

雪霸國家公園管理處委託辦理計畫

武陵地區七家灣溪壩體改善後臺灣櫻花鉤吻鮭棲地監測暨

現存其它棲地調查與改善評估

期末報告

委託單位：雪霸國家公園管理處

執行單位：明志科技大學環境與安全衛生工程系

國立中興大學昆蟲學系

逢甲大學水利工程與資源保育學系

研究主持人：官文惠

共同主持人：郭美華、葉昭憲（按姓氏筆劃排列）

中華民國一百零五年十二月

目錄

目錄	I
表目錄	III
圖目錄	V
研究計畫項目與內容	IX
整合計畫摘要	1
第一章 水質監測	1-1
計畫摘要	1-1
Abstract	1-4
一、前言	1-5
(一) 研究緣起	1-5
(二) 研究目的	1-5
(三) 文獻回顧	1-5
二、材料與方法	1-11
(一) 採樣地點介紹	1-11
(二) 水質分析方法	1-11
三、結果	1-14
(一) 水質監測	1-14
四、討論	1-15
(一) 七家灣溪流例行性水質監測	1-15
(二) 一號壩壩體改善密集監測	1-17
(三) 山溝及排水溝之水質監測	1-18
(四) 8.1 公頃回收農用地之水質監測	1-19
(五) 羅葉尾溪與合歡溪之水質監測	1-20
(六) 森林火災對水質之影響	1-20
(七) 9 月份連續 3 個颱風侵臺之影響	1-21
(八) 今年水質分析結果與國際濕地訂定值比較	1-21
五、結論與建議	1-22
(一) 結論	1-22
(二) 建議	1-23
六、參考文獻	1-24
附表	1-26
附圖	1-39
第二章 物理棲地研究	2-1
計畫摘要	2-1
Abstract	2-3
一、前言	2-4
(一) 計畫緣起與背景	2-4
(二) 計畫範圍與執行期間	2-4
二、研究方法及過程	2-5
(一) 河道地形變化趨勢	2-5
(二) 物理棲地組成	2-6
(三) 溪流流量實測	2-8
(四) 物理棲地組成模擬	2-8

三、研究發現	2-12
(一) 有勝溪河道變化調查	2-12
(二) 有勝溪無水段調查及流量量測	2-13
(三) 七家灣溪河道變化調查	2-13
(四) 合歡溪河道變化調查	2-15
(五) 高山溪二號壩口殘材堆積	2-15
(六) 物理棲地模式應用	2-15
(七) 有勝溪壩體改善評估	2-17
四、結論	2-18
五、參考文獻	2-19
附表	2-21
附圖	2-30
附件一	2-51
附件二	2-66
第三章 水棲昆蟲研究	3-1
計畫摘要	3-1
Abstract	3-3
一、前言	3-5
(一) 研究緣起	3-5
(二) 水棲昆蟲	3-6
(三) 棲地評比及多樣性	3-8
(四) 一號壩壩體改善部分拆除工程的影響	3-8
二、材料與方法	3-10
(一) 研究地區	3-10
(二) 研究方法	3-11
三、結果	3-14
(一) 物種數及個體數	3-14
(二) 中大體型食餌	3-14
(三) 生物量	3-14
(四) 多樣性	3-15
(五) 棲地評比	3-15
(六) 群聚結構	3-15
(七) 一號壩壩體改善部分拆除工程的影響	3-16
(八) 合歡溪上游	3-17
(九) 2016-04-9 武陵地區森林大火的影響	3-17
四、討論	3-19
(一) 物種數及個體數	3-19
(二) 多樣性	3-19
(三) 棲地評比	3-20
(四) 一號壩壩體改善部分拆除工程的影響	3-21
五、結論	3-23
六、參考文獻	3-24
附表	3-28
附圖	3-37

表目錄

表 1-1 地面水體分類及水質標準	1-26
表 1-2 歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準(2006.9.6.)	1-26
表 1-3 飲用水水源水質標準 (作為自來水及簡易自來水之飲用水水源者)	1-27
表 1-4 濕地水質標準	1-27
表 1-5 水體樣品保存	1-28
表 1-6 採樣地點地理座標	1-29
表 1-7 105 年 02 月溶解態分析數據	1-30
表 1-8 105 年 04 月溶解態分析數據	1-32
表 1-9 105 年 04 月 11 日火災後溶解態分析數據	1-34
表 1-10 105 年 06 月溶解態分析數據	1-35
表 1-11 105 年 10 月溶解態分析數據	1-37
表 2-1 棲地底質分類表	2-21
表 2-2 各種物理棲地環境指標定義	2-21
表 2-3 收費站樣站內各斷面座標	2-21
表 2-4 有勝溪下游樣站內各斷面座標	2-21
表 2-5 勝光派出所樣站內各斷面座標	2-21
表 2-6 登山口樣站內各斷面座標	2-22
表 2-7 羅葉尾樣站內各斷面座標	2-22
表 2-8 觀魚台樣站內各斷面座標	2-22
表 2-9 一號壩樣站內各斷面座標	2-22
表 2-10 繁殖場樣站內各斷面座標	2-22
表 2-11 各樣站之平均坡降	2-23
表 2-12 各樣站之多樣性指標 (SIDI 值)	2-23
表 2-13 合歡溪與樣站之相似度	2-23
表 2-14 平均流量下有勝溪鮭魚各生長階段壩體上游權重可利用面積	2-23
表 2-15 生態基流量下有勝溪鮭魚各生長階段壩體上游可利用面積	2-24
表 2-16 生態基流量下有勝溪鮭魚各生長階段壩體下游可利用面積	2-24
表 2-17 平均流量下七家灣溪一號壩壩體改善前鮭魚可利用面積	2-24
表 2-18 生態基流量下七家灣溪一號壩壩體改善前鮭魚可利用面積	2-24
表 2-19 平均流量下壩體上游可利用面積比例	2-24
表 2-20 平均流量下壩體下游可利用面積比例	2-24
表 2-21 生態基流量下壩體上游可利用面積比例	2-25
表 2-22 生態基流量下壩體下游可利用面積比例	2-25
表 2-23 有勝溪壩上河床質調查記錄表	2-25
表 2-24 有勝溪壩下河床質調查記錄表	2-27
表 3-1 2016 年七家灣溪之 2 月水棲昆蟲資源組成及總個體數	3-28
表 3-2 2016 年有勝溪之 2 月水棲昆蟲資源組成及總個體數	3-29
表 3-3 2016 年七家灣溪之 4 月水棲昆蟲資源組成及總個體數	3-30
表 3-4 2016 年有勝溪之 4 月水棲昆蟲資源組成及總個體數	3-31
表 3-5 2016 年七家灣溪之 5 月水棲昆蟲資源組成及總個體數	3-32
表 3-6 2016 年有勝溪及合歡溪之 5 月水棲昆蟲資源組成及總個體數	3-33
表 3-7 2016 年七家灣溪之 10 月水棲昆蟲資源組成及總個體數	3-34
表 3-8 2016 年有勝溪及合歡溪之 10 月水棲昆蟲資源組成及總個體數	3-35
表 3-9 合歡溪各項生物監測數值	3-36
表 3-10 2011 年 2 月至 2016 年 5 月之水質與水棲昆蟲之間的逐步迴歸分析	3-36

表 3-11 2004 年至 2015 年七家灣溪流域之水質因子、中大型食餌水棲昆蟲與台灣櫻花鉤吻
鮭關係的最終模型 -----3-36

圖目錄

圖 1-1 雪霸國家公園	1-39
圖 1-2 氮素循環過程	1-39
圖 1-3 流程圖	1-40
圖 1-4 武陵地區七家灣溪流流域水質採樣地點位置圖	1-40
圖 1-5 羅葉尾溪、有勝溪流流域採樣位置圖	1-41
圖 1-6 山溝、排水溝採樣位置圖	1-41
圖 1-7 紅框區域為 105 年 4 月 11 日森林火燒山範圍，實心紅圈為建議採樣之樣站	1-42
圖 1-8 合歡溪採樣位置圖	1-42
圖 1-9 武陵地區溪流溫度值變化	1-43
圖 1-10 武陵地區溪流 pH 值變化	1-43
圖 1-11 武陵地區溪流導電度值變化	1-44
圖 1-12 武陵地區溪流溶氧值變化	1-44
圖 1-13 武陵地區溪流濁度值變化	1-45
圖 1-14 武陵地區溪流 SiO ₂ 值變化	1-45
圖 1-15 武陵地區溪流 NO ₃ ⁻ -N 值變化	1-46
圖 1-16 武陵地區溪流 NO ₂ ⁻ -N 值變化	1-46
圖 1-17 武陵地區溪流 SO ₄ ²⁻ 值變化	1-47
圖 1-18 武陵地區溪流 Cl ⁻ 值變化	1-47
圖 1-19 武陵地區溪流 PO ₄ ³⁻ 值變化	1-48
圖 1-20 武陵地區溪流 NH ₄ ⁺ -N 值變化	1-48
圖 1-21 武陵地區溪流 TOC 值變化	1-49
圖 1-22 一號壩壩體改善溫度值變化	1-50
圖 1-23 一號壩壩體改善 pH 值變化	1-50
圖 1-24 一號壩壩體改善導電度值變化	1-51
圖 1-25 一號壩壩體改善溶氧值變化	1-51
圖 1-26 一號壩壩體改善濁度值變化	1-52
圖 1-27 一號壩壩體改善 SiO ₂ 值變化	1-52
圖 1-28 一號壩壩體改善 NO ₃ ⁻ -N 值變化	1-53
圖 1-29 一號壩壩體改善 NO ₂ ⁻ -N 值變化	1-53
圖 1-30 一號壩壩體改善 SO ₄ ²⁻ 值變化	1-54
圖 1-31 一號壩壩體改善 Cl ⁻ 值變化	1-54
圖 1-32 一號壩壩體改善 PO ₄ ³⁻ 值變化	1-55
圖 1-33 一號壩壩體改善 NH ₄ ⁺ -N 值變化	1-55
圖 1-34 一號壩壩體改善 TOC 值變化	1-56
圖 1-35 山溝與七家灣溪測站之溫度值比較	1-57
圖 1-36 山溝與七家灣溪測站之 pH 值比較	1-57
圖 1-37 山溝與七家灣溪測站之導電度值比較	1-58
圖 1-38 山溝與七家灣溪測站之溶氧值比較	1-58
圖 1-39 山溝與七家灣溪測站之濁度值比較	1-59
圖 1-40 山溝與七家灣溪測站之 SiO ₂ 值比較	1-59
圖 1-41 山溝與七家灣溪測站之 NO ₃ ⁻ -N 值比較	1-60
圖 1-42 山溝與七家灣溪測站之 NO ₂ ⁻ -N 值比較	1-60
圖 1-43 山溝與七家灣溪測站之 SO ₄ ²⁻ 值比較	1-61
圖 1-44 山溝與七家灣溪測站之 Cl ⁻ 值比較	1-61
圖 1-45 山溝與七家灣溪測站之 PO ₄ ³⁻ 值比較	1-62

圖 1-46 山溝與七家灣溪測站之 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 值比較	1-62
圖 1-47 山溝與七家灣溪測站之 TOC 值比較	1-63
圖 1-48 8.1ha 回收農用地溫度值變化	1-64
圖 1-49 8.1ha 回收農用地 pH 值變化	1-64
圖 1-50 8.1ha 回收農用地導電度值變化	1-65
圖 1-51 8.1ha 回收農用地溶氧值變化	1-65
圖 1-52 8.1ha 回收農用地濁度值變化	1-66
圖 1-53 8.1ha 回收農用地 SiO_2 值變化	1-66
圖 1-54 8.1ha 回收農用地 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 值變化	1-67
圖 1-55 8.1ha 回收農用地 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 值變化	1-67
圖 1-56 8.1ha 回收農用地 SO_4^{2-} 值變化	1-68
圖 1-57 8.1ha 回收農用地 Cl 值變化	1-68
圖 1-58 8.1ha 回收農用地 PO_4^{3-} 值變化	1-69
圖 1-59 8.1ha 回收農用地 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 值變化	1-69
圖 1-60 8.1ha 回收農用地 TOC 值變化	1-70
圖 1-61 羅葉尾溪 TOC 盒鬚圖與火災前後分析數據比較	1-71
圖 1-62 2016 年累積雨量圖	1-71
圖 1-63 七家灣溪測站溫度盒鬚圖	1-72
圖 1-64 七家灣溪測站 pH 盒鬚圖	1-72
圖 1-65 七家灣溪測站導電度盒鬚圖	1-73
圖 1-66 七家灣溪測站溶氧盒鬚圖	1-73
圖 1-67 七家灣溪測站濁度盒鬚圖	1-74
圖 1-68 七家灣溪測站 SiO_2 盒鬚圖	1-74
圖 1-69 七家灣溪測站 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 盒鬚圖	1-75
圖 1-70 七家灣溪測站 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 盒鬚圖	1-75
圖 1-71 七家灣溪測站 SO_4^{2-} 盒鬚圖	1-76
圖 1-72 七家灣溪測站 Cl 盒鬚圖	1-76
圖 1-73 七家灣溪測站 PO_4^{3-} 盒鬚圖	1-77
圖 1-74 七家灣溪測站 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 盒鬚圖	1-77
圖 1-75 七家灣溪測站 TOC 盒鬚圖	1-78
圖 1-76 主要測站十一年溫度變化情形	1-79
圖 1-77 主要測站十一年溶氧變化情形	1-79
圖 2-1 全測站電子光波測距經緯儀	2-30
圖 2-2 撿拾狀況	2-30
圖 2-3 開口樣板量測粒徑	2-30
圖 2-4 SVR 手持式雷達波流速儀量測示意圖	2-30
圖 2-5 鮭魚流速適合度曲線	2-31
圖 2-6 鮭魚水深適合度曲線	2-31
圖 2-7 鮭魚底質適合度曲線	2-31
圖 2-8 河床質粒徑篩分析	2-31
圖 2-9 遙控無人載具	2-32
圖 2-10 2016 年 DEM	2-32
圖 2-11 有勝溪各樣站位置圖	2-32
圖 2-12 全河道範圍圖	2-33
圖 2-13 收費站樣站斷面位置圖	2-33
圖 2-14 有勝溪下游樣站斷面位置圖	2-34

圖 2-15	勝光派出所樣站斷面位置圖	2-34
圖 2-16	登山口樣站斷面位置圖	2-35
圖 2-17	羅葉尾樣站斷面位置圖	2-35
圖 2-18	七家灣溪全河道縱向高程剖面圖	2-36
圖 2-19	收費站河道縱向高程剖面圖	2-36
圖 2-20	勝光派出所河道縱向高程剖面圖	2-36
圖 2-21	有勝溪下游河道縱向高程剖面圖	2-36
圖 2-22	登山口河道斷面高程剖面圖	2-36
圖 2-23	羅葉尾河道斷面高程剖面圖	2-36
圖 2-24	觀魚台河道斷面高程剖面圖	2-36
圖 2-25	一號壩河道斷面高程剖面圖	2-37
圖 2-26	繁殖場河道斷面高程剖面圖	2-37
圖 2-27	收費站底質比例	2-37
圖 2-28	收費站棲地比例	2-37
圖 2-29	有勝溪下游底質比例	2-37
圖 2-30	有勝溪下游棲地比例	2-37
圖 2-31	勝光派出所底質比例	2-37
圖 2-32	勝光派出所棲地比例	2-37
圖 2-33	登山口底質比例	2-38
圖 2-34	登山口棲地比例	2-38
圖 2-35	羅葉尾底質比例	2-38
圖 2-36	羅葉尾棲地比例	2-38
圖 2-37	收費站樣站現地照片	2-38
圖 2-38	有勝溪下游樣站現地照片	2-39
圖 2-39	勝光派出所樣站現地照片	2-39
圖 2-40	登山口樣站現地照片	2-39
圖 2-41	羅葉尾樣站現地照片	2-39
圖 2-42	有勝溪無水段	2-40
圖 2-43	有勝溪無水段	2-40
圖 2-44	七家灣溪全河道範圍	2-41
圖 2-45	觀魚台底質比例	2-41
圖 2-46	觀魚台棲地比例	2-41
圖 2-47	一號壩底質比例	2-41
圖 2-48	一號壩棲地比例	2-41
圖 2-49	繁殖場底質比例	2-42
圖 2-50	繁殖場棲地比例	2-42
圖 2-51	觀魚台樣站斷面位置圖	2-42
圖 2-52	繁殖場樣站斷面位置圖	2-42
圖 2-53	一號壩樣站斷面位置圖	2-42
圖 2-54	觀魚台樣站現地照片	2-43
圖 2-55	一號壩樣站現地照片	2-43
圖 2-56	繁殖場樣站現地照片	2-44
圖 2-57	合歡溪及其防砂壩和研究河段位置	2-44
圖 2-58	合歡溪測量範圍高程分佈圖	2-45
圖 2-59	合歡溪測量斷面位置圖	2-45
圖 2-60	合歡溪河道斷面高程剖面圖	2-45

圖 2-61 合歡溪底質比例-----	2-45
圖 2-62 合歡溪棲地比例-----	2-45
圖 2-63 高山溪現地照-----	2-46
圖 2-64 合歡溪現地照片-----	2-46
圖 2-65 合歡溪對照高山溪相似度-----	2-47
圖 2-66 合歡溪對照觀魚台相似度-----	2-47
圖 2-67 合歡溪對照羅葉尾相似度-----	2-47
圖 2-68 2016 年平均流量流速分佈圖-----	2-48
圖 2-69 平均流量下有勝溪幼魚權重可利用面積-----	2-48
圖 2-70 平均流量下有勝溪亞成魚權重可利用面積-----	2-48
圖 2-71 平均流量下有勝溪成魚權重可利用面積-----	2-48
圖 2-72 2016 年生態基流量流速分佈圖-----	2-49
圖 2-73 生態基流量下有勝溪幼魚權重可利用面積-----	2-49
圖 2-74 生態基流量下有勝溪亞成魚權重可利用面積-----	2-49
圖 2-75 生態基流量下有勝溪成魚權重可利用面積-----	2-49
圖 2-76 有勝溪一號壩位置-----	2-50
圖 2-77 DERU 評估法-----	2-50
圖 2-78 一號壩評估結果-----	2-50
圖 3-1 武陵地區溪流水棲昆蟲監測調查測站之相關位置圖-----	3-37
圖 3-2 武陵地區溪流測站水棲昆蟲各月數量-----	3-38
圖 3-3 武陵地區溪流測站之臺灣鈎吻鮭中大體型昆蟲食餌數量變化圖-----	3-39
圖 3-4 武陵地區溪流測站之水棲昆蟲生物量(濕重)變化圖-----	3-40
圖 3-5 武陵地區溪流測站水棲昆蟲之 Shannon- Wiener's index-----	3-41
圖 3-6 武陵地區溪流測站水棲昆蟲之 RBPII 相對分數-----	3-42
圖 3-7 武陵地區溪流測站水棲昆蟲之 MDS 分析。圖標數字表示樣站編號-----	3-43
圖 3-8 一號壩壩體上下游四測站之水棲昆蟲生物量(濕重)變化圖-----	3-43
圖 3-9 一號壩壩體上下游四測站水棲昆蟲數量-----	3-44
圖 3-10 一號壩壩體上下游四測站水棲昆蟲之 Shannon- Wiener's index-----	3-44
圖 3-11 一號壩壩體改善工程後水棲昆蟲之 MDS 分析-----	3-45
圖 3-12 一號壩壩體上下游四測站水棲昆蟲之 RBPII 相對分數-----	3-45
圖 3-13 第 38 林班地於 2016.4.9 發生火燒山之相關位置圖-----	3-46
圖 3-14 水質、水棲昆蟲之時空變動 (2011 年 2 月至 2016 年 5 月)-----	3-47

研究計畫項目與內容

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

整合計畫摘要

關鍵詞：臺灣櫻花鉤吻鮭、七家灣溪、水質監測、水文與物理棲地、水棲昆蟲、生態資料庫

一、研究緣起

臺灣櫻花鉤吻鮭 (*Oncorhynchus masou formosanus*) 原為北半球寒溫帶之迴游性魚類，繁殖期自海中溯河而上，回到出生的河流上游交配、產卵，幼魚孵化後，次年春天再游回海中生長，是臺灣唯一歷經百萬年演化之孑遺古生物、活標本的寒帶魚類，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。但因長期封閉在高山溪流裡，且生長在亞熱帶的台灣，已完全喪失了迴游的本能。這種陸封型的鮭鱒魚類，目前也只有在日本、韓國及大陸東北地區曾經發現過，而臺灣櫻花鉤吻鮭是世上地理位置分佈最南端的鮭魚類。

棲地的破壞往往是造成物種滅絕的主因，台灣櫻花鉤吻鮭於日據時代 (1911-1941) 原生存於大甲溪上游的各主要支流中，包括司界蘭溪、高山溪、七家灣溪、有勝溪、南湖溪與合歡溪等都可發現蹤影。但近幾十年來因經濟的快速發展，造成集水區的農業開發，間接破壞了植被的遮陰效果，導致溪水溫度升高 (此鮭魚生存的限制因子為水溫不得超過 16 °C)，同時農藥的濫用，水質的優養化，攔砂壩的興建，棲地的破碎化及前人的捕捉等原因，使得臺灣櫻花鉤吻鮭的魚群數量大幅減少，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，生存面臨了空前的危機而有絕種之虞。因此政府積極復育，且以維護生物多樣性為標的，長期生態監測為手段，期能建立以調查數據為基礎之資料庫，俾利科學化之保育決策與經營管理。

為瞭解長期生態過程與環境變遷對武陵地區生態系之影響，自 82 至今許多研究團隊共同執行群體計畫，並利用生物、物理棲地、河川輸砂模式與化學水質所建立之資料，透過建構生態模式、空間統計或其他多變值分析方法，描述環境棲地之時空演變過程，瞭解環境變化 (包含自然及人為因素) 對於生態系之互動關聯。經過數年研究，已逐漸確認壩體改善除可改善水溫升高與鮭魚族群阻隔之衝擊外，改善壩體後使得溪流河道底質粒徑大於 25.6 公分礫石的比例增加，由於大石邊際層阻抗水流進而提升鮭魚抗颱風洪水之能力。水質的長期監測，也具體反映出二號壩臨溪 8.1 公頃農地回收，對溪流水質顯著改善的正確決策成果。故本計畫將持續針對包含七家灣溪、高山溪、有勝溪、羅葉尾溪，進行溪流水質、河道物理棲地，及水棲昆

蟲之分析與評估。另因先前研究顯示，七家灣溪右岸中游山溝水有高濃度之硝酸鹽，故亦將持續在山溝及其附近排水溝之上中下游進行採樣。七家灣溪上游附近之 8.1 公頃回收農用地已於 95 年 12 月底完成徵收，為比較回收前後之水質差異，該區附近之測站包括桃山西溪、觀魚台及二號壩，進行採樣以分析各重要因子之變化。有鑑於壩體改善對河道棲地與底質組成改變有所助益，因此本計畫持續進行以往之長期調查工作外，亦對潛在有助臺灣櫻花鉤吻鮭棲息之有勝溪、羅葉尾溪與合歡溪河道進行環境調查，期可用於後續棲地改善與鮭魚放流之評估依據。

二、計畫目標與主要工作項目

本計畫具體目標包括：

1. 瞭解七家灣溪、有勝溪、羅葉尾溪，及七家灣溪中游右岸山溝水質因子變化。
2. 瞭解七家灣溪一號防砂壩改善後溪流物理棲地變化。
3. 評估七家灣溪各河段或有勝溪等現存棲地可能的進一步改善作業，並做成具體建議。
4. 掌握水棲昆蟲族群動態變化。
5. 擴充雪管處指定之生態資料庫。
6. 提供生態資料，作為訂定臺灣櫻花鉤吻鮭保育措施與武陵地區經營管理策略之參考。

本計畫之主要工作項目包括：

1. 溪流水質與歷年動態變化之分析，包括 pH、導電度、濁度、總有機碳、磷酸鹽、氨氮、硝酸氮與亞硝酸氮等項目。
2. 進行七家灣溪溪流物理棲地調查需包括河道斷面、棲地底質與棲地類型等項調查等，並與歷年結果動態變化之分析，同時評估有勝溪壩體改善相關事宜。
3. 溪流水棲昆蟲群集、生物量與歷年結果動態變化之分析，並比對各溪流水棲昆蟲群集組成差異。

三、研究樣區

主要研究地點為武陵地區溪流，包括桃山西溪、高山溪、有勝溪、七家灣溪、羅葉尾溪與合歡溪，採集共設置 13 個測站，分別為：桃山西溪 (#2)、二號壩 (#3)、觀魚臺 (#4)、繁殖場 (#5)、高山溪 (#8)、有勝溪 (#9)、一號壩上游 (#12)、一號壩下游 (#13)、羅葉尾溪放流點 (#201)、南湖登山口 (#202)、勝光 (#203)、有勝溪下游 (#204)、合歡溪上游 (#303)，採樣位置如下圖所示，採樣座標參照內文表 1-6。

為監測七家灣溪上游右岸農地回收、露營區與花海對七家灣溪水質之影響，特於右岸中游之山溝與排水溝設置 7 個採樣站，進行採樣與水質分析。分別為山溝中游 (A3)、山溝中之支游 (A4)、山溝中之下游 (A5)、山溝 (A6)、排水溝 (B1)、排水溝前 (B3) 排水溝後 (B4)，採樣位置如下圖所示，採樣座標參照內文表 1-6。

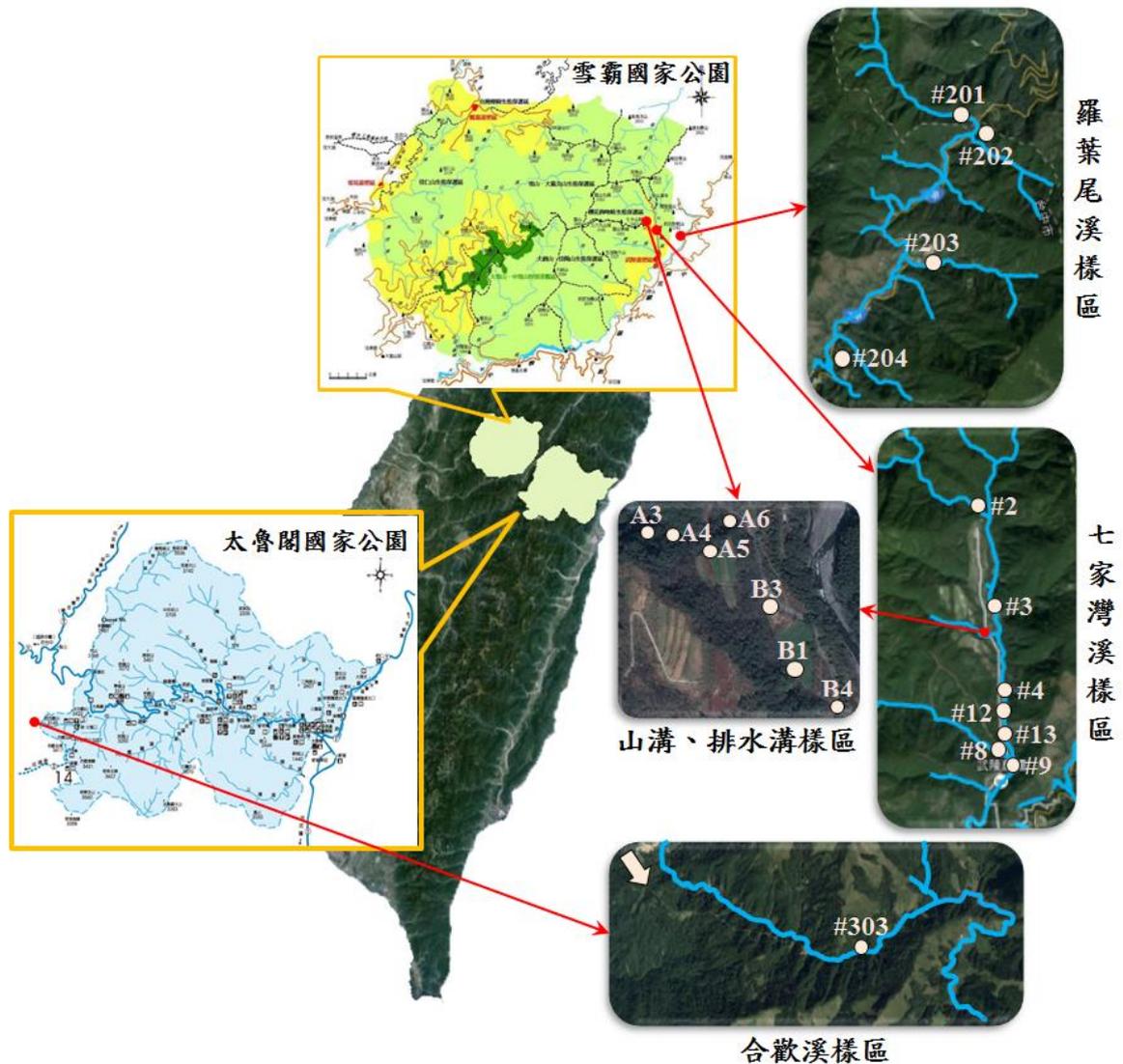


圖 1 研究樣區採樣位置圖

四、重要發現

內政部於(2016)通過七家灣溪重要濕地保育計畫草案，劃設保育範圍、訂定區內溪流水質標準與放流水標準，包含管理目標氨氮(0.1 mg/L 以下)、硝酸鹽氮(15 mg/L 以下)、亞硝酸鹽氮(0.03 mg/L 以下)、生化需氧量(1 mg/L 以下)、pH 值(6.8~8.8)、溶氧(6.5 mg O₂/L 以上)、導電度(100~450)、濁度(5 NTU 以下)、磷酸鹽(0.15 mg/L 以下)等項目，依照今年分析之水質結果顯示保育區內測站之水質皆符合濕地保護計畫訂定之水質範圍，唯有溶氧在 2 月及 10 月低於管理目標 6.5 mg/L，從歷年水溫與溶氧分析結果顯示，水溫持續升高，導致溶氧有下降之趨勢。

武陵農場今年四月初山區發生森林火災，自 4/9 約 16:00 起至 4/10 約 17:00 完全撲滅，地點為大甲溪事業區第 37、38 林班(佐武野群山)，面積約 14 公頃，最高海拔約 2300 米，大部分區域坡度大於 45 度，部分區域坡度介於 60-70 度。比較火災後(4/15)與火災前(4/7)之水質監測數據顯示，導電度、亞硝酸鹽氮、總有機碳之濃度增加較多，尤其是總有機碳濃度更遠高於過去所有曾量測得之數值(超越過去 10 年監測資料盒鬚圖之最大值，細節請參閱內文圖 1-61 及其說明)；惟約於兩個月後的量測，均降回原盒鬚圖特性範圍。火災使得有機物分解，並可能改變地形與逕流方向，故即便離火災範圍較遠之羅葉尾溪放流點與南湖登山口樣站，亦受到相當程度的影響。合歡溪上游於今年 6 月監測結果，可以發現導電度、硝酸鹽氮、硫酸鹽相較於其它測站，明顯低很多。

物理棲地調查結果顯示，七家灣溪一號壩上游近壩體位置因基岩裸露使得地形不易改變；而觀魚台樣站於今年颱風事件後河道深槽線從原本的左岸移至右岸；繁殖場樣站因上游為峽谷地形，變化不大。

羅葉尾樣站內大、小型礫石比例高不易造成搬運與沖刷；登山口樣站經今年較大流量事件發生，河岸有淤積情形發生；勝光派出所樣站河道河幅大，右岸土砂堆積處有崩塌情形；有勝溪下游 2 公里樣站左右岸岩盤組成不易造成河岸侵蝕，河道左岸有農田抽水情形；收費站樣站因防砂壩工程使樣站壩體上游河道底質內粒徑細小，防砂壩下游則有護甲現象產生。

合歡溪於 5 月調查發現，河段屬階潭式河道有豐富棲地多樣性，較有利於櫻花鉤吻鮭躲藏、棲息；10 月雖經今年颱風事件後底砂粒徑較細，但河道主要仍與 5 月調查結果相當。高山溪 10 月之調查發現二號壩有殘材堆積約莫 4-5 公尺高，原落差擴大至約 5 公尺落差。

本年度 2 月、4 月、5 月、10 月採樣調查水棲昆蟲共計有 65 分類群(Taxa)，分

屬 5 目 36 科：位於七家灣溪之 7 個測站共計有 56 分類群 (Taxa)，分屬 5 目 32 科；位於有勝溪之 5 個測站共計有 57 分類群 (Taxa)，分屬 5 目 32 科。位於合歡溪之測站共計有 24 分類群 (Taxa)，分屬 4 目 12 科。由連續 10 年以上數據 (2003 至 2016 年) 看出，水棲昆蟲豐度幾乎以每年年初為高峰，然 2016 年以 5 月為高峰。中大體型水棲昆蟲數量 (臺灣櫻花鉤吻鮭之可能大型食餌)，以 2011 年年初為最高。各測站之多樣性指數 Shannon- Wiener's index 數值範圍於 1.5~2.5 之間，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，合歡溪測站則為無損害。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 2009~2016 年有勝溪測站與其他測站群聚結構相近。2011 年一號壩壩體改善工程對七家灣溪的水棲昆蟲群聚產生約 2.5 個月的短期負面直接影響，導致數量和多樣性下降，等同遭受一小型洪水的衝擊，五年連續監測發現，每年的多樣性波動範圍已逐漸縮小。

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，合歡溪兩次採樣之水棲昆蟲相，明顯較七家灣溪少，且沒有採獲毛翅目，但 Shannon- Wiener's index 數值為 2.3 及 1.6，落在武陵地區各測站之數值上下限範圍內。

本研究採用 2004 至 2015 年，每年 6 月及 10 月台灣櫻花鉤吻鮭數量資料，以複迴歸分析颱風季節前 (6 月) 及颱風季節後 (10 月) 影響鮭魚數量的相關因子，共選擇中大型食餌水昆數量、pH、溶氧、導電度、濁度、水溫、雨量等 7 個因子，以逐步迴歸及 AIC 值最小準則篩選出最終模型。颱風季節前 (6 月) 迴歸不成立 ($p > 0.05$)，颱風季節後 (10 月) 可看出鮭魚族群數量與水昆、pH 值、濁度、水溫正相關，與導電度負相關。經過複迴歸分析，顯示颱風季節後鮭魚數量可考慮以水昆、溶氧、水溫、濁度、pH 及導電度等因子表現其變化，產生的迴歸模型解釋變異度可達 0.9384 (調整後的 R^2 值亦達 0.8767, $p=0.048$)。6 月及 10 月台灣櫻花鉤吻鮭數量合併分析結果顯示，鮭魚與水昆正相關，與導電度負相關，水昆因子最為重要 ($R^2 = 0.2592$ ，調整後的 R^2 值為 0.2239, $p=0.0131$)，颱風季節後水昆因子解釋變異度可達 0.5589 (調整後的 R^2 值亦達 0.5099, $p=0.0082$)，證明水昆與鮭魚息息相關，因此，日後在進行相關模式研究時，可考慮將這些因子納入，以提升模式預測的準確性。

五、主要建議事項

根據本研究於武陵地區七家灣溪流之歷史棲地與潛在放流點監測結果，建議事項敘述如下：

1. 主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：武陵農場

劃設保育區後對於區內明智利用之成效評估，應長期進行，以了解人為活動、天然災害、與長期氣候變遷對鮭魚之影響。臺灣櫻花鉤吻鮭放流點之生態環境評估，考量大部分的生態環境系統均有一年四季之週期循環，採用兩年資料主要在檢定相鄰兩年之間的資料信度 (reliability)，亦即證明該年度與次年度所蒐集的資料具有一致性 (consistently) 並提供適切之放流建議與成效評估。

基本採樣調查項目與頻度應至少滿足下述之需求：

水文物棲：考量河道之變動主要受大型水文事件，故頻度每年至少2~3次，包含河道地形、物理棲地組成、溪流流量等。

水質：考量一年四季之變化，建議頻度每年至少4~5次，包含溶氧、水溫、導電度、酸鹼值、氨氮、亞硝酸鹽氮、硝酸鹽氮、磷酸鹽、總有機碳等。

水昆：考量昆蟲之生長季節變化，建議頻度至少每年4~5次，包含水棲昆蟲物種數與個體數，特別是台灣櫻花鉤吻鮭之可能中大型食餌數量。

2. 主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：武陵農場

由監測結果顯示，人為活動較密集區，營養鹽濃度及導電度均較高，應持續適度控管人為活動，針對遊客人數、農業施肥施藥量及污水處理設施等妥善管理。

3. 主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：武陵農場

於重要測站（鮭魚活動密集、受人為活動污染潛勢高、未來規劃可能進行鮭魚移地保育等）放置溫度記錄器，定期蒐集水溫等相關資料，以評估臺灣櫻花鉤吻鮭棲息地七家灣溪流水溫之時空變化情形，供管理及決策參考。若能輔以人工至少每季採樣分析 NO_3^- 、 NO_2^- 及總有機碳濃度，則可完整掌握水質變化情形。

4. 主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：林務局、農委會林務局保育組

高山溪二號壩口殘材阻斷櫻花鉤吻鮭洄游通道，破壞高山溪棲地連貫性，應儘速移除殘材。

5. 主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：林務局、農委會林務局保育組

本年度進行有勝溪全河道高程測量與基本資料調查，未來仍需持續基本資料數據蒐集，以便爾後進行收費口壩體改善評估。

6. 主辦機關：雪霸國家公園管理處

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

減緩暴增流量及增加鮭魚陸域食餌之土地利用類型。由10年以上數據可看出，當流量為常態發生而非突然暴增時，其隔年年初中大型食餌比例會增加，此現象發生於2003年初及2010~2012年初，因此土地利用類型考慮以能增加水留存量且不易被洪水移除為主，並達減緩暴增流量之效為佳。如此一來可於暴雨過後，減少對水棲昆蟲群聚之衝擊，植被恢復得以增加此鮭魚陸域補足食餌，及其食物來源獲得維持。

第一章 水質監測

官文惠、李俊緯、陳國源、陳冠璋、陳泓達

明志科技大學環境與安全衛生工程系暨環境工程研究所

計畫摘要

關鍵詞：臺灣櫻花鉤吻鮭、七家灣溪、高山溪、羅葉尾溪、有勝溪、水質監測

一、研究緣起

灣櫻花鉤吻鮭過去遍及大甲溪上游各溪流中，但隨時間之演進，最後僅生存於七家灣溪、高山溪、桃山西溪與北溪等。近年來，雪霸國家公園管理處致力於櫻花鉤吻鮭之復育工作，自民國 98 起開始陸續放流鮭魚，目前放流個體已可於羅葉尾溪棲地自然繁殖，且鮭魚漸往有勝溪移動分布。為擴大臺灣櫻花鉤吻鮭棲息溪段，增加族群基因交流，雪管處於 100 年 5 月完成七家灣溪一號防砂壩改善工程，結果發現原分布於七家灣溪下游的臺灣鏟頰魚藉由改善後的一號壩廊道，可上溯至一號壩上游。為監測壩體改善後之影響、瞭解放流點環境變化及評估未來新放流點的水環境條件適切性，之水質監測有其必要性。

民國 96 年，七家灣溪已由內政部營建署評選為國家級重要濕地，104 年正式施行濕地保育法後，確認七家灣溪為國家重要濕地之一，為了達到濕地保育計畫中所謂“明智利用”之涵義以及符合濕地之訂定水質標準，本研究計畫持續於七家灣溪流域範圍設置採樣點進行水質監測，以供經營管理之參考。

二、研究方法及過程

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。這些溪流的坡度平緩，水溫維持攝氏 16 °C 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，所以臺灣櫻花鉤吻鮭得以在此自然繁衍生存。此區域共設置八個測站，分別為：桃山西溪 (#2)、二號壩 (#3)、觀魚臺 (#4)、繁殖場 (#5)、高山溪 (#8)、有勝溪 (#9)、一號壩上游 (#12)、一號壩下游 (#13)，採樣點代號，沿用雪管處歷年監測資料庫之編碼，維持資料管理之一致性。

羅葉尾溪為臺灣櫻花鉤吻鮭放流成效良好之溪流，目前放流個體已可於羅葉尾溪棲地自然繁殖，且鮭魚往有勝溪移動分布。此區域共設置四個採樣點，包括羅葉

尾溪放流點 (#201)、南湖登山口 (#202)、勝光 (#203)、有勝溪下游 (#204)，採樣點代號，沿用雪管處歷年監測資料庫之編碼。

本年度雪管處選定合歡溪做為新放流點。設置一個採樣點，合歡溪上游 (#303)，採樣點代號為本計畫新設之編碼。

為監測七家灣溪上游右岸農地回收、露營區與花海對七家灣溪水質之影響，特於右岸中游之山溝與排水溝設置七個採樣站，進行採樣與水質分析。

水質採樣分析已於 2、4、6、10 月份進行，分別代表枯水期、梅雨季前、颱風豐水期前與後，合歡溪已於 6 及 10 月份進行採樣。分析項目敘述如下：採樣後現場量測 pH、水溫、導電度及溶氧等水質項目；濁度、矽酸鹽、硝酸鹽氮、亞硝酸鹽氮、硫酸鹽、氯鹽、磷酸鹽、氨氮、總有機碳等水質項目，則待現地採集樣品後，運回實驗室分析。

三、重要發現

七家灣溪水質之標準係以歷年雪霸計畫分析之數據作為基準，於今年 (2016) 施行七家灣溪重要濕地保育計畫後，並訂定水質標準，其規範項目與標準包含氨氮 (0.1 mg/L 以下)、硝酸鹽氮 (15 mg/L 以下)、亞硝酸鹽氮 (0.03 mg/L 以下)、生化需氧量 (1 mg/L 以下)、pH 值 (6.8~8.8)、溶氧 (6.5 mg O₂/L 以上)、導電度 (100~450)、濁度 (5 NTU 以下)、磷酸鹽 (0.15 mg/L 以下) 等項目，依照今年分析之水質結果顯示大部分之水質皆符合濕地保護計畫訂定之水質範圍，唯有溶氧在 2 月及 10 月小於規定值 6.5 mg/L 以下，從歷年水溫與溶氧分析結果顯示，水溫持續升高，導致溶氧亦有下降之趨勢。

水質監測結果顯示，武陵地區除有勝溪流域測站外大部分測站水質良好，符合臺灣櫻花鉤吻鮭生存水質標準。本年度 9 月接連 3 個颱風 (莫蘭蒂、馬勒卡、梅姬) 侵臺後水質中濁度、二氧化矽、硝酸鹽氮、亞硝酸鹽氮、氯離子濃度相較歷年平均濃度高出約 1~3 倍。在導電度及營養鹽方面，桃山西溪與高山溪均低於其他溪流；七家灣溪中下游測站及有勝溪則有較高的營養鹽濃度，與農耕施作導致該區導電度與營養鹽濃度高於其它溪流有關。

一號壩壩體改善工程對下游水質尤其是濁度有立即性的影響，但在一至二週內即可恢復至溪水初始水質狀態，顯示突如其來之水質變化在短時間內 (約一至兩週) 即可恢復正常。截至目前各項水質監測結果顯示已回復至往年之變動趨勢。

山溝及排水溝之硝酸鹽氮與磷酸鹽濃度仍高於七家灣溪測站，顯示該區域水質受人為活動影響，故持續的管理與改善仍有其必要性。

8.1 公頃回收農用地之歷年監測結果觀察到 99 年之後，桃山西溪（#2）、二號壩（#3）及觀魚臺（#4）三測站硝酸鹽氮濃度差距幅度明顯從 2.2 mg/L 縮小至 0.1~0.5 mg/L 之間，顯示該區域氮鹽濃度逐漸穩定，農地回收確實達到一定成效。

羅葉尾溪與七家灣溪今年 2 月、4 月、6 月及 10 月監測結果，可以發現有勝溪（#9）、有勝溪下游（#204）有較高的硝酸鹽氮與導電度，與農耕施作導致該區導電度與營養鹽濃度高於其它溪流有關。

合歡溪上游於今年 6 月及 10 月監測結果，可以發現導電度、濁度、硝酸鹽氮、硫酸鹽、氯離子相較於其它測站，明顯低很多。

四、主要建議事項

根據本研究於武陵地區七家灣溪流流域之水質採樣分析結果，可做成立即可行及長期建議事項，分述如下：

1. 立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：武陵農場

由監測結果顯示，人為活動較密集區，營養鹽濃度及導電度均較高，應持續適度控管人為活動，針對遊客人數、農業施肥施藥量及污水處理設施等妥善管理。

2. 長期建議：

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：武陵農場

於重要測站（鮭魚活動密集、受人為活動污染潛勢高、未來規劃可能進行鮭魚移地保育等）放置溫度記錄器，定期蒐集水溫等相關資料，以評估臺灣櫻花鉤吻鮭棲息地七家灣溪流水溫之時空變化情形，供管理及決策參考。若能輔以人工至少每季採樣分析 NO_3^- 、 NO_2^- 及總有機碳濃度，則可完整掌握水質變化情形。

Abstract

The Formosan landlocked salmon (*Oncorhynchus masou formosanus*), an endangered species, had ever widely spread over the upper branches of stream Da-Chia in the 1940s. However, the endangered salmon only naturally inhabit in Stream Chi-Chia-Wan, Stream Kao-Shan, Stream Tao-Shan-Shi, and Stream Tao-Shan-Pei for the latest decades. Since 2009, the bureau of Shei-Pa National Park has dedicated to restore the salmon and release the cultivated breeds in several historic rivers. Stream Lo-Yeh-Wei is the most successful restoration place, on which the salmon could naturally reproduce and even downwards distribute to Stream Yu-Shan. Moreover, the Dam # 1 in Stream Chi-Chia-Wan had been amended in May 2011 for increasing the habitat area of salmon and gene exchange among salmon. This project aimed to (a) investigate the effect of dam amendment in Stream Chi-Chia-Wan on water quality, (b) monitor the water quality in Stream Lo-Yeh-Wei, and (c) evaluate the water quality of potential site for juvenile salmon releasing.

The study results imply that most of the water quality in these streams is good enough, but the nutrients and conductivity of the sampling site near the agricultural farms are higher than the criteria for salmon.

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.

Key words: The Formosan salmon; Stream Da-Chia, Stream Chi-Chia-Wan, Stream Ko-Shan, Stream Lo-Yeh-Wei, water quality monitoring.

一、前言

(一) 研究緣起

武陵地區七家灣溪為國寶魚臺灣櫻花鉤吻鮭之主要棲息地，該地區的土地利用型態包含了林地、崩塌地、果園、菜園、公共建設等，故自然與人為活動將對該水域水質造成極大之衝擊並間接影響該生態系之平衡（陳，1998，王，1998，于與林，2003）。根據王（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，進而影響臺灣櫻花鉤吻鮭主要棲息地之溪流水質，加上97年時有勝溪流域經由內政部營建署評選為國家級重要濕地，且在104年正式施行濕地保育法，故有長期監測該地水質變化之必要性。

(二) 研究目的

為了解櫻花鉤吻鮭生存溪流水質與新增放流點的適切性，將針對包含七家灣溪、高山溪、有勝溪、羅葉尾溪與合歡溪，進行溪流水質分析與評估。另因先前研究顯示，七家灣溪右岸中游山溝水有高濃度之硝酸鹽，故本計劃擬將持續在山溝及其附近排水溝之上中下游進行採樣。七家灣溪上游附近之8.1公頃回收農用地已於95年12月底完成徵收，為比較回收前後之水質差異，本計畫亦將於該區附近之測站包括桃山西溪、觀魚臺及二號壩進行採樣以分析水質變化。

(三) 文獻回顧

1. 研究樣區特性：

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，包括新竹縣五峰鄉、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1-1）。

2. 臺灣櫻花鉤吻鮭棲息地之水質：

臺灣櫻花鉤吻鮭棲息地之水質條件對魚隻數目有相當大之影響。張（1989）與陳（1998）研究指出臺灣櫻花鉤吻鮭對水質的要求如下所述，溫度是最直接影響鮭魚的生存條件，鮭魚生存最適溫度在5~17℃為最佳，孵化時7~12.5℃，水溫過低攝食率亦隨之降低，過高對魚卵會產生致死作用；水溫升高更會造成溶氧的降低，水溫控制著

魚類的攝食、代謝、生長率影響魚類甚巨。

pH值介於6.5~8.5時對魚類生產力最好，pH值大於9與低於5.2時對魚類鰓的表面細胞有損害作用，更會產生大量黏液妨害魚類呼吸。當pH值過高水中氫會以劇毒性之非離子狀態存在，對魚類更會造成影響。導電度表示水中離子的含量多寡，鮭魚最適水中導電度條件介在120~450 $\mu\text{mho}/\text{cm}$ 之間。冷水性鮭鱒魚類對溶氧的需求在7 mg/L以上或飽合度85%以上，溶氧過低會影響消化作用，當低於2.65 mg/L以下時便會產生窒息現象；溶氧過高會造成鰓微血管和皮下組織會出現氣泡，妨礙血液循環而使魚類出現呼吸困難導致死亡。

濁度要求在5 NTU之下，濁度過高會造成視覺性攝食魚種臺灣櫻花鉤吻鮭攝食的有效度降低，懸浮顆粒更容易經由摩擦對水棲生物造成物理性的傷害，若附著於魚卵表面，則其透氧率會降低導致孵化率亦隨之降低。生化需氧量代表著水中有機物質的多寡，其值越低表示其水中有機物的含量越少，水質亦越好。在甲級河川水體其生化需氧量值規定於1 mg/L以下(附表

表1-1)，鮭鱒魚類對水中生化需氧量的濃度可忍受在1 mg/L以下，孵化時忍受值更低為0.6 mg/L以下。

硝酸鹽於水體未污染之上限濃度為0.5 mg/L，若大於10 mg/L會加速水中藻類繁殖造成水質優養化，並使溶氧減少。鮭鱒魚類對水中硝酸鹽的濃度可忍受在2 mg/L以下。亞硝酸鹽氮為一具有毒性的物質，飲用水規定的最高容許濃度為0.1 mg/L，鮭鱒魚類對水中亞硝酸鹽的忍受濃度為50 $\mu\text{g}/\text{L}$ ，孵化時則需低於30 $\mu\text{g}/\text{L}$ (陳，1998)，歐盟則訂定亞硝酸鹽氮上限為3.0 $\mu\text{g N}/\text{L}$ (表1-2)。在氮的部分，當pH值過高水中氫會以劇毒性之非離子狀態存在，對魚類造成影響。故學者 (陳，1998) 建議水中氫濃度應小於12.5 $\mu\text{g}/\text{L}$ ，歐盟則嚴格訂定水中非離子態氮濃度須小於4.1 $\mu\text{g N}/\text{L}$ ，總氮濃度須小於30 $\mu\text{g N}/\text{L}$ (表1-2)。

冷水性鮭鱒魚類對氯極為敏感，水中若含有0.3 mg/L的氯，兩個小時內虹鱒便會死亡；含氯0.25 mg/L時，4~5個小時便能殺害幼魚。氯的毒性影響常是久遠的且無法復原，在含氯的溪水中會導致魚類的鰓受損而無法保持體內離子平衡。其他化合物與氯結合後大多數具有毒性，生物不能經由代謝而排除致使魚類死亡。環境中的磷大多以磷酸鹽 (PO_4^{3-}) 的型式存在。磷關係著水質優養化的發生，溶解性磷酸鹽水體未受污染之上限濃度為0.01 mg/L，鮭鱒魚類對水中磷酸鹽的忍受濃度為10 $\mu\text{g}/\text{L}$ 。

3. 氮的來源與型態

(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1-2）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，最後轉化成至硝酸態氮，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。

4. 磷的形態與傳輸

(1) 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。
- 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。

(2) 磷的傳輸

土壤的主要營養元素中，磷素與氮素的行為差異甚大，氮素在土壤之移動或流失容易發生，而磷素移動或流失則較不容易發生。磷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，有機質有助於磷素在土壤中的移動。然而，磷在低溫時不易被固定；高溫時磷則較易被固定。

磷之傳輸方式主要可分為滲淋、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。

磷的傳輸主要是以逕流的方式傳送溶解性磷和吸附在微粒上的粒狀磷。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；粒狀磷則會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，主要流失磷的來源為溶解性磷。

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。

5. 硫

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，造成表土含硫量低，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。

6. 水體分類水質標準

環保署為確保飲用水符合人體衛生與安全之要求，並減輕淨水場處理設施之負荷，依飲用水管理條例於民國八十六年九月二十四日公告「飲用水水源水質標準」，並於民國八十七年五月二十一日施行，規定水質不符合飲用水水源標準者，將禁止做為用水水源。依據標準規定，以地面水或地下水體作為自來水或簡易自來水之水源者，大腸桿菌密度每100 mL不得超過二萬個，氨氮（ $\text{NH}_3\text{-N}$ ）不得超過1 mg/L，化學需氧量（COD）不得超過25 mg/L，總有機碳（TOC）為4 mg/L，標準值如表1-3所示。其中以地面水或地下水體作為自來水或簡易自來水之水源者，取水處所屬河流區段須符合「地面水體分類及水質標準」中針對各種用途所訂定之水體分類標準，取水處所屬河流區段至少需符合乙類河川水質標準，其規範項目包含H+濃度（pH）、溶氧量（DO）、生化需氧量（ BOD_5 ）、懸浮固體（SS）、大腸桿菌群、氨氮（ $\text{NH}_3\text{-N}$ ）、總磷（TP）等項目，如表1-1所示。

7. 溼地保育計畫水質標準

內政部營建署於2007年評選七家灣溪為重要國際濕地，104年正式施行濕地保育法後，七家灣溪之水質監測更為重要，經營觀光之同時，亦統兼顧對於環境保護以符合明智利用之意義。

根據標準規定，排放於七家灣溪流域之水質標準，氨氮不得超過7.5 mg/L，硝酸鹽氮不得超過37.5 mg/L，總磷不得超過2 mg/L，生化需氧量不得超過22.5 mg/L，水溫則以當季調查之平均溫正、負2度，pH為調查平均值之正、負1。其中七家灣溪水質之標準係以歷年雪霸計畫分析之數據作為基準，訂定未來水質管理之目標，其規範項目包含氨氮、硝酸鹽氮、亞硝酸鹽氮、生化需氧量、pH值、溶氧、導電度、濁度、磷酸鹽等項目，如表1-4所示。

二、材料與方法

研究流程規劃如圖1-3 流程圖，主要研究地點為武陵地區溪流，包括桃山西溪、高山溪、有勝溪、七家灣溪、右岸之山溝及排水溝、羅葉尾溪與合歡溪。採樣點相關位置如圖1-4、圖1-5、圖1-6、圖1-8。其在武陵地區現場分析的水質項目有pH、溶氧、導電度與水溫等四個項目，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。所採集之溶解態水體樣品保存方式如表1-5所示。

(一) 採樣地點介紹

採樣地點包括武陵地區內之桃山西溪、高山溪、有勝溪及七家灣溪等四條溪流，水樣採集共設置20個測站，分別為：桃山西溪（#2）、二號壩（#3）、觀魚臺（#4）、繁殖場（#5）、高山溪（#8）、有勝溪（#9）、一號壩上游（#12）、一號壩下游（#13）、山溝（4個測站）與排水溝（3個測站）、羅葉尾溪放流點（#201）、南湖登山口（#202）、勝光（#203）、有勝溪下游（#204）、合歡溪上游（#303），相關測站地理座標如表1-6。

(二) 水質分析方法

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

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 AS22 4mm），即因其與低容量之強鹼性陰離子交換樹脂間親和力之不同而被分離。分離後待測硝酸鹽離子再流經一高容量的陽離子交換樹脂之抑制裝置，而被轉換成具有高導電度酸之形態，移動相溶液則轉換成低導電度之碳酸。經轉換後之待測硝酸鹽離子再流經電導度偵測器，即可依其滯留時間及波峰面積、高度或感應強度予以定性及定量。求得硝酸鹽濃度除轉換係數4.43即為硝酸態氮的濃度。

7. 亞硝酸鹽氮：

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

8. 氨氮：

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

9. 正磷酸鹽：

水樣未經消化處理，加入鉬酸銨、酒石酸銻鉀，使其與正磷酸鹽作用生成一雜多酸-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 AS22 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 AS22 4mm），即因其與低容量之強鹼性陰離子交換樹脂間親和力之不同而被分離。分離後待測氯離子再流經一高容量的陽離子交換樹脂之抑制裝置，而被轉換成具有高導電度酸之形態，移動相溶液則轉換成低導電度之碳酸。經轉換後之待測陰離子再流經電導度偵測器，即可依其滯留時間及波峰面積、高度或感應強度予以定性及定量。

12. 總有機碳：

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

三、結果

(一) 水質監測

七家灣溪流例行性水質分析採樣97年前以雙月、97年以每季進行，98年後以雙月及7~8月間的颱風過後進行採樣，時間分別為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；100年2、4、6、8、9、10、12月；101年2、3、4、6、8、10、12月；102年1、2、4、6、8、10月；103年2、6、10月；104年2、6、10月；105年2、4、4月森林火災、6、10月共65筆數據，分析項目包括現場測定之水溫、溶氧、導電度、pH四個項目，以及實驗室測定之濁度、矽酸鹽、硝酸鹽氮、亞硝酸鹽氮、氨氮、正磷酸鹽、硫酸鹽、氯鹽、總有機碳等九個項目，105年度2、4、6、10月及森林火災後之分析數據如表1-7至表1-11所示。

此外，雪霸國家公園管理處於一百年五月份進行一號壩壩體改善工程，本團隊亦配合壩體改善時程，進行壩體改善前與後之水質密集監測，而壩體改善後水質監測仍持續進行中，該區水質監測結果如圖1-22至圖1-34所示。

山溝及其附近排水溝上中下游之水質監測結果如圖1-35至圖1-47所示。8.1公頃回收農用地已於95年12月底完成徵收，該區水質監測結果如圖1-48至圖1-60所示。羅葉尾溪之水質監測結果如圖1-63至圖1-75所示。森林火災對水質影響之監測結果比較如圖1-61所示。

四、討論

(一) 七家灣溪流例行性水質監測

由上游至下游分別為桃山西溪 (#2)、二號壩 (#3)、觀魚臺 (#4)、繁殖場 (#5)、高山溪 (#8)、有勝溪 (#9)、一號壩上游 (#12)、一號壩下游 (#13)，進行水質連續監測，分析結果如圖1-9至圖1-21所示。

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6.1~9.4間呈中性偏鹼的狀態，除下游有勝溪測站 (#9) 於歷年4月份測得之pH值偏高外，其餘測得之pH皆符合保育魚類水質最佳範圍內。

導電度表示水中離子含量之多寡，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71~394 $\mu\text{mho/cm}$ 之間，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；七家灣溪中游與下游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，由此可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，在冬及春季枯水期時，測得之導電度值較高。

水溫是影響臺灣櫻花鉤吻鮭的重要限制因子 (陳, 1998)，夏季高水溫限制為攝氏17度，繁殖季節則是攝氏12度。武陵地區溪流水溫在冬季維持在攝氏9度左右，夏季水溫介於攝氏15至18度，其中又以下游之有勝溪水溫略高於其它測站。

溫度、生物間的呼吸作用及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，又依亨利定律可知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維持在4.16~14.1 mg/L 之間，如遇颱風侵臺或發生森林火災時，溶氧會稍降至4.16~6.43，其餘時期符合冷水性鮭鱒魚類對溶氧的需求在7 mg/L 以上或飽和度85%以上 (陳, 1998)。

濁度過高會造成視覺性攝食魚種臺灣櫻花鉤吻鮭攝食的有效度降低，於去年五月攔砂壩壩體改善後，武陵地區溪流濁度已趨於穩定，今年觀察之測站濁度均低於1 NTU。除了10月採樣遇到9月接連3個颱風侵臺，導致濁度超過1 NTU，有勝溪飆高至61.37 NTU，可能是因山崩造成土石流入河床中以及道路開通清潔時將土石倒入河川中導致。造成濁度上升的原因往往是因為大雨沖刷的關係所致，濁度高之水質雖不會造成魚類立刻死亡，但會增加魚類的染病機率。視覺性攝食魚種臺灣櫻花鉤吻鮭對濁度的要求在5 NTU之下 (陳, 1998)，武陵地區流域其濁度值在2 NTU以下符合要求。

今年中武陵地區各溪流所測得矽酸鹽介於0.91~3.95 mg/L。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、石英及長石等礦物，二氧化矽佔其主要成分，因而溪流內矽酸鹽的來源應與地質相關，目前矽酸鹽對臺灣櫻花鉤吻鮭的影響並無直接的證明。歷年監測結果顯示大雨過後，雨水沖刷會使得礦物溶於水中，造成矽酸鹽濃度增加。

營養鹽方面桃山西溪與高山溪大致上低於其它溪流；有勝溪則有較高的營養鹽濃度，推測有勝溪沿岸的農耕施作可能是導致營養鹽高於其它溪流的主因（Kuan and Chen,2014）。

武陵地區大部分溪流硝酸鹽氮含量低於0.6 mg/L，下游測站濃度均較上游高，此趨勢同導電度值。桃山西溪與高山溪無農田施作，兩區域硝酸鹽氮濃度值明顯為武陵地區溪流中最低，另七家灣溪流中下游處之觀魚臺，其硝酸鹽氮含量明顯比上游高；有勝溪收費口的硝酸鹽氮含量為武陵地區中最高，該區測站於今年中監測得硝酸鹽氮濃度介於0.01~1.4 mg/L，此現象可能與七家灣溪中游及有勝溪有農耕相關（Chang et al.,2008）。

七家灣溪中下游測站之硝酸鹽氮濃度均較上游桃山西溪來得高，因而可由此評估農耕行為或人為活動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肥料的使用，經雨水逕流而進入河川如圖1-2。土壤在好氧情況下，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，又土壤顆粒表面大多帶負電，因而氮根離子較易被吸附在土壤中。而硝酸根與帶負電的黏土礦物表面相斥（Kuan et al.,2005;Kuan et al.,2013），極易經由淋洗作用而流入地下水或溪流中（Chang et al.,2010）。土壤環境若是缺乏氧氣會變成還原性，例如含水量過高的土壤中及深層的土壤等，在此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（Liou et al.,2005）。

亞硝酸鹽氮為一具有毒性的物質，鮭鱒魚類對水中亞硝酸鹽的忍受濃度為50 µg/L，孵化時則需低於30 µg/L（陳，1998），歐盟亦於2006年訂定鮭鯉魚水體中亞硝酸鹽氮濃度需在3 µg/L以下（表1-2）。武陵地區大部分溪流亞硝酸鹽氮濃度均低於3 µg/L，在今年10月份因遇颱風桃山西溪濃度高達10.80 µg/L，繁殖場測站達3.34 µg/L，須持續觀察。

溪流中的氮氮變化，在施用有機肥時會因肥料中氮的分解，透過雨水的沖刷導致溪流中氮氮濃度上升（Kuan et al.,2009）。除此之外，當溪流pH值過高時，水中氮會以劇毒性之非離子狀態存在，對魚類造成影響。故學者（陳，1998）建議水中氮濃度應

小於12.5 µg/L，歐盟（2006年）則嚴格訂定水中非離子態氮濃度須小於4.1 µg/L，總氮濃度須小於0.03 mg/L（表1-2）。而歷史監測結果顯示，武陵地區溪流之氮濃度於冬至早春季節較高，其餘季節則較少偵測到氮（官，2013）。

硫酸鹽在各溪流的濃度均高於其它營養鹽類，因此可推測水中導電度的來源可能為硫酸鹽。上游處桃山西溪硫酸鹽濃度較低，有勝溪測站硫酸鹽濃度較高。冬季硫酸鹽濃度也較夏季濃度來得高，而這情形與該區的流量有關。根據以往的數據顯示在12~4月枯水期時，硫酸鹽濃度值上升；在6~10月豐水期時，硫酸鹽濃度明顯降低。

氮鹽在自然水體中的濃度變化很大，通常氮鹽含量會隨著礦物質含量增加。武陵地區溪流中氮鹽濃度大致維持在2.0 mg/L以下，僅有勝溪濃度偏高。

自然界中的含磷量並不多，溪流中磷的來源主要為清潔劑與施肥或土壤中磷沖刷等型式，實驗分析上以正磷酸鹽為主。學者（陳，1998）建議臺灣櫻花鉤吻鮭水體中磷酸鹽濃度應小於0.01 mg/L，歐盟（2006年）則訂定濃度須小於0.2 mg/L（表1-2）。磷酸鹽歷年濃度介於0~0.01 mg/L，今年2、4、6月有勝溪與6月之觀魚臺測得濃度皆為0.06 mg/L及10月繁殖場、有勝溪濃度分別為0.04、0.05 mg/L高於歷年濃度。

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，七家灣溪流域之總有機碳濃度於歷年監測值變動不大，濃度大致介於0.5~1.5 mg/L，今年4月11號發生森林火災過後，測站之TOC有明顯的上升1~1.5倍之多，得知森林火災對環境的衝擊極具影響，而有勝溪之TOC值為所有測站中最高，顯見森林火災對有機質之釋出有相當之影響。

（二）一號壩壩體改善密集監測

雪霸國家公園管理處於去年5月進行一號壩壩體改善工程，在壩體改善前、後於四個測站，由上游至下游分別為觀魚臺（#4）、一號壩上游（#12）、一號壩下游（#13）、繁殖場（#5），進行水質連續監測，以了解壩體改善對七家灣溪及臺灣櫻花鉤吻鮭需求水質之影響。此外水中濁度亦是監測重點，希冀藉此瞭解壩體改善對七家灣溪濁度的衝擊，由改善工程期間突然升高之濁度降回正常濁度所需時間，檢視鮭魚最佳捕食環境。壩體改善工程於100年5月26日正式進行，5月30日完成壩體改善工程，並於5月31日完成疏濬等所有工程，壩體改善前後也正值梅雨季節，豐沛雨量協助水中泥沙運輸，使濁度升高時間縮短，降低壩體改善工程對水體環境之影響。密集採樣日期為100年的5月17日、5月23日、5月24日、5月30日、5月31日及6月4日，而壩體改善後之水質監測仍持續進行。分析結果如圖1-22至圖1-34所示。

壩堤後四個測站的pH值介於7.1~8.5間呈中性偏鹼的狀態，5月17日採樣前幾天因

受梅雨季大量降雨影響，17日當天溪水滾滾，所偵測之pH值，介於7.16~7.57；5月30日壩體改善完成後至6月4日期間，pH值呈持續升高趨勢，介於7.35~8.43，顯示出河川底泥之挖填對pH有升高影響，但數值仍在武陵地區溪流正常範圍內，而後續監測之pH值則趨於穩定。

導電度表示水中離子的含量多寡，鮭魚最適水體導電度介於120~450 $\mu\text{mho}/\text{cm}$ 之間（陳，1998）。5月17日採樣當日因連續大量降雨，稀釋溪流中離子濃度，因此當天導電度測值偏低，介於72.9~105.8 $\mu\text{mho}/\text{cm}$ 。在壩體改善完後幾次採樣，導電度值介於122.8~300 $\mu\text{mho}/\text{cm}$ ，以下游之繁殖場導電度值最低，此趨勢同硫酸鹽濃度。溫度及溶氧則不受壩體改善工程之影響，與歷年監測值維持相同水準。

視覺性攝食魚種臺灣櫻花鉤吻鮭對濁度的要求在5 NTU之下（陳，1998），壩體改善工程對濁度影響很大，但僅止於壩體改善當天以及隔天之影響為最大。壩體改善當天，一號壩下游及繁殖場濁度皆升高至41 NTU與31.2 NTU，但仍比不上5月17日連日大雨對溪水濁度的影響，觀魚臺116 NTU、一號壩上游157 NTU、一號壩下游145 NTU、繁殖場60 NTU，且繁殖場為七家灣溪與高山溪匯流點，繁殖場濁度相較於其他測站低，很有可能是高山溪較不受大雨沖刷使得濁度升高之影響，與七家灣溪匯流後稀釋水中濁度。壩體改善後隔天，濁度隨即降低至5 NTU以下，而今年度四個測站之濁度值皆低於1 NTU以下，顯示濁度已回復至往年之變動趨勢，在今年9月份連續颱風侵臺導致10月份採樣之水質數值為3.11~7.10，其餘時期符合臺灣櫻花鉤吻鮭對水中濁度需求。

壩體改善對矽酸鹽的影響不大，歷年濃度介於0.06~6.80 mg/L間。

硝酸鹽氮濃度於壩體改善工程後維持在1 mg/L以下，不受土石挖填及改善工程之影響。亞硝酸鹽氮及氨氮濃度在100年5月壩體改善期間皆明顯升高，而後續監測則恢復正常，除了這次因颱風影響，繁殖場與一號壩上游的亞硝酸鹽氮濃度上升，分別為3.34、2.09 $\mu\text{g}/\text{L}$ ，其餘測站小於3.00 $\mu\text{g}/\text{L}$ 。

硫酸鹽濃度不受壩體改善工程影響，反而受降雨影響較大，今年六月份測得略為提高，其中一號壩下游，濃度為40.92 mg/L。

氯鹽於壩體改善工程後在各測站之監測值皆低於1.1 mg/L，不受壩體改善工程之影響，而在今年10月份採樣時因颱風因素，觀魚臺測站濃度升高至2.18 mg/L。磷酸鹽濃度之後續監測值則在0.04 mg/L以下。

(三) 山溝及排水溝之水質監測

圖1-35至圖1-47為山溝及排水溝之水質監測結果，山溝及排水溝之pH值略低於七

家灣溪流測站，矽酸鹽濃度略高於七家灣溪流測站，溫度及溶氧則與七家灣溪流測站差異不大。另外，排水溝之導電度值明顯低於山溝及七家灣溪。濁度值維持在5 NTU 之下。

山溝之硝酸鹽濃度高於排水溝測站，介於0.42~2.84 mg/L，且排水溝前測站濃度值大於後測站。排水溝測值則略高於七家灣溪流，介於0.42~2.2 mg/L。

除了今年10月因颱風影響排水溝濃度達8.4 mg/L，其餘測站之亞硝酸鹽氮濃度大多維持在5 µg/L之下。整體來說亞硝酸鹽氮濃度仍遠低於保育臺灣櫻花鉤吻鮭的水質基準50 µg/L。

氯鹽歷年監測結果顯示，山溝之氯鹽濃度高於排水溝測站，介於0.72~30.34 mg/L。排水溝測值則略高於七家灣溪流，介於0.7~12.18 mg/L。氯鹽在自然水體中的濃度變化較大，通常氯鹽含量會隨著礦物質含量增加。

磷酸鹽歷年監測山溝及排水溝濃度介於0.01~0.13 mg/L，今年二月份測得之磷酸鹽雖略提高至0.27 mg/L左右，推估可能是雨水沖刷所導致。

今年監測山溝及排水溝之硫酸鹽濃度介於6.74~19.40 mg/L，皆遠小於觀魚臺、高山溪與有勝溪的監測濃度22.33~55.52 mg/L。歷年監測結果顯示該區硫酸鹽來源僅為當地岩石中之金屬硫化物經風化過程後氧化溶解所產生。山溝與排水溝測站測得總有機碳濃度介於0.408~1.619 mg/L，與七家灣溪流近似。

(四) 8.1公頃回收農用地之水質監測

圖1-48至圖1-60為8.1公頃回收農用地之水質監測結果。回收農用地已於95年12月底完成徵收，為比較回收前後之水質差異，故本團隊持續於該區附近之測站包括桃山西溪（#2）、二號壩（#3）及觀魚臺（#4）進行採樣以分析水質變化。

今年該區域水質分析結果顯示，導電度與硫酸鹽濃度呈現越往下游濃度越高趨勢，以上游桃山西溪最低，二號壩次之，下游觀魚臺最高，而10月分析結果顯示觀魚臺濃度低於桃山西溪與二號壩，濃度為13.59 mg/L。而硝酸鹽濃度介於0.07~0.48 mg/L，歷年亞硝酸鹽濃度介於0~0.8 µg/L，而在今年10月因颱風影響，桃山西溪濃度達10.8 µg/L，需持續觀察，氨氮濃度為0.03 mg/L以下。監測結果顯示，每年6~10月份硝酸鹽氮濃度會逐漸下降，若該月份總有機碳濃度升高至可提供充分碳源時，亞硝酸鹽氮濃度會顯著增加，同時氨氮濃度亦會略微升高，顯示6至10月份為該區域溪流進行脫硝反應季節，脫硝菌會利用有機碳為能量來源，將硝酸鹽氮還原成亞硝酸鹽氮及氨氮。其餘監測項目暫無明顯變化跡象。

歷年監測結果觀察到99年之前，三測站硝酸鹽氮濃度差距幅度較大，濃度差距最

高達到2.2 mg/L；99年之後的監測結果濃度差異幅度明顯縮小至0.1~0.5 mg/L之間，顯示該區域氮鹽濃度逐漸穩定，農地回收確實有達到一定成效。

(五) 羅葉尾溪與合歡溪之水質監測

圖1-63至圖1-75為羅葉尾溪、合歡溪之水質監測結果與七家灣溪之比較圖。監測測站分別為觀魚臺（#4）、高山溪（#8）、有勝溪（#9）、羅葉尾溪放流點（#201）、南湖登山口（#202）、勝光（#203）、有勝溪下游（#204）、合歡溪上游（#303），其中勝光（#203）、有勝溪下游（#204），這兩測站周邊皆有農耕施作。

今年羅葉尾與有勝溪流域的水質分析結果顯示，pH值介於7.12~8.33，測得之pH值皆在魚類生產力最佳範圍6.5~8.5之內，溫度、溶氧、矽酸鹽則與有勝溪流域測站差異不大。濁度值維持在5 NTU之下。有勝溪（#9）、勝光（#203）、有勝溪下游（#204）有較高的硝酸鹽氮與導電度，與農耕施作導致該區導電度與營養鹽濃度高於其它溪流有關。而硝酸鹽濃度介於0.02~3.35 mg/L，亞硝酸鹽濃度介於0.1~4.5 µg/L，氨氮濃度為0.03 mg/L以下。

磷酸鹽歷年濃度介於0~0.01 mg/L，今年6月、10月測得濃度介於0.01~0.09 mg/L高於歷年濃度，推估可能是跟山區降雨沖刷與颱風侵臺有關。

今年中監測羅葉尾溪之硫酸鹽濃度介於16.20~51.86 mg/L，勝光的監測濃度介於29.96~51.87 mg/L，其中二、四月份濃度偏高，推估可能跟農耕有影響。

氯鹽在自然水體中的濃度變化很大，通常氯鹽含量會隨著礦物質含量增加。羅葉尾溪與有勝溪普遍低於2.0 mg/L，而在今年10月因颱風影響觀魚臺、有勝溪及有勝溪下游濃度高於其他測站，濃度分別為2.18、1.11、1.05 mg/L。

溪流中總有機碳的來源多為落葉與有機體的分解，羅葉尾及有勝溪測站總有機碳濃度介於0.401~3.174 mg/L。合歡溪在今年6月與10月兩次採樣分析結果顯示，合歡溪硫酸鹽、導電度、磷酸鹽濃度極低，唯獨總有機碳濃度相對較高，似與桃山西溪水質狀況較為接近。

(六) 森林火災對水質之影響

於今年4月11日，武陵農場之山區發生森林大火，火災範圍如圖1-7，比較森林火災後(4/15)與火災前(4/7)，火災使得有機物分解，造成總有機碳濃度上升1~1.5倍，其餘分析項目也有明顯的提高，硝酸鹽氮濃度範圍為從0.03~0.6 mg/L提高到0.11~0.50 mg/L，亞硝酸鹽氮濃度範圍為從0.0~1.4 mg/L提高到1.2~1.9 mg/L，總有機碳濃度範圍為從0.971~1.902 mg/L提高到1.997~3.174 mg/L，因此推估火災可能改變地形與逕流方向，故即便離火災範圍較遠之羅葉尾溪放流點與南湖登山口樣站，亦受到相當程度的

影響，但在6月及10月監測數據顯示，個項目均回復過往之濃度範圍。如圖1-61所示。

(七) 9月份連續3個颱風侵臺之影響

於今年9月份連續3個颱風（莫蘭蒂：12~15日、馬勒卡：15~18日、梅姬：25~28日）侵臺，其中以梅姬較為嚴重，颱風眼從臺灣中部貫穿，直接影響雪霸武陵當地氣候，於思源累積雨量在9月27日17點位於高峰47.5毫米/小時，在9月28號凌晨12點時24小時累積雨量達到314毫米，已達到豪雨，且接近大豪雨（350毫米以上）等級，導致前往武陵農場之道路上有多處山壁坍塌，亦造成七家灣溪河道轉變，濁度數值從小於5 NTU高達61.37 NTU，二氧化矽濃度範圍從1.21~3.73 mg/L提高到2.65~3.95 mg/L，亞硝酸鹽氮濃度範圍為從0.0~1.4 mg/L提高到0.5~10.8 mg/L，氯離子濃度範圍從0.08~1.37 mg/L提高到0.20~2.12 mg/L，因此推估連續颱風侵臺對於土壤及山坡較鬆軟之地區受到相當程度之影響。

(八) 今年水質分析結果與國際濕地訂定值比較

於今年施行七家灣溪重要濕地保護計畫後，對於七家灣溪之水質標準有了新的訂定目標，且為確保臺灣櫻花鉤吻鮭之棲地，對於排放於七家灣溪之水源進行監測，依照今年分析之水質結果顯示大部分之水質皆符合濕地保護計畫訂定之水質範圍，唯有溶氧部分幾乎每個測站皆小於規定值6.5 mg/L以下，從圖1-76與圖1-77推估，由於水溫有持續升高的趨勢，導致水中溶氧亦有下降的趨勢。

五、結論與建議

(一) 結論

1. 水質監測結果顯示，武陵地區除有勝溪流域測站外大部分測站溪流水質良好，符合臺灣櫻花鉤吻鮭生存水質標準，目前武陵地區溪流生態尚屬適合臺灣櫻花鉤吻鮭生存之環境。
2. 在導電度及營養鹽方面，桃山西溪與高山溪均低於其它溪流；七家灣溪中下游測站及有勝溪則有較高的營養鹽濃度，可能與農耕施作和山上降雨沖刷導致該區導電度與營養鹽濃度高於其它溪流有關。
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高；有勝溪收費口的硝酸鹽氮濃度為最高，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。硝酸鹽氮主要的來源為含氮肥料的使用，經雨水逕流而進入河川，因而可推論農耕行為輸入之硝酸鹽對武陵地區溪流有一定程度之影響。
4. 一號壩壩體改善工程對下游水質尤其是濁度有立即性的影響，但在一至二週內即可恢復至溪水初始水質狀態，顯示突如其來之水質變化在短時間內（約一至兩週）即可恢復正常。截至目前各項水質監測結果顯示已回復至往年之變動趨勢。
5. 山溝之硝酸鹽濃度遠高於排水溝測站，介於0.55~3.11 mg/L；排水溝測值則略高於七家灣溪流，介於0.42~2.20 mg/L。整體而言，山溝及排水溝之硝酸鹽氮與磷酸鹽濃度仍高於七家灣溪測站，顯示該區域水質受人為活動影響，故持續的管理與仍有其必要性。
6. 8.1公頃回收農用地之歷年監測結果觀察到99年之後，桃山西溪（#2）、二號壩（#3）及觀魚臺（#4）三測站硝酸鹽氮濃度差距幅度明顯從2.2 mg/L縮小至0.1~0.5 mg/L之間，顯示該區域氮鹽濃度逐漸穩定，農地回收確實有達到一定成效。
7. 羅葉尾溪放流點（#201）與南湖登山口（#202）無農田施作，導電度值明顯為羅葉尾及有勝溪流域中最低；其餘測站因農耕活動的關係，導電度值較高，由此可明顯觀察到農耕行為對溪流導電度所造成的影響。
8. 森林火災之影響已恢復原來趨勢，而連續颱風侵臺造成濁度、二氧化矽、亞硝酸鹽氮、氯離子濃度提高，後續影響待觀察。
9. 合歡溪在今年6月與10月兩次採樣分析結果顯示，硫酸鹽、導電度與磷酸鹽濃度極低，唯獨總有機碳濃度相對較高，似與桃山西溪水質狀況較為接近。
10. 依照今年分析之水質結果顯示大部分之水質皆符合濕地保護計畫訂定之水質範圍，唯有溶氧在2月及10月小於規定值6.5 mg/L以下，從歷年水溫與溶氧分析結果顯示，水溫持續升高，導致溶氧亦有下降之趨勢。

(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

由監測結果顯示，人為活動較密集區，營養鹽濃度及導電度均較高，應持續適度控管人為活動，針對遊客人數、農業施肥施藥量及污水處理設施等妥善管理。

2. 長期建議：

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：武陵農場

於重要測站（鮭魚活動密集、受人為活動污染潛勢高、未來規劃可能進行鮭魚移地保育等）放置溫度記錄器，定期蒐集水溫等相關資料，以評估臺灣櫻花鉤吻鮭棲息地七家灣溪流水溫之時空變化情形，供管理及決策參考。若能輔以人工至少每季採樣分析 NO_3^- 、 NO_2^- 及總有機碳濃度，則可完整掌握水質變化情形。

六、參考文獻

- 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報告。
- 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報告。
- 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報告。
- 官文惠。2013。還給國寶魚一個乾淨的流域-淺談台灣櫻花鉤吻鮭放流與歷史棲地調查。國家公園季刊，9, 24-29。
- 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報告。
- 張石角。1989。櫻花鉤吻鮭保護區規劃。行政院農委會研究報告。
- 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。
行政院環境保護署環保法規資料中心。
- Chang, C.L., Kuan, W.H., Lui, P.S., Hu, C.Y., 2008. Relationship between landscape characteristics and surface water quality. *Environ. Monit. Assess.* 147:57-64.
- Chang, C.L., Kuan, W.H., Lui, P.S., 2010. Modeling watershed responses to typhoon events-A case study of WuLin catchment in Taiwan. *Fresen Environ Bull* 19:658-663.
- Directive 2006/44/EC of the European parliament and of the council of 6 September 2006 on the quality of fresh waters needing protection or improvement in order to support fish life. 2006. *Official journal of the European Union* 264:20-31.
- Kuan, W.H., Wang, M.K., Wu, C.W., Huang, P.M., Wang, S.L., Chang, C.M., 2005. Effect of citric acid on aluminum hydrolytic speciation. *Water Res.* 39:3457-3466.
- Kuan, W.H., Chang, C.L., Lui, P.S., 2009. A variety of meteorological and geographical characteristics effects on watershed responses to a storm event. *World Academy of Science, Engineering and Technology* 59:466-469.
- Kuan, W.H., Hu, C.Y., Liu, B.S., Tzou, Y.M., 2013. Degradation of antibiotic amoxicillin using 1 x 1 molecular sieve-structured manganese oxide. *Environ. Technol.* 34:2443-2451.
- Kuan, W.H., Chen, Y.L., 2014. Land-use type of catchment varying nitrogen cycle in an endangered salmon inhabited stream. *Environmental Engineering and Management Journal* 13:971-978.
- Liou, Y.H., Lo, S.L., Lin, C.J., Hu, C.Y., Kuan, W.H., Weng, S.C., 2005. Methods for accelerating nitrate reduction using zerovalent iron at near-neutral pH: Effects of

- H₂-reducing pretreatment and copper deposition. *Environ. Sci. Technol.* 39:9643-9648.
- 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 537.

表 1-1 地面水體分類及水質標準

分級	基準值						
	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		—	—

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。

(資料來源：行政院環境保護署水污染防治)

表 1-2 歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準(2006.9.6.)

水質項目	鮭魚		鯉魚	
	準則	命令	準則	命令
溫度(°C)		1.5~21.5°C		3~28°C
溶氧(mg O ₂ /L)	50 % ≥ 9 100 % ≥ 7	50 % ≥ 9 (6 mg/L 以上)	50 % ≥ 8 100 % ≥ 5	50 % ≥ 7 (4 mg/L 以上)
pH		6~9		6~9
懸浮固體(mg/L)	≤ 25		≤ 25	
BOD ₅ (mg O ₂ /bhL)	≤ 3		≤ 6	
磷酸鹽(mg PO ₄ /L)	≤ 0.2		≤ 0.4	
亞硝酸鹽(µg N/L)	≤ 3.0		≤ 9.1	
非離子態氮 (µg N/L)	≤ 4.1	≤ 20.6	≤ 4.1	≤ 20.6
總氮(mg N/L)	≤ 0.03	≤ 0.78	≤ 0.16	≤ 0.78

(資料來源：Directive 2006/44/EC of the European parliament and of the council of 6 September 2006)

表 1-3 飲用水水源水質標準（作為自來水及簡易自來水之飲用水水源者）

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

（資料來源：行政院環境保護署飲用水水源水質標準）

表 1-4 濕地水質標準

項目	重要濕地內灌溉排水蓄水放淤給水 投入標準	建議管理目標標準
溫度(°C)	當季調查平均溫度正、負 2 度	春季：10.5~14.5 夏季：13.3~15.3 秋季：11.3~15.3 冬季：6.90~10.9
氨氮(mg/L)	7.5	0.1 以下
硝酸鹽(mg/L)	37.5	15 以下
亞硝酸鹽(mg/L)	-	0.03 以下
磷酸鹽(mg/L)	2	0.15 以下
生化需氧量(mg/L)	22.5	1 以下
pH	調查平均值正負 1	6.8~8.8
溶氧(mg O ₂ /L)	-	6.5 以上
導電度(µm/cm)	-	100~450
濁度(NTU)	-	5 以下

（資料來源：七家灣溪重要濕地(國家級)保育利用計畫）

表 1-5 水體樣品保存

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

（資料來源：行政院環境保護署）

表 1-6 採樣地點地理座標

站號	站名	溪流	地理座標 (經緯度)		海拔(m)
#2	桃山西溪	桃山西溪	E 121.307581	N 24.398062	1927 m
#3	二號壩	七家灣溪	E 121.307882	N 24.398027	1787 m
#4	觀魚臺	七家灣溪	E 121.311691	N 24.367504	1743 m
#5	繁殖場	七家灣溪	E 121.313529	N 24.354357	1727 m
#8	高山溪	高山溪	E 121.308520	N 24.358140	1786 m
#9	有勝溪	有勝溪	E 121.323892	N 24.351476	1776 m
#11	一號壩上游	七家灣溪	E 121.311813	N 24.363872	1762 m
#12	一號壩下游	七家灣溪	E 121.311441	N 24.359891	1712 m
#201	羅葉尾溪放流點	羅葉尾溪	E 121.347867	N 24.394812	2309 m
#202	南湖登山口	有勝溪	E 121.352448	N 24.391735	1945 m
#203	勝光	有勝溪	E 121.341347	N 24.349058	1874 m
#204	有勝溪下游	有勝溪	E 121.323847	N 24.351346	1752 m
#303	合歡溪上游	合歡溪	E 121.253785	N 24.163476	2650 m
A3	山溝 中游	七家灣溪	E 121.310128	N 24.382548	1843 m
A4	山溝 中之支游	七家灣溪	E 121.307883	N 24.376893	1780 m
A5	山溝 中之下游	七家灣溪	E 121.308247	N 24.376844	1875 m
A6	山溝	七家灣溪	E 121.308807	N 24.377426	1809 m
B1	排水溝	七家灣溪	E 121.309883	N 24.374766	1768 m
B3	排水溝 前	七家灣溪	E 121.309461	N 24.375739	1724 m
B4	排水溝 後	七家灣溪	E 121.310529	N 24.374433	1756 m

(資料來源：本研究資料)

表 1-7 105 年 02 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
			月/日		μS/cm	mg/L	NTU	mg/L	mg/L
#2	桃山西溪	陰天小飄雨	3/9	7.8	128.2	6.5	0.22	1.21	0.07
#3	二號壩	陰天小飄雨	3/9	7.6	165.3	6.1	0.15	1.98	0.11
#4	觀魚臺	陰天小飄雨	3/9	8.1	169.3	6.1	0.53	1.44	0.16
#5	繁殖場	陰天小飄雨	3/9	7.7	157.9	6.0	0.58	1.68	0.171
#8	高山溪	陰天小飄雨	3/9	7.8	138.5	6.3	0.48	1.52	0.131
#9	有勝溪	陰天小飄雨	3/9	8.1	224.7	6.4	0.57	1.39	0.82
#12	一號壩上游	陰天小飄雨	3/9	8.2	174.6	6.1	0.33	1.23	0.21
#13	一號壩下游	陰天小飄雨	3/9	7.8	172.4	6.2	0.26	1.04	0.18
#201	羅葉尾溪放流點	陰天小飄雨	3/9	6.5	123.4	6.9	0.41	1.35	0.11
#202	南湖登山口	陰天小飄雨	3/9	7.0	112.4	6.3	0.74	1.32	0.10
#203	勝光	陰天小飄雨	3/9	8.1	327.0	6.1	0.52	0.84	0.25
#204	有勝溪下游	陰天小飄雨	3/9	7.9	215.3	5.9	0.61	1.13	0.72
A3	山溝 中	陰天小飄雨	3/9	7.6	104.5	5.8	1.46	2.76	3.08
A4	山溝 中支	陰天小飄雨	3/9	7.7	104.1	6.0	0.78	1.45	3.11
A5	山溝 中下	陰天小飄雨	3/9	7.6	104.3	6.0	0.75	2.08	1.63
A6	山溝	陰天小飄雨	3/9	7.8	104.6	6.1	0.62	1.83	2.98
B1	排水溝	陰天小飄雨	3/9	7.6	82.2	5.5	1.57	1.85	0.65
B3	排水溝 前	陰天小飄雨	3/9	7.7	67.1	5.6	2.79	2.61	0.98
B4	排水溝 後	陰天小飄雨	3/9	7.8	74.8	5.9	2.93	1.46	2.01

站號	站名	氣候	採樣日期	NO ₂ ⁻ -N	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	PO ₄ ³⁻	NH ₄ ⁺ -N	TOC
			月/日	μg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
#2	桃山西溪	陰天小飄雨	3/9	0.7	22.20	0.18	0.02	N.D.	1.42
#3	二號壩	陰天小飄雨	3/9	0.8	31.11	0.29	0.03	N.D.	1.41
#4	觀魚臺	陰天小飄雨	3/9	0.9	26.03	0.32	0.03	0.07	1.82
#5	繁殖場	陰天小飄雨	3/9	1.7	31.78	0.28	0.04	N.D.	1.51
#8	高山溪	陰天小飄雨	3/9	1.2	26.44	0.24	0.04	N.D.	1.89
#9	有勝溪	陰天小飄雨	3/9	1.8	36.62	1.20	0.07	N.D.	2.12
#12	一號壩上游	陰天小飄雨	3/9	1.2	37.01	0.43	0.04	N.D.	1.89
#13	一號壩下游	陰天小飄雨	3/9	2.8	28.87	0.36	0.03	N.D.	1.89
#201	羅葉尾溪放流點	陰天小飄雨	3/9	1.0	25.36	0.30	0.03	0.05	1.77
#202	南湖登山口	陰天小飄雨	3/9	1.5	29.07	0.26	0.05	0.02	1.34
#203	勝光	陰天小飄雨	3/9	1.4	51.87	0.72	0.03	N.D.	3.63
#204	有勝溪下游	陰天小飄雨	3/9	1.7	36.17	0.86	0.09	N.D.	2.63
A3	山溝 中	陰天小飄雨	3/9	1.4	11.93	3.01	0.11	N.D.	1.25
A4	山溝 中支	陰天小飄雨	3/9	1.4	12.12	3.07	0.10	N.D.	1.32
A5	山溝 中下	陰天小飄雨	3/9	1.5	6.07	1.63	0.27	N.D.	1.33
A6	山溝	陰天小飄雨	3/9	1.9	11.88	2.96	0.10	0.03	1.34
B1	排水溝	陰天小飄雨	3/9	3.8	7.59	0.72	0.08	0.02	1.32
B3	排水溝 前	陰天小飄雨	3/9	2.6	8.28	1.16	0.07	N.D.	1.42
B4	排水溝 後	陰天小飄雨	3/9	1.2	8.91	1.77	0.03	N.D.	1.33

* N.D.值：(1) NH₄⁺-N < 0.01 mg/L

(資料來源：本研究資料)

表 1-8 105 年 04 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
			月/日		μS/cm	mg/L	NTU	mg/L	mg/L
#2	桃山西溪	晴	4/7	8.0	115.6	7.1	1.08	1.34	0.02
#3	二號壩	晴	4/7	7.8	154.3	7.0	0.75	1.75	0.11
#4	觀魚臺	晴	4/7	8.1	169.6	6.6	1.38	2.23	0.19
#5	繁殖場	晴	4/7	8.0	148.3	6.8	1.47	2.50	0.05
#8	高山溪	晴	4/7	7.6	138.3	6.8	0.86	2.27	0.03
#9	有勝溪	晴	4/7	8.4	219.0	7.1	1.18	1.94	0.65
#12	一號壩上游	晴	4/7	8.1	174.6	6.7	0.81	1.92	0.11
#13	一號壩下游	晴	4/7	7.6	168.9	7.0	0.79	1.54	0.14
#201	羅葉尾溪放流點	晴	4/7	6.7	128.4	6.4	0.64	2.55	0.05
#202	南湖登山口	晴	4/7	6.9	111.9	7.1	1.72	1.82	0.02
#203	勝光	晴	4/7	8.3	332.0	6.6	1.73	1.87	0.38
#204	有勝溪下游	晴	4/7	8.1	210.3	7.0	1.09	1.40	0.60
A3	山溝 中	晴	4/7	7.7	101.2	6.7	2.51	2.60	2.13
A4	山溝 中支	晴	4/7	7.5	99.8	6.6	0.94	3.45	2.15
A5	山溝 中下	晴	4/7	7.8	101.3	6.6	2.79	3.29	2.02
A6	山溝	晴	4/7	7.8	96.6	6.5	2.98	2.65	2.84
B1	排水溝	晴	4/7	8.1	94.3	6.4	2.32	2.73	2.20
B3	排水溝 前	晴	4/7	8.0	63.0	6.5	2.85	1.80	0.69
B4	排水溝 後	晴	4/7	8.2	80.9	5.9	1.56	1.43	0.96

站號	站名	氣候	採樣日期	NO ₂ ⁻ -N	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	PO ₄ ³⁻	NH ₄ ⁺ -N	TOC
			月/日	μg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
#2	桃山西溪	晴	4/7	0.2	21.42	0.1698	0.02	N.D.	1.23
#3	二號壩	晴	4/7	0.5	30.55	0.2692	0.02	N.D.	1.15
#4	觀魚臺	晴	4/7	0.0	33.49	0.3852	0.02	N.D.	1.03
#5	繁殖場	晴	4/7	0.6	27.37	0.1928	0.02	N.D.	1.28
#8	高山溪	晴	4/7	1.0	23.12	0.0786	0.02	N.D.	1.02
#9	有勝溪	晴	4/7	1.7	35.88	1.0289	0.06	0.01	1.45
#12	一號壩上游	晴	4/7	3.4	20.67	0.2367	0.03	N.D.	1.27
#13	一號壩下游	晴	4/7	0.8	23.58	0.2227	0.02	N.D.	0.99
#201	羅葉尾溪放流點	晴	4/7	0.5	18.78	0.4727	0.01	N.D.	0.97
#202	南湖登山口	晴	4/7	0.0	16.20	0.1874	0.02	0.01	0.99
#203	勝光	晴	4/7	0.8	51.25	0.4865	0.01	N.D.	1.63
#204	有勝溪下游	晴	4/7	2.2	33.70	0.7076	0.06	N.D.	1.29
A3	山溝 中	晴	4/7	0.1	6.74	2.2458	0.08	N.D.	0.95
A4	山溝 中支	晴	4/7	1.2	9.65	2.7840	0.03	N.D.	0.93
A5	山溝 中下	晴	4/7	2.4	6.53	2.1444	0.09	N.D.	0.82
A6	山溝	晴	4/7	2.5	9.13	3.0037	0.08	N.D.	0.89
B1	排水溝	晴	4/7	0.6	10.06	2.1032	0.03	N.D.	0.89
B3	排水溝 前	晴	4/7	1.4	7.25	1.0107	0.04	0.06	0.76
B4	排水溝 後	晴	4/7	2.0	8.56	1.5054	0.03	N.D.	0.90

* N.D.值：(1) NH₄⁺-N < 0.01 mg/L

(資料來源：本研究資料)

表 1-9 105 年 04 月 11 日火災後溶解態分析數據

站號	站名	氣候	採樣日期	pH	導電度	溶氧	濁度	SiO ₂	NO ₃ ⁻ -N
			月/日		μS/cm	mg/L	NTU	mg/L	mg/L
#4	觀魚臺	雨	4/15	8.0	171.8	5.5	0.40	0.91	0.22
#5	繁殖場	雨	4/15	8.0	167.6	5.6	0.44	2.13	0.19
#9	有勝溪	雨	4/15	8.0	289.0	4.8	2.04	2.36	1.41
#12	一號壩上游	雨	4/15	8.1	183.3	5.6	0.49	1.31	0.21
#13	一號壩下游	雨	4/15	8.1	179.0	5.6	0.45	1.98	0.23
#201	羅葉尾溪放流點	雨	4/15	8.1	153.1	5.3	0.18	1.45	0.12
#202	南湖登山口	雨	4/15	8.4	198.6	5.3	0.17	1.74	0.35
#203	勝光	雨	4/15	8.5	398.0	5.3	0.72	1.98	0.50
#204	有勝溪下游	雨	4/15	8.0	253.7	5.4	0.37	2.48	1.03

站號	站名	氣候	採樣日期	NO ₂ ⁻ -N	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	PO ₄ ³⁻	NH ₄ ⁺ -N	TOC
			月/日	μg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
#4	觀魚臺	雨	4/15	1.6	23.81	0.34	N.D.	N.D.	1.97
#5	繁殖場	雨	4/15	0.9	24.05	0.27	0.01	N.D.	1.71
#9	有勝溪	雨	4/15	2.4	34.10	1.36	0.06	N.D.	2.61
#12	一號壩上游	雨	4/15	1.3	20.67	0.30	0.01	N.D.	1.98
#13	一號壩下游	雨	4/15	1.1	23.58	0.39	0.01	N.D.	1.70
#201	羅葉尾溪放流點	雨	4/15	1.2	26.85	0.38	N.D.	N.D.	2.71
#202	南湖登山口	雨	4/15	1.2	19.40	0.37	0.02	N.D.	2.00
#203	勝光	雨	4/15	1.9	43.32	0.82	0.01	N.D.	3.17
#204	有勝溪下游	雨	4/15	1.8	28.72	0.86	0.04	N.D.	2.61

* N.D.值：(1) NH₄⁺-N < 0.01 mg/L

(資料來源：本研究資料)

表 1-10 105 年 06 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
			月/日		μS/cm	mg/L	NTU	mg/L	mg/L
#2	桃山西溪	晴	5/25	8.2	140.0	9.1	0.24	1.72	0.03
#3	二號壩	晴	5/25	8.2	202.0	8.1	0.38	2.47	0.03
#4	觀魚臺	晴	5/25	8.3	215.0	7.9	0.22	2.16	0.05
#5	繁殖場	晴	5/25	8.4	187.0	8.8	0.33	1.81	0.03
#8	高山溪	晴	5/25	8.3	169.0	9.1	0.35	1.95	0.02
#9	有勝溪	晴	5/25	8.3	299.0	8.0	0.92	3.73	0.13
#12	一號壩上游	晴	5/25	8.3	221.0	8.4	0.23	1.00	0.05
#13	一號壩下游	晴	5/25	8.2	209.0	8.5	0.34	2.78	0.06
#201	羅葉尾溪放流點	晴	5/25	8.1	168.0	9.1	0.23	1.93	0.03
#202	南湖登山口	晴	5/25	7.9	177.0	8.6	0.65	3.01	0.03
#203	勝光	晴	5/25	8.0	206.0	8.4	0.23	2.04	0.21
#204	有勝溪下游	晴	5/25	8.4	286.0	7.9	0.26	2.51	0.20
#303	合歡溪上游	晴	5/25	8.2	77.0	8.6	0.50	2.12	0.02
A6	山溝	晴	5/25	7.7	135.3	7.7	0.81	3.80	0.55
B3	排水溝 前	晴	5/25	8.0	84.8	6.3	1.75	4.15	0.42

站號	站名	氣候	採樣日期	NO ₂ ⁻ -N	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	PO ₄ ³⁻	NH ₄ ⁺ -N	TOC
			月/日	μg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
#2	桃山西溪	晴	5/25	0.3	26.17	0.12	0.01	0.00	1.74
#3	二號壩	晴	5/25	0.2	35.25	0.16	0.02	0.05	1.14
#4	觀魚臺	晴	5/25	1.5	37.18	0.23	0.06	0.03	1.34
#5	繁殖場	晴	5/25	0.4	31.33	0.14	0.01	0.01	1.23
#8	高山溪	晴	5/25	0.4	26.88	0.10	0.01	0.05	1.44
#9	有勝溪	晴	5/25	1.8	31.17	0.97	0.06	0.05	2.77
#12	一號壩上游	晴	5/25	0.4	34.22	0.28	0.01	0.01	1.01
#13	一號壩下游	晴	5/25	0.5	40.92	0.26	0.01	0.08	0.98
#201	羅葉尾溪放流點	晴	5/25	0.8	32.59	0.20	0.04	0.03	0.99
#202	南湖登山口	晴	5/25	1.4	31.53	0.18	0.01	0.02	1.90
#203	勝光	晴	5/25	0.3	29.96	0.76	0.00	0.02	1.08
#204	有勝溪下游	晴	5/25	0.3	34.18	0.77	0.02	0.05	1.42
#303	合歡溪上游	晴	5/25	0.4	4.89	0.19	0.00	0.02	2.00
A6	山溝	晴	5/25	0.8	13.48	3.09	0.09	0.05	1.56
B3	排水溝 前	晴	5/25	0.9	10.12	2.38	0.04	0.05	1.62

* N.D.值：(1) NH₄⁺-N < 0.01 mg/L

(資料來源：本研究資料)

表 1-11 105 年 10 月溶解態分析數據

站號	站名	氣候	採樣日期	pH	導電度	溶氧	濁度	SiO ₂	NO ₃ ⁻ -N
			月/日		μS/cm	mg/L	NTU	mg/L	mg/L
#2	桃山西溪	時晴起霧	10/5	7.8	139.8	6.4	1.01	2.65	0.04
#3	二號壩	時晴起霧	10/5	7.8	186.4	6.4	6.50	3.21	0.07
#4	觀魚臺	時晴起霧	10/5	8.0	197.2	6.0	3.20	3.49	0.47
#5	繁殖場	時晴起霧	10/5	7.9	172.9	6.1	7.10	3.57	0.05
#8	高山溪	時晴起霧	10/5	7.9	162.7	6.2	6.27	3.55	0.05
#9	有勝溪	時晴起霧	10/5	8.1	240.3	5.8	61.37	3.24	0.21
#12	一號壩上游	時晴起霧	10/5	8.0	199.4	6.0	3.11	3.95	0.09
#13	一號壩下游	時晴起霧	10/5	8.0	199.0	6.0	3.46	3.34	0.09
#201	羅葉尾溪放流點	時晴起霧	10/5	7.8	134.6	6.0	1.27	3.70	0.05
#202	南湖登山口	時晴起霧	10/5	7.6	129.5	5.8	1.15	3.60	0.04
#203	勝光	時晴起霧	10/5	8.1	349.0	5.9	25.1	3.51	0.12
#204	有勝溪下游	時晴起霧	10/5	8.0	231.6	5.9	12.4	4.04	0.18
#303	合歡溪上游	飄雨	10/6	7.8	76.3	5.9	3.09	1.82	0.03
A3	山溝 中	時晴起霧	10/5	7.5	116.5	6.0	1.84	5.11	0.79
A4	山溝 中支	時晴起霧	10/5	7.5	115.8	6.3	1.94	5.03	0.80
A5	山溝 中下	時晴起霧	10/5	7.5	116.0	5.5	5.14	5.13	0.80
A6	山溝	時晴起霧	10/5	7.8	116.1	6.1	1.71	5.05	0.79
B1	排水溝	時晴起霧	10/5	7.8	93.1	6.0	3.69	5.13	0.40
B3	排水溝 前	時晴起霧	10/5	7.8	114.2	6.4	1.80	4.76	0.49
B4	排水溝 後	時晴起霧	10/5	7.8	79.6	5.8	3.72	4.48	0.38

站號	站名	氣候	採樣日期	NO ₂ ⁻ -N	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	PO ₄ ³⁻	NH ₄ ⁺ -N	TOC
			月/日	µg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
#2	桃山西溪	時晴起霧	10/5	10.8	25.14	0.31	N.D.	0.02	0.66
#3	二號壩	時晴起霧	10/5	0.6	33.87	0.22	N.D.	0.01	0.88
#4	觀魚臺	時晴起霧	10/5	0.5	13.59	2.18	N.D.	0.01	0.77
#5	繁殖場	時晴起霧	10/5	3.3	27.56	0.25	0.04	0.02	0.98
#8	高山溪	時晴起霧	10/5	2.7	24.42	0.20	0.01	0.01	1.13
#9	有勝溪	時晴起霧	10/5	2.4	32.62	1.11	0.05	0.02	1.12
#12	一號壩上游	時晴起霧	10/5	2.1	36.36	0.37	N.D.	0.01	0.84
#13	一號壩下游	時晴起霧	10/5	0.5	37.83	0.35	N.D.	0.01	0.76
#201	羅葉尾溪放流點	時晴起霧	10/5	0.5	27.63	0.33	N.D.	0.02	0.81
#202	南湖登山口	時晴起霧	10/5	0.2	22.06	0.40	0.03	0.02	0.82
#203	勝光	時晴起霧	10/5	6.9	43.69	0.69	0.01	0.02	1.40
#204	有勝溪下游	時晴起霧	10/5	5.1	29.75	1.05	0.07	0.01	1.39
#303	合歡溪上游	飄雨	10/6	0.8	4.35	0.29	N.D.	0.01	1.76
A3	山溝 中	時晴起霧	10/5	0.2	11.02	3.54	0.04	0.02	0.74
A4	山溝 中支	時晴起霧	10/5	1.8	9.90	3.49	0.05	0.02	0.66
A5	山溝 中下	時晴起霧	10/5	1.3	9.24	3.42	0.05	0.02	0.76
A6	山溝	時晴起霧	10/5	1.0	9.46	3.48	0.05	0.02	0.76
B1	排水溝	時晴起霧	10/5	8.4	9.21	2.26	0.01	0.02	1.77
B3	排水溝 前	時晴起霧	10/5	2.0	13.37	2.07	0.01	0.02	0.62
B4	排水溝 後	時晴起霧	10/5	0.9	6.66	1.85	0.01	0.01	0.70

* N.D.值：(1) NH₄⁺-N < 0.01 mg/L

(資料來源：本研究資料)

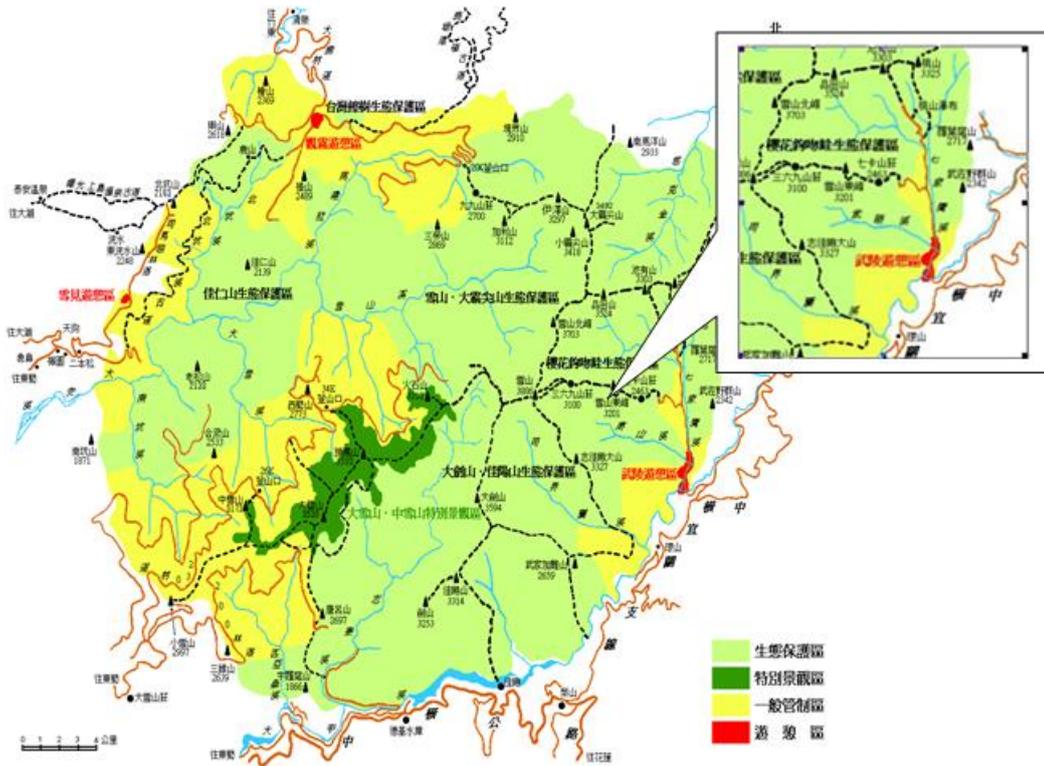


圖 1-1 雪霸國家公園
(資料來源：本研究資料)

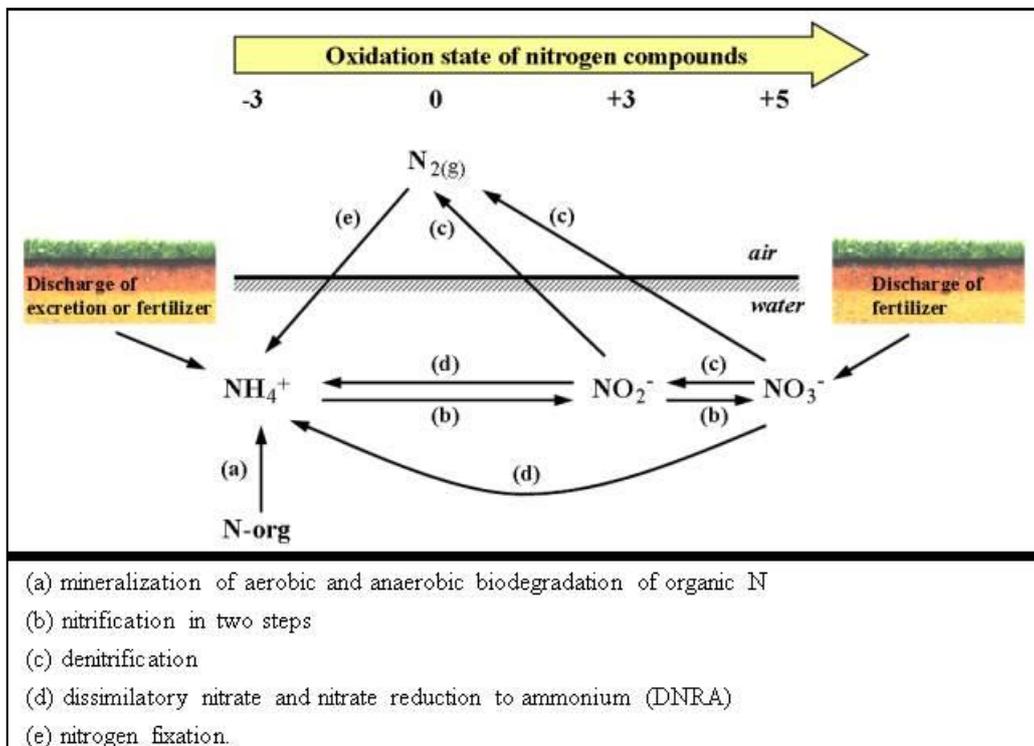


圖 1-2 氮素循環過程
(資料來源：本研究資料)

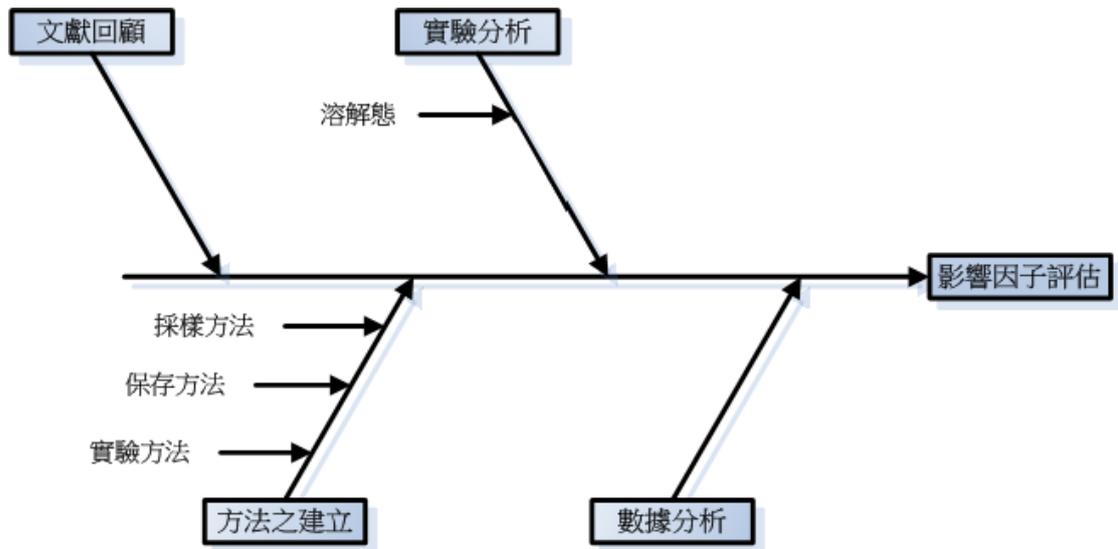


圖 1-3 流程圖
 (資料來源：本研究資料)

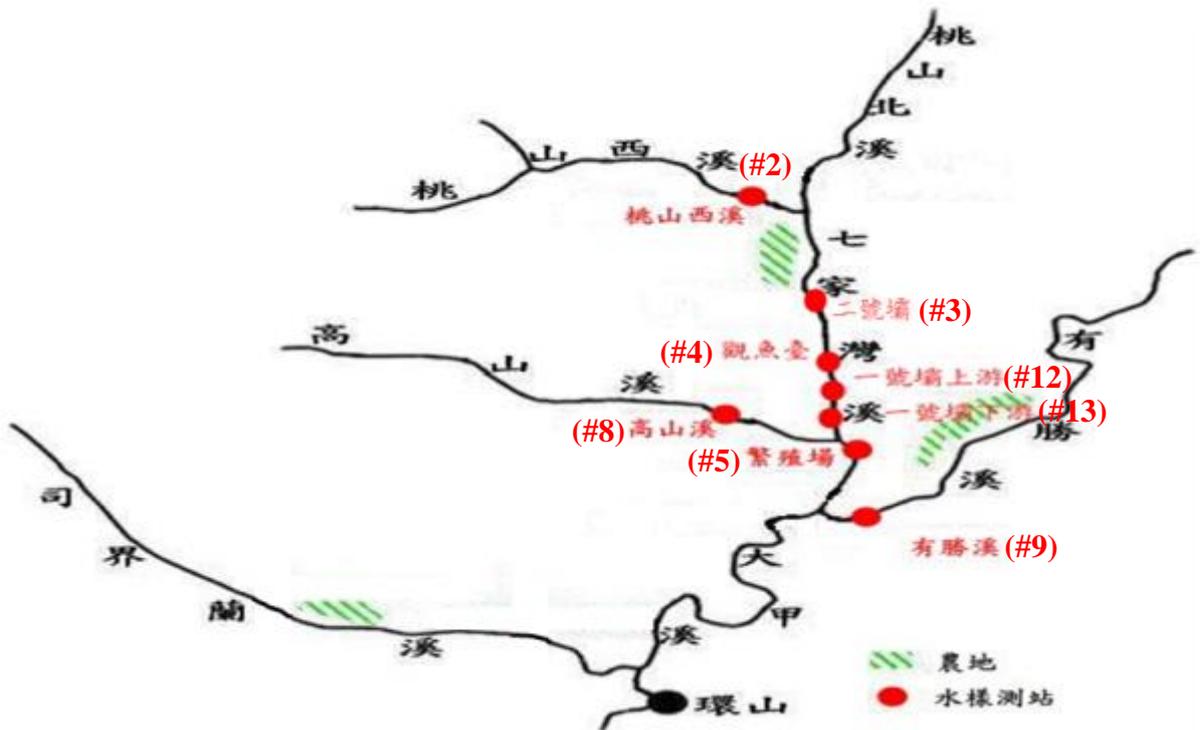


圖 1-4 武陵地區七家灣溪流流域水質採樣地點位置圖
 (資料來源：本研究資料)

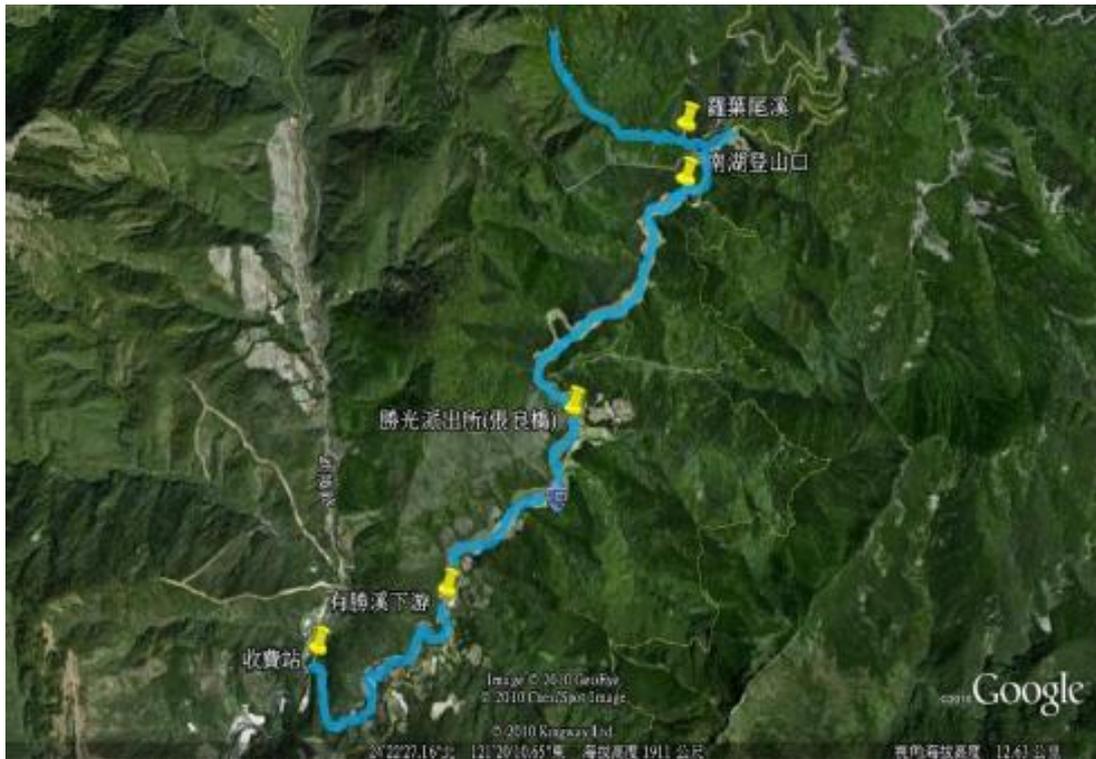


圖 1-5 羅葉尾溪、有勝溪流域採樣位置圖
(資料來源：本研究資料)



圖 1-6 山溝、排水溝採樣位置圖
(資料來源：本研究資料)



圖 1-7 紅框區域為 105 年 4 月 11 日森林火燒山範圍，實心紅圈為建議採樣之樣站
 (資料來源：本研究資料)

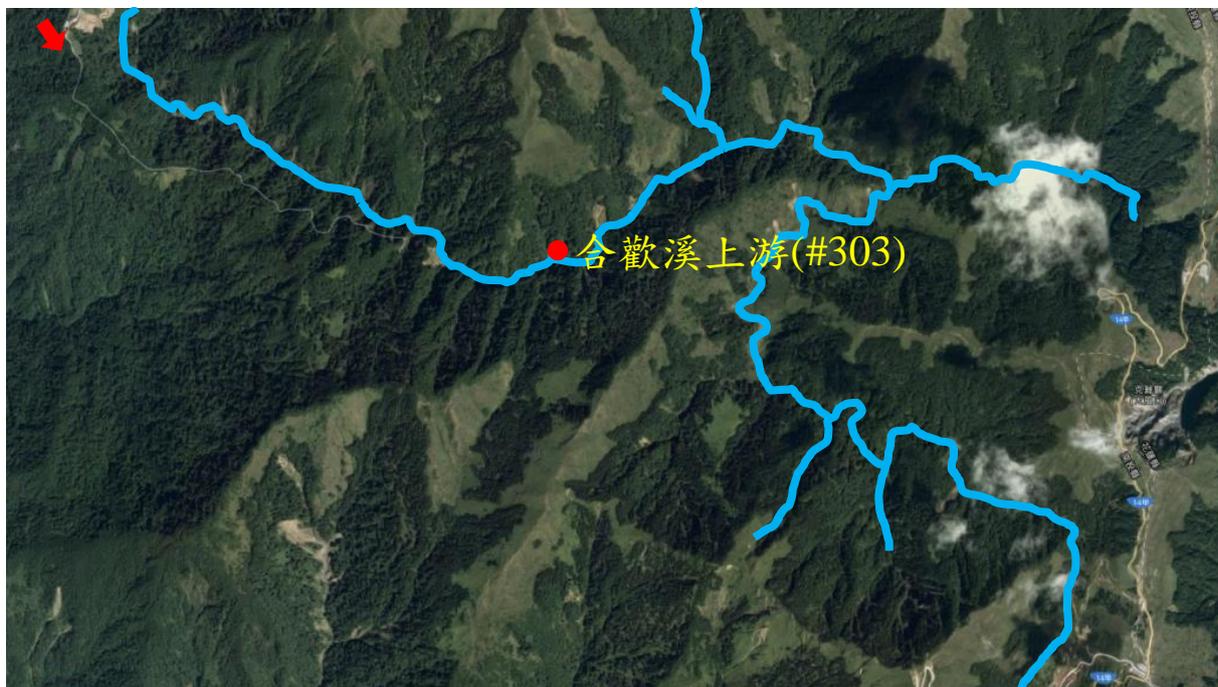


圖 1-8 合歡溪採樣位置圖
 (資料來源：本研究資料)

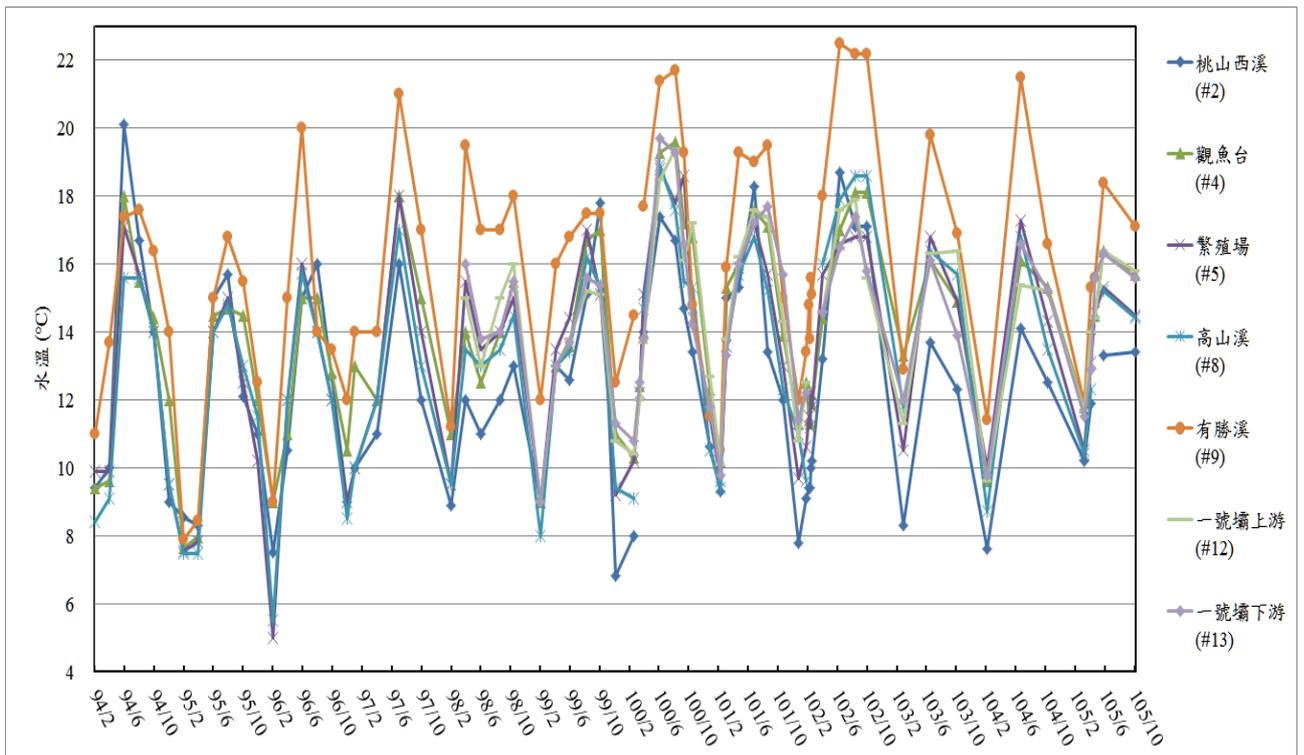


圖 1-9 武陵地區溪流溫度值變化
(資料來源：本研究資料)

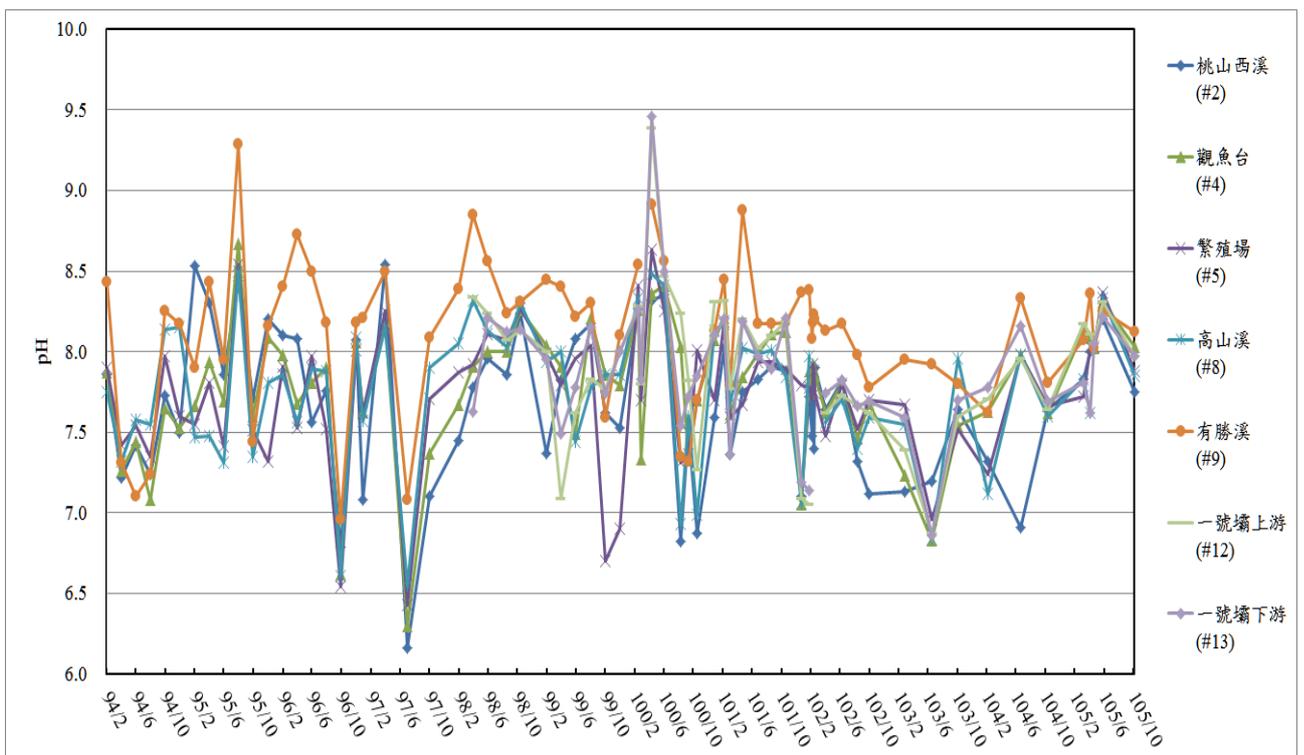


圖 1-10 武陵地區溪流 pH 值變化
(資料來源：本研究資料)

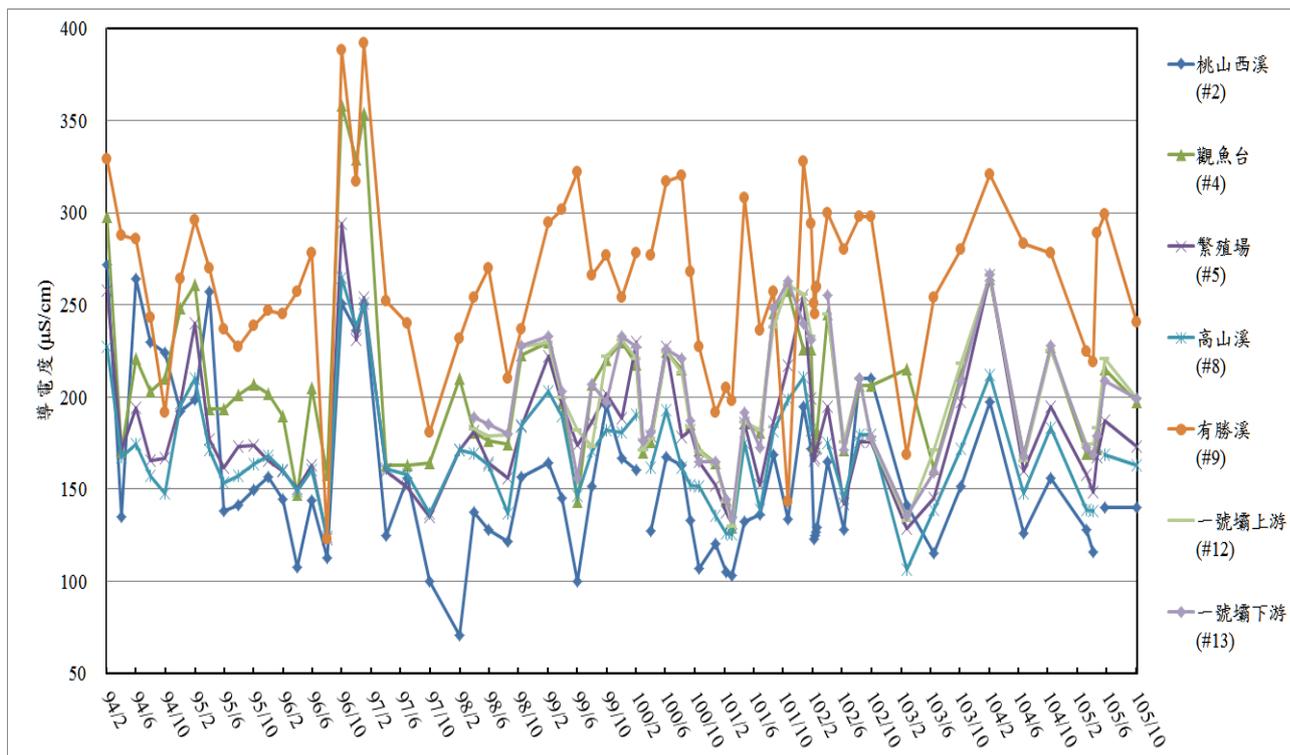


圖 1-11 武陵地區溪流導電度值變化
(資料來源：本研究資料)

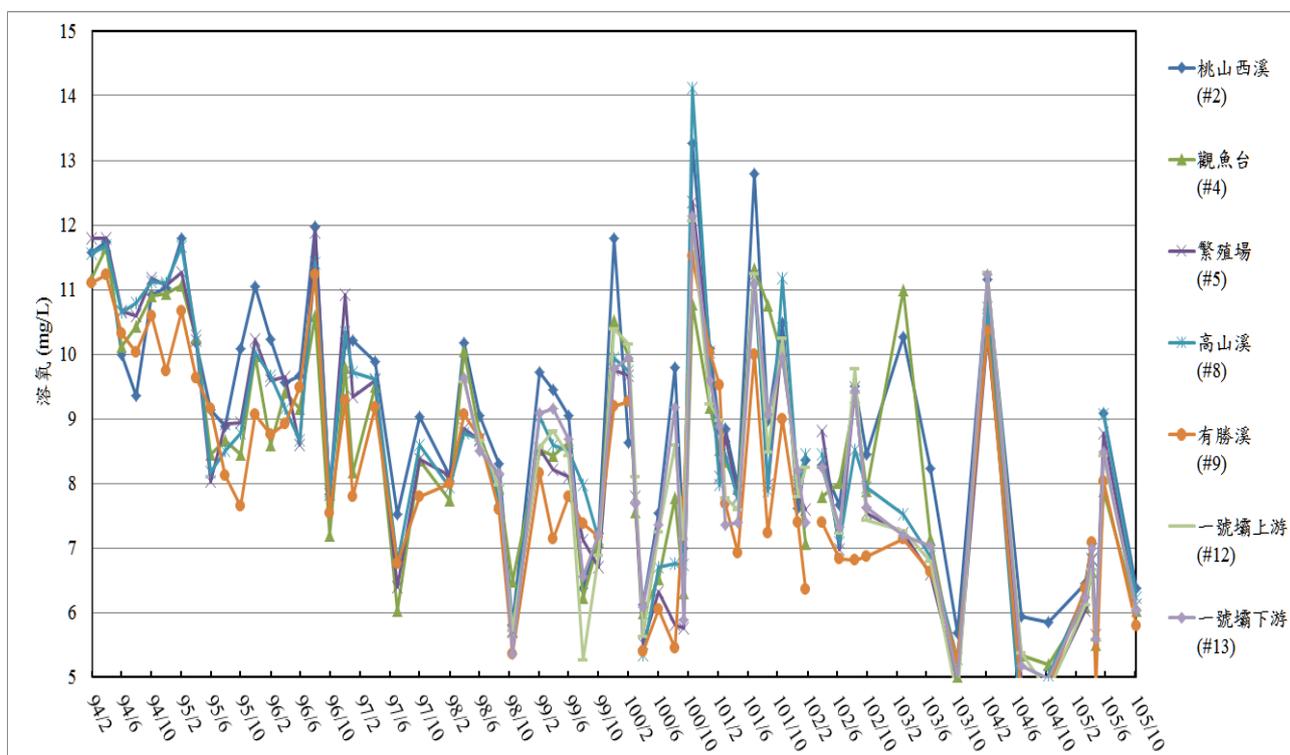


圖 1-12 武陵地區溪流溶氧值變化
(資料來源：本研究資料)

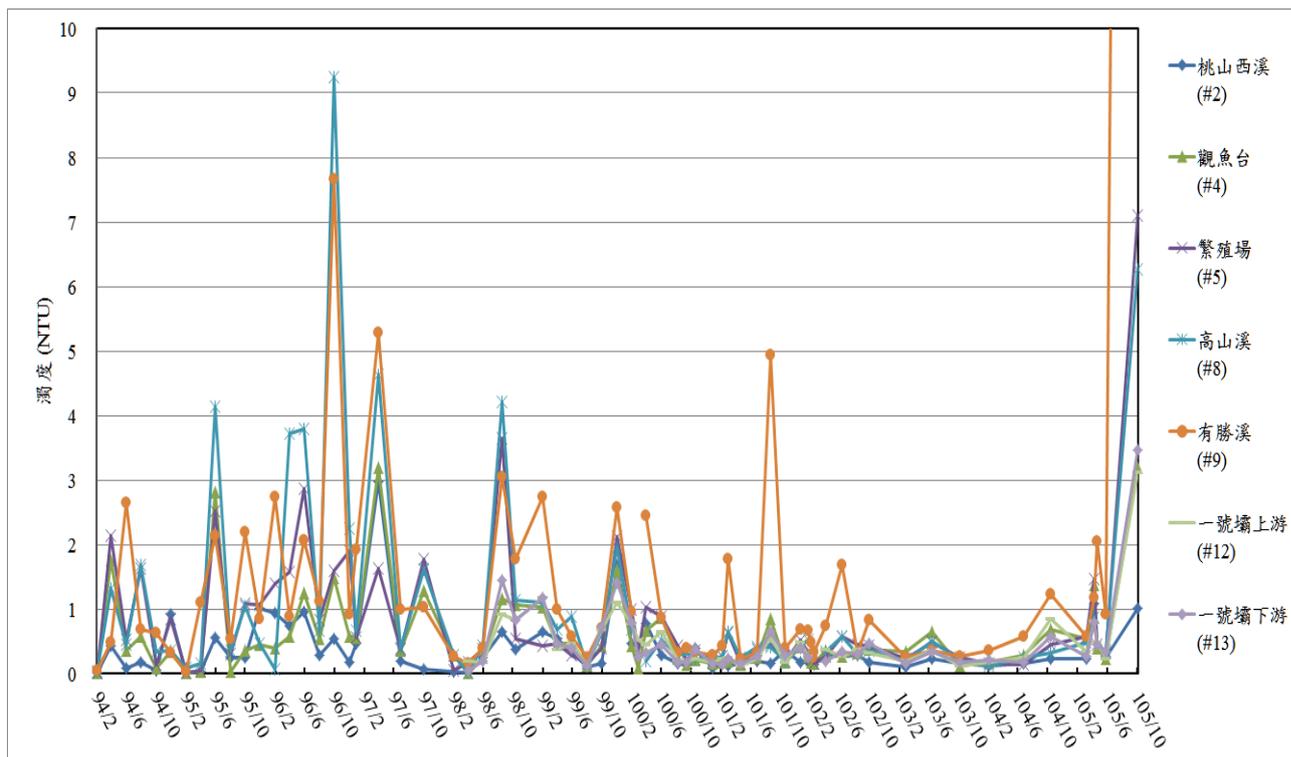


圖 1-13 武陵地區溪流濁度值變化
(資料來源：本研究資料)

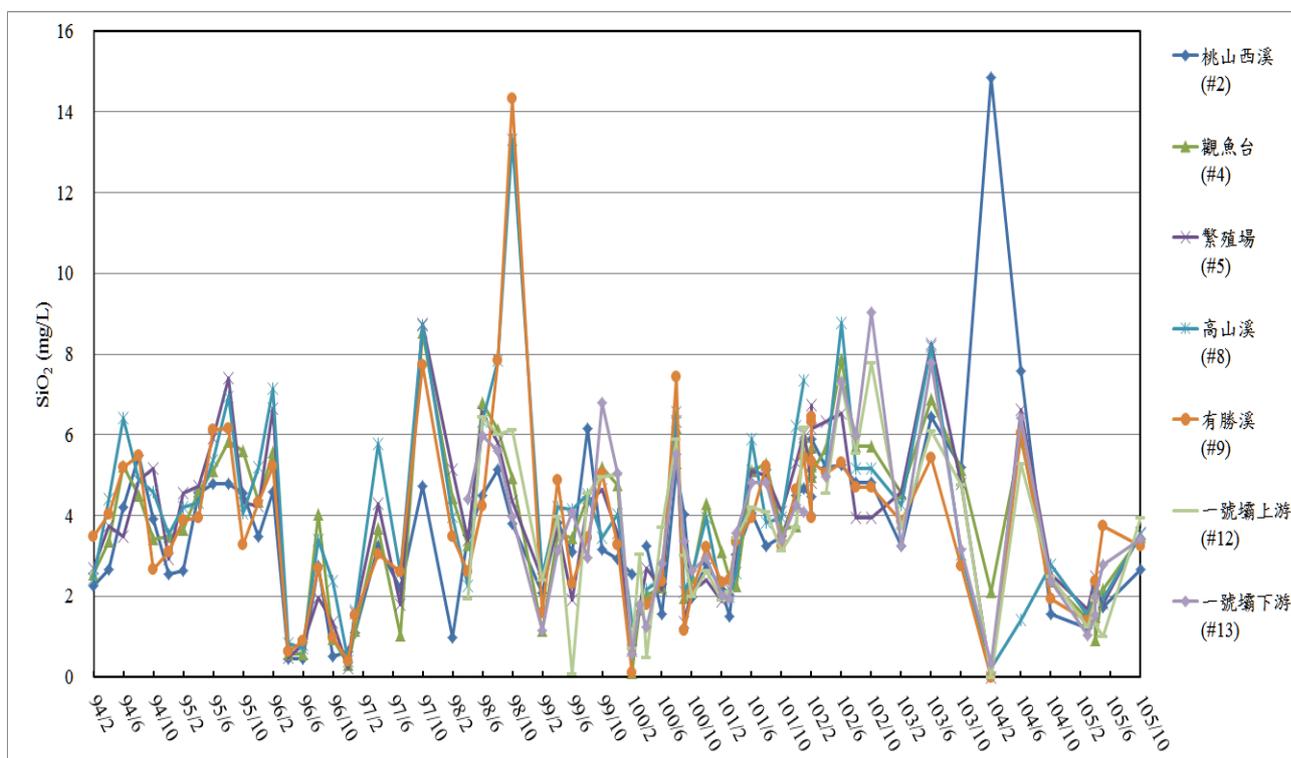


圖 1-14 武陵地區溪流 SiO₂ 值變化
(資料來源：本研究資料)

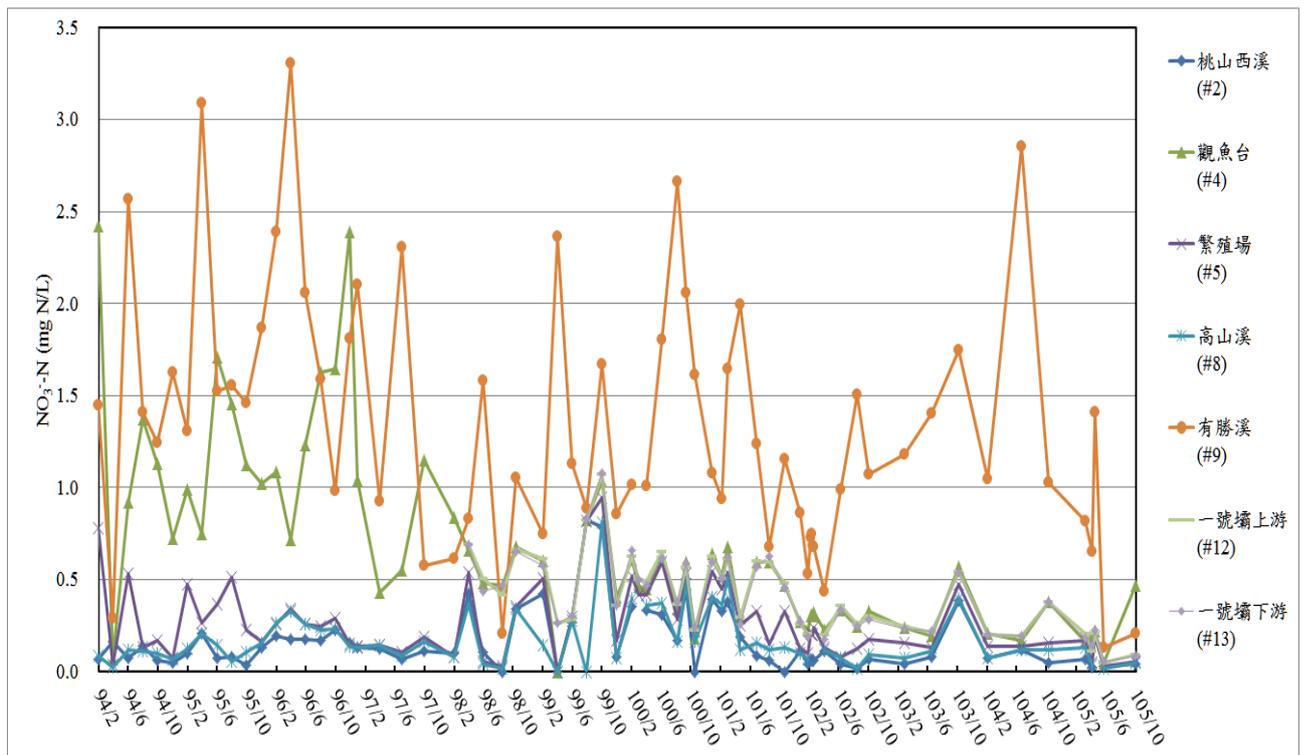


圖 1-15 武陵地區溪流 NO₃⁻-N 值變化
 (資料來源：本研究資料)

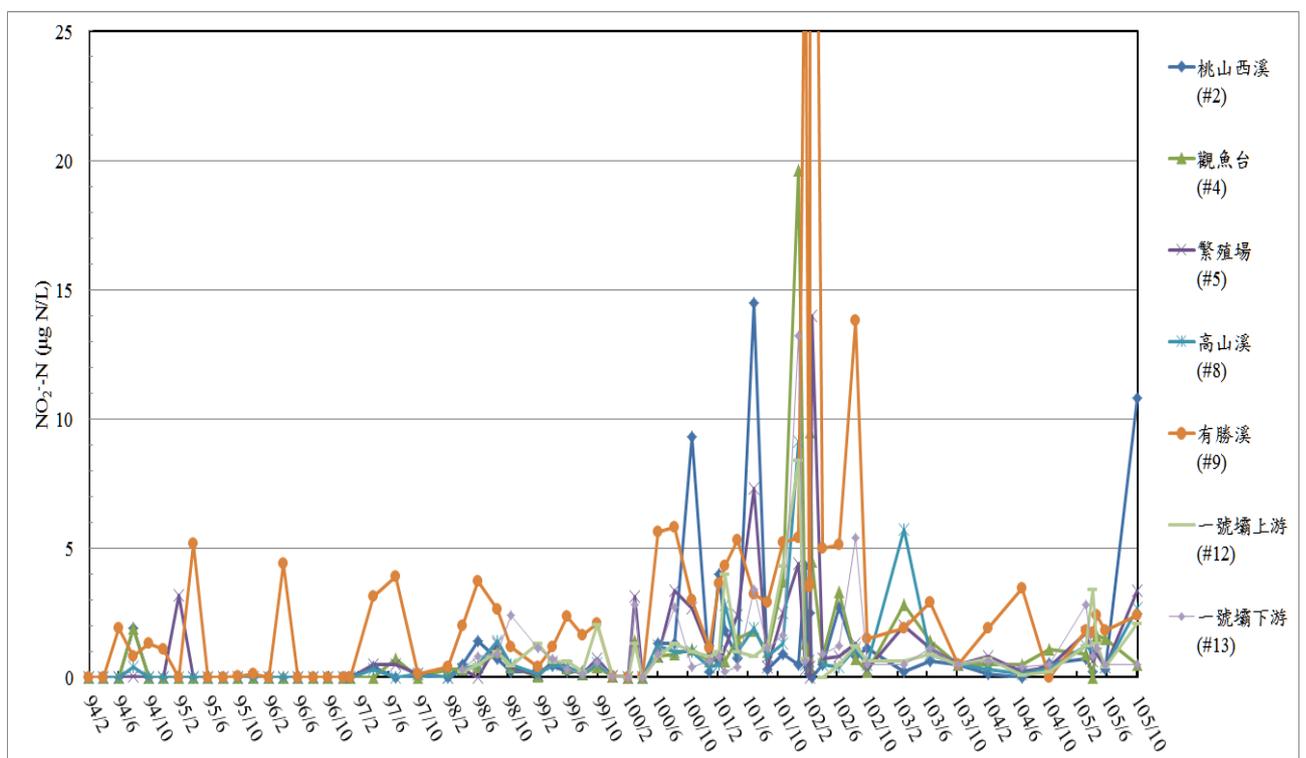


圖 1-16 武陵地區溪流 NO₂⁻-N 值變化
 (資料來源：本研究資料)

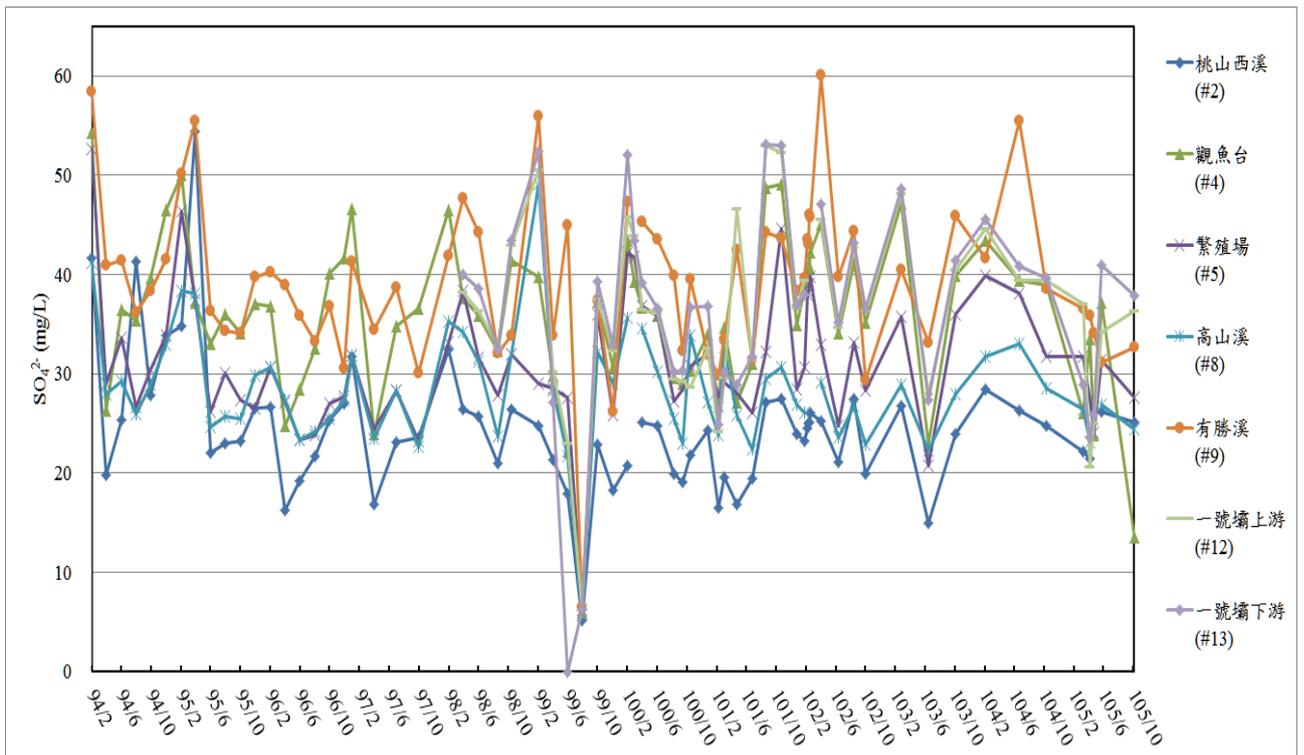


圖 1-17 武陵地區溪流 SO_4^{2-} 值變化
(資料來源：本研究資料)

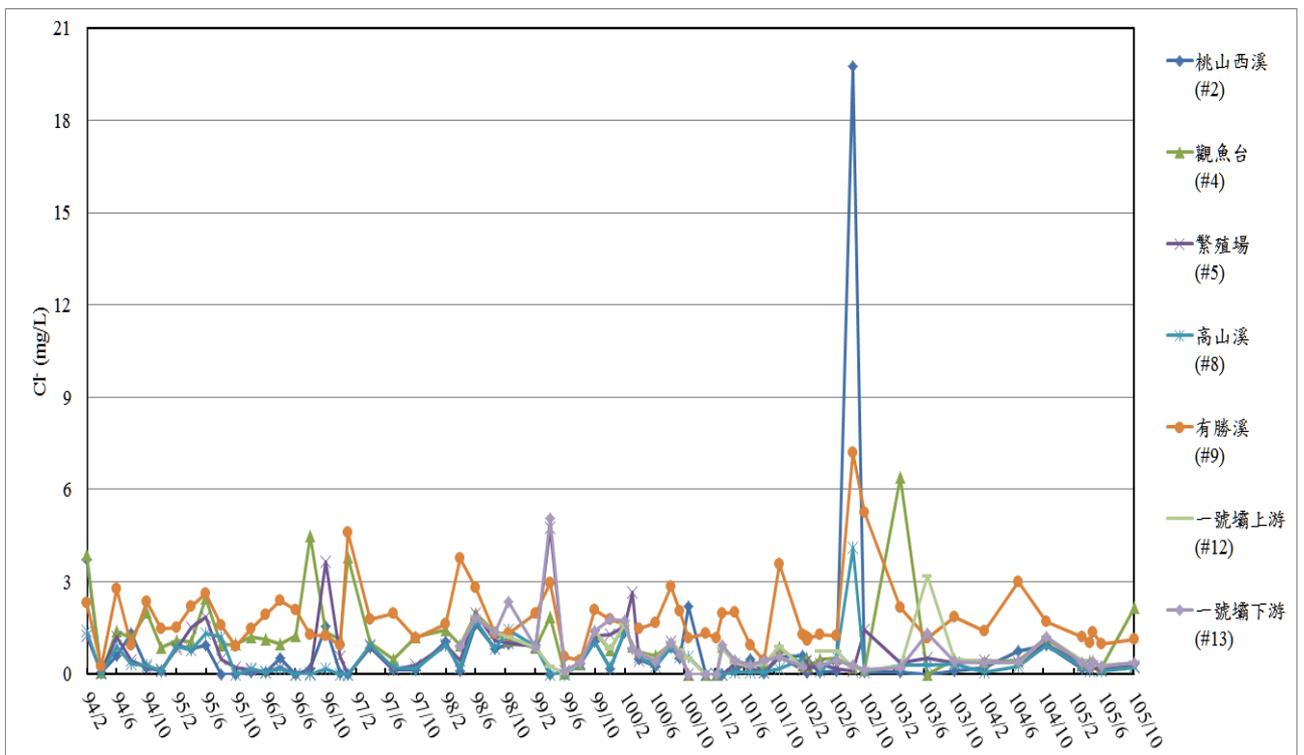


圖 1-18 武陵地區溪流 Cl^- 值變化
(資料來源：本研究資料)

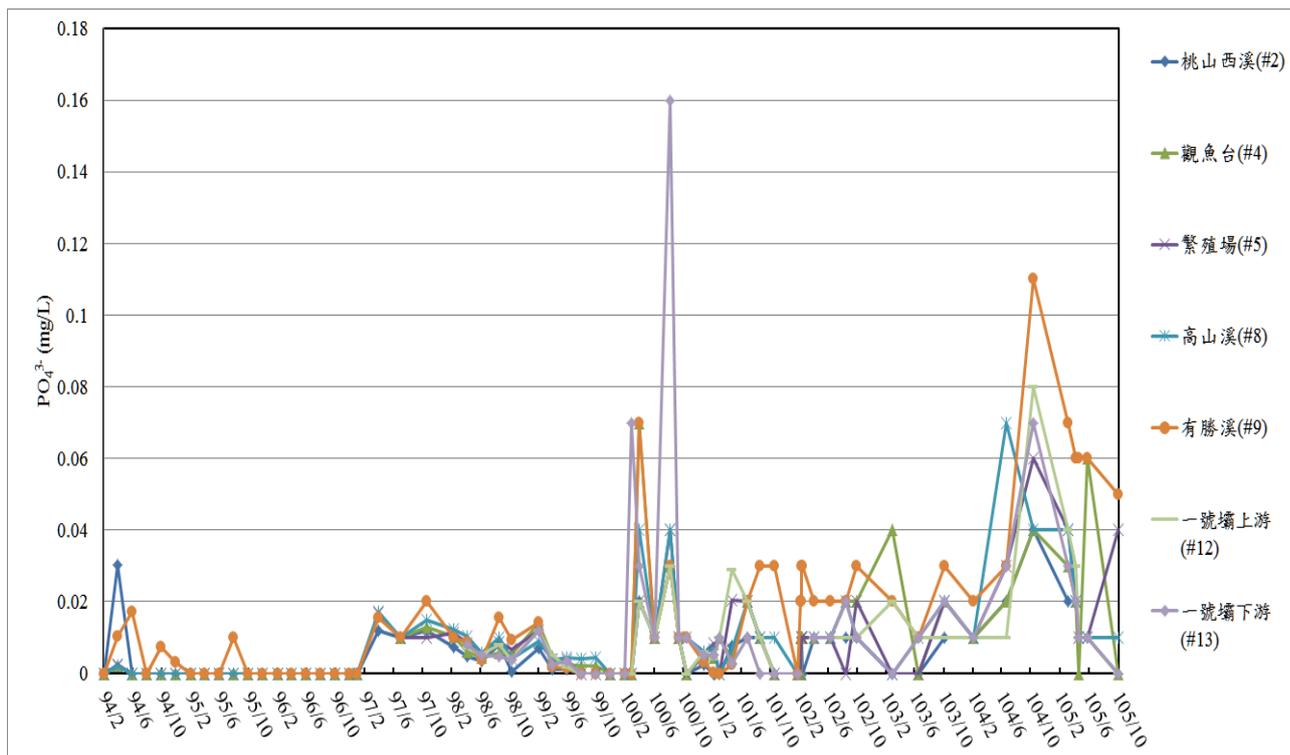


圖 1-19 武陵地區溪流 PO_4^{3-} 值變化
(資料來源：本研究資料)

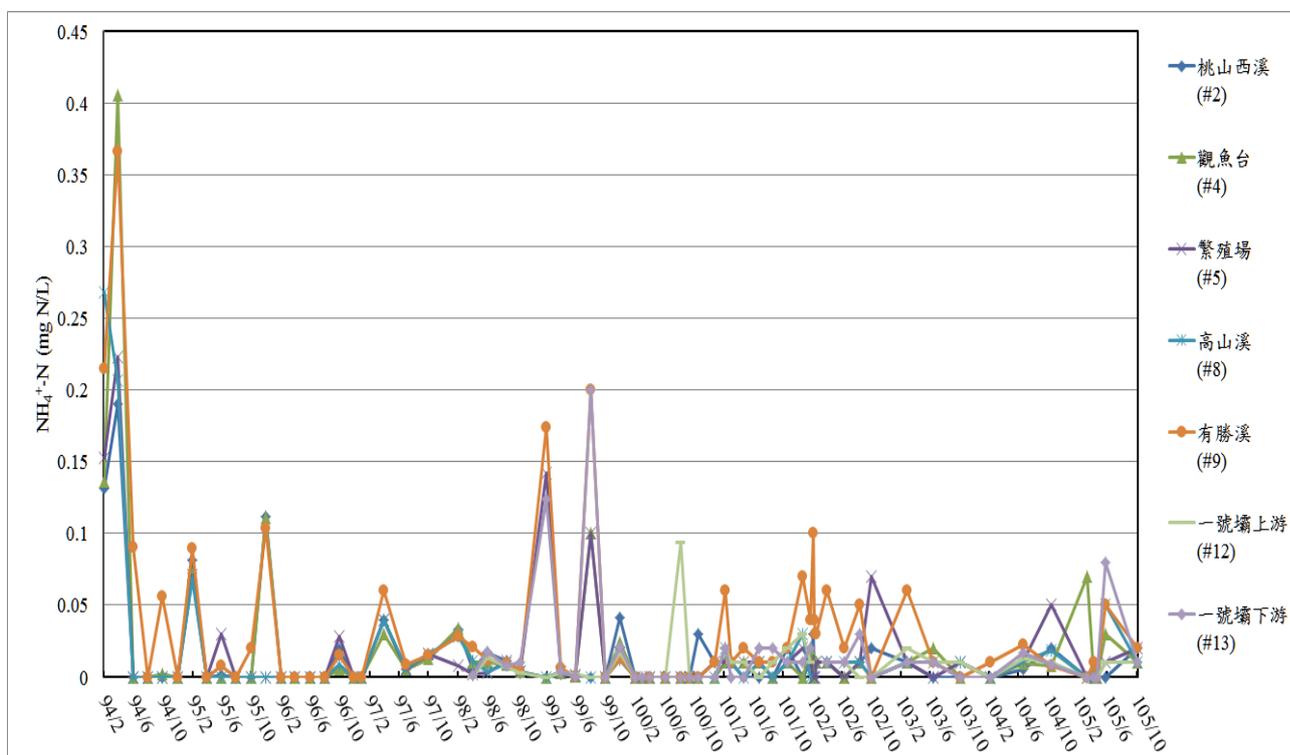


圖 1-20 武陵地區溪流 NH_4^+-N 值變化
(資料來源：本研究資料)

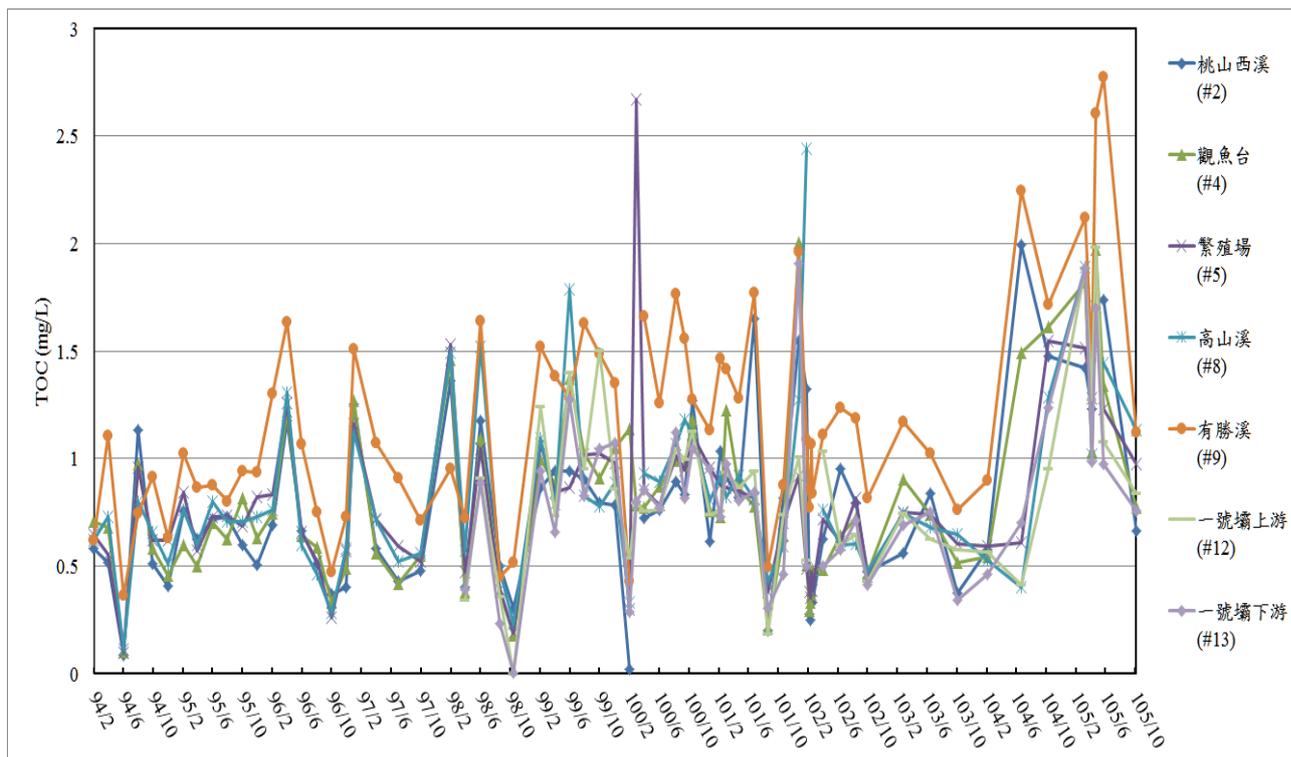


圖 1-21 武陵地區溪流 TOC 值變化
(資料來源：本研究資料)

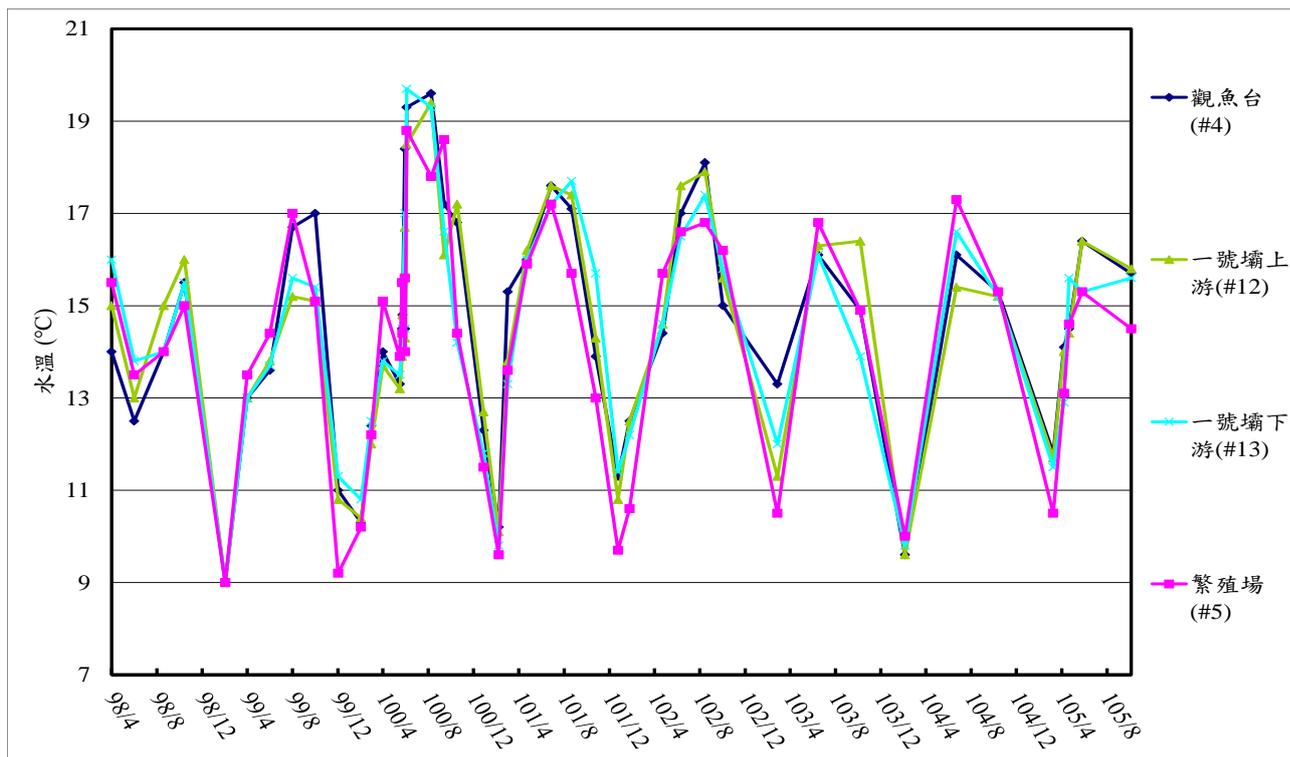


圖 1-22 一號壩壩體改善溫度值變化
(資料來源：本研究資料)

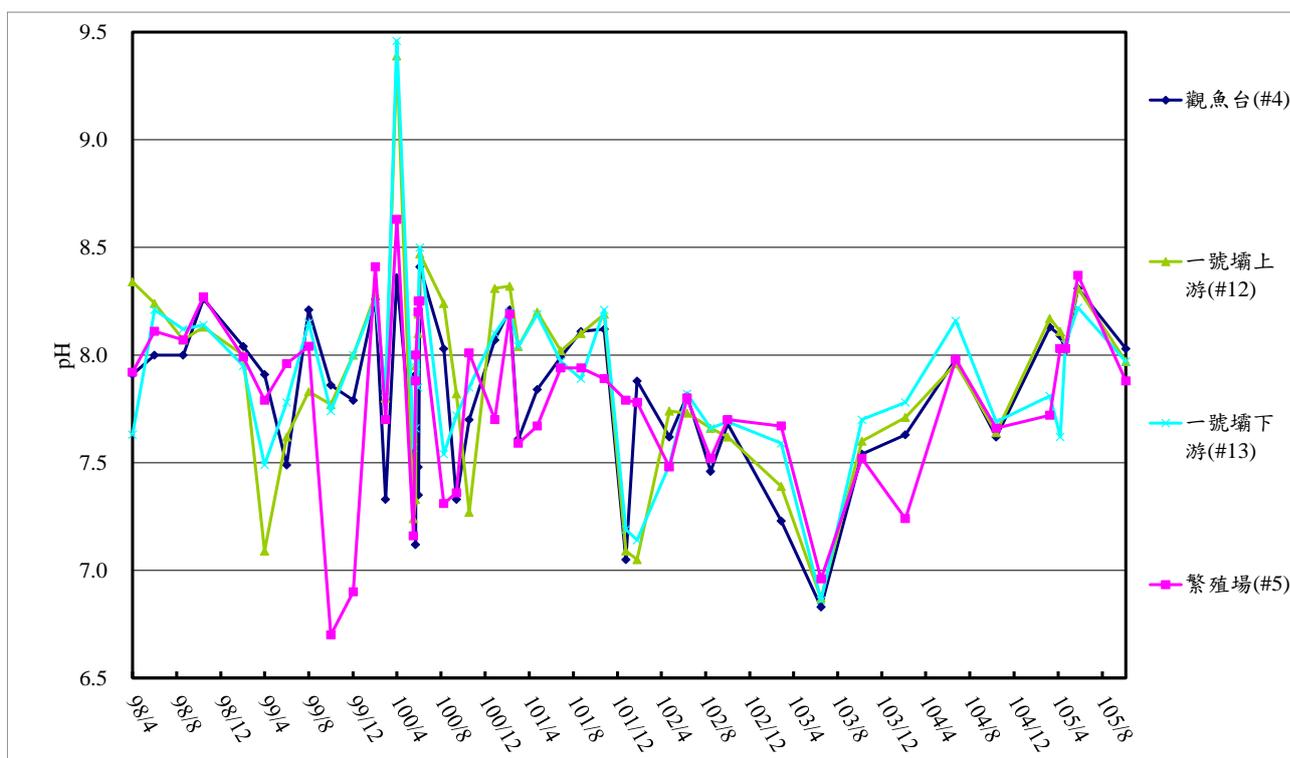


圖 1-23 一號壩壩體改善 pH 值變化
(資料來源：本研究資料)

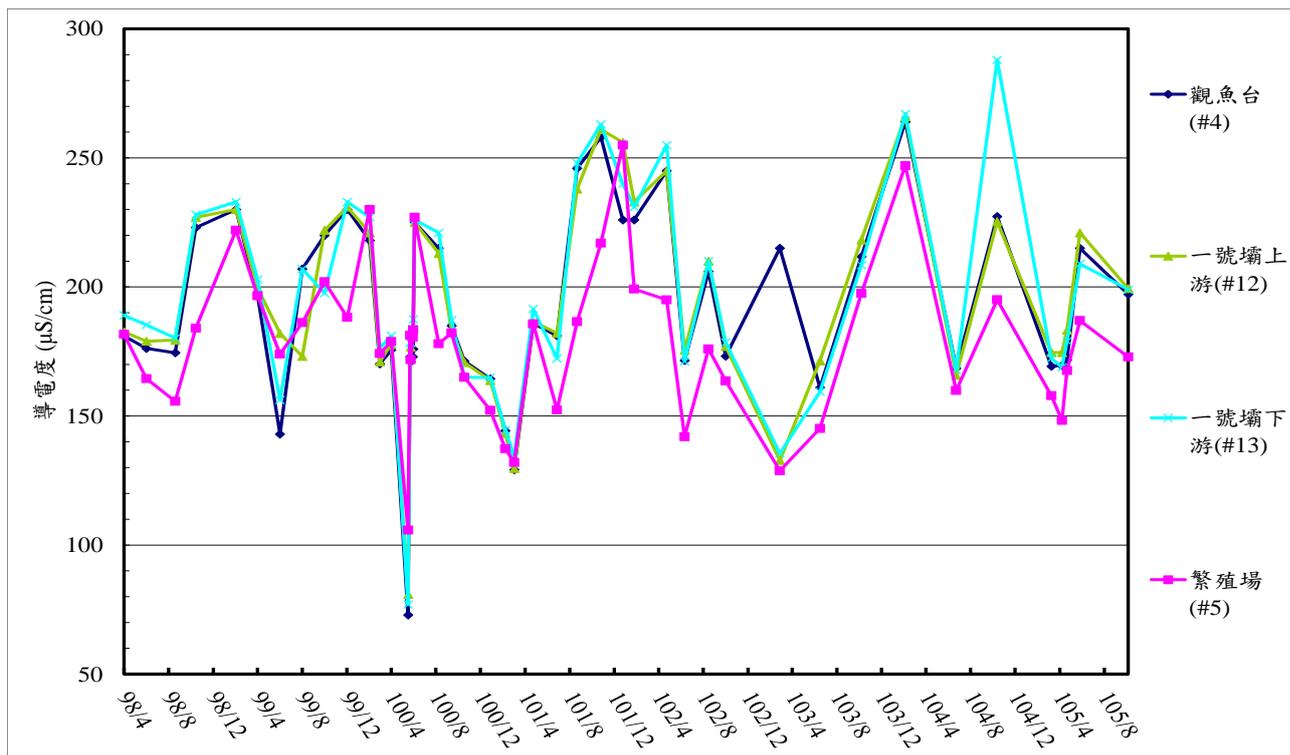


圖 1-24 一號壩壩體改善導電度值變化
(資料來源：本研究資料)

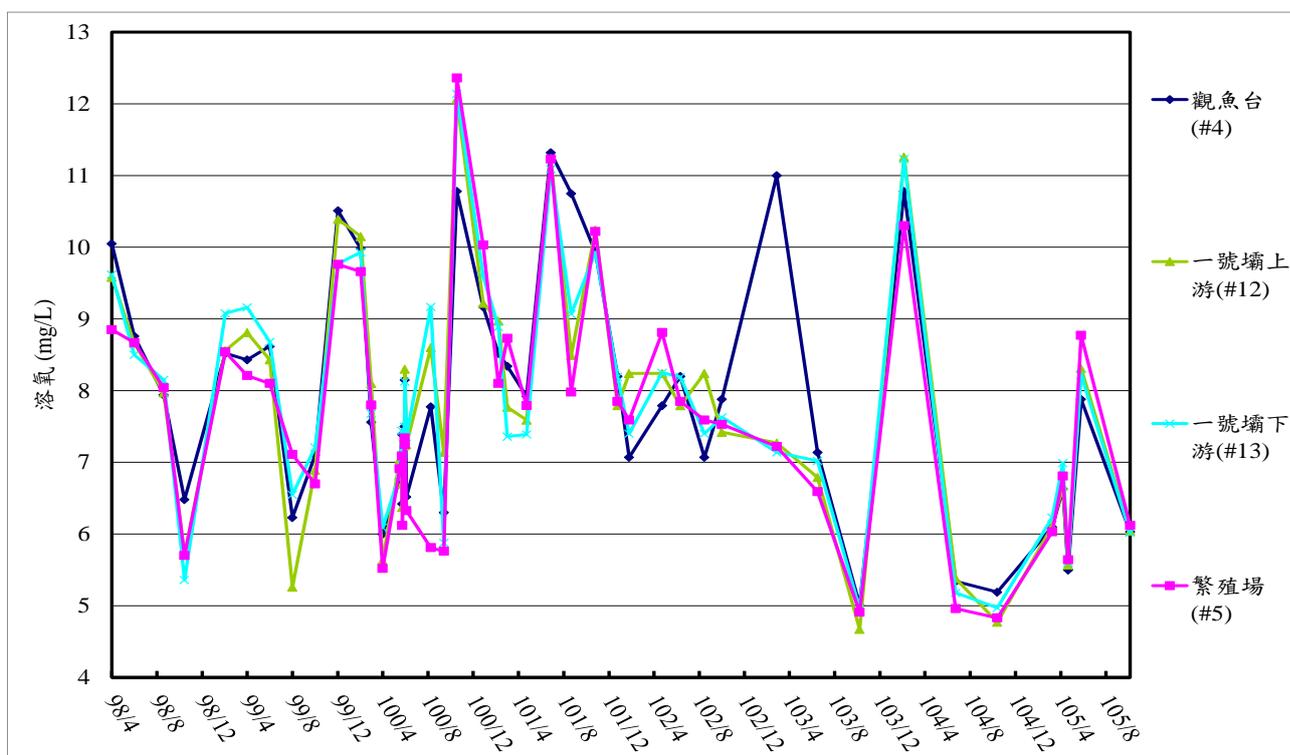


圖 1-25 一號壩壩體改善溶氧值變化
(資料來源：本研究資料)

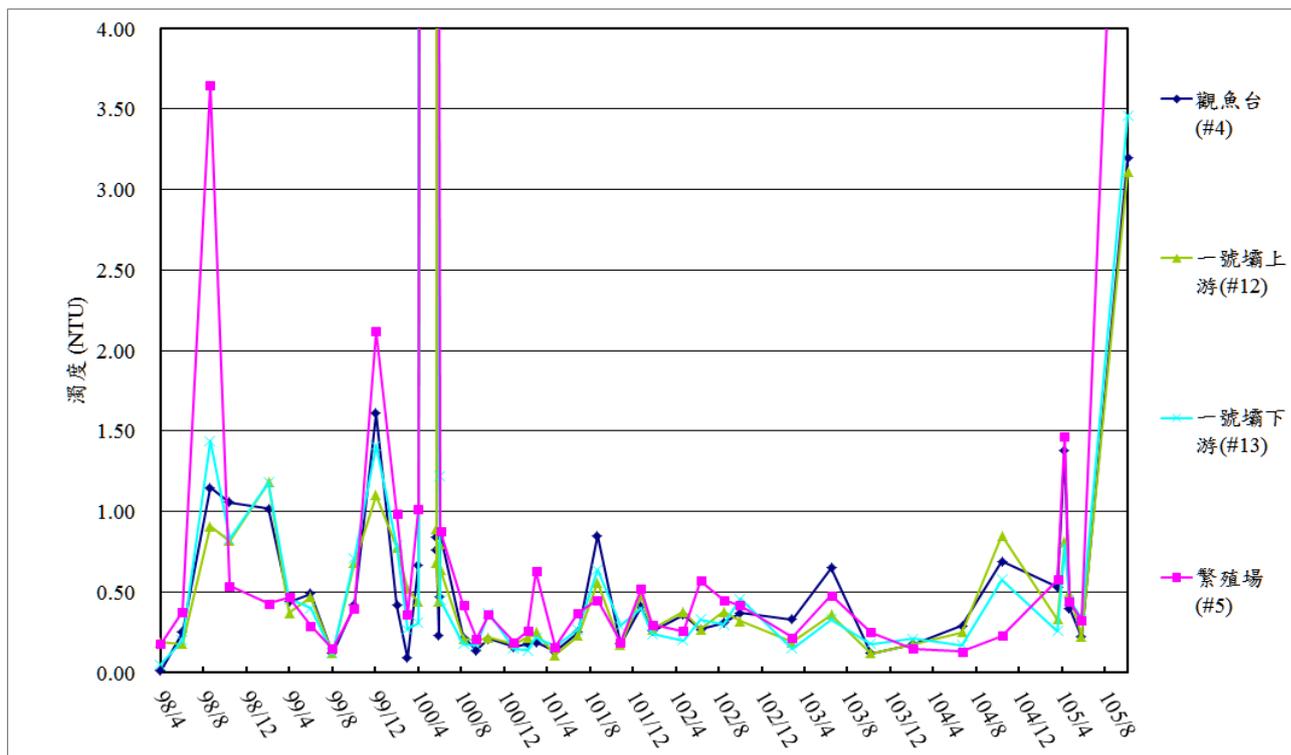


圖 1-26 一號壩壩體改善濁度值變化
(資料來源：本研究資料)

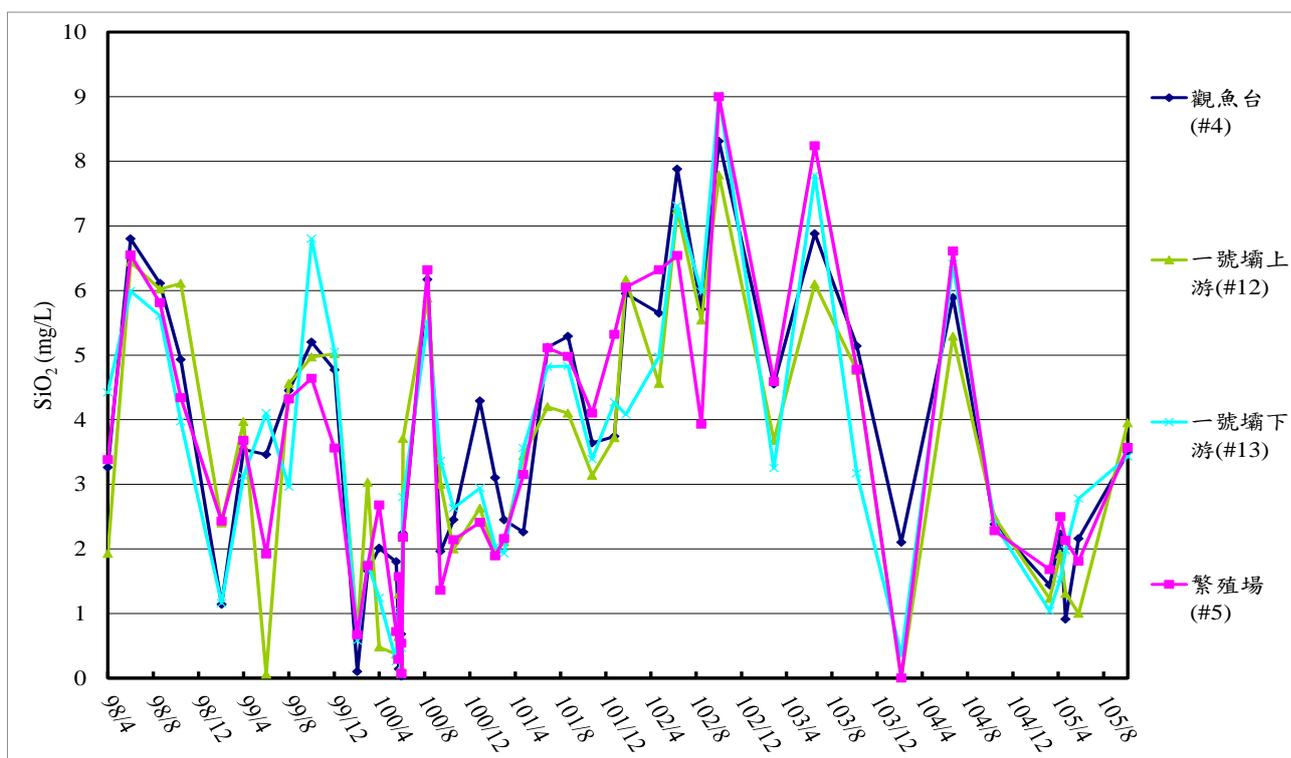


圖 1-27 一號壩壩體改善 SiO₂ 值變化
(資料來源：本研究資料)

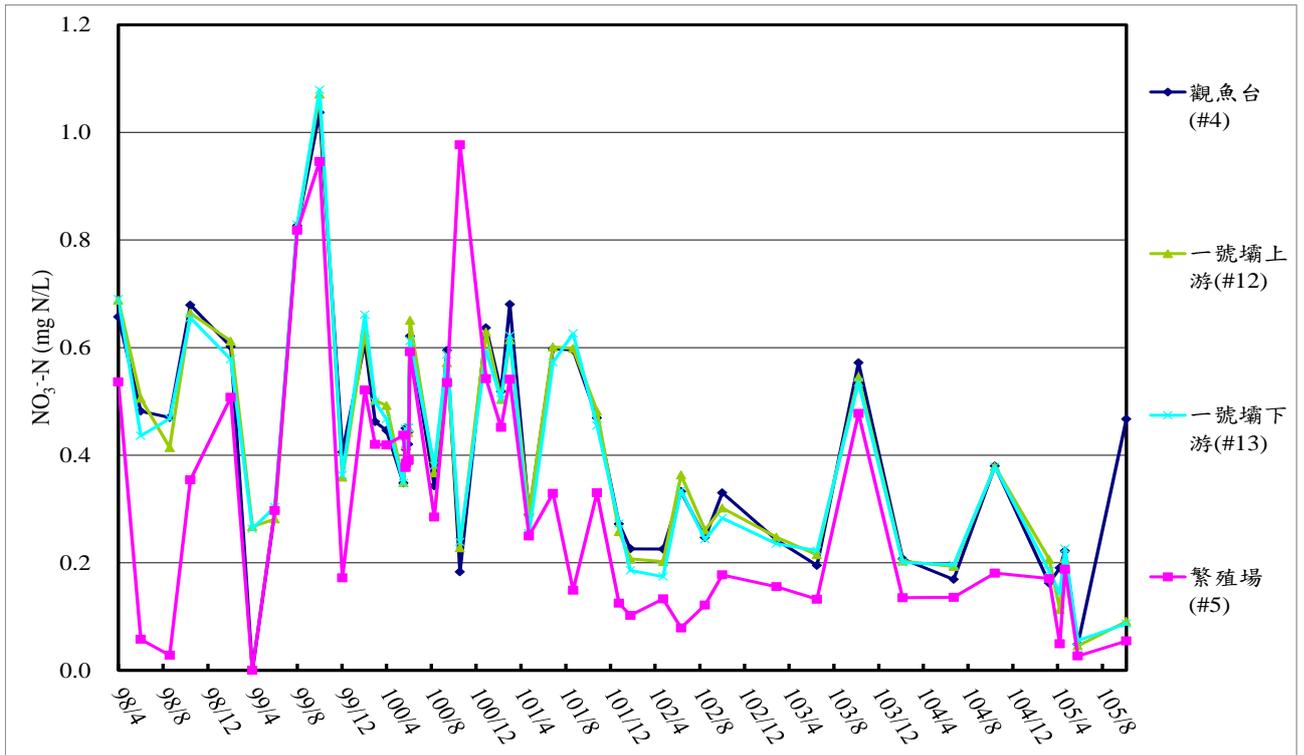


圖 1-28 一號壩壩體改善 $\text{NO}_3\text{-N}$ 值變化
(資料來源：本研究資料)

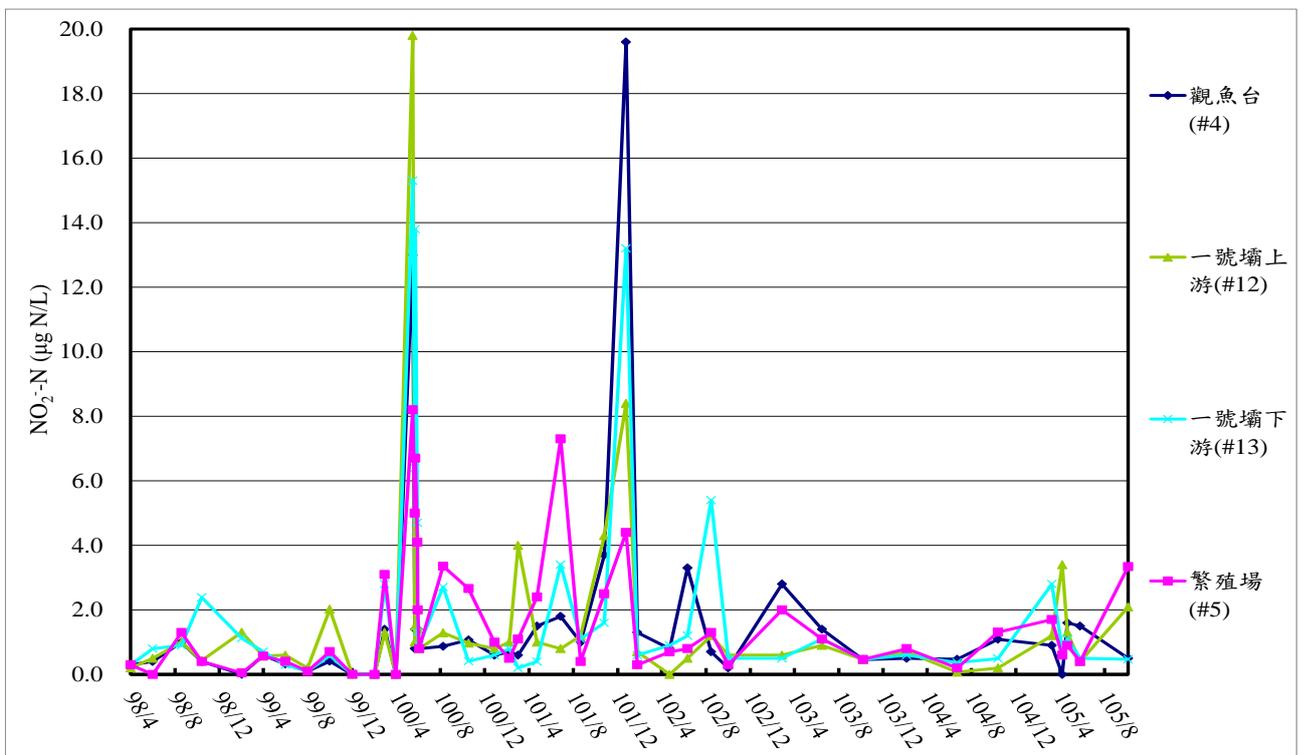


圖 1-29 一號壩壩體改善 $\text{NO}_2\text{-N}$ 值變化
(資料來源：本研究資料)

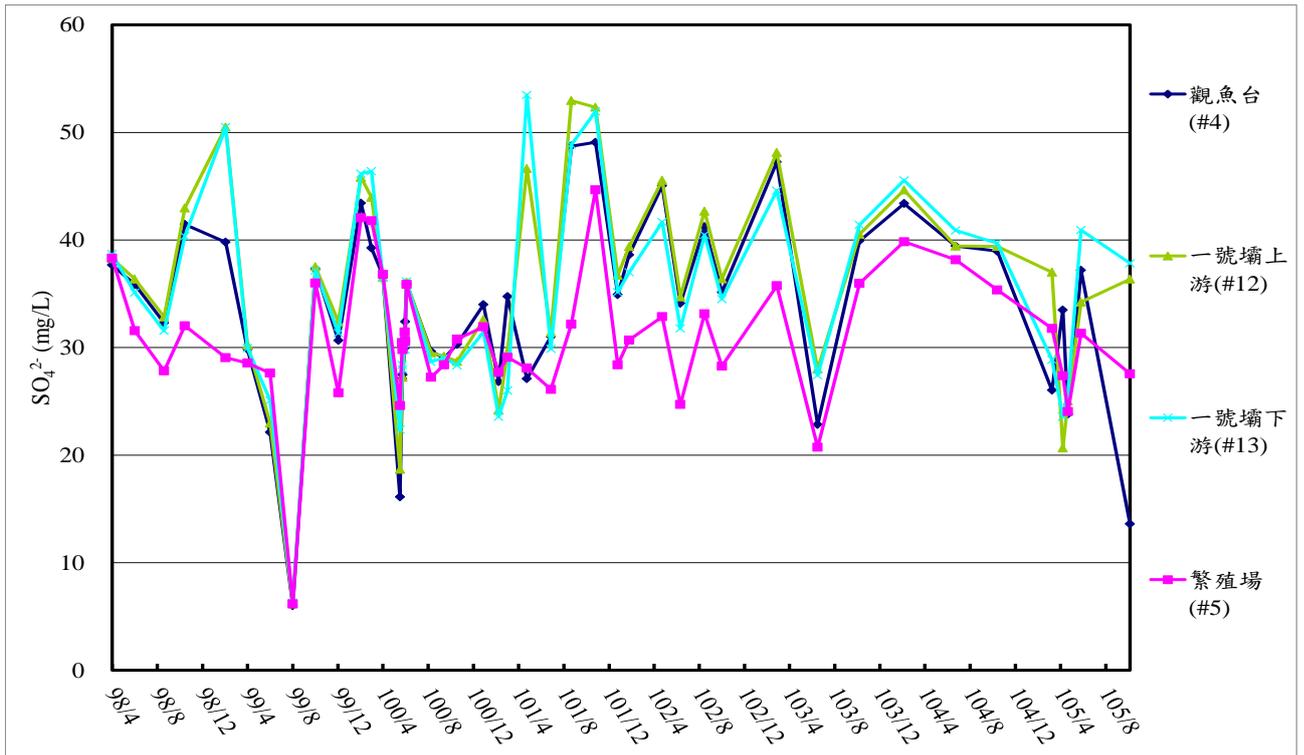


圖 1-30 一號壩壩體改善 SO₄²⁻ 值變化
(資料來源：本研究資料)

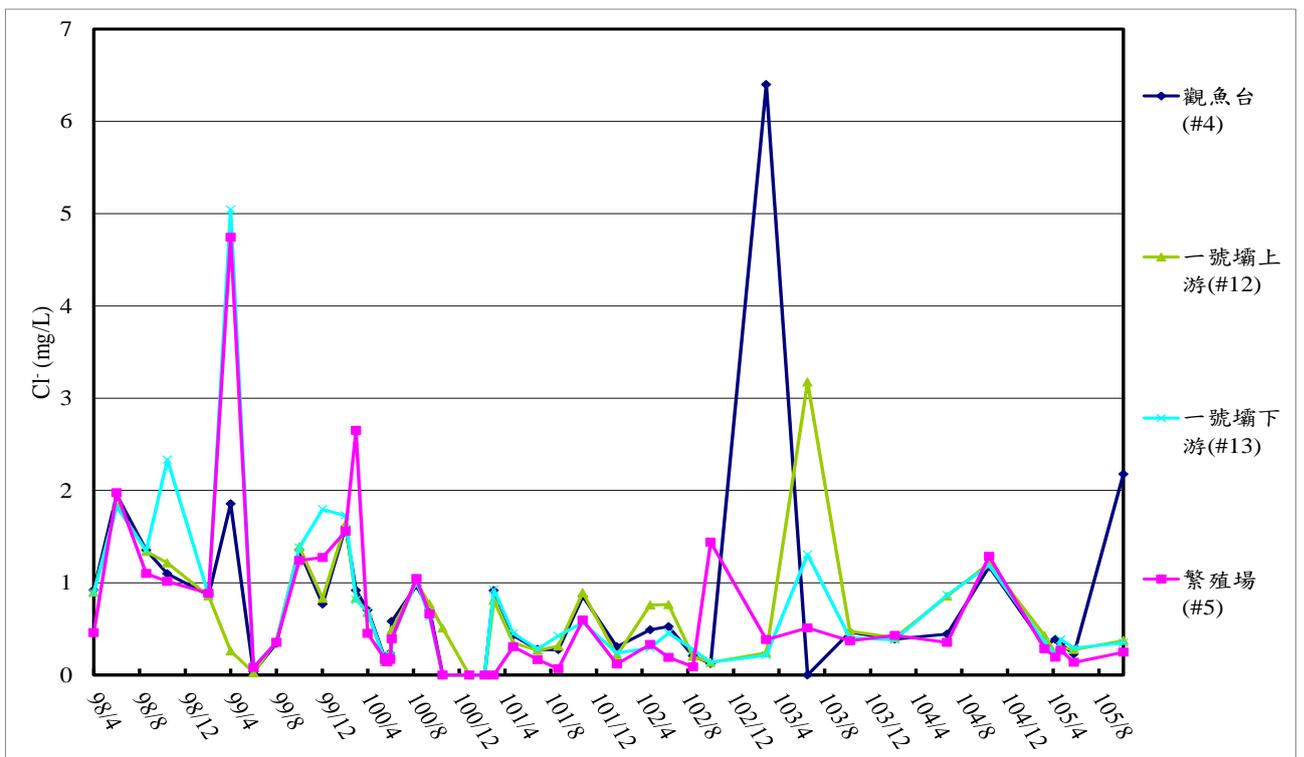


圖 1-31 一號壩壩體改善 Cl 值變化
(資料來源：本研究資料)

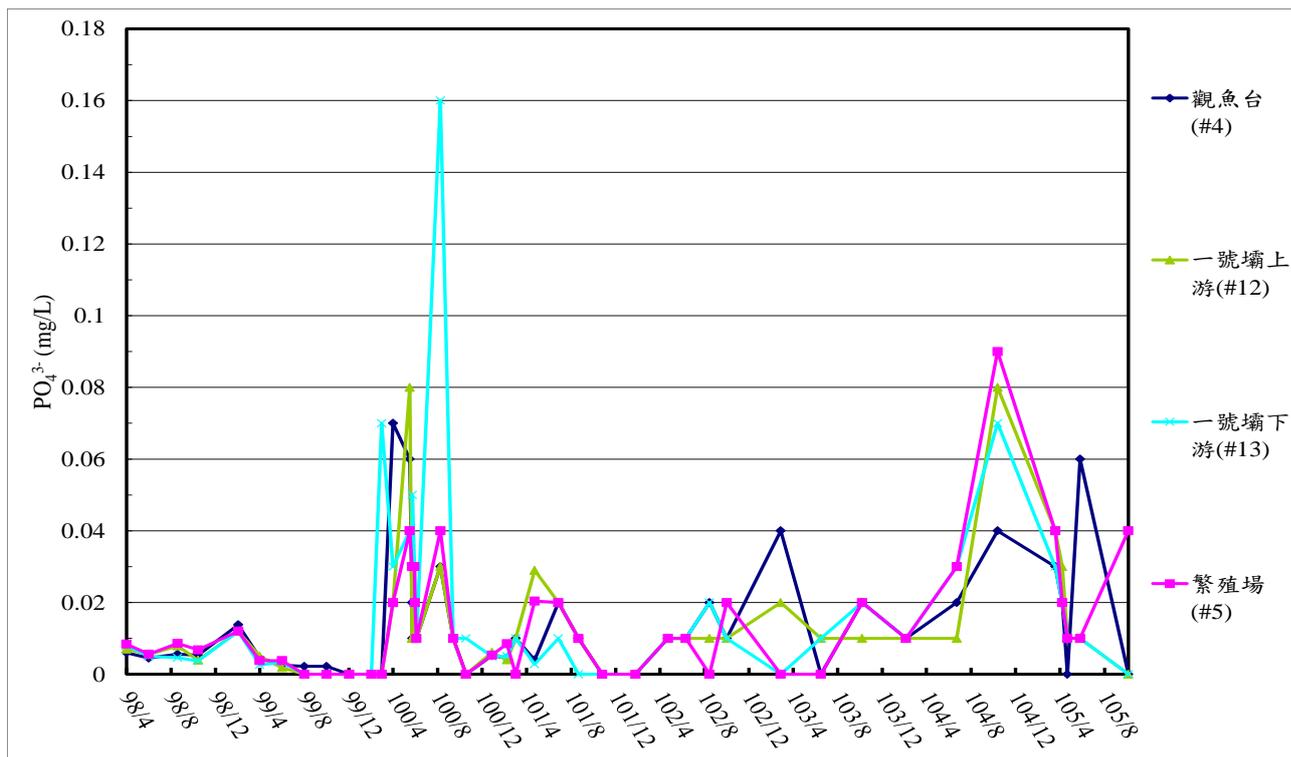


圖 1-32 一號壩壩體改善 PO₄³⁻ 值變化
(資料來源：本研究資料)

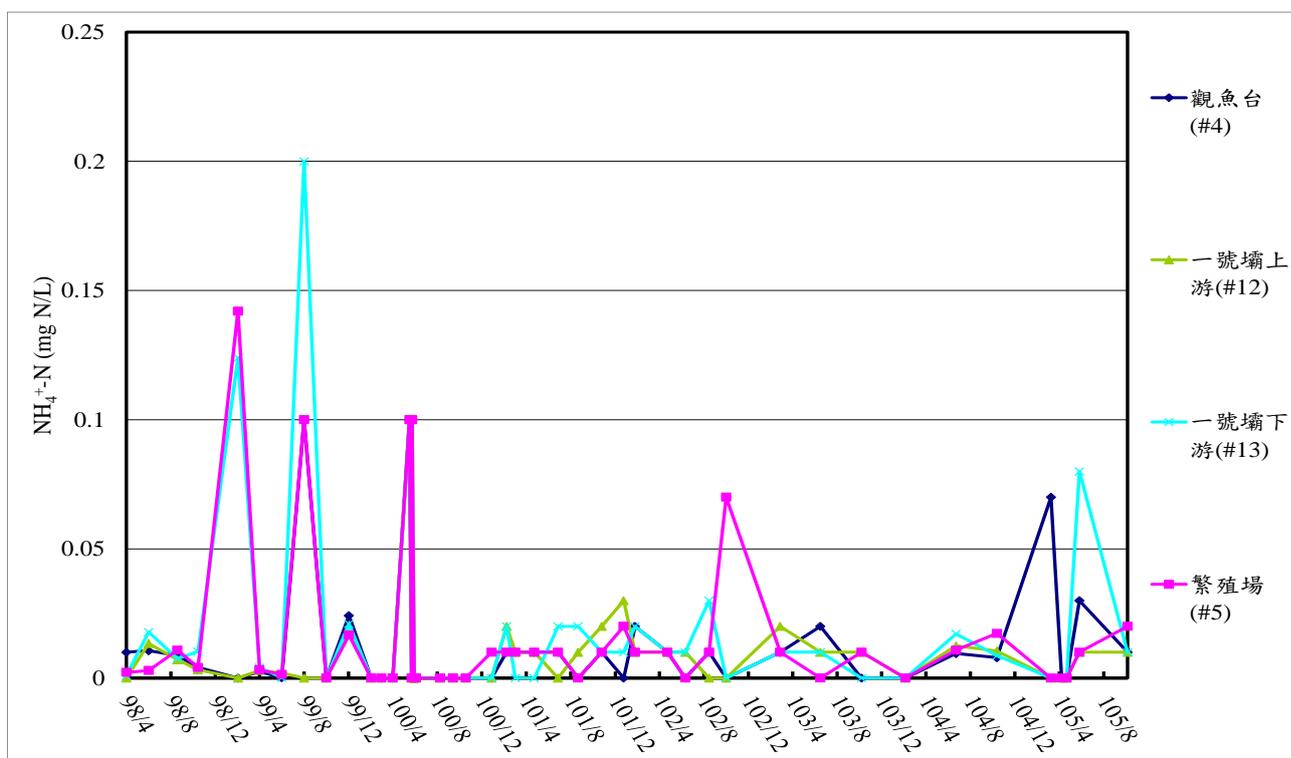


圖 1-33 一號壩壩體改善 NH₄⁺-N 值變化
(資料來源：本研究資料)

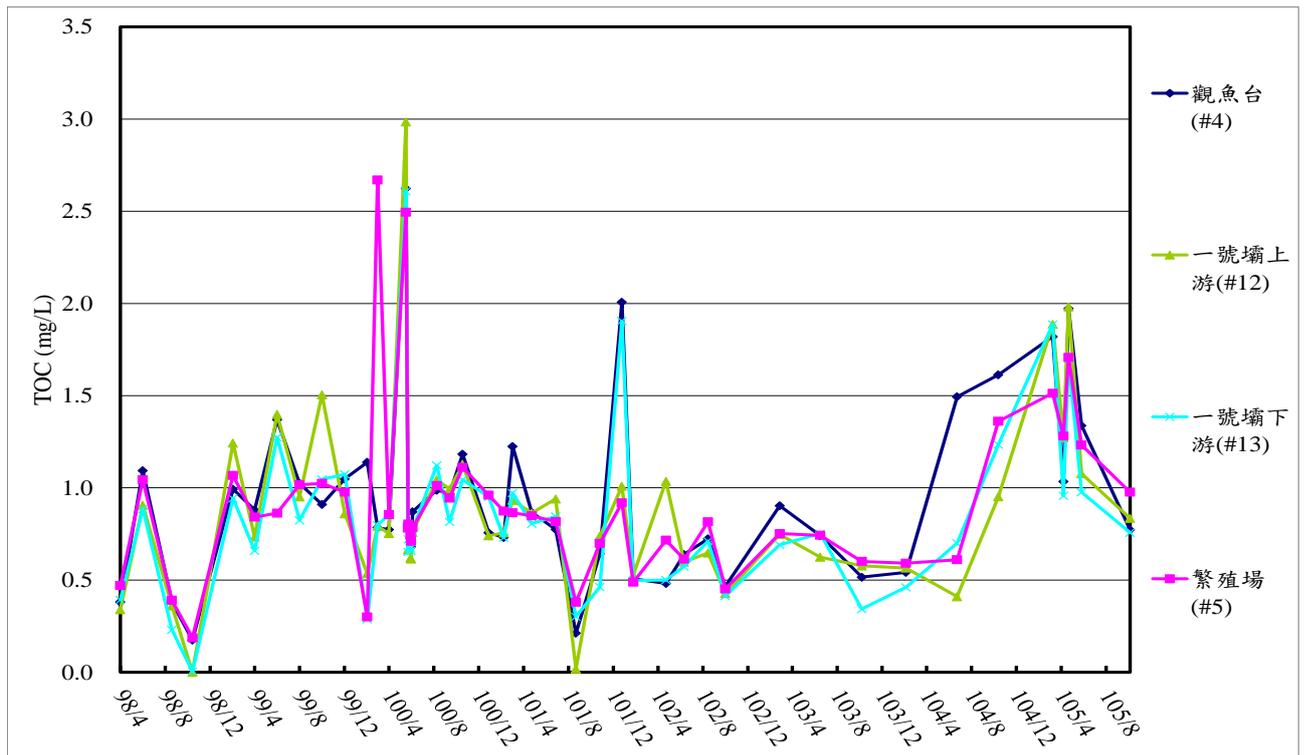


圖 1-34 一號壩壩體改善 TOC 值變化
(資料來源：本研究資料)

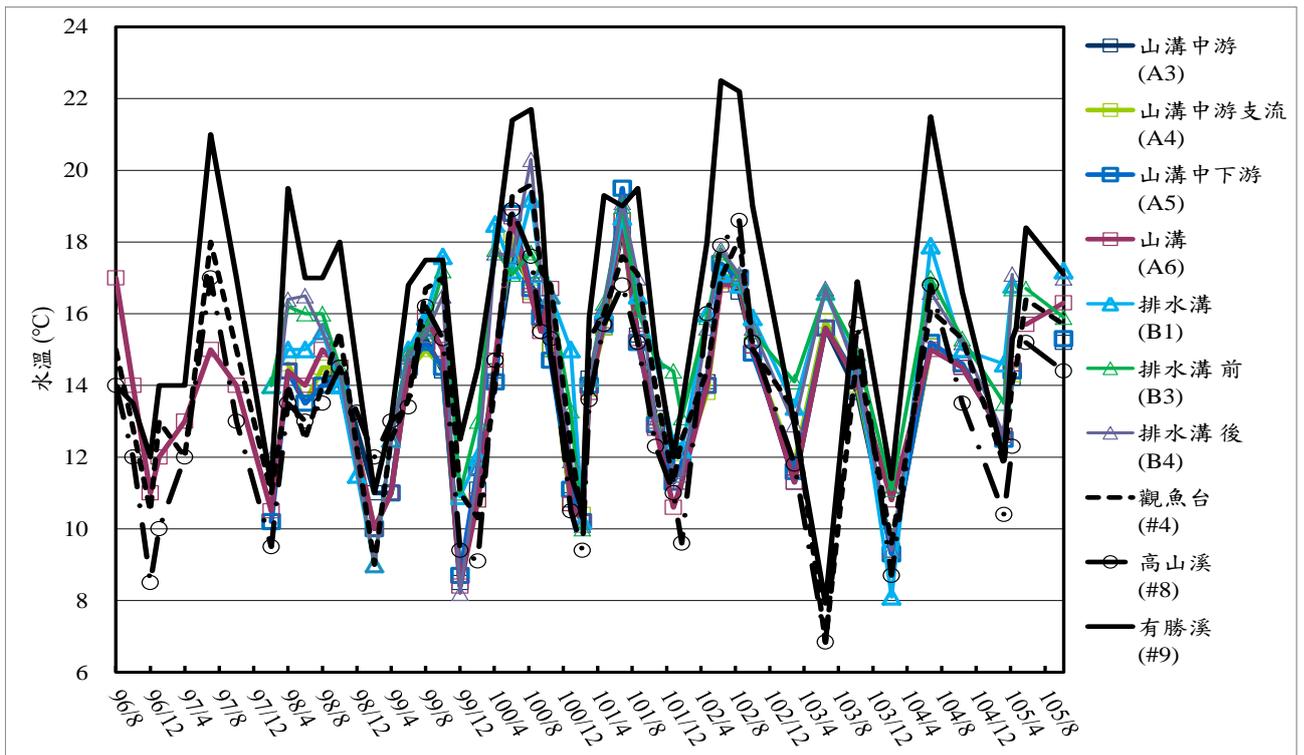


圖 1-35 山溝與七家灣溪測站之溫度值比較
(資料來源：本研究資料)

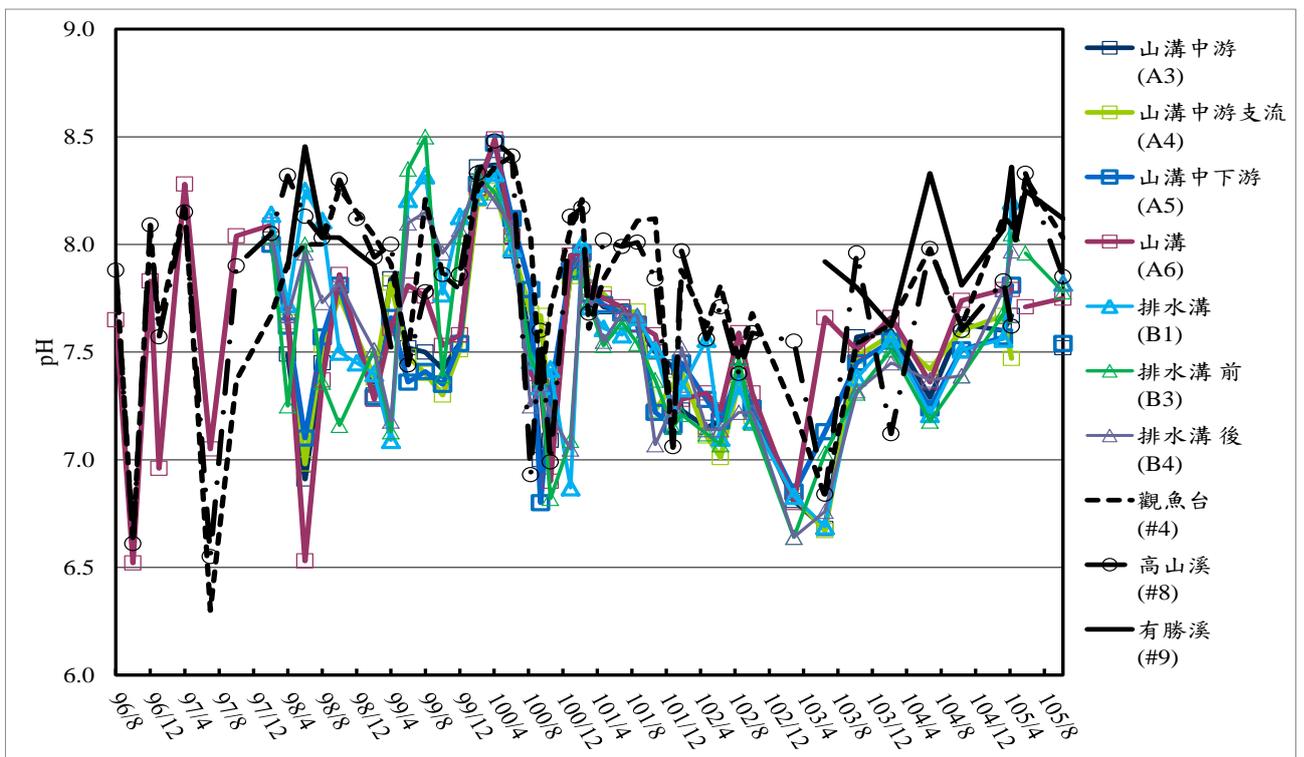


圖 1-36 山溝與七家灣溪測站之 pH 值比較
(資料來源：本研究資料)

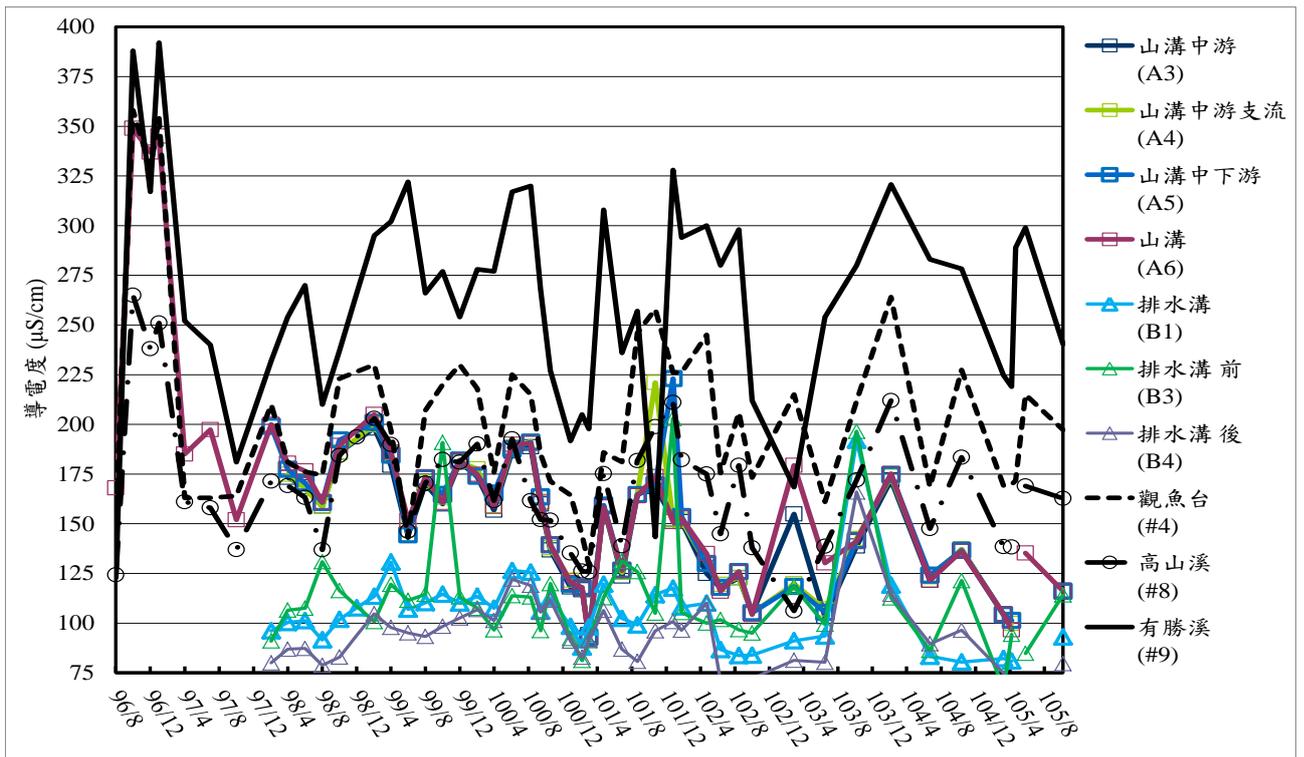


圖 1-37 山溝與七家灣溪測站之導電度值比較
(資料來源：本研究資料)

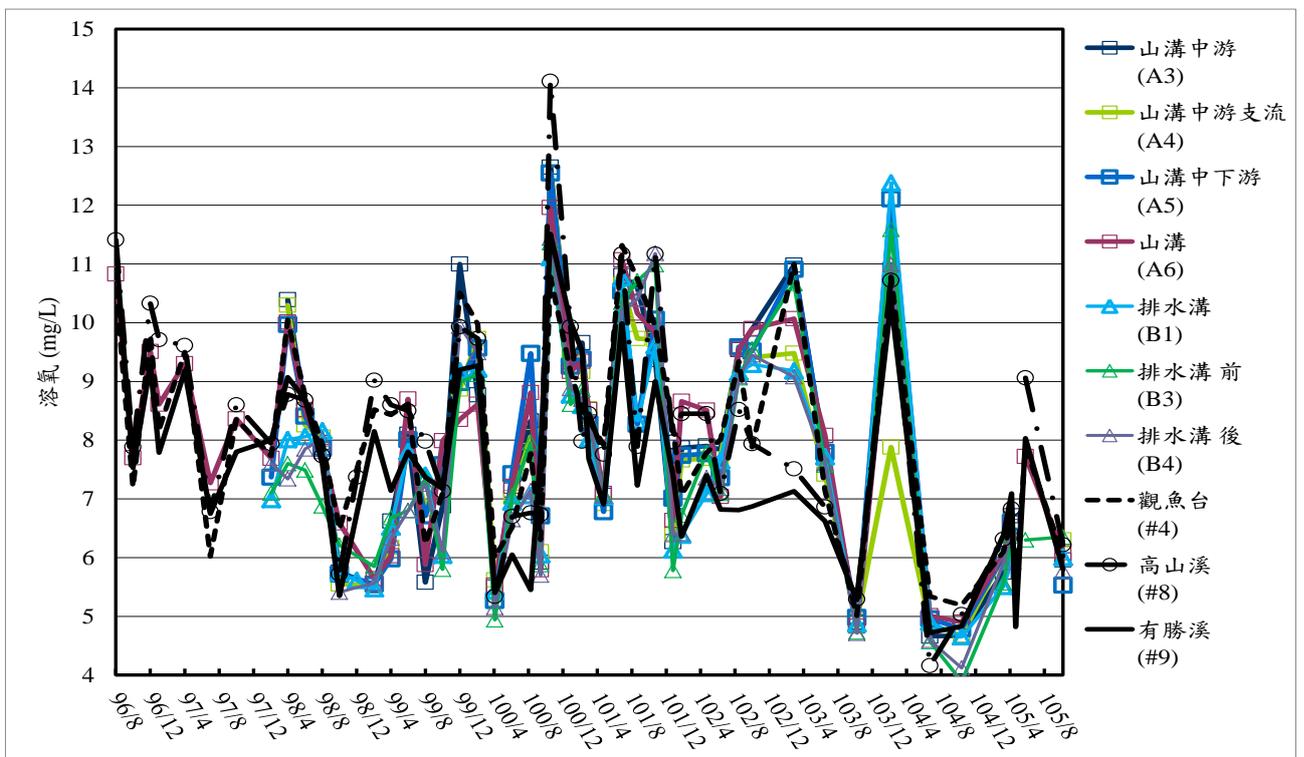


圖 1-38 山溝與七家灣溪測站之溶氧值比較
(資料來源：本研究資料)

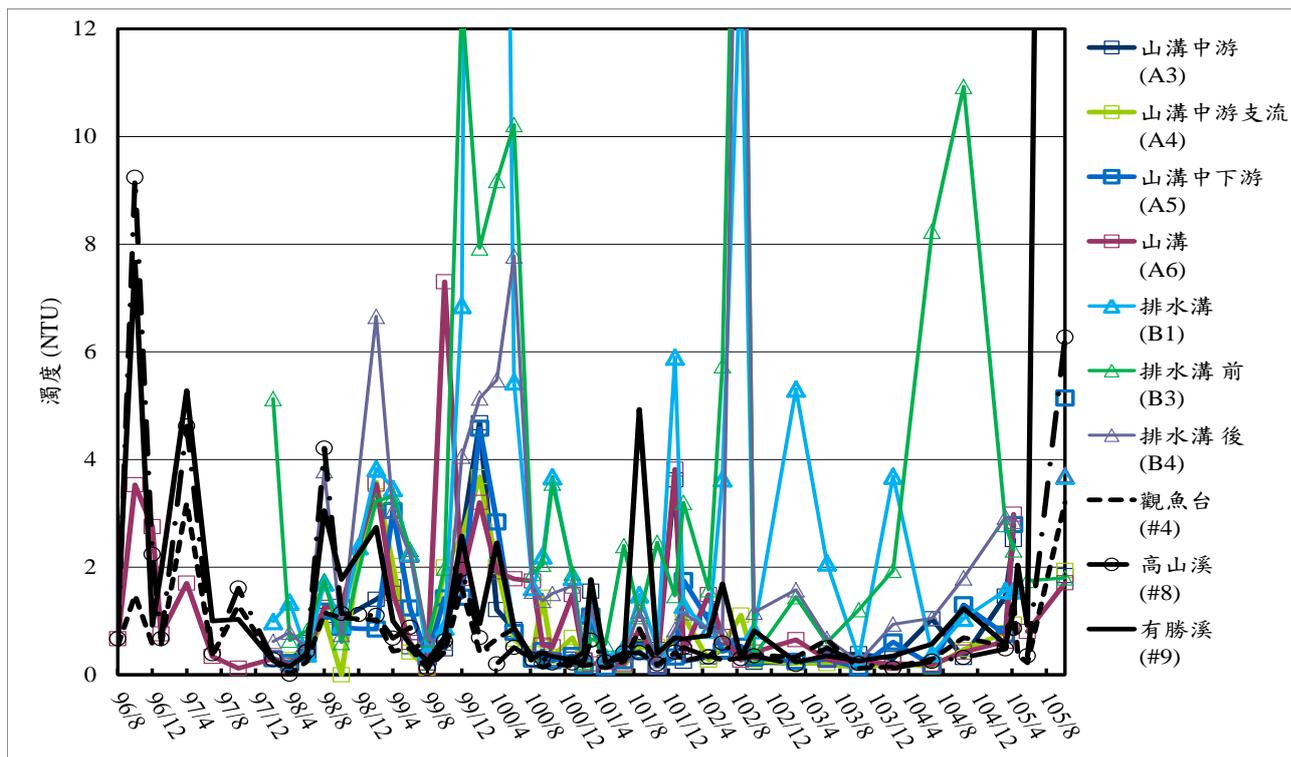


圖 1-39 山溝與七家灣溪測站之濁度值比較
(資料來源：本研究資料)

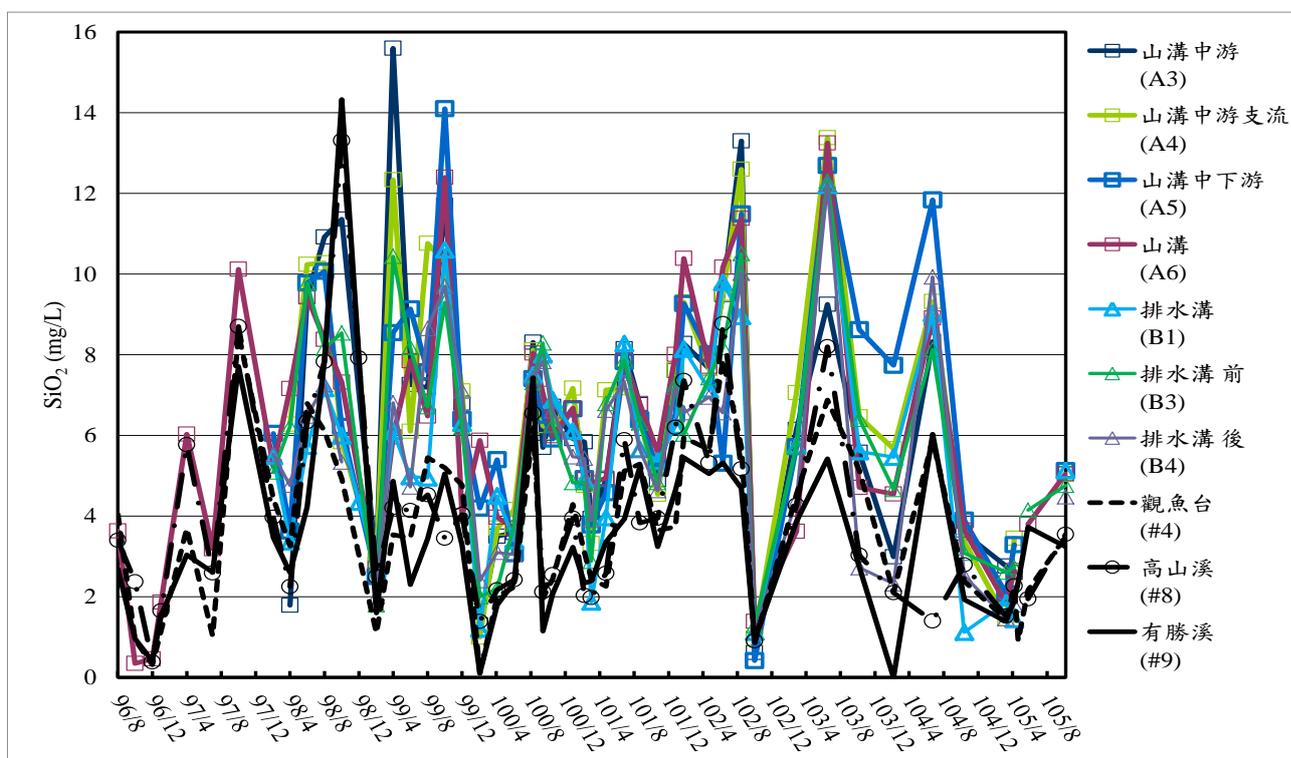


圖 1-40 山溝與七家灣溪測站之 SiO₂ 值比較
(資料來源：本研究資料)

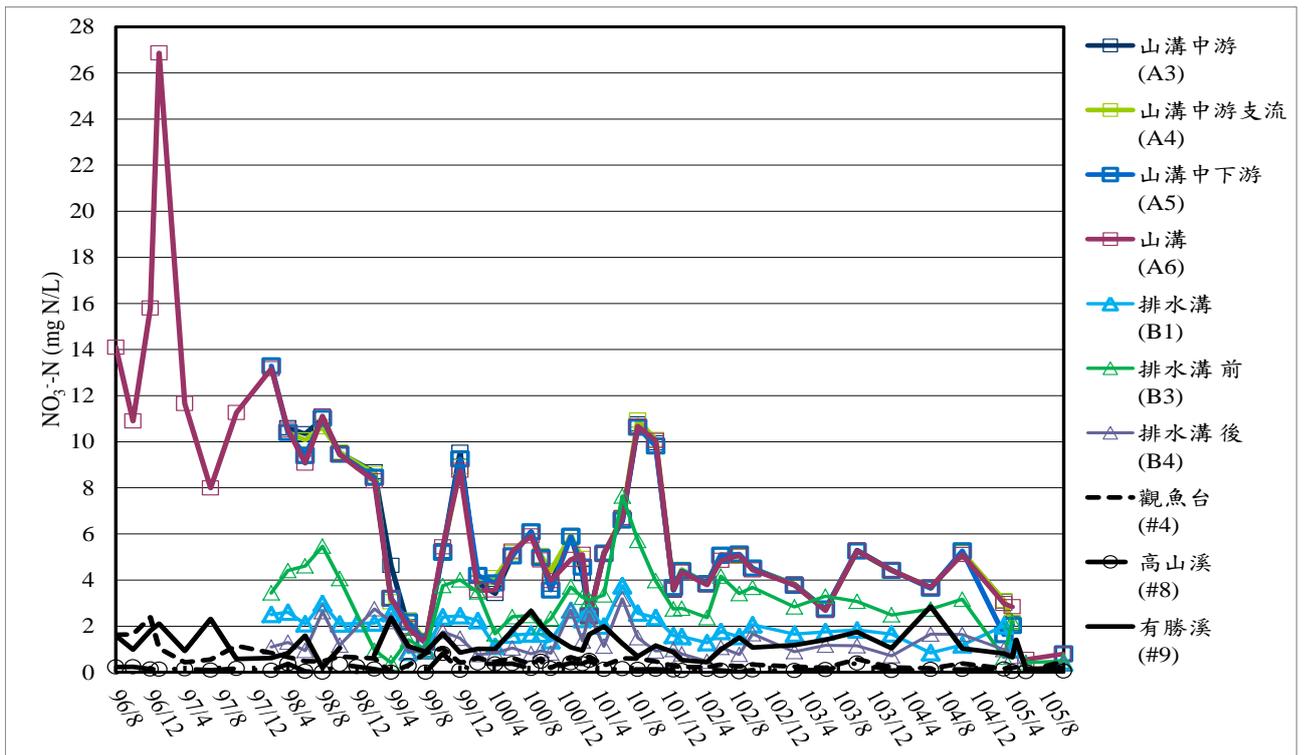


圖 1-41 山溝與七家灣溪測站之 $\text{NO}_3\text{-N}$ 值比較
(資料來源：本研究資料)

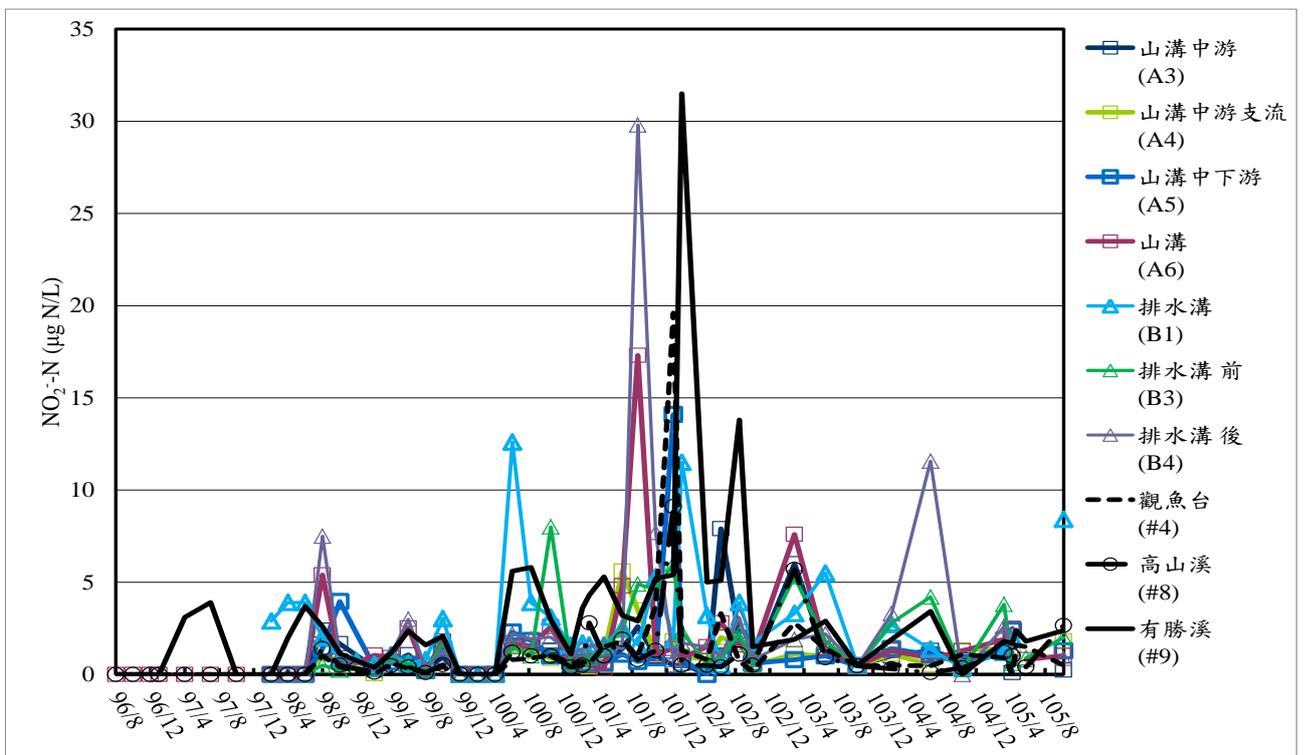


圖 1-42 山溝與七家灣溪測站之 $\text{NO}_2\text{-N}$ 值比較
(資料來源：本研究資料)

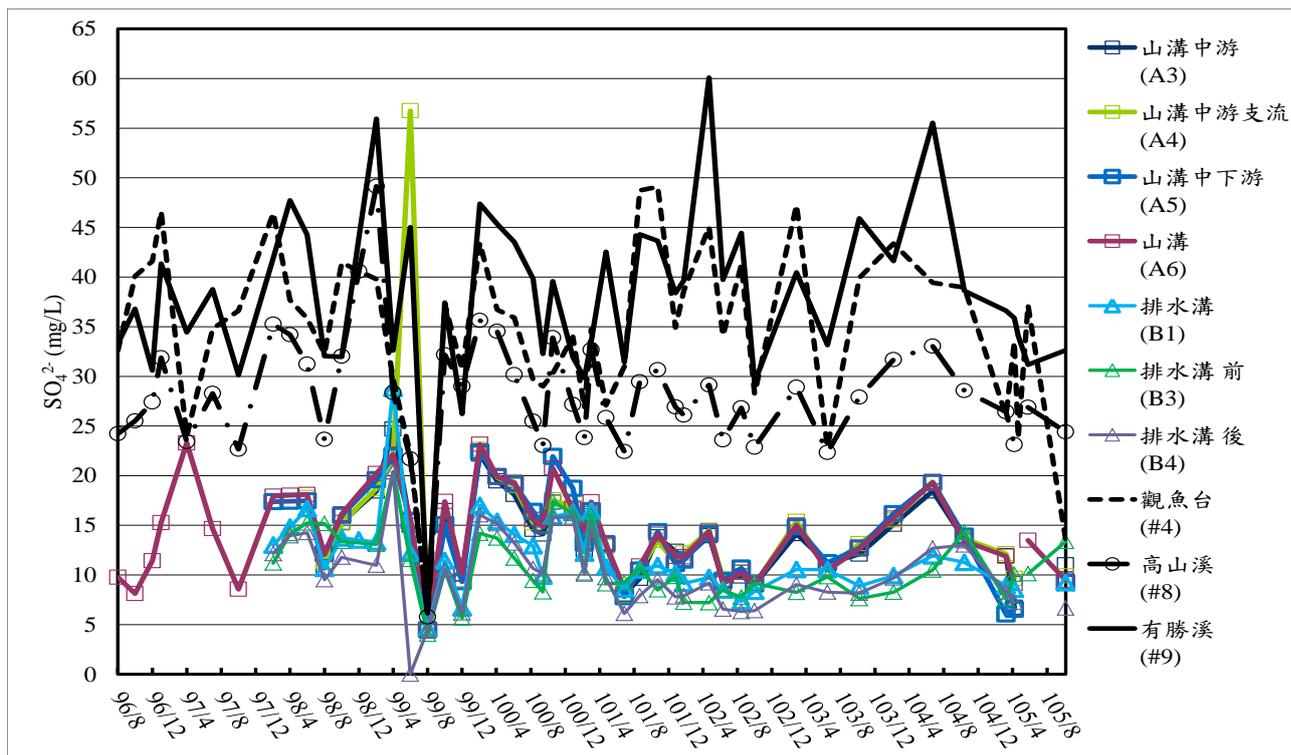


圖 1-43 山溝與七家灣溪測站之 SO_4^{2-} 值比較
 (資料來源：本研究資料)

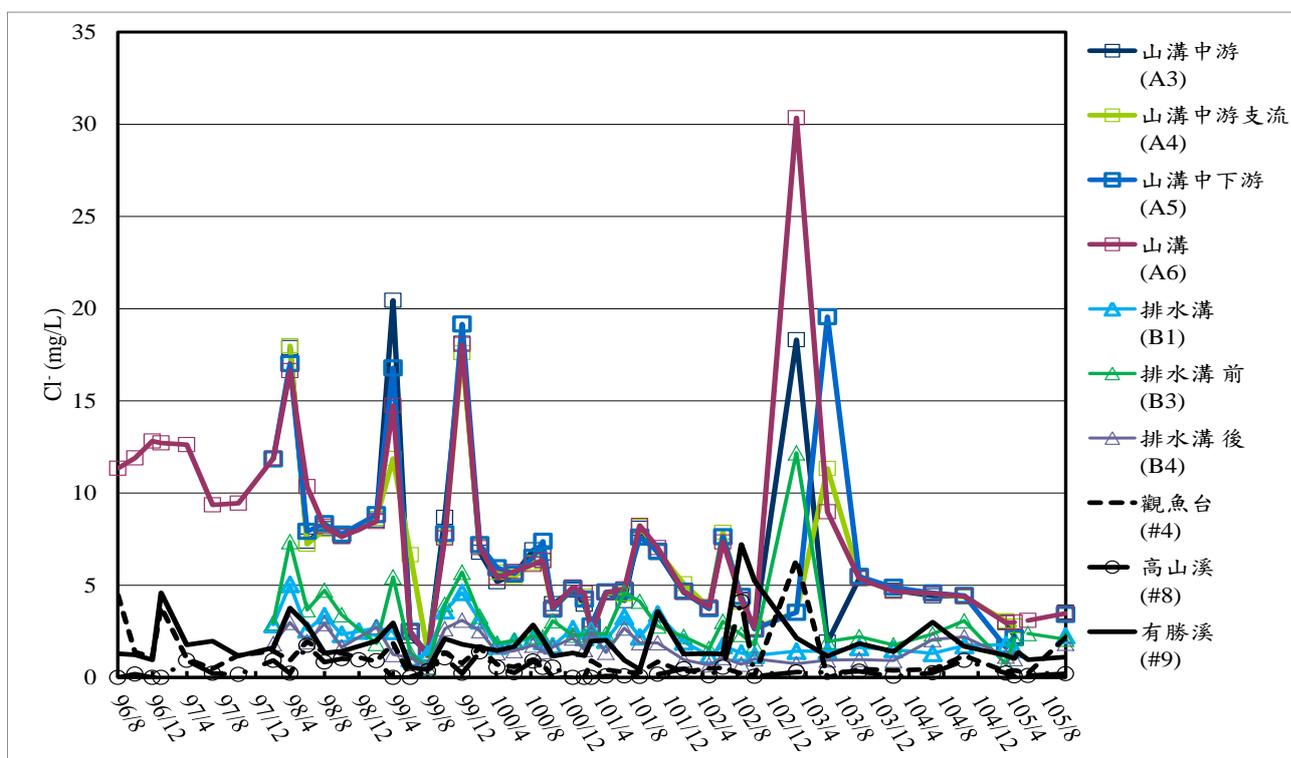


圖 1-44 山溝與七家灣溪測站之 Cl^- 值比較
 (資料來源：本研究資料)

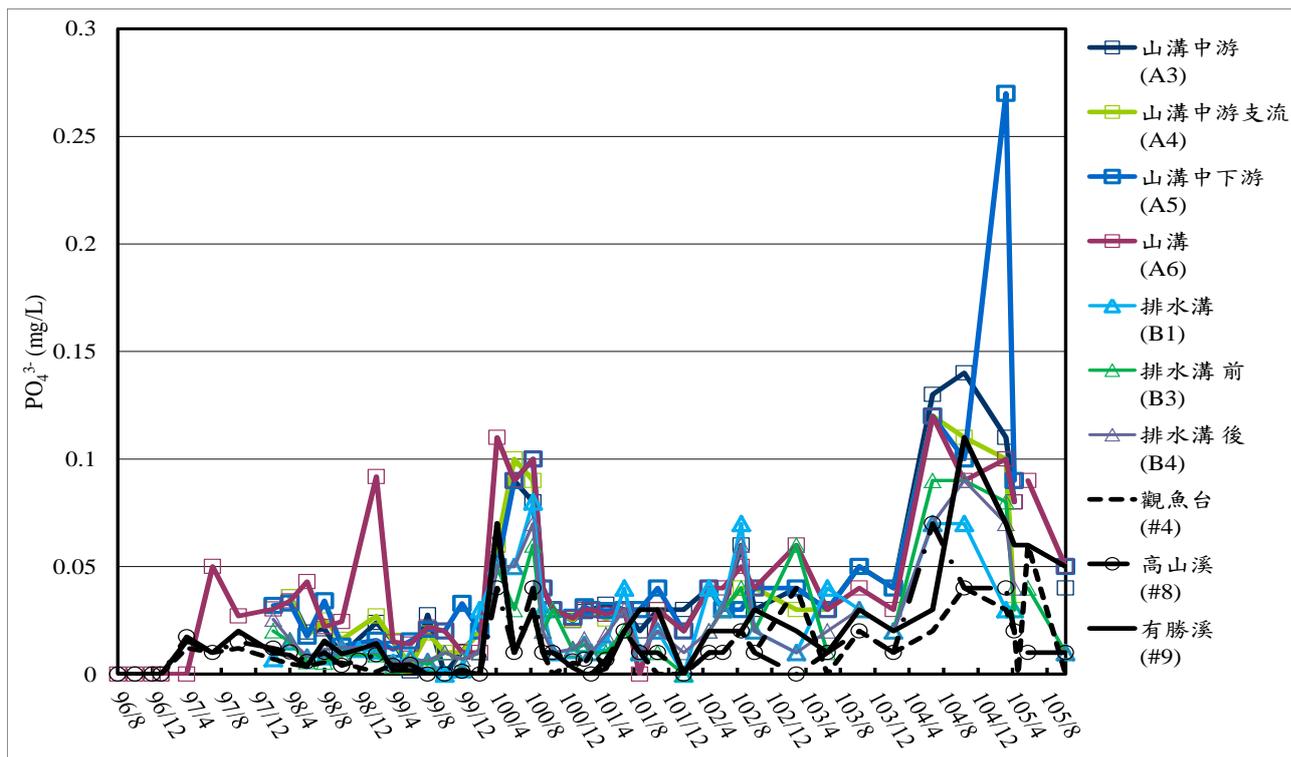


圖 1-45 山溝與七家灣溪測站之 PO_4^{3-} 值比較
(資料來源：本研究資料)

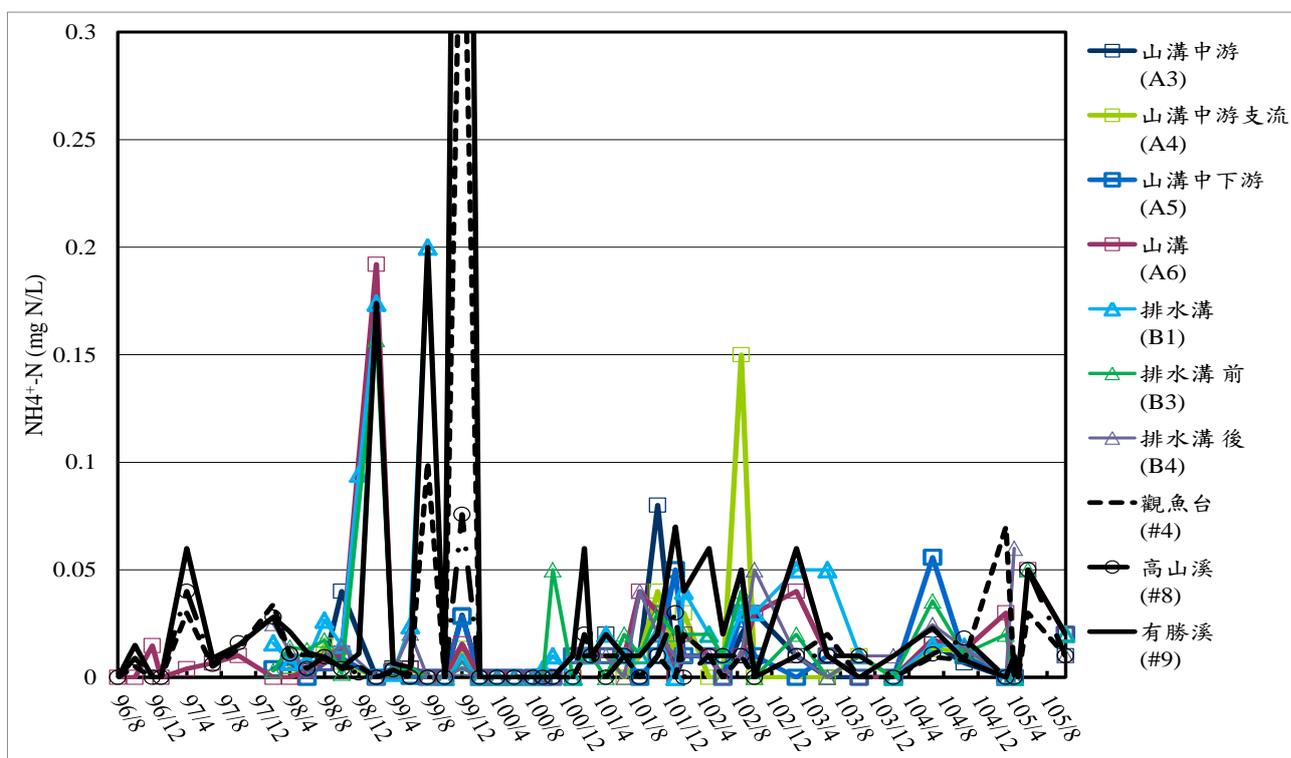


圖 1-46 山溝與七家灣溪測站之 NH_4^+-N 值比較
(資料來源：本研究資料)

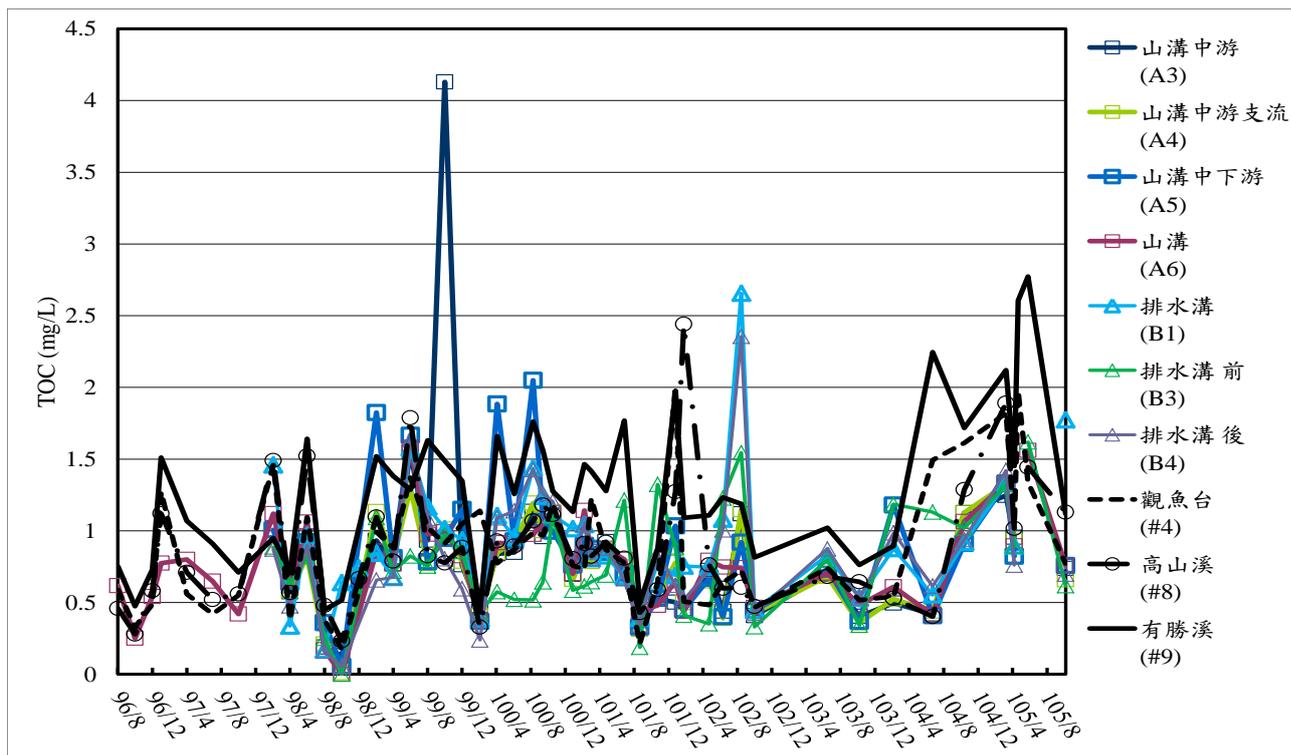


圖1-47 山溝與七家灣溪測站之TOC值比較
(資料來源：本研究資料)

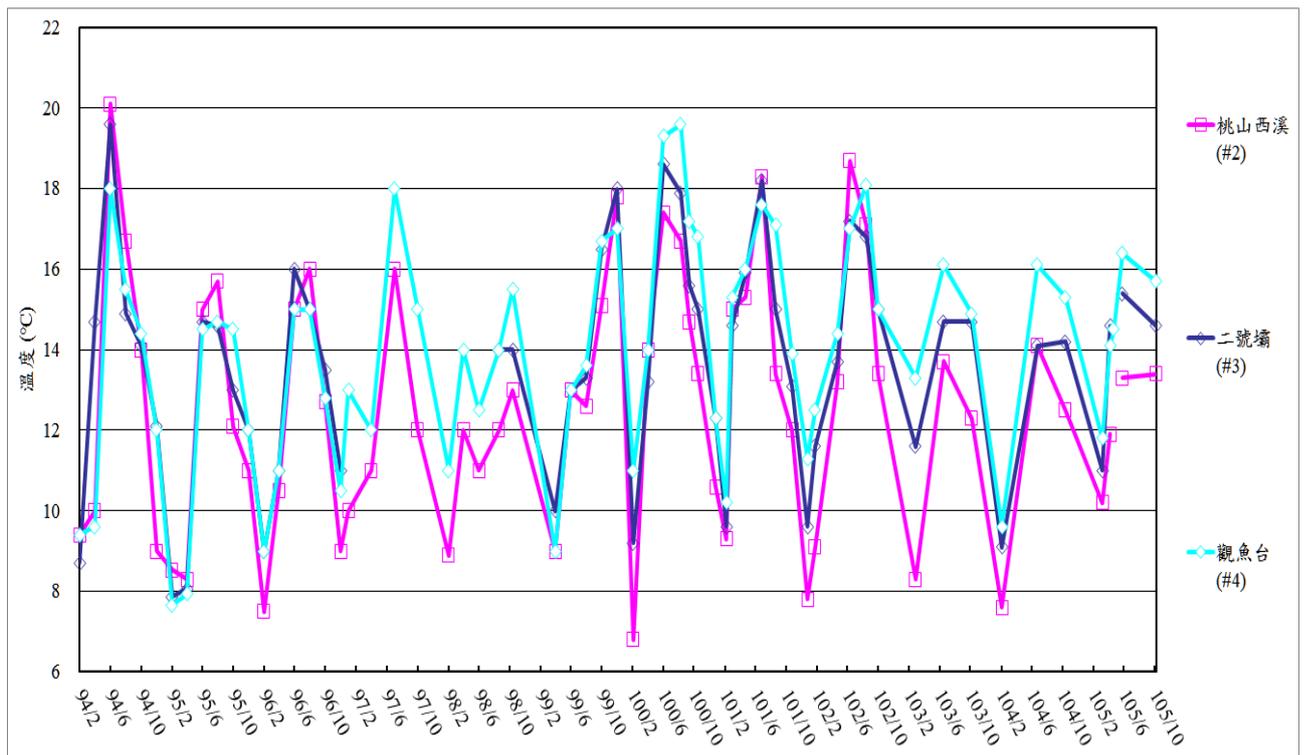


圖 1-48 8.1ha 回收農用地溫度值變化
(資料來源：本研究資料)

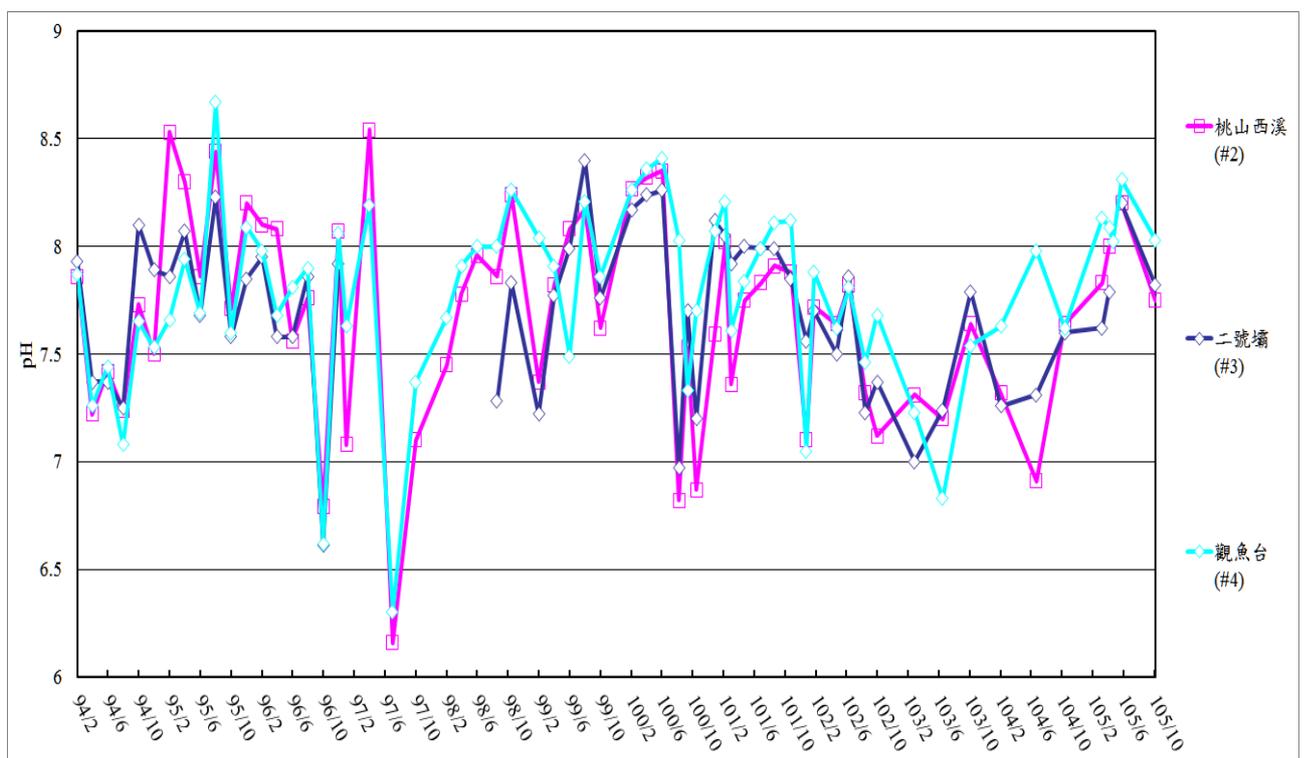


圖 1-49 8.1ha 回收農用地 pH 值變化
(資料來源：本研究資料)

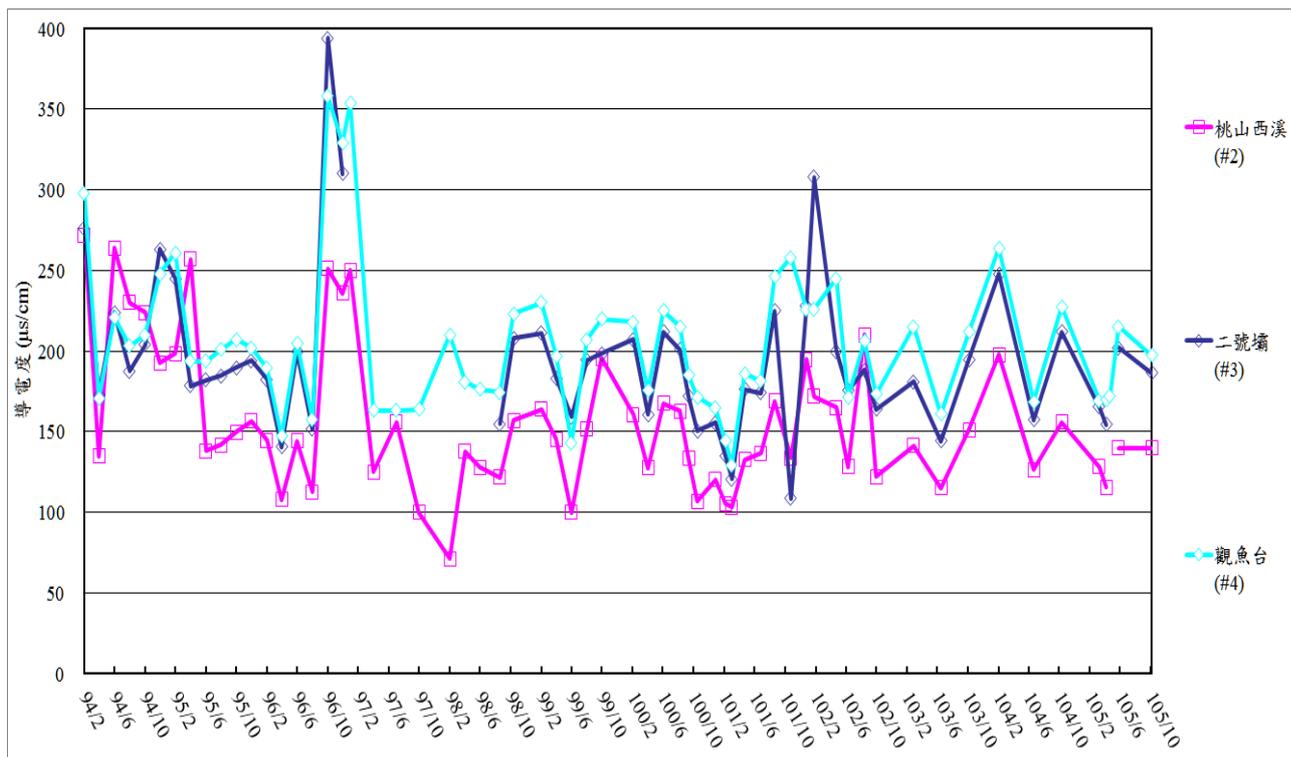


圖 1-50 8.1ha 回收農用地導電度值變化
(資料來源：本研究資料)

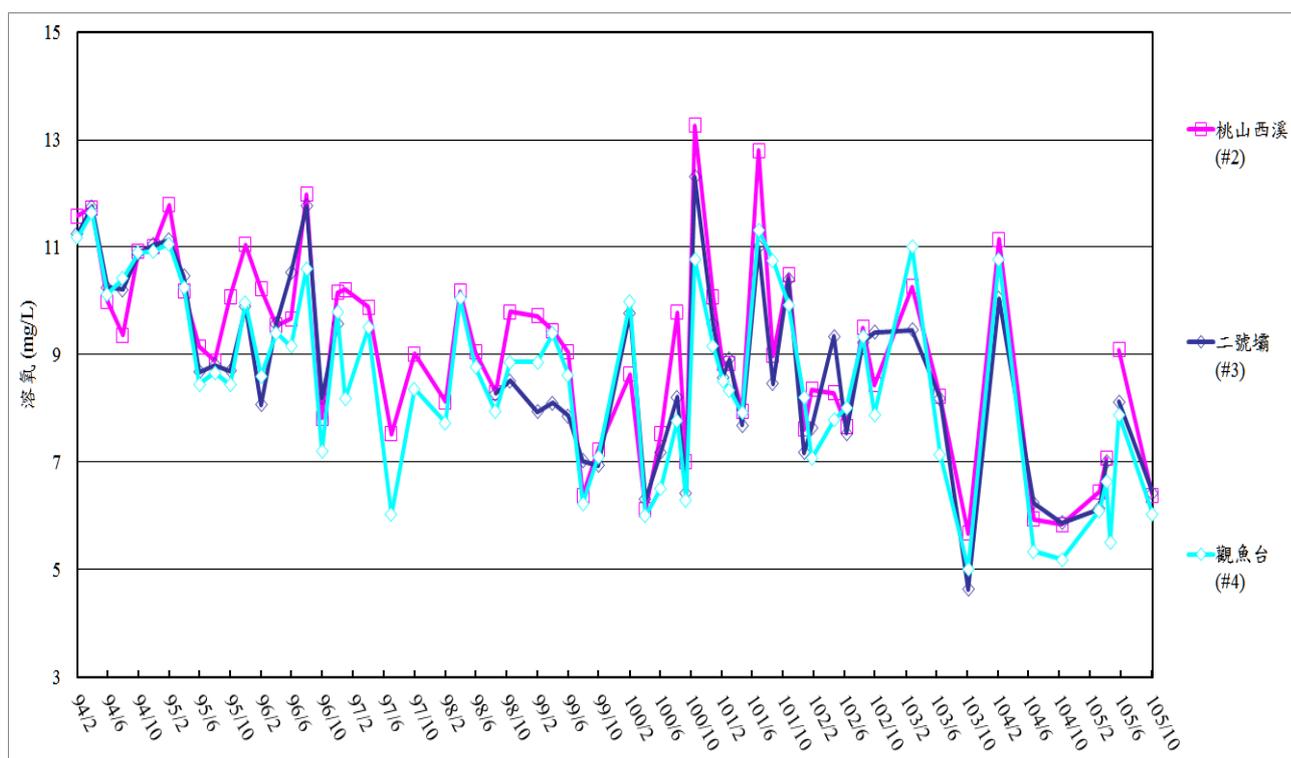


圖 1-51 8.1ha 回收農用地溶氧值變化
(資料來源：本研究資料)

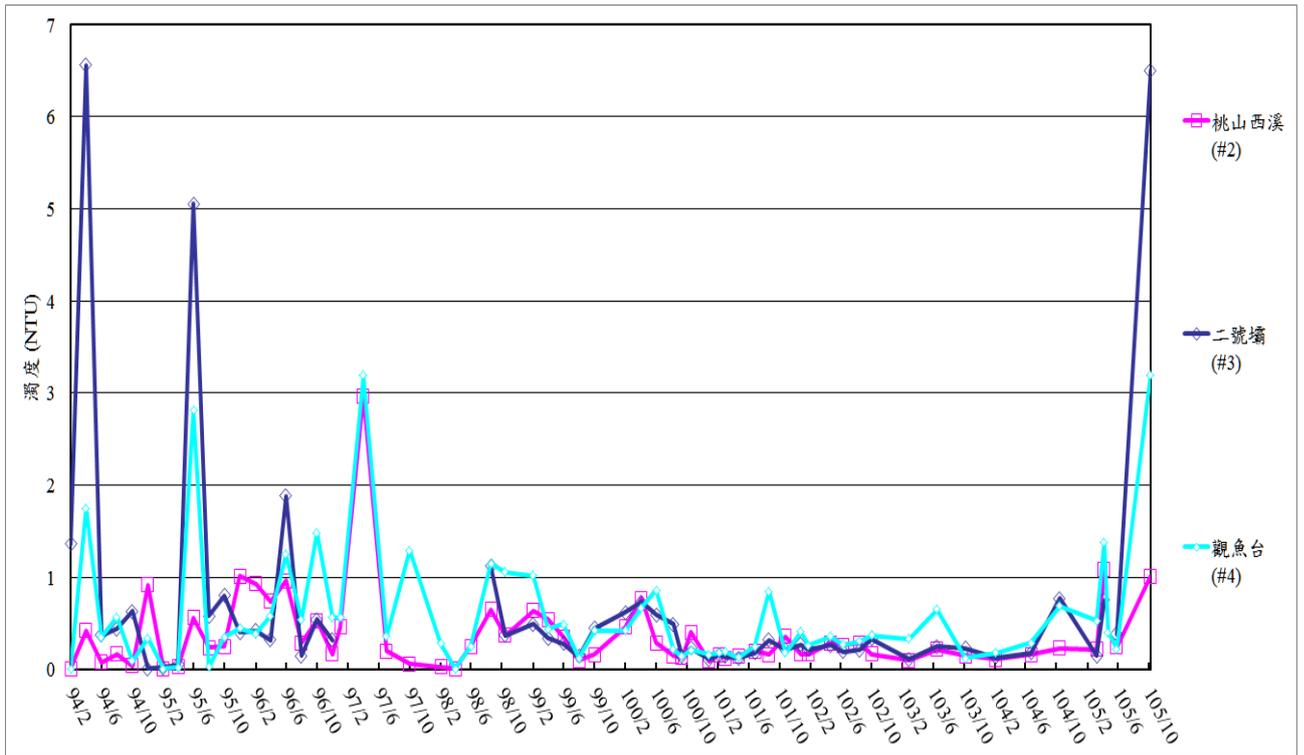


圖 1-52 8.1ha 回收農用地濁度值變化
(資料來源：本研究資料)

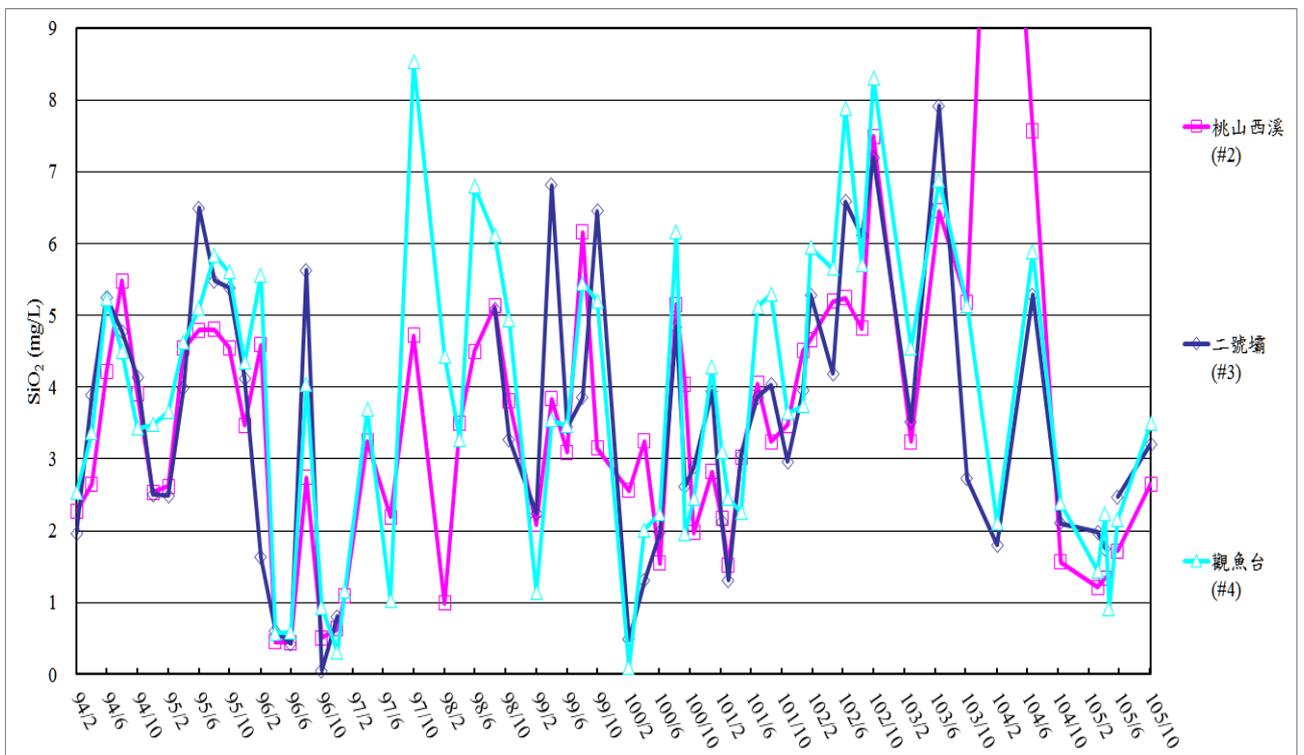


圖 1-53 8.1ha 回收農用地 SiO₂ 值變化
(資料來源：本研究資料)

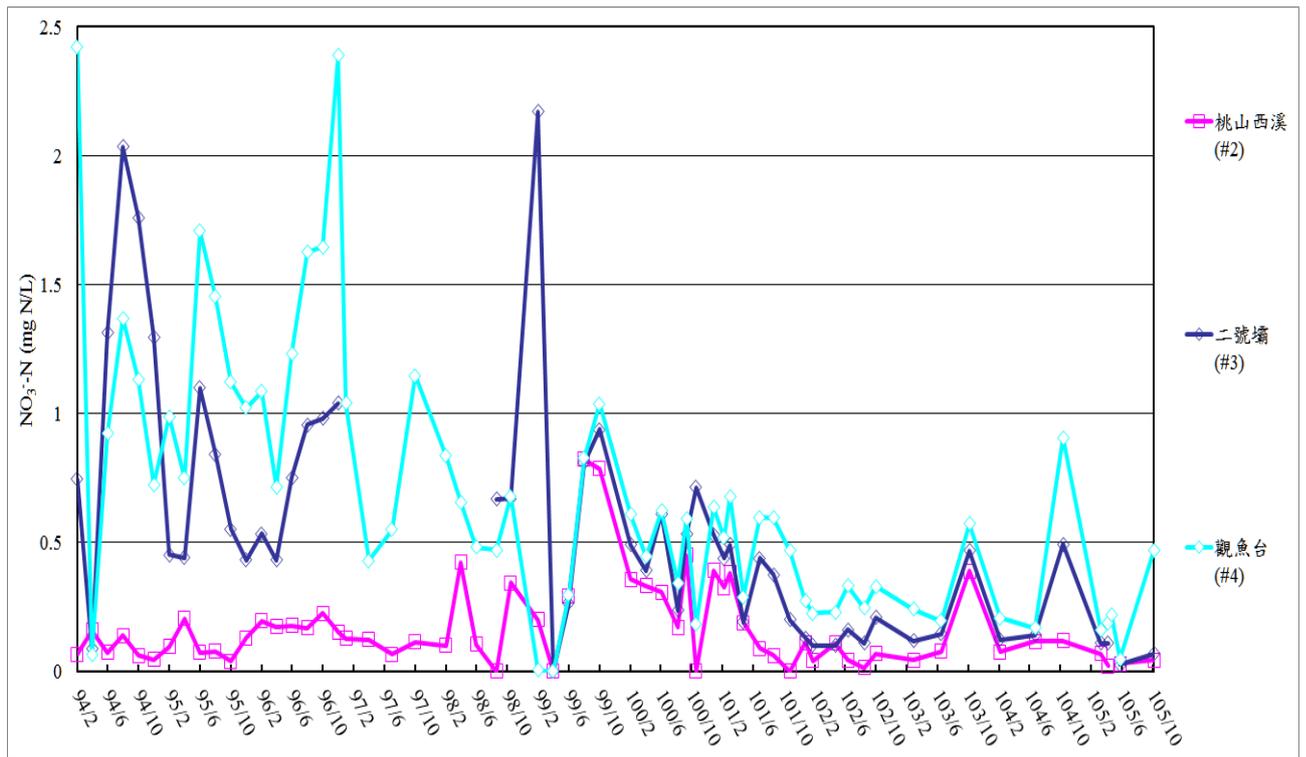


圖 1-54 8.1ha 回收農用地 NO₃-N 值變化
(資料來源：本研究資料)

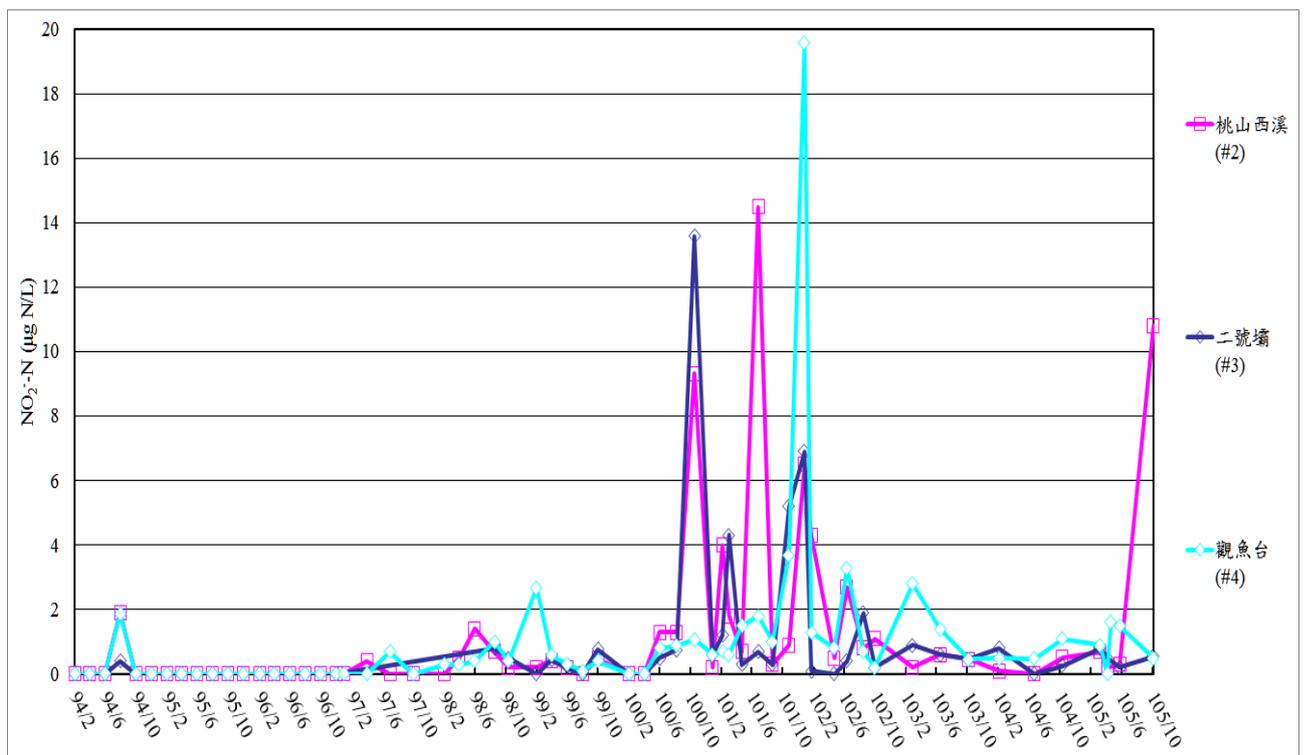


圖 1-55 8.1ha 回收農用地 NO₂-N 值變化
(資料來源：本研究資料)

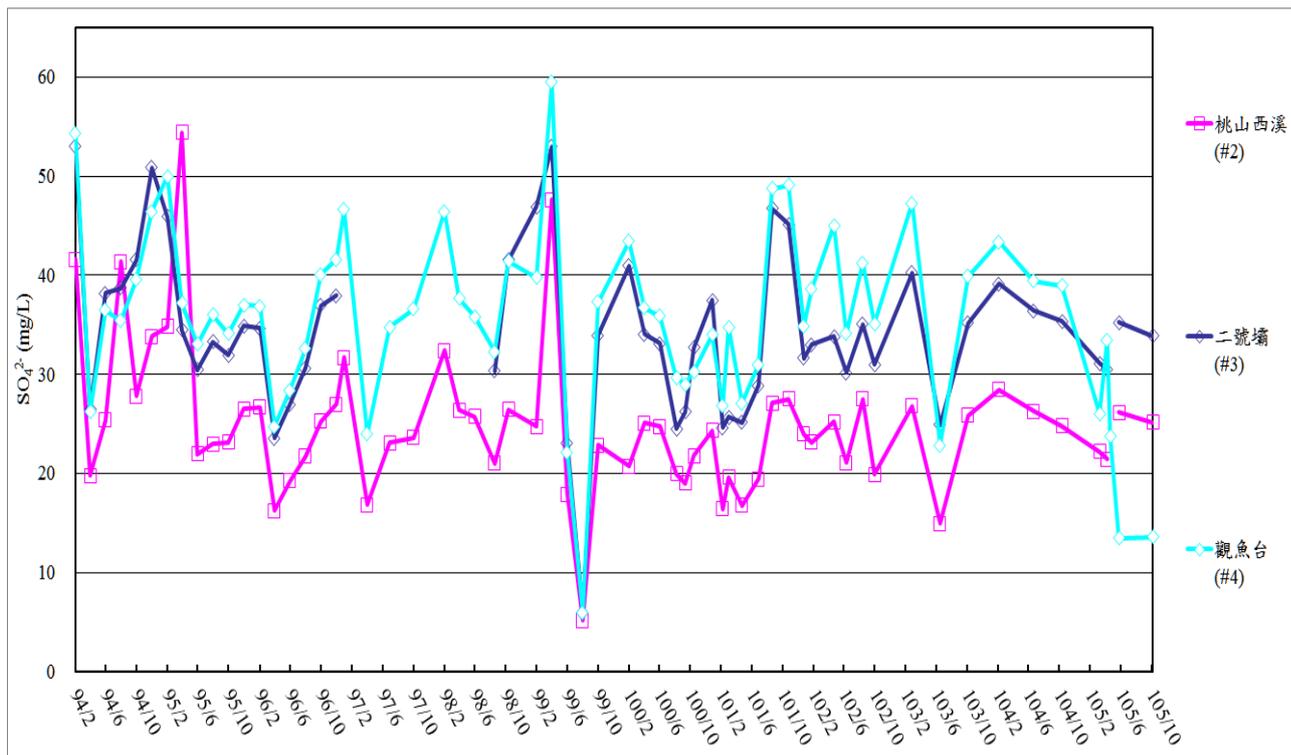


圖 1-56 8.1ha 回收農用地 SO₄²⁻ 值變化
(資料來源：本研究資料)

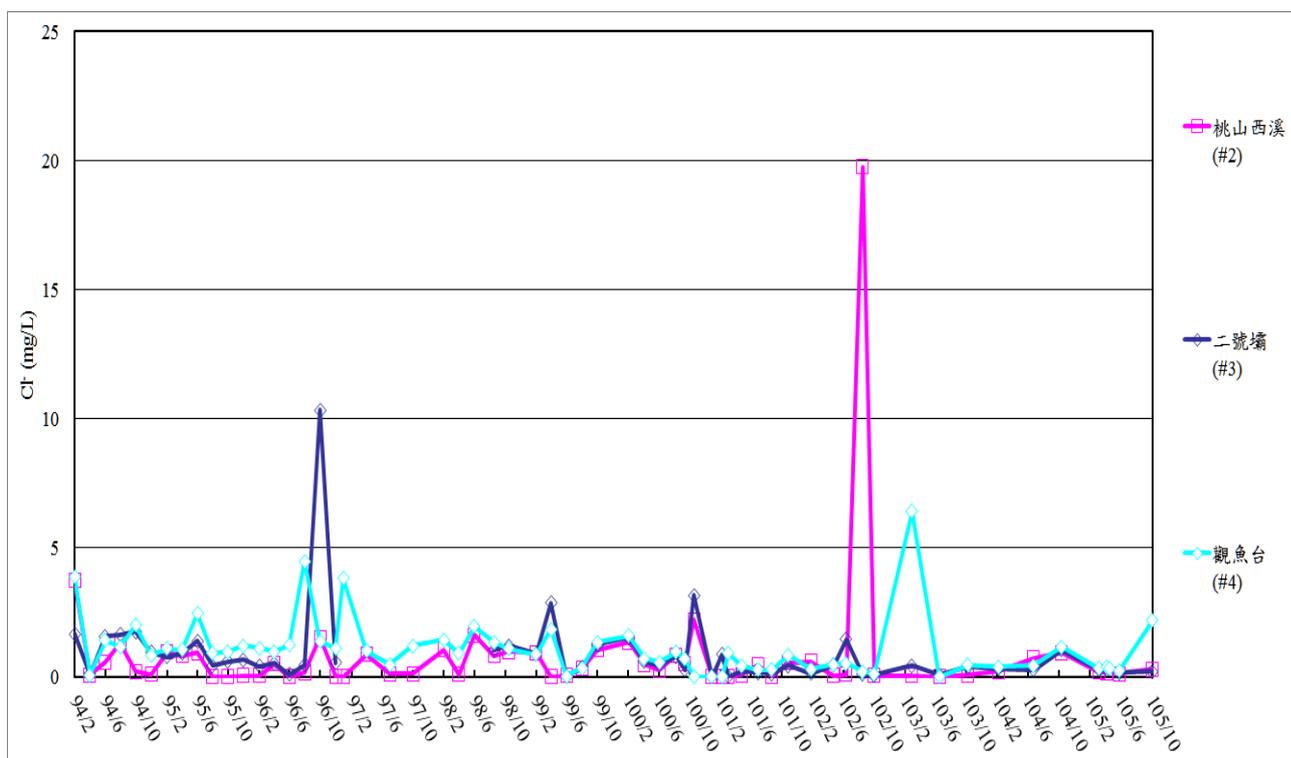


圖 1-57 8.1ha 回收農用地 Cl⁻ 值變化
(資料來源：本研究資料)

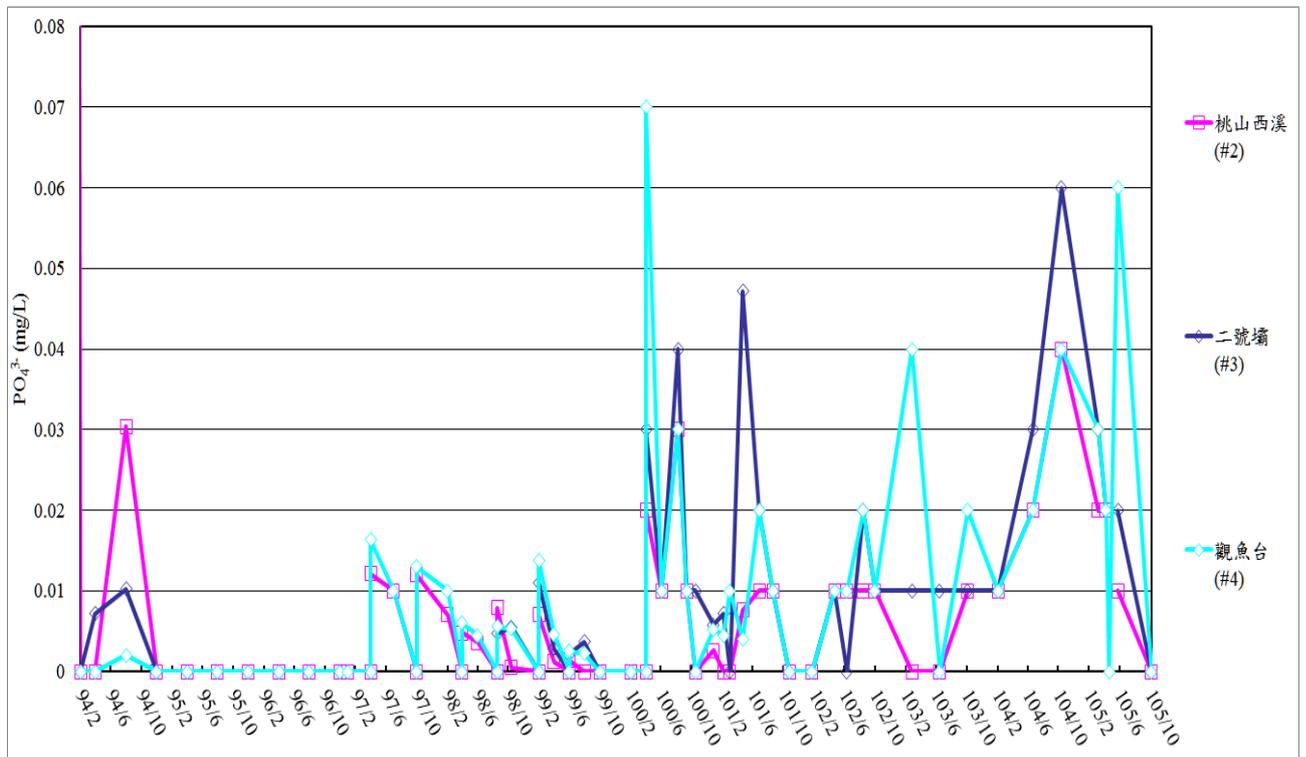


圖 1-58 8.1ha 回收農用地 PO₄³⁻ 值變化
(資料來源：本研究資料)

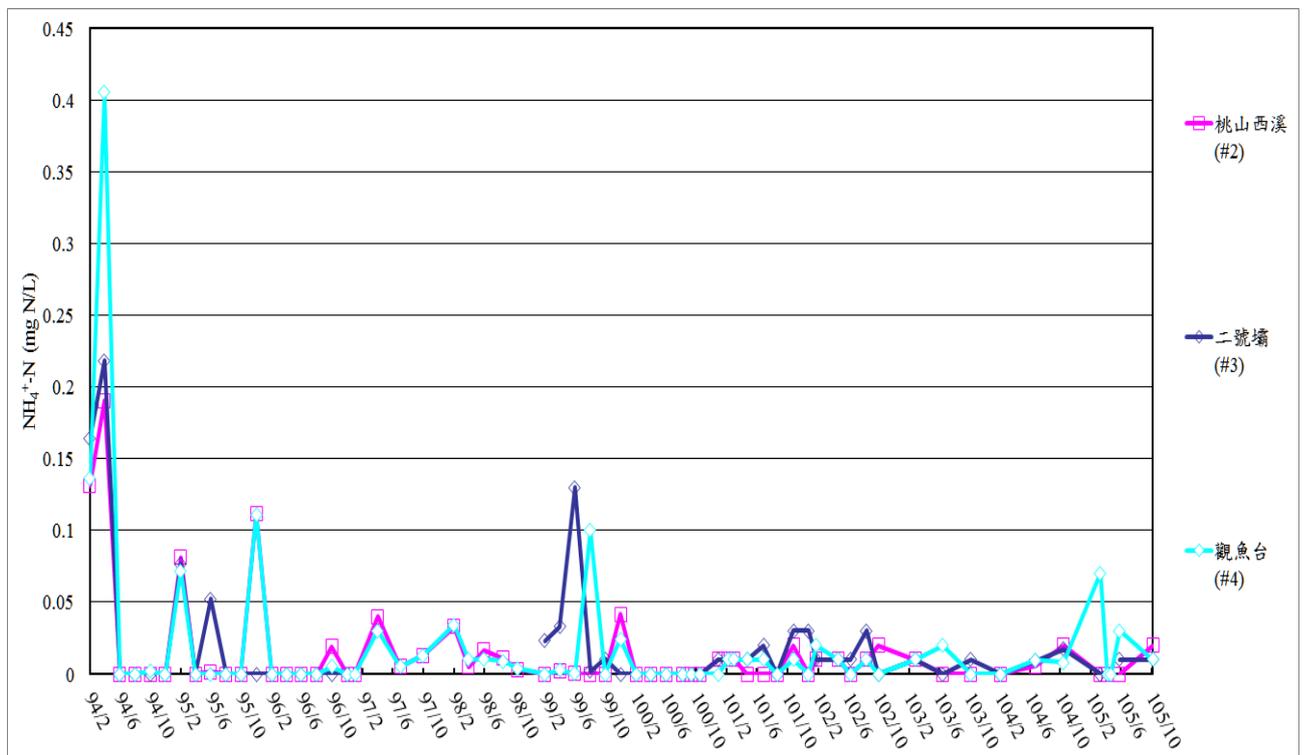


圖 1-59 8.1ha 回收農用地 NH₄⁺-N 值變化
(資料來源：本研究資料)

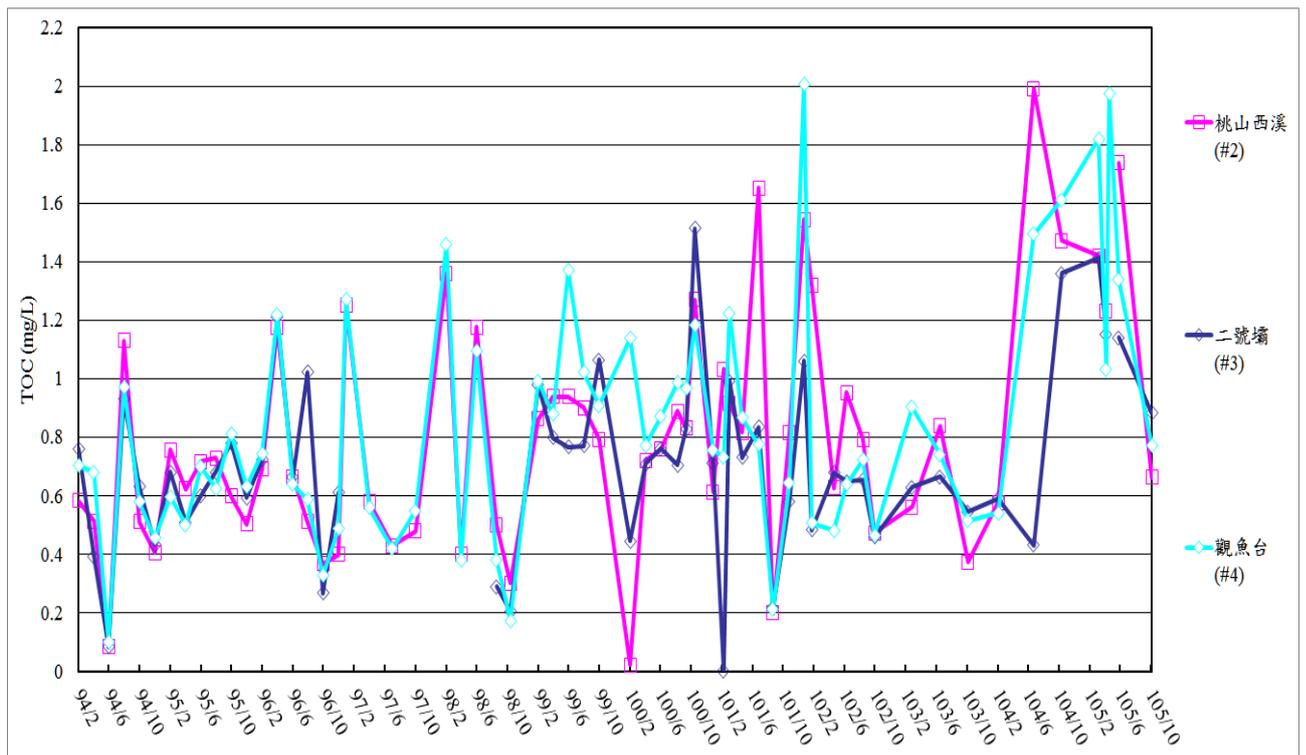


圖 1-60 8.1ha 回收農用地 TOC 值變化
 (資料來源：本研究資料)

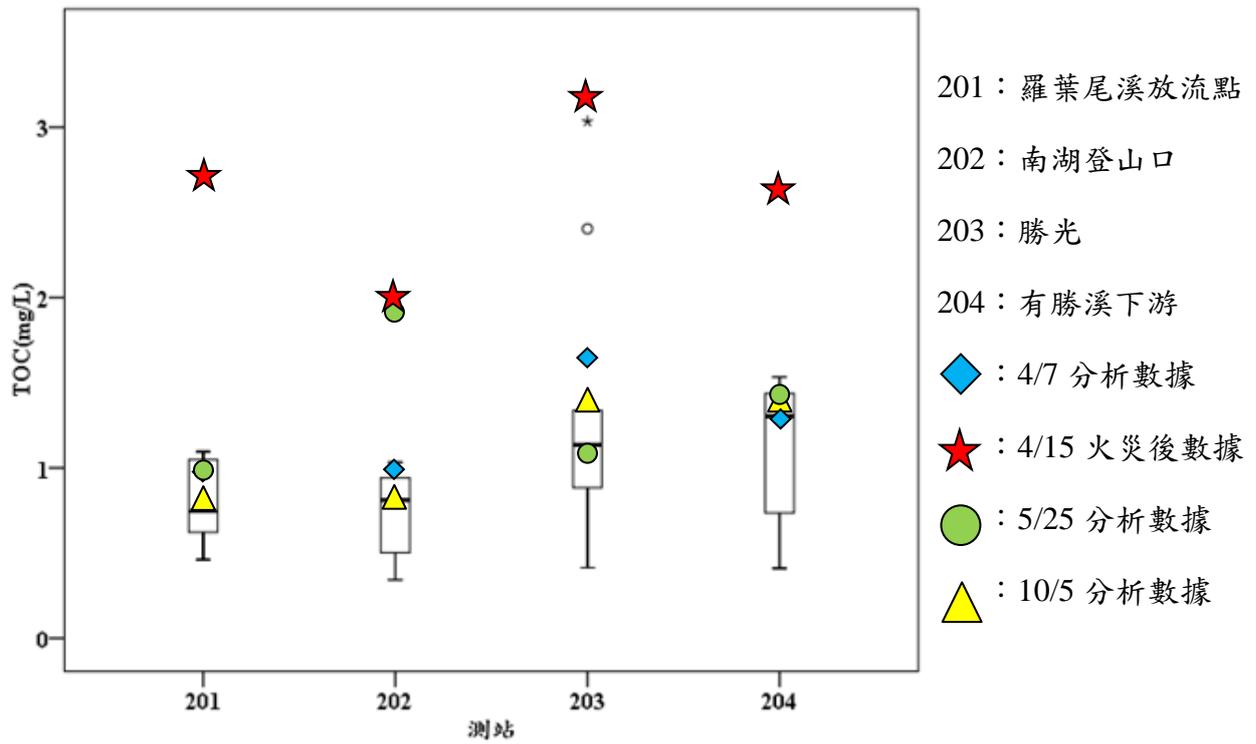


圖 1-61 羅葉尾溪 TOC 盒鬚圖與火災前後分析數據比較
(資料來源：本研究資料)

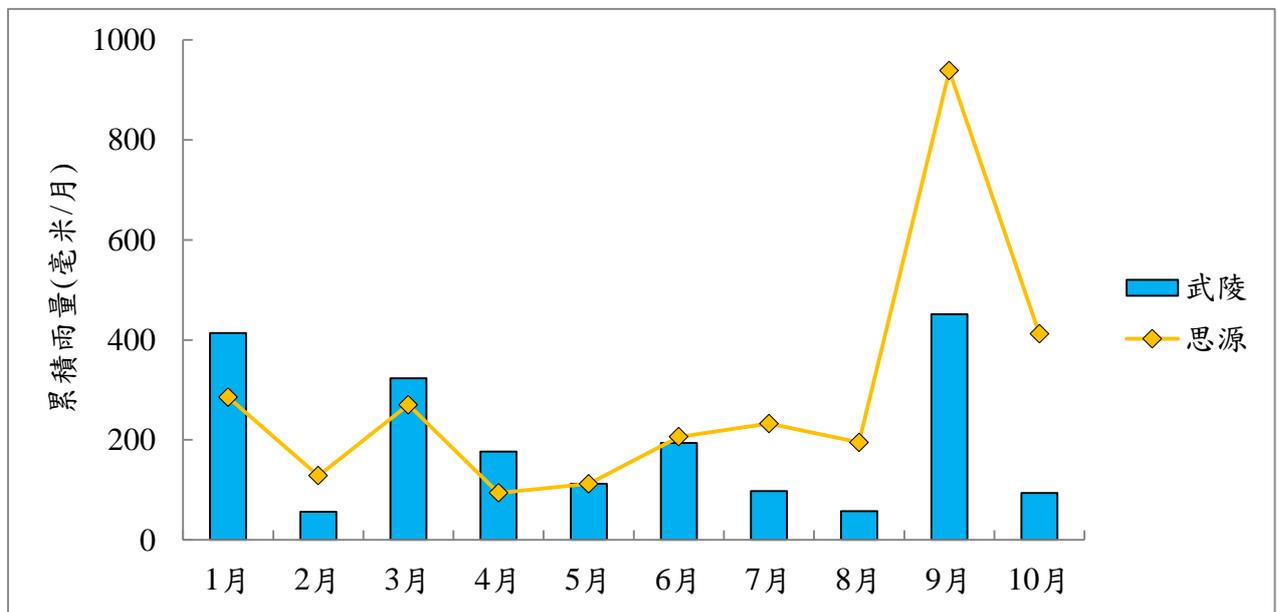


圖 1-62 2016 年累積雨量圖
(資料來源：本研究資料)

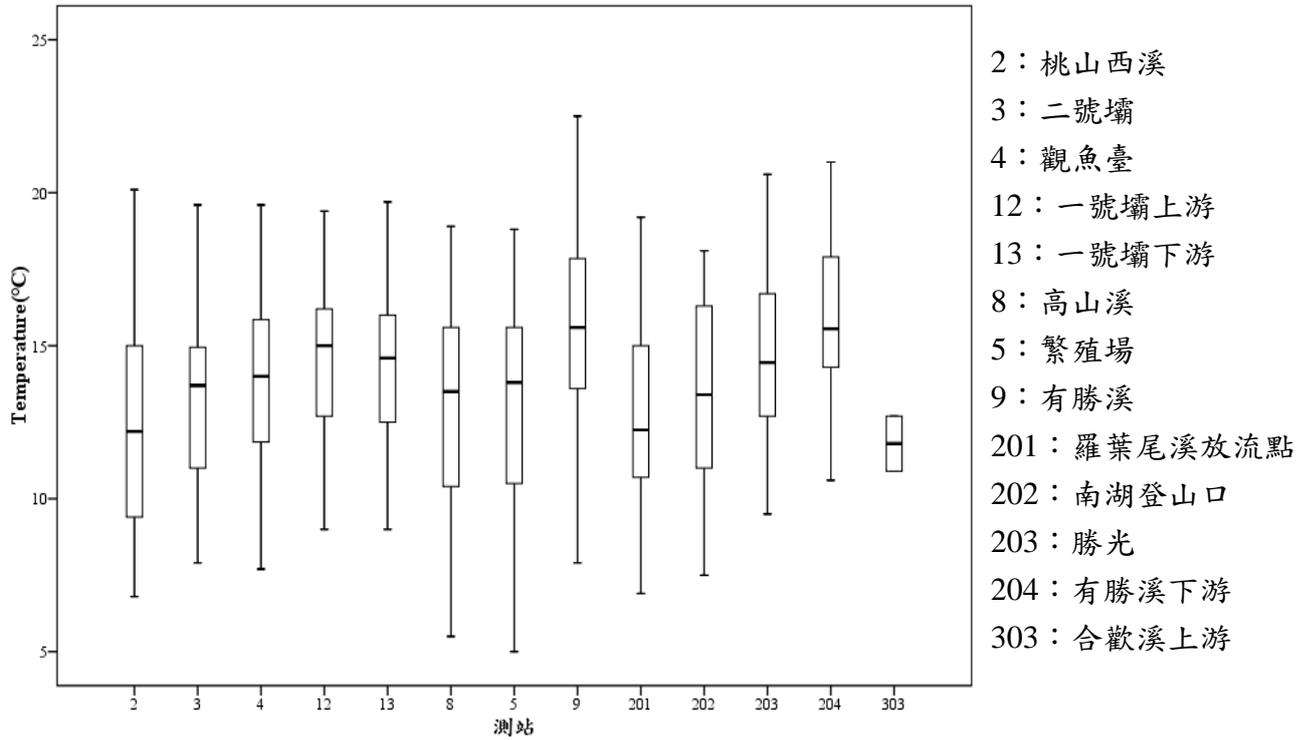


圖 1-63 七家灣溪測站溫度盒鬚圖
(資料來源：本研究資料)

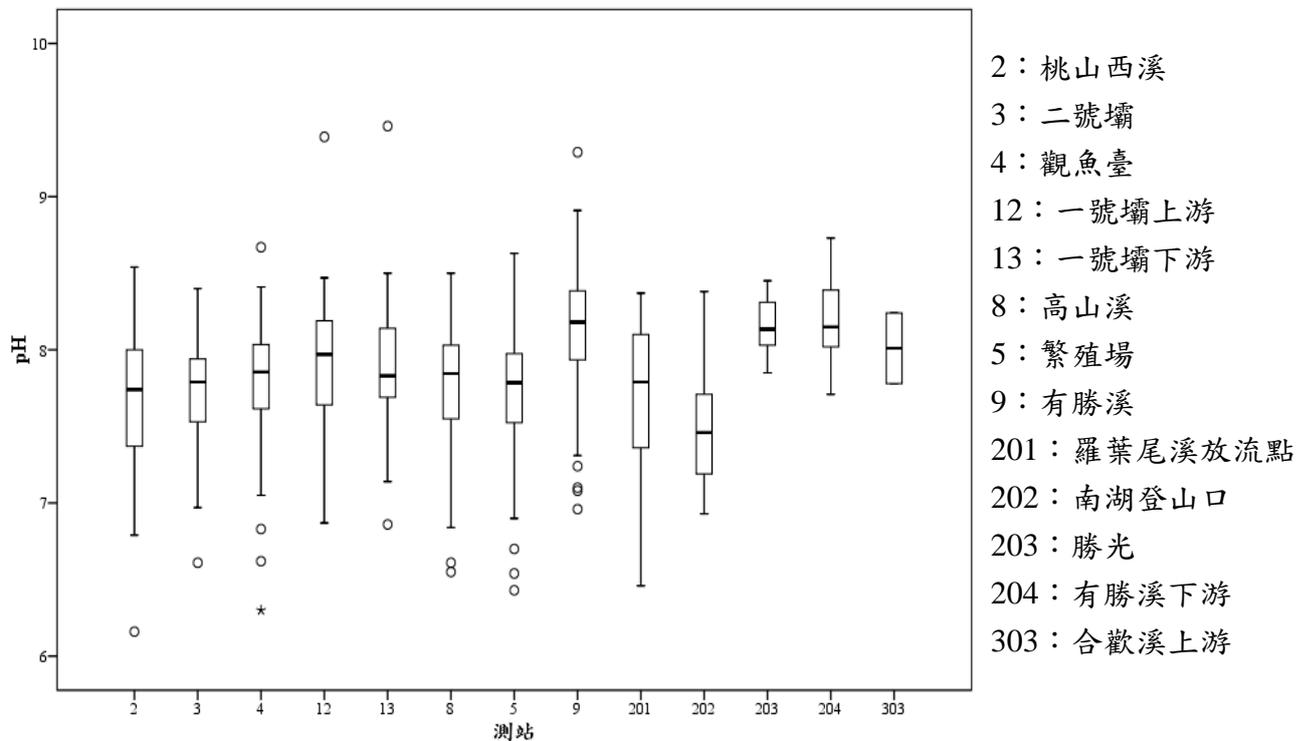


圖 1-64 七家灣溪測站 pH 盒鬚圖
(資料來源：本研究資料)

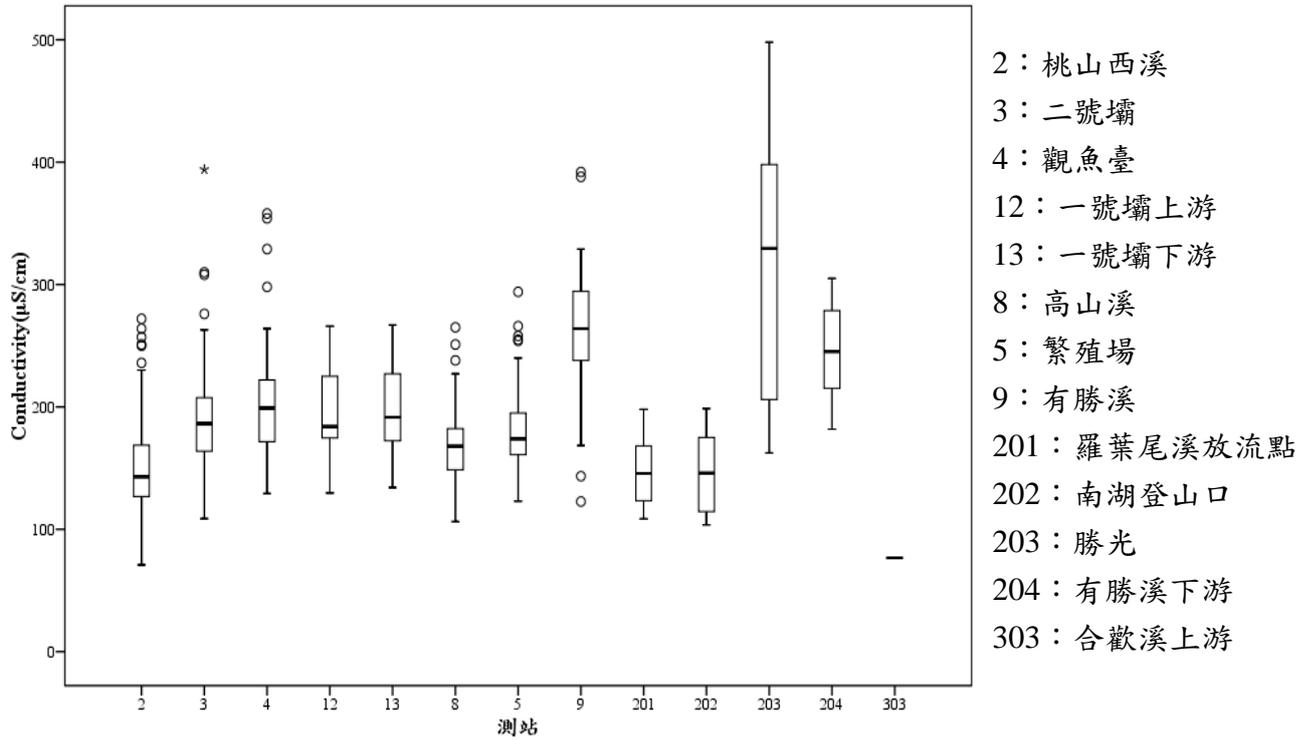


圖 1-65 七家灣溪測站導電度盒鬚圖
 (資料來源：本研究資料)

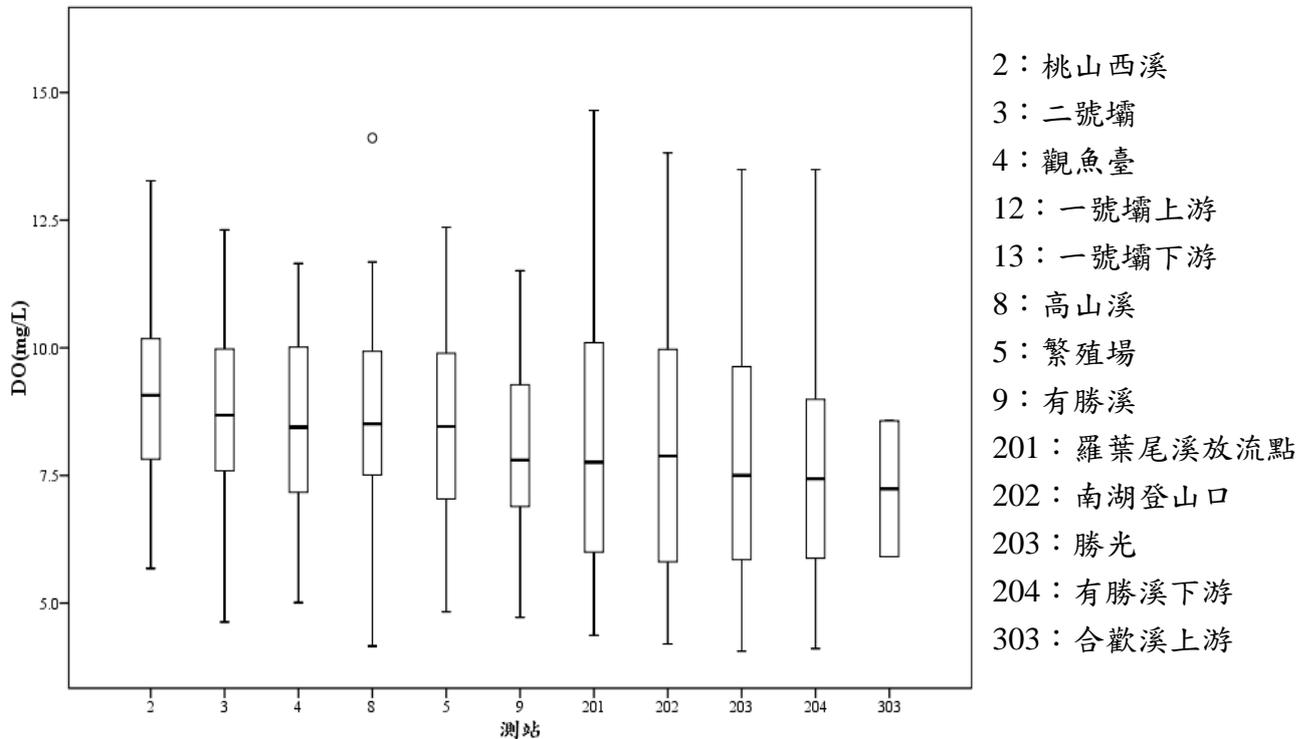


圖 1-66 七家灣溪測站溶氧盒鬚圖
 (資料來源：本研究資料)

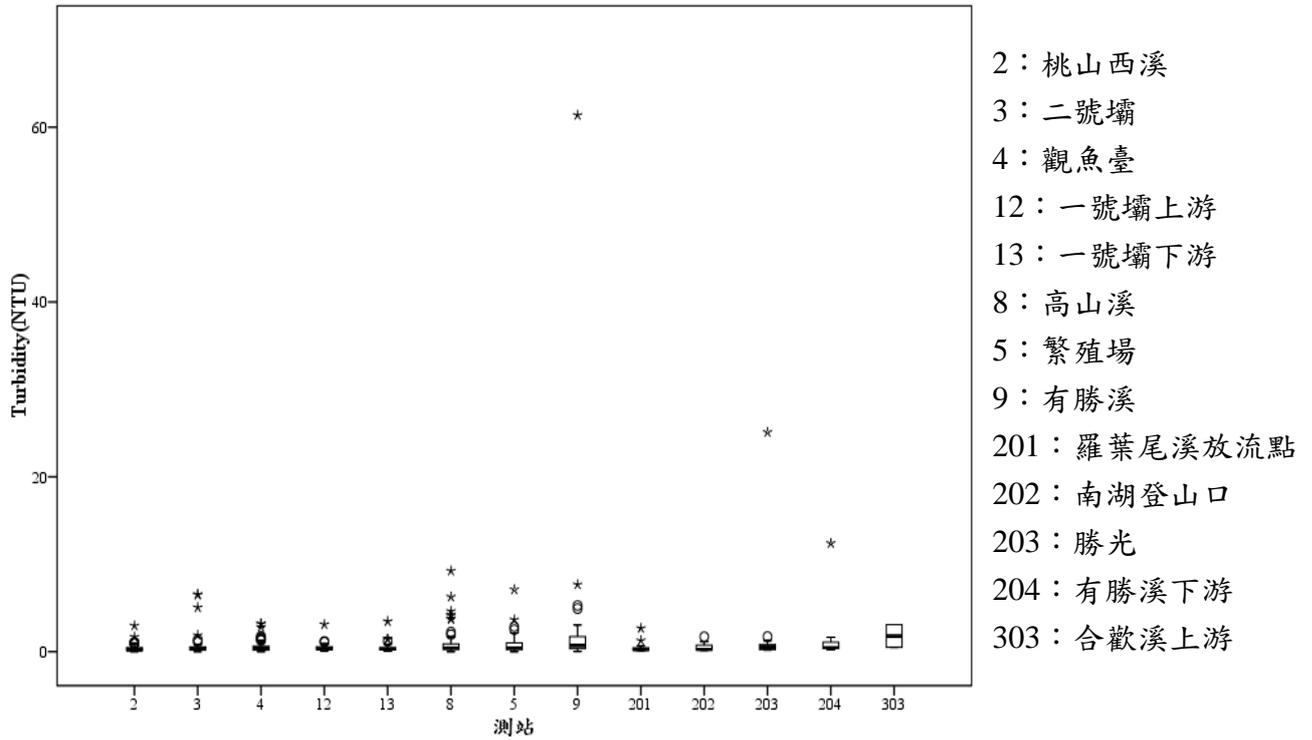


圖 1-67 七家灣溪測站濁度盒鬚圖
 (資料來源：本研究資料)

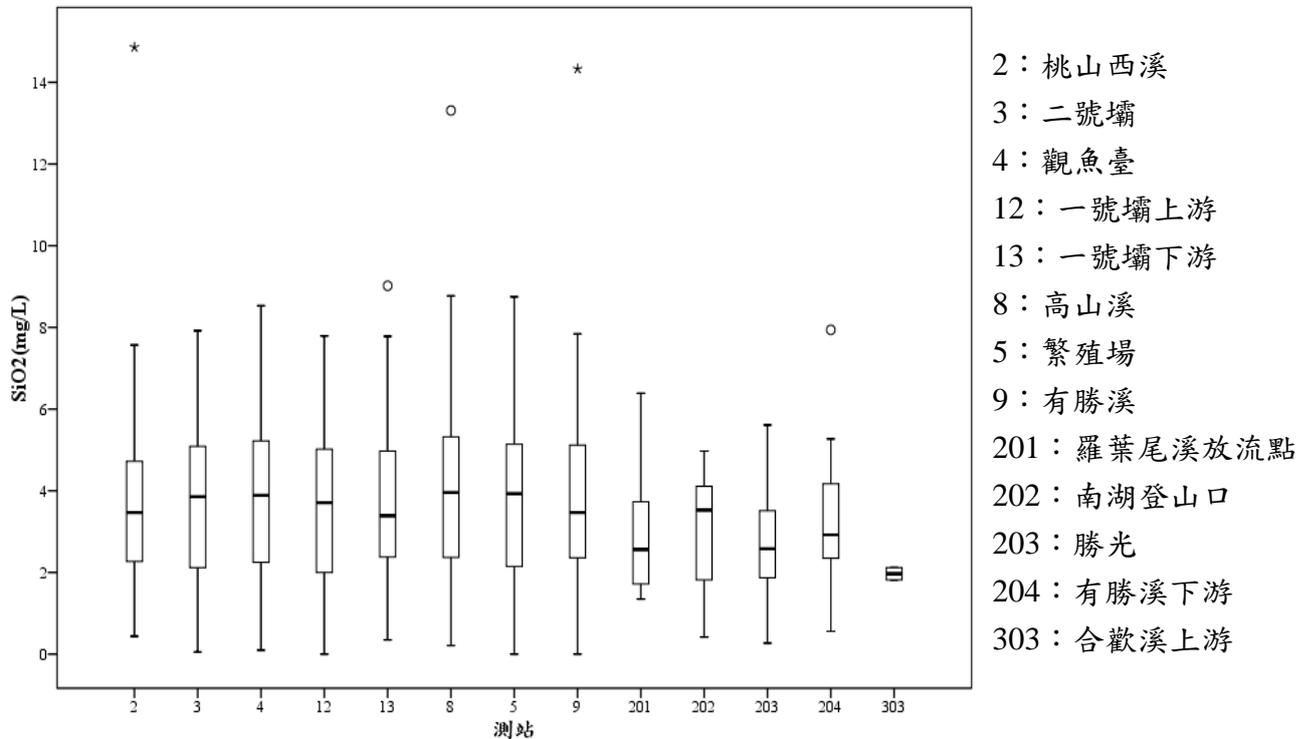


圖 1-68 七家灣溪測站 SiO₂ 盒鬚圖
 (資料來源：本研究資料)

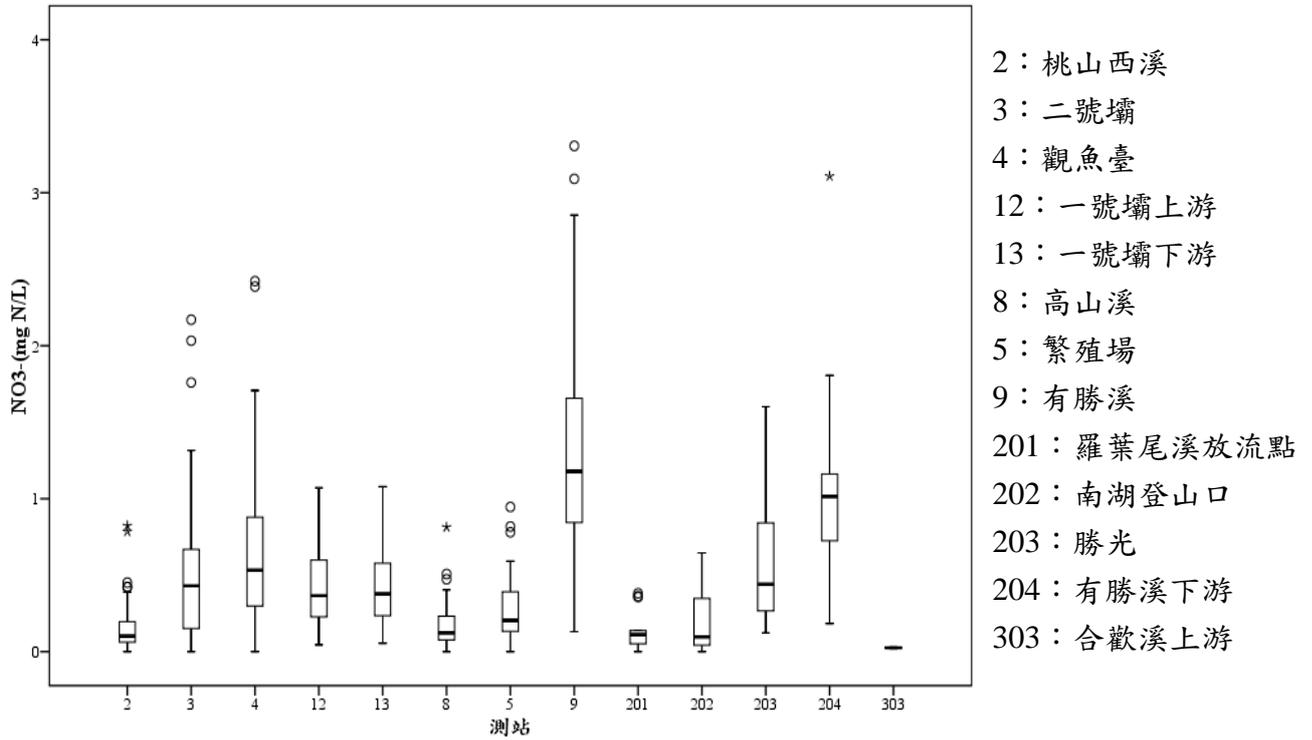


圖 1-69 七家灣溪測站 NO_3^- -N 盒鬚圖
 (資料來源：本研究資料)

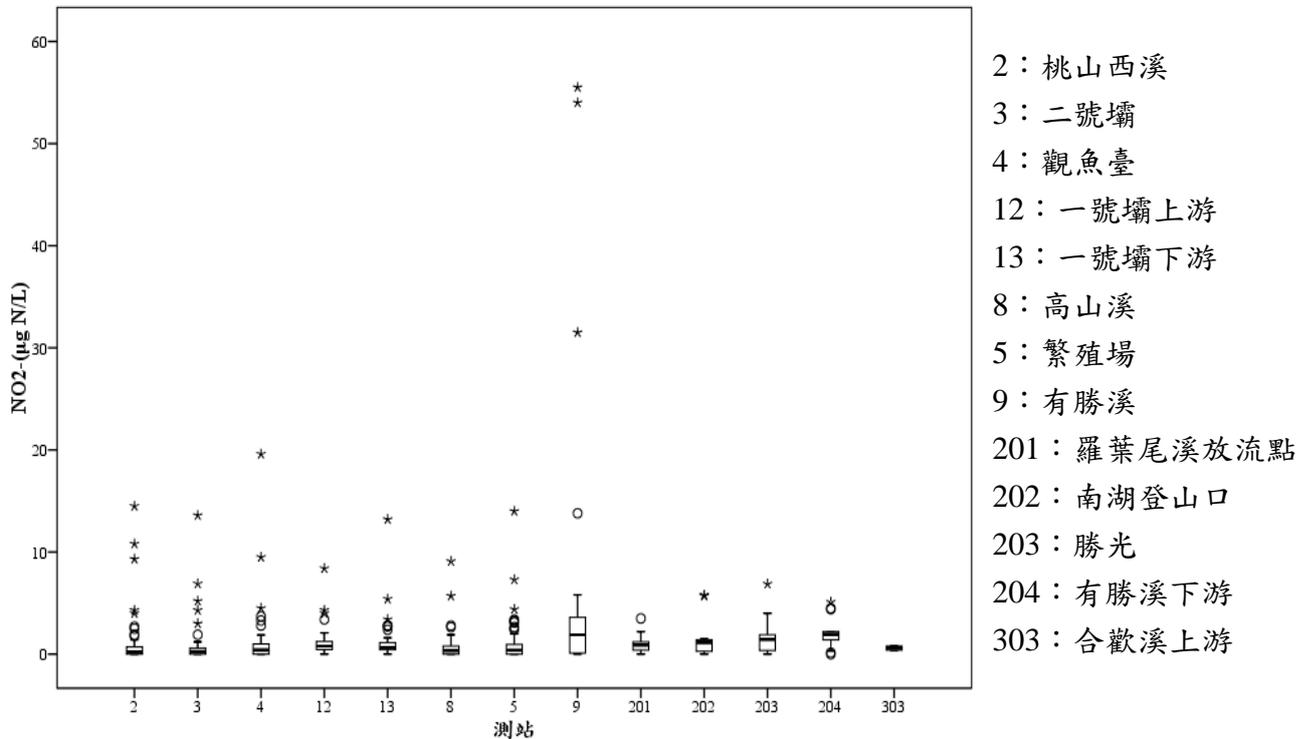


圖 1-70 七家灣溪測站 NO_2^- -N 盒鬚圖
 (資料來源：本研究資料)

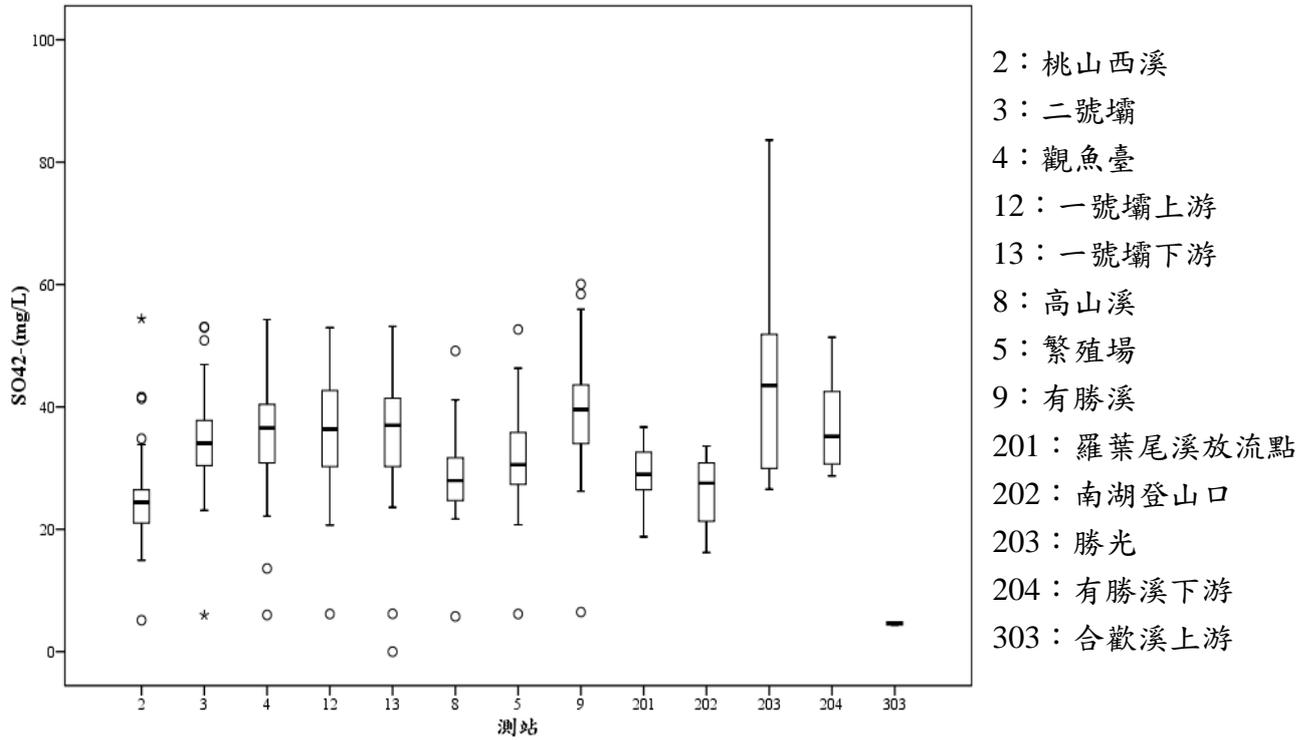


圖 1-71 七家灣溪測站 SO_4^{2-} 盒鬚圖
 (資料來源：本研究資料)

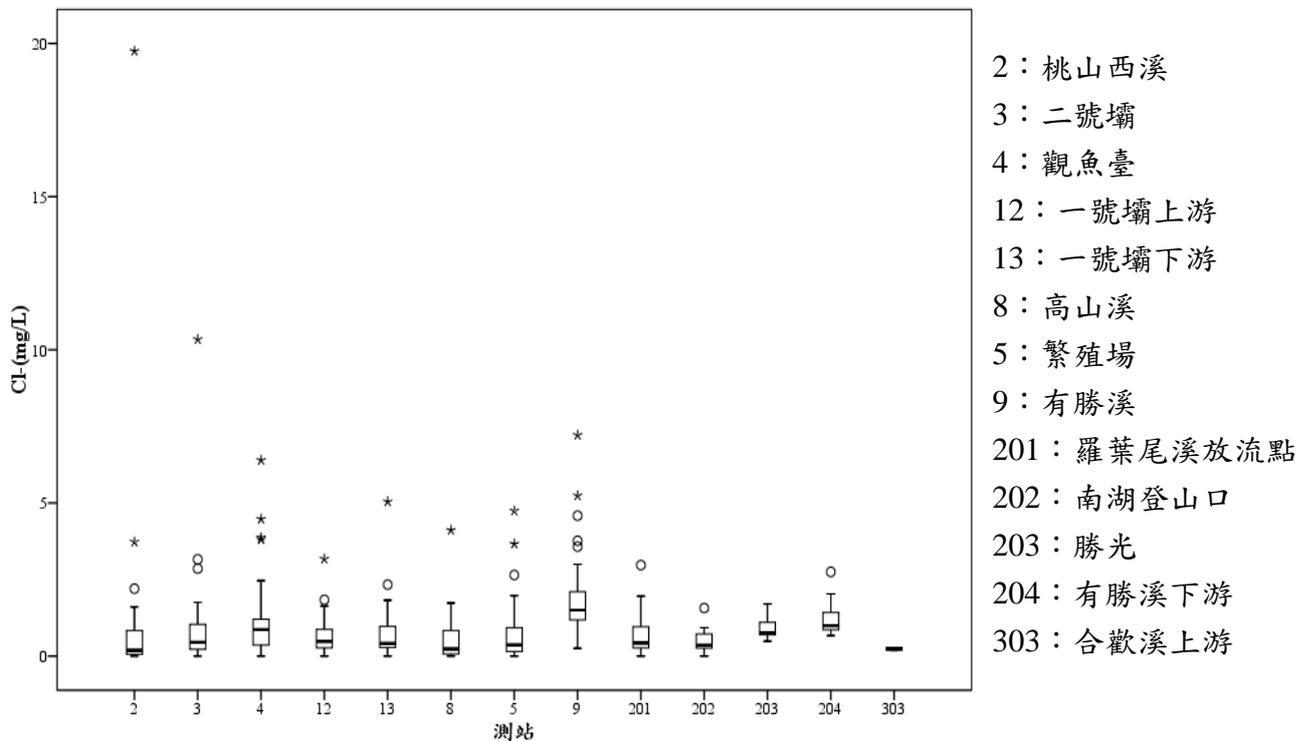


圖 1-72 七家灣溪測站 Cl^- 盒鬚圖
 (資料來源：本研究資料)

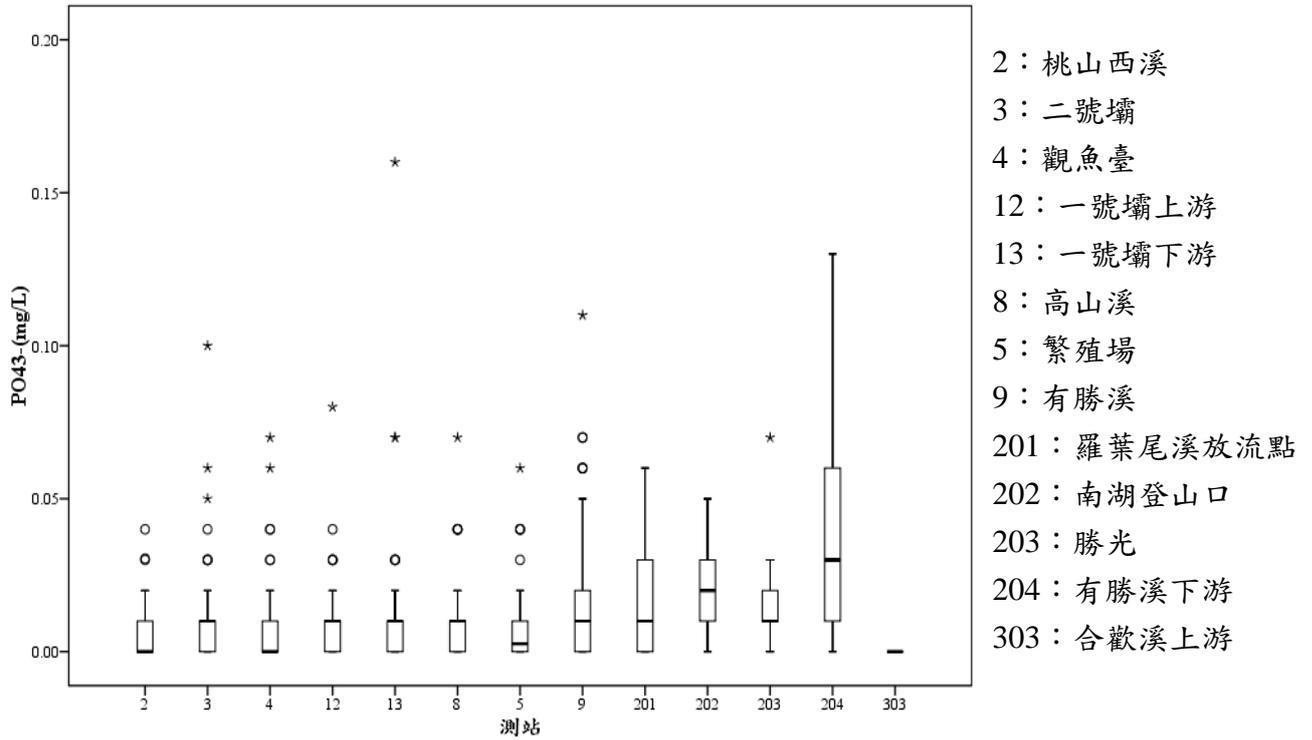


圖 1-73 七家灣溪測站 PO_4^{3-} 盒鬚圖
 (資料來源：本研究資料)

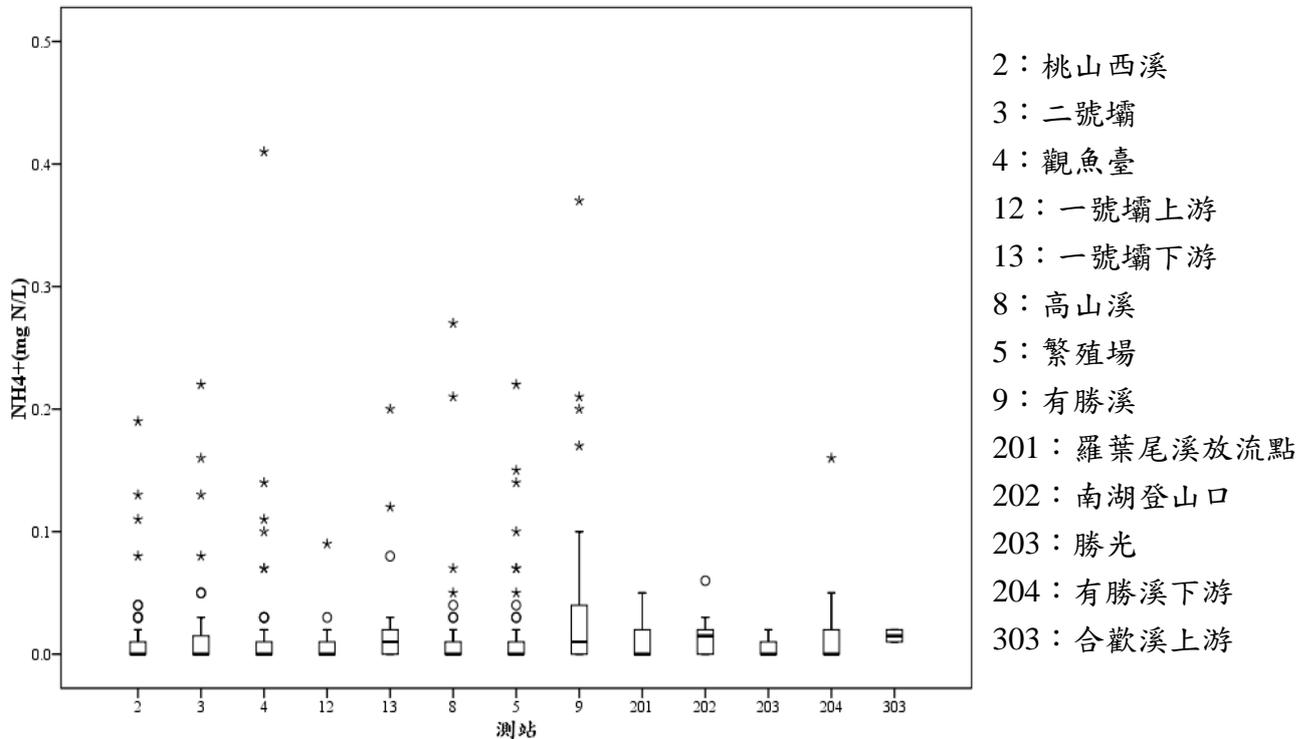


圖 1-74 七家灣溪測站 NH_4^+-N 盒鬚圖
 (資料來源：本研究資料)

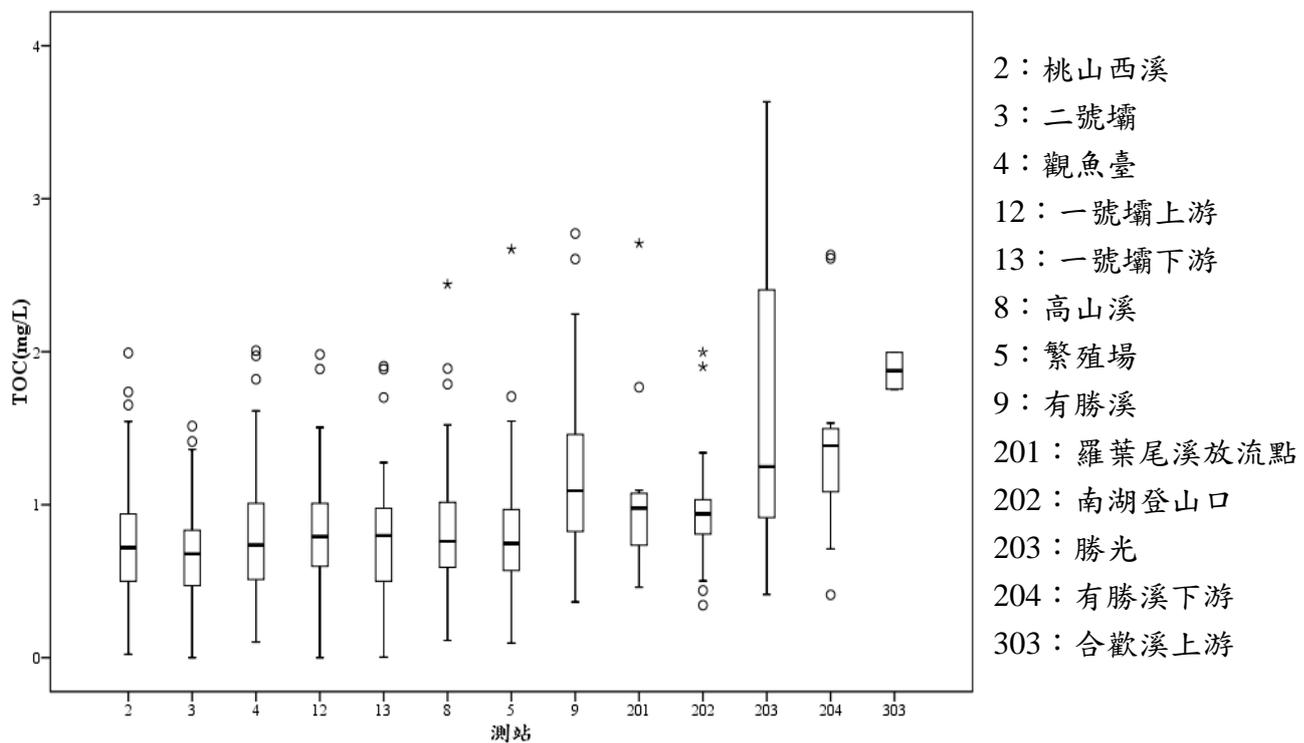
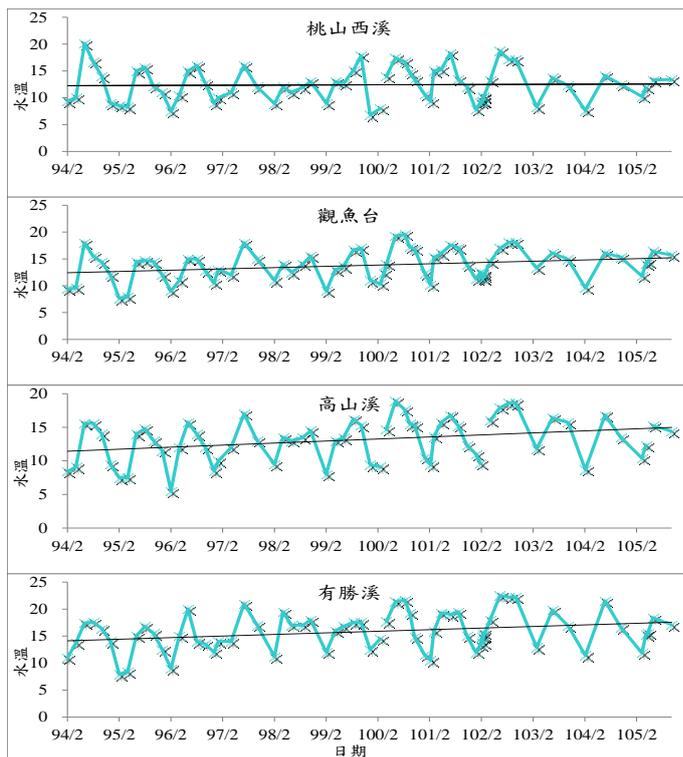


圖 1-75 七家灣溪測站 TOC 盒鬚圖
(資料來源：本研究資料)



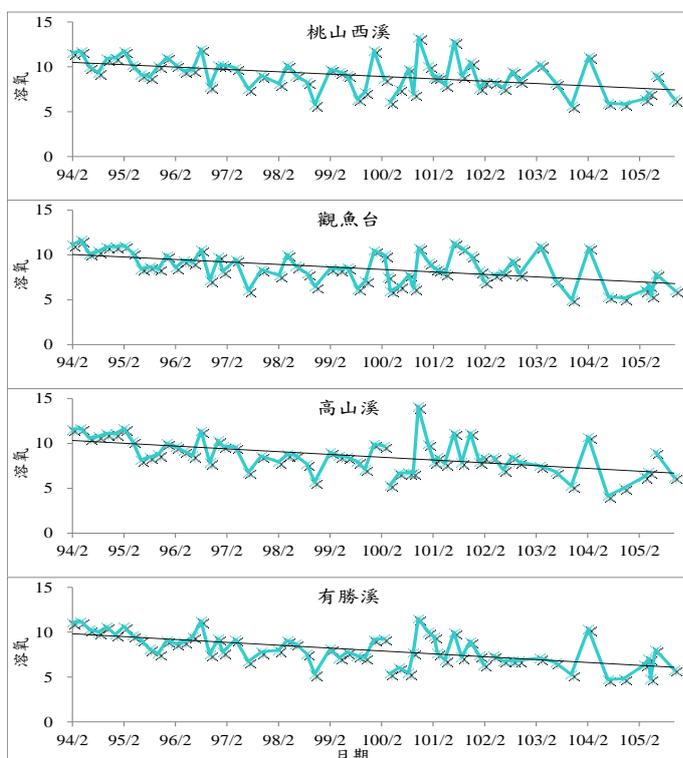
桃山西溪(#2)
 $y = 0.00007x + 9.4093, R^2 = 0.0008$

觀魚台(#4)
 $y = 0.0007x - 12.649, R^2 = 0.0768$

高山溪(#8)
 $y = 0.0008x - 20.531, R^2 = 0.099$

有勝溪(#9)
 $y = 0.0008x - 16.73, R^2 = 0.0789$

圖 1-76 主要測站十一年溫度變化情形
 (資料來源：本研究資料)



桃山西溪(#2)
 $y = -0.0007x + 38.138, R^2 = 0.232$

觀魚台(#4)
 $y = -0.0008x + 39.235, R^2 = 0.2747$

高山溪(#8)
 $y = -0.0009x + 43.115, R^2 = 0.2878$

有勝溪(#9)
 $y = -0.0009x + 43.441, R^2 = 0.379$

圖 1-77 主要測站十一年溶氧變化情形
 (資料來源：本研究資料)

第二章 物理棲地研究

葉昭憲、翁崇豪、張辰佑、蘇柏文

逢甲大學水利工程與資源保育學系

計畫摘要

關鍵詞：臺灣櫻花鉤吻鮭、七家灣溪、有勝溪、合歡溪、壩體改善、河道演變、棲地組成

一、研究緣起

雪霸國家公園管理處自成立以來，持續於武陵七家灣溪溪流生態系辦理多項監測，民國95年起整合武陵地區各分散生態相關研究，建立七家灣溪溪流生態系長期生態監測模式，並於民國100年5月完成七家灣溪一號防砂壩改善工程，改善工程之目的為擴大臺灣櫻花鉤吻鮭棲息溪段，增加族群基因交流。完成後發現壩體改善對於水質、藻類等擾動的影響不大，但原分布於七家灣溪下游的臺灣鏟頰魚藉由改善後的七家灣溪一號壩廊道，已可洄游至一號壩上游。又颱風豪雨往往為影響鮭魚族群的重要因子，一號壩的改善有助於被暴漲溪水沖至下游的魚群，上溯回七家灣溪。本計畫著重於有勝溪一號壩壩體改善評估，數據收集及資料分析。因此，本計畫之工作項目包含以下各項：

- (一) 進行溪流物理棲地調查所需河道斷面、棲地底質與棲地類型等項調查等。
- (二) 設置樣區進行溪流流量實測。
- (三) 與歷年監測結果進行動態變化分析。
- (四) 物理棲地模式模擬。
- (五) 勝溪壩體改善評估。
- (六) 七家灣溪一號壩歷史變動。

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

經過本年度三次調查，進行河道高程變動及棲地底質變化比較與分析，在年初和汛期前調查結果顯示，七家灣溪與有勝溪河道沖淤互現，但變動程度並不明顯。汛期後進行第三次量測，歷經颱風及較強降雨事件，河道高程及棲地變化稍為顯著，且多處河道發生流心改變或分流。在有勝溪水系內之思源雨量站資料顯示，莫蘭蒂

颱風於9月14日累積178.5 mm降雨量，梅姬颱風於9月27日累積313 mm降雨量，故使有勝溪產生較大流量，登山口樣站與支流匯流出灘地有較明顯土砂淤積，原無水段整段皆有河水，但流量仍低；高山溪二號壩口處形成約4-5公尺高之殘材堆積，阻斷櫻花鉤吻鮭棲地連貫性；合歡溪經颱風事件後，河道內細粒料產生輸移現象，但變動並不大。

四、主要建議事項

根據研究發現，本研究針對調查結果，提出下列具體建議

1. 立即可行之建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：林務局、農委會林務局保育組

高山溪二號壩口殘材阻斷櫻花鉤吻鮭洄游通道，破壞高山溪棲地連貫性，應儘速移除殘材。

2. 長期性之建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：林務局、農委會林務局保育組

本年度進行有勝溪全河道高程測量與基本資料調查，未來仍需持續基本資料數據蒐集，以便爾後進行收費口壩體改善評估。

Abstract

1. **Research Purpose:** To understand the transition of channel morphology after dam removals in Chichiawan Creek along with the fundamental information of Yusheng Creek, this project implemented longitude and cross sections survey and habitat composition analysis at the observation sites.
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, both the channels of Chichiawan Creek and Yusheng Creek had not experienced significant change but minor deposit or scour locally in the first two surveys. However, the typhoons in August and September brought large rainfall in the observation sites and produced relative obvious changes in channel morphology, substrate composition, and physical habitat composition. The original dry channel of 400 meters long has temporarily shortened into 370 meters.

Keywords: The Formosan salmon, Chi-Chia-Wan Creek, Yu-sheng Creek, Hehuan River, Dam Removal, Channel Morphology Change, Habitat Composition.

一、前言

(一) 計畫緣起與背景

雪霸國家公園管理處自成立以來，持續於武陵七家灣溪溪流生態系辦理多項監測，民國95年起整合武陵地區各分散生態相關研究，建立七家灣溪溪流生態系長期生態監測模式，並於民國100年5月完成七家灣溪一號防砂壩改善工程，改善工程之目的為擴大臺灣櫻花鉤吻鮭棲息溪段，增加族群基因交流。完成後發現壩體改善對於水質、藻類等擾動的影響不大，但原分布於七家灣溪下游的臺灣鏟頰魚藉由改善後的一號壩廊道，已可上溯至一號壩上游。又颱風豪雨往往為影響鮭魚族群的重要因子，一號壩的改善有助於被暴漲溪水衝至下游的魚群，洄游至七家灣溪上游。本年度計畫持續於七家灣溪一號壩壩體改善後，針對河道環境及棲地組成進行調查監測；除原本有勝溪並包含其上游羅葉尾溪之河道環境調查，今年亦對新增潛在放流點合歡溪進行河道、棲地與底質調查；此外，本計畫針對有勝溪一號進行櫻花鉤吻鮭之可利用面積之模擬估算，以作為後續棲地改善之評估依據。

(二) 計畫範圍與執行期間

本年度計畫之研究範圍為有勝溪全河段至羅葉尾溪、有勝溪收費站樣站、有勝溪下游2公里樣站、有勝溪勝光派出所樣站、有勝溪登山口樣站、有勝溪羅葉尾樣站、七家灣溪全河段至三號壩、七家灣溪觀魚台河道與高山溪匯流口間河道、七家灣溪一號壩上下游河段、合歡溪之比較監測；其所進行之持續性追蹤調查項目為河道之縱、橫斷面測量及物理棲地調查。計畫之執行期間為民國一〇五年一月至民國一〇五年十二月。

二、研究方法及過程

河川地形之變動受眾多環境因素所影響，但多能保持在「動態平衡」之狀態。Mackin (1948) 曾指出，「平衡河流」為當控制因素發生變化而使河流失去平衡時，河流會自動調整作用，使這些變化所帶來的影響受到遏制，從而使整個系統又逐步回到平衡。對某一河段而言，在特定流量狀況下，有特定之泥沙量進入及輸出該河段。若此輸出入泥沙量不相等，則河流便透過沖淤變化進行調整，以改變河床型態和邊界物質組成，來調整此河段之輸砂能力，以保持該河段之動態平衡。若因外在原因涉及範圍很廣且引起河流巨幅變化時，則需透過改變流域產生逕流與泥沙之條件，以減緩河流調整之強度。在「平衡河流」系統中，氣候因素、自然地理及地質條件可視為系統之輸入單元，流域特徵（包含人為活動）則是系統之本體，而河流特徵以及水力條件則可視為系統之輸出單元。但是，系統輸出亦會造成系統本體之改變，進而形成系統反饋作用。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。因此透過定期監測及分析將可定義出其變化趨勢。

(一) 河道地形變化趨勢

河床高程受自然（颱風豪雨）或人為（壩體改善）干擾後，隨著時間變化呈現非線性函數關係。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. 斷面測量

河床高程受干擾後，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。本研究以全測站電子光波測距經緯儀（圖2-1）為測量器材，用來取得河道各斷面之點位及高程；電子全站儀為測量距離快速準確的現代儀器，首先定位儀器測站及後視點之座標及高程，利用兩點間相對位置，再利用全站儀發射紅外光至稜鏡，再接收稜鏡反射之信號，紅外光線往返儀器的時間可以計算其與稜鏡之間距，加上稜鏡高度即可推得測量點位之三維座標，最後量測一已知點進行閉合差校正，以減少量測時所產生之誤差。河道斷面測量主要分為橫斷面測量及縱斷面測量，利用斷面測量結果進一步推得河道地形資料。

2. 橫斷面測量

(1) 橫斷面量測位置主要為各斷面之左岸底、左岸水際線、深槽點、右岸水際線及右岸底。

(2) 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。

3. 縱斷面測量

(1) 將個橫斷面之深槽點連線後即可推得流心線。

(2) 利用各斷面累距及流心線高程之變化，即可推算研究河段環境變化後之高程演變趨勢。

(二) 物理棲地組成

本計畫延用過去WLTERM群體計畫所設置之間距20 m穿越線，首先測定各河段之溪寬，其次於溪寬1/4、1/2和3/4處，分別量測水深、流速和底質粒徑，藉以判定棲地類別。最後利用不同觀測時段之各河段物理棲地組成，歸納其變動趨勢。各項資料調查方式，分別敘述如下：

1. 溪寬：在各穿越線上利用防水捲尺測量橫越水面之兩岸標定位置間長度，其測量精準度為0.1 m。
2. 水深：針對穿越線上各設定點，以五米五節箱尺或自製刻度木尺量測床底至水面之深度，測量精確度為0.1 m。
3. 流速：標準流速量測係在水面下距底部約六分之十全深的位置，以流速計放置15秒以測出流速。若為避免流速計在淺水點位造成量測干擾，則會運用其它快速測量方式，包括浮標法（以浮標通過已知距離所須之時間估計逕流流速）或手持流速計測定表面流速。因此，考量本計畫研究範圍之溪流現場條件下，流速量測以SVR（Surface Velocity Radar）手持式雷達波流速儀進行。
4. 底質：棲地底質通常由不同大小之砂石所組成，故在各測點判定主要底質石種類時，通常以腳踏法和目視法判斷佔較高比例之砂石粒徑，其分類對照與粒徑範圍如表2-1所示。並於測量斷面水面寬左岸1/4、中間1/2和右岸1/4處隨機選取樣品（圖2-2），利用開口樣板（圖2-3）量測粒徑大小，並進行記錄。
5. 棲地分級：根據學者研究（Leopold, 1969），水流型態可歸類為水潭（pool）、緩流（slow water）、湍流（淺瀨）（riffles）、急流（rapids）、等四種流況。本研究利用水深與流速之量測值計算出福祿數（Froude Number） $F_r = V/\sqrt{gh}$ ，以便對四種水流型態所對應之棲地類型予以定義（賴建盛，1996；表2-2），公式及表中之V為流速，g為重力加速度，h為水深。

根據各種棲地類型在觀測河段之所佔百分比，本計畫利用Simpson多樣性指標（SIDI）計算河川棲地多樣性指標，其公式如下：

$$SIDI = 1 - \sum_{i=1}^4 P_i^2$$

式中Pi為第i種棲地類型所佔比例；若SIDI值為0，表示該河段棲地類型單一化無多樣性，若多樣性指標值越大則代表棲地多樣性越高。

為瞭解本年度調查河段之物理棲地與底質組成，與「高山溪」測站今年調查結果相似度，故利用下式計算兩計畫調查結果之均方差（mean square error, MSE）藉以代表兩者之差異程度D。

$$D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i^1 - X_i^2)^2$$

式中，n為棲地、底質類型數；X¹為三個測站之觀察段各類型之百分比；X²為共同測站之觀察段各類型之百分比。由於共有四種棲地類型，若兩處河段各僅有一種互不相同之棲地類型，則此種最大棲地差異狀況下之組成百分比均方差為0.5；而對於六種類型之底質而言，兩處河段之底質差異性最大值為0.3。若將三測站棲地、底質之差異程度D值與差異性最大的數值相除，可獲得一個可相互比較之基準。為使此比較基準更易於理解，故再透過下示之計算，則得到表達兩測站調查結果者間之相似度S，S數值越接近1則兩者越相似；反之，S數值越接近0則越不相似。

$$S = 1 - D \times \frac{n}{2}$$

由於比較兩測站間之調查成果相似度皆包含棲地相似度Sh與底質相似度Ss等兩項目，故利用Hwang與Yoon於1981年所發展多準則評估TOPSIS法之概念，以正理想解（ideal solution，即兩調查項目之相似度皆為1）和負理想解（negative ideal solution，即兩項目相似度皆為0）估算達到「完全相似」之程度。在由棲地相似度與底質相似度所形成之座標系上，一組Sh及Ss值將被標註成一個點，接著分別計算此點與正理想解及負理想解之距離（Ci與Cn），最後以下式計算出一個表達接近正理想解而遠離負理想解之綜合指標C。當此綜合指標越接近一，表示兩測站在棲地與底質之類型分佈百分比越相似。

$$C = \left(\frac{C_n}{C_n + C_i} \right)$$

(三) 溪流流量實測

流量係當為時間內通過特定斷面之流體體積，現場量測多將和到全斷面分為若干垂直子斷面，將每一子斷面所量測之斷面積與平均流速相乘而計算出子斷面流量，各子斷面流量總和及式通過該段面之流量。針對無水位或流速觀測設備之河段，且避免流速計在淺水點位造成量測干擾，本計畫將利用SVR手持式雷達波流速儀進行現場流量量測（圖2-4），其量測方法係以一 α 俯角非接觸式進行， 2θ 為雷達波發射錐角度、 H 為探頭距水面之垂距、 X 為探頭正下方水面與量測區中心點之水平距離、 L 為探頭至量測區中心點之距離、 D 為橢圓形量測範圍之短軸徑長（謝文仁，2012）。面對有勝溪流量漸少甚至部分河道乾枯之情況，本團隊將於有勝溪各樣站及部分河段進行流量實測以記錄其變化外，並將利用有勝溪年度全河道測量時觀察人為抽水狀況，且將對歷史水文資料進行頻率分析以確認是否為極端氣候所致。

(四) 物理棲地組成模擬

1. 河川棲地模式（River2D）

本研究所使用之河川棲地二維模式（River2D），係由加拿大亞伯他大學土木與環境工程學系（Civil and Environmental Department of the University of Alberta）Steffler教授及加拿大淡水研究所（Freshwater Institute, FWI）等所發展的二維水力模組，其採用有限元素法計算並可用於魚類棲地評估的研究（Steffler and Blackburn, 2002）。River2D輸入與輸出的數值均以SI標準單位為主，主要包含四大部分：R2D_Bed、R2D_Ice、R2D_Mesh及River2D，所有模組均提供圖形使用者介面。其中，River2D的魚類棲地模式採用加權可使用面積WUA計算，求取網格每一節點與鄰近區域之綜合適合度指標（Composite Suitability Index, CSI, 範圍0~1），CSI在每個節點獨立運算，結合水深、流速與底質的適合度指標，加權可使用面積（Weighted Usable Area, WUA）則為區域內每個節點的CSI。WUA可用以下函數表示：

$$WUA = \sum_i F[f(V_i) \cdot f(D_i) \cdot f(C_i)] \cdot A_i$$

式中， $F[]$ 為綜合棲地適合度因子（Composite Suitability Factor）， A_i 為第 i 區之水域面積， $f(V_i)$, $F(D_i)$, $f(C_i)$ 則分別第 i 區之流速、水深與底質適合指數。

本計畫將透過數值地型模型DEM呈現分析河段之河道地形變化及現況，接著利用張志豪（2013）所建構之臺灣櫻花鉤吻鮭成魚、亞成魚及幼魚在流速、水深與底質的棲地環境偏好（即適合度曲線），針對常流量狀態下之有勝溪防砂壩之上、下游河段的成魚、亞成魚與幼魚族群的加權可使用棲地面積，最後將其結果與七家灣溪河段進

行比較，以顯示該防砂壩對臺灣櫻花鉤吻鮭棲地之影響。此外，透過亦可透過此模式模擬枯水期低流量時之部分河段物理棲地變化，藉以顯示極端氣候對櫻花鉤吻鮭棲地所帶來的可能影響程度。

2. 適合度曲線

張志豪（2013）根據清華大學曾晴賢教授其研究團隊於「武陵溪流生態係長期監測暨整合研究」中臺灣櫻花鉤吻鮭調查結果，並配合現地調查資料制定適合度曲線。為確保資料的準確性，張志豪（2013）選取2010年至2013年10月量測數據，進行統計。鮭魚成長階段可分為幼魚、亞成魚以及成魚，依七家灣溪河段鮭魚數量調查結果，並配合上流速、水深及底質數據，歸納出鮭魚已使用棲地面積（U）以及可供使用棲地面積（A），代入公式計算後，即可訂定出臺灣櫻花鉤吻鮭各生長階段之適合度曲線。

(1) 流速適合度曲線

將鮭魚數量調查結果配合上所測得流速數據，可制定出臺灣櫻花吻鮭各生長階段之流速適合度曲線（圖2-5）。幼魚在流速0.30 m/s時最適合生長與棲息，相較於成魚及亞成魚，當流速超過1.00 m/s，其適合度指數值較低且有零值的產生，幼魚主要生長在低流速河段，且能接受流速範圍較小。成魚及亞成魚最適合棲息流速分別為0.50 m/s及0.70 m/s，這兩生長階段在高流速情況下適合度指數都有值產生，雖然值普遍偏低，但表示在其環境下能供成魚及亞成魚棲息，只是接受程度較低。

(2) 水深適合度曲線

臺灣櫻花鉤吻鮭各年齡層之水深適合度曲線如圖2-6所示。當水深超過1公尺各階段適合度指數值呈現減少趨勢，深度達1.7公尺以上時幼魚產生零值，表示其環境下無法生存，水深介於0.3公尺至0.5公尺較適合魚各階段生長與棲息。

(3) 底質適合度曲線

底質採樣根據汪靜明（1990）底質分類系統，進行臺灣櫻花吻鮭各生長階段適合度曲線制定（圖2-7）。細沉積細砂與大巨石在各階段適合度指數值都偏低，因細沉積土砂因粒徑較小，無法產生空隙供魚類棲息，大巨石中包含岩盤，無法產生堆積提供適合地形供魚類生長。從制定曲線中可知，成魚在底質等級為圓石時最高，亞成魚在底質等級大礫石為時最高，幼魚在底質等級小礫石時最高。

3. 河川河床底質

依據水土保持技術規範第37條，河床質粒徑分析含採樣孔粒徑調查分析及表面粒徑調查分析。採樣孔粒徑調查分析方法、表面粒徑調查分析方法等，茲分述如下：

(1) 採樣孔粒徑調查分析方法：

a. 河床質採樣：

採樣孔至少為一平方公尺之正方形，深度至少60公分（如遇岩盤左右移動量測），同時進行野外粗顆粒篩分析，細粒徑以四分法採取樣品攜回室內分析；並記錄採樣孔尺寸，推算採樣體積，記錄最大石徑之尺寸，如圖2-8。

b. 河床質粒徑分析：

(a) 野外粗顆粒分析：

凡大於標準篩3/8吋以上之礫石，分用1吋、1/2吋、3/4吋及3/8吋之方孔篩，於挖掘現場做篩分析，將各篩上停留之礫石分別稱重記錄，大於3吋以上之礫石，則直接使用鋼卷尺量其粒徑並稱重，同時記錄各樣孔之最大石徑。

(b) 細粒徑分析：

通過3/8吋之顆粒，稱總重以四分法撿取約二公斤重之樣品，烘乾稱重，再於室內以標準篩#4、#8、#16、#20、#30、#50、#100、#200號分別做篩分析，將各篩上停留之砂稱重記量，依樣品重與採樣總重之比例，換算各粒徑別之停留重量，再與野外粗顆粒分析結果合併，依各粒徑分別算出其停留百分率及通過百分率。

(c) 粒徑分析：

以顆粒分析結果之粒徑別百分率，繪出各採樣孔之顆粒分佈累積曲線，以下列計算式求平均粒徑：

$$D_n = D_i \times P_i$$

式中， D_n ：單位平均粒徑，單位：mm

D_i ：兩相鄰篩號孔徑之幾何平均值，單位：mm

P_i ：篩號停留百分率

美國地質調查局（United States Geological Survey）指出不同的河床底質，會改變河川的粗糙高度。粗糙表面的粗糙高度 k_s 即為表面突出物之平均高（Moody, 1994）。台灣地區上、中、下游的河床底質大不相同，也因各區域河川底質類型不盡相同，孕育了各種不同生物的生存環境。

本研究採用的底質設定為美國地質調查局（United States Geological Survey）於Elbow 河川中利用River2D所使用的底質參數設定。曼寧 n 值與 k_s 的關係式為：

$$n = \frac{R^{\frac{1}{6}}}{2.5\sqrt{g} \ln\left(\frac{12R}{k_s}\right)}; k_s = \frac{12R}{e^m}, m = \frac{R^{\frac{1}{6}}}{2.5n\sqrt{g}}$$

河川棲地二維模式所需底質類型參數，依現地河川底質情況對照表格後輸入至模式中。

4. 河川棲地模式 (River2D) 模組建立

本研究利用遙控無人載具 (Unmanned Aerial Vehicle, UAV, 如圖2-9) 拍攝地形經處理後之DEM (圖2-10) 進行模擬。利用UAV拍攝有勝溪一號壩上游約400公尺處至下游與七家灣匯流口之地形，初步處理後得到有勝溪河段之DSM (Digital Surface Model)。再將所量測河道斷面資料，代入DSM內X、Y、Z三維座標數據進行內插，可得河道DEM地形。

後續將利用River2D使用R2D_Mesh所產生之檔案 (.cdg) 進行河道水理現象模擬，可得研究區域內河道流速、水深分布情形。最後利用建立之台灣櫻花鉤吻鮭適應度因子 (.prf) 與底床糙度 (.chi) 即可得棲地可利用面積 (WUA)。

三、研究發現

(一) 有勝溪河道變化調查

有勝溪，與七家灣溪同為大甲溪的最源頭支流，全溪段長約10.5公里。有勝溪發源於雪山山脈桃山稜線的羅葉尾山東側，繞經思源埡口，在武陵迎賓橋與七家灣溪匯流。有勝溪河道環境物理棲地調查於年初(即一月至三月)進行全河道調查(圖2-12)，另於汛期前至汛期初期(即五月中至七月中)以及汛期後(即十月至十一月)進行樣站(圖2-13、2-14、2-15、2-16、2-17)監測，獲得合計三次資料。針對有勝溪樣區之流量實測，則在物理棲地調查時一併進行，共獲得一年三次不同氣候條件下之流量變動。有勝溪在年初進行全河道測量，總河道內共有五個樣區圖2-11，五個樣站斷面座標如表2-3、表2-4、表2-5、表2-6、表2-7，汛期前至汛期初期以及汛期後進行密集監測，觀察河道沖淤以及棲地底質。五個樣站分別選定數個控制斷面進行數據收集，斷面通常位於轉彎或明顯高低落差，或河道顯著變化之河段。

1. 收費站樣站

此樣站位於收費站防砂壩上游起至第一個右彎河段(Y-10)，根據今年度三次的河道調查成果，繪製縱向高程剖面如圖2-19所示，此河段坡降(表2-11)較其他樣區小，河道較為平緩，雖樣站內河道呈現沖淤互現情形，但河床變化不大，仍屬河道正常變化範圍內。由圖2-28棲地比例可知，此河段淺瀨所佔比例較重，但緩流比例有增加趨勢，係因位於淤滿之防砂壩上游粒徑較細且水深淺所致，緩流增加可能為今年較大流量產生之沖刷現象而成，樣站內棲地多樣性(表2-12)經今年三次的調查則有上升的趨勢。而10月份調查發現河岸兩岸皆有河岸崩塌情形發生(圖2-37)，可能為9月較大流量事件發生所致，但河道底質比例(圖2-27)顯現粗石比例提升，可能因樣站內崩塌細顆粒消失所致。

2. 有勝溪下游2公里樣站

根據今年三次的調查，繪製如圖2-21的縱向高程剖面圖。此樣區左、右岸皆由岩盤組成，主要變動發生於底床及河道內土砂輸移，河岸並不會產生太大變化；左岸為凹岸，且河道深槽線右岸則為凸岸，主要以堆積為主。坡降則有下降趨勢(表2-11)，但變化不明顯，仍屬正常河道變化範圍。由圖2-29底質比例可知樣站內以卵石為主，粒徑偏細，而棲地比例(圖2-30)顯現樣站內以淺瀨及緩流為主，主因可能為樣站內水深較淺，而棲地多樣性(表2-12)指標經三次調查並無明顯變化，約在0.54左右。河道左岸有農田開發行為(圖2-38)，且此處有抽取有勝溪溪水情形。

3. 勝光派出所樣站

據今年三次的河道調查，繪製如圖2-20縱向高程剖面圖。此樣區位於勝光派出所旁的河道，此樣區斷面Y-73至Y-68斷面河幅較寬，至Y-67及Y-66處斷面則河寬變小，坡度變陡且粒徑變大流速增加，右岸則有崩塌情形，故此段河道有較明顯的土砂堆置於河道中如圖2-39。樣站內坡降（表2-11）顯現樣站約為0.03，三次調查並無明顯變化。底質比例（圖2-31）顯現樣站內以粗石及卵石為主，而棲地比例（圖2-32）樣區內以緩流及淺瀨為主，且淺瀨比例在三次的調查有上升的趨勢，在10月調查兩類型比例已接近1：1，棲地多樣性（表2-12）在三次的調查也從3月的0.33上升至0.5。

4. 登山口樣站

根據今年三次的河道調查，樣站坡降（表2-11）約為0.016至0.02間，繪製得縱向高程剖面圖2-22及底質、棲地比例圖2-33、圖2-34，由底質比例顯現出樣站內以粗石為主，而樣站內棲地類型有深潭、緩流及淺瀨分佈，又以緩流為主且三次調查皆超過50%，棲地多樣性指標（表2-12 各樣站之多樣性指標（SIDI值））從3月調查時的0.5上升到10月調查時的0.63。此樣站位於有勝溪上游，接近羅葉尾溪，底質粒徑偏大（圖2-40）。在經過今年的颱風事件（9月14日莫蘭蒂颱風和9月27日梅姬颱風）後，此段河段變化較其他河段變化大，此段河段左岸有明顯的河岸淤積，且粒徑也較今年前兩次的明顯較小，可能為上游帶下來土砂淤積在匯流口處。

5. 羅葉尾溪樣站

據今年三次的河道調查，繪製如圖2-23的高程剖面圖。此樣區位於羅葉尾溪，雖經去年及今年較大流量的颱風事件，河道變化並不明顯，因屬較上游區底質粒徑偏大，沖刷不易，且兩岸或較上游出並無崩塌情形（圖2-41）。樣站坡降（表2-11）三次的調查在0.061至0.064，相對其他樣站較陡。樣站底質（圖2-35）以小型礫石、粗石及卵石為主，而棲地類型（圖2-36）以緩流為主，三次調查皆超過50%，棲地多樣性指標（表2-12）三次的調查以六月的0.6為最高，三月的0.5為最低。

(二) 有勝溪無水段調查及流量量測

無水段（圖2-42）於今年前兩次三月及六月調查時較與去年情形縮短，但仍有部份河段並無河水，於十月調查時發現無水段則完全消失，下游原出水段流量約為0.18 cms、入流點流量約為0.35 cms。十月調查河段中無水段右岸灘地發現河水，但河段粒徑較前兩次來得小，河床也較為平緩，如圖2-43。

(三) 七家灣溪河道變化調查

七家灣溪流域面積約為7,200公頃，為大甲溪上游的主要源流，發源於雪山南側、

品田山、桃山、池有山、雪山北峰。西北側的品田溪與池有溪匯入桃山西溪，於武陵吊橋附近與北來的桃山北溪匯集成七家灣溪主流；而後在武陵農場本部附近，有西側的高山溪匯入七家灣溪本流，在武陵國民賓館附近萬壽橋和迎賓橋間，與有勝溪匯流形成大甲溪主流。七家灣溪河道環境物裡棲地調查除在河道測量時同時進行外，另於汛期前至汛期初期（即五月中至七月中）施測一次，以及汛期後（即十月至十一月）與年初，共獲得合計三次資料。此外，在年底進行全河道測量（圖2-44）詳如附件一，並比對壩體改善前、後全河道縱斷面變化（圖2-18），河道內共有三個樣站（圖2-51、圖2-52、圖2-53），三個樣站斷面座標如表2-8、表2-9、表2-10，汛期前至汛期初期以及汛期後進行監測，來觀察河道沖淤情形以及棲地底質調查。

1. 觀魚台樣站

觀魚台樣站位於七家灣溪一號壩上游約1公里處，根據今年三次的河道調查，樣站內坡降（表2-11）並無明顯改變，約為0.029至0.03，並繪製如圖2-24的縱向高程剖面圖以及圖2-45、圖2-46的底質、棲地比例，底質在今年前兩次調查以卵石比例最高，十月的調查則顯示為粗石比例為最高，且樣站內並未發現細沉積砂土，大、小型礫石比例則較前兩次調查增加，卵石及碎石比例則為下降；樣站棲地以緩流及淺瀨為主，且緩流比例在三次調查中則有增加的趨勢，淺瀨比例則有減少趨勢。在歷經今年颱風事件（9月14日莫蘭蒂颱風及9月27日梅姬颱風，武陵雨量站記錄分別為120 mm及229 mm）後，此處深槽線從原本的左岸移至右岸（圖2-54）。此樣站的多樣性指標則有下降的趨勢（表2-12）。

2. 一號壩樣站

據今年三次河道調查，樣站內坡降（表2-11）約在0.031至0.034間，並繪製如圖2-25的高程剖面圖以及圖2-47、圖2-48的底質、棲地比例，棲地以緩流及淺瀨為主，約佔各半，緩流有上升的趨勢，棲地多樣性指標（表2-12）在六月調查時較三月下降，但在十月調查時回到與三月調查差不多的數據，約為0.55。河道在歷經颱風事件後，壩體上游發生改道，原先沿左岸流動之河道往右岸偏移，回至民國100年壩體改善剛完工時之河道軌跡（圖2-55）而發生基岩裸露現象，也可由底質比例（圖2-48）看到大型礫石比例明顯增加，故雖今年有較大流量事件發生但並無對此樣站造成較大的變化。

3. 繁殖場樣站

據今年三次的河道調查，樣站坡降（表2-11）約為0.03至0.035間，並繪製如圖2-26的高程剖面圖以及圖2-49、圖2-50的底質、棲地比例，底質相較其他樣站有較多類型

底質，卵石及小型礫石類型在三次調查有上升趨勢，碎石及粗石則有下降趨勢，在10月調查則並無發現到細沉積砂土，棲地則以緩流及淺瀨為主，緩流有增加的趨勢。繁殖場樣站位於高山溪與七家灣溪匯流處，雖然流量變化大，但樣站上游屬於峽谷地形，左右岸都屬於岩盤，下游河道位於轉彎處，所以河道除了沖淤現象外，並不容易產生分流或改道之情形，且因上游為峽谷地形，左右岸皆為岩盤較無崩塌可能性發生，故無明顯土砂料源供給，此樣站匯流口上游粒徑偏大，匯流口下游因有高山溪支流匯入可能較有土砂料源匯入（圖2-56）。

(四) 合歡溪河道變化調查

合歡溪發源於鈴鳴山、畢祿山及北合歡山的北側斜面一帶（南投縣仁愛鄉及花蓮縣），流長27.5公里，為大甲溪上游第二長之支流，流經台中市和平區匯集碧綠溪，便沿太保久稜線東側向北流，終至台七甲線65K處（接近清泉橋），匯入南湖溪。研究範圍總長約為120公尺（圖2-57），繪製合歡溪測量範圍高程分佈圖（圖2-58），並設置18個斷面（圖2-59）進行河道沖淤變化調查，詳如附件二。於民國105年5月進行野放櫻花鉤吻鮭前調查，10月進行汛期後資料蒐集調查，由高程縱剖面圖（圖2-60）能發現，此次縱斷面的變動較大，可能為較大的流量事件造成之土砂輸移，但仍屬正常範圍內，河段屬階潭式河道有利於櫻花鉤吻鮭躲藏、棲息（圖2-64）。底質比例（圖2-61）顯示，在兩次調查並無發現平坦表面類型，而其他類型以卵石比例最高，碎石比例最低，棲地比例（圖2-62）可以明顯看出深潭減少，緩流增加，可能為河道有淤積情形、水深變淺造成。多樣性指標則有下降（表2-12）。此次分析合歡溪兩次與其他樣站棲地與底質的相似度，如表2-13及圖2-65、圖2-66、圖2-67，於5月調查資料顯現與羅葉尾樣站最為接近，而10月調查則是與繁殖場樣站最為接近。

(五) 高山溪二號壩口殘材堆積

今年兩次對高山溪進行的調查，於10月發現到有木質殘材橫跨堆積於壩口位置，形成約莫4-5公尺高殘材堆積，原落差約為0.5公尺現在擴大至約5公尺落差，如圖2-63，於「97年武陵地區長期生態監測暨生態模式建立」報告書中也發現到二號壩於民國90年進行壩體改善後，於民國97年有殘材堆積狀況產生，當年形成之壩口堆積高為3.5公尺，97年進行之改善措施為「人工電鋸」方法，恢復生態棲地連貫性。

(六) 物理棲地模式應用

1. River2D

本研究利用River2D模式進行臺灣櫻花鉤吻鮭於有勝溪一號壩上、下游權重可利用面積評估，將2016年高程地形模型結合該河段平均流量和生態基流量進行模擬，最

後將鮭魚各生長階段適合度曲線代入模擬結果計算出權重可利用面積，再透過分析並與七家灣一號壩拆壩前之數據做進行比較。

2. 權重可利用面積

模擬出平均流量之河道流況後，將臺灣櫻花鉤吻鮭在幼魚、亞成魚及成魚三各生長階段的適合度曲線輸入，即可計算出流速、水深與底質加權後權重可利用面積大小（圖2-69、圖2-70、圖2-71）。從計算出WUA結果可看出，不論是幼魚、亞成魚及成魚其權重可利用面積都位於有勝溪一號壩上游。

3. 平均流量下權重可利用面積

根據經濟部水利署「台灣水文年報」，進行有勝溪1996年至2014年數據整理並加以計算，所得有勝溪平均流量為1.8 cms，根據此流量輸入模式中，模擬出2016年河段流速分佈如圖2-68所示。在2016年最高流速為0.25 m/s，且都位於壩體上游轉彎處附近，介於0.05 m/s至0.25 m/s，從圖2-68可知上游部分河段流速零，將本團隊於今年調查資料數據進行對照，這些區塊多位於凹岸，棲地種類主要都為深潭，流速緩且水深較深使福祿數值偏小。在下游河段因壩體高低差與河階地形產生沖刷現象，從圖2-68結果顯示壩體正下方流速為零，2016年一號壩至匯流口間也有部分河段流速為零或趨近於零，可知有深潭產生。由於壩體下游無棲地供鮭魚棲息，將針對壩體上游進行數據統計進行比較（表2-14），可看出幼魚模擬結果中可利用面積較另兩成長階段低。

4. 生態基流量下權重可利用面積

本研究生態基流量採用Q95進行模式模擬，故根據「台灣地區水文長期整體策略規劃」中，利用1996年至2010年有勝溪流量數據匯出流量超越機率曲線，可得有勝溪生態基流量Q95=0.16 cms，將流量輸入至模式當中模擬2016年河道流況（圖2-72）。

生態基流量流況下流速普遍偏低，流速分佈可看出，壩體上游多處河段有流速產生，範圍介於0.01 m/s至0.05 m/s模擬結果最快流速產生位於有勝溪與七家灣溪匯流口處。

5. 棲地權重可利用面積

模擬出生態基流量之河道流況後，將臺灣櫻花鉤吻鮭在幼魚、亞成魚及成魚三個生長階段的適合度曲線輸入，即可計算出流速、水深與底質加權後權重可利用面積大小（圖2-73、圖2-74、圖2-75）。

2016年權重可利用面積較多且河段分佈廣，一號壩至上游約50公尺處，此河段無法提供棲地供幼魚生長，相較其他河段在各生長階段棲地分佈情形，差異較為明顯。從表2-15、表2-16可看出在生態基流量下一號壩上、下游，權重可利用面積變動率呈

現正值，屬於增加情況。

6. 有勝溪一號壩與七家灣溪一號壩棲地分析

根據張志豪（2013）採用2007年七家灣溪一號壩壩體改善前之DEM進行River2D模擬，將其利用平均流量（5 cms）及生態基流量（1.17 cms）模擬結果輸入臺灣櫻花鉤吻鮭適合度曲線，一號壩在壩體改善前上、下游各生長階段權重可利用面積如表2-17、表2-18。從七家灣溪一號壩所統計出來結果，其河段鮭魚權重可利用面積明顯較有勝溪多，但在七家灣溪與有勝溪兩條不同河道中可明顯看出趨勢，權重可利用面積主要都位於壩體上游。壩體的建造能使上游水域面積增加，提供更多空間供鮭魚棲息，而壩體下游通常會因壩體高低產生沖刷現象形成深潭，福祿數值與流速成正比，與水深成反比，因此深潭流速通常趨近於零或是水深極深，在此條件下之環境，鮭魚各生長階段的流速及水深適合度指數（P）都偏低，在進行加權後，壩體下游權重可利用面積通常小於壩體上游。

從量化出之面積，只能看出可利用面積間的大小差異，對於不同河道將進行分析或比較時，會忽略其模擬出水理特性與流況，所以將模擬水理結果之水域面積與各生長階段權重可利用面積進行比例計算（表2-19、表2-20、表2-21、表2-22）。計算結果可知，七家灣溪一號壩上、下游可利用面積百分比相近；有勝溪在生態基流量下之壩上、下游百分比差異也不明顯。雖然在生態基流量下，普遍權重可利用面積總和降低，但因水域面積跟著減少，所以兩種流況下之可利用面積百分比變動不明顯。

(七) 有勝溪壩體改善評估

1. 有勝溪一號防砂壩基本資料

有勝溪一號防砂壩興建於1979年，屬砌石重力壩，壩體溢流口高度7公尺，壩體厚度4.2公尺，壩體寬度為24.5公尺（圖2-76）。壩體上游已呈淤滿狀態，使河床坡度較緩，經現地測量後計算得河床坡度約為1.4 %（表2-11）。壩體下游因受跌水沖刷作用而形成明顯沖刷坑，水深達1.5公尺，郭上琳（2015）利用DERU評估法（圖2-77）對一號壩進行相關評估，從結果（圖2-78）可知，壩體僅在溢洪道表面有些微磨損情形，雖有沖刷情況產生，但其功能性與整體狀況尚屬良好。

2. 有勝溪一號防砂壩上、下游河床質調查

有勝溪一號防砂壩由於壩體上游已呈淤滿狀態，故上游粒徑與下游粒徑明顯不同，上游因淤積情形故粒徑小，下游則因受防砂壩影響，產生明顯護甲現象，粒徑偏大，因此原因需進行河床質採樣調查。上游河床質 $D_{50}=19.63$ mm；下游河床質 $D_{50}=43.78$ mm（表2-23、表2-24）。

四、結論

今年完成年初、汛期前及汛期後共3次相關調查及合歡溪野放櫻花鉤吻鮭前河道調查，包括河道斷面、棲地底質與棲地類型、流速等項目，調查成果彙整如下：

- (一) 對有勝溪今年調查結果進行分析，得知羅葉尾樣站內大、小型礫石比例高不易造成搬運與沖刷；登山口樣站因與支流匯流，經今年較大流量事件發生，河岸有淤積情形發生；勝光派出所樣站河道河幅大，右岸土砂堆積處有崩塌情形，土砂料源充足；有勝溪下游2公里樣站左右岸岩盤組成不易造成河岸侵蝕，主要改變為河道內土砂輸移及河床變動，河道左岸有農田抽水情形；收費站樣站因防砂壩工程保護，使樣站內粒徑細小，防砂壩已達淤滿情形，防砂壩下游則因壩體影響明顯有護甲現象產生。
- (二) 對七家灣溪今年調查結果進行分析，今年的颱風事件並未發生河道主深槽改變，一號壩上游近壩體位置因基岩裸露使得地形不易改變；而觀魚台樣站於今年颱風事件後河道由左岸移至右岸；繁殖場樣站因上游為峽谷地形，變化不大。
- (三) 對合歡溪今年調查結果進行分析，於5月調查發現河段屬階潭式河道有豐富棲地多樣性，較有利於櫻花鉤吻鮭躲藏、棲息；10月的調查發現，經今年颱風事件後發現河道土砂有輸移情形發生，底砂粒徑較細，但河道主要仍與5月調查結果相當。
- (四) 高山溪今年10月進行之調查發現二號壩口有殘材堆積約莫4-5公尺高，原落差約為0.5公尺現在擴大至約5公尺落差，民國97年亦曾形成堆積高3.5公尺，此次形成之殘材高於97年之情況。

五、參考文獻

- 汪靜明。1990。河川魚類棲地生態調查之基本原則與技術。森林溪流淡水魚保育訓練班論文集。119-137頁。
- 林幸助、王一匡、吳聲海、官文惠、邵廣昭、孫元勳、高樹基、郭美華、彭宗仁、曾晴賢、楊正澤、葉文斌、葉昭憲、蔡尚惠，2008。武陵地區長期生態監測暨生態模式建立。內政部營建署雪霸國家公園管理處。九十七年保育研究報告。
- 張志豪，2013。壩體改善工程對於物理棲地之影響—以七家灣溪一號壩為例。逢甲大學水利工程與資源保育學系研究所碩士論文。台中。
- 淡江大學水資源管理與政策研究中心。2013年。台灣地區水文長期整體策略規劃。經濟部水利署。
- 郭上琳。2015。台灣壩體拆除決策流程之建立。國立成功大學水利及海洋工程學系碩士論文。台南。
- 經濟部水利署。2001。中華民國九十年台灣水文年報。經濟部。
- 經濟部水利署。2002。中華民國九十一年台灣水文年報。經濟部。
- 經濟部水利署。2003。中華民國九十二年台灣水文年報。經濟部。
- 經濟部水利署。2004。中華民國九十三年台灣水文年報。經濟部。
- 經濟部水利署。2005。中華民國九十四年台灣水文年報。經濟部。
- 經濟部水利署。2006。中華民國九十五年台灣水文年報。經濟部。
- 經濟部水利署。2007。中華民國九十六年台灣水文年報。經濟部。
- 經濟部水利署。2008。中華民國九十七年台灣水文年報。經濟部。
- 經濟部水利署。2009。中華民國九十八年台灣水文年報。經濟部。
- 經濟部水利署。2010。中華民國九十九年台灣水文年報。經濟部。
- 經濟部水利署。2011。中華民國一百年台灣水文年報。經濟部。
- 經濟部水利署。2012。中華民國一百零一年台灣水文年報。經濟部。
- 經濟部水利署。2013。中華民國一百零二年台灣水文年報。經濟部。
- 經濟部水利署。2014。中華民國一百零三年台灣水文年報。經濟部。
- 經濟部水資源局。1996。中華民國八十五年台灣水文年報。經濟部。
- 經濟部水資源局。1997。中華民國八十六年台灣水文年報。經濟部。
- 經濟部水資源局。1998。中華民國八十七年台灣水文年報。經濟部。
- 經濟部水資源局。1999。中華民國八十八年台灣水文年報。經濟部。
- 經濟部水資源局。2000。中華民國八十九年台灣水文年報。經濟部。

- 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。
- 謝文仁，2012。川表面流速與平均流速之現場試驗研究－以曾文溪中下游流量站為例。國立成功大學水利及海洋工程學系碩士論文。台南。
- Hwang, Ching-Lai, Yoon, Kwangsun,1981. “Methods for Multiple Attribute Decision Making”. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems,pp.58-191.
- Leopold, Luna B., 1969. “Environmental Impact of the Big Cypress Swamp Jetport”. U.S. Department of the Interior, Washington, 152p.
- Mackin,J.H.,1948. “Classics in physical geography revisited”,Progress in Physical Geography 24,4(2000)pp.563-578.
- Moody,1994. “Current trends in childhood sexual abuse prevention programs”. Elementary School Guidance & Counseling, pp. 251-256.
- Peter Steffler and Julia Blackburn,2002. “Two-Dimensional Depth Averaged Model of River Hydrodynamics and Fish Habitat Introduction to Depth Averaged Modeling and User's Manual”. University of Alberta,120p.

表 2-1 棲地底質分類表

編號	底質	底石粒徑
1	平坦表面 Smooth surface	<0.2cm
2	碎石 Gravel	0.2-1.6cm
3	卵石 Pebble	1.6-6.4cm
4	粗石 Rubble	6.4-25.6cm
5	小型礫石 Small Boulder	25.6-51.2cm
6	大型礫石 Large boulder	>51.2cm

(參考資料：本研究團隊)

表 2-2 各種物理棲地環境指標定義

福祿數	Fr<0.095	0.095<Fr<0.255	0.255<Fr<1	Fr>1
棲地型態	深潭 Pools	緩流 Slow water	淺瀨 Riffles	急流 Rapids

(參考資料：本研究團隊)

表 2-3 收費站樣站內各斷面座標

斷面	N	E	斷面	N	E
Y-S	24°20'51.3"	121°18'37.5"	Y-6	24°20'43.2"	121°18'37.6"
Y-1	24°20'50.1"	121°18'36.7"	Y-7	24°20'40.9"	121°18'38.6"
Y-2	24°20'48.7"	121°18'36.5"	Y-8	24°20'39.6"	121°18'38.8"
Y-3	24°20'47.7"	121°18'36.5"	Y-9	24°20'39.2"	121°18'39.1"
Y-4	24°20'46.5"	121°18'36.9"	Y-10	24°20'38.9"	121°18'39.3"
Y-5	24°20'44.6"	121°18'37.8"			

(參考資料：本研究團隊)

表 2-4 有勝溪下游樣站內各斷面座標

斷面	N	E	斷面	N	E
Y-25	24°20'59.3"	121°19'12"	Y-30	24°21'0"	121°19'14.4"
Y-26	24°20'59.9"	121°19'12.7"	Y-31	24°21'1.5"	121°19'14.9"
Y-27	24°21'0"	121°19'13.3"	Y-32	24°21'2.5"	121°19'14.7"
Y-28	24°21'0"	121°19'13.8"	Y-33	24°21'3.9"	121°19'14.6"
Y-29	24°21'0"	121°19'14.1"	Y-34	24°21'6.2"	121°19'15.5"

(參考資料：本研究團隊)

表 2-5 勝光派出所樣站內各斷面座標

斷面	N	E	斷面	N	E
Y-66	24°21'58.6"	121°20'10.4"	Y-70	24°022'2.4"	121°20'13.4"
Y-67	24°22'0.2"	121°20'10.7"	Y-71	24°22'3.8"	121°20'13.8"
Y-68	24°22'0.8"	121°20'11.5"	Y-72	24°22'5.2"	121°20'14.5"
Y-69	24°22'1.6"	121°20'12.8"	Y-73	24°22'8.1"	121°20'16.1"

(參考資料：本研究團隊)

表 2-6 登山口樣站內各斷面座標

斷面	N	E
Y-129	24°23'28.11"	121°21'4.88"
Y-130	24°23'28.26"	121°21'5.69"
Y-131	24°23'28.63"	121°21'6.42"
Y-132	24°23'28.63"	121°21'6.78"
Y-133	24°23'29.33"	121°21'7.27"

(參考資料：本研究團隊)

表 2-7 羅葉尾樣站內各斷面座標

斷面	N	E
Y-140	24°23'36.66"	121°21'10.8"
Y-141	24°23'36.74"	121°21'9.97"
Y-142	24°23'36.86"	121°21'9.89"
Y-143	24°23'37.03"	121°21'9.63"
Y-144	24°23'37.21"	121°21'9.46"

(參考資料：本研究團隊)

表 2-8 觀魚台樣站內各斷面座標

斷面	N	E	斷面	N	E
7-70	24°21'7.4"	121°18'18.3"	7-74	24°21'7.4"	121°18'21.9"
7-71	24°21'7.3"	121°18'19.8"	7-75	24°21'7.3"	121°18'23.0"
7-72	24°21'7.3"	121°18'19.8"	7-76	24°21'7.4"	121°18'25.2"
7-73	24°21'7.3"	121°18'21.3"			

(參考資料：本研究團隊)

表 2-9 一號壩樣站內各斷面座標

斷面	N	E	斷面	N	E
7-86	24°21'7.5"	121°18'41.8"	7-89	24°21'7.7"	121°18'54.7"
7-87	24°21'7.6"	121°18'45.6"	7-90	24°21'7.6"	121°18'55.5"
7-88	24°21'7.5"	121°18'52.7"	7-91	24°21'7.3"	121°18'56.2"

(參考資料：本研究團隊)

表 2-10 繁殖場樣站內各斷面座標

斷面	N	E	斷面	N	E
7-105	24°21'7.1"	121°18'35.1"	7-109	24°21'7.1 "	121°18'38.3"
7-106	24°21'7.1"	121°18'35.9"	7-110	24°21'7.2"	121°18'40.0"
7-107	24°21'7.1"	121°18'36.7"	7-111	24°21'7.2"	121°18'41.4"
7-108	24°21'7.1"	121°18'37.8"			

(參考資料：本研究團隊)

表 2-11 各樣站之平均坡降

測量日期 樣站	平均坡降		
	105 年 3 月	105 年 6 月	105 年 10 月
收費站	0.014	0.013	0.014
有勝溪下游	0.029	0.028	0.027
勝光派出所	0.030	0.029	0.030
登山口	0.020	0.020	0.016
羅葉尾溪	0.064	0.063	0.061
觀魚台	0.029	0.029	0.030
一號壩	0.031	0.032	0.034
繁殖場	0.030	0.034	0.035
合歡溪	-	0.029(5 月)	0.029

(參考資料：本研究團隊)

表 2-12 各樣站之多樣性指標 (SIDI 值)

測量日期 樣站	SIDI 值		
	105 年 3 月	105 年 6 月	105 年 10 月
收費站	0.26	0.37	0.42
有勝溪下游	0.54	0.52	0.54
勝光派出所	0.33	0.41	0.50
登山口	0.50	0.63	0.63
羅葉尾溪	0.50	0.60	0.52
觀魚台	0.49	0.47	0.43
一號壩	0.55	0.49	0.54
繁殖場	0.61	0.54	0.55
合歡溪	-	0.66(5 月)	0.56

(參考資料：本研究團隊)

表 2-13 合歡溪與樣站之相似度

測量日期 樣站	105 年 5 月			105 年 10 月		
	底質	棲地	綜合	底質	棲地	綜合
高山溪	0.89	0.95	0.92	0.92	0.78	0.84
觀魚台	0.78	0.93	0.84	0.96	0.99	0.97
羅葉尾溪	0.92	0.98	0.95	0.98	0.84	0.89

(參考資料：本研究團隊)

表 2-14 平均流量下有勝溪鮭魚各生長階段壩體上游權重可利用面積

	幼魚	亞成魚	成魚
水域面積(m ²)	16512	16512	16512
WUA(m ²)	8.7	27.7	30.1

(參考資料：本研究團隊)

表 2-15 生態基流量下有勝溪鮭魚各生長階段壩體上游可利用面積

	幼魚	亞成魚	成魚
水域面積(m ²)	4706	4706	4706
WUA(m ²)	1.4	4.9	3.7

(參考資料：本研究團隊)

表 2-16 生態基流量下有勝溪鮭魚各生長階段壩體下游可利用面積

	幼魚	亞成魚	成魚
水域面積(m ²)	3421	3421	3421
WUA(m ²)	0.6	2.2	1.7

(參考資料：本研究團隊)

表 2-17 平均流量下七家灣溪一號壩壩體改善前鮭魚可利用面積

體型/(m ²)	壩體改善前上游	壩體改善前下游
成魚	1224.73	229.07
亞成魚	1166.50	219.47
幼魚	1515.30	157.63
面積總和	3906.53	606.17

(參考資料：本研究團隊)

表 2-18 生態基流量下七家灣溪一號壩壩體改善前鮭魚可利用面積

體型/(m ²)	壩體改善前上游	壩體改善前下游
成魚	408.85	114.66
亞成魚	383.65	117.58
幼魚	1528.99	128.09
面積總和	2321.49	360.33

(參考資料：本研究團隊)

表 2-19 平均流量下壩體上游可利用面積比例

	七家灣溪一號壩上游	2016 年有勝溪一號壩上游
可利用面積總和(m ²)	3906.53	66.52
水域面積(m ²)	22400	16512
可利用面積百分比(%)	17.44	0.40

(參考資料：本研究團隊)

表 2-20 平均流量下壩體下游可利用面積比例

	七家灣溪一號壩下游	2016 年有勝溪一號壩下游
可利用面積總和(m ²)	606.17	0
水域面積(m ²)	3400	2688
可利用面積百分比(%)	17.83	0

(參考資料：本研究團隊)

表 2-21 生態基流量下壩體上游可利用面積比例

	七家灣溪一號壩上游	2016 年有勝溪一號壩上游
可利用面積總和(m ²)	2321.49	10.07
水域面積(m ²)	17500	4706
可利用面積百分比(%)	13.27	0.21

(參考資料：本研究團隊)

表 2-22 生態基流量下壩體下游可利用面積比例

	七家灣溪一號壩下游	2016 年有勝溪一號壩下游
可利用面積總和(m ²)	360.33	4.52
水域面積(m ²)	2726	3421
可利用面積百分比(%)	13.22	0.13

(參考資料：本研究團隊)

表 2-23 有勝溪壩上河床質調查記錄表

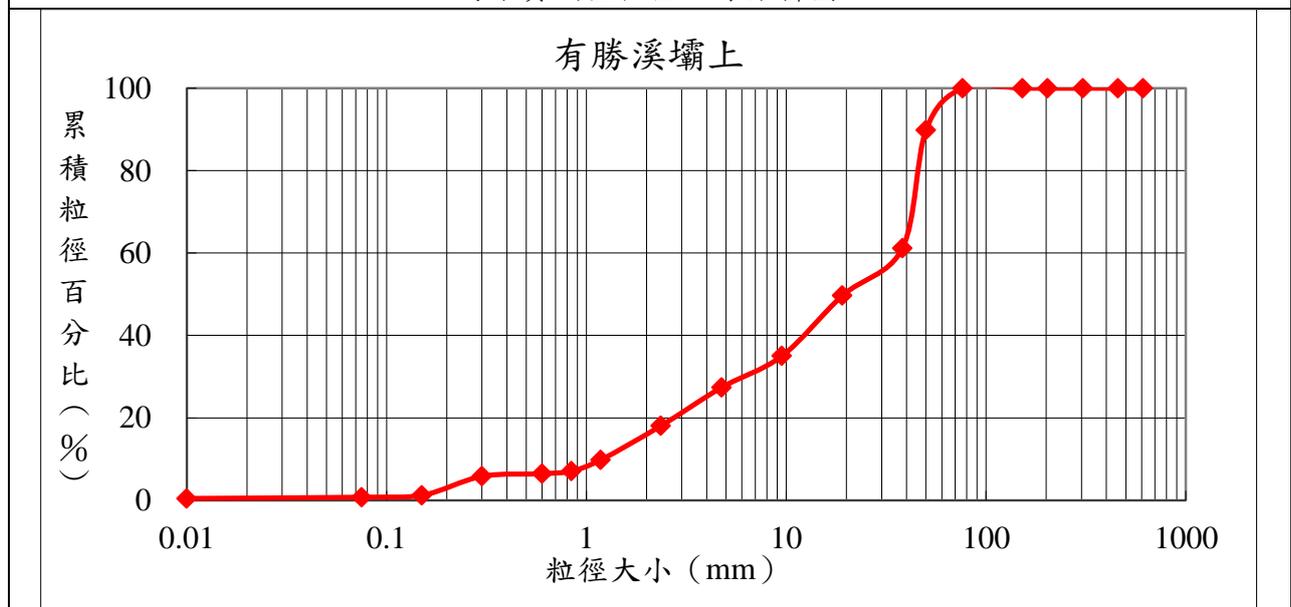
施作位置	有勝溪	編號	有勝溪壩上	日期	2016/06/21	天氣	晴
調查單位		調查人員	翁崇豪、張辰佑、黃均臺、蔡孟輯	坐標 (TM2-97)	X Y	281500 2693487	
採樣孔粒徑調查記錄表							
篩號	粒徑 (mm)	淨重(kg)		試坑體積(m ³)			
24"	610	0.00		0.6			
18"	457	0.00		樣品總重量(kg)			
12"	305	0.00		879.20			
8"	203	0.00		最大粒徑(a×b×c)			
6"	152	0.00		2184 立方公分			
3"	76.2	89.60		帶回重量(KG)			
1"	25.4	252.00		7			
¾"	19.1	100.80		斷面描述			
1/2"	12.7	128.80		點位位於有勝溪一號壩上，由於一號壩上游土砂已淤滿，故表面粒徑較小。			
⅜"	9.52	67.20					
底盤	<9.52	240.80					
合計		879.20					
採樣孔粒徑調查一覽表							
篩號	粒徑別(mm)	個別停留重量(g)	累計重量(g)	各別停留百分率(%)	累計停留百分率(%)	通過百分率(%)	
36"	914.40	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
24"	610.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
18"	457.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
12"	305.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
8"	203.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
6"	152.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
3"	76.20	89.60	89.60	10.19	10.19	89.81	
1"	25.40	252.00	341.60	28.66	38.85	61.15	
¾"	19.10	100.80	442.40	11.46	50.32	49.68	
1/2"	12.70	128.80	571.20	14.65	64.97	35.03	
⅜"	9.52	67.20	638.40	7.64	72.61	27.39	

#4	4.75	81.91	720.31	9.32	81.93	18.07
#8	2.36	72.70	793.02	8.27	90.20	9.80
#16	1.18	23.85	816.87	2.71	92.91	7.09
#20	0.84	5.73	822.60	0.65	93.56	6.44
#30	0.600	5.55	828.15	0.63	94.19	5.81
#50	0.300	40.68	868.83	4.63	98.82	1.18
#100	0.150	3.90	872.73	0.44	99.26	0.74
#200	0.075	2.62	875.36	0.30	99.56	0.44
< #200	0.010	3.84	879.20	0.44	100.00	0.00
合計		879.20		100.00		

特徵粒徑及平均粒徑一覽表

平均粒徑 (mm)	代表粒徑(mm)											標準偏差 σg	砂質含量(%)
	d10	d16	d20	d30	d35	d40	d50	d65	d75	d84	d90		
1.24	1.21	2.06	2.85	6.38	9.50	12.7 7	19.6 3	39.70	43.85	47.59	50.49	4.8013	27.39

河床質調查粒徑曲線分析圖



採樣孔粒徑調查





註：1.標準偏差 $\sigma_g = \sqrt{D_{84}/D_{16}}$ 。

2.砂質含量(%)：以 USCS (統一土壤分類法) 4 號篩至 200 號篩為砂土。
(參考資料：本研究團隊)

表 2-24 有勝溪壩下河床質調查記錄表

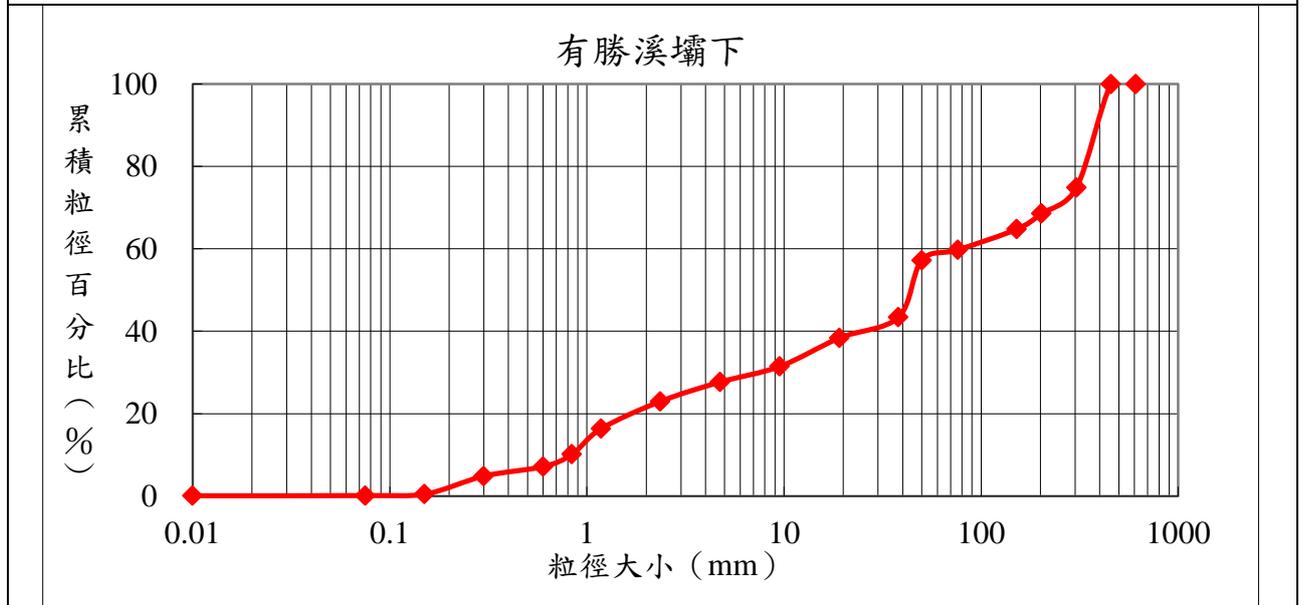
施作位置	有勝溪	編號	有勝溪壩下	日期	2016/06/21	天氣	晴
調查單位		調查人員	翁崇豪、張辰佑、黃均臺、 蔡孟輯	坐標 (TM2-97)	X Y	281488 2693566	
採樣孔粒徑調查記錄表							
篩號	粒徑 (mm)	淨重(kg)			試坑體積(m ³)		
24"	610	0.00			0.6		
18"	457	212.00			樣品總重量(kg)		
12"	305	53.00			842.70		
8"	203	31.80			最大粒徑(a×b×c)		
6"	152	42.40			103776 立方公分		
3"	76.2	21.20			帶回重量(KG)		
1"	25.4	116.60			7		
¾"	19.1	42.40			斷面描述 點位位於有勝溪一號壩下， 壩下河床長期受壩體影響， 呈現明顯護甲現象，粒徑明 顯大於上游河床。		
1/2"	12.7	58.30					
⅜"	9.52	31.80					
底盤	<9.52	233.20					
合計		842.70					
採樣孔粒徑調查一覽表							
篩號	粒徑別(mm)	個別停留重 量(g)	累計重量(g)	各別停留百分 率(%)	累計停留百 分率(%)	通過百分 率(%)	
36"	914.40	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
24"	610.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
18"	457.00	212.00	212.00	25.16	25.16	74.84	
12"	305.00	53.00	265.00	6.29	31.45	68.55	
8"	203.00	31.80	296.80	3.77	35.22	64.78	
6"	152.00	42.40	339.20	5.03	40.25	59.75	
3"	76.20	21.20	360.40	2.52	42.77	57.23	
1"	25.40	116.60	477.00	13.84	56.60	43.40	
¾"	19.10	42.40	519.40	5.03	61.64	38.36	
1/2"	12.70	58.30	577.70	6.92	68.55	31.45	
⅜"	9.52	31.80	609.50	3.77	72.33	27.67	

#4	4.75	39.66	649.16	4.71	77.03	22.97
#8	2.36	55.80	704.96	6.62	83.66	16.34
#16	1.18	52.27	757.23	6.20	89.86	10.14
#20	0.84	25.29	782.52	3.00	92.86	7.14
#30	0.600	19.37	801.89	2.30	95.16	4.84
#50	0.300	37.05	838.93	4.40	99.55	0.45
#100	0.150	2.77	841.70	0.33	99.88	0.12
#200	0.075	0.46	842.16	0.05	99.94	0.06
< #200	0.010	0.54	842.70	0.06	100.00	0.00
合計		842.70		100.00		

特徵粒徑及平均粒徑一覽表

平均粒徑(mm)	代表粒徑(mm)											標準偏差 σg	砂質含量 (%)
	d10	d16	d20	d30	d35	d40	d50	d65	d75	d84	d90		
6.61	0.83	1.16	1.83	7.69	14.4 4	25.2 8	43.7 8	154.9 8	305.9 5	360.3 3	396.5 8	17.616 3	27.6 7

河床質調查粒徑曲線分析圖



採樣孔粒徑調查



室內篩分析



拍攝日期：2016/06/21

註：1.標準偏差 $\sigma_g = \sqrt{D_{84}/D_{16}}$ 。

2.砂質含量(%)：以 USCS (統一土壤分類法) 4 號篩至 200 號篩為砂土。
(參考資料：本研究團隊)



圖 2-1 全測站電子光波測距經緯儀
(資料來源：本研究團隊)



圖 2-2 撿拾狀況
(資料來源：本研究團隊)



圖 2-3 開口樣板量測粒徑
(資料來源：本研究團隊)

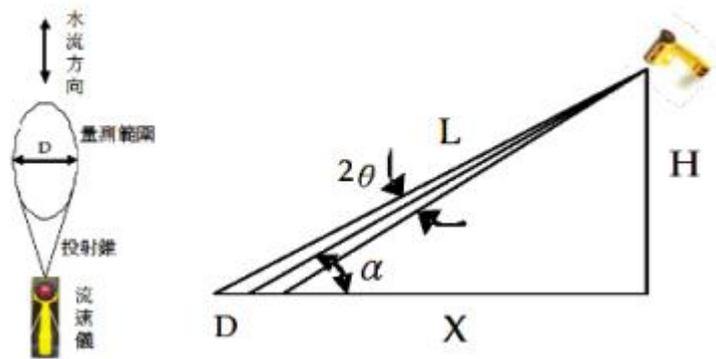


圖 2-4 SVR 手持式雷達波流速儀量測示意圖
(資料來源：謝文仁，2012)

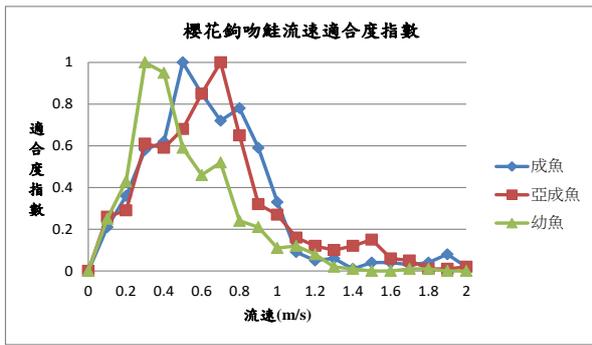


圖 2-5 鮭魚流速適合度曲線
(資料來源：張志豪，2013)

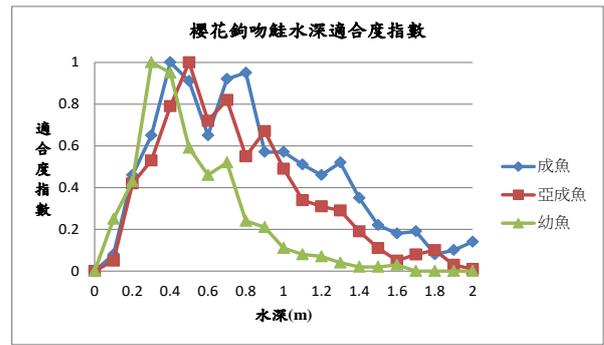


圖 2-6 鮭魚水深適合度曲線
(資料來源：張志豪，2013)

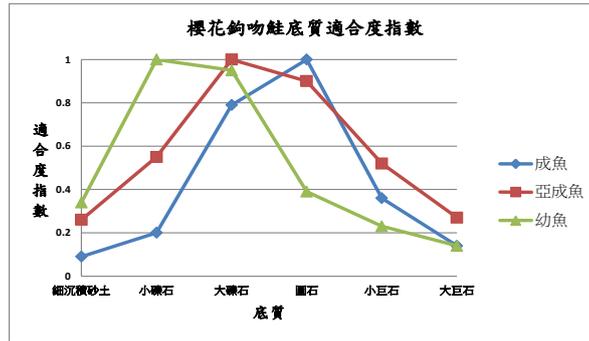


圖 2-7 鮭魚底質適合度曲線
(資料來源：張志豪，2013)



圖 2-8 河床質粒徑篩分析
(資料來源：本研究團隊)



圖 2-9 遙控無人載具
 (資料來源：本研究團隊)

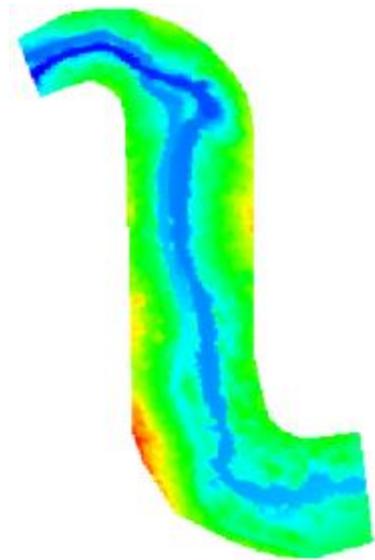


圖 2-10 2016 年 DEM
 (資料來源：本研究團隊)



圖 2-11 有勝溪各樣站位置圖
 (資料來源：本研究團隊)



圖 2-12 全河道範圍圖
 (資料來源：本研究團隊)



圖 2-13 收費站樣站斷面位置圖
 (資料來源：本研究團隊)



圖 2-14 有勝溪下游樣站斷面位置圖
 (資料來源：本研究團隊)



圖 2-15 勝光派出所樣站斷面位置圖
 (資料來源：本研究團隊)



圖 2-16 登山口樣站斷面位置圖
 (資料來源：本研究團隊)



圖 2-17 羅葉尾樣站斷面位置圖
 (資料來源：本研究團隊)

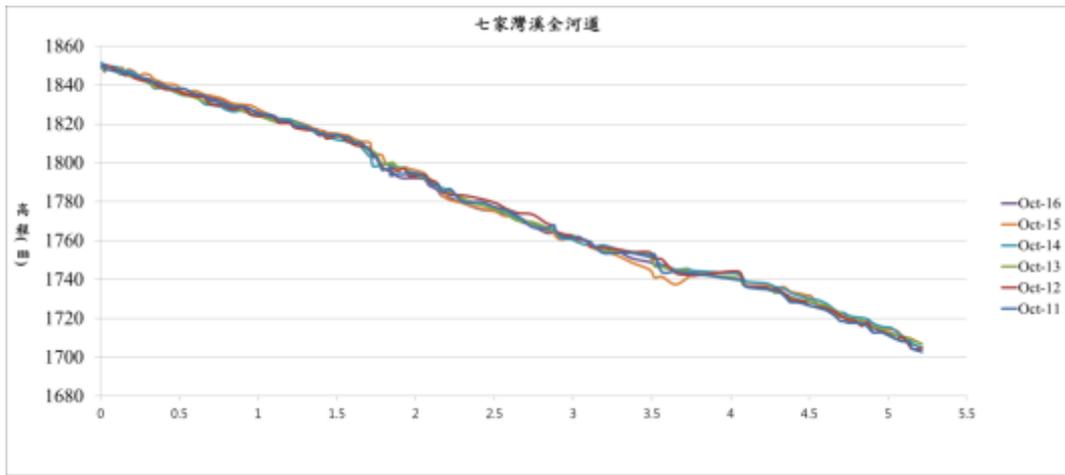


圖 2-18 七家灣溪全河道縱向高程剖面圖
(資料來源：本研究團隊)

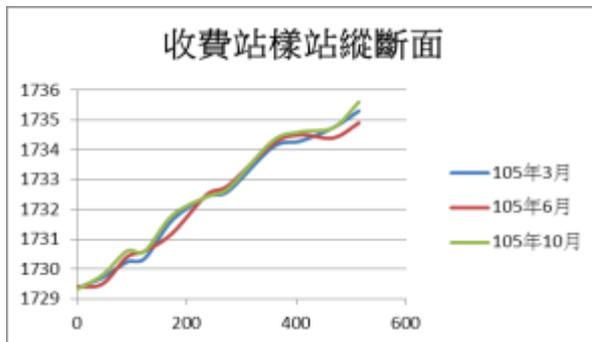


圖 2-19 收費站河道縱向高程剖面圖
(資料來源：本研究團隊)

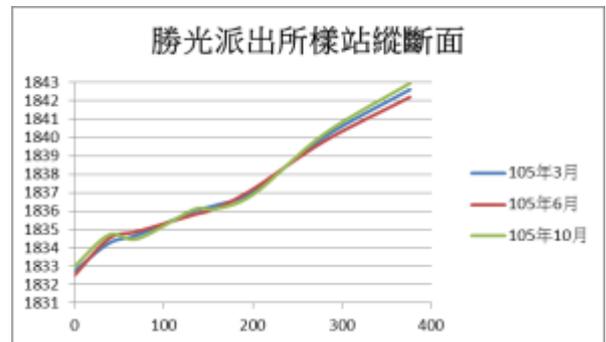


圖 2-20 勝光派出所河道縱向高程剖面圖
(資料來源：本研究團隊)

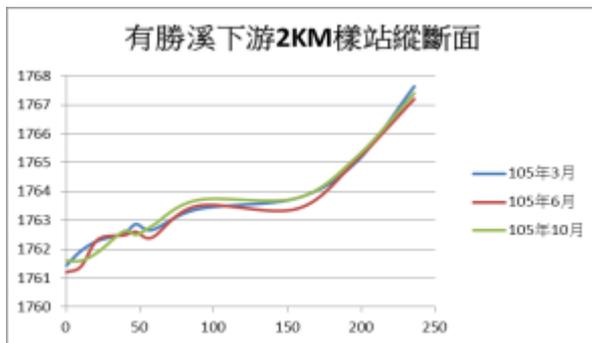


圖 2-21 有勝溪下游河道縱向高程剖面圖
(資料來源：本研究團隊)

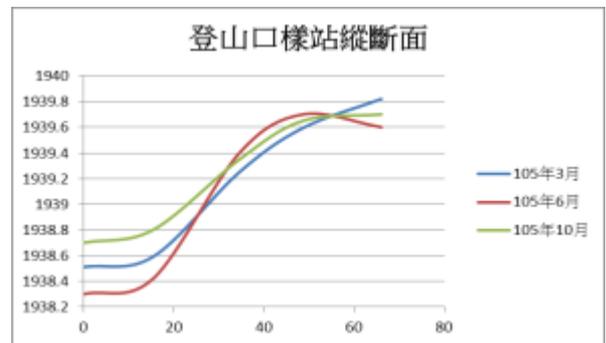


圖 2-22 登山口河道斷面高程剖面圖
(資料來源：本研究團隊)

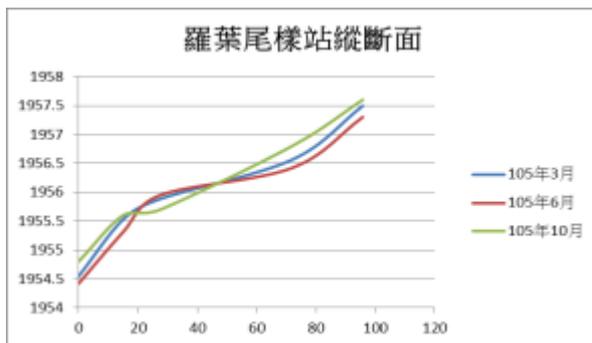


圖 2-23 羅葉尾河道斷面高程剖面圖
(資料來源：本研究團隊)

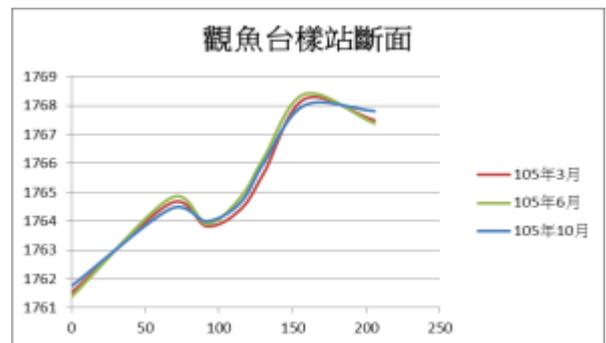


圖 2-24 觀魚台河道斷面高程剖面圖
(資料來源：本研究團隊)

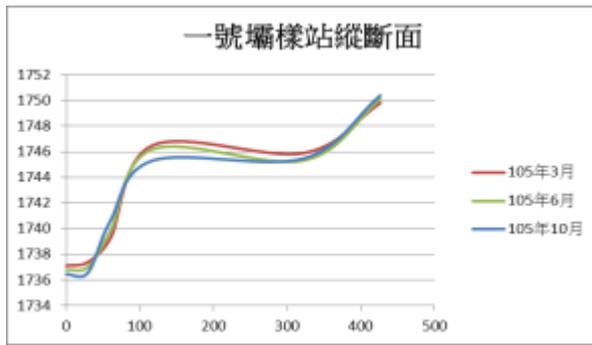


圖 2-25 一號壩河道斷面高程剖面圖
(資料來源：本研究團隊)

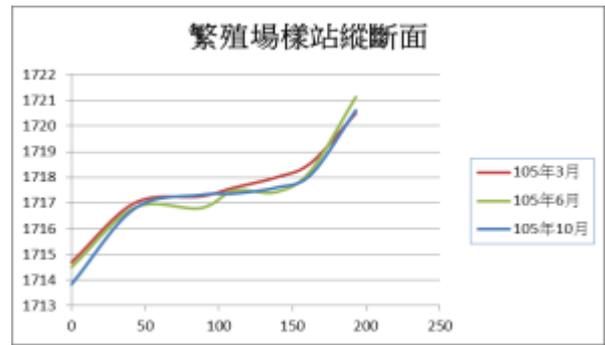


圖 2-26 繁殖場河道斷面高程剖面圖
(資料來源：本研究團隊)

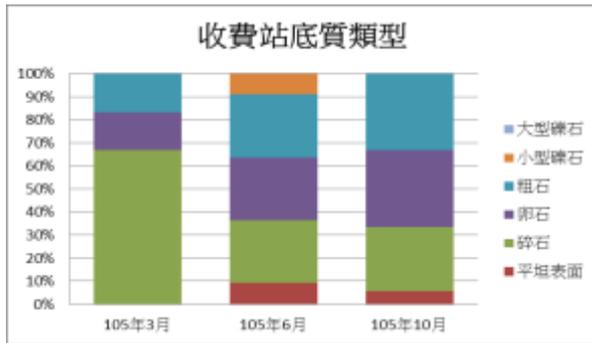


圖 2-27 收費站底質比例
(資料來源：本研究團隊)

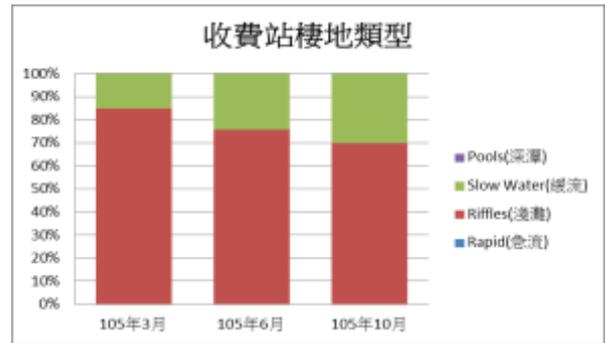


圖 2-28 收費站棲地比例
(資料來源：本研究團隊)



圖 2-29 有勝溪下游底質比例
(資料來源：本研究團隊)

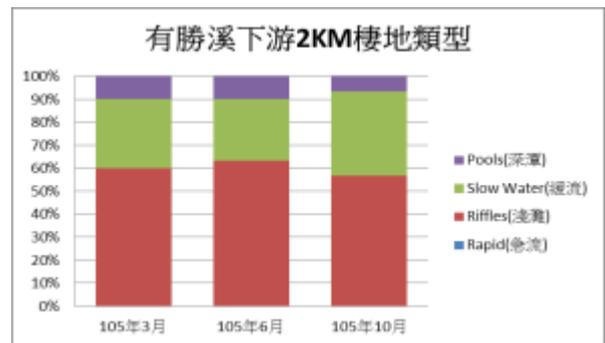


圖 2-30 有勝溪下游棲地比例
(資料來源：本研究團隊)

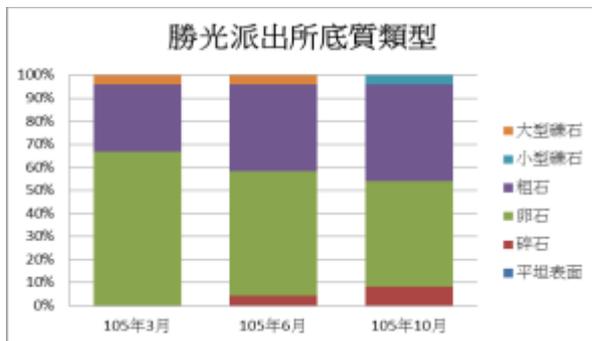


圖 2-31 勝光派出所底質比例
(資料來源：本研究團隊)

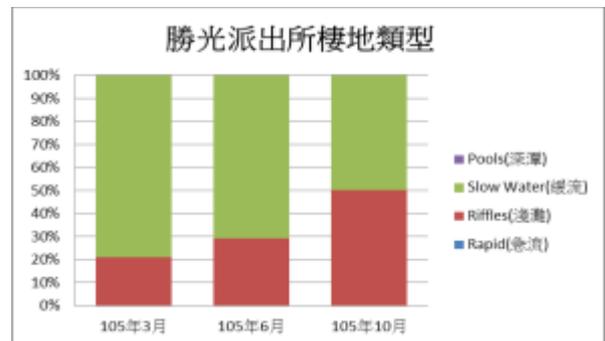


圖 2-32 勝光派出所棲地比例
(資料來源：本研究團隊)

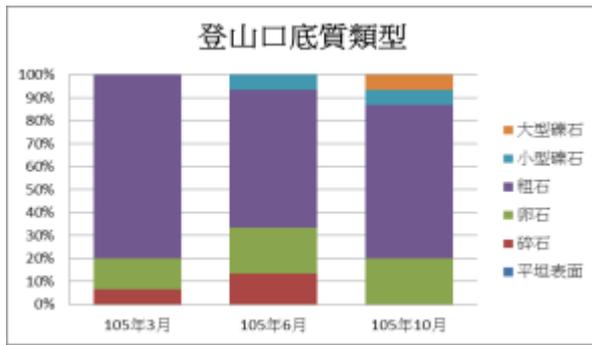


圖 2-33 登山口底質比例
(資料來源：本研究團隊)

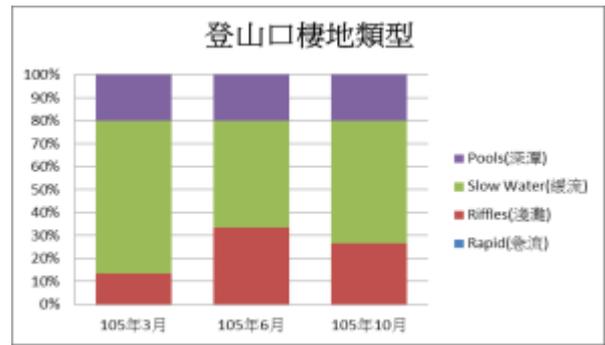


圖 2-34 登山口棲地比例
(資料來源：本研究團隊)

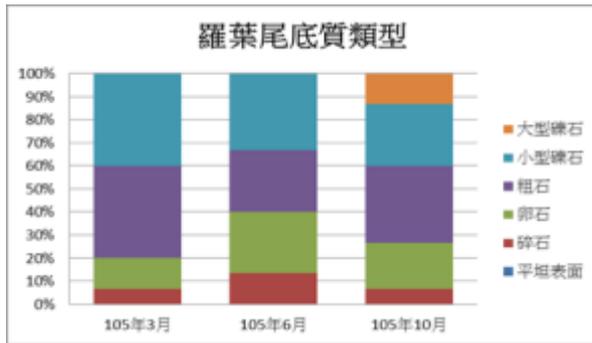


圖 2-35 羅葉尾底質比例
(資料來源：本研究團隊)

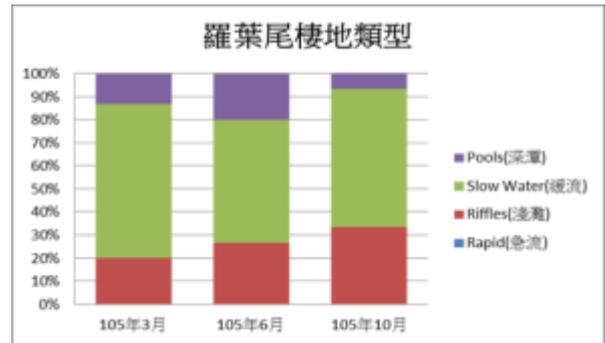


圖 2-36 羅葉尾棲地比例
(資料來源：本研究團隊)



河道平緩、粒徑較小



河道平緩、粒徑較小



近護岸河岸崩塌，且護岸裂縫產生



河岸崩塌

圖 2-37 收費站樣站現地照片 (資料來源：本研究團隊)



河道左岸為農田



Y-29 斷面左岸為岩盤，右岸則有土砂堆積

圖 2-38 有勝溪下游樣站現地照片 (資料來源：本研究團隊)



右岸土砂堆置處有滑落情形



Y-66 斷面處右岸崩塌

圖 2-39 勝光派出所樣站現地照片 (資料來源：本研究團隊)



圖 2-40 登山口樣站現地照片 (資料來源：本研究團隊)



圖 2-41 羅葉尾樣站現地照片 (資料來源：本研究團隊)



圖 2-42 有勝溪無水段
 (資料來源：本研究團隊)



原無水段中出水位置



原最下游出水位置



10 月調查期間無水段流況
 圖 2-43 有勝溪無水段
 (資料來源：本研究團隊)

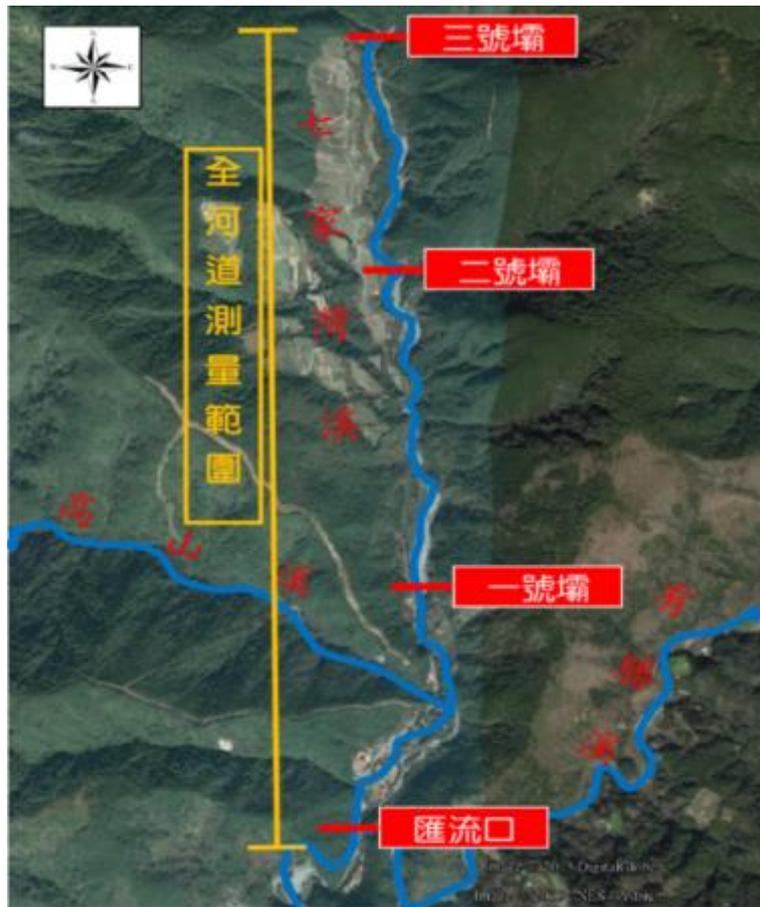


圖 2-44 七家灣溪全河道範圍
(資料來源：本研究團隊)

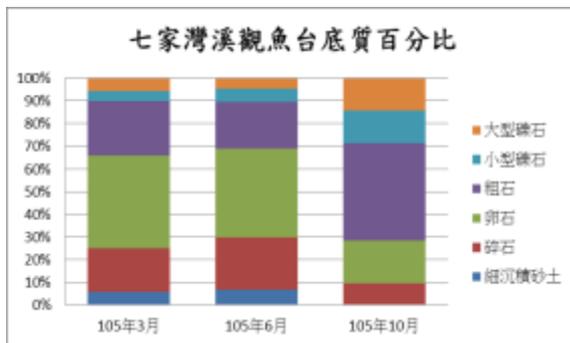


圖 2-45 觀魚台底質比例
(資料來源：本研究團隊)

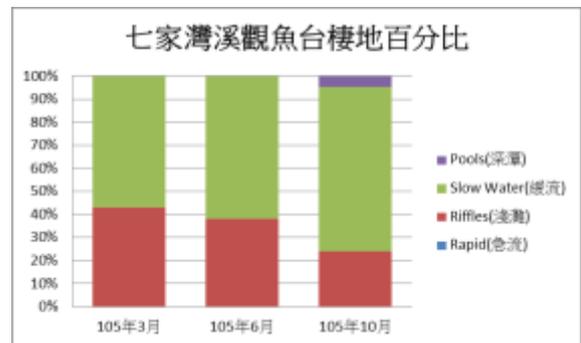


圖 2-46 觀魚台棲地比例
(資料來源：本研究團隊)

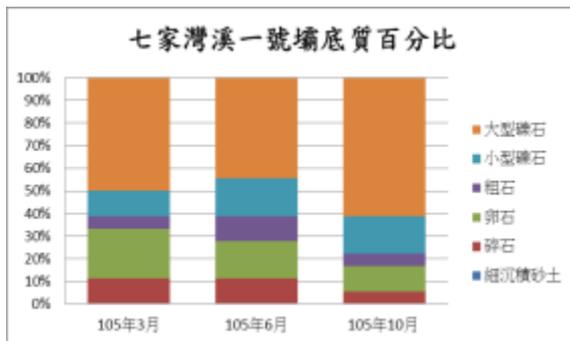


圖 2-47 一號壩底質比例
(資料來源：本研究團隊)

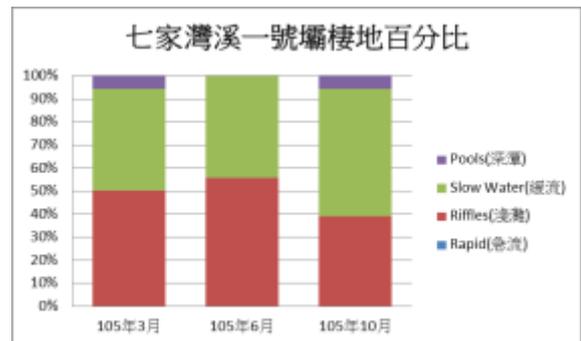


圖 2-48 一號壩棲地比例
(資料來源：本研究團隊)

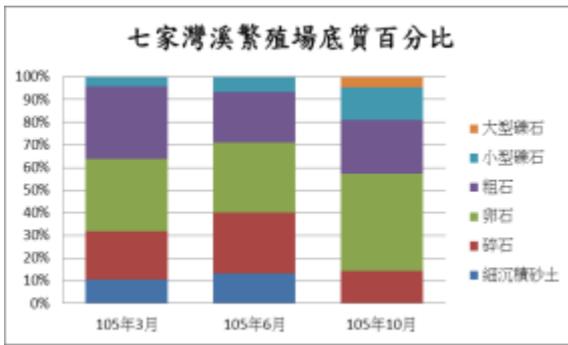


圖 2-49 繁殖場底質比例
(資料來源：本研究團隊)

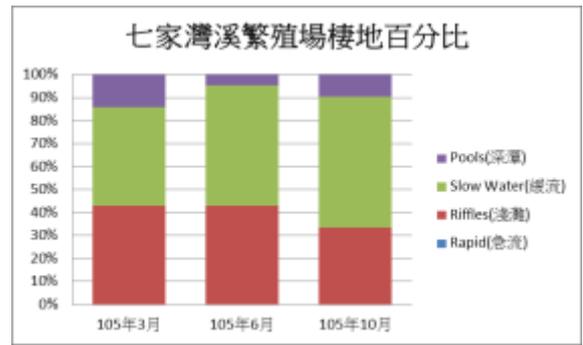


圖 2-50 繁殖場棲地比例
(資料來源：本研究團隊)



圖 2-51 觀魚台樣站斷面位置圖
(資料來源：本研究團隊)



圖 2-52 繁殖場樣站斷面位置圖
(資料來源：本研究團隊)



圖 2-53 一號壩樣站斷面位置圖
(資料來源：本研究團隊)



105 年 3 月



105 年 10 月

圖 2-54 觀魚台樣站現地照片
(資料來源：本研究團隊)



105 年一號壩上游



100 年完成壩體改善



105 年 10 月一號壩上游



105 年 10 月一號壩下游

圖 2-55 一號壩樣站現地照片
(資料來源：本研究團隊)



105 年 3 月 匯流口 下游



105 年 3 月 匯流口 處



105 年 10 月



105 年 10 月

圖 2-56 繁殖場樣站現地照片
(資料來源：本研究團隊)



圖 2-57 合歡溪及其防砂壩和研究河段位置
(資料來源：本研究團隊)

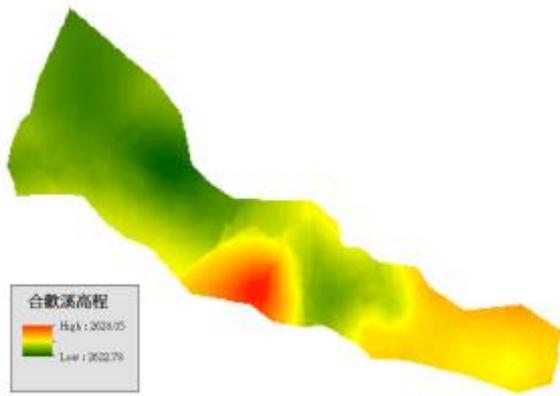


圖 2-58 合歡溪測量範圍高程分佈圖
(資料來源：本研究團隊)

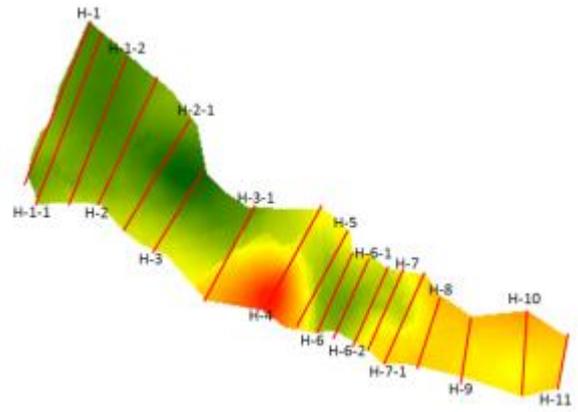


圖 2-59 合歡溪測量斷面位置圖
(資料來源：本研究團隊)

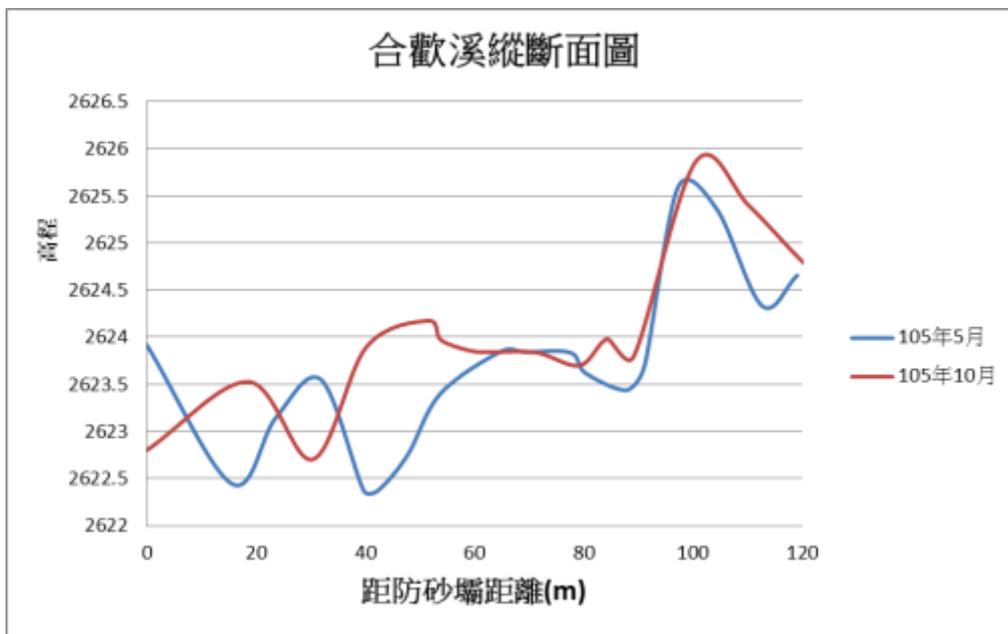


圖 2-60 合歡溪河道斷面高程剖面圖
(資料來源：本研究團隊)

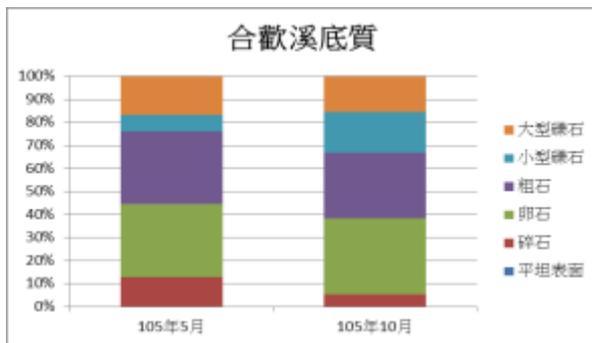


圖 2-61 合歡溪底質比例
(資料來源：本研究團隊)

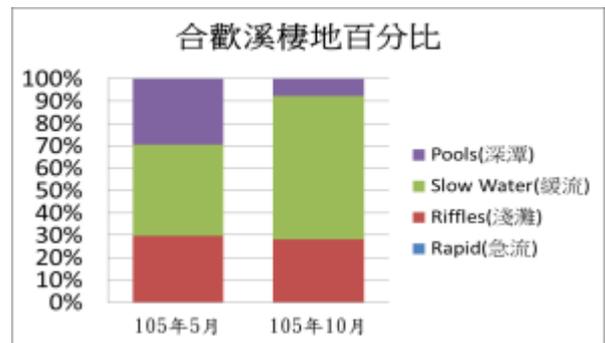


圖 2-62 合歡溪棲地比例
(資料來源：本研究團隊)



105年3月二號壩



105年10月二號壩



105年3月二號壩上游



97年二號壩

圖 2-63 高山溪現地照
(資料來源：本研究團隊)



105年5月



防砂壩位置



105年10月中游處



105年10月上游處

圖 2-64 合歡溪現地照片
(資料來源：本研究團隊)

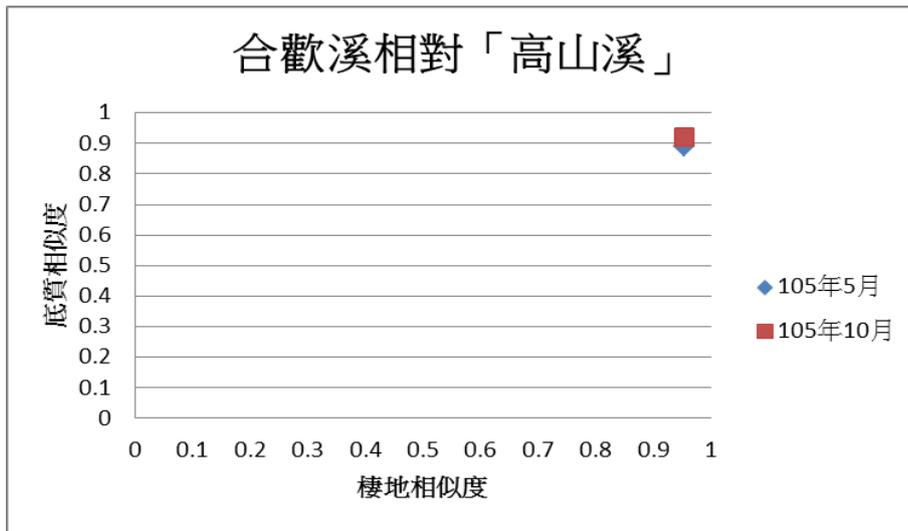


圖 2-65 合歡溪對照高山溪相似度
(資料來源：本研究團隊)

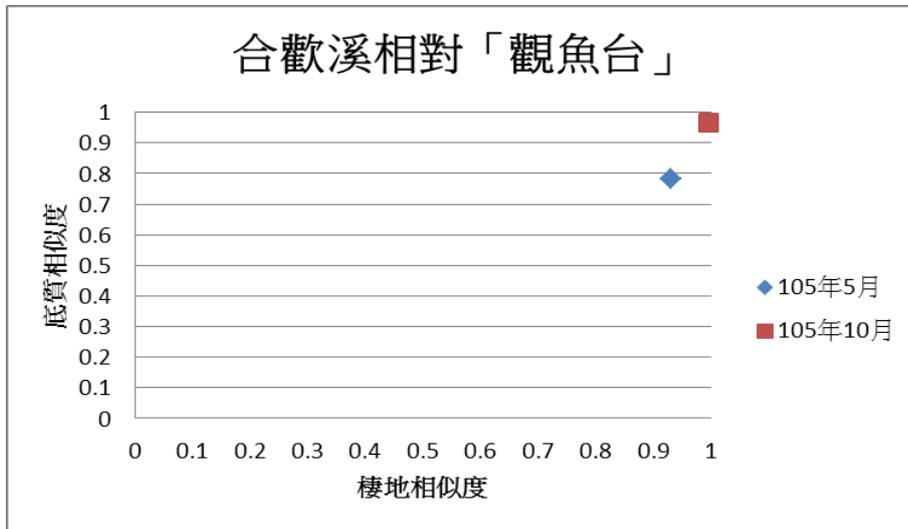


圖 2-66 合歡溪對照觀魚台相似度
(資料來源：本研究團隊)

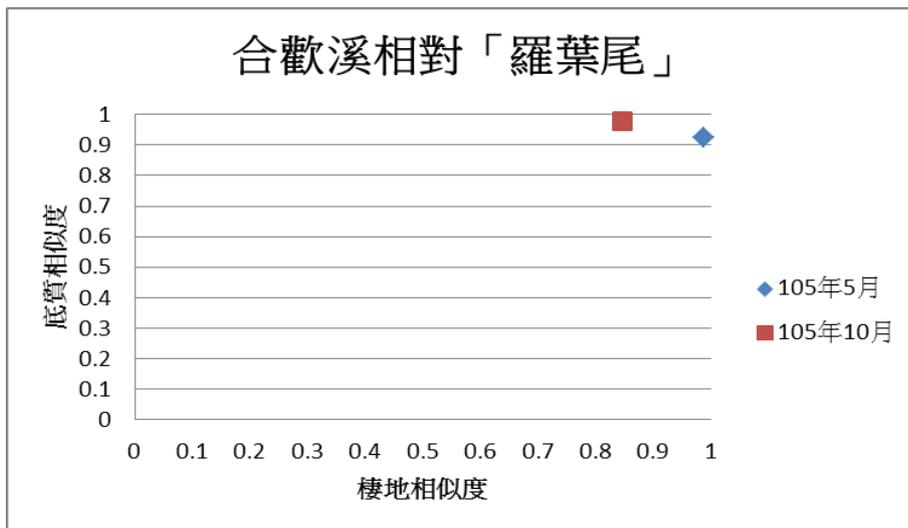


圖 2-67 合歡溪對照羅葉尾相似度
(資料來源：本研究團隊)

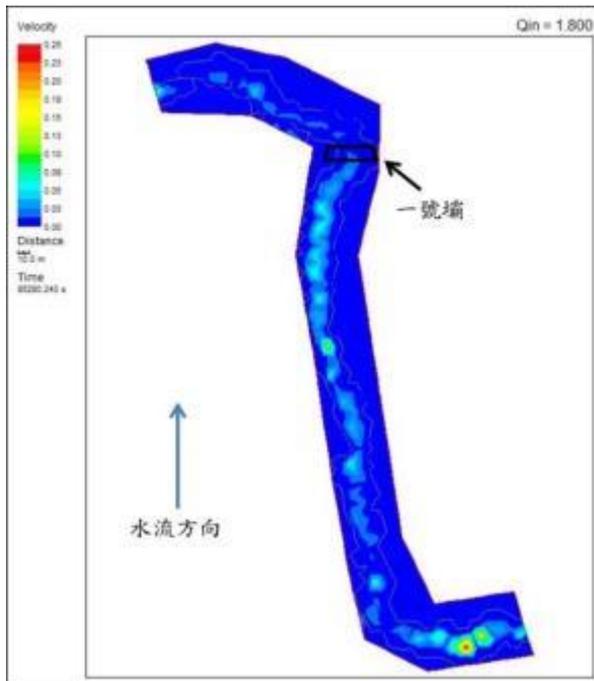


圖 2-68 2016 年平均流量流速分佈圖
(資料來源：本研究團隊)

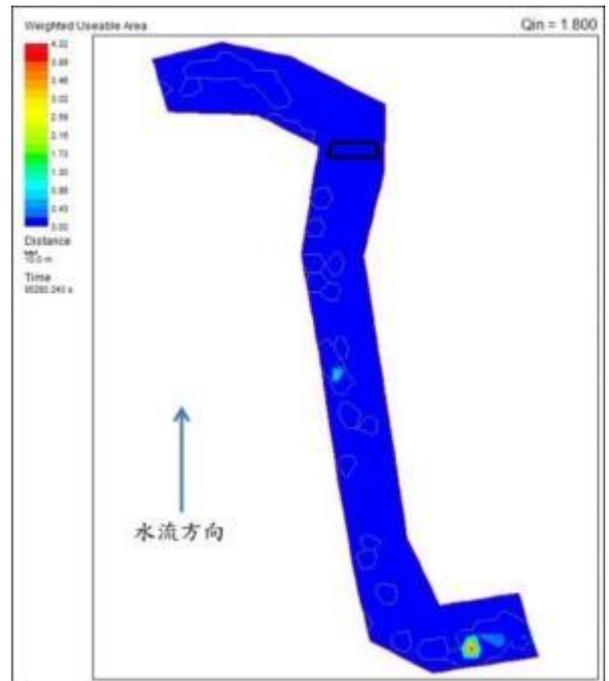


圖 2-69 平均流量下有勝溪幼魚權重可利用面積
(資料來源：本研究團隊)

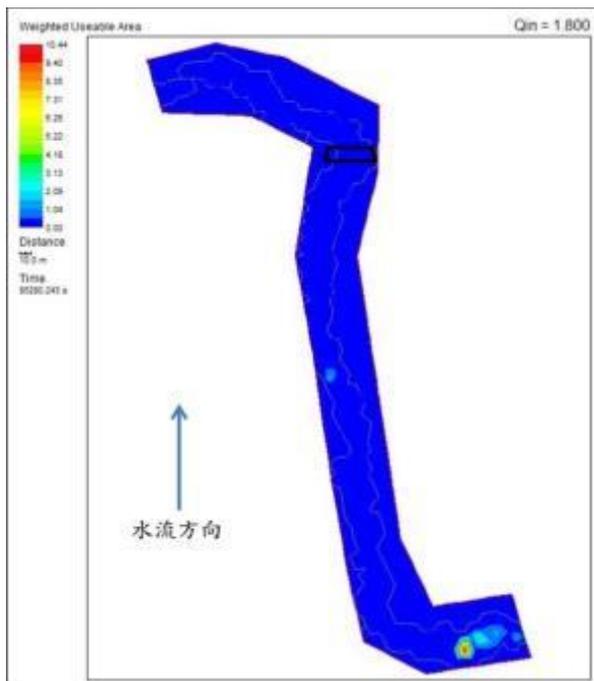


圖 2-70 平均流量下有勝溪亞成魚權重可利用面積
(資料來源：本研究團隊)

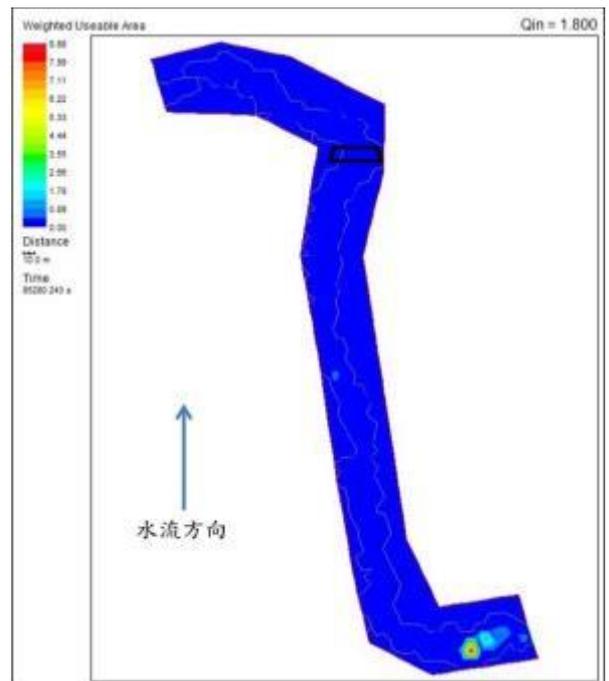


圖 2-71 平均流量下有勝溪成魚權重可利用面積
(資料來源：本研究團隊)

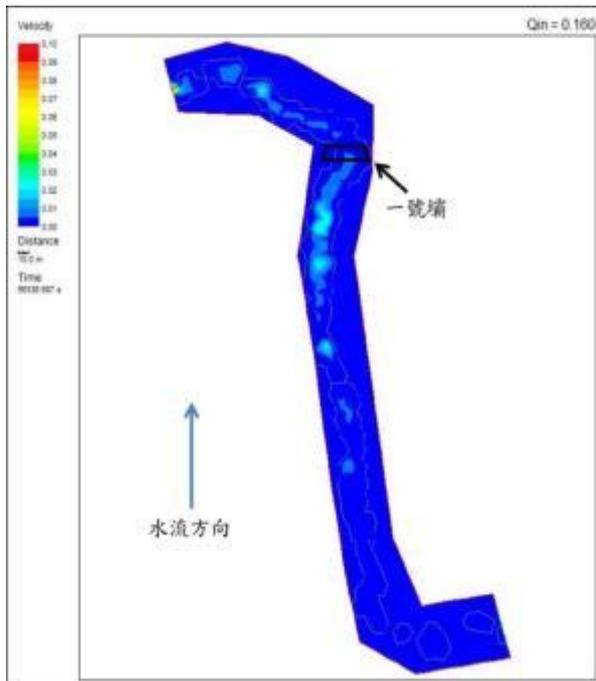


圖 2-72 2016 年生態基流量流速分佈圖
(資料來源：本研究團隊)

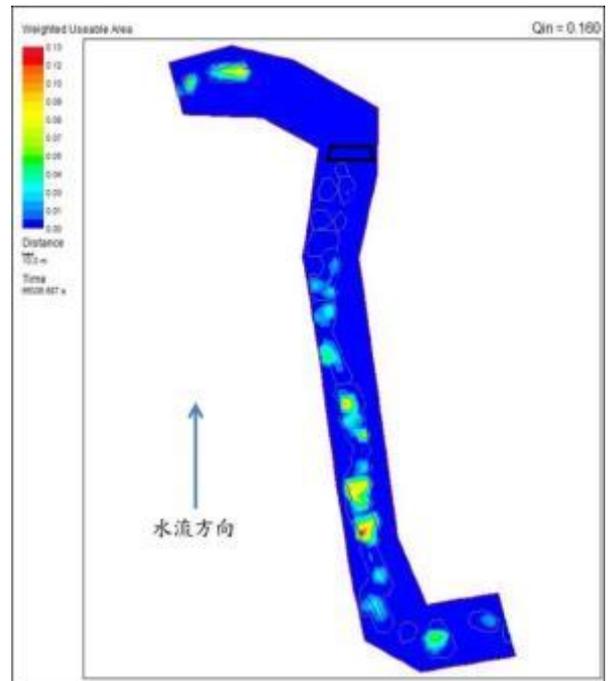


圖 2-73 生態基流量下有勝溪幼魚權重可利用面積
(資料來源：本研究團隊)

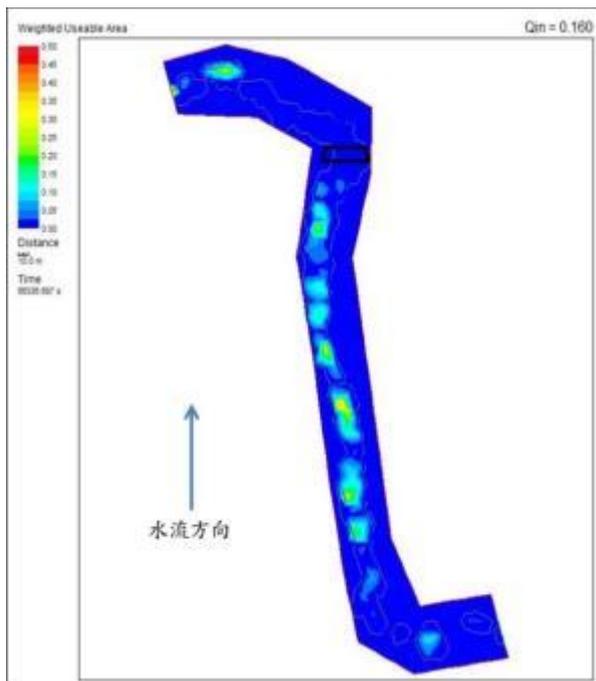


圖 2-74 生態基流量下有勝溪亞成魚權重可利用面積
(資料來源：本研究團隊)

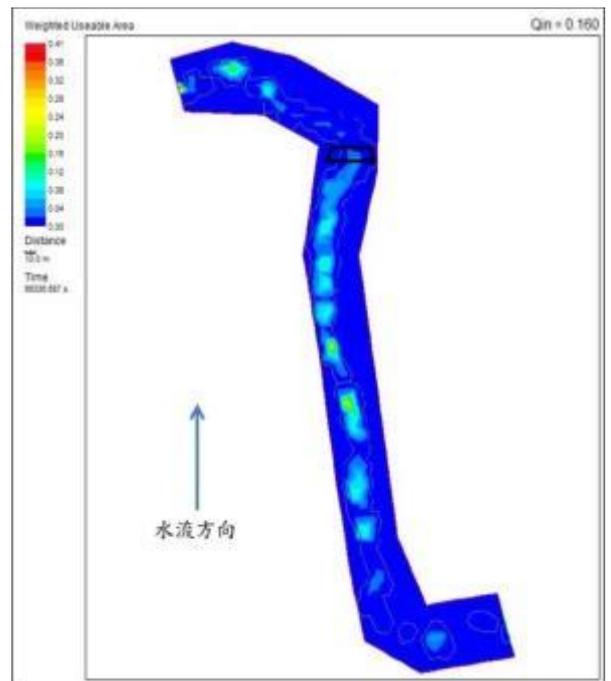


圖 2-75 生態基流量下有勝溪成魚權重可利用面積
(資料來源：本研究團隊)



圖 2-76 有勝溪一號壩位置
(資料來源：本研究團隊)

類別 \ 分數	0	1	2	3	4
劣化程度(D)	N/A	良好	尚可	差	嚴重損害
劣化範圍(E)	N/A	<10%	<30%	<60%	>60%
影響程度(R)	N/A	微	小	中	大
緊急程度(U)	N/A	追蹤檢查	改善計畫	注意改善	立即改善

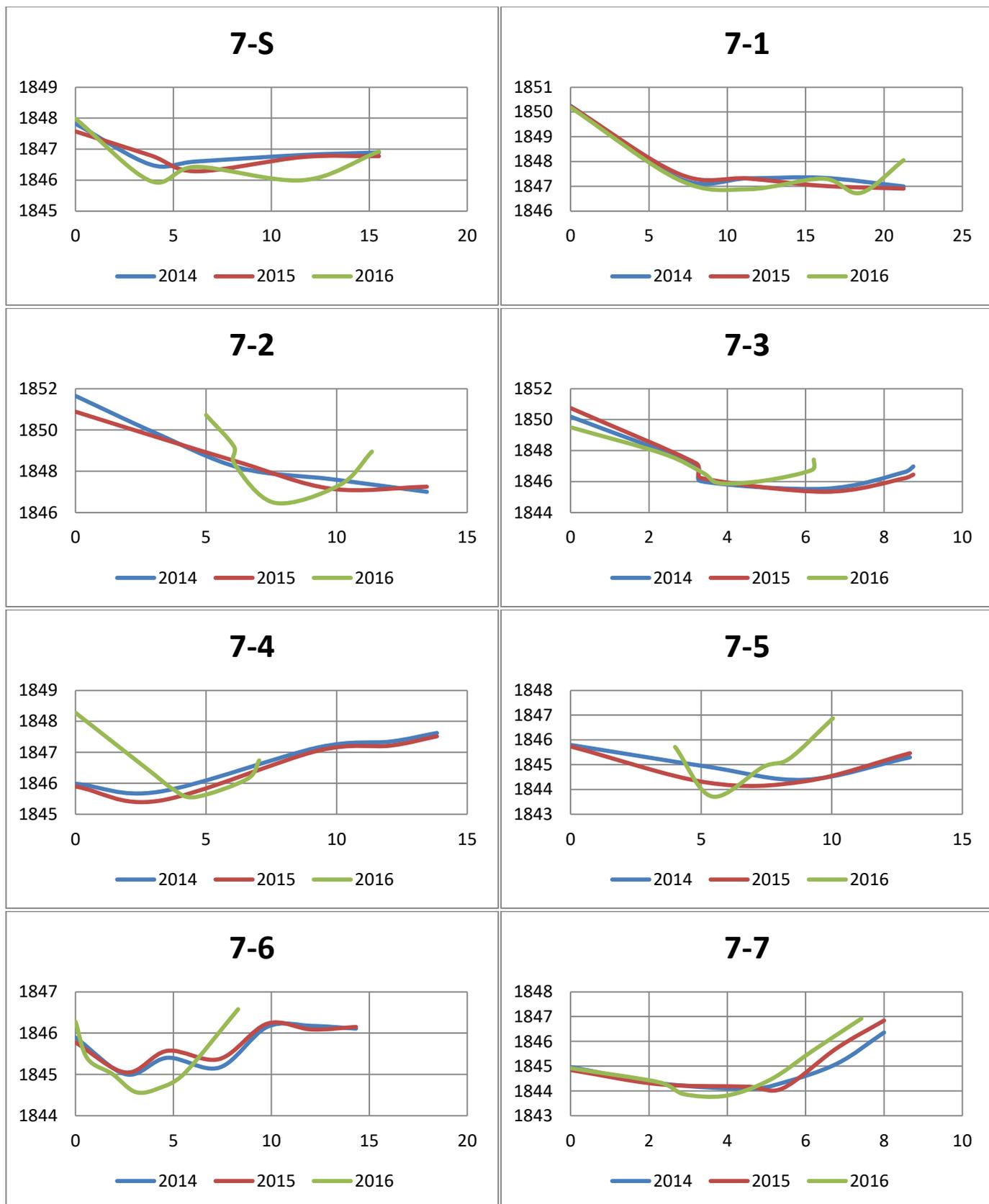
圖 2-77 DERU 評估法
(資料來源：高公局，1996)

檢測項目	狀況類型	評估值			ICij	CI
		劣化程度 (D)	列畫範圍 (E)	影響程度 (R)		
壩翼	植生	1	1	1	98	99
壩基	下切	1	1	1	98	
溢洪道	磨損	2	1	1	98	
護岸	-	0	0	0	100	
副壩	-	0	0	0	100	
護坦	-	0	0	0	100	
魚梯	-	0	0	0	100	

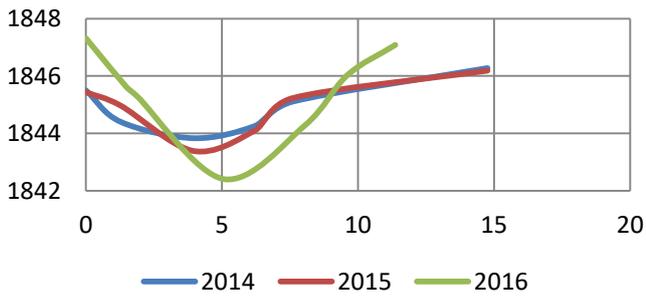
圖 2-78 一號壩評估結果
(資料來源：郭上琳，2015)

附件一

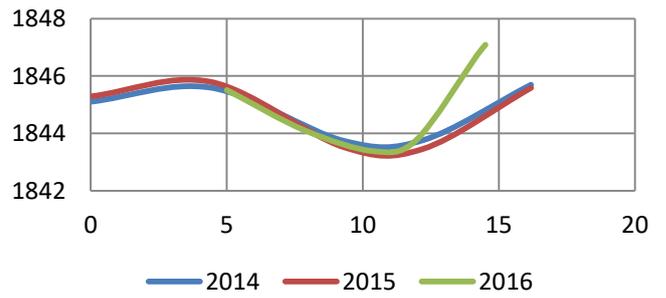
七家灣溪河道測量橫斷面圖



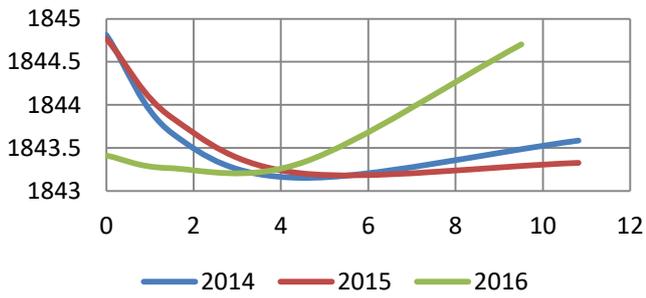
7-8



7-9



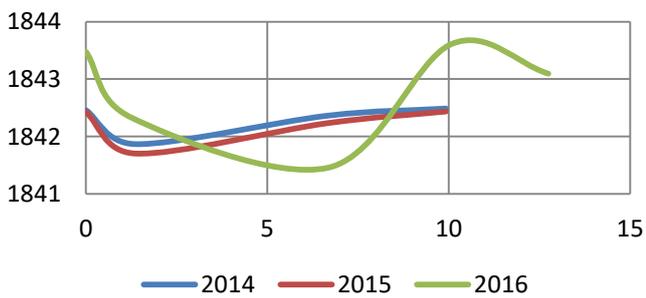
7-10



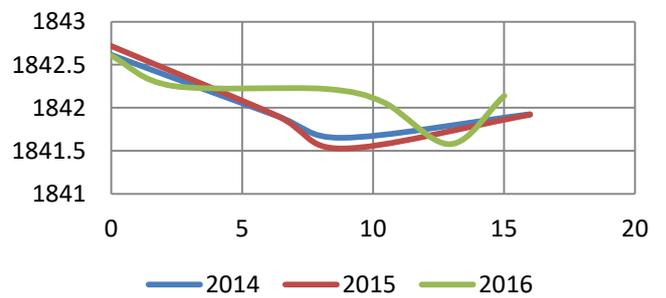
7-11



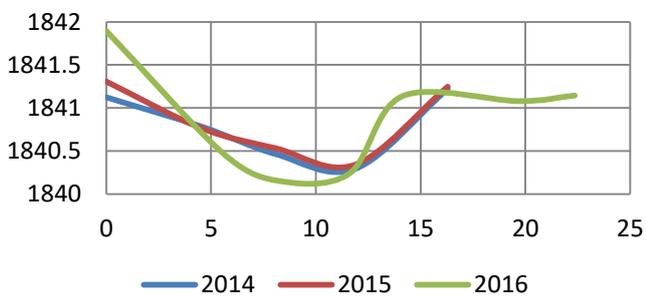
7-12



7-13



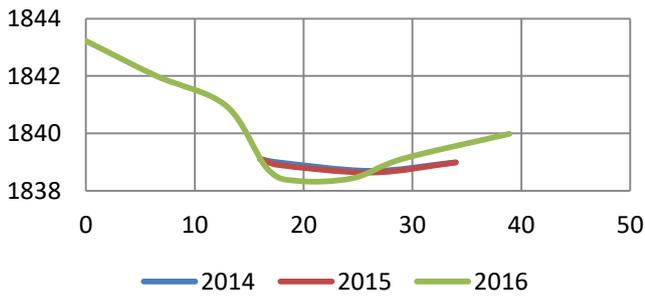
7-14



7-15



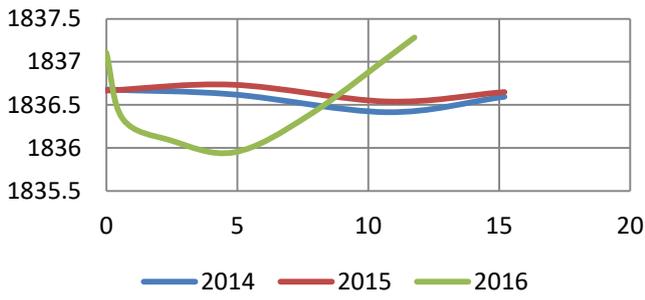
7-16



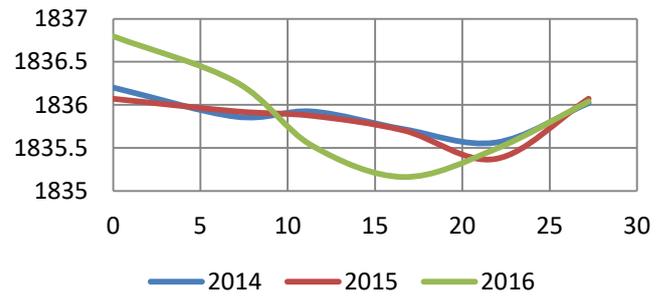
7-17



7-18



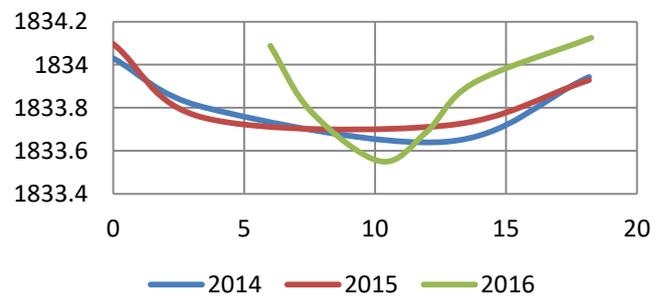
7-19



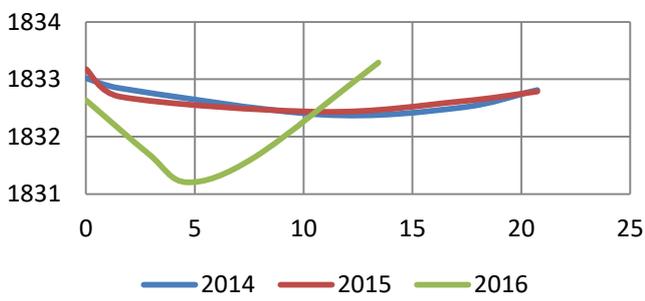
7-20



7-21



7-22



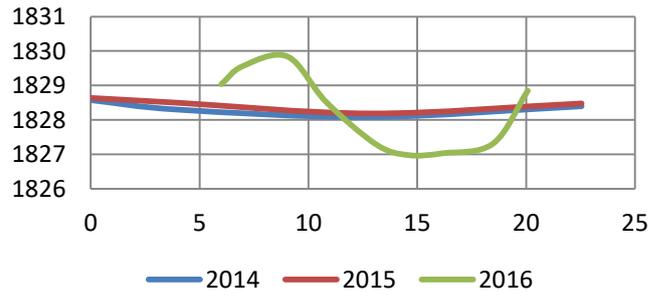
7-23



7-24



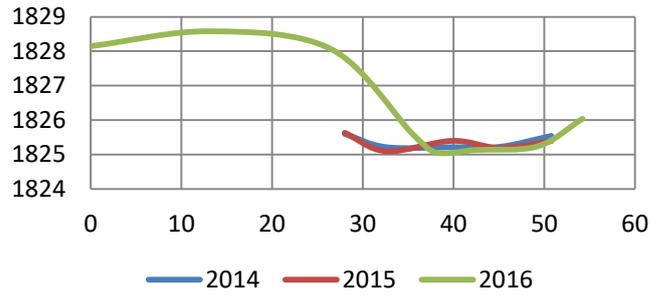
7-25



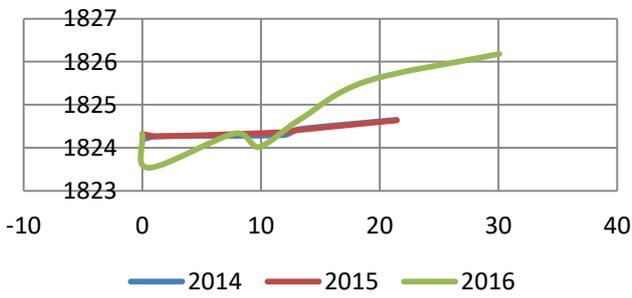
7-26



7-27



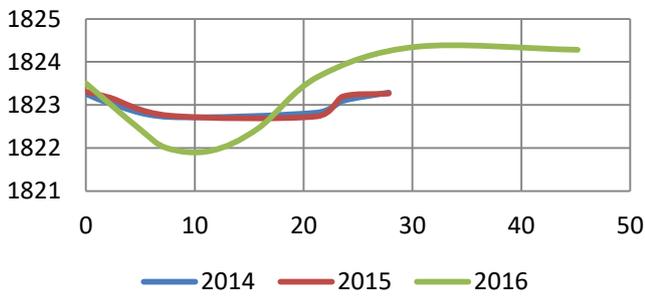
7-28



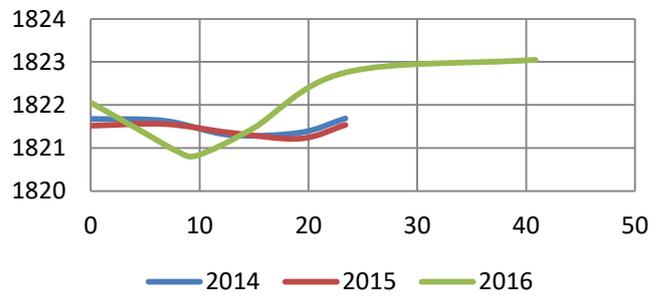
7-29



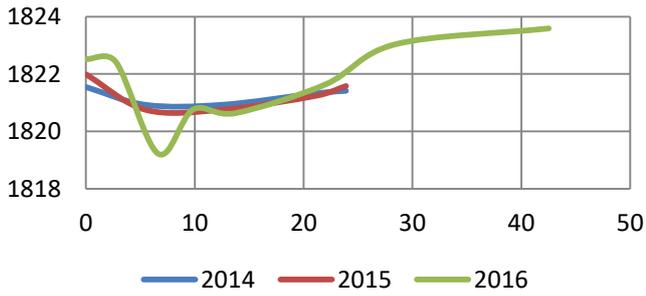
7-30



7-31



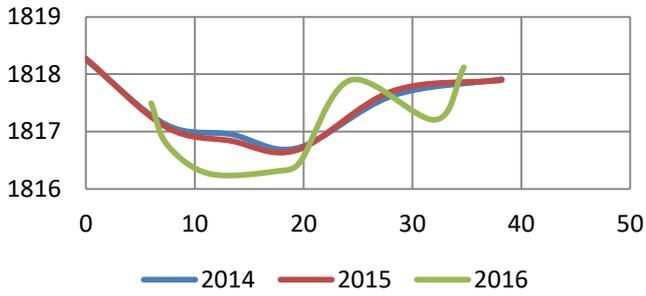
7-32



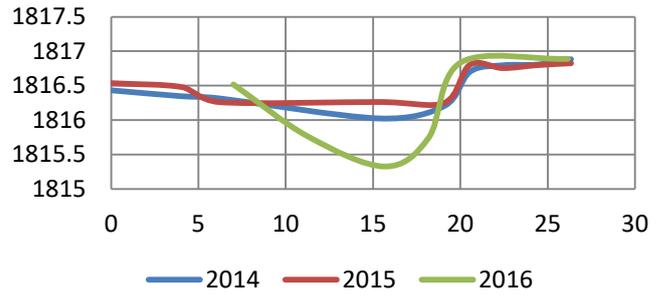
7-33



7-34



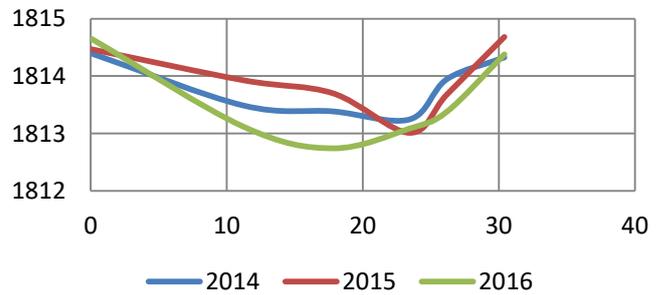
7-35



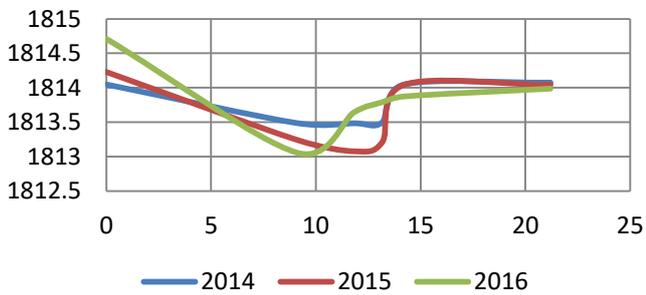
7-36



7-37



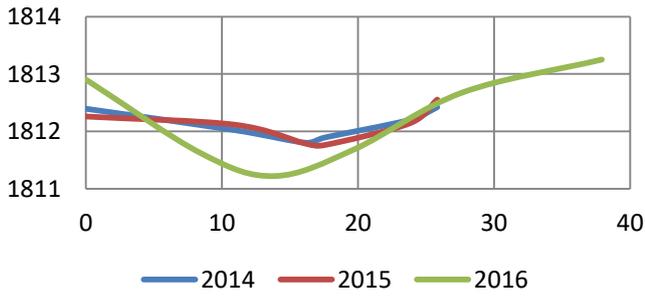
7-38



7-39



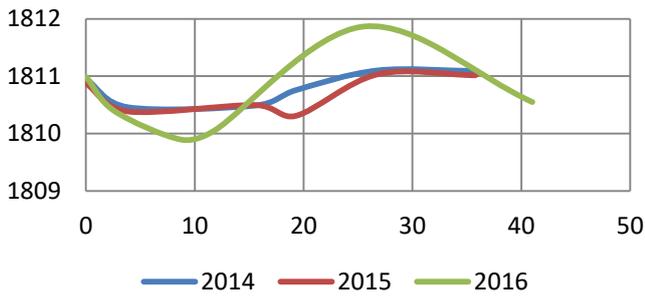
7-40



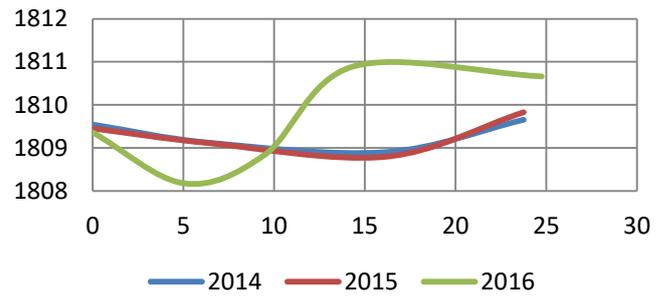
7-41



7-42



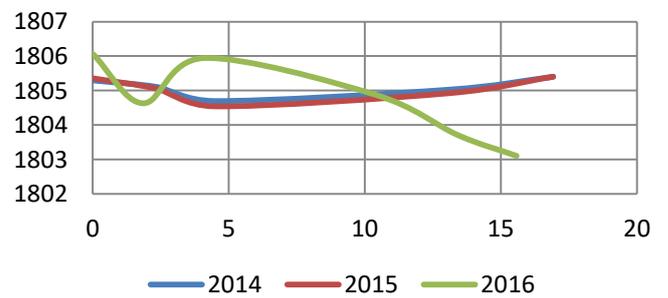
7-43



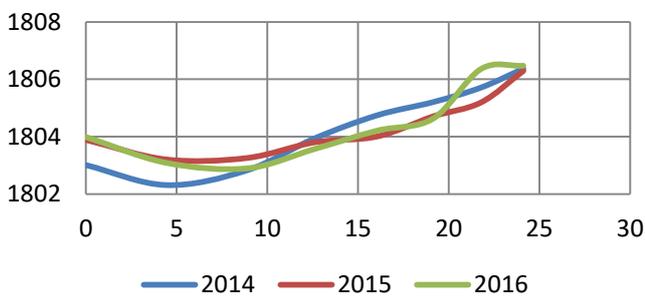
7-44



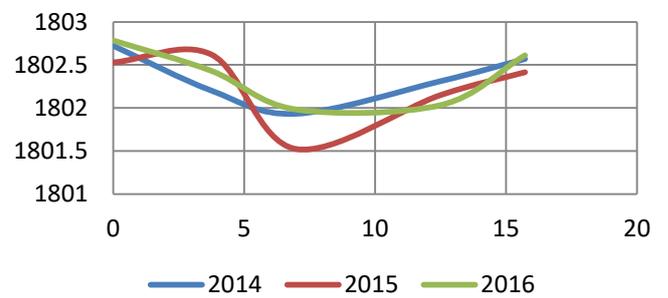
7-45



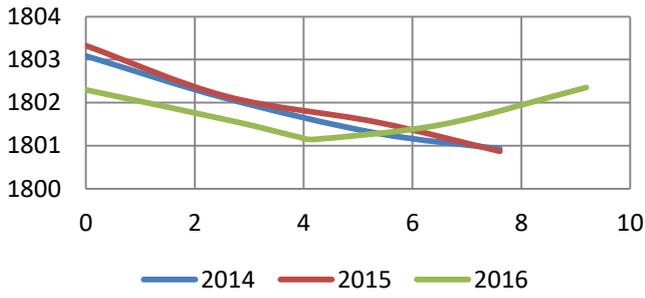
7-46



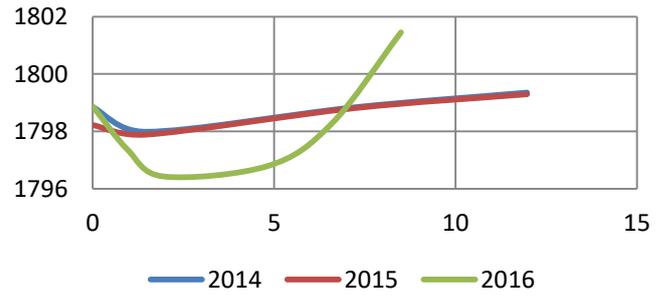
7-47



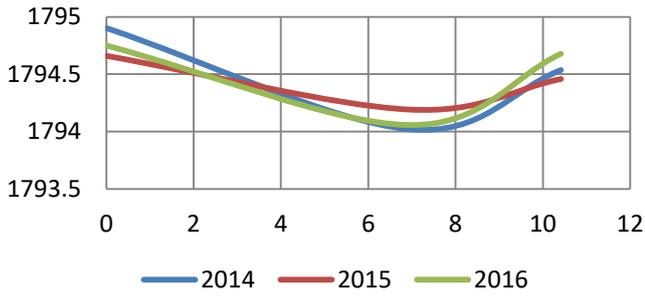
7-48



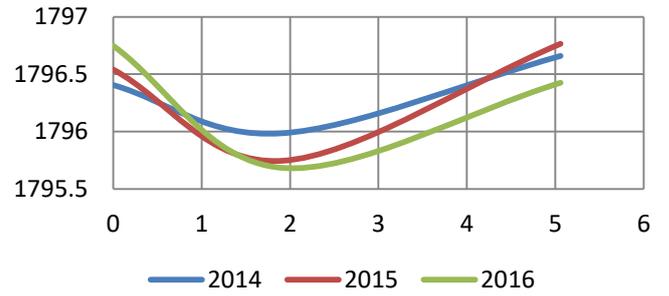
7-49



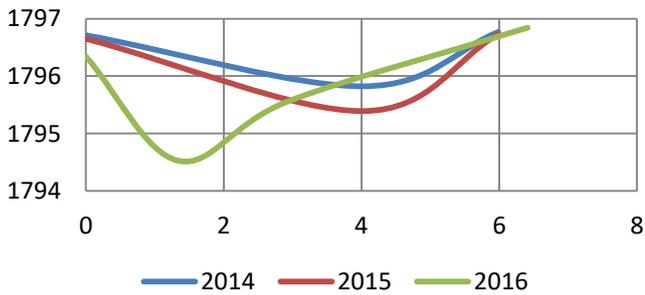
7-50



7-51



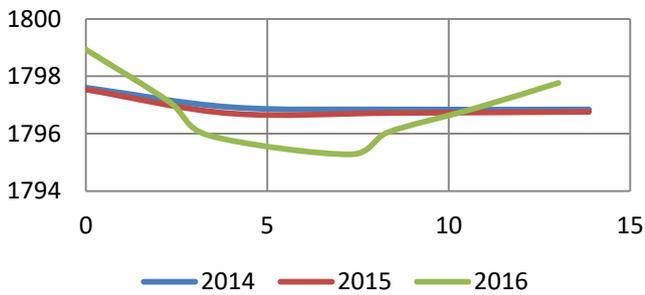
7-52



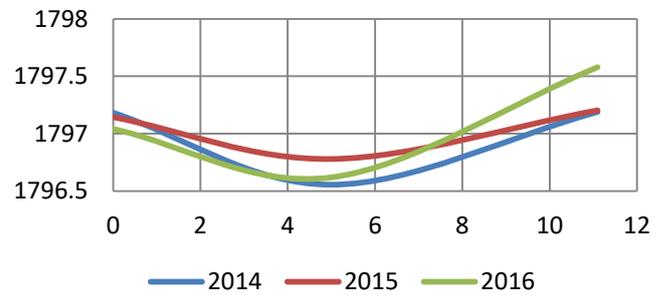
7-53



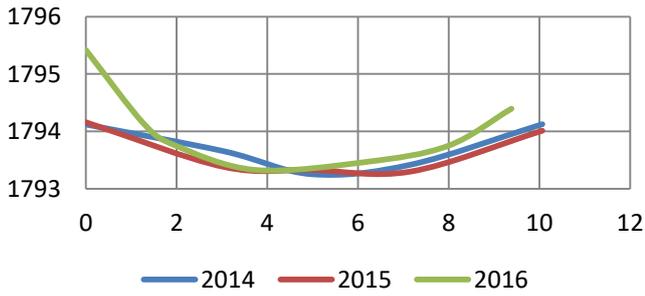
7-54



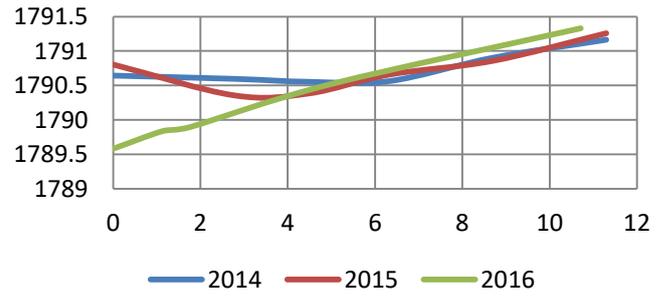
7-55



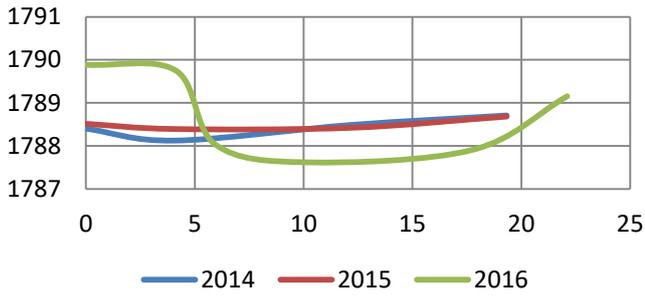
7-56



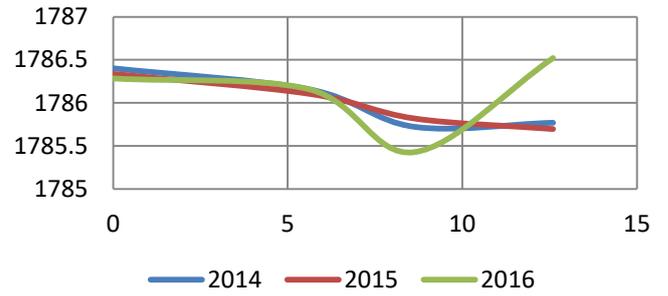
7-57



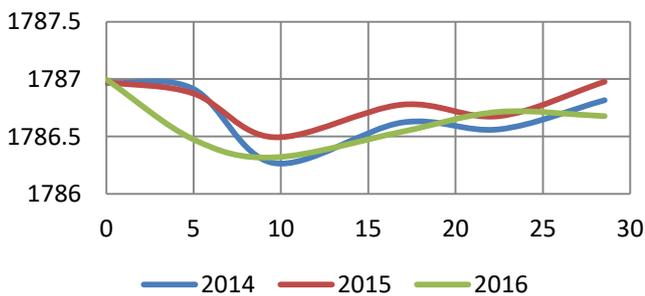
7-58



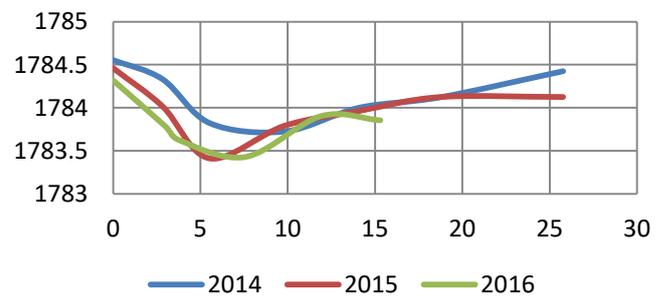
7-59



7-60



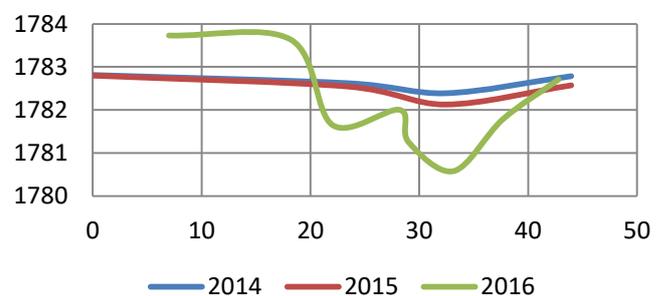
7-61



7-62



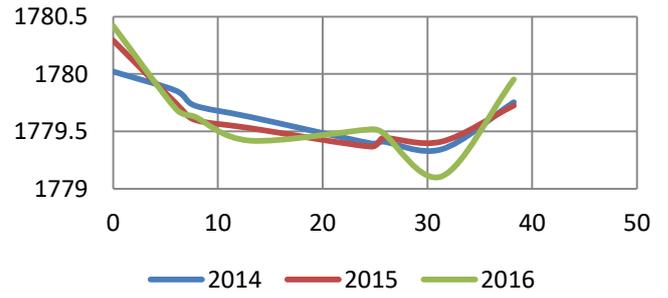
7-63



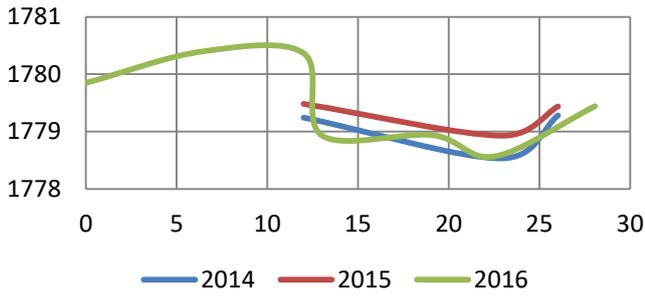
7-64



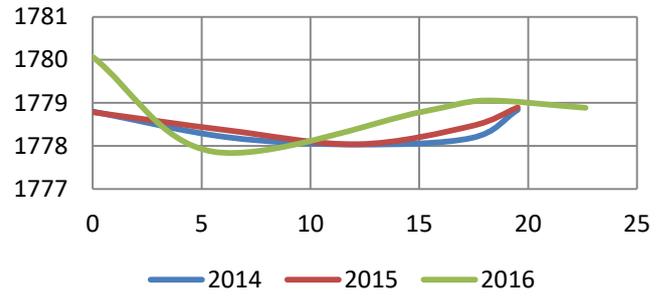
7-65



7-66



7-67



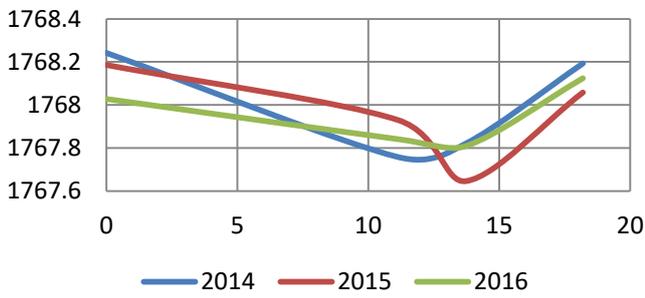
7-68



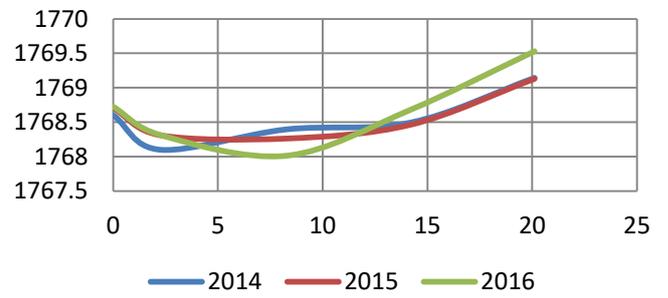
7-69



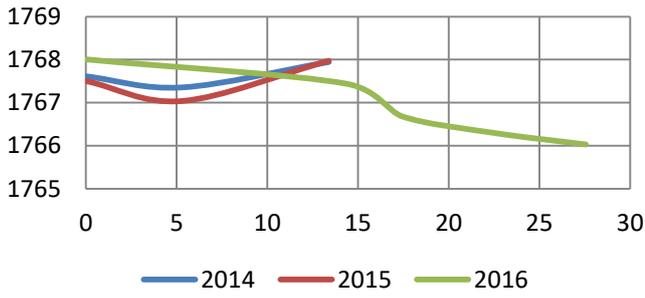
7-70



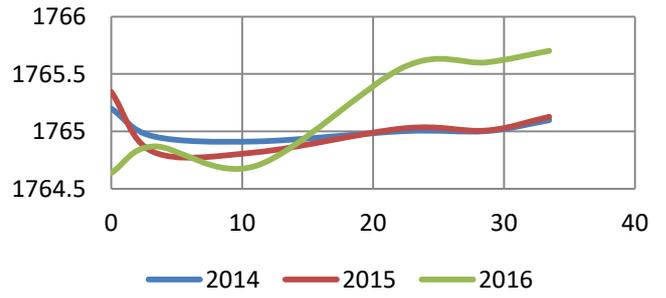
7-71



7-72



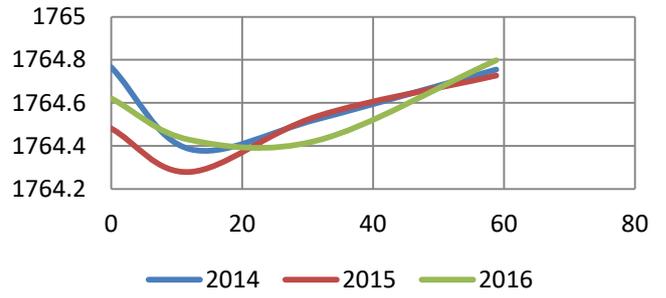
7-73



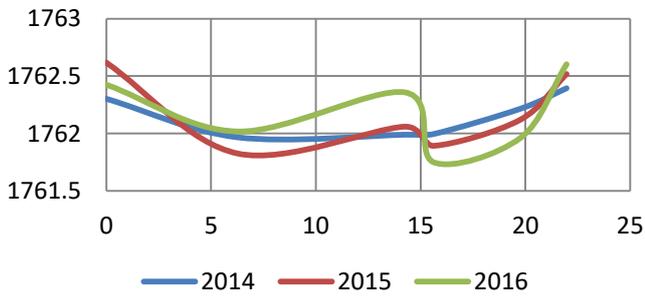
7-74



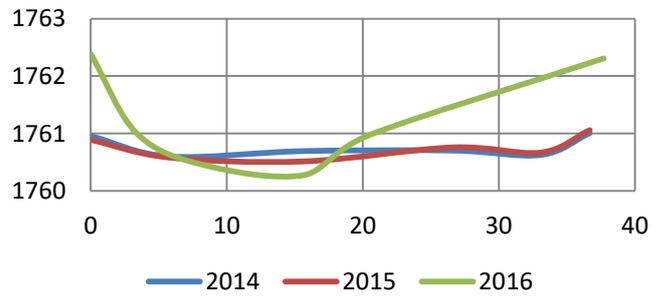
7-75



7-76



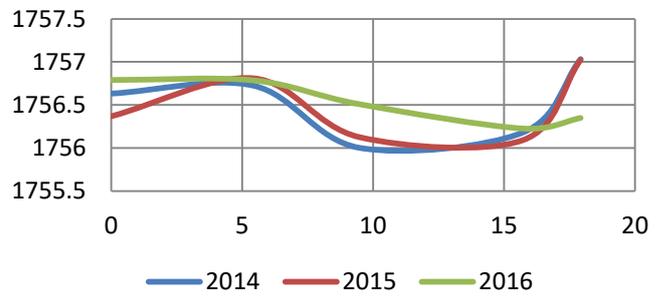
7-77



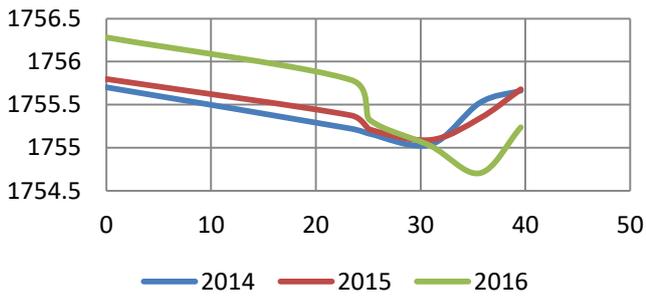
7-78



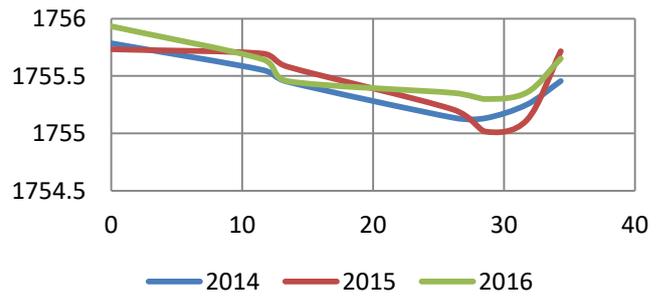
7-79



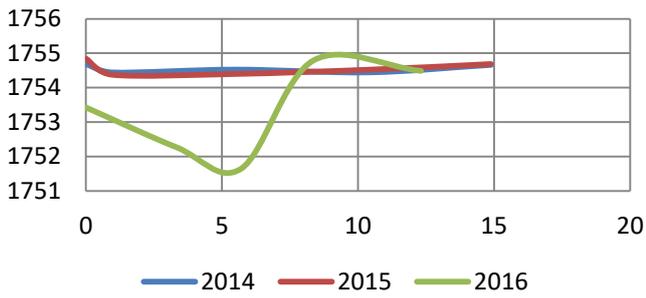
7-80



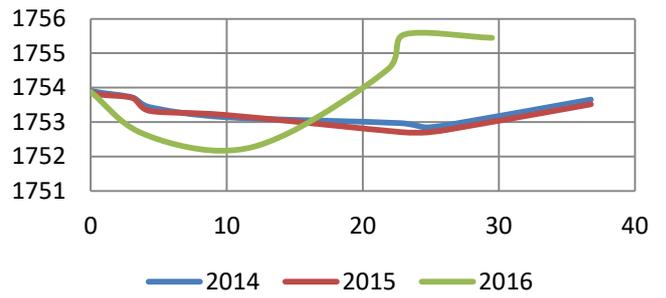
7-81



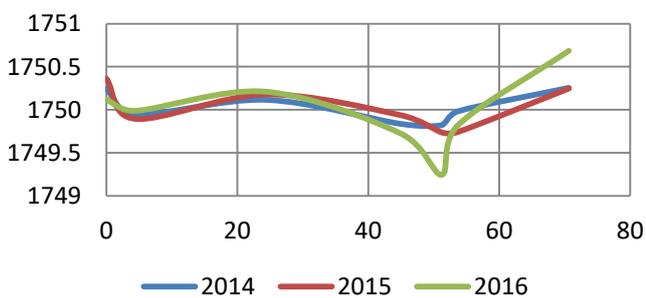
7-82



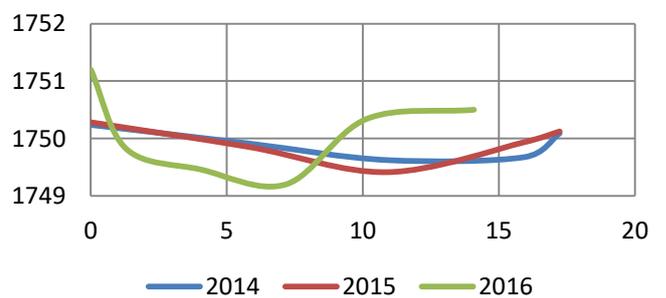
7-83



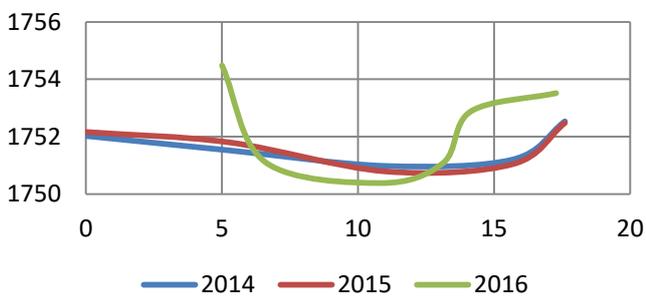
7-84



7-85



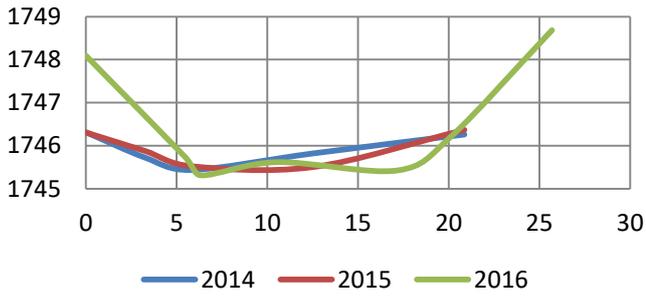
7-86



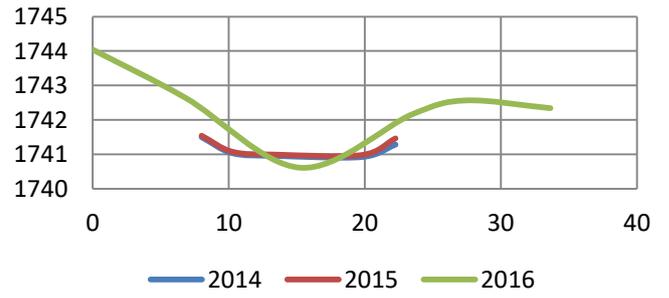
7-87



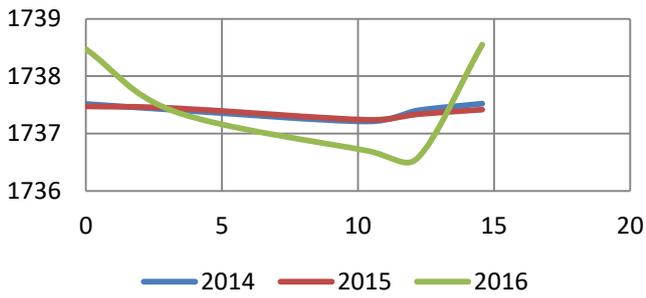
7-88



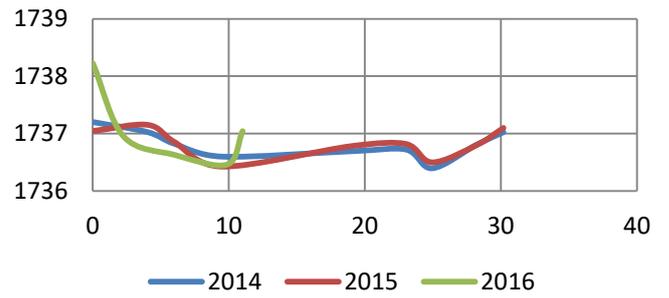
7-89



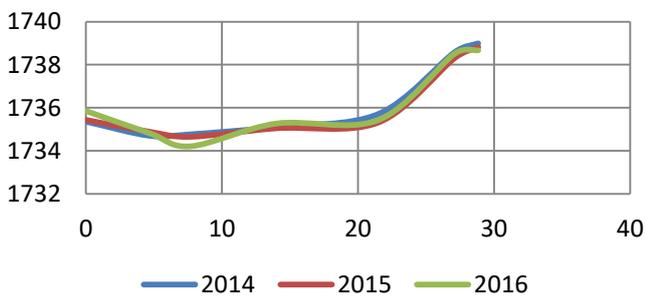
7-90



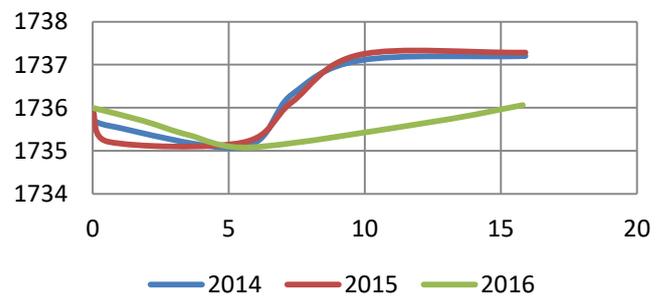
7-91



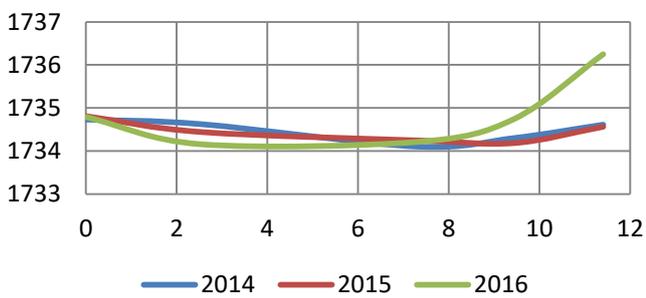
7-92



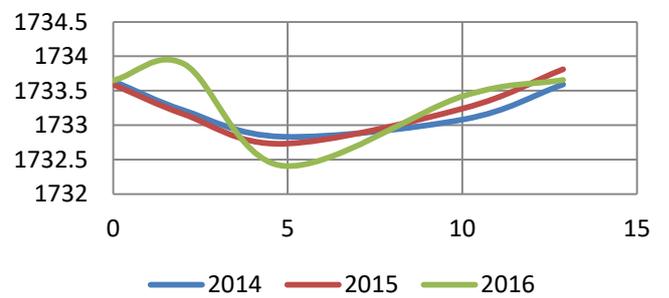
7-93



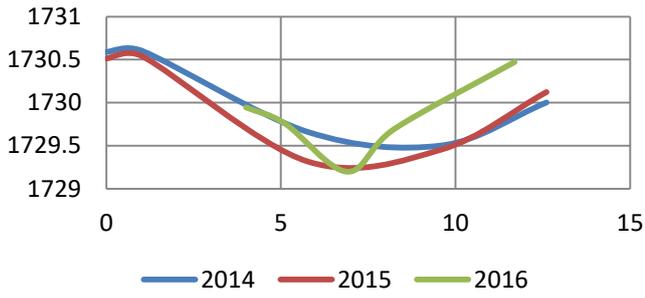
7-94



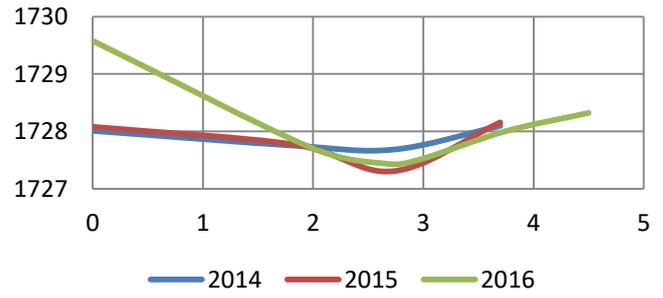
7-95



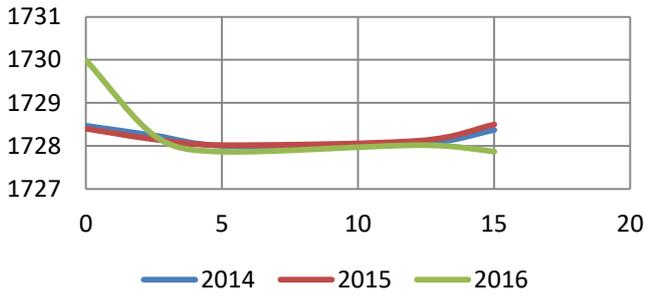
7-96



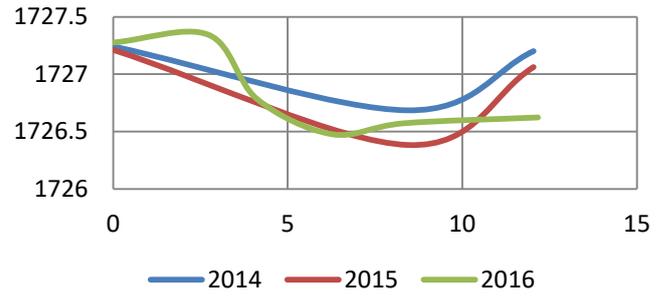
7-97



7-98



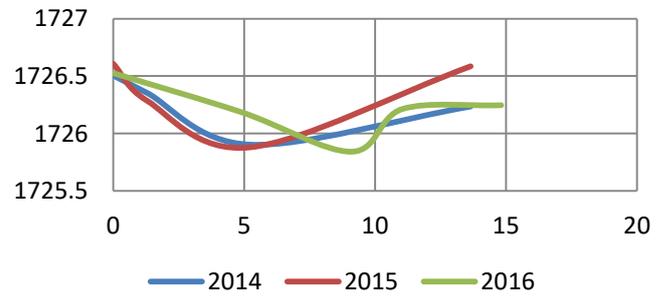
7-99



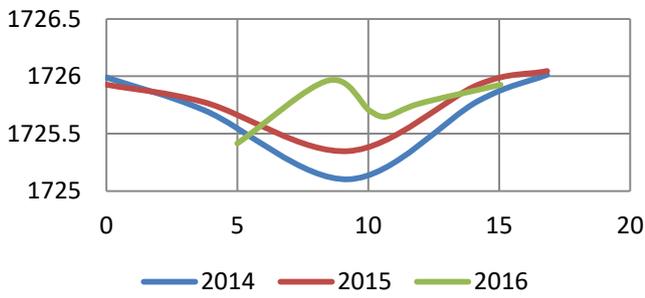
7-100



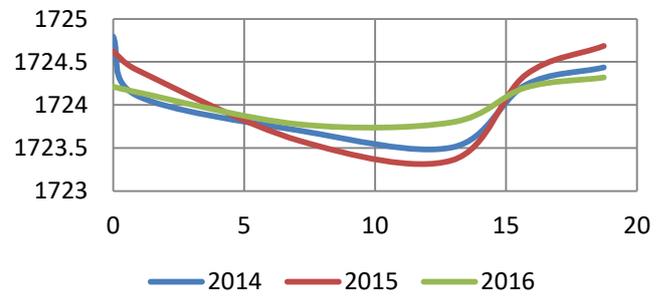
7-101



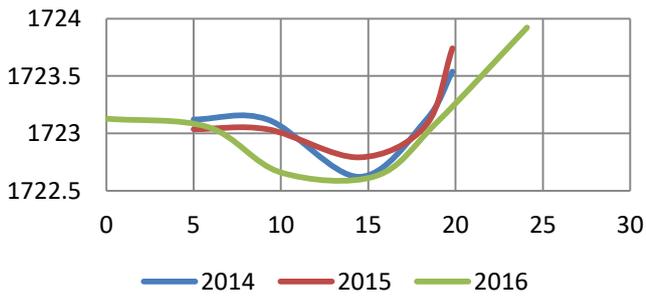
7-102



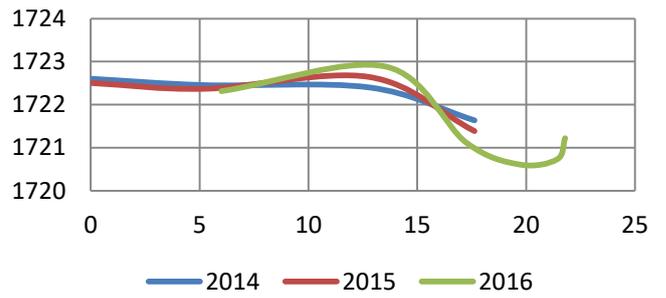
7-103



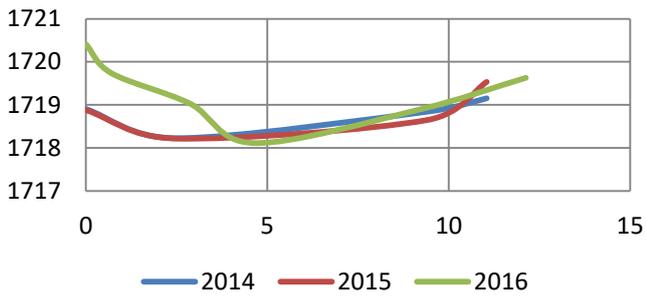
7-104



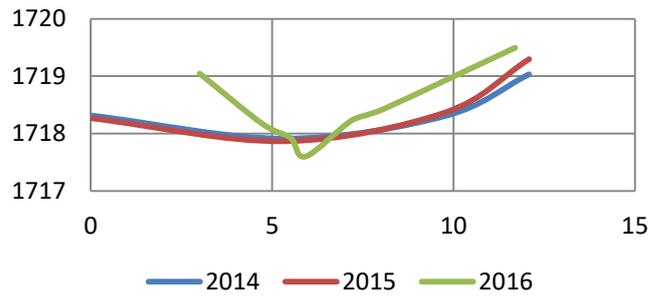
7-105



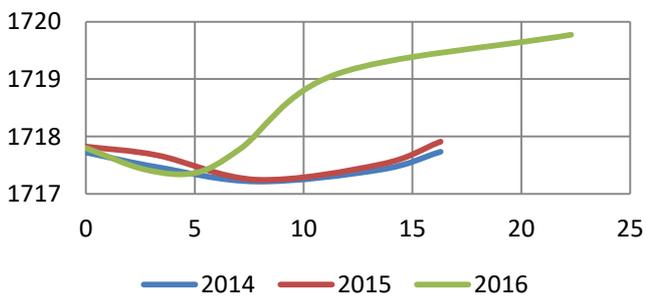
7-106



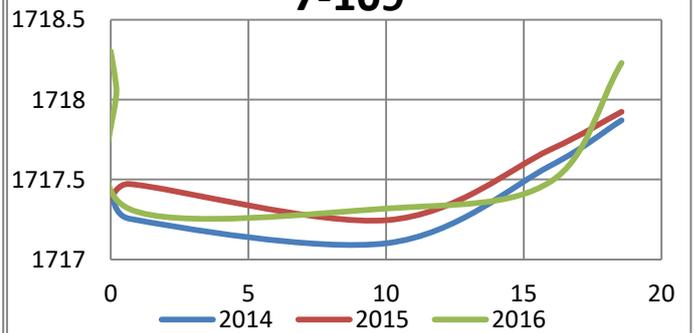
7-107



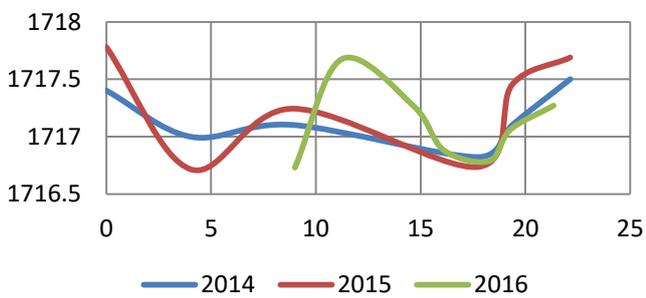
7-108



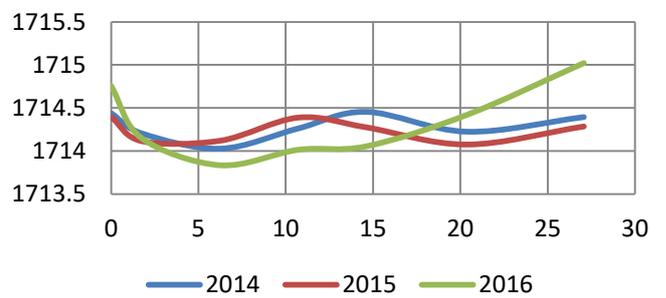
7-109



7-110



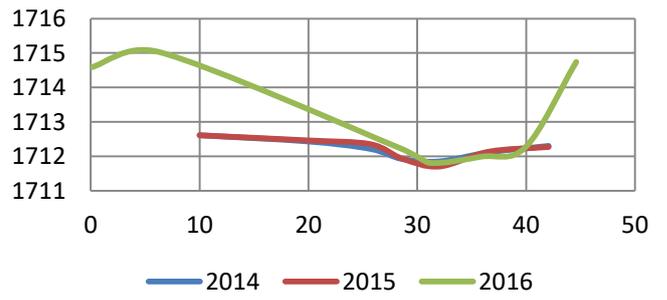
7-111



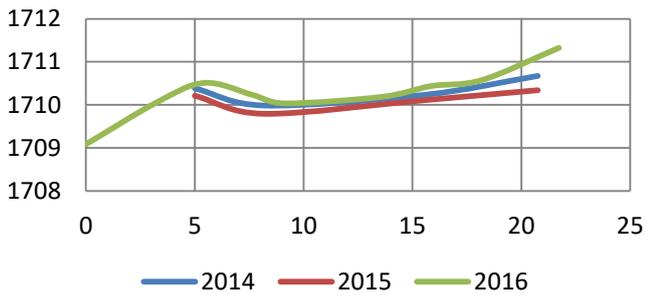
7-112



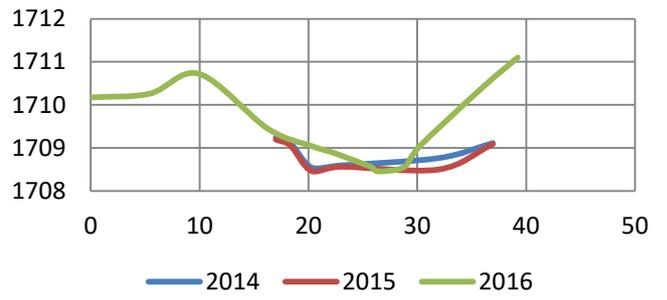
7-113



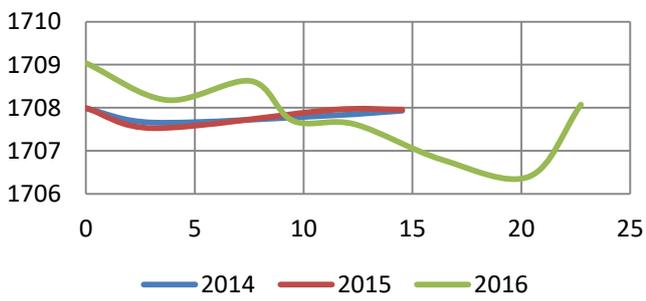
7-114



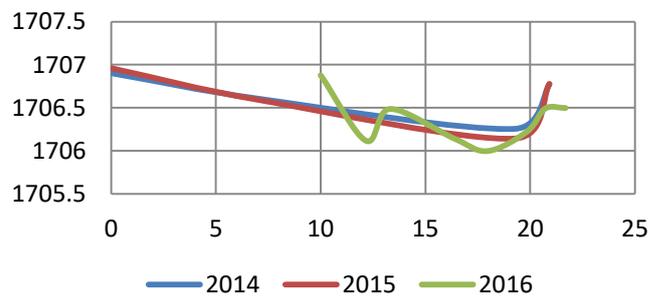
7-115



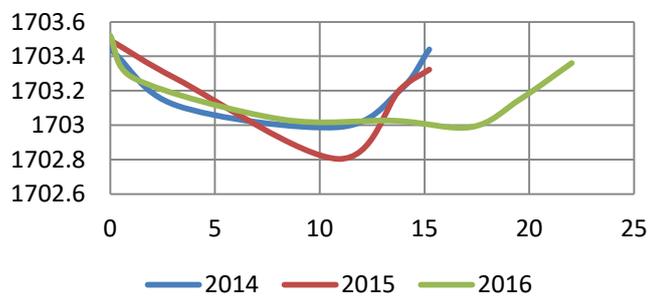
7-116



7-117

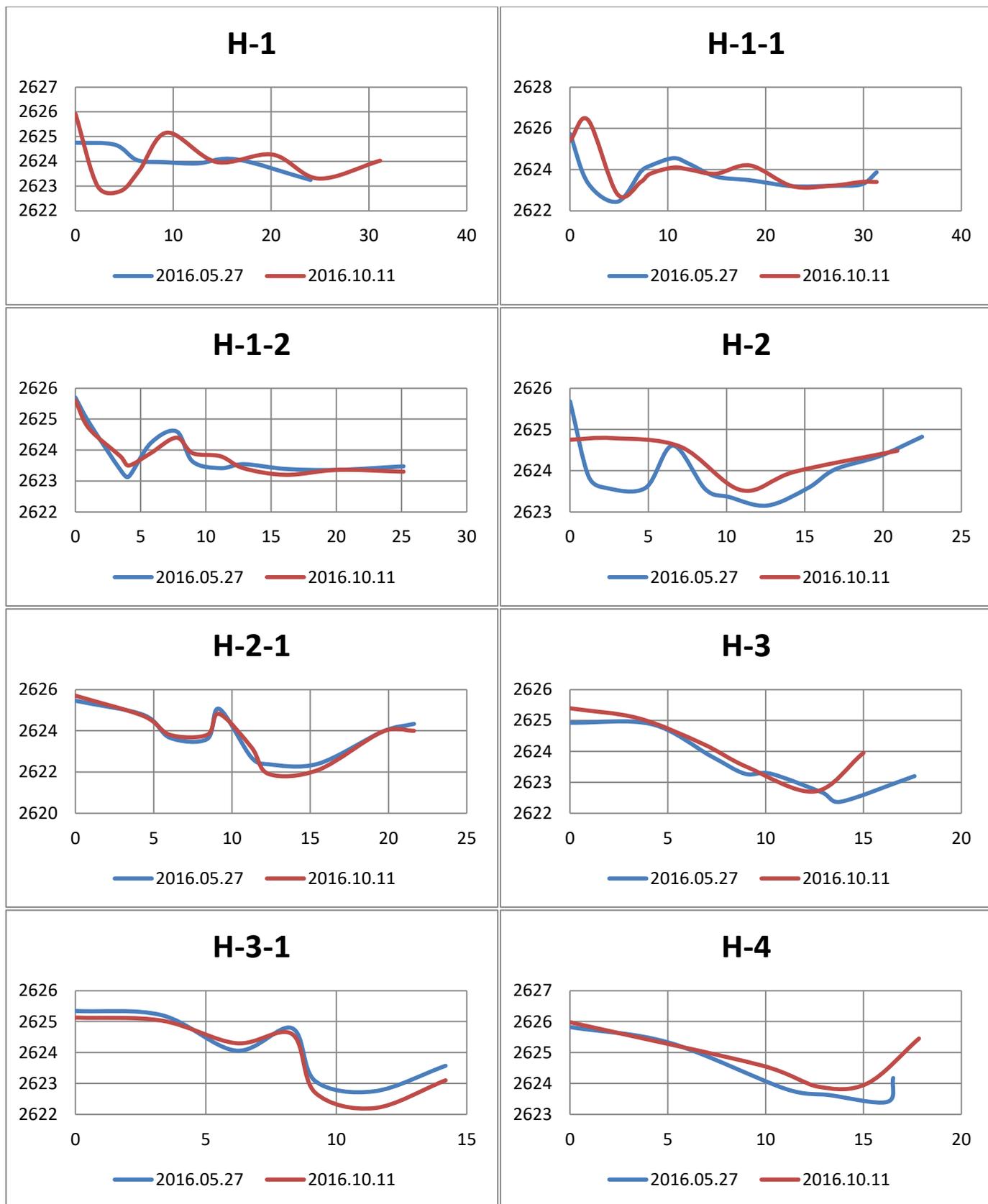


7-118

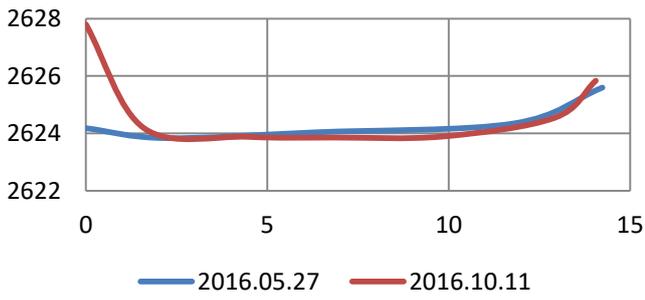


附件二

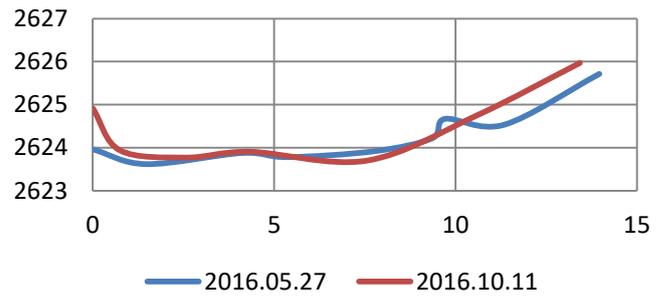
合歡溪河道測量橫斷面圖



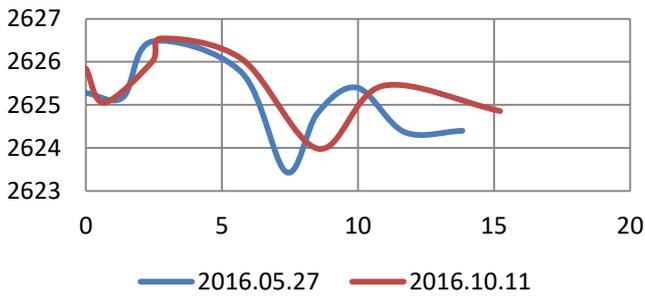
H-6-1



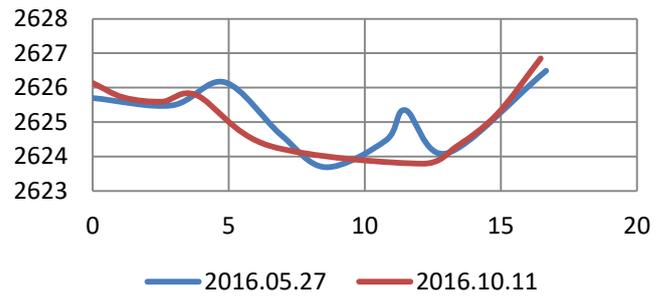
H-6-2



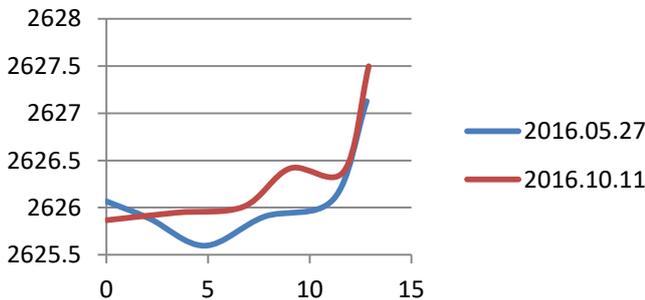
H-7



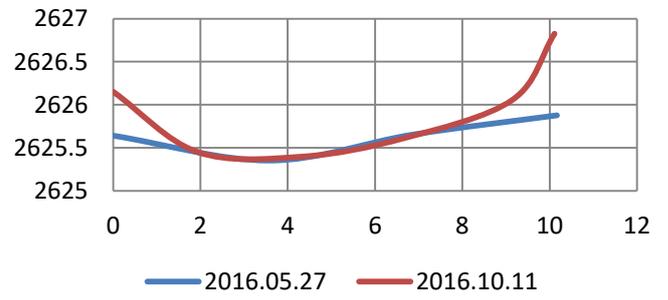
H-7-1



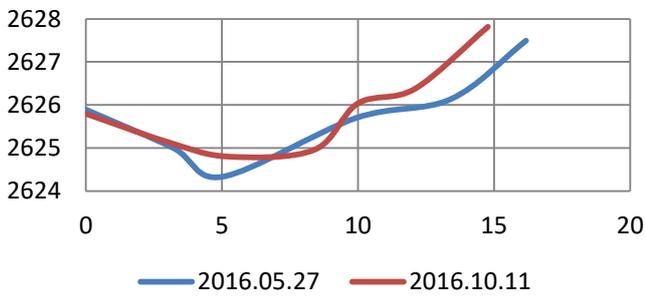
H-8



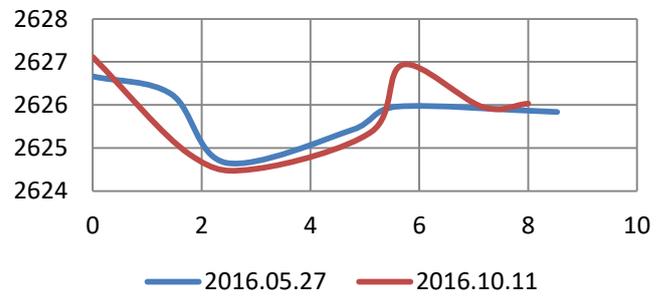
H-9



H-10



H-11



第三章 水棲昆蟲研究

郭美華、丘明智、倪郁涵、林哲樟、江允中、呂家榮

國立中興大學昆蟲學系

計畫摘要

關鍵詞：臺灣櫻花鉤吻鮭，水棲昆蟲，群集結構，快速生物評估法II，溪流

一、研究緣起

生活在雪霸國家公園內七家灣溪流域（面積 77 平方公里）之臺灣櫻花鉤吻鮭 *Oncorhynchus masou formosanus* (Jordan and Oshima, 1919)，是屬於臺灣地區特有陸封型鮭魚，自日據時期被列為天然紀念物，而今日被視為國寶魚，並於 1984 年被政府列入快要絕種的保育名錄中，皆顯示對臺灣櫻花鉤吻鮭的保育工作是其可持續生存顯著重要。為了保護臺灣櫻花鉤吻鮭棲息地，監測其主要食物來源水棲昆蟲，對棲息環境及水質變化可以提供重要的見解。2011 年 5 月 23-30 日進行七家灣溪一號壩體（高 16.5 m）改善工程，本計畫長期監測武陵地區七家灣溪及有勝溪流域壩體改善後流水棲昆蟲群集，做為此鮭魚棲息環境水質評估之生物指標。2016 年的 2 月、4 月、6 月及 10 月於七家灣溪及有勝溪溪流沿岸以及預定放流地合歡溪共計十三個採樣監測站，除合歡溪外其餘共計採集四次，並以快速生物評估法II（RBPII指數）及多元尺度分析（MDS）評估武陵地區棲地水質及水棲昆蟲群集結構變動，供管理單位日後評估作業之參考。

二、研究方法及過程

持續收集並建置永久測站之水棲昆蟲生態資料庫，以多樣性指數、RBPII指數及 MDS 等研究方法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，以作為進行棲地改善評估依據及監測七家灣溪一號防砂壩改善後溪流棲地水棲昆蟲群集及生物量之變化，提供生態研究的科學資料，作為訂定臺灣櫻花鉤吻鮭保育措施與武陵地區經營管理策略之參考。

三、重要發現

本年度 2 月、4 月、5 月、10 月採樣調查水棲昆蟲共計有 65 分類群 (Taxa)，分屬 5 目 36 科；位於七家灣溪之 7 個測站共計有 56 分類群 (Taxa)，分屬 5 目 32 科；位於有勝溪之 5 個測站共計有 57 分類群 (Taxa)，分屬 5 目 32 科。位於合歡溪之測站共計有 24 分類群 (Taxa)，分屬 4 目 12 科。由連續 10 年以上數據（2003 至 2016

年)看出，水棲昆蟲豐度幾乎以每年年初為高峰，然 2016 年以 5 月為高峰。中大體型水棲昆蟲數量(臺灣櫻花鈎吻鮭之可能大型食餌)，以 2011 年年初為最高。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(RBPII指數)評估武陵地區棲地維持在無損害與中度損害之間，合歡溪測站則為無損害。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 2009~2016 年有勝溪測站與其他測站群聚結構相近。2011 年一號壩壩體改善工程對七家灣溪的水棲昆蟲群聚產生約 2.5 個月的短期負面直接影響，導致數量和多樣性下降，等同遭受一小型洪水的衝擊，五年連續監測發現，每年的多樣性波動範圍已逐漸縮小。

四、主要建議事項

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

長期性建議：減緩暴增流量及增加鮭魚陸域食餌之土地利用類型

主辦機關：雪霸國家公園管理處

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

由 10 年以上數據可看出，當流量為常態發生而非突然暴增時，其隔年年初中大型食餌比例會增加，此現象發生於 2003 年初及 2010~2012 年初，因此土地利用類型考慮以能增加水留存量且不易被洪水移除為主，並達減緩暴增流量之效為佳。如此一來可於暴雨過後，減少對水棲昆蟲群聚之衝擊，植被恢復得以增加此鮭魚陸域補足食餌，及其食物來源獲得維持。

長期性建議：一號壩壩體改善工程之長期追蹤

主辦機關：雪霸國家公園管理處

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

拆壩後再遭受到大雨引起的洪水衝擊為另一重要事件，此洪水除了本身的影響力，會結合拆壩再重演一次負面直接影響，加深此次洪水的衝擊。可能還有間接的、慢性的長期衝擊：例如從生態系食物鏈傳遞的角度來看，水棲昆蟲的棲息環境的改變，將會引起食物鏈和生態結構的逐步變化。面對全球暖化及極端洪流頻繁發生對台灣溪流生態的影響，應持續監測(5 年以上)並建立武陵地區資料庫，使雪霸國家公園成為在地證據的科學基地及集水區經營管理績效之典範。

Abstract

The *Oncorhynchus masou formosanus* (Jordan and Oshima, 1919) in Cijiawan brook within the 77 km² drainage area of Shei-Pa National Park is belonging to a special continental-closed type of salmon in Taiwan area. Since Japanese occupied Taiwan, the *Oncorhynchus masou formosanus* has been classified as natural memorial. For the present time, it is regarded as a national precious fish. The salmon was listed as an endangered species by the Taiwanese government in 1984. Both stages of strategies show that the preservation of the *Oncorhynchus masou formosanus* is significantly important for its sustainable surviving. Biological monitoring of aquatic insects can provide important insights into changes in stream water and habitat quality. To protect the habitat of the Formosan salmon, programs to monitor stream quality using aquatic insects. One check dam, with a height of 16.5 m, was present within our study area in the Cijiawan Stream watershed. The dam was demolished and removed by excavators from 23-30 May 2011. The main goal of this research includes long-term monitoring of aquatic insects in reaches downstream of a check dam after it was removed. The surber sampler was used to collect six samples of aquatic insects along the streams at the 13 sampling sites were collected about 2016 February, April, May, and October, respectively. The rapid bioassessment protocol II (RBPII) and was a reliable method for assessing water quality, and a non-metric multidimensional scaling (MDS) plot were used to show the composition similarity among site-time samples, the plot indicated that the community structures of Cijiawan Stream. Furthermore, it can provide the Management Department of Shei-Pa National Park the guideline for the preservation of the *Oncorhynchus masou formosanus* in Cijiawan and Gaoshan Streams.

This study reports the survey of aquatic insects and water quality monitoring at 13 sampling sites in the Wuling area in year 2016. During the research period, we have collected 65 taxa of aquatic insects belong to 36 families within 5 orders. According to the data from 2003 to 2016, we found that abundance peak of aquatic insects were present in January or February almost every year, however, in May 2016 to peak. 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 Hehuan Stream was non-impaired. 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 Cijiawan Stream and Gaoshan Stream shifted to the same trends, and, from year 2009 to 2016, the community structures of Yousheng Stream and the two streams began to tend toward higher similarity. The short-term impact persisted for approximately 2.5 months after the dam removal,

and, thus, led to the decline in the number and diversity of aquatic insect communities in the Cijiawan Stream. When these flooding events happened after dam removal, the repeats of the negative short-term effect, caused by the removal, increased the impacts of these floods. Five years of continuous monitoring found that the annual fluctuation range of diversity has been gradually reduced. This project comes to the immediate and long-term strategies.

For long-term strategies:

1. To consider the land use types with abilities to decrease the flooding magnitudes, to resist the removal by flooding, and to increase terrestrial prey of the Taiwan salmon.
2. To consider the long-term monitoring for the ecological impact of the dam removal.

Keywords: *Oncorhynchus masou formosanus*, aquatic insects, community structure, rapid bio-assessment protocol II (RBPII), stream

一、前言

(一) 研究緣起

臺灣櫻花鉤吻鮭 *Oncorhynchus masou formosanus* (Jordan and Oshima, 1919) 原產於北半球的寒溫帶迴游性魚類，在繁殖期自海中溯河而上，回到出生的河流上游交配、產卵，幼魚孵化後，次年春天再游回海中生長，是臺灣唯一的寒帶魚類，歷經百萬年的演化，而能在獨特環境中孑遺的古生物、活標本，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。但因長期封閉在高山溪流裡，且生長在亞熱帶的台灣，已完全喪失了迴游的本能。這種陸封型的鮭鱒魚類，目前也只有在日本、韓國及大陸東北地區曾經發現過，而臺灣櫻花鉤吻鮭是世上地理位置分佈最南端的魚類，在 50 年前整個大甲溪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。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，而受到全球矚目，一致公認此鮭魚與世界上有活化石之稱的「腔棘魚」相提並論 (汪，1992; 1994; 林等，2011; 雪霸公園網頁)。

棲地的破壞往往是造成物種滅絕的主因，此鮭魚於日據時代 (1911-1941) 原生存於大甲溪上游的各主要支流中，包括司界蘭溪、高山溪、七家灣溪、有勝溪、南胡溪與合歡溪等都可發現蹤影 (雪霸公園網頁)。但近幾十年來因經濟的快速發展，造成集水區的農業開發，間接破壞了植被的遮陰效果，導致溪水溫度升高 (此鮭魚生存的限制因子為水溫不得超過 16 °C)，同時農藥的濫用，水質的優氧化，攔砂壩的興建，棲地的破碎化等等原因，使得臺灣櫻花鉤吻鮭的生存棲地面臨了空前的危機 (汪，1992; 1999; 農委會等，2000; 雪霸公園，2000; 雪霸公園網頁)。因溪流環境改變，如防砂壩將棲地片段分割、遊憩活動及農業的開發污染、天然災害如颱風、洪水肆虐及前人的捕捉，族群數量嚴重受影響而有絕種之虞，政府積極復育，且以生物多樣性為標的，長期生態監測為手段，建立生態模式，2005 年起擴大以武陵地區溪流與司界蘭溪為研究地點，依循長期生態系統研究之模式，委由中興大學林幸助教授主持，建構武陵長期生態監測研究 (WLTER)，設立永久測站，持續相關環境與生態監測工作，並整合重點監測項目，包括棲地、水文、泥沙、水質、藻類、濱岸植被、水棲與陸棲昆蟲、兩生類、魚類與鳥類等時空動態變化資料，已建立相當完整的基礎，提供主管機關的經營管理之參考 (林等，2011)。

雪霸國家公園管理處於 2009~2014 年陸續於司界蘭溪、羅葉尾溪等臺灣櫻花鉤

吻鮭歷史棲地進行鮭魚放流及環境監測，目前放流個體已可於羅葉尾溪棲地自然繁殖，且鮭魚往有勝溪移動分布（林等，2012）。而雪霸國家公園管理處為擴大臺灣櫻花鉤吻鮭棲息溪段增加族群基因交流，於2011年5月完成七家灣溪一號防砂壩改善工程，結果發現原分布於七家灣溪下游的臺灣鏟頰魚藉由改善後的一號壩廊道，已可上溯至一號壩上游（曾，2012）。本計畫則為監測七家灣溪一號壩壩體改善後對鮭魚重要食餌—水棲昆蟲之群集變化的影響，並同步進行羅葉尾溪、有勝溪棲地水棲昆蟲群集、生物量等調查監測，以與歷年監測結果進行動態變化之分析，並比對七家灣溪、有勝溪水棲昆蟲群集組成差異，所收集資料可建置於歷年監測資料庫。

(二) 水棲昆蟲

與臺灣櫻花鉤吻鮭息息相關的食物來源之一的水棲昆蟲，也在武陵地區進行了相當多年的研究。最早為上野（1937）對12尾臺灣櫻花鉤吻鮭胃內容物所作調查，其中96%為昆蟲，水棲昆蟲更佔74%。由於水棲昆蟲是臺灣櫻花鉤吻鮭最主要營養來源，是相當重要的棲地因子，因此在農委會與雪霸國家公園等單位支持下，陸續有對武陵地區水棲昆蟲相與相關生態的研究報告（黃，1987；楊等，1986；楊及謝，2000）。綜合前人多年研究成果，武陵地區水棲昆蟲種類仍相當豐富，約有6目40至60種（Taxa or 形態種），主要種類為四節蜉蝣科（約佔總隻數25~30%）、扁蜉蝣科（約佔總隻數10%）、沼石蛾科（約佔總隻數10%）、流石蛾科（約佔總隻數5%）、網石蛾科（約佔總隻數3%）、長角石蛾科（約佔總隻數3%）及搖蚊科（約佔總隻數10~15%）（Shieh & Yang, 2000）。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（Shieh & Yang, 2000; 郭等，2004）。

雖然Shieh及Yang（2000）報導74-75及84-85兩個年度，在10年間水生昆蟲數量下降約至原有之半。惟此結果是否足以代表棲地逐年劣化趨勢（Trend）或僅為個別年度差異而已，實有賴於長期的監測調查，如此可增加統計可信度外並對颱風或人為干擾事件影響有更佳的診斷。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74-75年及84-85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。

我們自2003年起的調查結果顯示，並2000年報導40分類群（Taxa）相比，此地區的物種數逐年微量增加，雖可能因測站及採集月份增多有關，但每樣站仍可採到40分類群（Taxa），全年的物種數57~67分類群（Taxa），暗示我們所採的樣本中

已包含了此地水棲昆蟲群集的所有（或幾乎所有）物種數了。就物種數及科數而言，七家灣溪棲地並沒有劣化（林等，2009），也充分顯現出棲地保育的績效。例如，農業區下游之觀魚台測站於2006年農地回收後，水棲昆蟲數量及中大型食餌比例明顯持續上升並較以往及大部分其他測站為高，多樣性指數及 RBPII 數值波動上下限區間範圍已提升，棲地評比已提升至優良測站，且二號壩測站（農業區旁），多樣性變高及棲地評比提升，證實農地回收政策已具有成效（郭，2014）。

過去40年來受颱風及梅雨影響，溪流流量暴增，至2008年，以2005年為最嚴重的一年，其次依序為2007年、2008年、2004年，是此地流量暴增的前4名（Chiu et al., 2008）。2012年的溪流流量暴增，可以進前五名。由連續10年以上（2003年至2014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集中體型較大物種之比例下降（郭，2010，Chiu & Kuo, 2012）。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。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，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集結構及組成之影響（郭，2008），而由歷年中大型食餌數據也證實了洪流對昆蟲群集結構及組成之衝擊（郭，2009）。就整體趨勢而言，若當年度有發生洪水，將導致來年年初中大型食餌密度下降（Chiu & Kuo, 2012）。2012年又見大型洪流的發生，隔年（2013年）水昆及中大型食餌持續受此影響，其年初的密度高峰已大幅下降，同於2005至2009年的低水平，2014年年初水昆及中大型食餌數量將較2013年年初低迷。因此進行2003年至2014年，洪水流量與中大型食餌密度之迴歸分析（ $y = 1.2 + 2.1x - 0.6x^2$, $p = 0.039$, $R^2 = 0.51$, $x =$ 當年最大流量, $y =$ 次年中大型食餌密度，流量資料來自台灣電力公司水文水資源資料管理供應系統），顯示若當年度有極端流量（過低 $< 10 \text{ m}^3/\text{s}$; 過高 $> 200 \text{ m}^3/\text{s}$ ）發生後，次年1、2月之中大型食餌密度大幅降低（郭，2014）。由過去研究發現洪流減弱，長角石蛾 *Stenopsychidae*（大體形物種）會增加及黑管石蛾 *Uenoidae* 回復採樣之記錄，我們認為毛翅目這二物種可作為極端洪流的生物指標（郭，2012）。

整合10年來武陵地區水棲昆蟲對能量的利用情形，發現水棲昆蟲5個取食功能群之群集組成都存在，七家灣溪、桃山西溪及高山溪皆以採食者（33~46%）及刮食者（35~37%）為主，而有勝溪則以採食者（73%）為優勢取食功能群，其他取食功能群之組成皆佔10%以下，明顯不同於其他溪流，且有勝溪的刮食者及捕食者，尤

其是刮食者（8%），所佔比例相較於其他溪流較低（郭，2012）。

（三）棲地評比及多樣性

每年季節性的颱風及暴增的流量，常讓此地接受嚴峻考驗（Chiu et al., 2008），棲地評等往往在颱風及洪流衝擊後都會趨向劣化，各測站多樣性指數也受到影響，長期監測水棲昆蟲在每年前半年多樣性指數波動小於後半年，且颱風強度越大波動變大（林等，2009）。2003~2016年以快速生物評估法II（Rapid Bioassessment Protocol II, RBPII）作為棲地評價標準，並以武陵地區之高山溪為無干擾參考站（Plafkin et al., 1989）。就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，群集結構變化受此強力的物理因子影響遠大於水質或棲地因子，群集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，且其他研究也顯示季節性變化會明顯影響棲地評估的準確性（Šporka et al., 2006; Alvarez-Cabria et al., 2010）。因此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。

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，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，下半年洪流過後，年終至隔年年年初之持續拓殖回復，物種數之增加的確會多樣性上升，具正相關，而小型且生活史短之物種，則因非常態干擾影響，其比例提升導致均勻度下降，終究會造成多樣性降低。這樣的現象說明了颱風及梅雨季節所帶來洪流對多樣性有一定的影響力，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（Chiu & Kuo, 2012）。

（四）一號壩壩體改善部分拆除工程的影響

一號壩壩體改善工程對七家灣溪的水棲昆蟲群集產生約2.5個月的短期負面直接影響，導致數量和多樣性下降，且壩體下游兩測站受到影響較上游兩測站來的大（Chiu et al., 2013）。拆壩後再遭受到大雨引起的洪水衝擊為另一重要事件，此洪水除了本身的影響力，會結合拆壩再重演一次負面直接影響，加深此次洪水的衝擊。一號壩下游測站首當其衝，水棲昆蟲個體數及多樣性大幅下降，顯現出受到洪水及改善工程的影響，可能還有間接的、慢性的長期衝擊：例如水棲昆蟲的棲息環境的改變，引起食物鏈和生態結構的逐步變化（Chiu et al., 2013）。

一號壩壩體改善工程施工擾動水體後，使得水體中懸浮物質增多（王，2011），對整個水域食物鏈的影響是多環節的。從生態系食物鏈傳遞的角度分析，除了初級生產者藻類受到負面影響外（林等，2011），其它的消費者營養階級的水生生物也會

受到負面影響，對水棲昆蟲短期影響即是族群數量出現下降（郭，2011），並可通過影響食物鏈的傳遞進而影響整個水域生態系統。挖泥掀起的泥沙沖刷進入水域中，壩體下游的空間改變（王，2011），枯枝落葉掉入水域中變少，底層的粗顆粒碎屑下降（林等，2011），下游的環境改變較上游明顯（王，2011；葉，2011）。壩體上游的兩測站，可能季節性變化所造成的影響大於壩體改善短期影響，但壩體下游的兩測站除了季節性變化的影響外，還有壩體改善工程短期衝擊。一號壩下游測站遭受壩體碎片及所釋放大粒徑石頭覆蓋原有溪底底質（葉，2011），此測站首當其衝應遭受較巨大的衝擊，更下游之繁殖場測站相較之下僅遭受細顆粒物質衝擊及掩蓋（葉，2011），結果的確也顯示出一號壩下游測站水棲昆蟲個體數及多樣性大幅下降，並於2013年10月更大幅下降，且下降幅度大於繁殖場測站（郭，2013），如此大幅下降現象，與國外其他研究雷同（Thomson et al., 2005, Orr et al., 2008）。然而2012年8月的颱風所引發的溪流變動，已經不僅是拆壩所造成的影響，大型底質挾帶沖刷到更下游的繁殖場測站，淤積明顯（王，2012），由離一號壩較遠的觀魚台測站及繁殖場測站多樣性指數的波動明顯變大且下降，及水昆數量高峰連續3年仍然低迷，此影響將持續進行中（郭，2014）。

壩體改善工程對壩體上下游的測站呈現出短期的負面衝擊，隨著時間演進，隨後出現的自然洪水事件所造成的洪水衝擊，除了本身的影響力，會與壩體事件結合，再重演一次並加深此次洪水所造成的衝擊外，壩體下游的測站受到影響較上游來的大。結果顯示颱風所引發的洪流的确造成如此的影響，一號壩下游測站首當其衝遭受較巨大的衝擊，水棲昆蟲個體數下降幅度較大，且多樣性下降至最低，其次為繁殖場測站。2012~2014年的洪水衝擊，可以看到拆壩後的影響力已可達一號壩上游棲地，當然一號壩下游測站也因底質嚴重掏刷也同受衝擊，同時表現出水棲昆蟲數量及多樣性大幅下降，影響距離及時間，持續監控中（郭，2014）。

二、材料與方法

(一) 研究地區

本年度的計劃範圍詳如圖 3-1，水棲昆蟲採樣係以武陵地區為主，包含七家灣溪、高山溪、有勝溪、羅葉尾溪等設置樣站進行一年四次（2、4、5 及 10 月），及合歡溪上游測站則配合台灣櫻花鉤吻鮭放流計畫，一年採樣兩次（5 月、10 月）。於計劃範圍內所設置的 13 個永久樣站進行水棲昆蟲監測及研究，分布地點如圖 3-1，詳述如下：

1. 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，植被多生長於兩側山壁之上。
2. 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。
3. 觀魚台測站於武陵地區農業區的下游處，雪霸國家公園管理處往上游的河段，其河床底質也多为礫石及鵝卵石。
4. 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。
5. 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，其河床底質也多为礫石及鵝卵石。
6. 繁殖場測站在高山溪及七家灣溪的匯流處，新建繁殖場旁的河段，河道較為寬闊，河床底質多为礫石及鵝卵石。
7. 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。
8. 南湖登山口測站位於羅葉尾溪測站下游之思源啞口，溪流底質多泥沙、礫石並常有許多藻類附生其上，濱岸植多芒草類植物，並時常遮蔽河道。
9. 羅葉尾溪測站為有勝溪上游之測站。河道寬約 5 公尺。溪流型態較崎嶇深淺不一，且溪流底質粒徑多樣，可見淺流、淺瀨亦有部份深潭。該測站區段之濱岸植物生長茂盛並遮蔽部分河道，因此河道之日照稀疏。
10. 勝光測站位於勝光派出所旁，一側緊鄰農業區，另一側則為山壁，溪流深度較淺，底質多为礫石，鵝卵石以及泥沙組成。
11. 有勝溪下游測站位於勝光測站之下游處，距離鄰近農業區約 200 公尺，水深較淺且底質較小，以礫石，鵝卵石以及泥沙為主。

12. 有勝溪測站，位於雪霸國家公園入園收費口旁，為有勝溪最下游處之測站。河床底質多為泥砂、礫石及鵝卵石。一側為滿布灌木之山壁，另一側緊鄰道路。
13. 合歡溪上游測站，位於合歡溪上游的華崗水源地。水深約0.3-1.5 m，部分區域達1.5 m以上。寬度約5-10 m。底質多為礫石及鵝卵石。兩側皆聳立滿布青苔之岩石峭壁，峭壁上方約6-8 m處始出現許多低矮灌木叢及爬藤類植物。

本計畫範圍內所設置的 13 個永久樣站之座標

測站名稱	座標	
桃山西溪測站	E 121°18'27.0"	N 24°23'52.9"
二號壩測站	E 121°18'36.4"	N 24°22'55.7"
觀魚台測站	E 121°18'38.0"	N 24°22'15.0"
一號壩上游測站	E 121°18'41.9"	N 24°21'48.8"
一號壩下游測站	E 121°18'41.9"	N 24°21'49.8"
高山溪測站	E 121°30'75.0"	N 24°35'87.0"
繁殖場測站	E 121°18'49.8"	N 24°21'16.1"
羅葉尾溪測站	E 121°21'4.30"	N 24°23'40.4"
南湖登山口測站	E 121°21'6.80"	N 24°22'28.6"
勝光測站	E 121°21'8.50"	N 24°22'13.4"
有勝溪下游測站	E 121°19'21.3"	N 24°21'5.80"
有勝溪收費口測站	E 121°50'37.0"	N 24°58'15.0"
合歡溪上游測站	E 121°15'10.9"	N 24°09'48.0"

(二) 研究方法

各樣站在 50 公尺範圍內以定面積之舒伯氏水網 (Surber sampler) (網框面積 30.48 × 30.48 cm, 網目大小為 250 μm) 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 70~75 % 酒精中, 攜回實驗室並使用分類檢索資料以鑑定出分類群 (Taxa) (Kang, 1993; Kawai and Tanida, 2005; Merritt et al., 2008)。參考臺灣櫻花鉤吻鮭的食性分析 (郭, 2008; Liao et al., 2012), 將整個水棲昆蟲類群可能的中大型食餌 (e.g. 體長大於 1cm), 包含蜉蝣目 (蜉蝣科、扁蜉蝣科)、毛翅目 (長角石蛾科、流石蛾科、網石蛾科、弓石蛾科)、積翅目 (石蠅科) 及雙翅目 (大蚊科) 等 4 目 8 科 19 分類群水棲昆蟲數量加總計算並以時間動態呈現其變化。

各測站昆蟲之分類群及數量輸入統計軟體 PRIMER 6 進行 Shannon-Wiener's index 分析多樣性 (Ludwing and Reynolds, 1988; Krebs, 1999)。

Shannon-Wiener's index

$$H' = - \sum [P_i \ln P_i]$$

P_i = proportion of total sample belonging to i 'th taxon = n_i/N

n_i = number of individuals of taxon i in the sample

$N = \text{total number of individuals in the sample} = \sum n_i$

$H' = 0$ 時表示此採樣站僅發現一個物種；當物種愈多，個體數越平均時， H' 愈大。

參考美國環保署之快速生物評估法II (Rapid Bioassessment ProtocolII, RBPII) 作為棲地評價標準(Plafkin et al., 1989)，因此本研究地區係以高山溪為無干擾參考站，各測站依據和無干擾參考站之相對分數範圍評比棲地無損害 (>79 %)、中度損害 (29~72 %) 及嚴重損害 (<21 %)，其中此分數範圍間的不確定區間 (如 79 到 72 % 以及 29 到 21 %)，則需要額外增加棲地的物理化學因子等資訊，才能決定此棲地損害評比。

RBPII可反應出群集結構及功能之整合指標，共有八項生物指標，其分別為：

1. 分類群豐度 (Taxa Richness)，在採樣站所採獲之水棲昆蟲的分類群。
 2. Hilsenhoff生物指標 (BI)，與科級生物指標 (FBI) 相同，唯在分類鑑定上，必須至屬或種之層級。
 3. 樣本中刮食者與濾食性採食者個體數之比例 (Ratio of Scrapers/Fil. Collectors)。
 4. 蜉蝣目 (Ephemeroptera, E)、積翅目 (Plecoptera, P) 及毛翅目 (Trichoptera, T) EPT 三目與搖蚊科 (Chironomidae) 豐度之比例 (Ratio of EPT and Chironomid Abundances)。
 5. 優勢科級分類群所佔的百分比 (Percent Contribution of Dominant Family)。
 6. 蜉蝣目 (E)、積翅目 (P) 及毛翅目 (T) 三目水棲昆蟲的種類數之和 (EPT index)。
 7. 群集失落指數：Community Loss = $(d-a)/d$ ，其中d：在參考站所採獲之全部種類數，a：在採樣站採獲之種類數。
 8. 樣本中碎食者與全部個體數之比例(Ratio of shredders and Total)(Plafkin et al., 1989)。
- 快速生物評估法II中之水質評定流程 (Plafkin et al., 1989)。

利用武陵地區 2003 到 2006 的所有樣站的生物量資料，去推算本研究各站各時間生物量，例如各站各時間的各分類群數量乘上相對應季節 (1-3、4-6、7-9 及 10-12 月) 之相同科級平均體重 (溼重)，如無此科級則採用目級計算。

$$B_i = \sum_j W_{ij} \times N_{ij}$$
$$W_{ij} = SW_{kp}$$

B_i 為第 i 時間點的生物量， W_{ij} 為第 j 科級分類群在第 i 時間點的平均個體體重， N_{ij} 為第 j 科級分類群在第 i 時間點的數量。

SW_{kp} 為第 p 科級或目級分類群於第 k 季的平均個體體重，其中第 j 科級分類群屬於

第 p 科級或目級分類群，以及第 i 時間點屬於第 k 季。

將各站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，以此來推測及判定各測站之關係 (Clarke and Warwick, 2001)。

三、結果

(一) 物種數及個體數

本年度 2 月、4 月、5 月及 10 月採樣調查水棲昆蟲共計有 65 分類群 (Taxa)，分屬 5 目 36 科；位於七家灣溪之 7 個測站共計有 56 分類群 (Taxa)，分屬 5 目 32 科 (表 3-1、表 3-3、表 3-5、表 3-7)；位於有勝溪之 5 個測站共計有 57 分類群 (Taxa)，分屬 5 目 32 科 (表 3-2、表 3-4、表 3-6、表 3-8)。而 2016 年 2 月及 4 月於七家灣溪各測站中則以桃山西溪最多，約達 2200 與 1600 昆蟲 (個體數/平方公尺)，5 月則以高山溪 3310 昆蟲 (個體數/平方公尺) 為最高，所有測站於 10 月皆降至最低點；有勝溪 2 月、4 月、5 月則皆以南湖登山口之 2200、1350 與 5100 昆蟲 (個體數/平方公尺) 為最多。2016 年年初之高峰較 2015 年低，降至 3000 昆蟲 (個體數/平方公尺) (圖 3-2)。

(二) 中大體型食餌

圖 3-3 為各站所採獲中大體型水棲昆蟲數量 (臺灣櫻花鉤吻鮭之可能大型食餌) 以時間動態呈現其變化，圖 3-3 可看出和圖 3-2 有相似之季節豐度變化，皆於 10 月至隔年 1 月或 2 月為上升趨勢，以及後續其較低數量水平。2016 年年初之數量皆較 2015 年低，且高峰出現在 5 月，10 月又降至最低。

七家灣溪 7 測站中，2 月、4 月、5 月最多中大體型水棲昆蟲為觀魚台 575、300、1130 昆蟲 (個體數/平方公尺)、10 月各測站皆降至最低，為 10-155 昆蟲 (個體數/平方公尺)；有勝溪 5 測站 2 月、4 月、5 月、10 月最多為南湖登山口 425、290、735、62 昆蟲 (個體數/平方公尺) (圖 3-3)。

(三) 生物量

武陵地區溪流及有勝溪中的水棲昆蟲生物量變化與中大體型食餌相相似，在每年年初達最高峰，之後隨時間遞減，颱風季來臨時，生物量最少，再逐漸增加至隔年年初，如此週而復始，2016 年高峰出現在 5 月 (圖 3-4)。七家灣溪自 2011 年壩體改善後其高峰之生產量逐漸下滑至 2014 年 1700~3400 毫克/平方公尺 (圖 3-5)，而於 2015 年再度回升至 5000~9400 毫克/平方公尺；低峰亦較 2014 年之 250~1200 毫克/平方公尺微幅攀升至 2015 年之 1900~2800 毫克/平方公尺，2016 年年初則稍降至 800-2100 毫克/平方公尺，至 2016 年 5 月較年初稍攀升至 1750~3000 毫克/平方公尺，10 月分則降至 160~260 毫克/平方公尺 (圖 3-4)。有勝溪位於下游之南湖登山口測站於 2016 年 5 月之最高峰可達 10800 毫克/平方公尺，而上游羅葉尾溪測站 3200 毫克/

平方公尺，似乎在 2014~2016 年下游有大於上游之趨勢，但在 10 月份時，下游之南湖登山口測站降至約 140 毫克/平方公尺，上游之羅葉尾溪測站達 810 毫克/平方公尺（圖 3-4）。

(四) 多樣性

由 2003~2016 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，其他各測站則在這兩測站之指數值間波動，十年來棲地品質已有提升之趨勢，尤其是有勝溪測站及觀魚台測站（圖 3-5）。2016 年 2 月數值約介於 1.8~2.5 之間，4 月、5 月、6 月則降至 1.3~2.4 之間，且皆以有勝溪測站為最低，繁殖場測站為最高，相較於 2015 年則呈現些微上升之趨勢（圖 3-5）。

(五) 棲地評比

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 3-6）。往年皆以颱風過境時，多數測站一致顯示棲地大幅劣化情況，且以有勝溪測站最為明顯。2016 年 2 月、4 月、5 月、10 月七家灣溪各測站除 5 月份有勝溪收費口為中度損害之外，其餘皆為無損害程度，而勝光測站 2 月及 4 月，2 月份之有勝溪測站、4 月份之南湖登山口測站及 5 月有勝溪下游測站皆為中度損害程度，其餘測站皆維持無損害程度（圖 3-6）。

(六) 群聚結構

2003~2016 年各測站之 MDS 分析顯示於圖 3-7。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 10 年以來為一類群，而其他測站為另一類群，不過分析圖上可看出兩類群於 2009 年到 2016 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 的正向），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，2008~2010 年仍有此律動，且 2011 年結構已回移至 2003 年的狀態，並超越而成為此轉移方向的新極值，直到 2012 年及上半年仍維持於此回移範圍內。然而，2012 年 6 月到 8 月的泰利、蘇拉與天秤颱風過後，以及 2013 年 7 月到 10 月的蘇力、潭美、康芮、天兔及菲特等颱風過後，再度轉移至 2005 年~2009 年間的群聚結構，以致 2013 年並無完全回復至 2011 年到 2012 年狀態，水昆類群已開始偏向至 2005 年~2009 年間的群聚結構，不過 2014 年則回復至 2011 年到 2012 年狀態，而於 2016 年前半年亦呈現與 2011~2015 年相仿之狀態。總括而言，每年前半

年都會回移，但後半年則受颱風季節之洪流強度影響，而改變為另一方向之相對應轉移量（圖 3-7）。

(七) 一號壩壩體改善部分拆除工程的影響

由圖 3-8 及圖 3-9 得知水棲昆蟲生物量及個體數於壩體改善初期，壩體上游的兩測站一直都較壩體下游的兩測站為多，但於 2015~2016 年的資料顯示，壩體上下游之分界不若以往明顯，這可能表示壩體改善後，上下游之棲地環境差異正在逐漸縮小。壩體下游的一號壩下游測站水棲昆蟲個體數由 2011 年 5 月 17 日的 1100 昆蟲(個體數/平方公尺)大幅降至 5 月 31 日(拆壩後第 1 天)的 70 昆蟲(個體數/平方公尺)；更下游之繁殖場測站水棲昆蟲個體數則由 5 月 17 日的 1300 昆蟲(個體數/平方公尺)大幅降至 5 月 31 日(拆壩後第 1 天)的 600 昆蟲(個體數/平方公尺)。因 2011 年 6 月下旬之米雷颱風所造成的洪水，兩者於 7 月 4 日又降至 300~500 昆蟲(個體數/平方公尺)，一號壩下游測站下降較大，繁殖場測站於 8 月大幅回升至 3200 昆蟲(個體數/平方公尺)，而一號壩下游測站於 9 月才回升至 3200 昆蟲(個體數/平方公尺)。2011 年 8 月下旬強烈颱風南瑪都侵台，10 月份調查結果，一號壩下游測站大幅下降至 300~800 昆蟲(個體數/平方公尺)，2012 年年初有回升至 4700~7000 昆蟲(個體數/平方公尺)，但 2012 年 6 月到 8 月的泰利、蘇拉與天秤颱風過後降至 600 昆蟲(個體數/平方公尺)以下，10 月時有回升至 600~2000 昆蟲(個體數/平方公尺)，並在 2013 年年初水昆密度高峰呈現 1900~4600(個體數/平方公尺)，其中離壩體較遠的兩站(觀魚台與繁殖場測站)之水昆密度則高於緊鄰壩體的一號壩上游及下游測站，2013 年蘇力、潭美、康芮、天兔及菲特等颱風過後，10 月則降至 60~200 昆蟲(個體數/平方公尺)，其中緊鄰壩體的一號壩下游為最低值；2014 年 2 月則升至 1200~2800 昆蟲(個體數/平方公尺)，於 2015 年 2 月進而提升至 3000~5300 昆蟲(個體數/平方公尺)而 6 月則下滑至 1200~1500(個體數/平方公尺)，10 月則降至 60~200 昆蟲(個體數/平方公尺)；2016 年 2 月回升至 600-1500 昆蟲(個體數/平方公尺)，4 月則降至 550-800 昆蟲(個體數/平方公尺)，5 月回升至 1600-2800 昆蟲(個體數/平方公尺)，9 月底受梅姬颱風影響，10 月初則降至 100-170 昆蟲(個體數/平方公尺)(圖 3-9)。

壩體上游的一號壩上游測站有山溝水匯入，壩體下游的一號壩下游測站有一號防砂壩在此，過去這兩測站 Shannon- Wiener's index 值較觀魚台測站為低，且前半年多樣性指數波動小於後半年時期，颱風強度越大時似乎會造成較大波動(圖 3-10)。2011 年年初這兩測站在維持 2.4~2.5(壩體改善前)，和觀魚台測站及繁殖場測站相比則不相上下(圖 3-10)。2011 年壩體改善工程後一個月內，壩體上下游的四測站皆

明顯受到衝擊，顯現出多樣性指數之不確定性，波動變化加劇尤其是壩體下游的一號壩下游測站，Shannon- Wiener's index 值由 2.5 下降至 1.7，成為四測站中最低者(圖 3-10)，颱風季節使得壩體上下游的四測站再次承受負面衝擊，再一次且加深下降幅度，一號壩下游測站由 2.5 下降至 1.5 且為最低者，雖然 2012 年 2 月回升至 2.4，但可能因 2012 年 4 月的降雨較多而流量提升，使此測站再降至 1.1 (圖 3-10)。由於壩體改善後期需要長時間回復 (Thomson et al., 2005)，未來將需一段較長時間並待回復後才能清楚釐清是受山溝水影響，或與壩體改善工程有關，或受每年颱風洪水的衝擊，彼此之因果關係，必須持續關注，但由圖 10 仍可看出，每年的多樣性波動範圍已逐漸縮小，MDS 分析顯示於圖 3-11。四壩測站昆蟲組成以一號壩下游測站變化較大，但都趨向 MDS 軸一負值向驅動，經過 2.5 個月，順著 MDS 軸一正向歸回，各測站回至相似結構。由快速生物評估法II所得之相對分數可知，各測站無損害(圖 3-12)。

(八) 合歡溪上游

5 月於合歡溪上游採獲 22 個分類群 (Taxa)，分屬 4 目 14 科;10 月則降至 10 個分類群 (Taxa)，分屬 3 目 8 科，共計有 24 分類群 (Taxa)，分屬 4 目 12 科(表 3-6、表 3-8)。合歡溪 5 月及 10 月水蟲密度分別為，680.8 (個體數/平方公尺) 及 179.2 昆蟲 (個體數/平方公尺)(表 3-9); 中大體型水棲昆蟲數量 155.9 及 59.1 (個體數/平方公尺)(表 3-9)。生物量為 5 月為 607.7 毫克/平方公尺，10 月則降至 114.9 毫克/平方公尺(表 3-9)。快速生物評估法II所得之相對分數可知，無損害(表 3-9)。

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，合歡溪兩次採樣之水棲昆蟲相，明顯較七家灣溪少，且沒有採獲毛翅目，但 Shannon- Wiener's index 數值為 2.3 及 1.6，落在武陵地區各測站之數值上下限範圍內(見表 3-9)。

(九) 2016-04-9 武陵地區森林大火的影响

2016.04.9 台中市和平區台七甲線 52.5 K 對面的第 38 林班地發生火燒山，林務局東勢林管處動員 157 人上山滅火，空勤總隊出動直升機吊掛水袋灌救，火勢一度威脅櫻花鉤吻鮭棲地，統計延燒面積約 14 公頃[自由時報記者歐素美/台中報導]。火災現場距離台灣櫻花鉤吻鮭的棲息地七家灣溪水平距離約 300 公尺，相關位置圖詳見圖 3-13，可看出正好接近七家灣溪壩體改善工程及有勝溪下游樣站。

森林大火的起因大多數是因人為疏忽而引起的，東勢林區管理處處長李炎壽表示，該區 90 年就曾發生森林大火，目前為針闊葉林復育區，主要種植紅檜、台灣檫等樹種，樹齡約 6、7 年，價值不高。由於一週前的連日雨，土壤潮濕讓芒草都長出，

才會讓火勢蔓延〔記者李忠憲／台中報導〕。雪霸國家公園管理處武陵管理站主任廖林彥指出，暫時不會影響國寶魚台灣櫻花鉤吻鮭，由 5 月份的採獲水蟲數量結果可發現暫時不受火災（圖 3-1）。

2011 年 2 月至 2016 年 5 月之水棲昆蟲與水質的變動見圖 14，本研究用來探討水棲昆蟲變動相關因子之複迴歸分析，共選擇 pH、溶氧、導電度、水溫等 4 個因子進行逐步迴歸分析，模式解釋之變異度 (R^2) 如表 3-10 所示。結果顯示，一號壩下游樣站之水蟲受導電度及溶氧量正相關 ($R^2 = 0.4488, p = 0.0056$)；有勝溪下游樣站之水蟲與溶氧量及導電度正相關、水溫負相關 ($R^2 = 0.5220, p = 0.0034$) (見表 3-10)。此外繁殖場樣站之迴歸模式不成立 ($p = 0.2218$)。

本研究採用 2004 至 2015 年，每年 6 月及 10 月台灣櫻花鉤吻鮭數量資料，以複迴歸分析颱風季節前 (6 月) 及颱風季節後 (10 月) 影響鮭魚數量的相關因子，共選擇中大型食餌水昆數量、pH、溶氧、導電度、濁度、水溫、雨量等 7 個因子，以逐步迴歸及 AIC 值最小準則篩選出最終模型，如表 3-11 所示。颱風季節前 (6 月) 迴歸不成立 ($p > 0.05$)，颱風季節後 (10 月) 可看出鮭魚族群數量與水昆、pH 值、濁度、水溫正相關，與導電度負相關。經過複迴歸分析，顯示颱風季節後鮭魚數量可考慮以水昆、溶氧、水溫、濁度、pH 及導電度等因子表現其變化，產生的迴歸模型解釋變異度可達 0.9384 (調整後的 R^2 值亦達 0.8767, $p = 0.048$)。6 月及 10 月台灣櫻花鉤吻鮭數量合併分析結果顯示，鮭魚與水昆正相關，與導電度負相關，水昆因子最為重要 ($R^2 = 0.2592$, 調整後的 R^2 值為 0.2239, $p = 0.0131$)，颱風季節後水昆因子解釋變異度可達 0.5589 (調整後的 R^2 值亦達 0.5099, $p = 0.0082$) (見表 3-11)，證明水昆與鮭魚息息相關，因此日後在進行相關模式研究時，可考慮將這些因子納入，以提升模式預測的準確性。

四、討論

(一) 物種數及個體數

2013 年調查水棲昆蟲有 63 分類群 (Taxa)，由過去調查結果顯示，2003 年 46 分類群 (Taxa) (郭，2003)、2004 年 43 分類群 (Taxa) (郭，2004)、2005 年及 2006 年 45 分類群 (Taxa) (郭，2005; 2006)、2007 年 48 分類群 (Taxa) (郭，2007)、2008 年 52 分類群 (Taxa) (郭，2008)、2009 年 59 分類群 (Taxa) (郭，2009)、2010 至 2013 年 63~67 分類群 (Taxa) (郭，2010、2011、2012 及 2013)，以及楊與謝 (2000) 報導有 40 分類群 (Taxa) 相比，物種數逐年微量增加。2010 年及 2011 年可採到 64 及 67 分類群 (Taxa)，可能與測站及採集月份增多也有關，而到了 2012 及 2013 年物種數則沒有再增加而持平，為 63 分類群 (Taxa)，2014 年則為 57 分類群 (Taxa)，2015 年為 58 分類群 (Taxa)，2016 年為 65 個分類群。

近年來受颱風及梅雨影響，溪流流量暴增，過去 40 年來至 2008 年，以 2005 年為最嚴重的一年，其次依序為 2007 年、2008 年、2004 年，是此地流量暴增的前 4 名 (丘，2009)。2012 年的溪流流量暴增，可以進前五名。由連續 10 年以上 (2003 年至 2014 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，2010)。由圖 3-2 及圖 3-3 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，但受到 2004 年及 2005 年洪流影響，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 10 年數據以上可看出，流量為常態發生而非突然暴增時，其隔年年初中大型食餌比例則會增加，此現象發生於 2003 年初及 2010~2012 年初，反之，嚴重洪流出現，隔年年初中大型食餌比例則會下降，數據顯示，2012 年受到 8 月的中度颱風影響，而 2013 年年初高峰之水昆及中大型食餌數量皆變少，重演 2005 至 2009 之大型洪水的影響。2013 年受到颱風影響，10 月水昆數量大幅下降，且 2014 年年初水昆及中大型食餌數量也較 2013 年年初低，但 2015 年年初中大型食餌數量已上升且較 2012~2014 年年初高峰為多，後半年受到南卡、蘇迪勒、天鵝及閃電等颱風影響，又再度下滑且較 2014 年 10 月為少，2016 年年初則有上升，但高峰落在 5 月，10 月則因受颱風影響又降至當年最低。

(二) 多樣性

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）。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（Chiu & Kuo, 2012），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 2007~2014 年相近時期的數值變化，而 2012~2014 年洪流過後，雖然物種數必然減少，不過多樣性大致持平或小幅上升，乃因均勻度上升；另一方面，2013 至 2016 年數量持續回升，優勢物種數量增長更甚，終致均勻度下降，而呈現 2 月或 4 月有些測站之多樣性下降。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。

(三) 棲地評比

以 2003~2016 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，且幾乎所有測站 2011 年颱風季節後，棲地劣化幅度最小，然而於 2012 年颱風季節後，棲地劣化幅度又再增大；一號壩下游測站首當其衝，由 2013~2014 年 6 月~10 月維持在中度損害程度，此結果說明了 RBPII 或許可用來偵測到颱風所引發的洪流對武陵地區溪流之影響，但似乎無法僅與洪流強度有關聯，應還有其他因子的交互作用也包含在內，其他研究也顯示季節性變化會明顯影響棲地評估的準確性（Šporka et al., 2006, Chiu -Cabria et al., 2010）。另一方面，2015 年 2 月~6 月除了觀魚台測站及 10 月有勝溪收費口中度損害，

其餘測站皆維持無損害程度，顯現出受到洪水及改善工程的影響，七家灣溪已於 2015 年逐漸出現回穩跡象，2016 年 2 月及 4 月七家灣溪各測站為無損害程度，然而，七家灣溪 2016 年 5 月有勝溪收費口測站以及有勝溪於 2016 年 2~4 月以南湖登山口測站、勝光測站與 2~5 月有勝溪下游測站為中度損害程度，需要持續監測變化趨勢。

(四) 一號壩壩體改善部分拆除工程的影響

一號壩壩體改善工程施工擾動水體後，使得水體中懸浮物質增多 (王, 2011)，對整個水域食物鏈的影響是多環節的。從生態系食物鏈傳遞的角度分析，除了初級生產者藻類受到負面影響外 (林, 2011)，其它的消費者營養階級的水生生物也會受到負面影響，對水棲昆蟲短期影響即是族群數量出現下降 (圖 3-9)，並可通過影響食物鏈的傳遞進而影響整個水域生態系統。挖泥掀起的泥沙沖刷進入水域中，壩體下游的空間改變 (王, 2011)，枯枝落葉掉入水域中變少，底層的粗顆粒碎屑下降 (林, 2011)，下游的環境改變較上游明顯 (王, 2011；葉, 2011)。壩體上游的兩測站，可能季節性變化所造成的影響大於壩體改善短期影響，但壩體下游的兩測站除了季節性變化的影響外，還有壩體改善工程短期衝擊。一號壩下游測站遭受壩體碎片及所釋放大粒徑石頭覆蓋原有溪底底質 (葉, 2011)，此測站首當其衝應遭受較巨大的衝擊，更下游之繁殖場測站相較之下僅遭受細顆粒物質衝擊及掩蓋 (葉, 2011)，結果的確也顯示出一號壩下游測站水棲昆蟲個體數及多樣性大幅下降，並於 2013 年 10 月更大幅下降，且下降幅度大於繁殖場測站 (圖 3-9、圖 3-10)，如此大幅下降現象，與國外其他研究雷同 (Thomson et al., 2005, Orr et al., 2008)。然而 2012 年 8 月的颱風所引發的溪流變動，已經不僅是拆壩所造成的影響，大型底質挾帶沖刷到更下游的繁殖場測站，淤積明顯 (林等, 2012)，由圖 3-10 可看出離一號壩較遠的觀魚台測站及繁殖場測站多樣性指數的波動明顯變大且下降，而繁殖場測站降至最低 (1.2)；2013 年年初雖已回復洪水衝擊前水準，然而其水昆數量高峰仍然為低迷，低於 2012 年年初數量高峰之水準。因而此影響將持續，2014 年年初大型水昆數量會低於 2013 年，即自 2011 年年初高峰後，大型水昆密度下降至 2014 年，連續 3 年。就整體趨勢而言，若當年度有發生洪水，將導致來年年初中大型食餌密度下降 (Chiu and Kuo, 2012)，極端流量 (過低 $<10 \text{ m}^3/\text{s}$ ；過高 $>200 \text{ m}^3/\text{s}$) 發生後，次年 1、2 月之中大型食餌密度大幅降低 (郭, 2014)。

壩體改善工程對壩體上下游的測站呈現出短期的負面衝擊，隨著時間演進，隨後出現的自然洪水事件所造成的洪水衝擊，除了本身的影響力，會與壩體事件結合，再重演一次並加深此次洪水所造成的衝擊，且壩體下游的測站受到影響較上游來的

大。結果顯示颱風所引發的洪流的確造成如此的影響，一號壩下游測站首當其衝遭受較巨大的衝擊，水棲昆蟲個體數下降幅度較大，且多樣性下降至最低，其次為繁殖場測站。2012~2014 年的洪水衝擊，可以看到拆壩後的影響力已可達一號壩上游棲地，當然一號壩下游測站也因底質嚴重掏刷也同受衝擊，同時表現出水棲昆蟲數量及多樣性大幅下降，但於 2016 年的資料影響顯示逐漸有回穩之趨勢。

五、結論

本年度水棲昆蟲共計有 65 分類群 (Taxa)，分屬 5 目 36 科。位於合歡溪之測站共計有 24 分類群 (Taxa)，分屬 4 目 12 科，沒有採獲毛翅目。

每年年初為水蟲發生高峰，梅雨及颱風季節對昆蟲群聚結構及組成造成影響，若當年度有極端流量（過低 $< 10 \text{ m}^3/\text{s}$ ；過高 $> 200 \text{ m}^3/\text{s}$ ）發生後，次年 1、2 月之中大型食餌密度大幅降低。2016 年年初之數量較 2015 年低，高峰落在 5 月。

有勝溪在 2014~2016 年下游數量始多於上游至有勝溪測站達到最高峰，而生物量資料亦呈現相同趨勢，顯示出有勝溪之中大型食餌可能逐漸有自上游泊集至下游的趨勢。

各站的群聚結構大致約一年完成一個循環。有勝溪測站連續 10 年以來為一類群，而其他測站為另一類群，兩類群於 2009 年到 2016 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。流量暴增為驅使力量，使群聚結構驅向某一特定群聚結構，每年回復之時期為年初。

壩體改善工程後對水昆產生約 2.5 個月的短期負面直接影響。2012 至 2016 年颱風季，對一號壩下游測站的衝擊較其他三站為大。追蹤 5 年，2016 年的資料影響顯示逐漸有回穩之趨勢。

2016.04.9 火災現場可看出正好接近七家灣溪壩體改善工程及有勝溪下游樣站，由 5 月份的採獲水蟲數量結果可發現暫時不受火災。本研究採用 2004 至 2014 年颱風季節後台灣櫻花鉤吻鮭資料，經過複迴歸分析後，顯示颱風季節後鮭魚數量可考慮以水昆、溶氧、水溫、濁度、pH 及導電度等因子表現其變化，其中又以水昆因子最為重要，證明水昆與鮭魚息息相關，因此，日後在進行相關模式研究時，可考慮將這些因子納入，以提升模式預測的準確性。

火災令人最憂慮的是生態平衡的破壞，是否使溪流生態系的結構和功能遭到破壞，或覆蓋減少造成水溫升高或濱岸陸棲昆蟲減少等對生態系的影響，是否會影響台灣櫻花鉤吻鮭或褐河烏生存及食物來源等，有待觀察。

六、參考文獻

- 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。
- 王筱雯，2011。100年度武陵地區溪流生態系長期監測暨整合研究，第十一章泥沙監測研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 王筱雯，2012。101年度武陵地區溪流生態系長期監測暨整合研究，第十一章泥沙監測研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 丘明智，2009。武陵地區洪流及河烏與溪流昆蟲之關係。國立中興大學昆蟲學研究所博士論文。臺中市。
- 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，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。
- 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。
- 李忠憲，2016。〈中部〉武陵農場旁火燒山，疑人為引起。 <http://news.ltn.com.tw/news/local/paper/977629>。
- 林幸助、徐崇斌、葉昭憲、官文惠、彭宗仁、高樹基、蔡尚惠、郭美華、楊正澤、葉文斌、吳聲海、曾晴賢、孫元勳、邵廣昭。2009。武陵溪流生態系長期生態研究與生態模式建構。國立臺灣博物館學刊, 62(4):13-23.
- 林幸助、王筱雯、吳聲海、官文惠、邵廣昭、孫元勳、郭美華、曾晴賢、楊正澤、葉昭憲、蔡尚惠。2011。武陵地區溪流生態系長期暨整合研究。內政部營建署雪霸國家管理處委託辦理計畫案。
- 林幸助、王筱雯、吳聲海、官文惠、邵廣昭、孫元勳、郭美華、曾晴賢、楊正澤、葉昭憲、蔡尚惠。2012。武陵地區溪流生態系及七家灣溪一號壩防砂壩體改善後研究。內政部營建署雪霸國家管理處委託辦理計畫案。
- 雪霸國家公園編印，2000。雪霸國家公園自然資源研究方向芻議-歷年保育研究計畫總檢討。
- 郭美華，2003。武陵地區水生昆蟲研究(二)。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。
- 郭美華，2004。武陵地區水生昆蟲研究(三)。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。
- 郭美華，2005。武陵地區長期生態監測暨生態模式建立：水棲昆蟲長期生態監測。內政部營建署雪霸國家公園管理處保育研究報告。

- 郭美華，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，2010。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，2011。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，2012。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，2013 台灣櫻花鉤吻鮭歷史溪流放流及環境生態監測計畫，第三章水棲昆蟲研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處保育研究報告。
- 郭美華，2014 七家灣溪及高山溪鮭魚族群及棲地監測，第三章水棲昆蟲研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處保育研究報告。
- 郭美華、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。
- 曾晴賢。2012。武陵地區溪流生態系及七家灣溪一號壩防砂壩體改善後研究。第六章臺灣櫻花鉤吻鮭族群監測與動態分析。內政部營建署雪霸國家管理處委託辦理計畫案。
- 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。

- 葉昭憲，2011。100年度武陵地區溪流生態系長期監測暨整合研究，第二章物理棲地研究。
內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 歐素美，2016。大火燒到門前 雨神救了武陵農場。 <http://news.ltn.com.tw/news/society/paper/977956>。
- Akaike, H. (1974). A new look at the statistical model identification. *IEEE transactions on automatic control*, 19(6), 716-723.
- Alvarez-Cabria, M., Barquin, J. & Juanes, J. A. (2010) Spatial and seasonal variability of macro invertebrate metrics: Do macroinvertebrate communities track river health? *Ecological Indicators*, 10, 370-379.
- Chiu, M.-C., Kuo, M.-H., Sun, Y.-H. Hong, S.-Y. & Kuo, H.-C. (2008) Effects of flooding on avian top-predators and their invertebrate prey in a monsoonal Taiwan stream. *Freshwater Biology* 53: 1335-1344.
- Chiu, M.-C. & Kuo, M.-H. (2012) Application of r/K selection to macroinvertebrate responses to extreme floods. *Ecological Entomology*, 37, 145-154.
- Chiu, M.-C., Yeh, C.-H., Sun, Y.-H. & Kuo, M.-H. (2013) Short-term effects of dam removal on macroinvertebrates in a Taiwan stream. *Aquatic Ecology*, 47, 245-252.
- Clarke, K. R. & Warwick, R. M. (2001) Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. *PRIMER-E*, Plymouth, UK.
- Jordan, D. S., & Oshima, M. (1919). *Salmo formosanus*, a new trout from the mountain streams of Formosa. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 71(2), 122-124.
- Kang, S.-C. (1993) Ephemeroptera of Taiwan (excluding Baetidae). PhD dissertation, National Chung Hsing Univ., Taichung, Taiwan.
- Kawai, T. & Tanida, K. (2005) *Aquatic insects of Japan: manual with keys and illustrations*. Tokai Univ. Press, Tokyo.
- Krebs, C. J. (1999) *Ecological methodology*. Addison-Welsey Educational Publishers, INC., Menlo Park, CA.
- Liao, L.-Y., Chiu, M.-C., Huang, Y.-S. & Kuo, M.-H. (2012) Size-dependent foraging on aquatic and terrestrial prey by the endangered Taiwan salmon. *Zoological Studies* 51: 671-678.
- Ludwing, J. A. & Reynolds, J. F. (1988) *Statistical ecology. A primer on methods and computing*. John Wiley and Sons, New York.
- Merritt, R. W., Cummins, K. W. & Berg, M. B. (2008) *An introduction to the aquatic Insects of North America*. Kendall/Hunt Publ. Co., Dubuque, IA.
- Orr, C. H., Kroiss, S. J., Rogers, K. L. & Stanley, E. H. (2008) Downstream benthic responses to small dam removal in a coldwater stream. *River Research and Applications*, 24, 804-822.

- Plafkin, J. L., Barbour, M. T., Porter, K. D., Gross, S. K. & Hughes, R. M. (1989) Rapid assessment protocols for use in streams and rivers: Benthic macroinvertebrates and fish. EPA 440-4-89-001. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water Regulations and Standards, Washington, D.C.
- Shieh, S.-H. & Yang, P.-S. (2000) 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.
- Šporka, F., Vlek, H. E., Bulánková, E. & Krno, I. j. (2006) Influence of seasonal variation on bioassessment of streams using macroinvertebrates. *Hydrobiologia*, 566, 543-555.
- Thomson, J. R., Hart, D. D., Charles, D. F., Nightengale, T. L. & Winter, D. M. (2005) Effects of removal of a small dam on downstream macroinvertebrate and algal assemblages in a Pennsylvania stream. *Journal of the North American Benthological Society*, 24, 192-207.

表 3-1 2016 年七家灣溪之 2 月水棲昆蟲資源組成及總個體數 (individuals / square meter)

Order	Family	Taxon	桃山西溪	二號壩	觀魚台	高山溪	繁殖場	一號壩上游	一號壩下游	
Coleoptera	Dytiscidae	Oreodytes sp.								
	Elmidae	Zaitzevia sp.A	1.8	10.7	17.9	387.0	252.6	12.5	26.9	
		Zaitzevia sp.B				10.7		7.2	1.8	
	Hydrophilidae	Helobata sp.								
Diptera	Psephenidae	Eubrianax sp.								
	Scirtidae	Cyphon sp.	5.4	9.0	7.2	73.5	41.2			
	Athericidae	Atherix sp.								
		Blepharoceridae	Agathon sp.		1.8			3.6	3.6	
		Bibiocephala sp.	9.0	10.7	1.8	3.6	10.7		1.8	
	Ceratopogonidae	Bezzia sp.				1.8				
	Chironomidae	Chironomidae sp.B	168.4	175.6	39.4	73.5	138.0	109.3	66.3	
		Chironomidae sp.C	19.7	3.6	19.7	32.2	53.7	3.6	3.6	
		Chironomidae spp.	77.0	17.9	30.5	17.9	3.6	14.3	53.7	
		Tanypodinae spp.		1.8	1.8				1.8	
	Empididae	Chelifera sp.			1.8					
		Clinocera sp.B								
	Simuliidae	Simulium sp.	741.7	197.1	14.3	52.0	163.0	48.4	14.3	
	Thaumaleidae	Thaumaleidae sp.			1.8				1.8	
Tipulidae	Antocha sp.			5.4	5.4		5.4	5.4	5.4	
	Eriocera sp.A			12.5	7.2	59.1	78.8	9.0	5.4	
	Eriocera sp.B			9.0	59.1	32.2	10.7	14.3	12.5	
	Ameletidae	Ameletus camtschaticus			9.0	5.4		3.6	1.8	
Baetidae	Acentrella lata	26.9	73.5	41.2	3.6	50.2	17.9	17.9		
	Baetiella bispinosa	166.6	34.0	5.4	10.7	26.9	5.4	5.4		
	Baetis spp.	473.0	130.8	292.0	48.4	227.5	134.4	150.5		
	Caenidae	Caenis sp.				1.8			1.8	
Ephemerellidae	Acerella montana			1.8				1.8		
	Cincticostella fusca		3.6	14.3	1.8	3.6		3.6		
Ephemeridae	Ephemera sauteri									
Heptageniidae	Afronurus floreus			1.8			3.6	1.8		
	Epeorus erratus	1.8								
	Rhithrogena ampla	195.3	247.2	392.4	123.6	301.0	198.9	306.4		
Leptophlebiidae	Paraleptophlebia sp.						1.8			
Plecoptera	Nemouridae	Amphinemura sp.	43.0	59.1	43.0	26.9	32.2	21.5	39.4	
		Protonemura spp.	184.5	84.2	12.5	26.9	34.0	9.0	5.4	
Perlidae	Gibosia sp.			1.8						
	Neoperla spp.	21.5	21.5	64.5	146.9	50.2	17.9	52.0		
Trichoptera	Styloperlidae	Cerconychia sp.	1.8	1.8	9.0	5.4	1.8		1.8	
	Arctopsychidae	Arctopsyche sp.	1.8	5.4	12.5	3.6	10.7			
	Glossosomatidae	Glossosoma sp.	17.9	32.2	16.1	19.7	26.9	5.4	14.3	
	Hydrobiosidae	Apsilochorema sp.		1.8						
	Hydropsychidae	Hydropsyche spp.	16.1	7.2	3.6		1.8	1.8	7.2	
	Lepidostomatidae	Goerodes sp.	3.6	1.8	1.8		1.8		5.4	
	Rhyacophilidae	Himalopsyche sp.	5.4				1.8			
		Rhyacophila nigrocephala	1.8	23.3	39.4	17.9	23.3	10.7	14.3	
		Rhyacophila spp.	10.7	7.2	3.6		7.2	3.6		
	Stenopsychidae	Stenopsyche sp.A	1.8	1.8						
Uenoidae	Uenoa taiwanensis	16.1	7.2							

(資料來源：本研究資料)

表 3-2 2016 年有勝溪之 2 月水棲昆蟲資源組成及總個體數 (individuals / square meter)

Order	Family	Taxon	羅業尾溪放流點	南湖登山口	勝光	有勝溪下游	有勝溪收費口	
Coleoptera	Dytiscidae	Oreodytes sp.	5.4					
	Elmidae	Zaitzevia sp.A	14.3	66.3	1.8	28.7	7.2	
		Zaitzevia sp.B	1.8	1.8		1.8		
	Hydrophilidae	Helobata sp.			1.8			
	Psephenidae	Eubrianax sp.	7.2					
Scirtidae	Cyphon sp.	112.9	44.8					
Diptera	Athericidae	Atherix sp.	3.6					
	Blepharoceridae	Agathon sp.						
		Bibiocephala sp.	7.2			1.8		
	Ceratopogonidae	Bezzia sp.		1.8				
	Chironomidae	Chironomidae sp.B	524.9	548.2	21.5	3.6	23.3	
		Chironomidae sp.C	1.8	3.6	1.8		141.5	
		Chironomidae spp.	21.5	723.8	57.3	1.8	1.8	
	Empididae	Tanypodinae spp.		16.1	3.6			
		Chelifera sp.		1.8				
		Clinocera sp.B		1.8				
	Simuliidae	Simulium sp.	155.9	26.9	322.5	1.8		
	Thaumaleidae	Thaumaleidae sp.						
	Tipulidae	Antocha sp.	7.2	16.1		1.8		
		Eriocera sp.A	17.9	7.2		1.8	9.0	
Eriocera sp.B			7.2		9.0	7.2		
Ameletus camtschaticus		5.4						
Ephemeroptera	Ameletidae	Ameletus	5.4					
		Baetidae	Acentrella lata	9.0	340.4	105.7	3.6	7.2
		Baetiella bispinosa	53.7	39.4	1.8	1.8	12.5	
		Baetis spp.	164.8	460.4	614.5	333.2	111.1	
	Caenidae	Caenis sp.						
	Ephemerellidae	Acerella montana	1.8	3.6				
		Cincticostella fusca	28.7	59.1				
	Ephemeridae	Ephemera sauteri		16.1	1.8	1.8		
	Heptageniidae	Afronurus floreus	1.8	1.8	1.8	1.8		
		Epeorus erratus						
Rhithrogena ampla		34.0	82.4	379.8	150.5	120.0		
Plecoptera	Leptophlebiidae	Paraleptophlebia sp.	12.5	48.4				
	Nemouridae	Amphinemura sp.	28.7	35.8	26.9	10.7	3.6	
		Protonemura spp.	19.7	5.4				
	Perlidae	Gibosia sp.	1.8		1.8			
Trichoptera	Styloperlidae	Neoperla spp.	111.1	272.3		3.6		
		Cerconychia sp.	9.0	87.8			10.7	
	Arctopsychidae	Arctopsyche sp.		1.8			1.8	
	Glossosomatidae	Glossosoma sp.	1.8	1.8				
	Hydrobiosidae	Apsilochorema sp.						
	Hydropsychidae	Hydropsyche spp.				1.8	1.8	
	Lepidostomatidae	Goerodes sp.						
	Rhyacophilidae	Himalopsyche sp.						
		Rhyacophila nigrocephala	12.5	41.2	30.5	116.5	116.5	
		Rhyacophila spp.	1.8	3.6				
Stenopsychidae	Stenopsyche sp.A	9.0	1.8					
Uenoidae	Uenoa taiwanensis							

(資料來源：本研究資料)

表 3-3 2016 年七家灣溪之 4 月水棲昆蟲資源組成及總個體數 (individuals / square meter)

Order	Family	Taxon	桃山西溪	二號壩	觀魚台	高山溪	繁殖場	一號壩上游	一號壩下游
Coleoptera	Elmidae	Zaitzevia sp.A		3.6	34.0	172.0	182.7	7.2	5.4
		Zaitzevia sp.B				10.7	5.4		3.6
Diptera	Scirtidae	Cyphon sp.	14.3	1.8		21.5	17.9		
	Athericidae	Asuragina sp.				3.6			
		Atherix sp.				1.8		1.8	
	Blepharoceridae	Agathon sp.							1.8
		Bibiocephala sp.	9.0			7.2			
	Ceratopogonidae	Bezzia sp.							1.8
		Culicoides							
	Chironomidae	Chironomidae sp.B	759.7	535.7	123.6	44.8	163.0	193.5	249.0
		Chironomidae sp.C	9.0	16.1	5.4	12.5	3.6	3.6	1.8
		Chironomidae sp.D							
		Chironomidae sp.E					1.8		
		Chironomidae spp.	9.0	7.2	19.7	7.2	52.0	25.1	21.5
	Empididae	Tanypodinae spp.							5.4
		Chelifera sp.					1.8		
		Clinocera sp.B	1.8						
Simuliidae	Simulium sp.	152.3	5.4		1.8	3.6		1.8	
	Thaumaleidae	Thaumaleidae sp.				1.8		3.6	
Tipulidae	Antocha sp.			5.4	1.8	3.6	1.8		
	Eriocera sp.A	7.2	1.8	46.6	30.5	35.8	5.4	5.4	
	Eriocera sp.B		1.8	32.2	10.7	23.3	12.5	7.2	
	Ameletus camtschaticus	3.6				1.8			
Ephemeroptera	Baetidae	Acentrella lata	103.9	25.1		3.6	7.2	7.2	14.3
		Baetiella bispinosa	30.5	12.5	1.8	5.4	9.0		16.1
		Baetis spp.	143.3	59.1	143.3	21.5	41.2	98.5	26.9
Caenidae	Caenis sp.				1.8	1.8			
Ephemerellidae	Acerella montana	1.8							
	Cincticostella fusca		1.8	5.4		1.8		1.8	
Ephemeridae	Ephemera sauteri								
Heptageniidae	Afronurus floreus	3.6		1.8				3.6	1.8
	Afronurus nanhuensis								
	Epeorus erratus	1.8							
	Rhithrogena ampla	209.6	71.7	175.6	55.5	125.4	155.9	155.9	
Leptophlebiidae	Paraleptophlebia sp.	1.8							
Plecoptera	Nemouridae	Amphinemura sp.	12.5	7.2	12.5		9.0	14.3	14.3
		Protonemura spp.	71.7	19.7	1.8		12.5	5.4	1.8
	Perlidae	Gibosia sp.				5.4			
Styloperlidae	Neoperla spp.	44.8	16.1	68.1	103.9	77.0	44.8	7.2	
	Cerconychia sp.			3.6	1.8		1.8		
Trichoptera	Arctopsychidae	Arctopsyche sp.		1.8	3.6				
	Beraeidae	Nippoberaea							
	Glossosomatidae	Glossosoma sp.	1.8	7.2		9.0	5.4	3.6	5.4
	Hydropsychidae	Hydropsyche spp.	5.4		3.6	1.8		3.6	1.8
		Rhyacophila nigrocephala	3.6		17.9				
	Rhyacophilidae	Rhyacophila spp.	1.8	3.6	1.8	3.6	12.5	9.0	7.2
		Stenopsychidae	Stenopsyche sp.A						
	Uenoidae	Uenoa taiwanensis		1.8					

(資料來源：本研究資料)

表 3-4 2016 年有勝溪之 4 月水棲昆蟲資源組成及總個體數 (individuals / square meter)

Order	Family	Taxon	羅業尾溪放流點	南湖登山口	勝光	有勝溪下游	有勝溪收費口	
Coleoptera	Elmidae	Zaitzevia sp.A	10.7	60.9		28.7	10.7	
		Zaitzevia sp.B	3.6	5.4		3.6	3.6	
Diptera	Scirtidae	Cyphon sp.	60.9	17.9			1.8	
	Athericidae	Asuragina sp.						
		Atherix sp.	1.8	3.6				
	Blepharoceridae	Agathon sp.						
		Bibiocephala sp.						
	Ceratopogonidae	Bezzia sp.	1.8	1.8	1.8		3.6	
		Culicoides		1.8				
	Chironomidae	Chironomidae sp.	Chironomidae sp.B	241.9	485.5	71.7	32.2	28.7
			Chironomidae sp.C	3.6				
			Chironomidae sp.D		1.8		1.8	
			Chironomidae sp.E					
		Chironomidae spp.	12.5	275.9	134.4	19.7	12.5	
		Tanypodinae spp.		7.2	5.4	9.0		
		Empididae	Chelifera sp.		1.8			
	Simuliidae	Simulium sp.	Clinocera sp.B	1.8	1.8			
			Hemerodromia	1.8				
			Simulium sp.	41.2	3.6	5.4		3.6
	Thaumaleidae	Thaumaleidae sp.				1.8		
	Tipulidae	Antocha sp.	Antocha sp.	1.8	12.5	1.8		
			Eriocera sp.A	37.6	7.2			1.8
Eriocera sp.B			1.8	5.4		3.6	3.6	
Ameletus camtschaticus								
Ephemeroptera	Baetidae	Acentrella lata	25.1	28.7	397.7		25.1	
		Baetiella bispinosa	30.5	3.6	5.4			
		Baetis spp.	75.2	60.9	215.0	290.2	62.7	
	Caenidae	Caenis sp.						
	Ephemerellidae	Acerella montana	3.6					
		Cincticostella fusca		9.0				
	Ephemeridae	Ephemera sauteri		1.8				
	Heptageniidae	Afronurus floreus	Afronurus floreus	1.8	3.6	1.8	9.0	
			Afronurus nanhuensis					44.8
		Epeorus erratus						
		Rhithrogena ampla	52.0	59.1	112.9	30.5	95.0	
		Paraleptophlebia sp.		3.6				
	Plecoptera	Leptophlebiidae	Amphinemura sp.	3.6	17.9	7.2	1.8	1.8
Protonemura spp.			5.4	1.8				
Perlidae		Gibosia sp.						
		Neoperla spp.	68.1	157.7			1.8	
Styloperlidae	Cerconychia sp.	43.0	34.0	3.6				
Trichoptera	Arctopsychidae	Arctopsyche sp.	1.8	1.8				
	Beraeidae	Nippoberaea	3.6				1.8	
	Glossosomatidae	Glossosoma sp.	7.2					
	Hydropsychidae	Hydropsyche spp.						
		Rhyacophila nigrocephala	3.6	59.1	21.5	19.7	14.3	
	Rhyacophilidae	Rhyacophila spp.	1.8	7.2				
		Stenopsyche sp.A	5.4	7.2				
	Uenoidae	Uenoa taiwanensis						

(資料來源：本研究資料)

表 3-5 2016 年七家灣溪之 5 月水棲昆蟲資源組成及總個體數 (individuals / square meter)

Order	Family	Taxon	桃山西溪	二號壩	觀魚台	高山溪	繁殖場	一號壩 上游	一號壩 下游	
Coleoptera	Dytiscidae	Oreodytes sp.								
	Elmidae	Zaitzevia sp.A	7.2	3.6	32.2	86.0	87.8	28.7	28.7	
		Zaitzevia sp.B			5.4	3.6	10.7		1.8	
	Psephenidae	Ectopria								
		Eubrianax sp.								
Diptera	Scirtidae	Cyphon sp.	5.4	3.6	3.6	12.5	5.4			
	Athericidae	Asuragina sp.				5.4				
		Atherix sp.				1.8	1.8			
	Blepharoceridae	Agathon sp.		5.4		14.3			10.7	
		Bibiocephala sp.	7.2	12.5		16.1	3.6	1.8	5.4	
	Ceratopogonidae	Bezzia sp.	1.8			3.6			1.8	
	Chironomidae	Chironomidae sp.B	481.9	211.4	467.6	1936.8	234.7	557.2	788.3	
		Chironomidae sp.C	1.8		19.7	23.3	3.6	5.4	7.2	
		Chironomidae sp.D				5.4				
		Chironomidae sp.E	1.8							
		Chironomidae spp.		9.0	44.8	241.9	53.7	17.9	32.2	
		Tanypodinae spp.			1.8	7.2	1.8	1.8	3.6	
		Empididae	Dolichocephala sp.				1.8			
			Trichoclinocera			1.8				
	Simuliidae	Simulium sp.	69.9	1109.0	12.5	120.0	75.2	5.4	7.2	
	Tabanidae	Silvius sp.							1.8	
	Thaumaleidae	Thaumaleidae sp.			5.4	3.6	1.8	1.8		
	Tipulidae	Antocha sp.	1.8	16.1	32.2	7.2	5.4	59.1	35.8	
		Dicranota sp.								
		Eriocera sp.A	26.9	7.2	7.2	1.8	7.2	1.8	7.2	
Eriocera sp.B			7.2	28.7	14.3	16.1	16.1	26.9		
Ameletidae		Ameletus								
		camtschaticus								
Baetidae	Acentrella lata	44.8	465.8	111.1	322.5	471.2	392.4	351.2		
	Baetiella bispinosa	43.0	7.2		5.4	7.2	1.8	1.8		
	Baetis spp.	73.5	91.4	537.5	75.2	75.2	100.3	123.6		
	Caenis sp.	1.8								
Caenidae	Caenis sp.	1.8								
Ephemerellidae	Cincticostella fusca									
Ephemeridae	Ephemerella sauteri							1.8		
Heptageniidae	Afronurus floreus				1.8		1.8			
	Afronurus nanhuensis							3.6		
	Epeorus erratus					1.8		3.6		
	Rhithrogena ampla	95.0	336.8	1019.4	157.7	365.5	476.6	985.4		
Leptophlebiidae	Paraleptophlebia sp.						1.8			
Plecoptera	Capniidae	Capnia sp.								
	Nemouridae	Amphinemura sp.	25.1	1.8	10.7	10.7	10.7	10.7	25.1	
		Protonemura spp.	21.5	7.2		1.8	14.3	9.0	9.0	
Perlidae	Gibosia sp.				1.8	12.5				
	Neoperla spp.	32.2	30.5	50.2	186.3	107.5	26.9	28.7		
Styloperlidae	Cerconychia sp.					3.6		3.6		
Trichoptera	Apataniidae	Manophylax sp.						1.8		
	Arctopsychidae	Arctopsyche sp.			1.8		1.8			
	Glossosomatidae	Glossosoma sp.	14.3	41.2	399.5	21.5	23.3	46.6	21.5	
	Hydropsychidae	Hydropsyche spp.	3.6			7.2	5.4	3.6	16.1	
	Lepidostomatidae	Goerodes sp.				1.8				
	Polycentropodidae	Plectrocnemia sp.								
	Rhyacophilidae	Himalopsyche sp.	1.8	1.8		3.6	5.4	1.8		
		Rhyacophila nigrocephala	3.6	7.2	32.2	5.4	21.5	14.3	9.0	
		Rhyacophila spp.	1.8		1.8	7.2	16.1	12.5	1.8	
	Stenopsychidae	Stenopsyche sp.A			1.8					

(資料來源：本研究資料)

表 3-6 2016 年有勝溪及合歡溪之 5 月水棲昆蟲資源組成及總個體數 (individuals / square meter)

Order	Family	Taxon	羅業尾溪放流點	南湖登山口	勝光	有勝溪下游	有勝溪收費口	合歡溪	
Coleoptera	Dytiscidae	Oreodytes sp.		1.8					
	Elmidae	Zaitzevia sp.A	7.2	52.0	10.7	23.3	16.1	10.7	
		Zaitzevia sp.B			3.6		3.6		7.2
	Psephenidae	Ectopria			1.8				
		Eubrianax sp.			3.6				
	Scirtidae	Cyphon sp.	50.2					7.2	
Diptera	Athericidae	Asuragina sp.	1.8						
		Atherix sp.	5.4	3.6				3.6	
	Blepharoceridae	Agathon sp.						3.6	
		Bibiocephala sp.	3.6						19.7
	Ceratopogonidae	Bezzia sp.	5.4	14.3		1.8		7.2	
	Chironomidae	Chironomidae sp.B	1150.2	1539.0	766.8	62.7	265.2		48.4
		Chironomidae sp.C	3.6	3.6	30.5		1.8		53.7
		Chironomidae sp.D						5.4	
		Chironomidae sp.E			1.8				
		Chironomidae spp.	44.8	21.5	336.8	89.6	191.7		
		Tanypodinae spp.	32.2	10.7	75.2	39.4	7.2		14.3
	Empididae	Dolichocephala sp.			3.6				
		Trichoclinocera			7.2	3.6			
	Simuliidae	Simulium sp.	14.3	46.6	1.8		241.9		23.3
	Tabanidae	Silvius sp.		3.6					
	Thaumaleidae	Thaumaleidae sp.							
	Tipulidae	Antocha sp.	16.1	258.0	317.1	310.0	55.5		3.6
		Dicranota sp.							7.2
		Eriocera sp.A	3.6				9.0		
	Eriocera sp.B	5.4	14.3			1.8	5.4		
Ephemeroptera	Ameletidae	Ameletus camtschaticus							7.2
		Baetidae	Acentrella lata	200.7	1698.5	19.7	19.7	704.1	1.8
		Baetiella bispinosa		10.7			1.8		
		Baetis spp.	150.5	442.5	910.1	754.3	460.4		231.1
	Caenidae	Caenis sp.							
	Ephemerellidae	Cincticostella fusca	3.6	1.8					
	Ephemeridae	Ephemera sauteri	1.8	1.8	1.8	9.0			
	Heptageniidae	Afronurus floreus			5.4				3.6
		Afronurus nanhuensis			5.4				32.2
		Epeorus erratus	7.2						
	Rhithrogena ampla	143.3	207.8	32.2	48.4	157.7		129.0	
Plecoptera	Leptophlebiidae	Paraleptophlebia sp.		1.8				9.0	
	Capniidae	Capnia sp.		32.2					
	Nemouridae	Amphinemura sp.	5.4	19.7	1.8				26.9
		Protonemura spp.	1.8	3.6					7.2
	Perlidae	Gibosia sp.	9.0	9.0					
Neoperla spp.		213.2	292.0					26.9	
Trichoptera	Styloperlidae	Cerconychia sp.	41.2	28.7					
	Apataniidae	Manophylax sp.							
	Arctopsychidae	Arctopsyche sp.	1.8						
	Glossosomatidae	Glossosoma sp.	44.8	46.6					
	Hydropsychidae	Hydropsyche spp.		9.0	7.2		7.2		
	Lepidostomatidae	Goerodes sp.	10.7						
	Polycentropodidae	Plectrocnemia sp.	1.8						
	Rhyacophilidae	Himalopsyche sp.						1.8	
		Rhyacophila nigrocephala	19.7	138.0	3.6	28.7	19.7		
		Rhyacophila spp.	19.7	71.7	1.8	1.8			
Stenopsychidae	Stenopsyche sp.A	10.7	114.7		5.4				

(資料來源：本研究資料)

表 3-7 2016 年七家灣溪之 10 月水棲昆蟲資源組成及總個體數 (individuals / square meter)

Order	Family	Taxon	桃山西溪	二號壩	觀魚台	高山溪	繁殖場	一號壩 上游	一號壩 下游	
Coleoptera	Elmidae	Zaitzevia sp.A	1.8	1.8				5.4	1.8	
	Hydrophilidae	Ametor sp.								
Diptera	Scirtidae	Cyphon sp.	12.5	3.6						
	Athericidae	Asuragina sp.				1.8	1.8			
	Chironomidae	Chironomidae sp.B			1.8		39.4		1.8	1.8
		Chironomidae sp.C						1.8	3.6	
		Chironomidae sp.E				1.8				
		Chironomidae spp.		1.8			5.4		1.8	7.2
		Tanypodinae spp.							1.8	
	Simuliidae	Simulium sp.								
	Tabanidae	Silvius sp.								
	Tipulidae	Antocha sp.		1.8			1.8			1.8
		Dicranota sp.								
Eriocera sp.A			14.3	9.0	9.0			9.0	1.8	
Ephemeroptera	Ameletidae	Eriocera sp.B		5.4	5.4	1.8	1.8	9.0	1.8	
		Erioptera sp.								
	Baetidae	Ameletus camtschaticus		1.8						
		Acentrella lata		3.6				3.6	1.8	
		Baetiella bispinosa						3.6	1.8	
	Baetis spp.		19.7	25.1	21.5	1.8	9.0	19.7	3.6	
	Ephemerellidae	Acerella montana		7.2	1.8	5.4		5.4	3.6	12.5
	Ephemeridae	Ephemera sauteri								
	Heptageniidae	Epeorus erratus					5.4			1.8
		Rhithrogena ampla		138.0	66.3	43.0	9.0	82.4	35.8	116.5
	Plecoptera	Leptophlebiidae	Paraleptophlebia sp.							
Nemouridae		Amphinemura sp.		19.7	3.6			1.8	1.8	
		Protonemura spp.		1.8			1.8	1.8		
Trichoptera	Perlidae	Gibosia sp.			3.6			1.8		
		Neoperla spp.		7.2		7.2		23.3	1.8	3.6
	Arctopsychidae	Arctopsyche sp.					1.8		1.8	
	Glossosomatidae	Glossosoma sp.		1.8	1.8				3.6	
	Hydropsychidae	Hydropsyche spp.		5.4	1.8		1.8	7.2	3.6	9.0
	Lepidostomatidae	Goerodes sp.		1.8					1.8	
	Polycentropodidae	Plectrocnemia sp.								
	Rhyacophilidae	Himalopsyche sp.						3.6		
		Rhyacophila nigrocephala		3.6	1.8	5.4		1.8	5.4	1.8
		Rhyacophila spp.		1.8	3.6					
	Stenopsychidae	Stenopsyche sp.A		1.8					1.8	
Uenoidea	Uenoa taiwanensis						1.8	1.8		

(資料來源：本研究資料)

表 3-8 2016 年有勝溪及合歡溪之 10 月水棲昆蟲資源組成及總個體數 (individuals / square meter)

Order	Family	Taxon	羅業尾溪放流點	南湖登山口	勝光	有勝溪下游	有勝溪收費口	合歡溪	
Coleoptera	Elmidae	Zaitzevia sp.A	12.5						
	Hydrophilidae	Ametor sp.					1.8		
	Scirtidae	Cyphon sp.	62.7				1.8		
Diptera	Athericidae	Asuragina sp.							
	Chironomidae	Chironomidae sp.B					1.8	5.4	
		Chironomidae sp.C							
		Chironomidae sp.E							
		Chironomidae spp.	3.6		3.6		3.6	5.4	
		Tanypodinae spp.					1.8		
	Simuliidae	Simulium sp.		1.8					
	Tabanidae	Silvius sp.						1.8	
	Tipulidae	Antocha sp.							
		Dicranota sp.	1.8						1.8
Eriocera sp.A		102.1		1.8			1.8		
Eriocera sp.B		1.8		1.8					
Erioptera sp.							1.8		
Ephemeroptera	Ameletidae	Ameletus camtschaticus					7.2	60.9	
	Baetidae	Acentrella lata			1.8	1.8			
		Baetiella bispinosa				1.8			
		Baetis spp.	1.8		1.8	3.6		30.5	
	Ephemerellidae	Acerella montana	1.8	17.9					
	Ephemeridae	Ephemera sauteri					3.6		
	Heptageniidae	Epeorus erratus							
	Rhithrogena ampla	9.0	44.8	7.2	7.2	48.4	57.3		
Plecoptera	Leptophlebiidae	Paraleptophlebia sp.	3.6				1.8		
	Nemouridae	Amphinemura sp.	1.8					9.0	
		Protonemura spp.			1.8			5.4	
	Perlidae	Gibosia sp.		1.8					
		Neoperla spp.	21.5	16.1				1.8	
Trichoptera	Arctopsychidae	Arctopsyche sp.							
	Glossosomatidae	Glossosoma sp.					1.8		
	Hydropsychidae	Hydropsyche spp.							
	Lepidostomatidae	Goerodes sp.							
	Polycentropodidae	Plectrocnemia sp.		3.6					
	Rhyacophilidae	Himalopsyche sp.							
		Rhyacophila nigrocephala	3.6		1.8	5.4	3.6		
		Rhyacophila spp.	1.8						
Stenopsychidae	Stenopsyche sp.A	1.8							
Uenoidae	Uenoa taiwanensis								

(資料來源：本研究資料)

表 3-9 合歡溪各項生物監測數值

	Density (Insects/m ²)	Prey (Insects/m ²)	Biomass (mg/m ²)	Shannon- Wiener's index	RPBII
2016 年 5 月	680.8	155.9	607.7	2.3	1.00
2016 年 10 月	179.2	59.1	114.9	1.6	1.07

(資料來源：本研究資料)

表 3-10 2011 年 2 月至 2016 年 5 月之水質與水棲昆蟲之間的逐步迴歸分析

樣站	迴歸模式	R ²	P-value	水溫 (°C)	導電度 (mS/m)	溶氧 (mg/L)	pH
一號壩下游	導電度 + 溶氧	0.4488	0.0056	7.7-16.8	17-25	6.07-9.93	7.8-8.5
有勝溪下游	溶氧-水溫 + 導電度	0.5220	0.0034	8.9-22.1	24-34	6.35-9.22	8-9

(資料來源：本研究資料)

表 3-11 2004 年至 2015 年七家灣溪流流域之水質因子、中大型食餌水棲昆蟲與台灣櫻花鉤吻鮭關係的最終模型(複迴歸分析以逐步回歸及 AIC 值最小準則篩選出最終模型)

Model selection	Predictors in model*	R ²	R _i ²	p-value
October 2004 to 2014 (N=11)				
Stepwise	Y=1427.28+1.21 水昆	0.5589	0.5099	0.0082
Minimized Akaike's information criterion (AIC) value	Y=-28783+1.79 水昆+3535.79pH-11.41 導電度+3045.05 濁度 B+193.58 水溫	0.9384	0.8767	0.0048
June, October 2004 to 2015N=23)				
Stepwise	Y=2268.7+0.53 水昆	0.2592	0.2239	0.0131
Minimized Akaike's information criterion (AIC) value	Y=3806.3+0.5 水昆-8.14 導電度	0.2995	0.2294	0.0285

*回歸式 Y 為每年 6 月、10 月鮭魚數量。

(資料來源：本研究資料)

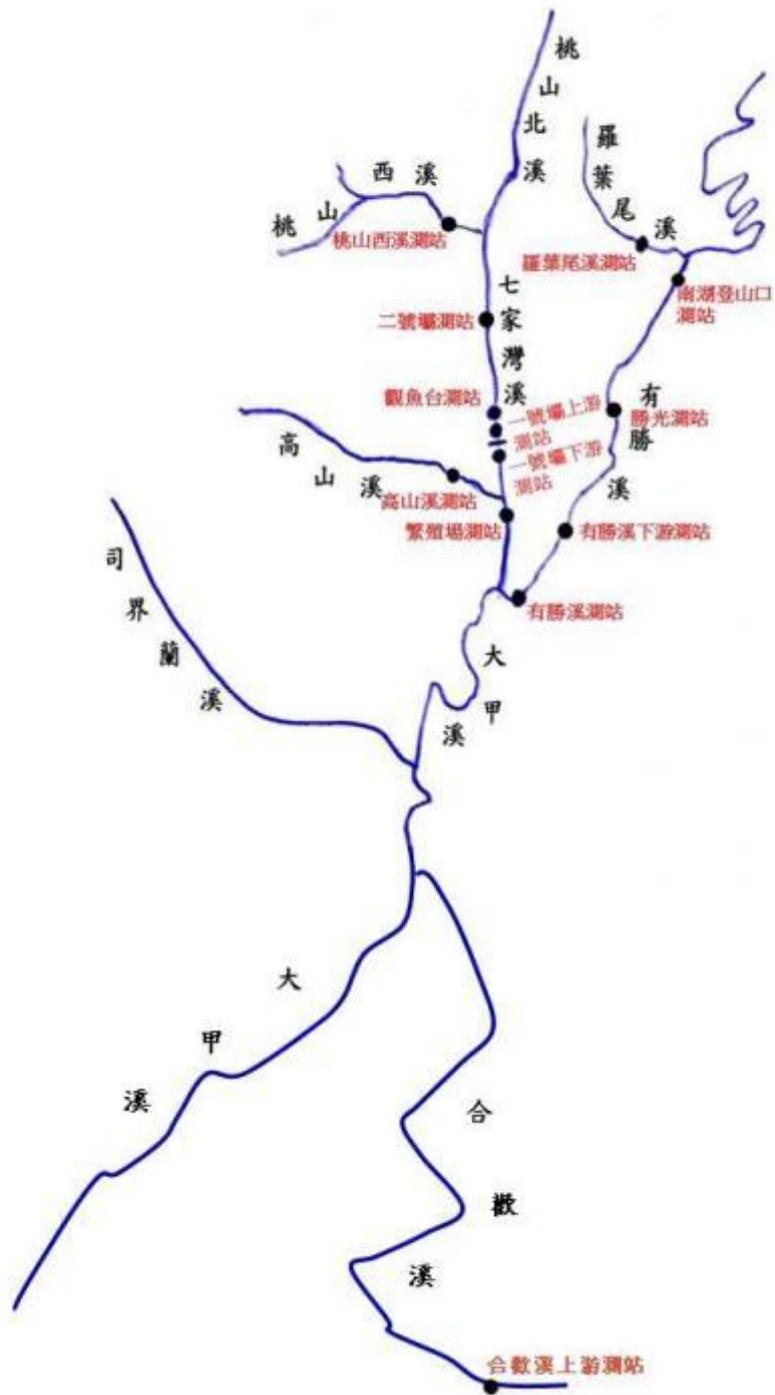


圖 3-1 武陵地區溪流水棲昆蟲監測調查測站之相關位置圖
 (資料來源：本研究資料)

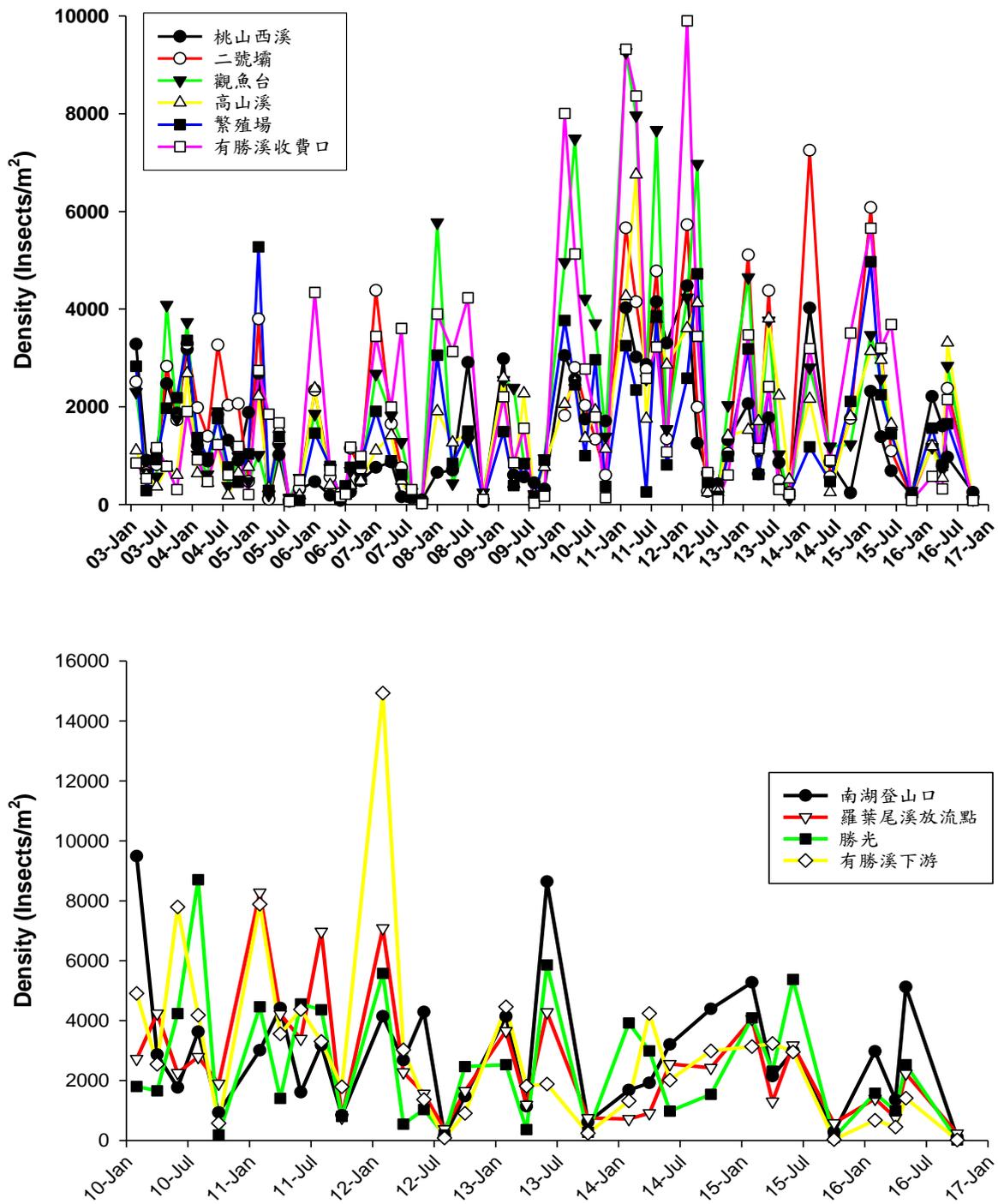


圖 3-2 武陵地區溪流測站水棲昆蟲各月數量
(資料來源：本研究資料)

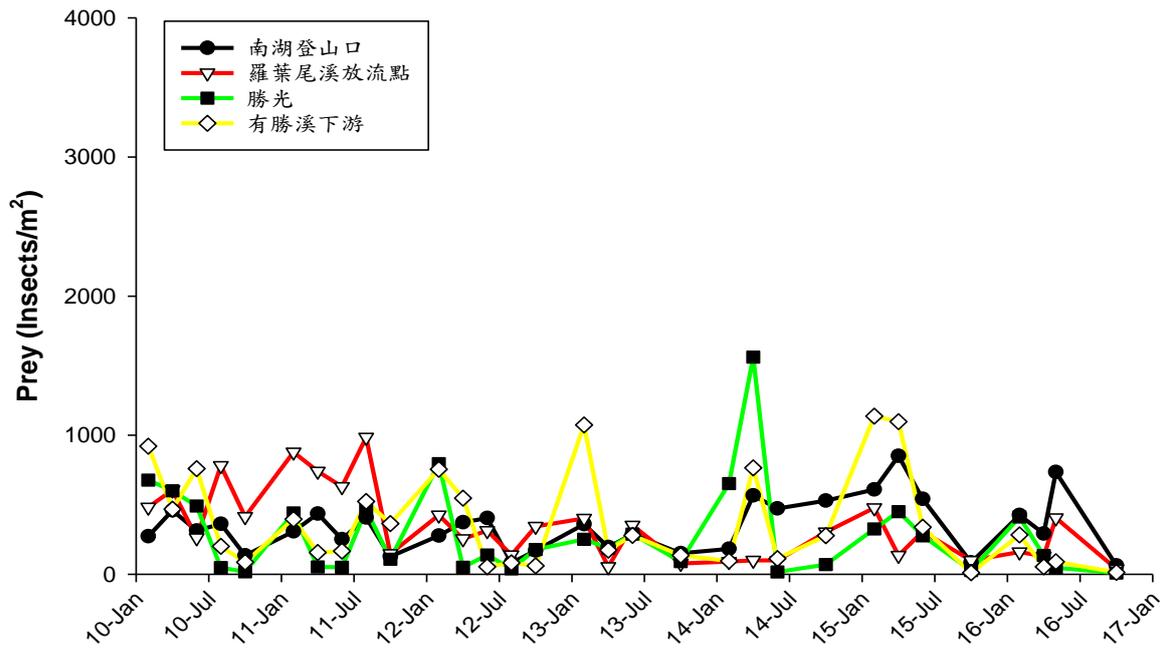
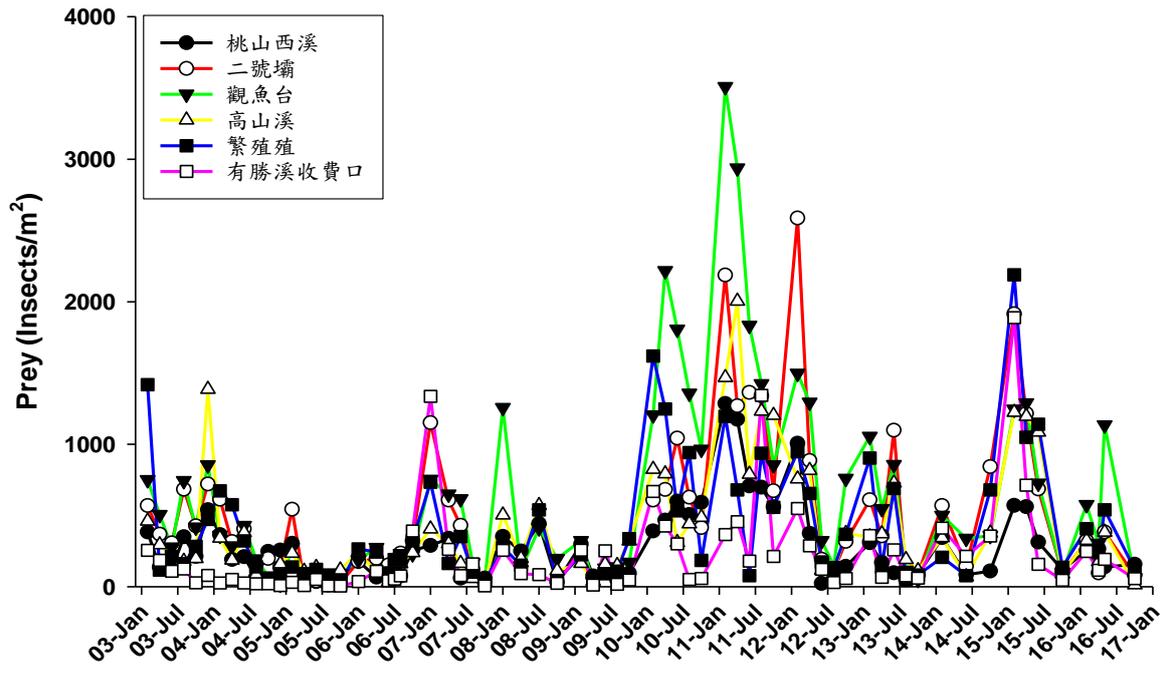


圖 3-3 武陵地區溪流測站之臺灣鈎吻鮭中大體型昆蟲食餌數量變化圖
(資料來源：本研究資料)

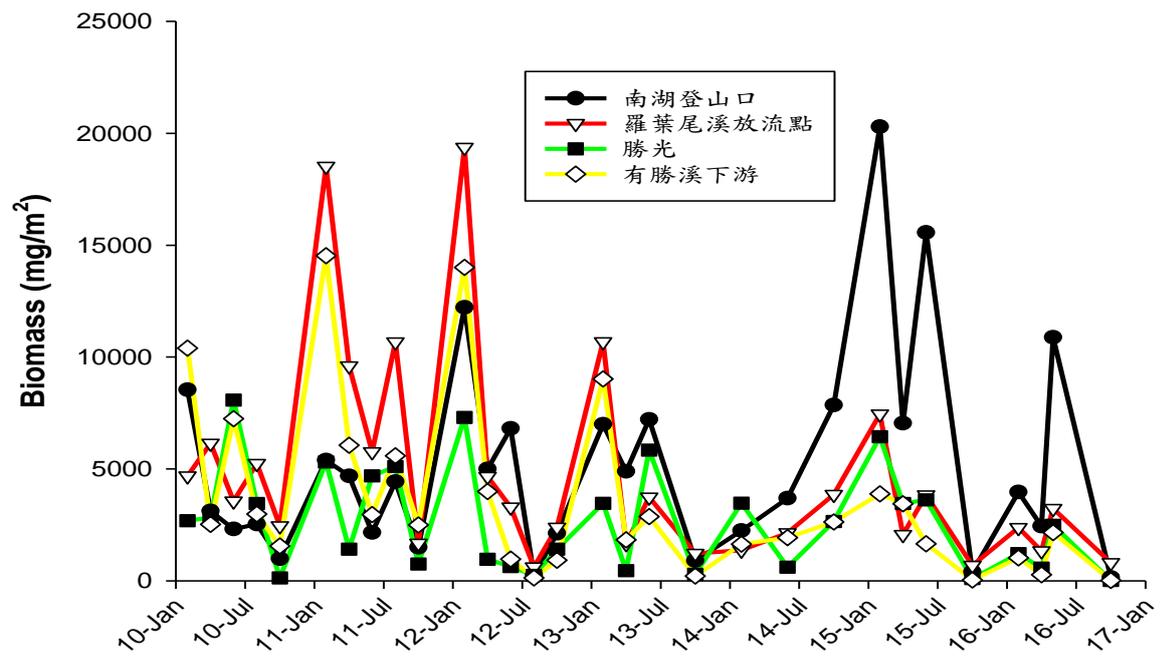
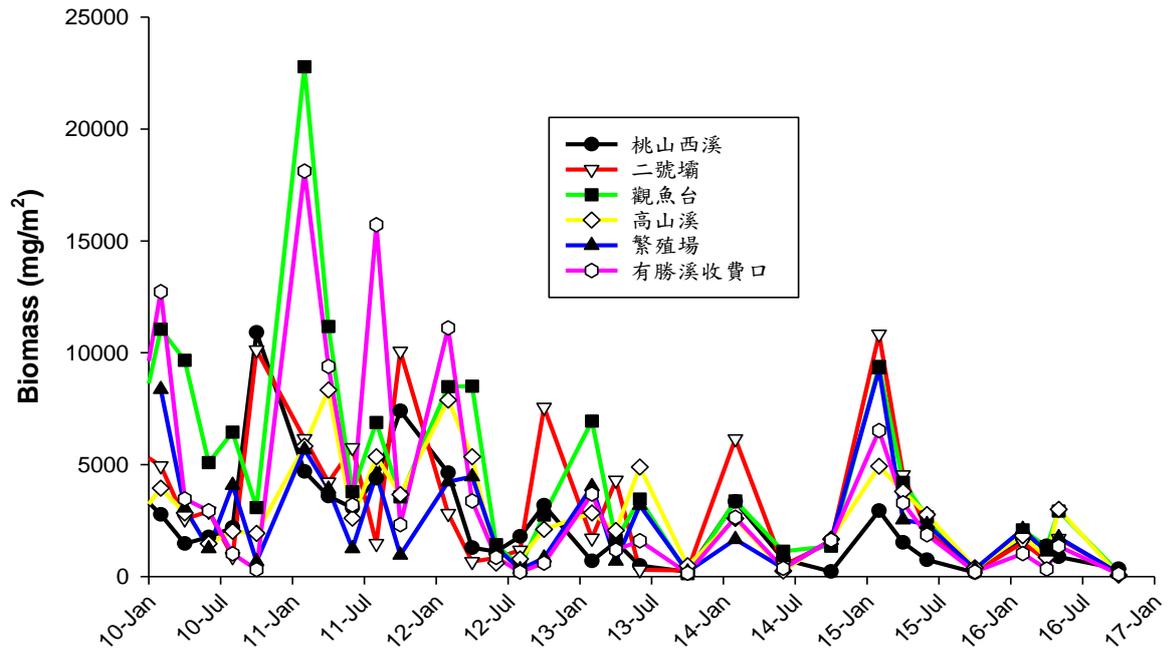


圖 3-4 武陵地區溪流測站之水棲昆蟲生物量(濕重)變化圖
(資料來源：本研究資料)

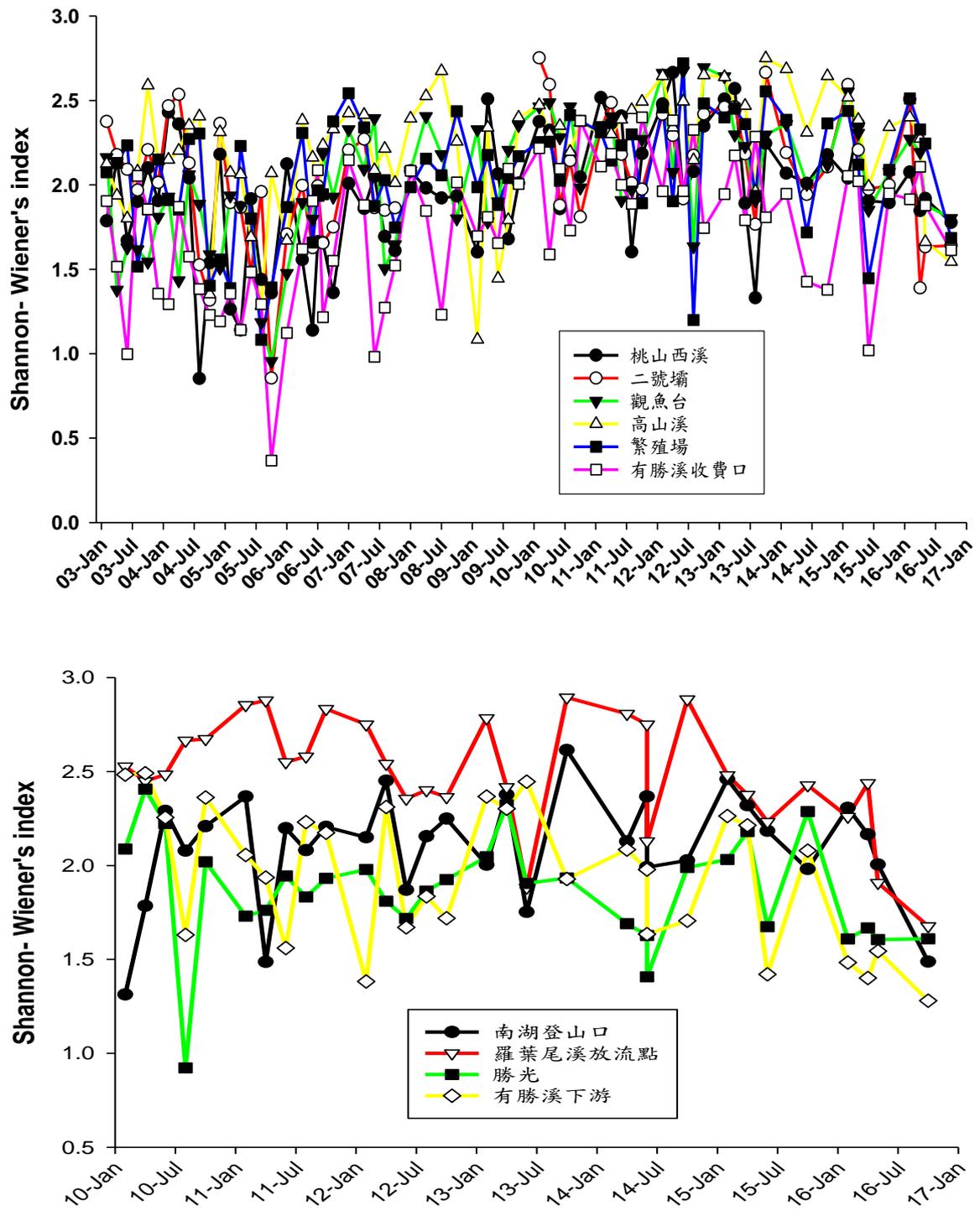


圖 3-5 武陵地區溪流測站水棲昆蟲之 Shannon- Wiener's index
 (資料來源：本研究資料)

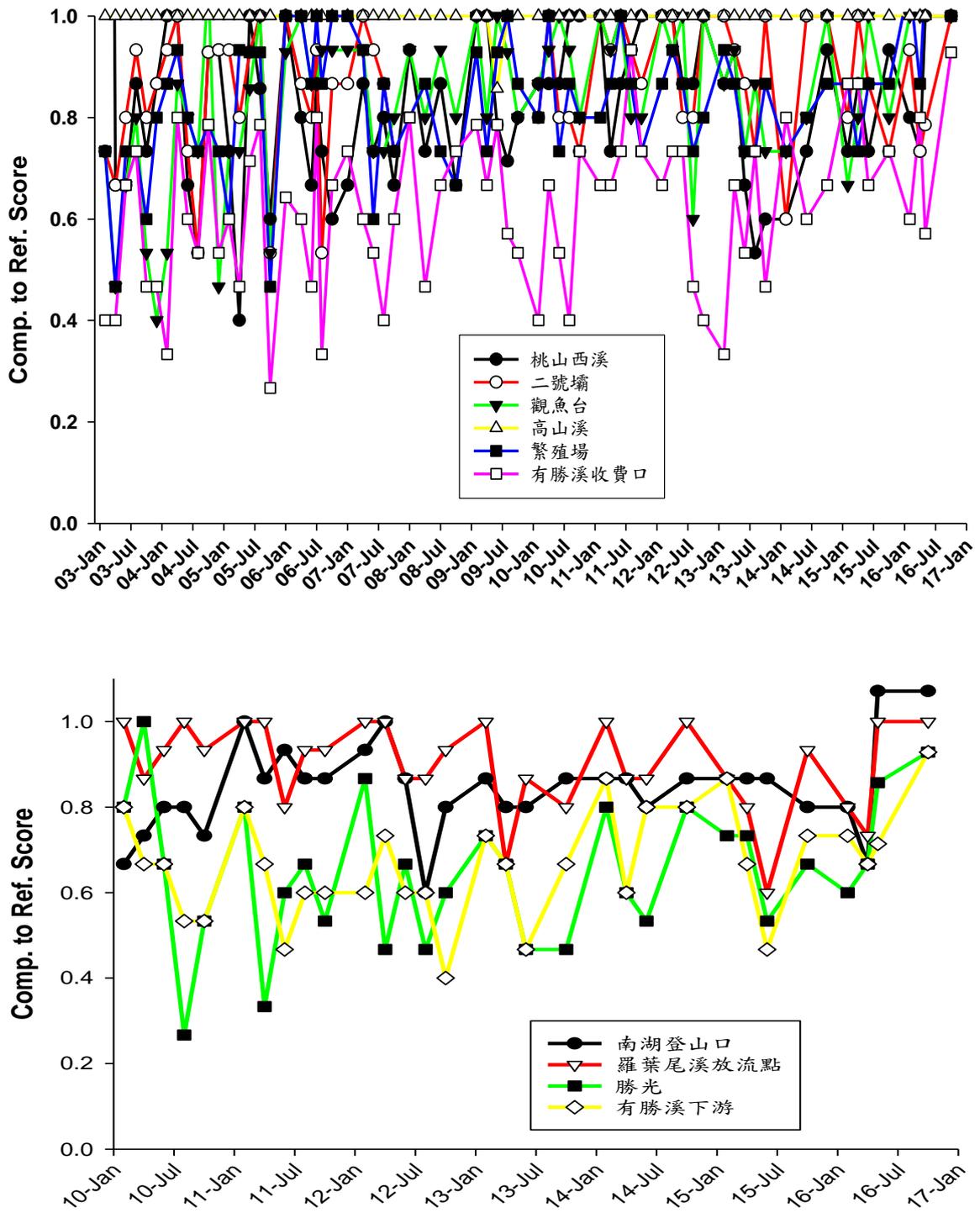


圖 3-6 武陵地區溪流測站水棲昆蟲之 RBPII 相對分數
(資料來源：本研究資料)

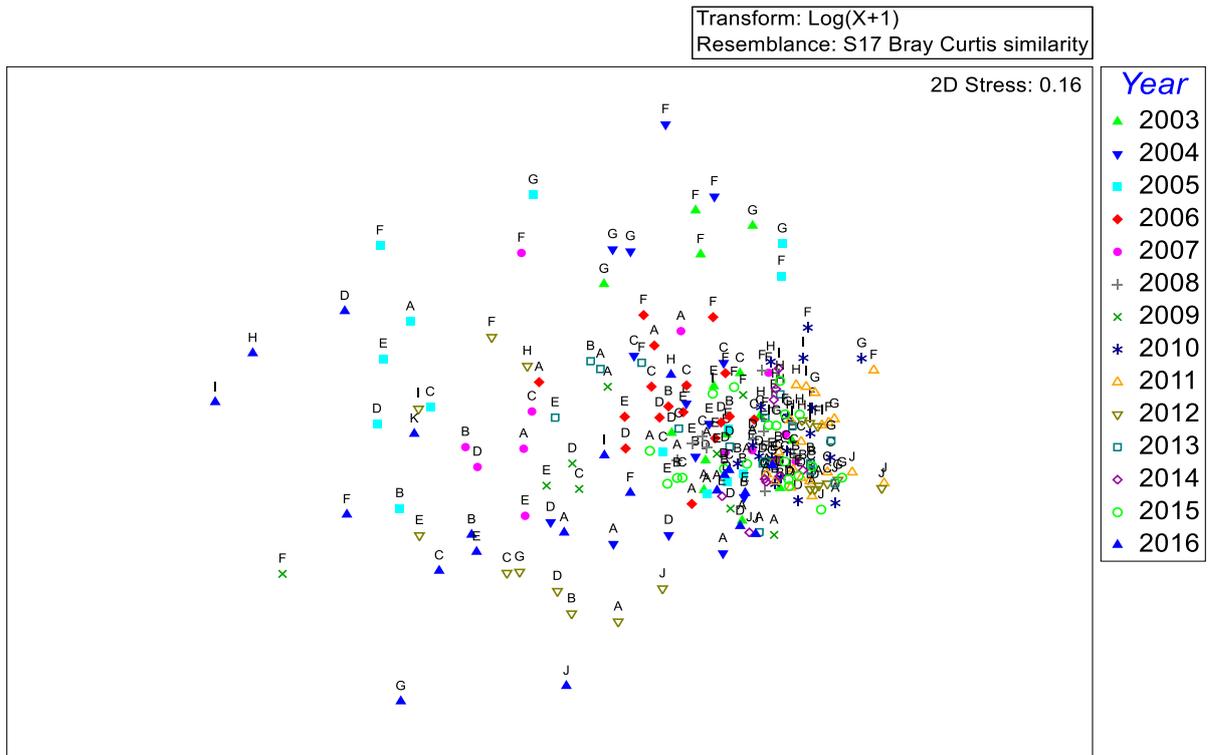


圖 3-7 武陵地區溪流測站水棲昆蟲之 MDS 分析。圖標數字表示樣站編號(A:桃山西溪 B:二號壩 C:觀魚台 D:高山溪 E:繁殖場 F:有勝溪收費口 G:思源壩口 H:勝光 I:有勝溪下游 J:羅葉尾溪放流點)
(資料來源：本研究資料)

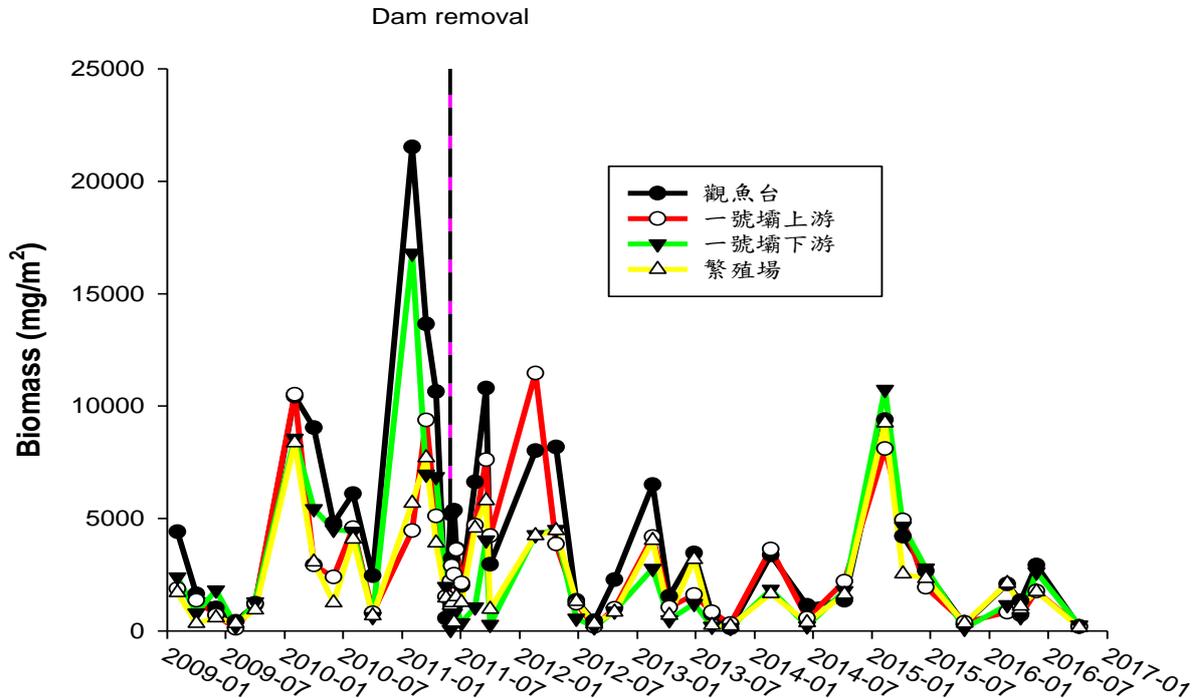


圖 3-8 一號壩壩體上下游四測站之水棲昆蟲生物量(濕重)變化圖
(資料來源：本研究資料)

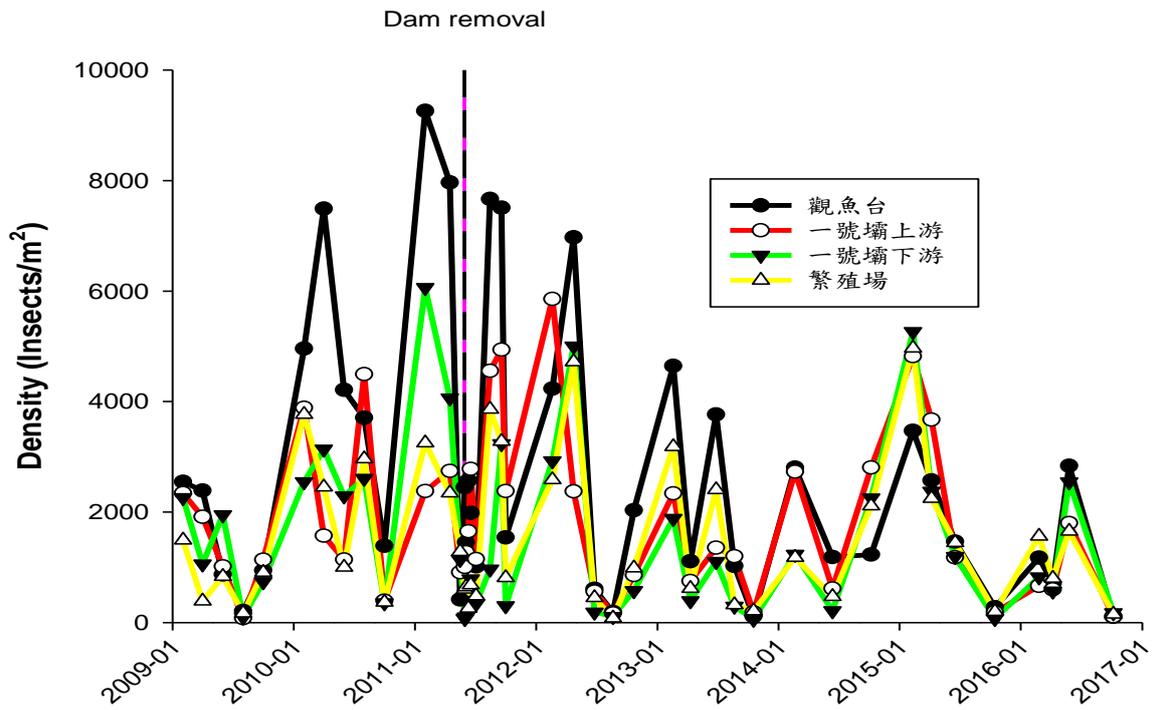


圖 3-9 一號壩壩體上下游四測站水棲昆蟲數量
(資料來源：本研究資料)

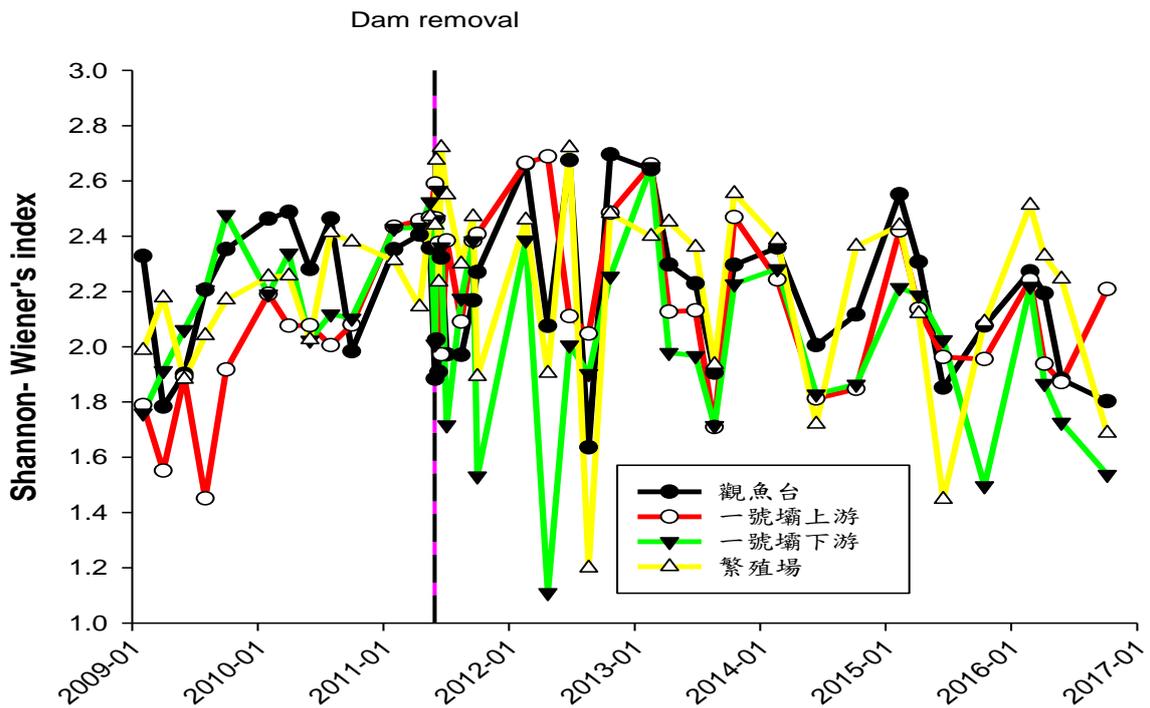


圖 3-10 一號壩壩體上下游四測站水棲昆蟲之 Shannon- Wiener's index
(資料來源：本研究資料)

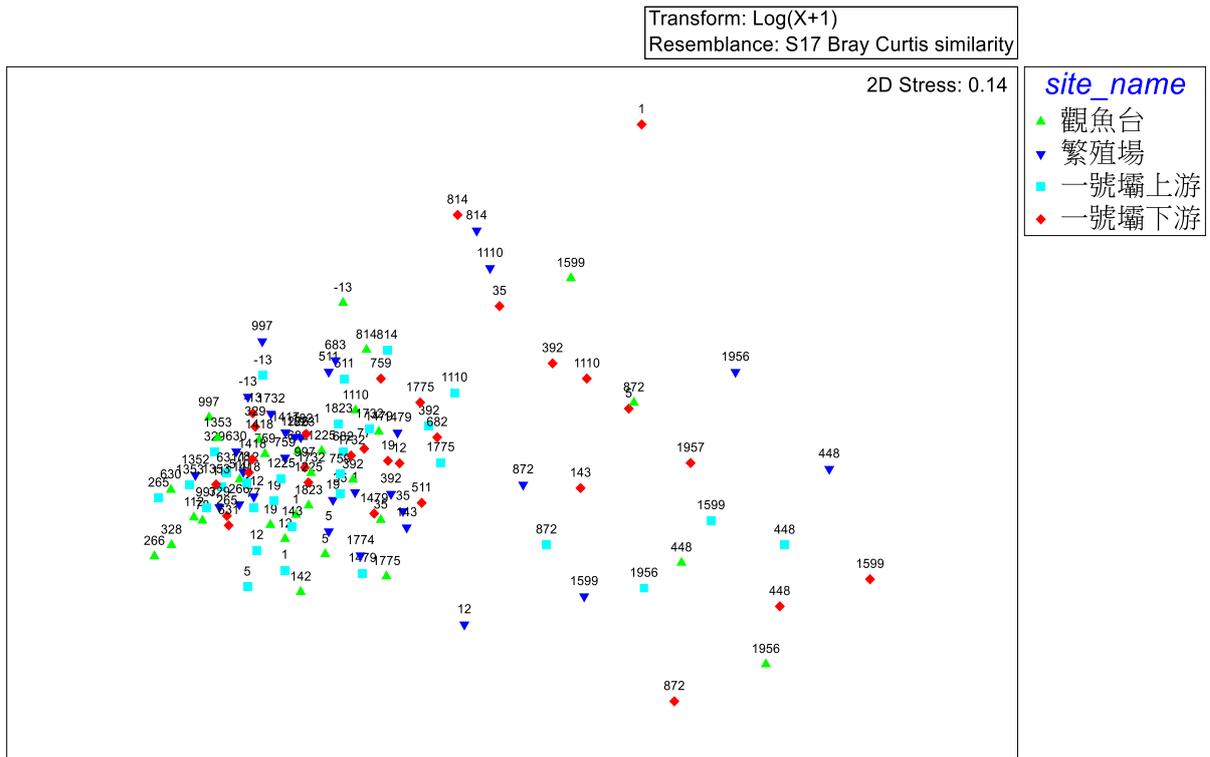


圖 3-11 一號壩壩體改善工程後水棲昆蟲之 MDS 分析。A：觀魚台 B：繁殖場 C：一號壩上游 D：一號壩下游

(資料來源：本研究資料)

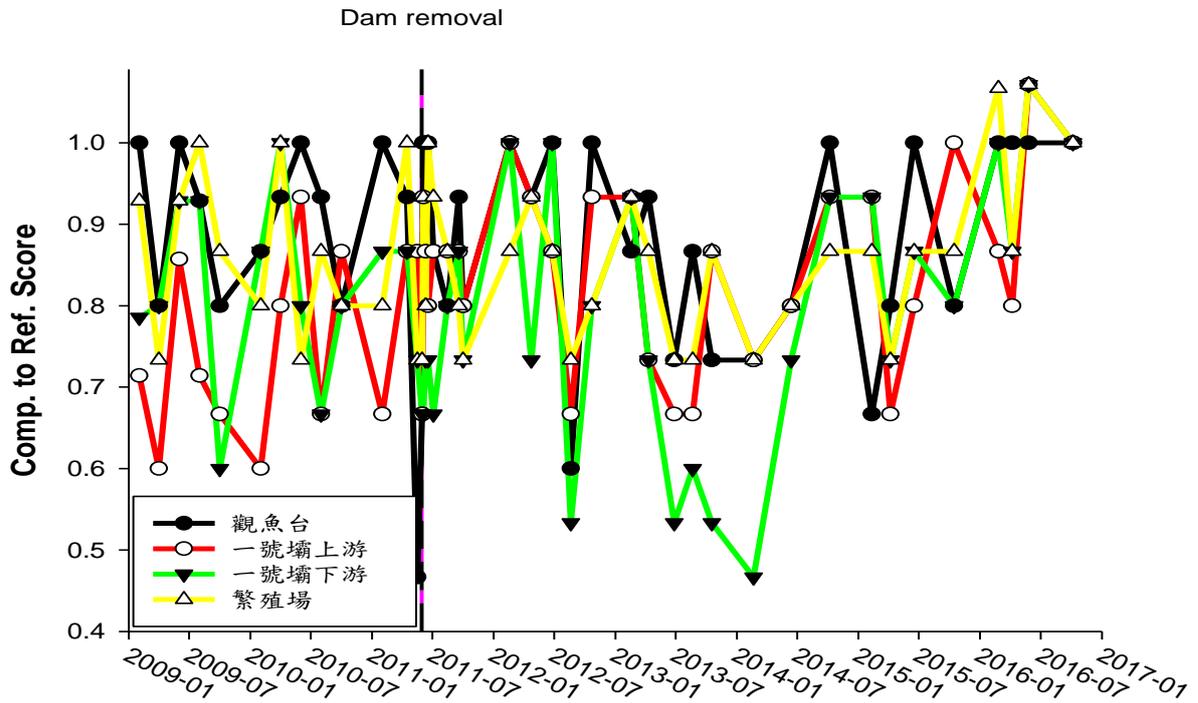


圖 3-12 一號壩壩體上下游四測站水棲昆蟲之 RBPII 相對分數

(資料來源：本研究資料)

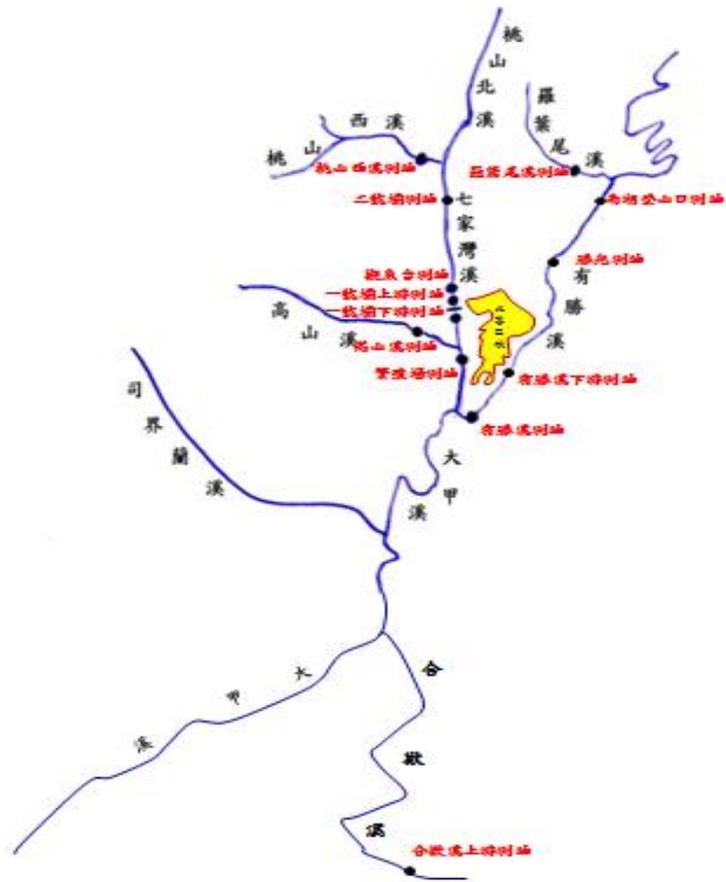


圖 3-13 第 38 林班地於 2016.4.9 發生火燒山之相關位置圖
 (資料來源：本研究資料)

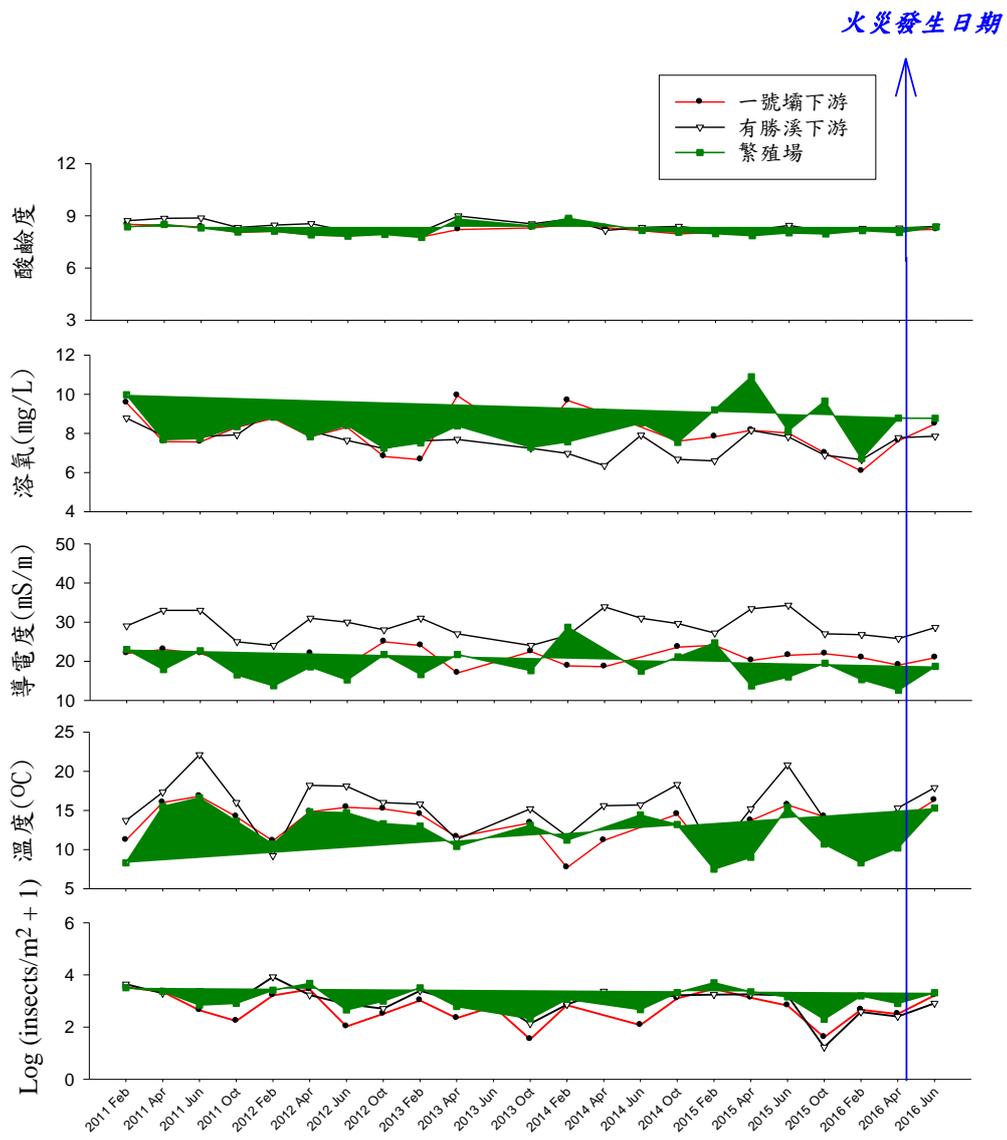


圖 3-14 水質、水棲昆蟲之時空變動 (2011 年 2 月至 2016 年 5 月)
(資料來源：本研究資料)

「武陵地區七家灣溪壩體改善後臺灣櫻花鉤吻鮭棲地監測暨

現存其它棲地調查與改善評估」計畫期中審查委員意見表

委員	委員意見	意見回覆
趙榮台 委員	<p>(一) 第一章結論與建議 1.「...武陵地區大部分溪流水質良好」、5.「...在短時間內即可恢復正常」等，可否量化及具體描述。</p> <p>(二) 森林火燃燒的面積、劇烈的程度以及燃燒的時間均不相同，要花多少時間才反映在溪流的水質改變，宜再確認。火災之後溪流有機碳濃度升高或可理解，但是硝酸鹽和亞硝酸鹽的升高，如何確定是因火災而起？</p> <p>(三) 根據過去十年的資料可否提出適合櫻花鉤吻鮭生存的理想水質(例如理想的導電度範圍、硝酸鹽濃度範圍等)。</p> <p>(四) 第二章缺重要發現與建議，請補充。</p>	<p>(一) 將於期末報告中調整。</p> <p>(二) 有關森林火災的類型，在外國有相當多的案例，也請管理處收集更多的火災資訊提供後續分析。關於碳、氮、磷的沖刷在過去有相關研究，與坡度、面積均有關係。而硝酸鹽和亞硝酸鹽的濃度會升高，因植物有一定的C/N比，而氮主要為氨氮或一部份的硝酸鹽及亞硝酸鹽形式，在火燒後C鍵打斷N即被釋出，且溶於水後更容易形成硝酸鹽和亞硝酸鹽。</p> <p>(三) 已整理並列出相關研究建議數值於報告中。</p> <p>(四) 將於期末報告中補充。</p>
謝蕙蓮 委員	<p>(一) 三個子計畫成果顯著，唯整合三個子計畫的模式亟需建構，這個整合模式及結果應包含水質、物理棲地以及水棲昆蟲，即櫻花鉤吻鮭所需之水域棲地品質(水質、物理性狀)以及食物之質與量做出評估並提出歷史、目前及潛在適合櫻花鉤吻鮭棲息溪流之經營管理方案。</p>	<p>(一) 將於下半年計畫盡可能整合成果並補充於期末報告中。</p>

<p>(二) 整合計畫摘要於主要建議事項不完整，應提出調查資料以哪些指標，含水質、棲地、水棲昆蟲為監測標的。</p> <p>(三) 研究區域圖，各支流、壩、採樣站等，宜於整合計畫簡介、摘要中呈現。</p> <p>(四) 水質子計畫結論中，多次以中性文字描述，例如：“有關”、“有影響”、“回復往年度變動趨勢”...，建議各水質參數綜合分析後，能夠指出哪一段溪流，哪一個季節，水質品質維持多久，而對櫻花鉤吻鮭之生存有利。</p> <p>(五) 物理棲地組成模擬應用 River2D，獲得棲地可利用面積，建議亦應對無水狀況、持續多久、河道沖淤等因素，評估在最差的物理棲地事件下，棲地可利用面積之變化。此外，此模式應可針對每一研究河段，做出可利用面積及其位置。</p> <p>(六) 物理棲地子計畫表號錯置，文中亦缺乏對相應的表之敘述，例如缺表 2-4~2-8，2-10~2-23，2-24~2-25，p.2-32，文中寫圖 2-26 但下圖為圖 2-40？寫表 2-23 但下表為表 2-25？p.2-34 圖 2-29 為圖 2-43？其餘亦多有文/圖/表不符之處。</p> <p>(七) p.2-10，引用張志豪(2013)文獻，但不在參考文獻一節。</p> <p>(八) p2-39，提及合歡溪有豐富棲地多樣性，此一敘述應有評估值，如 SIDI 值做佐證。</p> <p>(九) 水棲昆蟲 MDS 分析結果，圖 3-8 點數太多圖例太小顯得擁擠，建議放大。文中所述「有勝溪測站 10 年來為一群，...2009-2016 則</p>	<p>(二) 將於下半年計畫盡可能整合成果並補充於期末報告中。</p> <p>(三) 將於期末報告中補充。</p> <p>(四) 將於期末報告中調整補充。</p> <p>(五) 棲地模擬的狀況是以一個小河段來進行，水流的條件會再多放幾種狀況進行處理。</p> <p>(六) 表/圖/號的誤植於期末報告將會再修正。</p> <p>(七) 遵照辦理，將補充於期末報告中。</p> <p>(八) 將以合適的多樣性指標進行對照與比較。</p> <p>(九) MDS 的圖將放大圖示，因有勝溪水生昆蟲的群聚結構和七家灣溪愈來愈接近，然而七家灣溪及羅葉尾溪間之廊道仍可能受</p>
---	--

	<p>顯示有勝溪測站...與其它測站有相近結構...」,「隨年份...回移」,實難看與 MDS 圖相呼應。此外,重要的是 MDS 圖所說的回移,或群聚結構之回復,是以何年度為理想狀態之參考點?建議七家灣溪水昆歷年變化應加入做參考點。</p> <p>(十) MDS 分析結果,圖 3-11 建議以中大型水生昆蟲為主,中大型水昆是櫻花鉤吻鮭之主要食物,宜做為分析焦點。</p> <p>(十一) 水昆群聚組成、數量等參數與水質、物理棲地之相關式、量化式,需增加建構與分析。</p> <p>(十二) 壩體改善後下游的棲地也應在棲地改善的範圍內,因為鮭魚可能被沖至下游處。</p>	<p>到農業活動影響,在期末時整合水質、水蟲及鮭魚數來進行分析。至於理想狀態之參考點,過去以高山溪為優良測站,不是採最高點(2011年),宜以轉折點(生長數率為0)為主,再檢視數據後於期末呈現。</p> <p>(十) MDS 分析是所有水生昆蟲而不僅是中大型食餌,但在鑑定上仍會全部挑完才分出中大型食餌。</p> <p>(十一) 感謝委員建議,將增補於期末報告內。</p> <p>(十二) 本計畫針對壩體改善後下游棲地的調查,計有 1 號壩下游、繁殖場、收費口三個測站。由於本團隊過去曾往更下游處,甚至至伊卡丸溪進行調查,發現下游處生態環境條件不利鮭魚生存。</p>
<p>林淑芬 技士</p>	<p>(一) 有關合歡溪的狀況,在水質、水生昆蟲及河道棲地均看似合宜,但請問如遇暴雨是否會造成較大衝擊。</p> <p>(二) 請問火災後續如有較大降雨時是否仍會影響水質,另外火災當時對於岸上的陸生昆蟲是否也會影響?</p>	<p>(一) 該河段呈現穩定的階潭河道現況,且巨礫亦可提供洪水期間之重要庇護空間,故較不受暴雨影響。</p> <p>(二)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.水質:根據國外研究顯示,影響時間可能長達一年,但影響的程度不度地域差異極大,將持續監測。 2.水昆:火災造成的水質影響,在 5 月底及 10 月均會採樣,可反應梅雨前及颱風後的變化。另火災對於陸生昆蟲,火燒後可能就沒了,以鮭魚為例,約有 20-30 %的食物來源濱岸昆蟲,為避免衝擊,植樹復育有其必要性。

<p>楊國華 課長</p>	<p>(一) 七家灣溪保育利用計畫有關濕地水質檢測標準，是否可納入本案成果之檢視。</p> <p>(二) 火災前後各測站之分析，部分上游(較高海拔)的測站的 TOC 也在災後升高，是否可能為風吹造成？</p> <p>(三) 本案對櫻花鉤吻鮭之棲地保育監測，是否可以請老師建議後續本處在擴大園區計畫之可行性。</p>	<p>(一) 遵照辦理</p> <p>(二) 由於火災發生點位於鄰近區域海拔最高處，故降雨沖刷與逕流可能及於所有相對火災地點較低之處，當然乾沉降也是可能的途徑之一。</p> <p>(三) 遵照辦理。</p>
<p>于淑芬 課長</p>	<p>(一) 壩體改善後，下游的水生昆蟲的生物量是否尚未恢復？</p>	<p>(一) 有關水生昆蟲的生物量分析，在 2015 年已達到 2010 年的水準。</p>
<p>鍾銘山 副處長</p>	<p>(一) 許多颱風對武陵地區沒有影響建議不必再描述，但影響較大的包含颱風及其它的異常天候事件也應納入分析。</p>	<p>(一) 有關特殊天候事件造成的影響，在後續報告可以納入討論。有關許多颱風事件的影響較少的部份，可能再以月份作為歸納分析，而不是僅以颱風名稱作為事件發生點。</p>
<p>陳貞蓉 處長</p>	<p>(一) 91 年武陵地區的森林火災燒了較多天，所造成的影響是否可以與本年度的情況比較。</p> <p>(二) 壩體改善已歷經 5 年，其整體環境是否有改善？</p> <p>(三) 有勝溪的伏流現象是否已為長期固定狀態，但其影響鮭魚移動，如此下游處是否無須再考量河道或水質...等相關因子？</p>	<p>(一)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.水質：將補充於期末報告中。 2.水昆：有關 91 年武陵火災，當時尚未進行相關研究，故無法比對影響水質之狀況。 <p>(二)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.物棲：壩體改善前後，水質無明顯差異，但至少提供了鮭魚的通道；物理環境則在 2-3 年已達到河道大致平衡的時間。 2.水昆：感謝處長建議，將依水生昆蟲、鮭魚與雨量等資料分析 2011-2015 壩體拆除後之變化。 <p>(三) 有勝溪的無水段(伏流)，在豐水季時仍有水流覆蓋，基本上不易改變，其下游處的棲地也不利於鮭魚生存。</p>

	<p>(四) 南湖登山口的水質不好，其上游無農業使用且人為干擾漸少(登山客多已移至勝光派出所附近)，其原因為何？</p>	<p>(四) 其與羅葉尾溪較為接近而與勝光測站(有勝溪下游)差異較大，後續再以統計分析之。</p>
--	--	---

「武陵地區七家灣溪壩體改善後臺灣櫻花鉤吻鮭棲地監測暨
現存其它棲地調查與改善評估」計畫期末審查委員意見表

委員	委員意見	意見回覆
趙榮台 委員	<p>(一) 期末報告的口頭報告相當清楚，反映了研究的努力，也有具體結果。不過，書面報告的總合計畫摘要卻不像口頭報告那麼清楚，建議依各分項報告的具體結果摘要列於整合計畫摘要。有關修正建議細節請參考本上在期末報告上書寫的意見。</p> <p>(二) 建議在期末報告加入前次及本次審查意見及回應。</p> <p>(三) 所有圖表均應說明時間、地點、內容，必要時摘述方法，請修正。</p> <p>(四) 今(2016)年4月之林火，請取得燃燒面積、位置、持續日數及燃燒強度等基本資料，供目前評估與日後比對之參考。</p> <p>(五) 監測應有結論，結論可分為早期預警(early warning)(例如水溫、溶氧有升高趨勢；二號壩的粗木質殘體(CWD)堆積)、採取行動(take action)或繼續監測。請各分項計畫的各項監測做出適當結論，並將早期預警和採取行動於「主要建議事項」。(目前的建議事項敘述不明，尤其每年監測的頻率應有數據或說明。)</p>	<p>(一) 感謝委員寶貴建議，遵照辦理。</p> <p>(二) 遵照辦理。</p> <p>(三) 由於許多圖表包含長至10年，不同採樣頻率，甚或超過十個樣站的合併比較資料，為便於報告頁面空間之安排，並避免過於冗長重複的文字，相關資料均在本文中統一述明。</p> <p>(四) 今年度森林火災發生於4/9 16:00-4/10 17:00，地點為大甲溪事業區第37、38林班(佐武野群山)，面積約14公頃，最高海拔約2300米，大部分區域坡度大於45度，部分區域坡度介於60-70度。</p> <p>(五) 感謝委員寶貴意見，將參採納入明年工作項目中。</p>

	<p>(六) 本計畫的三個子計畫主持人最好能聚會 1-2 次，就整體結論進行討論，並反映於期末報告中。</p>	<p>(六) 遵照辦理。</p>
<p>謝蕙蓮 委員</p>	<p>(一) 整合計畫摘要中，請加強明確說明具體的可供放流的地點，具體事項應包括棲地物理、化學、水文與水棲昆蟲做為食餌綜合評析，適合櫻花鉤吻鮭生存的地點位於何處，譬如河道穩定性與食餌量達到某一程度，水質參數達某一標準，並指出這些潛在可供放流的河段。</p> <p>(二) 鮭魚生活史中，食性是否改變？請區分魚體大小與水棲昆蟲食餌（亦可以功能群區分）之間的關係。</p> <p>(三) 如果鮭魚生活史各階段食性不同，放流地點與放流之魚體大小需加以考量。</p> <p>(四) 主要建議事項 p.5，生態環境評估需收集多少年之調查資料，依據為何？請說明。另外，“以完整比較，其與各等級參考測站之異同”，請說明各等級參考測站是何意，以及是那些測站。</p>	<p>(一) 感謝委員指導，已在整合計畫摘要中補充說明適合放流地點之判斷依據。適合櫻花鉤吻鮭可供放流的地點，其河道物理棲地條件應包括河道穩定性、棲地及底質條件與優良樣區（高山溪或羅葉尾溪）相似、小型礫石以上百分比高等項。水質參數至少須達水溫夏季低於 17 °C 冬季低於 12.5 °C、溶氧高於 6 mg/L、pH6.8~8.5 等，與優良樣區（如高山溪或桃山西溪）近似。</p> <p>(二) 感謝委員建議，鮭魚食性是否有改變及魚體大小與水棲昆蟲食餌之間的關係，目前無法針對此議題給予具體回應，明年度有機會將在後續報告納入討論。</p> <p>(三) 感謝委員建議，鮭魚放流主要考慮魚隻的環境適應力，雪霸處均以當年度可成熟配對之 1+成魚進行放流，本計畫將提供環境因子資訊，結合雪霸國家公園管理處魚類專家，共同研選適合之放流點。</p> <p>(四) 放流點之生態環境評估至少需要一至兩年之調查資料，係考量大部分的生態環境系統均有一年四季之週期循環，採用兩年資料主要在檢定相鄰兩年之間的資料信度（reliability），亦即證明該年度與次年度所蒐集的資料具有一致性（consistently）。本研究為評估潛在放流點之生態環境特性，故選擇武陵地區高山溪（#8）、觀魚台（#4）及有勝溪收費口（#9）分別代表優質、中度及劣質參考測站，做為比較基準，未來亦將針</p>

	<p>(五) 圖 2, 3, 4 採樣位置圖，請放大，明晰化。</p> <p>(六) 圖 1-76, 圖 1-77, R^2 表示法，請修正。</p> <p>(七) 圖 1-19, 圖 1-20, 圖 1-26, 圖 1-52, 圖 1-53, 圖 1-48, 圖 1-49 等其它圖，再檢查直線所示數據並修正。</p>	<p>對各測站之適合度，進行動態調整。</p> <p>(五) 遵照辦理。</p> <p>(六) 遵照辦理。</p> <p>(七) 遵照辦理。</p>
<p>于淑芬 課長</p>	<p>(一) 報告書中，棲地的部分結果內容較少，但圖、表很多，請再詳加說明。</p> <p>(二) 有關棲地部分自表 2-17 至表 2-22，比較有勝溪及七家灣溪生態基流量與平均流量的可利用面積等表，其表示方式均不同（如表 2-17 為 5 cms; 2-18 為 1.17 cms），在表頭上均語意不清，而各表之間的異同也應清楚敘述。另七家灣溪在壩體改善後的資料是否列於其上？請再詳加說明。</p> <p>(三) 本計畫水棲昆蟲是否可與 1937 年上野益三的著作「臺灣大甲溪の鱒の食性と寄生蟲」之資料相比對。</p>	<p>(一) 遵照辦理。</p> <p>(二) 河道棲地調查結果之內容已加強說明；表 2-17 及表 2-18 之表明已改為平均流量與生態基流量；七家灣溪一號壩體改善後之可利用面積變化，將於下年度與有勝溪一號壩改善模擬結果比較時一併呈現。</p> <p>(三) 1937 年上野益三之鮭魚胃內物有 4 目 11 科水棲昆蟲資料，然此報導僅鑑定至科或亞科，而無法獲得科級以下的解析度，我們今年於此處之採集記錄有 5 目 36 科 65 物種，水蟲多樣性明顯較過去為多，比對結果，僅毛翅目 Brachycentrinae 短石蛾亞科沒採獲。</p>
<p>鍾銘山 代理處長</p>	<p>(一) 本計畫包含三項子計畫，但整體報告的呈現應有共同的目標，例如合歡溪的水蟲、棲地、水質的狀態適不適合櫻花鉤吻鮭生存等，後續在結論時可以再整合探討。</p>	<p>(一) 遵照辦理，將納入明年工作項目。</p>

	<p>(二) 目前本處對於櫻花鉤吻鮭的長期監測已經進入結合經營管理的層面，建議在明年度工作計畫先擬訂共同目標，以利後續研究可以朝向更一致的方向。</p>	<p>(二) 遵照辦理，將納入明年工作項目。</p>
--	--	----------------------------