

# 武陵地區溪流環境及放流棲地監測

雪霸國家公園管理處委託辦理報告

中華民國 109 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

# 武陵地區溪流環境及放流棲地監測

受委託者：逢甲大學

研究主持人：葉昭憲

共同主持人：官文惠、郭美華、端木茂甯

（按姓氏筆劃排列）

## 雪霸國家公園管理處委託辦理報告

中華民國 109 年 12 月

（本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見）

# 目次

目次.....	3
表次.....	5
圖次.....	6
中文摘要 .....	1
<b>ABSTRACT</b> .....	6
第一章 計畫資料整合 .....	1-1
一、計畫緣起.....	1-1
二、計畫目標.....	1-2
三、研究地區.....	1-3
附表 .....	1-6
附圖 .....	1-7
第二章 水文物理棲地調查及崩塌地監測.....	2-1
一、前言 .....	2-4
二、研究方法及過程 .....	2-4
三、研究發現.....	2-7
四、結論 .....	2-11
五、參考文獻.....	2-12
附表 .....	2-13
附圖 .....	2-18
第三章 水質監測.....	3-1
一、前言 .....	3-4
二、材料與方法.....	3-8
三、結果與討論.....	3-10
四、結論與建議.....	3-15
五、參考文獻.....	3-17
附表 .....	3-18
<b>附圖</b> .....	3-32
第四章 水棲昆蟲研究 .....	4-1
一、前言 .....	4-5
二、材料與方法.....	4-9
三、結果 .....	4-13
四、討論 .....	4-17
五、結論與建議.....	4-20
六、參考文獻.....	4-21

附表.....	4-25
附圖.....	4-32
第五章 生態資料庫更新與維運.....	5-1
一、前言.....	5-3
二、材料及方法.....	5-4
三、結果.....	5-6
四、討論.....	5-7
五、結論與建議.....	5-8
六、參考文獻.....	5-9
附表.....	5-11
附圖.....	5-13
附件.....	5-18
期中審查會議委員意見回覆表.....	1
期末審查會議委員意見回覆表.....	8

## 表次

表 1-1 採樣地點地理座標 (資料來源: 本研究資料) .....	1-6
表 1-2 採樣地點地理座標 (資料來源: 本研究資料) .....	1-6
表 1-3 採樣地點地理座標 (資料來源: 本研究資料) .....	1-6
表 1-4 七家灣溪三氣象站之年雨量 (單位: mm) .....	1-6
表 2-1 棲地底質分類表 .....	2-13
表 2-2 各種物理棲地環境指標定義 .....	2-13
表 2-3 收費站樣站內各斷面座標 .....	2-13
表 2-4 有勝溪下游樣站內各斷面座標 .....	2-13
表 2-5 勝光派出所樣站內各斷面座標 .....	2-13
表 2-6 登山口樣站內各斷面座標 .....	2-14
表 2-7 羅葉尾樣站內各斷面座標 .....	2-14
表 2-8 觀魚台樣站內各斷面座標 .....	2-14
表 2-9 一號壩樣站內各斷面座標 .....	2-14
表 2-10 繁殖場樣站內各斷面座標 .....	2-14
表 2-11 各樣站之平均坡降 .....	2-15
表 2-12 武陵地區 109 年 10 月集水區分區崩塌地分析表 .....	2-15
表 2-13 樣站棲地類型百分比 .....	2-15
表 2-14 樣站底質類型百分比 .....	2-16
表 2-15 109 年 10 月共同樣區之流量估算成果(單位: cms) .....	2-17
表 3-1 地面水體分類及水質標準 .....	3-18
表 3-2 歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準(2006.9.6.) .....	3-19
表 3-3 七家灣溪重要濕地保育水質標準 .....	3-19
表 3-4 飲用水水源水質標準(作為自來水及簡易自來水之飲用水水源者) .....	3-20
表 3-5 水體樣品保存 .....	3-20
表 3-6 採樣地點地理座標 .....	3-21
表 3-7 109 年 02 月溶解態分析數據 .....	3-22
表 3-8 109 年 04 月溶解態分析數據 .....	3-24
表 3-9 109 年 06 月溶解態分析數據 .....	3-26
表 3-10 109 年 10 月溶解態分析數據 .....	3-28
表 4-1 2020 年 2 月的水棲昆蟲資源組成及個體數 .....	4-25
表 4-2 2020 年 4 月的水棲昆蟲資源組成及個體數 .....	4-26
表 4-3 2020 年 6 月的水棲昆蟲資源組成及個體數 .....	4-27
表 4-4 2020 年 10 月的水棲昆蟲資源組成及個體數 .....	4-28
表 4-5 2020 年 10 月司界蘭溪下游資源組成及個體數 .....	4-29
表 4-6 2020 年水棲昆蟲資源組成及個體數 .....	4-30
表 4-7 司界蘭溪各項生物監測數值數(2020.10.04) .....	4-31
表 4-8 2018 年~2020 年各測站中大型食餌密度 .....	4-31
表 5-1 通用生態資料格式-計畫資料表 .....	5-11
表 5-2 通用生態資料格式-測站資料表(調查時間地點資料表) .....	5-11
表 5-3 通用生態資料格式-調查資料表(主資料表) .....	5-12

## 圖次

圖 1-1 本計畫團隊成員之調查項目關聯圖 .....	1-7
圖 1-2 本計畫之工作範圍 .....	1-7
圖 1-3 武陵地區土地利用現況 (國土利用調查成果圖, 106 年) .....	1-8
圖 1-4 武陵地區七家灣溪流流域水質採樣地點位置圖 .....	1-8
圖 1-5 羅葉尾溪、有勝溪流流域採樣位置圖 .....	1-9
圖 1-6 山溝、排水溝採樣位置圖 .....	1-9
圖 1-7 水保局土石流防災資訊網公告高山溪為土石流潛勢溪流 .....	1-9
圖 1-8 七家灣溪三氣象站之月雨量分布圖 .....	1-10
圖 2-1 全測站電子光波測距經緯儀 .....	2-18
圖 2-2 撿拾狀況 .....	2-18
圖 2-3 開口樣板量測粒徑 .....	2-18
圖 2-4 SVR 手持式雷達波流速儀量測示意圖 (謝文仁, 2012) .....	2-18
圖 2-5 利用穿越線計算流量之資料示意圖 .....	2-18
圖 2-6 有勝溪各樣站位置圖 .....	2-18
圖 2-7 全河道範圍圖 .....	2-19
圖 2-8 收費站樣站斷面位置圖 .....	2-19
圖 2-9 有勝溪下游樣站斷面位置圖 .....	2-19
圖 2-10 勝光派出所樣站斷面位置圖 .....	2-19
圖 2-11 登山口樣站斷面位置圖 .....	2-19
圖 2-12 羅葉尾樣站斷面位置圖 .....	2-19
圖 2-13 收費站河道縱向高程剖面圖 .....	2-20
圖 2-14 勝光派出所河道縱向高程剖面圖 .....	2-20
圖 2-15 有勝溪下游河道縱向高程剖面圖 .....	2-20
圖 2-16 登山口河道斷面高程剖面圖 .....	2-20
圖 2-17 羅葉尾河道縱向高程剖面圖 .....	2-20
圖 2-18 觀魚台河道縱向高程剖面圖 .....	2-20
圖 2-19 繁殖場河道縱向高程剖面圖 .....	2-20
圖 2-20 一號壩斷面高程剖面圖 .....	2-20
圖 2-21 登山口底質比例 .....	2-21
圖 2-22 登山口棲地比例 .....	2-21
圖 2-23 羅葉尾底質比例 .....	2-21
圖 2-24 羅葉尾棲地類型 .....	2-21
圖 2-25 收費站底質比例 .....	2-21
圖 2-26 收費站棲地比例 .....	2-21
圖 2-27 有勝溪下游底質類型 .....	2-21
圖 2-28 有勝溪下游棲地類型 .....	2-21
圖 2-29 勝光派出所底質比例 .....	2-22
圖 2-30 勝光派出所棲地比例 .....	2-22
圖 2-31 收費站樣站現地照片 (資料來源: 本研究團隊) .....	2-22
圖 2-32 有勝溪下游樣站現地照片 (資料來源: 本研究團隊) .....	2-22
圖 2-33 勝光派出所樣站現地照片 (資料來源: 本研究團隊) .....	2-22
圖 2-34 登山口樣站現地照片 (資料來源: 本研究團隊) .....	2-23
圖 2-35 羅葉尾樣站現地照片 (資料來源: 本研究團隊) .....	2-23
圖 2-36 羅葉尾樣站下游河道中央植生情形 .....	2-23

圖 2-37 七家灣溪全河道範圍 .....	2-23
圖 2-38 觀魚台底質比例 .....	2-24
圖 2-39 觀魚台棲地比例 .....	2-24
圖 2-40 一號壩底質比例 .....	2-24
圖 2-41 一號壩棲地比例 .....	2-24
圖 2-42 繁殖場底質比例 .....	2-24
圖 2-43 繁殖場棲地比例 .....	2-24
圖 2-44 高山溪底質比例 .....	2-24
圖 2-45 高山溪棲地比例 .....	2-24
圖 2-46 觀魚台樣站斷面位置圖 (資料來源:本研究團隊) .....	2-25
圖 2-47 繁殖場樣站斷面位置圖 .....	2-25
圖 2-48 一號壩樣站斷面位置圖 .....	2-25
圖 2-49 觀魚台樣站現地照片 (資料來源:本研究團隊) .....	2-25
圖 2-50 一號壩樣站現地照片 (資料來源:本研究團隊) .....	2-26
圖 2-51 繁殖場樣站現地照片 (資料來源:本研究團隊) .....	2-26
圖 2-52 高山溪現地照 (資料來源:本研究團隊) .....	2-27
圖 2-53 高山溪縱斷面圖 (資料來源:本研究團隊) .....	2-28
圖 2-54 高山溪二號壩殘材移除及壩體改善建議圖 (資料來源:本研究團隊) .....	2-28
圖 2-55 司界蘭溪放流棲地縱斷面圖 .....	2-29
圖 2-56 司界蘭溪底質類型 .....	2-29
圖 2-57 司界蘭溪棲地類型 .....	2-29
圖 2-58 司界蘭溪現地照片 .....	2-29
圖 2-59 司界蘭溪現地照片 .....	2-29
圖 2-60 武陵地區 109 年 10 月集水區分區原始影像圖 .....	2-30
圖 2-61 武陵地區 109 年 10 月集水區分區崩塌地分析圖 .....	2-30
圖 2-62 武陵地區 2012~2014 年新增崩塌地分布 (逢甲大學, 2014) .....	2-31
圖 2-63 七家灣溪共同樣區之河道環境指標變動圖 .....	2-31
圖 2-64 七家灣溪共同樣區之小型礫石以上比例變動圖 .....	2-31
圖 3-1 雪霸國家公園 .....	3-32
圖 3-2 氮素循環過程 .....	3-32
圖 3-3 流程圖 .....	3-33
圖 3-4 武陵地區七家灣溪流流域水質採樣地點位置圖 .....	3-33
圖 3-5 羅葉尾溪、有勝溪流流域採樣位置圖 .....	3-34
圖 3-6 山溝、排水溝採樣位置圖 .....	3-34
圖 3-7 武陵農場遊憩區測站位置圖 .....	3-35
圖 3-8 武陵地區溪流溫度值變化 .....	3-36
圖 3-9 武陵地區溪流 pH 值變化 .....	3-36
圖 3-10 武陵地區溪流導電度值變化 .....	3-37
圖 3-11 武陵地區溪流溶氧值變化 .....	3-37
圖 3-12 武陵地區溪流濁度值變化 .....	3-38
圖 3-13 武陵地區溪流 SiO <sub>2</sub> 值變化 .....	3-38
圖 3-14 武陵地區溪流 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N 值變化 .....	3-39
圖 3-15 武陵地區溪流 NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N 值變化 .....	3-39
圖 3-16 武陵地區溪流 SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 值變化 .....	3-40
圖 3-17 武陵地區溪流 Cl <sup>-</sup> 值變化 .....	3-40

圖 3-18 武陵地區溪流 $\text{PO}_4^{3-}$ 值變化 .....	3-41
圖 3-19 武陵地區溪流 $\text{NH}_4^+$ -N 值變化 .....	3-41
圖 3-20 武陵地區溪流 TOC 值變化 .....	3-42
圖 3-21 一號壩壩體改善溫度值變化 .....	3-43
圖 3-22 一號壩壩體改善 pH 值變化 .....	3-43
圖 3-23 一號壩壩體改善導電度值變化 .....	3-44
圖 3-24 一號壩壩體改善溶氧值變化 .....	3-44
圖 3-25 一號壩壩體改善濁度值變化 .....	3-45
圖 3-26 一號壩壩體改善 $\text{SiO}_2$ 值變化 .....	3-45
圖 3-27 一號壩壩體改善 $\text{NO}_3^-$ -N 值變化 .....	3-46
圖 3-28 一號壩壩體改善 $\text{NO}_2^-$ -N 值變化 .....	3-46
圖 3-29 一號壩壩體改善 $\text{SO}_4^{2-}$ 值變化 .....	3-47
圖 3-30 一號壩壩體改善 $\text{Cl}^-$ 值變化 .....	3-47
圖 3-31 一號壩壩體改善 $\text{PO}_4^{3-}$ 值變化 .....	3-48
圖 3-32 一號壩壩體改善 $\text{NH}_4^+$ -N 值變化 .....	3-48
圖 3-33 一號壩壩體改善 TOC 值變化 .....	3-49
圖 3-34 山溝與七家灣溪測站之溫度值比較 .....	3-50
圖 3-35 山溝與七家灣溪測站之 pH 值比較 .....	3-50
圖 3-36 山溝與七家灣溪測站之導電度值比較 .....	3-51
圖 3-37 山溝與七家灣溪測站之溶氧值比較 .....	3-51
圖 3-38 山溝與七家灣溪測站之濁度值比較 .....	3-52
圖 3-39 山溝與七家灣溪測站之 $\text{SiO}_2$ 值比較 .....	3-52
圖 3-40 山溝與七家灣溪測站之 $\text{NO}_3^-$ -N 值比較 .....	3-53
圖 3-41 山溝與七家灣溪測站之 $\text{NO}_2^-$ -N 值比較 .....	3-53
圖 3-42 山溝與七家灣溪測站之 $\text{SO}_4^{2-}$ 值比較 .....	3-54
圖 3-43 山溝與七家灣溪測站之 $\text{Cl}^-$ 值比較 .....	3-54
圖 3-44 山溝與七家灣溪測站之 $\text{PO}_4^{3-}$ 值比較 .....	3-55
圖 3-45 山溝與七家灣溪測站之 $\text{NH}_4^+$ -N 值比較 .....	3-55
圖 3-46 山溝與七家灣溪測站之 TOC 值比較 .....	3-56
圖 3-47 8.1ha 回收農用地溫度值變化 .....	3-57
圖 3-48 8.1ha 回收農用地 pH 值變化 .....	3-57
圖 3-49 8.1ha 回收農用地導電度值變化 .....	3-58
圖 3-50 8.1ha 回收農用地溶氧值變化 .....	3-58
圖 3-51 8.1ha 回收農用地濁度值變化 .....	3-59
圖 3-52 8.1ha 回收農用地 $\text{SiO}_2$ 值變化 .....	3-59
圖 3-53 8.1ha 回收農用地 $\text{NO}_3^-$ -N 值變化 .....	3-60
圖 3-54 8.1ha 回收農用地 $\text{NO}_2^-$ -N 值變化 .....	3-60
圖 3-55 8.1ha 回收農用地 $\text{SO}_4^{2-}$ 值變化 .....	3-61
圖 3-56 8.1ha 回收農用地 $\text{Cl}^-$ 值變化 .....	3-61
圖 3-57 8.1ha 回收農用地 $\text{PO}_4^{3-}$ 值變化 .....	3-62
圖 3-58 8.1ha 回收農用地 $\text{NH}_4^+$ -N 值變化 .....	3-62
圖 3-59 8.1ha 回收農用地 TOC 值變化 .....	3-63
圖 3-60 羅葉尾溪與七家灣溪溫度值變化 .....	3-64
圖 3-61 羅葉尾溪與七家灣溪 pH 值變化 .....	3-64
圖 3-62 羅葉尾溪與七家灣溪導電度值變化 .....	3-65

圖 3- 63 羅葉尾溪與七家灣溪溶氧值變化 .....	3-65
圖 3- 64 羅葉尾溪與七家灣溪濁度值變化 .....	3-66
圖 3- 65 羅葉尾溪與七家灣溪 $\text{SiO}_2$ 值變化 .....	3-66
圖 3- 66 羅葉尾溪與七家灣溪 $\text{NO}_3^-$ -N 值變化 .....	3-67
圖 3- 67 羅葉尾溪與七家灣溪 $\text{NO}_2^-$ -N 值變化 .....	3-67
圖 3- 68 羅葉尾溪與七家灣溪 $\text{SO}_4^{2-}$ 值變化 .....	3-68
圖 3- 69 羅葉尾溪與七家灣溪 $\text{Cl}^-$ 值變化 .....	3-68
圖 3- 70 羅葉尾溪與七家灣溪 $\text{PO}_4^{3-}$ 值變化 .....	3-69
圖 3- 71 羅葉尾溪與七家灣溪 $\text{NH}_4^+$ -N 值變化 .....	3-69
圖 3- 72 羅葉尾溪與七家灣溪 TOC 值變化 .....	3-70
圖 3- 73 8.1 公頃農用地回收成效溫度盒鬚圖 .....	3-71
圖 3- 74 8.1 公頃農用地回收成效 pH 盒鬚圖 .....	3-71
圖 3- 75 8.1 公頃農用地回收成效 $\text{SO}_4^{2-}$ 盒鬚圖 .....	3-72
圖 3- 76 8.1 公頃農用地回收成效濁度盒鬚圖 .....	3-72
圖 3- 77 8.1 公頃農用地回收成效溶氧盒鬚圖 .....	3-73
圖 3- 78 8.1 公頃農用地回收成效 $\text{NO}_3^-$ -N 盒鬚圖 .....	3-73
圖 3- 79 8.1 公頃農用地回收 $\text{Cl}^-$ 成效盒鬚圖 .....	3-74
圖 3- 80 武佐野群山森林火災影響濁度盒鬚圖 .....	3-75
圖 3- 81 武佐野群山森林火災影響 $\text{SO}_4^{2-}$ 盒鬚圖 .....	3-75
圖 3- 82 武佐野群山森林火災影響總有機碳盒鬚圖 .....	3-76
圖 4- 1 武陵地區溪流水棲昆蟲監測調查測站的相關位置圖 .....	4-32
圖 4- 2 武陵地區溪流測站水棲昆蟲各月數量 .....	4-32
圖 4- 3 武陵地區溪流測站大型昆蟲食餌數量變化圖 .....	4-33
圖 4- 4 武陵地區溪流測站的水棲昆蟲生物量(濕重)變化圖 .....	4-33
圖 4- 5 武陵地區溪流測站水棲昆蟲的 Shannon- Wiener's index .....	4-34
圖 4- 6 武陵地區溪流測站水棲昆蟲的 RBPII 相對分數 .....	4-34
圖 4- 7 武陵地區測站水棲昆蟲的 MDS 分析 .....	4-35
圖 4- 8 一號壩壩體上下游四測站水棲昆蟲的 MDS 分析 .....	4-35
圖 4- 9 各測站蜉蝣目、積翅目及毛翅目 EPT 三目與搖蚊科豐度的比例 .....	4-36
圖 4- 10 羅葉尾溪大型食餌密度變化(2011~2020) .....	4-37
圖 5- 1 系統首頁介面優化 .....	5-13
圖 5- 2 更新計畫簡介資料 .....	5-13
圖 5- 3 介面優化後之物種調查紀錄呈現 .....	5-14
圖 5- 4 介面優化後之物種調查紀錄呈現第二層 .....	5-14
圖 5- 5 介面修復後之水質調查頁面 .....	5-15
圖 5- 6 介面修復後之水質調查頁面第二層 .....	5-15
圖 5- 7 介面優化後之河道斷面調查頁面第一層 .....	5-16
圖 5- 8 介面優化後之河道斷面調查頁面第二層 .....	5-16
圖 5- 9 介面優化後之河道斷面棲地調查頁面 .....	5-17

## 計畫整合摘要

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

### 中文摘要

#### 一、研究緣起

台灣櫻花鉤吻鮭過去遍及大甲溪上游各溪流中，但隨時間之演進，最後僅生存於七家灣溪、高山溪、桃山西溪與北溪等。近年來，雪霸國家公園管理處致力於櫻花鉤吻鮭之復育工作，自民國 98 起開始陸續放流鮭魚，目前放流個體已可於羅葉尾溪棲地自然繁殖，且鮭魚漸往有勝溪移動分布。而雪管處為擴大台灣櫻花鉤吻鮭棲息溪段，增加族群基因交流，於 100 年 5 月完成七家灣溪一號防砂壩改善工程，結果發現原分布於七家灣溪下游的台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。本計畫則為持續監測七家灣溪一號壩壩體改善後對鮭魚生存棲地重要因子，包括水質、溪流物理棲地及水生昆蟲的影響，並同步進行羅葉尾溪、有勝溪棲地水質調查監測，以與歷年監測結果進行動態變化之分析，並比對七家灣溪、有勝溪水質穩定度差異，所收集資料將可建置於歷年監測資料庫。

#### 二、研究方法及過程

針對鮭魚生存之物理棲地，雪霸國家公園管理處自成立以來，持續改善高山溪與七家灣溪內五座防砂壩。在 2006 至 2019 年期間，藉由各校老師及研究團隊共同執行群體計畫，利用生物、物理棲地、河川輸砂模式與化學水質所建立之資料，透過建構生態模式、空間統計或其他多變值分析方法，除描述環境棲地之時空演變過程外，亦瞭解因自然或人為因素造成環境變化而導致生態系之互動關聯。研究結果確認壩體改善除可改善水溫升高與鮭魚族群阻隔之衝擊外，改善壩體後亦使得溪流中粒徑大於 25.6 公分礫石的比例增加，進而提升鮭魚抗颱風洪水之能力。有鑑於壩體改善對河道棲地與底質組成改變有所助益，因此本計畫持續進行以往之長期調查工作，另對有助台灣櫻花鉤吻鮭棲息之有勝溪與羅葉尾溪河道進行環境調查，以期可用於後續棲地評估依據。

監測台灣櫻花鉤吻鮭主要食物來源水棲昆蟲，對棲息環境及水質變化可以提供重要的見解。2011 年 5 月 23-30 日進行七家灣溪一號壩體(高 16.5 m)改善工程，本團隊持續長期監測武陵地區七家灣溪及有勝溪流域壩體改善後溪流水棲昆蟲群集，做為此鮭魚棲息

環境水質評估之生物指標。2020 年的 2 月、4 月、6 月及 10 月於各採樣監測站採集四次，並於待指定放流河段之採樣監測站，至少採樣一次並以快速生物評估法 II (RBP II 指數) 評估武陵地區棲地水質及水棲昆蟲群集結構變動，供管理單位日後評估作業之參考。

### 三、重要發現

經過本計畫以及過往之調查，進行河道高程變動及棲地底質變化比較與分析，調查結果顯示七家灣溪與有勝溪河道沖淤互現，但變動程度並不明顯。而今年度七家灣溪各樣區底質之有利櫻花鉤吻鮭比例，一號壩樣區高於 45%，觀魚台樣區則介於 25% 至 35%，新繁殖場則在 30% 以下。透過 2020 年 10 月衛星影像崩塌地分析，武陵地區之桃山北溪、桃山西溪、七家灣溪及高山溪等四個子集水區中，崩塌地面積以桃山西溪 227.4 萬平方公尺最高，佔子集水區面積的 8.97%。高山溪二號壩口處形成約 4-5 公尺高之殘材堆積，阻斷櫻花鉤吻鮭棲地連貫性，因此針對殘材移除及二號壩現有壩體改善計畫，建議採用小型履帶式挖土機於梅雨季來臨前完成「拆除左翼牆之壩體」施作，以降低對棲地之干擾與破壞。

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。上半年度觀察之測站濁度皆均低於 1 NTU，除一號壩下游，因今年度周邊施工，造成些微濁度上升，但在一至二週內即可恢復至溪水初始水質狀態，顯示水質變化在短時間內即可恢復正常。截至目前各項水質監測結果顯示均已近似往年之變動趨勢。山溝及排水溝之硝酸鹽氮與磷酸鹽濃度仍高於七家灣溪測站，但濃度近年逐漸降低。露營遊憩區鄰近之山溝排水溝測站與七家灣溪測站。8.1 公頃回收農用地之歷年監測結果觀察到 99 年之後，桃山西溪(#2)、二號壩(#3)及觀魚臺(#4)三測站硝酸鹽氮濃度差距幅度明顯從 2.2 mg/L 縮小至 0.1~0.5 mg/L 之間，顯示該區域氮鹽濃度逐漸穩定，農地回收確實達到一定成效。羅葉尾溪與七家灣溪今年監測結果，可以發現有勝溪(#9)、有勝溪下游(#204)有較高的硝酸鹽氮與導電度，與農耕施作導致該區導電度與營養鹽濃度高於其它溪流有關。司界蘭溪下游(#11)與羅葉尾溪與有勝溪流域相比，導電度較羅葉尾溪上游羅葉尾溪放流點(#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，司界蘭溪今年採樣時觀察到河床工程作業，可能是造成濁度上升之原因。109 年 6 月武佐野群山發生森林火災對有勝溪和羅葉尾溪流域的影響，由分析結果及歷年平均盒鬚圖可以得知，與歷年數據差異不大，影響程度不高。

本年度採樣調查水棲昆蟲共計有 67 分類群(taxa)，分屬 6 目 38 科。由連續多年數據

(2003 至 2020 年)看出，水棲昆蟲密度及大型昆蟲食餌，幾乎以每年年初為高峰，然 2017 年及 2018 年以 4 月及 10 月為高峰，2019 年回復為年初高峰且創新高，2020 年 2 月或 4 月為高峰。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) 評估武陵地區棲地維持在無損害與中度損害，多元尺度分析(MDS)顯示桃山西溪(七家灣溪上游)、七家灣溪及高山溪的水棲昆蟲群集結構變動具相同傾向，且於 2009~2020 年有勝溪收費口測站與其他測站群集結構相近。2011 年一號壩壩體改善工程對七家灣溪的水棲昆蟲群集產生約 2.5 個月的短期負面直接影響，長期效應約為 4 年，近幾年已顯現空間效應。我們嘗試利用連續 18 年 786 筆的大型食餌密度數據訂出此地區溪流生態系的水棲昆蟲長期監測指標為 500 個體數/平方公尺。司界蘭溪下游測站於 2020 年 10 月採獲 34 個分類群 (Taxa)，分屬 5 目 20 科。水蟲密度為 3250 (個體數/平方公尺)，大型昆蟲食餌密度為 1150 (個體數/平方公尺) 且高於長期效應指標(1000 個體數/平方公尺)；生物量 3407(毫克/平方公尺)；多樣性指數值為 2.9 且高於 2005 年 8 月至 2012 年 10 月司界蘭溪下游之範圍(在 1.3~2.4 之間波動)；棲地評比 0.87 為無損害。

本年度共新增水生昆蟲資料 1,335 筆，水質資料 77 筆，河道地形資料 952 筆，及河道棲地類型資料 543 筆，另因補充鑑定而增加 107 年及 108 年水生昆蟲資料 1,056 筆。介面優化方面，本年度除更新年度計畫資料，亦完成物種分類資訊更新、修正表格及地圖連結、補充測量單位資訊及測站代碼轉換，並增加多個欄位排序及搜尋功能以加強資料查找便利性，以及優化資料呈現邏輯等。關於生態資料庫建構，立即可行的建議是豐富生態資料庫呈現與開放資料，以及增加保育物種標記與納入敏感資料開放作業原則；中長期則建議建立長期生物多樣性監測網及監測資料管理系統。

#### 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：高山溪二號壩口殘材阻斷櫻花鉤吻鮭洄游通道，破壞高山溪棲地連貫性，針對殘材移除及二號壩現有壩體改善計畫，建議採用小型履帶式挖土機於梅雨季來臨前完成「拆除左翼牆之壩體」施作，以降低對棲地之干擾與破壞。

(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

## 第一章 計畫資料整合

度、亞硝酸鹽氮、硝酸鹽氮等濃度濃度上升，除了近年雪管處與武陵農場管制遊客數、妥善管理汙水處理設施外，建議仍應維持積極管理、提倡綠色旅遊、推廣有機栽作，並選擇適當工法、季節與天候狀況，加強施工廢水管理，避免擾動溪流，降低對武陵地區溪流水質之影響。

(3) 主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：國立中興大學昆蟲學系

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

(4) 主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：中央研究院生物多樣性研究中心

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

## 2. 長期建議：

(1) 主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：武陵農場

建議事項：水質監測基本項目應包括水溫、導電度、濁度與 pH 值，若能輔以每季採樣分析 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、NO<sub>2</sub><sup>-</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>及總有機碳濃度，則可完整掌握水質變化情形。

(2) 主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：國立中興大學昆蟲學系、中央研究院生物多樣性研究中心

## 第一章 計畫資料整合

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

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

## ABSTRACT

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

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

Biological monitoring of aquatic insects can provide important insights into changes in stream water and habitat quality. To protect the habitat of the Formosan salmon, programs to monitor stream quality using aquatic insects. One check dam, with a height of 16.5 m, was present within our study area in the Cijiawan Stream watershed. The dam was demolished and removed by excavators from 23-30 May 2011. The main goal of this research includes long-term monitoring of aquatic insects in reaches downstream of a check dam after it was removed. The surber sampler will be used to collect six samples of aquatic insects along the Cijiawan and Yousheng streams at the stations at February, April, June, and October, respectively. Except for one undecided release site of hatched salmon, this project will collect six samples of aquatic insects along the streams once. The rapid bioassessment protocol II (RBPII), a reliable method for assessing water quality, will be also used to show the composition similarity among site-time samples, the plot indicated that the community structures of Cijiawan Stream. Furthermore, it can provide the Management Department of Shei-Pa National Park the guideline for the preservation of the *Oncorhynchus masou formosanus* in Cijiawan and Gaoshan Streams.

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

### 研究計畫項目分工

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

## 第一章 計畫資料整合

### 一、計畫緣起

臺灣臺灣櫻花鉤吻鮭 *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 年前整個大甲流域上游支流均可見到鮭魚的蹤影，但如今魚群數量大幅減少，自然分布範圍只侷限於武陵地區七家灣溪、高山溪與桃山北溪。因此在學術價值上，如古生物地理學、古氣候學、生物型態分類學及演化生態學上，隨著學者研究的深入，而受到全球矚目，一致公認此鮭魚與世界上有活化石之稱的「腔棘魚」相提並論(汪，1994;林等，2008; 雪霸公園網頁)。

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

武陵地區七家灣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巨，故有持續監測該地水質變化之必要性。雪霸國家公園管理處於 98-104 年陸續於司界蘭溪、羅葉尾溪等臺灣櫻花鉤吻鮭歷史棲地進行鮭魚放流及環境監測，目前放流個體已可於羅葉尾溪棲地自然繁殖，且鮭魚往有勝溪移動分布(林等，2012)。為擴大臺灣櫻花鉤吻鮭棲息溪段並增加族群基因交流，於 100 年 5 月完成七家灣溪一號防砂壩改善工程，結果發現原分布於七家灣溪下游的臺灣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)。

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、野火等自然環境條件對溪流環境之影響。並為利後續移地復育之工作執行，進行放流棲地(今年度之司界蘭溪)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，並研擬臺灣臺灣櫻花鉤吻鮭之保育措施及武陵地區經營管理策略。

## 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臺灣櫻花鉤吻鮭族群數量遽減 1/3 左右，但由於大石邊際層阻抗水流進而提升鮭魚抗颱風洪水之能力。林幸助等(2018)認為判斷生態系統在經過復育管理後是否成功，可以透過長期監測資料定義不同區域的復育標準。因此，物理棲地穩定標準可以透過濁度狀態判斷，拆壩後曾高達 600 NTU，但持續時間短；一般洪水事件高達 100 NTU，但持續時間長；水質復育標準以歐盟訂定鮭、鯉魚之水質標準為依據；水棲昆蟲依循溪流生物快速指標 EPT(蜉蝣目、襉翅目以及毛翅目與搖蚊之相對豐度作為標準，建議>75 為河川的復育標準。

由於七家灣溪溪流生態系主要的驅動因子為降雨量；當降雨量增加時，溪流流速會加快，流況變動程度則會影響底質組成，底質組成改變後會影響溪流內的生物類群，進而影響食物網的運作(林等 2018)。農業活動會直接影響多項水質指標，但在此水質干擾因素在 8.1 公頃回收後已顯著降低；但武陵地區產生水質影響的遊憩行為多來自於露營行為，根據團隊 107 年 7 月實施武陵農場露營地之現場勘查(林等 2018)，經發現露營地之污水經污水處理後，會藉由山溝之上游，間接流入七家灣溪流中。雖去年在旅遊旺季時所測得數據皆有較大的浮動，故研判山溝的水質有機會因旅遊的人潮有機會影響到七家灣溪。有鑑於武陵地區歷年來相關七家灣溪研究計畫之目的皆環扣於鮭魚的生存和數量，因此本計畫將持續針對包含七家灣溪、高山溪、有勝溪、羅葉尾溪，以及今年度放流區-司界蘭溪進行流水水質、河道物理棲地，及水棲昆蟲之分析與評估。同時，本計畫在持續進行以往之長期調查工作外，並將計畫監測調查資料整合匯入至指定資料庫及系統，已期可用於後續棲地改善之評估依據；利用河川生態系單元之互動關聯圖，可顯示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。

**本計畫具體目標包括：**

- (一) 彙整本處歷年監測資料，包括溪流水質、水棲昆蟲群集、溪流物理狀況等長期監測指標，以持續掌握武陵地區七家灣溪、高山溪溪流等環境因子狀況，並評估降雨、遊憩行為等對溪流環境之影響。
- (二) 持續建立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，作為訂定臺灣臺灣櫻花鉤吻鮭保育措施與武陵地區經營管理策略之參考。

**本計畫之工作項目則包括：**

- (一) 監測武陵地區溪流水棲昆蟲群集物種數及個體數與歷年動態變化之分析。
- (二) 監測武陵地區溪流水質與歷年動態變化之分析，至少需包括水溫、pH、導電度、濁度、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、NO<sub>2</sub><sup>-</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>及總有機碳濃度等項目。
- (三) 溪流物理棲地與歷年動態變化之分析，至少需包括流速、流量、河道斷面、棲地底質與棲地類型等。
- (四) 將所收集水棲昆蟲群集與溪流環境資料作整合分析。
- (五) 將本案調查資料匯入武陵地區生態資料庫。
- (六) 監測武陵地區七家灣溪、高山溪溪流等環境因子狀況，並評估降雨、遊憩行為等對溪流環境之影響。
- (七) 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) 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**錯誤! 找不到參照來源。**。武陵地區包括七家灣溪、有勝溪、高山溪三大主要水系，七家灣溪為大甲溪上游的主要支流，由北方的桃山西溪與桃山北溪匯流而成，並在下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。本區乾、濕季明顯，年降雨量約為 2,593 毫米，降雨集中於每年的 3~10 月，而以月平均降雨量大於 100 毫米加以劃分，屬於特濕期；另自 11 月後降雨明顯減少，至翌年 2 月為乾季，係屬相對潮濕期，亦是較常發生森林野火之時段。目前武陵地區內土地利用情形，包含人工林、天然林、草生地、河川地、裸露地、農業使用及竹林等，如圖 1-3。主要的經濟活動為農業、露營場之營運、武陵遊憩區之住宿服務與農特產品之銷售。武陵農場原係為安置退伍單身榮民，歷經 40 多年，已經演變成兼具農業生產、觀光休閒以及生態保育功能的農場，而目前武陵農場生產之農產品以溫帶水果及茶葉為主。

2005 年 WALTER 計畫曾設立生態環境之監測系統與永久測站，因此七家灣溪流域共設置八個測站，分別為：桃山西溪(#2)、二號壩(#3)、觀魚臺(#4)、繁殖場(#5)、高山溪(#8)、

有勝溪(#9)、一號壩上游(#12)、一號壩下游(#13)，採樣點代號，沿用雪管處歷年監測資料庫之編碼，如圖 1-4 與表 1-1 所示。

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，如圖 1-5 與表 1-2 所示。

為監測七家灣溪上游右岸農地回收、露營區與花海對七家灣溪水質之影響，特於右岸中游之山溝與排水溝設置七個採樣站，進行採樣與水質分析。圖 1-6 與表 1-3 為採樣位置圖。此外，將配合雪管處針對臺灣櫻花鉤吻鮭歷史棲地之放流河段，至少進行 1 次放流棲地之環境調查，今年度實施位置為七家灣溪下游之司界蘭溪。

今年度(2020)出現於武陵地區之相關環境事件或管理訊息，主要為 6 月武佐野群山發生森林火災對有勝溪和羅葉尾溪河流域的可能影響，而本計畫水質調查分析結果顯示相關數據與歷年數據差異不大，故可以得知武佐野群山火災影響不高。其次，為解決武陵隘口路幅狹窄，行人通過隘口易發生人車爭道危險之問題，武陵農場於今年復建跨越七家灣溪之吊橋，於 6 月完工並命名為「京華橋」。此外，七家灣溪支流高山溪被農委會水土保持局編定為高潛勢等級的溪流型土石流潛勢溪流，編號為中市 DF038，如圖 1-7 所示(<https://246.swcb.gov.tw/Info/DebrisPortfolio?debriso=%E4%B8%AD%E5%B8%82DF038>)。

氣象局自 2016 年起於七家灣溪集水區境內之雪山東峰、雪山圈谷、桃山陸續設置氣象站，由於資料歷史僅約四年，雖然尚無法獲致具有統計意義之頻率分析，而從設站至 2019 年底之各月降雨量分布圖(如圖 1-8)可發現三站之各月降雨量不儘相同，然年度豐枯波動趨勢越相當一致；且從表 1-4 之年雨量數據可知，雪山圈谷之降雨量相對較高，桃山次之，雪山東峰較少。

#### 四、參考文獻

- 汪靜明，1994。子遺的國寶－臺灣臺灣櫻花鉤吻鮭專集。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 官文惠，2019。武陵地區溪流生態系評估與保育對策研議，第四章水質研究。內政部營建署雪霸國家管理處委託研究報告。
- 官文惠，2020。武陵地區溪流環境及放流棲地監測，第三章物理棲地研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 林幸助、徐崇斌、葉昭憲、官文惠、彭宗仁、高樹基、蔡尚惠、郭美華、楊正澤、葉文斌、吳聲海、曾晴賢、孫元勳、邵廣昭。2009。武陵溪流生態系長期生態研究與生態模式建構。國立臺灣博物館學刊，第 62 期，213-223 頁。
- 林幸助、吳聲海、官文惠、邵廣昭、郭美華、曾晴賢、葉昭憲。2010。武陵地區生態系長期監測與研究。雪霸國家公園管理處委託研究報告。
- 林幸助、王筱雯、吳聲海、官文惠、邵廣昭、孫元勳、郭美華、曾晴賢、楊正澤、葉昭憲、蔡尚惠，2011。武陵地區溪流生態系長期暨整合研究。內政部營建署雪霸國家管理處委託研究報告。
- 林幸助、王筱雯、吳聲海、官文惠、邵廣昭、孫元勳、郭美華、曾晴賢、楊正澤、葉昭憲、蔡尚惠，2012。武陵地區溪流生態系及七家灣溪一號壩防砂壩體改善後研究。內政部營建署雪霸國家管理處委託研究報告。

## 第一章 計畫資料整合

林幸助、吳聲海、官文惠、孫元勳、郭美華、曾晴賢、葉昭憲、端木茂甯，2018。武陵地區溪流生態系評估。內政部營建署雪霸國家管理處委託研究報告。

林幸助、吳聲海、官文惠、孫元勳、郭美華、曾晴賢、葉昭憲、端木茂甯，2019。武陵地區溪流生態系評估與保育對策研議。內政部營建署雪霸國家管理處委託研究報告。

雪霸國家公園編印，2000。雪霸國家公園自然資源研究方向芻議-歷年保育研究計畫總檢討。

曾晴賢，2012。武陵地區溪流生態系及七家灣溪一號壩防砂壩體改善後研究。第六章臺灣臺灣櫻花鉤吻鮭族群監測與動態分析。內政部營建署雪霸國家管理處委託研究報告。

農委會、特生中心、營建署及雪霸公園管理處編印，2000。臺灣櫻花鉤吻鮭研究保育研討會論文集。

## 附表

表 1-1 採樣地點地理座標 (資料來源：本研究資料)

站號	站名	溪流	地理座標 (經緯度)
測站2	桃山西溪	桃山西溪	E 121.30750 N 24.39804
測站3	二號壩	七家灣溪	E 121.31012 N 24.38214
測站4	觀魚臺	七家灣溪	E 121.31191 N 24.36768
測站5	繁殖場	七家灣溪	E 121.31382 N 24.35446
測站8	高山溪	高山溪	E 121.30897 N 24.35813
測站9	有勝溪	有勝溪	E 121.31030 N 24.34752
測站11	一號壩上游	七家灣溪	E 121.31163 N 24.36384
測站12	一號壩下游	七家灣溪	E 121.31173 N 24.35979

表 1-2 採樣地點地理座標 (資料來源：本研究資料)

	站名	溪流	地理座標 (經緯度)
測站201	羅葉尾溪放流點	羅葉尾溪	E 121.34758 N 24.39468
測站202	南湖登山口	有勝溪	E 121.35241 N 24.39180
測站203	勝光	有勝溪	E 121.34144 N 24.36905
測站204	有勝溪下游	有勝溪	E 121.32397 N 24.35185

表 1-3 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)
A3	山溝 中	桃山西溪	E 121.30775 N 24.37723
A4	山溝 中支	桃山西溪	E 121.30778 N 24.37707
A5	山溝 中下	桃山西溪	E 121.30813 N 24.37743
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
B3	排水溝 前	桃山西溪	E 121.30919 N 24.37585
B4	排水溝 後	桃山西溪	E 121.30993 N 24.37484

表 1-4 七家灣溪三氣象站之年雨量 (單位：mm)

資料年度	雪山東峰	雪山圈谷	桃山
2016	959	922	1361
2017	2552	3492	2881
2018	1705	1535*	2027
2019	2713	3252	2871

\*：2018 年二月至四月無資料

附圖

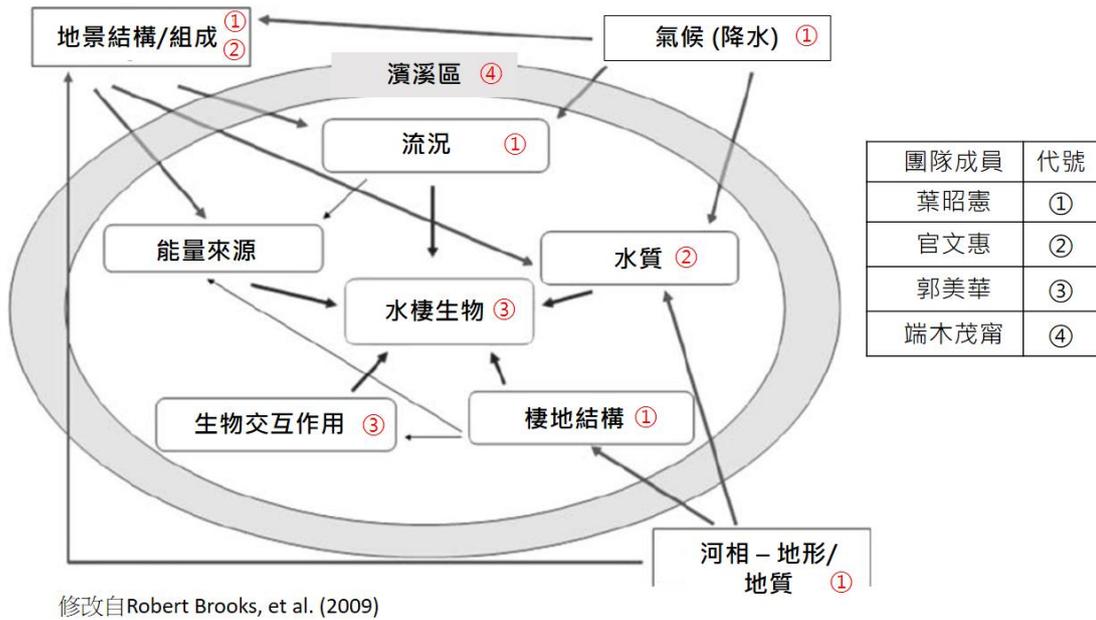


圖 1-1 本計畫團隊成員之調查項目關聯圖



圖 1-2 本計畫之工作範圍

第一章 計畫資料整合

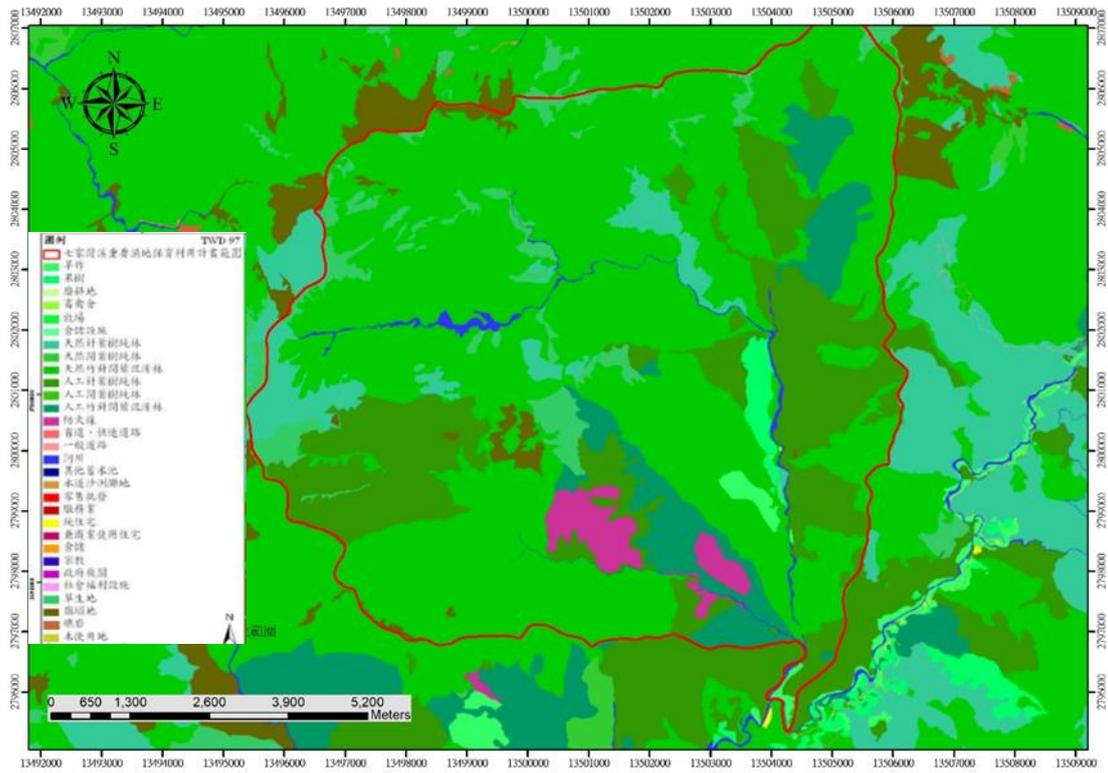


圖 1-3 武陵地區土地利用現況 (國土利用調查成果圖，106 年)



圖 1-4 武陵地區七家灣河流域水質採樣地點位置圖

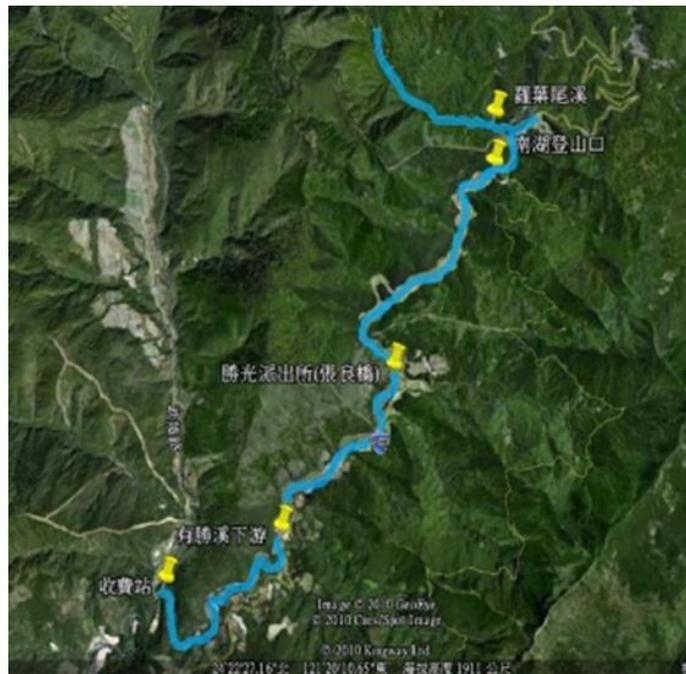


圖 1-5 羅葉尾溪、有勝溪流域採樣位置圖



圖 1-6 山溝、排水溝採樣位置圖

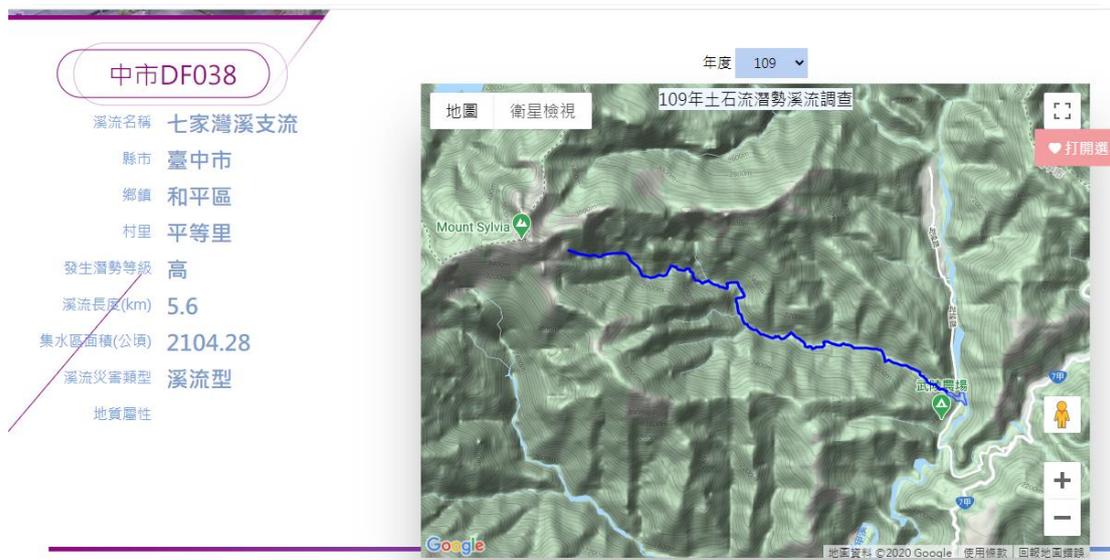


圖 1-7 水保局土石流防災資訊網公告高山溪為土石流潛勢溪流

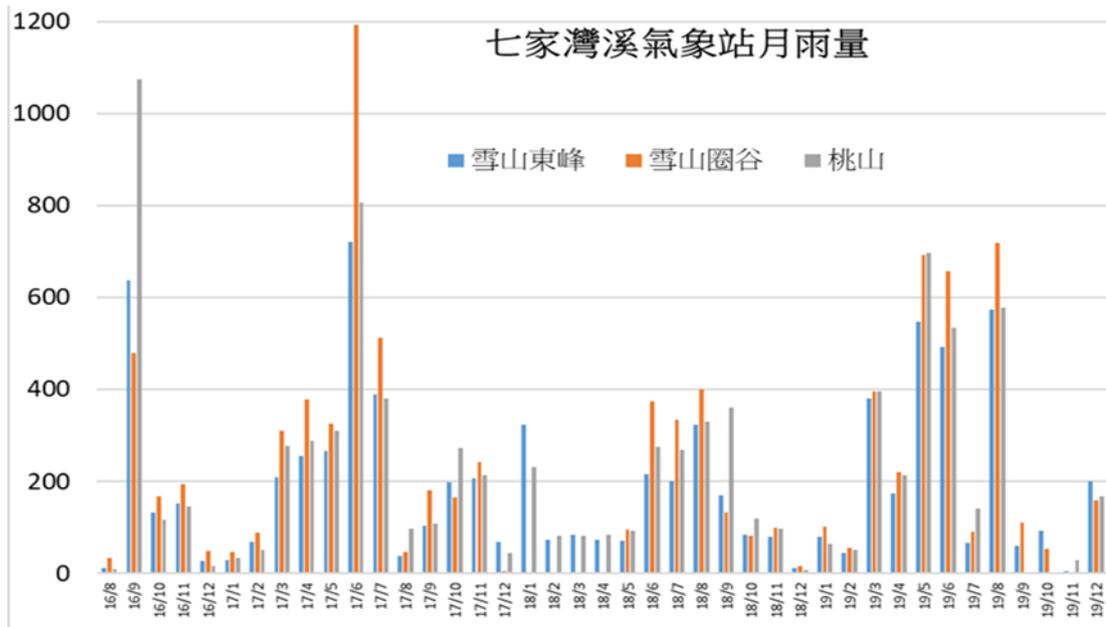


圖 1-8 七家灣溪三氣象站之月雨量分布圖

## 第二章 水文物理棲地調查及崩塌地監測

葉昭憲、龍俊毓、林佳蓉、林承韻、黎宗翰  
逢甲大學水利工程與資源保育學系

### 計畫摘要

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

#### 一、研究緣起

雪霸國家公園管理處自成立以來，持續於武陵七家灣溪溪流生態系辦理多項監測，民國 95 年起整合武陵地區各分散生態相關研究，建立七家灣溪溪流生態系長期生態監測模式，並於民國 100 年 5 月完成七家灣溪一號防砂壩改善工程，改善工程之目的為擴大臺灣櫻花鉤吻鮭棲息溪段，增加族群基因交流。完成後發現壩體改善對於水質、藻類等擾動的影響不大，但原分布於七家灣溪下游的臺灣鏟頰魚藉由改善後的七家灣溪一號壩廊道，已可洄游至一號壩上游。又颱風豪雨往往為影響鮭魚族群的重要因子，一號壩的改善有助於被暴漲溪水沖至下游的魚群，上溯回七家灣溪。配合本計畫重啟自 2013 年告一段落後之長期生態監測，同時針對七家灣溪一號防砂壩改善後長期生態現象與過程的動態變化，探討壩體改善對此生態系的短、中及長期之影響與效益。因此，以武陵地區溪流為研究地點，依循自 2005 年武陵長期生態研究(WLTER)所設立的永久測站，進行持續多年之監測項目。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) 七家灣溪一號壩歷年河道變動分析。

#### 二、研究方法及過程

本年度計畫沿用過去實施多年之河道斷面測量及物理棲地調查方法。

#### 三、重要發現

經過本計畫以及過往之調查，進行河道高程變動及棲地底質變化比較與分析，去年（2019）汛期後進行量測，歷經颱風及較強降雨事件，河道高程及棲地變化稍為顯著，今年測量結果顯示七家灣溪與有勝溪河道沖淤互現，但變動程度並不明顯。而今年度各樣區底質之有利櫻花鉤吻鮭比例，一號壩樣區高於 45%，觀魚台樣區則介於 25%至 35%，新繁殖場則在 30%以下。透過 2020 年 10 月衛星影像之 NDVI 崩塌地分析，武陵地區之桃山北溪、桃山西溪、七家灣溪及高山溪等四個子集水區中，崩塌地面積以桃山西溪 227.4 萬平方公尺最高，佔子集水區面積的 8.97%。高山溪二號壩口處形成約 4-5 公尺高之殘材堆積，阻斷櫻花鉤吻鮭棲地連貫性，因此針對殘材移除及二號壩現有壩體改善計畫，建議採用小型履帶式挖土機於梅雨季來臨前完成「拆除左翼牆之壩體」施作，以降低對棲地之干擾與破壞。

#### 四、主要建議事項

根據研究發現，本研究針對調查結果，提出下列具體建議

##### 1. 立即可行之建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：林務局、農委會林務局保育組

高山溪二號壩口殘材阻斷櫻花鉤吻鮭洄游通道，破壞高山溪棲地連貫性，針對殘材移除及二號壩現有壩體改善計畫，建議採用小型履帶式挖土機於梅雨季來臨前完成「拆除左翼牆之壩體」施作，以降低對棲地之干擾與破壞。

## 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.

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

**Major Findings:** Based on the this year's investigations applied at February, June, and October, both the channels of Chichiawan Creek and Yusheng Creek had not experienced significant change but minor deposit or scour locally in the first two surveys. However, the typhoons in August and September brought large rainfall in the observation sites and produced relative obvious changes in channel morphology, substrate composition, and physical habitat composition. The original dry channel of 400 meters long has temporarily shortened into 370 meters.

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

## 一、前言

### (一) 計畫緣起與背景

雪霸國家公園管理處自成立以來，持續於武陵七家灣溪溪流生態系辦理多項監測，民國 95 年起整合武陵地區各分散生態相關研究，建立七家灣溪溪流生態系長期生態監測模式，並於民國 100 年 5 月完成七家灣溪一號防砂壩改善工程，改善工程之目的為擴大臺灣臺灣櫻花鉤吻鮭棲息溪段，增加族群基因交流。改善工程完成後發現，壩體改善對於水質、藻類等擾動的影響不大，但原分布於七家灣溪下游的臺灣鏟頰魚藉由改善後的一號壩廊道，已可上溯至一號壩上游。又颱風豪雨往往為影響鮭魚族群的重要因子，一號壩的改善有助於被暴漲溪水衝至下游的魚群，洄游至七家灣溪上游。本年度計畫持續於七家灣溪一號壩壩體改善後，針對河道環境及棲地組成進行調查監測；配合本計畫團隊之長期生態監測需求，以武陵地區溪流為研究地點，依循自 2005 年武陵長期生態研究(WLTER)所設立的永久測站，進行持續多年之監測項目。

### (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，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。計畫之執行期間為民國一〇九年二月至民國一〇九年十二月。

## 二、研究方法及過程

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

### (一) 崩塌地監測

大區域崩塌地調查經常採用之調查方法包括現地勘察、航空照片判釋，以及衛星影像分類與判釋(林及梁, 2018)。利用衛星影像進行崩塌地自動判釋具有許多優點，如影像取得容易且成本低廉、分析速度快、不易受判識者主觀認知所影響、影像時序涵蓋性佳等，加上資料獲取週期短、影像資料涵蓋範圍廣、可迅速掌握地表改變狀況等特性，因此非常

適合做為全面性與即時性的國土利用監測工具(尹等,2010);若根據衛星遙測資料依照感測器種類區分,則有光學影像與雷達影像。目前臺灣地區主要使用的觀測衛星,包括 SPOT 系列衛星、福衛二號、MODIS、ERS2、RADARSAT2、ALOS 及 ENVISAT 等七類,前三者為光學影像,後四者為雷達資料。本團隊將依影像品質、及時性與符合本案工作目的等考量,而購置合適衛星影像。而對於崩塌地調查,通常係首先進行衛星影像有效分類,利用監督式分類法分類後取得地表覆蓋資訊,透過常態化差異植生指數(Normalization Difference Vegetation Index, NDVI)分析前後期衛星影像,作為即時事件前後崩塌面積計算用,藉以掌握地表變異歷程。為考量每年雨季及颱風事件較易產生崩塌之因素,故本計畫購買今年雨季後 10 月 28 日之衛星影像進行崩塌地分析。

### (二) 河道地形變化趨勢

河床高程受自然(颱風豪雨)或人為(壩體改善)干擾後,隨著時間變化呈現非線性函數關係。受到干擾後,一開始河床變動快,高程會隨時間驟降,其後漸達到穩定狀態。藉由河道縱橫斷面測量結果之比較,本計畫可獲致河道地形之演變歷程。相關地形變化之調查方式,本計畫沿用過去 WLTERM 群體計畫(林等,2008)之操作方式,以達觀測流程之一致性。

#### 1. 斷面測量

河床高程受干擾後,一開始河床變動快,高程會隨時間驟降,其後漸達到穩定的狀態。本研究以全測站電子光波測距經緯儀(Satellite NTS-320,圖 2-1)為測量器材,用來取得河道各斷面之點位及高程;電子全站儀為測量距離快速準確的現代儀器,首先定位儀器測站及後視點之座標及高程,利用兩點間相對位置,再利用全站儀發射紅外光至稜鏡,再接收稜鏡反射之信號,紅外光線往返儀器的時間可以計算其與稜鏡之間距,加上稜鏡高度即可推得測量點位之三維座標,最後量測一已知點進行閉合差校正,以減少量測時所產生之誤差。為瞭解河槽之變動歷程,河道斷面測量主要分為橫斷面測量及縱斷面測量,利用斷面測量結果進一步推得河道地形資料。

#### 2. 橫斷面測量

- (1) 橫斷面測量係以所設河道橫斷面,測定橫斷面各量測點之距離與高程並製繪橫斷面圖。斷面間距以測量目的之資料需求為調整原則,通常設置於縱斷面變化、河槽形狀改變處、橫向構造物等處。
- (2) 為呈現橫斷方向之型狀,橫斷面量測位置主要為河槽地形變化的轉折點,且包括各斷面之左岸底、左岸水際線、深槽點、右岸水際線及右岸底,各點之橫向位置以左岸起點之相對距離表示。
- (3) 若將各觀測斷面之歷年調查結果同時繪製於同一橫斷面圖上,即可判斷河槽側向移動、河道邊坡及河床面之沖淤狀況。

#### 3. 縱斷面測量

- (1) 縱斷面測量係沿河心方向製作縱斷面圖,故可將前述橫斷面測量所得各橫斷面之深槽點予以連線後,即可推得河道水流之流心線。
- (2) 設定河道測量之起始橫斷面為基準,往下游依序累計橫斷面間距所得之累距(橫軸)

及各橫斷面流心線之高程（縱軸）點繪於二維座標圖上，即可獲得該次測量之河道縱斷面圖。若將各次縱斷面圖點繪於同一圖上，便可透過縱斷面高低起伏之變化，而呈現測量河段因為河道砂石沖淤所產生之高程演變趨勢。

### (三) 物理棲地組成

本計畫沿用過去 WALTERM 群體計畫之樣區，在總長 100 m 的樣區河段中，每隔 20 m 設置穿越線共六條。針對各穿越線，首先測定各河段之溪寬，其次分別於溪寬 1/4、1/2 和 3/4 等三處量測水深、流速和底質粒徑，接著判定各測點棲地類別，並彙整樣區棲地類型百分比。若利用不同觀測時段之各河段物理棲地組成，即可歸納物理棲地之時空變動趨勢。各項資料調查方式，分別敘述如下：

1. **溪寬**：在各穿越線上利用防水捲尺測量橫越水面之兩岸標定位置間長度，其測量精準度為 0.1 m。
2. **水深**：針對穿越線上各設定點，以五米五節箱尺或自製刻度木尺量測床底至水面之深度，測量精確度為 0.1 m。
3. **流速**：標準流速量測係在水面下距底部約六成水深的位置，以流速計放置 15 秒以測出流速。若為避免流速計在淺水點位造成量測干擾，則會運用其它快速測量方式，包括浮標法（以浮標通過已知距離所須之時間估計逕流流速）或手持流速計測定表面流速。因此，考量本計畫研究範圍之溪流現場條件下，流速量測以 SVR（Surface Velocity Radar）手持式雷達波流速儀進行。若需要將河川表面流速轉換成平均流速時，表面流速修正係數約等於 0.85(林等，2011)。
4. **底質**：棲地底質通常由不同大小之砂石所組成，故在各測點判定主要底質石種類時，通常以腳踏法和目視法判斷佔較高比例之砂石粒徑，其分類對照與粒徑範圍如所示。並於測量斷面水面寬左岸 1/4、中間 1/2 和右岸 1/4 處隨機選取樣品（圖 2-2），利用開口樣板（圖 2-3）量測粒徑大小，並進行記錄。
5. **棲地分級**：根據學者研究（Leopold, 1969），水流型態可歸類為水潭（pool）、緩流（slow water）、湍流（淺瀨）（riffles）、急流（rapids）、等四種流況。本研究利用水深與流速之量測值計算出福祿數（Froude Number） $F_r = V/\sqrt{gh}$ ，以便對四種水流型態所對應之棲地類型予以定義（林，2002），公式及表中之 V 為流速，g 為重力加速度，h 為水深。

### (四) 溪流流量實測

流量係當為時間內通過特定斷面之流體體積，現場量測多將和到全斷面分為若干垂直子斷面，將每一子斷面所量測之斷面積與平均流速相乘而計算出子斷面流量，各子斷面流量總和及式通過該段面之流量。針對無水位或流速觀測設備之河段，且避免流速計在淺水點位造成量測干擾，本計畫將利用 SVR 手持式雷達波流速儀進行現場流量量測（如圖 2-4 所示），其量測方法係以一  $\alpha$  俯角非接觸式進行， $2\theta$  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 2012）。利用穿越線所測之水深推得通水面積（圖 2-5 中之 A1、A2 及 A3）及表面流速（V1、V2 及 V3），分別將三小區的通水面積與河川表面流速相乘後，再乘表面流速修正係數 0.85（以便將表面流速轉換成平均流速）而獲得小區流

量，累加三小區流量則可獲得該穿越線之實測流量。

### 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)進行一次全河道物理棲地調查(圖 2-6 全河道範圍圖)，另於汛期前至汛期初期(即五月中至七月中)以及汛期後(即十月至十一月)進行五個樣站(圖 2-8、圖 2-9、圖 2-10、圖 2-11、圖 2-12)之密集監測，合計可獲得三次資料，五個樣站斷面座標如，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 (WALTER #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)，根據 2019 年以及本年度的河道調查成果，繪製縱向高程剖面如圖 2-13 所示，此河段坡降較其他樣區小，河道較為平緩，雖樣站內河道呈現沖淤互現情形，但河床變化不大，今年初取得數據相較去年同期，坡降略微下降，但仍屬河道正常變化範圍內。由棲地比例可知，此河段緩流所佔比例較重，淺瀨比例呈現增加趨勢，深潭比例增加但仍較去年同期減少，應與今年降雨量少導致流量相對較小有關。緩流比例增加係因位於淤滿之防砂壩上游粒徑較細且水深淺所致，可能為 2019 年較大流量產生沖刷，而今年汛期後雨量減少導致河道再度淤積。

##### 2. 有勝溪下游 2 公里樣站

根據 2019 年以及今年度調查，繪製縱向高程剖面圖，如圖 2-14。此樣區左、右岸皆由岩盤組成，主要變動發生於底床及河道內土砂輸移，河岸並不會產生太大變化；左岸為凹岸，且河道深槽線右岸則為凸岸，主要以堆積為主。坡降則有上升趨勢，但變化不明顯，仍屬正常河道變化範圍。由底質比例可知樣站內以卵石為主，粒徑偏細，6 月和 10 月調查發現卵石比例增加，粗石比例較去年同期減少，而棲地比例顯現樣站內以深潭及緩流為主，淺瀨比例減少；河道左岸有農業活動且有抽取有勝溪溪水情形 (圖 2-31)。

##### 3. 勝光派出所樣站

據 2019 年河道調查以及本次河道調查，繪製縱向高程剖面圖，如圖 2-15。此樣區位於勝光派出所下的河道，此樣區斷面 Y-73 至 Y-68 斷面河幅較寬，至 Y-67 及 Y-66 斷面則河寬變小，坡度變陡且粒徑變大流速增加，右岸則有崩塌情形，故此段河道有較明顯的土砂堆置於河道中(如圖 2-33)。表 2-11 顯現樣站站內坡降約為 0.024，多次調查變化甚微。底質比例顯現樣站內以卵石為主，碎石略為減小，而棲地比例樣區內以緩流及深潭為主，但深潭的比例在調查中有下降的趨勢，在今年三次調查中，緩流約佔八成。

##### 4. 登山口樣站

根據 2019 年的河道調查以及本次河道調查，繪製得縱向高程剖面及底質、棲地比例。由縱向高程剖面圖，如圖 2-16，可看出坡降變化很大，樣站坡降約為 0.03 左右；由底質比

例顯現出樣站內以卵石為主，而樣站內棲地類型有緩流、淺瀨分佈，過去以緩流為主，本次調查發現淺瀨比例上升至約兩成，應為流量減少所致。此樣站位於有勝溪上游，接近羅葉尾溪，底質粒徑偏大(圖 2-33)。

### 5. 羅葉尾溪樣站 (WLTER #14)

據 2019 年以及今年初的河道調查，繪製如圖 2-17 的高程剖面圖。此樣區位於羅葉尾溪，雖經去年較大流量的強降雨事件，河道變化仍並不明顯，應屬較上游區底質粒徑偏大，沖刷不易緣故。兩岸較上游並無崩塌情形。樣站坡降三次的調查約在 0.057 左右，相對其他樣站較陡。樣站底質以粗石、卵石為主，現場調查情況如圖 2-34 所示，而棲地類型以緩流為主，今年 2 月調查發現深潭比例上升，但在 6 月和 10 月略為減少。

## (二)七家灣溪河道變化調查

七家灣溪流域面積約為 7,200 公頃，為大甲溪上游的主要源流，發源於雪山南側、品田山、桃山、池有山、雪山北峰。西北側的品田溪與池有溪匯入桃山西溪，於武陵吊橋附近與北來的桃山北溪匯集成七家灣溪主流；而後在武陵農場本部附近，有西側的高山溪匯入七家灣溪本流，在武陵國民賓館附近萬壽橋和迎賓橋間，與有勝溪匯流形成大甲溪主流。七家灣溪河道環境物理棲地調查除在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 2-37），河道內共有三個樣站（圖 2-46、圖 2-47、圖 2-48），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，根據以往調查資料以及今年度的河道調查，樣站內坡降並無太大改變，並繪製如的縱向高程剖面圖，如圖 2-18，以及圖 2-38、圖 2-39 的底質、棲地比例。底質在 2019 年調查以小型礫石比例最高，今年度的調查則以粗石、卵石及碎石為主，大、小型礫石比例均較前次調查減少；樣站棲地以緩流為主，且深潭比例有增加的趨勢，淺瀨比例則和去年同期相近。

### 2. 一號壩樣站 (WLTER #12、#13)

據去年以及本年度一次河道調查，樣站內坡降約為 0.027，並繪製如圖 2-20 所示的高程剖面圖以及圖 2-40、圖 2-41 的底質、棲地比例。此處坡降相較七家灣溪另兩個樣站較不受影響，主因為壩體本身具有控制點作用。棲地以深潭為主，緩流為輔且有下降的趨勢。底值多大、小型礫石，小於粗石底值的比例五成。

### 3. 繁殖場樣站 (WLTER #5)

據今年度一次的河道調查，樣站坡降約為 0.035，並繪製如圖 2-19 的高程剖面圖以及圖 2-42、圖 2-43 的底質、棲地比例。底質相較其他樣站有較多類型底質，碎石比例增加，卵石比例也較去年減少，且今年 1 月調查發現細沉積砂土再現，棲地類型則以緩流為主，其中緩流比例超過七成。繁殖場樣站位於高山溪與七家灣溪匯流處，雖然流量變化大，但樣站上游屬於峽谷地形，左右岸都屬於岩盤，下游河道位於轉彎處，所以河道除了沖淤現象外，並不容易產生分流或改道之情形；河道寬淺且直，且因上游為峽谷地形，左右岸皆

為岩盤較無崩塌可能性發生，故無明顯土砂料源供給，主要土砂料源可能因高山溪支流匯入匯流口下游，因此樣站匯流口上游粒徑偏大(圖 2-48)。

### (三)高山溪樣站 (WLTER #8)

根據今年度調查，底質與棲地之各類別比例如圖 2-44 及圖 2-45 所示。底質持續維持多樣化類型，但粗石等以上類型比例微幅；棲地類型與歷史資料相似而仍以緩流為主，比例超過六成。

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，如圖 2-54。2019 年初例行之高山溪斷面調查發現流量有變大的趨勢，若將 2018 及 2019 兩年觀測資料所測得之數據予以繪製，則得如圖 2-53 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，二號壩上游土砂堆積(如圖 2-49)至距壩體 300 公尺處，下游處因殘材壩形成一段時間，沖刷現象越趨明顯。不但阻絕了廊道，由之調查結果也顯示影響河段棲地類型甚鉅。

關於殘材壩之移除，於「97 年武陵地區長期生態監測暨生態模式建立」成果報告書中也發現到二號壩於民國 90 年進行壩體改善後，於民國 97 年有殘材堆積狀況產生，當年形成之壩口堆積高為 3.5 公尺，97 年進行之改善措施為「人工裁鋸」方法，本次殘材壩移除建議將上游土砂開挖後再行人工裁鋸措施，以恢復生態棲地連貫性。而在今年 10 月協助管理處研擬殘材移除方案時，曾建議同時對二號壩現有壩體進一步進行部分移除，而相關殘材移除及壩體改善計畫之執行原則有三：(1)藉由過去武陵地區壩體改善之實施經驗及生態調查結果，為降低對生態棲地環境之影響，因此建議防砂壩改善計畫在梅雨季來臨前完成；(2)考量原壩體左、右翼牆形成隘口而易堆積殘材，故壩體改善工程先以「拆除左翼牆之壩體」之方式進行；(3)基於過去施工經驗，施工器具仍採用小型履帶式挖土機進行，但應避免河道改變，以降低對棲地之干擾與破壞。而殘材移除及壩體改善建議之施作示意圖，如圖 4-51 所示。

### (四)司界蘭溪放流棲地

配合管理處 2020 年 10 月之人工復育臺灣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，繪製如圖 2-55 縱向高程剖面圖以及圖 2-56、圖 2-57 的底值、棲地比例，而河道現況照片則為圖 2-58 及圖 2-59 所示。樣站坡降約為 0.085，棲地以緩流、淺瀨為主，兩種類型約占 90%，深潭約佔 10%；底值類型則以大、小礫石為主，兩種類型約佔 55%，其餘四種底質類型的比例相近，共佔約 45%。

### (五)崩塌地監測

針對 2020 年 10 月底之衛星影像，先利用 NDVI 進行崩塌地分析，再將武陵地區劃分為桃山北溪、桃山西溪、七家灣溪及高山溪等四個子集水區，原始影像及崩塌地分析後之崩塌地分布圖，分別如圖 2-60 及圖 2-61 所示。四個子集水區面積、雲遮面積、崩塌地面積與崩塌率等數據分列於表 2-12，崩塌地面積分別為桃山北溪 14.01 萬平方公尺、桃山西溪 227.4 萬平方公尺、七家灣溪 7.5 萬平方公尺、高山溪 121.2 萬平方公尺，崩塌地佔子集水區面積比例最大為桃山西溪的 8.97%，高山溪 5.81%次之，桃山北溪和七家灣溪的崩塌地比率相較前兩者少，分別為 1.25%及 0.47%。比對同區域之歷史資料，如圖 2-62 所示，103

## 第二章 水文物理棲地調查及崩塌地監測

年四個子集水區之崩塌地面積分別為桃山北溪 3.7 萬平方公尺、桃山西溪 84.0 萬平方公尺、七家灣溪 12.2 萬平方公尺、高山溪 52.7 萬平方公尺，崩塌地佔子集水區面積比例最大為桃山西溪的 3.31%，高山溪 2.51%次之，七家灣溪和桃山北溪的崩塌地比率相較前兩者少，分別為 0.75%及 0.33%。由於該衛星影像是尚未遭遇 105 及 106 連續兩年颱風事件，故其崩塌狀況相對輕微，因此建議後續以較近期之 108 或 107 年衛星影像進行分析與比較，方可釐清 109 年崩塌面積之實際增加幅度。

#### 四、結論

今年初完成之相關調查，綜合去年河道調查，包括河道斷面、棲地底質與棲地類型等項目，相關調查資料如表 2-13 至表 2-15 所示。調查成果彙整如下：

(一) 對有勝溪調查結果進行分析，得知羅葉尾樣站坡降變化不大，棲地底質以小型礫石、粗石為主；登山口樣站以緩流為主，本次調查發現淺瀨比例上升至約兩成，應為流量減少所致，底質粒徑偏大；勝光派出所樣站底質以卵石為主，碎石略為減小，而棲地比例以緩流及深潭為主，但深潭的比例在調查中有下降的趨勢；有勝溪下游 2 公里樣站左右岸由岩盤組成，不易造成河岸侵蝕，主要改變為深潭棲地類型減少；收費站樣站因防砂壩工程保護，使樣站內粒徑細小，防砂壩已達淤滿情形，防砂壩下游則因壩體影響明顯有護甲現象產生。

(二) 對七家灣溪調查結果進行分析，2019 年強降雨事件並未發生河道主深槽改變，而汛期過後至 2020 年初河道組成多恢復為 2019 年中調查之結果，一號壩上游近壩體位置因基岩裸露使得地形改變不易；而觀魚台樣站大小型礫石比例減少，卵石及碎石比例上升，棲地以緩流為主，且深潭比例有增加的趨勢；繁殖場樣站以緩流為主，緩流比例超過七成。若以歷年研究歸納得出溪床大石具阻抗水流進而提升鮭魚抗颱風洪水能力為基礎，而將各樣區底質的加權粒徑（各類底質之代表粒徑分別乘以所占面積比例後予以累加）以及粒徑大於 25.6 公分礫石的比例分別計算，再搭以各月降雨量，則可獲得圖 2-63 及圖 2-64 之兩指標歷史資料變動圖。由圖 2-63 可發現觀魚台底質過去兩年呈現變小趨勢，一號壩底質略為變大，新繁殖場底質則在有限範圍內波動，今年調查結果顯示一號壩底質較粗，新繁殖場因有高山溪細粒補充而相對較細。圖 2-64 亦呈現類似歷史變動趨勢，而今年度各樣區底質之有利臺灣櫻花鉤吻鮭比例，一號壩樣區高於 45%，觀魚台樣區則介於 25% 至 35%，新繁殖場則在 30% 以下。

(三) 2020 年 10 月衛星影像崩塌地分析顯示，武陵地區之桃山北溪、桃山西溪、七家灣溪及高山溪等四個子集水區之崩塌地面積，以桃山西溪 227.4 萬平方公尺最大，而七家灣溪 7.5 萬平方公尺最小，桃山西溪崩塌地佔其子集水區面積比例 8.97% 為四區最高。

(四) 高山溪 2020 年 2 月之調查，二號壩口有殘材堆積約莫 4-5 公尺高，因而形成約 5 公尺河道高程落差，今年度之調查高山溪二號壩仍有殘材堆積；相較於民國 97 年之堆積高 3.5 公尺，此次形成之殘材高於 97 年之情況。因此，針對殘材移除及二號壩現有壩體改善計畫，建議採用小型履帶式挖土機於梅雨季來臨前完成「拆除左翼牆之壩體」施作，以降低對棲地之干擾與破壞。

## 五、參考文獻

- 尹孝元、梁隆鑫、陳錕山、黃珮琦，2010。衛星影像於國土變異監測之應用。航測及遙測學刊，15(1):65-78。
- 王文能，2016。崩塌的地質特性與防災。中華防災學會出版委員會。第17頁。台南市。
- 行政院農業委員會。2014。水土保持技術規範，台北市。
- 汪靜明。1990。河川魚類棲地生態調查之基本原則與技術。森林溪流淡水魚保育訓練班論文集。119-137頁。
- 林幸助、王一匡、吳聲海、官文惠、邵廣昭、孫元勳、高樹基、郭美華、彭宗仁、曾晴賢、楊正澤、葉文斌、葉昭憲、蔡尚惠，2008。武陵地區長期生態監測暨生態模式建立。內政部營建署雪霸國家公園管理處。九十七年保育研究報告。
- 林松駿、梁偉立，2018。衛星影像判釋與現地探查天然林集水區新生崩塌地分布之比較：以2015年蘇迪勒颱風誘發崩塌為例。中華水土保持學報，49(1):1-11。
- 林秉賢。2002。橫向推石群對溪流生態棲地流況之影響。逢甲大學土木及水利工程研究所碩士論文。
- 林穎志、朱木壽、詹勳全、高昇敬、呂珍謀。2011。利用實測表面流速推估高流量之研究。中華水土保持學報，42(1)：23-36。
- 淡江大學水資源管理與政策研究中心。2013年。臺灣地區水文長期整體策略規劃。經濟部水利署。
- 郭上琳。2015。臺灣壩體拆除決策流程之建立。國立成功大學水利及海洋工程學系碩士論文。台南市。
- 賴建盛，1996。防砂壩對臺灣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。
- Hwang, Ching-Lai, Yoon, Kwangsun, 1981. "Methods for Multiple Attribute Decision Making". Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, pp.58-191.
- Leopold, Luna B., 1969. "Environmental Impact of the Big Cypress Swamp Jetport". U.S. Department of the Interior, Washington, 152p.
- Mackin, J.H., 1948. "Classics in physical geography revisited", Progress in Physical Geography 24,4(2000)pp.563-578.
- Moody, 1994. "Current trends in childhood sexual abuse prevention programs". Elementary School Guidance & Counseling, pp. 251-256.
- Peter Steffler and Julia Blackburn, 2002. "Two-Dimensional Depth Averaged Model of River Hydrodynamics and Fish Habitat Introduction to Depth Averaged Modeling and User's Manual". University of Alberta, 120p.

## 附表

表 2-1 棲地底質分類表

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

(參考資料：本研究團隊)

表 2-2 各種物理棲地環境指標定義

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

(林，2002)

表 2-3 收費站樣站內各斷面座標

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

(參考資料：本研究團隊)

表 2-4 有勝溪下游樣站內各斷面座標

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

(參考資料：本研究團隊)

表 2-5 勝光派出所樣站內各斷面座標

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

(參考資料：本研究團隊)

表 2-6 登山口樣站內各斷面座標

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

(參考資料：本研究團隊)

表 2-7 羅葉尾樣站內各斷面座標

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

(參考資料：本研究團隊)

表 2-8 觀魚台樣站內各斷面座標

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

(參考資料：本研究團隊)

表 2-9 一號壩樣站內各斷面座標

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

(參考資料：本研究團隊)

表 2-10 繁殖場樣站內各斷面座標

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

(參考資料：本研究團隊)

表 2-11 各樣站之平均坡降

樣站	測量日期	平均坡降			
		106 年 1 月	107 年 1 月	108 年 1 月	109 年 2 月
收費站		0.016	0.014	0.016	0.016
有勝溪下游		0.012	0.012	0.012	0.012
勝光派出所		0.024	0.024	0.024	0.024
登山口		0.028	0.027	0.031	0.030
羅葉尾溪		0.052	0.055	0.057	0.056
觀魚台		0.031	0.032	0.031	0.032
一號壩		0.028	0.028	0.028	0.027
繁殖場		0.034	0.034	0.032	0.035
司界蘭溪放流棲地		-	-	-	0.085

表 2-12 武陵地區 109 年 10 月集水區分區崩塌地分析表

集水分區	集水區面積 (m <sup>2</sup> )	雲層遮蔽面積 (m <sup>2</sup> )	崩塌地面積 (m <sup>2</sup> )	崩塌率 (%)
桃山北溪	11,258,872	0	140,888	1.25
桃山西溪	25,355,013	974,731	2,274,393	8.97
七家灣溪	16,278,239	0	75,917	0.47
高山溪	20,982,792	185,792	1,219,205	5.81

表 2-13 樣站棲地類型百分比

樣站	類別	108 年 10 月	109 年 2 月	109 年 6 月	109 年 10 月
繁殖場	急流	0.0%	4.8%	0.0%	0.0%
	淺瀨	16.7%	9.5%	23.8%	9.5%
	緩流	66.7%	76.2%	66.7%	76.2%
	深潭	16.7%	9.5%	9.5%	14.3%
一號壩	急流	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	淺瀨	7.1%	11.1%	27.8%	22.2%
	緩流	50.0%	44.4%	44.4%	50.0%
	深潭	42.9%	44.4%	50.0%	55.6%
觀魚台	急流	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	淺瀨	16.7%	9.5%	19.0%	19.0%
	緩流	66.7%	85.7%	66.7%	47.6%
	深潭	16.7%	4.8%	14.3%	23.8%
收費站	急流	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	淺瀨	20.0%	11.8%	26.7%	20.0%
	緩流	60.0%	82.4%	73.3%	66.7%
	深潭	20.0%	5.9%	6.7%	13.3%
有勝溪下游 2KM	急流	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	淺瀨	13.3%	13.3%	6.7%	6.7%
	緩流	73.3%	86.7%	80.0%	73.3%
	深潭	26.7%	13.3%	20.0%	20.0%

第二章 水文物理棲地調查及崩塌地監測

勝光派出所	急流	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	淺瀨	0.0%	0.0%	13.3%	6.7%
	緩流	66.7%	80.0%	80.0%	86.7%
	深潭	33.3%	20.0%	6.7%	6.7%
登山口	急流	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	淺瀨	33.3%	11.1%	33.3%	22.2%
	緩流	66.7%	77.8%	66.7%	77.8%
	深潭	0.0%	11.1%	0.0%	0.0%
羅葉尾溪	急流	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	淺瀨	20.0%	0.0%	8.3%	16.7%
	緩流	60.0%	75.0%	83.3%	75.0%
	深潭	20.0%	25.0%	16.7%	16.7%
高山溪	急流	8.6%	8.6%		
	淺瀨	7.6%	15.2%		
	緩流	72.1%	64.1%		
	深潭	11.7%	12.1%		

表 2-14 樣站底質類型百分比

樣站	類別	108 年 10 月	109 年 2 月	109 年 6 月	109 年 10 月
繁殖場	平坦表面	0.0%	14.3%	4.8%	4.8%
	碎石	16.7%	33.3%	23.8%	23.8%
	卵石	33.3%	23.8%	19.0%	19.0%
	粗石	33.3%	19.0%	23.8%	28.6%
	小型礫石	16.7%	9.5%	23.8%	23.8%
	大型礫石	0.0%	0.0%	4.8%	0.0%
一號壩	平坦表面	22.2%	9.5%	4.8%	4.8%
	碎石	11.1%	9.5%	4.8%	4.8%
	卵石	11.1%	23.8%	19.0%	19.0%
	粗石	11.1%	14.3%	19.0%	23.8%
	小型礫石	33.3%	14.3%	14.3%	14.3%
	大型礫石	11.1%	4.8%	9.5%	9.5%
觀魚台	平坦表面	13.3%	0.0%	0.0%	0.0%
	碎石	6.7%	22.2%	11.1%	11.1%
	卵石	13.3%	11.1%	16.7%	11.1%
	粗石	20.0%	27.8%	22.2%	22.2%
	小型礫石	13.3%	16.7%	16.7%	16.7%
	大型礫石	33.3%	38.9%	27.8%	38.9%
收費站	平坦表面	13.3%	33.3%	6.7%	0.0%
	碎石	6.7%	0.0%	13.3%	13.3%
	卵石	66.7%	60.0%	73.3%	46.7%
	粗石	13.3%	6.7%	6.7%	26.7%
	小型礫石	0.0%	0.0%	0.0%	13.3%
	大型礫石	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
有勝溪下游	平坦表面	0.0%	20.0%	0.0%	0.0%
	碎石	20.0%	26.7%	26.7%	26.7%
	卵石	60.0%	40.0%	53.3%	46.7%

第二章 水文物理棲地調查及崩塌地監測

2KM	粗石	20.0%	13.3%	6.7%	13.3%
	小型礫石	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	大型礫石	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
勝光派出所	平坦表面	0.0%	0.0%	13.3%	13.3%
	碎石	29.4%	26.7%	13.3%	6.7%
	卵石	41.2%	53.3%	46.7%	46.7%
	粗石	11.8%	20.0%	26.7%	26.7%
	小型礫石	17.6%	13.3%	6.7%	6.7%
	大型礫石	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
登山口	平坦表面	33.3%	25.0%	16.7%	27.3%
	碎石	8.3%	16.7%	16.7%	9.1%
	卵石	25.0%	25.0%	33.3%	36.4%
	粗石	8.3%	8.3%	16.7%	18.2%
	小型礫石	25.0%	25.0%	25.0%	27.3%
	大型礫石	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
羅葉尾溪	平坦表面	13.3%	0.0%	6.7%	0.0%
	碎石	6.7%	0.0%	6.7%	6.7%
	卵石	46.7%	37.5%	26.7%	13.3%
	粗石	20.0%	43.8%	33.3%	33.3%
	小型礫石	13.3%	18.8%	20.0%	26.7%
	大型礫石	0.0%	0.0%	6.7%	13.3%
高山溪	平坦表面	11.6%	8.6%		
	碎石	17.7%	12.6%		
	卵石	38.9%	35.4%		
	粗石	10.6%	15.2%		
	小型礫石	13.1%	16.7%		
	大型礫石	8.1%	11.6%		

表 2- 15109 年 10 月共同樣區之流量估算成果(單位：cms)

有勝溪	共同樣區	收費站	有勝溪下游	勝光派出所	登山口	羅葉尾溪
	流量	0.306	0.288	0.260	0.168	0.158
七家灣溪	共同樣區	繁殖場	一號壩	觀魚台		
	流量	0.718	0.508	0.448		

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)

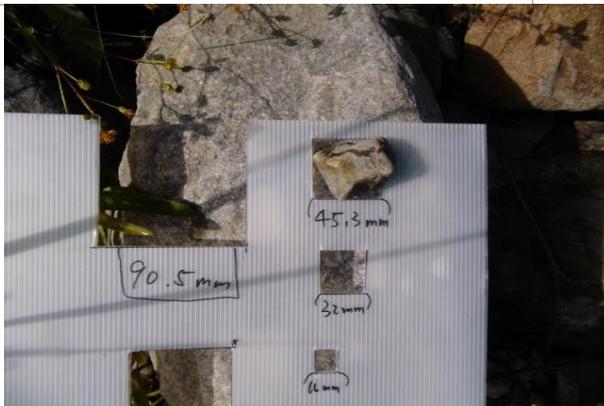


圖 2-3 開口樣板量測粒徑  
(資料來源：本研究團隊)

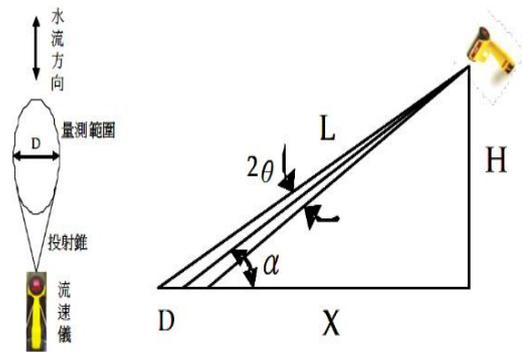


圖 2-4 SVR手持式雷達波流速儀量測示意圖  
(謝文仁，2012)

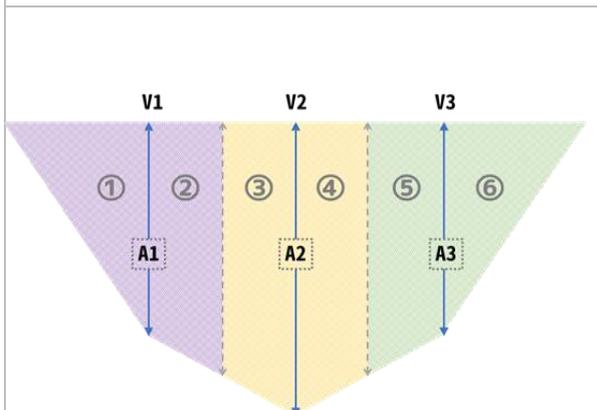


圖 2-5 利用穿越線計算流量之資料示意圖



圖 2-6 有勝溪各樣站位置圖  
(資料來源：本研究團隊)



圖 2-7 全河道範圍圖  
(資料來源：本研究團隊)



圖 2-8 收費站樣站斷面位置圖  
(資料來源：本研究團隊)



圖 2-9 右勝溪下游樣站斷面位置圖  
(資料來源：本研究團隊)



圖 2-10 勝光派出所樣站斷面位置圖  
(資料來源：本研究團隊)



圖 2-11 登山口樣站斷面位置圖  
(資料來源：本研究團隊)



圖 2-12 羅葉尾樣站斷面位置圖  
(資料來源：本研究團隊)

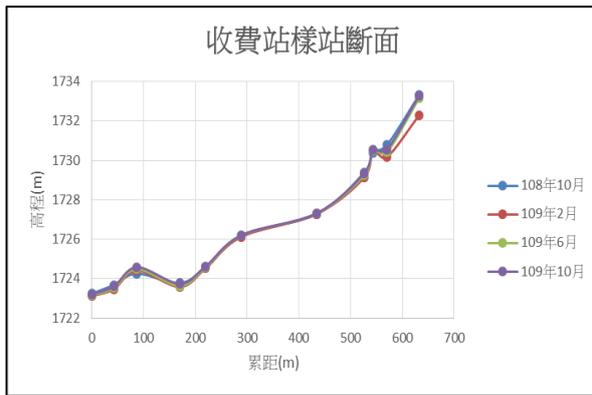


圖 2-13 收費站河道縱向高程剖面圖  
(資料來源：本研究團隊)

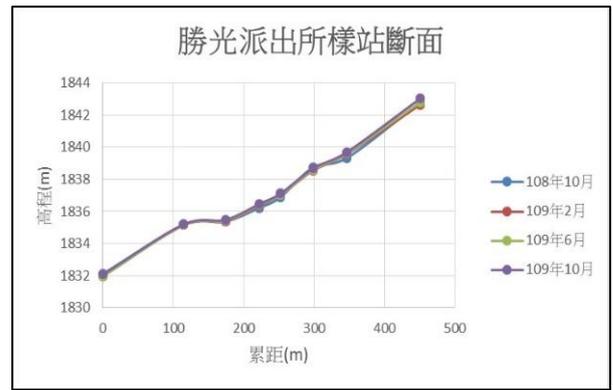


圖 2-14 勝光派出所河道縱向高程剖面圖  
(資料來源：本研究團隊)

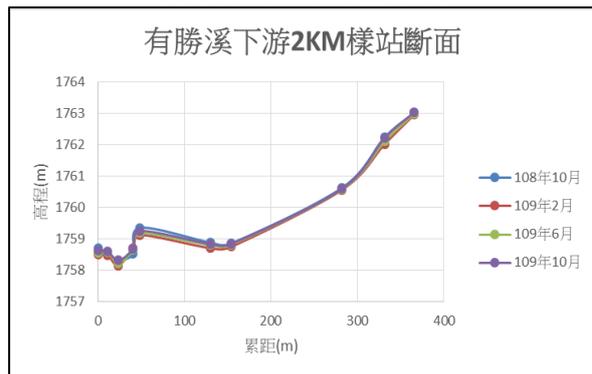


圖 2-15 有勝溪下游河道縱向高程剖面圖  
(資料來源：本研究團隊)

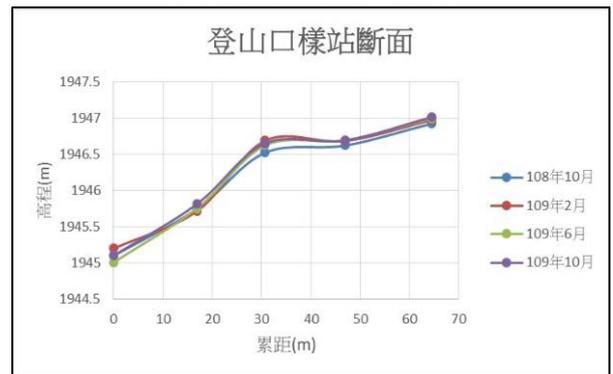


圖 2-16 登山口河道剖面高程剖面圖  
(資料來源：本研究團隊)

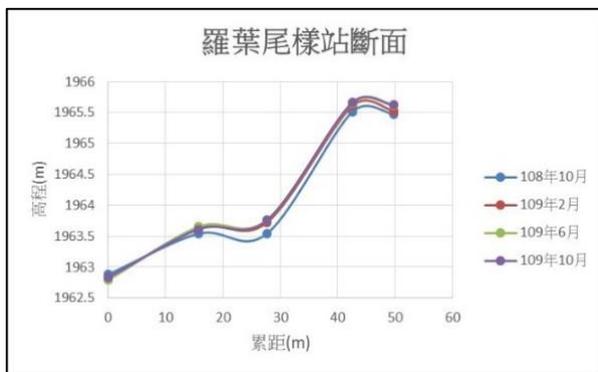


圖 2-17 羅葉尾河道縱向高程剖面圖  
(資料來源：本研究團隊)

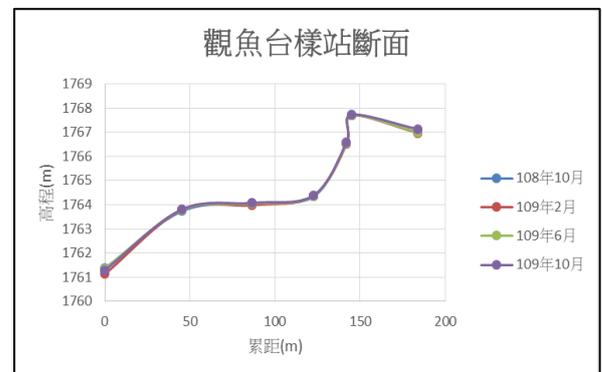


圖 2-18 觀魚台河道縱向高程剖面圖  
(資料來源：本研究團隊)

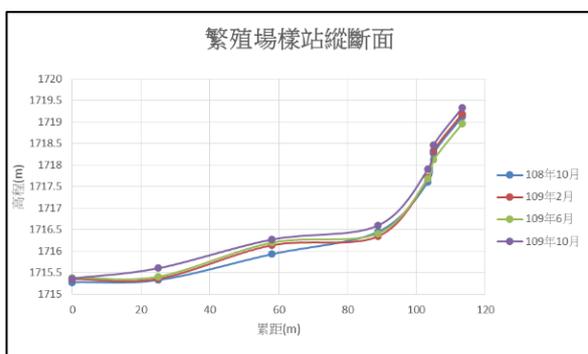


圖 2-19 繁殖場河道縱向高程剖面圖  
(資料來源：本研究團隊)

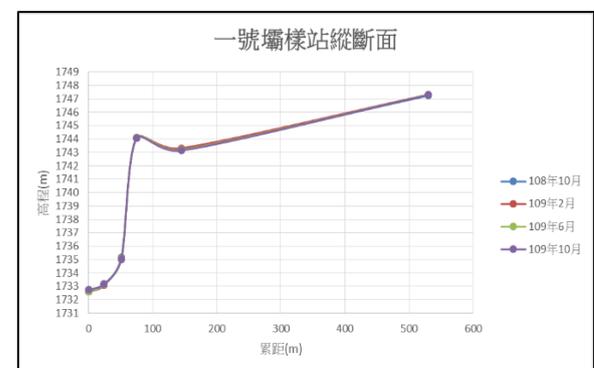


圖 2-20 一號壩斷面高程剖面圖  
(資料來源：本研究團隊)

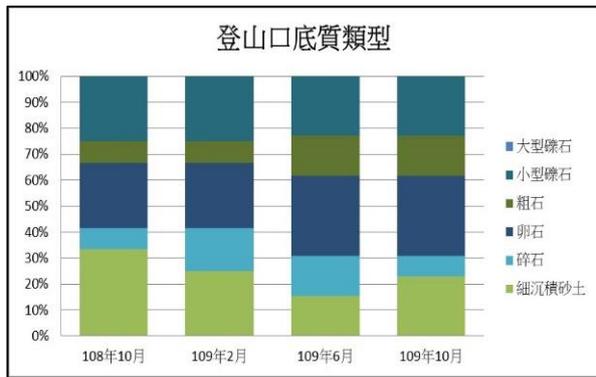


圖 2-21 登山口底質比例  
(資料來源：本研究團隊)

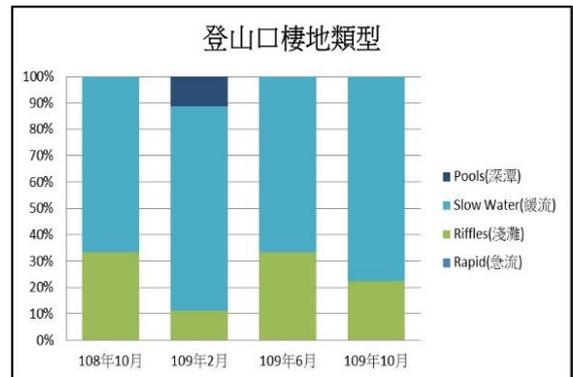


圖 2-22 登山口棲地比例  
(資料來源：本研究團隊)



圖 2-23 羅葉尾底質比例  
(資料來源：本研究團隊)

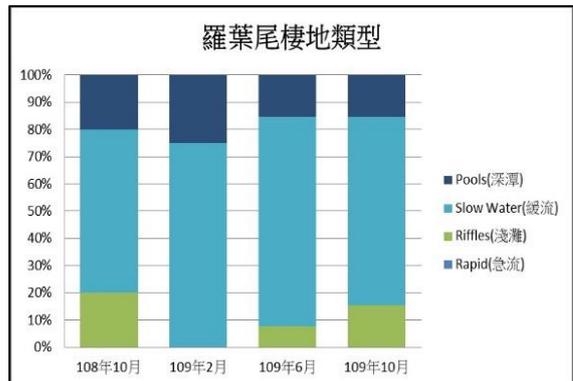


圖 2-24 羅葉尾棲地類型  
(資料來源：本研究團隊)

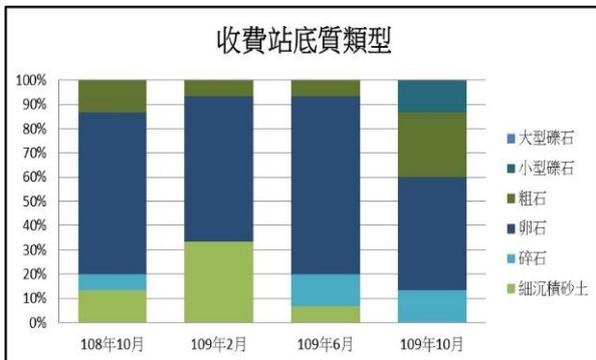


圖 2-25 收費站底質比例  
(資料來源：本研究團隊)

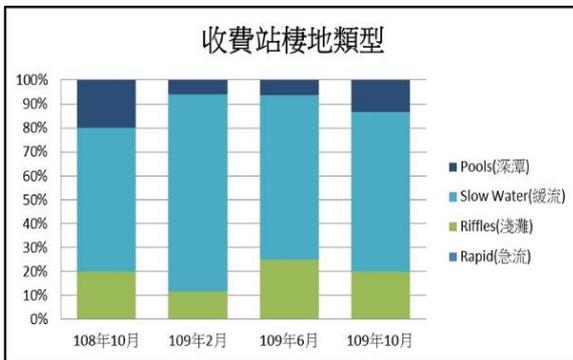


圖 2-26 收費站棲地比例  
(資料來源：本研究團隊)

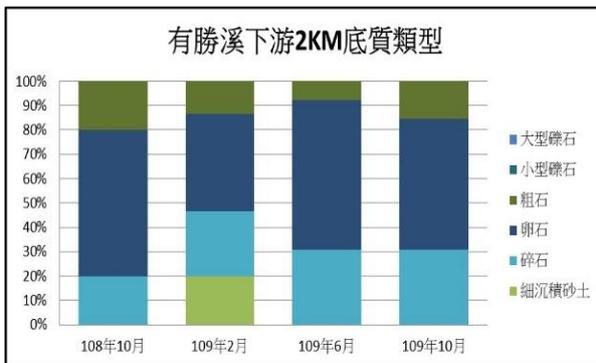


圖 2-27 有勝溪下游底質類型  
(資料來源：本研究團隊)

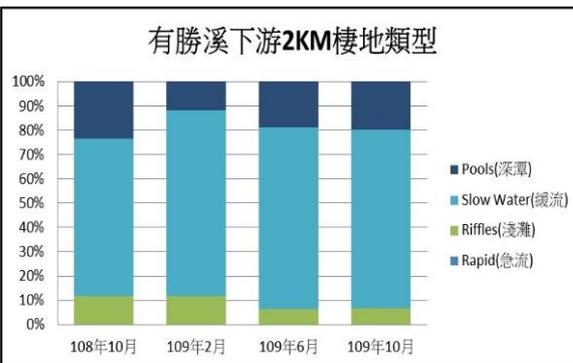


圖 2-28 有勝溪下游棲地類型  
(資料來源：本研究團隊)



圖 2-29 勝光派出所底質比例  
(資料來源：本研究團隊)

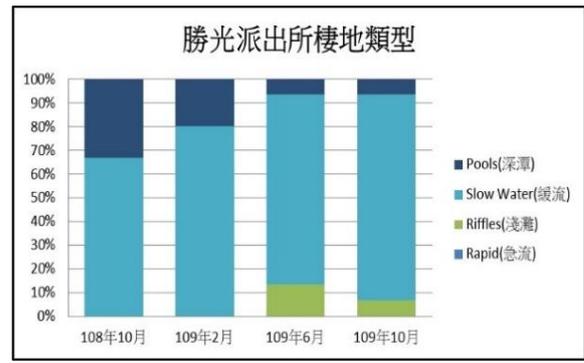


圖 2-30 勝光派出所棲地比例  
(資料來源：本研究團隊)



河道平緩、粒徑較小



河道平緩、粒徑較小、兩岸植生茂密

圖 2-31 收費站樣站現地照片 (資料來源：本研究團隊)



河道左岸為農田



Y-25 斷面左岸為岩盤

圖 2-32 有勝溪下游樣站現地照片 (資料來源：本研究團隊)



勝光派出所下方護岸工

圖 2-33 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



圖 2-34 登山口樣站現地照片 (資料來源：本研究團隊)



圖 2-35 羅葉尾樣站現地照片 (資料來源：本研究團隊)



圖 2-36 羅葉尾樣站下游河道中央植生情形 (資料來源：本研究團隊)



圖 2-37 七家灣溪全河道範圍 (資料來源：本研究團隊)

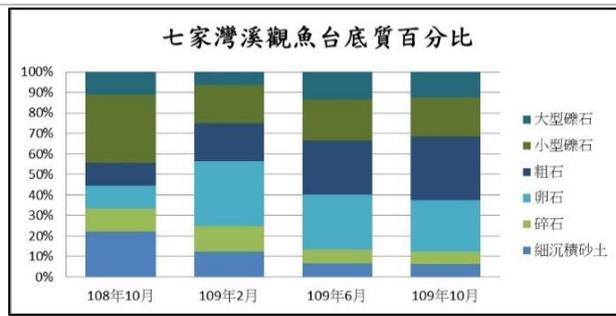


圖 2-38 觀魚台底質比例  
(資料來源：本研究團隊)



圖 2-39 觀魚台棲地比例  
(資料來源：本研究團隊)



圖 2-40 一號壩底質比例  
(資料來源：本研究團隊)



圖 2-41 一號壩棲地比例  
(資料來源：本研究團隊)



圖 2-42 繁殖場底質比例  
(資料來源：本研究團隊)

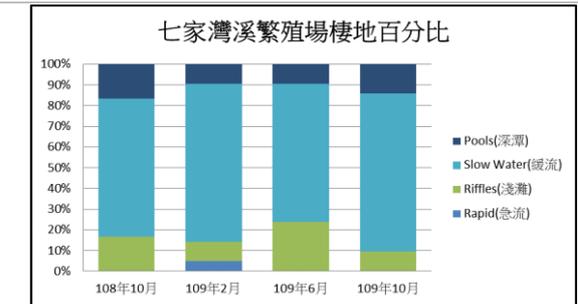


圖 2-43 繁殖場棲地比例  
(資料來源：本研究團隊)

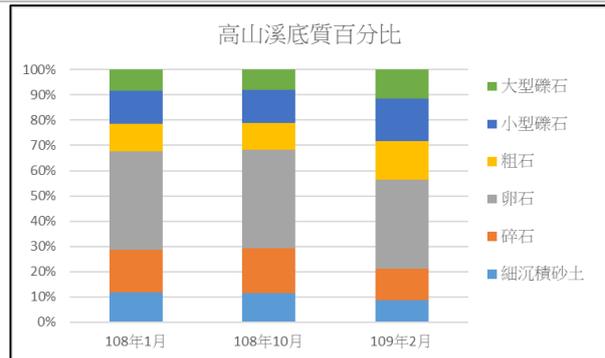


圖 2-44 高山溪底質比例  
(資料來源：本研究團隊)

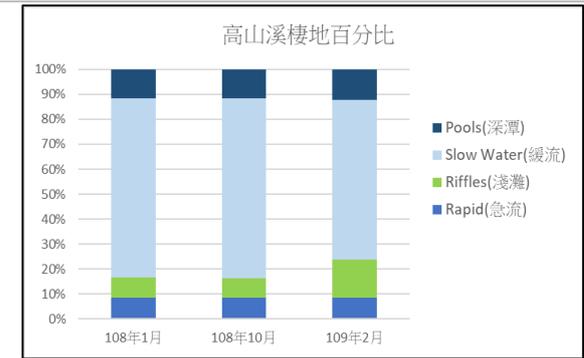


圖 2-45 高山溪棲地比例  
(資料來源：本研究團隊)



圖 2-46 觀魚台樣站斷面位置圖 (資料來源：本研究團隊)



圖 2-47 繁殖場樣站斷面位置圖  
(資料來源：本研究團隊)



圖 2-48 一號壩樣站斷面位置圖  
(資料來源：本研究團隊)



108 年 10 月



109 年 10 月

圖 2-49 觀魚台樣站現地照片 (資料來源：本研究團隊)



108年10月一號壩上游



108年10月一號壩下游



109年02月一號壩上游



109年02月一號壩下游

圖 2-50 一號壩樣站現地照片 (資料來源：本研究團隊)



108年10月匯流口下游



109年10月匯流口處

圖 2-51 繁殖場樣站現地照片 (資料來源：本研究團隊)



108 年 01 月二號壩上游



109 年 02 月二號壩上游



108 年 01 月二號壩下游



109 年 02 月二號壩下游



108 年 01 月一號壩下游



109 年 02 月一號壩下游



108 年 01 月一號壩上游



109 年 02 月一號壩上游

圖 2-52 高山溪現地照 (資料來源：本研究團隊)

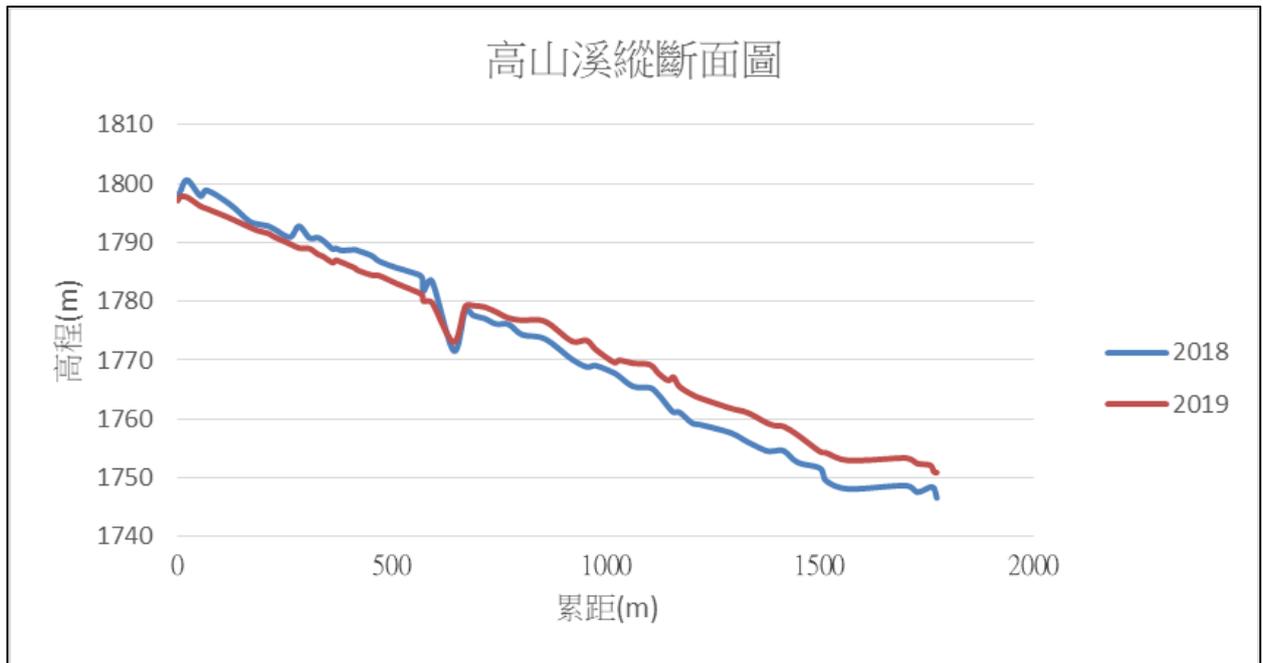


圖 2-53 高山溪縱斷面圖 (資料來源：本研究團隊)

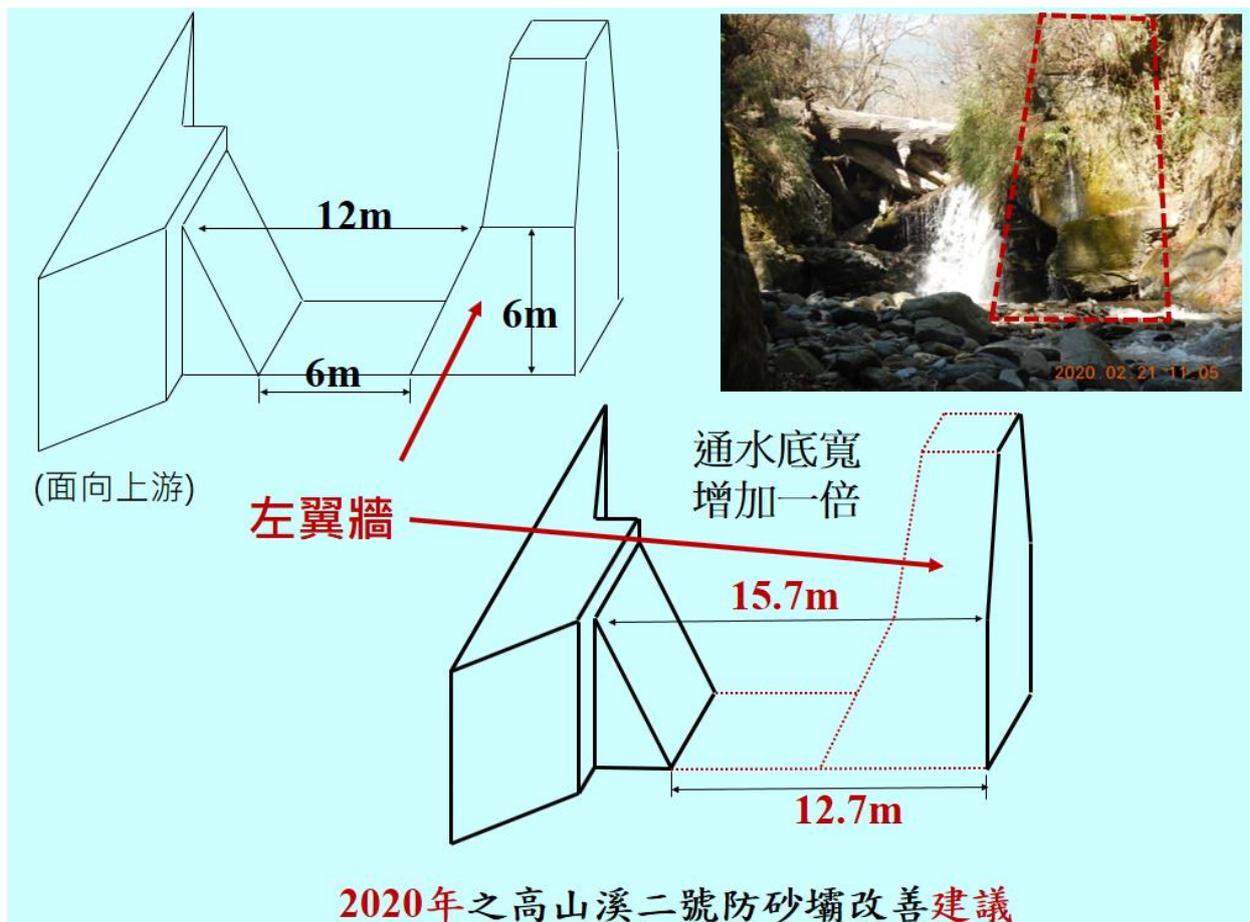


圖 2-54 高山溪二號壩殘材移除及壩體改善建議圖 (資料來源：本研究團隊)

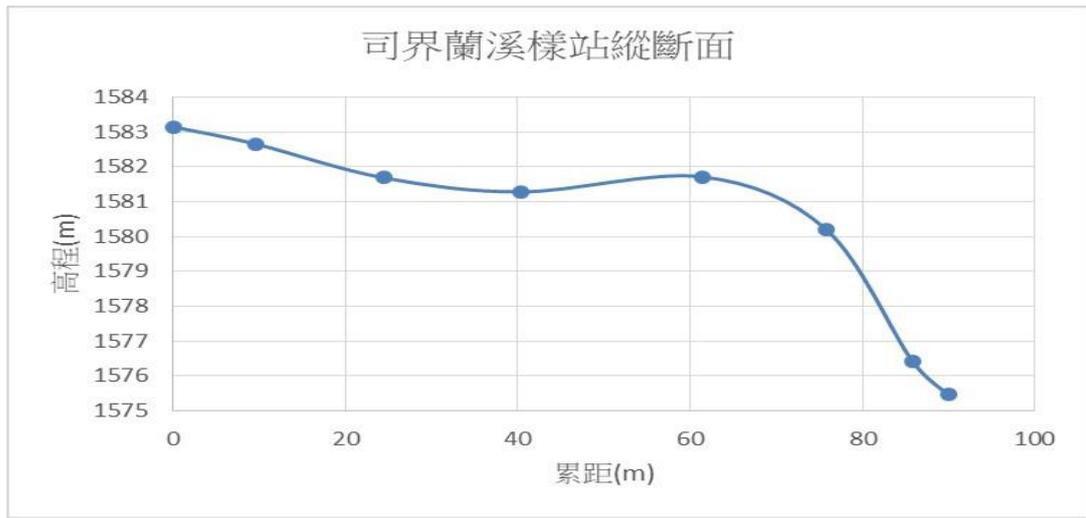


圖 2-55 司界蘭溪放流棲地縱斷面圖  
(資料來源：本研究團隊)

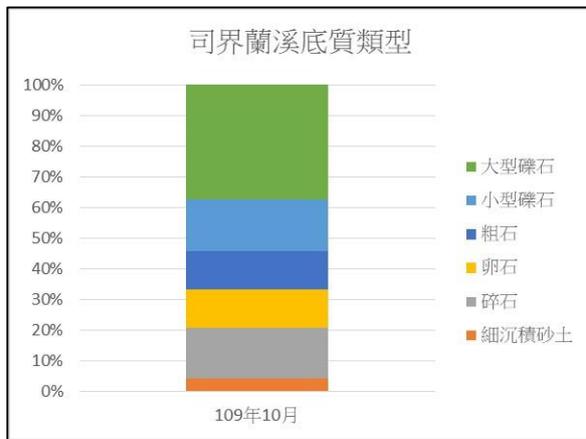


圖 2-56 司界蘭溪底質類型  
(資料來源：本研究團隊)

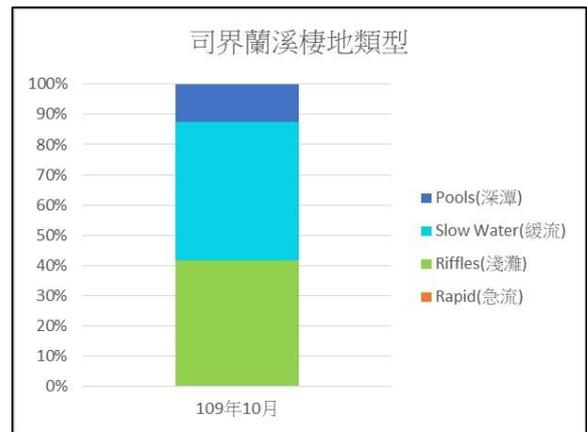


圖 2-57 司界蘭溪棲地類型  
(資料來源：本研究團隊)



圖 2-58 司界蘭溪現地照片  
(資料來源：本研究團隊)



圖 2-59 司界蘭溪現地照片  
(資料來源：本研究團隊)

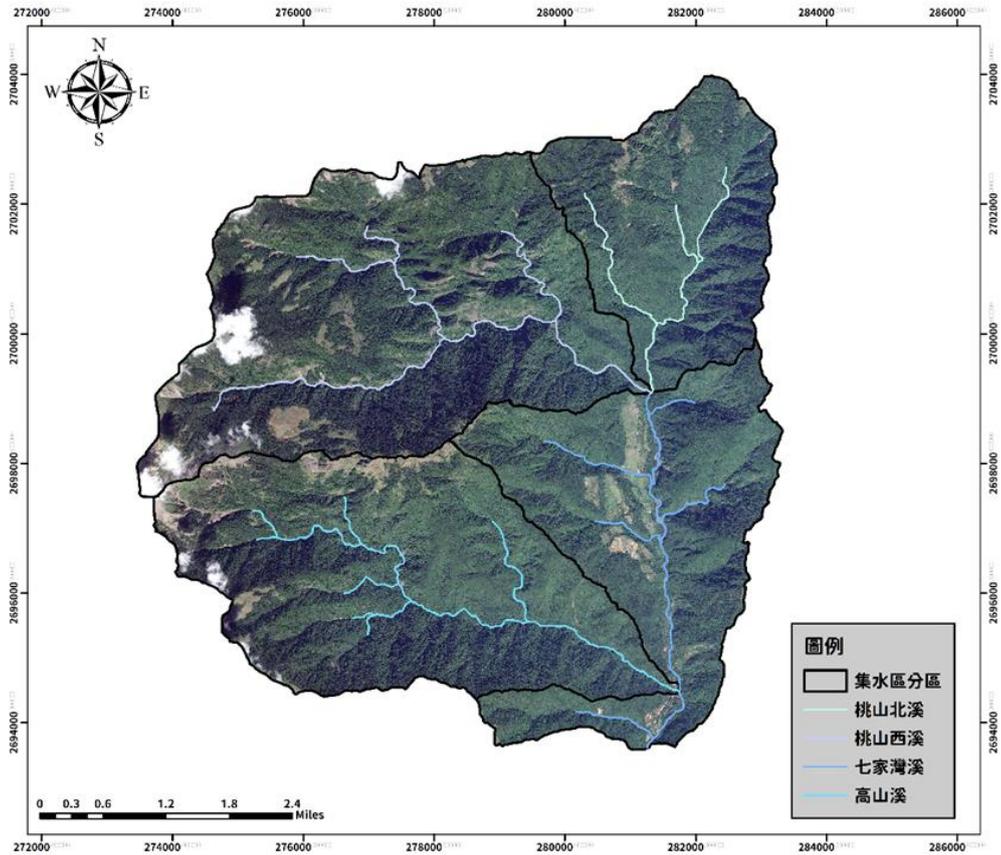


圖 2- 60 武陵地區 109 年 10 月集水區分區原始影像圖  
(資料來源：本研究團隊)

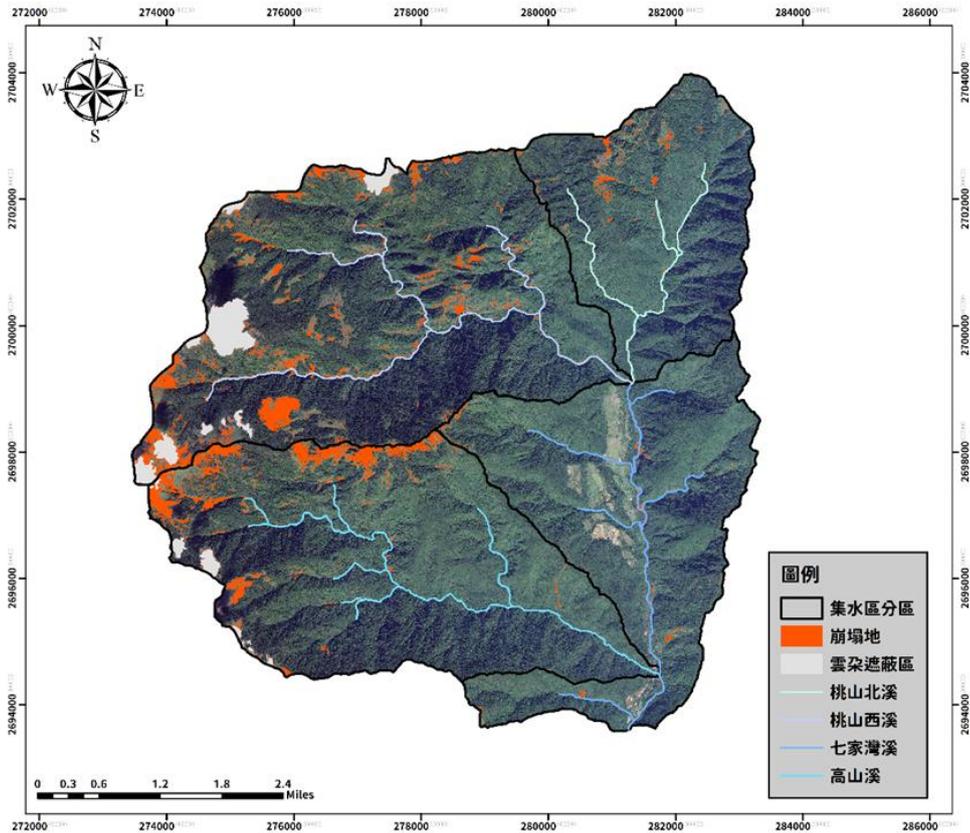


圖 2- 61 武陵地區 109 年 10 月集水區分區崩塌地分析圖  
(資料來源：本研究團隊)

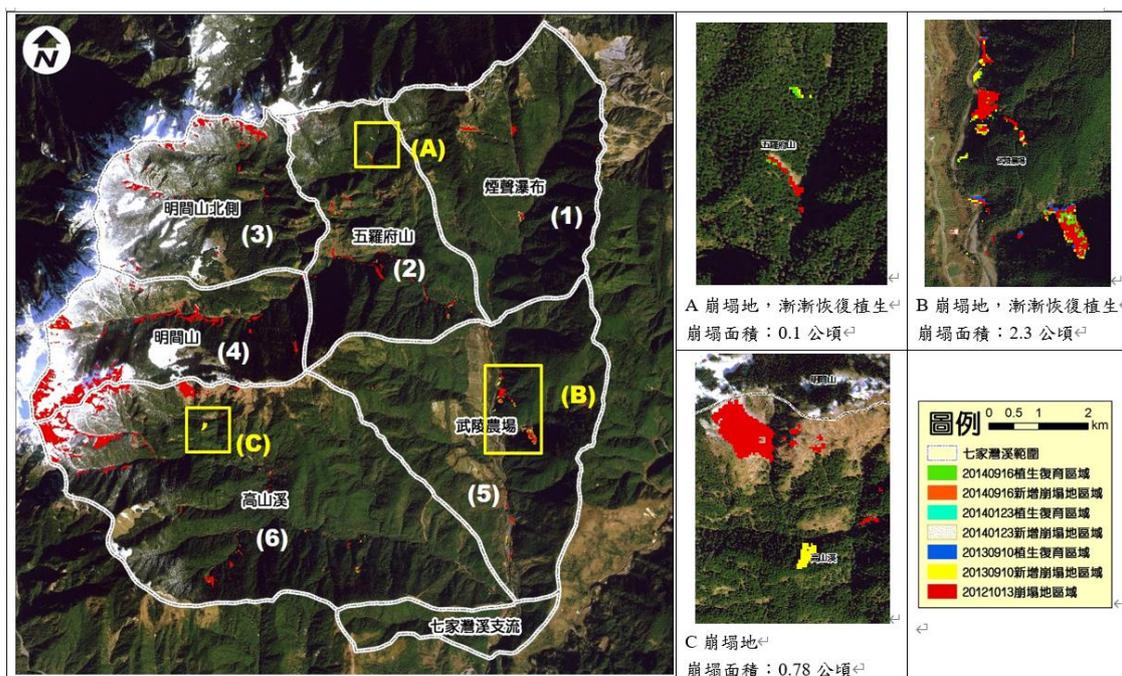


圖 2-62 武陵地區 2012~2014 年新增崩塌地分布 (逢甲大學, 2014)

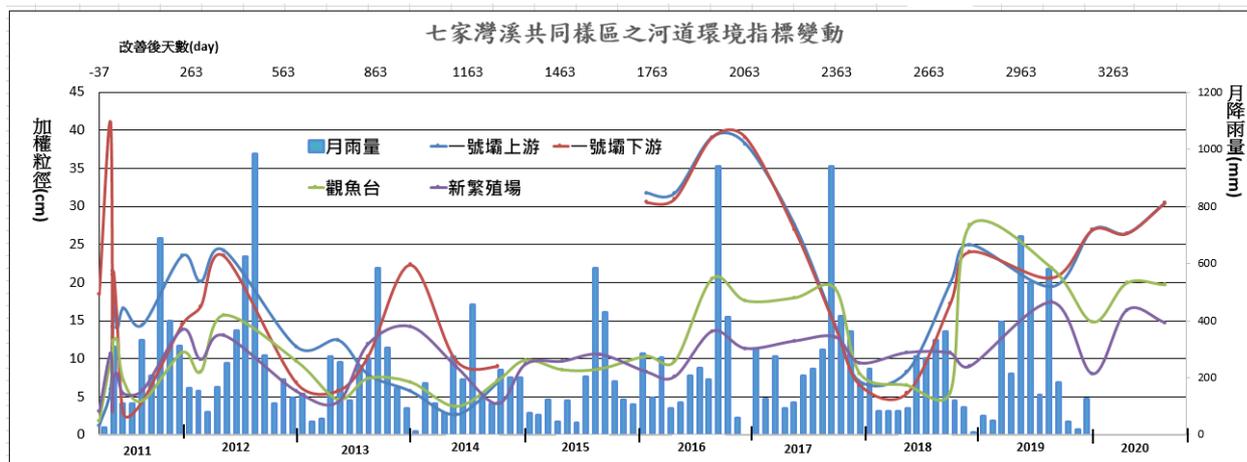


圖 2-63 七家灣溪共同樣區之河道環境指標變動圖  
(資料來源：本研究團隊)

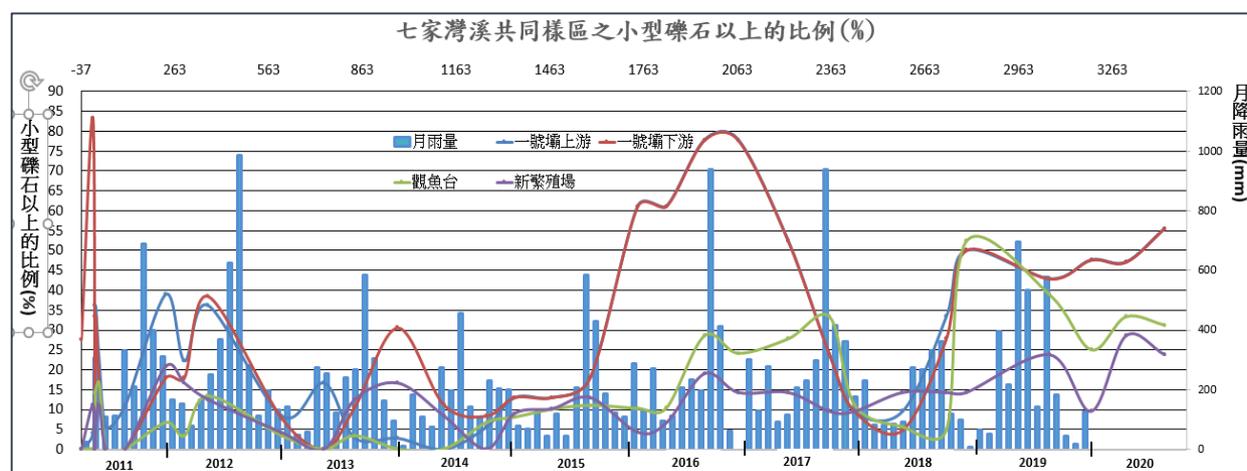


圖 2-64 七家灣溪共同樣區之小型礫石以上比例變動圖  
(資料來源：本研究團隊)

## 第三章 水質監測

官文惠、施丞恩、柯致宇、黃瑄瑩

明志科技大學環境與安全衛生工程系暨環境工程研究所

### 摘要

關鍵詞：臺灣櫻花鉤吻鮭、七家灣溪、高山溪、羅葉尾溪、有勝溪、水質監測

#### 一、研究緣起

台灣櫻花鉤吻鮭過去遍及大甲溪上游各溪流中，但隨時間之演進，最後僅生存於七家灣溪、高山溪、桃山西溪與北溪等。近年來，雪霸國家公園管理處致力於櫻花鉤吻鮭之復育工作，自民國 98 起開始陸續放流鮭魚，目前放流個體已可於羅葉尾溪棲地自然繁殖，且鮭魚漸往有勝溪移動分布。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。為監測壩體改善後之影響、瞭解放流點環境變化及評估新放流點的水環境條件，本計畫進行溪流水質分析。

#### 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設置七個採樣站，進行採樣與水質分析。

水質採樣分析於 2、4、6、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、氨氮、總有機碳等水質項目，則待現地採集樣品後，運回實驗室分析。

#### 三、重要發現

水質監測結果顯示，武陵地區大部分溪流水質良好，符合臺灣櫻花鉤吻鮭生存水質

標準。在導電度及營養鹽方面，桃山西溪與高山溪均低於其他溪流；七家灣溪中下游測站及有勝溪則有較高的營養鹽濃度，與農耕施作導致該區導電度與營養鹽濃度高於其它溪流有關。

今年上半年度觀察之測站濁度皆均低於 1 NTU，除一號壩下游，因今年初周邊施工，造成些微濁度上升，但在 4 月份調查即恢復至過往之水質狀態，顯示水質變化在短時間內即可恢復正常。截至目前各項水質監測結果顯示均已近似往年之變動趨勢。

山溝及排水溝之硝酸鹽氮與磷酸鹽濃度仍高於七家灣溪測站，但濃度近年逐漸降低。露營遊憩區鄰近之山溝排水溝測站與七家灣溪測站。

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

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

司界蘭溪下游(#11)與羅葉尾溪與有勝溪流域相比，導電度較羅葉尾溪上游羅葉尾溪放流點(#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，司界蘭溪今年採樣時觀察到河床工程作業，可能是造成濁度上升之原因。

109 年 6 月武佐野群山發生森林火災對有勝溪和羅葉尾溪流域的影響，10 月分析結果及相較歷年平均盒鬚圖顯示，與歷年數據差異不大，將持續觀察長期的影響。

#### 四、主要建議事項

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

##### 1. 立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：武陵農場、林管處

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

##### 2. 長期建議：

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：武陵農場

水質監測基本項目應包括水溫、導電度、濁度與 pH 值，若能輔以每季採樣分析 NO<sub>3</sub>-、NO<sub>2</sub>-、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>及總有機碳濃度，則可完整掌握水質變化情形。

## ABSTRACT

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

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

In light of this study, several suggestions were proposed: (a) in the short term, the monitoring of water quality is necessary because the agricultural activity is still in progress, (b) in the long term, the removal of nutrients from the water of agricultural discharge could be effectively achieved by the land-use and travel recreation management, and additionally, the automatic monitoring of water quality are also recommended.

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

## 一、前言

### (一) 研究緣起

武陵地區七家灣溪為國寶魚臺灣櫻花鉤吻鮭之主要棲息地，該地區的土地利用型態包含了林地、崩塌地、果園、菜園、公共建設等，故自然與人為活動將對該水域水質造成極大之衝擊並間接影響該生態系之平衡(王 1998; 陳 1998; 于、林 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 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：

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

#### 2. 臺灣櫻花鉤吻鮭棲息地之水質：

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

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

濁度要求在 5 NTU 之下，濁度過高會造成視覺性攝食魚種臺灣櫻花鉤吻鮭攝食的有效度降低，懸浮顆粒更容易經由摩擦對水棲生物造成物理性的傷害，若附著於魚卵表面，則其透氧率會降低導致孵化率亦隨之降低。生化需氧量代表著水中有機物質的多寡，其值越低表示其水中有機物的含量越少，水質亦越好。在甲級河川水體其生化需氧量值規定於 1 mg/L 以下(表 3-1)，鮭鱒魚類對水中生化需氧量的濃度可忍受在 1 mg/L 以下，孵化時忍受值更低為 0.6 mg/L 以下。

硝酸鹽於水體未污染之上限濃度為 0.5 mg/L，若大於 10 mg/L 會加速水中藻類繁殖造成水質優養化，並使溶氧減少。鮭鱒魚類對水中硝酸鹽的濃度可忍受在 2 mg/L 以下。亞硝酸鹽氮為一具有毒性的物質，飲用水規定的最高容許濃度為 0.1 mg/L，鮭鱒魚類對水中亞硝酸鹽的忍受濃度為 50 µg/L，孵化時則需低於 30 µg/L(陳 1998)，歐盟則訂定亞硝酸鹽氮上限為 3.0 µg N/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 µg N/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。故學者建議水中氮濃度應小於 12.5 µg/L(陳 1998)，歐盟則嚴格訂定水中非離子態氮濃度須小於 4.1 µg N/L，總氮濃度須小於 30 µg N/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總氮上限 0.1 mg N/L(表 3-3)。環境中的磷大多以磷酸鹽( $\text{PO}_4^{3-}$ )的型式存在。磷關係著水質優養化的發生，溶解性磷酸鹽水體未受污染之上限濃度為 0.01 mg/L，鮭鱒魚類對水中磷酸鹽的忍受濃度為 10 µg/L。

### 3. 氮的來源與型態

#### (1) 氮的來源

文獻中說明氮肥的來源之種類甚多，包括有機質與無機質的來源(楊 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  $\text{NH}_3$  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  $\text{NH}_3$  之後的產物，或工業合成的氰胺基化鈣( $\text{CaCN}_2$ )，少部份來源是由自然界沈積的礦石中來獲得。

#### (2) 氮的型態

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

#### (3) 氮的循環

氮素循環(圖 3-2 Kuan and Chen, 2014)與土壤微生物的關係甚為密切，與植物營養上的關係更是重要，將各項氮素轉化分述如下：

##### a. 礦質化作用：

動植物體內的有機物分解成無機物，其中微生物是分解菌的主角，分解後的產物是提供植物養分吸收。

##### b. 固氮作用：

空氣中含有大量氮素，植物無法直接利用，只有微生物能有固定氮素的功能。固氮微生物包括非共生、協生及共生三大類。

##### c. 硝化作用：

有機氮素經礦質化作用形成銨態，或使用尿素分解也成銨態氮素，這些土壤中的銨態氮會被硝化菌利用，轉化為亞硝酸態，最後轉化成至硝酸態氮，這種轉化作用稱為「硝化作用」。

##### d. 脫氮作用：

土壤通氣排水不良時，脫氮微生物利用硝態氮轉化成氣態氮而揮發散失。

##### e. 氮不移動現象：

氮不移動現象包括氮固定及微生物吸收的固定作用，有些土壤對銨態氮固定較強，使氮不易流失。

#### (4) 氮的流失

氮肥是最易被流失的養分，流失的方式可分為淋洗作用、氮揮散現象、嫌氣的脫氮作用及硝化作用的脫氮現象等，分別說明如下：

##### a. 淋洗作用：

雨水及灌溉排水將可溶性氮肥溶出移出土壤或進入地下水，尤其是以硝態氮( $\text{NO}_3^-$ )最易移動而淋洗流失。

##### b. 氮揮散現象：

尿素及氨態氮施肥施入 pH 值大於 7.5 的鹼性土壤時，易使氨態( $\text{NH}_4^+$ )轉變為  $\text{NH}_3$  氮之氣體而揮散，尤其在高溫或風大之季節則更嚴重。

##### c. 脫氮作用：

###### (a) 嫌氣的脫氮作用：

土壤在排水不良的條件下土壤中缺乏氧氣，一群嫌氣的脫氮微生物會將氮肥的硝態氮( $\text{NO}_3^-$ )轉變為氣態的氧化亞氮( $\text{N}_2\text{O}$ )及氮氣( $\text{N}_2$ )，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( $\text{NH}_4^+$ )會被硝化菌先轉化為亞硝酸態氮( $\text{NO}_2^-$ )，再被微生物轉化為硝態氮( $\text{NO}_3^-$ )，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( $\text{N}_2\text{O}$ )，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( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ 及  $\text{HPO}_4^{2-}$ )，其中吸收  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  較  $\text{HPO}_4^{2-}$  容易，部份有機磷也有少量能被植物吸收。在土壤液中  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  及  $\text{HPO}_4^{2-}$  之比例受 pH 的影響，在偏酸性時則以  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  為多；反之則以  $\text{HPO}_4^{2-}$  為多。

##### (2) 磷的傳輸

土壤的主要營養元素中，磷素與氮素的行為差異甚大，氮素在土壤之移動或流失容易發生，而磷素移動或流失則較不容易發生。磷在濕潤的土壤中擴散係數比氮的擴散係數小 1000 至 2000 倍，磷素不易從表土中向下移動到深層土壤，尤其粘粒多的土壤更不易移動，有機磷的移動較無機磷高，有機質有助於磷素在土壤中的移動。然而，磷在低溫時不易被固定；高溫時磷則較易被固定。

磷之傳輸方式主要可分為滲淋、沖蝕與降雨逕流三種方式。當降雨發生時，因為深層土壤磷含量較少，滲入土壤內之雨水會將土壤中的磷帶到更底層之土壤。但若土壤是含有大量有機質或是泥質性土壤則有機質會隨著磷和鐵、鋁離子一起往下入滲，減少磷被土壤吸附的量。

磷的傳輸主要是以逕流的方式傳送溶解性磷和吸附在微粒上的粒狀磷。研究指出溶解性磷極易被植物攝取、淋溶至地表下層或溶至表面逕流水；粒狀磷則會被吸附於土壤微粒與有機質當中，並且為耕地主要流失磷的來源(達 75~90%)，在草地或林地，主要流失磷的來源為溶解性磷(Wischmeier 1978)。

粒狀物磷主要藉由降雨所造成之土壤沖刷和雨水逕流兩種形式移動。當降雨發生時雨水會沖擊土壤表面，若土壤表面沒有很好的覆蓋或保護，很容易造成土壤脫離母體，脫離之土壤又會隨著雨水逕流搬運作用被帶至遠方。

溶解性磷主要也是藉由逕流作用移動，雨水逕流會把土壤中還未被植物吸收、溶解

於土壤水或不溶於土壤水的磷沖出，之後便隨地表逕流流至遠方。過去研究指出地表逕流水中磷的濃度就和土壤中磷的量有密切之關係，尤其和表土五公分土壤中含磷量有相當大之關係(Sherpley 1995)。

#### 5. 硫

硫是植物營養的次要元素，其需要量次於氮、磷、鉀三要素。硫為合成植物蛋白質的必需物，亦可協助酵素與維他命的合成，也是葉綠素形成所必需。

土壤中的無機硫是以  $\text{SO}_4^{2-}$  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(表 3-3)。歐盟對鮭鱒類之水體水質標準如表 3-2 所示。

環保署為確保飲用水符合人體衛生與安全之要求，並減輕淨水場處理設施之負荷，依飲用水管理條例於民國八十六年九月二十四日公告「飲用水水源水質標準」，並於民國八十七年五月二十一日施行，規定水質不符合飲用水水源標準者，將禁止做為用水水源。依據標準規定，以地面水或地下水體作為自來水或簡易自來水之水源者，大腸桿菌密度每 100 mL 不得超過二萬個，氨氮( $\text{NH}_3\text{-N}$ )不得超過 1 mg/L，化學需氧量(COD)不得超過 25 mg/L，總有機碳(TOC)為 4 mg/L，標準值如(表 3-4)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<sup>+</sup>濃度(pH)、溶氧量(DO)、生化需氧量(BOD<sub>5</sub>)、懸浮固體(SS)、大腸桿菌群、氨氮( $\text{NH}_3\text{-N}$ )、總磷(TP)等項目，如(表 3-4)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、圖 3-5、圖 3-6、圖 3-7。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 3-5)所示。

### (一) 採樣地點介紹

採樣地點包括武陵地區內之桃山西溪、高山溪、有勝溪及七家灣溪等四條溪流，水樣採集共設置 20 個測站，分別為：桃山西溪(#2)、二號壩(#3)、觀魚臺(#4)、繁殖場(#5)、高山溪(#8)、有勝溪(#9)、司界蘭溪(#11)、一號壩上游(#12)、一號壩下游(#13)、山溝(4 個測站)與排水溝(3 個測站)、羅葉尾溪放流點(#201)、南湖登山口(#202)、勝光(#203)、有勝溪下游(#204)，以及因應桃山瀑布廁所檢測之新增測站：桃山瀑布廁所、桃山北溪匯流口，相關測站地理座標如(表 3-6)。

### (二) 水質分析方法

溶解態樣品實驗分析方法均根據環境檢驗所公告之實驗分析方法 (<https://www.epa.gov.tw/niea/>)，另二氧化矽是改採用 HACH Method 8186 分析。

#### 1. pH(NIEA W424.51A)：

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(NIEA W203.51B)：

導電度為將電流通過 1 cm<sup>2</sup> 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<sup>-3</sup> 或 10<sup>-6</sup> 表示，記為 mmho/cm 或 μmho/cm。導電度之測定需要用標準導電度溶液先行校正導電度計(HACH sension5)後，再測定水樣之導電度。

#### 3. 溶氧：

利用溶氧計測定水樣中溶氧值(YSI 500A)。

#### 4. 濁度(NIEA W219.51C)：

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(ICP-OES)：

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，利用光電倍增管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：

水樣中之硝酸鹽離子以離子層析儀(DIONEX ICS-1500)分析，隨碳酸鈉及碳酸氫鈉流洗液流經一系列之離子交換層析管時(DIONEX AS22 4mm)，即因其與低容量之強鹼性陰離子交換樹脂間親和力之不同而被分離。分離後待測硝酸鹽離子再流經一高容量的陽離子交換樹脂之抑制裝置，而被轉換成具有高導電度酸之形態，移動相溶液則轉換成低導電度之碳酸。經轉換後之待測硝酸鹽離子再流經電導度偵測器，即可依其滯留時間及波峰面積、高度或感應強度予以定性及定量。求得知硝酸鹽濃度除轉換係數 4.43 即為硝酸態氮的濃度。

#### 7. 亞硝酸鹽氮(NIEA W418.51C)：

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. 氯氣(NIEA W416.50A)：

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(NIEA W427.52B)：

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(NIEA W532.51C)：

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、結果與討論

#### (一) 水質監測

七家灣溪流例行性水質分析採樣於 109 年 2、4、6、10 月進行，分析項目包括現場測定之水溫、溶氧、導電度、pH 四個項目，以及實驗室測定之濁度、矽酸鹽、硝酸鹽氮、亞硝酸鹽氮、氨氮、正磷酸鹽、硫酸鹽、氯鹽、總有機碳等九個項目，結果以表 3-7 至 3-10 表示。

#### (二) 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 3-8 至圖 3-20 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 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  $\mu\text{mho/cm}$  之間(陳 1998)。武陵地區各溪流導電度值在 103~356  $\mu\text{mho/cm}$  之間，桃山西溪與高山溪無農田施作，導電度值明顯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 1998)，夏季高水溫限制為攝氏 17 度，繁殖季節則是攝氏 12 度，歐盟標準夏季高水溫限制為攝氏 21.5 度(表 3-2) (European-Parliament, 2006)，冬季低水溫則是攝氏 1.5 度，七家灣溪重要濕地保育水質標準，夏季高水溫限制為攝氏 15.3 度，冬季低水溫則是攝氏 6.9 度(表 3-3)。武陵地區溪流水溫在冬季維持在攝氏 9 度左右，夏季水溫介於攝氏 15 至 18 度，其中又以下游之有勝溪水溫略高於其它測站。近十年七家灣溪水溫亦漸增加，愈是下游增溫幅度愈大，比較如圖 3-8 所示，又介於近年全球暖化、溫室效應的關係，水溫的變化有升高的趨勢，以長期的資料統計，區分為夏季、冬季進行觀察，如表 3-11，可以看出觀魚臺、繁殖場、高山溪，在冬季時具有統計上的顯著性，高山溪則為夏季時具有統計上的顯著性，如表 3-12，可以看出各樣站大致呈現冬季升溫較夏季高，且下游升溫較上游高之趨勢。

溫度、生物間的呼吸作用及光合作用等為主要影響溶氧之因子，動、植物於夜間的呼吸作用與低氧之流水流入則會造成較顯著的耗氧發生。武陵地區各溪流生物量不多且無有機物的污染，又依亨利定律可知飽合溶氧濃度會隨著溫度降低而增加，根據學者建議臺灣櫻花鉤吻鮭水體中溶氧應高於 7 mg/L(陳 1998)，歐盟則建議臺灣櫻花鉤吻鮭水體中溶氧應高於 6 mg/L(表 3-2) (European-Parliament, 2006)，七家灣溪重要濕地保育水質標準建議臺灣櫻花鉤吻鮭水體中溶氧應高於 6.5 mg/L(表 3-3)，冬季時武陵地區流域溶氧為最高，109 上半年度武陵地區流域大部分水系溶氧值維持在 6.58(109/04 有勝溪測站)~10.18(109/02 二號壩測站)mg/L 之間，109 下半年度武陵地區流域大部分水系溶氧值維持在 7.27(109/06 繁殖場測站)~10.74(109/10 高山溪測站) mg/L 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，109 年上半年度觀察之測站濁度皆均低於 1 NTU，除一號壩下游，因今年度周邊施工，造成些微濁度上升至 1.09 NTU，而在下半年，年度施工完成後，一號壩下游的濁度已回到以往平均值，且並不影響下游之樣點(#5 繁殖場)，各測站皆低於 1 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 1998)，武陵地區流域其濁度值在 2 NTU 以下符合要求。

109 上半年武陵地區各溪流所測得矽酸鹽介於 2.83 (109/04 桃山西溪測站) ~ 11.15 (109/02 有勝溪測站) mg/L，109 下半年武陵地區各溪流所測得矽酸鹽介於 2.76(109/10 桃山西溪測站)~4.32(109/06 觀魚臺測站) mg/L。雪霸國家公園的地質大多屬於板岩、砂岩與頁岩，其組成主要為粘土、石英及長石等礦物，二氧化矽佔其主要成分，因而溪流內矽酸鹽的來源應與地質相關，目前矽酸鹽對臺灣櫻花鉤吻鮭的影響並無直接的證明。歷年監測結果顯示大雨過後，雨水沖刷會使得礦物溶於水中，造成矽酸鹽濃度增加。

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

武陵地區大部分溪流硝酸鹽氮含量低於 0.6 mg/L，僅有勝溪高於含量 0.6 mg/L，109 全年度 0.9431(109/04)~2.3435(109/10) mg/L。桃山西溪與高山溪無農田施作，兩區域硝酸鹽氮濃度值明顯為武陵地區溪流中最低，另七家灣溪流中下游處之觀魚臺，其硝酸鹽氮含量明顯比上游高。

學者(陳 1998)建議臺灣櫻花鉤吻鮭水體中硝酸鹽氮應低於 2 mg/L，七家灣溪重要濕地保育水質標準中建議水體硝酸鹽氮應低於 15 mg/L(表 3-3)，七家灣溪中下游測站之硝酸鹽氮濃度均較上游桃山西溪來得高，因而可由此評估農耕行為或人為活動輸入的硝酸鹽對武陵地區溪流所造成的影響。硝酸鹽氮主要的來源為含氮肥料的使用，經雨水逕流而進入河川。土壤在好氧情況下，亞硝酸菌可將氨轉化成亞硝酸根，硝酸菌則將亞硝酸根再轉化成硝酸根，又土壤顆粒表面大多帶負電，因而氮根離子較易被吸附在土壤中。而硝酸根與帶負電的黏土礦物表面相斥，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 µg/L，孵化時則需低於 30 µg/L，歐盟亦於 2006 年訂定鮭鯉魚水體中亞硝酸鹽氮濃度需在 3 µg/L 以下(表 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 µg/L(表 3-3)。武陵地區大部分溪流亞硝酸鹽氮濃度均低於 3 µg/L，僅今年度 109 二月一號壩下游之樣點檢測值較高為 9.5 µg/L，推測與周邊窄口橋梁施工相關；下半年度檢測一號壩下游之亞硝酸鹽氮濃度接回復正常平均範圍，且並不影響下游繁殖場之濃度。

溪流中的氨氮變化，在施用有機肥時會因肥料中氮的分解，透過雨水的沖刷導致溪流中氨氮濃度上升。除此之外，當溪流 pH 值過高時，水中氮會以劇毒性之非離子狀態存在，對魚類造成影響。學者建議水中氨濃度應小於 12.5 µg/L(陳 1998)，歐盟則嚴格訂定水中非離子態氨濃度須小於 4.1 µg/L(European-Parliament, 2006)，總氮濃度須小於 0.03 mg/L(表 3-2)，七家灣溪重要濕地保育水質標準中建議水體總氮濃度應低於 0.1 mg/L(表 3-3)。

硫酸鹽在各溪流的濃度均高於其它營養鹽類，因此可推測水中導電度的來源可能為硫酸鹽。上游處桃山西溪硫酸鹽濃度較低，有勝溪測站硫酸鹽濃度較高。因 12~4 月枯水期，造成冬季硫酸鹽濃度也較夏季濃度來得高。

氯鹽在自然水體中的濃度變化很大，通常氯鹽含量會隨著礦物質含量增加。往年武陵地區溪流中氯鹽濃度大致維持在 2.0 mg/L 以下，武陵地區溪流中 109 下半年 10 月桃山西溪測站氯鹽濃度偏高為 5.99 mg/L，10 月有勝溪測站氯鹽濃度為 2.98 mg/L，其餘武陵地區溪流測站皆低於 2.0 mg/L。

自然界中的含磷量並不多，溪流中磷的來源主要為清潔劑與施肥或土壤中磷沖刷等型式，實驗分析上以正磷酸鹽為主。學者建議臺灣櫻花鉤吻鮭水體中磷酸鹽濃度應小於 0.01 mg/L(陳 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，109 上半年度於桃山西溪測站測得為 0.01(109/02)、0.02(109/04) mg/L、二號壩測站 0.03(109/02)、0.04(109/04) mg/L、觀魚台測站皆 0.02 mg/L、有勝溪測站 0.05(109/02)、0.06(109/04) mg/L、一號壩上下游測站 0.03(109/02)、0.04(109/04) mg/L，109 下半年度於桃山西溪測站測得為 0.01(109/06)、0.05(109/10) mg/L、二號壩測站 0.03(109/06)、0.15(109/10) mg/L、觀魚台測站測得為 0.02(109/06)、0.03(109/10) mg/L、有勝溪測站 0.04(109/06)、0.08(109/10) mg/L、一號壩上下游測站 0.04(109/06)、0.03(109/10) mg/L，僅 10 月二號壩站 0.15 mg/L，其皆於標準以下。

武陵地區各溪流中有機碳的來源多為落葉與有機體的分解，109 全年度七家灣溪流之總有機碳濃度於歷年監測值變動不大，上半年度濃度大致介於 0.311 mg/L(109/02 桃山西溪測站)~1.979 mg/L(109/04 觀魚臺測站)，下半年濃度大致介於 0.342 mg/L(109/06 觀魚臺測站)~3.761 mg/L(109/10 桃山西溪測站)。

#### (三) 一號壩壩體改善後之影響

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)、繁殖場(#5)、一號壩上游(#12)、一號壩下游(#13)，進行水質監測，以了解壩體改善對七家灣溪及臺灣櫻花鉤吻鮭需求水質之影響。壩體改善後之水質監測仍持續進行。分析結果如圖 3-21 至圖 3-33 所示。

改善壩堤後四個測站的 pH 值介於 7.66~8.47 間呈中性偏鹼的狀態，數值在武陵地區溪流正常範圍內，而後續監測之 pH 值則趨於穩定。

導電度表示水中離子的含量多寡，鮭魚最適水體導電度介於 120~450  $\mu$  mho/cm 之間(陳 1998)。109 全年度導電度值介於 185.8-235.0  $\mu$  mho/cm。

視覺性攝食魚種臺灣櫻花鉤吻鮭對濁度的要求在 5 NTU 之下(陳 1998)，109 年全年度數值皆在 5 NTU 之下，由此可得知壩體改善後濁度並不需要過多的時間即可回復成正常範圍。

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 31.03~46.69 mg/L 間，氯鹽濃度其 109/06 測得濃度皆低於 0.5 mg/L，109/10 測得濃度介於 0.5250 mg/L(一號壩下游測站)~2.9877 mg/L(有勝溪測站)。109 全年度亞硝酸鹽氮數值，僅 109/02 一號壩下游測站測得數據偏高，可能為施工、櫻花季遊客人數影響，到四月份隨即降低為標準以下；氨氮濃度範圍約在 0.01(109/02 繁殖場測站)~0.17(109/04 繁殖場測站)；磷酸鹽濃度約在 0.02(109/04 觀魚臺測站)~0.04(109/04 一號壩上游測站) mg/L。

#### (四) 山溝及排水溝之水質監測

圖 3-34 至圖 3-46 為山溝及排水溝之水質監測結果，山溝及排水溝之 pH 值略低於七家灣溪流測站；矽酸鹽濃度略高於七家灣溪流測站，矽酸鹽濃度在本年度二月份較高，但到四月份及降回標準範圍；溫度及溶氧則與七家灣溪流測站差異不大。另外，排水溝之導電度值明顯低於山溝及七家灣溪；109 上半年度排水溝後區域，因水量降低，造成水流減小，藻類生長較多，泥沙淤積，導致濁度上升，達到 9.74 NTU，其餘山溝及排水溝之濁度值皆維持在 5 NTU 規範之下，109 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氮濃度皆高於七家灣溪，山溝檢測值介於 1.47(109/10 山溝中游測站)~3.03(109/04 山溝中游測站) mg/L。排水溝測值則低於山溝、略高於七家灣溪流，介於 0.75(109/10 排水溝測站)~1.96(109/02 排水溝前測站) mg/L，山溝排水溝匯流入七家灣溪後之硝酸鹽氮濃度，因稀釋作用故在匯流後之觀魚台採樣點，今年並無濃度偏高之狀況。

亞硝酸鹽氮濃度大多維持在 5  $\mu$ g/L 之下，整體來說亞硝酸鹽氮濃度仍遠低於保育臺灣櫻花鉤吻鮭的水質基準 50  $\mu$ g/L。

山溝之氯鹽濃度高於排水溝測站，山溝介於 2.30(109/06 山溝中下游測站)~3.36(109/02 山溝中游支流測站)mg/L。整體來說山溝、排水溝測值略高於七家灣溪流。氯鹽在自然水體中的濃度變化較大，通常氯鹽含量會隨著礦物質含量增加。

磷酸鹽監測山溝及排水溝濃度介於 0.04(109/02 排水溝測站)~0.24(109/10 排水溝前測站) mg/L。歷年監測結果顯示該區硫酸鹽來源僅為當地岩石中之金屬硫化物經風化過程後氧化溶解所產生。山溝與排水溝測站測得總有機碳濃度介於 0.2321(109/06 排水溝後站)~1.654(109/04 山溝中下游測站) mg/L，數值與七家灣溪流並無過大之差異。

本子計畫於 107 年 7 月實施武陵農場露營地之現場勘查，經發現露營地之污水經污水處理後，會藉由山溝之上游，間接流入七家灣溪流中。雖去年在旅遊旺季時所測得數據皆有較大的浮動，故研判山溝的水質有機會因旅遊的人潮有機會影響到七家灣溪。由於 107 年時僅針對界面活性劑分析，但由於近兩年採樣分析結果多低於偵測極限，且今年合約工作未列有陰離子界面活性劑檢測，109 年下半年停止分析並於期末報告刪除該表。

#### (五) 8.1 公頃回收農用地之水質監測

圖 3-47 至圖 3-59 為 8.1 公頃回收農用地之水質監測結果。回收農用地已於 95 年 12 月底完成徵收，為比較回收前後之水質差異，故本團隊持續於該區附近之測站包括桃山西溪(#2)、二號壩(#3)及觀魚臺(#4)進行採樣以分析水質變化。

今年該區域水質分析結果顯示，導電度與硫酸鹽濃度呈現越往下游濃度越高趨勢，以上游桃山西溪最低，二號壩、下游觀魚臺次之。而硝酸鹽氮濃度介於 0.08(109/02 桃山西溪測站)~0.37(109/04 桃山西溪測站) mg/L，亞硝酸鹽氮濃度介於 0.07(109/10 桃山西溪測站)~3.7(109/10 桃山西溪測站)  $\mu$ g/L，氨氮濃度介於 0.02(109/02 桃山西溪測站)~0.17(109/04 桃山西溪測站)mg/L。監測結果顯示，每年 6~10 月份硝酸鹽氮濃度會逐漸下降，若該月份總有機碳濃度升高至可提供充分碳源時，亞硝酸鹽氮濃度會顯著增加，同時氨氮濃度亦會略微升高，顯示 6 至 10 月份為該區域溪流進行脫硝反應季節，脫硝菌會利用有機碳為能量來源，將硝酸鹽氮還原成亞硝酸鹽氮及氨氮。其餘監測項目暫無明顯變化跡象。

歷年監測結果觀察到 99 年之前，三測站硝酸鹽氮濃度差距幅度較大，濃度差距最高達到 2.2 mg/L；99 年之後的監測結果濃度差異幅度明顯縮小至 0.1~0.5 mg/L 之間，顯示該區域氯鹽濃度逐漸穩定，農地回收確實有達到一定成效。圖 3-73~圖 3-79 盒鬚圖可更清楚顯示農地回收之成效。

#### (六) 羅葉尾溪及司界蘭溪之水質監測

圖 3-60 至圖 3-72 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)，這兩測站周邊皆有農耕施作，109 年 10 月新增司界蘭溪下游(#11)採樣點，在樣點的上游發現河床有挖土機停放。

109 全年度羅葉尾與有勝溪流域的水質分析結果顯示，pH 值介於 6.95(109/06 南湖登山口測站)~8.42(109/10 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。而硝酸鹽氮濃度普遍介於 0.01 (109/10 司界蘭溪下游測站)~3.35(109/04 羅葉尾溪放流點測站) mg/L，僅勝光派出所因尚有種植農作物，故測出 6.65 (109/04)mg/L，其餘皆在標準內，亞硝酸鹽氮濃度介於 0.1(109/10 司界蘭溪下游測站)~4.4(109/06 勝光派出所測站)  $\mu$ g/L，109 全年度氨氮濃度介於 0.02(109/02 勝光測站)~0.16(109/10 有勝溪下游測站)mg/L，磷酸鹽 109 全年度測得濃度介於 0.01(109/02 羅葉尾溪放流點測站)~0.08(109/10 有勝溪測站) mg/L。

羅葉尾溪流域測站之硫酸鹽濃度介於 28.83(109/10 南湖登山口測站)~71.18(109/10 勝

光派出所測站) mg/L，勝光派出所測站的監測濃度為最高 71.18 mg/L。

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，109 全年度羅葉尾及有勝溪測站總有機碳濃度介於 0.31(109/06 羅葉尾溪放流點測站)~2.55(109/02 南湖登山口測站) mg/L。

#### (七) 武佐野群山森林火災影響

根據過去森林火災對水質影響之追蹤分析顯示，影響期約略是兩周的時間，109 年 6 月武佐野群山發生森林火災，比較地點附近羅葉尾溪和有勝溪流域火災前、火災後的差異，以圖 3-80 至圖 3-82 水質盒鬚圖表示，監測測站分別為有勝溪(#9)、羅葉尾溪放流點(#201)、南湖登山口(#202)、勝光(#203)、有勝溪下游(#204)，羅葉尾溪及有勝溪流域火災後水質分析數據結果顯示，pH 介於 6.95(109/10 南湖登山口測站)~8.42(109/10 勝光派出所測站)，測得之 pH 值普遍在魚類生產力最佳範圍 6.5~8.5 之內，濁度介於 0.25(109/10 有勝溪下游測站) NTU~0.41(109/10 有勝溪測站) NTU，與之前分析數據無太大差異，皆符合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)，而硝酸鹽氮濃度介於 0.13 (109/10 羅葉尾溪放流點測站)~2.34(109/10 有勝溪測站) mg/L，亞硝酸鹽氮濃度介於 0.4(109/10 羅葉尾溪放流點測站)~1.4(109/06 有勝溪下游測站)  $\mu\text{g/L}$ ，氨氮濃度介於 0.03(109/10 羅葉尾溪放流點測站)~0.16(109/10 有勝溪下游測站) mg/L，磷酸鹽濃度介於 0.03(109/10 南湖登山口測站)~0.08(109/10 有勝溪測站) mg/L，硫酸鹽濃度介於 28.83(109/10 南湖登山口測站)~71.18(109/10 勝光派出所測站) mg/L，未來將持續觀察是否有長期影響。

## 四、結論與建議

### (一)結論

1. 水質監測結果顯示，武陵地區除有勝溪流域測站外大部分測站溪流水質良好，符合臺灣櫻花鉤吻鮭生存水質標準，目前武陵地區溪流生態尚屬適合臺灣櫻花鉤吻鮭生存之環境。

2. 在導電度及營養鹽方面，桃山西溪與高山溪均低於其它溪流；七家灣溪中下游測站及有勝溪則有較高的營養鹽濃度，可能與農耕施作和山上降雨沖刷導致該區導電度與營養鹽濃度高於其它溪流有關。

3. 武陵地區各溪流的硝酸鹽氮含量，在七家灣溪中游觀魚臺明顯比上游桃山西溪高；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. 武陵地區亞硝酸鹽氮濃度，在今年二月監測發現，有些測站濃度超出歐盟訂定之 $3\mu\text{g/L}$ 標準，但於今年四月回歸正常值，推測為一號壩下游周圍施工所致。保育臺灣櫻花鉤吻鮭的水質基準為 $50\mu\text{g/L}$ ，雖檢測值尚未達到規範之水質基準，但推估施工確實造成一定影響。

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

6. 今年全年度山溝及排水溝測站之硝酸鹽濃度介於 $0.75\text{-}3.03\text{ mg/L}$ ；山溝測值高於排水溝，而排水溝測值則略高於七家灣溪流。整體而言，山溝及排水溝之硝酸鹽氮與磷酸鹽濃度仍高於七家灣溪測站，顯示該區域水質受人為活動影響，故持續的管理與仍有其必要性。

7. 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 $2.2\text{ mg/L}$ 縮小至 $0.1\sim 0.5\text{ mg/L}$ 之間，顯示該區域氮鹽濃度逐漸穩定，農地回收確實有達到一定成效。

8. 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。

9. 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，氮氮濃度較高為 $0.16\text{ mg/L}$ ，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。

根據過去森林火災對水質影響之追蹤分析顯示，影響期約略是兩周的時間，109年6月武佐野群山發生森林火災對有勝溪和羅葉尾溪流域的影響，由分析結果及歷年平均盒鬚圖可以得知，與歷年數據差異不大，影響程度不高。

### (二)建議

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

#### 1. 立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：武陵農場、林管處

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

### 第三章 水質監測

影響。

#### 2.長期建議：

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：武陵農場

水質監測基本項目應包括水溫、導電度、濁度與 pH 值，若能輔以每季採樣分析  $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{NO}_2^-$ 、 $\text{NH}_4^+$  及總有機碳濃度，則可完整掌握水質變化情形。

## 五、參考文獻

- 于淑芬、林永發，2003。武陵地區水質調查及環境監測。內政部營建署雪霸國家公園研究報告。
- 內政部，2006。七家灣溪重要濕地(國家級)保育利用計畫，內政部
- 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。
- 行政院環境保護署環境檢驗所檢測方法 <https://www.epa.gov.tw/niea/>。
- 陳弘成，1998。武陵地區-溪流之水源水質監測系統之規劃與調查(四)。內政部營建署雪霸國家公園研究報告。
- 張石角，1989。櫻花鉤吻鮭保護區規劃。行政院農委會研究報告。
- 楊秋忠，1997。植物營養與施肥要領土壤與肥料第六版。農世股份有限公司。
- DIRECTIVE 2006/44/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 6 September 2006.
- Kuan W-H, Chen Y-L ,2014. Land-use type of catchment varying nitrogen cycle in an endangered salmon inhabited stream. Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ) 13.
- Sherpley A ,1995. Fate and transport of nutrients: phosphorus. USDA, agricultural research service, national agricultural water quality laboratory, Durant, Oklahoma.
- Wischmeier WH Smith, DD ,1978. Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation department of agricultural. U S Department of Agriculture, Agricultural Handbook 537.

附表

表 3-1 地面水體分類及水質標準

分級	基準值						
	H <sup>+</sup> 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 (NH3-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 <sub>2</sub> /L)	50 % ≥ 9 100 % ≥ 7	50 % ≥ 9 (6 mg/L 以上)	50 % ≥ 8 100 % ≥ 5	50 % ≥ 7 (4 mg/L 以上)
pH		6~9		6~9
懸浮固體(mg/L)	≤ 25		≤ 25	
BOD <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /bhL)	≤ 3		≤ 6	
磷酸鹽(mg PO <sub>4</sub> /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
氮氮(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

(資料來源：內政部七家灣溪重要濕地(國家級)保育利用計畫)

表 3-4 飲用水水源水質標準(作為自來水及簡易自來水之飲用水水源者)

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

(資料來源：行政院環境保護署飲用水水源水質標準)

表 3-5 水體樣品保存

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

(資料來源：行政院環境保護署)

表 3-6 採樣地點地理座標

站號	站名	溪流	地理座標(經緯度)	海拔(m)
#2	桃山西溪	桃山西溪	E 121.30750 N 24.39804	1927 m
#3	二號壩	七家灣溪	E 121.31012 N 24.38214	1787 m
#4	觀魚臺	七家灣溪	E 121.31191 N 24.36768	1743 m
#5	繁殖場	七家灣溪	E 121.31382 N 24.35446	1727 m
#8	高山溪	高山溪	E 121.30897 N 24.35813	1786 m
#9	有勝溪	有勝溪	E 121.31030 N 24.34752	1776 m
#11	司界蘭溪下游	司界蘭溪	E121.284407 N 24.32128	1615 m
#12	一號壩上游	七家灣溪	E 121.31163 N 24.36384	1762 m
#13	一號壩下游	七家灣溪	E 121.31173 N 24.35979	1712 m
#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
A3	山溝 中游	七家灣溪	E 121.30775 N 24.37723	1843 m
A4	山溝 中之支游	七家灣溪	E 121.30778 N 24.37707	1780 m
A5	山溝 中之下游	七家灣溪	E 121.30813 N 24.37743	1875 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
B3	排水溝 前	七家灣溪	E 121.30919 N 24.37585	1724 m
B4	排水溝 後	七家灣溪	E 121.30993 N 24.37484	1756 m

(資料來源：本研究資料)

表 3-7 109 年 02 月溶解態分析數據

站號	站名	採樣日期 月/日	溫度 °C	pH	導電度 μS/cm	溶氧 mg/L	濁度 NTU	SiO <sub>2</sub> mg/L
#2	桃山西溪	2/11	10.3	8.14	148.4	9.58	0.29	8.02
#3	二號壩	2/11	12	8.06	186.8	10.18	0.16	10.43
#4	觀魚臺	2/11	11.8	7.90	199.7	9.32	0.47	9.11
#5	繁殖場	2/11	11.4	7.81	185.8	8.65	0.20	10.13
#8	高山溪	2/11	10.2	7.80	153.8	8.77	1.10	10.74
#9	有勝溪	2/11	13.4	7.96	242.0	9.20	0.43	11.15
#12	一號壩上游	2/11	12	7.84	203.0	9.48	0.30	11.1
#13	一號壩下游	2/11	11.7	7.62	196.7	9.46	1.09	10.78
#201	羅葉尾溪放流點	2/11	9.6	7.55	224	8.95	0.16	11.13
#202	南湖登山口	2/11	9.8	7.59	128	10.26	0.29	11.18
#203	勝光	2/11	10.4	8.05	357	10.30	0.33	10.8
#204	有勝溪下游	2/11	13	7.93	222	8.98	0.24	10.83
A3	山溝 中	2/11	12	7.8	111.5	10.34	0.33	13.37
A4	山溝 中支	2/11	12.8	7.89	115.0	10.15	0.28	13.46
A5	山溝 中下	2/11	13	7.79	115.1	9.84	0.29	13.71
A6	山溝	2/11	11.7	8.16	83.9	10.36	0.15	13.34
B1	排水溝	2/11	13.9	7.87	81.6	9.65	0.68	12.95
B3	排水溝 前	2/11	14.3	7.69	83.7	9.5	0.45	12.96
B4	排水溝 後	2/11	14.3	7.71	87.3	8.98	9.74	13.03

第三章 水質監測

站號	站名	採樣日期	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	TOC
		月/日	mg/L	µg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
#2	桃山西溪	2/11	0.09	2.00	31.25	0.046	0.01	0.02	0.31
#3	二號壩	2/11	0.11	3.37	40.79	0.066	0.03	N.D.	0.42
#4	觀魚臺	2/11	0.17	0.94	48.80	0.140	0.02	0.03	0.36
#5	繁殖場	2/11	0.13	5.78	40.42	0.110	0.00	0.01	0.42
#8	高山溪	2/11	0.12	3.15	34.18	0.073	0.02	0.04	0.53
#9	有勝溪	2/11	1.09	1.78	45.82	1.026	0.05	0.03	0.55
#12	一號壩上游	2/11	0.17	2.22	45.76	0.158	0.03	0.02	0.34
#13	一號壩下游	2/11	0.15	9.50	46.69	0.141	0.03	0.02	0.59
#201	羅葉尾溪放流點	2/11	0.10	1.70	33.61	0.199	0.01	0.09	0.39
#202	南湖登山口	2/11	0.11	2.70	30.41	1.067	0.05	N.D.	2.56
#203	勝光	2/11	0.58	3.00	63.95	0.364	0.02	0.02	0.57
#204	有勝溪下游	2/11	1.07	1.20	41.80	0.736	0.07	0.02	0.51
A3	山溝 中	2/11	3.02	7.30	15.97	3.241	0.14	0.02	0.49
A4	山溝 中支	2/11	3.01	2.60	16.80	3.370	0.11	0.02	0.53
A5	山溝 中下	2/11	2.97	1.70	16.50	3.277	0.15	0.02	0.47
A6	山溝	2/11	3.00	4.70	16.57	3.159	0.14	0.02	0.46
B1	排水溝	2/11	1.03	7.10	9.42	0.836	0.04	0.07	0.67
B3	排水溝 前	2/11	1.81	3.00	9.60	1.881	0.05	N.D.	0.50
B4	排水溝 後	2/11	1.70	1.80	11.00	1.301	0.05	0.02	0.46

(資料來源：本研究資料)

表 3-8 109 年 04 月溶解態分析數據

站號	站名	採樣日期	溫度	pH	導電度	溶氧	濁度	SiO <sub>2</sub>
		月/日	°C		µS/cm	mg/L	NTU	mg/L
#2	桃山西溪	4/13	11	7.5	148.8	7.25	0.60	2.83
#3	二號壩	4/13	12.8	7.51	199.9	7.49	0.52	3.29
#4	觀魚臺	4/13	13.2	7.76	211.0	7.33	0.63	3.45
#5	繁殖場	4/13	13.6	7.66	212.0	7.35	0.59	3.51
#8	高山溪	4/13	12.4	7.70	203.0	7.30	0.28	3.65
#9	有勝溪	4/13	16.5	7.81	333.0	6.58	0.34	3.88
#12	一號壩上游	4/13	12.8	7.76	213.0	7.50	0.38	3.42
#13	一號壩下游	4/13	14.3	7.76	216.0	7.01	0.43	3.57
#201	羅葉尾溪放流點	4/13	11	7.55	224.0	7.39	0.48	3.76
#202	南湖登山口	4/13	13.3	7.07	196.4	7.04	0.34	3.39
#203	勝光	4/13	13.5	8.13	486.0	6.83	0.33	3.72
#204	有勝溪下游	4/13	17.7	8.05	350.0	7.06	0.41	4.29
A3	山溝 中	4/13	12.5	7.28	137.8	7.18	1.05	6.25
A4	山溝 中支	4/13	12.6	7.25	139.8	7.19	1.11	6.15
A5	山溝 中下	4/13	12.5	7.26	140.2	7.05	2.48	6.43
A6	山溝	4/13	12.1	7.4	139.7	6.88	0.78	6.15
B1	排水溝	4/13	13.1	7.22	107.3	6.89	1.33	5.36
B3	排水溝 前	4/13	13.8	7.06	100.7	7.23	4.70	5.61
B4	排水溝 後	4/13	14.2	7.04	107.7	6.78	4.32	5.5

第三章 水質監測

站號	站名	採樣日期	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	TOC
		月/日	mg/L	µg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
#2	桃山西溪	4/13	0.38	1.40	25.94	0.421	0.02	0.17	1.78
#3	二號壩	4/13	0.27	1.19	32.41	0.362	0.04	0.11	1.28
#4	觀魚臺	4/13	0.33	0.81	36.06	0.394	0.02	0.10	1.98
#5	繁殖場	4/13	0.35	1.03	35.59	0.201	0.03	0.17	1.13
#8	高山溪	4/13	0.25	1.06	34.80	0.482	0.03	0.05	1.07
#9	有勝溪	4/13	0.94	2.37	46.10	0.705	0.06	0.13	1.36
#12	一號壩上游	4/13	0.25	3.15	35.54	0.189	0.04	0.07	0.80
#13	一號壩下游	4/13	0.29	1.40	36.96	0.308	0.04	0.08	0.99
#201	羅葉尾溪放流點	4/13	3.35	2.40	52.54	0.404	0.03	0.10	2.04
#202	南湖登山口	4/13	1.45	0.90	39.44	0.125	0.03	0.13	1.83
#203	勝光	4/13	6.66	0.70	60.60	0.289	0.02	0.12	1.20
#204	有勝溪下游	4/13	1.26	2.00	50.48	0.747	0.06	0.14	1.93
A3	山溝 中	4/13	3.04	1.10	16.00	2.619	0.15	0.18	1.26
A4	山溝 中支	4/13	2.99	1.00	16.80	2.514	0.15	0.12	1.38
A5	山溝 中下	4/13	2.92	1.50	17.48	2.669	0.14	0.20	1.65
A6	山溝	4/13	2.91	1.20	16.38	2.499	0.14	0.03	0.69
B1	排水溝	4/13	1.08	1.90	10.81	1.244	0.05	0.1	0.93
B3	排水溝 前	4/13	1.47	1.10	10.34	1.847	0.06	0.27	1.18
B4	排水溝 後	4/13	1.58	1.70	12.66	1.774	0.04	0.08	1.41

(資料來源：本研究資料)

表 3-9 109 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 <sub>2</sub>
		月/日	°C		µS/cm	mg/L	NTU	mg/L
#2	桃山西溪	6/14	17.3	7.61	151.0	7.63	0.20	2.76
#3	二號壩	6/14	16.3	7.45	193.1	7.63	0.44	3.30
#4	觀魚臺	6/14	17.4	7.72	195.2	7.29	0.44	4.32
#5	繁殖場	6/14	18	7.76	186.8	7.27	0.36	3.80
#8	高山溪	6/14	17.6	7.78	183.1	7.75	0.56	3.87
#9	有勝溪	6/14	22.4	8.16	355.0	8.49	0.41	4.13
#12	一號壩上游	6/14	17.1	7.88	196.6	7.95	0.62	3.38
#13	一號壩下游	6/14	17.8	7.71	200.0	8.04	0.66	3.56
#201	羅葉尾溪放流點	6/14	15.2	7.61	196.3	7.79	0.37	3.96
#202	南湖登山口	6/14	16.7	6.95	183.9	6.85	0.31	3.59
#203	勝光	6/14	21.4	8.07	507	7.49	0.27	3.68
#204	有勝溪下游	6/14	21.1	7.77	337	7.86	3.61	4.05
A3	山溝 中	6/14	17.4	7.21	137.5	7.57	0.30	6.51
A4	山溝 中支	6/14	16.8	7.22	139.2	7.76	0.26	6.41
A5	山溝 中下	6/14	17.2	7.19	139.4	7.65	0.55	6.43
A6	山溝	6/14	18.3	7.21	139.6	7.6	0.33	6.42
B1	排水溝	6/14	19.6	7.23	110.5	7.37	0.82	5.92
B3	排水溝 前	6/14	18.8	7.23	105.4	7.2	3.09	5.89
B4	排水溝 後	6/14	19	7.11	115.7	6.66	2.14	5.85

第三章 水質監測

站號	站名	採樣日期	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	TOC
		月/日	mg/L	µg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
#2	桃山西溪	6/14	0.11	3.70	21.60	0.17	0.01	0.03	0.61
#3	二號壩	6/14	0.23	0.70	30.82	0.27	0.03	0.05	0.36
#4	觀魚臺	6/14	0.25	2.40	32.80	0.15	0.02	0.10	0.34
#5	繁殖場	6/14	0.15	1.20	31.03	0.14	0.02	0.01	0.35
#8	高山溪	6/14	0.23	0.40	30.70	0.17	0.03	0.01	0.48
#9	有勝溪	6/14	1.64	4.20	49.95	1.98	0.04	0.05	0.86
#12	一號壩上游	6/14	0.17	2.00	32.23	0.19	0.04	0.06	0.35
#13	一號壩下游	6/14	0.19	1.20	32.66	0.23	0.03	0.02	0.44
#201	羅葉尾溪放流點	6/14	0.13	0.80	34.19	1.27	0.03	0.10	0.31
#202	南湖登山口	6/14	0.66	0.40	32.96	6.92	0.06	0.13	0.46
#203	勝光	6/14	0.32	4.40	68.87	1.82	0.08	0.15	0.34
#204	有勝溪下游	6/14	1.44	2.20	45.25	1.51	0.08	0.05	0.87
A3	山溝 中	6/14	1.96	0.70	17.55	2.34	0.09	0.08	0.68
A4	山溝 中支	6/14	1.97	4.20	17.99	2.37	0.10	0.05	0.71
A5	山溝 中下	6/14	1.92	3.50	18.00	2.30	0.12	0.06	0.66
A6	山溝	6/14	1.93	0.70	18.01	2.2677	0.09	0.05	0.678
B1	排水溝	6/14	1.22	9.50	11.88	1.3189	0.06	0.02	0.477
B3	排水溝 前	6/14	1.97	3.60	11.05	1.5470	0.06	0.06	0.496
B4	排水溝 後	6/14	1.57	7.10	11.85	1.6648	0.09	0.14	0.232

(資料來源：本研究資料)

表 3- 10 109 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 <sub>2</sub>
		月/日	°C		µS/cm	mg/L	NTU	mg/L
#2	桃山西溪	10/14	14.5	7.86	174.7	10.21	0.44	2.75
#3	二號壩	10/14	13.3	8.03	217.0	10.35	0.47	3.14
#4	觀魚臺	10/14	14.9	8.43	220.0	10.45	0.24	3.35
#5	繁殖場	10/14	16.8	8.36	213.0	9.32	0.18	3.38
#8	高山溪	10/14	14	8.30	214.0	10.74	0.31	3.50
#9	有勝溪	10/14	18.2	8.23	355.0	9.02	0.41	3.70
#11	司界蘭溪下游	10/14	17	8.31	277.0	9.50	0.70	3.53
#12	一號壩上游	10/14	15.1	8.47	221.0	10.02	0.30	3.27
#13	一號壩下游	10/14	16.7	8.37	235.0	9.40	0.19	3.28
#201	羅葉尾溪放流點	10/14	13.9	8.18	175.9	10.91	0.25	3.53
#202	南湖登山口	10/14	15.6	7.7	171.2	9.77	0.29	3.45
#203	勝光	10/14	18.9	8.42	528.0	9.60	0.59	3.45
#204	有勝溪下游	10/14	17.3	8.39	381.0	9.42	0.25	3.68
A3	山溝 中	10/14	13.5	7.95	145.2	9.85	3.36	5.86
A4	山溝 中支	10/14	14.1	7.84	150.1	9.95	1.86	5.97
A5	山溝 中下	10/14	13.8	7.98	148.1	9.72	0.66	5.79
A6	山溝	10/14	13.2	7.97	147.4	10.01	0.69	5.84
B1	排水溝	10/14	16.2	7.94	160.6	9.8	4.83	5.22
B3	排水溝 前	10/14	16.1	7.86	111.4	8.85	0.98	5.19
B4	排水溝 後	10/14	16.1	7.57	115.9	9.66	1.20	5.33

第三章 水質監測

站號	站名	採樣日期	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	TOC
		月/日	mg/L	µg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
#2	桃山西溪	10/14	N.D <sup>+</sup>	N.D <sup>*</sup>	26.76	5.99	0.05	0.09	3.76
#3	二號壩	10/14	N.D <sup>+</sup>	0.18	32.92	0.71	0.15	0.06	1.35
#4	觀魚臺	10/14	0.27	N.D <sup>*</sup>	35.80	0.79	0.03	0.09	1.70
#5	繁殖場	10/14	0.15	N.D <sup>*</sup>	35.56	1.19	0.04	0.06	2.16
#8	高山溪	10/14	0.13	N.D <sup>*</sup>	33.03	0.38	0.02	0.12	1.54
#9	有勝溪	10/14	2.34	1.26	52.58	2.99	0.08	0.06	1.79
#11	司界蘭溪下游	10/14	0.01	0.10	47.04	0.66	0.06	0.16	1.38
#12	一號壩上游	10/14	N.D <sup>+</sup>	N.D <sup>*</sup>	35.55	0.89	0.04	0.11	2.45
#13	一號壩下游	10/14	0.22	0.20	36.35	0.53	0.03	0.05	1.24
#201	羅葉尾溪放流點	10/14	N.D <sup>+</sup>	0.40	31.10	0.63	0.03	0.03	1.51
#202	南湖登山口	10/14	N.D <sup>+</sup>	0.40	28.83	0.74	0.03	0.13	1.69
#203	勝光	10/14	0.63	N.D <sup>*</sup>	71.18	0.82	0.03	0.07	1.46
#204	有勝溪下游	10/14	2.18	1.40	49.93	2.33	0.06	0.16	1.22
A3	山溝 中	10/14	1.47	0.50	18.15	2.87	0.14	0.09	0.93
A4	山溝 中支	10/14	1.80	0.30	18.91	2.94	0.12	0.08	1.06
A5	山溝 中下	10/14	2.05	0.50	22.09	3.23	0.19	0.09	1.03
A6	山溝	10/14	1.62	0.30	18.68	3.01	0.12	0.13	0.74
B1	排水溝	10/14	0.75	1.70	11.01	1.87	0.08	0.07	1.63
B3	排水溝 前	10/14	1.46	0.20	10.02	2.67	0.24	0.06	1.62
B4	排水溝 後	10/14	1.25	1.10	10.67	2.12	0.08	0.08	1.01

(資料來源：本研究資料)

表 3- 11 2002-2020 長期水溫變化線性迴歸係數與統計值

	冬季			夏季		
	R <sup>2</sup>	p	t	R <sup>2</sup>	p	t
桃山西溪	0.0626	0.2614	1.1558	0.0055	0.7088	0.3775
二號壩	0.0485	0.3797	0.9034	0.0220	0.4788	0.7199
觀魚台	0.1993	0.0425	2.1746	0.0225	0.4747	0.7268
繁殖場	0.4218	0.0019	3.6240	0.1009	0.1304	1.5710
高山溪	0.4214	0.0020	3.6205	0.1531	0.0436	2.1259

表 3-12 氣溫季節變化

	冬溫 ( °C/10 年) <sup>#</sup>		夏溫 (°C /10 年) <sup>#</sup>
桃山西溪	+0.003	>	+ 0.001
二號壩	+0.003	>	+0.002
觀魚台	+0.007 *	>	+0.003
高山溪	+0.01 **	>	+0.005 *
繁殖場	+0.01 **	>	+0.005
台灣平均 <sup>†</sup>	0.24 °C/10 年		
世界平均 <sup>†</sup>	0.18 °C/10 年		

<sup>#</sup> 計算方式: 2002-2020 增溫趨勢線斜率/18\*10

<sup>†</sup> 「全球平均溫度長期趨勢監測報告」, 中央氣象局

\* p<0.05, \*\*p<0.005

附圖

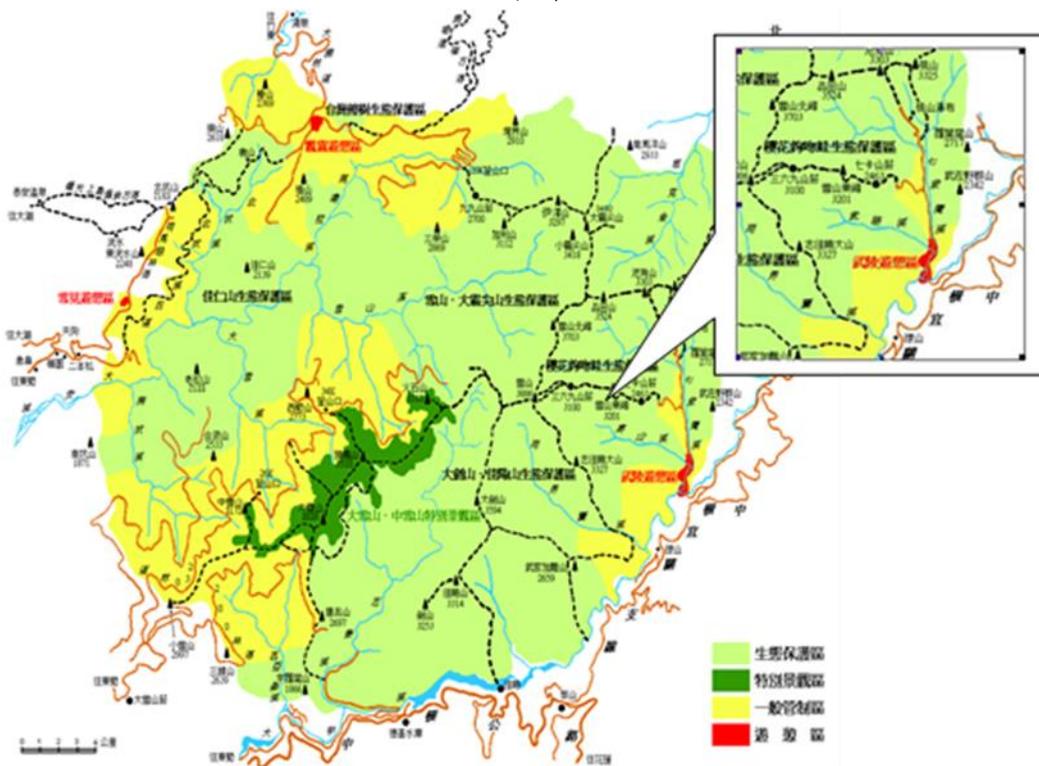


圖 3-1 雪霸國家公園  
(資料來源：本研究資料)

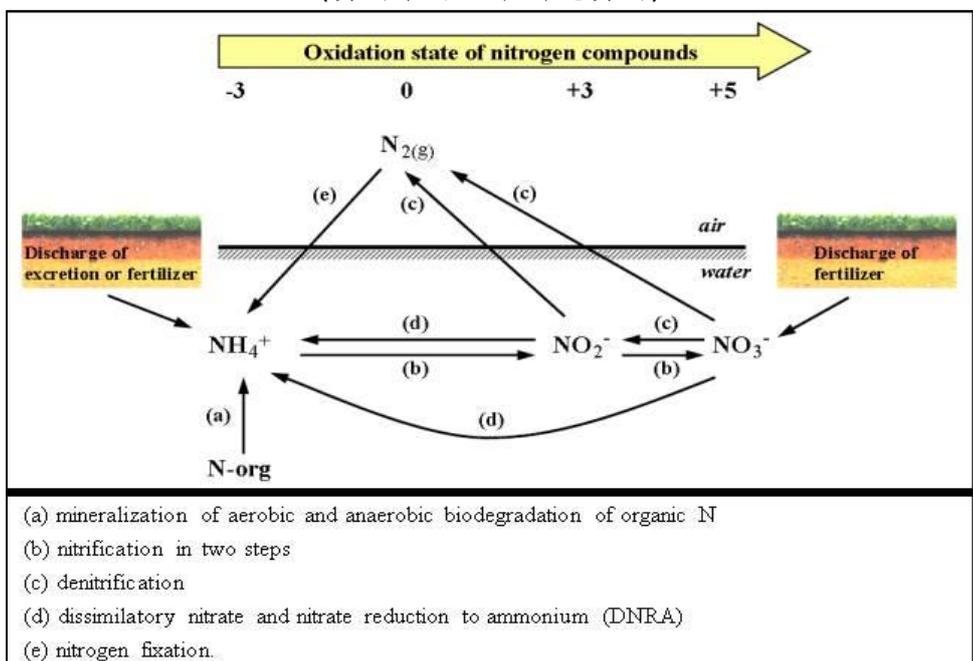


圖 3-2 氮素循環過程  
(Kuan & Chen, 2014)

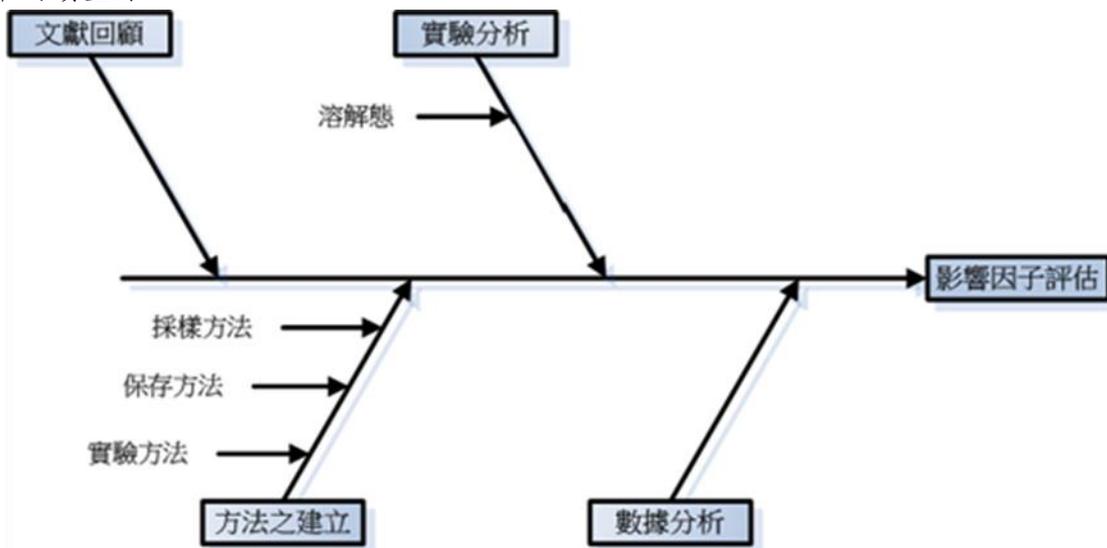


圖 3-3 流程圖  
(資料來源：本研究資料)



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)

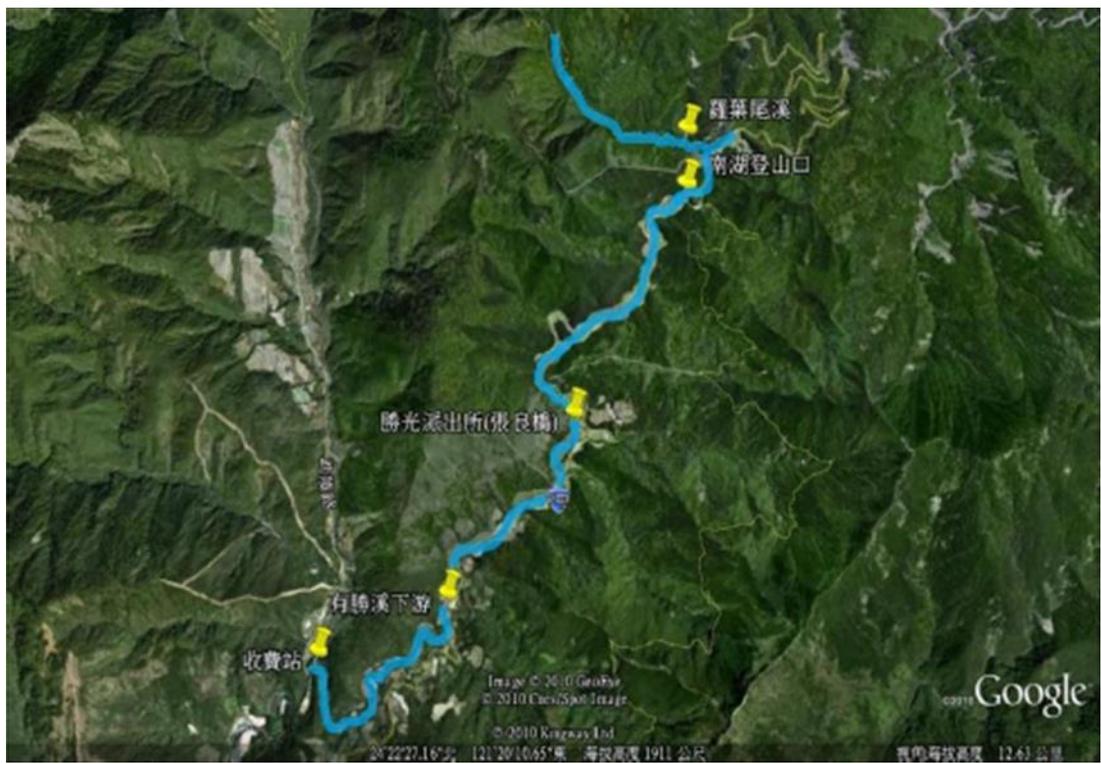


圖 3-5 羅葉尾溪、有勝溪流流域採樣位置圖  
(資料來源：本研究資料)

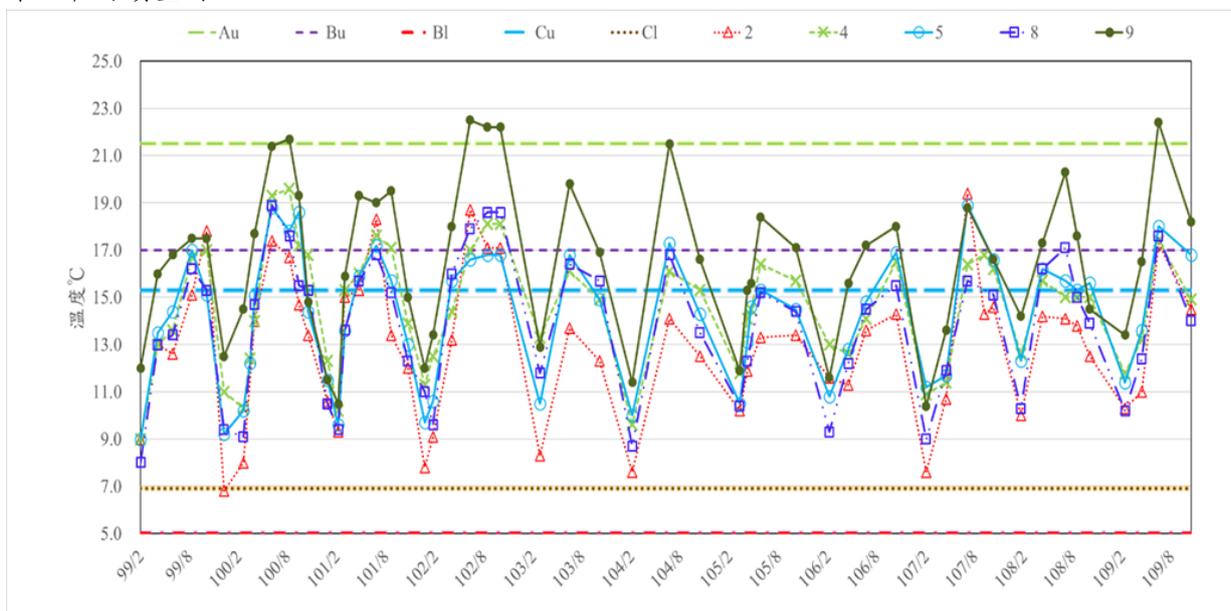


圖 3-6 山溝、排水溝採樣位置圖  
(資料來源：本研究資料)



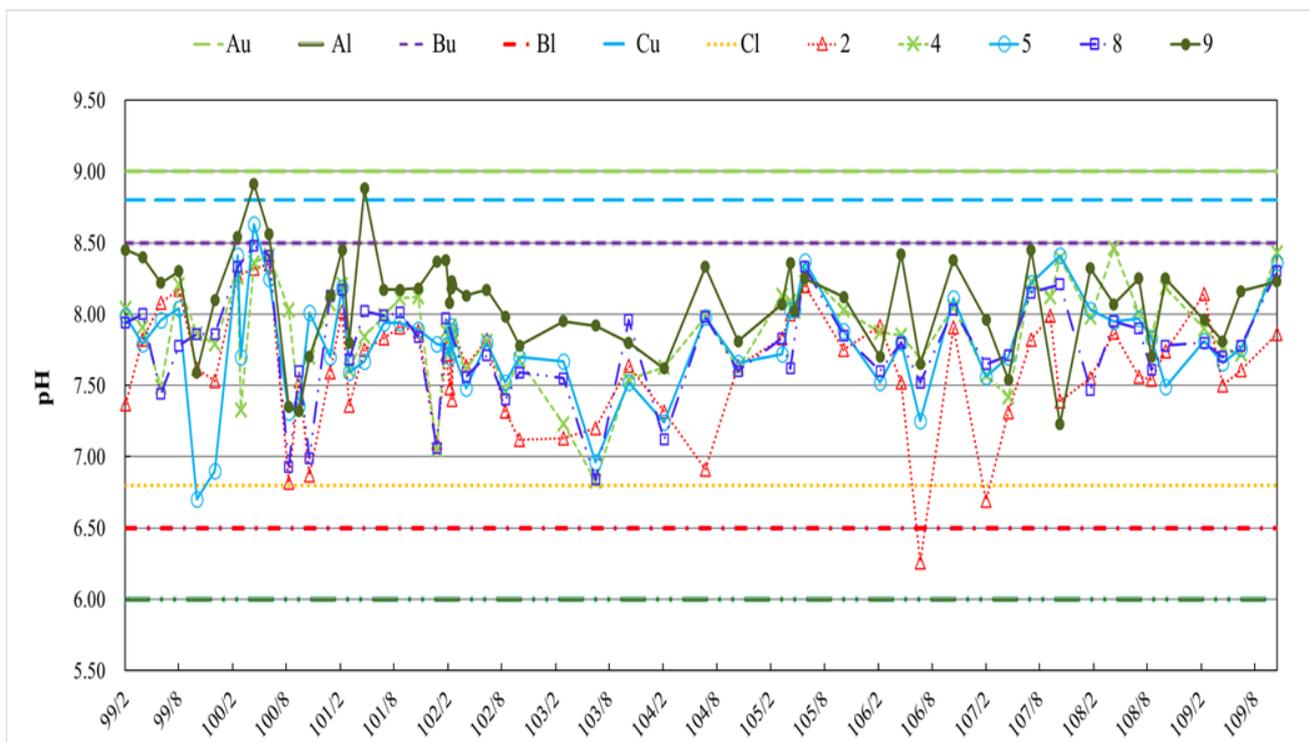
圖 3-7 武陵農場遊憩區測站位置圖  
(資料來源：本研究資料)

第三章 水質監測



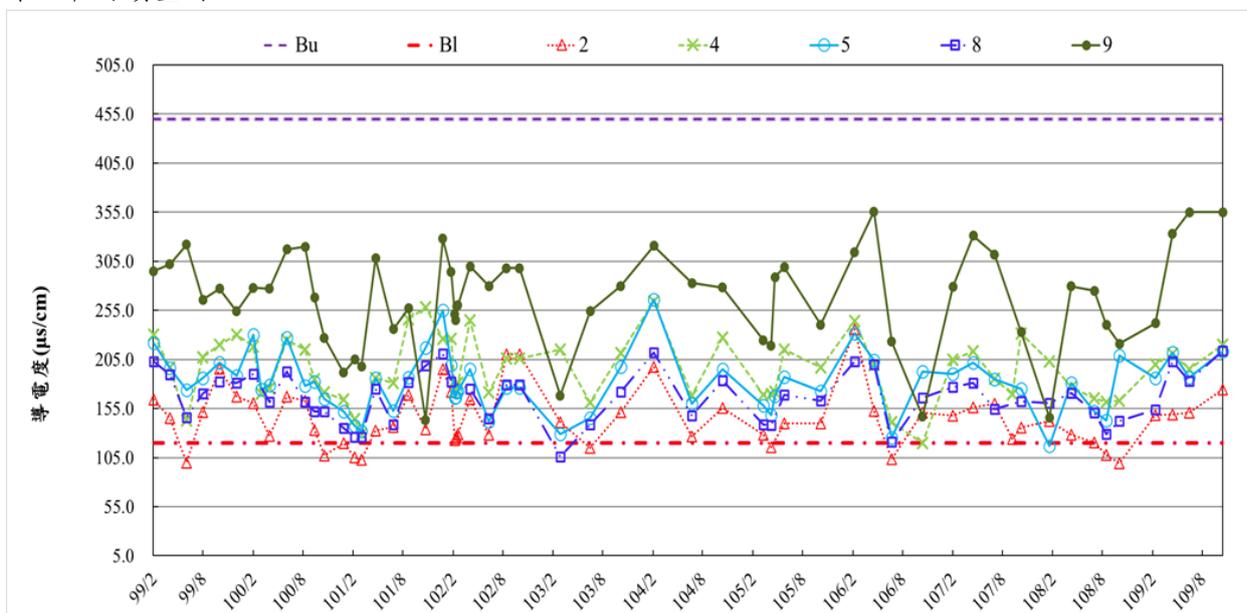
Au：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準溫度上限(21.5°C) Al：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準溫度下限(1.5°C)  
 Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存溫度上限(17°C) Bl：陳弘成(1998)建議鮭魚生存溫度下限(5°C)  
 Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準溫度上限(15.3°C) Cl：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準溫度下限(6.9°C)

圖 3-8 武陵地區溪流溫度值變化  
 (資料來源：本研究資料)



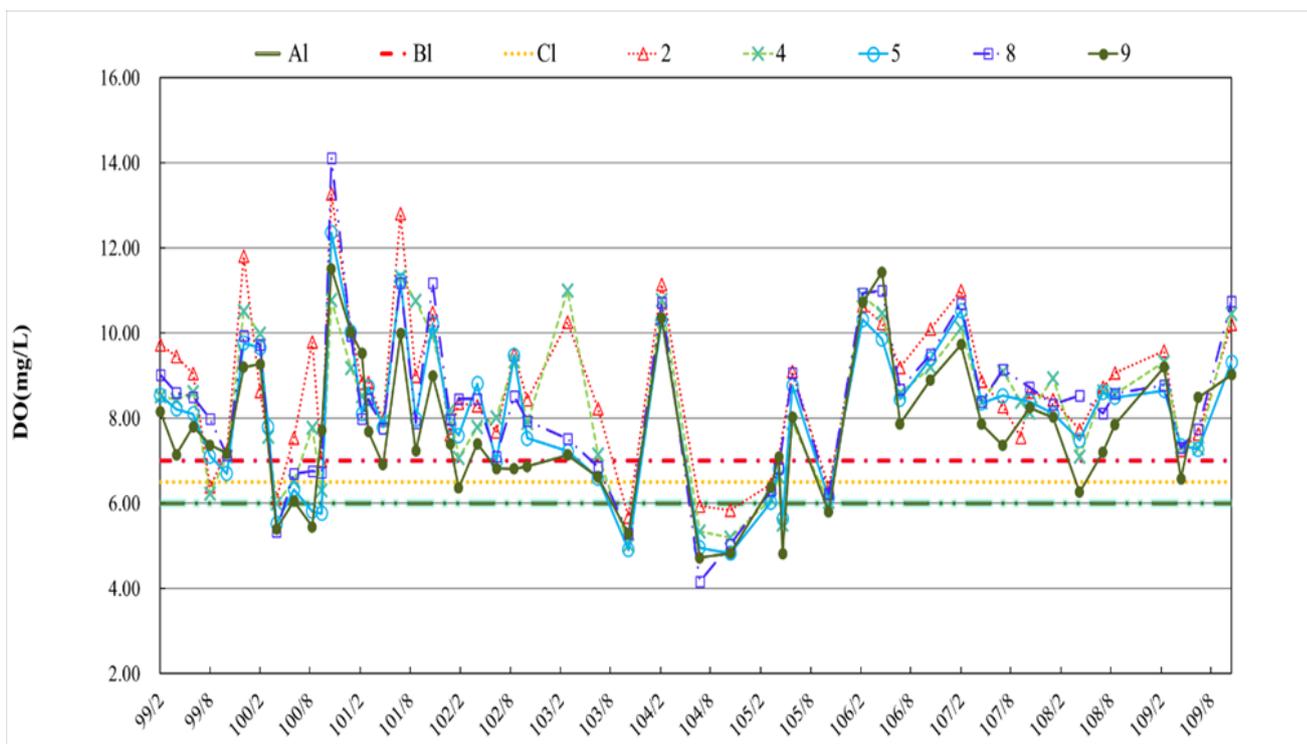
Au：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準 pH 上限(9) Al：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準 pH 下限(6)  
 Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存 pH 上限(8.5) Bl：陳弘成(1998)建議鮭魚生存 pH 下限(6.5)  
 Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準 pH 上限(8.8) Cl：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準 pH 下限(6.8)

圖 3-9 武陵地區溪流 pH 值變化  
 (資料來源：本研究資料)



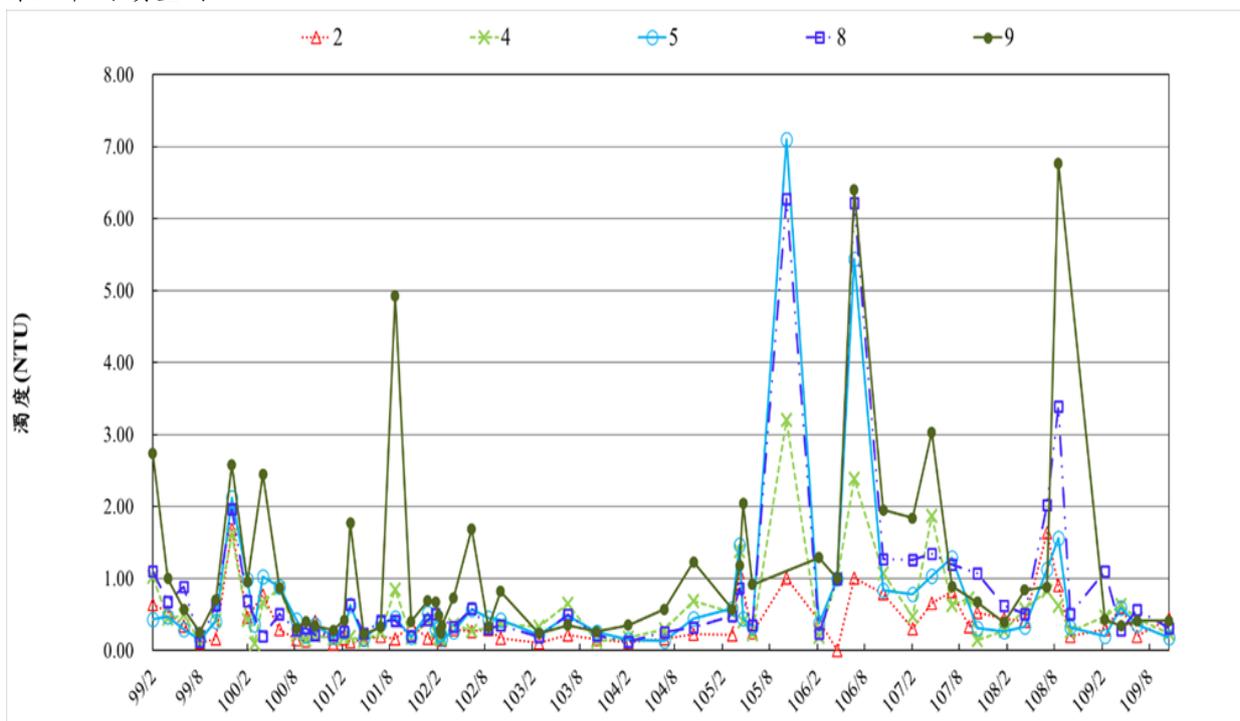
Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存導電度上限(450  $\mu$ s/cm)  
 BI：陳弘成(1998)建議鮭魚生存導電度下限(120  $\mu$ s/cm)

圖 3-10 武陵地區溪流導電度值變化  
 (資料來源：本研究資料)



AI：歐盟訂定之鮭魚水體標準溶氧值下限(6 mg/L)  
 BI：陳弘成(1998)建議鮭魚生存溶氧值下限(7 mg/L)  
 CI：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 3-11 武陵地區溪流溶氧值變化  
 (資料來源：本研究資料)



Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存濁度上限(5 NTU)

圖 3-12 武陵地區溪流濁度值變化  
(資料來源：本研究資料)

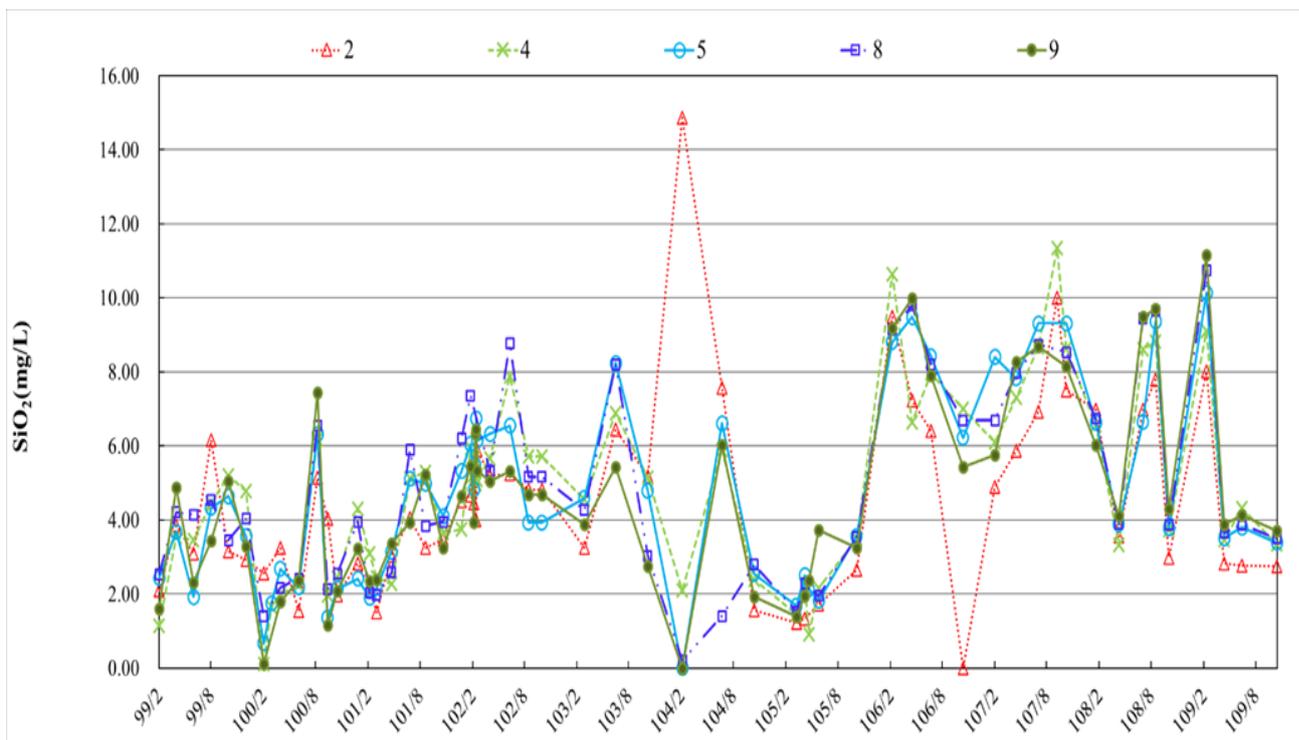
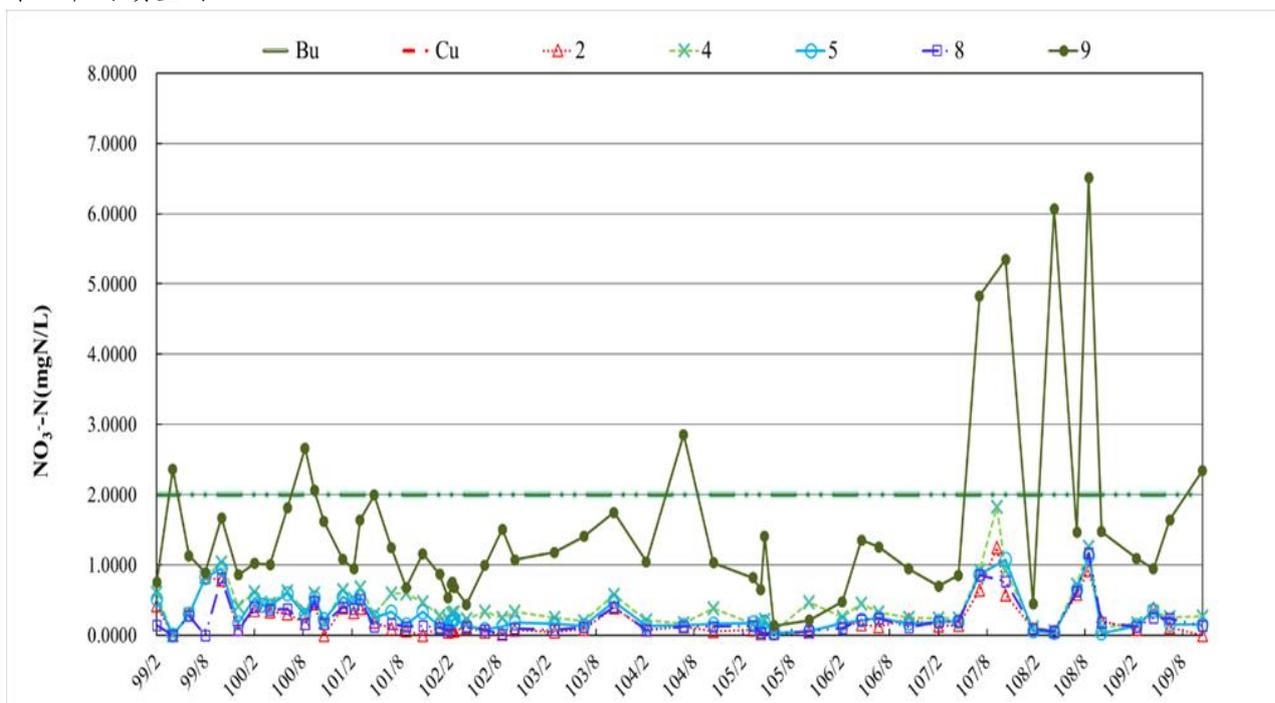
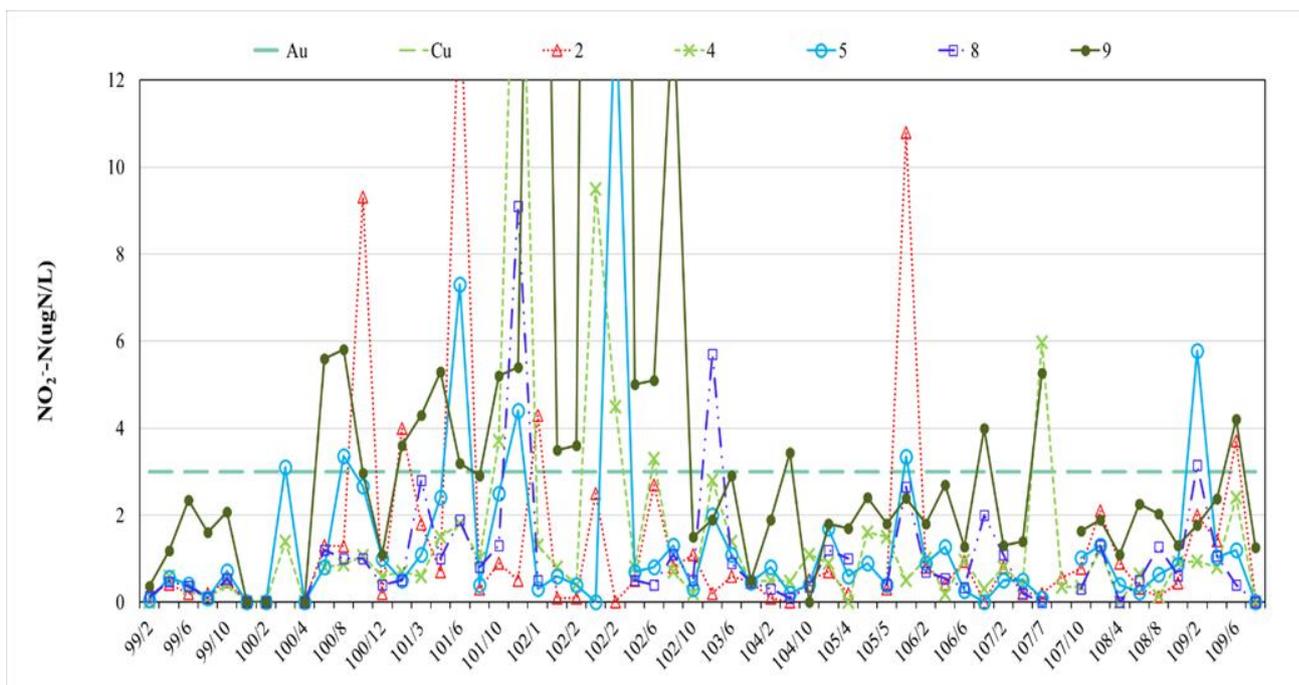


圖 3-13 武陵地區溪流 SiO<sub>2</sub> 值變化  
(資料來源：本研究資料)



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- 14 武陵地區溪流 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-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- 15 武陵地區溪流 NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N 值變化  
 (資料來源：本研究資料)

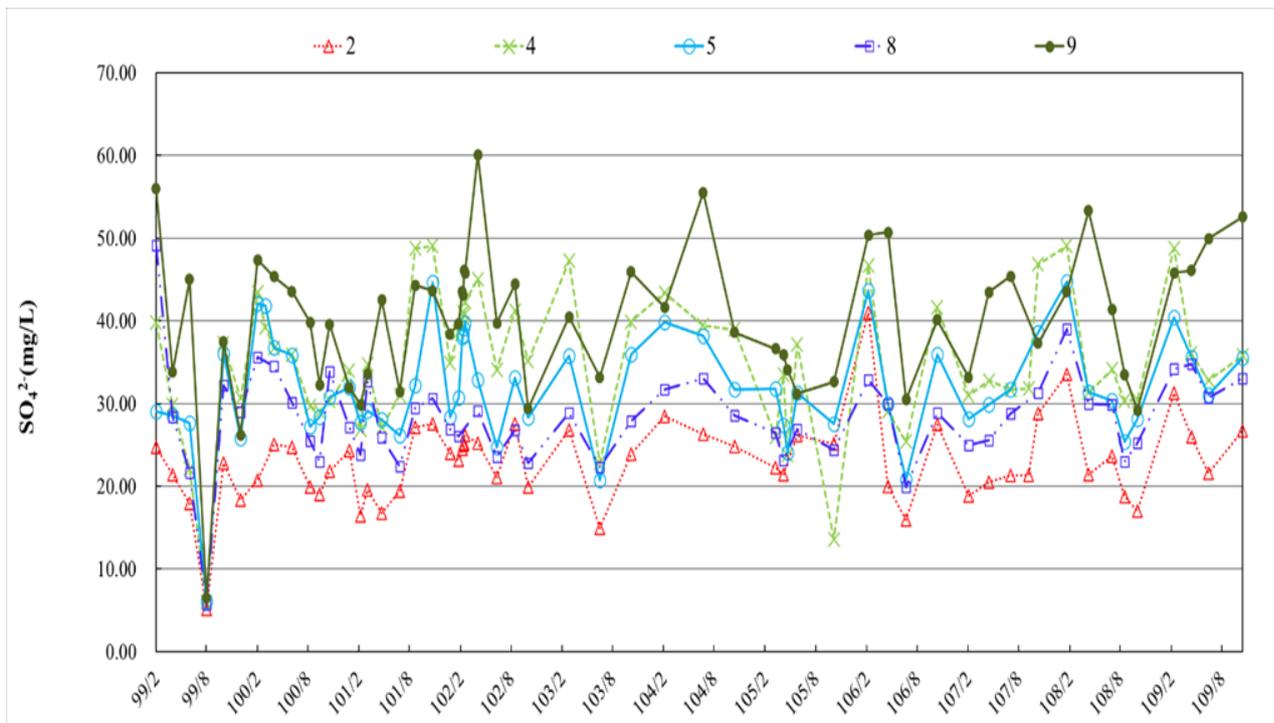
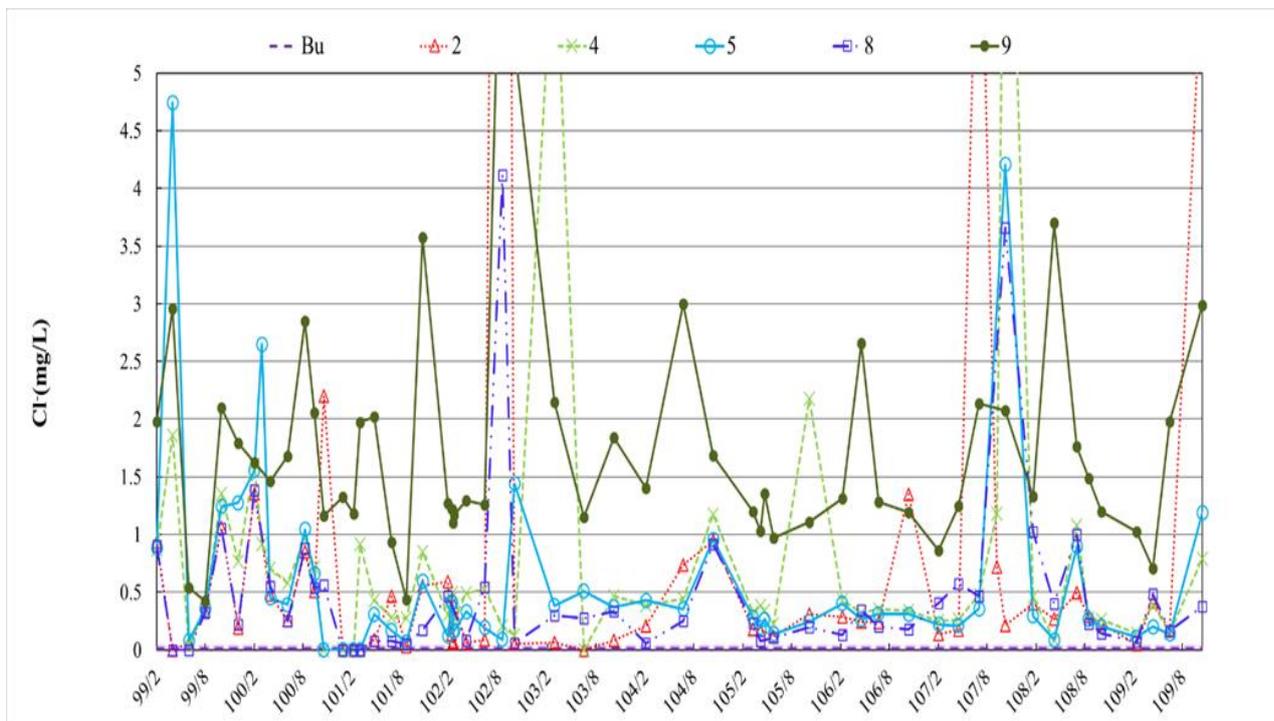
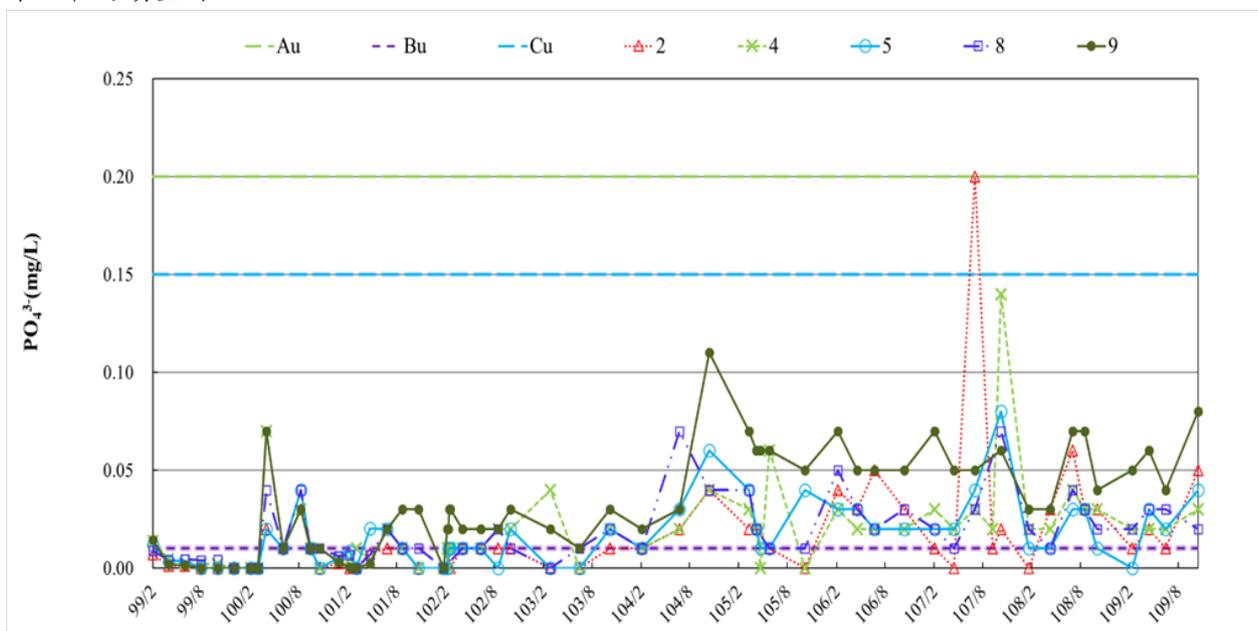


圖 3-16 武陵地區溪流  $\text{SO}_4^{2-}$  值變化  
(資料來源：本研究資料)



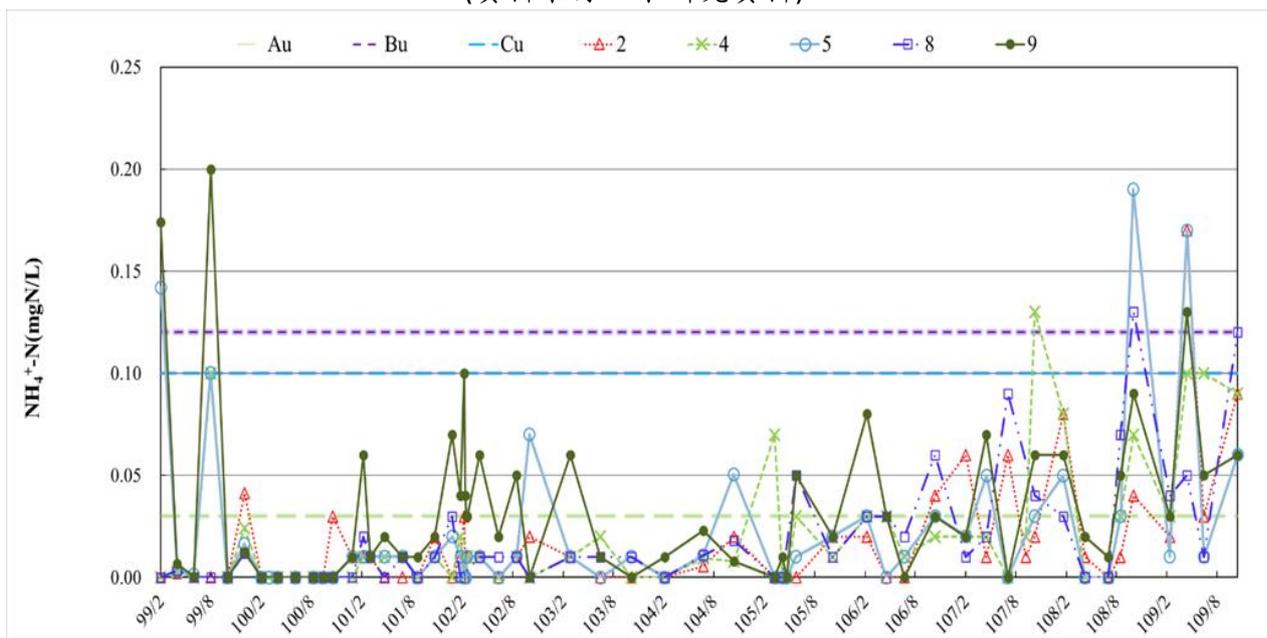
Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存氯鹽濃度上限(0.01 mg/L)

圖 3-17 武陵地區溪流  $\text{Cl}^-$  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- 18 武陵地區溪流 PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>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- 19 武陵地區溪流 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 值變化  
 (資料來源：本研究資料)

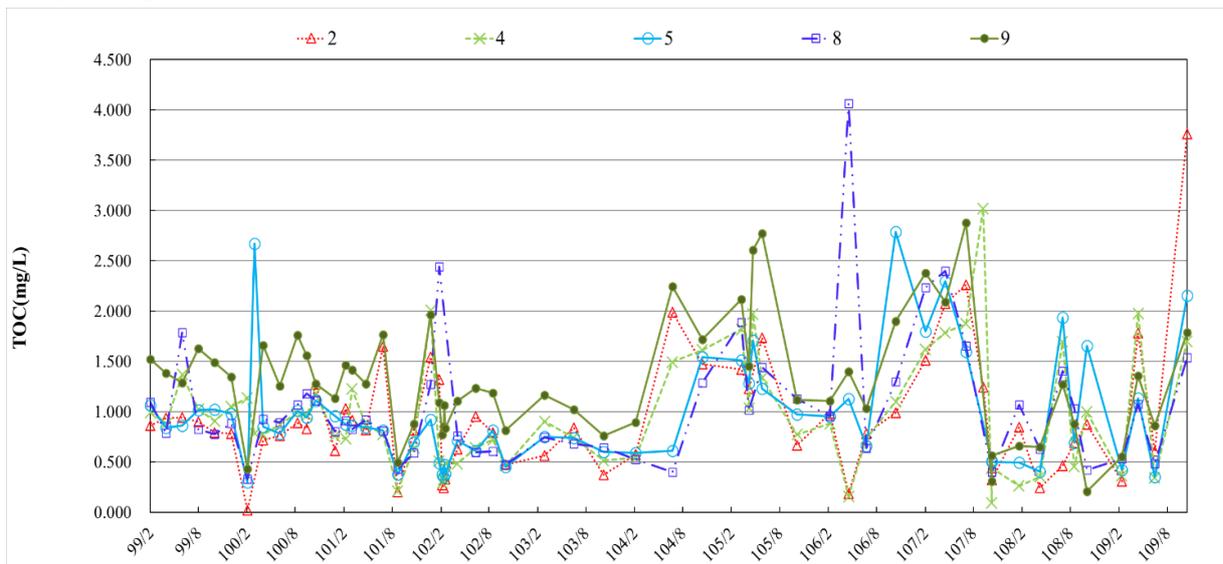
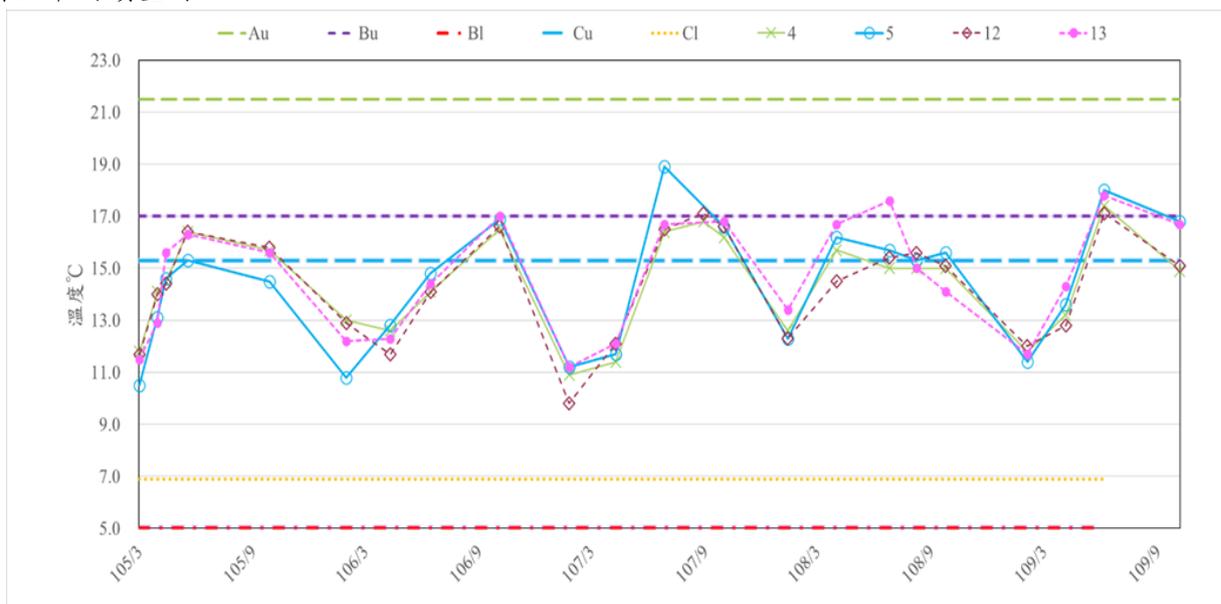


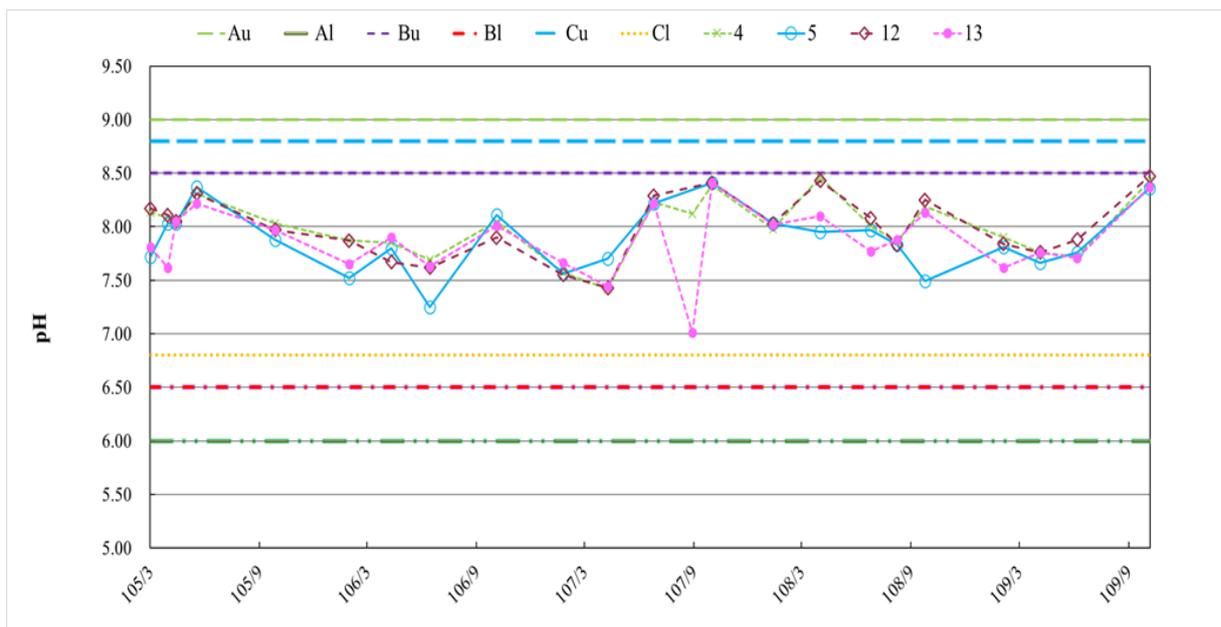
圖 3-20 武陵地區溪流 TOC 值變化  
(資料來源：本研究資料)

### 第三章 水質監測



Au：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準溫度上限(21.5°C) Al：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準溫度下限(1.5°C)  
 Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存溫度上限(17°C) Bl：陳弘成(1998)建議鮭魚生存溫度下限(5°C)  
 Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準溫度上限(15.3°C) Cl：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準溫度下限(6.9°C)

圖 3-21 一號壩壩體改善溫度值變化  
 (資料來源：本研究資料)



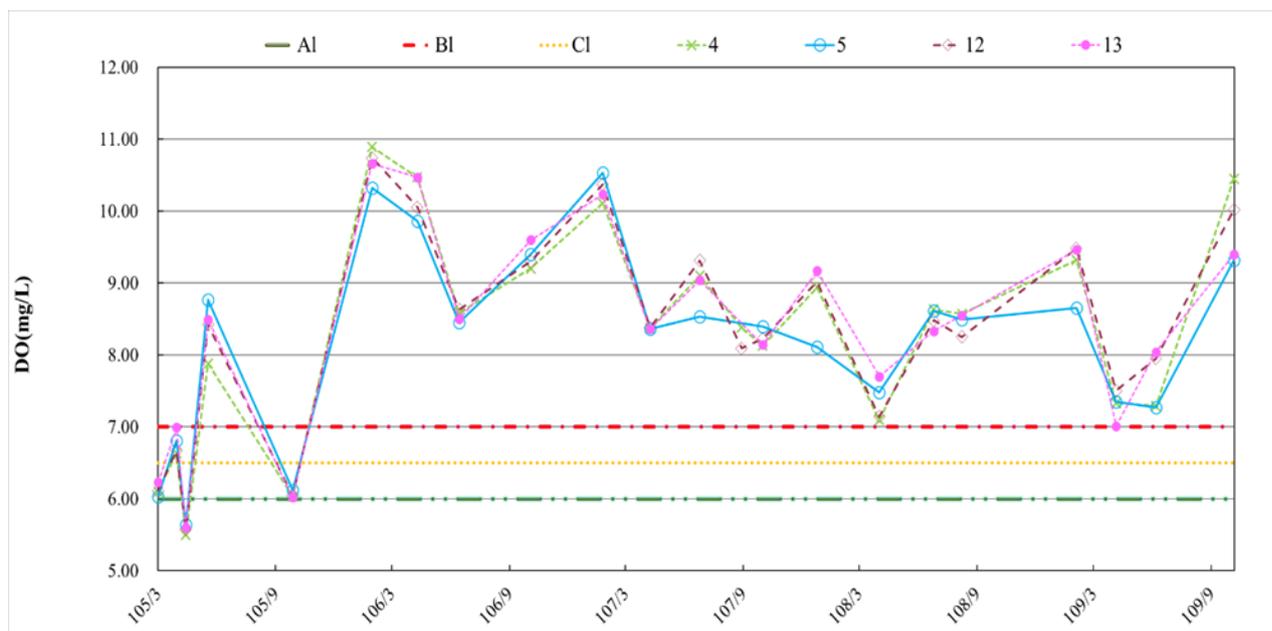
Au：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準 pH 上限(9) Al：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準 pH 下限(6)  
 Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存 pH 上限(8.5) Bl：陳弘成(1998)建議鮭魚生存 pH 下限(6.5)  
 Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準 pH 上限(8.8) Cl：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準 pH 下限(6.8)

圖 3-22 一號壩壩體改善 pH 值變化  
 (資料來源：本研究資料)



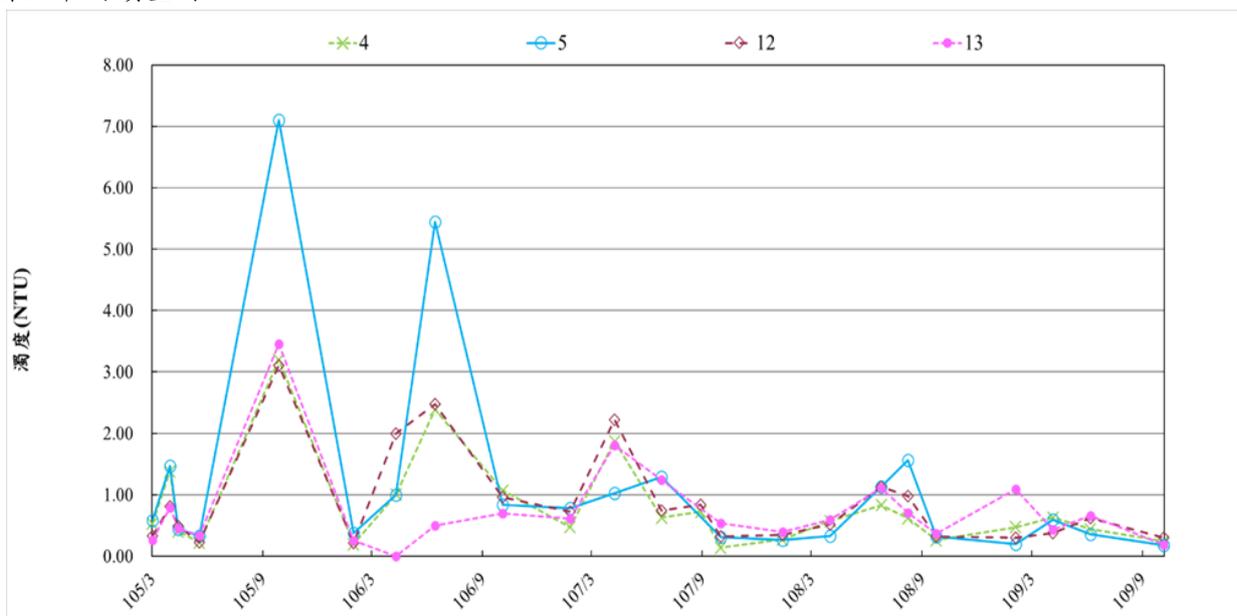
Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存導電度上限(450  $\mu$ s/cm)  
 BI：陳弘成(1998)建議鮭魚生存導電度下限(120  $\mu$ s/cm)

圖 3-23 一號壩壩體改善導電度值變化  
 (資料來源：本研究資料)



A1：歐盟訂定之鮭魚水體標準溶氧值下限(6 mg/L)  
 BI：陳弘成(1998)建議鮭魚生存溶氧值下限(7 mg/L)  
 CI：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 3-24 一號壩壩體改善溶氧值變化  
 (資料來源：本研究資料)



Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存濁度上限(5 NTU)  
 圖 3- 25 一號壩壩體改善濁度值變化  
 (資料來源：本研究資料)

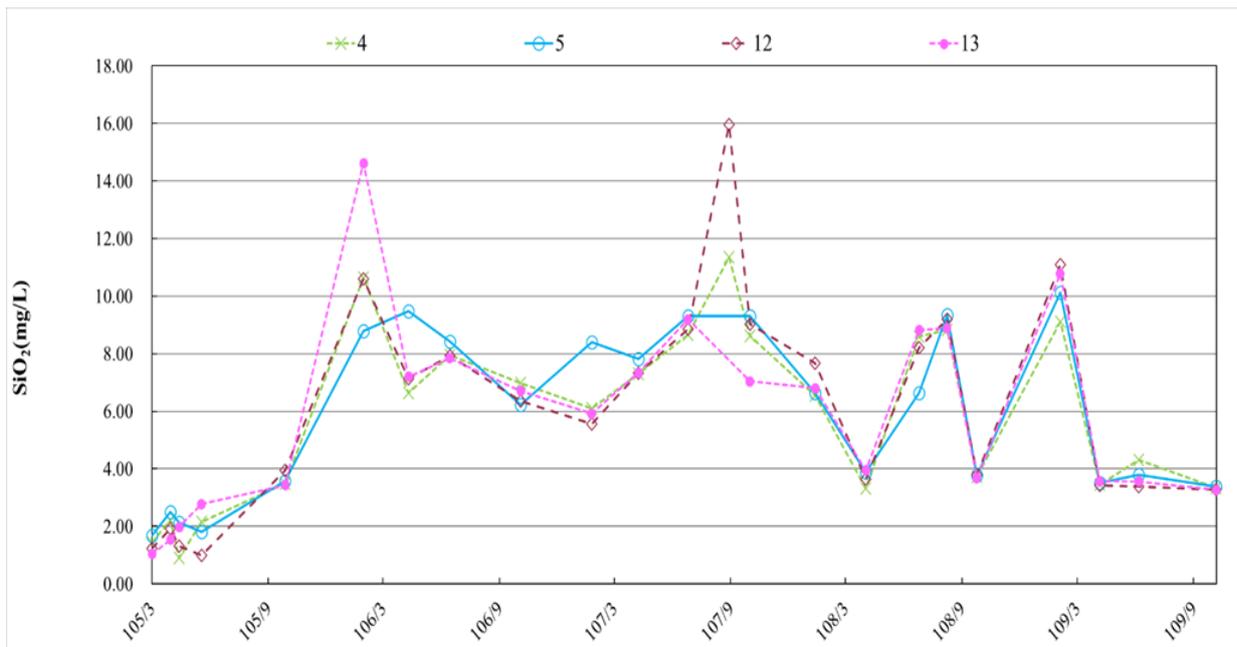
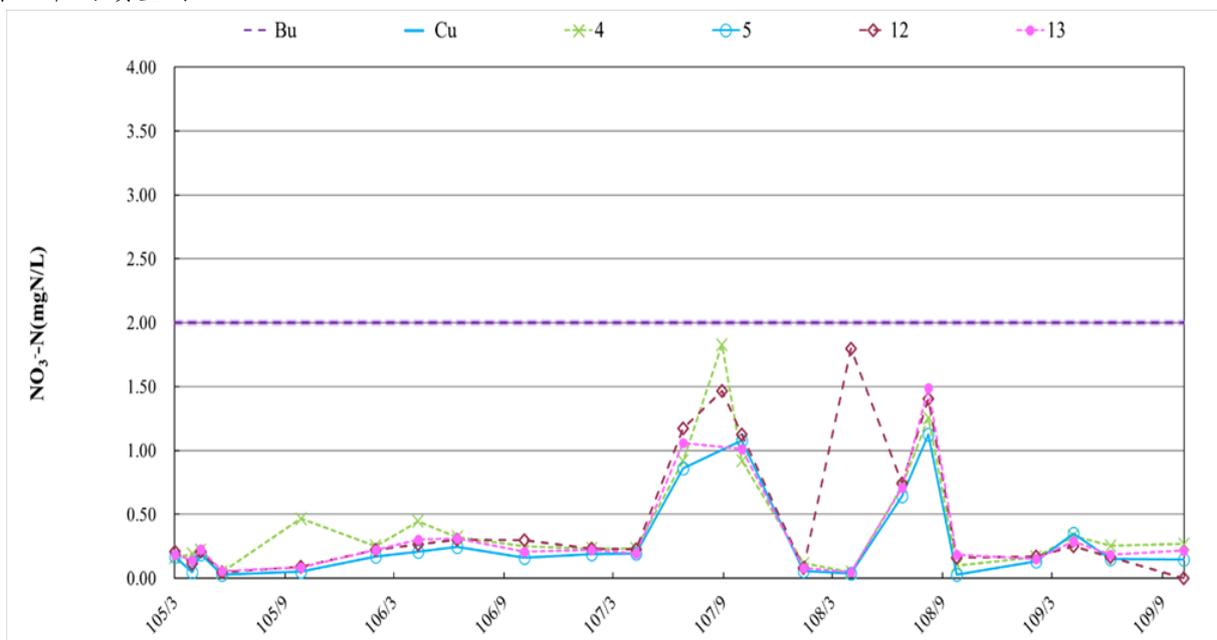
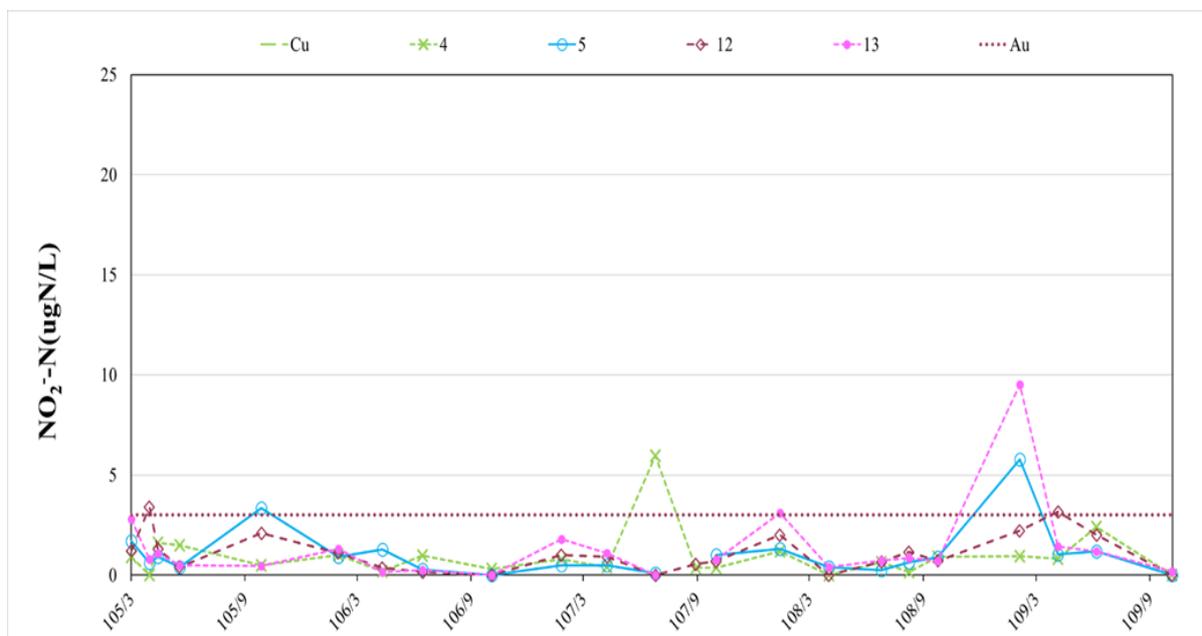


圖 3- 26 一號壩壩體改善 SiO<sub>2</sub> 值變化  
 (資料來源：本研究資料)



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 3-27 一號壩壩體改善 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-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 3-28 一號壩壩體改善 NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N 值變化  
 (資料來源：本研究資料)

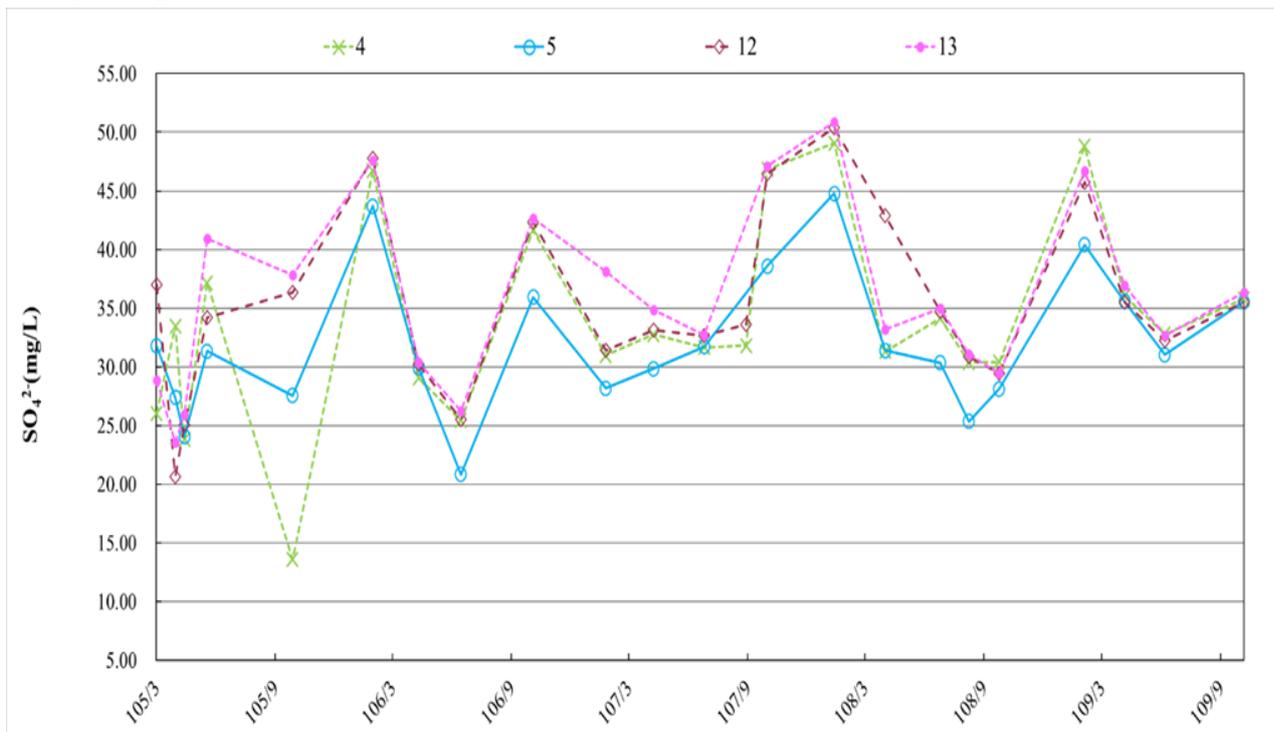
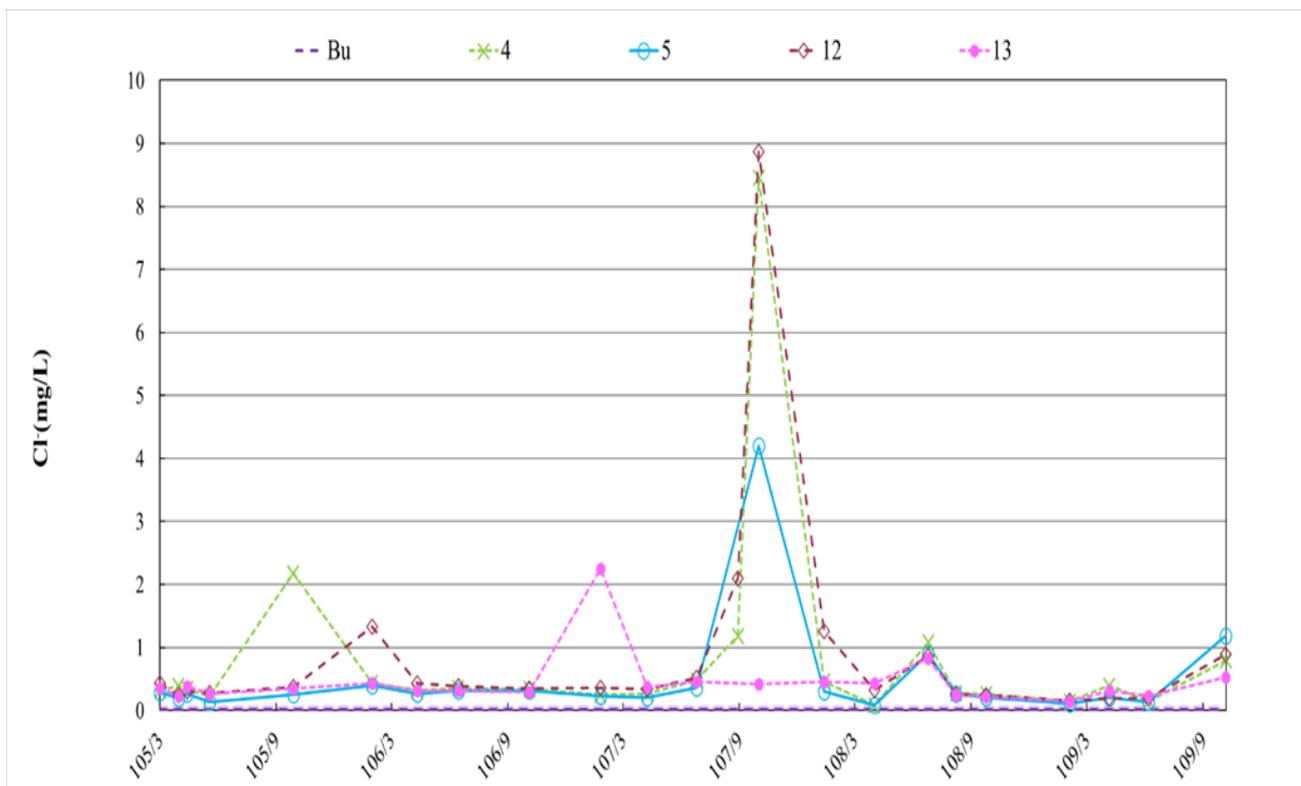
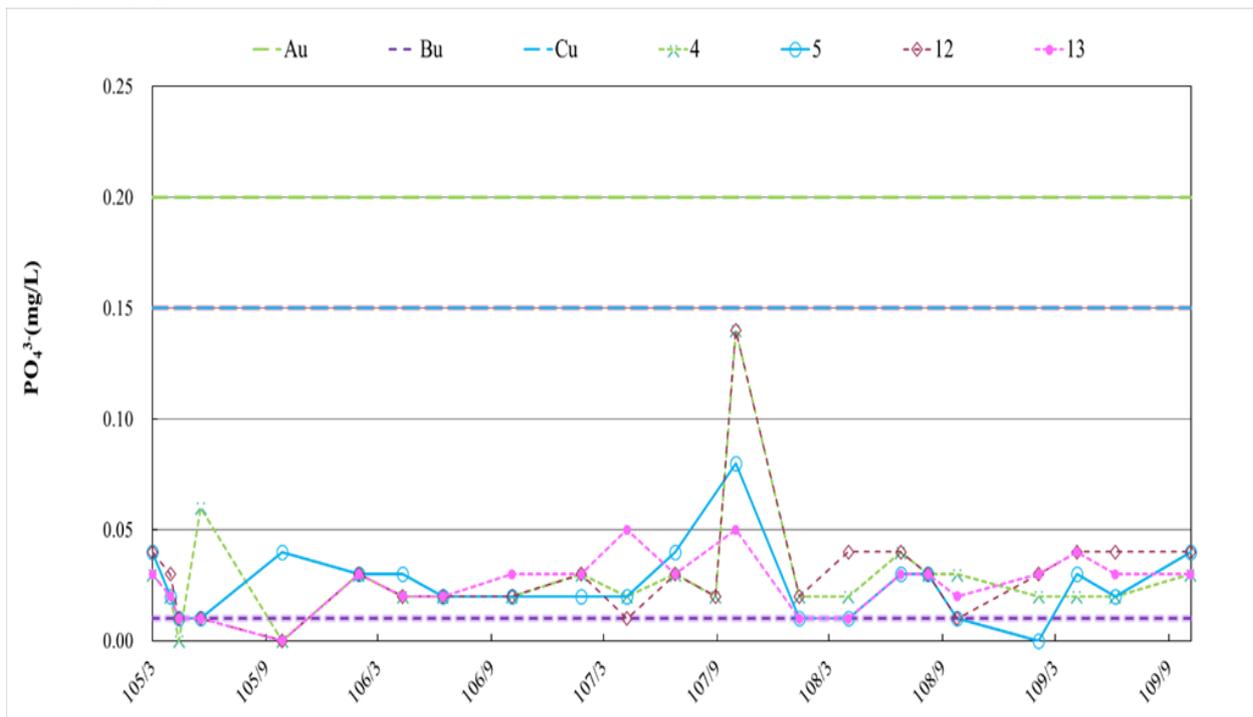


圖 3-29 一號壩壩體改善 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 值變化  
(資料來源：本研究資料)



Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存氯鹽濃度上限(0.01 mg/L)

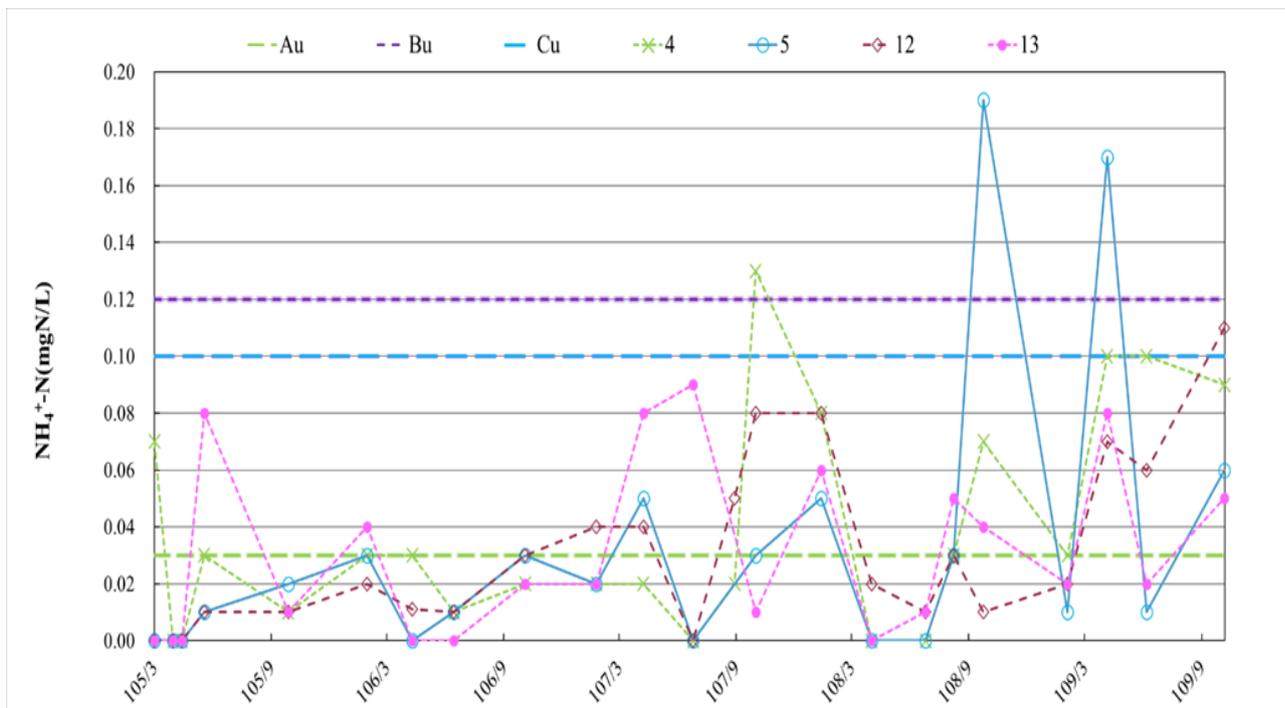
圖 3-30 一號壩壩體改善 Cl<sup>-</sup> 值變化  
(資料來源：本研究資料)



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- 31 一號壩壩體改善 PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>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氣濃度上限(0.03 mg/L)  
 Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存氨氣濃度上限(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氣濃度上限(0.1mg/L)

圖 3- 32 一號壩壩體改善 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 值變化

(資料來源：本研究資料)

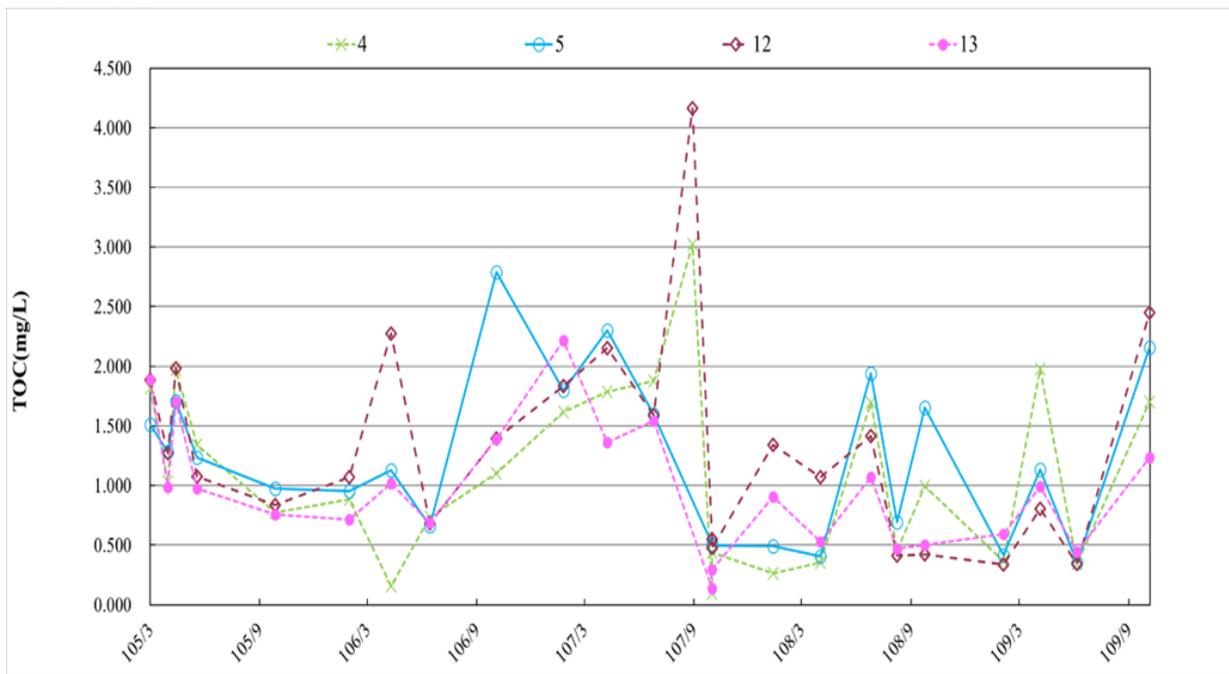
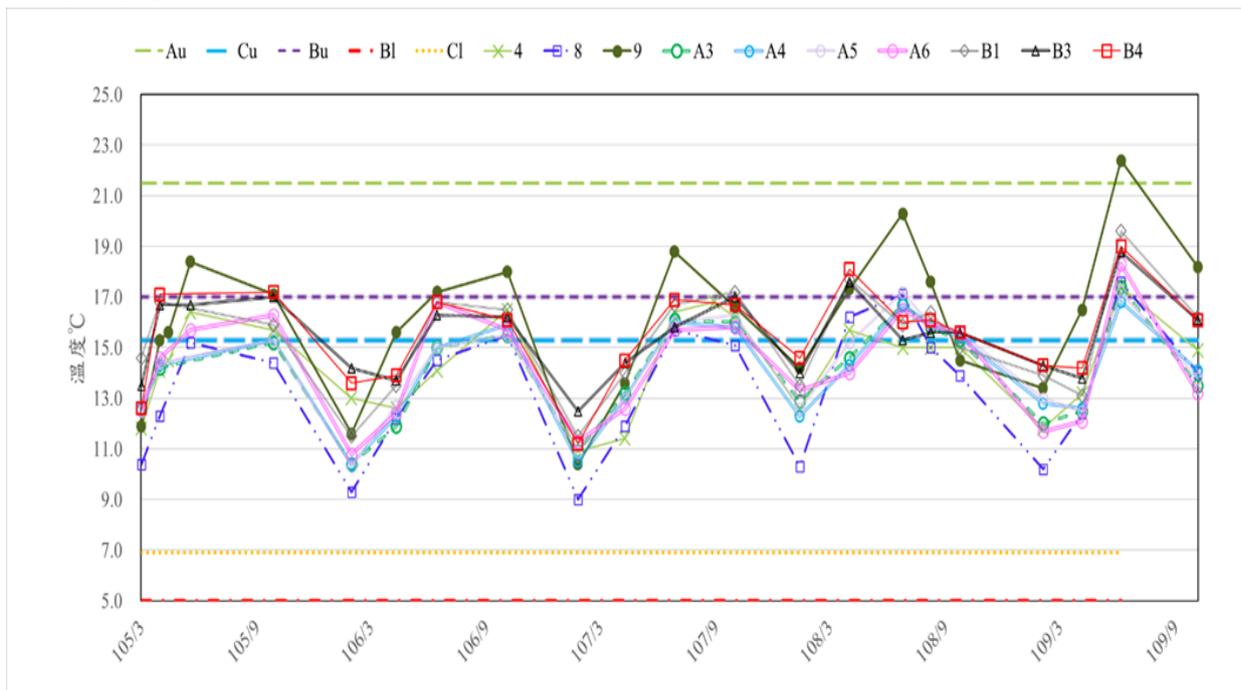
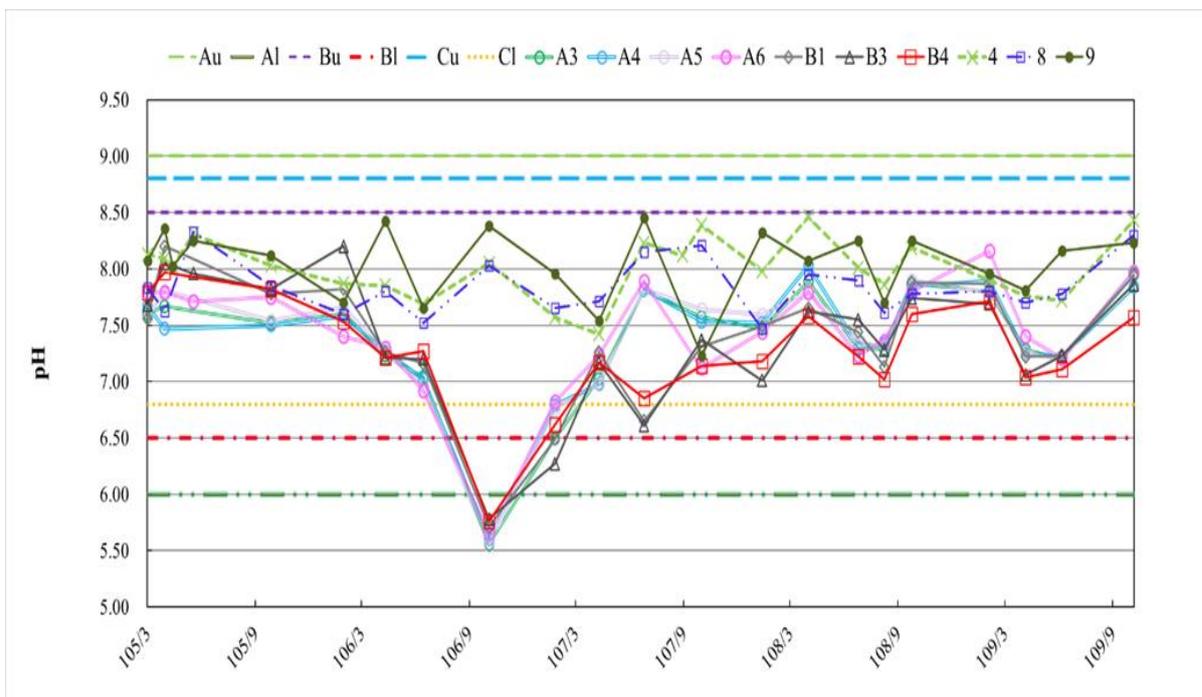


圖 3-33 一號壩壩體改善 TOC 值變化  
(資料來源：本研究資料)



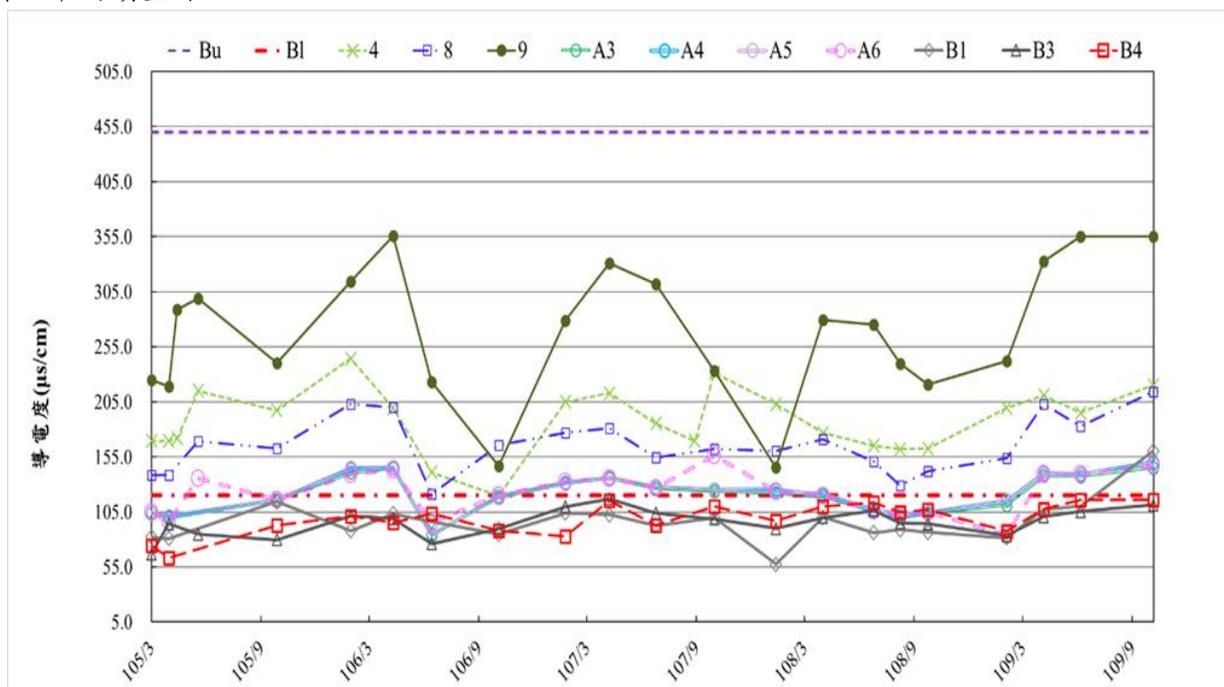
Au：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準溫度上限(21.5°C) Al：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準溫度下限(1.5°C)  
 Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存溫度上限(17°C) Bl：陳弘成(1998)建議鮭魚生存溫度下限(5°C)  
 Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準溫度上限(15.3°C) Cl：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準溫度下限(6.9°C)

圖 3- 34 山溝與七家灣溪測站之溫度值比較  
 (資料來源：本研究資料)



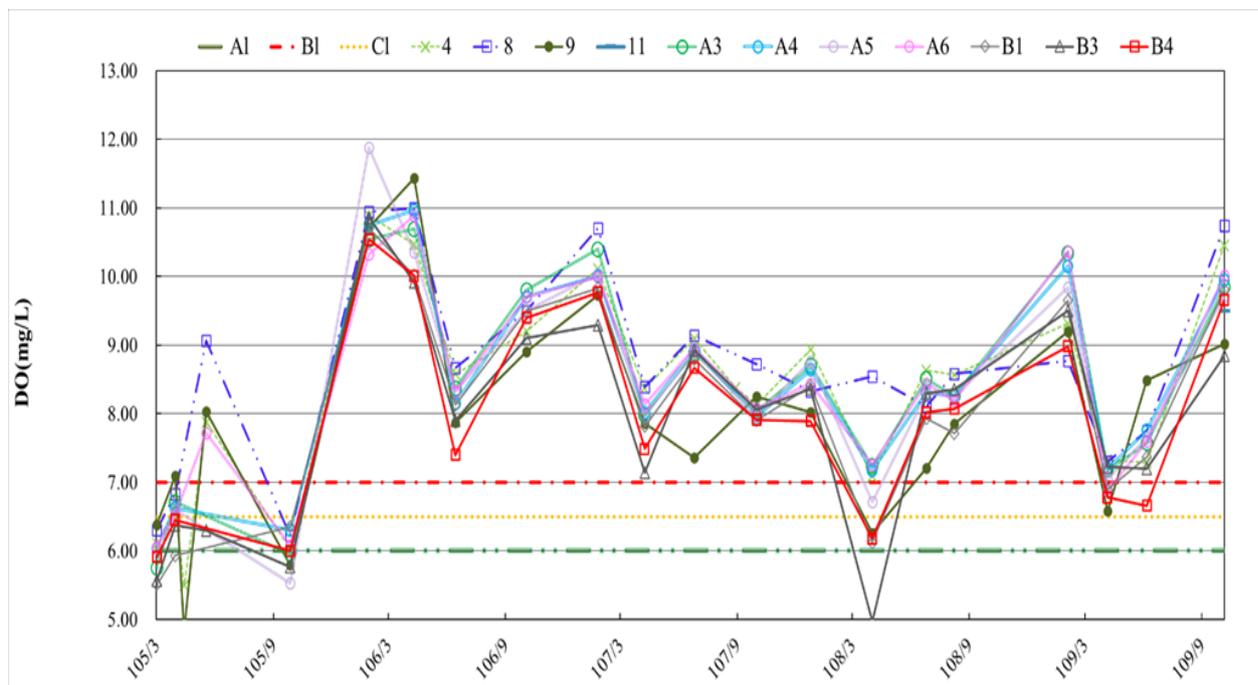
Au：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準 pH 上限(9) Al：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準 pH 下限(6)  
 Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存 pH 上限(8.5) Bl：陳弘成(1998)建議鮭魚生存 pH 下限(6.5)  
 Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準 pH 上限(8.8) Cl：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準 pH 下限(6.8)

圖 3- 35 山溝與七家灣溪測站之 pH 值比較  
 (資料來源：本研究資料)



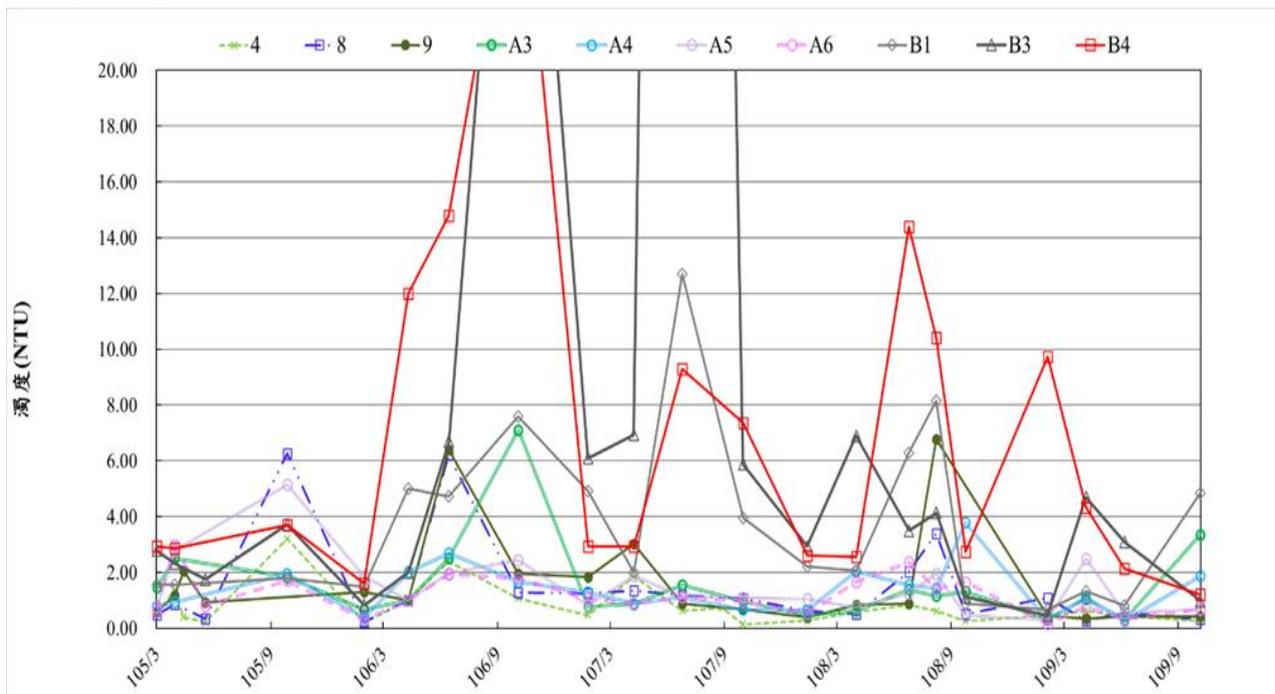
Bu : 陳弘成(1998)建議鮭魚生存導電度上限(450  $\mu\text{s/cm}$ )  
 Bl : 陳弘成(1998)建議鮭魚生存導電度下限(120  $\mu\text{s/cm}$ )

圖 3-36 山溝與七家灣溪測站之導電度值比較  
 (資料來源：本研究資料)



A1 : 歐盟訂定之鮭魚水體標準溶氧值下限(6  $\text{mg/L}$ )  
 Bl : 陳弘成(1998)建議鮭魚生存溶氧值下限(7  $\text{mg/L}$ )  
 Cl : 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  $\text{mg/L}$ )

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



Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存濁度上限(5 NTU)

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

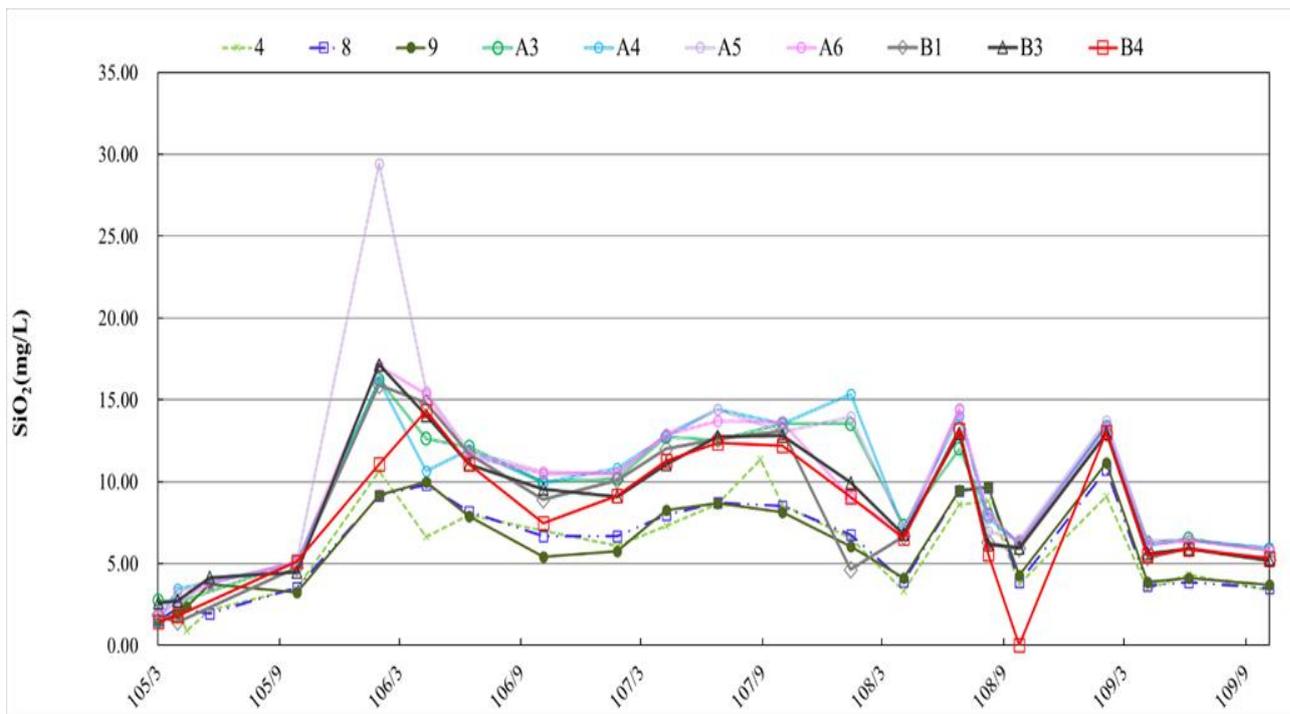
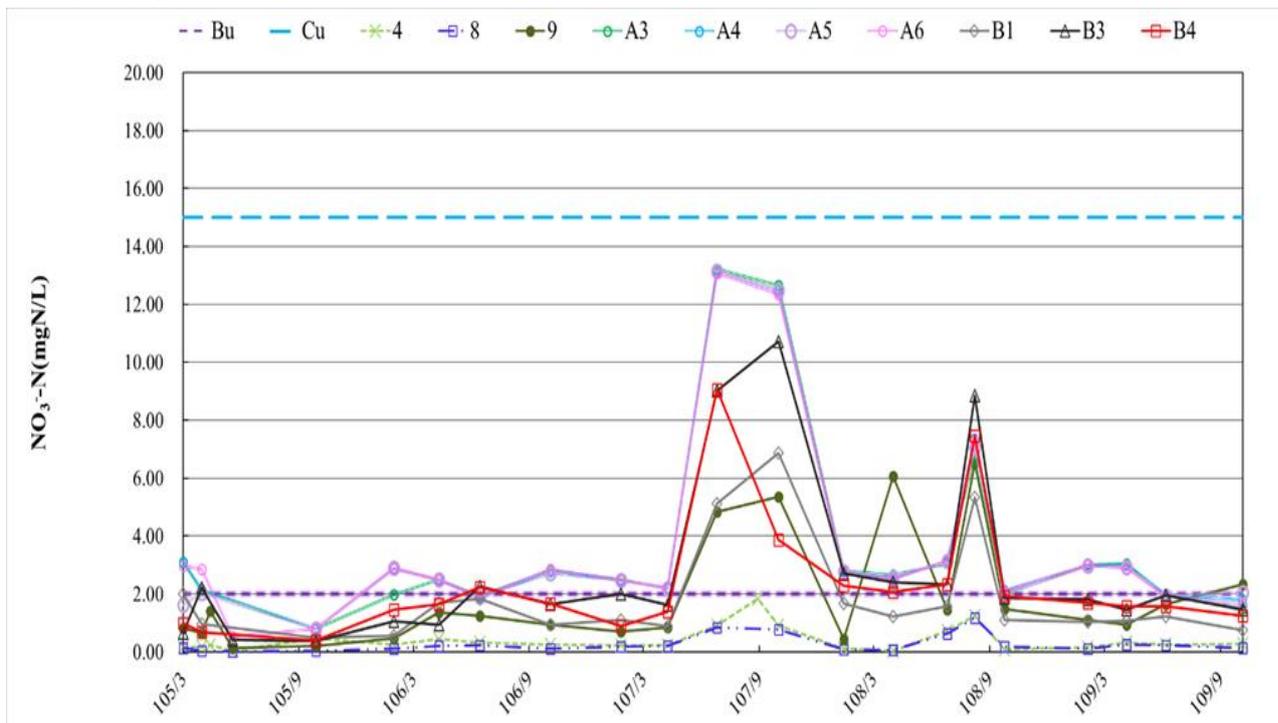
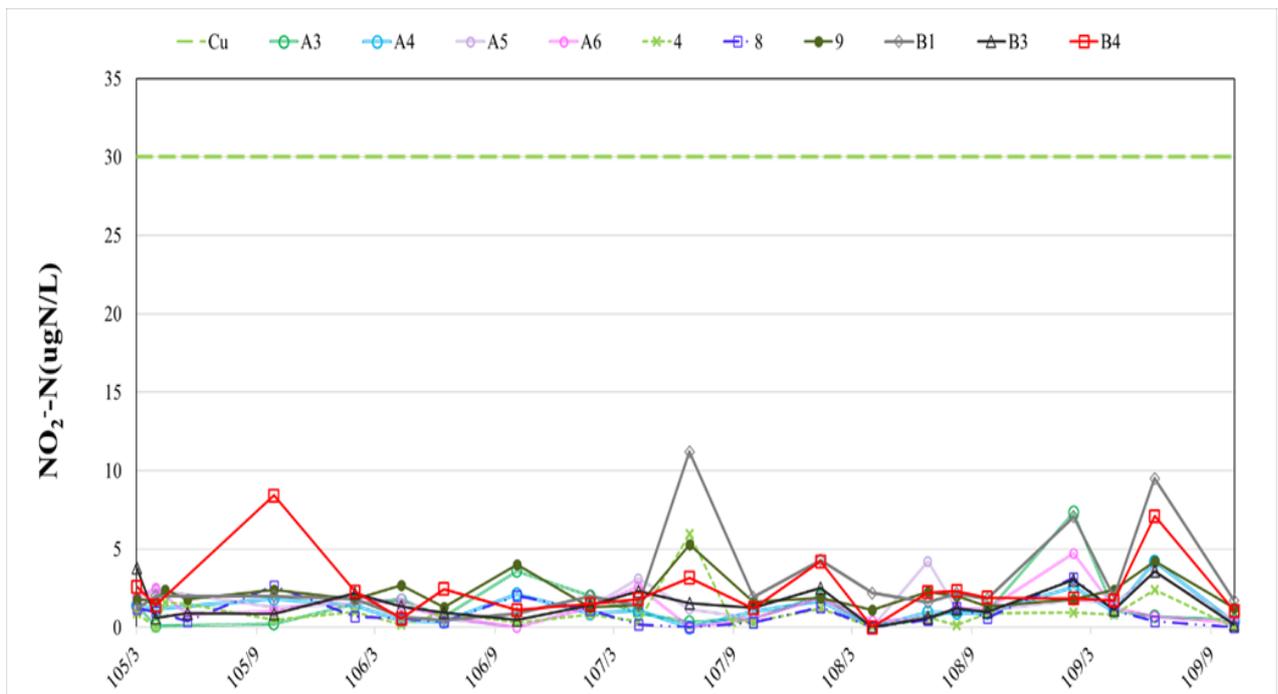


圖 3- 39 山溝與七家灣溪測站之 SiO<sub>2</sub> 值比較  
(資料來源：本研究資料)



Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存硝酸鹽濃度上限(2 mg/L)  
 Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準硝酸鹽濃度上限(15 mg/L)  
**圖 3- 40 山溝與七家灣溪測站之 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>N 值比較**  
 (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- 41 山溝與七家灣溪測站之 NO<sub>2</sub><sup>-</sup>N 值比較**  
 (資料來源：本研究資料)

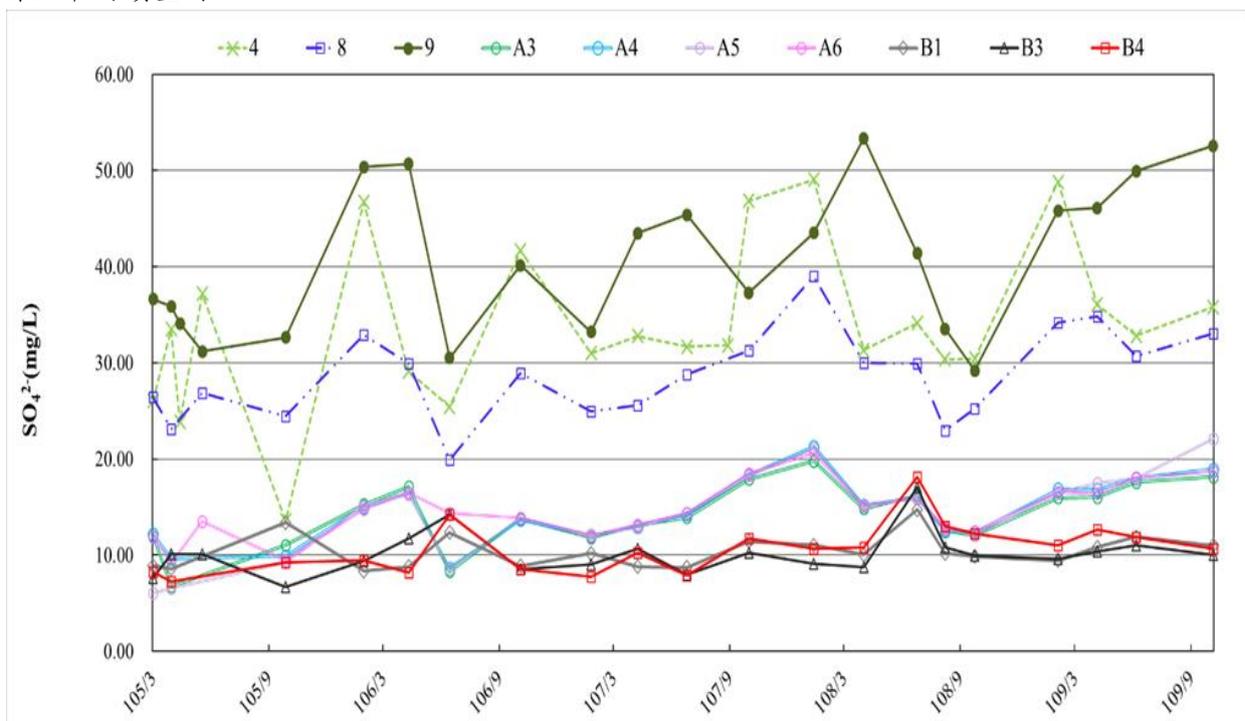
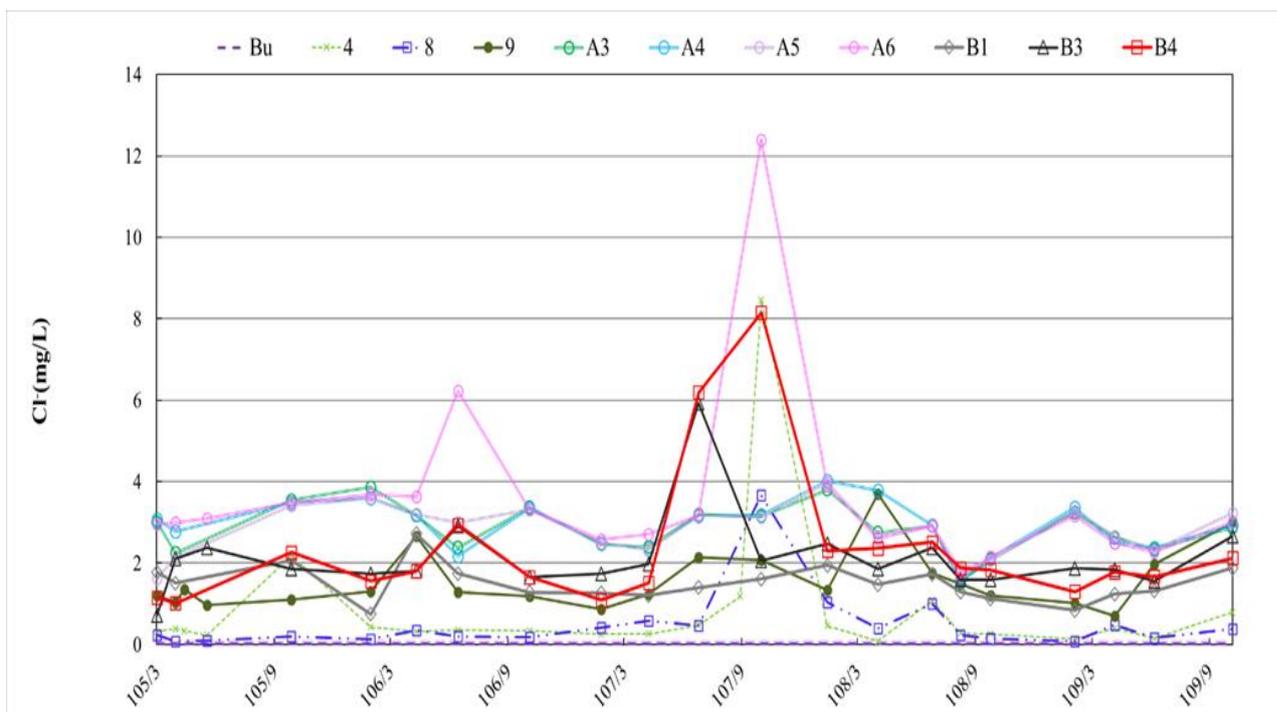
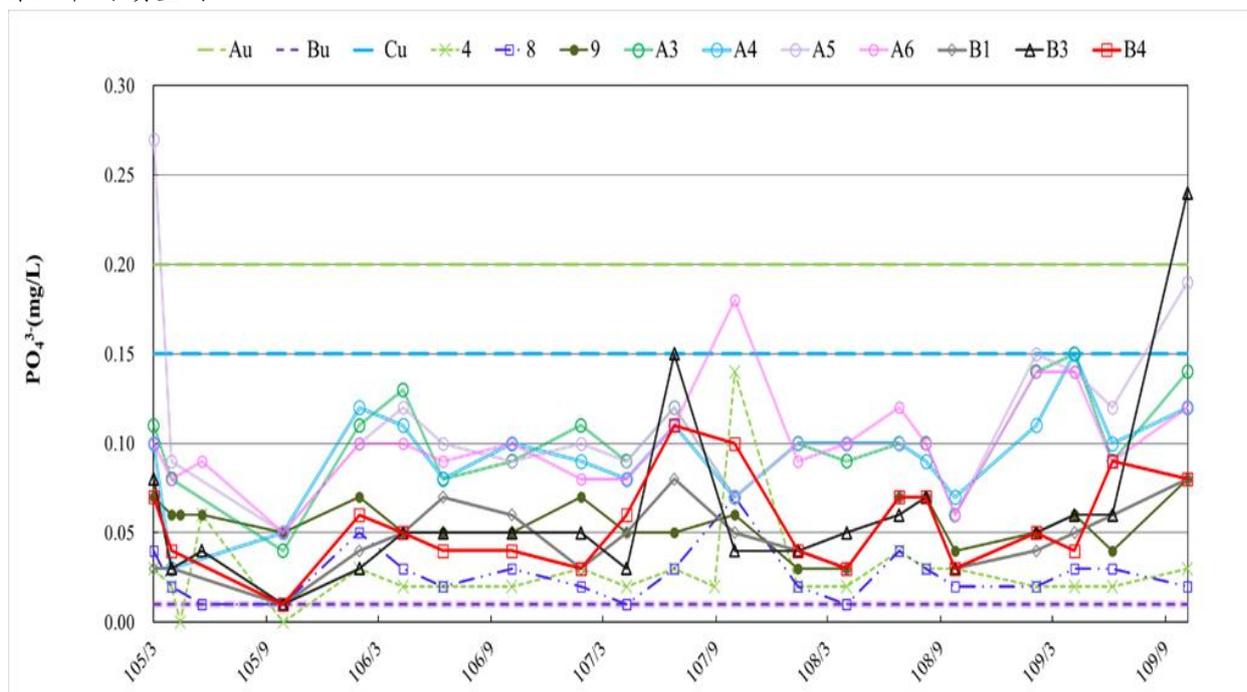


圖 3- 42 山溝與七家灣溪測站之  $SO_4^{2-}$  值比較  
(資料來源：本研究資料)



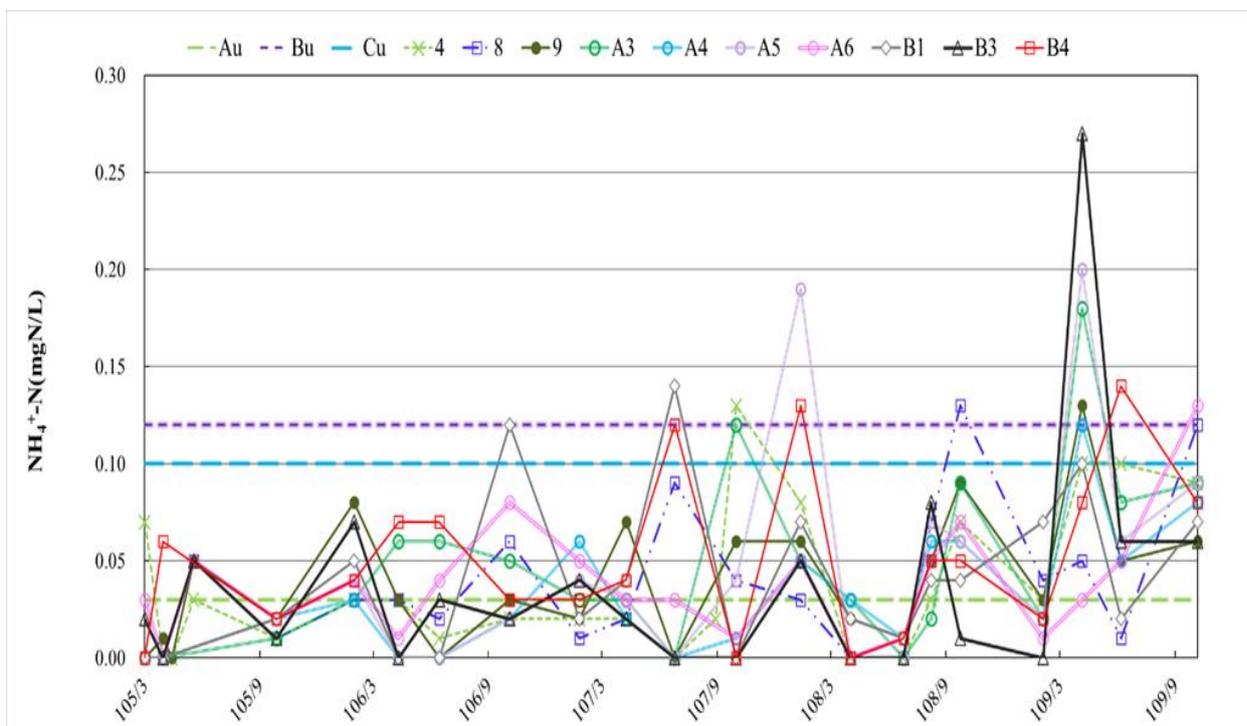
Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存氯鹽濃度上限(0.01 mg/L)

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



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

圖 3- 44 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濃度上限(0.03 mg/L)  
 Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存氨濃度上限(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濃度上限(0.1mg/L)

圖 3- 45 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)

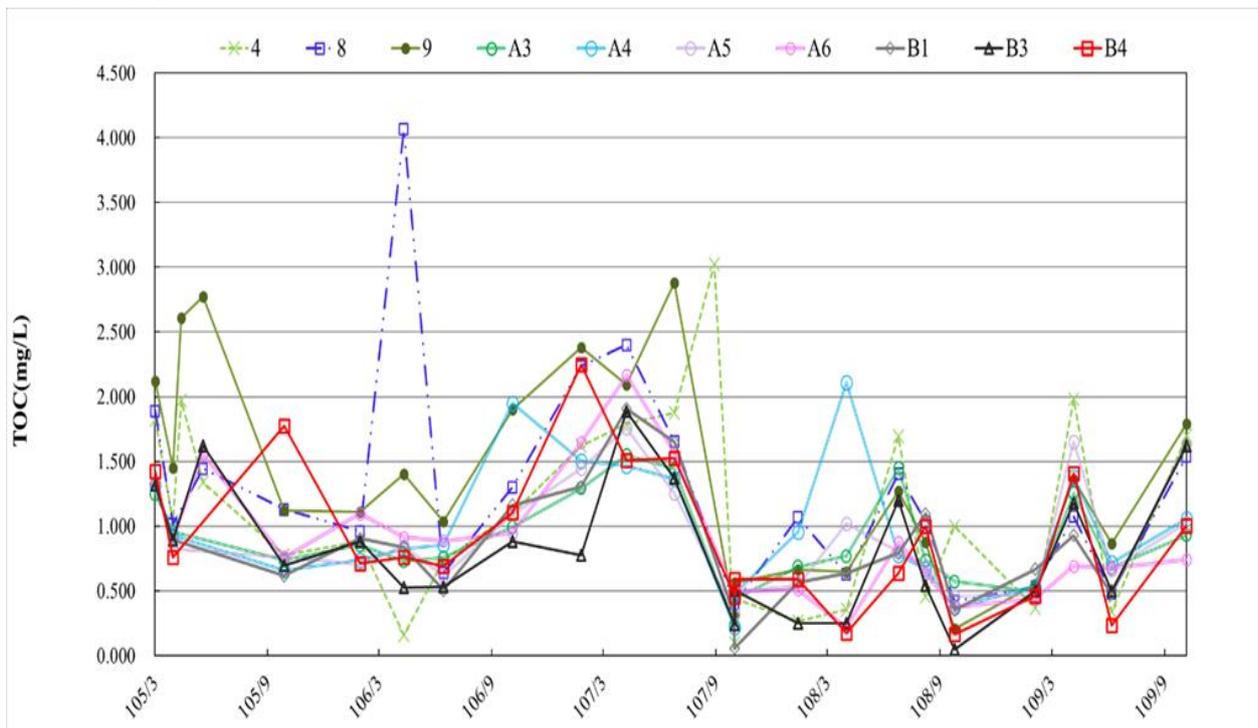


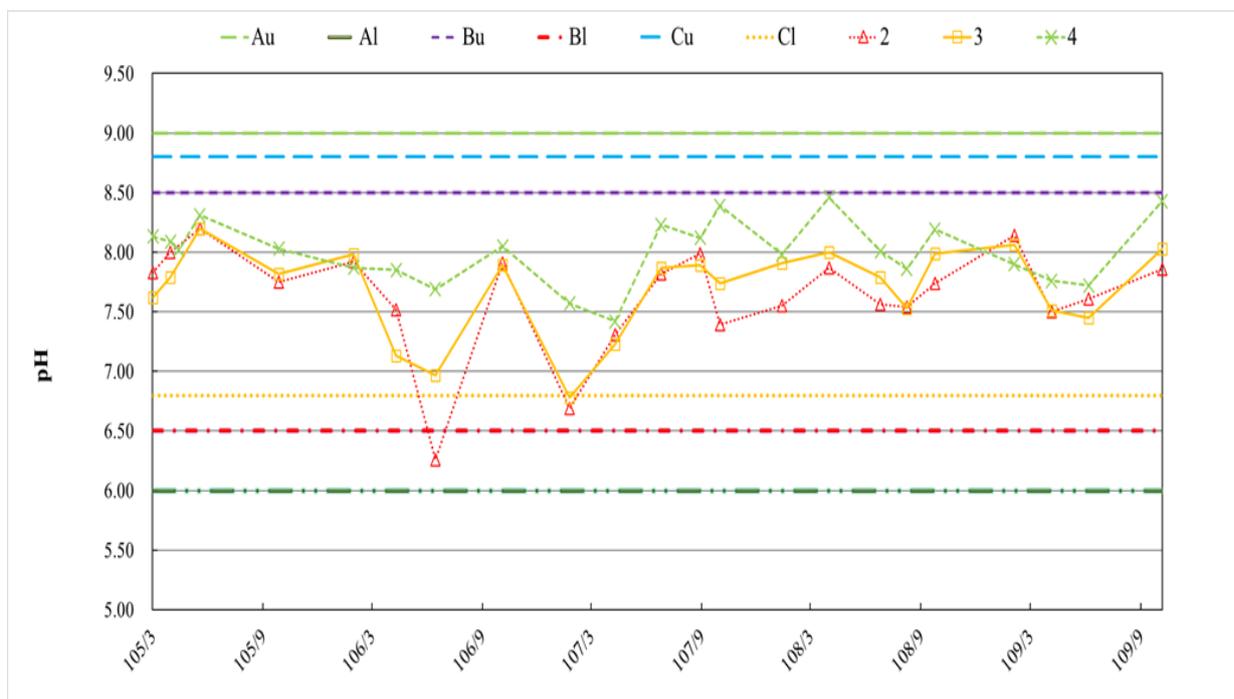
圖 3-46 山溝與七家灣溪測站之 TOC 值比較  
(資料來源：本研究資料)

第三章 水質監測



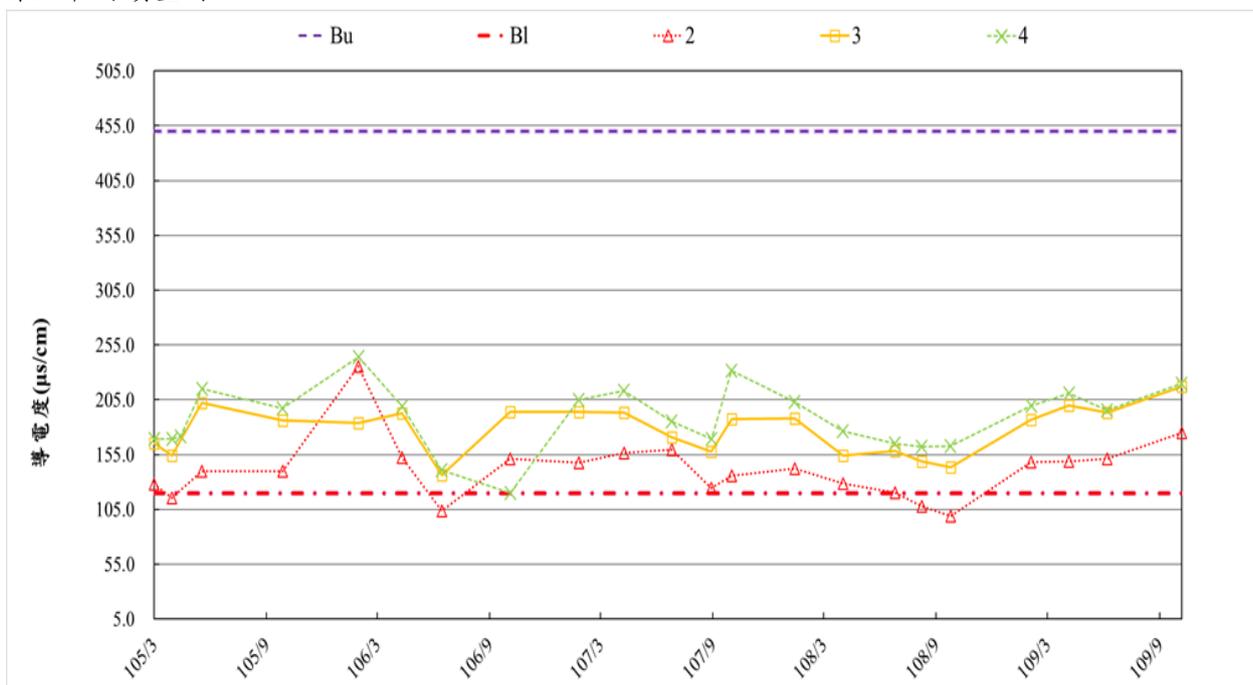
Au：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準溫度上限(21.5°C) AI：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準溫度下限(1.5°C)  
 Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存溫度上限(17°C) BI：陳弘成(1998)建議鮭魚生存溫度下限(5°C)  
 Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準溫度上限(15.3°C) CI：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準溫度下限(6.9°C)

圖 3- 47 8.1ha 回收農用地溫度值變化  
 (資料來源：本研究資料)



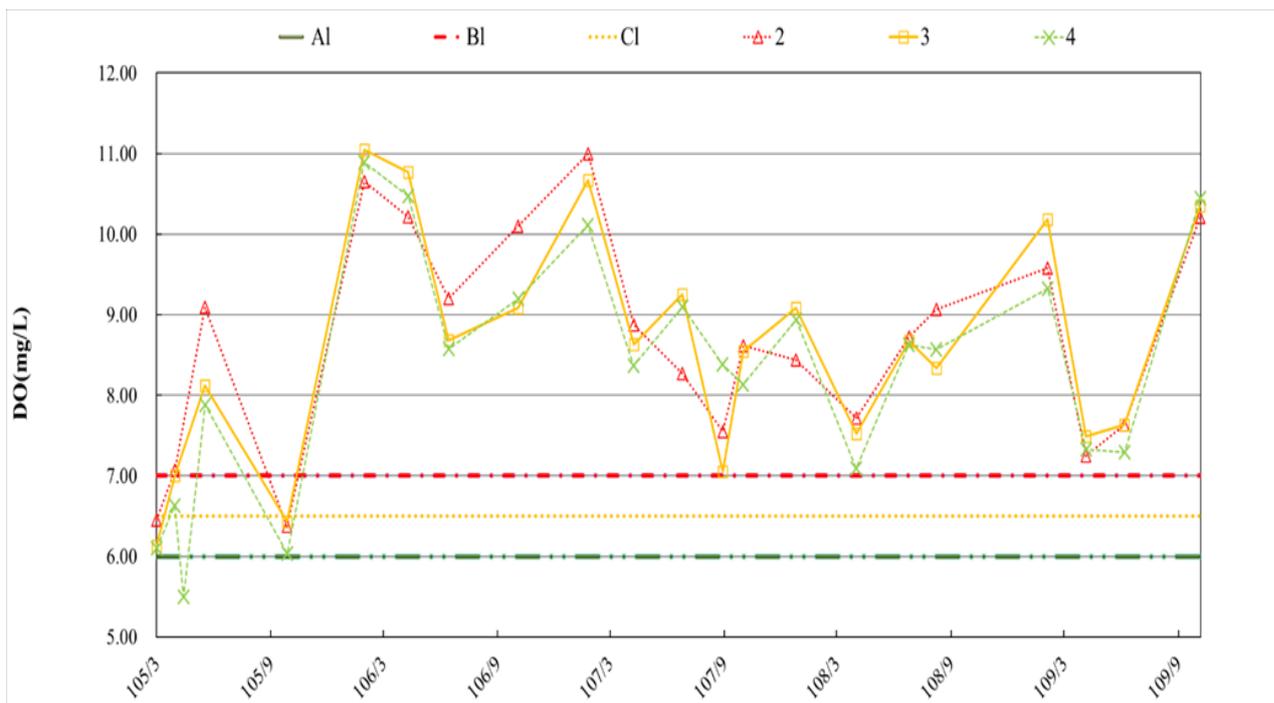
Au：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準 pH 上限(9) AI：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準 pH 下限(6)  
 Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存 pH 上限(8.5) BI：陳弘成(1998)建議鮭魚生存 pH 下限(6.5)  
 Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準 pH 上限(8.8) CI：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準 pH 下限(6.8)

圖 3- 48 8.1ha 回收農用地 pH 值變化  
 (資料來源：本研究資料)



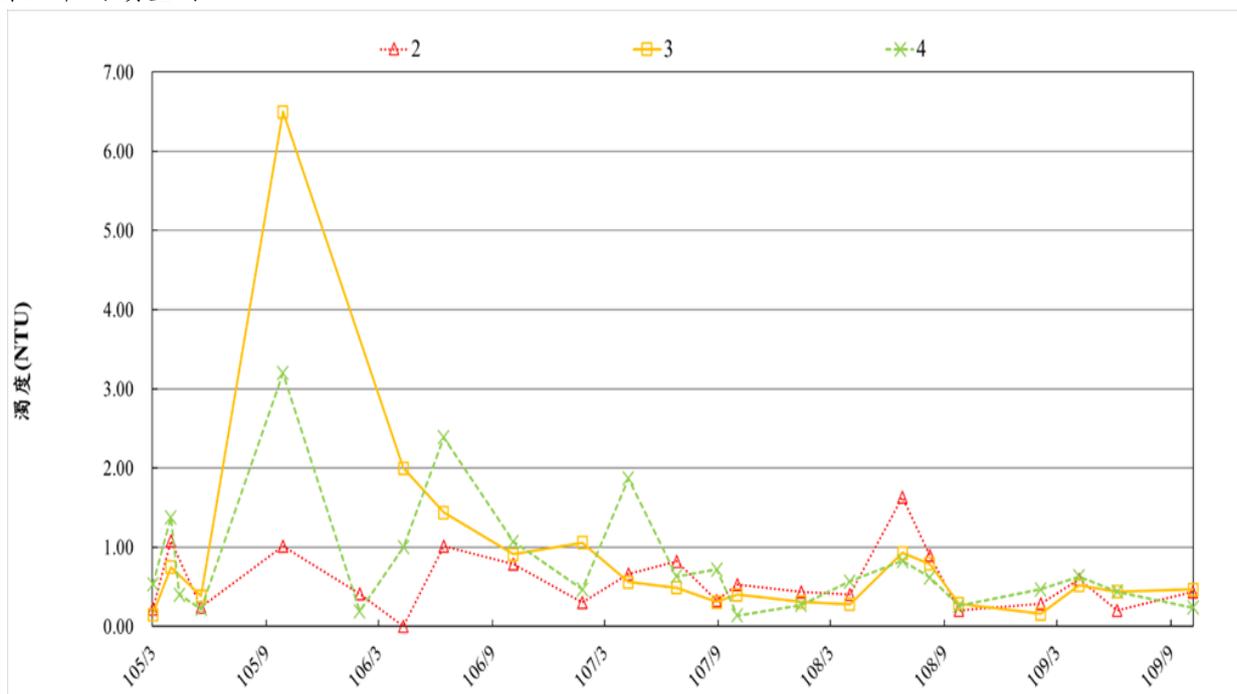
Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存導電度上限(450  $\mu$ s/cm)  
 BI：陳弘成(1998)建議鮭魚生存導電度下限(120  $\mu$ s/cm)

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



AI：歐盟訂定之鮭魚水體標準溶氧值下限(6 mg/L)  
 BI：陳弘成(1998)建議鮭魚生存溶氧值下限(7 mg/L)  
 CI：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- 50 8.1ha 回收農用地溶氧值變化  
 (資料來源：本研究資料)



Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存濁度上限(5 NTU)

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

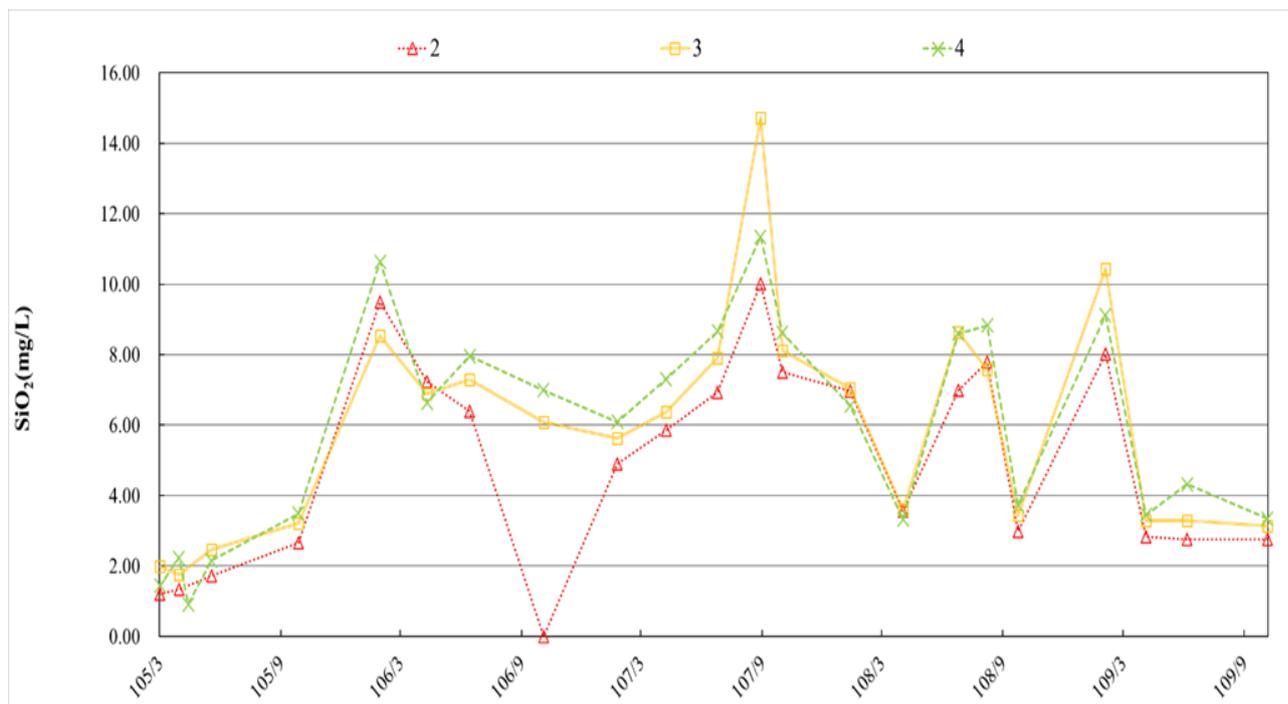
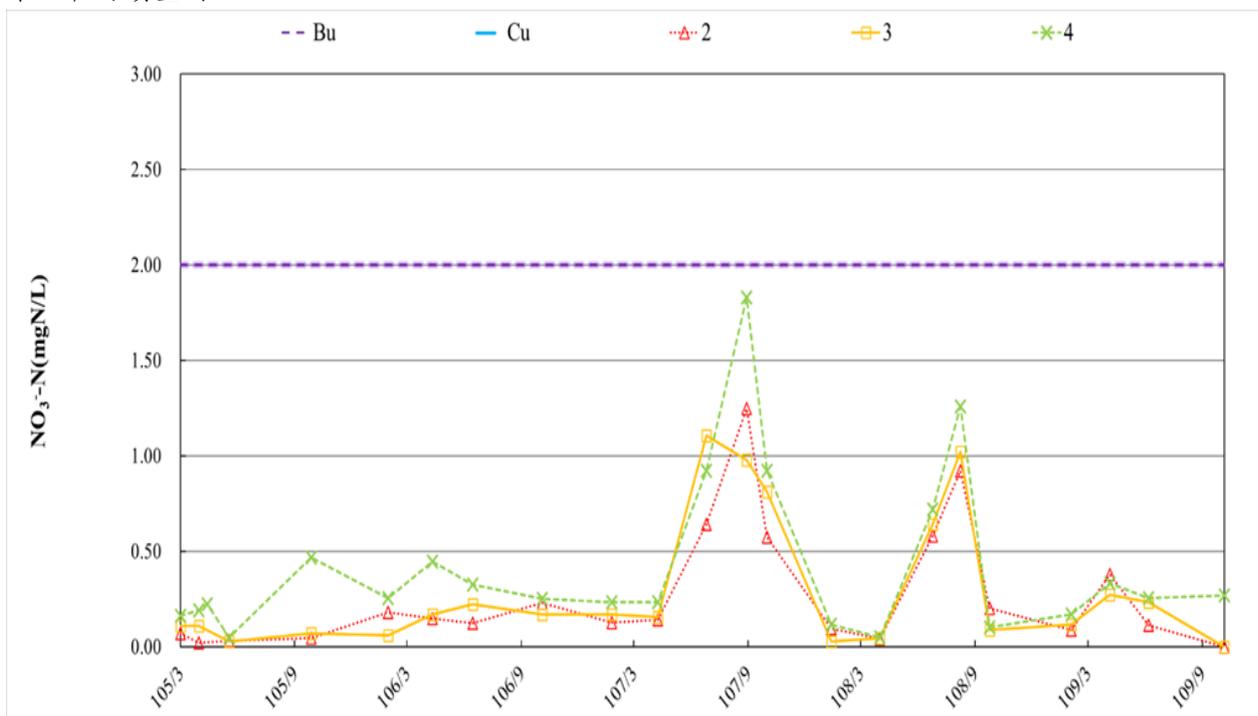
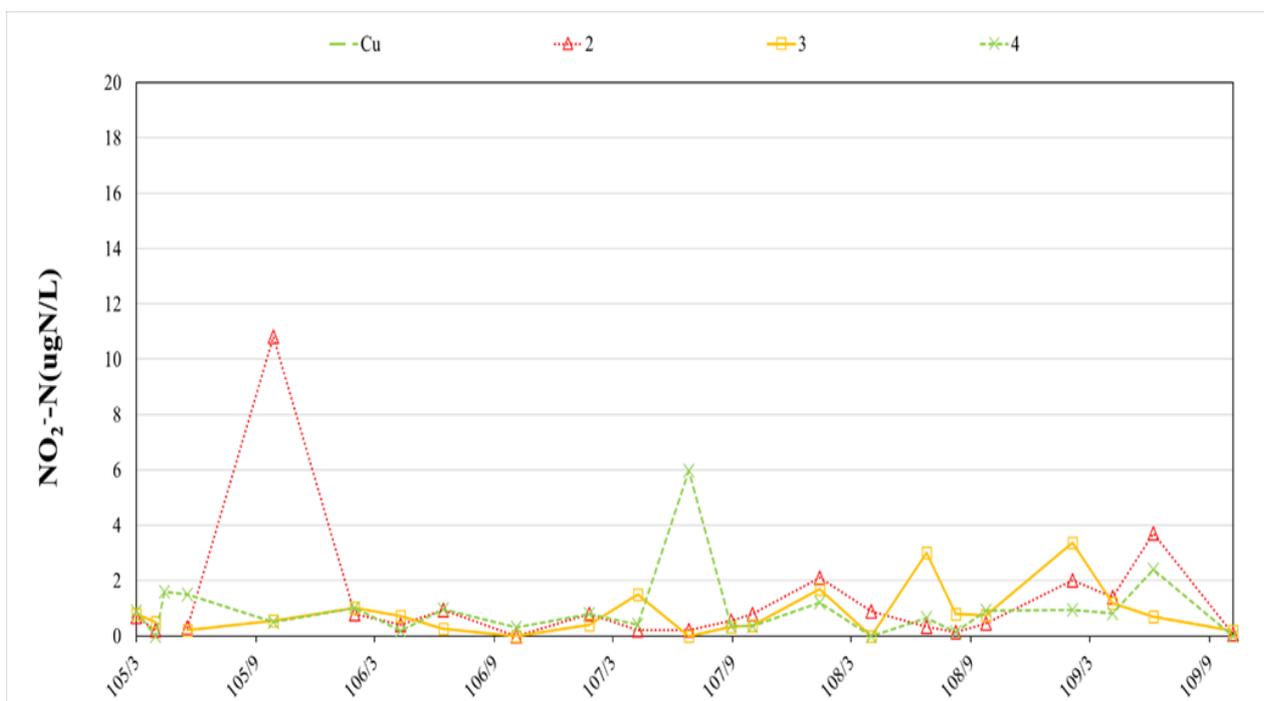


圖 3- 52 8.1ha 回收農用地 SiO<sub>2</sub> 值變化  
(資料來源：本研究資料)



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- 53 8.1ha 回收農用地 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-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- 54 8.1ha 回收農用地 NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N 值變化  
 (資料來源：本研究資料)

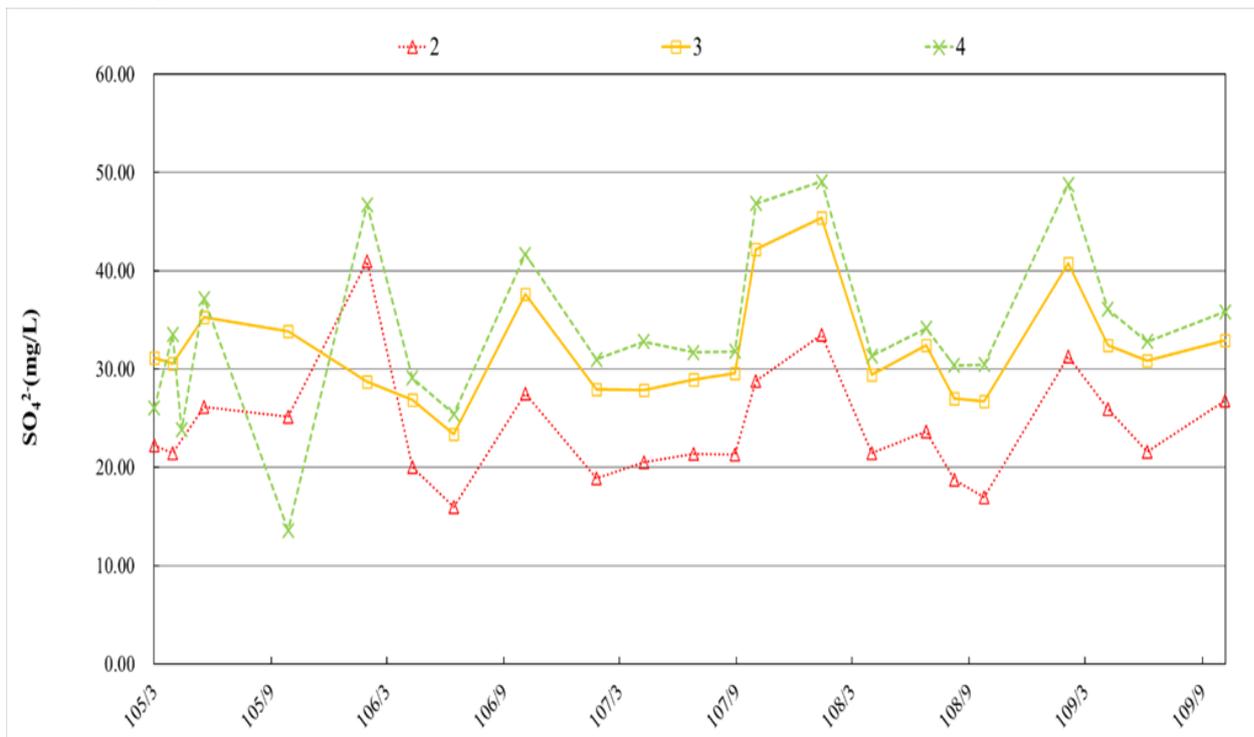
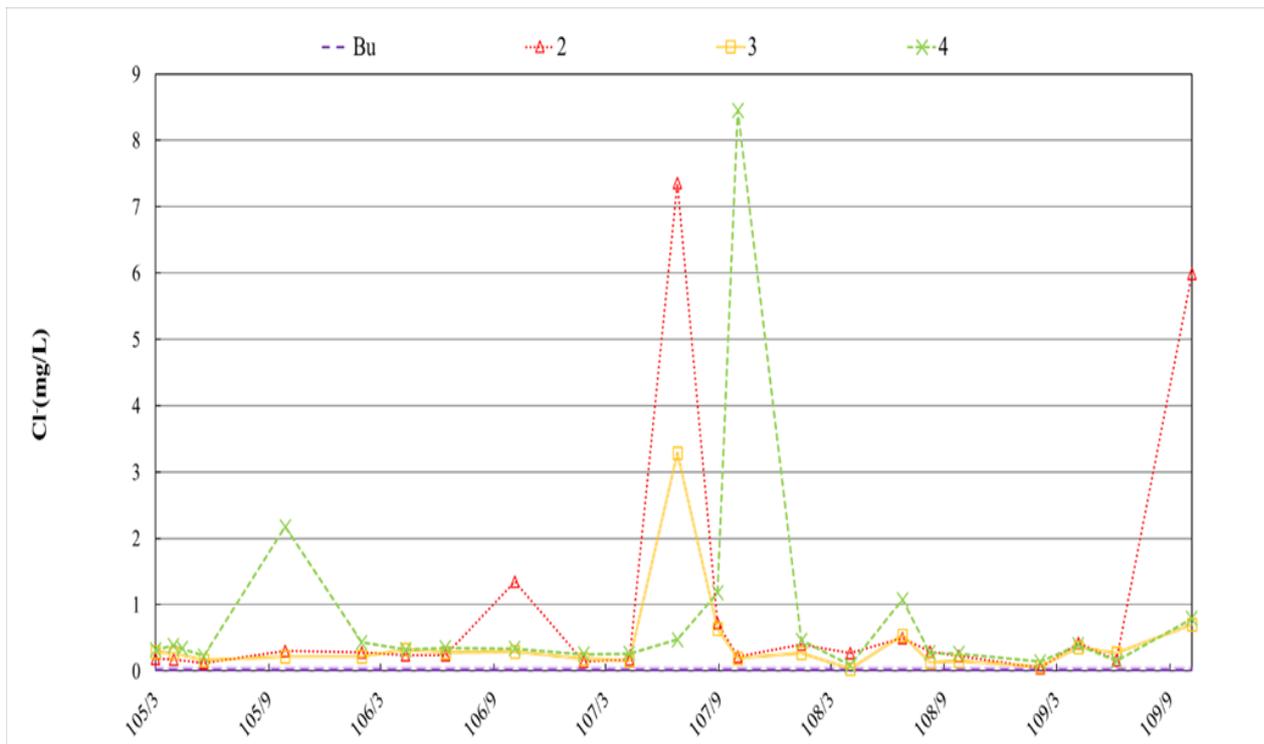
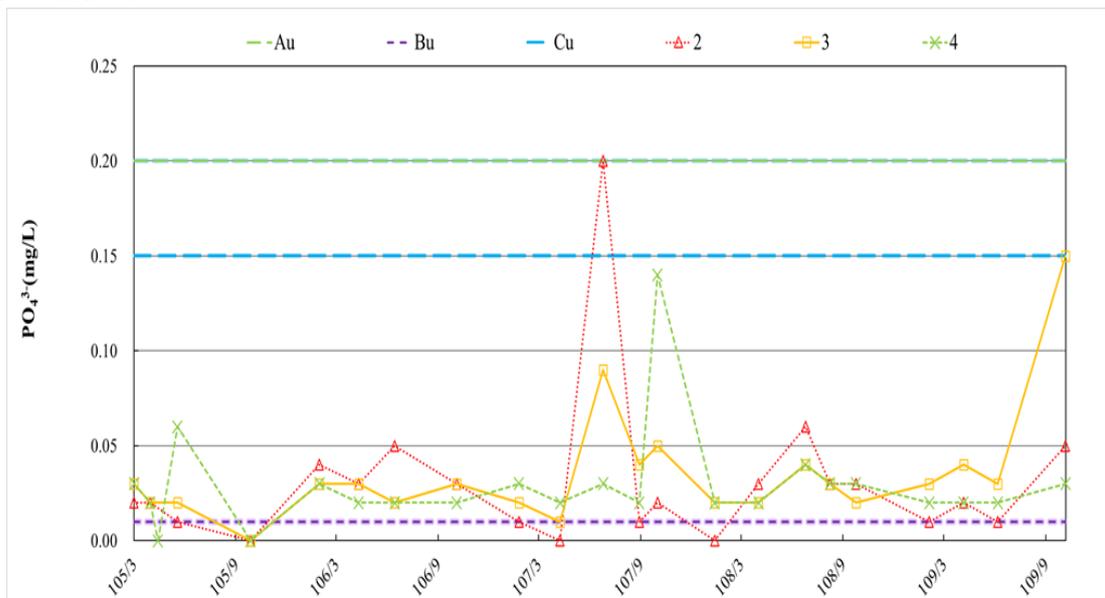


圖 3- 55 8.1ha 回收農用地 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>值變化  
(資料來源：本研究資料)

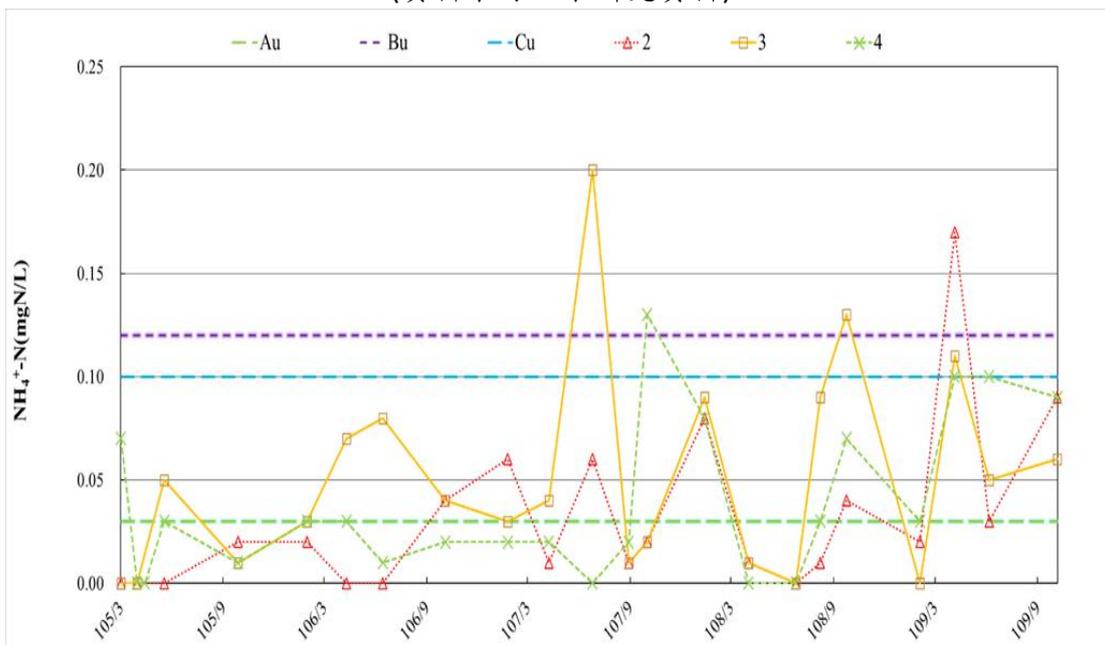


Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存氯鹽濃度上限(0.01 mg/L)  
圖 3- 56 8.1ha 回收農用地 Cl<sup>-</sup>值變化  
(資料來源：本研究資料)



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- 57 8.1ha 回收農用地  $PO_4^{3-}$  值變化  
 (資料來源：本研究資料)



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

圖 3- 58 8.1ha 回收農用地  $NH_4^+-N$  值變化  
 (資料來源：本研究資料)

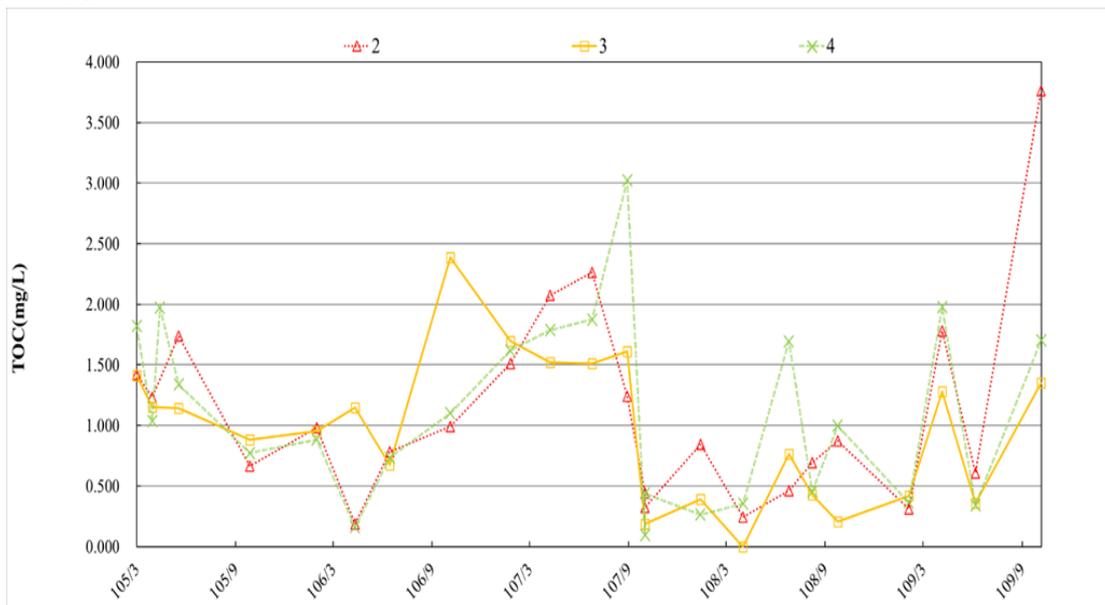
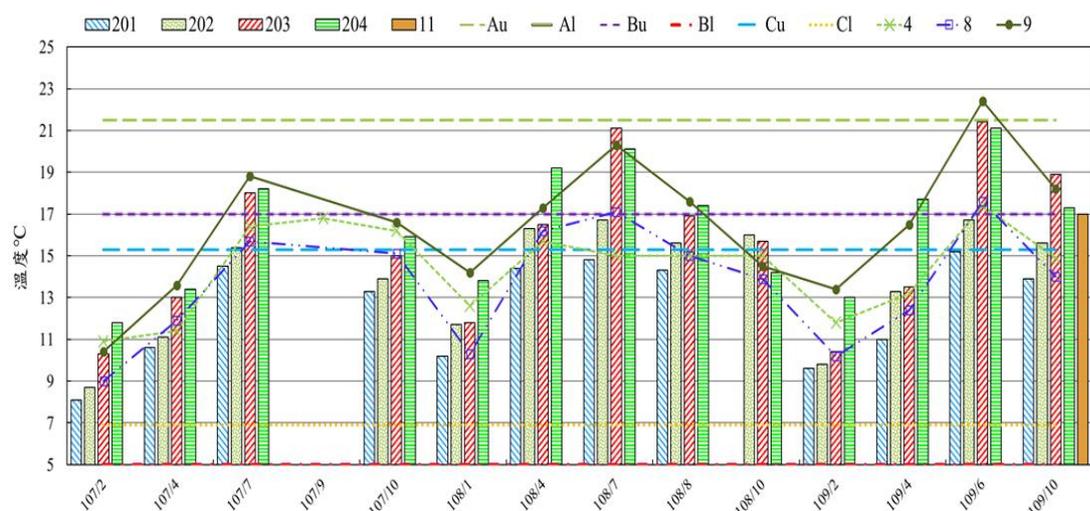


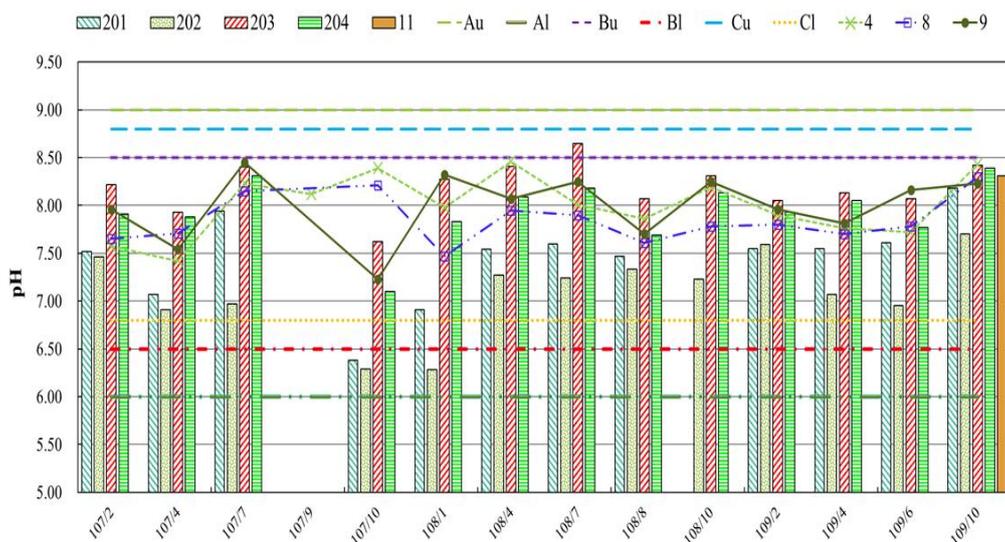
圖 3- 59 8.1ha 回收農用地 TOC 值變化  
(資料來源：本研究資料)

### 第三章 水質監測



Au：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準溫度上限(21.5°C) Al：歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準溫度下限(1.5°C)  
 Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存溫度上限(17°C) Bl：陳弘成(1998)建議鮭魚生存溫度下限(5°C)  
 Cu：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準溫度上限(15.3°C) Cl：七家灣溪重要濕地保育利用計畫溼地水質標準溫度下限(6.9°C)

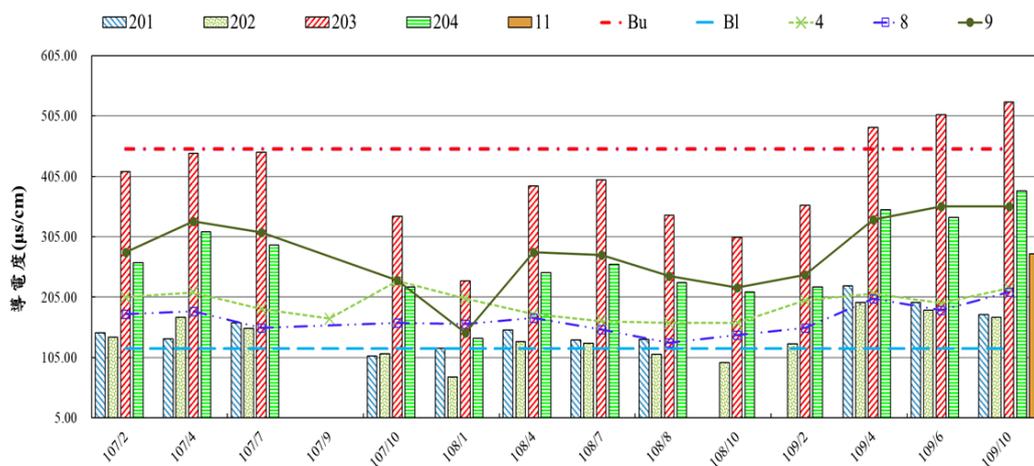
圖 3- 60 羅葉尾溪與七家灣溪溫度值變化  
 (資料來源：本研究資料)



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- 61 羅葉尾溪與七家灣溪 pH 值變化  
 (資料來源：本研究資料)

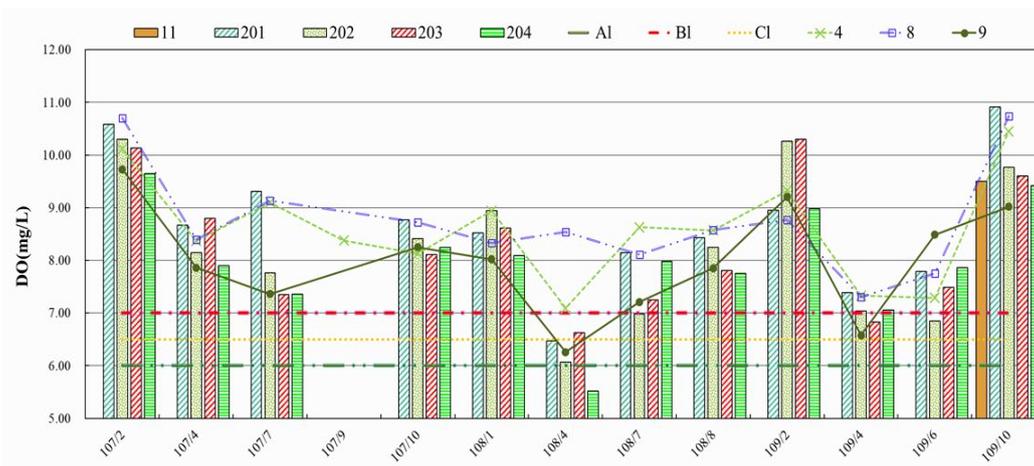
### 第三章 水質監測



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

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

圖 3- 62 羅葉尾溪與七家灣溪導電度值變化  
(資料來源：本研究資料)



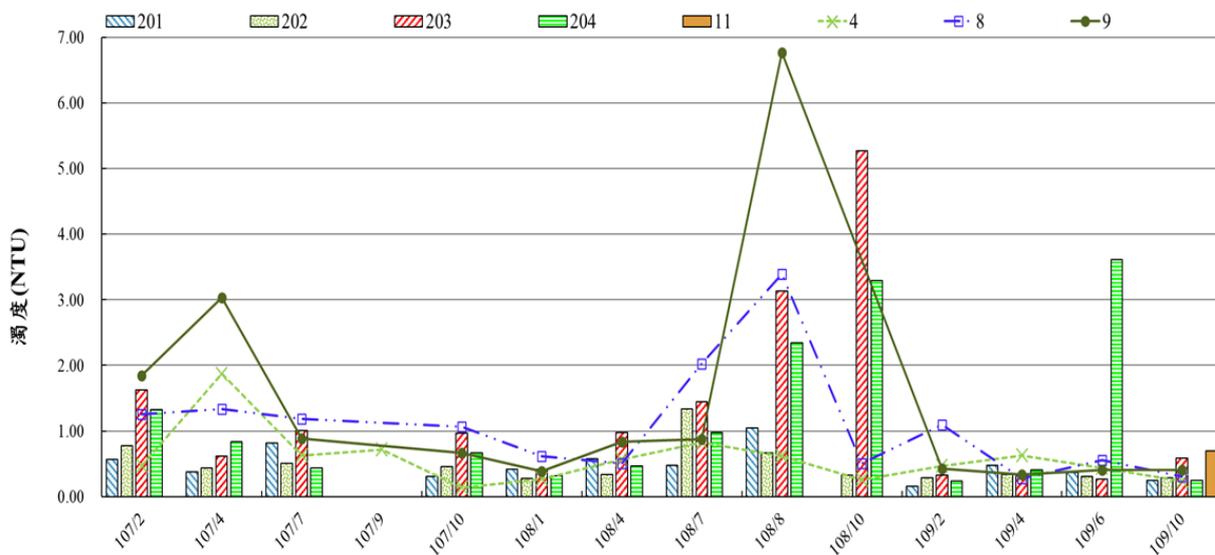
A1：歐盟訂定之鮭魚水體標準溶氧值下限(6 mg/L)

BI：陳弘成(1998)建議鮭魚生存溶氧值下限(7 mg/L)

CI：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- 63 羅葉尾溪與七家灣溪溶氧值變化  
(資料來源：本研究資料)

第三章 水質監測



Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存濁度上限(5 NTU)  
 圖 3- 64 羅葉尾溪與七家灣溪濁度值變化  
 (資料來源：本研究資料)

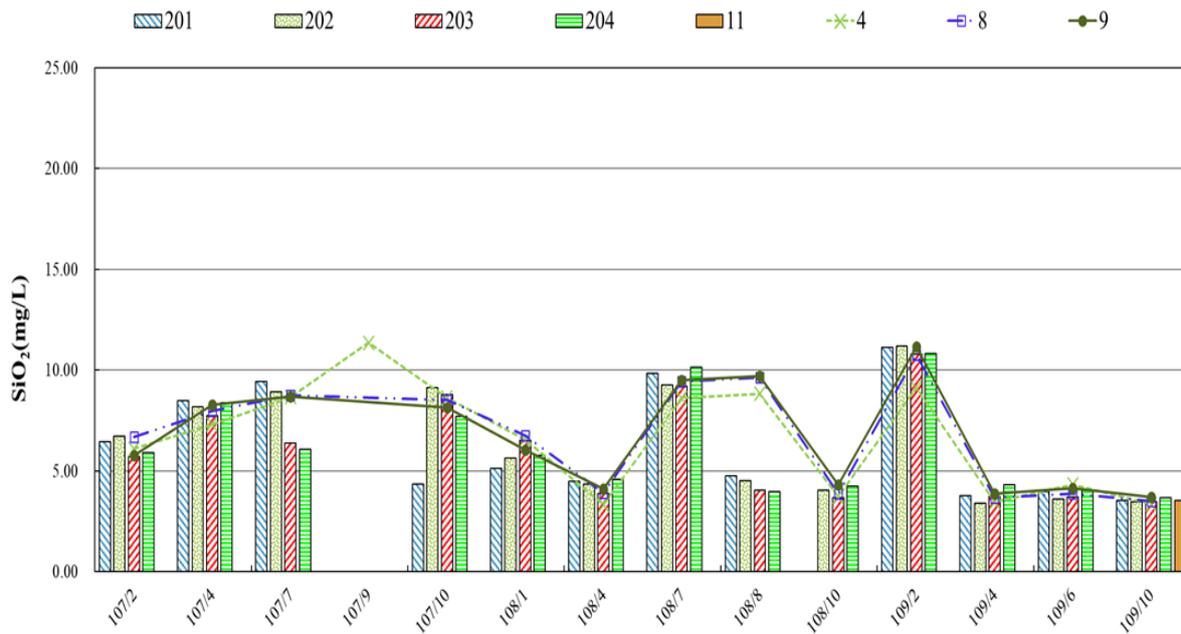
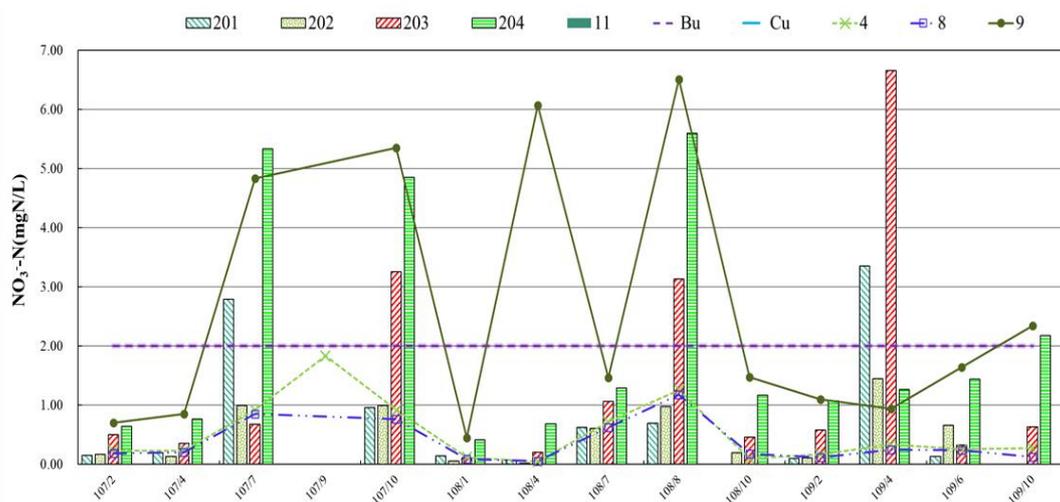
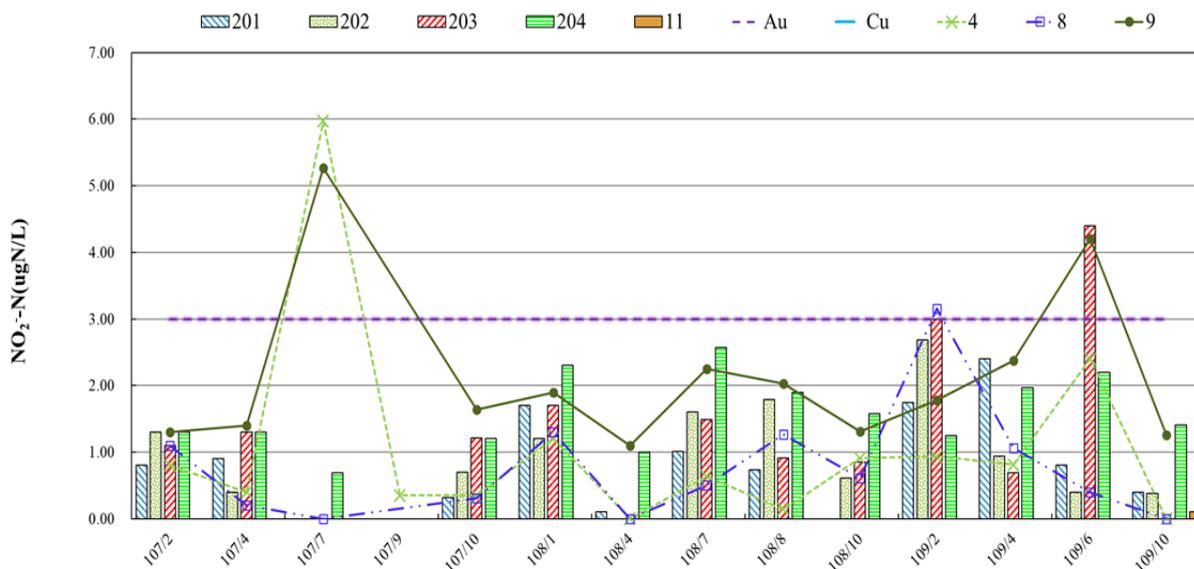


圖 3- 65 羅葉尾溪與七家灣溪 SiO<sub>2</sub> 值變化  
 (資料來源：本研究資料)

第三章 水質監測



Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存硝酸鹽濃度上限(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- 66 羅葉尾溪與七家灣溪 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-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- 67 羅葉尾溪與七家灣溪 NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N 值變化**  
 (資料來源：本研究資料)

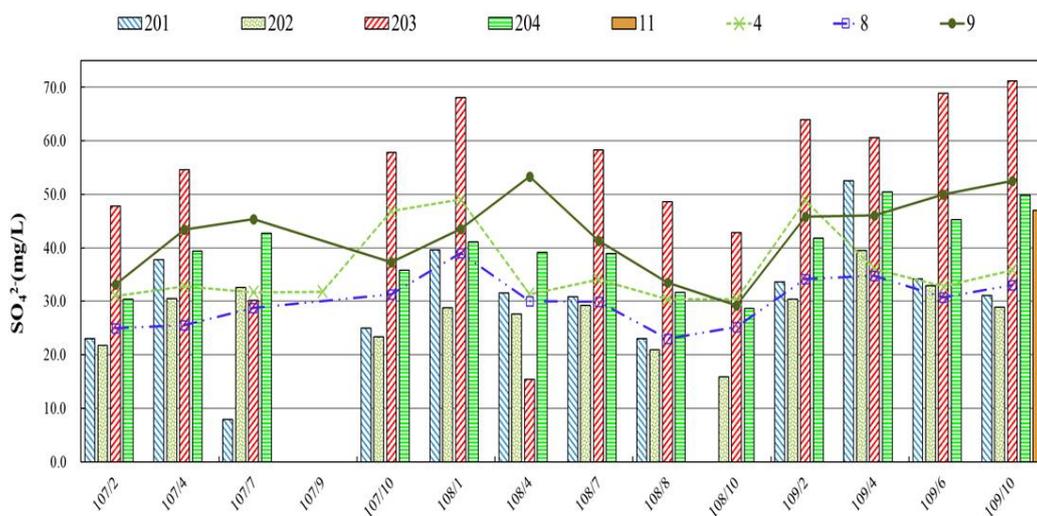
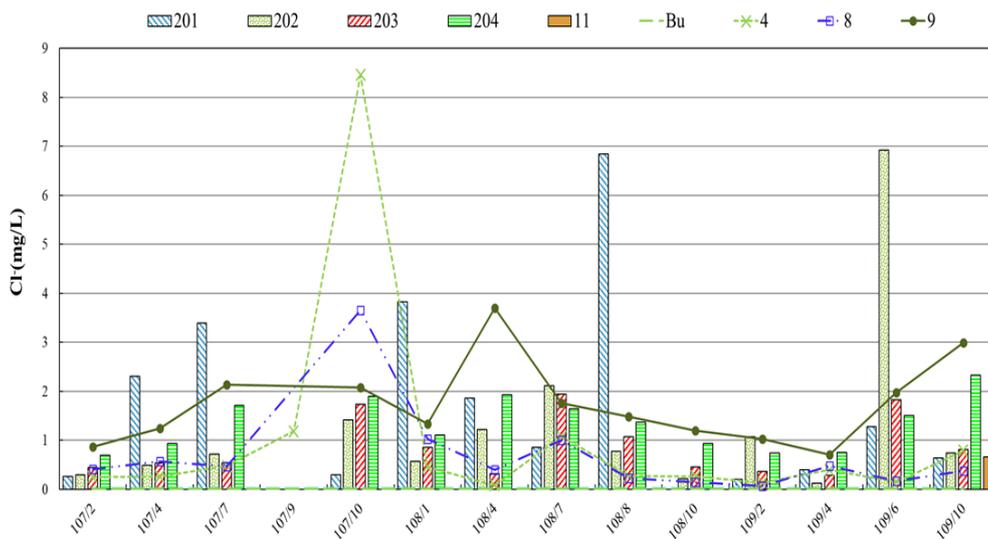
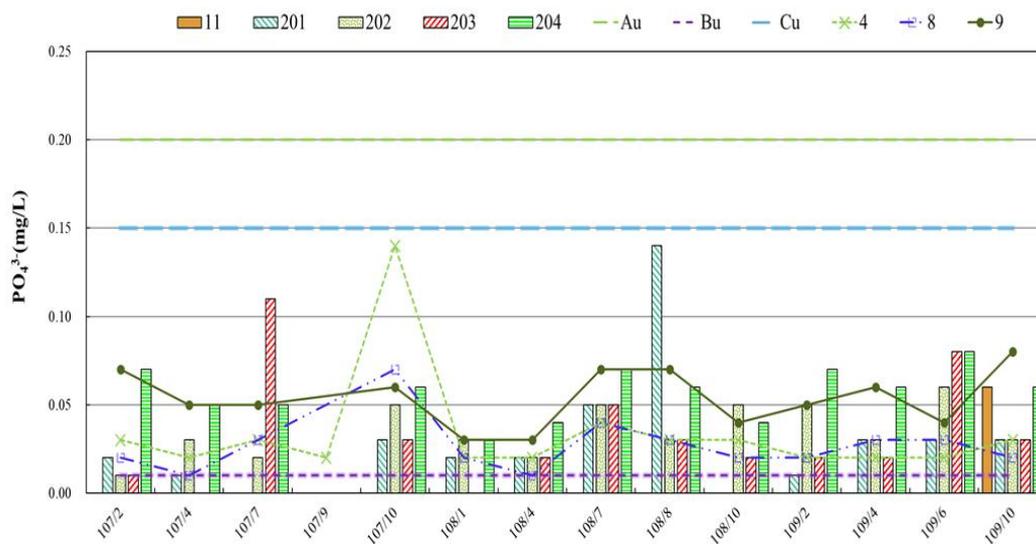


圖 3-68 羅葉尾溪與七家灣溪  $SO_4^{2-}$  值變化  
(資料來源：本研究資料)



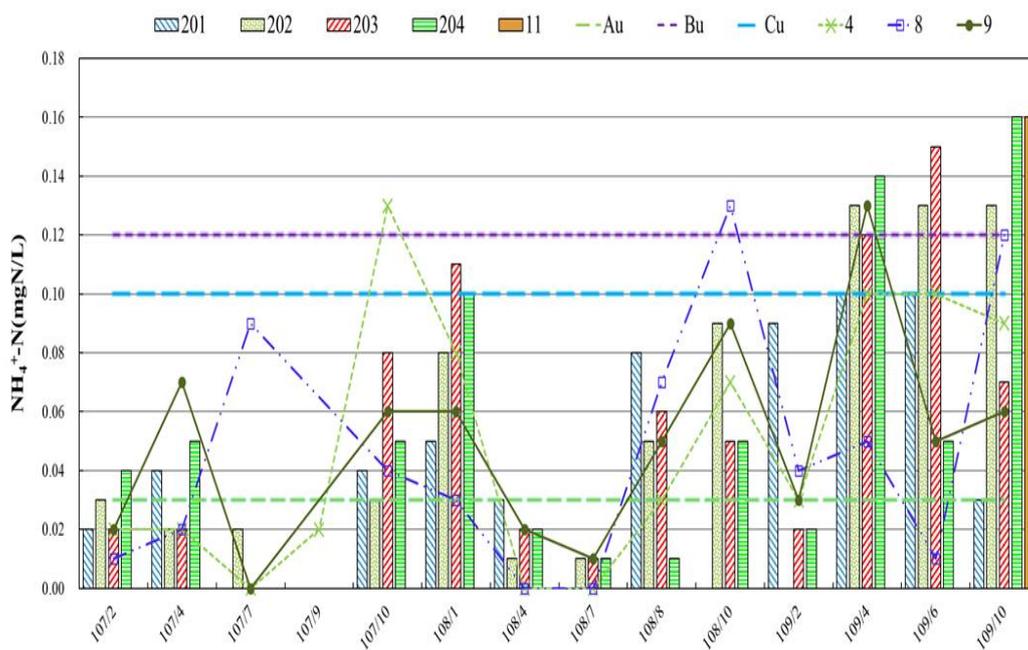
Bu：陳弘成(1998)建議鮭魚生存氯鹽濃度上限(0.01 mg/L)

圖 3-69 羅葉尾溪與七家灣溪 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- 70 羅葉尾溪與七家灣溪  $PO_4^{3-}$  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- 71 羅葉尾溪與七家灣溪  $NH_4^+-N$  值變化  
 (資料來源：本研究資料)

第三章 水質監測

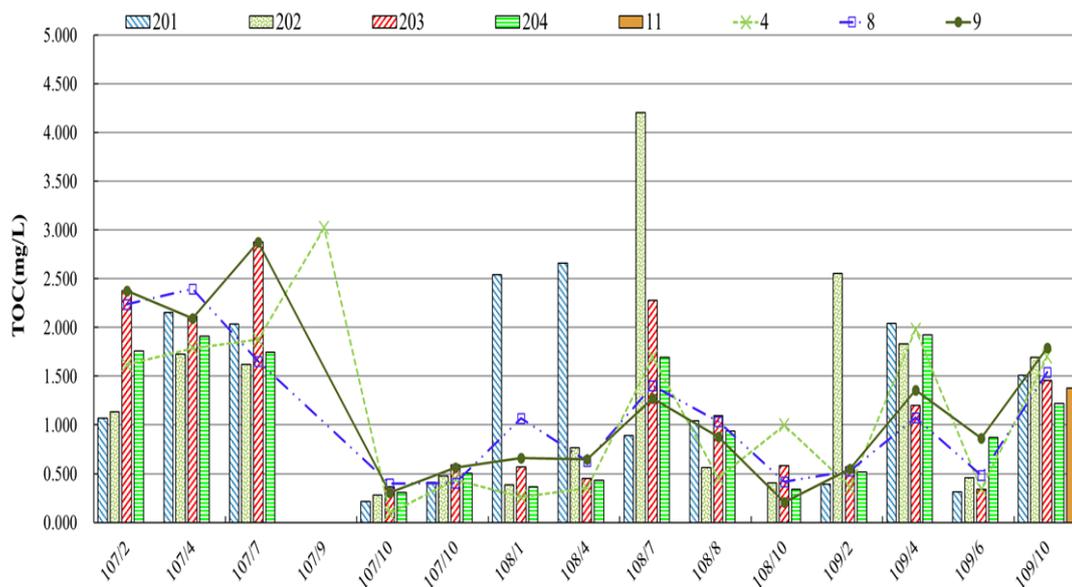


圖 3-72 羅葉尾溪與七家灣溪 TOC 值變化  
(資料來源：本研究資料)

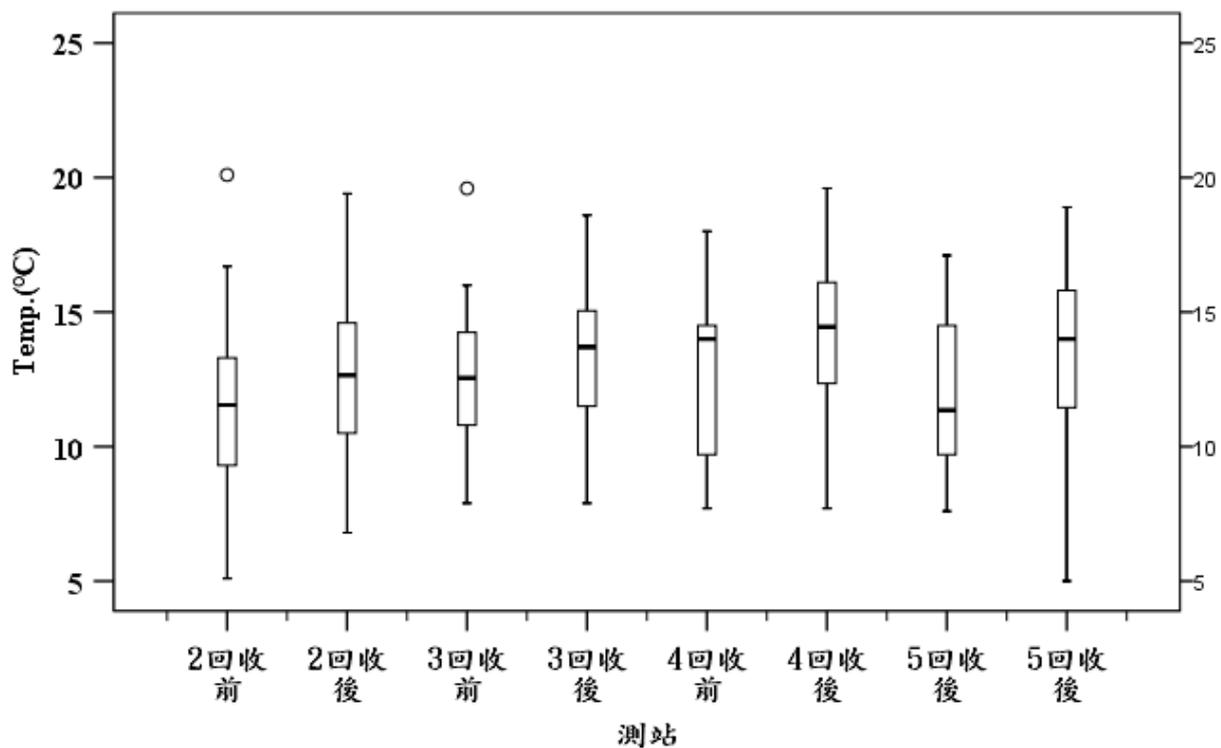


圖 3-73 8.1 公頃農用地回收成效溫度盒鬚圖  
(資料來源：本研究資料)

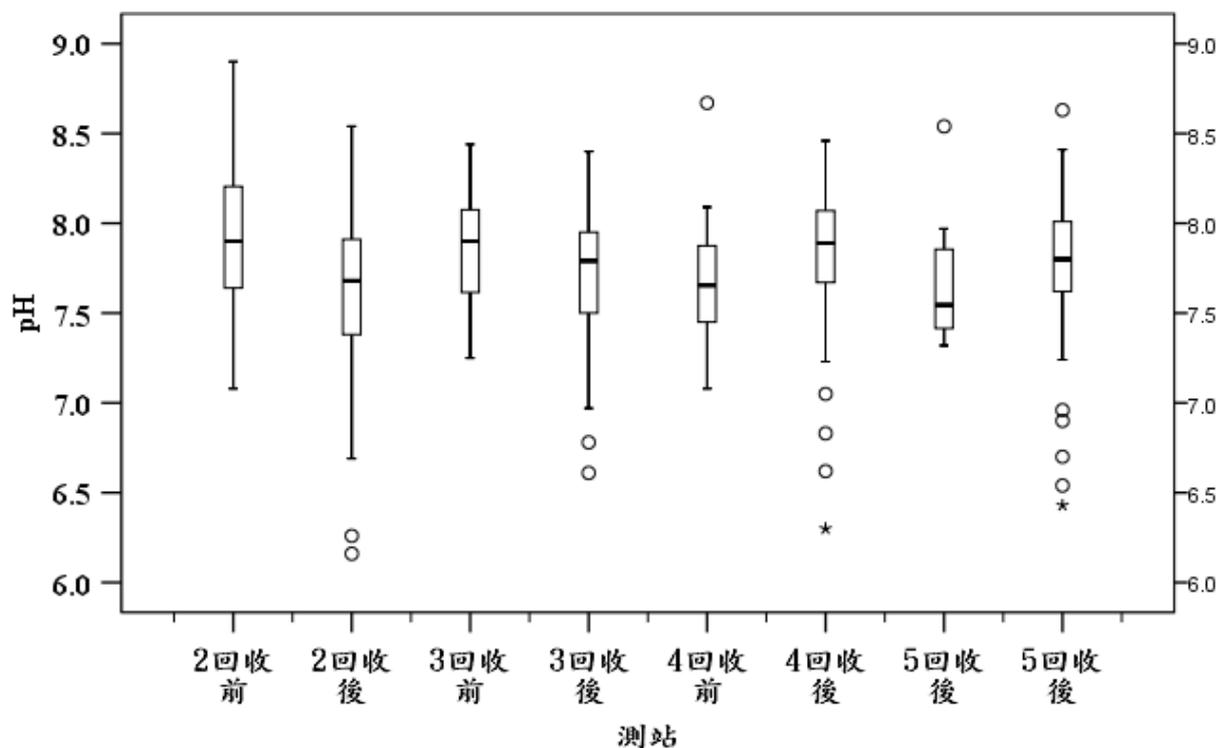


圖 3-74 8.1 公頃農用地回收成效 pH 盒鬚圖  
(資料來源：本研究資料)

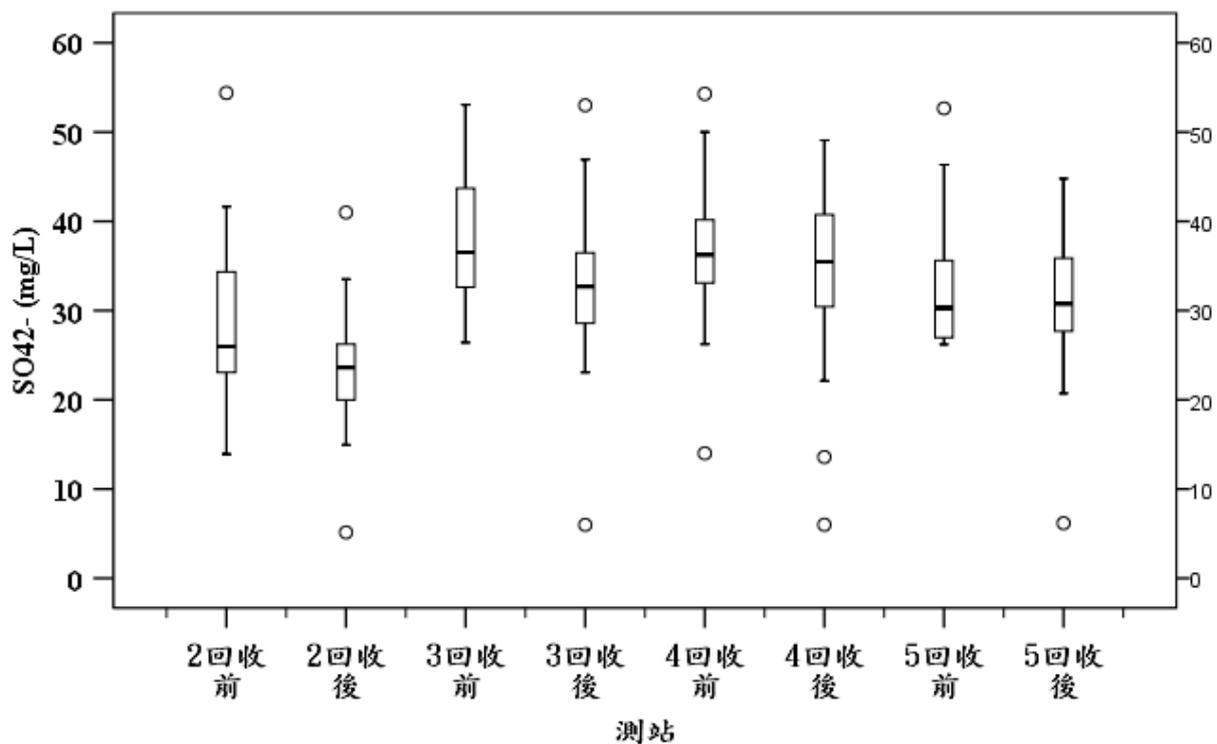


圖 3-75 8.1 公頃農用地回收成效 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>盒鬚圖  
(資料來源：本研究資料)

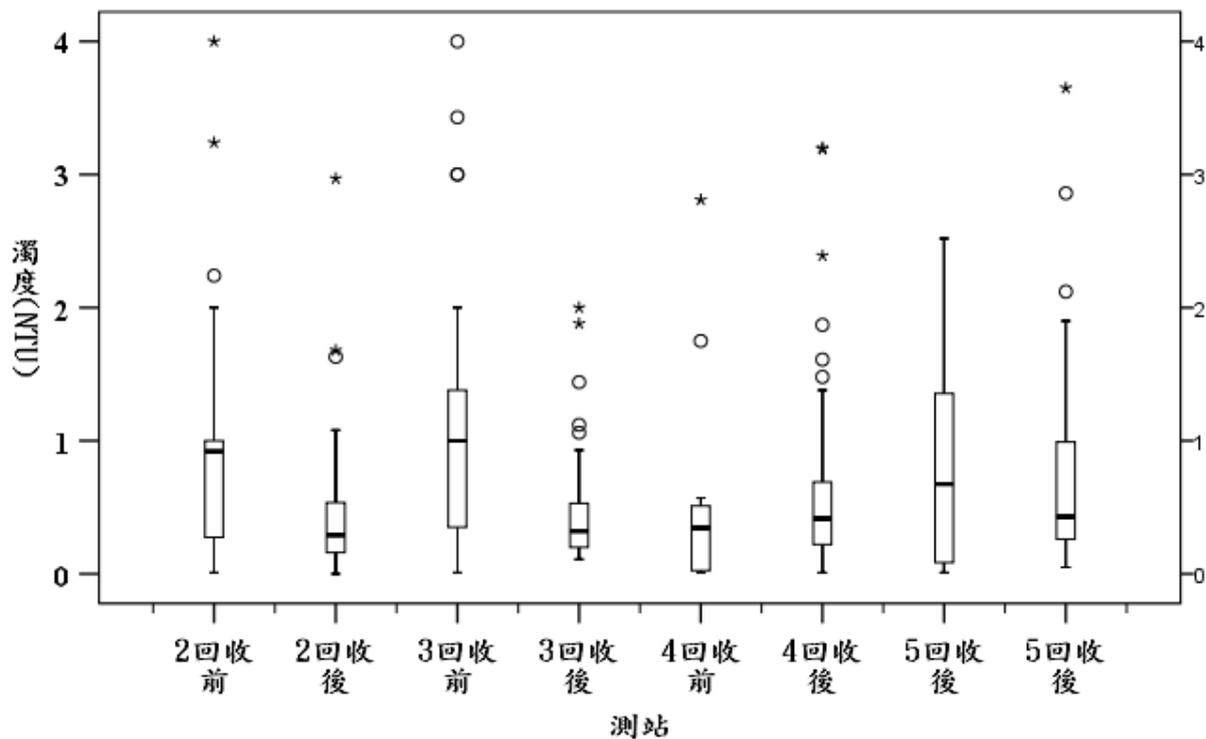


圖 3-76 8.1 公頃農用地回收成效濁度盒鬚圖  
(資料來源：本研究資料)

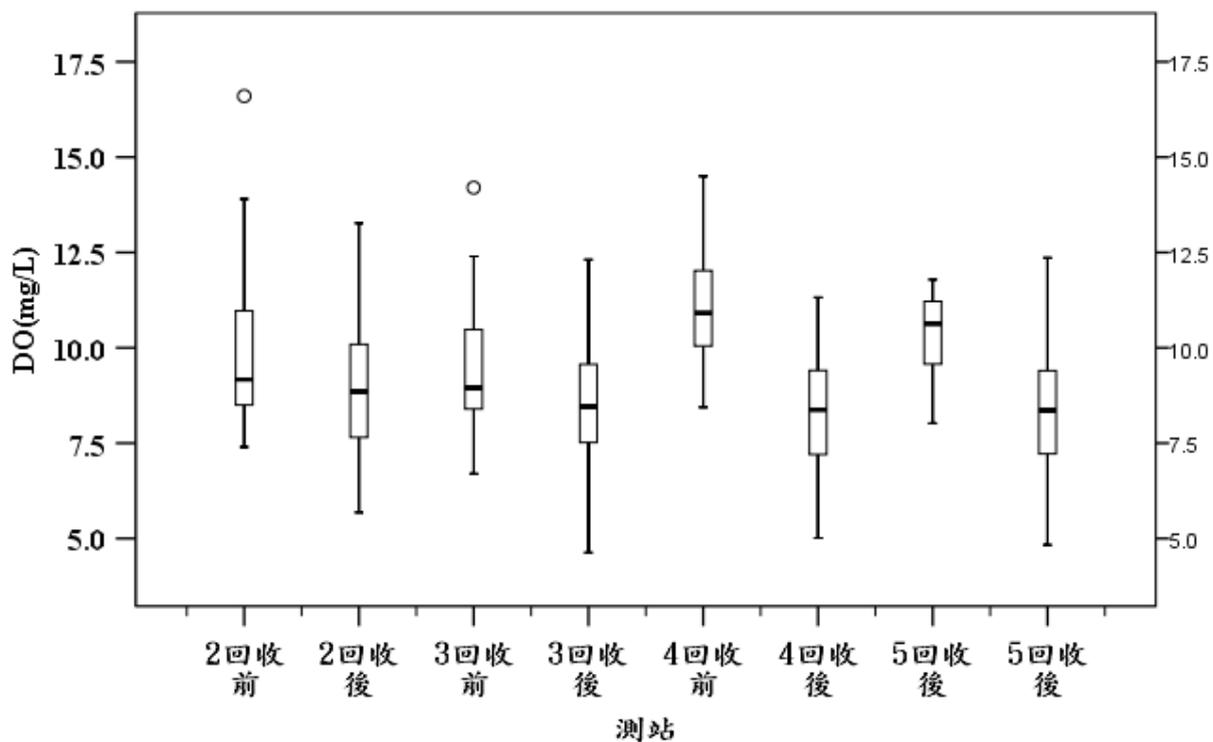
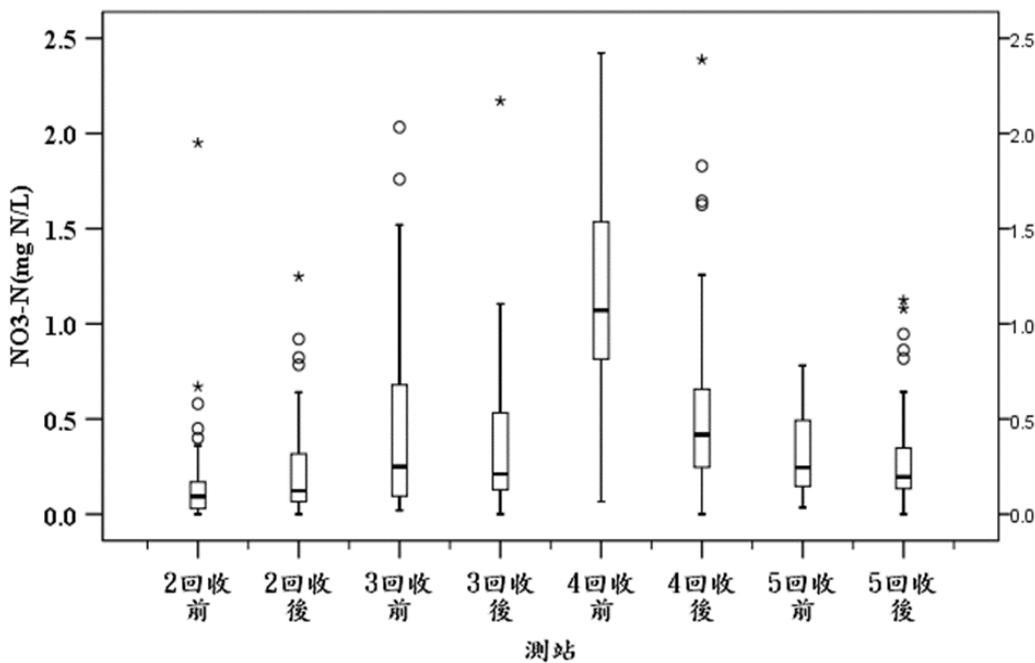


圖 3-77 8.1 公頃農用地回收成效溶氧盒鬚圖  
(資料來源：本研究資料)



獨立 t 檢定統計結果

回收前 v.s. 回收後	p	t
桃山西溪(#2)	0.167	1.392
二號壩(#3)	0.240	1.182
觀魚臺(#4)	0.001	3.874
繁殖場(#5)	0.690	0.406

圖 3-78 8.1 公頃農用地回收成效 NO<sub>3</sub>-N 盒鬚圖  
(資料來源：本研究資料)

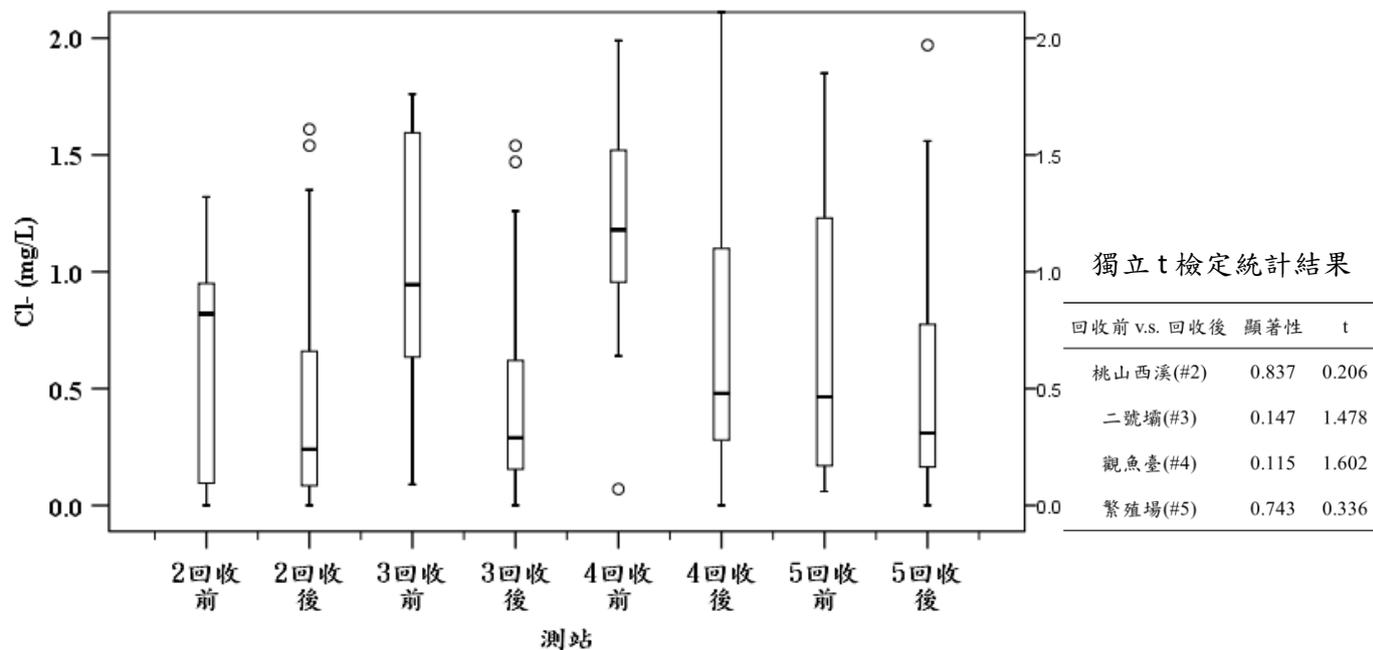


圖 3-79 8.1 公頃農用地回收 Cl<sup>-</sup>成效盒鬚圖  
(資料來源：本研究資料)

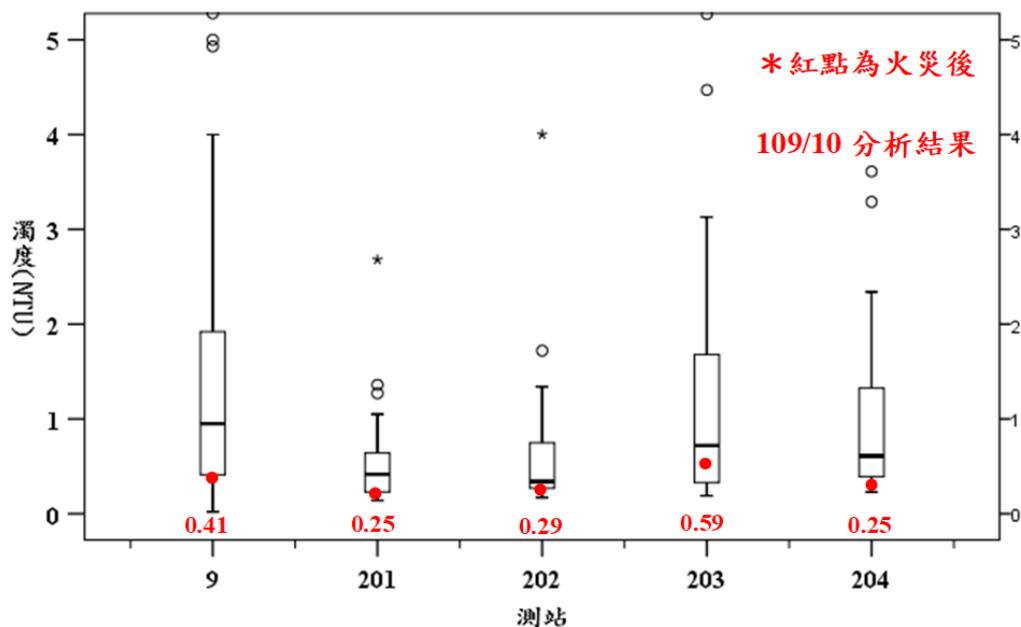


圖 3-80 武佐野群山森林火災影響濁度盒鬚圖  
(資料來源：本研究資料)

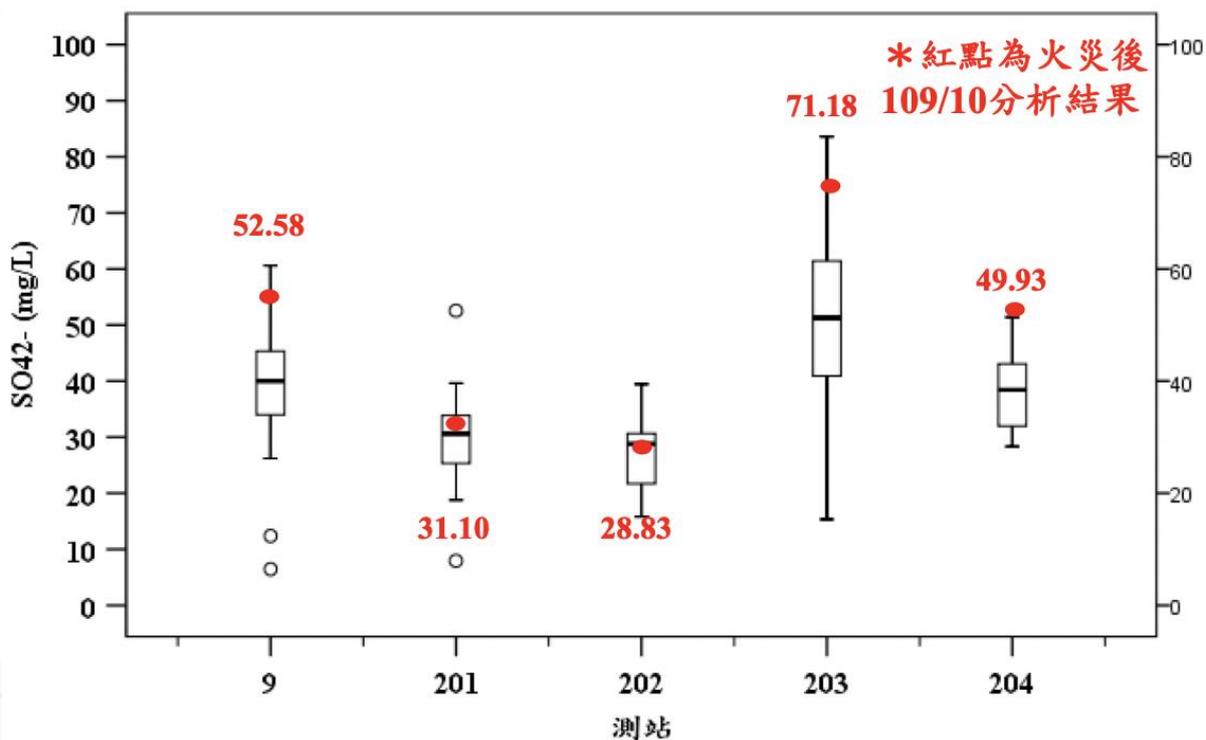


圖 3-81 武佐野群山森林火災影響  $SO_4^{2-}$  盒鬚圖  
(資料來源：本研究資料)

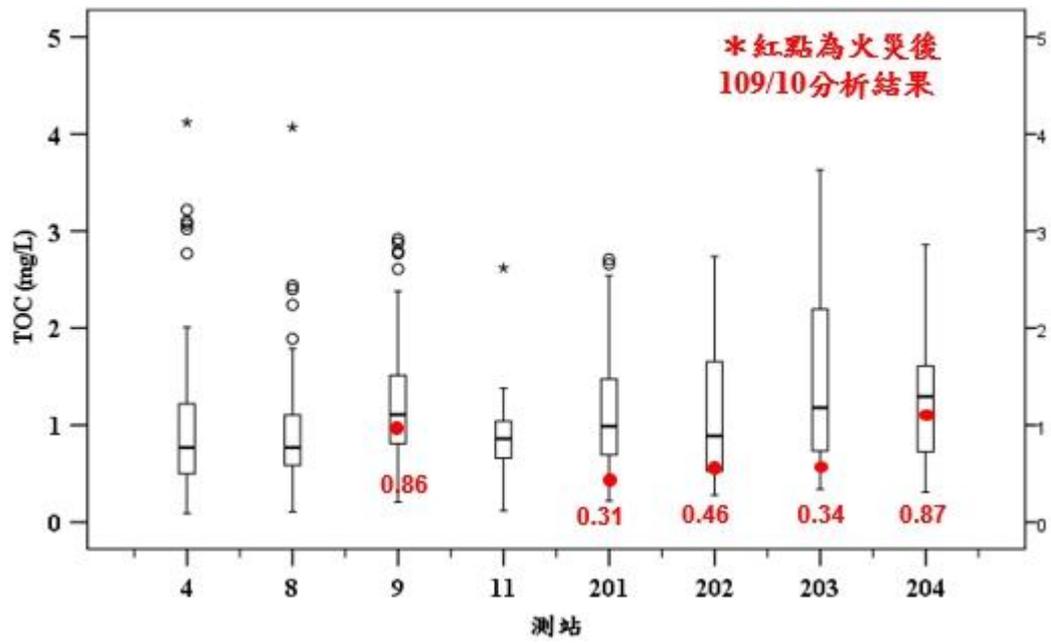


圖 3-82 武佐野群山森林火災影響總有機碳盒鬚圖  
(資料來源：本研究資料)

## 第四章 水棲昆蟲研究

郭美華、丘明智、陳昭汝、謝宗澤、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

生活在雪霸國家公園內七家灣溪流域的臺灣櫻花鉤吻鮭 *Oncorhynchus masou formosanus* (Jordan and Oshima, 1919)，是屬於臺灣地區特有陸封型鮭魚，自日據時期被列為天然紀念物，而今日被視為國寶魚，並於 1984 年被政府列入瀕危絕種的保育名錄中，皆顯示對臺灣櫻花鉤吻鮭的保育工作是其可持續生存顯著重要。為了保護臺灣櫻花鉤吻鮭棲息地，監測其主要食物來源水棲昆蟲，對棲息環境及水質變化可以提供重要的見解。2011 年 5 月 23-30 日進行七家灣溪一號壩體(高 16.5 m)改善工程，本計畫長期監測武陵地區大甲溪上游七家灣溪流域及有勝溪流域壩體改善後溪流水棲昆蟲群集，做為此鮭魚棲息環境評估的生物指標，並以快速生物評估法 II (RBP II 指數)及多元尺度分析(MDS)評估武陵地區棲地損害程度及水棲昆蟲群集結構變動，希冀提供生態研究的科學資料，作為訂定臺灣臺灣櫻花鉤吻鮭保育措施與武陵地區經營管理策略日後評估作業的參考。

### 二、研究方法及過程

2020 年的 2 月、4 月、6 月、10 月於桃山西溪、七家灣溪、高山溪、有勝溪及羅葉尾溪九個採樣監測站，並於 10 月增加司界蘭溪下游調查，以定面積的舒伯氏水網在河域中採樣，每一樣點取樣六次，並且合併計算進行資料分析。持續收集並建置永久測站的水棲昆蟲生態資料庫，以密度、生物量、多樣性指數、快速生物評估法 II (RBP II)及多元尺度分析(MDS)等研究方法分析評估各永久測站棲地環境、棲地損害程度及水棲昆蟲群集結構變動。

### 三、重要發現

本年度採樣調查水棲昆蟲共計有 67 分類群(taxa)，分屬 6 目 38 科。由連續多年數據(2003 至 2020 年)看出，水棲昆蟲密度及大型昆蟲食餌，幾乎以每年年初為高峰，然 2017 年及 2018 年以 4 月及 10 月為高峰，2019 年回復為年初高峰且創新高，2020 年 2 月或 4 月為高峰。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)評估武陵地區棲地維持在無損害與中度損害，多元尺度分析(MDS)顯示桃山西溪(七家灣溪上游)、七家灣溪及高山溪的水棲昆蟲群集結構變動具相同傾向，且於 2009~2020 年有勝溪收費口測站與其他測站群集結構相近。2011 年一號壩壩體改善工程對七家灣溪的水棲昆蟲群集產生約 2.5 個月的短期負面直接影響，長期效應約為 4 年，近幾年已顯現空間效應。我們嘗試利用連續 18 年 786 筆的大型食餌密度數據訂出此地區溪流生態系的水棲昆蟲長期監測指標為 500 個體數/平方公尺。

司界蘭溪下游測站於 2020 年 10 月採獲 34 個分類群 (Taxa)，分屬 5 目 20 科。水蟲密度為 3250 (個體數/平方公尺)，大型昆蟲食餌密度為 1150 (個體數/平方公尺)且高於長期效應指標(1000 個體數/平方公尺)；生物量 3407(毫克/平方公尺)；多樣性指數值為 2.9 且高於 2005 年 8 月至 2012 年 10 月司界蘭溪下游之範圍(在 1.3~2.4 之間波動)；棲地評比 0.87 為無損害。

#### 四、主要建議事項

根據研究發現，本研究針對水棲昆蟲研究，提出下列具體建議。

##### 1. 立即可行性建議：

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：國立中興大學昆蟲學系

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

##### 2. 中長期建議：

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：國立中興大學昆蟲學系、中央研究院生物多樣性研究中心

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

## ABSTRACT

The *Oncorhynchus masou formosanus* (Jordan and Oshima, 1919) in Cijiawan brook drainage area of Shei-Pa National Park is belonging to a special continental-closed type of salmon in Taiwan area. Since Japanese occupied Taiwan, the *Oncorhynchus masou formosanus* has been classified as natural memorial. For the present time, it is regarded as a national precious fish. The salmon was listed as an endangered species by the Taiwanese government in 1984. Both stages of strategies show that the preservation of the *Oncorhynchus masou formosanus* is significantly important for its sustainable surviving. Biological monitoring of aquatic insects can provide important insights into changes in stream water and habitat quality. To protect the habitat of the Formosan salmon, programs to monitor stream quality using aquatic insects. One check dam, with a height of 16.5 m, was present within our study area in the Cijiawan Stream watershed. The dam was demolished and removed by excavators from 23-30 May 2011. The main goal of this research includes long-term monitoring of aquatic insects in reaches downstream of a check dam after it was removed. The surber sampler was used to collect six samples of aquatic insects along the streams at the 9 sampling sites were collected during the months of February, April, June and October, 2020. The rapid bioassessment protocol II (RBPII) and was a reliable method for assessing water quality, and a non-metric multidimensional scaling (MDS) plot were used to show the composition similarity among site-time samples, the plot indicated that the community structures of Cijiawan Stream. Furthermore, it can provide the Management Department of Shei-Pa National Park the guideline for the preservation of the *Oncorhynchus masou formosanus* in Cijiawan and Gaoshan Streams.

During the research period, we have collected 67 taxa of aquatic insects belong to 38 families, within 6 orders. According to the data from 2003 to 2020, we found that abundance and large-sized peak of aquatic insects were present in January or February almost every year, however, the peak moving begins in April 2017 and April 2018. The peak were present in January 2019 and February, April 2020. Similar ranges of Shannon-Wiener's index appeared among years. As the habitat quality of the Wuling area was assayed by the rapid bioassessment protocol II (RBPII), the evaluations of the Wuling area were between non-impaired and moderately impaired, and the upstream site of the Hehuan Stream was non-impaired. While a non-metric multidimensional scaling (MDS) plot were used to show the composition similarity of abundances among site-time samples, the plot indicated that the community structures of the Cijiawan Stream and Gaoshan Stream shifted to the same trends, and, from year 2009 to 2020, the community structures of Yousheng Stream and the two streams began to tend toward higher similarity. The short-term impact persisted for approximately 2.5 months, and the long-term implications of dam removal for macroinvertebrate communities recovered 4 years after the dam removal in the Cijiawan Stream. The improvement of dams has shown spatial effects in recent years.

This project comes to the long-term strategies.

For immediately strategies :

1. The unprecedented flow discharge observed during recent decade exceed natural variability to such an extent that it is widely recognized as a major environmental problem. The use of bioindicators is essential for environmental monitoring. Longer term Trichoptera-ecological data can also provide valuable baselines for assessing climate impacts. Historical analyses showed Trichoptera species have face great impacts of climatic changes and Shei-Pa National Park is an important sanctuary for the *Oncorhynchus masou formosanus*. We suggest Shei-Pa National Park shall conduct monitor programs and priority of indicator three caddisfly species include: the predator, *Rhyacophila nigrocephala*, the scammer, *Uenoa taiwanensis*, and the filter-feeder, *Stenopsyche* sp. These species can be used as environmental bioindicators.

#### 第四章 水棲昆蟲研究

For long-term strategies:

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

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

## 一、前言

武陵地區的溪流生態系是國寶魚臺灣櫻花鉤吻鮭的棲息地，而國寶魚是一種嗜食昆蟲的魚類，長期進行此處的水棲昆蟲研究有其必要性及具重要意義。從 2003 年開始，雪霸國家公園管理處推動武陵地區長期生態研究計劃架構，希望透過大空間、大時間的尺度，跨學門資料整合共享的方式，來了解生態系統間能量的移動情況，並希望能建立完整的環境變遷預測模式。2009 年起邁入生態系統的經營管理，在 2011 年 5 月完成七家灣溪一號防砂壩改善工程，但此生態系也面臨農業肥料、農藥、遊客干擾、颱風暴雨、棲地破壞甚至全球氣候變遷等問題。本研究為延續性的工作，目的在於監測七家灣溪一號防砂壩改善後的水棲昆蟲短、中及長期變化過程，並探討生物間以及生物與環境間的變化機制與生態效應。今年計畫目標為武陵地區溪流及放流棲地水棲昆蟲群集動態變化，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，並研擬臺灣臺灣櫻花鉤吻鮭之保育措施及武陵地區經營管理策略。

### (一) 水棲昆蟲研究現況

與臺灣櫻花鉤吻鮭息息相關的食物來源之一的水棲昆蟲，也在武陵地區進行了相當多年的研究。最早為上野 (1937) 對 12 尾臺灣櫻花鉤吻鮭胃內容物所作調查，其中 96% 為昆蟲，水棲昆蟲更佔 74%。由於水棲昆蟲是臺灣櫻花鉤吻鮭最主要營養來源，是相當重要的棲地因子，在農委會與雪霸國家公園管理處支持下，陸續有武陵地區水棲昆蟲相關生態的研究報告(黃 1987；楊等 1986；楊及謝 2000)。目前武陵溪流水棲昆蟲可達 6 目 42 科 73 分類群(taxa)，與 2000 年報導 40 分類群(taxa)相比，此地區的物種數逐年微量增加，雖可能因測站及採集月份增多有關，但每樣站仍可採到 40 分類群(taxa)，全年的物種數 57~73 分類群(taxa)，暗示我們所採的樣本中已包含了此地水棲昆蟲群集的所有(或幾乎所有)物種數了。就物種數及科數而言，七家灣溪棲地並沒有劣化(林等 2009)，也充分顯現出棲地保育的績效。例如，農業區下游的#4 觀魚台測站於 2006 年農地回收後，水棲昆蟲數量及大型食餌比例明顯持續上升並較以往及大部分其他測站為高，多樣性指數及 RBPII 數值波動上下限區間範圍已提升，棲地評比已提升至優良測站，且#3 二號壩測站(農業區旁)，多樣性變高及棲地評比提升，證實農地回收政策已具有成效(郭 2014)。

過去 40 年來受颱風及梅雨影響，溪流流量暴增，至 2008 年，以 2005 年為最嚴重的一年，其次依序為 2007 年、2008 年、2004 年，是此地流量暴增的前 4 名(Chiu et al., 2008)。2012 年的溪流流量暴增，可以進前五名(Chiu et al., 2016)。由連續 10 年以上(2003 年至 2017 年)水棲昆蟲數量的研究數據顯示，在歷經較嚴重的洪流，可能未來會造成水棲昆蟲群集中體型較大物種的比例下降(郭 2010, Chiu and Kuo, 2012)。水棲昆蟲歷經了 2003 年無颱風的年度，數量及生物量於 2004 年 2 月達到高峰，但往後幾年也明顯受到颱風季節及梅雨季節所造成的洪流影響而呈現下降趨勢，影響來年水棲昆蟲組成拓殖回復的方向。一些體型較大的物種，已逐漸減少；而被替換成體型較小的物種，生物量下降，且由底棲幼蟲、成蟲羽化的組成再次顯現颱風季節對昆蟲群集結構及組成的影響(郭，2008)，而由歷年大型食餌數據也證實了洪流對昆蟲群集結構及組成的衝擊(郭，2009)。就整體趨勢而言，若當年度有發生洪水，將導致來年年初大型食餌密度下降(Chiu and Kuo, 2012)。進行 2003 年至 2014 年，12 年的洪水流量與大型食餌密度的迴歸分析( $y = 1.2 + 2.1x - 0.6x^2$ ,  $p = 0.039$ ,  $R^2 = 0.51$ ,  $x =$  當年最大流量,  $y =$  來年大型食餌密度，流量資料來自臺灣電力公司水文水資源資料管理供應系統)，顯示若當年度有極端流量(過低  $< 10$  m<sup>3</sup>/s; 過高  $> 200$  m<sup>3</sup>/s)發生後，來年 1、2 月的大型食餌密度大幅降低(郭 2014)。由過去研究發現洪流減弱，角石蛾科 Stenopsychidae (大體形物種)會增加及黑管石蛾科 Uenoidae 回復採樣的記錄，我們認為毛翅目這二科的物種可作為極端洪流的生物指標(郭 2012)。

整合 10 年來(2003-2012)武陵地區水棲昆蟲對能量的利用情形，發現水棲昆蟲 5 個取食功能群的群集組成都存在，七家灣溪、桃山西溪及高山溪皆以採食者(33~46%)及刮食

者(35~37%)為主，而有勝溪則以採食者(73%)為優勢取食功能群，其他取食功能群的組成皆佔10%以下，明顯不同於其他溪流，且有勝溪的刮食者及捕食者，尤其是刮食者(8%)，所佔比例相較於其他溪流較低(郭 2012)。

## (二) 棲地評比及多樣性

每年季節性的颱風及暴增的流量，常讓此地接受嚴峻考驗，流量為武陵地區溪流生態系主要驅動力，對溪流生態系造成連鎖的骨牌效應(Chiu et al., 2008)，棲地評等往往在颱風及洪流衝擊後都會趨向劣化，各測站多樣性指數也受到影響，長期監測水棲昆蟲在每年前半年多樣性指數波動小於後半年，且颱風強度越大波動變大(林等 2009)。2003~2017年以快速生物評估法II(Rapid Bioassessment Protocol II, RBPII) (Plafkin et al., 1989)作為棲地評比標準，並以武陵地區的#8高山溪為無干擾參考站。各測站於流量暴增後，其評等往往都會趨向劣化，可能由無損害降至中度損害，流量暴增的情況下，群集結構變化受此強力的物理因子影響遠大於水質或棲地因子，群集結構起先為高留存的抗急流的物種居多，後續發展為快速拓殖的物種為主，且其他研究也顯示季節性變化會明顯影響棲地評估的準確性(Šporka et al., 2006; Alvarez-Cabria et al., 2010)。連續超過10年數據看出，水棲昆蟲密度以每年年初為高峰。颱風季此處溪流遭受損害而影響溪流中的生物，水棲昆蟲密度下降的每年的低點，RBPII結果顯示武陵地區棲地無損害降至中度損害。

洪流擾動過後，物種可能大量減少，進而造成物種多樣性的降低，不過因優勢物種的減少所空出的資源使得其他物種得以拓殖，下半年洪流過後，年終至來年年初的持續拓殖回復，物種數的增加的確會多樣性上升，具正相關，而小型且生活史短的物種，則因非常態干擾影響，其比例提升導致均勻度下降，終究會造成多樣性降低。這樣的現象說明了颱風及梅雨季節所帶來洪流對多樣性有一定的影響力，而其干擾時間點、頻度及強度的常態與否，則決定正向或負向影響(Chiu and Kuo, 2012)。

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

## (三) 一號壩壩體改善部分拆除工程的影響

一號壩壩體改善工程對七家灣溪的水棲昆蟲群集產生約2.5個月的短期負面直接影響，等同遭受一小型洪水的衝擊，導致數量和多樣性下降，且壩體下游兩測站受到影響較上游兩測站來的大(Chiu et al., 2013)，長期效應為4年(郭 2018; 2019)。拆壩後再遭受到大雨引起的洪水衝擊為另一重要事件，此洪水除了本身的影響力，會結合拆壩再重演一次負面直接影響，加深此次洪水的衝擊。一號壩下游測站首當其衝，水棲昆蟲個體數及多樣性大幅下降，顯現出受到洪水及改善工程的影響，可能還有間接的、慢性的長期衝擊：例如水棲昆蟲的棲息環境的改變，引起食物鏈和生態結構的逐步變化(Chiu et al., 2013)。

一號壩壩體改善工程施工擾動水體後，使得水體中懸浮物質增多(王 2011)，對整個水域食物鏈的影響是多環節的。從生態系食物鏈傳遞的角度分析，除了初級生產者藻類受到負面影響外(林等 2011)，其它的消費者營養階級的水生生物也會受到負面影響，對水棲昆蟲短期影響即是族群數量出現下降(郭 2011)，並可通過影響食物鏈的傳遞進而影響整個

水域生態系統。挖泥掀起的泥沙沖刷進入水域中，壩體下游的空間改變(王 2011)，枯枝落葉掉入水域中變少，底層的粗顆粒碎屑下降(林等 2011)，下游的環境改變較上游明顯(王 2011；葉 2011)。壩體上游的兩測站，可能季節性變化所造成的影響大於壩體改善短期影響，但壩體下游的兩測站除了季節性變化的影響外，還有壩體改善工程短期衝擊。#13 一號壩下游測站遭受壩體碎片及所釋放大粒徑石頭覆蓋原有溪底底質(葉 2011)，此測站首當其衝應遭受較巨大的衝擊，更下游的#5 繁殖場測站相較的下僅遭受細顆粒物質衝擊及掩蓋(葉 2011)，結果的確也顯示出#13 一號壩下游測站水棲昆蟲個體數及多樣性大幅下降，並於 2013 年 10 月更大幅下降，且下降幅度大於#5 繁殖場測站(郭 2013)，如此大幅下降現象，與國外其他研究雷同(Thomson et al., 2005, Orr et al., 2008)。然而 2012 年 8 月的颱風所引發的溪流變動，已經不僅是拆壩所造成的影響，大型底質挾帶沖刷到更下游的#5 繁殖場測站，淤積明顯(王 2012)，由離一號壩較遠的#4 觀魚台測站及#5 繁殖場測站多樣性指數的波動明顯變大且下降，及水昆數量高峰連續 3 年仍然低迷，此影響將持續進行中(郭 2014)。六年連續監測發現，每年的多樣性波動範圍已逐漸縮小，顯示逐漸有回穩的趨勢(郭 2017)。2015~2019 年的資料顯示，壩體上下游之分界不若以往明顯，MDS 分析顯示壩體改善後由上而下流域暢通的空間效應(郭 2019)，並定義七家灣溪一號壩改善工程的長期效應回復指標為大型食餌數量高於 1000 昆蟲(個體數/平方公尺)及水棲昆蟲 EPT% 大於 75% (郭 2019)。

#### (四) 武陵溪流藻食者

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

武陵地區溪流有三種優勢的毛翅目昆蟲分別屬於不同取食功能群，黑頭流石蛾(*Rhyacophilidae nigrocephala*)屬於捕食者、臺灣黑管石蛾(*Uenoidea taiwanensis*)屬於刮食者及角石蛾(*Stenopsyche* sp.)屬於濾食者(林等 2012)。然而此地區溪流近 50 年來出現極端洪流的年度, 2004, 2005, 2007, 2008, 於 2005 年為最大，日流量達到  $609 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (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。三種毛翅目水蟲的生活週期類似，卵、幼蟲、蛹在水域，羽化為成蟲在陸棲。體型大小不一，體型大者生活週期較長。壩體改善對毛翅目大型物種濾食者角石蛾影響為一年、中型物種捕食者黑頭流石蛾影響不大、小型物種刮食者臺灣黑管石蛾沒有影響，前一個月平均日流量對其族群變動皆為負影響(郭 2019)。這三種石蠶蛾面對現今氣候變遷下的洪水來臨時的生物反應，並沒有相關文獻報導。洪水發生後此三種石蠶蛾數量下降比例不同，臺灣黑管石蛾更是在 2006 年完全消失。前一年最大日流量對刮食者臺灣黑管石蛾年族群變動為負影響，解釋

變異為 48%；年平均流量對捕食者黑頭流石蛾年族群變動為負影響，解釋變異為 38%；年平均流量及前一年最大日流量對濾食者角石蛾年族群變動為負影響，解釋變異為 73% (郭, 2019)，還有其他的原因存在，需待進一步研究探討。Brewin 等人 (1995) 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，也會捕捉臺灣臺灣櫻花鉤吻鮭的幼鮭餵飼雛鳥 (Chiu et al., 2009)。褐河烏於非繁殖季取食了較多雙翅目，無論繁殖季或非繁殖季時都會取食高比例的蜉蝣目 (江等 2015)。褐河烏數量和水棲昆蟲群集結構有高度相關，兩者都和流量呈現負相關，洪水造成水棲昆蟲數量減少，數量又無法在短期恢復，使褐河烏沒有足夠食物育雛，間接影響褐河烏族群，發生在颱風季的洪水也會通過溪流生態系中的自下而上效應，直接衝擊褐河烏，造成族群數量驟減，而為了躲避洪水危害，褐河烏會遷移到附近溪流有勝溪避難，待水退去再回到原本的溪流 (Chiu et al., 2009; Hong et al., 2012; Hong et al., 2016)。然而不只此類頂級掠食者，溪流生態系裡各物種皆會因為毛翅目昆蟲下降受到衝擊，進而對濱岸生態系造成影響，監測具衡量氣候變遷影響的指向性物種，即此三種石蠶蛾物種的遺傳、族群在受到環境重大變化時的族群變動，而非單純的生物指標，期望面臨不同的和不斷變化的環境壓力，氣候變化等快速短時間突發起強烈的回應作用，提供給保育當局日後評估經營管理策略作業參考 (郭 2019)。

## 二、材料與方法

## (一) 研究地區

本年度的計劃範圍詳如圖 4-1，水棲昆蟲採樣係以武陵地區為主，包含桃山西溪、七家灣溪、高山溪、有勝溪及羅葉尾溪等設置樣站進行一年四次(2、4、6 及 10 月)，並於 10 月增加司界蘭溪下游調查。溪流底質粒徑多樣，可見淺流、淺瀨亦有部份深潭，河床底質組成有礫石及卵石等，昆蟲研究之底質石大小與棲地類型建議參考子計畫物理棲地研究。分布地點如圖 4-1，描述如下：

桃山西溪測站(#2)於桃山西溪的武陵吊橋前方約 50 公尺處，植被多生長於兩側山壁的上。二號壩測站(#3)位於武陵地區農業區旁。觀魚台測站(#4)於武陵地區農業區的下游處，雪霸國家公園管理處往上游的河段。一號壩上游測站(#12)也於武陵地區農業區的下游處，雪霸國家公園管理處往上游約 100 公尺的河段，為一號防砂壩上游。一號壩下游測站(#13)位於雪霸國家公園管理處往下游方向的河段，為一號防砂壩下游。繁殖場測站(#5)在高山溪及七家灣溪的匯流處，新建繁殖場旁的河段，河道較為寬闊。高山溪測站(#8)位於高山溪已拆防砂壩上游方向 50 公尺，兩岸植被較密，陽光不易透入。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。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。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。

本計畫範圍內所設置的 10 個永久樣站的座標

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

## (二) 研究材料及方法

各樣站在 50 公尺範圍內以定面積的舒伯氏水網(Surber sampler)(網框面積 30.48 × 30.48 cm，網目大小為 250 μm)在河域中採樣一次，每一樣點取樣六次。將採獲的水棲昆蟲以水盤承接並置入 70~75 %酒精中，攜回實驗室，將水棲昆蟲由碎屑砂石中挑出，再使用分類檢索資料於顯微鏡下鑑定出分類群(taxa) (Kang, 1993; Kawai and Tanida, 2005; Merritt et al., 2008) ，並計算其單位面積內之密度並以時間動態呈現其變化。

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

鮭魚大型昆蟲食餌名錄(4 目 8 科)

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

Scraper：刮食者  
Predator：捕食者

Collector-gatherer：採集採食者  
Shredder：碎食者

Collector-filter：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 Protocol II, RBP II)

參考美國環保署的快速生物評估法 II (Rapid Bioassessment Protocol II, RBP II) 作為棲地評比標準(Plafkin et al., 1989)，因此本研究地區係以#8 高山溪為無干擾參考站，各測站依據和無干擾參考站的相對分數範圍評比棲地無損害(>79%)、中度損害(29~72%)及嚴重損害(<21%)，其中此分數範圍間的不確定區間(如 79 到 72% 以及 29 到 21%)，則需要額外增加棲地的物理化學因子等資訊，才能決定此棲地損害評比。

RBPII 可反應出群集結構及功能的整合指標，共有八項生物指標，其分別為：

1. 分類群豐度(taxa richness)，在採樣站所採獲的水棲昆蟲的分類群。
2. Hilsenhoff 生物指標(BI)，與科級生物指標(FBI)相同，唯在分類鑑定上，必須至屬或種的層級。
3. 樣本中刮食者與濾食性採食者個體數的比例(ratio of scrapers/fil. collectors)。
4. 蜉蝣目(Ephemeroptera, E)、積翅目(Plecoptera, P)及毛翅目(Trichoptera, T)EPT 三目與搖蚊科(Chironomidae)豐度的比例(ratio of EPT and Chironomid abundances)。
5. 優勢科級分類群所佔的百分比(percent contribution of dominant family)。
6. 蜉蝣目(E)、積翅目(P)及毛翅目(T)三目水棲昆蟲的種類數的和(EPT index)。
7. 群集失落指數：community loss =  $(d-a)/d$ ，其中  $d$ ：在參考站所採獲的全部種類數， $a$ ：在採樣站採獲的種類數。
8. 樣本中碎食者與全部個體數的比例(ratio of shredders and total)(Plafkin et al., 1989)。

### (3) 生物量

水棲昆蟲群落的生物量(現存量)是溪流生態系結構優劣和功能高低的最直接表現，也是溪流生態系環境品質的綜合表現，而測定水棲昆蟲的生物量對研究鮭魚生長和溪流生態系的生產力是具有重要性的。我們利用武陵地區 2003 到 2006 的所有樣站的生物量資料，去推算本研究各站各時間生物量，例如各站各時間的各分類群數量乘上相對應季節(1-3、4-6、7-9 及 10-12 月)的相同科級平均體重(溼重)，如無此科級則採用目級計算。

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

$$W_{ij} = SW_{kp}$$

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

$SW_{kp}$  為第  $p$  科級或目級分類群於第  $k$  季的平均個體體重，其中第  $j$  科級分類群屬於第  $p$  科級或目級分類群，以及第  $i$  時間點屬於第  $k$  季。

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

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

### 三、結果

#### (一) 物種數及個體數

本年度採樣調查水棲昆蟲共計有 67 分類群(taxa)，分屬 6 目 38 科(表 4-1、表 4-2、表 4-3、表 4-4、表 4-5)，全年可採得 27 至 47 分類群，且以年初 2 月採得分類群最多。2 月採得 36~40 分類群，以#12 一號壩上游測站採得 36 分類群為最少；4 月各測站採得 31~44 分類群，以#13 一號壩下游測站採得 31 分類群為最少；6 月各測站採得 29~47 分類群，以#5 繁殖場測站及#9 有勝溪收費口測站採得 29 分類群為最少；10 月採得 27~40 分類群，以#13 一號壩下游測站採得 27 分類群為最少。圖 4-2 武陵地區溪流測站水棲昆蟲各月數量。多數測站水棲昆蟲密度(個體數/平方公尺)高峰出現在 2 月，分別為#2 桃山西溪測站水蟲密度 5693、#3 二號壩測站水蟲密度 9540、#4 觀魚台測站水蟲密度 5005、#8 高山溪測站水蟲密度 7791、#9 有勝溪收費口測站水蟲密度 22235 且最高及再創新高、#12 一號壩上游測站水蟲密度 5487、#13 一號壩下游測站水蟲密度 4817、#14 羅葉尾溪測站水蟲密度 4206，而#5 繁殖場測站則以 4 月水蟲密度 7587 略高於 2 月之 6193(個體數/平方公尺)。10 月時#9 有勝溪收費口測站有 12362 昆蟲(個體數/平方公尺)為今年次高，#2 桃山西溪測站(1453 昆蟲(個體數/平方公尺))則為年度最低。

#### (二) 大型昆蟲食餌

圖 4-3 武陵地區溪流測站大型昆蟲食餌數量變化圖。以時間動態呈現其變化，圖 4-3 可看出和圖 4-2 有相似之季節豐度變化，皆於 10 月至隔年 1 月或 2 月為上升趨勢，以及後續數量較低水平的現象。由圖可看出 2020 年初高峰出現在 2 月。七家灣溪 7 測站中，2 月、4 月、6 月及 10 月大型食餌密度皆以#5 繁殖場測站最多，分別為 2108、2802、1113、1222 昆蟲(個體數/平方公尺)且高於長期效應指標(1000 個體數/平方公尺)。

#2 桃山西溪測站 2 月、4 月、6 月及 10 月大型食餌密度分別為 1301、1046、793 及 308 昆蟲(個體數/平方公尺)，6 月及 10 月低於長期效應指標(1000 個體數/平方公尺)。

#3 二號壩測站 2 月、4 月、6 月及 10 月大型食餌密度分別為 1657、387、733 及 466 昆蟲(個體數/平方公尺)，4 月、6 月及 10 月低於長期效應指標(1000 個體數/平方公尺)。

#4 觀魚台測站 2 月、4 月、6 月及 10 月為大型食餌密度分別為 1349、1467、726、391 昆蟲(個體數/平方公尺)，6 月及 10 月低於長期效應指標(1000 個體數/平方公尺)。

#8 高山溪測站在 2 月、4 月、6 月及 10 月為大型食餌密度分別為 1261、1913、1037、1030(個體數/平方公尺)且高於長期效應指標(1000 個體數/平方公尺)。

#9 有勝溪收費口測站在 2 月、4 月、6 月及 10 月為大型食餌密度分別為 498、423、247 及 534(個體數/平方公尺)皆低於長期效應指標(1000 個體數/平方公尺)。

#12 一號壩上游測站 2 月、4 月、6 月及 10 月大型食餌密度分別為 1937、1141、702 及 453 昆蟲(個體數/平方公尺)，6 月及 10 月低於長期效應指標(1000 個體數/平方公尺)。

#13 一號壩下游測站 2 月、4 月、6 月及 10 月大型食餌密度分別為 1123、217、548 及 251 昆蟲(個體數/平方公尺)，4 月、6 月及 10 月低於長期效應指標(1000 個體數/平方公尺)。

#14 羅葉尾溪測站 2 月、4 月、6 月及 10 月大型食餌密度分別為 677、410、358 及 416 昆蟲(個體數/平方公尺)皆低於長期效應指標(1000 個體數/平方公尺)。

表 4-8 顯示 2018 年~2020 年各測站大型食餌密度，由結果得知桃山西溪、七家灣溪、高山溪、有勝溪及羅葉尾溪之大型食餌平均密度分別為 629、912、920、375 及 535 昆蟲(個體數/平方公尺)。

### (三) 生物量

圖 4-4 水棲昆蟲生物量與其密度及大型昆蟲食餌有相同變化趨勢，每年年初生物量達最高峰，之後隨時間遞減，颱風季來臨時，生物量最少，再逐漸增加至來年年初，如此週而復始。七家灣溪自 2011 年壩體改善後其高峰的生物量逐漸下滑，而於 2015 年 2 月再度回升至 5000~9400 毫克/平方公尺，2016 年年初則降至 800-2100 毫克/平方公尺，至 10 月則降至 160~260 毫克/平方公尺。2017 年的生物量高峰出現在 4 月，#8 高山溪測站約 5000 毫克/平方公尺。2018 年在農業活動及壩體改善面向來看，皆以 4 月為高峰，分別為#3 二號壩測站 5410 毫克/平方公尺及#12 一號壩上游測站 11256 毫克/平方公尺。#9 有勝溪收費口測站生物量為最低，於 2 月、4 月分別約為 508 及 3967 毫克/平方公尺。#14 羅葉尾溪測站生物量於 2 月約 4515 毫克/平方公尺；#4 觀魚台測站於 10 月出現高峰約 10000 毫克/平方公尺。2019 年生物量高峰出現在 1 月，#12 一號壩上游測站 42286 毫克/平方公尺，#2 桃山西溪測站為最低 4772 毫克/平方公尺。各測站 10 月時生物量回升至至 1500~5500 毫克/平方公尺，僅#9 有勝溪收費口測站沒有回升，1 月約 6600 毫克/平方公尺下降至 67 毫克/平方公尺(100 倍)。2020 年生物量高峰在 2 月，以#4 觀魚台測站 20509(毫克/平方公尺)最高，最低出現在 10 月時之#2 桃山西溪測站 2260(毫克/平方公尺)。#9 有勝溪收費口測站 2 月約 15914 毫克/平方公尺，4 月下降至 4855 毫克/平方公尺，10 月則回升至 18977(毫克/平方公尺)，為今年度次高。

#### (四) 多樣性

由 2003~2020 年的各測站 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，颱風後多樣性指數下降較其他測站來得大。2020 年 2 月、4 月、6 月、10 月各站之生物多樣性指數範圍分別為 2.7~3.6、2.6~3.2、2.5~3.1、2.4~3.4 之間，今年皆以#9 有勝溪收費口測站為當月次所有測站的最高者；2 月以#13 一號壩下游最低；4 月以#3 二號壩測站最低；6 月以#5 繁殖場測站最低；10 月以#2 桃山西溪測站最低。#8 高山溪測站 2020 年 Shannon-Wiener's index 值範圍為 2.7~3.2。(圖 4-5)。

#### (五) 棲地評比

由快速生物評估法 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之間(圖 4-6)。颱風季此處溪流遭受損害而影響溪流中的生物，水棲昆蟲密度下降的每年的低點，RBP II 結果顯示武陵地區棲地無損害降至中度損害。往年皆以颱風過境時，多數測站一致顯示棲地大幅劣化情況，且以#9 有勝溪收費口測站最為明顯。2018 年各測站棲地為無損害，然 2018 年 4 月#9 有勝溪收費口測站棲地為中度損害。2019 年大多數測站棲地為無損害，#9 有勝溪收費口測站及 4 月#12 一號壩上游測站棲地為中度損害。2020 年 2 月#9 有勝溪收費口測站棲地為中度損害，其餘測站棲地無損害。2020 年 4 月各測站棲地無損害；2020 年 6 月#9 有勝溪收費口測站、#12 一號壩上游測站、#13 一號壩下游測站棲地為中度損害，其餘測站棲地無損害。2020 年 10 月各測站棲地無損害。

#### (六) 水棲昆蟲群集結構

2003~2020 年農業活動面向各測站的 MDS 分析顯示於圖 4-7，可看出年度變化，stress 值為小於 0.2，其分析結果仍具有群集組成變異的代表性。2003 年與 2011 年為無洪流發生的年分，2005 及 2008 則為洪流發生嚴重的年分(流量分別為 610 秒/立方公尺與 307 秒/立方公尺)，進一步推測及判定各測站的關係，#14 羅葉尾溪測站的群集結構與#2 桃山西溪測站較相仿，#9 有勝溪收費口測站為一類群，分析圖上可看出兩類群於 2008 年有交集，各站的群集結構大致約一年完成一個循環。分析圖顯示，群集結構大致隨著年份，往同一方向轉移(MDS 軸 1 的正向)，且 2011 年結構已逆時針方向回移至 2003 年的狀態，並超越而成為此轉移方向的新極值。2016 年梅姬颱風以及艾利颱風過後，2017 年上半年則呈現與 2011 年相仿的狀態。由 MDS 分析結果圖可得知 2017 年與 2011~2015 年相仿，符合過去每年上半年都會逆時針方向回移的現象，但後半年則受颱風季節的洪流強度影響，而改變為另一方向(MDS 軸 2)的相對應轉移量。2018 年與 2003 年相仿，2019 年與 2011 年相仿，且皆為無颱風影響年，2020 年上半年 MDS 軸 1 的正向回移，後半年 MDS 軸 2 的相對應轉移量變化較小。

### (七) 一號壩壩體改善部分拆除工程的影響

圖 4-2 中顯現壩體改善初期(2011~2013)，#4 觀魚台測站年初水棲昆蟲密度為四測站中最高者，但隨年下降，直到 2015 年回升及#13 一號壩下游測站的水棲昆蟲密度為四測站中最高者超越#8 高山溪測站。2019 年年初#12 一號壩上游測站 11914 昆蟲(個體數/平方公尺)及#4 觀魚台測站 7070 昆蟲(個體數/平方公尺)為最高，且各測站 4 月後大型食餌數量大都有高於長期效應指標(1000 昆蟲(個體數/平方公尺))，但 2020 年 4 月、6 月及 10 月#13 一號壩下游測站則低於此指標。2020 年四測站的 Shannon- Wiener's index 指數值落於 2.5-3.2。快速生物評估法 II (RBP II) 於 6 月#9 有勝溪收費口測站、#12 一號壩上游測站、#13 一號壩下游測站棲地為中度損害，今年無颱風侵襲，但臨溪農路施工及一號壩下游吊橋工程可能影響周圍棲地環境，而造成棲地中度損害。

四測站昆蟲組成以#13 一號壩下游測站變化較大，但都趨向 MDS 軸一負值驅動，經過 2.5 個月，順著 MDS 軸一正向歸回，各測站回至相似結構，然施工 5 個月後的洪水衝擊，使得壩體下游測站較上游測站受到的影響更大(Chiu et al., 2013)。MDS 分析顯示 2017 及 2018 年已漸逆時針反向回移，回復與 2011 年的群集結構相似，且依此相似度結構分析，現有四測站群集結構較 2011 年小化的空間緊密結構，揭示壩體改善過程的空間效應，已顯現由上而下流域暢通的理想狀態(圖 4-8)。

各測站 EPT 三目(蜉蝣目、積翅目及毛翅目)與搖蚊科(Chironomidae)豐度的比例(ratio of EPT and Chironomid abundances)結果見圖 4-9。以水棲昆蟲回復指標為 EPT%大於 75%來看，七家灣溪一號壩拆除後，長期效應約為四年。

### (八) 司界蘭溪

司界蘭溪下游測站於 2020 年 10 月採獲 34 個分類群 (Taxa)，分屬 5 目 20 科(表 4-5)。水蟲密度為 3250 (個體數/平方公尺)，大型昆蟲食餌密度為 1150 (個體數/平方公尺)且高於長期效應指標(1000 個體數/平方公尺)；生物量 3407(毫克/平方公尺)；多樣性指數值為 2.9 且高於 2005 年 8 月至 2012 年 10 月司界蘭溪下游之範圍(在 1.3~2.4 之間波動)；棲地評比 0.87 為無損害 (表 4-7)。

## 四、討論

### (一) 物種數及個體數

2020年調查水棲昆蟲有6目38科67分類群(taxa)，由歷年調查的物種數43~73分類群，與過去楊與謝(2000)報導有40分類群(taxa)相比，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。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)，近50年來受颱風影響，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(日流量超過200m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>, 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)。由連續10年以上(2003年至2014年)水棲昆蟲數量的研究數據顯示，在歷經較嚴重的洪流，可能未來會造成水棲昆蟲群集中體型較大物種的比例下降(郭2010)。水棲昆蟲數量及大型食餌於每年的1或2月為高峰，2003年至2004年初期達到最高，但受到2004年及2005年洪流影響，2005~2006年的大型食餌數明顯較少，顯示溪流流量暴增對水棲昆蟲群集中體型較大物種的影響。當流量為常態發生而非突然暴增時，其來年年初大型食餌比例則會增加，此現象發生於2003年初、2010~2012年初及2019年初，反的，嚴重洪流出現，來年年初大型食餌比例則會下降，數據顯示，2012年受到8月的中度颱風影響，而2013年年初高峰的水昆及大型食餌數量皆變少，重演2005至2009年的大型洪水的影響。2013年受到颱風影響，10月水昆數量大幅下降，且2014年年初水昆及大型食餌數量也較2013年年初低，但2015年年初大型食餌數量已上升且較2012~2014年年初高峰為多，後半年受到南卡、蘇迪勒、天鵝及閃電等颱風影響，又再度下滑且較2014年10月為少，2016年年初則有上升，但高峰落在5月，10月則因受颱風影響又降至當年最低。2017年年初則稍有回復，高峰落在4月及10月，與2016年同樣為高峰後延。2018年沒有颱風侵襲，高峰落在4月及10月，而2019年年初則有上升，回復到年初高峰且創新高；2019年底無颱風侵襲，2020年初仍為高峰。

由連續18年數據(2003至2020年)顯示，每年年初為水棲昆蟲發生高峰，然2016至2018年發現水棲昆蟲高峰有延後發生的趨勢，我們推測原因與200近十年有6年出現極端洪流有關，水棲昆蟲面對洪水壓力增加時改變生活史策略，此擴展適應(exaptation)手段，使水棲昆蟲可在此特定環境生存，躲避颱風季時流量大增的風險。2018至2020年連續3年颱風季此處之流量並沒有暴增，水蟲密度年初為最高，符合我們預期。2020年初桃山西溪、七家灣溪、高山溪之大型食餌密度高於長期效應指標(1000個體數/平方公尺)，且有出現高峰後延在4月的趨勢(表4-8)，我們推論武陵地區溪流生態系的水棲昆蟲正在改變生活史策略，慢慢展現擴展適應(exaptation)，使能持續在此場域中生存。但#9有勝溪收費口測站2020年初水蟲密度為所有測站最高及再創新高，今年整年監測結果顯示，大型食餌密度並沒有高於長期效應指標(1000個體數/平方公尺)(表4-8)。我們嘗試利用連續18年786筆的大型食餌密度數據訂出此地區溪流生態系的水棲昆蟲長期監測指標為500個體數/平方公尺，由表4-8之平均結果發現僅有勝溪低於長期監測指標。但由圖4-10顯示2011至今羅葉尾溪的監測結果，大型食餌密度平均為378個體數/平方公尺，且多次監測結果低於長期監測指標(500個體數/平方公尺)，或許應該考慮不同溪流的差異及訂定各溪流之長期監測指標，值得商榷或進一步調整修訂。

### (二) 多樣性

洪流擾動過後，物種可能大量減少，進而造成物種多樣性的降低，2005年8月Shannon-Wiener's index 數值下降，並且2006後半年Shannon-Wiener's index 指數下降程度較2004及2005年為小，可能和2006年颱風頻度和強度都較小有關；不過因優勢物種的減少所空出的資源使得其他物種得以拓殖，而得以增加了均勻度，例如大多數測站的

多樣性指數在歷經 2004 年 7 月及 9 月的颱風，其暴雨所帶來的洪流，其群集生態反應於均勻度指數的數值上升(郭，2005)。下半年洪流過後，年終至來年年初的持續拓殖回復，物種數的增加的確會正向關聯於多樣性上升，而小型且生活史短的物種因非常態干擾影響(Chiu and Kuo, 2012)，其比例的提升導致均勻度下降，終究造成多樣性降低，例如 2005 年 2 月，種類數持續回復，然而由於搖蚊(Chironomidae)等物種快速增長且成為優勢物種，因而均勻度降低，導致大部分樣站 Shannon- Wiener's index 於溼季前的逐月下降趨勢(郭，2005)，並且同樣的 2006 年 1 月上升及 6 月 Shannon- Wiener's index 回降變化，可延伸 2007~2018 年相近時期的數值變化，而 2012~2014 年洪流過後，雖然物種數必然減少，不過多樣性大致持平或小幅上升，乃因均勻度上升；另一方面，2013 至 2020 年數量持續回升，優勢物種數量增長更甚，終致均勻度下降，而呈現 2 月或 4 月有些測站的多樣性下降。昆蟲生存策略有些為 r 型，有些為 k 型，有些為 r 和 k 型混合。以大型食餌中的 4 目 8 科來看，當生物多樣性指標的值變小，可能是毛翅目昆蟲減少，雙翅目及蜉蝣目昆蟲增加。這樣的現象說明了颱風及梅雨季節所帶來洪流於對多樣性有一定的影響力，而其干擾時間點、頻度及強度的常態與否則決定正向或負向影響，但於來年初皆可恢復。

### (三) 棲地評比

以 2003~2020 年的 RBPII 數值而言，各測站於流量暴增後，其評等往往都會趨向劣化，然而流量暴增的情況下，群集結構變化受此強力的物理因子的影響遠大於水質或棲地因子，群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，因此除非水質或棲地劣化非常嚴重，能快速反應於 RBPII 評等的情況，在水質或棲地普遍較為良好的地區，流量暴增事件的出現，應等待一段時間，待物種拓殖穩定後，方可用 RBPII 來評等。除此的外，其中往年皆以颱風過境時，多數測站都一致顯示棲地大幅劣化情況，然而 2007 年起各測站於颱風季節後棲地劣化幅度較小，且#4 觀魚台測站棲地可維持在無損害程度，且幾乎所有測站 2011 年颱風季節後，棲地劣化幅度最小，於 2012 年颱風季節後，棲地劣化幅度又再增大；#13 一號壩下游測站首當其衝，此結果說明了 RBPII 或許可用來偵測到颱風所引發的洪流對武陵地區溪流的影响，但似乎無法僅與洪流強度有關聯，應還有其他因子的交互作用也包含在內，其他研究也顯示季節性變化會明顯影響棲地評估的準確性(Šporka et al., 2006, Alvarez-Cabria et al., 2010)。另一方面，2015 年 2 月~6 月除了#4 觀魚台測站及 10 月#9 有勝溪收費口中度損害，其餘測站皆維持無損害程度，顯現出受到洪水及改善工程的影響，七家灣溪已於 2015 年逐漸出現回穩跡象。2016 年起大部分測站為無損害程度，然而，#9 有勝溪收費口於颱風季節後及 2016 年 5 月、2017 年 2 月、2018 年 4 月、2019 年 1 月及 7 月、2020 年 2 月及 6 月為中度損害。2020 年 6 月#12 一號壩上游測站、#13 一號壩下游測站棲地亦為中度損害，然因今年無颱風侵襲，推測可能受到臨溪農路施工及一號壩下游吊橋工程影響所致。

#4 觀魚台測站 2006 年至 2010 年的 Shannon- Wiener's index 及 RBPII 數值波動上下限區間範圍已較以往(2003 年至 2006 年)提升，#3 二號壩測站(農業區旁) 2010 年 Shannon- Wiener's index 也較過往為高，表示其多樣性變高及棲地評地變優，農地回收政策已具有成效(郭 2010)。

#9 有勝溪收費口測站 Shannon- Wiener's index 及 RBPII 數值波動範圍較大，颱風後多樣性指數下降較其他測站來得大，棲地評比為中度損害，此與有勝溪以採食者(73%)為優勢取食功能群，其他取食功能群的組成皆佔 10%以下，明顯不同於七家灣溪、桃山西溪及高山溪，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有關(郭 2012)。

由於農業活動所施用的氮肥僅少量被植物利用，將殘留在土壤中，通過降雨、沈降和逕流的淋洗而進入地表水或地下水，造成水體的污染。硝酸鹽是氮素最高度氧化的最

#### 第四章 水棲昆蟲研究

後產物，過多水體酸化，出現藻華，河川或水庫「優養化」，有勝溪則測得硝酸鹽濃度(13.1 mg/L)較武陵地區溪流為高(0.1-5.4 mg/L)(彭 2009)。武陵地區的七家灣流域不僅為臺灣櫻花鉤吻鮭保護區，同時武陵地區所屬的大甲河流域亦為臺灣中部地區重要水資源的上游集水區，保護水資源永續利用不被汙染破壞是重要的議題及政策，水體中硝酸鹽濃度長期監測有其必要性。

#### (四) 一號壩壩體改善部分拆除工程的影響

我們已報導四壩測站昆蟲組成以#13 一號壩下游測站變化較大，但都趨向 MDS 軸一負值驅動，經過 2.5 個月，壩體改善工程對壩體上下游的測站呈現出短期的負面衝擊(Chiu et al., 2013)，以水棲昆蟲回復指標為 EPT%大於 75%來看，七家灣溪一號壩拆除後，長期效應約為四年(郭 2019)。

2020 年七家灣溪 7 測站中，2 月、4 月、6 月及 10 月大型食餌密度皆以#5 繁殖場測站最多，且高於長期效應指標(1000 昆蟲(個體數/平方公尺))，推測原因可能與棲地多樣化有關(葉 2020)；4 月監測到#13 一號壩下游測站大型食餌密度 217 昆蟲(個體數/平方公尺)低於長期效應指標，因 4 月監測進行時目睹附近有施工，棲地單純化(葉 2020)，可能是造成低於長期效應指標的原因，#13 一號壩下游測站 10 月大型食餌密度 251 昆蟲(個體數/平方公尺)雖然仍低於長期效應指標(1000 昆蟲(個體數/平方公尺))，但棲地已回復為無損害。

#### (五) 司界蘭溪下游測站

司界蘭溪水棲昆蟲密度低於高山溪和觀魚台，但大型食餌與高山溪和觀魚台數量相當且皆高於長期效應指標(1000 個體數/平方公尺)，生物多樣性指數較 2005 年~2012 年調查數值高，也與今年同時期的高山溪、觀魚台數值差異不大，且落在武陵地區各測站之數值上下限範圍內；往年資料顯示司界蘭溪下游棲地在無損害與中度損害之間波動，2011 年趨於優化，而 2020 年調查為無損害，仍保持優化。

## 五、結論與建議

### (一)結論

本年度採樣調查水棲昆蟲共計有 67 分類群(taxa)，分屬 6 目 38 科。司界蘭溪下游測站採得 5 目 20 科 34 個分類群 (Taxa)，涵蓋半數分類群之多，且多樣性指數、生物量及大型食餌密度皆落在武陵地區各測站之數值上下限範圍內，可見該測站亦有豐富的昆蟲群集。

由連續 18 年數據(2003 至 2020 年)看出，水棲昆蟲密度幾乎以每年年初為高峰，然 2017 年及 2018 年以 4 月及 10 月為高峰。2019 年及 2020 年回復以年初為高峰。大型食餌數量及生物量則以 2019 年年初為最高且較 2011 年為高。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)評估武陵地區棲地維持在無損害與中度損害之間，多元尺度分析(MDS)顯示桃山西溪、七家灣溪及高山溪的水棲昆蟲群集結構變動具相同傾向。

2019 年 10 月後有勝溪硝酸鹽濃度及導電度較高 (官 2019; 2020)，季節變化、農耕活動、臨溪農路施工有關。臨溪農路施工，2020 年有勝溪淺灘不見了，緩流流量變小沖刷力無法帶走泥淤細沙變多(葉 2020)，雖然 2020 年 2 月水棲昆蟲密度及多樣性為最高，但大型食餌及生物量較低且棲地中度損害 (郭 2020)。未來面對颱風與強降雨的衝擊，臨溪農路施工及農業活動對武陵溪流的影響不容忽視，應加以注意防範。此外，今年監測各測站之 10 月中大型食餌密度，僅高山溪及司界蘭溪高於長期效應指標(1000 個體數/平方公尺)，不知是否與低流量(乾旱)有關，以上可能原因都有待進一步分析解讀。我們嘗試利用連續 18 年 786 筆的大型食餌密度數據訂出此地區溪流生態系的水棲昆蟲長期監測指標為 500 個體數/平方公尺。或許應該考慮不同溪流的差異及訂定各溪流之長期監測指標，值得商榷或進一步調整修訂。

### (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

近幾十年來觀察到的史無前例的流量超過了自然變化的程度，廣泛認為是主要的環境問題。雪霸國家公園是臺灣臺灣櫻花鉤吻鮭重要棲息地，監測其主要食物來源水棲昆蟲是必要的基本工作及利用生物指標進行環境監測至關重要。長期的毛翅目生態學數據還可評估氣候影響並提供有價值的基準。歷史分析表明，毛翅目物種將面臨更大的氣候變遷影響。我們建議雪霸國家公園進行監測計劃，並優先考慮三種毛翅目昆蟲:捕食者黑頭流石蠶、刮食者臺灣黑管石蛾及濾食者角石蛾為指標物種及監測重點。建議每年四次(二月、四月、六月、十月)於固定樣站：桃山西溪、觀魚台站、繁殖場、高山溪、有勝溪站等 5 個樣站為優先考量。若經費不足至少每年二月、十月做一次監測。

#### 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，作為訂定臺灣臺灣櫻花鉤吻鮭保育措施與武陵地區經營管理策略的參考。

## 六、參考文獻

- 上野益三，1937。臺灣大甲溪的鱒的食性與寄生蟲 (日文)。臺灣博物學會會報，第 27 期，153-159 頁。
- 王筱雯，2011。100 年度武陵地區溪流生態系長期監測暨整合研究，第十一章泥沙監測研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 王筱雯，2012。101 年度武陵地區溪流生態系長期監測暨整合研究，第十一章泥沙監測研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 丘明智，2004。武陵地區的水棲昆蟲調查及水質監測。國立中興大學昆蟲學研究所碩士論文。臺中市。
- 丘明智，2009。武陵地區洪流及河鳥與溪流昆蟲的關係。國立中興大學昆蟲學研究所博士論文。臺中市。
- 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鳥 (*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。
- 汪靜明，1992。河川生態保育。國立自然科學博物館。臺中市。
- 汪靜明，1994。子遺的國寶—臺灣臺灣櫻花鉤吻鮭專集。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 汪靜明，1999。河川生物多樣性的內涵與生態保育。生物多樣性前瞻研討會論文集。行政院農業委員會。臺北市。
- 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。
- 郭美華，2003。武陵地區水棲昆蟲研究(二)。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。
- 郭美華，2004。武陵地區水棲昆蟲研究(三)。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。

#### 第四章 水棲昆蟲研究

- 郭美華，2005。武陵地區長期生態監測暨生態模式建立：水棲昆蟲長期生態監測。內政部營建署雪霸國家公園管理處保育研究報告。
- 郭美華，2006。武陵地區長期生態監測暨生態模式建立，第六章水棲昆蟲研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處保育研究報告。
- 郭美華，2007。武陵地區長期生態監測暨生態模式建立，第七章水棲昆蟲研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處保育研究報告。
- 郭美華，2008。武陵地區長期生態監測暨生態模式建立，第七章水棲昆蟲研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處保育研究報告。
- 郭美華，2009。武陵地區長期生態監測暨生態模式建立，第四章水棲昆蟲研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處保育研究報告。
- 郭美華，2010。武陵地區長期生態監測暨生態模式建立，第四章水棲昆蟲研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處保育研究報告。
- 郭美華，2011。武陵地區長期生態監測暨生態模式建立，第四章水棲昆蟲研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處保育研究報告。
- 郭美華，2012。武陵地區長期生態監測暨生態模式建立，第七章水棲昆蟲研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處保育研究報告。
- 郭美華，2013。臺灣臺灣櫻花鉤吻鮭歷史溪流放流及環境生態監測計畫，第三章水棲昆蟲研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處保育研究報告。
- 郭美華，2014。七家灣溪及高山溪鮭魚族群及棲地監測，第三章水棲昆蟲研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處保育研究報告。
- 郭美華，2017。武陵地區七家灣溪壩體改善後臺灣臺灣櫻花鉤吻鮭棲地監測暨現存其它棲地調查與改善評估，第三章水棲昆蟲研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處保育研究報告。
- 郭美華，2018。武陵地區溪流生態系評估，第五章水棲昆蟲研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處保育研究報告。
- 郭美華，2019。武陵地區溪流生態系評估，第五章水棲昆蟲研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處保育研究報告。
- 郭美華、丘明智、謝易霖，2004。以水棲昆蟲監測雪霸國家公園武陵地區溪流水質。臺灣昆蟲，第24期，339-352頁。
- 黃國靖，1987。七家灣溪水棲昆蟲相及其生態研究。國立臺灣大學植物病蟲害研究所碩士論文。
- 曾晴賢，2012。武陵地區溪流生態系及七家灣溪一號壩防砂壩體改善後研究。第六章臺灣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。
- 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。
- 彭宗仁，2009。水體中硝酸鹽污染的危害。  
<https://www.spnp.gov.tw/Article.aspx?a=eB4LeTfYuzo%3Dandlang=1>
- 葉昭憲，2011。100年度武陵地區溪流生態系長期監測暨整合研究，第二章物理棲地研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處。

葉昭憲，2020。武陵地區溪流環境及放流棲地監測，第二章物理棲地研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處。

- Akaike, H. 1974. A new look at the statistical model identification. *IEEE transactions on automatic control*, 19(6), 716-723.
- Alvarez-Cabria, M., Barquin, J. and Juanes, J. A. 2010. Spatial and seasonal variability of macro invertebrate metrics: Do macroinvertebrate communities track river health? *Ecological Indicators*, 10, 370-379.
- 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 Hydrobioloy*, 135: 79-100.
- Chiu, M.-C., Kuo, M.-H., Sun, Y.-H. Hong, S.-Y. and Kuo, H.-C. 2008. Effects of flooding on avian top-predators and their invertebrate prey in a monsoonal Taiwan stream. *Freshwater Biology*, 53: 1335-1344.
- Chiu, M.-C., Kuo, M.-H., Tzeng, C.-S., Yang, C.-H., Chen, C.-C., and Sun, Y.-H. 2009. Prey Selection by Breeding Brown Dippers, *Cinclus pallasii*, in a Taiwanese Mountain Stream. *Zoological Studies*, 48: 761-768.
- Chiu, M.-C. and Kuo, M.-H. 2012. Application of r/K selection to macroinvertebrate responses to extreme floods. *Ecological Entomology*, 37: 145-154.
- Chiu, M.-C., Yeh, C.-H., Sun, Y.-H. and Kuo, M.-H. 2013. Short-term effects of dam removal on macroinvertebrates in a Taiwan stream. *Aquatic Ecology*, 47: 245-252.
- Chiu, M.-C., Kuo, M.-H. Chang H.-Y. and Lin H.- J. 2016. Bayesian modeling of the effects of extreme flooding and the grazer community on algal biomass dynamics in a monsoonal Taiwan stream. *Microb Ecol.* 72(2):372-80.
- Clarke, K. R. and Warwick, R. M. 2001. Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. PRIMER-E, Plymouth, UK.
- Comte, L., Buisson, L., Daufresne, M., and Grenouillet, G. 2013. Climate-induced changes in the distribution of freshwater fish: observed and predicted trends. *Freshwater Biology*, 58: 625–639.
- Dudgeon, D., Arthington, A., Gessner, M., Kawabata, Z.-I., Knowler, D., Lévêque, C., Naiman, R., Prieur-Richard, A.-H., Soto, D., Stiassny, M., and Sullivan, C. 2006. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 81: 163–182.
- Hong, S.-Y., Kuo, C.-C., and Sun, Y.-H. 2012. An observation of brown dippers escaping typhoon at chichiawan creek. *Nat Conserv Q*, 77: 63-68.
- Hong, S.-Y., Walther, B. A., Chiu, M.-C., Kuo, M.-H. and Sun, Y.-H. 2016. Length of recovery period after extreme flood is more important than flood magnitude in influencing reproductive output of an avian predator in a stream ecosystem. *The Condor*, 118(3): 640-654.
- Jordan, D. S., and Oshima, M. 1919. *Salmo formosanus*, a new trout from the mountain streams of Formosa. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 71(2): 122-124.
- Kang, S.-C. 1993. Ephemeroptera of Taiwan (excluding Baetidae). PhD dissertation, National Chung Hsing Univ., Taichung, Taiwan.
- Kawai, T. and 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. and 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. and Reynolds, J. F. 1988. Statistical ecology. A primer on methods and computing. John Wiley and Sons, New York.
- Lytle, D. A. 2002. Flash floods and aquatic insect life-history evolution: Evaluation of multiple models. *Ecology*, 83: 370-385.
- Lytle, D. A., and Poff, N. L. 2004. Adaptation to natural flow regimes. *Trends Ecology Evolution*, 19: 94-100.
- Merritt, R. W., Cummins, K. W. and Berg, M. B. 2008. An introduction to the aquatic Insects of North America. Kendall/Hunt Publ. Co., Dubuque, IA.
- Orr, C. H., Kroiss, S. J., Rogers, K. L. and Stanley, E. H. 2008. Downstream benthic responses to small dam removal in a coldwater stream. *River Research and Applications*, 24: 804-822.
- Plafkin, J. L., Barbour, M. T., Porter, K. D., Gross, S. K. and Hughes, R. M. 1989. Rapid assessment protocols for use in streams and rivers: Benthic macroinvertebrates and fish. EPA 440-4-89-001. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water Regulations and Standards, Washington, D.C.
- Pletterbauer, F., Melcher, A., and Graf, W. 2018. Climate Change Impacts in Riverine Ecosystems. In: Schmutz S., Sendzimir J. (eds) *Riverine Ecosystem Management*. Aquatic Ecology Series, vol 8. Springer, Cham
- Reyjol, Y., Hugueny, B., Pont, D., Bianco, P. G., Beier, U., Caiola, N., Casals, F., Cowx, I. G., Economou, A., Ferreira, 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.
- SAS Institute 2004. SAS/STAT User's guide, version 9.1. SAS Institute, Cary, NC, USA.
- Šporka, F., Vlek, H. E., Bulánková, E. and Krno, I. j. 2006. Influence of seasonal variation on bioassessment of streams using macroinvertebrates. *Hydrobiologia*, 566, 543-555.
- Suren, A.M., and Jowett, I. G. 2006. Effects of floods versus low flows on invertebrates in a New Zealand gravel-bed river. *Freshwater Biology*, 51: 2207-2227.
- Taira, A. and Tanida, K. 2013. Unusual behaviour and morphology of some *Rhyacophila* Pictet, 1834 caddisfly (Trichoptera: Rhyacophilidae) larvae reflect their ability to use the hyporheic zone. *Aquatic Insects*, 35: 23-37.
- Thomson, J. R., Hart, D. D., Charles, D. F., Nightengale, T. L. and Winter, D. M. 2005. Effects of removal of a small dam on downstream macroinvertebrate and algal assemblages in a Pennsylvania stream. *Journal of the North American Benthological Society*, 24: 192-207.
- Townsend, C. Doledéc, R., S. and Scarsbrook. M. R. 1997. Species traits in relation to temporal and spatial heterogeneity in streams: A test of habitat templet theory. *Freshwater Biology*, 37: 367-387.
- Woodward, G., Perkins, D. M., and Brown, L. E. 2010. Climate change and freshwater ecosystems: impacts across multiple levels of organization. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365: 2093–2106

## 附表

表 4-1 2020 年 2 月的水棲昆蟲資源組成及個體數( individuals / square meter )

Order	Family	Taxon	桃山	西溪	二號壩	觀魚台	高山溪	繁殖場	一號壩上游	一號壩下游	羅業尾	溪有勝溪	
Coleoptera	Elmidae	<i>Zaitzevia sp.A</i>	26.9		26.9	44.8	786.5	181.0	66.3	100.3	9.0	96.7	
		<i>Zaitzevia sp.B</i>			1.8	7.2	7.2	21.5	7.2		17.9		
	Psephenidae	<i>Eubrianax sp.</i>										50.2	
	Scirtidae	<i>Cyphon sp.</i>	211.4	209.6	75.2	152.3	37.6	35.8	12.5	768.6	7.2		
Diptera	Athericidae	<i>Asuragina sp.</i>				3.6						3.6	
		<i>Atherix sp.</i>										3.6	
	Blepharoceridae	<i>Agathon sp.</i>											3.6
		<i>Bibiocephala sp.</i>	7.2					1.8					1.8
	Ceratopogonidae	<i>Bezzia sp.</i>	7.2	21.5	1.8	14.3	43.0	16.1	41.2	9.0	50.2		
	Chironomidae	Chironomidae sp.B	139.7	5190.4	924.5	747.1	172.0	877.9	412.1	231.1	5539.7		
		Chironomidae sp.C	181.0	372.7	234.7	2381.1	1429.7	410.3	1286.4	229.3	913.7		
		Chironomidae sp.D	3.6	1.8			1.8		3.6	5.4	1.8		
		Chironomidae sp.E					1.8	1.8	5.4	1.8	19.7		
		Chironomidae spp.	21.5	78.8	37.6	222.2	82.4	46.6	16.1	12.5	874.3		
		Tanypodinae spp.	5.4	44.8	12.5	10.7	26.9	34.0	66.3	41.2	295.6		
	Dixidae	Dixidae										1.8	
	Empididae	<i>Chelifera sp.</i>		5.4		5.4	10.7			7.2		14.3	
		<i>Clinocera sp.A</i>				5.4				1.8		1.8	
<i>Dolichocephala sp.</i>		1.8	1.8	3.6	9.0	7.2	5.4						
<i>Hemerodromia</i>		3.6			46.6	12.5				1.8	1.8		
Simuliidae		<i>Simulium sp.</i>	727.4	546.4	37.6	600.2	52.0	112.9	5.4	216.8	11075.9		
Stratiomyidae	<i>Oxycera</i>				1.8								
Thaumaleidae	Thaumaleidae sp.	1.8									1.8		
Tipulidae	<i>Antocha sp.</i>		17.9	87.8	39.4	60.9	120.0	21.5	48.4	349.4			
	<i>Dicranota sp.</i>		3.6		3.6	1.8				3.6	1.8		
	<i>Ericocera sp.A</i>	28.7	105.7	19.7	254.4	53.7	68.1	91.4	12.5	17.9			
	<i>Ericocera sp.B</i>	7.2	17.9	35.8	32.2	16.1	32.2	16.1	3.6	32.2			
Ephemeroptera	Ameletidae	<i>Ameletus camtschaticus</i>	3.6	21.5	3.6	5.4	1.8		1.8	3.6			
	Baetidae	<i>Acentrella lata</i>	46.6	102.1	189.9	43.0	175.6	442.5	5.4	17.9	1080.4		
		<i>Baetiella bispinosa</i>	195.3	71.7	259.8	9.0	232.9	329.7	1.8	306.4	258.0		
		<i>Baetis spp.</i>	1191.4	447.9	546.4	616.3	698.7	564.4	947.8	288.5	533.9		
	Caenidae	<i>Caenis sp.</i>	1.8		10.7	5.4	3.6	1.8	17.9	1.8	1.8		
	Ephemerellidae	<i>Ephacerebella montana</i>	14.3	1.8	23.3	3.6	16.1	1.8	172.0	28.7	5.4		
		<i>Cincticostella fusca</i>	34.0	75.2	152.3	10.7	7.2	34.0	12.5	164.8			
	Ephemeridae	<i>Ephemera sauteri</i>					1.8		3.6		35.8		
	Heptageniidae	<i>Aironurus floreus</i>	1.8	19.7	23.3	3.6	1.8		82.4		43.0		
		<i>Epeorus erratus</i>	184.5	30.5	114.7	12.5	50.2	60.9	3.6	26.9	1.8		
		<i>Nixe sp.</i>							5.4				
		<i>Rhithrogena ampla</i>	754.3	1141.3	938.8	834.9	1895.5	1465.6	976.4	188.1	326.1		
Leptophlebiidae	<i>Paraleptophlebia sp.</i>		1.8	1.8				10.7	236.5				
Odonata	Gomphidae	<i>Sinogomphus formosanus</i>									1.8		
Plecoptera	Nemouridae	<i>Amphinemura sp.</i>	410.3	274.1	345.8	757.9	569.7	130.8	254.4	195.3	478.4		
		<i>Protonemura spp.</i>	308.2	26.9	50.2	34.0	25.1	12.5		349.4			
	Perlidae	<i>Gibosia sp.</i>		1.8	1.8	14.3	5.4	5.4		21.5			
		<i>Neoperla spp.</i>	216.8	318.9	209.6	283.1	62.7	182.7	32.2	403.1	5.4		
Styloperlidae	<i>Cerconychia sp.</i>	44.8	52.0	23.3	52.0	7.2	21.5	30.5	84.2	1.8			
Trichoptera	Arctopsychidae	<i>Arctopsyche sp.</i>	52.0	5.4		9.0	7.2	1.8		26.9			
	Glossosomatidae	<i>Glossosoma sp.</i>	10.7	1.8		9.0	7.2	1.8	1.8	14.3	7.2		
	Hydrobiosidae	<i>Apsilochorema sp.</i>		7.2	3.6	26.9	9.0		1.8	1.8	1.8		
	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche spp.</i>	139.7	12.5	32.2	19.7	41.2	78.8		16.1	12.5		
	Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i>			3.6								
		<i>Stactobia</i>		1.8	1.8		1.8						
	Lepidostomatidae	<i>Goerodes sp.</i>	59.1	16.1	263.4	43.0	37.6	3.6	16.1	68.1	55.5		
	Rhyacophilidae	<i>Himalopsyche sp.</i>	14.3	1.8	3.6	1.8	3.6	3.6					
<i>Rhyacophila nigrocephala</i>		16.1	132.6	80.6	32.2	35.8	150.5	82.4	9.0	77.0			
<i>Rhyacophila spp.</i>		100.3	26.9	48.4	48.4	44.8	21.5	12.5	30.5	9.0			
Stenopsychidae	<i>Stenopsyche sp.A</i>	44.8	87.8	150.5	7.2	35.8	125.4	39.4	57.3				
Uenoidae	<i>Uenca taiwanensis</i>	474.8	12.5				12.5			10.7			

(資料來源：本研究資料)

第四章 水棲昆蟲研究

表 4-2 2020 年 4 月的水棲昆蟲資源組成及個體數 (individuals / square meter)

Order	Family	Taxon	桃山西溪	二號壩	觀魚台	高山溪	繁殖場	一號壩上游	一號壩下游	羅業尾溪	有勝溪	
Coleoptera	Elmidae	<i>Zaitzevia sp.A</i>	16.1	1.8	30.5	541.1	125.4	164.8	19.7		52.0	
		<i>Zaitzevia sp.B</i>			1.8	19.7	1.8	9.0	1.8		1.8	
	Psephenidae	<i>Ectopria</i>									1.8	
		<i>Eubrianax sp.</i>									44.8	
		<i>Cyphon sp.</i>	120.0	30.5	21.5	52.0	21.5	23.3	3.6	397.7	1.8	
	Diptera	Athericidae	<i>Asuragina sp.</i>	1.8			3.6				3.6	
			<i>Atherix sp.</i>				1.8	1.8			1.8	1.8
		Blepharoceridae	<i>Agathon sp.</i>						32.2			
			<i>Bibiocephala sp.</i>	7.2				10.7				
		Canacidae	<i>Canace</i>						1.8			
Ceratopogonidae		<i>Bezzia sp.</i>	3.6	10.7	17.9	41.2	23.3	9.0	19.7	12.5	30.5	
Chironomidae		<i>Chironomidae sp.B</i>	152.3	501.7	259.8	913.7	501.7	1017.6	786.5	680.8	413.9	
		<i>Chironomidae sp.C</i>	114.7	159.5	693.4	2218.0	1157.4	503.4	392.4	252.6	609.2	
		<i>Chironomidae sp.D</i>			1.8	5.4	7.2	1.8		3.6	19.7	
		<i>Chironomidae sp.E</i>			1.8	12.5	5.4			5.4	16.1	
	<i>Chironomidae spp.</i>	66.3	10.7	16.1	211.4	71.7	16.1	19.7	46.6	326.1		
	<i>Tanypodinae spp.</i>	16.1	5.4	52.0	46.6	123.6	114.7	59.1	293.8	406.7		
Dixidae	<i>Dixidae</i>								1.8	3.6		
Empididae	<i>Chelifera sp.</i>		3.6			1.8						
	<i>Dolichocephala sp.</i>					5.4	1.8					
	<i>Hemerodromia</i>		1.8		7.2	5.4						
Psychodidae	<i>Pericoma</i>						1.8					
	<i>Psychoda</i>			1.8								
Simuliidae	<i>Simulium sp.</i>	890.4	252.6	374.5	494.5	971.1	39.4	14.3	361.9	155.9		
Stratiomyidae	<i>Oxycera</i>								3.6			
Thaumaleidae	<i>Thaumaleidae sp.</i>					3.6				1.8		
Tipulidae	<i>Antocha sp.</i>	3.6	12.5	46.6	50.2	78.8	129.0	41.2	62.7	172.0		
	<i>Dicranota sp.</i>				3.6	1.8			9.0			
	<i>Eriocera sp.A</i>	16.1	5.4	28.7	340.4	48.4	21.5	19.7	9.0	5.4		
	<i>Eriocera sp.B</i>			12.5	19.7	5.4	35.8	7.2	10.7	14.3		
Ephemeroptera	Ameletidae	<i>Ameletus camtschaticus</i>		1.8						43.0		
	Baetidae	<i>Acentrella lata</i>	184.5	177.4	84.2	118.2	390.6	143.3	9.0	3.6	471.2	
		<i>Baetiella bispinosa</i>	43.0	17.9	23.3	43.0	134.4	30.5		21.5	95.0	
		<i>Baetis spp.</i>	136.2	87.8	220.4	200.7	408.5	994.4	555.4	284.9	1080.4	
	Caenidae	<i>Caenis sp.</i>	1.8	1.8	7.2	5.4	3.6	9.0	1.8		1.8	
	Ephemerellidae	<i>Acerella montana</i>			1.8					5.4		
		<i>Cincticostella fusca</i>	14.3	1.8	19.7	12.5	7.2	50.2	1.8	69.9		
	Ephemeridae	<i>Ephemera sauteri</i>			1.8	10.7	1.8	1.8	3.6	5.4	34.0	
	Heptageniidae	<i>Afronurus floreus</i>	5.4	10.7	5.4			30.5	168.4	93.2	100.3	
		<i>Epeorus erratus</i>	52.0	12.5	17.9	35.8	87.8	82.4	7.2	53.7	7.2	
<i>Nixe sp.</i>			5.4					1.8		32.2		
<i>Rhithrogena ampla</i>		913.7	297.4	1261.3	1635.8	2470.7	881.5	127.2	69.9	265.2		
Leptophlebiidae	<i>Paraleptophlebia sp.</i>							3.6	181.0			
Odonata	Gomphidae	<i>Sinogomphus formosanus</i>		1.8								
Plecoptera	Nemouridae	<i>Amphinemura sp.</i>	125.4	105.7	89.6	351.2	379.8	306.4	64.5	177.4	87.8	
		<i>Protonemura spp.</i>	46.6	1.8		48.4	52.0	5.4			96.7	
	Perlidae	<i>Gibosia sp.</i>			3.6	16.1	1.8			1.8	5.4	
		<i>Neoperla spp.</i>	69.9	68.1	116.5	154.1	159.5	107.5	25.1	215.0	3.6	
Styloperlidae	<i>Cerconychia sp.</i>	3.6	5.4	19.7	7.2		17.9	19.7	141.5			
Trichoptera	Arctopsychidae	<i>Arctopsyche sp.</i>	19.7				1.8			12.5		
	Glossosomatidae	<i>Glossosoma sp.</i>	1.8		1.8	25.1	46.6	3.6	5.4	17.9	5.4	
	Hydrobiosidae	<i>Apsilochorema sp.</i>	5.4	98.5		9.0	7.2	7.2		10.7	7.2	
	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche spp.</i>	12.5		3.6	17.9	23.3	5.4	1.8	3.6	32.2	
	Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i>		1.8								
		<i>Stactobia</i>		1.8			10.7					
	Lepidostomatidae	<i>Goerodes sp.</i>	5.4	16.1	16.1	35.8	23.3	28.7	14.3	292.0	143.3	
	Phryganeidae	<i>Eubasilissa</i>								5.4		
	Rhyacophilidae	<i>Himalopsyche sp.</i>		1.8	3.6		7.2	1.8				
		<i>Rhyacophila nigrocephala</i>	9.0	10.7	62.7	48.4	87.8	93.2	39.4	19.7	57.3	
<i>Rhyacophila spp.</i>		21.5	9.0	5.4	26.9	44.8	14.3	12.5	73.5	16.1		
Stenopsychidae	<i>Stenopsyche sp.A</i>	10.7	16.1	19.7	1.8	35.8	152.3	95.0	37.6			
Uenoidae	<i>Uenca taiwanensis</i>	98.5					1.8					

(資料來源：本研究資料)

## 第四章 水棲昆蟲研究

表 4-3 2020 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	一號壩上游	一號壩下游	羅業尾溪	有勝溪	
Coleoptera	Elmidae	<i>Zaitzevia</i> sp.A	7.2	10.7	26.9	98.5	46.6	14.3	23.3	5.4	39.4	
		<i>Zaitzevia</i> sp.B	3.6		1.8	1.8			7.2			
	Hydrophilidae	<i>Ametor</i> sp.	1.8									
		<i>Helobata</i> sp.		1.8								
	Psephenidae	<i>Ectopria</i>										3.6
		<i>Eubrianax</i> sp.										50.2
	Scirtidae	<i>Cyphon</i> sp.	39.4	16.1	3.6		3.6		1.8		64.5	
Diptera	Athericidae	<i>Asuragina</i> sp.					3.6				3.6	
	Blepharoceridae	<i>Agathon</i> sp.					3.6	32.2				
		<i>Bibiocephala</i> sp.		1.8			1.8	10.7				
	Canacidae	<i>Canace</i>						1.8				
	Ceratopogonidae	<i>Bezzia</i> sp.	1.8	7.2	7.2			1.8	7.2	25.1	3.6	
	Chironomidae	Chironomidae sp.B	175.6	301.0	202.5	28.7	60.9	372.7	138.0	1169.9	206.0	
		Chironomidae sp.C	161.2	170.2	103.9	98.5	91.4	87.8	75.2	519.6	379.8	
		Chironomidae sp.D		3.6	3.6	1.8	1.8		1.8	9.0		
		Chironomidae sp.E								5.4	5.4	
		Chironomidae spp.	35.8	9.0	1.8	7.2	16.1		10.7	71.7	69.9	
		Tanypodinae spp.	19.7	43.0	46.6	3.6	7.2	43.0	53.7	267.0	322.5	
	Dixidae	Dixidae		1.8				1.8			1.8	
	Empididae	<i>Chelifera</i> sp.	<i>Clinocera</i> sp.A			1.8				1.8	1.8	
			<i>Hemerodromia</i>	3.6							3.6	
		<i>Holorusia</i>									1.8	
		Psychodidae	<i>Pericoma</i>								3.6	
		<i>Psychoda</i>						1.8				
	Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	605.6	9.0	66.3	7.2	62.7	34.0	14.3	26.9	46.6	
	Stratiomyidae	<i>Oxycera</i>									1.8	
	Tabanidae	<i>Silvius</i> sp.						1.8			1.8	
Tipulidae	<i>Antocha</i> sp.	1.8	66.3	39.4	1.8	9.0	78.8	32.2	28.7	10.7		
	<i>Dicranota</i> sp.									9.0		
	<i>Eriocera</i> sp.A	5.4	19.7	25.1	17.9	5.4	5.4	5.4	5.4	19.7		
	<i>Eriocera</i> sp.B		10.7	48.4	3.6	3.6	7.2	14.3	3.6	3.6		
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Acentrella lata</i>	576.9	184.5	60.9	195.3	130.8	369.1	279.5	32.2	315.3	
		<i>Baetella bispinosa</i>	44.8	34.0	59.1	64.5	64.5	247.2	68.1		777.6	
		<i>Baetis</i> spp.	295.6	668.3	1019.4	164.8	202.5	800.9	569.7	634.2	4371.6	
	Caenidae	<i>Caenis</i> sp.		1.8	3.6							
	Ephemerellidae	<i>Cincticostella fusca</i>							1.8		14.3	
		<i>Ephacarella montana</i>	73.5	3.6	3.6	32.2	5.4	7.2	3.6	168.4	37.6	
	Ephemeridae	<i>Ephemeria sauteri</i>			5.4	3.6			1.8	7.2	1.8	
	Heptageniidae	<i>Afronurus floreus</i>	1.8	28.7	28.7		7.2	10.7	55.5	95.0	10.7	
		<i>Epeorus erratus</i>	19.7	5.4	9.0	3.6	3.6	14.3	3.6	7.2	1.8	
		<i>Nixe</i> sp.						1.8	10.7		7.2	
<i>Rhithrogena ampla</i>		614.5	516.0	559.0	863.6	974.6	532.1	406.7	64.5	161.2		
Leptophlebiidae	<i>Paraleptophlebia</i> sp.									17.9		
Odonata	Gomphidae	<i>Sinogomphus formosanus</i>								5.4		
Plecoptera	Nemouridae	<i>Amphinemura</i> sp.	80.6	19.7	17.9	26.9	12.5	3.6	9.0	1098.3	55.5	
		<i>Protonemura</i> spp.	17.9					1.8			23.3	
	Perlidae	<i>Gibosia</i> sp.				1.8		1.8	1.8	17.9		
		<i>Neoperla</i> spp.	43.0	100.3	48.4	84.2	68.1	50.2	19.7	189.9		
	Styloperlidae	<i>Cerconychia</i> sp.		7.2							93.2	
	Trichoptera	Arctopsychidae	<i>Arctopsyche</i> sp.									21.5
Glossosomatidae		<i>Glossosoma</i> sp.	14.3	1.8	1.8	25.1	32.2	10.7	12.5	5.4	16.1	
Hydrobiosidae		<i>Apsilochorema</i> sp.	10.7						1.8	3.6		
Hydropsychidae		<i>Hydropsyche</i> spp.	100.3	9.0	14.3	41.2	35.8	44.8	68.1	25.1	10.7	
Hydroptilidae		<i>Hydroptila</i>			3.6			3.6			1.8	
Lepidostomatidae		<i>Goerodes</i> sp.	35.8	9.0	1.8	60.9	28.7	1.8	1.8	98.5	39.4	
Rhyacophilidae		<i>Rhyacophila nigrocephala</i>	14.3	84.2	32.2	39.4	25.1	37.6	32.2	25.1	68.1	
		<i>Rhyacophila</i> spp.	21.5	12.5	17.9	1.8	5.4	30.5	5.4	21.5	1.8	
Stenopsychidae		<i>Stenopsyche</i> sp.A	5.4	59.1	43.0	10.7	7.2	143.3	71.7	16.1		
Uenoidae		<i>Uenoxa taiwanensis</i>		7.2								

(資料來源：本研究資料)

## 第四章 水棲昆蟲研究

表 4-4 2020 年 10 月的水棲昆蟲資源組成及個體數(individuals / square meter)

Order	Family	Taxon	桃山	西溪	二號壩	觀魚台	高山溪	繁殖場	一號壩	上游	一號壩	下游	羅業尾	溪	有勝溪	
Coleoptera	Elmidae	<i>Zaitzevia</i> sp.A	9.0	9.0	14.3	130.8	50.2	14.3	155.9	10.7	218.6					
		<i>Zaitzevia</i> sp.B			1.8	7.2										5.4
	Psephenidae	<i>Ectopria</i>													9.0	
		<i>Eubrianax</i> sp.			1.8										125.4	
	Scirtidae	<i>Cyphon</i> sp.	152.3	111.1	5.4	21.5	19.7	9.0	1.8	293.8	9.0					
Diptera	Athericidae	<i>Atherix</i> sp.												1.8		
	Blepharoceridae	<i>Agathon</i> sp.														
		<i>Bibiocephala</i> sp.														
	Ceratopogonidae	<i>Bezzia</i> sp.	1.8		9.0	7.2	5.4		14.3	3.6	19.7					
	Chironomidae	Chironomidae sp.B	17.9	34.0	516.0	191.7	34.0	46.6	75.2	915.5	168.4					
		Chironomidae sp.C	30.5	41.2	163.0	732.8	473.0	14.3	636.0	130.8	5127.7					
		Chironomidae sp.D	1.8			10.7										
		Chironomidae sp.E													7.2	5.4
		Chironomidae spp.	3.6	41.2			7.2	7.2	43.0	60.9	60.9					
		Tanypodinae spp.	5.4	25.1	39.4	19.7	30.5	14.3	66.3	53.7	324.3					
	Dixidae	Dixidae													5.4	
Empididae	<i>Chelifera</i> sp.						1.8									
	<i>Hemerodromia</i>					1.8										
Psychodidae	<i>Psychoda</i>															
Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	186.3	46.6	164.8	64.5	284.9	46.6	25.1	17.9	19.7						
Stratiomyidae	<i>Oxycera</i>													1.8		
Tipulidae	<i>Antocha</i> sp.	5.4	1.8	12.5	10.7	5.4	1.8	10.7	91.4	55.5						
	<i>Eriocera</i> sp.A			9.0	21.5	1.8		12.5								
	<i>Eriocera</i> sp.B		1.8	5.4	16.1	12.5	1.8	19.7	5.4	21.5						
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Acentrella lata</i>	21.5	17.9	308.2	168.4	189.9	69.9	53.7	7.2	69.9					
		<i>Baetiella bispinosa</i>	46.6	60.9	677.2	865.4	485.5	121.8	89.6	1.8	60.9					
		<i>Baetis</i> spp.	374.5	514.2	1429.7	1780.9	1266.7	603.8	666.5	795.5	1474.5					
	Caenidae	<i>Caenis</i> sp.			3.6	1.8	3.6		3.6		14.3					
	Ephemerellidae	<i>Cinticostella fusca</i>			1.8	1.8					107.5					
		<i>Ephacarella montana</i>	172.0	50.2	191.7	240.1	184.5	60.9	170.2	729.2	861.8					
	Ephemeridae	<i>Ephemeria sauteri</i>	1.8	1.8	62.7	60.9	7.2	1.8	28.7		80.6					
	Heptageniidae	<i>Afronurus floreus</i>	5.4	19.7	116.5	28.7	3.6	25.1	60.9	30.5	129.0					
		<i>Epeorus erratus</i>	16.1	5.4	146.9	116.5	50.2	59.1	17.9	1.8	5.4					
		<i>Nixe</i> sp.	1.8	1.8	21.5	5.4	1.8	12.5	39.4		139.7					
<i>Rhithrogena ampla</i>		222.2	401.3	161.2	750.7	1087.5	365.5	112.9	154.1	59.1						
Leptophlebiidae	<i>Paraleptophlebia</i> sp.	3.6			1.8					181.0	3.6					
Odonata	Gomphidae	<i>Sinogomphus formosanus</i>				7.2	1.8			25.1	1.8					
Plecoptera	Nemouridae	<i>Amphinemura</i> sp.	26.9	28.7	30.5	19.7	59.1	5.4	34.0	105.7	75.2					
		<i>Protonemura</i> spp.			1.8						3.6					
	Perlidae	<i>Gibosia</i> sp.				1.8	1.8		1.8	16.1						
		<i>Neoperla</i> spp.	53.7	41.2	12.5	80.6	53.7	46.6	32.2	222.2	46.6					
Styloperlidae	<i>Cerconychia</i> sp.	5.4	3.6	16.1	3.6	3.6		3.6	95.0							
Trichoptera	Arctopsychidae	<i>Arctopsyche</i> sp.	9.0		7.2	30.5			1.8							
	Glossosomatidae	<i>Glossosoma</i> sp.				7.2	5.4			34.0	12.5					
	Hydrobiosidae	<i>Apsilochorema</i> sp.			3.6	1.8	1.8	1.8		9.0						
	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche</i> spp.	7.2	9.0	75.2	44.8	19.7	26.9	17.9	207.8						
	Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i>		1.8	21.5	1.8		1.8	1.8							
		<i>Stactobia</i>			7.2	1.8		12.5								
	Lepidostomatidae	<i>Goerodes</i> sp.	12.5	12.5	37.6	30.5	134.4	9.0	34.0	44.8	2925.7					
	Rhyacophilidae	<i>Himalopsyche</i> sp.			5.4											
		<i>Rhyacophila nigrocephala</i>	9.0	9.0	14.3	17.9	23.3	10.7	26.9	21.5	116.5					
		<i>Rhyacophila</i> spp.	5.4	1.8	46.6	28.7	17.9		10.7	12.5	1.8					
Stenopsychidae	<i>Stenopsyche</i> sp.A	39.4	68.1	265.2	155.9	57.3	155.9	159.5	87.8	39.4						
Uenoidea	<i>Uenoa taiwanensis</i>	5.4														

(資料來源：本研究資料)

表 4-5 2020 年 10 月司界蘭溪下游資源組成及個體數(individuals / square meter)

Order	Family	Taxon	司界蘭溪下游
Coleoptera	Elmidae	<i>Zaitzevia</i> sp.A	9.0
	Psephenidae	<i>Eubrianax</i> sp.	1.8
Diptera	Blepharoceridae	<i>Agathon</i> sp.	14.3
		<i>Bibiocephala</i> sp.	1.8
	Ceratopogonidae	<i>Bezzia</i> sp.	1.8
	Chironomidae	Chironomidae sp.B	50.2
		Chironomidae sp.C	365.5
		Chironomidae sp.D	1.8
		Chironomidae spp.	1.8
		Tanypodinae spp.	41.2
	Psychodidae	<i>Psychoda</i>	1.8
	Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	32.2
	Tipulidae	<i>Antocha</i> sp.	5.4
		<i>Eriocera</i> sp.A	1.8
		<i>Eriocera</i> sp.B	7.2
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Acentrella lata</i>	138.0
		<i>Baetiella bispinosa</i>	98.5
		<i>Baetis</i> spp.	858.2
	Caenidae	<i>Caenis</i> sp.	3.6
	Ephemerellidae	<i>Ephacereella montana</i>	161.2
	Heptageniidae	<i>Afronurus floreus</i>	1.8
		<i>Epeorus erratus</i>	73.5
		<i>Nixe</i> sp.	41.2
		<i>Rhithrogena ampla</i>	643.2
	Plecoptera	Nemouridae	<i>Amphinemura</i> sp.
Perlidae		<i>Neoperla</i> spp.	5.4
Trichoptera	Glossosomatidae	<i>Glossosoma</i> sp.	89.6
	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche</i> spp.	460.4
	Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i>	3.6
		<i>Stactobia</i>	1.8
	Lepidostomatidae	<i>Goerodes</i> sp.	84.2
	Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila nigrocephala</i>	26.9
		<i>Rhyacophila</i> spp.	7.2
Stenopsychidae	<i>Stenopsyche</i> sp.A	5.4	

(資料來源：本研究資料)

第四章 水棲昆蟲研究

表 4-6 2020 年水棲昆蟲資源組成及個體數(individuals / square meter)

Order	Family	Taxon	桃山西溪	二號壩	觀魚台	高山溪	繁殖場	一號壩上游	一號壩下游	羅業尾溪	有勝溪	司界蘭溪	
Coleoptera	Elmidae	<i>Zaitzevia sp.A</i>	59.1	48.4	116.5	1556.9	403.1	259.8	299.2	25.1	406.7	9.0	
		<i>Zaitzevia sp.B</i>	3.6	1.8	12.5	35.8	23.3		16.1	26.9		7.2	
	Hydrophilidae	<i>Ametor sp.</i>	1.8										
		<i>Helobata sp.</i>		1.8									
Psephenidae	<i>Ectopria</i>									14.4			
	<i>Eubrianax sp.</i>		1.8							270.6		1.8	
Scirtidae	<i>Cyphon sp.</i>		523.2	367.3	105.7	225.7	82.4	68.1	19.7	1524.6	1.8		
	<i>Asuragina sp.</i>		1.8			10.7				10.8			
Diptera	Athericidae	<i>Athenix sp.</i>				1.8	1.8				7.2	1.8	
		<i>Agathon sp.</i>				3.6	64.5					3.6	14.3
		<i>Bibiocephala sp.</i>	14.3	1.8		1.8	23.3				1.8	1.8	
		<i>Canace</i>							3.6				
	Ceratopogonidae	<i>Bezzia sp.</i>	14.3	39.4	35.8	62.7	71.7	26.9	82.4	50.2	10.4	1.8	
		<i>Chironomidae sp.B</i>	485.5	6027.1	1902.7	1881.2	768.6	2314.8	1411.8	2997.3	6328	50.2	
	Chironomidae	<i>Chironomidae sp.C</i>	487.3	743.5	1195.0	5430.4	3151.5	1015.9	2390.0	1132.3	7030.4	365.5	
		<i>Chironomidae sp.D</i>	5.4	5.4	5.4	17.9	10.7		1.8	5.4	18.0	21.5	1.8
	Chironomidae	<i>Chironomidae sp.E</i>			1.8	12.5	7.2	1.8	5.4	19.8	46.6		
		<i>Chironomidae spp.</i>	127.2	139.7	55.5	440.7	177.4	69.9	89.6	191.7	1331.2	1.8	
	Tanypodinae	<i>Tanypodinae spp.</i>	46.6	118.2	150.5	80.6	118.1	206.0	245.5	655.7	1349.1	41.2	
		Dixidae		1.8					1.8		9.0	5.4	
Empididae		<i>Chelifera sp.</i>		9.0		5.4	14.3			7.2	1.8	16.1	
		<i>Clinocera sp.A</i>			1.8	5.4				3.6	1.8	1.8	
		<i>Dolichocephala sp.</i>	1.8	1.8	3.6	14.3	9.0	5.4					
		<i>Hemerodromia</i>	7.2	1.8		55.5	17.9				5	1.8	
	Psychodidae	<i>Holonisia</i>								1.8			
		<i>Pericoma</i>							1.8		3.6		
		<i>Psychoda</i>			1.8				1.8			1.8	
		<i>Simulium sp.</i>	2409.7	854.6	643.2	1166.4	1370.6	232.9	59.1	623.5	11298.1	32.2	
Stratiomyidae		<i>Oxycera</i>				1.8				7.2			
		<i>Silvius sp.</i>							1.8		1.8		
Thaumaleidae		<i>Thaumaleidae sp.</i>	1.8				3.6				3.6		
Tipulidae		<i>Antocha sp.</i>	10.7	98.5	186.3	102.1	154.1	329.7	105.7	231.2	587.6	5.4	
		<i>Dicranota sp.</i>		3.6		7.2	3.6				21.6	1.8	
		<i>Eriocera sp.A</i>	50.2	130.8	82.4	634.2	109.3	95.0	129.0	26.9	43.0	1.8	
		<i>Eriocera sp.B</i>	7.2	30.5	102.1	71.7	37.6	77.0	57.3	23.3	71.6	7.2	
Ephemeroptera	Ameletidae	<i>Ameletus camtschaticus</i>	3.6	23.3	3.6	5.4	1.8		1.8	46.6			
		Baetidae	<i>Acetrella lata</i>	829.5	481.9	643.2	524.9	886.9	1024.8	347.6	60.9	1936.8	138.0
		<i>Baetia hispinosa</i>	329.7	184.5	1019.4	981.8	917.3	729.2	159.5	329.7	1191.5	98.5	
		<i>Baetis spp.</i>	1997.7	1718.2	3216.0	2762.7	2576.4	2963.4	2739.4	2003.1	7460.4	858.2	
	Caenidae	<i>Caenis sp.</i>	3.6	3.6	25.1	12.5	10.7	10.7	23.3	1.8	17.9	3.6	
		<i>Cincticostella fusca</i>	48.4	77	173.8	25.1	14.3	84.2	16.1	356.5			
Ephemerellidae		<i>Ephacercella montana</i>	259.8	55.5	220.4	275.9	206.0	69.9	345.8	931.7	904.8	161.2	
		<i>Ephemera sauteri</i>	1.8	1.8	69.9	75.2	10.7	3.6	37.6	12.6	152.2		
Ephemeridae		<i>Afromurus florens</i>	14.3	78.8	173.8	32.2	12.5	66.3	367.3	218.7	283.0	1.8	
		<i>Epeorus erratus</i>	272.3	53.7	288.5	168.4	191.7	216.8	32.2	89.6	16.2	73.5	
		<i>Nixe sp.</i>	1.8	7.2	21.5	5.4	1.8	14.3	57.3		179.1	41.2	
		<i>Rhithrogena ampla</i>	2504.7	2356.0	2920.4	4084.9	6428.4	3244.6	1623.2	476.6	811.6	643.2	
Leptophlebiidae		<i>Paraleptophlebia sp.</i>	3.6	1.8	1.8	1.8			14.3	616.4	3.6		
		<i>Sinogomphus formosanus</i>			1.8	7.2	1.8			30.5	3.6		
Odonata	Gomphidae	<i>Amphinemura sp.</i>	643.2	428.2	483.7	1155.6	1021.2	446.1	361.9	1576.7	696.9	9.0	
		<i>Protonemura spp.</i>	372.7	28.7	52.0	82.4	78.8	17.9		473.0			
Plecoptera	Perlidae	<i>Gibosia sp.</i>		1.8	5.4	34.0	9.0	7.2	3.6	57.3	5.4		
		<i>Neoperla spp.</i>	383.4	528.5	387.0	602.0	344.0	387.0	109.3	1030.2	55.6	5.4	
	Styloperliidae	<i>Cerconychia sp.</i>	53.7	68.1	59.1	62.7	10.7	39.4	53.7	413.9	1.8		
		Trichoptera	Arctopsychidae	<i>Arctopsyche sp.</i>	80.6	5.4	7.2	39.4	9.0	1.8	60.9		
	Glossosomatidae	<i>Glossosoma sp.</i>	26.9	3.6	3.6	66.3	91.4	16.1	19.7	71.6	41.2	89.6	
		Hydrobiosidae	<i>Apsilochorema sp.</i>	16.1	105.7	7.2	37.6	17.9	9.0	3.6	25.1	9.0	
	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche spp.</i>	259.8	30.5	125.4	123.6	120.0	155.9	87.8	44.8	263.2	460.4	
		Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i>		3.6	28.7	1.8		5.4	1.8		1.8	3.6
		<i>Stactobia</i>		3.6	9.0	1.8	12.5		12.5			1.8	
		Lepidostomatidae	<i>Gocerodes sp.</i>	112.9	53.7	318.9	170.2	224.0	43.0	66.3	503.4	3163.9	84.2
	Phryganeidae	<i>Eubasilissa</i>								5.4			
		Rhyacophilidae	<i>Himalopsyche sp.</i>	14.3	3.6	12.5	1.8	10.7	5.4				
		<i>Rhyacophila nigrocephala</i>	48.4	236.5	189.9	138.0	172.0	292.0	181.0	75.3	318.9	26.9	
		<i>Rhyacophila spp.</i>	148.7	50.2	118.2	105.7	112.9	66.3	41.2	138.0	28.7	7.2	
	Stenopsychidae	<i>Stenopsyche sp.A</i>	100.3	231.1	478.4	175.6	136.2	576.9	365.5	198.8	39.4	5.4	
		Uenoidae	<i>Uenoa taiwanensis</i>	578.7	19.7				14.3		10.7		

(資料來源：本研究資料)

表 4-7 司界蘭溪各項生物監測數值數(2020.10.04)

Density (Insects/m <sup>2</sup> )	Prey (Insects/m <sup>2</sup> )	Biomass (mg/m <sup>2</sup> )	Shannon-Wiener's index	RPBII
3250	1150	3407	2.9	0.87

(資料來源：本研究資料)

表 4-8 2018 年~2020 年各測站中大型食餌密度(individuals / square meter)

測站 \ 月份	2018 年				2019 年					2020 年				Mean ± SD
	2 月	4 月	6 月	10 月	1 月	4 月	7 月	8 月	10 月	2 月	4 月	6 月	10 月	
#2 桃山西溪	344	573	989	589	627	335	152	335	779	1301	1046	794	308	629±341
#3 二號壩	222	1412	582	928	1539	1093	262	233	417	1657	387	733	466	764±514
#4 觀魚台	607	821	695	1890	2078	1111	159	283	668	1349	1467	726	391	942±600
#12 一號壩上游	846	1901	1353	908	3929	1333	210	348	1113	1937	1141	702	453	1244±968
#13 一號壩下游	500	803	570	715	878	1157	310	159	258	1123	217	548	251	576±340
#5 繁殖場	331	2207	1320	1098	2377	1600	353	306	279	2109	2802	1113	1222	1317±863
#8 高山溪	177	982	858	978	1781	627	254	663	392	1261	1913	1037	1030	920±525
#9 有勝溪	106	202	919	645	627	358	90	204	16	498	423	247	534	375±264
#14 羅葉尾溪	412		761	462	684	1043	498	322	378	677	410	358	416	535±214
#11 司界蘭溪下游													1150	

\*七家灣溪：#2 桃山西溪、#3 二號壩、#4 觀魚台、#12 一號壩上游、#13 一號壩下游、#5 繁殖場中大型食餌密度 Mean± SE 為 912±313。

(資料來源：本研究資料)

附圖

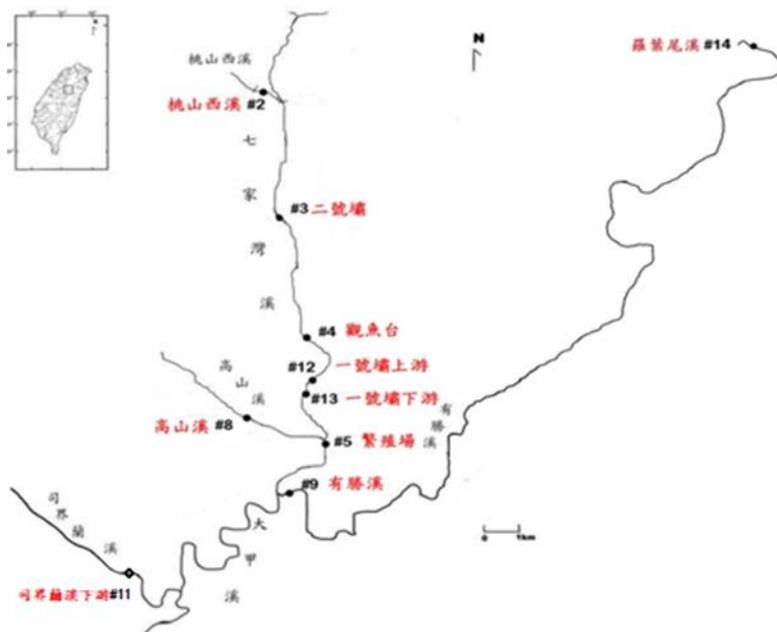


圖 4-1 武陵地區溪流水棲昆蟲監測調查測站的相關位置圖  
(資料來源：本研究資料)

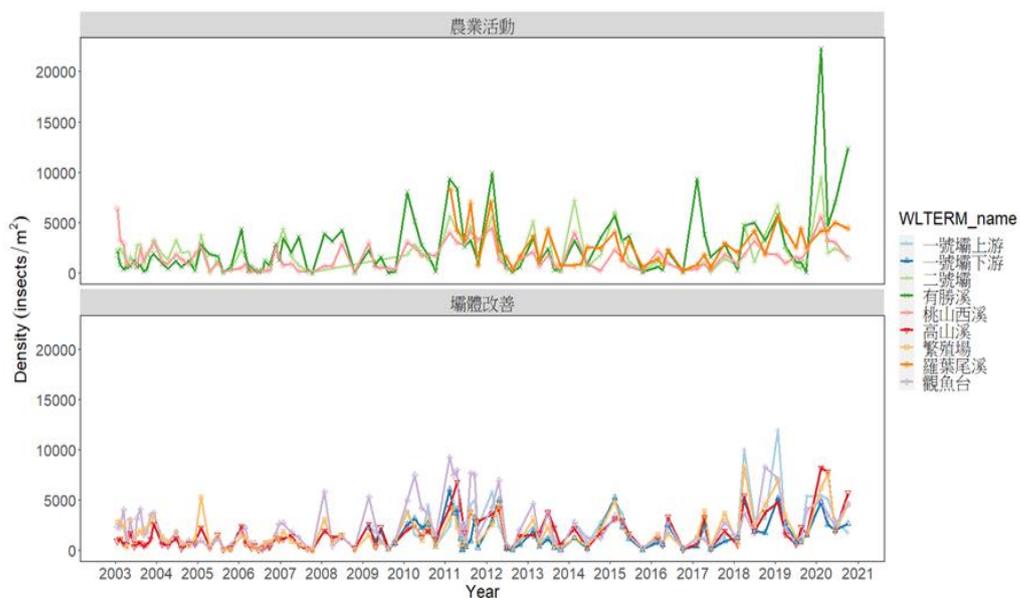


圖 4-2 武陵地區溪流測站水棲昆蟲各月數量  
(資料來源：本研究資料)

第四章 水棲昆蟲研究

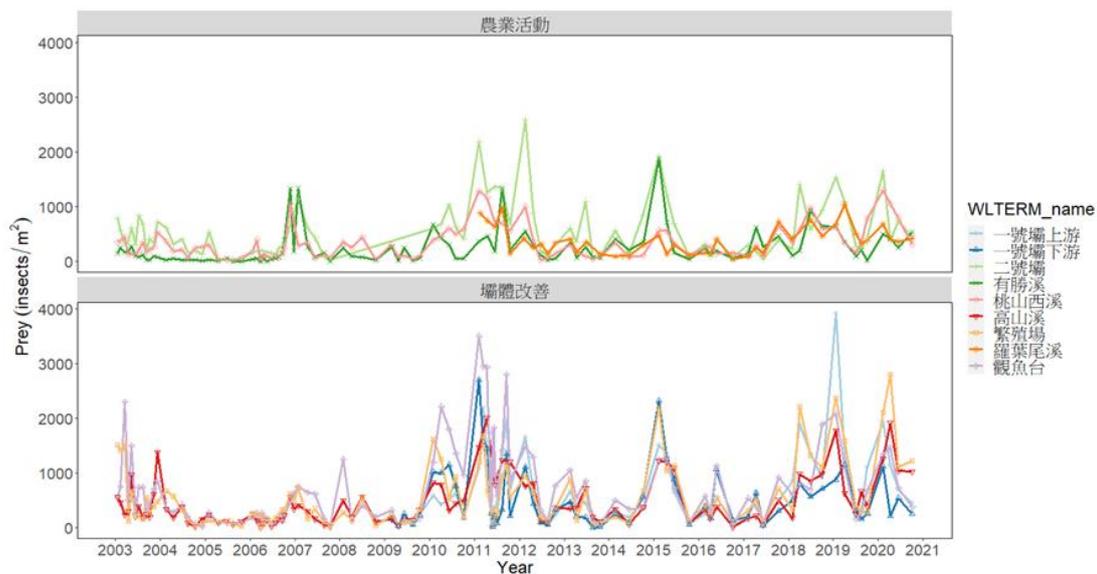


圖 4-3 武陵地區溪流測站大型昆蟲食餌數量變化圖  
(資料來源：本研究資料)

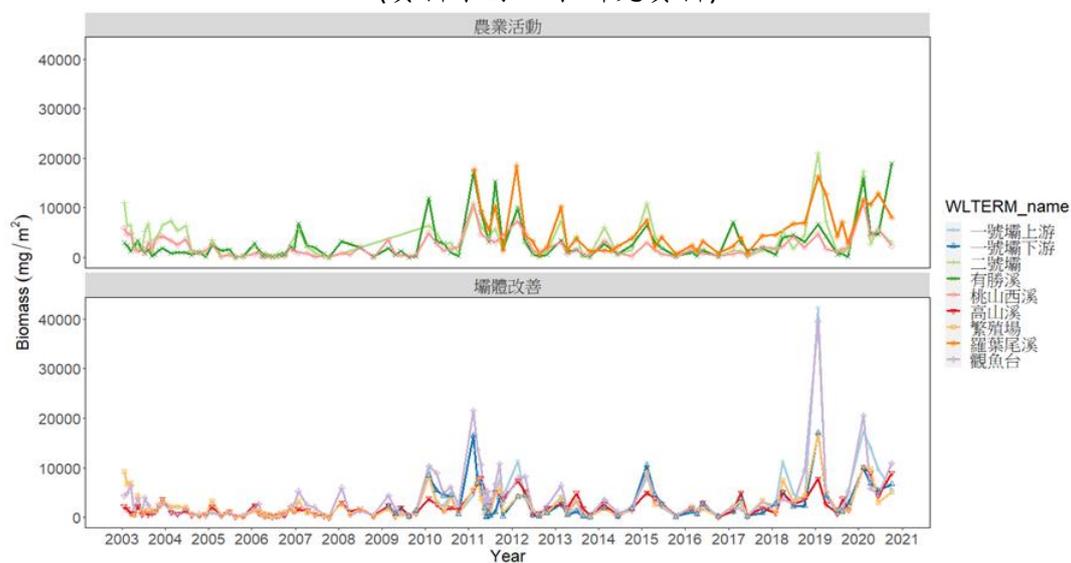


圖 4-4 武陵地區溪流測站的水棲昆蟲生物量(濕重)變化圖  
(資料來源：本研究資料)

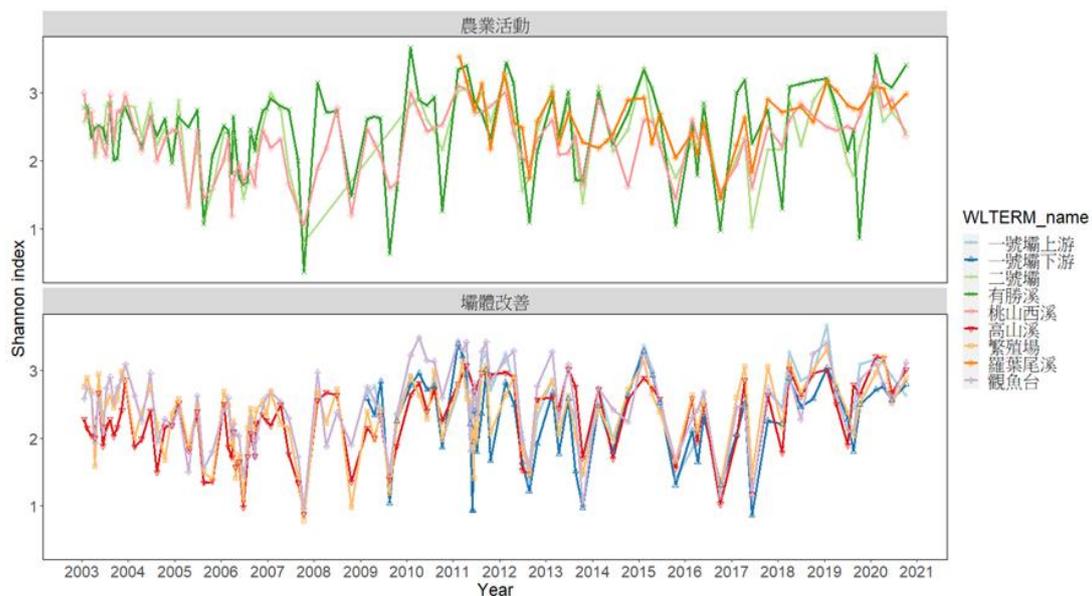


圖 4-5 武陵地區溪流測站水棲昆蟲的 Shannon- Wiener's index  
(資料來源：本研究資料)



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

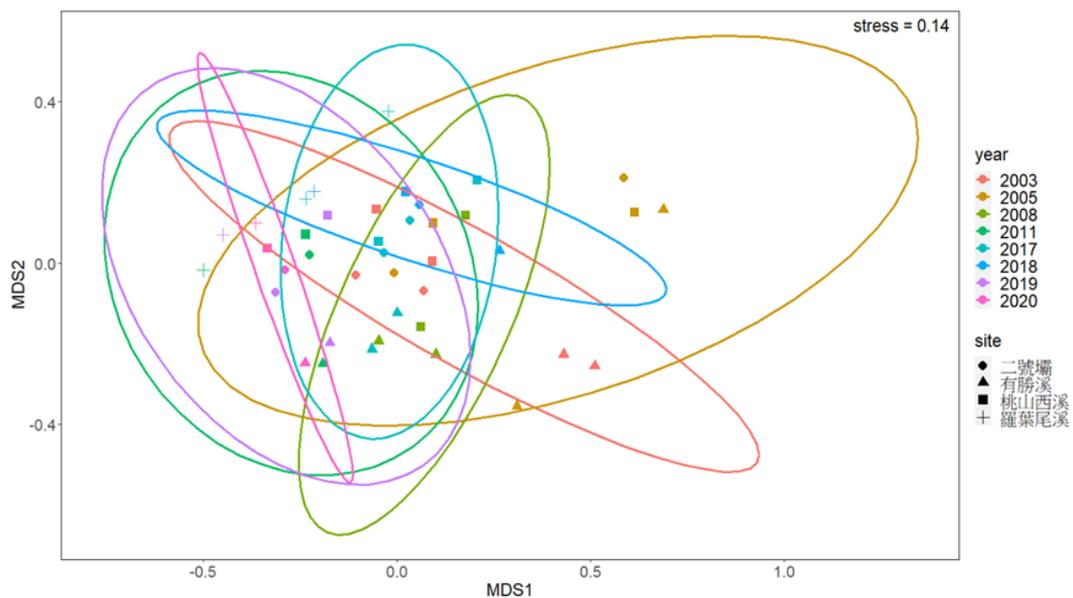


圖 4-7 武陵地區測站水棲昆蟲的 MDS 分析  
(資料來源：本研究資料)

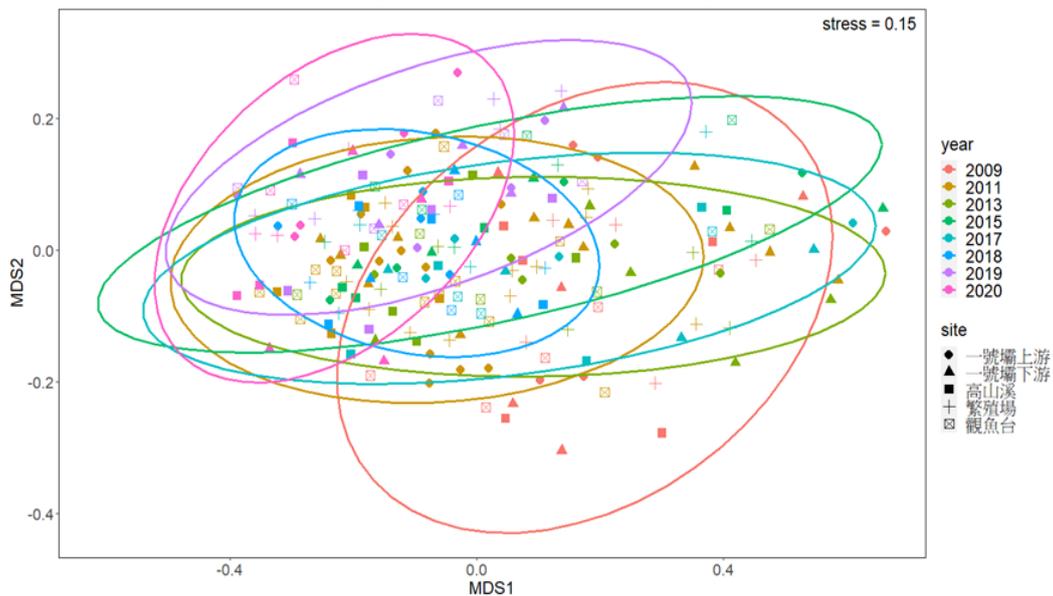


圖 4-8 一號壩壩體上下游四測站水棲昆蟲的 MDS 分析  
(資料來源：本研究資料)

第四章 水棲昆蟲研究

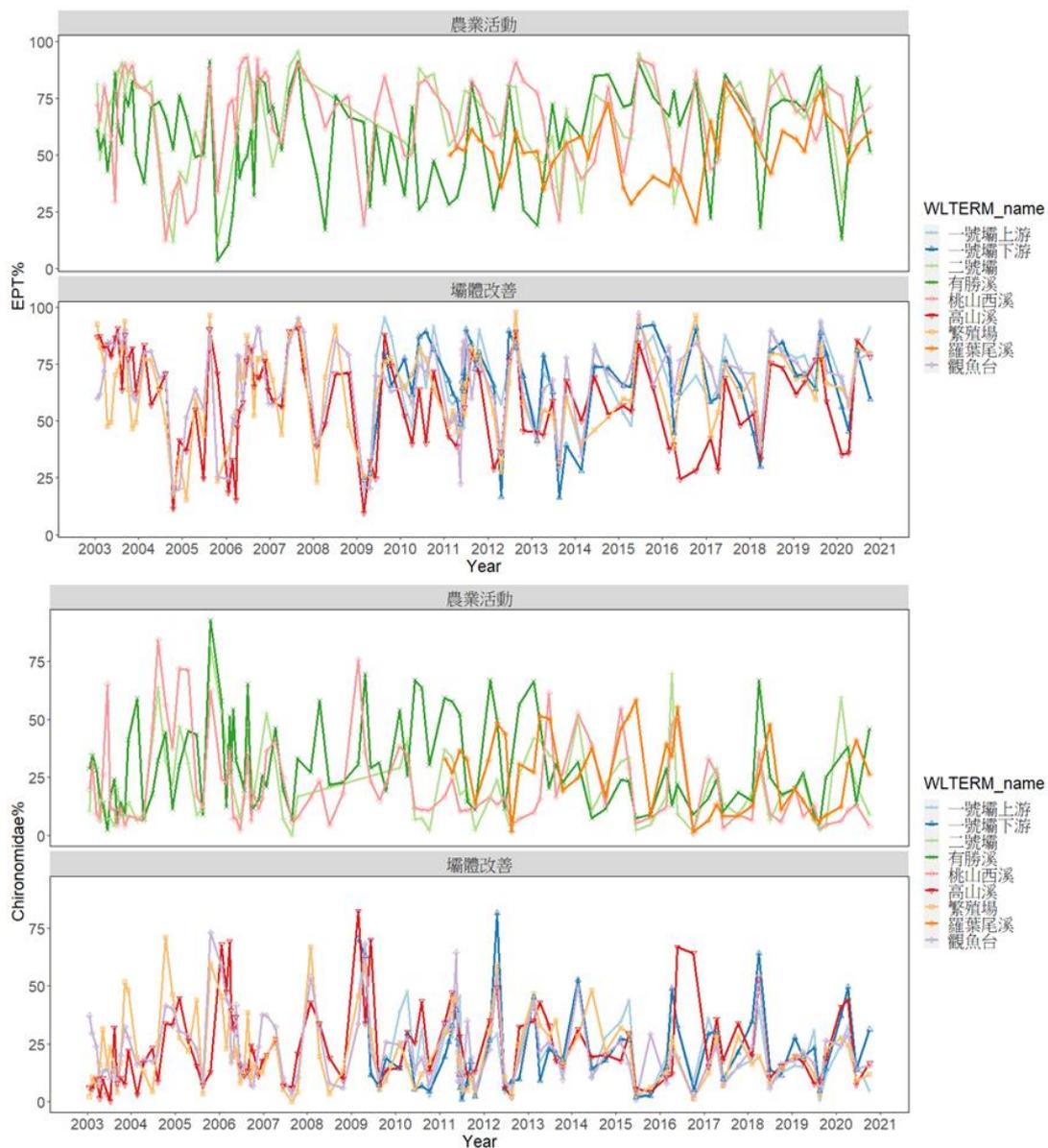


圖 4-9 各測站蜉蝣目(Ephemeroptera, E)、積翅目(Plecoptera, P)及毛翅目(Trichoptera, T)EPT 三目與搖蚊科(Chironomidae)豐度的比例(ratio of EPT and Chironomid abundances)

羅葉尾溪大型食餌密度變化

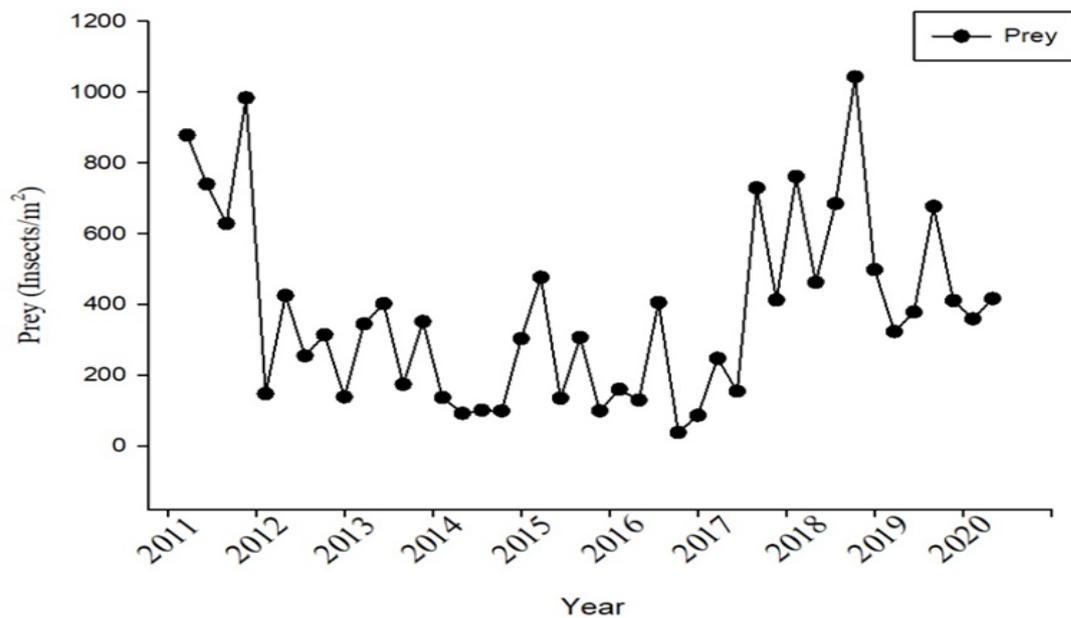


圖 4-10 羅葉尾溪大型食餌密度變化(2011~2020)  
(資料來源：本研究資料)

## 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

武陵地區生態監測歷經民國 94 年、102 年、107 年及 108 年的評估計畫後，累積收集有鳥類、魚類、兩棲類、昆蟲及植物調查資料共 101,967 筆，水體環境資料共 2,856 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 5,206 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，後轉換為泛用於科技部、農委會計畫的達爾文核心集(Darwin Core, Dwc)及生態詮釋資料語言(Ecological Metadata Language, EML)格式，供未來在國家層級整合及未來學者回顧及分析使用。本年度監測計畫除了按既有流程持續補充調查資料並將資料整合進生態資料庫外，亦進行資料庫系統的介面優化，提昇研究成果之影響力。本年度共新增水生昆蟲資料 1,335 筆，水質資料 77 筆，河道地形資料 952 筆，及河道棲地類型資料 543 筆，另因補充鑑定而增加 107 年及 108 年水生昆蟲資料 1,056 筆。介面優化方面，本年度除更新年度計畫資料，亦完成物種分類資訊更新、修正表格及地圖連結、補充測量單位資訊及測站代碼轉換，並增加多個欄位排序及搜尋功能以加強資料查找便利性，以及優化資料呈現邏輯等。關於生態資料庫建構，立即可行的建議是豐富生態資料庫呈現與開放資料，以及增加保育物種標記與納入敏感資料開放作業原則；中長期則建議建立長期生物多樣性監測網及監測資料管理系統。

**關鍵詞：**達爾文核心集、生態調查資料

## ABSTRACT

The Long Term Ecological Monitoring and Ecological Model Establishment for Wulin Area project had collected 101,967 records of species occurrence covering bird, fish, amphibian, insect and plant, as well as 2,856 waterbody readings, 4,645 algae and organic debris records, 9,136 environmental monitoring readings, 4,107 records of stream discharge modeling and 3,826 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. The project continue integrating data into existing database, including 1,335 records of aquatic insects, 77 waterbody readings, 952 records of streamway, and 543 records of river habitat type from research team this year. In addition, 1,056 records of aquatic insects from 2018 and 2019 are added due to further identification. The project also maintain the website and the database, and optimize website functionality to enhance the impact of research results. For short term advice, we suggest to enrich data display on website, and to import conservative information and data publication treatment on sensitive species. As for the long term advice, we suggest to build long term biodiversity monitoring network and database management system.

**Keywords:** Darwin Core, Ecological Survey Data

## 一、 前言

生物分布及棲地環境資料是生物學領域中探討生物地理分布、擴散、群聚或生態系變遷之機制、陸域與海域環境影響評估、資源或生態之保育、利用、經營管理等等非常重要之基本資料。臺灣之生態調查研究計畫甚多，每年政府所投入之調查經費龐大，但因過去缺乏各機關、各領域或各資料庫間之橫向聯絡與整合，雖然過去十年持續有資料庫建置方式、欄位格式及資料公開程度的討論，如何建立一長期生態監測及資料統整之案例，吾人仍需持續努力，以展示資料整合對研究及主管機關決策之影響力。為了促成基於數據的保育決策，本計畫延續 2005 年、2013 年及 2018 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，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，2017 年總共約有 1,200 多篇(GBIF.org, 2017b)，2018 年約 1,300 多篇(GBIF.org, 2018)，到了 2019 年已成長至 1,862 多篇(GBIF.org, 2019)，今年迄今更已逼近 2,000 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 年度配合於網站上新增呈現物理棲地資料的頁面，並將網站介面進行部分優化。同時，除了原有的文字資料外，也在新版網站上設計統計圖表

## 第五章 生態資料庫更新與維運

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，並進行新版網站的維護與功能優化，包含網站介面功能測試：排序功能、搜尋功能、地圖連結等，以及各調查項目之頁面資料確認：欄位比對、數據單位補充、依照邏輯呈現內容等。

### 三、結果

本年度共收集水生昆蟲資料 1,335 筆，水質資料 77 筆，河道地形測量資料 952 筆，河道棲地類型資料 543 筆，另因補充鑑定而增加 107 年及 108 年水生昆蟲資料 1,056 筆。歷年累計收集鳥類、魚類、兩棲類、昆蟲及植物調查資料共 104,358 筆，水質環境資料共 2,933 筆，物理棲地調查資料共 6,701 筆，環境溫度監測資料 9,136 筆(包括空氣、水、土表、上下溫度)，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>)，各項資料亦可依需求由資料庫匯出歷年資料供作分析。本年度依團隊需求匯出歷年昆蟲物種紀錄共 36,191 筆(2004~2013 及 2018~2020 年間)，以及歷年物理棲地資料共 5,958 筆(2018~2020 年間)等，供研究團隊進行相關分析。

網站前端提供「計畫簡介」、「現象影像」、「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。

「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，統計結果共涵蓋 2 界 5 門 14 綱 87 目 383 科 912 種，並結合地圖及點位，與物種紀錄相互查找，功能如下：

1. 由地圖查資料：提供武陵地區手繪地圖，使用者可直接點選地圖上的調查點，查得該點的調查資料。反之亦可由調查資料，查得該調查點的地圖。
2. 由生物分類階層查得資料：將計畫調查到的所有物種，依照生物分類階層，排序，供使用者點選查詢詳細資料，亦可反查調查點的地圖。
3. 由調查記錄清單查得資料：將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。

本團隊今年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，執行內容包括：

1. 更新計畫資料於網站「計畫資料」的「計畫簡介」，以對應本年度的各團隊監測調查資料。
2. 物種紀錄資料的部分，依據最新版的臺灣物種名錄(Taiwan Catalogue of Life, TaiCoL)進行更新分類資訊。
3. 新版網站內容及功能檢核：修正表格及欄位對應有誤、內容連結到詳細資料與計畫資料、詳細資料樣站連結地圖、地圖連結測站篩選物種紀錄、重要欄位提供搜尋及排序功能等。
4. 部分資料單位資訊不齊全，或代碼未轉換等，會影響使用者檢視及理解資料意義，因而清查各項資料欄位並補充單位資訊，以及轉換代碼而直接提供代碼意義。
5. 資料呈現符合測量調查邏輯：如河道棲地斷面資料，在測量每個斷面地形時，需由基準點觀測以知其各斷面測量點的相對方位和高程差，基準點不敷使用時便需要更換，稱為後視點與轉點，因此斷面資料需配合後視點與轉點共同檢視，因而資料呈現上同時呈現斷面測量資料與其配合的後視點與轉點資料。

## 四、討論

### 1. 資料庫資料呈現：

目前計畫之網站前端資料均以表格方式提供瀏覽及查詢，雖然能滿足資料回溯查找的需求，但對於洞察資料趨勢、支援研究議題的探索，仍有改善空間。未來建議與提供資料團隊合作，在系統上增加更多圖表式資料，並追蹤後續在資料庫使用上是否帶來實質助益。

另因歷年調查均為系統性調查，過往資料雖非以調查事件格式(Sampling Event)整理與呈現，但資料均含 Sampling Event 所需資訊，未來亦可增加以調查事件為視角的資料呈現方式，以直接檢視各年度調查內容及成果。

### 2. 保育評估資訊及敏感資料處理

歷年計畫累積調查約 900 種物種資訊，其中不乏許多保育類或稀有物種，若能在資料庫的物種資料中增加各項保育評估等級資料，可提供管理單位規劃擬定範圍區保育計畫參考。

若有詳細保育評估資訊，未來資料開放上也能加入敏感資料的處理。本團隊與林務局及特有生物研究保育中心合作，研擬並公告在國內推廣的敏感資料開放處理原則，包含決定資料敏感性的方式及等級，以及據以顯示資料的作法，目前此原則已於特生中心所建置的「台灣生物多樣性網絡」系統中試用，建議未來本計畫所建置的資料庫可以採用此原則。

以下摘要整理「生物多樣性敏感資料開放作業原則」內容供參：

- (1) 敏感資料的定義：資料內含的物種紀錄地點相關資訊釋出後，可能造成該物種受害，或其他相關的環境損害，而有屏蔽資訊之必要者。
- (2) 敏感層級：建立敏感資料清單時，針對個別物種設定之地點資訊屏蔽程度，敏感層級建議類別包括：
  - A 輕度：點位坐標屏蔽至經緯度小數點後 2 位(約 1 公里模糊)
  - B 重度：點位坐標屏蔽至經緯度小數點後 1 位(約 10 公里模糊)
  - C 縣市：點位坐標屏蔽不顯示，只顯示地理區的縣市
  - D 坐標不開放：點位坐標完全屏蔽，但仍可查詢到該物種
  - E 無：地點資訊依據資料提供之原始精度開放。
- (3) 預設敏感層級：法定公告之保育類野生動物名錄及文化資產保育法所列舉之物種、臺灣紅皮書名錄中受脅類別 NVU (國家易危)以上之物種，敏感層級建議為「輕度」，其餘物種之敏感層級則建議為「無」。
- (4) 敏感層級調整：可依季節性、地區性、資料提供單位等不同考量因素，進行敏感層級之調整。
- (5) 敏感資料得在資料提供單位授權允許範圍內，設計機制據以釋出，如以文件申請、審核、確保使用者了解相關權利及責任，以及追蹤資料使用情形等。

## 五、結論與建議

### 結論

本計畫收集的原始生態調查資料，除了已匯入計畫資料庫以外，將按國家公園指示上傳至指定系統。另外也將以原始檔案及 Darwin Core Archive 格式，提供委辦單位雪霸國家管理處結案及保存之用。雪霸國家管理處可將其整合入管理處的網站。在計畫研究人員於期刊發表研究成果後，可以選定之 CC 授權，與國家生物多樣性入口網 TaiBIF 整合開放，使用 TaiBIF 網站提供的資料查詢介面，依物種學名或地點查詢到本計畫各測站的物種，並提供國際研究社群交流，促進合作。

### 建議

#### 建議一

豐富生態資料庫呈現與開放資料：立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

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

#### 建議二

保育物種標記與納入敏感資料開放作業原則：立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

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

#### 建議三

建立長期生物多樣性監測網及監測資料管理系統：中長期建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

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

## 六、參考文獻

- Borer, E.T., Seabloom, E.W., Jones, M.B., Schildhauer, M., 2009. Some Simple Guidelines for Effective Data Management. *The Bulletin of the Ecological Society of America* 90, 205–214.
- Chavan, V., Penev, L., 2011. The data paper: a mechanism to incentivize data publishing in biodiversity science. *BMC Bioinformatics* 12, S2.
- Chavan, V., Penev, L., Hobern, D., 2013. Cultural Change in Data Publishing Is Essential. *BioScience* 63, 419–420.
- Cribb, J., Hartomo, T.S., 2010. *Open Science: Sharing Knowledge in the Global Century*. CSIRO Publishing, Collingwood, VIC.
- Duke, C.S., Porter, J.H., 2013. The Ethics of Data Sharing and Reuse in Biology. *bisi* 63, 483–489.
- Fegraus, E.H., Andelman, S., Jones, M.B., Schildhauer, M., 2005. Maximizing the Value of Ecological Data with Structured Metadata: An Introduction to Ecological Metadata Language (EML) and Principles for Metadata Creation. *The Bulletin of the Ecological Society of America* 86, 158–168.
- GBIF.org, 2017a. Literature tracking. <https://www.gbif.org/literature-tracking>
- GBIF.org, 2017b. Literature resources of 2017. <https://www.gbif.org/resource/search?contentType=literature&year=2017>
- GBIF.org, 2018. Literature resources of 2018. <https://www.gbif.org/resource/search?contentType=literature&year=2018>
- GBIF.org, 2019. Literature resources of 2019. <https://www.gbif.org/resource/search?contentType=literature&year=2019>
- GBIF.org, 2020. Literature resources of 2020. <https://www.gbif.org/resource/search?contentType=literature&year=2020>
- Hampton, S.E., Anderson, S.S., Bagby, S.C. et al, 2015. The Tao of open science for ecology. *Ecosphere* 6, art120.
- Ingwersen, P., Chavan, V., 2011. Indicators for the Data Usage Index (DUI): an incentive for publishing primary biodiversity data through global information infrastructure. *BMC Bioinformatics* 12 Suppl 15, S3.
- Kano, Y., Musikasinthorn, P., Iwata, A. et al, 2016. A dataset of fishes in and around Inle Lake, an ancient lake of Myanmar, with DNA barcoding, photo images and CT/3D models. *Biodiversity Data Journal* 4, e10539.
- Michener, W.K., 2015. Ecological data sharing. *Ecological Informatics* 29, 33–44.
- Michener, W.K., Brunt, J.W., Helly, J.J. et al, 1997. Nongeospatial Metadata for the Ecological Sciences. *Ecological Applications* 7, 330–342.
- Moritz, T., Krishnan, S., Roberts, D. et al, 2011. Towards mainstreaming of biodiversity data publishing: recommendations of the GBIF Data Publishing Framework Task Group. *BMC Bioinformatics* 12, S1.
- Nielsen, M., 2013. *Reinventing Discovery: The New Era of Networked Science*, Reprint edition. Princeton University Press
- ORCID.org, 2017. What is ORCID. <https://orcid.org/content/about-orcid>
- Palmer, C.L., Heidorn, P.B., Wright, D., Cragin, M.H., 2007. Graduate curriculum for biological information specialists: A key to integration of scale in Biology. *The International Journal of Digital Curation*
- Penev, L., Mietchen, D., Chavan, V. et al, 2016. *Pensoft Data Publishing Policies and Guidelines for Biodiversity Data*. Pensoft.
- Reichman, O.J., Jones, M.B., Schildhauer, M.P., 2011. Challenges and Opportunities of Open Data in Ecology. *Science* 331, 703–705.

Roberts, D., Moritz, T., 2011. A framework for publishing primary biodiversity data. *BMC Bioinformatics* 12, I1.

Robertson, T., Döring, M., Guralnick, R. et al, 2014. The GBIF Integrated Publishing Toolkit: Facilitating the Efficient Publishing of Biodiversity Data on the Internet. *PLOS ONE* 9, e102623.

Shao, K.T., Huang, S.C., Chen, S. et al, 2008. Establishing a Taiwan Biodiversity Information Network and Its Integration with Germplasm Databanks. APEC-ATCWG Workshop.

Strasser, C.A., Hampton, S.E., 2012. The fractured lab notebook: undergraduates and ecological data management training in the United States. *Ecosphere* 3, art116.

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

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

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

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

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

## 附表

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

附圖

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

壹、研究計畫緣由

雪霸國家公園內劃設許多生態保護區與特別景觀區。其中最知名的為發現於大甲溪上游武陵地區的陸封型櫻花鉤吻鮭。牠是冰河時期的孑遺生物，屬於陸封型的寒帶鮭鱒魚類，但卻能存活於地處熱帶與亞熱帶之台灣，是演化學中生物地理學的重大發現。由於具有重要的學術價值，但魚群數量卻早已稀少到瀕臨絕種的程度，且分布範圍現今只侷限於七家灣溪、高山溪與桃山北溪(曾，2005)，因此政府於1984年七月依「文化資產保存法」第49條及施行細則第72條之規定，指定並公告櫻花鉤吻鮭為珍貴稀有動物，將其列為重要文化資產之一，又稱為「國寶魚」。其現存棲息地的七家灣溪流域，在民國1999年由行政院農委會，公告為野生動物保護區。因此七家灣溪可以稱為「櫻花鉤吻鮭生態系」。雖然這種明星化的稱謂，表面上看似和生物多樣性保育精神有些背離，但是若其保育有助於七家灣溪生態系的完整，則櫻花鉤吻鮭扮演所謂傘護種(Umbrella species)的角色，也有利於與社會大眾的溝通和關注，也是另一種保育策略。



武陵地區七家灣溪在雪霸國家公園成立前由農委會所主導之研究主要著重在櫻花鉤吻鮭(Wang, 1989; Tsao, 1995; 曾及楊, 2001)及與鮭魚生存有關的水生昆蟲(林等, 1987)。國家公園成立後才開始擴大到溪流其他相關生物之自然資源研究調查工作，因此與櫻花鉤吻鮭有關之研究計畫至今已逾百項之多(雪霸國家公園, 2000; 2003)，但資料一直缺乏整合(林, 2002)。而生態相關資料的整合與模式建構為雪霸國家公園保育研究的主要目標之一。此亟需推動長期生態研究，建立生態系模式，以瞭解武陵地區生態系的長期生態現象與過程。溪流或濱岸棲地(riparian habitat)的兩生類及昆蟲類均未成為主要的研究對象，或只有非量化的附帶性質資料(袁, 1995; 呂, 2002)。兩生類及昆蟲類，食性及生活史多變，在溪流生態系中，可能是魚類食物種類(水生昆蟲)的主要競爭者及七家灣集水區生態系中的能量傳遞者，或是水中及近水棲地的掠食者。對於這些動物瞭解的增加，不但是生物學上有意義的研究，也能對七家灣溪生態系統的運作，有更進一步的認識(林及謝, 2002)。對這類生物的長期監測，亦可作為反應環境狀況的良好指標。武陵地區溪流生態系受水環境參數之影響甚巨。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。而營養鹽在水中不同分佈型態，決定其對生物之毒性或被生物攝食之可能性。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，進而影響櫻花鉤吻鮭之主要棲息地的溪流。雪霸國家公園區內的集水區亦是台灣中部地區水資源的主要供應區。山坡地的超限利用及壟壟的現象會使水質受到污染，大甲溪的德基水庫因上游山坡的整植蔬果，導致水土流失，致水庫的壽命減短。而過度的使用肥料，也使水庫的水質呈現優養化，使得水資源的供應及品質受到潛在的威脅。物理棲地的改變對於生物族群影響亦很明顯。雪霸國家公園曾於1999至2001年間陸續完成四座防砂壩之壩體改善工程，為瞭解改善工程完成後對生物之影響應持續追蹤監測。然而近兩年多場颱風洪水使武陵地區溪流河道產生相較以往較為激烈之變化，而對應之河川物理棲地組成亦有明顯變異。在美國聯邦跨部會河川復育工作團隊(FISRWG, 1998)所完成之「河川廊道復育」中指出，對河川生態系具有較重要互動關係之非生物因子包括流況、水溫、溶氧、pH值及河床底質等項。河川物理棲地類型直接受河川底質之粒徑組成所影響，而河川底質則與河川流量、河床坡度及泥沙來源息息相關。颱風對一地區生物群聚、食性與死亡率之影響甚巨(Wiley, 1994)。九十三年八月艾利颱風挾著豐沛雨量，重創七家灣溪生態環境，溪流植被和附生藻受到嚴重破壞、河床變寬且上升、深潭減少，對當地生態系的造成衝擊。九十四年全年豪雨不斷，從三月雪、七月強烈颱風海棠、八月中度颱風馬莎、輕度颱風珊珊、強烈颱風泰利，九月強烈颱風龍王等接連多次的風災侵襲。這兩年連續的幾個颱風對七家灣溪物理棲地、水質與生物的組成和數量的改變和回復所需時間長短，值得深入探討。此一探討將有助於雪霸管理處對於大自然干擾的處理策略和教育解說。為瞭解環境變遷對武陵地區生態系之影響，本計畫將利用物理棲地與化學水質所建立之資料庫，透過空間

圖 5-1 系統首頁介面優化

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

武陵地區生態監測及生態模式建立 雪霸國家公園委託辦理計畫		
子計畫1	林幸勛	中興大學生命科學系教授、生態模式建構、藻類與碎屑研究以及資料庫
子計畫2	葉昭憲	逢甲大學水利工程系副教授：水文與物理棲地研究
子計畫3	官文惠	明志科技大學環境與安全工程系 副教授：水質研究
子計畫4	彭宗仁	中興大學土壤環境系助理教授：硝酸鹽來源研究
子計畫5	蔡尚惠	環球技術學院環境資源管理系助理教授：濱岸族群研究
子計畫6	郭美華	中興大學昆蟲系副教授：水棲昆蟲研究
子計畫7	楊正澤、葉文彬	中興大學昆蟲系教授、助理教授：陸棲昆蟲研究
子計畫8	施晉德	中興大學生命科學系 助理教授：非昆蟲無脊椎動物研究
子計畫9	吳贊海	中興大學生命科學系副教授：兩生類昆蟲研究
子計畫10	曾晴賢	清華大學生物資訊與結構生物研究所副教授：魚類研究
子計畫11	孫元勳	屏東科技大學野生動物保育所副教授：鳥類研究
子計畫12	邵廣昭	中央研究院生物多樣性研究中心研究員：生態資料庫建構
子計畫13	高樹基	中央研究院環境變遷研究中心研究員：流量、水溫模式與主要元素通量研究
民國 107 年		
總計畫及子計畫1	林幸勳	中興大學生命科學系教授：藻類研究、資料整合與生態模式分析
子計畫2	葉昭憲	逢甲大學水利工程與資源保育學系教授：物理棲地研究
子計畫3	官文惠	明志科技大學環境與安全衛生工程學系教授：水質研究
子計畫4	郭美華	中興大學昆蟲系教授：水棲昆蟲研究
子計畫5	曾晴賢	清華大學生物資訊與結構生物研究所教授：魚類研究
子計畫6	吳贊海	中興大學生命科學系副教授：兩生類研究
子計畫7	孫元勳	屏東科技大學野生動物保育所教授：鳥類研究
子計畫8	端木茂南	中央研究院生物多樣性研究中心助理研究員：生態資料庫
民國 109 年		
總計畫及子計畫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
子計畫2	官文惠	明志科技大學環境與安全衛生工程學系教授：水質研究
子計畫3	郭美華	中興大學昆蟲系教授：水棲昆蟲研究
子計畫4	端木茂南	中央研究院生物多樣性研究中心助理研究員：生態資料庫

圖 5-2 更新計畫簡介資料

## 第五章 生態資料庫更新與維運

### 計畫簡介

計畫緣由  
計畫目標  
研究測站  
參與人員

現象影像

測站資料

測站地圖

門別統計

綱別統計

目別統計

科別統計

物種統計

物種紀錄

水質調查

元素通量

溫度監測

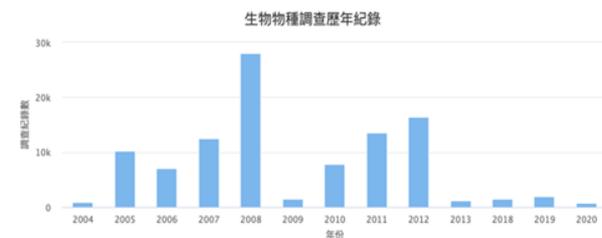
藻類與碎屑

流量推估

河道棲地

河道斷面

生物物種調查紀錄 共 103733 筆



\*點選標題圖下可排序

測站	門名	綱名	目名	科名	學名	中文名	調查日	地點	緯度	經度	調查者	調查法	發表者
1	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Violales	Stachyuraceae	Stachyurus nirr	透骨樹	2008-02-28	桃山北溪	24.39816	121.30928	蔡尚基	緣載標區	郭礎基
2	Pteridophyta	Filicopsida	Filicales	Athyriaceae	Diplazium amar	奄美雙蓋蕨	2008-02-28	桃山北溪	24.39816	121.30928	蔡尚基	緣載標區	郭礎基
3	Pteridophyta	Filicopsida	Filicales	Athyriaceae	Diplazium amar	奄美雙蓋蕨	2008-02-28	桃山北溪	24.39816	121.30928	蔡尚基	緣載標區	郭礎基
4	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Polygonales	Polygonaceae	Polygonum mul	台灣何首烏	2008-02-28	桃山北溪	24.39816	121.30928	蔡尚基	緣載標區	郭礎基
5	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Polygonales	Polygonaceae	Polygonum mul	台灣何首烏	2008-02-28	桃山北溪	24.39816	121.30928	蔡尚基	緣載標區	郭礎基
6	Magnoliophyta	Liliopsida	Cyperales	Gramineae(Poa	Neyraudia form	台灣蘆竹	2008-02-28	桃山北溪	24.39816	121.30928	蔡尚基	緣載標區	郭礎基
7	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Rosales	Saxifragaceae	Deutzia pulchr	大葉溲疏	2008-02-28	桃山北溪	24.39816	121.30928	蔡尚基	緣載標區	郭礎基
8	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Caryophyllales	Caryophyllaceae	Stellaria arisan	阿里山繁縷	2008-02-28	桃山北溪	24.39816	121.30928	蔡尚基	緣載標區	郭礎基
9	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Caryophyllales	Caryophyllaceae	Stellaria arisan	阿里山繁縷	2008-02-28	桃山北溪	24.39816	121.30928	蔡尚基	緣載標區	郭礎基
10	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Ranunculales	Ranunculaceae	Clematis gouril	梨山小黃衣藤	2008-02-28	桃山北溪	24.39816	121.30928	蔡尚基	緣載標區	郭礎基
11	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Lamiales	Boraginaceae	Cynoglossum z	紫葇科	2008-02-28	桃山北溪	24.39816	121.30928	蔡尚基	緣載標區	郭礎基
12	Magnoliophyta	Liliopsida	Cyperales	Poaceae	Miscanthus sin	芒	2008-02-28	桃山北溪	24.39816	121.30928	蔡尚基	緣載標區	郭礎基

圖 5-3 介面優化後之物種調查紀錄呈現

武陵地區生態監測及生態模式建立 雪霸國家公園委託辦理計畫

### 計畫簡介

計畫緣由  
計畫目標  
研究測站  
參與人員

現象影像

測站資料

測站地圖

門別統計

綱別統計

目別統計

科別統計

物種統計

物種紀錄

水質調查

元素通量

溫度監測

藻類與碎屑

流量推估

河道棲地

河道斷面

記錄編號:urn:lsid:wilterm.biodiv.sinica.edu.tw:observation:104519			
調查日期	2020-10-04		
測站代號	2	調查地點	桃山西溪
高度上限	1892 M	深度上限	0.23 M
高度下限	1890 M	深度下限	0.43 M
緯度	24.3986	經度	121.3078
全天空空域	47.49	直射光空域	54.31
經緯度誤差	15		
學名	Zaitzevia sp.A 長角泥蟲科		
科名	Elmidae 長角泥蟲科		
個體數	5	覆蓋率	
體長	null null	量測值	null null
調查點描述	匯入七家灣溪，採樣地點上方為武陵吊橋下方，上游處有一攔沙壩，水流較急 <a href="#">查看地圖</a>		
調查者	Chen,Zhao-Ru	調查者中文名	陳昭汝
計畫名稱	武陵地區溪流環境及放流棲地監測－水棲昆蟲研究		
執行期間	2020/2/10-2020/12/31		
委託單位	雪霸國家公園管理處		
執行單位	中興大學昆蟲系		
主持人	郭美華, Mei-Hwa Kuo		
地址	台中市國光路250號 國立中興大學		

圖 5-4 介面優化後之物種調查紀錄呈現第二層

計畫簡介

- 計畫緣由
- 計畫目標
- 研究測站
- 參與人員

現象影像

測站資料

測站地圖

門別統計

綱別統計

目別統計

科別統計

物種統計

物種紀錄

水質調查

元素通量

溫度監測

藻類與碎屑

流量推估

河道棲地

河道斷面

水質監測 共 2933 筆

\*點選標題兩下可排序

測站	測站站名	緯度	經度	高度	深度	調查日期	
1	桃山北溪	24.39816	121.30928	1895	0.52	2005-01-31	<a href="#">內容</a>
2	桃山北溪	24.39816	121.30928	1895	0.52	2005-04-04	<a href="#">內容</a>
3	桃山北溪	24.39816	121.30928	1895	0.52	2005-06-26	<a href="#">內容</a>
4	桃山北溪	24.39816	121.30928	1895	0.52	2005-08-21	<a href="#">內容</a>
5	桃山北溪	24.39816	121.30928	1895	0.52	2005-10-23	<a href="#">內容</a>
6	桃山北溪	24.39816	121.30928	1895	0.52	2005-12-03	<a href="#">內容</a>
7	桃山北溪	24.39816	121.30928	1895	0.52	2006-04-07	<a href="#">內容</a>
8	桃山北溪	24.39816	121.30928	1895	0.52	2006-06-26	<a href="#">內容</a>
9	桃山北溪	24.39816	121.30928	1895	0.52	2006-08-04	<a href="#">內容</a>
10	桃山北溪	24.39816	121.30928	1895	0.52	2006-08-25	<a href="#">內容</a>
11	桃山北溪	24.39816	121.30928	1895	0.52	2006-10-18	<a href="#">內容</a>
12	桃山北溪	24.39816	121.30928	1895	0.52	2006-12-14	<a href="#">內容</a>
13	桃山北溪	24.39816	121.30928	1895	0.52	2007-02-01	<a href="#">內容</a>
14	桃山北溪	24.39816	121.30928	1895	0.52	2007-04-13	<a href="#">內容</a>
15	桃山北溪	24.39816	121.30928	1895	0.52	2006-11-21	<a href="#">內容</a>
16	桃山北溪	24.39816	121.30928	1895	0.52	2006-12-20	<a href="#">內容</a>
17	桃山北溪	24.39816	121.30928	1895	0.52	2007-01-15	<a href="#">內容</a>
18	桃山北溪	24.39816	121.30928	1895	0.52	2007-01-16	<a href="#">內容</a>

圖 5-5 介面修復後之水質調查頁面

計畫簡介

- 計畫緣由
- 計畫目標
- 研究測站
- 參與人員

現象影像

測站資料

測站地圖

門別統計

綱別統計

目別統計

科別統計

物種統計

物種紀錄

水質調查

元素通量

溫度監測

藻類與碎屑

流量推估

河道棲地

河道斷面

水質調查記錄編號:urn:lsid:witem.biodiv.sinica.edu.tw:observation:WQ2915			
調查日期	2020-10-14 00:00:00		
測站代號	2	調查地點	桃山西溪
高度上限	1892 M	深度上限	0.23 M
高度下限	1890 M	深度下限	0.43 M
緯度	24.3986	經度	121.3078
全天光空域	47.49	直射光空域	54.31
經緯度誤差	15		
調查點描述	匯入七家灣溪，採樣地點上方為武陵吊橋下方，上游處有一攔沙壩，水流較急 <a href="#">查看地圖</a>		
調查者	Wen-Hui Kuan	調查者中文名	官文惠
氫離子濃度	7.86	導電度 $\mu\text{S}/\text{cm}$	174.7
水溫 $^{\circ}\text{C}$	14.5		
溶氧 mg/L	10.21	濁度 NTU	0.44
矽酸鹽 mg/L	2.749	生化需氧量 mg/L	
硝酸鹽氮 mg/L	0	亞硝酸鹽氮 $\mu\text{g}/\text{L}$	0.07
硫酸鹽 mg/L	26.7642	氯鹽 mg/L	5.995
磷酸鹽 mg/L	0.05	總磷 mg/L	
氨氮 mg/L	0.09	總有機碳 mg/L	3.761
計畫名稱	武陵地區溪流環境及放流棲地監測-水質研究		
執行期間	2020/2/10-2020/12/31		

圖 5-6 介面修復後之水質調查頁面第二層

計畫簡介

- 計畫緣由
- 計畫目標
- 研究測站
- 參與人員

- 現象影像
- 測站資料
- 測站地圖
- 門別統計
- 綱別統計
- 目別統計
- 科別統計
- 物種統計
- 物種紀錄
- 水質調查
- 元素通量
- 溫度監測
- 藻類與碎屑
- 流量推估
- 河道棲地
- 河道斷面

河道斷面 共 3777 筆

	日期	溪名	斷面	點位	經度	緯度	海拔高度(公尺)	後視點與轉點
1	2018-10-11	高山溪	1-1	1	121.300588	24.362143	1809.369	1 內容
2	2018-10-11	高山溪	1-1	2	121.300589	24.362152	1809.526	1 內容
3	2018-10-11	高山溪	1-1	3	121.30059	24.362162	1809.709	1 內容
4	2018-10-11	高山溪	1-1	4	121.300593	24.362177	1809.939	1 內容
5	2018-10-11	高山溪	1-1	5	121.300587	24.362197	1810.252	1 內容
6	2018-10-11	高山溪	1-2	1	121.30054	24.362115	1810.142	1 內容
7	2018-10-11	高山溪	1-2	2	121.30054	24.362134	1809.622	1 內容
8	2018-10-11	高山溪	1-2	3	121.300538	24.362151	1809.342	1 內容
9	2018-10-11	高山溪	1-2	4	121.300535	24.362166	1809.505	1 內容
10	2018-10-11	高山溪	1-2	5	121.300533	24.362207	1810.318	1 內容
11	2018-10-11	高山溪	1-2	6	121.300529	24.362242	1811.335	1 內容
12	2018-10-11	高山溪	1-3	1	121.300362	24.362107	1808.95	1 內容
13	2018-10-11	高山溪	1-3	2	121.300358	24.362117	1808.468	1 內容
14	2018-10-11	高山溪	1-3	3	121.300358	24.362129	1808.669	1 內容
15	2018-10-11	高山溪	1-3	4	121.300356	24.362135	1808.798	1 內容
16	2018-10-11	高山溪	1-4	1	121.300105	24.362018	1808.551	1 內容
17	2018-10-11	高山溪	1-4	2	121.300095	24.362025	1808.439	1 內容
18	2018-10-11	高山溪	1-4	3	121.300092	24.362032	1808.165	1 內容
19	2018-10-11	高山溪	1-4	4	121.300089	24.362042	1808.566	1 內容

圖 5-7 介面優化後之河道斷面調查頁面第一層

計畫簡介

- 計畫緣由
- 計畫目標
- 研究測站
- 參與人員

- 現象影像
- 測站資料
- 測站地圖
- 門別統計
- 綱別統計
- 目別統計
- 科別統計
- 物種統計
- 物種紀錄
- 水質調查
- 元素通量
- 溫度監測
- 藻類與碎屑
- 流量推估
- 河道棲地
- 河道斷面

日期：2020-10-13

後視點與轉點

後視點與轉點編號：17  
儀器高度：1.5 公尺

	方向角(度)	弧度角(度)	水平距(公尺)	高程差(公尺)	經度	緯度	海拔高(公尺)
後視點	142.9625	2.49516633188239	123.827	4.076	121.31244	24.35214	1751.647
轉點	143.9875	2.51305595671533	120.084	4.136	121.31245	24.35216	1751.707

斷面測量點

斷面	點位	測量角(度)	弧度角(度)	水平距(公尺)	高程差(公尺)	經度	緯度	海拔高度(公尺)
7-81	1	75.16388888888889	1.31185733971429	128.285	2.145	121.31119	24.35215	1753.352
	2	73.97083333333333	1.29103459211064	127.415	1.848	121.31112	24.35215	1753.055
	3	72.74861111111111	1.26970279014182	128.153	1.856	121.31119	24.35215	1753.063
	4	72.09166666666667	1.25823694658358	128.236	1.952	121.31119	24.35215	1753.159
7-82	1	164.97916666666667	2.87942965552981	11.308	0.558	121.31246	24.35217	1751.765
	2	171.21666666666667	2.98829456762296	8.568	0.26	121.31246	24.35216	1751.467
	3	184.9027777777778	3.22716226830563	6.806	0.042	121.31248	24.35216	1751.249
	4	214.4555555555556	3.74295554363806	5.819	0.639	121.3125	24.35217	1751.846
	5	258.4736111111111	4.51121554340829	6.478	0.638	121.31251	24.35216	1751.845

圖 5-8 介面優化後之河道斷面調查頁面第二層

計畫簡介

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

河道棲地 共 2811 筆

	日期	溪名	断面	河寬(公尺)	測量位置	流速(m/s)	底質	水深(公尺)	福祿數	棲地環境類型
1	2018-01-10	有勝溪	Y-S	6	1/4	0.2	卵石	0.1	0.201927510938461	緩流
2	2018-01-10	有勝溪	Y-1	6	1/4	0.1	卵石	0.1	0.10096375546923	緩流
3	2018-01-10	有勝溪	Y-2	7	1/4	0.2	卵石	0.2	0.142784312292706	緩流
4	2018-01-10	有勝溪	Y-3	7	1/4	0.2	卵石	0.2	0.142784312292706	緩流
5	2018-01-10	有勝溪	Y-4	9	1/4	0.1	碎石	0.1	0.10096375546923	緩流
6	2018-01-10	有勝溪	Y-5	4	1/4	0.2	粗石	0.2	0.142784312292706	緩流
7	2018-01-10	有勝溪	Y-6	6	1/4	0.1	卵石	0.1	0.10096375546923	緩流
8	2018-01-10	有勝溪	Y-7	7	1/4	0.1	卵石	0.1	0.10096375546923	緩流
9	2018-01-10	有勝溪	Y-8	6	1/4	0.2	碎石	0.1	0.201927510938461	緩流
10	2018-01-10	有勝溪	Y-9	6	1/4	0.4	大型礫石	0.5	0.180609456394292	緩流
11	2018-01-10	有勝溪	Y-10	8	1/4	0.3	粗石	0.2	0.21417646843906	緩流
12	2018-01-10	有勝溪	Y-11	8	1/4	0.5	卵石	0.6	0.206091402845624	緩流
13	2018-01-10	有勝溪	Y-12	4	1/4	0.2	卵石	0.2	0.142784312292706	緩流
14	2018-01-10	有勝溪	Y-13	5	1/4	0.2	卵石	0.1	0.201927510938461	緩流
15	2018-01-10	有勝溪	Y-14	4	1/4	0.3	卵石	0.3	0.174874354195667	緩流
16	2018-01-10	有勝溪	Y-15	7	1/4	0.1	碎石	0.1	0.10096375546923	緩流
17	2018-01-10	有勝溪	Y-16	4	1/4	0.6	大型礫石	0.9	0.201927510938461	緩流
18	2018-01-10	有勝溪	Y-17	3	1/4	0.2	卵石	0.2	0.142784312292706	緩流
19	2018-01-10	有勝溪	Y-18	6	1/4	0.1	卵石	0.2	0.0713921561463532	深潭

圖 5-9 介面優化後之河道断面棲地調查頁面

## 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。	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	某些情況下，屏蔽敏感資料可能會弊大於利。比如： 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。 在類似的案例之中，應權衡屏蔽資料所造成的傷害與效益。	稀有的水棲性昆蟲或水生植物可能因為地主無意的作為而消失，除非被告知其存在。 都市環境中的黃鸝巢位可能會因為賞鳥與拍鳥者的關注而較不易被盜獵。
一	資料中所包含的對象物種（以下簡稱對象）易受到傷害性的人為活動威脅，且該類型活動受資料的開放與否影響。	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： 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 釋出此類對象的資料會提高活動的程度，並據此加重傷害。	某種鳥類是獵人與賞鳥者的侵擾對象，且在繁殖季時對於干擾非常敏感。 某種植物族群稀少且具高園藝價值，有被採集者採走的風險。
二	對象的特性使其特別易受傷害性人為活動威脅。	族群數量豐富的物種在偶見的傷害性事件後可以回復，因此不會符合此準則。然而，其他對象即使僅是小規模的傷害也可能遭受易受脅，比如因為： 小族群 正在減少或受脅的族群 非常侷限分布的族群，或絕大部分族群集中於單一地點	

		<p>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                  對象是否為保育類動物、紅皮書受脅物種，<u>不直接構成</u>符合此準則的條件。</p>	
三	<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>	<p>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>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。                  進一步說，許多物種只有在特定生活史階段（或特定時間）易受害，例如繁殖期間可能會遭受干擾或偷蛋的傷害。因此，生活史其他階段的資料不應被屏蔽。</p>	<p>對於水獺來說，其繁殖窩巢的地點可能是敏感資料，但其排遺或腳印的地點可能不是。</p>
五	<p>資料中的詳實性或空間尺度可促成某些人準確地找到該易受害對象所在地點。</p>	<p>如果對象的地點資訊是以詳細或小尺度的方式提供（如在 1:25000 地圖上的點位資料），在大部分的情況下會使該對象容易被定位，因此開放可能是有害的。                  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。                  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</p>	<p>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。</p>

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

## (附錄二、敏感資料清單範例)

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

欄位名稱建議(中文 / 英文)

- 敏感資料編號 / SensitiveDataID
- 學名 / scientificName
- 敏感季節 / SensitivePeriod
- 敏感生活史階段 / SensitiveLifeStage
- 敏感地區 / SensitiveRegion
- 敏感層級 / SensitiveCategory
- 敏感層級依據 / SensitiveReference
- 敏感層級說明 / DataSensitiveComments
- 敏感層級更新日期 / SensitiveDateReviewed

(附錄三、敏感資料表單標示範例)

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

欄位名稱建議 (中文 / 英文)

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

# 「武陵地區溪流環境及放流棲地監測」

## 期中審查會議委員意見回覆表

壹、會議時間：109年7月2日(四)下午1時45分

貳、會議地點：本處第一會議室

參、主席：楊處長模麟

記錄：黃奕絲 技士

委員	審查意見	回覆與辦理情形
黃奕絲 技士	1.地質類型圖，標示的顏色色系過於相近，建議採用比較鮮明、易區別之顏色，以利報告閱讀。另登山口棲地類型，109年2月與108年1月相較之下，深潭比例增加許多，請問可以推測出是什麼原因造成的呢？	(1)遵照辦理； (2)登山口棲地類型變化趨勢可於後續調查成果確認，並於期末說明。
	2.報告書雖有說明陰離子界面活性劑之檢測針對露營遊憩區之鄰近測站：山溝、排水溝前與桃山西溪、觀魚台、二號壩相比較，檢測出濃度皆低於偵測極限。惟表3-8 離子界面活性劑檢測數據，未顯示2019年之數據，建議仍以ND表示。	由於近兩年採樣分析結果多低於偵測極限，且今年合約工作未列有陰離子界面活性劑檢測，擬於下半年停止分析並於期末報告刪除該表。
	3.#9有勝溪收費口測站(22235昆蟲(個體數/平方公尺))為最高且再創新高。惟2月有勝溪收費口測站採得24分類群低於其他測站，且大型食餌密度最低為#9有勝溪收費口測站498昆蟲(個體數/平方公尺)，棲地評比為中度損害，請再針對此現象做更詳細之說明。	有勝溪收費口於二月以雙翅目物種居多，尤以Simulium sp.占約一半個體數。RBPII分析包含8種次指標，屬於複合性指標，生物指標都是副指標。提供一個參考，做更深入的水質物化。
	4.請於期末報告就降雨、遊憩行為等對溪流環境之影響進行評估並補充說明。	遵照辦理，期末報告會將降雨、遊憩行為等對溪流環境之影響進行評估並補充說明於第一章節。
于淑芬 課長	1.報告書p.3-29結論中NO <sub>2</sub> -N除了繁殖場5.78 ug/L外，二號壩及高山溪亦超過3ug/L，已超出歐盟訂定之標準，推測係溪岸施工的原因，是否合理，工程施工過程如何產生NO <sub>2</sub> -N？	NO <sub>2</sub> -N受到環境溫度等因素影響是很敏感，後續取得施工細節後，再和水質數據做比對分析。
	2.報告書p.4-31水棲昆蟲4月一號壩下游食餌密度217/m <sup>2</sup> 低於長期效應指標，推測原因是施工或是棲地單純化，請問如果是施工因素所造成，是否2月施工4月就可以反應出此現象？	4月一號壩下游採到的水棲昆蟲數量是低於長期效應指標，且採樣當下有看到在施工，因此做此推測。是否2月施工時NO <sub>2</sub> -N濃度較高是否延後影響到4月要再評估。
廖林彥 主任	1.監測是長時間做同樣的事情的研究，平常看不出來價值，但是長期資料累積的價值就是顯示在當極端氣候如颱風、乾	(1)感謝肯定；

委員意見回覆表

	<p>早、土石流或森林大火，就可以把資料調出來比較。建議增加一欄研究目的，研究目的確定後，所有研究就環扣在目的“鮭魚的生存和數量”。</p>	(2)將於第一章計畫資料整合呈現研究區域之年度環境重點描述，以利後續查核。
	<p>2.需要鮭魚族群數量時，武陵站可以提供。若有結合鮭魚相關之試驗，本處樂意合作。</p>	感謝協助。
	<p>3.高山溪2號壩改善可否再提出具體的工法上之建議方式，例如是否只要殘材移除，或是壩開口太小，需要再拆除壩基等。</p>	高山溪2號壩的處理方式，會於期末提供具體之建議。
	<p>4.有勝溪發現為數不少的大型鮭魚，在大型食餌很少，鮭魚生存棲地集中狀況下，為何有如此產出，原因為何？</p>	因去年風調雨順，所以有勝溪水棲昆蟲密度上升，推測鮭魚因此聚集在有勝溪。
楊國華 課長	<p>1.有關水質監測部分，圖表引用七家灣溪重要濕地/保育利用計畫水質標準項目及數值與該核定計畫內文所列似有不符，建請依該保育利用計畫所列項目、數值分析，若無該項目標準，引用之標準依據為何，再請調整修正。</p>	遵照辦理，將於期末報告檢視修正。
	<p>2.109年6月24日至28日武佐野群山森林火災，是否會影響有勝溪水質，屆時再請收集分析監測結果。</p>	根據過去森林火災對水質影響之追蹤分析顯示，影響期約略是兩周的時間；由於6月份採樣已於6/15-6/17完成，將於10月採樣後再進一步討論。
陳俊山 秘書	<p>1.是否能有針對鮭魚生存環境因子最適值或限制因子的危機值(紅、黃、綠)的描述，以利惡化時管理措施或好轉時呈現復育成果。</p>	鮭魚生存環境因子最適值已曾於過去相關研究獲得，然受限研究對象之特殊性，故較缺乏限制因子相關成果。
	<p>2.目前臺中市政府正進行國土計畫之劃設，之前本處有提議將有勝溪之一些零星農業用地劃設為國土保育地區第一類。其未來審議時或許有科學論證需求，研究團隊是否能提供簡要論述(如土地回收後，環境因子變化或鮭魚數量預測等分析)，以利爭取國土計畫委員的支持。</p>	鮭魚數量預測等分析並非本計畫研究人員能力所及，但本計畫可呈現土地回收後，環境因子(水質)變化狀況。
林文和 副處長	<p>1.建議報告書將四個子計畫綜整，進行整體性撰寫，再綜合結論，以利了解四個子計畫之間的相關性。</p>	遵照辦理，將於期末報告第一章內說明子計畫間關聯，以及年度成果與綜合性結論。
楊模麟 處長	<p>1.資料持續建立累積至今已有多20多年，本計畫應將監測範圍之基本環境描述，於報告中清楚呈現(例如:是否有施工或增加農耕地面積等影響因子)，以利和監測數據做比對判讀，將有助於本處在經營</p>	期末會將施工期間、步驟及施工廠商的水質監測數據等資料納入評估，以釐清哪個施工階段對河道的影響較大，再對應水質和水棲昆蟲之監測數據，

	管理上之運用（例如：可透過監測數據與施工工期比對判讀，藉此了解施工過程是否有依照預先環境影響評估施作及影響範圍是長期或短期影響效應等）。	試著釐清工程施工之影響範圍。
	2.報告書有提及水流減緩時，因太陽直射，水溫會上升，對櫻花鉤吻鮭會有所影響，且高山溪二號壩口殘材亦會阻斷櫻花鉤吻鮭洄游通道等因素。但現在櫻花鉤吻鮭族群數量卻又呈現最高峰，並沒有因此使族群數量減少，其中間差異為何，請再做說明？	河道本身比較平坦或緩流，水體本身比較淺，對溫度的反應比較快；反之若是深潭，水體本身較深，對溫度的反應就不會那麼快。所以水的流速或水量的部分，只會在淺水的區域，水溫才會比較明顯變化。
	3.高山溪 2 號壩具體的處理方式，請於 10 月 6 日武陵各機關業務聯繫會議召開前提出。	將配合管理處之需求而提供相關建議。
謝森和 委員	1.研究方法及過程之崩塌地監測、河道地形變化趨勢需有引用文獻，所使用的測量儀器要有機型或型號的描述。	遵照辦理，引用文獻會再補充說明。
	2.如何決定橫斷面的測量點？每一樣站有幾個橫斷面的測量點？請定義“累距”，為什麼每個樣點的累距不同？	因持續多年來相同操作方式，故忽略其相關說明；將於期末報告呈現。
	3. 物理棲地組成的調查中，每一樣站間距 20m 的穿越線有幾條？底質類型與棲地類型是否為這些穿越線的平均數？	因持續多年來相同操作方式，故忽略其相關說明；將於期末報告呈現。
	4.本計畫利用 SVR 手持式雷達波流速儀進行現場流量測量，實際的流量測量公式為何？	利用相關研究結果，表面流速和整河段流速比約 0.85；期末將提出水中及表面量測數據之比較結果。
	5.高山溪樣站無底質類型及棲地類型資料，因此水棲昆蟲調查中 RBPII 的參考站無法利用這些資料來呈現。	已完成棲地調查但未及列入，將提供後續 RBPII 分析。
	6.表 2-1 及 2-2 需要有引用文獻，底質編號建議改為“砂(sand)”。	遵照辦理。
	7.水質調查中的文獻回顧“氮的來源與型態”及“磷的型態與傳輸”，要有引用文獻，而且這些文獻回顧要能呼應調查目的與結果。	遵照辦理。
	8.圖 3-4 及圖 3-8 不清楚，能否以單一地圖標示採樣地點。	遵照辦理。
	9.表 3-9 溫度增加如何計算及樣本數為多少，請描述之。	溫度增加是以過去 20 年的資料計算，樣本數即為各年採樣數加總，將於期末報告補充說明。

委員意見回覆表

	<p>10.因黑白印刷以致圖 3-8~3-72 不清楚，並請將圖 3-75~3-86 於報告中詳細說明。</p>	<p>遵照辦理。</p>
	<p>11.昆蟲調查中每一個樣站重複取樣 6 次，這 6 個樣本如何用於資料分析，是合併計算，還是個別計算，請於方法中敘述。</p>	<p>本研究採合併計算。期末將於方法中再補充說明。</p>
	<p>12.大型昆蟲食餌定義為體型大於 1cm 以上的分類群，在分析時是根據分類群分類，還是根據實際樣本中的個體大小分類，請於報告中說明。</p>	<p>當初發表定義大型食餌是體長大於 1cm 以上，涵蓋四目八科，並非指齡期等。</p>
	<p>13.以高山溪樣站作為棲地評比標準的參考站之理由為何？報告中應描述高山溪樣站的棲地情形，另建議以水文物理棲地調查及水質調查的結果為依據，選擇適當且客觀的參考樣站。</p>	<p>參考樣站難以用單一指標訂定，因此綜合物理棲地、水質、生物，高山溪是比較適合做為參考樣站。先前有訂定棲地選定指標，期末會再補充。</p>
	<p>14.水棲昆蟲生物量的測量方法是否恰當需考量？如有其他的研究亦使用此方法，請引用此文獻，以便支持研究者所使用的方法。</p>	<p><math>B_i = \sum_j W_{ij} \times N_{ij}, W_{ij} = SW_{kp}</math>          本研究因應評估武陵地區生物量之需，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。</p>
	<p>15.RBPII 如何計算？相對分數範圍，如棲地無損害(&gt;79%)，如何訂定？分數範圍的不確定區間需要哪些額外的物理化學因子才能決定，水文物理棲地調查及水質調查的資料，可以提供這些物理因子嗎？再請說明。</p>	<p>生物指標都是副指標。提供一個參考，做更深入的水質物化。沒有特定那些因子，視當地情況。</p>
	<p>16.研究地區之描述應有整合性的描述，如研究地區之地質、地形、氣候、植物相與土地利用情形等。</p>	<p>第一章計畫資料整合之部分，期末會再重新彙整包含全區外在環境重點描述(施工、地質、水文、氣候..)、圖表呈現等。</p>
	<p>17.這是一個整合型的計畫，所以期望在最後時可以將所有子計畫所調查的資料做整合性的分析。</p>	<p>遵照辦理，將於第一章內綜合性分析。</p>
<p><b>楊正雄 委員</b></p>	<p>1.本計畫在經費十分有限情況下，仍維持與之前長期監測一樣的調查頻度與測站規模，十分感謝各位參與計畫老師願意配合雪霸國家公園管理處持續協助此長期監測工作，對於櫻花鉤吻鮭持續性的保育工作貢獻良多。</p>	<p>感謝肯定。</p>

	<p>2.在第一章中有一些關於鮭魚生態一般性的論述說明，有鑑於本計畫之前已建立完整的文獻資料庫，建議仍以最原始論文引用為主為佳(例如：鮭魚在 1911-1941 年間的分布狀況，有日本天然物紀念物報告可以引用之類)，有些科普性的文章說明，有些可能有爭議(例如：鮭魚是溫帶或是寒帶，一般會以溫帶說明，但不會擴展至寒帶。以及「子」遺生物應該是「子」遺生物才是，但此詞在如今演化生物學觀點來看具有爭議。以及臺灣櫻花鉤吻鮭是分布最南端的敘述，早期文獻確實如此，但因後來美洲也有其他亞種分布十分接近迴歸線，因此近年文獻幾乎無人再提及此部分。以及陸封性鮭魚僅分布的區域，是否僅指櫻花鉤吻鮭(<i>Oncorhynchus masou</i>)這個種群?)，建議應小心使用。</p>	<p>遵照辦理，將於期末報告中修正。</p>
	<p>3.學名應斜體，以及「迴」游建議改成「洄」游。</p>	<p>遵照辦理。</p>
	<p>4.目前計畫中實際監測的項目包含物理棲地、水質及水棲昆蟲三個部分，建議可將鮭魚過往分布資料也納入比較的基礎。另本研究規劃仍以七家灣溪(含高山溪)流域為主，有勝溪(含羅葉尾溪)為輔，再加上新放流河段的監測。由於有勝溪(羅葉尾溪)目前多年監測的族群數量也有接近 2000 尾左右，且族群更新十分穩定，可視為是櫻花鉤吻鮭另外一個核心族群。因此建議在計畫工作比重及成果論述上，可以調整將此區域視為另外一個可單獨比較的核心區域呈現。</p>	<p>羅葉尾溪的族群數量及比對的部分，本團隊會後再討論要如何呈現。</p>
	<p>5.幫忙回應處長提到關於「為何水溫趨勢提高，但鮭魚族群仍呈現上升趨勢」的原因。水質團隊計算歷年水溫上升趨勢是超過 10 年以上監測的長期趨勢，實際上升幅度不大(上升幅度僅為 1/1000 量級的微幅上升)，且水溫上升對於鮭魚的影響有其侷限性，其一為對無法移動的卵及仔稚魚時期才有影響，成魚本身會躲避，耐溫數值亦高。另一則為對地區的侷限，水溫的影響主要在中游以下的區域較大，上游因水溫相對較低，更不顯著，但如今因中游及下游防砂壩的破損或拆除，讓鮭魚已可自由移動或是上溯</p>	<p>感謝委員協助說明。</p>

委員意見回覆表

	<p>至更好的繁殖區域，使得水溫提高的效應變得更不顯著。</p>	
	<p>6.高山溪殘材壩的處理如果已有共識，建議其措施可將整體高山溪都納入考量，在考量對鮭魚族群長期穩定、有效施工以及環境衝擊許可的前提下，也建議將高山溪 Dam3 與 Dam4 殘壩壩基與側壩所形成阻隔也納入整理方案之中。</p>	<p>高山溪 2 號壩的處理方式，會於期末提供具體之建議。</p>
	<p>7.表面流速推算通量流速/流量的計算中，與平均流速的轉換比值有關，在本計畫中使用 0.85，但很快瀏覽文獻可以發現此數值可能與水理、棲地(水深)、儀器有關，也有建議該比值應為動態，想請教計畫中是否可能針對此數值自己取得換算參數。</p>	<p>經研究結果，表面流速和整河段流速比約 0.85；將於後續調查中進行相關量測，以確認此比值之合理性。</p>
	<p>8.固定樣站監測坡降是否可以呈現歷年來所有調查結果的比較？</p>	<p>遵照辦理。</p>
	<p>9.固定樣站監測坡降差異不大，但似乎底質組成存在不小的變動性(單一測站不同月份調查)，可以請教可能的原因？目前透過穿越線三個點(1/4, 1/2, 3/4)的整體計算結果呈現所有樣站的底質組成，是否有可能直接以穿越線所有組成底質比例來做呈現會更準確？</p>	<p>(1)除坡降外，流速亦受通水面積大小影響，而底值組成實為水流條件(泥砂含量)作用於河道環境下之變動結果； (2)目前各樣站之數據係為六條穿越線共 18 測點之計算成果。</p>
	<p>10.敏感性資料的處理原則，雖然內容較為繁多，但建議可摘錄呈現放在報告中，或許可以在討論未來資料庫是否開放時，幫助釐清其他人的疑慮。</p>	<p>目前資料庫網站需要密碼才能進入，並未對外公開，因此並沒有需要處理敏感性資料的問題，但將遵照委員意見，於期末報告中摘錄「生物多樣性敏感資料開放原則」的重點，以供未來參考。</p>
	<p>11.因武陵地區長期監測的許多計畫調查方法與測站都完全一致，因此資料表單建議可以朝向以 event 形式資料來進行蒐集，可以提高未來資料集被使用的深度與廣度。</p>	<p>目前資料確實是以事件形式蒐集，但資料庫的資料結構是以物種出現紀錄形式整理，將評估討論資料庫過去 15 年的調查資料是否能改為，以及有必要改為事件形式的資料結構，並於期末報告中說明。</p>
	<p>12.資料集公布在 GBIF 中是未來趨勢，同意計畫項目的建議，未來可朝向公布在 GBIF 上作為目標。透過中研院的協助，雪霸處自身也可以作為 publisher，其資料庫的應用 credit 可以視為是雪霸資料公開的貢獻之一，另外其他人使用這些資</p>	<p>資料開放部分將尊重管理處及計畫主持人之意願，且須明定資料授權部分。</p>

委員意見回覆表

	<p>料的成果也可以作為更廣泛經營管理應用的參考之一。</p>	
	<p>13.拆壩前後溶氧(DO)比較，在分析結果中應該是不顯著，但仍可看出差異。請教 DO 在拆壩後下降，是否可能會導致不知情的人以為拆壩反而造成水質惡化的問題，建議在論述上再做澄清。</p>	<p>遵照辦理。</p>
	<p>14.盒鬚圖(box plot)可以更清楚呈現特殊事件前後的趨勢變化。但一號壩拆除前後及 8.1 公頃農用地回收中水質 box plot 的比較僅有水溫與氮氮(NO<sub>3</sub>-N)兩個項目。此兩個事件的其他監測項目如果已有計算，即使並未有顯著差異，仍建議可提供放於報告書中供大家參考。</p>	<p>因數據採用折線圖呈現比較難閱讀，故後續增加盒鬚圖是為了讓大家了解空間上檢測樣點之間的差異，會於期末補充。</p>
	<p>15.水溫與溶氧上升圖表中提到臺灣與世界的溫度上升資料來源為何？</p>	<p>水溫與溶氧上升圖表中提到臺灣與世界的溫度上升資料來源是中央氣象局，溫度、溶氧數據計算方式會再補充說明。</p>
	<p>16.EPT&gt;70%在本研究成果中被視為水棲昆蟲回復指標，或是大型食餌的比例，如果在報告中本來就已有進行計算，會建議可將歷年各測站這兩個指標與其分別的鮭魚數量再進行比較，以更加確認其與鮭魚族群的關連性。</p>	<p>2011-2015 年長期績效指標，2013 年有遇到颱風，2015-2019 年看到毛翅目等數量上升，因此依現況拆壩短期效應約 2 個半月至 3 個月，長期效應會遇到颱風干擾所以約 4 年。</p>
	<p>17.請教水棲昆蟲各月份間是否存在種群間的差異性(例如會因為生活史差異造成特定種類在數量上明顯的波動)?如果是的話，會建議 S-H 多樣性指數在計算時應該納入考量，避免每個月呈現的波動會受到週期性影響，或許可以整併為整個年度為週期來進行計算即可。</p>	<p>為因應每次調查評估水棲昆蟲是否遭受颱風或環境因子之影響而造成各測站多樣性的變動，因此本研究於每次調查皆提供該次之多樣性分析。</p>

「武陵地區溪流環境及放流棲地監測」

期末審查會議委員意見回覆表

壹、會議時間：109 年 12 月 22 日(二)下午 1 時 45 分

貳、會議地點：本處第一會議室

參、主席：陳秘書俊山

記錄：黃奕絲 技士

委員	審查意見	回覆與辦理情形
謝森和 委員	《水文物理棲地調查及崩塌地監測》	
	1. p.1-3：本計畫工作項目(三)溪流物理棲地與歷年動態變化分析，至少包括流速、流量、……等。於報告中沒有看到流速與流量的資料。請於報告中呈現七家灣溪流域的降雨量與流量等資料。	遵照辦理，調查彙整資料及流量估算之成果補充於結論及表 2-13 至表 2-15。
	2. p.2-1：三、重要發現第 3 行”而今年度各樣區底質之有利櫻花鉤吻鮭比例，一號壩樣區高於 45%，……”，什麼樣的底質有利櫻花鉤吻鮭請說明之。另外生物有不同的生活週期，如櫻花鉤吻鮭有卵、仔魚、稚魚、幼魚、成魚，不同階段的魚需要不同的底質(或棲地)。	棲地對於生物之影響原以加權粒徑呈現，後經林幸助老師建議改用小型礫石以上的百分比表達。
	3. p.2-6：(三)物理棲地組成—這項調查能否與水質及水蟲調查相配合?請提供溪寬、水深、及流速的資料於報告中。	郭老師曾涵蓋物理棲地資料進行水棲昆蟲相關分析；流量資料補充於表 2-15。
	4. p.2-6：(四)溪流流量時測—利用 SVR 手持式雷達波流速儀如何測量流量?	計算方式已補充於研究方法中。
	5. 無桃山西溪與高山溪樣站的底質類型與棲地類型的資料。	已補充於表 2-13、表 2-14、圖 2-44 及圖 2-45。
	6. p.2-31：圖 2-59 請說明”河道環境指標”。	各類底質之代表粒徑分別乘以所占面積比例後予以累加，則可獲得各樣區之加權粒徑；相關說明已補充於文中。
	《水質監測》	
	1. p.1-3：本計畫工作項目(二)監測武陵地區溪流水質與歷年動態變化分析，其中”分析”的部分除了水質分析之外，除了水溫對時間進行迴歸分析之外，其他的水質變數也請分析。t 檢定之分析是否恰當，如資料是否符合常態分布。	遵照委員意見，所測資料後續會先檢視是否符合常態分配；若符合則以 t 檢定檢視其前後差異，若非常態分布則採用無母數分析。
	2. p.3-4~3-6：(三)文獻回顧。許多文獻回顧的內容與本研究無直接關係請刪除，請只保留與本研究相關的文獻回顧。建議增加武陵地區的	已參照委員意見修正。

委員意見回覆表

	<p>地質、岩石、土壤、雨水等化學組成的文獻回顧，這些直接反應武陵地區溪流的天然水質。另外文獻回顧自然干擾(如颱風、森林火災)對溪流水質的影響，以及文獻回顧人類活動(如武陵地區的遊憩活動、農業活動、拆壩、道路施工等)對溪流水質的影響等。以及口頭報告內容加入到書面報告中。</p>	
<p>3. p.3-8：水質分析方法需要有引用文獻，如環保署建議的方法。</p>		<p>已將水質分析之環保署方法編號補充至材料與方法之細節項目，併於參考文獻中引用環保署環境檢驗所方法公告官方網站。</p>
<p>4. p.3-9：三、結果 — 結果只有短短的幾行字，而且實際上並無說明結果，建議刪除，並將”討論”改成”結果與討論”。</p>		<p>遵照辦理。</p>
<p>5. p.3-10：請以文敘述圖 3-8~3-20 呈現的意涵。</p>		<p>結果與討論中之第二部分“七家灣溪流例行性水質監測”中詳述圖 3-8~3-20 代表之不同水質檢測分析項目結果。</p>
<p>6.p.3-11 第 3 段第 3 行：“另七家灣溪流中下游處之觀魚臺，其硝酸鹽氮含量明顯比上游高”有無統計學上的顯著?這差異可能是抽樣誤差或測量誤差，請解釋之。</p>		<p>藉由長期數據，以上下游作為區分，在本年度的採樣中發現到，位於中下游處的觀魚台因周邊有露營活動及農耕行為等均為硝酸鹽氮之來源，故較上游桃山西溪測站無人為活動之樣站低。</p>
	<p>7.p.3-11 第 6 段第 6 行：“武陵地區溪流之氨氮濃度於冬至早春季節較高，其餘季節則較少偵測到氨氮。”本年度只有在 2 月份的二號壩樣站與排水溝前樣站沒有偵測到，其餘的時間及樣站都有偵測到，而且氨氮也沒有在早春季節較高，如果有較高，是否有統計上的顯著。因此報告中的用詞需要更精準。</p>	<p>根據研究團隊過去已發表之文獻(Kuan, W. H. and Y. L. Chen (2014). "Land-use type of catchment varying nitrogen cycle in an endangered salmon inhabited stream." <u>Environmental Engineering and Management Journal</u> <b>13</b>(4): 971-978.)顯示，長期而言，未受人為活動干擾的樣站有“氨氮濃度於冬至早春季節較高”且據統計之顯著性，</p>

委員意見回覆表

		僅看一年的數據即判斷敘述是否正確，恐有疑義。
	8.p.3-11 第 8 段第 1 行：“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”。武陵地區哪一種岩石礦物含有氯鹽？	根據經濟部中央地質調查研究所資料顯示，武陵地區地層組成為厚層板岩夾砂岩與粉砂岩薄層，主要礦物成分為 mica mineral( biotote, chlorite, muscovite)，其中的 chlorite 即指以氯離子為組成分之礦物。
	9. p.3-11 第 8 段第 2 行：“武陵地區溪流中 109 下半年 10 月桃山西溪測站氯鹽濃度偏高為 5.99gm/L，……，其餘武陵地區溪流測站皆低於 2.0mg/L。” 為什麼？請解釋之。是否有可能是測量誤差或抽樣誤差。	根據物理棲地調查今年之衛星照片顯示，桃山北溪集水區崩塌地面積約占 9%，可能是桃山西溪測站氯離子濃度較高之原因，後續將持續觀察。
	10. p.3-12 (三)山溝及排水溝之水質監測 — 山溝與排水溝之硝酸鹽濃度及氯鹽皆高於七家灣溪其他測站，請解釋之。	山溝及排水溝相較於七家灣溪主溪流來說為支流，水流量本身較小，位於其上方的露營區雖有污水處理廠處理遊客之污水，但放流水依然流向山溝及排水溝。 山溝及排水溝最終會流入七家灣溪中，也因此較高濃度的氯鹽及硝酸鹽皆被七家灣溪較大水體稀釋，故在七家灣溪中濃度較低。
	11. p.3-12 倒數第 1 行：“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” — 哪一種岩石礦物中含金屬硫化物。另外，山溝與排水溝之硫酸鹽濃度低於七家灣溪其他測站，請解釋之。	Gypsum、thenardite、mirabilite、bloedite、epsomite、barite 等礦物含硫酸鹽，pyrite 則含硫化物。山溝排水溝之污染來源主要為露營區，顯示該區背景或農耕施肥硫分之來源較生活污水高。
	12. p.3-13 (四)8.1 公頃回收農用地之水質監測 — 第 2 段第 5 行：“監測結果顯示……，顯示 6 至 10 月份進行脫硝反應季節”。亞硝酸濃度	根據研究團隊過去已發表之文獻(Kuan, W. H. and Y. L. Chen (2014).

	<p>在 10 月份並無增加，無報告中所說”脫硝反應季節”。</p>	<p>"Land-use type of catchment varying nitrogen cycle in an endangered salmon inhabited stream." Environmental Engineering and Management Journal 13(4): 971-978.)顯示，長期而言，受人為活動干擾的樣站在夏季有”脫硝反應增強之情形”且據統計之顯著性，僅看一年的數據即判斷敘述是否正確，恐有疑義。</p>
	<p>13.p.3-13：請說明如何繪製圖 3-73，並解釋此圖。</p>	<p>以回收農地的時間作為斷點，分為回收前與回收後，利用 SPSS 繪製統計盒鬚圖，用以檢視回收前後溫度數據之差異性。</p>
	<p>14.p.3-13：勝光派出所測站在今年 10 月份有最高濃的硫酸鹽 71.18mg/L，以及南湖登山口測站在今年 6 月份有最高濃度的氯鹽 6.92mg/l，請解釋。是否有可能是測量誤差或抽樣誤差。</p>	<p>勝光派出所測站緊臨高麗菜園，使用之肥料含有硫酸鹽，由於硫酸根呈負價，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，故於測站的溪流中偵測出較高濃度之硫酸鹽。</p>
	<p>15.p.3-14(六)武佐野群山森林火災影響：”根據過去森林火災對水質影響之追蹤分析顯示，影響期約略是兩周的時間，109 年 6 月武佐野群山發生森林火災，……” — 此段說明須引用文獻。此外，圖 3-74 與圖 3-75 所呈現的水質測量時間是 109 年 10 月，離火災發生時間已經約 4 個月，如何能呈現火災對溪流水質的影響。</p>	<p>火災的影響主要是根據計畫團隊 105 年在此區域森林火災事件調查之密集監測經驗判斷之，惟今年定位進行密集監測，故修正報告敘述。</p>
	<p>16. p.3-14 倒數 6~1 行：從森林火災的角度而言，這些資料代表什麼意思，請說明之。另外，火災發生的時間、地點、面積、持續的時間、離測量地點的距離等皆會影響水質測量地點的水質，亦請說明。</p>	<p>火災使得有機物分解，造成總有機碳、濁度、濃度上升。</p>

<p>17.p.3-31 圖 3-4：水樣測站四、五、六號壩並無測量，請刪除。</p>	<p>遵照辦理。</p>
<p>《水棲昆蟲研究》</p>	
<p>1. p.4-5 倒數第 8~2：迴歸分析的結果只接近顯著(0.039)，而且只能解釋 y 變數變異的 51%，在沒有控制 x 變數的情況下，任何的 x 與 y 變數都會有相關，且顯著性決定於樣本數(n)的多寡。</p>	<p>謝謝委員意見。 此處敘述有提 2003 年至 2014 年，12 年的數據分析，樣本數為 12 年 (n=12)</p>
<p>2.p.4-5 倒數第 4~2：”由過去研究發現洪流減弱，角石蛾科 Stenopsychidae (大體型物種)會增加及黑管石蛾科 Uenoidae 回復採集的記錄，…….可作為極端洪流的生物指標。”如果以此標準絕大部分的水棲昆蟲皆可做為極端洪流的生物指標。沒有採集到這些物種並不代表這些物種不存在。</p>	<p>謝謝委員意見。我們過去嘗試訂定極端洪流的生物指標許沒有必要性。確實沒有採集到這些物種並不代表這些物種不存在。水棲昆蟲本身便可作為指標生物。</p>
<p>3.p.4-6 第四段：”探討颱風季前後影響鮭魚族群變化的相關因子為何？……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。……” — 颱風帶來的洪水影響溪流中所有的生物，包括藻類、水棲昆蟲、魚類等，颱風過後所有的生物重新拓殖，個體同時增加，造成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，其他非大型食餌水昆也會有相同的結果。導電度、pH、濁度及水溫又如何解釋颱風後鮭魚族群變動的因子。</p>	<p>謝謝委員意見。我們累積了近 20 年的數據，未來可以進一步探討分析。</p>
<p>4. p.4-6 第五段：”小型洪水”請定義之。颱風或暴雨所帶來的洪水或是森林火災是一種干擾，干擾對生態系統的影響決定於它發生的時機、強度、頻度。如何定義”小型洪水”？</p>	<p>將台灣於颱風季節因颱風或暴雨所帶來的洪水，定義”小型洪水”。</p>
<p>5.p.4-6 第五段：”長期效應為 4 年” — 拆壩效應與其他干擾(如洪水)的影響無法完全區分的情況下，此推論值得商榷。另外，請定義”長期效應”？</p>	<p>因應先前一號壩拆除工程之研究欲擬定該地區長期效應，因此根據研究結果定義為 4 年。</p>
<p>6. p.4-7 第三段：學名有誤，請修正之。</p>	<p>遵照辦理已修正。</p>
<p>7.p.4-7 第三段第 5~9 行：1. ”三種毛翅目水蟲的生活史類似” — 請引用文獻，以便支持你的論述，用”生活週期”代替”生活史”較為恰當。2. ”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，……” — 依據什麼判定這些時間的效應?此結果與”長期效應為 4 年”有矛盾。</p>	<p>1. 遵照辦理。 2. 因應先前研究欲擬定該地區長期效應，因此根據研究結果定義為 4 年。</p>

	<p>8.p.4-8 第一段第 1~4 行：請說明用何種分析方法。</p>	<p>利用逐步回歸分析方法</p>
	<p>9. p. 4-9 (一)研究地區：請簡單分別描述每一樣站河道型式、兩岸植被、底質組成、河寬、兩岸土地利用情形、與可能的污染來源。</p>	<p>p. 4-9 (一)研究地區：已簡單分別描述每一樣站植被生長狀況，及已寫明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。</p>
	<p>10.p.4-10 第一段第 2 行：“每一樣點取樣六次”是隨機嗎？還是採集特殊的棲地？</p>	<p>本研究以河道兩側及中央進行採樣 6 次。</p>
	<p>11.p.4-10 第二段第 2 行：“我們將體型大於 1 公分以上的那群定義為大型昆蟲食餌，……”。——因生物會生長，“體型大於 1 公分以上”是指老齡幼蟲嗎，請說明清楚。如果在樣本中這一類的昆蟲體型小於 1 公分，算不算是“大型昆蟲食餌”。</p>	<p>當初發表定義大型食餌是體長大於 1cm 以上，涵蓋四目八科，並非指齡期等。</p>
	<p>12. p.4-11 (2)快速生物評估法(RBP II) — 1. 以高山溪作為參考站恰當嗎？因為沒有相關的底質與棲地類型資料，請描述它作為參考站的理由。2. 這指標是人設定，棲地無損害(&gt;79%)、中度損害(29~72%)及嚴重損害(&lt;21%)，這樣的設定恰當嗎？“不確定區間”有必要存在嗎？它需要那些額外的物理化學資訊，才能確定？ 3. 如何計算 RBP II 請說明之。如果計算出來的結果大於 100%代表什麼意思？是參考站的棲地品質太差嗎？還是所選擇的參考站不恰當。 4. RBP II 一個綜合性的生物指標，由 8 個指標組合形成，請說明 8 個指標所代表的意涵。5. Hilsenhoff 生物指標如何得到。6. 請區分分類群豐度(taxa richness)與 EPT 與搖蚊豐度比例(ratio of EPT and Chironomidae abundances)的中文</p>	<p>由於當初調查並無前人設立，因此依現地情況挑選最接近原始狀態且不易受人為干擾之樣站作為參考測站。且有長期資料佐證可以高山溪樣站為參考站。生物指標都是副指標。提供一個參考，做更深入的水質物化。沒有特定那些因子，視當地情況。分類群豐度(taxa richness)，在採樣站所採獲的水棲昆蟲的分類群；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；樣本中刮食者與濾食性採食者個體數的比例(ratio of scrapers/fil. collectors)；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</p>

		<p>Chironomid abundances)；優勢科級分類群所佔的百分比 (percent contribution of dominant family)；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)；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；樣本中碎食者與全部個體數的比例(ratio of shredders and total)(Plafkin et al., 1989)</p>
	<p>13.p.4-12 (3)生物量 — 請引用相關文獻，以便支持你使用方法是恰當的。不恰當的方法得到的結果不可信。</p>	$B_i = \sum_j W_{ij} \times N_{ij}$ $W_{ij} = SW_{kp}$ <p>本研究係以武陵地區 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。</p>
	<p>14.p.4-12 (4)多元尺度分析：“以二度空間顯示各測點彼此間的關係。” — 請說明這兩度空間所代表的意涵。</p>	<p>軸 1 時間變異，軸 2 空間變異。只是要看年度變化。與環境因子有關的部分，不是原來目的，且要深入進行有相對應的統計分析。</p>
	<p>15.p.4-15 第三段第 6 行：“各站群聚結構大致約一年完成一個循環” — 這是季節效應？</p>	<p>時間變異是否有季節效應有待進一步分析。</p>
	<p>16.p.4-15 第三段倒數第 2 行：“2020 前半年 MDS 軸 1 的正向回移，後半年 MDS 軸 2 的相對應轉移量變化較少。” — 請解釋這種變化。</p>	<p>軸 2 為空間變異。</p>
	<p>17.p.4-17 第二段第 7 行：“我們大膽推論……” — 生物的演化在地球上自生物開始從來沒有停止。在今年 4 月份的高峰只有在 9</p>	<p>謝謝委員意見。</p>

委員意見回覆表

	個樣站中的 3 個樣站，檢視表 4-2 主要增加豐度的分類群為 Rhithrogena ampla，這物種為扁蜉蟬，蜉蟬俗稱 mayfly (五月的蒼蠅)，用來形容這物種在春夏之間大量發生。所以在這段時間採得大量的蜉蟬稚蟲是合理的。	
	18.p.4-18 第一段倒數第 4 行：“有些為 r 和 K 型混合” — 在生活史策略中有 r 型和 K 型，它們分別位於軸的兩端，所有的生物界於這兩端之間，也就是 r 型和 K 型的生活史策略是相對的，沒有所謂的” r 和 K 型混合”。	謝謝委員意見。寫法教科普化。r 和 K 型混合指的是有些物種同時具備 r 型和 K 型生活史策略。
	19.p.4-18 (三)棲地評比：颱風引起的洪水影響 RBP II 的數值，因而推論棲地劣化，可是實際上棲地發生了什麼變化並無說明，能否參照物理棲地調查結果作進一步說明。又”棲地劣化幅度小”、”棲地劣化幅度大”、及”棲地中度損害”是指棲地發生了什麼改變？應敘明棲地有何變化。	謝謝委員意見。未來若棲地有劣化情形會再進一步說明可能造成之原因。
	20. p.4-19 (四)一號壩壩體改善部分拆除工程的影響：第二段 — 其實影響大型食餌密度最主要的是 Rhithrogena ampla，由它的生態習性可以知道為何繁殖場測站大型食餌密度最高。	謝謝委員意見。未來有機會會進一步探討。
	21.請不要被指標(如多樣性指標、RBP II、水昆大型食餌等)迷惑，表 4-1~4 才是最可貴的資料，它們可以告訴我們許多的故事，但是我們必須了解這些生物的生態習性及相關的生態理論，才能合理的解釋指標所代表的意義。	謝謝委員意見。
	《生態資料庫更新與維運》	
	1.請定義什麼是一筆資料？	以各研究團隊提供之資料檔案做計算，一列即為一筆。生物資料以每個地點每一次調查所記錄到的一種物種或分類群為一筆資料。
	2.如何評斷資料的品質？	資料品質主要在於符合使用，並包括正確性、完整性與一致性等。
	3.物種鑑定是否正確？	物種鑑定資訊為各專業研究團隊所提供，資料庫團隊僅能依據台灣物種名錄確認學名是否拼寫正確，無法判斷鑑定的正確與否。
楊正雄 委員	《計畫資料整合》	
	1.需修改與確認處：(1)第一章缺乏參考文獻或是可以本報告合列一份參考文獻，方便索引對	遵照辦理。

	<p>照，內文敘述引用列入網頁，則應於文獻中指明網址，寫法上單名或全名(林等 2000，或林幸助等，2000)也請一致。(2)學名應斜體。(3)「迴」游或「洄」游，應採用一致詞語。</p>	
	<p>2.目前計畫中實際監測的項目包含七家灣溪與有勝溪(羅葉尾溪)的物理棲地、水質及水棲昆蟲三個部分，並為固定測站形式調查。由於有勝溪(羅葉尾溪)目前多年監測的族群數量也有接近 2000 尾左右，且族群更新十分穩定，可視為是櫻花鉤吻鮭另外一個核心族群，仍建議管理處與研究團隊在計畫資源分配可再重新安排，加重於此地區的研究。另由於此地鮭魚分布仍受限在上游河段為主。未來如果仍有預計持續進行計畫，建議管理處可提供此地鮭魚歷年普查資料，確認其分布下限所在地，讓三個環境因子團隊在該地區附近新設測站或是作為臨時測站，取得探討目前所討論環境參數是否為其分布限制因子等，作為管理經營的基礎資料。建議可將鮭魚過往分布資料也納入比較的基礎。</p>	<p>因本計畫沒有鮭魚普查數量，建議後續計畫請管理處提供資料後進行彙整。</p>
	<p>《水文物理棲地調查及崩塌地監測》</p>	
	<p>1.參考文獻請再清查與修正：(1)Moody(1994)論文為錯誤引用。(2)賴建盛(1996)對棲地分類四類是指深潭、淺瀨、緩流及梯狀潭 (step-pool)，也並未引入 Fr 數作為分類基礎，與 P2-6 中以 Fr 數分類 4 種棲地略有不同。(3)林穎志等(2011)文獻未列出。</p>	<p>(1)已刪除；(2)物理棲地分類之文獻為林秉賢(2002)之筆誤；(3)已補充。</p>
	<p>2.不少文獻都指出非接觸流速儀器適用在流況紊亂且流速過大的高流量(&gt;1000cms)情境，對照目前水利系統使用狀況，在主流河川比較常用 SUV 進行表面流速測定，小溪流或小流量仍以接觸型流速計進行。由於本項工作為持續監測性質工作，在方法上建議應先進行兩種方式的比較並取得此地的流速比參數再作為標準方法進行為佳。</p>	<p>感謝指導，考量武陵地區樣區水深因素，一般流速計不易獲得數據，故以 SUV 行之。後續研究將呈現比較結果。</p>
	<p>3.請在研究方法中定義與說明「加權粒徑」。</p>	<p>各類底質之代表粒徑分別乘以所占面積比例後予以累加，則可獲得各樣區之加權粒徑；相關說明已補充於文中。</p>
	<p>4.圖 2-60 中的小型礫石(<math>d &gt; 25.6\text{cm}</math>)比率部分測站(如一號壩下游)在年間有劇烈變動，但與月降雨量數值似乎並未完全呈現正比，因以往研究提到小型礫石(<math>d &gt; 25.6\text{cm}</math>)比例是櫻花鉤吻鮭族群穩定的指標，是否可能釐清影響其比例的原因為何？如何能保持比例不趨於下降？</p>	<p>河道輸砂造成底質變化常受泥砂輸入、流量、局部河道地形及水砂互動等因素而複雜牽動，故數據變化無法由單一因子解釋。</p>

	<p>5.棲地監測時間已累積多年資料，由於棲地變動除了整年豐枯季節間的變化外，歷年因洪水變動的狀況也需要關注，建議將目前「縱斷面坡降」、「固定測站縱向高程剖面」及「固定測站棲地類型」的結果也以整年平均的方式(或是以重大洪水事件作為比較斷點)來進行呈現，應可更容易釐清固定測站縱橫斷面的穩定狀況。特別是目前有勝溪部分資料的呈現，應可作為未來拆壩評估時提供「河道沖淤」及「邊坡穩定」的基本調查資料。</p>	<p>感謝指導，將於後續計畫考量其操作可行性。</p>
	<p>6.高山溪殘材移除及壩體改善處理建議「先拆除左翼牆之壩體」的考量為何？因已建議以履帶式挖土機等工程手段進行的話，在極小化河道棲地衝擊時間的考量下，會建議一併拆除壩體左右翼牆。另有鑑於高山溪的調查顯示高山溪四號壩雖無高落差，但亦是鮭魚上溯障礙，建議也將高山溪其他殘壩壩體都納入改善考量。</p>	<p>3 號壩已無壩體現為殘材壩、4 號壩上游數百公尺即瀑布故拆除後功能不大，考量河道條件極可能影響，建議管理處會勘後可再決定。</p>
<p>《水質監測》</p>		
	<p>1.本項水質監測工作已有 10 年時間，這期間已經累積固定測站許多資料，以及釐清此區域水質相關問題，由於武陵地區中大多數櫻花鉤吻鮭所在區域都已被劃為「七家灣溪重要濕地」，其法令歸屬專注於水質監測與改善，建議可透過保育利用計畫中對於水質的規範來達到管制目前區域內各單位(武陵農場、富野及山莊等)排放水的水質。對照目前該公告保育利用計畫所引用水質資料與方案(表 3-3)似乎有不合時宜及更新之必要，建議本計畫將目前水質研究成果彙整後，並參考歐盟或其他地點的水質要求基準，針對表 3-3 的項目更新提出必要的項目及其建議數值(例如：目前各季水溫建議是否有必要呈現、硝酸鹽氮的數值是否需要修改，以及亞硝酸鹽氮是否可提出建議數值，或其他本項工作有監測項目也有必要納入在標準項目的部分等)，再經提供給濕地主管機關(內政部/城鄉分署)進行修訂及落實管理。</p>	<p>修正七家灣溪濕地水質標準，明年評估進行修正建議。</p>
	<p>2.水質檢測項目的氯鹽(Cl<sup>-</sup>)，在文獻中有提到「冷水性鮭鱒魚類對氯極為敏感，中若含有冷水性鮭鱒魚類對氯極為敏感，文獻中提到冷水性鮭鱒魚類對氯極為敏感，水體中高於 0.3 mg/L 和 0.25 mg/L 濃度對特定種類的成魚和幼魚有致死影響，但本項工作長期監測顯示七家灣溪長期都在 2mg/L 以下，但有時會高到接近 6mg/L，有勝溪則在 2.98mg/L 左右。這樣的數值明顯應該會對魚類(鮭魚)造成影響才是，因為</p>	<p>氯離子和自由氯在化學上是不一樣特性，文獻回顧指的是自由氯，水質調查是氯離子，已修正相關論述。</p>

	<p>文獻與實測數值有 10 倍的差距，其數值是否有可能誤植或是有其他原因需要說明？</p>	
	<p>3.硫酸鹽(硫酸根)的部分，報告中 P3-11 提到「硫酸鹽在各溪流的濃度均高於其它營養類，因此可推測水中導電度的來源可能為硫酸鹽。」請問武陵地區河川相對於其他地區河川的硫酸鹽是否本來就偏高？其可能原因為何？所列各項標準均未提及硫酸鹽數值，是否硫酸鹽或與衍生物等可能會對魚類或其他生物造成影響？因報告中監測武佐野群山森林火災後比較圖(圖 3-75，P3-70)顯示火災後的硫酸鹽類數值相對於基準值明顯偏高，其原因與救災本身是否有關？及是否對生物有潛在的威脅或影響？</p>	<p>硫酸鹽有可能是當地地質特性所產生或是因為是農業肥料的成分之一，因此在觀魚台或是山溝排水溝硫酸鹽濃度會比上游桃山西溪高，但本質上桃山西溪也是硫酸鹽比較高，目前未查到硫酸鹽對生物潛在威脅或影響之相關文獻。</p>
	<p>4.文獻請補列上「七家灣溪重要濕地(國家級)保育利用計畫」。</p>	<p>遵照辦理。</p>
<p>《水棲昆蟲研究》</p>		
	<p>1.請說明採集方法中「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，每一樣點取樣六次。…(略)…並將單一樣點六次樣本之分類群數量合併計算…(略)」的敘述內，請確認「是否在各樣站 50 公尺範圍內取樣六次後合併為一個樣站單一次數的調查結果？」並請說明採集需 6 次的原因為何？稍微搜尋文獻，其他水棲昆蟲調查方法有 1~8 次的差異，是否可以說明採集次數差異的決定原因為何？以及這樣的差異性是否會呈現在結果上？如果水棲昆蟲歷年調查成果中有些數量指標(例如大型食餌指標建議數量值)會與此努力量有關的話，建議也應呈現在對應指標的呈現上。</p>	<p>樣本數越多越好，以統計上 N&gt;3，因此採 6 樣本。但會換算成單位面積的密度，所以沒有努力量之問題。為使得分析結果具有足夠的代表性，因此設計於河道兩側及中央各採兩個樣本。已於報告書修改補充說明。</p>
	<p>2.「以大型食餌數量高於「1000 昆蟲(個體數/平方公尺)」及「水棲昆蟲 EPT%大於 75%來」此項結論為之前一號壩拆除評估的重要成果，在本項工作中歷年報告都有提到，在引用上應該以原始出處或最早提出的報告書為準，而非僅引述前一年報告書。</p>	<p>謝謝委員意見。後續在報告書的引用上會再修正。</p>
	<p>3.詢問：大型食餌所列 4 目 8 科 19 分類群物種(P4-10)，是否其各別生活史都已瞭解，可達到體型大於 1 公分的時間不知道需要多久？此點是想說如果有有相關資料的話，或許可以協助釐清，一號壩拆除後大型食餌數量恢復到 1000 昆蟲(個體數/平方公尺)的時間區間為何需要 4 年。</p>	<p>謝謝委員意見。生活史的部分須查詢是否有相關研究。4 目 8 科 19 種大型食餌之問題，我們做的是群聚的問題，而不是個體生態學</p>

		或族群生態學之問題，因此是整合來看。
	《生態資料庫更新與維運》	
	1.物種紀錄資料使用最新 TaiCOL 名錄，請問如何解決 TaiCOL 名錄會因修訂或分類整理所導致的更新問題？或是有些類群(例如水棲昆蟲)分類上僅能到科屬等分類群，是否有發生名稱無法對應的問題？	使用 TaiCOL 名錄更新的部分僅在科以上的階層，因此僅會影響科以上的階層物種統計，物種之分類鑑定使用學名仍是尊重研究團隊，沒有名稱無法對應的問題。
	2.請問時間(Date-Time)類型欄位中所提需有精度(precision)欄位，所謂精度是指什麼？如何記載？	時間精度指紀錄資料的最小單位，例如精度表示為秒或毫秒等。
	3.武陵長期監測計畫成果都已有網站呈現資料，但資料公開的形式，例如在 GBIF 中發佈仍是未來趨勢，認同本工作項目建議，並建議管理處可自行推動或是委請中研院協助以 publisher 身份逐步將自身研究成果朝向資料公開形式提供其他可能的運用。資料庫的應用可以視為是管理處本身的貢獻之一，其他人使用這些資料的成果也可以作為更廣泛經營管理應用的參考。	感謝委員肯定。
黃奕絲 技士	1.新聞稿的資料是用火災事件，因火災發生地點在區外，建議還是以計畫整體性之研究成果進行撰寫。	遵照辦理，已另撰寫司界蘭溪放流點調查成果之新聞稿。
	2.請問水棲昆蟲長期監測指標與長期效應指標之差異為何？但因考量每個溪流環境的物理棲地條件不同，且老師簡報有提出或許可以依各溪流訂出水棲昆蟲的數量，會更適合，例如可以知道羅葉尾溪水蟲量低於多少會是警戒值？	謝謝委員意見。以長期監測指標監測各溪流是否能提供穩定的水蟲資源；長期效應指標為因應一號壩拆除工程之研究欲擬定該地區長期效應，因此根據研究結果定義為4年。未來將進一步依各溪流訂出水棲昆蟲的監測數量。
	3.因本報告書是彙集四個團隊的資料，整合編排上出現誤植或錯字的部分，建議再檢視修正。	遵照辦理。
于淑芬 課長	1.今年有做司界蘭溪底質的調查，因只看到今年的調查資料，今年會去司界蘭溪調查是因為經武陵站評估該區域這幾年兩座壩體崩塌，因此環境有改變下才會進行放流，是否可以將過往司界蘭溪調查資料和今年做比較？	確認司界蘭溪調查樣點位置後，將於後期研究整理對照。請詳見4-22水蟲已有比較，待明年年初司界蘭溪調查資料出來便可依再進一步比較。

委員意見回覆表

	2.崩塌地的部分，只有顯示大甲溪上游桃山西溪2020年10月的衛星照片資料，是否可以比較之前的資料，以了解崩塌有沒有再擴大。	遵照辦理，已針對其他研究之103年崩塌地成果進行補充說明。
	3.高山溪殘材壩會勘是否需要邀請水保局？	水保局訂定土石流潛勢溪流，基於防災管理權，建議邀請水保局會勘。
	4.氯鹽為何會偏高？	根據物理棲地調查今年之衛星照片顯示，桃山北溪集水區崩塌地面積約占9%，可能是桃山西溪測站氯離子濃度較高之原因，後續將持續觀察。
	5.火災之影響建議須改寫，因採樣時間為10月，可能需要修改描述或甚至刪除此段會比較適當。	已修正相關論述。
	6.中大食餌的問題，今年和去年鮭魚數量都超過1萬尾，且今年比去年的數量還多，報告提及今年中大型食餌也變多，但雖然整體鮭魚數量變多，但羅葉尾溪的數量是變少，羅葉尾溪中大型食餌也是變少的，是因為什麼原因？	羅葉尾溪水蟲數量和桃山西溪比較相似，當初放流時建議鮭魚承載量是500尾。
潘振彰 技正	1.探討水質研究中，主要著重在人為活動如農業活動、遊憩行為，但是老師已累積很多年的資料，如果可以再將季節變化、各年度變化趨勢進行分析，亦即可以將氣候變遷納入長期監測中及後續探討之範疇。	感謝委員建議。
陳俊山 秘書	1.本案是長期監測，在有限的經費、人力、時間規劃重要指標進行，主要目的是發現異狀問題，而如有問題發生再由管理處依輕重緩急列入往後年度研究。爰如有顯而易見的問題原因，再請各計畫子題負責老師補充說明，而如尚無法推論而屬重要危害問題，則請保育課列入未來研究計畫。	遵照辦理。