

武陵地區溪流環境生態監測

成果報告

雪霸國家公園管理處委託辦理計畫

中華民國一百一十年十二月

武陵地區溪流環境生態監測

成果報告

委託單位：雪霸國家公園管理處

執行單位：逢甲大學

計畫主持人：葉昭憲

共同主持人：官文惠、郭美華、端木茂甯

(按姓氏筆劃排列)

雪霸國家公園管理處委託辦理計畫

中華民國一百一十年十二月

目錄

表目錄	iii
圖目錄	i
計畫整合摘要	1
中文摘要	1
一、研究緣起	1
二、研究方法及過程	1
三、重要發現	2
四、主要建議事項	3
第一章 計畫資料整合	1-1
一、計畫緣起	1-1
二、計畫目標	1-2
三、研究地區	1-4
四、自然因素與人為活動	1-4
五、參考文獻	1-5
附表	1-7
附圖	1-8
第二章 水文物理棲地調查及崩塌地監測	2-1
計畫摘要	2-1
一、前言	2-4
二、研究方法及過程	2-4
三、研究發現	2-8
四、結論	2-12
五、參考文獻	2-13
附表	2-14
附圖	2-17
第三章 水質監測	3-1
摘要	3-1
ABSTRACT	3-4
一、前言	3-5

二、材料與方法	3-11
三、結果	3-14
四、討論	3-15
五、結論與建議	3-23
六、參考文獻	3-26
附表	3-27
附圖	3-41
第四章 水棲昆蟲研究	4-1
一、前言	4-5
二、材料與方法	4-9
三、結果	4-14
四、討論	4-16
六、參考文獻	4-19
附表	4-23
附圖	4-35
第五章 生態資料庫更新與維運	5-1
ABSTRACT	5-2
附件、生物多樣性敏感資料開放作業原則	5-24
逐條說明	5-24
(附錄一) 敏感資料定義準則之說明與案例	5-31
(附錄二、敏感資料清單範例)	5-35
(附錄三、敏感資料表單標示範例)	5-36
期中審查視訊會議委員意見回覆表	
期末審查會議委員意見回覆表	

表目錄

表 1-1 本計畫採樣地點地理座標.....	1-7
表 1-2 近十年桃山氣象站之年雨量資料（單位：mm）.....	1-7
表 2-1 棲地底質分類表.....	2-14
表 2-2 各種物理棲地環境指標定義.....	2-14
表 2-3 收費站樣站內各斷面座標.....	2-14
表 2-4 有勝溪下游樣站內各斷面座標.....	2-14
表 2-5 勝光派出所樣站內各斷面座標.....	2-14
表 2-6 登山口樣站內各斷面座標.....	2-15
表 2-7 羅葉尾樣站內各斷面座標.....	2-15
表 2-8 觀魚台樣站內各斷面座標.....	2-15
表 2-9 一號壩樣站內各斷面座標.....	2-15
表 2-10 繁殖場樣站內各斷面座標.....	2-15
表 2-11 各樣站之平均坡降.....	2-16
表 2-12 武陵地區 2019 年 11 月及 2020 年 11 月集水區分區崩塌地對照表 ...	2-16
表 2-13 氣象局桃山站之 2019 至 2021 年降雨資料.....	2-16
表 2-14 各樣站 2019 至 2021 底質粒徑大於 25.6 公分礫石之比例.....	2-16
表 3-1 地面水體分類及水質標準.....	3-27
表 3-2 歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準(2006.9.6.).....	3-28
表 3-3 七家灣溪重要濕地保育水質標準.....	3-28
表 3-4 七家灣溪重要濕地保育水質標準修正研析與相關標準比較.....	3-29
表 3-5 飲用水水源水質標準.....	3-30
表 3-6 水體樣品保存.....	3-30
表 3-7 採樣地點地理座標.....	3-31
表 3-8 110 年 02 月溶解態分析數據.....	3-32
表 3-9 110 年 04 月溶解態分析數據.....	3-34
表 3-10 110 年 06 月溶解態分析數據.....	3-36
表 3-11 110 年 9、10 月溶解態分析數據.....	3-38
表 3-12 司界溪與七家灣溪核心保育區樣站水質獨立 t 檢定.....	3-40
表 4-1 2021 年 1 月的水棲昆蟲各項生物監測數值數.....	4-23
表 4-2 2021 年 1 月的水棲昆蟲各項生物監測數值數.....	4-23
表 4-3 2021 年 6~7 月的水棲昆蟲各項生物監測數值數.....	4-24
表 4-4 2021 年 10 月的水棲昆蟲各項生物監測數值數.....	4-24
表 4-5 司界蘭溪各項生物監測數值.....	4-25
表 4-6 高山溪 2011 年各項生物監測數值.....	4-26
表 4-7 2021 年 1 月的水棲昆蟲資源組成及個體數.....	4-27
表 4-8 2021 年 4 月的水棲昆蟲資源組成及個體數.....	4-28
表 4-9 2021 年 6 月及 7 月的水棲昆蟲資源組成及個體數.....	4-29
表 4-10 2021 年 10 月的水棲昆蟲資源組成及個體數.....	4-30

表 4- 11 2021 年水棲昆蟲資源組成及個體數.....	4-31
表 4- 12 2021 年 1 月司界蘭溪下游資源組成及個體數.....	4-32
表 4- 13 2021 年高山溪二號壩下游改善前後資源組成及個體數.....	4-33
表 4- 14 MARSS 模型支持度	4-34
表 5- 1 通用生態資料格式-計畫資料表	5-15
表 5- 2 通用生態資料格式-測站資料表(調查時間地點資料表).....	5-15
表 5- 3 通用生態資料格式-調查資料表(主資料表).....	5-16
表 5- 4 武陵地區敏感物種之建議敏感資料層級.....	5-16

圖目錄

圖 1-1 本計畫團隊成員之調查項目關聯圖.....	1-8
圖 1-2 本計畫之工作範圍.....	1-8
圖 1-3 本計畫各樣地點位置圖.....	1-9
圖 1-4 近三年桃山站之月降雨量.....	1-9
圖 1-5 近四年萬壽橋前半年(上)及後半年(下)之旬平均水位.....	1-10
圖 1-6 近三年七家灣溪繁殖場測站之底質類型百分比.....	1-10
圖 1-7 施工前(左)、後(右)之高山溪二號壩下游河道照.....	1-11
圖 1-8 武陵吊橋和桃山步道修繕工程(左)示意圖(右)施工照片.....	1-11
圖 2-1 全測站電子光波測距經緯儀.....	2-17
圖 2-2 撿拾狀況.....	2-17
圖 2-3 開口樣板量測粒徑.....	2-17
圖 2-4 SVR 手持式雷達波流速儀量測示意.....	2-17
圖 2-5 有勝溪各樣站位置圖 (資料來源：本研究團隊).....	2-18
圖 2-6 河道範圍圖 (資料來源：本研究團隊).....	2-18
圖 2-7 收費站樣站斷面位置圖.....	2-19
圖 2-8 勝光派出所樣站斷面位置圖.....	2-19
圖 2-9 勝光派出所樣站斷面位置圖.....	2-19
圖 2-10 登山口樣站斷面位置圖.....	2-19
圖 2-11 羅葉尾樣站斷面位置圖.....	2-19
圖 2-12 觀魚台河道縱向高程剖面圖.....	2-20
圖 2-13 繁殖場河道縱向高程剖面圖.....	2-20
圖 2-14 一號壩斷面高程剖面圖.....	2-20
圖 2-15 登山口底質比例.....	2-21
圖 2-16 登山口棲地比例.....	2-21
圖 2-17 羅葉尾底質比例.....	2-21
圖 2-18 羅葉尾棲地比例.....	2-21
圖 2-19 收費站底質比例.....	2-21
圖 2-20 收費站棲地比例.....	2-21
圖 2-21 有勝溪下游底質比例.....	2-21
圖 2-22 有勝溪下游棲地比例.....	2-21
圖 2-23 勝光派出所底質比例.....	2-22
圖 2-24 勝光派出所棲地比例.....	2-22
圖 2-25 收費站樣站現地照片.....	2-22
圖 2-26 有勝溪下游樣站現地照片.....	2-22
圖 2-27 勝光派出所樣站現地照片.....	2-22
圖 2-28 登山口樣站現地照片.....	2-23
圖 2-29 羅葉尾樣站現地照片.....	2-23
圖 2-30 七家灣溪全河道範圍 (資料來源：本研究團隊).....	2-23

圖 2-31 觀魚台底質比例.....	2-24
圖 2-32 觀魚台棲地比例.....	2-24
圖 2-33 一號壩底質比例.....	2-24
圖 2-34 一號壩棲地比例.....	2-24
圖 2-35 繁殖場底質比例.....	2-24
圖 2-36 繁殖場棲地比例.....	2-24
圖 2-37 觀魚台樣站斷面位置圖.....	2-25
圖 2-38 繁殖場樣站斷面位置圖.....	2-25
圖 2-39 七家灣溪一號壩樣站斷面位置圖.....	2-25
圖 2-40 觀魚台樣站現地照片 (資料來源: 本研究資料)	2-25
圖 2-41 七家灣溪一號壩樣站現地照片 (資料來源: 本研究團隊)	2-26
圖 2-42 繁殖場樣站現地照片 (資料來源: 本研究團隊)	2-26
圖 2-43 高山溪現地照片	2-27
圖 2-44 高山溪二號壩上、下游縱斷面圖.....	2-28
圖 2-45 高山溪二號壩底質類型圖.....	2-28
圖 2-46 高山溪二號壩棲地類型圖.....	2-28
圖 2-47 高山溪二號壩殘材移除及壩體改善建議圖.....	2-28
圖 2-48 桃山西溪底質類型圖.....	2-29
圖 2-49 桃山西溪棲地類型圖.....	2-29
圖 2-50 桃山西溪及桃山北溪現況照片 (資料來源: 本研究資料)	2-29
圖 2-51 司界蘭溪放流棲地縱斷面圖.....	2-30
圖 2-52 司界蘭溪底質類型.....	2-30
圖 2-53 司界蘭溪棲地類型.....	2-30
圖 2-54 司界蘭溪現地照片.....	2-30
圖 2-55 武陵地區 2019 年 11 月集水區分區原始影像圖.....	2-31
圖 2-56 武陵地區 2020 年 11 月集水區分區原始影像圖.....	2-31
圖 2-57 武陵地區 2019 年 11 月集水區分區崩塌地分析圖.....	2-32
圖 2-58 武陵地區 2020 年 10 月集水區分區崩塌地分析圖.....	2-32
圖 2-59 武陵地區 2021 年 12 月集水區分區原始影像圖.....	2-33
圖 2-60 武陵地區 2021 年 12 月集水區分區崩塌地分析圖.....	2-33
圖 2-61 七家灣溪共同樣區之小型礫石以上比例變動圖.....	2-34
圖 2-62 各樣站 2019 至 2021 小型礫石以上比例對照圖	2-34
圖 3-1 雪霸國家公園.....	3-41
圖 3-2 氮素循環過程.....	3-41
圖 3-3 流程圖.....	3-42
圖 3-4 武陵地區七家灣溪流流域水質採樣地點位置圖.....	3-42
圖 3-5 武陵地區溪流溫度值變化.....	3-43
圖 3-6 武陵地區溪流 pH 值變化.....	3-43
圖 3-7 武陵地區溪流導電度值變化.....	3-44
圖 3-8 武陵地區溪流溶氧值變化.....	3-44

圖 3-9 武陵地區溪流濁度值變化.....	3-45
圖 3-10 武陵地區溪流 SiO ₂ 值變化.....	3-45
圖 3-11 武陵地區溪流 NO ₃ --N 值變化.....	3-46
圖 3-12 武陵地區溪流 NO ₂ --N 值變化.....	3-46
圖 3-13 武陵地區溪流 SO ₄ ²⁻ 值變化.....	3-47
圖 3-14 武陵地區溪流 Cl-值變化.....	3-47
圖 3-15 武陵地區溪流 PO ₄ ³⁻ 值變化.....	3-48
圖 3-16 武陵地區溪流 NH ₄ ⁺ -N 值變化.....	3-48
圖 3-17 武陵地區溪流 TOC 值變化.....	3-49
圖 3-18 一號壩壩體改善溫度值變化.....	3-50
圖 3-19 一號壩壩體改善 pH 值變化.....	3-50
圖 3-20 一號壩壩體改善導電度值變化.....	3-51
圖 3-21 一號壩壩體改善溶氧值變化.....	3-51
圖 3-22 一號壩壩體改善濁度值變化.....	3-52
圖 3-23 一號壩壩體改善 SiO ₂ 值變化.....	3-52
圖 3-24 一號壩壩體改善 NO ₃ --N 值變化.....	3-53
圖 3-25 一號壩壩體改善 NO ₂ --N 值變化.....	3-53
圖 3-26 一號壩壩體改善 SO ₄ ²⁻ 值變化.....	3-54
圖 3-27 一號壩壩體改善 Cl-值變化.....	3-54
圖 3-28 一號壩壩體改善 PO ₄ ³⁻ 值變化.....	3-55
圖 3-29 一號壩壩體改善 NH ₄ ⁺ -N 值變化.....	3-55
圖 3-30 一號壩壩體改善 TOC 值變化.....	3-56
圖 3-31 山溝與七家灣溪測站之溫度值比較.....	3-57
圖 3-32 山溝與七家灣溪測站之 pH 值比較.....	3-57
圖 3-33 山溝與七家灣溪測站之導電度值比較.....	3-58
圖 3-34 山溝與七家灣溪測站之溶氧值比較.....	3-58
圖 3-35 山溝與七家灣溪測站之濁度值比較.....	3-59
圖 3-36 山溝與七家灣溪測站之 SiO ₂ 值比較.....	3-59
圖 3-37 山溝與七家灣溪測站之 NO ₃ --N 值比較.....	3-60
圖 3-38 山溝與七家灣溪測站之 NO ₂ --N 值比較.....	3-60
圖 3-39 山溝與七家灣溪測站之 SO ₄ ²⁻ 值比較.....	3-61
圖 3-40 山溝與七家灣溪測站之 Cl-值比較.....	3-61
圖 3-41 山溝與七家灣溪測站之 PO ₄ ³⁻ 值比較.....	3-62
圖 3-42 山溝與七家灣溪測站之 NH ₄ ⁺ -N 值比較.....	3-62
圖 3-43 山溝與七家灣溪測站之 TOC 值比較.....	3-63
圖 3-44 8.1ha 回收農用地溫度值變化.....	3-64
圖 3-45 8.1ha 回收農用地 pH 值變化.....	3-64
圖 3-46 8.1ha 回收農用地導電度值變化.....	3-65
圖 3-47 8.1ha 回收農用地溶氧值變化.....	3-65
圖 3-48 8.1ha 回收農用地濁度值變化.....	3-66

圖 3- 49 8.1ha 回收農用地 SiO ₂ 值變化	3-66
圖 3- 50 8.1ha 回收農用地 NO ₃ --N 值變化	3-67
圖 3- 51 8.1ha 回收農用地 NO ₂ --N 值變化	3-67
圖 3- 52 8.1ha 回收農用地 SO ₄ ²⁻ 值變化.....	3-68
圖 3- 53 8.1ha 回收農用地 Cl ⁻ 值變化	3-68
圖 3- 54 8.1ha 回收農用地 PO ₄ ³⁻ 值變化.....	3-69
圖 3- 55 8.1ha 回收農用地 NH ₄ ⁺ -N 值變化.....	3-69
圖 3- 56 8.1ha 回收農用地 TOC 值變化	3-70
圖 3- 57 羅葉尾溪與司界蘭溫度值變化.....	3-71
圖 3- 58 羅葉尾溪與司界蘭溪 pH 值變化	3-71
圖 3- 59 羅葉尾溪與司界蘭溪導電度值變化.....	3-72
圖 3- 60 羅葉尾溪與司界蘭溪溶氧值變化.....	3-72
圖 3- 61 羅葉尾溪與司界蘭溪濁度值變化.....	3-73
圖 3- 62 羅葉尾溪與司界蘭溪 SiO ₂ 值變化	3-73
圖 3- 63 羅葉尾溪與司界蘭溪 NO ₃ --N 值變化	3-74
圖 3- 64 羅葉尾溪與司界蘭溪 NO ₂ --N 值變化	3-74
圖 3- 65 羅葉尾溪與司界蘭溪 SO ₄ ²⁻ 值變化.....	3-75
圖 3- 66 羅葉尾溪與司界蘭溪 Cl ⁻ 值變化	3-75
圖 3- 67 羅葉尾溪與司界蘭溪 PO ₄ ³⁻ 值變化.....	3-76
圖 3- 68 羅葉尾溪與司界蘭溪 NH ₄ ⁺ -N 值變化.....	3-76
圖 3- 69 羅葉尾溪與司界蘭溪 TOC 值變化	3-77
圖 3- 70 高山溪殘材壩改善前後比較(溫度、pH、導電度、DO、NTU)	3-77
圖 3- 71 高山溪殘材壩改善前後比較(矽酸鹽、硝酸鹽、亞硝酸鹽、磷酸鹽、硫酸根).....	3-77
圖 3- 72 高山溪殘材壩改善前後比較(氨氮、氯離子、總有機碳)	3-78
圖 3- 73 高山溪殘材壩拆除前後盒鬚圖比較(pH、導電度).....	3-78
圖 3- 74 高山溪殘材壩拆除前後盒鬚圖比較(DO、NTU).....	3-79
圖 3- 75 高山溪殘材壩拆除前後盒鬚圖比較(矽酸鹽、硝酸鹽)	3-79
圖 3- 76 高山溪殘材壩拆除前後盒鬚圖比較(亞硝酸鹽、磷酸鹽)	3-80
圖 3- 77 高山溪殘材壩拆除前後盒鬚圖比較(氨氮、硫酸根、總有機碳)	3-80
圖 4- 1 武陵地區溪流水棲昆蟲監測調查測站的相關位置圖.....	4-35
圖 4- 2、武陵地區溪流測站水棲昆蟲各月數量。	4-36
圖 4- 3、武陵地區溪流測站大型昆蟲食餌數量變化圖。	4-37
圖 4- 4、武陵地區溪流測站的水棲昆蟲生物量(濕重)變化圖。	4-38
圖 4- 5、武陵地區溪流測站水棲昆蟲的 Shannon- Wiener's index。	4-39
圖 4- 6、武陵地區溪流測站水棲昆蟲的 RBPII 相對分數。	4-40
圖 4- 7、武陵地區測站水棲昆蟲的 MDS 分析。	4-41
圖 4- 8、一號壩壩體上下游四測站水棲昆蟲的 MDS 分析。	4-41
圖 4- 9-1、各測站蜉蝣目(Ephemeroptera, E)、積翅目(Plecoptera, P)及毛翅目(Trichoptera, T)EPT 三目與搖蚊科(Chironomidae)豐度的比例(ratio of EPT and	

Chironomid abundances)。(資料來源：本研究資料).....	4-42
圖 4- 10-2、各測站蜉蝣目(Ephemeroptera, E)、積翅目(Plecoptera, P)及毛翅目 (Trichoptera, T)EPT 三目與搖蚊科(Chironomidae)豐度的比例(ratio of EPT and Chironomid abundances)。(資料來源：本研究資料).....	4-43
圖 5- 1 資料上傳：水棲昆蟲物種紀錄.....	5-17
圖 5- 2 資料上傳：水質調查.....	5-17
圖 5- 3 資料上傳：河道棲地.....	5-18
圖 5- 4 資料上傳：河道斷面.....	5-18
圖 5- 5 更新計畫資料.....	5-19
圖 5- 6 圖表資料更新.....	5-19
圖 5- 7 測站地圖優化.....	5-20
圖 5- 8 由測站地圖連結至調查資料(接圖 5-7).....	5-20
圖 5- 9 溫度監測視覺化呈現優化.....	5-21
圖 5- 10 流量推估視覺化呈現優化.....	5-21
圖 5- 11 保留原始紀錄學名與新增 TaiCoL 學名	5-22
圖 5- 12 更新物種名錄與統計.....	5-22
圖 5- 13 新增調查活動視角呈現.....	5-23
圖 5- 14 可檢視特定調查活動之調查資料.....	5-23

計畫整合摘要

葉昭憲、官文惠、郭美華、端木茂甯
逢甲大學水利工程與資源保育學系
明志科技大學環境與安全衛生工程系
中興大學昆蟲系
中央研究院生物多樣性研究中心

中文摘要

一、研究緣起

台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。而雪管處為擴大台灣櫻花鉤吻鮭棲息溪段，增加族群基因交流，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白甲魚藉由改善後的一號壩廊道，已可上溯至一號壩上游。依據雪霸國家公園管理處於 2005 年起推動「武陵地區長期生態監測(WLTER)」整合計畫之成果，台灣櫻花鉤吻鮭數量與水棲昆蟲數量、硫酸鹽濃度與導電度呈現負相關，但是與鳥類數量、深瀨比例以及大小礫石比例呈現正相關(林幸助等，2009)。因此本計畫持續監測七家灣溪一號壩壩體改善後對鮭魚生存棲地重要因子，包括水質、溪流物理棲地及水生昆蟲的影響，並同步進行羅葉尾溪、有勝溪棲地水質調查監測，以與歷年監測結果進行動態變化之分析，並比對七家灣溪、有勝溪水質穩定度差異，所收集資料將可建置於歷年監測資料庫。藉由調查所得

二、研究方法及過程

針對鮭魚生存之物理棲地，雪霸國家公園管理處自成立以來，持續改善高山溪與七家灣溪內五座防砂壩。在 2006 至 2019 年期間，藉由各校老師及研究團隊共同執行群體計畫，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，除描述環境棲地之時空演變過程外，亦瞭解因自然或人為因素造成環境變化而導致生態系之互動關聯。研究結果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，改善壩體後亦使得溪流中粒徑大於 25.6 公分礫石的比例增加，進而提升鮭魚抗颱風洪水之能力。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，另對有助台灣櫻花鉤吻鮭棲息之有勝溪與羅葉尾溪河道進行環境調查，以期可用於後續棲地評估依據。

監測台灣櫻花鉤吻鮭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16.5m)改善工程，本團隊持續長期監測武陵地區七家灣溪及有勝溪流域壩體改善後溪流水棲昆蟲群集，做為此鮭魚棲息環境水質評估之生物指標。今年的2月、4月、6月及10月於各採樣監測站採集四次，並於待指定放流河段之採樣監測站，至少採樣一次並以快速生物評估法II(RBP II指數)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。

三、重要發現

藉由今年(2021)及歷年河道高程變動及棲地底質調查資料，發現歷年七家灣溪主流樣區底質小型礫石以上比例多高於有勝溪等樣區，其中七家灣溪一號壩較穩定維持在四成左右以上，然而今年汛期後整體上各樣站河道內流量、流速明顯上升，故幾乎所有樣區皆超過50%，顯示壩體改善與汛期水流皆能塑造出有利櫻花鉤吻鮭之棲地環境；有勝溪樣站部分河道棲地底質尚未發現巨大變動，唯勝光派出所樣站Y-68斷面後河道右岸出現崩塌；桃山西溪樣站內河道左岸出現一處崩塌，及近幾次調查並無水量的桃山北溪流量明顯增加；司界蘭溪放流棲地樣站河到明顯趨緩，且樣站右岸有便道出現；崩塌地判釋相同崩塌地分析程序，針對補充2019年11月之衛星影像崩塌地判識，經比較對後發現桃山西溪在2019年及2020年間的崩塌率較為顯著。高山溪二號壩口殘材移除及壩體改善工程實施後，殘材阻絕廊道之狀況已解除，上游土砂堆積明顯消失，當底質類型比例尚無太大差異時，棲地類型則出現高達90%的淺瀨棲地。

水質監測結果顯示，武陵地區大部分溪流水質良好，符合臺灣櫻花鉤吻鮭生存水質標準。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。桃山西溪於四月份檢測出較高磷酸鹽濃度與總有機碳濃度，推測為樣點上邊坡施工造成，十月份監測結果顯示磷酸鹽濃度降回到正常數值，但TOC部分還是偏高故需持續觀察。今年上半年度觀察之測站濁度大多低於1NTU，除有勝溪(#9)及勝光(#203)合計三次觀測數據略高(但皆低於七家灣溪重要濕地保育水質標準上限值)外，下半年度濁度也均低於標準值且都約在1NTU以下，僅排水溝濁度較大，推測可能原因為排水溝較易造成泥沙堆積有關。截至目前各項水質監測結果顯示均已近似往年之變動趨勢。鄰近露營遊憩區之山溝及排水溝，其硝酸鹽氮與磷酸鹽濃度仍高於七家灣溪測站，但濃度近年逐漸降低。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出現明顯幅度降低，且該區域氮鹽濃度逐漸穩定，顯示農地回收確實達到一定成效。羅葉尾溪與七家灣溪今年監測結果，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。司界蘭溪下游(#11)可能因人類活動之影響，導電度高於有勝溪上游之羅葉尾溪放流點(#201)與南湖登山口(#202)，但低於下游之勝光派出所(#203)、有勝溪下游(#204)；與七家灣溪各測站數據進行獨立 t 檢定分析之結果顯示兩者水質僅硫酸鹽與導電度有差異，其餘水質項目並無太大不同，且水質狀況穩定並符合濕地保育水質標準。九月底高山溪二號殘材壩改善前後之水質特性，與往年平均比較，除可能因為汛期大雨沖刷而造成磷酸根、總有機碳等營養鹽稍為提高外，其餘參數並無太大變化，亦都能符合水質標準。

本年度採樣調查水棲昆蟲共計有 67 分類群(taxa)，分屬 6 目 38 科。由連續多年數據(2003 至 2020 年)看出，水棲昆蟲密度及大型昆蟲食餌，幾乎以每年年初為高峰，然 2017 年及 2018 年以 4 月及 10 月為高峰，2019 年回復為年初高峰且創新高，2020 年 2 月或 4 月為高峰，2021 年以 7 月為高峰。各測站的多樣性指數於各年變化區間相似。快速生物評估法 II(RBP II 指數)評估 2021 年 1 月各測站棲地無損害，但 4 月有三測站(#3、#9 及#12)，7 月有三測站(#2、#3 及#4)、10 月有兩測站(#9 及#13)棲地為中度損害。司界蘭溪下游測站於 2021 年 1 月採獲 25 個分類群，分屬 5 目 17 科；多樣性指數值為 3.2 且高於 2005 年至 2012 年之範圍，也高過今年同時期的#8 高山溪及#4 觀魚台；但棲地評比為中度損害。9 月 14 日進行#17 高山溪二號壩下游改善前調查，採獲 30 個分類群(Taxa)，分屬 5 目 22 科，壩體改善前各監測數值皆在武陵地區各測站之上下限範圍內且棲地無損害；壩體改善後於 10 月 7 日進行調查，採獲 17 個分類群(Taxa)，分屬 5 目 13 科，棲地為中度損害且水蟲密度、大型食餌、生物量及多樣性指數等皆低於所有測站。

本年度共新增水棲昆蟲資料 1,296 筆，水質資料 61 筆，河道地形資料 276 筆(含後視點與轉點 22 筆)，及河道棲地資料 480 筆，另補匯 109 年調查之河道棲地資料 69 筆。介面優化方面，本年度除更新年度計畫資料，亦進行網站功能檢修、校正物種紀錄學名格式以更新名錄與統計、增加圖表可依照資料篩選呈現結果之功能、增加測站地圖可依年份及調查項目篩選測站，以及增加以 Sampling Events (調查活動)之視角呈現調查資料等。

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

(1) 主辦機關：雪霸國家公園管理處

建議事項：根據歷年調查紀錄與經驗，高山溪二號壩材移除及壩體改善工程實施後，可能歷經一年半以上之河道環境變動期，故建議持續監測相關環境變動歷程，以確認此工程對櫻花鉤吻鮭棲地環境之影響與助益。

(2) 主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：武陵農場、林管處

建議事項：因人為活動或施工，常造成水中濁度、亞硝酸鹽氮、硝酸鹽氮等濃度濃度上升，除了近年雪管處與武陵農場管制遊客數、妥善管理汙水處理設施外，建議仍應維持積極管理、提倡綠色旅遊、推廣有機栽作，並選擇適當工法、季節與天候狀況，加強施工廢水管理，避免擾動溪流，降低對武陵地區溪流水質之影響。藉由長期水質監測成果與國內外相關水質標準研析，提出七家灣溪重要濕地核心保育區水質標準修正建議，包括：建議水溫修正為兩區段管理目標，分別春夏季 13~17°C 與秋冬季 6~12°C；硝酸鹽建議調整為 2 μ g as N/L 以下；亞硝酸鹽建議調整為 4 μ g as N/L 以下，以同時兼顧符合當地長期水質特性與台灣櫻花鉤吻鮭之保育。

(3) 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

建議事項：近十年來觀察到的史無前例的流量超過了自然變化的程度，廣泛認為是主要的環境問題。雪霸國家公園是臺灣櫻花鉤吻鮭重要棲息地，監測其主要食物來源水棲昆蟲是必要的基本工作及利用生物指標進行環境監測至關重要。長期的毛翅目生態學數據還可評估氣候的可能影響並提供有價值的基準。歷史分析表明，毛翅目物種面臨氣候變遷的巨大影響。我們建議雪霸國家公園進行監測計劃，並優先考慮三種毛翅目昆蟲：捕食者黑頭流石蠶、刮食者臺灣黑管石蛾及濾食者角石蛾為指標物種及監測重點。建議每年四次(二月、四月、六月、十月)於固定樣站：桃山西溪、觀魚台站、繁殖場、高山溪、有勝溪站等 5 個樣站為優先考量。若經費不足至少每年二月、十月做一次監測。

(4) 主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：中央研究院生物多樣性研究中心

建議事項：在系統上計算並呈現更多圖表式的資料，亦可增加以調查事件(Sampling Event)為視角的資料呈現方式，以豐富資料視角及趨勢呈現。為使研究成果持續發揮後續效益及應用價值，建議委託 TaiBIF 透過 IPT 發布至 GBIF。另外也建議管理處於委託調查計畫時，可以明確訂定資料授權條款，未來若有公開資料庫的需求，較不會有相關爭議。歷年計畫累積調查約 900 種物種資訊，其中不乏許多保育類或稀見物種，若能在資料庫的物種資料中增加各項保育評估等級資料，如紅皮書、公告保育類物種，可提供管理單位規劃擬定範圍區保育計畫參考。開放資料時，亦能納入敏感資料開放作業原則，以在促進生物多樣性資料開放同時，兼顧可能受害物種的適當保護。

2. 中長期建議：

(1) 主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：武陵農場

建議事項：水質監測基本項目應包括水溫、導電度、濁度與 pH 值，若能輔以每季採樣分析 NO₃⁻、NO₂⁻、NH₄⁺及總有機碳濃度，則可完整掌握水質變化情形。

(2) 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、中央研究院生物多樣性研究中心

建議事項：建立與國際接軌的武陵地區生態資料庫，提供生態研究的科學資料，作為訂定臺灣臺灣櫻花鉤吻鮭保育措施與武陵地區經營管理策略的參考。

(3) 主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：中央研究院生物多樣性研究中心

建議事項：由於生物多樣性及環境除了受到短期事件的衝擊外，也可能受到長期變遷的影響，而後者需要持續不間斷的資料才能反映其變化趨勢，並進一步探討背後可能機制。因此建議未來可建立長期生物多樣性監測網及監測資料管理系統，利用資料庫有效彙整監測資料，同時也可嘗試開發以資料為基礎的決策支援工具，以利經營管理上的永續利用。

關鍵詞：台灣櫻花鉤吻鮭、大甲溪、七家灣溪、高山溪、羅葉尾溪、有勝溪、壩體改善、水質監測、物理棲地、河道測量、流量實測、水棲昆蟲、群集結構、快速生物評估法 II、溪流、資料

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) analyze the temporal and spatial variation of water quality in the stream of Wuling area.

For decades, Shei-Pa National Park has devoted itself in the efforts of improving the habitat environment of Formosan Landlocked Salmon, including the partial-removals of five dams in Chichiawan Creek and Gaushan Creek. A team project had been operated by professors from various universities from 2006 to 2019. With data collected from field, including habitat, stream sedimentation, and water quality, an ecosystem model was constituted along with other spatial statistics and multi-variants analysis approaches. These models identified the interaction between environmental changes from both nature and human activity and the transition of ecosystem. They also confirmed that dam removal can decrease the impacts of water temperature and population isolation. Besides, the research result indicated that increase in the percentage of small boulder, i.e., diameter over 25.4 cm, in the stream after dam removal helps the salmon's resistance to the storm flows. Therefore, this project will continue the long-term monitoring and investigations as before. Two more potential creeks suitable for Formosan Landlocked Salmon will be included for investigation.

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 will be used to collect six samples of aquatic insects along the Cijiawan and Yousheng streams at the stations at February, April, June, and October, respectively. Except for one undecided release site of hatched salmon, this project will collect six samples of aquatic insects along the streams once. The rapid bioassessment protocol II (RBPII), a reliable method for assessing water quality, will be also 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.

Key words: the Formosan salmon, Stream Da-Chia, Stream Chi-Chia-Wan, Stream Ko-Shan, Stream Lo-Yeh-Wei, water quality monitoring, Chichiawan Creek, Yushan Creek, dam removal, physical habitat, channel survey, flow discharge measurement, *Oncorhynchus masou formosanus*, aquatic insects, community structure, rapid bio-assessment protocol II (RBPII), stream, data base.

研究計畫項目分工

項目編號	主持人	服務機構/所	職稱	項目內容
1	葉昭憲	逢甲大學水利工程與資源保 育學系	教授	物理棲地研究
2	官文惠	明志科技大學環境與安全衛 生工程系	教授	水質研究
3	郭美華	中興大學昆蟲系	教授	水棲昆蟲研究
4	端木茂甯	中央研究院生物多樣性研究 中心	助理 研究員	生態資料庫

第一章 計畫資料整合

一、計畫緣起

臺灣櫻花鉤吻鮭 *Oncorhynchus masou formosanus* (Jordan and Oshima, 1919) 是臺灣唯一的寒帶魚類，於 1984 年 7 月依「文化資產保存法」被列為臺灣珍貴的自然文化資產。但因長期封閉在高山溪流裡，且生長在亞熱帶的臺灣，已完全喪失了洄游的本能。臺灣櫻花鉤吻鮭在 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，1994;林等，2008; 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、南湖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(農委會等，2000;汪，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)。

武陵地區七家灣溪流域為國寶魚臺灣櫻花鉤吻鮭之主要棲息地，該水域生態系受水環境參數之影響甚巨，故有持續監測該地水質變化之必要性。雪霸國家公園管理處於 98-104 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)。為擴大臺灣櫻花鉤吻鮭棲息溪段並增加族群基因交流，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白甲魚藉由改善後的一號壩廊道，已可上溯至一號壩上游。2012 年夏季的兩次颱風事件導致武陵地區大量降雨，尤其是八月的蘇拉颱風帶來的強烈暴雨使得七家灣溪一號防砂壩上、下游高程、棲地及底質皆產生劇烈變動。此情況乃是拆壩與洪水事件的交互作用。在 2013 年蘇利颱風後，雖然七家灣溪物理棲地劇烈變化，但是調查發現因拆壩而造成的溯源侵蝕終點仍停留在壩上 800 公尺，顯示拆壩對於底質影響範圍有限，且自然洪水破壞力範圍及規模遠大於拆壩事件(林等，2013)。2016 年水棲昆蟲研究發現，雖然一號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場小型洪水的衝擊，但是拆壩後五年連續監測發現每年水棲昆蟲多樣性波動範圍已逐漸縮小(官等，2016)。Chang et al.

(2017) 認為七家灣溪的生物高度適應自然流況，而水棲昆蟲或是臺灣櫻花鉤吻鮭他們生活史重要階段會避開洪水期間，推論能透過最佳的拆壩時間點選擇，來達到減輕拆壩過程對於溪流生物的影響。武陵地區從 2004 年到 2018 年，在經歷科學研究、保育措施與棲地管理後，最後落實七家灣溪一號壩改善拆除，一連串時間序列至拆壩後七年的生態模式結果顯示，觀魚臺與繁殖場測站，皆是在相對健康狀態下逐漸成長的生態系統(林，2018)。

高山溪四座防砂壩之壩體改善工程已於 2000 至 2001 年間完成，但是十數年來隨著高山溪沿岸崩塌而進入河道之木質殘材逐漸被暴雨或颱風造成之洪水攜帶至下游，並在包含防砂壩址在內之狹窄河道處堆積，進而形成另類之殘材壩並造成河川廊道之障礙。例如二號壩址及一號壩下游河道曾分別於 2007 年與 2008 年出現殘材堆積，2012 年雪霸國家公園管理處予以裁切作業後，此二殘材堆積在遭遇 0610 豪雨及蘇拉颱風等較大降雨事件後而被沖毀。但是在 2016 年九月連續遭遇莫蘭蒂與馬勒卡颱風後，高山溪二號壩口立即出現 4-5 公尺高之殘材堆積。管理處為解決殘材堆積之問題，已於 2021 年度內進行處理，故本團隊於壩址下游河道進行殘材移除前後之生態監測。因此為協助管理單位掌握並因應大自然干擾及後續保育措施的處理策略，本計畫針對溪流水質、水棲昆蟲群集、溪流物理狀況等為長期監測指標，以持續掌握武陵地區七家灣溪、高山溪溪流環境因子狀況，評估降雨、遊憩行為等對溪流環境之影響。並為利後續移地復育之工作執行，今年仍會持續進行放流棲地環境調查，再透過資料庫系統之建置，以有效彙整歷年武陵地區溪流環境監測資料。期望透過長期監測調查之科學數據及資料，以瞭解武陵地區棲地物理、水質及水棲昆蟲群集結構變動，並研擬臺灣櫻花鉤吻鮭之保育措施及武陵地區經營管理策略。計畫團隊成員在本計畫中進行之調查項目以及相互關聯如圖 1-1 所示。

二、計畫目標

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，過去數年（林等，2006、2007、2008、2009、2010、2011、2012、2013、2018、2019）係由各校老師及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中粒徑大於 25.6 公分礫石的比例增加，雖然颱風會造成臺灣櫻花鉤吻鮭族群數量遽減 1/3 左右，但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。林幸助等（2018）認為判斷生態系統在經過復育管理後是否成功，可以透過長期監測資料定義不同區域的復育標準。因此，物理棲地穩定標準可以透過濁度狀態判斷，拆壩後曾高達 600 NTU，但持續時間短；一般洪水事件高達 100 NTU，但持續時間長；水質復育標準以歐盟訂定鮭、鯉魚之水質標準為依據；水棲昆蟲依循溪流生物快速指標 EPT(蜉蝣目、襉翅目以及毛翅目與搖蚊之相對豐度作為標準，建議>75 為河川的復育標準。

由於七家灣溪溪流生態系主要的驅動因子為降雨量；當降雨量增加時，溪流流速會加快，流況變動程度則會影響底質組成，底質組成改變後會影響溪流內的生物類群，進而影響食物網的運作（林等，2018）。且根據 WALTER 整合計畫之成果，臺灣櫻花鉤吻鮭數量與水棲昆蟲數量、硫酸鹽濃度與導電度呈現負相關，但是與鳥類數量、深瀨比例以及大小礫石比例呈現正相關(林等，2009)，因此本計畫選定溪流水質、水棲昆蟲群集、溪流物理狀況

第一章 計畫資料整合

等為長期監測指標，並持續維運資料庫系統，以有效彙整歷年武陵地區溪流環境生態監測資料，期望透過長期監測調查之科學數據及資料，以瞭解武陵地區棲地物理、水質及水棲昆蟲群集結構變動，並研擬臺灣櫻花鉤吻鮭之保育措施及武陵地區經營管理策略。然而因過去監測調查發現高山溪二號殘材壩阻斷臺灣櫻花鉤吻鮭洄游通道，因此本年度計畫執行高山溪二號防砂壩之改善工程後下游之環境生態監測，以期了解改善成效。

本計畫具體目標包括：

- (一) 彙整本處歷年監測資料，包括溪流水質、水棲昆蟲群集、溪流物理狀況等長期監測指標，以持續掌握武陵地區七家灣溪、高山溪溪流等環境因子狀況，並評估降雨、遊憩行為等對溪流環境之影響。
- (二) 持續維運武陵地區生態資料庫，有效彙整歷年武陵地區溪流環境監測資料。
- (三) 監測高山溪二號防砂壩改善前後之棲地環境生態變化及改善成效。
- (四) 放流棲地進行環境調查，以利評估復育之成效。
- (五) 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。

本計畫之工作項目則包括：

- (一) 監測武陵地區溪流水棲昆蟲群集物種數及個體數與歷年動態變化之分析。
- (二) 監測武陵地區溪流水質與歷年動態變化之分析，至少需包括水溫、pH、導電度、濁度、NO₃⁻、NO₂⁻、NH₄⁺及總有機碳濃度等項目。
- (三) 溪流物理棲地與歷年動態變化之分析，至少需包括流速、流量、河道斷面、棲地底質與棲地類型等。
- (四) 將所收集水棲昆蟲群集與溪流環境資料作整合分析。
- (五) 將本案調查資料匯入武陵地區生態資料庫。
- (六) 監測武陵地區七家灣溪、高山溪溪流等環境因子狀況，並評估降雨、遊憩行為等對溪流環境之影響。
- (七) 高山溪二號防砂壩改善前後之物理棲地、水質、水棲昆蟲監測。
- (八) 全年度至少進行1次放流棲地之環境調查。
- (九) 提供武陵地區經營管理及保育對策之建議。

期末審查所需完成工作事項：

1. 於共同樣站進行野外調查，溪流水質、水棲昆蟲群集至少2次，河道地形變化及棲地組成至少1次。
2. 將所收集水棲昆蟲群集與溪流環境資料作整合分析，以持續掌握武陵地區七家灣溪、高山溪溪流等環境因子狀況，並評估降雨、遊憩行為等對溪流環境之影響，並提出未來武陵地區經營管理及保育對策之建議。
3. 高山溪二號防砂壩改善後之調查(包含溪流水質、水棲昆蟲群集、河道地形變化及棲地組成至少1次)，並分析改善前後之差異。
4. 全年度至少進行1次放流棲地之環境調查(包含溪流水質、水棲昆蟲群集、河道地形變化及棲地組成)，並與過去調查資料進行比較。

三、研究地區

本計畫工作地點及範圍為武陵地區，包含武陵谷地、有勝溪、羅葉尾溪等，詳如(圖 1-3)。武陵地區包括七家灣溪、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，並在下流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，水棲昆蟲種類豐富，所以臺灣櫻花鉤吻鮭得以在此自然繁衍生存。2005 年 WALTER 計畫曾設立生態環境之監測系統與永久測站，因此七家灣溪流域共設置八個測站，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)、羅葉尾溪(#14)。而針對高山溪二號壩體改善及殘材處理工程之生態監測，故於其下游河段設置一個測站，為求與歷史採樣點代號一致，沿用雪管處歷年監測資料庫之編碼，新增高山溪二號壩下游(#17) 而針對高山溪二號壩體改善及殘材處理工程之生態監測，故於其下游河段設置一個測站，為求與歷史採樣點代號一致，沿用雪管處歷年監測資料庫之編碼，新增高山溪二號壩下游(#17)。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。故於此區域共設置四個採樣點，代號沿用雪管處歷年監測資料庫之編碼，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)。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(#B6)與排水溝(#A1)各設置採樣站，進行採樣與水質分析。此外，配合雪管處針對臺灣櫻花鉤吻鮭歷史棲地之放流河段，進行 1 次放流棲地之環境調查，為建立連續性可比對監測資訊，故調查河段仍為去年度計畫調查河段，即七家灣溪下游之司界蘭溪(#11)。本計畫各測站位置及其座標如圖 1-3 與表 1-1 所示。

四、自然因素與人為活動

(一) 2021 前半年低降雨量

去年(2020)因無颱風侵台而導致年降雨減少，若對照桃山雨量站之近十年降雨量資料(表 1-2)可知，2020 年降雨量 1321mm 僅為 2012-2019 年平均降雨量 2742mm 的 48%，為近十年最乾旱的一年。而今年至 5 月 28 日前總降雨量 223mm，而 5 月 29 日起至 6 月 20 日止約三週梅雨已形成 384mm 之降雨量，而截至 12 月 28 日為止已有 2509mm 年降雨量(圖 1-4)。若利用管理處所設置之萬壽橋水文站資料，則可見今年前五個月之各旬平均水位皆為近四年最低，圖 1-5 顯示萬壽橋 2018-2021 年各旬之平均水位。低流量導致輸砂能力降低並使河道底質細料堆積，如圖 1-6 中顯示七家灣溪繁殖場測站在 2020 年二月起出現超過 30%的碎石與細沉積砂土，而今年汛期出現較大流量後則完全沖刷消失，而露出近 50%的小型及大型礫石。4 月乾旱低流量時所進行水棲昆蟲各項生物監測數值數(表 4-2)，顯示七家灣溪的#3 二號壩測站及#12 一號壩上游測站棲地 RBPII 數值評為中度損害，而#4 觀魚台測站大型食餌為七家灣溪五測站最少者，推測原因可能是低流量所致，越往上游影響可能越明顯。

(二) 高山溪二號壩殘材移除及壩體改善

原堆積於高山溪二號壩壩口之殘材，形成約 5 公尺河道高程落差，除影響河段棲地類型甚鉅外，亦造成臺灣櫻花鉤吻鮭往高山溪二號壩以上河道移動之障礙。針對殘材壩之移

除，去年計畫除曾建議同時對二號壩現有壩體進一步進行部分移除外，亦提供相關移除及壩體改善之執行原則。為廣納相關權責管理單位之意見，管理處於今年3月31日舉行「高山溪二號壩口殘材改善工程」會勘，與會單位多表支持且對改善工程細節提出建議。在完成相關權責單位之行政流程後，改善工程於九月下旬實施，圖 1-7 為施工前後之高山溪二號壩照片。壩體改善後之河道環境變化，包括河道縱斷面不再有顯著高差（見圖 2-44），但底質類型比例並無太大差異（見圖 2-45），棲地類型則出現高達 90% 的淺瀨棲地（見圖 2-46）。殘材移除與壩體改善前後之水質特性，與往年平均比較，除可能因為汛期大雨沖刷而造成磷酸根、總有機碳等營養鹽稍為提高外（參見圖 3-76 及圖 3-77），其餘參數並無太大變化，亦都能符合水質標準。水棲昆蟲改善前調查採獲 30 個分類群(Taxa)，分屬 5 目 22 科，各監測數值皆落於武陵地區各測站之上下限範圍內且棲地無損害；但改善後調查採獲 17 個分類群(Taxa)，分屬 5 目 13 科，棲地為中度損害且水蟲密度、大型食餌、生物量及多樣性指數等皆低於所有測站，顯示棲地受到干擾尚未回復至壩體改善前之生態環境。

（三）武陵吊橋改建

為提供山友和遊客更安全的通行設施，林務局東勢林區管理處於 110 年 5 月 24 日開始進行武陵吊橋和桃山步道之修繕工程，武陵吊橋工程包括 4 座主索錨錠基礎、4 座抗風主索錨錠基礎、2 座橋台基礎，以及吊橋前後 150.6m² 引道，原吊橋封閉施工期間提供服務之臨時通行吊橋工程則有 2 座橋台結合主索錨錠基礎、2 座抗風主索錨錠基礎，以及約為 244 m² 開挖整地，施工區域示意圖及施工照片如圖 1-8 所示。十月進行之汛期後樣區調查，發現桃山西溪河道左岸靠近武陵吊橋施工區有崩塌狀況（參見圖 2-50），但七月調查的細沙底質已因汛期水流而消失（圖 2-48），棲地類型（如圖 2-49）仍維持以緩流、淺灘為主，顯示該崩塌對桃山西溪測站之河道棲地無太大影響。此工區旁河道崩塌亦反應在水質觀測結果，桃山西溪於四月份檢測出較高磷酸鹽濃度與總有機碳濃度，而十月份顯示磷酸鹽濃度已降回正常數值（圖 3-15），但 TOC 部分還是偏高（圖 3-17），故需持續觀察。

五、參考文獻

- 汪靜明，1994。子遺的國寶—臺灣臺灣櫻花鉤吻鮭專集。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 官文惠，2019。武陵地區溪流生態系評估與保育對策研議，第四章水質研究。內政部營建署雪霸國家管理處委託研究報告。
- 官文惠，2020。武陵地區溪流環境及放流棲地監測，第三章物理棲地研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 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，第 62 期，213-223 頁。
- 林幸助、吳聲海、官文惠、邵廣昭、郭美華、曾晴賢、葉昭憲。2010。武陵地區生態系長期監測與研究。雪霸國家公園管理處委託研究報告。
- 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研究報告。
- 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研究報告。

第一章 計畫資料整合

- 林幸助、吳聲海、官文惠、孫元勳、郭美華、曾晴賢、葉昭憲、端木茂甯，2018。武陵地區溪流生態系評估。內政部營建署雪霸國家管理處委託研究報告。
- 林幸助、吳聲海、官文惠、孫元勳、郭美華、曾晴賢、葉昭憲、端木茂甯，2019。武陵地區溪流生態系評估與保育對策研議。內政部營建署雪霸國家管理處委託研究報告。
- 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。
- 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研究報告。
- 農委會、特生中心、營建署及雪霸公園管理處編印，2000。臺灣櫻花鉤吻鮭研究保育研討會論文集。

附表

表 1-1 本計畫採樣地點地理座標 (資料來源：本研究資料)

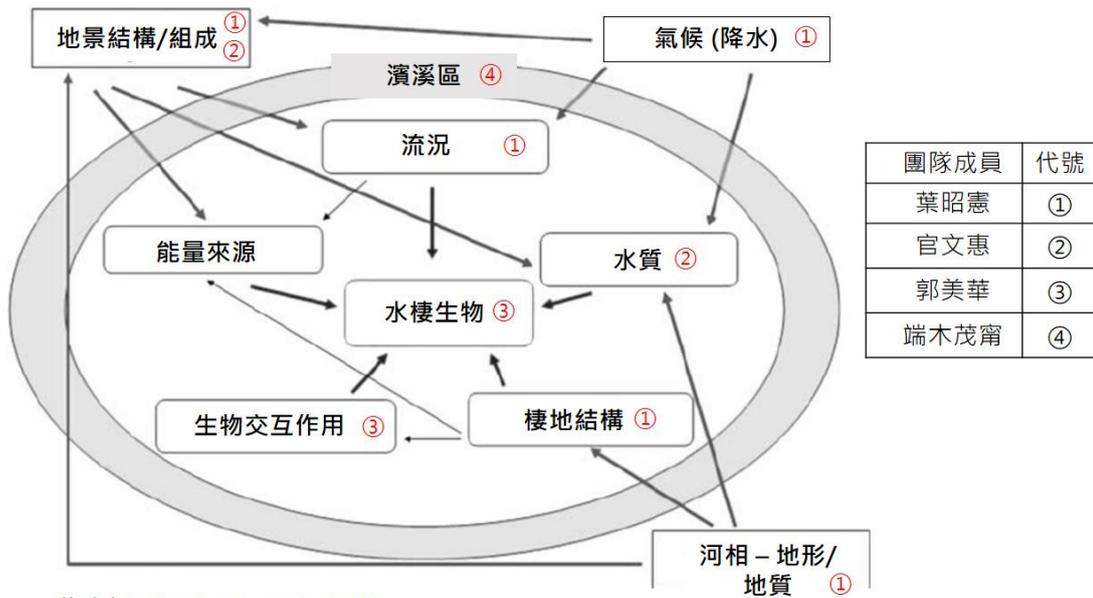
站號	站名	溪流	地理座標 (經緯度)	
測站 2	桃山西溪	桃山西溪	E 121.30750	N 24.39804
測站 3	二號壩	七家灣溪	E 121.31012	N 24.38214
測站 4	觀魚臺	七家灣溪	E 121.31191	N 24.36768
測站 5	繁殖場	七家灣溪	E 121.31382	N 24.35446
測站 8	高山溪	高山溪	E 121.30897	N 24.35813
測站 9	有勝溪	有勝溪	E 121.31030	N 24.34752
測站 11	司界蘭溪下游	司界蘭溪	E 121.28407	N 24.32128
測站 12	一號壩上游	七家灣溪	E 121.31163	N 24.36384
測站 13	一號壩下游	七家灣溪	E 121.31173	N 24.35979
測站 14	羅葉尾溪	羅葉尾溪	E 121.35119	N 24.39455
測站 17	高山溪二號壩下游	高山溪	E 121.30648	N 24.35870
測站 201	羅葉尾溪放流點	羅葉尾溪	E 121.34758	N 24.39468
測站 202	南湖登山口	有勝溪	E 121.35241	N 24.39180
測站 203	勝光派出所	有勝溪	E 121.34144	N 24.36905
測站 204	有勝溪下游	有勝溪	E 121.32397	N 24.35185
A6	山溝	七家灣溪	E 121.30859	N 24.37730
B1	排水溝	七家灣溪	E 121.31053	N 24.37438

表 1-2 近十年桃山氣象站之年雨量資料 (單位：mm) (資料來源：本研究資料)

資料年度	年降雨量	資料年度	年降雨量
2012	3501	2017	3538
2013	2548	2018	2027
2014	2182	2019	3097
2015	2110	2020	1321
2016	2934	2021*	2509

*：2021 年為 1 月 1 日至 12 月 28 日資料

附圖



修改自Robert Brooks, et al. (2009)

圖 1-1 本計畫團隊成員之調查項目關聯圖 (資料來源：本研究資料)



圖 1-2 本計畫之工作範圍 (資料來源：本研究資料)



圖 1-3 本計畫各樣地點位置圖（資料來源：本研究資料）

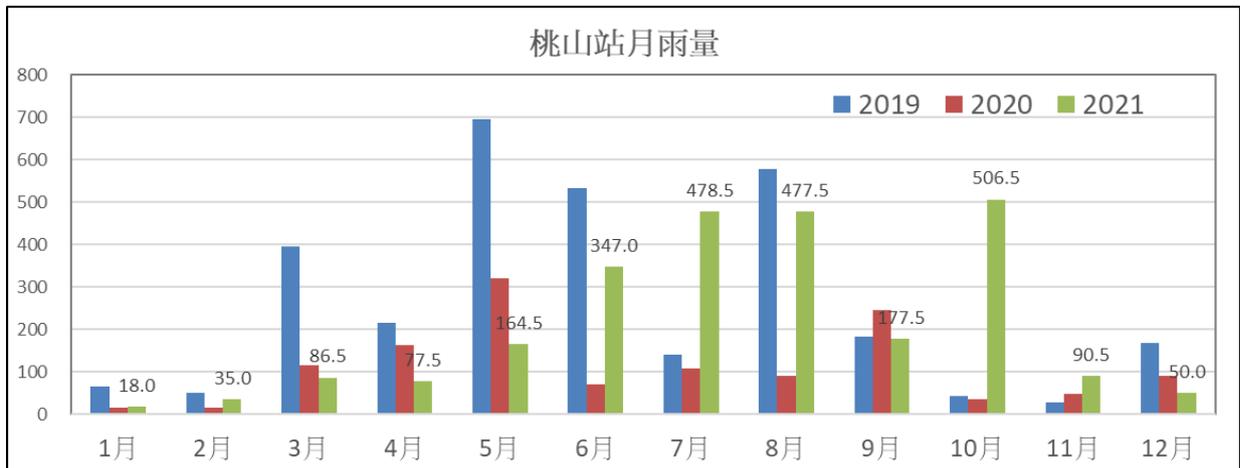


圖 1-4 近三年桃山站之月降雨量（單位：mm）

（資料來源：本研究資料）

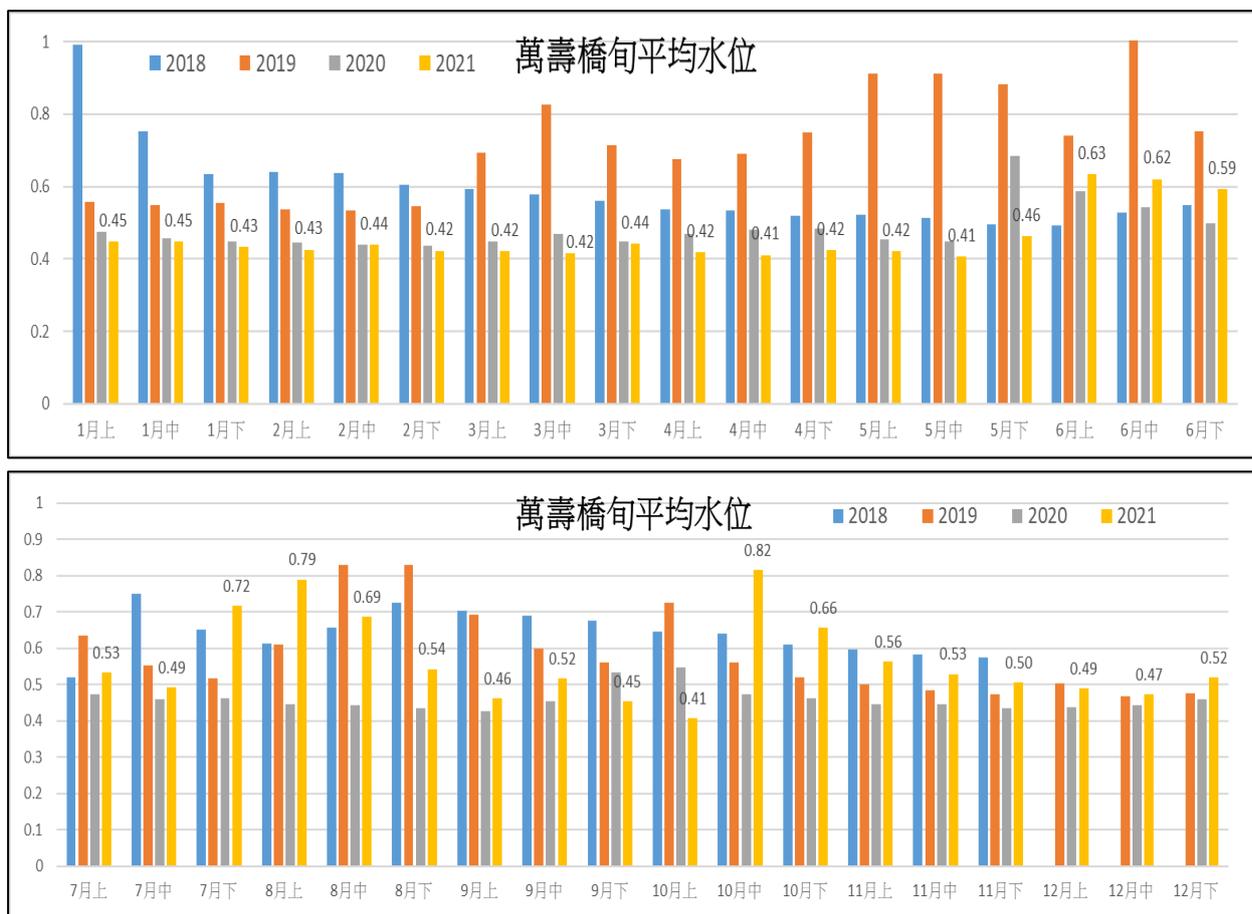


圖 1-5 近四年萬壽橋前半年(上)及後半年(下)之旬平均水位 (單位: m)

(資料來源: 本研究資料)

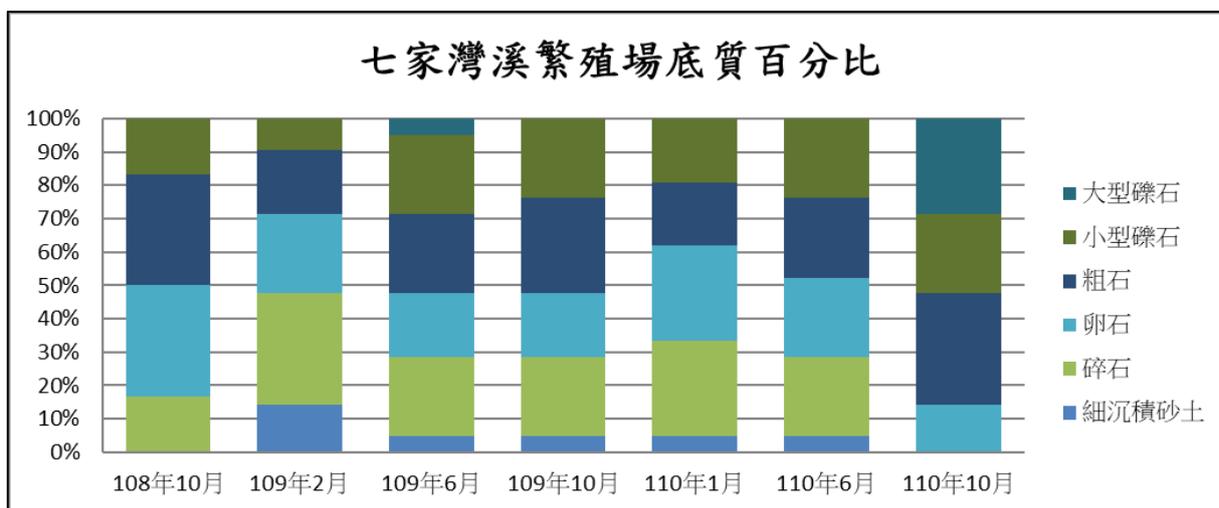


圖 1-6 近三年七家灣溪繁殖場測站之底質類型百分比 (單位: m)

(資料來源: 本研究資料)



圖 1-7 施工前(左)、後(右)之高山溪二號壩下游河道照片

(資料來源：本研究資料)



圖 1-8 武陵吊橋和桃山步道修繕工程(左)示意圖(右)施工照片

(資料來源：本研究資料)

第二章 水文物理棲地調查及崩塌地監測

葉昭憲、林承頡、黎宗翰、洪翊恩、邱偉軒

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、河道演變、棲地組成、殘材壩移除

一、研究緣起

雪霸國家公園管理處自成立以來，持續於武陵地區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相關研究而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，藉以擴大臺灣櫻花鉤吻鮭棲息溪段，增加族群基因交流。相關多年水質、生態系統、河道環境調查以及武陵地區生態模式結果皆顯示，觀魚臺與繁殖場測站，皆是在相對健康狀態下逐漸成長的生態系統。高山溪四座防砂壩之壩體改善工程雖於 2000 至 2001 年間完成，但是十數年來多次出現殘材壩並造成河川廊道障礙之情況，包括因 2016 年九月連續兩個颱風後所造成高山溪二號壩之殘材堆積。因此，本年度工作除持續長期生態測站進行河道環境及棲地組成調查監測外，並配合管理處之殘材堆積處理時程，於壩址上、下游河道進行殘材移除前後之生態監測。因此，本計畫之工作項目包含以下各項：

- (一) 進行各測站之溪流物理棲地調查所需河道斷面、棲地底質與棲地類型等資料；
- (二) 與歷年監測結果進行動態變化分析；
- (三) 高山溪二號防砂壩改善前後之物理監測；
- (四) 今年度武陵地區衛星影像之崩塌地分析比較。

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，以及 2019 至 2020 年之衛星影像崩塌地判識分析方法。

三、重要發現

經過本計畫(2021)全年度以及過往之調查，進行河道高程變動及棲地底質變化比較與分析，歷年七家灣溪主支流樣區底質小型礫石以上比例多高於有勝溪等樣區，其中七家灣溪一號壩較穩定維持在四成左右以上，然而今年汛期後整體上各樣站河道內流量、流速明顯上升，故幾乎所有樣區皆超過 50%，顯示壩體改善與汛期水流皆能塑造出有利櫻花鉤吻鮭之棲地環境；有勝溪樣站部分河道棲地底質尚未發現巨大變動，唯勝光派出所

第二章 水文物理棲地調查及崩塌地監測

樣站 Y-68 斷面後河道右岸出現崩塌；桃山西溪樣站內河道左岸出現一處崩塌，及近幾次調查並無水量的桃山北溪流量明顯增加；司界蘭溪放流棲地樣站河道明顯趨緩，且樣站右岸有便道出現；崩塌地判釋相同崩塌地分析程序，針對補充 2019 年 11 月之衛星影像崩塌地判識，經比較對後發現桃山西溪在 2019 年及 2020 年間的崩塌率較為顯著。高山溪二號壩口殘材移除及壩體改善工程實施後，殘材阻絕廊道之狀況已解除，上游土砂堆積明顯消失，當底質類型比例尚無太大差異時，棲地類型則出現高達 90% 的淺瀨棲地。

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

根據歷年調查紀錄與經驗，高山溪二號壩材移除及壩體改善工程實施後，可能歷經一年半以上之河道環境變動期，故建議持續監測相關環境變動歷程，以確認此工程對櫻花鉤吻鮭棲地環境之影響與助益。

ABSTRACT

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. Same survey and analysis will be also applied to the new observation sites at upstream and downstream channels of Gaushan Creek Dam #2 for monitoring the conditions before and after removing the blocked woody debris at that dam.

Method and Process: This project applied the same survey and analysis methods used in past several years.

Major Findings: Based on this year's investigations applied at February, June, and October, the higher discharge during wet season made all the sampling sites in Chichiawan Creek covering with almost 50% of the area identified as suitable substrate for Formosan salmon, while the channel of Yusheng Creek had not experienced significant change but minor deposit or scour locally. Landuse identification for 2019 satellite image indicated that about 4% of East Taushan Creek watershed was landslide area and the landslide area percentage of same watershed for 2020 image was increased apparently to about 9%, but landslide area percentage dropped back to 3.5%. Woody debris and partial dam removing was not applied until September. While the substrate patterns distribution did not change much after the operation, the percentage of riffle habitat increased apparently up to 90%.

Keywords: The Formosan salmon, Chi-Chia-Wan Creek, Yu-sheng Creek, Channel Morphology Change, Habitat Composition, Woody debris removing.

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，持續於武陵地區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相關研究而建立七家灣溪溪流生態系長期生態監測模式，並於民國 2011 年 5 月完成七家灣溪一號防砂壩改善工程，藉以擴大臺灣櫻花鉤吻鮭棲息溪段，增加族群基因交流。透過改善工程完成後持續多年之水質、生態系統、河道環境調查以及武陵地區生態模式結果皆顯示，觀魚臺與繁殖場測站，皆是在相對健康狀態下逐漸成長的生態系統(林，2018)。

然而，高山溪四座防砂壩之壩體改善工程雖於 2000 至 2001 年間完成，但是十數年來隨著高山溪沿岸崩塌而進入河道之木質殘材逐漸被暴雨或颱風造成之洪水攜帶至下游，並在包含防砂壩址在內之狹窄河道處堆積，進而多次形成殘材壩並造成河川廊道之障礙，但在管理處實施裁切作業後且因後續颱風或豪雨等降雨事件後而被沖毀。近期則因 2016 年九月連續遭遇莫蘭蒂與馬勒卡颱風後，高山溪二號壩口立即出現 4-5 公尺高之殘材堆積。

因此，本年度工作重點除持續針對自 2005 年武陵長期生態研究(WLTER)所設立的永久測站進行河道環境及棲地組成調查監測外，並配合管理處預計於本年度(2021)處理殘材堆積之時程，將於壩址上、下游河道進行殘材移除前後之生態監測。

(二) 計畫範圍與執行期間

本計畫主要研究地點為武陵地區溪流，包括武陵谷地、有勝溪、羅葉尾溪、桃山西溪，進行實地觀測、調查與探勘。為延續多年研究成果，因此實際河道棲地研究範圍超出計畫團隊所設定之樣站，包括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、七家灣溪三號壩上游至四號壩下游、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，調查項目為河道之縱、橫斷面測量及物理棲地調查。而殘材移除前後之生態監測區位，則設置於高山溪二號壩址上、下游較顯著變動之河道，工作項目執行期間為民國一一〇年一月至民國一一〇年十二月。

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）崩塌地監測

大區域崩塌地調查經常採用之調查方法包括現地勘察、航空照片判釋，以及衛星影像分類與判釋（林松駿、梁偉立，2018）。利用衛星影像進行崩塌地自動判釋具有許多優點，如影像取得容易且成本低廉、分析速度快、不易受判識者主觀認知所影響、影像時序涵蓋性佳等，加上資料獲取週期短、影像資料涵蓋範圍廣、可迅速掌握地表改變狀況等特性，因此非常適合做為全面性與即時性的國土利用監測工具（尹孝元等，2010）；若根據衛星遙測資料依照感測器種類區分，則有光學影像與雷達影像。目前臺灣地區主要使用的觀測衛星，包括 SPOT 系列衛星、福衛二號、MODIS、ERS2、RADARSAT2、ALOS 及 ENVISAT 等七類，前三者為光學影像，後四者為雷達資料。本團隊將依影像品質、及時性與符合本案工作目的等考量，而購置合適衛星影像。而對於崩塌地調查，通常係首先進行衛星影像有效分類，利用監督式分類法分類後取得地表覆蓋資訊，透過常態化差異植生指數（Normalization Difference Vegetation Index, NDVI）分析前後期衛星影像，作為即時事件前後崩塌面積計算用，藉以掌握地表變異歷程。NDVI 的定義為近紅外光波段 NIR 與紅光段 R 的差值除以兩者之和，即 $(NIR-R) / (NIR+R)$ ，數值分布在 -1 至 1 之間。有植被分布的區域具有較高近紅外光段反射與較低紅光段反射故有較高 NDVI 值，若植被分布密集則數值約在 0.1 到 0.6 之間變動，且取決於植物冠部密度與綠度；土壤與岩石在紅光段與近紅外光段的數值相近，故兩者之數值接近於 0；而水、雲與雪，因有數值比近紅外光段較高的紅光段，所以會產生負數的 NDVI 數值（黃麗娟等，2008）。為考量每年雨季及颱風事件較易產生崩塌之因素，且去年度係購買 2020 年雨季後之 10 月 28 日影像，此外，為確認桃山西溪集水區是否於 2019 年間出現較多崩塌地而導致部分水質調查項目之異常變動，今年亦加購 2019 年 11 月 12 日及 2021 年 12 月 9 號之衛星影像進行崩塌地分析比較。

（二）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，本計畫可獲致河道地形之演變歷程。相關地形變化之調查方式，本計畫沿用過去 WLTERM 群體計畫（林幸助等，2008）之操作方式，以達觀測流

程之一致性。

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（Satellite NTS-320，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。為瞭解河槽之變動歷程，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) 橫斷面測量係以所設河道橫斷面，測定橫斷面各量測點之距離與高程並製繪橫斷面圖。斷面間距以測量目的之資料需求為調整原則，通常設置於縱斷面變化、河槽形狀改變處、橫向構造物等處。
- (2) 為呈現橫斷方向之型狀，橫斷面量測位置主要為河槽地形變化的轉折點，且包括各斷面之左岸底、左岸水際線、深槽點、右岸水際線及右岸底，各點之橫向位置以左岸起點之相對距離表示。
- (3) 若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，即可判斷河槽側向移動、河道邊坡及河床面之沖淤狀況。

3. 縱斷面測量

- (1) 縱斷面測量係沿河心方向製作縱斷面圖，故可將前述橫斷面測量所得各橫斷面之深槽點予以連線後，即可推得河道水流之流心線。
- (2) 設定河道測量之起始橫斷面為基準，往下游依序累計橫斷面間距所得之累距（橫軸）及各橫斷面流心線之高程（縱軸）點繪於二維座標圖上，即可獲得該次測量之河道縱斷面圖。若將各次縱斷面圖點繪於同一圖上，便可透過縱斷面高低起伏之變化，而呈現測量河段因為河道砂石沖淤所產生之高程演變趨勢。

(三) 物理棲地組成

本計畫沿用過去 WLTERM 群體計畫之樣區，在總長 100m 的樣區河段中，每隔 20 m 設置穿越線共六條。針對各穿越線，首先測定各河段之溪寬，其次分別於溪寬 1/4、1/2 和 3/4 等三處量測水深、流速和底質粒徑，接著判定各測點棲地類別，並彙整樣區棲地類型

百分比。若利用不同觀測時段之各河段物理棲地組成，即可歸納物理棲地之時空變動趨勢。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成水深的位置，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。若需要將河川表面流速轉換成平均流速時，表面流速修正係數約等於 0.85(林穎志等，2011)。
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），公式及表中之 V 為流速，g 為重力加速度，h 為水深。

(四) 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（如圖 2-4 所示），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）。

三、研究發現

(一)有勝溪河道變化調查

與七家灣溪同為大甲溪的最源頭支流，有勝溪全溪段長約 10.5 公里，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。本計畫於年初（即一月至三月）進行一次監測樣站物理棲地調查（圖 2-5 河道範圍圖），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）進行五個樣站（圖 2-7、圖 2-8、圖 2-9、圖 2-10、圖 2-11）之密集監測，觀察河道沖淤以及棲地底質組成，合計獲得三次資料。五個樣站分別選定數個控制斷面進行數據收集，斷面通常位於河道轉彎處或有明顯高低落差等具有顯著變化之河段。

1. 收費站樣站（WLTER #9）

此樣站位於收費站防砂壩上游起至第一個右彎河段（Y-10），此河段較其他樣區平緩（圖 2-25），雖樣站內河道呈現沖淤互現情形，但河床變化不大。由棲地比例（圖 2-20）可知，此河段以往以緩流所佔比例較重，淺瀨比例呈現增加趨勢在本次調查已追上緩流，應與今年降雨量增加導致流量相對較大有關。底質類型（圖 2-19）中大型礫石比例增加，應與流量增加將小粒徑砂石運移有關。整體相較去年同期流速、流量皆有明顯上升（圖 2-25）。

2. 有勝溪下游 2 公里樣站

此樣區左、右岸皆由岩盤組成（圖 2-26），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。由底質比例（圖 2-21）可知樣站內以往以卵石、粗石為主，粒徑偏細，本次 10 月調查發現大型礫石比例大增，大粒徑石頭比例較去年同期增加，而棲地比例（圖 2-22）顯現樣站內淺瀨比例增加已過半，應與本次觀察到的流速、流量上升關聯；河道左岸有農業活動且有抽取有勝溪溪水情形（圖 2-26）。

3. 勝光派出所樣站

此樣區位於勝光派出所下的河道，此樣區斷面 Y-73 至 Y-68 斷面河幅較寬，至 Y-67 及 Y-66 斷面則河寬變小，Y-68 斷面後右岸則有崩塌情形（圖 2-27）。底質種類（圖 2-23）隨著大粒徑類型比例上升同時造成多樣底質種類存在，而棲地比例（圖 2-24）樣區內以緩流及淺瀨為主，深潭的比例在調查中有下降的趨勢，在今年 10 月份調查中消失，以上原因可能與大雨發生流速、流量提升（圖 2-27），上游料源注入，原樣站小粒徑石料遭受沖蝕有關。

4. 登山口樣站

10 月份調查結果，底質(圖 2-15)比例顯現出樣站內全部以卵石粒徑以上佔據，原因可能和此次汛期雨量增加，造成樣站內流速、流量上升所致，而樣站內棲地比例(圖 2-16)為緩流、淺瀨兩類，過去以緩流為主，本次調查發現淺瀨比例上升，應為流速增加所致，原樣站河道中的植生減少，亦可能是受流速影響，此樣站位於有勝溪上游，接近羅葉尾溪，底質粒徑偏大(圖 2-28)。

5. 羅葉尾溪樣站 (WLTER #14)

此樣區位於羅葉尾溪，河道變化並不明顯，唯底質類型(圖 2-17)出現大型礫石，應屬較上游區底質粒徑偏大，及此次汛期大雨沖刷緣故。樣站棲地類型(圖 2-18)由原本的緩流為主，在近兩次的調查後發現改以淺瀨為主，可能為今年降雨較去年多原因所致(圖 2-29)。

(二) 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理棲地調查除在汛期後(即十月至十一月)河道測量(圖 2-30)時同時進行外，另於年初汛期前(即一月至三月)至汛期初期(即五月中至七月中)施測一次，觀察三個樣站(圖 2-37、圖 2-38、圖 2-39)河道沖淤情形以及棲地底質調查，共獲得合計三次資料。

1. 觀魚台樣站 (WLTER #4)

觀魚台樣站位於七家灣溪一號壩上游約 1 公里處，根據以往調查資料以及今年度的河道調查，樣站內坡降並無太大改變，並繪製如的縱向高程剖面圖(圖 2-12)。底質(圖 2-33)在本年度調查以小型礫石、粗石為主，樣站棲地(如圖 2-34)以淺瀨為主，底質部分小型礫石比例提升，棲地部分淺瀨比例大於前幾次調查，原因可能與此次流速上升有關。

2. 一號壩樣站 (WLTER #12、#13)

據去年以及本年度一次河道調查，繪製(圖 2-14)所示的高程剖面圖以及(圖 2-33、圖 2-34)的底質、棲地比例。樣站內坡降約為 0.027，此處坡降相較七家灣溪另兩個樣站較不受影響，主因為壩體本身具有控制點作用。棲地以深潭、緩流、淺瀨為主且淺瀨有增加的趨勢。底值多大、小型礫石，小於粗石底值的比例約五成。

3. 繁殖場樣站 (WLTER #5)

據今年度一次的河道調查，樣站坡降約為 0.037，並繪製(圖 2-13)的高程剖面圖以及(圖 2-35、圖 2-36)的底質、棲地比例。底質在汛期後 10 月份調查相較前幾次調查結果顯示細沙、碎石比例消失，棲地類型則以淺瀨為主，其比例超過七成，以上原因可能與此次汛期降雨量增加導致流量、流速上升有關。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；河道寬淺且直，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，主要土砂料源可能因高山溪支流匯入匯流口下游，因此樣站匯流口上游粒徑偏大(圖 2-42)。

(三)高山溪樣站 (WLTER #8、#17)

由於木質殘材橫跨堆積於二號壩壩口位置，形成約莫 4-5 公尺高之殘材壩，因而形成約 5 公尺河道高程落差，(圖 2-43)。2019 年初例行之高山溪斷面調查發現流量有變大的趨勢，若將近三年及壩體改善前後觀測資料所測得之數據予以繪製，則得(圖 2-44)之河道剖面圖；可由圖中看出二號壩下深潭受殘材壩影響向下切割，在今年度調查中發現壩體改善前降雨事件影響後有部分殘材被沖至壩下投潭水中導致原深潭消失，壩體改善計畫實施後，二號壩上游土砂堆積狀況已明顯消失(圖 2-43)，下游處因殘材壩體阻絕廊道之狀況也消失，改善後河道高程差明顯趨緩。調查結果顯示二號壩改善前底質類型(圖 2-45)已因汛期水流加大沖走細料而有顯著變粗，但改善前、後的底質類型比例則無太大差異；棲地類型(圖 2-46)除前述之深潭因殘材投入故於改善前消失外，改善後則因深潭被填補及通水斷面加大，而形成高達 90%水淺流緩的淺瀨棲地。

(四)司界蘭溪放流棲地 (WLTER #11)

配合管理處 2020 年 10 月之人工復育櫻花鉤吻鮭幼苗放流，針對在司界蘭溪下游接近大甲溪處之放流點，繪製(圖 2-51)縱向高程剖面圖以及(圖 2-52、圖 2-53)的底質、棲地比例，而河道現況照片則為(圖 2-54)所示。今年度調查樣站坡降約為 0.076(圖 2-51)，較去年度調查坡降趨緩，斷面 5 位置較去年調查有明顯高程差，樣區右岸似有修整便道及農用情形(圖 2-54)。棲地以緩流、淺瀨兩類，以淺瀨為主；底質類型則以大、小礫石為主，兩種類型約佔 55%，其餘底質類型的比例共佔約 45%。

(五)桃山西溪樣站 (WLTER #2)

此樣站位於七家灣溪三號壩上游至桃山西溪四號壩之間，針對今年度汛期後調查結果顯示樣區河道左岸靠近武陵吊橋施工區有一處明顯崩塌(圖 2-50)。底質部分(圖 2-48)以大、小型礫石為主，佔比超過五成，前次調查中的細沙比例也消失；棲地部分(圖 2-49)主要還是以緩流、淺灘為主，汛期後調查發現深潭比例較上次增加，此外在樣站斷面 6-F 處可以觀察到桃山北溪水量明顯較汛期前大增(圖 2-50)，以上情形應為汛期間雨量增加所導致。

(六)崩塌地監測

針對 2021 年 12 月之原始衛星影像 (圖 2-59)，所使用判釋程序與去年度 2020 年 10 月底影像 (圖 2-56) 判識一致：首先利用 NDVI 進行崩塌地分析，再將武陵地區分為桃山北溪、桃山西溪、七家灣溪及高山溪等四個子集水區，分析後 2019 年至 2021 年崩塌地分布圖如(圖 2-57)、(圖 2-58)及(圖 2-60)所示。將四個子集水區面積扣除雲遮面積後，統計崩塌地面積與崩塌地百分率等數據，則可得(表 2-12)。由該表可知，桃山北溪及七家灣溪集水區崩塌地比率僅些微變動，而 2019 年至 2020 年高山溪及桃山西溪之崩塌地比率明顯增加，分別約為 2%及 5%，其中桃山西溪在 2020 年之崩塌率高達近 9%。根據氣象局之桃山站雨量資料 (參見表 2-13)，兩張衛星影像拍攝間之降雨狀況相對較少，且無顯著單日尖峰暴雨出現；若因乾旱造成地表植生減少，則應是各集水區同步增加之趨勢，故桃山西溪之崩塌地比率增加原因目前尚難以判定，而 2021 年除桃山北溪外，其它三個子集水區崩塌地比率皆為下降趨勢。

四、結論

今年度完成之相關調查，綜合去年河道調查，包括河道斷面、棲地底質與棲地類型、崩塌地判識分析等項目，調查成果彙整如下：

(一) 有勝溪調查結果顯示，除勝光派出所樣站的 Y-68 斷面後河道右岸出現崩塌，其餘樣站河岸尚未出現明顯改變，棲地類型於去年度調查及汛期前大致相同，汛期後多呈現緩流、淺瀨類型居多；底質類型則有保持其多樣性，但類型多呈現大粒徑底值佔比提升的狀況，主要原因可能與今年汛期降雨量、流量、流速提升高於去年所導致。收費站樣站原受防砂壩工程保護而粒徑細小，防砂壩已達淤滿情形，在此次汛期過後小粒徑類型底質有受到溪水運移，防砂壩下游則因壩體影響明顯有護甲現象產生。

(二) 七家灣溪調查結果顯示，一號壩上游近壩體位置因基岩裸露使得地形改變不易；而觀魚台樣站大小型礫石比例減少，卵石及碎石比例上升，棲地以緩流為主，且深潭比例有增加的趨勢；繁殖場樣站以緩流為主，緩流比例超過七成。若以歷年研究歸納得出溪床大石具阻抗水流進而提升鮭魚抗颱風洪水能力為基礎，而將各樣區底質粒徑大於 25.6 公分礫石的比例分別計算，再搭以各月降雨量，則可獲得(圖 2-61)之歷史資料變動圖。由該圖可發現粒徑大於 25.6 公分礫石比例顯示各站在 2017 年底至 2018 年分別降 10% 以下之最低點，爾後在 2019 年後逐漸增加並各自在不同區間波動，而今年初各樣區底質之有利櫻花鉤吻鮭比例，觀魚台樣區及一號壩樣區將近四成，新繁殖場則約在 20% 左右，汛期後之一號壩樣區仍維持將近四成，而觀魚台樣區則上升至五成。若將近三年各樣區之底質調查成果之大、小型礫石比例予以彙整則可得(表 2-14)及(圖 2-62)，可發現七家灣溪主支流樣區之整體棲地條件優於有勝溪，其中七家灣溪一號壩較穩定維持在四成左右以上，而今年汛期後則幾乎所有樣區皆超過 50%，(圖 2-62)顯示壩體改善與汛期水流皆能塑造出有利櫻花鉤吻鮭之棲地環境。

(三) 2019 年至 2021 年之衛星影像，先利用 NDVI 進行崩塌地分析，再將武陵地區劃分為桃山北溪、桃山西溪、七家灣溪及高山溪等四個子集水區，原始影像及崩塌地分析後之崩塌地分布圖，經比對後可以發現桃山西溪在 2019 年及 2020 年之間的崩塌率較為顯著，除桃山北溪外，其它三個子集水區崩塌地比率在 2021 年皆為下降趨勢。

(四) 針對高山溪二號壩口殘材改善工程，壩體改善計畫實施後，二號壩上游土砂堆積狀況已明顯消失，下游處因殘材壩體阻絕廊道之狀況也消失，改善後河道高程差明顯趨緩，但底質類型比例則無太大差異，棲地類型出現高達 90% 的淺瀨棲地。

五、參考文獻

- 尹孝元、梁隆鑫、陳錕山、黃珮琦，2010。衛星影像於國土變異監測之應用。航測及遙測學刊，15(1):65-78。
- 王文能，2016。崩塌的地質特性與防災。中華防災學會出版委員會。第17頁。台南市。行政院農業委員會。2014。水土保持技術規範，台北市。
- 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。
- 林松駿、梁偉立，2018。衛星影像判釋與現地探查天然林集水區新生崩塌地分布之比較：以2015年蘇迪勒颱風誘發崩塌為例。中華水土保持學報，49(1):1-11。
- 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。台南市。
- 黃麗娟、莊智瑋、何世華、林昭遠。2008。衛星影像植生指標優選之研究。水土保持學報，40(1):39-50。
- 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。台北市。
- 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。台南市。
- 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.

附表

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°22'2.4"	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			
	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年
觀魚台	0.032	0.031	0.032	0.032
一號壩	0.028	0.028	0.027	0.027
繁殖場	0.034	0.032	0.035	0.037
司界蘭溪放流棲地	-	-	0.085-	0.076

表 2-12 武陵地區 2019 年至 2021 年集水區分區崩塌地分析對照表

集水區分區	崩塌地比例(%)		
	2019	2020	2021
桃山北溪	1.089	1.251	1.534
桃山西溪	3.962	8.970	3.549
高山溪	3.969	5.810	4.711
七家灣溪	0.823	0.466	0.412

表 2-13 氣象局桃山站之 2019 至 2021 年降雨資料 (單位: mm)

月份		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
月降雨量	2019	65	50	397	215	696	533	141	579	0	0	29	168
	2020	16	16	115	162	322	72	109	91	245	35	49	91
	2021*	18	35	87	78	165	347	479	478	178	507	91	50
最大日雨量	2019	18	50	95	45	119	121	29	186	0	0	26	51
	2020	15	6	31	42	85	17	40	38	66	19	31	44

*:取自中央氣象局「觀測資訊查詢系統」,查詢日期為 2021/12/28。

表 2-14 各樣站 2019 至 2021 年底質粒徑大於 25.6 公分礫石之比例

溪流	樣站	Jan-19	Oct-19	Feb-20	Jun-20	Oct-20	Jan-21	Jun-21	Oct-21
七家灣溪	觀魚台		44%	19%	24%	24%	39%	50%	50%
	一號壩		47%	56%	44%	56%	38%	38%	52%
	繁殖場		17%	10%	29%	24%	19%	24%	52%
桃山西溪	桃山西溪							24%	43%
高山溪	高山溪二號壩						23%	69%	67%
	高山溪共同樣站	29%	19%	48%			48%		
有勝溪	羅葉尾	13%	13%	19%	27%	40%	13%	17%	40%
	登山口	25%	25%	25%	25%	27%	17%	17%	27%
	勝光派出所	20%	18%	13%	7%	7%	4%	4%	33%
	有勝溪下游 2KM	0%	0%	0%	0%	0%	40%	33%	87%
	收費站	0%	0%	0%	0%	13%	13%	27%	67%
司界蘭溪	司界蘭溪					54%			54%

附圖



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)

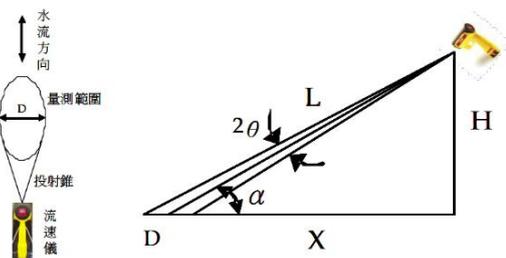


圖 2- 4 SVR 手持式雷達波流速儀量測示意圖 (謝文仁，2012)



圖 2- 5 有勝溪各樣站位置圖 (資料來源：本研究團隊)



圖 2- 6 河道範圍圖 (資料來源：本研究團隊)



圖 2- 7 收費站樣站斷面位置圖
(資料來源：本研究團隊)



圖 2- 8 勝光派出所樣站斷面位置圖
(資料來源：本研究團隊)



圖 2- 9 勝光派出所樣站斷面位置圖
(資料來源：本研究團隊)

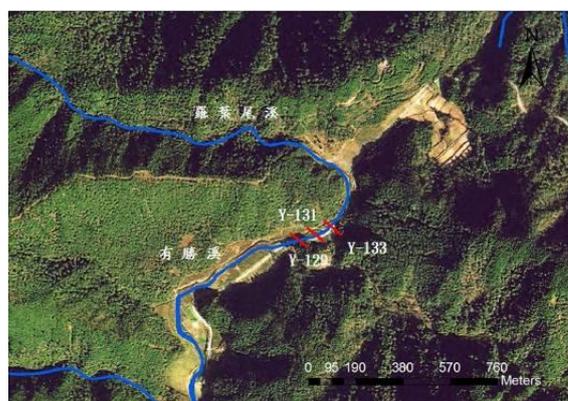


圖 2- 10 登山口樣站斷面位置圖
(資料來源：本研究團隊)



圖 2- 11 羅葉尾樣站斷面位置圖
(資料來源：本研究團隊)

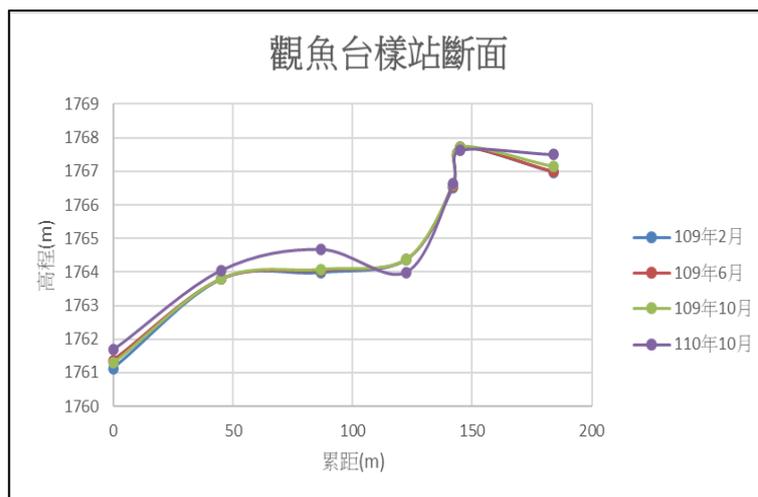


圖 2- 12 觀魚台河道縱向高程剖面圖
(資料來源：本研究團隊)

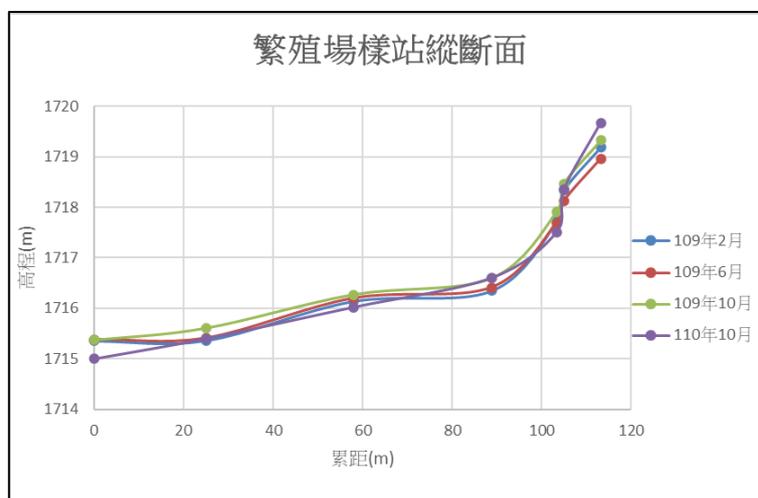


圖 2- 13 繁殖場河道縱向高程剖面圖
(資料來源：本研究團隊)

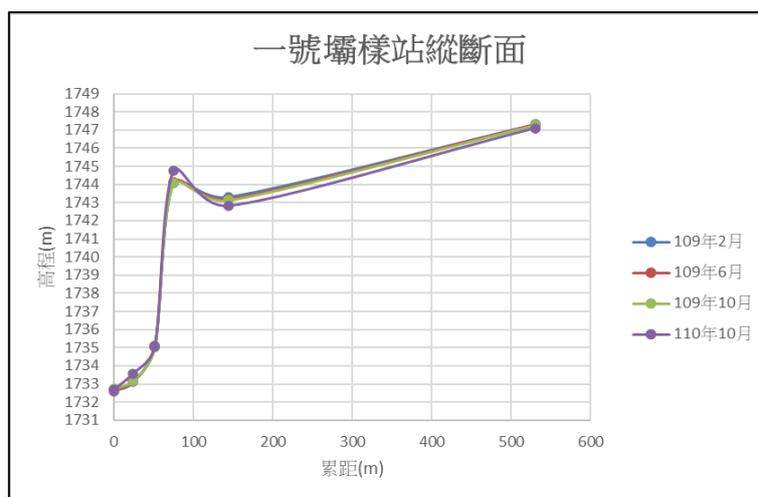


圖 2- 14 一號壩斷面高程剖面圖
(資料來源：本研究團隊)

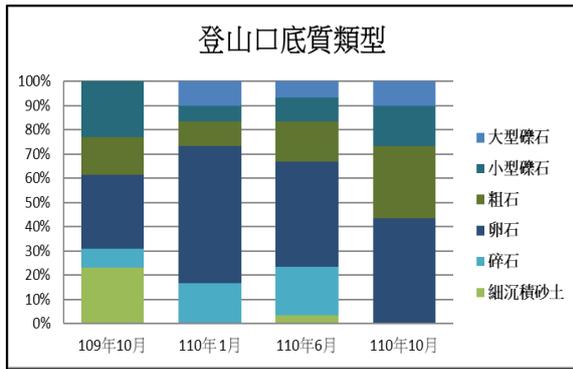


圖 2- 15 登山口底質比例

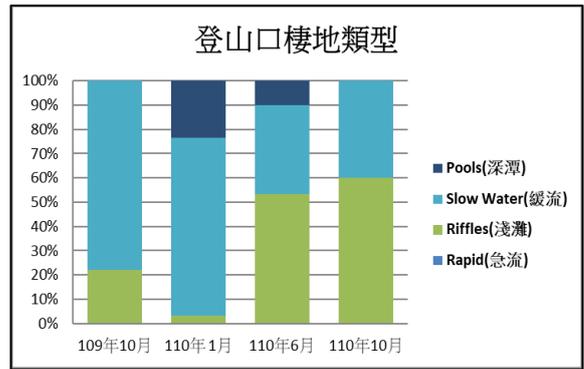


圖 2- 16 登山口棲地比例

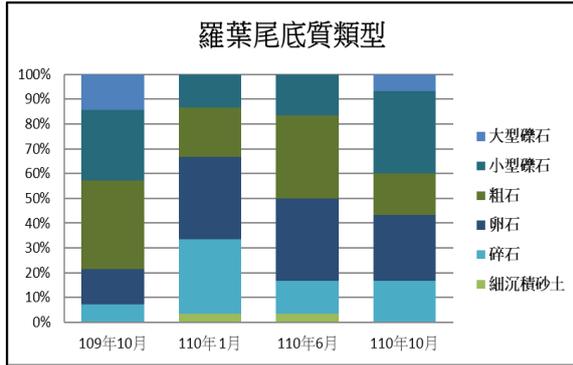


圖 2- 17 羅葉尾底質比例

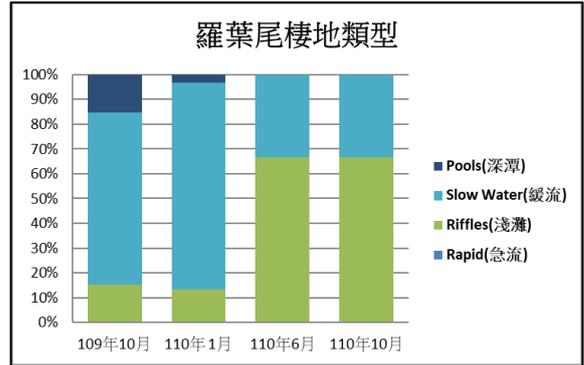


圖 2- 18 羅葉尾棲地比例

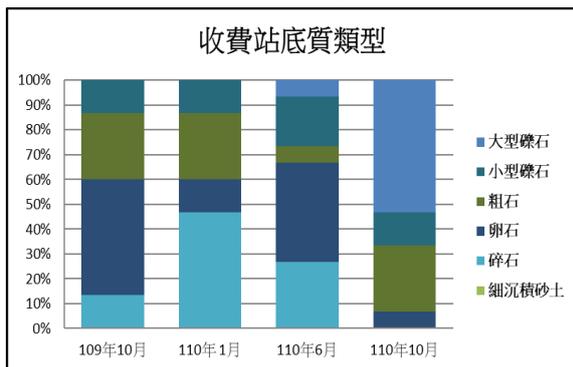


圖 2- 19 收費站底質比例

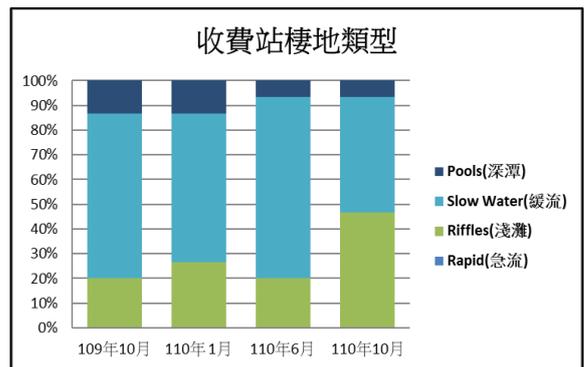


圖 2- 20 收費站棲地比例

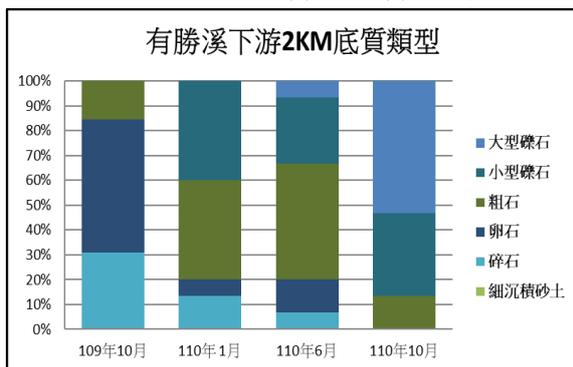


圖 2- 21 有勝溪下游底質比例

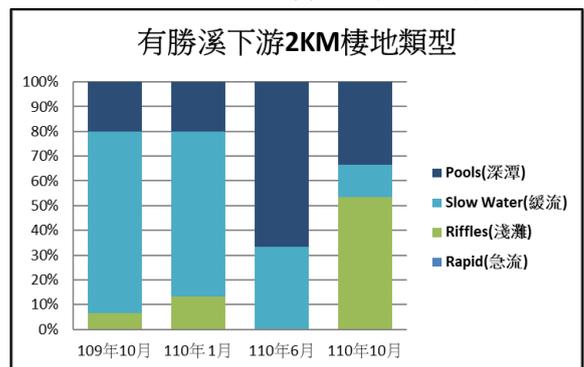


圖 2- 22 有勝溪下游棲地比例

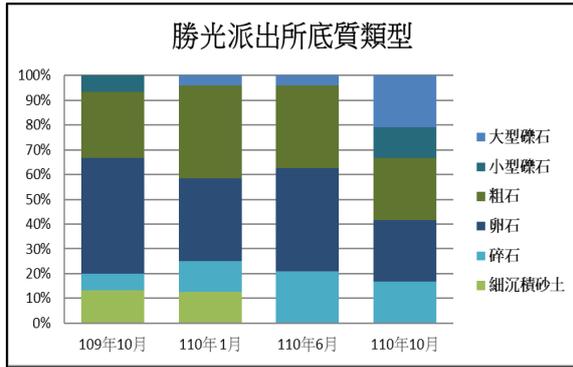


圖 2- 23 勝光派出所底質比例

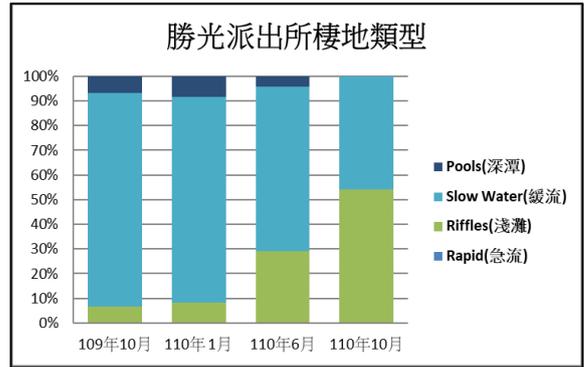


圖 2- 24 勝光派出所棲地比例



河道平緩、流速快



流量大、粒徑較大、兩岸植生茂密

圖 2- 25 收費站樣站現地照片



河道左岸為農田



斷面左岸為岩盤

圖 2- 26 有勝溪下游樣站現地照片



流量、流速增加



Y-68 斷面後右岸崩塌

圖 2- 27 勝光派出所樣站現地照片



2021 年 1 月



2021 年 10 月

圖 2- 28 登山口樣站現地照片



2021 年 1 月



2021 年 10 月

圖 2- 29 羅葉尾樣站現地照片

(資料來源：本研究資料)

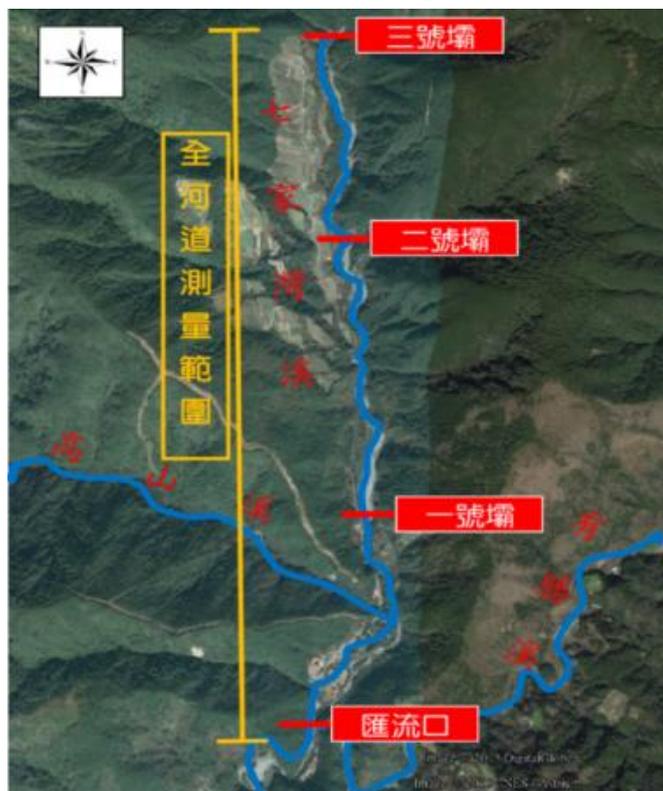


圖 2- 30 七家灣溪全河道範圍 (資料來源：本研究團隊)

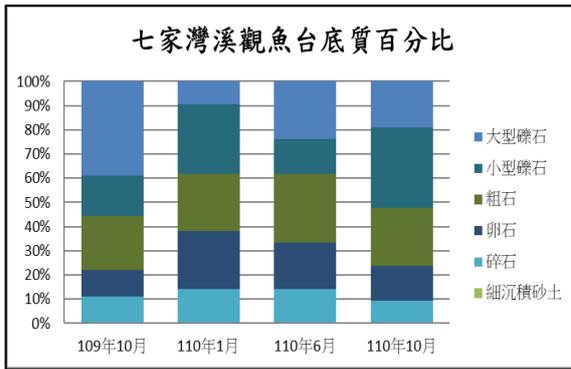


圖 2- 31 觀魚台底質比例

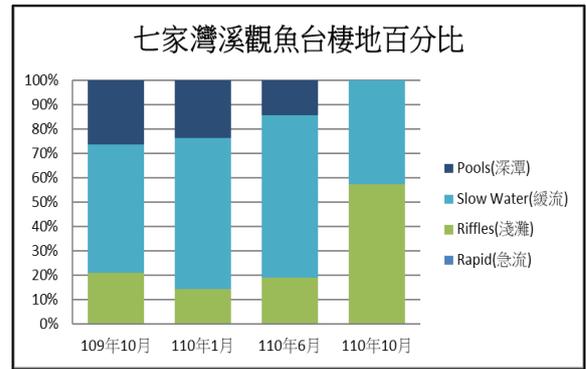


圖 2- 32 觀魚台棲地比例

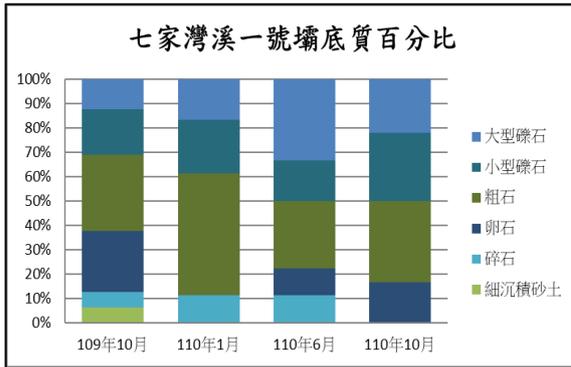


圖 2- 33 一號壩底質比例

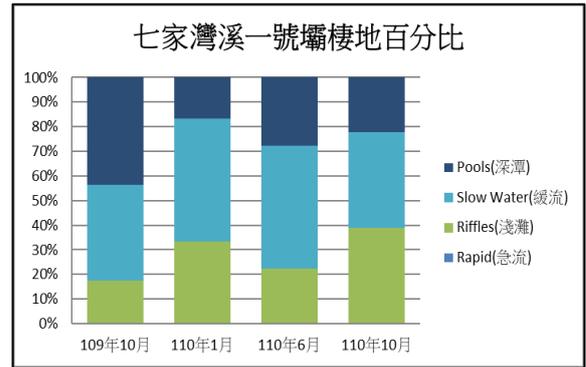


圖 2- 34 一號壩棲地比例

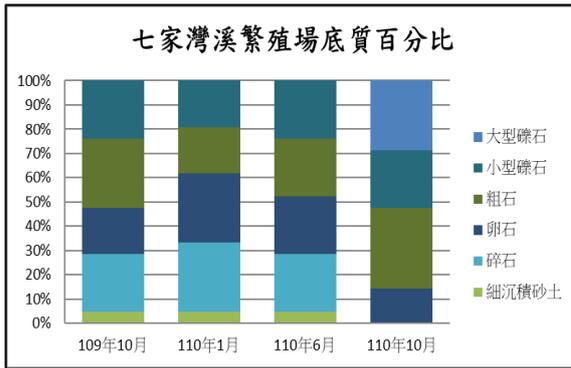


圖 2- 35 繁殖場底質比例

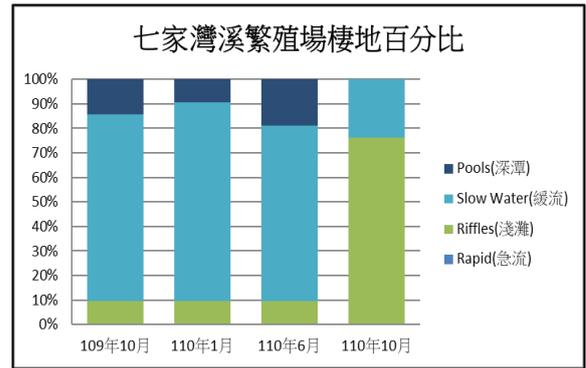


圖 2- 36 繁殖場棲地比例



圖 2- 37 觀魚台樣站斷面位置圖



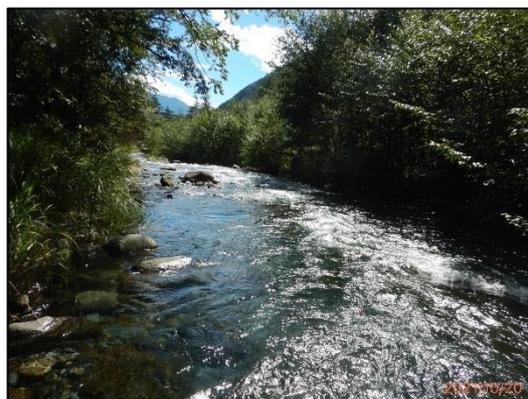
圖 2- 38 繁殖場樣站斷面位置圖



圖 2- 39 七家灣溪一號壩樣站斷面位置圖



2021 年 1 月

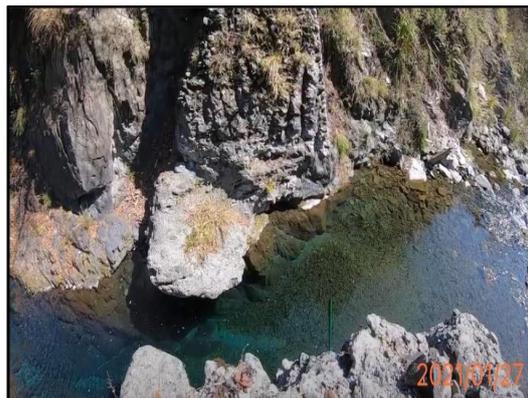


2021 年 10 月

圖 2- 40 觀魚台樣站現地照片 (資料來源：本研究資料)



2021年01月一號壩上游



2021年01月一號壩下游

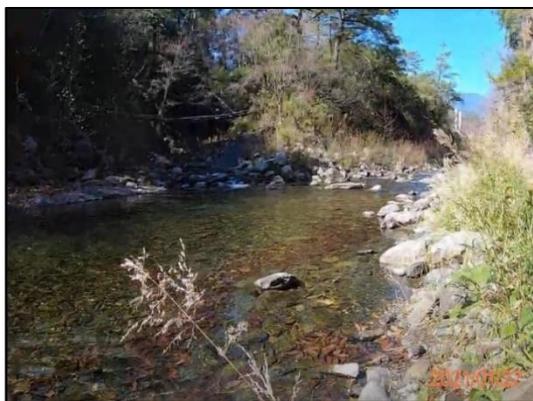


2021年10月一號壩上游



2021年10月一號壩下游

圖 2- 41 七家灣溪一號壩樣站現地照片 (資料來源：本研究團隊)



2021年01月匯流口處



110年1月匯流口處

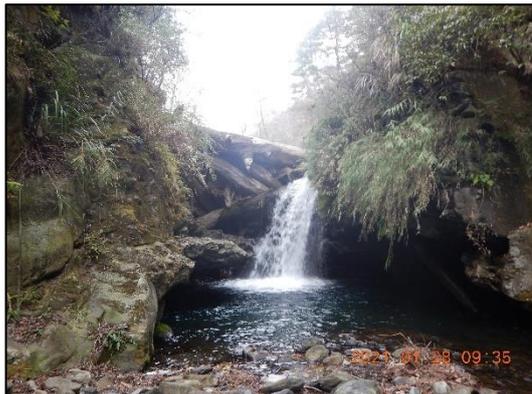
圖 2- 42 繁殖場樣站現地照片 (資料來源：本研究團隊)



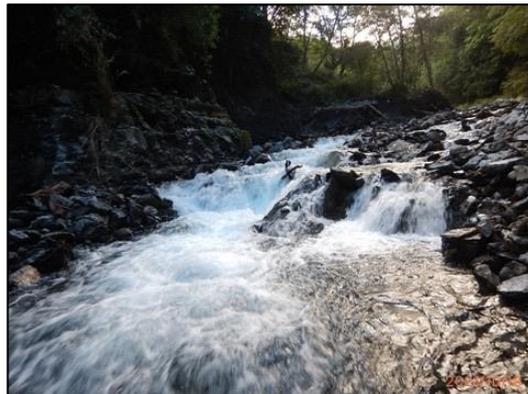
2021年01月二號壩上游



2021年10月二號壩上游



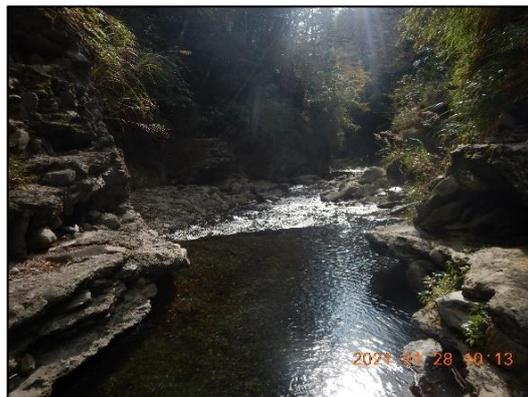
2021年01月二號壩下游



2021年10月二號壩下游



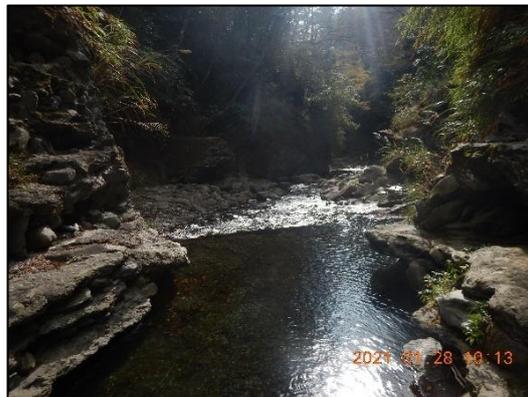
2020年02月一號壩下游



2021年01月一號壩下游



2020年01月一號壩上游



2021年01月一號壩上游

圖 2- 43 高山溪現地照片
(資料來源：本研究團隊)

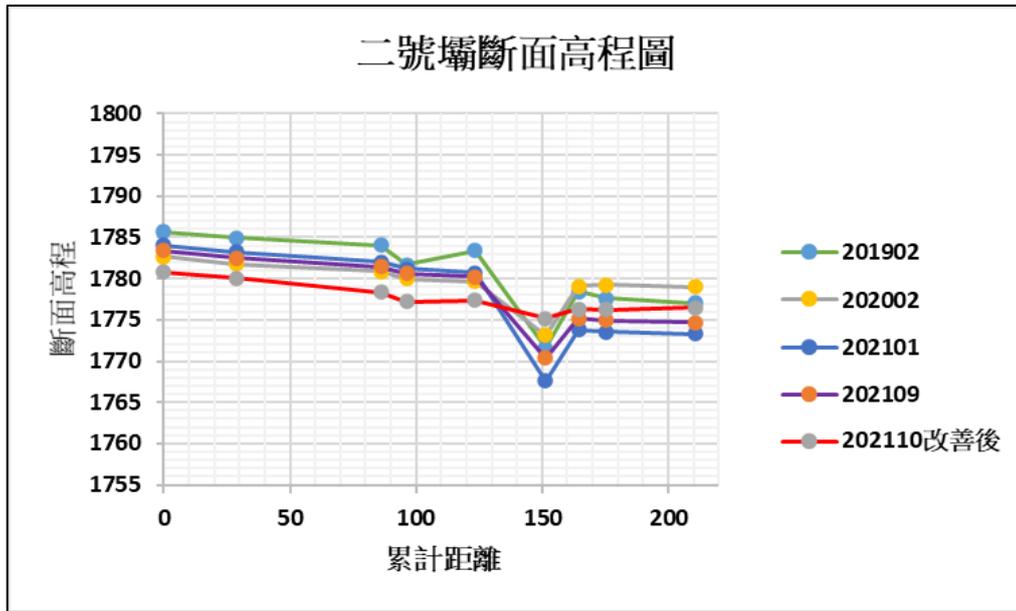


圖 2- 44 高山溪二號壩上、下游縱斷面圖
(資料來源：本研究團隊)

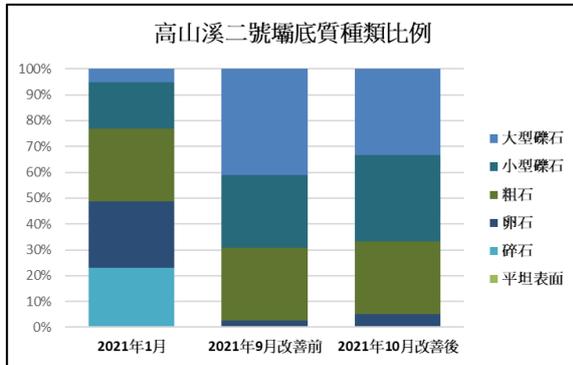


圖 2- 45 高山溪二號壩底質類型圖

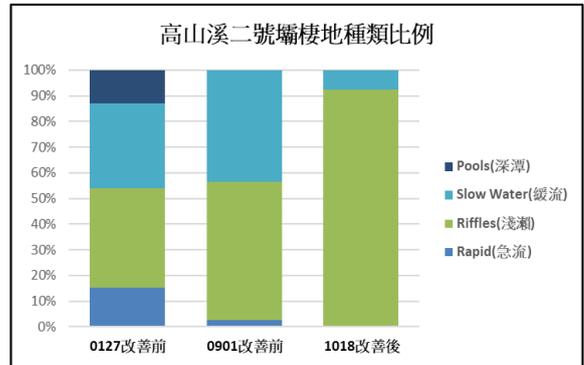


圖 2- 46 高山溪二號壩棲地類型圖



圖 2- 47 高山溪二號壩殘材移除及壩體改善建議圖 (資料來源：本研究團隊)

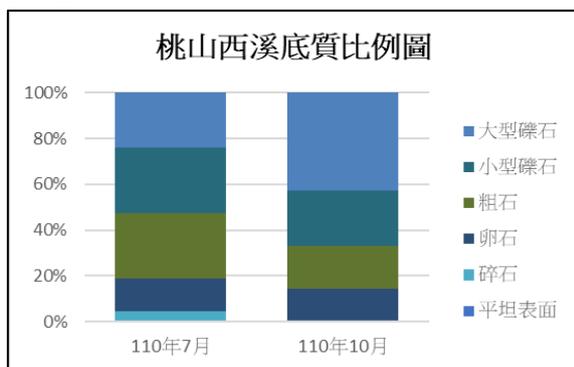


圖 2- 48 桃山西溪底質類型圖

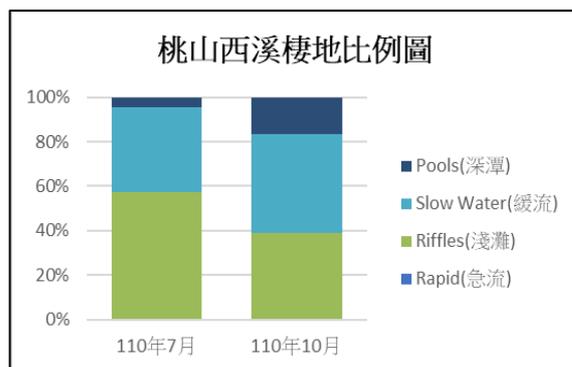


圖 2- 49 桃山西溪棲地類型圖



桃山西溪 6-5 斷面左岸崩塌



2021 年 10 月 桃山西溪



2021 年 7 月 桃山北溪



2021 年 10 月 桃山北溪

圖 2- 50 桃山西溪及桃山北溪現況照片 (資料來源：本研究資料)

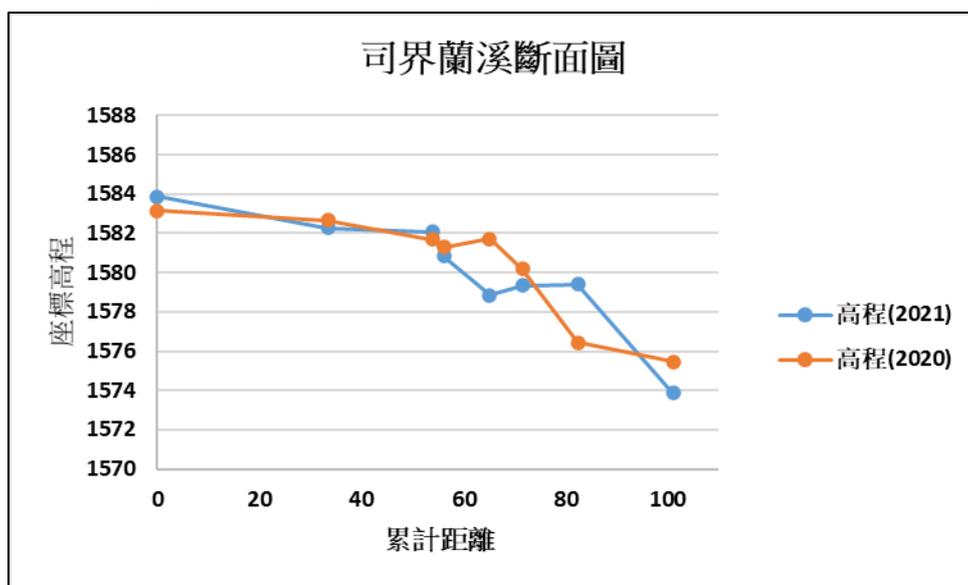


圖 2- 51 司界蘭溪放流棲地縱斷面圖
(資料來源：本研究團隊)

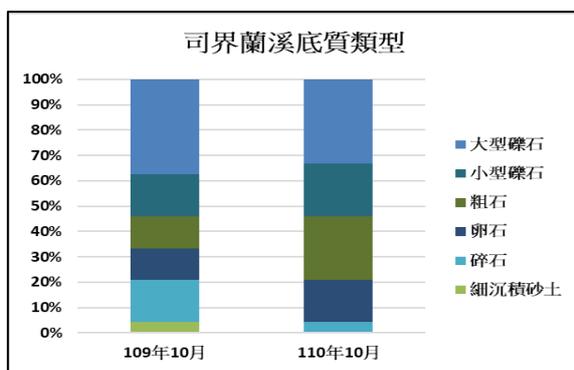


圖 2- 52 司界蘭溪底質類型
(資料來源：本研究團隊)

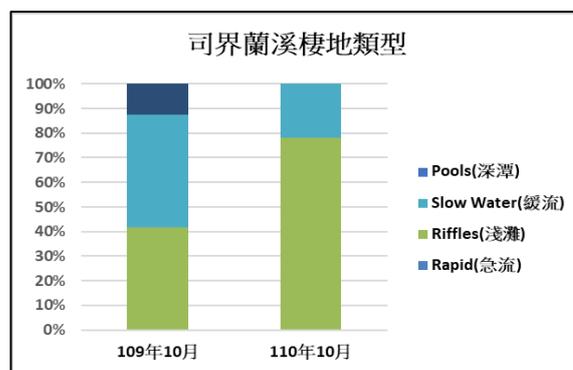
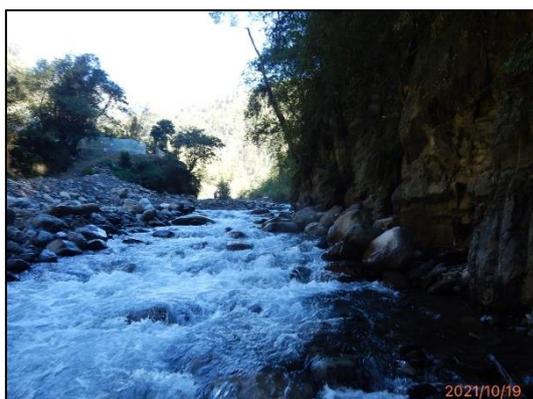


圖 2- 53 司界蘭溪棲地類型
(資料來源：本研究團隊)



2021 年 10 月，右岸有農業行為



2021 年 10 月，右岸有便道

圖 2- 54 司界蘭溪現地照片
(資料來源：本研究團隊)

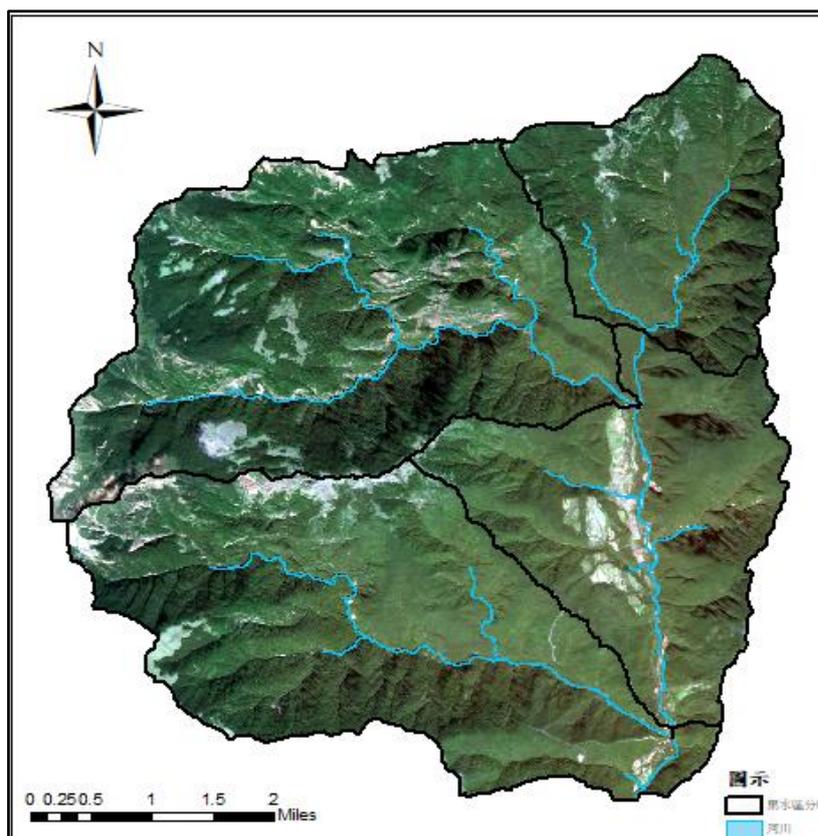


圖 2- 55 武陵地區 2019 年 11 月集水區分區原始影像圖
(資料來源：本研究團隊)

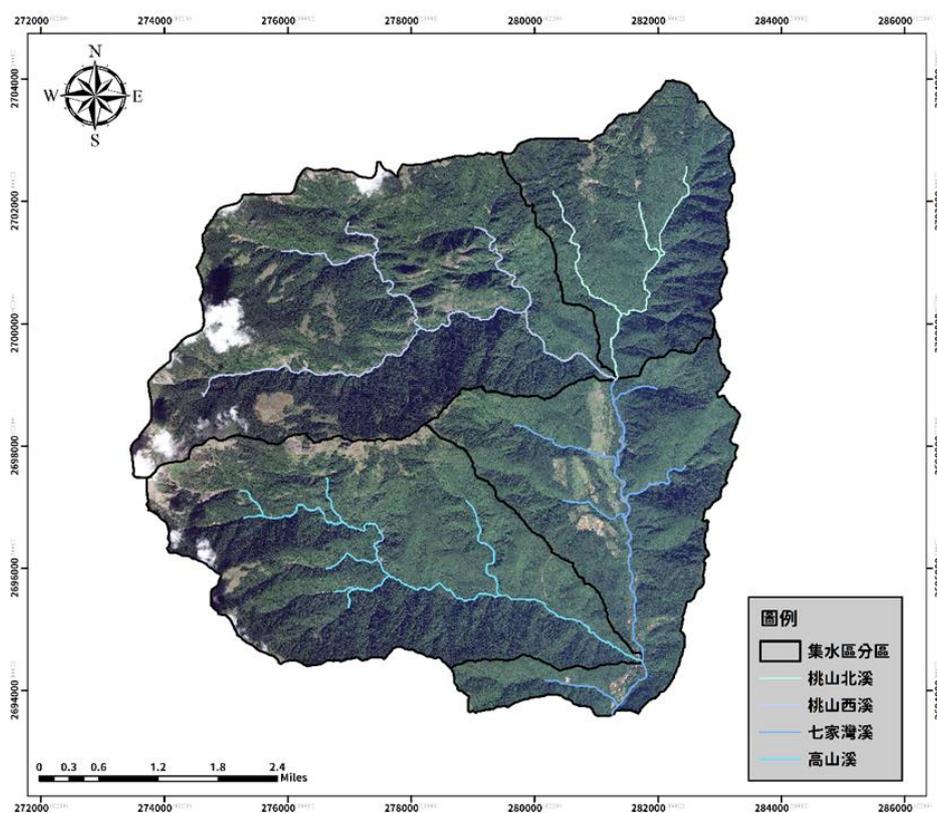


圖 2- 56 武陵地區 2020 年 11 月集水區分區原始影像圖
(資料來源：本研究團隊)

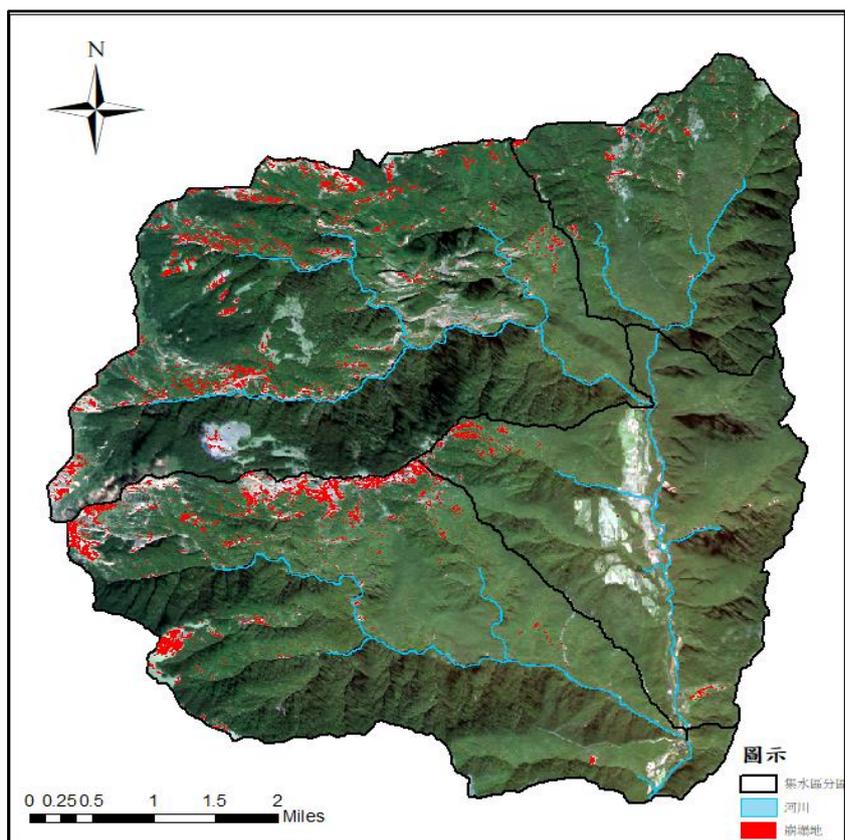


圖 2- 57 武陵地區 2019 年 11 月集水區分區崩塌地分析圖
(資料來源：本研究團隊)

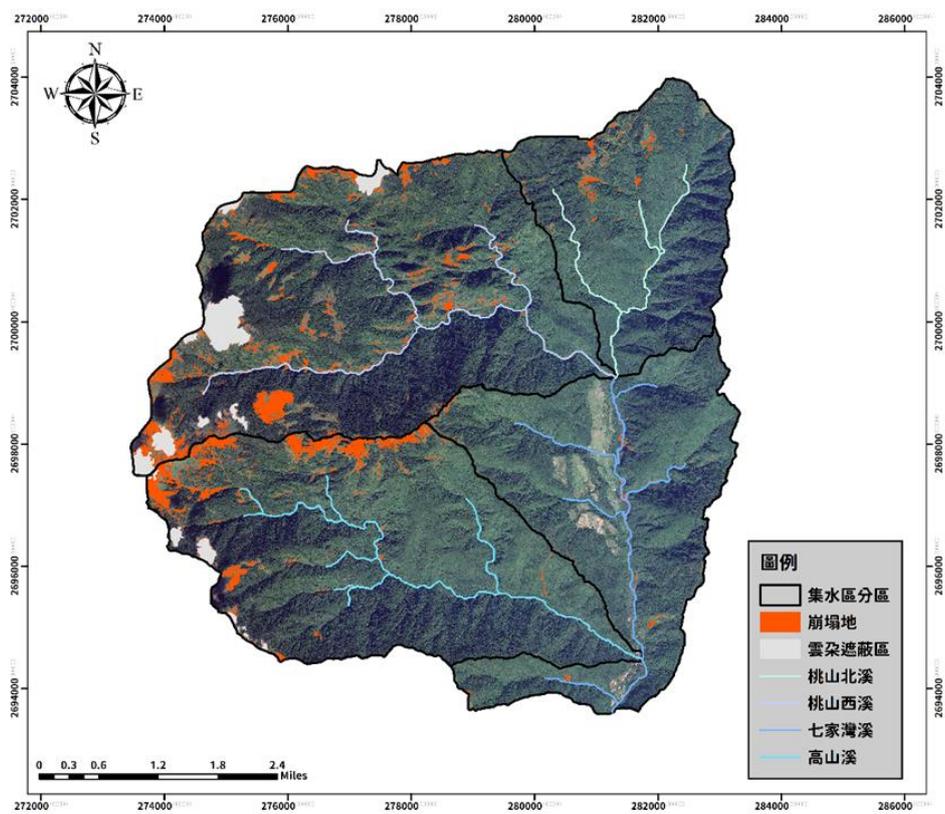


圖 2- 58 武陵地區 2020 年 10 月集水區分區崩塌地分析圖
(資料來源：本研究團隊)

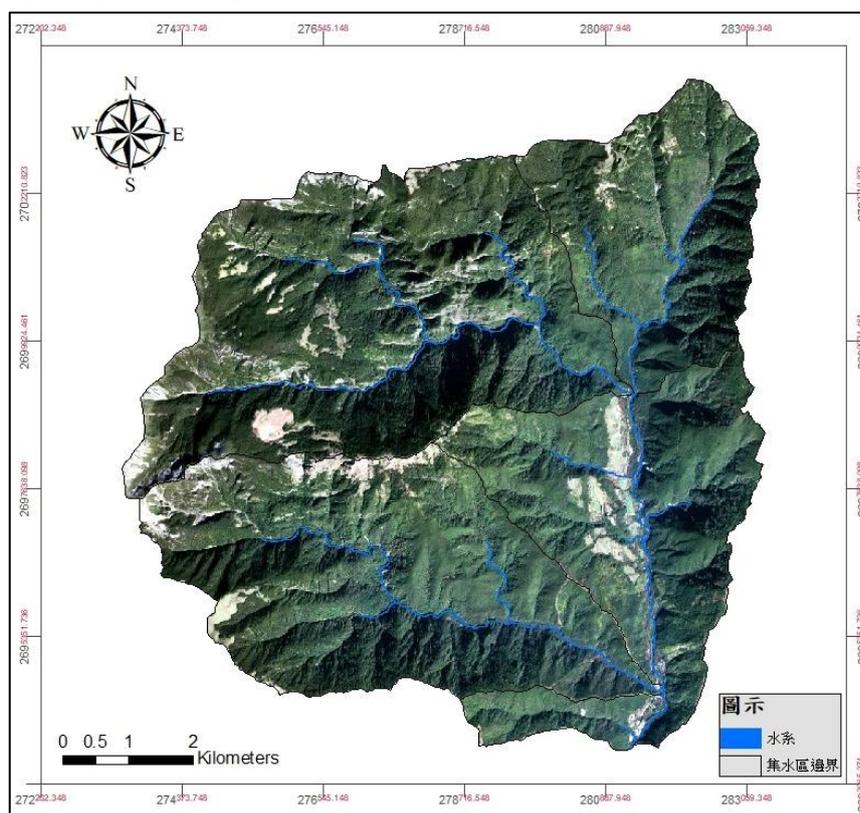


圖 2-59 武陵地區 2021 年 12 月集水區分區原始影像圖
(資料來源：本研究團隊)

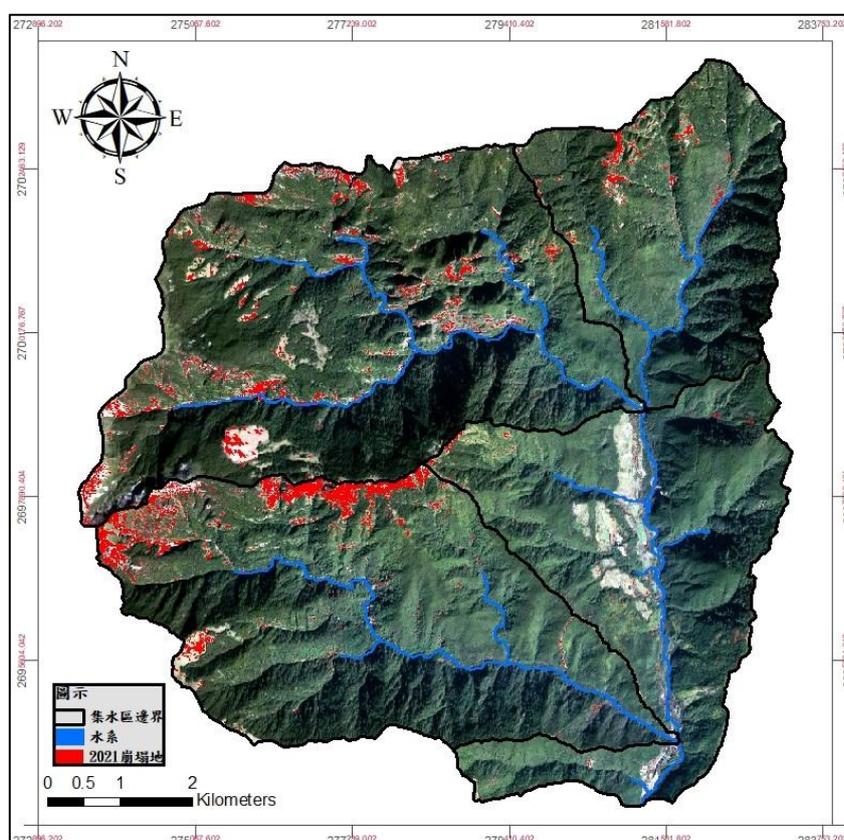


圖 2-60 武陵地區 2021 年 12 月集水區分區崩塌地分析圖
(資料來源：本研究團隊)

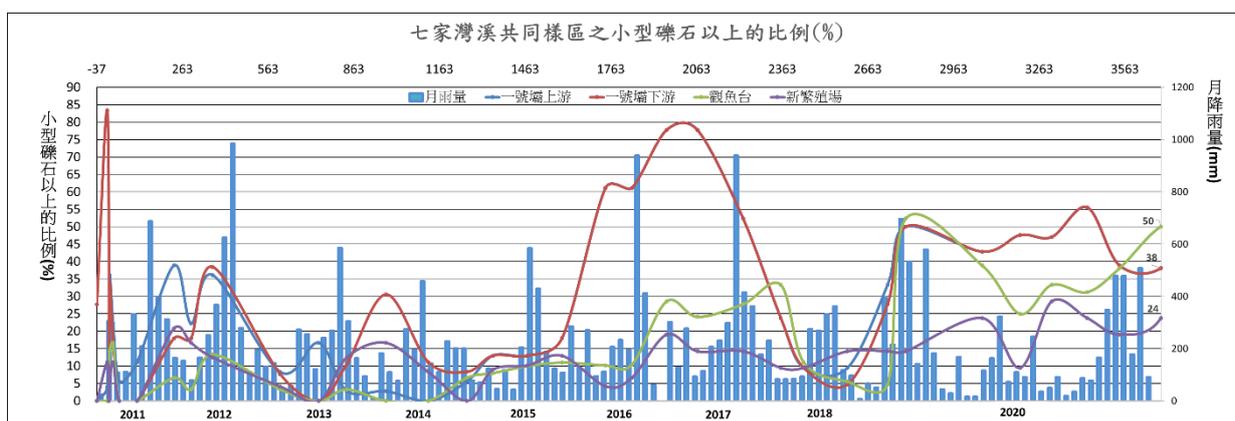


圖 2- 61 七家灣溪共同樣區之小型礫石以上比例變動圖
(資料來源：本研究團隊)

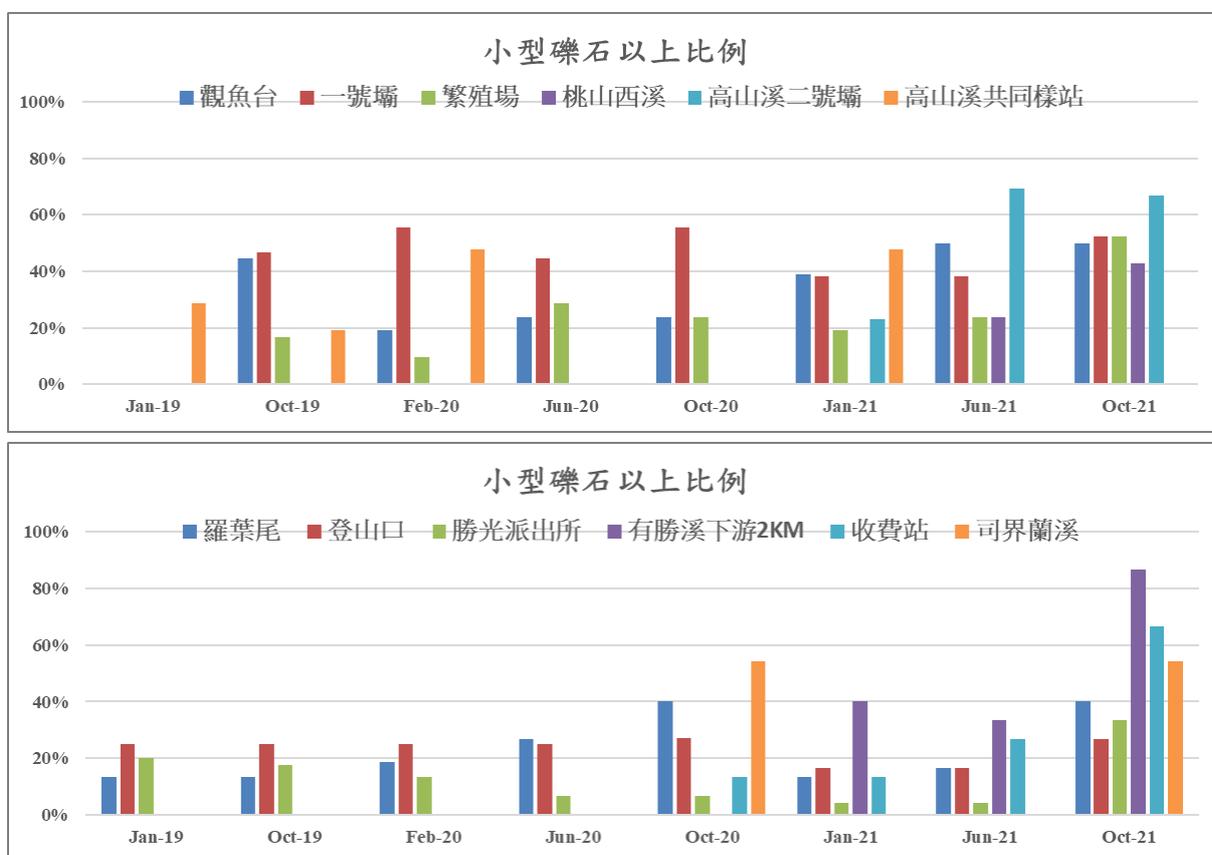


圖 2- 62 各樣站 2019 至 2021 小型礫石以上比例對照圖
(資料來源：本研究團隊)

第三章 水質監測

官文惠、施丞恩、柯致宇、黃瑄瑩

明志科技大學環境與安全衛生工程系暨環境工程研究所

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

臺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。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白甲魚藉由改善後的一號壩廊道，可上溯至一號壩上游；今年高山溪二號殘材壩亦進行改善工程。為監測壩體改善對水質之影響、瞭解放流點環境變化及評估未來新放流點的水環境條件，本計畫持續執行溪流水質分析。

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。

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。

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各設置一個樣站，進行水質採樣與分析。

水質採樣分析於2、4、7、10月份進行。分析項目敘述如下：採樣後現場量測pH、

第三章 水質監測

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

水質監測結果顯示，武陵地區大部分溪流水質良好，符合臺灣櫻花鉤吻鮭生存水質標準。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。

桃山西溪於四月份檢測出較高磷酸鹽濃度 0.83 mg/L 與總有機碳濃度 6.036 mg/L，推測為樣點上邊坡施工造成，將持續於下半年度監測，下半年採樣結果顯示，已回到正常數值，十月份磷酸鹽濃度降回 0.1 mg/L，但 TOC 部分還是偏高，為 5.32 mg/L，需持續觀察。對照本計畫物理棲地子計畫進行各集水區崩塌地面積分析顯示，桃山西溪集水區在 108/11 至 109/10，崩塌面積由 3.96% 上升至 8.97%，為武陵地區增加最多之集水區，水中總有機碳濃度在 109/04、109/10 亦測得較下游（包含有勝溪測站）更高之數值，顯示周遭土地狀態改變將直接影響水質。

今年上半年度觀察之測站濁度皆均低於 1 NTU，除有勝溪(#9)及勝光(#203)濁度偏高 1.24 NTU(110/04 有勝溪測站)，1.10、1.60 NTU(110/02、110/04 勝光測站)，但皆低於七家灣溪重要濕地保育水質標準上限值，下半年度濁度也均低於標準值，且都約在 1 NTU 以下，僅排水溝濁度較大，六月份測得 5.22 NTU，十月份測得 3.16 NTU，推測可能原因為排水溝地形較容易造成泥沙堆積，如有水量變化，就會對濁度造成影響。截至目前各項水質監測結果顯示均已近似往年之變動趨勢。

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，因露營遊憩區鄰近之山溝排水溝測站與七家灣溪測站，但濃度近年逐漸降低。

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。

司界蘭溪下游(#11)與羅葉尾溪與有勝溪流域相比，導電度較羅葉尾溪上游羅葉尾

第三章 水質監測

溪放流點(#201)與南湖登山口(#202)高，比下游勝光派出所(#203)、有勝溪下游(#204)低，推測可能因農耕活動、人口聚集、河床不明作業所造成之影響。另將該處歷年水質監測結果與七家灣溪核心保育區測站，同期水質監測結果以獨立t檢定分析，結果顯示兩者水質僅硫酸鹽與導電度有差異，其餘水質項目並無太大不同，目前看來水質狀況穩定，符合濕地保育水質標準。

比較今年下半年度高山溪二號殘材壩改善前後之水質特性，與往年平均比較，磷酸根、總有機碳部分些為提高，可能原因為採樣時間，適逢颱風後，帶來的大雨沖刷，造成營養鹽提高，其餘參數並無太大變化，亦都能符合水質標準。

四、主要建議事項

根據本研究於武陵地區七家灣河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、林管處

因人為活動：如遊憩，及周邊護岸、道路或橋樑施工，常造成水中濁度、亞硝酸鹽氮、硝酸鹽氮等濃度濃度上升，除了近年雪管處與武陵農場管制遊客數、妥善管理汙水處理設施外，建議仍應維持積極管理、提倡綠色旅遊、推廣有機栽作，並選擇適當工法、季節與天候狀況，加強施工廢水管理，避免擾動溪流，降低對武陵地區溪流水質之影響。

藉由長期水質監測成果與國內外相關水質標準研析，提出七家灣溪重要濕地核心保育區水質標準修正建議，今年度針對水溫、硝酸鹽氮、亞硝酸鹽氮三項進行探討。建議水溫修正為兩區段管理目標，分別春夏季13~17°C與秋冬季6~12°C；硝酸鹽建議調整為2 mg as N/L 以下、亞硝酸鹽建議調整為4 µg as N/L以下，以同時兼顧符合當地長期水質特性與臺灣櫻花鉤吻鮭之保育。

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

水質監測基本項目應包括水溫、導電度、濁度與pH值，若能輔以每季採樣分析NO₃⁻、NO₂⁻、NH₄⁺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(王敏昭 1998; 陳弘成 1998; 于淑芬、林永發 2003)。文獻指出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，故有長期監測該地水質變化之必要性(王敏昭 2003)。

(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應性，將針對包含七家灣溪、高山溪、有勝溪、羅葉尾溪與司界蘭溪，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，本計劃亦將於該區附近之測站包括上游桃山西溪、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：

雪霸國家公園位於臺灣本島之中北部，境內高山林立，景觀壯麗，由大安溪河谷海拔760公尺至3886公尺的雪山主峰，高差達3000多公尺，自然資源極為豐富；園區內涵蓋了觀霧遊憩區、武陵遊憩區與雪見遊憩區等三個遊憩區，國家公園範圍以雪山山脈的河谷稜線為界，東起羅葉尾山，西迄東洗水山，南至宇羅尾山，北抵境界山，總面積達76,850公頃，含括新竹縣五峰鄉、尖石鄉、苗栗縣泰安鄉、台中縣和平鄉，屬於高山型之國家公園(圖3-1)。在地質方面，本區地質年代多屬漸新世至中新世的乾溝層，鄰近之雪山山脈帶狀中出露岩層可以區分為硬頁岩、板岩及變質砂岩等三個顯著岩相；其中變質砂岩相由厚層至中層之白色或灰色的石英岩為代表，部分含有薄層凸鏡狀的煤層和炭質頁岩。

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。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 °C為最佳，孵化時7~12.5 °C，水溫過低攝食率亦隨之降低，過高對魚卵會產生致死作用；水溫升高更會造成溶氧的降低，水溫控制著魚類的攝食、代謝、生長率影響魚類甚巨(張石角 1989，陳弘成 1998)。

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(表3-1)，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 $\mu\text{g}/\text{L}$ (陳弘成 1998)，歐盟則訂定亞硝酸鹽氮上限為3.0 $\mu\text{g N}/\text{L}$ (表3-2)，七家灣溪重要濕地保育水質標準建議臺灣櫻花鉤吻鮭水體中亞硝酸鹽氮上限 30 $\mu\text{g N}/\text{L}$ (表3-3)。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(陳弘成 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3-2)，七家灣溪重要濕地保育水質標準建議臺灣櫻花鉤吻鮭水體中氮氮上限 0.1 mg N/L(表3-3)。

冷水性鮭鱒魚類對水中氯(chlorine，氯分子)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 µg/L。

3. 氮的來源與型態

(1) 氮的來源

文獻中說明氮肥的來源之種類甚多，包括有機質與無機質的來源(楊秋忠 1997)。

a. 有機質的來源：

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

b. 無機質的來源：

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

(2) 氮的型態

土壤中氮素的存在型態可區分為五種分別為有機的氮、在土壤溶液及交換位置的礦物氮、在殘質內的氮、在黏粒中固定的銨態及氣態的氮。因此，土壤的氮可分為「有機態」及「無機態」的氮，各種不同土壤中所佔的比例差異甚大，一般有機態氮的量高出許多，約佔95 %以上，無機態氮約僅佔5 %以下。

(3) 氮的循環

氮素循環(圖3-2 Kuan and Chen,2014)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：

尿素及氨態氮施肥施入pH值大於7.5的鹼性土壤時，易使氨態(NH_4^+)轉變為 NH_3 氨之氣體而揮散，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，氨態氮(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。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(Wischmeier 1978)。

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。過去研究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(Sherpley 1995)。

5. 硫

河川中的硫酸鹽的主要來源是硫化礦物氧化及硫酸鹽類礦物溶解等化學風化作用產物，也包含大氣沉降或人為活動所貢獻，其中硫化礦物氧化可能與微生物作用關係密切。吳易峰(2020)針對卑南河流域地質與溪流中硫酸鹽來源進行研究，作者指出卑南溪是台灣河川沉積物傳輸通量最高及高化學風化速率的流域，流域內以板岩和片岩為主，溪流中硫酸鹽的來源極可能為黃鐵礦風化，以及微生物物氧化作用而來。板

岩亦為武陵地區地質主要成分之一，推測亦可能為溪流中硫酸鹽重要來源之一。

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。

硫酸肥的來源可分為可溶性硫與不可溶性硫兩大類，可溶性型態的硫酸肥是以鈣、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. 水質標準

內政部訂有七家灣溪重要濕地保育利用計畫，武陵地區依該保育計畫分為核心保育區、環境教育區、以及一般使用區，其中核心保育區之水體水質管理標準包括溫度、氨氮、硝酸鹽氮、亞硝酸鹽氮、總磷、生化需氧量、pH值、溶氧等，標準如表3-3所示。歐盟對鮭鱒類之水體水質標準如表3-2所示。

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3-5)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3-5)所示。

二、材料與方法

研究流程規劃如圖3-3，主要研究地點為武陵地區溪流，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、司界蘭溪。採樣點相關位置如圖3-4。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3-6)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、七家灣溪、羅葉尾溪與司界蘭溪，水樣採集共設置16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)、司界蘭溪(#11)、高山溪二號壩下(#17)、一號壩上游(#12)、一號壩下游(#13)、山溝(A6)、排水溝(B1)、羅葉尾溪放流點(#201)、南湖登山口(#202)、勝光(#203)、有勝溪下游(#204)，相關測站地理座標如(表3-7)。

(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。

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(Metrohm 914 DO)。

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，矽酸鹽利用感應耦合電漿發射光譜儀(Avio 200)進行分析，水樣透過霧化器噴注至高溫電漿，將待測物從基態轉換至激發態，利用光譜訊號轉換器將電

第三章 水質監測

漿訊號轉為發射光譜訊號，即可依元素特定波長(251.611nm)，訊號的強度對待測物進行定量。

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：

第三章 水質監測

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(Shimadzu TOC-Vwp)，求得總有機碳的濃度。

三、結果

水質採樣與分析結果

七家灣溪流例行性水質分析採樣於110年2、4、6、10月進行，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。

此外，雪霸國家公園管理處於100年5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3-18至圖3-30所示。

山溝及其附近排水溝上中下游之水質監測結果如圖3-31至圖3-43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3-44至圖3-56所示。羅葉尾溪及今年候選放流點司界蘭溪下游之水質監測結果如圖3-57至圖3-69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3-5至圖3-17所示。

學者建議臺灣櫻花鉤吻鮭水體中pH應介於6.5-8.5之間(陳弘成 1998)，歐盟則建議臺灣櫻花鉤吻鮭水體中pH應介於6.0-9.0之間(表3-2) (European-Parliament, 2006)，七家灣溪重要濕地保育水質標準建議臺灣櫻花鉤吻鮭水體中pH應介於6.8-8.0之間(表3-3)，武陵地區溪流的pH值介於6.3~8.4間呈中性偏鹼的狀態。除下游有勝溪測站(#9)於歷年春季測得之pH值偏高，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，學者建議臺灣櫻花鉤吻鮭水體中導電度應介於120-450 $\mu\text{mho}/\text{cm}$ 之間(陳弘成 1998)。武陵地區各溪流導電度值在103~356 $\mu\text{mho}/\text{cm}$ 之間，桃山西溪與高山溪無農田施作，導電度值明顯較武陵地區溪流中低；七家灣溪中游與下游有勝溪有農耕活動的關係，導電度值明顯較高，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(陳弘成 1998)，夏季高水溫限制為攝氏17度，繁殖季節則是攝氏12度，歐盟標準夏季高水溫限制為攝氏21.5度(表3-2) (European-Parliament, 2006)，冬季低水溫則是攝氏1.5度，七家灣溪重要濕地保育水質標準，夏季高水溫限制為攝氏15.3度，冬季低水溫則是攝氏6.9度(表3-3)。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。近十年七家灣溪水溫亦漸增加，愈是下游增溫幅度愈大，比較如圖3-5所示，又介於近年全球暖化、溫室效應的關係，水中溫度的變化更須加以關注，以長期的資料統計，區分為夏季、冬季進行觀察，可看出桃山西溪、二號壩，在夏季時增長幅度更為明顯，觀魚臺、高山溪、繁殖場則為冬季時較為增加。

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，根據學者建議臺灣櫻花鉤吻鮭水體中溶氧應高於7 mg/L(陳弘成 1998)，歐盟則建議臺灣櫻花鉤吻鮭水體中溶氧應高於6 mg/L(表3-2) (European-Parliament, 2006)，七家灣溪重要濕地保育水質標準建議臺灣櫻花鉤吻鮭水體中溶氧應高於6.5 mg/L(表3-3)，冬季時武陵

地區流域溶氧為最高，110上半年度武陵地區流域大部分水系溶氧值維持在7.03 mg/L (110/04羅葉尾溪放流點測站)~10.86 mg/L (110/02桃山西溪測站)之間，下半年8.34 mg/L(110/10有勝溪測站)~11.84 mg/L(110/06桃山西溪測站)。

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100年5月攔砂壩壩體改善後，武陵地區溪流濁度已趨於穩定，110年上下半年度觀察之測站濁度皆均低於1 NTU，除排水溝較高有達到5.22 NTU (110/06)，可能原因為其地形泥沙較多所導致。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(陳弘成 1998)，武陵地區流域其濁度值在2 NTU以下符合要求。

110上半年武陵地區各溪流所測得矽酸鹽介於2.55 mg/L(110/04桃山西溪測站)~3.62 mg/L(110/02有勝溪下游測站)，下半年2.08 mg/L(110/06桃山西溪測站)~6.74 mg/L(110/10排水溝測站)。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。

110上下半年度武陵地區大部分溪流硝酸鹽氮含量低於1 mg/L，除有勝溪、勝光及有勝溪下游，因有農田施作，故硝酸鹽氮含量高於1 mg/L：1.88 mg/L (110/02有勝溪測站)、1.47 mg/L(110/04有勝溪測站)；1.73 mg/L (110/02勝光測站)、1.05 mg/L (110/04勝光測站)；1.87 mg/L (110/02有勝溪下游測站)、1.43 mg/L (110/04有勝溪下游測站)、6.7 mg/L (110/06有勝溪下游測站)。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。

學者(陳弘成 1998)建議臺灣櫻花鉤吻鮭水體中硝酸鹽氮應低於2 mg/L，七家灣溪重要濕地保育水質標準中建議水體硝酸鹽氮應低於15 mg/L(表3-3)，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。土壤在好氧情況下，亞硝酸菌可將氨轉化成亞硝酸根，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，因而氨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，極易經由淋洗作用而流入地

下水或溪流中。土壤環境若是缺乏氧氣會變成還原性，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。

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 $\mu\text{g/L}$ ，孵化時則需低於30 $\mu\text{g/L}$ (陳弘成 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 $\mu\text{g/L}$ 以下(表3-2)，七家灣溪重要濕地保育水質標準中建議水體亞硝酸鹽氮應低於30 $\mu\text{g/L}$ (表3-3)。武陵地區大部分溪流亞硝酸鹽氮濃度均低於3 $\mu\text{g/L}$ ，去年109年度二月，一號壩下游之樣點檢測為9.5 $\mu\text{g/L}$ ，推測與周邊窄口橋梁施工相關；109年下半年度檢測一號壩下游之亞硝酸鹽氮濃度接回復正常平均範圍，110年度皆低於建議及規定之標準值，且並不影響下游繁殖場之亞硝酸鹽濃度。

溪流中的氨氮變化，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氨氮濃度上升。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。學者建議水中氮濃度應小於12.5 $\mu\text{g/L}$ (陳弘成 1998)，歐盟則嚴格訂定水中非離子態氮濃度須小於4.1 $\mu\text{g/L}$ (European-Parliament, 2006)，總氮濃度須小於0.03 mg/L (表3-2)，七家灣溪重要濕地保育水質標準中建議水體總氮濃度應低於0.1 mg/L (表3-3)。而歷史監測結果顯示，武陵地區溪流之氨氮濃度於冬至早春季節較高，其餘季節則較少偵測到氨氮。

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。因12~4月枯水期，造成冬季硫酸鹽濃度也較夏季濃度來得高。

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。往年武陵地區溪流中氯鹽濃度大致維持在2.0 mg/L 以下，武陵地區溪流中110上半年，僅4月有勝溪測站氯鹽濃度為2.01 mg/L ，下半年則是有勝溪部分較高5.46 mg/L (110/06有勝溪測站)、5.09 mg/L (110/06有勝溪下游測站)，其餘武陵地區溪流測站皆低於2.0 mg/L 。

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。學者建議臺灣櫻花鉤吻鮭水體中磷酸鹽濃度應小於0.01 mg/L (陳弘成 1998)，歐盟則訂定濃度須小於0.2 mg/L (表3-2) (European-Parliament, 2006)，七家灣溪重要濕地保育水質標準中建議水體磷酸鹽濃度應低於0.15 mg/L (表3-3)。磷酸鹽歷年濃度介於0~0.1 mg/L ，110上半年度於桃山西溪測站測得為0.02 mg/L (110/02)、0.83 mg/L (110/04)、二號壩測站0.05 mg/L (110/02)、0.03 mg/L (110/04)、觀魚台測站0.04 mg/L (110/02)、0.03 mg/L (110/04)、有勝溪測站0.04 mg/L (110/02)、0.03

第三章 水質監測

mg/L(110/04)、一號壩上游測站0.03 mg/L(110/02)、0.02 mg/L (110/04)、一號壩下游測站皆為0.04 mg/L(110/02、110/04)。桃山西溪於四月份測得較高濃度為0.83 mg/L(110/04)，推測為施工造成，其餘皆符合七家灣溪重要濕地水質標準，下半年部分則皆符合標準值之下。

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，110上半年度濃度大致介於0.518 mg/L(110/02高山溪測站)~2.583 mg/L (110/04二號壩測站)；桃山西溪於四月測得濃度偏高6.036 mg/L，推測為施工造成落葉或其他有機體大量進入溪流，但並不影響下游之總有機碳濃度，下半年則顯示總有機碳還是高於先前濃度，約還在3.88 mg/L(110/06)~5.32 mg/L (110/10)，後續將繼續追蹤此測站之水質。對照本計畫物理棲地子計畫進行各集水區崩塌地面積分析顯示，桃山西溪集水區在108/11至109/10，崩塌面積由3.96%上升至8.97%，為武陵地區增加最多之集水區，水中總有機碳濃度在109/04、109/10亦測得較下游(包含有勝溪測站)更高之數值，顯示周遭土地狀態改變將直接影響水質。

(二) 壩體改善對水質之影響

110下半年度進行高山溪二號殘材壩之改善，根據高山溪、高山溪二號壩下，兩樣站水質監測結果顯示(如圖3-70~3-72)，並與高山溪平均盒鬚圖比較(如圖3-73~3-77)，僅磷酸根、總有機碳，較往年平均高，可能為9月份採樣前之颱風降雨造成沖刷，其餘各項水質數據均無太大變化，亦皆在濕地保育標準值內。根據100年在七家灣溪一號壩體改善之經驗，壩體改善對水質之影響約為兩周時間，後續將持續監測。

雪霸國家公園管理處於100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。壩體改善後之水質監測仍持續進行。分析結果如圖3-18至圖3-30所示。

改善壩堤後四個測站的pH值介於7.66~8.47間呈中性偏鹼的狀態，數值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 $\mu\text{mho/cm}$ 之間(陳弘成 1998)。110上半年度導電度值介於233.4-250.4 $\mu\text{mho/cm}$ ，下半年為166.4-221.2 $\mu\text{mho/cm}$ 。

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(陳弘成 1998)，110年全年度數值皆在5 NTU之下，壩體改善後濁度依然在正常範圍值。

壩體改善對矽酸鹽、硝酸鹽氮、硫酸鹽、氯鹽濃度的影響不大，硝酸鹽氮濃度

第三章 水質監測

測站今年度大致均維持在1 mg/L以下，硫酸鹽濃度介於41.07~47.40 mg/L間，氯鹽濃度濃度於四月測得濃度介於0.49 mg/L(一號壩上游測站)~1.15 mg/L(繁殖場測站)，下半年則是皆低於0.7 mg/L。110上下年度亞硝酸鹽氮數值，皆符合標準以下，僅排水溝(110/06)較高，測得20.51 mg/L；氨氮濃度範圍約在0.02 mg/L(110/02一號壩下游測站)~0.08 mg/L(110/04觀魚台測站)，下半年皆低於0.06 mg/L；磷酸鹽濃度約在0.02 mg/L(110/04一號壩上游測站)~0.04 mg/L(110/04一號壩下游測站)，下半年則為0.02 mg/L(110/06觀魚台測站)~0.06 mg/L(110/10一號壩上游測站)。

(三) 山溝及排水溝之水質監測

圖3-31至圖3-43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，矽酸鹽濃度在本年度二月份較高，但到四月份及降回標準範圍；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；去年109年度排水溝後區域，因水量降低，造成水流減小，藻類生長較多，泥沙淤積，導致濁度上升，達到9.74 NTU；今年110上半年度濁度皆維持在5 NTU規範下，下半年則為排水溝較高。山溝及排水溝之水源會匯流至七家灣溪，比較匯流後之樣點觀魚台，皆可看出山溝及排水溝之濁度並不影響七家灣主溪流之濁度。

山溝及排水溝之硝酸鹽濃度皆高於七家灣溪，山溝檢測值介於0.4 mg/L(110/10山溝測站)~2.38 mg/L(110/02山溝測站)。排水溝測值則低於山溝、略高於七家灣溪流，介於0.4 mg/L(110/10排水溝測站)~1.82 mg/L(110/02排水溝測站)，山溝排水溝匯流入七家灣溪後之硝酸鹽濃度，因稀釋作用故在匯流後之觀魚台採樣點，今年並無濃度偏高之狀況。

亞硝酸鹽氮濃度大多維持在5 $\mu\text{g/L}$ 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 $\mu\text{g/L}$ 。

山溝之氯鹽濃度高於排水溝測站，山溝介於3.04 mg/L(110/02山溝測站)~3.70 mg/L(110/04山溝測站)。整體來說山溝、排水溝測值略高於七家灣溪流。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。

磷酸鹽監測山溝及排水溝濃度介於0.03 mg/L(110/04排水溝測站)~0.12 mg/L(110/02山溝測站)，下半年也在此範圍內。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0.78 mg/L(110/02山溝測站)~3.36 mg/L(110/06山溝測站)，數值與七家灣溪流並無過大之差異。

(四) 8.1公頃回收農用地之水質監測

圖3-44至圖3-56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、下游觀魚臺次之。而硝酸鹽濃度皆低於0.6 mg/L，亞硝酸鹽濃度都低於1.00 µg/L(110/02觀魚台測站)，氨氮濃度介於0.02 mg/L(110/02二號壩測站)~0.09 mg/L(110/04桃山西溪測站)，下半年也介於此0.02 mg/L(110/10桃山西溪測站)~0.03 mg/L (110/10二號壩測站)。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(Kuan et al., 2014)。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) 羅葉尾溪及司界蘭溪之水質監測

1. 圖3-57至圖3-69為羅葉尾溪、司界蘭溪之水質監測結果。監測測站分別羅葉尾溪放流點(#201)、南湖登山口(#202)、勝光(#203)、有勝溪下游(#204)及司界蘭溪下游(#11)，並以觀魚臺(#4)、高山溪(#8)、有勝溪(#9)做為比較測站。其中勝光(#203)、有勝溪下游(#204)，兩測站周邊皆有農耕施作。去年109年10月新增司界蘭溪下游(#11)採樣點，在樣點的上游發現河床有挖土機停放；於今年110年2月採樣時挖土機已移除，但近採樣點的上游處尚有農作物。根據歷年觀察司界蘭溪水質數據，並與七家灣溪核心保育區測站數值進行獨立t檢定，以p值檢測是否小於0.05為判斷依據，觀察兩溪流水質之差異性，結果如表3-12。由表中可見，導電度、硫酸根兩項之p值小於0.05，並檢視其平均值，司界蘭溪導電度較七家灣溪高，司界蘭溪平均值落在264.8(µS/cm)，而七家灣溪都在200(µS/cm)內；硫酸根部分，桃山西溪平均落在24.6(mg/L)，司界蘭溪則為45.7(mg/L)；而整體來看，司界蘭溪數值均符合濕地保育水質標準，可做為放流點之候選溪流。

110上半年度羅葉尾與有勝溪流的水質分析結果顯示，pH值介於7.36(110/02南湖登山口測站)~8.38(110/02勝光測站)，下半年為7.44(110/10南湖登山口測站)~8.34(110/10有勝溪測站)，測得之pH值普遍在魚類生產力最佳範圍6.5~8.5之內。溫度、溶氧、矽酸鹽則與七家灣流域測站差異不大。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。硝酸鹽濃度普遍皆在標準內，僅有有勝溪因農作關係有較高數值產生，6.44 mg/L(110/06有勝溪測站)、6.7 mg/L(110/06有勝溪下游測站)，亞硝酸鹽濃度也是如此6.4 mg/L(110/06有勝溪測站)、7.18 mg/L(110/06有勝溪下游測站)，其餘皆在標準內，110年度氨氮濃度介於0.01 mg/L(110/06高山溪測站)~0.09 mg/L(110/06南湖登山口測站)，磷酸鹽110年度測得濃度介於0.01 mg/L(110/04有勝溪下游測站)~0.07 mg/L(110/10有勝溪下游測站)。

羅葉尾流域測站之硫酸鹽濃度介於25.33 mg/L(110/02南湖登山口測站)~89.53 mg/L(110/06勝光派出所測站)，勝光派出所測站的監測濃度為最高，推測與鄰近農地使用肥料相關。

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。

溪流中總有機碳的來源多為落葉與有機體的分解，110上半年度羅葉尾及有勝溪測站總有機碳濃度介於1.06 mg/L(110/02南湖登山口測站)~3.36 mg/L(110/04勝光派出所測站)，下半年則是皆低於3 mg/L。

(六) 七家灣溪重要濕地保育水質標準之修正建議

鑒於七家灣溪重要濕地保育水質管理標準已施行約六年，歐盟對環境水體水質標準曾建議以每六年為周期進行檢討，故本年對針對水溫、硝酸鹽氮與亞硝酸鹽氮三個項目進行研析，藉由國內外相關標準蒐集、近五年現地調查結果分析、台灣櫻花鉤吻鮭之適合水質文獻，以及長期氣候變遷之影響等綜合評估後，提出修正或調整建議(如表3-4)。

檢視近五年七家灣溪核心保育區測站，包括桃山西溪、二號壩、觀魚台，並比較魚群較多之樣站，如羅葉尾溪放流點、高山溪，等樣站之水質數據，進行平均來檢視七家灣溪水質標準，其中因近年來溫度差異性僅夏冬兩季節較大，春秋並不明顯，且採樣月份較固定，建議修正溫度標準，僅以春夏(3~9月)、秋冬(10~2月)兩季以方便檢視並兼顧台灣櫻花鉤吻鮭之對水質需求較高之產卵孵化期。相關樣站數據為，最低值桃山西溪6.9°C(2021/02)~最高值桃山西溪19.4°C(2018/07)，平均則為春夏為13.5(羅葉尾

第三章 水質監測

溪)~15.4(觀魚台)°C、秋冬8.46(羅葉尾溪)~11.86(觀魚台) °C，並以此平均值作為根據，建議修訂標準為春夏13~17°C、秋冬6~12°C。

觀察近五年來硝酸鹽氮、亞硝酸鹽氮部分，發現核心保育區測站水質狀況皆遠小於原訂定之標準值，其硝酸鹽氮平均落在，0.29(桃山西溪)~0.45(羅葉尾溪) mg/L，最低值為桃山西溪 N.D(2020/10)~最高值羅葉尾溪 3.35(2020/04) mg/L，亞硝酸鹽氮則為 0.84(二號壩)~1.1(桃山西溪) µg/L，最低值桃山西溪 N.D(2017/10)~最高值觀魚台 5.97(2018/07) µg/L。台灣之飲用水水源水質標準，以及中國大國第一類水體之硝酸鹽氮標準直接訂為10 mg as N/L，此外陳弘成教授亦曾指出鮭魚適合生存的水體硝酸鹽氮濃度應低於2 mg as N/L。至於亞硝酸鹽氮則因水生物毒性大，且為N物種之中間態，可能由硝酸鹽還原，或氮氮氧化而來，受水質與環境條件影響大，故歐盟訂定的鮭鱒類生存水體宜低於4 µg as N/L，陳弘成教授則訂為孵化期小於30µg as N/L，孵化期小於50µg as N/L。綜合現地水質監測結果、鮭魚適合水質、以及國內外相關法規，建議七家灣溪重要濕地核心保育區水質管理標準，硝酸鹽氮由原來的15 mg as N/L，調整為2 mg as N/L，亞硝酸鹽氮則由原來的30µg as N/L，修為4µg as N/L，以符合當地長期水質狀況並兼顧鮭魚保育。

為檢視濕地保育水質管理標準修訂之影響，進行本計畫建議標準值與近五年監測數據之不符合率((不符合值筆數/總筆數)*100)試算，其中溫度不符合率約為1.7%，硝酸鹽氮與亞硝酸鹽氮皆符合標準，建議未來若年調查結果，不符合率超過一定比例，宜啟動相關行政管理或保育措施，以利改善水質狀況。

五、結論與建議

(一)結論

2. 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。
3. 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。
4. 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；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可能對於武陵地區溪流有一定程度之影響。
5. 武陵地區亞硝酸鹽氮濃於去年109年度因一號壩下游周圍施工所致，發現部分測站監測濃度超出歐盟訂定之3 $\mu\text{g/L}$ 標準，後續在109年度四月份降至標準內；於今年110年度持續監測，亞硝酸鹽氮濃度皆低於歐盟訂定之標準。
6. 桃山西溪於四月份檢測出較高磷酸鹽濃度0.83 mg/L與總有機碳濃度6.036 mg/L，推測為樣點上邊坡施工造成，下半年觀看磷酸鹽濃度已回復為正常值，總有機碳則還是較以往高，須持續監測。對照本計畫物理棲地子計畫進行各集水區崩塌地面積分析顯示，桃山西溪集水區在108/11至109/10，崩塌面積由3.96%上升至8.97%，為武陵地區增加最多之集水區，水中總有機碳濃度在109/04、109/10亦測得較下游（包含有勝溪測站）更高之數值，顯示周遭土地狀態改變將直接影響水質。
7. 110年上半年度山溝及排水溝測站之硝酸鹽濃度介於0.84-2.38mg/L；山溝測值高於排水溝，而排水溝測值則略高於七家灣溪流。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；因疫情影響，武陵農場自110/05/20起休園，下半年檢測硝酸鹽濃度即有下降，且在十月份濃度降為0.4 mg/L。
8. 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。
9. 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。

10. 司界蘭溪下游(#11)與羅葉尾溪與有勝溪流域相比，導電度較羅葉尾溪上游羅葉尾溪放流點(#201)與南湖登山口(#202)高，比下游勝光派出所(#203)、有勝溪下游(#204)低。
11. 根據歷年司界蘭溪水質數據，與七家灣溪核心保育區測站水質進行比較結果顯示導電度、硫酸根兩項較七家灣溪高，司界蘭溪平均值落在264.8($\mu\text{S}/\text{cm}$)，而七家灣溪都在200($\mu\text{S}/\text{cm}$)內；硫酸根部分，桃山西溪平均落在24.6(mg/L)，司界蘭溪則為45.7(mg/L)，惟整體而言，司界蘭溪水質均能符合濕地保育水質標準，可做為候選放流點。
12. 110下半年度將高山溪二號壩殘材壩改善，根據高山溪、高山溪二號壩下兩樣點於工程前後各一次之監測結果顯示，各項水質數據相較往年無太大變化，且皆符合濕地保育標準。
13. 針對七家灣溪重要濕地保育水質管理標準之水溫、硝酸鹽氮與亞硝酸鹽氮三個項目進行研析，藉由國內外相關標準蒐集、近五年現地調查結果分析、台灣櫻花鉤吻鮭之適合水質文獻，以及長期氣候變遷之影響等綜合評估後，提出修正或調整建議為：水溫春夏13~17°C、秋冬6~12°C；硝酸鹽氮調整為2 mg N/L，亞硝酸鹽氮修為4 μg N/L，以符合當地長期水質狀況並兼顧鮭魚保育。

(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、林管處

因人為活動：如遊憩，及周邊護岸、道路或橋樑施工，常造成水中濁度、亞硝酸鹽氮、硝酸鹽氮等濃度濃度上升，除了近年雪管處與武陵農場管制遊客數、妥善管理汙水處理設施外，建議仍應維持積極管理、提倡綠色旅遊、推廣有機耕作，並選擇適當工法、季節與天候狀況，加強施工廢水管理，避免擾動溪流，降低對武陵地區溪流水質之影響。

藉由長期水質監測成果與國內外相關水質標準研析，提出七家灣溪重要濕地核心保育區水質標準修正建議，今年度針對水溫、硝酸鹽氮、亞硝酸鹽氮三項進行探討。建議水溫修正為兩區段管理目標，分別春夏季13~17°C與秋冬季6~12°C；硝酸鹽建議調整為2 mg as N/L 以下、亞硝酸鹽建議調整為4 μg as N/L以下，以同時兼顧符合當地長期水質特性與台灣櫻花鉤吻鮭之保育。

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

水質監測基本項目應包括水溫、導電度、濁度與pH值，若能輔以每季採樣分析 NO_3^- 、 NO_2^- 、 NH_4^+ 及總有機碳濃度，則可完整掌握水質變化情形。

六、參考文獻

- Kuan W-H, Chen Y-L (2014) Land-use type of catchment varying nitrogen cycle in an endangered salmon inhabited stream. Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ) 13
- Sherpley A (1995) Fate and transport of nutrients: phosphorus. USDA, agricultural research service, national agricultural water quality laboratory, Durant, Oklahoma
- Wischmeier WH Smith, DD (1978) Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation department of agricultural. U S Department of Agriculture, Agricultural Handbook 537
- 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
- 吳易峰 (2020) 新武呂河流域之硫酸鹽來源與微生物黃鐵礦氧化作用. 國立台灣大學海洋研究所碩士論文
- 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
- 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
- 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
- DIRECTIVE 2006/44/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 6 September 2006

附表

表 3-1 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：指經活性炭吸附、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 3-2 歐盟訂定之鮭魚水體標準(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	50 % ≥ 9	50 % ≥ 8	50 % ≥ 7
	100 % ≥ 7	(6 mg/L 以上)	100 % ≥ 5	(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 3-3 七家灣溪重要濕地保育水質標準

水質項目	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°C、 夏季 13.3~15.3°C、 秋季 11.3~15.3°C、 冬季 6.9~10.9°C
氨氮(mg/L)	7.5		0.1 以下
硝酸鹽氮(mg/L)	37.5		15 以下
亞硝酸鹽氮(mg/L)	無規定		0.03 以下
總磷(mg/L)	2		0.15 以下
生化需氧量(mg/L)	22.5		1 以下
pH 值	調查平均值正負 1		6.8~8.8
溶氧(mg/L)	無規定		6.5 以上

表 3-4 七家灣溪重要濕地保育水質標準修正研析與相關標準比較

相關標準名稱	水溫(°C)	硝酸鹽氮(mg N/L)	亞硝酸鹽氮(μ g N/L)
原標準 [†]	春季 10.5~14.5	15 以下	30 以下
	夏季 13.3~15.3		
	秋季 11.3~15.3		
	冬季 6.9~10.9		
台灣櫻花鉤吻鮭 適合水質 [#]	生存: 5-17	2 以下	生存: 50 以下
	孵化: 7-12.5		孵化: 30 以下
歐盟標準 [*]	1.5~21.5	-	3 以下
飲用水水源 ⁺	-	10 以下	100 以下
建議修正標準	春夏(3-9 月): 13~17	2 以下	4 以下
	秋冬(10-2 月): 6~12		

†: 七家灣溪重要濕地保育水質建議管理目標標準

#: 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

*: DIRECTIVE 2006/44/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 6 September 2006

+: 行政院環境保護署飲用水水源水質標準

第三章 水質監測

表 3-5 飲用水水源水質標準(地面水體或地下水體作為社區自設公共給水、包裝水、盛裝水及公私場所供公眾飲用之連續供水固定設備之飲用水水源者)

項目	最大限值	單位
硝酸鹽氮(NO ₃ ⁻ -N)	10	mg N/L
亞硝酸鹽氮(NO ₂ ⁻ -N)	0.1	mg N/L
氨氮(NH ₄ ⁺ +NH ₃ -N)	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 3-6 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 3-7 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 121.30750	N 24.39804	1927 m
#3	二號壩	七家灣溪	E 121.31012	N 24.38214	1787 m
#4	觀魚臺	七家灣溪	E 121.31191	N 24.36768	1743 m
#5	繁殖場	七家灣溪	E 121.31382	N 24.35446	1727 m
#8	高山溪	高山溪	E 121.30897	N 24.35813	1786 m
#9	有勝溪	有勝溪	E 121.31030	N 24.34752	1776 m
#11	司界蘭溪下游	司界蘭溪	E121.284407	N 24.32128	1615 m
#12	一號壩上游	七家灣溪	E 121.31163	N 24.36384	1762 m
#13	一號壩下游	七家灣溪	E 121.31173	N 24.35979	1712 m
#17	高山溪二號壩下	高山溪	E 121.306478	N 24.35870	1795m
#201	羅葉尾溪放流點	羅葉尾溪	E 121.34758	N 24.39468	2309 m
#202	南湖登山口	有勝溪	E 121.35241	N 24.39180	1945 m
#203	勝光	有勝溪	E 121.34144	N 24.36905	1874 m
#204	有勝溪下游	有勝溪	E 121.32397	N 24.35185	1752 m
A6	山溝	七家灣溪	E 121.30859	N 24.37730	1809 m
B1	排水溝	七家灣溪	E 121.31053	N 24.37438	1768 m

(資料來源：本研究資料)

表 3-8 110 年 02 月溶解態分析數據

站號	站名	採樣日期	溫度	pH	導電度	溶氧	濁度	SiO ₂
		月/日	°C		µS/cm	mg/L	NTU	mg/L
#2	桃山西溪	2/1	6.9	7.86	196.1	10.86	0.22	2.94
#3	二號壩	2/1	9.2	7.96	237.5	10.33	0.26	3.05
#4	觀魚臺	2/1	12.3	8.37	244.0	9.50	0.30	3.27
#5	繁殖場	2/1	9.8	7.99	233.4	10.29	0.25	3.38
#8	高山溪	2/1	7.7	7.77	215.1	10.51	0.57	3.44
#9	有勝溪	2/1	12.5	7.94	276.9	9.17	0.48	3.48
#11	司界蘭溪下游	2/1	11.4	7.94	265.5	9.89	0.29	3.53
#12	一號壩上游	2/1	13.4	8.45	245.4	9.01	0.38	3.30
#13	一號壩下游	2/1	12.3	8.10	250.4	9.46	0.52	3.27
#201	羅葉尾溪放流點	2/1	8.5	7.74	160.6	10.65	0.36	3.61
#202	南湖登山口	2/1	10.3	7.36	141.9	9.63	0.50	3.54
#203	勝光	2/1	9.6	8.38	518.3	9.99	1.10	3.15
#204	有勝溪下游	2/1	12.7	8.18	261.8	9.07	0.34	3.62
A6	山溝	2/1	8.3	7.69	146.4	10.21	1.14	6.12
B1	排水溝	2/1	10.8	7.88	110.3	10.10	1.59	5.54

第三章 水質監測

站號	站名	採樣日期	NO ₃ ⁻ -N	NO ₂ ⁻ -N	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	PO ₄ ³⁻	NH ₄ ⁺ -N	TOC
		月/日	mg/L	µg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
#2	桃山西溪	2/1	0.59	0.90	32.49	0.59	0.02	0.07	0.62
#3	二號壩	2/1	0.58	0.50	42.68	0.29	0.05	0.02	0.56
#4	觀魚臺	2/1	0.60	1.00	46.52	0.37	0.04	0.04	0.92
#5	繁殖場	2/1	0.58	0.90	42.87	0.28	0.04	0.03	0.65
#8	高山溪	2/1	0.54	0.80	37.12	0.18	0.03	0.02	0.52
#9	有勝溪	2/1	1.88	2.10	40.17	1.79	0.04	0.03	0.81
#11	司界蘭溪下游	2/1	0.71	1.10	48.78	0.57	0.02	0.03	0.89
#12	一號壩上游	2/1	0.59	1.10	46.49	0.29	0.03	0.04	0.54
#13	一號壩下游	2/1	0.59	1.00	47.40	0.46	0.04	0.02	0.73
#201	羅葉尾溪放流點	2/1	0.47	0.60	29.85	0.85	0.04	0.03	1.51
#202	南湖登山口	2/1	0.47	0.80	25.33	0.63	0.06	0.03	1.06
#203	勝光	2/1	1.73	0.60	76.02	0.90	0.04	0.03	1.37
#204	有勝溪下游	2/1	1.87	1.70	37.38	1.53	0.05	0.04	1.18
A6	山溝	2/1	2.38	1.00	19.25	3.04	0.12	0.04	0.78
B1	排水溝	2/1	1.82	1.90	10.44	1.72	0.06	0.04	1.36

(資料來源：本研究資料)

表 3-9 110 年 04 月溶解態分析數據

站號	站名	採樣日期	溫度	pH	導電度	溶氧	濁度	SiO ₂
		月/日	°C		µS/cm	mg/L	NTU	mg/L
#2	桃山西溪	4/7	10.3	6.90	197.6	9.87	0.45	2.55
#3	二號壩	4/7	15.5	7.53	229.1	9.39	0.28	2.94
#4	觀魚臺	4/7	16.3	8.03	242.4	8.93	0.67	3.12
#5	繁殖場	4/7	14.4	8.10	237.6	9.96	0.39	3.29
#8	高山溪	4/7	14.9	7.66	218.5	9.36	0.48	3.32
#9	有勝溪	4/7	22.5	7.96	338.3	9.20	1.24	3.49
#12	一號壩上游	4/7	16.1	8.06	242.5	9.68	0.76	3.14
#13	一號壩下游	4/7	12.6	7.89	248.9	9.55	0.30	3.01
#201	羅葉尾溪放流點	4/7	13.4	7.77	175.9	7.03	0.41	3.34
#202	南湖登山口	4/7	14.7	7.53	148.3	8.30	0.36	3.18
#203	勝光	4/7	16.8	8.17	514.7	9.13	1.60	3.18
#204	有勝溪下游	4/7	19.5	7.77	316.3	8.20	0.28	3.24
A6	山溝	4/7	17.6	8.04	149.0	8.92	0.99	5.96
B1	排水溝	4/7	16.5	7.80	111.4	8.75	1.76	4.99

第三章 水質監測

站號	站名	採樣日期	NO ₃ ⁻ -N	NO ₂ ⁻ -N	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	PO ₄ ³⁻	NH ₄ ⁺ -N	TOC
		月/日	mg/L	µg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
#2	桃山西溪	4/7	0.40	0.50	29.22	0.77	0.83	0.09	6.04
#3	二號壩	4/7	0.32	0.63	39.48	0.81	0.03	0.02	2.58
#4	觀魚臺	4/7	0.26	0.74	43.43	0.61	0.03	0.08	0.91
#5	繁殖場	4/7	0.34	0.49	41.07	1.15	0.03	0.06	0.86
#8	高山溪	4/7	0.27	0.76	36.46	0.50	0.03	0.08	2.34
#9	有勝溪	4/7	1.47	2.89	47.81	2.01	0.03	0.04	2.09
#12	一號壩上游	4/7	0.27	1.27	43.61	0.49	0.02	0.05	0.72
#13	一號壩下游	4/7	0.34	0.91	44.71	0.68	0.04	0.07	2.08
#201	羅葉尾溪放流點	4/7	0.18	0.65	31.61	0.59	0.03	0.07	1.29
#202	南湖登山口	4/7	0.32	0.74	26.32	0.56	0.01	0.07	2.37
#203	勝光	4/7	1.05	0.50	78.02	1.16	0.03	0.05	3.36
#204	有勝溪下游	4/7	1.43	1.86	43.16	1.48	0.01	0.06	2.36
A6	山溝	4/7	2.20	1.62	15.99	3.70	0.10	0.08	1.44
B1	排水溝	4/7	0.84	2.43	6.82	1.19	0.03	0.09	1.32

(資料來源：本研究資料)

表 3-10 110 年 06 月溶解態分析數據

站號	站名	採樣日期	溫度	pH	導電度	溶氧	濁度	SiO ₂
		月/日	°C		µS/cm	mg/L	NTU	mg/L
#2	桃山西溪	6/8	15	7.86	121.5	11.84	0.47	2.08
#3	二號壩	6/8	17.2	8.15	155.5	10.01	0.39	2.50
#4	觀魚臺	6/8	18	8.03	166.4	9.89	0.35	2.53
#5	繁殖場	6/8	16.5	7.57	179.8	9.81	0.62	2.85
#8	高山溪	6/8	15.8	7.81	180.1	10.59	0.78	3.02
#9	有勝溪	6/8	19.4	8.18	402.0	9.55	0.57	3.27
#12	一號壩上游	6/8	17.4	8.12	168.0	9.81	0.67	2.69
#13	一號壩下游	6/8	17.4	8.01	175.0	9.52	0.38	2.72
#201	羅葉尾溪放流點	6/8	15.8	7.61	168.3	10.22	1.07	3.48
#202	南湖登山口	6/8	16	7.5	163.1	8.89	0.27	3.27
#203	勝光	6/8	18.1	8.08	381.4	9.32	2.3	3.29
#204	有勝溪下游	6/8	18.5	8.18	508.5	9.48	0.56	3.28
A6	山溝	6/8	16.5	7.73	133.1	9.91	1.1	4.82
B1	排水溝	6/8	17.7	7.35	119.7	9.58	5.22	4.94

第三章 水質監測

站號	站名	採樣日期	NO ₃ ⁻ -N	NO ₂ ⁻ -N	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	PO ₄ ³⁻	NH ₄ ⁺ -N	TOC
		月/日	mg/L	µg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
#2	桃山西溪	6/8	0.54	ND	19.39	0.76	0.02	0.02	3.88
#3	二號壩	6/8	0.54	ND	26.83	0.62	0.01	0.01	3.25
#4	觀魚臺	6/8	0.56	ND	29.31	0.57	0.02	ND	2.37
#5	繁殖場	6/8	0.66	0.47	34.83	0.60	0.03	0.02	3.05
#8	高山溪	6/8	0.62	0.52	63.30	0.54	0.03	0.01	2.61
#9	有勝溪	6/8	6.44	6.40	30.23	5.46	0.05	0.02	3.09
#12	一號壩上游	6/8	0.55	0.64	32.03	0.59	0.03	0.02	2.73
#13	一號壩下游	6/8	0.53	ND	31.76	0.63	0.03	ND	2.63
#201	羅葉尾溪放流點	6/8	0.55	0.03	31.23	0.72	0.02	0.05	1.88
#202	南湖登山口	6/8	0.47	0.89	89.53	0.77	0.02	0.09	1.83
#203	勝光	6/8	0.96	0.67	59.70	1.00	0.01	0.04	2.19
#204	有勝溪下游	6/8	6.70	7.18	20.82	5.09	0.06	ND	2.64
A6	山溝	6/8	1.75	0.18	13.23	1.62	0.11	ND	3.36
B1	排水溝	6/8	1.65	20.51	19.39	2.11	0.07	ND	2.56

(資料來源：本研究資料)

表 3-11 110 年 9、10 月溶解態分析數據

站號	站名	採樣日期	溫度	pH	導電度	溶氧	濁度	SiO ₂
		月/日	°C		µS/cm	mg/L	NTU	mg/L
#2	桃山西溪	10/6	13.7	7.96	182.5	9.28	0.54	3.72
#3	二號壩	10/6	16.9	7.93	214.2	9.01	0.27	4.22
#4	觀魚臺	10/6	16.2	7.8	211.6	8.55	0.66	4.29
#5	繁殖場	10/6	17.5	7.95	200.8	9.11	0.71	4.54
#8	高山溪	9/14	17.9	7.78	162.9	8.63	0.8	3.89
#8	高山溪	10/6	15.1	7.9	180.9	8.63	0.65	4.74
#9	有勝溪	10/6	18.8	8.34	290.0	8.34	0.84	4.33
#11	司界蘭溪下游	10/6	18.6	8.30	251.9	8.39	0.34	4.59
#12	一號壩上游	10/6	16.2	7.77	212.6	8.92	0.30	4.32
#13	一號壩下游	10/6	18.1	8.04	221.2	8.70	0.28	4.38
#17	高山溪二號壩下	9/14	17.5	7.76	163.3	8.72	0.88	3.83
#17	高山溪二號壩下	10/6	16.6	7.62	161.7	8.81	0.57	3.82
#201	羅葉尾溪放流點	10/6	14	7.46	174.7	8.93	0.29	5.12
#202	南湖登山口	10/6	16.3	7.44	158.8	8.37	0.54	4.96
#203	勝光	10/6	16.9	8.18	460.9	8.55	0.61	4.47
#204	有勝溪下游	10/6	18.5	7.99	275.7	8.88	0.37	4.69
A6	山溝	10/6	16	7.94	139.5	8.87	0.6	6.53
B1	排水溝	10/6	17.3	7.84	118.9	8.50	3.16	6.74

第三章 水質監測

站號	站名	採樣日期	NO ₃ ⁻ -N	NO ₂ ⁻ -N	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	PO ₄ ³⁻	NH ₄ ⁺ -N	TOC
		月/日	mg/L	µg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
#2	桃山西溪	10/6	0.53	0.36	23.24	4.54	0.10	0.02	5.32
#3	二號壩	10/6	0.59	0.61	32.88	3.09	0.06	0.03	2.55
#4	觀魚臺	10/6	0.58	0.87	36.13	0.60	0.05	0.02	1.32
#5	繁殖場	10/6	0.43	0.88	33.04	0.44	0.04	0.05	2.63
#8	高山溪	9/14	0.6	0.63	26.89	1.33	0.06	0.03	4.34
#8	高山溪	10/6	0.57	0.90	43.47	0.34	0.06	0.03	1.85
#9	有勝溪	10/6	0.43	1.60	27.60	2.52	0.06	0.05	4.32
#11	司界蘭溪下游	10/6	0.61	1.13	41.56	0.80	0.06	0.05	1.67
#12	一號壩上游	10/6	0.55	0.72	37.03	0.45	0.06	0.06	1.05
#13	一號壩下游	10/6	0.59	1.27	29.87	0.53	0.04	0.01	1.16
#17	高山溪二號壩下	9/14	0.60	0.84	28.14	1.78	0.08	0.02	4.62
#17	高山溪二號壩下	10/6	0.69	0.47	25.99	0.59	0.05	0.03	2.78
#201	羅葉尾溪放流點	10/6	0.52	1.45	27.38	0.65	0.07	0.01	1.24
#202	南湖登山口	10/6	0.49	1.08	73.81	0.63	0.05	0.04	1.57
#203	勝光	10/6	0.64	0.94	40.77	1.00	0.07	0.03	1.68
#204	有勝溪下游	10/6	0.55	1.46	14.25	2.37	0.07	0.06	2.79
A6	山溝	10/6	0.40	0.69	7.74	2.29	0.12	0.03	2.36
B1	排水溝	10/6	0.40	2.24	23.24	1.84	0.06	0.05	1.73

(資料來源：本研究資料)

表 3-12 司界蘭溪與七家灣溪核心保育區樣站水質獨立 t 檢定

獨立 t 檢定 之 p 值	桃山西溪#2	二號壩#3	觀魚台#4
溫度	0.21	0.63	0.95
pH	0.13	0.16	0.78
導電度	0.003	0.034	0.049
DO	0.13	0.29	0.72
濁度	0.88	0.36	1.00
矽酸鹽	0.05	0.17	0.25
硝酸鹽氮	0.71	0.75	0.95
亞硝酸鹽氮	0.40	0.38	0.80
磷酸鹽	0.48	0.70	0.33
氨氮	0.57	0.15	0.59
硫酸根	0.001	0.036	0.13
氯離子	0.27	0.55	0.42
總有機碳	0.08	0.30	0.76

附圖

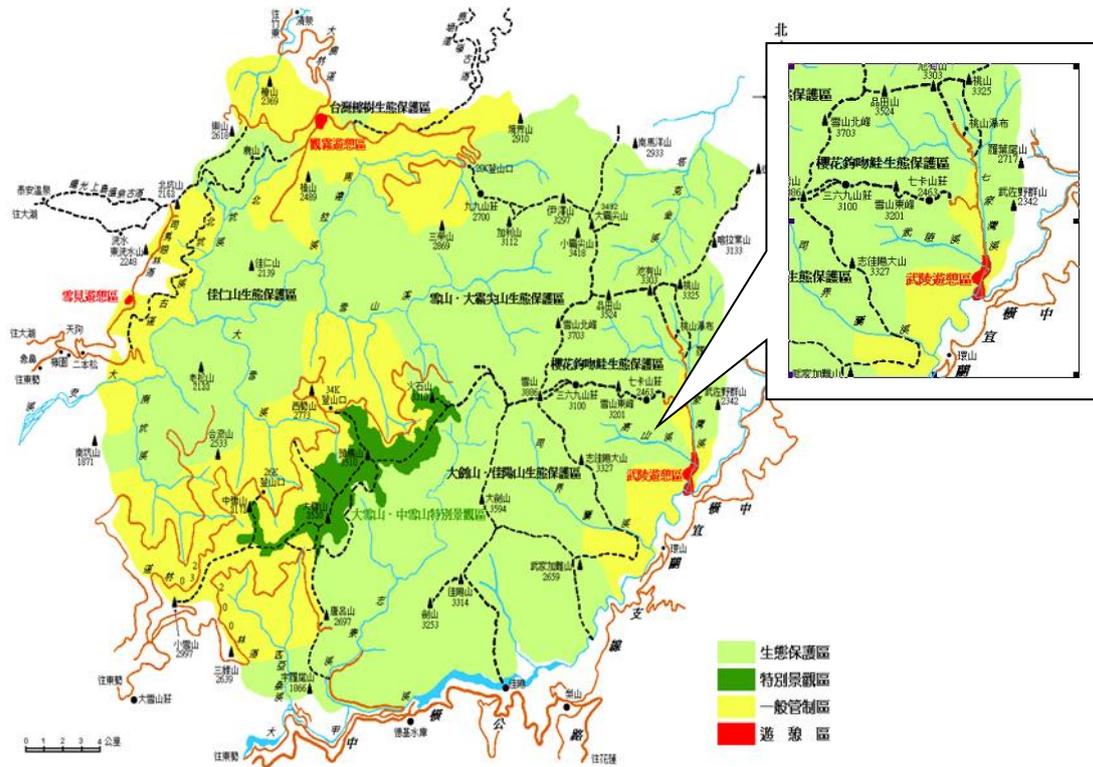


圖 3-1 雪霸國家公園
(資料來源：本研究資料)

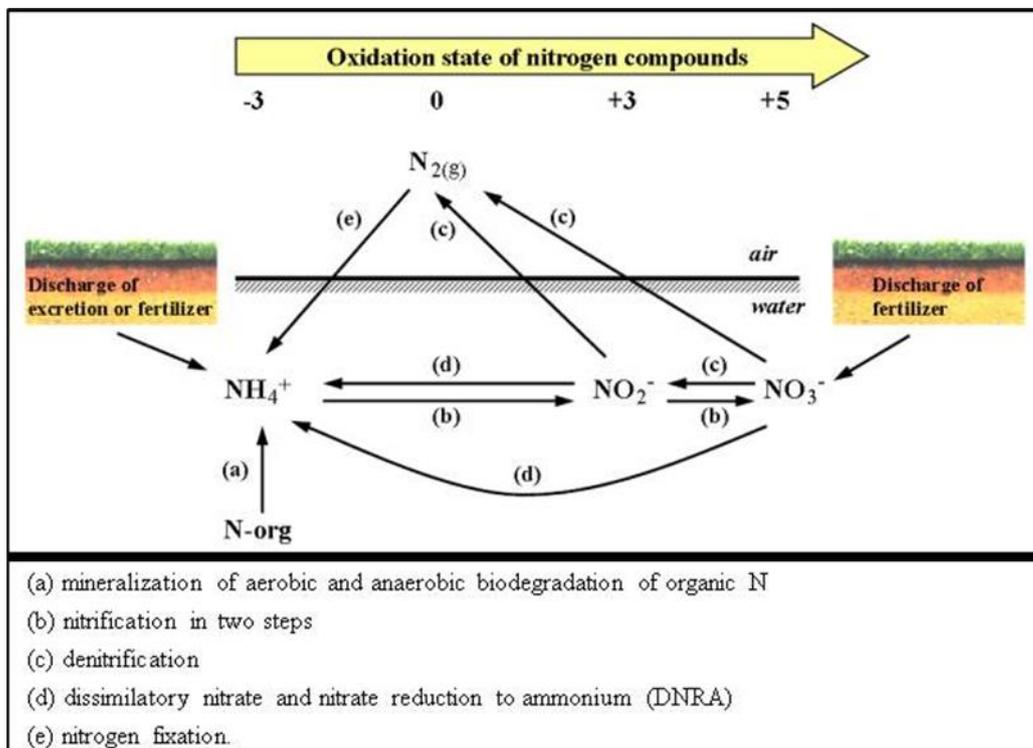


圖 3-2 氮素循環過程
(Kuan & Chen, 2014)

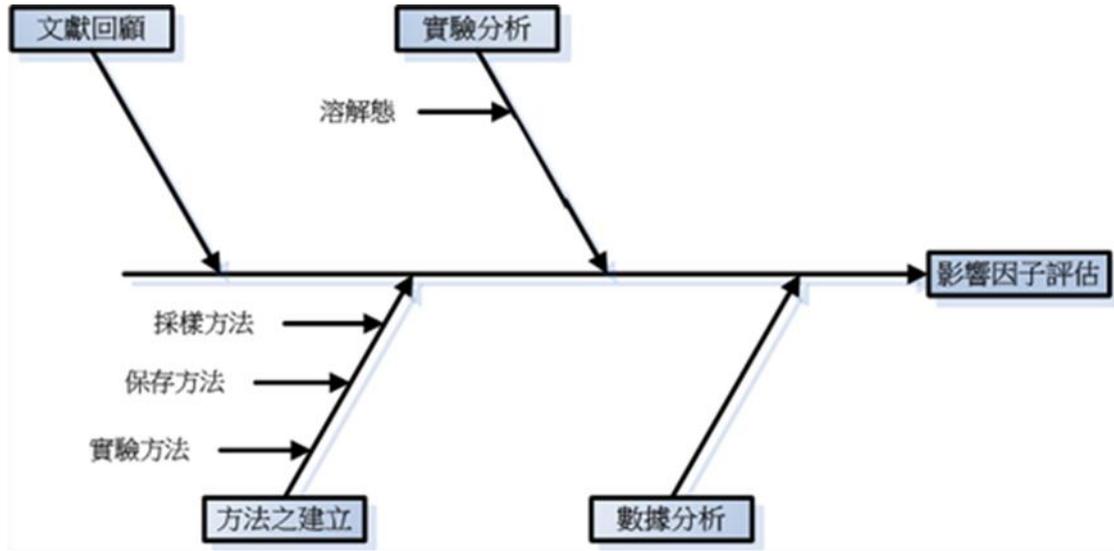


圖 3-3 流程圖
(資料來源：本研究資料)

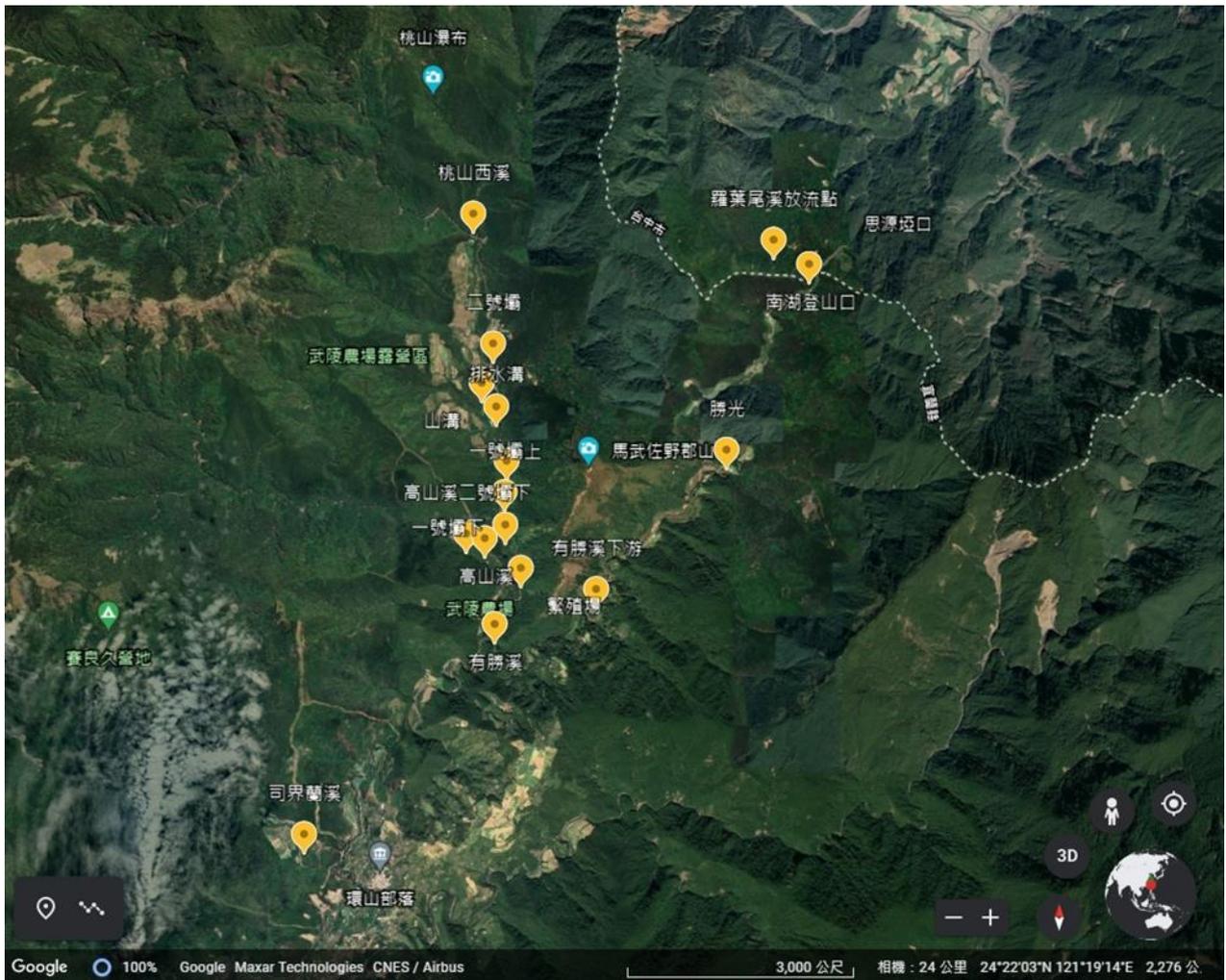
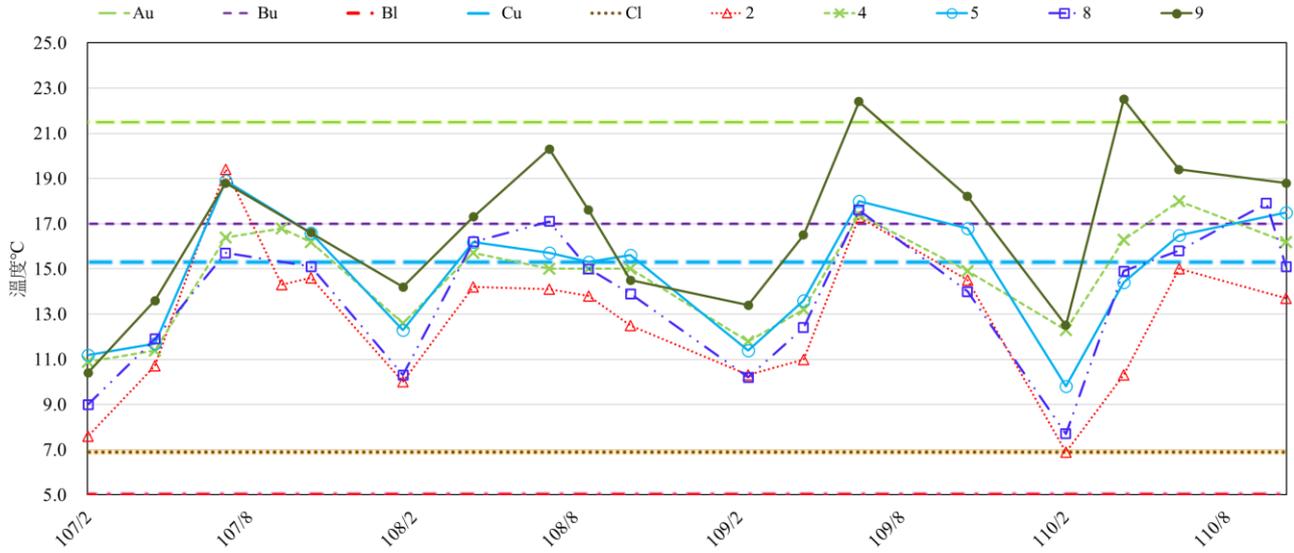


圖 3-4 武陵地區七家灣河流域水質採樣地點位置圖
(資料來源：本研究資料)



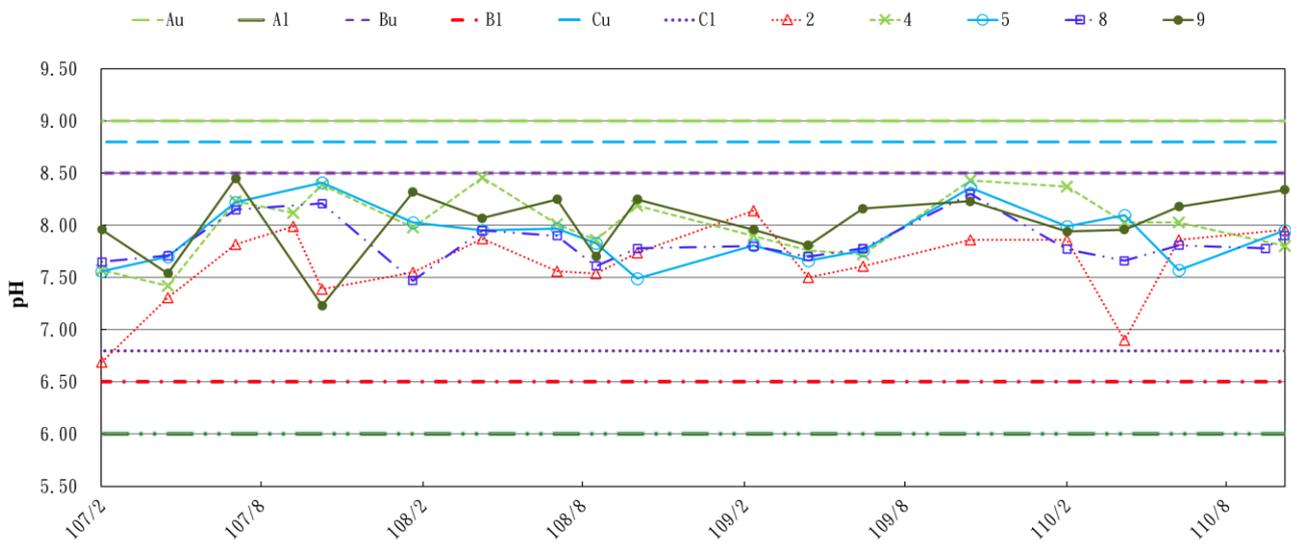
Au：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準溫度上限(21.5°C) Al：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準溫度下限(1.5°C)

Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存溫度上限(17°C) Bl：陳弘成(1998)建議鮭魚生存溫度下限(5°C)

Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準溫度上限(15.3°C) Cl：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準溫度下限(6.9°C)

圖 3-5 武陵地區溪流溫度值變化

(資料來源：本研究資料)



Au：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準 pH 上限(9) Al：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準 pH 下限(6)

Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存 pH 上限(8.5) Bl：陳弘成(1998)建議鮭魚生存 pH 下限(6.5)

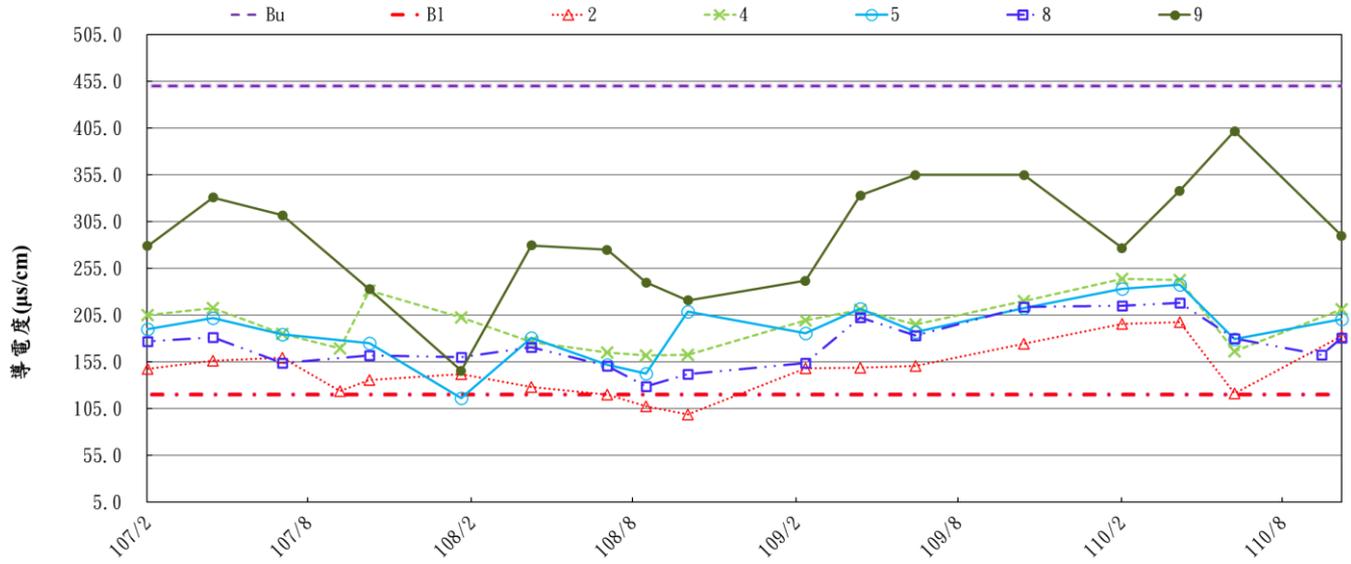
Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準 pH 上限(8.8) Cl：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準 pH 下限(6.8)

圖 3-6 武陵地區溪流 pH 值變化

(資料來源：本研究資料)

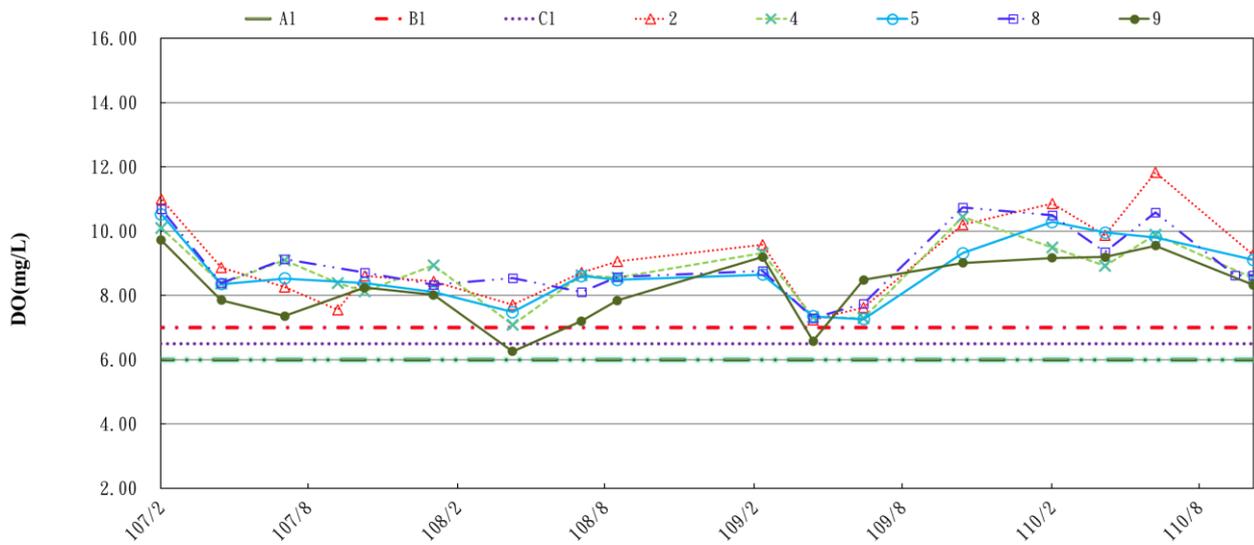
(資料來源：本研究資料)

第三章 水質監測



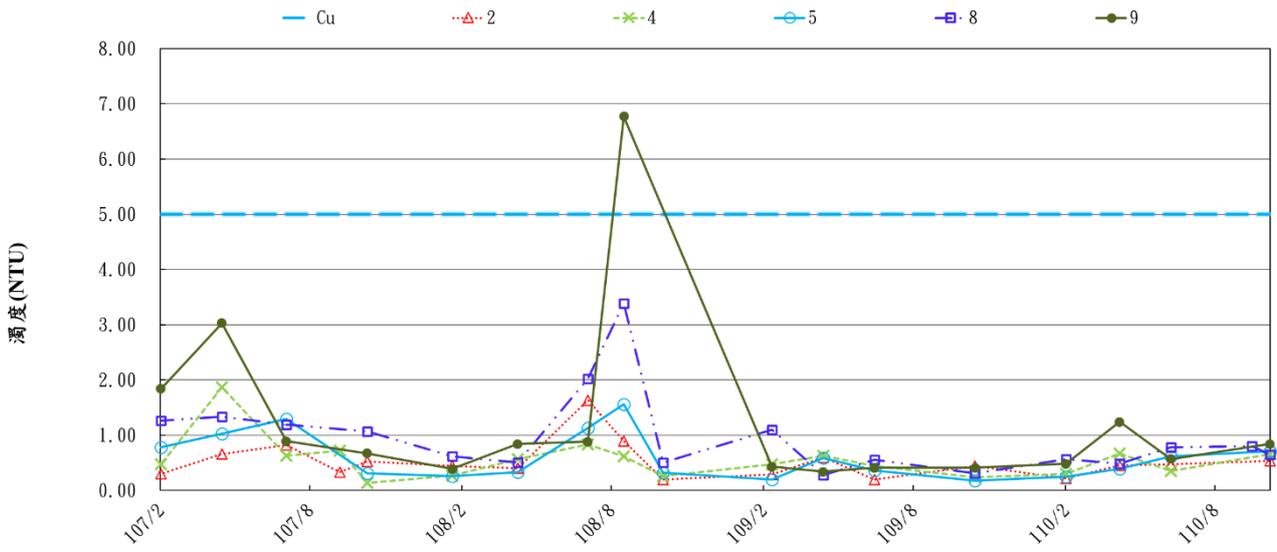
Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存導電度上限(450 µs/cm)
 B1：陳弘成(1998)建議鮭魚生存導電度下限(120 µs/cm)

圖 3-7 武陵地區溪流導電度值變化
 (資料來源：本研究資料)



A1：歐盟訂定之鮭魚水體標準溶氧值下限(6 mg/L)
 B1：陳弘成(1998)建議鮭魚生存溶氧值下限(7 mg/L)
 C1：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準溶氧值下限(6.5 mg/L)

圖 3-8 武陵地區溪流溶氧值變化
 (資料來源：本研究資料)



Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準濁度濃度上限(5 NTU)

圖 3-9 武陵地區溪流濁度值變化

(資料來源：本研究資料)

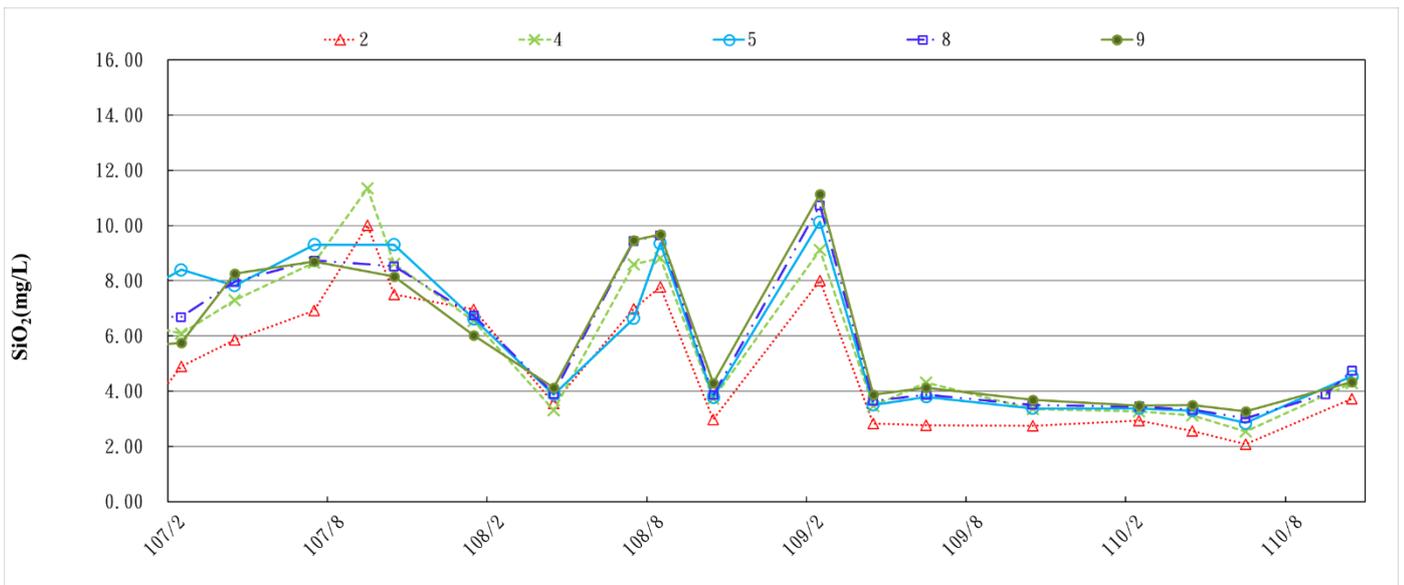
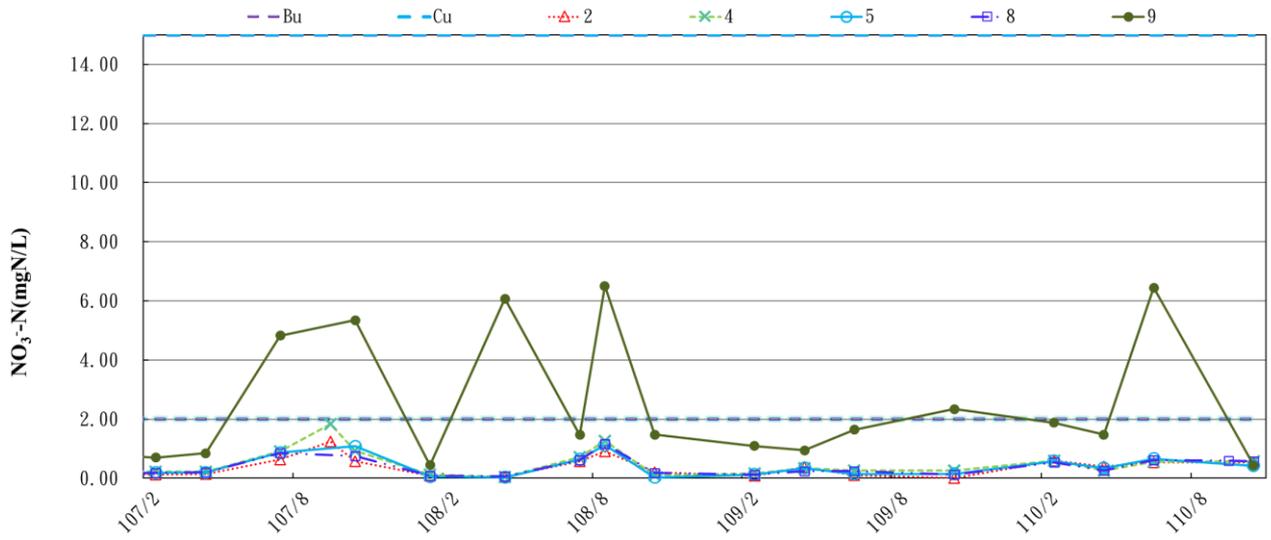


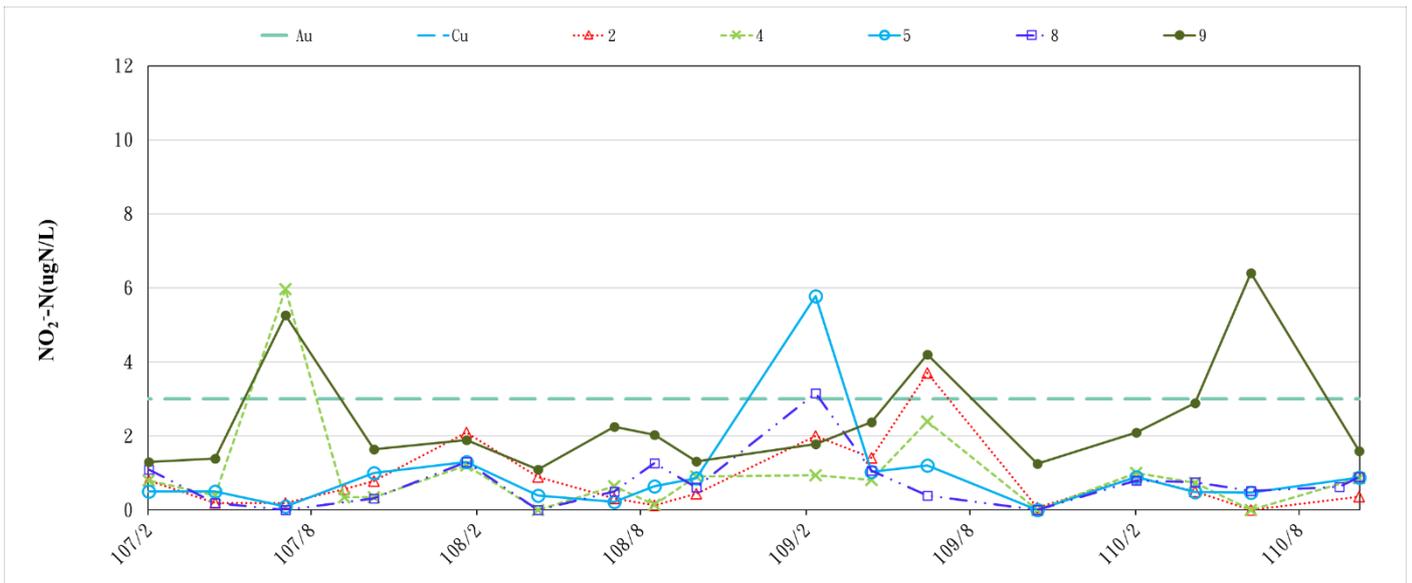
圖 3-10 武陵地區溪流 SiO₂ 值變化

(資料來源：本研究資料)



Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存硝酸鹽濃度上限(2 mg/L)
 Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準硝酸鹽濃度上限(15 mg/L)

圖 3-11 武陵地區溪流 NO₃-N 值變化
 (資料來源：本研究資料)



Au：歐盟訂定之鮭魚水體標準亞硝酸鹽濃度上限(3.0 ug/L)
 Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準亞硝酸鹽濃度上限(30 ug/L)

圖 3-12 武陵地區溪流 NO₂-N 值變化
 (資料來源：本研究資料)

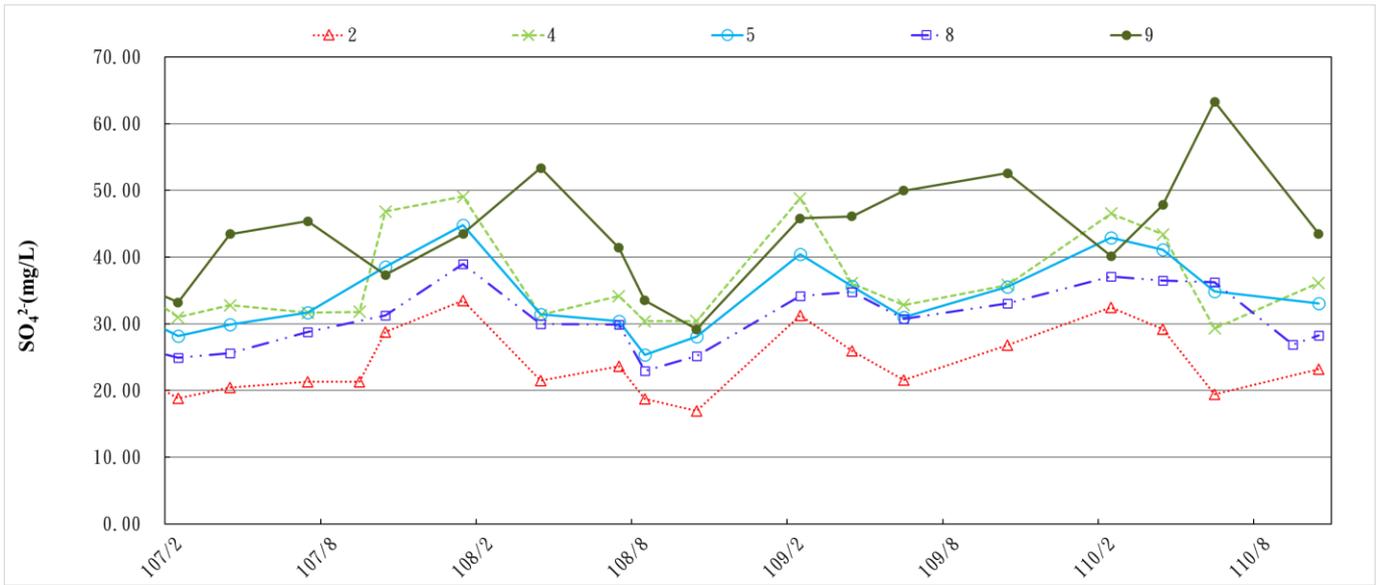
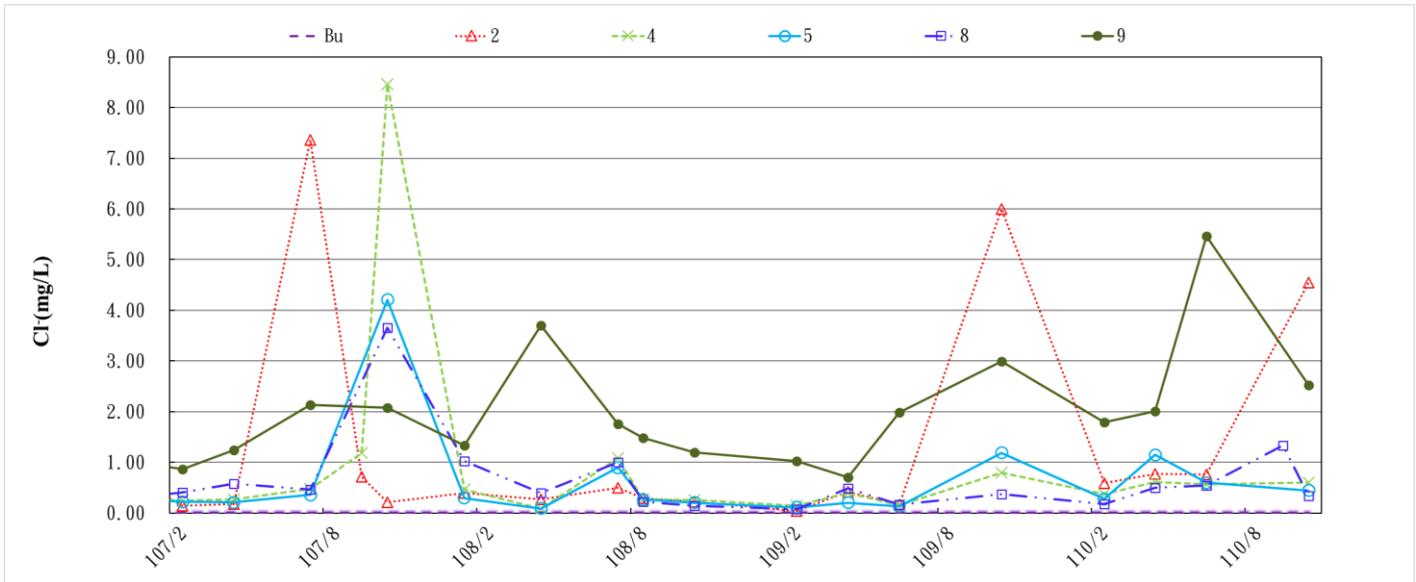
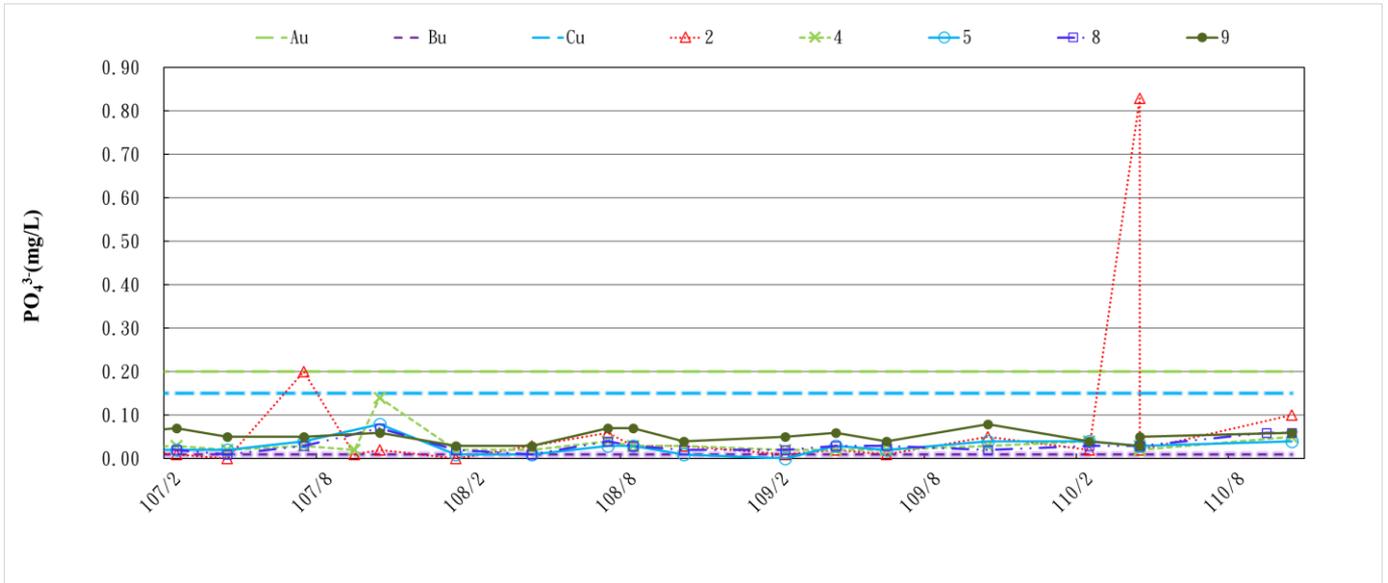


圖 3-13 武陵地區溪流 SO₄²⁻值變化
(資料來源：本研究資料)



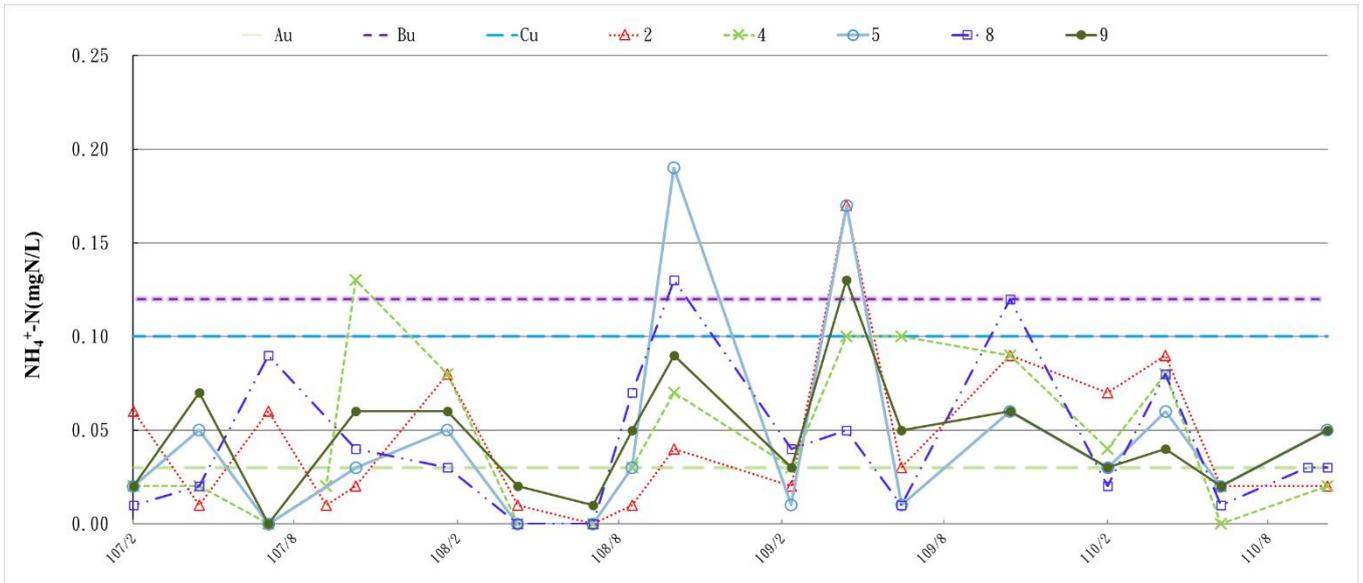
Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存氯鹽濃度上限(0.01 mg/L)

圖 3-14 武陵地區溪流 Cl⁻值變化
(資料來源：本研究資料)



Au：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準磷酸鹽濃度上限(0.2 mg/L)
 Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存磷酸鹽濃度上限(0.01 mg/L)
 Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準磷酸鹽濃度上限(0.15 mg/L)

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



Au：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準氨氮濃度上限(0.03 mg/L)
 Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存氨氮濃度上限(0.125 mg/L)
 Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準氨氮濃度上限(0.1mg/L)

圖 3- 16 武陵地區溪流 NH_4^+-N 值變化
 (資料來源：本研究資料)

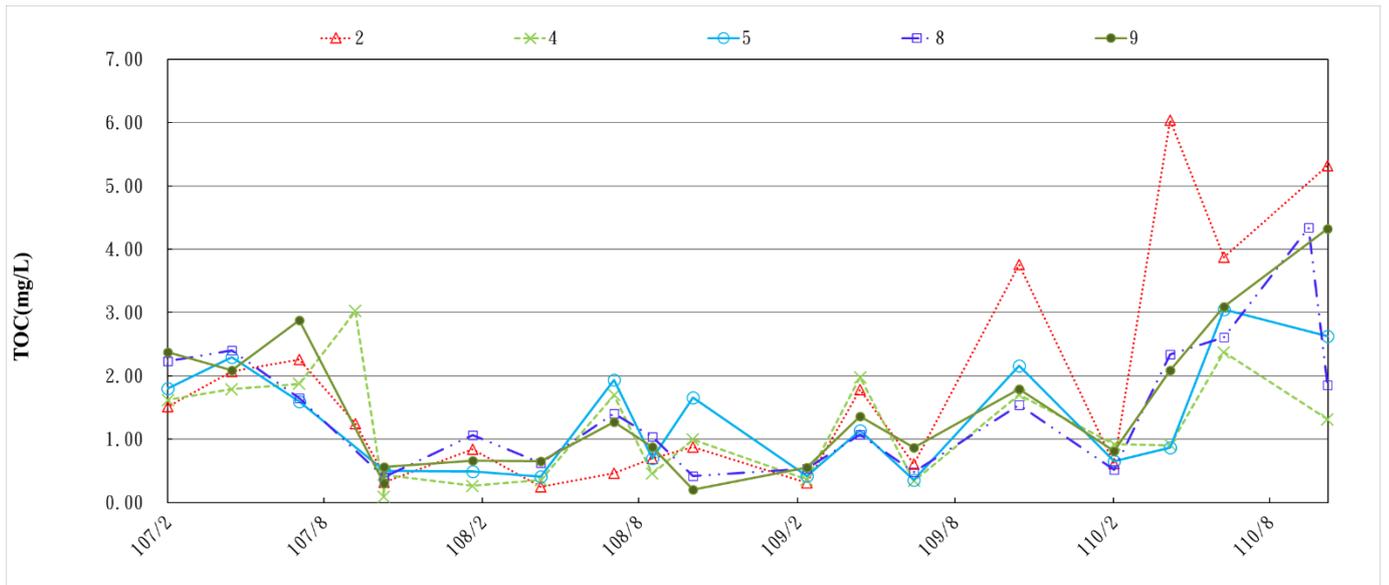
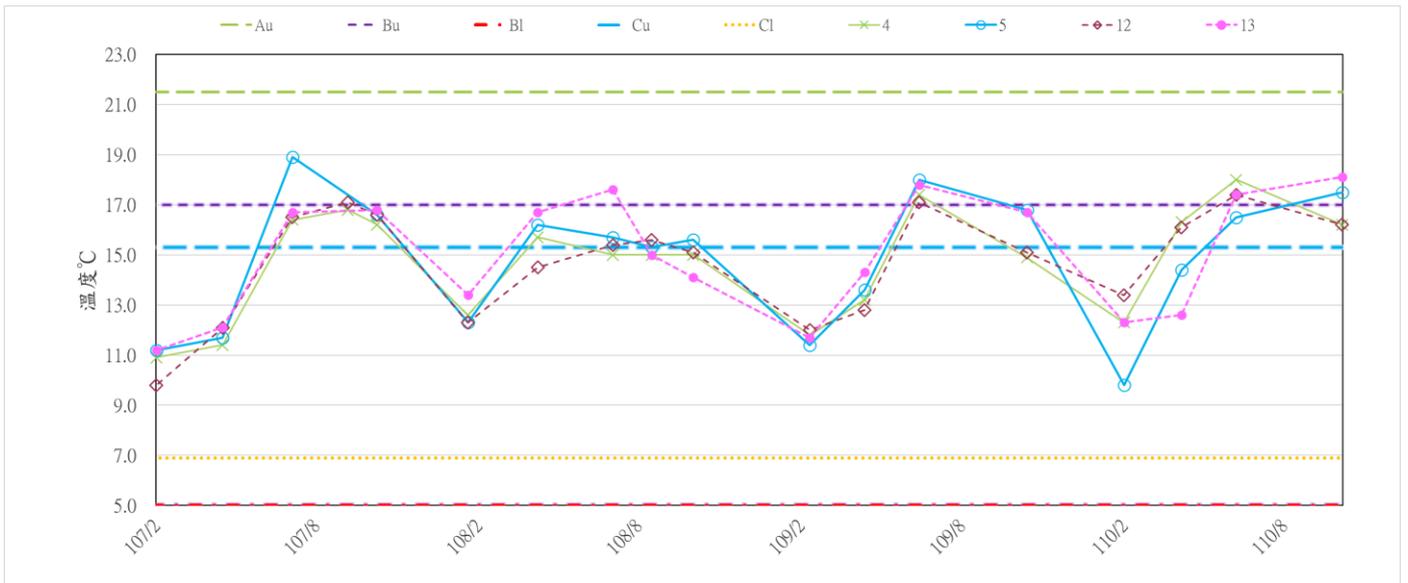


圖 3-17 武陵地區溪流 TOC 值變化
(資料來源：本研究資料)



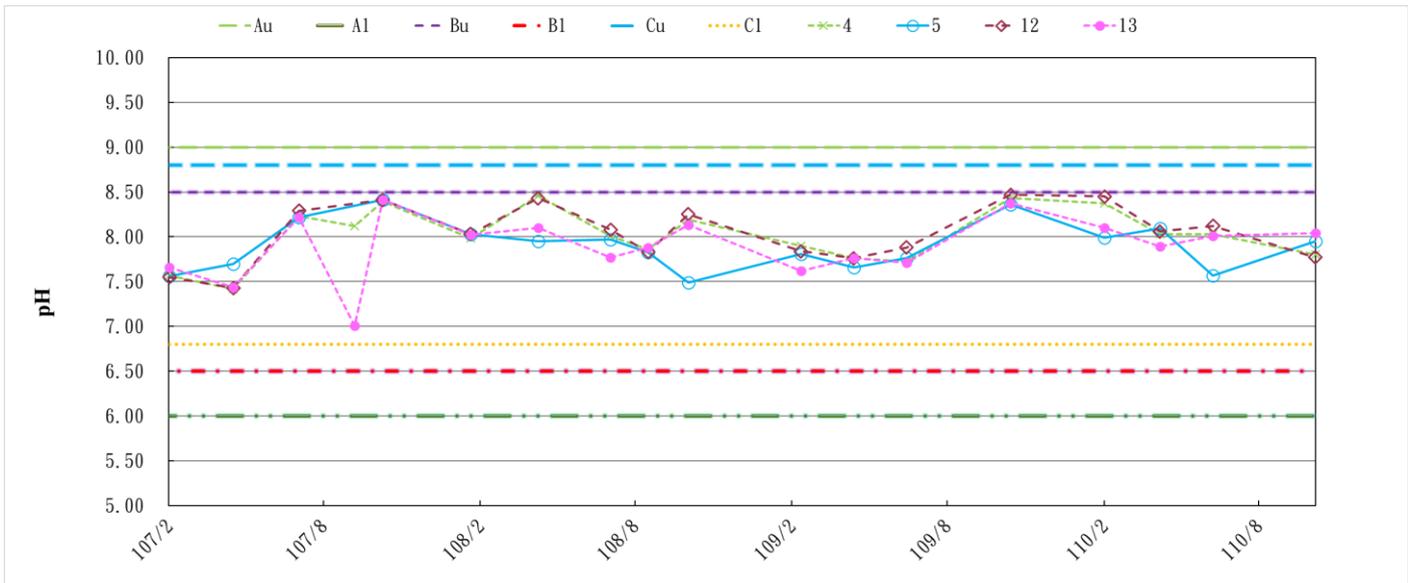
Au：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準溫度上限(21.5°C) AI：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準溫度下限(1.5°C)

Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存溫度上限(17°C) BI：陳弘成(1998)建議鮭魚生存溫度下限(5°C)

Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準溫度上限(15.3°C) CI：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準溫度下限(6.9°C)

圖 3-18 一號壩壩體改善溫度值變化

(資料來源：本研究資料)



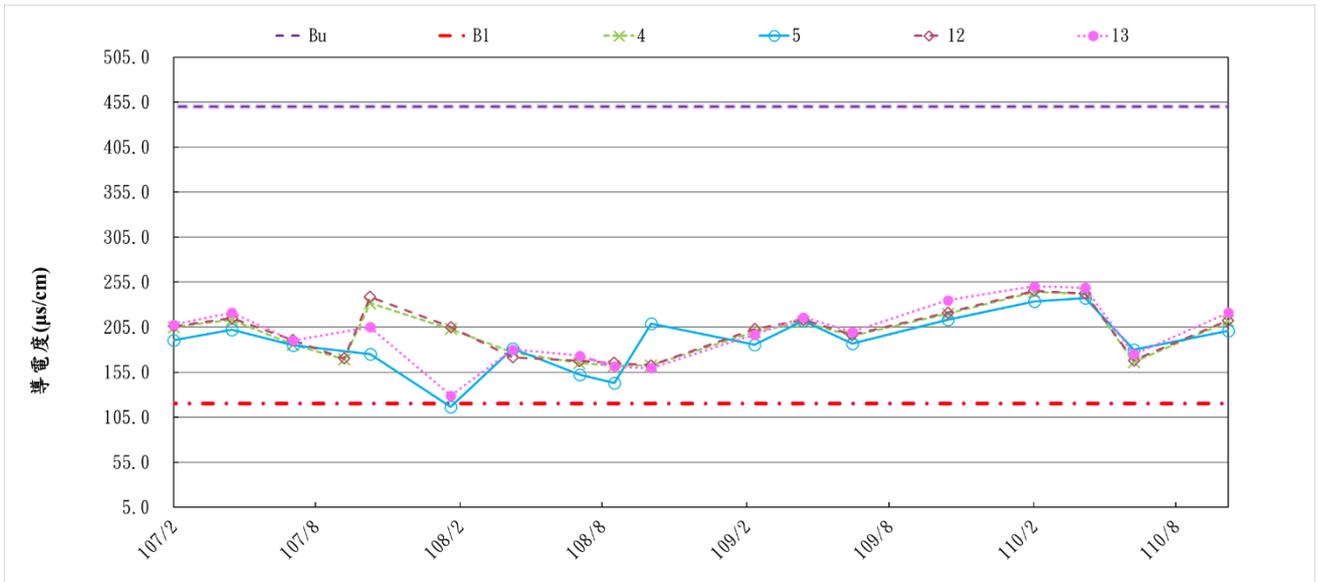
Au：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準 pH 上限(9) AI：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準 pH 下限(6)

Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存 pH 上限(8.5) BI：陳弘成(1998)建議鮭魚生存 pH 下限(6.5)

Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準 pH 上限(8.8) CI：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準 pH 下限(6.8)

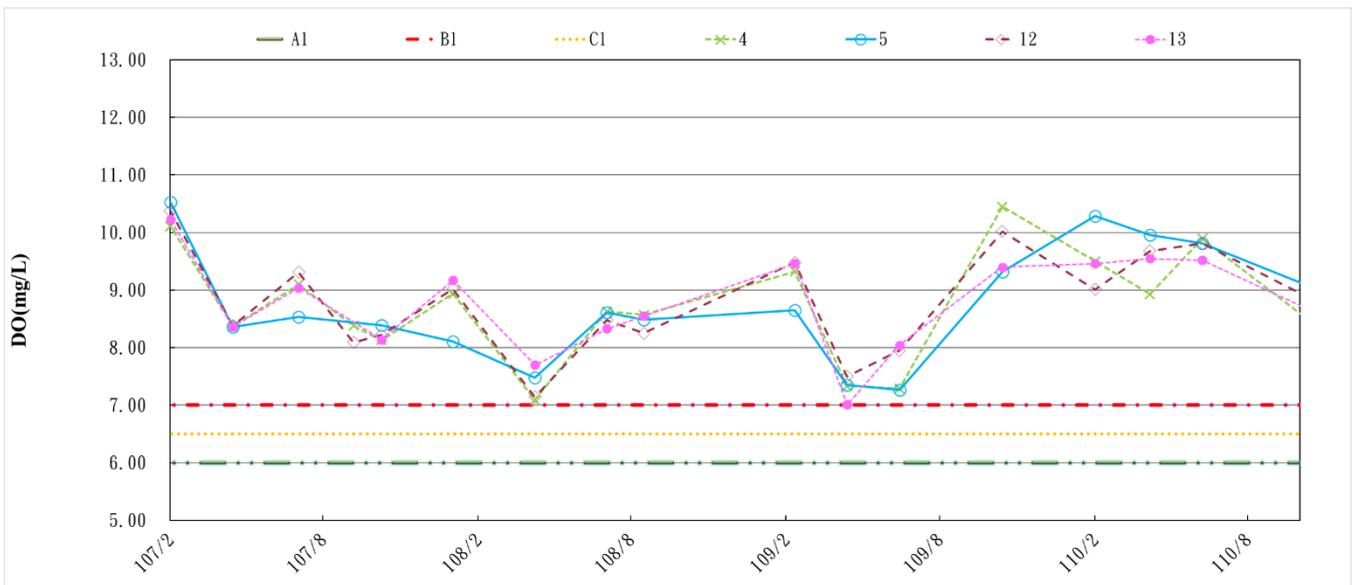
圖 3-19 一號壩壩體改善 pH 值變化

(資料來源：本研究資料)



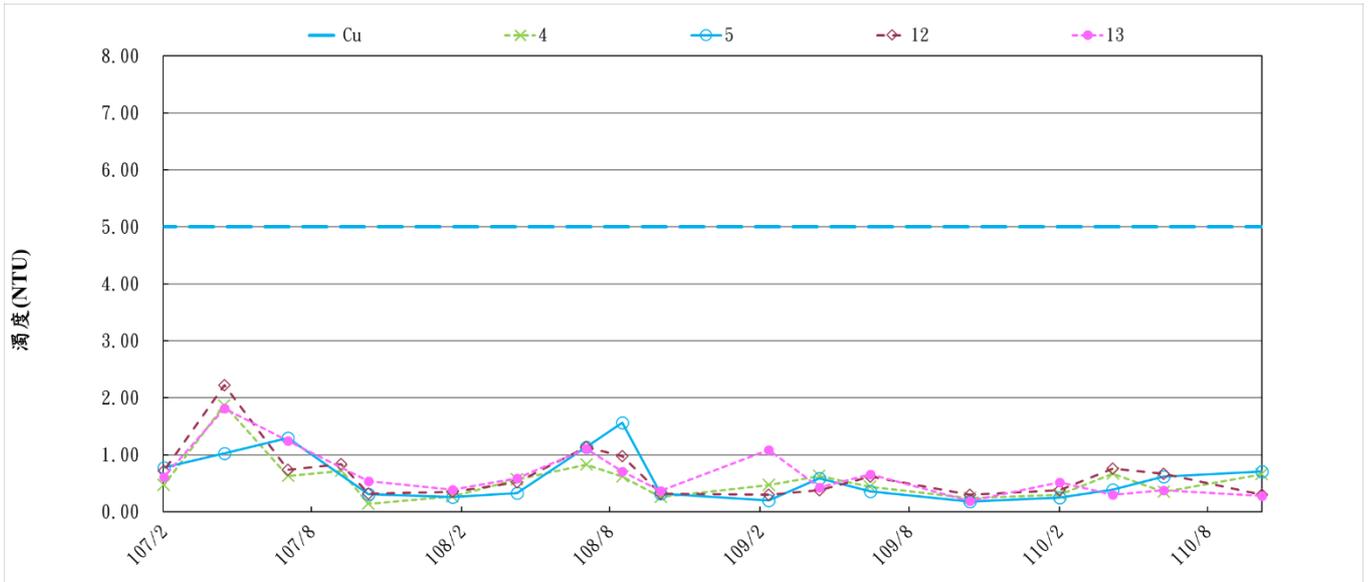
Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存導電度上限(450 µs/cm)
 BI：陳弘成(1998)建議鮭魚生存導電度下限(120 µs/cm)

圖 3- 20 一號壩壩體改善導電度值變化
 (資料來源：本研究資料)



A1：歐盟訂定之鮭魚水體標準溶氧值下限(6 mg/L)
 BI：陳弘成(1998)建議鮭魚生存溶氧值下限(7 mg/L)
 C1：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準溶氧值下限(6.5 mg/L)

圖 3- 21 一號壩壩體改善溶氧值變化
 (資料來源：本研究資料)



Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準濁度濃度上限(5 NTU)

圖 3-22 一號壩壩體改善濁度值變化

(資料來源：本研究資料)

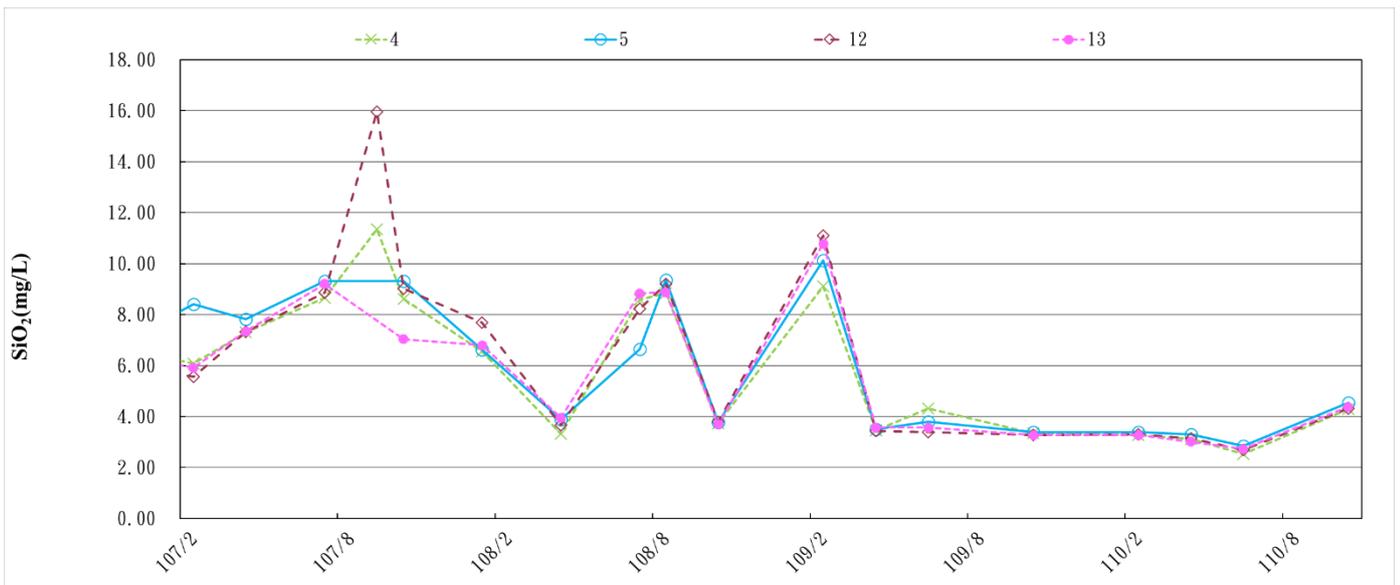
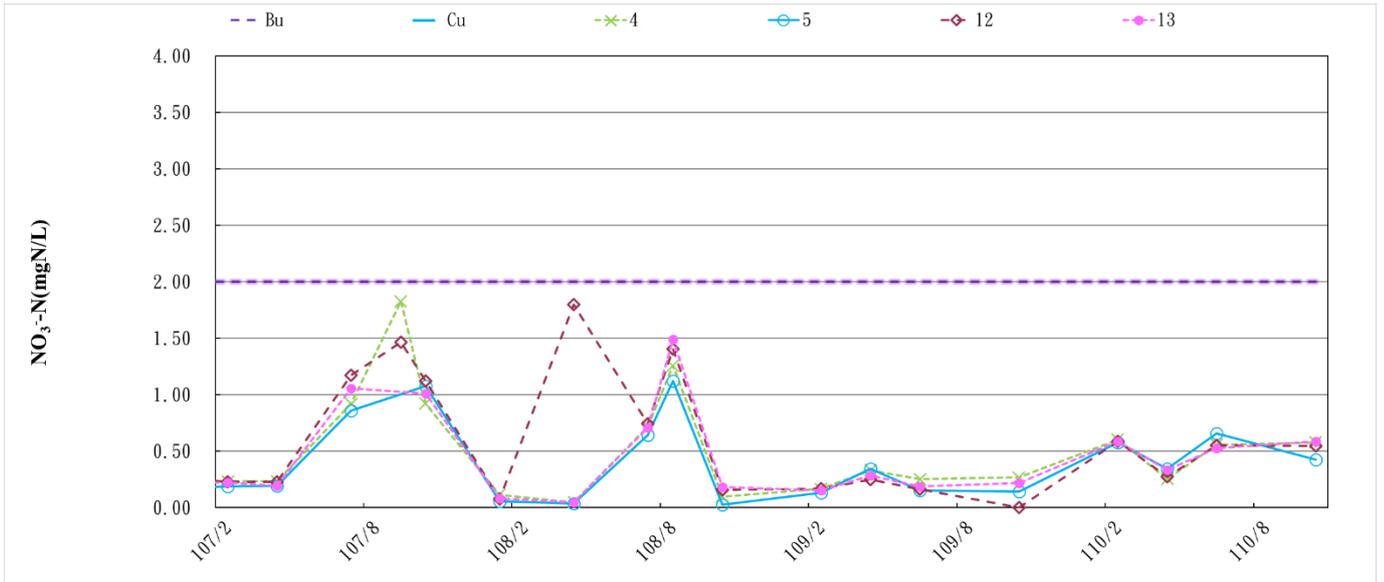


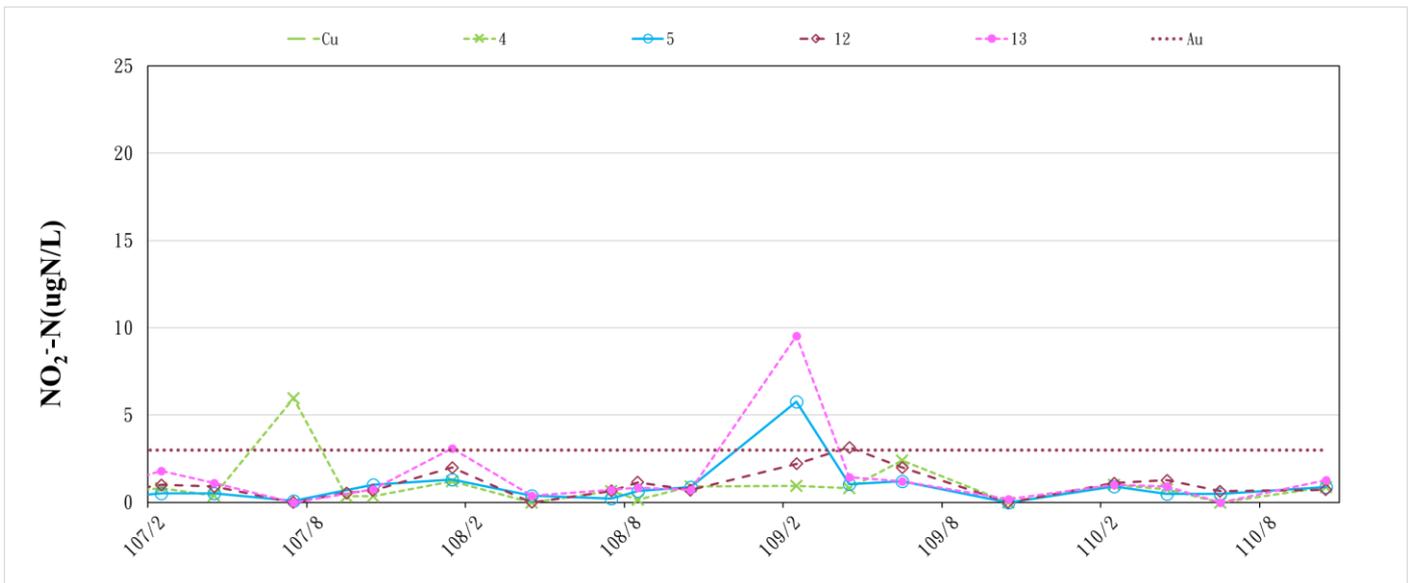
圖 3-23 一號壩壩體改善 SiO₂ 值變化

(資料來源：本研究資料)



Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存硝酸鹽濃度上限(2 mg/L)
 Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準硝酸鹽濃度上限(15 mg/L)

圖 3-24 一號壩壩體改善 NO₃-N 值變化
 (資料來源：本研究資料)



Au：歐盟訂定之鮭魚水體標準亞硝酸鹽濃度上限(3.0 µg/L)
 Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準亞硝酸鹽濃度上限(30 µg/L)

圖 3-25 一號壩壩體改善 NO₂-N 值變化
 (資料來源：本研究資料)

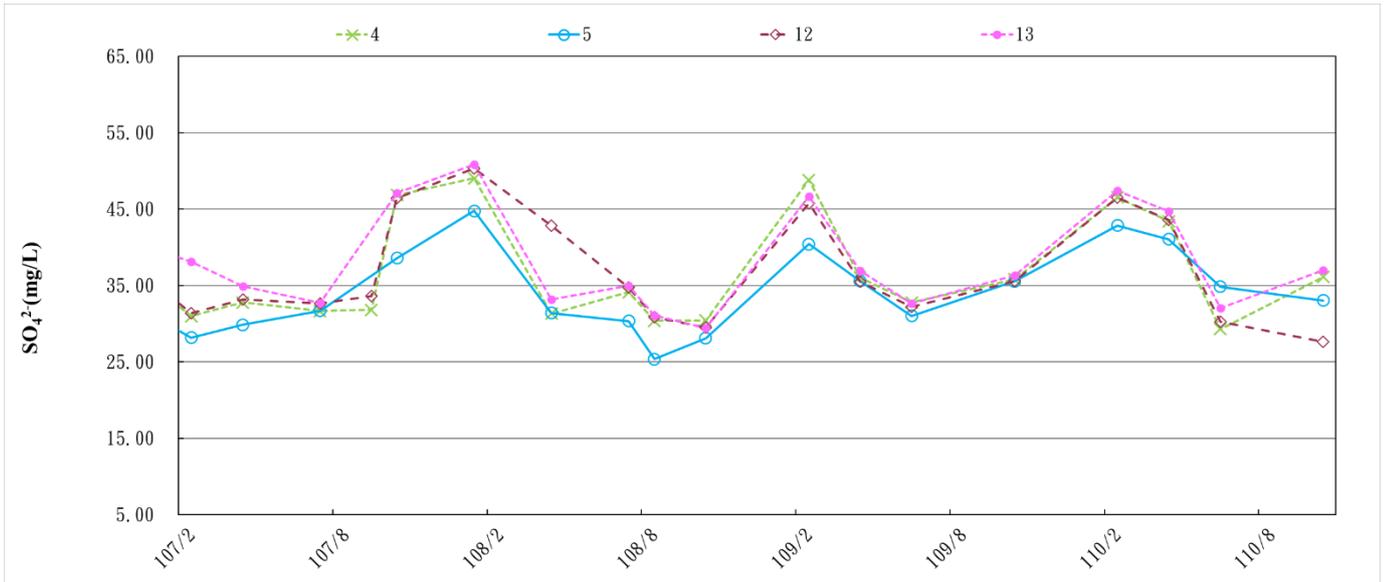
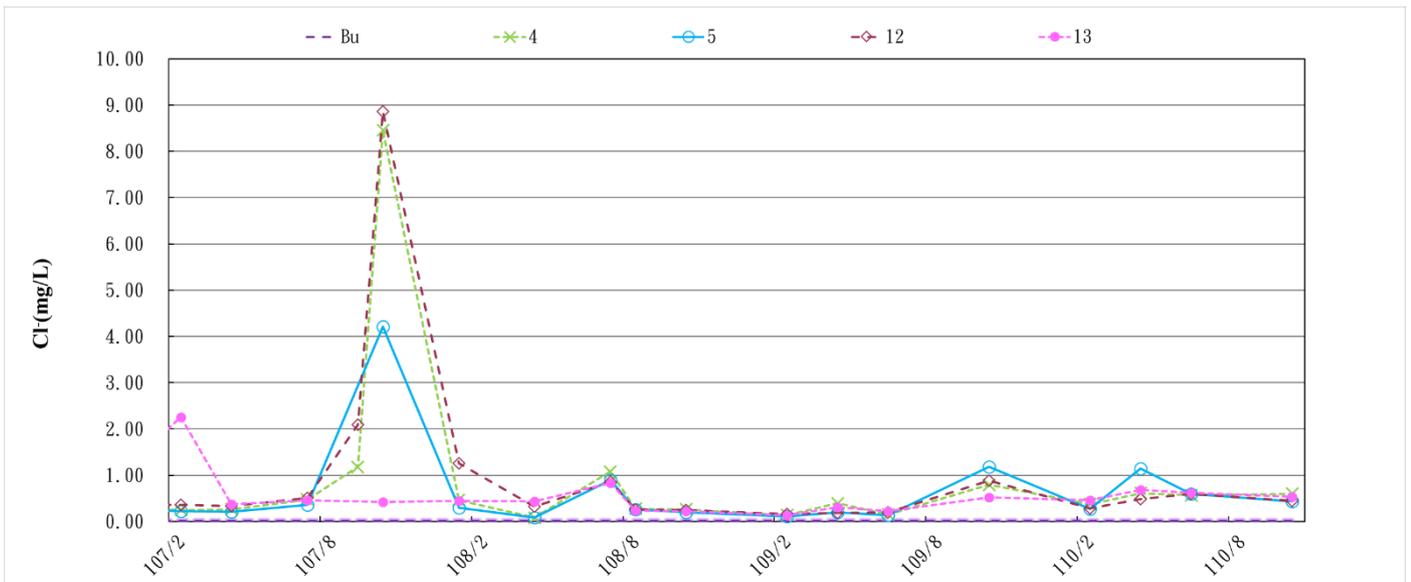
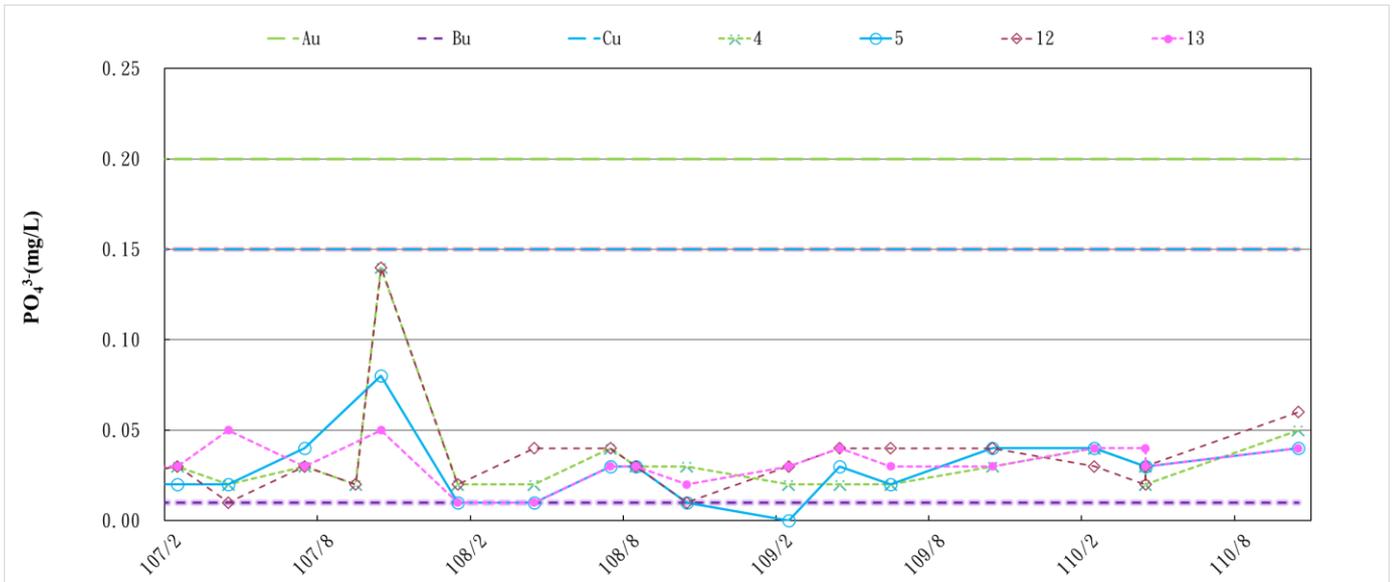


圖 3-26 一號壩壩體改善 SO₄²⁻ 值變化
(資料來源：本研究資料)



Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存氯鹽濃度上限(0.01 mg/L)

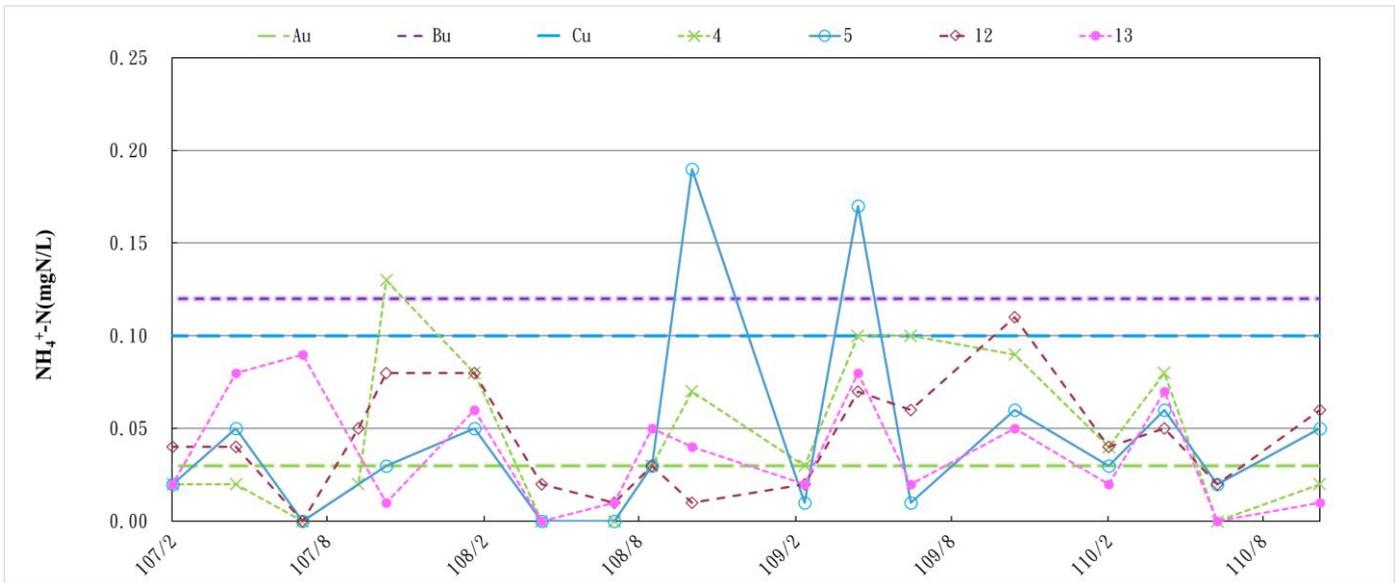
圖 3-27 一號壩壩體改善 Cl⁻ 值變化
(資料來源：本研究資料)



Au：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準磷酸鹽濃度上限(0.2 mg/L)
 Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存磷酸鹽濃度上限(0.01 mg/L)
 Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準磷酸鹽濃度上限(0.15 mg/L)

圖 3-28 一號壩壩體改善 PO₄³⁻ 值變化

(資料來源：本研究資料)



Au：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準氨氮濃度上限(0.03 mg/L)
 Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存氨氮濃度上限(0.125 mg/L)
 Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準氨氮濃度上限(0.1mg/L)

圖 3-29 一號壩壩體改善 NH₄⁺-N 值變化

(資料來源：本研究資料)

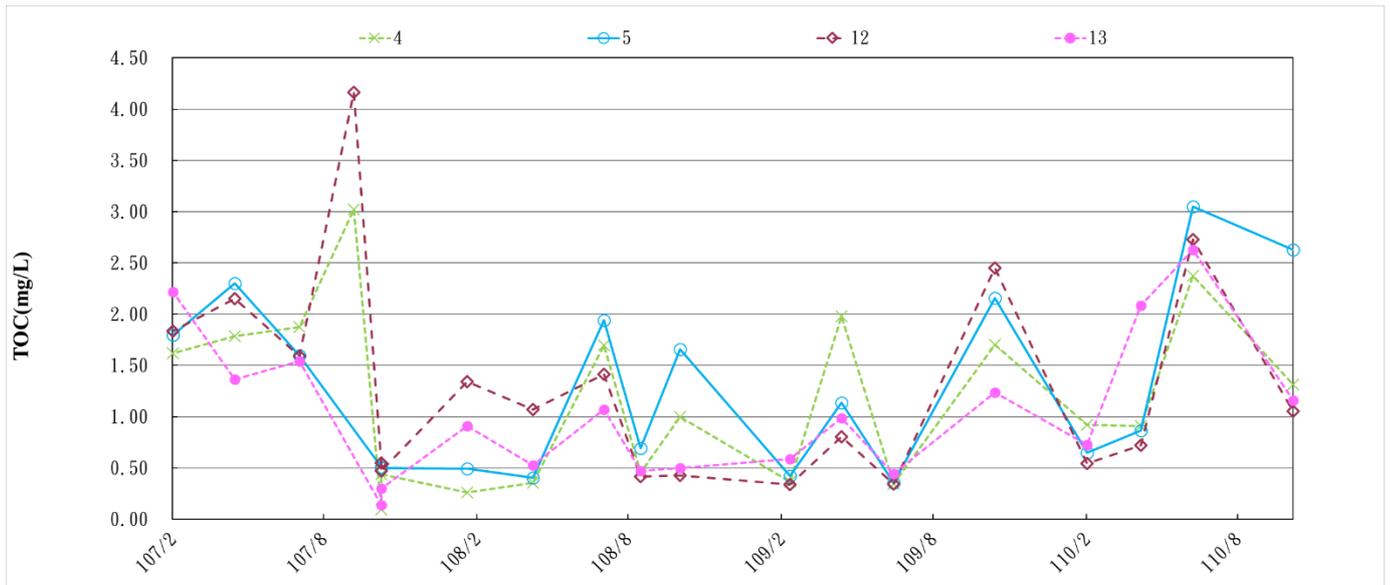
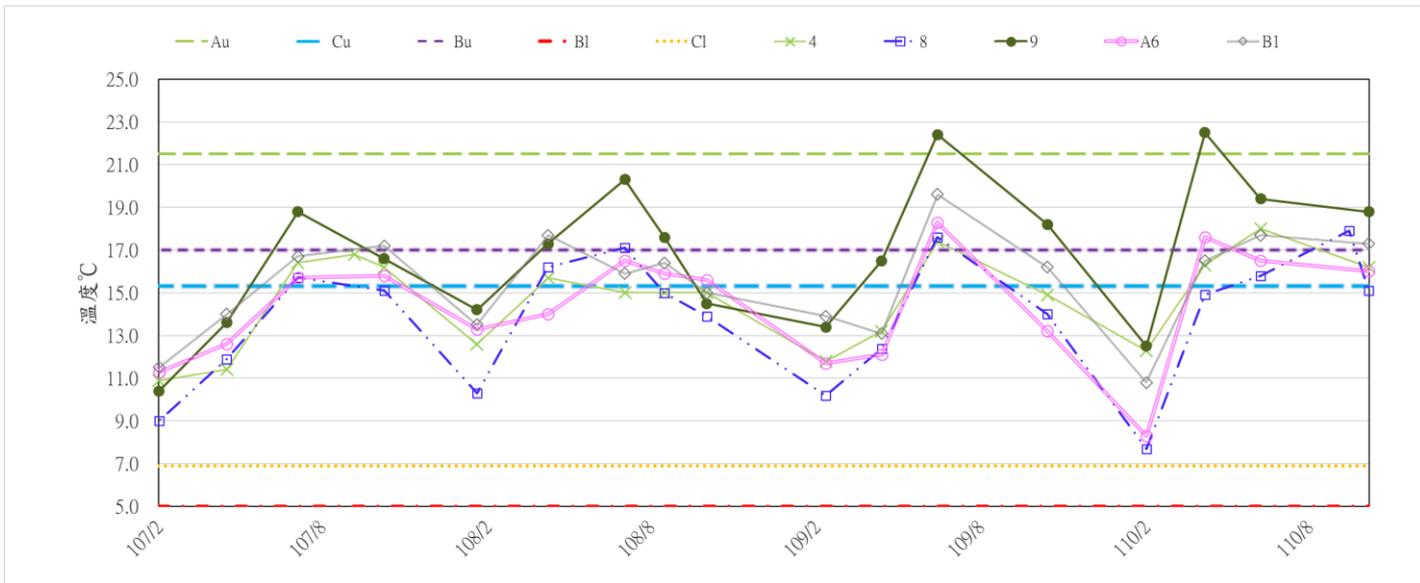


圖 3-30 一號壩壩體改善 TOC 值變化
(資料來源：本研究資料)



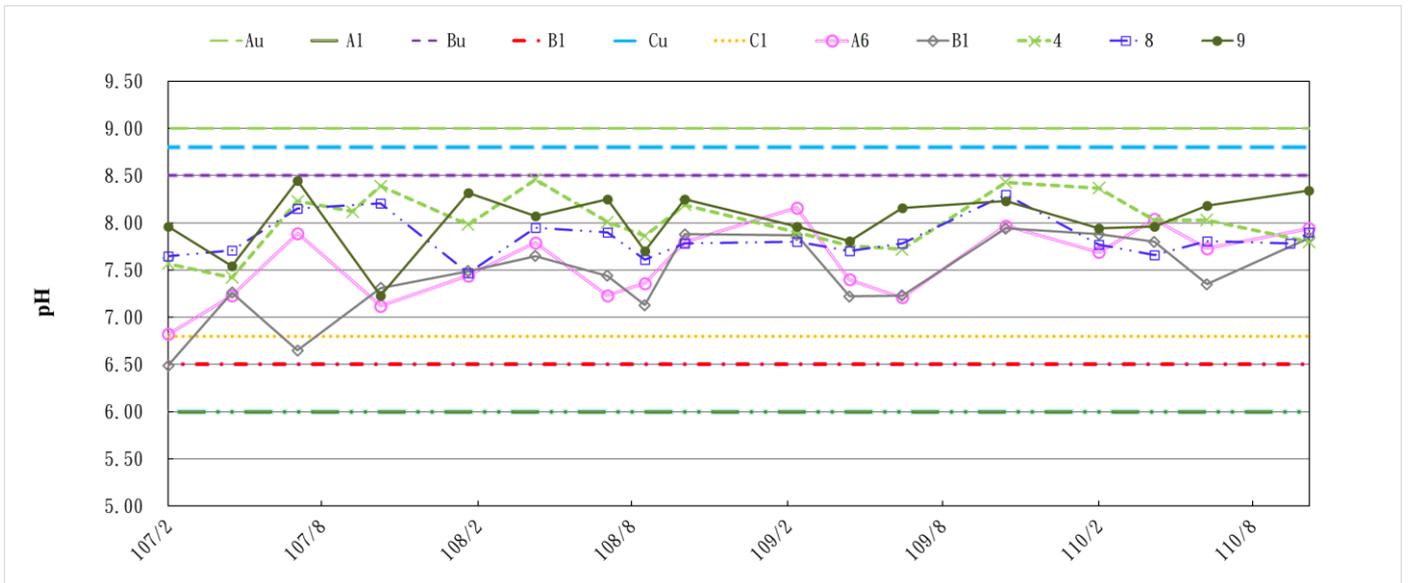
Au：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準溫度上限(21.5°C) AI：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準溫度下限(1.5°C)

Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存溫度上限(17°C) BI：陳弘成(1998)建議鮭魚生存溫度下限(5°C)

Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準溫度上限(15.3°C) Cl：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準溫度下限(6.9°C)

圖 3-31 山溝與七家灣溪測站之溫度值比較

(資料來源：本研究資料)



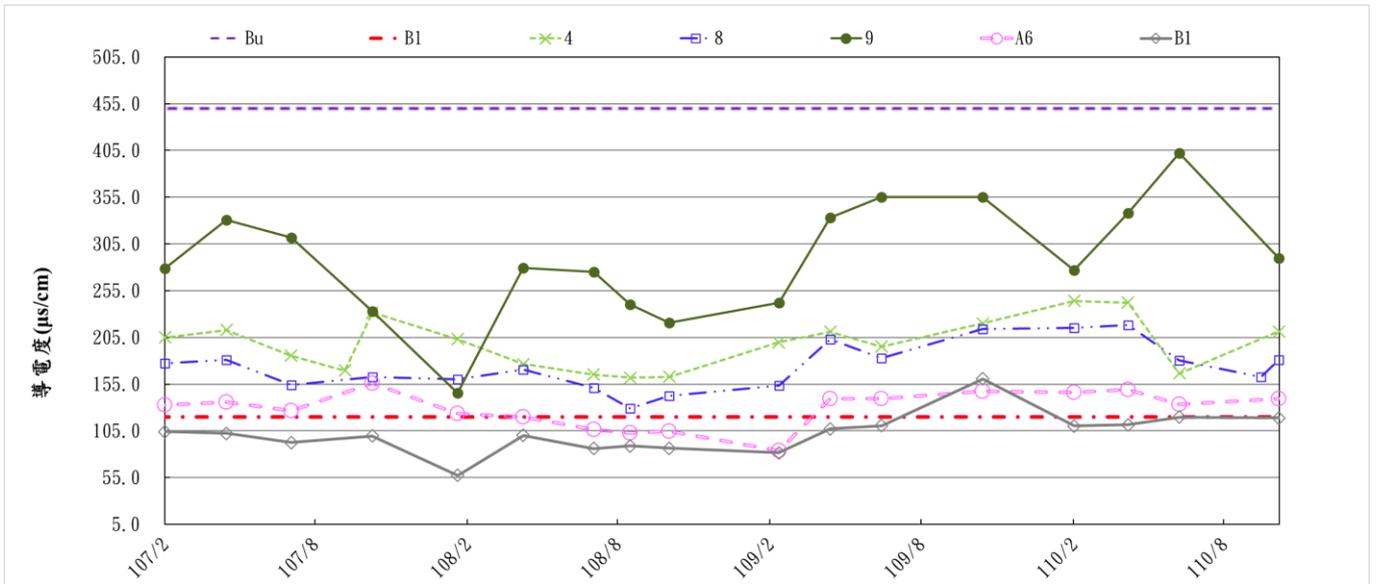
Au：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準 pH 上限(9) AI：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準 pH 下限(6)

Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存 pH 上限(8.5) BI：陳弘成(1998)建議鮭魚生存 pH 下限(6.5)

Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準 pH 上限(8.8) Cl：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準 pH 下限(6.8)

圖 3-32 山溝與七家灣溪測站之 pH 值比較

(資料來源：本研究資料)

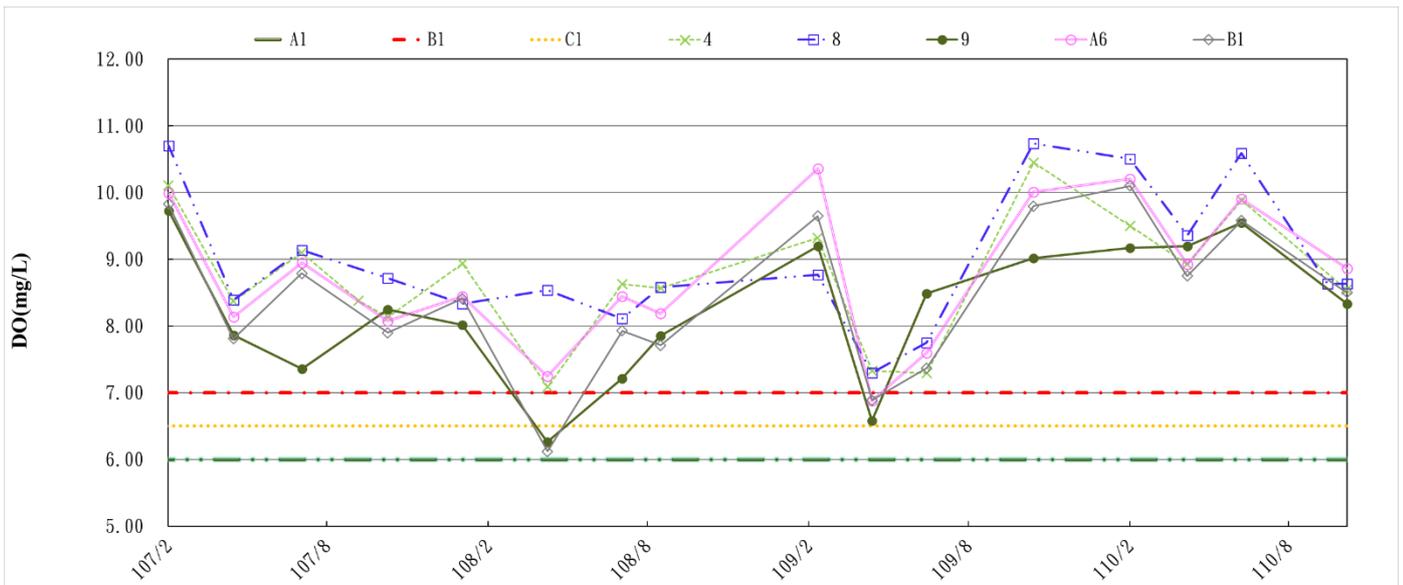


Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存導電度上限(450 µs/cm)

B1：陳弘成(1998)建議鮭魚生存導電度下限(120 µs/cm)

圖 3-33 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)



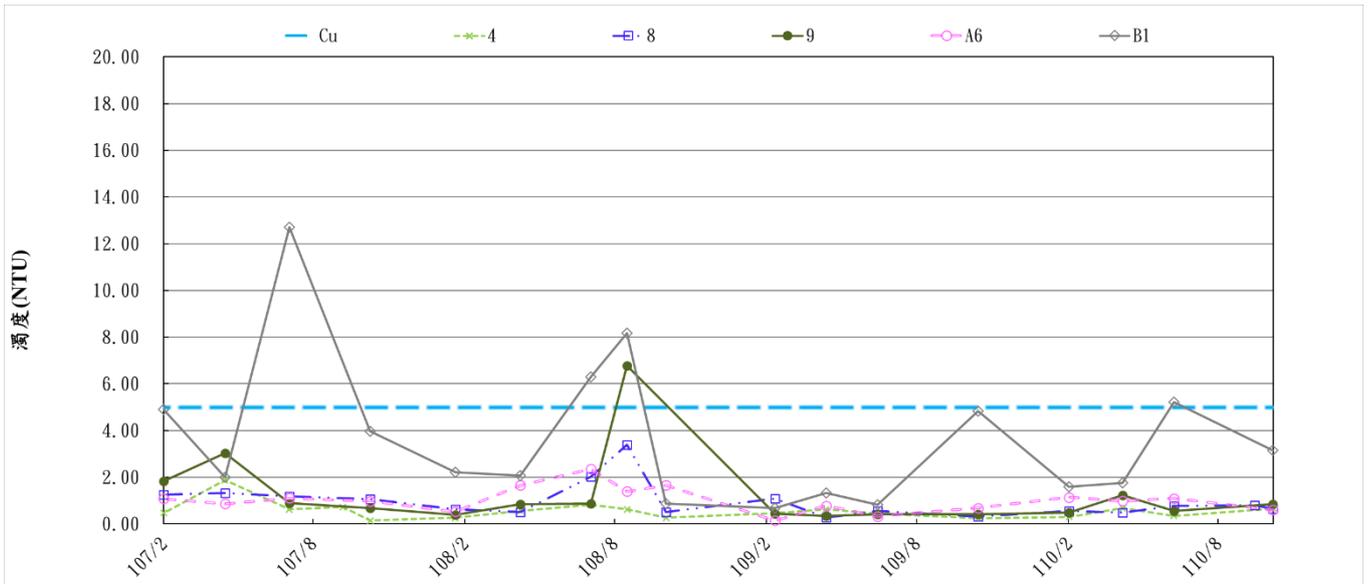
A1：歐盟訂定之鮭魚水體標準溶氧值下限(6 mg/L)

B1：陳弘成(1998)建議鮭魚生存溶氧值下限(7 mg/L)

C1：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準溶氧值下限(6.5 mg/L)

圖 3-34 山溝與七家灣溪測站之溶氧值比較

(資料來源：本研究資料)



Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準濁度濃度上限(5 NTU)

圖 3-35 山溝與七家灣溪測站之濁度值比較

(資料來源：本研究資料)

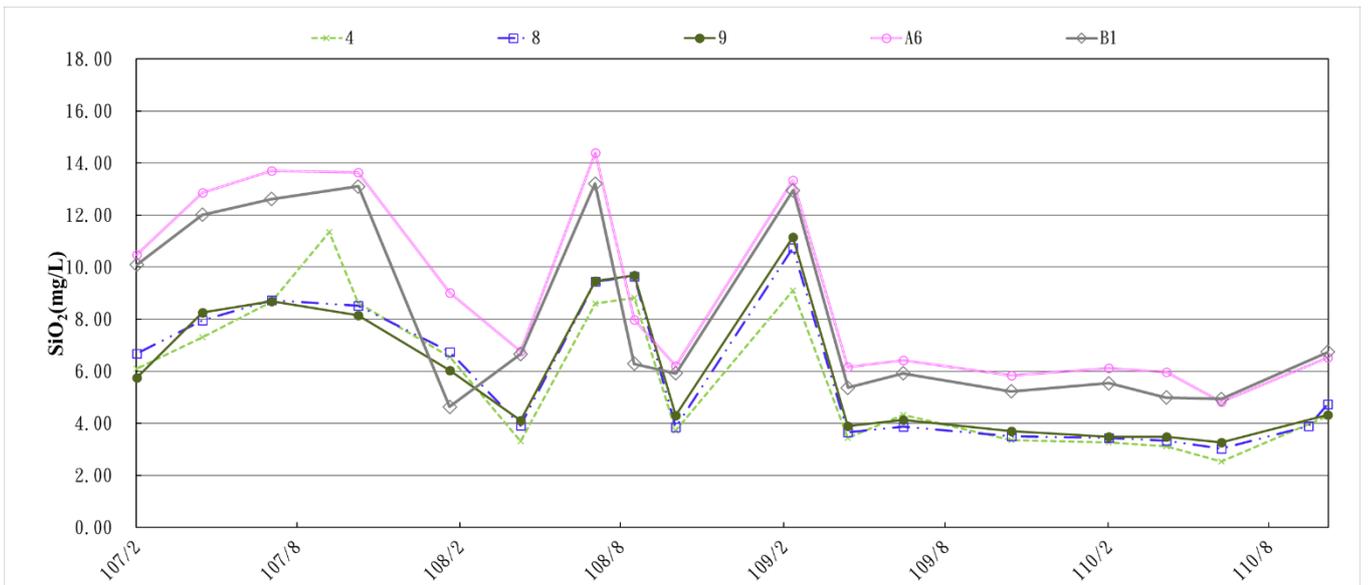
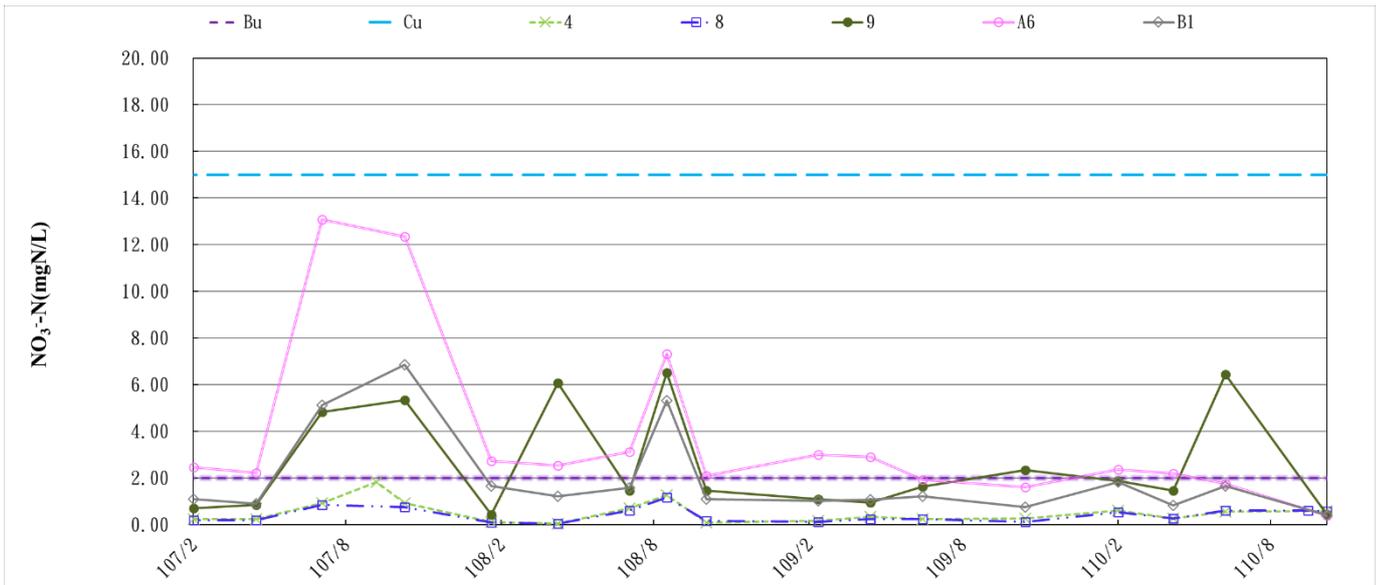


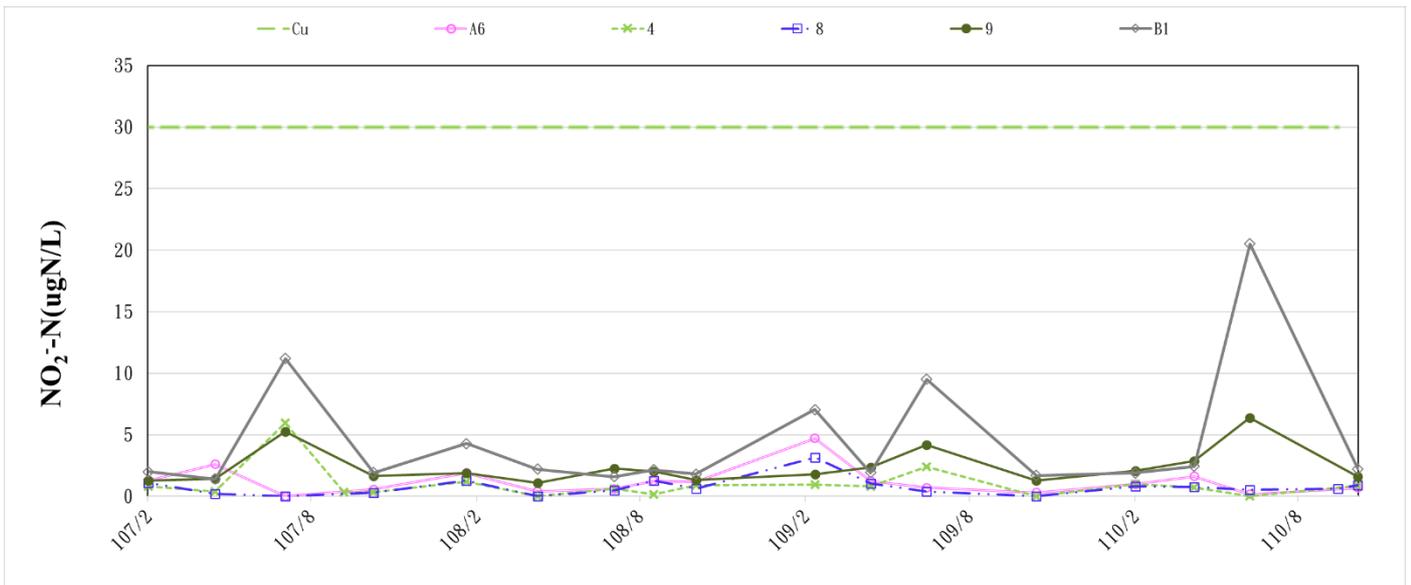
圖 3-36 山溝與七家灣溪測站之 SiO₂ 值比較

(資料來源：本研究資料)



Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存硝酸鹽濃度上限(2 mg/L)
 Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準硝酸鹽濃度上限(15 mg/L)

圖 3-37 山溝與七家灣溪測站之 NO₃⁻-N 值比較
 (資料來源：本研究資料)



Au：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準亞硝酸鹽濃度上限(3.0 µg/L)
 Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準亞硝酸鹽濃度上限(30 µg/L)

圖 3-38 山溝與七家灣溪測站之 NO₂⁻-N 值比較
 (資料來源：本研究資料)

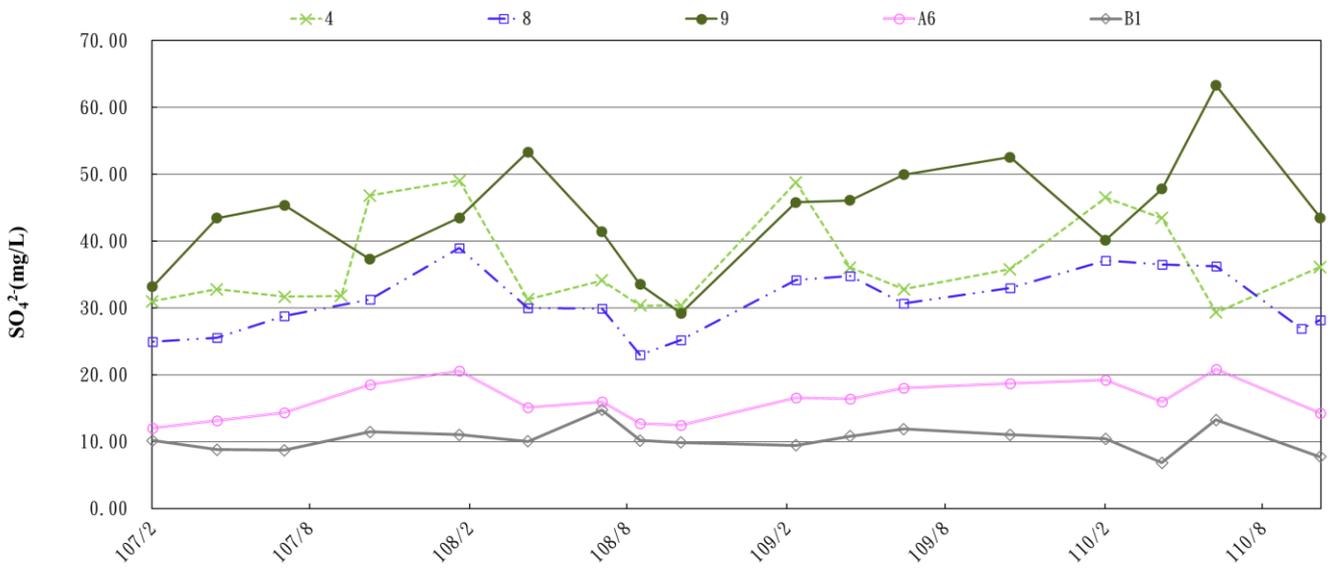
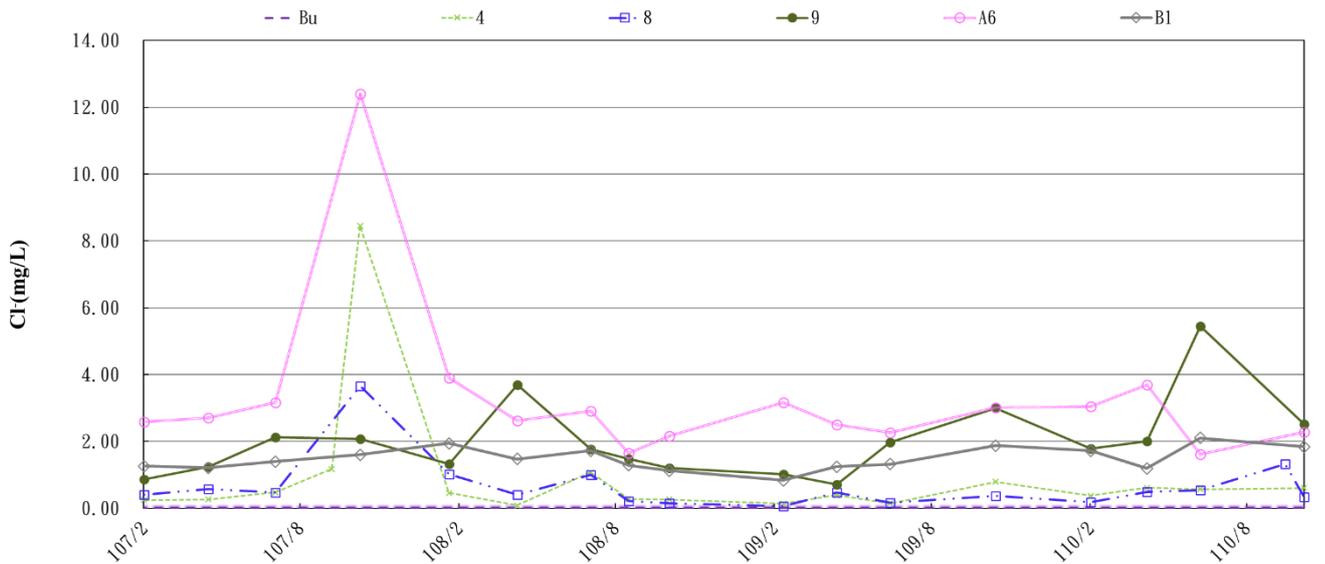
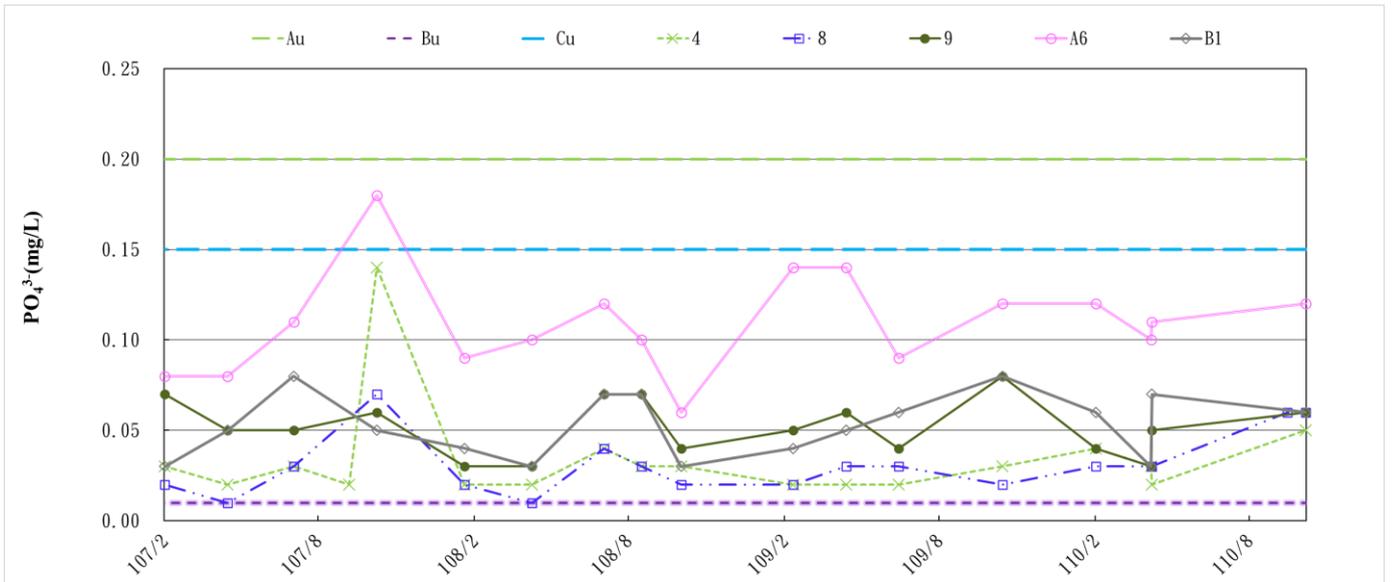


圖 3-39 山溝與七家灣溪測站之 SO₄²⁻ 值比較
(資料來源：本研究資料)

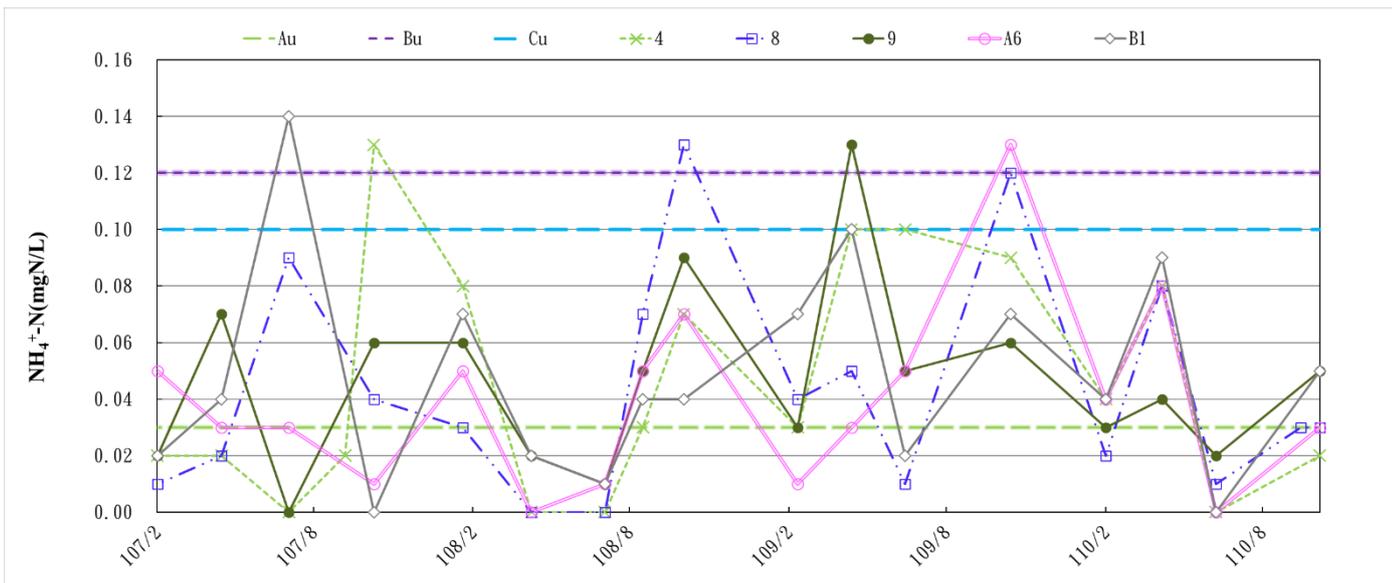


Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存氯鹽濃度上限(0.01 mg/L)
圖 3-40 山溝與七家灣溪測站之 Cl⁻ 值比較
(資料來源：本研究資料)



Au：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準磷酸鹽濃度上限(0.2 mg/L)
 Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存磷酸鹽濃度上限(0.01 mg/L)
 Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準磷酸鹽濃度上限(0.15 mg/L)

圖 3-41 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)



Au：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準氨氮濃度上限(0.03 mg/L)
 Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存氨氮濃度上限(0.125 mg/L)
 Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準氨氮濃度上限(0.1mg/L)

圖 3-42 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)

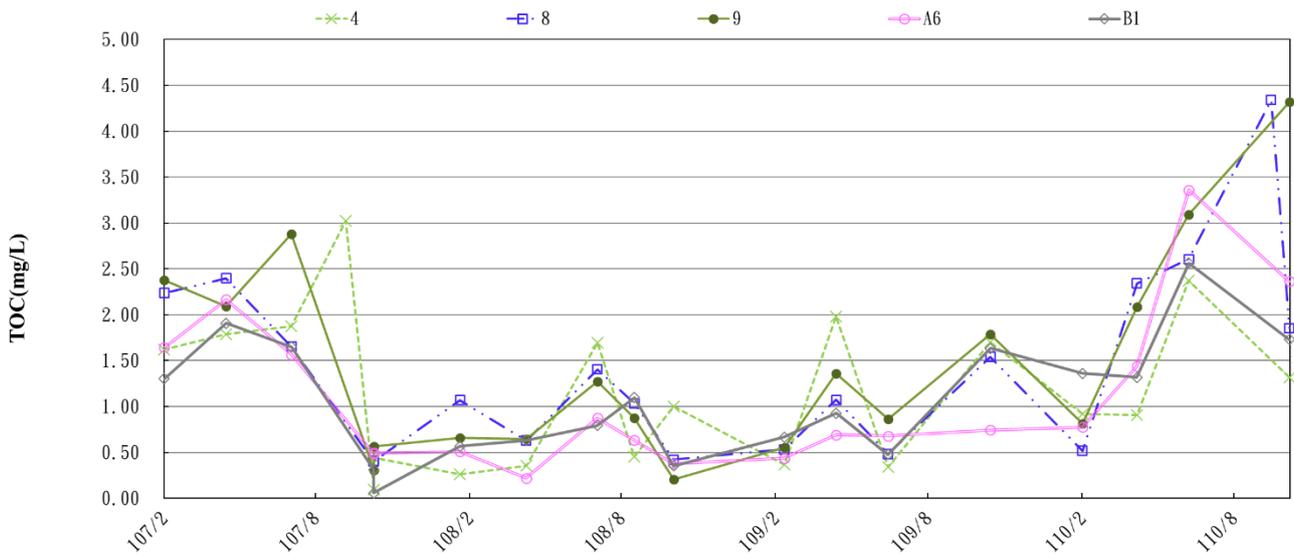


圖 3-43 山溝與七家灣溪測站之 TOC 值比較
(資料來源：本研究資料)



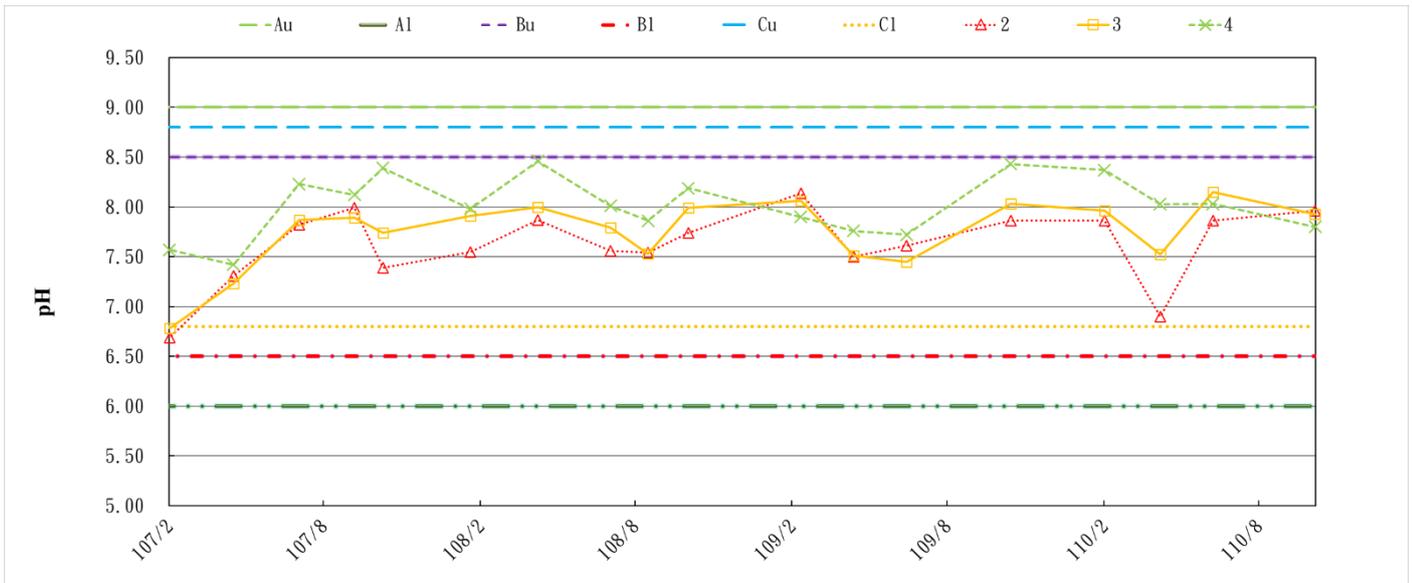
Au：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準溫度上限(21.5°C) AI：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準溫度下限(1.5°C)

Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存溫度上限(17°C) BI：陳弘成(1998)建議鮭魚生存溫度下限(5°C)

Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準溫度上限(15.3°C) Cl：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準溫度下限(6.9°C)

圖 3- 44 8.1ha 回收農用地溫度值變化

(資料來源：本研究資料)



Au：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準 pH 上限(9) AI：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準 pH 下限(6)

Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存 pH 上限(8.5) BI：陳弘成(1998)建議鮭魚生存 pH 下限(6.5)

Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準 pH 上限(8.8) Cl：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準 pH 下限(6.8)

圖 3- 45 8.1ha 回收農用地 pH 值變化

(資料來源：本研究資料)



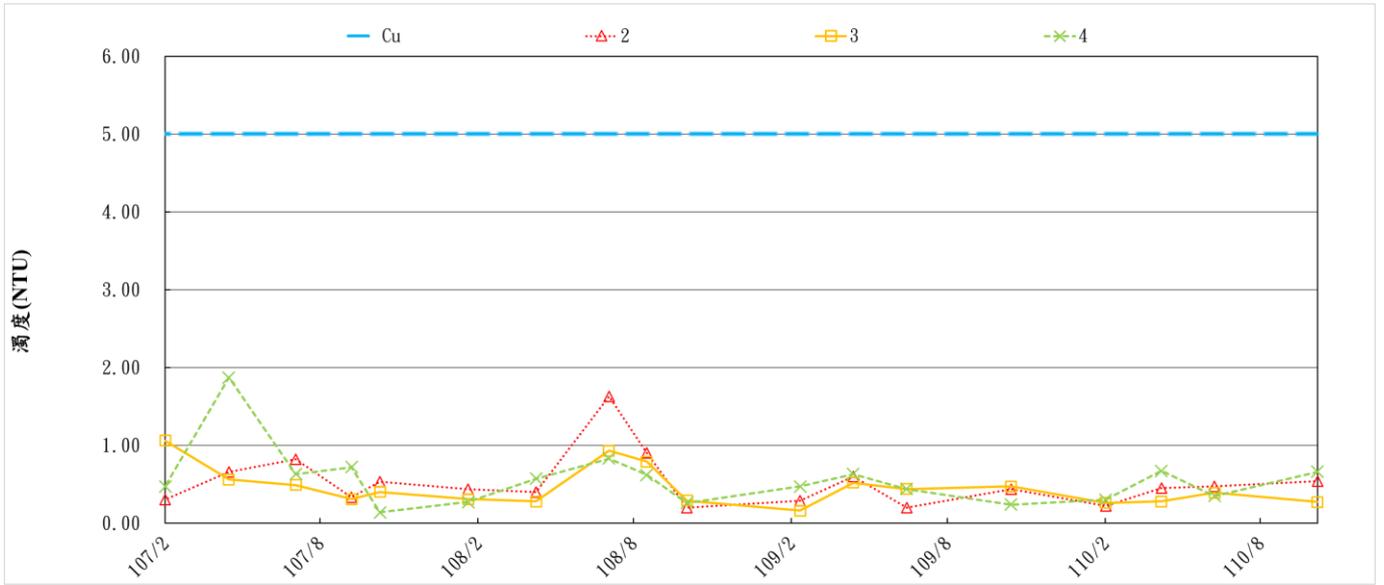
Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存導電度上限(450 µs/cm)
 B1：陳弘成(1998)建議鮭魚生存導電度下限(120 µs/cm)

圖 3-46 8.1ha 回收農用地導電度值變化
 (資料來源：本研究資料)



A1：歐盟訂定之鮭魚水體標準溶氧值下限(6 mg/L)
 B1：陳弘成(1998)建議鮭魚生存溶氧值下限(7 mg/L)
 C1：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準溶氧值下限(6.5 mg/L)

圖 3-47 8.1ha 回收農用地溶氧值變化
 (資料來源：本研究資料)



Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準濁度濃度上限(5 NTU)

圖 3-48 8.1ha 回收農用地濁度值變化
(資料來源：本研究資料)

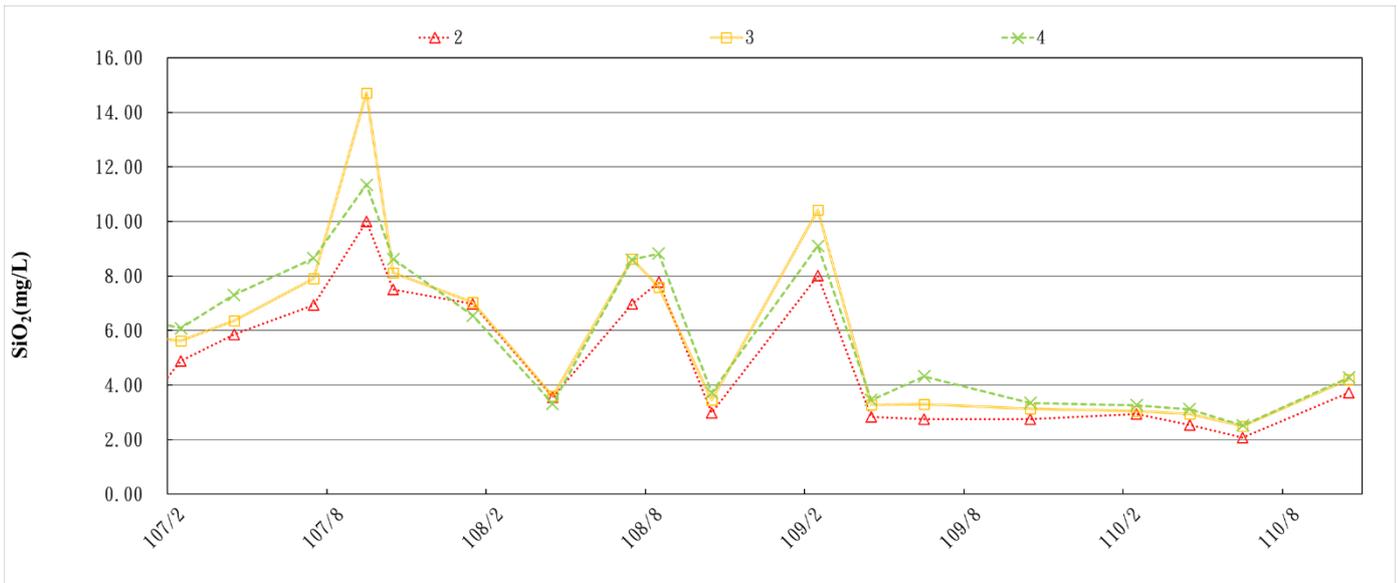
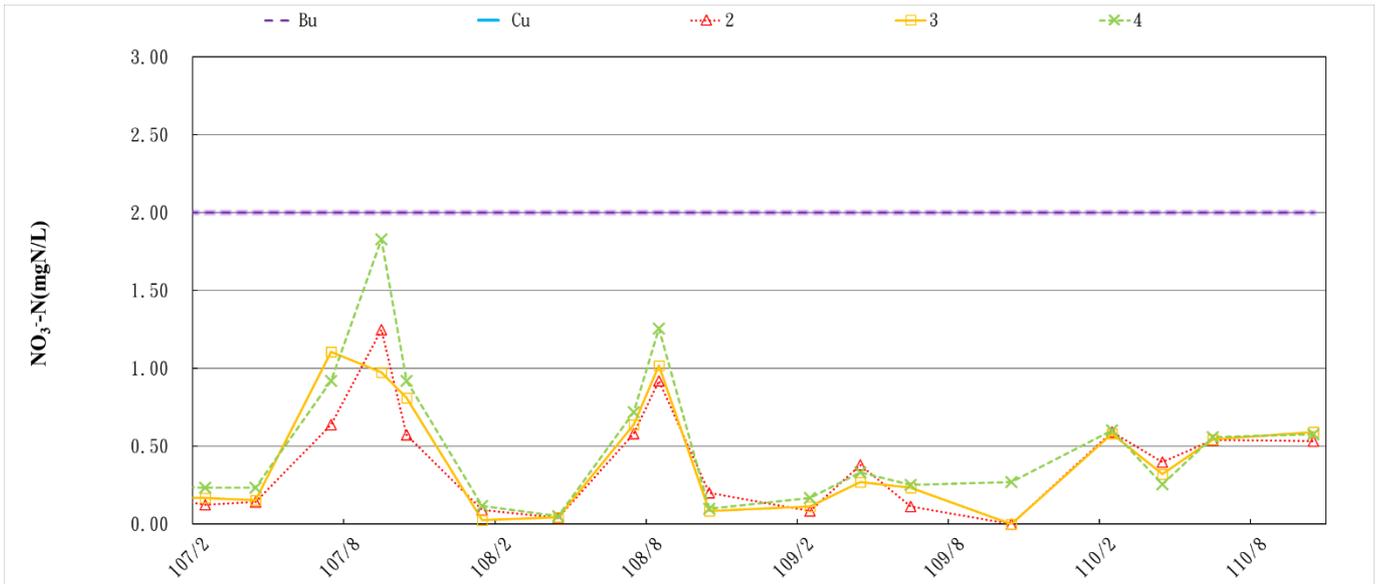
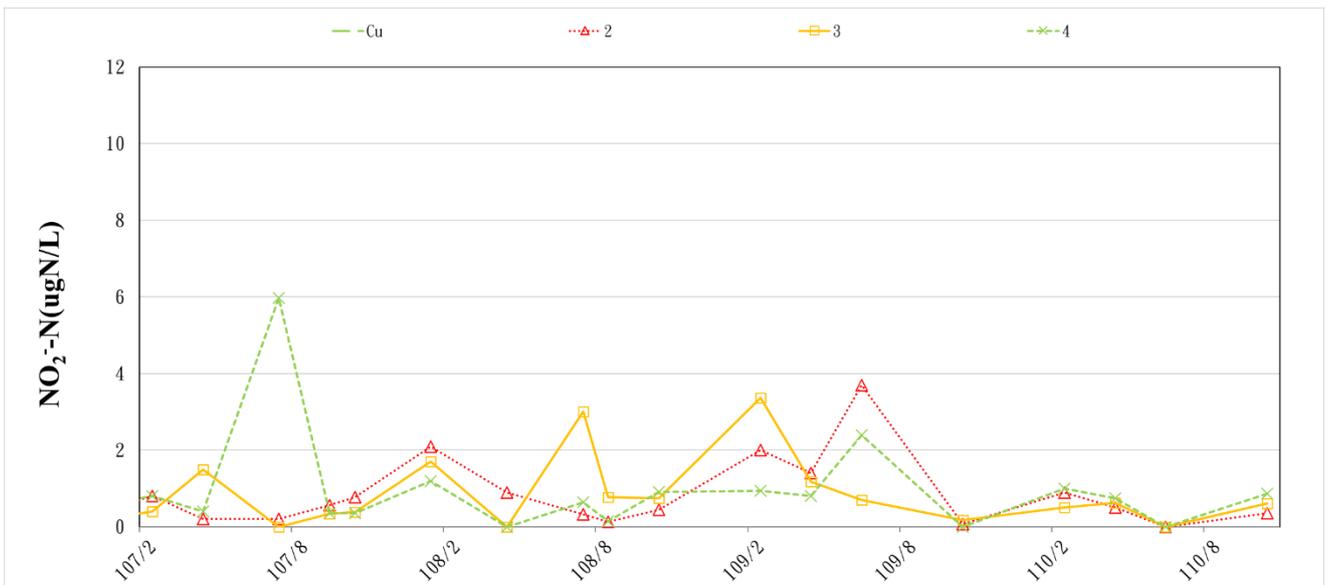


圖 3-49 8.1ha 回收農用地 SiO₂ 值變化
(資料來源：本研究資料)



Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存硝酸鹽濃度上限(2 mg/L)
 Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準硝酸鹽濃度上限(15 mg/L)

圖 3- 50 8.1ha 回收農用地 NO₃-N 值變化
 (資料來源：本研究資料)



Au：歐盟訂定之鮭魚水體標準亞硝酸鹽濃度上限(3.0 µg/L)
 Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準亞硝酸鹽濃度上限(30 µg/L)

圖 3- 51 8.1ha 回收農用地 NO₂-N 值變化
 (資料來源：本研究資料)

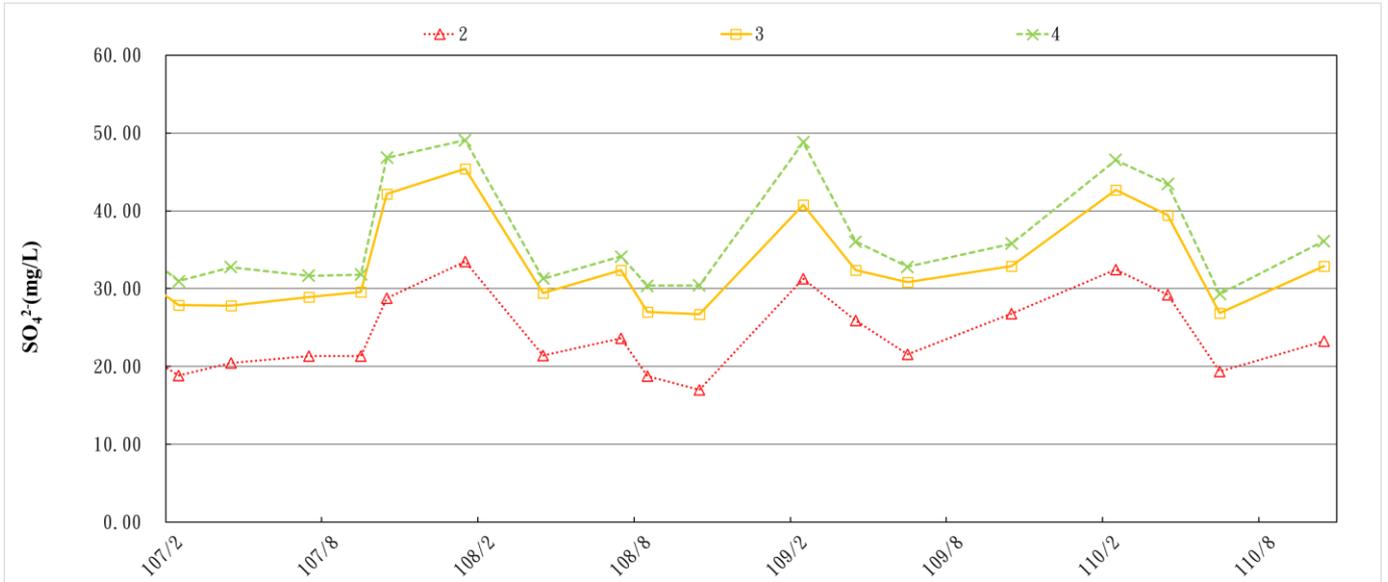
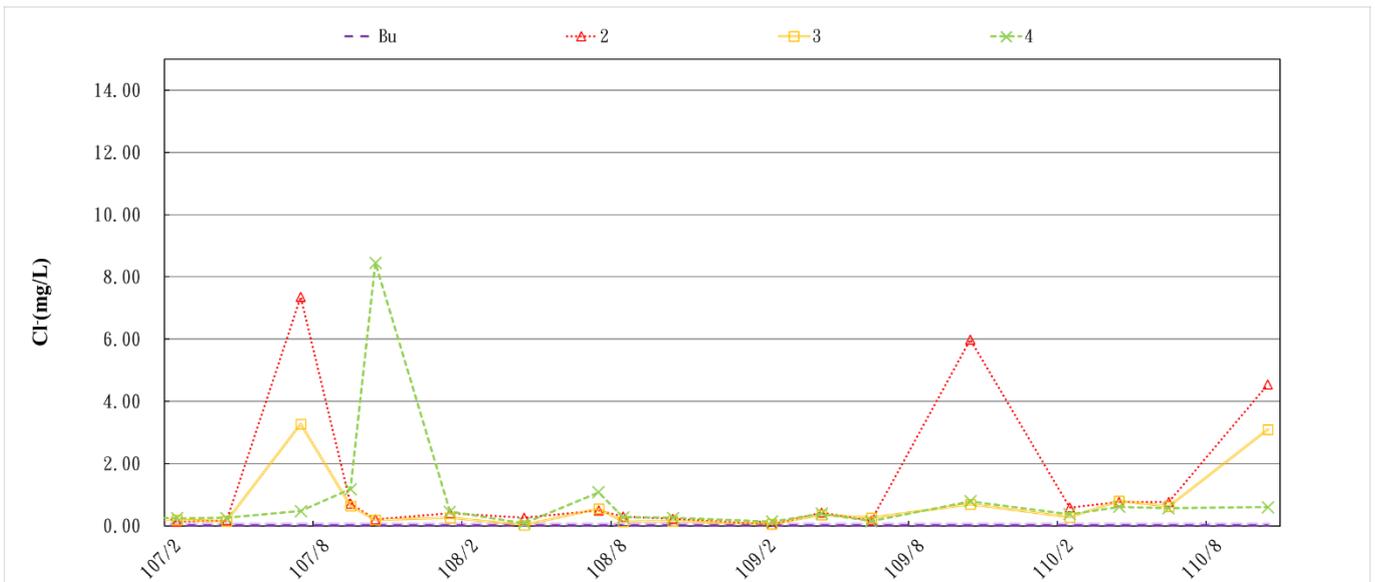
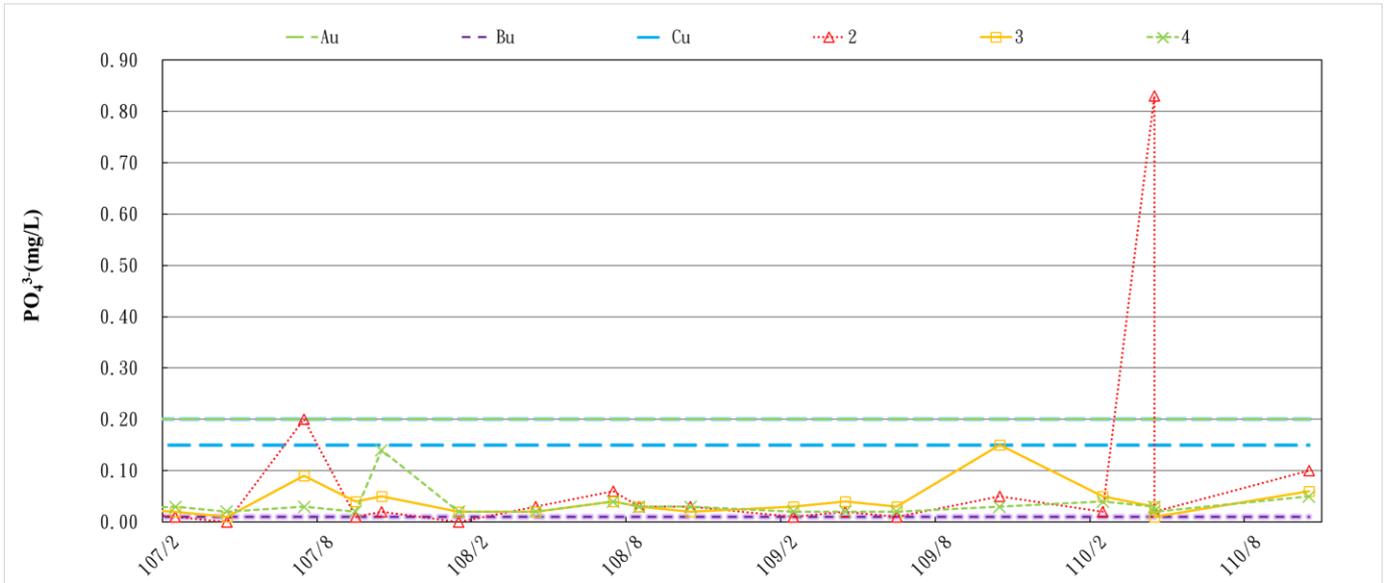


圖 3- 52 8.1ha 回收農用地 SO₄²⁻值變化
(資料來源：本研究資料)



Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存氯鹽濃度上限(0.01 mg/L)

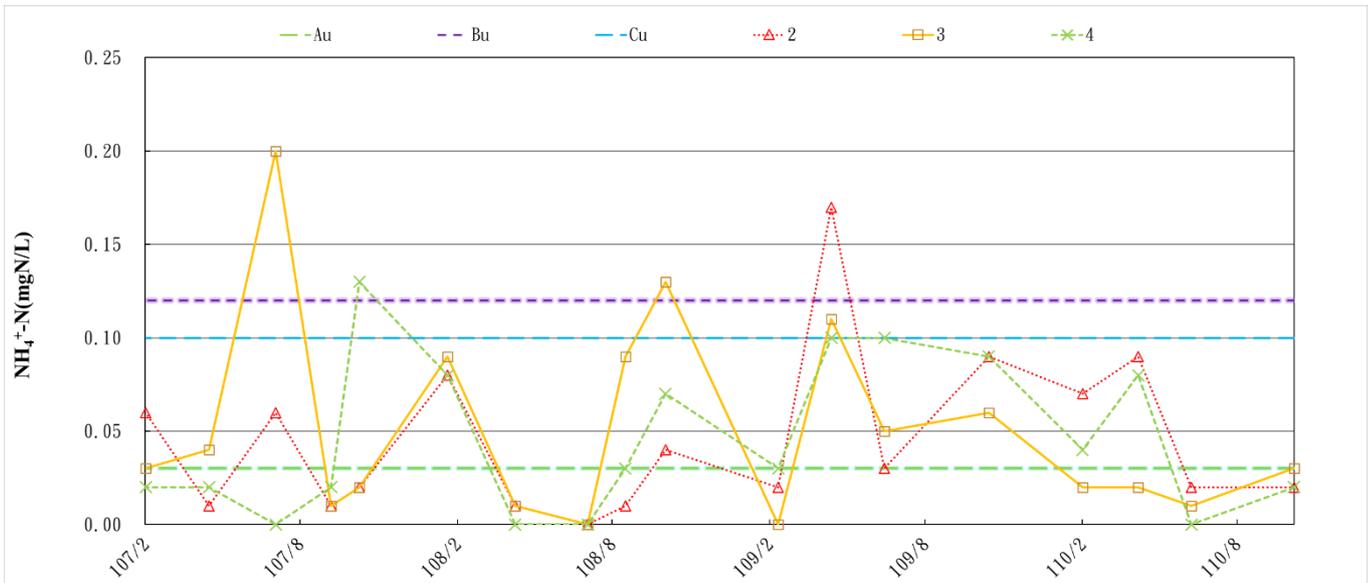
圖 3- 53 8.1ha 回收農用地 Cl⁻值變化
(資料來源：本研究資料)



Au：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準磷酸鹽濃度上限(0.2 mg/L)
 Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存磷酸鹽濃度上限(0.01 mg/L)
 Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準磷酸鹽濃度上限(0.15 mg/L)

圖 3- 54 8.1ha 回收農用地 PO_4^{3-} 值變化

(資料來源：本研究資料)



Au：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準氨氮濃度上限(0.03 mg/L)
 Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存氨氮濃度上限(0.125 mg/L)
 Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準氨氮濃度上限(0.1mg/L)

圖 3- 55 8.1ha 回收農用地 NH_4^+-N 值變化

(資料來源：本研究資料)

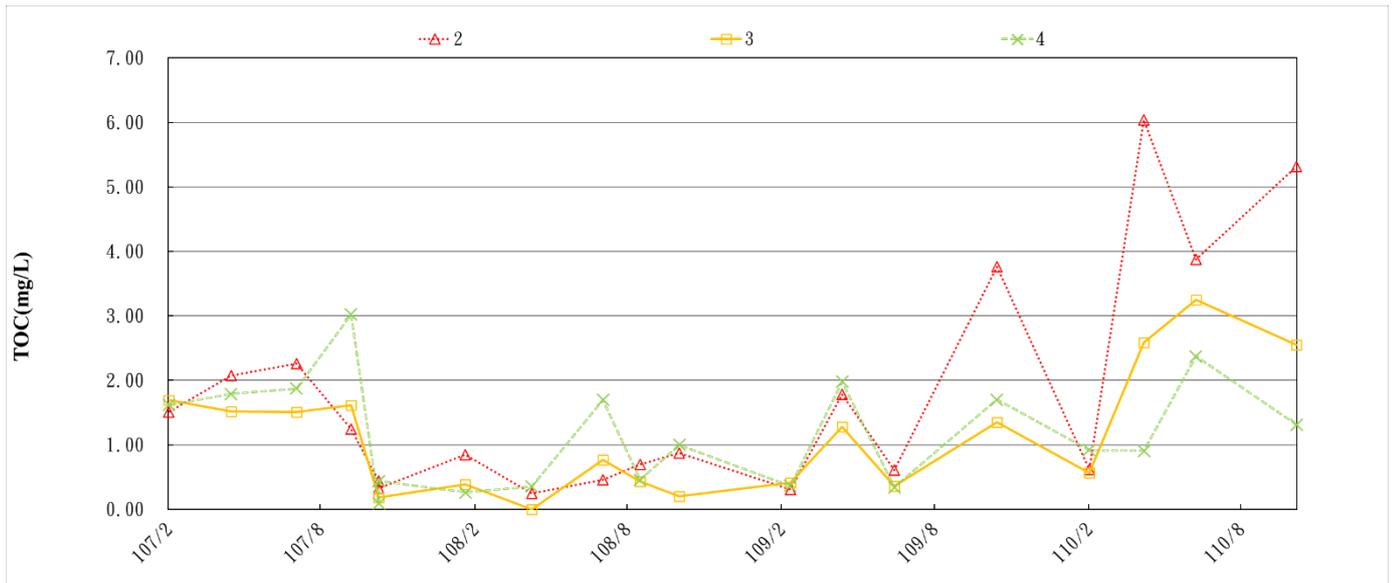
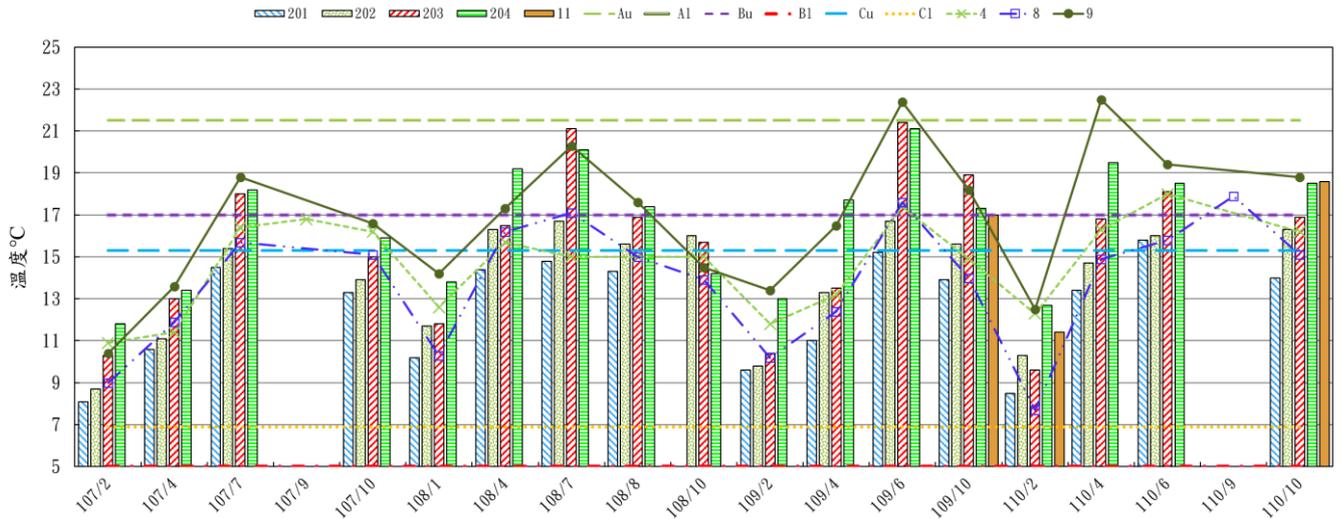


圖 3-56 8.1ha 回收農用地 TOC 值變化
(資料來源：本研究資料)

第三章 水質監測



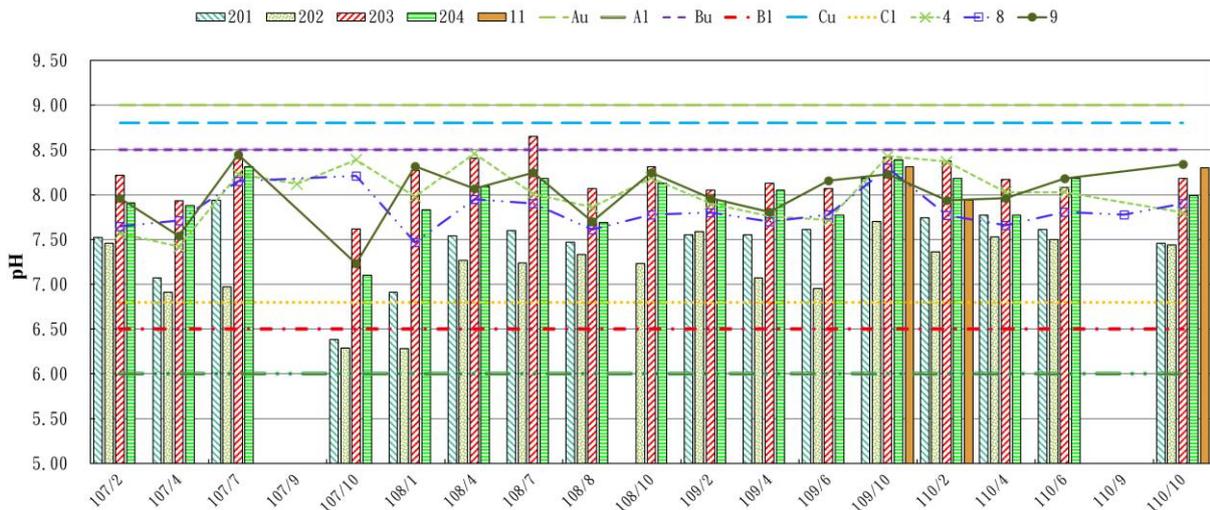
Au：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準溫度上限(21.5°C) Al：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準溫度下限(1.5°C)

Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存溫度上限(17°C) Bl：陳弘成(1998)建議鮭魚生存溫度下限(5°C)

Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準溫度上限(15.3°C) Cl：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準溫度下限(6.9°C)

圖 3-57 羅葉尾溪與司界蘭溫度值變化

(資料來源：本研究資料)



Au：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準 pH 上限(9) Al：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準 pH 下限(6)

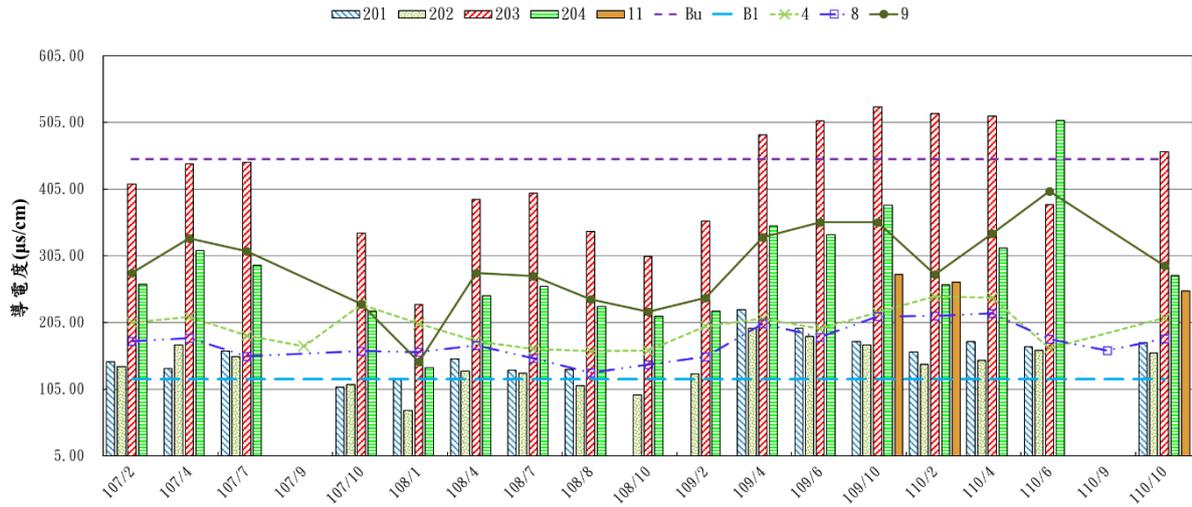
Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存 pH 上限(8.5) Bl：陳弘成(1998)建議鮭魚生存 pH 下限(6.5)

Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準 pH 上限(8.8) Cl：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準 pH 下限(6.8)

圖 3-58 羅葉尾溪與司界蘭溪 pH 值變化

(資料來源：本研究資料)

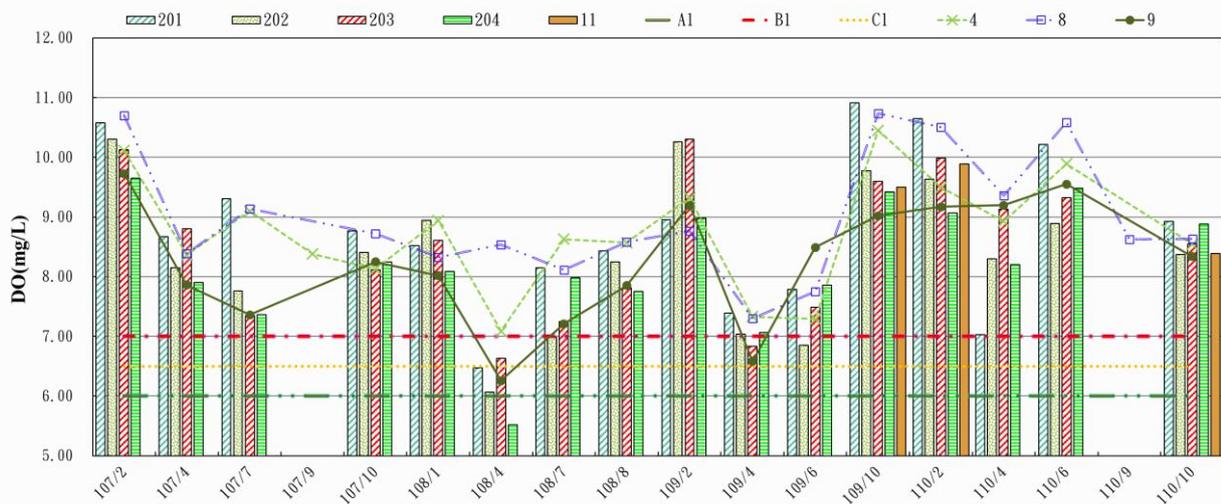
第三章 水質監測



Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存導電度上限(450 $\mu\text{s/cm}$)

Bl：陳弘成(1998)建議鮭魚生存導電度下限(120 $\mu\text{s/cm}$)

圖 3- 59 羅葉尾溪與司界蘭溪導電度值變化
(資料來源：本研究資料)



A1：歐盟訂定之鮭魚水體標準溶氧值下限(6 mg/L)

B1：陳弘成(1998)建議鮭魚生存溶氧值下限(7 mg/L)

C1：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準溶氧值下限(6.5 mg/L)

圖 3- 60 羅葉尾溪與司界蘭溪溶氧值變化
(資料來源：本研究資料)

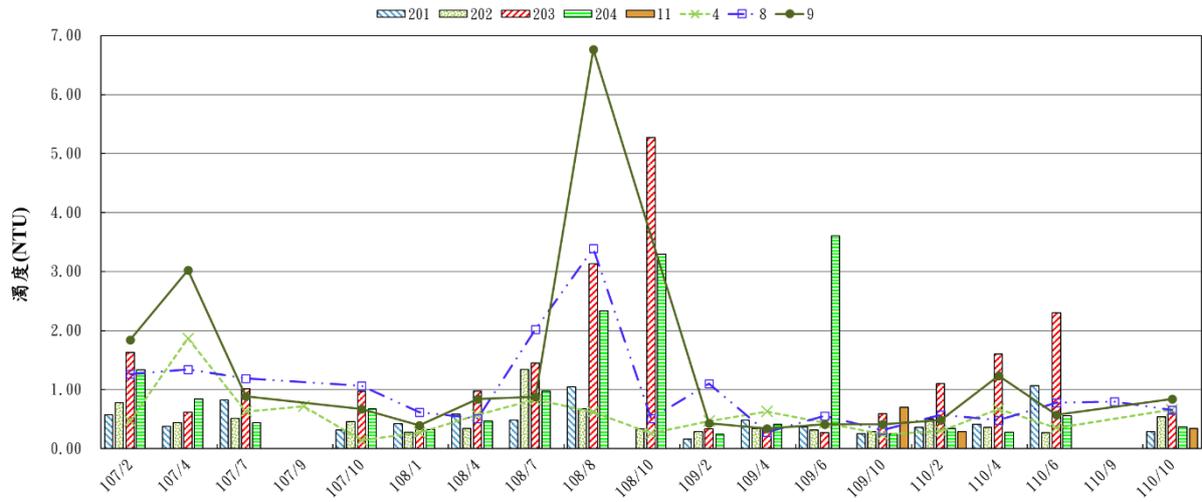


圖 3-61 羅葉尾溪與司界蘭溪濁度值變化
(資料來源：本研究資料)

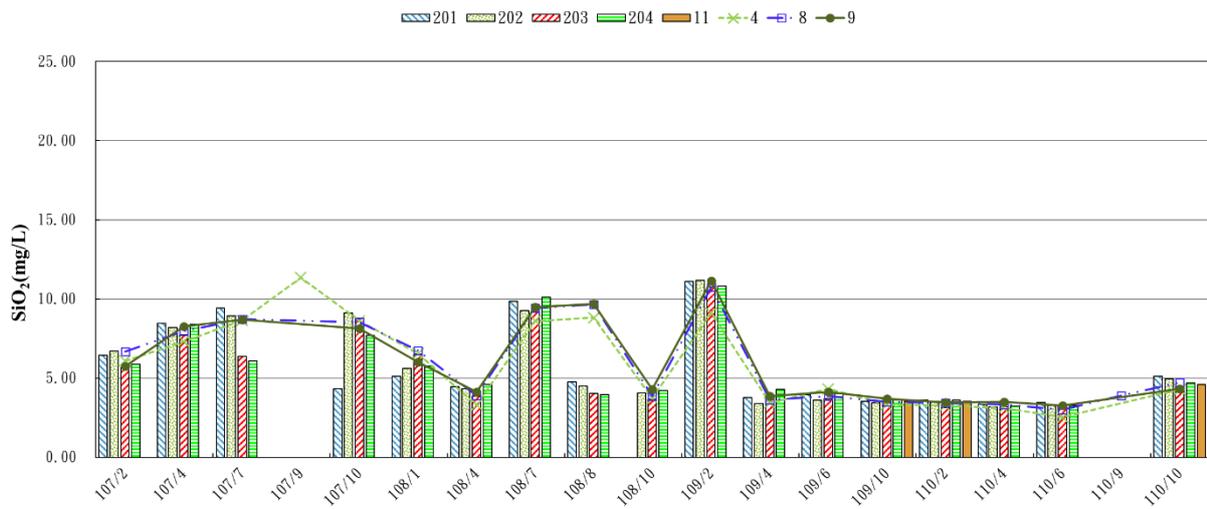
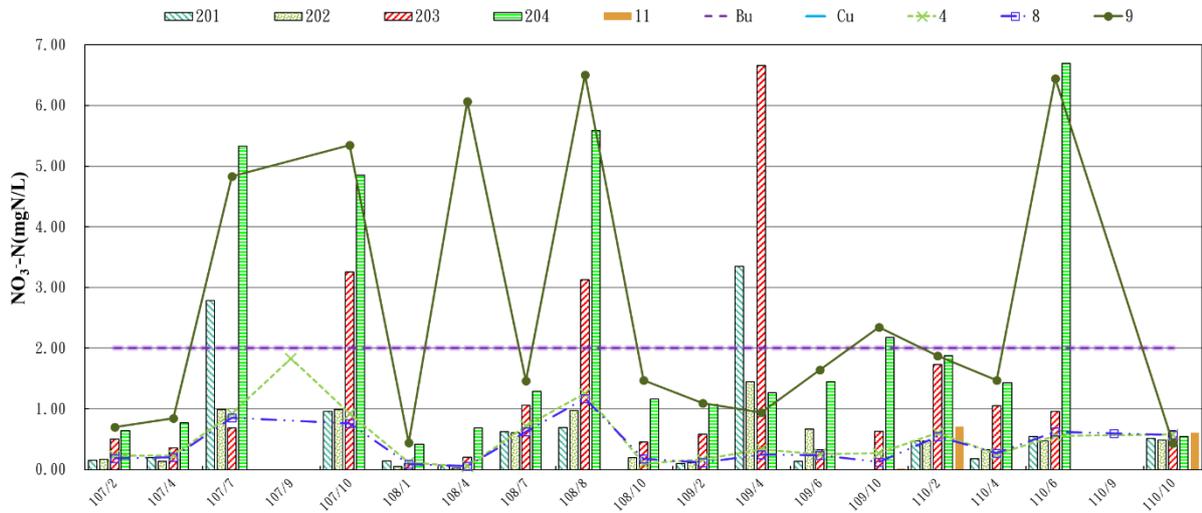
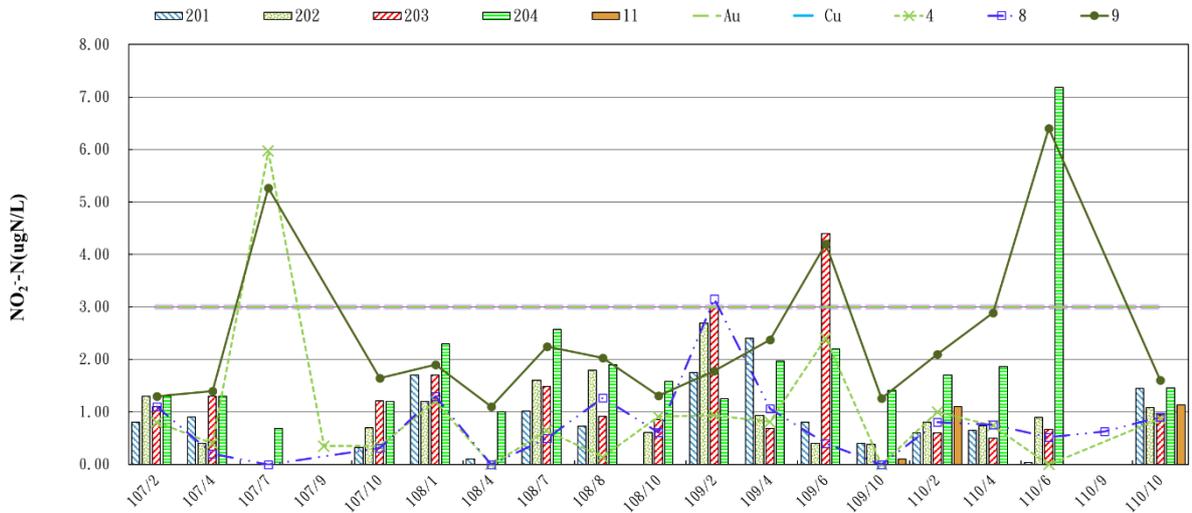


圖 3-62 羅葉尾溪與司界蘭溪 SiO₂ 值變化
(資料來源：本研究資料)



Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存硝酸鹽濃度上限(2 mg/L)
 Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準硝酸鹽濃度上限(15 mg/L)

圖 3-63 羅葉尾溪與司界蘭溪 NO₃⁻-N 值變化
 (資料來源：本研究資料)



Au：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準亞硝酸鹽濃度上限(3.0 ug/L)
 Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準亞硝酸鹽濃度上限(30 ug/L)

圖 3-64 羅葉尾溪與司界蘭溪 NO₂⁻-N 值變化
 (資料來源：本研究資料)

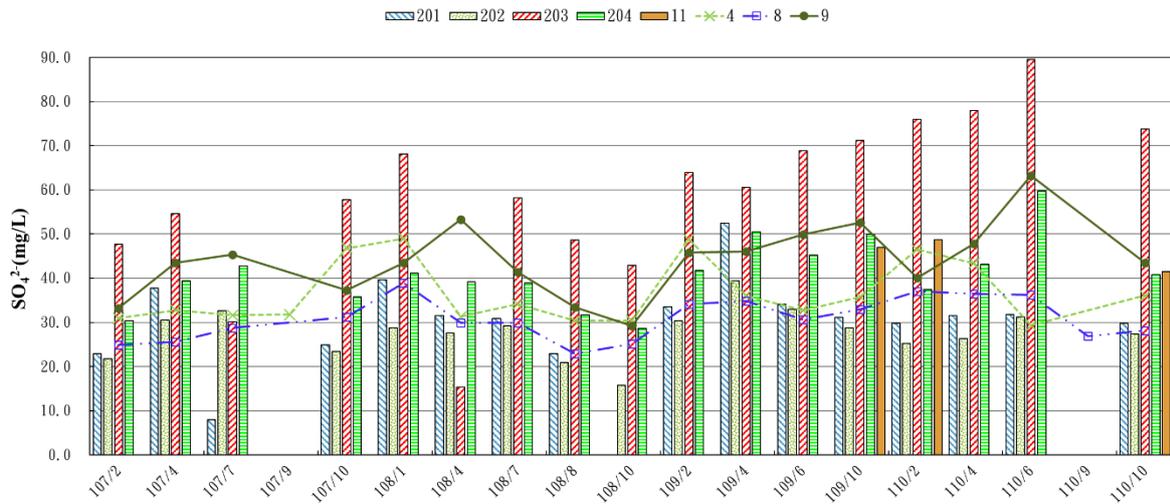
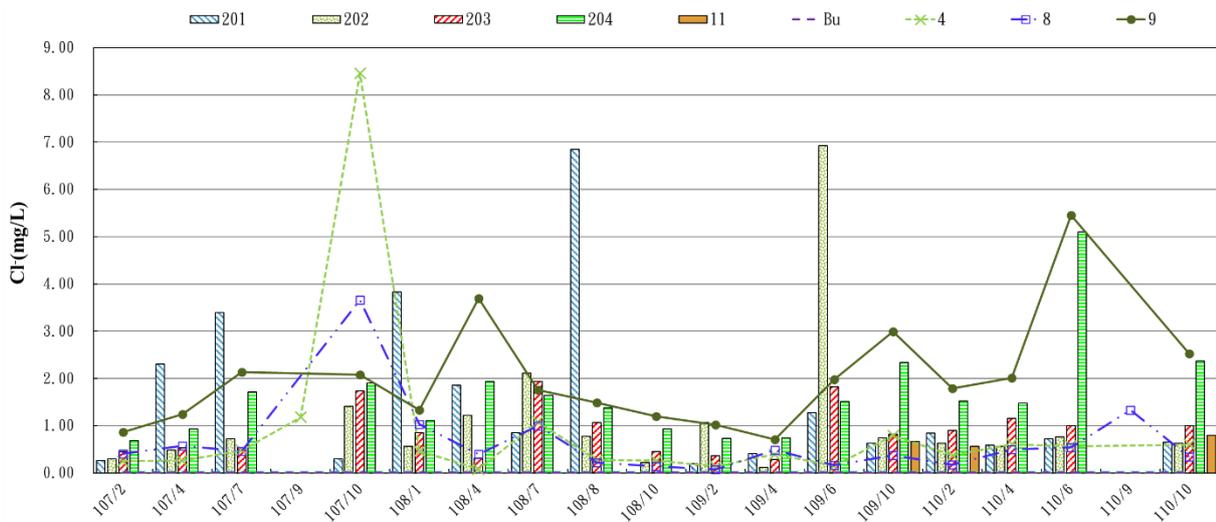
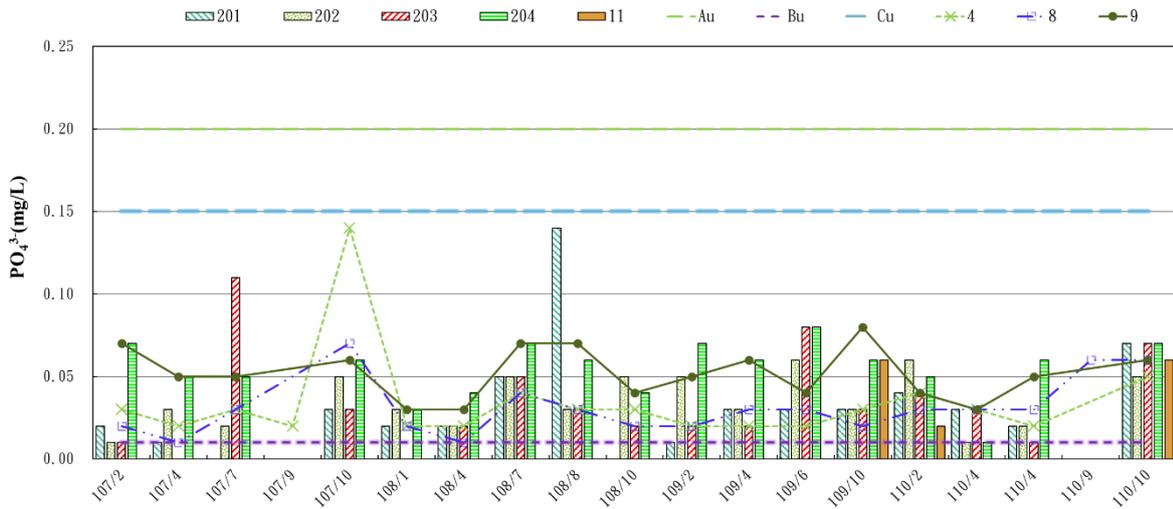


圖 3-65 羅葉尾溪與司界蘭溪 SO_4^{2-} 值變化
(資料來源：本研究資料)



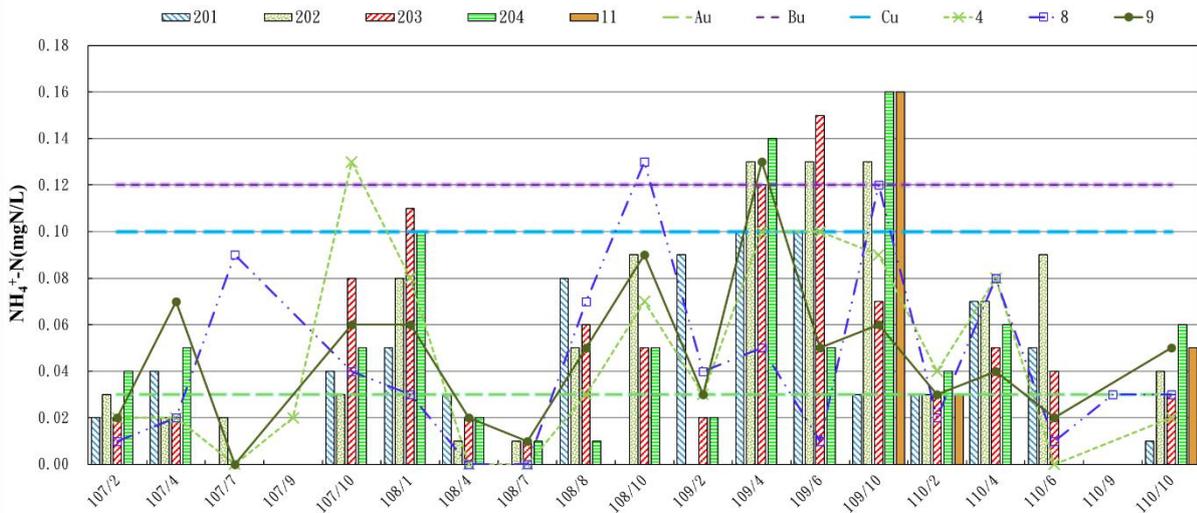
Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存氯鹽濃度上限(0.01 mg/L)

圖 3-66 羅葉尾溪與司界蘭溪 Cl^- 值變化
(資料來源：本研究資料)



Au：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準磷酸鹽濃度上限(0.2 mg/L)
 Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存磷酸鹽濃度上限(0.01 mg/L)
 Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準磷酸鹽濃度上限(0.15 mg/L)

圖 3- 67 羅葉尾溪與司界蘭溪 PO₄³⁻值變化
 (資料來源：本研究資料)



Au：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準氨氮濃度上限(0.03 mg/L)
 Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存氨氮濃度上限(0.125 mg/L)
 Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準氨氮濃度上限(0.1mg/L)

圖 3- 68 羅葉尾溪與司界蘭溪 NH₄⁺-N 值變化
 (資料來源：本研究資料)

第三章 水質監測

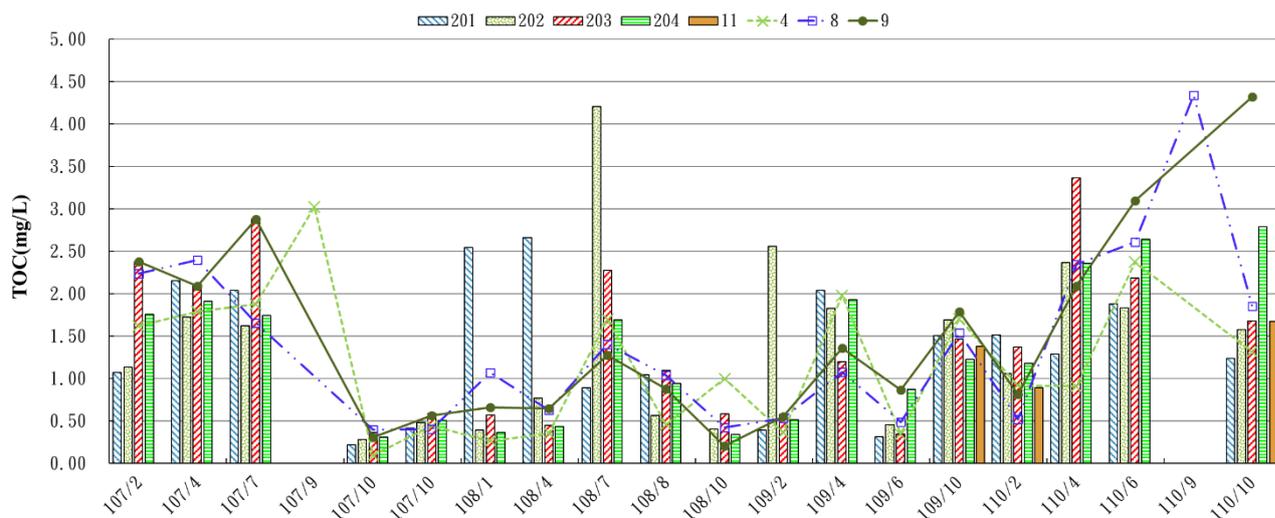


圖 3-69 羅葉尾溪與司界蘭溪 TOC 值變化
(資料來源：本研究資料)

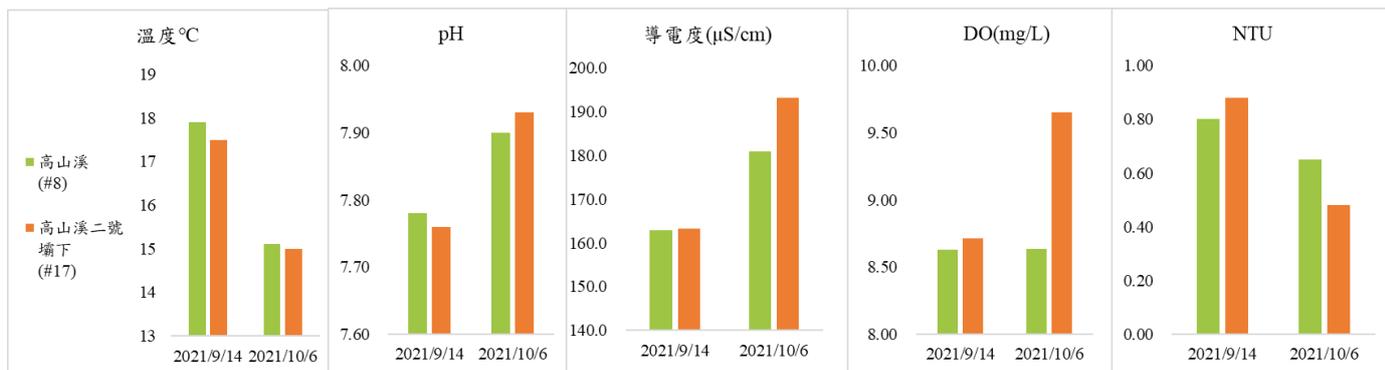


圖 3-70 高山溪殘材壩改善前後比較(溫度、pH、導電度、DO、NTU)
(資料來源：本研究資料)

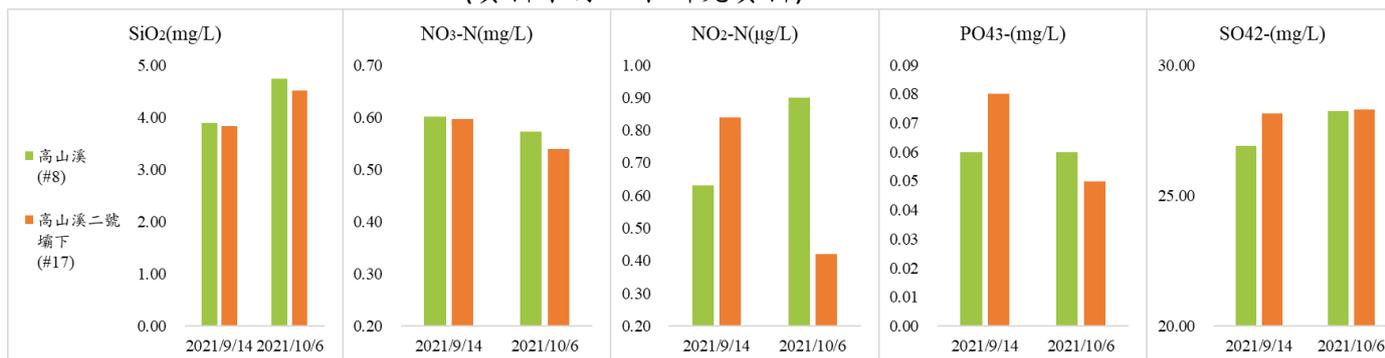


圖 3-71 高山溪殘材壩改善前後比較(矽酸鹽、硝酸鹽、亞硝酸鹽、磷酸鹽、硫酸根)
(資料來源：本研究資料)

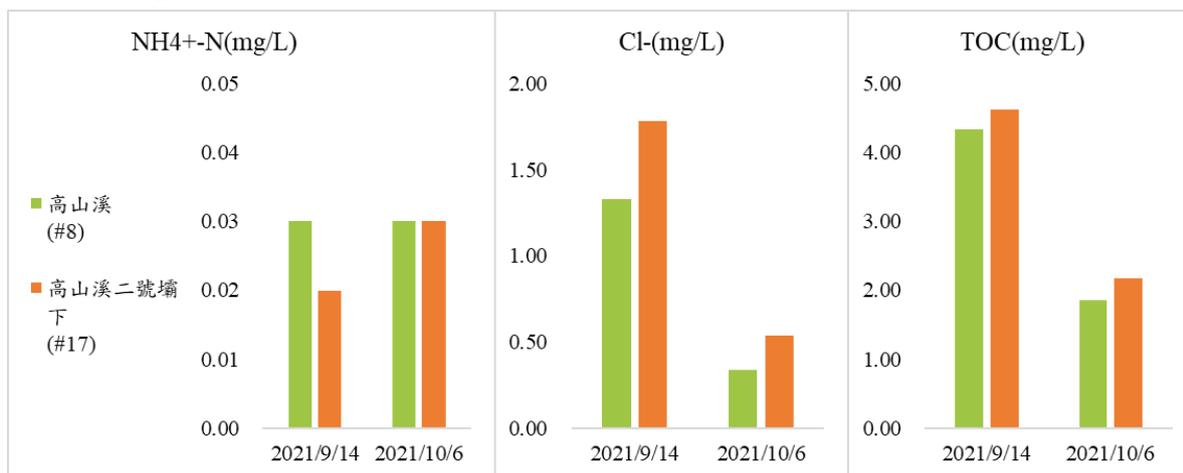


圖 3-72 高山溪殘材壩改善前後比較(氮氮、氯離子、總有機碳)
(資料來源：本研究資料)

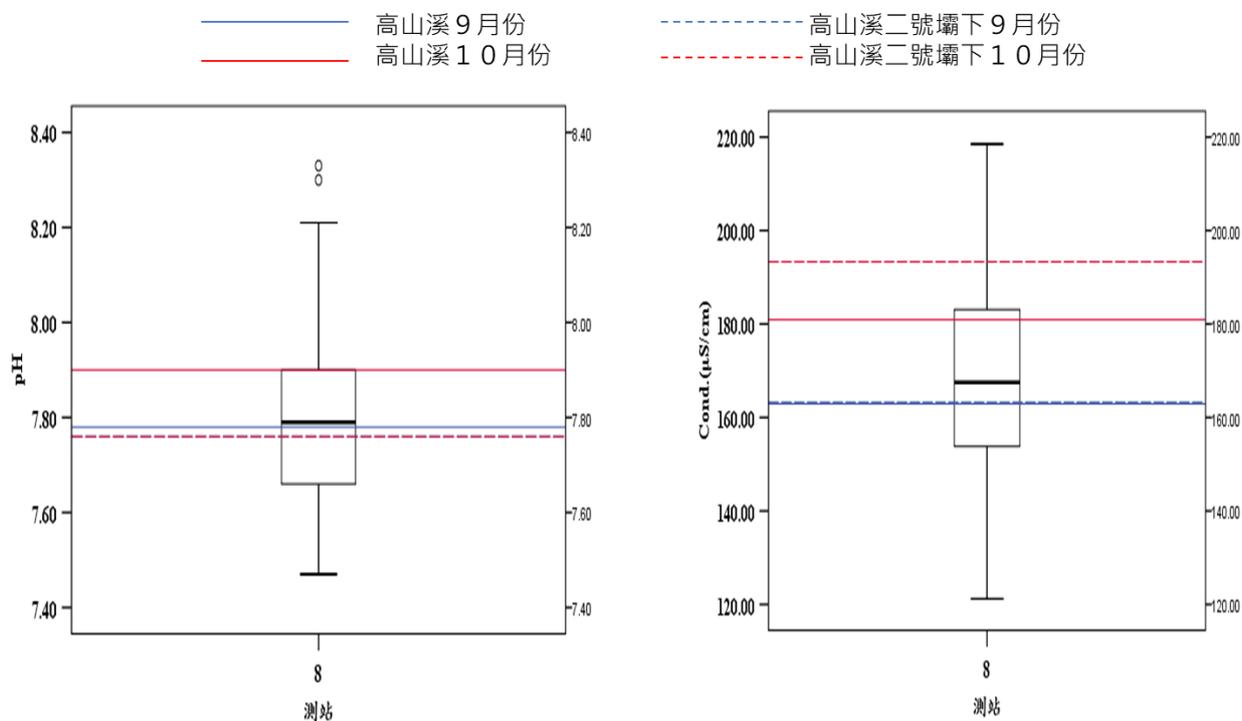


圖 3-73 高山溪殘材壩拆除前後盒鬚圖比較(pH、導電度)
(資料來源：本研究資料)

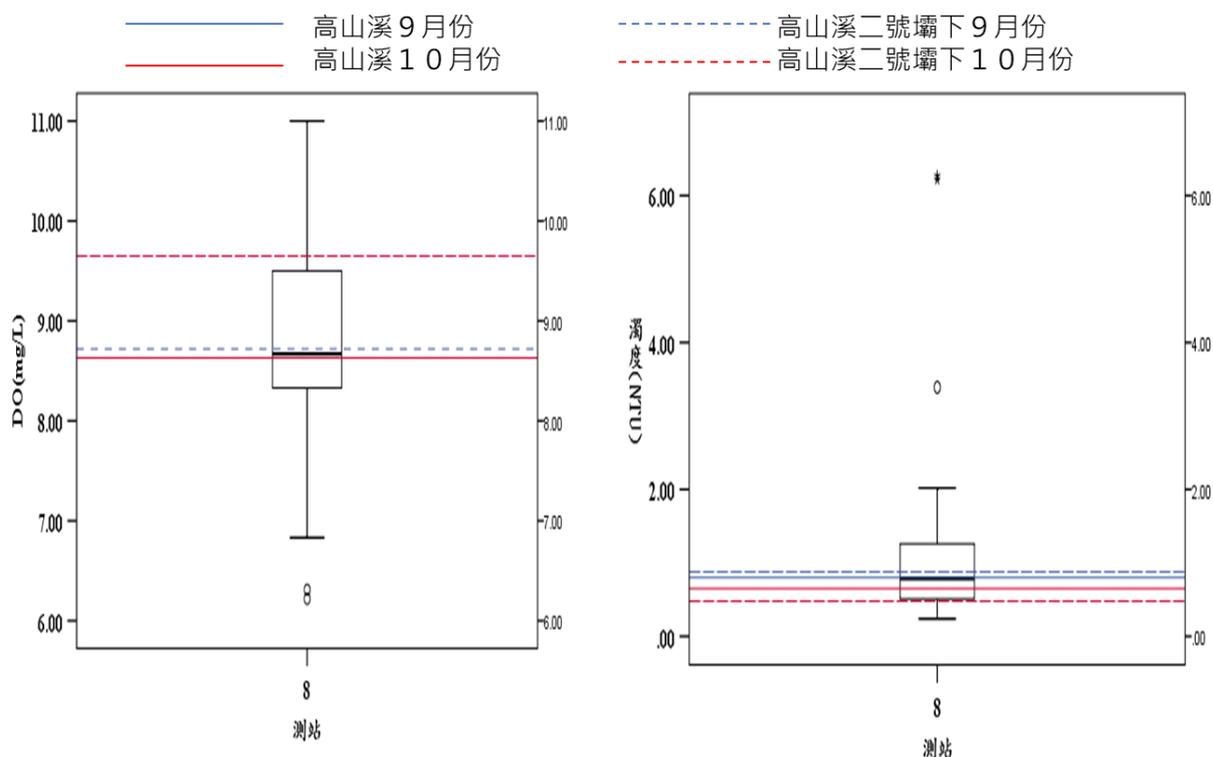


圖 3-74 高山溪殘材壩拆除前後盒鬚圖比較(DO、NTU)
(資料來源：本研究資料)

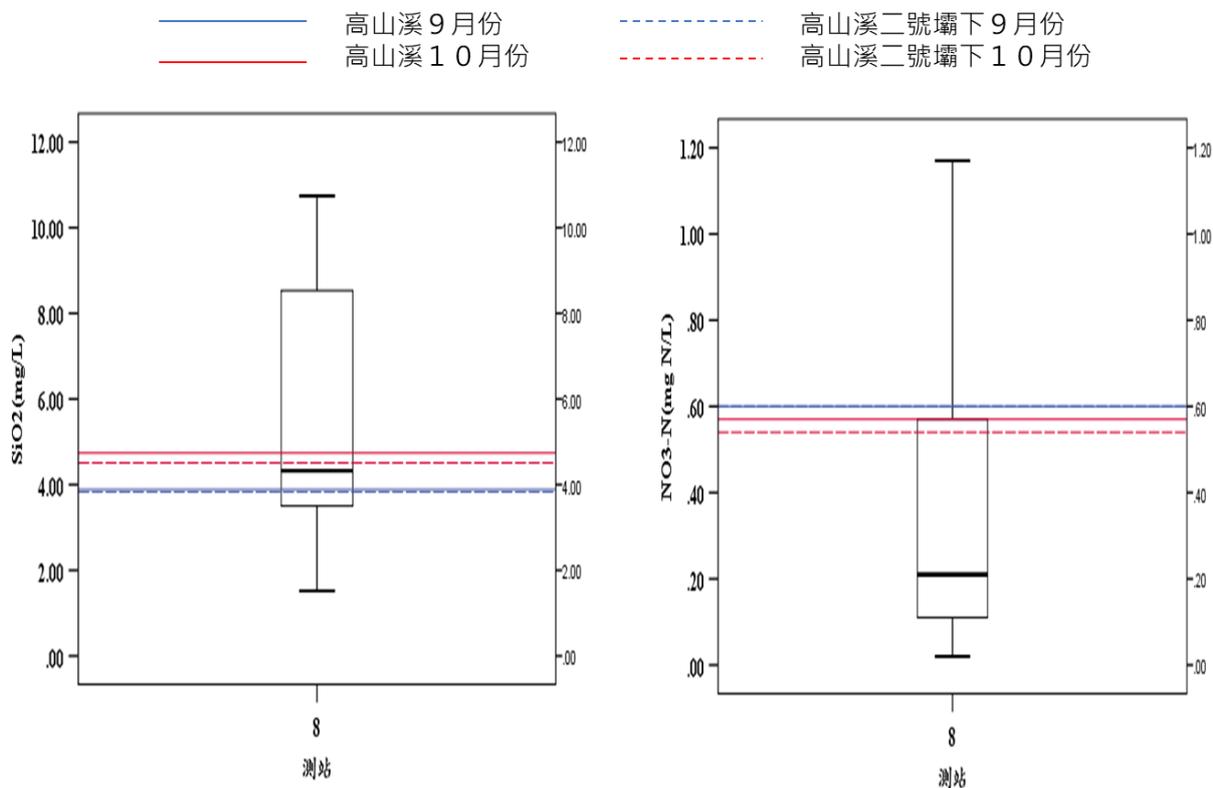


圖 3-75 高山溪殘材壩拆除前後盒鬚圖比較(矽酸鹽、硝酸鹽)
(資料來源：本研究資料)

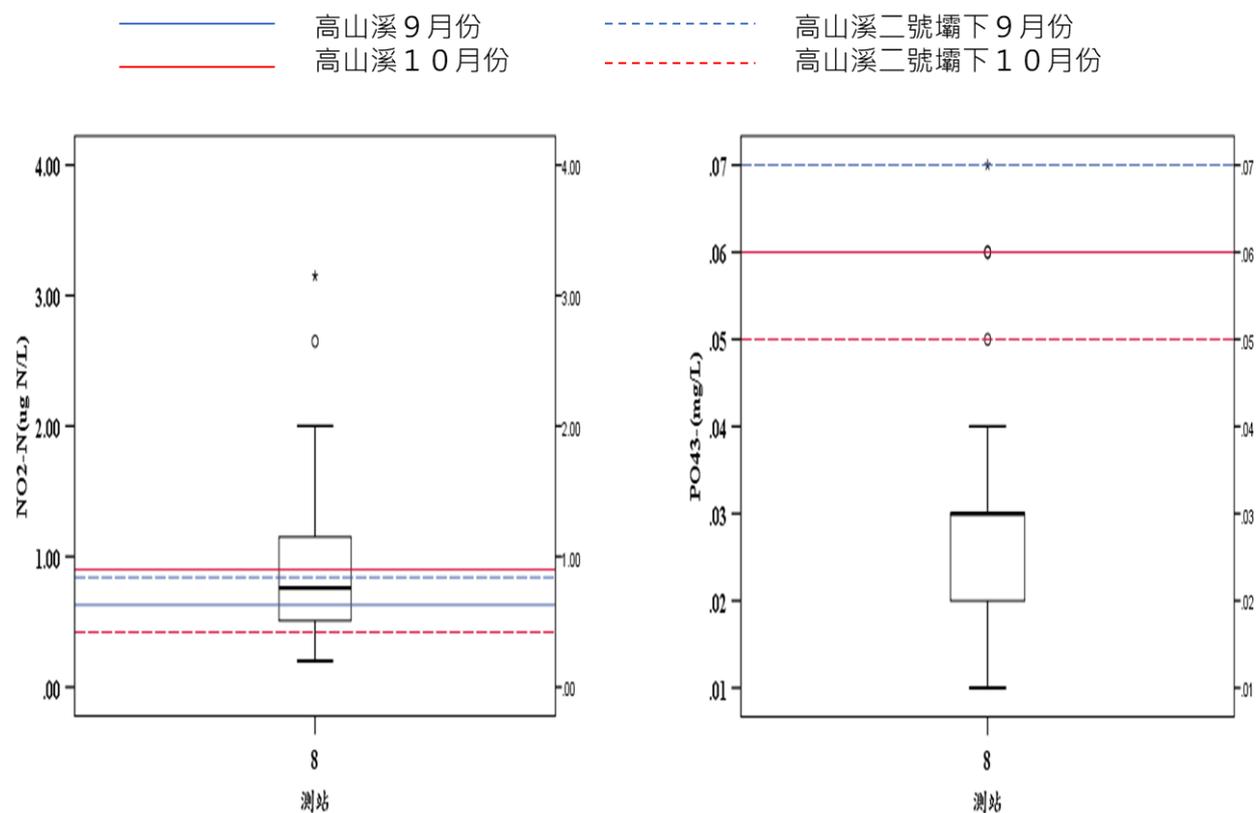


圖 3-76 高山溪殘材壩拆除前後盒鬚圖比較(亞硝酸鹽、磷酸鹽)
(資料來源：本研究資料)

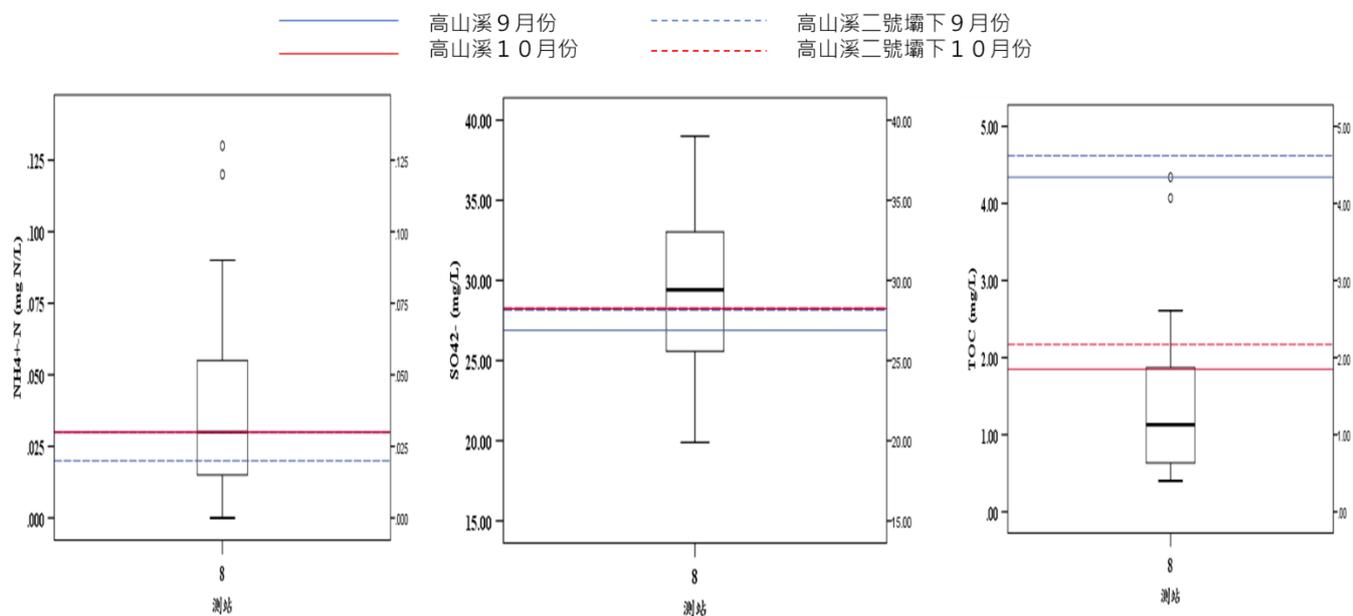


圖 3-77 高山溪殘材壩拆除前後盒鬚圖比較(氨氮、硫酸根、總有機碳)
(資料來源：本研究資料)

第四章 水棲昆蟲研究

郭美華、丘明智、陳昭汝、王惇彥、謝宗澤

國立中興大學昆蟲學系

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的臺灣櫻花鉤吻鮭 *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年被政府列入瀕危絕種的保育名錄中，皆顯示對臺灣櫻花鉤吻鮭的保育工作是其可持續生存顯為重要。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也可以提供重要的見解。本計畫長期監測武陵地區大甲溪上游七家灣溪流域及有勝溪流域壩體改善後溪流水棲昆蟲群集，因過去研究團隊監測調查發現高山溪二號防砂壩有殘材壩阻斷臺灣櫻花鉤吻鮭洄游通道，因此110年高山溪二號防砂壩之改善工程前後調查水棲昆蟲群集，以期了解改善成效。

二、研究方法及過程

2021年的1月、4月、7月及10月於桃山西溪、七家灣溪、高山溪、有勝溪及羅葉尾溪九個採樣監測站，並於1月增加司放流棲地司界蘭溪下游調查；9月及10月增加高山溪二號壩改善前後調查。以定面積的舒伯氏水網在河域中採樣，每一樣點取樣六次，並且合併計算進行資料分析。持續收集並建置永久測站的水棲昆蟲生態資料庫，以密度、生物量、多樣性指數、快速生物評估法II(RBPPII)及多元尺度分析(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集結構變動。水棲昆蟲長期動態與流量資料整合分析:以2003-2020間於桃山西溪、觀魚台、高山溪、繁殖場、有勝溪測站採樣之水棲昆蟲資料，分別以豐度、EPT 豐度、大型食餌豐度來代表各樣站水棲昆蟲群集資料。使用快速離散傅立葉變換(the Discrete Fast Fourier Transforms, DFFT)量化52年來(1967-2018)七家灣溪之日流量時間序列並分解出季節性與年度性兩部分流態變化，再利用此流量資料與長期季節趨勢之間的殘差值(觀測值-季節趨勢的期望值)，定義出高於殘差分布兩個標準差之流量事件為災難性事件例如洪水與乾旱。透過多變量狀態空間自回歸模型(Multivariate Autoregressive State-Space model MARSS) 分析災難性事件(洪水與乾旱)與水棲昆蟲群集(豐度、EPT 三目豐度、大型食餌豐度)間之關係。

三、重要發現

本年度採樣調查水棲昆蟲共計有68分類群(taxa)，分屬6目41科。由連續多年數據(2003至2021年)看出，水棲昆蟲密度及大型昆蟲食餌，幾乎以每年年初為高峰，然2017年及2018年以4月及10月為高峰，2019-2020年回復為年初高峰，2021年以7月為高峰。各測站的多樣性指數於各年變化區間相似。快速生物評估法II(RBPPII指數)評估2021年1月各測站棲地無損害、4月#3二號壩測站、#9有勝溪收費口測站及#12一號壩上游測站棲地為中度損害，7月#2桃山西溪測站、#3二號壩測站、#4觀魚台測站棲地為中度損害、10月#9有勝溪收費口測站及#13一號壩下游測站棲地為中度損害。

司界蘭溪下游測站於 2021 年 1 月採獲 25 個分類群(Taxa)，分屬 5 目 17 科。水蟲密度為 4678(個體數/平方公尺)，大型昆蟲食餌密度為 779(個體數/平方公尺)；生物量 3407(毫克/平方公尺)；多樣性指數值為 3.2 且高於 2005 年 8 月至 2012 年 10 月司界蘭溪下游之範圍(在 1.3~2.4 之間波動)，也與今年 2021 同時期的#8 高山溪之 3.12、#4 觀魚台之 3.00 為高，落在武陵地區各測站之數值上下限範圍內；但 RBPII 數值為 0.47，棲地評比為中度損害。

2021 年 9 月 14 日進行#17 高山溪二號壩下游改善前調查，採獲 30 個分類群(Taxa)，分屬 5 目 22 科，壩體改善前各監測數值皆在武陵地區各測站之上下限範圍內且棲地無損害；壩體改善後於 10 月 7 日進行調查，採獲 17 個分類群(Taxa)，分屬 5 目 13 科。棲地為中度損害且水蟲密度、大型食餌、生物量及多樣性指數皆低於所有測站。

在這項研究中，記錄超過 52 年 (1967-2018) 的長期流量數據揭示了對極端洪水事件的生態回應，我們使用快速離散傅立葉變換 (DFFT) 檢查溪流中的長期季節性信號，識別出最大殘差年 (高流量)。使用多變量狀態空間自回歸 (MARSS) 模型分析災難性事件 (洪水和乾旱) 與水棲昆蟲群集的三種豐度 (密度、大型食餌、EPT 三目) 之間的關係。結果表明，雖然這些水棲昆蟲群集是同步的動態，但不受極端洪水的顯著影響。

四、主要建議事項

根據研究發現，本研究針對水棲昆蟲研究，提出下列具體建議。

1. 立即可行性建議：

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

近十年來觀察到的前所未有的流量變化超過了自然變化的程度，以至於它被廣泛認為是一個主要的環境問題。使用生物指標對環境監測至關重要。歷史分析表明目前此處的大型無脊椎動物群集不受氣候變化的影響。然而，七家灣溪是臺灣櫻花鉤吻鮭重要保護地。氣候變遷的 21 世紀極端洪水的規模和頻率增加了，長期的水棲昆蟲數據可以為評估氣候影響，提供有價值的基礎線。通過長期和多地點研究，可以更有效地預測生物如何回應氣候變化。建議每年四次(二月、四月、六月、十月)於固定樣站：桃山西溪、觀魚台站、繁殖場、高山溪、有勝溪站等 5 個樣站為優先考量。若經費不足至少每年二月、十月做一次監測。

2. 中長期建議：

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、中央研究院生物多樣性研究中心

建立與國際接軌的武陵地區生態資料庫，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的參考。

ABSTRACT

The *Oncorhynchus masou formosanus* (Jordan and Oshima, 1919) in Cijiawan brook 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. The main goal of this research includes long-term monitoring of aquatic insects and the surber sampler was used to collect six samples of aquatic insects along the streams at the 9 sampling sites were collected during the months of January, April, July and October, 2021. 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. In this study were conducted on the survey of aquatic insects by Surber sampler at 11 sampling sites in 2021. During one year of study, 68 taxa of aquatic insects belong to 41 families, within 6 orders were found. We found that abundance, large-sized peak and biomass of aquatic insects were present in January or February almost every year. Similar ranges of Shannon-Wiener's index appeared among years. As the habitat quality of the Wuling area streams were assayed by the rapid bioassessment protocol II (RBPII), the evaluations of the Wuling area were between non-impaired and moderately 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 the Cijiawan Stream and Gaoshan Stream shifted to the same trends, and, from year 2009 to 2021, 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, and the long-term implications of dam removal for macroinvertebrate communities recovered 4 years after the dam removal in the Cijiawan Stream. The improvement of dams has shown spatial effects in recent years. In January 2021, we have collected 25 taxa of aquatic insects belong to 17 families, within 5 orders and habitat quality the evaluations of the Sijielanxi stream were moderately impaired. One debris dam, was present within our study area in the Gaoshan Stream. The density, large-sized prey, and biomass of aquatic insects decreased immediately after dam removal. Shannon-Wiener's index were all the most poor at site #17 of the Gaoshan stream, and habitat quality the evaluations were moderately impaired. The long-term streamflow data which recorded over 52 years (1967-2018) to reveal the ecological responses to extreme flooding events, we used the Discrete Fast Fourier Transforms (DFFT) to identify the maximum annual residuals (high-flow) from the long-term seasonal signal in the streams examined. To analyzed relationship between catastrophic events (floods and droughts) and the three abundance of aquatic insect community (density, large-sized prey, EPT orders) used Multivariate Autoregressive State-Space (MARSS) models. Results indicate that although these aquatic insect community are synchronous community dynamics with not significantly affected by extreme floods.

This project comes to the long-term strategies.

1. For immediately strategies :

The unprecedented flow discharge observed during recent decade exceed natural variability to such an extent that it is widely recognized as a major environmental problem. The use of bioindicators is essential for environmental monitoring. Historical analyses showed macroinvertebrate communities have not impacts of climatic changes. However, Shei-Pa National Park is an important sanctuary for the *Oncorhynchus masou formosanus*. Climate change increases the magnitude and frequency of extreme floods, longer term aquatic insects data can also provide valuable baselines for assessing climate impacts. Through long-term and multiple sites research leading to more efficient anticipating of how organisms respond to climate change.

2. For long-term strategies:

第四章 水棲昆蟲研究

Establish an ecological database of international standards for Wuling area, and provide scientific information on ecological research as a reference for the establishment of the *Oncorhynchus masou formosanus* conservation measures and Wuling area management strategy.

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

一、前言

武陵地區的溪流生態系是國寶魚臺灣櫻花鉤吻鮭的棲息地，而國寶魚是一種嗜食昆蟲的魚類，長期進行此處的水棲昆蟲研究有其必要性及具重要意義。從 2003 年開始，雪霸國家公園管理處推動武陵地區長期生態研究計劃架構，希望透過大空間、大時間的尺度，跨學門資料整合共享的方式，來了解生態系統間能量的移動情況，並希望能建立完整的環境變遷預測模式。2009 年起邁入生態系統的經營管理，在 2011 年 5 月完成七家灣溪一號防砂壩改善工程，但此生態系也面臨農業肥料、農藥、遊客干擾、颱風暴雨、棲地破壞甚至全球氣候變遷等問題。本研究為延續性的工作，並探討生物間以及生物與環境間的變化機制與生態效應。今年計畫目標為武陵地區溪流、放流棲地及高山溪二號防砂壩之改善工程前後掌握水棲昆蟲群集動態變化，期望透過長期監測之科學數據及資料，瞭解武陵地區水棲昆蟲群集結構變動，並研擬臺灣櫻花鉤吻鮭之保育措施及武陵地區經營管理策略。

(一) 水棲昆蟲研究現況

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，是相當重要的生物因子，在農委會與雪霸國家公園管理處支持下，陸續有武陵地區水棲昆蟲相關生態的研究報告(黃 1987；楊等 1986；楊及謝 2000)。目前武陵溪流水棲昆蟲可達 6 目 42 科 73 分類群(taxa)，與 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 57~73 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，農業區下游的#4 觀魚台測站於 2006 年農地回收後，水棲昆蟲數量及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#3 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(Chiu et al., 2016)。由連續 10 年以上(2003 年至 2017 年)水棲昆蟲數量的研究數據顯示，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的比例下降(郭 2010，Chiu and 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，影響來年水棲昆蟲組成拓殖回復的方向。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、成蟲羽化的組成再次顯現颱風季節對昆蟲群集結構及組成的影響(郭，2008)，而由歷年大型食餌數據也證實了洪流對昆蟲群集結構及組成的衝擊(郭，2009)。就整體趨勢而言，若當年度有發生洪水，將導致來年年初大型食餌密度下降(Chiu and Kuo, 2012)。

整合 10 年來(2003-2012)武陵地區水棲昆蟲對能量的利用情形，發現水棲昆蟲 5 個取食功能群的群集組成都存在，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，其他取食功能群的組成皆佔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)。

(二) 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，流量為武陵地區溪流生態系主要驅動力，對溪流生態系造成連鎖的骨牌效應(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上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)。2003~2017年以快速生物評估法II(Rapid Bioassessment ProtocolII, RBPII) (Plafkin et al., 1989)作為棲地評比標準，並以武陵地區的#8高山溪為無干擾參考站。各測站於流量暴增後，其評等往往都會趨向劣化，可能由無損害降至中度損害，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的抗急流的物種居多，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)。水棲昆蟲密度以每年年初為高峰。颱風季此處溪流遭受損害而影響溪流中的生物，水棲昆蟲密度下降的每年的低點，RBPII結果顯示武陵地區棲地無損害轉為中度損害。洪流擾動過後，物種可能大量減少，進而造成物種多樣性的降低，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，年終至來年年初的持續拓殖回復，物種數的增加的確會多樣性上升，具正相關，而小型且生活史短的物種，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、頻度及強度的常態與否，則決定正向或負向影響(Chiu and Kuo, 2012)。

每年的7至9月為臺灣的颱風季，探討颱風季前後影響鮭魚族群變化的相關因子為何？將2004至2015年12年資料，每年6月及10月鮭魚數量為反應變數(Y)，每年6月及10月平均大型食餌水昆數量、pH、溶氧、導電度、濁度、水溫、雨量、流量等8個因子為解釋變數(X_k ，第k個)。12年的資料顯示，鮭魚族群數量平均有3000多尾，每年颱風季後鮭魚族群數量大多呈現下降約30%至50%不等的趨勢，僅2009年至2011年及2014年為上升的趨勢。颱風季前沒有任何相關因子可解釋變異，颱風季後大型食餌水昆為解釋颱風季後鮭魚族群變異的主要因子，其次為導電度、pH、濁度及水溫。颱風可能影響鮭魚數量的上限，水昆則可調控鮭魚數量，颱風也會影響水昆，然而增強了水昆調控鮭魚的力量。我們的研究確定颱風季後大型食餌水昆、導電度、pH、濁度及水溫是研究臺灣臺灣櫻花鉤吻鮭族群變動背後的驅動因素(郭2017)。

(三) 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，等同遭受洪水的衝擊，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)，長期效應為4年(郭2018; 2019)。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。#13 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，更下游的#5 繁殖場測站相較的下僅遭受細顆粒物質衝擊及掩蓋(葉 2011)，結果的確也顯示出#13 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#5 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#5 繁殖場測站，淤積明顯(王 2012)，由離一號壩較遠的#4 觀魚台測站及#5 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)。六年連續監測發現，每年的多樣性波動範圍已逐漸縮小，顯示逐漸有回穩的趨勢(郭 2017)。2015~2019 年的資料顯示，壩體上下游之分界不若以往明顯，MDS 分析顯示壩體改善後由上而下流域暢通的空間效應(郭 2019)，並定義七家灣溪一號壩改善工程的長期效應回復指標為大型食餌數量高於 1000 昆蟲(個體數/平方公尺)及水棲昆蟲 EPT%大於 75%(郭 2019)。

(四) 武陵溪流藻食者

氣候對水生群集的生物地理結構產生巨大影響，決定生物地理分佈格局的重要因素(Reyjol et al., 2007)，許多證據發現氣候引起的魚類分佈變化(Comte et al., 2013)，氣候變遷影響物種分佈模式的變化通常是水生生態系研究的中心主題，但淡水環境中氣候變遷影響的研究仍然很少(Pletterbauer et al., 2018)。藻食者(grazer)是溪流中一群生活在底質環境，以石附生藻為食的水棲昆蟲。在溪流底棲生態中，石附生藻是最主要能將陽光的能量帶進食物鏈中的生產者，而取食它的藻食者則是扮演著將能量傳遞至更高營養階層的初級消費者，兩者都是食物鏈中不可少的一部份。石附生藻幾乎在溪流環境中的任何地方都會出現，它不僅最為藻食者的食物，更提供許多底棲無脊椎生物重要的棲息微環境。武陵地區溪流中的藻食者水棲昆蟲主要有毛翅目的臺灣黑管石蛾(*Uenoa taiwanensis*)、蜉蝣目的扁蜉蝣(*Rhithrogena ampla*)、雙翅目的搖蚊(*Chironomidae* spp.)、鞘翅目的圓花蚤(*Cyphon* spp.)等(Chiu et al., 2016)。根據武陵地區溪流的長期生態監測，溪流環境中最主要的驅動因子—流態(flow regime)，具有主導石附生藻以及藻食者的功能。夏季時絲狀綠藻大量發生，但是藻食者只取食一小部分的絲狀綠藻。然而冬季及春季時，溪流中多數是矽藻，藻食者藻食了許多矽藻。我們觀察到冬季水棲昆蟲數量達高峰，大量發生的藻食者群集，取食了許多的石附生藻，但是因為藻類生長得更加快速，所以藻類群集同樣在冬季時達到頂點(Chiu et al., 2016)。

武陵地區溪流有三種優勢的毛翅目昆蟲分別屬於不同取食功能群，黑頭流石蛾

(*Rhyacophilidae nigrocephala*)屬於捕食者、臺灣黑管石蛾(*Uenoidae taiwanensis*)屬於刮食者及角石蛾(*Stenopsyche* sp.)屬於濾食者(林等 2012)。然而此地區溪流近 50 年來出現極端洪流的年度, 2004, 2005, 2007, 2008, 於 2005 年為最大, 日流量達到 609 m³s⁻¹ (Chiu and Kuo, 2012), 此三種毛翅目昆蟲數量在極端洪流後皆明顯下降。三種毛翅目水蟲的生活週期類似, 卵、幼蟲、蛹在水域, 羽化為成蟲在陸棲。體型大小不一, 體型大者生活週期較長。壩體改善對毛翅目大型物種濾食者角石蛾影響為一年、中型物種捕食者黑頭流石蛾影響不大、小型物種刮食者臺灣黑管石蛾沒有影響, 前一個月平均日流量對其族群變動皆為負影響(郭 2019)。這三種石蠶蛾面對現今氣候變遷下的洪水來臨時的生物反應, 並沒有相關文獻報導。洪水發生後此三種石蠶蛾數量下降比例不同, 臺灣黑管石蛾更是在 2006 年完全消失。前一年最大日流量對刮食者臺灣黑管石蛾年族群變動為負影響, 解釋變異為 48% ; 年平均流量對捕食者黑頭流石蛾年族群變動為負影響, 解釋變異為 38% ; 年平均流量及前一年最大日流量對濾食者角石蛾年族群變動為負影響, 解釋變異為 73% (郭, 2019), 還有其他的原因存在, 需待進一步研究探討。Brewin 等人 (1995)曾發表特大規模洪水事件, 使得喜馬拉雅山的水棲昆蟲物種密度及種豐富度大幅下降; Robinson 等人 (2004)在瑞士進行的實驗性質的洪水實驗, 水棲昆蟲密度下降 14%到 92%。極端洪水最終導致物種密度及豐富度大幅下降是不爭的事實(Robinson et al., 2004; Suren and Jowett, 2006)。

Taira and Tanida (2013)報告指出一些流石蛾屬 *Rhyacophila* 幼蟲有不尋常的行為和形態, 反應了利用伏流區(hyporheic zone)的能力。我們認為捕食者黑頭流石蛾其不築固定巢的行為特性, 易於利用扁平的頭部、細長有彈性的腹部、短胸足及細長的肛門原足, 潛入伏流區(hyporheic zone) 避難抵抗洪水, 族群變動相較於另兩種石蠶蛾族群變動有較好的抗性(resistance)與回彈力(rebound rate)表現。築固定巢的濾食者角石蛾及刮食者臺灣黑管石蛾, 面對洪水是否也能利用伏流區避難, 有待進一步研究。水棲昆蟲面對洪水時的適應手段, 主要為生活史策略及改變行為(Lytle and Poff, 2004), 有一種石蠶蛾 *Phylloicus aeneus* 可與洪水發生時間同步並縮短其生活史, 能以成蟲階段逃離洪水發生的惡劣環境, 進而降低死亡率(Lytle, 2002)。此外自然環境提供的避難所, 例如: 有機碎屑構築的堤壩、較深且有縫隙的棲息地, 皆能減少洪水對水棲昆蟲的影響(Townsend et al., 1997)。

石蠶蛾在溪流中密度下降不只影響臺灣櫻花鉤吻鮭, 也會影響到此地生態系中其他頂級掠食者, 例如褐河烏(*Cinclus pallasii*) (Chiu et al., 2008)。大型的毛翅目幼蟲為七家灣溪褐河烏偏好給雛鳥的獵物, 且在育雛後期這種偏好大型獵物的狀況越明顯, 繁殖季餵食雛鳥的獵物以毛翅目幼蟲為主(約 50%), 其次為蜉蝣、積翅目, 再來是雙翅目, 也會捕捉臺灣臺灣櫻花鉤吻鮭的幼鮭餵飼雛鳥 (Chiu et al., 2009)。褐河烏於非繁殖季取食了較多雙翅目, 無論繁殖季或非繁殖季時都會取食高比例的蜉蝣目(江等 2015)。褐河烏數量和水棲昆蟲群集結構有高度相關, 兩者都和流量呈現負相關, 洪水造成水棲昆蟲數量減少, 數量又無法在短期恢復, 使褐河烏沒有足夠食物育雛, 間接影響褐河烏族群, 發生在颱風季的洪水也會通過溪流生態系中的自下而上效應, 直接衝擊褐河烏, 造成族群數量驟減, 而為了躲避洪水危害, 褐河烏會遷移到附近溪流有勝溪避難, 待水退去再回到原本的溪流 (Chiu et al., 2009; Hong et al., 2012; Hong et al., 2016) 。然而不只此類頂級掠食者, 溪流生態系裡各物種皆會因為毛翅目昆蟲下降受到衝擊, 進而對濱岸生態系造成影響, 監測具衡量氣候變遷影響的指向性物種, 即此三種石蠶蛾物種的遺傳、族群在受

到環境重大變化時的族群變動，而非單純的生物指標，期望面臨不同的和不斷變化的環境壓力，氣候變化等快速短時間突發起強烈的回應作用，提供給保育當局日後評估經營管理策略作業參考(郭 2019)。

二、材料與方法

(一) 研究地區

本年度的計劃範圍詳如圖 4-1，水棲昆蟲採樣係以武陵地區為主，包含桃山西溪、七家灣溪、高山溪、有勝溪及羅葉尾溪等設置樣站進行一年四次(1、4、7 及 10 月)，並於 1 月增加司界蘭溪下游(#11)調查、9 月及 10 月增加高山溪二號壩下游(#17)拆除前後調查。溪流底質粒徑多樣，可見淺流、淺瀨亦有部份深潭，河床底質組成有礫石及卵石等，昆蟲研究之底質石大小與棲地類型建議參考子計畫物理棲地研究。分布地點如圖 4-1，描述如下：

桃山西溪測站(#2)於桃山西溪的武陵吊橋前方約 50 公尺處，植被多生長於兩側山壁的上。2020 年 10 月底崩塌地分析，桃山西溪崩塌地 8.97% 為子集水區面積比例最大者(葉，2020)。2021 年 3 月 24 之 4 月 23 武陵吊橋及桃山步道設施修繕工程障礙木擇伐，4 月採樣時，邊坡已填水泥。

二號壩測站(#3)位於武陵地區農業區旁。該 8.1 公頃農用地於 2006 年回收。

觀魚台測站(#4)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。底質以粗石、卵石及碎石及緩流為主，且深潭比例有增加的趨勢，淺瀨比例則與過去相近(葉，2020)。

一號壩往上游約 100 公尺的河段，為一號壩上游測站(#12)及一號壩往下游約 100 公尺的河段處為一號壩下游測站(#13)。一號壩上游近壩體位置因基岩裸露使得地形改變不易，棲地以深潭為主，緩流為輔。底質多為大、小型礫石(葉，2020)。

繁殖場測站(#5)位於高山溪與七家灣溪匯流處，其上游左右岸都屬於岩盤為峽谷地形較無發生崩塌之可能，其下游河道位於轉彎處，有沖淤及不易分流或改道現象，底質相較其他樣站多樣，但棲地類型以緩流為主(葉，2020)。

高山溪測站(#8)位於高山溪一號破壩上游方向 50 公尺，右岸蛇籠護岸及兩岸植被較密，陽光不易透入。底質多為大礫石且坡度大，棲地以急流為主。

有勝溪收費口測站(#9)位於雪霸國家公園入園收費口旁，為有勝溪最下游處的測站。一側為滿布灌木的山壁，另一側緊鄰道路。因防砂壩工程保護，使樣站內粒徑細小，以緩流及深潭為主，防砂壩下游則因壩體影響明顯有護甲現象產生(葉，2020)。

羅葉尾溪測站(#14)為有勝溪上游的測站。河道寬約 5 公尺。該測站區段的濱岸植物生長茂盛並遮蔽部分河道，因此河道的日照稀疏。底質以粗石、卵石為主及棲地類型以緩流為主(葉，2020)。

司界蘭溪下游測站(#11)位於環山部落，下游匯入大甲溪，上游地區種植大片高麗菜園，溪流湍急。底質大、小礫石為主及棲地類型以緩流、淺瀨為主(葉，2020)。

本計畫範圍內所設置的 11 個永久樣站的座標

測站名稱	座標	
#2 桃山西溪測站	E 121°18'27.0"	N 24°23'52.9"
#3 二號壩測站	E 121°18'36.4"	N 24°22'55.7"
#4 觀魚台測站	E 121°18'38.0"	N 24°22'15.0"
#11 司界蘭溪下游測站	E 121°17'2.65"	N 24°19'16.6"
#12 一號壩上游測站	E 121°18'41.9"	N 24°21'48.8"
#13 一號壩下游測站	E 121°18'41.9"	N 24°21'49.8"
#8 高山溪測站	E 121°18'30.5"	N 24°21'28.3"
#5 繁殖場測站	E 121°18'49.8"	N 24°21'16.1"
#9 有勝溪收費口測站	E 121°18'37.9"	N 24°20'50.9"
#14 羅葉尾溪測站	E 121°21'4.30"	N 24°23'40.4"
#17 高山溪二號壩下游測站	E 121°18'20.1"	N 24°21'35.3"

(二) 研究材料及方法

各樣站在 50 公尺範圍內以定面積的舒伯氏水網(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，每一樣點取樣六次。將採獲的水棲昆蟲以水盤承接並置入 70~75 %酒精中，攜回實驗室，將水棲昆蟲由碎屑砂石中挑出，再使用分類檢索資料於顯微鏡下鑑定出分類群(taxa) (Kang, 1993; Kawai and Tanida, 2005; Merritt et al., 2008) ，並合併計算出單位面積內之密度並以時間動態呈現其變化。

根據 Liao 等人於 2012 發表鮭魚胃內含物催吐的研究結果，鮭魚大小與所食入的水棲昆蟲可分為兩群。體型大於 1 公分以上的那群定義為大型昆蟲食餌(Liao et al., 2012)，包含蜉蝣目(蜉蝣科、扁蜉蝣科)、毛翅目(角石蛾科、流石蛾科、網石蛾科、弓石蛾科)、襀翅目(石蠅科)及雙翅目(大蚊科)等 4 目 8 科 19 分類群(詳述如下表) ，計算單位面積內之大型昆蟲食餌密度並以時間動態呈現其變化。

鮭魚大型昆蟲食餌名錄(4目8科)

目名	科名	種(屬)名	功能取食群	
蜉蝣目	扁蜉科 Heptageniidae	<i>Rhithrogena ampla</i>	Scraper	
		<i>Epeorus erratus</i>	Scraper	
		<i>Afronurus floreus</i>	Scraper	
		<i>Nixe</i> sp.	Scraper	
	蜉蝣科 Ephemeroidea	<i>Ephemera sauteri</i>	Collector-gatherer	
毛翅目	網石蛾科 Hydropsychidae	<i>Hydropsyche</i> spp.	Collector-filter	
		<i>Himalopsyche</i> sp.	Predator	
		<i>Rhyacophila nigrocephala</i>	Predator	
		流石蛾科 Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila</i> spp.	Predator
			角石蛾科 Stenopsychidae	<i>Stenopsyche</i> sp.
	弓石蛾科 Arctopsychidae	<i>Arctopsyche</i> sp.	Collector-filter	
積翅目	石蠅科 Perlidae	<i>Neoperla</i> spp.	Predator	
		<i>Gibosia</i> sp.	Predator	
雙翅目	大蚊科 Tipulidae	<i>Antocha</i> sp.	Collector-gatherer	
		<i>Eriocera</i> sp.A	Predator	
		<i>Eriocera</i> sp.B	Predator	
		<i>Dicranota</i> sp.	Predator	
		<i>Tipula</i> sp.	Shredder	
		<i>Erioptera</i> sp.	Collector-gatherer	

Scraper：刮食者 Collector-gatherer：採集採食者 Collector-filter：採集濾食者
Predator：捕食者 Shredder：碎食者

(1) 夏農-威納多樣性指數(Shannon-Wiener's index)

各測站昆蟲的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)。

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

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 = 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。

(2) 快速生物評估法II(Rapid Bioassessment ProtocolII, RBPII)

參考美國環保署的快速生物評估法II(Rapid Bioassessment ProtocolII, RBPII)作為棲地評比標準(Plafkin et al., 1989)，因此本研究地區係以#8 高山溪為無干擾參考站，各測站依據和無干擾參考站的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的整合指標，共有八項生物指標，其分別為：

1. 分類群豐度(taxa richness)，在採樣站所採獲的水棲昆蟲的分類群。
2. Hilsenhoff 生物指標(BI)，與科級生物指標(FBI)相同，唯在分類鑑定上，必須至屬或種的層級。
3. 樣本中刮食者與濾食性採食者個體數的比例(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)豐度的比例(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的和(EPT index)。
7. 群集失落指數：community loss = (d-a)/d，其中 d：在參考站所採獲的全部種類數，a：在採樣站採獲的種類數。
8. 樣本中碎食者與全部個體數的比例(ratio of shredders and total)(Plafkin et al., 1989)。

(3) 生物量

水棲昆蟲群落的生物量(現存量)是溪流生態系結構優劣和功能高低的最直接表現，也是溪流生態系環境品質的綜合表現，而測定水棲昆蟲的生物量對研究鮭魚生長和溪流生態系的生產力是具有重要性的。我們利用武陵地區 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)的相同科級平均體重(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。

(4) 多元尺度分析(Non-metric multidimensional scaling, MDS)

將各站的各分類群的數量以 Log (X+1)轉換以計算 Bray-Curtis 相異係數後，以多元尺度分析(Non-metric multidimensional scaling, MDS)繪製成圖，並以二度空間顯示各測點彼此間的關係。得到圖形的壓縮值(stress)，可信建議值為小於 0.2，以此來推測及判定各測站的關係(Clarke and Warwick, 2001)。

(5) 水棲昆蟲長期動態與流量資料整合分析

以 2003-2020 間於桃山西溪、觀魚台、高山溪、繁殖場、有勝溪等 5 測站，連續 18

年且每年四次採樣之水棲昆蟲資料，分別以豐度、EPT 豐度、大型食餌豐度來代表各樣站水棲昆蟲群集資料。使用快速離散傅立葉變換(the Discrete Fast Fourier Transforms, DFFT)量化台電公司 52 年來(1967-2018)於七家灣溪之日流量時間序列，約 18,980 筆資料量，DFFT 可以將歷史日流量時間序列分解為季節性(seasonal)與年度性(interannual)兩部分流態變化(Sabo and Post, 2008)。透過此方法可以至每日流量的長期觀測資料中提取出季節信號，以利辨認流量資料與長期季節趨勢之間的殘差並計算出殘差值(觀測值-季節趨勢的期望值)，此殘差值亦可視為流態變化之異常值(Anomaly)(Ruhi et al., 2015; Sabo et al., 2017)。因年度性變異中的異常值造成的干擾事件，而非季節性變化更具有生態學意義(Grossman and Sabo, 2010)，並將流量事件之殘差高於殘差分布兩個標準差定義為災難性事件(Sabo and Post, 2008)，例如洪水與乾旱。但事件發生的季節也極為重要，因在生態學中干擾事件的強度取決於其季節基礎流量(Bunn and Arthington, 2002)。

利用 R 套件“discharge”(Shah and Ruhi, 2019)計算 52 年(1967-2018)長期流量資料中的長期季節趨勢，並提取出每年最高與最低之流量殘差事件，代表洪水與乾旱事件所帶來之流態變化，並將這些環境變因作為共變量(covariates)加入多變量時間序列模型(multivariate time series model)。利用 R 套件“MARSS”(Holmes et al., 2014)之多變量狀態空間自回歸模型 Multivariate Autoregressive State-Space model (MARSS)瞭解災難性事件(洪水與乾旱)與水棲昆蟲群集(豐度、EPT 三目豐度、大型食餌豐度)間之關係。

MARSS 被廣泛應用於生態學研究中瞭解生物與非生物因子對族群或群集造成之影響(Hampton et al., 2013)，並且此模型能評估狀態與空間過程之隨機變異。在狀態過程中隨機變異能對未測量之生態與生理參數進行建模，而在空間過程中隨機變異能代表觀測誤差。這在生態學中十分重要，因為觀測誤差會影響我們對長期族群動態之推斷(Knappe and deValpine, 2012)。我們的 MARSS 模型以矩陣形式表達如下：

$$x_t = Bx_{t-1} + Cc_{t-1} + w_t, \text{ where } w_t \sim \text{MVN}(0, Q) \text{ (Equation 1)}$$

$$y_t = Zx_t + v_t, \text{ where } v_t \sim \text{MVN}(0, R) \text{ (Equation 2)}$$

在狀態過程中，“實際”的水棲昆蟲豐度(x_t)可對非生物因子影響(C)與過程誤差(w_t)進行建模。矩陣 Z 可評估生物交互作用(在此例中設定為單位矩陣)，矩陣 C 可評估非生物因子之共變異數 c_{t-1} (前一年之流態變化)對各站水棲昆蟲豐度之影響。矩陣 w_t 為過程誤差，平均為 0、共變異矩陣 Q 的多變量常態分布。假設不同樣站有不同的過程誤差(共變異矩陣 Q 之對角部分)並且比較有共變異數(共變異矩陣 Q 之非對角部分)，以判斷各樣站間的過程誤差是否會相互影響，也就是同步變化與不同步變化。

在空間過程中，觀測資料(水棲昆蟲長期動態)至矩陣 y 帶入模型(Equation 2)， y_t 代表各樣站在時間 t 的水棲昆蟲觀測豐度。矩陣 Z 可評估不同模型結構的支持度(在此例中設定為單位矩陣)，矩陣 y_t 可對“實際”的水棲昆蟲豐度(x_t)與觀測誤差(v_t)建模。觀測誤差為平均為 0、共變異矩陣 R 的多變量常態分布。因為各樣站間之觀測誤差並不會相互影響，假設不同樣站有不同的觀測誤差(共變異矩陣 R 之對角部分)並且無共變異數(共變異矩陣 R 之非對角部分)。

以水棲昆蟲豐度、EPT 豐度、大型食餌豐度三項於桃山西溪、觀魚台、高山溪、繁殖場、有勝溪測站之群集資料建立了不同的 MARSS 模型結構。首先忽視模型中的共變異數，在完全隨機過程的情形下模擬共變異矩陣 Q 同步變化與不同步變化兩種模型。接著兩種模型結構加入洪水與乾旱事件並加以模擬，合計為 4 個 MARSS 模型。利用 AICc 最

小值找出最適配的模式，來瞭解水棲昆蟲是否受洪水或乾旱影響以及各樣站動態變化的同步性，並且判斷在各樣站間的同步性是否受洪水或乾旱驅動。建模分析時，水棲昆蟲群集資料進行對數轉換及流量資料進行z分布轉換。災難性事件對三項水棲昆蟲群集豐度的影響大小，透過 Hessian 法計算 95%信賴區間之上下界，並由 95%信賴區間範圍與 0 有重疊判斷為不顯著(Holmes et al., 2012)。

三、結果

(一) 水棲昆蟲各項生物監測數據

本年度採樣調查水棲昆蟲共計有 68 分類群(taxa)，分屬 6 目 41 科(表 4-1~表 4-10)。各測站 1 月採得 31~44 分類群，4 月採得 35~40 分類群，7 月採得 27~38 分類群，10 月採得 25~38 分類群。圖 4-2 武陵地區溪流測站水棲昆蟲各月數量。今年度水棲昆蟲密度(個體數/平方公尺)高峰出現在 7 月#4 觀魚台測站 9225(個體數/平方公尺)、10 月#13 一號壩下游測站 892(個體數/平方公尺)為最低(表 4-1)。

圖 4-3 武陵地區溪流測站大型昆蟲食餌數量變化圖，以時間動態呈現其變化，圖 4-3 可看出於 10 月至隔年 1 月或 2 月為上升趨勢，以及後續數量較低水平的現象。大型昆蟲食餌數量 1 月以#8 高山溪測站 2555(個體數/平方公尺)為最多、#9 有勝溪收費口測站 305(個體數/平方公尺)為最少(表 4-1)；4 月以#5 繁殖場測站 3397(個體數/平方公尺)為最多、#9 有勝溪收費口測站 324(個體數/平方公尺)為最少(表 4-2)；7 月以#5 繁殖場測站 1166(個體數/平方公尺)為最多、#9 有勝溪收費口測站 77(個體數/平方公尺)為最少(表 4-3)；10 月以#8 高山溪測站 426(個體數/平方公尺)為最多、#13 一號壩下游測站 73(個體數/平方公尺)為最少(表 4-4)。今年度調查 1 月、4 月及 7 月大型食餌密度最低皆為#9 有勝溪收費口測站，10 月則為#13 一號壩下游測站。

圖 4-4 為水棲昆蟲歷年來的生物量，每年年初生物量達最高峰，之後隨時間遞減，颱風季節時，生物量最少，再逐漸增加至來年年初，如此週而復始。2021 年生物量高峰在 4 月，以#12 一號壩上游測站 29870(毫克/平方公尺)最高，最低出現在 10 月時之#8 高山溪測站 1938(毫克/平方公尺)。

由圖 4-5 各測站 Shannon-Wiener's index 比較結果可看出，各測站十多年來指數數值波動範圍有上升趨勢，#9 有勝溪收費口測站指數值波動範圍較大，颱風季節後多樣性指數下降較其他測站來得大。2021 年 1 月、4 月、7 月及 10 月各站之生物多樣性指數範圍分別為 2.7~3.4、2.6~3.4、2.4~3.2、2.3~3.2 之間，今年 1、4 月皆以#9 有勝溪收費口測站為當月次所有測站的最高者，7 月及 10 月分別為#12 一號壩上游及#14 羅葉尾溪最高；1、4、7、10 月生物多樣性指數最低則分別為#12 一號壩上游、#14 羅葉尾溪測站、#2 桃山西溪、#13 一號壩下游(表 4-1~表 4-4)。

快速生物評估法II(RBP II)所得的相對分數可知，各測站都介於無損害到中度損害的間(圖 4-6)。1 月各測站棲地無損害，但 RBP II 分數 0.72-0.79 為不確定區間，#2 桃山西溪測站 RBP II 分數為 0.73(表 4-1)。4 月#3 二號壩測站、#9 有勝溪收費口測站及#12 一號壩上游測站棲地為中度損害，其餘測站棲地無損害，但#4 觀魚台測站及#13 一號壩下游測站 RBP II 分數為 0.73(表 4-2)；7 月#2 桃山西溪測站、#3 二號壩測站及#4 觀魚台測站棲地為中度損害，其餘測站棲地無損害(表 4-3)；10 月#9 有勝溪收費口測站及#13 一號壩下

游測站棲地為中度損害，#3 二號壩測站 RBP II 分數為 0.73(表 4-4)，其餘測站棲地無損害。

2003~2021 年各測站的 MDS 分析顯示於圖 4-7 及圖 4-8，各站的群集結構大致約一年完成一個循環。一號壩壩體改善部分拆除工程的四測站，由圖 4-8 揭示壩體改善過程的空間效應，已顯現由上而下流域暢通的狀態。各測站 EPT 三目(蜉蝣目、積翅目及毛翅目)與搖蚊科(Chironomidae)豐度的比例(ratio of EPT and Chironomid abundances)結果見圖 4-9。以水棲昆蟲回復指標為 EPT%大於 75%來看，七家灣溪一號壩拆除後，長期效應約為四年。

(二) 司界蘭溪

#11 司界蘭溪下游測站於 2021 年 1 月採獲 25 個分類群(Taxa)，分屬 5 目 17 科(表 4-12)。水蟲密度為 4678(個體數/平方公尺)，大型昆蟲食餌密度為 779(個體數/平方公尺)，生物量 4171(毫克/平方公尺)；多樣性指數為 3.2 且高於 2005 年 8 月至 2012 年 10 月司界蘭溪下游之範圍(在 1.3~2.4 之間波動)；棲地評比 0.47 為中度損害(表 4-1、表 4-5)。

(三) 高山溪二號防砂壩壩體改善工程的影響

改善前後#17 高山溪二號壩下游水棲昆蟲個體數由 9 月 14 日的 1657 昆蟲(個體數/平方公尺)降至 10 月 7 日的 131 昆蟲(個體數/平方公尺)，大型昆蟲食餌密度由 414(個體數/平方公尺)降至 48(個體數/平方公尺)，生物量 2869(毫克/平方公尺)降至 176(毫克/平方公尺)，生物多樣性指數 2.6 降至 1.1，且棲地由無損害降至中度損害(表 4-6、表 4-13)。

(四) 量化流量變化

圖 4-10 為武陵地區溪流 1967 至 2018 流量資料(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)，52 年 18,980 筆資料經 DFST 分析後，以 Julian Day 365 日呈現之流量圖(圖 4-11)，圖中各點為每日紀錄之流量。由圖 4-11 可看出流量高峰出現於每年的五月至十月(Julian Day 150-300)。藍色實線為分解出 52 年的季節趨勢，各點與當日藍色實線之距離即為流量殘差，52 年的日流量殘差顯示於圖 4-12。

圖 4-13 顯示出 21 世紀前之 34 年歷史資料中(1967-2000)災難性洪水事件有 7 次：分別出現於 1967, 1972, 1989, 1990, 1992, 1994, 1996，而 21 世紀至今之 19 年 (2001-2019)則有 9 次：2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2012, 2015, 2016。由結果看出氣候變遷 21 世紀 19 年災難性洪水事件出現率為 47.4%較過去 34 年出現率為 20.6%為高。

圖 4-14 顯示 21 世紀前之 34 年歷史資料中(1967-2000)災難性乾旱事件 9 次：1967, 1977, 1980, 1983, 1984, 1988, 1991, 1993, 1998，而 21 世紀至今之 19 年 (2001-2019)有 5 次：2002, 2003, 2010, 2017, 2018。災難性乾旱事件出現率分別為 26.5%及 26.3%。

圖 4-15 顯示流量事件的發生季節，災難性洪水事件多集中於 7、8、9 月，災難性乾旱事件則是集中於 4、5 月與 7、8 月。

(五) 水棲昆蟲群集動態與災難性流量之關係

2003-2020 年水棲昆蟲群集豐度、EPT 豐度、大型食餌豐度於五樣站之動態見於圖 4-16。透過多變量狀態空間自回歸模型(Multivariate Autoregressive State-Space model MARSS) 分析災難性事件(洪水與乾旱)與水棲昆蟲群集之關係，結果顯示各樣站水棲昆蟲豐度、EPT 三目豐度、大型食餌豐度同步變化具相同反應(表 4-14) 且與災難性事件關係均無顯著性 (圖 4-16)。

本研究量化 52 年來(1967-2018)七家灣溪之流態變化，氣候變遷的 21 世紀災難性洪水事件出現頻率較前世紀為多，但災難性乾旱事件則無此現象。然而若將時間再拉長，並將 2019-2021 流態變化再加入分析或許會不同。我們分析出 2017 及 2018 是災難性乾旱事件年，而由萬壽橋的水位監測結果得知，2020 及 2021 上半年萬壽橋的水位較 2018 為低(葉，2020; 2021)，因此氣候變遷的 21 世紀發生災難性乾旱事件的機會可能也將會增加，再加上今年 2021 年 5 月發生了乾旱，有必要持續監測及密切關注乾旱對武陵地區溪流生態系及水棲昆蟲群集的影響。

四、討論

歷年監測武陵地區溪流的水棲昆蟲物種數有 43~73 分類群，與 2000 相比(楊與謝，2000)，七家灣溪及高山溪各樣站仍可採到 40 分類群以上，且各測站幾乎皆以年初採得的分類群為最多。季節性變化會明顯影響快速生物評估法II(RBP II)棲地評估的準確性(Šporka et al., 2006, Alvarez-Cabria et al., 2010)，例如颱風所引發的洪水使得各測站流量暴增後，棲地評等往往都會趨向劣化，但也可能還有其他因子的交互作用包含在內，因此 RBP II 分數若落在不確定區間(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(Plafkin et al., 1989)。以 2021 年 1 月各測站棲地為無損害，但#2 桃山西溪測站 RBP II 分數為 0.73(表 4-1)、4 月#4 觀魚台測站及#13 一號壩下游測站 RBP II 分數為 0.73(表 4-2)及 10 月#3 二號壩測站 RBP II 分數為 0.73(表 4-4)，皆為不確定區間，暗示可能仍有其他因子的交互作用在內，例如崩塌地、乾旱、人類活動及農業活動等。

桃山西溪 2020 年 10 月底之衛星影像及崩塌地分析，崩塌地面積比例為 8.97%，較高山溪 5.81% 及七家灣溪的 0.47% 高(葉，2020)。桃山西溪無農田施作，導電度值卻較武陵地區溪流中低(官，2020)，2020 年 10 月 RBP II 分數 0.87 棲地為無損害，然而於 2021 年 1 月為 0.73 為棲地損害評比不確定區間，且大型食餌為各樣站最低者(表 4-1)，或許可以說明崩塌地對武陵地區桃山西溪及七家灣溪等溪流的影響。

4 月是災難性乾旱事件發生的季節(圖 4-15)，2021 年 4 月七家灣溪的#3 二號壩測站、#12 一號壩上游測站棲地為中度損害，#4 觀魚台測站 RBPII 數值 0.73 為不確定區間，大型食餌為 441(個體數/平方公尺)為七家灣溪五測站最少者(表 4-2)，6 月#2 桃山西溪測站、#3 二號壩測站及#4 觀魚台測站棲地為中度損害(表 4-3)；10 月#9 有勝溪收費口測站及#13 一號壩下游測站棲地為中度損害(表 4-4)，推測原因可能是低流量所致，越往上游影響可能越明顯，因此有必要持續監測及密切關注乾旱對七家灣溪的影響。再者，2021 年 1 月司界蘭溪下游有農耕行為(官，2021)，由 RBP II 分數 0.47，棲地為中度損害(表 4-1)，或許可以說明農業活動對武陵地區溪流所造成的影響。高山溪二號壩體改善後棲地環境受到干擾進而影響溪流生態，導致水棲昆蟲數量及多樣性大幅下降，亦造成棲地降至中度損害(表 4-6)，仍需持續監測壩體改善後溪流生態回復的狀況。

20 世紀全球的平均氣溫有逐漸升高的趨勢(Liu et al., 2014)，而在氣候變遷的 21 世紀，全球暖化是日益明顯的事實(IPCC, 2013)，及氣候變遷造成的衝擊例如降雨模式改變引發的洪水、乾旱及熱浪風災等極端氣候發生的頻度與強度增加，除了經濟損失之外，也影響生物多樣性的保存與維護、物種滅絕等嚴肅的話題(Root et al., 2003; Chapin et al., 2005; Brennan et al., 2009)。近年來武陵地區溪流流量暴增，以 2005 年為最嚴重的一年且為極端洪水事件年(Chiu and Kuo, 2012)，其次依序為 2007 年、2008 年、2012 年、2015

年及 2004 年，是此地流量暴增的前 6 名都發生在近 10 年(Chiu et al., 2016)，流量為武陵地區溪流生態系主要驅動力，對溪流生態系將造成連鎖的骨牌效應(Chiu et al., 2008)。

目前武陵地區溪流水質符合臺灣櫻花鉤吻鮭的生存標準(官，2020)，且整合分析 52 年(1967-2018)流量資料與水棲昆蟲群集之關係，揭示此鮭魚食餌水棲昆蟲，短期內不受氣候變遷所帶來的災難性事件流量明顯影響，各樣站間具有同步變化，穩定的反應(Schindler et al., 2015)，研判臺灣櫻花鉤吻鮭目前沒有滅種危機。然而武陵地區溪流是臺灣櫻花鉤吻鮭重要棲息地，監測其主要食物來源水棲昆蟲是必要的基本工作及利用生物指標進行環境監測至關重要。氣候變遷後災難性洪水事件的發生機會倍增(強度)及今年 2021 春夏之際發生全台各地的乾旱，即未來災難性乾旱事件發生的可能性會增強。因此仍需持續監測及關注或進一步分析個別物種可能受到流量變化影響，避免牽一髮動全身，進而影響整體水棲昆蟲群集及溪流生態系。

五、結論與建議

(一)結論

本年度採樣監測水棲昆蟲共計有 68 分類群(taxa)，分屬 6 目 41 科。由連續多年數據(2003 至 2021 年)看出，水棲昆蟲密度及大型昆蟲食餌，除了 2017 年及 2018 年以 4 月及 10 月為高峰，幾乎以每年年初為高峰，2019-2020 年回復為年初高峰，2021 年以 4 月及 7 月為高峰。各測站的多樣性指數於各年變化區間相似。快速生物評估法II(RBP II指數)評估 2021 年 4 月#3 二號壩測站、#9 有勝溪收費口測站及#12 一號壩上游測站棲地為中度損害；7 月#2 桃山西溪測站、#3 二號壩測站及#4 觀魚台測站棲地為中度損害；10 月#9 有勝溪收費口測站及#13 一號壩下游測站棲地為中度損害。

#11 司界蘭溪下游測站於 1 月採獲 25 個分類群(Taxa)，分屬 5 目 17 科。棲地為中度損害，須持續監測。#17 高山溪二號壩下游改善前 9 月調查，採獲 30 個分類群(Taxa)，分屬 5 目 22 科，棲地無損害；壩體改善後於 10 月調查，採獲 17 個分類群(Taxa)，分屬 5 目 13 科。棲地為中度損害且水蟲密度、大型食餌、生物量及多樣性指數皆低於所有測站。壩體改善後之水棲昆蟲監測資料顯示，棲地受到干擾尚未回復至壩體改善前之生態環境，須持續監測以評估溪流生態環境穩定性。

在這研究中，記錄超過 52 年(1967-2018)的長期流量數據揭示了對極端洪水事件的生態回應。我們使用快速離散傅立葉變換(DFFT)檢查溪流中的長期季節性信號，識別出最大殘差年(高流量)，顯示災難性洪水事件多集中於 7、8、9 月，災難性乾旱事件則是集中於 4、5 月與 7、8 月。氣候變遷 21 世紀 19 年災難性洪水事件出現 9 次(47.4%)較過去 34 年出現 7 次(20.6%)為高，發生機會倍增(強度)；災難性乾旱事件出現 5 次及 9 次，出現率分別為 26.5%及 26.3%。使用多變量狀態空間自回歸(MARSS)模型分析災難性事件(洪水和乾旱)與水棲昆蟲群集的三種豐度(密度、大型食餌、EPT 三目)之間的關係。結果表明，雖然這些水棲昆蟲群集是同步的動態，但不受極端洪水的顯著影響。氣候變遷的 21 世紀災難性事件出現頻率較前世紀為多，未來將利用無母數分析方法(Mann-Kendall 趨勢檢定法)，針對時間序列流量資料進行趨勢檢定。

(二)建議事項

第四章 水棲昆蟲研究

根據研究發現，本研究針對水棲昆蟲研究，提出下列具體建議。

1. 立即可行性建議：

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

近十年來觀察到的前所未有的流量變化超過了自然變化的程度，以至於它被廣泛認為是一個主要的環境問題。使用生物指標對環境監測至關重要。歷史分析表明大型無脊椎動物群集目前不受氣候變化的影響。然而，七家灣溪是臺灣櫻花鉤吻鮭重要保護地。氣候變遷的 21 世紀極端洪水的規模和頻率增加了，更長期的水棲昆蟲數據可以為了評估氣候影響，提供有價值的基礎線。通過長期和多地點研究，可以更有效地預測生物如何應對氣候變化。建議每年四次(二月、四月、六月、十月)於固定樣站：桃山西溪、觀魚台站、繁殖場、高山溪、有勝溪站等 5 個樣站為優先考量。若經費不足至少每年二月、十月做一次監測。

2. 中長期建議：

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、中央研究院生物多樣性研究中心

建立與國際接軌的武陵地區生態資料庫，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的參考。

六、參考文獻

- 上野益三，1937。臺灣大甲溪的鱒的食性與寄生蟲 (日文)。臺灣博物學會會報，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。
- 江允中、丘明智、洪孝宇、孫元勳、郭美華。2015。應用次世代定序分析褐河烏 (*Cinclus pallasii* Temminck, 1820) 糞便殘存 DNA 探討其非繁殖季的食性。臺灣昆蟲，第 35 期，213-226 頁。
- 官文惠，2020。武陵地區溪流環境及放流棲地監測，第三章水質研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 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，第 62 期，213-223 頁。
- 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公園管理處委託研究報告。
- 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公園管理處委託研究報告。
- 林幸助、吳聲海、官文惠、孫元勳、郭美華、曾晴賢、葉昭憲、端木茂甯，2018。武陵地區溪流生態系評估。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。
- 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。臺灣臺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，2017。武陵地區七家灣溪壩體改善後臺灣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，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，2018。武陵地區溪流生態系評估，第五章水棲昆蟲研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處保育研究報告。
- 郭美華，2019。武陵地區溪流生態系評估，第五章水棲昆蟲研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處保育研究報告。
- 黃國靖，1987。七家灣溪水棲昆蟲相及其生態研究。國立臺灣大學植物病蟲害研究所碩士論文。

- 楊平世、謝森和，2000。以水棲昆蟲的群集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。臺灣櫻花鉤吻鮭研究保育研討會論文集，151-177 頁。
- 楊平世、林曜松、黃國靖、梁世雄、謝森和、曾晴賢，1986。武陵農場河域的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。
- 葉昭憲，2020。武陵地區溪流環境及放流棲地監測，第二章物理棲地研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 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. and Juanes, J. A. 2010. Spatial and seasonal variability of macro invertebrate metrics: Do macroinvertebrate communities track river health? *Ecological Indicators*, 10, 370-379.
- Brennan, K. E. C., Christie, F. J., and York, A. 2009. Global climate change and litter decomposition: more frequent fire slows decomposition and increases the functional importance of invertebrates. *Global Change Biology*, 15, 2958-2971.
- Brewin, P. A., Newman, T. M. L. and Ormerod. S. J. 1995. Patterns of macroinvertebrate distribution in relation to altitude, habitat structure and land-use in streams of the Nepalese Himalaya. *Arch Hydrobiol*, 135: 79-100.
- Bunn, S. E., and Arthington, A. H. 2002. Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. *Environmental Management*, 30(4), 492-507. <https://doi.org/10.1007/s00267-002-2737-0>
- Chapin, F. S., Sturm, M., Serreze, M. C., McFadden, J. P., Key, J. R., Lloyd, A. H., McGuire, A. D., Rupp, T. S., Lynch, A. H., Schimel, J. P., Beringer, J., Chapman, W. L., Epstein, H. E., Euskirchen, E. S., Hinzman, L. D., Jia, G., Ping, C.-L., Tape, K. D., Thompson, C. D. C., Walker, D. A., and Welker, J. M. 2005. Role of land-surface changes in Arctic summer warming. *Science*, 310, 657-660.
- Chiu, M.-C., Kuo, M.-H., Sun, Y.-H. Hong, S.-Y. and 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., Tzeng, C.-S., Yang, C.-H., Chen, C.-C., and Sun, Y.-H. 2009. Prey Selection by Breeding Brown Dippers, *Cinclus pallasii*, in a Taiwanese Mountain Stream. *Zoological Studies*, 48: 761-768.
- Chiu, M.-C. and 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. and Kuo, M.-H. 2013. Short-term effects of dam removal on macroinvertebrates in a Taiwan stream. *Aquatic Ecology*, 47: 245-252.
- Chiu, M.-C., Kuo, M.-H. Chang H.-Y. and Lin H.- J. 2016. Bayesian modeling of the effects of extreme flooding and the grazer community on algal biomass dynamics in a monsoonal Taiwan stream. *Microb Ecol.* 72(2):372-80.
- Clarke, K. R. and Warwick, R. M. 2001. Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. PRIMER-E, Plymouth, UK.
- Comte, L., Buisson, L., Daufresne, M., and Grenouillet, G. 2013. Climate-induced changes in the distribution of freshwater fish: observed and predicted trends. *Freshwater Biology*, 58: 625-639.
- Dudgeon, D., Arthington, A., Gessner, M., Kawabata, Z.-I., Knowler, D., Lévêque, C., Naiman, R., Prieur-Richard, A.-H., Soto, D., Stiassny, M., and Sullivan, C. 2006. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 81: 163-182.

- Grossman, G. D., and Sabo, J. L. 2010. *Incorporating Environmental Variation into Models of Community Stability: Examples from Stream Fish*.
- Hampton, S. E., Holmes, E. E., Scheef, L. P., Scheuerell, M. D., Katz, S. L., Pendleton, D. E., and Ward, E. J. 2013. Quantifying effects of abiotic and biotic drivers on community dynamics with multivariate autoregressive (MAR) models. *Ecology*, 94(12), 2663–2669. <https://doi.org/10.1890/13-0996.1>
- Holmes, E. E., Ward, E. J. and Wills, K. 2012. MARSS: Multivariate Autoregressive State-space Models for Analyzing Time-series Data. *The R Journal* 4(1):11-19.
- Holmes, E. E., Ward, E. J. and Scheuerell, M. D. 2014. Analysis of multivariate time-series using the MARSS package. NOAA Fisheries, Northwest Fisheries Science Center, 2725 Montlake Blvd E., Seattle, WA 98112.
- Hong, S.-Y., Kuo, C.-C., and Sun, Y.-H. 2012. An observation of brown dippers escaping typhoon at chichiawan creek. *Nat Conserv Q*, 77: 63-68.
- Hong, S.-Y., Walther, B. A., Chiu, M.-C., Kuo, M.-H. and Sun, Y.-H. 2016. Length of recovery period after extreme flood is more important than flood magnitude in influencing reproductive output of an avian predator in a stream ecosystem. *The Condor*, 118(3): 640-654.
- IPCC. 2013. *Climate Change 2013: The physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. <http://www.climatechange2013.org/>
- Kang, S.-C. 1993. Ephemeroptera of Taiwan (excluding Baetidae). PhD dissertation, National Chung Hsing Univ., Taichung, Taiwan.
- Kawai, T. and Tanida, K. 2005. Aquatic insects of Japan: manual with keys and illustrations. Tokai Univ. Press, Tokyo.
- Knape, J., and deValpine, P. 2012. Are patterns of density dependence in the Global Population Dynamics Database driven by uncertainty about population abundance? *Ecology Letters*, 15(1), 17–23. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01702.x>
- Krebs, C. J. 1999. *Ecological methodology*. Addison-Welsey Educational Publishers, INC., Menlo Park, CA.
- Liao, L.-Y., Chiu, M.-C., Huang, Y.-S. and Kuo, M.-H. 2012. Size-dependent foraging on aquatic and terrestrial prey by the endangered Taiwan salmon. *Zoological Studies*, 51: 671-678.
- Liu, Z., Zhu, J., Rosenthal, Y., Zhang, X., Otto-Bliesner, B. L., Timmermann, A., Smith, R. S., Lohmann, G., Zheng, W., and Timm, O. E. 2014. The Holocene temperature conundrum, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111, 3501-3505.
- Ludwig, J. A. and Reynolds, J. F. 1988. *Statistical ecology. A primer on methods and computing*. John Wiley and Sons, New York.
- Lytle, D. A. 2002. Flash floods and aquatic insect life-history evolution: Evaluation of multiple models. *Ecology*, 83: 370-385.
- Lytle, D. A., and Poff, N. L. 2004. Adaptation to natural flow regimes. *Trends Ecology Evolution*, 19: 94-100.
- Merritt, R. W., Cummins, K. W. and 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. and 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. and Hughes, R. M. 1989. Rapid assessment protocols for use in streams and rivers: Benthic macroinvertebrates and fish. EPA 440-4-89-001. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water Regulations and Standards, Washington, D.C.
- Pletterbauer, F., Melcher, A., and Graf, W. 2018. Climate Change Impacts in Riverine Ecosystems. In: Schmutz S., Sendzimir J. (eds) *Riverine Ecosystem Management*. Aquatic Ecology Series, vol 8. Springer, Cham

- Reyjol, Y., Hugueny, B., Pont, D., Bianco, P. G., Beier, U., Caiola, N., Casals, F., Cowx, I. G., Economou, A., Ferreira, M. T., Haidvogel, G., Noble, R., de Sostoa, A., Vigneron, T., and Virbickas, T. 2007. Patterns in species richness and endemism of European freshwater fish. *Global Ecology and Biogeography*, 16: 65–75
- Robinson, C. T., Aebischer, S. and Uehlinger, U. 2004. Immediate and habitat-specific responses of macroinvertebrates to sequential, experimental floods. *J N Am Benthol Soc*, 23: 853-867.
- Root, T. L., J. T. Price, K. R. Hall, S. H. Schneider, C. Rosenzweig, and J. A. Pounds. 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature* 421: 57-60.
- Ruhi, A., Holmes, E. E., Rinne, J. N., and Sabo, J. L. 2015. Anomalous droughts, not invasion, decrease persistence of native fishes in a desert river. *Global Change Biology*, 21(4), 1482–1496.
- SAS Institute 2004. SAS/STAT User's guide, version 9.1. SAS Institute, Cary, NC, USA.
- Sabo, J. L., and Post, D. M. 2008. Quantifying periodic, stochastic, and catastrophic environmental variation. *Ecological Monographs*, 78: 19–40.
- Sabo, J. L., and Ruhi, A., Holtgrieve, G. W., Elliott, V., Arias, M. E., Ngor, P. B., Räsänen, T. A., and Nam, S. 2017. Designing river flows to improve food security futures in the Lower Mekong Basin. *Science*, 358(6368). <https://doi.org/10.1126/science.aao1053>
- Schindler, D. E., Armstrong, J. B., and Reed, T. E. 2015. The portfolio concept in ecology and evolution. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 13(5), 257–263. <https://doi.org/10.1890/140275>
- Shah S., and Ruhi, A. 2019. discharge: Fourier Analysis of Discharge Data. <https://CRAN.Rproject.org/package=discharge>
- Šporka, F., Vlek, H. E., Bulánková, E. and Krno, I. j. 2006. Influence of seasonal variation on bioassessment of streams using macroinvertebrates. *Hydrobiologia*, 566, 543-555.
- Suren, A.M., and Jowett, I. G. 2006. Effects of floods versus low flows on invertebrates in a New Zealand gravel-bed river. *Freshwater Biology*, 51: 2207-2227.
- Taira, A. and Tanida, K. 2013. Unusual behaviour and morphology of some *Rhyacophila* Pictet, 1834 caddisfly (Trichoptera: Rhyacophilidae) larvae reflect their ability to use the hyporheic zone. *Aquatic Insects*, 35: 23-37.
- Thomson, J. R., Hart, D. D., Charles, D. F., Nightengale, T. L. and 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.
- Townsend, C. Doledec, R., S. and Scarsbrook, M. R. 1997. Species traits in relation to temporal and spatial heterogeneity in streams: A test of habitat templet theory. *Freshwater Biology*, 37: 367-387.
- Woodward, G., Perkins, D. M., and Brown, L. E. 2010. Climate change and freshwater ecosystems: impacts across multiple levels of organization. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365: 2093–2106

附表

表 4-1 2021 年 1 月的水棲昆蟲各項生物監測數值數

採樣日期 (Date)	樣站 (Site)	物種數 Taxa	密度 (Insects/m ²)	大型食餌 (Insects/m ²)	生物量 (mg/m ²)	多樣性 Shannon-Wiener's index	RPBII
110 年 01 月 25-27 日	#2 桃山西溪	33	2259	416	10414	2.84	0.73
	#3 二號壩	35	2902	663	23388	2.96	0.80
	#4 觀魚台	36	4535	412	18145	3.00	0.87
	#8 高山溪	40	6615	2555	12993	3.12	1.00
	#5 繁殖場	42	7021	1815	15291	3.14	0.80
	#9 有勝溪	36	9161	305	20904	3.39	0.73
	#11 司界蘭溪下游	25	4678	779	4171	3.20	0.47
	#12 一號壩上游	33	3150	453	20377	2.73	0.80
	#13 一號壩下游	31	5142	330	21027	3.31	0.80
#14 羅葉尾溪	44	3322	437	11835	2.93	1.00	

表 4-2 2021 年 1 月的水棲昆蟲各項生物監測數值數

採樣日期 (Date)	樣站 (Site)	物種數 Taxa	密度 (Insects/m ²)	大型食餌 (Insects/m ²)	生物量 (mg/m ²)	多樣性 Shannon-Wiener's index	RPBII
110 年 04 月 8-9 日	#2 桃山西溪	37	2449	769	8451	2.69	0.87
	#3 二號壩	35	4610	704	13682	2.98	0.53
	#4 觀魚台	40	2852	441	12785	2.79	0.73
	#8 高山溪	38	3544	1743	8012	2.85	1.00
	#5 繁殖場	37	6471	3397	13441	3.10	0.93
	#9 有勝溪	36	8863	324	20307	3.41	0.67
	#12 一號壩上游	35	7448	1878	29870	3.23	0.67
	#13 一號壩下游	36	5441	1349	19933	3.17	0.73
	#14 羅葉尾溪	39	2485	358	9420	2.68	0.93

表 4-3 2021 年 6~7 月的水棲昆蟲各項生物監測數值數

採樣日期 (Date)	樣站 (Site)	物種數 Taxa	密度 (Insects/m ²)	大型食餌 (Insects/m ²)	生物量 (mg/m ²)	多樣性 Shannon-Wiener's index	RPBII
110 年 06 月 30- 07 月 1 日 日	#2 桃山西溪	27	2051	215	4233	2.40	0.60
	#3 二號壩	23	7928	172	8052	2.63	0.47
	#4 觀魚台	31	9225	210	4450	2.88	0.67
	#8 高山溪	33	2548	450	4137	2.57	1.00
	#5 繁殖場	32	2492	1166	4442	2.79	1.00
	#9 有勝溪	31	3965	77	11505	2.79	0.87
	#12 一號壩上游	31	5502	822	9861	3.17	0.87
	#13 一號壩下游	32	3349	324	10291	3.05	0.87
	#14 羅葉尾溪	38	1933	410	6054	2.65	1.07

表 4-4 2021 年 10 月的水棲昆蟲各項生物監測數值數

採樣日期 (Date)	樣站 (Site)	物種數 Taxa	密度 (Insects/m ²)	大型食餌 (Insects/m ²)	生物量 (mg/m ²)	多樣性 Shannon-Wiener's index	RPBII
110 年 10 月 7-8 日	#2 桃山西溪	31	1270	186	3391	2.37	0.80
	#3 二號壩	25	1532	143	5895	2.56	0.73
	#4 觀魚台	34	2637	410	10018	2.96	0.87
	#8 高山溪	36	1191	426	1938	2.32	1.00
	#5 繁殖場	35	2343	398	5835	2.89	0.87
	#9 有勝溪	26	3257	176	4290	3.05	0.60
	#12 一號壩上游	29	2148	367	5955	2.93	0.80
	#13 一號壩下游	29	892	73	5499	2.31	0.67
	#14 羅葉尾溪	38	4864	297	8103	3.20	0.80

表 4-5 司界蘭溪各項生物監測數值

Date	Density (Insects/m ²)	Prey (Insects/m ²)	Biomass (mg/m ²)	Shannon- Wiener's index	RPBII
2005/8/15	278	118	231	1.9	0.79
2006/7/28	61	20	84	1.1	0.67
2008/2/25	1311	106	1057	2.7	0.73
2008/7/15	1277	543	1257	2.7	0.93
2009/2/10	1509	59	1289	2.6	0.64
2009/6/9	1817	272	1322	2.9	0.79
2010/2/2	3230	529	3467	2.8	0.40
2011/2/18	3415	1725	4720	2.9	0.73
2011/10/31	3150	1519	4310	2.9	0.80
2012/2/19	2967	1285	5090	2.9	0.87
2012/10/21	1987	201	1692	2.6	0.73
2013/2/19	4148	1136	6346	2.8	0.87
2013/10/17	109	47	112	1.1	0.67
2014/2/19	1170	133	998	2.5	0.53
2014/10/21	1009	271	675	2.2	0.93
2020/10/4	3250	1150	3387	2.9	0.87
2021/1/25	4678	779	4171	3.2	0.47

(資料來源：本研究資料)

表 4-6 高山溪 2011 年各項生物監測數值

Site	Date	Density (Insects/m ²)	Prey (Insects/m ²)	Biomass (mg/m ²)	Shannon- Wiener's index	RPBII
#8 高山溪	1/26	6615	2555	12993	3.12	1.00
#8 高山溪	4/8	3544	1743	8012	2.85	1.00
#8 高山溪	7/1	2548	450	4137	2.57	1.00
#8 高山溪	改善後 10/7	1191	426	1938	2.32	1.00
#17 高山溪 二號壩下游	改善前 9/14	1657	414	2869	2.59	0.8 無損害
#17 高山溪 二號壩下游	改善後 10/7	131	48	156	1.11	0.6

(資料來源：本研究資料)

第四章 水棲昆蟲研究

表 4-7 2021 年 1 月的水棲昆蟲資源組成及個體數(individuals / square meter)

Order	Family	Taxon	柳山	西溪	二號壩	觀魚台	高山溪	繁殖場	一號壩	上游	一號壩	下游	羅華尾	溪有勝	溪司界	蘭溪	下游	
Coleoptera	Elmidae	<i>Zaitzevia</i> sp.A	1.8	3.6	35.8	415.7	43.0	12.5	143.3	3.6	46.6	16.1						
		<i>Zaitzevia</i> sp.B			1.8	1.8												
	Psephenidae	<i>Ectopria</i>									3.6	1.8						
		<i>Eubrianax</i> sp.					1.8	3.6	1.8	116.5			1.8					
	Scirtidae	<i>Cyphon</i> sp.	213.2	408.5	14.3	335.0	41.2	32.2	10.7	354.7	12.5							
Diptera	Athericidae	<i>Asuragina</i> sp.				3.6						3.6						
		Blepharoceridae	<i>Agathon</i> sp.					1.8						3.6				41.2
		<i>Bibiocephala</i> sp.					1.8						1.8					
	Ceratopogonidae	<i>Bezzia</i> sp.	1.8	21.5	14.3	14.3	7.2	3.6	78.8	3.6	9.0							
	Chironomidae	Chironomidae sp.B	510.6	218.6	688.0	696.9	643.2	422.8	284.9	120.0	1071.4	361.9						
		Chironomidae sp.C	41.2	132.6	177.4	564.4	170.2	68.1	671.9	394.2	1420.8	265.2						
		Chironomidae spp.		1.8	12.5	16.1	10.7	1.8	9.0	68.1	1.8	7.2						
		Tanypodinae spp.	16.1	10.7	43.0	25.1	5.4	32.2	130.8	19.7	80.6	14.3						
	Empididae	<i>Chelifera</i> sp.				3.6				16.1		1.8						
		<i>Clinocera</i> sp.B			3.6				1.8			3.6						
		<i>Dolichocephala</i> sp.					3.6											
		<i>Hemerodromia</i>				7.2					5.4	1.8						
		Limoniidae	<i>Eriocera</i> sp.A	3.6	19.7		89.6	7.2		5.4	1.8	48.4						
	<i>Eriocera</i> sp.B		37.6	12.5		23.3	7.2	10.7	12.5	3.6	14.3	3.6						
	Pediciidae	<i>Dicranota</i> sp.								1.8								
Psychodidae	<i>Pericoma</i>			1.8					3.6									
Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	41.2	23.3	275.9	80.6	1583.8	7.2	32.2	32.2	851.0	1540.8							
Stratiomyidae	<i>Oxycera</i>					3.6												
Tabanidae	<i>Silvius</i> sp.									1.8								
Tipulidae	<i>Antocha</i> sp.	10.7	7.2	14.3	12.5	16.1	66.3	14.3	59.1	17.9	7.2							
Ephemeroptera	Ameletidae	<i>Ameletus camtschaticus</i>	9.0	1.8							9.0							
		<i>Baetella lata</i>	7.2	16.1	161.2	35.8	442.5	7.2	12.5	5.4	224.0	575.1						
		<i>Baetiella hispinosa</i>	19.7	138.0	840.3	35.8	790.1	32.2	10.7	7.2	372.7	485.5						
		<i>Baetis</i> spp.	435.4	541.1	813.4	770.4	523.2	1162.8	1623.2	553.6	2390.0	220.4						
	Caenidae	<i>Caenis</i> sp.		3.6		16.1	1.8	1.8	14.3		3.6							
	Ephemerellidae	<i>Cincticostella fusca</i>	155.9	14.3	35.8	166.6	75.2	25.1	21.5	152.3								
		<i>Ephacera montana</i>	32.2	16.1	25.1	32.2	34.0	30.5	143.3	57.3	297.4	14.3						
	Ephemeridae	<i>Ephemer a sauteri</i>		19.7	5.4	5.4	1.8		28.7	1.8	9.0	1.8						
	Heptageniidae	<i>Afromurus floreus</i>	7.2	102.1	25.1	37.6	23.3	340.4	739.9	69.9	123.6	1.8						
		<i>Epeorus erratus</i>	30.5		225.7	28.7	288.5	10.7		14.3	14.3	78.8						
		<i>Nixe</i> sp.	1.8	16.1		1.8		5.4	55.5		28.7							
		<i>Rhythrogena ampla</i>	191.7	283.1	245.5	2261.0	1603.5	295.6	116.5	57.3	48.4	616.3						
	Leptophlebiidae	<i>Paraleptophlebia</i> sp.	12.5	5.4		1.8		1.8		155.9	1.8							
	Odonata	Gomphidae	<i>Sinogomphus formosanus</i>				1.8				23.3	1.8						
			Plecoptera	Nemouridae	<i>Amphinemura</i> sp.	60.9	35.8	412.1	467.6	293.8	87.8	286.7	86.0	329.7	34.0			
		<i>Protonemura</i> spp.	12.5	1.8	10.7	1.8	9.0			9.0								
	Perlidae	<i>Gibosia</i> sp.				5.4	3.6			3.6								
		<i>Neoperla</i> spp.	123.6	272.3	53.7	198.9	55.5	82.4	30.5	326.1	34.0							
	Styloperlidae	<i>Cerconychia</i> sp.	32.2	193.5	23.3	39.4	9.0	50.2	73.5	218.6								
Trichoptera	Arctopsychidae	<i>Arctopsyche</i> sp.	1.8	1.8	10.7		12.5											
	Glossosomatidae	<i>Glossosoma</i> sp.			7.2		7.2				1.8	95.0	197.1					
	Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i>								1.8								
	Hydrobiosidae	<i>Apsilochorema</i> sp.		3.6	3.6	19.7	1.8	1.8	3.6	1.8			5.4					
	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche</i> spp.	19.7	9.0	10.7	3.6	12.5			1.8	103.9	100.3						
	Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i>			3.6		3.6	3.6										
		<i>Sactobia</i>	1.8	1.8	43.0	1.8	1.8	5.4										
	Lepidostomatidae	<i>Goerodes</i> sp.	7.2	52.0	34.0	89.6	57.3	62.7	252.6	261.6	1341.9	30.5						
	Rhyacophilidae	<i>Himalopsyche</i> sp.					7.2											
		<i>Rhyacophila nigrocephala</i>	9.0	43.0	21.5	26.9	48.4	39.4	55.5	14.3	77.0	46.6						
		<i>Rhyacophila</i> spp.	32.2	21.5	64.5	35.8	66.3	25.1	86.0	32.2	17.9	10.7						
	Stenopsychidae	<i>Stenopsyche</i> sp.A	77.0	249.0	173.8	39.4	100.3	215.0	175.6	57.3	59.1							
	Uenidae	<i>Uenoa taiwanensis</i>	100.3		1.8													

(資料來源：本研究資料)

表 4-8 2021 年 4 月的水棲昆蟲資源組成及個體數(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	羅葉尾	溪	有勝溪	
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Oreodytes sp.</i>	1.8											
	Elmidae	<i>Zaitzevia sp.A</i>	5.4	1.8	19.7	107.5	75.2	62.7	75.2	1.8	73.5			
		<i>Zaitzevia sp.B</i>			1.8	3.6	3.6	1.8	1.8		1.8			
	Hydrophilidae	<i>Ametor sp.</i>										1.8		
	Psephenidae	<i>Eubrianax sp.</i>										89.6	3.6	
	Scirtidae	<i>Cyphon sp.</i>	281.3	336.8	32.2	166.6	69.9	19.7	7.2	385.2	3.6			
	Diptera	Athericidae	<i>Asuragina sp.</i>	3.6			3.6						1.8	
		Blepharoceridae	<i>Agathon sp.</i>											5.4
			<i>Bibiocephala sp.</i>			1.8		5.4						
		Canacidae	<i>Canace</i>											1.8
Ceratopogonidae		<i>Bezzia sp.</i>	12.5	17.9	12.5	26.9	12.5	25.1	64.5	17.9	9.0			
Chironomidae		Chironomidae sp.B	267.0	1831.0	326.1	204.2	240.1	1644.7	456.9	281.3	1463.8			
		Chironomidae sp.C	64.5	155.9	202.5	227.5	310.0	842.1	1046.3	114.7	1066.0			
		Chironomidae sp.D		1.8			1.8				5.4	17.9		
		Chironomidae sp.E			1.8						1.8			
		Chironomidae spp.	7.2						1.8	1.8	5.4			
	Tanypodinae spp.	9.0	44.8	19.7	10.7	26.9	247.2	26.9	17.9	318.9				
Dixidae	Dixidae											1.8		
Empididae	<i>Chelifera sp.</i>			1.8										
	<i>Clinocera sp.B</i>			1.8										
	<i>Dolichocephala sp.</i>	7.2		5.4	1.8	1.8	1.8	3.6						
	<i>Hemerodromia</i>				1.8									
	<i>Holorusia</i>											1.8		
Limoniidae	<i>Eriocera sp.A</i>	5.4	19.7	7.2	39.4	10.7			35.8	3.6	35.8			
	<i>Eriocera sp.B</i>		16.1	3.6	14.3	16.1	25.1	17.9			1.8			
Simuliidae	<i>Simulium sp.</i>	157.7	57.3	473.0	57.3	349.4	50.2	127.2	37.6	999.7				
Stratiomyidae	<i>Oxycera</i>							1.8						
Tipulidae	<i>Antocha sp.</i>	3.6	14.3	32.2	10.7	25.1	98.5	53.7	66.3	50.2				
	<i>Erioptera sp.</i>											1.8		
Ephemeroptera	Ameletidae	<i>Ameletus camtschaticus</i>										9.0		
Baetidae	<i>Acentrella lata</i>	19.7	41.2	55.5	68.1	344.0	41.2	329.7	9.0	304.6				
	<i>Baetiella bispinosa</i>	26.9	75.2	98.5	66.3	213.2	41.2	95.0	5.4	320.7				
	<i>Baetis spp.</i>	286.7	498.1	496.3	385.2	738.2	1318.6	1023.0	327.9	2169.7				
	Caenidae	<i>Caenis sp.</i>	5.4	1.8	1.8	1.8		7.2	3.6	5.4				
	Ephemerellidae	<i>Cincticostella fusca</i>	91.4	14.3	10.7	68.1	44.8	5.4	1.8	109.3				
		<i>Ephacera montana</i>	3.6	3.6	5.4	7.2	21.5	123.6	28.7	7.2	129.0			
	Ephemeridae	<i>Ephemeria sauteri</i>	3.6	1.8	17.9	1.8	1.8	3.6	1.8		9.0			
	Heptageniidae	<i>Afronurus floreus</i>	7.2	240.1	73.5	43.0	32.2	84.2	57.3	23.3	73.5			
		<i>Epeorus erratus</i>	68.1	21.5	95.0	35.8	82.4	43.0	123.6	73.5	66.3			
		<i>Nixe sp.</i>	1.8	59.1				1.8			5.4			
<i>Rhithrogena ampla</i>		557.2	281.3	279.5	1506.8	3138.9	1390.3	1103.6	93.2	107.5				
Leptophlebiidae	<i>Paraleptophlebia sp.</i>											105.7		
Odonata	Gomphidae	<i>Sinogomphus formosanus</i>		1.8	1.8	1.8				5.4				
Plecoptera	Nemouridae	<i>Amphinemura sp.</i>	60.9	53.7	111.1	181.0	290.2	390.6	177.4	35.8	487.3			
	<i>Protonemura spp.</i>	19.7		1.8	3.6	3.6	1.8		80.6					
Perlidae	<i>Gibosia sp.</i>				3.6		1.8					1.8		
	<i>Neoperla spp.</i>	159.5	333.2	66.3	172.0	139.7	315.3	102.1	211.4	32.2				
	Styloperlidae	<i>Cerconychia sp.</i>	23.3	222.2	44.8	1.8	10.7	77.0	26.9	98.5				
Trichoptera	Arctopsychidae	<i>Arctopsyche sp.</i>	1.8		7.2	7.2	1.8			1.8				
	Glossosomatidae	<i>Glossosoma sp.</i>			3.6	9.0	10.7		3.6	19.7	62.7			
	Hydrobiosidae	<i>Apsilochorema sp.</i>	1.8	1.8		9.0	1.8		1.8					
	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche spp.</i>	14.3	7.2	1.8	7.2	10.7	16.1	16.1	3.6	34.0			
	Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i>						23.3					1.8	
		<i>Stactobia</i>	1.8	14.3	7.2		5.4	5.4	7.2					
	Lepidostomatidae	<i>Goerodes sp.</i>	50.2	10.7	77.0	39.4	62.7	39.4	21.5	155.9	732.8			
	Rhyacophilidae	<i>Himalopsyche sp.</i>		1.8	1.8		1.8		3.6					
		<i>Rhyacophila nigrocephala</i>	10.7	16.1	12.5	16.1	50.2	107.5	64.5	9.0	55.5			
		<i>Rhyacophila spp.</i>	21.5	46.6	50.2	17.9	35.8	19.7	39.4	39.4	84.2			
Stenopsychidae	<i>Stenopsyche sp.A</i>	37.6	163.0	188.1	14.3	80.6	369.1	288.5	28.7	121.8				
Uenoidae	<i>Uenoa taiwanensis</i>	148.7	1.8											

(資料來源：本研究資料)

第四章 水棲昆蟲研究

表 4-9 2021 年 6 月及 7 月的水棲昆蟲資源組成及個體數(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	羅葉尾溪	有勝溪	
Coleoptera	Elmidae	<i>Zaitzevia</i> sp.A				1.8	68.8	64.5	5.4	21.5		84.2	
		<i>Zaitzevia</i> sp.B									1.8	1.8	
	Hydrophilidae	<i>Helobata</i> sp.								1.8			
	Psephenidae	<i>Ectopria</i>										9.0	3.6
		<i>Eubrianax</i> sp.										48.4	
	Scirtidae	<i>Cyphon</i> sp.	78.8	3.5	9.0	17.9	14.3	9.0	5.4	37.6			
Diptera	Athericidae	<i>Asuragina</i> sp.	1.8			3.6	1.8						
	Blepharoceridae	<i>Agathon</i> sp.							12.5	1.8		3.6	
		<i>Bibiocephala</i> sp.			1.8								
	Canacidae	<i>Canace</i>										1.8	
	Ceratopogonidae	<i>Bezzia</i> sp.	5.4		7.2	14.3	5.4	7.2	17.9	5.4			
	Chironomidae	Chironomidae sp.B	1238.2	6598.6	395.8	464.3	116.5	1533.6	388.8	256.2	91.4		
		Chironomidae sp.C	21.5	7.2	89.6	127.3	4.0	297.4	234.7	57.3	329.7		
		Chironomidae sp.D							1.8		1.8		
		Chironomidae sp.E	1.8			1.8							
		Chironomidae spp.					26.9	1.8				17.9	
		Tanypodinae spp.		5.2	138.0	14.3	17.9	44.8	48.4	25.1	82.4		
		Dixidae	<i>Dixida</i>					1.8	1.7				
	Empididae	<i>Hemerodromia</i>										3.6	
		<i>Holorusia</i>										1.8	
	Limoniidae	<i>Eriocera</i> sp.A	3.5		5.4	14.3	48.4	12.5	17.9	3.6	26.9		
<i>Eriocera</i> sp.B		3.6	3.6	3.6	1.7	9.0	12.5	7.2	1.8				
	Pediciidae	<i>Dicranota</i> sp.									1.8		
	Psychodidae	<i>Pericoma</i>									3.6		
	Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	1.7	17.9	22.4	46.6	68.8	36.4	114.7	87.8	64.5		
	Tipulidae	<i>Antocha</i> sp.	16.1	62.8	23.3	25.8	9.0	71.7	43.0	39.4	59.1		
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Acentrella lata</i>	5.2	231.1	1952.9	564.4	22.5	577.0	272.3	23.3	82.4		
		<i>Baetiella bispinosa</i>	16.1	15.8	965.7	154.9	123.6	478.4	344.0	19.7	48.4		
		<i>Baetis</i> spp.	27.5	58.8	1487.6	335.4	164.8	956.7	799.7	36.1	2359.6		
	Ephemerellidae	<i>Cincticostella fusca</i>									5.4		
		<i>Ephacarella montana</i>	1.8		5.4	19.8	7.2	35.8	52.0	12.5	121.8		
	Ephemeridae	<i>Ephemera sauteri</i>				9.0	1.8		1.8		3.6		
	Heptageniidae	<i>Afronurus floreus</i>	14.3	57.3	89.6	52.0	7.2	28.7	195.3	35.8	34.0		
		<i>Epeorus erratus</i>	9.0		7.2	7.2		52.0	34.4	41.2	12.5		
		<i>Nixe</i> sp.			3.6	1.8			9.0		44.8		
		<i>Rhithrogena ampla</i>	95.0	59.1	163.4	34.6	935.2	618.1	161.2	116.5	37.6		
		Leptophlebiidae	<i>Paraleptophlebia</i> sp.								9.0		
	Odonata	Gomphidae	<i>Sinogomphus formosanus</i>							7.2	21.5	3.6	
Plecoptera	Nemouridae	<i>Amphinemura</i> sp.	7.2	1.7	41.3	35.8	19.8	59.1	89.6	211.4	5.4		
		<i>Protonemura</i> spp.			1.8			1.8	1.8	1.8	17.9		
	Perlidae	<i>Gibosia</i> sp.		1.8		3.6	7.2						
		<i>Neoperla</i> spp.	75.2	75.2	17.9	55.5	12.4	98.5	16.1	175.6	1.8		
		Styloperlidae	<i>Cerconychia</i> sp.	5.4	1.8	1.8	12.5	1.7			52.0	1.8	
Trichoptera	Arctopsychidae	<i>Arctopsyche</i> sp.	1.8			3.6	5.4			3.5			
	Glossosomatidae	<i>Glossosoma</i> sp.	3.6		12.5	5.4	32.2	14.3	34.4	44.8	21.5		
	Hydrobiosidae	<i>Apsilochorema</i> sp.			1.8	5.4	9.0	1.8		1.7			
	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche</i> spp.	14.3	3.6	9.0	14.3	16.1	43.0	48.4	1.8	1.8		
	Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i>		17.9	9.0			21.5					
	Lepidostomatidae	<i>Goerodes</i> sp.	7.2	3.6	7.2	34.4	21.5	16.1	17.9	43.0	36.1		
	Rhyacophilidae	<i>Himalopsyche</i> sp.			1.8	1.8							
		<i>Rhyacophila nigrocephala</i>	1.7	14.3	5.4	39.4	77.4	37.6	68.8	26.9	32.2		
		<i>Rhyacophila</i> spp.	14.3	16.1	9.0	12.5		12.5	21.5	57.3			
	Stenopsychidae	<i>Stenopsyche</i> sp.A	46.6	48.4	28.7	69.9	44.8	123.6	27.5	32.2	23.3		

(資料來源：本研究資料)

第四章 水棲昆蟲研究

表 4- 10 2021 年 10 月的水棲昆蟲資源組成及個體數(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	羅葉尾溪	有勝溪		
Coleoptera	Elmidae	<i>Zaitzevia sp.A</i>	17.9	3.6	5.4	52.0	55.5		7.2	7.2	1.8	41.2		
		<i>Zaitzevia sp.B</i>			9.0									
	Psephenidae	<i>Ectopria</i>										41.2		
		<i>Eubrianax sp.</i>		1.8								78.8		
	Scirtidae	<i>Cyphon sp.</i>	84.2	55.5	25.1	121.8	32.2	19.7				191.7	1.8	
Diptera	Blepharoceridae	<i>Agathon sp.</i>				16.1	1.8							
		<i>Bibiocephala sp.</i>			3.6	50.2	5.4							
	Canacidae	<i>Canace</i>				1.8								
		Chironomidae	Chironomidae sp.B	35.8	41.2	87.8	50.2	213.2	313.5	68.1	632.4	120.0		
			Chironomidae sp.C	19.7	21.5	102.1	19.7	91.4	41.2	64.5	333.2	274.1		
			Chironomidae sp.D	1.8										
			Chironomidae spp.	7.2		10.7	1.8	14.3	5.4	3.6	37.6	10.7		
	Tanypodinae spp.	1.8	1.8	16.1	1.8	9.0	14.3	14.3	30.5	68.1				
	Limoniidae	<i>Eriocera sp.A</i>	3.6	1.8	1.8	9.0	1.8			3.6				
		<i>Eriocera sp.B</i>		5.4	1.8	5.4	10.7	3.6	3.6	1.8	3.6			
	Pediciidae	<i>Dicranota sp.</i>										1.8		
	Psychodidae	<i>Psychoda</i>			1.8									
	Simuliidae	<i>Simulium sp.</i>	16.1		172.0	7.2	41.2	5.4	1.8	439.0	265.2			
	Stratiomyidae	<i>Oxycera</i>										1.8		
	Tipulidae	<i>Antocha sp.</i>	1.8	5.4	1.8	1.8	3.6	1.8	1.8	114.7				
Ephemeroptera	Ameletidae	<i>Ameletus camtschaticus</i>		1.8										
	Baetidae	<i>Acentrella lata</i>	19.7	1.8	141.5	96.7	238.3	224.0	19.7	23.3	716.7			
		<i>Baetiella bispinosa</i>	46.6	23.3	184.5	77.0	139.7	229.3	16.1	50.2	281.3			
		<i>Baetis spp.</i>	524.9	673.7	483.7	53.7	320.7	347.6	188.1	779.4	569.7			
	Caenidae	<i>Caenis sp.</i>			1.8		3.6	1.8	1.8					
	Ephemerellidae	<i>Cincticostella fusca</i>									308.2			
		<i>Ephacarella montana</i>	57.3	254.4	184.5	98.5	351.2	93.2	48.4	700.5	3.6			
	Ephemeridae	<i>Ephemera sauteri</i>			7.2	3.6	5.4	1.8	1.8		10.7			
	Heptageniidae	<i>Afronurus floreus</i>	23.3	69.9	21.5	1.8	77.0	64.5	60.9	14.3	28.7			
		<i>Epeorus erratus</i>	44.8	3.6	23.3	9.0	5.4	28.7	7.2	43.0	7.2			
		<i>Nixe sp.</i>					3.6		25.1		3.6			
		<i>Rhithrogena ampla</i>	132.6	75.2	256.2	241.9	274.1	279.5	39.4	50.2	84.2			
	Leptophlebiidae	<i>Paraleptophlebia sp.</i>	14.3								95.0			
	Odonata	Gomphidae	<i>Sinogomphus formosanus</i>			3.6	1.8	9.0		1.8	10.7	1.8		
	Plecoptera	Nemouridae	<i>Amphinemura sp.</i>	3.6	1.8	69.9	21.5	32.2	10.7	16.1	317.1	48.4		
<i>Protonemura spp.</i>			3.6			1.8	3.6	1.8		34.0				
Perlidae		<i>Gibosia sp.</i>				1.8	5.4		1.8	3.6	3.6			
		<i>Neoperla spp.</i>	21.5	37.6	96.7	116.5	59.1	53.7	5.4	172.0	41.2			
Styloperlidae		<i>Cerconychia sp.</i>	5.4	1.8	10.7	5.4	7.2	10.7	1.8	32.2				
Trichoptera	Arctopsychidae	<i>Arctopsyche sp.</i>	3.6			9.0					3.6			
	Glossosomatidae	<i>Glossosoma sp.</i>	1.8			9.0	5.4	5.4		87.8	7.2			
	Hydrobiosidae	<i>Apsilochorema sp.</i>	1.8		3.6				1.8	14.3				
	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche spp.</i>	17.9	1.8	12.5	9.0	5.4	5.4	3.6	5.4	23.3			
	Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i>									1.8			
		<i>Stactobia</i>			7.2									
	Lepidostomatidae	<i>Goerodes sp.</i>	7.2	62.7	403.1	30.5	164.8	213.2	98.5	39.4	602.0			
Rhyacophilidae	<i>Himalopsyche sp.</i>			1.8	1.8	1.8	1.8							
	<i>Rhyacophila nigrocephala</i>	7.2	17.9	9.0	35.8	37.6	17.9	19.7	21.5	12.5				
	<i>Rhyacophila spp.</i>	3.6	5.4	25.1	3.6	3.6	3.6		43.0					
	<i>Stenopsyche sp.A</i>	91.4	161.2	250.8	21.5	109.3	141.5	164.8	103.9	26.9				
Uenoidae	<i>Uenoa taiwanensis</i>	48.4			1.8					3.6				

(資料來源：本研究資料)

第四章 水棲昆蟲研究

表 4- 11 2021 年水棲昆蟲資源組成及個體數(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	羅葉尾溪	有勝溪	
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Oreodytes</i> sp.	1.8									
	Elmidae	<i>Zaitzevia</i> sp.A	25.8	9.0	62.8	643.9	238.3	87.8	247.2	7.2	245.5	
		<i>Zaitzevia</i> sp.B			12.5	5.4	3.6	1.8	1.8	1.8	3.6	
	Hydrophilidae	<i>Amator</i> sp.									1.8	
		<i>Helobata</i> sp.							1.8			
	Psephenidae	<i>Ectopria</i>									53.8	5.4
		<i>Eubrianax</i> sp.		1.8			1.8	3.6	1.8	333.3	3.6	
		Scirtidae	<i>Cyphon</i> sp.	657.5	84.3	8.6	641.4	157.7	8.6	23.3	969.2	17.9
	Diptera	Athericidae	<i>Asuragina</i> sp.	5.4			1.7	1.8				5.4
		Blepharoceridae	<i>Agathon</i> sp.				16.1	3.6	12.5	1.8		12.6
<i>Bibiocephala</i> sp.				1.8	5.4	5.2	12.5				1.8	
Canacidae		<i>Canace</i>				1.8					3.6	
Ceratopogonidae		<i>Bezzia</i> sp.	19.8	39.4	34.4	55.5	25.8	35.8	161.2	26.9	18.0	
Chironomidae		Chironomidae sp.B	251.6	8689.4	1497.6	1415.7	1212.9	3914.7	1198.6	1289.9	2746.6	
		Chironomidae sp.C	146.9	317.1	571.5	938.9	575.5	1248.8	217.4	899.4	39.6	
		Chironomidae sp.D	1.8	1.8			1.8		1.8	5.4	19.7	
		Chironomidae sp.E	1.8		1.8	1.8					1.8	
		Chironomidae spp.	14.3	1.8	23.3	17.9	52.0	1.7	14.3	15.7	35.8	
	Tanypodinae spp.	26.9	62.5	216.8	52.0	59.1	338.6	22.4	93.2	55.0		
Dixidae	Dixidae					1.8	1.7		1.8			
Empididae	<i>Chelifera</i> sp.			1.8	3.6			16.1		1.8		
	<i>Clinocera</i> sp.B			5.4			1.8			3.6		
	<i>Dolichocephala</i> sp.	7.2		5.4	1.8	5.4	1.8	3.6				
	<i>Hemerodromia</i>				9.0				5.4	1.8		
	<i>Holorusia</i>								3.6			
Limoniidae	<i>Eriocera</i> sp.A	16.0	41.3	14.3	152.3	68.8	12.5	62.8	9.0	111.1		
	<i>Eriocera</i> sp.B	41.3	37.6	9.0	44.7	43.0	52.0	41.3	7.2	19.7		
Pediciidae	<i>Dicranota</i> sp.									5.4		
Psychodidae	<i>Pericoma</i>			1.8						7.2		
	<i>Psychoda</i>			1.8								
Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	216.7	98.5	943.3	191.7	243.3	99.8	275.9	596.6	218.4		
Stratiomyidae	<i>Oxycera</i>					3.6		1.8				
Tabanidae	<i>Silvius</i> sp.									1.8		
Thaumaleidae	Thaumaleidae sp.											
Tipulidae	<i>Antocha</i> sp.	32.2	89.6	71.7	5.9	53.7	238.3	112.9	279.5	127.2		
	<i>Erioptera</i> sp.								1.8			
									18.0			
Ephemeroptera	Ameletidae	<i>Ameletus camtschaticus</i>	9.0	3.6								
	Baetidae	<i>Acentrella lata</i>	51.7	29.3	2311.3	765.3	147.3	849.3	634.2	61.0	1327.7	
		<i>Baetiella bispinosa</i>	19.3	252.3	289.5	334.1	1266.7	781.2	465.8	82.5	123.1	
		<i>Baetis</i> spp.	1274.5	1771.6	329.0	1544.8	1746.8	3785.7	3634.5	1697.0	7489.0	
	Caenidae	<i>Caenis</i> sp.	5.4	5.4	3.6	17.9	5.4	1.7	19.8		9.0	
	Ephemerellidae	<i>Cincticostella fusca</i>	247.2	28.7	46.6	234.7	12.4	3.5	23.3	575.2		
		<i>Ephacarella montana</i>	95.0	274.1	22.4	157.7	413.9	283.8	272.3	777.5	551.8	
	Ephemeridae	<i>Ephemera sauteri</i>	3.6	21.5	3.5	19.8	1.7	5.4	34.4	1.8	32.3	
	Heptageniidae	<i>Afronurus floreus</i>	52.0	469.5	29.6	134.4	139.7	517.8	153.5	143.3	259.8	
		<i>Epeorus erratus</i>	152.3	25.8	351.2	8.6	376.2	134.4	165.2	172.0	1.3	
<i>Nixe</i> sp.		3.6	75.2	3.6	3.6	3.6	7.2	89.6		82.5		
<i>Rhithrogena ampla</i>		976.4	698.7	944.5	444.3	5951.9	2583.5	142.8	317.2	277.7		
Leptophlebiidae	<i>Paraleptophlebia</i> sp.	26.9	5.4		1.8		1.8		365.6	1.8		
Odonata	Gomphidae	<i>Sinogomphus formosanus</i>		1.8	5.4	5.4	9.0		9.0	6.9	7.2	
	Plecoptera	Nemouridae	<i>Amphinemura</i> sp.	132.6	93.1	634.4	75.9	636.1	548.2	569.7	65.3	87.8
		<i>Protonemura</i> spp.	35.8	1.8	14.3	7.2	16.1	5.4	1.8	141.5		
	Perlidae	<i>Gibosia</i> sp.		1.8		14.3	16.1	1.8	1.8	7.2	5.4	
		<i>Neoperla</i> spp.	379.8	718.4	234.7	542.9	266.9	55.3	154.8	885.1	19.2	
	Styloperlidae	<i>Cerconychia</i> sp.	66.3	419.2	8.6	59.1	28.6	138.0	12.1	41.3	1.8	
Trichoptera	Arctopsychidae	<i>Arctopsyche</i> sp.	9.0	1.8	17.9	19.8	19.8				8.9	
	Glossosomatidae	<i>Glossosoma</i> sp.	5.4		23.3	23.3	55.5	19.8	38.0	154.1	186.4	
	Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i>									1.8	
	Hydrobiosidae	<i>Apsilochorema</i> sp.	3.6	5.4	9.0	34.5	12.5	3.6	7.2	17.8		
	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche</i> spp.	66.3	21.5	34.4	34.5	44.8	64.5	68.8	12.6	163.0	
	Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i>		17.9	12.5		3.6	48.4			1.8	1.8
		<i>Stactobia</i>	3.6	16.1	57.3	1.8	7.2	1.7	7.2			
	Lepidostomatidae	<i>Goerodes</i> sp.	71.7	129.0	521.4	193.9	36.4	331.5	39.6	499.9	2712.8	
	Rhyacophilidae	<i>Himalopsyche</i> sp.		1.8	5.4	1.8	12.5	1.8	3.6			
		<i>Rhyacophila nigrocephala</i>	28.6	91.4	48.4	118.2	213.6	22.5	28.6	71.7	177.2	
<i>Rhyacophila</i> spp.		71.7	89.6	148.8	69.9	15.8	6.9	146.9	171.9	12.1		
Stenopsychidae	<i>Stenopsyche</i> sp.A	252.6	621.7	641.4	145.1	335.4	849.2	656.4	222.1	231.1		
Uenoidae	<i>Uenca taiwanensis</i>	297.4	1.8	1.8	1.8					3.6		

(資料來源：本研究資料)

表 4- 12 2021 年 1 月司界蘭溪下游資源組成及個體數(individuals / square meter)

Order	Family	Taxon	司界蘭溪下游
Coleoptera	Elmidae	<i>Zaitzevia</i> sp.A	16.1
	Psephenidae	<i>Eubrianax</i> sp.	1.8
Diptera	Blepharoceridae	<i>Agathon</i> sp.	41.2
	Chironomidae	Chironomidae sp.B	361.9
		Chironomidae sp.C	265.2
		Chironomidae spp.	7.2
		Tanypodinae spp.	14.3
	Limoniidae	<i>Eriocera</i> sp.B	3.6
	Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	1540.8
Tipulidae	<i>Antocha</i> sp.	7.2	
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Acentrella lata</i>	575.1
		<i>Baetiella bispinosa</i>	485.5
		<i>Baetis</i> spp.	220.4
	Ephemerellidae	<i>Ephacerella montana</i>	14.3
	Ephemeridae	<i>Ephemerella sauteri</i>	1.8
	Heptageniidae	<i>Afronurus floreus</i>	1.8
		<i>Epeorus erratus</i>	78.8
		<i>Rhithrogena ampla</i>	616.3
Plecoptera	Nemouridae	<i>Amphinemura</i> sp.	34.0
Trichoptera	Glossosomatidae	<i>Glossosoma</i> sp.	197.1
	Hydrobiosidae	<i>Apsilochorema</i> sp.	5.4
	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche</i> spp.	100.3
	Lepidostomatidae	<i>Goerodes</i> sp.	30.5
	Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila nigrocephala</i>	46.6
<i>Rhyacophila</i> spp.		10.7	

(資料來源：本研究資料)

表 4- 13 2021 年高山溪二號壩下游改善前後資源組成及個體數(individuals / square meter)

Order	Family	Taxon	改善前(9月)	改善後(10月)
Coleoptera	Elmidae	<i>Zaitzevia</i> sp.A	139.7	5.4
		<i>Zaitzevia</i> sp.B	3.6	1.8
	Scirtidae	<i>Cyphon</i> sp.	60.9	12.5
Diptera	Blepharoceridae	<i>Bibliocephala</i> sp.	3.6	
	Ceratopogonidae	<i>Bezzia</i> sp.	1.8	
	Chironomidae	Chironomidae sp.B	19.7	16.1
		Chironomidae sp.C	9.0	1.8
		Tanypodinae spp.		5.4
	Empididae	<i>Holorusia</i>	1.8	
	Limoniidae	<i>Eriocera</i> sp.A	14.3	3.6
<i>Eriocera</i> sp.B		3.6		
	Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	234.7	5.4
	Thaumaleidae	Thaumaleidae sp.	1.8	
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Acentrella lata</i>	53.7	9.0
		<i>Baetiella bispinosa</i>	112.9	
		<i>Baetis</i> spp.	297.4	14.3
	Caenidae	<i>Caenis</i> sp.	1.8	
	Ephemerellidae	<i>Ephacrerella montana</i>	175.6	
	Heptageniidae	<i>Epeorus erratus</i>	12.5	
		<i>Rhithrogena ampla</i>	270.5	26.9
Plecoptera	Nemouridae	<i>Amphinemura</i> sp.	21.5	3.6
	Perlidae	<i>Gibosia</i> sp.	1.8	
		<i>Neoperla</i> spp.	69.9	16.1
	Styloperlidae	<i>Cerconychia</i> sp.	1.8	
Trichoptera	Arctopsychidae	<i>Arctopsyche</i> sp.	14.3	1.8
	Glossosomatidae	<i>Glossosoma</i> sp.	21.5	
	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche</i> spp.	35.8	
	Lepidostomatidae	<i>Goerodes</i> sp.	35.8	1.8
	Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila nigrocephala</i>	17.9	3.6
		<i>Rhyacophila</i> spp.	1.8	
	Stenopsychidae	<i>Stenopsyche</i> sp.A	16.1	1.8

(資料來源：本研究資料)

表 4- 14 MARSS 模型支持度

水棲昆蟲豐度	環境資料	同步性	AICc
整體群集 (total)	無洪水及乾旱	不同步	6.54
		同步	-36.64
	有洪水及乾旱	不同步	6.41
		同步	-29.58
EPT 三目	無洪水及乾旱	不同步	27.26
		同步	-36.49
	有洪水及乾旱	不同步	3.45
		同步	-28.37
大型食餌 (Prey)	無洪水及乾旱	不同步	61.69
		同步	-18.04
	有洪水及乾旱	不同步	41.30
		同步	-9.61

AICc, small sample unbiased Akaike's information criterion (Akaike, 1974)

(資料來源：本研究資料)

附圖

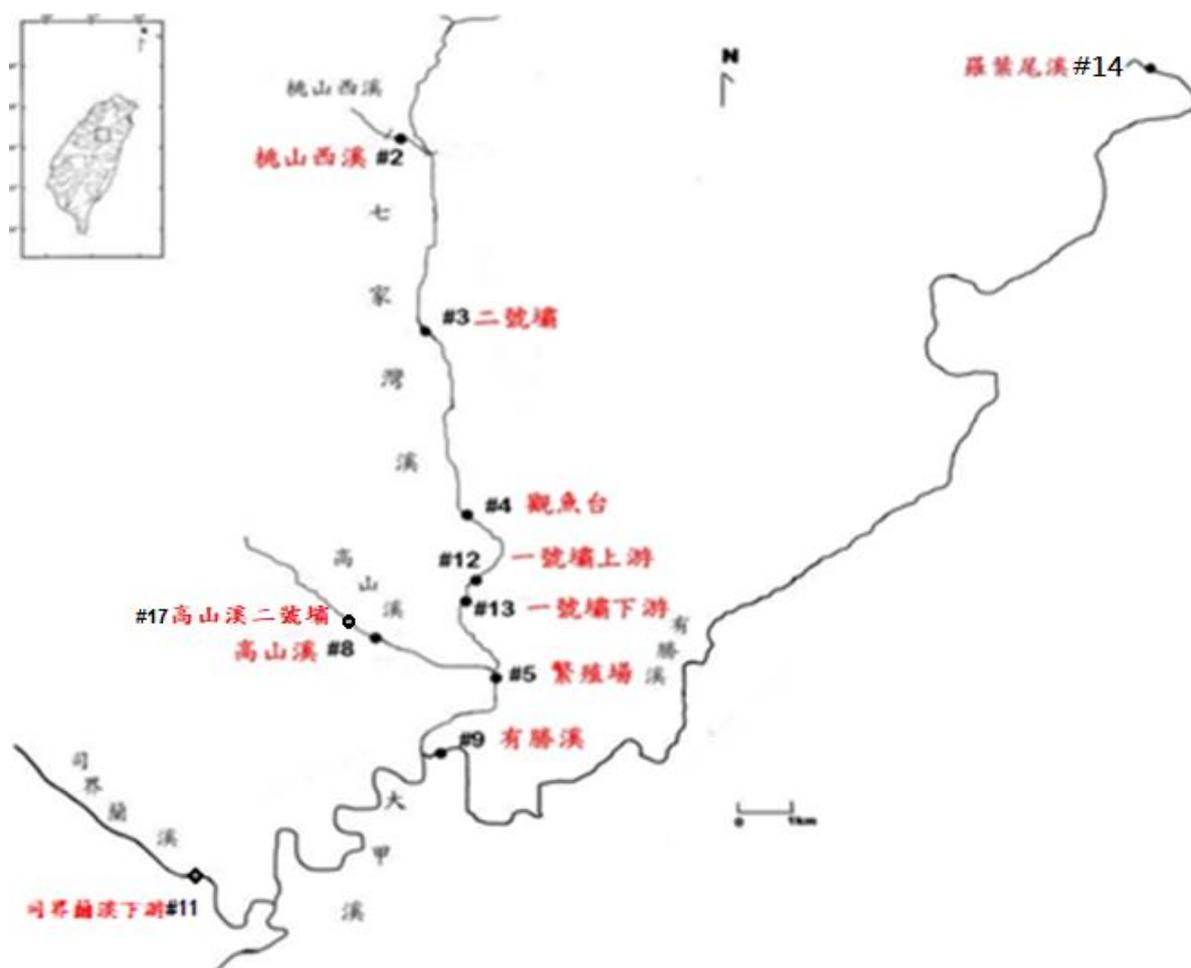


圖 4-1 武陵地區溪流水棲昆蟲監測調查測站的相關位置圖
(資料來源：本研究資料)

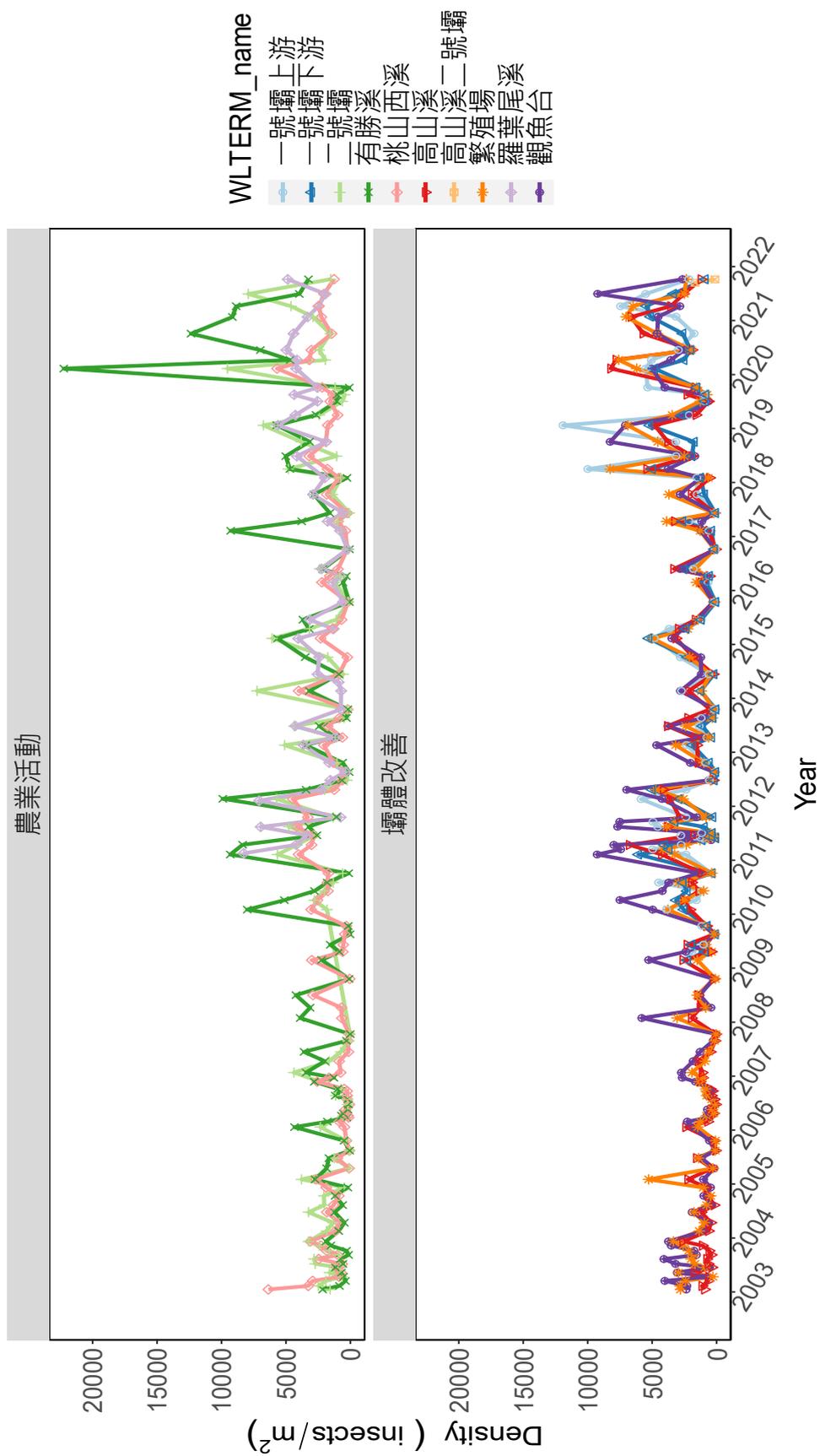


圖 4-2、武陵地區溪流測站水棲昆蟲各月數量。
(資料來源：本研究資料)

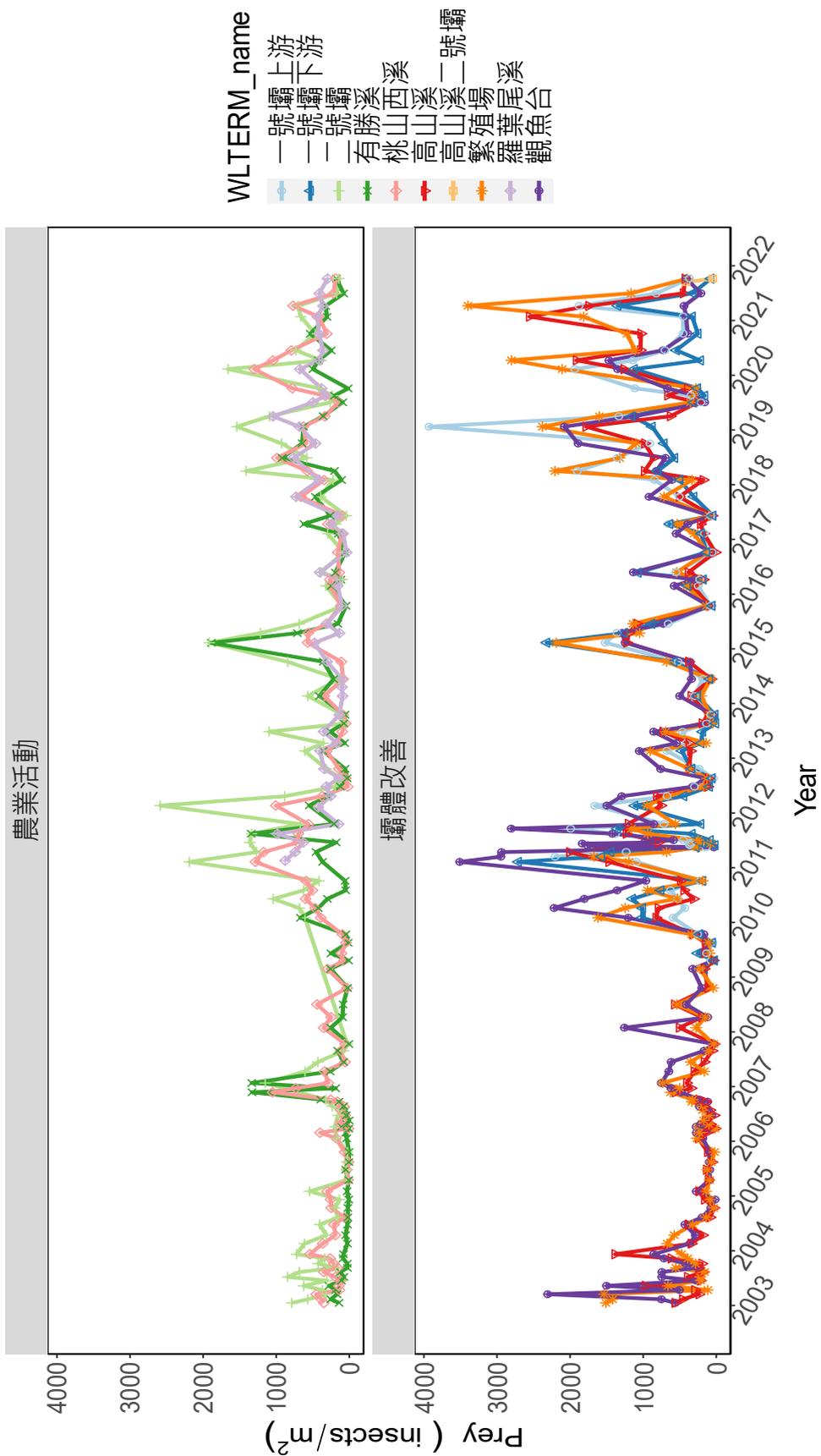


圖 4-3、武陵地區溪流測站大型昆蟲食餌數量變化圖。
(資料來源：本研究資料)

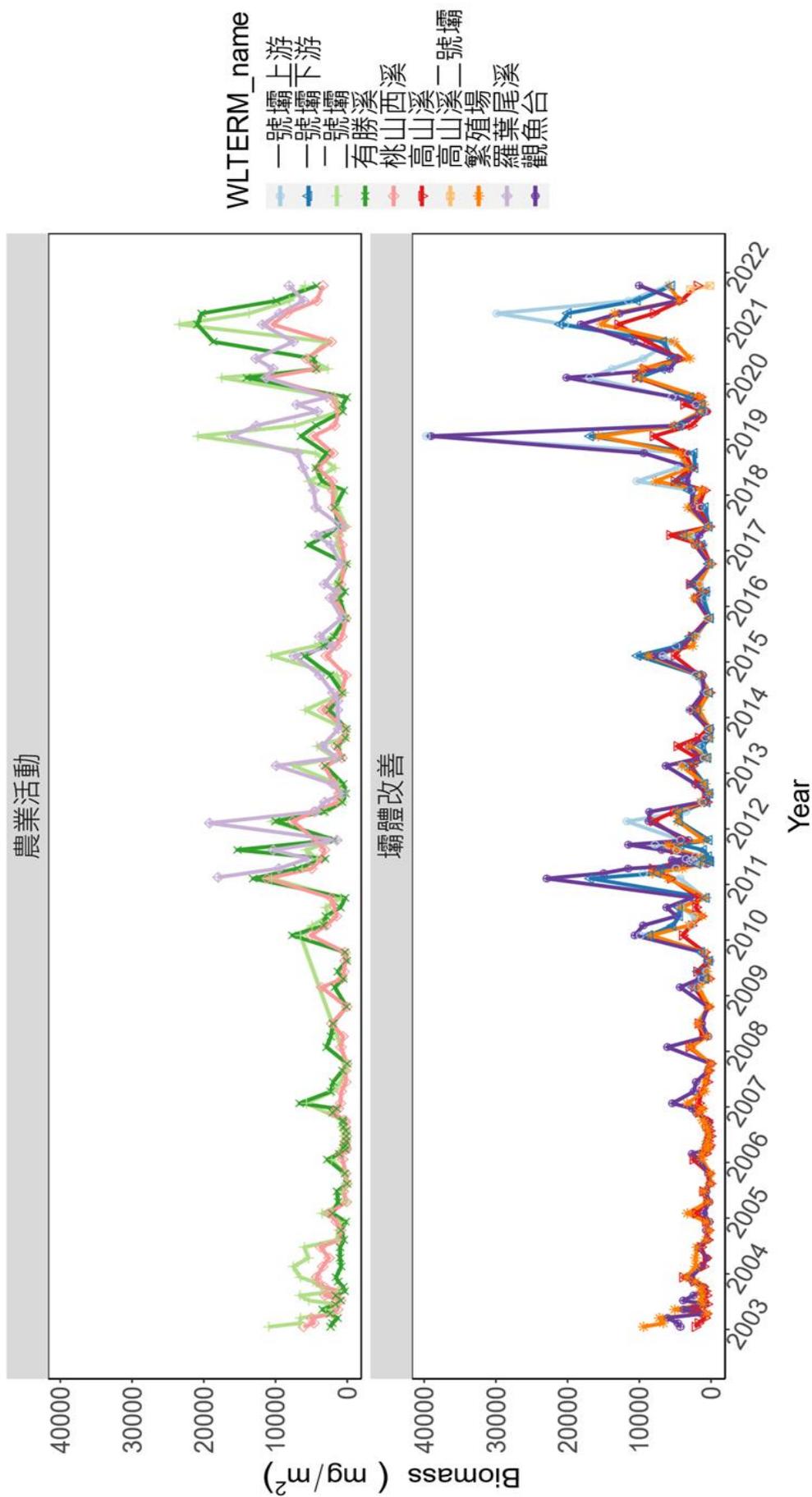


圖 4-4、武陵地區溪流測站的水棲昆蟲生物量(濕重)變化圖。
(資料來源：本研究資料)

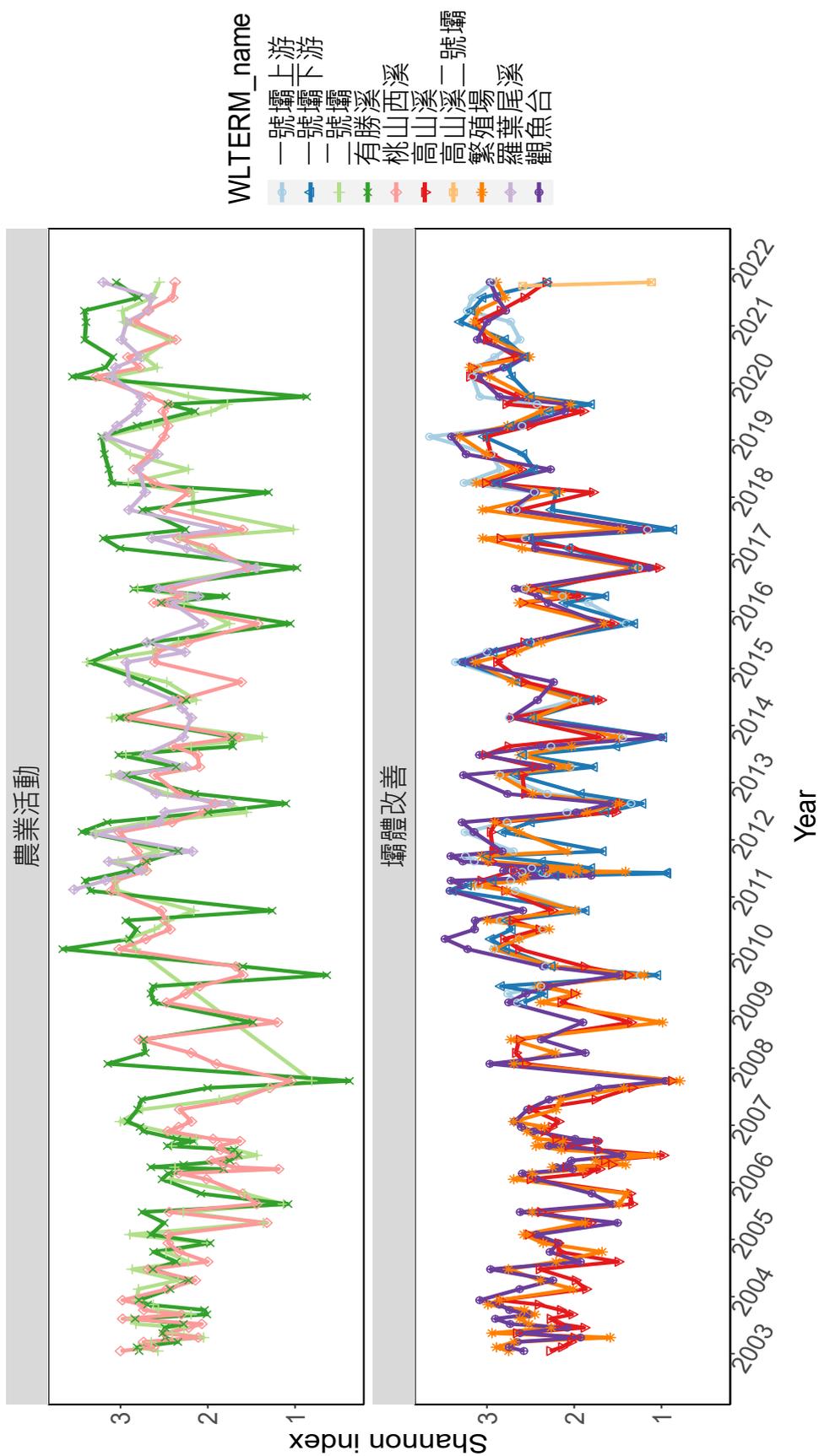


圖 4-5、武陵地區溪流測站水棲昆蟲的 Shannon- Wiener's index。
(資料來源：本研究資料)

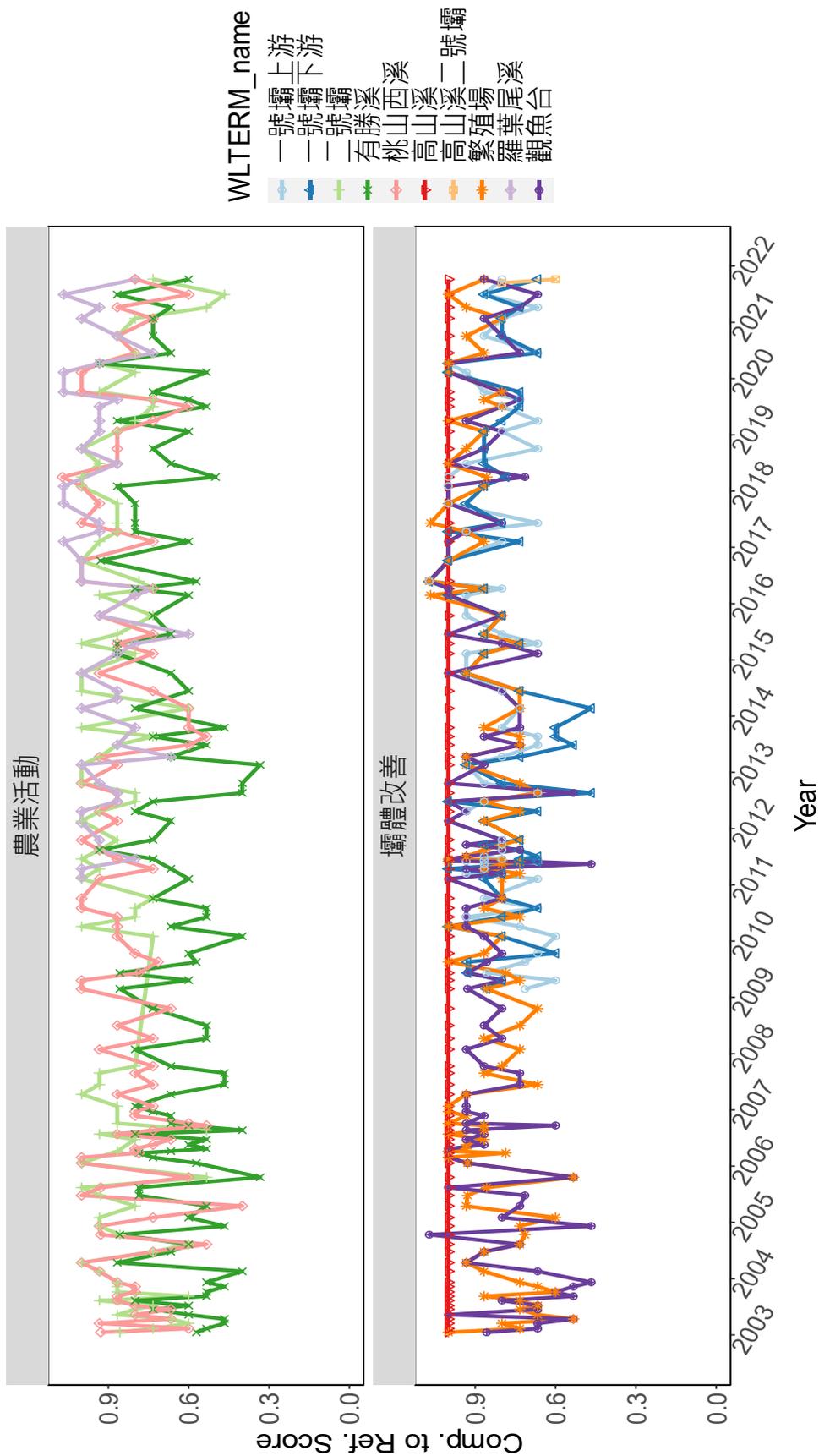


圖 4-6、武陵地區溪流測站水棲昆蟲的 RBPII 相對分數。
(資料來源：本研究資料)

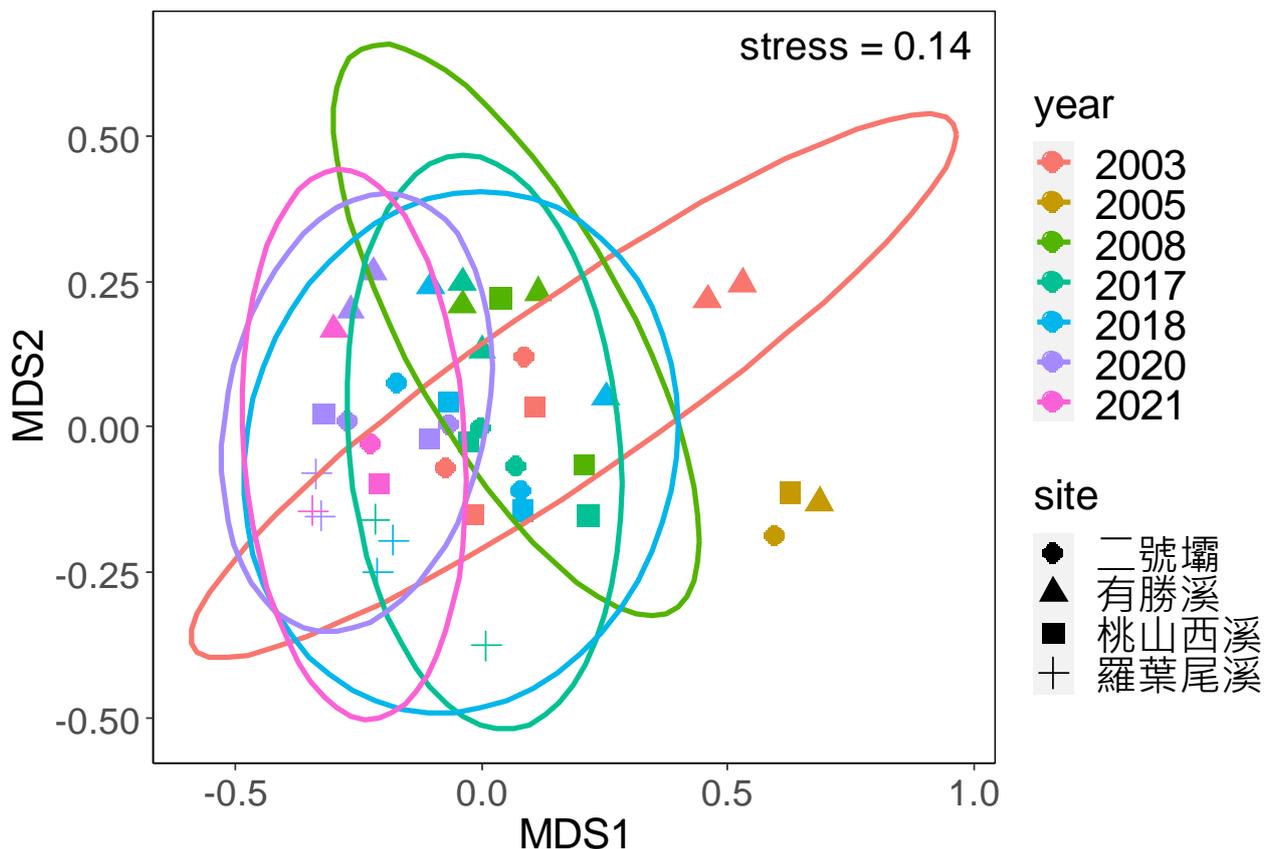
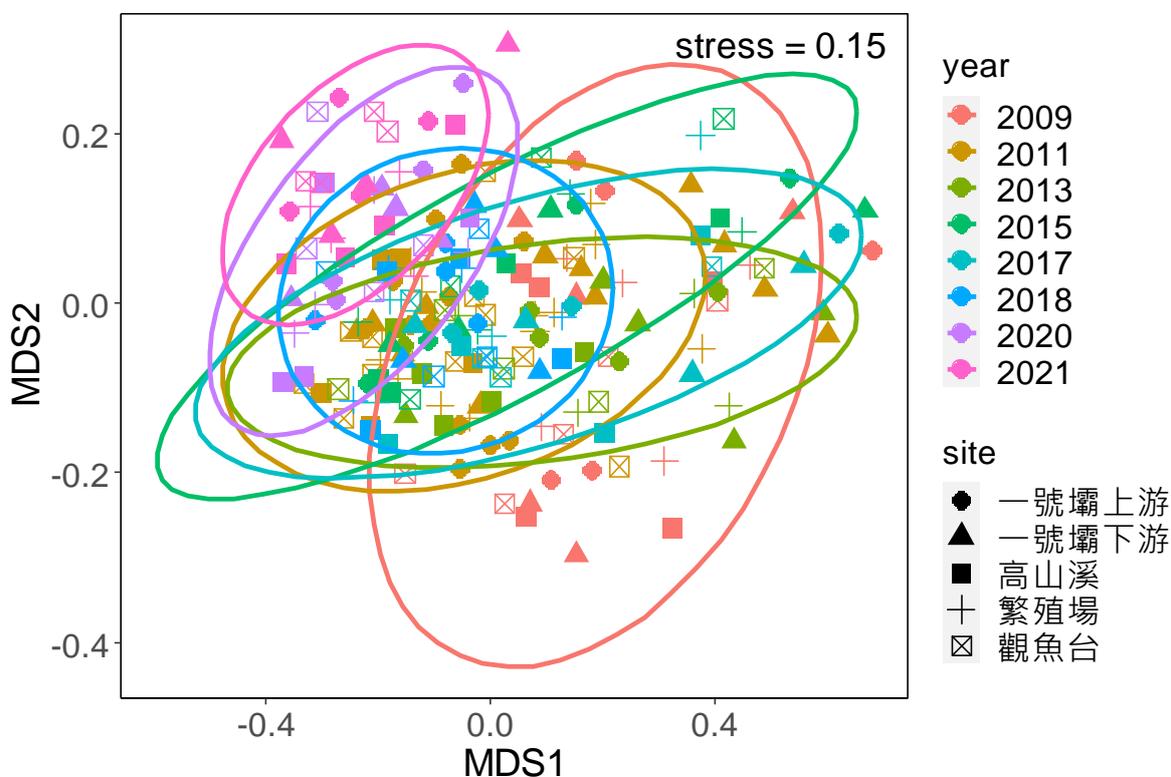


圖 4-7、武陵地區測站水棲昆蟲的 MDS 分析。



(資料來源：本研究資料)

圖 4-8、一號壩壩體上下游四測站水棲昆蟲的 MDS 分析。(資料來源：本研究資料)

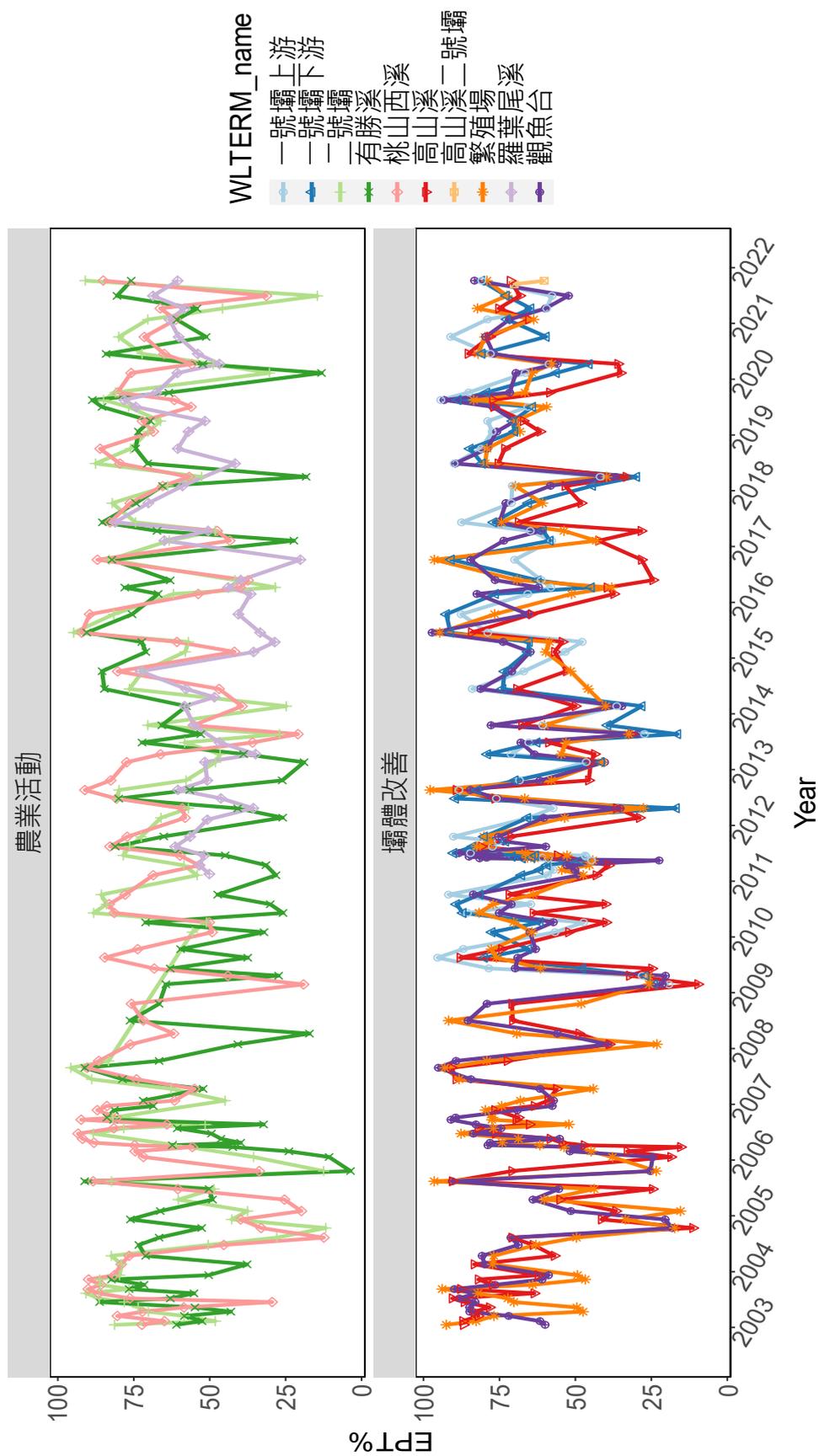


圖 4-9-1、各測站蜉蝣目(Ephemeroptera, E)、積翅目(Plecoptera, P)及毛翅目(Trichoptera, T)EPT 三目與搖蚊科(Chironomidae)豐度的比例(ratio of EPT and Chironomid abundances)。(資料來源：本

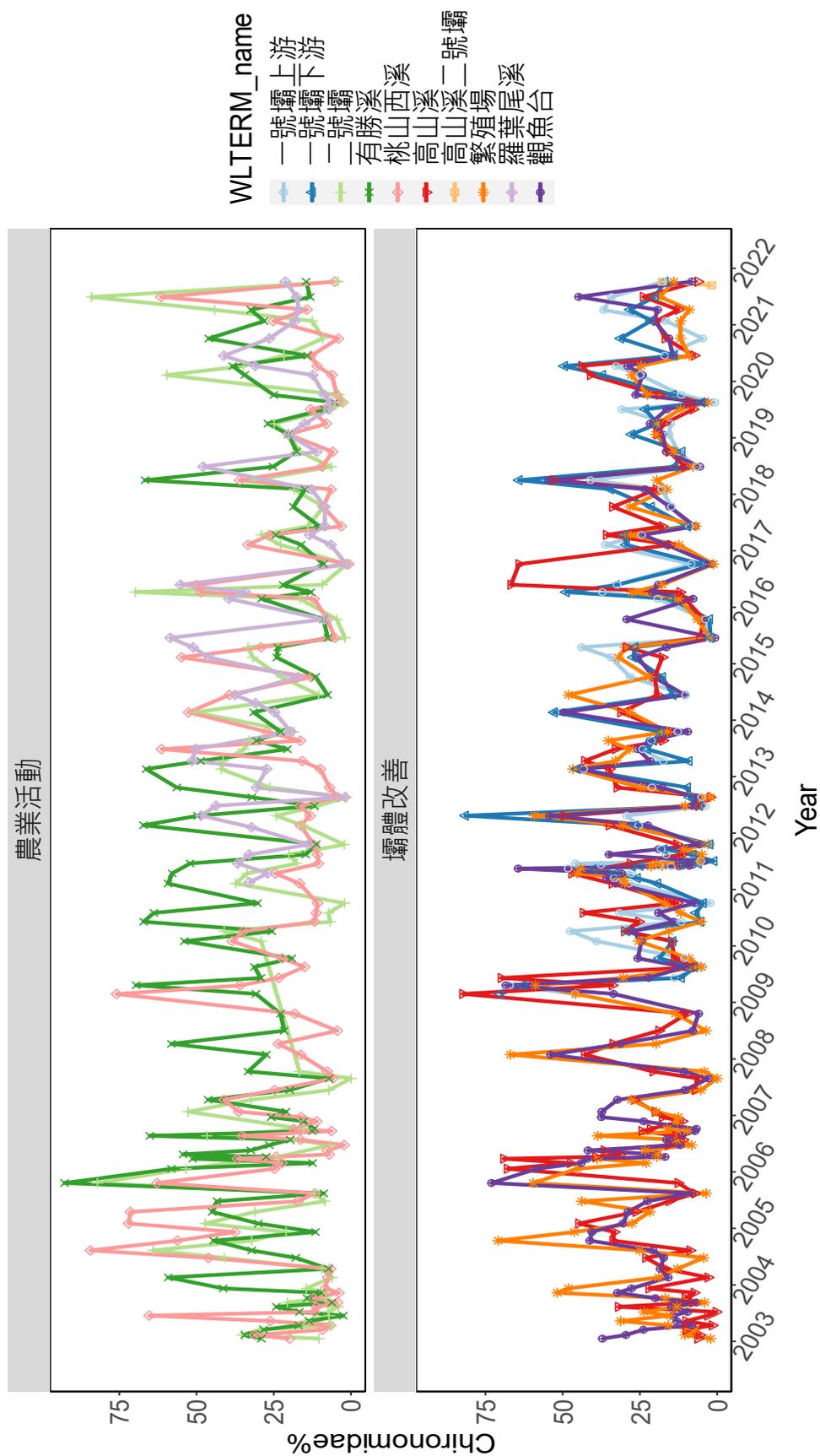


圖 4-10-2、各測站蜉蝣目(Ephemeroptera, E)、積翅目(Plecoptera, P)及毛翅目(Trichoptera, T)EPT 三日與搖蚊科(Chironomidae)豐度的比例(ratio of EPT and Chironomid abundances)。(資料來源：本

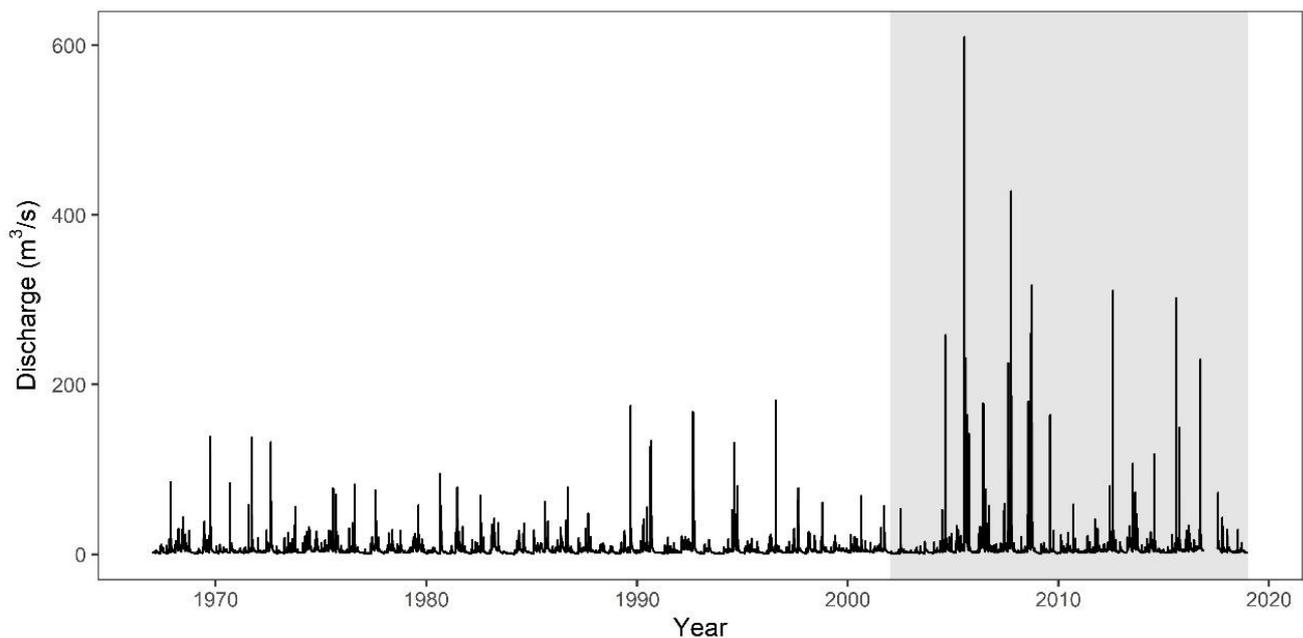


圖 4-10、武陵地區溪流 1967 至 2018 流量資料(流量資料來自台灣電力公司水文水資源資料管理供應系統)。(資料來源：本研究資料)

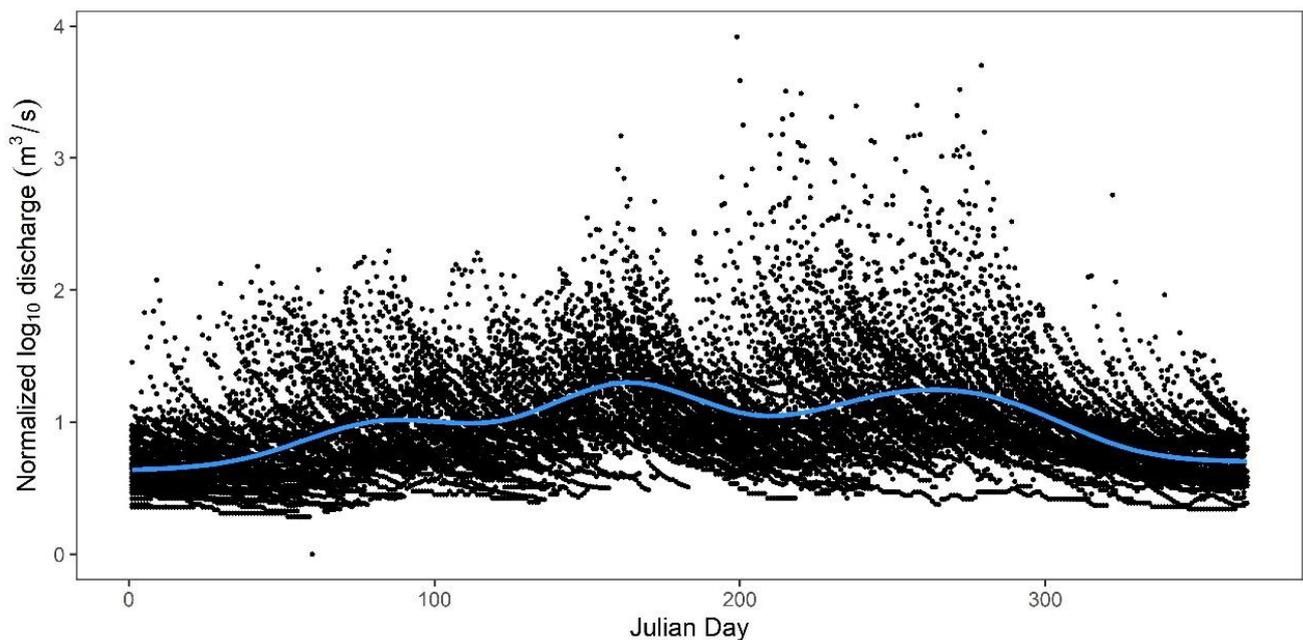


圖 4-11、流量資料經 DFFT 分析後得出之流量圖，各點為每日紀錄之流量，藍色實線為長期季節趨勢，各點與當日藍色實線之距離即為流量殘差。(資料來源：本研究資料)

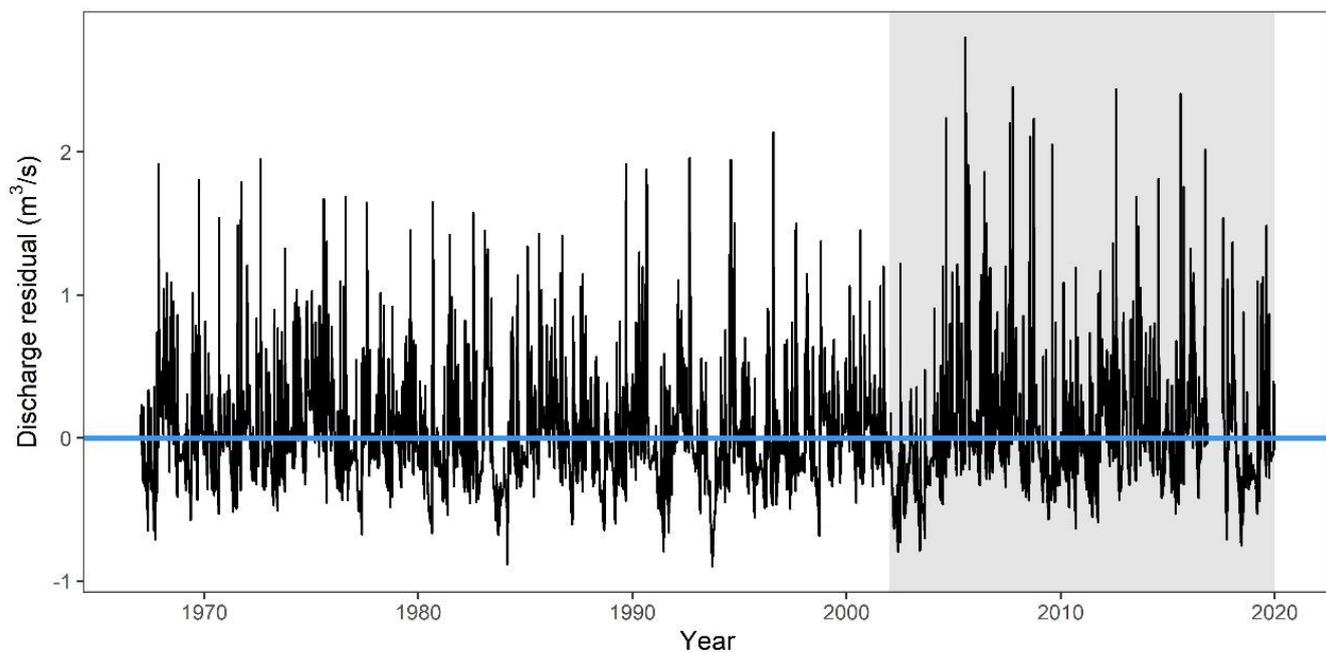


圖 4-12、經 DFFT 後得出日流量殘差折線圖，藍色實線為長期季節趨勢。(資料來源：本研究資料)

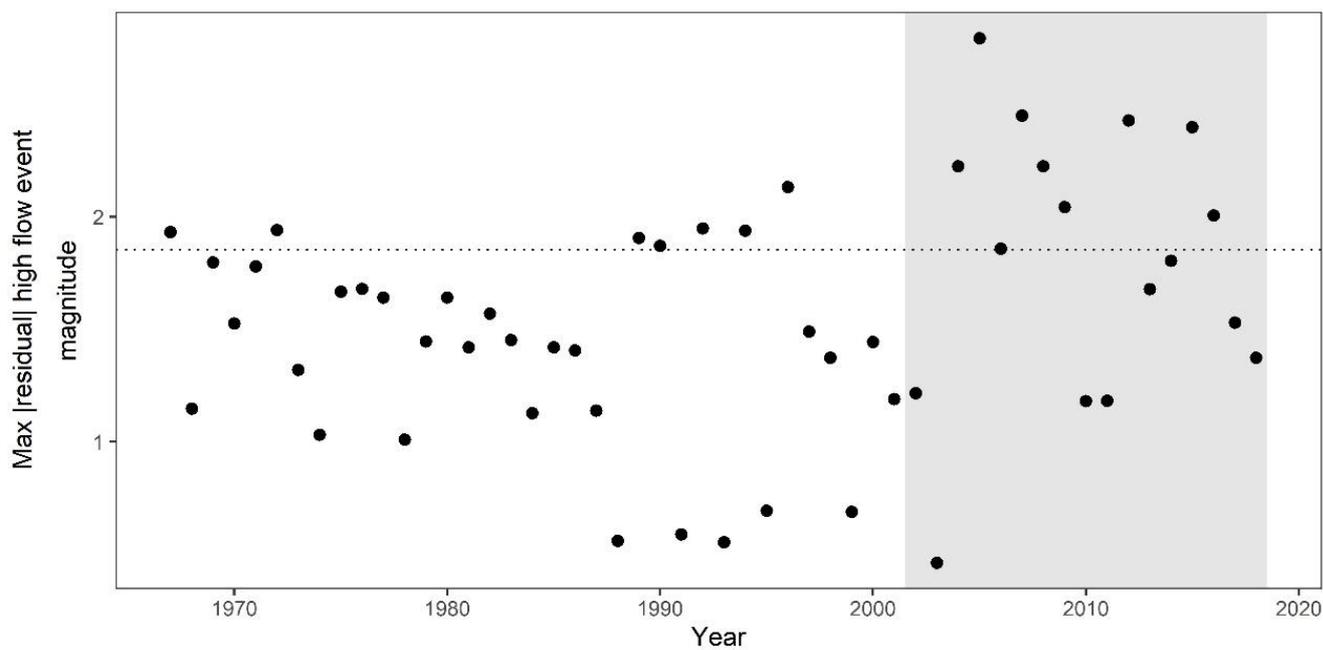


圖 4-13、每年最大高流量殘差事件，高於點線即為災難性洪水事件。(資料來源：本研究資料)

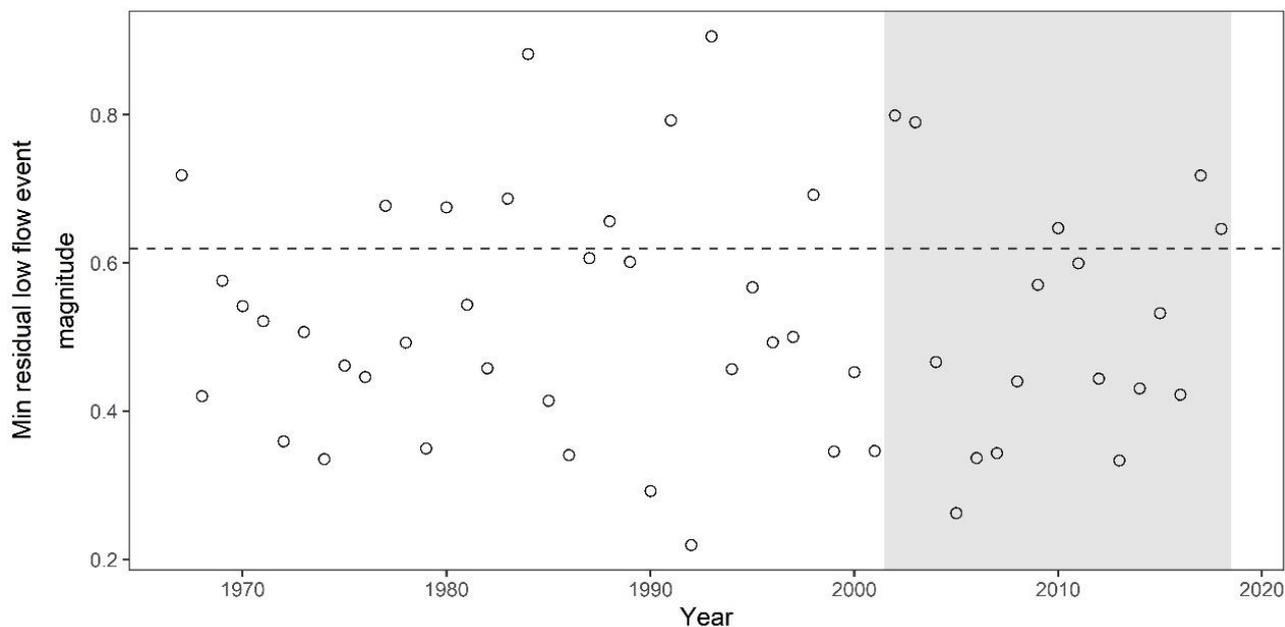


圖 4-14、每年最小低流量殘差事件，高於點線即為災難性乾旱事件。(資料來源：本研究資料)

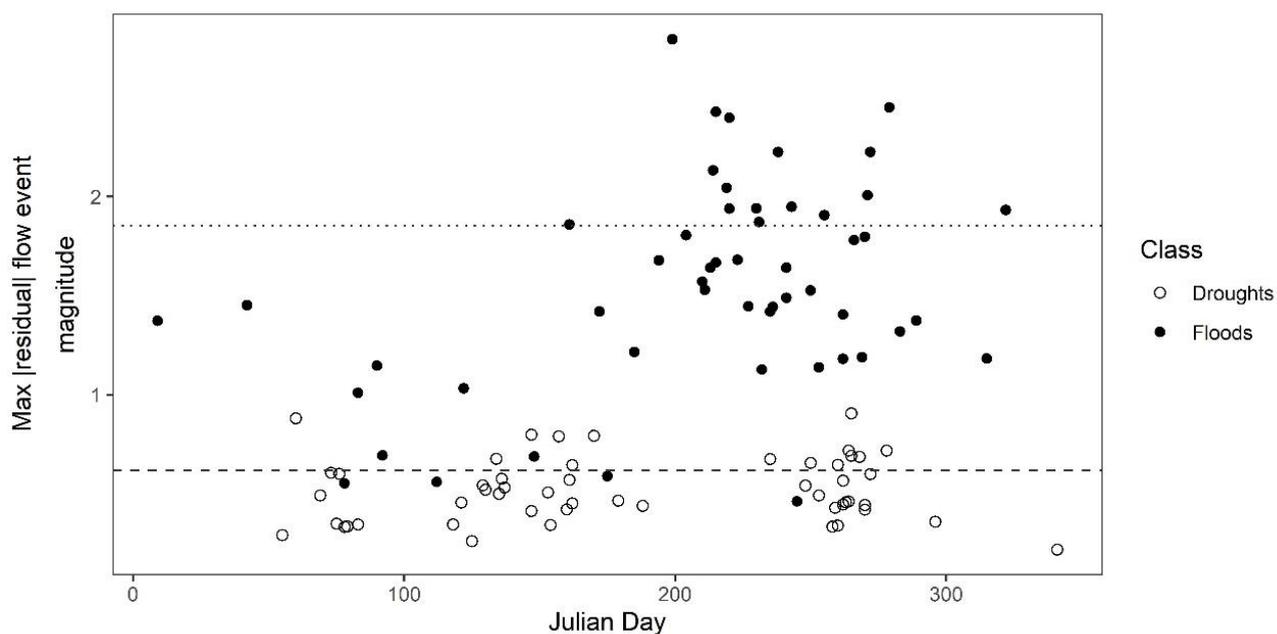


圖 4-15、每年最大與最小流量殘差事件之發生季節，點線為災難性洪水事件之閾值，虛線為災難性乾旱事件之閾值。(資料來源：本研究資料)

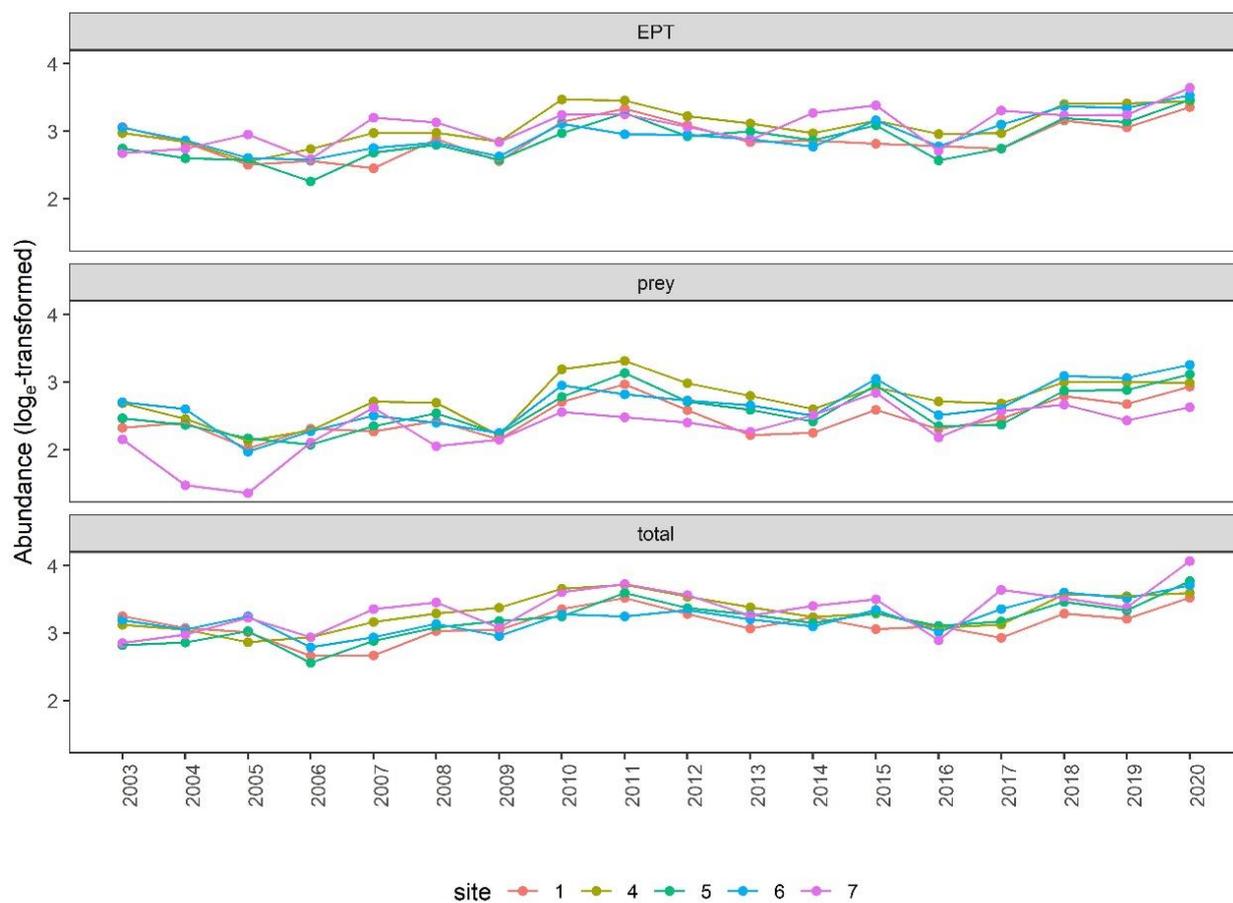


圖 4-16、桃山西溪測站(1)、觀魚台測站(4)、高山溪測站(5)、繁殖場測站(6)、有勝溪測站(7)採樣之水棲昆蟲群集 EPT 三目、大型食餌(pre)、豐度(total) 之動態資料(2003-2020)。(資料來源：本研究資料)

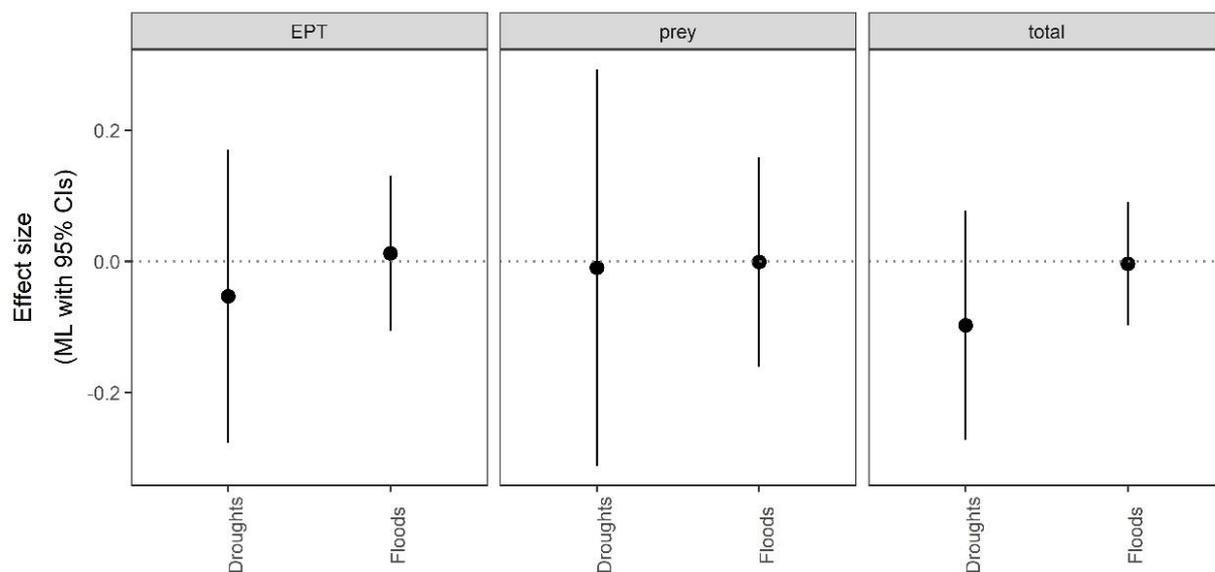


圖 4-17、洪水與乾旱對三項水棲昆蟲豐度的影響係數，係數範圍與零重疊即為不顯著 (Holmes et al., 2012)。(資料來源：本研究資料)

第五章 生態資料庫更新與維運

端木茂甯、蔡思怡

中央研究院生物多樣性研究中心

摘要

武陵地區生態監測自民國 94 年以來的評估計畫，累積收集有鳥類、魚類、兩棲類、昆蟲及植物調查資料共 104,358 筆，水體環境資料共 2,933 筆(包括水質、硝酸鹽、基本元素通量)，藻類與有機碎屑調查記錄共 4,645 筆，環境溫度監測資料 9,136 筆(包括空氣、水、土表、地下溫度)，河川流量模擬推估資料 4,107 筆，以及物理棲地調查資料 6,970 筆。所有資料均已匯入《武陵地區長期生態監測及生態模式建立》資料庫網站¹。系統中資料均以中央研究院生物多樣性研究中心設計的「簡便通用生態調查資料格式」供第一線的研究人員登錄原始調查資料，後轉換為泛用於科技部、農委會計畫的達爾文核心集(Darwin Core, DwC)及生態詮釋資料語言(Ecological Metadata Language, EML)格式，供未來在國家層級整合及未來學者回顧及分析使用。本年度監測計畫除了按既有流程持續補充調查資料，亦進行資料庫系統的介面優化，以提昇研究成果之影響力。本年度共新增水生昆蟲資料 1,296 筆，水質資料 61 筆，河道地形資料 276 筆(含後視點與轉點 22 筆)，及河道棲地資料 480 筆，另補匯 109 年調查之河道棲地資料 69 筆。介面優化方面，本年度除更新年度計畫資料，亦進行網站功能檢修、校正物種紀錄學名格式以更新名錄與統計、增加圖表可依照資料篩選呈現結果之功能、增加測站地圖可依年份及調查項目篩選測站，以及增加以 Sampling Events (調查活動)之視角呈現調查資料等。關於生態資料庫建構，立即可行的建議是豐富生態資料庫呈現與開放資料，以及增加保育物種標記與納入敏感資料開放作業原則；中長期則建議建立長期生物多樣性監測網及監測資料管理系統。

關鍵詞：達爾文核心集、生態調查資料

¹ <http://wlterm.biodiv.tw/>

ABSTRACT

The Long-Term Ecological Monitoring and Ecological Model Establishment for Wulin Area project had collected 104,358 records of species occurrence covering bird, fish, amphibian, insect and plant, as well as 2,933 waterbody readings, 4,645 algae and organic debris records, 9,136 environmental monitoring readings, 4,107 records of stream discharge modeling and 6,970 records of physical habitats. All data is available at “The Long-Term Ecological Monitoring and Ecological Model Establishment for Wulin Area” project website². Data is collected using “Simple general data format for ecological survey” designed by Biodiversity Research Center, Academia Sinica and is used by first-line survey undertakers. Data is then converted to Darwin Core, DwC, and Ecological Metadata Language, EML, which are used by Ministry of Science and Technology and Council of Agriculture, to ensure national level integration and future analysis. Other than accumulating new information of project data, maintaining and optimizing the website functionality are also conducted to enhance the impact of research results. The project continues integrating data into existing database, including 1,296 records of aquatic insects, 61 waterbody readings, 276 records of streamway, and 480 records of river habitat type from research team this year. In addition, 69 records of river habitat type from 2019 were added. Besides website and database maintaining and project data updating, the website function was checked and repaired, the format of scientific names of occurrence data was standardized for correcting the species list and statistics. Also, there are new functions like: some graphs on website are dynamic according to the filter; observation station in map can be filtered by years and research subjects; and occurrence data can be viewed in group by sampling events. For short term advice, we suggest to enrich data display on website, and to import conservative information and data publication treatment on sensitive species. As for the long-term advice, we suggest to build long term biodiversity monitoring network and database management system.

Keywords: Darwin Core, Ecological Survey Data

² <http://wlterm.biodiv.tw/>

一、前言

生物分布及棲地環境資料是生物學領域中探討生物地理分布、擴散、群聚或生態系變遷之機制、陸域與海域環境影響評估、資源或生態之保育、利用、經營管理等等非常重要之基本資料。臺灣之生態調查研究計畫甚多，每年政府所投入之調查經費龐大，但因過去缺乏各機關、各領域或各資料庫間之橫向聯絡與整合，雖然過去十年持續有資料庫建置方式、欄位格式及資料公開程度的討論，如何建立一長期生態監測及資料統整之案例，吾人仍需持續努力，以展示資料整合對研究及主管機關決策之影響力。為了促成基於數據的保育決策，本計畫延續 2005 年、2013 年、2018 至 2020 年的評估計畫，基於過去資料庫的建置成果，持續落實長期監測資料庫之推動與資料庫之整合分享，延伸武陵地區生態系評估計畫累積資訊的時間尺度，提供雪霸國家公園管理處在武陵溪流生態系管理上之參考及依據。

二、材料及方法

為了後續系統研究能奠基於前人之成果，所有紀錄、描述資料以及後設資料，均以電子化保存及管理。同時，為使國內生物多樣性資料未來能與國際上其它長期生態監測計畫交換，我們將生態、環境因子資料以生態詮釋資料語言(EML)予以建檔保存。無論單筆資料或是單一研究資料集(dataset)，均詳細記載空間分布資訊，包含坐標值、坐標格式及參照之大地基準。

實際資料的記載，我們延續使用「通用生態調查資料格式」為基礎來建立此計畫資料格式的規範。「通用生態調查資料格式」為中央研究院生物多樣性研究中心為了在國內推動生物多樣性資訊保存的標準化所設計(表 5-1 ~ 5-3)，主要以國際通用的達爾文核心集(Darwin Core)為基礎，配合中文資料的需求適度修改。資料的細節包含：

1. 名稱(Title)；
2. 資料擁有人(Owner)，包含姓名、組織、職稱與聯絡資訊；
3. 研究合作個人或機關(Associated Parties)資訊，包含姓名、組織、職稱與聯絡資訊；
4. 研究內容摘要(Abstract)；
5. 關鍵字(Keywords)；
6. 資料提供使用規則訂定(Usage Rights)；
7. 資料使用聯絡人(Contacts)資訊，包含姓名、組織、職稱與聯絡資訊；
8. 資料內容描述，包含材料方法(Methods)、研究時間(Temporal Coverage)、地點(Geographic Coverage)、對象之分類(Taxonomic Coverage)；
9. 變數(欄位)名稱(Name)；
10. 變數(欄位)內容說明(Label)；
11. 變數(欄位)定義(Definition)；
12. 變數(欄位)量測定義，包含量測種類(Category)的細項定義，若為名義(Nominal)或順序尺度(Ordinal)選項必須包含值的描述與定義，若為等距(Interval)或等比尺度(Ratio)選項，則必須包含單位(Unit)、精度

(Precision)與數值型態(Number Type)，時間(Date-Time)類型則須有格式(Format)與精度(Precision)。

13. 依 9~12 項所述的原始資料(raw data)。

該資料格式過去提供多種資料提供方法及介面，由於使用 Excel 表者仍為大宗，為了簡化維護成本，本次計畫僅使用 Excel，若其他計畫有既定的流程格式，本團隊則專案處理，確保計畫資料以標準保存。生態調查資料，由實際負責調查的研究人員詳細填列後，交給本子計畫團隊。雖然大部分子計畫均有使用此資料收集模式的經驗，但本團隊仍針對初次參與的人員提供必要的諮詢協助，特別是對資料欄位值屬性定義瞭解，務使調查資料的記錄順利進行。

為了未來可能的國際資料交換需求，本計畫收集的資料，配合一般資料查詢及資料呈現的需求建立關聯式資料庫，並更新至本團隊所建置的《武陵地區長期生態監測及生態模式建立》資料庫網站。未來待相關研究計畫論文發表後，可進一步併入 GBIF 全球的資料索引，以追蹤資料如何被其他學術發表引用(GBIF.org, 2017a)。目前全世界每年使用 GBIF 上所流通資料的學術論文數量持續增加，從 2017 年共約 1,200 多篇(GBIF.org, 2017b)，到了 2020 年已成長至 2,700 多篇(GBIF.org, 2020)，顯示研究資料若能上傳 GBIF.org 可大大提升研究在國際上的能見度。

由於《武陵地區長期生態監測及生態模式建立》資料庫網站建置多年，介面漸不符合使用需求，因此本團隊於 2019 年配合於網站上新增呈現物理棲地資料的頁面，並將網站介面進行部分優化，除了原有的文字資料外，也在新版網站上設計統計圖表的呈現，強化對資料探索的支援。今年度則持續更新網站內容，如計畫資料、物種資訊分類更新，並進行網站功能的維護與優化等。

三、結果

本年度共收集水生昆蟲資料 1,296 筆，水質資料 61 筆，河道地形資料 276 筆(含後視點與轉點 22 筆)，河道棲地資料 480 筆，另補匯 2020 年河道棲地資料 69 筆。歷年累計收集鳥類、魚類、兩棲類、昆蟲及植物調查資料共 105,654 筆，水質環境資料共 2,994 筆，河道棲地與斷面調查資料共 7,726 筆，藻類及有機碎屑調查記錄 4,645 筆，環境溫度監測資料 9,136 筆(包括空氣、水、土表、土下溫度)，以及河川流量模擬推估資料 4,107 筆。所有資料均由各參與子計畫按「簡便通用生態分布資料格式」記載交予本計畫，並匯入《武陵地區長期生態監測及生態模式建立》資料庫網站(<http://wlterm.biodiv.tw>)，並可由網站前端檢視各項調查紀錄(圖 5-1~5-4)，各項資料亦可依需求由資料庫匯出歷年資料供作分析。

網站前端提供「計畫簡介」、「現場影像」、「測站資料」、「測站地圖」等計畫整體背景資訊，並以表格方式提供瀏覽及查詢歷年各類調查資料，如「物種紀錄」、「水質調查」、「元素通量」、「溫度監測」、「藻類及碎屑」、「流量推估」、「河道棲地」、「河道斷面」等，乃依類型分項獨立呈現，並依內容設計呈現樣式。

工作項目除了持續維護資料庫與網站，也持續對網站功能性進行優化及修復，本年度執行內容包括：

1. 更新計畫資料：更新網站中「計畫資料」，以對應本年度的各團隊監測調查資料。(圖 5-5)

2. 網站各項功能檢修：確認各表單欄位搜尋及排序功能，並完成修復失效的的欄位功能。修復欄位包括：

(1). 欄位查詢失效：

- ◆ 綱別統計：全部欄位
- ◆ 物種統計：目中文
- ◆ 物種紀錄：測站、經度、鑑定者
- ◆ 水質監測：測站
- ◆ 溫度監測：測站站名

(2). 欄位排序失效：

- ◆ 流量推估：4 個雨量
- ◆ 河道棲地、河道斷面：全

3. 新增「資料統計」分項：在網站頁面新增分項頁面，用以呈現歷年資料數量，目前頁面中僅有生物物種紀錄的統計圖，未來可再加入其他調查項目資料筆數的歷年統計圖。(圖 5-6)

4. 測站地圖優化：為便於查詢各年度資料，「測站地圖」中新增「年度」及「調查項目」等兩項篩選條件，並加入生物物種紀錄以外的調查項目連結，以強化測站地圖與各調查資料的相互查找功能，即：點入測站可看到在該測站調查的研究項目，可連結至各調查項目的相關資料，亦可由調查資料也回查測站在地圖上的位置。(圖 5-7、5-8)

5. 優化調查資料的視覺化呈現：於現在具視覺化呈現資料的「溫度監測」及「流量推估」兩項調查項目，增加可依欄位篩選結果改變統計圖內容的功能，強化網站的資料檢視功能。(圖 5-9、5-10)

6. 更新物種名錄與統計：對資料庫中的物種學名欄位資料進行全面盤點，並與臺灣物種名錄(TaiCoL)比對。後在資料庫中新增欄位，以容納 TaiCoL 有效學名並同時保留資料的原始紀錄學名，並以 TaiCoL 有效學名做物種統計以得到正確的物種數量，結果由過去統計的 912 種校正為 842 種(若物種紀錄鑑定在種級以上，仍記為 1 種)。另以分類階層統計的結果共涵蓋 2 界 3 門 13 綱 85 目 329 科 842 種。(圖 5-11、5-12)

7. 增加「調查活動」視角呈現：調查活動(Sampling Events)是開放資料時的一種資料類型，在以時間、地點、調查方法彙整歷年所有物種調查紀錄後，統計結果歷年來紀錄有 2,986 次調查活動，各筆調查活動可再查看該次的物種紀錄與相關資訊。(圖 5-13、5-14)

四、討論

1. 資料庫資料呈現：

目前計畫之網站前端資料均以表格方式提供瀏覽及查詢，雖然能滿足資料回溯查找的需求，但對於洞察資料趨勢、支援研究議題的探索，仍有改善空間。為了能讓生態資料庫在面對使用者時能更有效地傳達資料的意義，除了目前的呈現內容之外，建議在系統上增加更多圖表式資料，以利檢視長期監測調查紀錄的變化與趨勢；另也可讓圖表匯出供各子計畫使用，使計畫報告內特定的圖表風格達到一致。

2. 保育評估資訊及敏感資料處理

歷年計畫累積調查逾 842 種物種資訊，其中不乏許多保育類或稀見物種(表 5-4)，若能在資料庫的物種資料中增加各項保育評估等級資料，可提供管理單位規劃擬定範圍區保育計畫參考。而若有詳細保育評估資訊，也能應用在敏感資料的處理。本團隊與「臺灣生物多樣性資訊聯盟」的成員單位（包括營建署國家公園組），已研擬適合在國內推廣的敏感資料開放原則，包含決定資料敏感性的方式及等級，以及據以顯示資料的作法，目前此原則已於特生中心所建置的「台灣生物多樣性網絡」系統中試用，建議未來本計畫所建置的資料庫可以採用此原則。

以下摘要整理「生物多樣性敏感資料開放作業原則」內容供參：

(1) 敏感資料的定義：資料內含的物種紀錄地點相關資訊釋出後，可能造成該物種受害，或其他相關的環境損害，而有屏蔽資訊之必要者。

(2) 敏感層級：建立敏感資料清單時，針對個別物種設定之地點資訊屏蔽程度，敏感層級建議類別包括：

A. 輕度：點位坐標屏蔽至經緯度小數點後 2 位(約 1 公里模糊)

B. 重度：點位坐標屏蔽至經緯度小數點後 1 位(約 10 公里模糊)

C. 縣市：點位坐標屏蔽不顯示，只顯示地理區的縣市

D. 坐標不開放：點位坐標完全屏蔽，但仍可查詢到該物種

E. 無：地點資訊依據資料提供之原始精度開放。

(3) 預設敏感層級：法定公告之保育類野生動物名錄及文化資產保育法所列舉之物種、臺灣紅皮書名錄中受脅類別 NVU(國家易危)以上之物種，敏感層級建議為「輕度」，其餘物種之敏感層級則建議為「無」。

(4) 敏感層級調整：可依季節性、地區性、資料提供單位等不同考量因素，進行敏感層級之調整。

(5) 敏感資料得在資料提供單位授權允許範圍內，設計機制據以釋出，如以文件申請、審核、確保使用者了解相關權利及責任，以及追蹤資料使用情形等。

五、結論與建議

結論

本計畫收集的原始生態調查資料，除了已匯入計畫資料庫以外，將按國家公園指示上傳至指定系統。另外也將以原始檔案及 Darwin Core Archive 格式，提供委辦單位雪霸國家公園管理處結案及保存之用。在計畫研究人員於期刊發表研究成果後，可以選定之 CC 授權，透過臺灣生物多樣性資訊機構 TaiBIF 的資料發布工具 IPT 發布至 GBIF 的資料平台，或同時以資料論文的形式發表，提供國際研究社群交流，促進合作。

建議

建議一

豐富生態資料庫呈現與開放資料：立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

可考慮在系統上計算並呈現更多圖表式的資料，以豐富資料視角及趨勢呈現。各項資料且可匯出供各子計畫使用，除了使計畫報告內特定的圖表風格能達到一致，也能具體呈現整體的資料狀況。為使研究成果持續發揮後續效益及應用價值，建議委託 TaiBIF 透過 IPT 發布至 GBIF。另外也建議管理處於委託調查計畫時，可以明確訂定資料授權條款，未來若有公開資料庫的需求，較不會有相關爭議。

建議二

保育物種標記與納入敏感資料開放作業原則：立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

歷年計畫累積調查約 900 種物種資訊，其中不乏許多保育類或稀見物種，若能在資料庫的物種資料中增加各項保育評估等級資料，如紅皮書、公告保育類物種，可提供管理單位規劃擬定範圍區保育計畫參考。開放資料時，亦能納入敏感資料開放作業原則，以在促進生物多樣性資料開放同時，兼顧可能受害物種的適當保護。

建議三

建立長期生物多樣性監測網及監測資料管理系統：中長期建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

由於生物多樣性及環境除了受到短期事件的衝擊外，也可能受到長期變遷的影響，而後者需要持續不間斷的資料才能反映其變化趨勢，並進一步探討背後可能機制。因此建議未來可建立長期生物多樣性監測網及監測資料管理系統，利用資料庫有效彙整監測資料，同時也可嘗試開發以資料為基礎的決策支援工具，以利經營管理上的永續利用。

六、參考文獻

- Borer, E.T., Seabloom, E.W., Jones, M.B., Schildhauer, M., 2009. Some Simple Guidelines for Effective Data Management. *The Bulletin of the Ecological Society of America* 90, 205–214.
- Chavan, V., Penev, L., 2011. The data paper: a mechanism to incentivize data publishing in biodiversity science. *BMC Bioinformatics* 12, S2.
- Chavan, V., Penev, L., Hobern, D., 2013. Cultural Change in Data Publishing Is Essential. *BioScience* 63, 419–420.
- Cribb, J., Hartomo, T.S., 2010. *Open Science: Sharing Knowledge in the Global Century*. CSIRO Publishing, Collingwood, VIC.
- Duke, C.S., Porter, J.H., 2013. The Ethics of Data Sharing and Reuse in Biology. *BioScience* 63, 483–489.
- Fegraus, E.H., Andelman, S., Jones, M.B., Schildhauer, M., 2005. Maximizing the Value of Ecological Data with Structured Metadata: An Introduction to Ecological Metadata Language (EML) and Principles for Metadata Creation. *The Bulletin of the Ecological Society of America* 86, 158–168.
- GBIF.org, 2017a. Literature tracking. <https://www.gbif.org/literature-tracking>
- GBIF.org, 2017b. Literature resources of 2017.
<https://www.gbif.org/resource/search?contentType=literature&year=2017>
- GBIF.org, 2018. Literature resources of 2018.
<https://www.gbif.org/resource/search?contentType=literature&year=2018>
- GBIF.org, 2019. Literature resources of 2019.
<https://www.gbif.org/resource/search?contentType=literature&year=2019>
- GBIF.org, 2020. Literature resources of 2020.
<https://www.gbif.org/resource/search?contentType=literature&year=2020>
- Hampton, S.E., Anderson, S.S., Bagby, S.C. et al, 2015. The Tao of open science for ecology. *Ecosphere* 6, art120.
- Ingwersen, P., Chavan, V., 2011. Indicators for the Data Usage Index (DUI): an incentive for publishing primary biodiversity data through global information infrastructure. *BMC Bioinformatics* 12 Suppl 15, S3.

- Kano, Y., Musikasinthorn, P., Iwata, A. et al, 2016. A dataset of fishes in and around Inle Lake, an ancient lake of Myanmar, with DNA barcoding, photo images and CT/3D models. *Biodiversity Data Journal* 4, e10539.
- Michener, W.K., 2015. Ecological data sharing. *Ecological Informatics* 29, 33–44.
- Michener, W.K., Brunt, J.W., Helly, J.J. et al, 1997. Nongeospatial Metadata for the Ecological Sciences. *Ecological Applications* 7, 330–342.
- Moritz, T., Krishnan, S., Roberts, D. et al, 2011. Towards mainstreaming of biodiversity data publishing: recommendations of the GBIF Data Publishing Framework Task Group. *BMC Bioinformatics* 12, S1.
- Nielsen, M., 2013. *Reinventing Discovery: The New Era of Networked Science*, Reprint edition. Princeton University Press
- ORCID.org, 2017. What is ORCID. <https://orcid.org/content/about-orcid>
- Palmer, C.L., Heidorn, P.B., Wright, D., Cragin, M.H., 2007. Graduate curriculum for biological information specialists: A key to integration of scale in Biology. *The International Journal of Digital Curation*
- Penev, L., Mietchen, D., Chavan, V. et al, 2016. *Pensoft Data Publishing Policies and Guidelines for Biodiversity Data*. Pensoft.
- Reichman, O.J., Jones, M.B., Schildhauer, M.P., 2011. Challenges and Opportunities of Open Data in Ecology. *Science* 331, 703–705.
- Roberts, D., Moritz, T., 2011. A framework for publishing primary biodiversity data. *BMC Bioinformatics* 12, I1.
- Robertson, T., Döring, M., Guralnick, R. et al, 2014. The GBIF Integrated Publishing Toolkit: Facilitating the Efficient Publishing of Biodiversity Data on the Internet. *PLOS ONE* 9, e102623.
- Shao, K.T., Huang, S.C., Chen, S. et al, 2008. Establishing a Taiwan Biodiversity Information Network and Its Integration with Germplasm Databanks. APEC-ATCWG Workshop.
- Strasser, C.A., Hampton, S.E., 2012. The fractured lab notebook: undergraduates and ecological data management training in the United States. *Ecosphere* 3, art116.

Vanderbilt, K.L., Lin, C.C., Lu, S.S. et al, 2015. Fostering ecological data sharing: collaborations in the International Long Term Ecological Research Network. *Ecosphere* 6, art204.

White, R.L., Sutton, A.E., Salguero-Gómez, R. et al, 2015. The next generation of action ecology: novel approaches towards global ecological research. *Ecosphere* 6, art134.

Wieczorek, J., Bloom, D., Guralnick, R. et al, 2012. Darwin Core: An Evolving Community-Developed Biodiversity Data Standard. *PLOS ONE* 7, e29715.

邵廣昭，彭鏡毅，賴昆祺等人，2006。臺灣生物多樣性資料庫及資訊網之整合。兩岸生物科技智慧財產權及微生物資源保護研討會，台灣大學。

邵廣昭，賴昆祺，林永昌等人，2008。數位典藏計畫中生物多樣性資料之整合。昆蟲與螞蟥標本資源之管理與應用研討會，國立自然科學博物館。

表 5-1 通用生態資料格式-計畫資料表

欄位名稱	欄位說明
計畫名稱	該調查計畫的名稱
計畫代號	該調查計畫的名稱在管理單位的代號或編碼
執行期限	該調查計畫執行起迄期限
委託單位	該調查計畫的委託單位
執行單位	該調查計畫的執行單位
主持人英文姓名	主持人英文姓名
主持人中文姓名	主持人中文姓名
主持人地址	主持人普通郵件地址
主持人 E-Mail	主持人 E-Mail
協同主持人姓名	協同主持人姓名
調查方法摘要	調查方法摘要
計畫摘要	計畫摘要

表 5-2 通用生態資料格式-測站資料表(調查時間地點資料表)

欄位名稱	欄位說明
時間地點代號	此代號為主資料表同名欄位的參照關連欄位(自行編號)
緯度	十進位緯度
經度	十進位經度
經緯度誤差	單位：m
調查日期時間	調查日期時間
調查地(英文)	主持人中文姓名
調查地(中文)	主持人普通郵件地址
最低海拔高度	主持人 E-Mail
最高海拔高度	協同主持人姓名
最淺深度	單位：m
最深深度	單位：m
PH 值	
DO 值	
鹽度	
溫度	單位：攝氏度
濁度	
底質	
調查點描述	
其他環境測值	可自行增加環境測值欄位

表 5-3 通用生態資料格式-調查資料表(主資料表)

欄位名稱	欄位說明
時間地點代號	此代號為測站資料表同名欄位的關連欄位
科名	調查物種的拉丁科名
學名	調查物種的拉丁學名
個體數(面積/密度)	個體數(面積/密度)
體長範圍	體長範圍
單位	體長單位
生物量	生物量
單位	生物量單位
調查者英文名	調查者英文姓名
調查者中文名	調查者中文姓名
調查方法	調查方法
鑑定者英文名	鑑定者英文名
鑑定者中文名	鑑定者中文名

表 5-4 武陵地區敏感物種之建議敏感資料層級

保育評估等級	物種數	物種	建議敏感層級
2017 台灣紅皮書 EN	4	臺灣杉、阿里山十大功勞、 紅腺懸鉤子、臺灣蒲公英	輕度 (1 公里模糊)
2017 台灣紅皮書 VU	10	鴛鴦、小剪尾、纓口臺鯪、 臺灣粗榧、巒大杉、瓜 葉馬兜鈴、能高大山紫 雲英、臺灣白木草、琉 球野薔薇、小果薔薇	輕度 (1 公里模糊)
法定保育類 I	1	櫻花鉤吻鮭	輕度 (1 公里模糊)
法定保育類 II	2	鴛鴦、小剪尾	輕度 (1 公里模糊)

武陵地區生態監測及生態模式建立 雪霸國家公園委託辦理計畫

測站	門名	綱名	目名	科名	學名	中文名	調查日	地點	緯度	經度	調查者	調查法	發表者		
1	2	Arthropoda	Insecta	Diptera	Tipulidae	Antocha sp.	大蚊科	2021-01-25	桃山西溪	24.3986	121.3078	陳昭汝	舒伯式水網	陳昭汝	內容
2	2	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Ephemereilidae	Cincticostella f	小蜉科	2021-01-25	桃山西溪	24.3986	121.3078	陳昭汝	舒伯式水網	陳昭汝	內容
3	2	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Ephemereilidae	Ephacorella mc	小蜉科	2021-01-25	桃山西溪	24.3986	121.3078	陳昭汝	舒伯式水網	陳昭汝	內容
4	2	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Arctopsychidae	Arctopsycha sç	紋石蠅科	2021-01-25	桃山西溪	24.3986	121.3078	陳昭汝	舒伯式水網	陳昭汝	內容
5	2	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	Acantrella lata	四節蜉科	2021-01-25	桃山西溪	24.3986	121.3078	陳昭汝	舒伯式水網	陳昭汝	內容
6	2	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	Baetiella bispin	四節蜉科	2021-01-25	桃山西溪	24.3986	121.3078	陳昭汝	舒伯式水網	陳昭汝	內容
7	2	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	Baetiis spp.	四節蜉科	2021-01-25	桃山西溪	24.3986	121.3078	陳昭汝	舒伯式水網	陳昭汝	內容
8	2	Arthropoda	Insecta	Plecoptera	Perlidae	Neoperia spp.	石蠅科	2021-01-25	桃山西溪	24.3986	121.3078	陳昭汝	舒伯式水網	陳昭汝	內容
9	2	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Stenopsychidae	Stenopsycha sç	角石蠅科	2021-01-25	桃山西溪	24.3986	121.3078	陳昭汝	舒伯式水網	陳昭汝	內容
10	2	Arthropoda	Insecta	Plecoptera	Styloperidae	Cercyonchia sç	刺石蠅科	2021-01-25	桃山西溪	24.3986	121.3078	陳昭汝	舒伯式水網	陳昭汝	內容
11	2	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Elmidae	Zaitzevia sp.A	長角泥蟲科	2021-01-25	桃山西溪	24.3986	121.3078	陳昭汝	舒伯式水網	陳昭汝	內容
12	2	Arthropoda	Insecta	Diptera	Limonidae	Eriocera sp.A	大蚊科	2021-01-25	桃山西溪	24.3986	121.3078	陳昭汝	舒伯式水網	陳昭汝	內容
13	2	Arthropoda	Insecta	Diptera	Limonidae	Eriocera sp.B	大蚊科	2021-01-25	桃山西溪	24.3986	121.3078	陳昭汝	舒伯式水網	陳昭汝	內容
14	2	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Heptageniidae	Afronurus flore	扁蜉科	2021-01-25	桃山西溪	24.3986	121.3078	陳昭汝	舒伯式水網	陳昭汝	內容
15	2	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Heptageniidae	Epeorus erratu	扁蜉科	2021-01-25	桃山西溪	24.3986	121.3078	陳昭汝	舒伯式水網	陳昭汝	內容
16	2	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Heptageniidae	Nive sp.	扁蜉科	2021-01-25	桃山西溪	24.3986	121.3078	陳昭汝	舒伯式水網	陳昭汝	內容
17	2	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Heptageniidae	Rhithrogena an	扁蜉科	2021-01-25	桃山西溪	24.3986	121.3078	陳昭汝	舒伯式水網	陳昭汝	內容
18	2	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Rhyacophilidae	Rhyacophila niç	流石蠅科	2021-01-25	桃山西溪	24.3986	121.3078	陳昭汝	舒伯式水網	陳昭汝	內容
19	2	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Rhyacophilidae	Rhyacophila sp	流石蠅科	2021-01-25	桃山西溪	24.3986	121.3078	陳昭汝	舒伯式水網	陳昭汝	內容
20	2	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hydroptilidae	Stactobia	蜉石蠅科	2021-01-25	桃山西溪	24.3986	121.3078	陳昭汝	舒伯式水網	陳昭汝	內容
21	2	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Ameletidae	Ameletus camt	雙尾蜉科	2021-01-25	桃山西溪	24.3986	121.3078	陳昭汝	舒伯式水網	陳昭汝	內容
22	2	Arthropoda	Insecta	Diptera	Simuliidae	Simulium sp.	蚋屬	2021-01-25	桃山西溪	24.3986	121.3078	陳昭汝	舒伯式水網	陳昭汝	內容
23	2	Arthropoda	Insecta	Plecoptera	Nemouridae	Amphinemura sç	短尾石蠅科	2021-01-25	桃山西溪	24.3986	121.3078	陳昭汝	舒伯式水網	陳昭汝	內容
24	2	Arthropoda	Insecta	Plecoptera	Nemouridae	Protoneurura sç	短尾石蠅科	2021-01-25	桃山西溪	24.3986	121.3078	陳昭汝	舒伯式水網	陳昭汝	內容

圖 5-1 資料上傳：水棲昆蟲物種紀錄

武陵地區生態監測及生態模式建立 雪霸國家公園委託辦理計畫

計畫簡介

計畫緣由
計畫目標
研究測站
參與人員

現象影像
測站資料
測站地圖
門別統計
綱別統計
目別統計
科別統計
物種統計
物種紀錄
水質調查
元素通量
溫度監測
藻類與碎屑

水質監測 共 29 筆

*點選標題兩下可排序

測站	測站站名	緯度	經度	高度(公尺)	深度(公尺)	調查日期		
1	2	桃山西溪	24.3986	121.3078	1892	0.43	2021-02-01	內容
2	2	桃山西溪	24.3986	121.3078	1892	0.43	2021-04-07	內容
3	3	二號壩	24.38245	121.31012	1825	0.8	2021-02-01	內容
4	3	二號壩	24.38245	121.31012	1825	0.8	2021-04-07	內容
5	4	觀魚台	24.37245	121.31112	1786	0.75	2021-02-01	內容
6	4	觀魚台	24.37245	121.31112	1786	0.75	2021-04-07	內容
7	5	繁殖場	24.35433	121.31351	1714		2021-02-01	內容
8	5	繁殖場	24.35433	121.31351	1714		2021-04-07	內容
9	8	高山溪	24.35787	121.30847	1758	0.45	2021-02-01	內容
10	8	高山溪	24.35787	121.30847	1758	0.45	2021-04-07	內容
11	9	有勝溪	24.34748	121.31053	1712	0.3	2021-02-01	內容
12	9	有勝溪	24.34748	121.31053	1712	0.3	2021-04-07	內容
13	11	司界蘭溪下游	24.32128	121.28407	1525		2021-02-01	內容
14	12	一號壩上游100M	24.3626	121.31143			2021-02-01	內容

圖 5-2 資料上傳：水質調查

武陵地區生態監測及生態模式建立 雪霸國家公園委託辦理計畫

河道棲地 共 3360 筆										
*點選標題兩下可排序										
日期	溪名	斷面	河寬(公尺)	測量位置	流速(m/s)	底質	水深(公尺)	福祿數	棲地環境類型	
1	2018-01-10	有勝溪	Y-S	6	1/4	0.2	卵石	0.1	0.201927510938461	緩流
2	2018-01-10	有勝溪	Y-1	6	1/4	0.1	卵石	0.1	0.10096375546923	緩流
3	2018-01-10	有勝溪	Y-2	7	1/4	0.2	卵石	0.2	0.142784312292706	緩流
4	2018-01-10	有勝溪	Y-3	7	1/4	0.2	卵石	0.2	0.142784312292706	緩流
5	2018-01-10	有勝溪	Y-4	9	1/4	0.1	碎石	0.1	0.10096375546923	緩流
6	2018-01-10	有勝溪	Y-5	4	1/4	0.2	粗石	0.2	0.142784312292706	緩流
7	2018-01-10	有勝溪	Y-6	6	1/4	0.1	卵石	0.1	0.10096375546923	緩流
8	2018-01-10	有勝溪	Y-7	7	1/4	0.1	卵石	0.1	0.10096375546923	緩流
9	2018-01-10	有勝溪	Y-8	6	1/4	0.2	碎石	0.1	0.201927510938461	緩流
10	2018-01-10	有勝溪	Y-9	6	1/4	0.4	大型礫石	0.5	0.180609456394292	緩流
11	2018-01-10	有勝溪	Y-10	8	1/4	0.3	粗石	0.2	0.21417646843906	緩流
12	2018-01-10	有勝溪	Y-11	8	1/4	0.5	卵石	0.6	0.206091402845624	緩流
13	2018-01-10	有勝溪	Y-12	4	1/4	0.2	卵石	0.2	0.142784312292706	緩流
14	2018-01-10	有勝溪	Y-13	5	1/4	0.2	卵石	0.1	0.201927510938461	緩流
15	2018-01-10	有勝溪	Y-14	4	1/4	0.3	卵石	0.3	0.174874354195667	緩流
16	2018-01-10	有勝溪	Y-15	7	1/4	0.1	碎石	0.1	0.10096375546923	緩流

圖 5-3 資料上傳：河道棲地

武陵地區生態監測及生態模式建立 雪霸國家公園委託辦理計畫

河道斷面 共 219 筆									
日期	溪名	斷面	點位	經度	緯度	海拔高度(公尺)	後視點與轉點		
1	2021-01-26	高山溪	1-1	1	121.300423	24.362526	1798.232	1	內容
2	2021-01-26	高山溪	1-1	2	121.300426	24.362545	1797.906	1	內容
3	2021-01-26	高山溪	1-1	3	121.300431	24.362558	1797.663	1	內容
4	2021-01-26	高山溪	1-1	4	121.300553	24.362586	1798.766	1	內容
5	2021-01-26	高山溪	1-2	1	121.300482	24.362557	1797.949	1	內容
6	2021-01-26	高山溪	1-2	2	121.300478	24.362544	1797.724	1	內容
7	2021-01-26	高山溪	1-2	3	121.300474	24.36253	1797.842	1	內容
8	2021-01-26	高山溪	1-2	4	121.300461	24.362512	1798.325	1	內容
9	2021-01-26	高山溪	1-2	5	121.300448	24.362451	1799.664	1	內容
10	2021-01-26	高山溪	1-3	1	121.300637	24.362571	1798.568	1	內容
11	2021-01-26	高山溪	1-3	2	121.300643	24.362535	1797.376	1	內容
12	2021-01-26	高山溪	1-3	3	121.300662	24.362525	1796.765	1	內容
13	2021-01-26	高山溪	1-3	4	121.300666	24.362507	1797.226	1	內容
14	2021-01-26	高山溪	1-4	1	121.300962	24.362576	1797.436	1	內容
15	2021-01-26	高山溪	1-4	2	121.300958	24.362549	1796.863	1	內容

圖 5-4 資料上傳：河道斷面

武陵地區生態監測及生態模式建立 雪霸國家公園委託辦理計畫

計畫名稱	武陵地區溪流環境及放流棲地監測－水棲昆蟲研究
執行期間	2020/1/1-2021/12/31
委託單位	雪霸國家公園管理處
執行單位	中興大學昆蟲系
主持人	郭美華, Mei-Hwa Kuo
地址	台中市國光路250號 國立中興大學
E-Mail	mhkuo@dragon.nchu.edu.tw
協同主持人	
執行方法	各樣區50公尺範圍內以定面積之舒伯氏水網(Surber sampler)(網框面積12 x 12 inch, 網框材質為銅合金制, 網袋近框處以尼龍網製成, 溪流底棲網以金屬網製成, 網目大小為52 mesh)在河域中採樣一次, 每一樣點重複取樣六次
計畫摘要	

圖 5-5 更新計畫資料

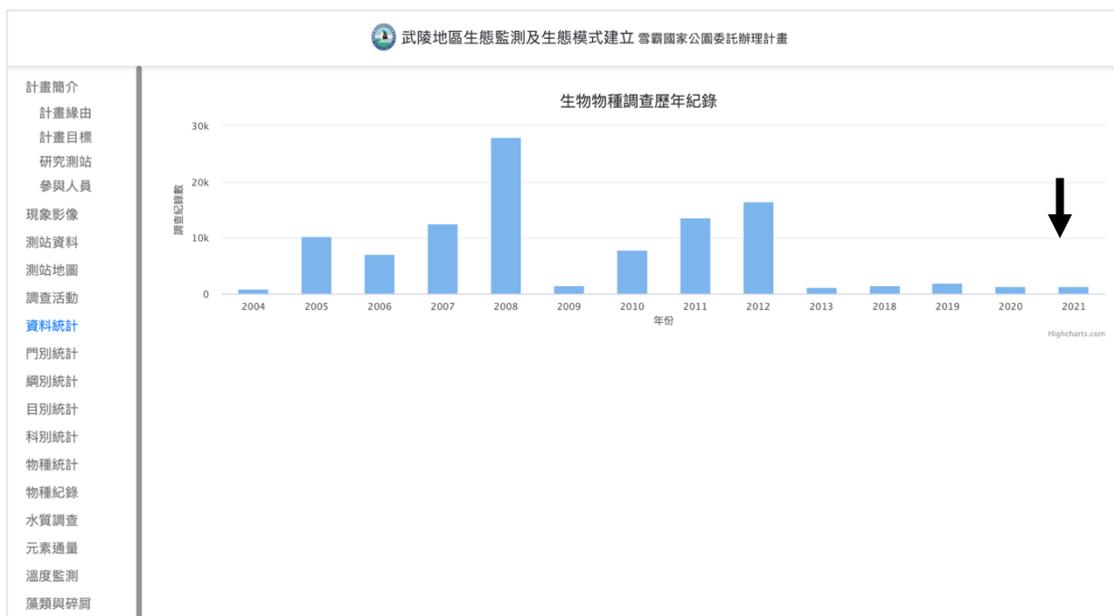


圖 5-6 圖表資料更新



武陵地區生態監測及生態模式建立 雪霸國家公園委託辦理計畫

計畫簡介
計畫線由
計畫目標
研究測站
參與人員
現象影像
測站資料
測站地圖
調查活動
資料統計
門別統計
網別統計
目別統計
科別統計
物種統計
物種紀錄
水質調查
元素通量
溫度監測
藻類與碎屑

水質監測 共 4 筆
*點選標題兩下可排序

測站	測站站名	緯度	經度	高度(公尺)	深度(公尺)	調查日期
203	勝光派出所					2021
1	203 勝光派出所	24.36891667	121.3418333	1874 m		2021-02-01 內容
2	203 勝光派出所	24.36891667	121.3418333	1874 m		2021-04-07 內容
3	203 勝光派出所	24.36891667	121.3418333	1874 m		2021-06-08 內容
4	203 勝光派出所	24.36891667	121.3418333	1874 m		2021-10-06 內容

水質監測 共 4 筆

圖 5-8 由測站地圖連結至調查資料(接圖 5-7)



圖 5-9 溫度監測視覺化呈現優化

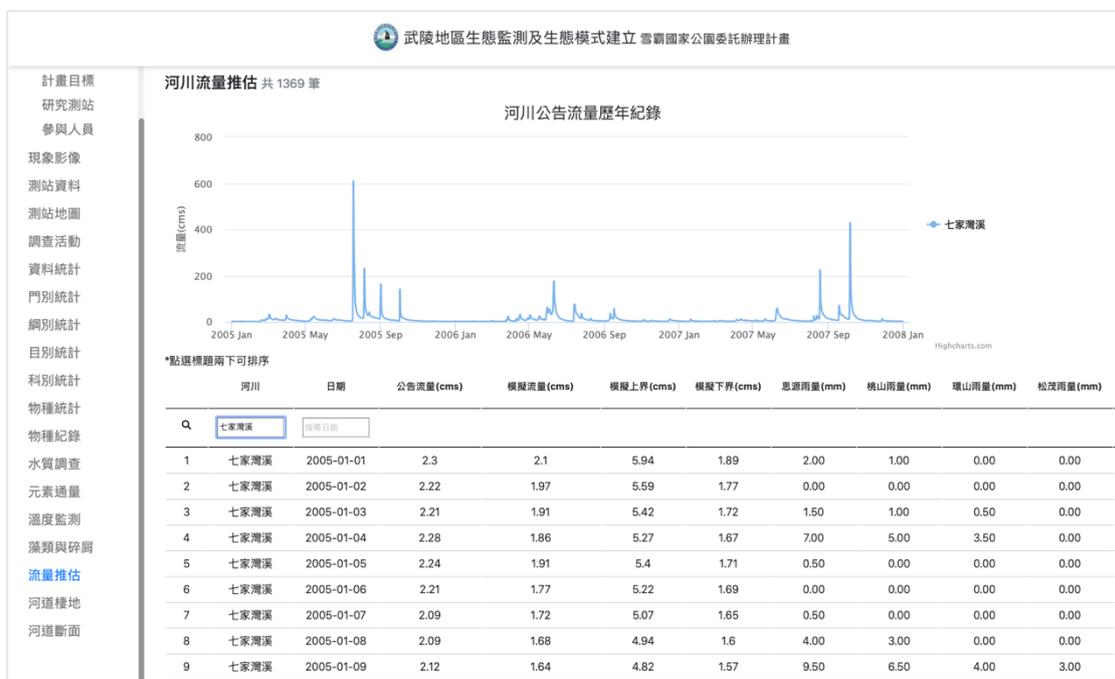


圖 5-10 流量推估視覺化呈現優化

武陵地區生態監測及生態模式建立 雪霸國家公園委託辦理計畫

計畫簡介
 計畫緣由
 計畫目標
 研究測站
 參與人員
 現象影像
 測站資料
 測站地圖
 調查活動
 資料統計
 門別統計
 綱別統計
 目別統計
 科別統計
 物種統計
物種紀錄
 水質調查
 元素通量
 溫度監測
 藻類與碎屑
 流量推估

生物物種調查紀錄 共 17 筆
 *點選標題兩下可排序

測站	門名	綱名	目名	科名	學名	原紀錄學名	中文名	調查日	地點	緯度	
1	5	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Compositae	Bidens pilosa ra	Bidens pilosa	大花咸豐草	2008-08-14	繁殖場	24.35433
2	3	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Compositae	Bidens pilosa ra	Bidens pilosa	大花咸豐草	2008-08-14	二號墳	24.38245
3	3	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Compositae	Bidens pilosa ra	Bidens pilosa	大花咸豐草	2008-08-14	二號墳	24.38245
4	5	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Compositae	Bidens pilosa ra	Bidens pilosa	大花咸豐草	2008-08-14	繁殖場	24.35433
5	5	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Compositae	Bidens pilosa ra	Bidens pilosa	大花咸豐草	2008-08-14	繁殖場	24.35433
6	5	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Compositae	Bidens pilosa ra	Bidens pilosa	大花咸豐草	2008-08-14	繁殖場	24.35433
7	5	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Compositae	Bidens pilosa ra	Bidens pilosa	大花咸豐草	2008-08-14	繁殖場	24.35433
8	5	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Compositae	Bidens pilosa ra	Bidens pilosa	大花咸豐草	2008-08-14	繁殖場	24.35433
9	5	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Compositae	Bidens pilosa ra	Bidens pilosa	大花咸豐草	2008-08-14	繁殖場	24.35433
10	5	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Compositae	Bidens pilosa ra	Bidens pilosa	大花咸豐草	2008-08-14	繁殖場	24.35433
11	5	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Compositae	Bidens pilosa ra	Bidens pilosa	大花咸豐草	2008-08-14	繁殖場	24.35433
12	5	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Compositae	Bidens pilosa ra	Bidens pilosa	大花咸豐草	2008-08-14	繁殖場	24.35433
13	5	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Compositae	Bidens pilosa ra	Bidens pilosa	大花咸豐草	2008-08-14	繁殖場	24.35433
14	5	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Compositae	Bidens pilosa ra	Bidens pilosa	大花咸豐草	2008-08-14	繁殖場	24.35433
15	5	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Compositae	Bidens pilosa ra	Bidens pilosa	大花咸豐草	2008-08-14	繁殖場	24.35433
16	181	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Compositae	Bidens pilosa ra	Bidens pilosa ra	大花咸豐草	2012-10-03	8公頃回收農地	24.395657
17	1	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Compositae	Bidens pilosa ra	Bidens pilosa v	大花咸豐草	2008-08-14	桃山北溪	24.39816

圖 5-11 保留原始紀錄學名與新增 TaiCoL 學名

武陵地區生態監測及生態模式建立 雪霸國家公園委託辦理計畫

計畫簡介
 計畫緣由
 計畫目標
 研究測站
 參與人員
 現象影像
 測站資料
 測站地圖
 調查活動
 資料統計
 門別統計
 綱別統計
 目別統計
 科別統計
物種統計
 物種紀錄
 水質調查
 元素通量
 溫度監測
 藻類與碎屑

調查物種 共 842 筆
 *點選標題兩下可排序

界中文	界名	門中文	門名	綱中文	綱名	目中文	目名	科中文	科名	學名
1	動物界	Animalia	節肢動物門	Arthropoda	蛛形綱	Arachnida	蜘蛛目	Araneae	Araneae	Araneae
2	動物界	Animalia	節肢動物門	Arthropoda	蛛形綱	Arachnida	盲蛛目	Opiliones	Opiliones	Opiliones
3	動物界	Animalia	節肢動物門	Arthropoda	蛛形綱	Arachnida	擬蝎目	Pseudoscorpior	Pseudoscorpior	Pseudoscorpior
4	動物界	Animalia	節肢動物門	Arthropoda	蛛形綱	Arachnida				Acari
5	動物界	Animalia	節肢動物門	Arthropoda	唇足綱	Chilopoda	地蜈蚣目	Geophilomorph	Geophilomorph	Geophilomorph
6	動物界	Animalia	節肢動物門	Arthropoda	唇足綱	Chilopoda	蜈蚣目	Scolopendromo	Scolopendromo	Scolopendromo
7	動物界	Animalia	節肢動物門	Arthropoda	內口綱	Entognatha	彈尾目	Collembola	Brachystomellid	Brachystomellid
8	動物界	Animalia	節肢動物門	Arthropoda	內口綱	Entognatha	彈尾目	Collembola	長角跳蟲科	Entomobryidae
9	動物界	Animalia	節肢動物門	Arthropoda	內口綱	Entognatha	彈尾目	Collembola	長角跳蟲科	Entomobryidae
10	動物界	Animalia	節肢動物門	Arthropoda	內口綱	Entognatha	彈尾目	Collembola	球角跳蟲科	Hypogastruridae
11	動物界	Animalia	節肢動物門	Arthropoda	內口綱	Entognatha	彈尾目	Collembola	異跳蟲科	Isotomidae
12	動物界	Animalia	節肢動物門	Arthropoda	內口綱	Entognatha	彈尾目	Collembola	短腳圓跳蟲科	Neelidae
13	動物界	Animalia	節肢動物門	Arthropoda	內口綱	Entognatha	彈尾目	Collembola	棘跳蟲科	Onychiuridae
14	動物界	Animalia	節肢動物門	Arthropoda	內口綱	Entognatha	彈尾目	Collembola	跳蟲科	Poduridae
15	動物界	Animalia	節肢動物門	Arthropoda	內口綱	Entognatha	彈尾目	Collembola	擬亞跳科	Pseudachorutid
16	動物界	Animalia	節肢動物門	Arthropoda	內口綱	Entognatha	彈尾目	Collembola	圓跳蟲科	Sminthuridae
17	動物界	Animalia	節肢動物門	Arthropoda	內口綱	Entognatha	彈尾目	Collembola	鱗跳蟲科	Tomoceridae

圖 5-12 更新物種名錄與統計

武陵地區生態監測及生態模式建立 雪霸國家公園委託辦理計畫

調查日期	調查方法	測站	地點	緯度	經度	計畫名稱		
							查看	
1	2021-10-08	舒伯式水網	2	桃山西溪	24.3986	121.3078	武陵地區溪流環境及放流棲地監測-水棲昆蟲研究	查看
2	2021-10-08	舒伯式水網	3	二號壩	24.38245	121.31012	武陵地區溪流環境及放流棲地監測-水棲昆蟲研究	查看
3	2021-10-08	舒伯式水網	4	觀魚台	24.37245	121.31112	武陵地區溪流環境及放流棲地監測-水棲昆蟲研究	查看
4	2021-10-08	舒伯式水網	12	一號壩上游10	24.3626	121.31143	武陵地區溪流環境及放流棲地監測-水棲昆蟲研究	查看
5	2021-10-07	舒伯式水網	5	繁殖場	24.35433	121.31351	武陵地區溪流環境及放流棲地監測-水棲昆蟲研究	查看
6	2021-10-07	舒伯式水網	8	高山溪	24.35787	121.30847	武陵地區溪流環境及放流棲地監測-水棲昆蟲研究	查看
7	2021-10-07	舒伯式水網	9	有勝溪	24.34748	121.31053	武陵地區溪流環境及放流棲地監測-水棲昆蟲研究	查看
8	2021-10-07	舒伯式水網	13	一號壩下游10	24.36055	121.31155	武陵地區溪流環境及放流棲地監測-水棲昆蟲研究	查看
9	2021-10-07	舒伯式水網	14	羅羅尾溪	24.394553	121.351190	武陵地區溪流環境及放流棲地監測-水棲昆蟲研究	查看
10	2021-10-07	舒伯式水網	17	高山溪二號壩	24.36021	121.30526	武陵地區溪流環境及放流棲地監測-水棲昆蟲研究	查看
11	2021-09-14	舒伯式水網	17	高山溪二號壩	24.36021	121.30526	武陵地區溪流環境及放流棲地監測-水棲昆蟲研究	查看
12	2021-07-01	舒伯式水網	4	觀魚台	24.37245	121.31112	武陵地區溪流環境及放流棲地監測-水棲昆蟲研究	查看
13	2021-07-01	舒伯式水網	5	繁殖場	24.35433	121.31351	武陵地區溪流環境及放流棲地監測-水棲昆蟲研究	查看
14	2021-07-01	舒伯式水網	8	高山溪	24.35787	121.30847	武陵地區溪流環境及放流棲地監測-水棲昆蟲研究	查看
15	2021-07-01	舒伯式水網	13	一號壩下游10	24.36055	121.31155	武陵地區溪流環境及放流棲地監測-水棲昆蟲研究	查看
16	2021-06-30	舒伯式水網	2	桃山西溪	24.3986	121.3078	武陵地區溪流環境及放流棲地監測-水棲昆蟲研究	查看
17	2021-06-30	舒伯式水網	3	二號壩	24.38245	121.31012	武陵地區溪流環境及放流棲地監測-水棲昆蟲研究	查看
18	2021-06-30	舒伯式水網	9	有勝溪	24.34748	121.31053	武陵地區溪流環境及放流棲地監測-水棲昆蟲研究	查看
19	2021-06-30	舒伯式水網	12	一號壩上游10	24.3626	121.31143	武陵地區溪流環境及放流棲地監測-水棲昆蟲研究	查看

圖 5- 13 新增調查活動視角呈現

武陵地區生態監測及生態模式建立 雪霸國家公園委託辦理計畫

武陵地區溪流環境及放流棲地監測-水棲昆蟲研究 桃山西溪 調查活動 共 31 筆

*點選標題兩下可排序

目	科	原紀錄學名	接受學名	中文名	個體數	覆蓋
1	Trichoptera	Hydrobiosidae	Apsilochorema	Apsilochorema	白條石蛾屬	1
2	Trichoptera	Arctopsychidae	Arctopsyche sp	Arctopsyche	弓石蛾屬	2
3	Trichoptera	Rhyacophilidae	Rhyacophila nig	Rhyacophila nigrocephala	黑頭流石蛾	4
4	Trichoptera	Rhyacophiliidae	Rhyacophila sp	Rhyacophila	流石蛾屬	2
5	Trichoptera	Hydropsychidae	Hydropsyche sp	Hydropsyche	紋石蛾屬	10
6	Trichoptera	Glossosomatidae	Glossosoma sp.	Glossosoma	舌石蛾屬	1
7	Trichoptera	Stenopsychidae	Stenopsyche sp	Stenopsyche	角石蛾屬	51
8	Trichoptera	Lepidostomatid	Goerodes sp.	Goerodes	長節石蛾屬	4
9	Trichoptera	Uenoidae	Uenoa taiwaner	Uenoa taiwanensis	臺灣黑管石蛾	27
10	Ephemeroptera	Baetidae	Acentrella lata	Acentrella lata	四節蜉	11
11	Ephemeroptera	Baetidae	Baetiella bispin	Baetiella bispinosa	四節蜉	26
12	Ephemeroptera	Baetidae	Baetis spp.	Baetis	四節蜉屬	293

圖 5- 14 可檢視特定調查活動之調查資料

附件、生物多樣性敏感資料開放作業原則

生物多樣性敏感資料開放作業原則總說明

為最大化地促進生物多樣性資料之開放，以支持學術研究、保育決策、政策發展，以及國土規劃等需求，特訂定本原則。目的在建立具共識性、標準化且可辯證的方法架構，作為「臺灣生物多樣性資訊聯盟 (Taiwan Biodiversity Information Alliance, TBIA)」建議臺灣生物多樣性敏感資料的開放依據，以供各資料提供單位作為資料管理的參考。同時，對因詳細空間資料的開放而可能受害的物種提供適當的保護。其內容要點如下：

- 一、 本原則制定目的、適用範圍及用詞定義。(第一條至第三條)
- 二、 提供建立生物多樣性敏感資料清單所需的依據。(第四條至第九條)
- 三、 提供開放敏感資料的參考做法。(第十條至第十四條)
- 四、 提供建立敏感資料清單所需的共識建立與更新流程建議。
(第十五條至第十八條)

逐條說明

- 一、 為建立具共識性、標準化且可辯證的方法架構，作為臺灣生物多樣性敏感資料的開放依據，以供各單位資料管理參考，特訂定本原則。
- 二、 本原則所適用的資料類型，係指內含地點相關資訊的生物多樣性資料。

三、 本原則用詞定義如下：

(一) 敏感資料：資料內含的物種紀錄地點相關資訊釋出後，可能造成該物種受害，或其他相關的環境損害，而有屏蔽資訊之必要者。前述受害，包括蓄意的傷害，如採集、獵捕、棲地破壞；或非蓄意的傷害，如干擾。

(二) 敏感資料清單：根據本原則所列敏感資料準則，建立之生物多樣性資料屏蔽依據清單。

(三) 敏感層級：建立敏感資料清單時，針對個別物種設定之地點資訊屏蔽程度。

(四) 預設敏感資料：在各生物類群的敏感資料清單建立以前，預設列為敏感之資料。

(五) 季節性敏感資料：依時間範圍特性定義之敏感資料。

(六) 地區性敏感資料：依地區特性定義之敏感資料。

(七) 資料提供單位：資料生產端的組織或團體，包含對原始資料進行蒐集、標準化、清理及包裝等作為之單位。

(八) 資料管理單位：接收、介接資料提供單位之資料，設計執行資料服務，以滿足主管機關管考或公眾資訊需求之單位。

四、 敏感資料準則：當資料尚未被公開，在資料屏蔽不會增加對象的潛在受害威脅之前提下，如符合以下任何一項準則，即列屬本原則所稱之敏感資料（說明與案例參見附錄一）：

（一） 資料中所包含的對象物種（以下簡稱對象）易受到傷害性的人為活動威脅，且該類型活動受資料的開放與否影響。

（二） 對象的特性使其特別易受傷害性人為活動威脅。

（三） 已有可靠證據證實近期的傷害性人為活動會造成對象的受害。

（四） 資料中的特定形式會確實促成傷害性人為活動發生。

（五） 資料中的詳實性或空間尺度可促成某些人準確地找到該易受害對象所在地點。

（六） 對象在特定地區是容易受害的。

（七） 資料開放會阻礙某保育機關達到某特定保育目標。

（八） 資料開放會促成易受害對象的所在地點可透過結合其他資料來源獲得。

（九） 其他於公開或開放後將有違物種保育的公共利益之情狀。

敏感資料之認定與族群數量無必然關聯。某物種族群狀態稀有，不必然表示其資料敏感。稀有物種可能因大眾對其分布地點的無知而遭受更大危害。

例如在不知道稀有物種存在的情境下，進行工程開發等行為而破壞其棲地。

因此，許多稀有物種的紀錄不會列入敏感資料清單。

五、 敏感資料清單建議至少包含以下欄位：敏感資料編號、學名、敏感層級、敏感層級依據及敏感層級更新日期。前述各欄位之範例及其他參考欄位，請見附錄二。

六、 敏感層級之建議類別包括：

(一) 輕度：點位座標應屏蔽至精度高於經緯度小數點後 2 位 (約 1 公里)。

(二) 重度：點位座標應屏蔽至精度高於經緯度小數點後 1 位 (約 10 公里)。

(三) 縣市：點位座標屏蔽到只顯示地理區的縣市，不顯示座標。

(四) 座標不開放：點位座標應完全屏蔽，但仍可查詢到該物種存在。

(五) 物種不開放：點位、物種存在資訊都應完全屏蔽。

(六) 無：地點資訊依據資料提供之原始精度開放。

七、 預設敏感資料的物種清單所參考之公告包括：

(一) 野生動物保育法之最新版「保育類野生動物名錄」所列舉之保育類野生動物 (包含瀕臨絕種、珍貴稀有、其他應予保護) 。

(二) 臺灣各類群紅皮書名錄 (林務局與特有生物研究保育中心共同出版) 之最新國家紅皮書受脅類別達「國家易危 (NVU) 」以上等級之物種 (包含 NVU、NEN , 以及 NCR) 。

(三) 文化資產保存法之珍貴稀有植物。

列為預設敏感資料者，敏感層級建議為「輕度」，其餘物種資料預設為非敏感資料，敏感層級建議為「無」；待各生物類群敏感資料清單建立後，應依據清單決定其敏感層級。

八、 季節性敏感資料：許多物種僅在一年當中的特定時間或特定生活史階段 (如繁殖期) 易受傷害。此類敏感資料需定義其特定時間範圍，據以在該時段內將該物種的紀錄地點模糊化。在此時段以外，該物種所有紀錄均應開放。

九、 地區性敏感資料：對於不同的地區 (如縣市或保護區) ，可以建立個別的敏感資料清單。各清單雖依據相同的準則，但地區間符合準則的物種可能會不同。

十、 資料提供單位（包含提供資料的個別貢獻者）認為特定紀錄地點或生活史階段不需模糊化處理時，可不受敏感資料清單限制釋出資料。

十一、 除敏感資料以外，其他開放的生物多樣性資料，原則將以其提供資料管理單位時的解析度展示或開放下載，若因頻寬負載或統一格式儲放等技術上調整事由，則不在此限。

十二、 敏感資料應依據本原則之施行細則，模糊化至適當的解析度以達到屏蔽效果，降低物種遭受危害的風險達可接受的程度，並且在展示或下載時提供相對應的敏感資料標示（參考附錄三）。

十三、 敏感資料公開處理時，得一併屏蔽原始資料提供者的姓名、聯絡資訊等個人資訊，以降低相關物種間接受害之風險。

十四、 資料管理單位得在資料提供單位授權允許範圍內，經權衡物種受害風險及維持資料開放性，設計必要機制據以釋出敏感資料。釋出過程建議事項包括：

（一） 妥善保存需求申請的文件。

（二） 確保審核過程的公開透明。

(三) 於資料釋出前確保申請者瞭解相關權利與責任，並配合揭露後續之資料應用及分享作為。

(四) 追蹤資料使用情形，以供評估資料釋出之影響。

十五、 本原則將徵詢「臺灣生物多樣性資訊聯盟」資料提供單位之建議，並依據本原則由相關專家群建立敏感資料清單。

十六、 敏感資料清單於公布後，每年檢討更新。每次更新須確認屏蔽對象之季節與地區特性是否變動，於受脅情境不存在時移出清單，並於清單更新後提供各資料管理單位參考。所有資料提供單位均可對清單中敏感資料的加入或移出提出建議，提出者並須依敏感資料準則提供相關證據，供相關專家群參考。

十七、 敏感資料清單之爭議處理，在述明理由後，由「臺灣生物多樣性資訊聯盟」具最終決定權。

十八、 本原則之更新與廢止，由「臺灣生物多樣性資訊聯盟」決議之。

(附錄一) 敏感資料定義準則之說明與案例

	A: 準則	B: 說明	C: 案例
前提準則	資料尚未被公開	許多生物多樣性資料已經可以廣為取得，因此將此類資料屏蔽並不合理。同時應考量該資料是不是已經在可能造成傷害的社群中廣為流傳。	<ul style="list-style-type: none"> 都市公園的鳳頭蒼鷹巢位已廣為人知，即等同已開放。
前提準則	將資料屏蔽不會增加對象的潛在受害威脅	<p>某些情況下，屏蔽敏感資料可能會弊大於利。比如：</p> <ul style="list-style-type: none"> 對於對象的存在的無知可能會增加意外或發生不可回復的傷害。 敏感對象的存在廣為人知時，民眾的關注可能降低傷害。 <p>在類似的案例之中，應權衡屏蔽資料所造成的傷害與效益。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 稀有的水棲性昆蟲或水生植物可能因為地主無意的作為而消失，除非被告知其存在。 都市環境中的黃鸝巢位可能會因為賞鳥與拍鳥者的關注而較不易被盜獵。
一	資料中所包含的對象物種（以下簡稱對象）易受到傷害性的人為活動威脅，且該類型活動受資料的開放與否影響。	<p>主要會遭受威脅的對象經常是外型亮麗、引人注目、稀有或具高蒐藏價值的物種。可能造成傷害的人為活動類型如下：</p> <ul style="list-style-type: none"> 對鳥類或哺乳類的近距離干擾 觀看或拍攝者的踩踏 採集無脊椎動物、植物或鳥蛋 狩獵 迫害猛禽或掠食動物 稀有動物的商業採集 	<ul style="list-style-type: none"> 某種鳥類是獵人與賞鳥者的侵擾對象，且在繁殖季時對於干擾非常敏感。 某種植物族群稀少且具高園藝價值，有被採集者採走的風險。

		釋出此類對象的資料會提高活動的程度，並據此加重傷害。	
二	對象的特性使其特別易受傷害性人為活動威脅。	<p>族群數量豐富的物種在偶見的傷害性事件後可以回復，因此不會符合此準則。然而，其他對象即使僅是小規模的傷害也可能遭受易受脅，比如因為：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 小族群 • 正在減少或受脅的族群 • 非常侷限分布的族群，或絕大部分族群集中於單一地點 • 低繁殖率 • 新建族群 • 受害後特別脆弱或回復緩慢 • 人為活動帶來的傷害對該對象特別地嚴峻 <p>對象是否為保育類動物、紅皮書受脅物種，<u>不直接構成</u>符合此準則的條件。</p>	
三	已有可靠證據證實近期的傷害性人為活動會造成對象的受害。	需有足夠證據證實對象受害的可能性，非僅奠基於假設性或感覺上的傷害。適當的證據形式，包括證據導向的風險評估報告。該類型報告可用以評估誤用開放資料所可能造成的潛在衝擊與發生機率。	<ul style="list-style-type: none"> • 在特定地點，獵兔或捕抓鬼鼠的人為活動曾經非常活躍，但現狀不明。雖然仍可能有此威脅存在，但此狀況不足以支持保留資訊的決定。
四	資料中的特定形式會確實促成某些人進行傷害性的活動。	<p>對於大部分的對象物種，只有描述巢位或植物族群等的實際位置描述可能造成危害。</p> <p>其他資料對於想要找到該對象或進行特定傷害性活動的人只能提供很</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 對於水獺來說，其繁殖窩巢的地點可能是敏感資料，但其排遺或腳印的地點可能不是。

		<p>少甚至無關的訊息，沒有必要限制這類資料的開放。</p> <p>進一步說，許多物種只有在特定生活史階段（或特定時間）易受害，例如繁殖期間可能會遭受干擾或偷蛋的傷害。因此，生活史其他階段的資料不應被屏蔽。</p>	
五	<p>資料中的詳實性或空間尺度可促成某些人準確地找到該易受害對象所在地點。</p>	<p>如果對象的地點資訊是以詳細或小尺度的方式提供（如在 1:25000 地圖上的點位資料），在大部分的情況下會使該對象容易被定位，因此開放可能是有害的。</p> <p>然而，以粗略或大尺度的方式，或是以模糊或彙整的方式提供（如 10 公里網格的出現紀錄），在大部分的情況下則對欲定位者用處很小或沒有幫助，因而可以安心釋出。</p> <p>其他相似情境亦可適用。比如，某移動能力很強或遷徙性物種的發現地點很可能對於再找到該物種的幫助很有限。相對的，對於有高度地點忠誠度或行為可預測性的物種則不應將資料開放。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 八色鳥的巢位的地點資訊，若提供的資料解析度是 10 公里網格或更粗尺度時，應不符合敏感資料的標準。然而若以更精細的尺度釋出資料則可能被列為敏感資料。
六	<p>對象在特定地區是容易受害的。</p>	<p>對全國採取完全一致的敏感資料清單開放政策並不適當，因此確認對象在哪裡受脅、在哪裡相對安全是很重要的。舉例來說：冠八哥在金門縣普遍，但在臺灣本島稀有；某物種的獵捕情形可能僅在特定地區嚴重；部份地區可能有良好實際保護，例如僱用保育巡守員。</p>	

		因此，在對象沒有受脅的區域或地點，資料應該開放。	
七	資料開放會 阻礙某保育 機關達到某 特定保育目 標。	某些時期，為了達成保育目標，有必須採取非常現實的作法。在極少數的情況下，可能有必要拒絕生物多樣性資料的開放，以避免造成與他人關係的嚴重衝突（如地主、資料提供單位）。	•
八	資料開放會 促成易受害 對象的所在 地點可透過 結合其他資 料來源獲得。	在部分情境下，某敏感資料的對象物種可能會與其他非敏感資料的對象物種本身、或是棲地，或是分布位置密切相關。因此，人們可能藉由使用各種資料來源而獲取該敏感對象的詳細地點資訊。若接受到多項資料的申請時，應考慮此情境的可能性。	• 某稀有蝶類是採集者的重點對象且已嚴重受脅。該物種與某植物有顯著的依存關係。因此若提供該植物的詳細地點資訊與該稀有蝶類的粗略位置，很可能會讓實際點位曝露。
九	其他於公開 或開放後將 有違物種保 育的公共利 益之情狀。		

(附錄二、敏感資料清單範例)

敏感資料編號	學名	敏感季節	敏感生活史階段	敏感地區	敏感層級	敏感層級依據	敏感層級說明	敏感層級更新日期
S00001	A	全年	成體	臺灣全區	高度	(填入支持建立此敏感資料,且為公開證據的文獻或訊息來源,如研究、報告,以及報導等等)	所有紀錄均根據高度敏感層級的標準進行屏蔽後始可公開,以避免獵捕威脅。	2018/07/01
S00002	B	5月;6月;7月	幼體	雲林縣;宜蘭縣	中度	(填入支持建立此敏感資料,且為公開證據的文獻或訊息來源,如研究、報告,以及報導等等)	繁殖期(每年五月到七月)的雲林縣、宜蘭縣的紀錄均根據中度敏感層級的標準進行屏蔽後始可公開,以避免干擾威脅。	2018/07/01

欄位名稱建議(中文/英文)

- 敏感資料編號 / SensitiveDataID
- 學名 / scientificName
- 敏感季節 / SensitivePeriod
- 敏感生活史階段 / SensitiveLifeStage

- 敏感地區 / SensitiveRegion
- 敏感層級 / SensitiveCategory
- 敏感層級依據 / SensitiveReference
- 敏感層級說明 / DataSensitiveComments
- 敏感層級更新日期 / SensitiveDateReviewed

(附錄三、敏感資料表單標示範例)

紀錄編號	學名	...	敏感紀錄標示	敏感資料編號	提供紀錄精度	原始紀錄精度
O0001	A	...	Y	S00001	1 degree	0.0001 degree
O0002	C	...	N	NA	NA	0.0001 degree
O0003	B	...	Y	S00002	0.01 degree	0.0001 degree

欄位名稱建議 (中文 / 英文)

- 紀錄編號 / OccurrenceID
- 學名 / scientificName
- 敏感紀錄標示 / DataSensitiveIndicator
- 敏感資料編號 / SensitiveDataID
- 提供紀錄精度 / PrecisionDataProvided (或可使用 dataPrecision)
- 原始紀錄精度 / PrecisionDataStored (或可使用 coordinateUncertaintyinMeters)

「武陵地區溪流環境生態監測」

期中審查視訊會議委員意見回覆表

壹、會議時間：110年7月7日(三)下午2時

貳、會議地點：線上視訊

參、主席：張處長維銓

記錄：黃奕絲 技士

委員	審查意見	回覆與辦理情形
孫建平 委員	1.報告內容算相當豐富，報告試圖做文獻引用，不過應該要加強引用的一致性。另外在圖表標記資料來源部分，是雪霸處的要求還是什麼原因？如果所有都是本研究的資料，為什麼還要再標註？	圖表一致性及引註部分，期末報告將遵照委員的建議進行調整。
	2.第一章的部分是計畫資料整合，由於本次是期中報告審查，所以我不知道此章的目的只是告知採樣點的整合狀況，或者是這整個研究計畫結果的整合？比如說如圖 1-1 中，棲地如何影響水棲生物？水質如何影響水棲生物等等？或者是以上的整合資料應該可以在期末報告看到？	第一章資料彙整，期中階段僅條列工作項目及呈現較特殊資料，期末除將彙整各老師成果外，亦將本年度有關乾旱、施工、拆壩等調查分析成果以專節呈現。
	3.報告書 p.1-6 有 3 個表，3 個表都是採樣地點地理座標，但是有 2 個表 1-1；報告書 p.1-7 圖 1-2 看不出工作地點範圍，包括武陵谷地、有勝溪及羅葉尾溪；報告書 p.1-9~1-10 圖 1-2、圖 1-4 及圖 1-5 的採樣位置圖，其實也不容易看出實際的採樣位置，建議可以將三個子計畫的調查樣點統整標註於一張圖內，以利後續進行整合比較。	期末報告將重新製作一張統整各類調查之樣點位置圖，以利對照調查分析結果。
	4.報告書 p.2-1 三、重要發現述及觀魚台、一號壩及新繁殖場之加權底質的加權底質為 20、25 及 12 公分，但是從後面的研究發現中都找不出這幾個數字是如何得到的，我猜可能是由圖 2-35、2-37、2-39 得到的，如果是重要結果，應說明如何計算，如果看圖 2-39 繁殖場的底質比例，其實和 109 年 2 月來比並沒有比較細，但我不知道繁殖場跟新繁殖場是不是不一樣。	1.加權底質原為代表各樣區整體底質狀況之指標，但其對於表達櫻花鉤吻鮭合適棲地之功能不如「小型礫石以上比例」，故期末報告中將予以刪除。 2.繁殖場跟新繁殖場是同一地點，調查地點名稱將會統一。

<p>5.報告書 p.2-12：表 2-1 棲地底質分類表應該不是貴研究團隊所訂定的；第二個表 2-1 各種物理棲地環境指標定義，其實您在前面有告訴我說是賴建盛 1996 年訂定的。同樣的問題，報告書 p.2-29 圖 2-55 及圖 2-56 之原始影像圖是貴研究團隊所拍的嗎？</p>	<p>期末報告將加強各圖表之資料來源引註及確認，。</p>
<p>6.文中都說本年度有做河道調查，可是在報告書 p.2-19 的所有圖中都看不到本年度的資料。另外有很多的圖表都是沒有 110 年的資料，是沒有做？還是放錯日期？(圖 2-10~2-17、2-36、2-38、2-48、2-51、2-52 等)</p>	<p>各溪流之河道調查頻率為每年一次，故期中報告呈現部份去年成果。</p>
<p>7.報告書 p.2-20 和 p.2-23 底質類型的顏色表示方式不一致，讓我們在比較時不容易比較。</p>	<p>將統一表示底質類型的形式及顏色。</p>
<p>8.河道變化調查方面，由資料顯示 109 年的雨量及 110 年的年初雨量都偏少，所以深潭比例降低、底質粒徑顆粒變小，應該都是正常的現象，也符合您說的動態平衡狀態，所以到底有沒有什麼特殊的狀況？</p>	<p>基本上皆是河道正常的動態變化現象。</p>
<p>9.109 年的崩塌面積百分比是今年計算出來的？或者是去年的成果？為高山溪及桃山西溪崩塌地比率增加的百分比分別是 2%及 5%，數字要如何看出來？從表 2-12？</p>	<p>為比對去年所作 109 年崩塌百分比，故團隊今年度自動增加 108 年之衛星影像分析；崩塌地比率增加係由表 2-12 歸納所得。</p>
<p>10.圖 3-4 的水質採樣地點為什麼和圖 1-3 不大一樣？圖 3-5 及圖 3-6 都差不多或一樣的話，前面應該做一個所有類型統整的圖。</p>	<p>圖 3-5 為有勝河流域，圖 3-6 為監測接近露營區支流，其最終會匯入七家灣溪。期末報告將統整所有樣站於一個圖層中。</p>
<p>11. 水溫是如何量測紀錄的？</p>	<p>採樣後現場量測使用之 pH、導電度及溶氧之攜帶式儀器皆附加溫度計功能，水溫則是全部儀器(至少三台)之平均溫度，並依環檢所公告方法實施。</p>
<p>12.請再說明桃山西溪於四月測得的有機碳及磷酸鹽濃度都飆高的原因，是如何被工</p>	<p>磷在土壤中移動或流失較不易發生，但工程砂石翻攪土</p>

<p>程影響的？什麼樣子的工程？</p>	<p>壤及地基會使土壤中的磷進入溪流中造成磷酸鹽濃度較高；溪流中的總有機碳來源多為落葉與有機體之分解，工程會使落葉掉入溪流之情形也增加，故兩數值之濃度皆偏高。</p>
<p>13.如果我們只著重在今年的數值，從圖 3-62 看到樣點 203 有勝溪勝光站的導電度；圖 3-68 一樣是樣點 203 勝光站的硫酸根濃度，都比上下游來的高出許多，原因為何？</p>	<p>勝光樣點溪流鄰近菜園，硫為植物營養必要元素，且土壤中之無機硫不易被土壤吸附，故因淋洗作用而流入溪流中。</p>
<p>14.第四章的水棲昆蟲的分析圖，解析度都不是很好（如圖 4-2~4-9 及其他），想要看到各測站在歷年的比較不太容易閱讀，很難給予建議或討論。例如很難如文中提到的如圖 4-4，可以看出每年年初達最高峰，之後隨時間遞減、年復一年的趨勢。</p>	<p>謝謝委員意見，分析圖的呈現會再修正以利解讀。</p>
<p>15.目前的水棲昆蟲部分，對於最近才接觸的人來看，其實有些困難，例如說在表 4-6 的 prey 應該就是表 4-1 及 4-2 的大型食餌？另外在 4-13 頁的 RBP II 的計算分數中，主要是靠 4-14 頁的八項生物指標來求得其損害 high 程度之相對分數嗎？另外單位面積每平方公尺的隻數（如表 4-1）是累加出來的嗎？</p>	<p>Prey 即代表大型食餌；RBP II 的計算，主要是依 4-14 頁的八項生物指標來求得其損害之相對分數。水蟲密度是透過 6 個樣本累加進行換算。</p>
<p>16.災難性事件對水棲昆蟲的影響是我最有興趣的部分，不過目前的研究分析結果顯示：水棲昆蟲群集同步變化有相同的反應且不受災難性事件顯著性影響，請再說明解釋清楚。</p>	<p>報告書第 4-19 頁討論有說明，以目前分析結果顯示乾旱影響較洪水顯著，完整結果將於期末報告中呈現。</p>
<p>17.從資料庫網站查詢，測站資料應該是有 152 筆，似乎也都點在測站地圖上，有可能在測站地圖的呈現上可以更客制化？依不同年期、不同調查項目而把測站標示出來嗎？另外從測站地圖點入各測點之後，上方的生物物種調查歷年紀錄圖，好像都為同一個圖，目的為何？</p>	<p>(1)謝謝委員建議，測站地圖呈現的客製化將於今年下半年評估規劃，並列為未來優化的重要項目； (2)該圖為物種調查歷年紀錄，僅用以呈現歷年資料筆數，並無與下方篩選的資料連動，確實容易造成使用者</p>

		困惑，將調整圖的呈現位置。
	18.從資料庫網站查詢，看到目前收集到的河道地形資料 219 筆(不是報告書 p.5-7 寫的 239 筆)，河道棲地的資料 186 筆，都只有是高山溪的資料，其中河道棲地的河寬部分，幾乎都是記錄到整數位數(部分到 0.5 公尺)，這樣的記錄精度原因是什麼？	(1)報告書上的 239 筆包含了 20 筆轉點與後視點資料，需點進內容才看得到； (2)資料庫團隊就收到的資料已全數匯入。而各溪流河道調查頻率為每年一次，故期中報告僅呈現已完成部分。 (3)將請棲地調查團隊後續提供較高精度調查成果。
楊正雄 委員	1.部分錯誤與 109 年報告相同，請再逐筆確認修正： (1)參考文獻清查與修正：包含：Moody(1994) 論文為錯誤引用；賴建盛(1996)對棲地分類四類是指深潭、淺瀨、緩流及梯狀潭 (step-pool)，也並未引入 Fr 數作為分類基礎，與報告中以 Fr 數分類 4 種棲地略有不同，是否需要引用，請確認；林穎志等(2011)在文獻中未列出。 (2)研究方法中缺乏「加權粒徑」定義與說明，僅呈現結果。 (3)圖 2-57 與圖 2-58 有缺，請補齊。	(1)將重新核對包括 Fr 數分類等報告所引相關參考文獻； (2)「底質加權粒徑」原為代表各樣區整體底質狀況之指標，但對表達櫻花鉤吻鮭合適棲地之功能不如「小型礫石以上比例」，故期末報告中將予以刪除。 (3)將於期末報告補充缺遺圖說。
	2.NDVI 測量分析相關疑問： (1)實際所用圖層來源與相關資料(如：解析度等)請說明。 (2)表 2-12 分析中 2019 年與 2020 年圖層各流域集水區面積中的高山溪與七家灣溪數值差異過大，請確認。 (3)2019 年至 2020 年間的崩塌範圍變大，是否是颱風造成的因素？但 2019 年的颱風似乎並非歷年最大，請教葉老師的想法和意見。	崩塌地分析之相關衛星影像、各流域集水區面積、雲遮面積及植生面積等資訊及數據，將配合文字予以說明；2020 年並無顯著降雨事件出現，目前尚無法解釋為何僅桃山西溪之崩塌地比例顯著增加之原因。
	3.歷年加權粒徑環境指標與小型礫石 ($d>25.6\text{cm}$)粒徑變化圖以兩種計算指標方式似乎差異不大？至少看起來趨勢是一致的，請計畫確認，如果是一致的話，建議未來可以僅呈現一種即可。圖 2-62 中的小型礫石 ($d>25.6\text{cm}$)比率部分測站(如一號壩下	「底質加權粒徑」原為代表各樣區整體底質狀況之指標，但對表達櫻花鉤吻鮭合適棲地之功能不如「小型礫石以上比例」，故期末報告中將予以刪除

<p>游)在各次間劇烈變動，但與降雨事件(降雨量數值)似乎並無關連，例如去年第3次與本年第1次調查的比例下降15%(55->40%)，但這中間並無明顯降水事件，理應這樣規模的粒徑比例不會有大變動才是。因以往研究成果有提到小型礫石($d > 25.6\text{cm}$)比例是櫻花鉤吻鮭族群穩定的指標，是否可能釐清影響其比例的原因為何？如何能保持比例不趨於下降？[是否其變動仍可以作為參考指標？]</p>	
<p>4.高山溪殘材移除及壩體改善處理建議： (1)目前已進入豐水(汛期)季節及後續繁殖季節，是否今年仍規劃會進行實際拆除作業？如果會的話，建議應做整體考量的配套措施(例如清查鮭魚數量與分布，必要時先捕抓暫置復育中心等)。 (2)目前方案「僅拆除左翼牆之壩體」的考量為何？保留右牆是否有水保因素？因已建議以履帶式挖土機等工程手段進行的話，在極小化河道棲地衝擊時間的考量下，會建議一併將所有壩體(含左右翼牆)都拆除。另高山溪其他壩體(如最上游的四號壩)如果可能亦建議一併拆除。PS：高山溪四號壩以往因壩體基礎仍在，非高落差但卻是高流速，仍形成鮭魚上溯障礙。</p>	<p>高山溪二號壩體改善及殘材移除，因右岸尚有武陵地區重要引蓄水設施，故保留右翼牆予以保護； 本次工程僅以二號壩體及其殘材為改善對象。</p>
<p>5.司界蘭溪調查的結果與說明並未在報告內呈現，請補充。另目前司界蘭溪水質監測僅有一個測站，以往鮭魚調查在主流有鮭魚分布的情況，通常農場的上下游會有明顯的分布差異(數量或是有無)，考量這裡環境對於鮭魚可能並非穩定在分布，但可以作為上下游連通的擴散分布，因此或許測站布置可以考慮松柏農場上下游分別進行。</p>	<p>考量歷史資料比對及今年度工作項目內容，故仍以單一測站進行調查比較。</p>
<p>6.109 年期末曾建議將本項水質長期監測成果回饋至「七家灣溪重要濕地」水質標準，以符合科學實證結果與近況實情。特別是部分項目的合理性或重要程度：</p>	<p>感謝委員建議，計畫將彙整相關文獻後提出水質監測與標準之修正建議。</p>

<p>如目前各季水溫建議是否有必要呈現、硝酸鹽氮的數值是否需要修改，以及亞硝酸鹽氮是否可提出建議數值，或其他本項工作有監測項目也有必要納入在標準項目的部分等。</p>	
<p>7.本項工作研究範圍包含七家灣溪與有勝溪兩條水質特性與鮭魚分布狀況差異很大的水系。其中有勝溪流域的上游鮭魚穩定存在多年，但在特定河段之後還是無法無法有擴散分布的狀況，個人推測水質可能是比較重要的原因，請教官老師的想法和意見。另是否可能由現有累積的調查成果中，釐清可能影響鮭魚分布的重要水質因子以及其建議數值範圍？</p>	<p>感謝委員建議，有勝溪下游鄰岸農耕密集，河面幾乎無植被遮蔽，故水溫高且營養鹽濃度高，多數監測結果均超過相關標準，是所有測站中水質最差的樣站。建議能退縮臨溪岸農地並加以植樹，應有機會使鮭魚族群擴散分布範圍。過去在七家灣溪二號壩右岸之臨岸農耕退縮即得到溪流水質大幅改善之實證。</p>
<p>8.流量資料與水棲昆蟲長期動態整合分析 (DFFT 流量轉化與 MARSS 模式分析)相關問題：</p> <p>(1)此分析看起來可以呈現生物數量受流量變動的影響評估，不知道是否有用各測站(或是不同水系)之間比較過，是否會有與整體比較更不同的結論？</p> <p>(2)目前的結論是否顯示水棲昆蟲本身的變動和是否洪水與乾早有關？這樣是否會和之前原本提到水棲昆蟲(以及大型食餌)本身的數量受流量影響想法有所衝突？或是團隊這邊會認為可能還有有其他環境影響因子只是尚未納入分析？</p>	<p>以目前分析結果顯示乾旱影響較洪水顯著，完整結果將於期末報告呈現。</p>
<p>9.計畫中提到希望針對物種紀錄資料校正與增加比對 TaiCOL 有效學名欄位，提醒會有因不同時間點進行比對所造成的版本問題。不確定目前 TaiCOL 在欄位中是否已有納入所有同種異名(部分類群會是很大的問題)。另外 TaiCOL 名錄需為有效種，目前計畫中的水棲昆蟲分類有些無法到種階層者(僅到屬或是以分類群處理)，目前如何處理？</p>	<p>(1)謝謝委員的提醒，規劃未來將使用分類群 ID 以有效解決 TaiCoL 有效名版本更新問題，增加有效學名欄位為過渡時期的因應做法；</p> <p>(2)分類群 ID 的設計將不再限制於種階層，而在武陵資料庫架構中亦沒有限定，鑑定到各階層的類群皆有共通</p>

		的學名欄位。
	<p>10.敏感資料開放原則目前已在本中心 TBN 系統內推動(但應該尚未完全執行)，雪霸目前的武陵資料庫是否會有開放需求，如果有的話，建議也可納入考量。目前針對既有調查結果所表列建議敏感層級，建議需再詢問相關專家確定為佳。</p> <p>(概念上是盡量開放，但透過其他行政措施或手段來達到保育目的)</p> <p>(例如木本植物和草/藤本植物，或是潛在具有採集壓力的植物，或是不在保護區範圍內，但定棲的動物等，其目前敏感層級建議僅為輕度(1X1 公里模糊)，可能有所不足)</p>	感謝委員的提醒與建議，目前列出的敏感物種模糊化層級是依據臺灣生物多樣性資訊聯盟所提出的建議，各單位仍可因應相關需求做調整。
黃奕絲 技士	1.報告書 p.2-19 圖 2-10 至 2-17 高程剖面圖應更新至 110 年之資料。	各溪流之河道調查頻率為每年一次，故期中報告呈現部份去年成果。
	2.司界蘭溪是未來很重要需放流之歷史棲地，本次水質監測結果是否可以和過去調查結果進行比較，以了解棲地環境是否已有改善？以利作為後續放流之參考依據。	遵照辦理，將於期末報告中補上司界蘭溪之歷年數據。
	3.因水溫是影響臺灣櫻花鉤吻鮭的重要限制因子，然而報告書 p.3-27 表 3-8 110 年 04 月溶解態分析數據，有勝溪的水溫明顯較高達 22.5°C，以往若同月份調查也會有類似的情形嗎？	有勝溪地形使溪流較淺，以往之採樣時間也接近中午時刻，且以往在 5-8 月的採樣中溫度皆有達 20°C 之紀錄。
	4.報告書 p.1-6 表 1-1 採樣地點地理座標位置一號壩上下游是測站 11 和 12，而報告書 3-24 表 3-6 卻是#12、#13，報告書 p.4-12 也是#12、#13，請修正為前後一致。	期末報告將重新製作一張統整各類調查之樣點位置圖及對應表格，以利對照調查分析結果。
	5.報告書 p.4-17 司界蘭溪下游水棲昆蟲多樣性指數為 3.2 比過往高，但棲地評比為 0.47 中度損害？是否代表該溪流現階段棲地環境仍然不是很好？請補充說明。	第 4-19 頁有說明。因司界蘭溪下游有農業活動，從以往調查迄今，棲地狀態易受農耕活動影響在無損害與中度損害之間波動。
于淑芬 課長	1.有勝溪全段資料已進行調查，5 月份枯水期的斷流狀況是否比往年嚴重？長度大概有多少？	團隊僅針對調查時仍有水流之各樣區進行監測，而因樣區間河道則未作調查，故無法得知斷流狀況。
	2.崩塌地的監測中發現桃山西溪崩塌率在	期末報告之第一章資料彙整，

	2020 年增高，另外在水質分析桃山西溪測站四月份的磷酸鹽濃度增高，而水棲昆蟲桃山西溪測站 RBPII 也是顯示不佳，建議將相關監測數據進行整合分析，並將豐水期跟枯水期的調查進行比較，以釐清是否是崩塌所造成或是吊橋施工所影響，進行綜合討論。	將以專節彙整各老師在桃山西溪測站之調查分析成果。
廖林彥 主任	1.今年度極端乾旱事件對於水質、水棲昆蟲及水量有無影響？建議於期末時將今年初的乾旱事件及未來高山溪 2 號殘材壩移除之影響，以專章方式進行討論，以作為經營管理上之參考依據。	有關乾旱、拆壩等調查分析成果，將於期末報告第一章資料彙整中以專節呈現。
	2.今年鮭魚數量已經開始做調查，因年初乾旱事件造成很多河床、河段都乾枯甚至沒有水，直到前幾週才回復正常，對於鮭魚會有直接的影響，若能搭配水棲昆蟲數量、水質、水量的資料，進行統整性分析會較具完整性。	
楊世航 技士	1.武陵吊橋修繕工程案前於 110 年 3 月 31 日召開現勘會議決議於原吊橋下游 15 公尺處設置臨時性簡易吊橋供登山客使用，此部分東勢林管處刻正辦理經費調整及相關行政程序中，俟完成後將開始辦理吊橋施工。	相關施工資訊於載於期末報告。
徐正明 技士	1.高山溪二號壩殘材拆除工程預計下週開標，請受託單位配合辦理相關調查監測作業。	將配合工程進度進行相關調查。
謝銘銓 課長	1.本案報告書分採用西元年與民國年，建議統一年度別撰寫方式。	將於期末報告中統一。
	2.表 3-7 排水溝測站 2 月採樣日期前後不一致，請再確認。	感謝委員建議，表格中日期繕打錯誤，已修正。

「武陵地區溪流環境生態監測」

期末審查會議委員意見回覆表

貳、會議時間：110年12月20日(三)下午1時45分

貳、會議地點：本處第1會議室（線上視訊併行）

參、主席：張處長維銓（陳副處長俊山代理） 記錄：黃奕絲 技士

委員	審查意見	回覆與辦理情形
孫建平 委員	1.報告內容算相當豐富。所以在圖表標記資料來源部分是雪霸的要求嗎？目前還有標「本研究資料」。	本報告依循歷年計畫成果報告書格式慣例而製作圖表。
	2.第一章中各採樣點雖然有標座標，不過還是建議能有一張整頁清晰的地圖，上面標出各個採樣位置的相對位置，讓人一目了然。	遵照辦理，已重新製作樣站位置圖 1-3。
	3.目前的資料整合分析，比較像是把個別研究討論改善前後、或者是單一事件前後的影響，說出誰高誰低，但並不像是幾個子計畫真正的整合，甚至能夠回饋到鮭魚或是其他環境因子的交互關係中。	本年度資料分析僅呈現各項調查結果因各類干擾所前後的差異變動，是否有絕對因果關係則待後續研究可否以統計方式呈現。
	4.七家灣溪繁殖場底質百分比在 2019 年 10 月到 2021 年 6 月大概都是以比較細顆粒的底質為主，到最後一次 2021 年 10 月調查才會有比較大型的礫石出現，這些是不是有影響到臺灣櫻花鉤吻鮭的繁殖？可以做比對關係嗎？	底質變動造成是否會顯著影響鮭魚數量，需輔以今年度鮭魚數量調查成果，故於明年度後續追蹤分析中討論。
	5.利用衛星影像來分析崩塌地的改變，其中主要是以 NDVI 的計算為主。在桃山西溪 2019 年 11 月到 2020 年 10 月多了 5%的崩塌地，由於這段期間應沒有颱風事件，不知有沒有暴雨事件，如果都沒有，主因是因為桃山西溪有施工嗎？另外以 NDVI 判定崩塌地，準確度有多高？如果準確度沒有高到一定的數值，1~5%的改變是不是	每張衛星影像的對比關係會因光譜回射條件而略有差距，但在 NDVI 分析效果之影響不大，其準確度可利用現場狀況確認判識成果。

	沒多大的可靠差異性？	
	6.2 號壩改善前後，水棲昆蟲物種數為什麼差這麼多，密度好像都有下降的趨勢？	依七家灣溪壩體改善工程的經驗，對水棲昆蟲群集會產生約 2.5 個月的短期負面直接影響，等同遭受一洪水的衝擊，導致水蟲密度及多樣性下降。
	7. 水棲昆蟲中度損害到底是如何造成？看來好像都是以人為因素影響造成的？如何能增進其回復？另 RBP II 應用在臺灣，是否需要修正？應該也需要思考一下！	謝謝委員意見。有關 RBPII 算法，是以高山溪的永久測站做為分母，再換算成相對的百分比，再整合八項指標評估溪流之損害程度。它能滿足溪流生態系和集水區管理需求的整合型生態評估，也有很多可以深入探討，包括人為施工因素等造成的衝擊，並非用 RBPII 就可以代表人為干擾。
	8. 簡報結論中說明多變量狀態空間自回歸(MARSS) 模型分析災難性事件（洪水和乾旱）與水棲昆蟲群集的三種豐度（密度、大型食餌、EPT 三目）之間的關係。結果表明，雖然這些水棲昆蟲群集是同步的動態，但不受極端洪水的顯著影響。所以前面報告大型食餌昆蟲減少，都是以人為的影響為主嗎？	水蟲、鮭魚、氣候變遷的三角關係，因水棲昆蟲的分類有其門檻，並非與災難事件無關或洪水乾旱沒有影響。主要在報告書 p.4-17 總結，以目前武陵地區，水質是符合臺灣櫻花鉤吻鮭的生存標準，我們是以超過數 10 萬筆的水棲昆蟲數據及約 2.5 萬的流量數據進行回歸分析，結果是不受事件顯著影響，只是以過去 50 幾年的數據及近 20 年的數據來看，目前鮭魚並無滅種的危機。今年可以看出鮭魚喜愛吃的大型食餌有下降，但仍需要再加入探討，包括是否因人為施工因素、低流量、農耕活動及崩塌地等。
	9. 綜整過去水質監測與統計分析結果，應可說明監測區域水質時空分布、影響環境重要水質或複項指標（關鍵參數）、再由關鍵參數的時空分布推論可能影響來源與熱區包括沉降、人為污染與自然背景？	團隊已於本區有長時間的調查研究經驗，對各採樣站的特性已充分掌握，也累積大量數據，時空分布的變化以及壩體改善之影響，將持續進行研析。

	<p>10.未來的監測計畫可否根據近年分析結果及機關需求（如露營區、工程、施肥）提出包括監測點、頻率或測項之檢討及修正調整？</p>	<p>目前維持一年四次的頻率，機關有需求將樣站、次數、項目增加，在符合經費範圍內可配合辦理。</p>
	<p>11.七家灣溪重要濕地保育水質標準修正部分，硝酸鹽跟亞硝酸鹽都變嚴，只有溫度變比較鬆，春夏溫度管理目標提高了，是不是會更容許開發行為的發生？</p>	<p>今年先將實際水質採樣以符合管理目標，而管理目標訂定亦為保育鮭魚，並兼顧當地相關的遊憩活動。因此檢視水質於當地管理不全符合的部分，不論是隨著全球暖化趨勢或當時訂定的考量，優先挑出來做。水溫的修訂是因為春季及秋季已不易辨別，而鮭魚在生命階段最重要的生殖和孵化，為順應管理目標故區分為兩段，將秋冬合併，也是鮭魚繁殖和孵化的時間，也有利於管理；春秋季的確比較放寬，因為全球暖化，當地水溫逐年增高，因此以臺灣櫻花鉤吻鮭生存的上限值去訂定。</p>
<p>楊正雄 委員</p>	<p>《水文物理棲地調查及崩塌地監測》 1. NDVI 測量分析相關疑問：(1)判釋程序與注意事項等建議仍清楚書寫在報告內，以便未來可使用相同基準進行相同程序(例如選擇衛星圖，影像前處理，或是公式應用的注意事項等)。(2)表 2-12 分析結果，是否在未來可能選擇部分可接近地區進行衛星判釋結果與實際結果的驗證。此部分是考量到七家灣溪崩塌地有減少，但比較上游的區域且有顯著擴大的狀況，個人覺得考量臺灣植被復育特性通常很快，以及 NDVI 可能潛在的誤差(文獻閱讀)，建議應透過實際驗證確認。(3)NDVI 分析是否可能包含其他放流區域，特別是以往放流一直無法成功，可能和崩塌有明顯關係的地區。例如司界蘭溪等。</p>	<p>(1)判釋程序已補充於報告書定稿；(2)若後續仍需協助辦理崩塌地衛星影像，將配合現調進行監督式分類分析；(3)明年度建議繼續調查司界蘭溪，再將該區崩塌地判識納入分析。。</p>
	<p>2. d>25.6 礫石比例變化(表 2-14)，目前</p>	<p>樣站內各穿越線上點位，其目的</p>

	<p>在各次調查結果通常會有很大差異。個人推測與調查方式有關。因為是每個斷面依據 1/4、2/4 和 3/4 位置進行水深/流速的測量，並非完全的同位置，個人認為這樣的方式會變成其數值與季節性水位高低有關，也推測可能因此不容易單純和水文事件的變動來解釋，而大概僅能呈現資料而已。因此建議比較可以不同年度但相同水位(或是豐枯季節)進行比較可能會更能呈現差異。</p>	<p>在於呈現水流對底質與棲地類型之影響，但因河道之平面位置常受氣候與水流影響而改變，故以各量測時之相對位置進行調查。</p>
	<p>3.高山溪殘材移除及壩體壩改善時間是在 9 月底 10 月初，似乎過於接近繁殖季節。建議以後選擇時間需納入考量。此外，此區改善前的鮭魚數量是否有進行過調查，以及應變措施。並且施工後鮭魚的變動是否有數據呈現？</p>	<p>殘材壩改善時機，係因配合相關管理單位之行政作業程序，而稍有延遲。 殘材壩的改善對鮭魚數量或回溯等影響，需輔以今年度鮭魚數量相關，故於明年度殘材壩改善成效後續追蹤分析中討論。</p>
	<p>《水質監測》</p> <p>1.十分感謝官老師願意協助使用現有資料進行「七家灣溪重要濕地」水質標準的調整，十分肯定團隊中對於水質標準建議的提出，不過此標準是對於七家灣溪重要濕地的建議，其主管單位在於臺中市政府，如老師所提，其變更應該是對應其管理需求與目標而訂，因此應該要納入在管理之中。目前因主管單位差異的部分，建議可先納入在雪霸【通盤檢討】時臺灣櫻花鉤吻鮭保護區的範疇內。</p>	<p>遵照委員建議辦理</p>
	<p>2.【mg as N/L】單位的說明，請在詳細敘述。</p>	<p>硝酸鹽和亞硝酸鹽氮單位的訂定，主要是因為氮會互相轉換和循環，如以傳統每一公升有多少重量的目標污染物做為考量，很難做質量平衡和比較，所以現在環保署以目標元素做為考量。後面的 N 是指氮，雖然是硝酸鹽或</p>

		亞硝酸鹽的形式，以每單位體積溶液裡有多少重量的目標元素來表示，比較容易去管控。
3.歐洲水體標準並非 5 年定期檢討?(目前是 2006 年法規)，另表中，鮭魚/鯉魚水體標準的說明建議再詳加說明(表 3-2)。		水體環境標準的檢討均持續進行，但真正修訂標準則會較為謹慎。的陳述遵照楊委員建議辦理
4.過往曾經針對一些重大事件(例如：火災)進行比較。本年度因為疫情，在園區內的人員/活動明顯有差異性變化。其與水質之間的關聯性，建議可以補充說明。		根據先前調查，重大事件(2020 武佐野群山野火)對於水質的影響週期約為 2~3 週，遊客人數在今年 5 月至 7 月因疫情影響，遊客減少，在山溝排水溝的硝酸鹽濃度的確有比較低的現象。
5.桃山西溪施工，過往曾經注意到邊坡有垃圾堆積，建議需注意。		遵照楊委員建議，納入明年計畫注意事項。
《水棲昆蟲研究》 1. 分類群 Taxon 歷年逐年增加的原因為何?? 是否因為參考更多文獻發表? RBPII 中 TV 值的判斷資料來源為何? 以及 community loss index 的 reference site 為何? 是否單一年度和歷年比較時的 reference site 選擇有所不同。		分類群 Taxon 歷年逐年增加的原因，除了與廣泛地點及時間點的收集有關外，搖蚊科一般分類很難區分到物種，但近年我們想盡辦法分到屬或種。從形態和特徵可以分辨出屬於不同屬，所以物種數從過去 40 幾種增加至現在 60-70 種。都以同一時期的高山溪為參考站。 RBPII 中 TV 值的判斷資料來源: DOI 10.1007/s10661-013-3523-6
2. 流量資料與水棲昆蟲長期動態整合分析(DFFT 流量轉化與 MARSS 模式分析)中洪水事件發生機率變高，但乾旱事件出現機率變化不大，但都是鄰近出現的次數(時間很近)，建議把間隔時間也納入考量。		謝謝委員建議，未來會將間隔時間也納入考量。
《生態資料庫更新及維運》 1. 本項工作包含三種完全不同型態的資料【生物、棲地、水質】，並且有協助包含名錄清理及系統優化等工作，肯定本工作成果。		感謝委員肯定。

	<p>2.通盤考量，但建議仍考量小範圍內的差異性：目前針對既有調查結果所表列建議敏感層級，建議需再詢問相關專家以確定。(例如木本植物和草/藤本植物，或是潛在具有採集壓力的植物，或是不在保護區範圍內，但定棲的動物等，其目前敏感層級建議僅為輕度(1X1 公里模糊)，可能有所不足)</p>	<p>國家公園資料庫也是臺灣生物多樣性資訊聯盟中的成員之一，所以未來在針對敏感資料也會有相同的處理原則。至於 1 公里的模糊化是否適合，是需要透過相關領域專家認定，因此模糊化之標準會請相關領域專家訂定，並依此處理。</p>
<p>楊國華 課長</p>	<p>1.有關報告書第三章水質監測結論 13：「七家灣溪重要濕地核心保育區水質標準修正建議，今年度針對水溫、硝酸鹽氮、亞硝酸鹽氮三項進行探討。建議水溫修正為兩區段管理目標，分別春夏季 13~17°C 與秋冬季 6~12°C；硝酸鹽建議調整為 2 mg as N/L 以下、亞硝酸鹽建議調整為 4 μg as N/L 以下，……」部分，依據內政部公告「重要濕地內灌溉排水蓄水放淤給水投入標準」第 2 條，水溫之限值「不得超過本法第十五條第一項第四款水資源系統中水體基礎調查之當季平均溫度攝氏正、負二度。」規定，有關七家灣溪重要濕地水質管理目標訂定標準可較為嚴謹應無疑義，惟須考量是否符合現行法令規定，以利納入未來七家灣溪重要濕地保育利用計畫通盤檢討重要參考書件，再請規劃單位納入評估。</p>	<p>遵照辦理。</p>
	<p>2.有關報告書第三章水質監測結論 11：「根據歷年司界蘭溪水質數據，與七家灣溪核心保育區測站水質進行比較結果顯示導電度、硫酸根兩項較七家灣溪高，……」及第四章水棲昆蟲研究：「#11 司界蘭溪下游測站……棲地為中度損害，須持續監測」，此部分產生之原因為何及是否有改善建議，再請規劃單位協助補充說明，以利未來經營管理。</p>	<p>以往年有勝溪數據為例，上游羅葉尾溪及南湖登山口樣站無農耕活動，下游勝光與有勝溪下游測站有農耕活動，此流域下游測站的污染物濃度比上游高，推測出農耕與人為活動皆會影響水質，司界蘭溪不屬於核心保護區，周遭還有果樹種植，所排放的污染物以離子態形式排放於水中，造成濃度較高，建議管理處長期監測司界蘭溪的水質變化。</p>

黃奕絲 技士	1. 期末報告中有許多圖表解析度很差，請更將圖表清晰化，以利閱讀。	遵照辦理修正。
	2. p.1-1、1-2「臺灣臺灣櫻花鉤吻鮭」請修正為臺灣櫻花鉤吻鮭、南湖溪請修正為南湖溪、臺灣鏟頰魚請統一修正為臺灣白甲魚。	遵照辦理修正。
	3. p.1-11 圖 1-8 為什麼 110 年 10 月七家灣溪繁殖場測站大型礫石和粗石明顯變多，而碎石幾乎沒有？若是汛期所造成的，往年也有類似的現象嗎？	110 年 10 月七家灣溪各樣站之小型礫石以上比例幾乎一致約 50%，而此繁殖場測站罕見狀況，將於明年初調查再次確認。
	4. 報告書 p.1-6 表 1-1 採樣地點地理座標位置一號壩上下游是測站 11 和 12，而報告書 3-24 表 3-6 卻是#12、#13，報告書 p.4-12 也是#12、#13，請修正為前後一致。	遵照辦理修正。
	5. p.3-45~3-48 SiO ₂ 請修正為 SiO ₂ 、NO ₃ -N 請修正為 NO ₃ -N、NO ₂ -N 請修正為 NO ₂ -N、SO ₄ ²⁻ 請修正為 SO ₄ ²⁻ 、Cl ⁻ 請修正為 Cl ⁻ 、PO ₄ ³⁻ 請修正為 PO ₄ ³⁻ 、NH ₄ ⁺ -N 請修正為 NH ₄ ⁺ -N。	遵照辦理修正。
	6. p.4-27~4-31 表 4-7 至 4-11 羅業尾溪請統一改為羅葉尾溪。	遵照辦理，已於報告書進行修正。
于淑芬 課長	1. p.3-22 修訂水質管理標準，利用 5 年監測資料試算，其中溫度不符合率為 1.7%，此代表若不符合率超過一定比例並啟動保育措施，所謂一定比例指的是多少？請再解釋清楚。	原先規劃為 2 年不合格率 25% 啟動保育措施，2 年 8 次採樣中有 2 次不合格就啟動措施，目前考量歐盟及陳弘成老師所訂定的非離子態氮標準對於武陵地區溪流進行分析，於明年計畫訂定出保護措施比例。