112年臺南市封溪護魚河段巡護及資源保育計畫

期末報告

執行單位：嘉南藥理大學

委託單位：臺南市政府農業局

中華民國 112 年 11 月

目　錄

表　次 ……………………………………………………………………III

圖　次 ……………………………………………………………………V

摘　要 ……………………………………………………………………VII

第一章 工作執行方法 ……………………………………………………1

一、樣站設置 ………………………………………………………………1

二、生態調查作業 …………………………………………………………3

第二章 水域生物調查結果 ………………………………………………30

一、水質分析結果 …………………………………………………………30

二、水域生物調查結果 ……………………………………………………31

三、指數分析結果 …………………………………………………………37

四、本年度調查結果與去年度調查結果比較 ……………………………43

五、兩年度調查結果與往年文獻比較 ……………………………………44

第三章 結論 ………………………………………………………………49

第四章 參考文獻 …………………………………………………………51

附件一、後堀溪樣點四次調查樣點照 ……………………………………56

附件二、後堀溪物種照及採樣工作照 ……………………………………57

表　次

表 1-1 後堀溪調查樣站位置一覽表 1
表 2-1　出差採樣紀錄表 13
表 2-2　不同採樣方式及採樣器具單位面積換算表 16
表 2-3　各項指數之檢索表 18
表 2-4　各項指數之檢索表 19
表 2-5　IBI 選用矩陣及其評分標準 21
表 2-6　生態等級及評分範圍表 22
表 2-7　科級生物指標污染忍受值 23
表 2-8　松田津苗生物指數所利用之各種生物污染耐受性分級........25
表 2-9　河川附著藻類腐水度指數表 29
表 3-1 後堀溪四季各樣點水質檢測結果 30
表 3-2 後堀溪各樣點水生生物調查結果 32
表　3-3 後堀溪各樣點魚類定量調查結果 38
表　3-4 後堀溪各樣點底棲生物定量調查結果 39
3-5 後堀溪瑞峰國小樣點附著藻類定量調查結果 41
表 3-7 後堀溪水域生物文獻比較 46
表 3-6 後堀溪流域水體環境評估總表 48

圖　次

圖 1-1 後堀溪調查樣站位置圖..1
表 1-2　調查樣站之環境敘述..2
圖 2-1　電氣採捕法..4
圖 2-2　蝦籠構造及其擺放方法..5
圖 2-3　長沉籠構造及其擺放方法..5
圖 2-4　手拋網法調查法..5
圖 2-5　蘇伯氏採集網(A)及踢擊網(B)採集法..6
圖 2-6　螺貝類採集法..7
圖 3-1 後堀溪流域各樣點不同季魚類組成..35
圖 3-2　後堀溪流域各樣點不同季底棲生物組成..36
圖 3-3 後堀溪流域各樣點不同季藻類組成..36
圖.4-1 111 年度與 112 年度後堀溪魚類種類數比較..43
圖.4-2 111 年度與 112 年度後堀溪底棲生物種類數比較..44
圖 3-3 後堀溪封溪護魚前後魚類及底棲生物種類數比較..47

摘　要

為了解後堀溪封溪護魚之成果，延續 111 年持續進行水域生態調查計畫。計畫已於於瑞峰國小、關山 7 號橋及木瓜坑橋 3 樣點，進行 112 年 4 月、7、9 月及 10 月 4 季(次)的水域生態及水質監測。四季調查結果顯示，共調查到水域生物 17 目 39 科 60 種，其中包含魚類 3 目 8 科 19 種及底棲生物 13 目 30 科 40 種及爬蟲綱 1 目 1 科 1 種。其中，魚類部份調查到 1 種保育類-南臺中華爬岩鰍(*Sinogastromyzon nantaiensis*)、10 種特有魚類以及 5 種外來入侵種魚類。水質評估部分利用河川污染程度指數(RPI)評估後堀溪流域三處樣點水質狀況顯示該流域均處於輕度汙染狀態，造成污染其主要原因為水中懸浮物。魚類調查部份與去年調查結果比較後，魚類種數有所增加，但是底棲生物有較為減少的現象，判斷為水體長時間呈現混濁的狀態所致。本年度調查發現後堀溪封溪護魚河段相較去年度新增 2 外來入侵種魚類-小盾鱧(*Channa micropeltes*)以及高體高鬚魚(*Hypsibarbus pierrei*)。另外，魚類組成與 2004 年「94、95 年度-曾文溪河系河川情勢調查總報告」文獻相比並無明顯差異，然而在蝦蟹類及螺貝類上則有明顯減少，在水生昆蟲部分則有明顯的增加。值得注意的是，本年度調查到外來種多為肉食性且具有領域性魚類。日後除了持續監測水質變化外，也應持續追蹤外來種魚類是否導致原生種魚類族群數量減少。

第一章 工作執行方法

一、樣站設置

本計畫為瞭解後堀溪封溪護魚之成效，於後窟溪範圍內設置3處樣點，並且在每季進行1次生態調查及水質檢測(圖 1)。樣點相對位置及座標如表 1-1 及表 1-2 所示。

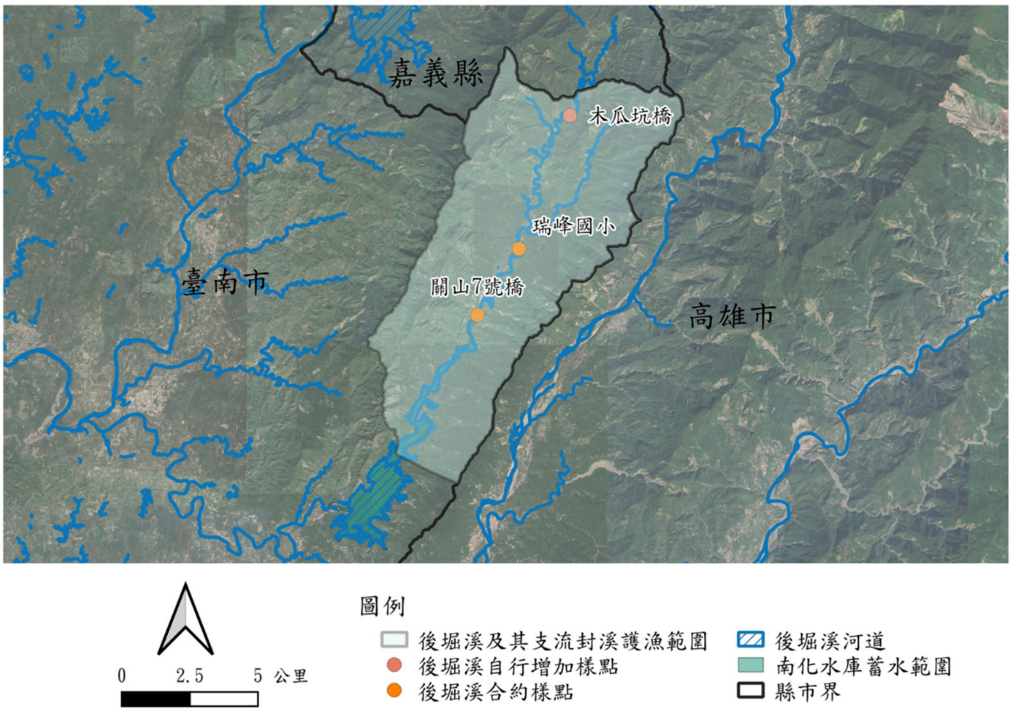


圖 1-1 後堀溪調查樣站位置圖

表 1-1 後堀溪調查樣站位置一覽表

樣站名稱	座標位置		樣點描述
關山7號橋	120°35'01.8"E	23°09'16.8"N	計畫預定樣點，下游樣點
瑞峰國小	120°35'49.61"E	23°10'24.64"N	計畫預定樣點，中游樣點
木瓜坑橋	120°36'56.5"E	23°13'03.6"N	團隊增列樣樣點，上游樣點

表 1-2　調查樣站之環境敘述

樣站	樣站照片	樣站敘述	水體分類
瑞峰國小		本樣點位於後堀溪上游，為非感潮帶，河岸左岸以碎石為主，右側為水泥護坡，岸邊著生禾本科植物，底質以泥沙為主並夾雜石塊。棲地形態尚屬複雜，具有淺瀨與淺流等棲地型態。豐枯水期時，水流量差異頗大。	乙
關山 7 號橋	 	本樣點位於後堀溪上游，左岸以碎石為主，右岸為陡峭山壁，底質以泥沙為主並夾雜石塊。棲地形態具有深潭、淺潭與端瀨等棲地型態。植被相對瑞峰國小及木瓜坑橋樣點較為稀疏。111 年度進行後堀溪第四季及 112 年度第一季調查時有工程施作。上圖為施工中，下圖為完工後樣點照。	乙
木瓜坑橋		本樣點位於後堀溪上游，河床粒徑組成以石塊夾雜巨石為主，右岸具雜樹林，左岸邊著生禾本科植物。棲地型態具有深潭、淺潭與端瀨等棲地型態。豐枯水期時，水流量差異甚大。	乙

二、生態調查作業

生物調查分析包括魚、蝦蟹、水生昆蟲、底棲無脊椎動物(螺貝類及環節動物)之調查方法，內容包括種類、數量、分布、種組成等，調查種類名錄中並標示優勢種、保育種、珍貴稀有種、外來種等。

1、調查採樣方法依據

本計畫生態調查方法主要將依據行政院環境保護署公告之「動物生態評估技術規範」(環署綜字第 1000058655C 號)及環檢所公告「河川底棲水生昆蟲採樣方法」(NIEA E801.31C)採樣方法、水利規劃試驗所「河川情勢調查作業要點」(水利規劃試驗所，2015)、「魚類資源調查技術手冊」(林曜松、梁世雄，1997)、「淡水水域生物監測之採樣器材介紹及資料分析與應用」(梁世雄，2005)及「森林溪流魚類調查並建立外來種風險評估機制 1/3-3/3」(梁世雄，2009；2010；2011)建立之方法，依現地狀態修正進行採樣。

2、調查項目及頻度

依據本計畫需針對各河川流域所選定樣站進行魚與底棲生物(蝦蟹類、螺貝類、環節動物、水棲昆蟲)及附著藻類等之種類及數量進行調查。計畫於每季進行 1 次調查，並且已於民國 112 年 4 月 21 日至 4 月 22 日、112 年 7 月 5 日至 7 月 6 日、112 年 9 月 12 日至 112 年 9 月 13 日與 112 年 10 月 24 日至 112 年 10 月 25 日各進行一次調查。

3、各項水生生物採樣及調查方法

生態棲地狀況會因樣區而有所不同，因此採集所用工具與方式也會因應樣區而有所差異。各調查項目及方法分述如下：

(1)魚類

魚類之採集方式視選定樣點實際棲地狀況而定，選擇適合本區環境的魚類調查方法。調查樣區為面向下游所見河川左岸至少一百公尺，若在左岸作業有困難，則調查人員依現場情形調整調查位置。調查方式大至可分為非河口區及河口區兩部分。若在採集時遇到釣客，可進行訪問。本計畫調查樣點位於南化水庫上游，因此利用非河口區域(非

感潮帶)調查方式進行調查，主要分為電氣採捕法、陷阱誘捕法及手拋網法為主要的調查方法。河口區域(感潮帶)則以陷阱誘捕法、流刺網法及手拋網法為主要調查方法。每次調查進行一次採集，以距離及時間為努力量標準。所採集到的魚類，均進行種類鑑定。

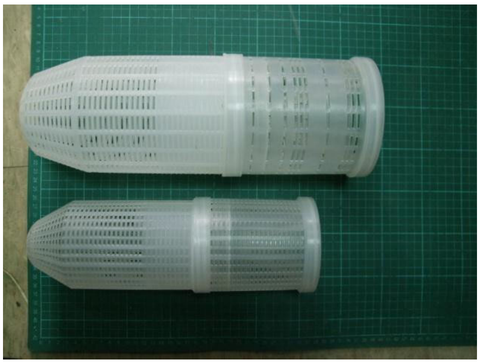
(1).電氣採捕法主要適用於河川中、上游之小型溪流且水深較淺的水域，使用背負式電魚器電擊魚體，並配合手抄網撈捕，每次調查操作三十分鐘，以時間取代距離作為努力量(圖 2-1)。

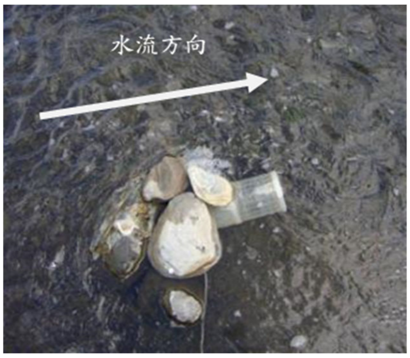
(2).陷阱誘捕法於各樣站分設置 5 個籠具，並放置 1 夜。籠具包括直徑為 12 公分，長度 32 公分以及直徑 20 公分，長度 37 公分兩種蝦籠共 4 具，再加上 1 只 5 公尺長的長沉籠進行採集。蝦籠及長沉籠內以新鮮的餌料為誘餌，調查當日將蝦籠施放於適當的緩流岸邊，施放後隔 1 至 2 日再收取。所得的標本野外以 4 ℃保存，研究室內以-20 ℃冰存集中分類鑑定(圖 2-2、圖 2-3)。野外調查若遇到漁夫放置的其他蝦籠一併檢視記錄其內容。

(3).手拋網法主要以樣區中的深水水域魚類的調查方式(圖 2-4)。手拋網尺寸為長度 3 m，網目 2.5 cm 寬，拋出距離 2~4 m。取樣範圍在離岸 3~4 m，水深 0.5~1 m 處。手拋網以安全為第一考量，選擇河岸底質較硬以及可站立之石塊上下網，採範圍內選擇五個點，每點下二至三網。

(4).手抄網法主要用於調查躲藏於水草及石塊下的魚類。手抄網尺寸為長度 30 cm，寬 30 cm，每點採集三至五網。

圖 2-1　電氣採捕法





口徑 12 公分及 20 公分的蝦籠　　　　　蝦籠擺放方法

圖 2-2　蝦籠構造及其擺放方法

水下長沉籠順流擺放　　　　　長沉籠兩側游入口

圖 2-3　長沉籠構造及其擺放方法

圖 2-4　手拋網法調查法

(二)蝦蟹類

蝦蟹類調查，大至可分為非河口區及河口區兩部分。非河口區每個樣站每季均施放 5 個籠具，其中包括 2 個口徑 12 公分、長 32 公分及 2 個口徑 20 公分、長 37 公分的蝦籠及 1 只 5 公尺長的長沉籠輔助

採集。蝦籠內以新鮮的誘餌，調查當日將蝦籠施放於適當的緩流岸邊，施放後隔 1 至 2 日再收取。所得的標本於野外以 4 ℃保存，回研究室後以-20℃冰存集中分類鑑定。採集到的蝦蟹類紀錄其數量。野外調查若遇到漁夫放置的其他蝦籠一併檢視記錄其內容。電氣採捕法採集魚類時會採集到部分的蝦蟹類亦計錄於蝦蟹類的調查結果。使用蝦籠捕獲的資料與電魚所得到的資料分開紀錄，並進行不同採集方法捕獲資料之比較。

(三)水生昆蟲

水生昆蟲在河口區域不進行調查。非河口區域中，水生昆蟲採集係在沿岸水深五十公分內，以蘇伯氏採集網(Surber Sampler 袋口長寬高各 30 公分，網孔大小為 0.595 mm 或踢擊網採三網(圖 2-5)。水生昆蟲採樣先在下游處置一濾網，再將石頭取至岸邊，以防部分水生昆蟲隨水流流走。較大型的水生昆蟲以鑷子夾取，而較小型的水生昆蟲則以毛筆沾水將其取出。採獲之水生昆蟲先以 10%福馬林液固定，記錄採集地點與日期後，帶回實驗室鑑定分類。

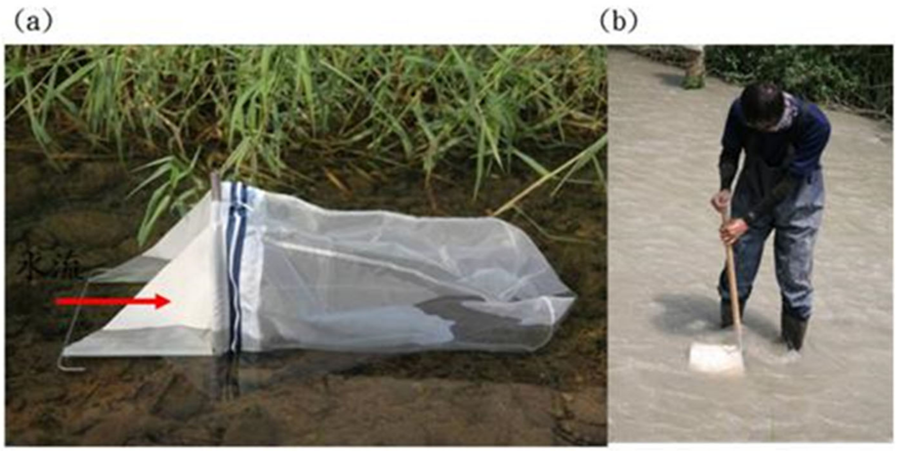


圖 2-5　蘇伯氏採集網(a)及踢擊網(b)採集法

(四)螺貝類

螺貝類以定量框採集法進行採集三個面積各五十公分見方範圍內可採集之螺貝類者(圖 2-6)。若目視水生昆蟲網旁邊(靠水岸的)有螺貝類，可以一平方公尺為樣區進行採樣。另一方面，由於部份螺貝類具潛沙性，在撿拾完表層之螺貝類後亦進行挖取法捕捉潛沙性物種(圖 2-6)。

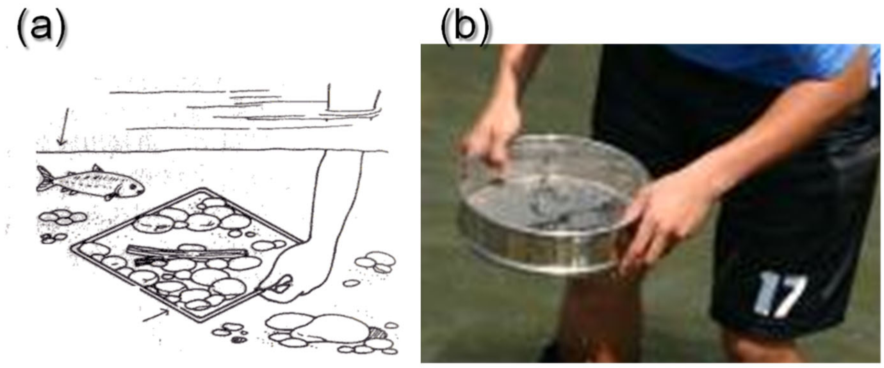


圖 2-6　螺貝類採集法

(五)環節動物

環節動物採集包含在水生昆蟲網(三網，面積各五十公分見方)的範圍內可採者。若是在採樣地發現大量的絲蚯蚓，則記錄絲蚯蚓分布範圍。

(六)附著性藻類

依據賴(1997)方式進行現地修正後進行採樣。附著藻類樣品係取水深 10 cm 處之石頭，以細銅刷或毛刷刮取 10 cm×10 cm 定面積上之藻類，採集到的樣品以 3 mL 路戈氏碘液(Lugol's solution)保存，攜回實驗室進行鑑定物種。底棲藻類以矽藻為主，鑑定分兩種方式進行，取 1 mL 均勻搖晃之後的藻液置入能容納 1mL 液體的長方形槽化玻片，玻片表面分割成 1000 格(GRATICULES LTD, SEDIGEWICK RAFTER, S52：1ML/1μL)，每格代表 1μL，槽化玻片靜置 10 分鐘後讓藻體沉降至底部，取玻片置於倒立光學顯微鏡下觀察，逢機取樣 50 格計算其種類及數量，據此回推固定表面積所附著的藻種及密度。本項採集應避免於大雨後一週內進行。

4、名錄製作及鑑定

所紀錄之種類依據邵廣昭等主編的「2008 臺灣物種多樣性II.物種名錄」及「臺灣物種名錄 2010」(邵廣昭等，2008；2010)、中央研

究院生物多樣性研究中心之臺灣貝類資料庫、中央研究院之臺灣魚類資料庫、沈世傑之「臺灣魚類誌」(沈世傑，1993)、賴景陽之「貝類、貝類（二）」(賴景陽，1996；1998)、林春吉之「臺灣淡水魚蝦生態大圖鑑（上）、（下）」(林春吉，2007)、陳義雄之「臺灣河川溪流的指標魚類—初級淡水魚類」、「臺灣河川溪流的指標魚類—兩側洄游淡水魚類」(陳義雄，2009a；2009b)、陳義雄等編著的「臺灣的外來入侵淡水魚類」(陳義雄等，2010)以及行政院農業委員會於中華民國 103 年 7 月 2 日農林務字第 1031700771 號公告之「保育類野生動物名錄」,進行名錄製作以及判別其稀有程度、特有種及保育等級等。

5、品保品管規劃

(一)調查人員經驗及能力要求：為確保第一線執行調查人員具有水準以上的現場調查能力，避免採樣記錄錯誤及誤判現場形勢，對於資歷及經驗要求如下：

(1).資歷要求：需為國內生物相關系所畢業(大學或專科以上)，或參與生態及保育相關民間團體達兩年以上並具相關實務經驗者。

(2).人員配置：調查組針對水域生物分設一名專責調查人員，每次調查團隊中需配置至少一名資深人員擔任組長，需有執行調查兩年以上實務經驗。長期監測每季次調查則均須有一名以上相同領隊人員。

(3).物種辨識能力：各類別生物調查人員，物種辨識需達全臺灣物種數達六成以上，且可熟練運用查詢文獻、圖鑑等資料庫，始可擔任調查人員。

(4).人員教育訓練及考核：由本團隊訂定訓練計畫，定期舉辦培訓課程，室內及室外課兼具，以增進調查人員學理知識及現場調查能力。並依據年度外部訓練計畫，參加外部教育訓練。相關人員每年進行一次教育訓練考核，檢視人員所負責之所有調查項目，以實施個人績效評估。學科考試成績不得低於 70 分，而術科考試部分則由主管負責執行，內容包括工作方法規劃、現場調查採樣等。

(二)調查前的準備工作：於出發調查前必須針對計畫特性充分了解，

並蒐集、準備完整資訊，以掌握正確執行調查方向及內容。

(1).地圖繪製：

i.系統及操作介面：採用地理資訊系統(Geographic information System, GIS)，作為現場踏勘及調查的路徑航跡、樣站位置等標定及展示，操作介面則採用 ArcGIS v9.2。

ii.底圖：採用林務局農林航空測量所最新版本之彩色正射影像(1：5000)，及臺灣地區(經建版)地形圖(1：25000)為底圖進行繪製。不足處則以 GoogleEarth 補充。

iii.相關文獻蒐集：蒐集本案周邊生態環境相關的研究調查文獻，確認是否有敏感生態棲地、重要及稀有生物分佈等資訊，以補充現場調查時間及季節性的不足。若需引用文獻資料，則須註明其採用調查方法、調查時間及位置等努力量，以利與現場調查資料進行比對。

iv.調查工具確認：出發至現場進行調查採樣工作前，需確認各項工具是否齊備並可正常運作，重複使用的陷阱籠具則需清潔完畢。

v.申請採集核可：如需於保護區內及護溪河段進行採集，或需使用電氣法進行採集，須填列相關表單如電魚試驗申請書、利用保育類野生動物申請書、調查人員名冊等，與相關主管單位申請採集核可。

(三)調查路線踏勘與範圍、樣站選定：為確認選定調查範圍及樣站佈設能充分反映生態環境特性、掌握可能影響預測，以及作為異常現象判定的依據，以下針對調查路線踏勘與範圍、樣站選定分述如下：

i.踏勘作業要求：在調查前需依調查區域的環境背景，確認有何重要地形、水系及重要敏感生態棲地，並參考當地相關資料，依自然度之區分程度初步進行水域樣站位置選定，擬定具代表性調查路線及調查方法，並規劃各調查項目採用的器具與位置之適合性。

ii.水域樣站選定：需視開發行為特性選擇可能的污染承受水體設立樣站，並有實驗組及對照組之區分，並能當作未來監測背景比較之用為佳。

(四)現場調查作業

生態調查主要是以現場觀察為主，調查結果除會受到天候和季節性的影響外，也會受到人為的干擾，遂改變生物出現或發生的頻率。因此為使生態調查的數據具代表性，調查的時程之一致性與調查位置受干擾之情況可作為每次調查結果之重要依據。針對調查方法依據及現場紀錄作業分述如下：

(1).調查方法依據

生態調查相關要求係依據行政院環境保護署公告之「動物生態評估技術規範」(環署綜字第 1000058655 號公告)進行。另外則參考環保署環境檢驗所公告的各類生物檢測 NIEA 方法，包括河川底棲水生昆蟲採樣方法(NIEA E801.30C)、湖河池泊水庫藻類採樣方法(NIEA E504.42C)。

(2).現場紀錄作業

i.水域生態現場作業紀錄：須登載包括樣站經緯度座標、採樣類別、作業站名、作業日期、樣站位置，作業或採樣時間(當地時間)、採樣水深，流量或流量計讀數，記錄人員、標本瓶編號等資料在內，以供日後查核之用。

ii.每次野外調查均詳實記錄並在調查同時拍照存證。拍攝相片須包含環境現況、可能污染來源、工程現況及人員工作情形。

iii.如遇無法現場辨識之物種，需記錄其生育環境及棲地，包括發現地點及海拔高度等。如果無法帶回則拍攝其辨識特徵後原地釋回。

iv.調查結束後詢問其他調查人員、檢索、網路查詢。

v.如遇異常或污染狀況則需尋找可能影響來源並拍照存證。

vi.避免在氣候不良進行調查，以避免結果不具代表性。

(五)鑑定作業：物種鑑定為生態調查最基本的要求，然為避免學術分類研究的爭議，以下分別說明物種鑑定的參考依據：

(1).參考資料：調查及採獲標本皆以最新的圖鑑及蒐集最新的文獻資料鑑定。

(2).分析儀器維護：運用於鑑定水生昆蟲、浮游生物的顯微鏡，皆定期由儀器商指派其專業維修人員負責保養維護工作，並保留相關資料如儀器商、連絡人、電話、維修內容等，使儀器設備保持在最良好的工作狀態，進而產生最正確之檢驗數據。

(六)調查紀錄查核

為確認調查紀錄數據都在正常的品保品管系統下依規定逐步獲得，本團隊設立一套查核制度，用以評估所有調查員狀況以及數據的可信度，由各調查組資深人員擔任組長。查核制度內容分述如下：

(1).紀錄查核

i.調查結束後最晚於三日內完成數據及現場紀錄資料整理，如遇異常狀況則應即時通報。調查出差採樣紀錄表如表 2-1 所示。

ii.一週內由組長完成經常性查核並歸檔。

iii.兩週內由公司主管完成複核。

iv.遇有疑議時則立即和現場調查人員討論，進行原樣品查視、異常追蹤至找出原因解決問題並作適當修正，無法查出原因則重新進行採樣檢測。

(2).口頭查核

組長及主管除平時協助調查人員進行例行採樣調查及分析外，在出差期間及品管會議中則不定時對調查人員進行口頭查核，討論調查採樣方法、紀錄數據取得、分析過程等各項細節，以加強正確性。

(3).現場操作確認

當紀錄查核及口頭查核仍有疑議時，由公司主管負責安排調查人員進行現場操作確認。

(4).週期性查核

i.由不同組組長及公司主管負責執行。

ii.個人工作日誌本每週由品保人員查閱。

iii.每半年度舉行一次公司內部系統查核及人員系統查核。

5.績效查核

每兩週由主管召開定期會議，討論議題包括例行工作分配、業務進度檢討外，如有需要亦討論下列品保議題：

i.現場調查工作及異常現象之檢討。

ii.品保規定之講解討論。

iii.案例檢討及討論。

表 2-1　出差採樣紀錄表

污染生物學研究室 出差採樣記錄表

一、計畫名稱：五條溪計劃—阿公店溪				(第　次採樣)		1	日期：	7月30日	7月31日
二、採樣站名：	阿公店橋	開始時間：		15.10(第一	離開時間：		15:46(第一天)		
				9:47(第二天)			10:33(第二天)		
三、採樣項目：		1.水質	2.浮游動物	3.浮游植物	4.附著藻類	5.底棲無脊椎生物	6.魚類、蝦類		
四、採樣人員：	黃大駿、蔡政達、賴慧綺、張智惟、葉芳伶								
五、記錄									
現場水質記錄						**浮游植物**	裝水量：	**1000**	ml
NO^{2-}:	1 ~ 2	常溫：	28.9	水溫：	29.5	**附著藻類**	面積：	1*1	cm^2
NO^{3-}:	10~20	DO：	0.94	鹽度:	0.076	**浮游動物**	篩網：	■300	□400
PO_4^{3-}:	0.5~1	pH：	6.92	氧化還原:				□其它：	
NH^{4+}:	4~8	電導:	1.52	濁度:	35		篩水量：	10	L

	全八卦網手		大蝦籠	小蝦籠	流刺網	長沉籠	手抄網	電魚	目測
魚蝦類　網次	2	1	2	2	0	1	3	10	
莫三比克口孵非鯽	2								
豹紋翼甲鯰	1								
三星毛足鱸	1								
巴西龜						1			
材棺龜						1			

	全八卦網手		手抄網	長沉籠	大蝦籠	小蝦籠	採泥器	電魚	目測
底棲生物　網次			3						
正蚯蚓			3						
Platycnemis sp.			2						
Sternolophus sp.			1						
紅搖蚊			6						
Culex sp.家蚊			2						
Eristalis sp.			2						
Psychodidae			4						

其它記錄
1.土中油很多
2.土軟
3.四週有除過草

實驗室負責人簽章：

(七)報告撰寫及分析作業查核

為確保報告撰寫及分析作業擁有最佳品質，由各調查組組長、主管及顧問群分層執行。查核內容包括數據及分析作業，分述如下：

(1).數據計算及複核

i.數據如須計算，皆以 Microsoft Excel 軟體進行自動化處理，除輸入資料外所有計算程式皆設定密碼，除公司主管外其餘人員無法自行更改。

ii.由組長隨機抽取計算結果進行數據計算複核。

(2).分析作業複核

i.由現場調查人員依據數據計算進行初步分析作業，包括各類生物種屬組成、稀特有及保育類物種、優勢物種、多樣性指數、環境生物指標、季節性、生態相等描述。

ii.由組長及主管分層進行分析作業複核。

iii.必要時由顧問群分類進行總報告檢核。

4.數據分析及評估方法

資料分析方法及標準：於每季調查之物種名錄資料輸入電腦，進行物種組成及歸隸特性統計。將現場調查所得資料整理與建檔，再將所有資料繪成表格，並適時提供相關之物種圖片，以增進閱讀報告之易讀性。並依據其存在範圍、出現種類及頻率，計算該樣區生物多樣性指數及評估水體狀態。

一、生物豐度計算

每季調查之物種名錄資料輸入電腦，使用 Microsoft Excel 進行物種組成及歸隸特性統計。為了進行後續資料分析，每次調查除整理各樣站各類生物努力量之物種名錄外，亦針對不同採樣方式及採樣器具進行計算。魚類及底棲生物計算後結果以每平方公尺之個體數表示，各項調查方式單位面積計算如表 2-2 所示。浮游植物及浮游動物以每

公升各體數表示，附著藻類以每平方公分之藻類個體數表示。

魚類每平方公尺之個體數換算以所有調查方式乘上努力量後為調查樣站的調查面積。再以捕獲隻數除上該調查面積則為該樣站的單位面積之豐度(隻/ m^2)。例如，該樣區以蝦籠 6 具，長沉籠 1 具，手拋網採集 3 網及電魚 10 m^2 共捕獲 10 隻魚，該樣站調查面積為 6x1+1x12+3x4+10=40 m^2，單位面積之豐度(隻/m^2)為 0.25。

底棲生物每平方公尺之個體數換算以各調查方式捕獲個體數除上各調查方式單位面積之總合為單位面積之豐度(個/ m^2)。例如，該樣區以蝦籠 4 具，長沉籠 1 具，蘇伯氏採集網採集 6 網進行採集。採集後蝦籠捕獲蝦 4 隻蝦，長沉籠捕獲 6 隻蝦，蘇伯氏採集網捕到 5 隻蝦，該樣單位面積之豐度(隻/m^2)計算為：4/4+6/12+5/(0.09x5)=12.6 隻/m^2。

二、生物多樣性分析

將現場調查所得資料整理與建檔，再將所有資料繪製成圖表，以增進閱讀報告之易讀性，並依據其存在範圍、出現種類及頻率，嘗試選擇其指標生物，以供分析比較；相關之數據運算，平均值均採用算術平均值。生物的多樣性通常以生物群聚的歧異度(Species diversity)變化來瞭解，而歧異度是以生物種類組成的結構關係，可用來表示自然集合群聚的變化情形。本計畫使用優勢度指數(Dominace Index，D)、Shannon 種歧異度指數(Shannon diversity，H’)、均勻度指數(Pielou's evenness index，J)及種數的豐富指數(Species richness index，SR)來進行分析與評估。各種指數之計算表示如下：

(一)優勢度指數(Dominance Index，D)

$$\mathrm{D} = \sum_{i=1}^{s} \left(\frac{ni}{N}\right)^2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (\text{公式 } 1)$$

式中，ni：第 i 種生物之個體數目；N：各採樣站之生物總個體數目。其中數值越高代表該樣區生態族群越單調，族群優勢越明顯(公式 1)。

表 2-2　不同採樣方式及採樣器具單位面積換算表

採樣方式	單位面積(m^2)	備註
手拋網採集法	4	以長 12 台尺網，離岸 1 公尺，水深兩米之靜水域，平均開網投射面積計算
蝦籠採集法	1	以直徑 20 公分蝦籠，誘捕範圍為蝦籠開口往下游 30 度，誘捕範圍 2 米計算
流刺網採集法	以流刺網實際放置面積計算	
長沉籠(蛇籠)採集法	12	以 5-7 公尺長沉籠,誘捕範圍為左右 1 米計算
電氣捕魚法採集法	以實際操作面積計算	
蘇伯氏採集網採集法	0.09	袋口長寬各 30 公分計算
踢擊網採集法	0.09	袋口長寬各 30 公分計算
手抄網採集法	0.09	袋口長寬各 30 公分計算
採泥器採集法	以實際操作面積計算	
單位面積目測調查法	以實際操作面積計算	

資料來源：重點河川污染整治生態調查計畫-濁水溪、新虎尾溪、北港溪、愛河及阿公店溪流域—民享環境生態調查有限公司(2012)

(二)多樣性指數採 Shannon index(H')

為水體優養之種歧異值指標之一，並可做為豐度與均勻度之參考(Lenat et al.,1980)。H'指數可綜合反映一群聚內生物種類之豐富程度及個體數在種間分配是否均勻。此指數越大時表示此地群落之物種越豐富，即各物種個體數越多越均勻，代表此群落歧異度較大，若此地群落只由一物種組成則 H'值為 0。通常成熟穩定之生態系擁有較高的歧異度，且高歧異度對生態系的平衡有利，因此藉由歧異度指數的分析，可以得知調查區域是否為穩定成熟之生態系(公式 2)。

$$\mathrm{H}' = -\sum_{i=1}^{s} P_i \log_2 P_i \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (公式\ 2)$$

式中，Pi 為各生物出現之頻度。一般水域 H'值愈小，水質愈差。臺灣地區大約為：H'>3.75 為貧養(乾淨水體)；3.75>H'>2.5 為輕度優養(輕度污染水體)；2.5>H'>1.5 為中度優養(中度污染水體)；H'<1.5 為嚴重優養(嚴重污染水體)。

(三)均勻度指數採 Pielou's evenness index(J)

$$\mathrm{J} = \frac{H'}{\ln(S)} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (公式\ 3)$$

式中，H'為 Shannon index，S 為種數。J 指數數值範圍為 0~1 之間，表示的是一個群落中全部物種個體數目的分配狀況，即為各物種個體數目分配的均勻程度(公式 3)。當此指數愈接近 1 時，表示此調查環境的各物種其個體數越平均，優勢種越不明顯。

(四)種類的豐度指數(SR)

SR 值表示群聚內種類數的豐富情形，指數值愈大則群聚內生物種類數愈多(公式 4)。

$$\mathrm{SR} = \frac{(S-1)}{\ln N} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (公式\ 4)$$

式中，N：表示所有生物種類總個體數，S：表示所出現生物之種數。

三、生物水質指標評估方法

本計畫將結合各類生物指標，利用魚類生物整合性指標法(Index of Biotic Integrity,IBI)、科級生物指標(Family-Level Biotic Index,FBI)、生物指數(Biotic Index,BI)及河川附著藻類腐水度指數(Saprobity Index,SI)對後堀溪提出綜合評估(表 2-3)。各種評估之計算表示如下：

表 2-3　各項指數之檢索表

生物指標	英文全名	中文名	定義
H’	Shannon index	多樣性指數	本指數可綜合反映一群聚內生物種類之豐富度及個體數在種間分配是否均勻；若 H’值愈大，則表示群聚間種數愈多或種間分配較均勻
IBI	Index of Biotic Integrity	魚類生物整合性指標	魚類生物整合性指標由 Karr 等人所提出，以整體魚類作為溪流流域水質環境評估的方法，其中包含 12 項屬性，如種類的豐富與組成、種類的忍受度、食性組成、生殖行為、數量的豐度及魚類的健康狀態等；將 12 種屬性評分相加所得之總分，可以據以了解水質環境之狀況(Karr,1981)
FBI	Family-Level Biotic Index	科級生物指標	根據不同科或不同種類水生昆蟲對污染之忍受程度不同，從低至高給予 1~10 之忍耐值，再依該科昆蟲在整個水生昆蟲群聚中出現之個體數比例，來評估水質與河川污染情形(Hilsenhoff,1988)
BI	Biotic Index	生物指數	日本津田松苗於 1964 年對貝克指數提出修正，將各種大型底棲無脊椎動物儘量採到再依貝克-津田計算；所得數值 0～5 為嚴重污染(polysaprobic,p)，6～10 為中度污染(α-mesosaprobic,α-mes)，11～19 為輕度污染(β-mesosaprobic,β-mes)，大於 20 為未受污染(oligosaprobic,os)；A、B 及 O 之判定以「淡水河系生物相調查及生物指標手冊建立」
SI	Saprobity Index	河川附著藻類腐水度指數	將藻種出現的頻度用於腐水度指數(SI)，以作為判斷水質的指標，計算方式從樣品中出現的指標藻類，依其腐水度之指數值(si)、出現之頻度(hi)及指標權重(wi)，利用腐水度指數公式(Zelinka and Marvan,1961)，以求得該樣品之腐水度指數

(一)魚類生物整合性指標法（Index of Biotic Integrity,IBI）

本模式的分析法中發展 12 個表現種類的豐富與組成、種類的忍受度、食性組成、生殖行為、數量的豐度及魚類的健康狀態等之分析矩陣，以此進行整治環境影響評估(Karr, 1981;Teels, 2002)。由於國內魚種與國外魚種屬性不同及研究需求不同，因此應用其中九項矩陣。評估矩陣所需之生物特性對照國內文獻，溪流魚類特性表如表 2-4 所示；本法中以九項指標矩陣調查的現況來綜合給分，其評分標準如表 2-5 所示；最後將各項積分累加，將求得之 IBI 值與生物狀態劃分為四個狀態等級，等級劃分如表 2-6。

表 2-4　各項指數之檢索表

魚種	食性層	耐受性	棲性	外來種
鰻鱺科 Anguillidae				
花鰻鱺 *Anguilla marmorata*	肉食性	M	B	
鱨科 Bagridae				
脂鮠 *Pseudobagrus adiposalis*	肉食性	I	B	
爬鰍科 Balitoridae				
纓口臺鰍 *Formosania lacustre*	雜食性	I	B	
臺灣間爬岩鰍 *Hemimyzon formosanus*	雜食性	I	B	
鱧科 Channidae				
斑鱧 *Channa maculata*	雜食性	H	B	
麗魚科 Cichlidae				
巴西珠母麗魚 *Geophagus brasiliensis*	雜食性		W	Introduced
莫三比克口孵非鯽 *Oreochromis mossambicus*	雜食性	H	W	Introduced
吉利非鯽 *Tilapia zillii*	雜食性	H	W	Introduced
塘虱魚科 Clariidae				
鬍鯰 *Clarias fuscus*	肉食性	H	B	
花鰍科 Cobitididae				
中華鰍 *Cobitis sinensis*	雜食性	M	B	
泥鰍 *Misgurnus anguillicaudatus*	雜食性	H	B	
鯉科 Cyprinidae				
臺灣石魚賓 *Acrossochelius paradoxus*	雜食性	M	W	
臺灣鬚鱲 *Candidia barbata*	雜食性	I	W	
鯽 *Carassius auratus auratus*	雜食性	H	W	
高體高鬚魚 *Carassius cuvieri*	雜食性	H	W	Introduced
紅鰭鮊 *Chanodichthys erythropterus*	肉食性	M	W	
鯉魚 *Cyprinus carpio carpio*	雜食性	H	W	Introduced
圓吻鯝 *Distoechodon tumirostris*	雜食性	M	W	
唇魚骨 *Hemibarbus labeo*	食蟲性	M	W	
白鰷 *Hemiculter leucisculus*	雜食性	H	W	
短吻小鰾鮈 *Microphysogobio brevirostris*	雜食性	M	B	
臺灣白甲魚 *Onychostoma barbatulum*	雜食性	I	W	
粗首馬口鱲 *Opsariichthys pachycephalus*	雜食性	M	W	
羅漢魚 *Pseudorasbora parva*	雜食性	M	W	
高體鰟鮍 *Rhodeus ocellatus ocellatus*	雜食性	M	W	
臺灣石鮒 *Tanakia himantegus*	雜食性	M	W	
平頜鱲 *Zacco platypus*	雜食性	M	W	Introduced

魚種	食性層	耐受性	棲性	外來種
鰕虎科 Gobiidae				
明潭吻鰕虎 *Rhinogobius candidanus*	雜食性	M	B	
大吻鰕虎 *Rhinogobius gigas*	雜食性	M	B	
極樂吻鰕虎 *Rhinogobius giurinus*	雜食性	M	B	
短吻紅斑吻鰕虎 *Rhinogobius rubromaculatus*	食蟲性	I	B	
日本瓢鰭鰕虎 *Sicyopterus japonicus*	食藻性	I	B	
甲鯰科 Loricariidae				
多輻翼甲鯰 *Pterygoplichthys multiradiatus*	雜食性	H	B	Introduced
胡瓜魚科 Osmeridae				
香魚 *Plecoglossus altivelis altivelis*	雜食性	I	W	Introduced
花鱂科 Poeciliidae				
食蚊魚 *Gambusia affinis*	食蟲性	H	W	Introduced
鯰科 Siluridae				
鯰 *Silurus asotus*	肉食性	M	B	
海鯰科 Ariidae				
斑海鯰 *Arius maculatus*	雜食性	H	B	
虱目魚科 Chanidae				
虱目魚 *Chanos chanos*	雜食性		W	
鯡科 Clupeidae				
環球海鰶 *Nematalosa come*	雜食性		W	
白腹小沙丁魚 *Sardinella albella*	雜食性		W	
二齒魨科 *Diodontidae*				
六斑二齒魨 *Diodon holocanthus*	雜食性		W	
海鰱科 Elopidae				
大眼海鰱 *Elops machnata*	雜食性	H	W	
鯷科 Engraulididae				
芝蕪稜鯷 *Thryssa chefuensis*	雜食性		W	
鑽嘴魚科 Gerreidae				
短鑽嘴魚 *Gerres erythrourus*	肉食性		W	
曳絲鑽嘴魚 *Gerres filamentosus*	肉食性		W	
大海鰱科 Megalopidae				
大海鰱 *Megalops cyprinoides*	雜食性		W	
鰏科 Leiognathidae				
頸斑頸鰏 *Nuchequula nuchalis*	雜食性		W	
鯔科 Mugilidae				
大鱗龜鮻 *Chelon macrolepis*	雜食性	M	W	
綠背龜鮻 *Chelon subviridis*	雜食性	M	W	
長鰭莫鯔 *Moolgarda cunnesius*	雜食性		W	
薛氏莫鯔 *Moolgarda seheli*	雜食性		W	
鯔 *Mugil cephalus*	雜食性	H	W	
馬鱍魚科 Polynemoidae				
多鱗四指馬鮁 *Eleutheronema rhadinum*	雜食性		W	
鯻科 Terapontidae				
花身鯻 *Terapon jarbua*	肉食性	M	W	
鯛科 Sparidae				
黑棘鯛 *Acanthopagrus schlegeli*	雜食性		W	
平鯛 *Rhabdosargus sarba*	雜食性		W	

註：攝食功能（Trophic function）：依攝食功能組成區分為雜食性、食蟲性、肉食性及食藻性；污染耐受性：I：Intolerant species (不耐污種)；M：Moderate tolerant species (中度耐污種)；H：High tolerant species (耐污性物種)；棲性：W，泳層性魚類；B，底棲性魚類。參考資料: Barbour et al(1999)；朱等(2006)；魚類資料庫；陳(2009a)；民享環境生態調查有限公司(2012)。

表 2-5　IBI 選用矩陣及其評分標準

計量項目(Metric)	評分標準(Scoring criteria)		
	1	3	5
原生種種數%	≦33%	33-66%	≧66%
底棲性魚種種數%	≦33%	33-66%	≧66%
水層活動性魚種種數%	≦33%	33-66%	≧66%
低耐性魚數比例%	≦5%	5-15%	≧15%
耐污性魚數比例%	≧15%	5-15%	≦5%
雜食性魚數比例%	40%	20-40%	≦20%
蟲食性魚數比例%	≦5%	5-20%	≧20%
食魚性魚數比例%	≦3%	3-10%	≧10%
單位魚獲努力量	≦100	100-250	≧250
病畸形魚之比例%	≧3%	1-3%	≦1%
外來種之比例%	≧10%	1-10%	≦1%
漁獲生物量(kg/hr)	≦2	2-10	≧10

資料來源：民享環境生態調查有限公司(2012))

表 2-6　生態等級及評分範圍表

生物環境狀態 Biological condition Category	對魚類生存評估	評分等級 Score Range
河川品質極佳 (Excellent)	無重大干擾	55-60
河川品質為好 (Good)		47-54
河川品質為普通 (Fair)	輕度干擾	38-46
河川品質為較差 (Poor)	中度干擾	26-37
河川品質為極差 (Very Poor)	嚴重干擾	<26
未發現有魚類出現 (No Fish)		*

資料來源：Karr,1991

(二)科級生物指標(Family-Level Biotic Index,FBI)

本研究應用 Hilsenhoff 之科級生物指標(FBI)評估水質之有機污染(Hilsenhoff，1988)，其計算式如下：

$$FBI = \sum \frac{\text{[illegible]}}{N}$$

其中 ai：第 i 科水生昆蟲之污染忍受值(表 2-7)

ni：第 i 科水生昆蟲之個體數

N：各採樣站水生昆蟲之總個體數

由上述公式求得之 FBI 值，將水質與指標值劃分為七個水質等級。FBI 值與水質之間的關係：FBI<3.75 為 Excellent(極優良)水質，3.76<FBI<4.25 為 Very Good(優良)水質，4.26<FBI<5 為 Good(普遍)水質，5.01<FBI<5.75 為 Fair(輕度污染水質)，5.76<FBI<6.50 為 Fairly Poor(中度污染)水質，6.51<FBI<7.25 為 Poor(嚴重污染)水質。FBI>7.26 為 Very Poor(非常嚴重污染)水質。

表 2-7　科級生物指標污染忍受值

科級生物	污染忍受值	科級生物	污染忍受值
Plecoptera 襀翅目		Trichoptera 毛翅目	
Capniidae 黑石蠅科	1	Molannidae 笠石蠶蛾科	6
Chloroperlidae 黃石蠅科	1	Odontoceridae 齒角石蛾科	0
Leuctridae 卷石蠅科	0	Philpotamidae 指石蛾科	3
Nemouridae 短尾石蠅科	2	Phryganeidae 石蛾科	4
Perlidae 石蠅科	1	Polycentropodidae 多距石蛾科	6
Perlodidae 網石蠅科	2	Psychomyiidae 管石蛾科	2
Pteronarcyidae 大石蠅科	0	Rhyacophilidae 流石蛾科	0
Taeniopterygidae 冬石蠅科	2	Sericostomatidae 毛石蛾科	3
Ephemeroptera 蜉蝣目		Uenoidae 黑管石蛾科	3
Baetidae 四節蜉科	4	Diptera 雙翅目	
Baetiscidae 圓裳蜉蝣科	3	Athericidae 流虻科	2
Caenidae 細蜉科	7	Blephariceridae 網蚊科	0
Ephemerellidae 小蜉科	1	Ceratopogonidae 癭蚊科	6
Ephemeridae 蜉蝣科	4	Blood-red Chironomidae (Chironomini) 搖蚊科 (紅搖蚊)	8
Heptageniidae 扁蜉科	4	Other Chironomidae (including pink) 搖蚊科 (其他搖蚊)	6
Leptophlebiidae 褐蜉科	2	Dolochopodidae 長腳蠅科	4
Metretopodidae 長跗蜉科	2	Empididae 舞虻科	6
Oligoneuriidae 寡脈蜉科	2	Ephydridae 水蠅科	6
Polymitarcyidae 網脈蜉蝣科	2	Muscidae 家蠅科	6
Potomanthidae 花鰓蜉蝣科	4	Psychodidae 蛾蚋科	10
Siphlonuridae 短絲蜉科	7	Simuliidae 蚋科	6
Tricorythidae 三角鰓蜉蝣科	4	Syrphidae 食蚜蠅科	10
Odonata 蜻蛉目		Tabanidae 虻科	6
Aeshnidae 晏蜓科	3	Tipulidae 大蚊科	3
Calopterygidae 珈蟌科	5	Coleoptera 鞘翅目	
Coenagrionidae 細蟌科	9	Dryopidae 泥蟲科	5
Cordulegastridae 勾蜓科	3	Elmidae 長角泥蟲科	4
Corduliidae 弓蜓科	5	Psephenidae 扁泥蟲科	4
Gomphidae 春蜓科	1	Collembola 彈尾目	
Lestidae 絲蟌科	9	*Isotomurus* sp.	5
Libellulidae 蜻蜓科	9	Amphipoda 端足目	
Macromiidae 大蜻科	3	Gammaridae 鉤蝦科	4
Megaloptera 廣翅目		Hyalellidae 綠鉤蝦科	8
Corydalidae 魚蛉科	0	Talitridae 跳蝦科	8
Sialidae 泥蛉科	4	Isopoda 等足目	
Lepidoptera 鱗翅目		Asellidae 櫛水虱科	8
Pyralidae 螟蛾科	5	Decapoda 十足目	6

科級生物	污染忍受值	科級生物	污染忍受值
Neuroptera 脈翅目		Acariformes 真蟎目	4
Sisyridae 水蛉科		Mollusca	
Climacia sp.	5	Lymnaeidae 椎實螺科	6
Trichoptera 毛翅目		Physidae 囊螺科	8
Brachycentridae 短尾石蛾科	1	Sphaeridae 泥蜆科	8
Calamoceratidae 枝石蛾科	3	Oligochaeta 寡毛亞綱	8
Glossosomatidae 舌石蛾科	0	Hirudinea 蛭綱	
Helicopsychidae 鈎翅石蛾科	3	Bdellidae	10
Hydropsychidae 紋石蛾科	4	Helobdella 澤蛭屬	10
Hydroptilidae 姬石蛾科	4	Polychaeta 多毛綱	
Lepidostomatidae 鱗石蛾科	1	Sabellidae 纓鰓蟲科	6
Leptoceridae 長角石蛾科	4		
Limnephilidae 沼石蛾科	4		

參考資料：Mandaville(2002)；民享環境生態調查有限公司(2012)

(三)生物指數(Biotic Index,BI)

生物指數(Biotic Index)為日本學者 津田松苗(1964)修改 Beck index(Beck, 1955)，將依水生生物耐受程度分成 A(不耐污性)、B(耐污性)兩大類，而無法辨別者分於”O”類。以 4~5 人採樣 30min，將其採集物種分成 ABO 三類後代入計算公式環境指標 I=2A+B+O。所得數值 0～5 為嚴重污染(polysaprobic,p)，6～10 為中度污染(α-mesosaprobic,α-mes)，11～19 為輕度污染(β-mesosaprobic, β-mes)，大於 20 為未受污染(oligosaprobic,os)。A、B 及 O 之判定以「淡水河系生物相調查及生物指標手冊建立」(行政院環境保護署 1999)為主要參考(表 2-8)。

表 2-8　松田津苗生物指數所利用之各種生物污染耐受性分級

物種			耐受性
節肢動物 Arthropoda		中華螺蠃 *Corophium sinense*	O
		鉤蝦 *Gammarus* sp.	O
		臺灣泥蟹 *Ilyoplax formosensis*	O
		勝利黎明蟹 *Matuta victor*	O
軟體動物 Mollusca		石田螺 *Sinotaia quadrata*	O
		芝麻淡水笠螺 *Laevapex nipponica*	O
		船形薄殼蛤 *Laternula marilina*	O
		河殼菜蛤 *Limnoperna fortunei*	O
		中華文蛤 *Meretrix petechialis*	O
		囊螺 *Physa acuta*	O
		川蜷 *Semisulcospira libertina*	O
		瘤捲 *Tarebia granifera*	O
小頭蟲目 Capitellida	小頭蟲科 Capitellidae	*Capitella* sp.	B
毛翅目 Trichoptera	角石蠶科 Stenopsychidae	*Stenopsyche schmidi*	A
		Stenopsyche sp.	A
	長鬚石蛾科 Ecnomidae	*Ecnomus* sp.	O
	流石蛾科 Rhyacophilidae	*Rhyacophila* sp.	A
	紋石蛾科 Hydropsychidae	*Cheumatopsyche* sp.	A
		Hydropsyche sp.	A
	笠石蛾科 Molannidae	*Molanna itoae*	O
	等翅石蠶蛾科 Philopotamidae	*Dolophilodes* sp.	O
石蛭目 Herpobdelliadae	石蛭科 Herpobdellidae	*Bobronia* sp.	B

物種			耐受性
		Herpobdella sp.	B
吻蛭目 Rhynchobdellida	扁蛭科 Glossiophonidae	*Glossiphonia* sp.	B
		Helobdella sp.	B
		Hemiclepsis sp.	B
近孔寡毛目 Plesinpora	顫蚓科 Tubificidae	*Branchiura* sp.	B
		軟虛蚓 *Doliodrilus tener*	B
		Limnodrilus sp.	B
游走目 Errantia	沙蠶科 Nereididae	腺帶刺沙蠶 *Neanthes glandicincta*	O
		雙齒圍沙蠶 *Perinereis aibuhitensis*	O
		海稚蟲 *Prionospio* sp.	O
蜉蝣目 Ephemeroptera	小蜉科 Ephemerellidae	*Ephemerella japonica*	A
		Torleya sp.	A
		Uracanthe punctisetae	A
		Uracanthella sp.	A
	四節蜉蝣科 Baetidae	*Baetiella* sp.	O
		Baetis sp.	O
	花鰓蜉蝣科 Potamanthidae	*Potamanthus* sp.	O
	扁蜉科 Heptageniidae	*Ecdyonurus viridis*	A
		Ecdyonurus yoshidae	A
		Epeorus erratus	A
	扁蜉科 Heptageniidae	*Heptagenia* sp.	A
		Rhithrogena ampla	A

物種			耐受性
		Rhithrogena sp.	A
	細蜉科 Caenidae	*Caenis bella*	O
	蜉蝣科 Ephemeridae	*Ephemera sauteri*	A
	褐蜉科 Leptophlebiidae	*Choroterpides* sp.	A
		Paraleptophlebia sp.	A
蜻蜓目 Odonata	幽蟌科 Euphaeidae	短腹幽蟌 *Euphaea formosa*	O
	春蜓科 Gomphidae	*Onychogomphus* sp.	A
		Stylogomphus shirozui	A
	蜻蜓科 Libellulidae	*Trithemis* sp.	O
廣翅目 Megaloptera	亞科 Chauliodinae	*Parachauloides japonicus*	O
		Protohermes sp.	O
鞘翅目 Coleoptera	方胸龍蝨科 Noteridae	*Noterus* sp.	O
	亞科 Hydroporinae	*Morimotoa* sp.	O
	長角泥甲科 Elminae	*Ordobrevia* sp.	O
		Stenelmis hisamatsui	O
	扁泥甲科 Psephenidae	*Eubrianax granicollis*	O
		Eubrianax pellucidus	O
		Eubrianax sp.	O
		Psephenoides japonicus	O
		Psephenoides sp.	O
	圓花蚤科 Scirtidae	*Hydrocyphon* sp.	O
櫛水虱亞目 Aselloidea	櫛水虱科 Aselloidae	水櫛水虱 *Asellus aquaticus*	B
雙翅目 Diptera	大蚊科 Tipulidae	*Antocha saxicola*	O

	物種		耐受性
		Antocha sp.	O
		Eriocera sp.	O
		Helius sp.	O
		Hexatoma sp.	O
		Tipula sp.	O
	流虻科 Athericidae	*Suragina satsumana*	O
	虻科 Tabanidae	*Silvius* sp.	O
		Stonemyia sp.	O
	蚋科 Simuliidae	*Simulium rufibasis*	O
		Simulium sp.	O
	搖蚊科 Chironomidae	*Chironomus* sp.	B
	蛾蚋科 Psychodoidae	*Pericoma* sp.	O
	錐大蚊亞科 Cylindrotominae	*Triogma* sp.	O
纓鰓蟲目 Sabellida	纓鰓蟲科 Sabellidae	白腺纓鰓蟲 *Laonome albicingillum*	O
鱗翅目 Lepidoptera	水螟亞科 Acentropinae	*Parapoynx* sp.	O
襀翅目 Plecoptera	石蠅科 Perlodidae	*Neoperla* sp.	A
		Protonemura sp.	A
	黑石蠅科 Capniidae	*Capnia* sp.	A

<備註說明>　A：不耐污，B：耐污，O：污染指標未明；參考資料：津田松苗(1964)；民享環境生態調查有限公司(2012)

(四)河川附著藻類腐水度指數(Saprobity Index,SI)

將藻種出現的頻度用於腐水度指數(SI)，以作為判斷水質的指標，計算方式從樣品中出現的指標藻類，依其腐水度之指數值(si)、出現之頻度(hi)及指標權重(wi)，利用腐水度指數公式(Zelinka and

Marvan,1961)，以求得該樣品之腐水度指數。依 Sládecek(1973)之區分：SI<0.5 為無污染水質，0.5<SI<1.5 為貧腐水水質，1.5<SI<2.5 為β-中腐水水質，2.5<SI<3.5 為 α-中腐水水質，SI>3.5 為強腐水水質。河川附著藻類腐水度指數如表 2-9 所示。

$$\mathrm{S} = \sum \quad (si \cdot hi \cdot wi)/\sum(hi \cdot wi)$$

式中，si 為腐水度之指數值

hi 為物種出現之頻度

wi 為物種指標之權重

表 2-9　河川附著藻類腐水度指數表

屬名	中文屬名	污染指數	屬名	中文屬名	污染指數
Ankistrodesmus	纖維藻屬	2	*Navicula*	舟形藻屬	3
Chlamydomonas	衣藻屬	4	*Nitzschia*	菱形藻屬	3
Chlorella	小球藻屬	3	*Ocillatoria*	顫藻屬	5
Closterium	新月藻屬	1	*Pandorina*	實球藻屬	1
Gomphonema	異極藻屬	1	*Phormidium*	席藻屬	1
Cyclotella	小環藻屬	1	*Phacus*	扁裸藻屬	2
Euglena	裸藻屬	5	*Scenedesmus*	柵藻屬	4
Lepocinctis	鱗孔藻	1	*Stigealonium*	毛枝藻屬	2
Melosira	直鏈藻屬	1	*Synedra*	針杆藻屬	2
Microtinium	微芒藻屬	1	*Synethocystis*	集胞藻屬	1

第二章 水域生物調查結果

本計畫為了解後堀溪封溪護魚之成效，並延續 111 年後堀溪封溪護魚水域生態調查計畫，於後堀溪 3 處樣點共進行 4 次水域生態調查及水質分析。調查時間分別於 112 年 4 月 20~21 日、7 月 5~6 日、9 月 12~13 日及 10 月 24~25 日完成。其中水域生態調查包含魚類、蝦蟹類、螺貝類、水棲昆蟲、環節動物及附著藻類。水質分析項目則包括水溫、溶氧、鹽度、導電度、酸鹼值、懸浮固體、生化需氧量及氨氮，並於檢測後評估水質汙染程度，各項調查結果分述如下列章節。

一、水質分析結果

後堀溪 112 年 4 月調查中，關山七號橋因施作『關山九號橋下游防砂工程』而無法進行水域調查，同期本計畫自行增做樣點木瓜坑橋，因長期未降雨緣故，導致樣點上下游呈現乾枯情形，故無法進行水域生態調查。

後堀溪四季調查結果顯示(表 3-1)，依照河川汙染指數(RPI)分級，瑞峰國小與關山 7 號橋皆屬於未(稍)受污染至中度污染等級，木瓜坑橋則屬於中度汙染等級。木瓜坑橋在四季調查中的水中懸浮物以及氨氮濃度皆有呈現偏高情形，以致於水質呈現中度汙染情形。

表 3-1 後堀溪四季各樣點水質檢測結果

樣站名	關山 7 號橋				瑞峰國小				木瓜坑橋			
水質因子 / 季次	第一季	第二季	第三季	第四季	第一季	第二季	第三季	第四季	第一季	第二季	第三季	第四季
水溫(℃)	-	32.1	27.4	29.9	26.5	32.2	26.5	27.8	-	29.9	24.3	25.2
DO (mg/L)	-	6.52	5.23	4.41	5.88	6.47	5.45	4.75	-	6.89	6.01	5.95
pH	-	8.37	8.72	8.02	7.86	8.35	8.86	7.9	-	8.37	8.73	7.92
電導(us/cm)	-	909	511	496.1	600	893	521	464.2	-	1011	524	520
BOD(mg/L)	-	0.30	0.30	1.70	4.40	0.20	0.50	1.90	-	0.90	0.90	2.00
懸浮物(mg/L)	-	10.0	96.5	1280.0	25.5	40.5	84.0	1396.0	-	**195.0**	**151.0**	**732.0**
$NH3^{+}$-N (mg/L)	-	0.13	0.31	0.12	0.51	0.33	0.27	0.18	-	**1.82**	**0.65**	0.17
污染程度 RPI 積分	-	1.0	2.8	4.5	3.0	2.0	2.8	3.8	-	4.5	4.25	3.75
污染程度 RPI	-	未(稍)受污染	輕度污染	中度污染	輕度污染	未(稍)受污染	輕度污染	中度污染	-	中度污染	中度污染	中度污染

關山 7 號橋因河道工程因此未進行第一季調查；木瓜坑橋因河道工程因此未進行第一季調查；
資料來源：本計畫

二、水域生物調查結果

綜合四季後堀溪流域生物調查結果，水域生物共調查到 17 目 39 科 60 種，其中包含魚類 3 目 8 科 19 種及底棲生物 13 目 30 科 40 種及爬蟲鋼 1 科 1 屬 1 種。魚類部分包含保育類的南臺中華爬岩鰍(*Sinogastromyzon nantaiensis*)1 種、特有種 10 種、原生種 3 種及外來種入侵種 5 種-小盾鱧(*Channa micropeltes*)、線鱧(*Channa striata*)、尼羅口孵非鯽(*Oreochromis niloticus*)、高體高鬚魚(*Hypsibarbus pierrei*)及豹紋翼甲鯰(*Pterygoplichthys pardalis*)。依據魚類特性可分為底棲性魚類 3 目 6 科 10 種以及游泳性魚類 2 目 2 科 9 種。調查中以臺灣特有種的南台吻鰕虎(*Rhinogobius nantaiensis*)、斑帶吻鰕虎(*Rhinogobius maculafasciatus*)及原生種的鰲條(*Hemiculter leucisculus*)為各樣點中出現頻率較高的物種。魚類種類數部分，以關山 7 號橋為最多（16 種），瑞峰國小次之（14 種），木瓜坑橋最少（8 種）。魚類豐度部分，則以瑞峰國小最多（249 隻/m^2），關山 7 號橋次之（206 隻/m^2），木瓜坑橋最少（141 隻/m^2）。底棲生物部分則包含蝦蟹類 1 目 3 科 4 種、螺貝類 2 目 2 科 2 種、水生昆蟲 9 目 24 科 33 種及環節動物 1 目 1 科 1 種。調查過程中於各樣點皆能調查到臺灣特有種—假鋸齒米蝦(*Caridina pseudodenticulata*)的紀錄。此外，木瓜坑橋以紋石蛾科、日本沼蝦(*Macrobrachium nipponense*)及扁蜉蝣科 *Ecdyonurus sp.* 為各樣點中出現頻率較高的物種，同時也調查到強勢外來入侵種-四脊滑螯蝦(*Cherax quadricarinatus*)的紀錄。底棲生物種類數部分，以瑞峰國小樣點最多（31 種），關山 7 號橋與木瓜坑橋次之（19 種）。底棲生物豐度部分，以瑞峰國小樣點最多（734.91 隻/m^2），木瓜坑橋次之（217.17 隻/m^2），關山 7 號橋最少（153.62 隻/m^2）。附著藻類部分僅針對第一、二季瑞峰國小與關山 7 號橋進行討論，共調查到 3 門 16 科 34 種，其中矽藻門 31 種、輪藻門 1 種及藍菌門 2 種，以矽藻門為優勢藻種。

表 3-2 後堀溪各樣點水生生物調查結果

水域生物項目		調查結果					
		門	科	種	特有種	保育類	外來種
春季	魚類	1	2	2	4	-	-
	蝦蟹類	1	2	3	1	-	-
	螺貝類	1	1	1	-	-	1
	水生昆蟲	1	8	12	-	-	-
	環節動物	1	1	1	-	-	-
	附著藻類	2	-	27	-	-	-
夏季	魚類	1	6	14	9	1	3
	蝦蟹類	1	3	4	1	-	1
	螺貝類	1	1	1	-	-	1
	水生昆蟲	-	11	13	-	-	-
	環節動物	1	1	1	-	-	-
	附著藻類	3	-	32			-
秋季	魚類	1	4	11	10	-	3
	蝦蟹類	1	2	3	1	-	-
	螺貝類	1	1	1	-	-	1
	水生昆蟲	-	10	13	-	-	-
	環節動物	-	-	-	-	-	-
	附著藻類	-	-	-	-	-	-
冬季	魚類	1	7	16	10	1	3
	蝦蟹類	1	2	3	1	-	-
	螺貝類	-	-	-	-	-	-
	水生昆蟲						
	環節動物	-	-	-	-	-	-
	附著藻類	-	-	-	-	-	-
	爬蟲類	1	1	1	-	-	-
總計	魚類	1	8	19	10	1	5
	蝦蟹類	1	3	4	1	-	1
	螺貝類	1	2	2	-	-	2
	水生昆蟲	-	24	38	-	-	-
	環節動物	1	1	1	-	-	-
	附著藻類	3	-	36	-	-	-
	爬蟲類	1	1	1	-	-	-

資料來源：本計畫

關山 7 號橋因河道工程因此未進行第一季調查；木瓜坑橋因河道工程因此未進行第一季調查

1. 關山 7 號橋<計畫樣點>

關山 7 號橋於 2022 年 9 月 7 日至 2023 年 5 月 29 日進行『關山九號橋下游防砂工程』施作，因此無法進行本年度第一季調查。四次調查結果(表)共發現水生生物 22 科 35 種，分別為魚類 7 科 16 種，調查到 1 種保育類物種南臺中華爬岩鰍(*Sinogastromyzon nantaiensis*)；5 種外來種魚類-高體高鬚魚(*Hypsibarbus pierrei*)、小盾鱧(*Channa micropeltes*)、線鱧(*Channa striata*)、尼羅口孵非鯽(*Oreochromis niloticus niloticus*)及豹紋翼甲鯰(*Pterygoplichthys pardalis*)；底棲生物共發現 15 科 19 種，包含蝦蟹類 2 科 3 種、水生昆蟲 12 科 15 種及環節動物 1 科 1 種，其中包含台灣特有種假鋸齒米蝦以及爬蟲綱 1 科 1 屬 1 種。附著藻類四次調查共調查到 3 門 10 種，其中矽藻門 8 種、輪藻門 1 種及藍菌門 1 種，以矽藻門為優勢藻種。四季調查中，皆可調查到臺灣特有種的粗首馬口鱲、何氏棘鲃及南台吻鰕虎。將本年度關山 7 號橋調查結果與去年度 111 年相比，魚類種數有明顯增加情形，底棲生物種數則有略微下降的現象。比較水生生物在關山 7 號前進行施工前後的差異，魚類部分仍然可以調查到保育類南台中華爬岩鰍的蹤跡，但是同時也調查到兩種未曾記錄到的外來魚種小盾鱧以及高體高鬚魚。此外在今年度的調查中也發現外來種魚類的線鱧的捕獲數量與去年度相比有增加的情形。

2. 瑞峰國小<計畫樣點>

瑞峰國小四次調查結果(表)共發現水生生物 27 科 45 種，水生生物分別為魚類 6 科 14 種，其中調查到 1 種外來種魚類-尼羅口孵非鯽(*Oreochromis niloticus niloticus*)；底棲生物共發現 21 科 31 種，包含蝦蟹類 2 科 3 種、螺貝類 1 科 1 種、水生昆蟲 17 科 26 種及環節動物 1 科 1 種，其中包含台灣特有種假鋸齒米蝦；附著藻類兩次調查共調查到 2 門 31 種，其中矽藻門 29 種、藍菌門 2 種，以矽藻門為優勢藻種。四次調查結果中，皆可調查到臺灣特有種的粗首馬口鱲(*Opsariichthys pachycephalus*)、何氏棘鲃

(*Spinibarbus hollandi*)、南台吻鰕虎(*Rhinogobius nantaiensis*)及假鋸齒米蝦(*Caridina pseudodenticulata*)，其中魚類以第四季調查到的物種數為最多。將本年度瑞峰國小調查結果與去年度 111 年相比，魚類種數有些微增加情形，底棲生物種數與去年度相比並沒有太大差異，附著藻類種數則有大幅下降情形，推測可能是受到汛期所帶來大量泥沙覆蓋，進而導致附著藻類不易生長。

3. 木瓜坑橋<未於計畫樣點上游>

木瓜坑橋在春季時因為受到南部枯旱期影響，導致樣點乾涸而無法進行本計畫第一次調查。木瓜坑橋四季調查結果(圖 3-1、3-2、表 3-3~5)共發現水生生物 20 科 27 種，分別為魚類 3 科 8 種，均為台灣西部河川常見特有種魚類；底棲生物 17 科 19 種，包含蝦蟹類 3 科 3 種、螺貝類 1 科 1 種以及水生昆蟲 13 科 15 種，此外發現外來入侵種四脊滑螯蝦(*Cherax quadricarinatus*)以及外來種福壽螺(*Pomacea canaliculate*)。在第二季的調查中發現魚類的物種數及數量與第三季和第四季相比有下降的情形，推測可能是受到夏季汛期強降雨的影響，使得部分的魚類被湍的水流帶往下游，直到第四季調查時有數量回升的現象。整體而言，後堀溪屬於典型的荒溪型河川，由於 111 年 8 月至 112 年 4 月間的降雨量，與往年同期間相比有相對較少的情形，而導致南部地區旱情嚴峻的情形，間接使得後堀溪流域水流量降低，進而產生棲地類型較為單一化的現象，使得今年度第一季與第二季所調查到的種類數與豐度和去年度相比有下降情形。綜合四季調查結果，後堀溪魚類以及底棲生物種數以瑞峰國小為最多，關山 7 號橋次之，木瓜坑橋為最少。此外，在瑞峰國小與關山 7 號橋均有調查到保育類南臺中華爬岩鰍的紀錄，並且以瑞峰國小所調查到的臺灣特有種種類為最多。在關山 7 號橋則發現掠食性強並且繁殖能力較高的外來種魚類，其中包含小盾鱧、線鱧、豹紋翼甲鯰、尼羅口孵非鯽及高體高鬚魚，與去年度調查相比則增加 2 兩種外來種魚類。小盾鱧及線鱧主要

以節肢動物、魚類以及兩生類等為食，對於原生種魚類以及生態系統容易產生較高危害性。豹紋翼甲鯰具有大量吸食原生魚種魚卵的特性，容易對原生種魚類產生危害；高體高鬚魚為雜食性的外來魚種，其魚種個體較大、領域性較強，因此容易與原生種魚類競爭食物資源。當三種外來種魚類分布範圍增加時，則可能提高對於原生種魚類的危害，進而影響後堀溪封溪護魚後的族群生態，因此後續應持續追蹤外來種魚類的分布情形。此外，在日後需持續追蹤保育類魚種南臺中華爬岩鰍的族群數量是否穩定，以瞭解後堀溪水體狀況是否有所改變。

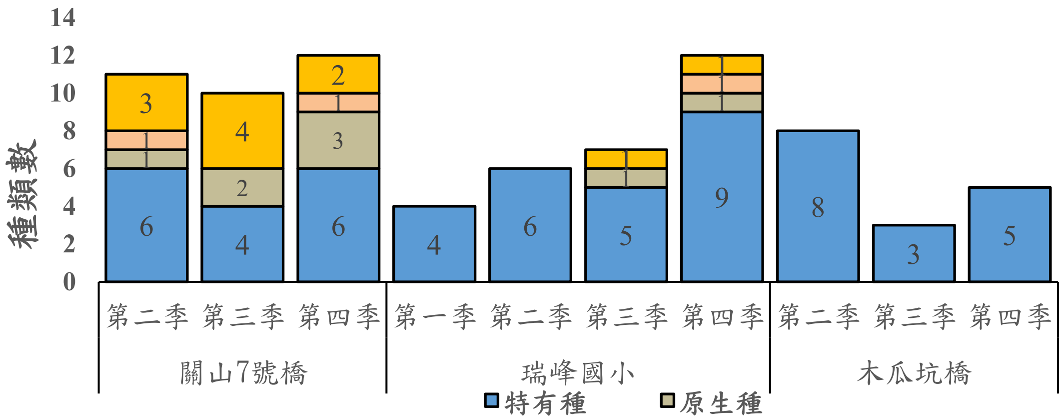


圖 3-1 後堀溪流域各樣點不同季魚類組成

*關山 7 號橋因河道工程因此未進行第一季調查；木瓜坑橋因河道工程因此未進行第一季調查

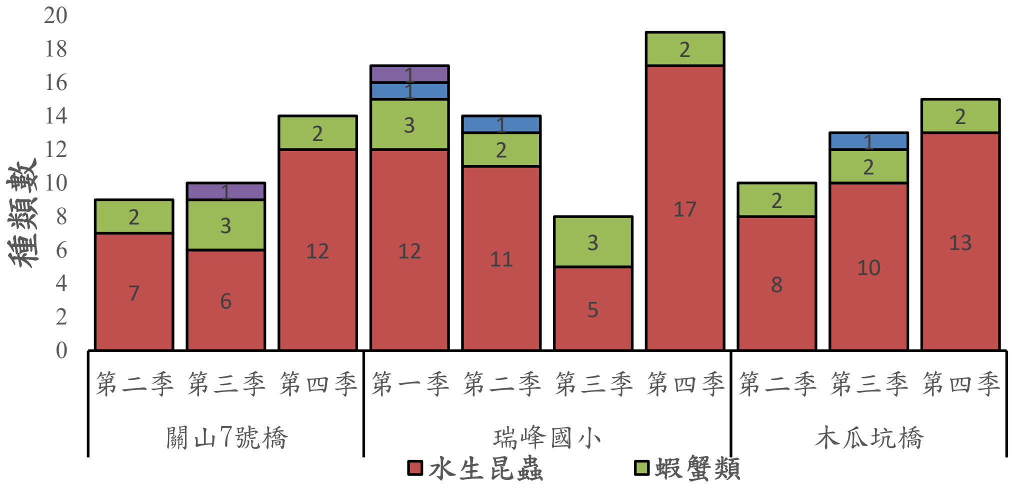


圖 3-2　後堀溪流域各樣點不同季底棲生物組成

*關山 7 號橋因河道工程因此未進行第一季調查；木瓜坑橋因河道工程因此未進行第一季調查

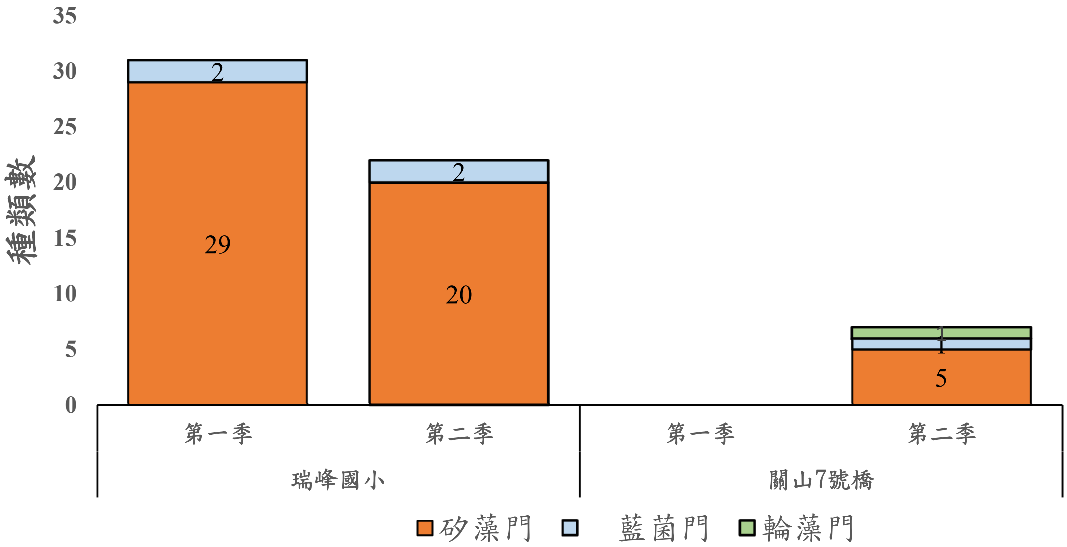


圖 3-3 後堀溪流域各樣點不同季藻類組成

*關山 7 號橋因河道工程因此未進行春季調查;木瓜坑橋因早期未進行春季調查

三、指數分析結果

指數部分(表 3-3、3-4)，魚類生物多樣性四季調查結果如下，瑞峰國小介於 1.12~1.7 之間；下游的關山 7 號橋介於 1.12~1.91 之間；上游的木瓜坑橋介於 0.88~1.67 之間，並且以關山 15 號橋多樣性較高。魚類均勻度指數部分，計算結果顯示各樣點並無明顯優勢物種。豐富度指數方面，瑞峰國小介於 0.69~2.57 之間；下游的關山 7 號橋介於 0.67~1.52 之間；上游的木瓜坑橋介於 0.88~1.67 之間，並且以瑞峰國小指數較高。

底棲生物生物多樣性四季調查結果如下，瑞峰國小介於 1.91~2.55 之間；下游的關山 7 號橋介於 1.84~1.91 之間；木瓜坑號橋則介於 1.96~2.44 之間，並且以瑞峰國小多樣性較高。優勢度及均勻度指數部分，計算結果顯示各樣點並無明顯優勢物種。豐富度指數方面，亦是以瑞峰國小物種較為豐富；木瓜坑橋次之；下游樣點關山 7 號橋最低，並以瑞峰國小較為穩定。

整體而言，推測旱季與濕季間的降雨量可能為造成各樣點指數差異不大的原因，由於第一季與第二季的降雨量較少，使得後堀溪水流量較為不足，而第三季及第四季受到雨季的影響，水流量較為充沛，因此使得三處樣點皆沒有太大的差異。附著藻類腐水在四季分析結果顯示指數皆介於 1.0~3.0 之間，瑞峰國小樣點為 β-中腐水水質狀態，關山 7 號橋則為 α-中腐水水質。

表　3-3 後堀溪各樣點魚類定量調查結果

物種名	關山 7 號橋			瑞峰國小				木瓜坑橋			註
	二季	三季	四季	一季	二季	三季	四季	二季	三季	四季	
Balitoridae 爬鰍科											
Hemimyzon formosanus 臺灣間爬岩鰍			3				1				◎
Sinogastromyzon nantaiensis 南臺中華爬岩鰍	2		4				4				★
Cyprinidae 鯉科											
Acrossocheilus paradoxus 臺灣石魚賓							1	5			◎
Candidia barbata 臺灣鬚鱲						1	1	2	2	1	◎
Culter alburnus 翹嘴鮊		4	2								
Hemiculter leucisculus 鰵條鰵	29	6	1			1					
Hypsibarbus pierrei 高體高鬚魚	11	7									#
Microphysogobio alticorpus 高身小鰾鮈	1			26			1	1			◎
Onychostoma alticorpus 高身白甲魚	1				4						◎
Opsariichthys pachycephalus 粗首馬口鱲	4	3	2	12	12	2	1	15			◎
Spinibarbus hollandi 何氏棘鲃	2	1	4	17	1	1	2	2		3	◎
Channidae 鱧科											
Channa micropeltes 小盾鱧		1									#
Channa striata 線鱧	4	1	2								#
Cichlidae 麗魚科											
Oreochromis niloticus 尼羅口孵非鯽		2				2	1				#
Gobiidae 鰕虎科											
Rhinogobius nantaiensis 南台吻鰕虎	5	2	38	22	24	19	21	11	9	11	◎
Rhinogobius maculafasciatus 斑帶吻鰕虎	15	2	32		51	1	13	30	9	38	◎
Bagridae 鱨科											
Tachysurus brevianalis 短臀瘋鱨			7		3		3	1		1	◎
Loricariidae 甲鯰科											
Pterygoplichthys pardalis 豹紋翼甲鯰	5		2								#
Siluridae 鯰科											
Silurus asotus 鯰							1				
Trionychidae 鱉科											
Pelodiscus sinensis 中華鱉			1								
Total species 種類數	11	10	12	4	6	7	12	8	3	5	
總數量(隻)	79	29	98	77	95	27	50	67	20	54	
Shannon's diversity index 多樣性指數	1.91	2.08	1.70	1.35	1.23	1.12	1.70	1.67	0.95	0.88	
Dominance Index 優勢度指數	0.20	0.15	0.27	0.27	0.37	0.51	0.27	0.73	0.42	0.54	
Species Richness 豐富度指數	2.29	2.67	2.40	0.69	1.10	1.82	2.57	1.52	0.67	1.00	
Pielou evenness index 均勻度指數	0.79	0.90	0.68	0.97	0.69	0.58	0.71	0.29	0.86	0.55	
底棲性魚類種類數	6	4	6	2	3	2	7	5	2	4	
游泳性魚類種類數	5	6	6	2	3	5	5	3	1	4	

★：保育類；◎：臺灣特有種；#：外來種；底棲性/游泳性魚類依魚類棲息特性判斷；關山 7 號橋因河道工程因此未進行第一季調查；木瓜坑橋因河道工程因此未進行第一季調查；資料來源：本計畫

表　3-4 後堀溪各樣點底棲生物定量調查結果

物種名	關山 7 號橋			瑞峰國小				木瓜坑橋		
	二季	三季	四季	一季	二季	三季	四季	二季	三季	四季
PLESINPORA 近孔寡毛目										
Naididae 仙女蟲科										
Brachiura sp. 尾鰓蚓	1.85			8.33						
COLEOPTERA 鞘翅目										
Dytiscidae 龍蝨科										
Copelatus sp.扁龍蝨屬										2.22
Elmidae 長角泥蟲科										
Elmidae gen. sp.	20.37	3.70	8.33	2.78	26.98		48.89	3.17	8.89	
Hydrophilidae 牙蟲科										
Agraphydrus sp.					1.59		8.89	1.59	4.44	6.67
Hydrophilidae 牙蟲科										
Coelostoma sp.				2.78						
DIPTERA 雙翅目										
Ceratopogonidae 蠓科										
Bezzia sp.										4.44
Chiromidae 搖蚊科										
Ablabesmyia sp.				16.67						
Chironomus sp.			8.33	72.22	1.59		6.67	1.59	4.44	6.67
Limoniidae 亮大蚊科										
Hexatoma sp.黑大蚊屬			2.78							
EPHEMEROPTERA 蜉蝣目										
Baetidae 四節蜉科										
Baetis sp.	25.93		8.33	8.33	26.98	2.22	15.56	9.52	4.44	11.11
Pseudocloeon sp.雙尾小蜉蝣		16.67			6.35	2.22	15.56	4.76	13.33	
Caenidae 細蜉科										
Caenis sp. 姬蜉蝣	5.56	7.41	52.78	8.33	3.17		4.44			2.22
Ephemeridae 蜉蝣科										
Ephemera sp.							2.22			
Heptageniidae 扁蜉科										
Ecdyonurus sp.	7.41		33.33		38.10	2.22	51.11			2.22
Leptophlebiidae 褐蜉科										
Leptophlebiidae gen. sp.				2.78						
HEMIPTERA 半翅目										
Veliidae 寬肩蝽科										
Rhagovelia sp.			5.56						2.22	4.44
Micronectidae 小划蝽科										
Micronecta sp.	3.70									
Gerridae 黽蝽科										
Metrocoris sp.			13.89				4.44		2.22	4.44
Gerris sp.	1.85					2.22	4.44			
Lopidoptora 鱗翅目							2.22			
Neuroptera 脈翅目										
Corydalidae 魚蛉科										
Corydalidae gen. sp.										6.67
ODONATA 蜻蛉目										
Coenagrionidae 細蟌科										
Agriocnemis sp.				5.56						
Pseudagrion sp.				2.78						
Coenagrionidae gen. sp.				13.89						
Gomphidae 春蜓科										
Gomphidae gen. sp.			8.33							
Libellulidae 蜻蜓科										
Acisoma sp.				2.78						
Orthetrum sp.				2.78						
Trithemis sp.					1.59					
PLECOPTERA 積翅目										
Perlidae 石蠅科										
Neoperla sp.		1.85	2.78		1.59	4.44	15.56	1.59	4.44	2.22
TRICHOPTERA 毛翅目										
Hydropsychidae 紋石蛾科										
Cheumatopsyche sp. 合脈石蛾屬	7.41	1.85	33.33		44.44		40.00	14.29	8.89	20.00
Hydropsyche sp.		3.70	66.67		7.94		33.33	4.76	8.89	17.78
Philopotamidae 指石蛾科										
Philopotamidae gen. sp.							33.33			
Psychomyiidae 管石蛾科										
Psychomyiidae gen. sp.							6.67			

物種名	關山 7 號橋			瑞峰國小				木瓜坑橋		
	二季	三季	四季	一季	二季	三季	四季	二季	三季	四季
Polycentropodidae 多距石蛾科										
Polycentropodidae gen. sp.							8.89			
DECAPODA 十足目										
Atyidae 匙指蝦科										
Caridina pseudodenticulata 假鋸齒米蝦	3.71	6.32	0.30	11.11	16.50	10.70	12.60		5.04	0.66
Palaemonidae 長臂蝦科										
Macrobrachium asperulum 粗糙沼蝦		0.76		0.08	4.07	5.22	5.29	6.81	5.01	0.18
Macrobrachium nipponense 日本沼蝦	2.75	2.08	148.79	0.02		5.75				
Parastacidae 擬螯蝦科										
Cherax quadricarinatus 四脊滑螯蝦								0.25		
MESOGASTROPDA 中腹足目										
Ampullaridae 蘋果螺科										
Pomacea canaliculata 福壽螺									4.61	
Basommatophora 基眼目										
Physidae 囊螺科										
Physa acuta 囊螺				36.11	1.59					
Total species 種類數	10	9	14	17	14	8	19	10	13	15
總數量(隻)	80.54	44.34	393.53	197.32	182.48	35.00	320.11	48.33	76.89	91.95
Shannon's diversity index 多樣性指數	1.91	1.84	1.94	2.10	2.07	1.91	2.55	1.96	2.44	2.32
Dominance Index 優勢度指數	0.20	0.21	0.21	0.19	0.16	0.18	0.10	0.17	0.10	0.12
Species Richness 豐富度指數	2.05	2.11	2.18	3.03	2.50	1.97	3.12	2.32	2.76	3.10
Pielou evenness index 均勻度指數	0.83	0.84	0.73	0.74	0.78	0.92	0.87	0.85	0.95	0.86

*：臺灣特有種；關山 7 號橋因河道工程因此未進行第一季調查；木瓜坑橋因河道工程因此未進行第一季調查；

資料來源：本計畫

3-5 後堀溪瑞峰國小樣點附著藻類定量調查結果

季次	瑞峰國小 第一季	瑞峰國小 第二季	瑞峰國小 第三季	瑞峰國小 第四季
Bacillariophyta 矽藻門				
Achnanthes sp	20480	5120		
Cyclotella sp.	5120	5120		
Cymbella sp.	5120	10240		
Encyonema sp.	20480			
Gomphonema parvulum	5120	5120		
Gomphonema sp.	5120	5120		
Caloneis sp.	5120			
Navicula cryptocephala	20480	10240	5120	5120
Navicula angusta	5120			
Navicula mutica	10240	5120	2560	2560
Navicula pupula	10240	5120	2560	2560
Navicula rhynchocephala var. germainii	5120			
Navicula radiosa	5120	5120		
Navicula spp.	40960	10240	5120	10240
Neidium sp.	10240	5120		
Nitzschia palea	10240	20480		
Nitzschia spp.	5120	10240		
Nitzschia sigmoidea	5120			
Nitzschia sigma	5120			
Nitzschia gracilis	5120			
Pinnularia major	40960	20480		
Pinnularia sp.	10240	5120		
Sellaphora sp.	10240	5120		
Synedra ulna	20480	40960		
Synedra sp.	10240	5120		
Surirella sp1.	5120	5120		
Surirella sp2.	5120			
Stauroneis sp.	5120			
Eunotia sp.	61440	5120		
Cyanobacteria 藍菌門				
Oscillatoria tenuis var. tenuis	5120	20480		
Oscillatoria sp.	10240	10240		
Total species 種類數	31	22	4	4
Total cell count.	389120	220160	15360	20480
Shannon's diversity index 多樣性指數	3.06	2.83	1.33	1.21
Dominance Index 優勢度指數	0.07	0.08	0.28	0.34
Species Richness 豐富度指數	2.33	1.71	0.31	0.30
Pielou evenness index 均勻度指數	0.89	0.91	0.96	0.88
Saprobity Index 腐水度指數	2.3 β-中腐水	1.83 β-中腐水	1.0 貧腐水	1.1 貧腐水

季次	關山 7 號橋 第二季	關山 7 號橋 第三季	關山 7 號橋 第四季
Bacillariophyta　矽藻門			
Cyclotella sp.	20480	5120	
Cymbella sp.	5120	5120	
Gomphonema sp.	5120	10240	
Navicula cryptocephala	20480		
Navicula mutica	5120	5120	
Navicula pupula	5120	5120	
Navicula spp.	5120		
Nitzschia acicularis	20480	10240	5120
Nitzschia clausii	5120		
Nitzschia palea	10240	5120	2560
Nitzschia spp.	10240	5120	2560
Nitzschia sigma	5120		
Pinnularia sp.	5120	5120	
Sellaphora sp.	40960	10240	5120
Synedra ulna	10240	5120	
Synedra sp.	10240	20480	
Surirella sp1.	5120	10240	
Charophyta　輪藻門			
Spirogyra sp.	2560		
Cyanobacteria　藍菌門			
Oscillatoria sp.			
Total species 種類數	7	0	7
Total cell count.	19200	0	179200
Shannon's diversity index 多樣性指數	1.78	0	2.39
Dominance Index 優勢度指數	0.19	0	0.13
Species Richness 豐富度指數	0.61	0	1.32
Pielou evenness index 均勻度指數	0.92	0	0.84
Saprobity Index 腐水度指數	2.67 α-中腐水	2.5 α-中腐水	3.0 α-中腐水

*關山 7 號橋第一季因河道工程因此未進行冬季調查；第三季無調查到藻類資料；資料來源：本計畫

四、本年度調查結果與去年度調查結果比較

本年度水域生物共調查到 17 目 39 科 60 種，其中包含魚類 3 目 8 科 19 種及底棲生物 13 目 30 科 40 種及爬蟲鋼 1 科 1 屬 1 種。111 年度則調查到水域生物 17 目 44 科 67 種，其中包含魚類 3 目 7 科 14 種及底棲生物 14 目 37 科 53 種。將兩年度魚類種類數進行比較，112 年魚類種類數有明顯增加的情形，特別在特有種魚類、原生種魚類以及外來種魚類皆有增加現象(圖.4-1)。底棲生物種類數部分，112 年與 111 年相比則有數量下降的情形(圖.4-2)。

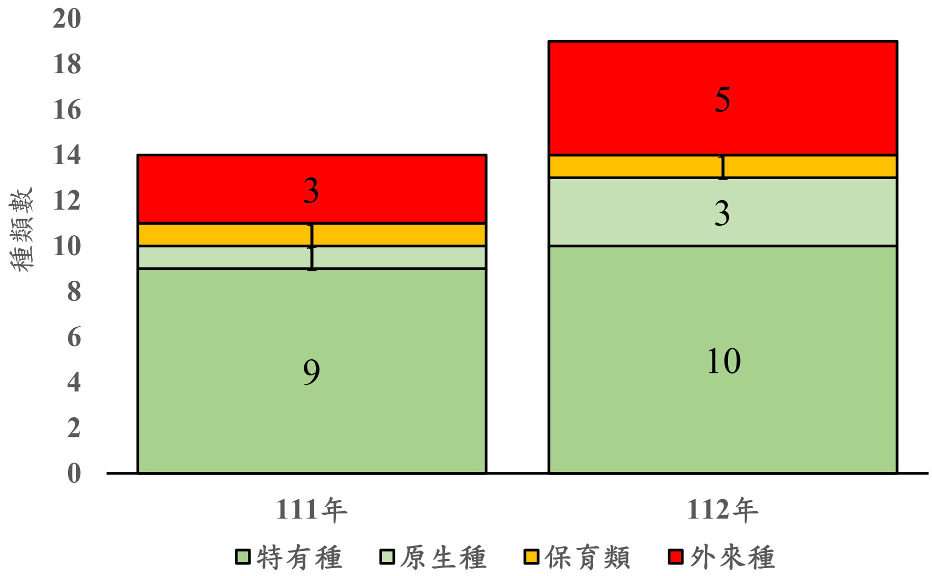


圖.4-1 111 年度與 112 年度後堀溪魚類種類數比較

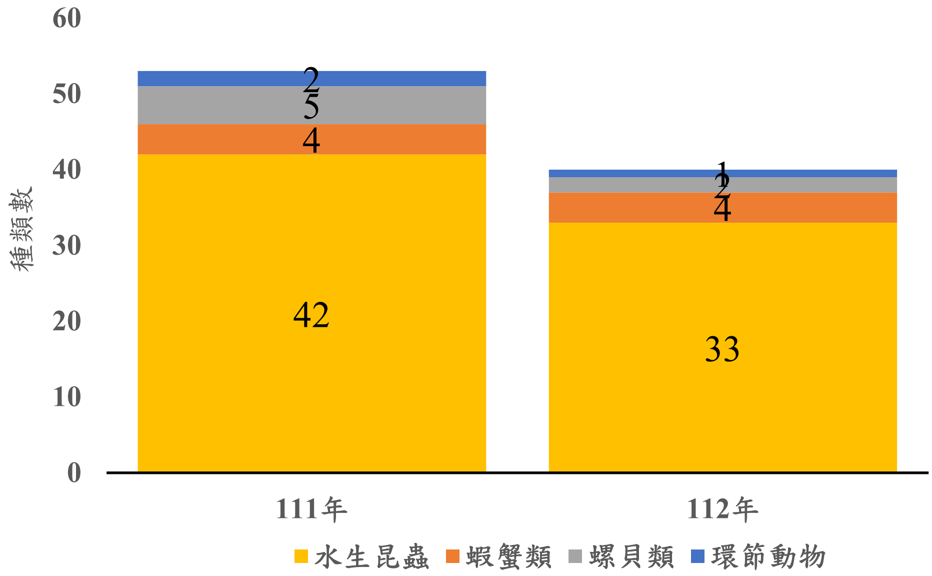


圖.4-2 111 年度與 112 年度後堀溪底棲生物種類數比較

五、兩年度調查結果與往年文獻比較

為瞭解後堀溪流域經過封溪護魚後的差異，將兩年度調查結果與 2004 年「94、95 年度-曾文溪河系河川情勢調查總報告」的調查報告進行比較。該報告中第九號橋、關山 12 號橋、雙瑞橋以及灣丘橋為封溪護魚河段範圍內，因此僅以文獻內四處樣點與本計畫進行比較，分析結果如圖 3-3 及表 3-7。本計畫兩年度四處樣點共調查到 8 科 19 種魚類、42 科 68 種底棲生物；而文獻中提及的四處樣點則記錄到 4 科 12 種魚類(1 種保育類及 8 種臺灣特有種)、3 科 6 種蝦蟹類(2 種臺灣特有種)、3 科 7 種螺貝類以及 12 科水生昆蟲共 18 科底棲生物。魚類調查結果與 2004 年文獻相比則增加了高身白甲魚(*Onychostoma alticorpus*)、何氏棘鲃(*Spinibarbus hollandi*)、臺灣間爬岩鰍(*Hemimyzon formosanus*)、翹嘴鮊(*Culter alburnus*)、鯰(*Silurus asotus*)與外來種線鱧(*Channa striata*)、小盾鱧(*Channa micropeltes*)、尼羅口孵非鯽(*Oreochromis niloticus niloticus*)、高體高鬚魚(*Hypsibarbus pierrei*)以及豹紋翼甲鯰(*Pterygoplichthys pardalis*)。但是本次計畫並未調查到 2004 年文獻記錄到的鯽(*Carassius auratus auratus*)、花鰻鱺(*Anguilla marmorata*)以及短吻紅斑吻鰕虎(*Rhinogobius rubromaculatus*)；蝦蟹類部分則未調查到鋸齒新米蝦(*Neocaridina denticulata*)及黃綠

澤蟹(*Geothelphusa olea Shy*)；螺貝類部分則未調查到網蜷(*Melanoides tuberculatus tuberculatus*)、錐蜷(*Stenomelania plicaria*)以及石田螺(*Sinotaia quadrata*)。環節動物部分與 2004 文獻相比，本計畫多調查到 2 種環節動物；水生昆蟲部分則增加了 25 科。整體而言，本計畫與 2004 年報告相比，原生種魚類與特有種魚類的種類數並沒有明顯差異，但是在外來種魚類部分則有增加的現象。蝦蟹類與螺貝類種類數部分有明顯減少的情形，而水生昆蟲種類數部分則有明顯增加的現象。

表 3-7 後堀溪水域生物文獻比較

類別	學名	封溪護魚前	封溪護魚前	註
魚類	*Anguilla marmorata* 花鰻鱺	◎		
	Acrossocheilus paradoxus 臺灣石𩼧	◎	◎	◎
	Candidia barbata 臺灣鬚鱲	◎	◎	◎
	Carassius auratus auratus 鯽	◎		
	Channa micropeltes 小盾鱧		◎	#
	Channa striata 線鱧		◎	#
	Culter alburnus 翹嘴鮊		◎	
	Hemiculter leucisculus 䱗條	◎	◎	
	Hypsibarbus pierrei 高體高鬚魚		◎	#
	Microphysogobio alticorpus 高身小鰾鮈	◎	◎	◎
	Onychostoma alticorpus 高身白甲魚		◎	◎
	Opsariichthys pachycephalus 粗首馬口鱲	◎	◎	◎
	Oreochromis niloticus niloticus 尼羅口孵非鯽		◎	#
	Pterygoplichthys pardalis 豹紋翼甲鯰		◎	#
	Rhinogobius maculafasciatus 斑帶吻鰕虎	◎	◎	◎
	Rhinogobius nantaiensis 南台吻鰕虎	◎	◎	◎
	Rhinogobius rubromaculatus 短吻紅斑吻鰕虎	◎		◎
	Silurus asotu 鯰		◎	◎
	Sinogastromyzon nantaiensis 南臺中華爬岩鰍	◎	◎	★
	Spinibarbus hollandi 何氏棘鲃		◎	◎
	Tachysurus brevianalis 短臀瘋鱨	◎	◎	◎
蝦蟹類	*Caridina pseudodenticulata* 假鋸齒米蝦	◎	◎	◎
	Caridina sp.米蝦屬		◎	
	Cherax quadricarinatus 四脊滑螯蝦		◎	#
	Neocaridina denticulata 鋸齒新米蝦	◎		
	Macrobrachium nipponense 日本沼蝦	◎	◎	
	Macrobrachium asperulum 粗糙沼蝦	◎	◎	
	Geothelphusa olea Shy 黃綠澤蟹	◎		◎
螺貝類	*Assiminea taiwanensis* 臺灣山椒蝸牛		◎	
	Cipangopaludina chinensis 圓田螺	◎		
	Corbicula fluminea 臺灣蜆	◎	◎	
	Gyraulus spirillus 圓口扁蜷		◎	
	Melanoides tuberculatus tuberculatus 網蜷	◎		
	Physa acuta 囊螺		◎	#
	Pomacea canaliculata 福壽螺		◎	#
	Sinotaia quadrata 石田螺	◎		
	Stenomelania plicaria 錐蜷	◎		
	Tarebia granifera 瘤蜷	◎	◎	
	Thiara scabra subsp. scabra 塔蜷	◎	◎	
環節動物	Naididae 仙女蟲科		◎	
	Eropbdellidae		◎	
水生昆蟲	Noteridae 方胸龍蝨科		◎	
	Dytiscidae 龍蝨科		◎	
	Elmidae 長角泥蟲科		◎	
	Hydraenidae 細牙蟲科		◎	
	Hydrophilidae 牙蟲科		◎	
	Lampyridae 螢科		◎	
	Psephenidae 扁泥蟲科		◎	
	Ceratopogonidae 蠓科		◎	
	Chiromidae 搖蚊科	◎	◎	
	Culicidae 蚊科		◎	
	Tipulidae 大蚊科		◎	
	Limoniidae 亮大蚊科		◎	
	Baetidae 四節蜉科	◎	◎	
	Caenidae 細蜉科	◎		
	Ephemeridae 蜉蝣科		◎	
	Heptageniidae 扁蜉科	◎	◎	
	Leptophlebiidae 褐蜉科		◎	
	Veliidae 寬肩椿科		◎	
	Micronectidae 小划椿科		◎	
	Gerridae 黽椿科	◎	◎	
	Notonectidae 仰椿科		◎	
	Mesoveliidae 水椿科		◎	
	Lopidoptora 鱗翅目		◎	
	Corydalidae 魚蛉科		◎	

Coenagrionidae 細蟌科	◎	◎	
Euphaeidae 幽蟌科	◎	◎	◎
Platycnemididae 琵蟌科	◎		
Libellulidae 蜻蜓科	◎	◎	
Perlidae 石蠅科	◎	◎	
Hydropsychidae 紋石蛾科	◎	◎	
Philopotamidae 指石蛾科		◎	
Psychomyiidae 管石蛾科		◎	
Polycentropodidae 多距石蛾科		◎	
Ecnomidae 長鬚石蛾科	◎		

★：保育類；◎：臺灣特有種；#：外來種

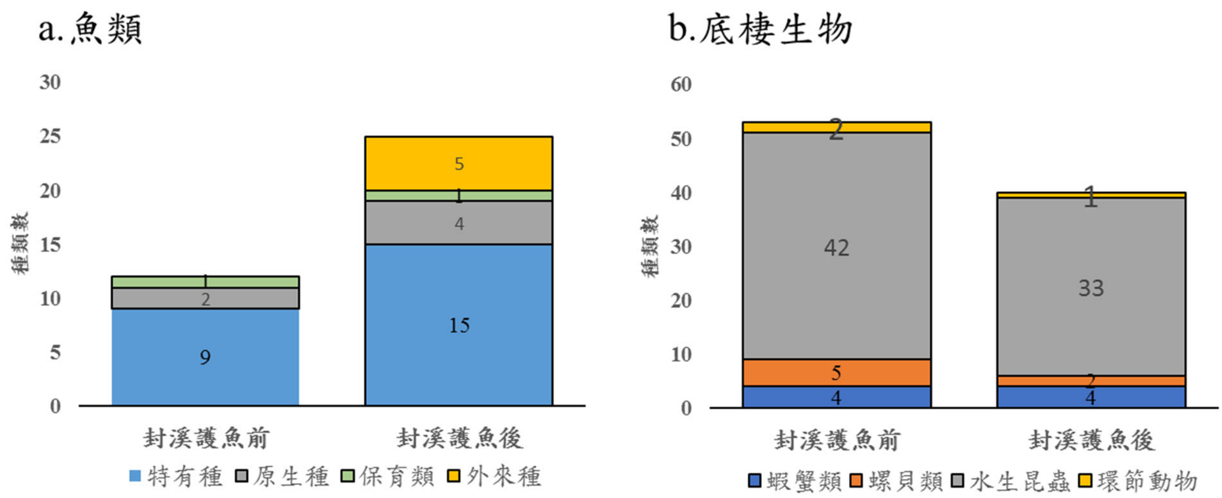


圖 3-3 後堀溪封溪護魚前後魚類及底棲生物種類數比較

表 3-6 後堀溪流域水體環境評估總表

環境評估指標	季節	關山 7 號橋 (下游)	瑞峰國小 (中游)	木瓜坑橋 (上游)
河川污染指數(RPI)	一	- 輕度污染	3.0 輕度污染	-
	二	1.0 未(稍)受污染	2.0 未(稍)受污染	4.5 中度污染
	三	2.8 輕度污染	2.8 輕度污染	4.25 中度污染
	四	4.5 中度污染	3.8 中度污染	3.75 中度污染
科級生物指標 (FBI)	一	- 非常嚴重污染	7.27 非常嚴重污染	-
	二	4.53 普遍	4.41 普遍	4.49 普遍
	三	4.79 普遍	4.92 普遍	4.76 普遍
	四	5.11 輕度污染	4.17 優良	5.11 輕度污染
生物指數 (BI)	一	- 未受污染	22 未受污染	-
	二	15 輕度污染	15 輕度污染	14 輕度污染
	三	16 輕度污染	13 輕度污染	19 輕度污染
	四	22 未受污染	27 未受污染	21 未受污染-
魚類生物整合性指標 (IBI)	一	- 普通	44 普通	-
	二	36 差	44 普通	44 普通
	三	30 差	34 差	48 好
	四	36 差	42 普通	44 普通

資料來源：本計畫；”-”關山 7 號橋因河道工程因此未進行冬季調查

第三章 結論

綜合本年度四季後堀溪流域生物調查結果，水域生物共調查到 17 目 39 科 60 種，分別為魚類 3 目 8 科 19 種、底棲生物 13 目 30 科 40 種以及爬蟲鋼 1 科 1 屬 1 種，包含保育類的南臺中華爬岩鰍 1 種、特有種 11 種以及外來種小盾鱧、線鱧、高體高鬚魚、尼羅口孵非鯽及豹紋翼甲鯰共 5 種。

本計畫三處樣點於四季調查中皆有調查到外來種的紀錄，其中以關山 7 號橋所記錄到的外來魚種種類數為最多，日後應持續注意後堀溪上游流域是否有外來種的蹤跡，進而影響封溪護魚的族群生態。除此之外，本年度調查到的外來種多為肉食性並且具有領域性魚種。日後除了持續監測水質變化之外，也應持續追蹤外來種魚類族群分布，以瞭解外來魚種入侵是否對當地原生種魚類族群數量產生影響。

將 111 與 112 年後堀溪水生生物種類數量進行比較，112 年魚類種類數有明顯增加情形，其中外來種魚類增加種類為最多。豐度部分，112 年原生種魚類豐度與 111 年相比有下降的情形，而外來種魚類豐度則有上升現象。底棲生物種類數與 111 年相比共減少了 14 科 14 屬，其中包括 Noteridae 方胸龍蝨科、Hydraenidae 細牙蟲科、Lampyridae 螢科、Psephenidae 扁泥蟲科、Tipulidae 大蚊科、Notonectidae 仰蝽科、Mesoveliidae 水蝽科等。螺貝類部分則缺少 4 科 5 種，其中包括 *Corbicula fluminea* 臺灣蜆、*Assiminea taiwanensis* 臺灣山椒蝸牛、Tarebia granifera 瘤蜷、*Thiara scabra subsp. scabra* 塔蜷以及 *Gyraulus spirillus* 圓口扁蜷)。目前缺失的物種皆為乾淨水域中常出現的底棲生物， 推測水生昆蟲種類數及豐度的變化可能受到後堀溪水質改變而有所影響，除此之外，外來魚種的增加亦有可能對底棲生物豐度產生改變。

將兩年度的調查解果與 94 年調查報告相比，原生種魚類與特有種魚類種類並沒有明顯的差異，但是外來種魚類種類則有明顯增加的現象。其中特有種魚類部分增加了臺灣間爬岩鰍、高身白甲魚以及何氏棘魞，外來種魚類部分則增加了線鱧、小盾鱧、高體高鬚魚以及豹紋異甲鯰等物種。蝦蟹類以及螺貝類部分與 94 年調查報告相比則是

呈現種類數下降的情形，並且未調查到鋸齒新米蝦及黃綠澤蟹，而水棲昆蟲的部分則是呈現種類數上升的現象。

本計畫針對後堀溪封溪護魚狀況提出下列幾項保育議題:

一、 後堀溪流域已能調查到外來種如線鱧、小盾鱧、尼羅口孵非鯽等，多為肉食性、具有領域性並且其體型大小相較保育類、臺灣特有種及原生種都來的大。當外來魚種進入後堀溪並且穩定建立族群時，勢必對當地原生魚種造成威脅。因此建議爾後在進行生態調查時，若有捕獲到外來魚種應將其移除，並且應持續監測外來種種類及數量，同時加強外來種環境教育宣導工作有其重要性。

二、 本計畫調查期間皆有調查到保育類南臺中華爬岩鰍，但是其數量與 111 年相比已有減少趨勢。南台中華爬岩鰍屬於底棲性魚類，並以水生昆蟲及有機碎屑為食，容易因棲地破遭受破壞或是汙染物進入水體而導致其數量下降，建議應於工程施作前後進行生態檢核，以掌握後堀溪的水質變化。

第四章 參考文獻

一、法規參考類

- 行政院環境保護署。2011。動物生態評估技術規範。環署綜字第1000058655C號公告。
- 行政院環境保護署環境檢驗所。2011。河川底棲水生昆蟲採樣方法(NIEA E801.31C)。環署檢字第1000109874號公告。
- 行政院環境保護署環境檢驗所。2011。湖河池泊水庫藻類採樣方法(NIEA E504.42C)。環署檢字第1000109874號公告。
- 行政院農業委員會。2018。保育類野生動物名錄。農林務字第1071701452號公告。
- 經濟部水利署水利規劃試驗所。2015。河川情勢調查作業要點。經濟部水利署水利規劃試驗所。水河字第10316166710號。

二、相關網站

- 中央研究院之臺灣魚類資料庫(http://fishdb.sinica.edu.tw/)
- 中央研究院生物多樣性研究中心之臺灣貝類資料庫(http://shell.sinica.edu.tw/)
- 行政院環境保護署之全國環境水質監測資訊網(http://www.epa.gov.tw/wqm)
- 經濟部水利署(http://www.wra.gov.tw/)
- 台灣物種名錄(https://taibnet.sinica.edu.tw/home.php)

三、水質及生態相關文獻

- 方力行、陳義雄、韓僑權。1996。高雄縣河川魚類誌。高雄縣。

- 王漢泉。1993。淡水河水系魚類分佈及魚類生物指標之研究。環境檢驗所環境調查研究年報 1: 11-22。
- 王漢泉。2002。臺灣河川水質魚類指標之研究。環境檢驗所調查年報 9: 207-236。
- 行政院環境保護署環境檢驗所。1990。臺灣河川污染生物指標—底棲動物類。行政院環境保護署環境檢驗所，新北市。
- 行政院環境保護署環境檢驗所。1992。臺灣河川污染生物指標—底棲小動物類。行政院環境保護署環境檢驗所，新北市。
- 行政院環境保護署。1999。淡水河系生物相調查及生物指標手冊建立。行政院環境保護署，臺北市。
- 經濟部水利署水利規劃所。2006。曾文溪河系河川情勢調查總報告。經濟部水利署，臺中市。
- 林曜松、梁世雄。1997。魚類資源調查技術手冊。農業委員會。臺北市。
- 梁世雄。2005。淡水水域生物監測之採樣器材介紹及資料分析與應用。高雄師範大學生物科學研究所。
- 梁世雄。2009。森林溪流魚類調查並建立外來種風險評估機制1/3。農業委員會。臺北市。
- 梁世雄。2010。森林溪流魚類調查並建立外來種風險評估機制2/3。農業委員會。臺北市。
- 梁世雄。2011。森林溪流魚類調查並建立外來種風險評估機制3/3。農業委員會。臺北市。
- 津田松苗。1964。污水生物學，北隆館。
- 津田森下。1974。生物による水質調查法，山海堂。
- 邵廣昭、彭鏡毅、吳文哲。2008臺灣物種多樣性II.物種名錄。農業委員會。臺北市。

- 邵廣昭、彭鏡毅、吳文哲。2010臺灣物種名錄。農業委員會。臺北市。
- 趙大衛。2000。貝類生物指標在環境變遷及污染評估上的應用。環境教育季刊 42, 67-76.
- 賴雪端。1997。台灣本土性底棲藻類作為河川水質生物指標之研究。國立中興大學植物學研究所博士論文。
- Beck, J.W.M., 1955. Suggested method for reporting biotic data. Sewage and industrial wastes 27.
- Chertoprud, M.V., 2002. Modification of Pantle–Buck technique for assessing watercourse pollution based on macrobenthos quality characterisitics Water Resources 29, 306-331.
- Hilsenhoff, W. L., 1988. Rapid field assessment of organic pollution with a family-level biotic index. Journal of the North American Benthological Society. 7(1): 65-68.
- Cairns J., J., and Dickson, K.L. (Eds.), 1973. Biological Methods for The Assessment of Water Quality, Philadelphia.
- Lenat, D. R., L. A. Smock and D. L. Penrose. 1980. Use of benthic macroinvertebrates as indicators of environmental quality. In: D.L. Worf (ed.), Biological Monitoring for Environmental Effects. Lexington Books, Lexington, MA: p.97- 112.
- Karr, J. R. 1981. Assessment of biotic integrity using fish communities. Fisheries. 6: 21-27.
- Karr, J. R. 1991. Biological integrity: A long-neglected aspect of water resource management. Ecological Applications 1(1): 66-84.
- Mandaville, S. M. 2002. Benthic macroinvertebrates in freshwaters taxa tolerance values, metrics, and protocols. Soil and Water Conservation Service of Metro Halifax, Halifax, Nova Scotia, Canada.

47 p., plus appendices.

- Plafkin, J.L., Barbour, M.T., Porter, K.D., Gross, S.K., and Hughes, R.M., 1989. Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers--Benthic macroinvertebrates and fish: U.S. Environmental Protection Agency. Washington, D.C., p. 190.
- Sládecek V. 1973. System of water quality from the biological point of view. Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebnisse der Limnologie 7: 1-218.
- Teels, B.M., 2002. Methods for evaluating wetland condition--Developing metrics and indexes of biological integrityp. 45.
- Zelinka, M., Marvan, P., 1961. Zur Präzisierung der biologischen klassifikation der reinheit fliessender gewässer. Arch Hydrobiol 57, 387-498.

四、生物調查技術及鑑定類

- 中央研究院之臺灣魚類資料庫 http://fishdb.sinica.edu.tw/
- 王漢泉。1999。淡水河系魚類生物監測分析。行政院環境保護署環境檢測所。
- 沈世傑。1993。臺灣魚類誌。國立臺灣大學動物學系。
- 林春吉。2007。臺灣淡水魚蝦（上、下）。天下文化出版社。
- 林曜松、梁世雄。1996。臺灣野生動物資源調查之淡水魚資源調查手冊。行政院農業委員會。
- 邵廣昭、陳靜怡。2005。魚類圖鑑-臺灣七百多種常見魚類圖鑑。遠流出版社。
- 邵廣昭、彭鏡毅、吳文哲主編。2008。2008臺灣物種多樣性II.物種名錄。行政院農業委員會林務局。

- 津田松苗(編)。1962。水生昆蟲學。
- 賴景陽。1988。貝類(臺灣自然觀察圖鑑)。渡假出版社有限公司。臺北市。
- 賴景陽，1998。貝類（二）。渡假出版社。臺北市。
- 陳義雄，2009a。臺灣河川溪流的魚類指標—初級淡水魚類。國立臺灣海洋大學。基隆市。
- 陳義雄，2009b。臺灣河川溪流的魚類指標—兩側洄游淡水魚類。國立臺灣海洋大學。基隆市。
- 陳義雄、黃世彬、劉建秦。2010。臺灣的外來入侵淡水魚類。臺灣的外來入侵淡水魚類。基隆市。
- Chihara Mitsuo and Masaaki Murano. 1997. An Illustrated Guide To Marine Plankton In Japan Eng. Tokai University Press. Tokyo. i-xxxvi, pp1574.
- Sournia, A. 1978. Phytoplankton Manual, United Nations Educational, Scientific and cultural Organization. 337p.

附件一、後堀溪樣點四次調查樣點照

 第一季－　瑞峰國小	 第一季－　關山7號橋	 第一季－　木瓜坑橋
 第二季－　瑞峰國小	 第二季－　關山7號橋	 第二季－　木瓜坑橋
 第三季－　瑞峰國小	 第三季－　關山7號橋	 第三季－　木瓜坑橋
 第四季－　瑞峰國小	 第四季－　關山7號橋	 第四季－　木瓜坑橋

附件二、後堀溪物種照及採樣工作照

 南臺中華爬岩鰍 (*Sinogastromyzon nantaiensis*)	 臺灣間爬岩鰍 (*Hemimyzon formosanus*)
 鯰 (*Silurus asotus*)	 翹嘴鮊 (*Culter alburnus*)
 何氏棘鲃(*Spinibarbus hollandi*)	 臺灣鬚鱲(*Candidia barbata*)
 粗糙沼蝦(*Macrobrachium asperulum*)	 日本沼蝦(*Macrobrachium nipponense*)

 假鋸齒米蝦 (*Caridina pseudodenticulata*)	 四脊滑螯蝦 (Cherax quadricarinatus)
 小盾鱧 (Channa micropeltes)	 線鱧 (*Channa striata*)
 尼羅口孵非鯽 (*Oreochromis niloticus niloticus*)	 高體高鬚魚 (*Hypsibarbus pierrei*)
 豹紋翼甲鯰 (*Pterygoplichthys pardalis*)	 中華鱉 (Pelodiscus sinensis)

 電氣採捕法	 手拋網調查法
 蝦籠佈置	 長沉籠佈置
 底棲生物採集(踢擊網)	 附著藻類採集
 現場水質測定	 現場簡易水質