

雪霸國家公園管理處委託辦理計畫

武陵地區七家灣溪及有勝溪流域壩體改善後棲地水質監測
期末報告

委託單位：雪霸國家公園管理處

執行單位：明志科技大學環境與安全衛生工程系

研究主持人：官文惠

計畫參與人員：李俊緯、郭韋鑫、彭君傑、范淑雅

中華民國一百零四年十二月

目錄

計畫摘要	1
Abstract	3
一、前言	4
(一)研究緣起	4
(二)研究目的	4
(三)文獻回顧	4
二、材料與方法	7
(一)採樣地點介紹	7
(二)水質分析方法	7
三、結果與討論	10
(一)分年採樣時程	10
(二)七家灣溪流例行性水質監測結果	10
(三)羅葉尾溪之水質監測	13
(四)山溝及排水溝之水質監測	14
(五)武陵地區水質長時間之變化	15
(六)8.1 公頃回收農用地前後水質分析比較	15
四、結論與建議	16
(一)結論	16
(二)建議	17
五、參考文獻	18
附表	20
附圖	29

表目錄

表 1 地面水體分類及水質標準-----	20
表 2 歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準(2006.9.6.)-----	20
表 3 飲用水水源水質標準(作為自來水及簡易自來水之飲用水水源者)-----	21
表 4 水體樣品保存-----	21
表 5 採樣地點地理座標-----	22
表 6 104 年 02 月溶解態分析數據-----	23
表 7 104 年 06 月溶解態分析數據-----	25
表 8 104 年 10 月溶解態分析數據-----	27

圖目錄

圖 1 流程圖-----	29
圖 2 武陵地區七家灣流域水質採樣地點位置圖-----	29
圖 3 羅葉尾溪、有勝河流域採樣位置圖-----	30
圖 4 山溝、排水溝採樣位置圖-----	30
圖 5 氮素循環過程-----	31
圖 6 七家灣溪測站溫度盒鬚圖-----	32
圖 7 七家灣溪測站 pH 盒鬚圖-----	32
圖 8 七家灣溪測站導電度盒鬚圖-----	33
圖 9 七家灣溪測站溶氧盒鬚圖-----	33
圖 10 七家灣溪測站 PO_4^{3-} 盒鬚圖-----	34
圖 11 七家灣溪測站 NH_4^+ -N 盒鬚圖-----	34
圖 12 七家灣溪測站 NO_3^- -N 盒鬚圖-----	35
圖 13 七家灣溪測站 NO_2^- -N 盒鬚圖-----	35
圖 14 七家灣溪測站 Cl^- 盒鬚圖-----	36
圖 15 七家灣溪測站 SO_4^{2-} 盒鬚圖-----	36
圖 16 七家灣溪測站 TOC 盒鬚圖-----	37
圖 17 山溝、排水溝與七家灣溪參考測站導電度盒鬚圖-----	38
圖 18 山溝、排水溝與七家灣溪參考測站 PO_4^{3-} 盒鬚圖-----	38
圖 19 山溝、排水溝與七家灣溪參考測站 NO_3^- -N 盒鬚圖-----	39

圖 20 山溝、排水溝與七家灣溪參考測站 Cl^- 盒鬚圖	39
圖 21 山溝、排水溝與七家灣溪參考測站 SO_4^{2-} 盒鬚圖	40
圖 22 武陵地區溪流水溫長時間變化情形	41
圖 23 武陵地區溪流 pH 長時間變化情形	41
圖 24 武陵地區溪流導電度長時間變化情形	42
圖 25 主要測站十年溫度變化情形	42
圖 26 主要測站十年溶氧變化情形	43
圖 27 8.1 公頃回收農用地前後 NO_3^- -N 水質分析比較	44
圖 28 8.1 公頃回收農用地前後 NO_3^- -N 盒鬚圖	44

計畫摘要

關鍵詞：臺灣櫻花鉤吻鮭、七家灣溪、高山溪、羅葉尾溪、有勝溪、水質監測

一、研究緣起

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。而雪管處為擴大臺灣櫻花鉤吻鮭棲息溪段，增加族群基因交流，於100年5月完成七家灣溪一號防砂壩改善工程，結果發現原分布於七家灣溪下游的臺灣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—水質變化的影響，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

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。水樣採集共設置八個測站，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。

水質採樣分析已於2、6及10月份進行，分別代表枯水期、颱風豐水期前與後。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。

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

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）仍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。

武陵地區水質長時間之變化，彙整前人研究（陳弘成，1994-2000）與本研究調查結果分析，長時間之水溫、pH值、導電度變化。經比較發現水溫有逐漸升高的趨勢，且愈往下游，升溫情況愈明顯。pH值與導電度隨時間之長期變化較不明顯。溶氧由於測定方法不同，無法與前人研究比較，但若僅以本團隊自2005年至今之數據亦可發現有逐年降低的趨勢。

四、主要建議事項

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

1. 立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：武陵農場

由監測結果顯示，人為活動較密集區，營養鹽濃度及導電度均較高，若能輔導農民從事有機耕作，利用有益菌（EM菌）以綠生農法耕作，減少肥料施用，應可大幅降低七家灣溪流域中下游之營養鹽濃度。

2. 長期建議：

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：武陵農場

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

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.

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

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

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

一、前言

(一)研究緣起

武陵地區七家灣溪為國寶魚臺灣櫻花鉤吻鮭之主要棲息地，該地區的土地利用型態包含了林地、崩塌地、果園、菜園、公共建設等，故自然與人為活動將對該水域水質造成極大之衝擊並間接影響該生態系之平衡（陳，1998，王，1998，于與林，2003）。根據王（2003）對武陵地區土地利用型態調查之研究成果顯示，七家灣溪沿岸之農業行為與人為活動對水質有一定程度之影響，農田中的肥料常在大雨沖刷後流入河川，造成溪水中的營養鹽濃度上升，進而影響臺灣櫻花鉤吻鮭主要棲息地之溪流水質，故有長期監測該地水質變化之必要性。

(二)研究目的

為了解櫻花鉤吻鮭生存溪流水質，將針對包含七家灣溪、高山溪、有勝溪、羅葉尾溪，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，故本計劃亦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，本計劃亦於該區附近之測站包括桃山西溪、觀魚臺及二號壩進行採樣以分析水質變化。

(三)文獻回顧

1.水質對臺灣櫻花鉤吻鮭生存之影響：

棲息地之水質條件對臺灣櫻花鉤吻鮭之生存有相當大的影響。張(1989)與陳(1998)研究指出臺灣櫻花鉤吻鮭對水質的要求如下所述，溫度是最直接影響鮭魚的生存條件，鮭魚生存最適溫度在5~17 °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。

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2)。在氮的部分，當pH值過高水中氮會以劇毒性之非離子狀態存在，對魚類造成影響。故學者（陳，1998）建議水中氮濃度應小於12.5 µg/L，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2)。

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

2.水體分類水質標準

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

3.鮭魚生存水體水質標準

歐盟針對鮭魚生存溪流水質訂有相關指令，並要求會員國各自轉換為國內法，相關標準如表2所示，特別是氮相關物種包括： $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2^- \text{-N}$ ，訂定得相當嚴格。

日本所訂之環境水體水質標準大致與臺灣相同，但多了一項鋅濃度的限制（ ≤ 0.03 mg/L）；日本將地面淡水水體分成兩大類，即河川及湖泊，湖泊的標準較河川多了總氮（Fishery class I， ≤ 0.2 mg/L）與總磷（Fishery class I， ≤ 0.01 mg/L）之限制。但日本並未對鮭魚棲息之溪流訂定水質標準，主因是漁業資源最重要的鮭魚種類為Chum salmon (*Oncorhynchus Keta*)，這種鮭魚在4年的生命週期僅有數個月生活在溪流中，其他時間都生活在海洋中；而與臺灣櫻花鉤吻鮭血源最近，也是陸封型鮭魚的 Masu salmon (*O. masou*)雖在溪流中生存相當長的時間，但因其僅供娛樂垂釣用，並非主要經濟漁業用，亦非瀕臨危害保護之對象，故未訂有特殊的水質標準。

二、材料與方法

研究流程規劃如圖1，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與羅葉尾溪。採樣點相關位置如圖2、圖3、圖4。其在武陵地區現場分析的水質項目有pH、溶氧、導電度與水溫等四個項目，實驗室測定項目為濁度、硝酸鹽氮、亞硝酸鹽氮、氨氮、正磷酸鹽、二氧化矽、總有機碳、硫酸鹽、氯鹽等九個分析項目。所採集之溶解態水體樣品保存方式如表4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19個測站，分別為：桃山西溪（#2）、二號壩（#3）、觀魚臺（#4）、繁殖場（#5）、高山溪（#8）、有勝溪（#9）、一號壩上游（#12）、一號壩下游（#13）、山溝與排水溝共7個站、羅葉尾溪放流點（#201）、南湖登山口（#202）、勝光（#203）、有勝溪下游（#204），相關測站地理座標如表5所示。

(二)水質分析方法

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

1.pH：

利用玻璃電極及參考電極，測定水樣中電位變化，可決定氫離子活性，而以氫離子濃度指數(pH)表示之。pH之測定需要用標準pH溶液先行校正pH度計(HACH sension1)後，再測定水樣之pH。

2.導電度：

導電度為將電流通過1 cm²截面積，長1 cm之液柱時電阻之倒數，單位為mho/cm，導電度較小時以其10⁻³或10⁻⁶表示，記為mmho/cm或μmho/cm。導電度之測定需要用標準導電度溶液先行校正導電度計(HACH sension5)後，再測定水樣之導電度。

3.溶氧：

利用溶氧計測定水樣中溶氧值(YSI 500A)。

4.濁度：

在特定條件下，比較水樣和標準參考濁度懸浮液對特定光源散射光的強度，以測定水樣的濁度（WTW TURB350IR）。

5.矽酸鹽：

水樣經過濾後，矽酸鹽於胺基酸、檸檬酸酸性溶液下與鉬酸鹽反應生成藍色之反應物，以分光光度計（HACH DR/2010）於815 nm 波長處測其吸光度而定量水中矽酸鹽濃度。

6.硝酸鹽氮：

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

7.亞硝酸鹽氮：

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

8.氨氮：

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

9.正磷酸鹽：

水樣未經消化處理，加入鉬酸銨、酒石酸銻鉀，使其與正磷酸鹽作用生成一雜多酸-磷鉬酸，經維生素丙還原為藍色複合物鉬藍，以分光光度計於波長880 nm 處測其吸光度定量之（Perkin Elmer UV/VIS Spectrometer Lambda 16）。

10.硫酸鹽：

水樣中之硫酸鹽離子以離子層析儀（DIONEX ICS-1500）分析，隨碳酸鈉及碳酸氫鈉流洗液流經一系列之離子交換層析管時（DIONEX 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 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。分離後待測氯離子再流經一高容量的陽離子交換樹脂之抑制裝置，而被轉換成具高導電度酸之形態，移動相溶液則轉換成低導電度之碳酸。經轉換後之待測陰離子再流經電導度偵測器，即可依其滯留時間及波峰面積、高度或感應強度予以定性及定量。

12.總有機碳：

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

三、結果與討論

(一)分年採樣時程

七家灣溪流例行性水質分析採樣97年前以雙月、97年以每季進行，98年後以雙月及7~8月間的颱風過後進行採樣，時間分別為94年2、4、6、8、10、12月；95年2、4、6、8、10、12月；96年2、4、6、8、10、12月；97年1、4、7、10月；98年2、4、6、8、10月；99年2、4、6、8、10、12月；100年2、4、6、8、9、10、12月；101年2、3、4、6、8、10、12月；102年1、2、4、6、8、10月；103年2、6、10月；104年2、6月、10月共59筆數據，分析項目包括現場測定之水溫、溶氧、導電度、pH等四個項目，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，104年度2月、6月、10月分析數據如表6、表7、表8所示。

(二)七家灣溪流例行性水質監測結果

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6至圖16所示。

pH值介於6.5~8.5時對魚類生產力最好，武陵地區溪流的pH值介於6.1~9.4間呈中性偏鹼的狀態，除有勝溪下游測站(#9)測得之pH值偏高外，其餘測得之pH皆符合保育魚類水質最佳範圍內。

導電度表示水中離子含量之多寡，鮭魚最適水中導電度條件介在120~450 $\mu\text{mho}/\text{cm}$ 之間(陳, 1998)。武陵地區各溪流導電度值在71~394 $\mu\text{mho}/\text{cm}$ 之間，桃山西溪與高山溪無農田施作，導電度值明顯為武陵地區溪流中最低；七家灣溪中游與下游有勝溪有農耕活動的關係，導電度值明顯為武陵地區溪流中最高，由此可明顯觀測到農耕行為對武陵地區溪流所造成的影響。另水量的多寡也會影響水中的導電度，在冬及春季枯水期時，測得之導電度值較高。

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

溫度、生物間的呼吸作用及光合作用等為主要影響溶氧之因子，動、植物於夜間的呼吸作用與低氧之流水流入則會造成較顯著的耗氧發生。武陵地區各溪流生物量不多且無有機物的污染，又依亨利定律可知飽合溶氧濃度會隨著溫度降低而增加，冬季時武陵地區流域溶氧為最高，武陵地區流域大部分水系溶氧值維持在4.16~14.1 mg/L之間，符合冷水性鮭鱒魚類對溶氧的需求在7 mg/L以上或飽和度85%以上（陳，1998）。

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

武陵地區大部分溪流硝酸鹽氮含量低於0.6 mg/L，下游測站濃度均較上游高，此趨勢同導電度值。桃山西溪與高山溪無農田施作，兩區域硝酸鹽氮濃度值明顯為武陵地區溪流中最低，另七家灣溪流中下游處之觀魚臺，其硝酸鹽氮含量明顯比上游高；有勝溪收費口的硝酸鹽氮含量為武陵地區中最高，該測站於今年中監測得硝酸鹽氮濃度介於0.05~2.85 mg/L，此現象與七家灣溪中游及有勝溪有農耕相關（Chang et al.,2008）。

七家灣溪中下游測站之硝酸鹽氮濃度均較上游桃山西溪來得高，因而可由此評估農耕行為或人為活動輸入的硝酸鹽對武陵地區溪流所造成的影響。硝酸鹽氮主要的來源為含氮肥料的使用，經雨水逕流而進入河川，如圖5。土壤在好氧情況下，亞硝酸菌可將氮轉化成亞硝酸根，硝酸菌則將亞硝酸根再轉化成硝酸根，又土壤顆粒表面大多帶負電，因而氮根離子較易被吸附在土壤中。而硝酸根與帶負電的黏土礦物表面相斥（Kuan et al.,2005;Kuan et al.,2013），極易經由淋洗作用而流入地下水或溪流中（Chang et al.,2010）。土壤環境若是缺乏氧氣會變成還原性，例如含水量過高的土壤中及深層的土壤等，在此還原性環境中硝酸根與亞硝酸根可藉由脫硝菌還原成一氧化二氮或氮氣而回到大氣中（Liou et al.,2005）。

亞硝酸鹽氮為一具有毒性的物質，鮭鱒魚類對水中亞硝酸鹽的忍受濃度為50 µg/L，孵化時則需低於30 µg/L（陳，1998），歐盟亦於2006年訂定鮭鯉魚水體中亞硝酸鹽氮濃度需在3 µg/L以下(表2)。武陵地區大部分溪流亞硝酸鹽氮濃度均低於3 µg/L，僅有勝溪測站達3.43 µg/L。

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（Kuan et al.,2009）。除此之外，當溪流pH值過高時，水中氮會以劇毒性之非離子狀態存在，對魚類造成影響。故學者（陳，1998）建議水中氮濃度應小於12.5 $\mu\text{g/L}$ ，歐盟(2006年)則嚴格訂定水中非離子態氮濃度須小於4.1 $\mu\text{g/L}$ ，總氮濃度須小於0.03 mg/L (表2)。而歷史監測結果顯示，武陵地區溪流之氨氮濃度於冬至早春季節較高，其餘季節則較少偵測到氨氮（官，2013）。

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

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。武陵地區溪流中氯鹽濃度大致維持在2.0 mg/L 以下。

自然界中的含磷量並不多，溪流中磷的來源主要為清潔劑與施肥或土壤中磷沖刷等型式，實驗分析上以正磷酸鹽為主。學者（陳，1998）建議臺灣櫻花鉤吻鮭水體中磷酸鹽濃度應小於0.01 mg/L ，歐盟(2006年)則訂定濃度須小於0.2 mg/L (表2)。磷酸鹽歷年濃度介於0~0.01 mg/L 。

武陵地區各溪流中有機碳的來源多為落葉與有機體的分解，七家灣溪流域之總有機碳濃度於歷年監測值變動不大，濃度大致介於0.5~1.5 mg/L ，有勝溪之TOC值為所有測站中最高，推測有機質含量較高，今年10測得濃度介於0.952~1.717 mg/L ，推估跟颱風侵臺導致山區降雨沖刷有關。

(三)羅葉尾溪之水質監測

圖6至圖16為羅葉尾溪之水質監測結果。監測測站分別與觀魚臺(#4)、高山溪(#8)、有勝溪(#9)比較，本溪流測站包括有：羅葉尾溪放流點(#201)、南湖登山口(#202)、勝光(#203)、有勝溪下游(#204)，其中勝光(#203)、有勝溪下游(#204)，這兩測站周邊皆有農耕施作。

今年羅葉尾與有勝溪流域的水質分析結果顯示，pH值介於7.12~8.33，測得之pH值皆在魚類生產力最佳範圍6.5~8.5之內，溫度及溶氧則與有勝溪流域測站差異不大。濁度值維持在5 NTU之下。矽酸鹽濃度略高於有勝溪測站。有勝溪(#9)、勝光(#203)、有勝溪下游(#204)有較高的硝酸鹽氮與導電度，與農耕施作導致該區導電度與營養鹽濃度高於其它溪流有關。而硝酸鹽濃度介於0.06~3.11 mg/L，亞硝酸鹽濃度介於0.0~4.5 µg/L，氨氮濃度為0.03 mg/L以下。

磷酸鹽歷年濃度介於0~0.01 mg/L，今年10月測得濃度介於0.05~0.13 mg/L高於歷年濃度，推估可能是跟颱風侵臺造成山區降雨沖刷有關。

今年中監測羅葉尾溪之硫酸鹽濃度介於26.97~83.61 mg/L，有勝溪的監測濃度介於31.68~55.51 mg/L，其中六月份濃度偏高，推估可能是山上降雨所致。

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，僅有勝溪(#9)、羅葉尾溪放流點(#201)、有勝溪下游(#204)，在六月份略高於2.00 mg/L。

溪流中總有機碳的來源多為落葉與有機體的分解，羅葉尾及有勝溪測站總有機碳濃度介於0.401~3.034 mg/L。

(四)山溝及排水溝之水質監測

圖17至圖21為山溝及排水溝之水質監測結果，山溝及排水溝之pH值略低於七家灣溪流測站，矽酸鹽濃度略高於七家灣溪流測站，溫度及溶氧則與七家灣溪流測站差異不大。另外，排水溝之導電度值明顯低於山溝及七家灣溪。濁度值維持在5 NTU之下。

山溝之硝酸鹽濃度遠高於排水溝測站，介於1.25~26.87 mg/L；排水溝測值則略高於七家灣溪流，介於0.41~7.64 mg/L。

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

氯鹽歷年監測結果顯示，山溝之氯鹽濃度高於排水溝測站，介於1.18~30.34 mg/L。排水溝測值則略高於七家灣溪流，介於0.54~12.18 mg/L。氯鹽在自然水體中的濃度變化較大，通常氯鹽含量會隨著礦物質含量增加。

磷酸鹽歷年監測山溝及排水溝濃度介於0.01~0.13 mg/L，今年六月份測得之磷酸鹽雖略提高至0.14 mg/L左右，推估可能是雨水沖刷所導致。

今年中監測山溝及排水溝之硫酸鹽濃度介於8.26~19.31 mg/L，皆遠小於觀魚臺、高山溪與有勝溪的監測濃度28.57~55.52 mg/L。歷年監測結果顯示該區硫酸鹽來源僅為當地岩石中之金屬硫化物經風化過程後氧化溶解所產生。山溝與排水溝測站測得總有機碳濃度介於0.408~1.185 mg/L，與七家灣溪流近似。

(五)武陵地區水質長時間之變化

彙整前人研究（陳弘成，1994-2000）與本研究調查結果，長時間之水溫、pH值、導電度變化，如圖22至圖24所示。經分析比較近十年數據發現水溫有逐漸升高的趨勢，且愈往下游，升溫情況愈明顯，如圖25。pH值與導電度隨時間之長期變化較不明顯。溶氧由於測定方法不同，無法與前人研究比較，但若僅以本團隊自2005年至今之數據亦可發現有逐年降低的趨勢，如圖26。

(六) 8.1公頃回收農用地前後水質分析比較

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，如圖27、圖28。

硝酸鹽濃度介於0.07~0.21 mg/L，亞硝酸鹽濃度介於0~0.8 µg/L，氨氮濃度為0.03 mg/L以下。監測結果顯示，每年6~10月份硝酸鹽氮濃度會逐漸下降，若該月份總有機碳濃度升高至可提供充分碳源時，亞硝酸鹽氮濃度會顯著增加，同時氨氮濃度亦會略微升高，顯示6至10月份為該區域溪流進行脫硝反應季節，脫硝菌會利用有機碳為能量來源，將硝酸鹽氮還原成亞硝酸鹽氮及氨氮。其餘監測項目暫無明顯變化跡象。

歷年監測結果觀察到99年之前，三測站硝酸鹽氮濃度差距幅度較大，濃度差距最高達到2.2 mg/L；99年之後的監測結果濃度差異幅度明顯縮小至0.1~0.5 mg/L之間，顯示該區域氮鹽濃度逐漸穩定，農地回收確實有達到一定成效。

四、結論與建議

(一)結論

- 1.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，目前武陵地區溪流生態尚屬適合臺灣櫻花鉤吻鮭生存之環境。
- 2.在導電度及營養鹽方面，桃山西溪與高山溪均低於其它溪流；七家灣溪中下游測站及有勝溪則有較高的營養鹽濃度，可能與農耕施作和山上降雨沖刷導致該區導電度與營養鹽濃度高於其它溪流有關。
- 3.武陵地區各溪流的硝酸鹽氮含量，在七家灣溪中游觀魚臺明顯比上游桃山西溪高；有勝溪收費口的硝酸鹽氮濃度為最高，桃山西溪與高山溪無農田施作，硝酸鹽氮濃度值明顯為武陵地區溪流中最低。硝酸鹽氮主要的來源為含氮肥料的使用，經雨水逕流而進入河川，因而可推論農耕行為輸入之硝酸鹽對武陵地區溪流有一定程度之影響。
- 4.武陵地區亞硝酸鹽氮濃度，在二月密集監測發現繁殖場與有勝溪濃度高達14與54 $\mu\text{g/L}$ ，濃度超出歐盟訂定之3 $\mu\text{g/L}$ 標準，與保育臺灣櫻花鉤吻鮭的水質基準50 $\mu\text{g/L}$ ，顯示該區域易受人為活動影響，故有持續監測與控制遊客數量之必要性。
- 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.山溝之硝酸鹽濃度遠高於排水溝測站，介於1.25~26.87 mg/L ；排水溝測值則略高於七家灣溪流，介於0.41~7.64 mg/L 。整體而言，山溝及排水溝之硝酸鹽氮與磷酸鹽濃度仍高於七家灣溪測站，顯示該區域水質受人為活動影響，故持續的管理與改善仍有其必要性。
- 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 mg/L 縮小至0.1~0.5 mg/L 之間，顯示該區域氮鹽濃度逐漸穩定，農地回收確實有達到一定成效。
- 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。

(二)建議

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

1.立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：武陵農場

由監測結果顯示，人為活動較密集區，營養鹽濃度及導電度均較高，若能輔導農民從事有機耕作，利用有益菌（EM菌）以綠生農法耕作，減少肥料施用，應可大幅降低七家灣溪流流域中下游之營養鹽濃度。

2.長期建議：

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：武陵農場

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

五、參考文獻

- 于淑芬。2002。高山溪拆壩後環境監測及武陵地區水質調查。內政部營建署雪霸國家公園研究報告。
- 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。
- 于淑芬。2004。武陵地區水質監測及水質評估。內政部營建署雪霸國家公園研究報告。
- 王敏昭。1998。七家灣溪濱岸保護帶地下水質之監測。內政部營建署雪霸國家公園研究報告。
- 王敏昭。2003。七家灣溪沿岸土地各利用型態對溪流生態影響之研究。內政部營建署雪霸國家公園研究報告。
- 官文惠。2008。台灣櫻花鉤吻鮭歷史棲地-南湖溪環境資源調查，第一章水質監測研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處研究報告。
- 官文惠。2009。台灣櫻花鉤吻鮭歷史棲地-南湖溪環境生態監測及評估，第一章水質監測研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處研究報告。
- 官文惠。2010。台灣櫻花鉤吻鮭歷史棲地-有勝溪及羅頁(葉)尾溪環境生態監測及評估，第一章水質監測研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處研究報告。
- 官文惠。2013。還給國寶魚一個乾淨的流域-淺談台灣櫻花鉤吻鮭放流與歷史棲地調查。國家公園季刊，9, 24-29。
- 陳弘成。1994。武陵地區-溪流水源監測系統之規劃與調查。內政部營建署雪霸國家公園研究報告。
- 陳弘成。1995。武陵地區-溪流水源監測系統之規劃與調查。內政部營建署雪霸國家公園研究報告。
- 陳弘成、楊喜男。1996。武陵附近地區-溪流之水質調查與生物監測之研究。內政部營建署雪霸國家公園研究報告。
- 陳弘成、楊喜男。1997。武陵地區溪流水源水質監測系統之規劃與調查。內政部營建署雪霸國家公園研究報告。

- 陳弘成。1998。武陵地區-溪流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。
- 陳弘成。1999。武陵地區-溪流水源水質監測系統之規劃與調查（五）。內政部營建署雪霸國家公園研究報告。
- 陳弘成。2000。武陵地區-溪流水源水質監測系統之規劃與調查（六）。內政部營建署雪霸國家公園研究報告。
- 張石角。1989。櫻花鈎吻鮭保護區規劃。行政院農委會研究報告。
- 行政院環境保護署環保法規資料中心。
- Chang, C.L., Kuan, W.H., Lui, P.S., Hu, C.Y., 2008. Relationship between landscape characteristics and surface water quality. *Environ. Monit. Assess.* 147:57-64.
- Chang, C.L., Kuan, W.H., Lui, P.S., 2010. Modeling watershed responses to typhoon events-A case study of WuLin catchment in Taiwan. *Fresen Environ Bull* 19:658-663.
- Directive 2006/44/EC of the European parliament and of the council of 6 September 2006 on the quality of fresh waters needing protection or improvement in order to support fish life. 2006. *Official journal of the European Union* 264:20-31.
- Kuan, W.H., Wang, M.K., Wu, C.W., Huang, P.M., Wang, S.L., Chang, C.M., 2005. Effect of citric acid on aluminum hydrolytic speciation. *Water Res.* 39:3457-3466.
- Kuan, W.H., Chang, C.L., Lui, P.S., 2009. A variety of meteorological and geographical characteristics effects on watershed responses to a storm event. *World Academy of Science, Engineering and Technology* 59:466-469.
- Kuan, W.H., Hu, C.Y., Liu, B.S., Tzou, Y.M., 2013. Degradation of antibiotic amoxicillin using 1 x 1 molecular sieve-structured manganese oxide. *Environ. Technol.* 34:2443-2451.
- Kuan, W.H., Chen, Y.L., 2014. Land-use type of catchment varying nitrogen cycle in an endangered salmon inhabited stream. *Environmental Engineering and Management Journal* 13:971-978.
- Liou, Y.H., Lo, S.L., Lin, C.J., Hu, C.Y., Kuan, W.H., Weng, S.C., 2005. Methods for accelerating nitrate reduction using zerovalent iron at near-neutral pH: Effects of H₂-reducing pretreatment and copper deposition. *Environ. Sci. Technol.* 39:9643-9648.

表 1 地面水體分類及水質標準

分級	基準值						
	H ⁺ 濃度 (pH)	溶氧量 (DO) (mg/L)	生化需氧量 (BOD)(mg/L)	懸浮固體 (SS)(mg/L)	大腸桿菌群 (CFU/100ML)	氨氮 (NH ₃ -N) (mg/L)	總磷(TP) (mg/L)
甲	6.5-8.5	6.5 以上	1 以下	25 以下	50 個以下	0.1 以下	0.02 以下
乙	6.0-9.0	5.5 以上	2 以下	25 以下	5,000 個以下	0.3 以下	0.05 以下
丙	6.0-9.0	4.5 以上	4 以下	40 以下	10,000 個以下	0.3 以下	—
丁	6.0-9.0	3 以上	—	100 以下	—	—	—
戊	6.0-9.0	2 以上	—	無漂浮物且 無油污	—	—	—

註：1.甲類地面水體適用於一級公共用水等，乙類適用於二級公共用水等，丙類適用於三級公共用水等。

2.一級公共用水：指經消毒處理即可供公共給水之水源。

二級公共用水：指需經混凝、沉澱、過濾、消毒等一般通用之淨水方法處理可供公共給水之水源。

三級公共用水：指經活性碳吸附、離子交換、逆滲透等特殊或高度處理可供公共給水之水源。

(資料來源：行政院環境保護署水污染防治)

表 2 歐盟訂定之鮭鯉魚水體標準(2006.9.6.)

水質項目	鮭魚		鯉魚	
	準則	命令	準則	命令
溫度(°C)		1.5~21.5°C		3~28°C
溶氧(mg O ₂ /L)	50 % ≥ 9	50 % ≥ 9	50 % ≥ 8	50 % ≥ 7
	100 % ≥ 7	(6 mg/L 以上)	100 % ≥ 5	(4 mg/L 以上)
pH		6~9		6~9
懸浮固體(mg/L)	≤ 25		≤ 25	
BOD ₅ (mg O ₂ /bhL)	≤ 3		≤ 6	
磷酸鹽(mg PO ₄ /L)	≤ 0.2		≤ 0.4	
亞硝酸鹽(μg N L ⁻¹)	≤ 3.0		≤ 9.1	
非離子態氮 (μg N L ⁻¹)	≤ 4.1	≤ 20.6	≤ 4.1	≤ 20.6
總氮(mg N L ⁻¹)	≤ 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 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)	MPN/100 mL或
	50 (未具備消毒單位)	CFU/100mL
氨氮 (NH ₃ -N)	1	mg/L
化學需氧量 (COD)	25	mg/L
總有機碳 (TOC)	4	mg/L

(資料來源：行政院環境保護署飲用水水源水質標準)

表 4 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 5 採樣地點地理座標

站號	站名	溪流	地理座標 (經緯度)	
#2	桃山西溪	桃山西溪	E 121.30750	N 24.39804
#3	二號壩	七家灣溪	E 121.31012	N 24.38214
#4	觀魚臺	七家灣溪	E 121.31191	N 24.36768
#5	繁殖場	七家灣溪	E 121.31382	N 24.35446
#8	高山溪	高山溪	E 121.30897	N 24.35813
#9	有勝溪	有勝溪	E 121.31030	N 24.34752
#11	一號壩上游	七家灣溪	E 121.31163	N 24.36384
#12	一號壩下游	七家灣溪	E 121.31173	N 24.35979
#201	羅葉尾溪放流點	羅葉尾溪	E 121.34758	N 24.39468
#202	南湖登山口	有勝溪	E 121.35241	N 24.39180
#203	勝光	有勝溪	E 121.34144	N 24.36905
#204	有勝溪下游	有勝溪	E 121.32397	N 24.35185
A3	山溝 中游	七家灣溪	E 121.30775	N 24.37723
A4	山溝 中之支游	七家灣溪	E 121.30778	N 24.37707
A5	山溝 中之下游	七家灣溪	E 121.30813	N 24.37743
A6	山溝	七家灣溪	E 121.30859	N 24.37730
B1	排水溝	七家灣溪	E 121.31053	N 24.37438
B3	排水溝 前	七家灣溪	E 121.30919	N 24.37585
B4	排水溝 後	七家灣溪	E 121.30993	N 24.37484

(資料來源：本研究資料)

表 6 104 年 02 月溶解態分析數據

站號	站名	氣候	採樣日期	pH	導電度	溶氧	濁度	SiO ₂	NO ₃ ⁻ -N
			月/日		μS/cm	mg/L	NTU	mg/L	mg/L
#2	桃山西溪	晴	2/4	7.3	197.5	11.2	0.11	14.86	0.07
#3	二號壩	晴	2/4	7.3	248.0	10.1	0.13	1.80	0.12
#4	觀魚臺	晴	2/4	7.6	264.0	10.8	0.18	2.10	0.21
#5	繁殖場	晴	2/4	7.2	247.0	10.3	0.15	0	0.13
#8	高山溪	晴	2/4	7.1	212.0	10.7	0.12	0.21	0.08
#9	有勝溪	晴	2/4	7.6	320.7	10.4	0.35	0	1.04
#12	一號壩上游	晴	2/4	7.7	266.0	11.3	0.18	0	0.20
#13	一號壩下游	晴	2/4	7.8	267.0	11.2	0.21	0.35	0.27
#201	羅葉尾溪放流點	陰晴不定	2/5	7.4	182.9	11.9	0.17	2.58	0.11
#202	南湖登山口	陰晴不定	2/5	7.4	165.7	10.0	0.18	4.11	0.10
#203	勝光	陰晴不定	2/5	7.9	498.0	11.9	0.19	2.59	0.27
#204	有勝溪下游	陰晴不定	2/5	8.1	302.0	11.0	0.49	4.93	1.02
A3	山溝 中	陰	2/5	7.6	172.0	10.9	0.30	2.99	4.44
A4	山溝 中支	陰	2/5	7.6	173.8	7.9	0.22	5.67	4.42
A5	山溝 中下	陰	2/5	7.6	174.7	12.1	0.61	7.74	4.42
A6	山溝	陰	2/5	7.7	175.2	10.7	0.21	4.55	4.42
B1	排水溝	陰	2/5	7.6	119.1	12.4	3.69	5.46	1.66
B3	排水溝 前	陰	2/5	7.5	112.7	11.6	1.94	4.66	2.49
B4	排水溝 後	陰	2/5	7.5	114.5	11.0	0.94	2.32	0.71

站號	站名	氣候	採樣日期	NO ₂ ⁻ -N	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	PO ₄ ³⁻	NH ₄ ⁺ -N	TOC
			月/日	μg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
#2	桃山西溪	晴	2/4	0.1	28.45	0.21	0.01	N.D.	0.58
#3	二號壩	晴	2/4	0.8	39.13	0.32	0.01	N.D.	0.59
#4	觀魚臺	晴	2/4	0.5	43.39	0.39	0.01	N.D.	0.54
#5	繁殖場	晴	2/4	0.8	39.84	0.43	0.01	N.D.	0.59
#8	高山溪	晴	2/4	0.3	31.68	0.06	0.01	N.D.	0.53
#9	有勝溪	晴	2/4	1.9	41.63	1.40	0.02	0.01	0.90
#12	一號壩上游	晴	2/4	0.7	44.64	0.41	0.01	N.D.	0.57
#13	一號壩下游	晴	2/4	0.6	45.54	0.38	0.01	N.D.	0.46
#201	羅葉尾溪放流點	陰晴不定	2/5	1.0	30.31	0.27	0.01	N.D.	0.46
#202	南湖登山口	陰晴不定	2/5	1.2	26.97	0.27	0.02	N.D.	0.50
#203	勝光	陰晴不定	2/5	1.3	62.20	0.75	0.01	N.D.	0.88
#204	有勝溪下游	陰晴不定	2/5	2.2	38.47	1.09	0.02	N.D.	0.74
A3	山溝 中	陰	2/5	1.0	15.09	4.71	0.04	N.D.	0.50
A4	山溝 中支	陰	2/5	1.1	15.54	4.68	0.04	N.D.	0.52
A5	山溝 中下	陰	2/5	1.4	16.17	4.89	0.04	N.D.	1.18
A6	山溝	陰	2/5	1.3	15.72	4.67	0.03	N.D.	0.61
B1	排水溝	陰	2/5	2.7	9.93	1.51	0.02	N.D.	0.88
B3	排水溝 前	陰	2/5	2.8	8.26	1.76	0.02	N.D.	1.19
B4	排水溝 後	陰	2/5	3.3	9.68	0.92	0.02	0.01	0.99

* N.D.值：(1) NH₄⁺-N < 0.003 mg/L

(資料來源：本研究資料)

表 7 104 年 06 月溶解態分析數據

站號	站名	氣候	採樣日期	pH	導電度	溶氧	濁度	SiO ₂	NO ₃ ⁻ -N
			月/日		μS/cm	mg/L	NTU	mg/L	mg/L
#2	桃山西溪	晴	6/23	6.9	126.3	5.9	0.16	7.57	0.12
#3	二號壩	晴	6/23	7.3	157.1	6.2	0.18	5.28	0.14
#4	觀魚臺	晴	6/23	8.0	168.5	5.3	0.29	5.89	0.17
#5	繁殖場	晴	6/23	8.0	159.9	5.0	0.13	6.61	0.14
#8	高山溪	晴	6/23	8.0	147.5	4.2	0.25	1.40	0.12
#9	有勝溪	晴	6/23	8.3	283.0	4.7	0.57	6.03	2.85
#12	一號壩上游	晴	6/23	8.0	165.8	5.4	0.25	5.29	0.19
#13	一號壩下游	晴	6/23	8.2	167.8	5.2	0.17	6.41	0.20
#201	羅葉尾溪放流點	晴	6/23	7.9	139.6	5.1	0.16	5.00	0.11
#202	南湖登山口	晴	6/23	8.2	132.4	4.2	0.25	4.53	0.08
#203	勝光	晴	6/23	8.3	391.0	4.1	0.25	4.61	0.62
#204	有勝溪下游	晴	6/23	8.3	278.7	4.1	0.23	7.94	3.11
A3	山溝 中	晴	6/23	7.3	121.5	4.7	1.04	8.33	3.64
A4	山溝 中支	晴	6/23	7.4	123.3	4.9	0.15	9.32	3.68
A5	山溝 中下	晴	6/23	7.2	124.1	5.0	0.18	11.84	3.64
A6	山溝	晴	6/23	7.4	121.6	5.0	0.19	8.91	3.69
B1	排水溝	晴	6/23	7.2	83.3	4.9	0.39	9.02	0.84
B3	排水溝 前	晴	6/23	7.2	86.2	4.6	8.24	8.13	2.74
B4	排水溝 後	晴	6/23	7.4	89.6	4.6	1.05	9.93	1.65

站號	站名	氣候	採樣日期	NO ₂ ⁻ -N	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	PO ₄ ³⁻	NH ₄ ⁺ -N	TOC
			月/日	μg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
#2	桃山西溪	晴	6/23	0.0	26.28	0.74	0.02	0.01	1.99
#3	二號壩	晴	6/23	0.0	36.42	0.27	0.03	0.01	0.43
#4	觀魚臺	晴	6/23	0.5	39.43	0.44	0.02	0.01	1.49
#5	繁殖場	晴	6/23	0.2	38.17	0.35	0.03	0.01	0.61
#8	高山溪	晴	6/23	0.1	33.05	0.25	0.07	0.01	0.40
#9	有勝溪	晴	6/23	3.4	55.52	3.00	0.03	0.02	2.25
#12	一號壩上游	晴	6/23	0.1	39.43	0.38	0.01	0.01	0.41
#13	一號壩下游	晴	6/23	0.4	40.88	0.40	0.03	0.02	0.70
#201	羅葉尾溪放流點	晴	6/23	2.2	33.23	2.97	0.03	0.02	1.10
#202	南湖登山口	晴	6/23	0.7	33.17	0.36	0.03	0.02	0.94
#203	勝光	晴	6/23	0.4	83.61	1.31	0.03	N.D.	3.03
#204	有勝溪下游	晴	6/23	4.5	51.39	2.75	0.05	0.16	1.53
A3	山溝 中	晴	6/23	1.3	18.43	4.43	0.13	0.02	0.42
A4	山溝 中支	晴	6/23	0.5	19.40	4.57	0.12	0.01	0.44
A5	山溝 中下	晴	6/23	1.1	19.30	4.58	0.12	0.06	0.41
A6	山溝	晴	6/23	0.9	19.31	4.55	0.12	0.02	0.41
B1	排水溝	晴	6/23	1.4	11.93	1.30	0.07	0.02	0.53
B3	排水溝 前	晴	6/23	4.2	10.49	2.35	0.09	0.04	1.13
B4	排水溝 後	晴	6/23	11.6	12.71	2.06	0.07	0.02	0.61

* N.D.值：(1) NH₄⁺-N < 0.003 mg/L

(資料來源：本研究資料)

表 8 104 年 10 月溶解態分析數據

站號	站名	氣候	採樣日期	pH	導電度	溶氧	濁度	SiO ₂	NO ₃ ⁻ -N
			月/日		μS/cm	mg/L	NTU	mg/L	mg/L
#2	桃山西溪	晴	10/13	7.6	155.9	5.8	0.23	1.56	0.05
#3	二號壩	晴	10/13	7.6	211.7	5.9	0.77	2.10	0.21
#4	觀魚臺	晴	10/13	7.6	227.3	5.2	0.69	2.38	0.38
#5	繁殖場	晴	10/13	7.7	195.0	4.8	0.44	2.54	0.16
#8	高山溪	晴	10/13	7.6	183.5	5.0	0.32	2.79	0.12
#9	有勝溪	晴	10/13	7.8	278.3	4.8	1.23	1.93	1.03
#12	一號壩上游	晴	10/13	7.6	225.3	4.8	0.85	2.49	0.38
#13	一號壩下游	晴	10/13	7.7	228.0	5.0	0.58	2.38	0.38
#201	羅葉尾溪放流點	晴	10/13	7.3	168.2	4.4	0.44	1.72	0.06
#202	南湖登山口	晴	10/13	7.4	161.7	4.5	0.26	2.64	0.07
#203	勝光	晴	10/13	7.9	410	4.5	1.26	0.88	0.35
#204	有勝溪下游	晴	10/13	7.7	263	4.8	1.09	2.35	0.79
A3	山溝 中	晴	10/13	7.6	137.2	4.7	0.32	3.58	5.18
A4	山溝 中支	晴	10/13	7.6	137.2	4.7	0.47	3.37	5.19
A5	山溝 中下	晴	10/13	7.5	136.5	4.8	1.30	3.90	5.26
A6	山溝	晴	10/13	7.7	136.2	4.9	0.42	3.65	5.11
B1	排水溝	晴	10/13	7.5	80.43	4.7	1.05	1.12	1.18
B3	排水溝 前	晴	10/13	7.4	121.4	3.9	10.93	3.08	3.17
B4	排水溝 後	晴	10/13	7.4	96.43	4.1	1.80	2.52	1.64

站號	站名	氣候	採樣日期	NO ₂ ⁻ -N	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	PO ₄ ³⁻	NH ₄ ⁺ -N	TOC
			月/日	μg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
#2	桃山西溪	晴	10/13	0.52	24.77	0.95	0.04	0.02	1.44
#3	二號壩	晴	10/13	0.26	35.35	1.04	0.06	0.02	1.36
#4	觀魚臺	晴	10/13	1.09	38.97	1.17	0.04	0.01	1.61
#5	繁殖場	晴	10/13	0.41	31.73	0.96	0.06	0.05	1.55
#8	高山溪	晴	10/13	0.35	28.57	0.92	0.04	0.02	1.29
#9	有勝溪	晴	10/13	N.D.	38.63	1.68	0.11	0.01	1.72
#12	一號壩上游	晴	10/13	0.20	39.40	1.21	0.08	0.01	0.95
#13	一號壩下游	晴	10/13	0.49	39.69	1.19	0.07	0.01	1.24
#201	羅葉尾溪放流點	晴	10/13	N.D.	31.22	0.96	0.06	0.01	1.07
#202	南湖登山口	晴	10/13	0.27	29.94	0.93	0.05	0.06	1.03
#203	勝光	晴	10/13	0.31	50.52	1.47	0.07	0.01	2.40
#204	有勝溪下游	晴	10/13	0.15	36.45	1.48	0.13	0.00	1.38
A3	山溝 中	晴	10/13	0.77	13.61	4.42	0.14	0.01	1.13
A4	山溝 中支	晴	10/13	1.32	13.66	4.35	0.11	0.01	1.13
A5	山溝 中下	晴	10/13	0.64	13.89	4.45	0.10	0.01	0.91
A6	山溝	晴	10/13	1.28	13.42	4.40	0.09	0.01	1.07
B1	排水溝	晴	10/13	0.36	11.26	1.73	0.07	0.01	0.92
B3	排水溝 前	晴	10/13	0.25	14.31	3.07	0.09	0.01	1.02
B4	排水溝 後	晴	10/13	N.D.	13.01	2.20	0.09	0.01	0.94

* N.D.值：(1) NH₄⁺-N < 0.003 mg/L

(資料來源：本研究資料)

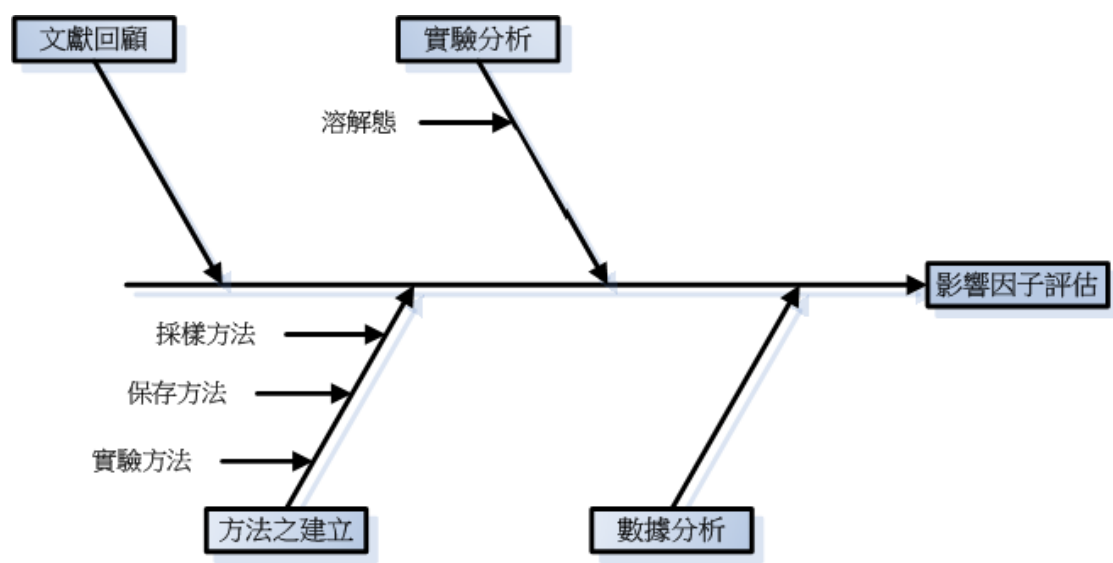


圖 1 流程圖
 (資料來源：本研究資料)



圖 2 武陵地區七家灣溪流流域水質採樣地點位置圖
 (資料來源：本研究資料)

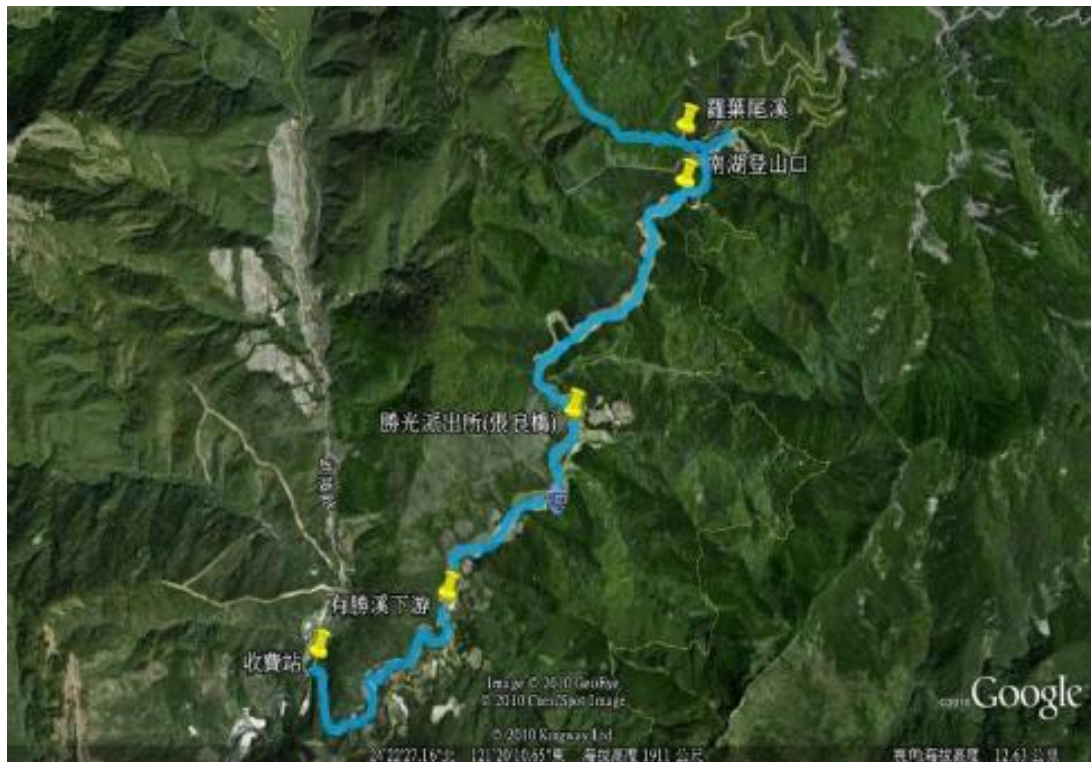
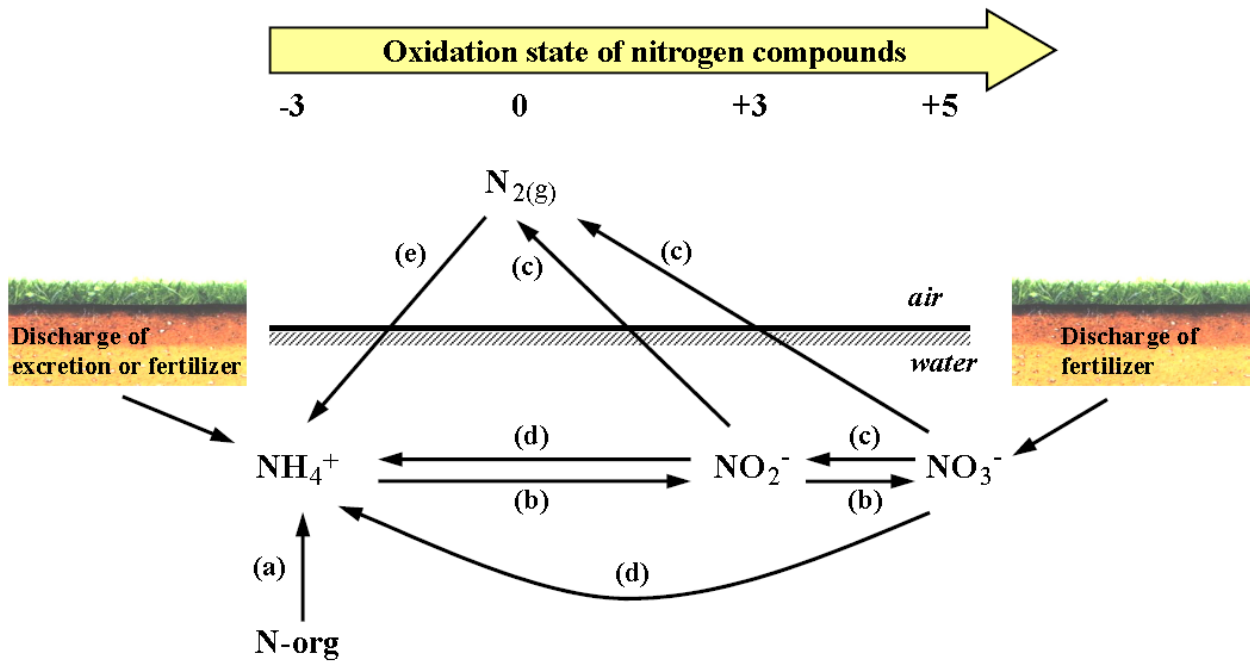


圖 3 羅葉尾溪、有勝溪流域採樣位置圖
(資料來源：本研究資料)



圖 4 山溝、排水溝採樣位置圖
(資料來源：本研究資料)



- (a) mineralization of aerobic and anaerobic biodegradation of organic N
- (b) nitrification in two steps
- (c) denitrification
- (d) dissimilatory nitrate and nitrate reduction to ammonium (DNRA)
- (e) nitrogen fixation.

圖 5 氮素循環過程
(資料來源：本研究資料)

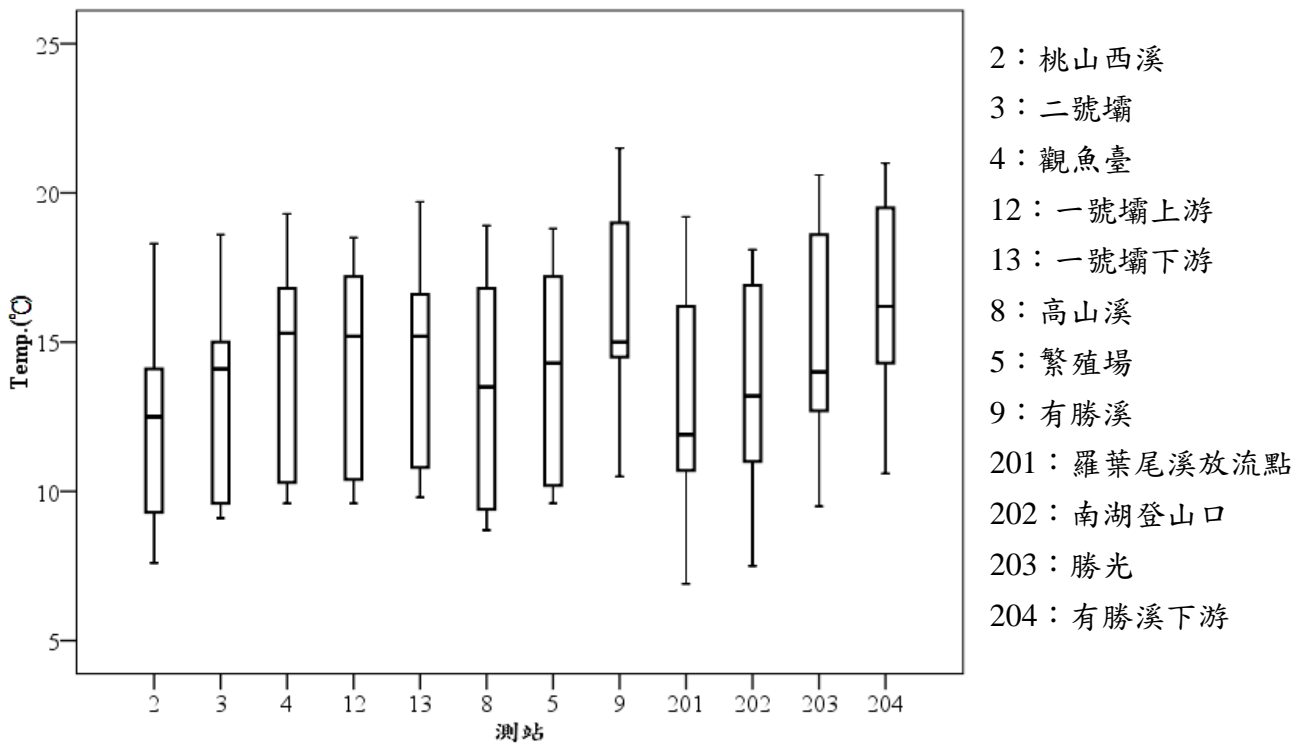


圖 6 七家灣溪測站溫度盒鬚圖
 (資料來源：本研究資料)

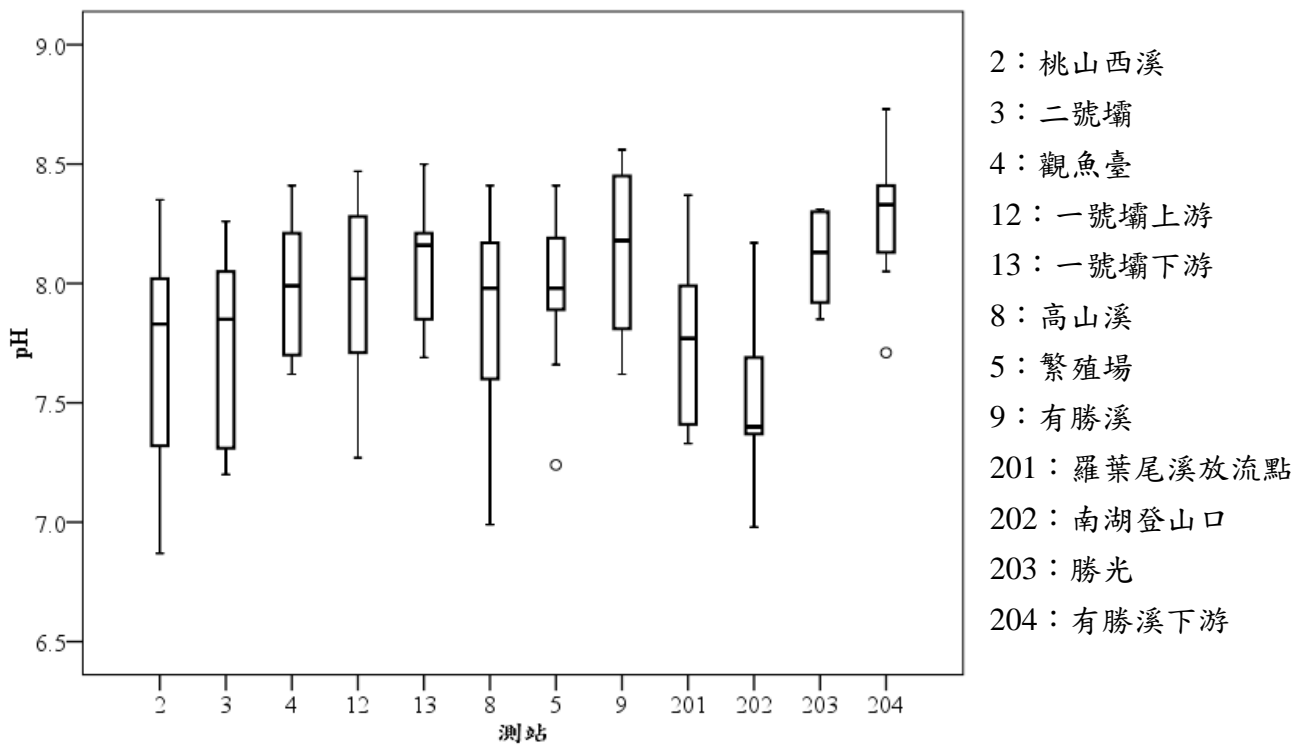


圖 7 七家灣溪測站 pH 盒鬚圖
 (資料來源：本研究資料)

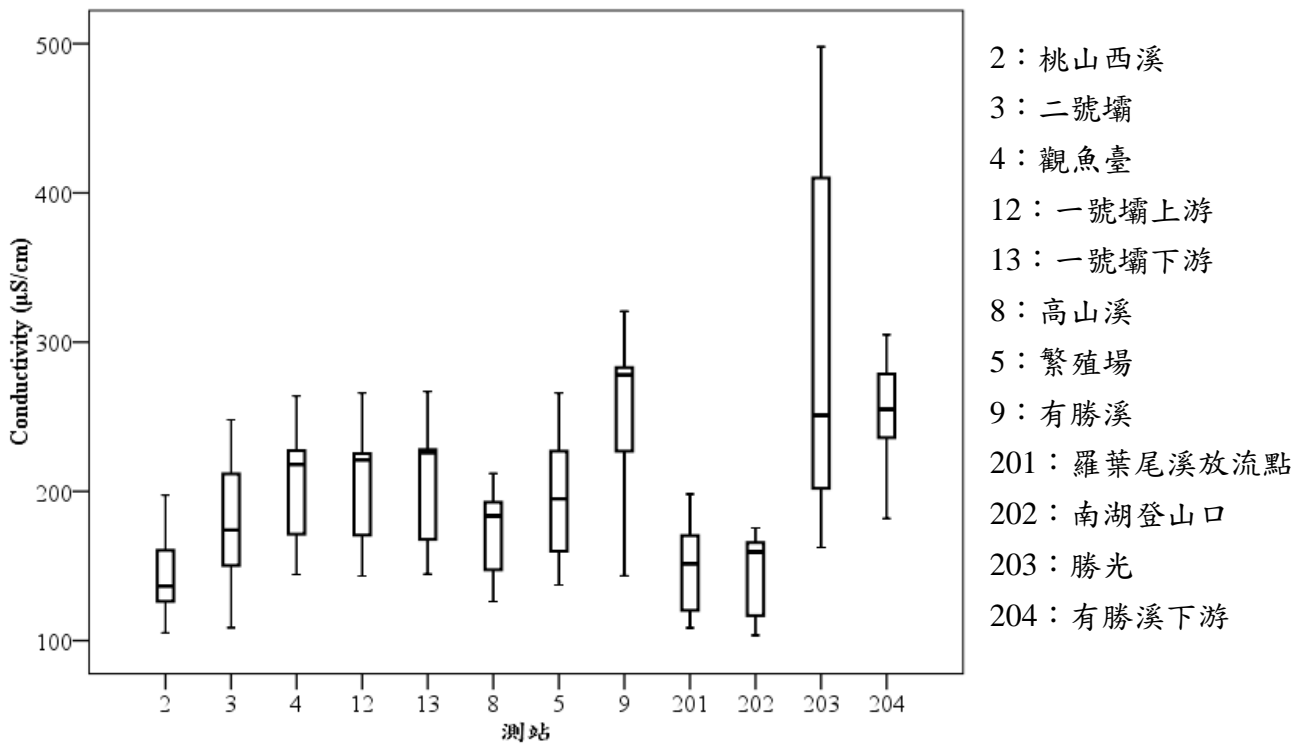


圖 8 七家灣溪測站導電度盒鬚圖
 (資料來源：本研究資料)

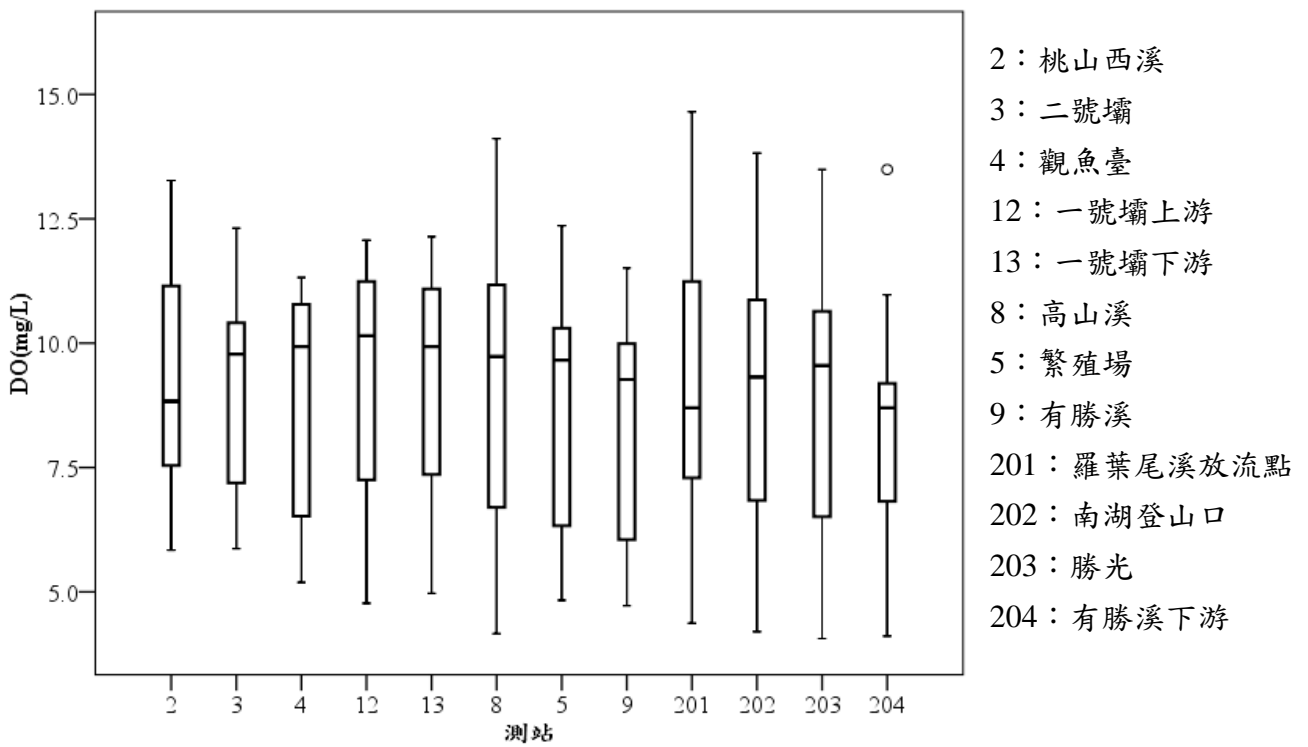


圖 9 七家灣溪測站溶氧盒鬚圖
 (資料來源：本研究資料)

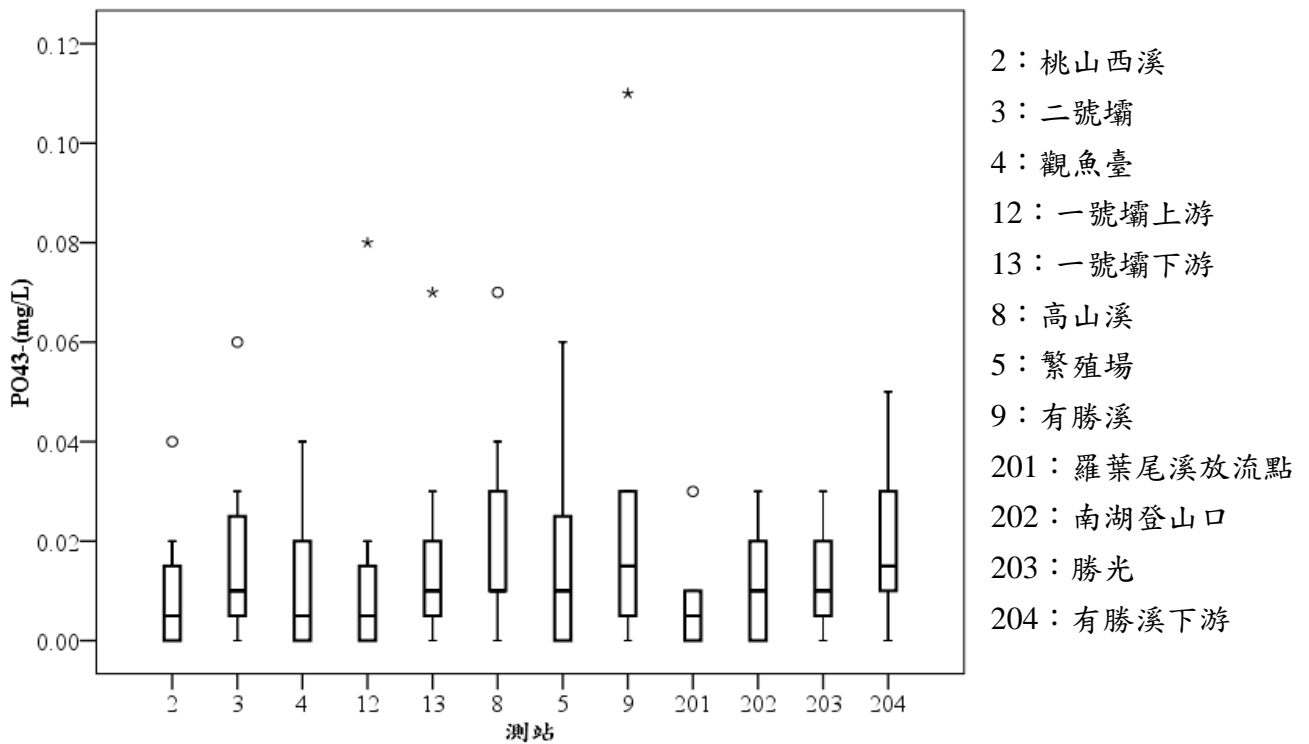


圖 10 七家灣溪測站 PO_4^{3-} 盒鬚圖
 (資料來源：本研究資料)

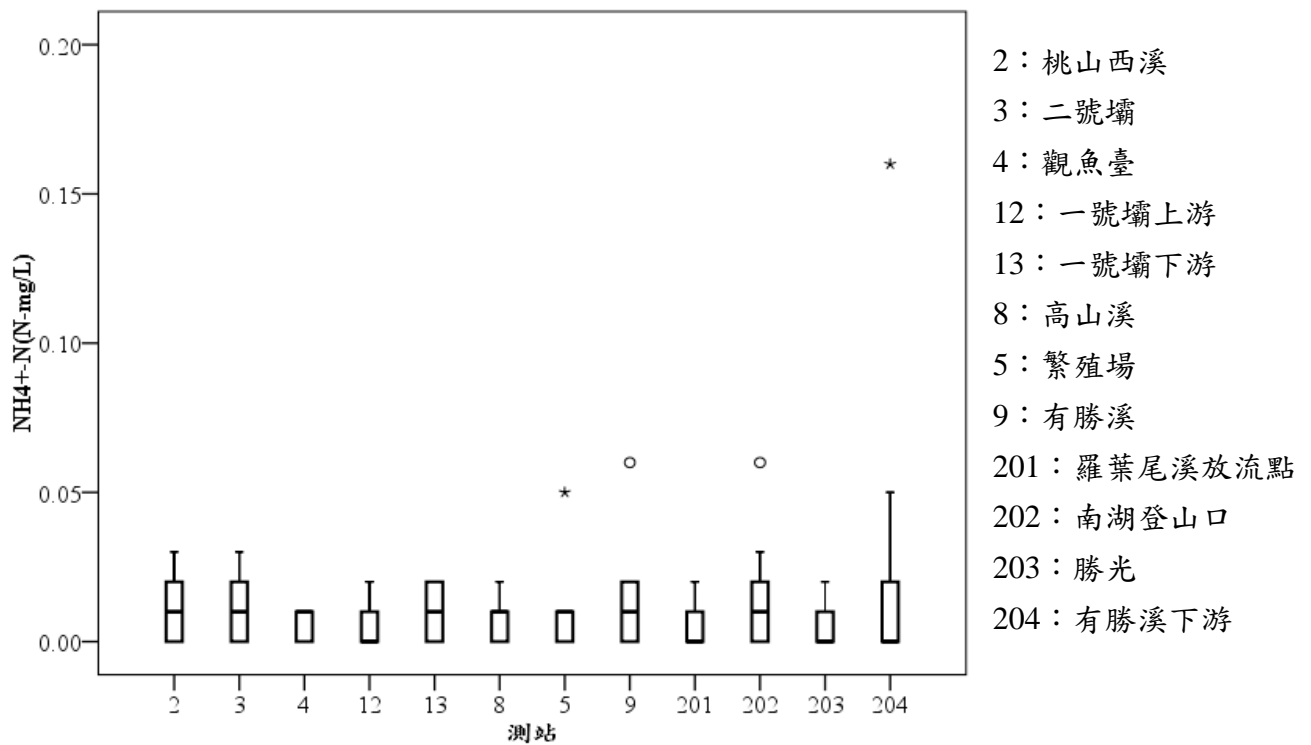


圖 11 七家灣溪測站 NH_4^+-N 盒鬚圖
 (資料來源：本研究資料)

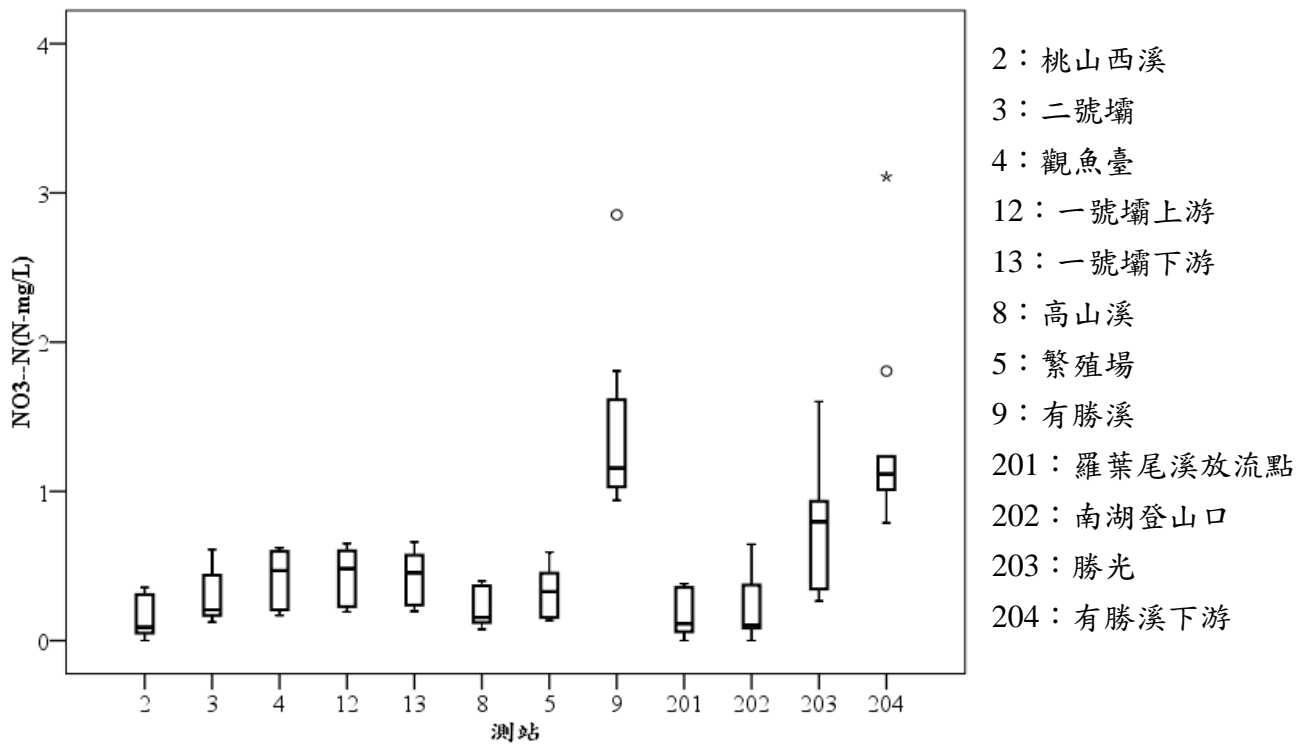


圖 12 七家灣溪測站 NO_3^- -N 盒鬚圖
 (資料來源：本研究資料)

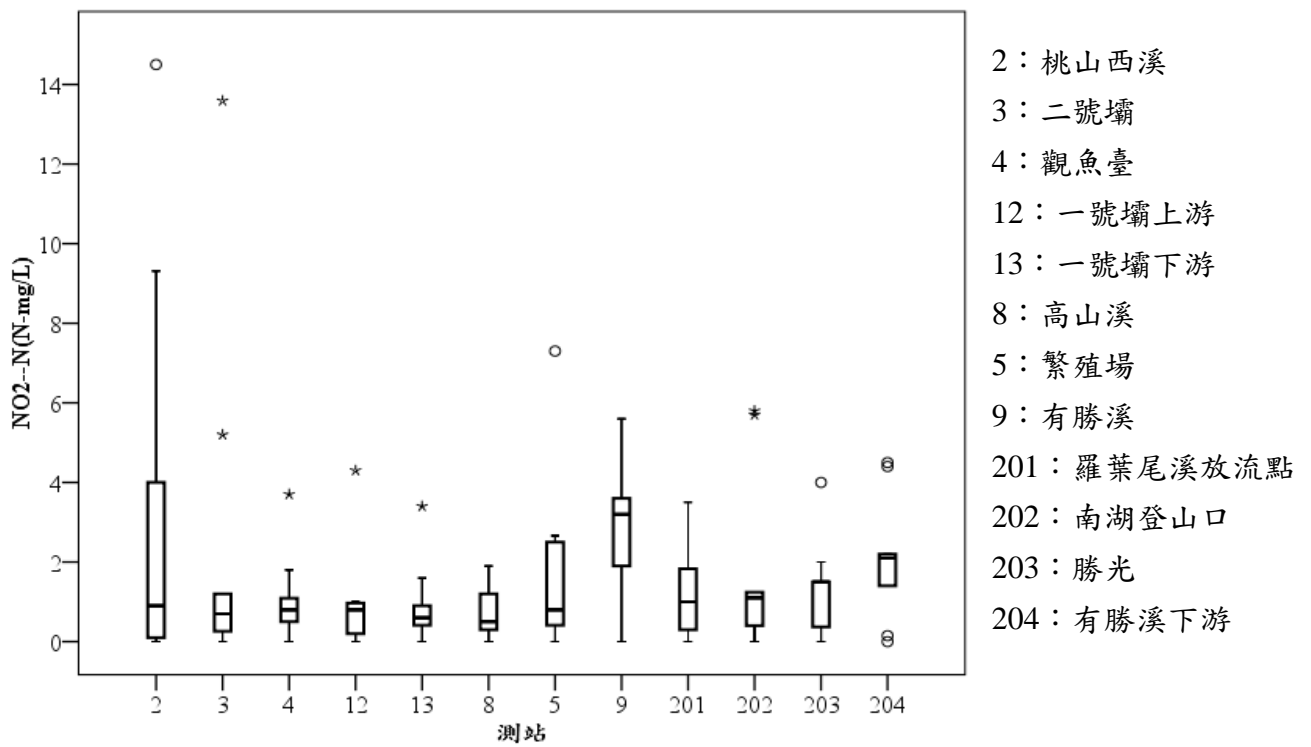


圖 13 七家灣溪測站 NO_2^- -N 盒鬚圖
 (資料來源：本研究資料)

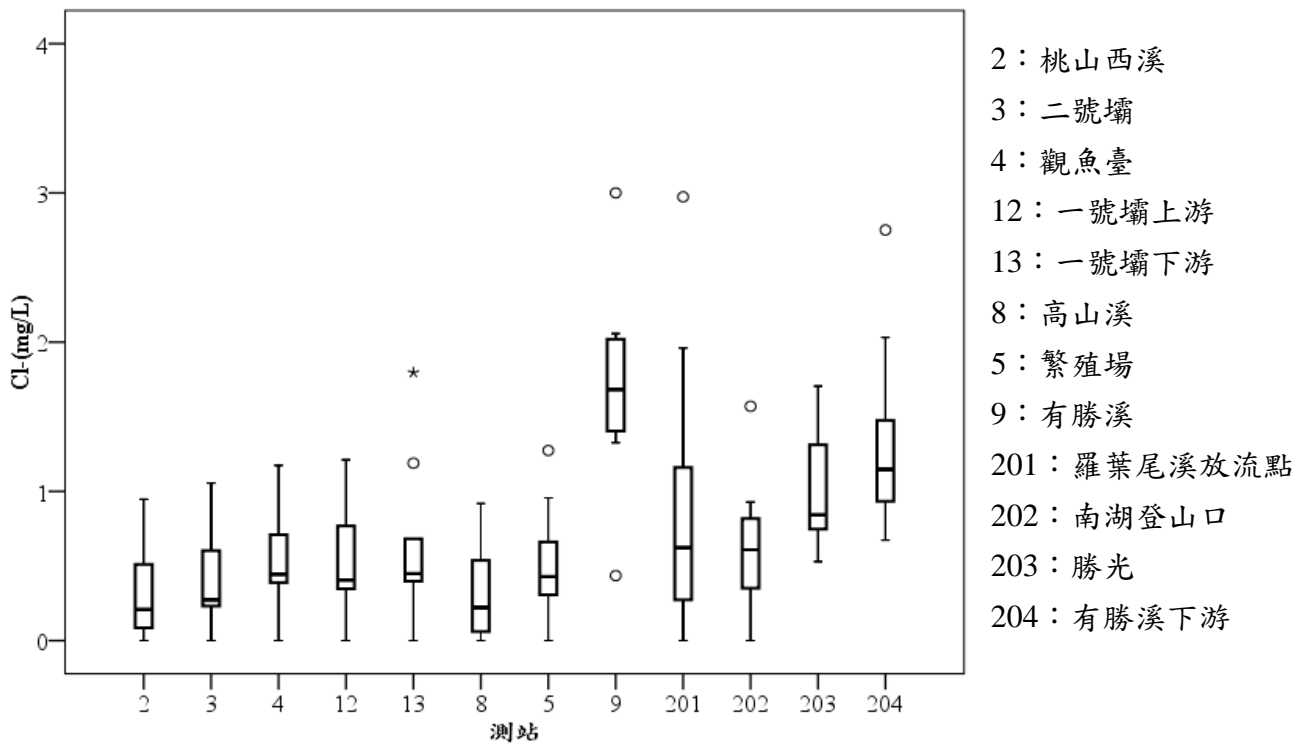


圖 14 七家灣溪測站 Cl⁻ 盒鬚圖
 (資料來源：本研究資料)

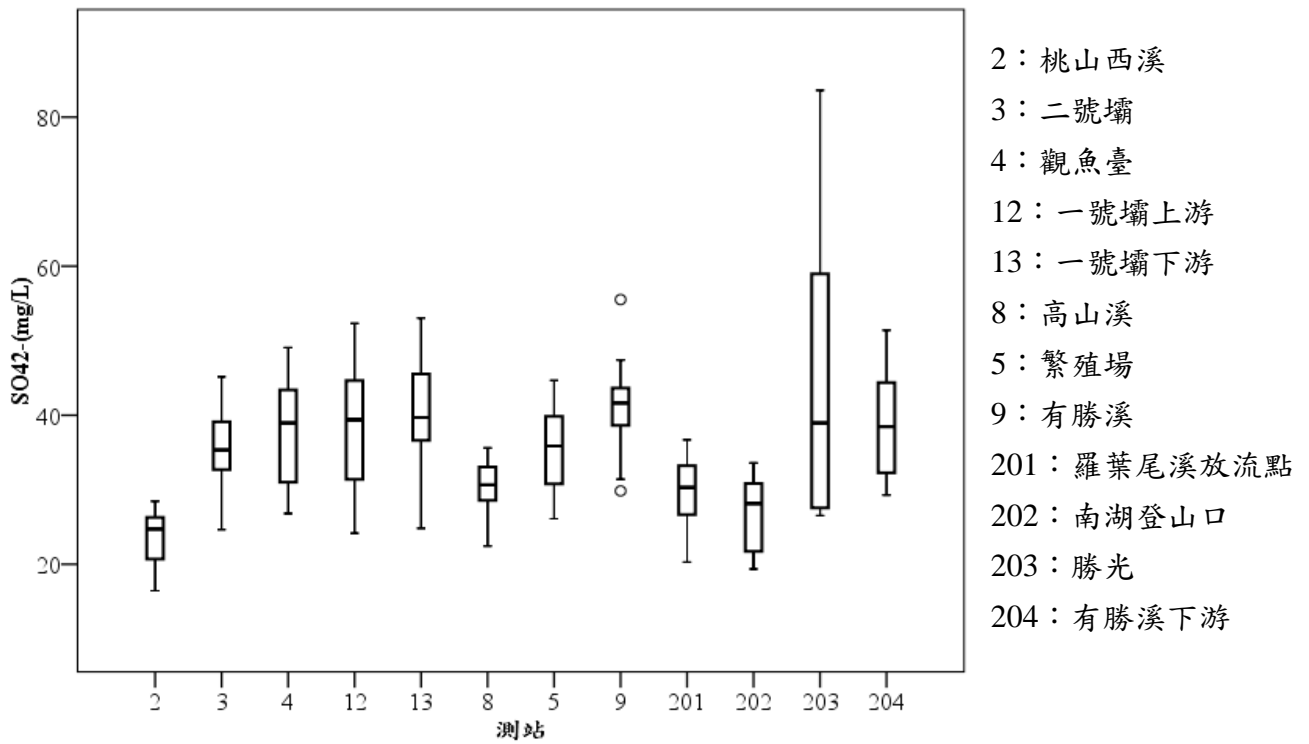


圖 15 七家灣溪測站 SO₄²⁻ 盒鬚圖
 (資料來源：本研究資料)

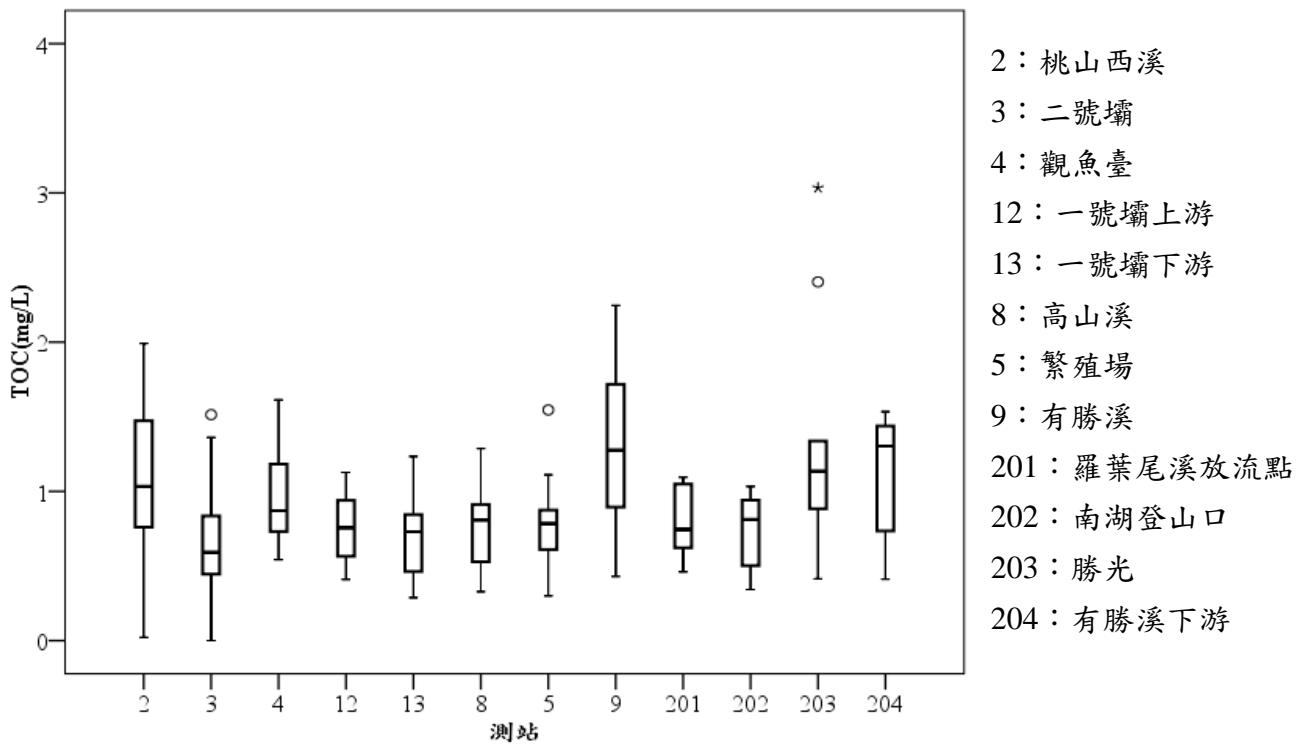


圖 16 七家灣溪測站 TOC 盒鬚圖
(資料來源：本研究資料)

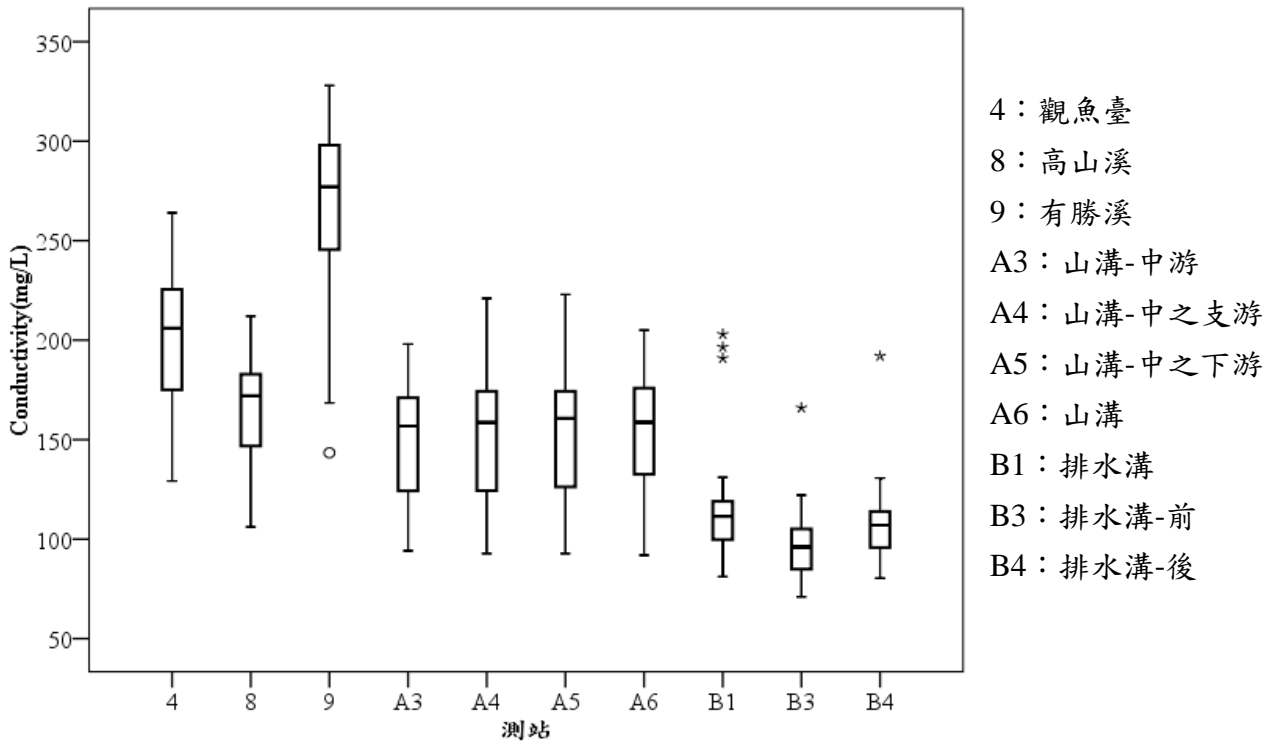


圖 17 山溝、排水溝與七家灣溪參考測站導電度盒鬚圖
 (資料來源：本研究資料)

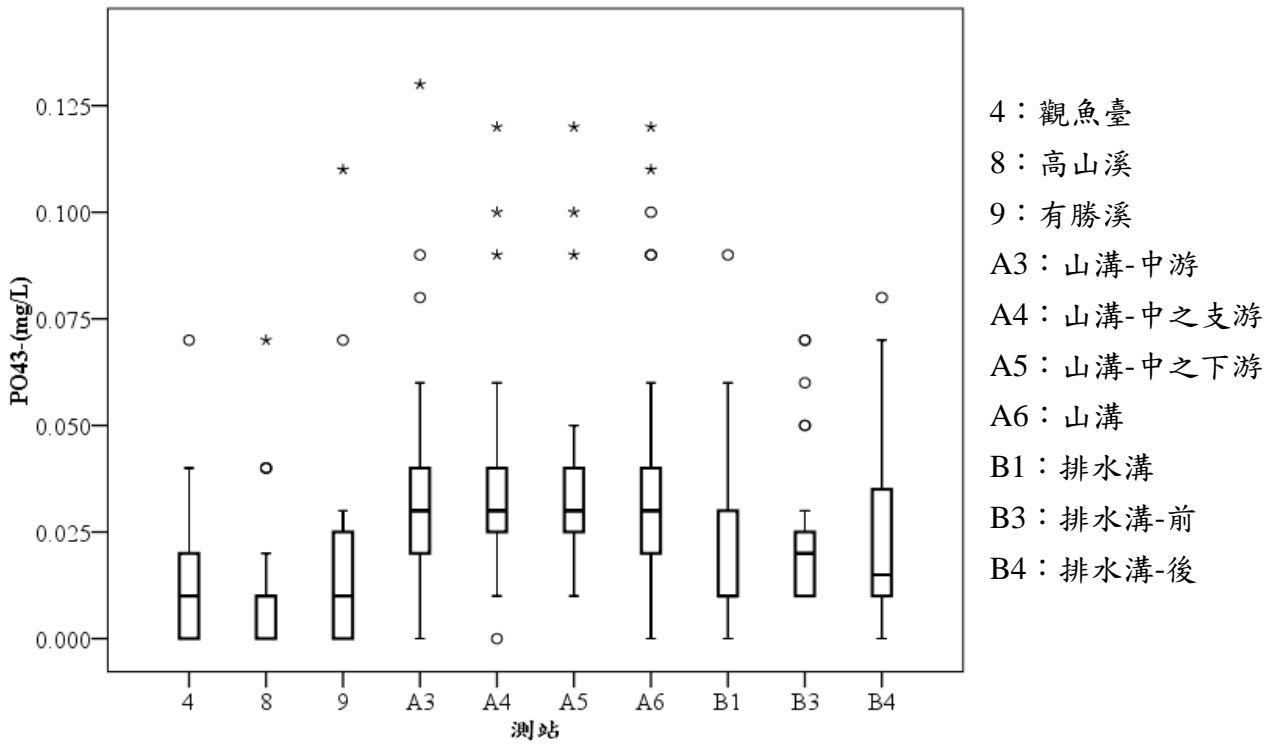


圖 18 山溝、排水溝與七家灣溪參考測站 PO_4^{3-} 盒鬚圖
 (資料來源：本研究資料)

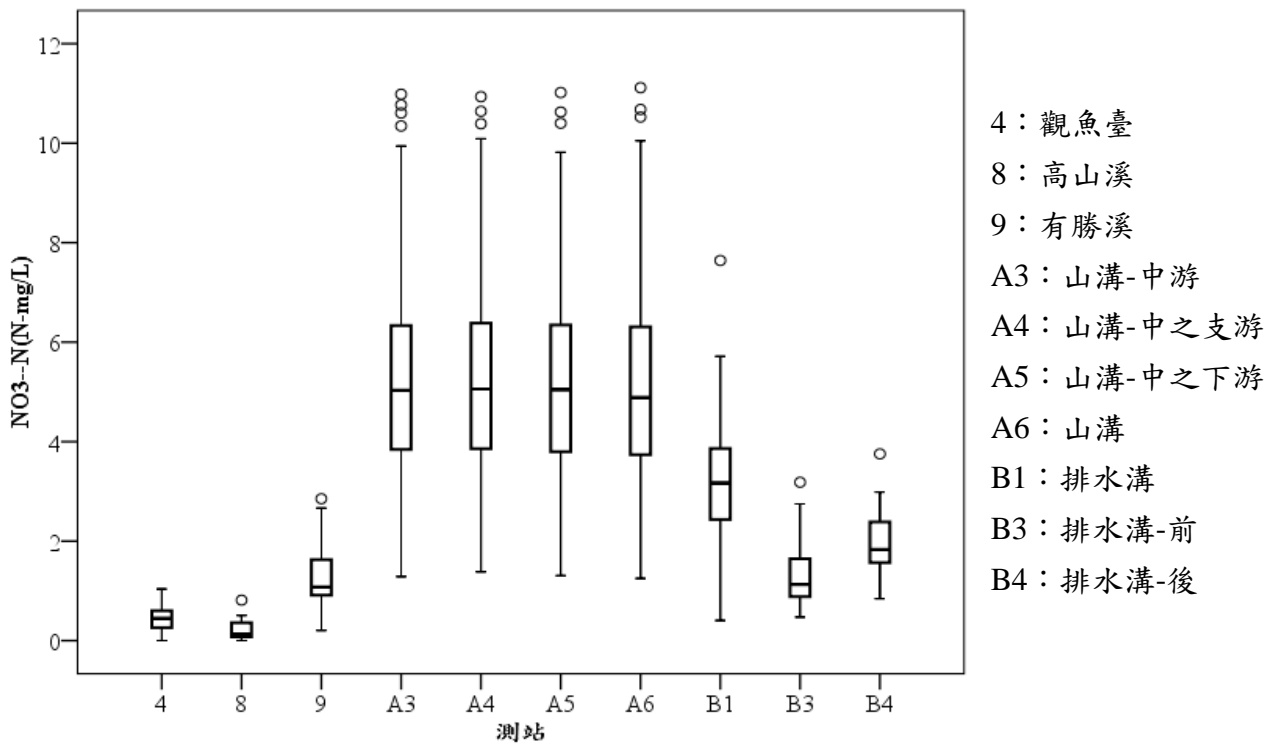


圖 19 山溝、排水溝與七家灣溪參考測站 NO_3^- -N 盒鬚圖
(資料來源：本研究資料)

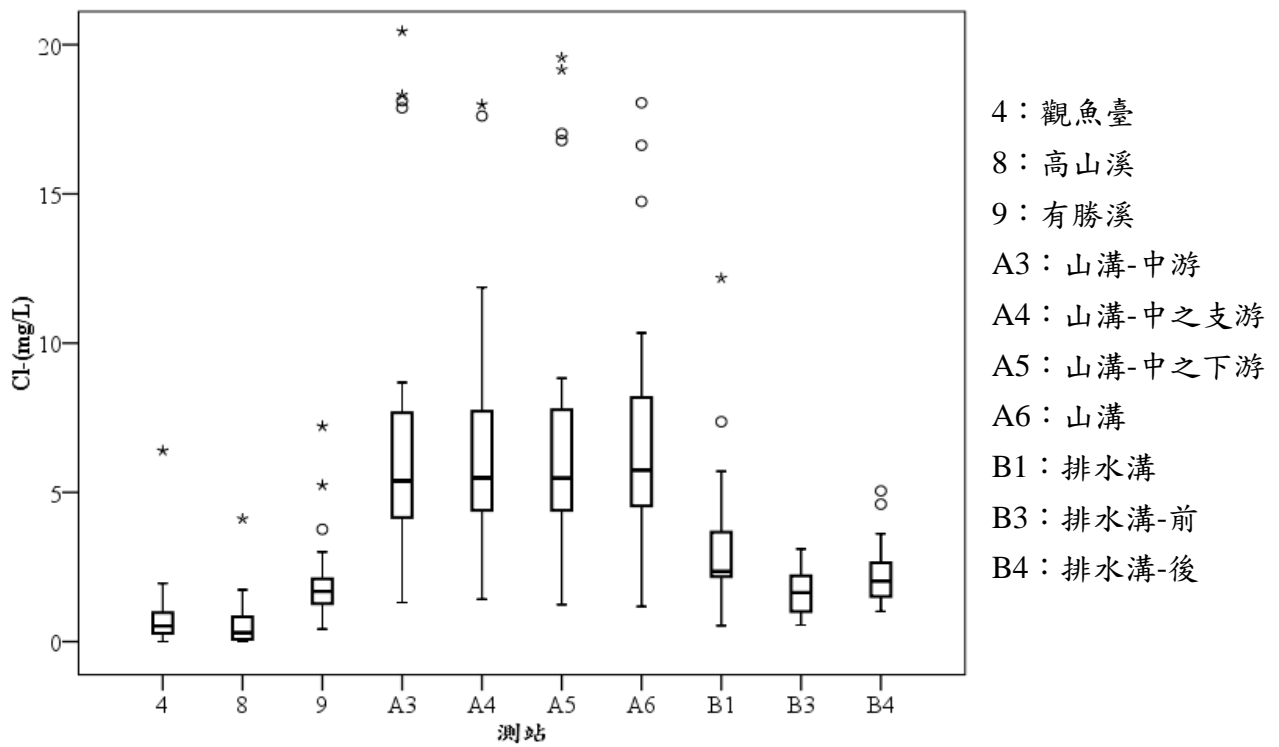


圖 20 山溝、排水溝與七家灣溪參考測站 Cl^- 盒鬚圖
(資料來源：本研究資料)

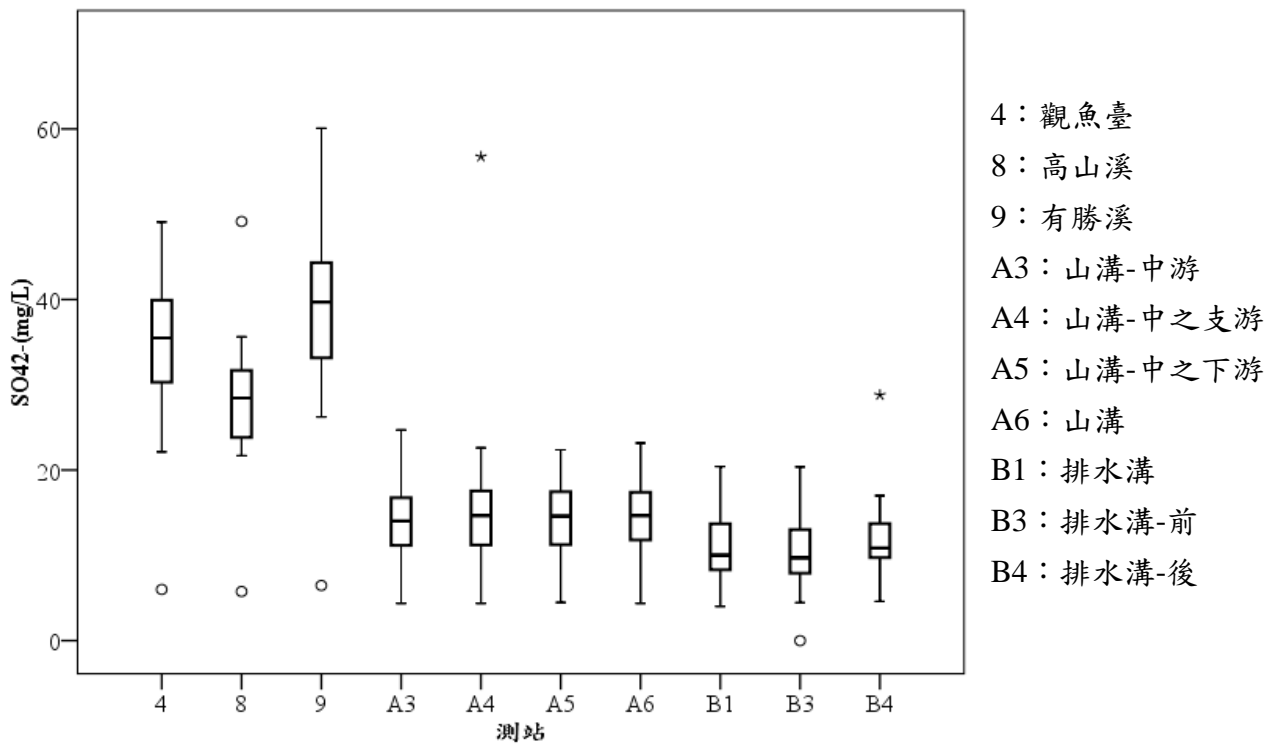


圖 21 山溝、排水溝與七家灣溪參考測站 SO_4^{2-} 盒鬚圖
 (資料來源：本研究資料)

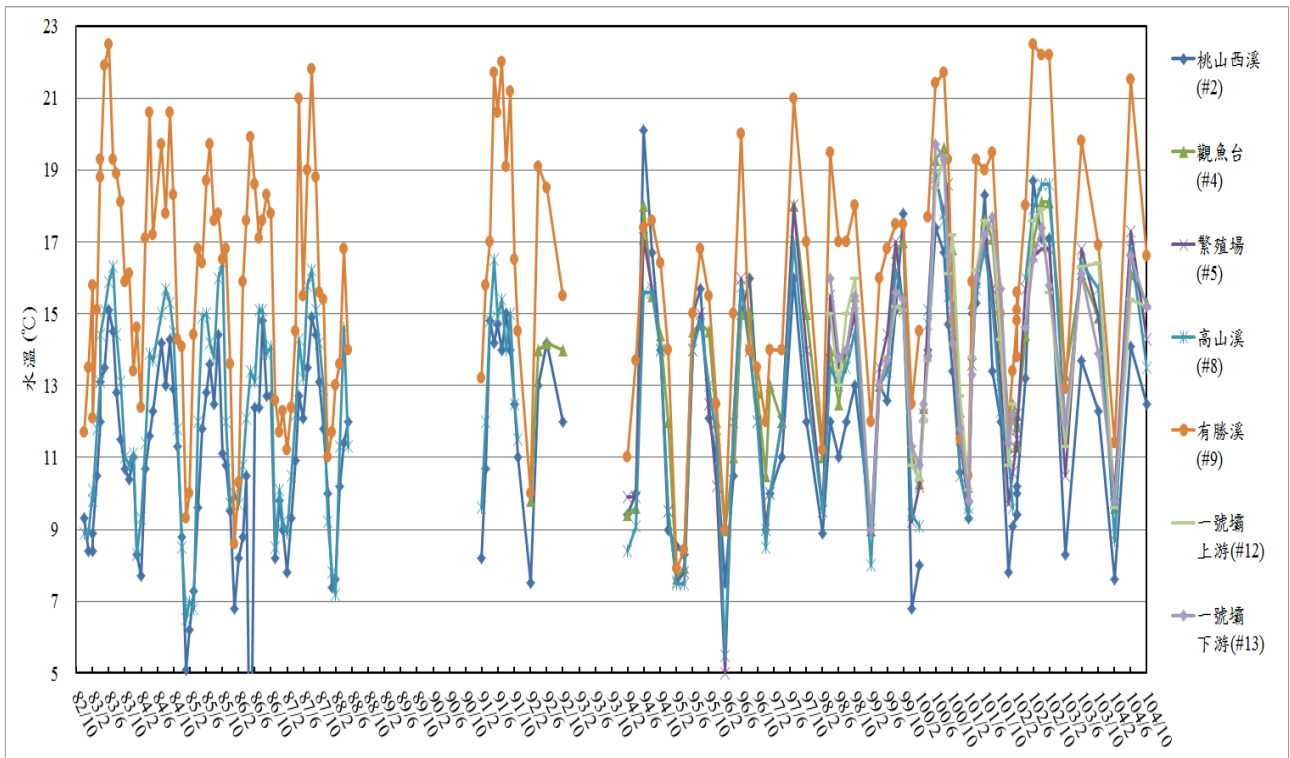


圖 22 武陵地區溪流水溫長時間變化情形

(資料來源：于淑芬，2002-2004、陳弘成，1994-2000、本研究資料)

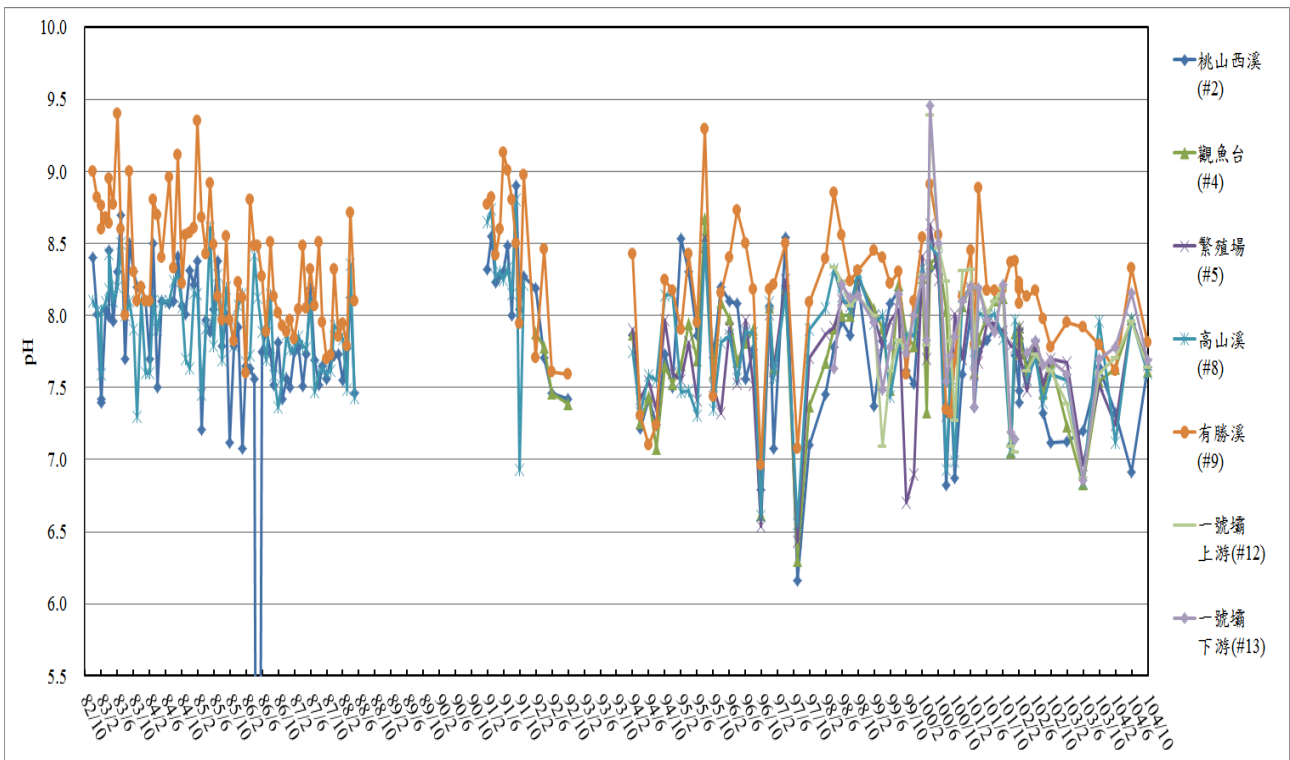


圖 23 武陵地區溪流 pH 長時間變化情形

(資料來源：于淑芬，2002-2004、陳弘成，1994-2000、本研究資料)

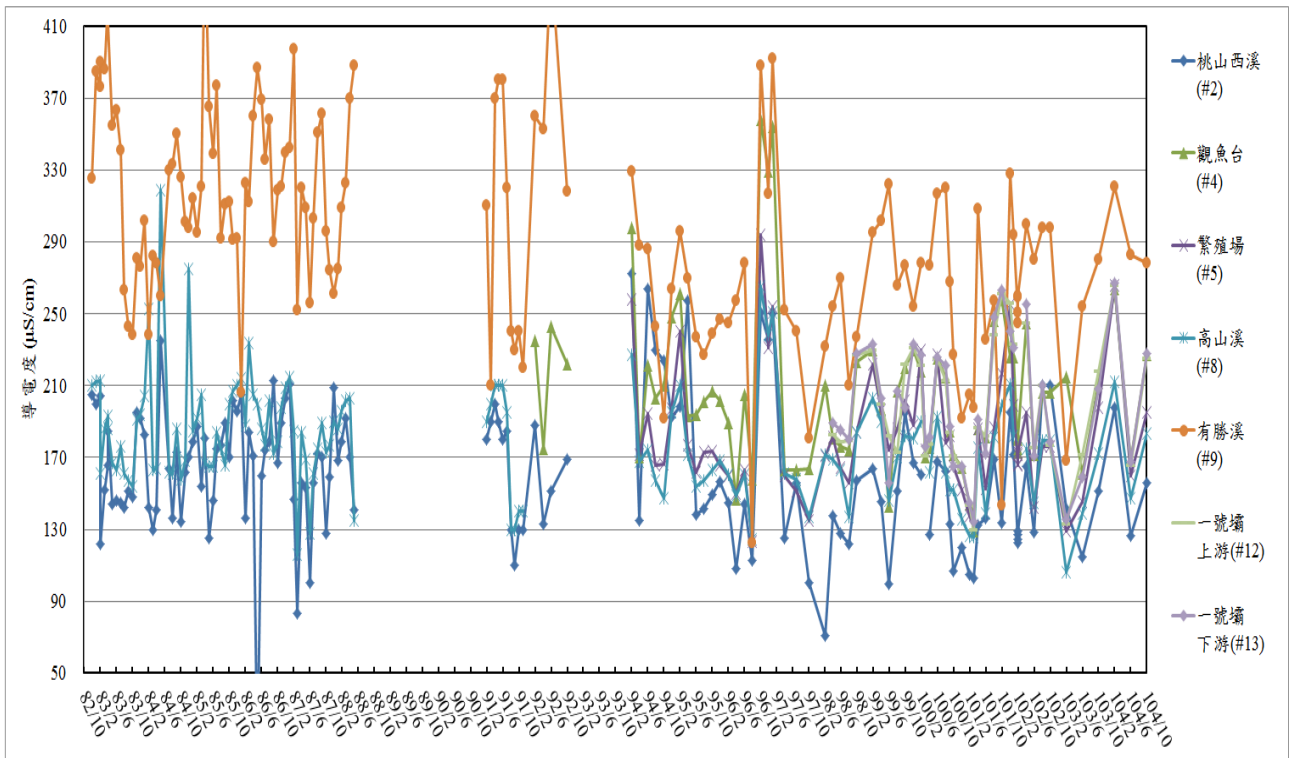
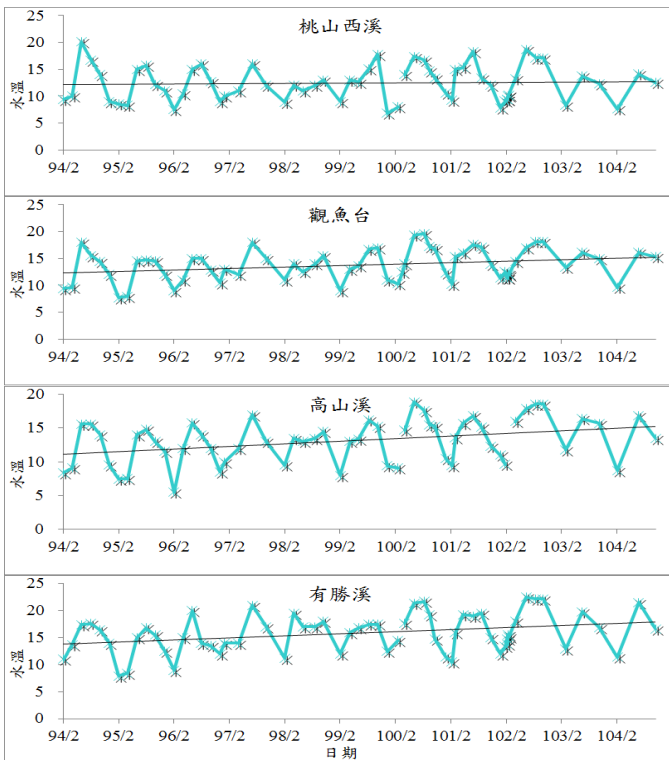


圖 24 武陵地區溪流導電度長時間變化情形

(資料來源：于淑芬，2002-2004、陳弘成，1994-2000、本研究資料)



桃山西溪(#2)

$y = 0.008x + 12.061, N.S., p=0.546$

觀魚台(#4)

$y = 0.027x + 12.172, R^2 = 11.2\%, p=0.012$

高山溪(#8)

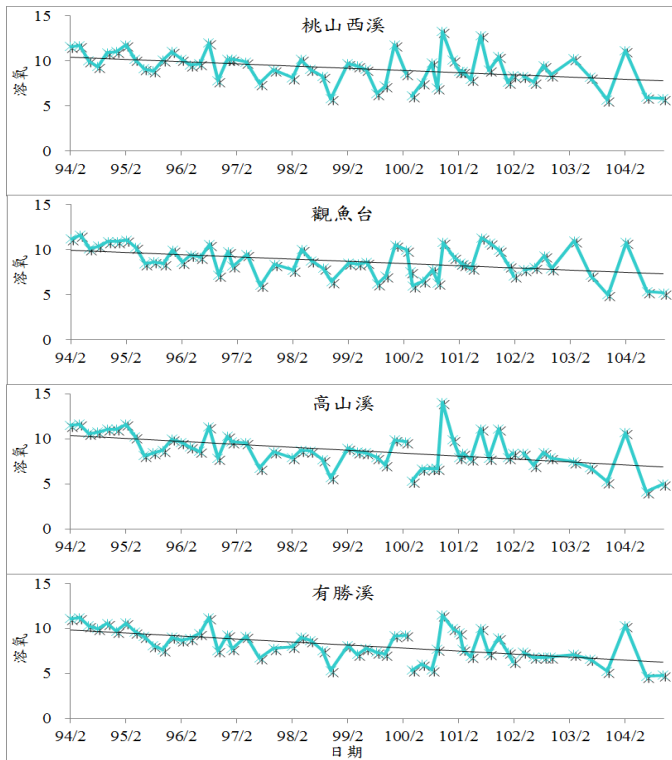
$y = 0.032x + 11.115, R^2 = 12.6\%, p=0.007$

有勝溪(#9)

$y = 0.036x + 13.648, R^2 = 11.2\%, p=0.000$

圖 25 主要測站十年溫度變化情形

(資料來源：本研究資料)



桃山西溪(#2)

$y = -0.017x + 10.324, R^2 = 13.3\%, p=0.006$

觀魚台(#4)

$y = -0.020x + 9.967, R^2 = 18.6\%, p=0.001$

高山溪(#8)

$y = -0.027x + 10.406, R^2 = 26.1\%, p=0.000$

有勝溪(#9)

$y = -0.028x + 9.884, R^2 = 34.1\%, p=0.000$

圖 26 主要測站十年溶氧變化情形
(資料來源：本研究資料)

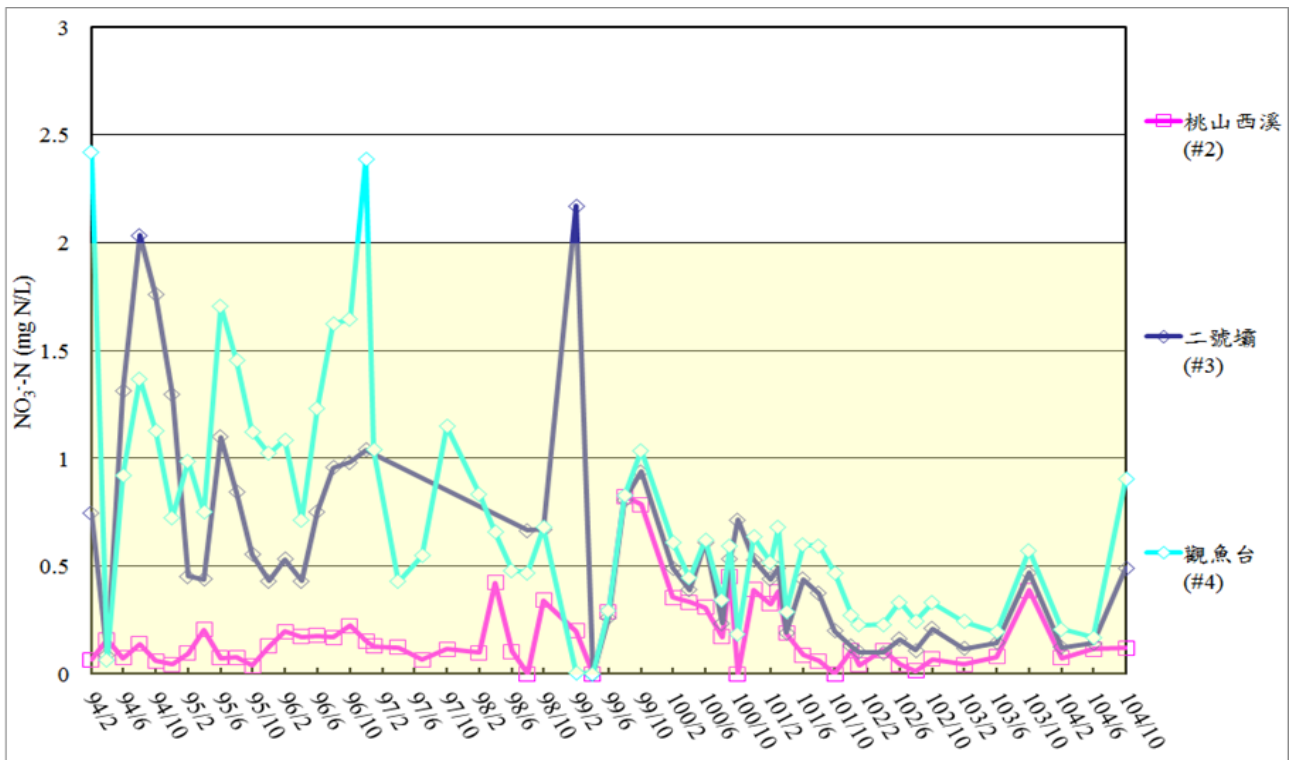


圖 27 8.1 公頃回收農用地前後 NO₃⁻-N 水質分析比較
(資料來源：本研究資料)

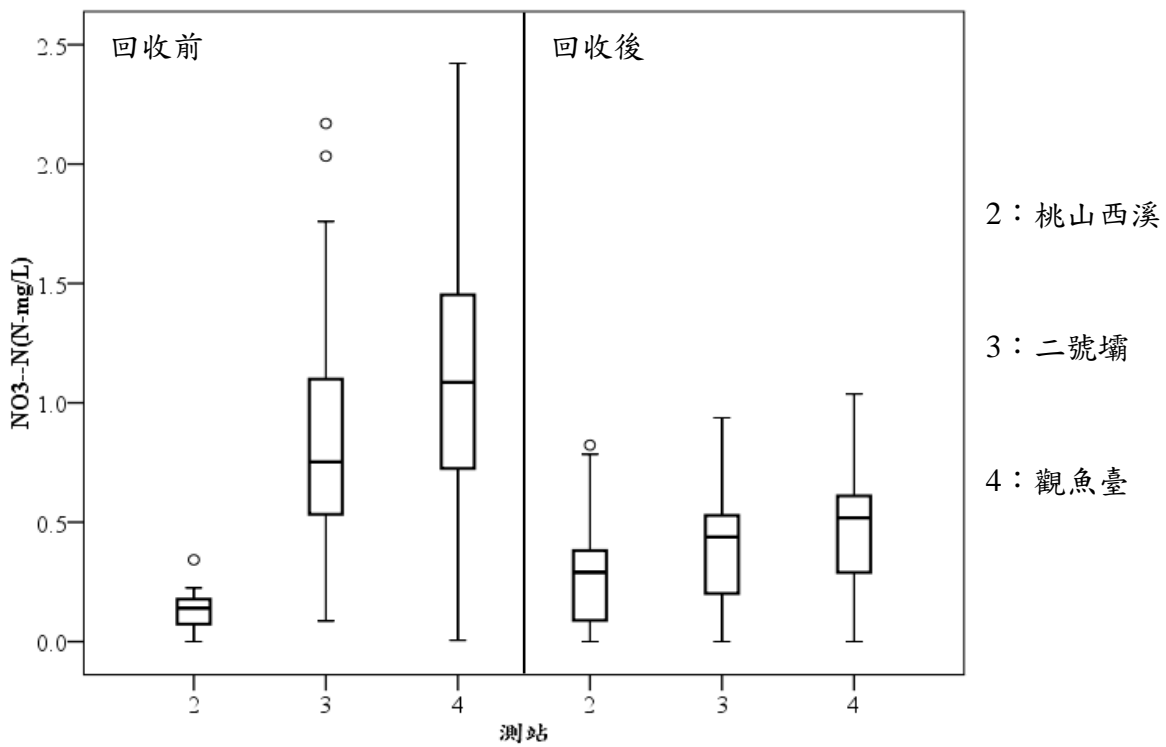


圖 28 8.1 公頃回收農用地前後 NO₃⁻-N 盒鬚圖
(資料來源：本研究資料)