

# 武陵地區長期生態監測暨生態模式 建立-水質參數研究

內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告

中華民國九十四年十二月



PG9405-0372

094301020500G1001

# 武陵地區長期生態監測暨生態模式 建立-水質參數研究

受委託者：明志科技大學

研究主持人：官文惠

研究人員：呂佩珊、江美貞

內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告

中華民國九十四年十二月



## 目次

表次	III
圖次	V
摘要	VII
第一章 緒論	1
第一節 研究源起與背景	1
第二節 研究目的與內容	6
第三節 文獻回顧	7
第二章 研究方法	19
第一節 研究流程	19
第二節 研究方法	21
第三章 結果與討論	33
第一節 結論	33
第二節 建議	63
第四章 參考書目	65
附錄一	69



## 表次

表 1-1 RPI 點數表	8
表 1-2 WQI8 之水質點數計算式	10
表 1-3 WQI8 之各水質參數之權數值	11
表 1-4 WQI8 水質分類等級表	11
表 1-5 WQI5 之各水質參數之權數值	12
表 1-6 WQI5 水質分類等級表	13
表 1-7 陸域地面水體（河川、湖泊）基準值	14
表 2-1 採樣地點地理座標	21
表 2-2 水體樣品保存	26
表 2-3 溶解態樣品實驗分析方法	27
表 3-1 肥料要素含量	42
表 3-2 景美溪實驗數據	42
表 3-3 世界河川平均所含可溶性物質含量	42
表 3-4 94 年 2 月水質分析數據	50
表 3-5 94 年 4 月水質分析數據	51
表 3-6 94 年 6 月水質分析數據	52
表 3-7 94 年 8 月水質分析數據	53
表 3-8 94 年 10 月水質分析數據	54
表 3-9 94 年 4 月底泥態分析數據	55
表 3-10 94 年 6 月底泥態分析數據	55
表 3-11 94 年 8 月底泥態分析數據	56
表 3-12 94 年 10 月底泥態分析數據	56
表 3-13 94 年 6 月懸浮顆粒固體分析數據	57

表次



## 圖次

圖 1-1 雪霸國家公園	3
圖 1-2 武陵農場農地分佈	4
圖 1-3 污染長度計算圖例	15
圖 2-1 流程圖	20
圖 2-2 採樣地點位置圖	22
圖 2-3 手壓式泵浦	25
圖 3-1 武陵地區溪流 pH 值變化	33
圖 3-2 武陵地區溪流導電度值變化	34
圖 3-3 武陵地區溪流溶氧值變化	35
圖 3-4 武陵地區溪流濁度值變化	36
圖 3-5 武陵地區溪流 $\text{SiO}_2$ 值變化	37
圖 3-6 武陵地區溪流 BOD 值變化	38
圖 3-7 武陵地區溪流 $\text{NO}_3\text{-N}$ 值變化	39
圖 3-8 武陵地區溪流 $\text{NO}_2\text{-N}$ 值變化	40
圖 3-9 武陵地區溪流 $\text{SO}_4^{2-}$ 值變化	41
圖 3-10 武陵地區溪流 $\text{Cl}^-$ 值變化	43
圖 3-11 武陵地區溪流 $\text{PO}_4^{3-}$ 值變化	44
圖 3-12 武陵地區溪流 TP 值變化	44
圖 3-13 武陵地區溪流 $\text{NH}_3\text{-N}$ 值變化	45
圖 3-14 武陵地區溪流 TOC 值變化	45
圖 3-15 武陵地區底泥態磷值變化	47
圖 3-16 武陵地區底泥態氮值變化	47
圖 3-17 武陵地區底泥態硫值變化	48
圖 3-18 武陵地區底泥態碳值變化	48
圖 3-19 武陵地區懸浮顆粒磷值變化	49

圖次

圖 3-20	91-93 年各測站 WQI (含溶氧) 年平均值.....	60
圖 3-21	94 年各測站 WQI (含溶氧) 年平均值.....	60
圖 3-22	91-93 年各測站 WQI (無含溶氧) 年平均值.....	61
圖 3-23	94 年各測站 WQI (無含溶氧) 年平均值.....	61
圖 3-24	92 年度各測站之藻類指數取對數後與 WQI 水質指數迴歸分析圖.....	62

## 摘 要

關鍵詞：櫻花鉤吻鮭、七家灣溪、水質品質指標、非點源污染

### 一、研究緣起

武陵地區七家灣溪為國寶魚櫻花鉤吻鮭 (*Oncorhynchus masou formosanus*) 之主要棲息地，該水域生態系受水環境參數之影響甚巨，根據王氏 (2003) 對武陵地區土地利用型態調查之研究成果顯示，七家灣溪沿岸之農業行為與人為活動對水質具重大之影響。而營養鹽在水中之不同分佈型態，如溶解態、顆粒態，或底泥態，決定其對生物之毒性或被生物攝食之可能性，故針對不同型態之營養鹽進行採樣分析。

研究資料顯示 (于等,2003) 水中營養鹽之主要來源應是武陵地區周圍農地的肥料，而會造成營養鹽快速且大量進入水體之原因應為暴雨沖刷所造成之表面逕流。這些肥料施放在農地上時可藉由三種方式傳輸河川而造成污染：(1)以溶液/懸浮液，(2)附著於土壤顆粒，(3)以顆粒之方式。營養鹽以第一種方式傳輸的包括一些有機氮形式、溶解磷、碳、硝酸鹽氮及氨氮等；以第二種方式移動者包括氨氮與磷，氨氮與磷會吸附於土壤顆粒而被沖刷所傳輸；以第三種形式傳輸者主要為有機碳、磷及氮。

### 二、研究方法及過程

本研究擬以一年時間完成七家灣溪流流域水環境參數之調查分析，針對不同型態之營養鹽，包括溶解態、顆粒態，以及底泥態，分別進行採樣分析。

主要研究地點為武陵地區，其中包括桃山西溪、桃山北溪、高山溪、有勝溪、七家灣溪與司界蘭溪，以及週邊陸域生態環境。首先進行當地背景資料收集，實地調查七家灣溪相關水域的位址，針對七家灣溪生態、武陵地區土地利用型態做資料的收集，搭配實地現勘後確認七家灣溪採樣點，開始進行為期一年的採樣分析調查。

### 三、重要發現

- 1.將溶氧值副指標去除後將之重新計算，發現七家灣溪上游（桃山登山口、七家灣溪四號壩站、七家灣三號壩）WQI 值高於七家灣溪下流（污水廠）的 WQI 值，此結果顯示不考慮溶氧副指標更能真實呈現出七家灣溪流之水質狀況。
- 2.溪流含有高濃度的硫酸鹽與氯鹽，顯示可能有硫酸銨與硫酸鉀肥料經雨水逕流而帶入溪流中。
- 3.河床固體顆粒吸附大量的磷，有勝溪有最高的磷濃度。

### 四、主要建議事項

- 1.對溪流水質持續監測，避免不必要的人為活動影響櫻花鉤吻鮭的生存環境，以維持水域環境的完整性與原始性。
- 2.農地施肥應遵循標準用量，勿為加強蔬果的經濟效益而使用過多的肥料與農藥導致非點源污染。
- 3.建議利用集水區模式計算河川污染物的容許負荷量。

## ABSTRACT

The ecosystem of Chichiawan stream, the main habitat of the Formosan Salmon, is significantly influenced by the water quality. The agricultural activities over the basin of Chichiawan stream may impact the water quality and interfere the equilibrium of this water ecosystem. The toxicity of nutrients depends on its form of species and distribution in the stream water. Therefore, dissolved, particulate and sediment type of samples will be collected in this study to explore the transport and fate of nutrients in this stream. Available information indicated that the nutrients in Chichiawan stream are mainly from the fertilizer applied to the farms near the stream. The mechanisms of the nutrients brought into the stream are controlled by the surface run-off generated from the rainfall. The pollution loading from various utilization of land will be simulated and estimated by the non-point source model. Additionally, the water quality index (WQI), a prevalent water index for polluted stream, is not capable of displaying the correlation between the number of Formosan Salmon and the water quality. A new and convenient water index will be developed in this study to reflect the influence of water quality on the number of Formosan Salmon.

Keyword : Formosan Salmon, Chichiawan stream, water quality index, nonpoint pollution

## 第一章 緒論

### 第一節 研究緣起與背景

#### 1.1.1 研究緣起

武陵地區七家灣溪為國寶魚櫻花鉤吻鮭 (*Oncorhynchus masou formosanus*) 之主要棲息地，該水域生態系受水環境參數之影響甚巨，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。

根據王氏 (2003)<sup>1</sup>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重大之影響。而營養鹽在水中之不同分佈型態，如溶解態、顆粒態，或底泥態，決定其對生物之毒性或被生物攝食之可能性，故針對不同型態之營養鹽進行採樣分析。研究資料顯示 (于等,2003)<sup>2</sup>水中營養鹽之主要來源應是武陵地區周圍農地的肥料，而會造成營養鹽快速且大量進入水體之原因應為暴雨沖刷所造成之表面逕流。這些肥料施放在農地上時可藉由三種方式傳輸河川而造成污染：(1)以溶液/懸浮液，(2)附著於土壤顆粒，(3)以顆粒之方式。營養鹽以第一種方式傳輸的包括一些有機氮形式、溶解磷、碳、硝酸鹽氮及氨氮等；以第二種方式移動者包括氨氮與磷，氨氮與磷會吸附於土壤顆粒而被沖刷所傳輸；以第三種形式傳輸者主要為有機碳、磷及氮。

---

<sup>1</sup>王敏昭，七家灣溪沿岸土地各利用型態對溪流生態影響之研究，2003.12。

<sup>2</sup>于淑芬、林永發，武陵地區水質調查及環境監測，2003.12。

### 1.1.2 研究背景

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，涵括新竹縣五峰鄉、尖石鄉、苗栗縣泰安鄉、台中縣和平鄉，屬於高山型之國家公園（圖 1-1）。

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，並在下流匯入高山溪形成七家灣溪流域。水質方面，溪流含氧量高，溶氧量變化在 9 ppm 到 12 ppm 之間；酸鹼值 (pH) 在 6.5 至 9.0 之間呈弱鹼性，營養鹽含量低，除部份地區受農業活動稍有影響外，一般含量均低，整體來看，武陵地區水質尚稱良好。

七家灣溪全長約 15.3 公里，其上游多峽谷深潭地形使得溪流溫度維持低溫，河段棲地富變化且遮蔽性高使其成為櫻花鉤吻鮭適合生存之流域，中游河段的湧泉支流則是櫻花鉤吻鮭在豪雨時最佳的避難場所。

雪霸國家公園武陵遊憩區以櫻花鉤吻鮭生態保護區為著名的景點，為保育櫻花鉤吻鮭得以永續生存，雪霸國家公園管理處積極採取復育工作。櫻花鉤吻鮭之所以珍貴是在於其為冷水性的鮭鱒科魚類，冰河時期生活在台灣大甲溪流域，冰河時期結束後無法進入海洋迴遊，成為陸封型鮭魚而生活在於大甲溪上游 1500 公尺上游的高山溪流地區。這些溪流的坡度平緩，水溫維持攝氏 16°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，所以櫻花鉤吻鮭得以在此生存。

櫻花鉤吻鮭為冰河時期的孑遺生物，是台灣目前唯一倖存的寒帶生物，也是亞洲最南端的分佈地點，因而在學術上具有非常高之研究價值。櫻花鉤吻鮭在日據時代的分佈遍及整個大甲溪上游，包括合歡溪、南湖溪、司界蘭溪、七家灣溪及有勝溪等支流都曾是其棲息範圍，但自中橫公路開闢後，人為活動增加，非法電魚、毒魚等活動盛行，使得櫻花鉤吻鮭之數量急遽下降，

生存遭受嚴重威脅。因此中華民國政府於民國七十三年公告櫻花鉤吻鮭為珍貴稀有動物，希望藉此使這種國寶魚能在法律的保障下重新遍及整個大甲溪上游。

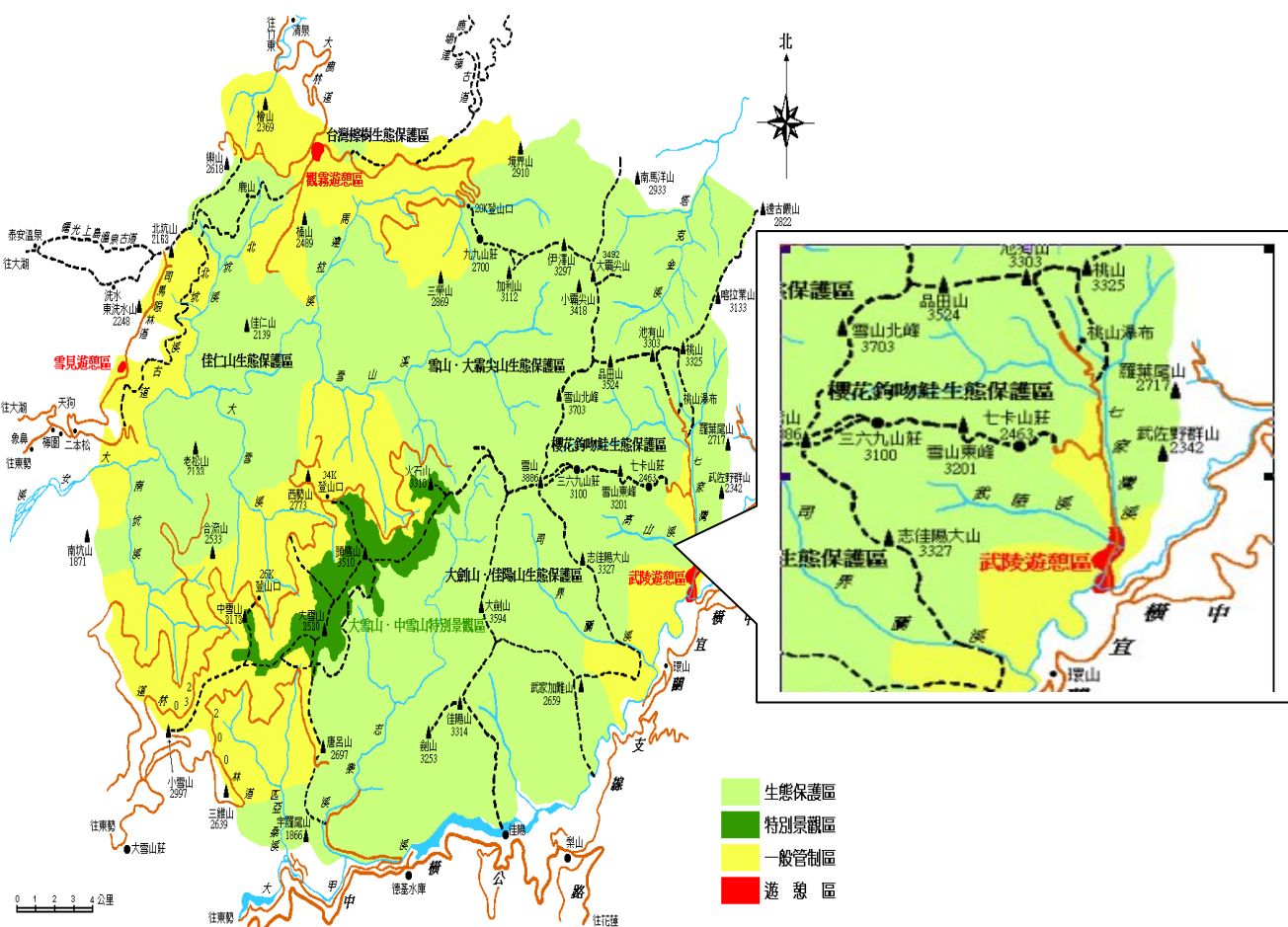


圖 1-1 雪霸國家公園

梨山自中橫公路通車後，遊客不斷湧入，帶動該地區繁榮，並開墾種植溫帶水果如蘋果、水蜜桃、梨、李等，帶動當地溫帶果樹栽培。沿途於佳陽、梨山、華岡、松茂、環山、苗圃、武陵等地區相繼栽培溫帶果樹。近年來，由於水果開放進口，以致水果價格低落，不敷成本支出，果園相繼廢耕改種茶樹、夏季高冷蔬菜（圖 1-2）。



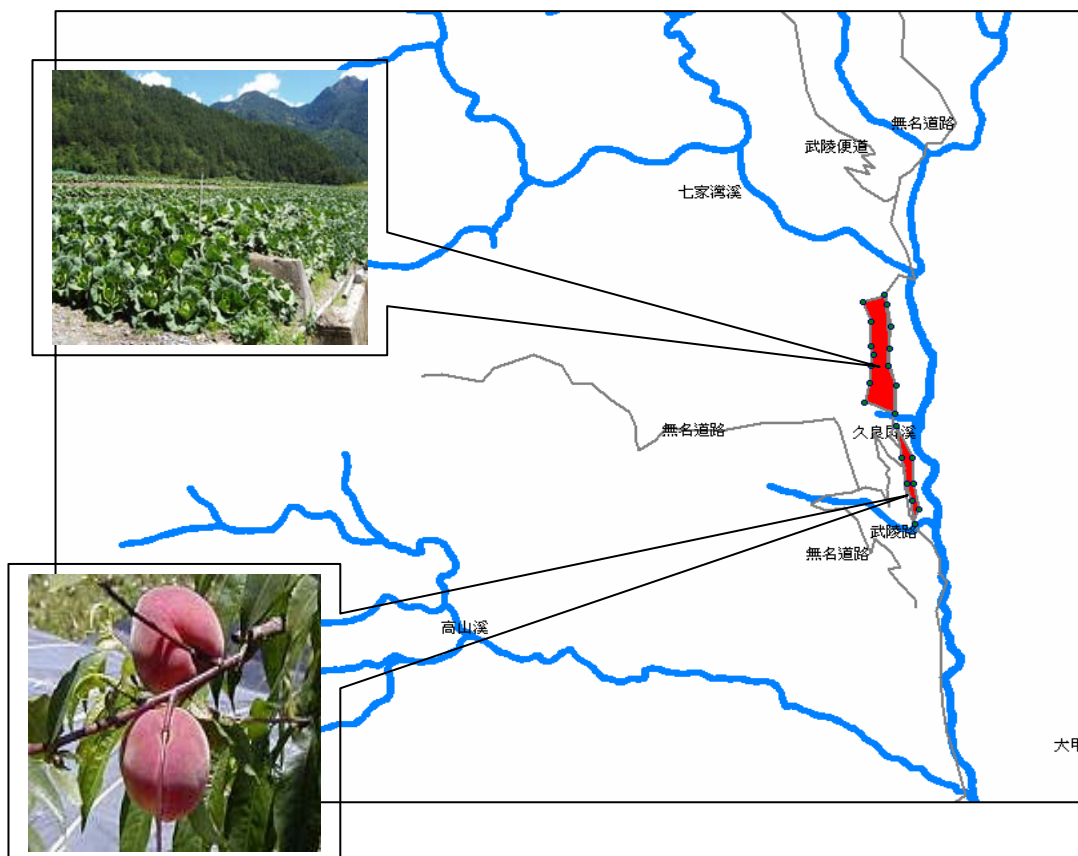


圖 1-2 武陵農場農地分佈

武陵農場為本省高冷夏季蔬菜及溫帶高經濟果樹主要產地，目前武陵地區的果園面積佔地約 30.2 公頃、蔬菜園區佔地約 24.55 公頃、茶園 3 公頃。武陵農場於 94 年 1 月 1 日開始實施國土復育計劃至 99 年 12 月 31 日止，已於 93 年停耕蔬菜地 17.33 公頃，在 94 年底也繼續將蔬菜地停耕 5.19 公頃，95 年則會將剩餘的 19.36 公頃蔬菜地全面停耕。果樹部分會於 96 年一次全面停耕 30.2 公頃果園，在同年度也將茶園 3 公頃一併停耕，終至全面停止農業經濟生產，並於 99 年底前逐年辦理植生造林。另外，武陵農場將保留茶園 3 公頃，果園 6 公頃，合計 9 公頃作為生態教學及品種觀察區以達教育之目的。

農場中高冷蔬菜主要種植的植物為甘藍與青蒜、菠菜為主。蔬菜園的種植模式為甘藍 → 甘藍 → 青蒜或菠菜，甘藍種植季節第一期作為四月開始至收成約為 85-90 天，第二期作為 7 月底 8 月初開始植種至 11 月採收。第一期作施用氮肥用量平均 1,622 公斤/公頃，磷肥 857 公斤/公頃，鉀肥 1,041 公斤/公頃，甘藍收穫量平均 67,263 公斤/公頃；第二期作氮肥平均用量 1,349 公斤/公頃，磷肥 687 公斤/公頃，鉀肥 887 公斤/公頃，甘藍收穫量平均 81,011

公斤/公頃。然甘藍施肥推薦用量氮素在夏作時使用量為 200-300 公斤/公頃，秋冬作使用量為 250-350 公斤/公頃，磷酐為 70-90 公斤/公頃，氧化鉀則是使用 120-180 公斤/公頃。均較甘藍推薦用量高出氮肥 4.16~6.5 倍，磷肥 9.5~12.2 倍，鉀肥 5.8~8.7 倍，顯示農民有超過量施用肥料的情形。（賴等,2004）<sup>3</sup>

甘藍收成後開始植種青蒜，青蒜栽培環境好冷涼，生長適溫為攝氏 18-20 度，土質環境適合在 pH5.6-6.0 間、富有機質、保水佳、排水良好的砂質壤土或粘質壤土。生長時期為 11 月至後 150 天，另外也會有農民選擇在 6 至 8 月期間種植菠菜。菠菜為淺根植物在收成後可以不用再整地，即可種植甘藍菜根系較深的作物，以利用土壤深層的養分。

果樹區主要種植水蜜桃、蘋果與梨。果樹種植施肥方面依樹齡的不同而有不同的施肥量，樹齡愈大肥料施用量愈多。水蜜桃三月開花採收季節為 6-8 月底，蘋果在 3 月開花因品種的不同採收期介於 8 月底-12 月，梨三月開花因品種的不同採收期介於 8 月初-12 月。

---

<sup>3</sup> 賴文龍等，梨山地區甘藍蔬菜園土壤與肥培管理之探討，(57)2004.05。

## 第二節 研究目的與內容

### 1.2.1 研究目的

七家灣溪為櫻花鉤吻鮭主要棲息地，該區的非點源污染會經由暴雨沖刷與入滲而流入河川水體，因而長期的對水質執行定期監測作業可提早發現溪水水質突發性異常狀況。

### 1.2.2 研究內容

本研究擬以一年時間完成七家灣溪流域水環境參數之調查分析，計畫目標如下所示：

針對不同型態之營養鹽，包括溶解態、顆粒態，以及底泥態，分別進行採樣分析，完成七家灣溪流域營養鹽宿命分析之研究。

### 第三節 文獻回顧

#### 1.3.1 水質指標

水質的優劣可用水質指標來評量，通常可分為傳統的物理性指標、化學性指標與生物性指標

##### 一、水力參數：

為水體流況的參數，包括了水位、流量、流速。

##### 二、一般參數：

即為一般性的水質參數，主要是表現出水體的基本物理與化學特性，一般包括了：外觀、溫度、濁度、色度、臭味、導電度、酸鹼值、溶氧、總懸浮固體、總溶解固體、透視度、二氧化碳、葉綠素。

##### 三、營養鹽類：

指水體中植物所需的營養鹽類有氨氮、亞硝酸鹽氮、硝酸鹽氮與有機氮，以及與磷酸鹽化合物等。

##### 四、有機物質：

水體有機物質的參數群，包括了生化需氧量、化學需氧量、總有機碳與腐植質。

##### 五、主要離子：

由水體中主要離子所組成，包括了陰陽離子、常見為鈉、鉀、鈣、鎂離子，碳酸根、碳酸氫根、氯、酸根離子。

##### 六、其他無機的參數：

一般包括了硫酸鹽、矽、氟、硼與氰化物。

##### 七、重金屬：

一般包括了銅、鋅、鉛、鎘、鉻、鎳、錳、銀、鐵、鋁、砷、硒、汞等。

##### 八、有機化學污染：

由人類活動所造成的或人造污染物，包括了農藥、清潔劑、與石油化學的產物。

##### 九、生物污染：

包括了大腸菌、病原體、優養生物。

### 1.3.1.1 河川污染指標 (river pollution index, RPI)

為目前環保署用來評估台灣河川污染程度的一個指標，此指標乃早期引自日本的河川污染分類法，也是一般大眾所常用來判斷河川是否遭受污染的一種簡易的計算方式，可藉由 RPI 點數在於 1 至 10 之間，來了解河川為未(稍)受污染、輕度污染、中度污染或是嚴重污染四種等級 (表 1-1)。本指標選用溶氧量、生化需氧量、懸浮固體、氨氮等四項參數做為理化水質參數，其四項參數權重均為 0.25，計算方式如下：

$$RPI = 1/4 \sum_{i=1}^4 (Ni)$$

式中 RPI：河川污染指標數質。

i：水質項數， Ni：污染點數值。

表 1-1 RPI 點數表

項目\污染程度	未(稍)受污染	輕度污染	中度污染	嚴重污染
溶氧量	大於 6.5	4.6-6.5	2.0-4.5	小於 2.0
生化需氧量	小於 3.0	3.0-4.9	5.0-15.0	大於 15
懸浮固體	小於 20	20-49	50-100	大於 100
氨氮	小於 0.5	0.5-0.99	1.0-3.0	大於 3.0
點數	1	3	6	10
點數平均值 (RPI)	小於 2.0	2.0-3.0	3.1-6.0	大於 6.0

說明：

1. 單位為 mg/L
2. 表內之點數平均值各為溶氧量、生化需氧量、懸浮固體、氨氮點數平均值

### 1.3.1.2 水體品質指標 (water quality index , WQI 8)

1990 年溫清光教授參考國外水質指標制定經驗，選取 134 位專家並採用修正後之德爾菲技巧進行水質參數的調查，德爾菲方法是一種直覺預測技術。它是 1948 年由蘭德公司的研究人員首先發明的，以古希臘神話中可預卜未來的阿波羅神宙原址“德爾菲”(Delphi)命名。這種技術為預測未來而發展出一種透過群體溝通歷程的預測方法。最初是為軍事策略問題的預測而設計的，後來逐步為政府部門和工商業所採用，並擴展到教育、科技、傳輸、開發研究、太空探測、住宅、預算和生活品質等領域。德爾菲方法採用函詢調查的形式，遵循的基本原則有：(1) 匿名原則(2) 循環往復原則(3) 控制反饋原則(4) 團體回答統計原則(5) 專家判斷(6) 書面文字表達原則最後，決定出選用溶氧、生化需氧量、pH 值、氨氮、總大腸菌數、濁度、總磷、導電度、等八項水質參數做為計算參數(表 1-2~1-4)，並訂定其加權數各分別為 0.22、0.18、0.16、0.13、0.12、0.09、0.06、0.04，其公式如下：

$$WQI = \frac{1}{10} \left[ \sum_{i=1}^n W_i q_i \right]^{1.5}$$

式中 WQI：WQI8 水質指標質，由 0 到 100。

$W_i$ ：第  $i$  個參數之權重。

$q_i$ ：第  $i$  個參數之水質點數，由 0 到 100。

$n$ ：水質參數總數， $n=8$ 。

其因考慮水質資料項目可能會有不足的現象發生，因此以下列公式修正指標權重：

$$W_i = \frac{1}{\sum_{j=1}^7 W_j} \times W_i$$

式中： $W_i$ ：該水質參數原有之權重。 $j$ ：1.2……7，即缺項水質參數不計算在內。

表 1-2 WQI 8 之水質點數計算式

水質參數	單位	點數 (qi)
溶氧	飽和度 (小數)	$0 < x < 0.7$ $-70.707x^3 + 195.96x^2 - 4.5707x$ $0.7 \leq x < 1.4$ $-416.67x^4 + 2041.7x^3 - 3858.3x^2 + 3243.3x - 910$
生化需氧量	mg/L	$0 < \text{BOD} \leq 5$ $0.6078 \times B^3 - 3.5651 \times B^2 - 9.6099 \times B + 100.59$ $5 < \text{BOD}$ $1123.6 / \left[ 1 + 99.9 \times \text{EXP}(0.2 \times B) \right]$
pH 值	-	$2 < \text{pH} \leq 5$ $3.3333 \times \text{PH}^2 - 15 \times \text{PH} + 16.667$ $5 < \text{pH} \leq 10$ $-12.562 \times \text{PH}^2 + 187.78 \times \text{PH} - 601.17$ $\text{pH} > 10$ $6.6667 \times \text{pH}^2 - 156.67 \times \text{pH} + 920$
氮氮	mg/L(as N)	$0 < N \leq 2$ $-19.335 \times N^3 + 81.327 \times N^2 - 118.85 \times N + 99.749$ $2 < N \leq 8$ $0.8271 \times N^2 - 14.106 \times N + 59.906$
大腸菌數	Log (MPN/100ml)	$1.13011 \times X^4 - 15.26941 \times X^3 + 66.60307 \times X^2 -$ $122.44465 \times X + 170.33508$
濁度	NTU	$9 \times 10^{-9} \times T^5 - 2.9447 \times 10^{-6} \times T^4 + 2.615965 \times 10^{-4} \times T^3$ $+ 6.5787311 \times 10^{-3} \times T^2 - 2.1631990403 \times T +$ $99.4859390033$
總磷	mg/L(as P)	$0 < P < 0.4$ $29.9 + 3.8147 / (P + 0.054)$ $0.4 \leq P \leq 3$ $6.592 \times P^2 - 36.417 \times P + 49.906$
導電度	$\mu$ mho/cm	$101.7 / \left[ 1 + 0.0062 \times \text{EXP}(8.32 \times 10^{-3} \times C) \right]$

(行政院環境保護署訓練所，水污染防治概論講習班講義，2005.01)

表 1-3 WQI 8 之各水質參數之權數值

水質參數	中間評點	最終權數	修正權數 a	修正權數 b	修正權數 c
溶數	5	0.22	0.25	0.23	0.27
生化需氧量	4.1	0.18	0.2	0.19	0.22
PH 值	3.6	0.16	0.18	0.17	0.19
氨氮	2.9	0.13	0.14	0.13	0.15
總大腸菌數	2.7	0.12	-	0.13	-
濁度	2.1	0.09	0.11	0.1	0.11
總磷	1.4	0.06	0.07	-	-
導電度	1	0.04	0.05	0.05	0.55
合計	22.8	1	1	1	1

a：為缺總大腸菌數項之修正權數

b：為缺總磷項之修正權數

c：為缺總大腸菌數項與總磷兩項之修正權數

表 1-4 WQI 8 水質分類等級表

水質指標值	河川水體分類	水體用途說明
86-100	甲類	水質優良，適合游泳、一級公共用水及以下各類用途
71-85	乙類	水質良好，適合二級公共用水、一級水產用水及以下各類用途
51-70	丙類	水質尚可，適合三級公共用水、二級水產用水一級工業用水及以下各類用途
31-50	丁類	水質屬中下等，僅適合灌溉用水、二級工業用水及戊類用水
16-30	戊類	水質不良，為環境保育最低標準
0-15	超戊類	水質惡劣，可能發生臭味



依據 地面水體分類及水質標準為下：

- 一、一級公共用水：指經消毒處理即可供公共給水之水源。
- 二、二級公共用水：指需經混凝、沈澱、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、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。
- 四、一級水產用水：在陸域地面水體，指可供鱒魚、香魚及鱸魚培養用水之水源；在海域水體，指可供嘉臘魚及紫菜類培養用水之水源。
- 五、二級水產用水：在陸域地面水體，指可供鱧魚、草魚及貝類培養用水之水源；在海域水體，指虱目魚、烏魚及龍鬚菜培養用水之水源。
- 六、一級工業用水：指可供製造用水之水源。
- 七、二級工業用水：指可供冷卻用水之水源。

### 1.3.1.3 水體品質指標（water quality index ，WQI 5）

WQI5 考慮被廣泛接受與應用，在選擇水質參數項目時，參考水質監測單位經常分析之水質項目，以問卷方式選取水質參數，選取溶氧、生化需氧量、懸浮固體、氨氮、導電度等五項水質參數。水質參數與 RPI 相似，在使用上較為簡易，推廣容易。水質參數權重採用 WQI8 缺項參數修正公式計算，其修正後權數如下（表 1-5），依其水質指標值可予以分類（表 1-6）。

表 1-5 WQI 5 之各水質參數之權數值

水質參數	中間評點	最終權數
溶數	5	0.33
生化需氧量	4.1	0.27
氨氮	2.9	0.19
濁度	2.1	0.14
導電度	1	0.07
合計	15.1	1

WQI5 的水質點數計算方式和 WQI8 相同：

$$WQI = \frac{1}{10} \left[ \sum_{i=1}^n W_i q_i \right]^{1.5}$$

WQI：WQI5 水質指標質，由 0 到 100。

W<sub>i</sub>：第 i 個參數之權重。

q<sub>i</sub>：第 i 個參數之水質點數，由 0 到 100。

n：水質參數總數，n=5。

表 1-6 WQI 5 水質分類等級表

水質指標值	河川水體分類	水體等級
91-100	甲類	優
71-90	乙類	良好
51-70	丙類	中等
31-50	丁類	中下等
16-30	戊類	不良
<15	—	惡劣

#### 1.3.1.4 河川一般水質達成率

依各類水體分別進行下列計算，以求得一般水質達成率（表 1-7）。

DO 合格率（%）=（DO 達成水質標準之次數/DO 有效監測之總次數）×100%

BOD<sub>5</sub> 合格率（%）=（BOD<sub>5</sub> 達成水質標準之次數/ BOD<sub>5</sub> 有效監測之總次數）×100%

SS 合格率（%）=（SS 達成水質標準之次數/ SS 有效監測之總次數）×100%

NH<sub>3</sub>-N 合格率（%）=（NH<sub>3</sub>-N 達成水質標準之次數/ NH<sub>3</sub>-N 有效監測之總次數）×100%

四項全達成率（%）= 四項指標皆達到水質標準之次數/四項指標有效監測之總次數）×100%

表 1-7 陸域地面水體（河川、湖泊）基準值

分級	基準值						
	氫離子 濃度指 數 (pH)	溶氧量 (DO) (mg/l)	生化需氧 量 (BOD) (mg/l)	懸浮固 體 (SS) (mg/l)	大腸桿菌群 (CFU/100ml)	氨氮 (NH <sub>3</sub> -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	5000 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	10000 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	-	-	-

（行政院環保署，水污染防治法規）

### 1.3.1.5 污染長度分析

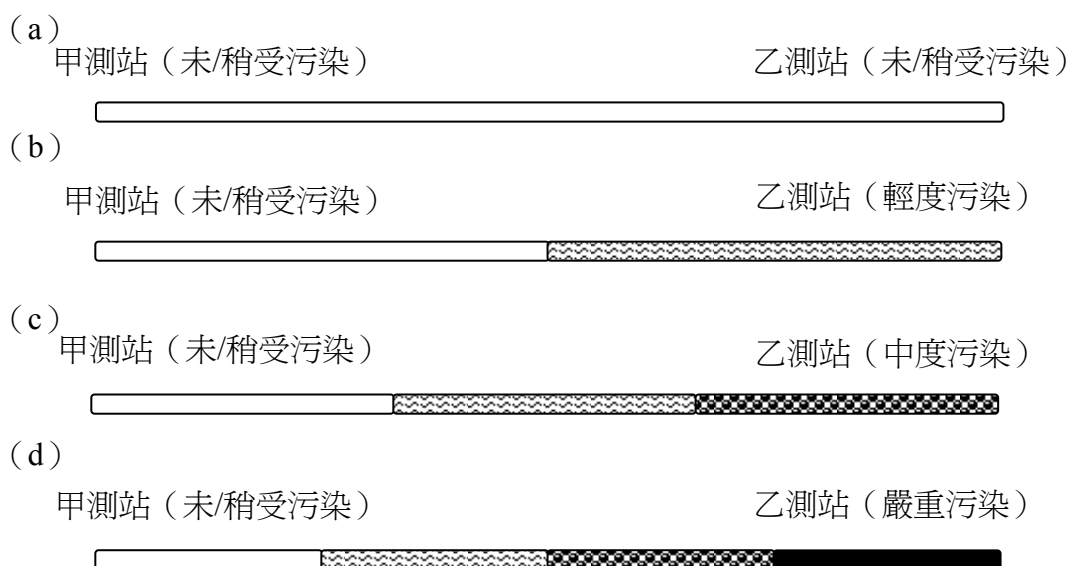
污染長度分析是以污染程度與污染長度做計算，污染程度以河川污染指標 (RPI) 的溶氧 (DO)、生化需氧量 (BOD<sub>5</sub>)、懸浮固體 (SS)、氨氮 (NH<sub>3</sub>-N) 等四項水質項目與 (表 1-1) 之濃度範圍比較而得各 RPI 單項點數，再將四項點數加總平均，所得之污染指標積分值即可判定其污染程度。

污染長度計算原則是以前測站間污染程度等級變化平均分配計算。

河川污染指標的計算方式及圖示詳圖說明如下：

- (1) 測站甲水質之 RPI 計算結果若為未 (稍) 受污染，該測站之下游測站若同樣為未 (稍) 受污染，則甲、乙監測河段屬於未 (稍) 受污染，如圖 1-3 (a) 所示。
- (2) 測站甲水質之 RPI 計算結果若為未 (稍) 受污染，該測站之下游測站若為輕度污染，則甲、乙監測間之河段一半長度屬於未 (稍) 受污染、另一半長度屬於輕度污染。如圖 1-3 (b) 所示。
- (3) 測站甲水質之 RPI 計算結果若為未 (稍) 受污染，該測站之下游測站若為中度污染，則甲、乙監測間之河段三分之一長度屬於未 (稍) 受污染、三分之一長度屬於輕度污染、三分之一長度屬於中度污染。如圖 1-3 (c) 所示。

- (4)測站甲水質之 RPI 計算結果若為未(稍)受污染,該測站之下游測站若為嚴重污染,則甲、乙監測間之河段四分之一長度屬於未(稍)受污染、四分之一長度屬於輕度污染、四分之一長度屬於中度污染、四分之一長度屬於嚴重污染。如圖 1-3 (d) 所示。
- (5)測站甲之水質 RPI 計算結果若為未(稍)受污染且屬於該河川之最上(下)游處,該測站之上(下)游河段屬於未(稍)受污染。
- (6)若測站甲無監測資料,測站甲所在之河段污染程度則依據上、下游之測站結果統計。
- (7)若一河川之所有測站均無監測資料,該河川不列入污染長度統計。



註：圖例說明





-  表示為未/稍受污染
-  表示為輕度污染
-  表示為中度污染
-  表示為嚴重污染

圖 1-3 污染長度計算圖例  
(行政院環保署, 環保署九十二年年報)

### 1.3.2 非點源污染

水體污染來源分為點源污染與非點源污染，點源污染是指污染物由可確認的地點流入水體中，如工廠和廢水處理廠的排水管線、下水道、排水溝等。非點源污染則是指環境中的污染物，並非由單一可確認的地點流入水體所導致的污染，如都市地表逕流，農地地表逕流或類似方式所排放者稱之，或者是大氣中的沉降物、都市下水道暴漲的逕流，及來自農、礦、營建業等活動的逕流所造成的污染。非點源污染的特性為散佈、間歇性發生，其影響因素包括土地利用、氣候、水文、地形、原生植被及地質等，過程十分複雜。不管是農地、遊憩區、施工工地、都市、工廠及工業區，均會因下雨而沖刷出各種污染物、泥砂及營養鹽，常見的都市非點源包括街道及工廠空地的逕流、雨水沖刷花園植物的殺蟲劑、街道及道路施工等，鄉村的非點源污染則通常和農業施肥、遊憩活動、林業及開礦有關。

農業活動最常施用之肥料包括氮肥、磷肥以及鉀肥，這些施用在土壤中之物質進入溪流中之主要作用包括有滲淋、沖蝕，以及降雨逕流三種方式。其中鉀肥及其它陽離子，將造成溪水導電度升高，而氮肥及磷肥則是水中藻類之營養鹽來源。滲淋作用是藉由水在地表下之擴散作用與傳流作用把污染物往下帶動的情形；土壤沖蝕係指藉由雨滴沖刷或逕流沖刷，將附著在土壤顆粒表面之營養鹽，隨土壤顆粒自陸域移動至水域之過程；而降雨逕流則是指一場有效降雨，陸地上的污染物或營養鹽被雨水攜帶進入水體之情形。這三種將污染物或營養鹽自陸域帶入水域之污染方式，稱為非點源污染。非點源污染產生的機制及污染特性與點源污染不同，因此污染控制所採行之策略亦不相同。

非點源污染氮的主要形式有硝酸鹽、亞硝酸鹽、氨氮、有機氮。土壤中之氮（約 95%）大多被包含在土壤有機質當中並被認為是固定的。氨氮被視為是固定的，因為它馬上被土壤中的黏土成分吸附。小部分的氨氮以自由離子的形式存在於孔隙水中，並視為可移動。硝酸鹽會透過滲透移動到地下水中，到達地下水的硝酸鹽最後會因沒有受到阻礙及衰減而傳輸到承受水體中。氮在土壤中滲淋之主要形式為氮滲入至地下水，並隨著地下水在大部分土壤中移動。土壤中硝酸鹽帶負電荷，與帶負電的土壤黏土礦物表面相斥，所以

硝酸鹽會融入水中。影響溶解性硝酸鹽傳輸之因素很多，不同的土壤與不同地區皆會有顯著之差異。氮進入水體主要是伴隨著水沖蝕土壤所造成。簡而言之，水沖蝕土壤包含雨滴或表面逕流水的分離(detachment)、運送(transport)及沈澱(deposition)。沖蝕作用有時會使沈積物在未進入承受水體前產生幾毫米之位移，有些則會移動很遠的距離。

土壤沖蝕對於氮的移動佔了很大之影響，原因是因為  $\text{NH}_4^+$  會吸附在黏土和比較細小之土壤顆粒表面或以有機氮的形式吸附在含有機質的土壤表面，隨著地表逕流和溶解在水中的  $\text{NO}_3^-$  一起沖至承受水體內。降雨逕流量之大小猶如滲淋作用一般取決於降雨量、降雨延時和土壤的特性。若為低逕流特性之土壤，通常有較高之入滲率，這類土壤的組成往往為深層易排水的砂或礫石所組成的土層。相對而言，若為高逕流特性的土壤至少必須含有一項以上的下列數種情況：具膨脹特性之黏土層、高的地下水位、硬質地的地形、在地表附近有一層黏土層或不透水層等情況。此外，地形也是重要影響因素，地表坡度愈陡，地表之逕流量愈大，逕流速度愈快，對土壤沖蝕愈大。

磷的循環透過物理、化學及生物作用之交互影響及傳輸而決定磷的形式。在土壤中磷主要是以無機和有機的形式存在，磷的形式會因土壤的成分、結構或因不同土地利用所加入或去除的磷而有所變化。有機磷的含量和土壤中的有機質的含量有關，土壤中之N/P比率，約為0.1~0.3，故土壤有機磷的多寡，隨有機質含量而異，在一般的土壤中有機磷常佔總磷的20~50%。磷在酸性土壤中會被鐵離子和鋁離子吸附，在鹼性土壤中則會被鈣離子吸附。無機磷透過微生物活動將有機磷礦化而增加，在某些情況下無機磷透過固定化過程會轉變為有機磷。無機磷透過風化分解轉變為溶解態及生物可利用之有效磷型態。透過各種化學反應之累積，例如磷固定或沈降，有效磷可被置於土壤中。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(Wischmeier and Smith, 1978)<sup>4</sup>。

磷的傳輸主要是以逕流的方式傳送溶解性磷和吸附在微粒上的磷(粒狀磷)。粒狀磷被吸附於土壤微粒與有機質當中，並且為耕地主要流失磷的來源

---

<sup>4</sup> Wischmeier, W.H., Smith, D.D., Predicting Rainfall Erosion Losses: A guide to conservation department of agricultural, 1987.

(達 75~90%)。在草地或林地則溶解性磷占主要的部分。其主要之傳輸方式也可分為滲淋、沖蝕與降雨逕流三種方式。當降雨發生時，因為深層土壤磷含量較少，滲入土壤內之雨水會將土壤中的磷帶到更底層之土壤。但若土壤是含有大量有機質或是泥質性土壤則有機質會隨著磷和鐵、鋁離子一起往下入滲，減少磷被土壤吸附的量。粒狀物磷主要藉由降雨所造成之土壤沖刷和雨水逕流兩種形式移動。當降雨發生時雨水會沖擊土壤表面，若土壤表面沒有很好的覆蓋或保護，很容易造成土壤脫離母體，脫離之土壤又會隨著雨水逕流搬運作用被帶至遠方。溶解性磷主要也是藉由逕流作用移動，雨水逕流會把土壤中還未被植物吸收、溶解於土壤水或不溶於土壤水的磷沖出，之後便隨地表逕流流至遠方。因此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)<sup>5</sup>。

---

<sup>5</sup> Sherpley, A., Fate and Transport of Nutrients: Phosphorus, 1995

## 第二章 研究方法

### 第一節 研究流程

主要研究地點為武陵地區，其中包括桃山西溪、桃山北溪、高山溪、有勝溪、七家灣溪與司界蘭溪，以及週邊陸域生態環境。首先進行當地背景資料收集，實地調查七家灣溪相關水域的位址，針對七家灣溪流量、武陵地區土地利用型態做資料的收集，搭配實地現勘後確認七家灣溪採樣點，開始進行為期一年的採樣分析調查(圖 2-1)。採樣月份為民國九十四年二月、四月、六月、八月、十月、十二月雙月進行採樣共計六次。採樣點包括測站一：桃山北溪、測站二：桃山西溪、測站三：二號壩、測站四：一號壩、測站五：繁殖場、測站六：萬壽橋、測站七：迎賓橋、測站八：高山溪、測站九：有勝溪、測站十：司界蘭溪上游、測站十一：司界蘭溪下游等共十一個採樣點。

在採樣方法上可分為河川採樣、底泥採樣、懸浮顆粒採樣等三種採樣形式。實驗的分析方法依河川水質分析方法、底泥分析方法、懸浮顆粒分析方法進行樣品的分析。其在武陵地區現場的水質分析項目有 pH、溶氧、導電度、等三個項目，實驗室測定項目為生化需氧量、濁度、硝酸鹽氮、亞硝酸鹽氮、氨氮、總磷、磷酸鹽、二氧化矽、總有機碳、硫酸鹽、氯鹽等十一個分析項目。底泥態樣品分析碳、氮、磷、硫等項目。懸浮顆粒態則是分析磷項目。



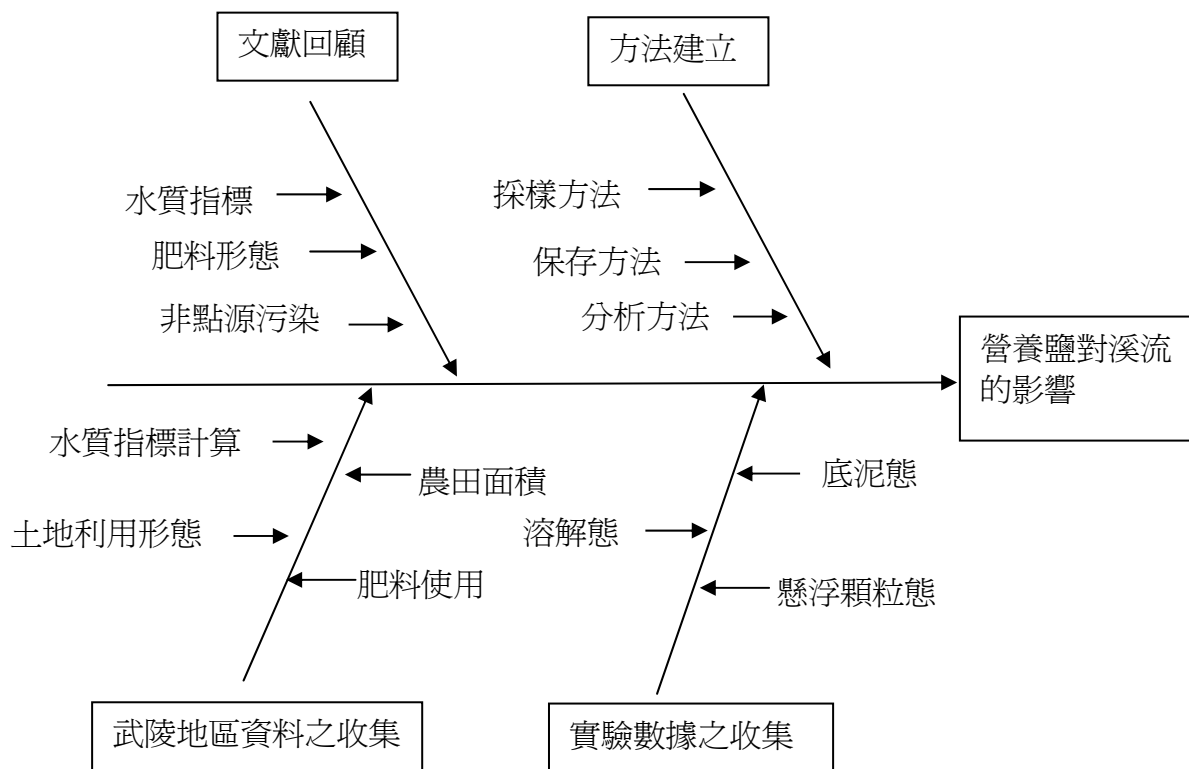


圖 2-1 流程圖

## 第二節 研究方法

### 2.2.1 採樣地點介紹

採樣地點包括了武陵地區內的桃山西溪、桃山北溪、高山溪、有勝溪、七家灣溪與環山部落內的司界蘭溪等六條溪流，採集樣品點共計有十一個測點，其站名與地理座標如下（表 2-1），相關位置如圖（圖 2-2）。

表 2-1 採樣地點地理座標

	站名	溪流	地理座標（經緯度）
測站一	桃山北溪	桃山北溪	E 121.1832 N 24.2352
測站二	桃山西溪	桃山西溪	E 121.1826 N 24.2352
測站三	二號壩	七家灣溪	E 121.1837 N 24.2256
測站四	一號壩	七家灣溪	E 121.1838 N 24.2215
測站五	繁殖場	七家灣溪	E 121.1848 N 24.2118
測站六	萬壽橋	七家灣溪	E 121.1829 N 24.2052
測站七	迎賓橋	七家灣溪	E 121.1828 N 24.2049
測站八	高山溪	高山溪	E 121.3075 N 24.3587
測站九	有勝溪	有勝溪	E 121.3022 N 24.3489
測站十	司界蘭溪上游	司界蘭溪	E 121.1642 N 24.1935
測站十一	司界蘭溪下游	司界蘭溪	E 121.1719 N 24.1914

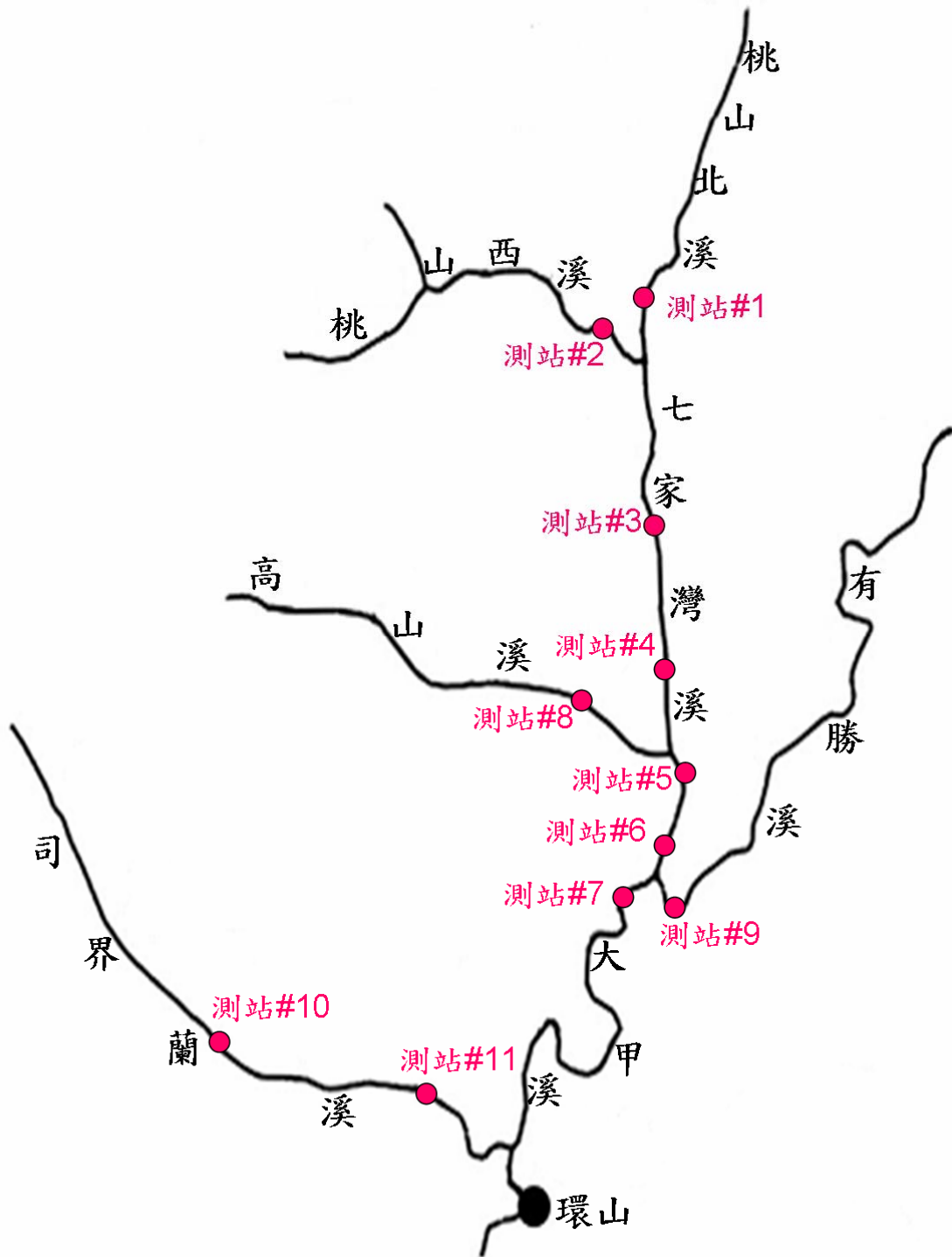


圖 2-2 採樣地點位置圖

測站一：桃山北溪，與桃山西溪匯流後進入七家灣溪，溪寬約 4 公尺，河床上多礫石。

測站二：桃山西溪，後匯入七家灣溪，採樣地點上方為武陵吊橋下方，此處河寬約 4-5 公尺，水深約 60 公分，上游處有一攔砂壩，水流較急。

測站三：七家灣溪二號壩，溪流旁有大遍的果園，主要種植物為水蜜桃樹、蘋果樹與梨樹，河寬約 10 公尺。

測站四：七家灣溪一號壩為七家灣溪流的中段，與道路相鄰甚近，此處河寬約 4-5 公尺，水深約 40 公分。

測站五：繁殖場，由億年橋旁進入，河床寬廣，河寬約 16 公尺，水深約 55 公分。

測站六：萬壽橋，為七家灣溪下游，河寬約 5 公尺，溪水清澈，溪水深約 45 公分。

測站七：迎賓橋，為七家灣溪下游與有勝溪的匯流口，匯流後流至大甲溪，河寬約 5 公尺，水深約 45 公分。

測站八：由億年橋進入，步行約十分鐘，河寬約 4-5 公尺，水深 45 公分，原位於此處的攔砂壩已拆除，溪岸為芒草居多。

測站九：為有勝溪的下游，旁為武陵收費口，河寬約 4-5 公尺，水深約 60 公分，此區流速緩慢，上游有農田栽種。

測站十：司界蘭溪上游，原始林相豐富，此處有櫻花鉤吻鮭原生種的存在，河寬約 4-5 公尺，水深 45 公分。

測站十一：司界蘭溪下游，位於環山部落，匯入大甲溪，上游種植大遍高麗菜園，溪流湍急，河寬約 5.5 公尺。

## 2.2.2 採樣方法

採集樣品方面，共分為三種類別的樣品採樣，第一種為直接採集河川水體，測其溶解態物質；第二種為河床表層底泥固體採樣，測其底泥固體的碳、氮、磷，硫；第三種為採集懸浮於河川的懸浮顆粒，量測懸浮顆粒之磷。

### 2.2.2.1 河川水體採樣

確認採樣測站後以面朝河川下游方向之左、右兩側區分為左、右岸，按比例將河川斷面區分為左岸、中央及右岸。再依照不同河川寬度、河水深度等之採樣原則，採集具代表性之水樣。

一、不同河川寬度之採樣原則：

河寬小於 6 公尺時僅於中央處設置採樣點，若河寬大於 6 公尺時，則分左右岸、右岸及河中央各設置採樣點，再依各採樣點之實際水深進行採樣，然後將左岸、中央、右岸採樣點之水樣，等體積比例作最終均勻混合後，分裝入採樣瓶中。

二、不同河川深度之採樣原則：

當採樣點水深 < 1.5 公尺時，取 0.6 公尺 水深處之水樣。採樣點水深介於 1.5 ~ 3 公尺間時，分別取水面下 0.2、0.8 公尺水深之兩層水，將此兩層水等體積比例混合取樣。而當採樣點水深 > 3 公尺時，取 0.2、0.6、0.8 公尺水深處之三層水，將此三層水等體積比例混合取樣<sup>6</sup>。

河川水體採樣在測站三與測站五採取混合取樣外，其餘測站皆採取中央處設置採樣點。但自 94 年 8 月連續遭受海棠、馬莎、珊瑚等颱風的侵襲導致河川河道改變，自 8 月份開始改以測站三、四、五、七、九採混合取樣，其餘測站皆採取中央處設置採樣點採樣。

### 2.2.2.2 底泥固體態採樣

底泥通常是黏土、泥沙、有機質及各種礦物的混合物，經過長時間物理、化學及生物等作用及水體傳輸而沉積於水體底部所形成。表面 0 至 15 公分厚之底泥稱表層底泥，超過 15 公分厚之底泥稱為深層底泥。表層底泥之採樣可

<sup>6</sup> 環檢所，河川、湖泊及水庫水質採樣通則，2005。

使用抓取式採樣器或鑽取式採樣器，深層底泥之採樣僅能使用鑽取式採樣器水器。底泥之採樣必須依其採樣目的，以及考量底泥、污染物質和現場周圍環境等特性而定。

一般底泥之採樣可分為抓樣與混樣二種方式，抓樣係以單一樣品代表採樣點特定深度底泥中污染物濃度分佈情形；混樣為三個底泥樣品混合均勻後之樣品，代表該採樣點底泥中污染物之平均濃度值<sup>7</sup>。武陵採樣點十一個測站的底泥採樣均採表層底泥抓樣。

### 2.2.2.3 懸浮顆粒採樣

選用 GF/A 1.6 $\mu$ m 孔徑玻璃纖維濾紙，以手壓式泵浦汲取溪水過濾（圖 2-3），將懸浮顆粒收集於濾紙上，而後帶回實驗室進行分析。



圖 2-3 手壓式泵浦

### 2.2.3 樣品保存

所採集之溶解態水體樣品保存方式如下（表 2-2），底泥樣品均置於塑膠瓶內，懸浮顆粒樣品將採集完後的濾紙置於鋁盤，放入夾鍊帶密封。採集完畢的溶解態水體樣品、底泥固體樣品與懸浮顆粒樣品一併帶回實驗室進行分

<sup>7</sup> 環檢所，底泥採樣方法，2003。

析。另外，直接在現場量測部分有 pH、導電度以及溶氧等三項參數。

表 2-2 水體樣品保存

分析項目	容器	保存方法
pH	-	現場檢測
導電度	-	現場檢測
DO	-	現場檢測
濁度	塑膠瓶	暗處，4°C 冷藏
生化需氧量	玻璃或塑膠瓶	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	-
總磷	1+1 熱鹽酸洗淨之玻璃瓶	加硫酸使水樣 pH < 2，4°C 冷藏
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）

（環檢所，環境樣品採樣及保存作業指引）

## 2.2.4 實驗分析方法

### 2.2.4.1 溶解態樣品

溶解態樣品實驗分析方法均根據環境檢驗所之實驗分析方法公告，另二氧化矽是改採用 HACH Method 8186（表 2-3）。

表 2-3 溶解態樣品實驗分析方法

項次	實驗項目	檢測方法
1	pH	NIEA W424.51A
2	導電度	NIEA W203.51B
3	溶氧	溶氧計量測
4	濁度	NIEA W219.51C
5	生化需氧量	NIEA W421.54C
6	矽酸鹽	HACH Method 8186
7	硝酸鹽氮	NIEA W417.50A
8	亞硝酸鹽氮	NIEA W418.51C
9	氨氮	NIEA W416.50A
10	磷酸鹽	NIEA W427.52B
11	硫酸鹽	NIEA W415.51B
12	氯鹽	NIEA W415.51B
13	總磷	NIEA W427.52B
14	總有機碳	NIEA W532.51C

(環檢所，水質分析方法)

- 一、pH：利用玻璃電極及參考電極，測定水樣中電位變化，可決定氫離子活性，而以氫離子濃度指數 (pH) 表示之。pH 之測定需要用標準 pH 溶液先行校正 pH 計 (HACH sension1) 後，再測定水樣之 pH。
- 二、導電度：導電度為將電流通過  $1\text{ cm}^2$  截面積，長  $1\text{ cm}$  之液柱時電阻之倒數，單位為  $\text{mho/cm}$ ，導電度較小時以其  $10^{-3}$  或  $10^{-6}$  表示，記為  $\text{mmho/cm}$  或  $\mu\text{mho/cm}$ 。導電度之測定需要用標準導電度溶液先行校正導電度計 (HACH sensiona5) 後，再測定水樣之導電度。
- 三、溶氧：利用溶氧計 (YSI 500A) 測定水樣中溶氧值。
- 四、濁度：在特定條件下，比較水樣和標準參考濁度懸浮液對特定光源散射光的強度，以測定水樣的濁度 (WTW TURB350IR)。
- 五、生化需氧量：水樣在  $20\text{ }^\circ\text{C}$  恆溫培養箱中暗處培養 5 天後，測定水樣



中好氧性微生物在此期間氧化水中物質所消耗之溶氧，即可求得 5 天之生化需氧量。

- 六、矽酸鹽：水樣經過濾後，矽酸鹽於胺基酸、檸檬酸酸性溶液下與鉬酸鹽反應生成藍色之反應物，以分光光度計 (HACH DR/2010) 於 815 nm 波長處測其吸光度而定量水中矽酸鹽濃度。
- 七、硝酸鹽氮：水樣中之硝酸鹽離子以離子層析儀 (DIONEX ICS-1500) 分析，隨碳酸鈉及碳酸氫鈉流洗液流經一系列之離子交換層析管時 (DIONEX AS4A-SC 4mm)，即因其與低容量之強鹼性陰離子交換樹脂間親和力之不同而被分離。分離後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。
- 八、亞硝酸鹽氮：磺胺與水中亞硝酸鹽在 pH 2.0 至 2.5 之條件下，起偶氮化反應而形成偶氮化合物，此偶氮化合物與 N-1-萘基乙烯二胺二鹽酸鹽偶合，形成紫紅色偶氮化合物，以分光光度計 (Perkin Elmer UV/VIS Spectrometer Lambda 16) 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。
- 九、氨氮：水樣以鹼液及酸鹽緩衝溶液調整 PH 值至 9.5，加入去氯試劑後，經蒸餾並以硼酸溶液吸收蒸出液，最後以納氏試劑呈色以分光光度計 (Perkin Elmer UV/VIS Spectrometer Lambda 16) 於 425nm 波長處測其吸光度而定量之。
- 十、磷酸鹽：水樣未經消化處理，加入鉬酸銨、酒石酸銻鉀，使其與正磷酸鹽作用生成一雜多酸 — 磷鉬酸，經維生素丙還原為藍色複合物鉬藍，以分光光度計 (Perkin Elmer UV/VIS Spectrometer Lambda 16) 於波長 880 nm 處測其吸光度定量之。
- 十一、硫酸鹽：水樣中之硫酸鹽離子以離子層析儀 (DIONEX ICS-1500) 分析，隨碳酸鈉及碳酸氫鈉流洗液流經一系列之離子交換層析管時 (DIONEX AS4A-SC 4mm)，即因其與低容量之強鹼性陰離子交換樹脂

間親和力之不同而被分離。分離後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。

十二、氯鹽：水樣中之氯離子以離子層析儀（DIONEX ICS-1500）分析，隨碳酸鈉及碳酸氫鈉流洗液流經一系列之離子交換層析管時（DIONEX AS4A-SC 4mm），即因其與低容量之強鹼性陰離子交換樹脂間親和力之不同而被分離。分離後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。

十三、總磷：水樣以硫酸、過硫酸鹽消化處理，使其中之磷轉變為正磷酸鹽之形式存在後，再加入鉬酸鉍、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（Perkin Elmer UV/VIS Spectrometer Lambda 16）於波長 880 nm 處測其吸光度定量之。

十四、總有機碳：以總有機碳分析儀（O-I Analytical 1010）分析，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，求得總有機碳的濃度。

#### 2.2.4.2 底泥態樣品

樣品放置於乾淨的器皿中，目視以手剔除石礫、樹枝等雜物後，自然風乾或以 30 ±4 °C 烘箱烘乾去除水分後，經 100mesh 0.15mm 孔徑之篩網過篩充分混合均勻裝入樣品瓶中保存。

稱取 3g 底泥態樣品做樣品的消化，置於 250 mL 反應瓶中。先以 0.5 至 1 mL 水潤濕樣品。緩慢加入 21 mL 濃鹽酸，再慢慢加入 7 mL 濃硝酸，搖盪充分混合均勻。若樣品加酸會產生強烈氣泡，則需小心逐滴加入。將迴流冷凝管及反應瓶順序裝置。在室溫下靜置此裝置 16 小時，可適時將反應瓶

搖晃使充分反應之。緩慢加熱溶液至迴流溫度，使溶液在沸騰狀態下維持約 2 小時。冷卻樣品至室溫後，以約 10 mL 0.5 M 稀硝酸沖洗冷凝管，並收集於反應瓶中，以 0.22 $\mu$ m 濾紙過濾，最終定量體積 100ml 即為消化液，取消化液做磷的分析。並以 21 mL 濃鹽酸加入 7 mL 濃硝酸做消化液空白分析。

磷：消化過後之消化液以感應式偶合電漿（Perkin Elmer Optima 2000DV）量測，扣除空白分析磷的濃度而得到各樣品磷之濃度。

樣品經風乾後以 100mesh 0.15mm 孔徑之篩網過篩，取一定量樣品以元素分析儀分析（Perkin Elmer EA2400）。

- 一、氮：經 100mesh 0.15mm 孔徑之篩網過篩之樣品直接以元素分析儀分析。
- 二、碳：經 100mesh 0.15mm 孔徑之篩網過篩之樣品直接以元素分析儀分析。
- 三、硫：經 100mesh 0.15mm 孔徑之篩網過篩之樣品直接以元素分析儀分析。

#### 2.2.4.3 懸浮固體顆粒樣品

預先在實驗室秤其濾紙空重至恆重後記錄之（Precisa XS125A），並以束口袋封裝以避免吸收過多空氣中的溼氣，至現場採集懸浮固體完畢後，烘乾去除水分，秤至恆重後，扣除濾紙空重即得樣品的實際採集重量，記錄之。將濾紙置於 250 mL 反應瓶中。先以 0.5 至 1 mL 水潤濕樣品。緩慢加入 21 mL 濃鹽酸，再慢慢加入 7 mL 濃硝酸，搖盪充分混合均勻。若樣品加酸會產生強烈氣泡，則需小心逐滴加入。將迴流冷凝管及反應瓶順序裝置。在室溫下靜置此裝置 16 小時，可適時將反應瓶搖晃使充分反應之。緩慢加熱溶液至迴流溫度，使溶液在沸騰狀態下維持約 2 小時。冷卻樣品至室溫後，以約 10 mL 0.5 M 稀硝酸沖洗冷凝管，並收集於反應瓶中，以 0.22 $\mu$ m 濾紙過濾，最終定量體積 100ml 即為消化液，取消化液做磷的分析。並以空白濾紙做濾紙空白分析。

磷：消化過後之消化液，以感應式偶合電漿（Perkin Elmer Optima 2000DV）量測，扣除濾紙空白磷的濃度而得到各樣品磷之濃度。

#### 2.2.5 實驗室品質管制

- 一、校正曲線：以檢測儀器測定一系列已知濃度標準品之訊號，求出標準品濃度與訊號之關係，製備成曲線或計算其校正因子或感應因子。此項程

序應在儀器量測樣品待測物含量之前建立。

檢量線均由校正最低點與校正最高點之間構成「校正範圍」，使用時，不使用外插法；製備檢量線時，依個別檢測方法所規定之步驟，使用適當濃度範圍的標準溶液。並包括至少五種不同濃度的標準溶液。樣品的濃度則應在偵測器的線性濃度範圍內。樣品中待測物之濃度應於檢量線最高濃度之 20% 至 80% 間之濃度為適當。

二、實驗室空白樣品：監測整個分析過程中可能導入污染而設計之樣品，以不含待測物之試劑水、吸收液，由方法空白樣品之分析結果，可判知樣品在分析過程是否遭受污染或樣品之背景值，並以一批次實驗做一實驗室空白樣品分析。

三、查核樣品：使用濃度經確認之標準品添加於與樣品相似的基質中所配製成的樣品，由查核樣品之分析結果，可確定分析程序之可信度與分析結果之準確性。以一批次實驗做一實驗室查核樣品分析。

四、重覆樣品：在實驗室將一樣品取二等份，依相同前處理及分析步驟檢測，由重複樣品之分析可確定分析結果之精密度。以一批次實驗做一實驗室樣品重覆分析。

五、添加樣品分析：添加樣品分析係指將添加樣品依與待測樣品相同前處理及分析步驟執行檢測。以一批次實驗做一實驗室添加樣品分析。<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> 環訓所，環境檢測檢量線製備及查核指引。



### 第三章 結論與建議

#### 第一節 結論

##### 3.1 水中溶解態物種分析結果

實驗分析數據溶解態樣品其為二、四、六、八、十月共五筆數據，底泥態為四、六、八、十月四筆數據，懸浮固體顆粒為六月一筆數據（表 3-4-表 3-13）（圖 3-1-圖 3-19）。

武陵地區溪流的 pH 值介於 7.5-8.5 間左右，七家灣溪下游與司界蘭溪有較低的 pH 值，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，另外 pH 值過高水中氨會以劇毒性之非離子狀態存在，對魚類更會造成影響。

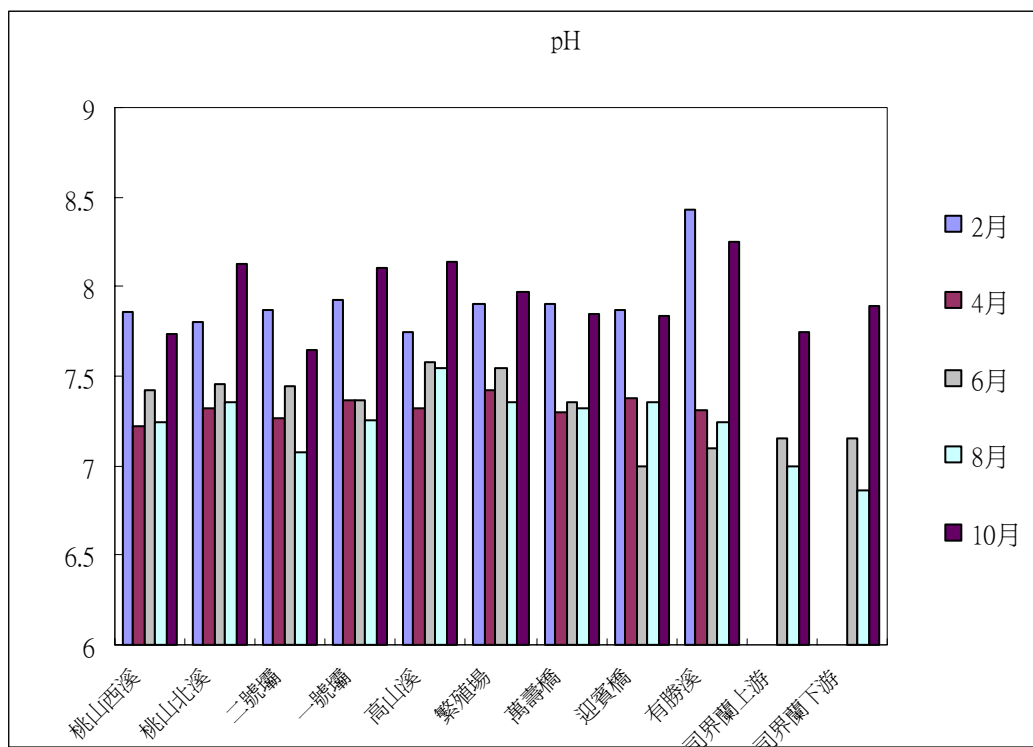


圖 3-1 武陵地區溪流 pH 值變化

導電度表示水中離子的含量多寡，導電度值下游明顯比上游高；司界蘭溪亦同，有勝溪收費口的導電度為最高，主要是因為上游的農田施作的關係，另外迎賓橋與萬壽橋為七家灣溪的下游處，亦有較高的趨勢。

水量的多寡會影響水中的導電度，在二月是為枯水期導電度較高，六月至八月為豐水期導電度有降低的現象。

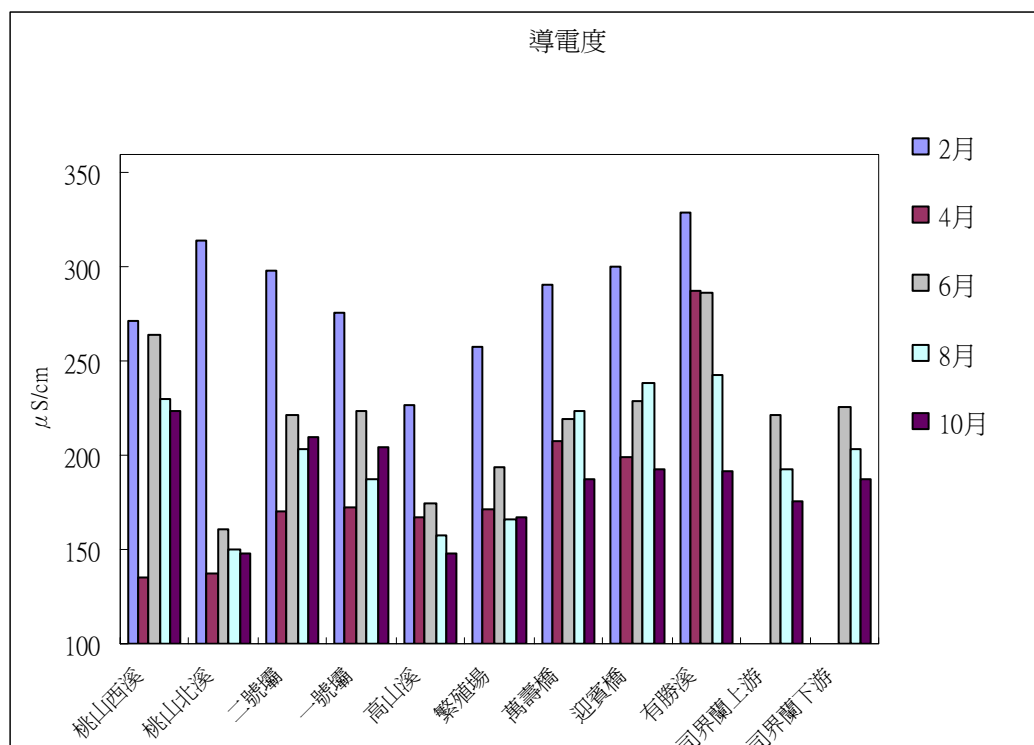


圖 3-2 武陵地區溪流導電度值變化

冷水性鮭鱒魚類對溶氧的需求在 6ppm 以上，溶氧過低會影響消化作用，當低於 2.65ppm 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。溫度、生物間的呼吸作用、光合作用等為主要影響溶氧之因子；動、植物於夜間的呼吸作用與低氧之流水流入則會造成較顯著的耗氧發生。在七家灣流域各水系溶氣值均在 10mg/l 以上呈現趨於飽和現象；並符合冷水性鮭鱒魚類對溶氧的需求。

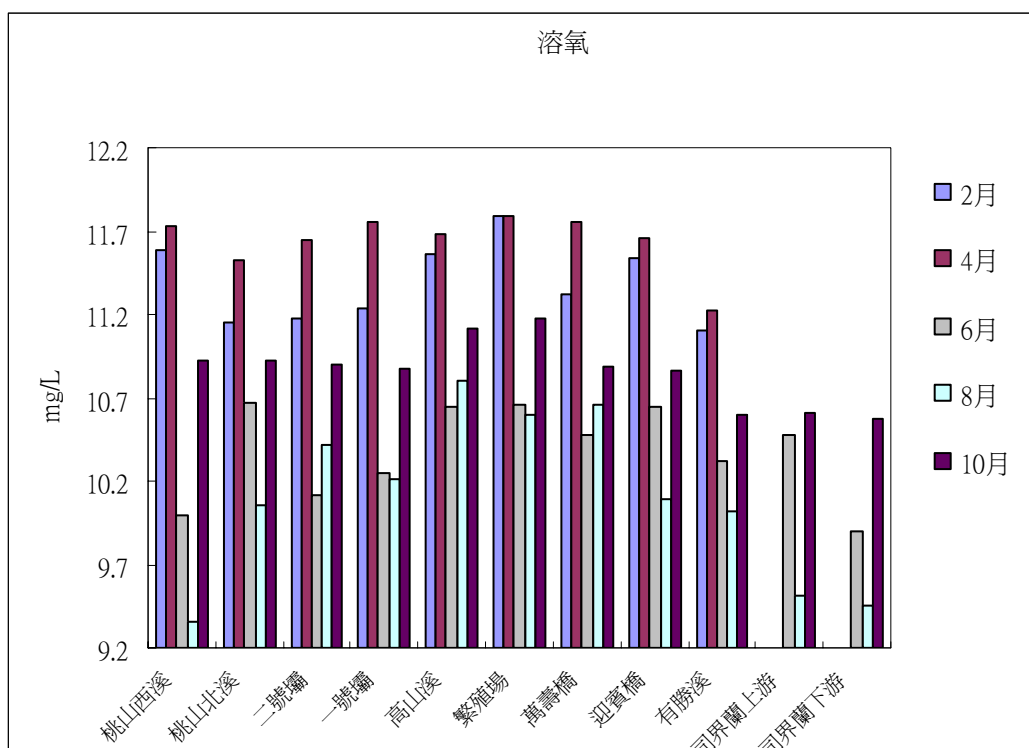


圖 3-3 武陵地區溪流溶氧值變化



攔砂壩的拆除後其水中濁度已趨於穩定，濁度對視覺性攝食魚種櫻花鉤吻鮭會造成攝食的有效度降低，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。在七家灣溪一號壩與七家灣溪下游有較高濁度值，但大致上來說其濁度均算低。此區位於雪霸國家公園內又為櫻花鉤吻鮭的生態保育區，除有必要，道路施工、溪流整治等工程均不會在此區施做，加上國人的環保意識抬頭以及教育的普及化另外加上管理處的定時巡邏，隨意傾倒垃圾的情形已不易見，因此，會造成濁度上升的原因往往是因為大雨沖刷的關係所致。濁度高之水質並不會造成魚類立刻死亡，但會增加魚類的染病機率。

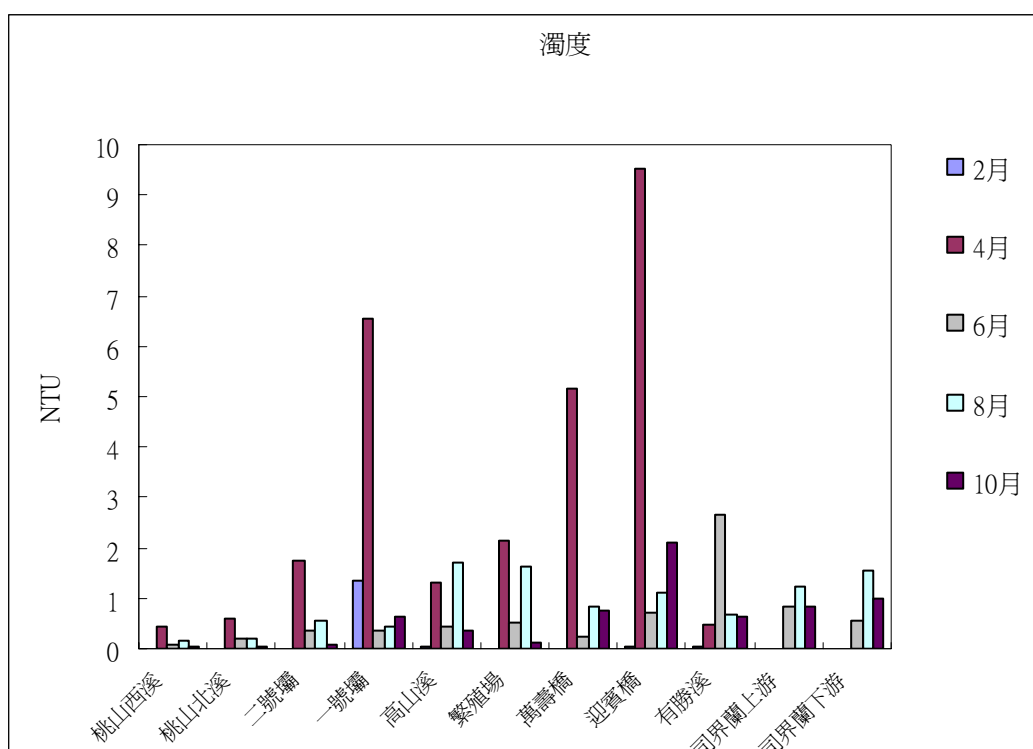


圖 3-4 武陵地區溪流濁度值變化

雪霸國家公園的地質大多屬於板岩、砂岩與頁岩，其組成主要為粘土、石英、長石等礦物，二氧化矽佔其主要成分，因而溪流內矽酸鹽的來源應是與地質相關。

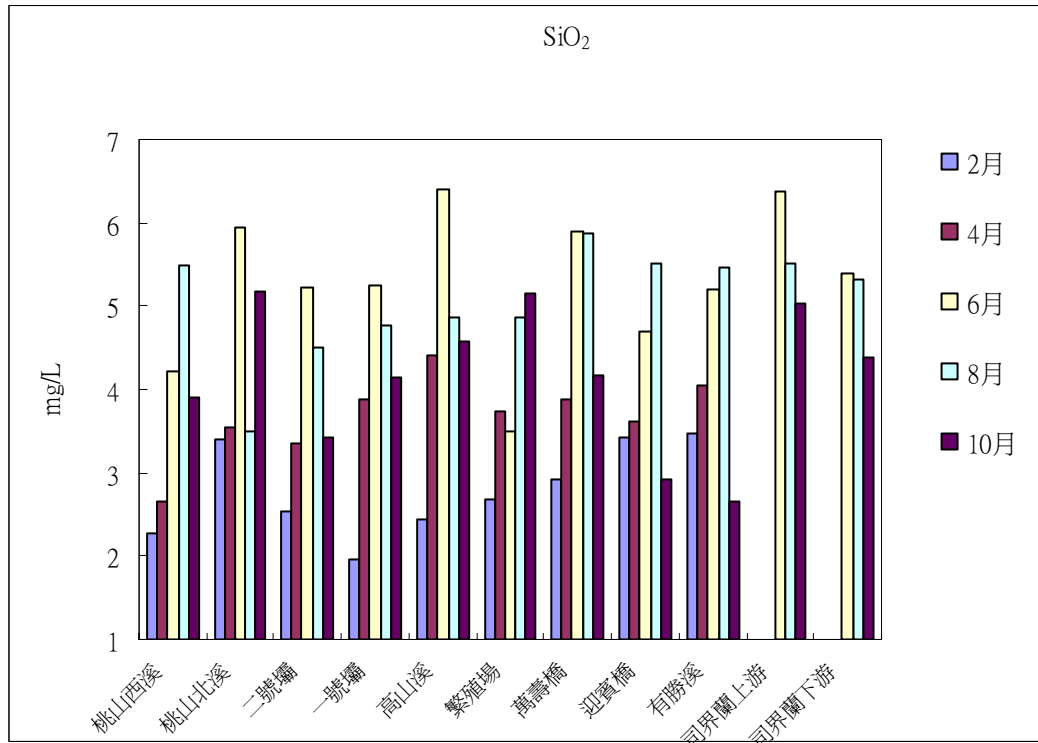


圖 3-5 武陵地區溪流 SiO<sub>2</sub> 值變化

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。生化需氧量在各溪流趨於一致，介於 0.1~0.7mg/l 之間，在甲級河川水體其生化需氧量值規定於 1mg/l 以下，武陵地區溪流的生化需氧量均低於其值，顯示出其水質良好。

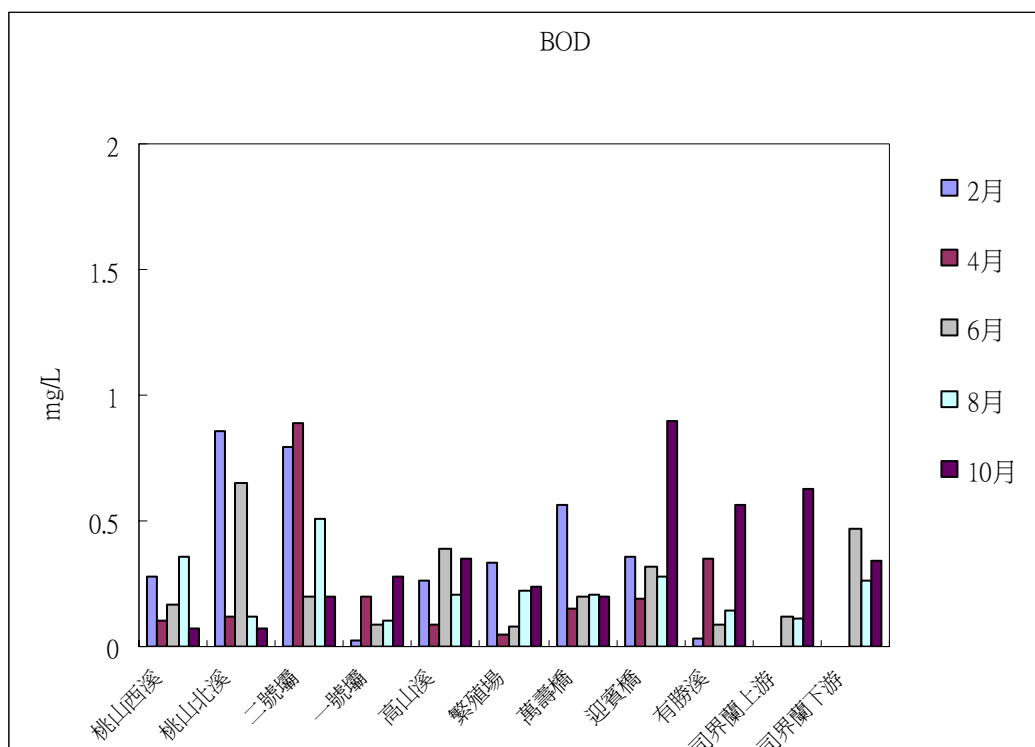


圖 3-6 武陵地區溪流 BOD 值變化

營養鹽方面高山溪均低於其他溪流；有勝溪則有較高的營養鹽濃度，因有勝溪沿路有農耕施作可能導致營養鹽高於其他溪流。司界蘭溪在上游無農田施作為一原始林相，下游處則有高冷蔬菜的種植，在營養鹽方面下游均高於上游的濃度，得知溪流中營養鹽的流入可能來自農地的施肥所致。

硝酸鹽水體未污染之上限濃度為 0.5ppm，若大於 10ppm 會加速水中藻類繁殖造成水質優養化，並使溶氧減少。主要的硝酸鹽來源為含氮的肥料使用經過雨水逕流而入河川。土壤在好氧的情況中其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，而土壤顆粒的表面大多帶負電因而氨根離子較易被吸附在土壤中，而硝酸根與帶負電的黏土礦物表面相斥，極易經由淋洗作用而流入地下水或溪流中。土壤環境若是缺乏氧氣會變成還原性，缺氧的環境有含水量太高的土壤中、深層的土壤等，在還原性環境中硝酸根與亞硝酸根可藉由脫硝菌還原成一氧化二氮或氮氣而回到大氣中。

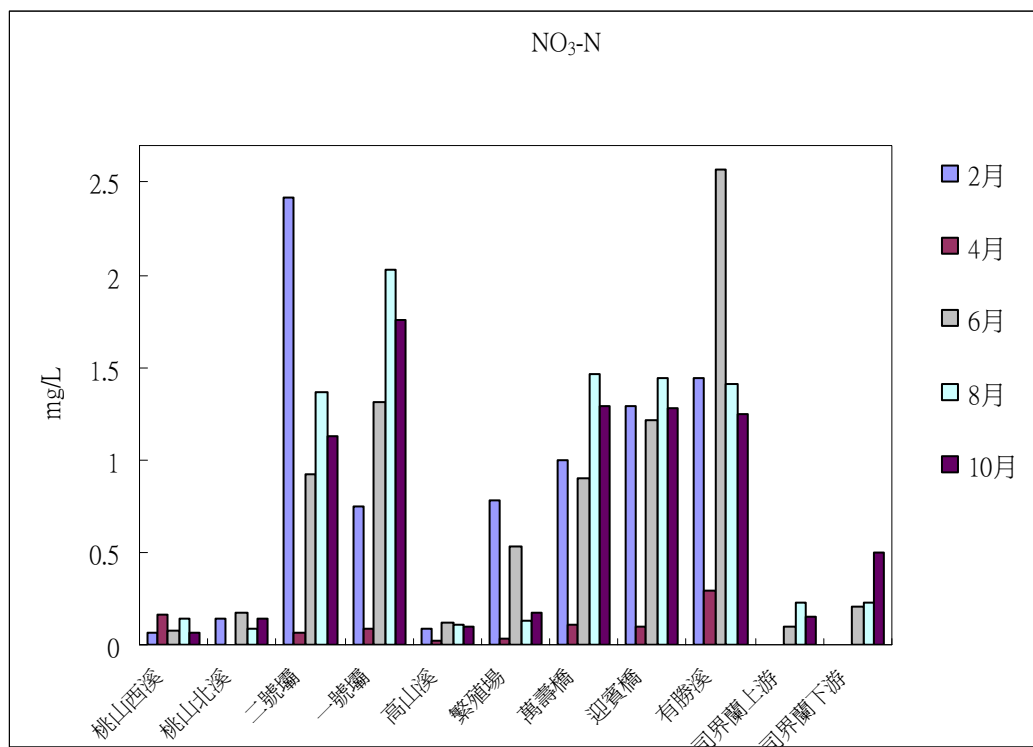


圖 3-7 武陵地區溪流 NO<sub>3</sub>-N 值變化

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 0.1ppm，在武陵地區溪流的亞硝酸鹽氮濃度值都很低，遠遠低於飲用水規定的最高容許濃度標準，因此武陵地區溪流中的亞硝酸鹽氮不致於導致櫻花鉤吻鮭族群數量的減少。

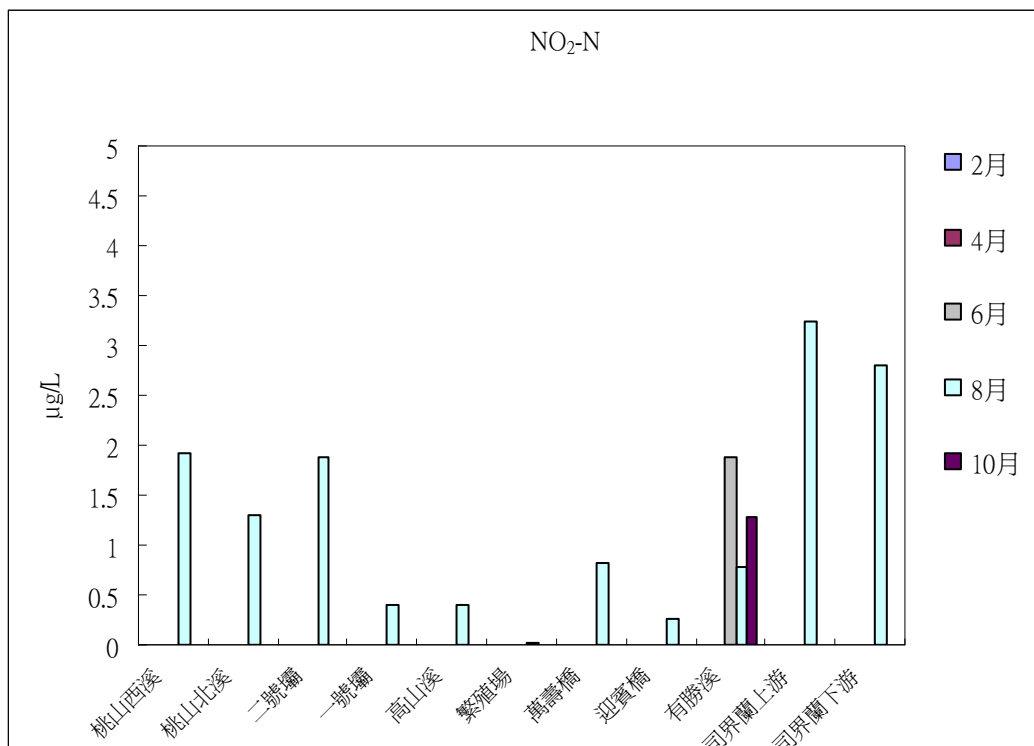


圖 3-8 武陵地區溪流 NO<sub>2</sub>-N 值變化

硫酸鹽在溪流的濃度均高於其他營養鹽，有勝溪與七家灣溪下游硫酸鹽濃度極高，推測可能是當地農民所使用肥料含有硫酸銨與硫酸鉀兩成份。在常用的磷肥（過磷酸鉀）中亦含有大量的硫，（表 3-1）肥料中的硫遇水會以硫酸鹽的型式存在且易隨水流入溪流中而使硫酸鹽在溪流的濃度提高。

為比較不同河川自然水體硫酸鹽含量，故亦採樣分析淡水河兩個測站點的硫酸鹽含量，景美溪自然橋與深美橋為淡水河中下游，硫酸鹽分析數據如表所示（表 3-2），世界河川平均所含可溶性物質河水中硫酸鹽平均的濃度為 11ppm，由此可顯出硫酸鹽在七家灣溪流的存在有較高的現象（表 3-3）。

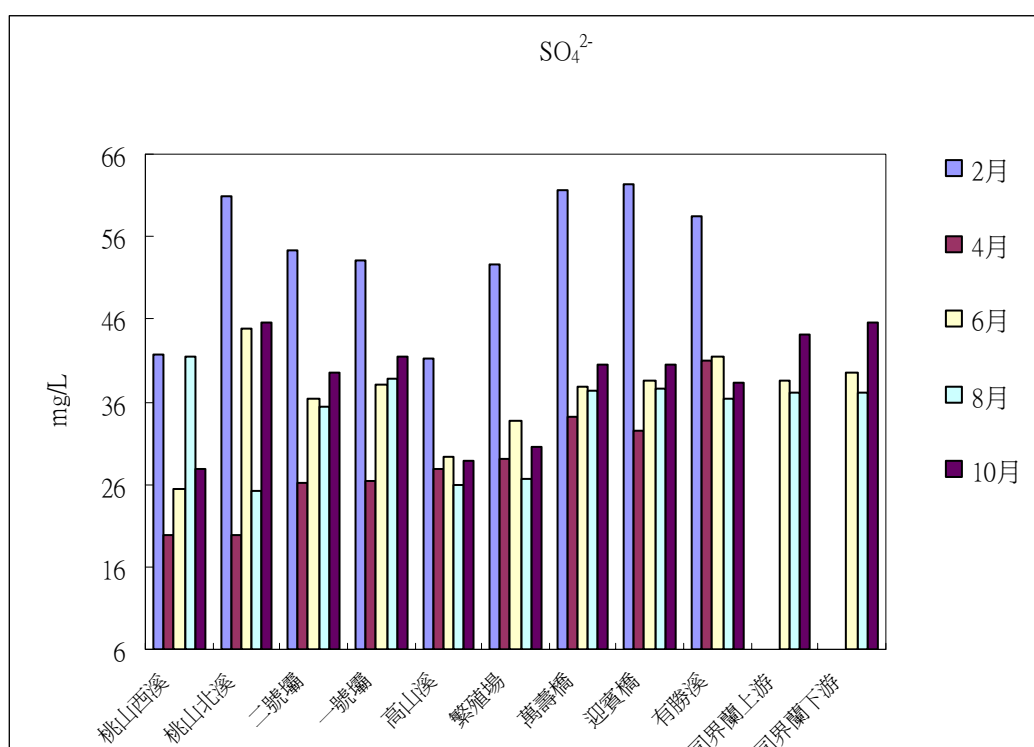


圖 3-9 武陵地區溪流 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>值變化

表 3-1 肥料要素含量

肥料名稱	要素含量(%)		
	氮	磷	鉀
硫酸銨	21		
硫酸鉀			50
過磷酸鈣		18	

(台灣肥料股份有限公司)

表 3-2 景美溪實驗數據

	平均值	景美溪自然橋	景美溪深美橋
硫酸鹽 (ppm)	11	19.15	19.66

表 3-3 世界河川平均所含可溶性物質含量

	河水		河水
成分	濃度 (mg/L)	成分	濃度 (mg/L)
主要離子		微量元素	
氯	8	硼	10
鈉	6	矽	13100
硫酸鹽	11	氟	100
鎂	4	氮	230
鈣	15	磷	20
鉀	2	鋁	1
碳酸	58	鋅	20
		鐵	670
		銅	7
		錳	7
		鎳	0.3
		鉛	400

(郭一羽,水域生態工程 )

冷水性鮭鱒魚類對氯極為敏感，水中若含有 0.3ppm 的氯，兩個小時內虹鱒便會死亡；含氯 0.25ppm 時，4~5 個小時便能殺害幼魚。氯的毒性影響常是久遠的且無法復原，在含氯的溪水中會導致魚類的鰓受損而無法保持體內離子平衡。其他化合物與氯結合後大多數具有毒性，生物不能經由代謝而排除致使魚類死亡。

溪流中氯離子的含量平均約在 1.5ppm，因為鮭鱒魚類對氯的毒性敏感度極高，將會針對其繼續監測溪流之氯濃度。

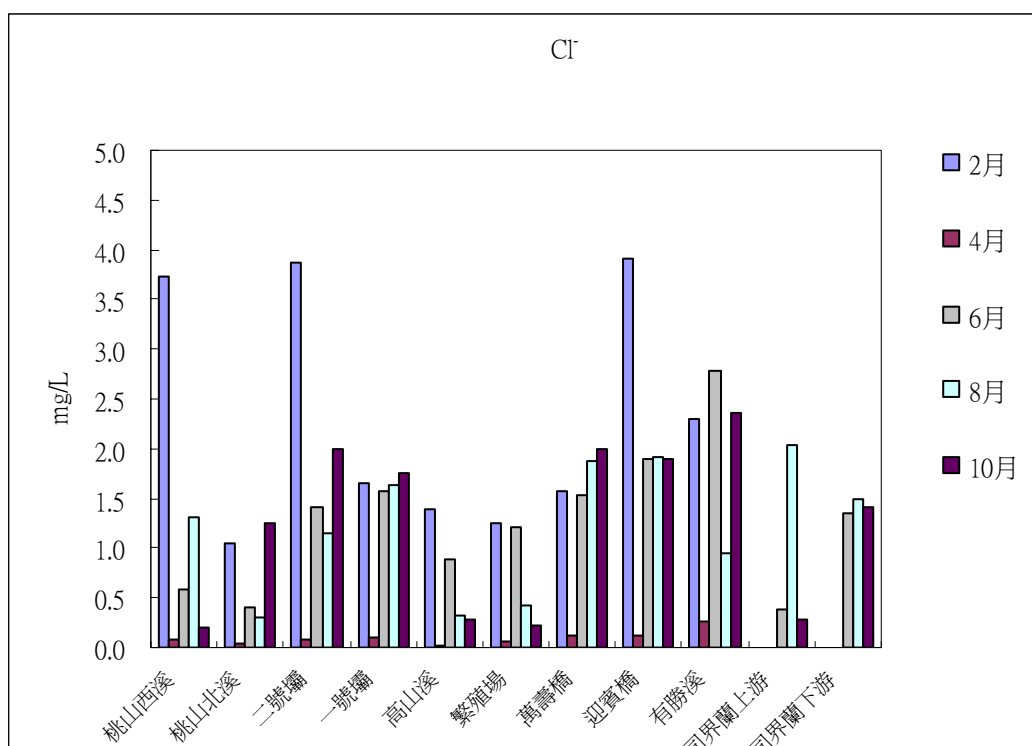


圖 3-10 武陵地區溪流 Cl 值變化

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，總磷包含了包括正磷酸鹽、聚(焦)磷酸鹽及有機磷，環境中的磷大多以 $PO_4^{3-}$ 的形式存在。磷關係著水質優養化的現象發生，溶解性磷酸鹽水體未受污染之上限濃度為 0.01ppm (張,1989)<sup>9</sup>，在有勝溪與七家灣溪下游迎賓橋的測點有超過此濃度，高山溪與桃山北溪其值已接近偵測極限。總磷濃度桃山西溪測站

<sup>9</sup> 張石角，櫻花鉤吻鮭保護區規劃，1989。



較高，其餘測站介於 0.05ppm 之下。

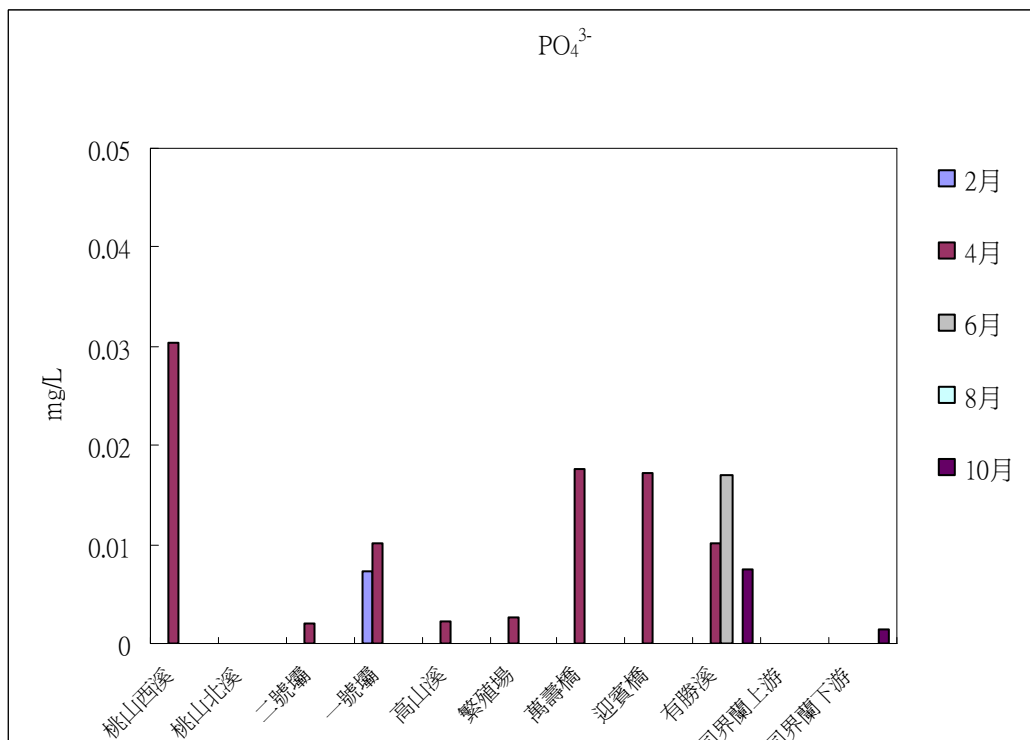


圖 3-11 武陵地區溪流 PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> 值變化

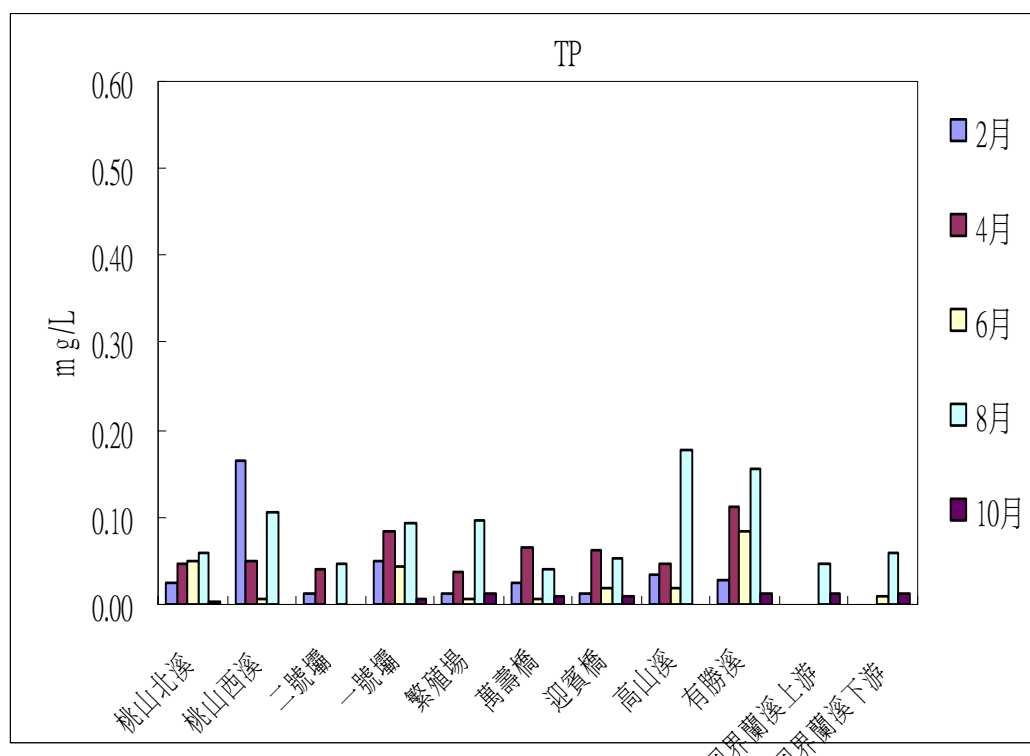


圖 3-12 武陵地區溪流 TP 值變化

溪流中氨氮的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會有溪流濃度上升的情況，在 4 月為甘藍菜施肥的時節，因而有明顯的一個濃度變化。

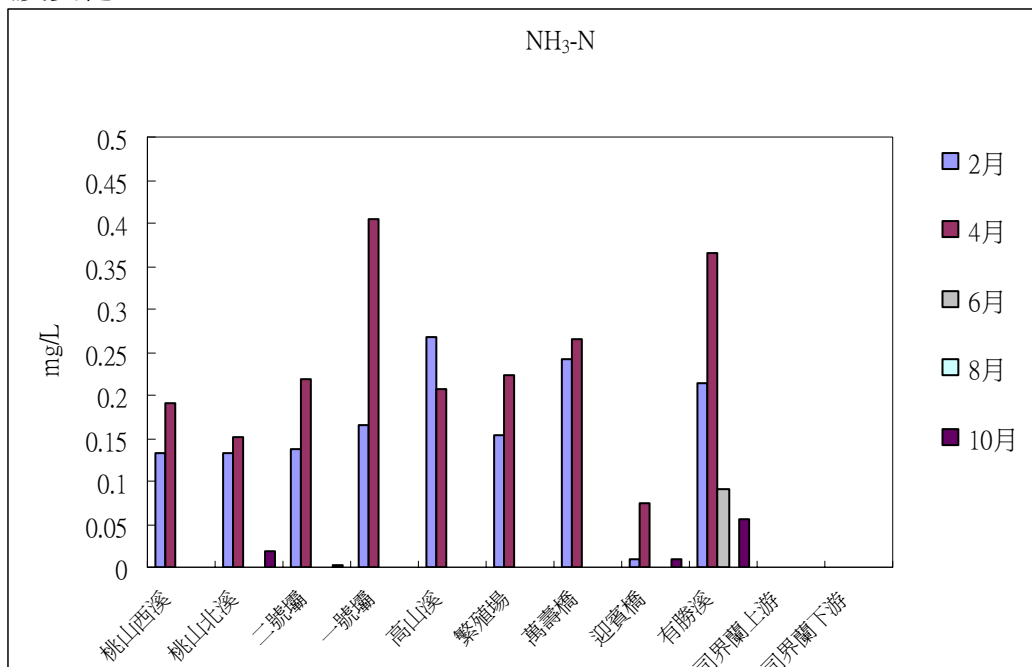


圖 3-13 武陵地區溪流  $\text{NH}_3\text{-N}$  值變化

溪流中有機碳的來源多為落葉與有機體的分解，有機碳濃度值在七家灣流域變動不大。

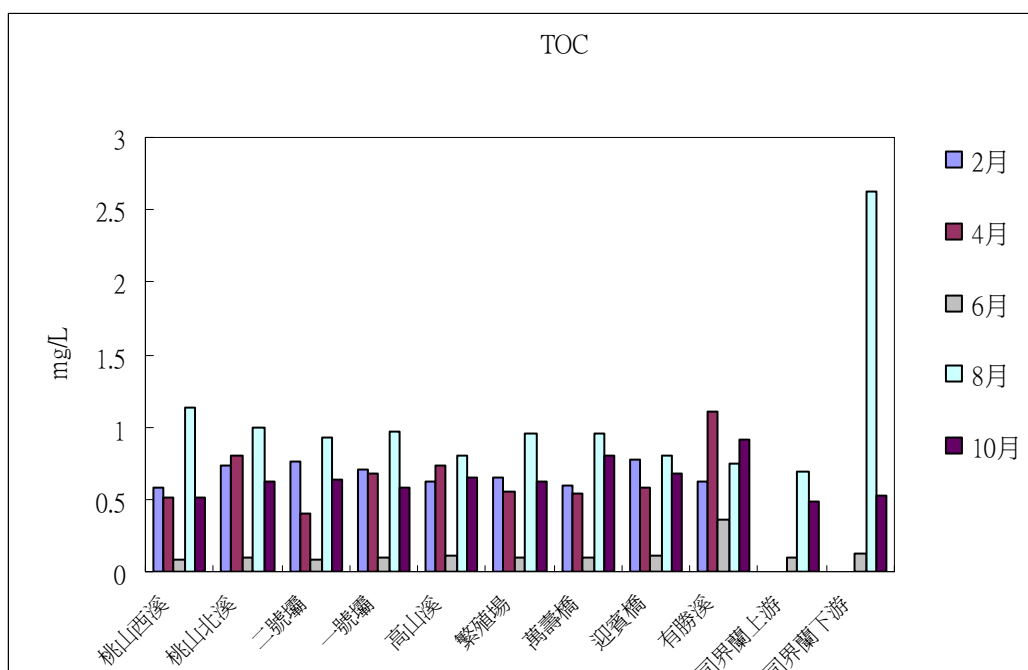


圖 3-14 武陵地區溪流 TOC 值變化

### 3.2 底泥態物種分析結果

河床的固態底泥數據呈現出顆粒對磷有高吸附性；有勝溪有最高的磷濃度。

土壤質地是由砂土、壤土、黏土所構成；經過篩後留下小於 0.15mm 的砂石，成分判定武陵地區所採集的底泥固態顆粒為砂石壤土或砂質黏壤土，壤土在磷的吸附上具有較高的吸附性（HO and Suprihanto, 1995）<sup>10</sup>。對磷而言，吸附能力取決於鐵、鋁離子或在黏土礦物的鈣離子或附著於土壤的有機質。在好氧情況下，中性到酸性的環境中，三價鐵會固結磷酸鹽，如果土壤因為溢漫水而轉為厭氧狀態，三價鐵將轉為二價鐵會導致吸附能力減弱並釋放出磷酸鹽。磷酸鹽吸附在鈣離子僅發生在中性狀態下，除了吸附可逆的自然狀況下，吸附作用易受制於飽和狀態。

除了吸附-脫附程序磷酸鹽可與鐵、鋁離子及土壤鍵結而產生沉降，此程序包括磷酸鹽固定於黏土礦物的結構中及金屬離子的複合體，此反應速率非常慢，若上述被吸附的磷產生沈澱，則吸附位置可再吸附新的磷。

對氮而言，土壤中的氮約 95% 以氨氮的形式被固定住，因為它馬上可被黏土成分吸附，硝酸鹽氮與亞硝酸鹽氮不易被吸附，則會透過滲透移動至地下水中或是溪流，因此，在溪流旁的底泥顆粒氮的含量變動較大。含量值在 500-2000mg/kg。

固態底泥硫與碳為吸附在顆粒上的有機硫和有機碳，固態底泥硫含量值介於 1000-5000mg/kg；固態底泥碳含量值介於 3000-8000mg/kg。

---

<sup>10</sup> Goen E. HO and Suprihanto Notodarmojo, Phosphorus movement through soils and groundwater: application of a time-dependent sorption model, 1995.

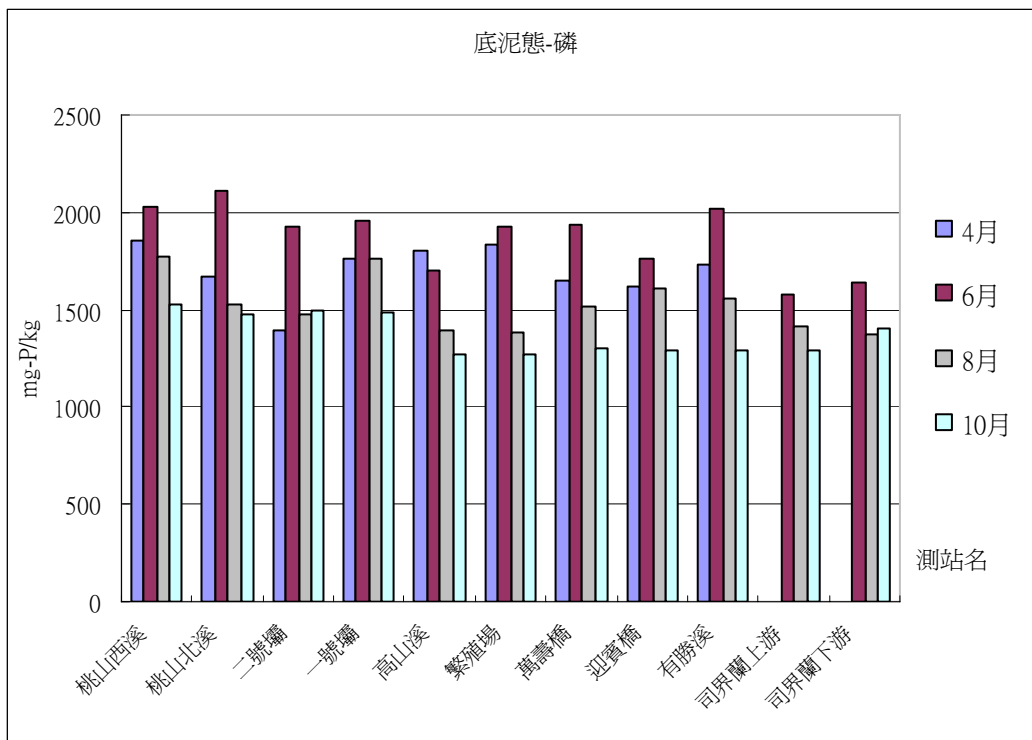


圖 3-15 武陵地區底泥態磷值變化

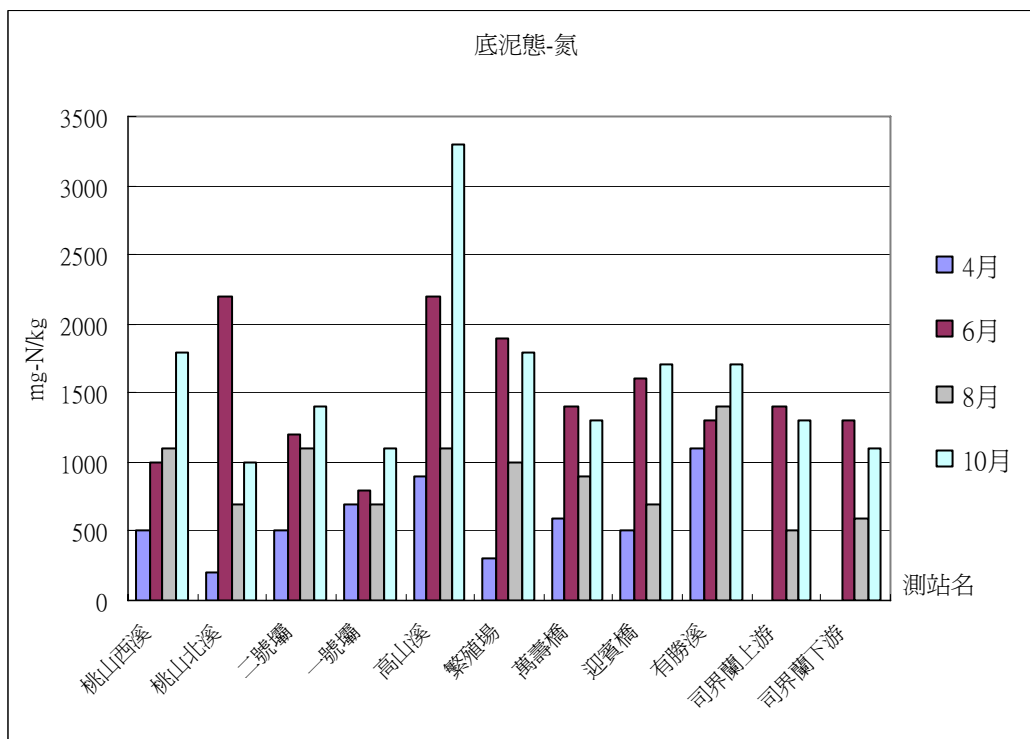


圖 3-16 武陵地區底泥態氮值變化

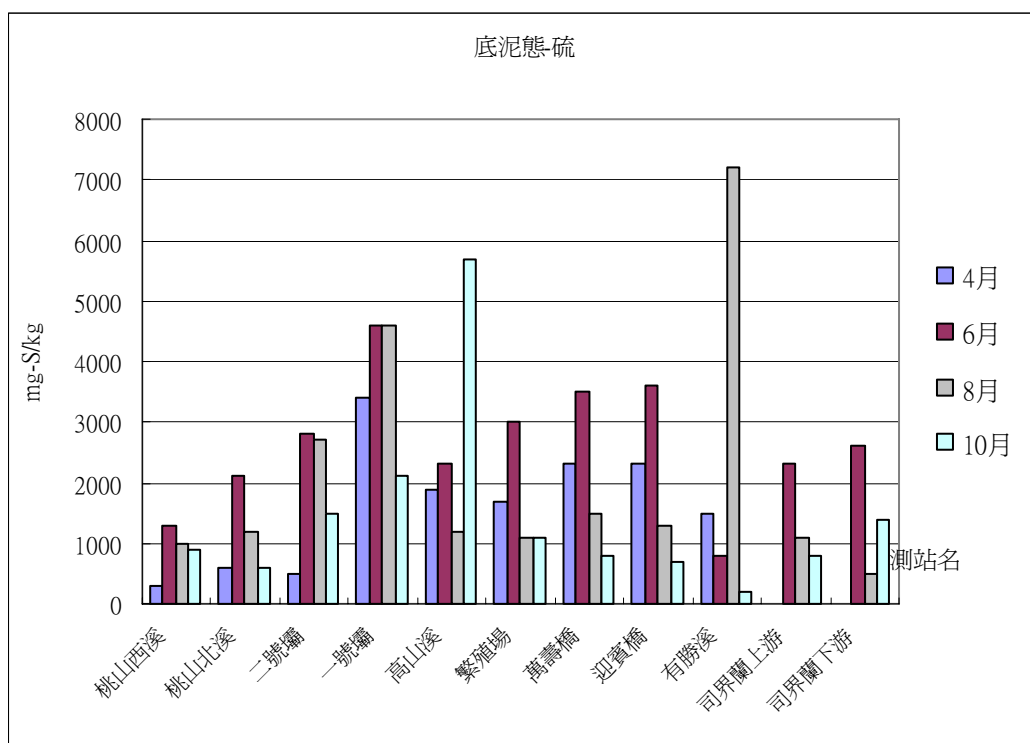


圖 3-17 武陵地區底泥態硫值變化

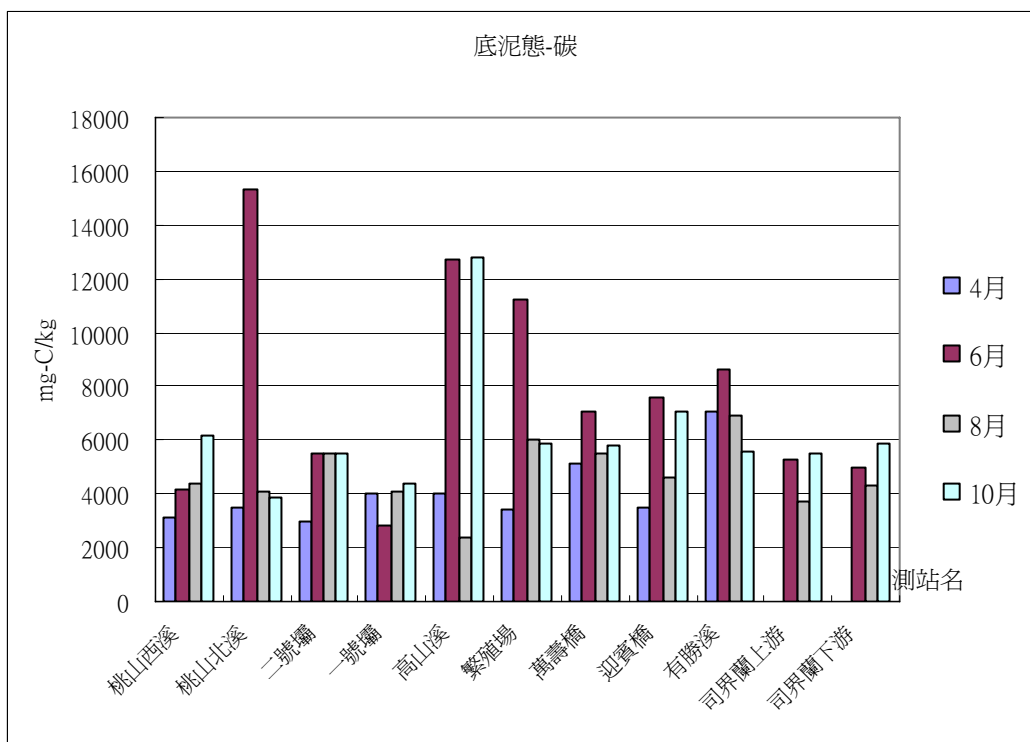


圖 3-18 武陵地區底泥態碳值變化

### 3.3 懸浮固體顆粒物種分析結果

懸浮固體顆粒數據磷呈現如表（表 3-13），但因溪流中懸浮顆粒極微量，因此在污染物的輸出計算可乎略不計。

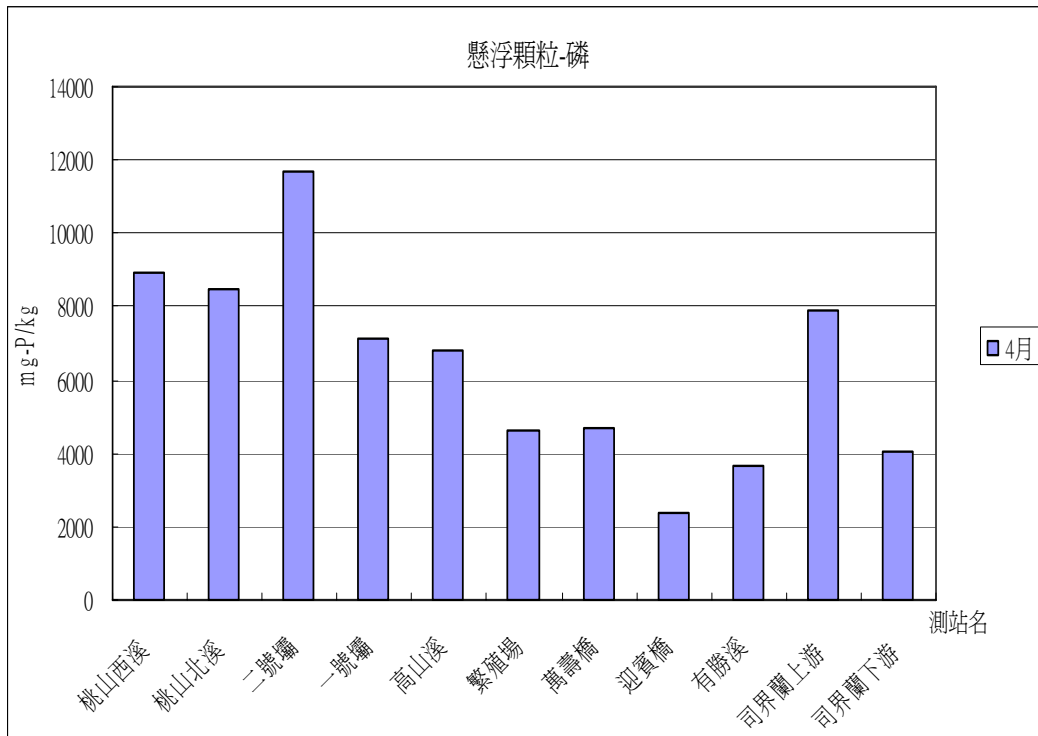


圖 3-19 武陵地區懸浮顆粒態磷值變化

表 3-4 94 年 2 月溶解態分析數據

站名	氣候	採樣日期	pH	導電度 μS/cm	溶氧 mg/L	濁度 NTU	SiO <sub>2</sub> mg/L	BOD mg/L	NO <sub>3</sub> -N mg/L
有勝溪	晴	2 月 1 日	8.43	329	11.1	0.04	3.475	0.03	1.4458
高山溪	細雨	1 月 31 日	7.75	227	11.56	0.02	2.43	0.26	0.085
一號壩	細雨	1 月 31 日	7.93	276	11.24	1.36	1.96	0.02	0.7447
桃山西溪	晴	2 月 1 日	7.86	272	11.58	0.01	2.27	0.28	0.0656
繁殖場	晴	2 月 1 日	7.9	258	11.79	0.01	2.685	0.33	0.7808
桃山北溪	細雨	1 月 31 日	7.8	314	11.15	0.01	3.41	0.86	0.1451
二號壩	細雨	1 月 31 日	7.87	298	11.18	0.01	2.535	0.79	2.4219
萬壽橋	細雨	1 月 31 日	7.9	291	11.32	0.01	2.91	0.56	0.9973
迎賓橋	細雨	1 月 31 日	7.87	300	11.54	0.04	3.43	0.36	1.2876
站名	氣候	採樣日期	NO <sub>2</sub> -N μg/L	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/L	CL <sup>-</sup> mg/L	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> mg/L	TP mg/L	NH <sub>3</sub> -N mg/L	TOC mg/L
有勝溪	晴	2 月 1 日	0	58.426	2.298	0	0.0265	0.2148	0.617
高山溪	細雨	1 月 31 日	0	41.167	1.4	0	0.0333	0.268	0.62
一號壩	細雨	1 月 31 日	0	53.065	1.663	0.0072	0.0501	0.164	0.704
桃山西溪	晴	2 月 1 日	0	41.625	3.73	0	0.1657	0.1316	0.583
繁殖場	晴	2 月 1 日	0	52.664	1.252	0	0.0123	0.1524	0.649
桃山北溪	細雨	1 月 31 日	0	60.813	1.051	0	0.025	0.1316	0.733
二號壩	細雨	1 月 31 日	0	54.278	3.87	0	0.0115	0.1364	0.762
萬壽橋	細雨	1 月 31 日	0	61.542	1.568	0	0.0234	0.2424	0.601
迎賓橋	細雨	1 月 31 日	0	62.291	3.91	0	0.0135	0.0092	0.77

武陵地區長期生態監測暨生態模式之建立-水質參數之研究  
表 3-5 94 年 4 月溶解態分析數據

站名	氣候	採樣日期	pH	導電度	溶氧	濁度	SiO <sub>2</sub>	BOD	NO <sub>3</sub> -N
				μS/cm	mg/L	NTU	mg/L	mg/L	mg/L
有勝溪	晴	4 月 3 日	7.31	288	11.22	0.48	4.04	0.35	0.2903
高山溪	晴	4 月 3 日	7.32	167.5	11.68	1.31	4.42	0.09	0.0233
一號壩	陰	4 月 2 日	7.37	172.9	11.75	6.56	3.89	0.2	0.0869
桃山西溪	晴	4 月 4 日	7.22	134.7	11.73	0.42	2.65	0.1	0.16
繁殖場	晴	4 月 3 日	7.42	171.3	11.79	2.13	3.73	0.05	0.0359
桃山北溪	晴	4 月 4 日	7.32	137.8	11.52	0.58	3.54	0.12	0.0017
二號壩	晴	4 月 3 日	7.26	170.5	11.65	1.75	3.36	0.89	0.0668
萬壽橋	晴	4 月 3 日	7.3	208	11.76	5.16	3.88	0.15	0.1077
迎賓橋	晴	4 月 3 日	7.38	198.8	11.66	9.53	3.62	0.19	0.1002
站名	氣候	採樣日期	NO <sub>2</sub> -N	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	CL <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	TP	NH <sub>3</sub> -N	TOC
			μg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
有勝溪	晴	4 月 3 日	0	40.98	0.261	0.0102	0.1107	0.3662	1.105
高山溪	細雨	4 月 3 日	0	27.974	0.019	0.0022	0.0451	0.2063	0.729
一號壩	細雨	4 月 2 日	0	26.423	0.093	0.0102	0.0838	0.405	0.682
桃山西溪	晴	4 月 4 日	0	19.767	0.077	0.0304	0.0487	0.1906	0.514
繁殖場	晴	4 月 3 日	0	28.967	0.063	0.0026	0.0381	0.2226	0.554
桃山北溪	細雨	4 月 4 日	0	19.871	0.04	0	0.0468	0.1502	0.797
二號壩	細雨	4 月 3 日	0	26.243	0.071	0.002	0.0398	0.2184	0.395
萬壽橋	細雨	4 月 3 日	0	34.096	0.114	0.0176	0.065	0.2651	0.544
迎賓橋	細雨	4 月 3 日	0	32.394	0.129	0.0172	0.0619	0.0737	0.581



表 3-6 94 年 6 月溶解態分析數據

站名	氣候	採樣日期	pH	導電度	溶氧	濁度	SiO <sub>2</sub>	BOD	NO <sub>3</sub> -N
				μS/cm	mg/L	NTU	mg/L	mg/L	mg/L
有勝溪	陰	6 月 25 日	7.10	286.0	10.32	2.65	5.19	0.09	2.5681
高山溪	陰	6 月 25 日	7.58	174.2	10.64	0.44	6.41	0.39	0.1158
一號壩	晴	6 月 26 日	7.37	224.0	10.25	0.37	5.25	0.09	1.3153
桃山西溪	晴	6 月 26 日	7.46	161.2	10.67	0.21	5.94	0.65	0.1692
繁殖場	晴	6 月 26 日	7.54	194.3	10.66	0.51	3.49	0.08	0.5293
桃山北溪	晴	6 月 26 日	7.42	264.0	9.99	0.08	4.21	0.17	0.0737
二號壩	晴	6 月 26 日	7.44	221.0	10.12	0.35	5.23	0.2	0.9219
萬壽橋	晴	6 月 26 日	7.35	219.0	10.48	0.24	5.9	0.2	0.8991
迎賓橋	陰	6 月 25 日	7.00	229.0	10.64	0.72	4.69	0.32	1.2103
司界蘭上游	晴	6 月 26 日	7.15	222.0	10.48	0.82	6.38	0.12	0.1019
司界蘭下游	晴	6 月 26 日	7.15	226.0	9.90	0.55	5.39	0.47	0.2047
	氣候	採樣日期	NO <sub>2</sub> -N	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	CL <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	TP	NH <sub>3</sub> -N	TOC
			μg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
有勝溪	陰	6 月 25 日	1.8892	41.4502	2.7887	0.0171	0.0847	0.0908	0.364
高山溪	陰	6 月 25 日	0	29.2436	0.8821	0	0.0195	0	0.113
一號壩	晴	6 月 26 日	0	38.1695	1.5636	0	0.0449	0	0.102
桃山西溪	晴	6 月 26 日	0	44.889	0.395	0	0.0495	0	0.103
繁殖場	晴	6 月 26 日	0	33.6668	1.2054	0	0.0047	0	0.095
桃山北溪	晴	6 月 26 日	0	25.3931	0.5818	0	0.0056	0	0.085
二號壩	晴	6 月 26 日	0	36.4765	1.4052	0	0	0	0.087
萬壽橋	晴	6 月 26 日	0	37.8313	1.539	0	0.0074	0	0.098
迎賓橋	陰	6 月 25 日	0	38.5867	1.9029	0	0.0195	0	0.106
司界蘭上游	晴	6 月 26 日	0	38.5664	0.3909	0	0	0	0.095
司界蘭下游	晴	6 月 26 日	0	39.4167	1.3517	0	0.0089	0	0.124

表 3-7 94 年 8 月溶解態分析數據

站名	氣候	採樣日期	pH	導電度	溶氧	濁度	SiO <sub>2</sub>	BOD	NO <sub>3</sub> -N
				μS/cm	mg/L	NTU	mg/L	mg/L	mg/L
有勝溪	陰	8 月 20 日	7.24	243.0	10.02	0.69	5.47	0.14	1.4119
高山溪	陰	8 月 20 日	7.55	157.2	10.8	1.69	4.87	0.21	0.1121
一號壩	陰	8 月 21 日	7.25	187.5	10.21	0.44	4.78	0.1	2.0331
桃山西溪	陰	8 月 21 日	7.24	230.0	9.36	0.17	5.48	0.36	0.1402
繁殖場	陰	8 月 20 日	7.35	165.6	10.6	1.62	4.87	0.22	0.1327
桃山北溪	陰	8 月 21 日	7.35	150.0	10.05	0.19	3.49	0.12	0.0837
二號壩	陰	8 月 21 日	7.08	203.0	10.42	0.57	4.5	0.51	1.3693
萬壽橋	陰	8 月 20 日	7.32	224.0	10.66	0.82	5.88	0.21	1.4596
迎賓橋	陰	8 月 20 日	7.35	238.0	10.09	1.1	5.52	0.28	1.4434
司界蘭上游	陰	8 月 21 日	7.00	192.5	9.51	1.22	5.52	0.11	0.2291
司界蘭下游	陰	8 月 21 日	6.86	203.0	9.45	1.54	5.31	0.26	0.2307
站名	氣候	採樣日期	NO <sub>2</sub> -N	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	CL <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	TP	NH <sub>3</sub> -N	TOC
			μg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
有勝溪	陰	8 月 20 日	0.7777	36.2668	0.9405	0	0.1544	0	0.744
高山溪	陰	8 月 20 日	0.4002	25.9227	0.3229	0	0.1766	0	0.801
一號壩	陰	8 月 21 日	0.4002	38.7114	1.6325	0	0.0947	0	0.973
桃山西溪	陰	8 月 21 日	1.9101	41.3533	1.315	0	0.1046	0	1.13
繁殖場	陰	8 月 20 日	0.0227	26.5955	0.4258	0	0.0971	0	0.957
桃山北溪	陰	8 月 21 日	1.2924	25.153	0.2927	0	0.0587	0	0.993
二號壩	陰	8 月 21 日	1.8758	35.4122	1.1555	0	0.0458	0	0.932
萬壽橋	陰	8 月 20 日	0.812	37.3629	1.8808	0	0.0392	0	0.953
迎賓橋	陰	8 月 20 日	0.2629	37.4786	1.9134	0	0.0527	0	0.805
司界蘭上游	陰	8 月 21 日	3.2485	37.1728	2.0375	0	0.0452	0	0.692
司界蘭下游	陰	8 月 21 日	2.8024	37.2072	1.4976	0	0.0587	0	2.621

表 3-8 94 年 10 月溶解態分析數據

站名	氣候	採樣日期	pH	導電度	溶氧	濁度	SiO <sub>2</sub>	BOD	NO <sub>3</sub> -N
				μS/cm	mg/L	NTU	mg/L	mg/L	mg/L
有勝溪	陰	10 月 22 日	8.25	191.9	10.6	0.62	2.65	0.56	1.2466
高山溪	陰	10 月 22 日	8.14	147.5	11.11	0.34	4.58	0.35	0.0972
一號壩	晴	10 月 23 日	8.10	204.0	10.87	0.63	4.14	0.28	1.7596
桃山西溪	晴	10 月 23 日	7.73	224.0	10.92	0.04	3.9	0.07	0.0619
繁殖場	陰	10 月 22 日	7.97	166.6	11.17	0.13	5.15	0.24	0.1681
桃山北溪	晴	10 月 23 日	8.13	147.8	10.92	0.03	5.18	0.07	0.1358
二號壩	陰	10 月 22 日	7.65	210.0	10.9	0.09	3.43	0.2	1.1304
萬壽橋	陰	10 月 22 日	7.85	187.3	10.89	0.74	4.17	0.2	1.2894
迎賓橋	陰	10 月 22 日	7.84	192.8	10.86	2.11	2.93	0.9	1.2770
司界蘭上游	晴	10 月 23 日	7.75	175.5	10.61	0.84	5.03	0.63	0.1553
司界蘭下游	晴	10 月 23 日	7.89	187.3	10.57	0.98	4.38	0.34	0.4943
站名	氣候	採樣日期	NO <sub>2</sub> -N	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	CL <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	TP	NH <sub>3</sub> -N	TOC
			μg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
有勝溪	陰	10 月 22 日	1.2893	38.4095	2.3538	0.0074	0.0122	0.0564	0.915
高山溪	陰	10 月 22 日	0	28.9441	0.2799	0	0	0	0.655
一號壩	晴	10 月 23 日	0	41.526	1.7558	0	0.005	0	0.579
桃山西溪	晴	10 月 23 日	0	27.7896	0.2099	0	0	0	0.512
繁殖場	陰	10 月 22 日	0	30.4861	0.2265	0	0.011	0	0.619
桃山北溪	晴	10 月 23 日	0	45.4815	1.2446	0	0.0039	0.0196	0.619
二號壩	陰	10 月 22 日	0	39.6117	1.9942	0	0	0.002	0.631
萬壽橋	陰	10 月 22 日	0	40.3984	2.0023	0	0.0095	0	0.795
迎賓橋	陰	10 月 22 日	0	40.6136	1.902	0	0.009	0.0094	0.68
司界蘭上游	晴	10 月 23 日	0	44.1289	0.2851	0	0.0114	0	0.489
司界蘭下游	晴	10 月 23 日	0	45.5491	1.4194	0.0014	0.0119	0	0.522

表 3-9 94 年 4 月底泥態分析數據

站名	氣候	採樣日期	P	N	S	C
			mg-P/kg	mg-N/kg	mg-S/kg	mg-C/kg
有勝溪	晴	4 月 3 日	1859	1100	1500	7100
高山溪	晴	4 月 3 日	1668	900	1900	4000
一號壩	陰	4 月 2 日	1390	700	3400	4000
桃山西溪	晴	4 月 4 日	1763	500	300	3100
繁殖場	晴	4 月 3 日	1805	300	1700	3400
桃山北溪	晴	4 月 4 日	1830	200	600	3500
二號壩	晴	4 月 3 日	1648	500	500	3000
萬壽橋	晴	4 月 3 日	1622	600	2300	5100
迎賓橋	晴	4 月 3 日	1727	500	2300	3500

表 3-10 94 年 6 月底泥態分析數據

站名	氣候	採樣日期	P	N	S	C
			mg-P/kg	mg-N/kg	mg-S/kg	mg-C/kg
有勝溪	陰	6 月 25 日	2015	1300	800	8600
高山溪	陰	6 月 25 日	1705	2200	2300	12700
一號壩	晴	6 月 26 日	1956	800	4600	2800
桃山西溪	晴	6 月 26 日	2106	2200	2100	15300
繁殖場	晴	6 月 26 日	1929	1900	3000	11200
桃山北溪	晴	6 月 26 日	2032	1000	1300	4200
二號壩	晴	6 月 26 日	1921	1200	2800	5500
萬壽橋	晴	6 月 26 日	1932	1400	3500	7100
迎賓橋	陰	6 月 25 日	1765	1600	3600	7600
司界蘭上游	晴	6 月 26 日	1582	1400	2300	5300
司界蘭下游	晴	6 月 26 日	1642	1300	2600	5000

表 3-11 94 年 8 月底泥態分析數據

站名	氣候	採樣日期	P	N	S	C
			mg-P/kg	mg-N/kg	mg-S/kg	mg-C/kg
有勝溪	陰	8 月 20 日	1562	1400	7200	6900
高山溪	陰	8 月 20 日	1392	1100	1200	2400
一號壩	陰	8 月 21 日	1761	700	4600	4100
桃山西溪	陰	8 月 21 日	1774	1100	1000	4400
繁殖場	陰	8 月 20 日	1383	1000	1100	6000
桃山北溪	陰	8 月 21 日	1528	700	1200	4100
二號壩	陰	8 月 21 日	1474	1100	2700	5500
萬壽橋	陰	8 月 20 日	1514	900	1500	5500
迎賓橋	陰	8 月 20 日	1614	700	1300	4600
司界蘭上游	陰	8 月 21 日	1413	500	1100	3700
司界蘭下游	陰	8 月 21 日	1372	600	500	4300

表 3-12 94 年 10 月底泥態分析數據

站名	氣候	採樣日期	P	N	S	C
			mg-P/kg	mg-N/kg	mg-S/kg	mg-C/kg
有勝溪	陰	10 月 22 日	1296	1700	200	5600
高山溪	陰	10 月 22 日	1266	3300	5700	12800
一號壩	晴	10 月 23 日	1481	1100	2100	4400
桃山西溪	晴	10 月 23 日	1527	1800	900	6200
繁殖場	陰	10 月 22 日	1271	1800	1100	5900
桃山北溪	晴	10 月 23 日	1472	1000	600	3900
二號壩	陰	10 月 22 日	1491	1400	1500	5500
萬壽橋	陰	10 月 22 日	1301	1300	800	5800
迎賓橋	陰	10 月 22 日	1291	1700	700	7100
司界蘭上游	晴	10 月 23 日	1290	1300	800	5500
司界蘭下游	晴	10 月 23 日	1408	1100	1400	5900

武陵地區長期生態監測暨生態模式之建立-水質參數之研究  
 表 3-13 94 年 6 月懸浮顆粒固體分析數據

站名	氣候	採樣日期	P
			mg-P/kg
有勝溪	陰	6 月 25 日	3630
高山溪	陰	6 月 25 日	6824
一號壩	晴	6 月 26 日	7133
桃山西溪	晴	6 月 26 日	8933
繁殖場	晴	6 月 26 日	4633
桃山北溪	晴	6 月 26 日	8455
二號壩	晴	6 月 26 日	11667
萬壽橋	晴	6 月 26 日	4680
迎賓橋	陰	6 月 25 日	2386
司界蘭上游	晴	6 月 26 日	7889
司界蘭下游	晴	6 月 26 日	4057

### 3.4 WQI 值計算

在水質分類等級中 WQI 值 86-100 為水質特優，屬於第一級水，WQI 值 71-85 為第二級水，屬水質良好，WQI 值 51-70 為第三級水，屬水質尚可。

武陵地區 91 年度至 93 年度溪流水質指數 WQI 值大部分指數均大於 86，屬第一級水為特優水質。經計算後（附錄一）（圖 3-20），比較各月份水質指數，發現秋冬季枯水期時水質指數有下降的趨勢；且七家灣溪下游 WQI 值較上游高，且亦比高山溪 WQI 值高，似乎與實際狀況不同。因為七家灣溪上游（桃山登山口、七家灣溪四號壩站、七家灣三號壩）並無人為農耕干擾，實際水質應較下游（污水廠）來得好，但其 WQI 值卻呈現相反的現象；武陵地區 94 年度溪流水質指數 WQI 值仍屬於第一級水的等級（圖 3-21），WQI 值七家灣溪下游比上游來得高，在七家灣溪上游（桃山西溪、桃山北溪）無人為農耕干擾，其 WQI 值卻也呈現相反的現象。上述之不合理現象之可能原因為七家灣溪上游溶氧之副指標均相對偏低，此肇因於這些樣點之水溫均相對較其他樣點低，但溶氧卻未增加，依亨利定律計算得之飽和溶氧濃度會隨著溫度降低而增加。故這幾個樣點之溶氧飽和度（實測溶氧濃度/理論飽和溶氧濃度）極低，以致換算出之副指標也相對偏低。但溶氧絕對值只要超過 7mg/L，對溪流內之生物生存就不是限制因子，故考慮溶氧之 WQI 指標顯然不適用於七家灣溪流域。將溶氧值副指標去除後將之重新計算，發現 91 年度至 93 年度溪流水質指數七家灣溪上游（桃山登山口、七家灣溪四號壩站、七家灣三號壩）WQI 值高於七家灣溪下游（污水廠）的 WQI 值，高山溪亦高於七家灣溪下游 WQI 值（圖 3-22）；94 年度溪流水質指數 WQI 值七家灣溪上游比下游來得高（圖 3-23），此結果顯示不考慮溶氧副指標更能真實呈現出七家灣溪流之水質狀況；並發現其水質指標值有逐年升高的趨勢，在 93 年度各溪流 WQI 值均在 90 以上。94 年度各溪流 WQI 值仍維持在 90 以上，但較之前的 WQI 值有下降的趨勢，這是未來執行長期水質監測工作的重點之一。

藻指數是一種以藻類分類來判斷水質好壞的一種方法，以六種矽藻屬來計算，計算方式如下：

X：曲殼藻屬（Achnanthes）+ 卵形藻屬（Cocconeis）+ 橋彎藻屬（Cymbella）

Y：小環藻屬（Cyclotella）+ 直鏈藻屬（Melosira）+ 菱形藻屬（Nitzschia）

$$GI = X/Y$$

GI 值 > 30 屬 A 級，極輕微污染；11 < GI 值 < 30 為 B 級，微污染；5 < GI 值 < 11 為 C 級，輕度污染；1.5 < GI < 5 為 D 級，中度污染；GI < 1.5 為 E 級，嚴重污染。

以 92 年度水質綜合指標 (WQI 值) 與 92 年度藻指數 (GI) (于等,2003) 做對應，藻指數在有勝溪的思源啞口、勝光、武陵收費口等測站 GI 值為最低；高山溪四號壩與一號壩等測站 GI 值為最高；在七家灣溪流上游平均 GI 值是低於下游平均 GI 值，但將尺度放到各月份所呈現的數據內可發現下游 GI 值小於 30 的月份比上游多，然而，平均值的數據卻呈現相反，是因為部份月份的藻指數拉高了平均值；若選用中位數來呈現數據則七家灣溪上游 GI 值便會高於七家灣溪下游，將會較符合現況。繼而對照去除溶氧副指標的 WQI 與取用中位數的藻指數 GI 值，兩者之間呈現和現場環境相符合的趨勢，因此，在計算 WQI 時將溶氧指標不列入計算，將權數重新分配給予其他的參數可得到較真實的溪流水質現況。

若以 WQI 水質指數分類，即使水質最差的有勝溪仍被歸類為第一級水為特優水質，顯然藻類指標的敏感性大於 WQI 水質指數。這主要是由於傳統之 WQI 指標係針對平地中下游污染較嚴重之河段所建置。藻類指數雖然敏感性較高，但其數值非常容易因季節變化而改變，且其採樣及分析程序較複雜，

增加其推廣應用的困難。若能找出藻類指數及 WQI 水質指數之間的相關性，就可以將 WQI 水質指數與藻類指數互相轉換，以藻類指數的分類重新訂定 WQI 水質指數的分類標準，可解決 WQI 水質指數敏感性不高的問題。



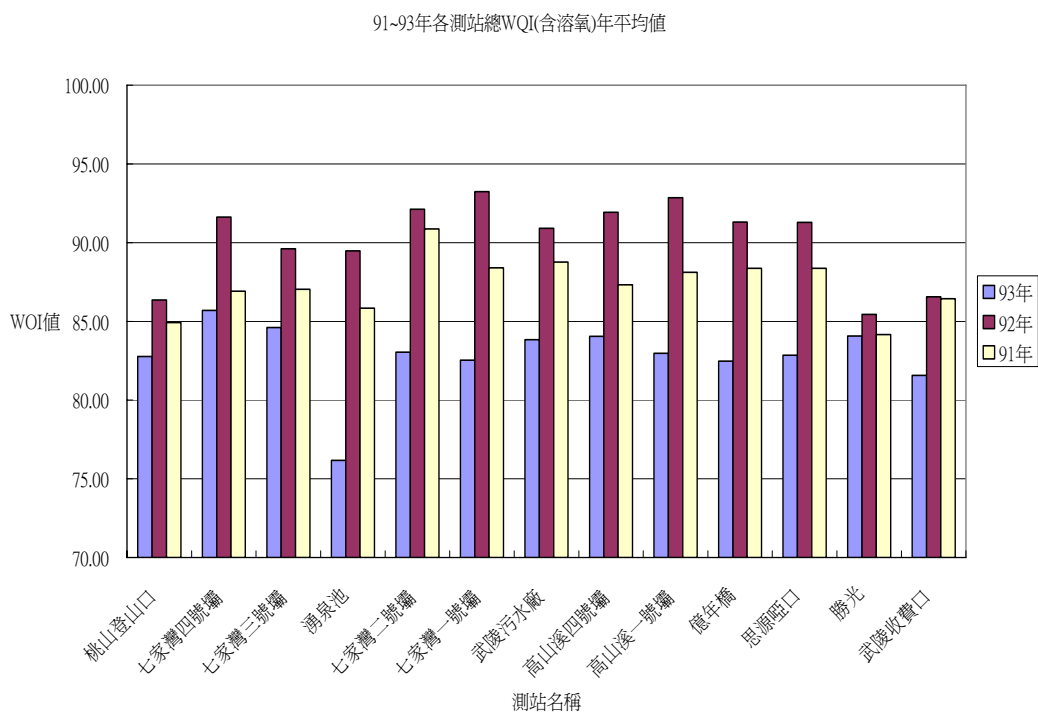


圖 3-20 91-93 年各測站 WQI (含溶氧) 年平均值

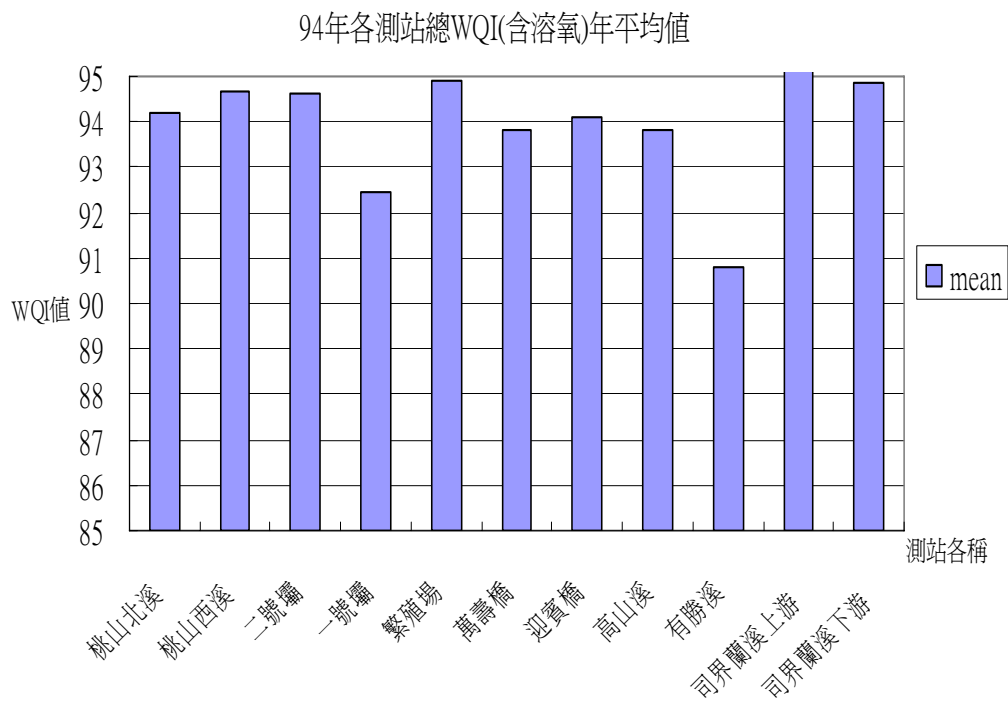


圖 3-21 94 年各測站 WQI (含溶氧) 年平均值

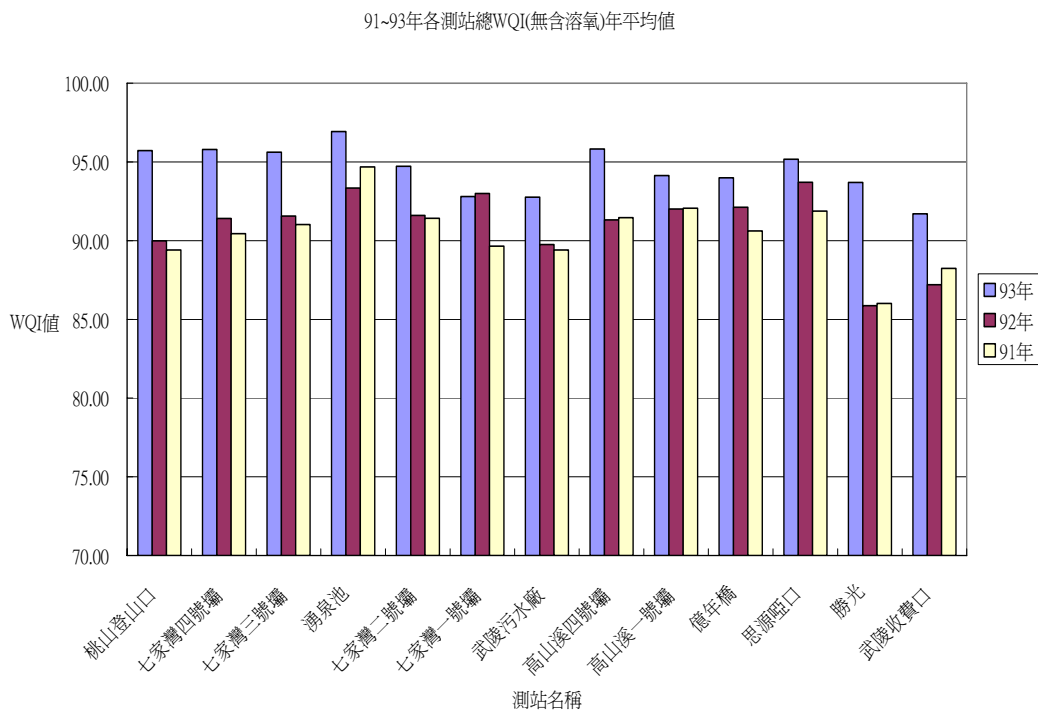


圖 3-22 91-93 年各測站 WQI (無含溶氧) 年平均值

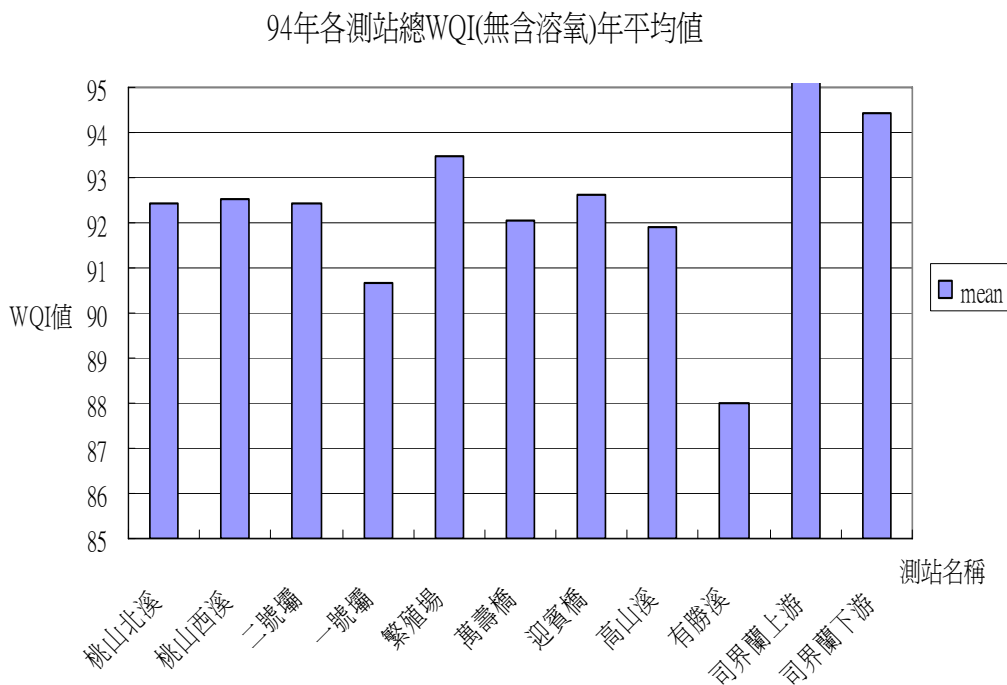


圖 3-23 94 年各測站 WQI (無含溶氧) 年平均值

圖(3-24)為各測站之藻類指數取對數後與 WQI 水質指數迴歸分析圖，由圖可發現大致以 WQI=90 為界，當 WQI<90 時兩者呈現正相關，而當 WQI>90 時兩者呈現負相關，負相關的出現可能是因為當水中的有機物或營養鹽太少時，藻類也無法正常生長所致。基於上述結果，本研究參考藻類指數的標準修改 WQI 的分類標準，作為武陵地區水質判別的依據，其標準如下：

WQI $\geq$ 90 屬 A 級，無污染。

85 $\leq$ WQI<90 為 B 級，輕度污染。

75 $\leq$ WQI<85 為 C 級，中度污染。

WQI<75 為 D 級，嚴重污染。

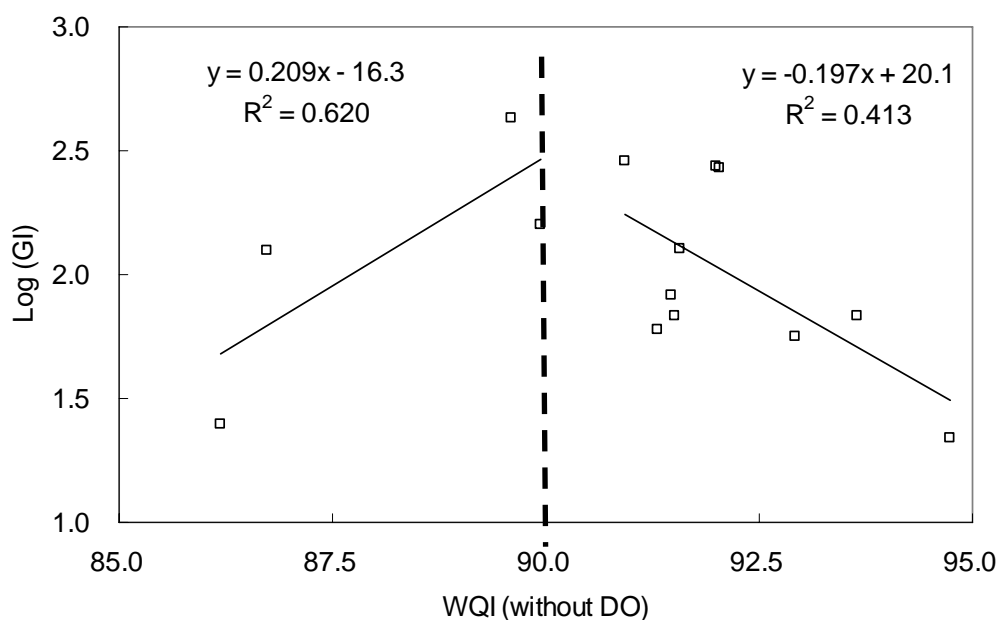


圖 3-24 92 年度各測站之藻類指數取對數後與 WQI 水質指數迴歸分析圖

## 第二節 建議

- 1.對溪流水質持續監測，避免不必要的人為活動影響櫻花鉤吻鮭的生存環境，以維持水域環境的完整性與原始性。
- 2.農地施肥應遵循標準用量，勿為加強蔬果的經濟效益而使用過多的肥料與農藥導致非點源污染。
- 3.建議利用集水區模式計算河川污染物的容許負荷量。



#### 第四章 參考書目

1. 周明顯，環境質量管理，環境規劃與管理，1994.02，中華民國環境工程學會
2. 水污染防治概論講習班講義，2005.01，行政院環境保護署訓練所
3. 楊雅梅，台灣水庫集水區水質指標與管理系統建立之研究，2001.06，國立台灣大學環境工程學研究所碩士論文
4. 王善賢，台灣地區河川水質狀態指標之建立，2001.06，國立台灣大學環境工程學研究所碩士論文
5. 柳文成，溼地廢污水處理適用性及限制之探討，2001，國科會計畫 NSC90-2211-E-002-082
6. 楊萬發，水體水質保護，2004.07，財團法人中興工程科技研究發展基金會
7. 于淑芬、林永發，武陵地區水質調查及環境監測，2003.12，內政部營建署雪霸國家公園
8. 童慶彬、李宗祐，氣候變遷對七家灣溪流量之影響評估，47（1），65-74（2001），農業工程學報
9. 郭一羽，水域生態工程，2001.09
10. 童慶彬、李宗祐，應用遺傳規劃法建立櫻花鉤吻鮭魚群數量對環境之反應函數，49（3），46-59（2003），農業工程學報
11. 曾晴賢、楊正雄，櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查，2003.12，內政部營建署雪霸國家公園
12. 曾晴賢、楊正雄，七家灣河流域櫻花鉤吻鮭幼魚歷年族群變動與降雨量的關係，12(2)，111-124(2002)，國家公園學報
13. 賴文龍，梨山地區高冷地蔬菜綠肥輪作模式，(3)1999.12，台中區農情月刊
14. 賴文龍、吳尚鑾、藍祐利、林文陞，梨山地區甘藍蔬菜園土壤肥培管理之探討，(57)2004.05，台中區農情月刊
15. 王敏昭，七家灣溪沿岸土地各利用型態對溪流生態影響之研究，2003.12，內政部營建署雪霸國家公園

16. 環境檢測方法：河川、湖泊及水庫水質採樣通則，2005，行政院環境保護署環境檢驗所
17. 環境檢測方法：底泥採樣方法，2003，行政院環境保護署環境檢驗所
18. 環境檢測方法：水質檢測方法，行政院環境保護署環境檢驗所
19. 水污染防治法規，地面水體分類及水質標準，2002.06，行政院環境保護署環境保護人員訓練所
20. 楊秋忠，植物營養與施肥要領，土壤與肥料第六版，1997.05，農世股份有限公司
21. 張石角，櫻花鉤吻鮭保護區規劃，1989，行政院農委會
22. 環保署九十二年年報，行政院環境保護署
23. 雪霸國家公園網站，<http://www.spnp.gov.tw/>
24. 經濟部水利署網站，<http://www.wra.gov.tw/>
25. 環境檢驗所網站，<http://www.niea.gov.tw/>
26. 台灣肥料股份有限公司，<http://www.taifer.com.tw/>
27. A.James, “An introduction to water quality modelling” ,2th.
28. Brown, R. M., McClelland, N. I., Deininger, R. A., Tozer, R. G., “A water quality index-Do we dare?” *Water Sewage Works.*, 117, 339-343 (1970).
29. Goen E. HO and Suprihanto Notodarmojo, “Phosphorus movement through soils and groundwater : application of a time-dependent sorption model” , *Water Science Technology*,31(7),83-90(1995).
30. Horton, R. K., “An index-number system for rating water quality” *J. Water Pollution Control Federation*, 37 (3), 300-305 (1965).
31. House,M. A., Ellis, J. B., “Water quality indices: an additional management tool?” *Progress in Water Technology*, 13 (7), 413-423 (1980).
32. Jing-San Hwang, “The development and management policy of water resources in Taiwan” ,*Paddy and Water Environment*,2003.
33. Maciej Dzikiewicz, “Activities in nonpoint pollution control in rural area of Poland” ,*Ecological Engineering*,14(4),429-434(2000) .
34. Nichols, d.s., “Capacity of natural wetlands to remove nutrients from

- wastewater”, J. Water Pollut. 55 , 495-505 ( 1983 )
35. Sherpley, A., “Fate and Transport of Nutrients: Phosphorus,”USDA, Agricultural Research Service, National Agricultural Water Quality Laboratory, Durant, Oklahoma (1995).
36. Vladimir Novotny, “Integrated water quality management” ,Water Science Technology,33(4),1-7(1996).
37. Wischmeier, W. H., Smith, D. D., “Predicting Rainfall Erosion Losses:A guide to conservation department of agricultural” , U. S. Department of Agriculture, Agricultural Handbook, No. 537, 1978.



## 期末報告審查意見

審查意見	回應內容
1· 未來請針對颱風前後影響作深入探討。	遵照辦理。

91 年 WQI 值 (含溶氧)

月份 測站	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	mean	S.D
桃豐山口	93.81	84.12	89.67	93.59	93.37	81.83	92.71	59.91	68.68	91.29	85.05	84.91	11.18
七家灣四號霸	93.49	93.81	94.67	94.98	91.94	81.90	91.17	67.54	73.61	79.29	93.68	86.92	9.70
七家灣三號霸	87.78	91.52	93.68	94.28	94.13	91.29	85.04	80.25	70.60	81.78	87.13	87.04	7.30
湧泉池	98.18	96.01	92.82	89.80	87.07	79.07	86.15	62.09	65.53	88.87	98.68	85.84	12.32
七家灣二號霸	93.18	95.70	96.26	93.73	92.18	89.64	91.60	77.68	整地	84.40	94.34	90.87	5.75
七家灣一號霸	83.14	95.37	92.50	92.37	91.93	95.15	90.09	75.55	69.40	94.96	91.91	88.40	8.67
汗水廠	89.46	93.65	91.93	94.62	94.74	95.14	93.53	75.31	69.30	87.43	91.38	88.77	8.58
高山溪四號霸	94.52	86.36	90.88	94.12	91.94	93.68	95.68	76.89	58.43	83.24	94.81	87.32	11.22
高山溪一號霸	83.48	85.87	84.27	95.15	90.33	95.95	96.08	87.07	71.50	86.70	92.90	88.12	7.23
億年橋	94.63	86.02	89.73	93.42	94.37	94.19	94.28	78.59	70.69	87.82	整地	88.37	8.07
思源亞口	95.75	95.34	85.48	98.18	96.78	94.81	94.78	68.52	57.63	95.87	88.97	88.37	13.25
勝光	90.33	90.37	92.69	87.11	91.53	86.53	84.83	58.21	69.96	85.31	88.98	84.17	10.57
收費口	92.69	91.18	93.87	89.64	84.73	91.54	90.48	82.33	60.72	82.85	90.85	86.44	9.40
復育中心											92.33	92.33	0.00
司界蘭溪	75.02	82.83	92.39	93.20	93.84							87.46	8.28
環山橋	84.75	80.41	93.55	92.46	92.92							88.82	5.91
木蘭橋	91.97	92.51	86.70	94.21	94.85							92.05	3.22
水文站	91.26	78.94	84.41	89.22	89.95							86.75	5.08

## 92年 WQI 值 (含溶氧)

月份 測站	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	mean	S.D
桃山登山口	91.64	79.78	87.40	90.64	78.63	93.24	92.38	87.92	76.06	81.74	90.34	86.35	6.16
七家灣 4 號壩	93.46	92.94	95.52	93.34	81.39	98.65	95.35	92.50	89.68	86.91	88.11	91.62	4.80
七家灣 3 號壩	89.82	79.87	96.16	95.71	77.09	96.16	95.50	92.12	86.48	86.16	90.68	89.61	6.62
湧泉池	99.35	94.21	96.57	97.06	74.09	99.71	95.84	93.75	73.20	86.67	73.79	89.48	10.71
七家灣 2 號壩	95.93	96.08	95.29	94.44	84.60	98.91	90.71	91.60	87.46	85.63	92.61	92.11	4.63
七家灣 1 號壩	94.79	94.53	96.30	93.87	94.92	97.98	94.09	91.89	85.76	91.59	89.82	93.23	3.35
復育中心	95.93	90.03	96.20	96.53	94.63	94.49	91.74	93.81	92.79	85.98	88.54	92.79	3.40
武陵污水廠	91.04	94.77	94.14	95.22	95.24	95.68	88.52	82.48	90.10	82.29	90.54	90.91	4.87
高山溪四號壩	94.30	95.45	94.90	92.88	94.32	97.83	87.30	87.58	91.16	87.51	87.96	91.93	3.80
高山溪一號壩	94.51	94.32	92.58	95.76	91.26	94.04	92.51	94.56	91.93	88.38	91.48	92.85	2.08
億年橋	整地	95.91	95.99	92.96	84.06	96.20	91.94	93.23	93.17	89.99	79.52	91.30	5.58
思源啞口	90.70	90.30	94.98	94.12	94.71	94.21	94.33	93.69	91.47	89.79	75.91	91.29	5.45
勝光	87.32	88.04	79.55	89.22	89.40	84.76	85.66	89.03	88.94	83.94	73.98	85.44	4.84
武陵收費口	89.55	88.27	85.84	88.11	85.81	89.86	83.88	84.42	93.81	84.95	77.57	86.55	4.17

武陵地區長期生態監測暨生態模式之建立-水質參數之研究  
93年 WQI 值 (含溶氧)

月份 測站	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	mean	S.D
桃山登山口	84.43	89.89	94.78	95.60	96.29	93.75	93.50	颱風	95.67	94.56	82.77	11.65
七家灣 4 號壩	88.67	93.62	98.74	98.70	98.43	95.56	95.84	92.05	95.98	97.87	85.70	10.88
七家灣 3 號壩	84.09	93.36	98.93	99.27	98.12	95.42	96.77	颱風	96.89	95.38	84.61	12.31
湧泉池	76.78	82.99	94.92	89.99	89.08	79.30	82.00	颱風	84.92	87.51	76.17	11.21
七家灣 2 號壩	87.48	91.71	97.17	98.87	96.21	93.78	85.98	90.51	94.12	90.76	83.04	10.67
七家灣 1 號壩	85.44	86.44	96.97	96.35	96.45	93.97	82.97	颱風	96.25	90.93	82.53	11.22
復育中心	79.80	88.41	95.59	96.00	96.16	92.86	84.72	93.01	92.86	88.80	81.20	10.78
武陵污水廠	91.84	87.01	96.86	97.37	97.69	94.74	82.75	颱風	95.74	93.17	83.83	11.01
高山溪四號壩	84.70	90.30	97.18	99.02	98.38	96.18	90.15	颱風	93.26	97.38	84.04	11.67
高山溪一號壩	88.44	90.24	96.80	97.83	98.00	94.90	89.68	84.44	90.46	96.91	82.97	11.35
億年橋	81.25	88.52	97.32	97.12	97.87	90.62	86.91	91.87	95.62	95.47	82.47	11.25
思源啞口	87.16	87.53	96.26	96.34	97.83	91.20	75.34	颱風	94.31	94.92	82.84	11.35
勝光	91.75	90.01	95.94	96.00	97.88	94.24	59.34	颱風	95.17	95.65	84.07	13.88
武陵收費口	88.10	88.74	90.49	97.03	96.90	91.88	82.68	89.34	92.00	95.36	81.56	10.83
湧泉池排水溝									94.30	96.40	95.35	1.48

94年 WQI 值 (含溶氧)

測站 \ 月份	2	4	6	8	10	mean	S.D
桃山西溪	90.22	92.01	97.87	93.68	99.59	94.67	3.95
桃山北溪	90.91	92.88	93.71	95.98	97.44	94.18	2.57
二號壩	92.14	88.51	99.08	94.31	99.19	94.65	4.59
一號壩	91.39	83.76	95.21	94.92	96.99	92.45	5.27
高山溪	90.81	91.67	96.58	92.91	97.24	93.84	2.91
繁殖場	93.66	91.45	98.45	93.92	97.05	94.91	2.81
萬壽橋	90.20	88.10	98.16	95.56	97.20	93.84	4.45
迎賓橋	96.52	89.97	95.23	94.88	93.90	94.10	2.49
有勝溪	89.72	86.51	91.20	93.65	92.97	90.81	2.85
司界蘭上游			97.34	95.22	95.12	95.89	1.25
司界蘭下游			95.33	93.65	95.62	94.87	1.06

武陵地區長期生態監測暨生態模式之建立-水質參數之研究

91 年 WQI 值 (不含溶氧)

月份 測站	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	mean	S.D
桃豐山口	93.39	87.74	87.99	91.52	92.51	90.00	92.84	65.47	97.18	89.98	94.83	89.40	8.43
七家灣四號霸	94.54	92.33	94.08	93.31	90.26	92.33	96.48	58.82	96.98	94.38	91.42	90.45	10.68
七家灣三號霸	95.66	89.26	92.62	92.30	92.48	90.98	94.86	81.16	92.27	96.42	83.17	91.02	4.85
湧泉池	97.61	95.05	91.84	96.99	94.32	96.52	98.69	77.91	94.48	99.58	98.48	94.68	6.01
七家灣二號霸	95.89	94.41	96.26	92.05	90.58	93.37	92.95	75.52	整地	90.63	92.49	91.41	5.91
七家灣一號霸	92.06	94.18	90.55	89.78	90.23	94.30	88.70	71.01	92.36	93.40	89.54	89.65	6.47
汙水廠	89.34	91.56	89.33	92.92	93.05	95.49	91.50	66.27	91.69	92.97	89.34	89.40	7.91
高山溪四號霸	92.77	90.57	90.14	94.10	89.34	93.40	94.76	75.72	94.97	96.80	93.49	91.46	5.68
高山溪一號霸	91.13	90.25	93.63	95.50	89.03	94.89	95.23	82.13	93.29	96.89	90.60	92.05	4.14
億年橋	95.38	89.74	90.35	91.23	92.75	93.06	93.88	71.36	93.17	95.17	整地	90.61	7.02
思源亞口	94.68	93.82	95.32	98.07	95.90	94.29	96.18	63.74	91.62	94.48	92.47	91.87	9.49
勝光	88.70	87.76	90.44	84.28	90.46	92.89	85.27	55.34	89.70	86.09	95.05	86.00	10.66
收費口	90.33	88.84	92.19	90.51	81.94	91.52	87.36	79.22	92.88	84.02	91.70	88.23	4.58
復育中心											90.18	90.18	0.00
司界蘭溪	92.16	79.51	90.16	91.44	92.07							89.07	5.40
環山橋	91.50	88.25	91.75	89.98	90.60							90.42	1.40
木蘭橋	94.19	90.06	91.07	92.19	94.08							92.31	1.82
水文站	91.76	86.25	87.53	85.79	86.69							87.60	2.41

## 92年 WQI 值 (不含溶氧)

月份 測站	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	mean	S.D
桃山登山口	90.27	90.50	94.81	91.18	92.61	95.97	91.80	86.00	87.17	77.62	91.83	89.98	5.01
七家灣 4 號壩	91.71	93.34	94.06	91.83	90.38	98.25	93.75	90.23	90.31	82.93	88.63	91.40	3.83
七家灣 3 號壩	93.30	93.93	95.06	94.79	84.40	94.76	93.99	89.55	90.86	82.60	93.93	91.56	4.35
湧泉池	99.32	95.86	96.79	96.05	77.27	99.61	94.91	92.47	93.74	88.18	92.49	93.34	6.24
七家灣 2 號壩	94.47	95.34	96.03	93.78	82.72	98.65	88.06	89.21	92.20	81.19	95.88	91.59	5.66
七家灣 1 號壩	93.85	94.92	95.20	91.93	93.73	97.79	92.43	89.93	90.67	90.28	92.19	92.99	2.39
復育中心	94.57	86.66	94.86	95.32	93.17	93.79	90.17	91.78	91.44	81.71	92.01	91.41	4.06
武陵污水廠	88.94	93.40	95.29	93.56	93.80	94.83	88.77	82.36	88.56	76.71	91.08	89.75	5.75
高山溪四號壩	96.06	94.03	94.81	90.94	92.54	97.09	83.22	86.05	95.50	83.78	90.39	91.31	4.96
高山溪一號壩	95.13	94.15	90.11	94.68	91.45	92.35	90.29	93.79	89.59	85.50	95.00	92.00	2.98
億年橋		95.05	94.95	90.71	90.44	94.82	90.44	90.99	91.87	88.38	93.55	92.12	2.33
思源啞口	91.62	92.46	95.32	92.16	94.09	98.49	95.32	91.65	92.65	87.05	100.04	93.71	3.55
勝光	83.63	86.76	82.40	88.35	87.03	83.36	87.29	88.25	88.39	79.03	90.04	85.87	3.32
武陵收費口	86.05	84.39	86.70	89.58	82.68	90.91	86.34	86.21	91.68	80.73	93.83	87.19	3.96

武陵地區長期生態監測暨生態模式之建立-水質參數之研究  
 93 年 WQI 值 (不含溶氧)

月份 測站	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	mean	S.D
桃山登山口	103.04	90.65	93.80	98.10	98.19	93.55	95.41	颱風	95.19	93.51	95.72	3.62
七家灣 4 號壩	88.86	94.40	98.55	99.07	98.34	95.26	97.47	93.01	95.44	97.55	95.80	3.14
七家灣 3 號壩	83.18	94.28	99.04	99.72	98.67	95.88	99.06	颱風	96.79	93.91	95.61	5.13
湧泉池	106.94	93.80	98.95	98.64	96.33	92.19	92.51	颱風	95.84	97.14	96.93	4.48
七家灣 2 號壩	109.45	92.85	96.50	99.81	95.68	93.39	88.24	87.95	92.79	90.52	94.72	5.92
七家灣 1 號壩	106.57	84.34	97.10	96.31	96.17	93.16	86.64	81.81	95.67	90.15	92.79	6.68
復育中心	96.49	89.23	94.74	95.30	95.35	91.31	88.04	91.68	91.18	86.36	91.97	3.43
武陵污水廠	91.55	85.48	96.21	96.77	97.22	93.23	87.61	颱風	94.87	91.88	92.76	4.10
高山溪四號壩	105.25	89.66	96.85	99.23	98.64	95.93	87.91	颱風	91.80	97.05	95.81	5.34
高山溪一號壩	110.92	89.67	96.47	97.49	98.50	94.32	87.88	80.56	87.88	97.58	94.13	6.90
億年橋	98.82	87.46	97.04	97.50	98.66	88.90	91.95	90.14	94.74	94.71	93.99	3.95
思源啞口	93.29	87.12	98.76	99.20	99.83	96.73	94.66	颱風	93.33	93.54	95.16	4.00
勝光	94.40	87.40	97.05	94.81	98.08	92.45	90.53	颱風	94.02	94.53	93.70	3.24
武陵收費口	86.89	89.09	88.21	96.23	97.36	92.83	91.99	89.43	90.59	94.32	91.69	3.40
湧泉池排水溝									93.09	97.37	95.23	3.03



94 年 WQI 值 (不含溶氧)

測站 \ 月份	2	4	6	8	10	mean	S.D
桃山西溪	86.93	89.13	98.36	92.02	96.09	92.51	4.74
桃山北溪	88.00	90.31	92.63	94.71	96.48	92.43	3.38
二號壩	89.40	84.39	99.12	92.57	96.74	92.44	5.86
一號壩	88.62	79.96	95.23	93.36	96.09	90.65	6.64
高山溪	87.40	88.60	95.74	91.28	96.60	91.92	4.13
繁殖場	91.25	88.39	98.83	92.42	96.48	93.47	4.17
萬壽橋	86.62	84.04	97.97	94.74	96.94	92.06	6.32
迎賓橋	95.35	87.02	94.84	93.59	92.39	92.64	3.34
有勝溪	86.03	82.10	88.83	91.93	91.02	87.98	4.00
司界蘭上游			98.73	93.81	94.87	95.80	2.59
司界蘭下游			95.91	91.69	95.74	94.45	2.39