

武陵地區溪流環境棲地監測及防砂壩改善 試驗

雪霸國家公園管理處委託辦理報告

中華民國一百一十一年十二月

武陵地區溪流環境棲地監測及防砂壩改善 試驗

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

協同主持人：林秉賢

雪霸國家公園管理處委託辦理報告

中華民國一百一十一年十二月

目錄

摘要.....	XIII
一、研究緣起.....	XIII
二、研究方法及過程.....	XIII
三、重要發現.....	XV
四、主要建議事項.....	XVI
ABSTRACT.....	XIX

第一章、計畫資料整合

一、計畫緣起.....	1
二、計畫目標.....	2
三、研究地區.....	3
四、整合分析.....	4
五、參考文獻.....	6
附表.....	8
附圖.....	10

第二章、水文物理棲地調查

摘要.....	14
ABSTRACT.....	16
一、前言.....	17
二、研究方法及過程.....	17
三、研究發現.....	20
四、討論.....	22
五、結論與建議.....	24
六、參考文獻.....	25
附表.....	26
附圖.....	30

第三章、水質監測

摘要.....	45
一、研究緣起.....	45
二、研究方法及過程.....	45
三、重要發現.....	46
四、主要建議事項.....	47

ABSTRACT.....	49
一、前言.....	51
二、材料與方法.....	56
三、結果.....	58
四、討論.....	58
五、結論與建議.....	67
六、參考文獻.....	70
附表.....	71
附圖.....	82
.....	82

第四章、水棲昆蟲研究

摘要.....	130
一、研究緣起.....	130
二、研究方法及過程.....	130
三、重要發現.....	130
四、主要建議事項.....	131
ABSTRACT.....	132
一、前言.....	133
二、材料與方法.....	138
三、結果.....	141
四、討論.....	143
五、結論與建議.....	146
六、參考文獻.....	147
附表.....	155
附圖.....	163

第五章、生態資料庫更新與維運

摘要.....	169
ABSTRACT.....	170
一、前言.....	171
二、材料及方法.....	171
三、結果.....	173
四、討論.....	176
五、結論與建議.....	178

六、參考文獻.....	179
-------------	-----

第六章、防砂壩改善水工模型試驗

摘要.....	199
一、研究緣起.....	199
二、研究方法及過程.....	199
三、重要發現.....	199
四、主要建議事項.....	200
ABSTRACT.....	201
一、前言.....	202
二、材料及方法.....	202
三、結果.....	207
四、討論.....	222
五、結論與建議.....	229
六、參考文獻.....	230

期中審查視訊會議委員意見回覆表

235

期末審查視訊會議委員意見回覆表

243

圖目錄

圖 1-1 本計畫團隊成員之調查項目關聯圖	10
圖 1-2 本計畫之工作範圍	10
圖 1-3 本計畫共同測站之編號及空間位置圖	11
圖 1-4 山溝、排水溝採樣位置圖	11
圖 1-5 近五年桃山站之月雨量盒鬚圖 (單位: mm)	12
圖 1-6 近四年萬壽橋之月平均水位 (單位: m)	12
圖 1-7 武陵地區近三年雨量與水位資料之比對	12
圖 1-8 FormosanHSI 各因子之 SI 次指標轉換函數圖 (官文惠等, 2017)	13
圖 1-9 調查河段之 FormosanHSI 與鮭魚密度對應關係	13
圖 2-1 全測站電子光波測距經緯儀	30

圖 2-2 撿拾狀況	30
圖 2-3 開口樣板量測粒徑	30
圖 2-4 SVR 手持式雷達波流速儀量測示意圖	30
圖 2-5 有勝溪各樣站位置圖	31
圖 2-6 全河道範圍圖	31
圖 2-5 收費站樣站斷面位置圖	32
圖 2-6 有勝溪下游樣站斷面位置圖	32
圖 2-7 勝光派出所樣站斷面位置圖	32
圖 2-8 登山口樣站斷面位置圖	32
圖 2-9 羅葉尾樣站斷面位置圖	32
圖 2-10 收費站棲地比例	32
圖 2-11 收費站底質比例	32
圖 2-12 有勝溪下游棲地比例	33
圖 2-13 有勝溪下游底質比例	33
圖 2-14 勝光派出所棲地比例	33
圖 2-15 勝光派出所底質比例	33
圖 2-16 登山口棲地比例	33
圖 2-17 登山口底質比例	33
圖 2-18 羅葉尾棲地比例	33
圖 2-19 羅葉尾底質比例	33
圖 2-20 收費站樣站現地照片	34
圖 2-21 有勝溪下游樣站現地照片	34
圖 2-22 勝光派出所樣站現地照片	34
圖 2-23 登山口樣站現地照片	35
圖 2-24 羅葉尾樣站現地照片	35
圖 2-26 觀魚台樣站斷面位置圖	36
圖 2-27 繁殖場樣站斷面位置圖	36
圖 2-28 一號壩樣站斷面位置圖	36
圖 2-29 觀魚台底質比例	36
圖 2-30 觀魚台棲地比例	36
圖 2-31 一號壩底質比例	36
圖 2-32 一號壩棲地比例	36
圖 2-33 繁殖場底質比例	37
圖 2-34 繁殖場棲地比例	37
圖 2-36 一號壩樣站現地照片	37
圖 2-37 繁殖場樣站現地照片	38
圖 2-38 高山溪縱斷面圖	38
圖 2-39 高山溪現地照	38
圖 2-40 高山溪二號壩底質類型圖	39
圖 2-41 高山溪二號壩棲地類型圖	39

圖 2-42 桃山西溪與四號壩上現地照	39
圖 2-43 桃山西溪底質類型圖	39
圖 2-44 桃山西溪棲地類型圖	39
圖 2-47 司界蘭溪放流棲地縱斷面圖	40
圖 2-48 司界蘭溪底質類型	40
圖 2-49 司界蘭溪棲地類型	40
圖 2-50 司界蘭溪現地照片	40
圖 2-51 司界蘭溪現地照片	40
圖 2-52 今年度(2022)適合臺灣櫻花鉤吻鮭之深潭棲地比率(左欄)及大小礫石底質比率(右欄)	41
圖 2-52 歷年度適合臺灣櫻花鉤吻鮭之深潭棲地(上列)及大小礫石底質(下列)比率盒鬚圖	42
圖 2-53 近年各樣區深潭棲地面積比例與其前三月平均降雨量之歷史變動圖	42
圖 2-54 近年各樣區大小礫石底質面積比例與其前三月平均降雨量之歷史變動圖	43
圖 2-55 高山溪防砂壩改善前後各河段之坡度變動圖(單位：%)	43
圖 2-56 SVR 及傳統流速儀之流速觀測比對	44
圖 3-1 雪霸國家公園	82
圖 3-2 氮素循環過程	82
圖 3-3 流程圖	83
圖 3-4 武陵地區七家灣溪流域水質採樣地點位置圖	83
圖 3-5 武陵地區溪流溫度值變化	84
圖 3-6 武陵地區溪流 pH 值變化	84
圖 3-7 武陵地區溪流導電度值變化	85
圖 3-8 武陵地區溪流溶氧值變化	85
圖 3-9 武陵地區溪流濁度值變化	86
圖 3-10 武陵地區溪流 SiO ₂ 值變化	86
圖 3-11 武陵地區溪流 NO ₃ ⁻ -N 值變化	87
圖 3-12 武陵地區溪流 NO ₂ ⁻ -N 值變化	87
圖 3-13 武陵地區溪流 SO ₄ ²⁻ 值變化	88
圖 3-14 武陵地區溪流 Cl 值變化	88
圖 3-15 武陵地區溪流 PO ₄ ³⁻ 值變化	89
圖 3-16 武陵地區溪流 NH ₄ ⁺ -N 值變化	89
圖 3-17 武陵地區溪流 TOC 值變化	90
圖 3-18 一號壩壩體改善溫度值變化	90
圖 3-19 一號壩壩體改善 pH 值變化	91
圖 3-20 一號壩壩體改善導電度值變化	91
圖 3-21 一號壩壩體改善溶氧值變化	92
圖 3-22 一號壩壩體改善濁度值變化	92
圖 3-23 一號壩壩體改善 SiO ₂ 值變化	93
圖 3-24 一號壩壩體改善 NO ₃ ⁻ -N 值變化	93
圖 3-25 一號壩壩體改善 NO ₂ ⁻ -N 值變化	94
圖 3-26 一號壩壩體改善 SO ₄ ²⁻ 值變化	94

圖 3-27 一號壩壩體改善 Cl ⁻ 值變化	95
圖 3-28 一號壩壩體改善 PO ₄ ³⁻ 值變化	95
圖 3-29 一號壩壩體改善 NH ₄ ⁺ -N 值變化	96
圖 3-30 一號壩壩體改善 TOC 值變化	96
圖 3-31 山溝與七家灣溪測站之溫度值比較	97
圖 3-32 山溝與七家灣溪測站之 pH 值比較	97
圖 3-33 山溝與七家灣溪測站之導電度值比較	98
圖 3-34 山溝與七家灣溪測站之溶氧值比較	98
圖 3-35 山溝與七家灣溪測站之濁度值比較	99
圖 3-36 山溝與七家灣溪測站之 SiO ₂ 值比較	99
圖 3-37 山溝與七家灣溪測站之 NO ₃ ⁻ -N 值比較	100
圖 3-38 山溝與七家灣溪測站之 NO ₂ ⁻ -N 值比較	100
圖 3-39 山溝與七家灣溪測站之 SO ₄ ²⁻ 值比較	101
圖 3-40 山溝與七家灣溪測站之 Cl ⁻ 值比較	101
圖 3-41 山溝與七家灣溪測站之 PO ₄ ³⁻ 值比較	102
圖 3-42 山溝與七家灣溪測站之 NH ₄ ⁺ -N 值比較	102
圖 3-43 山溝與七家灣溪測站之 TOC 值比較	103
圖 3-44 8.1ha 回收農用地溫度值變化	103
圖 3-45 8.1ha 回收農用地 pH 值變化	104
圖 3-46 8.1ha 回收農用地導電度值變化	104
圖 3-47 8.1ha 回收農用地溶氧值變化	105
圖 3-48 8.1ha 回收農用地濁度值變化	105
圖 3-49 8.1ha 回收農用地 SiO ₂ 值變化	106
圖 3-50 8.1ha 回收農用地 NO ₃ ⁻ -N 值變化	106
圖 3-51 8.1ha 回收農用地 NO ₂ ⁻ -N 值變化	107
圖 3-52 8.1ha 回收農用地 SO ₄ ²⁻ 值變化	107
圖 3-53 8.1ha 回收農用地 Cl ⁻ 值變化	108
圖 3-54 8.1ha 回收農用地 PO ₄ ³⁻ 值變化	108
圖 3-55 8.1ha 回收農用地 NH ₄ ⁺ -N 值變化	109
圖 3-56 8.1ha 回收農用地 TOC 值變化	109
圖 3-57 羅葉尾溪與司界蘭溪溫度值變化	110
圖 3-58 羅葉尾溪與司界蘭溪 pH 值變化	110
圖 3-59 羅葉尾溪與司界蘭溪導電度值變化	111
圖 3-60 羅葉尾溪與司界蘭溪溶氧值變化	111
圖 3-61 羅葉尾溪與司界蘭溪濁度值變化	112
圖 3-62 羅葉尾溪與司界蘭溪 SiO ₂ 值變化	112
圖 3-63 羅葉尾溪與司界蘭溪 NO ₃ ⁻ -N 值變化	113
圖 3-64 羅葉尾溪與司界蘭溪 NO ₂ ⁻ -N 值變化	113
圖 3-65 羅葉尾溪與司界蘭溪 SO ₄ ²⁻ 值變化	114
圖 3-66 羅葉尾溪與司界蘭溪 Cl ⁻ 值變化	114

圖 3-67 羅葉尾溪與司界蘭溪 PO_4^{3-} 值變化	115
圖 3-68 羅葉尾溪與司界蘭溪 NH_4^+-N 值變化	115
圖 3-69 羅葉尾溪與司界蘭溪 TOC 值變化	116
圖 3-70 高山溪壩體改善與七家灣溪溫度值比較	116
圖 3-71 高山溪壩體改善與七家灣溪 pH 比較	117
圖 3-72 高山溪壩體改善與七家灣溪導電度比較	117
圖 3-73 高山溪壩體改善與七家灣溪濁度比較	118
圖 3-74 高山溪壩體改善與七家灣溪溶氧比較	118
圖 3-75 高山溪壩體改善與七家灣溪硝酸鹽比較	119
圖 3-76 高山溪壩體改善與七家灣溪亞硝酸鹽比較	119
圖 3-77 高山溪壩體改善與七家灣溪磷酸鹽比較	120
圖 3-78 高山溪壩體改善與七家灣溪矽酸鹽比較	120
圖 3-79 高山溪壩體改善與七家灣溪氨氮比較	121
圖 3-80 高山溪壩體改善與七家灣溪硫酸鹽比較	121
圖 3-81 高山溪壩體改善與七家灣溪氯鹽比較	122
圖 3-82 高山溪壩體改善與七家灣溪 TOC 比較	122
圖 3-83 高山溪壩體改善前後金鬚圖溫度比較	123
圖 3-84 高山溪壩體改善前後金鬚圖 pH 比較	123
圖 3-85 高山溪壩體改善前後金鬚圖導電度比較	124
圖 3-86 高山溪壩體改善前後金鬚圖溶氧比較	124
圖 3-87 高山溪壩體改善前後金鬚圖濁度比較	125
圖 3-88 高山溪壩體改善前後金鬚圖矽酸鹽比較	125
圖 3-89 高山溪壩體改善前後金鬚圖硝酸鹽比較	126
圖 3-90 高山溪壩體改善前後金鬚圖亞硝酸鹽比較	126
圖 3-91 高山溪壩體改善前後金鬚圖磷酸鹽比較	127
圖 3-92 高山溪壩體改善前後金鬚圖氨氮比較	127
圖 3-93 高山溪壩體改善前後金鬚圖硫酸鹽比較	128
圖 3-94 高山溪壩體改善前後金鬚圖氯鹽比較	128
圖 3-95 高山溪壩體改善前後金鬚圖 TOC 比較	129
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。	163
圖 4-2 武陵地區溪流測站水棲昆蟲各月數量。	163
圖 4-3 武陵地區溪流測站大型昆蟲食餌數量變化圖。	164
圖 4-4 武陵地區溪流測站的水棲昆蟲生物量(濕重)變化圖。	164
圖 4-5 武陵地區溪流測站水棲昆蟲的 Shannon- Wiener's index。	165
圖 4-6 武陵地區溪流測站水棲昆蟲的 RBPII 相對分數。	165
圖 4-7 武陵地區測站水棲昆蟲的 MDS 分析。	166
圖 4-8 高山溪測站 2019~2022 水棲昆蟲分類群(Taxa)。	166
圖 4-9 高山溪測站 2019~2022 水棲昆蟲個體數(隻)。	167
圖 4-10 高山溪測站 2019~2022 大型食餌密度(個體數/平方公尺)。	167
圖 4-11 高山溪測站 2019~2022 水棲昆蟲多樣性(Shannon- Wiener's index)。	168

圖 5-1 資料上傳：水棲昆蟲物種紀錄	186
圖 5-2 資料上傳：水質調查	187
圖 5-3 資料上傳：河道棲地	187
圖 5-4 資料上傳：河道斷面	188
圖 5-5 更新計畫資料	188
圖 5-6 水質監測之互動式視覺化呈現	189
圖 5-7 物理棲地之互動式視覺化呈現	189
圖 5-8 物種記錄視覺化以地圖分布呈現	190
圖 5-9 水質資料呈現方式調整	190
圖 5-10 更新物種名錄與統計	190
圖 6-1 試驗準備工作流程圖	203
圖 6-2 防砂壩改善試驗區域圖	204
圖 6-3 區域現勘圖	207
圖 6-4 七家灣溪三、四、五號防砂壩實測尺寸圖	211
圖 6-5 模型平台	211
圖 6-6 模型用保麗龍	211
圖 6-7 粒徑分布曲線	212
圖 6-8 實驗用砂	212
圖 6-9 實驗區段 108 年內政部 LIDAR 高程分布	213
圖 6-10 實驗區斷面分布位置	214
圖 6-11 實驗區斷面	217
圖 6-12 七家灣溪四號防砂壩壩體模型	217
圖 6-13 水工室平面圖	218
圖 6-14 使用空間及實驗設備圖	219
圖 6-15 流量率定成果	219
圖 6-16 試驗模型	220
圖 6-17 預備試驗模型	221
圖 6-18 Q50 原始河道試驗模型深槽線相對高度變化	226
圖 6-19 Q10 原始河道試驗模型深槽線相對高度變化	226
圖 6-20 Q50 四號壩與副壩全數拆除河道試驗模型深槽線相對高度變化	227
圖 6-21 Q10 四號壩與副壩全數拆除河道試驗模型深槽線相對高度變化	227
圖 6-22 Q50 四號壩改善 1/2 與副壩全數拆除河道試驗模型深槽線相對高度變化	227
圖 6-23 Q10 四號壩改善 1/2 與副壩全數拆除河道試驗模型深槽線相對高度變化	228
圖 6-24 Q50 四號壩改善 2/3 與副壩全數拆除河道試驗模型深槽線相對高度變化	228
圖 6-25 Q10 四號壩改善 2/3 與副壩全數拆除河道試驗模型深槽線相對高度變化	228
圖 6-26 Q50 四號壩改善全數拆除與副壩保留河道試驗模型深槽線相對高度變化	229
圖 6-27 Q10 四號壩改善全數拆除與副壩保留河道試驗模型深槽線相對高度變化	229

表目錄

表 1-1 本計畫範圍內所設置的 8 個永久樣站座標.....	8
表 1-2 特別水質採樣地點地理座標.....	8
表 1-1 近年桃山氣象站之年雨量資料 (單位: mm)	8
表 1-4 近年萬壽橋之月平均水位資料 (單位: m)	9
表 1-5 近兩年 FormosanHSI 各因子調查成果與鮭魚數量彙整表	9
表 1-6 近兩年 FormosanHSI 各因子調查成果與鮭魚數量彙整表	9
表 2-1 棲地底質分類表.....	26
表 2-2 各種物理棲地環境指標定義.....	26
表 2-3 收費站樣站內各斷面座標	26
表 2-4 有勝溪下游樣站內各斷面座標.....	26
表 2-5 勝光派出所樣站內各斷面座標.....	27
表 2-6 登山口樣站內各斷面座標	27
表 2-7 羅葉尾樣站內各斷面座標	27
表 2-8 觀魚台樣站內各斷面座標	27
表 2-9 一號壩樣站內各斷面座標	28
表 2-10 繁殖場樣站內各斷面座標.....	28
表 2-11 歷年(2019-2022)各樣區深潭棲地之面積比例統計表	28
表 2-12 歷年(2019-2022)各樣區大小礫石底質之面積比例統計表	28
表 2-13 氣象局桃山站之 2019 年至 2022 年降雨資料 (單位: mm)	29
表 2-14 高山溪防砂壩改善前後各河段之坡度變動 (單位: %)	29
表 2-15 SVR 及傳統流速儀進行流速觀測比對 (單位: m/sec)	29
表 3-1 地面水體分類及水質標準	71
表 3-2 歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準(2006.9.6.).....	72
表 3-3 七家灣溪重要濕地保育水質標準	72
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	73
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).....	74
表 3-6 水體樣品保存	75
表 3-7 採樣地點地理座標.....	76
表 3-8 111 年 06 月溶解態分析數據	76
表 3-9 111 年 10 月溶解態分析數據	78
表 3-10 司界蘭溪與七家灣溪核心保育區樣站水質獨立 t 檢定.....	81
表 4-1 2003 起至今武陵地區水棲昆蟲群集之物種組成.....	155
表 4-2 2022 年 1 月的水棲昆蟲各項生物監測數值數	156
表 4-3 2022 年 4 月的水棲昆蟲各項生物監測數值數	156
表 4-4 2022 年 6 月的水棲昆蟲各項生物監測數值數	157
表 4-5 2022 年 10 月的水棲昆蟲各項生物監測數值數	157
表 4-6 高山溪二號壩改善前後各項生物監測數值	158

表 4-7	2022 年 1 月的水棲昆蟲資源組成及個體數	159
表 4-8	2022 年 4 月的水棲昆蟲資源組成及個體數(individuals / square meter)	160
表 4-9	2022 年 6 月的水棲昆蟲資源組成及個體數 (individuals / square meter.....	161
表 4-10	2022 年 10 月的水棲昆蟲資源組成及個體數 (individuals / square meter).....	162
表 5-1	通用生態資料格式-計畫資料表.....	182
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)	182
表 5-3	通用生態資料格式-調查資料表(主資料表)	183
表 5-4	補匯過往資料	183
表 5-5	武陵地區生態資料庫水質調查資料分布	184
表 5-6	武陵地區生態資料庫水棲昆蟲調查事件分布	185
表 5-7	武陵地區敏感物種之建議敏感資料層級.....	186
表 6-1	模型使用參數	208
表 6-2	粒徑分布比例.....	209
表 6-3	試驗條件表	210
表 6-4	Q50 試驗成果分析表	223
表 6-5	Q10 試驗成果分析表	223

計畫整合摘要

葉昭憲¹、官文惠²、郭美華³、端木茂甯⁴、林秉賢¹

¹逢甲大學水利工程與資源保育學系

²明志科技大學環境與安全衛生工程系

³國立中興大學昆蟲學系

⁴中央研究院生物多樣性研究中心

摘要

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、桃山西溪與桃山北溪等。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。而雪管處為擴大臺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櫻花鉤吻鮭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，臺灣櫻花鉤吻鮭數量與硫酸鹽濃度與導電度呈現負相關，但是與水棲昆蟲數量、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，本計畫選定溪流水質、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、有勝溪及羅葉尾溪等溪流環境因子狀況，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，進行放流棲地環境調查，持續資料庫系統維運以有效彙整歷年武陵地區溪流環境生態監測資料。此外，除辦理 110 年九月高山溪二號防砂壩改善後之環境生態監測以瞭解改善成效外，並針對七家灣溪四號防砂壩之壩體改善方案進行水工模型試驗，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。

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

計畫整合摘要

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，另對有助臺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。

水質調查進行四次採樣分析，分別代表枯水期、颱風豐水期前及颱風豐水期後。分析項目之水溫、導電度、溶氧量(DO)及酸鹼度(pH)以溫度計及攜帶式導電度計、溶氧度計及酸鹼度計於測站現場測定；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，測定水樣的濁度。硝酸鹽(NO_3^-)、硫酸鹽及氯離子利用離子層析儀進行分析，亞硝酸鹽(NO_2^-)、氨態氮(NH_4^+-N)、正磷酸鹽(PO_4^{3-})以分光光度計法進行分析。總有機碳(TOC)先以濾紙過濾試樣，再以總有機碳分析儀分析。

水文物理棲地於2、6、10月以全測站經緯儀觀測河道地形變化趨勢，含橫斷面測量及縱斷面測量；物理棲地組成則對間距20 m之穿越線，利用防水捲尺、箱尺或自製刻度木尺及手持式雷達波流速儀，分別於特定溪寬處量測水深、流速和底質粒徑，藉以判定棲地類別。最後利用不同觀測時段之各河段物理棲地組成，歸納其變動趨勢。

全年四次調查共同樣點之水棲昆蟲，分析方法為在各樣站50公尺範圍內以定面積的舒伯氏水網在河域中採樣一次，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，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。將各站的分類群的數量以 $\text{Log}(X+1)$ 轉換以計算Bray-Curtis相異係數後，以多元尺度分析繪製成圖，並以二度空間顯示各測點彼此間的關係。

資料庫持續維運已建置的《武陵地區長期生態監測及生態模式建立》資料庫網站，確保過去於武陵地區調查與監測的歷年生態資料能妥善管理，並能透過網站介面進行資料的排序及搜尋，以支援本計畫水棲昆蟲群集物種數及個體數、溪流水質、溪流物理棲地歷年動態變化分析等工作。

水工模型試驗模擬前先進行地文與水文現場調查及資料分析，考量包含重力相似等條件進行「模型相似律」分析，將現場實測河道地圖依據模型平面縮尺進行藍圖製作、河道模型及試驗設備測試後，安裝原始及不同改善方式之防砂壩壩體模型，以不同頻率洪水歷線之流量供應於模型河道，泥砂輸送穩定後量測各河道斷面，並計算變動量。

三、重要發現

1. 由桃山雨量站雨量紀錄及萬壽橋水位資料，發現七家灣溪之水位變動並不會像雨量資料般出現枯豐兩期之顯著差異，且水位下降較低降雨時期延遲一個月出現，可顯示七家灣溪流域的良好水源涵養功效。
2. 高山溪二號壩殘材移除及壩體改善造成生態環境變動之反應，皆與過去在七家灣溪一號壩改善後之觀測結果相似：水質立即恢復，水棲昆蟲先出現激烈變化但在約三個月恢復，物理棲地在顯著改變後則需較長時間與較大水文事件才會呈現與水流條件互動之水砂平衡。
3. 根據 2017 年使用水質、水文物理棲地、水生昆蟲等調查數據而建構臺灣櫻花鉤吻鮭生存棲地適合度評估指標(Formosan salmon's habitat suitability index, FormosanHSI)，將 2021-2022 年各項觀測資料並搭配近年臺灣櫻花鉤吻鮭之族群數量，所獲得 FormosanHSI 與鮭魚數量之彙整成果並未見如 2014-2016 年之良好線性關係，待獲得 2022 年鮭魚調查資料後將對此指標進行改善與分析。
4. 物理棲地調查顯示：(1)各樣站受今年九、十月相對高強度降雨之影響，底質與棲地類型分布比例與年初及 6 月調查結果有所變動；(2)藉由 2019-2022 年調查成果及桃山站降雨資料，發現大小礫石比率與調查前三個月降雨狀況則有較高之關聯或對應變化；(3)高山溪四座防砂壩改善之歷年坡度，顯示各壩改善後第一筆資料皆顯著提高，隨後數年略增至最高值後逐漸變緩，改善後壩體上游坡度需要七至九年才能恢復或接近至改善前坡度；(4)現場量測比較發現，SVR 觀測值僅約為傳統流速儀觀測值的 76%，然考量儀器受損風險及歷史資料一致性，棲地調查分析仍將以 SVR 流速計為主。
5. 水質監測結果顯示：(1)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；(2)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；(3)桃山西溪測站去年因周邊施工導致的總有機碳與磷酸鹽濃度升高情形，今年(111 年)因工程竣工，濃度已降回過往變動範圍；(4)針對 2021 年 9-10 月間，高山溪二號殘材壩體改善前後與今年持續水質監測結果顯示，壩體改善後約 2 周時間，總有機碳與磷酸鹽濃度即回復過往同期之水質情況；(5)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；(6)8.1 公頃回收農用地之歷年監測結果觀察到 99 年之後，桃山西溪(#2)、二號壩(#3)及觀魚臺(#4)三測站硝酸鹽氮濃度差距幅度明顯從 2.2 mg N/L 縮小至 0.1~0.5 mg N/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；(7)羅葉尾溪與七家灣溪監測結果，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。鑒於羅葉尾溪鮭魚放流後族群穩定生長繁衍，卻始終無法擴展至有勝溪，水質條件可能是其中重要關鍵，故有勝溪兩岸之土地利用方式仍需再研析調整，以通暢櫻花鉤吻鮭在七家灣溪與羅葉尾溪間之交流廊道，因應氣候變遷，增加基因

計畫整合摘要

多樣性；(8)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，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，結果顯示兩者之硫酸鹽與導電度水質項目有差異，其餘水質項目並無太大不同，監測至 111 年，目前看來水質狀況穩定，符合目前濕地保育水質標準。

6. 水棲昆蟲：(1)本年度於七個共同樣站採樣，共計得水棲昆蟲 6 目 40 科 68 分類群(taxa)，由連續多年數據(2003 至 2022 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，2022 年回復為年初高峰，快速生物評估法II(RBPII指數)評估棲地評比為無損害到不確定中度損害區間；(2)#9 有勝溪收費口測站 10 月為中度損害；(3)#11 司界蘭溪下游測站多樣性指數值高於 2005~2012 年波動範圍，RBPII 數值 0.87，棲地評比為無損害；(4)#17 高山溪二號壩下游測站改善前各監測數值皆在共同樣站之上下限範圍內且棲地無損害，改善後各監測數值皆低於共同樣站且棲地為中度損害，2022 年 1 月監測數值皆高於改善前且棲地無損害，4 月、6 月、10 月各監測數值皆低於改善前，棲地為無損害與不確定區間；(5)高山溪二號壩殘材清除改善工程對水棲昆蟲群集產生約 2.5~4 個月的短期負面直接影響，但對更下游#8 高山溪測站的影響應持續監測。
7. 資料庫：(1)本年度共新增本年度調查資料水棲昆蟲資料 1,006 筆，水質資料 61 筆，河道棲地資料 768 筆，及河道地形資料 860 筆(另有配合的後視點與轉點 74 筆)；(2)補匯過往計畫調查資料，包含水質 350 筆、河道棲地 9,740 筆，河道地形 12,134 筆(另外配合的後視點與轉點 873 筆)，水棲昆蟲 627 筆，以及魚類 158 筆；(3)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、增加資料視覺化圖表、物種紀錄分布地圖，資料庫納入保育資訊，以及增加網頁列出相關文獻等。
8. 七家灣溪四號防砂壩改善水工模型試驗：(1)利用數值地形搭配河道縱橫斷面測量成果，完成桃山西溪(河道長度約 900m)及桃山北溪(河道長度 140m)之縮尺河道模型製作；(2)在 50 年洪水條件之壩體改善方案中，若將四號壩與其副壩全數拆除則大幅增加整體土砂量(約 588 倍)，且土砂將流經三號壩往七家灣溪下游輸出；拆除主壩保留副壩將輸出現況的 554 倍土砂，在保留副壩下僅拆除 1/2 主壩或 2/3 主壩則分別輸出現況 329 倍與 312 倍的土砂；僅改善副壩則其土砂輸出量則與現況相近，微幅增加 17%；(3)在 10 年洪水條件下之各壩體改善方案，其泥砂輸出量與現況之倍率則分別變為 120 倍、120 倍、100 倍、140 倍及 1.20 倍；(4)多數改善方案將導致河道坡度變陡；(5)河道影響長度在 Q50 大流量相差不大，Q10 小流量因土砂輸出較小，其河道影響長度變短約為 Q50 之一半左右；(6)換算下游最大淤積程度約現場之四公尺以上，若改善 1/2 或 2/3 者，淤積高度約為 1.2m。

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

協辦機關：林務局、農委會林務局保育組

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：因人為活動如遊憩，及周邊護岸、道路或橋樑施工，常造成水中濁度、總有機碳、磷酸鹽、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、妥善管理污水處理設施外，建議仍應維持積極管理、提倡綠色旅遊、推廣有機栽作、選擇適當工法（如濱岸與水域施工使用污染防濁幕）、強化施工廢水管理，避免擾動溪流，降低對武陵地區溪流水質之影響。水質監測基本項目應包括水溫、導電度、濁度與酸鹼度值，若能輔以每季採樣分析硝酸鹽、亞硝酸鹽、氨氮、非離子態氮及總有機碳濃度，則可完整掌握水質變化情形。壩體改善前後亦應比照常長期監測項目對水質進行監測，因自動監測設備昂貴且極易遭溪流沖失，建議仍以人工採樣監測為原則。

(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：七家灣溪是臺灣櫻花鉤吻鮭重要保護地，近十年來觀察到的前所未有的流量變化幅度遠大於過去五十年的自然變化的程度，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：豐富生態資料庫呈現與開放資料。

(5) 主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：逢甲大學水利工程與資源保育學系

建議事項：經過現地調查目前四號副壩已完全破裂，討論四號壩壩體拆除改善的高程，初步建議以全數拆除到底且流心偏向目前破裂開口處(深度約 60-70cm)進行改善。

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：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

計畫整合摘要

核心保育區水質標準修正建議，111 年度上半年針對氨氮、生化需氧量，下半年針對 pH、溶氧、磷酸鹽進行探討，其中氨氮項目建議增加非離子態氨 (NH_3) 濃度限值，以呈現 pH 值對生物毒性較強之 NH_3 物種濃度影響；另外，建議調整生化需氧量指標為總有機碳，可提升指標之敏感性，以利監控樣站差異或外部干擾之影響；pH、溶氧、磷酸鹽三水質項目，研析成果顯示，長期監測數據穩定，平均值符合現況水質標準與文獻建議之鮭魚生存環境條件，建議依原標準進行監測與管理，以兼顧各類生態遊憩活動與臺灣櫻花鉤吻鮭之保育。修正水質標準有助管理機關掌握鮭魚生存環境變化，採取不同強度之因應策略。標準研析檢討完畢後，建議依新標準作為每次採樣分析結果之比對依據，收集三年數據後評估啟動標準之修正程序。

(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：武陵農場

建議事項：於重要測站(鮭魚活動密集、受人為活動污染潛勢高、未來規劃可能進行鮭魚移地保育等)放置溫度記錄器，定期蒐集水溫等相關資料，以評估臺灣櫻花鉤吻鮭棲息地七家灣溪流水溫之時空變化情形，供管理及決策參考。

(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：建立長期生物多樣性監測網及監測資料管理系統。

(5) 主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：逢甲大學水利工程與資源保育學系

建議事項：本區未來在進行壩體拆除時，因周邊生態豐富且原始，建議以最小擾動為基礎，減少對棲地與灘地之影響，避免設置施工便道，但可以考慮改善工法結合當地礫石特性，多系列岸坡保護。

關鍵詞：臺灣櫻花鉤吻鮭、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、達爾文核心集、生態調查資料

ABSTRACT

Research Purpose: 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 Cijiawan Creek, Gaoshan Creek, Taoshan West Creek and Taoshan North Creek 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. Luoyewei Creek is the most successful restoration place, on which the salmon could naturally reproduce and even downwards distribute to Yousheng Creek. Moreover, the Dam # 1 in Cijiawan Creek had been partial removed in May 2011 for increasing the habitat area of salmon and gene exchange among salmon. According to the results of the "Wuling Area Long-term Ecological Monitoring (WLTER)" project, since 2005, the number of Formosan landlocked salmon was negatively correlated with sulfate concentration and conductivity, but positively correlated with the number of aquatic insects, the number of birds, the proportion of pond, and the ratio of large and small gravel (Lin *et al.*, 2009). Therefore, this project applied water quality, aquatic insect and physical habitat investigations for long-term monitoring indicators, so as to continuously observe the environmental factors of Cijiawan Creek, Gaoshan Creek, Taoshan Creek and Luoyewei Creek in Wuling area, and to evaluate the impact of rainfall and recreation behavior on the channel environment. Beside the follow-up environmental investigation on the channels for the hatched salmon release, and the database system was continuously maintained to effectively collect the stream environment and ecological monitoring data in the Wuling area over the years. At the same time, the supplemental environmental and ecological monitoring after the partial removal of Gaoshan Creek Dam No. 2 at September 2021 would provide fundamental information on the effects of this dam removal. This project also conducted the hydraulic scale-model experiments on the dam removal alternatives of Cijiawan Creek Dam No. 4 to observe the changes in channel morphology and sedimentation. Through scientific data from long-term monitoring and investigation, this project is expected to reveal the changes in physical habitat, water quality and aquatic insect cluster in Wuling area through, and to develop conservation measures for Formosan landlocked salmon and management strategies in Wuling area.

Major Findings:

1. From the rainfall records of Taoshan Station and the water level data of Wanshou Bridge, it is found that the water level changes of Cijiawan Creek do not have a significant difference in dry and wet seasons like the rainfall data do, and the decreasing water level is delayed for one month in dry seasons. This observation indicates the good water conservation effect of the Cijiawan Creek watershed.
2. The ecological environment responses of the removal of woody debris and partial structure from Gaoshan Creek Dam No. 2 are similar to the previous observations after the partial removal of Cijiawan Creek Dam No. 1: water quality is immediately recovered, aquatic insects first change drastically but recover in about three months, and physical habitat will take a longer time to interact with large hydrological events to reach water-sand equilibrium in channel conditions.
3. The Formosan salmon's habitat suitability index (FormosanHSI) based on the 2017 investigation results of water quality, physical habitat and aquatic insects were applied in this project with the observation data from 2021 to 2022 alone with the population numbers of Formosan salmon. However, this aggregated FormosanHSI values do not show a good linear relationship with the salmon density, this indicator will be improved and analyzed again once data from the 2022 salmon survey are available.

4. Physical Habitat: (1) Through the comparison and analysis of channel elevation changes and habitat/substrate survey in this year (2022) and previous years, it is found that the distribution ratios of substrate and habitat types of October survey have changed apparently from those of January and June due to the relatively high intensity rainfall in September and October this year. (2) Based on the results of the 2019-2022 survey and the rainfall data of Taoshan Station, although there is no clear correlation or corresponding change between the pool ratio and the average rainfall of the previous three months at the survey, a higher correlation or corresponding change between the large and small gravel ratios and the rainfall in the previous three months at the survey were observed. (3) Through the upstream channel slopes of the four dam in Gaoshan Creek, the first survey values of each dam after dam removal were significantly increased. The slopes then slightly increase to the maximum value and gradually decreased in the following years. It took about seven to nine years for the upstream slopes of the partial removed dams to approach the pre-removal slope. (4) By field comparisons on flow velocity measurement, it is found that the SVR observation value is only about 76% of that of traditional flow meter. However, considering the risk of instrument damage and the consistency of historical data, the analysis of habitat will still be based on SVR flow meter.
5. Water Quality: (1) This project aimed to (a) investigate the effect of dam removal in Kaoshan Creek on water quality, (b) monitor the water quality in Louyewei Creek, and (c) evaluate the water quality of potential site for juvenile salmon releasing. (2) The study results imply that most of the water quality in these streams generally meets the water quality for salmon living, but the nutrients and conductivity of the sampling site near the agricultural farms are higher than the criteria for salmon. (3) In light of this study, suggestions were respectively suggested in short and long term. (4) Amendments to water quality standards could help management agencies withhold the variation in the living environment of the Formosan salmon and adopt coping strategies. It is recommended to use the proposed standard revision as the basis for comparison of the results of each monitoring for at least three years then launch the procedure of amendment.
6. Aquatic insect: (1) During one year of study, 68 taxa of aquatic insects belong to 40 families, within 6 orders were found. (2) We found that abundance, large-sized peak and biomass of aquatic insects were present in January or February almost every year. (3) As the habitat quality of the Wuling area streams were assayed by the rapid bioassessment protocol II (RBPII), the evaluations of 2022 were between non-impaired and moderately impaired. In January 2022, we have collected 35 taxa of aquatic insects belong to 21 families, within 5 orders and habitat quality the evaluations of the Sijielanxi stream were non-impaired. (4) 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. In January, April, June and October 2022, we have collected 18 to 38 taxa of aquatic insects belong to 12 to 27 families, within 6 orders, respectively, and habitat quality the evaluations of the Gaoshan stream were non-impaired. (5) Removal of the debris dam was followed by an immediate decrease in the number of macroinvertebrates at site #17 of the Gaoshan stream. However, these numbers rebounded during the 4 months we collected data post-removal.
7. Database System: (1) The project continues integrating data into existing database, including 1,006 records of aquatic insects, 61 waterbody readings, 480 records of river habitat type, and 860 records of streamway from research team this year. (2) In addition, 350 waterbody readings, 9,740 records of river habitat type, 12,134 records of streamway measurement, 627 records of aquatic

計畫整合摘要

insects, and 158 records of fishes from research in the past were added. (3) Besides website and database maintaining and project data updating, the website function was checked and repaired. Also, there are new functions like: some graphs on website are dynamic according to the filter; species occurrences can be filtered and showed in map; conservation information is included in database; and references are listed on website.

8. Scale-model experiments on the dam removal alternatives of Cijiawan Creek Dam No. 4: (1) Using numerical topography and river channel longitudinal and cross-sectional survey results, the scaled channel model of Taoshan West Creek (river length about 900m) and Taoshan North Creek (river length 140m) was completed. (2) In the dam removal alternatives under flood condition of 50-year recurrence, if the Dam No. 4 and its supplemental dam are completely removed, the overall amount of sedimentation will be greatly increased (about 588 times), and the sediment will flow through the No. 3 dam to the downstream of Cijiawan Creek. Removing the main dam and retaining the secondary dam will export 554 times the existed sediment, and removing only 1/2 of the main dam or 2/3 of the main dam under the reserved secondary dam will export 329 times and 312 times of the current sedimentation, respectively. If only the secondary dam is removed, the sediment output is similar to the current condition with a slight increase of 17%. (3) Under the flood condition of 10-year recurrence, the sediment output of those dam removal alternatives will have 120 times, 120 times, 100 times, 140 times and 1.20 times of the sedimentation on current condition, respectively. (4) Most alternatives will lead to steeper channel slope. (5) The lengths of river channel influenced for the alternatives are not apparently different under Q50 flow, smaller Q10 flow with less sediment output leads to shorter channel length, about half of that under Q50. (6) The converted maximum downstream siltation depth is about 4 meters or more, and if the dam is 1/2 or 2/3 partial removed, the siltation depth is about 1.2m.

Keywords: Formosan salmon, Dajia Creek, Cijiawan Creek, Gaoshan Creek, Luoyewei Creek, Yousheng Creek, dam removal, water quality monitoring, physical habitat, river channel survey measurement, flow measurement, aquatic insects, cluster structure, rapid biological assessment method II, Darwin core set, ecological survey data

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
5	林秉賢	逢甲大學營建及防災研究中心/水利工程與資源保育學系	助理教授	防砂壩改善水工模型試驗

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 年前整個大甲河流域上游支流均可見到鮭魚的蹤影，但如今魚群數量大幅減少，自然分布範圍只侷限於武陵地區七家灣溪、高山溪與桃山北溪。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; 雪霸國家公園網頁)。

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(雪霸國家公園網頁)。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;雪霸國家公園，2000;雪霸國家公園網頁)。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)。

武陵地區七家灣河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鉅，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鏟頰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

第一章 計畫資料整合

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。管理處為解決此問題而於 2021 年九月進行處理，故本團隊將於壩址上、下游河道進行殘材移除後之生態監測。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。根據歷年整合計畫之成果，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。由於七家灣溪溪流生態

第一章 計畫資料整合

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）。因此，本計畫選定溪流水質、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、有勝溪及羅葉尾溪等溪流環境因子狀況，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，進行放流棲地環境調查，再資料庫系統之維運，以有效彙整歷年武陵地區溪流環境生態監測資料。此外，除辦理 110 年九月高山溪二號防砂壩改善後之環境生態監測以瞭解改善成效外，並針對七家灣溪四號防砂壩之壩體改善方案進行水工模型試驗，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。

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、有勝溪及羅葉尾溪等環境因子狀況，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) 放流棲地進行環境調查，以利後續移地復育之工作執行。
- (四) 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、壩體改善方案評估建議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、 NO_3^- 、 NO_2^- 、 NH_4^+ 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、有勝溪及羅葉尾溪等溪流環境因子狀況，並評估降雨、遊憩行為等對溪流環境之影響。
- (七) 全年度至少進行 1 次放流棲地之環境調查，以利後續移地復育之工作執行。
- (八) 七家灣溪四號防砂壩壩體改善方案之水工模型試驗、評估及建議。
- (九) 提供武陵地區經營管理及保育對策之建議。

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 1-2。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，

第一章 計畫資料整合

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。根據 2005 年 WLTER 計畫所設立生態環境之監測系統與永久測站，除七家灣溪流域之桃山西溪(#2)、二號壩(#3)、觀魚臺(#4)、繁殖場(#5)、高山溪(#8)測站外，並包括有勝溪(#9)、臺灣櫻花鉤吻鮭放流成效良好之羅葉尾溪(#14)，以及針對高山溪二號壩體改善及殘材處理工程之生態監測而於其下游河段設置之高山溪二號壩下游(#17)，此外另配合臺灣櫻花鉤吻鮭歷史棲地放流河段環境調查之司界蘭溪(#11)，本團隊在今年度各處共同測站進行監測調查，各測站之空間位置及座標如圖 1-3 與表 1-1 所示。此外，為持續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別設置一個採樣站，進行採樣與水質分析。圖 1-4 與表 1-2 為採樣位置圖。

四、整合分析

(一) 水文資料

由桃山雨量站之近年降雨資料(表 1-3)得可知，每年 11 月至隔年 2 月武陵地區低降雨時期，近六年之月平均雨量不及 100mm，除四月平均 152mm 外，其餘各月皆高於 200mm；2020 年因無颱風侵台而導致年降雨量僅有 1321mm，且十月開始連續 7 個月份(至 2021 年四月)之月降雨量皆低於不及 100mm，造成近年最乾旱的一段時期。相對而言，2022 年前 11 個月總降雨量即達 2856mm，故今年可算是武陵地區的豐水年。而由月雨量之盒鬚圖(圖 1-5)可知，近年九月份之月雨量變動最大，其次是六月及十月；而 11 月至 2 月之乾季雨量變動相對較低。若利用管理處所設置之萬壽橋水文站資料(表 1-4 及圖 1-6)，則可見七家灣溪之水位變動並不會像雨量資料般出現枯豐兩期之顯著差異，各月份之近五年平均水位皆落在 0.50m 與 0.61m 間；然而，2020 年 11 月至 2021 年 5 月亦出現七個月份的低水位，此較低數據比前述低降雨量時期延遲一個月出現(參見圖 1-7)，除森林水源涵養功能之影響外，月降雨量為累積量而水位則是月平均值之兩者數據特性差異亦是可能因素。此外，今年九、十兩月降雨量比前後月份高出 350mm 以上，9 月平均水位遽升後仍且維持高水位至 11 月，亦可顯示七家灣溪流域的良好水源涵養功效。

(二) 高山溪二號壩體改善及殘材清除之棲地環境影響

管理處為解決二號壩口殘材堆積問題而於 2021 年九月 29 日進行改善，本團隊則於壩址下游河道進行改善前後之生態監測。兩年調查結果顯示，高山溪於拆壩前後較有波動的水質項目為氯離子、總有機碳，但其所影響效期不長，故 110 年 10 月份監測結果隨即降回正常範圍值，而其餘水質項目與歷年調查結果相同並無太大變化，顯示殘材壩拆除後對於兩樣站水質監測項目影響，亦皆在濕地保育標準值內。其次，改善前後之水棲昆蟲調查顯示水棲昆蟲個體數、大型昆蟲食餌密度、生物量以及生物多樣性指數等數據皆顯著下降，棲地則由無損害降至中度損害。雖然在 2022 年 1 月之前述水棲昆蟲數據皆有提昇，且棲地恢復為無損害，

第一章 計畫資料整合

此結果暗示與七家灣溪一號壩壩體改善工程對水棲昆蟲群集產生約 2.5 個月的短期負面直接影響(Chiu et al., 2013)雷同，然而 2022 年 4 月、6 月及 10 月監測顯示水棲昆蟲各項數據皆下降，但棲地狀態介於無損害及不確定區間。最後，物理棲地由 2021 年 1 月粗細皆有之多樣化底質，轉變為 10 月改善後超過 95%大於粗石之較粗底質，雖然 2022 年 1 月曾短暫恢復為多樣但略粗之底質類型，但 6 月及 10 月則再度出現 2021 年 10 月相似較粗底質；棲地類型亦是由 2021 年 1 月仍有深潭等四類棲地之多樣化狀態，轉變為改善後淺瀨為主之兩類棲地組合，而在 2022 年 10 月則出現小比例深潭稍微多樣之棲地狀況。整體而言，高山溪二號壩殘材移除及壩體改善造成生態環境變動之反應，皆與過去在七家灣溪一號壩改善後之觀測結果相似：水質立即恢復，水棲昆蟲先出現激烈變化但在約三個月恢復，物理棲地在顯著改變後則需較長時間與較大水文事件才會呈現與水流條件互動之水砂平衡。

(三) 棲地綜合指標

本團隊部分成員曾於 2017 執行雪霸國家公園管理處之「武陵地區七家灣溪壩體改善後臺灣櫻花鉤吻鮭棲地監測暨現存其它棲地調查與改善評估」，並利用水質、水文物理棲地、水生昆蟲等調查數據，參考及修正美國漁業及野生動物局之棲地評價程序(Habitat evaluation procedure, HEP)，建構臺灣櫻花鉤吻鮭生存棲地適合度評估指標(Formosan salmon's habitat suitability index, FormosanHSI)。當時採用高山溪測站 2004 至 2014 年 10 月份的生態環境調查歷史資料，其原因包括：1.高山溪測站在各因子之資料量最完整；2.測站周圍無人為活動干擾；3.鮭魚族群可在此溪流自然繁衍且族群數豐富；4.多項生態調查因子均顯示此測站屬於優良無損壞環境。該研究採用機率的概念，將高山溪測站各因子歷年資料計算出最小值、第一四分位數(25%)、中位數(50%)、第三四分位數(75%)、以及最大值，以便將待評估測站如放流點候選溪流測站之調查資料，與高山溪測站之資料進行比較。此指標共有三構面九因子，水棲昆蟲構面之水蟲密度、大型食餌密度、生物量等三因子，以及水文物理棲地構面之深潭比例、礫石比例等兩因子，皆為數值愈大越有利於鮭魚生存，故某測站之因子調查數值大於等於高山溪測站該因子變動範圍 75 百分位數值，SI 值為 5 分、大於等於中位數至 75 百分位，SI 值為 3 分、中位值至 25 百分位，SI 值 1 分、小於 25 百分位，SI 值 -1 分。水質構面納入陳弘成教授所建議的鮭魚生存條件上下限值，更精細的進行因子與 SI 值的轉換。其中，水溫與濁度等兩因子，因與水蟲及物理構面因子相反，調查數值愈小越有利於鮭魚生存，故採用與前述相反的轉換法則，即小於等於 75 百分位則 SI 值 5 而大於等於上限值則為 -1 分；pH 與電導度等兩因子，其最適值於中間範圍而過高或過低均不利於鮭魚生存，故劃分觀測值落於 25 至 75 百分位時 SI 值 5 分，75 百分位至最大值以及 25 百分位至最小值時 SI 為 3 分，而小於下限值或大於上限值則 SI 值 -1。各因子之 SI 次指標轉換函數如圖 1-8 所示，SI 尺度分四個等級且其對應數值分別為 5、3、1、-1，而所代表之生態環境意義分別為該測站之該因子優於(5 分)、近似於(3 分)、稍差於(1 分)、不良於(-1 分)高山溪測站之條件。

利用團隊過去兩年執行所得之觀測資料並搭配近年臺灣櫻花鉤吻鮭之族群數量(陳琬琪等, 2021)，可獲得 FormosanHSI 各因子與鮭魚數量之彙整成果如表 1-5 所示，再依前述之 SI

第一章 計畫資料整合

次指標轉換函數將各因子轉換為 SI 值後，再與 2017 年分析成果整併則可得表 1-6。由於 2017 年鮭魚數據係依七家灣溪上、中、下游而區分，若對照歷年調查河段之空間範圍，可發現七家灣溪上、中游即分別為 2021、2022 年之桃山溪與七家灣溪主流，故由 HSI 數據可知此兩河段之 2021 年棲地狀況皆優於 2014-2016 年，雖然 2022 年棲地狀況同步下降，但桃山溪仍優於 2014-2016 年而七家灣溪主流略低於基礎值；高山溪本身為 HSI 比對基準，故其 2014-2016 年值應為滿分 15，若以此標準可見去年二號壩改善造成 HSI 下降至 10.7，甚至與有勝溪相同，但今年高山溪則回升至 13.3；羅葉尾溪之棲地狀況在 2014-2016 年及 2021 年皆維持 14.3 極近似高山溪情況，然今年卻下降至 9.0，對照 SI 次指標則發現是因水蟲密度與大型食餌密度分別為 1 及 -1，與 2021 年之 SI 值 5 及 3 具顯著差異。此外，若將鮭魚密度及 HSI 同繪於圖上(圖 1-9)，則可見兩者在 2014-2016 年之五筆數據呈現良好的線性關係，2021 年數據則並無明顯趨勢；而利用 2014-2016 年迴歸式及 2022 年之 HSI 數據推算各河段鮭魚密度則可得表 1-6 中括號內數據，當桃山溪與高山溪可再增加約 200 尾/公里，七家灣溪主流與羅葉尾溪之鮭魚密度分別僅剩六成及一半。由於 2022 年鮭魚調查資料尚在彙整中，明年度將針對此指標之應用或改善進行討論與分析。

五、參考文獻

- 汪靜明，1994。子遺的國寶—臺灣櫻花鉤吻鮭專集。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 官文惠、郭美華、葉昭憲，2017。武陵地區七家灣溪壩體改善後臺灣櫻花鉤吻鮭棲地監測暨現存其它棲地調查與改善評估。內政部營建署雪霸國家管理處委託研究報告。
- 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。
- 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

第一章 計畫資料整合

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。

陳琬琪、陳瑀訢、廖林彥，2021。2021年臺灣櫻花鉤吻鮭族群監測與放流。雪霸國家公園管理處與太魯閣國家公園管理處共同自辦研究年度報告。

附表

表 1-1 本計畫範圍內所設置的 8 個永久樣站座標 (資料來源：本研究資料)

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"
#5 繁殖場測站	E 121°18'49.8"	N 24°21'16.1"
#8 高山溪測站	E 121°18'30.5"	N 24°21'28.3"
#9 有勝溪收費口測站	E 121°18'37.9"	N 24°20'50.9"
#11 司界蘭溪下游	E 121°17'03.9"	N 24°19'16.6"
#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"

表 1-2 特別水質採樣地點地理座標 (資料來源：本研究資料)

站號	站名	溪流	地理座標 (經緯度)	
A6	山溝	桃山西溪	E 121.30859	N 24.37730
B1	排水溝	桃山西溪	E 121.31053	N 24.37438

表 1-1 近年桃山氣象站之年雨量資料 (單位：mm)

年	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total
2017	34	51	278	288	309	806	380	98	109	273	213	44	2881
2018	231	83	83	83	93	275	268	331	361	118	97	8	2027
2019	65	50	397	215	696	533	141	579	0	0	29	168	2871
2020	16	16	115	162	322	72	109	91	245	35	49	91	1321
2021	18	35	87	78	165	347	479	478	178	507	91	50	2510
2022	101	297	241	86	464	176	115	118	681	479	100	53	2908
平均	77	88	200	152	341	368	248	282	262	235	96	69	2419

註：2022 年 12 月為 1 日至 27 日資料

表 1- 4 近年萬壽橋之月平均水位資料 (單位：m)

年	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
2018	0.79	0.63	0.58	0.53	0.51	0.52	0.64	0.67	0.69	0.63	0.59	0.58
2019	0.55	0.54	0.74	0.71	0.9	0.86	0.57	0.76	0.62	0.60	0.49	0.48
2020	0.46	0.44	0.46	0.48	0.53	0.54	0.47	0.44	0.47	0.49	0.44	0.45
2021	0.44	0.43	0.43	0.43	0.42	0.62	0.58	0.67	0.48	0.63	0.53	0.51
2022	0.49	0.67	0.60	0.63	0.64	0.67	0.48	0.41	0.78	0.62	0.63	0.53
平均	0.55	0.54	0.56	0.55	0.60	0.64	0.55	0.59	0.61	0.59	0.53	0.51

表 1- 5 近兩年 FormosanHSI 各因子調查成果與鮭魚數量彙整表

調查年度		Oct-21					Oct-22				
棲地適合度指標		桃山溪	七家灣溪(主)	高山溪	羅葉尾溪	有勝溪	桃山溪	七家灣溪(主)	高山溪	羅葉尾溪	有勝溪
物理環境 (水文棲地)	深潭比例	17%	7%	0%	7%	33%	5%	6%	7%	7%	27%
	小、大型礫石比例	67%	52%	67%	67%	87%	48%	27%	33%	27%	7%
化學環境 (水質)	水溫	13.7	16.2	15.1	14	18.8	12.6	18.2	14.5	14.7	16.2
	酸鹼度	7.96	7.8	7.9	7.46	8.34	7.82	7.76	7.8	7	7.54
	電導度	182.5	211.6	180.9	174.7	290	142.1	202.1	154.8	145.8	271.1
	濁度	0.54	0.66	0.65	0.29	0.84	0.65	0.27	0.31	0.27	0.3
食餌供給 (水棲昆蟲)	水蟲密度	1270	2637	1191	4864	3257	887	2010	2207	514	176
	大型食餌密度	186	410	426	297	176	124	301	589	81	38
	水蟲生物量	3397	10023	1930	8784	4285	1960	1831	3432	724	257
鮭魚(夏季)	數量	527	2724	814	377	22	-	-	-	-	-

註：2022 年鮭魚調查成果尚在進行，故以“-”標記。

表 1- 6 近兩年 FormosanHSI 各因子調查成果與鮭魚數量彙整表

2014 夏-2016 夏			河段	Oct. 2021		Oct. 2022	
河段	鮭魚密度	F. HSI		鮭魚密度	F. HSI	鮭魚密度	F. HSI
七家灣溪上游	244	10.4	桃山溪	206	12.5	(402)	11.5
七家灣溪中游	230	10.8	七家灣溪(主)	437	12.8	(260)	10.3
七家灣溪下游	23	7.4	高山溪	431	10.7	(626)	13.3
羅葉尾溪	816	14.3	羅葉尾溪	198	14.3	(97)	9.0
樂山溪	439	12.5	有勝溪	2	10.7	(<0)	4.0

註：括號內數值係以 2014-2016 年迴歸式推算而得。

附圖

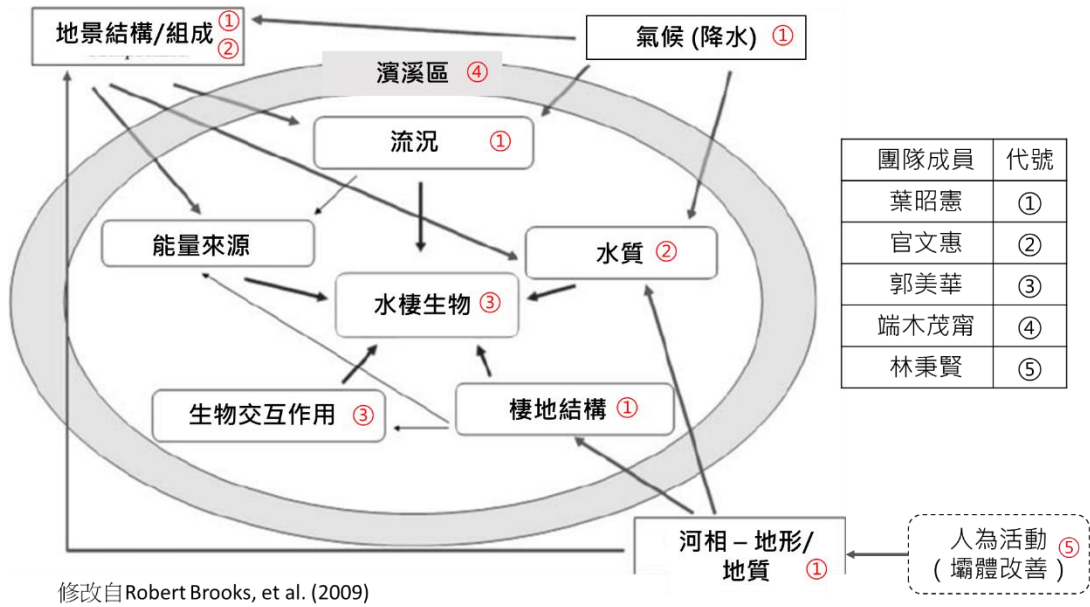


圖 1-1 本計畫團隊成員之調查項目關聯圖

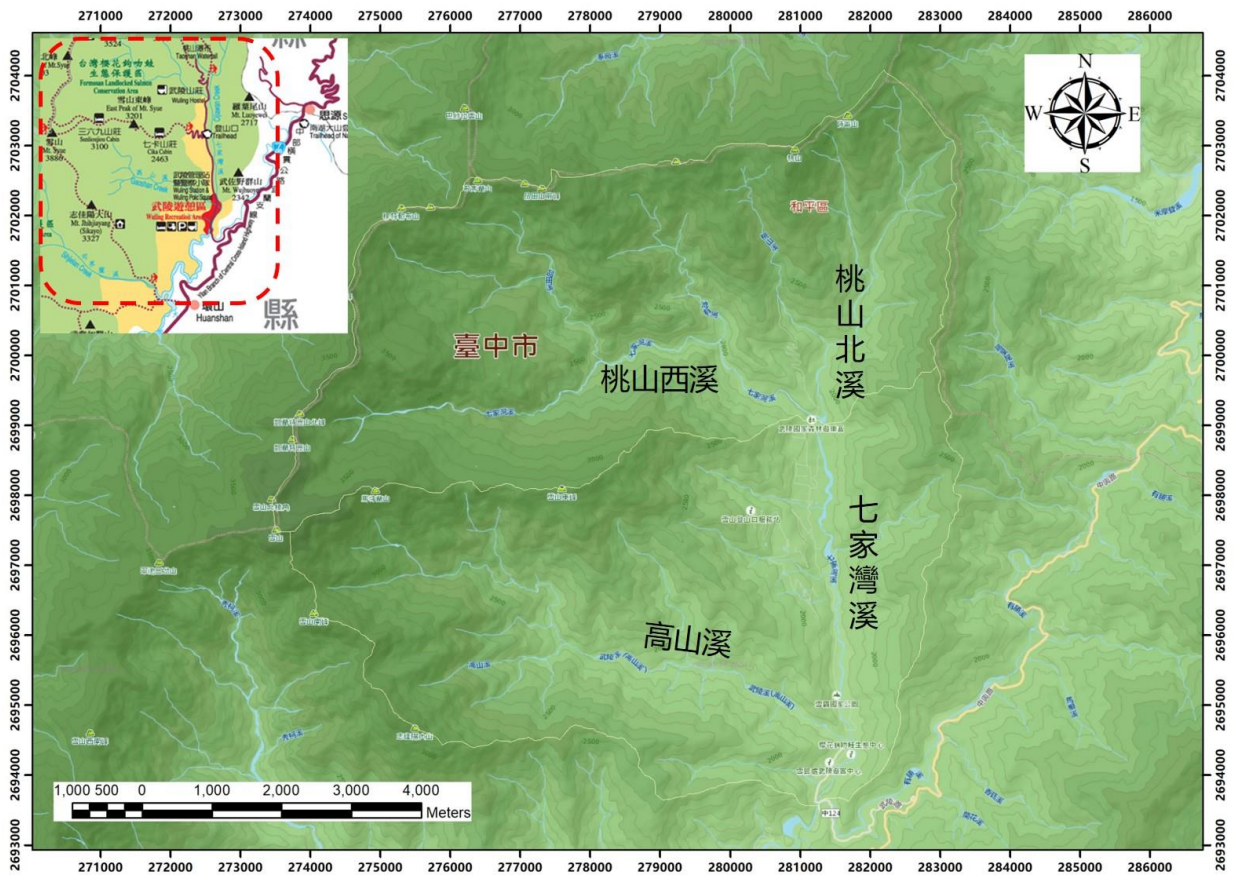


圖 1-2 本計畫之工作範圍

共同樣站空間位置



圖 1-3 本計畫共同測站之編號及空間位置圖



圖 1-4 山溝、排水溝採樣位置圖

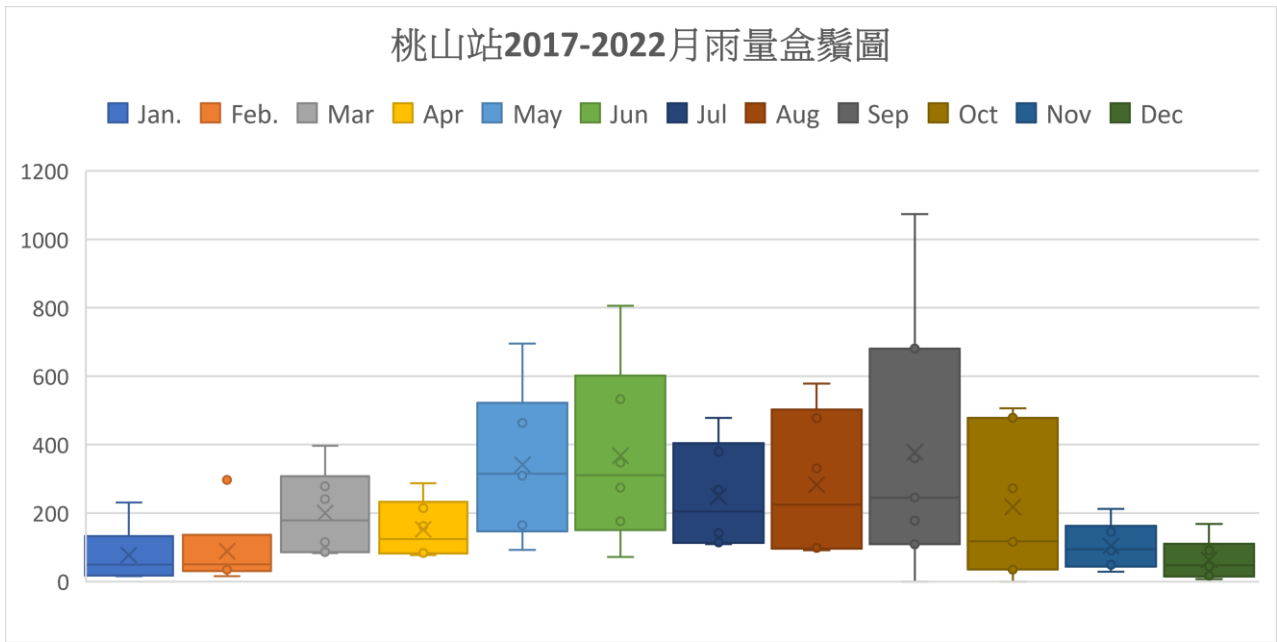


圖 1-5 近五年桃山站之月雨量盒鬚圖 (單位：mm)

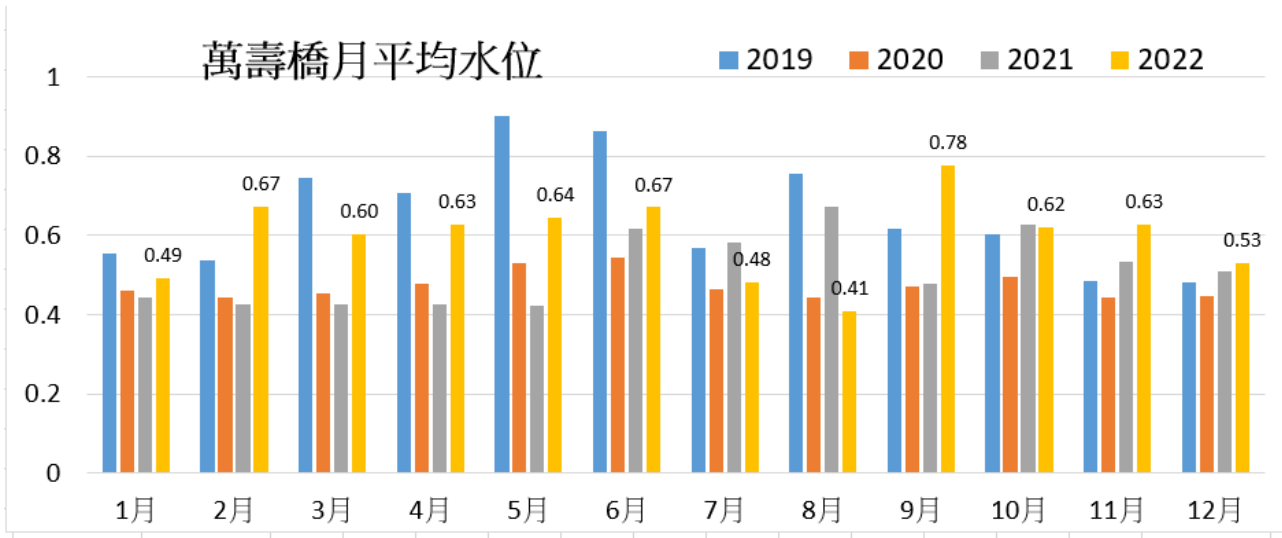


圖 1-6 近四年萬壽橋之月平均水位 (單位：m)

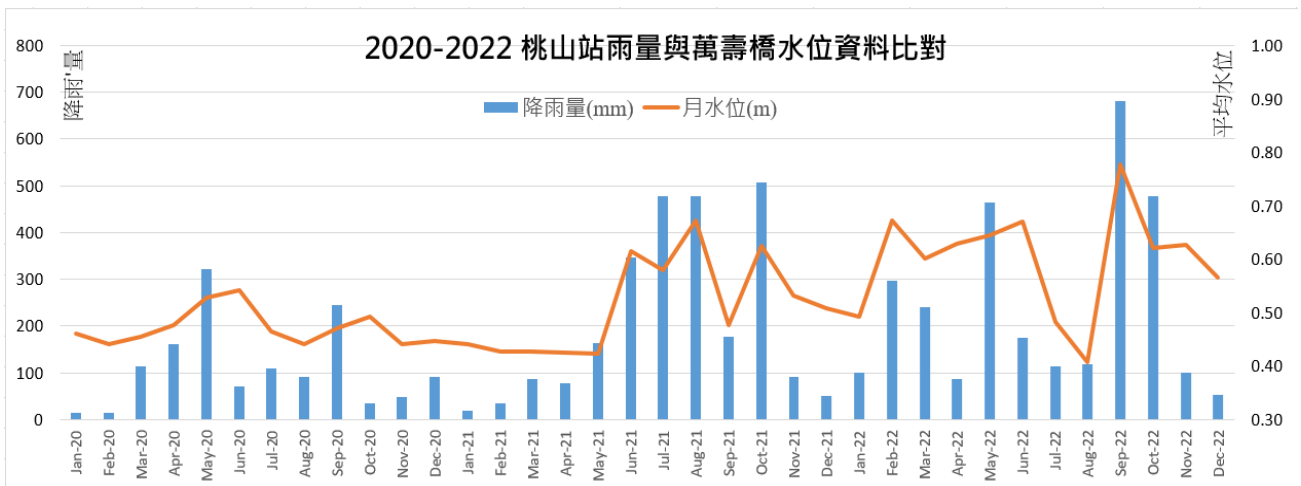


圖 1-7 武陵地區近三年雨量與水位資料之比對

第一章 計畫資料整合

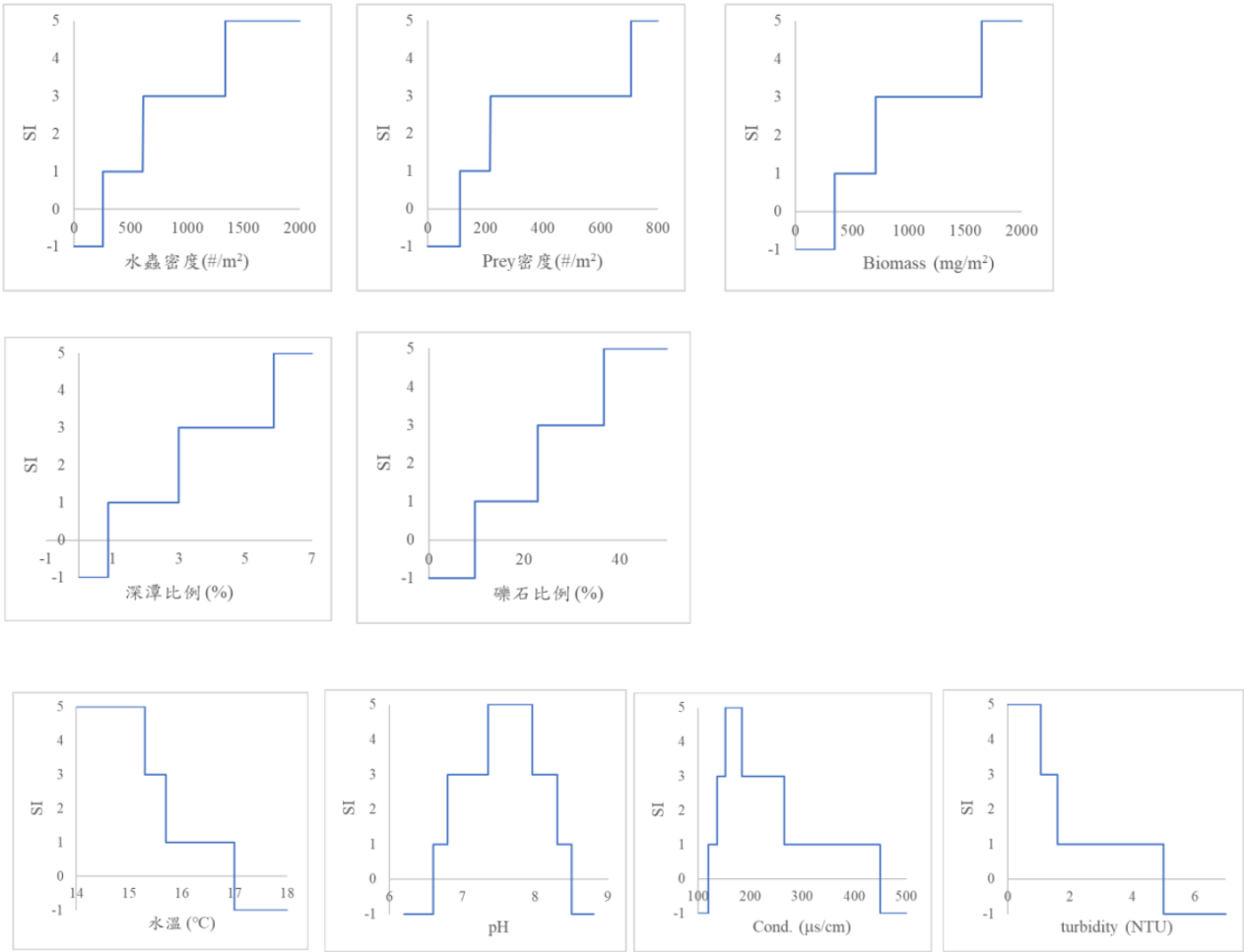


圖 1-8 FormosanHSI 各因子之 SI 次指標轉換函數圖 (官文惠等, 2017)

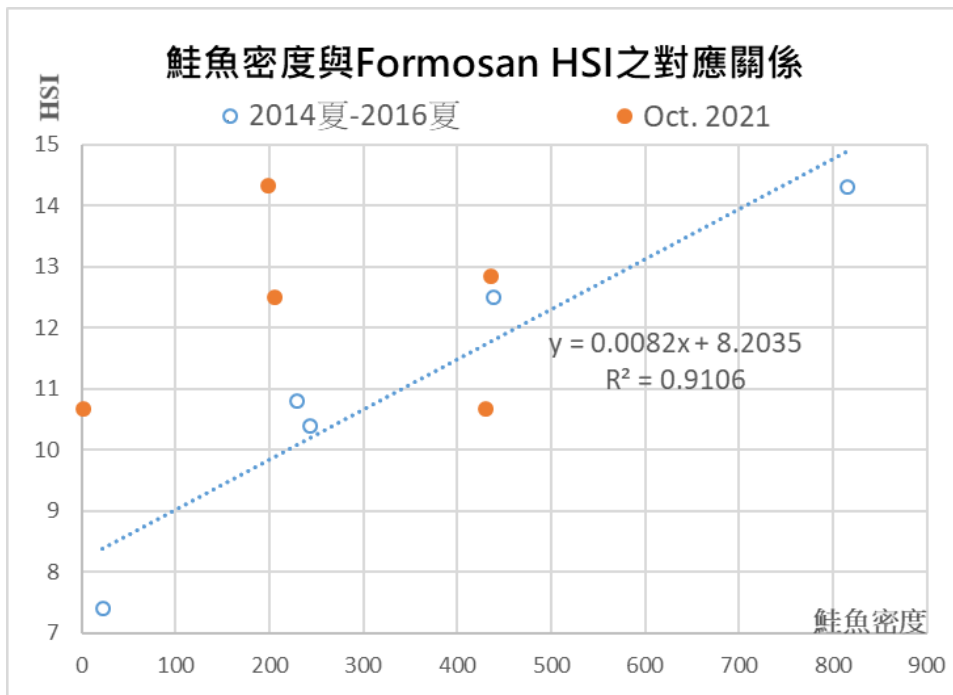


圖 1-9 調查河段之 FormosanHSI 與鮭魚密度對應關係

第二章、水文物理棲地調查

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

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，持續於武陵七家灣溪溪流生態系辦理多項監測，民國 95 年起整合武陵地區各分散生態相關研究，建立七家灣溪溪流生態系長期生態監測模式，並於民國 100 年 5 月完成七家灣溪一號防砂壩改善工程，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，故管理處於去年(2021)九月底進行殘材處理並同時拆除二號左側壩體。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，亦增加高山溪二號壩址上、下游河道之壩體改善前後生態監測。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；

二、研究方法及過程

本年度計畫沿用過去實施多年之河道斷面測量及物理棲地調查方法。

三、重要發現

經過本計畫進行河道高程變動及棲地底質變化比較與分析，各樣站受今年九、十月相對高強度降雨之影響，底質與棲地類型分布比例與年初及 6 月調查結果有所變動。藉由 2019-2022 年調查成果及桃山站降雨資料，雖然無法得出各樣站之深潭比率與調查前三個月平均降雨量之關聯或對應變化，但大小礫石比率與調查前三個月降雨狀況則有較高之關聯或對應變化。透過四座防砂壩改善之坡度資訊，各壩改善後第一筆資料皆顯著提高，隨後數年坡度略增至最高值後逐漸變緩，改善後壩體上游坡度需要七至九年才能恢復或接近至改善前坡度。經由現場量測比較發現，SVR 觀測值僅約為傳統流速儀觀測值的 76%。然考量儀器受損風險及歷史資料一致性，棲地調查分析仍將以 SVR 流速計為主。

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 Gaoshan 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: Through the comparison and analysis of channel elevation changes and habitat/substrate survey in this year (2022) and previous years, it is found that the distribution ratios of substrate and habitat types of October survey have changed apparently from those of January and June due to the relatively high intensity rainfall in September and October this year. Based on the results of the 2019-2022 survey and the rainfall data of Taoshan Station, although there is no clear correlation or corresponding change between the pool ratio and the average rainfall of the previous three months at the survey, a higher correlation or corresponding change between the large and small gravel ratios and the rainfall in the previous three months at the survey were observed. Through the upstream channel slopes of the four dam in Gaoshan Creek, the first survey values of each dam after dam removal were significantly increased. The slopes then slightly increase to the maximum value and gradually decreased in the following years. It took about seven to nine years for the upstream slopes of the partial removed dams to approach the pre-removal slope. By field comparisons on flow velocity measurement, it is found that the SVR observation value is only about 76% of that of traditional flow meter. However, considering the risk of instrument damage and the consistency of historical data, the analysis of habitat will still be based on SVR flow meter.

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，持續於武陵七家灣溪溪流生態系辦理多項監測，民國95年起整合武陵地區各分散生態相關研究，建立七家灣溪溪流生態系長期生態監測模式，並於民國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。管理處為解決此問題，而於去年(2021)九月底完成殘材處理並同時拆除二號左側壩體。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，並於高山溪二號壩址上、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一一一年一月至民國一一一年十二月。

二、研究方法及過程

河川地形之變動受眾多環境因素所影響，但多能保持在「動態平衡」之狀態。Mackin(1948)曾指出，「平衡河流」為當控制因素發生變化而使河流失去平衡時，河流會自動調整作用，使這些變化所帶來的影響受到遏制，從而使整個系統又逐步回到平衡。對某一河段而言，在特定流量狀況下，有特定之泥沙量進入及輸出該河段。若此輸出入泥沙量不相等，則河流便透過沖淤變化進行調整，以改變河床型態和邊界物質組成，來調整此河段之輸砂能力，以保持該河段之動態平衡。若因外在原因涉及範圍很廣且引起河流巨幅變化時，則需透過改變流域

產生逕流與泥沙之條件，以減緩河流調整之強度。在「平衡河流」系統中，氣候因素、自然地理及地質條件可視為系統之輸入單元，流域特徵（包含人為活動）則是系統之本體，而河流特徵以及水力條件則可視為系統之輸出單元。但是，系統輸出亦會造成系統本體之改變，進而形成系統反饋作用。當河川系統在進行平衡調節過程中，河道地形及物理棲地組成亦隨之逐漸轉變。因此透過定期監測及分析將可定義出其變化趨勢。

(一) 河道地形變化趨勢

河床高程受自然（颱風豪雨）或人為（壩體改善）干擾後，隨著時間變化呈現非線性函數關係。受到干擾後，一開始河床變動快，高程會隨時間驟降，其後漸達到穩定狀態。藉由河道縱橫斷面測量結果之比較，本計畫可獲致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。

(二) 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 0.01 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 0.01 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表 2-1 所示。並於測量斷面水面寬左岸 1/4、中間 1/2 和右岸 1/4 處隨機選取樣品(圖 2-2)，利用開口樣板(圖 2-3)量測粒徑大小，並進行記錄。
5. **棲地分級**：根據學者研究 (Leopold, 1969)，水流型態可歸類為水潭 (pool)、緩流 (slow water)、湍流 (淺瀨) (riffles)、急流 (rapids) 等四種流況。本研究利用水深與流速之量測值計算出福祿數 (Froude Number)，以便對四種水流形態所對應之棲地類型予以定義(賴建盛，1996)，公式及表 2-2 中之 V 為流速， g 為重力加速度， h 為水深。

(三) 溪流流量實測

流量係當為時間內通過特定斷面之流體體積，現場量測多將和到全斷面分為若干垂直子斷面，將每一子斷面所量測之斷面積與平均流速相乘而計算出子斷面流量，各子斷面流量總和及式通過該段面之流量。針對無水位或流速觀測設備之河段，且避免流速計在淺水點位造成量測干擾，本計畫將利用 SVR 手持式雷達波流速儀進行現場流量量測(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 2-6)，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，合計可獲得三次資料，五個樣站汛期前至汛期初期以及汛期後進行密集監測，觀察河道沖淤以及棲地底質組成。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)，此河段較其他上游樣區平緩(圖 2-20)，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 2-10)可知，此河段以往以緩流所佔比例大且超過 50%，但自去年 6 月後淺瀨比例呈現增加趨勢，在本次調查(2022 年 6 月、10 月)緩流及淺深潭比例增加，應與測量前降雨有關。底質類型(圖 2-11)顯示近年間小、大型礫石在去年 10 月及今年 1 月短期間內較前一年度同期增高數倍，而在 2022 年 6 月及 10 月之比例則降低至與 2021 年相近。

2. 有勝溪下游 2 公里樣站

此樣區左、右岸皆由岩盤組成(圖 2-21)，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。棲地狀況由圖 2-12 可知樣站內緩流比例略微增加，由底質比例(圖 2-13)可知去年 10 月及今年 1 月小、大型礫石為主，10 月調查發現樣站轉為以卵石、粗石為主而粒徑偏細，而底質變動歷程與收費站樣站類似。

3. 勝光派出所樣站

此樣區位於勝光派出所下的河道(圖 2-22)，此樣區棲地比例樣區內原以緩流及淺瀨為主(圖 2-14)，在今年 10 月份僅剩淺瀨；而 2021 年 10 月(圖 2-15)底質種類隨著大粒徑類型比例上升同時造成多樣底質種類存在，此底質分布大致維持至今年 10 月。

4. 登山口樣站

此樣站(圖 2-23)位於有勝溪上游，接近羅葉尾溪，樣站內棲地類型為緩流、淺瀨兩類(圖 2-16)，本次調查發現淺瀨較去年同期比例上升；而底質粒徑偏大(圖 2-17)，從去年(2021)六月起，此站底質持續變粗，而今年調查結果顯現出樣站內以粗石粒徑以上佔據大部分。

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(圖 2-24)，樣站棲地類型(圖 2-18)由去年(2021)一月原本的緩流為主，至今年(2022)一月緩流及淺瀨兩者比例相當，而六月改以淺瀨為主，

今年 10 月份更高達 90%；唯底質類型之小、大型礫石的比例從去年(2021 年)一月起持續增加(圖 2-14)。

(二)七家灣溪河道變化調查

七家灣溪流流域面積約為 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河道測量時同時進行外，另於汛期前至汛期初期（即五月中至七月中）施測一次，以及汛期後（即十月至十一月）與年初，可共獲得合計三次資料。此外，在年底進行全河道測量（圖 2-25），河道內共有三個樣站（圖 2-26、圖 2-27、圖 2-28），汛期前至汛期初期以及汛期後進行監測，觀察河道沖淤情形以及棲地底質調查。

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，底質(如圖 2-29)從今年 1 月份大型礫石消失而碎石增加至 30%，至今年 10 月大型礫石增加至 30%；樣站棲地(如圖 2-30)原以淺瀨為主，去年(2021 年)十月深潭消失而淺瀨增加至 55%，然今年 10 月份則出現急流且以淺瀨為主。

2. 一號壩樣站（WLTER #12、#13）

此處底質與棲地之比例變動幅度相較小於七家灣溪另兩個樣站，主因為壩體本身具有控制點作用。底質類型(圖 2-31)之小、大型礫石比例穩定保持在四、五成間波動，而今年 10 月下降至 30%；棲地以深潭、緩流、淺瀨為主，且至今年 1 月相對比例大致相似，但六月後淺瀨增至六成(圖 2-32)。

3. 繁殖場樣站（WLTER #5）

本站底質類型(圖 2-33)在去年 10 月突然變粗且細沉積砂土消失後，在今年 1 月份調查各類比例與去年同期大致相同，而 6 月後小型礫石增至 40%；去年(2021 年)十月深潭消失而淺瀨增加至 75%外(圖 2-34)，1 月調查之棲地類型改以緩流為主，其比例超過七成，而 6 月後又重現以淺瀨為主之棲地型態。

(三)高山溪樣站（WLTER #8、#13、#14）

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，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，則得如圖 2-38 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，而在去年度的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(如圖 2-39)，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。本站改善前 (2021 年 1 月)底質類型多樣(圖 2-40)，改善前 9 月初殘材潰解故與 10 月改善後相似，且粗石以上比例超過 95%，但在今年 1

月份又恢復多樣底質類型然略粗於去年同期，而在今年 6 月及 10 月則又轉變成與去年 10 月之相同組成；棲地類型(圖 2-41)在 2021 年一月仍有殘材壩下之深潭在九月殘材潰解後消失，而淺瀨持續增加至十月份之約 90%，今年 1 月則再度出現近兩成急流及少許緩流，而在 6 月後緩流棲地也逐漸增加，且 10 月深潭重新出現。

(四) 桃山西溪物理棲地

此樣站位於七家灣溪三號壩上游至桃山西溪四號壩之間(圖 2-42)，為比對未來壩體改善前後 4 號壩上游之棲地及底質類型比例變動狀況，故特別將此站調查成果單獨呈現。桃山西溪底質部分(如圖 2-43)在去年汛期時以中、大型礫石為主且超過 50%，但大型礫石比例在今年 6 月大幅下降為 5%，而粗石及卵石比例約為 80%，至 10 月又回復與去年同期時相似；棲地部分(如圖 2-44)主要還是以緩流、淺灘為主，但深潭比例在去年 10 月及今年 1 月逐漸增高至超過 20%而在 6 月後減少，且淺瀨 10 月大幅增加至近 80%。四號壩上游之底質(圖 2-45)在今年前兩次調查時皆以粗石與卵石合計超過 80%，但在 10 月則出現近五成的小、大型礫石；壩上游棲地(圖 2-46)則以超過一半比例之淺瀨為主，且逐漸上升至 10 月的 80%。

(五) 司界蘭溪放流棲地

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 2-47 縱向高程剖面圖以及圖 2-48、圖 2-49 的底質、棲地比例，而河道現況照片則為圖 2-50 及圖 2-51 所示。今年度調查樣站坡降約為 0.076，較去年度調查坡降趨緩。底質類型之大型礫石比例在 109 及 110 年汛期後約佔 55%而今年 10 月則完全消失，且卵石比例由 109 年不足 20%逐漸增為今年的 40%；109 年之深潭棲地在 110 年以後消失，且淺瀨則在 110 年後劇增超過 75%，至今年 10 月則完全變成淺瀨。此樣站之底質與棲地類型可能受河道右岸農作整理影響所致。

四、討論

(一) 物理棲地之關鍵參數彙整

根據歷年整合計畫之成果，臺灣櫻花鉤吻鮭數量與硫酸鹽濃度與導電度呈現負相關，但是與水棲昆蟲數量、鳥類數量、深瀨比例以及大小礫石比例呈現正相關。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(林幸助等，2018)。因此針對今年度之調查成果，將各共同樣站之深潭及大小礫石比例以圓餅圖標註於研究範圍圖中，由圖 5-52 可以觀察適合臺灣櫻花鉤吻鮭棲地比率之時空變化：單一區內出現深潭棲地(左欄)由一月份七家灣溪為主的四個樣站，在六月份減少為七家灣溪一號壩一站，十月份又回升為空間分布較廣之四個樣站且其深潭比率較一月份為低；而在大小礫石底質比率(右欄)部分，除六月份有勝溪收費口外，其餘各樣站皆有出現，且一月份之桃山西溪、羅葉尾溪，及六月份之七家灣溪一號壩比率超過 60%。

表 2-11 及表 2-12 為彙整過去四年調查深潭及大小礫石比率之成果表，若將針對各樣站調查資料製作盒鬚圖則可得圖 5-53。武陵地區樣站中，七家灣溪一號壩之深潭比率平均值(28%)顯著高於其餘各站，但其變動差異亦高於各站；有勝溪或歷史放流點中則以位居有勝溪上游之登山口較高，勝光派出所變動最大而羅葉尾溪之深潭比率則相對穩定，司界蘭溪僅 2020 年 10 月短暫出現 5% 而其餘時段皆為 0%。在大小礫石比率部分，桃山西溪在武陵地區各樣站中具最高平均值(53%)，當各站均值多高於 35% 時，繁殖場均值 23% 且穩定地介於 10%~30% 之間；有勝溪或歷史放流點各站距較大變動範圍，但除司界蘭溪(36%) 外，其均值多低於 30%。

對應前述 2019-2022 年深潭及大小礫石比率之調查成果，針對氣象局桃山站之降雨資料予以收集及分析則可得表 2-13，由各月均值可知 1、2、11 及 12 月份降雨量較低，而最高月平均雨量卻出現於五月；今年出現較重大之水文事件包括 5 月 25 日 0525 豪雨、9 月 3 日軒嵐諾颱風、9 月 11 日梅花颱風及 10 月 15 日尼莎颱風，因而使今年 5、9 及 10 月之降雨量高於 400mm，但此四水文事件在桃山站的最大日降雨量分別為 70mm、169mm、94mm 及 185mm 皆未達氣象局所定義之「豪雨」200mm。若將歷次各樣點調查前三個月之平均降雨量、深潭及大小礫石比率等數據，依時間軸繪製於同一圖中，則可得圖 2-53 及圖 2-54。針對深潭比例而言，桃山西溪(藍實線)在 2021 年六月之 5%，因其後出現超過 300mm 日降雨後升高至 10 月的 17%，但隨後無明顯降雨下仍持續上升至 2022 年 1 月的 24%，進入今年雨季後 6、10 月卻下降至 5%，因此由此圖無法得出各樣站之深潭比率與調查前三個月平均降雨量之關聯或對應變化。在大小礫石比例方面，桃山西溪(藍實線)、觀魚台、繁殖場等站在 2021 年 10 月前出現超過 300mm 日降雨時皆顯著，而隨後相對低降雨量的兩次調查及 10 月高降雨其之變動方式則各有差異，然而有勝溪或歷史放流點等各樣區之變動方式，則較明顯地對應到 2021 年 10 月日降雨量峰值，故各樣站大小礫石比率與調查前三個月降雨狀況有較高之關聯或對應變化。

(二) 高山溪防砂壩體改善後河道坡度變化

高山溪四座防砂壩分別於 1999 年三月、2000 年十月及 2001 年六月進行壩體改善，其中四號壩體全拆保留壩基，三號壩與基礎全部移除，二號壩及一號壩則為壩體部分移除且保留基礎，根據歷年研究成果(葉昭憲等，1998、1999、2000、2001、2002；葉昭憲，2003、2004、2005；林幸助等，2006、2008、2009、2010)彙整各河段改善前後之坡度資料程表 2-14，由該表可改善前壩體上游較平坦之河道(1.7%~2.79%)改善後第一筆資料皆顯著提高，但較上游河道變化較明顯，如四號壩上游坡度增加近 6%、三號壩增加 1.5%、二號及一號壩則增加 1% 及 1.8%；隨後數年坡度略增至最高值，如四號壩改善七年後降至 2.7%、三號壩改善三年後增至 8.50%、二號壩改善五年後增至 3.90%、一號壩改善四年後增至 3.90%；最後河道逐漸變緩，如四號壩改善兩年後增至 7.84%、三號壩改善十年後降至 3.1%、二號壩改善九年後降至 2.9、一號壩改善九年後降至 3.6%。由於高山溪河道變動尚受所在河段地形、地質、殘材分布或殘材壩、降雨等條件所影響，故無法推斷是否與壩體改善形式具有直接關聯。然而，透過四座防砂壩改善之坡度資訊(圖 2-55)，各壩上游坡度需要七至九年才能恢復或接近至改善前坡度或漸趨穩定，而此觀察與針對七家灣一號壩體改善後之生態調查成果(林幸助等，

2018)相似，該研究從觀魚臺以及繁殖場測站生態系模式之循環指數與系統開銷指數發現，拆壩七年後，壩上與壩下之生態系參數逐漸相似趨近。

(三) 流速量測儀器之實測比較

本團隊考量武陵地區河川水流條件本團隊考量武陵地區河川水流條件，故係以 SVR (Surface Velocity Radar) 手持式雷達波流速儀進行流速觀測。雖然相關文獻提及表面流速與平均流速之差異，而本團隊利用位於桃山西溪之高山溪四號壩上游樣區進行 SVR 及傳統流速儀進行流速觀測比對，如表 2-15 所示。當將兩組數據繪於 SVR 為橫座標而傳統流速儀為縱註標之圖中，則可發現 SVR 觀測值皆小於傳統流速儀觀測值 (圖 2-56)，SVR 觀測值僅平均約為傳統流速儀觀測值的 76%。然而，考量溪流中細顆粒及雜質對傳統儀器探頭損害之風險，以及歷史資料獲得方法之一致性，棲地調查分析仍將以 SVR 流速計為主。

五、結論與建議

綜整今年完成包括河道斷面、棲地底質與棲地類型等項目之調查成果如下：

- (一)對有勝溪調查結果進行分析，得知羅葉尾樣站 (WLTER #14) 大小礫石底質的比例從去年(2021年)一月起持續增加；棲地類型由去年(2021年)一月原以緩流為主，至今年(2022)一月緩流及淺瀨兩者比例相當，而六月改以淺瀨為主，今年 10 月份更高達 90%；收費站樣站 (WLTER #9) 大小礫石底質於去年 10 月及今年 1 月短期間內較前一年度同期增高數倍，而在 2022 年 6 月及 10 月之比例則降低至與 2021 年相近；以往以緩流棲地為主，去年 6 月後淺瀨增加，本次各次調查則深潭增加，應與測量前降雨有關。
- (二)七家灣溪調查結果，觀魚台樣站 (WLTER #4) 大型礫石底質今年 1 月份消失但於 10 月大型礫石增加至 30%；去年十月深潭消失而淺瀨增加至 55%，今年 10 月份則出現急流仍以淺瀨為主。一號壩樣站 (WLTER #12、#13) 因壩體具控制點作用，此處底質與棲地之比例變動幅度相較小，大小礫石底質原穩定保持在四、五成間波動，而今年 10 月下降至 30%；棲地以深潭、緩流、淺瀨為主，但六月後淺瀨增至六成。繁殖場樣站 (WLTER #5) 在去年 10 月細沉積砂土消失而今年 1 月各類比例與去年同期大致相同，而 6 月後小型礫石增至 40%；1 月棲地由淺瀨改以緩流為主，而 6 月後又重現以淺瀨為主之棲地型態。
- (三)針對高山溪二號壩口殘材改善本站改善前底質類型多樣，改善前 9 月殘材潰解故與 10 月改善後之粗石以上比例超過 95%，但在今年 1 月份恢復至相近但略粗於去年同期，而 6 月與 10 月則與去年同期相同；殘材壩下之深潭在九月後消失，淺瀨則持續增加至十月份之約 90%，但今年 10 月深潭再次出現。
- (四)桃山西溪底質在今年汛期粗石以上粒徑為主且超過 50%，大型礫石在 6 月大幅下降而粗石及卵石比例約為 80%，至 10 月又回復與去年同期時相似；以緩流、淺灘為主，深潭今年 1 月超過 20%而在 6 月後減少，且淺瀨 10 月大幅增加至近 80%。

- (五)彙整過去四年調查深潭及大小礫石比率及氣象局桃山站之降雨資料，由圖 2-53 無法得出各樣站之深潭比率與調查前三個月平均降雨量之關聯或對應變化；而圖 2-54 可約略觀察出各樣站大小礫石比率與調查前三個月降雨狀況有較高之關聯或對應變化。
- (六)透過四座防砂壩改善之坡度資訊，各壩改善後第一筆資料皆顯著提高，隨後數年坡度略增至最高值後逐漸變緩，改善後壩體上游坡度需要七至九年才能恢復或接近至改善前坡度。
- (七)經由現場量測比較發現，SVR 觀測值僅約為傳統流速儀觀測值的 76%。然考量儀器受損風險及歷史資料一致性，棲地調查分析仍將以 SVR 流速計為主。

六、參考文獻

- 汪靜明。1990。河川魚類棲地生態調查之基本原則與技術。森林溪流淡水魚保育訓練班論文集。119-137 頁。
- 林幸助、吳聲海、官文惠、邵廣昭、施習德、孫元勳、郭美華、彭宗仁、曾晴賢、楊正澤、葉文斌、葉昭憲、蔡尚惠，2006。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。九十五年保育研究報告。
- 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。
- 林幸助、李慧琳、官文惠、邵廣昭、郭美華、曾晴賢、葉昭憲，2009。98 年度武陵地區長期生態研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處。九十八年保育研究報告。
- 林幸助、王一匡、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。內政部營建署雪霸國家公園管理處。九十九年保育研究報告。
- 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。九十九年保育研究報告。
- 賴建盛，1996。防砂壩對臺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。
- 葉昭憲、段錦浩、連惠邦，1998。七家灣溪河床棲地改善之試驗研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處。八十七年保育研究報告。
- 葉昭憲、段錦浩、連惠邦，1999。七家灣溪河床棲地改善之試驗研究(二)。內政部營建署雪霸國家公園管理處。八十八年保育研究報告。
- 葉昭憲、段錦浩、連惠邦，2000。七家灣溪河床棲地改善之試驗研究(三)。內政部營建署雪霸國家公園管理處。八十九年保育研究報告。
- 葉昭憲、段錦浩、連惠邦，2001。七家灣溪河床棲地改善之試驗研究(四)。內政部營建署雪霸國家公園管理處。九十年保育研究報告。
- 葉昭憲、段錦浩、連惠邦，2002。七家灣溪河床棲地改善之試驗研究(五)。內政部營建署雪霸國家公園管理處。九十一年保育研究報告。
- 葉昭憲，2003。高山溪河道變化及物理棲地調查研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處。九十二年補助研究生計畫。

第二章 水文物理棲地調查及崩塌地監測

葉昭憲，2004。高山溪河道變化及物理棲地調查研究(二)。內政部營建署雪霸國家公園管理處。九十三年補助研究生計畫。

葉昭憲，2005。武陵地區長期監測暨生態模式建立—環境改變對河道地形及物理棲地變化趨勢之影響。內政部營建署雪霸國家公園管理處。九十四年保育研究計畫。

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.

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"

第二章 水文物理棲地調查及崩塌地監測

Y-27	24°21'0"	121°19'13.3"	Y-32	24°21'2.5"	121°19'14.7"
Y-28	24°21'0"	121°19'13.8"	Y-33	24°21'3.9"	121°19'14.6"
Y-29	24°21'0"	121°19'14.1"	Y-34	24°21'6.2"	121°19'15.5"

(參考資料：本研究團隊)

表 2-5 勝光派出所樣站內各斷面座標

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

(參考資料：本研究團隊)

表 2-6 登山口樣站內各斷面座標

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

(參考資料：本研究團隊)

表 2-7 羅葉尾樣站內各斷面座標

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

(參考資料：本研究團隊)

表 2-8 觀魚台樣站內各斷面座標

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

(參考資料：本研究團隊)

表 2-9 一號壩樣站內各斷面座標

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

(參考資料：本研究團隊)

表 2-10 繁殖場樣站內各斷面座標

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

(參考資料：本研究團隊)

表 2-11 歷年(2019-2022)各樣區深潭棲地之面積比例統計表

站名	Jan-19	Oct-19	Feb-20	Jun-20	Oct-20	Jan-21	Jun-21	Oct-21	Jan-22	Jun-22	Oct-22
桃山西溪	-	-	-	-	-	-	5%	17%	24%	5%	5%
觀魚台	0%	17%	5%	14%	24%	24%	14%	0%	19%	5%	0%
一號壩	0%	43%	44%	41%	43%	17%	28%	22%	17%	28%	17%
繁殖場	0%	17%	10%	10%	14%	10%	19%	0%	0%	0%	0%
高山溪二號壩	-	-	-	-	-	13%	0%	0%	0%	0%	7%
高山溪共同樣站	10%	5%	10%	-	-	10%	-	-	0%	-	-
收費站	20%	20%	25%	17%	17%	3%	0%	0%	0%	3%	10%
下游樣站	0%	0%	11%	0%	0%	23%	10%	0%	10%	3%	3%
勝光派出所	33%	33%	20%	7%	7%	8%	4%	0%	0%	0%	0%
登山口	27%	27%	13%	20%	20%	20%	67%	33%	33%	33%	27%
羅葉尾溪	20%	20%	6%	7%	13%	13%	7%	7%	13%	0%	7%
司界蘭溪	-	-	-	-	5%	-	-	0%	0%	-	0%

(參考資料：本研究團隊)

表 2-12 歷年(2019-2022)各樣區大小礫石底質之面積比例統計表

站名	Jan-19	Oct-19	Feb-20	Jun-20	Oct-20	Jan-21	Jun-21	Oct-21	Jan-22	Jun-22	Oct-22
桃山西溪	-	-	-	-	-	-	52%	67%	67%	33%	48%
觀魚台	52%	39%	25%	33%	31%	39%	50%	50%	19%	33%	38%
一號壩	50%	43%	48%	47%	56%	38%	38%	52%	39%	61%	28%
繁殖場	14%	24%	10%	29%	24%	19%	24%	52%	19%	18%	14%
高山溪二號壩	-	-	-	-	-	23%	69%	67%	36%	33%	33%
高山溪共同樣站	29%	19%	48%	-	-	48%	-	-	48%	-	-

第二章 水文物理棲地調查及崩塌地監測

收費站	13%	13%	19%	27%	40%	13%	17%	40%	50%	0%	47%
下游樣站	25%	25%	25%	25%	27%	17%	17%	27%	14%	56%	43%
勝光派出所	20%	18%	13%	7%	7%	4%	4%	33%	39%	56%	28%
登山口	0%	0%	0%	0%	0%	40%	33%	87%	67%	33%	7%
羅葉尾溪	0%	0%	0%	0%	13%	13%	27%	67%	80%	33%	27%
司界蘭溪	-	-	-	-	54%	-	-	54%	21%	-	17%

表 2-13 氣象局桃山站之 2019 年至 2022 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	14	33	80	71	156	332	464	457	170	509	81	43
	2022	101	297	241	86	464	176	115	118	681	479	100	53
	平均	50	99	210	135	411	282	211	316	276	255	67	103
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
	2021	7	23	30	32	111	57	140	119	90	316	26	31
	2022	25	57	53	33	70	37	48	34	169	185	41	25

(參考資料: 本研究團隊)

表 2-14 高山溪防砂壩改善前後各河段之坡度變動 (單位: %)

河段	改善日期	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
四號壩上游	Mar. 1999	2.79	6.72	6.6	7.84	6.33	6.31	5.13	2.8	2.7				
三~四號壩	Oct. 2000		3	2.68	4.13	8.12	8.5	7.46	7.2	殘材	5.2	3.8	3.8	3.1
二~三號壩	June 2001			2.32	3.33	3.26	3.27	3.31	3.8	3.9	3.4	2.9	2.9	2.9
一~二號壩	June 2001			1.7	3.55	3.13	2.9	3.34	3.9	3.4	3.5	3.8	2.9	3.6

表 2-15 SVR 及傳統流速儀進行流速觀測比對 (單位: m/sec)

斷面	河寬(m)	SVR			傳統流速儀		
		左 1/4	中 1/2	右 1/4	左 1/4	中 1/2	右 1/4
4-9	3.96	0.91	0.93	0.83	1.1	1.12	1.01
4-8	4.82	0.82	0.84	0.74	1.04	1.03	0.91
4-7	5.22	0.92	0.84	0.72	1.12	1.05	0.91
4-6	4.81	0.84	0.79	0.31	1.03	1.01	0.48
4-5	6.03	0.62	0.58	0.32	0.8	0.8	0.49
4-4	6.33	0.74	0.5	0.58	0.92	0.68	0.75
4-3	9.48	0.34	0.52	0.59	0.56	0.71	0.81
4-2	9.67	0.45	0.69	0.31	0.61	0.91	0.53
4-s	5.73	1.1	1.2	1.05	1.31	1.4	1.2

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)

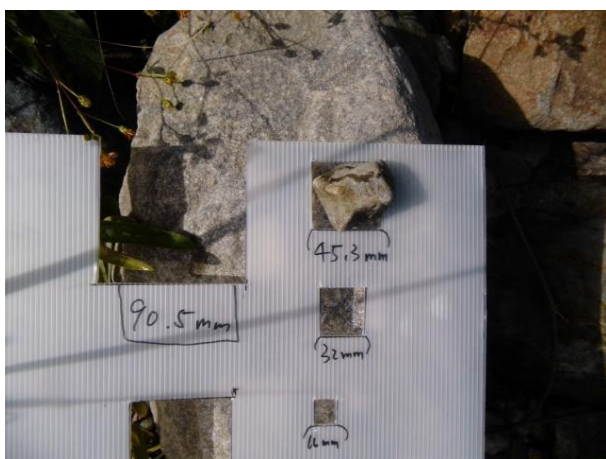


圖 2-3 開口樣板量測粒徑
(資料來源：本研究團隊)

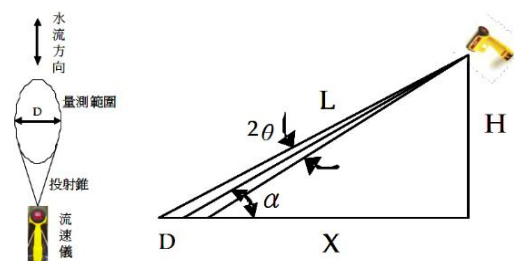


圖 2-4 SVR 手持式雷達波流速儀量測示意圖
(謝文仁，2012)



圖 2-5 有勝溪各樣站位置圖
(資料來源：本研究團隊)



圖 2-6 全河道範圍圖
(資料來源：本研究團隊)



圖 2-5 收費站樣站断面位置圖
(資料來源：本研究團隊)



圖 2-6 有勝溪下游樣站断面位置圖
(資料來源：本研究團隊)



圖 2-7 勝光派出所樣站断面位置圖
(資料來源：本研究團隊)



圖 2-8 登山口樣站断面位置圖
(資料來源：本研究團隊)



圖 2-9 羅葉尾樣站断面位置圖
(資料來源：本研究團隊)

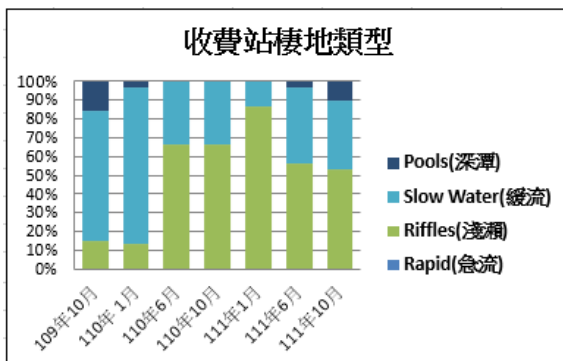


圖 2-10 收費站棲地比例

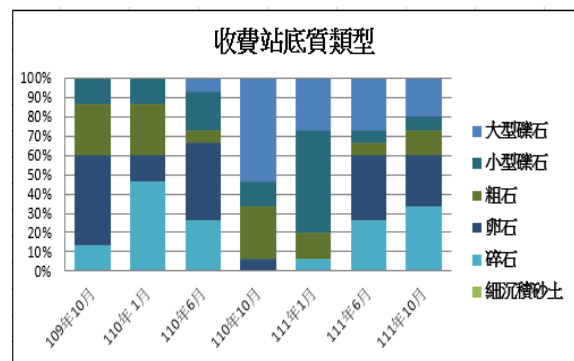


圖 2-11 收費站底質比例

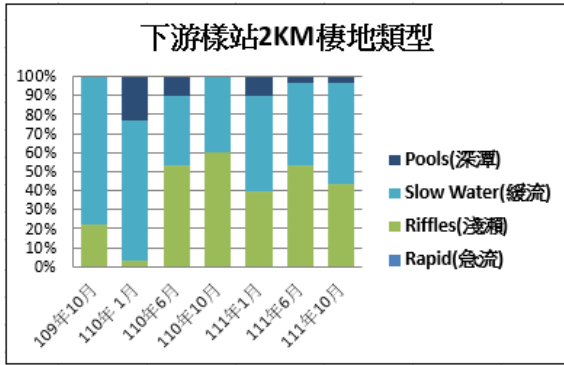


圖 2-12 有勝溪下游棲地比例

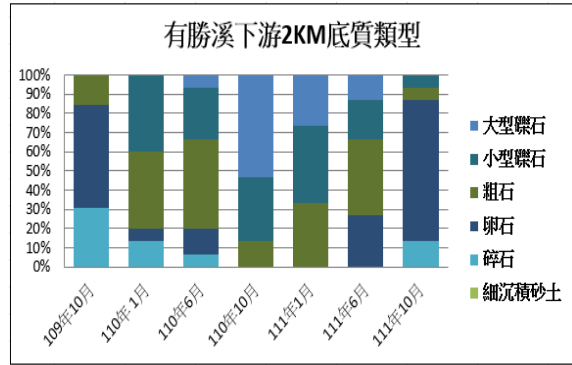


圖 2-13 有勝溪下游底質比例

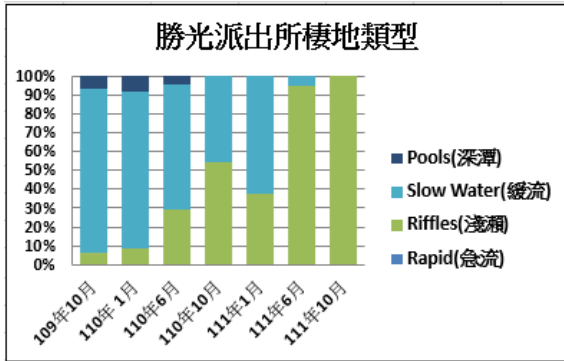


圖 2-14 勝光派出所棲地比例

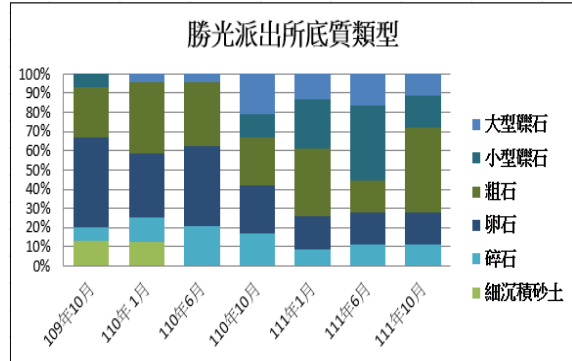


圖 2-15 勝光派出所底質比例

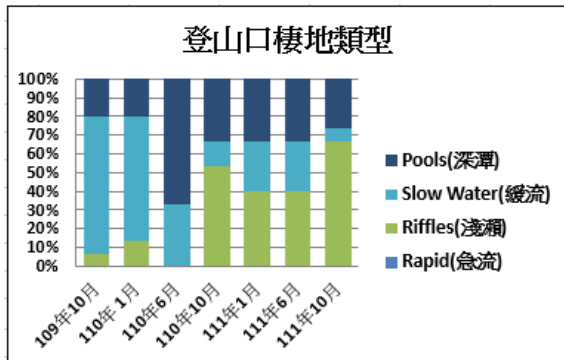


圖 2-16 登山口棲地比例

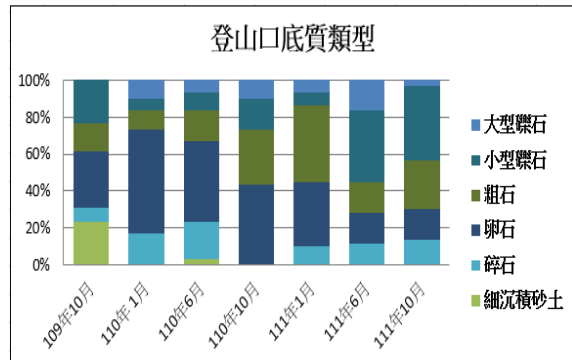


圖 2-17 登山口底質比例

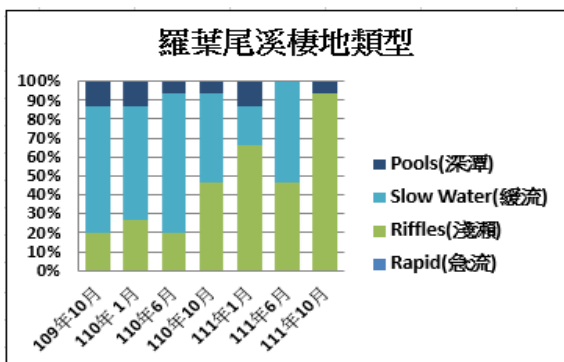


圖 2-18 羅葉尾溪棲地比例

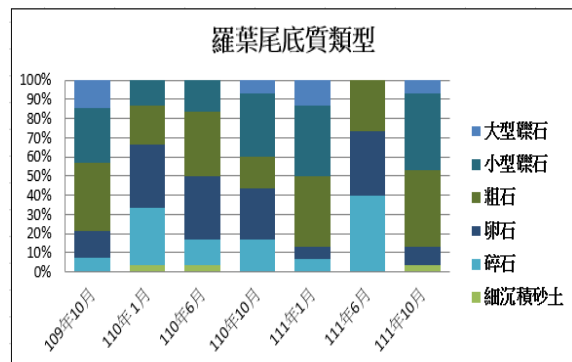


圖 2-19 羅葉尾溪底質比例

第二章 水文物理棲地調查及崩塌地監測



2022年6月



2022年10月

圖 2-20 收費站樣站現地照片
(資料來源：本研究團隊)



2022年6月



2022年10月

圖 2-21 有勝溪下游樣站現地照片
(資料來源：本研究團隊)



2022年6月



2022年10月

圖 2-22 勝光派出所樣站現地照片
(資料來源：本研究團隊)

第二章 水文物理棲地調查及崩塌地監測

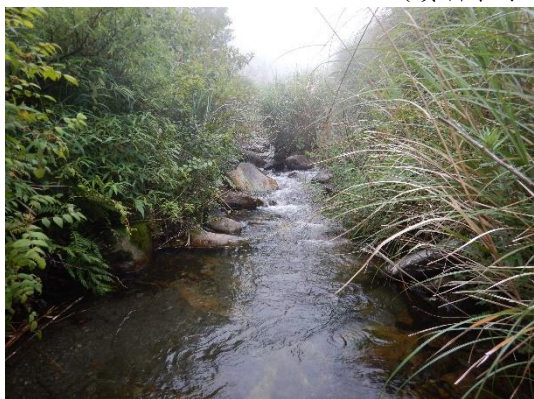


2022年6月



2022年10月

圖 2-23 登山口樣站現地照片
(資料來源：本研究團隊)



2022年6月



2022年10月

圖 2-24 羅葉尾樣站現地照片
(資料來源：本研究團隊)

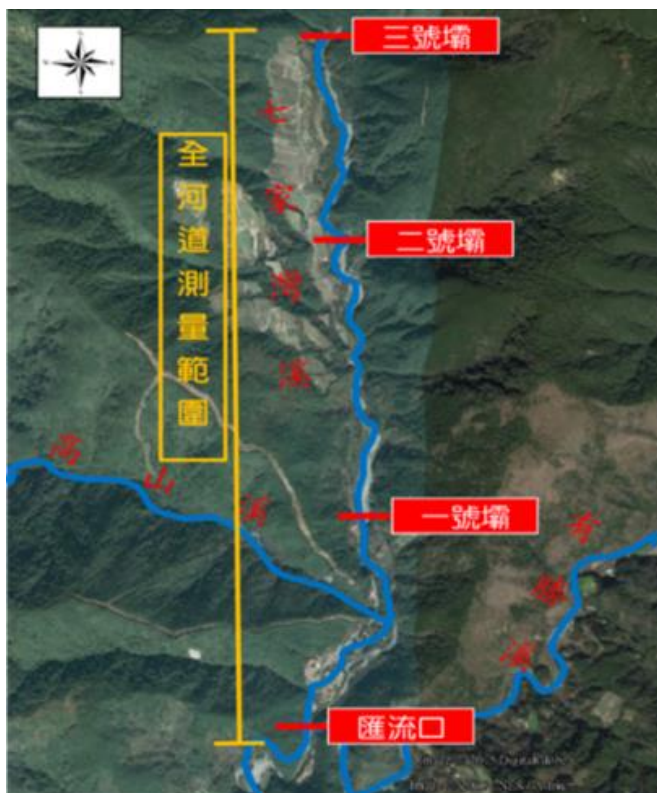


圖 2-25 七家灣溪全河道範圍
(資料來源：本研究團隊)



圖 2-26 觀魚台樣站斷面位置圖
(資料來源：本研究團隊)



圖 2-27 繁殖場樣站斷面位置圖
(資料來源：本研究團隊)



圖 2-28 一號壩樣站斷面位置圖
(資料來源：本研究團隊)

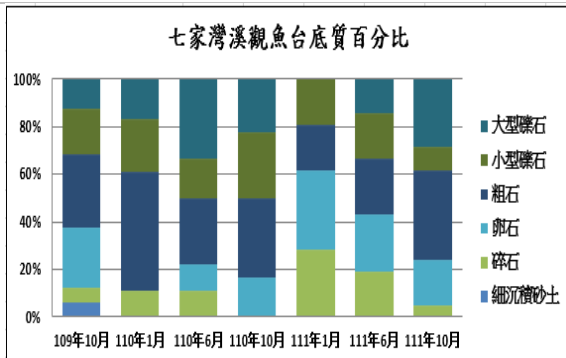


圖 2-29 觀魚台底質比例
(資料來源：本研究團隊)

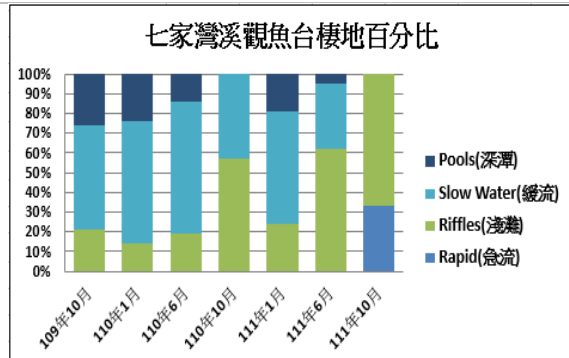


圖 2-30 觀魚台棲地比例
(資料來源：本研究團隊)

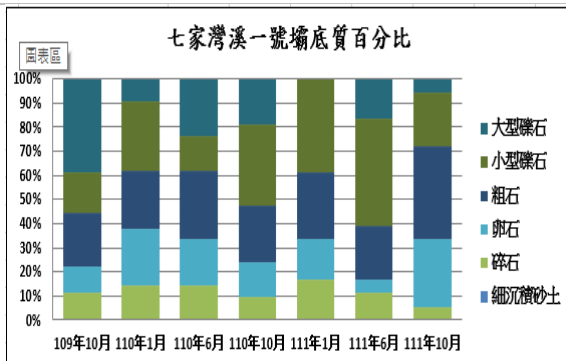


圖 2-31 一號壩底質比例
(資料來源：本研究團隊)

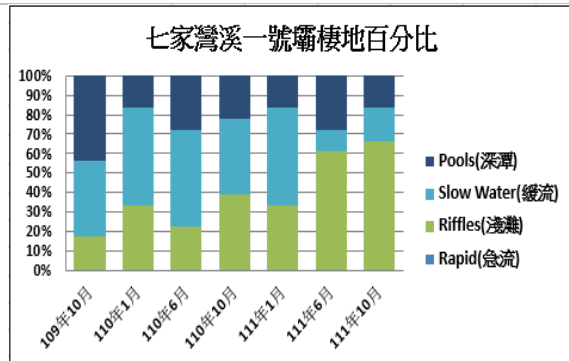
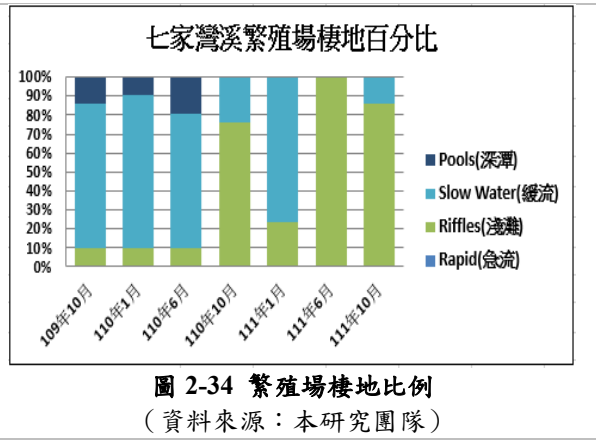
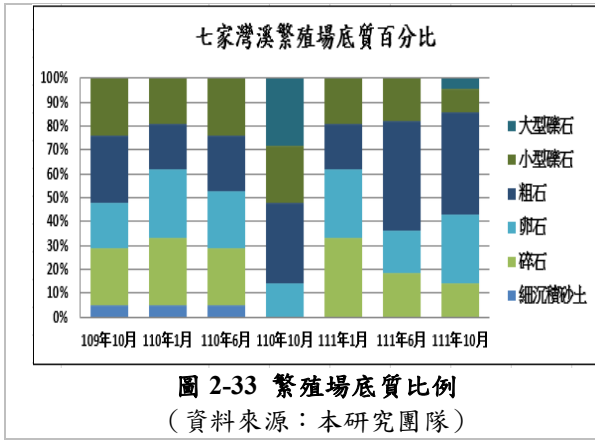


圖 2-32 一號壩棲地比例
(資料來源：本研究團隊)



2022年10月



2022年6月

圖 2-35 觀魚台樣站現地照片 (資料來源：本研究團隊)



2022年10月一號壩上游



2021年10月一號壩下游



2022年6月一號壩上游



2022年6月一號壩下游

圖 2-36 一號壩樣站現地照片
(資料來源：本研究團隊)



2022年10月匯流口處



2022年6月匯流口處

圖 2-37 繁殖場樣站現地照片
(資料來源：本研究團隊)

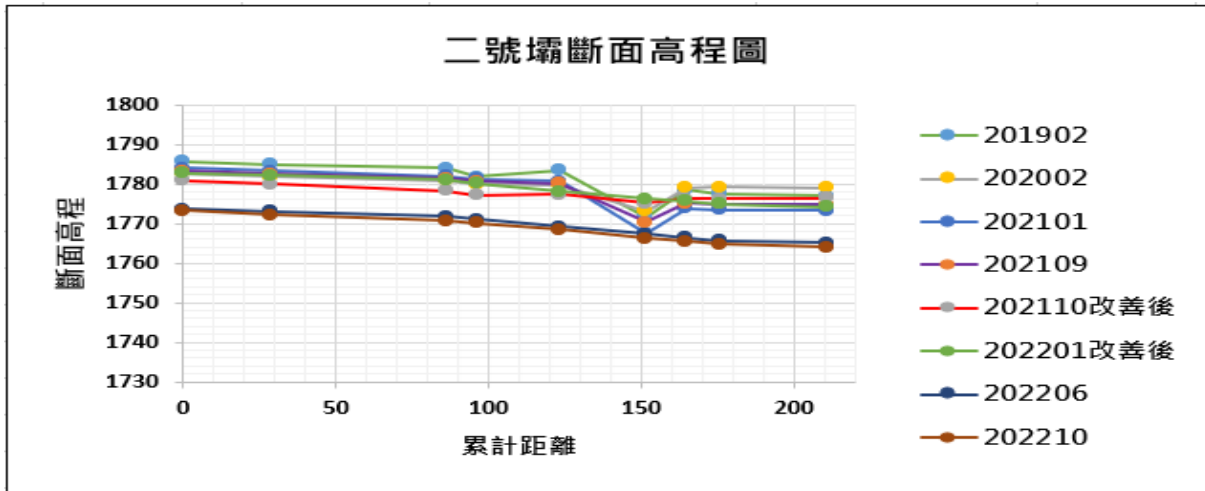


圖 2-38 高山溪縱斷面圖 (資料來源：本研究團隊)



2022年6月高山溪二號壩上游



2022年10月高山溪二號壩上游



2022年6月高山溪二號壩下游



2022年10月高山溪二號壩下游

圖 2-39 高山溪現地照 (資料來源：本研究團隊)

第二章 水文物理棲地調查及崩塌地監測

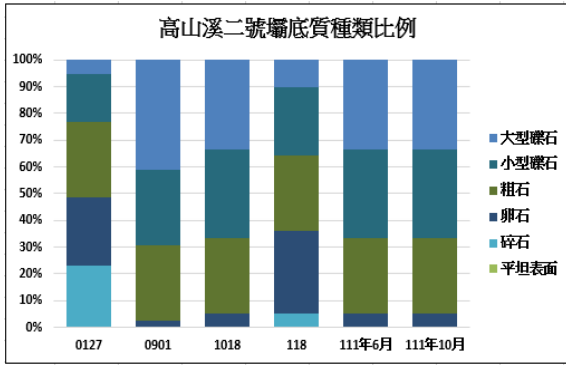


圖 2-40 高山溪二號壩底質類型圖

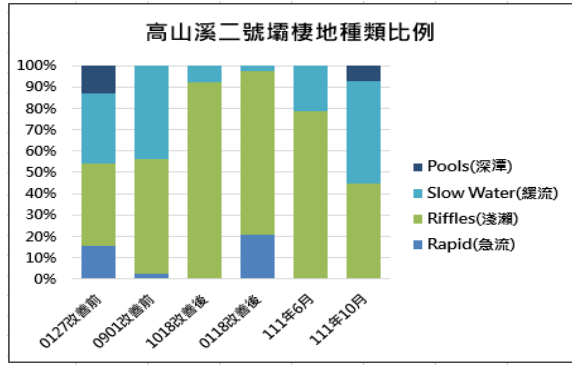


圖 2-41 高山溪二號壩棲地類型圖

(資料來源：本研究團隊)



2022 年 6 月



2022 年 10 月



2022 年 6 月



2022 年 10 月

圖 2-42 桃山西溪與四號壩上現地照

(資料來源：本研究團隊)

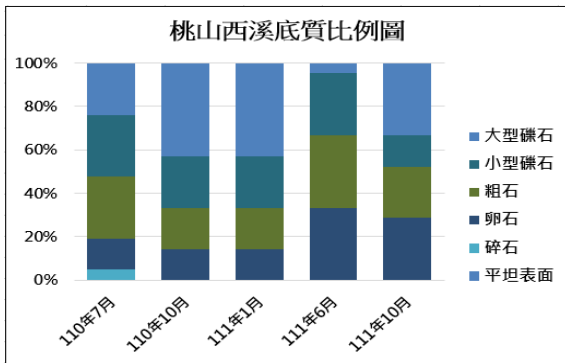


圖 2-43 桃山西溪底質類型圖

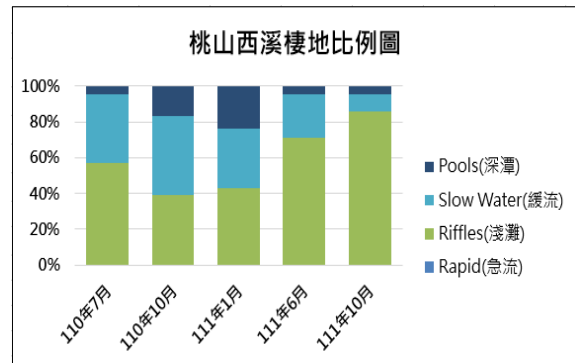


圖 2-44 桃山西溪棲地類型圖

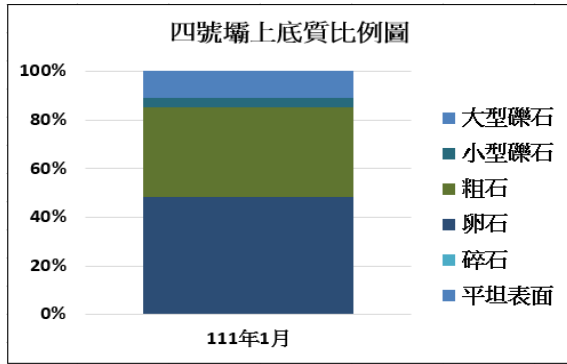


圖 2-45 四號壩上底質類型圖

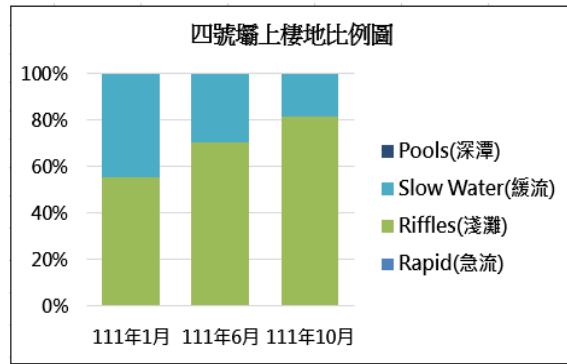


圖 2-46 四號壩上棲地類型圖

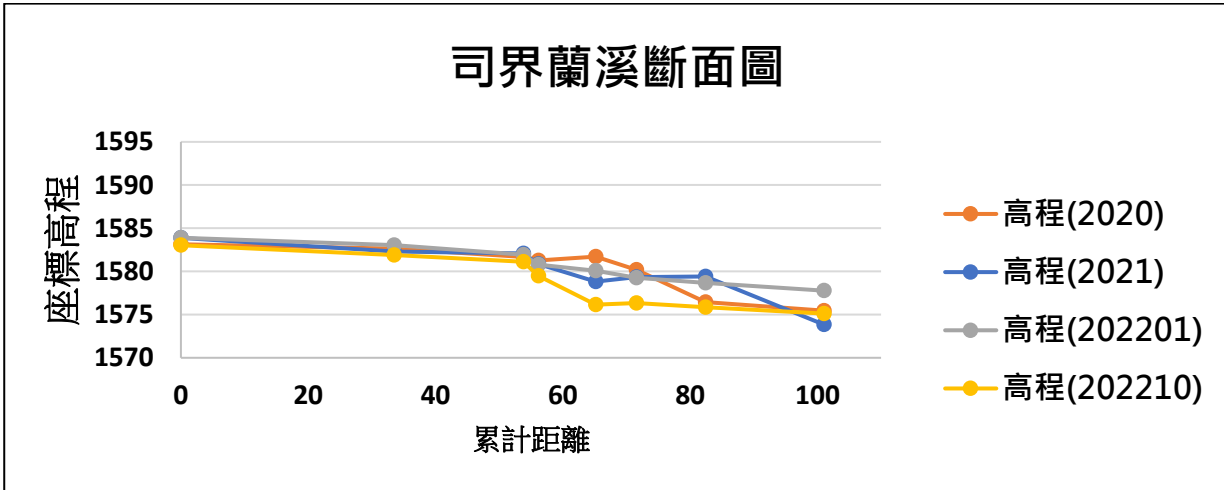


圖 2-47 司界蘭溪放流棲地縱斷面圖

(資料來源：本研究團隊)

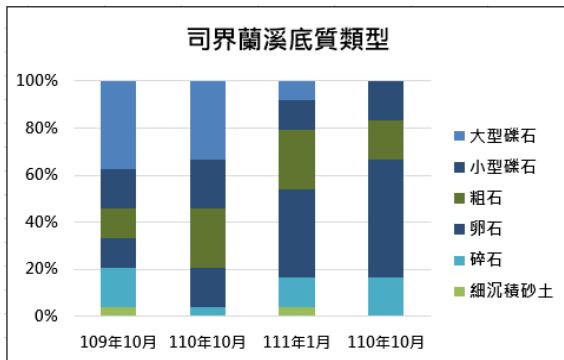


圖 2-48 司界蘭溪底質類型

(資料來源：本研究團隊)

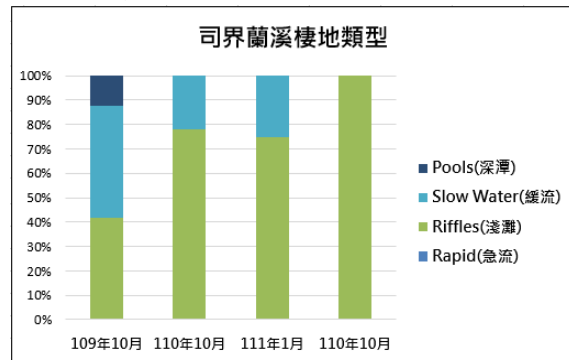


圖 2-49 司界蘭溪棲地類型

(資料來源：本研究團隊)



2022 年 10 月，右岸有農業行為

圖 2-50 司界蘭溪現地照片

(資料來源：本研究團隊)



2022 年 10 月，右岸有便道

圖 2-51 司界蘭溪現地照片

(資料來源：本研究團隊)

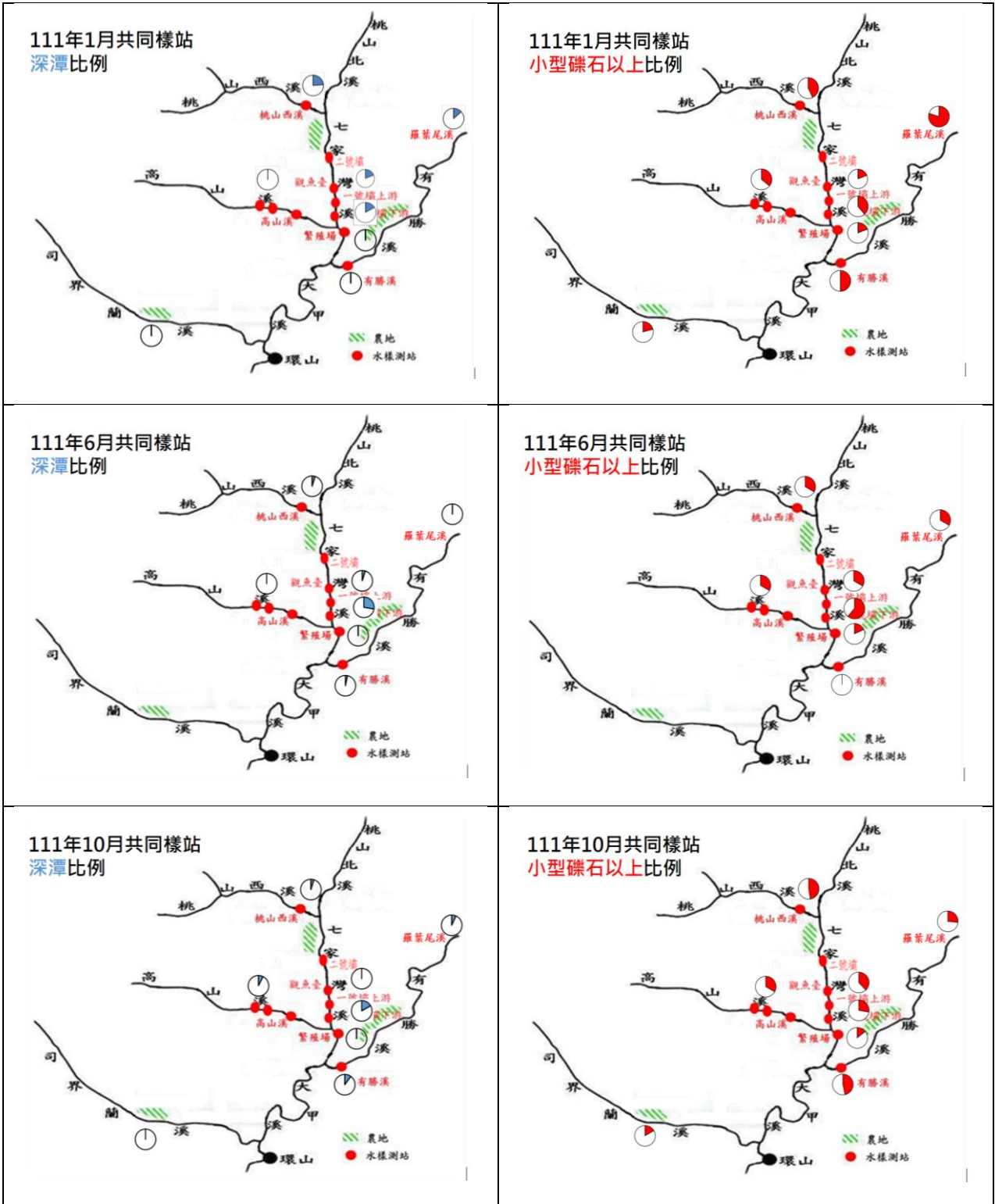


圖 2-52 今年度(2022)適合臺灣櫻花鉤吻鮭之深潭棲地比率(左欄)及大小礫石底質比率(右欄)

第二章 水文物理棲地調查及崩塌地監測

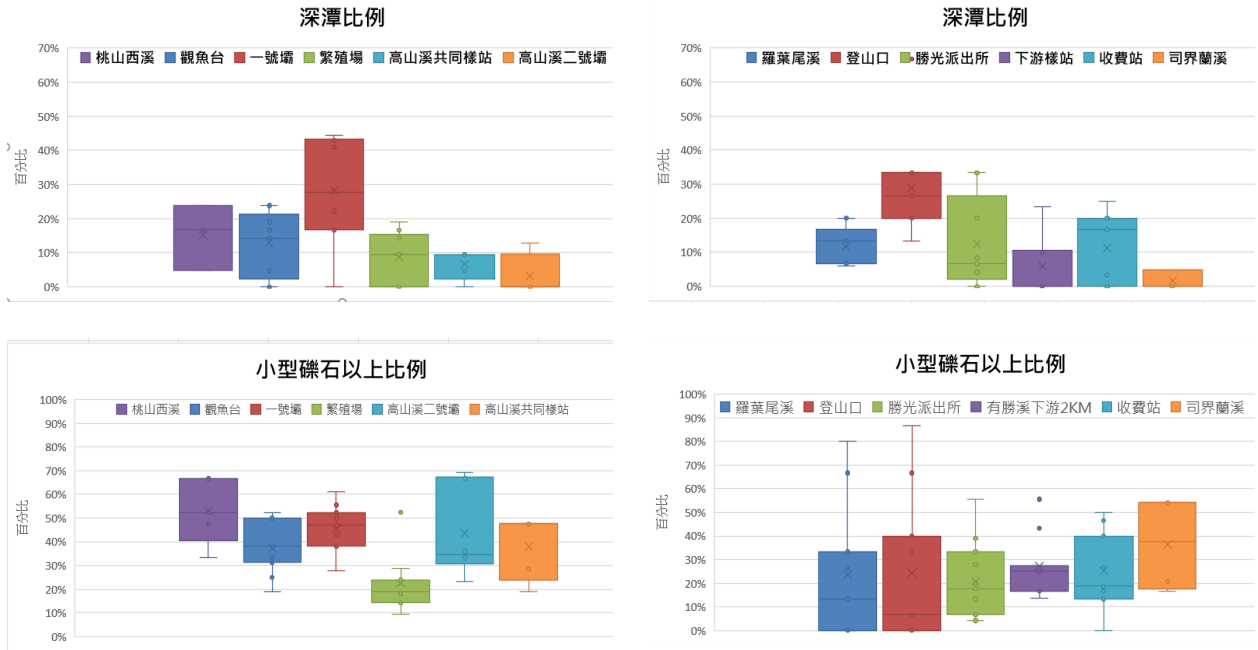


圖 2-52 歷年度適合臺灣櫻花鉤吻鮭之深潭棲地(上列)及大小礫石底質 (下列) 比率盒鬚圖

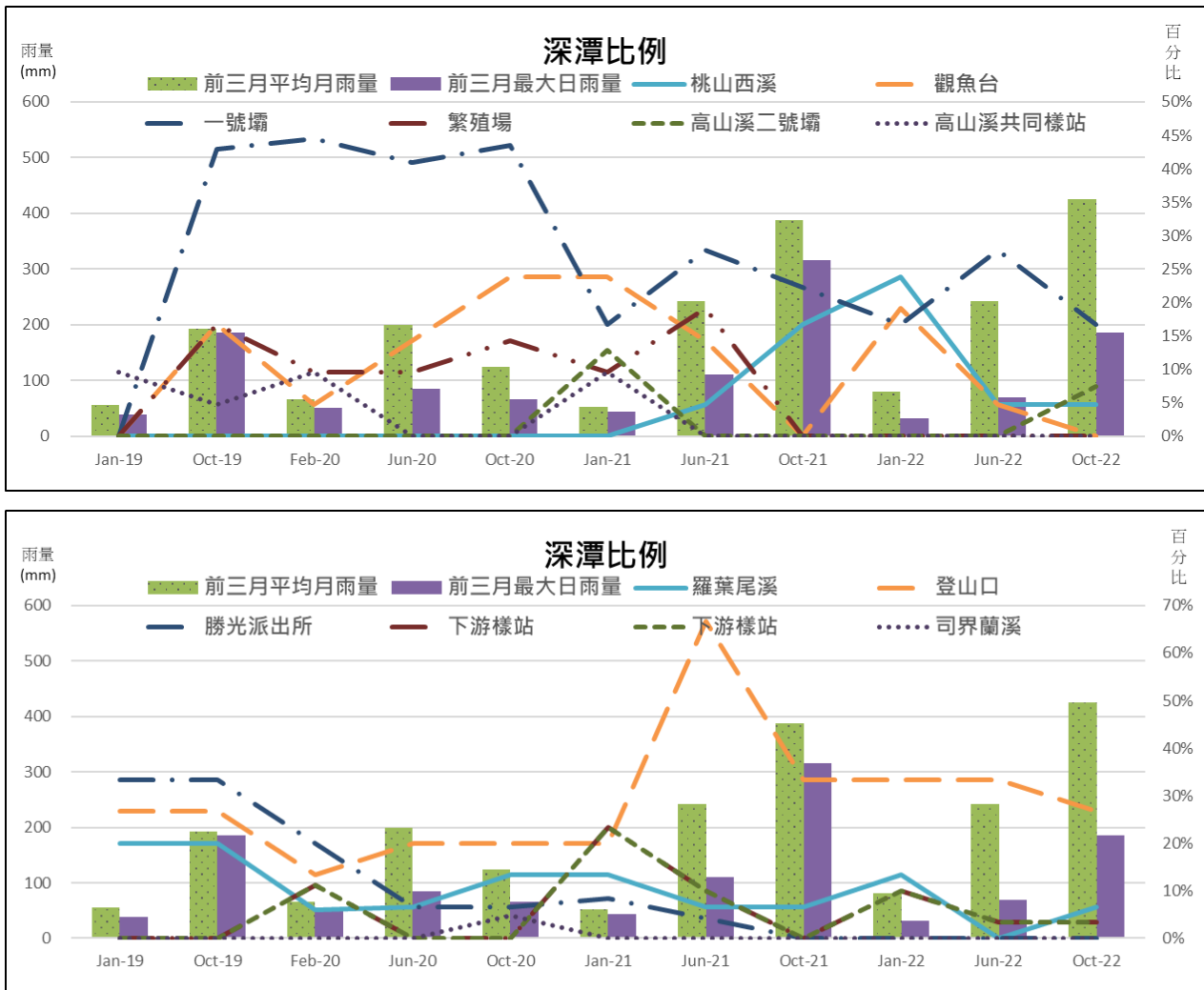


圖 2-53 近年各樣區深潭棲地面積比例與其前三月平均降雨量之歷史變動圖

(資料來源：本研究團隊)

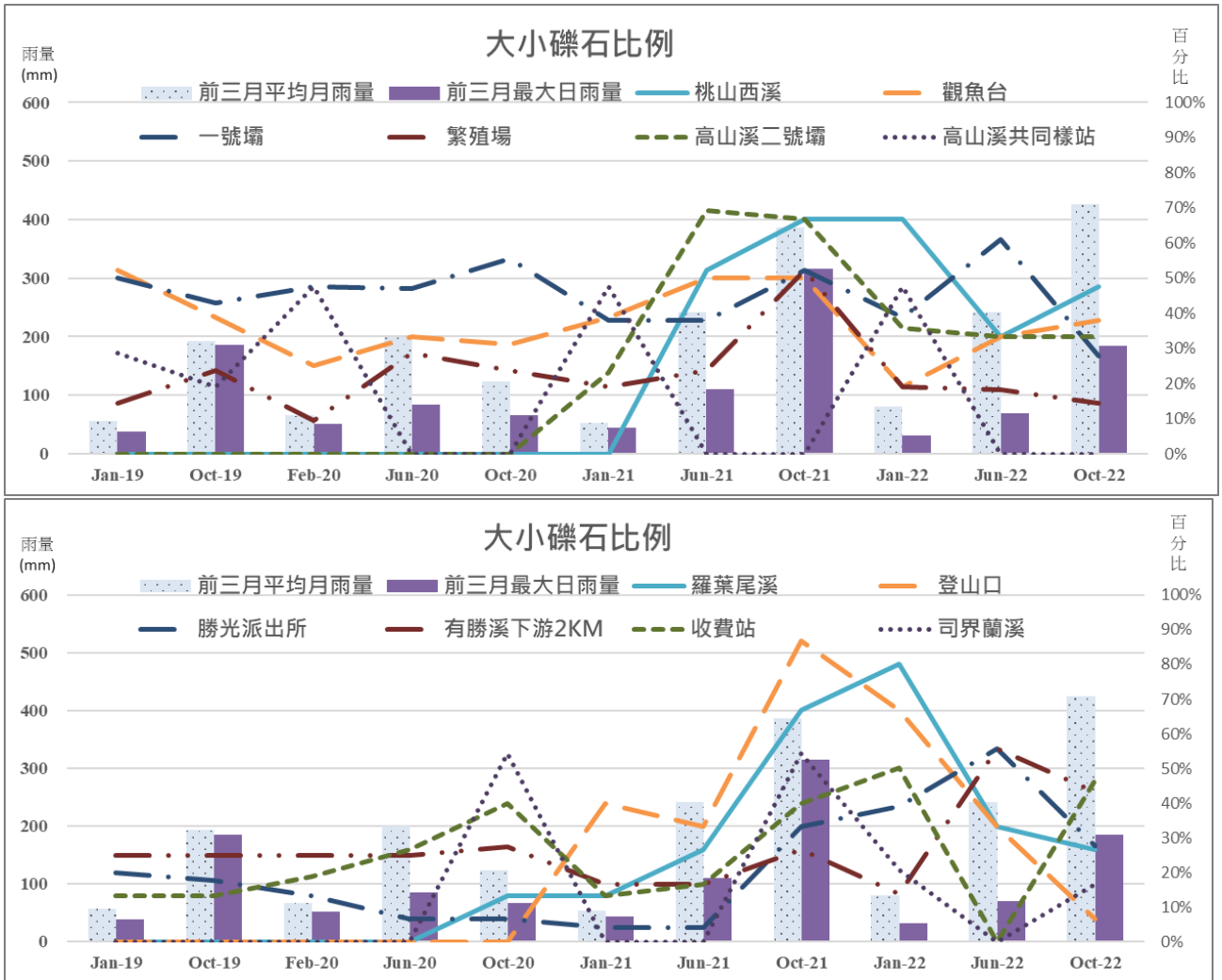


圖 2-54 近年各樣區大小礫石底質面積比例與其前三月平均降雨量之歷史變動圖

(資料來源：本研究團隊)

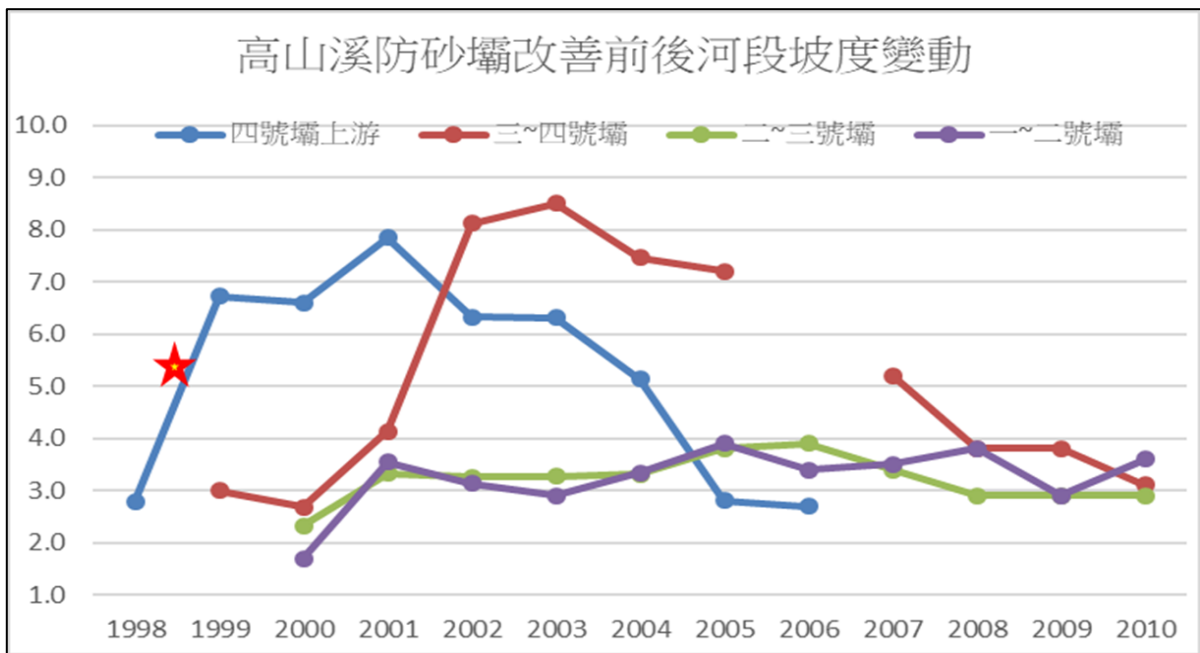


圖 2-55 高山溪防砂壩改善前後各河段之坡度變動圖(單位：%)

(資料來源：本研究團隊)

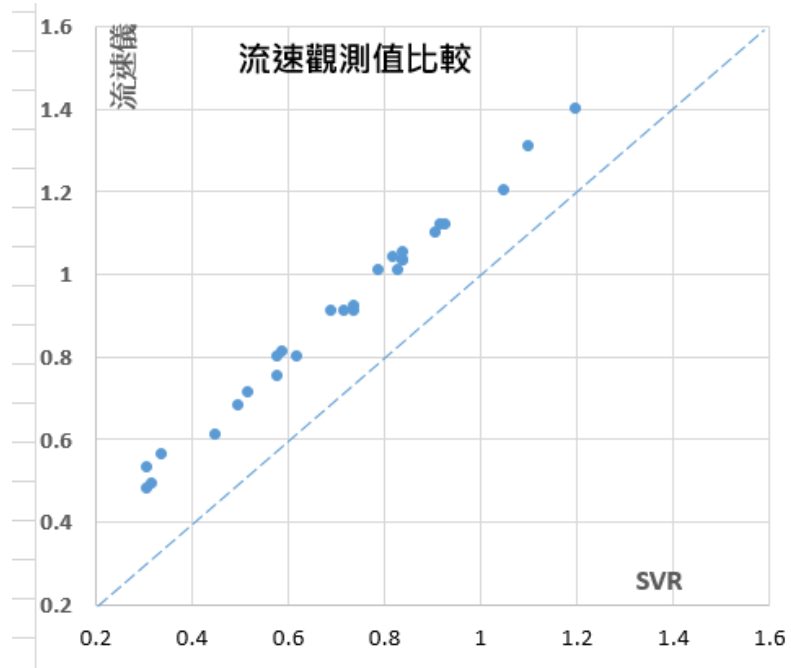


圖 2-56 SVR 及傳統流速儀之流速觀測比對

(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、胡璨陽
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 1、4、7、10 月份進行。分析項目敘述如下：採樣後現場量測 pH、水溫、導電度及溶氧等水質項目；濁度、矽酸鹽、硝酸鹽氮、亞硝酸鹽氮、硫酸鹽、氯鹽、磷酸鹽、

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。

桃山西溪測站去年因周邊施工導致的總有機碳與磷酸鹽濃度升高情形，今年(111年)因工程竣工，濃度已降回過往變動範圍。針對2021年9-10月間，高山溪二號殘材壩體改善前後與今年持續水質監測結果顯示，壩體改善後約2周時間，總有機碳與磷酸鹽濃度即回復過往同期之水質情況。

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 N/L縮小至0.1~0.5 mg N/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。鑒於羅葉尾溪鮭魚放流後族群穩定生長繁衍，卻始終無法擴展至有勝溪，水質條件可能是其中重要關鍵，故有勝溪兩岸之土地利用方式仍需再研析調整，以通暢櫻花鉤吻鮭在七家灣溪與羅葉尾溪間之交流廊道，因應氣候變遷，增加基因多樣性。

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，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，結果顯示兩者之硫酸鹽與導電度水質項目有差異，其餘水質項目並無太大不同，監測至111年，目前看來水質狀況穩定，符合目前濕地保育水質標準。

四、主要建議事項

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

1. 立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：武陵農場、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、總有機碳、磷酸鹽、亞硝酸鹽氮、硝酸鹽氮等濃度上升，除了近年雪管處與武陵農場管制遊客數、妥善管理污水處理設施外，建議仍應維持積極管理、提倡綠色旅遊、推廣有機栽作、選擇適當工法（如濱岸與水域施工使用污染防濁幕）、強化施工廢水管理，避免擾動溪流，降低對武陵地區溪流水質之影響。具體保育措施建議如下：

- (1) 濱岸或水中施工使用污染防濁幕
- (2) 加強、提高污水處理設施處理強度
- (3) 周遭農作程度降低與農園管制
- (4) 武陵農場旅客人數降載與管制

水質監測基本項目應包括水溫、導電度、濁度與酸鹼度值，若能輔以每季採樣分析硝酸鹽、亞硝酸鹽、氨氮、非離子態氮及總有機碳濃度，則可完整掌握水質變化情形。壩體改善前後亦應比照常長期監測項目對水質進行監測，因自動監測設備昂貴且極易遭溪流沖失，建議仍以人工採樣監測為原則。

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

雪霸處監測資料顯示，羅葉尾溪的鮭魚族群長期呈現穩定，但卻始終無法擴展至有勝溪的收費站河段，水質條件可能是關鍵之一。根據團隊在七家灣溪中游右岸 8.1 公頃農地回收前後監測溪流水質結果顯示，溪邊農業活動退縮與有效規範，可大幅提升溪流水質。由於氣候變遷加劇，為拓展櫻花鉤吻鮭棲息地，改善有勝溪勝光至收費站河段的水質，以暢通羅葉尾溪與七家灣溪兩區櫻花鉤吻鮭族群棲息廊道，宜積極加速推動有勝溪兩岸農地回收與農業行為規範管理。

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，111 年度上半年針對氨氮、生化需氧量，下半年針對 pH、溶氧、磷酸鹽進行探討，其中氨氮項目建議增加非離子態氮（NH₃）濃度限值，以呈現 pH 值對生物毒性較強之 NH₃ 物種濃度影響；另外，建議調整生化需氧量指標為總有機碳，可提升指標之敏感性，以利監控樣站差異或外部干擾之影響；pH、溶氧、磷酸鹽三水質項目，研析成果顯

第3章 水質監測

示，長期監測數據穩定，平均值符合現況水質標準與文獻建議之鮭魚生存環境條件，建議依原標準進行監測與管理，以兼顧各類生態遊憩活動與臺灣櫻花鉤吻鮭之保育。

修正水質標準有助管理機關掌握鮭魚生存環境變化，採取不同強度之因應策略。標準研析檢討完畢後，建議依新標準作為每次採樣分析結果之比對依據，收集三年數據後評估啟動標準之修正程序。

ABSTRACT

The Formosan landlocked salmon (*Oncorhynchus masou formosanus*), an endangered species, had ever widely lived in the upper branches of stream Da-Chia in the 1940s. However, the endangered salmon only naturally inhabit in Stream Chichiawan, Stream Kaoshan, Stream Taoshanshi, and Stream Taoshanpei 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 Loyehwei is the most successful restoration place, on which the salmon could naturally reproduce and even downwards distribute to Stream Yushan. Moreover, the Dam # 2 in Stream Kaoshan had been amended in Sep. 2021 for increasing the habitat area of salmon. This project aimed to (a) investigate the effect of dam amendment in Stream Kao-Shan on water quality, (b) monitor the water quality in Stream Loyehwei, 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 generally meets the water quality for salmon living, 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, suggestions were respectively suggested in short and long term as following:

In short term : due to human activities such as recreation, and the construction of surrounding revetments, roads or bridges, the increase in the concentrations of turbidity, total organic carbon, phosphate, nitrite, and nitrate in the water were occasionally monitored. The administration has being implemented the proper entrancy number of tourist and operation of sewage treatment. To reduce the impact on the water quality of streams in Wuling area, several active managements were also recommended, such as to promote green tourism and organic farming, to adopt appropriate construction methods with using pollution-proof turbidity screens for riparian and in-water construction, to strengthen construction wastewater management, and avoid disturbance of streams.

The basic items of water quality monitoring should include water temperature, conductivity, turbidity and pH value. If it can be supplemented by quarterly sampling and analysis of nitrate, nitrite, ammonia nitrogen, free ammonia and total organic carbon concentration, the conditions of water quality can be fully understood. Before and after the amendment of the dam body, the water quality should also be monitored following the items conducted in the regular long-term monitoring project. Since the automatic monitoring equipment is expensive and easily flushed away by the stream flow, manual sampling is still suggested.

In long term : based on the results of long-term water quality monitoring in Wuling areas and the analysis of relevant national and international water quality standards, an amendment of the water quality standards of the Chichiawan Creek Core Wetland Conservation Area is put forward. In the

第 3 章 水質監測

first half of 2022, it is aimed at ammonia nitrogen and biochemical oxygen demand, and in the second half of the year it is aimed at pH, dissolved oxygen and phosphate. The concentration criterion of non-ionized ammonia (NH_3) was proposed to show the effect of pH on the concentration of the species with high biological toxicity. In addition, total organic carbon was recommended to replace biochemical oxygen demand as water quality index to improve the sensitivity of indicators, consequently to differentiate the sampling sites or indicate the impact of external disturbances. The three water quality items, pH, dissolved oxygen and phosphate, were recommended to keep the used standards, so as to take into account various ecological recreational activities and the conservation of the Formosan salmon.

Amendments to water quality standards could help management agencies withhold the variation in the living environment of the Formosan salmon and adopt coping strategies. It is recommended to use the proposed standard revision as the basis for comparison of the results of each monitoring for at least three years then launch the procedure of amendment.

Key words: The Formosan salmon; Stream Dachia; Stream Chichiawan; Stream Koshan; 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，包括新竹縣五峰鄉、尖石鄉、苗栗縣泰安鄉、台中縣和平鄉，屬於高山型之國家公園(圖 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℃ 為最佳，孵化時 7~12.5℃，水溫過低攝食率亦隨之降低，過高對魚卵會產生致死作用；水溫升高更會造成溶氧的降低，水溫控制著魚類的攝食、代謝、生長率影響魚類甚巨(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 值過高水中氨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 值過高水中氮會以劇毒性之非離子狀態存在，對魚類造成影響。故學者(陳弘成 1998)建議水中氮濃度應小於 12.5 $\mu\text{g N}/\text{L}$ ，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 $\mu\text{g}/\text{L}$ 。

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(CaCN₃)，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，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(NO₃⁻)最易移動而淋洗流失。

b. 氮揮散現象：

尿素及氣態氮施肥施入 pH 值大於 7.5 的鹼性土壤時，易使氣態(NH₄⁺)轉變為 NH₃ 氮之氣體而揮散，尤其在高溫或風大之季節則更嚴重。

c. 脫氮作用：

(a)嫌氣的脫氮作用：

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

(b)硝化作用的脫氮現象：

土壤在通氣良好的條件時，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。

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

6. 水質標準：

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 3-2 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(NH_3-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(BOD5)、懸浮固體(SS)、大腸桿菌群、氨氮(NH_3-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 cm² 截面積，長 1 cm 之液柱時電阻之倒數，單位為 mho/cm，導電度較小時以其 10⁻³ 或 10⁻⁶ 表示，記為 mmho/cm 或 μmho/cm。導電度之測定需要用標準導電度溶液先行校正導電度計(HACH sension5)後，再測定水樣之導電度。

3. 溶氧：

利用溶氧計測定水樣中溶氧值(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：

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)。

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，而被轉換成具高導電度酸之形態，移動相溶液則轉換成低導電度之碳酸。經轉換後之待測硫酸鹽離子再流經電導度偵測器，即可依其滯留時間及波峰面積、高度或感應強度予以定性及定量。

11. 氯鹽：

水樣中之氯離子以離子層析儀(DIONEX ICS-1500)分析，隨碳酸鈉及碳酸氫鈉流洗液流經一系列之離子交換層析管時(DIONEX AS22 4mm)，即因其與低容量之強鹼性陰離子交換樹脂間親和力之不同而被分離。分離後待測氯離子再流經一高容量的陽離子交換樹脂之抑制裝置，而被轉換成具高導電度酸之形態，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

七家灣溪流例行性水質分析採樣於 111 年 1、4、7、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，110 年度高山溪壩體改善後相關比較水質監測結果如圖 3-70 至圖 3-82 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 6.8-8.8 之間(表 3-3)，武陵地區溪流的 pH 值多介於 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約在 90~400 $\mu\text{mho}/\text{cm}$ 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 12.5 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)；根據近年統計與環境現況分析，建議武陵地區溫度值，以春夏季 13~17 度與秋冬季 8~12 度，分別作為鮭魚生存與繁殖期之水溫狀況監測目標值。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。鑑於近年全球暖化的影響，將長期的資料區分為夏季與冬季進行分析，可看出桃山西溪、二號壩，在夏季時增長幅度較為明顯，觀魚臺、高山溪、繁殖場則為冬季時升溫情況較顯著。

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情況發生。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)，歐盟則建議鮭魚生長水體溶氧應高於 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，111 下半年度七家灣溪流域大部分水系溶氧值維持在 7.60 mg/L (111/10 有勝溪測站)~9.24 mg/L (111/6 桃山西溪測站)之間。

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，111 年下半年度觀察之測站濁度皆均低於 1.5 NTU，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。

111 下半年武陵地區各溪流所測得矽酸鹽介於 2.95 mg/L(111/06 桃山西溪測站)~4.14 mg/L(111/06 有勝溪測站)。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，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。

111 下半年度武陵地區大部分溪流硝酸鹽氮含量低於 1 mg N/L，除有勝溪旁，因有農田施作，故硝酸鹽氮含量達 1.19 mg N/L (111/06 有勝溪測站)。桃山西溪與高山溪無農田施作，兩區域硝酸鹽氮濃度平均值較其他武陵地區溪流低，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)，長期監測統計後之建議值也為 2 mg N/L，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，亞硝酸菌可將氨氮轉化成亞硝酸氮，硝酸菌則將亞硝酸氮再轉化成硝酸氮，又土壤顆粒表面大多帶負電，因而銨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 $\mu\text{g N/L}$ 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)，根據長期監測修正建議值為 4 $\mu\text{g N/L}$ 。武陵地區大部分溪流亞硝酸鹽氮濃度均低於 3 $\mu\text{g N/L}$ ，111 下半年度皆低於建議及規定之標準值，濃度皆低於 1 $\mu\text{g N/L}$ 。

溪流中的氮氮變化，在施用有機肥時會因肥料中氮的分解，透過雨水的沖刷導致溪流中氮氮濃度上升。除此之外，當溪流 pH 值過高時，水中氮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 $\mu\text{g N/L}$ (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 $\mu\text{g N/L}$ (European-Parliament, 2006)，總氮濃度須小於 0.03 mg N/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，武陵地區溪流之氮氮濃度於冬至早春季節較高，其餘季節則較少偵測到氮氮，111 下半年度，所監測之總氮濃度，與歷年結果相似，濃度介於 N.D(111/06 二號壩測站)~0.23 mg N/L (111/10 二號壩測站)，111 年並新增非離子態氮換算濃度，以輔助監測其 pH 所影響之存在狀態，其結果為 N.D(111/06 二號壩測站)~8.06 $\mu\text{g N/L}$ (111/10 二號壩測站)，顯示整體七家灣溪主要測站，皆低於陳弘成教授所定之標準，亦低於歐盟標準。

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 mg/L 以下，在 111 下半年，武陵地區溪流測站也皆低於 1 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 ，111 下半年度皆符合七家灣溪重要濕地水質標準。

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，111 下半年度濃度介於 0.25 mg/L (111/10 一號壩上游測站)~2.41 mg/L (111/10 觀魚台測站)；根據 110 年度報告顯示，110 下半年度因施工造成落葉或其他有機體進入溪流，以及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，造成總有機碳濃度升高，持續觀察到 111 年度，1 月份至 4 月

份濃度已有下降趨勢，如主要上游端，桃山西溪濃度從 3.89 mg/L(111/01 桃山西溪測站)降至 0.91 mg/L(111/04 桃山西溪測站)，到了下半年監測，已回到監測標準值內，濃度皆小於 2.5 mg/L，表示施工後與上流集水區崩塌會對溪流 TOC 濃度造成影響，需一定時間後，才能趨於監測標準值濃度內。

(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，111 年度持續監測高山溪、高山溪二號壩下，其壩體改善前後一個月，水質變化監測結果如圖 3-70 至 3-82 所示，將其與七家灣溪主要測站，如上游桃山西溪及觀魚台測站相比，根據結果顯示，高山溪於拆壩前後水質項目較有波動的為氯離子、總有機碳與磷酸鹽，於 110 年 6 月份時高山溪所測得結果為，氯離子 0.54 mg/L(110/06 高山溪測站)，在經歷拆除壩體後升至 1.33 mg/L(110/09 高山溪測站)，而高山溪二號壩下也同為較高濃度 1.78 mg/L(110/09)，總有機碳部分亦是如此，壩體改善前為 2.61 mg/L(110/06 高山溪測站)，拆除後為 4.34 mg/L(110/09 高山溪測站)，高山溪二號壩下 4.62 mg/L(110/09)，代表其相關工程對於水體影響，可能導致土壤鬆動鹽類與有機物釋出、殘材壩體本身有機物流入於溪流中，造成濃度提高，但其所影響水質之效期不長，於 110 年 10 月份，所監測之結果，隨即降回正常範圍值，氯離子 0.34 mg/L(110/10 高山溪測站)、0.54 mg/L(110/10 高山溪二號壩下)，總有機碳 1.85 mg/L(110/10 高山溪測站)、2.17 mg/L(110/10 高山溪二號壩下)，111 年度持續監測，其兩項目監測結果為，氯離子 N.D(111/10 高山溪二號壩下)~0.75 mg/L(111/10 高山溪測站)，總有機碳 0.27 mg/L(111/10 高山溪測站)~2.02 mg/L(111/06 高山溪二號壩下)，而其餘水質項目，並無太大變化。將 107~111 年高山溪水樣資料整合，並與拆壩時及拆壩後一年數據進行比較如盒鬚圖 3-83 至 3-95，圖中可清楚看出在壩體拆除後氯離子、總有機碳與磷酸鹽超出平均值，並可知工程的施作對於部分水質項目會有影響，後續監測則回到歷年數值範圍內；採樣監測結果顯示殘材壩拆除後，在約兩周之後，水質能回到長期變動範圍之內，亦能符合濕地保育標準。

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持續進行至今結果顯示上下游差異已不顯著。分析結果如圖 3-18 至圖 3-30 所示。

改善壩體後四個測站的 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 $\mu\text{mho}/\text{cm}$ 之間(陳弘成 1998)。111 下半年度導電度值介於 171.3~202.1 $\mu\text{mho}/\text{cm}$ 。

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)，111 下半年度數值皆在 2 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，硝酸鹽氮濃度測站今年度均維持在 1 mg/L 以下，硫酸鹽濃度介於 28.38~41.74 mg/L 間，氯鹽濃度介於 0.29 mg/L(觀

第3章 水質監測

魚臺測站)~1.09 mg/L(繁殖場測站)。111 下半年度亞硝酸鹽氮數值，皆符合標準以下，且都低於 1 mg N/L；氮氮濃度範圍在 0.01 mg N/L(111/06 一號壩下游測站)~0.16 mg N/L(111/10 繁殖場測站)；磷酸鹽濃度在 0.01 mg/L(111/10 一號壩上游測站)~0.04 mg/L(111/06 觀魚台測站)，符合七家灣溪水質標準中。

(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，其中與相近七家灣溪流進行比較，如觀魚台、繁殖場、有勝溪等，山溝及排水溝之 pH 值略低於七家灣溪流測站；矽酸鹽濃度略高於七家灣溪流測站；溫度及溶氧則與七家灣溪流測站差異不大。另外，排水溝之導電度值明顯低於山溝及七家灣溪；而在 109 年度後排水溝區域，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，較往年平均數值提高些；111 下半年度濁度皆維持在 5 NTU 規範下。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，介於 0.33 mg N/L(111/06 高山溪測站)~2.14 mg N/L(111/06 山溝測站)，其中排水溝測值則低於山溝、略高於七家灣溪流，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。

亞硝酸鹽氮濃度皆維持在 3 µg/L 之下，整體來說亞硝酸鹽氮濃度仍遠低於保育臺灣櫻花鉤吻鮭的水質基準 50 µg/L，且小於長期監測修正標準值 4 µg N/L。

山溝之氯鹽濃度高於排水溝測站，介於 0.08 mg/L(111/06 高山溪測站)~1.78 mg/L(111/10 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。

磷酸鹽監測濃度介於 0.01 mg/L(111/10 觀魚台測站)~0.11 mg/L(111/06 山溝測站)，磷酸鹽歷年監測值，皆在於七家灣溪水質標準值內，整體結果山溝測站略高於七家灣溪，排水溝測站則與七家灣溪結果相近。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，歷年監測結果穩定。山溝與排水溝測站測得總有機碳濃度介於 0.42 mg/L(110/10 排水溝測站)~1.68 mg/L(111/06 山溝測站)，數值結果與七家灣溪流相似，且在長期監測修正標準值內。

氮氮部分，山溝及排水溝，在 110 年度 6 月份檢測為 ND，主要因為，此時段為 110 年疫情較嚴重時刻，所進而使周遭農園休園，以及露營區無遊客使用，使之測得下降之濃度，111 年開放露營區後得到之濃度為，0.07 mgN/L(111/10 山溝)~0.1 mgN/L(111/10 排水溝)，回到歷年監測結果，代表 110 年度 6 月份，其主要影響水質濃度原因消失，顯示出遊客、農地對其具有一定影響。

(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。

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。硝酸鹽濃度、亞硝酸鹽濃度都符合七家灣溪重要濕地保育水質標準，111 年度結果亦符合長期監測修正標準值、歐盟標準，氨氮濃度介於 0.04 mg N/L(111/06 桃山西溪測站)~0.23 mg N/L(111/10 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 N/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 N/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

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。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(表 3-10)，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。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($\mu\text{S}/\text{cm}$)，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)，可能原因為周遭尚有果樹種植、使用肥料等所排放之污染物以離子態形式排放於水中，造成濃度較高；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，111 年度持續監測司界蘭溪其各項水質數據也都在標準內。

111 下半年度羅葉尾與有勝溪流域的水質分析結果顯示，pH 值介於 6.90(111/10 南湖登山口測站)~8.07(111/01 勝光測站)，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、矽酸鹽則與七家灣溪流域測站差異不大，濁度值維持在 5 NTU 之下。有勝溪(#9)、勝光(#203)、有勝溪下游(#204)有較高的硝酸鹽氮與導電度，與農耕施作導致該區導電度與營養鹽濃度高於其它溪流有關。硝酸鹽濃度普遍皆在標準內，有勝溪周遭因農作關係有較高數值產生，1.19 mg N/L(111/06 有勝溪測站)，其餘測站下半年度皆小於 1 mg N/L，亞硝酸鹽濃度也是如此，濃度皆低於 1.5 μg N/L，且低於長期監測修正標準值，111 下半年氨氮濃度介於 0.01 mg N/L(111/06 有勝溪測站)~0.12 mg N/L(111/10 羅葉尾溪測站)，非離子態氨除因有勝溪周遭有農作，達到 4.9 μg N/L，略高於歐盟、建議標準之 4.1 μg N/L，其餘樣站皆在標準內，磷酸鹽 111 下半年度測得濃度介於 0.01 mg/L(111/10 羅葉尾溪測站)~0.08 mg/L(111/06 有勝溪下游測站)，皆符合各項水質標準中。

羅葉尾河流域測站之硫酸鹽濃度介於 26.69 mg/L(111/06 南湖登山口測站)~61.35 mg/L(111/10 勝光測站)，勝光派出所測站的監測濃度為最高，可能與鄰近農地使用肥料有關，後續將持續觀察。

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，111 下半年度羅葉尾及有勝溪測站總有機碳濃度介於 0.27 mg/L(111/10 南湖登山口測站)~1.52 mg/L(111/06 羅葉尾溪測站)，皆符合水質標準。雪霸處監測資料顯示，羅葉尾溪的鮭魚族群長期呈現穩定，但卻始終無法擴展至有勝溪的收費站河段，水質條件可能是關鍵之一。根據團隊在七家灣溪中游右岸 8.1 公頃農地回收前後監測溪流水質結果顯示，溪邊農業活動退縮與有效規範，可大幅提升溪流水質。由於氣候變遷加劇，為拓展櫻花鉤吻鮭棲息地，改善有勝溪勝光至收費站河段段的水質，以暢通羅葉尾溪與七家灣溪兩區櫻花鉤吻鮭族群棲息廊道，宜積極加速推動有勝溪兩岸農地回收與農業行為規範管理。

(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一段時間，部分項目與現況及其他標準(如歐盟)差異較大，故建議部分修正。本計畫去年已對針對水溫、硝酸鹽氮與亞硝酸鹽氮三個項目進行研析，今年上半年則加入非離子態氮、生化需氧量，進行相關建議，下半年以 pH、溶氧、磷酸鹽進行探討，藉由國內外相關標準蒐集、近五年現地調查結果分析、臺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)兩期以方便檢視並兼顧臺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)~最高值觀魚台 19.3°C(2022/06)，平均則為春夏為 13.5(羅葉尾溪)~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 N/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 N/L，亞硝酸鹽氮則為 0.84(二號壩)~1.1(桃山西溪) µg N/L，最低值桃山西溪 N.D(2017/10)~最高值觀魚台 5.97(2018/07) µg N/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，或氮氣氧化而來，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 asN/L，陳弘成教授則訂為

第3章 水質監測

化期小於 30 $\mu\text{g as N/L}$ ，孵化期小於 50 $\mu\text{g as N/L}$ 。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 30 $\mu\text{g as N/L}$ ，修為 4 $\mu\text{g as N/L}$ ，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。

為了解水中，當 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，往年以總氮濃度進行監測，而考慮到樣站間之 pH 值差異，今年新增依參考文獻，參照相關轉換公式，以分析樣站非離子態氮濃度，結果顯示，七家灣溪主要流域之非離子態氮濃度，低於學者建議之標準值範圍 12.5 $\mu\text{g N/L}$ ，也符合歐盟規定鮭魚水體標準 4.1 $\mu\text{g N/L}$ 。測站當中，如勝光、有勝溪測站，在今年度濃度分別測出，4.84 $\mu\text{g N/L}$ (111/01)、6.77 $\mu\text{g N/L}$ (111/04)，超出歐盟規定之準則值，根據近五年監測值顯示，其平均值也大於七家灣溪，如桃山西溪測站為 1.16 $\mu\text{g N/L}$ (2017-2022)、勝光測站 3.98 $\mu\text{g N/L}$ (2017-2022)，且氮氮為肥料中重要成分，顯示出周遭農地對氮氮濃度有所影響，需加以監測，建議非離子態氮濃度標準訂為 4.1 $\mu\text{g N/L}$ ，據此計算近五年核心保育區不符合率為 8.3%。

除建議修正水質標準值外，歷年水質項目中，生化需氧量項目，依長期監測數據結果，建議以總有機碳項目取代表示之，因根據生化需氧量實驗數據，並依照環檢所方法所代入公式得到之結果，樣站間之結果相近(如表 3-9)，難以監測出區別，而總有機碳結果精確性更高，並參照歐盟標準、地面水體分類及水質標準，建議生化需氧量為 <3 mg/L ，而七家灣溪流區域結果均 <1 mg/L ，都符合於標準內，且參照環保署之總有機碳名詞解釋中也有提到，對有機物含量極低的水而言，測定總有機碳是檢驗水中含有機物量的極佳方法，最後比較相關生化需氧量與總有機碳轉換之文獻，七家灣溪流區域濃度大致在於 1 mg/L 內，無法得到有效之經驗轉換公式，故建議以直接測得總有機碳，作為水質標準項目監測，以利長期觀察之樣站差異區分，及短期環境變化之偵測，且根據七家灣溪重要濕地保育標準，建議總有機碳管理項目濃度訂為 <4 mg/L ，並計算其近五年核心保育區不符合率為 2.6%，其中不符合筆數，主要為施工影響導致濃度升高所造成。

111 年持續檢討氫離子濃度，即 pH 值，根據長期監測結果，並以近五年平均值檢視，主要流域之 pH 平均值，介於 7.5(羅葉尾溪)~7.93(觀魚台)，皆符合歐盟規定及七家灣溪水質標準，其中近五年核心保育區不符合率為 3.1%，出現之不符合值為低於建議 pH 下限值，但尚在 pH 值低於 5.2 時會對魚類鰓的表面細胞有損害作用之上，最低值為 6.26(桃山西溪)，依照長期監測顯示，七家灣溪主要復育區域，pH 結果長期穩定於水質標準中，符合文獻、歐盟建議之鮭魚生存環境條件，且並無太大波動值產生，故建議依原標準繼續監測。

溶氧部分，七家灣溪溶氧值近五年平均值為 8.87 mg/L (觀魚台)~9.29 mg/L (二號壩)，皆符合七家灣溪濕地水質標準、歐盟標準，水中溶氧對魚類至關重要，過高過低皆會對魚類造成

第3章 水質監測

影響，過低容易使魚類缺氧死亡，而過高造成溶氧過飽和，容易使溶解氣體在魚體內皮膚或血液中，以氣泡狀態游離，使魚類患得氣泡病，造成血管栓塞，進而死亡，又因溶氧在氣溫、壓力、鹽度等條件不同下，飽和量不同，需持續觀察，目前依七家灣溪長期監測結果檢視，溶氧狀況良好，近五年核心保育區不符合率為 0.8%，且平均值穩定，符合文獻建議之鮭魚生存環境條件，能夠依其原水質標準下限值繼續監測，後續亦能以水溫等條件，如有全球暖化等較明顯之變化，進行兩者間輔助監測。

正磷酸鹽，為水體造成優養化因素之一，一般而言掌握磷/氮比值，以控制優氧現象，其中又以控制、去除磷元素，成為綠藻之生長限制因子，作為常見策略，檢視七家灣溪核心保育區近五年平均值，其磷酸鹽平均濃度介於，0.030 mg/L(觀魚台)~0.039 mg/L(桃山西溪)，皆低於歐盟 0.2 mg/L、七家灣溪水質保育標準 0.15 mg/L，顯示出其磷酸鹽穩定低於相關標準，符合歐盟建議之鮭魚生存環境條件，近五年不符合率為 0.8%，且磷在自然界中較氮而言，更不易傳輸，有不符值產生時，再依其探討是否有大雨沖刷等因素，造成使表土壤中之磷素移動，而依長期結果檢視，建議依照原標準持續長期監測。

對於以上管理標準，建議設定規劃為 3 年不合格率超過 33%啟動保育措施，即 3 年 12 次採樣中有 4 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標準對於武陵地區溪流進行分析，以及歷年水質數據監測狀況，相關保育措施建議如下：

1. 濱岸或水中施工使用污染防濁幕
2. 武陵農場旅客人數降載與管制
3. 周遭農作程度降低與農園管制
4. 加強、提高污水處理設施處理強度與負荷量

五、結論與建議

(一)結論

1. 水質監測結果顯示，武陵地區除有勝河流域測站外大部分測站溪流水質良好，符合臺灣櫻花鉤吻鮭生存水質標準，目前武陵地區溪流生態尚屬適合臺灣櫻花鉤吻鮭生存之環境。
2. 在導電度及營養鹽方面，桃山西溪與高山溪均低於其它溪流；七家灣溪中下游測站及有勝溪則有較高的營養鹽濃度，可能與農耕施作和山上降雨沖刷導致該區導電度與營養鹽濃度高於其它溪流有關。
3. 武陵地區各溪流的硝酸鹽氮含量，在七家灣溪中游觀魚臺明顯比上游桃山西溪高；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。
4. 桃山西溪於 110 年度檢測出較高總有機碳濃度，推測為樣點上邊坡施工造成，以及各集水區崩塌，所導致集水區面積增加所造成，於 111 年度已回到正常歷年監測值。
5. 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，濃度即有下降，在歷年平均值以下，111 年疫情趨緩，開放相關園區後，濃度稍有上升，回到歷年監測值平均值。
6. 8.1 公頃回收農用地之歷年監測結果觀察到 99 年之後，桃山西溪(#2)、二號壩(#3)及觀魚臺(#4)三測站硝酸鹽氮濃度差距幅度明顯從 2.2 mg N/L 縮小至 0.1~0.5 mg N/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；有勝溪至收費站河段之水質狀況相對較差，後續需再加以觀察周遭農耕行為之關鍵污染因子。
7. 羅葉尾溪放流點(#201)與南湖登山口(#202)無農田施作，導電度值明顯為羅葉尾及有勝溪流域中最低；其餘測站因農耕活動的關係，導電度值較高，由此可明顯觀察到農耕行為對溪流導電度所造成的影響。
8. 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。。
9. 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。
10. 持續針對七家灣溪重要濕地保育水質管理標準進行檢視建議，其中 pH、溶氧、磷酸鹽部分，檢視近五年核心保育平均值，三項水質標準長期穩定，皆符合七家灣溪重要濕地保育水質標準、歐盟標準、文獻建議之鮭魚生存環境條件，且期間內並無明顯離

第3章 水質監測

群值產生，不符合率也相較其餘建議修正標準值更低，建議能依原標準值繼續監測，符合七家灣溪長期水質狀況。新增非離子態氮項目，濃度上限訂為 4.1 $\mu\text{g N/L}$ ，並建議以總有機碳濃度替代生化需氧量，濃度上限訂為 4mg/L。

11. 根據七家灣溪重要濕地保育水質管理標準，監測其相關水質狀況，建議設定規劃為3年不合格率超過 33%啟動保育措施，即3年12次採樣中有4次不合格即啟動檢討措施。

(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：

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、總有機碳、磷酸鹽、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、妥善管理污水處理設施外，建議仍應維持積極管理、提倡綠色旅遊、推廣有機栽作、選擇適當工法（如濱岸與水域施工使用污染防濁幕）、強化施工廢水管理，避免擾動溪流，降低對武陵地區溪流水質之影響。具體保育措施建議如下：

。具體保育措施建議如下：

- (1) 濱岸或水中施工使用污染防濁幕
- (2) 加強、提高污水處理設施處理強度
- (3) 周遭農作程度降低與農園管制
- (4) 武陵農場旅客人數降載與管制

水質監測基本項目應包括水溫、導電度、濁度與酸鹼度值，若能輔以每季採樣分析硝酸鹽、亞硝酸鹽、氨氮、非離子態氮及總有機碳濃度，則可完整掌握水質變化情形。壩體改善前後亦應比照長期監測項目對水質進行監測，因自動監測設備昂貴且極易遭溪流沖失，建議仍以人工採樣監測為原則。

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

雪霸處監測資料顯示，羅葉尾溪的鮭魚族群長期呈現穩定，但卻始終無法擴展至有勝溪的收費站河段，水質條件可能是關鍵之一。根據團隊在七家灣溪中游右岸 8.1 公頃農地回收前後監測溪流水質結果顯示，溪邊農業活動退縮與有效規範，可大幅提升溪流水質。由於氣候變遷加劇，為拓展櫻花鉤吻鮭棲息地，改善有勝溪勝光至收費站河段段的水質，以暢通羅葉尾溪與七家灣溪兩區櫻花鉤吻鮭族群棲息廊道，宜積極加速推動有勝溪兩岸農地回收

與農業行為規範管理。

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，111年度上半年針對氨氮、生化需氧量，下半年針對 pH、溶氧、磷酸鹽進行探討，其中氨氮項目建議增加非離子態氨（NH₃）濃度限值，以呈現 pH 值對生物毒性較強之 NH₃ 物種濃度影響；另外，建議調整生化需氧量指標為總有機碳，可提升指標之敏感性，以利監控樣站差異或外部干擾之影響；pH、溶氧、磷酸鹽三水質項目，研析成果顯示，長期監測數據穩定，平均值符合現況水質標準與文獻建議之鮭魚生存環境條件，建議依原標準進行監測與管理，以兼顧各類生態遊憩活動與臺灣櫻花鉤吻鮭之保育。

修正水質標準有助管理機關掌握鮭魚生存環境變化，採取不同強度之因應策略。標準研析檢討完畢後，建議依新標準作為每次採樣分析結果之比對依據，收集三年數據後評估啟動標準之修正程序。

六、參考文獻

- Directive 2006/44/Ec Of The European Parliament And Of The Council Of 6 September 2006
- Donata Dubber & Nicholas F. Gray (2010) Replacement of chemical oxygen demand (COD) with total organic carbon (TOC) for monitoring wastewater treatment performance to minimize disposal of toxic analytical waste, *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 45:12, 1595-1600, DOI: 10.1080/10934529.2010.506116
- 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
- Waziri, M., & Ogugbuaja, V. O. (2010). Interrelationships between physicochemical water pollution indicators: A case study of River Yobe-Nigeria. *American Journal of Scientific And Industrial Research*, 1 (1), 76–80.
- 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
- 鄒玲媛, 承憲成(2002) 非離子氮(UIA)水質評價指標及換算方法

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：指經活性碳吸附、離子交換、逆滲透等特殊或高度處理可供公共給水之水源。

(資料來源：行政院環境保護署水污染防治)

表 3-2 歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準(2006.9.6.)

水質項目	鮭魚		鯉魚	
	準則	命令	準則	命令
溫度(°C)		1.5~21.5°C		3~28°C
溶氧(mg O ₂ /L)	50 % ≥ 9	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)	非離子 態氮 (μ g N/L)	總有機 碳 (mg/L)	pH	溶氧 (mg/L)	磷酸鹽 (mg/L)
原標準 [†]	春季 10.5~14.5	15 以下	30 以 下	-	(BOD 1 mg/L 以下)	6.8~8.8	≥ 6.5	≤ 0.15
	夏季 13.3~15.3							
	秋季 11.3~15.3							
臺灣櫻花鉤吻 鮭適合水質 [#]	冬季 6.9~10.9	2 以下	生存: 50 以下	12.5 以 下	(BOD 生存: ≤ 1	6.5~8.5	7 以上 (飽合度 85%以 上)	≤ 0.01
	孵化: 7~12.5		孵化: 30 以 下		孵化: ≤ 0.6)			
歐盟標準 [*]	1.5~21.5	-	3 以下	4.1 以 下	(BOD 3 以 下)	6~9	50 % ≥ 9、100 % ≥ 7	≤ 0.2
飲用水水源 ⁺	-	10 以下	100 以 下	-	4 以下	6~8.5	-	-
建議修正標準	春夏 (3-9 月 生存): 13~17	2 以下	4 以下	新增監 測 4.1 以 下	4 以下	依原標準	依原標準	依原標準
	秋冬 (10-2 月 孵化): 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

第 3 章 水質監測

*: 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

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	E 121.284407	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 3-8 111 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	6/30	14.4	7.35	133.9	9.24	0.23	2.95
#3	二號壩	6/30	15.3	7.68	179.9	8.80	0.27	3.59
#4	觀魚臺	6/30	19.3	7.68	193.0	8.23	0.30	3.80
#5	繁殖場	6/30	16.5	7.43	171.3	8.53	1.37	3.90
#8	高山溪	6/30	17	7.95	158.8	8.43	0.51	4.10
#9	有勝溪	6/30	19.4	7.92	271.1	8.27	0.40	4.14
#12	一號壩上 游	6/30	18.9	7.89	193.0	8.25	0.45	3.08
#13	一號壩下	6/30	16.8	7.39	191.3	8.59	1.21	3.80

游								
#17	高山溪二 號壩下	6/30	17.2	7.88	157.7	8.53	0.36	4.12
#201	羅葉尾溪 放流點	6/30	14.7	7.75	150.4	8.73	0.18	4.30
#202	南湖登山 口	6/30	16.1	7.43	143.5	8.22	0.39	4.15
#203	勝光	6/30	18.4	8.07	390/3	7.93	0.49	3.81
#204	有勝溪下 游	6/30	19.4	8.01	252.5	7.82	4.27	4.14
A6	山溝	6/30	16	7.15	123.4	8.42	0.39	6.02
B1	排水溝	6/30	15.1	7.25	88.4	8.05	1.08	5.60

站號	站名	採樣日期	NO ₃ ⁻ -N	NO ₂ ⁻ -N	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	PO ₄ ³⁻	NH ₄ ⁺ -N	NH ₃ -N	TOC
			mg N/L	µg N/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg N/L	µg N/L	mg/L
		月/日								
#2	桃山西溪	6/30	1.10	ND	21.09	0.12	0.05	0.04	0.50	2.06
#3	二號壩	6/30	0.28	ND	36.87	0.15	0.05	ND	ND	1.32
#4	觀魚臺	6/30	0.90	0.50	42.10	0.15	0.04	0.10	2.62	2.41
#5	繁殖場	6/30	0.05	0.1	34.11	0.12	0.03	0.10	1.49	1.01
#8	高山溪	6/30	0.33	0.1	26.69	0.08	0.03	0.11	5.19	1.42
#9	有勝溪	6/30	1.19	0.40	42.01	0.96	0.05	0.01	0.45	1.31
#12	一號壩上	6/30	0.28	0.2	35.59	0.13	0.03	0.11	4.60	1.33
	游									
#13	一號壩下	6/30	0.30	ND	35.10	0.19	0.03	0.01	0.13	1.09
	游									
#17	高山溪二	6/30	0.07	ND	28.37	0.07	0.06	0.05	2.02	2.02
	號壩下									
#201	羅葉尾溪	6/30	0.33	ND	29.51	0.07	0.03	0.10	3.03	1.52
	放流點									
#202	南湖登山口	6/30	0.32	ND	28.38	0.07	0.03	0.03	0.44	1.22
#203	勝光	6/30	0.43	0.1	57.08	0.37	0.04	0.08	4.96	1.27
#204	有勝溪下	6/30	0.70	0.7	38.67	0.73	0.08	0.09	4.90	1.22
	游									
A6	山溝	6/30	2.14	0.1	12.38	1.71	0.11	0.07	ND	1.68
B1	排水溝	6/30	0.80	0.1	11.02	0.73	0.07	0.07	0.78	0.98

(資料來源：本研究資料)

表 3-9 111 年 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
			°C		µS/cm	mg/L	NTU	mg/L
		月/日						
#2	桃山西溪	10/3	12.6	7.82	142.1	8.50	0.65	3.13
#3	二號壩	10/3	13.4	7.81	190.8	8.44	0.28	3.66
#4	觀魚臺	10/3	18.2	7.76	202.1	7.70	0.27	3.93
#5	繁殖場	10/3	14.1	7.66	176.8	8.10	0.27	3.94
#8	高山溪	10/3	14.5	7.80	154.8	8.02	0.31	3.94

第3章 水質監測

#9	有勝溪	10/3	16.2	7.54	271.1	7.60	0.30	3.97
#12	一號壩上游	10/3	17.6	7.83	181.9	7.87	0.24	3.91
#13	一號壩下游	10/3	15.3	7.78	201.5	8.19	0.31	3.93
#17	高山溪二號壩下	10/3	16.2	7.70	153.7	7.88	0.37	3.97
#201	羅葉尾溪放流點	10/3	14.7	7.00	145.8	8.64	0.27	4.26
#202	南湖登山口	10/3	15.1	6.90	138.2	8.42	0.25	4.17
#203	勝光	10/3	16.9	7.82	376.0	8.11	0.31	3.78
#204	有勝溪下游	10/3	17.5	7.73	229.9	7.89	0.44	4.02
A6	山溝	10/3	14.4	7.71	106.6	7.50	0.29	5.83
B1	排水溝	10/3	15.1	7.71	91.6	7.60	0.35	5.61

站號	站名	採樣日期	NO ₃ ⁻ -N	NO ₂ ⁻ -N	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	PO ₄ ³⁻	NH ₄ ⁺ -N	NH ₃ -N	TOC
		月/日	mg N/L	µg N/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg N/L	µg N/L	mg/L
#2	桃山西溪	10/3	0.44	1.00	25.14	0.17	0.01	0.15	5.37	0.29
#3	二號壩	10/3	0.55	0.40	36.87	0.05	0.02	0.23	8.06	0.36
#4	觀魚臺	10/3	0.59	0.50	42.10	0.10	0.01	0.06	1.88	0.28
#5	繁殖場	10/3	0.52	0.40	34.11	ND	0.01	0.16	4.01	0.30
#8	高山溪	10/3	0.45	0.40	27.58	0.75	0.01	0.13	4.45	0.27
#9	有勝溪	10/3	0.61	0.60	43.42	0.74	0.02	0.04	0.77	0.47
#12	一號壩上游	10/3	0.54	0.50	41.96	0.25	0.01	0.07	2.56	0.25
#13	一號壩下游	10/3	0.54	0.50	42.45	0.24	0.02	0.11	3.61	0.27
#17	高山溪二號壩下游	10/3	0.40	0.50	27.18	ND	0.01	0.08	2.19	0.52
#201	羅葉尾溪放流點	10/3	0.31	1.30	30.11	0.46	0.01	0.12	0.67	0.59
#202	南湖登山口	10/3	0.36	0.50	28.23	0.31	0.03	0.07	0.31	0.40
#203	勝光	10/3	1.07	1.20	61.35	0.44	0.02	0.05	1.79	1.13
#204	有勝溪下游	10/3	0.52	1.00	40.79	0.70	0.03	0.09	2.64	0.82
A6	山溝	10/3	1.84	0.90	12.33	1.78	0.04	0.07	ND	0.45
B1	排水溝	10/3	0.91	0.70	10.09	0.65	0.03	0.1	2.80	0.42

(資料來源：本研究資料)

表 3-10 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

(資料來源：本研究資料)

附圖

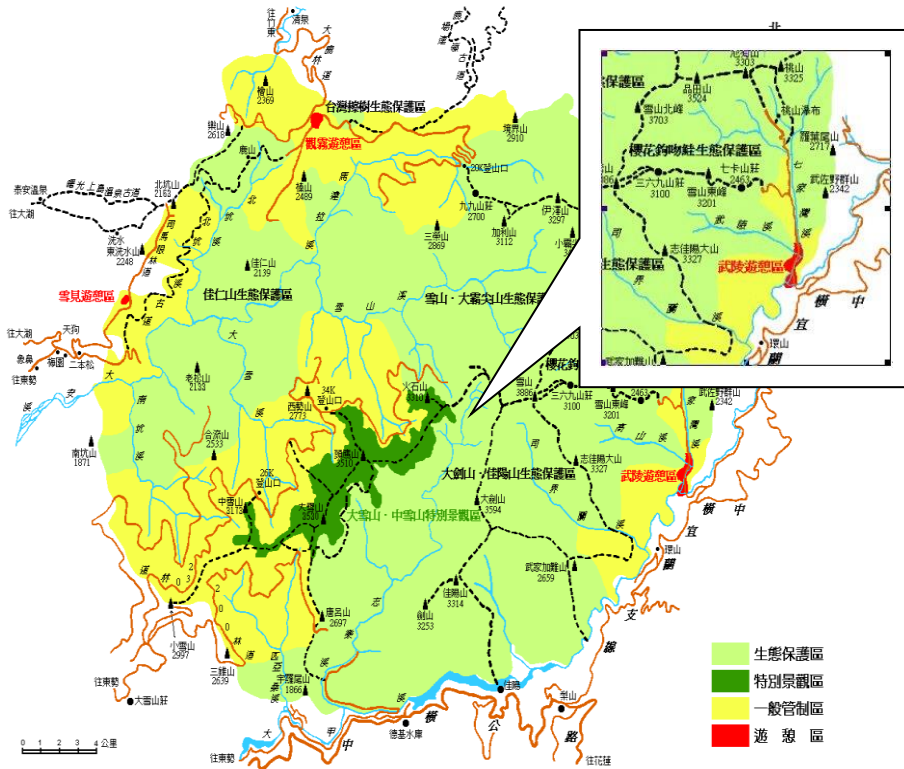


圖 3-1 雪霸國家公園

(資料來源：本研究資料)

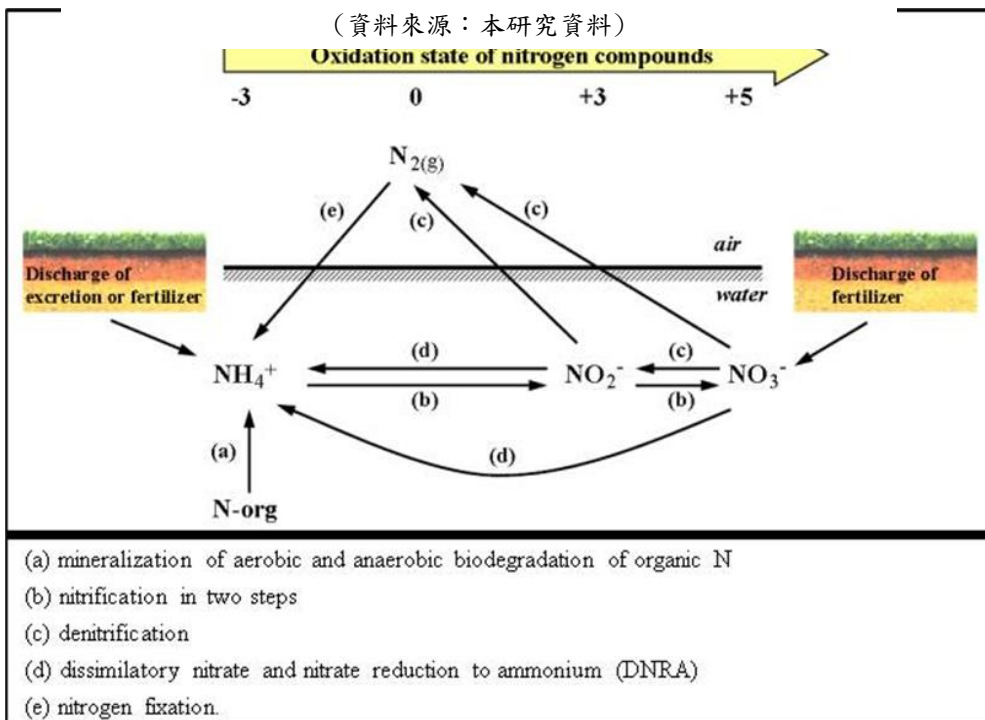


圖 3-2 氮素循環過程

(Kuan & Chen, 2014)

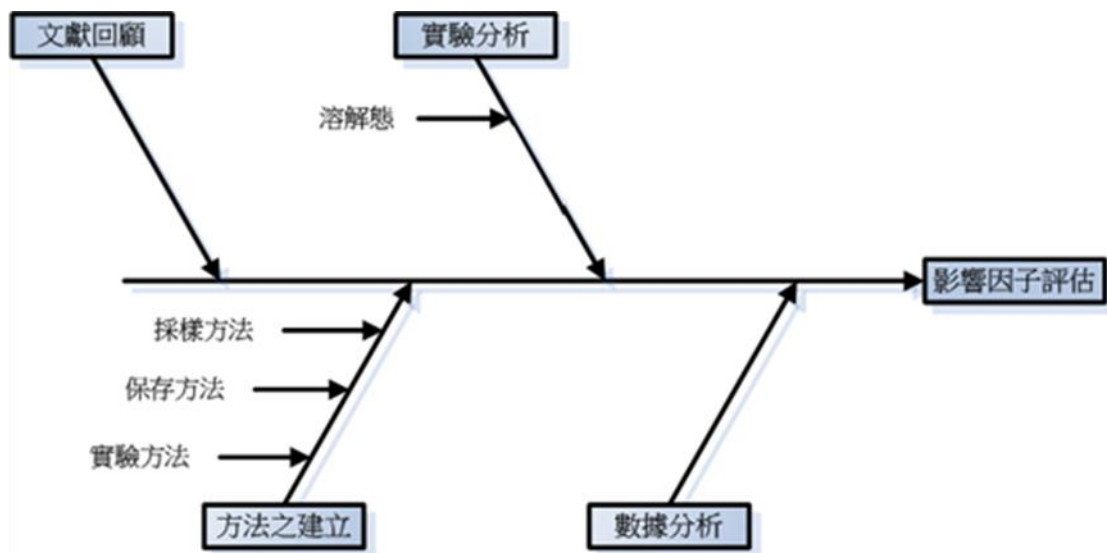


圖 3-3 流程圖

(資料來源：本研究資料)

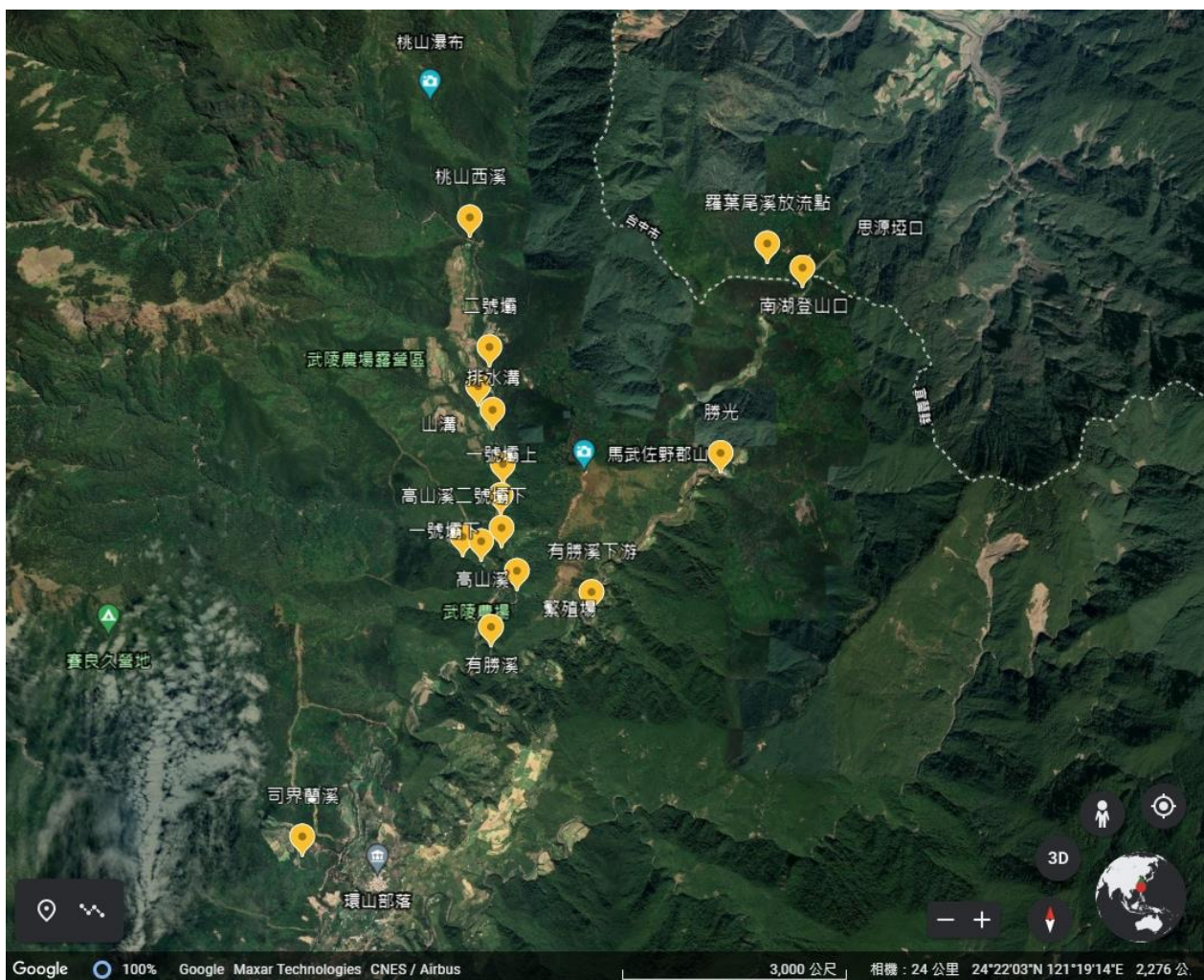
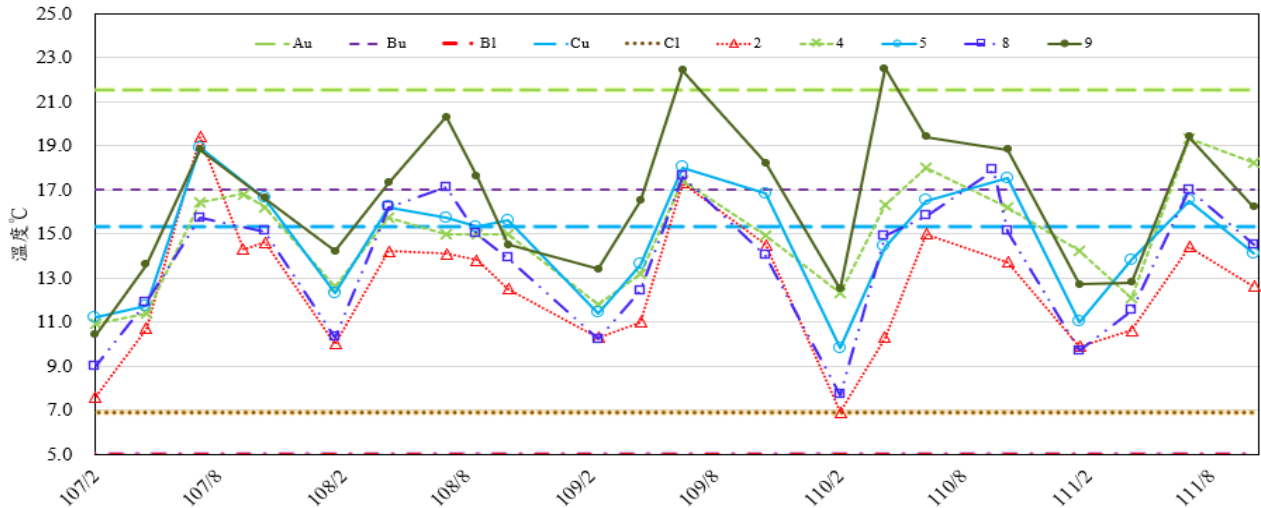


圖 3-4 武陵地區七家灣河流域水質採樣地點位置圖

(資料來源：本研究資料)

第3章 水質監測



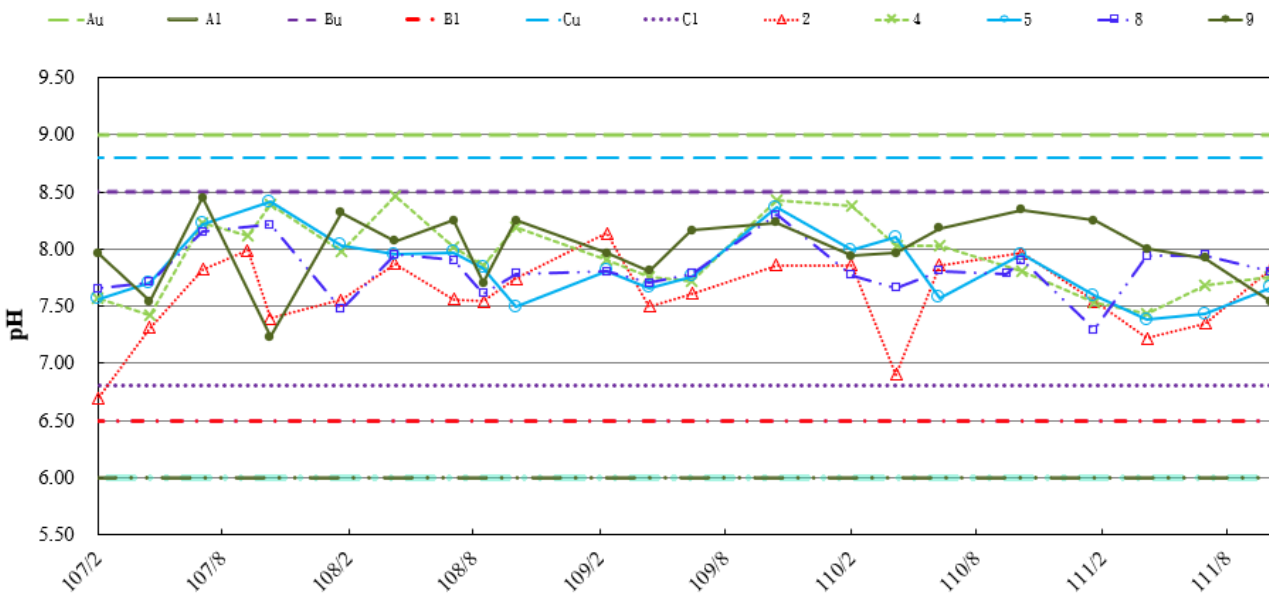
Au：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準溫度上限(21.5°C) Al：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準溫度下限(1.5°C)

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 3-5 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)

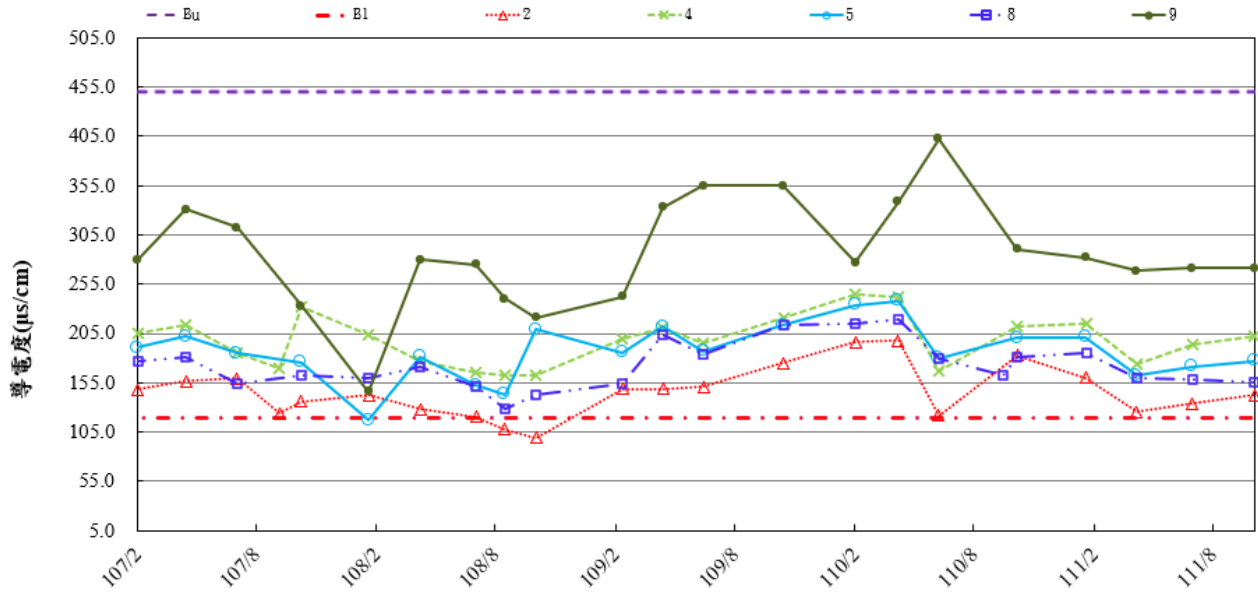
Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存 pH 上限(8.5) Bl：陳弘成(1998)建議鮭魚生存 pH 下限(6.5)

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)

第 3 章 水質監測

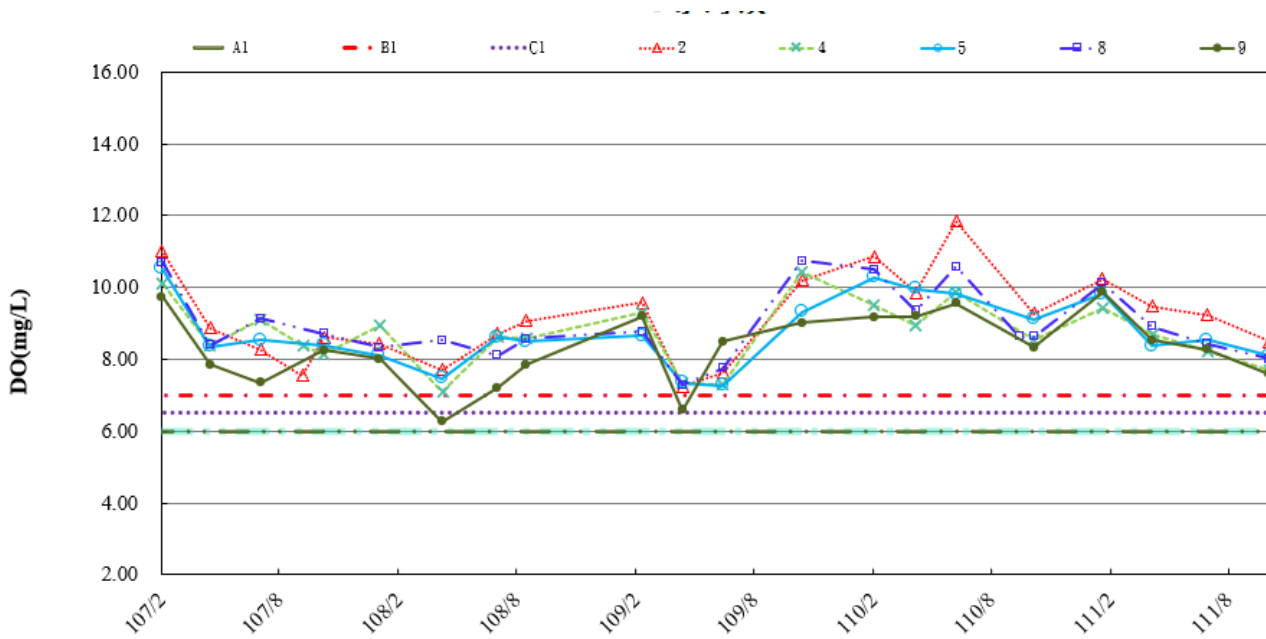


Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存導電度上限(450 µs/cm)

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)



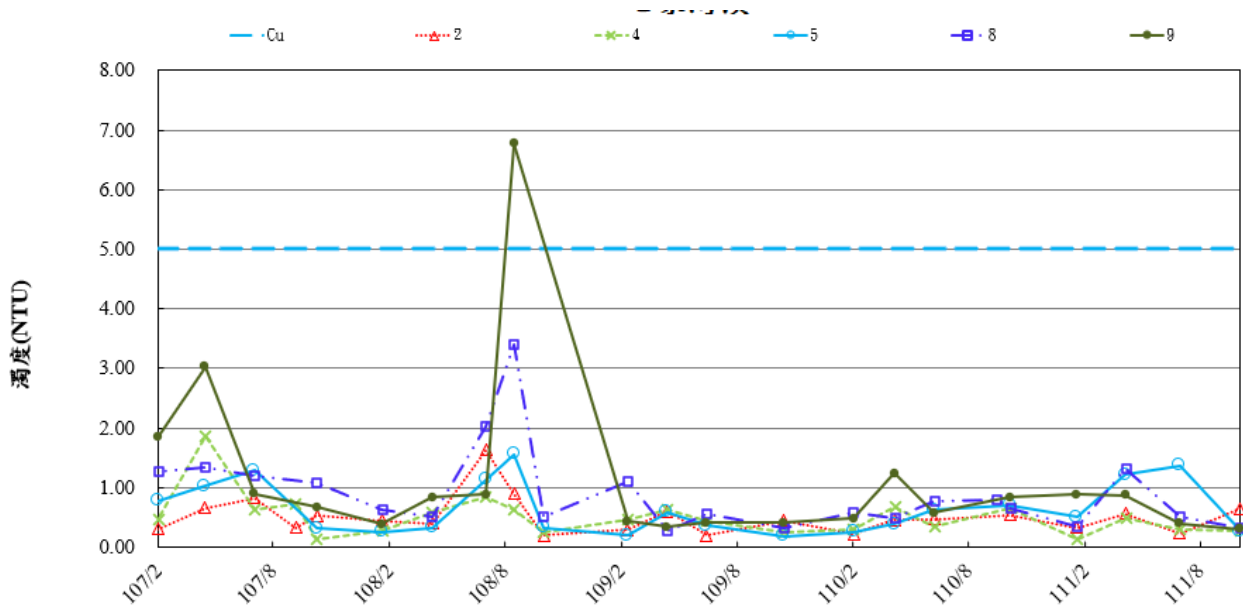
A1：歐盟訂定之鮭魚水體標準溶氧值下限(6 mg/L)

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)

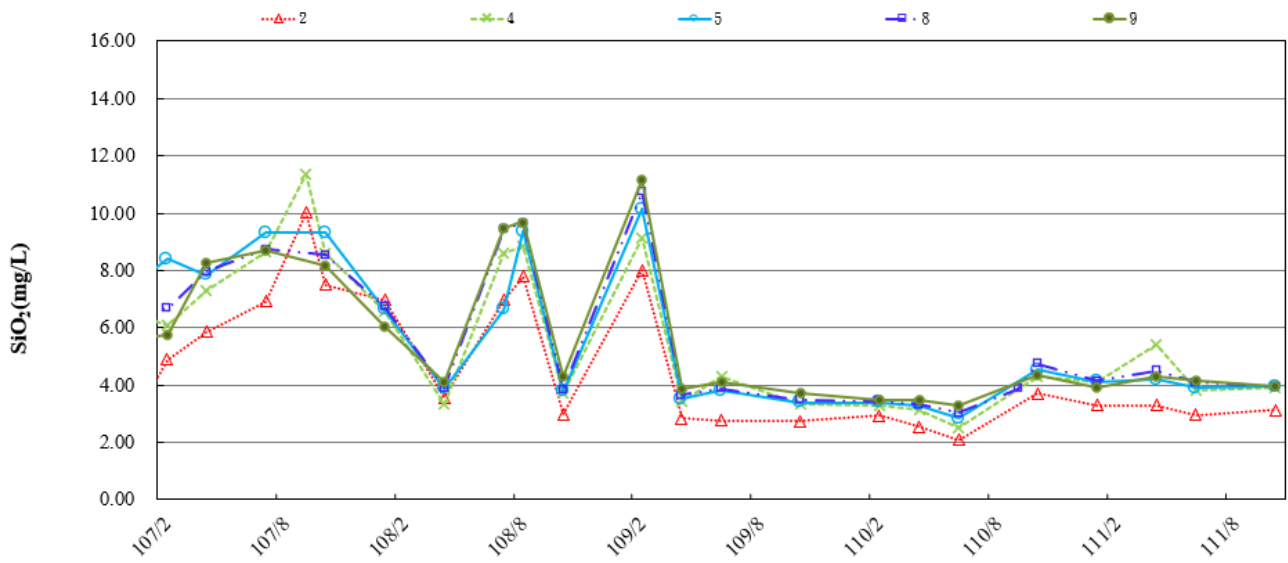
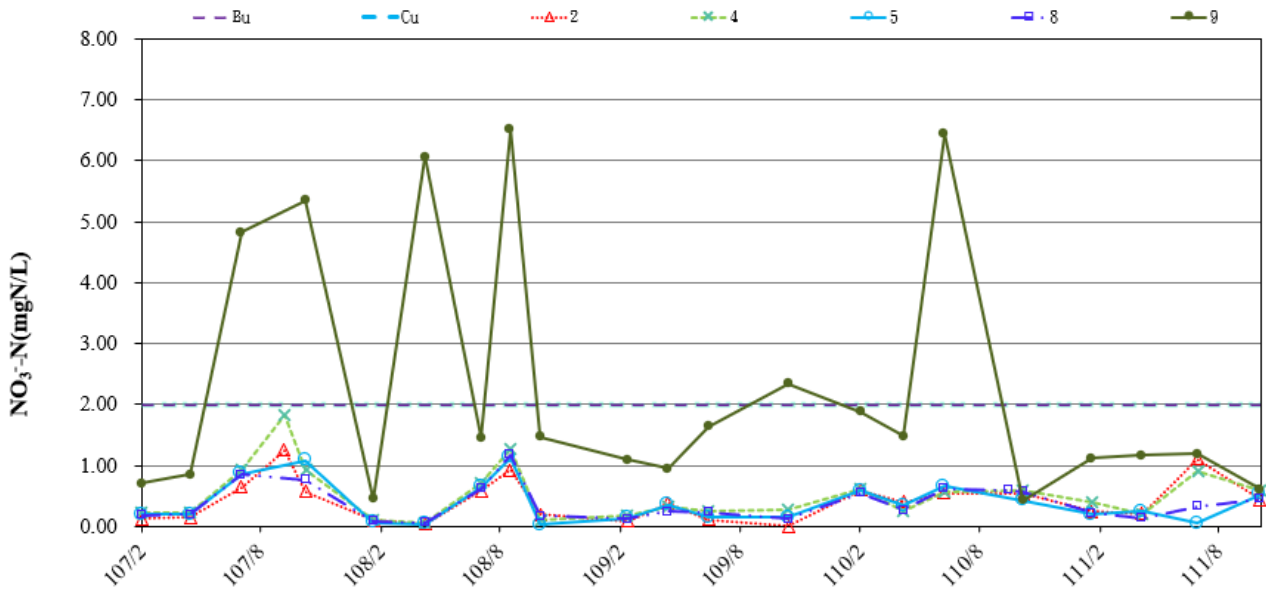


圖 3-10 武陵地區溪流 SiO₂ 值變化

(資料來源：本研究資料)

第3章 水質監測

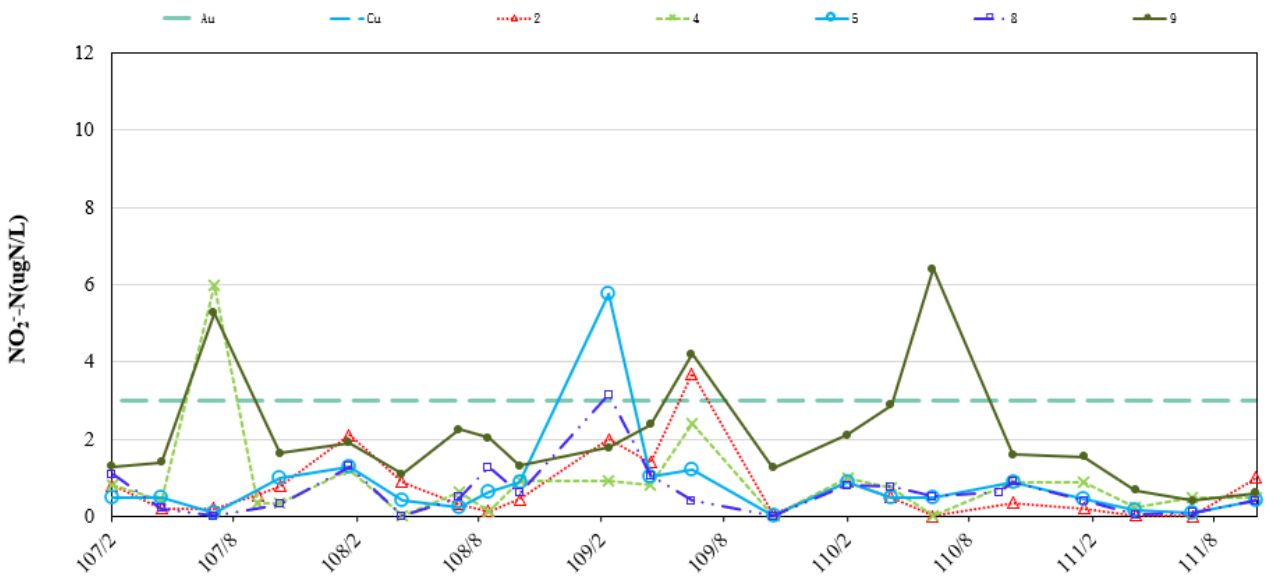


Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存硝酸鹽濃度上限(2 mg/L)

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 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 3-12 武陵地區溪流 NO₂⁻-N 值變化

(資料來源：本研究資料)

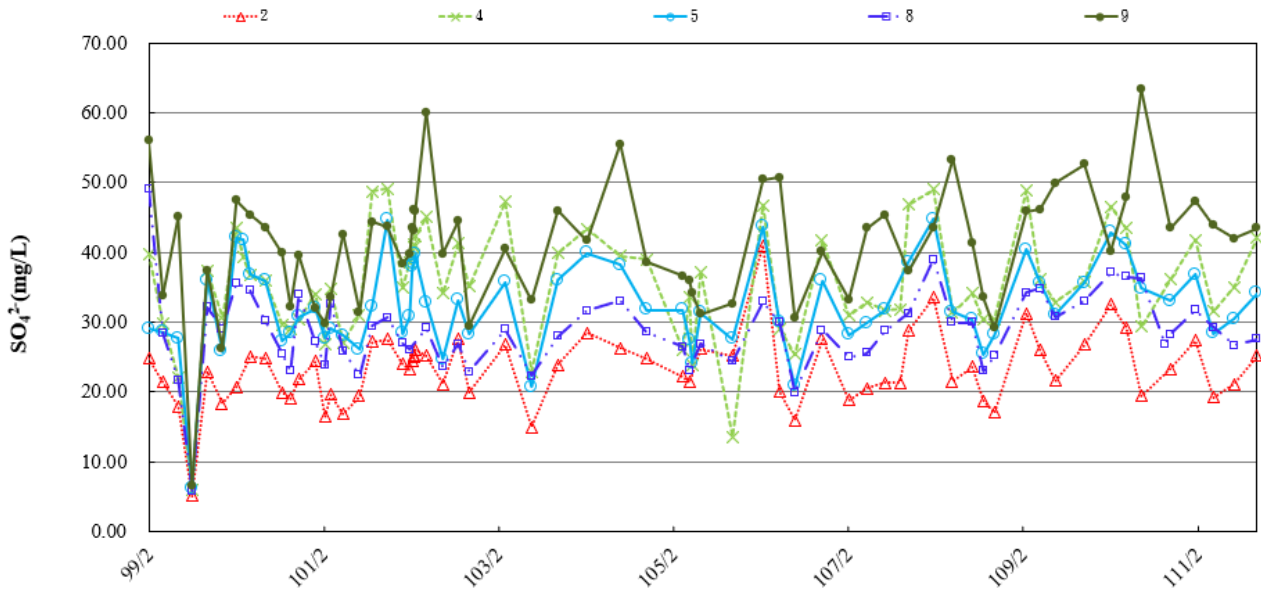
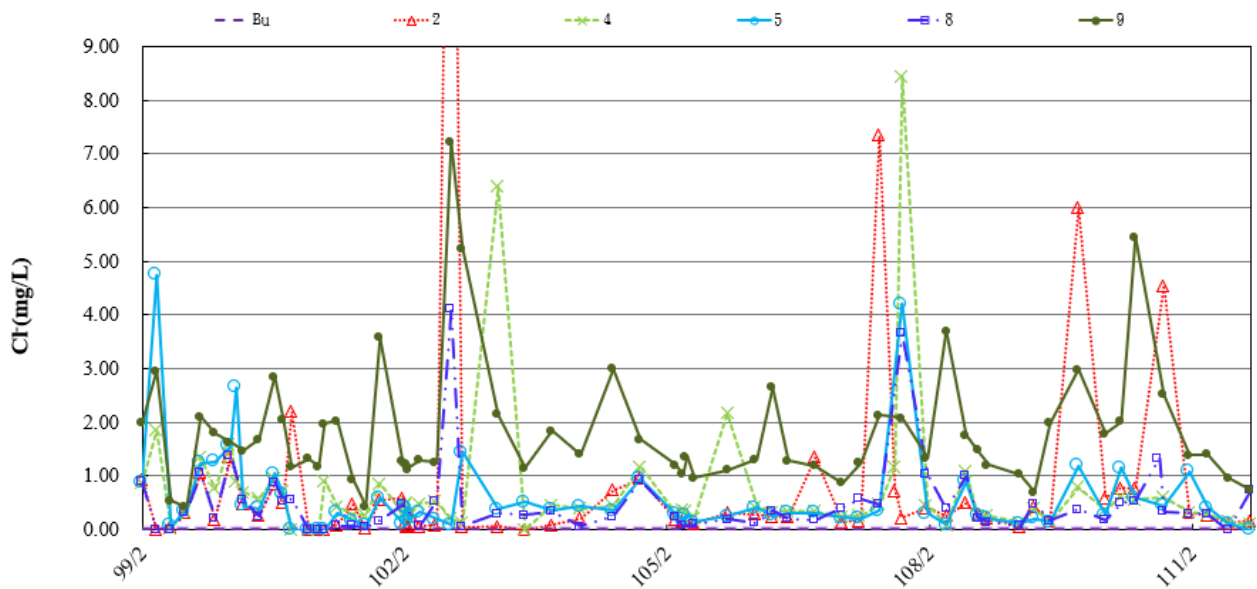


圖 3-13 武陵地區溪流 SO_4^{2-} 值變化

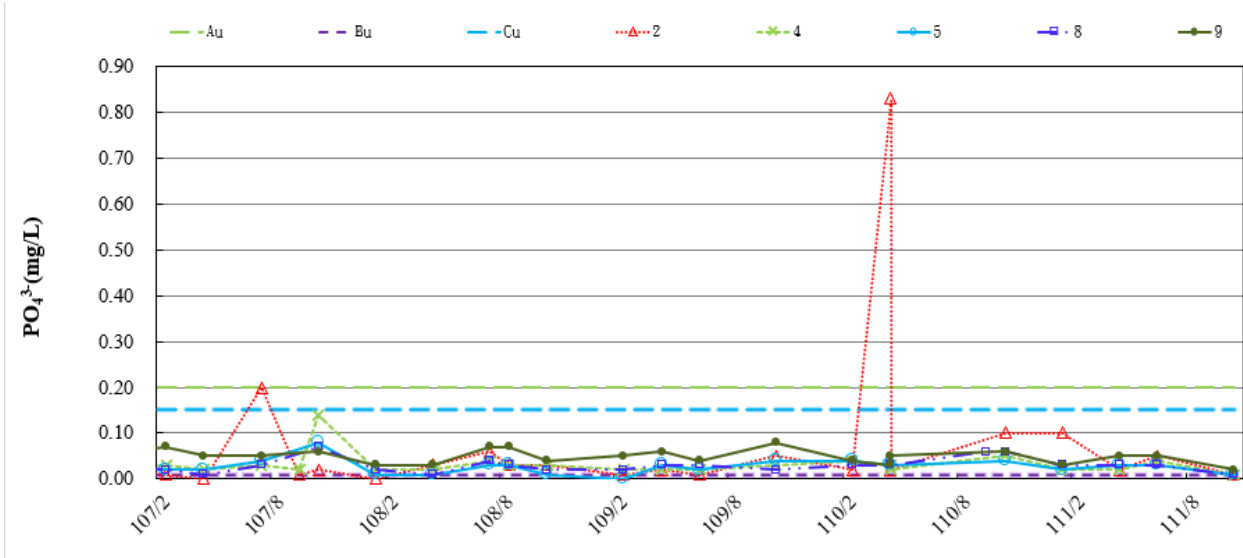
(資料來源：本研究資料)



Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存氯鹽濃度上限(0.01 mg/L)

圖 3-14 武陵地區溪流 Cl 值變化

(資料來源：本研究資料)



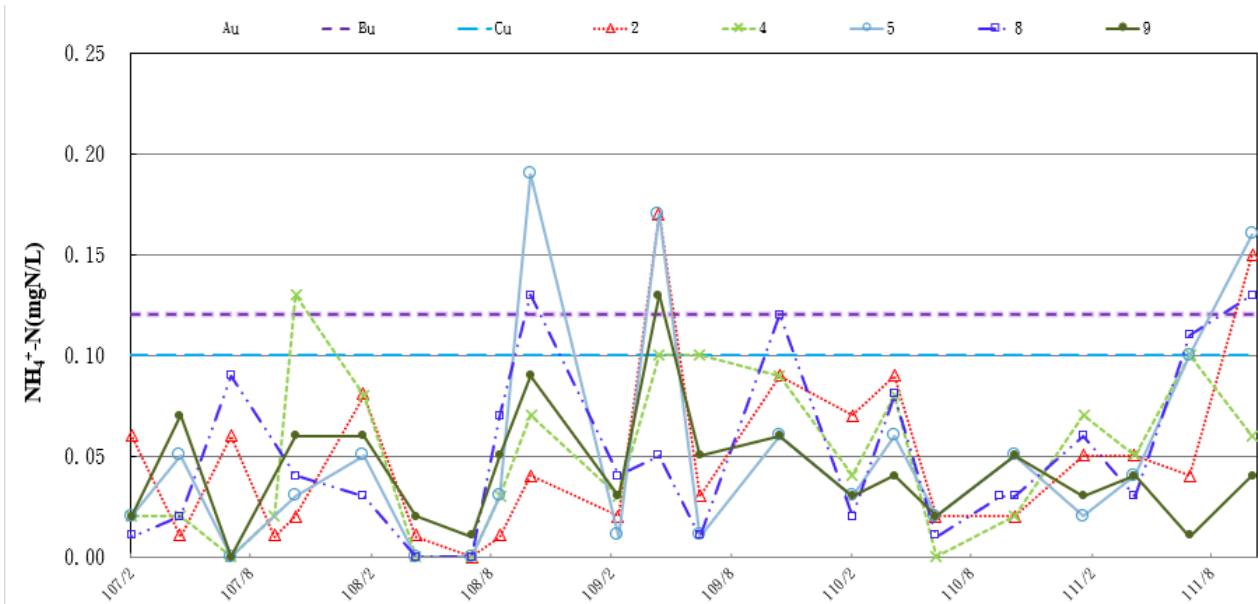
Au：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準磷酸鹽濃度上限(0.2 mg/L)

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)

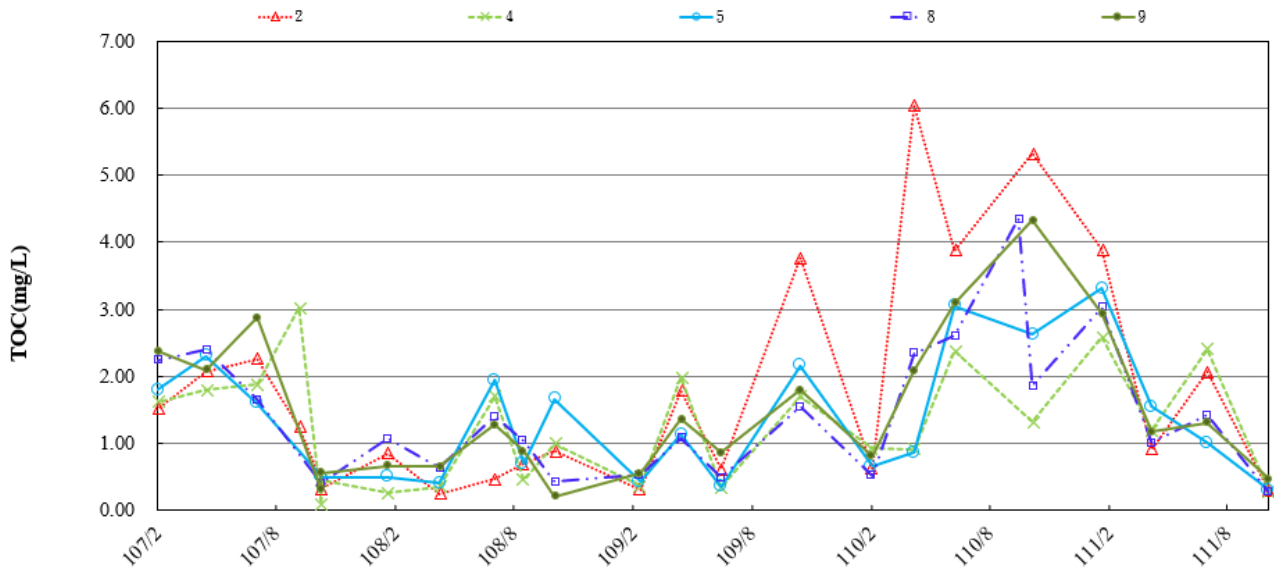
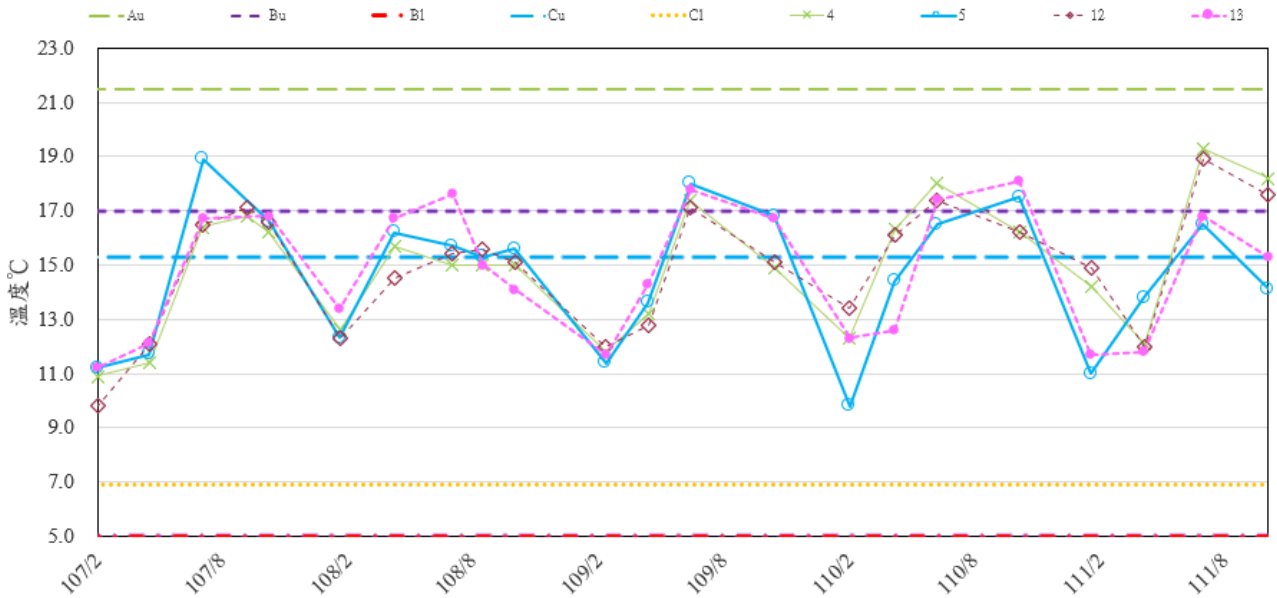


圖 3-17 武陵地區溪流 TOC 值變化

(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) 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) B1：陳弘成(1998)建議鮭魚生存溫度下限(5°C)

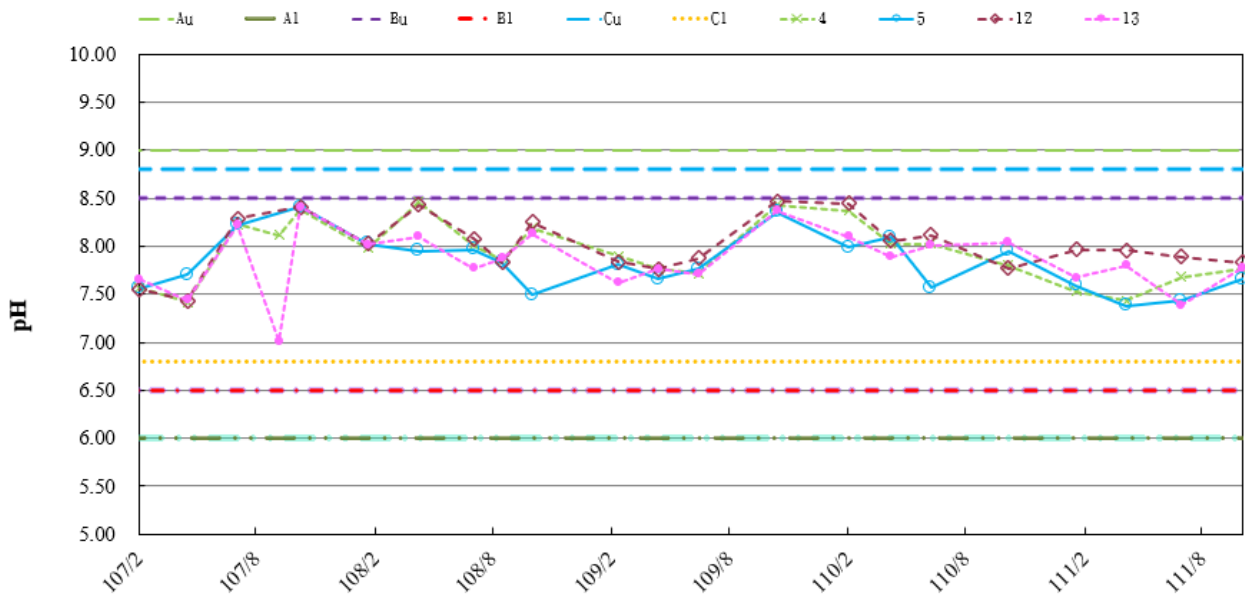
Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準溫度上限(15.3°C)

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 3-18 一號壩壩體改善溫度值變化

(資料來源：本研究資料)

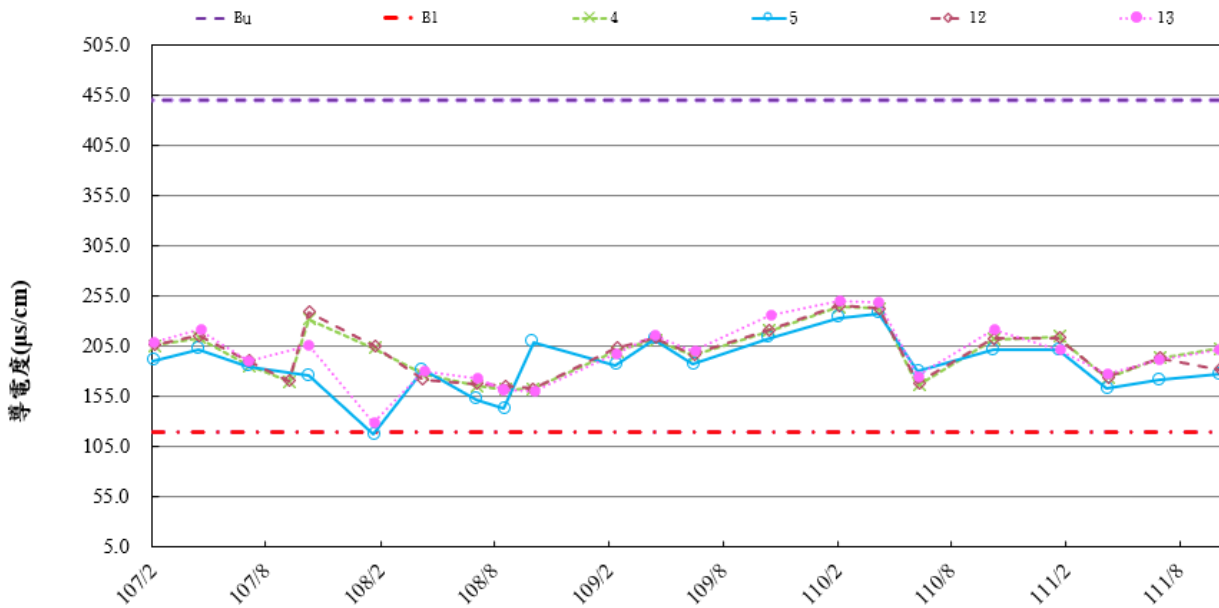
第3章 水質監測



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 3-19 一號壩壩體改善 pH 值變化

(資料來源：本研究資料)

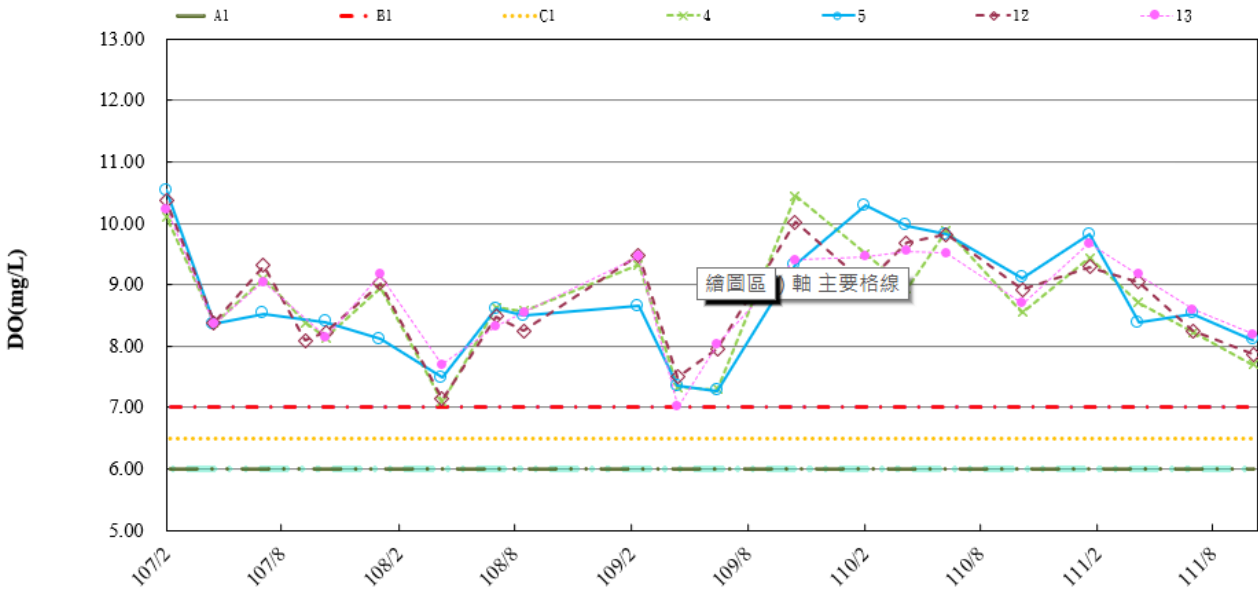


Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存導電度上限(450 $\mu\text{s}/\text{cm}$)
 Bl：陳弘成(1998)建議鮭魚生存導電度下限(120 $\mu\text{s}/\text{cm}$)

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)

第 3 章 水質監測



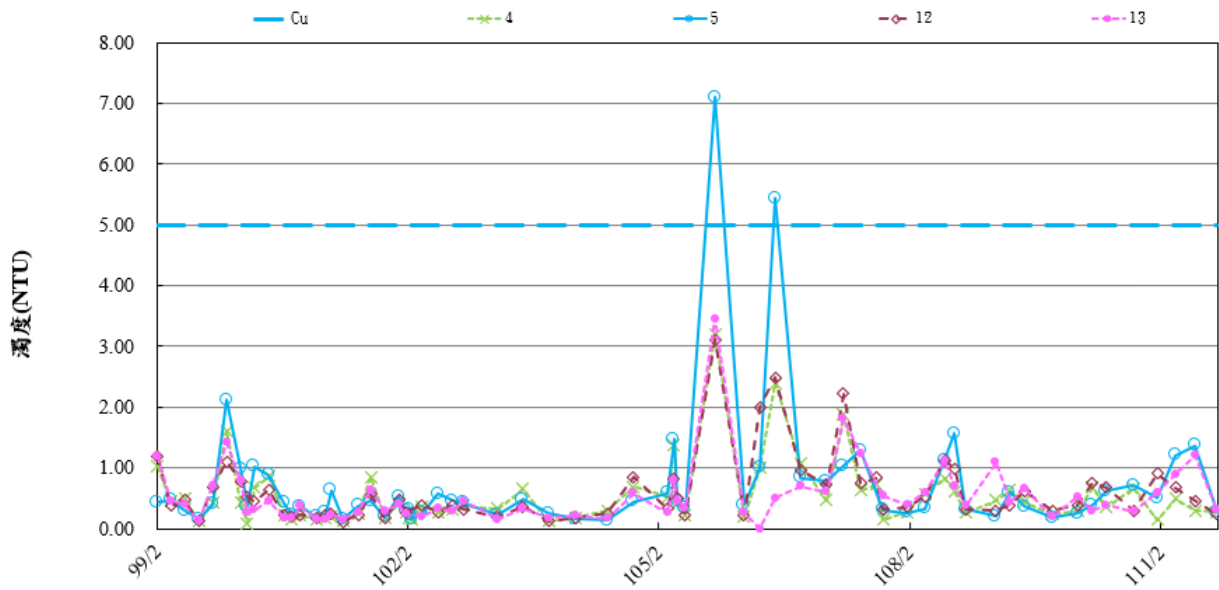
A1：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準溶氧值下限(6 mg/L)

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 3-21 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)

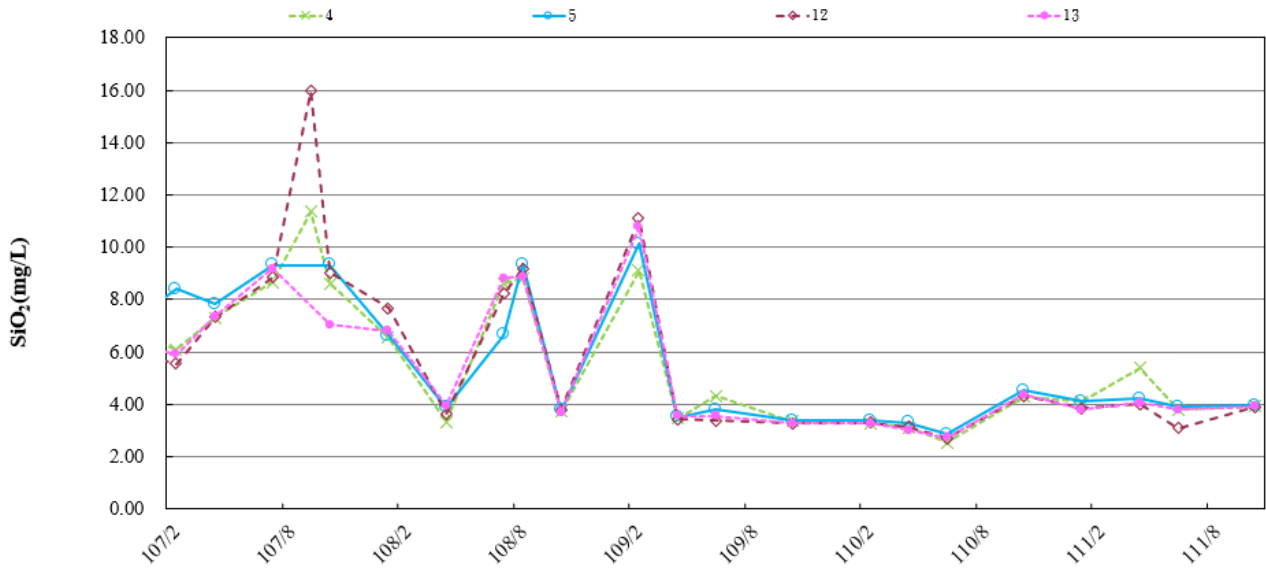
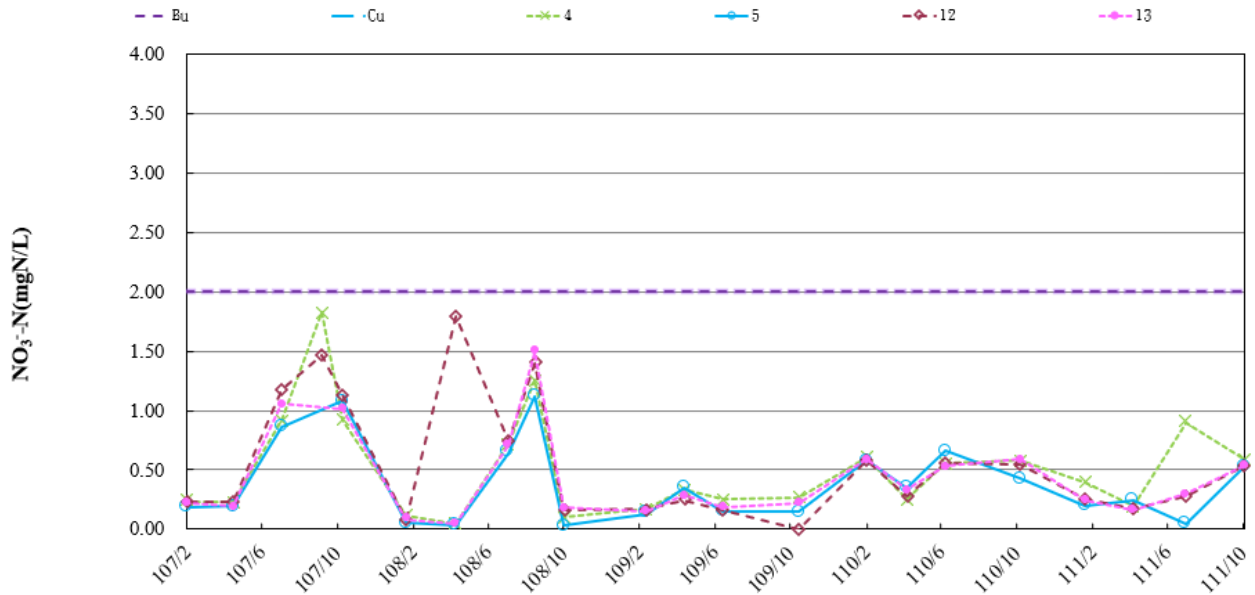


圖 3-23 一號壩壩體改善 SiO₂ 值變化

(資料來源：本研究資料)

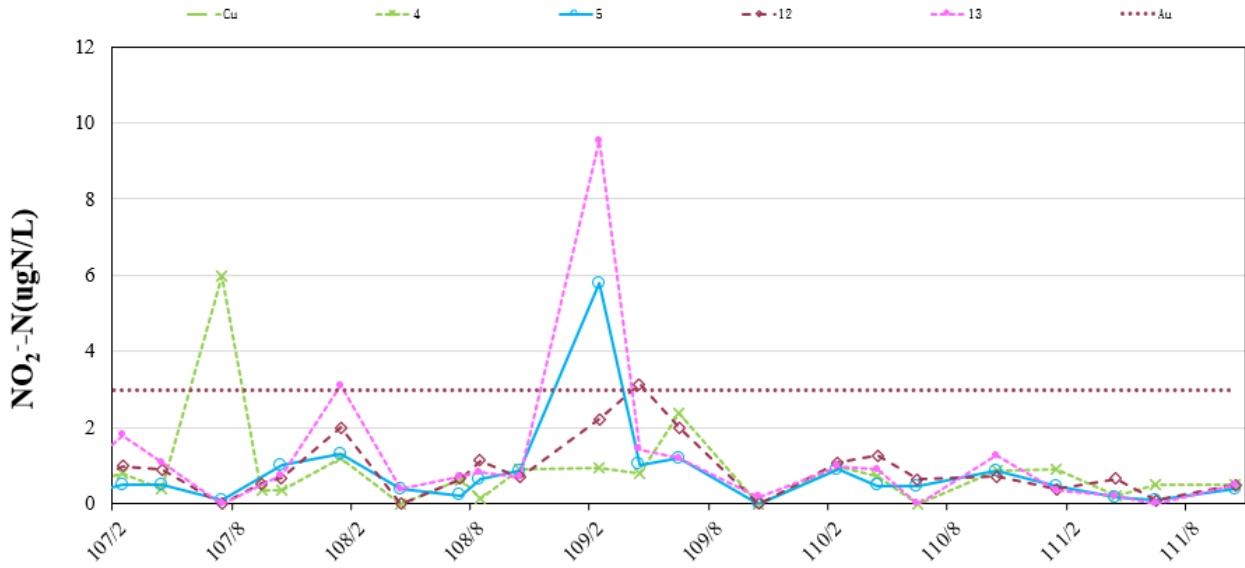


Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存硝酸鹽濃度上限(2 mg/L)

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：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準亞硝酸鹽濃度上限(3.0 $\mu\text{g/L}$)

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 $\mu\text{g/L}$)

圖 3-25 一號壩壩體改善 $\text{NO}_2\text{-N}$ 值變化

(資料來源：本研究資料)

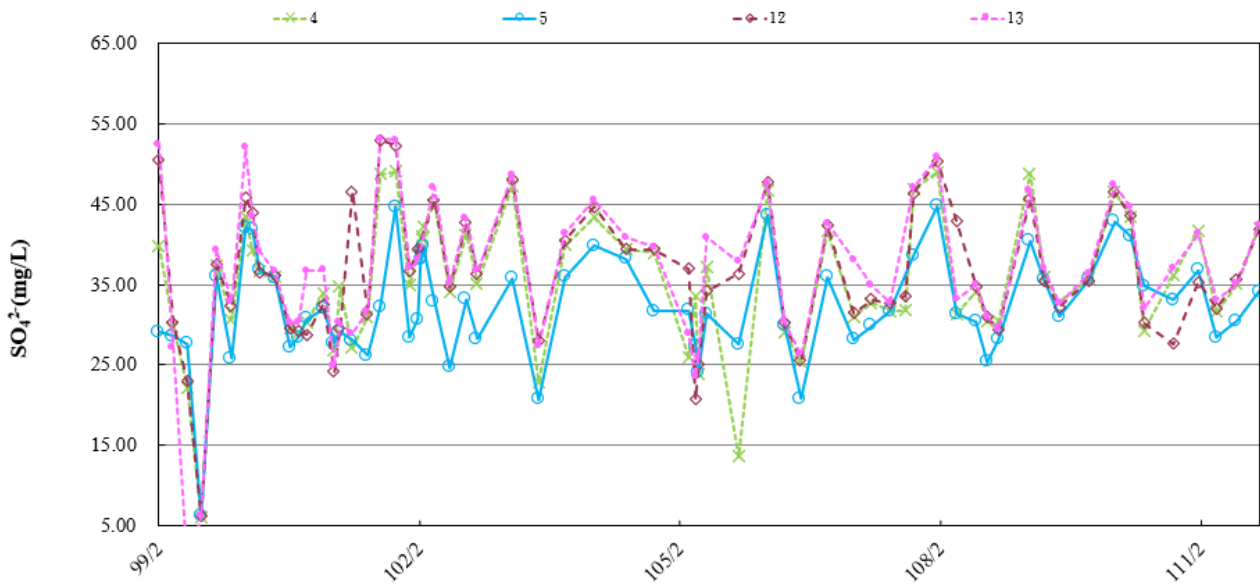
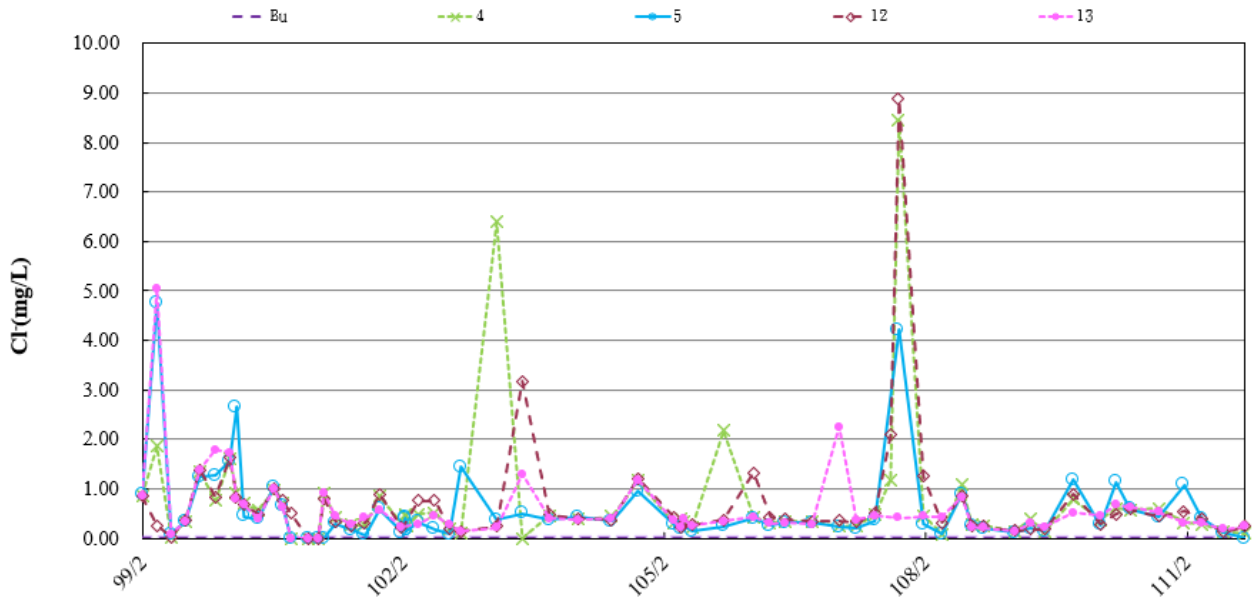


圖 3-26 一號壩壩體改善 SO_4^{2-} 值變化

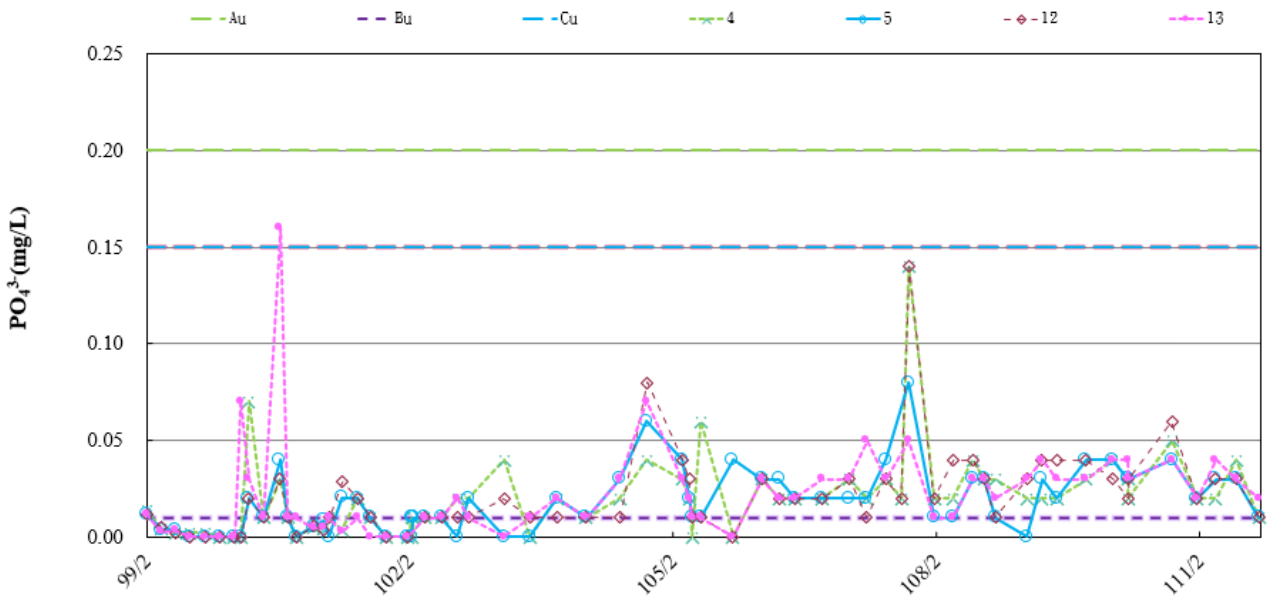
(資料來源：本研究資料)



Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存氯鹽濃度上限(0.01 mg/L)

圖 3-27 一號壩壩體改善 Cl 值變化

(資料來源：本研究資料)



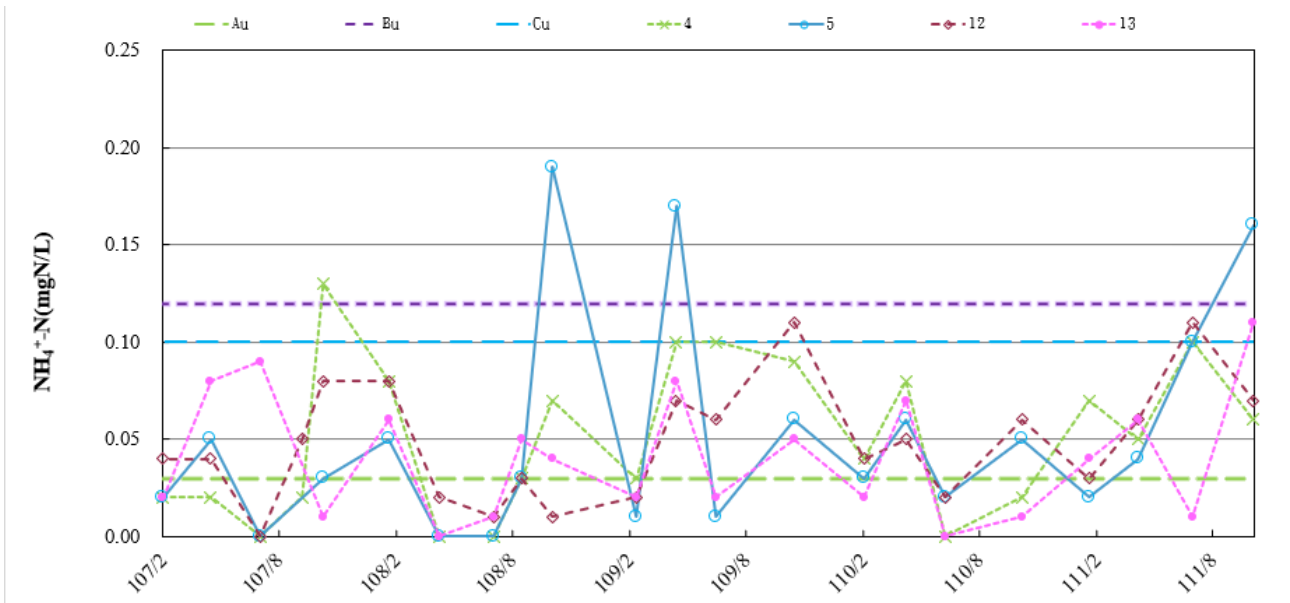
Au：歐盟訂定之鮭魚水體標準磷酸鹽濃度上限(0.2 mg/L)

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 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 3-29 一號壩壩體改善 NH₄⁺-N 值變化

(資料來源：本研究資料)

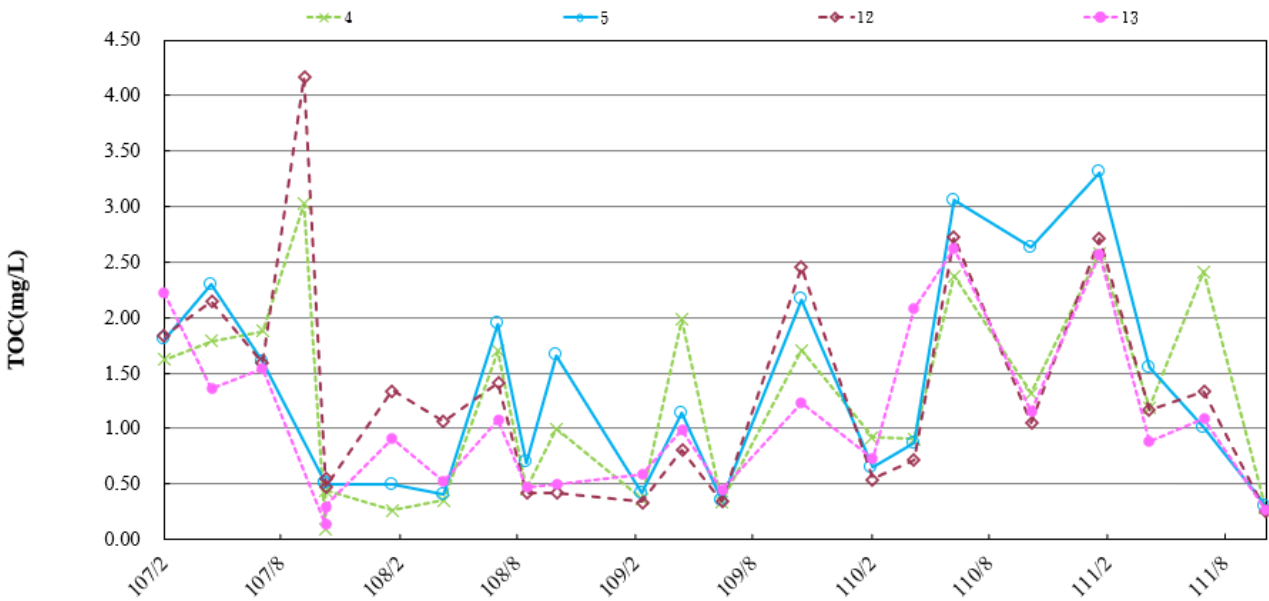
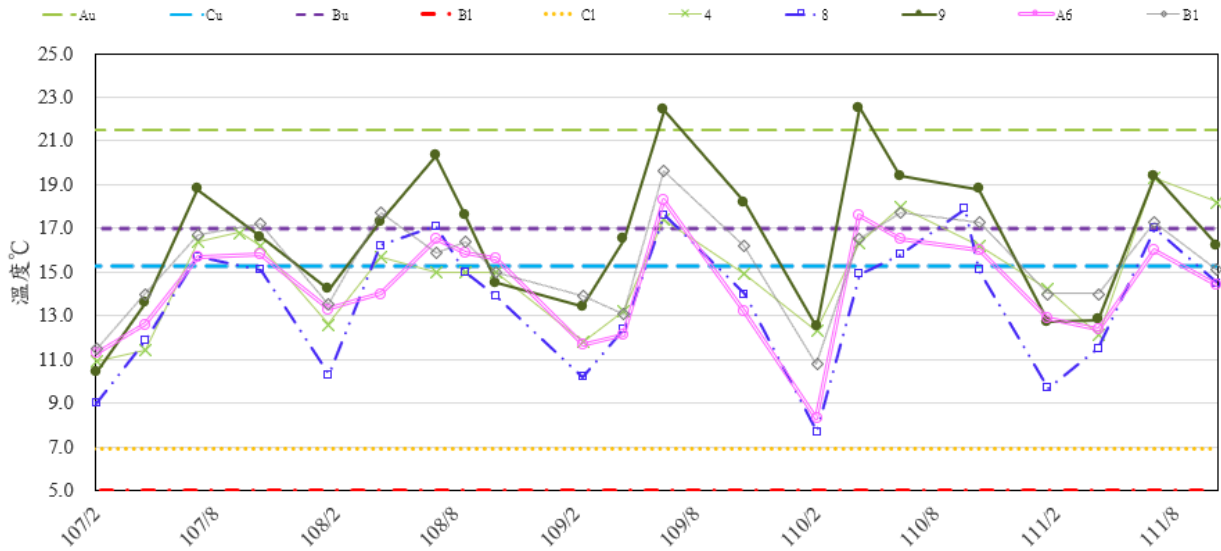


圖 3-30 一號壩壩體改善 TOC 值變化

(資料來源：本研究資料)

第 3 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)

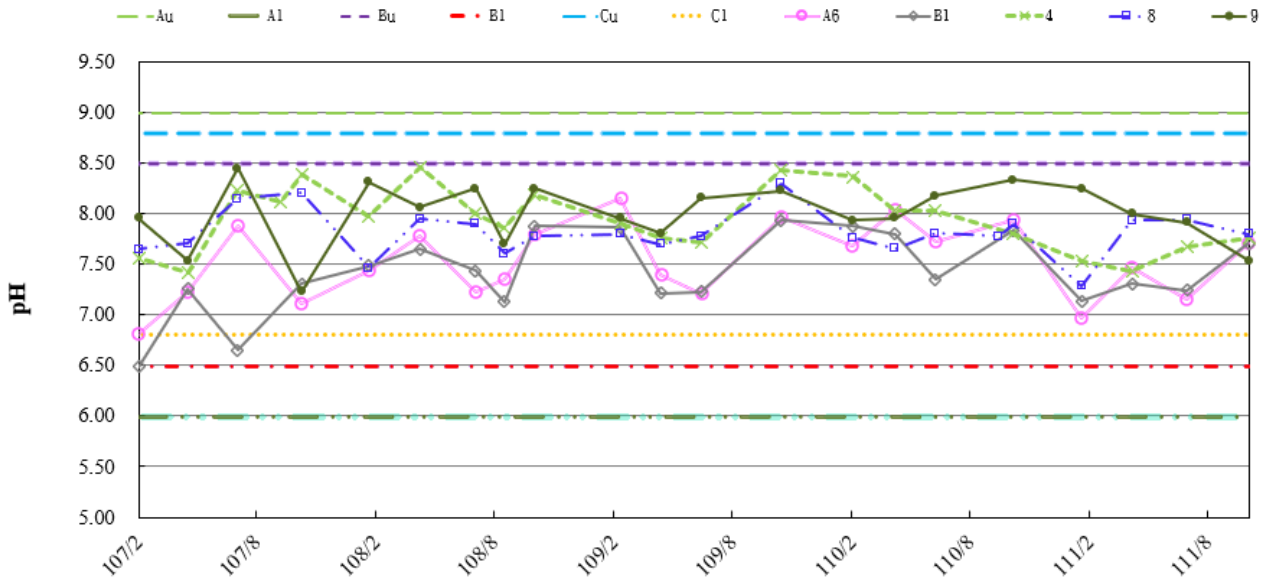
Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存溫度上限(17°C) Bl：陳弘成(1998)建議鮭魚生存溫度下限(5°C)

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 3-31 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) 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)

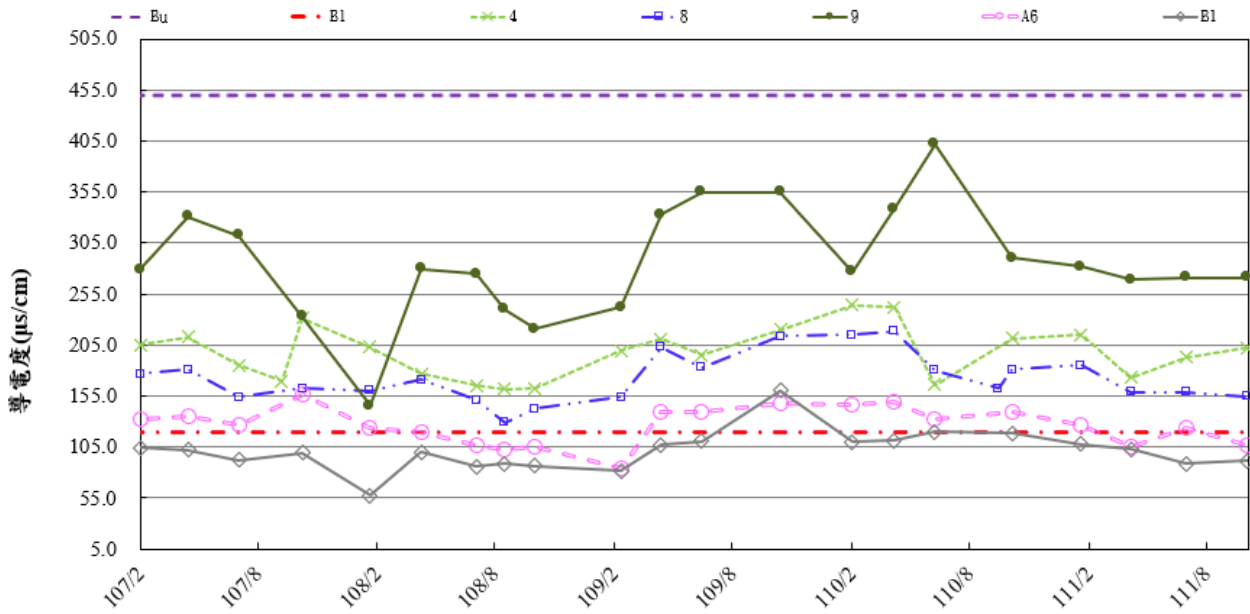
Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準 pH 上限(8.8)

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 3-32 山溝與七家灣溪測站之 pH 值比較

(資料來源：本研究資料)

第 3 章 水質監測

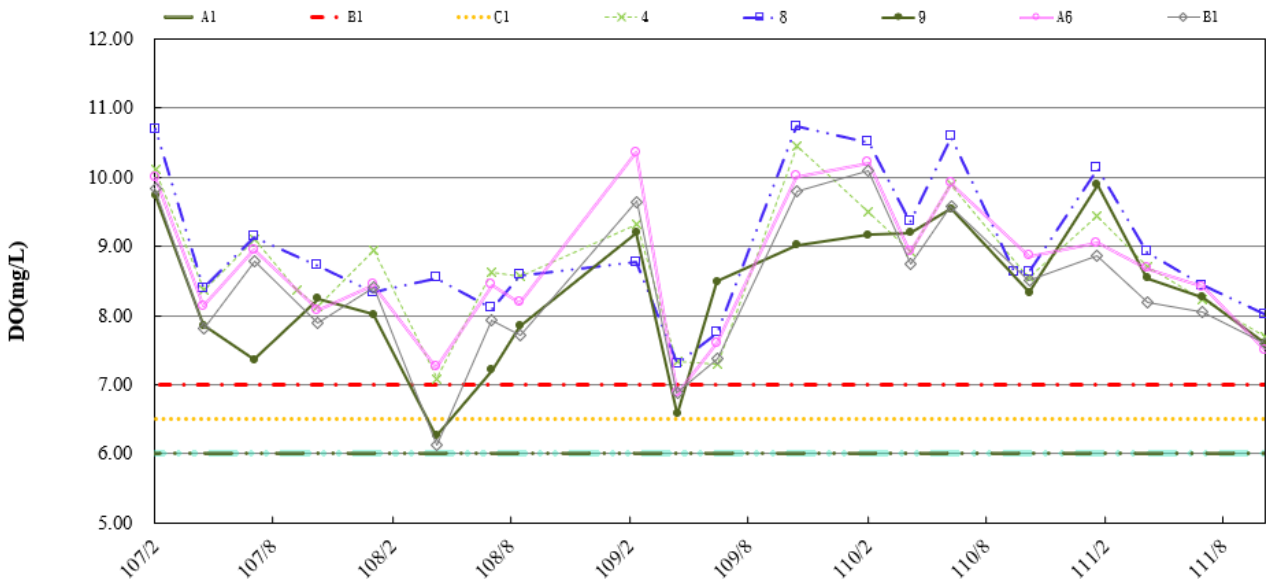


Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存導電度上限(450 $\mu\text{s}/\text{cm}$)

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

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：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準溶氧值下限(6 mg/L)

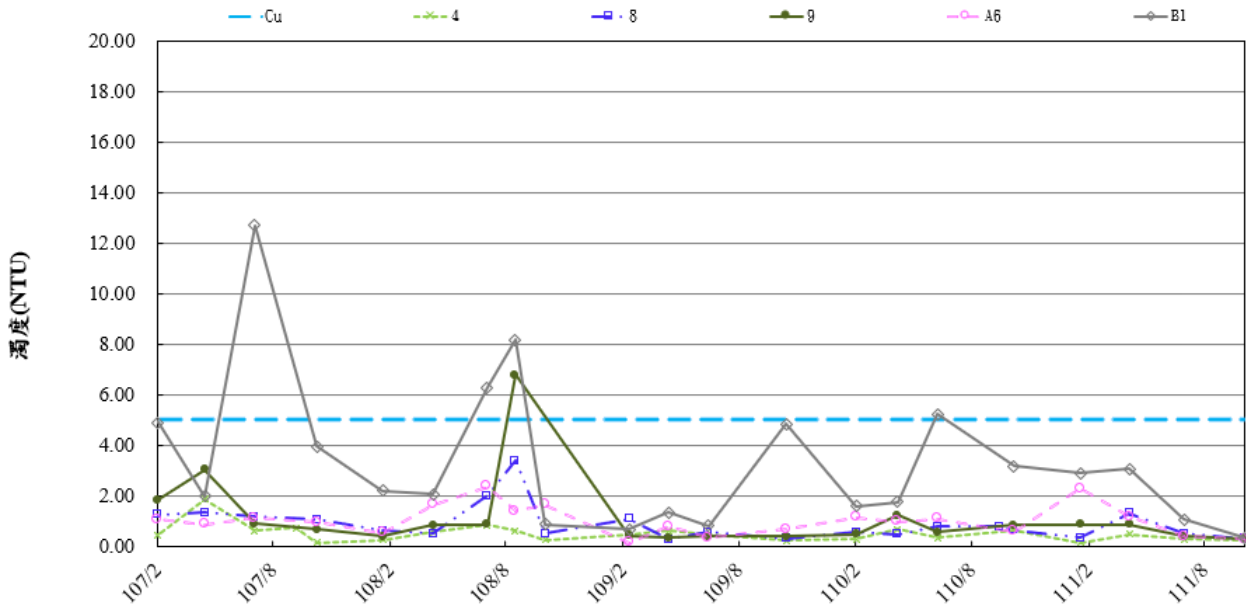
B1：陳弘成(1998)建議鮭魚生存溶氧值下限(7 mg/L)

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)

第 3 章 水質監測



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)

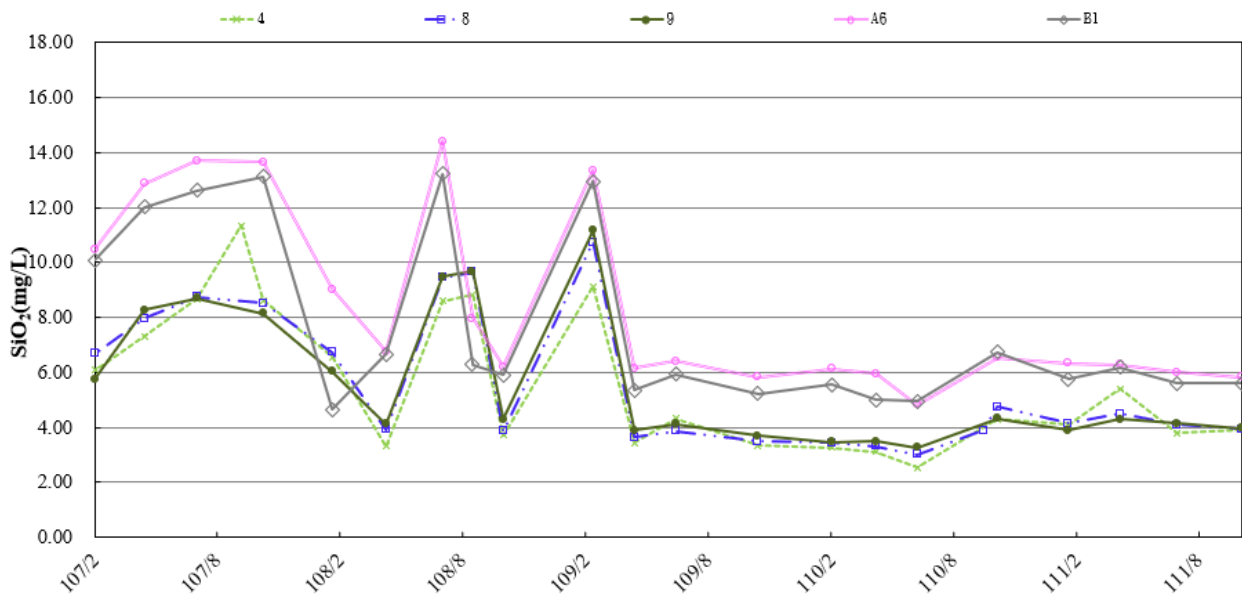
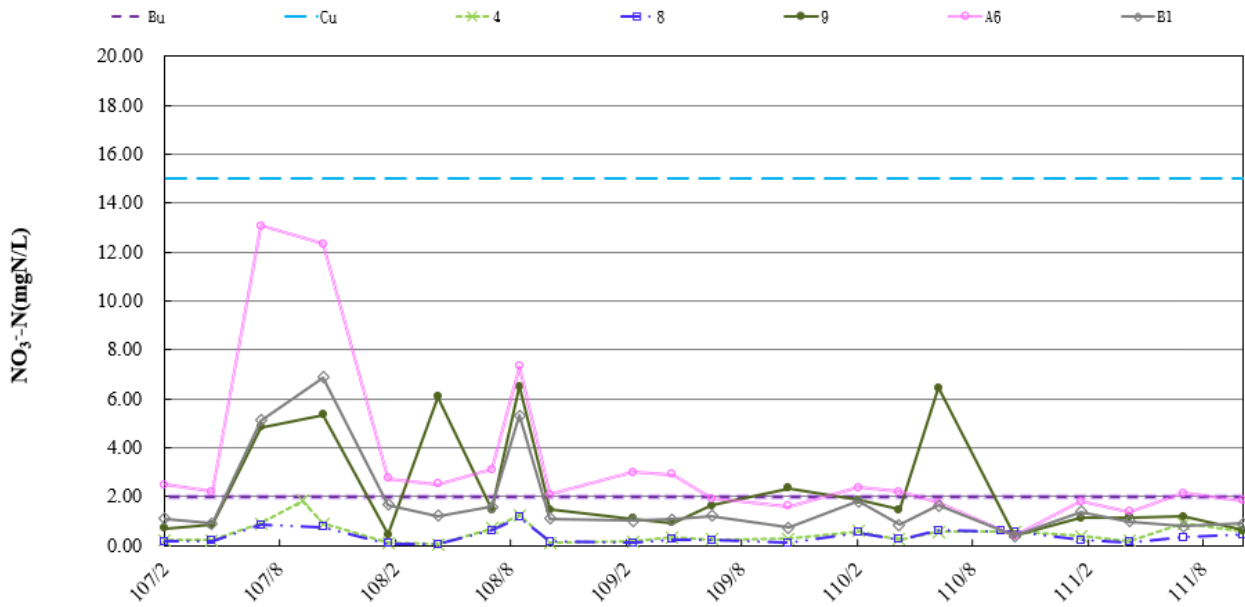


圖 3-36 山溝與七家灣溪測站之 SiO₂ 值比較

(資料來源：本研究資料)

第3章 水質監測

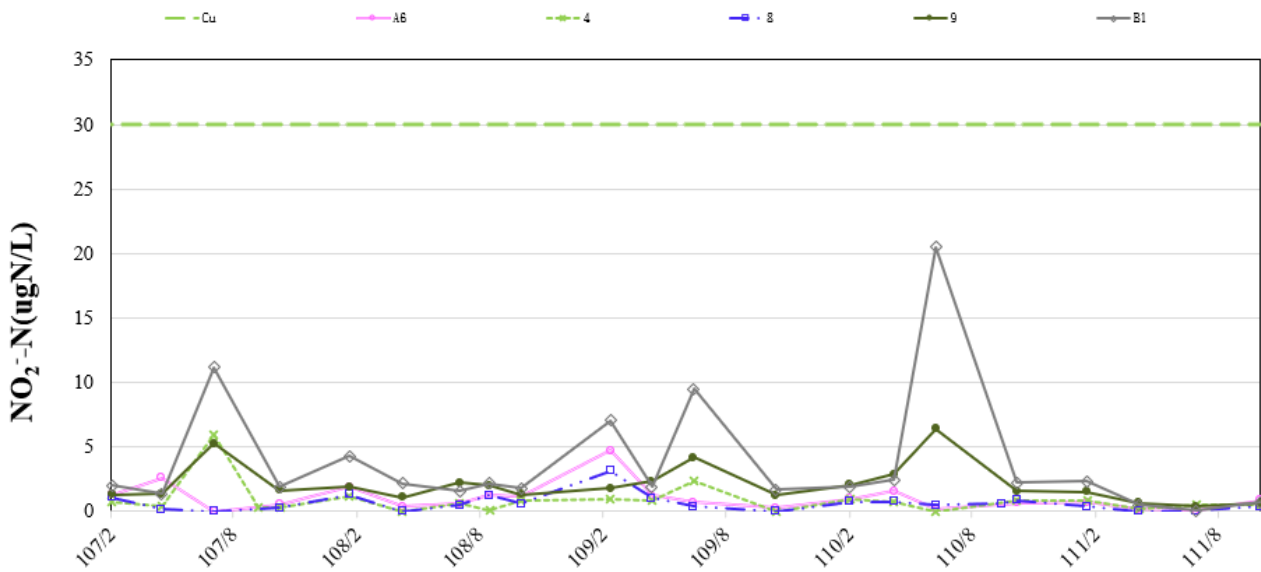


Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存硝酸鹽濃度上限(2 mg/L)

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)

第 3 章 水質監測

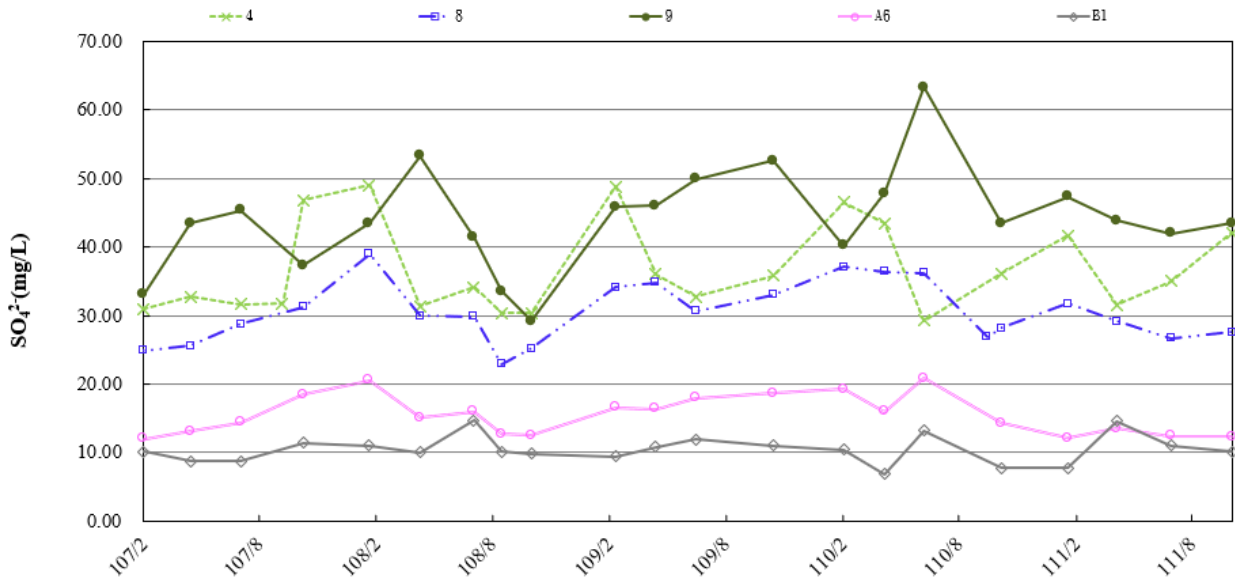
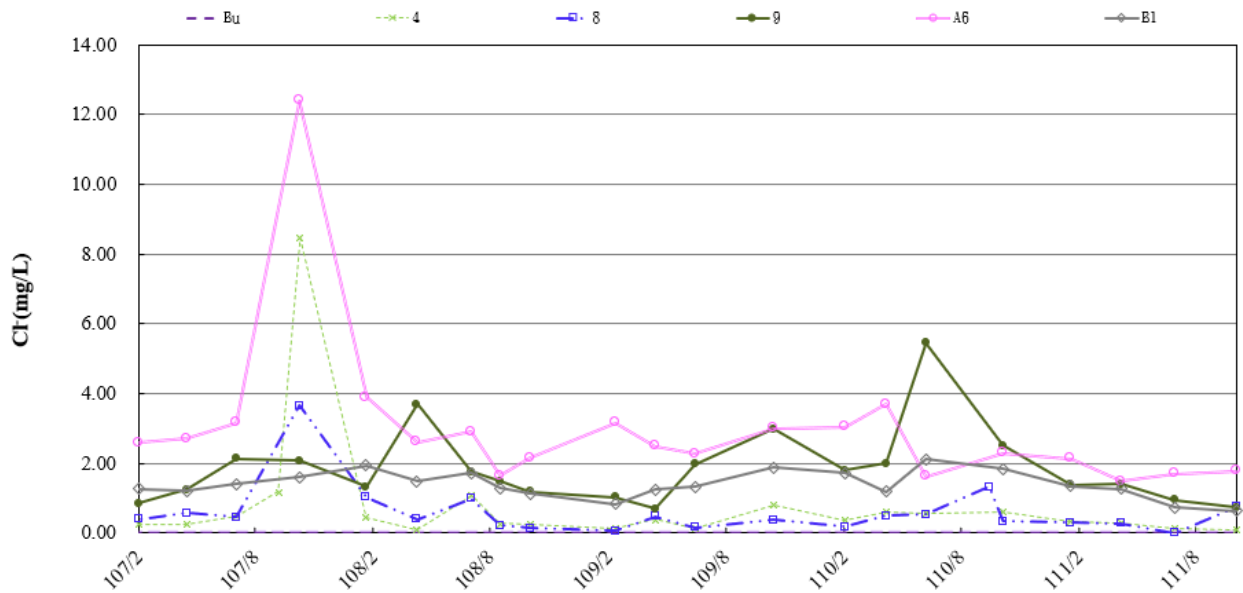


圖 3-39 山溝與七家灣溪測站之 SO₄²⁻ 值比較

(資料來源：本研究資料)

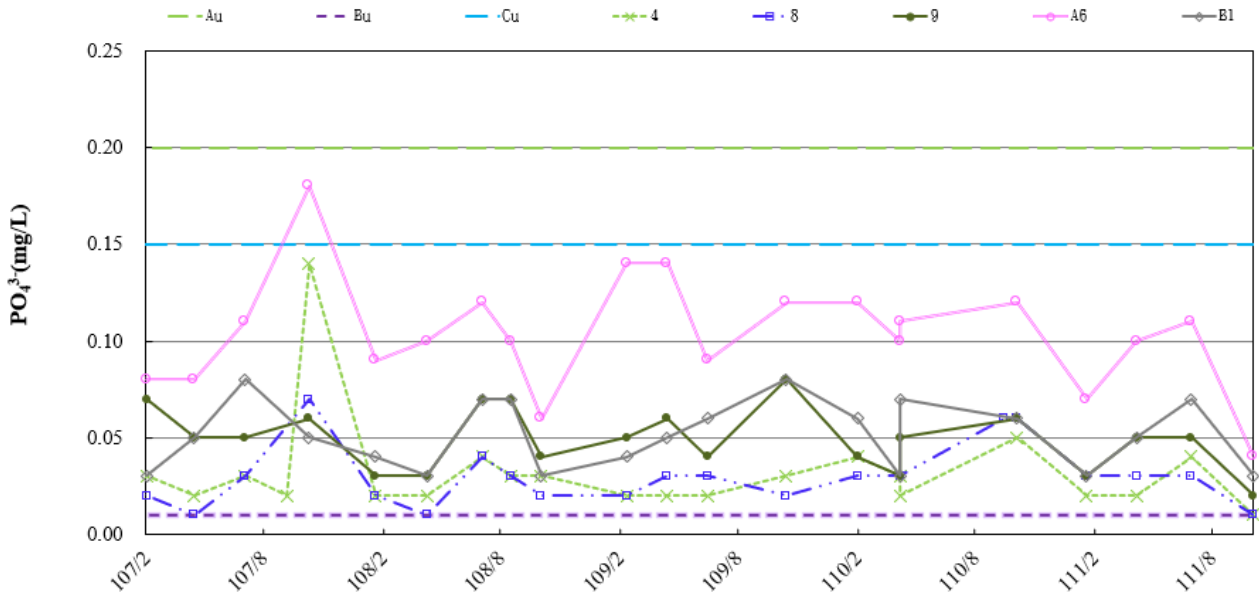


Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存氯鹽濃度上限(0.01 mg/L)

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)

第3章 水質監測



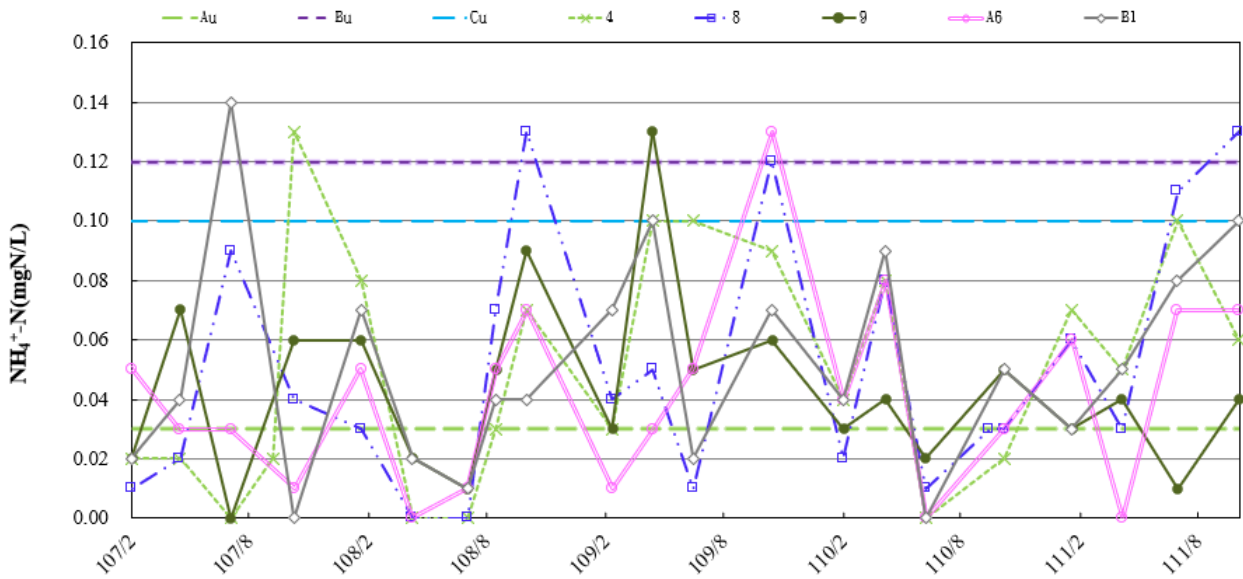
Au：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準磷酸鹽濃度上限(0.2 mg/L)

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)

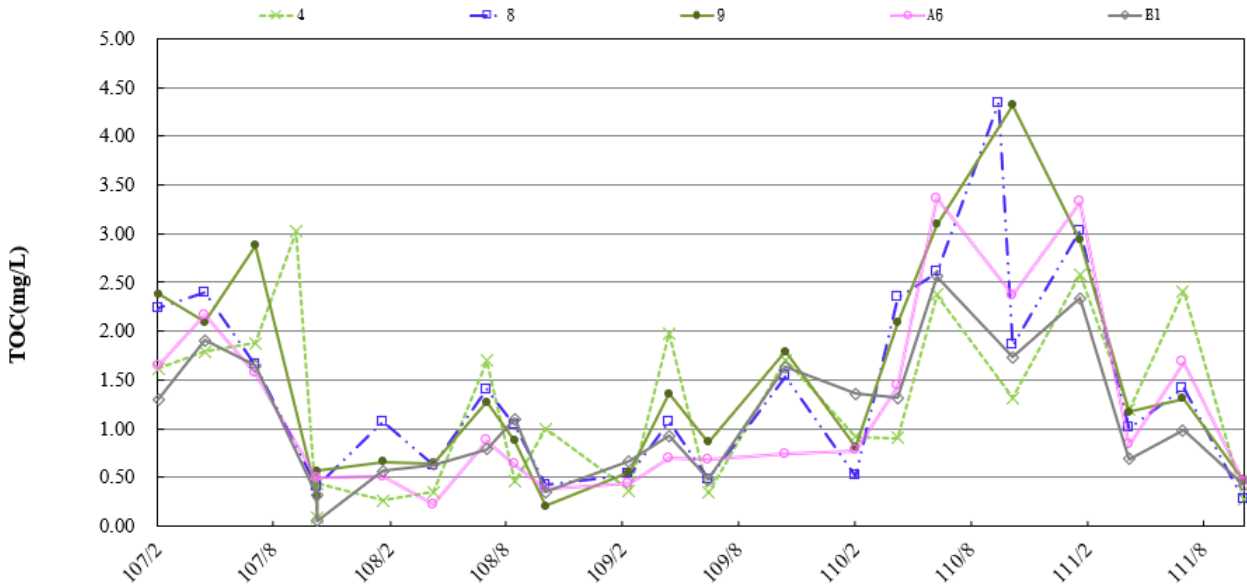
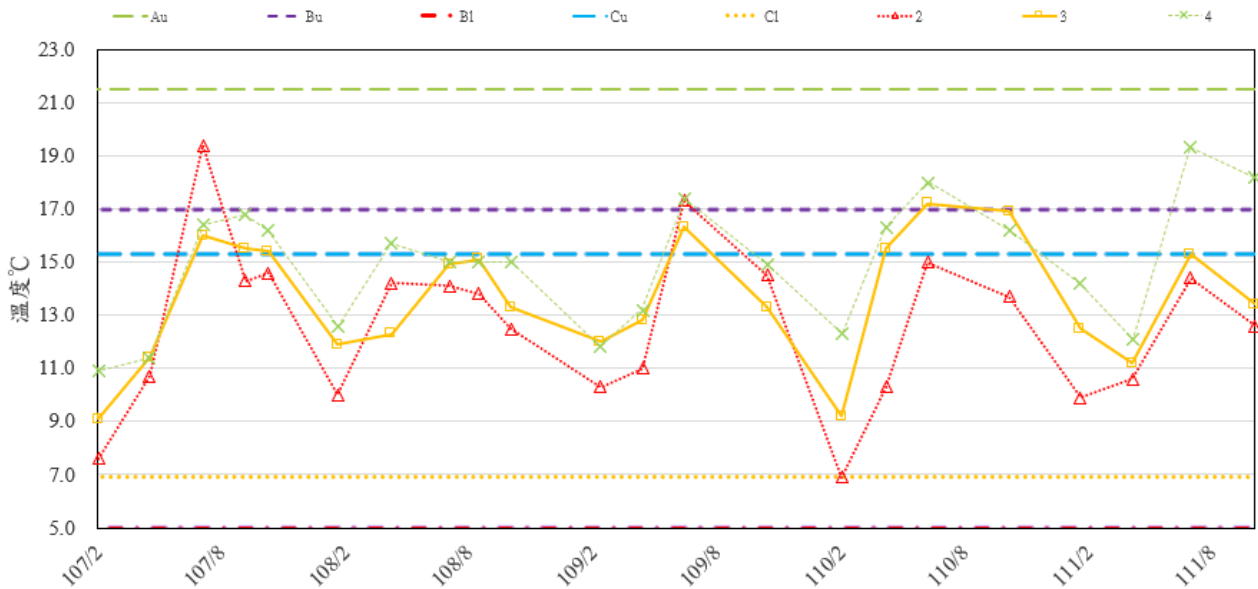


圖 3-43 山溝與七家灣溪測站之 TOC 值比較

(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) 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) B1：陳弘成(1998)建議鮭魚生存溫度下限(5°C)

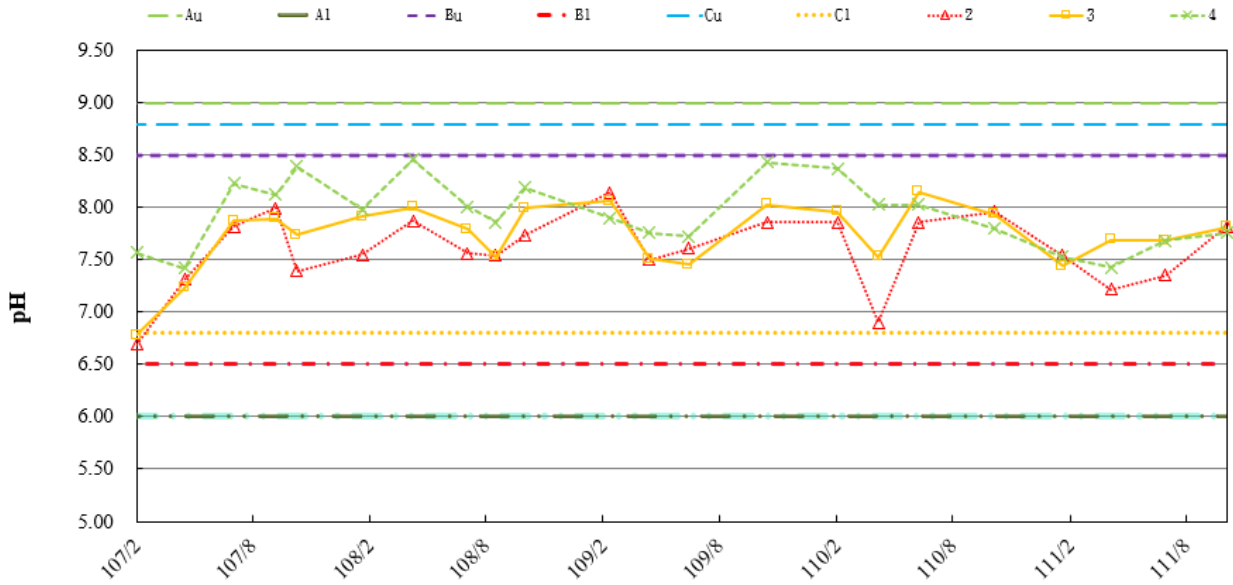
Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準溫度上限(15.3°C)

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)

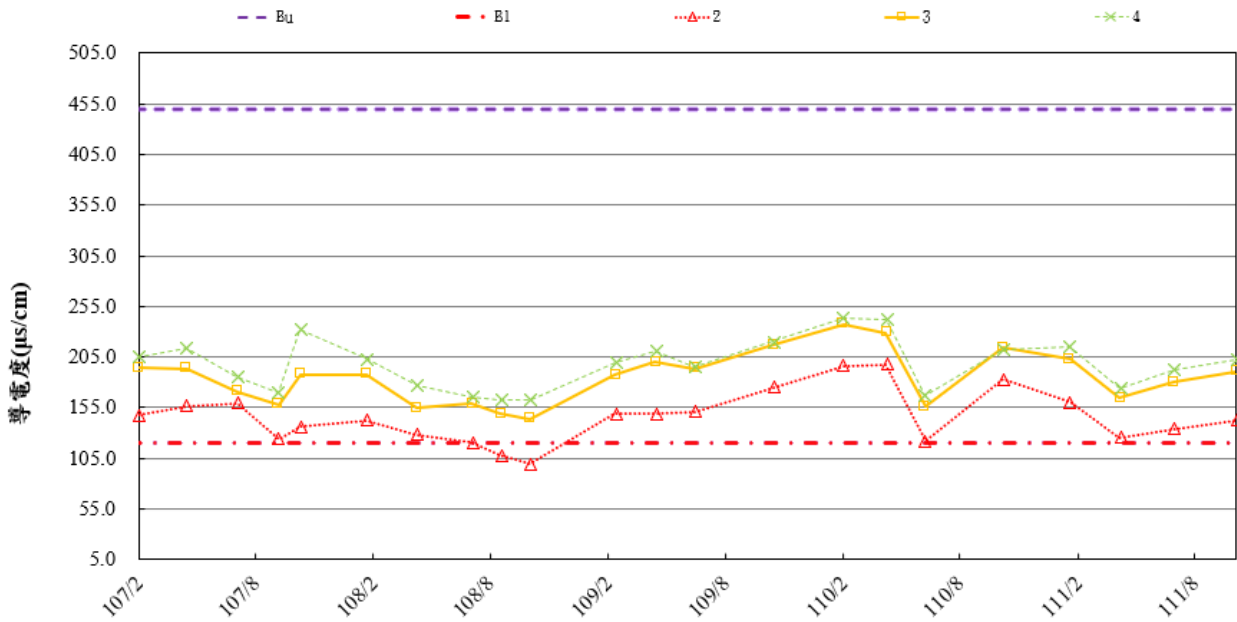
第3章 水質監測



Au：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準 pH 上限(9) A1：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) B1：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)
 C1：七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)

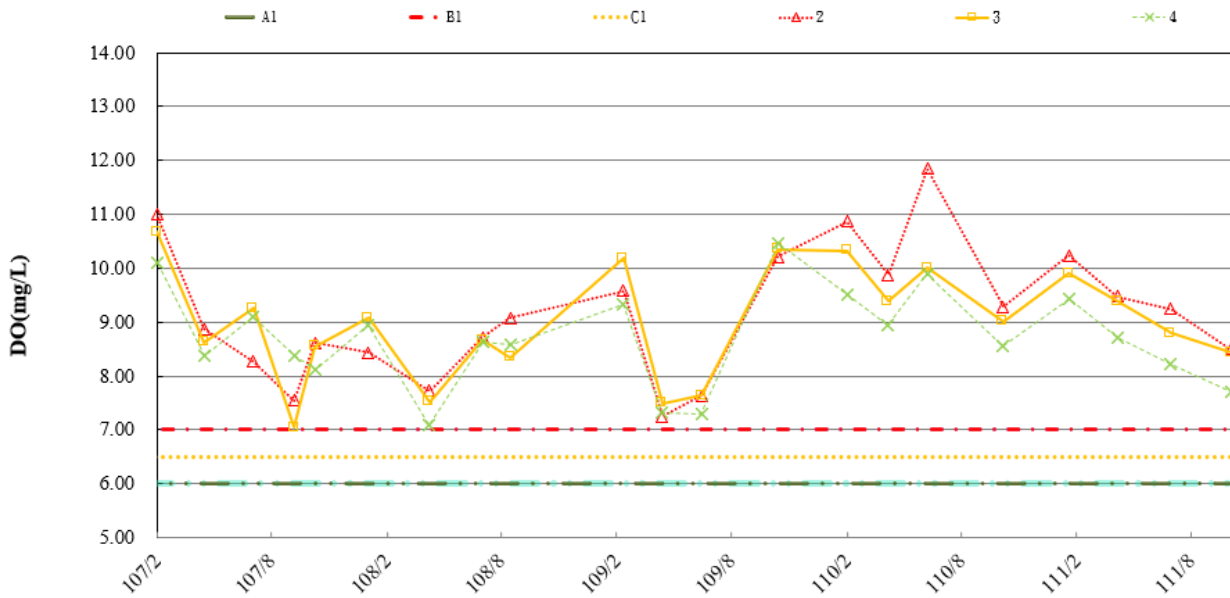


Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存導電度上限(450 µs/cm)
 B1：陳弘成(1998)建議鮭魚生存導電度下限(120 µs/cm)

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)

第3章 水質監測



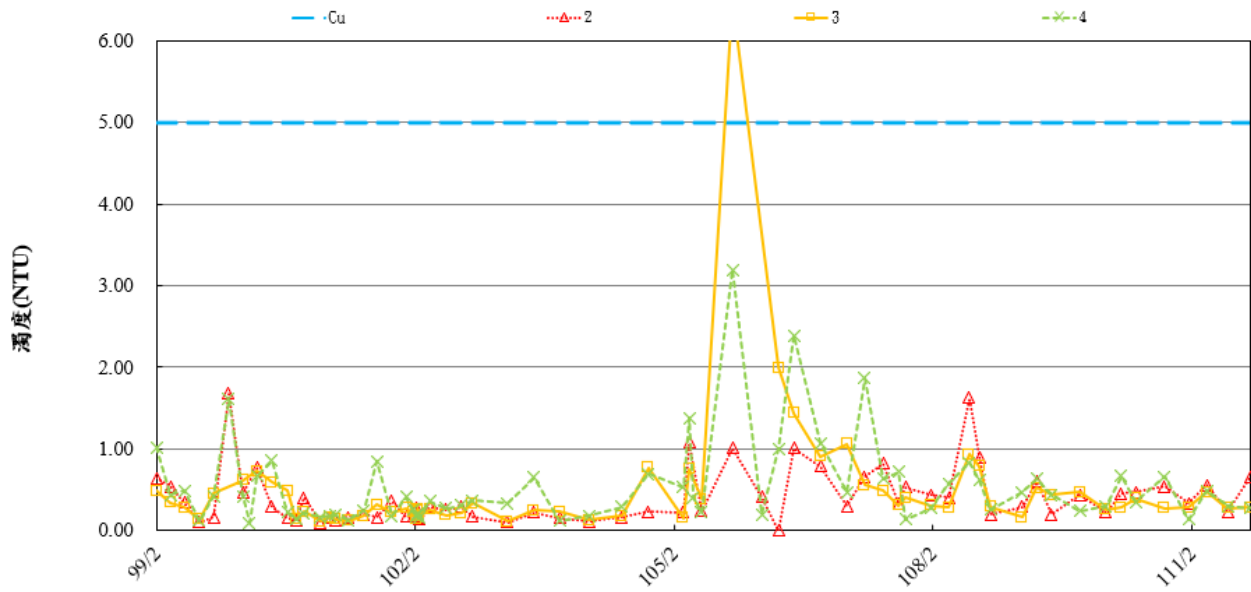
A1：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準溶氧值下限(6 mg/L)

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)

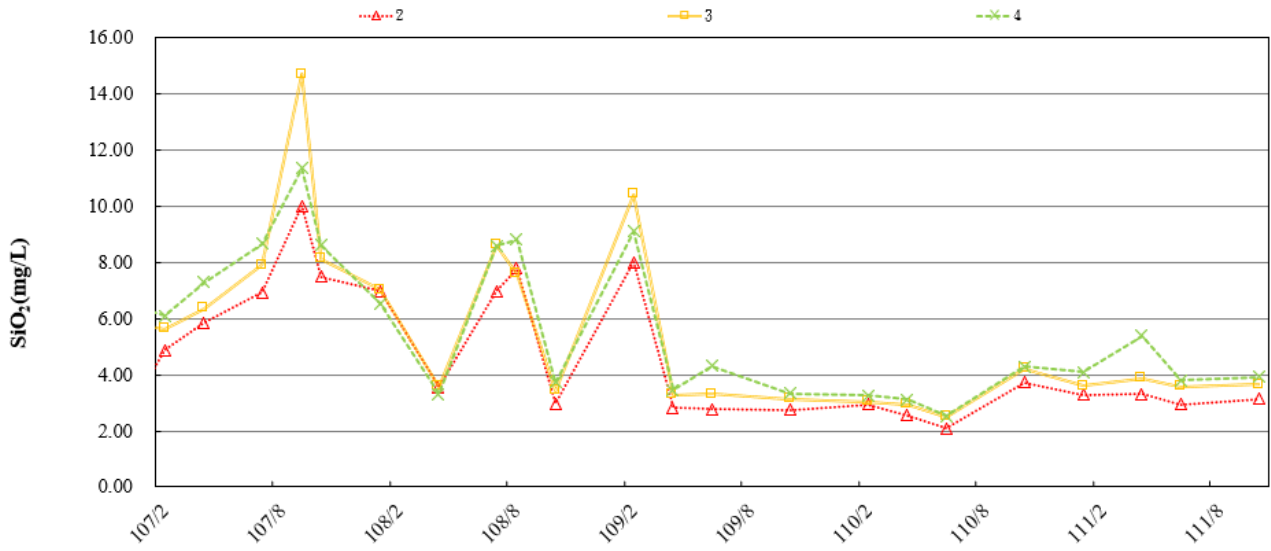
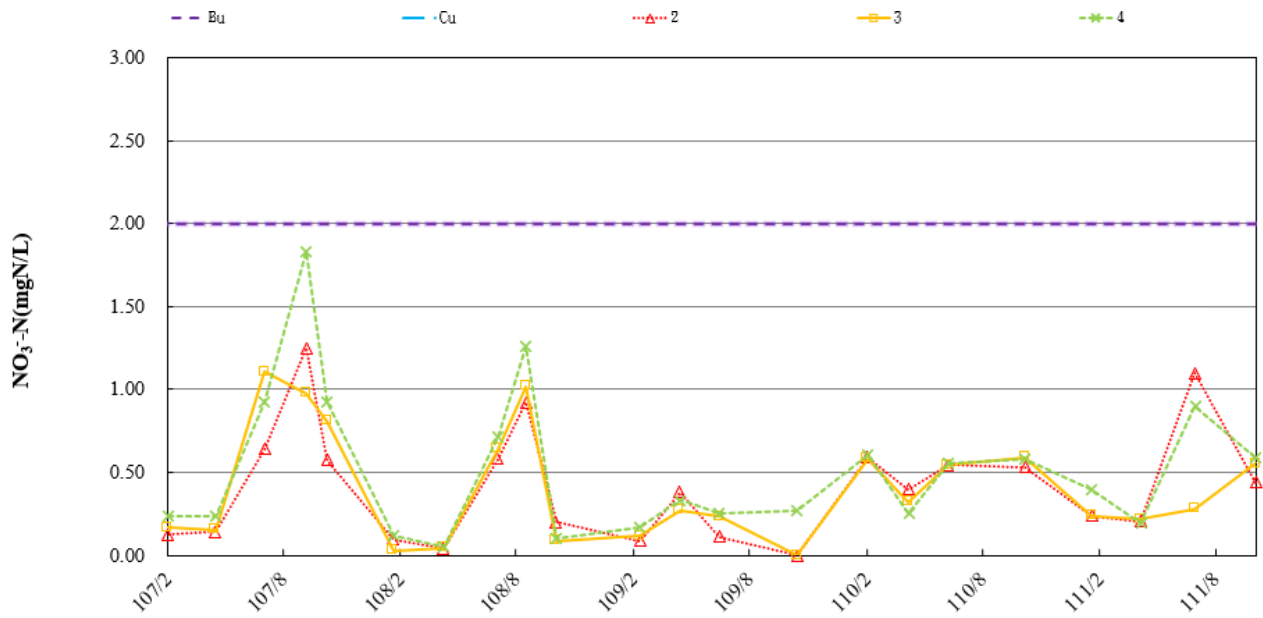


圖 3-49 8.1ha 回收農用地 SiO₂ 值變化

(資料來源：本研究資料)

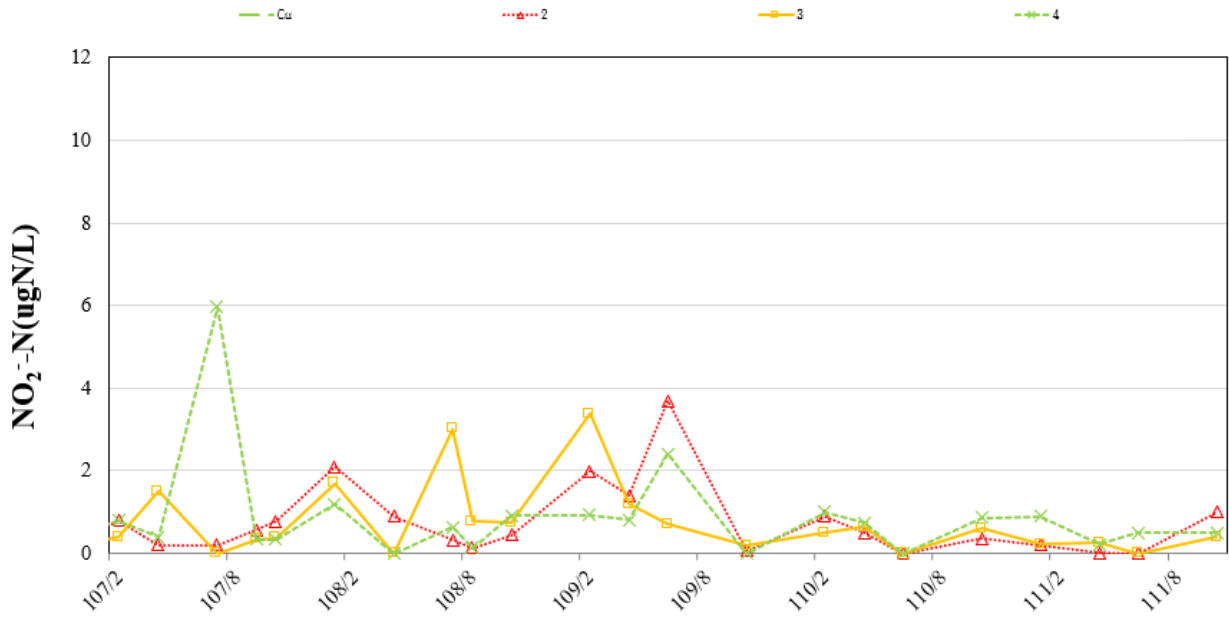


Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存硝酸鹽濃度上限(2 mg/L)

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 3-51 8.1ha 回收農用地 NO₂-N 值變化

(資料來源：本研究資料)

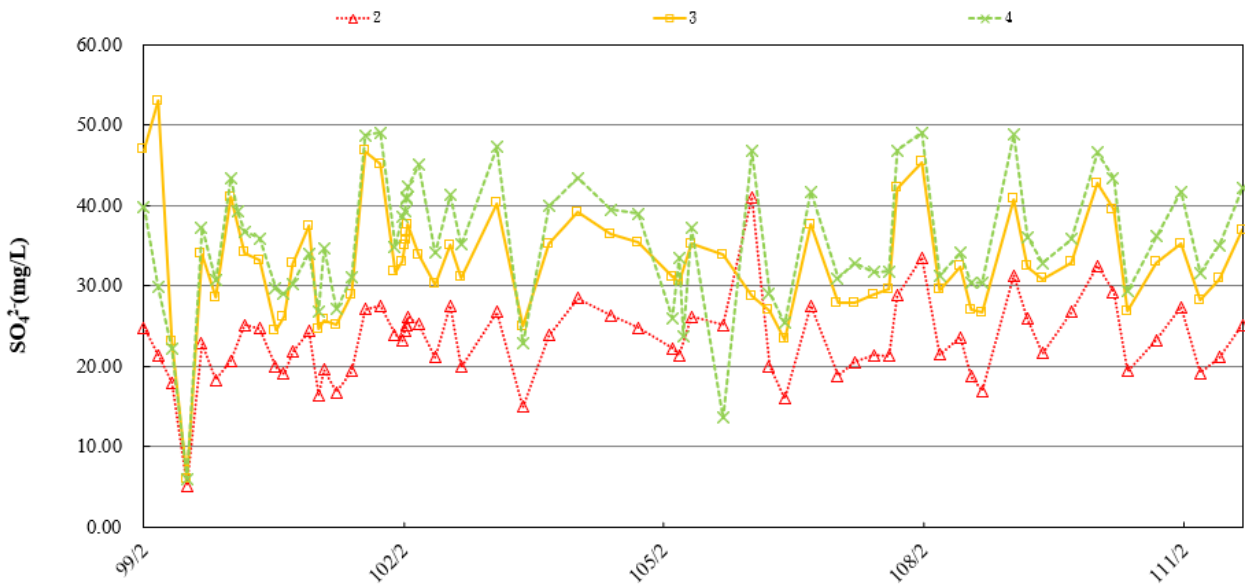
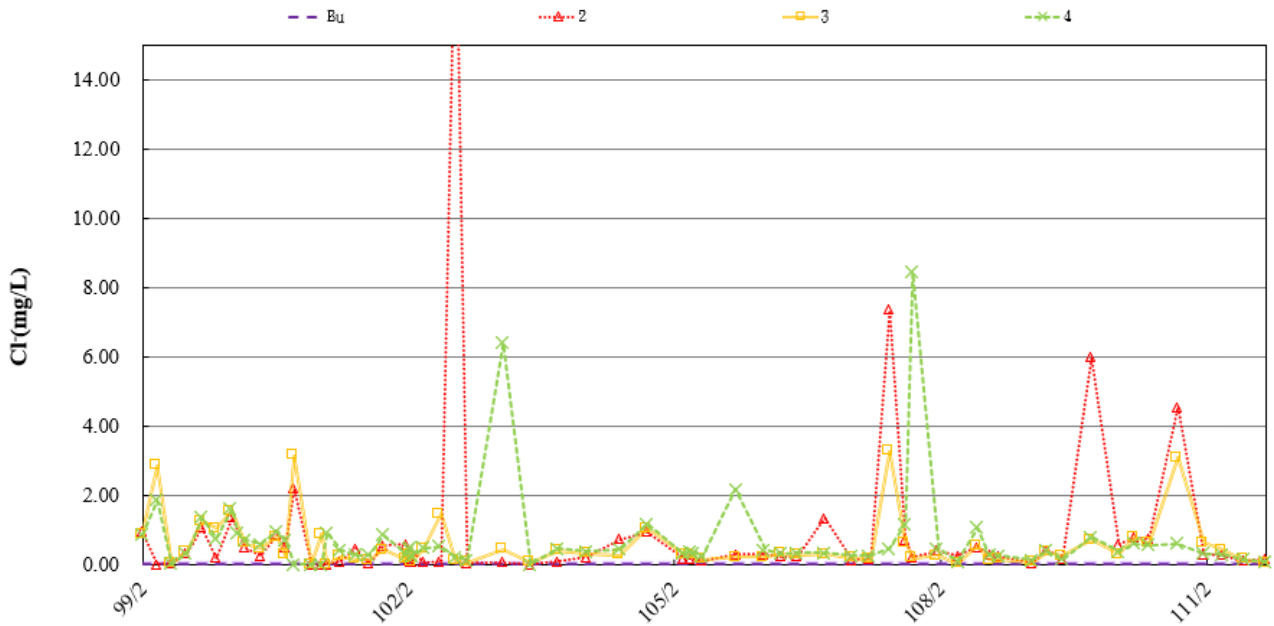


圖 3-52 8.1ha 回收農用地 SO₄²⁻值變化

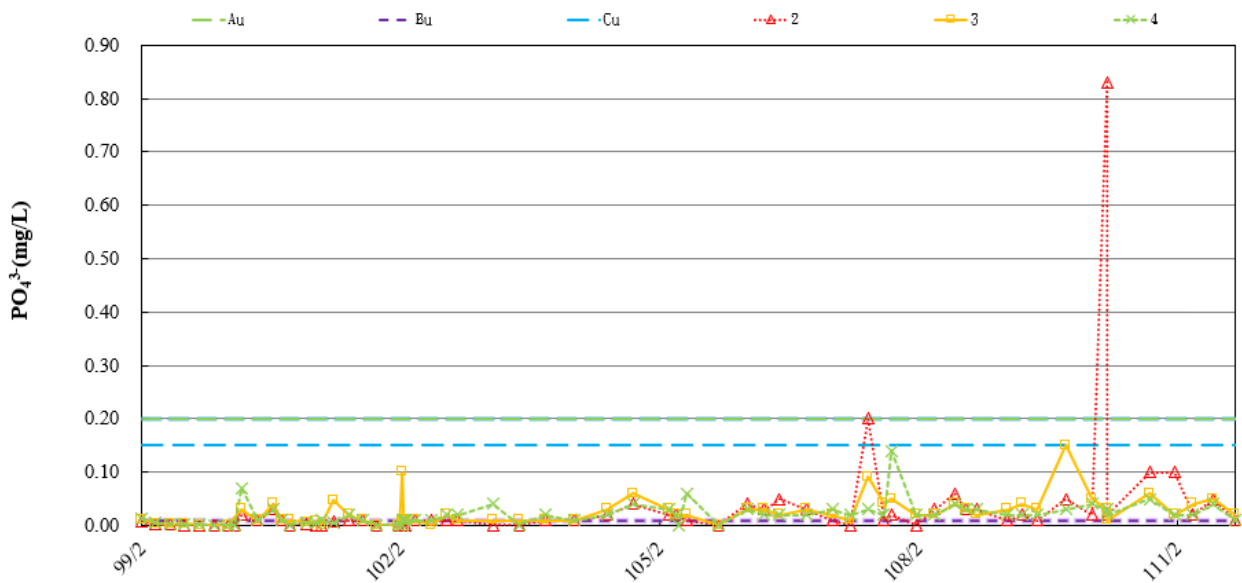
(資料來源：本研究資料)



8.1ha 回收農用地 NO₂--N 值變化 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)



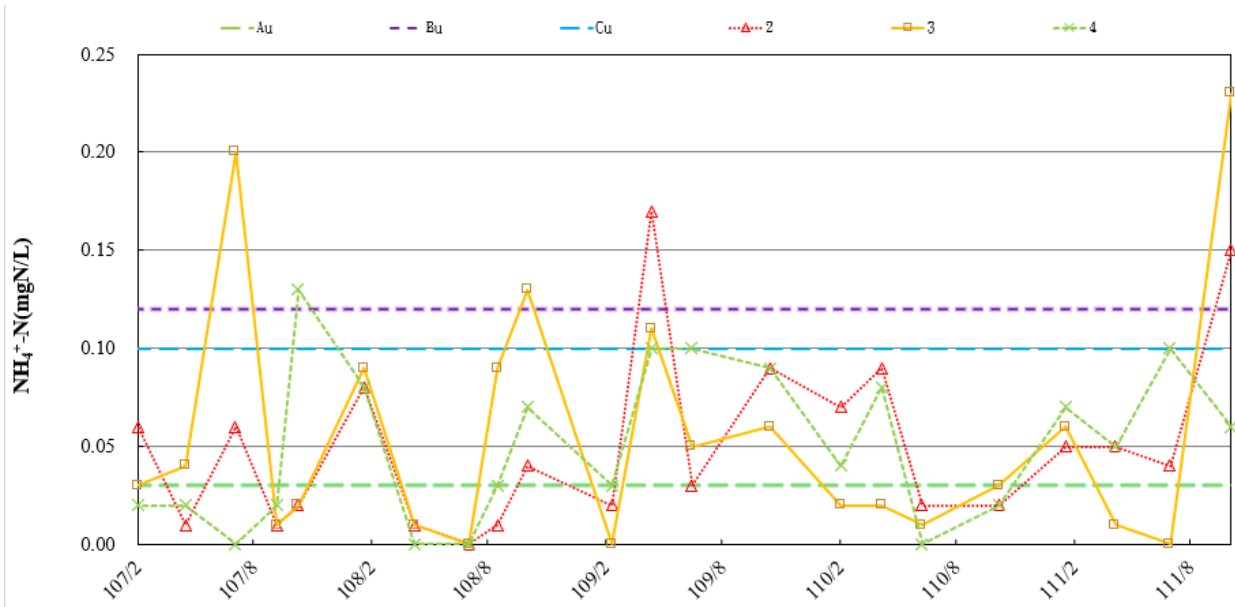
Au：歐盟訂定之鮭魚水體標準磷酸鹽濃度上限(0.2 mg/L)

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 PO₄³⁻值變化

(資料來源：本研究資料)



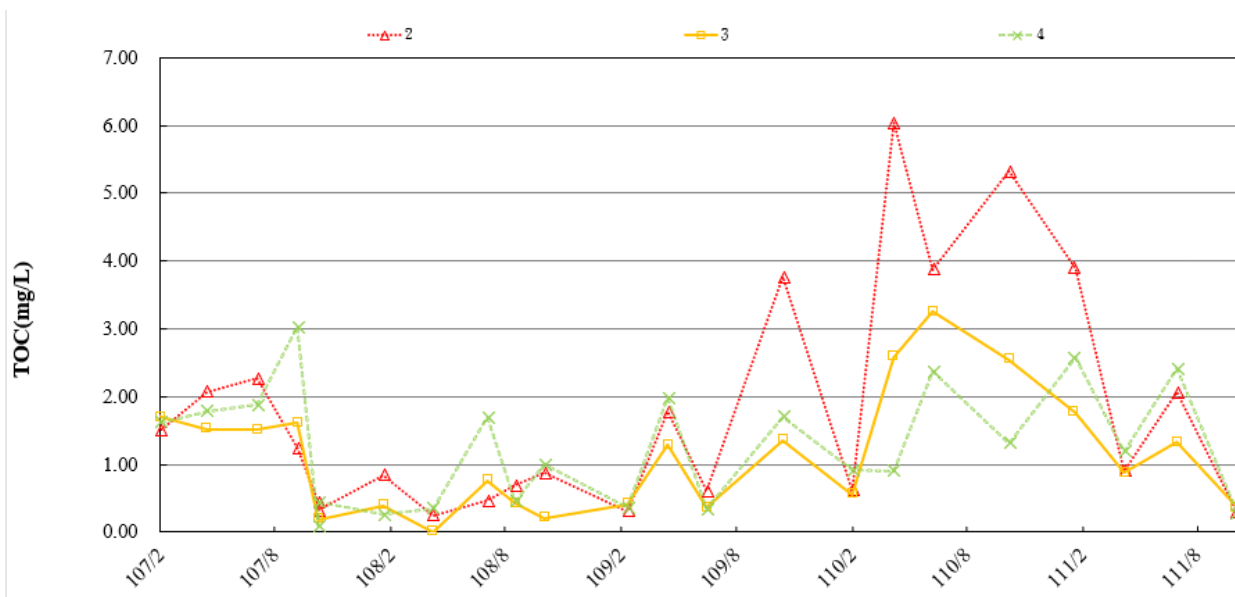
Au：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準氨氮濃度上限(0.03 mg/L)

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 3-55 8.1ha 回收農用地 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 值變化

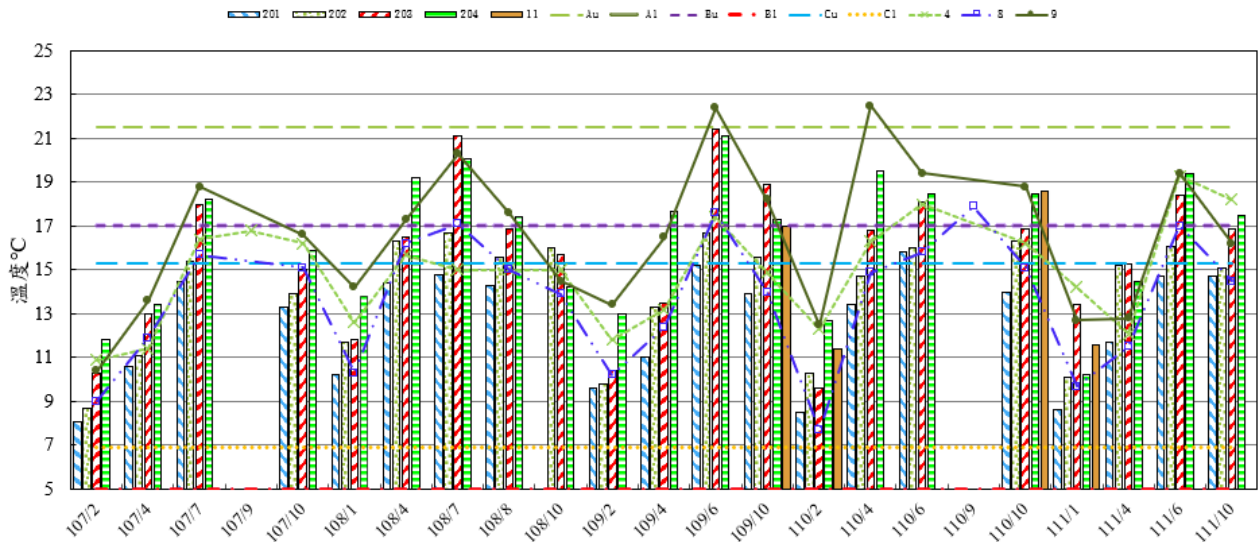
(資料來源：本研究資料)



Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存氯鹽濃度上限(0.01 mg/L)

圖 3-56 8.1ha 回收農用地 TOC 值變化

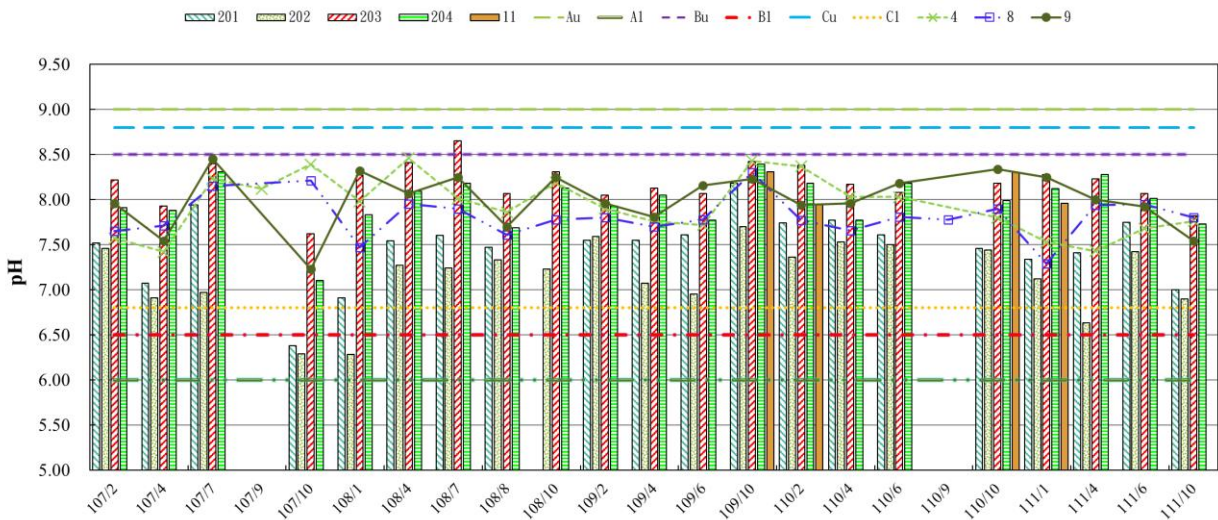
(資料來源：本研究資料)



Au：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準溫度上限(21.5°C) 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

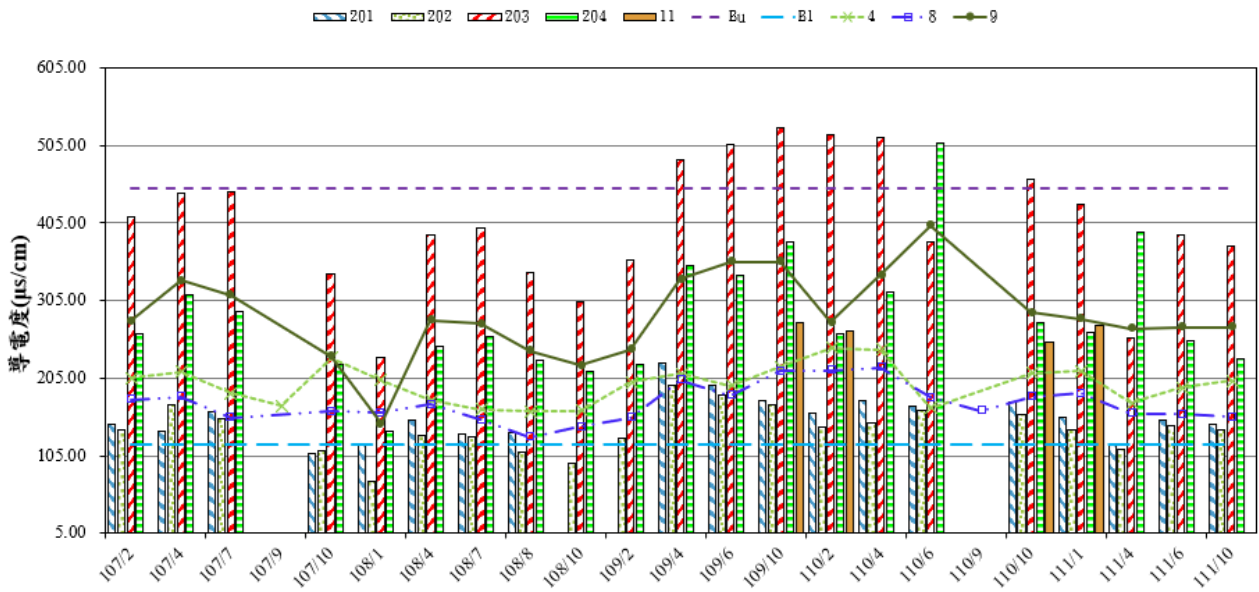
(資料來源：本研究資料)



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 pH 值變化

(資料來源：本研究資料)

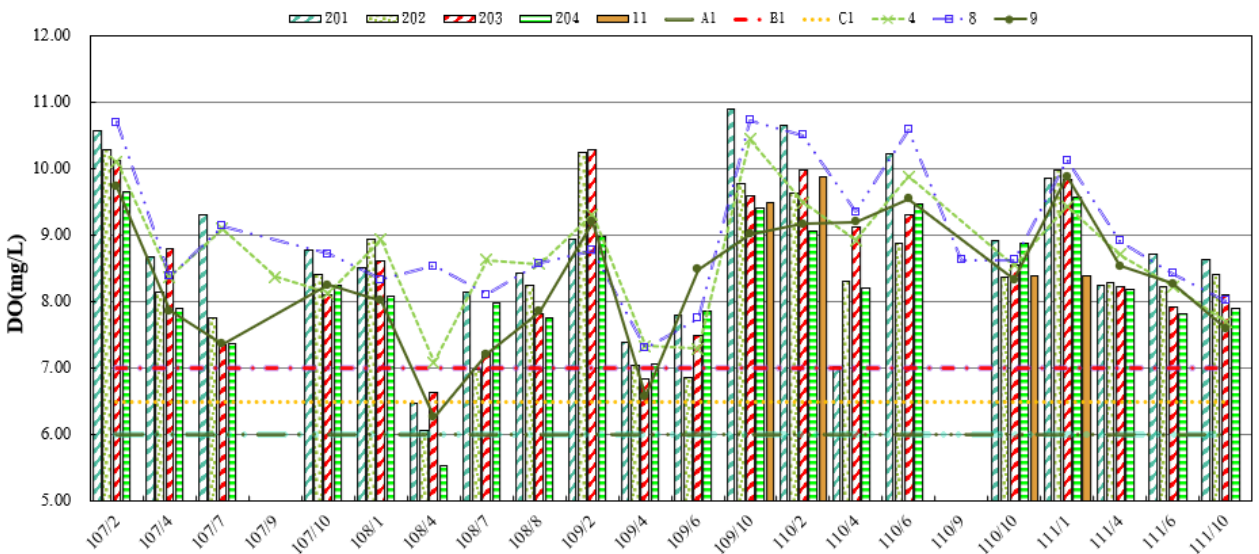


Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存導電度上限(450µs/cm)

Bl：陳弘成(1998)建議鮭魚生存導電度下限(120µs/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：歐盟訂定之鮭鯉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)

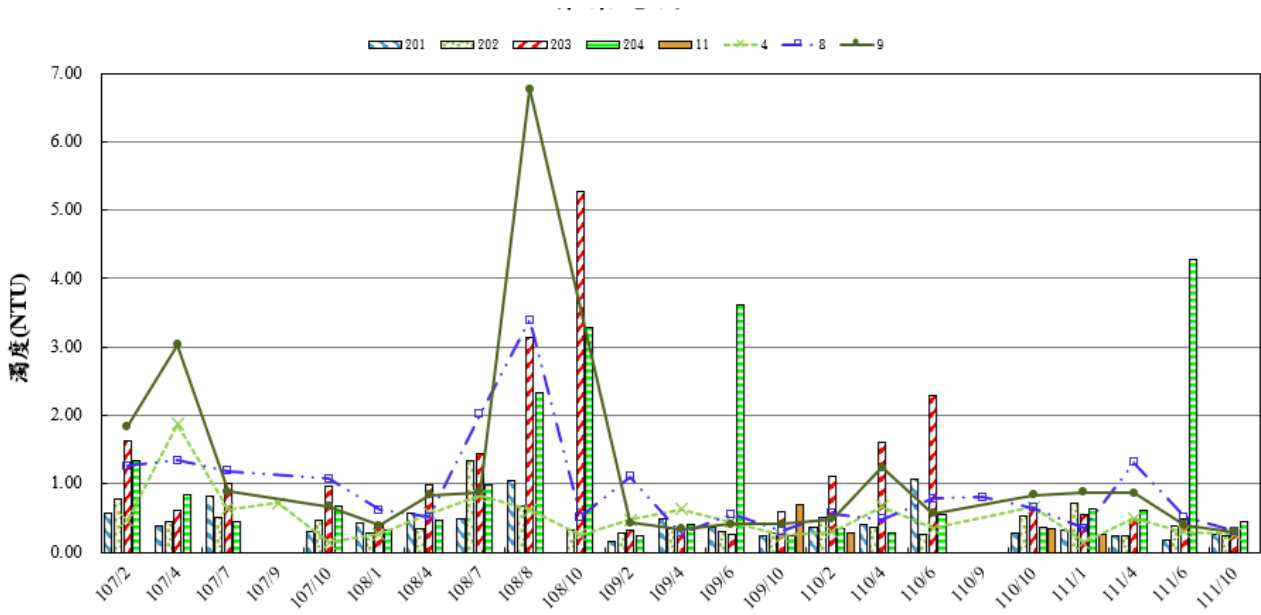


圖 3-61 羅葉尾溪與司界蘭溪濁度值變化

(資料來源：本研究資料)

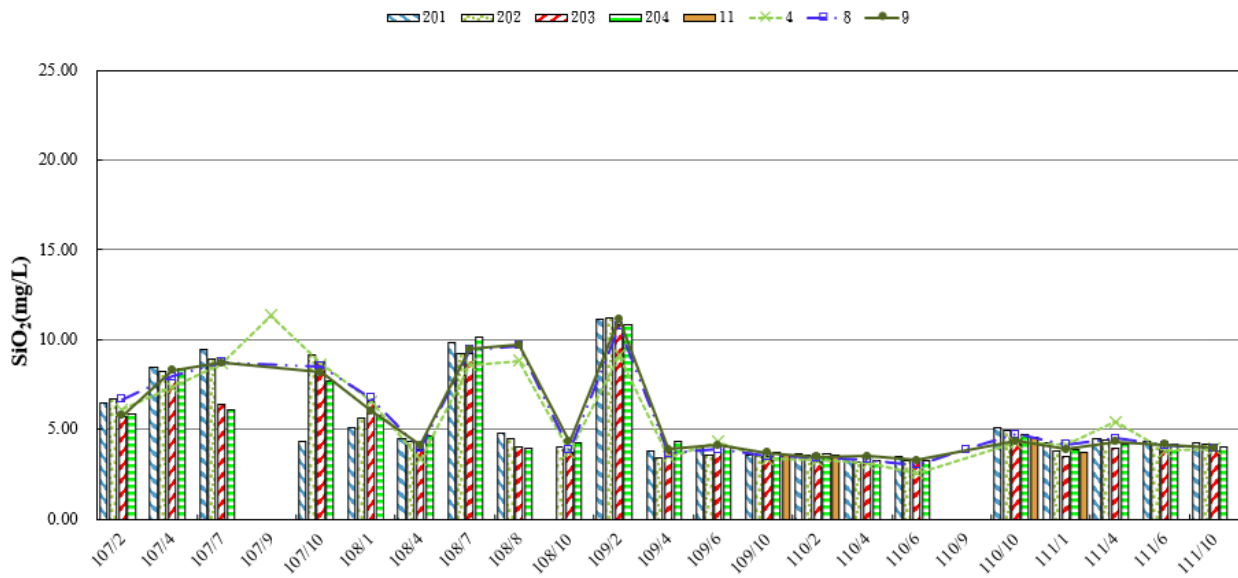
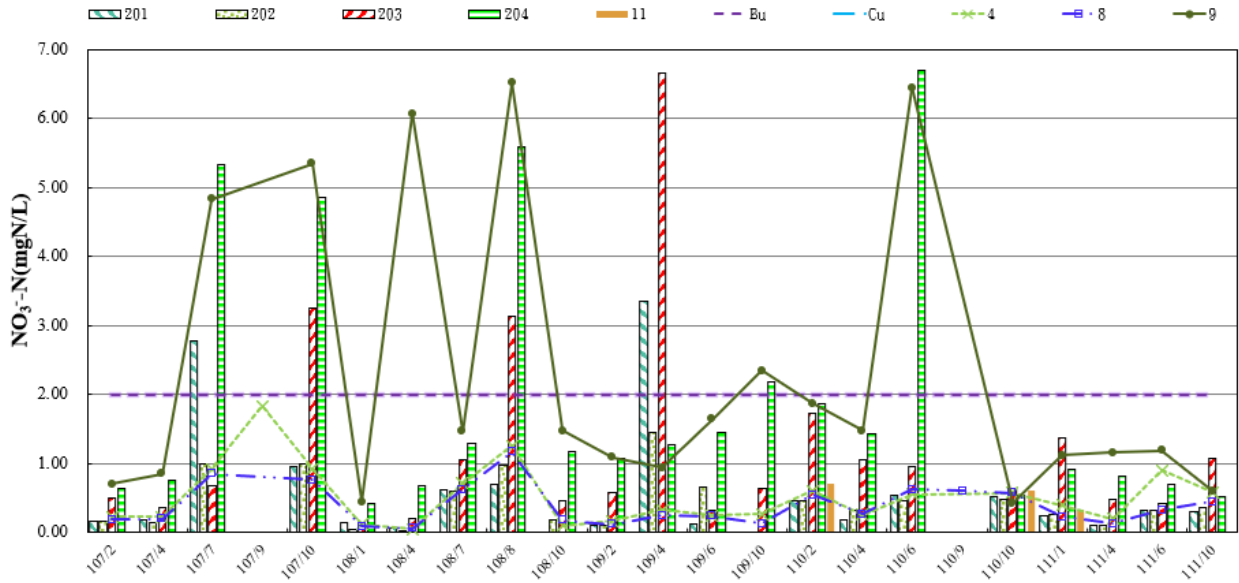


圖 3-62 羅葉尾溪與司界蘭溪 SiO₂ 值變化

(資料來源：本研究資料)

第 3 章 水質監測

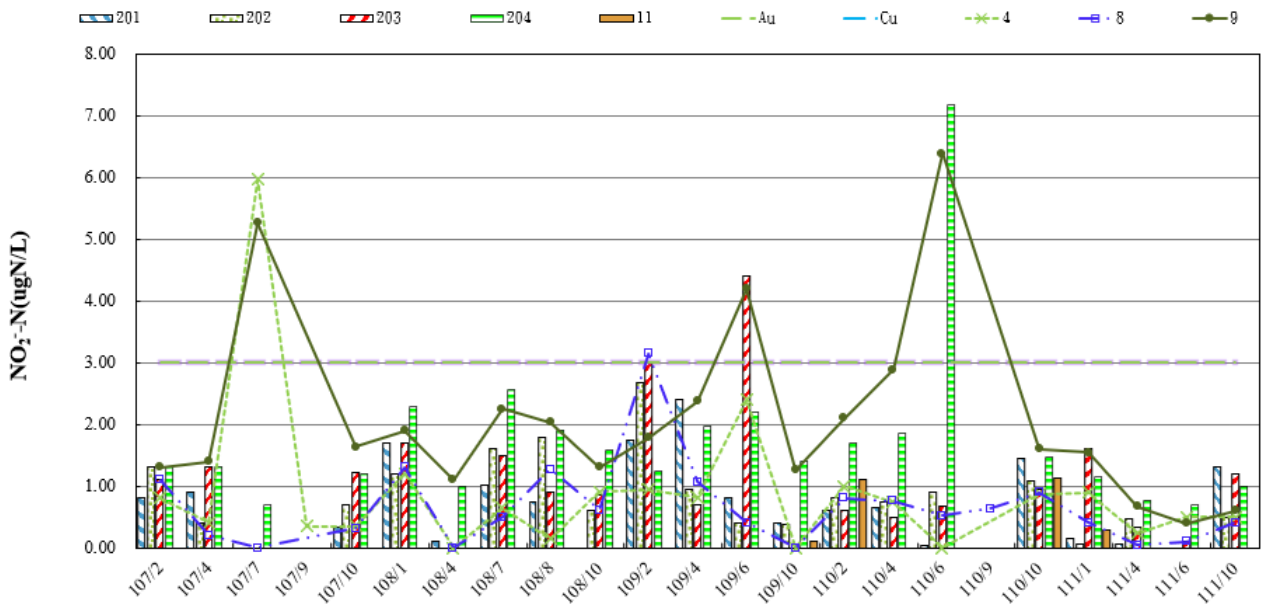


Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存硝酸鹽濃度上限(2 mg/L)

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 3-64 羅葉尾溪與司界蘭溪 NO₂-N 值變化

(資料來源：本研究資料)

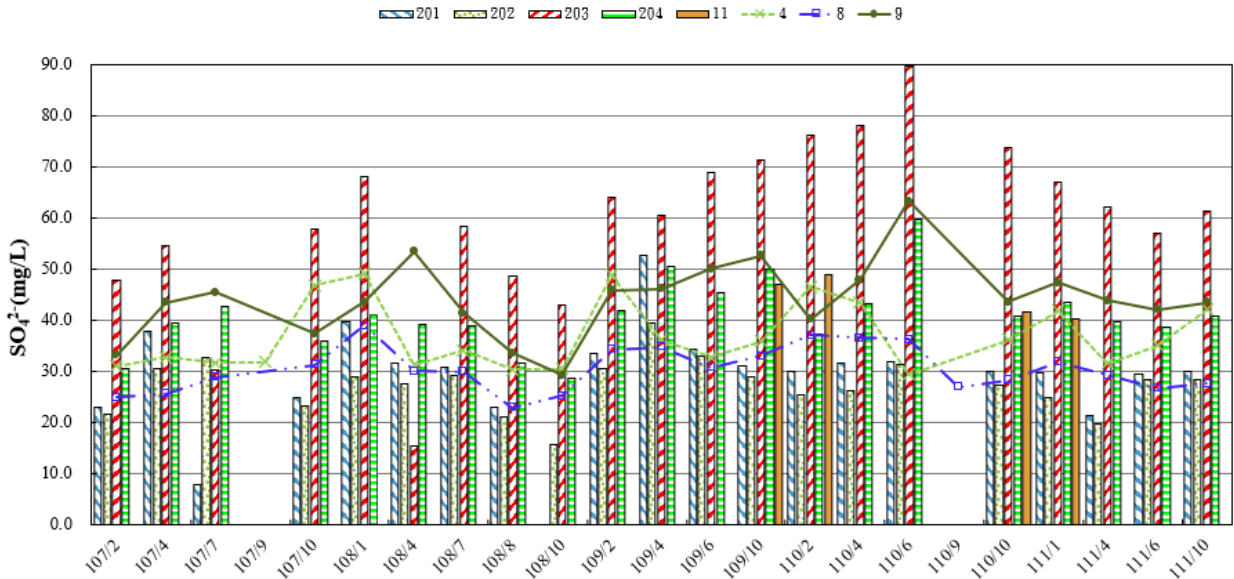
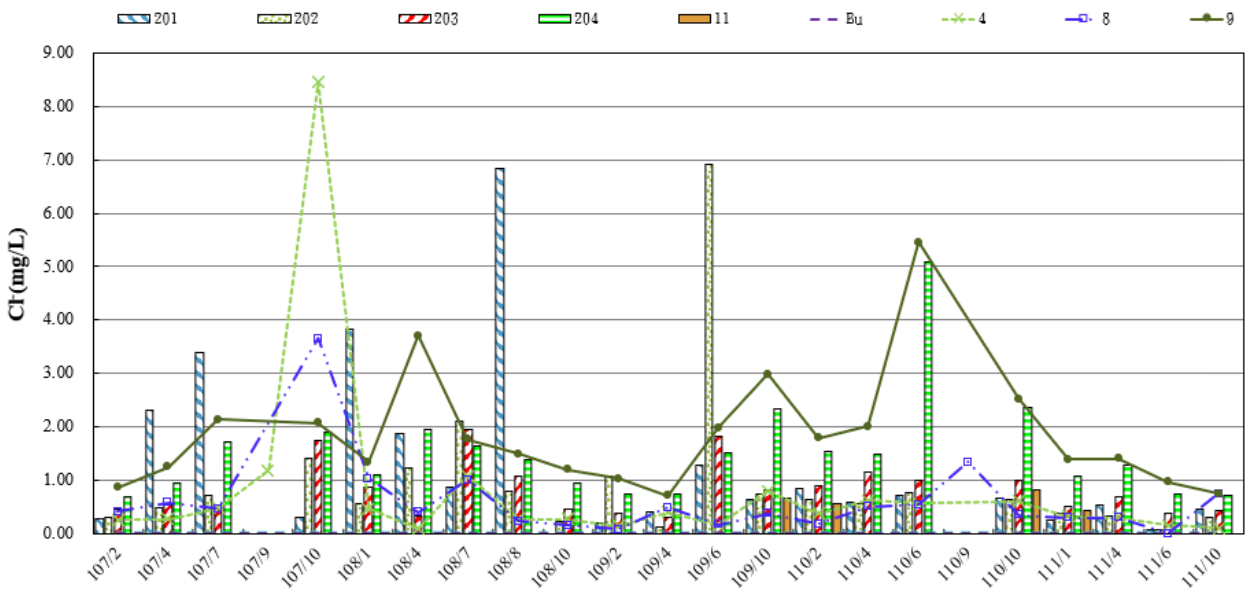


圖 3-65 羅葉尾溪與司界蘭溪 SO_4^{2-} 值變化

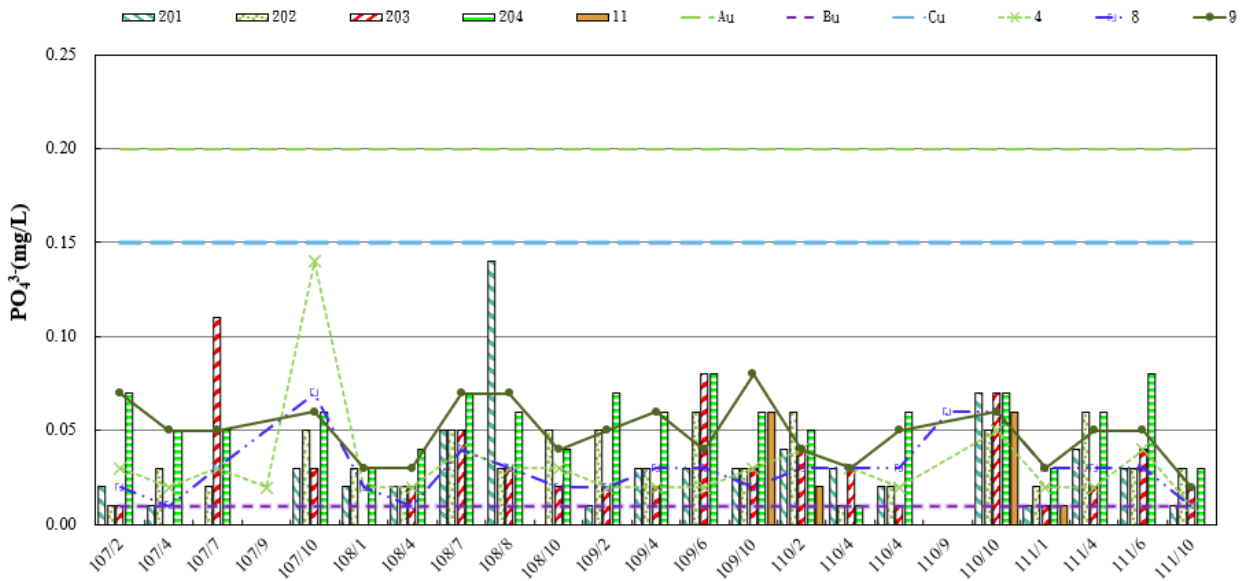
(資料來源：本研究資料)



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)



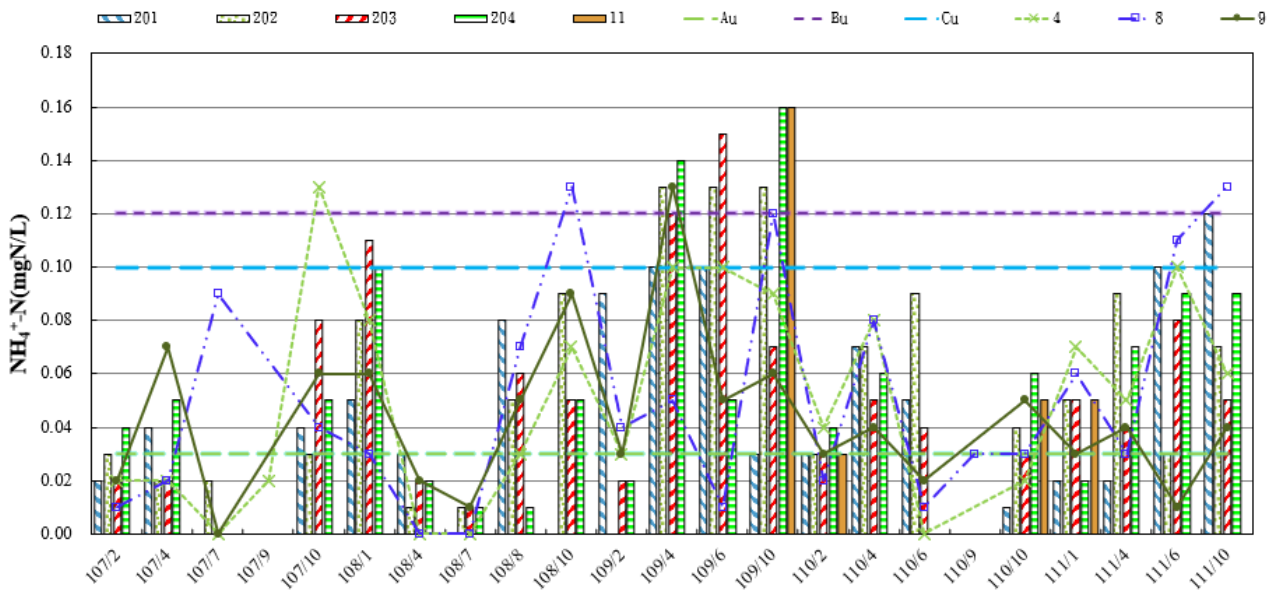
Au：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準磷酸鹽濃度上限(0.2 mg/L)

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 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 3-68 羅葉尾溪與司界蘭溪 NH_4^+-N 值變化

(資料來源：本研究資料)

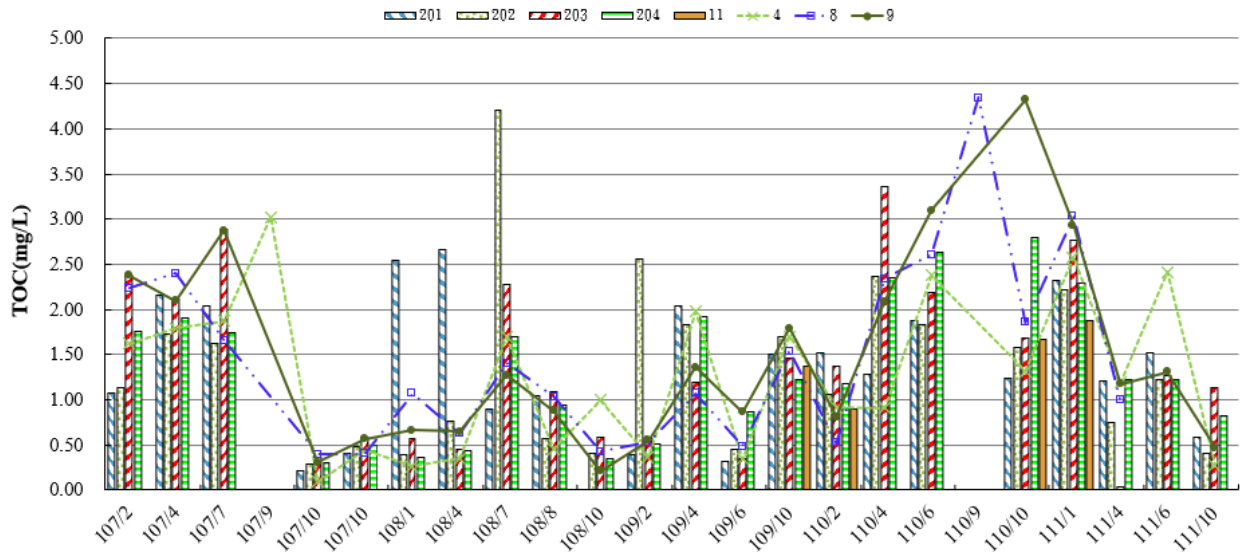


圖 3-69 羅葉尾溪與司界蘭溪 TOC 值變化

(資料來源：本研究資料)

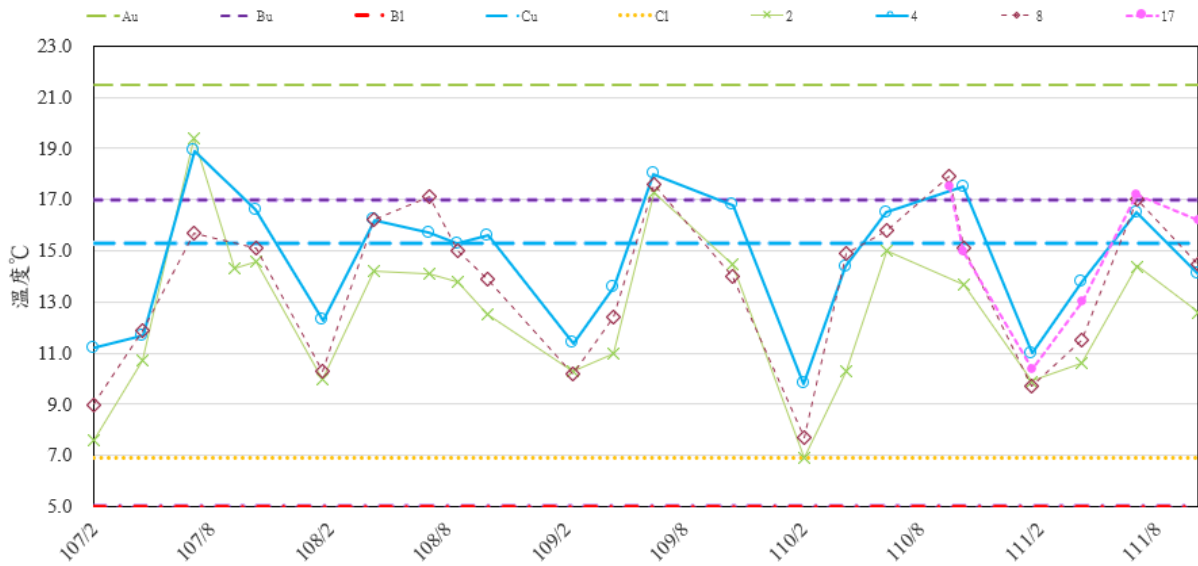


圖 3-70 高山溪壩體改善與七家灣溪溫度值比較

(資料來源：本研究資料)

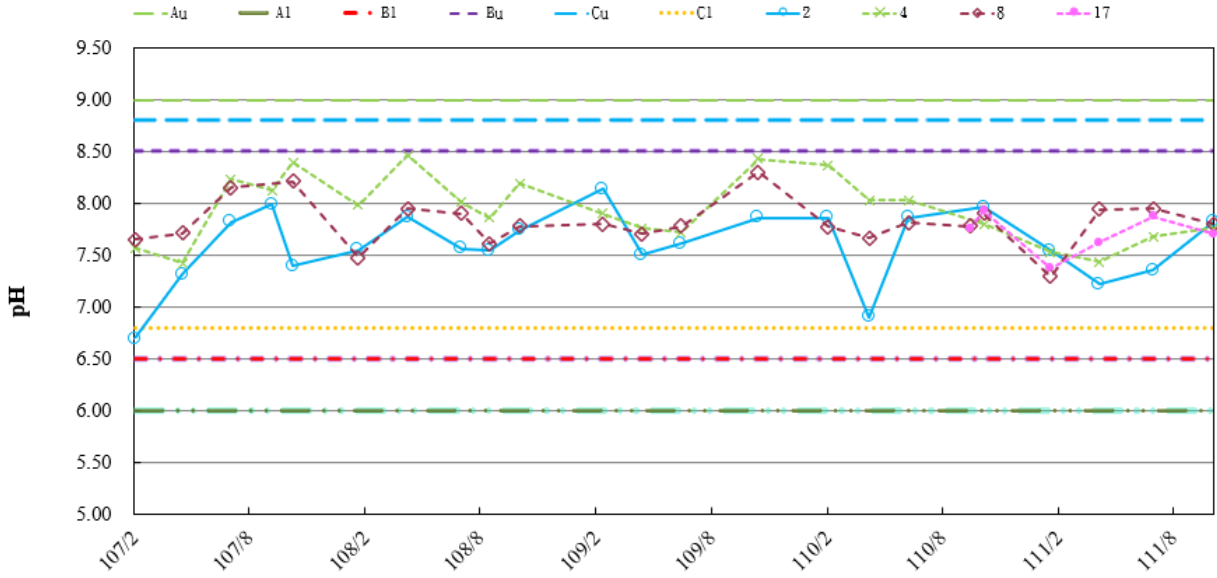


圖 3-71 高山溪壩體改善與七家灣溪 pH 比較

(資料來源：本研究資料)

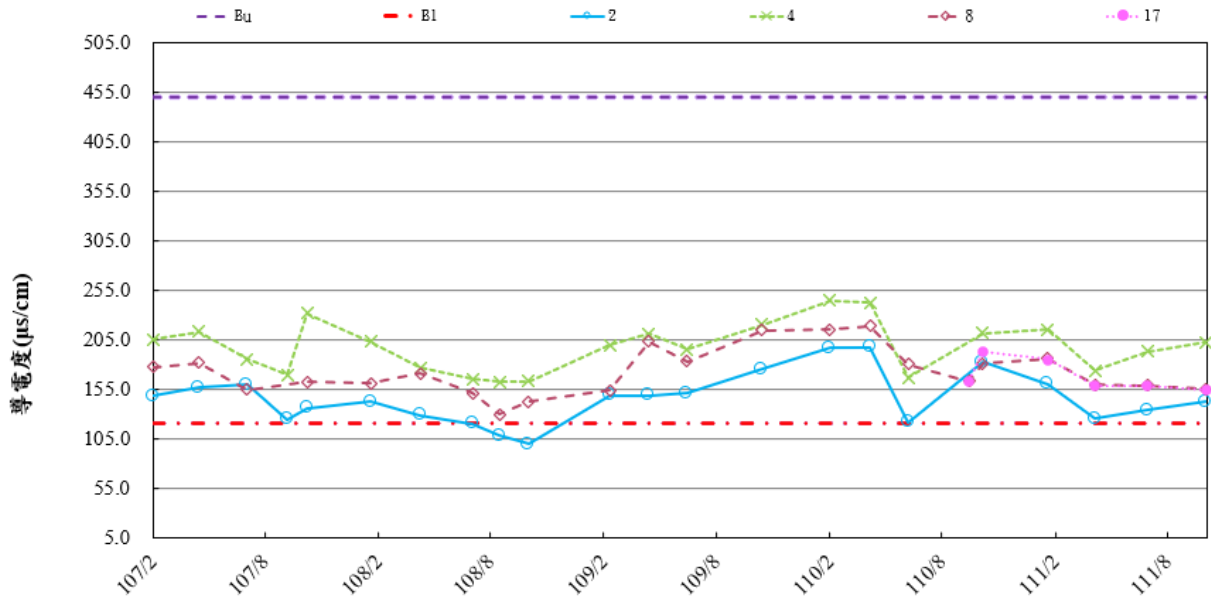


圖 3-72 高山溪壩體改善與七家灣溪導電度比較

(資料來源：本研究資料)

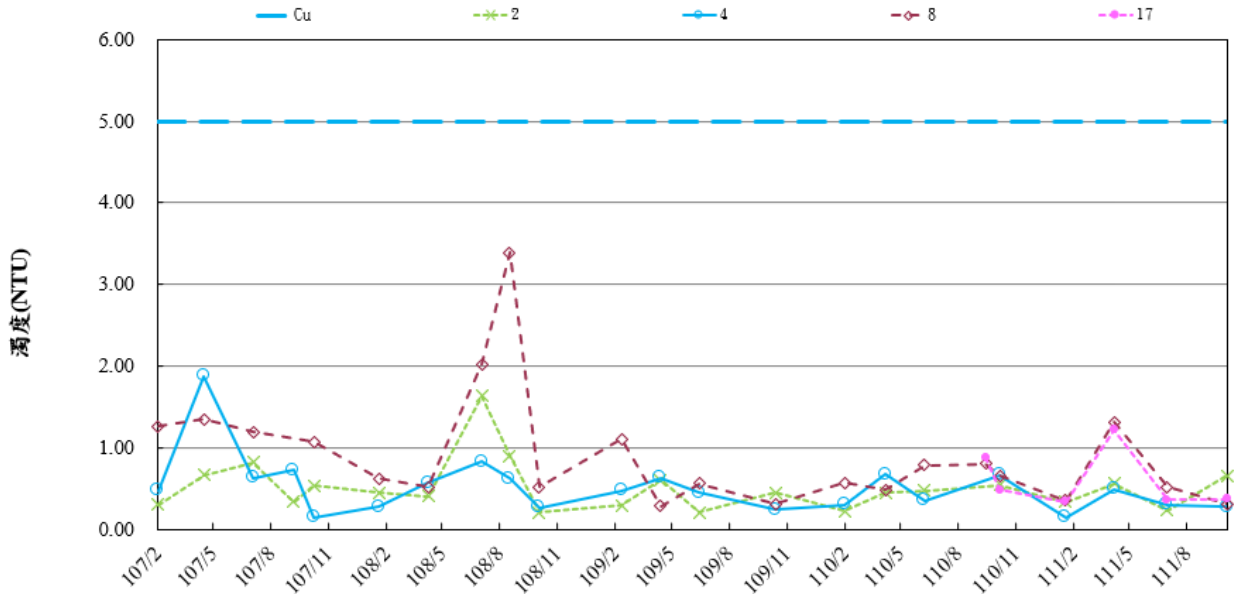


圖 3-73 高山溪壩體改善與七家灣溪濁度比較

(資料來源：本研究資料)

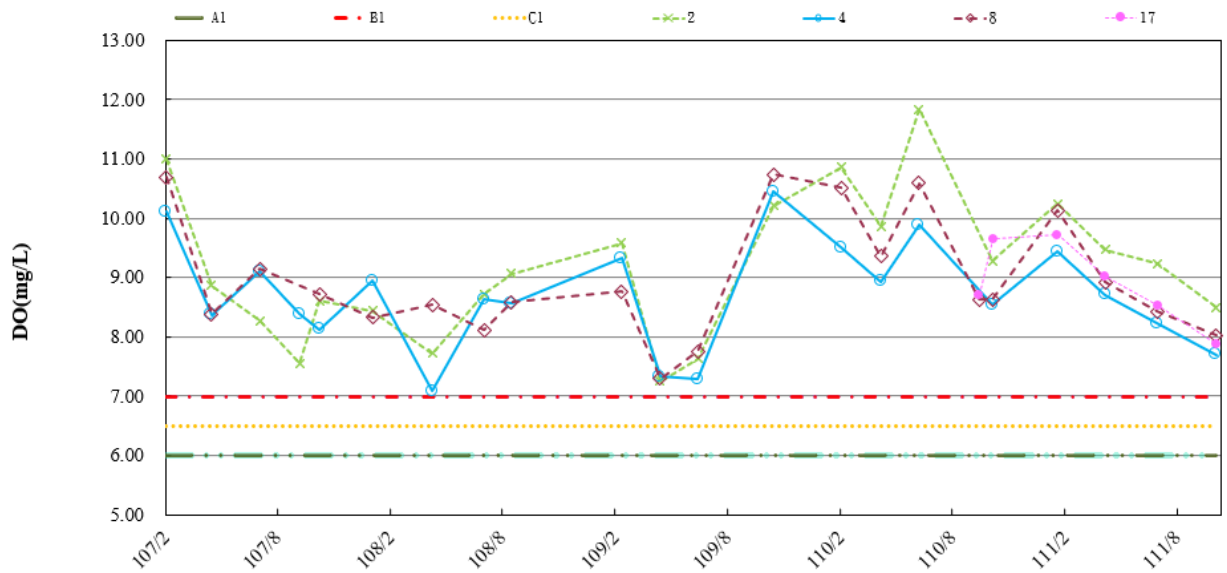


圖 3-74 高山溪壩體改善與七家灣溪溶氧比較

(資料來源：本研究資料)

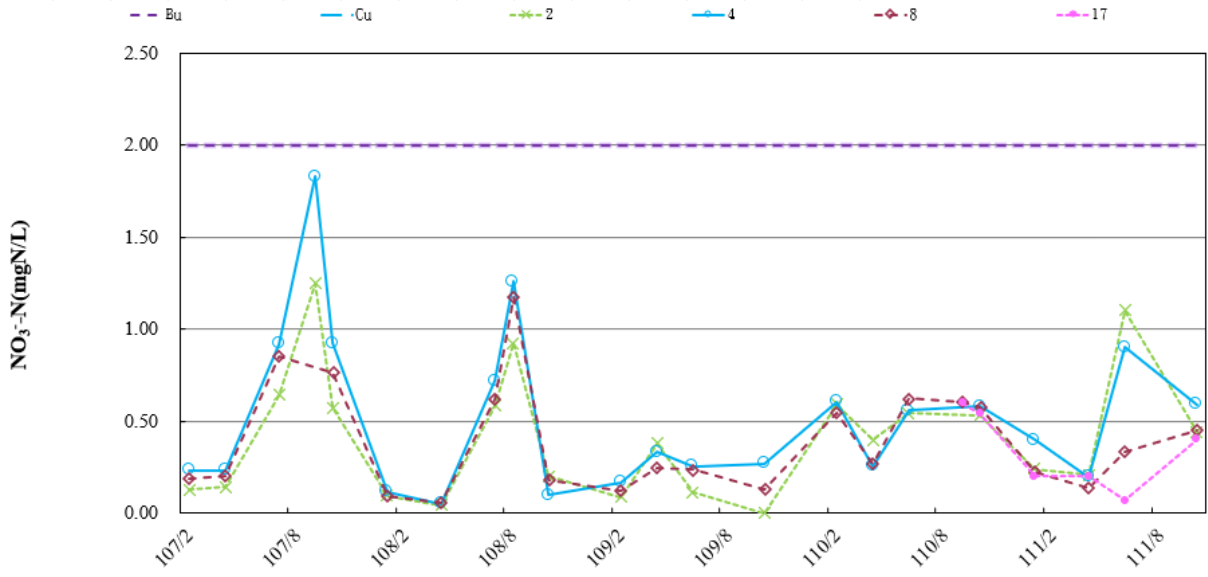


圖 3-75 高山溪壩體改善與七家灣溪硝酸鹽比較

(資料來源：本研究資料)

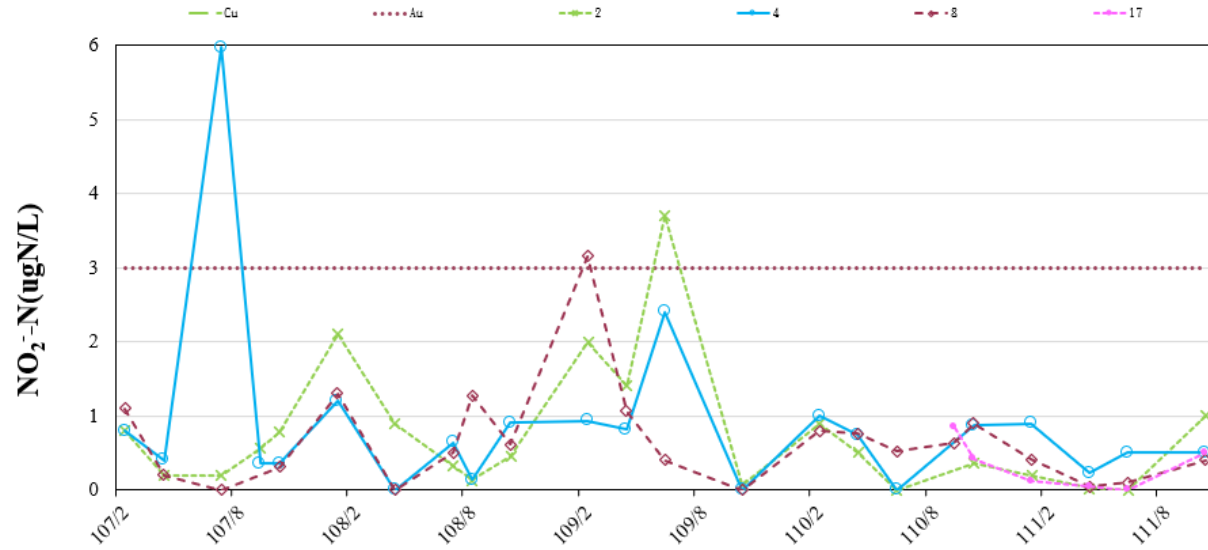


圖 3-76 高山溪壩體改善與七家灣溪亞硝酸鹽比較

(資料來源：本研究資料)

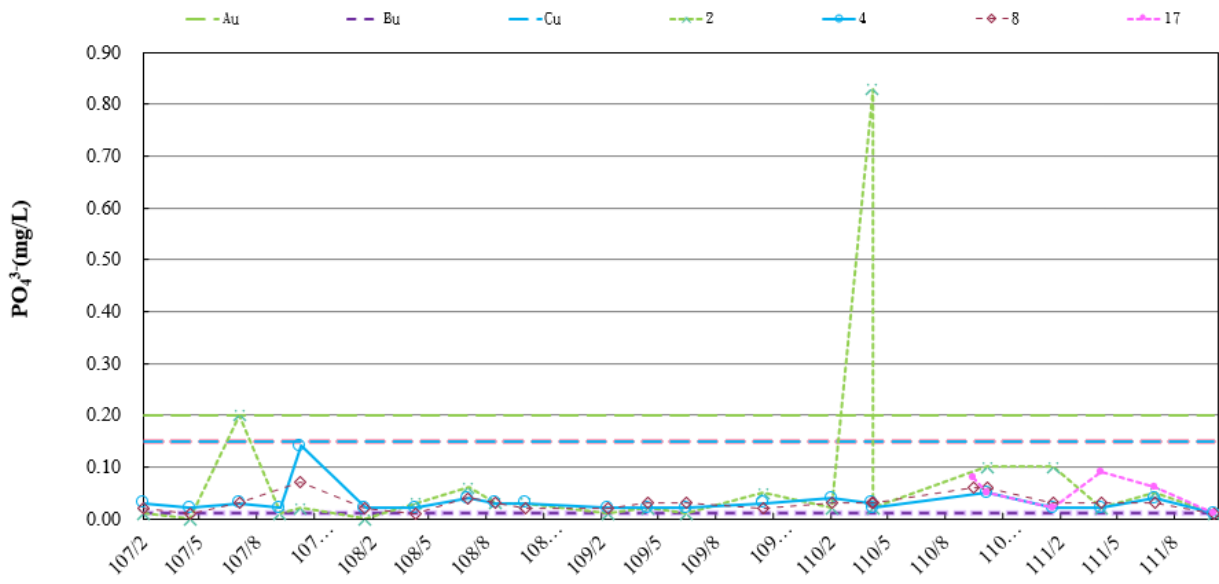


圖 3-77 高山溪壩體改善與七家灣溪磷酸鹽比較

(資料來源：本研究資料)

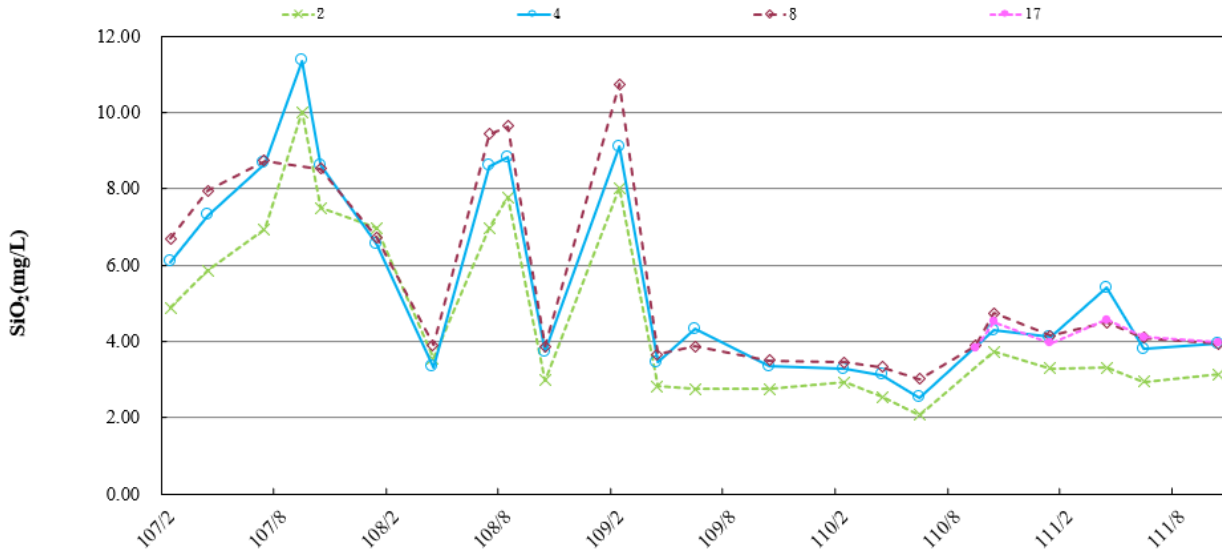


圖 3-78 高山溪壩體改善與七家灣溪矽酸鹽比較

(資料來源：本研究資料)

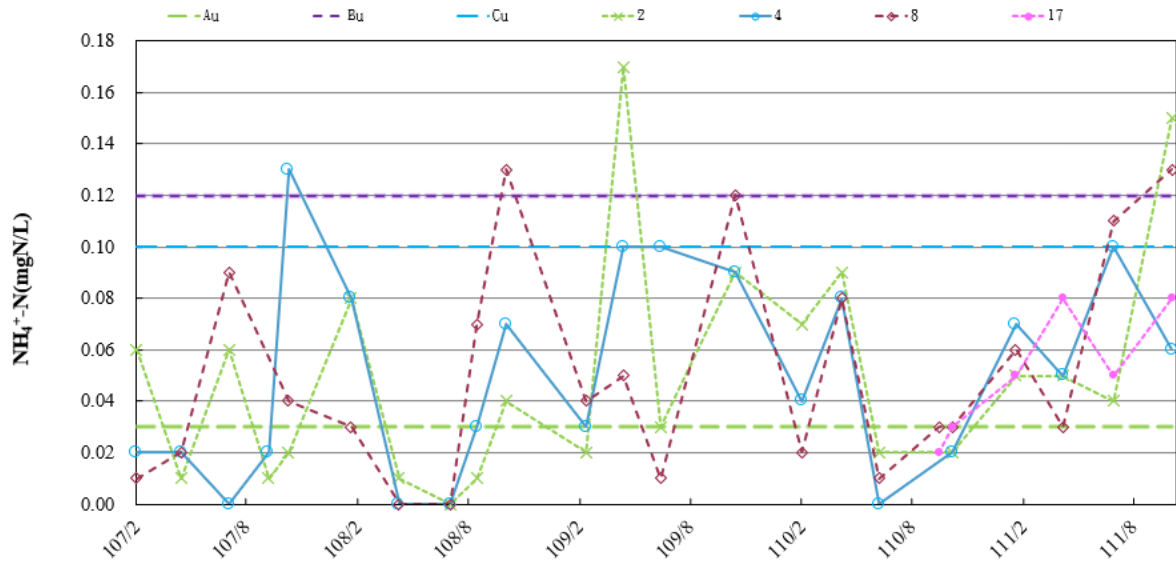


圖 3-79 高山溪壩體改善與七家灣溪氨氮比較

(資料來源：本研究資料)

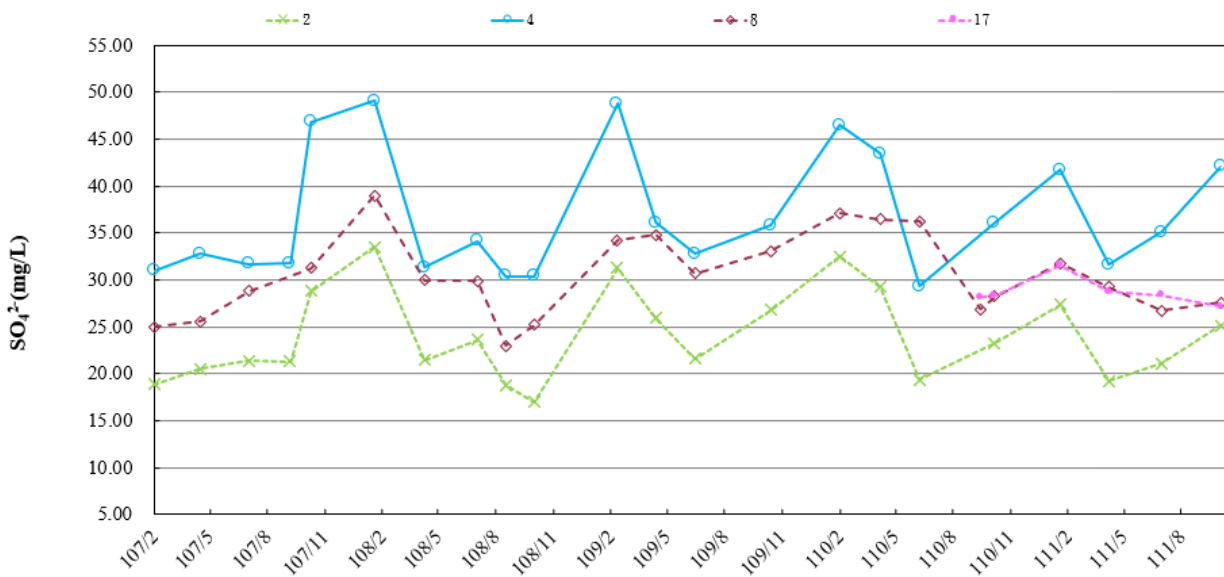


圖 3-80 高山溪壩體改善與七家灣溪硫酸鹽比較

(資料來源：本研究資料)

第3章 水質監測

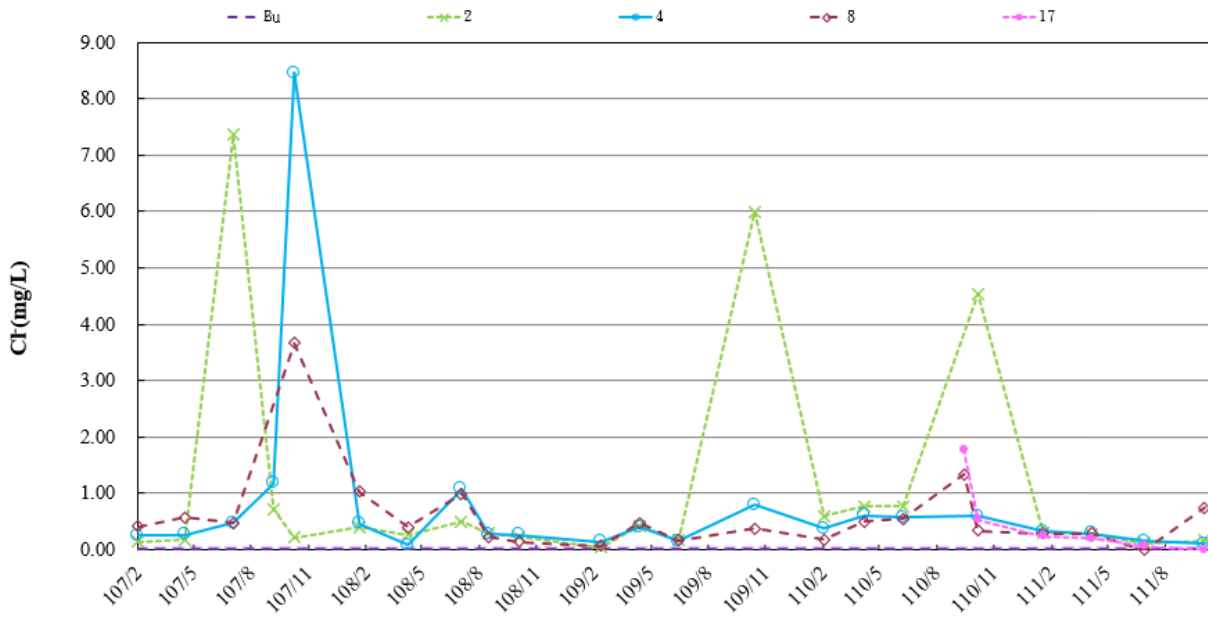


圖 3-81 高山溪壩體改善與七家灣溪氯鹽比較

(資料來源：本研究資料)

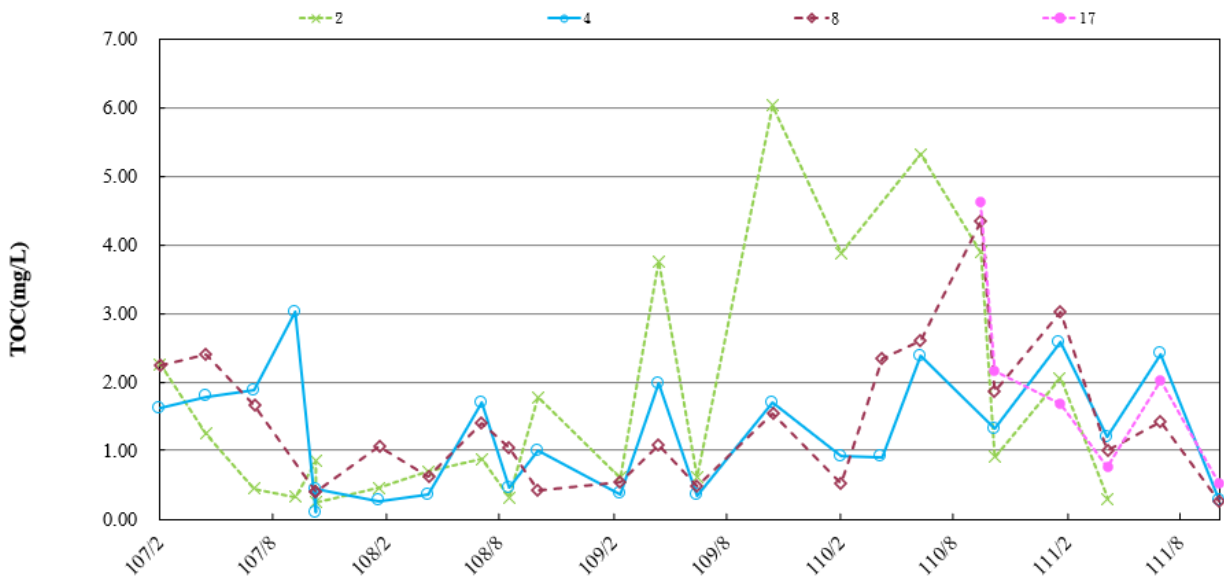


圖 3-82 高山溪壩體改善與七家灣溪 TOC 比較

(資料來源：本研究資料)

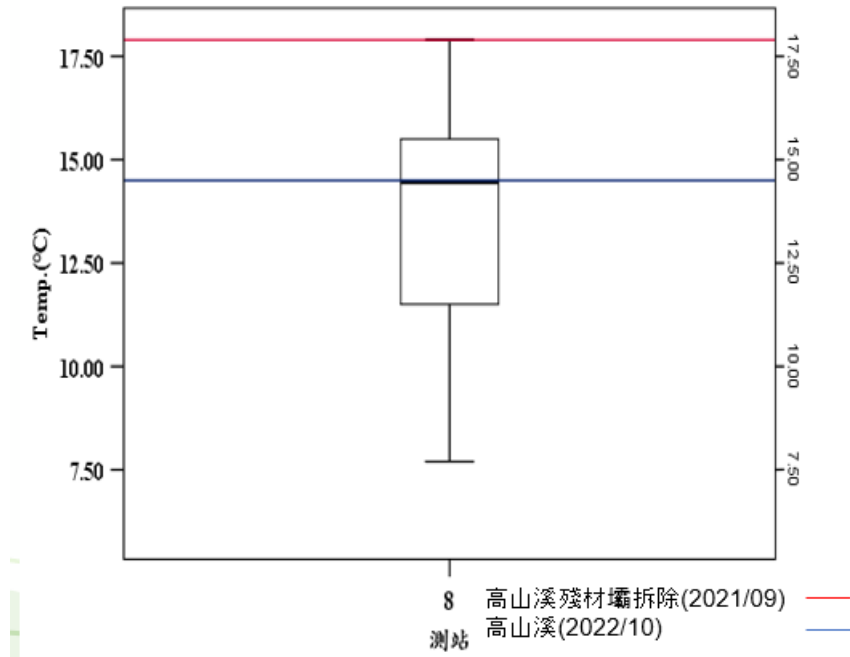


圖 3-83 高山溪壩體改善前後金鬚圖溫度比較
(資料來源：本研究資料)

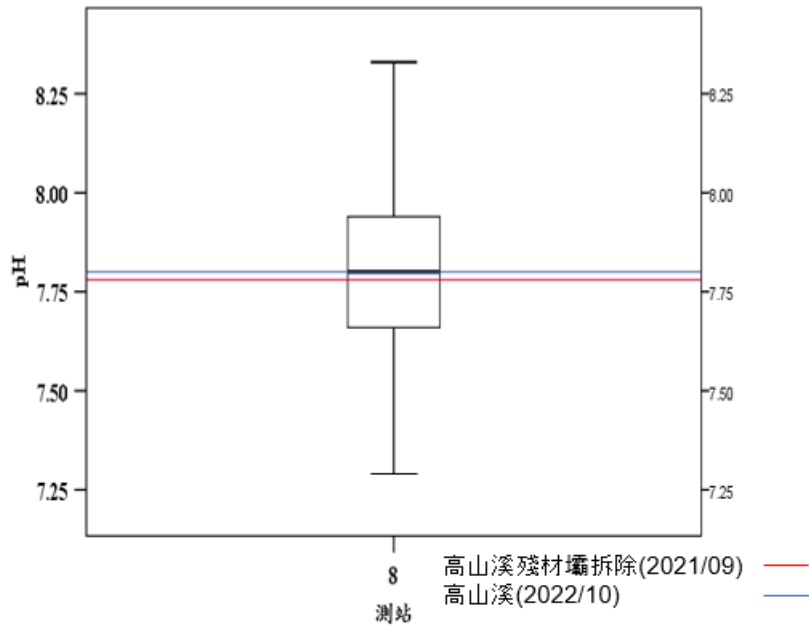


圖 3-84 高山溪壩體改善前後金鬚圖 pH 比較
(資料來源：本研究資料)

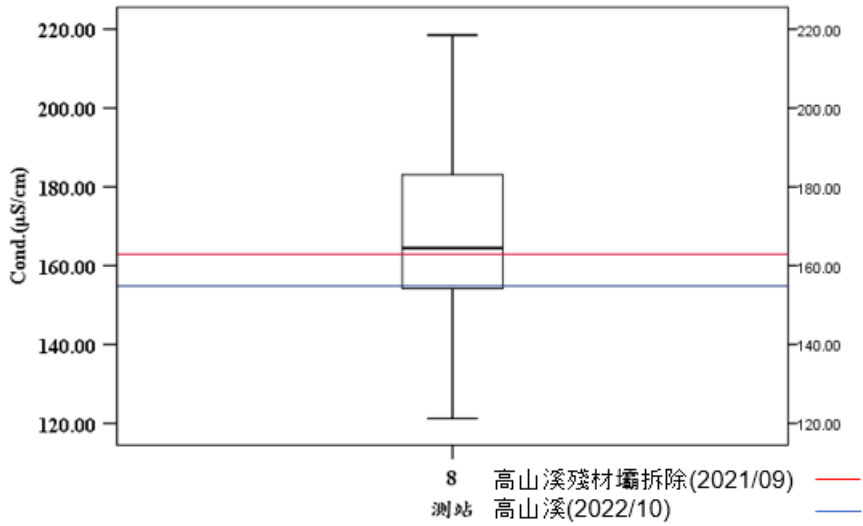


圖 3-85 高山溪壩體改善前後金鬚圖導電度比較

(資料來源：本研究資料)

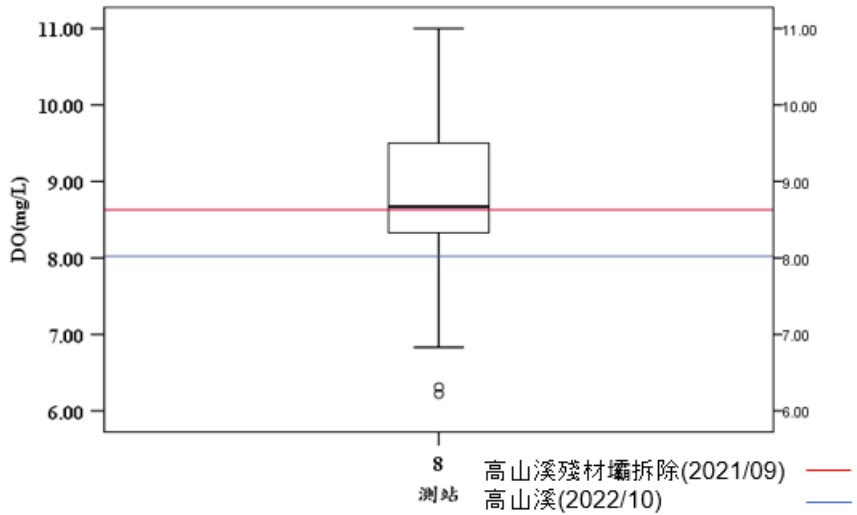


圖 3-86 高山溪壩體改善前後金鬚圖溶氧比較

(資料來源：本研究資料)

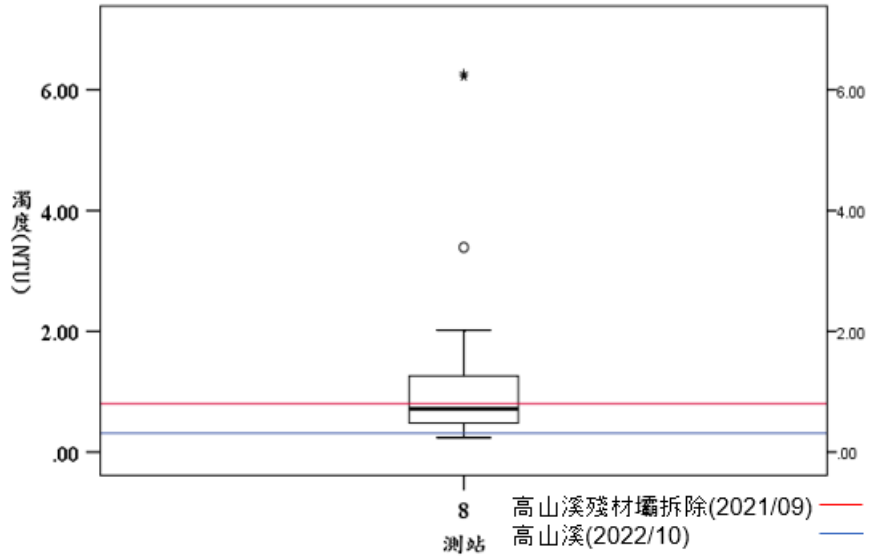


圖 3-87 高山溪壩體改善前後金鬚圖濁度比較
(資料來源：本研究資料)

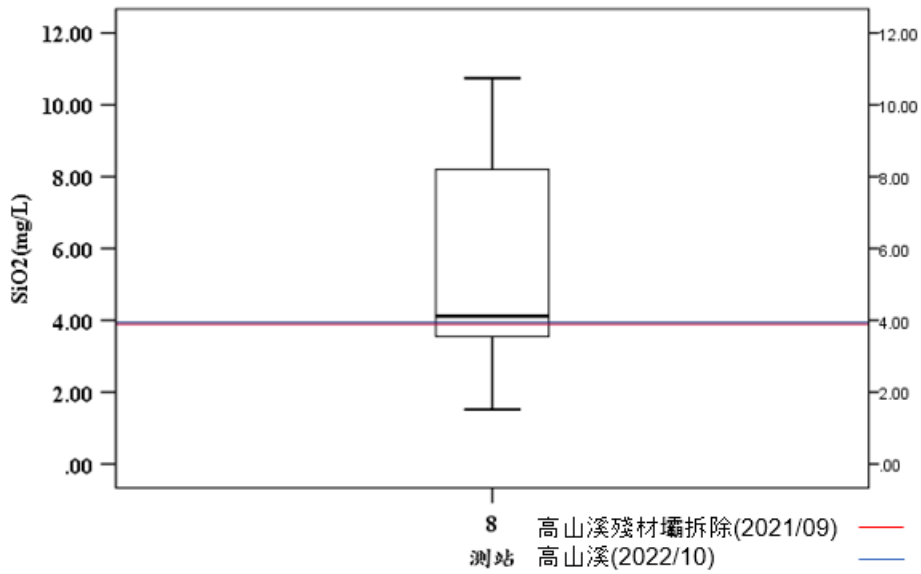


圖 3-88 高山溪壩體改善前後金鬚圖矽酸鹽比較
(資料來源：本研究資料)

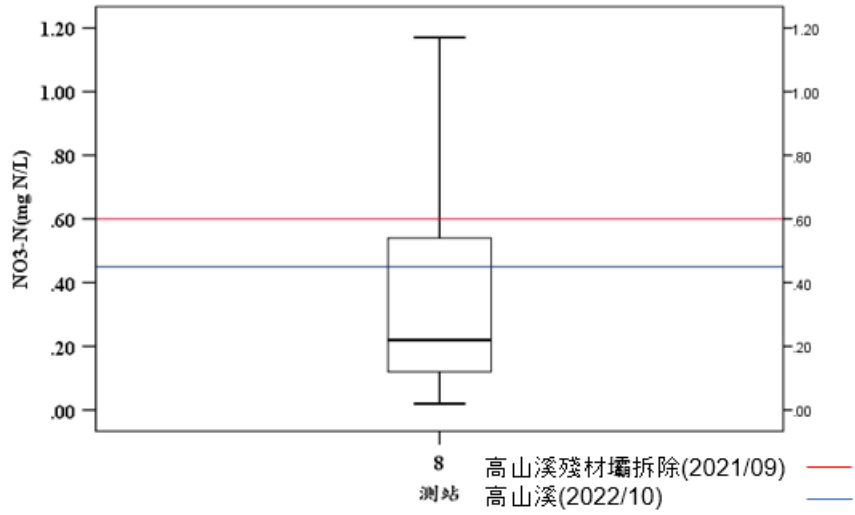


圖 3-89 高山溪壩體改善前後盒鬚圖硝酸鹽比較

(資料來源：本研究資料)

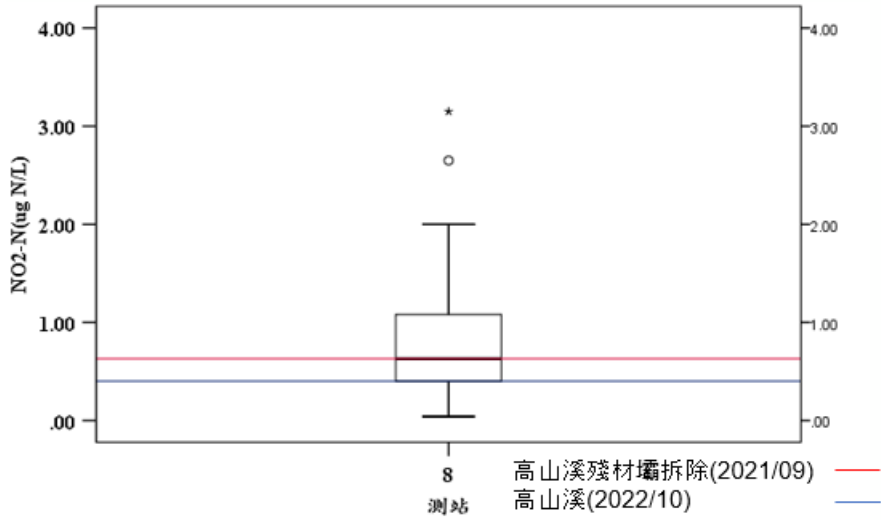


圖 3-90 高山溪壩體改善前後盒鬚圖亞硝酸鹽比較

(資料來源：本研究資料)

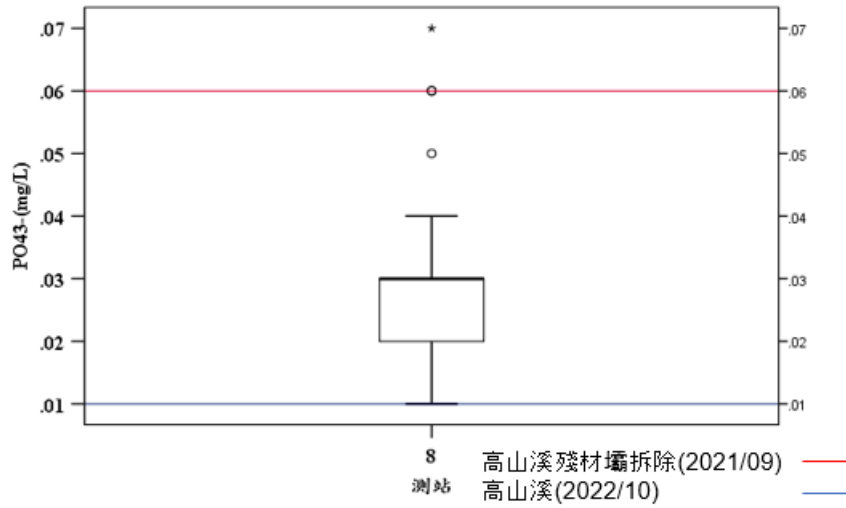


圖 3-91 高山溪壩體改善前後金鬚圖磷酸鹽比較

(資料來源：本研究資料)

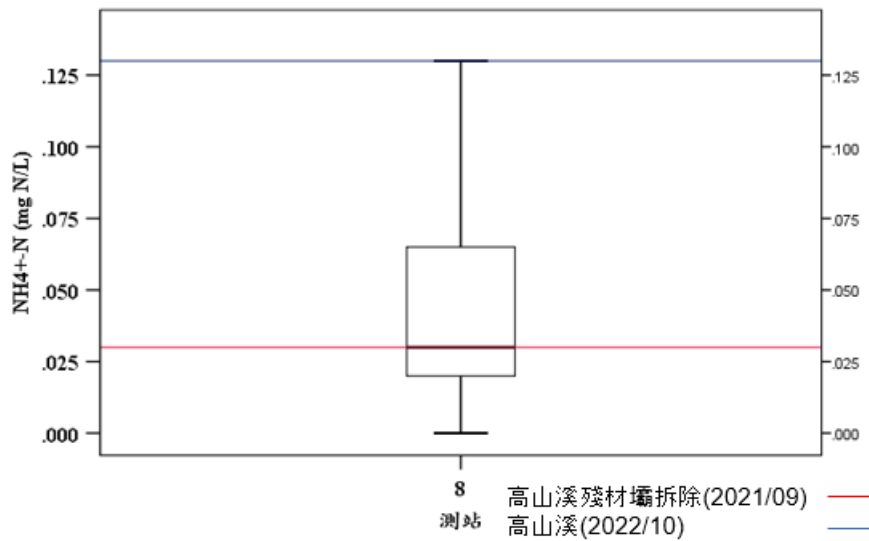


圖 3-92 高山溪壩體改善前後金鬚圖氨氮比較

(資料來源：本研究資料)

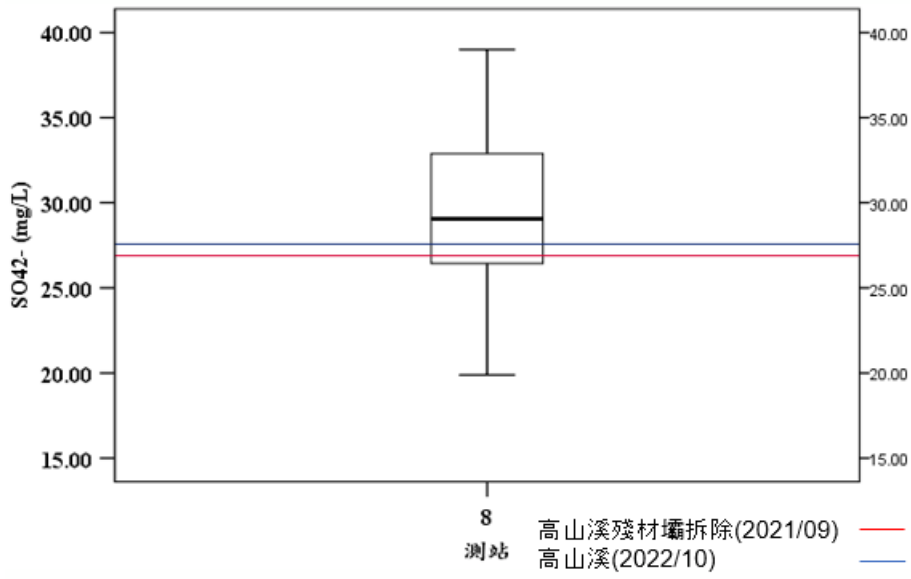


圖 3-93 高山溪壩體改善前後金鬚圖硫酸鹽比較
(資料來源：本研究資料)

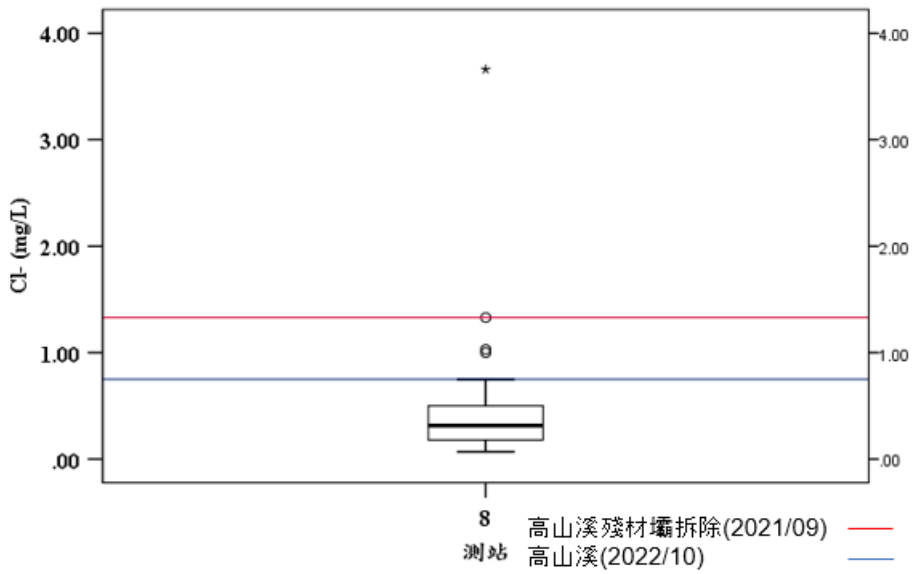


圖 3-94 高山溪壩體改善前後金鬚圖氯鹽比較
(資料來源：本研究資料)

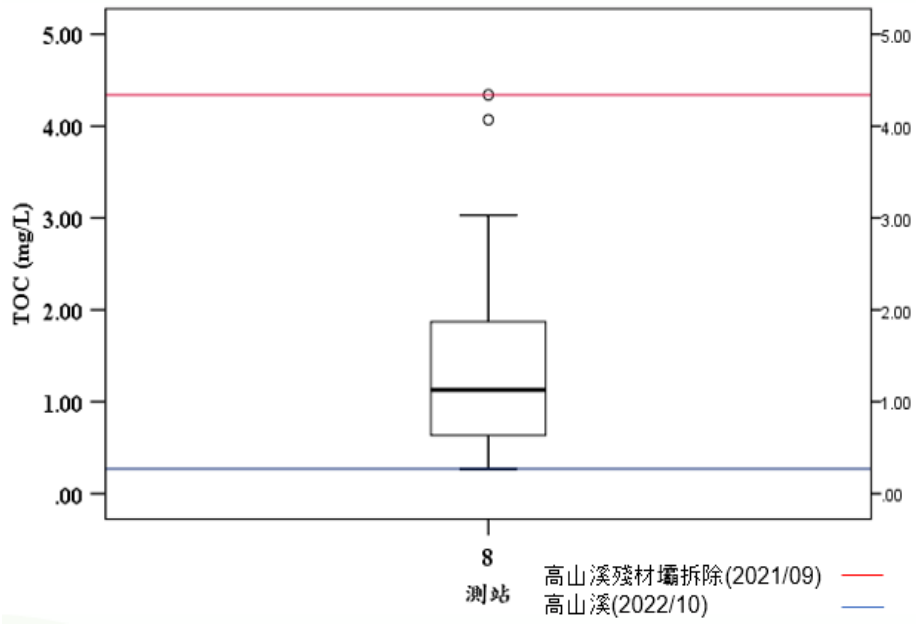


圖 3-95 高山溪壩體改善前後盒鬚圖 TOC 比較

(資料來源：本研究資料)

第四章、水棲昆蟲研究

郭美華、丘明智、陳昭汝、廖治榮、王惇彥
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

為了保護臺灣櫻花鉤吻鮭 *Oncorhynchus masou formosanus* (Jordan and Oshima, 1919)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。2016 年九月連續颱風後，高山溪二號壩立即出現 4-5 公尺高之殘材堆積，阻斷臺灣櫻花鉤吻鮭洄游通道，2021 年 9 月 29 日挖掘機將殘材清除。本研究將針對高山溪二號壩殘材改善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

2022 年 1 月、4 月、6 月及 10 月於桃山西溪、七家灣溪、高山溪、有勝溪及羅葉尾溪七個共同樣站及殘材改善前後#17 高山溪二號壩下游測站進行監測，並於 1 月進行#11 司界蘭溪下游測站的監測。以定面積的舒伯氏水網在河域中採樣，每一樣點取六個水網，並且合併為一樣本，計算單位面積之水棲昆蟲密度、大型食餌密度、生物量並進行資料分析。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(RBPII)及多元尺度分析(MDS)等整合分析，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。

三、重要發現

本年度於七個共同樣站採樣，共計得水棲昆蟲 6 目 40 科 68 分類群(taxa)。由連續多年數據(2003 至 2022 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，2022 年回復為年初高峰。快速生物評估法 II(RBPII指數)評估棲地評比為無損害到不確定中度損害區間，僅#9 有勝溪收費口測站 10 月為中度損害。

#11 司界蘭溪下游測站於 2022 年 1 月 5 日 21 科 35 個分類群。水蟲密度為 2938(個體數/平方公尺)，大型昆蟲食餌密度為 211(個體數/平方公尺)；生物量 3200(毫克/平方公尺)；多樣性指數值為 2.98 且高於 2005~2012 年 1.3~2.4 波動範圍，也與今年同時期的#8 高山溪之 2.5 為高，落在武陵地區各測站之數值 2.36~3.27 範圍內；RBPII 數值為 0.87，棲地評比為無損害。

#17 高山溪二號壩下游測站 2021 年 9 月 14 日改善前的調查，採獲 5 目 22 科 30 個分類群，各監測數值皆在共同樣站之上下限範圍內且棲地無損害；改善後 2021 年 10 月 7 日採獲 5 目 13 科 17 個分類群，各監測數值皆低於共同樣站且棲地為中度損害。2022 年 1 月採獲 5 目 27 科 38 個分類群，各監測數值則皆高於改善前且棲地無損害；2022 年 4 月、6 月、10 月，分別採獲 5 目 12 科 18 個分類群、5 目 18 科 27 個分類群、6 目 19 科 29 個分類群，各監測數值皆低於改善前，棲地為無損害與不確定區間。高山溪二號壩殘材清除改善工程對水棲昆蟲群集產生約 2.5~4 個月的短期負面直接影響，但對更下游#8 高山溪測站的影響應持續監測。

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

七家灣溪是臺灣櫻花鉤吻鮭重要保護地，近十年來觀察到的前所未有的流量變化幅度遠大於過去五十年的自然變化程度，應重視流量變化問題。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。

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：武陵農場

於重要測站(鮭魚活動密集、受人為活動污染潛勢高、未來規劃可能進行鮭魚移地保育等)放置溫度記錄器，定期蒐集水溫等相關資料，以評估臺灣櫻花鉤吻鮭棲息地七家灣溪流水溫之時空變化情形，供管理及決策參考。

ABSTRACT

Biological monitoring of aquatic insects can provide important insights into changes in stream water and habitat quality. To protect the habitat of the Formosan Landlocked Salmon, *Oncorhynchus masou formosanus* (Jordan and Oshima, 1919), programs to monitor stream quality using aquatic insects. After the continuous typhoons in September 2016, a 4-5 meter high pile of debris immediately appeared the Dam # 2 of in Gaoshan Stream, blocking the migration channel of Formosan Landlocked Salmon. The debris was removed by excavators in 29 September 2021. The main goal of this research includes long-term monitoring of aquatic insects and the surber sampler was used to collect the sample of aquatic insects along the streams at the fixed sampling sites were collected during the months of January, April, June and October, 2022. In this study were conducted on the survey of aquatic insects by Surber sampler at the sampling sites in 2022. During one year of study, 68 taxa of aquatic insects belong to 40 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. As the habitat quality of the Wuling area streams were assayed by the rapid bioassessment protocol II (RBPII), the evaluations of 2022 were between non-impaired and moderately impaired. In January 2022, we have collected 35 taxa of aquatic insects belong to 21 families, within 5 orders and habitat quality the evaluations of the Sijielanxi stream were non-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. In January, April, June and October 2022, we have collected 18 to 38 taxa of aquatic insects belong to 12 to 27 families, within 6 orders, respectively, and habitat quality the evaluations of the Gaoshan stream were non-impaired. Removal of the debris dam was followed by an immediate decrease in the number of macroinvertebrates at site #17 of the Gaoshan stream. However, these numbers rebounded during the 4 months we collected data post-removal.

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

一、前言

臺灣櫻花鉤吻鮭 *Oncorhynchus masou formosanus* (Jordan and Oshima, 1919) 是一種嗜食昆蟲的魚類，長期在武陵地區溪流、放流棲地，因此監測棲息地的水棲昆蟲研究有其必要性及具重要意義。今年計畫目標為武陵地區溪流、放流棲地及高山溪二號壩殘材清除之改善工程前後掌握水棲昆蟲群集動態變化。

武陵溪流水棲昆蟲近 20 年來的監測，可達 6 目 42 科 73 分類群(taxa)(郭，2021)。與 2000 年報導 40 分類群(楊及謝 2000)相比，此地區的分類群逐年微量增加，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，全年共 57~73 分類群。就分類群及科數而言，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)。整合 2003 至 2012 年，10 年武陵地區水棲昆蟲對能量利用的情形，發現 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)。

我們於 2008 年發表的文章，提到武陵溪流過去 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體形大的物種比例下降(郭，2010，Chiu and Kuo, 2012)。就整體趨勢而言，若當年度有發生洪水，將導致來年年初鮭魚大型食餌密度下降(Chiu and Kuo, 2012)。洪水通常是由季風季節(5 月至 10 月)的颱風和降雨引起的，季節性降雨量為 1365 mm，年最大流量為 $118 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (Chiu and Kuo, 2012)，若當年度有極端流量(過低 $< 10 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$; 過高 $> 200 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$)發生後，來年 1、2 月的大型食餌密度大幅降低(郭，2014)。

2003 年起以快速生物評估法 II(Rapid Bioassessment Protocol II, RBPII)作為棲地評價標準，並以武陵地區的#8 高山溪測站為無干擾參考站(Plafkin et al., 1989)。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前半年多樣性指數波動小於後半年，且颱風強度越大波動變大(林等，2009)。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)。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，物種增加的確多樣性會上升，具正相關(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。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(郭, 2017)。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櫻花鉤吻鮭族群變動背後的驅動因素(郭, 2017)。

2011 年 5 月完成七家灣溪一號防砂壩改善工程，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。挖泥掀起的泥砂沖刷進入水域中，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)。雪霸研究團隊於 2017 年發表在合適的時期內進行拆壩(Chang et al., 2017)，對蝌蚪沒有明顯的影響，因於拆壩前已蛻變為青蛙並離開溪流，魚對拆壩所引起的流量變化表現出更大的抵抗力，表明拆壩後上游點的魚類豐度增加，拆壩創造出通廊，允許魚類進入更多棲息地(Chang et al., 2017)。特別是，拆壩後下游點的附生藻生物量和水棲昆蟲密度顯著下降，但一年內恢復，表明了這些類群的恢復力(Chang et al., 2017)。在拆壩和極端洪水事件後，鞘翅目、積翅目和毛翅目比附生藻、雙翅目和蜉蝣目具有更強的抵抗力，總之，武陵溪流對此 2011 年的拆壩反應

類似於對極端洪水事件的反應(Chang et al., 2017)。

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，黑頭流石蠶(*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; Hsieh et al., 2022)。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 $609 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (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。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, 於 2019 年前並沒有相關文獻報導, 三種毛翅目水蟲的生活史類似, 卵、幼蟲、蛹在水域, 羽化為成蟲在陸棲。體型大小不一, 體型大者生活史較長。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)。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%, 還有其他的原因存在(郭, 2019)。Brewin 等人 (1995) 年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; 本研究三種石蠶蛾面對極端洪水時, 密度減少 84~100%, 與 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%, 相雷同。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、襉翅目，再來是雙翅目，也會捕捉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作用，物種的遺傳、族群在受到環境重大變化時具指向性的功能，提供給保育當局日後評估經營管理策略作業的參考(郭, 2019)。

氣候變遷使得極端洪水發生的強度與頻率增加，進而對溪流生態系的不同層面造成影響，包括族群動態。然而多數研究只關注於單一族群而非以關聯族群概念探討空間上多個族群對極端洪水的反應，使得了解流水與生態反應間之關係以及後續預測其動態變化受到限制。我們應用時間序列分析空間上三種石蠶蛾(黑頭流石蛾、角石蛾、臺灣黑管石蛾)關聯族群，探討生物因子(密度應變)、非生物因子(極端洪水)以及空間因子(同步性)對其影響，並預測關聯族群的局部滅絕機率(Hsieh et al., 2022)。模型配適顯示黑頭流石蛾與角石蛾關聯族群在空間上呈現同步變化而臺灣黑管石蛾呈現不同步變化：臺灣黑管石蛾族群受到生物因子與非生物因子調控，角石蛾族群受到生物因子調控，黑頭流石蛾族群未受到此兩項因子調控；預測局部滅絕的機率由大至小依序為臺灣黑管石蛾、角石蛾、黑頭流石蛾，並且不同步變化之關聯族群能降低其局部滅絕機率(Hsieh et al., 2022)。通過長期和多個地點的野外研究，可以更真實更有效的預測生物如何回應氣候變化，此研究倡議，認知到長期的氣候非平穩性，可以增強對日益增加的水文極端事件的生態反應的理解(Hsieh et al., 2022)。

氣候暖化、降水變化和越來越多的極端事件的生態影響，引起了全球的關注(Easterling et al., 2000; Meehl et al., 2000)，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，已被充分表明會影響存活率和族群動態 (Chiu et al., 2008; Gamelon et al., 2017; Lindmark et al., 2018)，族群年齡結構的變化決定了族群對氣候變化影響的反應 (Lindmark et al., 2018)，關鍵時期內的洪水可能導致特定年齡結構，例如鮭魚苗在洪水出現後立即出現，特別容易被沖刷的損失或嚴重枯竭，這可能會影響隨後幾年的族群年齡結構 (Lobón-Cerviá, 2004; Nislow et al., 2004; Warren et al., 2009)。Warren 等人於 2009 年發表在北美東部卡茨基爾山溪流中為期 6 年的研究 (2002-2007 年) 評估了春季洪水事件的時間和規模對秋季產卵溪鱒魚 *Salvelinus fontinalis*、秋季產卵褐鱒魚 *Salmo trutta* 和春季產卵虹鱒魚 *Oncorhynchus mykiss* 的共生族群的年齡結構的影響。如果在春季高流量的時間和數量可以增加春季產卵和當年度幼魚的相對豐度，減少秋季產卵及當年度幼魚的豐度，或兩者兼而有之。只要相隔幾年發生洪水，秋季產卵魚的總體似乎具有彈性優勢。如果春季洪水規模更大、更頻繁和更早的趨勢繼續下去，三種鮭魚中當年度幼魚的存活率差異可能會導致溪流中優勢鱒魚種類的變化(Warren et al., 2009)。但淡水環境中氣候變遷影響的研究仍然很少(Pletterbauer et al., 2018)。為了探討氣候變遷影響臺灣櫻花鉤吻鮭族群變動之主要因素，雪霸研究團隊將七家灣溪累積 30 年(1988 年至 2016 年)的臺灣櫻花鉤吻鮭族群長期資料進行建模分析，發現颱風洪水雖然會減損七家灣溪鮭魚數量，極端氣候的時間與程度會提升鮭魚死亡率，但汰弱扶強效應，反而提升隔年鮭魚族群的恢復力(Chiu et al., 2021)。

乾旱可以是周期性的、季節性的或超季節性的事件 (Lake, 2003)。近年來，乾旱被認為是當地水生群集組成的重要驅動因素(Boulton, 2003; Lake, 2003; Chase, 2007)。雖然乾旱沒有明確地與水生系統的變化有關，但它已被證明會改變地方和區域群集的動態，乾旱加劇和常年流量損失(取水)可能導致地方和區域尺度上的群集結構和物種組成的重大變化，頂級大型捕食者將從系統中消失，取而代之的是高豐度的中層小型捕食者(Bogan and Lytle, 2011)。乾旱對河流生態系有直接和間接的影響，顯著的直接影響包括水資源流失、水生生物棲息地喪失和溪流連通性喪失，間接影響包括水質惡化、食物資源改變以及種間相互作用強度和結構的變化(Lake, 2003)。嚴重的乾旱可能導致群落轉移，並改變大型無脊椎動物和魚類的年齡結構(Resh et al., 2013)。本研究 2021 年報告已量化 1967-2018，52 年來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，並分析出 2017 及 2018 年出現災難性乾旱事件 (郭, 2021)，而由 2020 及 2021 上半年萬壽橋的水位較 2018 年為低(葉, 2020; 2021)，氣候變遷後災難性洪水事件的發生機會倍增(強度)及 2021 春夏之際發生全台各地的乾旱，未來災難性乾旱事件發生的可能性會增強，須加以關注及監測對武陵溪流的影響(郭, 2021)。

二、材料與方法

(一) 研究地區

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、6 及 10 月)，並於 1 月增加司界蘭溪下游(#11)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。樣站相關位置詳如圖 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流處，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)。

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)。

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)。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)。

高山溪二號壩下游測站(#17)位於高山溪二號壩下游方向約 100 公尺，與原壩體之間有一深潭，溪流湍急。

本計畫範圍內所監測樣站的座標

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"
#5 繁殖場測站	E 121°18'49.8"	N 24°21'16.1"
#8 高山溪測站	E 121°18'30.5"	N 24°21'28.3"
#9 有勝溪收費口測站	E 121°18'37.9"	N 24°20'50.9"
#11 司界蘭溪下游測站	E 121°17'2.65"	N 24°19'16.6"
#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 um)在河域中採樣一次, 每一樣點取六個水網, 並且合併為一樣本, 記錄水棲昆蟲分類群及個體數, 並計算出單位面積之水棲昆蟲密度、大型食餌密度、生物量、夏農-威納多樣性指數(Shannon-Wiener's index) 及快速生物評估法 II(Rapid Bioassessment Protocol III, RBPII)等資料。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)。

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(Liao et al., 2012)。體型大於 1 公分以上的那群定義為大型昆蟲食餌, 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 10 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。

目名	科名	種(屬)名	功能取食群
雙翅目	亮大蚊科 Limoniidae	<i>Eriocera</i> sp. B	捕食者
蜉蝣目	扁蜉科 Heptageniidae	<i>Rhithrogena ampla</i>	刮食者
	蜉蝣科 Ephemeraidae	<i>Ephemera sauteri</i>	採集採食者
禿翅目	石蠅科 Perlidae	<i>Neoperla</i> spp.	捕食者
毛翅目	網石蛾科 Hydropsychidae	<i>Hydropsyche</i> spp.	採集濾食者
		<i>Himalopsyche</i> sp.	捕食者
	流石蛾科 Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila nigrocephala</i>	捕食者
		<i>Rhyacophila</i> spp.	捕食者
	角石蛾科 Stenopsychidae	<i>Stenopsyche</i> sp.	採集濾食者
	弓石蛾科 Arctopsychidae	<i>Arctopsyche</i> sp.	採集濾食者

(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。

第 4 章 水棲昆蟲研究

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 $\text{Log}(X+1)$ 轉換以計算 Bray-Curtis 相異係數後，以多元尺度分析(Non-metric multidimensional scaling, MDS)繪製成圖，並以二度空間顯示各測點彼此間的關係。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)。

三、結果

(一) 水棲昆蟲各項生物監測數據

水棲昆蟲本年度採樣共計有 6 目 40 科 68 分類群(taxa) (表 4-1~4-6)。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 1 月#4 觀魚台測站 7030(個體數/平方公尺)(表 4-2)、10 月#9 有勝溪測站 176(個體數/平方公尺)為最低(表 4-5)。圖 4-3 武陵地區溪流測站大型昆蟲食餌數量變化圖，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，2022 年大型昆蟲食餌數量以 1 月#4 觀魚台測站 965(個體數/平方公尺)為最多、10 月#9 有勝溪測站 38 (個體數/平方公尺)為最少(表 4-2~表 4-5)。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(圖 4-4)。2022 年生物量高峰在 1 月，以#4 觀魚台測站 21671(毫克/平方公尺)最高，最低出現在 4 月之#9 有勝溪測站 257(毫克/平方公尺)(表 4-2~表 4-5)。

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。2022 年各站之生物多樣性指數範圍為 1.29~3.27 之間，1 月#4 觀魚台測站最高，最低則為 10 月#9 有勝溪測站 (表 4-2~表 4-5)。

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 (圖 4-6)。2022 年 1 月及 4 月#9 有勝溪收費口測站 RBP II 分數為 0.73，為無損害與中度損害不確定區間，2022 年 1 月、4 月、6 月#9 有勝溪收費口測站 RBP II 分數為 0.73 及 10 月#4 觀魚台與#17 高山溪二號壩下游測站 RBP II 分數為 0.73 為不確定區間；10 月#9 有勝溪收費口測站為中度損害，其餘測站皆為無損害 (表 4-2~表 4-5)。2003~2022 年各測站的 MDS 分析顯示於圖 4-7，各站的群集結構大致隨著年份約一年完成一個循環。分析圖顯示，2003 年及 2005 年變動幅度較大，2011 年起往 MDS 軸 1 正向轉移，且超越 2003 年 MDS 軸 2 正向值，至今仍有此律動，MDS 軸 1 正向及 MDS 軸 2 正反向轉移。

(二) 司界蘭溪

#11 司界蘭溪下游測站於 2022 年 1 月採獲 5 目 21 科 35 個分類群，水蟲密度為 2938(個體數/平方公尺)，大型昆蟲食餌密度為 211(個體數/平方公尺)，生物量 3200(毫克/平方公尺)；多樣性指數為 2.98；棲地評比 0.87 為無損害(表 4-2)。

(三) 高山溪二號殘材清除改善工程的影響

此工程於 2021 年 9 月 29 日完工，改善前設置#17 高山溪二號壩下游測站，並於 2021 年 9 月 14 日及 10 月 7 日進行改善前後水棲昆蟲調查，由表 4-6 可看出，改善前後水棲昆蟲個體數 1657 昆蟲(個體數/平方公尺)降至 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 2.59 降至 1.11，且棲地由無損害降至中度損害。2022 年 1 月水棲昆蟲個體數 3400 昆蟲(個體數/平方公尺)，大型昆蟲食餌密度 507(個體數/平方公尺)，生物量 4243(毫克/平方公尺)，生物多樣性指數 2.87，皆高於 2021 年 9 月及 10 月的數據且棲地無損害，然 2022 年 4 月、6 月及 10 月監測顯示水棲昆蟲各項數據皆下降，但棲地介於無損害及不確定區間。

四、討論

(一) 快速生物評估法 II (RBP II) 整合分析評估棲地

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 年相比(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。今年武陵地區各溪流水棲昆蟲密度下降，推測與物理環境棲地底質有關，小、大型礫石比例(7~48%)與去年相比下降(52~87%)(葉, 2022)。

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)。

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，導電度值較武陵地區溪流中低(官, 2020)，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，資料顯示大型食餌為各樣站最低者，且官老師團隊檢測出較高總有機碳濃度，推測為桃山西溪樣點上邊坡施工造成(官, 2021)，或許可以說明崩塌地對武陵地區桃山西溪的影響，RBP II 整合分析評估棲地為無損害與中度損害不確定區間。2022 年官老師團隊檢測桃山西溪總有機碳濃度已回到正常數值，從 5.32 mg/L(2021/10) 降至 0.91 mg/L(2022/04)，四次監測 RBP II 分數分別為 0.87、1.00、1.00、0.93，桃山西溪今年 RBP II 整合分析評估棲地為無損害(表 4-2~4-5)。

2022 年水棲昆蟲密度(個體數/平方公尺)高峰出現在 1 月七家灣溪#4 觀魚台測站，但 2022 年 4 月起七家灣溪之蟲量下降至 10 月為最低。3 月底至 4 月初持續降雨，4 月進行採樣時流速快，武陵地區的蟲量各測站呈現下降。四次監測 RBP II 分數分別為 1.00、0.87、0.87、0.73，整合分析評估棲地為無損害與中度損害不確定區間。檢視 4 月、6 月、10 月的水棲昆蟲物種密度(表 4-8~4-10)，#4 觀魚台測站以採食濾食者黑蚋 *Simulium* sp. (24.9%、18.9%、0.3%) 及四節蜉蟴 *Baetis* spp. (12.6%、7.7%、69.3%)，加上刮食者扁蜉蟴 *Rhithrogena ampla* (21.4%、26.8%、12.9%)，三者佔 58.9%、52.4%、82.5% 為優勢種，整體多樣性喪失，1 月 Shannon-Wiener's index 數值為 3.27，4 月、6 月、10 月下降至 2.74、2.29、2.16(表 4-2~4-5)。2022 年官老師團隊檢測#4 觀魚台測站 10 月有較高的導電度與營養鹽濃度及水溫是攝氏 18.2 度，McCormick 等人(1996)的研究顯示藻類生產力和營養鹽濃度呈現顯著的正相關，推測枯水期水溫高藻類生產力高，四節蜉蟴以沉澱物中的有機物為其食物資源，扁蜉蟴以食藻類為生，身體扁平棲息石塊下面，而使兩者密度高，#4 觀魚台測站評估棲地為無損害與中度損害不確定區間。

近十年七家灣溪水溫漸增加，愈是下游增溫幅度愈大，長期資料可看出桃山西溪、二號壩，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(官, 2022)。

監測鮭魚繁殖期、生存期水溫狀況，官老師團隊建議武陵地區溫度值，春夏季為 13~17 度，秋冬季為 8~12 度，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。

有勝溪有較高的營養鹽濃度及水溫超過攝氏 17 度，與農耕施作有關，冬及春季測得導電度值較高(官，2022)。有勝溪#9 有勝溪收費口測站四次監測 RBP II 分數分別為 0.73、0.73、0.73、0.67，評估棲地為無損害與中度損害不確定區間到中度損害。

羅葉尾溪與司界蘭溪的下游導電度較羅葉尾溪上游高，推測可能因農耕活動所造成之影響，水質監測僅目前看來水質狀況穩定，符合濕地保育水質標準(官，2022)，RBP II 評估棲地為無損害。

(二) 高山溪二號防砂壩壩體改善工程的影響

壩體改善工程可能導致土壤鬆動鹽類與有機物釋出、殘材壩體本身有機物流入於溪流中，造成氯離子及總有機碳濃度提高，但影響水質之效期不長，殘材壩拆除 1 個月水質監測降回正常範圍值，皆在濕地保育標準值內(官，2022)。我們過去報導七家灣溪一號壩壩體改善工程對水棲昆蟲群集產生約 2.5 個月的短期負面直接影響(Chiu et al., 2013)，Wilhm 和 Dorris (1968)，及 Wilhm (1970) 認為美國西部之乾淨溪流的 Shannon-Wiener's index 參考值應為 3.0，且乾淨溪流通常可反應 Evenness index 0.5 以上的數值 (Klemm et al., 1990)，2022 年 1 月為殘材壩拆除四個月後的監測，水棲昆蟲監測密度、大型昆蟲食餌密度、生物量回升，Shannon-Wiener's index 為 2.87，RBP II 分數為 1，棲地無損害。我們 2013 年發表壩體改善工程對七家灣溪下游測站的影響較大(Chiu et al., 2013)，而 #8 高山溪測站位為殘材清除改善工程處更下游的測站，由 2019~2021 年年初#8 高山溪測站水棲昆蟲有 40-43 分類群於 2022 年 1 月下降為 38 分類群(圖 4-8)、水蟲由 2681~4580 個體數下降為 912 個體數(圖 4-9)、大型昆蟲食餌密度 1261~2555 (個體數/平方公尺) 下降為 188(個體數/平方公尺) (圖 4-10) 及生物多樣性指數 3.01~3.12 下降為 2.5(圖 4-11)，顯示 2022 年較改善前 2019~2021 年為低尤其是年初的水棲昆蟲個體數(圖 4-9)及大型昆蟲食餌密度(圖 4-10)，應持續監測更下游的#8 高山溪測站後續發展變化。

(三) 水棲昆蟲群集動態與災難性流量之關係

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)。迄今為止，主要集中在洪水對生態系統過程的影響。然而，本研究 2021 年報告已量化 1967-2018 年，52 年來七家灣溪之流態變化，本世紀災

難性洪水事件出現頻率較前世紀為多，並分析出 2017 及 2018 年出現災難性乾旱事件 (郭，2021)，而由 2020 及 2021 上半年萬壽橋的水位較 2018 年為低(葉，2020; 2021)，再加上今年無颱風侵台，未來發生乾旱的機會可能也將會增加。

隨著水流量和水量的減少，水溫可能會開始上升，並可能對魚類等水生生物群產生致命影響 (Matthews, 1998)。隨著流量減少，碎屑和細沉積物的運輸下降停止，導致沈積物的累積 (Towns, 1985)。隨著溪流乾涸，地表水收縮成沒有陰影的水池，養分的積累、高溫和太陽輻射會導致藻類大量繁殖 (Freeman et al., 1994; Dahm et al., 2003)。導電度和營養鹽可能增加 (Stanley et al., 1997; Caruso, 2002)。藻類可能會導致氧氣濃度發生較大的晝夜變化 (Matthews, 1998)。因此，存在乾旱的直接和間接影響，這些影響會影響水質和資源可用性，進而影響生物群，乾旱會大大降低族群密度、物種豐富度並改變生活史時間表、物種組成、豐度模式、生物相互作用 (捕食和競爭) 的類型和強度、食物資源、營養結構，毫無疑問，乾旱會導致生態系統過程發生變化(Lake, 2003)。

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，2022)，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; 郭，2021)，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 2021 春夏之際發生全台灣各地的乾旱，2022 年無颱風侵台，各項監測數據顯示今年七家灣溪有較高的導電度及水溫上升、小、大型礫石比例下降、水棲昆蟲密度下降，組成以以沉澱物中的有機物為其食物資源四節蜉蟬及刮食附生藻的扁蜉蟬為主，Resh et al., (2013)報導嚴重的乾旱可能導致群落轉移，並改變大型無脊椎動物和魚類的年齡結構，因此仍需持續監測及關注水溫、洪水、乾旱對臺灣櫻花鉤吻鮭及其相關生物群的衝擊。

五、結論與建議

(一) 結論

人為和自然壓力（如洪水、乾旱及氣候變化）之間相互作用的潛在影響突顯出從長遠角度理解和評估武陵地區溪流生態狀況的重要性。

本年度採樣監測水棲昆蟲 6 目 40 科 68 分類群(taxa)。由連續多年數據(2003 至 2022 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，其中 2017 年及 2018 年以 4 月及 10 月為高峰，2021 年以 4 月及 7 月為高峰，2022 年以年初為高峰。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 2022 年 1 月、4 月、6 月#9 有勝溪收費口測站及 10 月#4 觀魚台與#17 高山溪二號壩下游測站不確定區間；10 月#9 有勝溪收費口測站為中度損害，其餘測站皆為無損害。#11 司界蘭溪下游測站於 1 月採獲 5 目 21 科 35 個分類群，棲地無損害。#17 高山溪二號壩下游測站 1 月採獲 35 目 27 科 8 個分類群，監測數值皆介於所有測站之間且棲地無損害；4 月採獲 5 目 12 科 18 個分類群，監測數值低於所有測站之間但棲地為無損害；6 月採獲 5 目 18 科 27 個分類群，監測數值低於所有測站之間且棲地為無損害；10 月採獲 6 目 20 科 29 個分類群，監測數值低於所有測站之間但棲地評估介於不確定區間。

高山溪二號壩殘材清除改善工程對水棲昆蟲群集產生約 2.5~4 個月的短期負面直接影響，但對更下游#8 高山溪測站的影響應持續監測。

(二) 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

七家灣溪是臺灣櫻花鉤吻鮭重要保護地，近十年來觀察到的前所未有的流量變化幅度遠大於過去五十年的自然變化程度，應重視流量變化問題。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。主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：武陵農場

於重要測站(鮭魚活動密集、受人為活動污染潛勢高、未來規劃可能進行鮭魚移地保育等)放置溫度記錄器，定期蒐集水溫等相關資料，以評估臺灣櫻花鉤吻鮭棲息地七家灣溪流水溫之時空變化情形，供管理及決策參考。

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。
- 官文惠，2021。武陵地區溪流環境生態監測，第三章水質研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 官文惠，2022。武陵地區溪流環境棲地監測及防砂壩改善試驗，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。
- 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。
- 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。98 年度武陵地區長期生態研究，第四章水棲昆蟲研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處保育研究報告。
- 郭美華，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。

第 4 章 水棲昆蟲研究

- 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。
- 郭美華，2020。武陵地區溪流環境及放流棲地監測，第四章水棲昆蟲研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 郭美華，2021。武陵地區溪流環境生態監測，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，2022。武陵地區溪流環境棲地監測及防砂壩改善試驗，第四章水棲昆蟲研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 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。
- 葉昭憲，2021。武陵地區溪流環境生態監測，第二章物理棲地研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 葉昭憲，2022。武陵地區溪流環境棲地監測及防砂壩改善試驗，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.

- Bogan, M. T., and Lytle, D. A. 2011. Severe drought drives novel community trajectories in desert stream pools. *Freshwater Biology*, 56, 2070-81.
- Boulton, A.J. 2003. Parallels and contrasts in the effects of drought on stream macroinvertebrate assemblages. *Freshwater Biology*, 48, 1173–1185.
- 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>
- Caruso, B.S. 2002. Temporal and spatial patterns of extreme low flows and effects on stream ecosystems in Otago, New Zealand. *Journal of Hydrology*, 257, 115–133.
- Chang, H.-Y., Chiu, M.-C., Chuang, Y. -L., Tzeng, C. -S., Kuo, M.-H., Yeh, C.-H., Wang, H.-W. Wu, S.-H., Kuan, W.-H., Tsai, S.-T. Shao, K.-T., and Lin, H.-J. 2017. Community responses to dam removal in a subtropical mountainous stream. *Aquatic Sciences*, 79(4), 967-983. doi: 10.1007/s00027-017-0545-0, 2017-10.
- 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.
- Chase J.M. 2007. Drought mediates the importance of stochastic community assembly. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104, 17430–17434
- Chiu, M.-C., Chang, S.H., Yen, Y.T., Liao, L.Y., and Lin, H.J. 2021. Timing and magnitude of climatic extremes differentially elevate mortality but enhance recovery in a fish population. *Global Change Biology*, 27, 6117-6128.
- 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. *Microbial Ecology*, 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.
- Dahm, C.N., Baker, M.A., Moore, D.I. and Thibault, J.R. 2003. Coupled biogeochemical and hydrological responses of streams and rivers to drought. *Freshwater Biology*, 48, 1219–1232.
- 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.
- Easterling, D. R., Meehl, G. A., Parmesan, C., Changnon, S. A., Karl, T. R., and Mearns, L. O. 2000. Climate extremes: Observations, modeling, and impacts. *Science*, 289, 2068–2074. <https://doi.org/10.1126/science.289.5487.2068>
- Freeman, C., Greswell, R., Guasch, H., Hudson, J., Lock, M.A., Reynolds, B., Sabater, F. and Sabater S. 1994. The role of drought in the impact of climatic change on the microbiota of peatland streams. *Freshwater Biology*, 32, 223–230.
- Gamelon, M., Grøtan, V., Nilsson, A. L. K., Engen, S., Hurrell, J. W., Jerstad, K., Phillips, A. S., Røstad, O. W., Slagsvold, T., Walseng, B., Stenseth, N. C., and Sæther, B.-E. 2017. Interactions between demography and environmental effects are important determinants of population dynamics. *Science Advances*, 3, e1602298. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1602298>
- George, S. D., Baldigo, B. P., Smith, A. J., and Robinson, G. R. 2015. Effects of extreme floods on trout populations and fish communities in a Catskill Mountain river. *Freshwater Biology*, 60, 2511–2522. <https://doi.org/10.1111/fwb.12577>
- 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 the recovery period after extreme flood is more important than flood magnitude in influencing reproductive output of Brown Dippers (*Cinclus pallasii*) in Taiwan. *The Condor*, 118(3), 640-654.
- Hsieh, T.-T., Chiu, M.-C., Resh, V. H. and Kuo, M.-H. 2022. Biological traits can mediate species-specific, quasi-extinction risks of macroinvertebrates in streams experiencing frequent extreme floods. *Science of the Total Environment*, 806, 150313.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150313>
- 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.
- Klem, D. J., Lewis, P. A., Fulk, F. and Lazorchak, J. M. 1990. *Macroinvertebrate field and laboratory methods for evaluating the biological integrity of surface water*. EPA/600/4-90/030. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Cincinnati, OH. 256 pp.
- 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.
- Lake, P. S. 2003. Ecological effects of perturbation by drought in flowing waters. *Freshwater Biology*, 48, 1161– 1172.
- 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.
- Lindmark, M., Huss, M., Ohlberger, J., and Gårdmark, A. 2018. Temperature-dependent body size effects determine population responses to climate warming. *Ecology Letters*, 21, 181–189.
<https://doi.org/10.1111/ele.12880>
- 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.
- Lobón-Cerviá, J. 2004. Discharge-dependent covariation patterns in the population dynamics of brown trout (*Salmo trutta*) within a Cantabrian river drainage. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 61, 1929–1939. <https://doi.org/10.1139/F04-118>
- Ludwing, 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.
- Matthews W.J. 1998. *Patterns in Freshwater Fish Ecology*. Chapman & Hall, New York.
- Matthews, W.J. and Marsh-Matthews E. 2003. Effects of drought on fish across axes of space, time and ecological complexity. *Freshwater Biology*, 48, 1233–1255.
- McCormick, P. V., Gawlik, P. S., Lurding, K., Smith, E. P. and Sklar, F. H. 1996. Periphyton-water quality relationships along a nutrient gradient in the northern Florida Everglades. *Journal of the North American Benthological Society*, 15, 433-449.
- Meehl, G. A., Karl, T., Easterling, D. R., Changnon, S., Pielke, R. Jr, Changnon, D., Evans, J., Groisman, P. Y., Knutson, T. R., Kunkel, K. E., and Mearns, L. O. 2000. An introduction to trends in extreme weather and climate events: Observations, socioeconomic impacts, terrestrial ecological impacts, and model projections. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 81, 413–416. [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(2000\)0812.3.Co;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(2000)0812.3.Co;2)
- 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.
- Nislow, K. H., Einum S. and Folt, C. L. 2004. Testing predictions of the critical period for survival concept using experiments with stocked Atlantic salmon, *Journal of Fish Biology*, 65, 188–200.
- 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
- Resh, V. H., Bêche, L. A., Lawrence, J. E. Mazor, R. D., McElravy, E. P., O’Dowd, A. P., Rudnick, D. and Carlson, S. M. 2013. Long-term population and community patterns of benthic macroinvertebrates and fishes in Northern California Mediterranean-climate streams. *Hydrobiologia*, 719, 93–118. <https://doi.org/10.1007/s10750-012-1373-9>
- Reyjol, Y., Hugueny, B., Pont, D., Bianco, P. G., Beier, U., Caiola, N., Casals, F., Cowx, I. G., Economou, A., Ferreira, MT., 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.aaa1053>
- 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.
- Stanley, E.H., Fisher, S.G. and Grimm, N.B. 1997. Ecosystem expansion and contraction in streams. *BioScience*, 47, 427–435.
- 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.
- Towns D.R. 1985. Limnological characteristics of a South Australian intermittent stream, Brown Hill Creek. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 36, 821–837.
- Warren, D. R., Ernst, A. G., and Baldigo, B. P. 2009. Influence of spring floods on year-class strength of fall- and spring-spawning salmonids in Catskill Mountain streams. *Transactions of the American Fisheries Society*, 138, 200–210. <https://doi.org/10.1577/T08-046.1>
- Wilhm, J. L. 1970. Effect of sample size on shannon's formula. *The Southwestern Naturalist*, 14: 441-445.
- Wilhm, J. L., and Dorris, T. C. 1968. Biological parameters for water quality criteria. *BioScience* 18: 477-480.
- 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*

第4章 水棲昆蟲研究

B: Biological Sciences, 365, 2093–2106.

附表

表 4-1 2003 起至今武陵地區水棲昆蟲群集之物種組成

Year	Orders	Families	Taxa
2003	6	27	46
2004	6	27	43
2005	6	26	45
2006	6	28	45
2007	6	29	48
2008	6	32	52
2009	5	32	59
2010	6	37	64
2011	6	37	67
2012	5	38	63
2013	6	36	63
2014	5	34	57
2015	6	28	50
2016	5	32	56
2017	6	38	64
2018	6	37	65
2019	6	42	73
2020	6	38	67
2021	6	41	68
2022	6	40	68

(資料來源：本研究資料)

表 4-2 2022 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)	分類群 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
2022 年 01 月 24- 25 日	#2 桃山西溪	29	1557	296	5043	2.36	0.87
	#3 二號壩	32	1519	312	6269	2.52	0.93
	#4 觀魚台	39	7030	966	21672	3.27	1.00
	#5 繁殖場	40	4008	584	5484	3.02	0.87
	#8 高山溪	38	1634	188	3153	2.50	1.00
	#9 有勝溪	31	3866	231	4663	2.79	0.73
	#11 司界蘭溪下 游	35	2938	211	3200	2.98	0.87
	#14 羅葉尾溪	42	3096	224	5924	2.76	0.93
	#17 高山溪二號 壩下游	38	3401	507	4243	2.87	1.00

表 4-3 2022 年 4 月的水棲昆蟲各項生物監測數值數

採樣日期 (Date)	樣站(Site)	分類群 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
2022 年 04 月 7-8 日	#2 桃山西溪	30	1016	150	1882	2.16	1.00
	#3 二號壩	22	681	314	987	2.16	0.87
	#4 觀魚台	25	1763	403	2163	2.74	0.87
	#5 繁殖場	35	1672	478	3765	2.46	0.87
	#8 高山溪	28	742	263	1270	2.20	1.00
	#9 有勝溪	18	912	231	952	2.49	0.73
	#14 羅葉尾溪	43	2238	344	5919	2.68	0.93
	#17 高山溪二號 壩下游	18	290	131	455	1.62	0.87

(資料來源：本研究資料)

表 4-4 2022 年 6 月的水棲昆蟲各項生物監測數值數

採樣日期 (Date)	樣站(Site)	分類群 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
2022 年 06 月 28 日	#2 桃山西溪	23	890	177	2286	2.41	1.00
	#3 二號壩	28	2415	500	3052	2.74	0.93
	#4 觀魚台	33	1586	464	2525	2.29	0.87
	#5 繁殖場	33	1021	185	1298	2.23	0.93
	#8 高山溪	25	735	149	827	2.11	1.00
	#9 有勝溪	22	1234	81	1366	2.48	0.73
	#14 羅葉尾 溪	38	1338	165	2991	2.16	0.93
	#17 高山溪 二號壩下游	27	933	210	1071	1.90	0.87

(資料來源：本研究資料)

表 4-5 2022 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)	分類群 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
2022 年 10 月 3-4 日	#2 桃山西溪	28	887	124	1960	2.20	0.93
	#3 二號壩	25	923	468	1047	2.10	0.93
	#4 觀魚台	27	2010	301	1831	2.16	0.73
	#5 繁殖場	28	713	254	746	2.00	0.80
	#8 高山溪	38	2207	589	3432	2.56	1.00
	#9 有勝溪	19	176	38	257	1.29	0.67
	#14 羅葉尾溪	29	514	81	724	1.78	0.93
	#17 高山溪二 號壩下游	29	964	391	1341	2.30	0.73

表 4-6 高山溪二號壩改善前後各項生物監測數值

Date	Taxa	Density (Insects/m ²)	Prey (Insects/m ²)	Biomass (mg/m ²)	Shannon - Wiener's index	RPBII
改善前 2021/9/14	30	1657	414	2869	2.59	0.80 (無損害)
改善後 2021/10/7	17	131	48	156	1.11	0.60 (中度損害)
2022/1/24	38	3401	507	4243	2.87	1.00(無損害)
2022/4/8	18	290	131	455	1.62	0.87 (無損害)
2022/6/28	27	933	210	1071	1.90	0.87(無損害)
2022/10/4	29	964	391	1341	2.30	0.73(不確定區間)

表 4-7 2022 年 1 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	羅葉尾溪	有勝溪	司界蘭溪下游	高山溪二號壩	
Coleoptera	Elmidae	<i>Zaitzevia sp.A</i>	16.1	1.8	17.9	55.5	95.0	3.6	28.7	12.5	241.9	
		<i>Zaitzevia sp.B</i>	1.8			1.8	3.6		1.8			
	Psephenidae	<i>Ectopria</i>							5.4			
		<i>Eubrianax sp.</i>							46.6			
	Scirtidae	<i>Cyphon sp.</i>	95.0	89.6	181.0	32.2	308.2	392.4	12.5		141.5	
Diptera	Athericidae	<i>Asuragina sp.</i>				1.8		1.8			3.6	
	Blephariceridae	<i>Agathon sp.</i>									5.4	
		<i>Bibiocephala sp.</i>				5.4					9.0	5.4
	Ceratopogonidae	<i>Bezzia sp.</i>		1.8		1.8	21.5	1.8			3.6	
	Chironomidae	Chironomidae sp.B	170.2	105.7	385.2	281.3	951.4	200.7	1746.8	978.2	351.2	
		Chironomidae sp.C	5.4	37.6	179.2	55.5	589.4	589.4	75.2	268.7	383.4	
		Chironomidae sp.D			3.6				5.4		3.6	
		Chironomidae spp.			41.2	10.7	35.8		5.4		3.6	34.0
		Tanypodinae spp.		12.5	5.4	1.8	16.1	37.6	46.6	16.1	3.6	
	Empididae	<i>Chelifera sp.</i>						1.8			7.2	
		<i>Clinocera sp.A</i>			3.6							
		<i>Clinocera sp.B</i>									1.8	
		<i>Dolichocephala sp.</i>			1.8							
		<i>Hemerodromia</i>					1.8	3.6	1.8			1.8
	Limoniidae	<i>Eriocera sp.A</i>	5.4	10.7	26.9	16.1	69.9		41.2	3.6	34.0	
		<i>Eriocera sp.B</i>	3.6	41.2	7.2	7.2	23.3	1.8	10.7	5.4	7.2	
Pediciidae	<i>Dicranota sp.</i>					1.8	1.8			3.6		
Psychodidae	<i>Psychoda</i>								1.8			
Simuliidae	<i>Simulium sp.</i>	21.5	19.7	754.3	155.9	166.6	39.4	295.6	77.0	351.2		
Stratiomyidae	<i>Oxycera</i>						1.8					
Tabanidae	<i>Silvius sp.</i>						1.8	1.8				
Thaumaleidae	Thaumaleidae sp.	1.8				1.8		3.6		5.4		
Tipulidae	<i>Antocha sp.</i>				12.5	3.6	89.6	43.0	9.0	9.0		
	<i>Holorusia</i>						1.8					
Ephemeroptera	Ameletidae	<i>Ameletus camtschaticus</i>		21.5		1.8		7.2			1.8	
Baetidae	<i>Acentrella lata</i>	1.8	3.6	109.3	78.8	96.7		286.7	387.0	77.0		
	<i>Baetiella bispinosa</i>	12.5	7.2	731.0	50.2	55.5	12.5	52.0	259.8	78.8		
	<i>Baetis sp.</i>	605.6	363.7	953.1	469.4	322.5	412.1	206.0	148.7	727.4		
	Caenidae	<i>Caenis sp.</i>		1.8	12.5	1.8					3.6	
	Ephemerellidae	<i>Cincticostella fusca</i>	23.3	57.3	103.9	46.6	62.7	60.9			25.1	
		<i>Ephacarella montana</i>	5.4	3.6	7.2	3.6	5.4	57.3	19.7	14.3	9.0	
	Ephemeridae	<i>Ephemera sauteri</i>			10.7	1.8		3.6	1.8	3.6		
	Heptageniidae	<i>Afronurus floreus</i>	14.3	100.3	78.8	14.3	30.5	30.5	25.1			
		<i>Epeorus erratus</i>	91.4	25.1	277.7	17.9	7.2	32.2	7.2	87.8	23.3	
		<i>Nixe sp.</i>		3.6	1.8				9.0	37.6		
<i>Rhithrogena ampla</i>		256.2	249.0	790.1	121.8	412.1	50.2	182.7	116.5	397.7		
Leptophlebiidae	<i>Paraleptophlebia sp.</i>	19.7	5.4	12.5	1.8	1.8	186.3					
Odonata	Gomphidae	<i>Sinogomphus formosanus</i>		1.8	1.8		1.8	3.6				
Plecoptera	Nemouridae	<i>Amphinemura sp.</i>	96.7	170.2	1374.2	66.3	474.8	189.9	528.5	141.5	311.7	
		<i>Protonemura spp.</i>	5.4		44.8	1.8	5.4	44.8		1.8	21.5	
Perlidae	<i>Gibosia sp.</i>		1.8		7.2	3.6	9.0	7.2				
	<i>Neoperla spp.</i>	19.7	10.7	43.0	26.9	100.3	132.6	16.1		62.7		
	Styloperlidae	<i>Cerconychia sp.</i>	7.2	60.9	191.7	5.4	39.4	86.0			9.0	
Trichoptera	Arctopsychidae	<i>Arctopsyche sp.</i>	3.6	1.8	17.9	7.2		1.8			5.4	
	Glossosomatidae	<i>Glossosoma sp.</i>		1.8	3.6	23.3	7.2	21.5		173.8	3.6	
	Goeridae	<i>Goera</i>						1.8				
		Hydrobiosidae	<i>Apsilochorema sp.</i>			5.4		3.6	3.6	1.8	1.8	9.0
	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche spp.</i>	5.4		14.3	7.2		3.6		60.9	17.9	
	Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i>					1.8					
		<i>Stactobia</i>					1.8				1.8	
	Lepidostomatidae	<i>Goerodes sp.</i>	14.3	52.0	358.3	9.0	17.9	288.5	177.4	68.1	10.7	
	Rhyacophilidae	<i>Himalopsyche sp.</i>			1.8						1.8	3.6
		<i>Rhyacophila nigrocephala</i>	3.6	5.4	19.7	10.7	43.0	10.7	19.7	14.3	7.2	
<i>Rhyacophila spp.</i>		3.6	3.6	60.9	5.4	5.4	19.7		9.0	5.4		
Stenopsychidae	<i>Stenopsyche sp.A</i>	43.0	46.6	164.8	14.3	7.2	5.4	5.4	1.8	10.7		
Uenoidae	<i>Uenca taiwanensis</i>	3.6		32.2						1.8		

(資料來源：本研究資料)

表 4-8 2022 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	羅葉尾溪	有勝溪	高山溪二號壩	
Coleoptera	Elmidae	<i>Zaitzevia</i> sp.A		7.2		103.9	116.5		52.0	82.4	
		<i>Zaitzevia</i> sp.B		1.8		1.8	1.8				
	Hydrophilidae	<i>Ametor</i> sp.						1.8			
	Psephenidae	<i>Ectopria</i>							9.0		
		<i>Eubrianax</i> sp.							32.2		
	Sciirtidae	<i>Cyphon</i> sp.	55.5	62.7	34.0	19.7	64.5	313.5		14.3	
Diptera	Athericidae	<i>Asuragina</i> sp.				3.6	5.4				
	Blephariceridae	<i>Agathon</i> sp.							5.4		
		<i>Bibiocephala</i> sp.	1.8				1.8	1.8			
	Ceratopogonidae	<i>Bezzia</i> sp.	1.8			1.8	10.7	12.5			
	Chironomidae	Chironomidae sp.B	82.4	66.3	154.1	161.2	216.8	177.4	55.5	14.3	
		Chironomidae sp.C	14.3	14.3	35.8	14.3	80.6	241.9	1.8	3.6	
		Chironomidae sp.D							1.8		
		Chironomidae sp.E							3.6		
		Chironomidae spp.	1.8	9.0		1.8			9.0		
		Tanypodinae spp.	3.6	7.2	5.4		5.4	39.4	35.8	1.8	
	Empididae	<i>Hemerodromia</i>					5.4				
	Limoniidae	<i>Eriocera</i> sp.A	10.7	1.8	1.8	23.3	39.4	1.8		3.6	
		<i>Eriocera</i> sp.B			1.8	9.0	12.5	1.8		1.8	
	Pediciidae	<i>Dicranota</i> sp.					5.4	7.2			
	Psychodidae	<i>Pericoma</i>						1.8			
	Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	26.9	1.8	439.0	19.7	189.9	125.4	91.4		
	Stratiomyidae	<i>Oxycera</i>			1.8			1.8			
	Tipulidae	<i>Antocha</i> sp.	1.8		1.8		3.6	16.1			
	Ephemeroptera	Ameletidae	<i>Ameletus camtschaticus</i>	7.2							1.8
Baetidae		<i>Acentrella lata</i>	10.7	7.2	111.1	10.7	21.5	19.7	57.3		
		<i>Baetiella bispinosa</i>	17.9	5.4	96.7	12.5	46.6	16.1	7.2		
		<i>Baetis</i> spp.	317.1	132.6	222.2	44.8	109.3	207.8	293.8	16.1	
Ephemerellidae		<i>Cincticostella fusca</i>	7.2	3.6	5.4	3.6	12.5	43.0			
		<i>Ephacarella montana</i>						3.6	1.8		
Ephemeridae		<i>Ephemeria sauteri</i>	3.6					1.8			
Heptageniidae		<i>Afronurus floreus</i>	14.3	1.8	52.0		12.5	34.0	9.0	3.6	
		<i>Epeorus erratus</i>	182.7	7.2	17.9	7.2	5.4	34.0			
		<i>Rhithrogena ampla</i>	118.2	299.2	378.0	209.6	388.8	69.9	211.4	100.3	
Leptophlebiidae		<i>Paraleptophlebia</i> sp.	1.8					69.9			
Odonata	Gomphidae	<i>Sinogomphus formosanus</i>	1.8	1.8		1.8	3.6	21.5			
Plecoptera	Nemouridae	<i>Amphinemura</i> sp.	80.6	14.3	96.7	19.7	141.5	172.0	34.0	5.4	
		<i>Protonemura</i> spp.	3.6			1.8	14.3	96.7		1.8	
	Perlidae	<i>Gibosia</i> sp.					1.8	3.6	14.3	3.6	
		<i>Neoperla</i> spp.	16.1	14.3	16.1	35.8	52.0	250.8	5.4	26.9	
		<i>Cerconychia</i> sp.	1.8	17.9	59.1		1.8	68.1		5.4	
Trichoptera	Arctopsychidae	<i>Arctopsyche</i> sp.				3.6	7.2	1.8			
	Glossosomatidae	<i>Glossosoma</i> sp.			1.8	5.4	16.1	3.6			
	Hydrobiosidae	<i>Apsilochorema</i> sp.		1.8	1.8			3.6			
	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche</i> spp.	7.2					1.8		1.8	
	Lepidostomatidae	<i>Goerodes</i> sp.			10.7	3.6	35.8	96.7	19.7		
	Rhyacophilidae	<i>Himalopsyche</i> sp.			1.8		1.8				
		<i>Rhyacophila nigrocephala</i>	1.8			1.8	12.5	12.5	14.3		
		<i>Rhyacophila</i> spp.	3.6		5.4	3.6	3.6	3.6			
	Stenopsychidae	<i>Stenopsyche</i> sp.A	12.5	1.8	10.7	1.8	23.3	1.8	1.8	1.8	
Uenoidae	<i>Uenoa taiwanensis</i>	5.4			14.3						

(資料來源：本研究資料)

第 4 章 水棲昆蟲研究

表 4-9 2022 年 6 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	羅葉尾溪	有勝溪	高山溪二號壩	
Coleoptera	Elmidae	<i>Zaitzevia</i> sp.A	3.6	10.7	9.0	111.1	43.0		9.0	48.4	
		<i>Zaitzevia</i> sp.B				23.3	3.6			1.8	
	Hydrophilidae	<i>Ametor</i> sp.				1.8	3.6	1.8			
		Psephenidae	<i>Ectopria</i>								
			<i>Eubrianax</i> sp.					26.9			
	Scirtidae	<i>Cyphon</i> sp.	21.5	12.5	7.2	9.0	5.4	5.4		44.8	
		Athericidae	<i>Asuragina</i> sp.				5.4				
	Diptera	Athericidae	<i>Atherix</i> sp.	1.8			3.6				
			Blepharoceridae	<i>Agathon</i> sp.				21.5			7.2
				<i>Bibiocephala</i> sp.			3.6	7.2			17.9
Canacidae		<i>Canace</i>							1.8		
		Ceratopogonidae	<i>Bezzia</i> sp.	1.8	17.9	1.8		3.6	1.8	1.8	
Chironomidae		<i>Chironomidae</i> sp.B	258.0	530.3	231.1	240.1	286.7	297.4	259.8	37.6	
		<i>Chironomidae</i> sp.C	1.8	23.3	12.5	10.7	14.3	41.2	1.8	5.4	
		<i>Chironomidae</i> sp.D	5.4	1.8	7.2	1.8		1.8			
		<i>Chironomidae</i> sp.E									
		<i>Chironomidae</i> spp.		3.6	1.8			5.4			
	Tanypodinae	<i>spp.</i>		7.2	1.8		1.8	5.4	5.4	1.8	
Empididae	<i>Chelifera</i> sp.										
	<i>Clinocera</i> sp.A										
	<i>Clinocera</i> sp.B										
		<i>Dolichocephala</i> sp.									
		<i>Hemerodromia</i>	1.8								
Limoniidae	<i>Eriocera</i> sp.A	9.0	28.7		19.7	5.4	1.8		19.7		
	<i>Eriocera</i> sp.B		14.3	1.8	1.8	3.6		1.8	3.6		
Pediciidae	<i>Dicranota</i> sp.						1.8				
Psychodidae	<i>Pericoma</i>										
	<i>Psychoda</i>										
Scathophagidae	Scathophagidae							1.8			
Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	17.9	28.7	315.3	21.5	130.8	34.0	68.1	444.3		
Stratiomyidae	<i>Oxycera</i>										
Tabanidae	<i>Silvius</i> sp.										
Thaumaleidae	Thaumaleidae sp.			1.8		1.8	1.8		1.8		
Tipulidae	<i>Antocha</i> sp.		52.0	10.7	1.8	3.6	114.7	60.9			
	<i>Holorusia</i>							1.8			
Ephemeroptera	Ameletidae	<i>Ameletus camtschaticus</i>									
Baetidae	<i>Acentrella lata</i>	132.6	195.3	213.2	57.3	80.6	7.2	275.9	16.1		
	<i>Baetiella bispinosa</i>	37.6	401.3	84.2	7.2	48.4	37.6	23.3	23.3		
	<i>Baetis</i> spp.	130.8	535.7	121.8	25.1	59.1	234.7	415.7	17.9		
Caenidae	<i>Caenis</i> sp.								3.6		
Ephemerellidae	<i>Cincticostella fusca</i>		1.8				9.0				
	<i>Ephacrerella montana</i>					1.8	3.6				
Ephemeridae	<i>Ephemeria sauteri</i>			1.8			1.8				
Heptageniidae	<i>Afronurus floreus</i>	1.8	19.7	10.7	1.8	14.3	7.2	7.2			
	<i>Epeorus erratus</i>	16.1		9.0			10.7		1.8		
	<i>Nixe</i> sp.										
	<i>Rhithrogena ampla</i>	146.9	410.3	424.6	114.7	141.5	44.8	69.9	107.5		
	Leptophlebiidae	<i>Paraleptophlebia</i> sp.					3.6				
Odonata	Gomphidae	<i>Sinogomphus formosanus</i>			1.8	1.8	14.3				
Plecoptera	Nemouridae	<i>Amphinemura</i> sp.	21.5	16.1	28.7	9.0	14.3	175.6	3.6	10.7	
		<i>Protonemura</i> spp.			7.2	3.6	1.8	75.2		3.6	
Perlidae	<i>Gibosia</i> sp.				3.6		1.8				
	<i>Neoperla</i> spp.	23.3	30.5	16.1	30.5	10.7	69.9		96.7		
	Styloperlidae	<i>Cerconychia</i> sp.			10.7		7.2	14.3	3.6		
Trichoptera	Arctopsychidae	<i>Arctopsyche</i> sp.		1.8	12.5	1.8	1.8	12.5		1.8	
	Glossosomatidae	<i>Glossosoma</i> sp.		3.6	3.6	28.7	50.2	16.1		3.6	
	Goeridae	<i>Goera</i>									
	Hydrobiosidae	<i>Apsilochorema</i> sp.			1.8		5.4	1.8			
	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche</i> spp.	3.6	5.4			1.8	3.6	3.6		
	Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i>					3.6				
		<i>Stactobia</i>			1.8						
	Lepidostomatidae	<i>Goerodes</i> sp.	1.8	3.6	3.6	3.6	16.1	12.5	3.6	5.4	
Rhyacophilidae	<i>Himalopsyche</i> sp.										
	<i>Rhyacophila nigrocephala</i>			30.5	1.8		19.7	12.5	5.4		
	<i>Rhyacophila</i> spp.	3.6	7.2	5.4		5.4	19.7				
	Stenopsychidae	<i>Stenopsyche</i> sp.A	32.2	19.7	19.7		5.4		10.7		
	Uenoidae	<i>Uenoa taiwanensis</i>	16.1	1.8							

第 4 章 水棲昆蟲研究

表 4-10 2022 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	羅葉尾溪	有勝溪	高山溪二號壩	
Coleoptera	Elmidae	<i>Zaitzevia</i> sp.A	5.4	1.8	3.6	62.7	7.2		3.6	16.1	
		<i>Zaitzevia</i> sp.B				1.8			1.8	1.8	
	Psephenidae	<i>Ectopria</i>							1.8		
		<i>Eubrianax</i> sp.				1.8			12.5		
	Scirtidae	<i>Cyphon</i> sp.	53.7	50.2	16.1	93.2	3.6		35.8	26.9	
Diptera	Athericidae	<i>Asuragina</i> sp.	9.0			9.0			1.8		
	Blepharoceridae	<i>Agathon</i> sp.	1.8					3.6			
		<i>Bibiocephala</i> sp.						10.7		3.6	
	Ceratopogonidae	<i>Bezzia</i> sp.			1.8	7.2		1.8			
	Chironomidae	Chironomidae sp.B	109.3	25.1	14.3	224.0	25.1		16.1	3.6	66.3
		Chironomidae sp.C	34.0	14.3	84.2	320.7	17.9		111.1	3.6	148.7
		Chironomidae sp.E							1.8		
		Chironomidae spp.								14.3	
	Tanypodinae spp.	5.4		60.9	19.7	3.6		1.8	1.8		
	Empididae	<i>Chelifera</i> sp.				3.6					
<i>Hemerodromia</i>					3.6						
Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	1.8	3.6	5.4	7.2	41.2		1.8	1.8	41.2	
Tipulidae	<i>Antocha</i> sp.	1.8		3.6	46.6			7.2	5.4	1.8	
	<i>Dicranota</i> sp.				5.4						
	<i>Eriocera</i> sp.A	37.6	3.6	10.7	57.3	9.0				14.3	
	<i>Eriocera</i> sp.B	1.8		3.6	19.7	9.0				5.4	
Ephemeroptera	Ameletidae	<i>Ameletus camtschaticus</i>				1.8					
	Baetidae	<i>Acentrella lata</i>		17.9	1.8	34.0	17.9			12.5	12.5
		<i>Baetiella bispinosa</i>		12.5		17.9	17.9				16.1
		<i>Baetis</i> spp.	292.0	218.6	1393.9	435.4	216.8		17.9	69.9	84.2
	Caenidae	<i>Caenis</i> sp.		1.8							
	Ephemerellidae	<i>Cincticostella fusca</i>							1.8		
		<i>Ephacarella montana</i>	34.0	17.9	26.9	21.5	17.9		107.5	1.8	26.9
	Ephemeridae	<i>Ephemeria sauteri</i>	1.8	1.8	3.6	5.4	1.8			5.4	1.8
	Heptageniidae	<i>Afronurus floreus</i>	16.1	30.5	28.7	7.2	5.4		3.6	1.8	
		<i>Epeorus erratus</i>	62.7	5.4	1.8	17.9	1.8		1.8		3.6
<i>Rhithrogena ampla</i>		86.0	385.2	259.8	403.1	216.8		41.2	10.7	236.5	
<i>Paraleptophlebia</i> sp.		14.3						14.3			
Leptophlebiidae	<i>Paraleptophlebia</i> sp.	14.3						14.3			
Odonata	Gomphidae	<i>Sinogomphus formosanus</i>			3.6	1.8				1.8	
Plecoptera	Nemouridae	<i>Amphinemura</i> sp.	14.3	5.4	21.5	23.3	17.9		66.3	1.8	30.5
		<i>Protonemura</i> spp.							7.2		3.6
	Perlidae	<i>Gibosia</i> sp.		1.8		1.8	1.8		5.4		3.6
	<i>Neoperla</i> spp.	12.5	64.5	25.1	118.2	14.3		34.0		95.0	
Styloperlidae	<i>Cerconychia</i> sp.	7.2	5.4	5.4	3.6			1.8			
Trichoptera	Arctopsychidae	<i>Arctopsyche</i> sp.	1.8		1.8	10.7	3.6		1.8		17.9
	Glossosomatidae	<i>Glossosoma</i> sp.		1.8		109.3	1.8		1.8	1.8	3.6
	Hydrobiosidae	<i>Apsilochorema</i> sp.		1.8	1.8	5.4			1.8		
	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche</i> spp.	1.8	1.8		9.0	3.6			21.5	17.9
	Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i>							3.6		
	Lepidostomatidae	<i>Goerodes</i> sp.	9.0	26.9	7.2	55.5	35.8			10.7	59.1
	Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila nigrocephala</i>	9.0	14.3	3.6	16.1	1.8				14.3
		<i>Rhyacophila</i> spp.	9.0		3.6	7.2	3.6		3.6		1.8
	Stenopsychidae	<i>Stenopsyche</i> sp.A	39.4	9.0	16.1	17.9	1.8		5.4	1.8	7.2
	Uenoidae	<i>Uenoa taiwanensis</i>	14.3								

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)

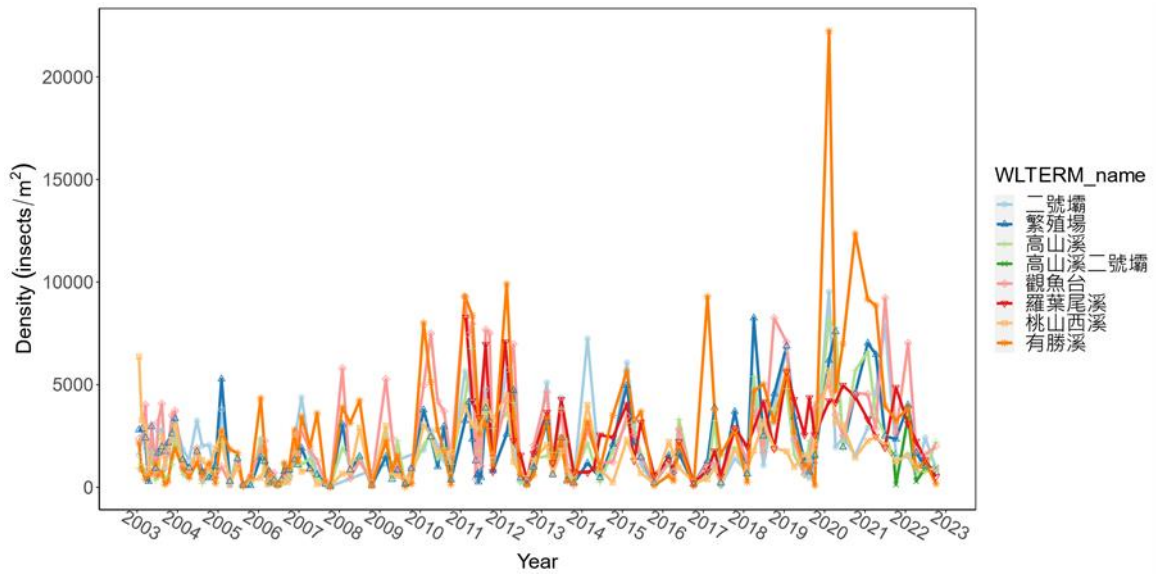


圖 4-2 武陵地區溪流測站水棲昆蟲各月數量。

(資料來源：本研究資料)

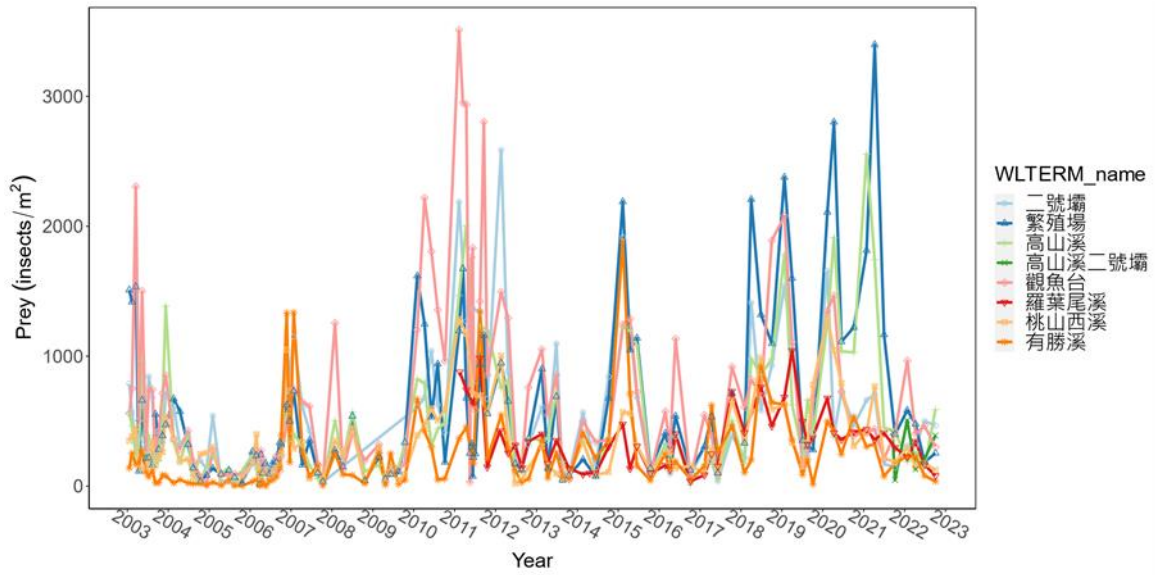


圖 4-3 武陵地區溪流測站大型昆蟲食餌數量變化圖。

(資料來源：本研究資料)

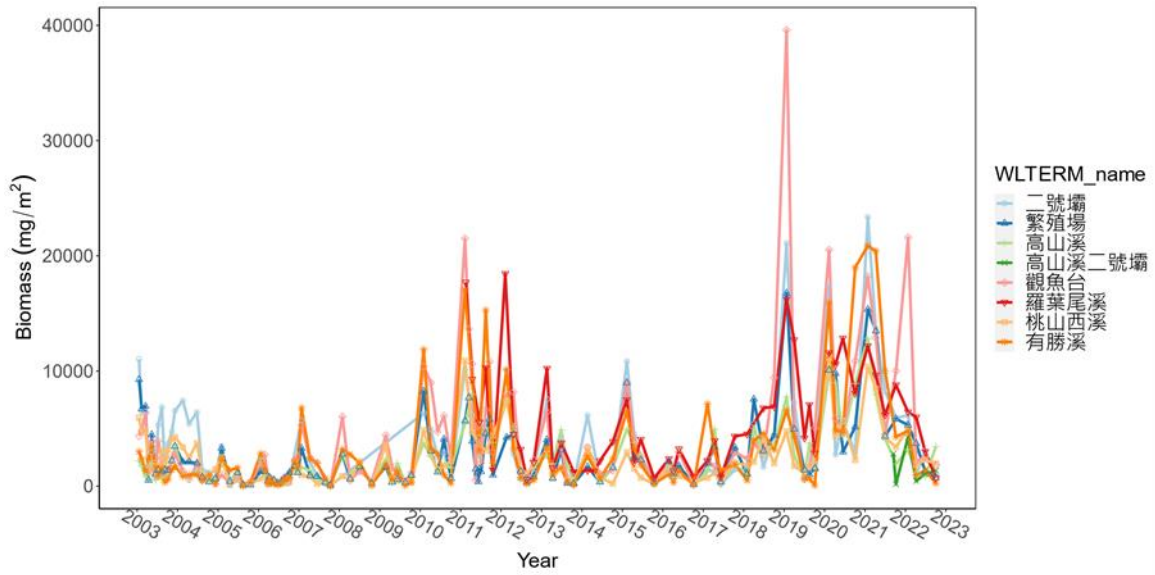


圖 4-4 武陵地區溪流測站的水棲昆蟲生物量(濕重)變化圖。

(資料來源：本研究資料)

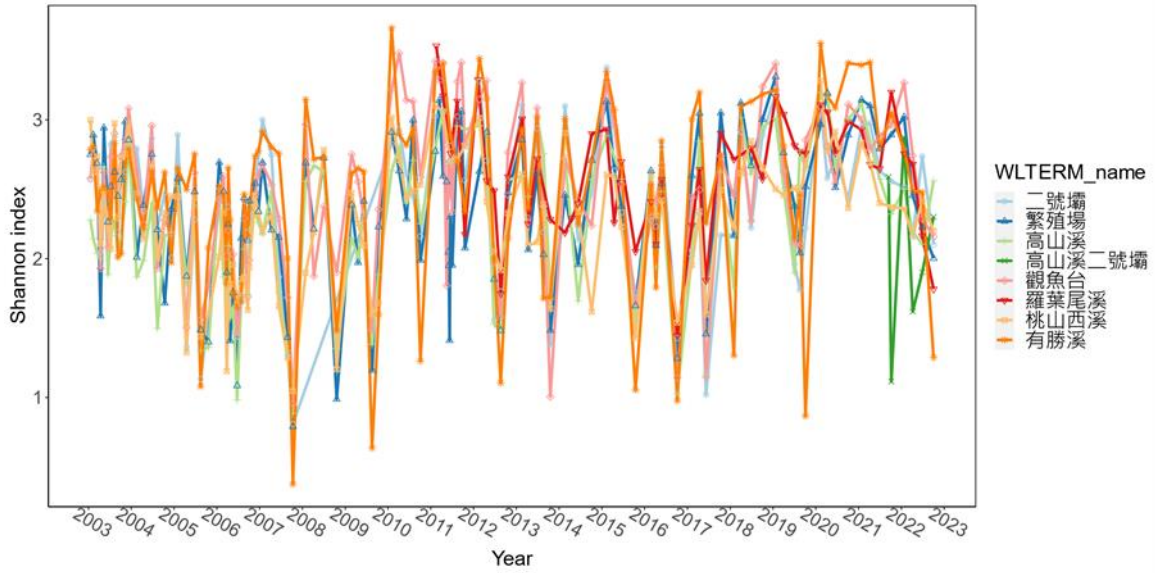


圖 4-5 武陵地區溪流測站水棲昆蟲的 Shannon- Wiener's index。

(資料來源：本研究資料)

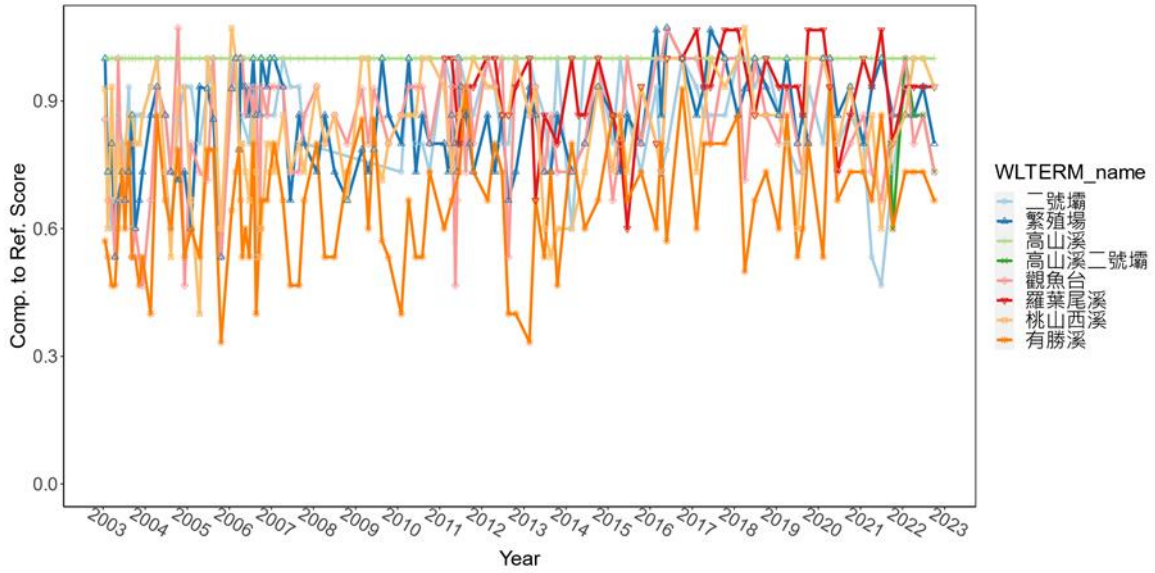


圖 4-6 武陵地區溪流測站水棲昆蟲的 RBPII 相對分數。

(資料來源：本研究資料)

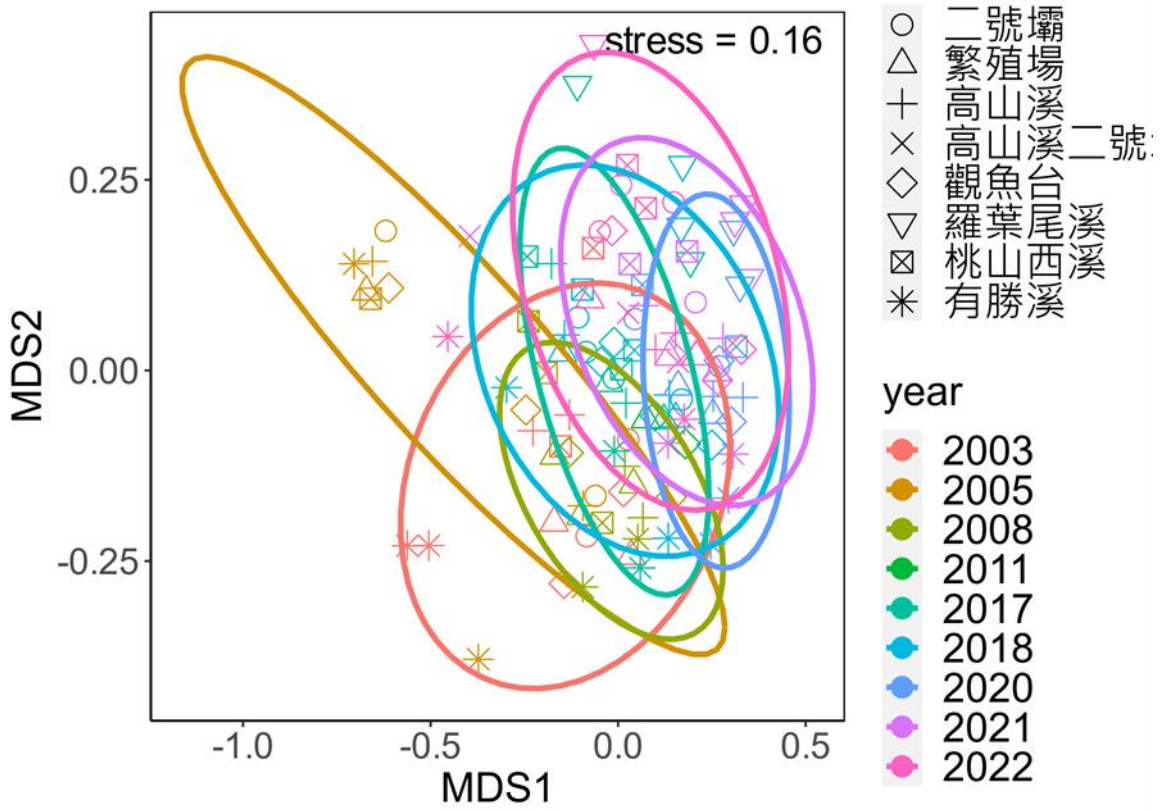


圖 4-7 武陵地區測站水棲昆蟲的 MDS 分析。
(資料來源：本研究資料)

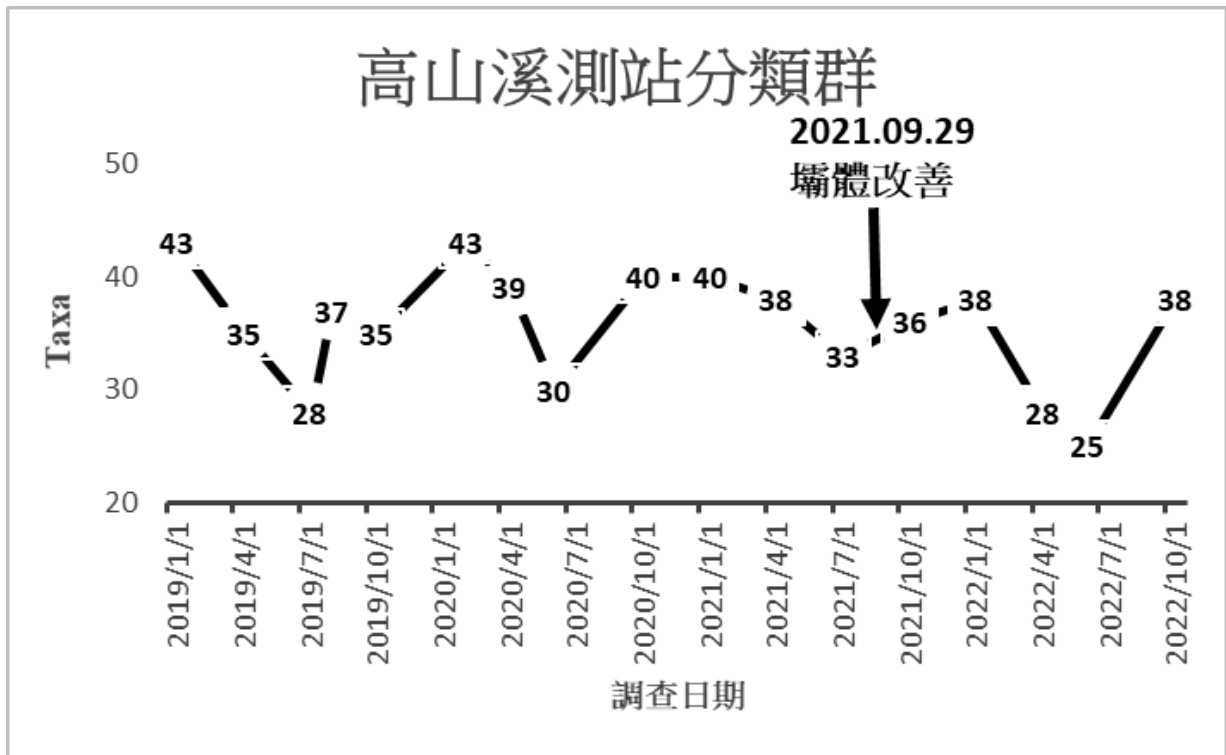


圖 4-8 高山溪測站 2019~2022 水棲昆蟲分類群(Taxa)。
(資料來源：本研究資料)

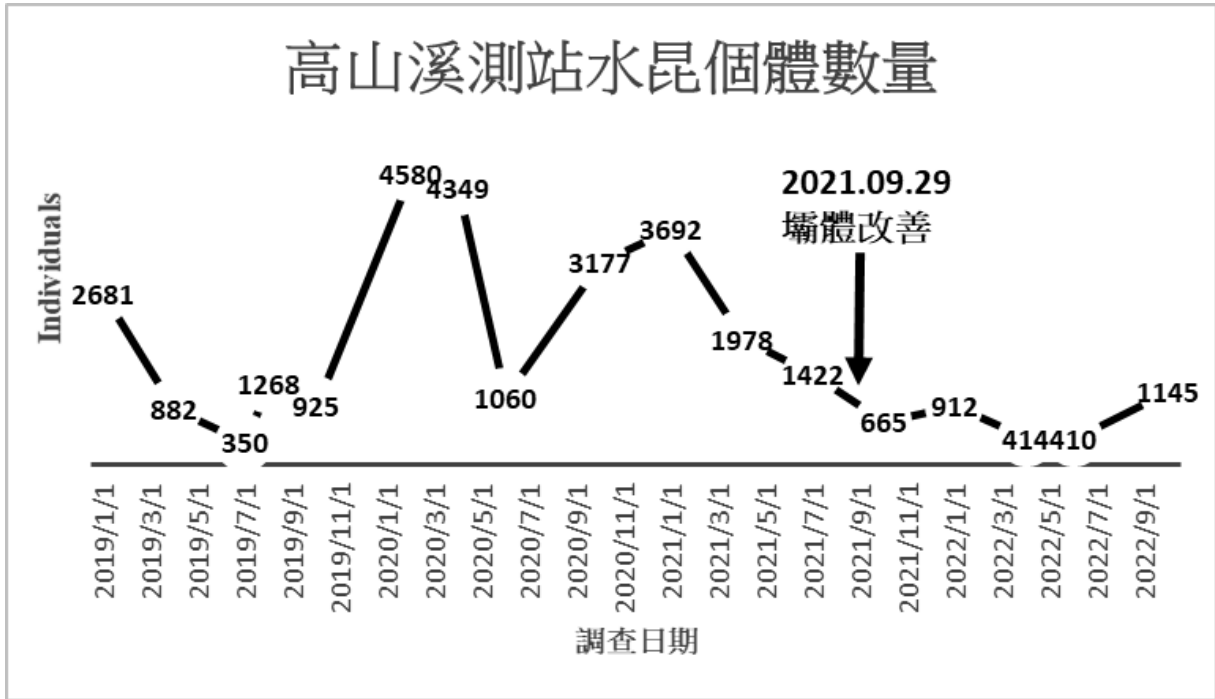


圖 4-9 高山溪測站 2019~2022 水棲昆蟲個體數(隻)。

(資料來源：本研究資料)

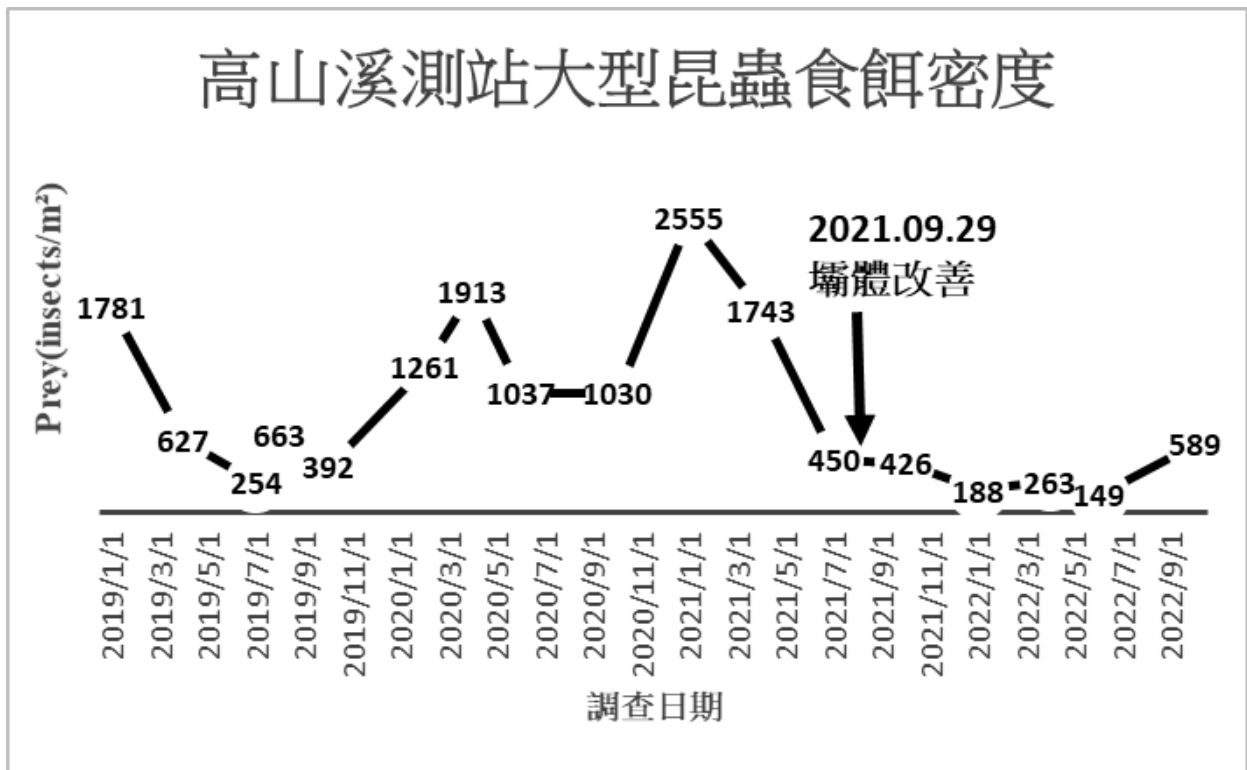


圖 4-10 高山溪測站 2019~2022 大型食餌密度(個體數/平方公尺)。

(資料來源：本研究資料)

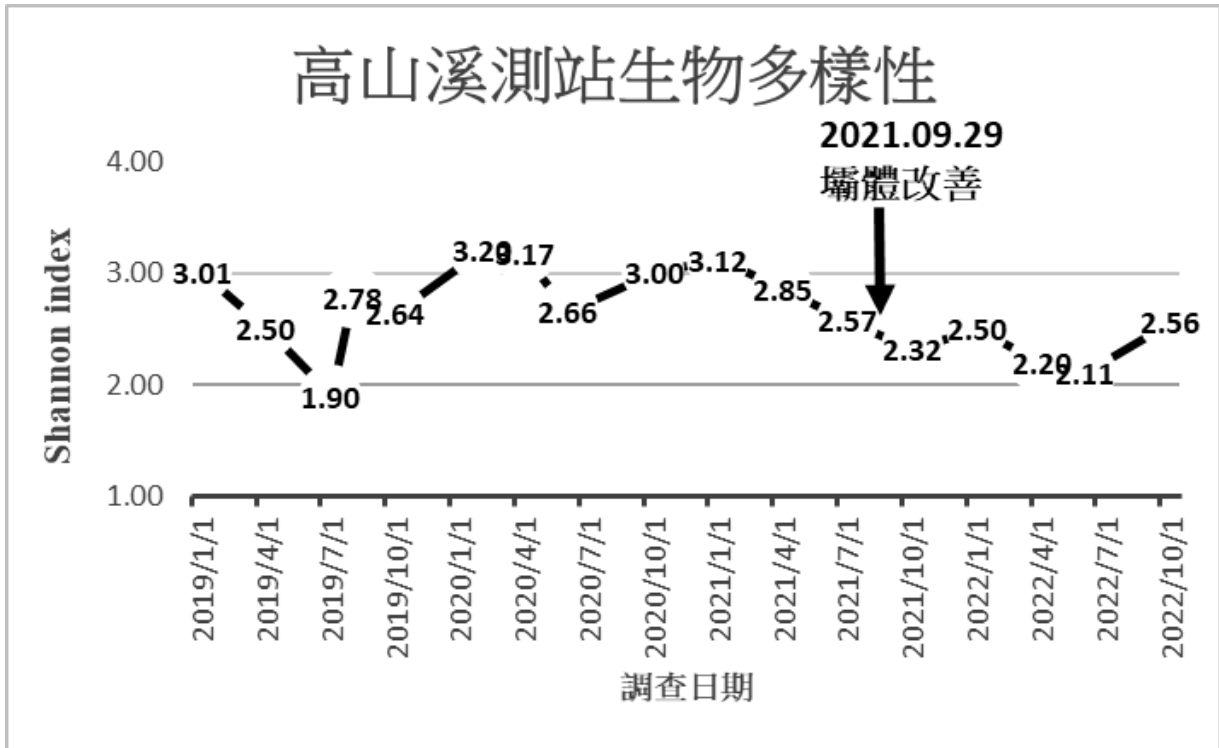


圖 4-11 高山溪測站 2019~2022 水棲昆蟲多樣性(Shannon- Wiener's index)。

(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 105,654 筆，水體環境資料共 2,994 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、土下溫度)，河川流量模擬推估資料 4,107 筆，以及物理棲地調查資料 7,726 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。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，後轉換為泛用於國科會、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。本年度共新增本年度調查資料水棲昆蟲資料 1,006 筆，水質資料 61 筆，河道棲地資料 768 筆，及河道地形資料 860 筆(另有配合的後視點與轉點 74 筆)，另補匯過往計畫調查資料，包含水質 350 筆、河道棲地 9,740 筆，河道地形 12,134 筆(另外配合的後視點與轉點 873 筆)，水棲昆蟲 627 筆，以及魚類 158 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、增加資料視覺化圖表、物種紀錄分布地圖，資料庫納入保育資訊，以及增加網頁列出相關文獻等。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，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

ABSTRACT

The Long-Term Ecological Monitoring and Ecological Model Establishment for Wulin Area project had collected 105,654 records of species occurrence covering bird, fish, amphibian, insect and plant, as well as 2,994 waterbody readings, 4,645 algae and organic debris records, 9,136 environmental monitoring readings, 4,107 records of stream discharge modeling and 7,726 records of physical habitats. All data is available at “The Long-Term Ecological Monitoring and Ecological Model Establishment for Wulin Area” project website . 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 1,006 records of aquatic insects, 61 waterbody readings, 480 records of river habitat type, and 860 records of streamway from research team this year. In addition, 350 waterbody readings, 9,740 records of river habitat type, 12,134 records of streamway measurement, 627 records of aquatic insects, and 158 records of fishes from research in the past were added. Besides website and database maintaining and project data updating, the website function was checked and repaired. Also, there are new functions like: some graphs on website are dynamic according to the filter; species occurrences can be filtered and showed in map; conservation information is included in database; and references are listed on website. For short term advice, we suggest to enrich data display on website, and to open the data. 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

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2021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 108 年度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

(一) 資料上傳

本年度共收集水棲昆蟲資料 1,006 筆，水質資料 61 筆，河道棲地資料 768 筆，河道地形資料 860 筆(含後視點與轉點 74 筆)。另補匯過往資料庫缺漏資料，包括水質 350 筆、河道棲地 9,740 筆，河道地形 12,134 筆(另外配合的後視點與轉點 873 筆)，水棲昆蟲 627 筆，以及魚類 158 筆(補匯相關記錄詳見資料表 5-4)。歷年累計收集鳥類、魚類、兩棲類、昆蟲及植物調查資料共 107,445 筆，水質環境資料共 3,405 筆，河道棲地與斷面調查資料共 32,174 筆，環境溫度監測資料 9,136 筆(包括空氣、水、土表、土下溫度)，藻類及有機碎屑調查記錄 4,645 筆，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> (因歷年來參與的部分團隊對於資料開放有疑慮，目前採不完全開放，並設定帳密僅提供管理處和計畫團隊檢視，帳號密碼皆為 wlterm))，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。

(二) 資料呈現

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。

2021 年新增「調查活動」及「資料統計」等項目，便於以不同視角檢視調查資料及了解資料庫內歷年資料數量。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，統計迄今歷年來已有 3,003 次調查活動(圖 5-5)。

「物種紀錄」方面上歷年調查資料豐富，特別進行各分類階層的數量統計，如「門別統計」、「綱別統計」、「目別統計」、「科別統計」等可分階層檢視統計數量並與物種紀錄資料連結。物種紀錄並結合地圖及點位可相互查找，功能如下：

1. 由地圖查資料：提供武陵地區地圖，使用者可直接點選地圖上的調查點，查得該點的調查資料。為便於查詢各年度資料，「測站地圖」中可篩選「年度」及「調查項目」，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，亦可由調查資料回查測站在地圖上的位置。
2. 由生物分類階層查得資料：將計畫調查到的所有物種，依照生物分類階層排序，供使用者點選查詢詳細資料，亦可反查調查點的地圖。

3. 由物種紀錄清單查得資料：將計畫收集到所有資料逐筆列出，並提供多種排序選擇，供使用者點選查詢單筆詳細資料，亦可反查調查點的地圖。
4. 由調查活動查資料：將計畫歷年調查活動列出，可查詢不同時間、不同調查方法，或不同計畫的調查活動，點選查看後則列出該次調查活動下的調查紀錄。

(三) 資料盤點

武陵地區生態資料庫自 2006 年建立以來，已累積多年各項調查資料，因有歷年資料變化分析需求，乃針對現仍參與調查的團隊進行歷年調查資料盤點。盤點工作包含匯出所有資料庫內資料，以樞紐分析製作資料分布分析表(表 5-4~5-5)，並與歷年武陵地區計畫清單及各年度參與的團隊做比對，必要時亦比對計畫報告中的調查月份。

檢視盤點結果，發現主要缺少資料在於生態資料庫未參與計畫的 2014 年至 2017 年；另外亦有部分零星資料缺失，如水質資料在 2011 年缺少部分測站資料，而水棲昆蟲缺少 2006 年及 2013 年下半年資料等。另物理棲地僅在 2018 年始有資料匯入，比對計畫報告圖表並確認各測站、調查月份後，發覺近年亦有缺少資料。

後向管理單位及調查團隊徵詢以上缺漏資料，並確認另一生態資料庫「雪霸國家公園生物資源與環境調查資料庫」(<http://spnp.biodiv.tw>)(過去由中研院所建置)等，以補全過往計畫調查資料，但可能因欠缺良好的資料倉儲習慣，仍有資料未能收集到，只能盡可能地收集與補匯。本年度收集到的過往缺漏資料皆已補匯上傳，共計整理與補匯 23,882 筆，詳細的資料類別、筆數與年份分布見表 5-4。

(四) 網站維護與優化

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. 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：
 - ◆ 測站資料：測站
2. 新增「相關文獻」分項：在計劃簡介下新增分項頁面，用以呈現計畫相關參考文獻，並提供便於查詢與檢視的功能，包括：文獻關鍵字搜尋、年份篩選、標籤/子計畫篩選、各欄位排序。(圖 5-5)。

3. 增加調查資料的視覺化呈現：

- (1) 水質：參考水質調查團隊報告使用的圖表，呈現各項水質數值在各個測站隨時間變化的折線圖。水質項目以目前仍在監測的項目共 13 項進行開發，並開發成互動式圖表，包含：可依下方表格搜尋結果改變視覺化呈現，也可開啟或關閉某些測站自由地進行檢視。(圖 5-6)。
 - (2) 物理棲地：參考物理棲地團隊報告使用的圖表，統計同一調查日期、同「測站選用河道斷面」中各項底質/棲地環境的比例，以平面直條圖呈現單一調查事件中各項底質/棲地環境的比例，並依時間順序呈現同一測站的不同調查事件。除了視覺化呈現，並開發成互動式圖表，包含：可依下方表格搜尋結果改變視覺化呈現，也可開啟或關閉某些測站自由地進行檢視。(圖 5-7)
 - (3) 物種記錄：在物種紀錄表單上方提供地圖，呈現物種紀錄的測站分布，並可依照下方表單的篩選結果呈現。(圖 5-8)。
4. 調整資料呈現：配合水質項目的視覺化圖表，調整資料呈現從原本需要個別點入內容才能檢視各項水質資料，改為 13 項水質監測項目的數值直接以表格在第一層列出的方式，使用時能配合視覺化圖表且更一目了然。(圖 5-9)
 5. 更新物種名錄與統計：本年度上傳的物種記錄資料，比對資料庫已建立的武陵地區物種名錄，本年度新增 1 科 1 種(毛翅目瘤石蛾屬)。另以分類階層統計的結果共涵蓋 2 界 3 門 13 綱 85 目 330 科 843 種。(圖 5-10)。
 6. 增加保育物種資訊：歷年計畫累積調查近 900 種物種資訊，其中不乏許多保育類或稀見物種，因此在資料庫中新增保育資訊欄位，網頁上見於「物種統計」頁面，包含臺灣紅皮書、法定保育類等，以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。(表 5-7)。

四、討論

(一)資料呈現

目前網站前端已有部分項目資料建立視覺化呈現，但仍有部分項目仍僅以表格提供瀏覽及查詢，雖能滿足資料回溯查找的需求，但對於洞察資料趨勢、支援研究議題探究仍有改善空間。尚未有視覺化呈現的項目包含：元素通量、藻類與碎屑、河道斷面等項目。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。

(二)資料管理與檢核

由盤點過往資料出現缺漏，顯示資料收集與管理應需要更完善的規劃，並需有專責資料庫人員參與計畫並持續管理，以維護資料完整性與品質。而因資料庫人員收集資料當下無法知道完整應該會有哪些資料，也許可以從每年成果報告進行比對與檢核，隔年年初列出清單請調查團隊補繳。

(三)生物多樣性資料開放與敏感資料處理

武陵長期生態監測計畫已持續近 20 年並累積逾 10 萬筆物種記錄資訊，長期性的研究資料非常難得且有其重要性，如能將資料以資料論文發表並開放資料至 GBIF，可進一步併入 GBIF 全球的資料索引，以追蹤後續學術發表引用，提升本計畫研究在國際上的能見度。過往收集物種記錄因含有保育類或稀見物種(表 5-7)，如有開放資料疑慮，建議可採用「臺灣生物多樣性資訊聯盟」(包括營建署國家公園組)研擬適合在國內推廣的敏感資料開放原則，應用於在敏感資料的處理，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。建議計畫研究人員於期刊發表研究成果後，可用選定之 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

1. 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，未來若公開資料較不會有相關爭議，而如有發表需求的研究團隊，建議可提供選擇延遲開放，但最終仍應開放。如有敏感物種點未開放疑慮，建議可參考「生物多樣性敏感資料開放作業原則」進行模糊化後再開放。

2. 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

- 邵廣昭、彭鏡毅、賴昆祺、林永昌、李瀚、陳欣瑜、楊杰倫 (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。
- 邵廣昭、賴昆祺、林永昌、柯智仁、陳麗西、李瀚、林欣樺 (2008, 5 月 9 日)。數位典藏計畫中生物多樣性資料之整合。昆蟲與蝸蟎標本資源之管理與應用研討會專刊。
- 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 (2), 205–214. <https://doi.org/10.1890/0012-9623-90.2.205>
- Chavan, V., & Penev, L. (2011). The data paper: A mechanism to incentivize data publishing in biodiversity science. *BMC Bioinformatics*, 12 (Suppl 15), S2. <https://doi.org/10.1186/1471-2105-12-S15-S2>
- Chavan, V., Penev, L., & Hobern, D. (2013). Cultural Change in Data Publishing Is Essential. *BioScience*, 63 (6), 419–420. <https://doi.org/10.1525/bio.2013.63.6.3>
- Cribb, J., & Hartomo, T. S. (2010). Open Science: Sharing Knowledge in the Global Century. CSIRO Publishing.
- Duke, C. S., & Porter, J. H. (2013). The Ethics of Data Sharing and Reuse in Biology. *BioScience*, 63 (6), 483–489. <https://doi.org/10.1525/bio.2013.63.6.10>
- 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 (3), 158–168. [https://doi.org/10.1890/0012-9623\(2005\)86\[158:MTVOED\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9623(2005)86[158:MTVOED]2.0.CO;2)
- GBIF.org. (2017). Literature resources of 2017. <https://www.gbif.org/resource/search?contentType=literature&year=2017,2017>
- GBIF.org. (2017). Literature tracking. <https://www.gbif.org/literature-tracking>
- GBIF.org. (2020). Literature resources of 2020. <https://www.gbif.org/resource/search?contentType=literature&year=2017,2017>
- Hampton, S. E., Anderson, S. S., Bagby, S. C., Gries, C., Han, X., Hart, E. M., Jones, M. B., Lenhardt, W. C., MacDonald, A., Michener, W. K., Mudge, J., Pourmokhtarian, A., Schildhauer, M. P., Woo, K. H., & Zimmerman, N. (2015). The Tao of open science for ecology. *Ecosphere*, 6 (7), art120. <https://doi.org/10.1890/ES14-00402.1>
- 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. <https://doi.org/10.1186/1471-2105-12-S15-S3>
- Kano, Y., Musikasinthorn, P., Iwata, A., Tun, S., Yun, L. K. C., Win, S., Matsui, S., Tabata, R., Yamasaki, T., & Watanabe, K. (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. <https://doi.org/10.3897/BDJ.4.e10539>

- Michener, W. K. (2015). Ecological data sharing. *Ecological Informatics*, 29, 33–44.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2015.06.010>
- Michener, W. K., Brunt, J. W., Helly, J. J., Kirchner, T. B., & Stafford, S. G. (1997). Nongeospatial Metadata for the Ecological Sciences. *Ecological Applications*, 7 (1), 330–342. JSTOR.
<https://doi.org/10.2307/2269427>
- Moritz, T., Krishnan, S., Roberts, D., Ingwersen, P., Agosti, D., Penev, L., Cockerill, M., & Chavan, V. (2011). Towards mainstreaming of biodiversity data publishing: Recommendations of the GBIF Data Publishing Framework Task Group. *BMC Bioinformatics*, 12 (Suppl 15), S1.
<https://doi.org/10.1186/1471-2105-12-S15-S1>
- Nielsen, M. (2013). *Reinventing Discovery: The New Era of Networked Science* (Reprint edition). Princeton University Press.
- ORCID.org. (2017, December 5). 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., Hagedorn, G., Remsen, D., Smith, V., & Shotton, D. (2016). *Pensoft Data Publishing Policies and Guidelines for Biodiversity Data*. Pensoft.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.56660>
- Reichman, O. J., Jones, M. B., & Schildhauer, M. P. (2011). Challenges and Opportunities of Open Data in Ecology. *Science*, 331 (6018), 703–705. <https://doi.org/10.1126/science.1197962>
- Roberts, D., & Moritz, T. (2011). A framework for publishing primary biodiversity data. *BMC Bioinformatics*, 12 (15), I1. <https://doi.org/10.1186/1471-2105-12-S15-I1>
- Robertson, T., Döring, M., Guralnick, R., Bloom, D., Wiczorek, J., Braak, K., Otegui, J., Russell, L., & Desmet, P. (2014). The GBIF Integrated Publishing Toolkit: Facilitating the Efficient Publishing of Biodiversity Data on the Internet. *PLOS ONE*, 9 (8), e102623.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0102623>
- Shao, K.-T., Huang, S.-C., Chen, S., Lin, Y.-C., Lai, K.-C., Chih-Jen Ko, B., Chen, L.-S., & Jieluen Yang, A. (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 (12), art116.
<https://doi.org/10.1890/ES12-00139.1>
- Vanderbilt, K. L., Lin, C.-C., Lu, S.-S., Kassim, A. R., He, H., Guo, X., Gil, I. S., Blankman, D., & Porter, J. H. (2015). Fostering ecological data sharing: Collaborations in the International Long Term Ecological Research Network. *Ecosphere*, 6 (10), art204. <https://doi.org/10.1890/ES14-00281.1>
- White, R. L., Sutton, A. E., Salguero-Gómez, R., Bray, T. C., Campbell, H., Cieraad, E., Geekiyanage, N., Gherardi, L., Hughes, A. C., Jørgensen, P. S., Poisot, T., DeSoto, L., & Zimmerman, N. (2015). The next generation of action ecology: Novel approaches towards global ecological

research. *Ecosphere*, 6 (8), art134. <https://doi.org/10.1890/ES14-00485.1>

Wieczorek, J., Bloom, D., Guralnick, R., Blum, S., Döring, M., Giovanni, R., Robertson, T., & Vieglais, D. (2012). Darwin Core: An Evolving Community-Developed Biodiversity Data Standard. *PLOS ONE*, 7 (1), e29715. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0029715>.

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 補匯過往資料

補匯資料項目	補匯資料筆數	補匯資料年份
水質	350 筆	2011, 2014 ~ 2017
河道棲地	9,740 筆	2007 ~ 2014, 2016 ~ 2017, 2021
河道地形	12,135 筆	2011 ~ 2017
河道地形配合後視點與轉點	873 筆	2011 ~ 2017
水棲昆蟲	627 筆	2014
魚類	86 筆	2014

表 5-5 武陵地區生態資料庫水質調查資料分布

測站	2005-01	2005-02	2005-04	2005-06	2005-08	2005-10	2005-12	2006-02	2006-04	2006-06	2006-08	2006-10	2006-12	2007-02	2007-04	2007-06	2007-08	2007-10	2007-12	2008-01	2008-04	2008-07	2008-10	2009-02	2009-04	
1	1																									
2		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
3	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1							
4	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1			1	1	1	1	
5		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
6	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1							
7	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1							
8	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
9		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
10				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						1	1				1	
11				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						1					1	
12																									1	
13																									1	
17																										
201																										
202																										
203																										
204																										
303																										
2123																										
2124																										
2125																										
2126																										
2127																										
2128																										
2129																										
總計	6	3	9	11	11	11	11	10	11	9	12	17	18	11	9	8	11	9	9	6	5	5	5	7	7	
測站	2009-06	2009-08	2009-10	2010-02	2010-04	2010-06	2010-08	2010-10	2010-12	2011-02	2011-03	2011-04	2011-05	2011-06	2011-08	2011-09	2011-10	2011-12	2012-02	2012-03	2012-04	2012-06	2012-08	2012-10	2012-12	2013-01
1																										
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1						1	1	1	1	1	1	1	1	1
3																			1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1
6																										
7																										
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						1	1	1	1	1	1	1	1	
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						1	1	1	1	1	1	1	1	
10																										
11																			1							1
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	1				1	1	1	1	1	1	1	1	
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17																										
201																										
202																										
203																										
204																										
303																										
2123																										
2124																										
2125																										
2126																										
2127																										
2128																										
2129																										
總計	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	4	7	20	5	1	1	1	8	10	8	8	8	8	10	8	10
測站	2013-04	2013-06	2013-08	2013-10	2018-02	2018-04	2018-07	2018-09	2018-10	2019-01	2019-04	2019-07	2019-08	2019-10	2020-02	2020-04	2020-06	2020-10	2021-02	2021-04	2021-06	2021-09	2021-10	2022-01	2022-04	總計
1																										17
2	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	67
3	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	52
4	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	74
5	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	76
6																										20
7																										20
8	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	70
9	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	69
10																										16
11																			1	1						20
12	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	51
13	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	55
17																										4
201					1	1	1		1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	18
202					1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	19
203					1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	19
204					1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	19
303								1																		1
2123					1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								13
2124					1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							13
2125					1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								13
2126					1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	19
2127					1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	19
2128					1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					13
2129					1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							13
總計	8	8	8	8	19	19	19	1	19	19	19	19	19	18	19	19	19	20	15	14	14	2	16	16	15	790

表 5-6 武陵地區生態資料庫水棲昆蟲調查事件分布

測站	2005-02	2005-04	2005-06	2005-08	2005-10	2007-01	2007-02	2007-04	2007-06	2007-07	2007-08	2007-10	2008-01	2008-02	2008-04	2008-07	2008-10	2009-02	2009-04	2009-06	2009-08	2009-10	
1	1	1	1	1	1	2		1	1		1	1											
2	1	1	1	1	1	2		2	1		1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	2		2	1		1	1											
4	1	1	1	1	1	2		2	1		1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	2		2	1		1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	2		2	1		1	1											
7	1	1	1	1	1	2		2	1		1	1											
8	1	1	1	1	1	2		2	1		1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	2		2	1		1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1
10				1			1			1				1		1		1		1			
11				1			1			1				1		1		1		1			
12																		1	1	1	1	1	1
13																		1	1	1	1	1	1
14																							
17																							
總計	9	9	9	11	9	18	2	17	9	2	9	9	5	2	5	7	5	9	7	9	7	7	7

測站	2010-02	2010-04	2010-06	2010-08	2010-10	2011-02	2011-04	2011-05	2011-06	2011-07	2011-08	2011-09	2011-10	2012-02	2012-04	2012-06	2012-08	2012-10	2013-02	2013-04	2018-02	2018-04	2018-06	2018-10	
1																									
2	1	1	1	1	1	1	1		1		1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1		1		1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	2	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	2	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6																									
7																									
8	1	1	1	1	1	1	1		1		1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
9	1	1	1	1	1	1	1		1		1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
10	1					1						1	1						1						
11	1					1						1	1						1						
12																			1	1	1	1	1	1	
13																			1	1	1	1	1	1	
14																					1		1	1	
17																									
總計	8	6	6	6	6	8	6	4	10	2	6	2	8	8	6	6	6	6	10	8	9	8	9	9	

測站	2019-01	2019-04	2019-07	2019-08	2019-10	2020-02	2020-04	2020-06	2020-10	2021-01	2021-04	2021-06	2021-07	2021-09	2021-10	2022-01	2022-04	總計
1																		11
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				1	1	1	57
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1	1	48
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1		1	1	1	63
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1		1	1	1	63
6																		12
7																		12
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1		1	1	1	57
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1	1	57
10																		12
11									1	1						1		15
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1			24
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1		1			24
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1	1	18
17														1	1	1	1	4
總計	9	9	9	9	9	9	9	9	10	10	9	5	4	1	10	9	8	477

表 5-7 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、纓口臺鰍、 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 國家公園委託辦理計畫

生物物種調查紀錄 共 1006 筆



編號	門名	綱名	目名	科名	學名	標記學名	中文名	調查日	地點	緯度	經度	調查者	調查法	鑑定者	
1	2	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Heptageniidae	Rhithrogena an	Rhithrogena an	扁蜉	2022-06-28	桃山西溪	24.3986	121.3078	陳昭汝	靜伯式水網(Sur	陳昭汝
2	2	Arthropoda	Insecta	Diptera	Tipulidae	Antocha	Antocha sp.	Antocha屬	2022-04-08	桃山西溪	24.3986	121.3078	陳昭汝	靜伯式水網(Sur	陳昭汝
3	2	Arthropoda	Insecta	Diptera	Limoniidae	Hexatoma (Eric	Eriocera sp.A	扁大蚊屬	2022-04-08	桃山西溪	24.3986	121.3078	陳昭汝	靜伯式水網(Sur	陳昭汝
4	2	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Ephemerellidae	Cincticostella f	Cincticostella f	小蜉	2022-04-08	桃山西溪	24.3986	121.3078	陳昭汝	靜伯式水網(Sur	陳昭汝
5	2	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	Acentrella lata	Acentrella lata	四節蜉	2022-04-08	桃山西溪	24.3986	121.3078	陳昭汝	靜伯式水網(Sur	陳昭汝
6	2	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	Baetiella bispin	Baetiella bispin	四節蜉	2022-04-08	桃山西溪	24.3986	121.3078	陳昭汝	靜伯式水網(Sur	陳昭汝
7	2	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	Baetis	Baetis spp.	四節蜉屬	2022-04-08	桃山西溪	24.3986	121.3078	陳昭汝	靜伯式水網(Sur	陳昭汝
8	2	Arthropoda	Insecta	Plecoptera	Perlidae	Neoperla	Neoperla spp.	Neoperla屬	2022-04-08	桃山西溪	24.3986	121.3078	陳昭汝	靜伯式水網(Sur	陳昭汝
9	2	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Stenopsychidae	Stenopsyche	Stenopsyche sp	角石蠅屬	2022-04-08	桃山西溪	24.3986	121.3078	陳昭汝	靜伯式水網(Sur	陳昭汝
10	2	Arthropoda	Insecta	Plecoptera	Styloperlidae	Cercorychia	Cercorychia sp	Cercorychia屬	2022-04-08	桃山西溪	24.3986	121.3078	陳昭汝	靜伯式水網(Sur	陳昭汝
11	2	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Heptageniidae	Afronurus flore	Afronurus flore	扁蜉	2022-04-08	桃山西溪	24.3986	121.3078	陳昭汝	靜伯式水網(Sur	陳昭汝
12	2	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Heptageniidae	Epeurus erratu	Epeurus erratu	扁蜉	2022-04-08	桃山西溪	24.3986	121.3078	陳昭汝	靜伯式水網(Sur	陳昭汝
13	2	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Heptageniidae	Rhithrogena an	Rhithrogena an	扁蜉	2022-04-08	桃山西溪	24.3986	121.3078	陳昭汝	靜伯式水網(Sur	陳昭汝

圖 5-1 資料上傳：水棲昆蟲物種紀錄



圖 5-2 資料上傳：水質調查



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

河道断面 共 860 筆										
*點選標題兩下可排序										
	日期	溪名	断面	點位	經度	緯度	海拔高度(公尺)	後視點與轉點		
Q	2022	<input type="text" value="搜尋溪名"/>	<input type="text" value="搜尋断面"/>							
1	2022-01-19	高山溪	1-1	1	121.300423	24.362336	1798.706	1	內容	
2	2022-01-19	高山溪	1-1	2	121.300424	24.362329	1798.925	1	內容	
3	2022-01-19	高山溪	1-1	3	121.300421	24.362321	1798.938	1	內容	
4	2022-01-19	高山溪	1-1	4	121.300417	24.362312	1799.101	1	內容	
5	2022-01-19	高山溪	1-2	1	121.300457	24.362328	1798.653	1	內容	
6	2022-01-19	高山溪	1-2	2	121.300459	24.36232	1798.851	1	內容	
7	2022-01-19	高山溪	1-2	3	121.300459	24.362314	1798.802	1	內容	
8	2022-01-19	高山溪	1-2	4	121.300456	24.362306	1798.833	1	內容	
9	2022-01-19	高山溪	1-3	1	121.300637	24.36231	1798.325	1	內容	
10	2022-01-19	高山溪	1-3	2	121.300636	24.362295	1798.151	1	內容	
11	2022-01-19	高山溪	1-3	3	121.300642	24.362281	1797.768	1	內容	
12	2022-01-19	高山溪	1-3	4	121.300641	24.362274	1797.93	1	內容	
13	2022-01-19	高山溪	1-3	5	121.300642	24.362269	1798.185	1	內容	
14	2022-01-19	高山溪	1-4	1	121.300937	24.362293	1797.616	1	內容	

圖 5-4 資料上傳：河道断面

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

伍、相關文獻 共 379 筆			
*點選標題兩下可排序			
	引用文獻	年份	標籤
Q	<input type="text" value="搜尋引用文獻"/>	<input type="text" value="搜尋年份"/>	<input type="text" value="全部"/>
1	Akaike, H. (1974). A new look at the statistical model identification. <i>IEEE Transactions on Automatic Control</i> , 19 (6), 716-723.	1974	水棲昆蟲
2	Álvarez-Cabria, M., Juanes, J. A., & Barquín, P. (2010). Spatial and seasonal variability of macro invertebrate metrics: Do macroinvertebrate communities track river health? <i>Ecological Indicators</i> , 10, 370-379.	2010	水棲昆蟲, 水工模型試驗
3	Battle, L., Chang, H.-Y., Tzeng, C.-S., & Lin, H.-J. (2016). The impact of dam removal and climate change on the abundance of the Formosan landlocked salmon. <i>Ecological Modelling</i> , 339, 23-32. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2016.08.005	2016	資料整合
4	Biggs, B. J. F. (1996). Patterns in benthic algae of streams. In Stevenson R.J. et al. (Eds.) <i>Algal Ecology: Freshwater Benthic Ecosystems</i> . (pp. 31-56). Academic Press.	1996	資料整合, 藻類
5	Biggs, B. J. F., & Stokseth, S. (1996). Hydraulic habitat suitability for periphyton in rivers. <i>Regulated Rivers: Research & Management</i> , 12 (2-3), 251-261. <a href="https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1646(199603)12:2<251::AID-RRR393>3.0.CO;2-X">https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1646(199603)12:2<251::AID-RRR393>3.0.CO;2-X	1996	藻類
6	Biggs, B. J. F., & Thomsen, H. A. (1995). Disturbance of stream periphyton by perturbations in shear stress: Time to structural failure and differences in community resistance. <i>Journal of Phycology</i> , 31 (2), 233-241. https://doi.org/10.1111/j.0022-3646.1995.00233.x	1995	藻類
7	Birnie-Gauvin, K., Larsen, M. H., Nielsen, J., & Aarestrup, K. (2017). 30 years of data reveal dramatic increase in abundance of brown trout following the removal of a small hydrodam. <i>Journal of Environmental Management</i> , 204, 467-471. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.09.022	2017	資料整合
8	Borer, E. T., Seabloom, E. W., Jones, M. B., & Schildhauer, M. (2009). Some Simple Guidelines for Effective Data Management. <i>The Bulletin of the Ecological Society of America</i> , 90 (2), 205-214. https://doi.org/10.1890/0012-9623-90.2.205	2009	生態資料庫
9	Brennan, K. E. C., Christie, F. J., & York, A. (2009). Global climate change and litter decomposition: More frequent fire slows decomposition and increases the functional importance of invertebrates. <i>Global Change Biology</i> , 15 (12), 2958-2971. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.02011.x	2009	水棲昆蟲

圖 5-5 更新計畫資料

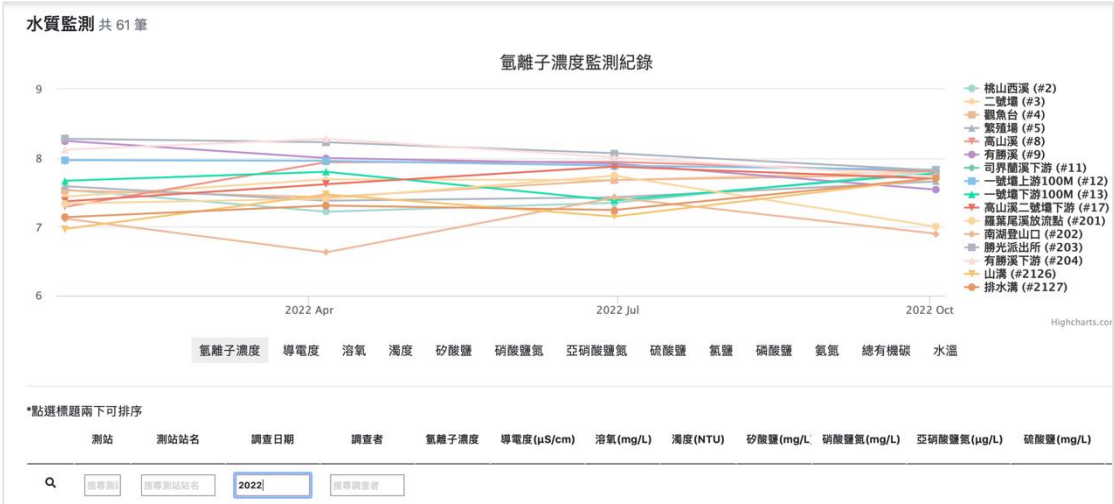


圖 5-6 水質監測之互動式視覺化呈現

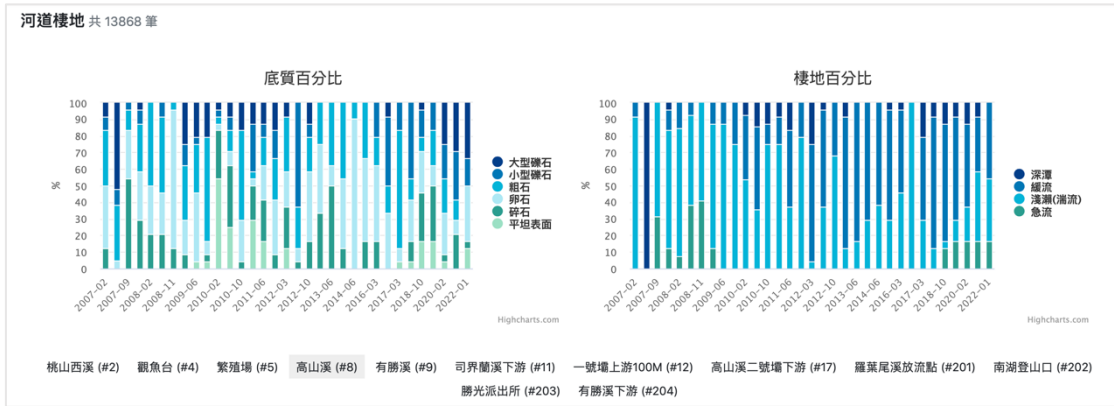


圖 5-7 物理棲地之互動式視覺化呈現

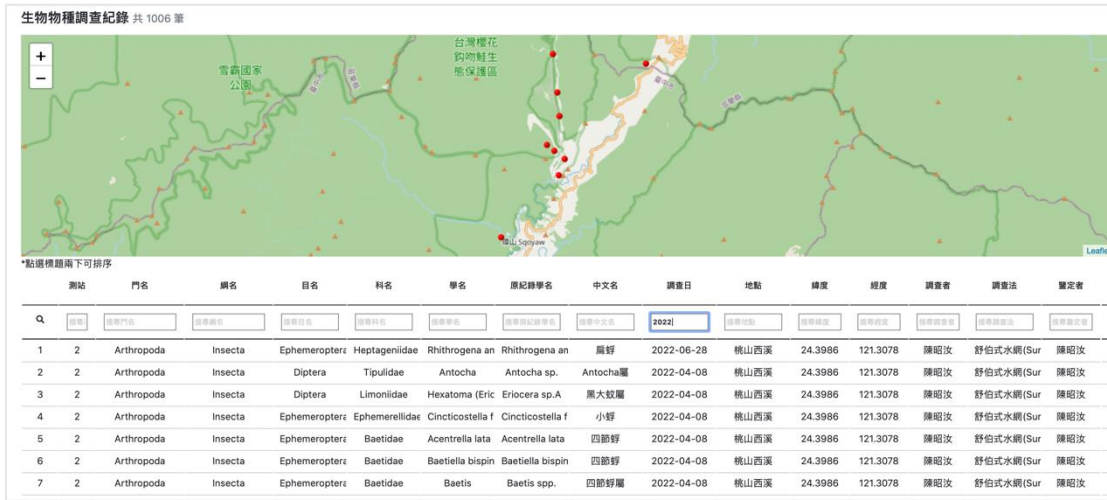


圖 5-8 物種記錄視覺化以地圖分布呈現

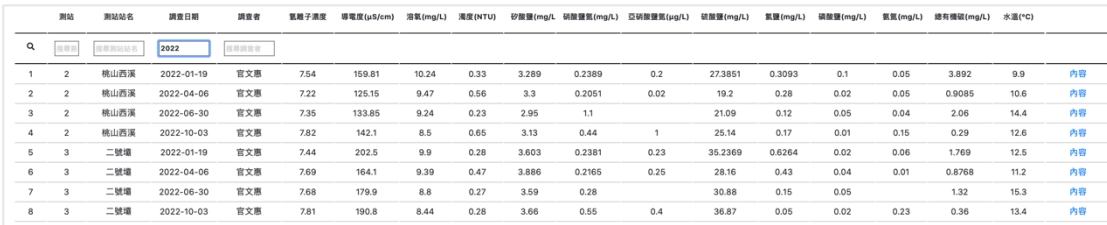


圖 5-9 水質資料呈現方式調整



圖 5-10 更新物種名錄與統計

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	<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"> 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。

	<p>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>	<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 <p>釋出此類對象的資料會提高活動的程度，並據此加重傷害。</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 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。
<p>二</p>	<p>對象的特性使其特別易受傷害性人為活動威脅。</p>	<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威脅，比如因為：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 小族群 • 正在減少或受威脅的族群 • 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、紅皮書受威脅物種，<u>不直接構成</u>符合此準則的條件。</p>	
<p>三</p>	<p>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。</p>	<p>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。</p>	<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。
<p>四</p>	<p>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>	<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。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少甚至無關的訊息，沒有必要限制這類資料的開放。</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。

		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。	
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。	<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	對象在特定地區是容易受害的。	<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> <p>因此，在對象沒有受脅的區域或地點，資料應該開放。</p>	
七	資料開放會阻礙某保育機關達到某特定保育目標。	<p>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）。</p>	<ul style="list-style-type: none">

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。	<ul style="list-style-type: none"> 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)

第六章、防砂壩改善水工模型試驗

林秉賢、葉昭憲、許惠綺、陳偉強、洪翊恩、邱偉軒
逢甲大學營建及防災研究中心

摘要

關鍵詞：桃山西溪、壩體改善、物理模型試驗、縮尺、泥砂沖淤平衡

一、研究緣起

根據 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結論，考慮整個研究區域僅選擇一個壩體移除和未來氣候變化嚴重影響下，拆除四號壩對鮭魚數量有最大效益。且中長期性建議未來可優先考慮拆除位於桃山西溪壩體，不僅可擴大上游鮭魚的分布範圍，對於上游的食魚性鳥類(如河鳥和黃魚鴉)將有正面助益，不過拆壩時間應避開溪流鳥類的主要繁殖季(1-5 月)。此外，拆除三號壩雖然效益也高，但氣候變遷影響下風險較高。由於目前桃山西溪之七家灣溪四號防砂壩上游在泥砂淤滿之後，河床是處於穩定的動態平衡，若將壩體作部份的改善，勢必會對上游河床與下游泥砂沖淤產生變化，相對的，河川的棲地進而產生變化，因此，為有效了解該項工作對河道幾何沖刷影響的程度如何，而必須經由水工模型試驗(物理模型試驗)在模型縮尺考量下，初步了解壩體改善前後河床上下游變化的型態，泥砂沖淤可能變化以及工程上可能搭配的河床保護配套措施，以提供將來防砂壩壩體改善時，整體工程設計與泥砂沖淤平衡的之參考依據。

二、研究方法及過程

在水工模型試驗進行前，必須經過完整之現場調查後，再經由水文資訊的資料蒐集進行「模型相似」理論進行模型各項參數的計算，最後將計算之結果再進行模型貴化、設計、製作與實驗檢定驗證(包含河道幾何、泥砂沖淤、模擬時間、水位變化等)，最後，透過校正後的成果，進行改善方案的研擬與試驗成果分析比對

三、重要發現

1. 目前已完成兩次三號壩至五號壩兩次空拍地形之製作，後續將利用本成果作為檢定驗證之使用。

2. 目前已透過管理處完成 108 年及 104 年計畫區數值地形 LIDAR 的資訊，並以 108 年成果作為本次試驗縱橫斷面之參考依據，其精度在公分等級，目前已完成桃山西溪(約 900m 分析空間)及桃山北溪(140m 討論區間)每 40m 斷面之製作。
3. 目前透過空拍及地面實際踏勘拍照與全程 360 度攝影機影像紀錄，作為後續建模之地形與流量參考。
4. 透過文獻蒐集與模型縮尺計算，完成實驗用泥砂配置準備且透過數值地形以將河道流心與岸坡高程進行製作。
5. 經過試驗，本計畫考量上游水流沖刷河道改善的空間，泥砂仍會被大量帶往下游，因此透過壩體整體的高度改善，一方面可有效控制上游泥砂大量沖往下游，另一方面可以讓土砂回淤，使整體河床變陡，但是考量沖刷泥沙避免影響上游五號壩，且下游泥沙淤積厚度不要太多，初步認為改善原始壩體高度之 1/2 者為佳
6. 由整體變動來看，因為上游泥沙的沖刷但反而形成，導致改善的壩體被淤埋，使得原本產生的落差消失，進而產生下由原本沖刷坑暫時消失，但是受到三號壩的影響，反而產生一個較陡俊坡度的連續通道，雖然河道筆直，棲地單調，但因為河床上仍有較大顆粒的存在，後續造水流持續洗選掏刷，階梯式河道的產生應該在歷經幾場水流沖刷，應該可以產生不同型態之淺瀨、急流，而日後自有可能產生深潭的機會。

四、主要建議事項

根據研究發現，本研究針對防砂壩拆除改善模型試驗，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：逢甲大學營建及防災研究中心

經過現地調查目前四號副壩已完全破裂，討論四號壩壩體拆除改善的高程，初步建議以全數拆除到底且流心偏向目前破裂開口處(深度約 60-70cm)進行改善。

2. 中長期建議：

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：逢甲大學營建及防災研究中心

本區未來在進行壩體拆除時，因周邊生態豐富且原始，建議以最小擾動為基礎，減少對棲地與灘地之影響，避免設置施工便道，但可以考慮改善工法結合當地礫石特性，多系列岸坡保護。

ABSTRACT

Before the hydraulic model test is carried out, a complete on-site investigation must be carried out, and then the "model similarity" theory is used to calculate the parameters of the model through the data collection of hydrological information. Production and experimental verification (including channel geometry, sediment erosion, simulation time, water level changes, etc.), and finally, through the corrected results, the improvement plan is developed and the experimental results are analyzed and compared

1. At present, the production of two aerial shots of the No. 3 dam to No. 5 dam has been completed, and the results will be used for verification and verification in the future.
2. At present, the information of the numerical topographic LIDAR in the planning area of 20108 and 20104 has been completed through the management office, and the results of 20108 have been used as the reference for the longitudinal and cross-section of this test. The accuracy is at the centimeter level. About 900m analysis space) and Momoyama Beixi (140m discussion section) for the production of each 40m section.
3. At present, through aerial photography and actual ground reconnaissance photography and 360-degree camera image records, they are used as terrain and flow references for subsequent modeling.
4. Through literature collection and model scale calculation, complete the preparation of experimental sediment configuration
5. Create the river center and bank slope elevation through numerical terrain.

一、前言

根據 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結論，考慮整個研究區域僅選擇一個壩體移除和未來氣候變化嚴重影響下，拆除四號壩對鮭魚數量有最大效益。且中長期性建議未來可優先考慮拆除位於桃山西溪壩體，不僅可擴大上游鮭魚的分布範圍，對於上游的食魚性鳥類(如河鳥和黃魚鴉)將有正面助益，不過拆壩時間應避開溪流鳥類的主要繁殖季(1-5 月)。此外，拆除三號壩雖然效益也高，但氣候變遷影響下風險較高。由於目前桃山西溪之七家灣溪四號防砂壩上游在泥砂淤滿之後，河床是處於穩定的動態平衡，若將壩體作部份的改善，勢必會對上游河床與下游泥砂沖淤產生變化，相對的，河川的棲地進而產生變化，因此，為有效了解該項工作對河道幾何沖刷影響的程度如何，而必須經由水工模型試驗(物理模型試驗)在模型縮尺考量下，初步了解壩體改善前後河床上下游變化的型態，泥砂沖淤可能變化以及工程上可能搭配的河床保護配套措施，以提供將來防砂壩壩體改善時，整體工程設計與泥砂沖淤平衡的之參考依據。

二、材料及方法

1. **工作流程：**在水工模型試驗進行前，必須經過完整之現場調查後，再經由水文資訊的資料蒐集進行「模型相似」理論進行模型各項參數的計算，最後將計算之結果再進行模型貴化、設計、製作與實驗檢定驗證(包含河道幾何、泥砂沖淤、模擬時間、水位變化等)，最後，透過校正後的成果，進行改善方案的研擬與試驗成果分析比對，如圖 6-1。

2. 準備工作

- (1) 首先對於要模擬之現場做一完整的現場調查，其中包括了「地文調查」與「水文調查」，其中包含地貌的描述與地形、地物、河床粒徑之資料蒐集與量測等，如圖 6-2-圖 6-4。初步透過內政部 DEM 資訊以及不同時期 LiDAR 資訊作河道變化的了解，並且將量測回來之資料進行整理分析，其中如水文分析、泥砂粒徑分析、地形圖的描繪。
- (2) 由於要進行水工模型試驗之前，必須先遵守「模型相似律」的條件即包含重力相似、阻力相似、輸砂量相似、試驗時間相似、泥砂起動相似，當模型之各項參數符合以上相似條件後，即可著手進行防砂壩壩體與河道模型的製作。
- (3) 將現場實測河道與實驗室空間進行比對，依據模型平面縮尺，初步建議不得低於 1:100，考量 T-1 為 1:60 進行模型的製作，將比例尺 1/60 之實測地形圖鋪設在實驗案況模擬範圍(主要了解壩體經改善後，對於泥砂溯源沖刷與沖刷後你沙對於改善壩體下游面河道沖淤變化之影響)工作平台上做為製作河道模型時之依據，待河道模型固定其試驗位置後再進行模型壩體的安置，並將其他試驗設備做逐項的測試以確定其功能是否穩定，

其中包含防水處理(製作木板之防水試驗)、定水頭裝置(保持水流供應穩定，避免試驗時陣流產生之不規則沖刷)、流量率定(確認模型縮尺後桃山西溪與桃山北溪模擬之流量開度)、沖淤平衡試驗(主要針對事件後地形變化所產生的河道沖淤變化，以做為計算降雨淨流對泥砂沖淤影響)。

(4)將防砂壩壩體模型(七家灣溪上游(桃山西溪)四號壩與四號副壩)及河道模型固定在實驗工作平台上，在工作平台與渠道模型立面接縫處，運用不透水材質如塑剛土進行防水補強之工以防止渠道滲漏，然後讓水流能完全由模型河道中流過，觀察渠道是否有漏水的情況發生，直至渠道不再有漏水的情形。

(5)待所有準備工作完成測試，即可進行不同流況下，壩體改改善之室內水工模型試驗，試驗準備工作之流程如下所示。

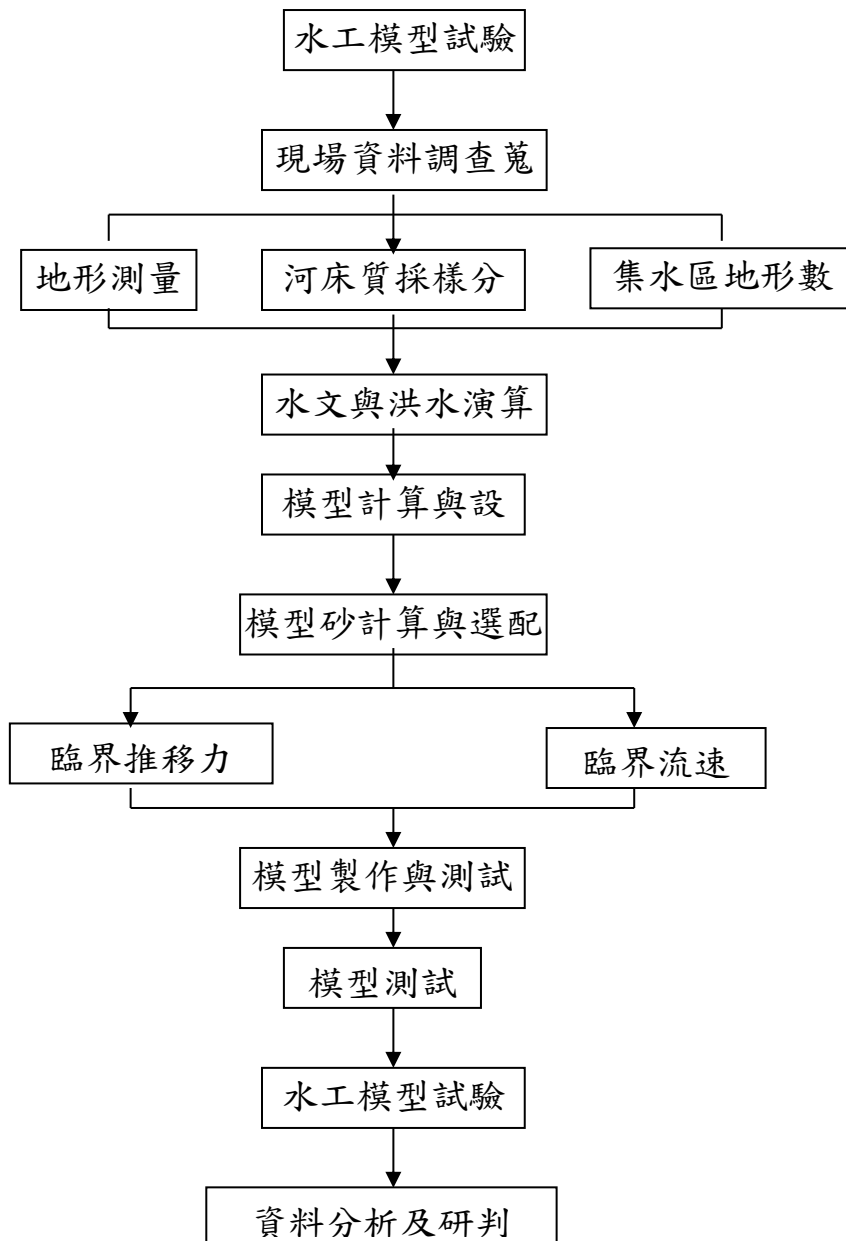


圖 6-1 試驗準備工作流程圖

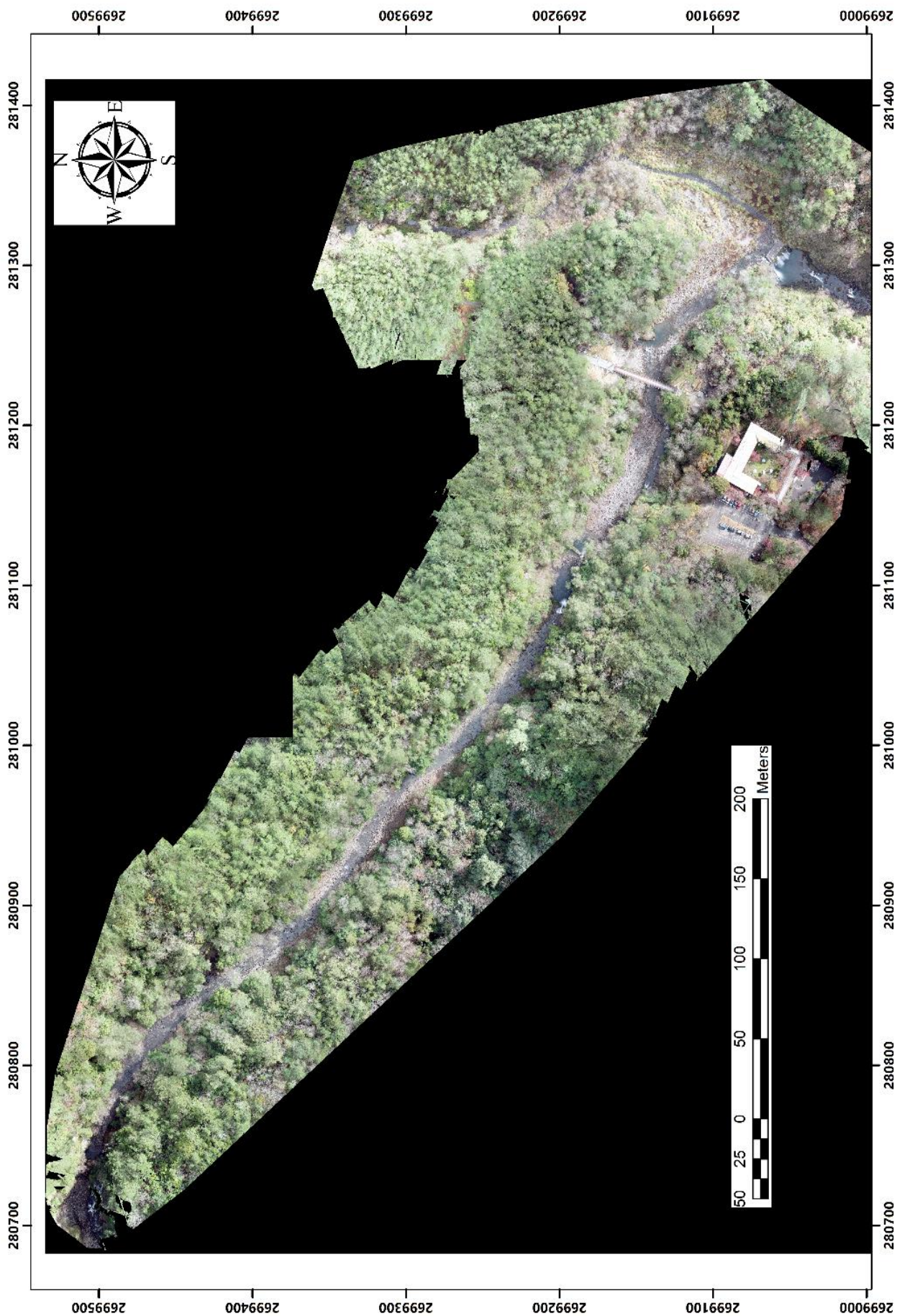
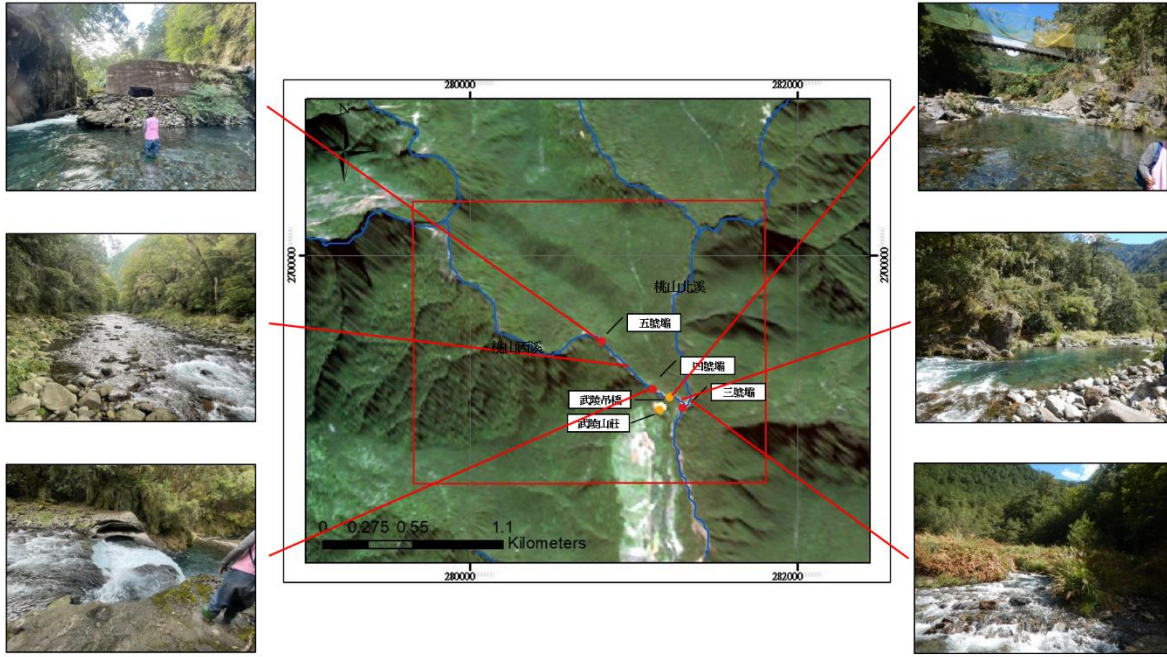
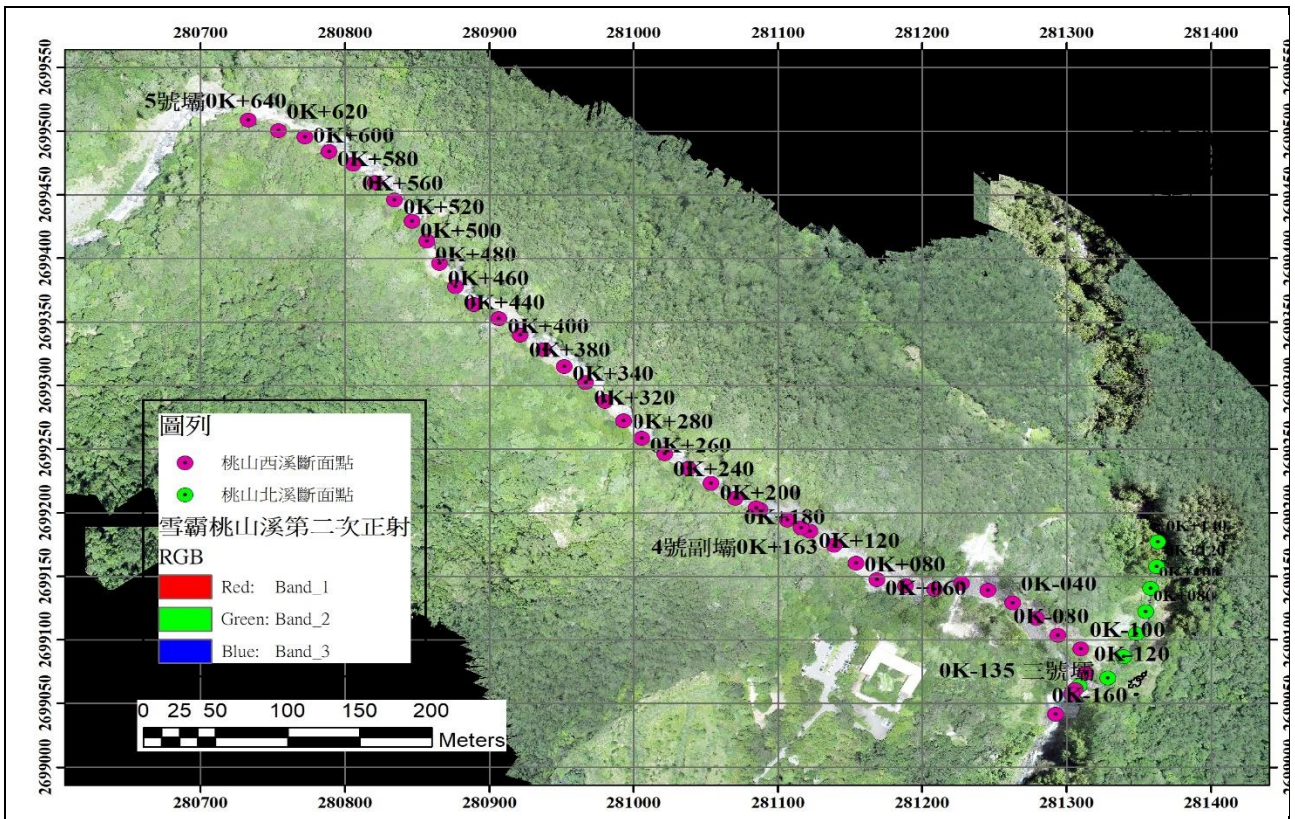


圖 6-2 防砂壩改善試驗區域圖

第 6 章 · 防砂壩改善水工模型試驗



<p>四號壩上游 0K+400</p>	<p>四號壩上游 0K+260</p>
<p>四號壩下游 0K+100 6/28</p>	<p>四號壩及副壩 1/21</p>



0628 正攝空拍



四號壩上游 0K+220



四號壩 0K+166



0K+125 四號副壩



0K+000 吊橋下方



圖 6-3 區域現勘圖

三、結果

1. 模型理論與計算

水流及河床型態時時刻刻處於變動的狀態，這種變動河床的模型必須是由水流可挾帶泥砂運動的動床試驗。假若考慮上游河床粒徑組成的型態常由粗大卵礫石所組成，則動床泥砂模型試驗主要相似條件為：

- (1)重力相似條件：係要求原型與模型重力與慣性力的比值相等；
- (2)阻力相似：係要求原型與模型阻力與重力的比值相等；
- (3)泥砂起動相似(根據水土保持技術規範第 71 條之規定)：係要求原型與模型流速與泥砂起動流速的比值相等；
- (4)輸砂量相似：係要求原型與模型輸砂量與輸砂能力的比值相等；
- (5)沖淤時間相似：係要求原型與模型沖淤時間的比值相等。

表 6-1 模型使用參數

模型參數表	模型縮尺
水平長度縮尺	$L_r=60$
垂直長度縮尺	$H_r=60$
模型砂粒徑縮尺	$d_r=60$
試驗流量縮尺	$Q_r=42430$
輸砂量縮尺	$P_r=12350$
時間縮尺	$T_r=60$

2. 模型設計

經由現場量測壩體的尺寸(圖 6-4)，可知四號壩的壩體寬度、厚度分別為 15.4 公尺與 5 公尺而有效壩高與溢洪口寬度分別為 12 公尺與 8 公尺；三號壩的壩體寬度、厚度分別為 19.2 公尺與 5.8 公尺而有效壩高與溢洪口寬度分別為 23 公尺與 17.2 公尺，現場河道寬約多為 12-14 公尺左右。目前實驗工作平台長度為 4.5 公尺、寬度為 1 公尺、深度 0.3 公尺，計畫將現場河道模擬至實驗的工作平台上，因此在本試驗中所設定現場與模型水平長度縮尺為 60，垂直縮尺為 60。

3. 模型製作與試驗設備

(1) 模型製作

(A) 現場河道模型：考量試驗室現況水流供應位置與循環出水口，詳見七家灣溪三號壩上游之實測平面圖，先將實測地形圖依比例尺 1:60 製成藍圖重新設置長 10.85m 寬 1.4m 之平台，作為木板固定之介面，其高度配合尾端出水高度達 70cm。再運用木板依河道之邊界進行模擬，岩案構造曲度過大以木板模擬不易而以化學土替代之，由於木板必須長期浸泡在水中加上鋪砂後木板的側向壓力增大亦造成木板(立面)與實驗平台(平面)介面發生漏水的情形，因此介面需用防水膠與塑鋼土進行防水處理，以防止實驗過程中木板腐爛與水流外漏的情況發生。此外，考量整體重量對平台的影響，為減輕土砂用量，初步預留河道約 25cm 沖刷深度(約四號壩整體高度縮尺)，隨著三號壩到上游五號壩整體縱向落差約 45m(縮尺約 75cm)，剩餘空間則改由保麗龍進行鋪設，如圖 6-5 及圖 6-6。

(B) 河床泥砂製作：參考徐永翰 2021 針對七家灣溪三號壩至四號壩區間明坑調查成果，其中值粒徑為 47.78mm，桃山西溪與桃山北溪匯流口灘地，其中值粒徑為 16.5mm，桃山北溪其中值粒徑為 38.19mm。經縮尺計算，整體各粒徑篩號如表 6-2 及圖 6-7，考量河道空間預計三四號壩間需要 2000 公斤，北溪與西溪交匯口需要 800 公斤，因實驗用

砂縮尺後偏小，先做初步配砂如圖 6-8。

表 6-2 粒徑分布比例

標準篩號	粒徑 mm	三四號壩間(原)	交匯口(原)	三四號壩間(縮)	交匯口(縮)
8"	203	16	7		
6"	152	4	9		
3"	76.2	2	12		
1 1/2"	38.1	13	19		
3/4"	19.1	10	17		
3/8"	9.52	7	5		
#4	4.75	5	9		
#8	2.36	19	6	22	14
#16	1.18	8	8	13	9.5
#30	0.6	10	4.5	17	11
#50	0.3	5	2.5	24	7.5
#100	0.15	1	1	18	6.25
#200	0.075	0	0	6	1.75

(C) 斷面製作:透過 108 年內政部製作之空載 LIDAR 地形，去除植被，進行高程分析，如圖 6-9。針對各斷面資料，每 20m 做一段面，實際製作段面板，每 40m 一個，以方便模型製作斷面之朔型，其桃山西溪與桃山北溪斷面位置如圖 6-10 及圖 6-11。

(D) 在防砂壩壩體模型，本次試驗預計作四號防砂壩模型，其模型壩體尺寸(請參見圖 6-12 所示)，因壩體是將設置在土砂水流中進行試驗，所以此兩座壩體材質均採用 3D 列印製作而成。考量四號壩及其副壩欲進行改善，因此改善的高度以保麗龍進行高度調整與切除。

(2) 試驗設備：實驗場地逢甲大學水工試驗室，本試驗設備有試驗工作平台、定水頭裝置、閘門控制裝置、攔砂網、砂面測尺、自動加砂器詳細內容請參見下實驗設備與工作平台平面配置圖(圖 6-13 及圖 6-14)。其流量率定成果如下表 6-3 所示，X 軸是流量筏門刻度，Y 軸則是流量(cm^3/sec)，最大流量約 0.009 cms (圖 6-15)。

4. 試驗條件

試驗條件在現場需加以模擬條件(1)試驗流量(2)試驗時間

(1)本試驗模擬之流量，乃是以 50 年頻率洪水歷線為考量，主要考慮本區在 2004 年曾歷經 24 小時 Q48 流量，為重現區域最大流量可能對河床重刷影響，因此進行模擬，其流量歷線資料來源為觀測地點附近雨量站所得之資料，經由換算而得之結果；由現場換算而得之 50 年頻率暴雨洪水歷線相對應之實際流量，而算法為把實際流量除以流量比尺

(Q_r)27885，再經由流量單位的換算，最後則可得到模擬流量。Q10 為高山溪拆壩後，遇到的最大流量進行模擬。

(2)模擬時間：由前面所述沖淤時間相似可知，時間比尺為 $T=7.75$ ，可知在現場 1 小時的時間，經由時間縮比尺之換算為 7.75 分鐘，詳細內容請參見下(表 6-3)。

表 6-3 試驗條件表

試驗條件	原型條件	模型縮尺
試驗流量	採用現場推算之 50 年頻率暴雨	$Q=27885$
試驗坡度	七家灣溪三號壩至四號壩間河道為 2.60%	2.60%($S_r=60/60=1.0$)
	七家灣溪四號壩上游河道為 2.10%	2.10%($S_r=60/60=1.0$)
試驗河床砂石	現場採樣之河床砂石	$d_r = 50$
	粗糙度比尺	$n=1.97$
試驗時間	推算現場之洪水歷程	$T=1/7.75$
試驗壩體	現場實地量測之結果	等比縮尺 ($L_r=60$ 、 $H_r = 60$)

5. 預定觀察項目

根據上述試驗方法，主要觀測以下幾項

- (1)試驗模擬長度 10.85 公尺，每 0.5m 做一觀測斷面，壩體上下游 5 倍河寬距離每 0.2m 做一個觀測斷面，橫向則以每 0.05m 做一個觀測點。
- (2)觀測試驗水深
- (3)觀測試驗後沖淤深度
- (4)觀測總輸出泥砂(三號壩尾端輸出量)
- (5)清水流(Q10 及 Q50)試驗及主壩(四號壩)體與副壩體改善試驗(主要包含主壩全數拆除，副壩全數拆除、只拆主壩保留副壩、Q10 及 Q50 流量條件下主壩淤積土砂高度之壩體保留高度)
- (6)觀測全程錄影

壩體名稱	三號壩	四號壩	五號壩
現場照片			
構造高度(m)	23	12	7
構造寬度(m)	19.2	15.4	10.2
構造厚度(m)	5.8	5	4.6
構造體積(m ³)	2,561	924	328

圖 6-4 七家灣溪三、四、五號防砂壩實測尺寸圖



圖 6-5 模型平台



圖 6-6 模型用保麗龍

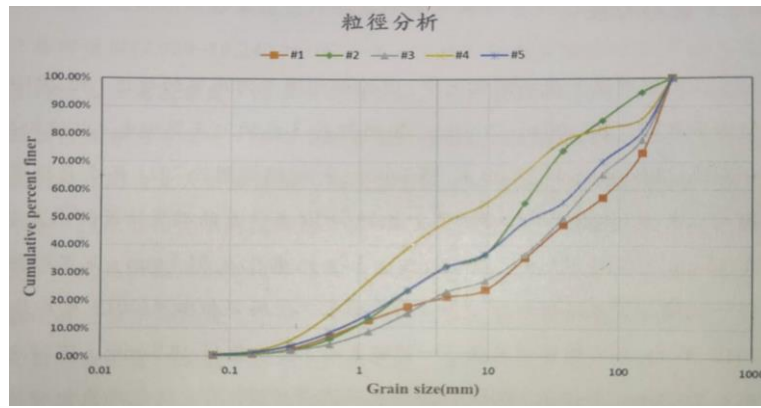
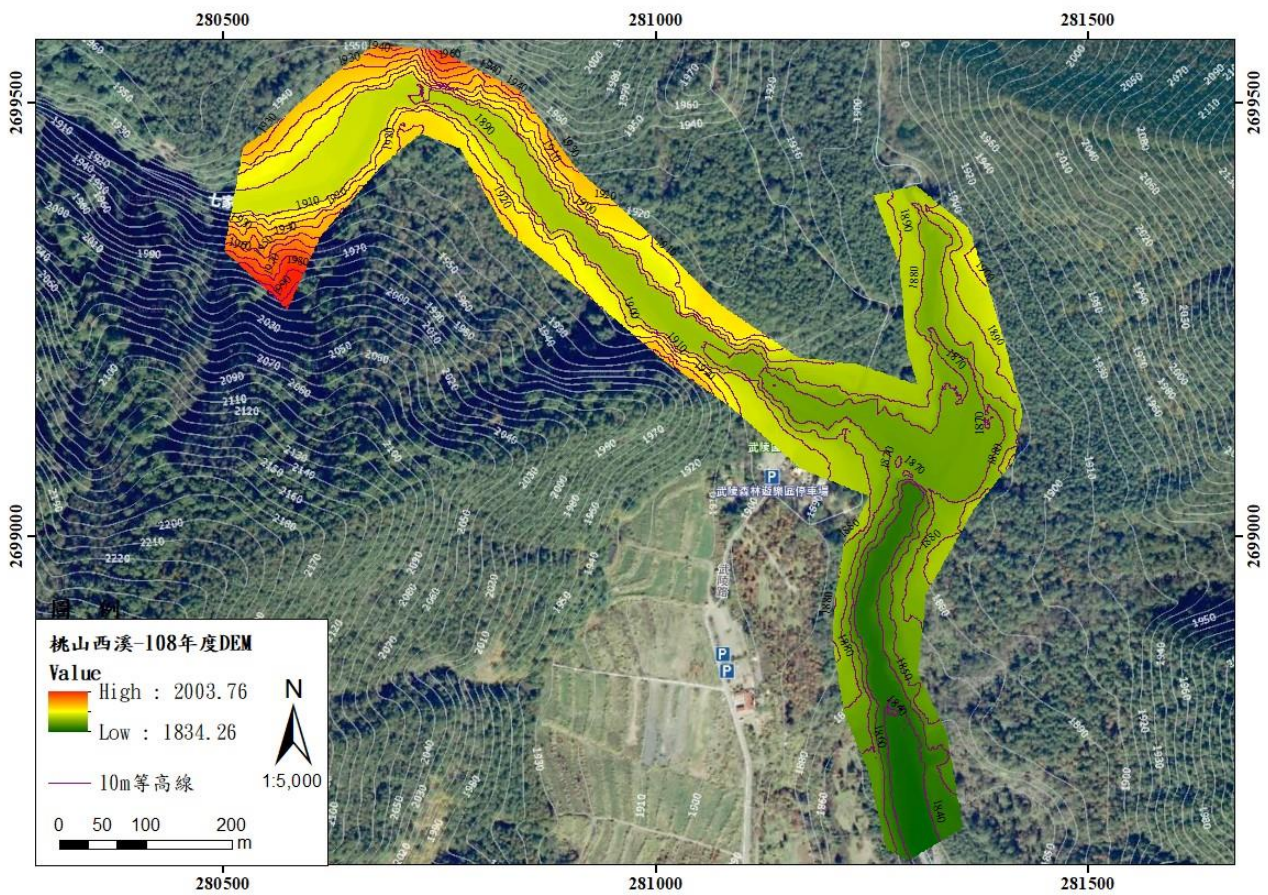


圖 6-7 粒徑分布曲線



圖 6-8 實驗用砂



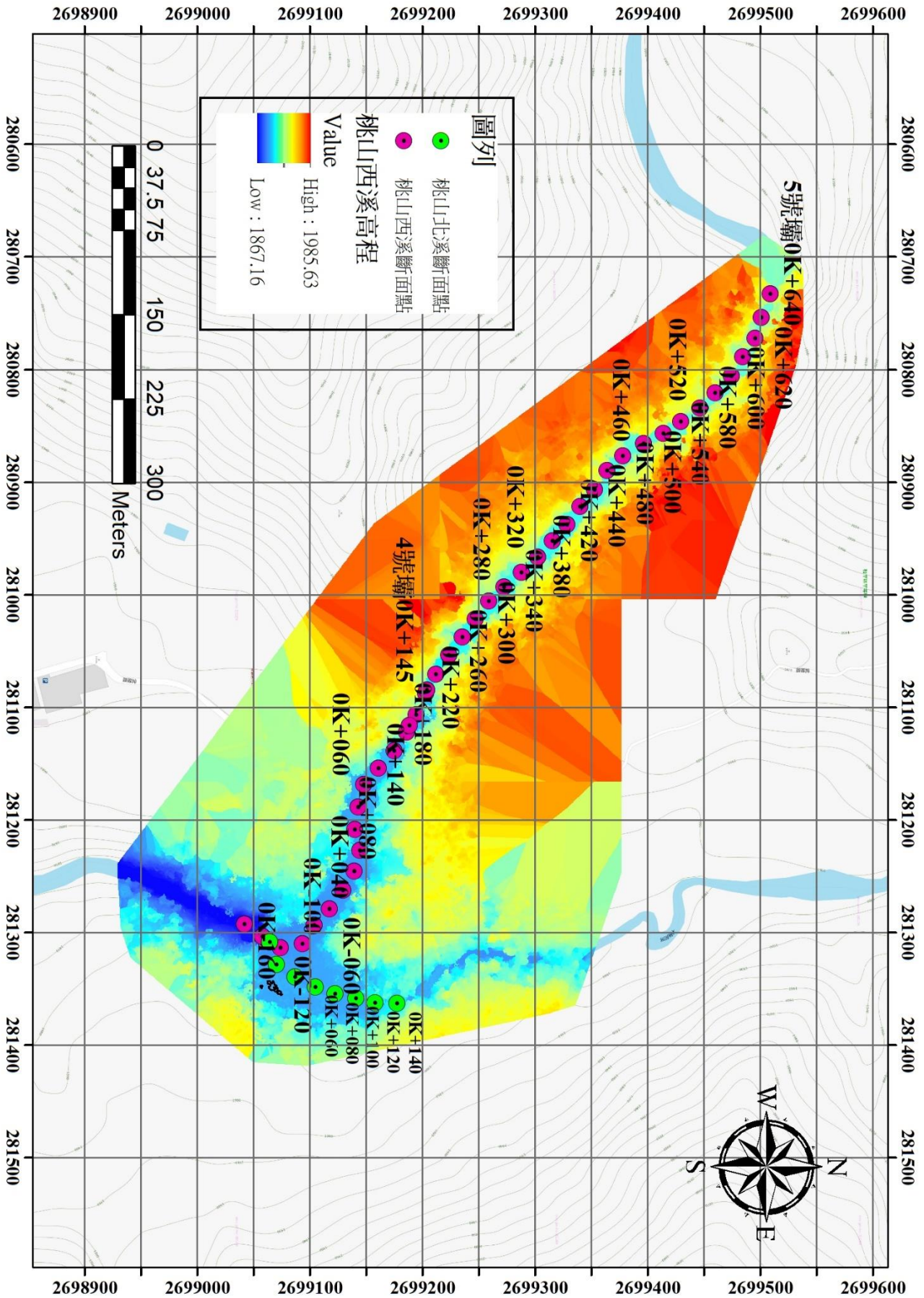


圖 6-9 實驗區段 108 年內政部 LIDAR 高程分布

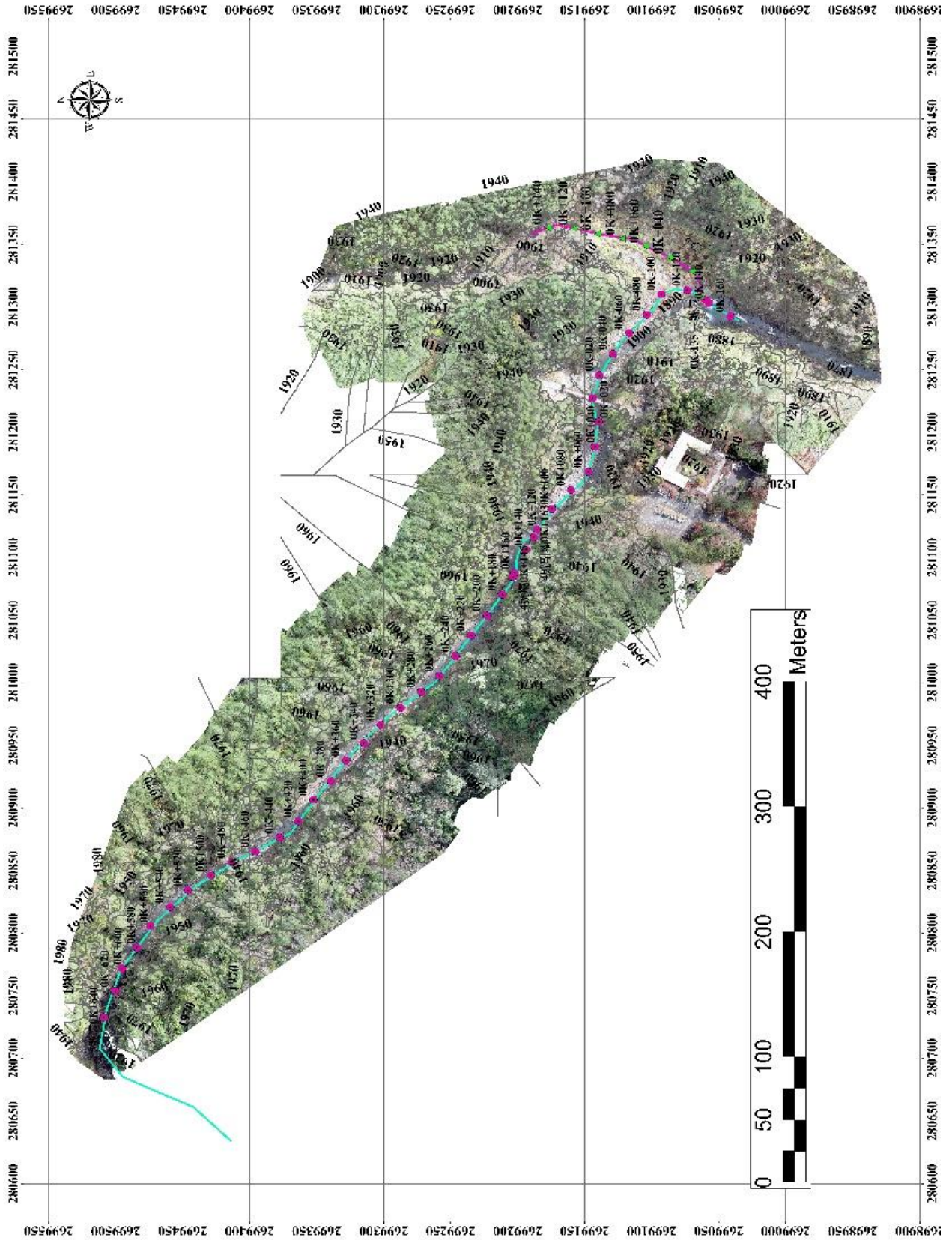
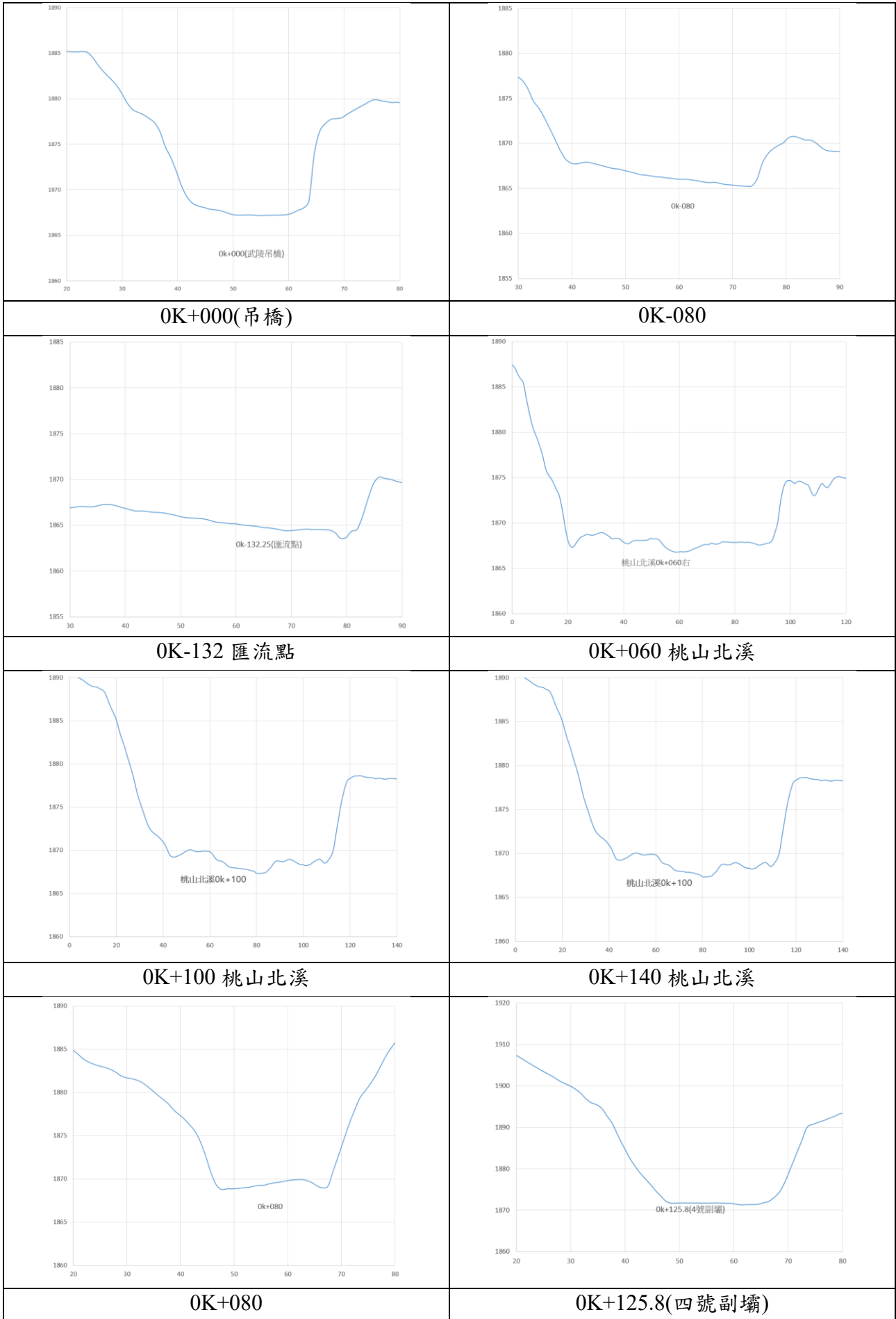
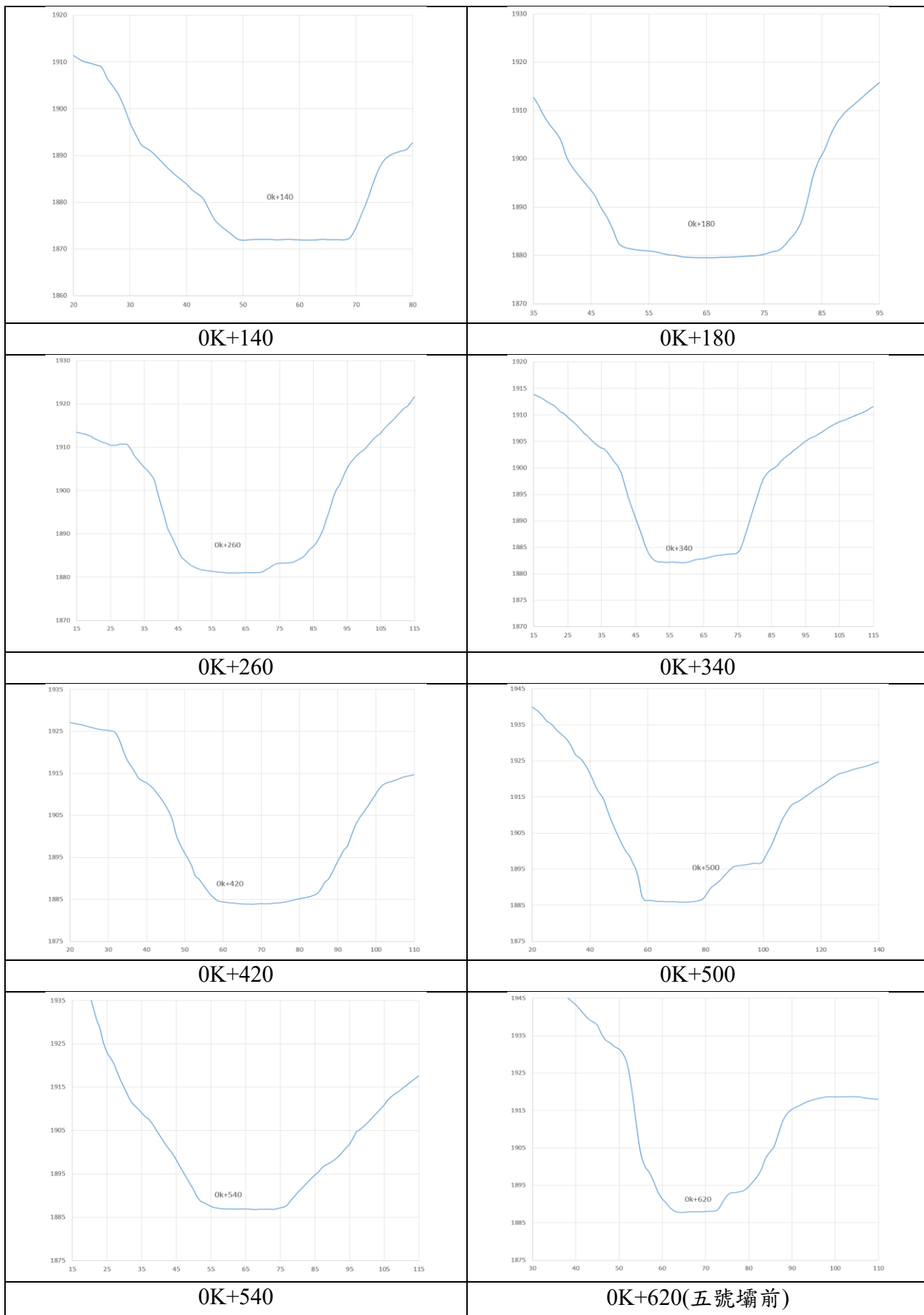


圖 6-10 實驗區斷面分布位置



第 6 章 · 防砂壩改善水工模型試驗



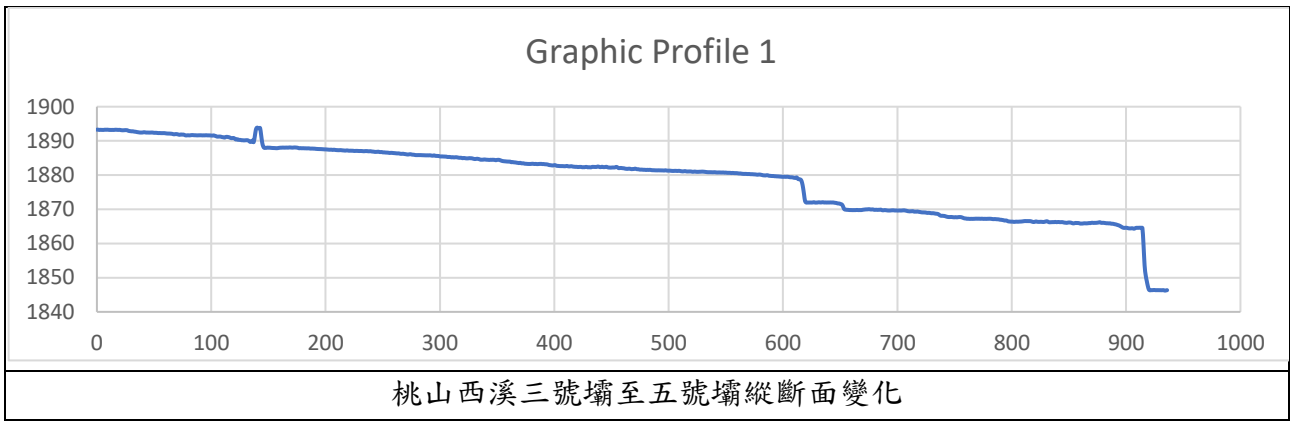


圖 6-11 實驗區斷面

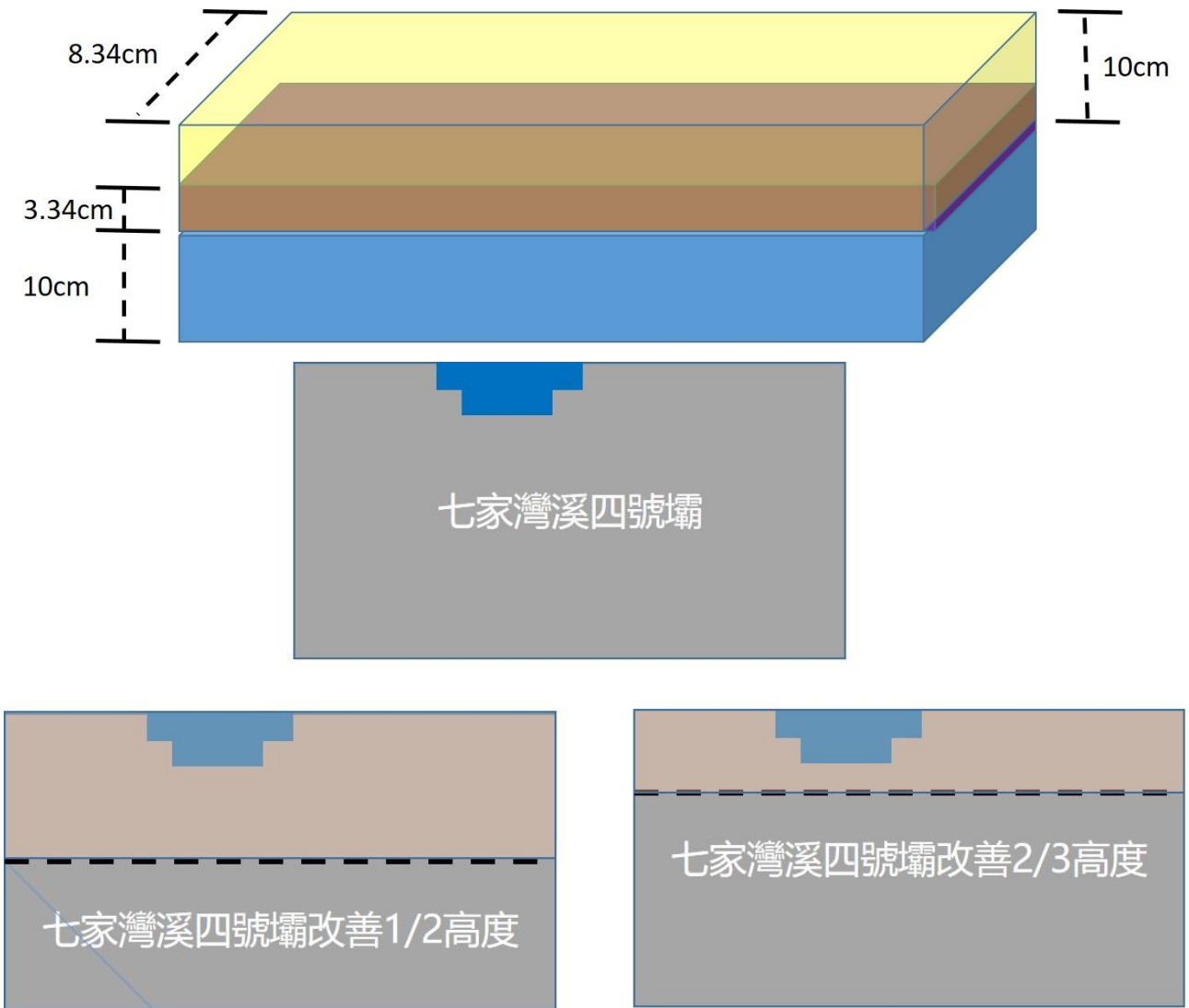


圖 6-12 七家灣溪四號防砂壩壩體模型

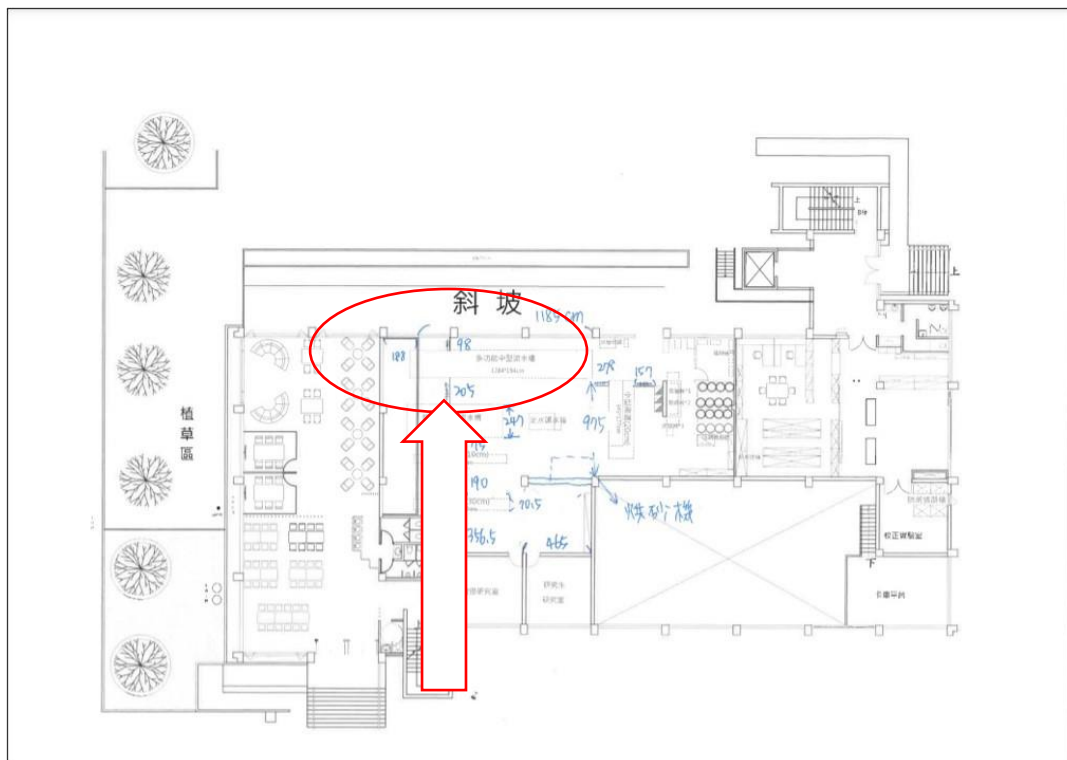


圖 6-13 水工室平面圖

	<p>使用空間尺寸：</p> <p>長:15 m</p> <p>寬:2.6 m</p> <p>高:126 cm</p> <p>蓄水池 寬: 2.4 m</p>



圖 6-14 使用空間及實驗設備圖

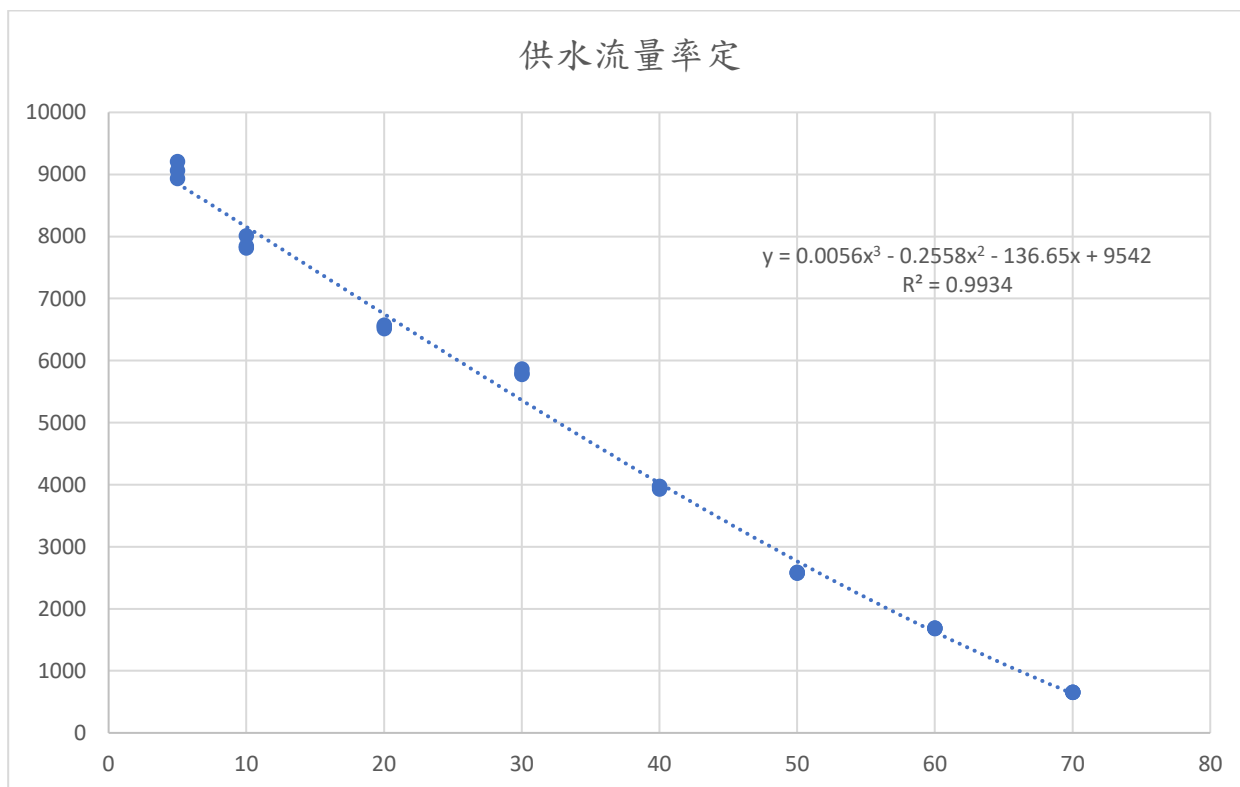


圖 6-15 流量率定成果

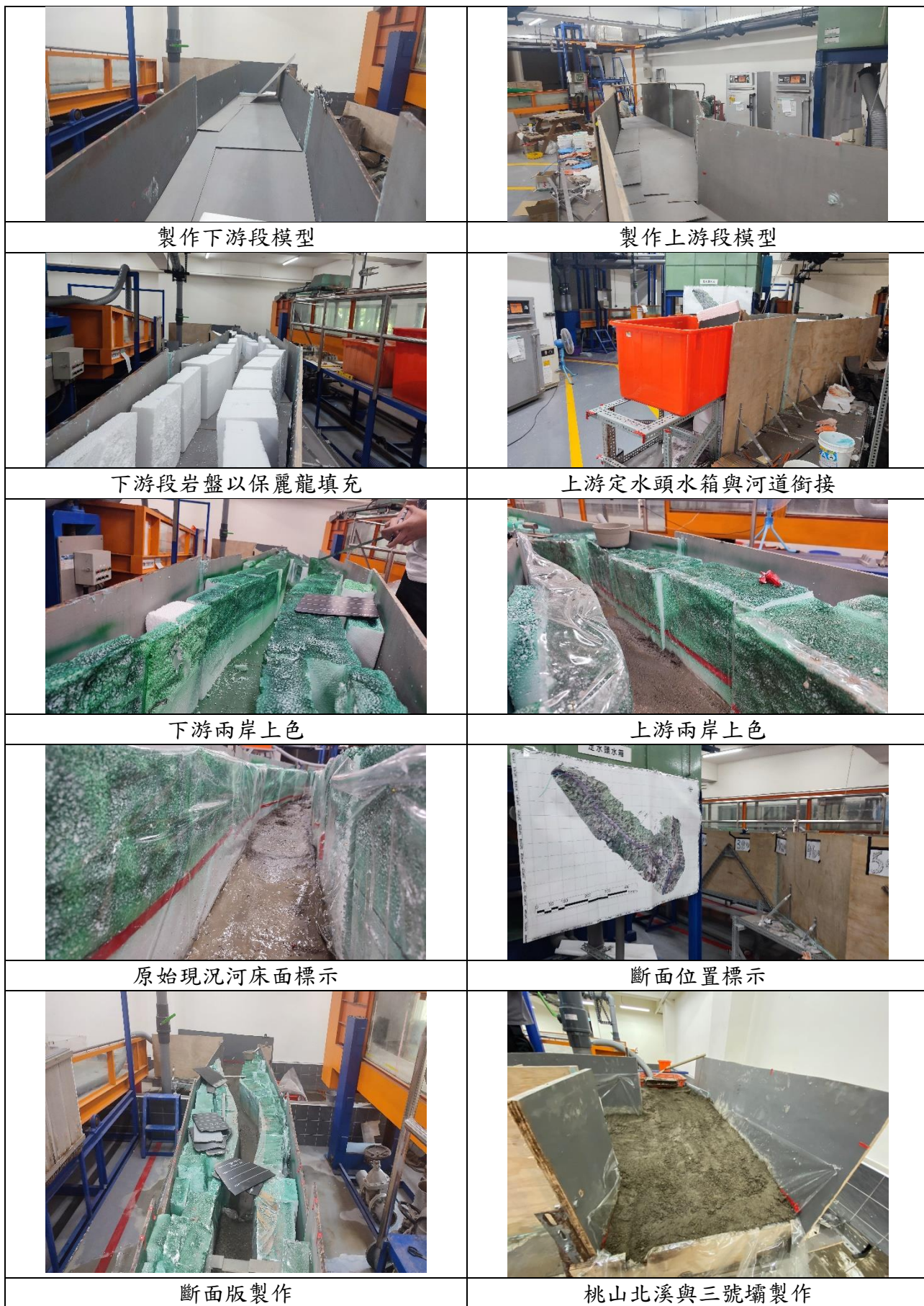


圖 6-16 試驗模型

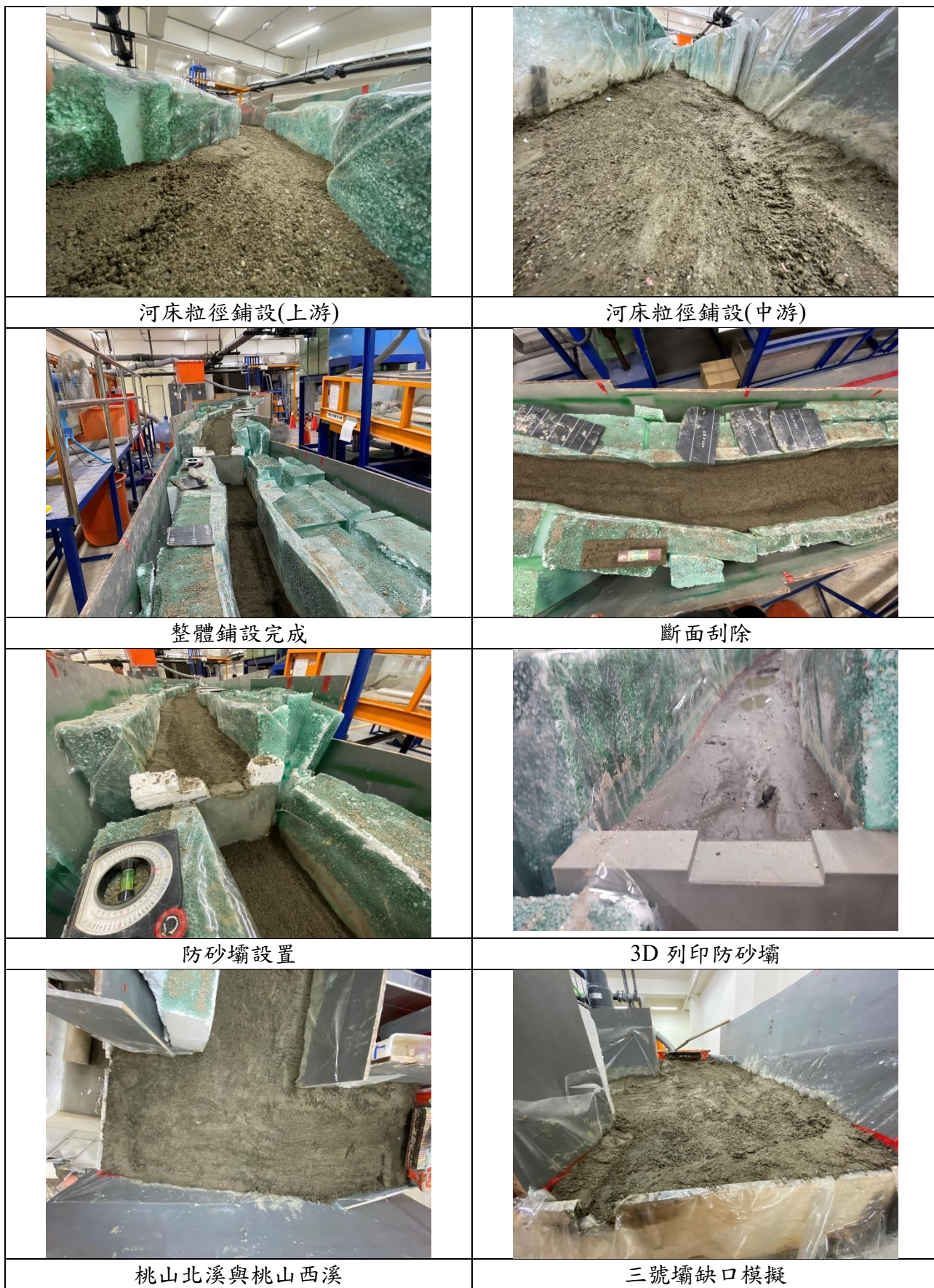


圖 6-17 預備試驗模型

四、討論

目前本試驗已完成現況河道歷經 Q50 洪水重現頻率與 Q10 條件下，模擬河床的泥砂沖淤變動，並藉由壩體的高度改善的調整，了解在常流水情況下進行壩體改善後，泥砂被上述兩種流況進行沖刷直到沖淤平衡後觀察河道的幾何特性，試驗成果各項幾何變化最大值如表 6-4 及表 6-5 與圖 6-18 至圖 6-27 所見，表中，正、負值表示與原河床相比遞增或遞減，分別統計在 Q50 及 Q10 條件之總出砂量、四號壩上下游沖淤後，河床幾何變化進行探討，可獲得以下幾點結論：

1. 歷經副壩的拆除，總輸出土砂變動不大，一但主壩與副壩全數拆除或僅拆除主壩，輸出土砂約為原來的 550 倍以上。但是受到三號副壩的控制，整體土砂仍產生回淤，若將副壩全數拆除，主壩降為原來之一半或 2/3 時，總土砂為全拆除之一半，以降 2/3 高度所產生的土砂最少，但相差不多，表示三號壩對區域泥砂的控制能力仍相當高。但在 Q10 小流量情況，全數拆除的成果與局部改善相差不多，表示影響泥沙輸出仍以流量為主要關鍵。
2. 在上游坡度的變化，全數拆除後為原來之 121%，若僅拆除副壩亦比原來多 47%，但從不同的改善成果，其上游坡度變化不大，受地形影響，皆為 1.9%。但整體變動變陡約 1.5 倍，但其餘改善，變動幅度不大，落在 4% 上下。下游坡度，普遍變陡，但是變化率沒有上游如此多，大流量下，以改善 1/2 的坡度變化率最高，約增加 26%，改善 2/3 者僅有增加 16%，小流量下，約為原來之 28%，也較大流量為大。
3. 在整體上游最大沖刷坑深度以保留副壩的沖刷坑深度最大，但都較原本多出三倍的深度，但觀察沖刷坑延伸的長度，仍以全數拆除予保留副壩條件，影響幾乎到上游五號壩位置，但以拆除 1/2 為影響程度最少者，但也有達全拆之一半以上。
4. 經壩體改善，由原來 4% 提升至 5-5.5%，無論任何改善方案，原本四號壩下游的土砂受到三號壩影響回淤，受到較大土砂量導致整體坡度的提升。
5. 從壩體最大沖刷坑來看，僅有未拆除最大，其餘皆為淤積，上游沖刷坑延伸度約為 9-18 倍。
6. 經壩體改善，大流量條件，下游土砂淤積長度以全數拆除最大且其餘影響長度接近，但任何改善僅有小流量時以改善高度 1/2 者影響最小。
7. 由整體變動來看，因為上游泥沙的沖刷但反而形成，導致改善的壩體被淤埋，使得原本產生的落差消失，進而產生下由原本沖刷坑暫時消失，但是受到三號壩的影響，反而產生一個較陡俊坡度的連續通道，雖然河道筆直，棲地單調，但因為河床上仍有較大顆粒的存在，後續造水流持續洗選掏刷，階梯式河道的產生應該在歷經幾場水流沖刷，應該可以產生不同型態之淺瀨、急流，而日後自有可能產生深潭的機會。

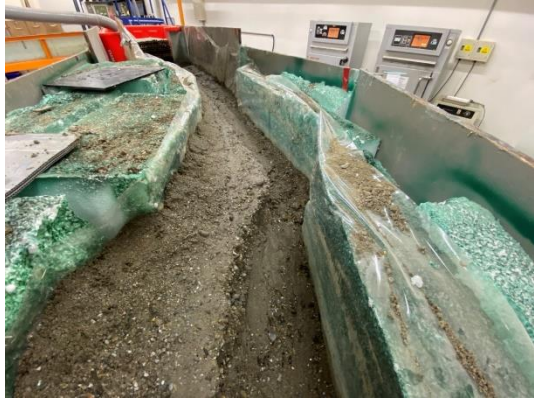
8.

表 6-4 Q50 試驗成果分析表

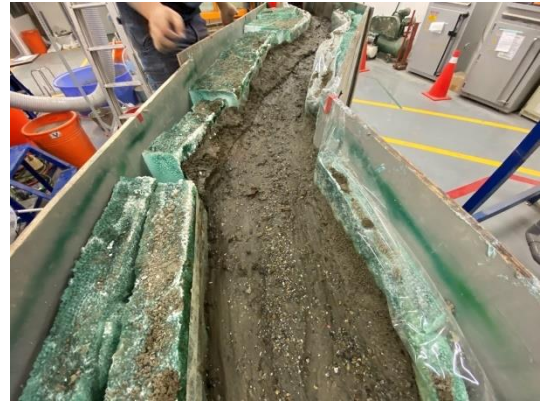
	現況	只拆副壩	兩座全拆	改主壩 1/2	改主壩 2/3	留副壩
Q50 出砂量(kg)	0.24	0.28	141	79	75	133
上游原始坡度(m)	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019
Q50 上游坡度(m)	0.024	0.028	0.042	0.038	0.03	0.04
Q50 上游最大冲刷深度(m)	0.02	-0.004	-0.068	-0.064	-0.062	-0.072
Q50 上游冲刷坑長度(m)	0	0	7	3.333	6	6
Q50 上游坡度變化比	26.32	47.37	121.05	100.00	57.89	110.53
Q50 上游最大冲刷深度變化比		1.2	4.4	4.2	4.1	4.6
Q50 上游冲刷坑長度變化比				47.61	85.71	85.71
下游原始坡度	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042
Q50 下游坡度	0.036	0.036	0.051	0.053	0.049	0.055
Q50 下游最大淤積深度(m)	0.03	0.047	0.719	0.115	0.19	0.094
Q50 下游淤積長度(m)	1	0.75	4.6	4.6	4.6	4.6
Q50 下游坡度變化率%	-14.29	21.43	26.19	16.67	30.95	-14.29
Q50 冲刷坑延伸比	0	0	21	9.999	18	18

表 6-5 Q10 試驗成果分析表

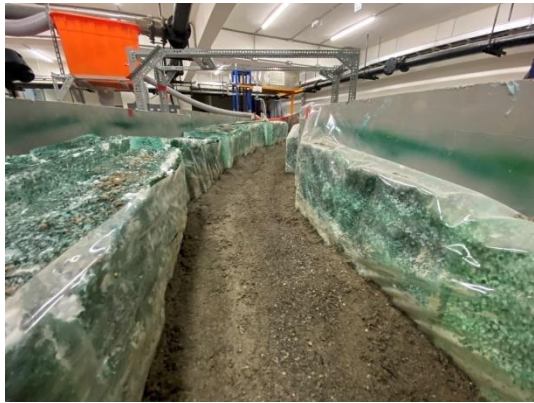
	現況	只拆副壩	兩座全拆	改主壩 1/2	改主壩 2/3	留副壩
Q10 出砂量(kg)	0.05	0.06	6	6	5	7
上游原始坡度(m)	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019
Q10 上游坡度(m)	0.014	0.021	0.053	0.049	0.041	0.048
Q10 上游最大冲刷深度(m)	0.004	-0.038	-0.006	-0.022	-0.027	-0.038
Q10 上游冲刷坑長度(m)	0	0	4.667	2.667	1.66	3.333
Q10 上游坡度變化比	-26.32	10.53	178.95	157.89	115.79	152.63
Q10 上游最大冲刷深度變化比		10.5	2.5	6.5	7.75	10.5
Q10 上游冲刷坑長度變化比				38.10	23.71	47.61
下游原始坡度	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042
Q10 下游坡度	0	0.029	0.057	0.054	0.051	0.052
Q10 下游最大淤積深度(m)	0.085	0.067	0.13	0.051	0.072	0.064
Q10 下游淤積長度(m)	0.75	0.75	4.6	3.3	4.6	4.6
下游坡度變化率%	-100.00	-30.95	35.71	28.57	21.43	23.81
冲刷坑延伸比	0	0	14.001	8.001	4.98	9.999



全拆 Q50



全拆 Q10



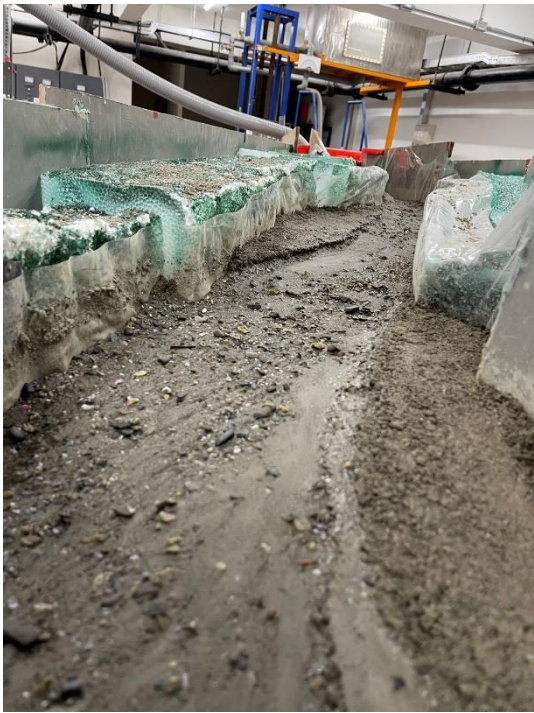
壩改 1/2 Q50



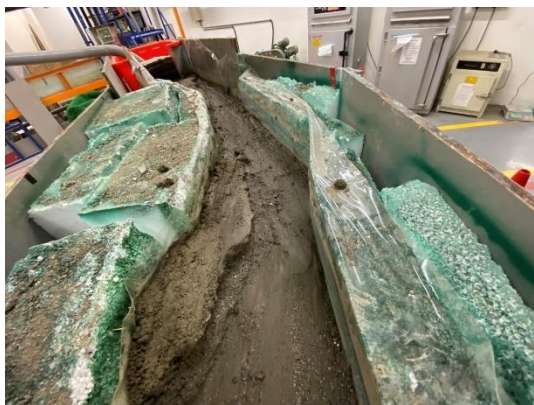
壩改 1/2 Q10



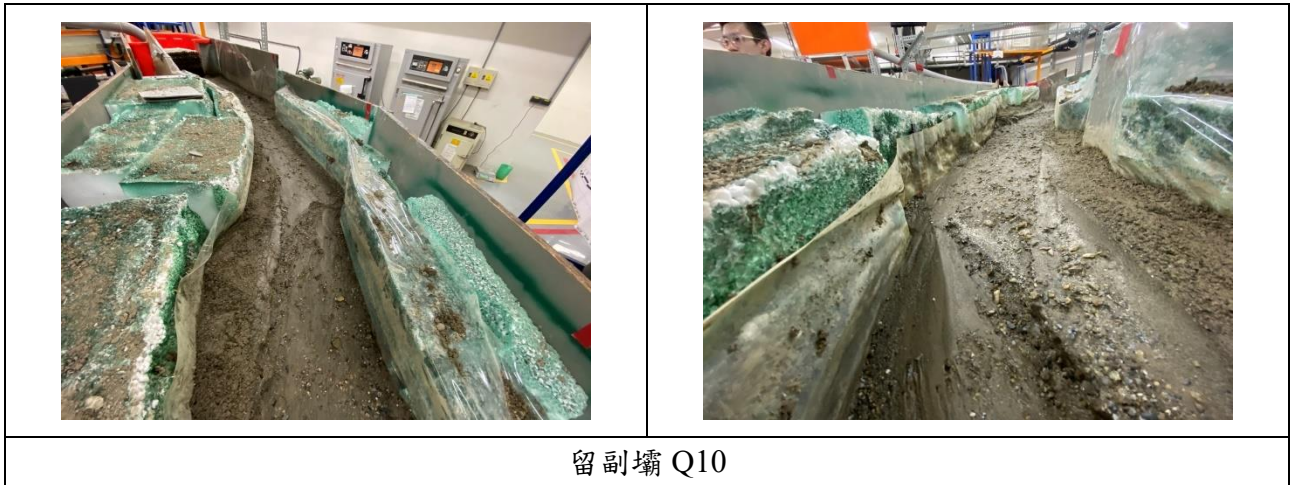
壩改 2/3 Q50



壩改 2/3 Q10



留副壩 Q50



留副壩 Q10

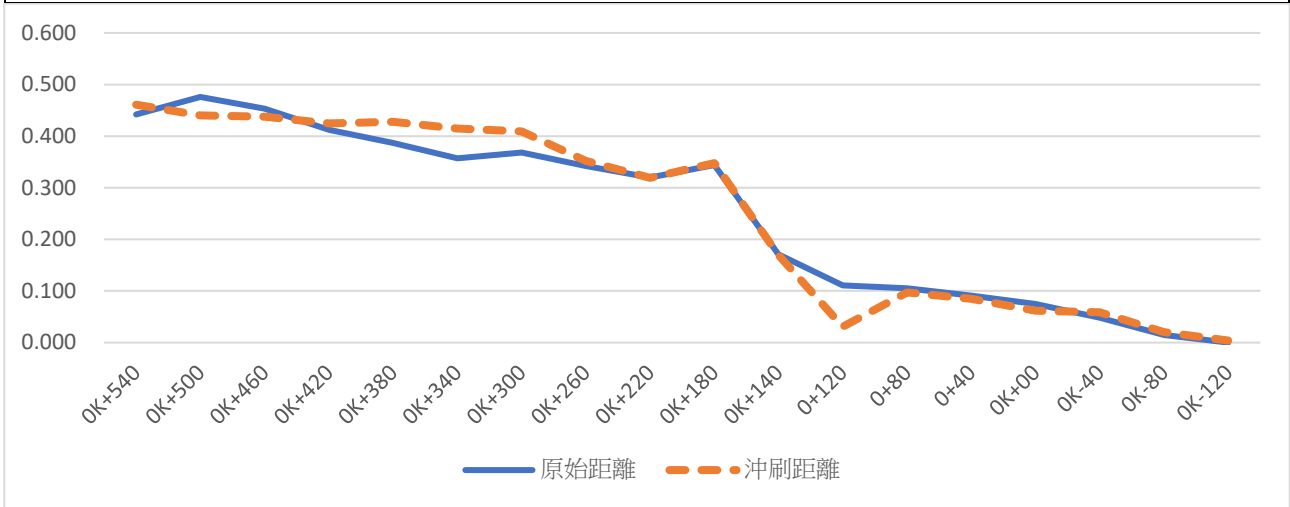


圖 6-18 Q50 原始河道試驗模型深槽線相對高度變化

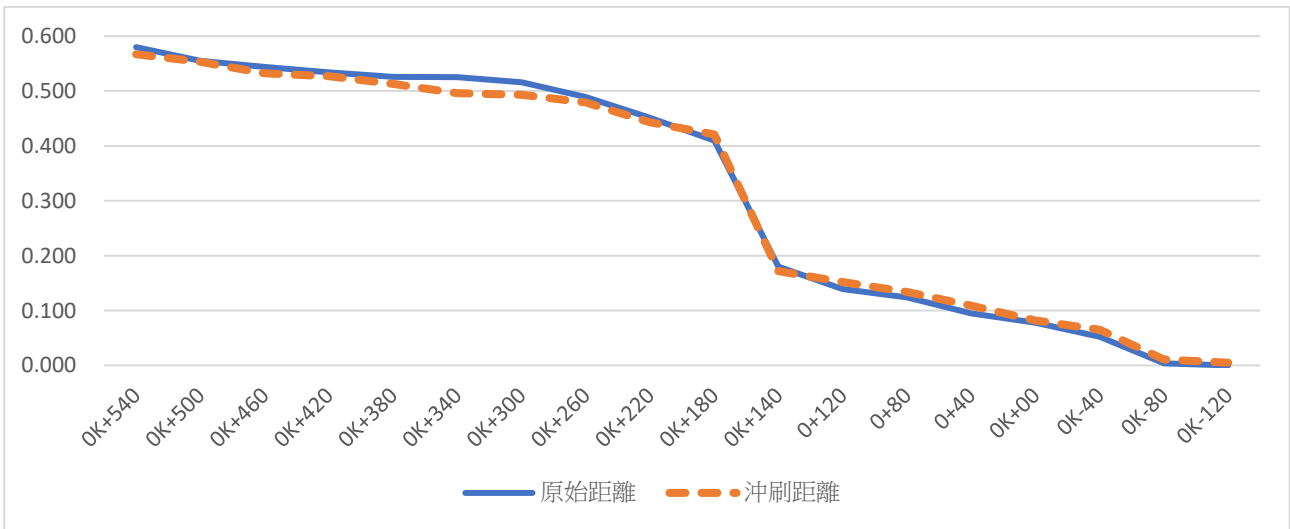


圖 6-19 Q10 原始河道試驗模型深槽線相對高度變化

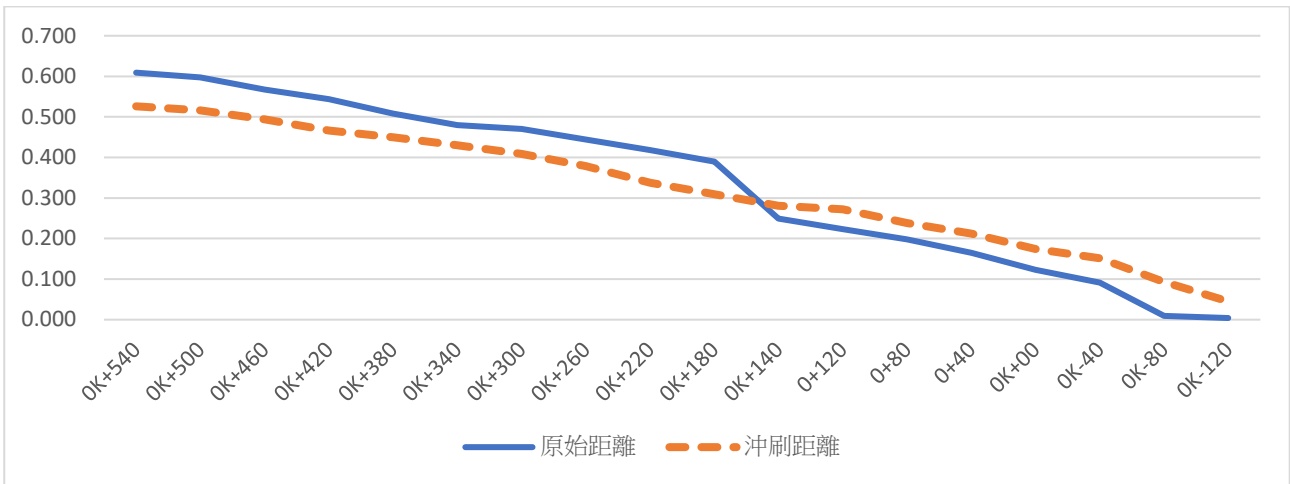


圖 6-20 Q50 四號壩與副壩全數拆除河道試驗模型深槽線相對高度變化

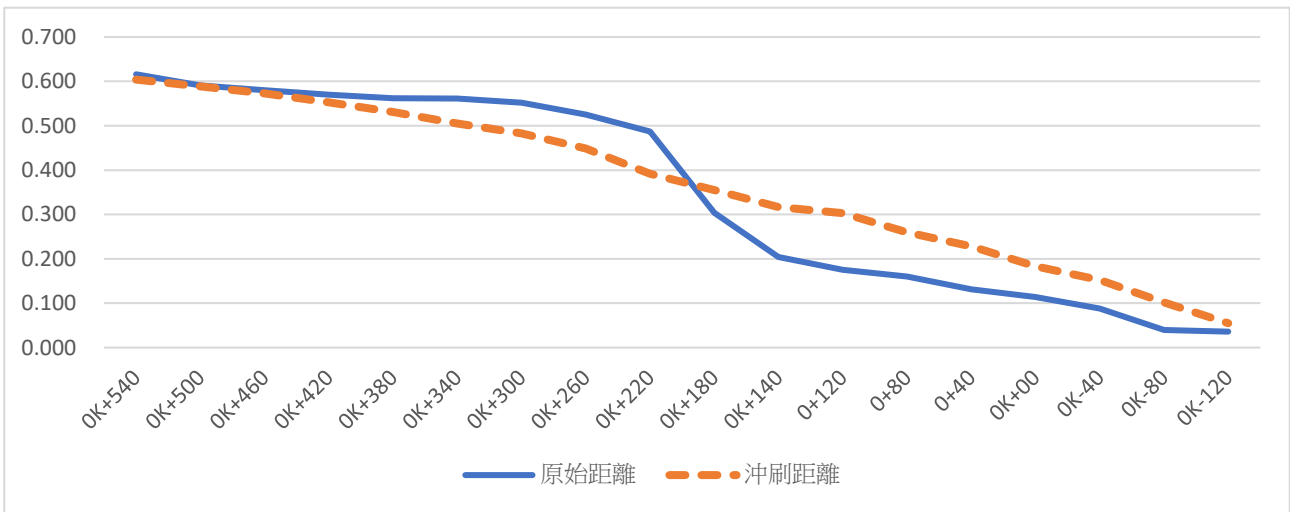


圖 6-21 Q10 四號壩與副壩全數拆除河道試驗模型深槽線相對高度變化

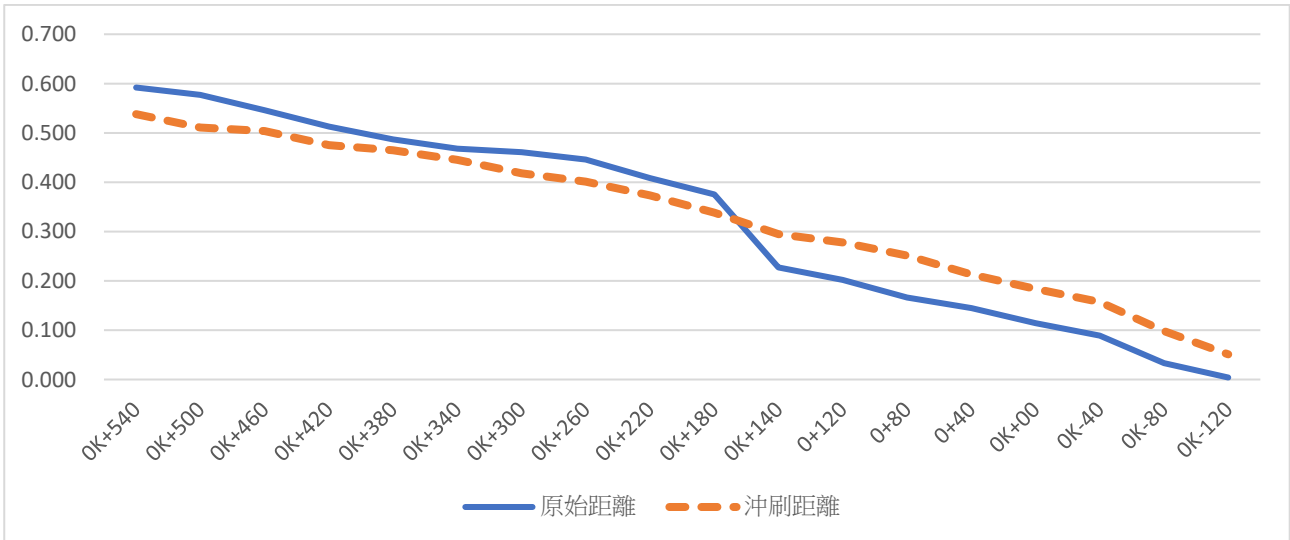


圖 6-22 Q50 四號壩改善 1/2 與副壩全數拆除河道試驗模型深槽線相對高度變化

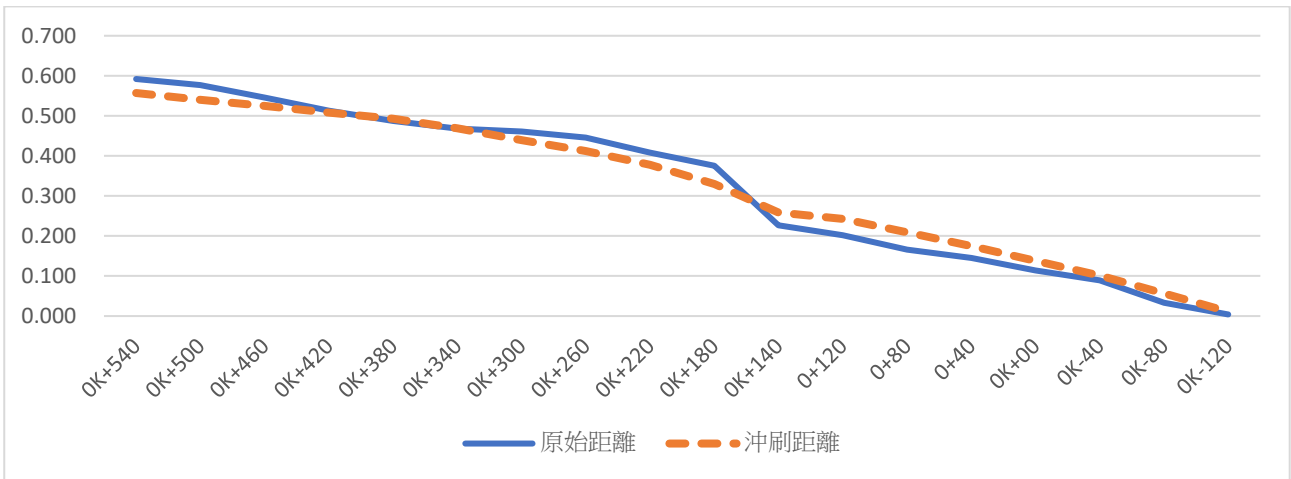


圖 6-23 Q10 四號壩改善 1/2 與副壩全數拆除河道試驗模型深槽線相對高度變化

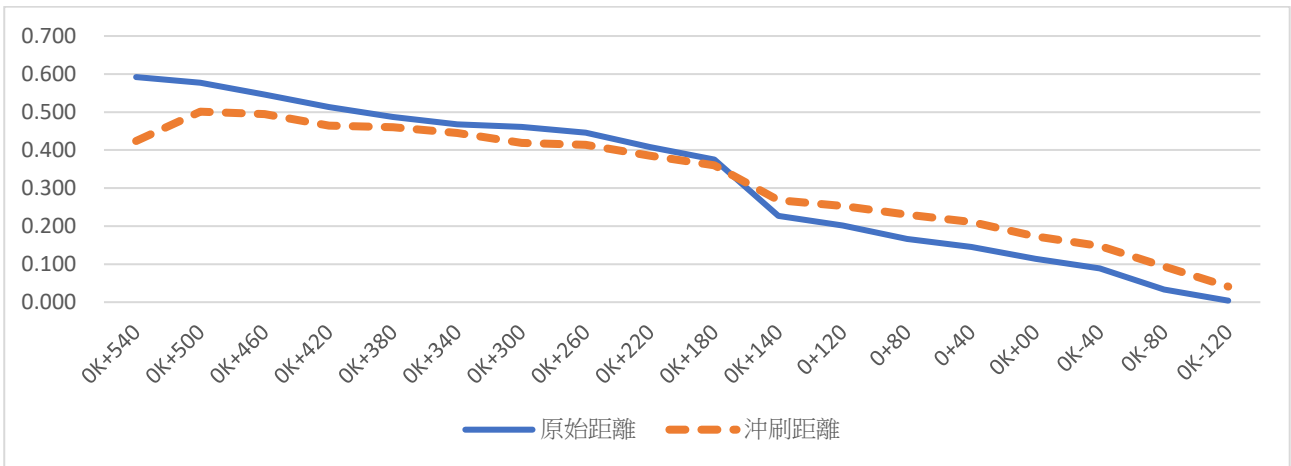


圖 6-24 Q50 四號壩改善 2/3 與副壩全數拆除河道試驗模型深槽線相對高度變化

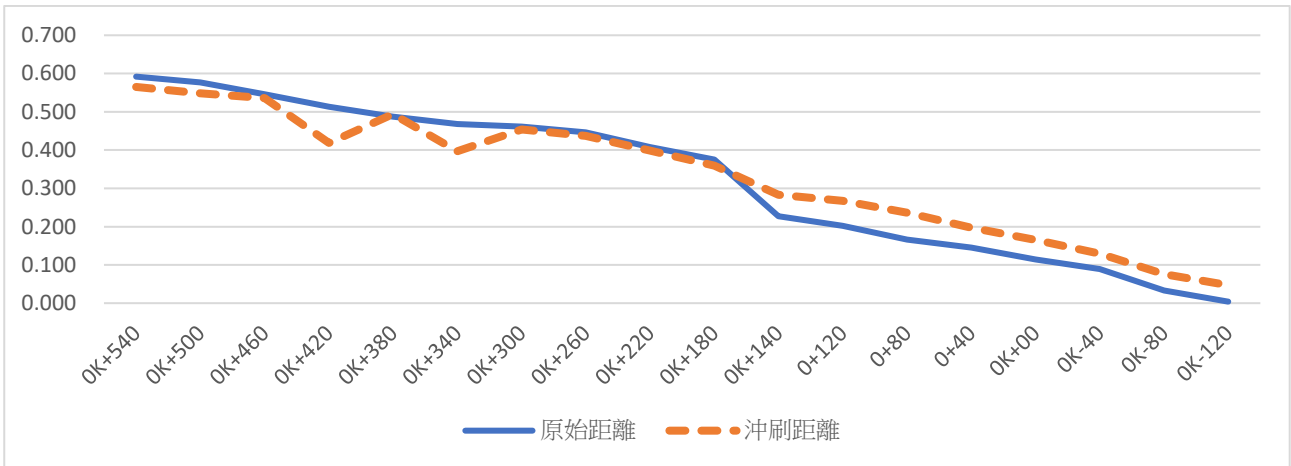


圖 6-25 Q10 四號壩改善 2/3 與副壩全數拆除河道試驗模型深槽線相對高度變化

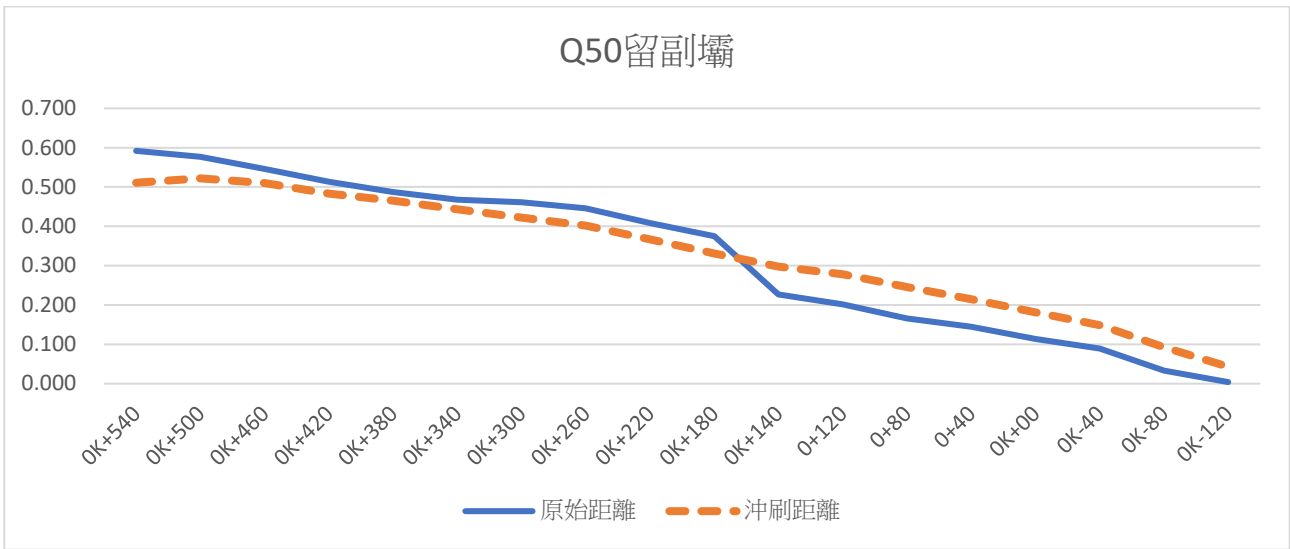


圖 6-26 Q50 四號壩改善全數拆除與副壩保留河道試驗模型深槽線相對高度變化

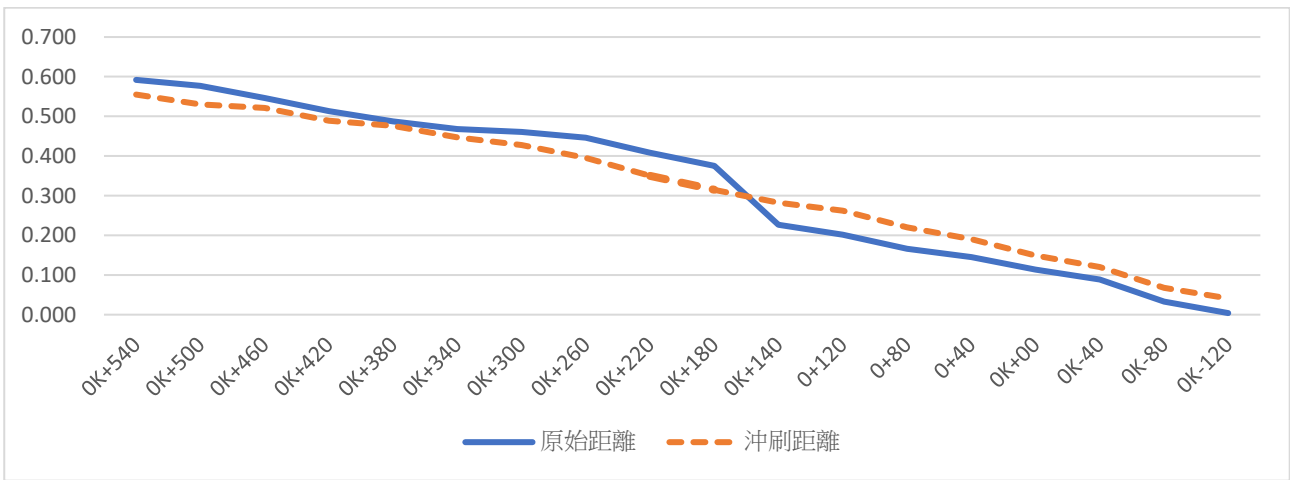


圖 6-27 Q10 四號壩改善全數拆除與副壩保留河道試驗模型深槽線相對高度變化

五、結論與建議

一、結論

依據目前本計畫執行期間所完成的成果作如下整理：

1. 完成兩次三號壩至五號壩兩次空拍地形之製作，利用本成果作為檢定驗證之使用。
2. 透過管理處完成 108 年及 104 年計畫區數值地形 LIDAR 的資訊，並以 108 年成果作為本次試驗縱橫斷面之參考依據，其精度在公分等級，並完成桃山西溪(約 900m 分析空間)及桃山北溪(140m 討論區間)每 40m 斷面之製作。
3. 透過空拍及地面實際踏勘拍照與全程 360 度攝影機影像紀錄，作為建模之地形與流量參考。
4. 透過文獻蒐集與模型縮尺計算，完成實驗用泥砂配置準備。
5. 透過數值地形將河道流心與岸坡高程進行製作。
6. 透過壩體的改善，可以清楚看到，若將四號壩與其副壩全數拆除，整體土砂量較未拆除輸出量來得大，且透過三號壩往下游輸出。
7. 整體改善若僅改善副壩成效與現況相近，但多數改善後，下游土砂變多並且坡度變陡；影響長度變化在大流量相差不大，僅有小流量帶出的泥砂較小，僅有原來之一半不到。在 50 年洪水條件之壩體改善方案中，若將四號壩與其副壩全數拆除則大幅

增加整體土砂量(約 588 倍)，且土砂將流經三號壩往七家灣溪下游輸出；拆除主壩但保留副壩將輸出現況的 554 倍土砂，在保留副壩下僅拆除 1/2 主壩或 2/3 主壩則分別輸出現況 329 倍與 312 倍的土砂。

8. 僅改善副壩則其土砂輸出量則與現況相近，微幅增加 17%。在 10 年洪水條件下之各壩體改善方案，其泥砂輸出量與現況之倍率則分別變為 120 倍、120 倍、100 倍、140 倍及 1.20 倍。此外，多數改善方案將導致河道坡度變陡；河道影響長度在 Q50 大流量相差不大，Q10 小流量因土砂輸出較小，其河道影響長度變短約為 Q50 之一半左右。換算下游淤積高度，最大淤積程度約現場之 7.8 m 以上，若改善 1/2 者，淤積高度約為 3 m，若為 2/3 者，淤積高度恐達 4.3m。

二、建議

透過現場調查與試驗成效之檢討，提出以下幾點建議

1. 目前四號副壩已完全破裂，討論四號壩壩體拆除改善的高程，初步建議以全數拆除到底且流心偏向目前破裂開口處(深度約 60-70cm)進行改善。但是經試驗在大流量情形影響不大，關鍵在常流量。
2. 因為壩體拆除之過往經驗，土砂沖淤影響範圍與河道寬度有關，約為開口寬度之 5-8 倍，經實驗考量上游土砂往下淤積影響，影響程度在對大流量下約為 9-21 倍，也未達五號壩，因此建議不針對距離甚遠之五號壩進行討論，著重重點在四號副壩下游土砂堆積是否會被帶到三號壩以下，進而影響下游棲地的改變。
3. 建議日後針對土砂淤積的地形，模擬不同後續降雨條件下之河道泥砂沖淤影響，尤其整體坡度變陡情況，帶往下游泥砂恐在不同洪峰歷線下被帶往三號壩更下游。

六、參考文獻

- 曾晴賢。2012。武陵地區溪流生態系及七家灣溪一號壩防砂壩體改善後研究。第六章臺灣櫻花鉤吻鮭族群監測與動態分析。內政部營建署雪霸國家管理處委託辦理計畫案。
- 游政翰。2007。利用物理棲地模式模擬河川復育工法之成效-以七家灣溪為例。逢甲大學碩士論文。
- 黃國靖，1987。七家灣溪水棲昆蟲相及其生態研究。國立台灣大學植物病蟲害研究所碩士論文。
- 楊平世、林曜松、黃國靖、梁世雄、謝森和、曾晴賢，1986。武陵農場河域之水棲昆蟲相與生態調查。農委會75年生態研究第1號。
- 楊平世、謝森和，2000。以水棲昆蟲之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。櫻花鉤吻鮭研究保育研討會論文集，151-177頁。
- 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。2007。七家灣溪壩體改善研究評估，逢甲大學水利工程學系。
- 葉昭憲。2008。七家灣溪一號防砂壩壩體改善之試驗研究，逢甲大學水利工程與資源保育學系。

- 農委會、特生中心、營建署及雪霸公園管理處編印，2000。櫻花鉤吻鮭研究保育研討會論文集。
- 謝文仁。2012。河川表面流速與平均流速之現場試驗研究-以曾文溪中下游段流量站為例。國立成功大學水利及海洋碩士在職專班論文。
- 羅義碩。2005。以生態觀測建立河川魚類棲地適合度曲線。國立中央大學碩士論文。
- 余柏錚，2015。潰壩與壩體改善後對河道演變之影響-以七家灣溪為例。逢甲大學水利工程與資源保育學系碩士論文。台中市。
- 蘇威鴻，2016。壩體工程對於物理棲地之影響 —以有勝溪一號壩為例。逢甲大學水利工程與資源保育學系碩士論文。台中市。
- 翁崇豪，2017。壩體改善對河道與物理棲地變遷之數值模擬分析 —以有勝溪一號壩為例。逢甲大學水利工程與資源保育學系碩士論文。台中市。
- 卓敬軒，2020。應用多評準決策評估壩體部分拆除順序-以武陵地區防砂壩為例。逢甲大學水利工程與資源保育學系碩士論文。台中市。
- Alvarez-Cabria, M., Barquin, J. & Juanes, J. A. (2010) Spatial and seasonal variability of macro invertebrate metrics: Do macroinvertebrate communities track river health? *Ecological Indicators*, 10, 370-379.
- Chiu, M.-C., Kuo, M.-H., Sun, Y.-H. Hong, S.- Y. & Kuo, H.-C. (2008) Effects of flooding on avian top-predators and their invertebrate prey in a monsoonal Taiwan stream. *Freshwater Biology* 53: 1335-1344.
- Chiu, M.-C. & Kuo, M.-H. (2012) Application of r/K selection to macroinvertebrate responses to extreme floods. *Ecological Entomology*, 37, 145-154.
- Chiu, M.-C., Yeh, C.-H., Sun, Y.-H. & Kuo, M.-H. (2013) Short-term effects of dam removal on macroinvertebrates in a Taiwan stream. *Aquatic Ecology*, 47, 245-252.
- Clarke, K. R. & Warwick, R. M. (2001) Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. PRIMER-E, Plymouth, UK.
- Chang CL, Kuan WH and Lui PS. Modeling watershed responses to typhoon events – A case study of WuLin catchment in Taiwan. *Fresen Environ Bull*. 2010; 19: 658-63.
- Chang CL, Kuan WH, Lui PS and Hu CY. Relationship between landscape characteristics and surface water quality. *Environ Monit Assess*. 2008; 147: 57-64.
- Cantelli, A., M. Wong, G. Parker, C. Paola. 2007. Numerical model linking bed and bank evolution of incisional channel created by dam removal. *Water Resources Research*, VOL. 43, W07436, doi:10.1029/2006WR005621.
- Chung L-C, Lin H-J, Yo S-P, Tzeng C-S, Yeh C-H and Yang C-H. 2008. Relationship between the

- Formosan landlocked salmon *Oncorhynchus masou formosanus* population and the physical substrate of its habitat after partial dam removal from the Kaoshan Stream, Taiwan. *Zoological Studies*, 47: 25-36.
- Directive 2006/44/EC of the European parliament and of the council of 6 September 2006 on the quality of fresh waters needing protection or improvement in order to support fish life. 2006. Official journal of the European Union 264:20-31.
- Doyle, Martin W., Jon M. Harbor, & Emily H. Stanley, 2003, Toward Policies and Decision-Making for Dam Removal, *Environmental Management* 31(4), pp. 453–465.
- Federal Interagency Stream Restoration Working Group (FISRWG). 1998. *Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices*. ISBN-0-934213-59-3.
- Grant, Gordon, Chris Bromley. 2007. Geomorphic responses to dam removal: New insights from flume and field experiments. ESA/SER Joint Meeting, August 5-10. San Jose McEnery Convention Center, San Jose, California.
- Huang, B., Langpap, C. and Adams, R.M. 2011. Using Instream Water Temperature Forecasts for Fisheries Management: An Application in the Pacific Northwest. *Journal of the American Water Resources Association* 47(4), 861-876.
- Kelso, B. H. L., Smith, R. V., Laughlin, R.J., Lennox, S.D. 1997. Dissimilatory nitrate reduction in anaerobic sediments leading to river nitrite accumulation. *Applied and Environment Microbiology* 63(12):4679–4685.
- Kuan WH and Chen YL. Land-use type of catchment varying nitrogen cycle in an endangered salmon inhabited stream. *Environmental Engineering and Management Journal* 2014; 13: 971-8.
- Kuan WH, Chang CL and Lui PS. A variety of meteorological and geographical characteristics effects on watershed responses to a storm event. *World Academy of Science, Engineering and Technology*. 2009; 59: 466-9.
- Kang, S.-C. (1993) *Ephemeroptera of Taiwan (excluding Baetidae)*. PhD dissertation, National Chung Hsing Univ., Taichung, Taiwan.
- Kawai, T. & Tanida, K. (2005) *Aquatic insects of Japan: manual with keys and illustrations*. Tokai Univ. Press, Tokyo.
- Krebs, C. J. (1999) *Ecological methodology*. Addison-Welsey Educational Publishers, INC., Menlo Park, CA.
- Liao, L.-Y., Chiu, M.-C., Huang, Y.-S. & Kuo, M.-H. (2012) Size-dependent foraging on aquatic and terrestrial prey by the endangered Taiwan salmon. *Zoological Studies* 51: 671-678.
- Ludwing, J. A. & Reynolds, J. F. (1988) *Statistical ecology. A primer on methods and computing*.

John Wiley and Sons, New York.

- Loranga, Mark S., Graeme Aggett. 2005. Potential sedimentation impacts related to dam removal: Icicle Creek, Washington, U.S.A.. *Geomorphology* 71: 182–201.
- Merritt, R. W., Cummins, K. W. & Berg, M. B. (2008) An introduction to the aquatic Insects of North America. Kendall/Hunt Publ. Co., Dubuque, IA.
- Orr, C. H., Kroiss, S. J., Rogers, K. L. & Stanley, E. H. (2008) Downstream benthic responses to small dam removal in a coldwater stream. *River Research and Applications*, 24, 804-822.
- Plafkin, J. L., Barbour, M. T., Porter, K. D., Gross, S. K. & Hughes, R. M. (1989) Rapid assessment protocols for use in streams and rivers: Benthic macroinvertebrates and fish. EPA 440-4-89-001. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water Regulations and Standards, Washington, D.C.
- Roberts, S. J., J. F. Gottgens, A. L. Spongberg, J. E. Evans, N. S. Levine. 2007. Assessing Potential Removal of Low-Head Dams in Urban Settings: An Example from the Ottawa River, NW Ohio. *Environmental Assessment* 39: 113–124.
- Steffler, P. & J. Blackburn. 2002. Two-Dimensional Depth Averaged Model of River Hydrodynamics and Fish Habitat: River2D User's Manual. University of Alberta, Canada.
- Sherpley, A. 1995. Fate and transport of nutrients: phosphorus. USDA, agricultural research service, national agricultural water quality laboratory, Durant, Oklahoma.
- SAS Institute. 2011. Base SAS® 9.3 procedures guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Shieh, S.-H. & Yang, P.-S. (2000) Community structure and functional organization of aquatic insects in an agricultural mountain stream of Taiwan: 1985-1986 and 1995-1996. *Zoological Studies*, 39, 191-202.
- Šporka, F., Vlek, H. E., Bulánková, E. & Krno, I. j. (2006) Influence of seasonal variation on bioassessment of streams using macroinvertebrates. *Hydrobiologia*, 566, 543-555.
- Thomson, J. R., Hart, D. D., Charles, D. F., Nightengale, T. L. & Winter, D. M. (2005) Effects of removal of a small dam on downstream macroinvertebrate and algal assemblages in a Pennsylvania stream. *Journal of the North American Benthological Society*, 24, 192-207.
- Washbourne, I.J., Crenshaw, C.L. and Baker, M.A. 2011. Dissimilatory nitrate reduction pathways in an oligotrophic freshwater ecosystem: spatial and temporal trends. *Aquatic Microbial Ecology* 65(1), 55-64.
- Wischmeier, W. H., Smith, D. D. 1978. Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation department of agricultural. U. S. Department of Agriculture, *Agricultural Handbook* 53
- Wiley JW, Joseph Jr. JM. 1994. The effects of hurricanes on birds, with special reference to Caribbean

islands. Bird Conservation International, 3: 319-349.

期中審查視訊會議委員意見回覆表

壹、會議時間：111 年 7 月 8 日(星期五)上午 9 時 30 分

貳、會議地點：線上視訊

參、主席：張處長維銓

紀錄：黃奕絲技士

委員	審查意見	回覆與辦理情形
孫建平 委員	1.報告有些不易閱讀，本文後提供了許多的附表及附圖，好像要告訴讀者什麼事，可是在文句裡也不見得有對應的文字。	將請各章節負責老師檢核附表及附圖所對應解說之本文，並刪除多餘圖表。
	2.翻閱去年的期末意見，發現還是可以適用於這本報告，由於沒有找到上次期末意見回覆，也沒有看到這次的改善，在此列出仍適用的問題，希望未來的期末報告可以告知哪些可以做？哪些不可以做？	期末報告會將此意見回覆表置於附錄；若依據意見所作之修正，亦將標註其對應章節或頁碼。
	3.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處的要求嗎？目前還有標註「本研究資料」。	此為配合雪霸處歷年要求之報告引註方式。
	4.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，已重新製作共同採樣站位置圖，參見圖 1-3。
	5.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。	期末報告將增加本年度重大水文事件之日期、規模或對應強度，並指出與所調查環境因子之變化關聯。參見 P.2-10。
	6.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 是不是有到臺灣需要修正的可能？應該也需要思考一下！	謝謝委員意見。有關 RBPII 算法，我們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，八項指標中，若優勢分類群太優勢、碎食者太少則會出現中度損害情形。為滿足溪流生態系和集水區管理需求的整合型生態評估，仍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。RBP II 在臺灣使用是否有需要修正的可能，未來會納入考量。

<p>7.報告書 p.2-6：溪寬及水深的測量精確度都為 0.1 公尺，這個是正確的嗎？</p>	<p>雖然水流持續變動，但測量精度仍可控制於 1 公分，後續文字及數據將作調整。</p>
<p>8.物理棲地的調查：若有重大的變化，主要的原因應該是由於有大水文事件的影響。從報告中無法得知調查的明確日期，只知道是去年 10 月及今年 1 月的比較，而降雨也是一個月一個月的數值，無法知道在探討棲地變化的原因時，都說是流量增加有關，可是我們也沒辦法從提供的資料看到多大的降雨？造成流量改變！造成觀察到的變化！</p>	<p>物理棲地調查成果比較多為兩次調查間之變動，期末報告中將補充調查日期，若有重大水文事件則會載明其規模。參見第二章「四、討論」中之「(一)物理棲地之關鍵參數彙整」小節。</p>
<p>9.報告書 p.2-9~2-10：葉老師在報告時說明花了 10 多分鐘，可是文字說明相對來的簡單，請再加強成果報告書之撰寫。</p>	<p>遵照辦理。</p>
<p>10.報告書 p.3-5：這邊說鮭魚生存最適溫度在 5 到 17°C 為最佳，只是 p.1-1 說 鮭魚生存的限制因子為水溫不得超過 16°C，是前面錯了嗎？</p>	<p>報告第三章關於鮭魚最適生存溫度範圍係引用陳弘成教授之研究成果，與第一章所引用之其他研究結果可能稍有不同，期末將補充不同數值之引用文獻來源，或統一報告中之數值。</p>
<p>11.官老師團隊對於水質標準有做了許多建議管理的目標標準，這些建議會對未來管理有什麼影響？何時會依照這個建議做修正？會影響到整個武陵地區的土地利用和遊憩人員數量管制嗎？</p>	<p>感謝委員寶貴意見。計畫研究成果均提供雪霸處或其他相關機關施政之參考，修正水質標準有助管理機關掌握鮭魚生存環境變化，採取不同強度之因應策略。待標準研析檢討完畢後，本團隊將依新標準作為每次採樣分析結果之比對依據，建議執行二至三年後，可啟動修法程序。民國 95 年徵收七家灣溪中游右岸 8.1 頃農地之政策背景即部分參考自七家灣溪水質與生態調查結果，團隊將持續提供科學客觀之調查結果，以及不同強度與面向之管理建議，將建議增於報告書中，詳如 p.3-3。</p>
<p>12.高山溪二號壩殘材清除改善工程對水棲昆蟲群集產生約 2.5 個月的短期負面直接影響，與七家灣溪一號壩壩體改善工程雷同，依過去經驗要多少時間才能恢復？</p>	<p>因應先前一號壩拆除工程之研究擬定該地區長期效應，且該期間仍會遇到颱風干擾，因此根據過去經驗為 4 年。</p>
<p>13.好像連不上 http://wlterm.biodiv.tw/？需要登入？之前我好像可以看，目前改成又要有帳號的人才能看？</p>	<p>(1)目前網站採不完全開放且設定帳號，是因歷年來參與計畫的團隊中部分老師對於資料完全開放仍有疑慮，因此</p>

		<p>目前資料僅提供管理處和計畫團隊檢視。</p> <p>(2) 資料庫帳號密碼皆為 wlterm。</p> <p>(3) 如管理處與計畫團隊有意願將資料庫開放，可全力協助，亦可協助發表資料論文。</p>
	<p>14. 水工模型試驗的進度為何？感覺還有不少東西要做，何時可以開始進行沖刷實驗？要花多少時間？</p>	<p>目前試驗已完成現地調查，兩次空拍及斷面製作，預計七月底完成模型製作，試驗用砂及流量率定亦同步完成。</p>
	<p>15. 文字編排問題（僅列部分）</p> <p>(1) p.1-1：魚的學名應斜體。</p> <p>(2) p.1-7：兩個表 1-1？</p> <p>(3) p.2-8：收費站樣站：段落最後的文字重複了，應與流量增加將小粒徑砂石運移有關。</p> <p>(4) p.2-10：棲地類型中，Riffle 是淺灘還是淺瀨？</p> <p>(5) p.2-13：表 2-1 及表 2-2 的參考資料都是貴團隊？</p> <p>(6) p.3-30 之後應該是 p.3-30，卻接 p.4-1 一直到 p.4-43，之後第四章又有一個 p.4-1，且頁首處也錯。</p> <p>(7) p.5-40：結論為什麼從第 6 點開始？</p>	<p>相關文字、圖表、版面及段落排序等錯誤將逐一修正。</p>
楊正雄 委員	<p>《計畫資料整合》</p> <p>1. 本計畫資料整合項目是否為獨立工作項目，如果是的話，在期中報告階段缺乏預計使用的工作(分析)方法和預期成果的說明。本計畫為持續性計畫，加以之前歷次審查均有建議要加強此部分，建議應：(1)林幸助曾與各位計畫老師於 2018-2019 年進行整合研究，並得出豐碩成果，應該可以作為本計畫整合的參考或比較基礎，例如當時成果所建立的【七家灣溪生物及環境參數基準表】中不同效應的參考數值等。(2)納入研究區域範圍內魚類族群調查成果，特別是櫻花鉤吻鮭的族群變動，並以長期時間的結果進行比較與呈現，也可作為本計畫工作規劃調整或持續進行的參考依據。[增加可以共同比較的基礎目標-鮭魚族群]</p>	<p>《計畫資料整合》</p> <p>遵照辦理，期末報告已參考(1)年度調查成果與【七家灣溪生物及環境參數基準表】參考數值；(2)蒐集已發表之櫻花鉤吻鮭族群調查成果。並進行相關分析，參見第一章「四、綜合分析」中之「(三)棲地綜合指標」。</p>
	<p>《物理棲地》</p> <p>1. 本計畫成果比較建議可以類似水質與水蟲項目以全週期方式(自計畫執行以來的所有調查成果)呈現，以完整呈現長時間尺度下棲地(與坡降)環境變化狀況。或許可以用來找出年間尺度的變動週期，以及驗證一些需要更長時間</p>	<p>《物理棲地》</p> <p>1. 河道變動主要受水文事件及河岸泥砂輸入所影響，不易獲致其變動週期，但仍嘗試搭配降雨資料呈現全週期棲地與環境變化。參見第二章「四、討</p>

<p>尺度才能觀察的變化。</p> <p>2. 討論：過往高山溪流域 4 座防砂壩及七家灣溪 1 號壩拆除討論中，會提到防砂壩的功能在於防砂與穩定河床，拆除後為了維持穩定河床的緣故，因此通常會建議仍保留翼壩與底層，河床坡降應該可以透過縱斷面測量取得，因高山溪自拆除之後監測坡降已久？是否可請團隊就此議題進行數據分析及討論。</p> <p>3. SVR 流速計使用，個人對於此種儀器測量的使用一直有興趣，但閱讀一些文獻後也發現其有明顯的使用限制，如果個人解讀沒有錯誤的話，除了修正係數(表面與平均流速)的問題之外，測量原理(微波反射與都卜勒效應)導致的潛在測量誤差可能是最大的問題，包含：測量角度、與水面高度、水體表面粗糙度，流速大小等。並且其測量點與水深測量點的配合也可能影響流量的計算結果。因為本計畫可測量時機都偏向低流速時間，人員直接以傳統流速儀器測量應仍屬安全，會建議仍以傳統流速儀器進行測量。</p> <p>4. 報告文獻仍請清查，部分文獻明顯有問題，但一直沒有修正或是一再出現於歷次報告中，例如：moody1994 該篇文獻明顯是探討兒童性偏差，應該與本研究完全無關，但卻一再出現，建議刪除。</p>	<p>論」中之「(一)物理棲地之關鍵參數彙整」小節。</p> <p>2. 遵照辦理，將彙整高山溪河床坡降之數據分析及討論。參見表 2-14。</p> <p>3. 將擇一樣區進行兩種儀器同步觀測棲地流速，並於期末報告呈現資料比較結果；然而，考量溪流中細顆粒及雜質對傳統儀器探頭損害之風險，以及歷史資料獲得方法之一致性，棲地調查分析仍以 SVR 流速計為主。參見第二章「四、討論」中之「(三)流速量測儀器之實測比較」。</p> <p>4. 遵照辦理。</p>
<p>《水質監測》</p> <p>1. 肯定本計畫嘗試使用現有資料進行「七家灣溪重要濕地」水質標準的調整，此部分除了水質標準項目與內容的調整外，建議可再提出管理層面的準則。例如：可由 2021 年桃山瀑布施工導致 TOC 與 CI 數值提高的狀況，針對施工現場如何進行防護，避免 TOC 和 CI 數值提高(如果是對於溪流水質有潛在影響)。或之前 1 號壩拆除前後的水質完整監測結果，是否可以對未來類似情況的施工(七家灣溪 4 號防砂壩)以水質保全觀點提出施工或管理建議等。或是對露營區硝酸鹽研究的成果，回饋到露營區入流水水質的管理建議。</p> <p>2. 長期監測資料顯示，羅葉尾溪的鮭魚族群長期呈現穩定，但有勝溪至收費站河段，鮭魚一直沒有辦法擴展。個人依據過往資料與經驗認為水質條件可能是關鍵之一。有鑑於兩個水系的有效連結對於本區域櫻花鉤吻鮭未來面對氣候變遷可能是重要的議題，或許可以著重在這個區域各種棲地環境的改善。由於有勝溪兩岸土地回收已有一段時間，水質監測結果也已有</p>	<p>《水質監測》</p> <p>1. 感謝委員寶貴意見。欲將低施工對水質之影響有許多工程手法，例如離岸風電的開發，在進行水下施工時，會使用防濁幕。使用防濁幕進行施工成本是個考量，我們會寫入建議，以利後續相關施工之協調，能降低施工對於周邊水質之影響，將建議增於報告書中，詳如 p.3-3。</p> <p>2. 關於羅葉尾溪鮭魚族群很穩定，但到了勝光或有勝溪下游魚群相對就很少，的確是因為這兩個地方水質狀況相對不佳，近幾年有變得比較好，這兩個廊道能打通應該是我們團隊之期望，物理棲地在這兩個地方也是相對比較差，相關樣站水質狀況討論詳見報告書</p>

	<p>改善，但似乎仍然不夠，是否可能請團隊利用 8.1 公頃回收的前後監測結果，針對這個區塊農業行為進行研討，作為與武陵農場(或實際耕作戶)提出可能的規範依據(例如農藥或肥料的限制等)。</p>	<p>p.2-23，擬持續觀察農業行為影響狀況，並加入建議中。</p>
	<p>《水棲昆蟲研究》</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 過往整合性研究成果提到水蟲的回復時間通常是 2.5 個月至 3 個月間(林幸助等, 2019)，但本次高山溪壩體改善後迄今已滿一年，並且現在應該是 1 年中水蟲最好的時刻，但此區的各项水蟲指標(分類群、數量、大型食餌密度)似乎都沒有回復，其可能原因為何？過往監測結果是否可以延伸應用在其他壩體的拆除上？ 2. 另外依據過往整合性研究報告，以及林幸助老師研討會報告中亦曾提出建議，水蟲的長期效應穩定線為數量 1000 insects/m² 及大型水蟲比例超過 75%。想請教此數字做為評估本計畫歷次調查結果，其是否可以用來判斷該季節是否對鮭魚(或是生態系統來說)有穩定食餌來源？因為看目前各次調查範圍的結果，無論是哪個水系的結果，似乎沒有滿足這個標準？ 3. [#此項問題如果依據郭老師回復，其指標中所提>75%是指 EPT 而非大型食餌比例，剛有再確認，此指標並非單指 EPT，亦非大型食餌，而是【D/(D+EPT 總數)的比例】，可參考公開場合的簡報說明：https://youtu.be/Ak8fT0AkWMQ?t=1126] 4. 圖 4-6 中在部分樣站有明顯的 peak 數值，看起來似乎超過 1，是否表示部分測站 RBPII 評估分數已超過 reference site？之前已有詢問過 reference site 的選定原則，但如果是類似目前所發生狀況，例如：因為環境改善或是其他原因，導致 RBPII 分數超過 1 的發生頻度容易發生的話，通常在這種情況，是否需要再做 reference site 的調整？ 	<p>《水棲昆蟲研究》</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 各項水蟲指標 2022 年 1 月即恢復，但 2022 年 4 月又再下降，且同時期七家灣溪之蟲量亦為下降，可能因 3 月底至 4 月初持續降雨，因此 4 月進行採樣，受洪水之影響。 2. 2018 年林幸助老師訂的參照表水蟲的密度>1000，EPT 3 目所佔比例>75%，因本次高山溪測站水蟲個體數尚未達到 1000 以上，所以需要注意其長期效應，報告書 p.4-4 有提到林老師在 2017 年有將拆壩的結果發表，其中有提到拆壩如同一個洪水效應，當初 1 號壩上下游有增加測站去監測，觀魚臺在它的上游，繁殖場在更下面，所以那時候就看出在壩體下游測站比上游測站影響來的大，且需考慮其長期影響。有些短期就能恢復或 1 年內就恢復，則代表此溪流有很強的恢復力，也可抵抗現在極端洪水事件下對於拆壩之反應，當時結果就是類似極端洪水事件的反應，因過去經驗和高山溪殘材壩拆除和 1 號壩拆除有點類似，所以才說應該要持續監測。 3. 謝謝委員意見。【D/(D+EPT 總數)的比例】<25%，D 是搖蚊科。 4. RBPII>1 之呈現，當初選高山溪測站當參考測站，高山溪目前有面臨拆壩的效應，所以當分母來看，只有 2004 年觀魚臺有高過於它，再來就是 2016、2018 年七家灣溪，七家灣溪因為有 2011 年拆壩改善，所以高出高山溪測站，還有最

		<p>近 2020、2021 年羅葉尾溪，以今年高山溪受到拆殘材壩的影響，所以在計算相對分數，其他測站跟高山溪測站比沒有損害。是不是要修改參考測站？但參考測站需要能代表對照組，因 20 年來都是以高山溪測站做為參考測站，目前也知道其變動原因，因此目前覺得還不太需要去調整武陵地區的參考測站，後續再評估。</p>
	<p>《生態資料庫更新及維運》</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 請問目前資料集是否並無公眾可及連結？透過 google 使用關鍵字(武陵地區生態監測及生態模式建立)、(武陵生態模式)、(武陵長期生態)等，似乎可蒐尋到的連結都需帳號與密碼方可連結。 2. 本計畫所累積成果十分豐碩，過往曾建議進行文獻整理，雖然各文獻的文件可能涉及版權問題無法呈現，但其文獻清單可以作為溪流生態研究的重要參考，也可作為本計畫成果影響力的延伸，建議可以將文獻清單公開。 	<p>《生態資料庫更新及維運》</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 測試搜尋委員提供關鍵字，皆可搜尋到武陵生態資料庫，惟歷年來參與的部分團隊對於資料開放有疑慮，目前採不完全開放，並設定帳號密碼僅提供管理處和計畫團隊檢視。資料庫帳號密碼皆為 wlterm。 (2) 感謝委員的提醒與建議，2018~2019 年曾協助收集整理武陵地區相關的文獻資料，約有 400 筆的文獻資料，將可加入在資料庫網站中呈現。完成結果詳見網站上「相關文獻」頁面。
	<p>《防砂壩水工模型》</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 建議在計畫緣起中說明設定優先拆除七家灣溪 4 號壩的原因或是文獻來由。圖 6-1 的流程圖因排版無法看到全部的規劃內容，建議修正或更換。 2. 請說明現地調查中 4 號副壩已完全破裂的狀況？目前所提供照片並看不出來。另詢問 4 號副壩目前壩高？之前調查的印象高度已經不高，是否目前有鮭魚可以越過高度障礙的可能性？另過往七家灣流域有多座防砂壩都因洪水而破壞，如果基礎已經損壞，是否可能使用局部破壞的方式作為拆壩規劃方案？此部分是指不是一次完全拆除，而是僅部分破壞結構，但透過洪水作用的協助來達到破壩的可能。 3. 水工模型試驗設置與水理模擬另涉及專業，建議可於評估工作完成後，另案召集更多水利與工程專家，與生態方面專家共同討論，做為更周全考量其影響並評估可行性。 	<p>《防砂壩水工模型》</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 目前試驗拆除壩體之緣由補充於第一章 2. 目前壩體破壞主要是五號壩，四號壩局部缺損，其副壩僅有下游面缺口。目前各項尺寸，請參考第六章，本處壩高甚高，投潭水也有接近 2 公尺以上。拆除的規劃依據試驗規劃內容區分為主壩與副壩的分別拆除與調整主壩體高度。 3. 根據歷年壩體改善之決策方式，管理處將會另外邀請相關專家及其它管理單位共同討論改善壩體細節。目前主要考量既有四號壩上游土砂與邊坡的穩定性，以設計而言，水工模型是以壩體高度以下十公尺設定為可動邊界做模擬。目前模

		擬流況尚未出現比這個深的沖刷，後續可與專家做討論提出更多改善方案，搭配次年度數值模擬做方案的調整。
楊國華 課長	1. 依本處委託東海大學辦理之「志佳陽地區中大型哺乳動物與雉科鳥類動態監測(第 1 次期中報告)」案中指出，於志佳陽登山口菜園旁觀察到有利用除草劑除草之情形，可能威脅旁邊的司界蘭溪櫻花鉤吻鮭棲地。本案目前有關司界蘭溪下游測站水棲昆蟲監測結論指出棲地尚無損害，另司界蘭溪放流棲地水質監測的部分，建議再詳加分析各水質監測較差之項目可能造成原因為何(如使用除草劑、便道施工、果園使用肥料氯化鉀等)，以及對應改善作為建議。	1. 司界蘭溪水質調查顯示導電度與硫酸鹽顯著高於七家灣溪水質(p value < 0.05)，可能原因包括農作與施工，擬持續觀察。 2. 謝謝委員意見。有關棲地評比我們運用 RBPII 算法，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，但仍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。
張美瓊 課長	1. 圖錄及表錄(含內文)的表圖編號有重複亦有跳號現象，建請檢視修正。(重複命名：圖 2-5,圖 2-6,圖 2-10、表 1-1,表 2-1)(跳號：圖 2-11,圖 2-37,圖 2-56,圖 2-57,3-57 頁的圖 3-50 未顯示完整、表 2-10)。 2. 內文用民國年及西元年交互表示，較不便利閱讀，是否可統一標示。且內文有出現西元年前標示”民國”二字(例如：2-4 頁第一段第三行出現民國 2011 年 5 月...)，顯係誤植，建請全文檢視後修正。	遵照辦理，相關文字、圖表、頁碼及版面設定等錯誤將逐一修正。
黃奕絲 技士	1. 報告書 p.2-11 四、結論，第(三)點 殘材壩下之深潭在九月後消失，淺瀨則持續增加至十月份之約 90%，但今年 1 月降為約七成。建議標示“去年”九月、“去年”十月，使閱讀上更為清楚。另第(四)點請刪除。 2. 報告書 p.2-20、2-21、2-23、2-24、2-27、2-28、2-29 圖中底質類型所標示之顏色過於接近造成不易閱讀，例如：大型礫石、碎石所代表的顏色過於接近；緩流、急流所代表的顏色過於接近。 3. 報告書 p.2-29 圖 2-49 司界蘭溪放流棲地縱斷面圖，請標示橫座標軸及縱座標軸之單位。 4. 學名請用斜體、內文誤植、錯字或漏字部分請修正，例如：圖 2-54 司界蘭溪現地照片，圖片說明部分，年度有漏字，請修正為 2022 年。	意見 1, 3, 4：將依指示，調整文字或圖說之錯誤、缺漏或誤植部分。 意見 2：除調整底質及棲地類型之顏色外，將嘗試網底設定以增加辨識效果。
于淑芬 課長	1. 報告書 p.2-18 圖解析度太差、很模糊，請修正。	遵照辦理。

	<p>2. 報告書 p.4-14 殘材壩拆除前後監測部分，依據研究 2021 年 10 月改善後蟲量下降，2022 年 1 月即恢復，但 2022 年 4 月又再下降，但同時期七家灣溪之蟲量亦為下降，是否為洪水原因？</p>	<p>謝謝委員意見。3 月底至 4 月初持續降雨，因此 4 月進行採樣時流速快所致，武陵地區的蟲量呈現下降。修改說明請詳見報告書 p.4-12。</p>
	<p>3. 報告書 p.5-40 建議為 4 號壩全部拆除，拆除方式應避免水流沖擊吊橋橋墩或附近溪岸。</p>	<p>目前拆除方式以全數拆除到底為主要試驗方式，並觀察水流在常流量時及大水時之沖淤變化。</p>
<p>張維銓 處長</p>	<p>1. 本案跨領域且基於兩位委員的意見，請主持人及研究團隊就資料分析和編排部分，再多花時間進行整合工作，並於呈現於期末報告。</p>	<p>遵照辦理。</p>

期末審查視訊會議委員意見回覆表

貳、會議時間：111 年 12 月 14 日(三)下午 1 時 45 分

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.本篇期末報告跟期中報告很多部分都非常相似，尤其是英文摘要一模一樣，所以很多事情期中就已經完成了？期末不需修正？	已更新如 P.XIX~XXI 所示。
	2.從去年的期末意見，到今年的期中意見，我一直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。期中意見回覆是遵照辦理，已重新製作共同採樣站位置圖，參見圖 1-3。p.11 的圖 1-3 和期中及去年的都一樣，是水質採樣地點位置圖，例如表 1-1 的 8 個永久樣站#14 羅葉尾溪測站就找不到，這樣一個統合的圖有很難製作嗎？	誤植舊圖，已更新共同測站之編號及空間位置圖如 P.11 所示。
	3. 本報告是國家公園的研究報告，我之前就有提過生物的學名要用斜體，可是目前大部分都沒有注意到。	遵照辦理，已於定稿送印前確認調整。
	4.物理棲地型態的定義為何？從表 2-2 看到是以福祿數為主。但是昨天的新年度計畫把汪老師的定義也加進來，所以未來要考量汪老師的定義嗎？	物理棲地型態仍以以福祿數為判斷基準，2023 年計畫服務建議書係說明其他判斷方式。
	5.p.29 表 2-13 中為什麼只有 2022 年 1 月的資料，沒有最近的部分？另外簡報 p.35-38 對各測站中潭瀨比例及底質粒徑比例的比較等資料，都沒有在報告中呈現。簡報 p.40 及 41 的防砂壩改善後河道坡度變化的資料也沒有在報告中呈現。	各測站之深潭棲地與大小礫石之面積比例已更新至 2022 年 10 月，如表 2-11 與表 2-12；表 2-14，高山溪防砂壩改善前後各河段之坡度變動，已補充於 P.29。
	6. 水質監測部分是否也有參考物理棲地所提出的四個重大水文事件，是否對於水質有相對程度的影響？還是主要和乾旱事件有比較大的影響。	強降雨與乾旱對溪流水質都有顯著的影響，影響延時約在一至兩周。團隊 1 年進行 4 次採樣，今年 2 月採樣時有些微降雨，經參考葉老師團隊整理的降雨雨資料，雨量較大的月份是 5 月、9 月、10 月，但並非水質團隊進行採樣時間，故今年未紀錄到水

		文事件對水質的影響；但因過去執行多年的水質調查，可以發現像是濁度、硝酸鹽、磷酸鹽及總有機碳等會因強降雨濃度立即升高；未來若記錄到水文事件對水質之影響將於報告中討論說明。
	7. 昨天的評選中說到櫻花鉤吻鮭的密度和水棲昆蟲數量呈現負相關，廖主任認為這是有問題的，請再說明原因。水棲昆蟲是否也有參考物理棲地所提出的四個重大水文事件，是否對於水棲昆蟲有相對程度的影響？還是主要和乾旱事件有比較大的影響。	1. 將於明年度相關書面資料修正。 2. 臺灣櫻花鉤吻鮭的數量應該是和水棲昆蟲數量呈正比，會再更正。我們今年沒有在物理棲地所提出的四個重大水文事件後馬上進行採樣，但參照先前研究，水棲昆蟲密度每年年初達最高峰，年底為最低，今年也不例外。今年的水文事件，是否對於水棲昆蟲有相對程度的影響？還是主要和乾旱事件有比較大的影響，有待日後台電的流量資料公布後再進行分析。
	8. 管理處與計畫團隊目前對資料庫開放的態度為何？完全開放還是仍有疑慮嗎？部分開放可以嗎？	將再與管理處確認開故意願。
	9. 防砂壩改善水工模型試驗部分：p.193 的重要發現還是和期中報告一樣，事實上前面二十多頁都和期中報告一樣。水工模型試驗的目的是什麼？從結果來看主要是沖刷、淤積及坡度變化的情形，大家比較關心的棲地變化是未來的工作項目？	感謝委員指整，此部分已經修正，本次試驗目標透過物理模型試驗了解壩體拆除後土砂對下游沖淤的影響，棲地部分則可透過沖淤的結果了解斷面的變化
	10. p.216 中的沖刷及淤積的深度的正負值，請再說明清楚。	有關表內正負值已補充說明 P222
	11. 承辦有說到如科普文章等工項，不用放在期末報告中？	科普文章及照片等工項已於期末分別提繳相關電子檔，未編排於期末報告書中。
	12. 文字編排問題（僅列部分）。	遵照辦理，已於定稿送印前多次勘校。
	13. p.6：有 5 個 HIS，應是 HSI。	已統一修正如 P.6 所示。
	14. p.8：雨量資料只到 6 月 25 日？	已修正為最後定稿彙整日之數據，如 P.8 所示。
楊正雄 委員	《計畫資料整合》 1. 計畫整合摘要可視為是本計畫整體的摘要成果，建議精要呈現，特別是重要發現建議條列式，且文字更精簡呈現，方便閱讀與理解。另棲地綜合指標（FormosanHSI）使用 2021 年以前族群數量資料獲得成果分析，建議也彙整在報告與摘要之中。【期末簡報呈現方式	遵照辦理，除增列第一章計畫資料整合之討論成果外，亦將各負責老師之成果分別標示並增列成果子項編號，以利說明。參見 P.XVI~XVIII。

	<p>很簡易直觀，且目前報告中有缺少這些結果、圖表呈現或討論，也建議一併增補】</p>	
	<p>2. HEP 中的 HSI 計算定義是透過監測地點的魚類出現與否資料及地點所在棲地或物化因子比較計算，反映其出現機率。本計畫依循官 (2017) 文獻定義使用，過往曾提出修正此方法的原因及定義差異不同問題如何解決？例如：(1) SI 計算需要該物種實際有/無分布資料及其考量環境因子的資料搭配，不合適平均數值呈現；(2) 原本的 SI 利用物種有/無資料作為統計區間的計算基準，但應用是使用區間計算存活面積（或體積）隨外在環境變動的增減，並非與物種出現有/無直接相關；(3) SI 呈現應該具有收斂性，目前多個指標都呈現發散，顯示當數值越高，鮭魚的可利用數量會越多，在邏輯上是合理，但實際上並不可能，因此這些項目可能不合適納入在 HSI（最適合曲線）中，或是必須補充 SI 兩端資料數。(4) 圖 1-9 顯示，FHSI 與鮭魚密度對應在 2014 夏-2016 夏季之間資料對應良好，但似乎與 2021 年 10 月調查結果有頗大差異？是否表示目前此評估方法無法有一致性的呈現？</p>	<p>1. 為回應委員建議需有一綜合各調查成果之表達方式，故嘗試將團隊於 2017 年建構 FormosanHSI 呈現各樣站之臺灣櫻花鉤吻鮭生存棲地適合度。由於相對完整之 2021 年資料並無法有效對應綜合指標 HSI 與鮭魚數目之關聯，故於獲得完整 2022 年資料並進行分析比較後，將再討論此指標之適用性或修正方式；</p> <p>2. 若需進行修正，將充分考量委員所提各注意事項。</p>
	<p>3. 經常出現「臺灣臺灣」接續櫻花鉤吻鮭，應該是文字替換錯誤，建請逐一檢查後修正。另部分錯別字亦請檢查後修正，如：羅頁尾溪 (p.23)。</p>	<p>遵照辦理，已於定稿送印前確認調整。</p>
	<p>《物理棲地》</p> <p>1. 本計畫流速測定結果因為和 Fr 數應用於判斷中型棲地有關，因此建議應謹慎進行，SVR 流速計表面流速修正係數已有實測的 0.76，建議可以此數值為主，不見得需要使用文獻引用的 0.85，並建議應該在歷年比較分析上，也同步修正過往測量結果及棲地判斷比例。另個人依據文獻與經驗猜測，主流與支流環境的修正係數可能會有不同，因此建議除了目前操作過的高山溪四號壩上游地點之外，也建構流量或環境明顯有差異地點，確認其是否一體</p>	<p>(1) 相對於下游河床之平整底床，上游河道因其底質多有粗礫而易形成不規則流向之局部亂流，故其水中量測數據較不穩定；且由於獲致重要棲地因子資訊之過往生態系統模式，皆以表面流速成果進行分析，故建議維持原量測方式；</p> <p>(2) 明年度將再進行一、兩處流速比對觀測分析。</p>

	<p>適用或是個別都有合適的係數參數。</p>	
	<p>2. 前次建議棲地因素長時間尺度環境分析，已有採納具體呈現在報告中。十分感謝，個人認為這樣的分析成果可以擴大目前各次調查成果的應用性與長時間尺度的變化狀況，值得肯定。表 2-14 缺漏，請補上。高山溪歷年坡降分析得出各壩上游坡度需要 7-9 年的時間才能恢復（？）或接近改善前坡度，建議再延伸闡述其應用（例如對於過往拆壩討論中主管機關特別重視的淤沙量及棲地變動等有何影響？）。又例如：礫石比率與前 3 個月降雨狀況有較高關聯等結論，未來也可建議可再做釐清，確認各樣站中是否有單一樣站其相關性特別高（因為雨量資料僅會有區域資料，但礫石比例是各站次會有不同的），可作為未來管理參考之用。</p>	<p>(1)表 2-14，高山溪防砂壩改善前後各河段之坡度變動，已補充於 P.29； (2)彙整高山溪各壩改善後上游坡度慢慢恢復到改善前之坡度條件或漸趨穩定所需時間，與林幸助等(2018)群體計畫中針對七家灣一號壩體改善後之生態調查成果相似，相關說明已補充於 P.23-24； (3)礫石或深潭比率與前 3 個月降雨狀況之關聯，明年度計畫將持續分析釐清。</p>
	<p>《防砂壩水工模型》 1. 錯別字或無意義的字，請自行檢查刪除或修正。例如 p.215 的府壩？p.222 的冠建在？</p>	<p>感謝指正，相關錯別字已修正 P222 及 P230</p>
	<p>2. 建議在總計畫或子計畫緣起中補充設定優先拆除七家灣溪 4 號壩的原因或是文獻來由（例如林幸助老師之前透過模擬分析的成果建議等）。</p>	<p>感謝指正，相關緣由補充在研究緣起 P199 及 P202。</p>
	<p>3. 請說明現地調查中 4 號副壩已完全破裂的狀況？目前所提供照片（p.200 照片中）高度似乎仍然存在，仍然是無法越過的高度障礙。</p>	<p>四號壩及其副壩僅有局部破損，僅有五號壩是右岸破損</p>
	<p>4. 水工模型試驗設置與水理模擬另涉及專業，建議可於評估工作完成後，另案召集更多水利與工程專家，與生態方面專家共同討論，做為更周全考量其影響並評估可行性。</p>	<p>感謝指教，此部分尊重主辦單位之決策處理。</p>
	<p>5. 阻力相似條件（p.201）與粗糙度比尺（表 6-3，p.204）是否即指曼寧係數？如果是的話，目前透過粒徑分析建立模型重力與阻力，但目前除底部之外，是否有考慮到側面的阻力？因為看到模擬兩岸是使用塑膠布，和一般常見模型使用的材料相比，其縮比是否可以如實反映？</p>	<p>粗糙度縮尺主要透過粒徑反映</p>
	<p>6. 測試使用的 Q10 與 Q50 實際流量數值為何？約等於本地區流量的哪個時期</p>	<p>相關引用說明已補充在 P210 上模型的沖淤趨勢說明，但是在放大縮尺成</p>

	<p>(或特定颱風事件)? 【口頭報告有提到,但建議將 Q10 接近常流量, Q50 超過 2014 年颱風流量的說明補充在報告內】另外為了讓報告結果貼近實際狀況,是否可把目前已縮尺方式建構模型所實驗結果,再以 scale up 方式呈現在結果說明?例如:特別是時間(測試時間對應得到的實際時間)及不同條件下設定的輸砂量多少(測試結果輸砂量對應預期的實際輸砂量)等。</p>	<p>果,坡度的變化、沖刷深度等以改變之百分比做討論,較能反映現況。</p>
	<p>《水質監測》 1. 期中報告回應的 p.3-23 無法在報告中找到對應位置,請修正。</p>	<p>期中報告回應的 p.3-23 無法在報告中找到對應位置頁碼,係因報告彙整後改變頁碼呈現方式,經比對確認應該是在期末報告的 p.47。</p>
	<p>2. 七家灣溪重要濕地保育水質標準之修正建議章節中所提保育措施建議 (p.65) 共有 4 項建議,個人認為是本項子計畫最重要成果之一,建議應納入在結論與建議章節中。並就實際可操作面向與其他共管單位討論【透過共管與經費分攤機制應該可以有預期效果】。</p>	<p>4 項關於如何進行水質管理或施工所使用的防濁幕,原以較精簡的文字,撰寫於期末報告初稿中的立即可行的建議中,期末報告修正稿改為條列式撰寫,以凸顯建議內容。</p>
	<p>3. 報告提到使用 TOC 項目取代 BOD 標準 (表 3-4, p.71), 因 BOD 為一般環保署要求並進行長期監測的項目,但此項目通常會有樣品保存與分析的問題,想請教老師此項替代是否適用在多數水質檢測要求?</p>	<p>關於 TOC 和 BOD 的換算,因不同環境條件差異相當大,一般在污水處理廠中,因有機物濃度高,以及生物可分解與不可分解比例已有許多資料參考,故兩者之相關性較好;武陵地區則相對困難,因此處溪流中有機物濃度非常低,不容易做直接的轉換。TOC 主要用在污染比較低的水質條件,如自來水水源水質分析也是用 TOC 分析去取代 BOD 或 COD。</p>
	<p>4. 水質監測項目繁多,長期資料合併呈現常不易閱讀,建議在討論分析上仍盡量搭配統計(例如:盒鬚圖等)呈現。 【例如:簡報中用來解說殘材壩拆除前後比較的圖表與說明】</p>	<p>將殘材壩拆除前後比較的圖表與說明,新增於報告 p.123~129,圖 3-83~95,後續如有相關分析討論,也會盡量以盒鬚圖等比較圖表呈現。</p>
	<p>《水棲昆蟲研究》 1. 水生昆蟲目前分析多以棲地角度切入,但子計畫成果報告中多處都有提到或引述官老師團隊水質監測的數據。請教水生昆蟲與水質參數之間的關聯性?以及是否與哪些水質項目較有關連?</p>	<p>報告書 p.134 我們曾經做過歷年來鮭魚和水蟲密度、水質因子的分析,彙整 2004-2015 年共 12 年的資料,以 6 月和 10 月鮭魚數量和水蟲密度、pH、溶氧、導電度、濁度、水溫、雨量、流量去分析,分析的結果鮭魚數量和水蟲密度成正相關,是主要的因子,除此之外還有導電度、pH、濁度、水溫,是未來在研究臺灣櫻花鉤</p>

	<p>2. 高山溪二號壩下游測站為因應殘材壩拆除設置的臨時樣站，拆除前後調查結果顯示目前水生昆蟲種類、數量、大型食餌種類及生物量等多已提高（恢復？），但如果依據監測時間較久的高山溪測站資料顯示（圖 4-8~4-11, p.157-159），拆壩前似乎高山溪測站的水生昆蟲各項指標都是低於歷年低值，目前看起來此測站各項指數雖也有提高，但仍屬低值，建議未來拆壩時間的決定除了水文條件之外，也可以參考歷年水質與水生昆蟲監測數量，盡量不要選擇週期性低值。</p>	<p>吻鮭族群變動的主要影響因素。 有關拆壩後水蟲數量 1 年內就回升了，但因為拆壩的時間點是水蟲數量一年的最低點，但拆壩的時間點是管理處決定的時間，我們在拆壩前、後 1 個月進行採樣分析比較，如果未來要持續監測，因高山溪下游測站已有 20 年的數據，建議持續監測。</p>
	<p>3. 報告引述 Warren et al. (2009) 研究成果討論不同種類鮭鱒魚類受洪水季節影響 (p.128)，建議用當年度幼魚 (YOY, young of year) 改成 0 齡，因為當年度幼魚有些研究也會使用 1+ 方式呈現，建議修正比較不會有所誤解。</p>	<p>謝謝委員意見，將再進行修正。</p>
	<p>《生態資料庫更新及維運》 1. 請問目前資料集中的資料目前可有限度使用及閱讀，但連結本身似乎不太容易透過 google 使用關鍵字尋找到(有測試過「武陵地區生態監測及生態模式建立」、「武陵生態模式」、「武陵長期生態」等)，目前網址 wlterm 名稱過於專業，不易聯想，建議可設定容易被搜尋到的關鍵字作為網頁名稱。</p>	<p>因目前網站設定需要輸入帳密才能瀏覽，所以才沒有進到搜尋引擎裡。若網站開放後，應無搜尋相關問題。</p>
<p>廖林彥 主任</p>	<p>1. 今年鮭魚的數量又創歷史新高約 1 萬 5,300 多尾，相關各河段溪流的族群數量會再提供給老師，來進行鮭魚密度的模擬參考。 2. 高山溪在 10 多年前拆了 4 座壩之後，因為有殘材壩今年又進行第 2 次的改善，改善後鮭魚數量變成 400 多尾，之前有 900 多尾，鮭魚數量降低一半，不論是拆壩時機具進入或是拆壩後深潭和緩流減少，均會影響鮭魚族群的生存。葉老師有提到希望有大的水文事件讓深潭裸露、讓棲地復原，但我們看司界蘭溪，在 2000 年保育研討會訂定目標，回頭來檢視雪霸國家公園 30 年來唯一的缺口就是司界蘭溪，其他都已經建立衛星族群，司界蘭溪在 7-8 年前攔砂壩已經破壞了，經過 8-9 年之後 1 個</p>	<p>感謝廖主任提供鮭魚數量，等取得各河段詳細數據後，再進行 HSI 值相關分析。 司界蘭溪並未出現深潭，故如何進行棲地營造將再與廖主任請教討論，目前傾向建議天然材質非永久性存在進行短期營造，國外有以漂流木塑造棲地之研究，必要時將提供相關資訊及建議。</p>

	<p>深潭都沒有，所以我認為深潭是高山溪流中臺灣櫻花鉤吻鮭限制性指標，因此我認為我們應該要積極的保育，而不只是拆壩，應該再加上棲地營造。深潭是流速<45cm/sec、深度>45cm，我們是否能利用石頭、漂流木或人工構造物來做棲地營造？以上提供給老師參考，希望能有棲地營造之建議。</p>	
于淑芬 課長	<p>1. p.XV 摘要內重要發現中，水質條件關鍵，有勝溪兩岸之土地利用方式仍需再研析調整……，請再敘明並放於建議事項中。</p>	<p>有勝溪兩岸之土地係因農作影響水質，相關農作建議已新增於修正報告之建議章節中。</p>
	<p>2. p.XVI 壩體改善水工模型說明部分，不同拆壩程度則泥砂輸出量與現況倍率……說明部分，請再詳加說明。</p>	<p>相關換算倍律以補充在 P. XVII，主要說明可能流況下之可能淤積高度</p>
	<p>3. p.9 表 1-6 近 2 年 Formasan HSI 表，鮭魚密度在 2022 年七家灣溪總計為 1288 尾，但今年度調查數量遠超過此數字，本處再提供今年鮭魚調查數據，再請研究團隊調整計算方式。</p>	<p>遵照辦理，等取得各河段詳細鮭魚調查數據後，再進行 HSI 值相關分析或調整。</p>
	<p>4. 壩體拆除 1/2、2/3 等，跟拆除左岸或右岸有差異嗎？跟以往改善方式不同之理由，請再敘述清楚，並請用手繪圖說明拆除方式較易清楚。</p>	<p>在一開始團隊試驗過以切口壩的形式去模擬，但因為沖出的泥砂遠比全數拆除來得大，因此修改方案。拆除方式示意圖如圖 6-12 所示。</p>
	<p>5. p.222 第 6 章防砂壩改善水工模型試驗 五、結論與建議的第 1 點建議敘述未完整，請再補充說明。</p>	<p>感謝指教，已調整完成，參考 P.230</p>
黃奕絲 技士	<p>1. p.8 表 1-1 近年桃山氣象站之年雨量資料，標註*：2022 年為 1 月 1 日至 6 月 25 日資料，應為誤植，請刪除該段文字。</p>	<p>已修正為最後定稿彙整日之數據，如 P.8 所示。</p>
	<p>2. p.197 圖 6-1 試驗準備工作流程圖，部分文字有被切割，請再重新排版校對。</p>	<p>感謝指教，已調整印刷版面</p>
	<p>3. 報告書中誤植或錯字部分，請再檢視修正。</p>	<p>遵照辦理，已於定稿送印前多次確認修正。</p>
張維銓 處長	<p>本案屬跨領域 整合型計畫，請主持人在計畫整合再多費心，並呈現於成果報告。</p>	<p>遵照辦理。</p>