>Ameletus camtschaticus</i>	539.3	130.8	150.5	55.5	1.8	7.2	16.1			
	Baetidae	<i>Baetiella bispinosa</i>	91.4	28.7	388.8	78.8	388.8	66.3	842.1	403.1		
		<i>Baetis</i> spp.	2608.6	1616.1	4697.7	1091.1	1589.2	5516.4	2207.3	2588.9		
		<i>Pseudocloeon latum</i>	465.8	449.7	675.4	354.7	752.5	392.4	1236.2	1080.4		
	Caenidae	<i>Caenis</i> sp.	5.4		17.9	3.6						

(資料來源：本研究資料)

表 4-1、武陵地區於 2010 年之水生昆蟲資源組成及個體數 (individuals / square meter) (續)

Order	Family	Taxa	桃山	西溪	二號壩	觀魚台	高山溪	繁殖場	有勝溪	一號壩上游	一號壩下游
	Ephemereillidae	<i>Acerella montana</i>	25.1		3.6	21.5	32.2	12.5		23.3	5.4
		<i>Cincticostella fusca</i>	1.8			3.6	3.6	1.8		3.6	3.6
	Ephemeraidae	<i>Ephemer a sauteri</i>			69.9	19.7	23.3	3.6	66.3		1.8
	Heptageniidae	<i>Afronurus floreus</i>	154.1		59.1	100.3	17.9		37.6	37.6	46.6
		<i>Afronurus nanhuensis</i>			30.5	66.3	3.6				1.8
		<i>Epoerus erratus</i>	26.9			5.4	3.6	1.8		43.0	19.7
		<i>Nixe sp.</i>	35.8		7.2	48.4			14.3	7.2	
		<i>Rhithrogena ampla</i>	2128.5	2058.6	5158.1	1909.9	3418.4	765.0		1479.9	3069.1
	Leptophlebiidae	<i>Paraleptophlebia sp.</i>	345.8		23.3	19.7	10.7	1.8			1.8
Odonata	Gomphidae	<i>Sinogomphus formosanus</i>			3.6	1.8	1.8				
Plecoptera	Leuctridae	<i>Rhopalopsola sp.</i>	32.2		3.6	7.2	7.2				3.6
	Nemouridae	<i>Amphinemura sp.</i>	78.8		82.4	854.6	75.2	159.5	213.2	188.1	143.3
		<i>Protonemura spp.</i>	7.2		28.7	60.9	9.0	48.4		26.9	
	Perlidae	<i>Gibosia sp.</i>	3.6		35.8	5.4	23.3	26.9	35.8	5.4	
		<i>Neoperla spp.</i>	98.5		553.6	989.0	385.2	299.2		139.7	116.5
	Styloperlidae	<i>Cerconychia sp.</i>	43.0		14.3	17.9	10.7	1.8	1.8	3.6	1.8
Trichoptera	Apataniidae	<i>Manophylas sp.</i>	9.0			1.8	39.4	1.8			
	Glossosomatidae	<i>Glossosoma sp.</i>	17.9		35.8	89.6	39.4	107.5		16.1	46.6
	Hydrobiosidae	<i>Apsilochorema sp.</i>	21.5		12.5	10.7	16.1	9.0	5.4		10.7
	Hydropsychidae	<i>Arctopsyche sp.</i>	3.6				5.4	1.8		1.8	1.8
		<i>Hydropsyche spp.</i>	28.7		87.8	415.7	103.9	254.4	10.7	526.7	462.2
	Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i>							32.2		1.8
	Lepidostomatidae	<i>Goerodes sp.</i>	9.0		3.6	5.4	30.5		9.0	7.2	1.8
	Leptoceridae	Leptoceridae sp.						1.8			
	Polycentropodidae	<i>Plectrocnemia sp.</i>	5.4		7.2					1.8	1.8
	Psychomyiidae	<i>Psychomyia sp.</i>								3.6	
	Rhyacophilidae	<i>Himalopsyche sp.</i>	7.2		16.1	3.6	1.8	10.7		7.2	26.9
		<i>Rhyacophila nigrocephala</i>	141.5		361.9	444.3	152.3	238.3	378.0	120.0	232.9
		<i>Rhyacophila spp.</i>	19.7		43.0	62.7	32.2	62.7	3.6	75.2	21.5
	Stenopsychidae	<i>Stenopsyche sp.A</i>	50.2		96.7	127.2	14.3	80.6	1.8	177.4	209.6
	Uenoidae	<i>Uenoa taiwanesis</i>	12.5		3.6			1.8		3.6	

(資料來源：本研究資料)

表 4-2、司界蘭溪於 2010 年 2 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	7.2	7.2
Diptera	Blepharoceridae	<i>Agathon</i> sp.	9.0	
		<i>Bibliocephala</i> sp.	16.1	1.8
	Ceratopogonidae	<i>Bezzia</i> sp.		1.8
	Chironomidae	Chironomidae sp.B	1216.5	439.0
		Chironomidae sp.C	487.3	168.4
		Chironomidae sp.D		84.2
		Chironomidae spp.	263.4	69.9
		Tanypodinae spp.	39.4	26.9
	Empididae	<i>Chelifera</i> sp.	1.8	
		<i>Clinocera</i> sp.A	1.8	
	Simuliidae	<i>Simullium</i> sp.	50.2	3.6
	Tipulidae	<i>Antocha</i> sp.	25.1	16.1
		<i>Dicranota</i> sp.	1.8	
		<i>Eriocera</i> sp.A	3.6	1.8
<i>Eriocera</i> sp.B		16.1	7.2	
Ephemeroptera	Ameletidae	<i>Ameletus camtschaticus</i>		1.8
	Baetidae	<i>Baetiella bispinosa</i>	75.2	26.9
		<i>Baetis</i> spp.	148.7	281.3
		<i>Pseudocloeon latum</i>	272.3	288.5
	Ephemerellidae	<i>Acerella montana</i>	3.6	
	Heptageniidae	<i>Afronurus nanhuensis</i>	1.8	
		<i>Epoerus erratus</i>	7.2	25.1
<i>Rhithrogena ampla</i>		344.0	250.8	
Plecoptera	Nemouridae	<i>Amphinemura</i> sp.	59.1	123.6
		<i>Protonemura</i> spp.		5.4
	Perlidae	<i>Neoperla</i> spp.	5.4	16.1
Trichoptera	Glossosomatidae	<i>Glossosoma</i> sp.	5.4	41.2
	Hydrobiosidae	<i>Apsilochorema</i> sp.	5.4	7.2
	Hydropsychidae	<i>Arctopsyche</i> sp.	3.6	9.0
		<i>Hydropsyche</i> spp.	73.5	120.0
	Rhyacophilidae	<i>Himalopsyche</i> sp.	3.6	10.7
		<i>Rhyacophila nigrocephala</i>	68.1	35.8
<i>Rhyacophila</i> spp.		14.3	12.5	
	Stenopsychidae	<i>Stenopsyche</i> sp.A		1.8

(資料來源：本研究資料)

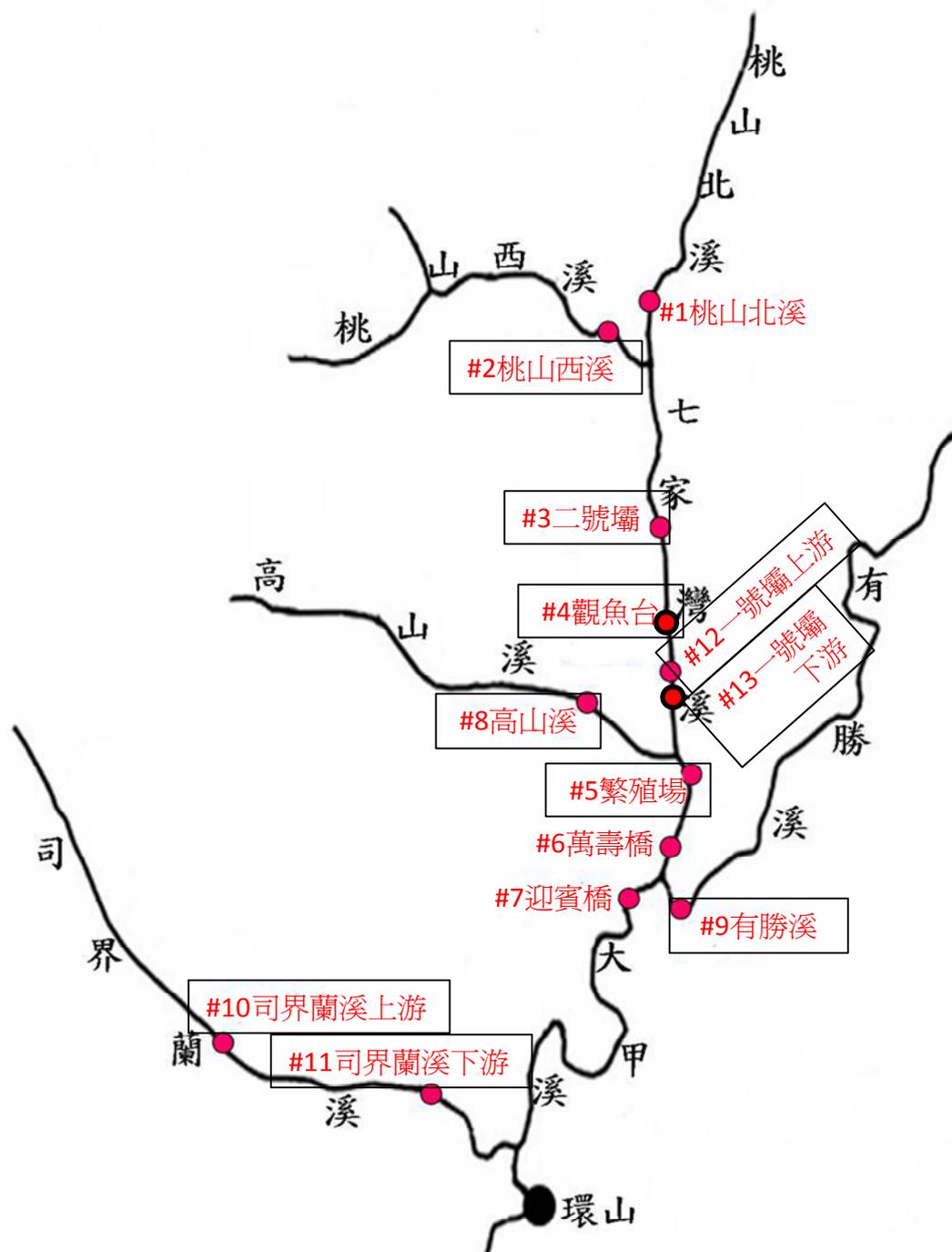


圖 4-1、武陵地區溪流水棲昆蟲監測調查測站之相關位置圖。

(資料來源：本研究資料)

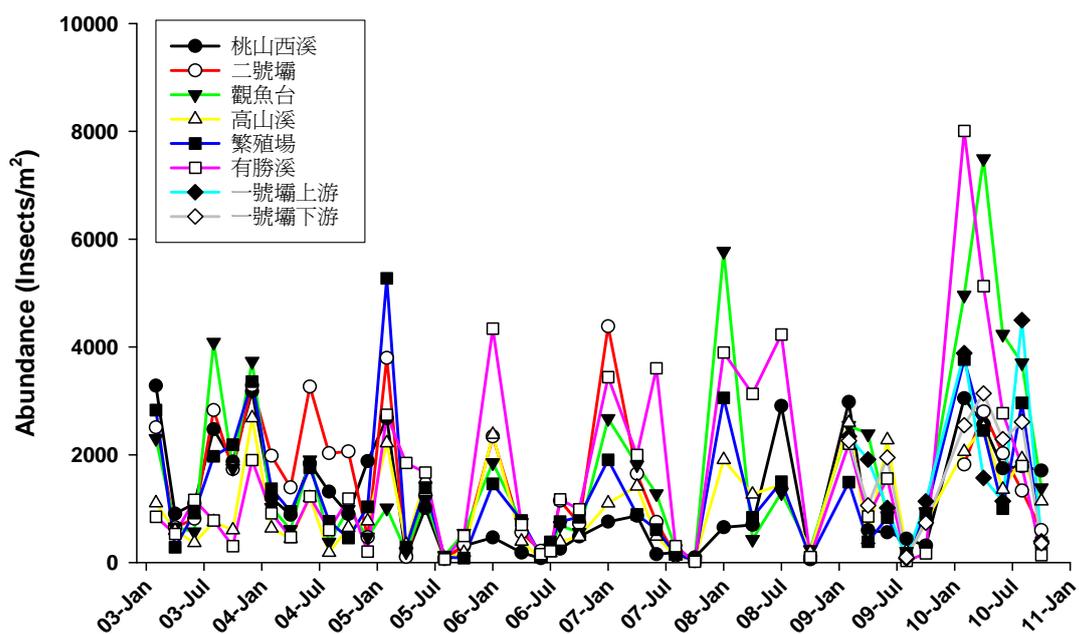


圖 4-2、武陵地區溪流測站水棲昆蟲各月數量。
(資料來源：本研究資料)

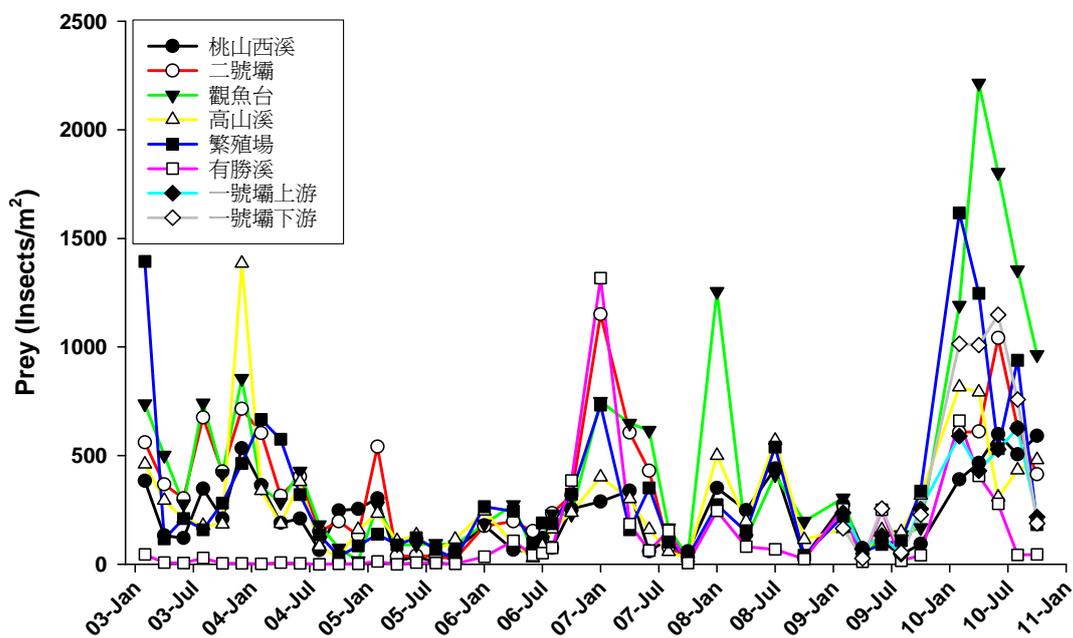


圖 4-3、武陵地區溪流測站之櫻花鉤吻鮭中大體型昆蟲食餌數量變化圖。
(資料來源：本研究資料)

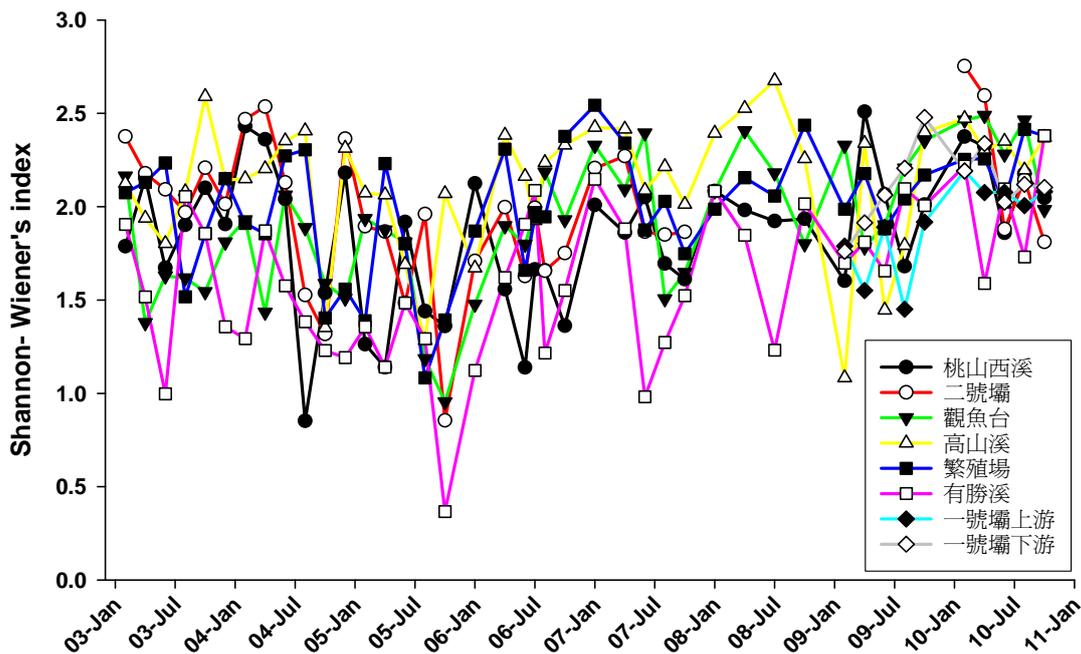


圖 4-4、武陵地區溪流測站水棲昆蟲之 Shannon- Wiener's index。
(資料來源：本研究資料)

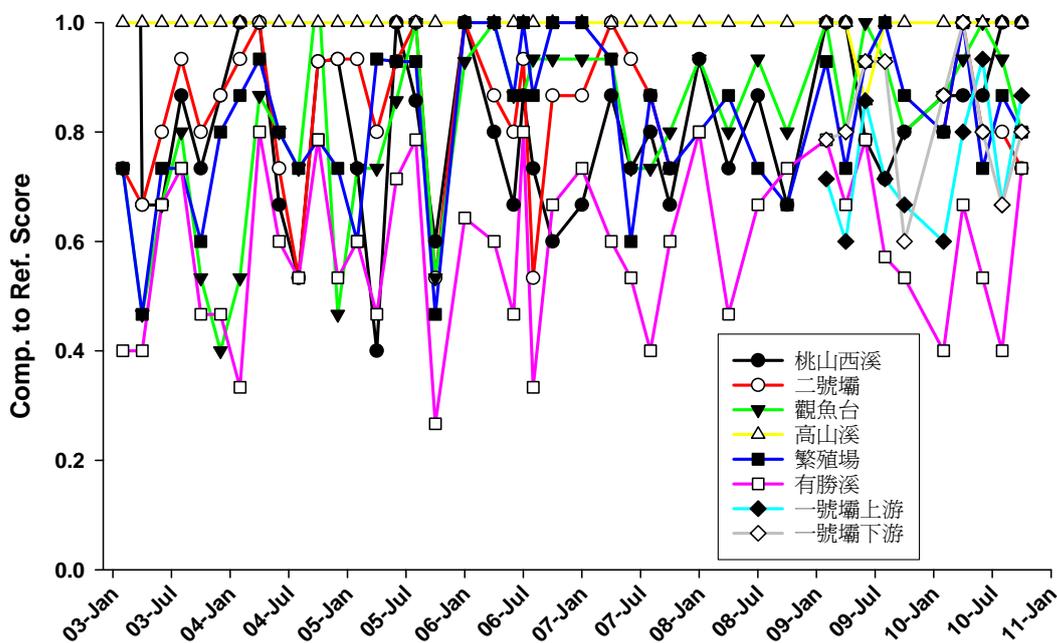


圖 4-5、武陵地區溪流測站水棲昆蟲之 RBPII 相對分數。
(資料來源：本研究資料)

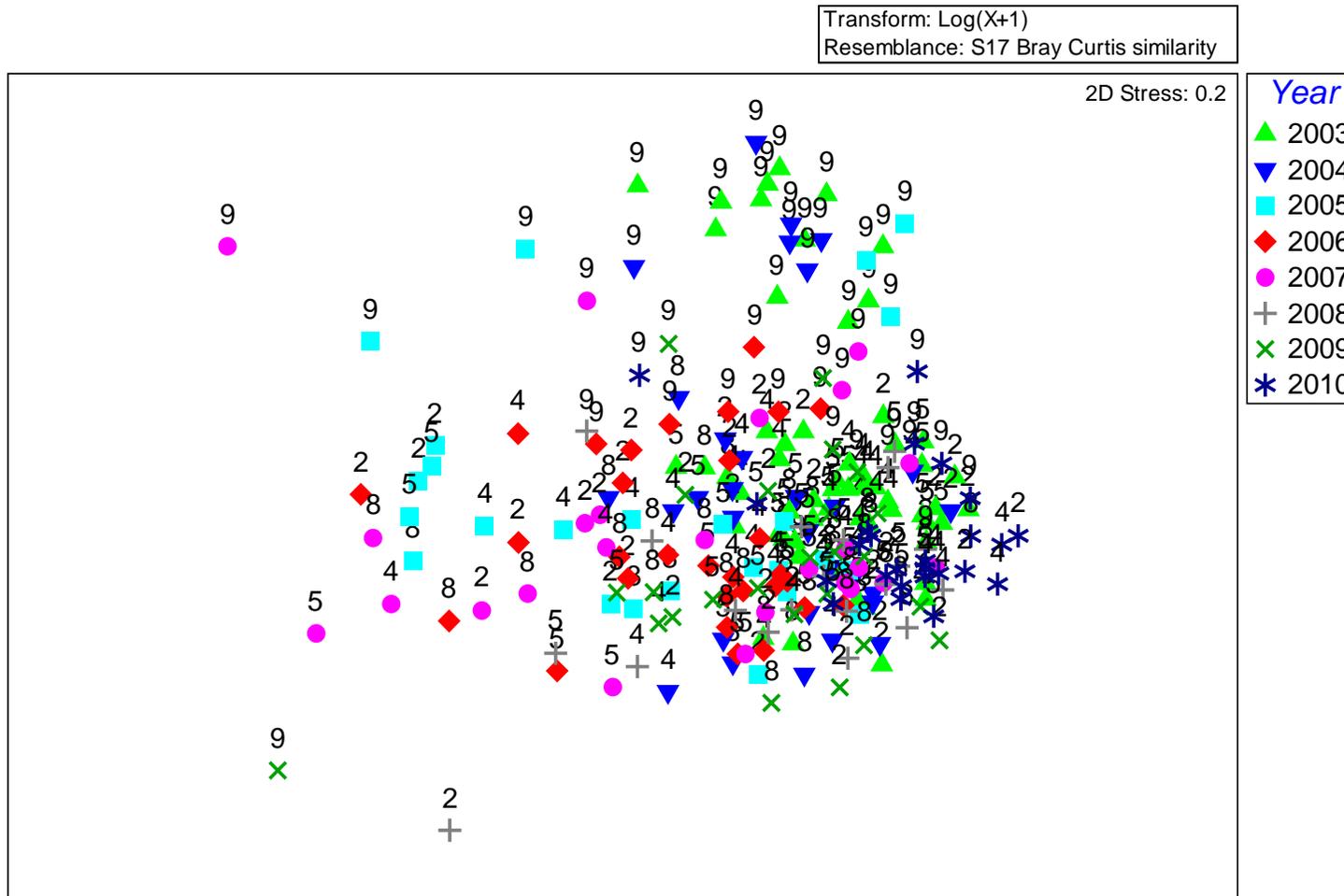


圖 4-6、武陵地區溪流測站水棲昆蟲之 MDS 分析。(圖標數字表示樣站編號)
(資料來源：本研究資料)

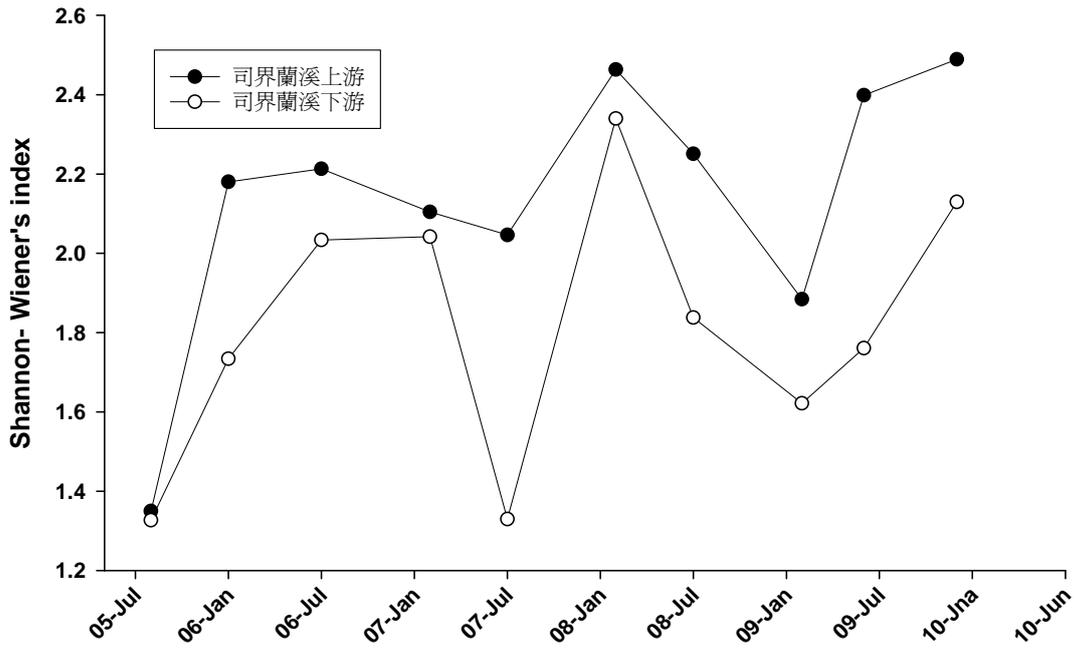


圖 4-7、司界蘭溪測站水棲昆蟲之 Shannon- Wiener's index。
(資料來源：本研究資料)

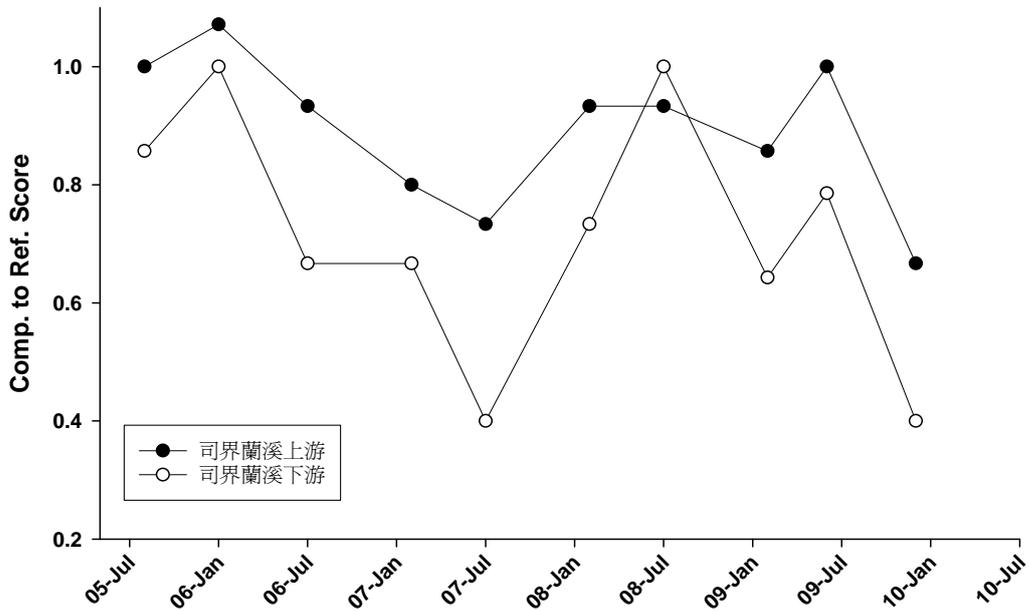


圖 4-8、司界蘭溪測站水棲昆蟲之 RBPII 相對分數。
(資料來源：本研究資料)

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子遺生物。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 2010 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 2009 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、2010 年針對共同樣站的定期調查已經完成六次，監測資料結果顯示與歷年資料差異不大，但相較於過去二年的調查結果，高山溪樣站於八月與十月的調查結果發現有較多的鮭魚記錄。
- 2、今 (2010) 年六月與十月的普查結果顯示，六月份武陵地區台灣櫻花鉤吻鮭族群數量共計有 3,377 尾，其中一齡小魚有 1,302 尾，二齡中型鮭魚有 1,517 尾，三齡大型成魚則有 558 尾。十月份普查結果共計有 4,149 尾，為歷年調查的第四高，其中一齡小魚有 1,443 尾，二齡中型鮭魚有 1,922 尾，三齡大

型成魚則有 784 尾。

- 3、在族群結構上，六月與十月兩季族群結構皆呈現以中型鮭魚較多，小型鮭魚次之，而大型鮭魚較少的中胖型的族群結構，顯示今年武陵地區台灣櫻花鉤吻鮭族群更新狀況尚屬良好。
- 4、與去(2009)年同期普查的族群數量比較，今年六月(3,377 尾)較去年(3,382 尾)減少 5 尾，而今年十月(4,149 尾)較去年同期(4,545 尾)減少 396 尾，顯示這二年的族群變化並不明顯，但十月份的普查結果高於六月份。綜上所述，推測今年武陵地區台灣櫻花鉤吻鮭受到天然災害的影響應該不大。
- 5、今年於高山溪進行調查工作時，發現二號破壩堆積之殘材壩與其上游大型倒木皆有做切割之處理，顯示雪霸國家公園已針對這些可能會形成阻絕之殘材物進行處理，對鮭魚族群之影響值得後續觀察。

四、主要建議事項

- 1、立即可行之建議：高山溪與七家灣溪倒木殘材移除工作之後續監測

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，發現二號破壩堆積之殘材壩與其上游大型倒木皆有做切割分段之處理，建議國家公園仍須針對這些殘材物之後續情況進行監測，以瞭解大型倒木之殘材在經處理後能否被大水的自然力量給予帶往下游，不致形成高落差之殘材壩而影響鮭魚的自由移動。

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 8 joint site every two month, the overall population investigations for Taiwan masu salmon in the Chichiawan creek have been conducted between Feb-App and beginning June of 2010 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 2009 breeding season.

The major findings are as follows:

1. The population survey on the joint site had completed six times and the result revealed that only a few difference with the data over the years. However, compare with the results of past two years, the joint site of Gao-shan creek had more salmon in August and in October.

2. The result showed that salmon was 3,377 in June of 2010, and the amount of the one-aged juvenile was 1,302, the two-aged adult 1,517, and the three-aged adult 558. The salmon was 4,149 in October of 2010 which is the fourth top number of past years, and the amount of the one-aged juvenile was

1,443, the two-aged adult 1,922, and the three-aged adult 784.

3. The result showed that the population structure of salmon were bucket-shaped in June and October of 2010, which the two-aged adult took the most part of salmon population. In conclusion, the population of salmon was well renewed this year.

4. Compare with the results of last year (2009) revealed that only a few difference with the salmon population amount in this two years. The result showed that the population of Taiwan masu salmon was less affected by nature disasters, which all the paths of typhoon were not went into Wu-ling area directly this year.

5. The wood dam and residue checkdam in the Gao-shan creek had been cut and investigation should be carried out in order to see whether the wood can be drift by the flood.

For short-term strategies:

The wood dam and residue checkdam in the Gao-shan creek had been cut and suggest that Shine-Ba National Park could check whether the wood can be drift by the flood after typhoon.

【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，不過最近一次調查結果顯示，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，今年度監測地點共有五個主要測站，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，去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。同時，為了監測 8.1 公頃的農場回收後是否能改善七家灣溪的水質狀況，今年新增一處「二號壩」樣站進行監測（圖 5-1），每二個月（2、4、6、8、10 月）進行一次監測工作。此外，今年司界蘭溪則更改為一年進行一次監測（2 月份），所以調查樣站總共有十處，本計畫之調查為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）與湧泉池等支流。

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*)、台灣鰍(*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,記錄不同體型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,因此本研究也會針對司界蘭溪上下游的兩個固定樣點進行例行調查。

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，在總計畫選擇的十個共同樣點（圖 5-1）中進行定點監測。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一次監測（2 月），以瞭解共同樣區內魚類種類與數量分布等狀況。今年六次（2、4、6、8、10 與 12 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。本樣站今年歷次的調查結果中（表 5-1），以中型的鮭魚數量較多，小型鮭魚次之而大型成鮭較少。其中二月份所調查的小型鮭魚較多，應是去年繁殖季後存活的幼鮭族群；而八月與調查的中型亞成鮭較多，計有 33 尾；而今年度的調查成果中本樣站未曾有台灣鏟頰魚的發現記錄。

Site3：二號破壩（今年新增）

此樣站為今年新增之共同測站，目的在於瞭解此樣站旁之 8.1 公頃農地回收之後，是否有助於改善七家灣溪的水質狀況。本河段的調查位於七家灣二號破壩前，也就是舊鮭魚復育中心（已毀損）的旁邊。棲地型態以平瀨或急瀨為主，在調查樣點上游，有二處依著岩壁地形的大型深潭，通常也是這二處深潭有較多的鮭魚紀錄。在浮潛的調查紀錄上（表 5-1），在六月份之前是以小型幼鮭與中型亞成鮭為主，應與去年族群更新良好有關；而今入繁殖季後，則以中型亞成鮭與大型成鮭為主，其中八月與十月份記錄了 10 尾與 17 尾的大型成鮭。此樣站沒有台灣鏟頰魚的紀錄。

Site4：觀魚台

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，今年五次調查中只有在八月有 1 筆台灣鏟頰魚的紀錄（表 5-1）。在台灣櫻花鉤吻鮭數量調查部分，二月與四月所發現的紀錄較少，分別只有 4 尾與 6 尾鮭魚，而六月過後有較多的鮭魚紀錄，其中又以八月的紀錄較多，計有 8 尾大型成鮭、24 尾中型亞成鮭與 5 尾小型幼鮭。

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，新復育中心旁的七家灣溪河段，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。在鮭魚調查的結果部分（表 5-1），以四月份的調查結果較多，計有 1 尾大型成鮭、9 尾中型亞成鮭與 24 尾小型幼鮭。在台灣鏟頰魚部分，此樣站每個月份都有台灣鏟頰魚的發現紀錄，其中以八月和十月的紀錄較高，分別計有 22 尾與 20 尾的紀錄。

Site8：高山溪

本河段的調查點位於高山溪一號破壩上游，右岸有蛇籠護岸，但部分已經毀損崩落，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。今年歷次的調查中（表 5-1），六月之前都沒有發現任何魚類，而八月與十月開始有鮭魚的紀錄，分別皆為 22 尾，其中又以中型亞成鮭居多，小型幼鮭次之而大型成鮭較少。

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，因此沒有發現到任何台灣櫻花鉤吻鮭的機會。二月份只有記錄了 2 尾小型的台灣鏟頰魚（表 5-1），進入四月繁殖季節後台灣鏟頰魚的數量開始增加，四月份的調查結果計有 6 尾大型台灣鏟頰魚、40 尾中型的台灣鏟頰魚與 243 小型台灣鏟頰魚；六月過後數量則大幅提升，六月份共記錄了 1,462 尾，八月為 2,516 尾，十月為 1,986 尾。其中又以小型的台灣鏟頰魚的數量增加最多，多以 1 至 3 公分左右的幼魚為最。在十月份的調查過程中，也發現一尾台灣特有種台灣鰍的紀錄。

Site10 及 Site11 司界蘭溪上下游

司界蘭溪共有兩個樣點，編號 Site10 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。由前年調查結果看來，樣站鮭魚數量逐漸減少，這或許是幼魚已經由原本放流的水潭擴散至其他河段。而今年該樣站皆沒有任何紀錄。

編號 Site11 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。今年度二月調查發現 3 尾中型台灣鏟頰魚（表 5-1），與去年的紀錄無明顯差異。

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 Site12 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。此樣站在二月與四月的調查過程中沒有魚類的紀錄（表 5-1），六月過後的調查紀錄中才有零星的紀錄，六月份計有 15 尾鮭魚、八月份 1 尾、十月份為 4 尾。

編號 Site13 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。此樣站的成鮭數量都有穩定的紀錄，幼鮭反而較為少見，而台灣鏟頷魚也有零星的記錄。在歷次的調查結果上（表 5-1），以四月份的數量較多，計有 3 尾大型成鮭、14 尾中型亞成鮭與 15 尾小型幼鮭，共計 32 尾，其次為六月份的 17 尾。在台灣鏟頷魚部分，每個月都有零星的紀錄，其中以十月的調查結果較高，計有 2 尾大型苦花、22 尾中型苦花與 10 尾小型苦花。

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（2010）年於六月的普查結果顯示（表 5-2；表 5-3），共記錄到 3,377 尾台灣櫻花鉤吻鮭，其中一齡幼魚有 1,302 尾，佔全部數量的 39%，二齡中型成魚有 1,517 尾，佔全部數量的 45%，三齡以上的大型成魚計有 558 尾，佔全部數量的 17%。十月份的普查結果顯示，共記錄了 4,149 尾鮭魚，其中小型鮭魚共有 1,443 尾，佔全部數量的 35%，中型鮭魚有 1,922 尾，佔全部數量的 46%，大型鮭魚有 784 尾，佔全部數量的 19%；而今年十月普查的結果（4,149 尾）為歷年鮭魚族群普查結果的第四高，僅次於 2008 年夏季普查的 5,321 尾、2009 年秋季普查的 4,545 尾與 2002 年秋季的 4,221 尾（圖 5-2）。今年夏秋兩季的普查結果顯示，七家灣流域的台灣櫻花鉤吻鮭族群結構呈現以中型鮭魚居多、小型亞成鮭次之而大型成鮭較少的中胖型結構（圖 5-3）。

去（2009）年夏季與秋季二季的普查結果顯示，其族群結構也都呈現以中型亞成鮭居多的中胖型結構（表 5-2；圖 5-3）從二者之間的比較可以看出，今

年無論夏季或秋季，大型成鮭的數量都有下降，但降低的數量必不明顯，而小型幼鮭的數量呈現增加的趨勢，中型亞成鮭變化則不大，顯示從去年（2009）至今年的鮭魚族群更新應屬良好，且數量也屬穩定，夏季都能維持在 3,300 尾以上，而秋季則能維持在 4,100 尾以上。而今年六月初的梅雨季節與九月中旬影響南台灣甚劇的凡那比颱風，雖然也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。

若從 1995 年至 2010 年探討 16 年間武陵地區台灣櫻花鉤吻鮭各齡級的族群變化（圖 5-4），可以發現無論是大型成鮭、中型亞成鮭或小型幼鮭，都是呈現增加的趨勢，其中又以中型亞成鮭與小型幼鮭增加較多，從 1995 年平均不到 500 尾的數量，增加至今年的 1,500 尾左右。大型成鮭增加速度較緩，平均大約只從 300 多尾增加至 500 多尾。且從圖 5-4 也可大略看出，若前年小型幼魚為增加的趨勢，則隔年中型亞成鮭與大型成鮭也有增加的趨勢，顯見小型幼鮭的族群數量對於整體鮭魚族群數量更新的重要意義。

從今年與去年七家灣溪流域各個河段來看鮭魚分布的比例（表 5-3），可以看出無論是去年或今年，都是以中游與上游河段所佔的比例較高，二者所佔的比例都超過八成以上，而下游河段與高山溪比例較低。在今年六月的調查結果上，上游河段（三號壩以上，含桃山西溪與桃山北溪）所佔的比例最高，達 53%，其次為中游河段（一號壩至三號壩）的 35%，而下游河段（迎賓橋至一號壩）與高山溪所佔的比例加總為 12%。十月份的調查結果上，則以中游河段比例較高，達 45%，其次為上游河段的 43%，而下游河段與高山溪比例仍低，分別只有 3%與 10%。再從圖 5-5 來看 2000 年至 2010 年各個河段的鮭魚數量變化，可以明顯看出中游與上游河段中鮭魚數量增加較多，約從 2000 年的 500 尾左右增加到 1,400 尾以上；而下游河段鮭魚數量則呈現相當平緩的增加趨勢，其增加速度相當緩慢。而圖 5-6 各個河段歷年鮭魚數量百分比變化中我們也可以得知，2000 年至 2010 年間，幾乎都是以上游與中游河段所佔的比例較高，遠高於下

游河段的鮭魚數量比例。因此自 2000 年以來，台灣櫻花鉤吻鮭最主要的分布地點都集中於一號壩以上的中上游河段，且其數量高於下游河段與高山溪。

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。與去（2009）年相比，今年六月或十月的調查結果（表 5-2），都比去年的數量要多，六月份共記錄 273 尾，其中以小型幼鮭較多；十月共記錄 397 尾，也是以小型幼鮭居多。再以鮭魚的三種齡級來看（表 5-2），六月份以小型幼鮭居多，佔高山溪當季調查數量的 65%，且各個河段皆有分布。十月則仍以小型幼鮭居多，佔全部數量的 51%，其次為中型亞成鮭的 158 尾，其比例為 40%。因此高山溪無論是六月或十月，其族群結構皆呈現以小型幼鮭居多的金字塔狀結構。

再以高山溪各個壩體作為空間分佈的切點來看（表 5-2），高山溪部分目前共有匯流處的殘材壩、二號破壩與三號破壩因倒木的堆積而形成殘材壩，而四號壩以上則完全沒有鮭魚的紀錄，且四號壩上游不遠處尚有一處因許多倒木堆疊而成的殘材壩。今年六月與十月都以二號壩以上至四號壩上游河段所調查的鮭魚數量較多（表 5-2），其中三號壩至四號壩記錄最多，六月共記錄 8 尾大型鮭魚、29 尾中型亞成鮭與 62 尾小型幼鮭，十月也記錄 9 尾大型成鮭、20 尾中型亞成鮭與 75 尾小型幼鮭。而無論是六月或十月，二號壩以下至匯流處的下游河段都比上游少，其中六月份只有記錄 2 尾中型亞成鮭與 36 尾小型幼鮭。顯示二號壩以上至四號壩之間的河段中，台灣櫻花鉤吻鮭的族群更新要比二號壩以下的河段來的好。

從歷次的調查結果來看 1998 年至 2010 年高山溪各河段台灣櫻花鉤吻鮭的族群數量與比例（圖 5-7；圖 5-8），1999 年高山溪防砂壩陸續拆除及復育放流後，上游三號壩以上河段的族群數量與比例皆呈現快速攀升的趨勢，其他各河段則呈現相對的降低。隨後三號壩以上河段族群數量逐漸下降，而其他下游河段的族群則因拆壩後鮭魚可自由移動而逐漸攀升，達到較為穩定的情況。而近二年來

的調查結果（圖 5-8），都以二號壩以上的上游河段比例較高，二號壩以下的比例較低。但因高山溪溪谷較窄，倒木橫跨在溪谷後不易被溪水帶出，進而容易形成殘材壩（如：三號破壩、二號破壩與匯流處殘材壩），高山溪各河段可能又再次形成阻隔與隔離狀況。

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，探討 1987 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，2008 年之後則維持在 3,000 尾以上（圖 5-2）。而去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，而今年秋季的普查數量也有 4,149 尾，為歷年的普查第四高，顯示 2008 年至今台灣櫻花鉤吻鮭族群量處於一穩定的狀態，此結果亦顯示去年與今年的颱風並未對武陵地區台灣櫻花鉤吻鮭造成太大的損失。但整個七家灣溪流域的鮭魚數量是否有潛力再繼續增加，得視當地的環境承载力與可利用棲地能否有擴張的機會而定，而台灣櫻花鉤吻鮭族群與七家灣溪環境承载力之間的課題，應相當值得後續研究加以瞭解。

在歷年的族群結構上（圖 5-3），對照前（2008）年秋季的調查小型幼魚的數量（1,875 尾），顯示去（2009）年整體水系裡的幼魚更新狀況都還平平，但是以去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。而去年族群結構也從前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）轉變為中胖型結構（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）。而今年夏季也是從則為小型幼鮭居多的金字塔狀，轉為秋季的中胖型結構，可看出這二年幼魚族群的補充狀況仍屬良好，能維持整體七家灣溪鮭魚的族群數量，顯示去年夏季到今年秋季之間，武陵地區七家灣溪的環境變動應該屬於較為

平穩的狀態。

若比較歷年的族群結構變化（圖 5-3），雖然不是每一年都能維持穩定的金字塔型結構，但也能多能維持以中型鮭魚居多的中胖型結構，且小型鮭魚與中型鮭魚的族群數量差異並不明顯，顯示以小型和中型鮭魚為主要優勢齡級，可以維持七家灣溪鮭魚的族群穩定；再從圖 5-4 來看歷年各齡級鮭魚的族群數量變化，亦能得知 1995 年以來，小型和中型鮭魚數量增加較明顯，而大型鮭魚則較為平緩，限制大型鮭魚的增加或許與環境乘載力有關聯，也是一個有趣的研究課題，有待進一步的研究探討。而 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。

再進一步探討七家灣溪主流各個河段鮭魚數量分布與比例（圖 5-5、圖 5-6），可發現自 2000 年以來，上游河段（三號壩以上）與中游河段（一號壩至三號壩）鮭魚的數量高於下游河段（迎賓橋至一號壩），且無論天然風災的影響或整體的鮭魚數量變化，上下游之間的差異幾乎沒有變化，顯示目前七家灣溪中台灣櫻花鉤吻鮭主要的分布地點在一號壩以上的中上游河段。其原因應與一號壩以下水溫較高而不適合鮭魚產卵之外（楊，1997），一號壩以下因為有高山溪

的砂石匯入較容易渾濁而不利鮭魚生存有關；加上一號壩的壩體阻絕上下游之間鮭魚的移動，長期下來，亦不利於下游河段的鮭魚基因交換，可能也會造成一號壩以下鮭魚基因多樣性更低。

(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 5-7 與圖 5-8 是自 1998 年以來高山溪各河段鮭魚族群數量與比例變化圖，將高山溪分成四個河段討論，分別是下游的一號壩以下河段，中游的一號壩至二壩河段、上游的二號壩至三號壩與三號壩以上等四個河段，進行其族群數量與所佔比例的變化比較。

由圖 5-7 中可以看出去年高山溪上游的三號（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 5-8）。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。根據前（2008）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。在前（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 2~3 公尺，也嚴重影響了台灣櫻花鉤吻鮭與台灣鏟頰魚的上溯。

此外，根據這二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。去（2009）年夏季普查結果只有 15 尾鮭魚，秋季普查結果只剩 13 尾鮭魚；今年的數量略有增加，夏季與秋季的調查結果分別只有 38 尾與 78 尾，但相較於其他河段而言比例與數量仍低。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，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，此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，但是根據去年的調查結果顯示，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。

而在今年夏季與秋季調查期間，研究人員已發現高山溪二號破壩上堆積的殘材倒木，雪霸國家公園已經有進行切割分段的工作，且在更上游的溪流中，許多橫躺於溪床上的大型倒木也有發現切割鋸斷的痕跡，顯示雪霸國家公園管理處對於台灣櫻花鉤吻鮭經營管理的重視與關切，也瞭解到殘材壩形成的落差對於鮭魚可能帶來的衝擊影響。因此，我們除了應該要持續留意這些經切割處理的殘材倒木能否被大水的自然力量帶走之外，也應該繼續監測這些殘材物對於鮭魚族群的影響。

五、結論與建議

(一) 結論

總結今（2010）年夏季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，但高山溪樣站略有增加。在族群數量方面，六月與十月的普查結果顯示，六月份武陵地區台灣櫻花鉤吻鮭族群數量共計有 3,377 尾，其中一齡小魚有 1,302 尾，二齡中型鮭魚有 1,517 尾，三齡大型成魚則有 558 尾。十月份普查結果共計有 4,149 尾，為歷年調查的第四高，其中一齡小魚有 1,443 尾，二齡中型鮭魚有 1,922 尾，三齡大型成魚則有 784 尾。
2. 在族群結構上，六月與十月族群結構皆以中型鮭魚最多，小型鮭魚次之，而大型鮭魚較少的中胖型的族群結構，顯示今年武陵地區台灣櫻花鉤吻鮭族群更新狀況尚屬良好。
3. 高山溪阻隔與殘材壩對鮭魚族群的部分，調查結果顯示雪霸國家公園已經針對高山溪二號破壩上堆積的殘材倒木進行切割分段的工作，且也對更上游的大型倒木進行切割鋸斷的痕跡，後續應針對殘材倒木的動向進行監測。

(二) 建議

- 1、立即可行之建議：高山溪與七家灣溪倒木殘材移除工作之後續監測

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，發現二號破壩堆積之殘材壩與其上游大型倒木皆有做切割分段之處理，建議國家公園仍須針對這些殘材物之後續情況進行監測，以瞭解大型倒木之殘材在經處理後能否被大水的自然力量給予帶往下游，而不致形成高落差之殘材壩影響鮭魚的自由移動。

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，以及黃明義、甘崇譽、林佩瑩、李秉璋、吳柏毅、陳志堯、許竣為、汪承麟、郭炯廷、余智虹、張凱強、林郁尊、林怡萱、林軒正、歐耀仁、張瑞宗、黃久集、黃文謙、李宗叡、吳柏翰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。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。
- 曾晴賢 2009 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。40 頁。苗栗。
- 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. Torkyo. 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、2010 年武陵地區固定樣點魚類組成相調查結果

時間自 2010.2 至 2010.12

調查時間	2010.2						2010.4						2010.6						2010.8						2010.10						2010.12					
種類	鮭魚			苦花			鮭魚			苦花			鮭魚			苦花			鮭魚			苦花			鮭魚			苦花								
地點 / 體型	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	大	中	小	大	中	小	大	中	小
#2 桃山西溪	2	11	32	0	0	0	0	7	25	0	0	0	5	20	5	0	0	0	4	33	12	0	0	0	5	12	8	0	0	0	0	26	13	0	0	0
#3 二號破壩	2	8	17	0	0	0	0	27	8	0	0	0	2	14	16	0	0	0	10	29	9	0	0	0	17	15	8	0	0	0	15	25	7	0	0	0
#4 觀魚台	0	4	0	0	0	0	1	4	1	0	0	0	8	4	16	0	0	0	8	24	5	0	0	1	7	9	8	0	0	0	0	2	3	0	0	1
#5 繁殖場	1	1	0	0	1	0	1	9	24	0	3	8	0	2	3	0	1	0	3	8	2	0	7	15	0	7	15	1	6	13	3	3	1	0	0	0
#8 高山溪	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	12	8	0	0	0	2	16	4	0	0	0	0	2	3	0	0	0
#9 有勝溪	0	0	0	0	0	2	0	0	0	6	40	243	0	0	0	2	30	1430	0	0	0	13	223	2280	0	0	0	1	87	1898	未調查					
#10 司界蘭溪 上游	0	0	0	0	0	0	未調查																													
#11 司界蘭溪 下游	0	0	0	0	3	0	未調查																													
#12 一號壩上 游	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	9	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	1	0	0	1	3	0	1	2	0	0	1
#13 一號壩下 游	4	7	0	1	1	0	3	14	15	0	0	1	11	5	3	0	1	0	6	7	2	1	5	1	3	1	0	2	22	10	2	5	0	2	5	29

(資料來源：本研究資料)

表 5-2、武陵地區 2009 年夏秋兩季與 2010 年夏秋兩季台灣櫻花鉤吻鮭普查結果

調查時間		2009 年夏			2009 年秋			2010 年夏			2010 年秋		
地點 / 體型		大型	中型	小型	大型	中型	小型	大型	中型	小型	大型	中型	小型
分類小計		810	1579	993	1121	1942	1482	558	1517	1302	784	1922	1443
總計		3382			4545			3377			4149		
下游	迎賓橋~高匯	53	43	6	44	7	7	水濁無法調查			21	11	1
	高匯~一號壩	36	43	21	110	114	41	32	31	65	30	52	14
中游	一~二號壩	240	325	153	160	281	124	173	322	197	348	277	149
	二~三號壩	174	479	98	491	871	326	117	280	99	205	624	245
	湧泉池	0	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
上游	三~四號壩	37	172	88	8	41	199	10	112	54	11	59	73
	桃山北溪	133	173	284	100	191	264	138	231	253	77	338	239
	四~五號壩	79	103	93	51	99	236	20	103	228	5	99	181
	五~六號壩	16	175	121	95	270	252	47	364	228	50	304	339
高山溪	一號壩以下	12	21	7	19	9	7	4	14	34	13	42	41
	一~二號壩	13	2	0	10	1	2	0	2	36	6	46	26
	二~三號壩	1	9	5	20	40	14	9	29	46	9	50	60
	三~四號壩	16	30	117	13	16	10	8	29	62	9	20	75

(資料來源：本研究資料)

表 5-3、2009 年至 2010 年武陵地區七家灣流域各河段台灣櫻花鉤吻鮭數量百分比

調查時間 河段 / 體型	2009 年夏				2009 年秋				2010 年夏				2010 年秋			
	大	中	小	小計												
下游 (迎賓橋至一號壩)	3%	3%	1%	6%	3%	3%	1%	7%	1%	1%	2%	4%	1%	2%	0%	3%
中游 (一號壩至三號壩)	12%	24%	19%	54%	25%	10%	14%	50%	9%	12%	14%	35%	13%	22%	9%	45%
上游 (三號壩以上)	8%	18%	7%	33%	6%	13%	21%	40%	6%	24%	23%	53%	3%	19%	20%	43%
高山溪	1%	2%	4%	7%	1%	1%	1%	4%	1%	2%	5%	8%	1%	4%	5%	10%
合計	24%	47%	31%	100%	36%	27%	37%	100%	17%	45%	39%	100%	19%	46%	35%	100%

(資料來源：本研究資料)

表 5-4、2010 年武陵地區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	2010.6			2010.10				
種類	台灣鏟頰魚			台灣鰱	台灣鏟頰魚			台灣鰱
地點/體型	大	中	小		大	中	小	
迎賓橋~高山溪匯口	水濁無法調查				127	783	1389	1
高山溪匯口~一號壩	6	33	78	0	48	383	52	0
一號壩~觀魚台	0	4	11	0	0	0	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	1	14	19	0	0	16	18	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	7	51	108	0	181	1192	1477	1

(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

(資料來源：本研究資料)

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，去年新增一號壩上下游各 100 公尺之共同監測樣站 (#12 與 #13)。今年則新增#3 二號壩測站。

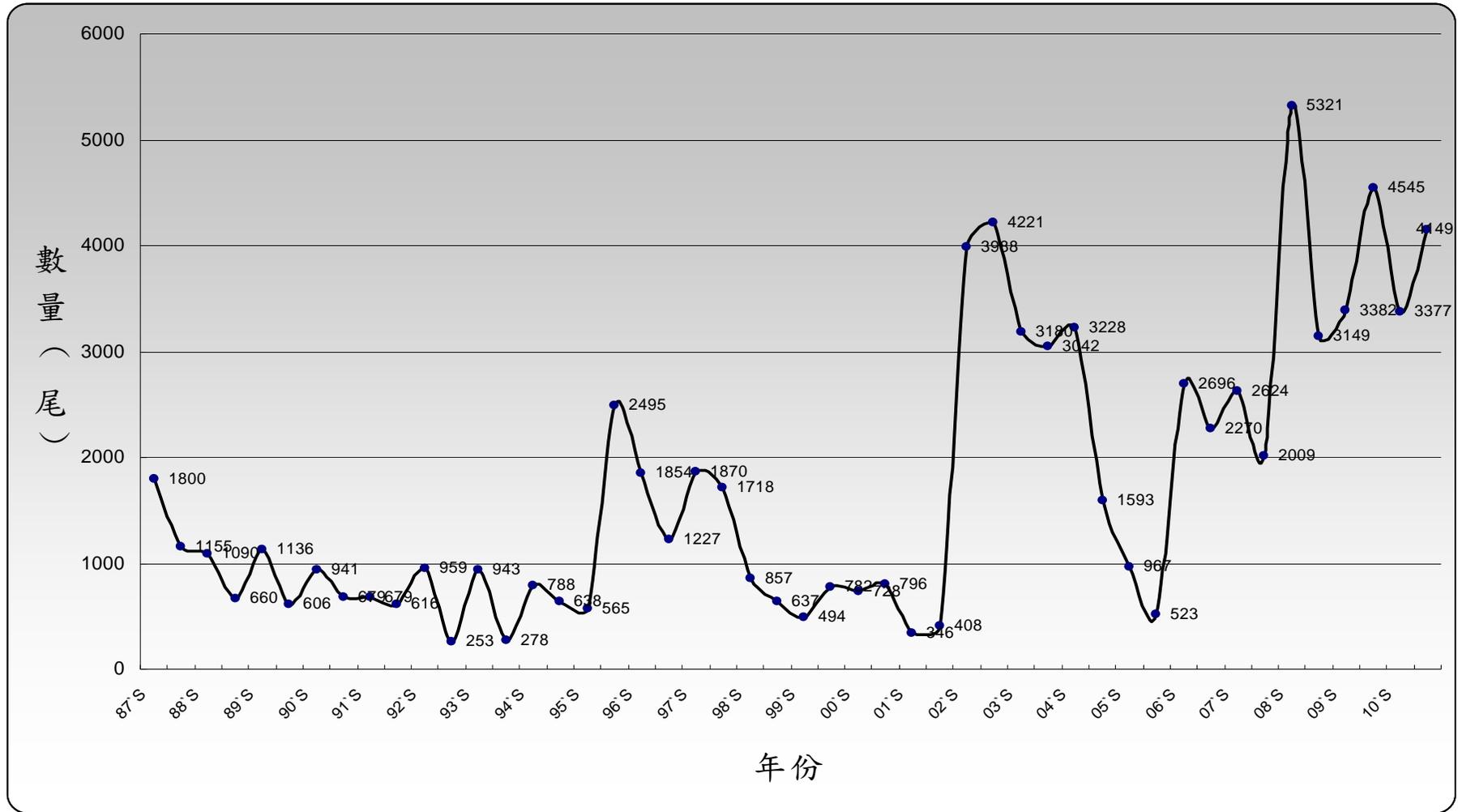


圖 5-2、1987 年至 2010 年武陵地區台灣櫻花鉤吻鮭族群數量年度變化圖(資料來源：本研究資料)

今(2010)年六月普查為 3377 尾，十月普查為 4149 尾，十月調查結果族群數量為歷年調查的第三高。

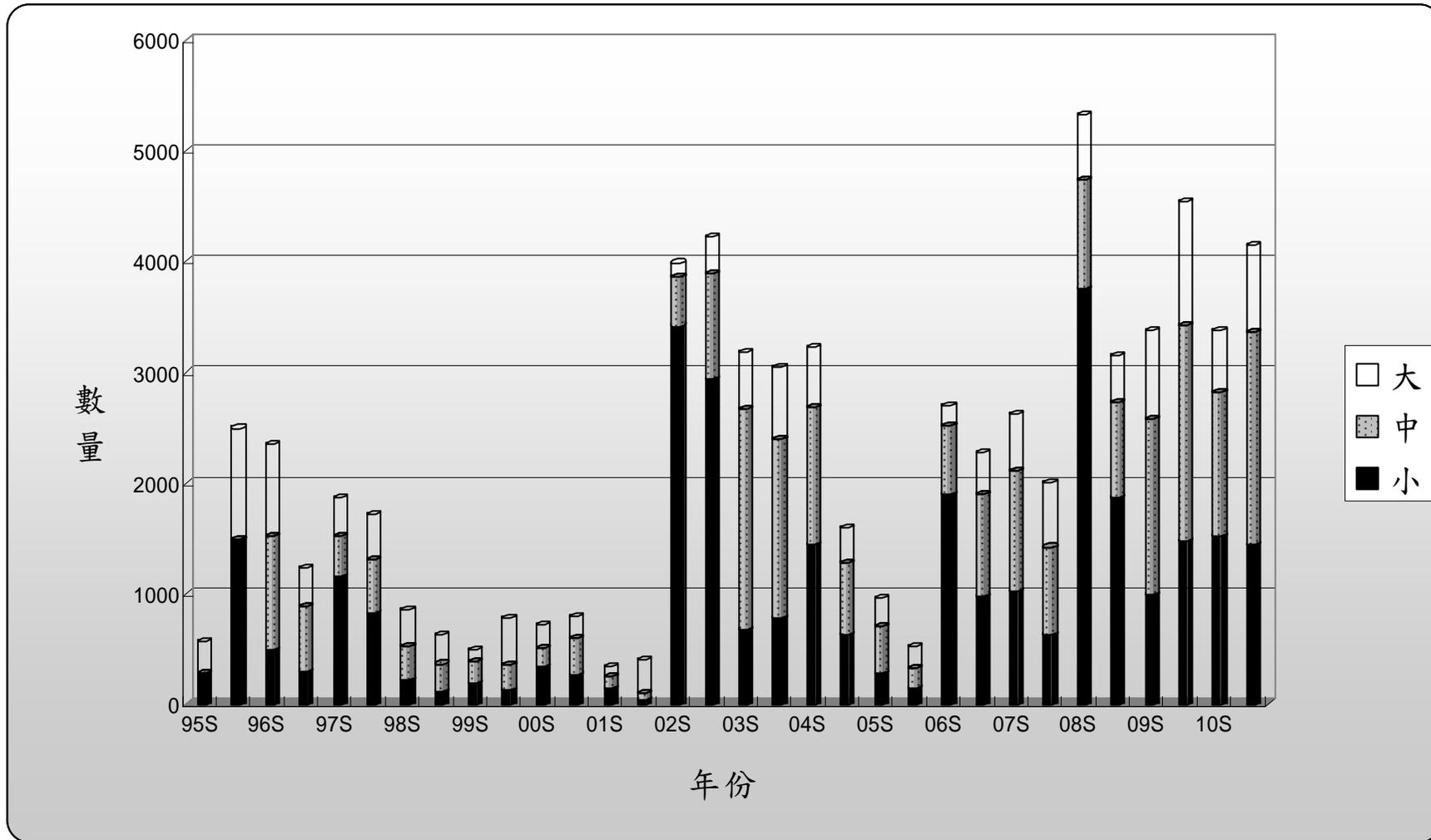


圖 5-3、1995 年至 2010 年武陵地區台灣櫻花鉤吻鮭各齡族群結構變化圖(資料來源：本研究資料)

今年六月與十月普查結果族群結構呈現以中型亞成鮭居多的中胖型族群結構，顯示族群更新狀況尚屬良好。

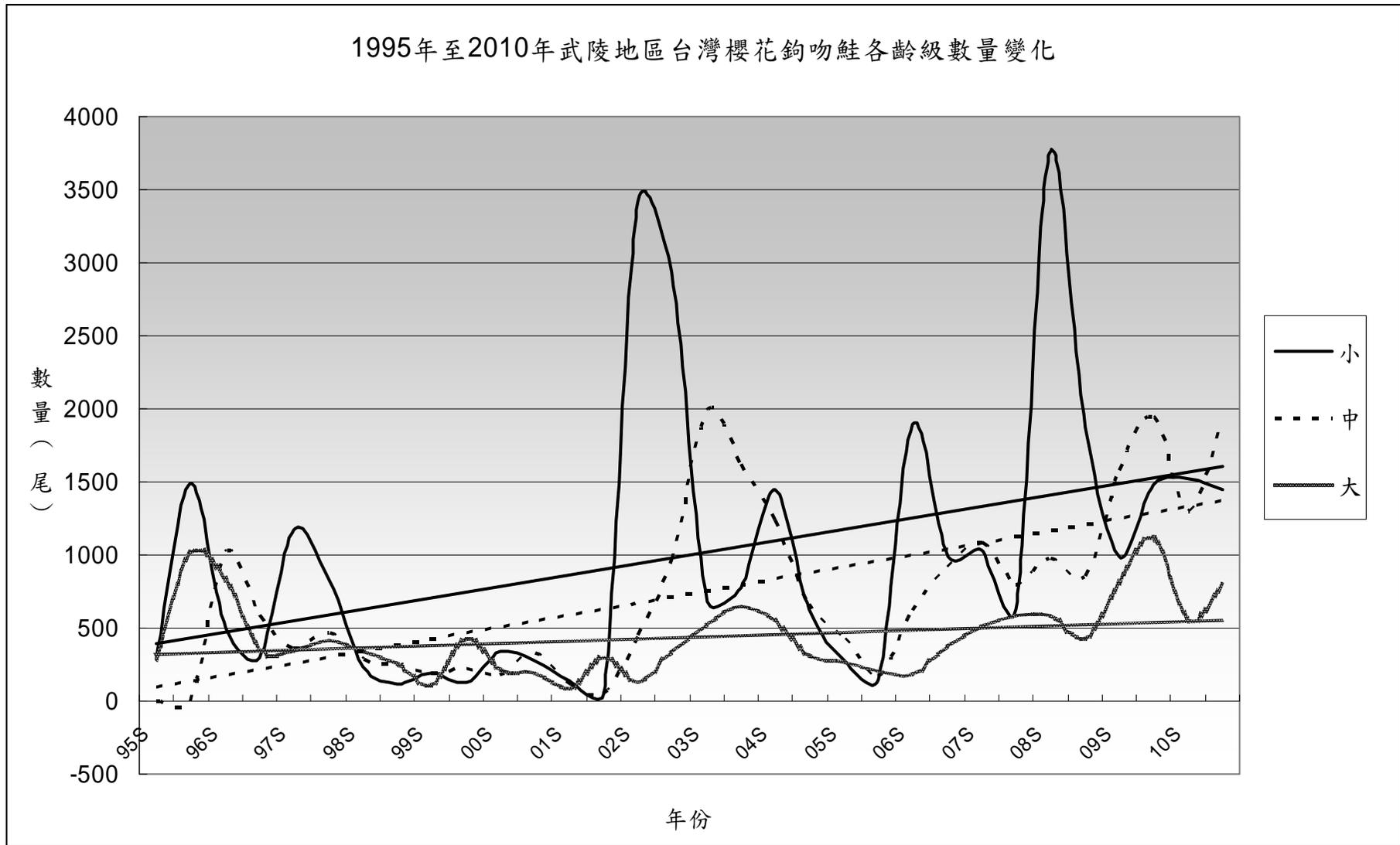


圖 5-4、1995 年至 2010 年武陵地區台灣櫻花鉤吻鮭各齡族群數量變化曲線圖(資料來源：本研究資料)

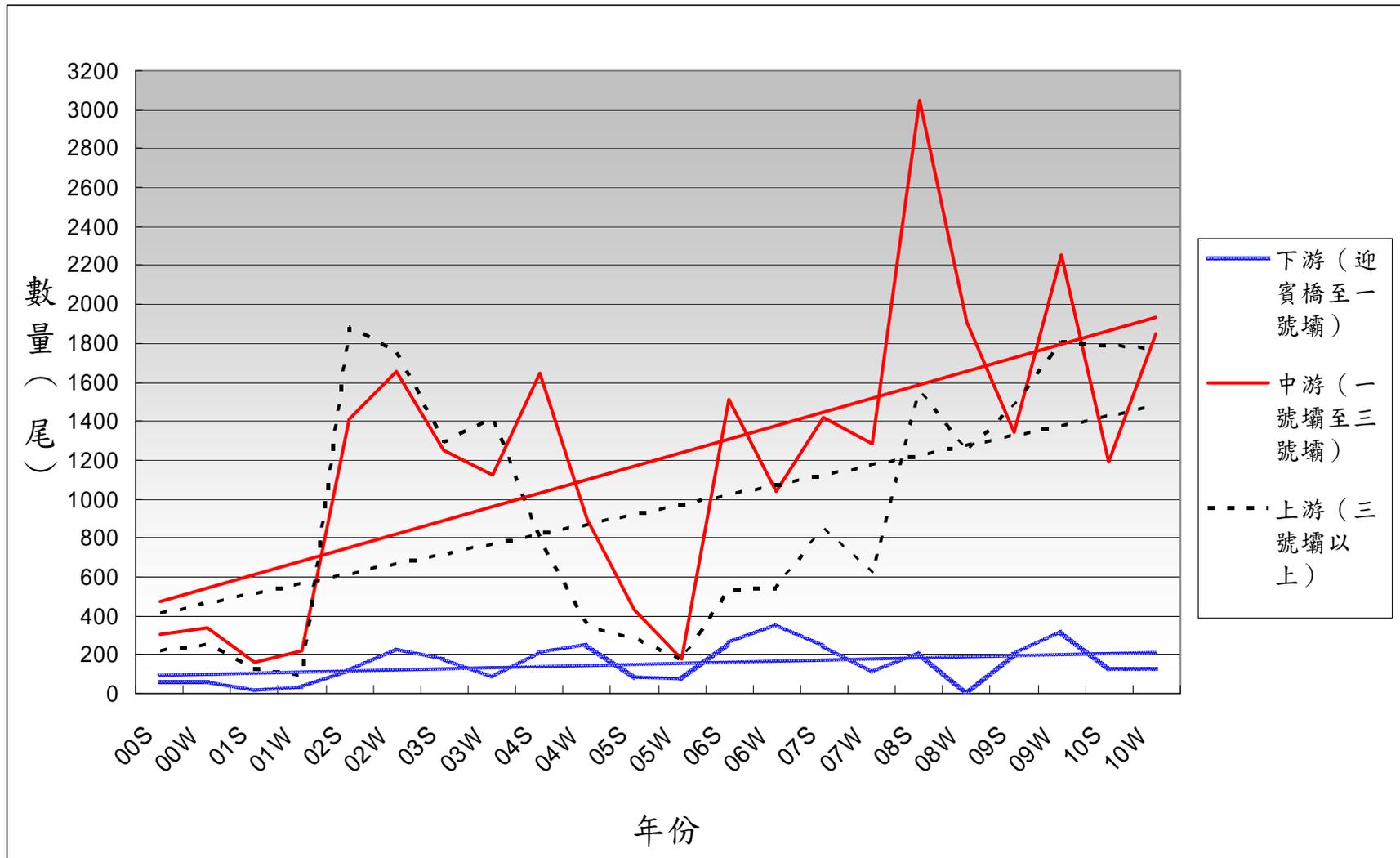


圖 5-5、2000 年至 2010 年武陵地區七家灣溪主流各河段台灣櫻花鉤吻鮭族群數量變化圖(資料來源：本研究資料)

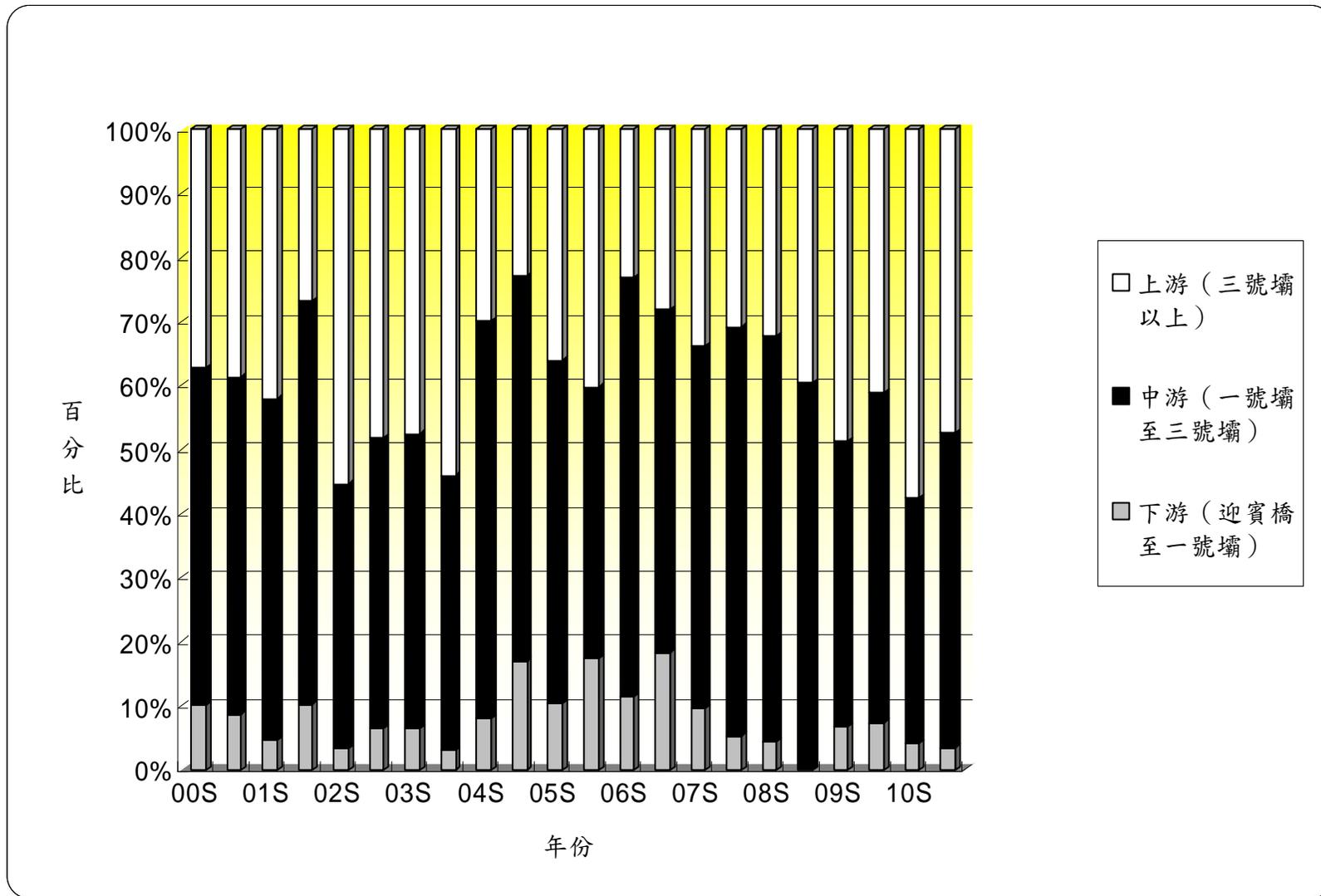


圖 5-6、2000 年至 2010 年武陵地區七家灣溪主流各河段台灣櫻花鉤吻鮭族群數量百分比變化圖(資料來源：本研究資料)

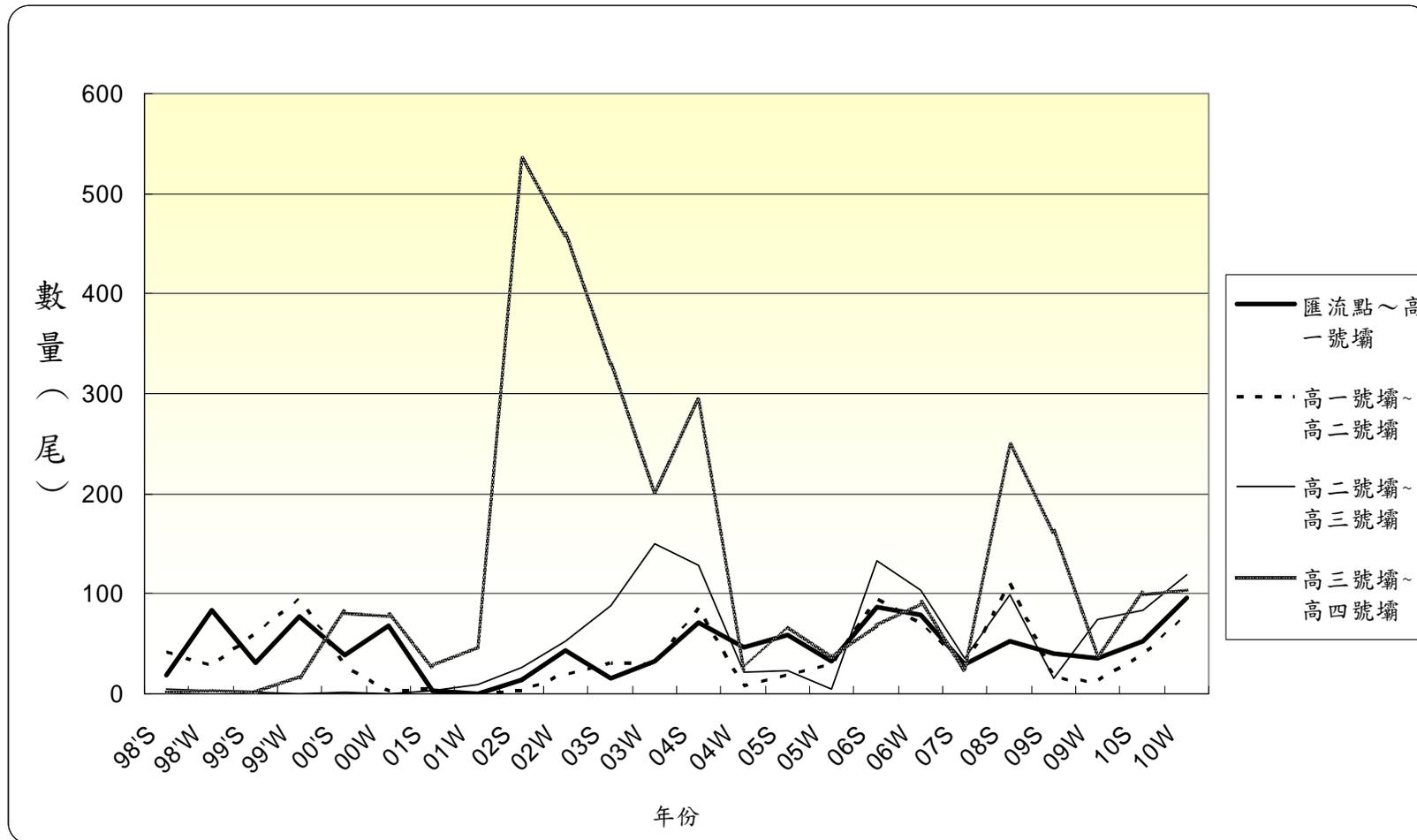


圖 5-7、1998 年至 2010 年武陵地區高山溪各河段台灣櫻花鉤吻鮭族群數量變化圖(資料來源：本研究資料)

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，達到較為穩定的情況。但因高山溪溪谷較窄倒木不易排出而形成殘材壩，且先前防砂壩又再次形成阻礙，高山溪各河段又再次形成阻隔與隔離狀況。

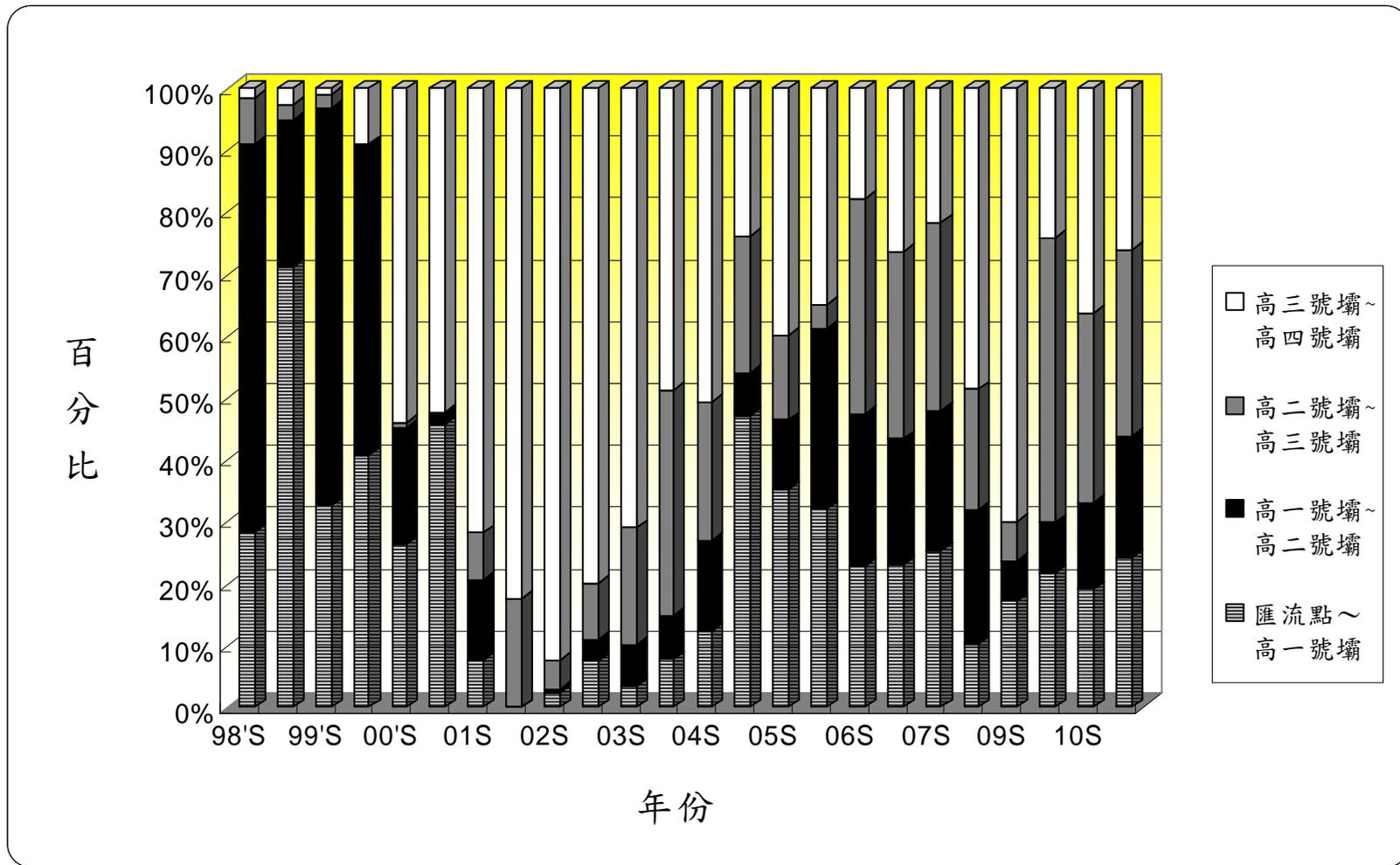


圖 5-8、高山溪各主要河段所佔族群比例變化圖(資料來源：本研究資料)

第六章 哺乳類研究

吳聲海、張文宏、蔡慧珊、蔡俊興、鍾朝仁、楊茵洳、盧宜岑、洪敏瑜、
陳帝溶、蘇珊慧

國立中興大學生命科學系

摘要

關鍵詞：濱岸森林、齧齒目、鼯形目、毛髮/排遺陷阱

一、研究緣起

本年度哺乳類的研究有兩個目的。第一為了解七家灣溪濱岸森林小型哺乳類對地表及樹木之利用模式，尤其是鼯形目動物是否會在樹上活動。第二是以非誘殺方式，以自行設計的毛髮和排遺陷阱取樣，了解保育類的水鼯及其他小型哺乳類在濱岸地區的分布情形。

二、研究方法及過程

2010年二月開始每兩個月以設於地表的鼠籠和設於樹上的水管陷阱，以冷凍麵包蟲為誘餌，於濱岸森林設置三個8*8的樣區（每樣區共計64 Sherman鼠籠及64支水管），捕捉小型哺乳動物。

自行設計黏毛和收集排遺的陷阱，以冷凍麵包蟲為誘餌，在不誘殺動物的方式下採集毛髮和排遺，分析利用溪岸的小型哺乳類種類和數量（六月生產，收得八月、十月共兩次資料）。

三、重要發現

各樣區地表陷阱，捕捉到的小型哺乳動物依數量多到少，有森鼠、黑腹絨鼠、長尾鼯（煙尖鼠）、短尾鼯、長尾麝鼯、刺鼠、高山白腹鼠及黃鼠狼共八種。

六月份樹上的水管陷阱捕捉到的小型哺乳類共3隻長尾鼯，2隻森鼠。

毛髮/排遺陷阱所調查到在濱岸活動的哺乳動物，有森鼠、刺鼠、黑腹絨鼠、巢鼠、麝鼯屬及偶蹄目的山羌共6種。

四、主要建議事項

濱岸森林中的小型哺乳動物群聚組成是監測森林復育成功與否的可行方法。一個區域內物種的組成與相對數量反映了環境的特性與脆弱程度，身為初級或二級消費者的小型哺乳類其族群的變動反應了環境的改變，其交互作用又會連帶影響周遭的生物類群，帶來環環相扣的效應。

1. 中長期性建議—持續監測濱岸森林小型哺乳類的組成與相對數量

主辦機關：雪霸國家公園管理處

在氣候變遷導致易出現極端氣候的現今，中高海拔的小型哺乳類生物相組成與分布是否有所改變？洪流擾動是否會影響濱岸小型哺乳動物的數量？豪雨帶來的洪流除了直接影響兩生類、水生生物數量組成外，對於濱岸小型哺乳類的活動與群聚或許有間接而巨大的影響，特別對於半水棲型的保育類水鮑而言，低族群密度及對溪流環境敏感的特性使他們成為一個監測溪流環境好壞的指標。故濱岸小型哺乳動物的組成宜持續監測並累積資料，以期看出長期趨勢。

ABSTRACT

The purposes of this year's research on mammals are two fold. Firstly, we wish to determine if small mammals in riparian forests, especially insectivores, would use trees as foraging habitats. We also wish to assess the distribution of water shrews, a protected and rare insectivore species, by using a non-lethal hair/feces trap designed for this project.

We sampled small mammals in riparian forest with Sherman traps on the ground and plastic pipes fixed on the trees. Three grids of 8*8 sites were established in the forest (with a total of 192 Sherman and 192 pipe traps). Hair/feces traps were tested in June. All traps were baited with frozen meal worms.

Eight species of small mammals were collected on traps on the forest floor from February to October (individuals caught in descending order): *Apodemus semotus*, *Eothenomys melanogaster*, *Soriculus fumidus*, *Anourosorex squamipes*, *Crocidura tadae*, *Niviventer coxingi*, *Niviventer culturatus*, and *Mustela sibirica*. Three *S. fumidus* were caught from pipes in June; Two *A. semotus* were caught from pipes in June and August.

Six species of mammals were collected on hair/feces traps in August and October (individuals caught in descending order): *Apodemus semotus*, *Niviventer coxingi*, *Eothenomys melanogaster*, *Micromys minutus*, *Crocidura attenuata* or *tadae*, and *Muntiacus reevesi micrurus*.

【Keywords】 riparian forest, rodents, insectivores, hair/feces trap

一、前言(文獻回顧及目的)

武陵地區的小型哺乳類鼯形目有五種，包括短尾鼯 (*Anourosorex squamipes*)、長尾麝鼯 (*Crocidura tadeae*)、長尾鼯 (*Soriculus fumidus*，俗稱煙尖鼠)、鼯鼠及水鼯 (*Chimarrogale himalayica*)。鼯鼠和長尾麝鼯的數量稀少。水鼯是屬於保育類的哺乳動物，主要棲息於森林和水域交界處，但因不易被捕到，其族群量和生活史特性均缺乏資料。桃山北溪到武陵收費站外都有零星捕獲水鼯的記錄 (林等，2008)。短尾鼯和台灣煙尖鼠則是數量最多的兩種，使用棲地類型也最廣。在森林、草地、和果園都可捕捉到這兩種鼯鼠，但前者偏好草地，後者則在森林中的數量較高 (林等，2008)。

武陵地區的森林中，台灣長尾鼯數量最高是在冬季，比起夏季高出一倍多。相對而言，相同樣區的嚙齒目 (三種) 和短尾鼯都在冬天時減少了近 70%。此結果和一般的認知不同，因為冬季氣溫低，食物少，對許多小型哺乳動物都是死亡率最高的季節。除了台灣長尾鼯以外的種類，都是冬季數量減少，然而體型最小的台灣長尾鼯，反而有最大的族群量。2008-2009 年曾在有勝河流域和蘭陽河流域的森林中設置樹上的水管，原來是為了誘捕兩生類，但在全年六個樣區的採樣中僅記錄到 12 隻樹蛙，數量最多的反而是台灣長尾鼯 (共採得 102 隻。吳等，2008)，且五月到十月的數量遠大於一月到四月。因此，我們懷疑台灣長尾鼯在一年內，會使用不同的微棲地：冬天會在地表活動，但其他季節則在樹上活動。過去研究所發現的台灣長尾鼯夏季數量少的原因，可能是僅在地表捕捉造成的偏差。

水鼯雖然多在水中覓食，但其巢穴都在森林內。因此七家灣溪濱岸的森林，應是三種鼯形目動物的共同棲息場所。本種在 2008 年被列為「其他應予保育之野生動物」，但有關族群量、分布等資料均極為缺乏；本種在溪流生態系的功能以及和其他小型哺乳動物的關係也未知。多數水鼯的捕捉記錄均是以放在水中的蝦籠捕得到死亡的個體，為減少動物的死亡，因此設計一種黏著毛髮和收集排遺

的裝置，試驗以誘集法收集哺乳類分布和種類出現的採集方式。

二、材料與方法

(一) 森林內小型哺乳動物組成與長尾鮑微棲地利用的季節差異

我們將 2008 年 WLTERM 計畫 (林等, 2008) 中之湧泉池樣區林 1、林 2 重新劃分為 3 個樣區, 分別為 A、B、C 區。三樣區皆為針闊葉混合林, 喬木層主要物種以栓皮櫟、米飯花、阿里山千金榆、臺灣赤楊與臺灣二葉松為主, 地被植物以臺灣蘆竹、五節芒、臺灣懸鉤子、臺灣崖爬藤、石葦、咬人貓等為主。每一樣區設置 8x8 方格樣區, 每點放置一個 Sherman 鼠籠, 籠距為 10 公尺, 並在離每個鼠籠最近的樹上, 離地 2 公尺處綁直徑 6 公分、50 公分長的塑膠水管一支, 底部加蓋封口。鼠籠中放置適量冷凍麵包蟲與花生糖並開籠, 水管只放麵包蟲數隻。每日早上檢查陷阱, 若有捕獲動物則記錄物種、數量與樣點編號等資料, 並將捕捉到的鮑形目動物安樂死並製成標本, 其餘物種原地釋放。每雙月份採樣 3 天。

(二) 濱岸環境水鮑分布調查及共域使用濱岸環境之小型哺乳類調查

我們在 8 個共同樣站 (桃山西溪、二號壩、觀魚台、一號壩上、一號壩下、新復育池、有勝溪、高山溪) 設置毛髮及排遺陷阱 (hair/fecal traps) (Pocock and Jennings, 2006; Sibbald *et al.*, 2006)。陷阱為開口內徑 3 公分和 6 公分之鋁製半圓錐上蓋, 一端放置冷凍麵包蟲, 上蓋內頂端放置雙面膠。如此可收集動物排遺, 當動物進入時亦可將毛髮黏於膠上以供辨認分析。每一樣站使用 20 組陷阱 (每一組有 2 個上蓋), 陷阱相距 5 公尺, 隨機放置在濱岸石頭邊或草叢隱蔽處, 隔日上午巡視陷阱。若有糞便則照相後收集於小管中, 以 99% 酒精保存; 黏到毛髮的陷阱換新膠帶並記錄採集樣點。每次調查各樣站均收集兩日資料。

三、 結果

(一) 森林內小型哺乳動物組成與長尾鼯棲地利用的季節差異

2010年五次(二、四、六、八、十月)的採集累積調查天數共15天,期間鼠籠加水管陷阱總計5760次有效捕捉次數,共943次捕獲紀錄(捕獲率16.4%)。

陷阱捕獲之小型哺乳類物種分屬3目4科8種,分別為齧齒目的森鼠(*Apodemus semotus*) 683隻次、黑腹絨鼠(*Eothenomys melanogaster*) 174隻次、刺鼠(*Niviventer coxingi*) 5隻次、高山白腹鼠(*Niviventer culturatus*) 1隻次,以及鼯形目的長尾鼯42隻次、短尾鼯9隻次、長尾麝鼯6隻次,與食肉目的黃鼠狼(*Mustela sibirica*) 1隻次(表6.1)。除小型哺乳類外,鼠籠中亦捕獲兩生類、爬蟲類與鳥類,分別為盤古蟾蜍(*Bufo bankorensis*) 15隻次、藍尾鶇(*Tarsiger cyanurus*) 4隻次、藪鳥(*Liocichla steerii*) 2隻次、畫眉(*Garrulax taewanus*) 1隻次。

採樣期間多數動物由地面的鼠籠陷阱捕獲。樹上的水管陷阱物種捕獲量不多,小型哺乳類中僅捕獲森鼠2隻、台灣長尾鼯3隻,其餘為棕面鶯(*Abroscopus albogularis*) 1隻及麗紋石龍子(*Eumeces elegans*) 2隻。森鼠在六、八月各捕獲1隻,台灣長尾鼯在六月捕獲3隻,二、四月與十月水管則無小型哺乳動物捕獲紀錄(圖6.1)。

齧齒目中的森鼠、黑腹絨鼠為森林中主要的組成物種,森鼠全年的平均捕獲量為總捕獲量的74.2%,各月份間的捕獲量皆超過50%,且二月到十月的數量穩定地增加。黑腹絨鼠全年的平均捕獲量為總捕獲量的18.9%,各月份中僅八月捕獲比率(10.1%)較低。刺鼠僅於六、八、十月捕獲,高山白腹鼠只在八月捕捉到1隻(表6.2、圖6.2)。

鼯形目中數量較多的長尾鼯在二、四、六月的捕獲量皆超過當月總捕獲量的5%,又以六月19隻最多,八月、十月數量減少。短尾鼯和長尾麝鼯則都只在八月和十月有捕獲紀錄(圖6.3)。

A、C 樣區捕獲的物種各 6 種，B 樣區 7 種，捕獲到的齧齒目中同樣以森鼠、黑腹絨鼠的數量最多。森鼠的捕獲量皆為各樣區捕獲量的第一(>70%)，黑腹絨其次(>18%)；鼯形目中則以長尾鼯數量最多（表 6.3）。A、B 兩區都有出現刺鼠，唯一的高山白腹鼠出現在 B 區。除了哺乳類，3 區陷阱都捕捉到鳥類，除了棕面鶯是在 A 區水管中被捕獲外，B、C 區的鼠籠中捕獲到藪鳥、藍尾鴿及畫眉。

森鼠和黑腹絨鼠在 3 個樣區比例相似，而鼯形目動物（長尾鼯、短尾鼯、長尾麝鼯）大多分布在 A、C 樣區（C 區樹上捕獲長尾鼯 3 隻），B 樣區的數量較少（圖 6.4）。

各月間森鼠的平均體重無明顯差異（Kruskal- Wallis test, $P>0.05$ ），平均體重十月略（23.76 g）大於八月（23.38 g）及四月（22.9 g），六月平均體重最小（21.35 g）。各月間黑腹絨鼠的平均體重有顯著差異（Kruskal- Wallis test, $P<0.05$ ），平均體重十月（22.48 g）> 八月（22.12 g）> 四月（20.67 g）> 六月（19.54 g），同樣是六月平均體重最小，十月平均體重最大，其餘物種因捕獲數量不足或未秤重，故不列入。各月份所有樣區的小型哺乳類總生物量（二月無體重資料，且四、六月間因部分個體意外逃走亦無體重紀錄）隨著月份增加，到十月時最高，從四月到十月增加近 1.7 倍；相較於數量最多的六月，黑腹絨鼠在八月數量減少，六月和十月的生物量均為八月的兩倍多（表 6.4、圖 6.5）。

（二）濱岸環境水鼯分布調查及共域使用濱岸環境之小型哺乳類調查

2010 年八月和十月兩次毛髮及排遺陷阱的採樣共調查 4 天，總計 640 次有效捕捉次數。若以每一組陷阱採集到毛髮或排遺則視為捕捉到一次，總計有 57 次毛髮/排遺黏獲紀錄。在 640 次有效紀錄中，毛髮黏取率為 7%（總黏取量：46 次），排遺收集率為 5%（總收獲量：30 次）。

八月和十月分別有四和五個樣站有黏獲毛髮。各樣站收集的毛髮已鑑定出 4 科 6 種，分別為鼠科之森鼠 17 隻次、刺鼠 2 隻次、黑腹絨鼠 1 隻、巢鼠（*Micromys minutus*）1 隻，鹿科之山羌（*Muntiacus reevesi*）1 隻，鼯形目中的麝鼯屬（灰麝鼯或長尾麝鼯）1 隻（排遺與部分毛髮尚無法鑑定，共計 32 筆）。陷阱內亦發

現蟾蜍科之盤古蟾蜍 (*Bufo bankorensis*) 1 隻、石龍子科之麗紋石龍子 1 隻 (表 6.5)。

兩次調查中各樣站的毛髮黏取比例 (黏取量/當月黏取量) 都以二號壩最多，其次是觀魚台、桃山西溪 (表 6.5)。二號壩黏取的毛髮一半以上為森鼠。調查到物種數最多的是觀魚台，有森鼠、刺鼠及山羌。高山溪和一號壩上游則均未黏獲到毛髮 (圖 6.6)。

八月和十月收獲到的排遺數量以二號壩收獲的最多 (50%)，其次是觀魚台 (17%) (表 6.6)。排遺尚未鑑定種類，但由大小、形狀、顏色等外觀特徵可大略看出收集到的應為啮齒目的排遺。

四、討論

今年森林樣區內調查到的小型哺乳類物種數(8種)比2008年林1、林2區(5種)多,若不論只捕捉到單一個體的物種,2008年和今年的物種組成大致相同,各月分同樣以森鼠和黑腹絨鼠的數量最佔優勢,且兩者的夏季數量皆高於春季。不同的是今年森鼠之夏季平均數量(28.4隻/ha-day)比2008年(21.5隻/ha-day)略多,而今年黑腹絨鼠之夏季平均數量(5.7隻/ha-day)反而比2008少(8.75隻/ha-day)(表6.7)。今年森林樣區內完全沒有捕捉到巢鼠,卻捕捉到2008年未出現的長尾麝鼯(林等,2008)。

森鼠的單位面積生物量從二月到八月漸漸增加,雖然捕捉數量亦增加,然而平均體重卻未漸增,六月的平均體重較小,且個體間的體重差異最大。根據甘(1995)與Lin(1992)的研究指出,森鼠雖全年可生殖,但武陵地區的生殖高峰從春末開始約在4、7、10月,故六月個體重最小應是捕捉到的幼體較多。

黑腹絨鼠在不同季節的體重有明顯差異,六月數量和前兩季相比並不低,但平均體重卻明顯最小,應也是生殖季後幼體增多的情形。在八月的捕捉數量降成六月的一半,根據甘(1995),黑腹絨鼠食性上會有季節性的變化,到了夏季森林內開花植物的種子及果實為主要的食物資源,因此推測動物性的誘餌反而對黑腹絨的誘捕力會下降。

A、B、C森林樣區的小型哺乳物種組成大致相同,都有森鼠、黑腹絨鼠、台灣長尾鼯、短尾鼯、長尾麝鼯,然而當中的三種鼯主要分布在A、C樣區而B樣區較少,或許與棲地的倒木數目或地被落葉層的覆蓋度有關(陳,2007)。

2008-2009年夏季在有勝河流域和蘭陽河流域的森林樹上捕捉到不少長尾鼯,然此次實驗的結果雖然發現確有夏季在樹上活動的情形,但僅在六月森林樣區的樹上捕捉到3隻(7%),剩餘的93%在地表活動(另亦在樹上捕獲2隻森鼠)。可能因水管放置時間不夠久,或與森林內不同微棲地可獲得的食物資源不同而產生的食性變異有關(黃,2008)。

本試驗所設計的非誘殺之小型哺乳動物的毛髮/排遺陷阱在十月的排遺數量遠大於八月。而毛髮試驗中確能黏取到小型哺乳動物的毛髮，可調查棲地內出現的物種種類，但無法僅以毛髮數目估計數量。

一號壩上游與高山溪完全沒有黏獲到毛髮，顯見沿岸活動的小型哺乳類不多，可能與一號壩上游有大片裸露的河床與暴雨時水位漲幅有關。而高山溪樣點多為陡峭垂直的岩壁，腹地狹窄，植被零星依附於岩縫或平緩斜坡地形（林等，2008），且放置陷阱的岸邊少有連續性的林相，缺少遮蔽的環境可能亦造成濱岸物種不多。

我們曾在夜間調查時在二號壩目擊高山白腹鼠於岸邊活動，但未黏取到毛髮，體型大且在岸邊活動的水鼩亦無所獲。然而同屬大體形的刺鼠卻有黏獲。初步推測可能因水鼩當地族群密度低而調查穿越線不夠長，或者因陷阱擺放時間不夠久使得陷阱對此敏感性物種的偵測力較低。

毛髮/排遺陷阱是一個嶄新的調查方法，目前仍是測試其效用的試驗階段。對動物傷害性小且不需經常性的巡視陷阱，對於不易被調查到甚至是保育類的物種來說，不失為一個可利用的調查方法。然而目前仍有部分限制，例如本試驗中即發現：隨機黏取到的毛髮有一半以上屬於種間差異小故無法分辨物種的絨毛 (underfur)、黏取毛髮量稀少、或是黏取了除背部以外的毛髮（例如：觸鬚、尾毛等非鑑定用之典型毛髮），又可能不同地區或海拔的個體之毛髮有些微的差異，以上種種都會使後續鑑定上增加不少的困難與時間。然而若能預先建立好一套小型哺乳物種標準的毛髮檢索系統，則能降低事後鑑定花費的時間與人力，以收事半功倍之效。

五、結論與建議

(一) 結論

1. 今年五季濱岸森林樣區的小型哺乳類調查，總計捕獲 943 隻次。其中優勢物種為森鼠、黑腹絨鼠、台灣長尾鼩。
2. 濱岸森林樣區中台灣長尾鼩多在地表活動捕獲，但夏季在樹上水管捕獲 3 隻，此區的長尾鼩可能對樹上的利用程度不高。
3. 毛髮/排遺陷阱的試驗於八月和十月用於樣站中，兩次採樣共計 57 次毛髮/排遺黏獲紀錄。以二號壩黏獲比例最高。目前尚無水鼩的紀錄。

(二) 建議

1. 中長期性建議—持續監測濱岸森林小型哺乳類的組成與相對數量

主辦機關：雪霸國家公園管理處

在氣候變遷導致易出現極端氣候的現今，中高海拔的小型哺乳類生物相組成與分布是否有所改變？洪流擾動是否會影響濱岸小型哺乳動物的數量？豪雨帶來的洪流除了直接影響兩生類、水生生物數量組成外，對於濱岸小型哺乳類的活動與群聚或許有間接而巨大的影響，特別對於半水棲型的保育類水鼩而言，低族群密度及對溪流環境敏感的特性使他們成為一個監測溪流環境好壞的指標。故濱岸小型哺乳動物的組成宜持續監測並累積資料，以期看出長期趨勢。

六、參考文獻

- 甘慕龍，1995。武陵地區三種齧齒類動物(森鼠、黑腹絨鼠、巢鼠)的食性與棲地研究。
國立臺灣動物學研究所碩士論文。
- 黃俊嘉，2004。梅峰農場三種鼯鼠(台灣短尾鼯、台灣灰麝鼯和長尾鼯)之食性研究。
國立台灣大學生態學與演化生物學研究所碩士論文。
- 陳若潔，2007。台灣長尾麝鼯(鼯形目：尖鼠科)棲地利用之研究。國立台灣大學生態
學與演化生物學研究所碩士論文。
- 吳海音、吳聲海、林宗岐、許育誠、曹先紹。2008。思源埡口地區野生動物生態監測。
內政部營建署雪霸國家管理處成果報告。
- 林幸助、吳聲海、官文惠、邵廣昭、孫元勳、郭美華、高樹基、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管理處委託辦理計畫案。
- Lin, L.K. 1992. Studies on the life history of the Formosan wood mouse, *Apodumus semotus*. D.Phil.thesis : Univ.Kyushu.181 pp.
- Pocock, M.J.O., and Jennings N. 2006. Use of hair tubes to survey for shrews: new methods for identification and quantification of abundance. *Mammal Review*, 36(4): 299-308.
- Sibbald S, Carter P, and Poulton S. 2006. Proposal for a National Monitoring Scheme for Small Mammals in the United Kingdom and the Republic of Eire. The Mammal Society Research Report no. 6. London. 90 p.

表 6.1、2010 年各月份各樣區捕獲之小型哺乳類數量 (單位: 隻次)

月份	樣區	森鼠	黑腹絨鼠	長尾鼯	短尾鼯	長尾麝鼯	刺鼠	高山白腹鼠	黃鼠狼	總計
二	A	20	7	6	0	0	0	0	0	33
	B	27	9	1	0	0	0	0	0	37
	C	20	14	4	0	0	0	0	0	38
	小計	67	30	11	0	0	0	0	0	108
四	A	25	10	5	0	0	0	0	0	40
	B	29	9	1	0	0	0	0	0	39
	C	43	7	0	0	0	0	0	1	51
	小計	97	26	6	0	0	0	0	1	130
六	A	37	17	9	0	0	0	0	0	63
	B	40	11	3	0	0	1	0	0	55
	C	62	17	7	0	0	0	0	0	86
	小計	139	45	19	0	0	1	0	0	204
八	A	63	7	1	2	1	0	0	0	74
	B	62	8	0	1	0	2	1	0	74
	C	59	7	1	2	1	0	0	0	70
	小計	184	22	2	5	2	2	1	0	218
十	A	55	11	1	2	1	1	0	0	71
	B	74	17	1	0	1	1	0	0	94
	C	67	23	2	2	2	0	0	0	96
	小計	196	51	4	4	4	2	0	0	261
總計		683	174	42	9	6	5	1	1	921

(資料來源：本研究資料)

表 6.2、各月份所捕獲之小型哺乳動物捕獲比率

月份	森鼠	黑腹絨鼠	長尾鼯	短尾鼯	長尾麝鼯	刺鼠	高山白腹鼠	黃鼠狼
二	62.0	27.8	10.2	0	0	0	0	0
四	74.6	20.0	4.6	0	0	0	0	0.8
六	68.1	22.1	9.3	0	0	0.5	0	0
八	84.4	10.1	0.9	2.3	0.9	0.9	0.5	0
十	75.1	19.5	1.5	1.5	1.5	0.8	0	0
物種平均捕獲比率	74.2	18.9	4.6	1.0	0.7	0.5	0.1	0.1

(資料來源：本研究資料)

表 6.3、各樣區小型哺乳類物種組成 (單位:百分比)

樣區	森鼠	黑腹絨鼠	長尾鼯	短尾鼯	長尾麝鼯	刺鼠	高山白腹鼠	黃鼠狼
A	71.2	18.5	7.8	1.4	0.7	0.4	0	0
B	77.6	18.1	2.0	0.3	0.3	1.3	0.3	0
C	73.6	19.9	4.1	1.2	0.9	0	0	0.3

(資料來源：本研究資料)

表 6.4、四到十月森林樣區之小型哺乳類總生物量比較 (NA:無紀錄體重，數量(隻)：

物種	四月		六月		八月		十月	
	數量 (隻)	生物量 (g)	數量 (隻)	生物量 (g)	數量 (隻)	生物量 (g)	數量 (隻)	生物量 (g)
森鼠	65	1,490	68	1,793	93	2,174	96	2,281
黑腹絨鼠	24	496	41	801	17	376	40	899
長尾鼯	6	NA	19	NA	1	5	4	25
短尾鼯	0	0	0	0	5	98	4	70
長尾麝鼯	0	0	0	0	2	10	4	22
高山白腹鼠	0	0	0	0	1	65	0	0
刺鼠	0	0	1	NA	1	59	1	70
總計	92	1,986	146	2,594	120	2,787	149	3,367

有測量體重的個體數)

(資料來源：本研究資料)

表 6.5、毛髮陷阱在不同月份樣區所調查到的毛髮筆數及各樣站在當月的黏獲比例(未知：有黏取毛髮但物種未知；麝鼯屬：灰麝鼯或長尾麝鼯)

樣站	森鼠	刺鼠	黑腹 絨鼠	巢鼠	麝鼯屬	山羌	未知	總計
八月 二號壩	8	0	0	0	0	0	3	11
桃山西溪	1	0	0	1	0	0	1	3
觀魚台	1	0	0	0	0	1	5	7
有勝溪	0	0	0	0	0	0	2	2
小計	10	0	0	1	0	1	11	23
十月 二號壩	6	0	1	0	0	0	5	12
一號壩下游	0	0	0	0	1	0	1	2
桃山西溪	1	0	0	0	0	0	2	3
觀魚台	0	1	0	0	0	0	3	4
繁殖場	0	1	0	0	0	0	1	2
小計	7	2	1	0	1	0	11	24
總計	17	2	1	1	1	1	23	46

(資料來源：本研究資料)

表 6.6、各樣站在八月和十月所收到的排遺數量

樣站	八月	十月	小計
一號壩上游	0	1	1
二號壩	7	8	15
一號壩下游	2	1	3
桃山西溪	0	2	2
繁殖場	0	3	3
觀魚台	1	4	5
小計	10	19	29

(資料來源：本研究資料)

表6.7、2008 與 2010 年夏季森林樣區森鼠與黑腹絨鼠之數量比較 (隻/ha-day)

(*：累計實驗前四天記錄，**：累計實驗三天記錄)

	森鼠	黑腹絨鼠	面積(ha)
2008* 林 1	12.5	8.5	
林 2	9	0.25	
小計	21.5	8.75	2.0
2010* *			
A	11.3	2.7	
B	11.6	2.2	
C	13.7	2.7	
小計	26.6	7.6	1.47

(資料來源：本研究資料與林幸助等，2008)

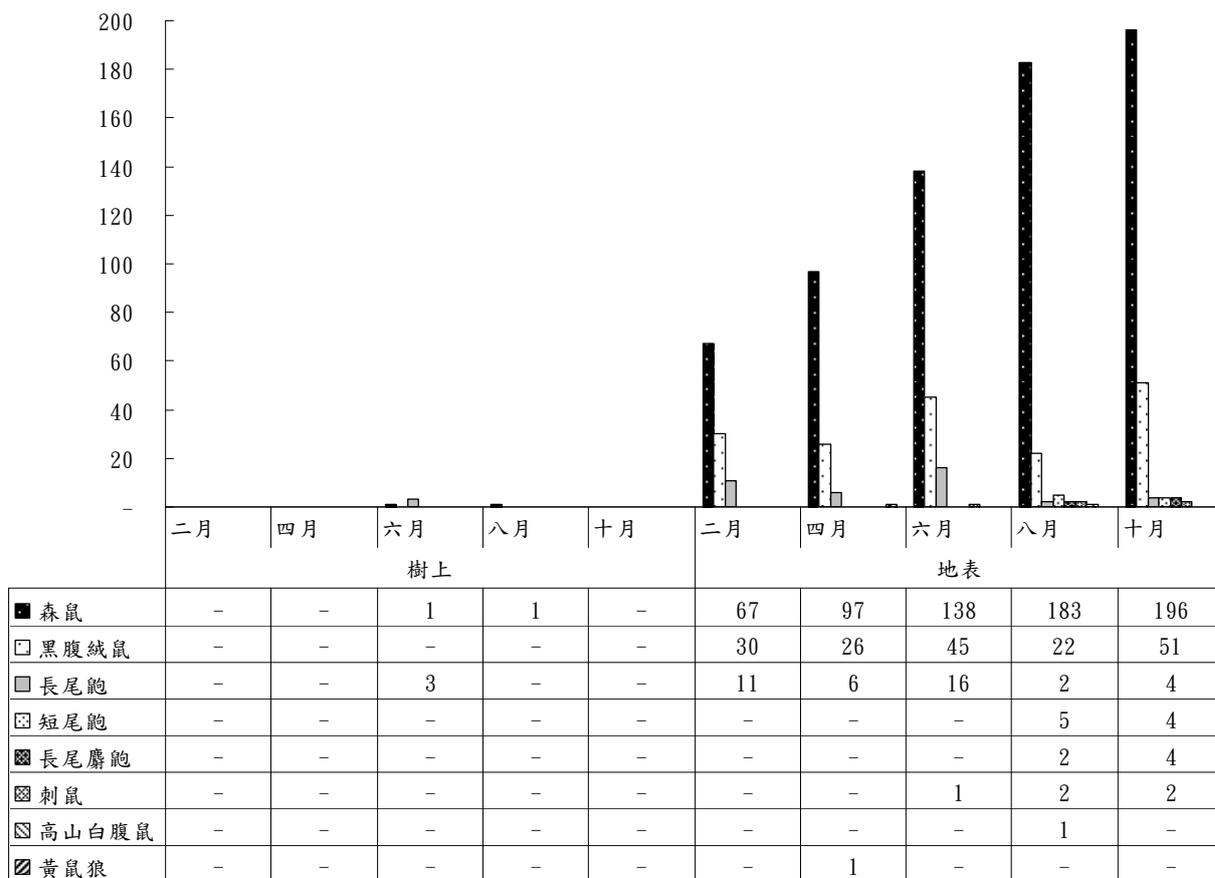


圖 6.1、各月份之小型哺乳類的棲地（地表或樹上）利用情形
 (資料來源：本研究資料)

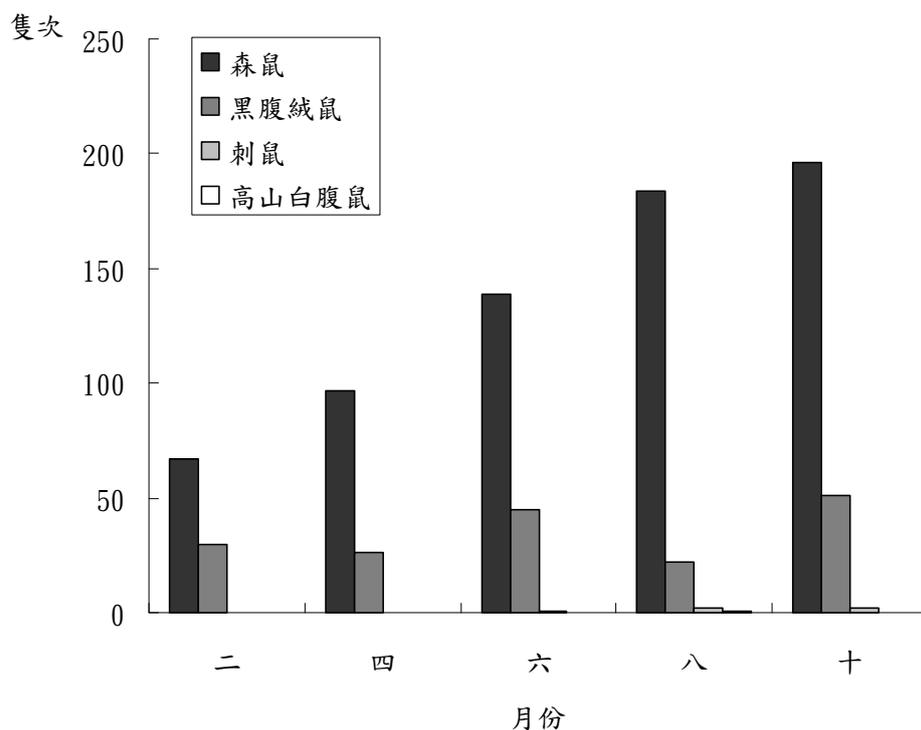


圖 6.2、齧齒目各月份之數量分布
(資料來源：本研究資料)

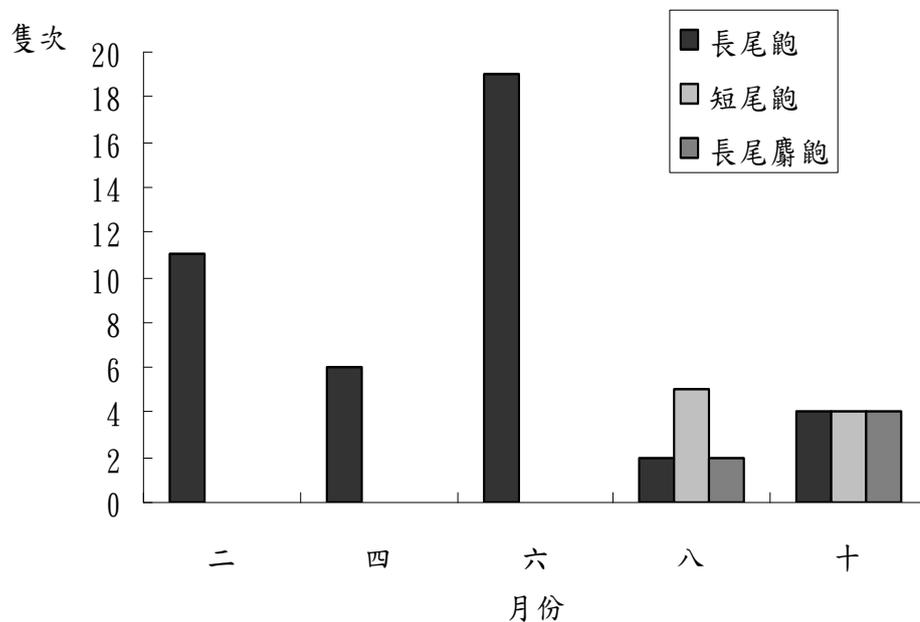


圖 6.3、鼯形目各月份之數量分布
(資料來源：本研究資料)

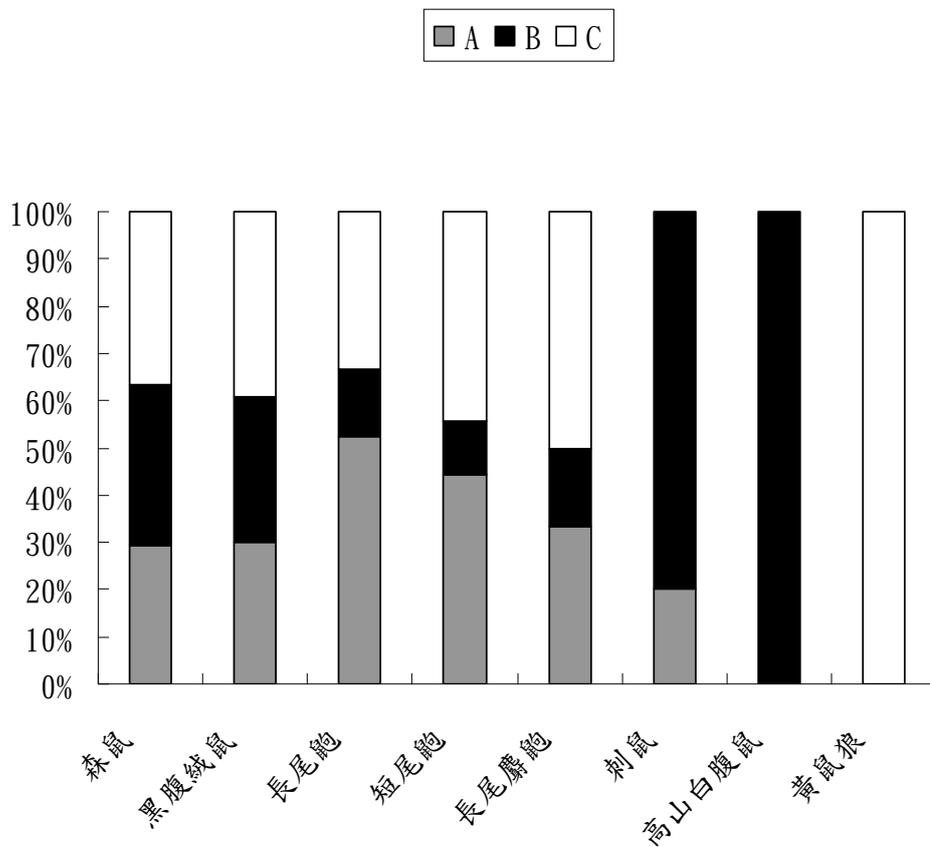


圖 6.4、小型哺乳動物在樣區間的分布比例 (資料來源：本研究資料)

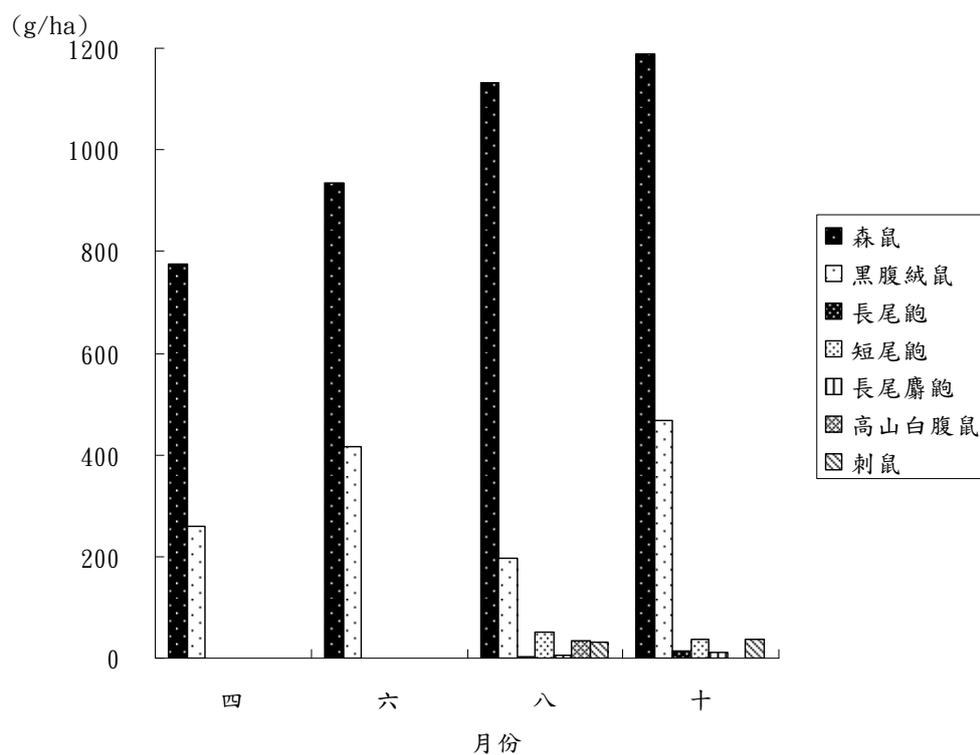


圖 6.5、各月份小型哺乳動物的單位面積生物量比較 (長尾鼯四、六、八月體重資料有缺，刺鼠六月體重資料有缺) (資料來源：本研究資料)

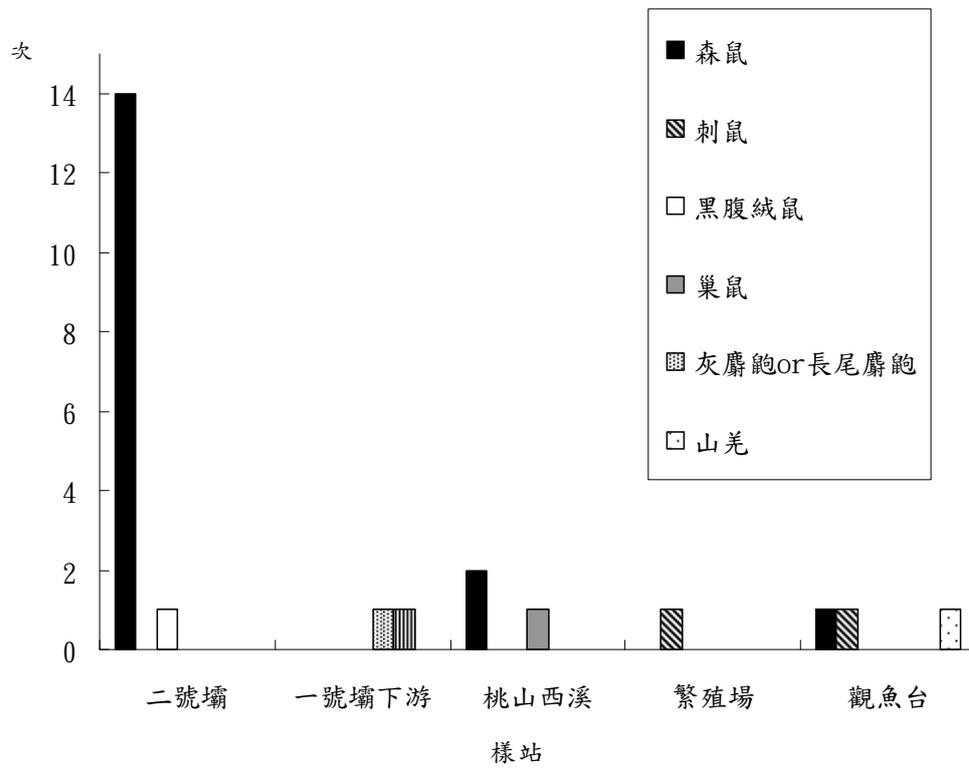


圖 6.6、濱岸各樣站調查到之哺乳類組成 (共二個月份資料)
(資料來源：本研究資料)

第七章 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

本年度迄今收集水生昆蟲資料 927 筆、陸生昆蟲資料 3133 筆、水質資料 35 筆(增加大腸桿菌測項)、藻類資料 484 筆，植物資料 4947 筆，魚類資料 114 筆，累計收集鳥類、魚類、兩棲類、昆蟲及植物調查資料共 69583 筆(涵蓋 15 綱 100 目 403 科 816 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 2117 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。

四、主要建議事項

(一) 立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

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

主辦機關：雪霸國家公園管理處

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，本年度迄今收集水生昆蟲資料 927 筆、水質資料 35 筆(增加大腸桿菌測項)、藻類資料 484 筆，植物資料 1557 筆，魚類資料 114 筆，累計收集鳥類、魚類、兩棲類、昆蟲及植物調查資料共 63060 筆(涵蓋 15 綱 98 目 378 科 761 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 2117 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。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 7-4。

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

- (一) 網站及資料庫已全部改為 PHP+MySQL+UTF-8。
- (二) 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

(一) 立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

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)。

(二) 中長期建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

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。

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。

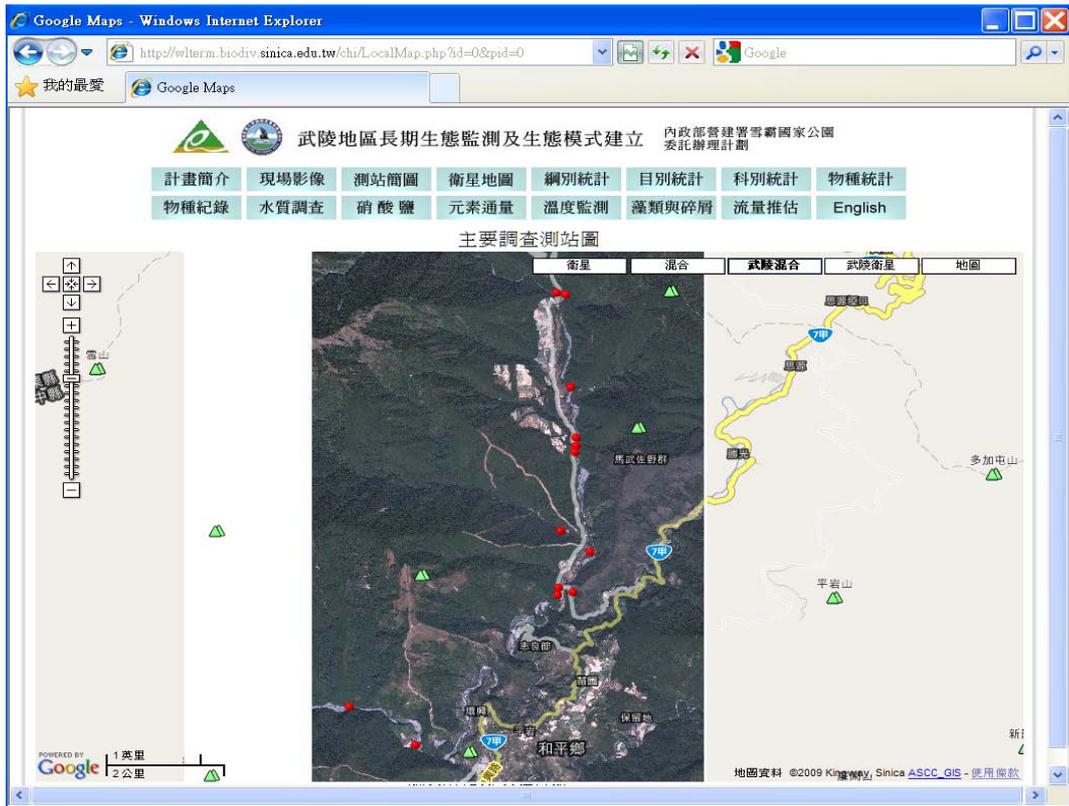


圖 7-1 武陵衛星影像全圖(含 13 個測站)(圖片來源: <http://wlterm.biodiv.sinica.edu.tw>)

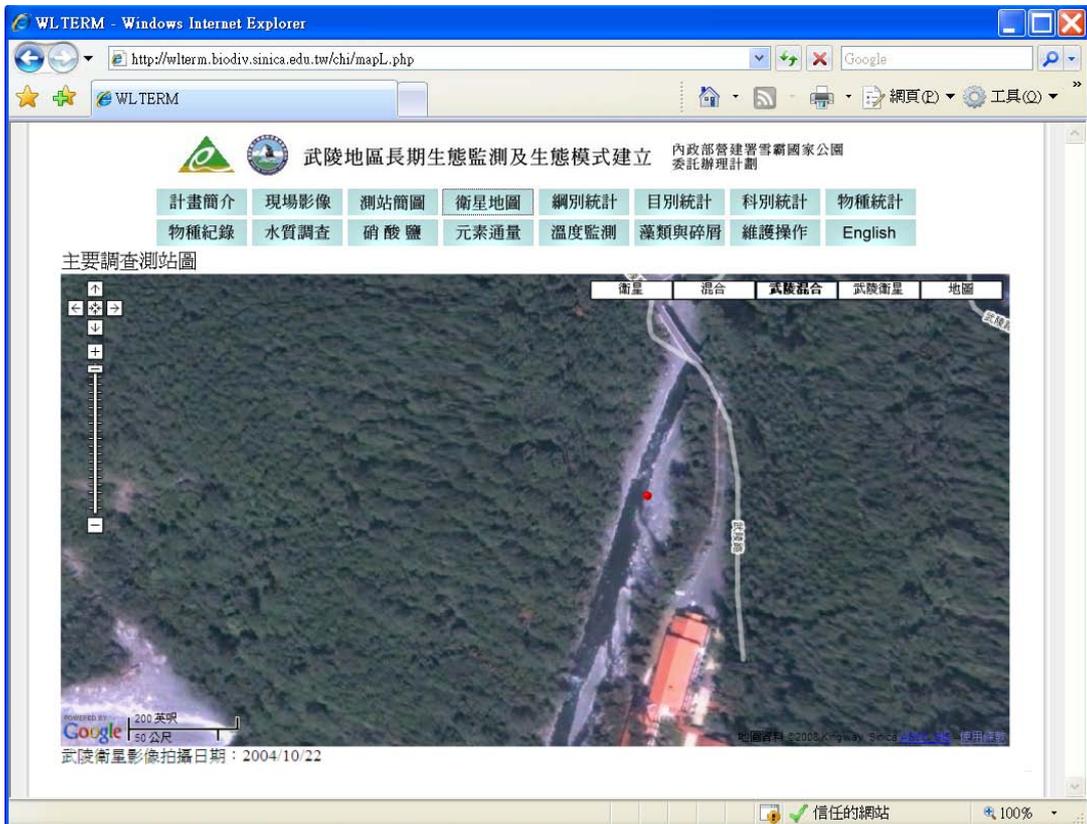


圖 7-2 武陵衛星影像高解析影像(迎賓橋)(圖片來源: <http://wlterm.biodiv.sinica.edu.tw>)

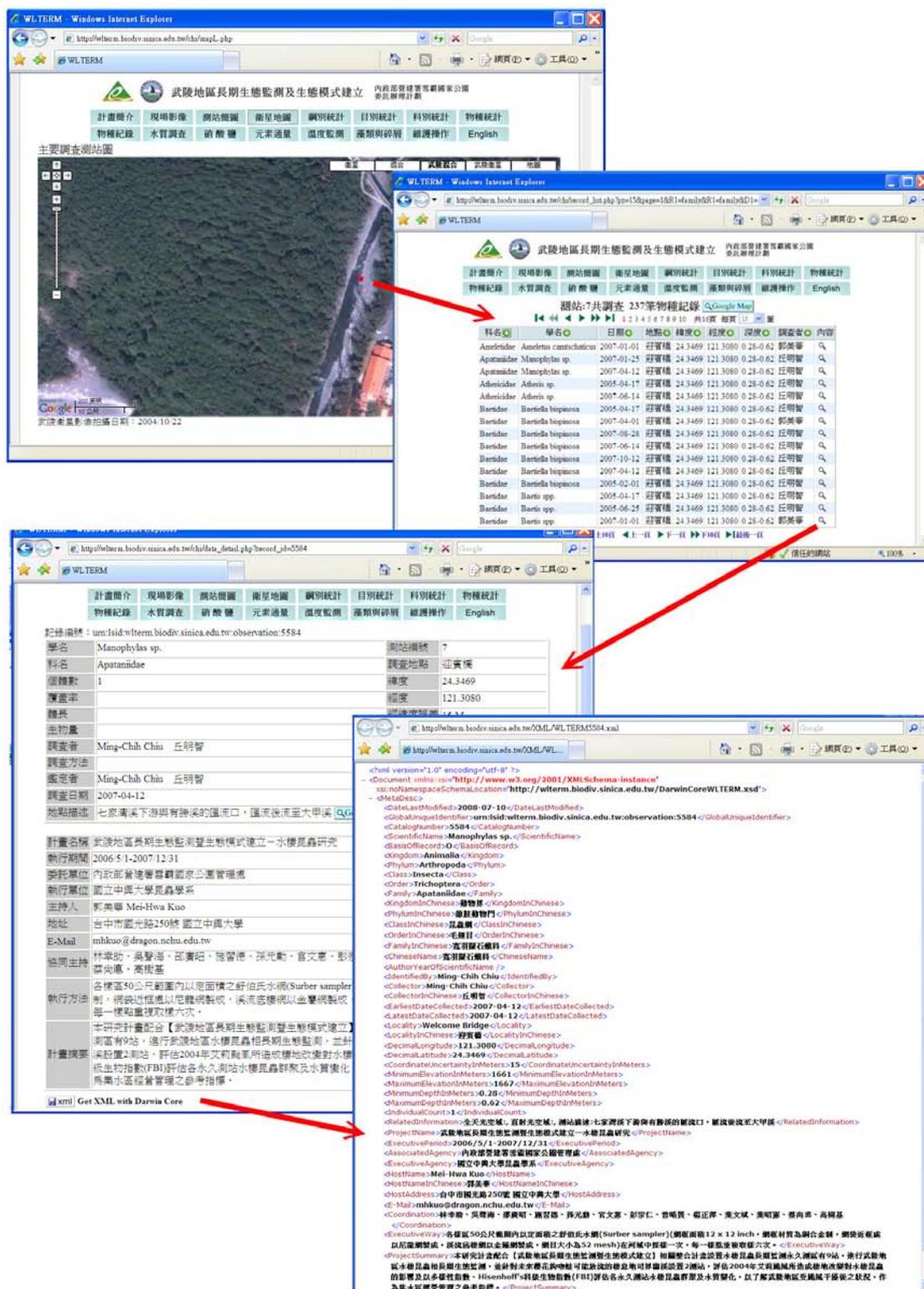


圖 7-3 由衛星影像查詢調查資料操作範例
(圖片來源：<http://wlterm.biodiv.sinica.edu.tw>)

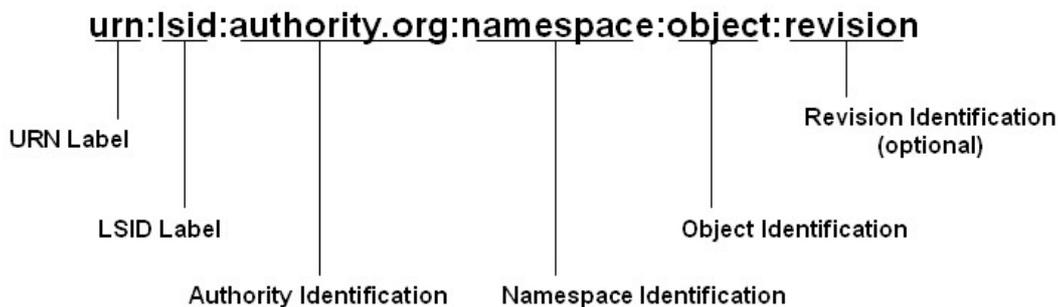


圖 7-4 LSID 格式

(圖片來源：<http://www.tdwg.org/>)

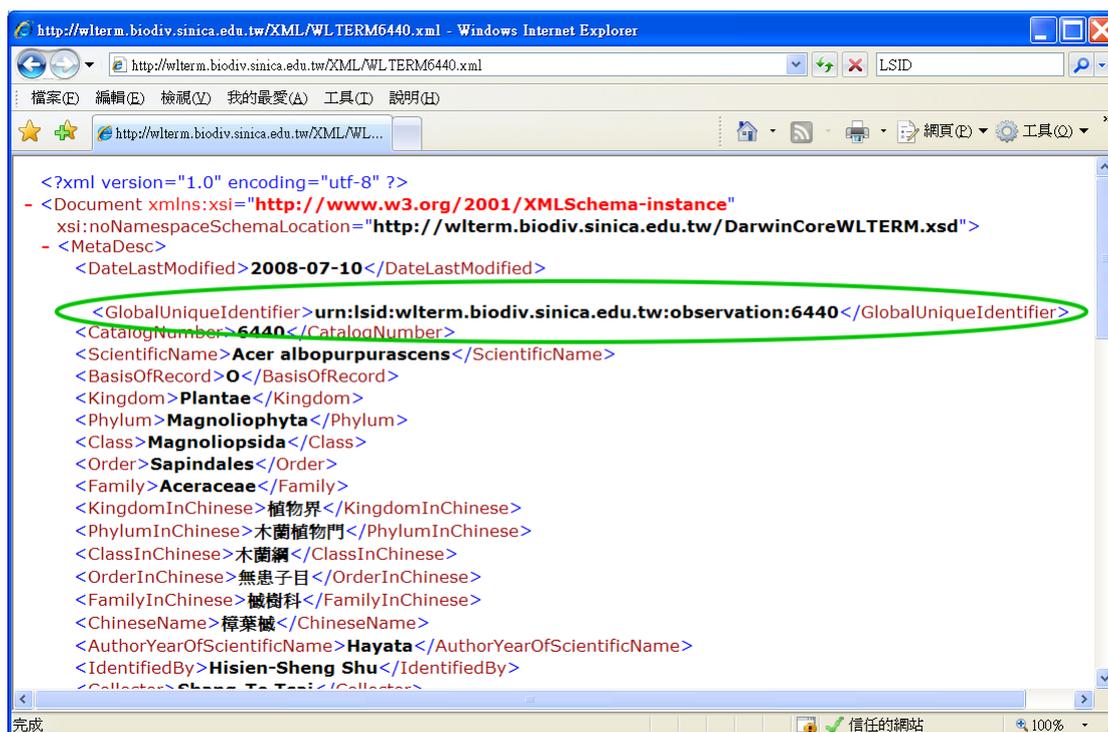


圖 7-5 武陵資料 LSID 範例

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

第八章 成果與建議

一、成果

1. 各測站石附生藻生物量，除繁殖場四月較二月上升3.5倍外，其餘樣點在四月皆較二月份低，其中又以有勝溪與一號壩下游下降最多。而六月、八月石附生藻類生物量以有勝溪為最高，八月各測站藻類生物量僅次於二月，十月藻類生物量受颱風洪水影響降至最低。十二月各測站藻類生物量則呈現上升。
2. 從2003年二月~2010年十二月瀨區石附生藻生物量變化，有勝溪的生物量高於其他各測站，尤其是每年從春季開始到夏季颱風前。但今年狀況與往年稍有不同，2009年十二月生物量達到最高峰後，於2010年二月、四月平均生物量因春雨下降後，但至八月又達高峰。
3. 與2009年二月比較，2010年一號壩上、下游皆明顯上升，而其餘測站有下降趨勢。而2010年四月、六月、十月及十二月與歷年生物量類似，八月生物量因未有颱風侵襲，與歷年資料相比明顯上升。
4. 綠藻多出現在一號壩上、下游兩樣點中，而有勝溪與繁殖場的矽藻相對量高於其他樣點。
5. 綠藻大多存在於流區與潭區，而矽藻在流區與瀨區最多。
6. 司界蘭溪二月生物量與去年二月比較，上游平均生物量明顯減少，但下游無差異。
7. 瀨與潭區石附生藻生物量分別在第26及28天累積到最高，但生長速率分別在第10及14天達最高峰。水棲昆蟲在瀨區以蚋科數量最多，潭區則以扁蜉科、四節蜉科與長鬚石蛾科為主。瀨區水棲昆蟲刮食者種類及數量皆比潭區高，出現刮食者的時間也比潭區早。
8. 石附生藻類生物量在乾、濕季期間，瀨、潭區的藻類生物量有差異。在28天拓殖過程中，藻類生物量在乾季有顯著棲地與時間的交互作用。乾季瀨區藻類生物量與流速為顯著正相關，潭區藻類生物量與刮食者水棲昆蟲有正相關。濕季瀨區藻類生物量與溫度有顯著負相關，而潭區藻類生物量與刮食者水棲昆蟲亦有正相關。
9. 有勝溪附生藻淨生產量最高，主要受附生藻生物量大而影響，而桃山西溪附

生藻淨生產力最高。而整體來看附生藻淨生產力，呈現夏秋高於冬春。

10. 高山溪因濱岸鬱閉程度高，附生藻類無足夠光源，使附生藻全年皆無營養限制。有勝溪受農業污水影響，水體營養鹽含量過高，亦無營養限制。氮限制多發生在七家灣溪測站，顯示此處極易受沿岸果園肥料廢水影響而藻華，因此台灣櫻花鉤吻鮭數量最多的七家灣溪，應致力於避免農業肥料與人為污水的輸入惡化水質。
11. 高山溪在二號壩址與一號壩下之殘材壩，在雪霸國家公園管理處進行裁切作業後，其高度已有下降；然而，高山溪二號壩與下游河道依舊存在約2.5公尺的高低差，而高山溪一號壩下之殘材壩，高差也有3公尺多。
12. 七家灣溪一號壩上游多為平坦河床，坡降約為2.0%，而一號壩下游兩岸均為岩盤，坡降則為4%至5%，其棲地類型則以緩流與淺灘為主。
13. 各測站之物理棲地與底質類型調查結果，與過去調查成果無劇烈變化，可能與今年觀測區無強烈暴雨或颱風事件有關。
14. 司界蘭溪因為河道較寬廣，所以每逢大水過後流心變動甚鉅，河道與地貌變化相對較為劇烈。
15. 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。
16. 水棲昆蟲調查發現由2003年6目27科46物種(Taxa) 增加至2010年之6目37科64物種。去年沒採獲之鉸剪春蜓 *Sinogomphus formosanus* 於今年又有採獲記錄。
17. 毛翅目之長鬚石蛾 Stenopsychidae 數量增加，且前兩年沒有採獲之黑管石蛾 Uenoidae 於今年又有採獲，因此毛翅目這二物種可作為極端洪流的生物指標。
18. 2005年施行的農地回收政策後，觀魚台測站多樣性變高且棲地評地變優，且二號壩測站同樣顯示多樣性變高及棲地評地變優，顯現農地回收政策已具有成效。
19. 由連續8年數據(2003至2010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。
20. 水棲昆蟲快速生物評估法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。

21. 多尺度空間排序分析(MDS)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集結構變動具相同傾向，且於今年有勝溪測站與其他測站群集結構相近。
22. 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。
23. 今年五季濱岸森林樣區的小型哺乳類調查，總計捕獲 943 隻次。其中優勢物種為森鼠、黑腹絨鼠、台灣長尾鼩。
24. 濱岸森林樣區中台灣長尾鼩多在地表活動捕獲，但夏季在樹上水管捕獲 3 隻，顯示此區的長尾鼩可能對樹上的利用程度不高。
25. 毛髮/排遺陷阱的試驗於八月和十月兩次採樣共計 57 次毛髮/排遺黏獲紀錄。以二號壩黏獲比例最高。但目前尚無水鼩的紀錄。
26. 2010 年魚類共同樣站的定期調查結果顯示族群數量與歷年資料差異不大，但在高山溪樣站的族群數量略有增加的現象。
27. 鮭魚族群數量在六月的普查結果顯示台灣櫻花鉤吻鮭族群數量共計有 3,377 尾，其中一齡小魚有 1,302 尾，二齡中型鮭魚有 1,517 尾，三齡大型成魚則有 558 尾。十月份普查結果共計有 4,149 尾，為歷年調查的第四高，其中一齡小魚有 1,443 尾，二齡中型鮭魚有 1,922 尾，三齡大型成魚則有 784 尾。
28. 在鮭魚族群結構上，今年六月與十月皆屬於中胖型的族群結構，皆以中型鮭魚最多，小型鮭魚次之，大型鮭魚較少，顯示今年武陵地區台灣櫻花鉤吻鮭族群更新狀況良好。
29. 本年度迄今收集水生昆蟲資料 927 筆、陸生昆蟲資料 3133 筆、水質資料 35 筆(增加大腸桿菌測項)、藻類資料 484 筆，植物資料 4947 筆，魚類資料 114 筆，累計收集鳥類、魚類、兩棲類、昆蟲及植物調查資料共 69583 筆(涵蓋 15 綱 100 目 403 科 816 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 2117 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。
30. 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. 石附生藻類營養限制研究結果顯示七家灣溪石附生藻一般為氮限制，應致力於避免農業肥料與人為污水的輸入，導致藻華，水質惡化。
2. 石附生藻類營養限制研究結果，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，應亟思謀求改善對策。
3. 高山溪四號與三號壩間殘材壩、深潭與其週遭岩盤地形仍形成鮭魚洄游明顯障礙，建議進行逐步拆除殘材壩體。
4. 高山溪二號壩之殘材壩與匯流口上游約 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，對於迴游性的鮭魚是否有影響，應持續監測。
5. 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。若能適度管控遊客人數或收集處理遊客之生活污水，應可顯著降低七家灣溪水體，尤其是中游之營養鹽濃度。
6. 水棲昆蟲觀測結果顯示一號壩上游及一號壩下游兩測站，其棲地評比為中度損害程度，Shannon- Wiener's index 值亦較觀魚台測站為低。此結果是受山溝水影響或與防砂壩有關，必須長期監測及注意，才能釐清彼此因果關係。
7. 氣象資料中雨量可做為流量指標，也可做為模擬流量之重要參數，進而了解生態反應和流量之關係。目前研究地區附近之氣象站都有明確之獲取管道，然而武陵農場托管之氣象站雖為中央氣象局所有，但需要中央氣象局同意資料謄抄之公文，建議雪霸國家公園能予以協助。
8. 今年調查殘材壩對高山溪櫻花鉤吻鮭的影響及評估，發現二號破壩堆積之殘材壩與其上游大型倒木已有做切割分段之處理。為了不致於形成高落差殘材

壩而影響鮭魚洄游路徑，建議仍須針對這些殘材後續情況進行監測，以瞭解大型倒木之殘材在經處理後能否被大水帶往下游。

9. 為因應資料長期保存及國際資料交換的需求，建議調查資料應皆以國際通用的 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. 維持濱岸植被高覆蓋度>70%可以將石附生藻原本受營養限制情形轉化為光限制，不至於因為沿岸農業廢水輸入而藻華，污染水質。
2. 設立自動水質監測站與流量站，定期蒐集水質與水文資料，以監測七家灣溪水質與水文變化，供管理即時反應及決策參考。
3. 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。

附錄一

「武陵地區生態系長期監測與研究」及「七家灣溪一號壩壩體及棲地改善工程—先期生態及棲地調查」研究案期中簡報會議紀錄

壹、開會時間：99年6月24日（星期四）上午9時

貳、開會地點：雪霸國家公園管理處第2視聽室

參、主持人：陳處長茂春

記錄：蕭明堂

肆、出席單位及人員：葉昭憲、官文惠、郭美華、曾晴賢、林永昌、林幸助、吳聲海、楊正澤、汪辰寧、蔡尚惠、李春美、鍾銘山、劉金龍、楊國華、胡克承、張美瓊、張凱璫、俞錚皞、陳美瑩、廖林彥、徐志彥、于淑芬、陳堃霖、范瑞賢、江翠玲、汪惠琪、許景祺、鐘燕錦、王榮光、黃鴛玉、劉逸婷、吳增勇、蔡美嫻、詹育華、蔡幼龍、丘明智、王永賢、王安如、陳彥谷、胡景程、陳宏昌、賴宥蒼、張玄勳、葉峻銘、廖璟郡、黃秋平、吳姿儀、吳宏彬、謝忠穎、廖冠茵、林良瑾、高怡豐、林群滄、林中、葛德芳、夏世華、趙永和、蔣廣生、曾敏雄、王心浩

伍、討論：

（一）于課長淑芬發言：

1. 可否請研究團隊針對七家灣溪溪水漲退對護岸邊坡的影響提出安全性評估？
2. 司界蘭溪棲地多淺灘，無深潭，是否為坡度影響所造成，並導致放流成效不彰，而其是否又和人為開墾導致耕地增加有關，有無過往的資料可判斷人為開墾的影響？

葉昭憲教授回應：

1. 七家灣溪的護坡是採用柔性、非均一的形式，不易進行安全性評估，但採用柔性護坡的優點在於除非溪水夾雜上游大石頭同時沖下來，否則不

容易一次垮掉。

2. 司界蘭溪的水流條件高、底質粗，所以無深潭，農業活動可能會有影響，但早期德基水庫上游就會自然崩塌。

(二) 林幸助教授發言：觀魚台的營養鹽濃度過往都很高，但今年變得較低，是否有進行特別的改善工程？另外，觀魚台至一號壩之間在今年的監測中，反而發現營養鹽的濃度有增加的趨勢，是否有新增污染源？

廖主任林彥回應：觀魚台乙段目前並無新增改善工程，另外觀魚台至一號壩間的污染源，將會加強注意武陵農場在附近的農業活動。

楊正澤教授回應：武陵地區山羌族群高，或許有可能為動物排遺帶至溪水中所造成的。

(三) 吳聲海教授發言：

1. 蜻蜓是否以往僅在下游發現，今年首次在七家灣溪發現，是否為暖化的影響？
2. 司界蘭溪的生物多樣性是否下降？

郭美華教授回應：蜻蜓以往在七家灣溪就有紀錄，另外本年度司界蘭溪的水棲昆蟲生物多樣性無下降之趨勢。

(四) 于課長淑芬發言：山溝水的硝酸鹽、氯鹽濃度高，大腸桿菌在今年4月的數量也高，報告書中推測可能為人為排泄的影響，但需進一步監測，請教後續的監測標的為何？

官文惠教授回應：針對山溝水的污染源，建議採用化糞池或截流的方式來減低污染，因為該些污染源為強電解質，利用生態工法(濕地)能削減的量較有限。另外，如需解釋山溝水大腸桿菌在4月份的數量增加，尚需收集遊客人數及流量等資料，才可以有比較確切的判斷。

(五) 劉課長金龍發言：果4、果5區目前仍有在種植，另外武陵管理站對面的茶園也有在運作，在研究期間是否有看到武陵農場在進行施肥作業？

官文惠教授回應：武陵農場應仍有施肥作業，只是口頭詢問的答覆是沒有，未來會盡量收集相關資訊，但因為施肥是在特定的時節月份進行，

建議管理站在該段時期加強巡邏注意。

(六) 林幸助教授發言：建議管理處設置自動氣象、流量站，以提供研究所需之基礎背景資料。

廖主任林彥回應：武陵農場與中央氣象局的合作氣象站，可以現場進行資料的謄寫，但推測可能測站品質不穩，故農場不願意提供檔案資料，也無法由中央氣象局購買取得。

于淑芬課長回應：氣象站及流量站的架設於會後再討論可行性。

(七) 曾晴賢教授發言：建議殘材壩在處理時，可以擷取小段樣本，攜回鑑定樹種，以有利未來針對殘材壩的處理作業。

楊正澤教授回應：殘材、枯倒木提供生物棲所，是值得監測研究的標的。

蔡尚惠教授回應：管理站在處理殘材壩時，學生可以同時去並進行採樣。

(八) 林幸助教授發言：推測今年的鮭魚數量應不只 3377 尾，應為調查期間溪水混濁導致數量上可能低估。

(九) 于課長淑芬發言：

1. 2008-2009 的植物群團分析，是否可以增加與郭城孟教授的早期研究比較分析？
2. 是否有早期高山溪植被資料，因為曾被質疑拆壩工程會增加坡面崩塌？

蔡尚惠教授回應：

1. 過去曾進行這樣的比較分析，但早期研究的尺度較大，資料較少，故比較分析上受限。
2. 高山溪的早期植被資料可能較缺乏，但或許可利用林昭遠教授以集水區的大尺度來檢視這個問題。

曾晴賢教授回應：或許可由殘材壩的組成樹種、結構、活或死木來判斷崩塌是自然現象或拆壩所引起，另外殘材壩的木材也是解說教育的利器。

(十) 葉昭憲教授發言：請教殘材壩的高度達到多高會對鮭魚的移動有所影響？

曾晴賢教授回應：需看殘材壩堆積影響的時間長短而定。

(十一) 胡景程助理發言：

1. 囊螺、渦蟲的族群變化原因為何？
2. 拆壩工程對青蛙、蝌蚪密度的影響關聯為何？
3. 一號壩下游的鉛色水鵝少，但上游則較多，是否與一號壩上游河面開闊，較容易觀察發現有關？建議以密度的方式來表達族群的多寡，並可以與水棲昆蟲間進行關聯。
4. 鉛色水鵝過往都有一季兩窩的情形，可能反應了棲地品質的好壞，不知道今年的情形如何？
5. 黃魚鴉雌鳥所攝食的生物量如何評估？另外，為何成鳥的活動模式是沿著溪段而非以面積表示？

吳聲海教授回應：

1. 渦蟲、囊螺的族群與水流快慢有關，水流緩慢的地區較多，而在部分區域因為水流較強，所以族群少。
2. 推測過往的大雨沖走蝌蚪，因而影響到成蛙的新生族群，未來在拆壩工作上可監測工程對水流及生物的影響。

汪辰寧研究人員回應：

1. 鉛色水鵝的調查是兩個人同時在溪流兩岸進行觀察，並輔以聽覺，故搜尋上的誤差應不大，資料呈現會在期末報告中修正為以密度表示。另外，本年度有收集鉛色水鵝的糞便，可進行食物組成的分析，並對應水棲昆蟲的豐度。
2. 本年度同樣有觀察到鉛色水鵝一季兩窩的情形。
3. 黃魚鴉的生物量是由錄影紀錄中，食物與尺的相對比例來換算。另外，由於黃魚鴉僅在溪流兩岸活動，故以溪流河段來標示活動範圍較面積表示更為適當。

(十二) 林幸助教授發言：

1. 武陵哺乳類及兩生類的研究中，已有捕抓的青蛙體長、體重的測量資料，故可將黃魚鴉的食物換算成重量表示。
2. 為何捕抓的黃魚鴉雌鳥會由七家灣溪移到有勝溪流域？

汪辰寧研究人員回應：推測可能為有勝溪捕抓的另一隻雌鳥死亡有關，或者黃魚鴉的領域有年周期變化。

胡景程助理回應：黃魚鴉以魚為食，有勝溪的苦花數量極多，棲地品質應高於七家灣溪，可能可解釋當原本領域的個體死亡後，另一對個體遷入的原因。

(十三) 于課長淑芬發言：

1. 哺乳類的監測目前僅針對小型哺乳類，是否可以增加山羌數量的調查？
2. 請受託單位協助將報告書修正符合規定格式。

吳聲海教授回應：武陵山羌的調查將於會後評估如何進行。

陸、結論：

- (一) 本次期中簡報審查請受託單位依據上述意見修正補充內容後，繳交修正後報告書至本處保育課，經確認無誤後方通過審查。
- (二) 本期中報告參加人員可登錄公務人員終身學習時數 6 小時。

柒、散會

附錄二

「武陵地區生態系長期監測與研究」及「七家灣溪一號壩壩體及棲地改善工程—先期生態及棲地調查」研究案期末簡報會議紀錄

壹、開會時間：99年12月20日（星期一）上午9時50分

貳、開會地點：雪霸國家公園管理處第2視聽室

參、主持人：陳處長茂春

記錄：蕭明堂

肆、出席單位及人員：葉昭憲、官文惠、郭美華、曾晴賢、林永昌、林幸助、吳聲海、楊正澤、孫元勳、蔡尚惠、王筱雯、王焯錡、鍾銘山、楊金臻、劉金龍、邱滄明、謝耿洲、廖林彥、謝銘銓、徐志彥、潘振彰、蕭明堂、范瑞賢、柯靜玟、張美瓊、張凱璫、俞錚皞、陳堃霖、宋宜玲、江翠玲、汪惠琪、劉逸婷、劉惠芳、廖美秀、王永賢、賴宥蒼、葉峻銘、黃秋平、廖冠茵、郭偉函、王剛川、吳杰峯、徐緝昌、沈加明、陳子姍、陳俊勇、洪美嘉、鄭朝正、馮聖評、陳彥古、陳淑官、李佩珍、江宛樺、林資沁、張文宏、賴志偉、張承雅、洪敏瑜、盧宜岑、楊茵洳、蔡慧珊、陳帝溶、蔡俊興

伍、討論：

討論 I

（一）葉昭憲教授發言：因為我同時是成大王筱雯老師團隊的顧問，因此針對一號壩的改善工程做過討論，就我所知目前他們做出來的結果顯示，不管一號壩是用怎樣的方式進行改善，都會造成下游水質的混濁且持續時間長，所以建議一號壩下游的殘材壩儘快拆除，以提供鮭魚移動避難。

（二）陳茂春處長發言：老師的建議事項中有一項是說一號壩旁邊的邊坡可能會再被侵蝕，但之前與成大李鴻源教授勘查的結果顯示，一號壩邊坡已經是岩盤，所以不會再崩坍，這兩者是否有衝突。

葉昭憲教授回應：這項建議會再修正。

(三) 楊正澤教授發言：葉老師的團隊是否可提供一號壩上下游 100 公尺的底質資料，顆粒的移動是哪一個層級的？哪些底質可能會因為壩體改善而被移走？哪些則否？因為底質對下遊的濱岸的影響很大，並會影響陸生昆蟲。另外，有關崩塌是否停止的部分，雖由崩坍地有無植物來確認，但仍需要注意所長出的植物是否為可以附著的植物，此部分可請植物調查的團隊協助確認。

葉昭憲教授回應：先前做過的水工模型無法顧及較細懸浮物質。下午王筱雯教授團隊或許可以協助解答。

(四) 蔡尚惠教授發言：書面的期末報告書中，示意圖的部分似乎有缺漏，不及簡報檔詳細，可否請老師補上以提供其他團隊參考。

葉昭憲教授回應：遵悉辦理。

討論 II

(一) 林幸助教授發言：

1. 森鼠與黑腹絨鼠為何只在地面發現，而位在樹上活動，其生態意義為何？本年哺乳動物資料與 2008 年大致相同，意義為何？
2. 有關資料庫建構的部分，在報告中最後展現的整合資料庫模式不錯，未來長期生態監測的資料庫是否可以考慮朝向魚類資料庫的方式來建構？

吳聲海教授回應：今年同時進行樹上及地面的小型哺乳動物調查，主要是因為過去研究僅著重在地面，所以想瞭解小型哺乳動物在樹上的活動情形。但結果顯示這個地區的小型哺乳動物主要都是在地表活動，沒有證據顯示他們會使用樹上的棲地。另外，本年資料與 2008 相近結果來看，此區的森林沒有太大改變，到了年終小型哺乳動物的數量越來越多，主要是小型哺乳類躲到森林中渡冬所致。以環境指標來講，報告書中所呈現的幾個種類都是森林內數量較多，其中只有森鼠是適應各種棲地環境，雖然我們調查的森林樣站並不是非常天然的，但結果顯示森林可以作為他們的渡冬地或避難所。未來棲地改善可以此項目作為監測的目標。

林永昌工程師回應：有關資料庫建構的部分，因為目前計畫仍持續進行中，是否適合把所有的資料都放上網路上供外界查詢，仍需思考。目前的介面僅提供逐筆資料瀏覽，或許等到整個計畫結束，報告完成後，再去開

發介面，提供下載服務。

楊正澤教授回應：我覺得贊成林永昌先生的看法，目前國家公園的資料累積已經超過國科會的標準。

陳茂春處長回應：我認為資料庫可以先建置好，是否立即開放可再討論，但資料的保存是很重要的，若當初有更完善的資料，就可以提供未來研究比較使用。

(二) 胡景程助理發言：

1. 請教吳聲海教授團隊，水鼈對溪流環境敏感，但水鼈的數量少而不易捕捉，是否適合做為溪流環境的指標？
2. 台灣長尾鼈在冬季較多的原因為何？冬季在地表，其他時間在樹上的活動原因為何？
3. 請教郭美華教授團隊，可否解釋溪流環境梯度為何？另外，報告中指出武陵水棲昆蟲有七年一個循環，在其他國外研究是否也有相似的情形發生，其生態的意義為何？

吳聲海教授回應：

1. 水鼈對森林溪流是很好的生態指標，但目前捕捉方法的捕捉率不高，抓到的個體多半也已死亡，未來會再思考捕捉方法的改良，因為水鼈由水中上岸來後，毛是濕的，不易被毛髮陷阱所沾黏，或許未來更多的研究可回答這個問題。
2. 有關長尾鼈的問題，目前所知有限。是否和河岸棲地利用的原因有關？尚待確認。

郭美華教授回應：就像溪流生態系的底質由上游至下游的運輸過程，水棲昆蟲由上游到下游的食性組成也不同，上游枯枝落葉較多，下游較少，影響水棲昆蟲的生態角色。但因為七家灣溪很短，所以由上而下的情形不明顯，且有一些干擾因子在其中，另外，有關七家灣溪七年一個周期的觀察，因為溪流生態系間的差異很大，是獨立的，而較難與其他地區做比較。

(三) 陳茂春處長發言：水質與去年的差異性是否有顯著性的變化？

官文惠教授回應：去年的水質跟今年變化不大，但農地回收的水質今年比較趨近觀魚台，之前則比較趨近桃山西溪。至於山溝水與排水溝水則持續有人為活動的輸入。

討論 III

(一) 胡景程助理發言：

1. 濱岸是否有發現外來種實際形成群落，武陵地區很多園藝種，是否可以給予一些建議，哪些適合種，哪些不適合？
2. 黃魚鴉的活動模式與棲地利用相關，本次在有勝溪調查的結果與過去宜蘭山區的結果有無差異，相較來看，有勝溪及七家灣溪的資源對於黃魚鴉而言是相對較多或少？是否可由活動模式看出趨勢？
3. 報告書中說到武陵溪流所調查的三種蛙類可當作一個指標，請教這些蛙類族群的增長可以代表環境哪些變化？

蔡尚惠教授回應：今年研究結果顯示，加拿大蓬與羊蹄比前兩年多(85 頁 -3-4)，波斯菊等其他物種則沒有。其他測站的樣區則沒有較高，所以作此建議

孫元勳教授回應：目前七家灣溪及有勝溪的兩對黃魚鴉領域長度分別為 6.7 及 7 公里左右，相較於台北烏來的黃魚鴉領域 5km 是較大的，可能的原因是烏來有很多養鱒場，食物較豐富，目前觀察七家灣溪的個體領域有 6.7 公里，七家灣溪的鮭魚資源是否可提供足夠的資源，使得牠們的領域更短，需更多研究。但預期台灣地區沒有養鱒場的溪流，黃魚鴉的領域可能會更長。

吳聲海教授回應：梭得氏赤蛙與盤古蟾蜍生存環境相似，以監測指標而言，溪流的水量及開闊程度影響到蝌蚪是否能在此生殖，水溫也會影響到蝌蚪在水裡待的時間，所以可以看出溪流的物理因子對蝌蚪與青蛙族群量的影響，並以此作為監測指標。

(二) 林幸助教授發言：：白鵲鴿為何至 2008 年才出現，原因為何？食性為何？

孫元勳教授回應：白鵲鴿多數是候鳥，偶爾也會有留鳥，在此出現的原因不明，是否是其他地區個體擴散而來，或與搖蚊的增加有關，尚待研究。

(三) 楊正澤教授發言：是否有可能此區的生物量雖然很多，但可能不易補食，而影響實際被利用率？

孫元勳教授回應：相較於苦花，或許鮭魚游得比較深，黃魚鴉比較不好抓，但在 10-11 月雄鮭魚打架後，常在淺灘移動而較好抓，在其他時間則不

清楚。

(四) 陳茂春處長發言：非昆蟲無脊椎，如水螭的數量為何較過往還少？

吳聲海教授回應：目前還不太明確，因為前幾年蚯蚓的量很多，溪中的有機物質、水流都很大，影響很大。渦蟲至今數量很少的原因也仍不明，可能與水中的有機質改變有關。

林幸助教授回應：由於從 2005 年開始至 2006 有連續幾個颱風，並一直持續到現在，我覺得今年吳老師團隊所做出的結果顯示，已可發現一些無脊椎動物，可判斷為生物開始有回復的趨勢，只要風調雨順幾年，生物就開始恢復。

楊正澤教授回應：若枯水一陣子後再有水，就會有昆蟲去產卵，有時水流量很低、乾了後又被淹沒，形成濱岸潮間帶就可提供昆蟲繁殖。但若一次颱風把這樣的環境帶走，就要再等其恢復。

討論 IV

(一) 王筱雯教授發言：請教林幸助教授在報告中提到，乾溼季的流速、水溫的因子會影響藻類生長。但流量為面積跟流速相乘，濕季時，流速大，面積也大，所以是否與報告結果相反，可否請林老師再說明一次。

林幸助教授回應：乾季時水的體積較小，藻類能感受的流速是在石頭周圍，因為乾季水較集中，所以石頭上的藻類感覺到的流速是較快的。此和過去的概念不同，相反的，濕季時水較快，但面積也較大，所以實際石頭周圍感受到的流速比較小。因此報告中才認為流量帶動石頭，就會把藻類都滾掉。另外，也跟坡度有關，未來模式預測時也將考慮石頭的大小。

楊正澤教授回應：泥沙的粒徑大小直接跟昆蟲有直接相關。

討論 V

(一) 孫老師教授發言：鉛色水鵝的族群數量從 2003 至今持續增加，初期認為溪床變寬可能是一個影響因子，雖然從 1999 年至今的觀察感覺溪床有變寬，但無證據，從剛剛報告中的航照圖看似乎有這樣的感覺，是否可以請王老師的團隊協助將這部份量化。

王筱雯教授回應：由繪製的過程的確有發現溪床變寬，未來可以把它量化提供其他團隊所需。

(二) 林幸助教授發言：

1. 覺得王筱雯教授團隊做得很好，但有幾個問題，第一、對生物而言除了知道輸砂量，可否由此推算濁度，因為壩體改善的當下濁度會瞬間飆高，之後又降下來。這樣才可以應用至生態模式的模擬。
2. 上游會沖刷、下游會淤，但影響的距離在報告書中未明確說明，但影響範圍將會牽涉其他計劃的監測樣點是否能涵蓋所有的範圍，目前監測樣點著重在上下游 100 公尺。
3. 第三；建議庫區移除 25% 泥沙，但如何移除，是否就造成壩體改善前就先影響棲地？

王筱雯教授回應：

1. 水工模型代表距離只有上下游 1 公里，可用來檢視拆除後較小尺度的變化，由模型中 3 分鐘及 6 分鐘飆高，回推現場應是 1-3 小時會有劇烈飆高濁度，就飆高範圍而言，濁度會達到很高，但可以由輸砂量再進行換算。數值模式是模擬長期的水文事件，若以一號壩壩體改善後，數個月內左邊下游的點都仍很高。但環境是變動的，我們只是以水利作最大的預測。
2. 由水工模型來看，上下游溯源沖刷，影響範圍是上下游正負 400 公尺，但以數值模型來看，第一次會帶來劇烈的衝擊，影響範圍上游會到 1600 公尺，下游會至 1.2 公里左右。
3. 當我們做壩體改善就是一個擾動，若要移除庫區泥沙，可以跟壩體改善一起進行，減少擾動次數。

陳茂春處長回應：工程的部分不是問題，但行政程序是後續需確認的，現在汪靜明教授也在同時再進行生態檢核的計畫，確認此一區塊，至於壩體改善的作業，能以最自然的方式進行最好。

王筱雯教授回應：從庫區移除的泥沙同樣放到下游，目的只是避免瞬間泥沙的飆高，如果不移除，水文現象也會持續將泥沙帶下來。

楊正澤教授回應：我比較贊成讓泥沙自然地帶下來的方式，因為如果以人為的方式運送，可能造成泥沙結構的改變。雖然在改善的當下，短暫時間會有衝擊，但生物本身會有避難能力。

陳茂春處長回應：可以自然地將泥沙輸送下來是最好，若先移除 1/4 的庫區

泥沙，可以減緩瞬間衝擊，但如果沒有進行也不至於有太大影響。成大李鴻源教授也說壩體改善影響到德基水庫的機率是微乎其微。從王筱雯教授今天報告的結果與葉昭憲教授的建議方向是相同的。

(三) 蔡尚惠教授發言：很佩服王筱雯教授團隊，希望未來能有機會合作。有個問題請教，前兩年我有作七家灣溪的地景變遷，也收集了 2002-2004 年的相關圖資，不知道老師這邊購買的圖資是從哪裡來的，因為這牽涉到圖資的解析度，希望老師報告修正時，可以再說明清楚。另外，衛星影像的圖資必要時也可以互相分享，避免重複花錢。

王筱雯教授回應：我們收集到八年的航照圖也花很多錢，所以各位老師需要也不用客氣，解析度的部分會在修正報告中完整說明。

(四) 陳茂春處長發言：高山溪在過去改善四個壩時，是否觀察到水質的變化。
廖林彥主任回應：四個壩在 2004 年改善完成，當初觀察發現改善的影響持續到 2005 年，2005 年之後看都是穩定。

(五) 邱滄明課長：聽完王老師的報告後，本來預定可以規劃如何改善了，但想請問庫區 25% 的泥砂是否一定要先行移除？另外崩坍地的保護工是否也須先行完成，若是如此可能趕不及在明年雨季年進行壩體改善。

王筱雯教授回應：庫區泥沙的移除非必要，會再用保守的文字來說明；崩塌地的改善工程，可減緩崩塌地對河道的衝擊，在壩體改善後進行即可。

陸、結論：

- (一) 本次期末簡報審查請受託單位依據上述意見修正補充內容後，繳交修正後報告書至本處保育課及環境課，經確認無誤後方通過審查。
- (二) 本期末報告參加人員可登錄公務人員終身學習時數 6 小時。

柒、散會