

# 後堀溪封溪護魚成果之水域生態調查

## 第一章 工作執行方法

### 一、樣站設置

本計畫為了解後堀溪封溪護魚之成果，於後堀溪進行水域生態調查，本計畫設置 1 處樣站並於 111 年的春季、夏季、秋季與冬季各進行 1 次水域生態調查，共計 4 次調查。樣站相對位置及座標如圖 1-1、表 1-1 及表 1-2 所示。

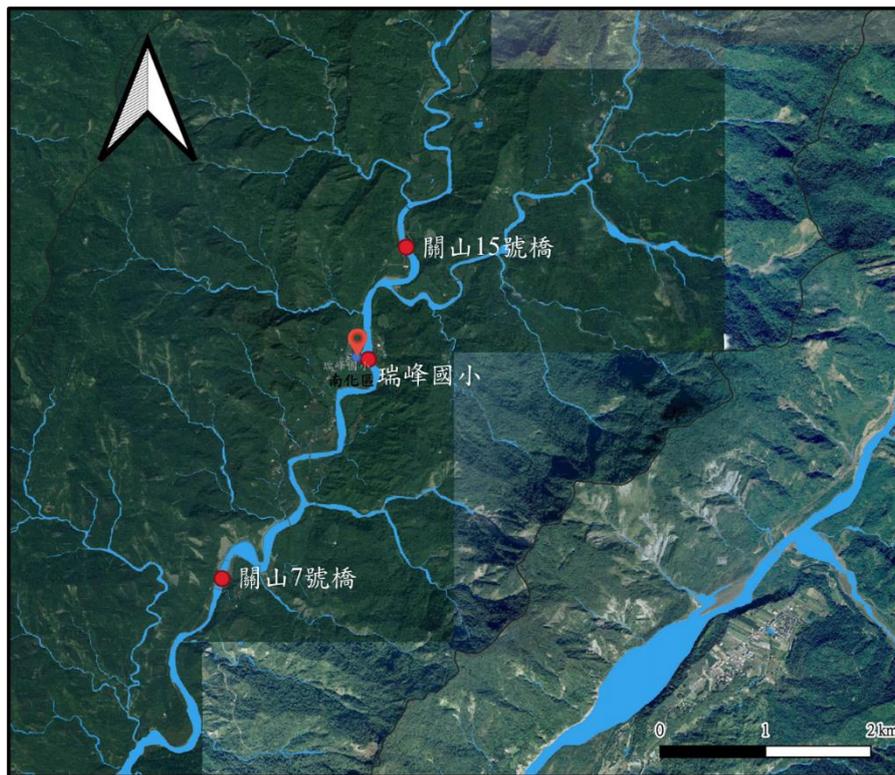


圖 1-1 調查樣站位置圖

表 1-1 調查樣站位置一覽表

流域名稱	樣站數	樣站名稱	座標位置	
			經度	緯度
後堀溪	1	瑞峰國小	120°35'49.61"E	23°10'24.64"N
後堀溪	1	關山 15 號橋	120°36'02.9"E	23°10'59.9"N
後堀溪	1	關山 7 號橋	120°35'01.8"E	23°09'16.8"N

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 15 號橋		本樣點位於後堀溪上游，左、右岸為砌石護岸，底質以泥沙並夾雜巨石為主河道中間具植被，上游及下游均有設置固床工。棲地形態具有淺流、深潭與端瀨等棲地型態。	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。棲地形態具有淺潭、淺潭與端瀨等棲地型態。植被相對瑞豐國小及關山 15 號橋樣點較為稀疏。	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、蝦、蟹、螺貝、環節動物、水生昆蟲與附著性藻類等之種類及數量進行調查。

### 3、各項水生生物採樣及調查方法

生態棲地如急流、緩流、潭及水濱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：

#### (一)魚類

魚類之採集方式視選定樣站實際棲地狀況而定，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。

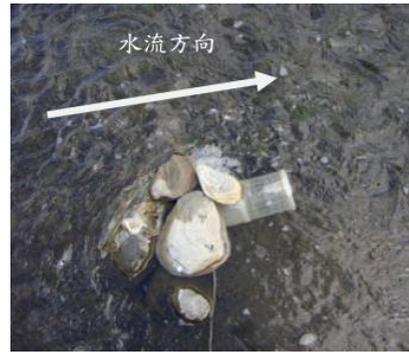
- (1).電氣採捕法主要適用於河川中、上游之小型溪流且水深較淺的水域，使用背負式電魚器電擊魚體，並配合手抄網撈捕，每次調查操作三十分鐘，以時間取代距離作為努力量(圖 2-1)。
- (2).陷阱誘捕法於各樣站分設置 5 個籠具，並放置 1 夜。籠具包括直徑為 12 公分，長度 32 公分以及直徑 20 公分，長度 37 公分兩種蝦籠共 4 具，再加上 1 只 5 公尺長的長沉籠進行採集。蝦籠及長沉籠內以新鮮的餌料為誘餌，調查當日將蝦籠施放於適當的緩流岸邊，施放後隔 1 至 2 日再收取。所得的標本野外以 4°C 保存，研究室內以 -20 °C 冰存集中分類鑑定(圖 2-2、圖 2-3)。野外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°C 保存，回研究室後以 -20°C 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)。

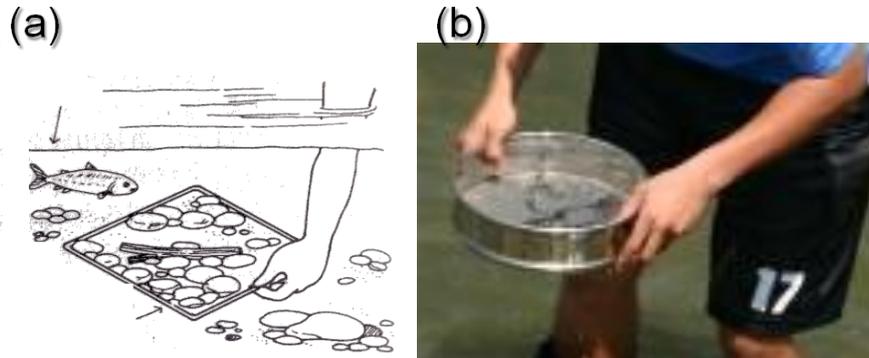


圖 2-6 螺貝類採集法

#### (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/1 $\mu$ L)，每格代表 1 $\mu$ L，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 出差採樣紀錄表									
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									
<b>現場水質記錄</b>						<b>浮游植物</b>	裝水量：	<b>1000 ml</b>	
	NO <sup>2-</sup>	1~2	常溫：	28.9	水溫：	29.5	<b>附著藻類</b>	面積：	1*1 cm <sup>2</sup>
	NO <sup>3-</sup>	10~20	DO：	0.94	鹽度：	0.076	<b>浮游動物</b>	篩網：	<input checked="" type="checkbox"/> 300 <input type="checkbox"/> 400
	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0.5~1	pH：	6.92	氧化還原：			<input type="checkbox"/> 其它：	
	NH <sup>4+</sup>	4~8	電導：	1.52	濁度：	35		篩水量：	10 L
		<b>全八卦網</b>	<b>大蝦籠</b>	<b>小蝦籠</b>	<b>流刺網</b>	<b>長沉籠</b>	<b>手抄網</b>	<b>電魚</b>	<b>目測</b>
<b>魚蝦類</b>	網次	2	1	2	2	0	1	3	10
	莫三比克口孵非鯽	2							
	豹紋翼甲鰍	1							
	三星毛足鱸	1							
	巴西龜						1		
	材棺龜						1		
		<b>全八卦網</b>	<b>手抄網</b>	<b>長沉籠</b>	<b>大蝦籠</b>	<b>小蝦籠</b>	<b>採泥器</b>	<b>電魚</b>	<b>目測</b>
<b>底棲生物</b>	網次			3					
	正蚯蚓			3					
	<i>Platynemis</i> sp.			2					
	<i>Sternolophus</i> sp.			1					
	紅搖蚊			6					
	<i>Culex</i> sp.家蚊			2					
	<i>Eristalis</i> sp.			2					
	Psychodidae			4					
<b>其它記錄</b>									
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<sup>2</sup>)。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<sup>2</sup> 共捕獲 10 隻魚，該樣站調查面積為 6x1+1x12+3x4+10=40 m<sup>2</sup>，單位面積之豐度(隻/m<sup>2</sup>)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<sup>2</sup>)。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<sup>2</sup>)計算為：4/4+6/12+5/(0.09x5)=12.6 隻/m<sup>2</sup>。

## 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(Dominance 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)

$$D = \sum_{i=1}^s \left(\frac{n_i}{N}\right)^2 \dots\dots\dots (公式 1)$$

式中，n<sub>i</sub>：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 <sup>2</sup> )	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、愛河及阿公店河流域—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)。

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

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)

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

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)。

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

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、數量的豐富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( $\alpha$ -mesosaprobic, $\alpha$ -mes)，11~19 為輕度污染( $\beta$ -mesosaprobic, $\beta$ -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( $s_i$ )、出現之頻度( $h_i$ )及指標權重( $w_i$ )，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 <i>Anguilla marmorata</i>	肉食性	M	B	
鱮科 Bagridae				
脂鱮 <i>Pseudobagrus adiposalis</i>	肉食性	I	B	
爬鰻科 Balitoridae				
纓口臺鰻 <i>Formosania lacustre</i>	雜食性	I	B	
臺灣間爬岩鰻 <i>Hemimyzon formosanus</i>	雜食性	I	B	
鱧科 Channidae				
斑鱧 <i>Channa maculata</i>	雜食性	H	B	
麗魚科 Cichlidae				
巴西珠母麗魚 <i>Geophagus brasiliensis</i>	雜食性		W	Introduced
莫三比克口孵非鯽 <i>Oreochromis mossambicus</i>	雜食性	H	W	Introduced
吉利非鯽 <i>Tilapia zillii</i>	雜食性	H	W	Introduced
塘虱魚科 Clariidae				
鬍鯰 <i>Clarias fuscus</i>	肉食性	H	B	
花鰻科 Cobitididae				
中華鰻 <i>Cobitis sinensis</i>	雜食性	M	B	
泥鰻 <i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	雜食性	H	B	
鯉科 Cyprinidae				
臺灣石魚賓 <i>Acrossochelius paradoxus</i>	雜食性	M	W	
臺灣鬚鱨 <i>Candidia barbata</i>	雜食性	I	W	
鯽 <i>Carassius auratus auratus</i>	雜食性	H	W	
高體高鬚魚 <i>Carassius cuvieri</i>	雜食性	H	W	Introduced
紅鰭鮪 <i>Chanodichthys erythropterus</i>	肉食性	M	W	
鯉魚 <i>Cyprinus carpio carpio</i>	雜食性	H	W	Introduced
圓吻鯛 <i>Distoichodon tumirostris</i>	雜食性	M	W	
唇魚骨 <i>Hemibarbus labeo</i>	食蟲性	M	W	
白鱮 <i>Hemiculter leucisculus</i>	雜食性	H	W	
短吻小鰻鰂 <i>Microphysogobio brevirostris</i>	雜食性	M	B	
臺灣白甲魚 <i>Onychostoma barbatulum</i>	雜食性	I	W	
粗首馬口鱮 <i>Opsariichthys pachycephalus</i>	雜食性	M	W	
羅漢魚 <i>Pseudorasbora parva</i>	雜食性	M	W	
高體鰻鰂 <i>Rhodeus ocellatus ocellatus</i>	雜食性	M	W	

魚種	食性層	耐受性	棲性	外來種
臺灣石鮒 <i>Tanakia himantegus</i>	雜食性	M	W	
平頰鱻 <i>Zacco platypus</i>	雜食性	M	W	Introduced
鰕虎科 Gobiidae				
明潭吻鰕虎 <i>Rhinogobius candidanus</i>	雜食性	M	B	
大吻鰕虎 <i>Rhinogobius gigas</i>	雜食性	M	B	
極樂吻鰕虎 <i>Rhinogobius giurinus</i>	雜食性	M	B	
短吻紅斑吻鰕虎 <i>Rhinogobius rubromaculatus</i>	食蟲性	I	B	
日本瓢鰭鰕虎 <i>Sicyopterus japonicus</i>	食藻性	I	B	
甲鯰科 Loricariidae				
多輻翼甲鯰 <i>Pterygoplichthys multiradiatus</i>	雜食性	H	B	Introduced
胡瓜魚科 Osmeridae				
香魚 <i>Plecoglossus altivelis altivelis</i>	雜食性	I	W	Introduced
花鱗科 Poeciliidae				
食蚊魚 <i>Gambusia affinis</i>	食蟲性	H	W	Introduced
鯰科 Siluridae				
鯰 <i>Silurus asotus</i>	肉食性	M	B	
海鯰科 Ariidae				
斑海鯰 <i>Arius maculatus</i>	雜食性	H	B	
虱目魚科 Chanidae				
虱目魚 <i>Chanos chanos</i>	雜食性		W	
鯡科 Clupeidae				
環球海鯨 <i>Nematalosa come</i>	雜食性		W	
白腹小沙丁魚 <i>Sardinella albella</i>	雜食性		W	
二齒鮃科 Diodontidae				
六斑二齒鮃 <i>Diodon holocanthus</i>	雜食性		W	
海鯧科 Elopidae				
大眼海鯧 <i>Elops machnata</i>	雜食性	H	W	
鯷科 Engraulididae				
芝燕稜鯷 <i>Thryssa chefuensis</i>	雜食性		W	
鑽嘴魚科 Gerreidae				
短鑽嘴魚 <i>Gerres erythrourus</i>	肉食性		W	
曳絲鑽嘴魚 <i>Gerres filamentosus</i>	肉食性		W	
大海鯧科 Megalopidae				
大海鯧 <i>Megalops cyprinoides</i>	雜食性		W	
鰻科 Leiognathidae				
頸斑頸鰻 <i>Nuclequula nuchalis</i>	雜食性		W	
鰻科 Mugilidae				
大鱗龜鯪 <i>Chelon macrolepis</i>	雜食性	M	W	
綠背龜鯪 <i>Chelon subviridis</i>	雜食性	M	W	
長鰭莫鰻 <i>Moolgarda cunnesius</i>	雜食性		W	
薛氏莫鰻 <i>Moolgarda seheli</i>	雜食性		W	
鰻 <i>Mugil cephalus</i>	雜食性	H	W	
馬鰻魚科 Polynemoidae				
多鱗四指馬鰻 <i>Eleutheronema rhadinum</i>	雜食性		W	
鰻科 Terapontidae				
花身鰻 <i>Terapon jarbua</i>	肉食性	M	W	
鯛科 Sparidae				
黑棘鯛 <i>Acanthopagrus schlegeli</i>	雜食性		W	
平鯛 <i>Rhabdosargus sarba</i>	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：

$$FBI = \frac{\sum a_i n_i}{N}$$

其中  $a_i$ ：第  $i$  科水生昆蟲之污染忍受值(表 2-7)

$n_i$ ：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 襜翅目		Trichoptera 毛翅目	
Capniidae 黑石蠅科	1	Molannidae 笠石蠹蛾科	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 蜉科	4	Blood-red Chironomidae (Chironomini)	8
Heptageniidae 扁蜉科	4	搖蚊科 (紅搖蚊)	
Leptophlebiidae 褐蜉科	2	Other Chironomidae (including pink)	6
Metretopodidae 長跗蜉科	2	搖蚊科 (其他搖蚊)	
Oligoneuriidae 寡脈蜉科	2	Dolichopodidae 長腳蠅科	4
Polymitarcyidae 網脈蜉科	2	Empididae 舞虻科	6
Potomanthidae 花鰓蜉科	4	Ephydriidae 水蠅科	6
Siphonuridae 短絲蜉科	7	Muscidae 家蠅科	6
Tricorythidae 三角鰓蜉科	4	Psychodidae 蠅蚋科	10
Odonata 蜻蛉目		Simuliidae 蚋科	6
Aeshnidae 晏蜓科	3	Syrphidae 食蚜蠅科	10
Calopterygidae 珈螳科	5	Tabanidae 虻科	6
Coenagrionidae 細螳科	9	Tipulidae 大蚊科	3
Cordulegastridae 勾蜓科	3	Coleoptera 鞘翅目	
		Dryopidae 泥蟲科	5
		Elmidae 長角泥蟲科	4

科級生物	污染 忍受值	科級生物	污染 忍受值
Corduliidae 弓蜓科	5	Psephenidae 扁泥蟲科	4
Gomphidae 春蜓科	1	Collembola 彈尾目	
Lestidae 絲蟴科	9	<i>Isotomurus</i> sp.	5
Libellulidae 蜻蜒科	9	Amphipoda 端足目	
Macromiidae 大蜻科	3	Gammaridae 鈎蝦科	4
Megaloptera 廣翅目		Hyaellidae 綠鈎蝦科	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
Neuroptera 脈翅目		Acariformes 真蟎目	4
Sisyridae 水蛉科		Mollusca	
<i>Climacia</i> sp.	5	Lymnaeidae 椎實螺科	6
Trichoptera 毛翅目		Physidae 囊螺科	8
Brachycentridae 短尾石蛾科	1	Sphaeriidae 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( $\alpha$ -mesosaprobic, $\alpha$ -mes)，11~19 為輕度污染( $\beta$ -mesosaprobic,  $\beta$ -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	中華螺贏 <i>Corophium sinense</i>	O	
	鈎蝦 <i>Gammarus</i> sp.	O	
	臺灣泥蟹 <i>Ilyoplax formosensis</i>	O	
	勝利黎明蟹 <i>Matuta victor</i>	O	
軟體動物 Mollusca	石田螺 <i>Sinotaia quadrata</i>	O	
	芝麻淡水笠螺 <i>Laevapex nipponica</i>	O	
	船形薄殼蛤 <i>Laternula marilina</i>	O	
	河殼菜蛤 <i>Limnoperna fortunei</i>	O	
	中華文蛤 <i>Meretrix petechialis</i>	O	
	囊螺 <i>Physa acuta</i>	O	
	川蜷 <i>Semisulcospira libertina</i>	O	
	瘤捲 <i>Tarebia granifera</i>	O	
小頭蟲目 Capitellida	小頭蟲科 Capitellidae	<i>Capitella</i> sp.	B
毛翅目 Trichoptera	角石蠶科 Stenopsychidae	<i>Stenopsyche schmidi</i>	A
		<i>Stenopsyche</i> sp.	A
	長鬚石蛾科 Ecnomidae	<i>Ecnomus</i> sp.	O
		流石蛾科 Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila</i> sp.
	紋石蛾科 Hydropsychidae	<i>Cheumatopsyche</i> sp.	A
		<i>Hydropsyche</i> sp.	A
	笠石蛾科 Molannidae	<i>Molanna itoae</i>	O
等翅石蠶蛾科 Philopotamidae		<i>Dolophilodes</i> sp.	O
石蛭目 Herpobdelliadae	石蛭科 Herpobdellidae	<i>Bobronia</i> sp.	B
		<i>Herpobdella</i> sp.	B
吻蛭目 Rhynchobdellida	扁蛭科 Glossiphonidae	<i>Glossiphonia</i> sp.	B
		<i>Helobdella</i> sp.	B
		<i>Hemiclepsis</i> sp.	B
近孔寡毛目 Plesinpora	顫蚓科 Tubificidae	<i>Branchiura</i> sp.	B
		軟虛蚓 <i>Doliodrilus tener</i>	B
		<i>Limnodrilus</i> sp.	B
游走目 Errantia	沙蠶科 Nereididae	腺帶刺沙蠶 <i>Neanthes glandicincta</i>	O
		雙齒圍沙蠶 <i>Perinereis aibuhitensis</i>	O
		海稚蟲 <i>Prionospio</i> sp.	O
蜉蝣目 Ephemeroptera	小蜉科 Ephemerellidae	<i>Ephemerella japonica</i>	A
		<i>Torleya</i> sp.	A
		<i>Uracanthe punctisetae</i>	A
		<i>Uracanthella</i> sp.	A
	四節蜉蝣科 Baetidae	<i>Baetiella</i> sp.	O
		<i>Baetis</i> sp.	O
	花鰓蜉蝣科 Potamanthidae	<i>Potamanthus</i> sp.	O
		扁蜉科 Heptageniidae	<i>Ecdyonurus viridis</i>
	<i>Ecdyonurus yoshidae</i>		A
	扁蜉科 Heptageniidae	<i>Epeorus erratus</i>	A
		<i>Heptagenia</i> sp.	A
		<i>Rhithrogena ampla</i>	A
		<i>Rhithrogena</i> sp.	A
		<i>Caenis bella</i>	O
<i>Ephemerella sauteri</i>		A	
褐蜉科 Leptophlebiidae	<i>Choroterpides</i> sp.	A	
	<i>Paraleptophlebia</i> sp.	A	
蜻蛉目 Odonata	幽蟴科 Euphaeidae	短腹幽蟴 <i>Euphaea formosa</i>	O
		春蜓科 Gomphidae	<i>Onychogomphus</i> sp.
	蜻蛉科 Libellulidae	<i>Stylogomphus shirozui</i>	A
		<i>Trithemis</i> sp.	O
廣翅目 Megaloptera	亞科 Chauliodinae	<i>Parachauloides japonicus</i>	O
		<i>Protohermes</i> sp.	O
鞘翅目 Coleoptera	方胸龍蝨科 Noteridae	<i>Noterus</i> sp.	O
		亞科 Hydroporinae	<i>Morimotoa</i> sp.

物種		耐受性	
長角泥甲科 Elminae	<i>Ordobrevia</i> sp.	O	
	<i>Stenelmis hisamatsui</i>	O	
扁泥甲科 Psephenidae	<i>Eubrianax granicollis</i>	O	
	<i>Eubrianax pellucidus</i>	O	
	<i>Eubrianax</i> sp.	O	
	<i>Psephenoides japonicus</i>	O	
	<i>Psephenoides</i> sp.	O	
圓花蚤科 Scirtidae	<i>Hydrocyphon</i> sp.	O	
櫛水虱亞目 Aselloidea	櫛水虱科 Aselloididae	水櫛水虱 <i>Asellus aquaticus</i>	B
雙翅目 Diptera	大蚊科 Tipulidae	<i>Antocha saxicola</i>	O
		<i>Antocha</i> sp.	O
		<i>Eriocera</i> sp.	O
		<i>Helius</i> sp.	O
		<i>Hexatoma</i> sp.	O
		<i>Tipula</i> sp.	O
		<i>Suragina satsumana</i>	O
		<i>Silvius</i> sp.	O
		<i>Stonemyia</i> sp.	O
		<i>Simulium rufibasis</i>	O
	<i>Simulium</i> sp.	O	
	搖蚊科 Chironomidae	<i>Chironomus</i> sp.	B
	蛾蚋科 Psychodidae	<i>Pericoma</i> sp.	O
	錐大蚊亞科 Cylindrotominae	<i>Triogma</i> sp.	O
纓鰓蟲目 Sabellida	纓鰓蟲科 Sabellidae	白腺纓鰓蟲 <i>Laonome albicingillum</i>	O
鱗翅目 Lepidoptera	水螟亞科 Acentropinae	<i>Paraponyx</i> sp.	O
積翅目 Plecoptera	石蠅科 Perlodidae	<i>Neoperla</i> sp.	A
		<i>Protonemura</i> sp.	A
		黑石蠅科 Capniidae	<i>Capnia</i> sp.

<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( $s_i$ )、出現之頻度( $h_i$ )及指標權重( $w_i$ )，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 Sládeček(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  $\beta$ -中腐水水質， $2.5 < SI < 3.5$  為  $\alpha$ -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。

$$S = \sum (s_i \cdot h_i \cdot w_i) / \sum (h_i \cdot w_i)$$

式中， $s_i$  為腐水度之指數值

$h_i$  為物種出現之頻度

$w_i$  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
<i>Ankistrodesmus</i>	纖維藻屬	2	<i>Navicula</i>	舟形藻屬	3
<i>Chlamydomonas</i>	衣藻屬	4	<i>Nitzschia</i>	菱形藻屬	3
<i>Chlorella</i>	小球藻屬	3	<i>Ocillatoria</i>	顫藻屬	5
<i>Closterium</i>	新月藻屬	1	<i>Pandorina</i>	實球藻屬	1
<i>Gomphonema</i>	異極藻屬	1	<i>Phormidium</i>	席藻屬	1
<i>Cyclotella</i>	小環藻屬	1	<i>Phacus</i>	扁裸藻屬	2
<i>Euglena</i>	裸藻屬	5	<i>Scenedesmus</i>	柵藻屬	4
<i>Lepocinctis</i>	鱗孔藻	1	<i>Stigealonium</i>	毛枝藻屬	2
<i>Melosira</i>	直鏈藻屬	1	<i>Synedra</i>	針杆藻屬	2
<i>Microtinium</i>	微芒藻屬	1	<i>Synethocystis</i>	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果，於 111 年 3 月 28 至 29 日(春季)、6 月 15 至 16 日(夏季)、9 月 5 至 6 日(秋季)及 10 月 31 至 11 月 1 日(冬季)完成後堀溪四季(次)的水域生態調查。調查期間為了探討流域的水生生物變化，本計畫自行增做樣點 2 處樣點，分別位於計畫樣點上游的關山 15 號橋及下游的關山 7 號橋，並與以往水域生物調查文獻進行比較。調查期間，關山 7 號橋於第四季時有相關河道工程施作，故無法進行水域生態調查。此外，在調查過程中為了瞭解水質與水生生物的關係，亦增加各樣點的水質測定(包含水溫、溶氧、鹽度、導電度、酸鹼值、懸浮固體、生化需氧量及氨氮)，調查成果分述如下：

### 一、水質分析結果

四季調查結果顯示(表 3-1)，後堀溪流域三處樣點在河川污染程度指數(RPI)中，春季、夏季及冬季水質狀況均為未(稍)污染，秋季則為中度污染的狀況，推測造成秋季河川污染程度指數增高的原因，為進行秋季調查前第 22 號颱風-奈格颱風經過台灣，帶來連日降雨導致水中濁度因而較高的現象。整體而言，後堀溪水質皆處於未(稍)受的狀態。

表 3-1 後堀溪各樣點水質檢測結果

資料來源：本計畫

水質因子	樣站名 季節	瑞峰國小				關山 15 號橋				關山 7 號橋		
		春	夏	秋	冬	春季	夏	秋	冬	春	夏	秋
水溫(°C)		24.1	25.7	38.2	25.1	23.7	26.0	28.4	25.1	24.1	26.1	33.6
DO (mg/L)		7.4	7.6	7.7	6.6	8.6	6.3	8.1	6.6	8.7	6.5	5.2
pH		8.8	8.8	8.5	8.8	9.1	8.3	8.5	8.8	9.0	8.8	8.5
電導(us/cm)		667	531	552	519	656	523	542	489.9	670	546	552
BOD(mg/L)		1.70	2.00	0.1	0.20	1.30	2.10	0	1.00	1.10	1.80	0
懸浮物(mg/L)		9.5	3.5	<b>129.0</b>	143.5	21.0	6.5	<b>217.5</b>	73.5	12.0	3.5	<b>153.5</b>
NH <sub>3</sub> <sup>+</sup> -N(mg/L)		0.065	0.055	0.040	0.065	0.045	0.040	0.055	0.130	0.185	0.035	0.275
污染程度 RPI 積分		1	1	3.3	1	1.5	1.5	3.3	1	1	1	3.75
污染程度 RPI		未(稍)受 污染	未(稍)受 污染	中度 污染	未(稍)受 污染	未(稍)受 污染	未(稍)受 污染	中度 污染	未(稍)受 污染	未(稍)受 污染	未(稍)受 污染	中度 污染

## 二、水域生物調查結果

綜合四季後堀河流域生物調查結果(表 3-2)，水域生物共調查到 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，魚類包含保育類的南臺中華爬岩鰍(*Sinogastromyzon nantaiensis*)1 種、特有種 9 種、原生種 1 種及外來種 3 種-線鱧(*Channa striata*)、尼羅口孵非鯽(*Oreochromis niloticus*)及豹紋翼甲鯰(*Pterygoplichthys pardalis*)。依據魚類特性分為底棲性魚類 3 目 6 科 7 種與游泳性魚類 2 目 2 科 7 種。調查中以臺灣特有種的粗首馬口鱮(*Opsariichthys pachycephalus*)、南台吻鰕虎(*Rhinogobius nantaiensis*)及斑帶吻鰕虎(*Rhinogobius maculafasciatus*)為各樣點中出現頻率較高的物種。底棲生物部分則包含蝦蟹類 1 目 2 科 4 種、螺貝類 3 目 4 科 5 種、水生昆蟲 8 目 29 科 42 種及環節動物 2 目 2 科 2 種。調查過程中於各樣點皆有臺灣特有種—假鋸齒米蝦(*Caridina pseudodenticulata*)的紀錄，並無保育類及外來種的發現，其中以紋石蛾科的 *Cheumatopsyche* sp. 為各樣點中出現頻率最高。附著藻類部分僅針對瑞峰國小樣點進行討論，共調查到 5 門 32 種，其中矽藻門 26 種、輪藻門 1 種、綠藻植物門 2 種、藍菌門 2 種及原生動物 1 種，無優勢藻種。

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	-	6	13	9	1	2
	蝦蟹類	-	2	4	1	-	-
	螺貝類	-	2	2	-	-	-
	水生昆蟲	-	20	26	1	-	-
	環節動物	-	1	1	-	-	-
	附著藻類	4	-	14	-	-	-
夏季	魚類	-	4	10	8	1	-
	蝦蟹類	-	2	3	1	-	-
	螺貝類	-	1	1	-	-	-
	水生昆蟲	-	14	15	1	-	-
	環節動物	-	1	1	-	-	-
	附著藻類	3	-	12	-	-	-
秋季	魚類	-	4	10	8	-	1
	蝦蟹類	-	2	3	1	-	-
	螺貝類	-	2	2	-	-	-
	水生昆蟲	-	10	14	1	-	-
	環節動物	-	-	-	-	-	-
	附著藻類	2	-	21	-	-	-
冬季	魚類	-	4	9	8	1	-
	蝦蟹類	-	2	3	1	-	-
	螺貝類	-	1	2	-	-	-
	水生昆蟲	-	18	22	1	-	-
	環節動物	-	-	-	-	-	-
	附著藻類	4	-	28	-	-	-
總計	魚類	-	7	14	9	1	3
	蝦蟹類	-	2	4	1	-	-
	螺貝類	-	4	5	-	-	-
	水生昆蟲	-	29	42	1	-	-
	環節動物	-	2	2	-	-	-
	附著藻類	5	-	32	-	-	-

資料來源：本計畫；斑龜未列入計算

## 1. 瑞峰國小<計畫樣點>

瑞峰國小四季調查結果(圖 3-1、3-2、表 3-3~5)共發現水生生物 27 科 42 種及爬蟲綱的斑龜(*Mauremys sinensis*)1 科 1 種，水生生物分別為魚類 4 科 11 種，其中包含保育類南臺中華爬岩鰍 1 種及台灣特有種 10 種，無外來種之發現；底棲生物共發現 23 科 31 種，包含蝦蟹類 2 科 4 種及水生昆蟲 16 科 17 種，其中包含台灣特有種假鋸齒米蝦及短腹幽蟪(*Euphaea formosa*)；附著藻類共調查到 5 門 32 種，其中矽藻門 26 種、輪藻門 1 種、綠藻植物門 2 種、藍菌門 2 種及原生動物 1 種，無優勢藻種。四季調查結果中，皆可調查到台灣特有種的粗首馬口鱮(*Opsariichthys pachycephalus*)、何氏棘鮃(*Spinibarbus hollandi*)、南台吻鰕虎(*Rhinogobius nantaiensis*)、斑帶吻鰕虎(*Rhinogobius maculafasciatus*)及假鋸齒米蝦。其中，魚類以秋季調查到的物種數及數量最少，推測受到颱風強降雨的影響導致游泳能力較弱的個體或種類減少，但是至冬季調查時，皆有緩慢回升的狀況。

## 2. 關山 15 號橋<計畫補充樣點，位於計畫樣點上游>

關山 15 號橋四季調查結果(圖 3-1、3-2、表 3-3~5)共發現水生生物 35 科 48 種，分別為魚類 5 科 10 種，其中包含保育類南臺中華爬岩鰍 1 種、台灣特有種 8 種及外來種尼羅口孵非鯽 1 種；底棲生物共 30 科 38 種，分別為環節動物 1 科 1 種、蝦蟹類 2 科 3 種、螺貝類 4 科 5 種及水生昆蟲 23 科 29 種，其中包含台灣特有種假鋸齒米蝦及短腹幽蟪。四季調查中，皆可調查到台灣特有種的臺灣鬚鱨、高身小鰾鮪(*Microphysogobio alticorpus*)、粗首馬口鱮、何氏棘鮃、南台吻鰕虎、短臀瘋鱮(*Tachysurus brevianalis*)及假鋸齒米蝦。其中，魚類秋季調查到的物種數雖沒有明顯的差異，但是數量卻有減少的狀況，推測受到颱風強降雨的影響使得游泳能力較弱的個體減少，但是至冬季調查時有些許回升的狀況。

### 3. 關山 7 號橋<計畫補充樣點，位於計畫樣點下游>

關山 7 號橋第四季因為受到水道工程影響，因此未進行第四季調查。水域生物三季調查結果(圖 3-1、3-2、表 3-3~5)共發現水生生物 24 科 34 種，分別為魚類 6 科 12 種，其中包含保育類南臺中華爬岩鰍 1 種、台灣特有種 9 種及外來種線鱧、尼羅口孵非鯽及豹紋翼甲鯰共 3 種；底棲生物 18 科 22 種，包含環節動物 1 科 1 種、蝦蟹類 2 科 3 種及水生昆蟲 15 科 18 種，其中包臺灣特有種假鋸齒米蝦及短腹幽蟪。三季調查中，皆可調查到臺灣特有種的粗首馬口鱮、何氏棘鮑及南台吻鰕虎。其中，魚類及底棲生物以春季調查到的物種數及數量最少，至夏季調查時有明顯回升的狀況，但是至秋季時推測受到颱風強降雨的影響使得物種數及數量再次減少，至冬季調查時因為水道工程導致無法進行調查。

整體而言，後堀溪三樣點魚類及底棲生物物種數以上游的關山 15 號橋最多，本計畫樣點瑞峰國小次之，下游的關山 7 號橋較少。三樣點皆可調查到保育類南臺中華爬岩鰍，並以瑞峰國小調查到的臺灣特有種種類最多，但是該樣點之上下游皆可發現屬於掠食性且生殖能力強的外來種魚類線鱧及尼羅口孵非鯽，其中線鱧為生態危害度較高的外來魚種，主要以節肢動物、魚類及兩生類等為食，對原生種魚類危害性極高；尼羅口孵非鯽則為雜食性的高耐污性外來魚種，領域性強且與原生種競爭食物，因此當這兩種外來魚種分布範圍越廣時則增加對原生魚種的危害，進而影響該地區封溪護魚後的族群生態，因此持續追蹤該物種的分布狀況，為日後進行調查時需注意的部分。此外，三個樣點皆有調查到保育類的南臺中華爬岩鰍，所以在日後需持續追蹤其族群數量是否穩定，以瞭解該地區環境水體狀況是否改變。

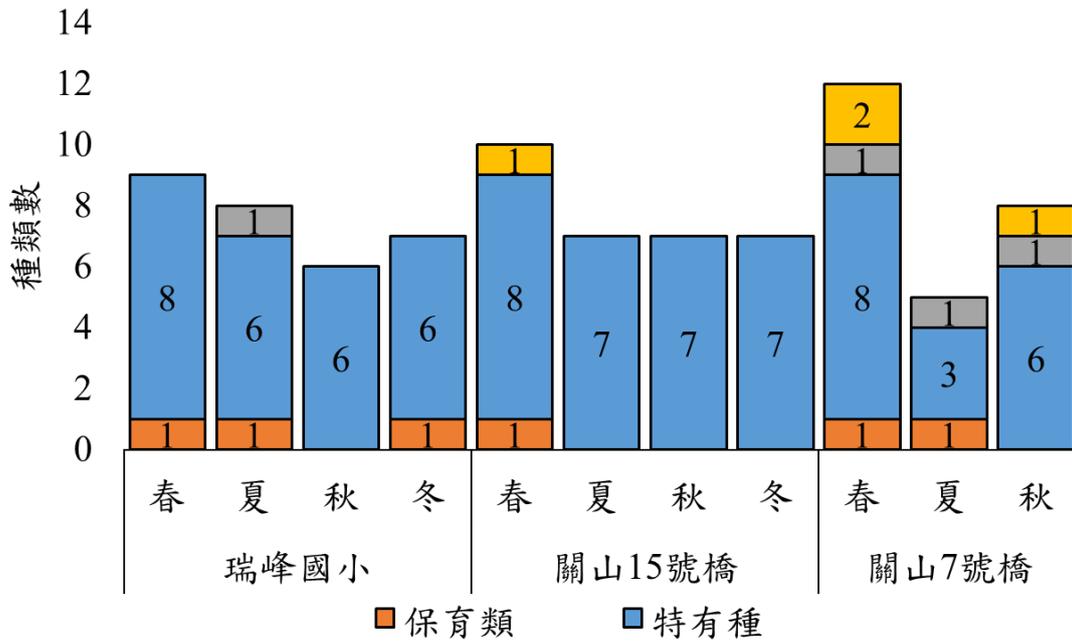


圖 3-1 後堀溪流域各樣點不同季節魚類組成

\*關山 7 號橋因河道工程因此未進行冬季調查

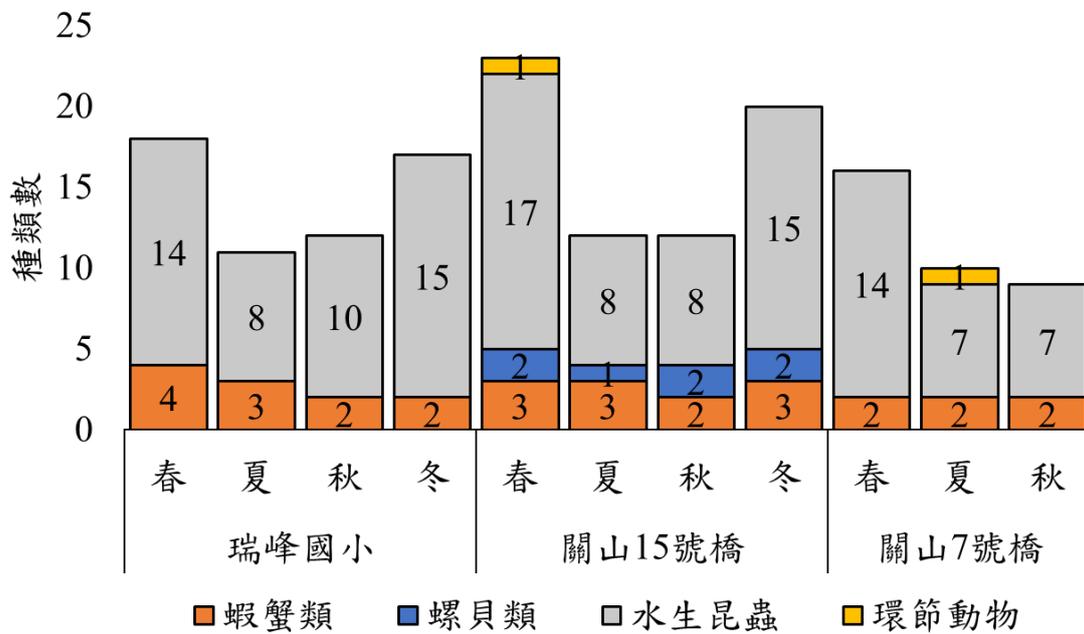


圖 3-2 後堀溪流域各樣點不同季節底棲生物組成

\*關山 7 號橋因河道工程因此未進行冬季調查

### 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 1.35~1.88 之間；上游的關山 15 號橋介於 1.68~1.97 之間；下游的關山 7 號橋介於 1.00~1.88 之間，並且以關山 15 號橋多樣性較高。魚類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，亦是以上游樣點關山 15 號橋物種較為豐富；瑞峰國小次之；下游樣點關山 7 號橋雖然於春季調查時期指數呈現高於其他兩個樣點，但是至夏季時降至最低，代表其棲地狀況相對其他兩樣點較不穩定，並直接反應於魚類的各項指標上。

底棲生物生物多樣性四季調查結果如下，瑞峰國小介於 1.90~2.31 之間；上游關山 15 號橋介於 1.80~2.58 之間；下游的關山 7 號橋介於 1.75~2.22 之間，並且以關山 15 號橋多樣性較高。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，亦是以上游樣點關山 15 號橋物種較為豐富；瑞峰國小次之；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，推測造成各樣點指數差異的原因為關山 15 號橋具有較多樣化的棲地類型，如淺流、深潭與端瀨等棲地型態，且河岸兩邊皆為濱溪植物，因此可穩定提供底棲生物所需的食物。附著藻類腐水度指數僅針對瑞峰國小進行分析，四季分析結果顯示指數皆介於 1.85~2.43 之間，為  $\beta$ -中腐水水質狀態。

表 3-3 後堀溪各樣點魚類定量調查結果

物種名	瑞峰國小				關山 15 號橋				關山 7 號橋			註
	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	
Balitoridae 爬鮡科												
<i>Sinogastromyzon nantaiensis</i> 南臺中華爬岩鮡	52	2	6		11				11	1		★
Cyprinidae 鯉科												
<i>Acrossocheilus paradoxus</i> 臺灣石魚賓	10				6	3		1				◎
<i>Candidia barbata</i> 臺灣鬚鱮	14		2	8	39	7	2	7	6			◎
<i>Hemiculter leucisculus</i> 條		2							5	17	21	
<i>Microphysogobio alticorpus</i> 高身小鰾鮡	4	2			14	1	2	5	12		15	◎
<i>Onychostoma alticorpus</i> 高身白甲魚	2								4		1	◎
<i>Opsariichthys pachycephalus</i> 粗首馬口鱮	41	13	4	31	24	5	11	3	26	2	9	◎
<i>Spinibarbus hollandi</i> 何氏棘鮰	9	3	7	8	8	7	3	6	5	2	1	◎
<i>Channa striata</i> 線鱧									1			#
Cichlidae 麗魚科												
<i>Oreochromis niloticus</i> 尼羅口孵非鯽					3				2			#
Gobiidae 鰕虎科												
<i>Rhinogobius nantaiensis</i> 南台吻鰕虎	32	38	18	11	27	5	2	11	1	2	18	◎
<i>Rhinogobius maculafasciatus</i> 斑帶吻鰕虎	24	7	1	22	5		2		44			◎
Bagridae 鱨科												
<i>Tachysurus brevianalis</i> 短臀瘋鱨		1	2	2	2	2	3	2	1		1	◎
Loricariidae 甲鯰科												
<i>Pterygoplichthys pardalis</i> 豹紋翼甲鯰											1	#
Geoemydidae 地龜科												
<i>Mauremys sinensis</i> 斑龜	2											
Total species 種類數	9	8	6	7	10	7	7	7	12	5	8	
總數量(隻)	188	68	34	88	139	30	25	35	118	24	67	
Shannon's diversity index 多樣性指數	1.88	1.39	1.35	1.68	1.97	1.80	1.68	1.80	1.88	1.00	1.74	
Dominance Index 優勢度指數	0.18	0.36	0.34	0.22	0.17	0.18	0.25	0.18	0.21	0.52	0.20	
Species Richness 豐富度指數	1.53	1.66	1.42	1.34	1.82	1.76	1.86	1.76	2.31	1.26	1.69	
Pielou evenness index 均勻度指數	0.85	0.67	0.75	0.86	0.86	0.93	0.86	0.93	0.76	0.62	0.90	
底棲性魚類種類數	4	5	3	4	5	3	4	3	6	2	4	
游泳性魚類種類數	5	3	3	3	5	4	3	4	6	3	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冬季調查；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	瑞峰國小				關山 15 號橋				關山 7 號橋		
	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋
Eropbdellidae											
<i>Eropbdella</i> sp.					2.22	2.22					
仙女蟲科											
<i>Brachiura</i> sp. 尾鰓蚓										1.39	
方胸龍蟲科											
Noteridae gen. sp.		1.59									
長角泥蟲科											
Elmidae gen. sp.	84.44			26.67	35.56	35.56	35.56	33.33	25.93	5.56	31.48
細牙蟲科											
Hydraenidae gen. sp.				4.44				2.22			
牙蟲科											
Hydrophilidae gen.sp.					4.44	4.44					
螢科											
Lampyridae gen.sp.		1.59									
扁泥蟲科											
Psephenidae gen. sp.					8.89	8.89					
蠓科											
Ceratopogonidae gen.sp.	2.22				11.11	11.11					
搖蚊科											
<i>Ablabesmyia</i> sp.								2.22			
<i>Chironomus</i> spp.	37.78	4.76		4.44	17.78	17.78	2.22		7.41		
蚊科											
<i>Culex</i> sp. 家蚊					15.56	15.56			14.81		
大蚊科											
Tipulidae gen.sp.		1.59									
亮大蚊科											
<i>Hexatoma</i> sp. 黑大蚊屬	2.22		1.85	4.44	4.44	4.44					1.85
四節蜉科											
<i>Baetis</i> sp.	15.56	15.87	7.41	13.33	4.44	4.44	60.00	22.22	7.41	13.89	14.81
<i>Cloeon</i> sp.			1.85								
<i>Pseudocloeon</i> sp. 雙尾小蜉			7.41				4.44		7.41		
細蜉科											
<i>Caenis</i> sp. 姬蜉					4.44	4.44		2.22	44.44		
蜉科											
Ephemeridae gen. sp.									7.41		
<i>Ephemera</i> sp.					2.22	2.22					
扁蜉科											
<i>Ecdyonurus</i> sp.	26.67			6.67				11.11		1.39	
寬肩蜉科											
<i>Microvelia</i> sp.			7.41	55.56							
<i>Rhagovelia</i> sp.								4.44		6.94	
Veliidae gen. sp.					2.22	2.22					
小划蜉科											
<i>Micronecta</i> sp.									3.70		
黽蜉科											
<i>Rhagadotarsus</i> sp.				1.00							
<i>Metrocoris</i> sp.			1.85					1.00		1.00	
<i>Gerris</i> sp.	9.00	1.00			4.00	4.00	2.00		13.00		1.00
仰蜉科											
<i>Anisops</i> sp.	2.22										
水蜉科											
<i>Mesovelia</i> sp.				2.22				28.89			
魚蛉科											
Corydalidae gen. sp.	4.44										
細蟴科											
<i>Paracercion</i> sp.											
<i>Pseudagrion</i> sp.				2.22	13.33	13.33		2.22			
幽蟴科											
<i>Euphaea formosa</i> 短腹幽蟴*	31.11				17.78	17.78	4.44	6.67	22.22		
春蜓科											
Gomphidae gen. sp.					15.56	15.56					
<i>Asiagomphus</i> sp.								4.44			
蜻科											
<i>Onychothemis</i> sp.								2.22			
Libellulidae gen. sp.					13.33	13.33					

物種名	瑞峰國小				關山 15 號橋				關山 7 號橋		
	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋
石蠅科											
<i>Neoperla</i> sp.	15.56	1.00	7.41	8.89			17.78		7.41		7.41
紋石蛾科											
<i>Cheumatopsyche</i> sp.	75.56	5.00	22.22	53.33	91.11	91.11	108.89	15.56	88.89	13.89	55.56
<i>Hydropsyche</i> sp.			20.37	4.44				6.67	100.00		29.63
Hydropsychidae gen. sp.	17.78										
指石蛾科											
Philopotamidae gen. sp.	8.89		20.37	6.67					59.26	1.39	
管石蛾科											
Psychomyiidae gen. sp.				2.22							
匙指蝦科											
<i>Caridina pseudodenticulata</i>	17.78	8.06	23.28	17.82	7.05	7.05	44.96	20.35		13.89	2.63
假鋸齒米蝦*											
<i>Caridina</i> sp.	4.44										
長臂蝦科											
<i>Macrobrachium asperulum</i>	1.21	2.09	6.81	4.08	21.24	21.24	7.83	12.29	0.01		
粗糙沼蝦											
<i>Macrobrachium nipponense</i>	1.28	0.04			0.17	0.17		0.50	2.96	2.00	17.35
日本沼蝦											
蜆科											
<i>Corbicula fluminea</i> 臺灣蜆					2.22	2.22					
山椒蝸牛科											
<i>Ass iminea taiwanensis</i>											
臺灣山椒蝸牛								2.22			
錐蝸科											
<i>Tarebia granifera</i> 瘤蝸											11.11
<i>Thiara scabra subsp. scabra</i> 塔蝸								4.44			8.89
扁蝸科											
<i>Gyraulus spirillus</i> 圓口扁蝸					2.22	2.22					
Total species 種類數	18	23	16	11	12	10	12	12	9	17	20
總數量(隻)	358.16	299.12	412.27	42.58	175.89	61.33	128.24	294.80	161.73	218.46	198.58
Shannon's diversity index 多樣性指數	2.31	1.90	2.20	2.22	2.52	1.95	1.80	2.58	2.22	1.76	1.75
Dominance Index 優勢度指數	0.13	0.20	0.13	0.16	0.13	0.17	0.22	0.09	0.14	0.20	0.21
Species Richness 豐富度指數	2.89	2.61	2.27	2.97	3.85	2.13	1.93	3.59	2.71	1.78	1.57
Pielou evenness index 均勻度指數	0.80	0.79	0.88	0.78	0.80	0.79	0.72	0.86	0.80	0.84	0.79

\*：臺灣特有種；關山 7 號橋因河道工程因此未進行冬季調查；資料來源：本計畫

表 3-5 後堀溪瑞峰國小樣點附著藻類定量調查結果

	季次	春	夏	秋	冬
<b>Bacillariophyta 矽藻門</b>					
<i>Achnanthes</i> sp.		23333	18667	5120	10240
<i>Cyclotella</i> sp.				5120	5120
<i>Cymbella</i> sp.		42000	9333	5120	10240
<i>Diatoma</i> sp.		14000	200667		
<i>Encyonema</i> sp.		4667	23333	40960	10240
<i>Fragilaria</i> sp.		84000	56000		
<i>Gomphonema parvulum</i>				5120	10240
<i>Gomphonema</i> sp.		28000	144667	5120	10240
<i>Mastogloia</i> sp.		23333	4667		
<i>Navicula cryptocephala</i>				10240	10240
<i>Navicula mutica</i>				5120	5120
<i>Navicula pupula</i>				5120	5120
<i>Navicula radiosa</i>				5120	5120
<i>Navicula</i> spp.		65333	18667	10240	10240
<i>Neidium</i> sp.				5120	5120
<i>Nitzschia palea</i>				5120	10240
<i>Nitzschia</i> spp.		18667	60667	5120	5120
<i>Pinnularia major</i>				10240	5120
<i>Pinnularia</i> sp.				10240	5120
<i>Rhoicosphenia</i> sp.		37333			5120
<i>Sellaphora</i> sp.				5120	10240
<i>Synedra acus</i>					5120
<i>Synedra ulna</i>				40960	20480
<i>Synedra</i> sp.		18667	200667	10240	10240
<i>Surirella</i> sp1.				5120	5120
<i>Surirella</i> sp2.					5120
<b>Charophyta 輪藻門</b>					
<i>Cosmarium</i> sp.		4667			
<b>Chlorophyta 綠藻植物門</b>					
<i>Oedogonium</i> sp.					20480
<i>Mougeotia</i> sp.		9333	70000		10240
<b>Cyanobacteria 藍菌門</b>					
<i>Oscillatoria tenuis</i>					5120
<i>Oscillatoria</i> sp.		4667	9333		10240
<b>原生動物</b>					
<i>Strobilidium</i> sp1.				5120	10240
Total species 種類數		14	12	21	28
Total cell count.		378000	816667	204800	240640
Shannon's diversity index 多樣性指數		2.32	1.99	2.68	3.23
Dominance Index 優勢度指數		0.12	0.17	0.10	0.04
Species Richness 豐富度指數		1.01	0.81	1.64	2.18
Pielou evenness index 均勻度指數		0.88	0.80	0.88	0.97
Saprobity Index 腐水度指數		2.43	1.85	2.27	2.23
		$\beta$ -中腐水	$\beta$ -中腐水	$\beta$ -中腐水	$\beta$ -中腐水

關山 7 號橋因河道工程因此未進行冬季調查；資料來源：本計畫

綜合後堀溪水體環境評估結果顯示(表 3-6)，第一季調查各樣點水質環境評估大致都介於未(稍)受污染至中度污染之間，以未受(稍受)污染為主。三個樣點各項生物指數中，除了關山 7 號橋的科級生物指標(FBI)為嚴重污染外，其餘樣點都呈現未(稍)受污染至輕度污染之間。主要原因在於關山 7 號橋調查到的底棲生物多以耐污性高的 *Chironomus* spp.、*Culex* sp.等為主，使得 FBI 指數呈現較差的狀況。第二季調查各樣點水質環境評估皆以未(稍)受污染為主，而其他生物指標中，除了關山 7 號橋的魚類生物整合性指標(IBM)因為調查到的物種以高耐污性的 條為主，使得指數呈現中度干擾外，其餘樣點都呈現未(稍)受污染至輕度污染之間。第三季受到颱風強降雨造成的高濁度影響，各樣點水質皆以中度污染為主，生物指數方面則介於未(稍)受污染至輕度污染之間，代表強降雨雖然會對個體較弱的生物體造成影響，但是整體而言並未造成生物組成上的嚴重改變。第四季調查中因為關山 7 號橋受到河道工程影響因此並未進行調查，而瑞峰國小及關山 15 號橋水質評估皆為未(稍)受污染的狀態，生物指數方面皆呈現未(稍)受污染至輕度污染的狀況。

表 3-6 後堀溪流域水體環境評估總表

環境評估指標	季節	瑞峰國小	關山 15 號橋(上)	關山 7 號橋(下)
河川污染指數(RPI)	春	1	1.5	1
		未(稍)受污染	未(稍)受污染	未(稍)受污染
	夏	1	1.5	1
		未(稍)受污染	未(稍)受污染	未(稍)受污染
	秋	3.3	3.3	3.75
冬	1	1	-	
科級生物指標 (FBI)	春	4.03	4.99	6.79
		優良	普通	嚴重污染
	夏	4.75	5.20	4.22
		普通	輕度污染	優良
	秋	4.04	4.02	3.87
冬	4.11	3.04	-	
生物指數 (BI)	春	24	29	21
		未受污染	未受污染	未受污染
	夏	14	15	12
		輕度污染	輕度污染	輕度污染
	秋	12	15	12
冬	21	25	-	
魚類生物整合性指 標(IBM)	春	44	44	42
		輕度干擾	輕度干擾	輕度干擾
	夏	38	44	34
		輕度干擾	輕度干擾	中度干擾
	秋	40	44	38
冬	42	44	-	
		輕度干擾	輕度干擾	-

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

#### 四、本年度調查結果與往年文獻比較

本計畫四季共調查到 3 目 7 科 14 種魚類，包含保育類 1 種、臺灣特有種 9 種及外來種有 3 種。調查範圍皆為非感潮帶，並與 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，該報告中以關山 12 號橋樣點較接近本計畫之調查樣點瑞峰國小，介於關山 7 號橋至瑞峰國小之間，因此以下比較結果僅以該樣點進行比較分析，分析結果如圖 3-3 及表 3-7：

本計畫瑞峰國小樣點共調查到 4 科 11 種魚類(1 種保育類及 9 種臺灣特有種)、2 科 3 種蝦蟹類(1 種臺灣特有種)、21 科水生昆蟲及 1 科 1 種環節動物，未調查到螺貝類；文獻資料的關山 12 號橋共調查到 4 科 10 種魚類(1 種保育類及 7 種臺灣特有種)、3 科 5 種蝦蟹類(2 種臺灣特有種)、3 科 5 種螺貝類及 12 科水生昆蟲。魚類調查結果較 2004 年報告多調查到臺灣石鱖(*Acrossocheilus paradoxus*)、高身白甲魚(*Onychostoma alticorpus*)及何氏棘鮑(*Spinibarbus hollandi*)，但是並未調查到鯽(*Carassius auratus auratus*)與短吻紅斑吻鰕虎(*Rhinogobius rubromaculatus*)；蝦蟹類未調查到鋸齒新米蝦(*Neocaridina denticulata*)及黃綠澤蟹(*Geothelphusa olea Shy*)；螺貝類未調查到臺灣蜆(*Corbicula fluminea*)、網蝨(*Melanoides tuberculatus tuberculatus*)、錐蝨(*Stenomelania plicaria*)、瘤蝨(*Tarebia granifera*)及石田螺(*Sinotaia quadrata*)；多調查到 1 種環節動物；水生昆蟲多調查到 13 科，未調查到 4 科。整體而言，魚類調查於本計畫中與 2004 年結果並無明顯差異，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。

表 3-7 後堀溪水域生物文獻比較

類別	學名	關山 12 號橋	瑞峰國小	註
魚類	<i>Tachysurus brevianalis</i> 短臀瘋鱧	◎	◎	◎
	<i>Sinogastromyzon nantaiensis</i> 南臺中華爬岩鰍	◎	◎	★
	<i>Acrossocheilus paradoxus</i> 臺灣石魚賓		◎	◎
	<i>Candidia barbata</i> 臺灣鬚鱧	◎	◎	◎
	<i>Carassius auratus auratus</i> 鯽	◎		
	<i>Hemiculter leucisculus</i> 餐條	◎	◎	
	<i>Microphysogobio alticarpus</i> 高身小鰈鮒	◎	◎	◎
	<i>Onychostoma alticarpus</i> 高身白甲魚		◎	◎
	<i>Opsariichthys pachycephalus</i> 粗首馬口鱧	◎	◎	◎
	<i>Spinibarbus hollandi</i> 何氏棘鮳		◎	◎
	<i>Rhinogobius maculafasciatus</i> 斑帶吻鰕虎	◎	◎	◎
	<i>Rhinogobius nantaiensis</i> 南台吻鰕虎	◎	◎	◎
	<i>Rhinogobius rubromaculatus</i> 短吻紅斑吻鰕虎	◎		◎
蝦蟹類	<i>Caridina pseudodenticulata</i> 假鋸齒米蝦	◎	◎	◎
	<i>Caridina</i> sp. 米蝦屬		◎	
	<i>Neocaridina denticulata</i> 鋸齒新米蝦	◎		
	<i>Macrobrachium nipponense</i> 日本沼蝦	◎	◎	
	<i>Macrobrachium asperulum</i> 粗糙沼蝦	◎	◎	
	<i>Geothelphusa olea</i> Shy 黃綠澤蟹	◎		◎
螺貝類	<i>Corbicula fluminea</i> 臺灣蜆	◎		
	<i>Melanoides tuberculatus tuberculatus</i> 網蝽	◎		
	<i>Stenomelania plicaria</i> 錐蝽	◎		
	<i>Tarebia granifera</i> 瘤蝽	◎		
	<i>Sinotaia quadrata</i> 石田螺	◎		
環節動物	Naididae 仙女蟲科		◎	
水生昆蟲	Noteridae 方胸龍蝨科		◎	
	Elmidae 長角泥蝨科		◎	
	Hydraenidae 細牙蝨科		◎	
	Lampyridae 螢科		◎	
	Ceratopogonidae 蠓科		◎	
	Chiromidae 搖蚊科	◎	◎	
	Tipulidae 大蚊科		◎	
	Limoniidae 亮大蚊科		◎	
	Baetidae 四節蜉科	◎	◎	
	Caenidae 細蜉科	◎	◎	
	Heptageniidae 扁蜉科	◎	◎	
	Veliidae 寬肩蝽科		◎	
	Gerridae 黓蝽科	◎	◎	
	Notonectidae 仰蝽科		◎	
	Mesoveliidae 水蝽科		◎	
	Corydalidae 魚蛉科		◎	
	Coenagrionidae 細蟴科	◎	◎	
	Euphaeidae 幽蟴科	◎	◎	
	Platycnemididae 琵琶蟴科	◎	◎	
	Libellulidae 蜻蛉科	◎		
	Perlidae 石蠅科	◎	◎	
	Hydropsychidae 紋石蛾科	◎	◎	
	Philopotamidae 指石蛾科		◎	
Psychomyiidae 管石蛾科		◎		
Ecnomidae 長鬚石蛾科	◎			

★：保育類；◎：臺灣特有種

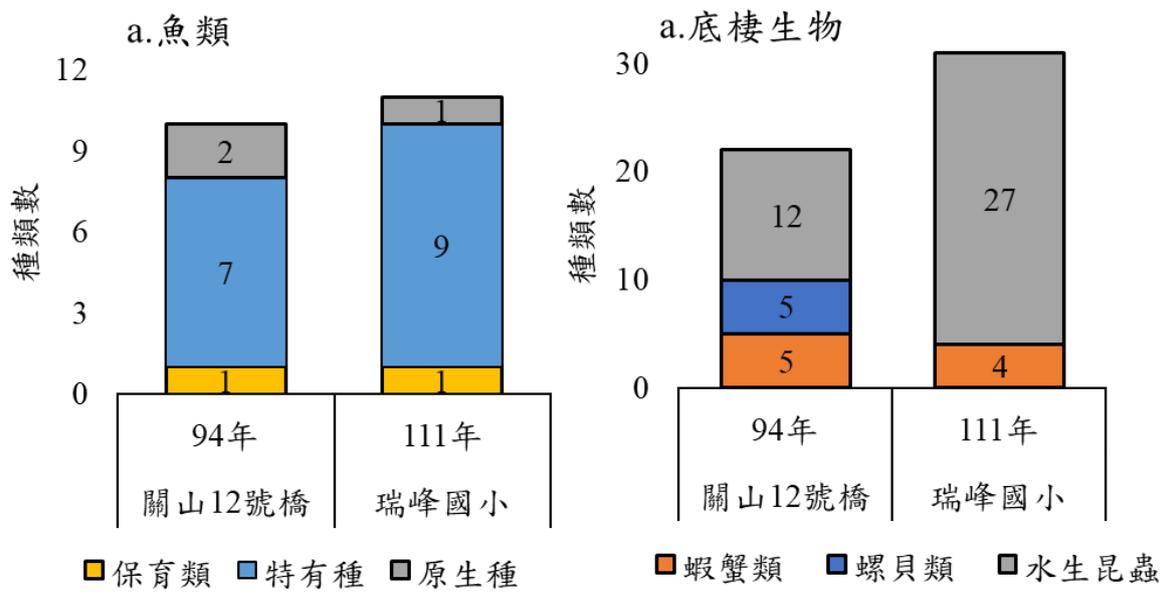


圖 3-3 後堀溪魚類及底棲生物調查結果文獻比較

### 第三章 結論

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 44 科 67 種，分別為魚類 3 目 7 科 11 種與底棲生物 14 目 37 科 53 種，包含保育類的南臺中華爬岩鰍 1 種、特有種 11 種及外來種線鱧、尼羅口孵非鯽及豹紋翼甲鯰共 3 種。雖然於四季調查中並未於瑞峰國小樣點調查到外來種的紀錄，但是仍需注意該樣點之上下游皆已調查到外來種的蹤跡，進而影響封溪護魚後的族群生態。除此之外，三個樣點皆有調查到保育類的南臺中華爬岩鰍，所以在日後需持續追蹤其族群數量是否穩定，以瞭解該地區環境水體狀況是否改變。

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、尼羅口孵非鯽及豹紋翼甲鯰等，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流域並具有穩定族群時，勢必會對當地原生魚種造成威脅，因此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、相較於 94 年調查報告，本計畫調查到的原生蝦蟹類有明顯減少或消失的現象，其中包含臺灣特有種的黃綠澤蟹，主要喜愛棲息於山溝旁的泥質洞穴、裸露或隱藏的草叢、交錯的樹根下等，並以有機碎屑為食的雜食性淡水蟹，其族群的減少或消失代表著該棲地的健康狀況，嚴重則可能影響到整河川生態系統，因此應注意且減少相關河道及河岸工程干擾，包含(1)工程盡量避開生殖季節及生殖棲地(2)若是需要進行護岸工程時，也應盡量避免大型機具直接擾動河道，並且盡可能不要全面水泥護坡，若必需進行水泥護坡時，應減緩堤坊坡度避免設計垂直護岸，或是設立逃脫坡道以避免工程造成的橫向阻隔、(3)建議若是進行河道中相關工程時，可以進行半半施工，以維護部份水生生物之棲地(4)若是進行攔沙壩工程時，應考量設置魚梯，或設立緩坡或跌水工法，以去除縱向性阻隔。

三、本計畫調查期間皆有調查到保育類南臺中華爬岩鰍，但是在歷次調查結果發現其數量有明顯減少的趨勢，至冬季時則未調查到。南臺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，因其棲地遭受破壞或是污染物進入水體，因此除了降低相關河道及河岸工程干擾外，為維持後堀溪水質狀況，建議應於中上游段增設定期監測水質監測樣點，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。
- 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。生物による水質調査法，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 characteristics 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.
- Sládeček 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 integrity. 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、物種及採樣工作照



瑞峰國小-1



瑞峰國小-2



關山 15 號橋-1



關山 15 號橋-2



關山 7 號橋-1



關山 7 號橋-2



關山 7 號橋施工照-1



關山 7 號橋施工照-2



南臺中華爬岩鰍  
(*Sinogastromyzon nantaiensis*)



粗首馬口鱮  
(*Opsariichthys pachycephalus*)



短臀瘋鱮(*Tachysurus brevianalis*)



臺灣石鱮(*Acrossocheilus paradoxus*)



何氏棘鰍(*Spinibarbus hollandi*)



臺灣鬚鱮(*Candidia barbata*)



鰲條(*Hemiculter leucisculus*)



高身小鰾鮒(*Microphysogobio alticorpus*)



尼羅口孵非鯽  
(*Oreochromis niloticus niloticus*)



線鱧(*Channa striata*)



南台吻鰕虎(*Rhinogobius nantaiensis*)



豹紋翼甲鯰(*Pterygoplichthys pardalis*)



粗糙沼蝦(*Macrobrachium asperulum*)



假鋸齒米蝦(*Caridina pseudodenticulata*)



日本沼蝦(*Macrobrachium nipponense*)



斑龜(*Mauremys 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(蘇伯氏採集網)



底棲生物採集(踢擊網)



附著藻類採集



現場簡易水質