

《東大溪亮起來——礮間淨化場完工後河川生命力之
診斷》第一季（2022 年 6 月）成果報告

(壹) 前言

一、 計畫目標

東大溪為東海大學大學南側與台中工業區交界的河道，下游匯入南邊溪後注入筏子溪。每天收納來自東海夜市商圈約 10,000 公噸的廢水，為其中下游生態與環境品質不佳的主要原因。台中市政府與東海大學合作爭取前瞻基礎建設計畫之水環境建設經費 3 億元，於東大溪上游進行污水截流，並研擬設置礫間淨化場，提升水環境品質。東海大學師生與行政團隊已從 2019 年 2 月計畫籌備至 2021 年 11 月落成期間，全程參與，落實公私協力。東海大學環境與生態研究中心組成生態調查團隊，於 2020 年 2 月 20 日開工起，分四季進行為期一年的生態調查（2020 年 3 月至 2021 年 2 月），並落實施工期間的生態檢核至完工日止（2021 年 8 月 21 日）。依完工水質淨化前四季的調查生物結果與指標顯示，東大溪溪流的生態條件差，包括微生物、藻類、水棲昆蟲、魚類的生物指標皆顯示重度污染。濱溪帶植物雖以外來種佔優勢，但覆蓋度高，陸域節肢動物，兩棲爬蟲類、鳥類數量較多。

溪流水質淨化直接影響的是民眾主觀的視覺和味覺感受，若能從棲息於溪流中與濱溪帶不同類群生物之族群量變化與組成，更能客觀反映與診斷溪流的生態系功能與生命力。本計畫延續完工前的生態調查，以同樣的方法進行完工後的生物多樣性與生態指標調查，並作淨水前後的比較。預計調查的類群包括微生物、藻類、植物、水棲昆蟲、兩棲爬蟲類、鳥類、陸域節肢動物、哺乳動物等八大類。東大溪計畫的完成已逐漸成為前瞻基礎建設計畫中水環境建設的亮點，本計畫的執行結果將以科學數據實證研究，從生態的角度來診斷東大溪計畫在環境品質改善、生態系功能回復，以及恢復河川生命力的成效，至 2022 年 6 月底完成第一季的調查，在此匯整調查成果。

二、 計畫範圍

計畫範圍包含東海大學路思義教堂西側及南側的東大溪溪段，與緊鄰教堂東側的大社支線，以及教堂東北側近東西走向中央水圳。除了針對計畫範圍進行生態調查，本計畫亦將評估計畫範圍區與筏子溪在生態綠網評估上的關聯性，以及後續保育措施。故進一步調查計畫區外東大溪中下游至筏子溪間的溪段。本計畫整體調查範圍涵蓋全段東大溪及上游位於東海大學校園內的兩條水圳。

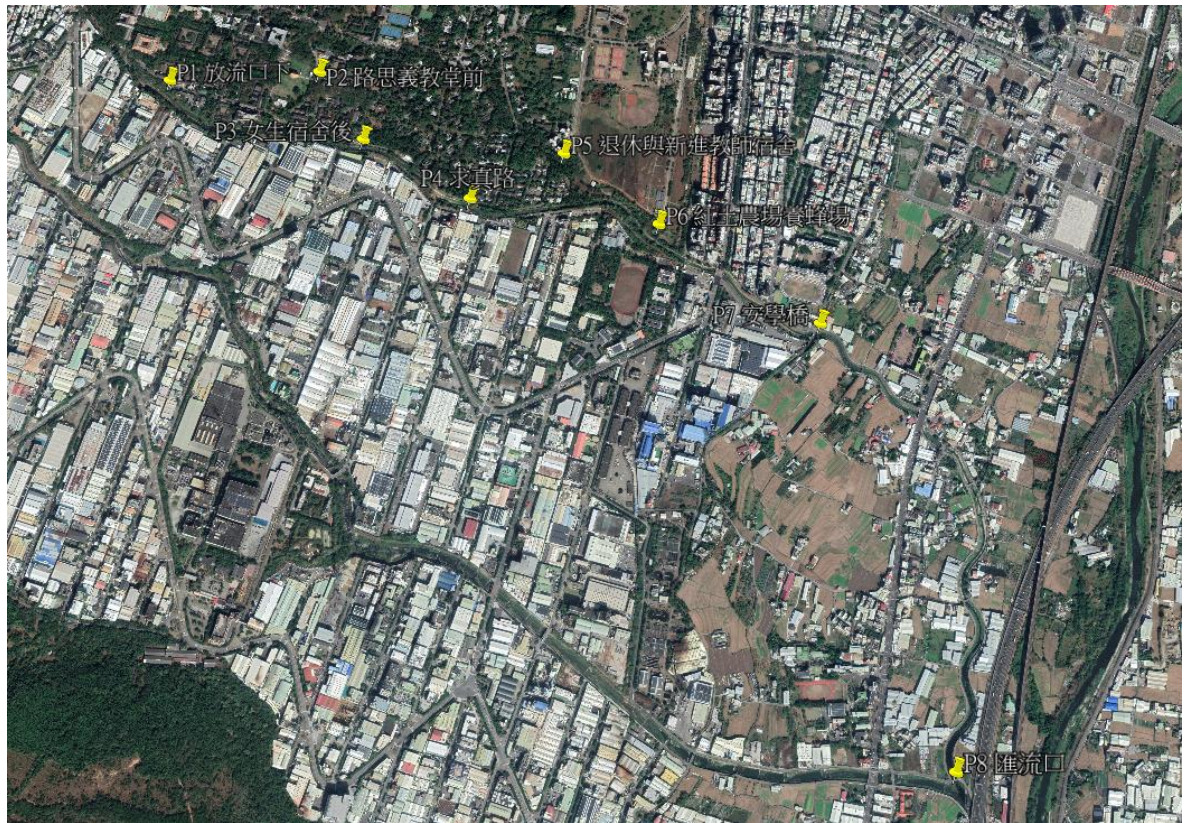


圖一、計畫區內與區外生態調查範圍(以樂工程顧問公司生態檢核報告提供)

(貳) 背景資料

根據東大溪水環境及鄰近區域環境改善工程的期末報告（江智民，2021），在八個水陸域共同調查樣點（圖二）中所累積的四季調查結果顯示大溪溪流的生態條件差，包括微生物、藻類、水棲昆蟲、魚類的生物指標皆顯示重度污染。濱溪帶植物雖以外來種佔優勢，但覆蓋度高，陸域節肢動物，兩棲爬蟲類、鳥類數量較多。以下分別各類群的狀況作簡要描述。1) 微生物：大腸桿菌和酵母菌超標，尤其在鄰近東別地區，溪流有自淨效果，微生物能反映水質的時間和空間變化；2) 藻類：因為流動水域，未發現浮游性藻類，附生藻類以矽藻最多，整體來說，依藻屬指數來看校內各樣點皆顯示嚴重污染；3) 植物：外來種佔優勢，全年調查中，覆蓋率前四名皆為外來種，包括巴拉草、葎草、大花咸豐草、小花蔓澤蘭，合計相對覆蓋率佔 47.3%，前十名中外來種佔總覆蓋率 52.5%，多數具入侵性。有趣的是第三季調查結果原生種的覆蓋度明顯增加，可能與調查一個月疏圳作業後，優勢外來種被移除後生態棲位空出有關，然而，第四季調查結果，外來種的覆蓋率又回歸優勢；4) 水棲昆蟲：雙翅目佔 98.6%，其中搖蚊科為最優勢類群（94.6%），整體來說水質很差，昆蟲科級指標顯示為嚴重污染（FBI=7.68-9.43），多樣性低；5) 節肢動物：陸域節肢動物的

數量與濱溪帶灌叢密度有關，下游的數量和多樣性高於上游近東海別墅的樣點，工程的進行及污染對節肢動物的數量與多樣性有負面影響；6) 魚蝦蟹類：3 科四種魚類，分別為雜交吳郭魚、食蚊魚、黃鱔、孔雀魚，皆為外來種魚類，無蝦蟹記錄，樣本皆於中下游段校區外的 P7-P8 處出現。由於。生物整合指標 (IBI) 顯示中度到嚴重受損，魚類污染耐受指標 (FTI) 顯示為最差的狀況，不適合魚類生存，四季皆屬高污染狀態，預估即使水質改善後，因中下游攔砂壩的阻隔，不會有魚蝦蟹類進入上游地區，故本計畫不作魚蝦蟹類的調查；7) 兩棲：兩棲類以澤蛙數量最多，其次為斑腿樹蛙，後者分布最廣，6 個樣區有記錄。爬行類以斯文豪氏攀蜥數量最多，疣尾蜥處最廣，分布於 7 個樣點。斑龜僅日間出現在 P8，蛇類僅兩筆記錄，包括 P6 的鈎盲蛇和 P8 的雨傘節。P1 樣點，原有水塘發現澤蛙、頁德氏赤蛙和斑腿樹蛙皆因施工作業填土而消失；8) 鳥類：總計全年調查共記錄 74 種 9,883 隻次，保育類鳥種 8 種，包含 6 種二級保育類（八哥、彩鵲、鳳頭蒼鷹、松雀鷹、紅隼、黑翅鳶）及 2 種三級保育類（燕鴿、紅尾伯勞）。以留鳥為大宗，記錄到的棲息地包含樹林、灌叢、草叢、溪流等。整體而言，校內的樣點在整年度的監測時間內鳥類相沒有明顯的變化。在東大溪的兩側邊坡草叢及溪底活動的鳥類會是溪流整治最先衝擊到的種類；9) 哺乳類的自動相機監測共記錄 241 張有效照片包含 5 種哺乳動物（表 2），分別為白鼻心、溝鼠、鬼鼠、貓及狗。整合 2020 年整年的資料，以白鼻心、貓和狗的 3 種哺乳動物的出現頻度較高，溝鼠及鬼鼠僅少量的被記錄到。鼠籠調查僅在校外人居環境週遭（P7，P8）及校內的 P4 捕捉鬼鼠、小黃腹鼠及溝鼠，穿越線調查除了 P7，P8 農田間常見的小黃腹鼠和鬼鼠外，還有校園林木間的赤腹松鼠。翼手目蝙蝠記錄一種（東亞家蝠）數量以第三季最多。白鼻心和貓的出現頻度指數在空間分布上相似，受工程影響較顯著的地區（P1 和 P2），於第二季後白鼻心的數量明顯減少。



圖二、生態監測水陸域調查樣點

(參) 完工後生態調查方法

本團隊將整合東海大學生命科學系之生態組教師群，組合成專業的生態調查團隊，分成微生物（汪碧涵教授）、藻類（劉少倫教授）、植物（江智民教授）、水棲昆蟲（吳立偉助理教授）、兩棲爬蟲類（關永才特聘教授）、鳥類（李坤璋博士）、陸域節肢動物（卓逸民特聘教授）與哺乳動物（林宜靜教授）等八大類群生物，於完工前之八個樣點（圖二）進行調查。並計算能反映棲地環境品質之生態指標。本計畫之生態監測將於計畫通過後，為期一年，分成四季進行調查（2022 年 6 月、9 月，12 月及 2023 年 3 月）。

本計畫之樣區依本計畫地理位置與棲地型態主要分為三大區域，分為東海大學段上游區、東大溪水域棲地復育區與東大溪下游區段。調查樣點見圖二。

(一) 水域生態

1. 調查方法

(1) 水棲昆蟲類

針對東大溪中不同河段(上游、中游、下游)，依水域環境不同選擇以蘇伯氏水網(Surber net)或者 D 型網在上述各河段下進行採樣；各樣點的採樣方式分別於河域中央及河域採集一次。採樣過程中將選定適合之水域環境(水深 50 cm 以內)進行採集，以蘇伯氏採集網或 D 型網固定採集面積(30 cm × 30 cm)。使用蘇伯氏水網時，雙手穿戴棉質手套，將網架撐開水網開口朝向上游方向，再將採集框架內粒徑較大的砂石擾洗，或以手或腳攪動底質，使攀附在河床底質的水棲昆蟲順水流入網中。而 D 型網則使用於水流緩慢或靜止之樣點使用，採集時，將 D 型網平坦面輕觸底質，以手或腳攪動網框前 30 cm × 30 cm 之底質，使攀附底質的水棲昆蟲順水流入網中，或是以 D 型網平坦面輕觸底質後，於網框前 30 cm × 30 cm 之底質來回掃動，藉以捕捉水中底棲昆蟲。

採樣時間進行約 5 分鐘，挑蟲時以鑷子將網內肉眼可見之水棲昆蟲置入 75%酒精進行保存，攜回實驗室進行鑑定，並且記錄各樣點採集到的水生昆蟲種類及數量。水生昆蟲鑑定主要參考『水棲昆蟲圖解手冊』(谷田, 1992)及『水棲昆蟲生態入門』(楊, 1992) 等著作為鑑定依據。除了部分鞘翅目(Coleoptera)以成蟲棲息於溪流的種類外，其他各目皆以幼蟲之計數為主。

(2) 藻類

藻類每半年調查一次，浮游植物每個樣站採集不同水域環境的表層水 1 公升，加入 3-5%之中性福馬林溶液固定保存，標本瓶上記錄採樣時間、地點及採

集者名字。於實驗室以浮游生物網濃縮，以顯微鏡下觀察鑑定種類及計算藻細胞數目。

附著藻類於樣區內水流平緩、上方無遮蔽物的敞開水域位置，隨機選取附近 3 顆石頭(若無石頭，以其他附生基質替代，但同一樣區的每次採樣，附生基質須要求一致)，以牙刷輕刷下所有基質上的附著藻類(圖 7-13)，每個基質每次採集固定面積(3 cm × 3 cm)，以採樣區適量原水沖洗，三個樣本混合收集於 100 mL 採樣瓶中，以 5% 之福馬林固定。攜回實驗室以顯微鏡下觀察鑑定種類及計算藻細胞數目。

(3) 微生物

a. 調查項目

(a) 紅色酵母菌總菌數、(b) 白色酵母菌總菌數、(c) 黴菌菌總菌數和 (d) 水中大腸桿菌群總菌數。

b. 調查方法

(a) 酵母菌菌落數調查

取水樣 100 ml 以 0.45 μ m 濾膜過濾，過濾後濾膜置於 Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol (DRBC) 培養基，於 25°C 培養 5 至 7 天，分別計數平板上紅色酵母菌與白色酵母菌菌落數。

(b) 黴菌菌落數調查

取水樣 100 ml 以 0.45 μ m 濾膜過濾，過濾後濾膜置於 Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol (DRBC) 培養基，於 25°C 培養 5 至 7 天，計數平板上黴菌菌落數。

(c) 水中大腸桿菌群檢測

參考環檢署公布之水中大腸桿菌群檢測方法，視水樣中微生物可能濃度範圍進行水樣稀釋步驟。使用無菌吸管吸取 10 mL 之水樣至 90 mL 之無菌稀釋液中，形成 10 倍稀釋度之水樣，混合均勻。而後自 10 倍稀釋度水樣，以相同操作方式進行一系列適當之 100、1000、10000 倍等稀釋水樣，並混搖均勻。吸取 10 mL 的原液或各稀釋度水樣至無菌過濾器中過濾，原液或各稀釋度水樣皆需進行二重複。過濾後之濾膜置於 LES Endo agar 培養基，於 35 ± 1°C 條件培養 24 ± 2 小時後，計數培養基上大腸桿菌群菌落。

(二) 陸域生態

1. 調查方法

(1) 鳥類

鳥類調查方法以定點調查法為主，穿越線調查為輔。調查時利用 8-10 倍的雙筒望遠鏡觀察沿線鳥類，並輔以鳴叫聲音辨別，記錄所有看到和聽到的鳥類種類及數量。鳥類調查時間於日出後 3 小時及日落前 3 小時的鳥類活動高峰期為主。

針對日行性猛禽則以望遠鏡搜尋突出物等偏好棲息點，及上午 8~11 時猛禽較常升空盤旋時進行調查。針對夜行性的鴟鵂科、夜鷹等鳥類，則於日落後一小時進行輔助調查，主要以聲音判別鳴叫中的動物種類，並利用強力手電筒尋找附近的鳥類，時間約 18~22 時。

(2) 哺乳類

採用與鳥類相同之穿越線，進行日行性哺乳動物調查。調查人員將沿著穿越線，以雙筒望遠鏡觀察出現於穿越線之日行性哺乳動物，記錄所有目擊與聽到的哺乳類種類及數量。除此之外，將記錄穿越線兩側 4 公尺範圍內，哺乳動物的足印、食痕、排遺、窩穴等痕跡。

小型哺乳動物調查，將於校內與東大溪下游區域進行。將於每個樣點，設置 5 個薛爾曼氏捕鼠，每個捕鼠器至少間隔 5 公尺，每次調查皆進行四夜的捕捉。

本團隊將以紅外線自動相機調查，調查中大型哺乳動物。將於校內與東大溪下游各樣點，選擇樣點周邊較大面積的森林或有動物潛在利用可能之環境，架設紅外線自動相機 3 台。本研究將使用 Reconyx HC500 HyperFire 之自動相機，於 2020 年四月間架設，持續六個月。

回收自動相機拍攝資料後，進行拍攝物種鑑定，並計算各相機的有效工作時數及各物種的有效影像數，以此計算各物種的出現頻度 OI 值 (Occurrence Index, OI)，此數值可代表物種的相對豐度。 $OI = (\text{一物種在該樣區的有效影像數量} \div \text{該樣區的相機總有效工作時數}) \times 1000$ 小時，其中相機的有效工作時數乃指相機開機後至拍攝最後一段影像之間的時間間隔，以小時為單位；總工作時數則是各次工作時數的總和；有效影像計算方式如下：(a) 同一物種於一小時內，無論拍攝張數多少，均僅記錄為 1 筆有效影像、(b) 若 1 張(段)影像內有 2 隻以上個體，每隻

都視為 1 筆有效影像；但常成群活動的物種，如臺灣獼猴、臺灣野豬與家犬等，則以群為取樣單位，即 1 張影像中無論出現多少個體，都只記錄為 1 筆有效影像

(3)陸域植物

a. 調查範圍與穿越線規劃

依調查範圍內既有道路(如農路、道路或公路等)，沿道路進行穿越線調查，以步行方式行走之可穿越之既有道路記錄植被種類或以步行的方式行走並穿越河道、草地及森林，進行穿越線調查。穿越線調查項目含括：(a)維管束植物名錄、(b)珍貴稀有植物調查。

調查範圍與棲地描繪部分，以生物棲地之角度，調查各類型棲地分布現況，並以調查資訊能夠反饋至棲地管理或規劃設計相關作業為原則，進行棲地分類與調查。植被調繪係克服陡峻之困難地形，以及快速獲取面狀植群分布資訊所發展之植物調查方式，並將記錄資訊於室內製圖。分類單元依植被外觀形相、人為干擾程度、地表基質條件，以及植物種類組成進行分類界定。調查路徑以可以於現地觀看所有棲地外觀與分布為原則，觀看範圍內所有森林、草地與灌叢、人工地盤的棲地現況。

b. 樣方調查

為量化各物種之豐富度，東大溪流內植物調查將於最接近各陸域樣點河道之中央與近左右岸處放置樣方，並進行物種辨識與各別物種覆蓋度之估算。

(4)陸域兩棲爬蟲類

調查方法包括目視遇測法和鳴叫計數法，調查以捕捉、目睹、聽覺、翻閱地面遮蓋物等方式進行，同時也檢閱路邊的遺骸。由於許多種類是夜行性動物，所以將包括日間和夜間的調查。日間主要針對蜥蜴和龜鱉類動物，時間約為上午 8~12 時；夜間則針對兩棲類、壁虎科及蛇類進行調查，調查時間約為 18~22 時進行。調查時記錄看到和聽到的種類和數量，並注意穿越線附近可能有兩棲爬蟲類出沒的地點，包括樹林、樹林底層、埤塘、溝渠等微棲地環境，經過重要微棲地時則進行定點調查。

(5)陸域節肢動物

本子項工作將針對東大溪樣區中不同層次的微棲地以適當之方法採集各類陸生節肢動物如昆蟲，蜘蛛及多足類等，並將採集之標本進行鑑定與分析。預計使用下列方法：

a. 坡道式陷阱 (ramp traps)

坡道式陷阱可於混凝土、水泥、石礫及柏油鋪面等地表放置。各個採樣區設置 1 個坡道式陷阱，收集樣區內之底棲性節肢動物。每個陷阱包含一個 15 cm× 12 cm × 7 cm 約 1000 mL 加蓋的塑膠盒及 2 個漏斗狀塑膠坡道。放置陷阱時，中央塑膠盒部分內含 2cm 深的 70%酒精及少量甘油和肥皂水來固定標本及破壞表面張力，加蓋部分為防止入侵者(如腐食性動物)、雨水及意外從上面掉入的無脊椎動物。在塑膠盒較長邊切割 2 個 6cm× 3 cm 開口於高 3.5cm 的位置做為坡道入口。坡道為漏斗管狀，接中央部分為 6cm，伸長 20cm 接於地表，坡道入口為 15cm。放置時間為三天。

b. 灌叢掃網及樹冠層撈網

在每一調查樣區內，設定 10 m×10 m 之，進行中層灌叢掃網及上層樹冠層撈網，採集活動及棲息於植物上之節肢動物。中層灌叢掃網是在調查樣區範圍內，高度從地面至兩公尺之間所有灌叢植被進行八字掃網。樹冠層撈網針對活動及棲息於植冠層上之節肢動物。利用頂端接直徑 60 cm 的大型撈網的長八公尺的蟲竿，在樣區內所有的木本植物進行樹冠套枝撈網。樣區所有記錄胸高植徑高於 1cm 之木本植物進行套枝抖落其上昆蟲及蜘蛛。每棵樹進行 8 個樹枝套枝各樹枝抖動 20 秒，每樹至少抖落 3 分鐘之撈網採集以期能標準化採樣之頻度。

所有方法收集之樣本放置於 70%酒精保存並鑑定。樣本除鑑定至物種層級外，另外將依物種之生態系功能分為昆蟲的授粉者、一般捕食者、寄生者、分解者、植食者等。蜘蛛功能群則以其捕食行為及結網方式分為坐等伏擊、地表捕食型、圓網型、漏斗網型、立體網型及特別捕食型等。

蝶類與蜻蛉類調查方法預計以穿越線調查法進行，並於樣區內設定數條穿越線，以步行的方式進行觀察與紀錄，蜻蛉目成蟲以目視法或雙筒望遠鏡觀察，進行物種鑑定，如未能即時判定蜻蛉目之種類時，以捕捉網進行捕捉或是以相機紀錄攝影後，攜回實驗室進行物種鑑定，記錄各穿越線所觀察到之蜻蛉目成蟲種類及數量。調查頻度為每季調查一次。

(三) 整合性指標與資料分析

本計畫針對能辨認出物種的類群，根據各物種之豐度(abundance)或頻度(frequency)，計算相對豐度(P_i ；每個物種之抽樣個體數佔總抽樣個體數之比例)，

計算物種豐富度(species richness; S)，以及依辛普森多樣性指標(Simpson's dominance index; Ds) 與 Shannon-Weiner 多樣性指標(Hs) 所回推之有效物種數(分別為 SD 和 SS) 來推估。有效物種數(S, SD, and SS) 有明確單位(種)，而且符合優質生物多樣性指標的倍增原則(趙蓮菊等，2013)，亦即群落結構維持相同的情況下，將原有群落複製並以新種取代後，合併之新群落之多樣性指標應加倍。

$$Ds = \sum_{i=1}^s$$

$$S_D = \frac{1}{Ds}$$

$$Hs = -\sum_{i=1}^s Pi \times \ln(Pi)$$

$$S_S = e^{Hs}$$

河川某些生物容易受環境因子的變化，而在族群及組成上呈現消長之情形。此類生物的消長可作為評估河川環境狀態及監控污染與否之方式，稱為生物性指標，該類生物則稱為指標性生物(Bioindicator)。本研究共使用兩種生物性指標，分別利用水生昆蟲及藻類作為指標性生物來評估河川水質狀態，詳述如下：

1. 水生昆蟲-科級生物指標 (Family-level biotic index, FBI)

科級生物指數將水質受有機質污染程度分成 7 級，對於在不同污染程度的水域調查到的水生昆蟲，各賦予一定的耐受污染物程度值(Tolerance value, TV)，從 0 至 10，耐污值越大表示該物種耐污能力越強。耐污值訂定參考徐崇斌、

楊平世(1997)、林信輝 等(2003)之研究成果。FBI 值越大表示該環境 水質受污染影響程度越大(表一)。

$$FBI = \frac{\sum(ai \times ni)}{N}$$

其中 A_i (TV_i)為第 i 科之水棲昆蟲之污染忍受值(耐污值)； n_i 為第 i 科水棲昆蟲之個體數； N 為各採樣站水棲昆蟲之總個體數。河川樣站調查所得水生昆蟲各科均有對應的污染忍受值 (TV_i)，乘上該科昆蟲的相對數量(n_i)，進行加權平均，即是科級 生物指標 FBI 值。此式中 TV 值的範圍為 0-10，根據 TV 值算出 FBI 的範圍 0.00-10.00，再劃分為 7 個等級表示水質的優良與否。

表一：水生昆蟲科級生物指標(FBI)代表之水質

FBI 分數範圍	水質
0.00-3.75	Excellent
3.76-4.25	Very Good
4.26-5.00	Good
5.01-5.75	Fair
5.76-6.50	Fairly Poor
6.50-7.25	Poor
7.26-10.00	Very Poor

2. 藻類-藻屬指數 (Generic Index, GI)

藻屬指數為中央研究院植物研究所吳俊宗所發展而來，以 矽藻中之 *Achnanthes*(曲殼藻屬)、*Cocconeis*(卵型藻屬)、*Cyclotella*(小環藻屬)、*Cymbella*(橋彎藻屬)、*Melosira*(直鏈藻屬) 和 *Nitzschia*(菱形藻屬)共 6 屬之出現頻度比值，做為水質之指標 (表二)。其求法及反應水質程度如下：

$$GI = \frac{Achnanthes + Cocconeis + Cymbella}{Melosira + Cyclotella + Nitzschia}$$

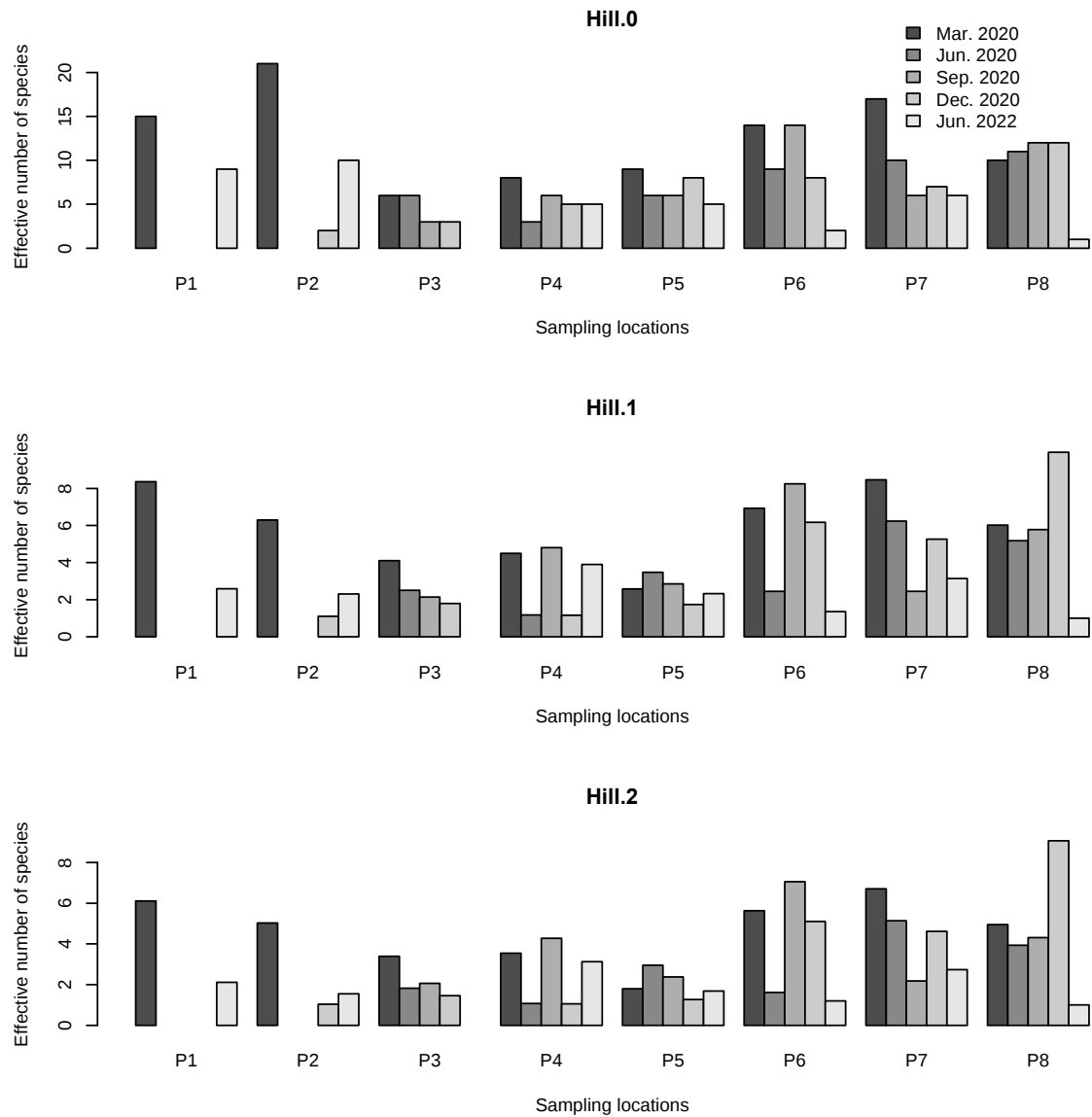
表二：GI 值與水質之關係

GI 數值	水質
$GI > 30$	極輕微污染水質
$11 < GI < 30$	微污染水質
$1.5 < GI < 11$	輕度污染水質
$0.5 < GI < 1.5$	中度污染水質
$0 < GI < 0.5$	嚴重污染水質

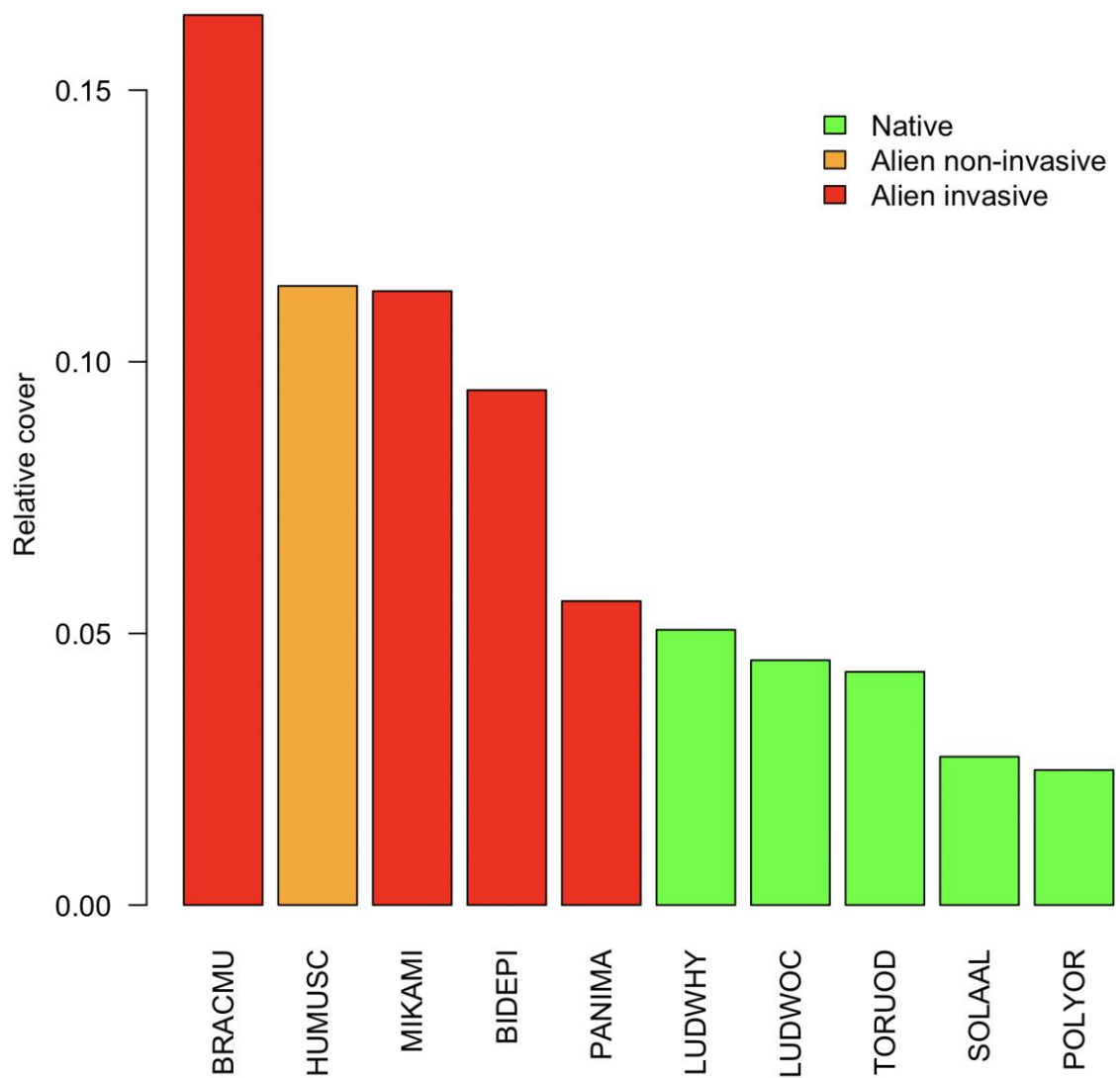
（四） 結果與討論

1. 植物類群多樣性變化追蹤監測

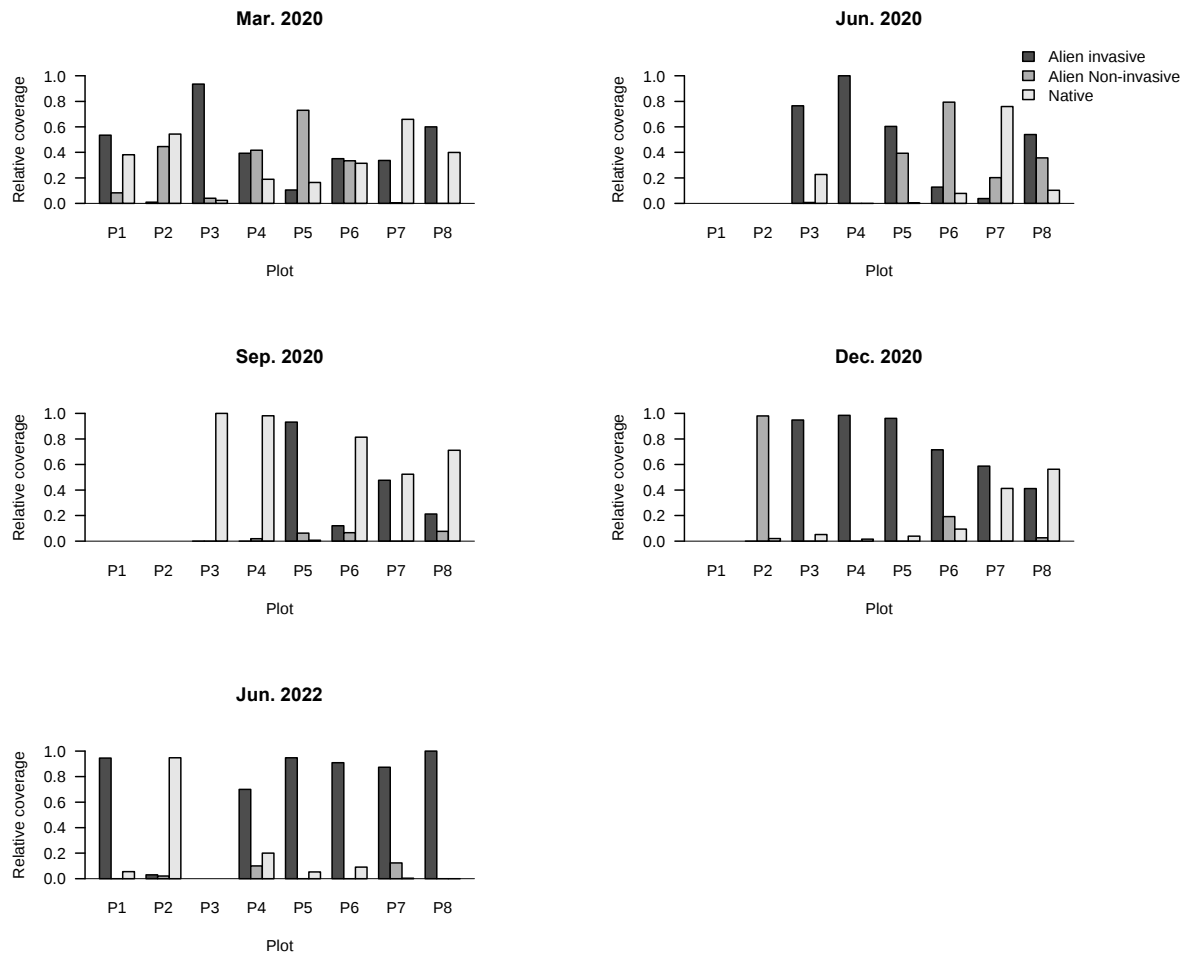
完工後植物調查於 2022 年 6 月 28 日進行，由於市府於六月初進行東大溪河的清淤工程，涵蓋口琴橋以下的河道，樣點 P3, P4, P6, P7, P8 皆受到清淤的影響而使植被覆蓋急劇減少，因而影響植被多樣性（圖三）。累計五次調查，覆蓋率前 10 名之植物種類分別為巴拉草、葎草、小花蔓澤蘭、大花咸豐草、大黍、細葉水丁香、水丁香、斷節莎、光果龍葵、紅蓼（圖四），前五名為外來種，且多具入侵特性。細部比較各樣點與各季的覆蓋度發現，完工後 P3 因清淤完全無植物覆蓋，P2 所在點為路思義教堂後的大社支線，因重現水圳文化而將處理後的水經微型發電後注入，該樣點變成溪流環境，值得注意的是，維管束植物組成幾乎皆為本地種。其他各樣點外來入侵種為優勢（圖五），此一現象亦反映在東大溪河道穿越線調查（圖六），除了上游（0-500m）以及其他零星河段（如 1300m）有一些本土物種佔比顯著，其餘河段皆以外來種佔優勢。



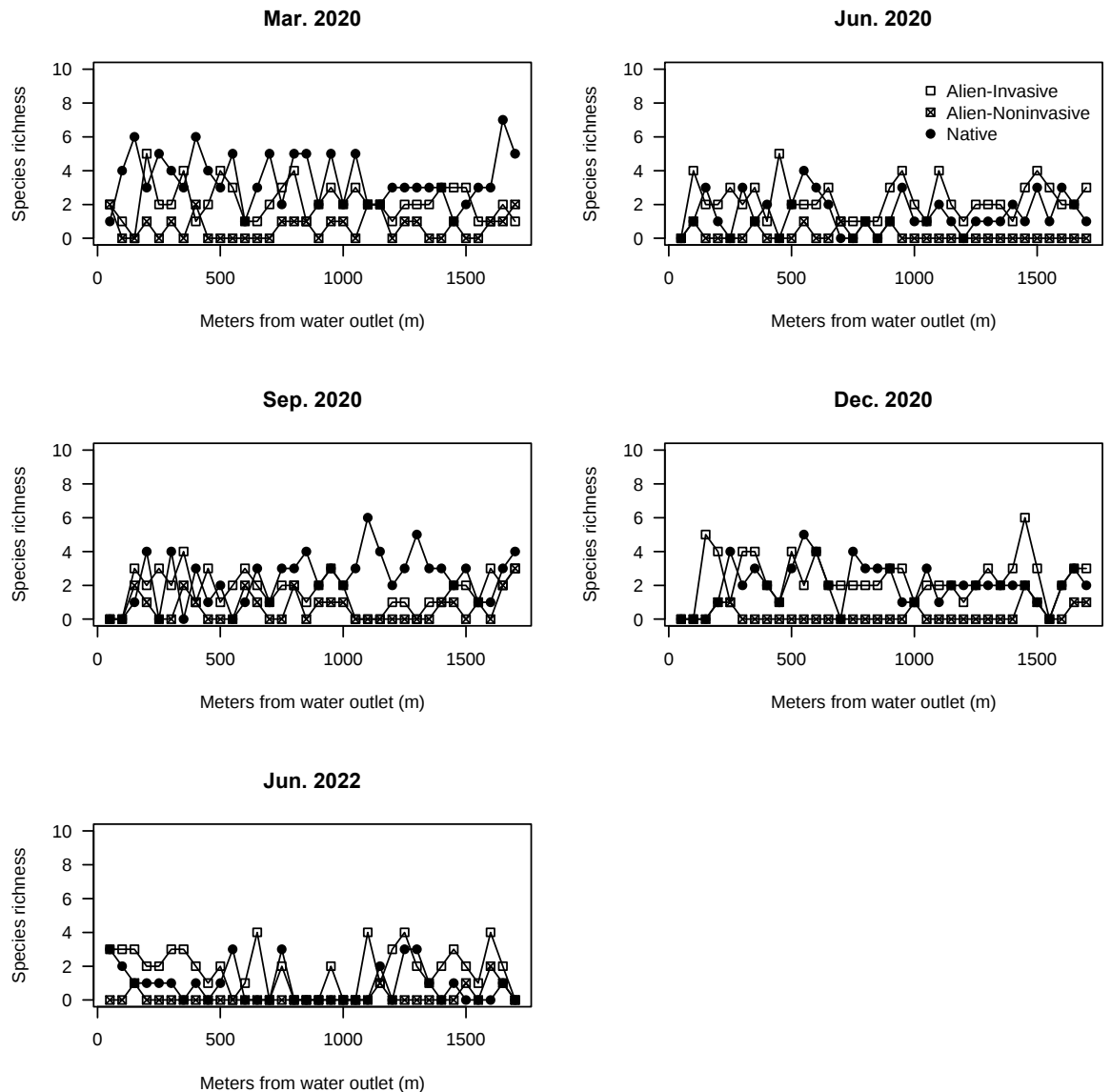
圖三：各樣點之維管束植物有效物種數。Hill.0, Hill.1, Hill.2 分別代表物種豐富度、夏農指數轉換之有效物種數及辛普森指數轉換之有效物種數。無數據之點位代表因施工而造成植被零覆蓋。



圖四：八個樣點植物五季之相對覆蓋度(前十名)與屬性，前十名依序為：巴拉草、葎草、小花蔓澤蘭、大花咸豐草、大黍、細葉水丁香、水丁香、斷節莎、光果龍葵、紅蓼。



圖五：各樣點植物類型（外來入侵種、外來非入侵種及本土種）之相對覆蓋率與完工前之比較。



圖六、自出水口向下游之植物多樣性調查

2. 鳥類類群多樣性變化追蹤監測

本季調查已 2022 年 6 月完成（表三），共記錄到 37 種 556 隻次（表四、圖七），保育類鳥種 2 種，包含 2 種二級保育類（冠八哥 *Acridotheres cristatellus*、彩鵲 *Rostratula benghalensis*）。數量最多的鳥種為麻雀、白頭翁及白尾八哥。校園內（P1-P6）物種記錄到 31 種 368 隻次，數最多的樣點為 P4 及 P6，各記錄到 19 種；數量（隻次）最高的樣點為 P6，共記錄到 121 隻次。

校園內（P1-P6）東大溪河床上活動的鳥類有 6 種，除 P5 外各樣點皆有鳥種紀錄（表五）。鳥種包含白鵲鴿（*Motacilla alba*）、小白鷺（*Egretta garzetta*）、夜鷺（*Nycticorax nycticorax*）、小環頸鴿（*Charadrius dubius*）、黃頭鷺（*Bubulcus ibis*）及黑冠麻鷺（*Gorsachius melanolophus*），其中白鵲鴿的隻次最多 P3 及 P4 記錄到最多鳥種（2 種），P4 的隻次最多（5 隻）。

校園內（P1-P6）東大溪兩側草叢及灌叢活動的鳥類只在 P3、P4 及 P6 有紀錄（表六）。共計有 4 種，包含小彎嘴（*Pomatorhinus musicus*）、斑文鳥（*Lonchura*

punctulata)、褐頭鷦鶯 (*Prinia inornata*) 及灰頭鷦鶯 (*Prinia flaviventris*)，其中小彎嘴的隻次最多。P6 的鳥種數及隻次皆最多。

在校園內的樣點中 (P1-P6) 共記錄到 31 種 368 隻次，相較 2020 年 6 月份的紀錄物種數及個體數皆較少 (2020 年 33 種 434 隻次)。值得注意的是 P1 樣點的數量變化，本次調查數量較 2020 年多 (圖二；2020：45 隻次；2022：61 隻次)。推測可能是 2020 年時 P1 樣點正值東大溪工程施工時期，工程干擾以至於棲地狀態不穩定，鳥類數量較少。本次調查時 (2022 年) 工程已完成，無其他工程擾動，鳥類受干擾程度減少，故記錄到較多數量。

另一方面，因為六月初 (2022 年) 河床有清淤作業進行，導致於河床兩側植被消失，利用此環境的鳥種因此減少，數量減少最明顯的是小彎嘴及灰頭鷦鶯。使用河床繁殖的白腹秧雞也無紀錄。此次調查除 P1 及 P2 之外，皆受清淤作業影響 (圖四)。故尚無法全面反映東大溪工程所造成的影響。

除此之外，引入種鵲鴝 (*Copsychus saularis*) 數量較 2020 年增加 3 倍 (2020：4 隻次；2022：12 隻次)。鵲鴝原棲地於南亞至中國東南部，台灣僅分佈於金門。中華民國野鳥會於 2010 年將台灣本島的個體定義為引入種，雖說目前全台擴張情況及對原生物種的影響仍不清楚，但仍要密切注意密度增加的狀況。

表三、調查日期

年度	樣點編號							
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
2020	3/24	3/25	3/24	3/24	3/25	3/25	3/18	3/18
	4/21	4/28	4/21	4/21	4/28	4/28	4/29	4/29
	5/25	5/26	5/25	5/25	5/26	5/26	5/29	5/29
	6/11	6/13	6/11	6/11	6/13	6/13	6/12	6/12
	7/16	7/20	7/16	7/16	7/20	7/20	7/21	7/21
	8/28	8/30	8/29	8/29	8/30	8/30	8/31	8/31
	9/22	9/23	9/22	9/22	9/23	9/23	9/24	9/24
	10/27	10/21	10/27	10/27	10/21	10/21	10/20	10/20
	11/18	11/20	11/18	11/18	11/20	11/20	11/19	11/19
	12/22	12/27	12/22	12/22	12/27	12/27	12/18	12/18
2021	1/20	1/28	1/20	1/20	1/28	1/28	1/29	1/29
	2/24	2/25	2/24	2/24	2/25	2/25	2/26	2/26
2022	6/20	6/21	6/20	6/20	6/21	6/21	6/22	6/22

表四、各樣點鳥類調查結果

Year	Month	Summary	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
2020	3	物種數	11	10	24	23	6	24	17	22
	3	個體數	47	29	91	106	6	84	87	75
	4	物種數	11	19	22	19	9	30	24	25
	4	個體數	34	94	161	78	30	189	181	122
	5	物種數	10	15	20	20	0	27	18	19
	5	個體數	31	51	104	95	0	153	183	121

	6	物種數	12	15	21	21	0	27	23	18
	6	個體數	45	57	98	112	0	122	186	106
	7	物種數	13	19	22	20	0	19	18	13
	7	個體數	59	44	116	117	0	155	140	100
	8	物種數	12	10	14	21	0	20	13	12
	8	個體數	24	22	131	146	0	92	162	45
	9	物種數	16	13	22	22	4	25	23	16
	9	個體數	49	91	174	165	16	220	228	74
	10	物種數	15	7	21	28	6	28	26	20
	10	個體數	103	58	111	144	7	321	225	116
	11	物種數	8	16	26	20	5	30	26	30
	11	個體數	33	76	160	95	15	147	252	207
	12	物種數	12	19	25	27	3	28	29	29
	12	個體數	44	53	122	127	8	134	229	145
	1	物種數	8	8	25	20	2	20	13	18
	1	個體數	21	43	135	107	5	68	65	142
2021	2	物種數	10	16	30	23	11	34	29	24
	2	個體數	94	115	222	124	17	201	198	147
2022	6	物種數	13	10	17	19	4	19	15	20
	6	個體數	61	17	67	96	6	121	109	79

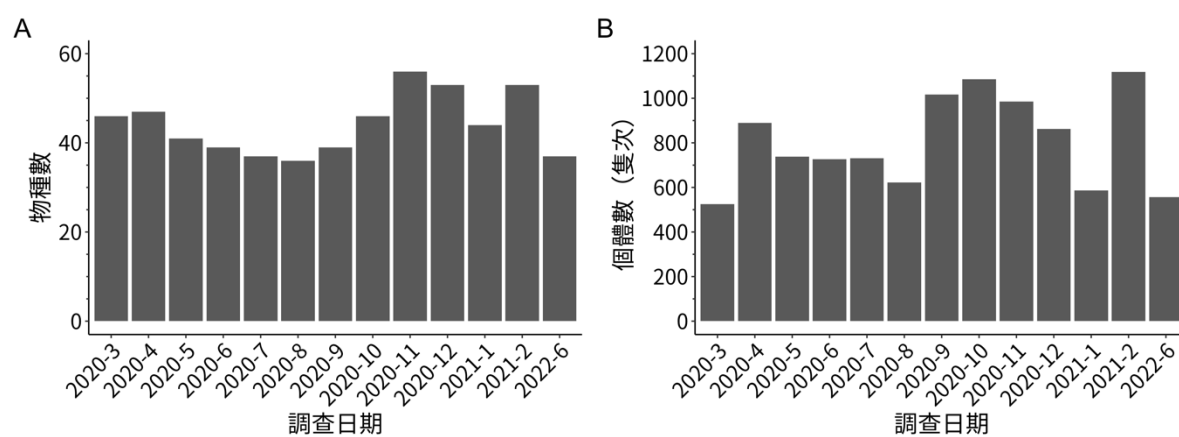
表五、校園內東大溪河床上鳥類數量

中文名	年份	樣點編號				
		P1	P2	P3	P4	P6
夜鷺	2020	0	0	1	0	0
	2022	0	0	0	0	1
小環頸鵒	2020	0	0	0	0	0
	2022	0	0	0	1	0
小白鷺	2020	0	0	1	1	2
	2022	1	0	1	0	0
白腹秧雞	2020	0	0	0	0	1
	2022	0	0	0	0	0
白鵪鶉	2020	0	1	0	2	1
	2022	0	0	0	4	0
黃頭鷺	2020	0	1	0	0	3
	2022	0	0	1	0	0
黑冠麻鷺	2020	0	1	1	0	0
	2022	0	1	0	0	0

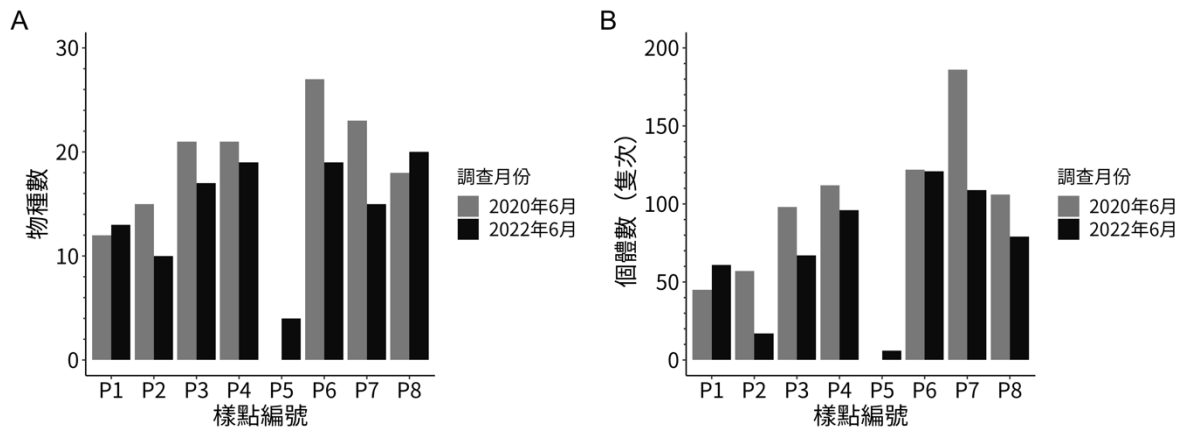
表六、校園內東大溪兩側草叢及灌叢鳥類數量

中文名	年份	樣點編號
-----	----	------

		P1	P3	P4	P6
小彎嘴	2020	0	2	3	3
	2022	0	1	1	4
斑文鳥	2020	1	0	3	2
	2022	0	1	3	1
灰頭鷓鴣	2020	0	4	2	1
	2022	0	0	0	3
褐頭鷓鴣	2020	0	0	1	0
	2022	0	1	0	1
黃頭扇尾鶯	2020	0	0	0	1
	2022	0	0	0	0



圖七、全年鳥類調查結果圖。A為物種數圖，B為個體數圖。調查日期呈現方式為年份-月份。



圖八、年份間調查結果比較結果圖。A 為物種數圖，B 為個體數圖。

3. 水棲昆蟲類群多樣性變化追蹤監測

3.1 水生昆蟲調查

本年度於東大溪溪段第一季(2022 年 7 月)的水棲昆蟲調查中，因 P6 樣點(紅土農場養蜂場)無水源，故未進行調查。其他樣點共記錄 4 目 12 科 272 隻(表八)。捕獲數量最優勢的類群為雙翅目搖蚊科，共 174 隻(佔 86.40%)；其次為蛾蚋科，共 11 隻(佔 4.04%)。

各樣點捕獲數量最多的前三名樣點依序分別為 P4(69 隻)、P5(69 隻)及 P8(63 隻)。在各樣點捕獲科數中，P2 樣點記錄科數最高，共 6 科；其次為 P5 樣點共記錄 5 科，P1、P3、P4 及 P8 等樣點皆記錄 2 科，P7 樣點僅記錄 1 科。根據調查結果，除了 P2 樣點外，東大溪各調查樣點皆以搖蚊科為優勢種。除了 P8 樣點的次要物種為四節蜉科之水棲昆蟲外，P1、P3、P4 及 P5 樣點的次要物種皆為雙翅目水棲昆蟲。P2 樣點之優勢物種為蜻蛉目的蜻蜓科與細蟴科，分別採集到 4 隻，次要物種為雙翅目搖蚊科(表八)。

與 2020 年 06 月調查結果相比較，除了 P1 與 P2 樣點無施工前以及 P6 樣點在本季調查無資料外，P3、P4 及 P7 樣點於施工後的水棲昆蟲密度有明顯降低，P5 樣點施工前後的水棲昆蟲密度相似，P8 樣點的水棲昆蟲密度則明顯高於施工前。在物種組成的部分不論是在施工前後皆以搖蚊科為優勢種(表八)。

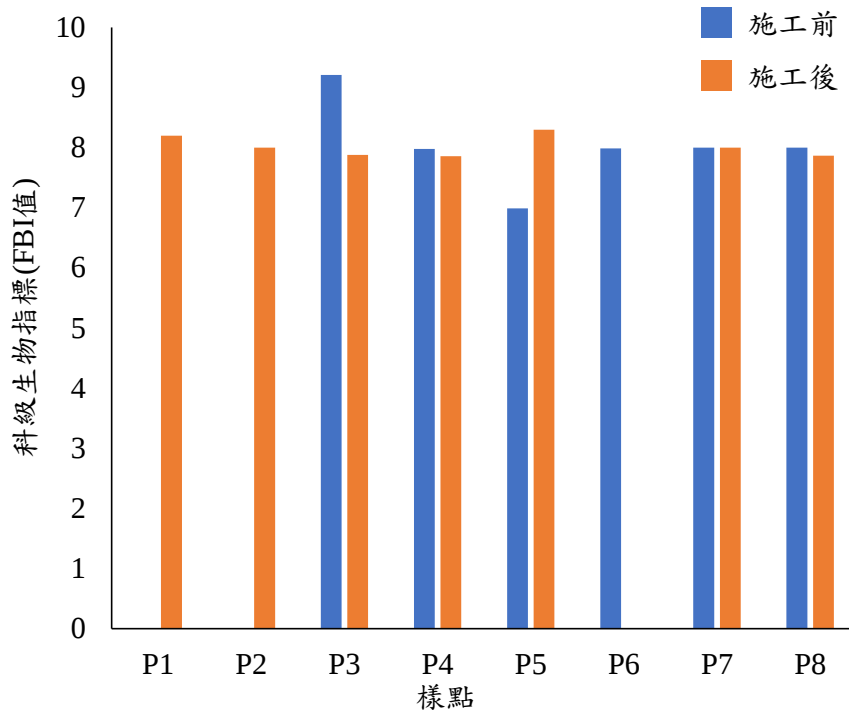
表八：2022 年六月各樣點之水棲昆蟲調查個體數、密度、有效物種數、均勻度指數及科級生物指標之施工前後比較

中文 目名	中文 科名	英文科名	TV 值	P1 放流口下		P2 路思義教堂		P3 女生宿舍		P4 求真路		P5 退休與新進教師宿舍		P6 紅土農場		P7 安學路		P8 匯流口	
				施工前	施工後	施工前	施工後	施工前	施工後	施工前	施工後	施工前	施工後	施工前	施工後	施工前	施工後	施工前	施工後
鞘翅目	龍蟲科	Dytiscidae	5	-/-	0/0	-/-	1/3.33	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	-/-	0/0	0/0	0/0	0/0
鞘翅目	牙蟲科	Hydrophilidae	5	-/-	0/0	-/-	0/0	1/1.67	0/0	8/13.33	0/0	0/0	0/0	0/0	-/-	0/0	0/0	0/0	0/0
雙翅目	搖蚊科	Chironomidae	8	-/-	9/30	-/-	2/6.67	12/20	16/53.33	1263/2105	64/213.33	47/78.33	52/173.33	1203/2005	-/-	1185/1975	31/103.33	62/103.33	61/203.33
雙翅目	食蚜蠅科	Syrphidae	10	-/-	1/3.33	-/-	0/0	37/61.67	0/0	2/3.33	7.88	0/0	0/0	0/0	-/-	0/0	0/0	0/0	0/0
雙翅目	大蚊科	Tipulidae	3	-/-	0/0	-/-	1/3.33	1/1.67	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	-/-	0/0	0/0	0/0	0/0
雙翅目	蚊科	Culicidae	8	-/-	0/0	-/-	1/3.33	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	-/-	0/0	0/0	0/0	0/0
雙翅目	蚋科	Simuliidae	6	-/-	0/0	-/-	0/0	0/0	1/3.33	0/0	5/16.67	71/118.33	0/0	8/13.33	-/-	0/0	0/0	0/0	0/0
雙翅目	蠅蚋科	Psychodidae	10	-/-	0/0	-/-	0/0	15/25	0/0	0/0	0/0	2/3.33	11/36.67	0/0	-/-	0/0	0/0	0/0	0/0
雙翅目	水虻科	Stratiomyidae	8	-/-	0/0	-/-	0/0	13/21.67	0/0	0/0	0/0	0/0	1/3.33	0/0	-/-	0/0	0/0	0/0	0/0
雙翅目	蛇科	Tabanidae	6	-/-	0/0	-/-	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	2/6.67	0/0	-/-	0/0	0/0	0/0	0/0
蜉蝣目	四節蜉科	Baetidae	4	-/-	0/0	-/-	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1.67	0/0	0/0	-/-	0/0	0/0	0/0	2/6.67
蜉蝣目	細蜉科	Caenidae	7	-/-	0/0	-/-	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1.67	0/0	0/0	-/-	0/0	0/0	0/0	0/0
蜻蛉目	蜻蜓科	Libellulidae	9	-/-	0/0	-/-	4/13.33	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	3/10	0/0	-/-	0/0	0/0	0/0	0/0
蜻蛉目	細蟴科	Coenagrionidae	9	-/-	0/0	-/-	4/13.33	0/0	0/0	0/0	0/0	10/16.67	0/0	0/0	-/-	0/0	0/0	0/0	0/0
總個體數 / 密度				-/-	10/33.33	-/-	13/43.33	79/131.67	17/56.67	1273/2121.67	69/230	132/220	69/230	1211/2018.33	-/-	1185/1975	31/103.33	62/103.33	63/210
總科數				-	2	-	6	6	2	3	2	6	5	2	-	1	1	1	2
有效物種數 (ENS)				-	1.38	-	4.98	3.9	1.25	1.05	1.3	2.8	2.25	1.04	-	-	-	-	1.15
均勻度指數 (J')				-	0.46	-	0.9	0.76	0.32	0.05	0.38	0.57	0.5	0.06	-	-	-	-	0.2
科級生物指標(FBI 值)				-	8.2	-	8	9.21	7.88	7.98	7.86	6.99	8.3	7.99	-	8	8	8	7.87
科級生物指標之水質等級				-	VP	-	VP	VP	VP	VP	VP	P	VP	VP	-	VP	VP	VP	VP

3.2 東大溪水質概況

根據水生昆蟲科級生物指標(FBI) (表 2)，本季調查東大溪各樣點 FBI 值介於 7.86-8.30 之間，顯示溪流內水質為嚴重汙染(Very Poor)。TV 值小於 5 之物種，大蚊科(TV 值為 3)與四節蜉科(TV 值為 4)，分別出現於 P2 與 P8 樣點。

與 2020 年 06 月調查結果相比較(圖 3)，除了 P5 樣點水質由污染轉為嚴重汙染外，其他樣點不論施工前後皆為嚴重汙染。P5 樣點在施工前後的水棲昆蟲密度相似，皆以搖蚊科為優勢物種；施工前有記錄四節蜉科(TV 值為 4)與蚋科(TV 值為 6)等 TV 值較低之物種；然而在施工後並未記錄 TV 值較低之物種，且蛾蚋科(TV 值為 10)、水虻科(TV 值為 8)及蜻蜓科(TV 值為 9)等 TV 值較高之物種有明顯增加，故造成 P5 樣點水質由污染轉為嚴重汙染。P4、P7 及 P8 樣點之 FBI 值相近，值得注意的是 P3 樣點，FBI 值由 9.21 降低至 7.88，其主要原因為本季調查未記錄 TV 值高的食蚜蠅科(TV 值為 10)物種，且記錄 TV 值較低的蚋科(TV 值為 6)的物種，故 FBI 值明顯低於施工前。

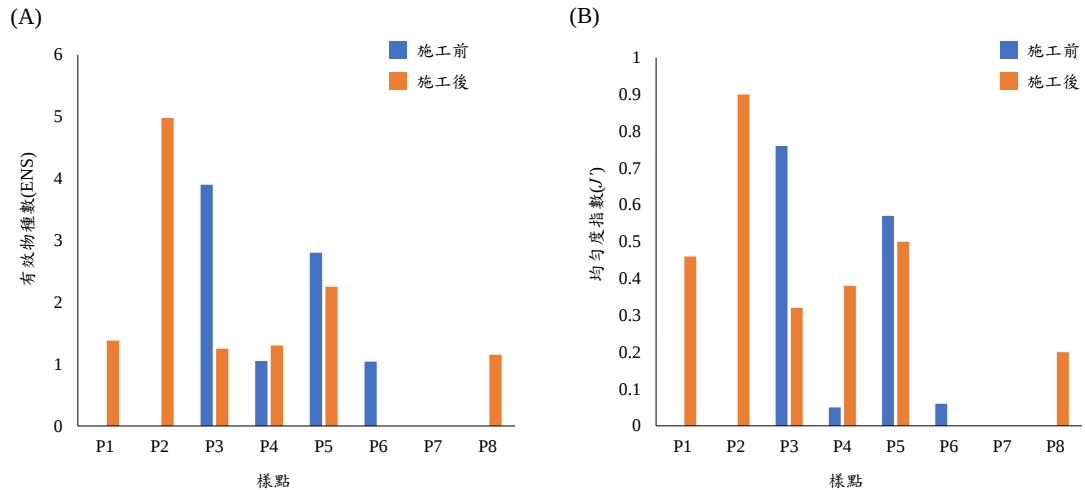


圖九：2022 年東大溪水棲昆蟲第一季調查科級生物指標及施工前後之比較。

3.3 生物多樣性指數

根據生物多樣性指數分析結果(表八)，有效物種數介於 1.15-4.98 之間，有效物種數最高為 P2 樣點(4.98)，其次為 P5 樣點(2.25)，其他樣點則介於 1.15-1.38 之間。均勻度指數介於 0.20-0.90 之間，均勻度指數最高為 P2 樣點(0.90)，其他依序為 P5(0.5)、P1(0.46)、P4(0.38)、P3(0.32)及 P8(0.2)。

與 2020 年 06 月調查結果相比較(圖十)，P3 樣點的有效物種數與均勻度指數皆有明顯降低，此外，該樣點不論是在水棲昆蟲密度或是耐受性物種之組成於施工前後亦有明顯的不同，雖然該樣點未規劃於整治範圍內，然而水棲昆蟲之組成、FBI 值、有效物種數與均勻度指數皆顯示該樣點水質有惡化之趨勢。另外值得注意的是 P2 樣點，該樣點於 2020 年因無水源故無水棲昆蟲調查資料，然而本年度開始提供水源後，雖然 FBI 值顯示為嚴重汙染，其有效物種數與均勻度為所有樣點中最高，物種組成皆為龍蝨科、蜻蜓科及細蟬科等成蟲活動移動能力高之物種。



圖十：2022 年東大溪水棲昆蟲第一季調查(A)有效物種數與(B) 均勻度指數施工前後之比較。

4.藻類類群多樣性變化追蹤監測

本樣區屬於溪流水域環境，適合附生矽藻生長，溪流中潮濕的基質如石頭、枯木、植物根系或淺水底砂，均可發現附生矽藻蹤跡。一般來說，附生矽藻是利用流水帶來的養份維持生命，不過水流強度變化多端，有些種類能分泌多醣類膠質緊緊伏貼在基質上能對抗急流水體，而有些種類會形成長柄膠管延長生長空間，但容易被大水沖落，僅能在緩流區生長，因此矽藻的附著樣式跟水流速度有關。國外學者 Passy 以矽藻於基質附著型態的群聚生長樣式 (life-form) 區分成三個群聚類型，一、壓低伏貼型的藻種，適於急流、低營養鹽環境；二、堆高型的藻種，適於緩流、高營養鹽環境；三、單獨細胞快速游移型的藻種，適於擾動、高營養鹽環境等群聚樣式(Round et al., 1990；Passy, 2007b；Rimet and Bouchez, 2012；B-Béres et al., 2017)。本次藻類調查結果參照此功能群分類方法，歸類調查期間樣區矽藻的群聚類型，以不同型的群聚樣式出現比例來討論東大溪藻類棲地環境的差異。另外以種歧異度(Shannon index)和種豐富度(Margalef index)之多樣性指標評估各樣區水域生態環境，並採用藻類生物指標來反映有機污染程度，用以評估溪流水質污染情形。

4.1 浮游藻類物種組成：

2022 年 7 月份東大溪浮游藻類調查結果顯示，共發現 7 種藍綠藻、10 種矽藻、1 種裸藻及 12 種綠藻。P1 區共紀錄 7 種、P3 區 12 種、P4 區 9 種、P6 區 9 種、P7 區 9 種、P8 區 16 種。(表九)

4.2 附生藻類調查：

2022 年 7 月份東大溪附生微藻調查結果顯示，共發現 24 種矽藻。P1 區共紀錄 13 種、P3 區 2 種、P4 區 8 種、P6 區 11 種、P7 區 5 種、P8 區 20 種。(表十)

4.3 附生矽藻群聚生長分析：

藻類生長群聚類型的功能群區別(參見表十一和圖十一)，東大溪 6 測站以「急流高營養型」和「緩流高營養型」和「浮游型」矽藻最為優勢。「急流高營養型」代表

藻屬是 *Nitzschia* (菱形藻屬) 比例如下：P1(62.6%)、P3(99.0%)、P7(96.2%)和 P8(59.8%)；「緩流高營養型」代表藻屬是 *Achnanthes exilis* (曲殼藻屬) 和 *Diadmesis confervacea* 兩種矽藻於 P6 測站佔 60%；「浮游型」代表藻屬是 *Cyclotella meneghiniana* (小環藻屬) 於 P4 測站佔 56.3%。整體而言東大溪水域目前均是以「高營養」矽藻為主導，尤其菱形藻比例最高，雖然目前東大溪水量不多並非「急流」樣式，然而菱形藻是一種能在水底自由移走的底棲矽藻，能抵抗水流並利用底質豐富的營養，當環境底質經過整治擾動後溪底大量的營養足以供給底棲藻發展生長。其次「緩流高營養型」大多是附著在大型藻類(如剛毛藻)或水岸邊植物根系生長的矽藻，這類棲地環境較為豐富能提高多藻類多樣性。由藻類生長群聚類型的分析初步可判定東大溪水域棲地環境還處於擾動後期，由於棲地的差異造成藻類組成不同，樣區整理需一段時間復原以利之後藻類發展生長。

4.4 矽藻多樣性(種歧異度和種豐富度)

矽藻多樣性結果如下：P1(2.1 和 2.2)、P3(0.1 和 0.2)、P4(1.9 和 1.4)、P6(2.4 和 1.9)、P7(0.3 和 0.7)、P8(2.7 和 3.5)。P8 和 P6 種歧異度比較高表示測站物種比較均勻，P8 和 P1 種豐富度表示測站出現物種比較多樣，整體來看 P8 測站棲地環境更為穩定豐富。

4.5 腐水度評估結果各測站均屬於 α -中腐級水質，表示環境仍潛藏有中度有機汙染。

目前調查初步資料顯示東大溪各測站因棲地樣式而出現不同藻類組成，如「急流高營養型」的底棲矽藻在整治擾動後溪底大量發展生長，或是環境有較豐富的植物根系使「緩流高營養型」矽藻生長並提高藻類多樣性，不過目前水流量較少，溪底底泥營養容易釋出水質仍潛藏有中度的有機汙染。

表九：浮游藻類物種組成及相對豐富度(%)

東大溪定性藻種名/測站	P1	P3	P4	P6	P7	P8
CYANOPHYCEAE 藍菌門						
<i>Calothrix</i> sp. 眉藻屬	-	2.68	-	-	-	-
<i>Chroococcus</i> sp. 色球藻屬	-	-	7.74	-	-	-
<i>Gloeocapsa</i> sp. 粘球藻屬	-	-	-	-	-	6.94
<i>Microcystis wesenbergii</i> 微囊藻屬	-	-	-	-	4.76	-
<i>Oscillatoria limnetica</i> 顫藻屬	-	1.34	-	-	10.48	-
<i>Oscillatoria tenuis</i> 顫藻屬	-	-	0.65	-	-	1.39
<i>Xenococcus schousboei</i> Thuret 異球藻屬	34.09	4.03	-	-	-	3.47
BACILLARIOPHYTA 矽藻門						
<i>Achnanthes exilis</i> 曲殼藻屬	-	0.67	-	-	-	-
<i>Cyclotella meneghiniana</i> 小環藻屬	-	-	6.45	1.24	-	2.08
<i>Gomphonema angustatum</i> 異極藻屬	-	-	-	-	-	2.08
<i>Gomphonema lagenula</i> 異極藻屬	0.76	2.68	0.65	-	0.48	0.69
<i>Diadmesis confervacea</i> 舟形藻屬	-	4.70	-	65.84	-	0.69
<i>Navicula cryptotenella</i> 舟形藻屬	-	-	-	1.24	-	-
<i>Navicula rostellata</i> 舟形藻屬	-	-	-	-	-	0.69
<i>Navicula</i> sp. 舟形藻屬	-	-	-	-	-	0.69

<i>Nitzschia palea</i> 菱形藻屬	43.18	65.77	11.61	4.35	40.48	18.75
<i>Pinnularia microstauron</i> 羽紋藻屬	-	-	1.29	1.24	-	1.39
EUGLENOZOA 裸藻門						
<i>Euglena</i> sp. 裸藻屬	-	-	-	-	-	0.69
CHLOROPHYTA 綠藻門						
<i>Chlamydomonas</i> sp. 衣藻屬	-	1.34	2.58	0.62	6.19	-
<i>Cladophora</i> sp. 剛毛藻屬	-	3.36	-	-	-	0.69
<i>Closterium moniliferwn</i> 新月藻屬	-	-	-	-	-	0.69
<i>Coelastrum printzii</i> 空星藻屬	-	-	-	-	-	4.17
<i>Cosmarium sportella</i> 鼓藻屬	0.76	-	-	-	-	-
<i>Gloeocystis</i> sp. 膠囊藻屬	-	-	-	-	1.90	-
<i>Scenedesmus acutiformis</i> 柵藻屬	9.09	5.37	-	-	3.81	-
<i>Scenedesmus acutus</i> 柵藻屬	-	-	2.58	2.48	-	-
<i>Scenedesmus gutwinskii</i> 柵藻屬	3.03	-	-	-	-	-
<i>Scenedesmus incrassatulus</i> 柵藻屬	9.09	1.34	66.45	19.25	17.62	54.86
<i>Sphaerocystis schroeteri</i> 球囊藻屬	-	-	-	3.73	-	-
<i>Ulothrix</i> sp. 軟絲藻屬	-	6.71	-	-	14.29	-
Species number 出現藻種數量：23 屬 30 種	7 種	12 種	9 種	9 種	9 種	16 種

表十：附生藻類物種組成及相對豐富度(%)

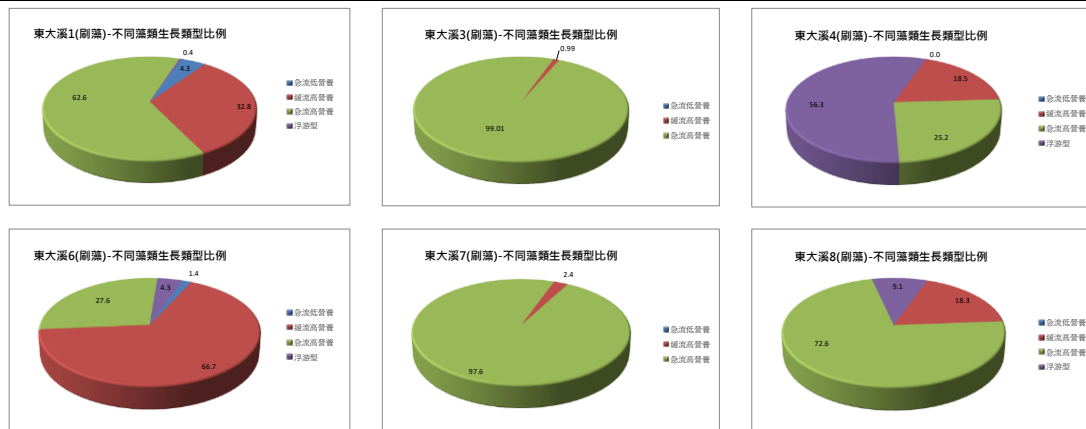
東大溪附生藻藻種名/測站	P1	P3	P4	P6	P7	P8
BACILLARIOPHYTA 矽藻門						
<i>Achnanthes biasolettiana</i> 曲殼藻屬	4.3	-	-	1.4	-	-
<i>Achnanthes exilis</i> 曲殼藻屬	6.4	-	1.3	33.8	1.9	4.6
<i>Cyclotella meneghiniana</i> 小環藻屬	0.4	-	56.3	4.3	-	9.1
<i>Encyonema lange-bertalotii</i> 內絲藻屬	-	-	-	-	-	0.5
<i>Gomphonema affine</i> 異極藻屬	-	-	0.7	-	-	0.9
<i>Gomphonema angustatum</i> 異極藻屬	-	-	-	-	-	0.5
<i>Gomphonema lagenula</i> 異極藻屬	12.3	1.0	7.9	6.7	0.5	2.7
<i>Gomphonema parvulum</i> 異極藻屬	-	-	-	-	-	0.9
<i>Navicula atomus</i> 舟形藻屬	0.9	-	-	-	-	-
<i>Diademsis confervacea</i>	14.0	-	8.6	26.2	-	6.8
<i>Navicula cryptocephala</i> 舟形藻屬	2.1	-	1.3	-	-	1.4
<i>Navicula erifuga</i> 舟形藻屬	0.4	-	-	1.0	-	1.4
<i>Navicula goeppertiana</i> 舟形藻屬	-	-	-	-	-	0.5
<i>Navicula minima</i> 舟形藻屬	0.4	-	-	1.0	-	-
<i>Sellaphora pupula</i>	-	-	-	-	-	0.5
<i>Navicula rostellata</i> 舟形藻屬	-	-	-	-	-	0.9
<i>Navicula subminuscula</i> 舟形藻屬	0.4	-	-	1.9	1.0	3.7

<i>Nitzschia amphibioides</i> 菱形藻屬	0.9	-	-	0.5	-	7.8
<i>Nitzschia inconspicua</i> 菱形藻屬	0.4	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia levidensis</i> 菱形藻屬	-	-	-	-	-	0.5
<i>Nitzschia palea</i> 菱形藻屬	57.0	99.0	21.9	21.9	96.2	51.6
<i>Pinnularia acrosphaeria</i> 羽紋藻屬	-	-	-	-	-	0.9
<i>Pinnularia microstauron</i> 羽紋藻屬	-	-	2.0	1.4	0.5	3.7
<i>Synedra ulna</i> 針杆藻屬	-	-	-	-	-	1.4
Species number 出現藻種數量：10 屬 24 種	13	2	8	11	5	20

表十一：矽藻群聚生長

東大溪測站	P1		P3		P4	
	矽藻屬名	頻度%	矽藻屬名	頻度%	矽藻屬名	頻度%
急流低營養	<i>Achnanthes</i>	4.3	-	-	-	-
	小計	4.3	小計	0.0	小計	0.0
緩流高營養	<i>Gomphonema</i>	12.3	<i>Gomphonema</i>	1.0	<i>Gomphonema</i>	8.6
	<i>Achnanthes exilis</i>	6.4	-	-	<i>Achnanthes exilis</i>	1.3
	<i>Diadsmis confervacea</i>	14.0	-	-	<i>Diadsmis confervacea</i>	8.6
	小計	32.8	小計	1.0	小計	18.5
急流高營養	<i>Nitzschia</i>	58.3	<i>Nitzschia</i>	99.0	<i>Nitzschia</i>	21.9
	<i>Navicula</i>	4.3	-	-	<i>Navicula</i>	1.3
	-	-	-	-	<i>Pinnularia</i>	2.0
	小計	62.6	小計	99.0	小計	25.2
浮游型	<i>Cyclotella</i>	0.4	-	-	<i>Cyclotella</i>	56.3
	小計	0.4	小計	0.0	小計	56.3
東大溪測站	P6		P7		P8	
	矽藻屬名	頻度%	矽藻屬名	頻度%	矽藻屬名	頻度%
急流低營養	<i>Achnanthes</i>	1.4	-	-	-	-
	小計	1.4	小計	0.0	小計	0.0
緩流高營養	<i>Gomphonema</i>	6.7	<i>Gomphonema</i>	0.5	<i>Gomphonema</i>	5.0
	<i>Achnanthes exilis</i>	33.8	<i>Achnanthes exilis</i>	1.9	<i>Synedra</i>	1.4
	<i>Diadsmis confervacea</i>	26.2	-	-	<i>Encyonema</i>	0.5
	-	-	-	-	<i>Achnanthes exilis</i>	4.6
	-	-	-	-	<i>Diadsmis confervacea</i>	6.8
	小計	66.7	小計	2.4	小計	18.3
急流高營養	<i>Navicula</i>	3.8	<i>Nitzschia</i>	96.2	<i>Nitzschia</i>	59.8
	<i>Nitzschia</i>	22.4	<i>Navicula</i>	1.0	<i>Navicula</i>	8.2
	<i>Pinnularia</i>	1.4	<i>Pinnularia</i>	0.5	<i>Pinnularia</i>	4.6

	小計	27.6	小計	97.6	小計	72.6
浮游型	<i>Cyclotella</i>	4.3	-	-	<i>Cyclotella</i>	9.1
	小計	4.3	小計	0.0	小計	9.1



圖十

一矽藻群聚生長

5. 微生物類群多樣性變化追蹤監測

東大溪 9 個樣點三種微生物類群總菌數結果顯示，大腸桿菌群介於 $10^3 - 10^6$ CFU/100 ml，總菌數最高，其次為黴菌， $10^2 - 10^4$ CFU/100 ml，酵母菌群的數量最少，介於 TFTC 至 10^4 CFU/100 mL（表十二）。

大腸桿菌群：

P0、P3 和 P7 污水匯入，大腸桿菌群數量達到 10^6 CFU/100 ml，數量高於東大溪支流對照組 P5， 4.2×10^4 CFU/100 ml，其餘樣點為 $10^3 - 10^4$ CFU/100 ml。

經礮間淨化場後，大腸桿菌群的數量從 P0 的 6.1×10^6 CFU/100 ml 下降到 P1 的 6.6×10^3 CFU/100 ml，降低約 3 個 $\log_{10}$ 值。溪水由女生宿舍河段 P3 流至求真路河段 P4 流至紅土農場養蜂場河段 P6，菌量從 1.0×10^6 CFU/100 ml 降至 3.2×10^4 CFU/100 ml 再降至 2.5×10^3 CFU/100 ml，為東大溪水域棲地復育區河川的自淨作用，大腸桿菌群數量下降超過 2 個 $\log$ 值。P7 有廢水排入，大腸桿菌群有 6.6×10^6 CFU/100 ml，P8 降至 5.0×10^4 CFU/100 ml，因匯入筏子溪水的稀釋作用和河川自淨作用，大腸桿菌群下降約 2 個 $\log$ 值。

比較礮間淨化場啟用後與施工前大腸桿菌群菌量，2020 年 6 月的 $7.16 \log_{10}$ CFU/100 ml 下降至 2022 年 6 月的 $3.82 \log_{10}$ CFU/100 ml (圖十二)，降低約 3 個 $\log$ 值，為礮間淨化場作用。從 P3 至 P6 與 P7 至 P8 的河川自淨能力提升。

酵母菌與黴菌：

P0 礮間淨化場入水口和 P7 安學橋為紅色酵母菌高汙染河段，菌量分別為 1.5×10^4 CFU/100 ml 和 4.0×10^3 CFU/100 ml，P4 求真路河段為 1.0×10^2 CFU/100 ml。其餘樣點為 TFTC，低於可計數範圍。

P0 礮間淨化場入水口和 P8 筏子溪匯流口為白色酵母菌高汙染河段，菌量分別為 5.0×10^3 CFU/100 ml 和 5.5×10^3 CFU/100 ml，P4 求真路河段和 P5 對照組次高，均為 1.0×10^3 CFU/100 ml。其餘樣點為 TFTC，低於可計數範圍。

P0 礮間淨化場入水口黴菌量 5.0×10^3 CFU/100 ml 到 P1 出水口降至 4.3×10^2 CFU/100 ml，P2 到 P8 分別為， 2.8×10^3 CFU/100 ml、 2.0×10^3 CFU/100 ml、 5.0×10^2 CFU/100 ml、 4.0×10^2 CFU/100 ml、 2.0×10^3 CFU/100 ml、 2.6×10^3 CFU/100 ml 和 4.6×10^2 CFU/100 ml，差異不大。

環保署依水汙染防治法訂定的「放流水標準」，汙水下水道流量大於 250 立方公尺/日，大腸桿菌限值為 2×10^5 CFU/100 ml，在東海夜市商圈汙水排出的 P0，大腸桿菌群超過 10^6 CFU/100 ml，高於法定限值，為汙染水域。經過礮間淨化場處理，大腸桿菌群低於法定限值，礮間淨化場有效降低重要水質糞便之指標生物量為 1/1000。

依環保署「地面水體分類及水質標準」，P0、P2、P3、P4、P5、P7 和 P8，大腸桿菌群含量皆高於 10^4 CFU/100 ml，陸域地面水體分類超過丙級，P1 介於 $5 \times 10^3 - 1 \times 10^4$ CFU/100 ml，為丙級，P6 介於 $5 \times 10^1 - 5 \times 10^3$ CFU/100 ml，為乙級。修建礮間淨化場前，東大溪各區段水樣大腸桿菌群總量都超過丙級(2020 年)，淨化場修建後，P1 和 P6 降至丙級和乙級。

東大溪放流口排入汙水含酵母菌總量為 2×10^4 CFU/100 ml，依據 Hagler 與 Ahearn (1987) 和 Spencer 與 Spencer (1997) 界定的總酵母菌數與水質汙染之範圍，高於 10^4 為汙染水域。2020 年，東大溪各區段均高於 10^4 CFU/100 ml，礮間淨化場啟用後，P1 至 P8 酵母菌總量皆低於 10^4 CFU/100 ml，有效降低溪水中的酵母菌總量，不為汙染水域。

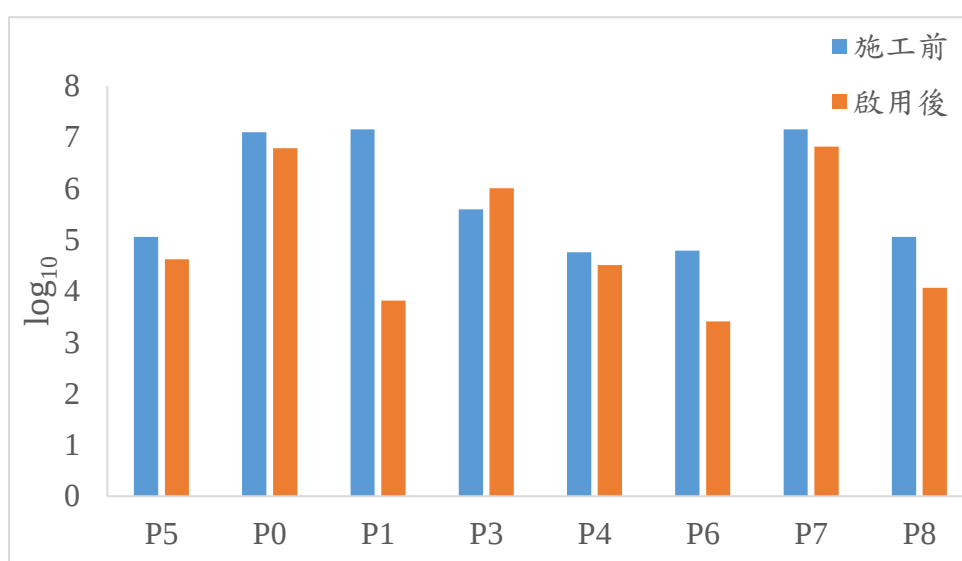
東大溪 P0、P2、P3、P6 和 P7 黴菌量高於 10^3 CFU/100 ml，由空氣或河道傳播導入水中。

本計畫以水域微生物總量，有效反映「東大溪水環境及鄰近區域環境改善工程」計畫改善水質變化的表現，礮間淨化場使水汙染指標的大腸桿菌群菌數降至千分之一，酵母菌總數降至可檢測線以下，有效淨化東海夜市商圈產生的生活廢汙水。

表十二、東大溪水域 6 月份大腸桿菌群、酵母菌與黴菌的菌量 (CFU/100 ml)。

地點	大腸桿菌群	紅色酵母菌	白色酵母菌	黴菌
P0	6,170,000	15,000	5,000	5,000
P1	6,670	TFTC	TFTC	433
P2	16,700	TFTC	TFTC	2,800
P3	1,020,000	TFTC	TFTC	2,000
P4	32,700	100	1,000	500
P5	42,000	TFTC	1,000	400
P6	2,570	TFTC	TFTC	2,000
P7	6,670,000	4,000	TFTC	2,670
P8	50,300	TFTC	5,500	466

TFTC: too few to count.



圖十二、2020 年 (礮間淨化場施工前) 和 2022 年 (礮間淨化場啟用 6 個月後) 6 月，東大溪大腸桿菌群對數總菌量 ($\log_{10}$ CFU/100 ml)。

6. 兩棲爬蟲類類群多樣性變化追蹤監測

調查時間

111 年 6 月份調查紀錄，兩棲爬行動物調查於民國 111 年 6 月 23 日～24 日進行。日間調查為上午 8:00-12:00；夜間調查為 18:00-22:00 時進行。

物種組成與數量

兩棲類在調查中共發現 3 科 3 種，又舌蛙科 1 種、赤蛙科 1 種、樹蛙科 1 種。P1 區紀錄 2 種、P2 區 3 種、P3 區 1 種、P4 區 3 種、P5 區 3 種、P6 區 3 種、P7 區 1 種，P8 區 1 種(表十三)。

爬行類在調查中共發現 1 科 1 種爬行類，壁虎科 1 種。P1 區無紀錄、P2 區無紀錄、P3 區 1 種、P4 區無紀錄、P5 區 1 種、P6 區無紀錄、P7 區 1 種，P8 區 1 種(表十三)。

棲地利用情形和評估

以澤蛙數量最多(120 隻次)、其次為貢德氏赤蛙(25 隻次)和斑腿樹蛙(24 隻次)。澤蛙在 8 在共 8 個樣區中的 7 個樣區中內有記錄。澤蛙偏好靜水域和緩流環境，在 P5 合 P6 的水域周圍有大量澤蛙幼蛙。斑腿樹蛙多利用植被較多的區域，環境複雜不容易發現。貢德氏赤蛙使用較為靜止的水塘和積水。爬行類本次調查僅發現疣尾蜥虎(9 隻次)，棲息在樹幹或是橋墩、電線桿等各式人工建築。

表十三：各樣點之兩棲爬行類調查結果

樣區	調查 時段	綱別	中文名	學名	叫聲	目擊	備註
P1	日	Amphibia	貢德氏赤蛙	<i>Hylarana guentheri</i>	3		
	夜	Amphibia	貢德氏赤蛙	<i>Hylarana guentheri</i>	6		
			斑腿樹蛙	<i>Polypedates megacephalus</i>	2		
P2	夜	Amphibia	澤蛙	<i>Fejervarya limnocharis</i>	3	9	
			貢德氏赤蛙	<i>Hylarana guentheri</i>	8		
			斑腿樹蛙	<i>Polypedates megacephalus</i>	4	1	
P3	日	Amphibia	澤蛙	<i>Fejervarya limnocharis</i>		2	
	夜	Reptilia	疣尾蜥虎	<i>Hemidactylus frenatus</i>		4	
		Amphibia	澤蛙	<i>Fejervarya limnocharis</i>	2	3	
P4	夜	Amphibia	澤蛙	<i>Fejervarya limnocharis</i>	4	1	
			貢德氏赤蛙	<i>Hylarana guentheri</i>	1		
			斑腿樹蛙	<i>Polypedates megacephalus</i>	5	1	
P5	日	Amphibia	澤蛙	<i>Fejervarya limnocharis</i>		3	
	夜	Reptilia	疣尾蜥虎	<i>Hemidactylus frenatus</i>		2	
		Amphibia	澤蛙	<i>Fejervarya limnocharis</i>		46	
			貢德氏赤蛙	<i>Hylarana guentheri</i>		1	
			斑腿樹蛙	<i>Polypedates megacephalus</i>	5		
P6	日	Amphibia	澤蛙	<i>Fejervarya</i>		6	

				<i>limnocharis</i>			
	夜	Amphibia	澤蛙	<i>Fejervarya limnocharis</i>		37	
			貢德氏赤蛙	<i>Hylarana guentheri</i>	5	1	
			斑腿樹蛙	<i>Polypedates megacephalus</i>	5	1	
P7	夜	Reptilia	疣尾蜥虎	<i>Hemidactylus frenatus</i>		2	
		Amphibia	澤蛙	<i>Fejervarya limnocharis</i>	3		
P8	夜	Reptilia	疣尾蜥虎	<i>Hemidactylus frenatus</i>		1	
		Amphibia	澤蛙	<i>Fejervarya limnocharis</i>		1	

7. 陸域節肢動物類群多樣性變化追蹤監測

調查時間

第一季節肢動物調查於民國 111 年 6 月 24 日進行。

物種組成與數量

昆蟲相在調查共發現 2738 隻 (12 目)，其中雙翅目數量最多，其次膜翅目。P1 區紀錄 9 目、P2 區 10 目、P3 區 8 目、P4 區 9 目、P5 區 9 目、P6 區 8 目、P7 區 5 目，P8 區 8 目(附錄圖表 metadata)。

相較於 2020 年六月整體組成無明顯差異(圖十三)(2020 年六月由於施工工程進行無法調查，因此 P1、P2 樣點無資料)。

調查發現 411 隻 (14 科) 蜘蛛，其中蟹蛛科數量最多，其次是皿蛛科與貓蛛科。P1 區紀錄 6 科、P2 區 9 科、P3 區 7 科、P4 區 7 科、P5 區 9 科、P6 區 9 科、P7 區 6 科，P8 區 6 科。

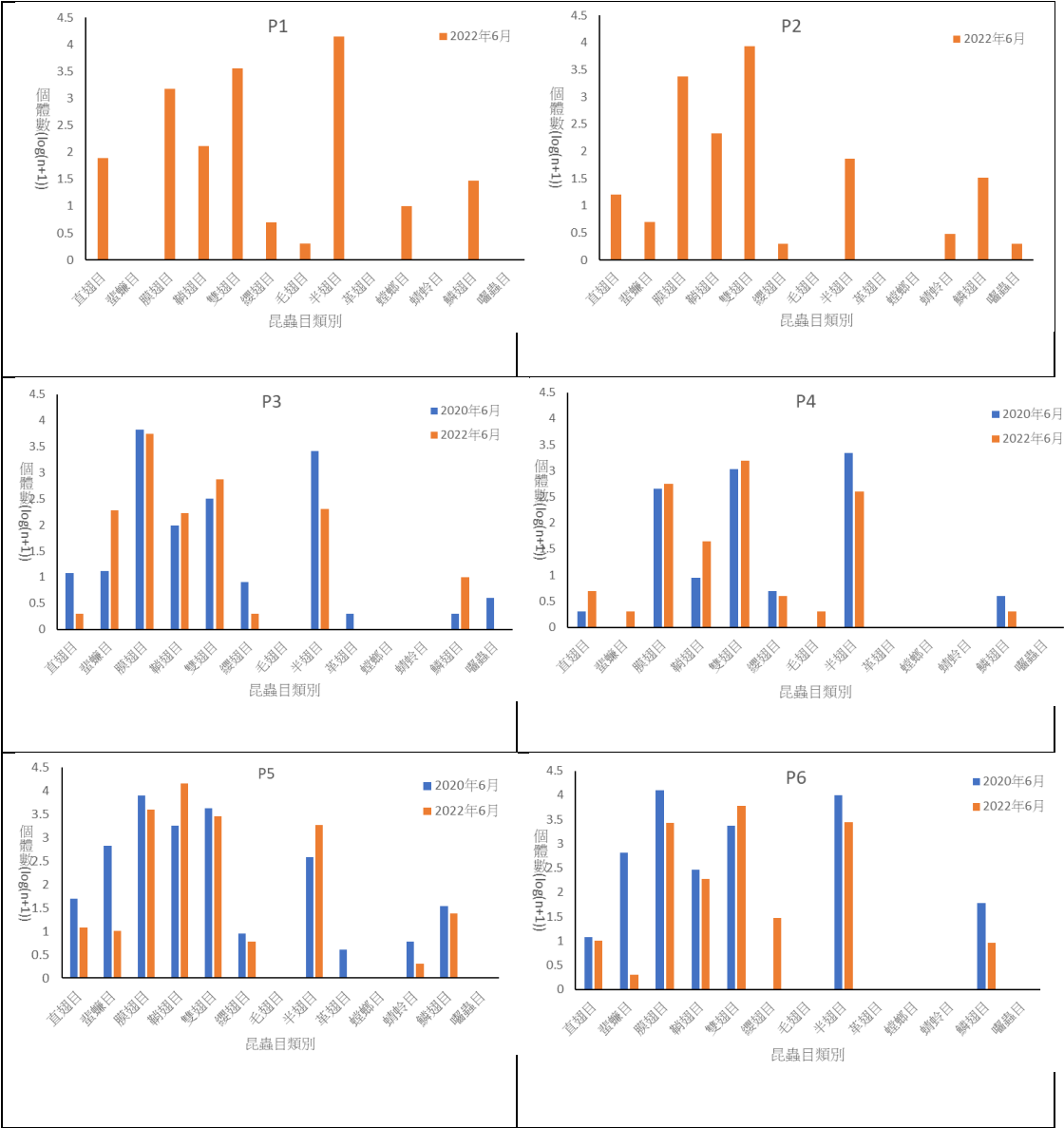
排除無資料之 P1 與 P2，相較於 2020 年六月，優勢類群的蜘蛛從高度耐受性的蜘蛛(當月整體 47.76%)轉為中度耐受性與高度耐受性的蜘蛛並列(當月整體 45.11%與 44.26%)(圖十四)。

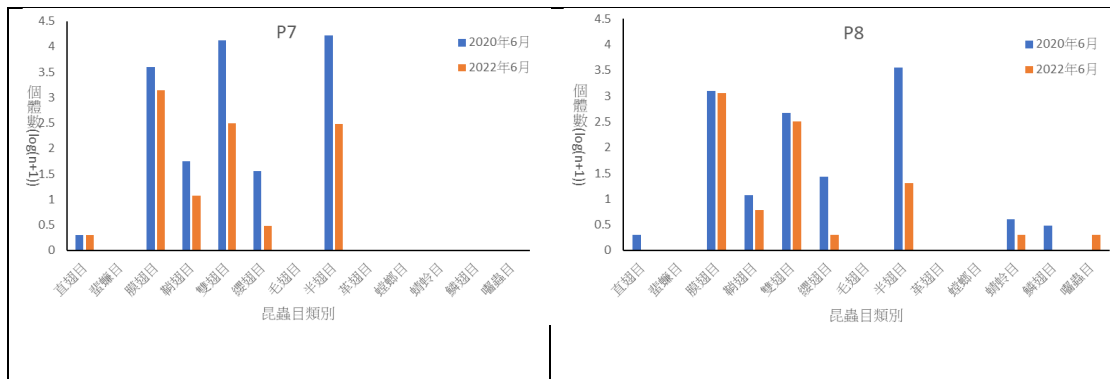
由整體趨勢可知，存在於各樣點之節肢動物種類或數量在各樣點無明顯差異(除了 P7、P8)，但 P4、P7 與 P8 之陸生節肢動物個體數較低，推測此區域多為人工建築，或溪邊植物結構簡單，無法支持大量節肢動物生存。

陸域節肢動物昆蟲相方面在昆蟲部分靠近工業區的幾個樣點(P7、P8)之陸生節肢動物個體數較低，可能是因為在此區域剛經歷清淤作業干擾大，溪邊植物之組成及結構不夠豐富。P5、P6 的採樣有著其餘採樣點二到三倍的陸域節肢動物個數，這可能是

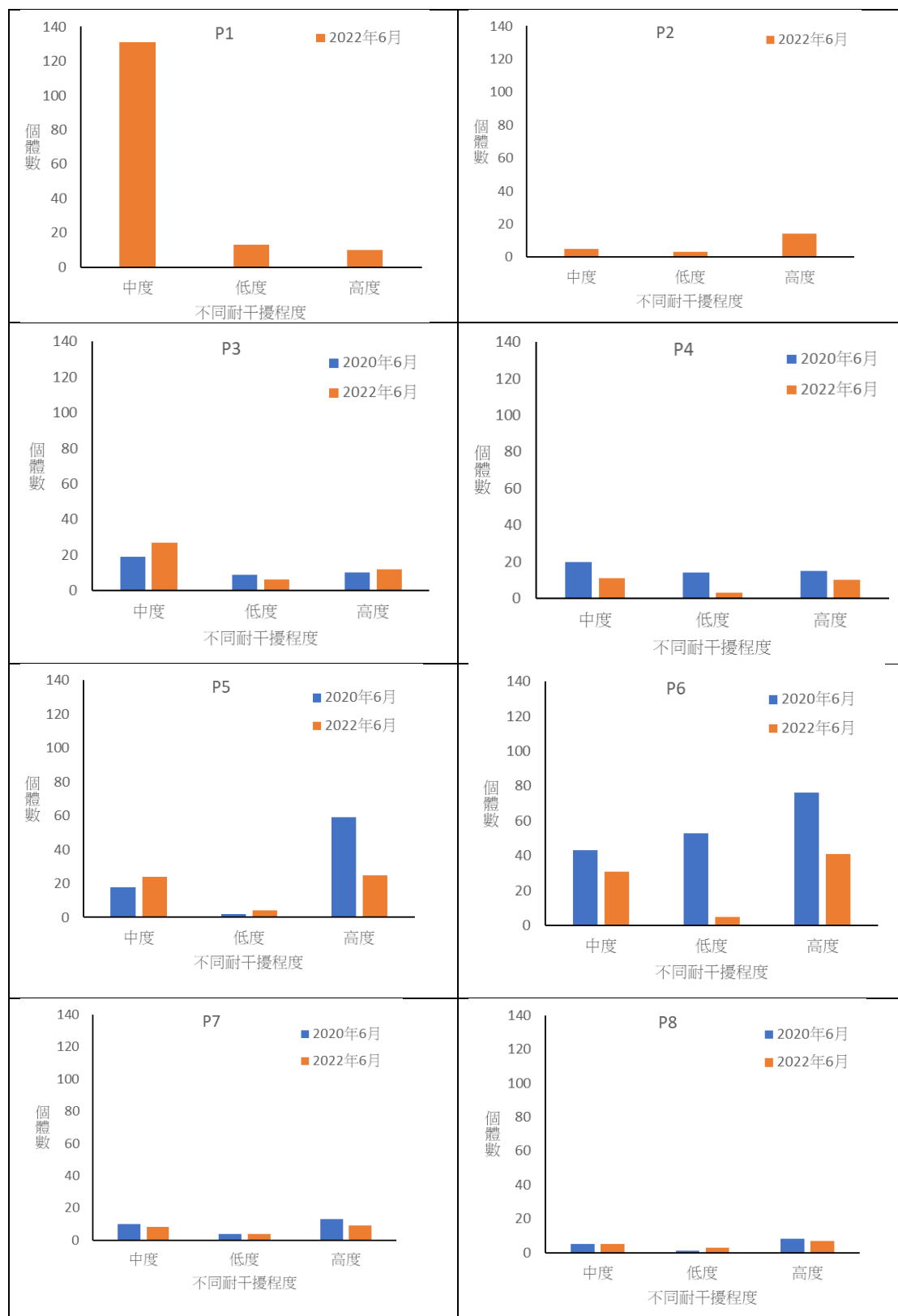
因為在這些採樣點附近的河道有較寬廣的腹地及相對豐富的植被，因而支持了較大的節肢動物群落。

陸域節肢動物蜘蛛相方面蜘蛛部分當整體蜘蛛的豐度低時(P4,P7,P8)，代表可能接近人為環境或環境遭受干擾。P1 中度耐受性蜘蛛較多，推測為採樣時收集到剛孵化之大量蟹蛛導致，排除 P1 後大部分樣區蜘蛛組成高度耐受性蜘蛛、中度耐受性蜘蛛為主，顯示整體河域依然存在干擾。





圖十三：2020年6月與2022年6月東大溪流域周邊八個樣點昆蟲在不同季節之目數量變化。(2020年六月由於施工工程進行無法調查，因此P1、P2樣點無資料)



圖十四：2020年6月與2022年6月東大溪流域周邊八個樣區不同耐干擾程度蜘蛛在不同季節之個體數量變化。(2020年六月由於施工工程進行無法調查，因此P1、P2樣點無資料)

8. 哺乳動物類群多樣性變化追蹤監測

2022 年 7 月在東大溪沿岸，透過紅外線自動相機、鼠籠捕捉、穿越線調查與定點計數等四種不同方法進行哺乳動物調查，總共發現到 6 科 7 種哺乳動物（表十四），包含白鼻心、赤腹松鼠等台灣原生哺乳動物（表十四）。四種不同調查方法所發現之哺乳動物物種各異（表十五、表十六），其中，透過定點計數法，於 8 個樣點偵測 1578 隻次之東亞家蝠，數量最多，而白鼻心與赤腹松鼠僅出現於 1 個樣點（表十五、表十六）。

本次調查的結果與 2020 年東大溪整治工程進行前，所發現的哺乳動物物種大致相似，但鼠科物種略有不同，本次調查並未捕獲鬼鼠，但發現體型較小的田鼯鼠。在本次調查中，結果和去年相似，僅在樹林覆蓋高且人為干擾程度較低的樣點（P5）發現白鼻心。但本次調查，部分相機故障，導致相機總工作時數降低。

表十四、2022 年 7 月於東大溪流域透過紅外線自動相機、鼠籠捕捉、穿越線調查與定點計數法所調查到哺乳動物之名錄，共分屬 6 科 7 種。

科名	中文名	學名
靈貓科	白鼻心	<i>Paguma larvata subsp. taivana</i>
貓科	貓	<i>Felis catus</i>
蝙蝠科	東亞家蝠	<i>Pipistrellus abramus</i>
松鼠科	赤腹松鼠	<i>Callosciurus erythraeus subsp. taiwanensis</i>
鼠科	田鼯鼠	<i>Mus caroli</i>
鼠科	亞洲家鼠	<i>Rattus tanezumi</i>
尖鼠科	臭鼯	<i>Suncus murinus</i>

表十五、透過紅外線自動相機法，於 2022 年 7 月在東海大學 6 個樣點所偵測之哺乳動物物種。

科名	中文名	學名	出現頻度 ¹
靈貓科	白鼻心	<i>Paguma larvata subsp. taivana</i>	0.25
貓科	貓	<i>Felis catus</i>	0.50

鼠科	田鼯鼠	<i>Mus caroli</i>	0.25
尖鼠科	臭鼯	<i>Suncus murinus</i>	0.25

1. 出現頻度（incidence frequency）為該物種出現之調查樣點比例，在本季調查中，部分相機故障，僅四部相機持續收集影像資料。

表十六、透過鼠籠捕捉、穿越線調查與定點計數法，於 2022 年 7 月在東大溪沿岸 8 個樣點所發現之哺乳動物物種與數量。

調查方法	中文名	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	總計
鼠籠捕捉	亞洲家鼠			1						1
定點計數	東亞家蝠	122	282	324	89	87	139	157	378	1578
穿越線	赤腹松鼠			1		1	1			3
	臭鼯						1	4		5

參考文獻

- 江智民 (2021) 東大溪水環境及鄰近區域環境改善工程期末整合報告。台中市政府水利局。
- 谷田一三，1992。水棲昆蟲圖解手冊，行政院環境保護署環境檢驗所編譯，54 頁。
- 林信輝、李明儒、張世倉、李訓煌（2003）應用水生昆蟲科級生物指標（FBI）評估溪流水質之研究。水土保持學報 35(4): 425-438
- 徐崇斌、楊平世（1997）應用水生昆蟲生物指標評估基隆河水質之研究。中華昆蟲 17(3): 152-162。
- 趙蓮菊、邱春火、王怡婷、謝宗震、馬光輝（2013）仰觀宇宙之大，俯察品類之盛：如何量化生物多樣性。Journal of the Chinese Statistical Association 51: 8-53
- 楊平世，1992。水棲昆蟲生態入門，台灣省教育廳發行，152 頁。

- 行政院環境保護署環境檢驗所 — 水中大腸桿菌群檢測方法 — 濾膜法 (民 102 年 6 月 15 日)。
- 東大溪水環境及鄰近區域環境改善工程 - 期末整合報告(民 110 年 5 月)。
- 行政院環境保護署 - 水污染防治法 (民 108 年 4 月 29 日)。
- B-Béres, V., P. Török, Zs. Kókai, Á. Lukács, E. T-Krasznai, B. Tóthmérész & I. Bácsi, 2017. Ecological background of diatom functional groups: Comparability of classification systems. *Ecol. Indic.* 82: 183–188.
- Davis A. J. 2000. Does reduced-impact logging help preserve biodiversity in tropical rainforests? A case study from Borneo using dung beetles (Coleoptera: Scarabaeoidea) as indicators. *Environmental Entomology* 29:467–475.
- Hagler, A. N. and D. G. Ahearn. 1987. Ecology of aquatic yeasts. *The Yeasts*, Vol. 2, Yeasts and the Environment (Rose AH & Harrison JS, eds).
- Karr, J. R. (1981). Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries* 6:21-27.
- Margalef, R. 1958. Information theory in ecology. *General System* 3:36-71.
- Mauricio da Rocha, J. R., J. R. De Almeida, G. A. Lins, and A. Durval. 2010. Insects as indicators of environmental changing and pollution: a review of appropriate species and their monitoring. *Holos Environment* 10:250.
- Monika Novak Babič, Polona Zalar, Bernard Ženko, Sašo Džeroski, Nina Gunde-Cimerman. 2016. Yeasts and yeast-like fungi in tap water and groundwater, and their transmission to household appliances. *Fungal Ecology* 20: 30-39.
- Passy, S.I. 2007b. Differential cell size optimization strategies produce distinct diatom richness-body size relationships in stream benthos and plankton. *Journal of Ecology* 95:745–754.
- Rimet, F., Bouchez, A. 2012. Life-forms, cell-sizes and ecological guilds of diatoms in European rivers. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 406:1-14.
- Round, F.E., Crawford, R.M., Mann, D.G. 1990. *The Diatoms: Biology and Morphology of the Genera*. Cambridge University Press, Cambridge, 747pp.
- Shannon, C.E., Weaver, W. 1949. *The Mathematical Theory of Communication*. Univ. Illinois Press, Urbana, Chicago, London.

- Sládeček, H. 1973. System of water quality from the biological point of view. Archive für Hydrobiologie Beiheft 7:1-218.
- Spencer, J. F. T, and D. M. Spencer. 1997. Ecology: Where yeast live. In: Yeast in natural and artificial habitats (Spencer, J. F. T, and D. M. Spencer eds).