

農業部林業及自然保育署 113 年度 林業發展計畫執行成果報告

巴氏銀鮎分布與棲地水文特性調查 (3/4)

本年計畫期間：自 113 年 1 月 1 日至 113 年 12 月 31 日

主辦機關：農業部林業及自然保育署

執行機關：國立成功大學

計畫聯絡人：孫建平

目錄

摘要.....	1
一、前言.....	1
二、本年度目標.....	2
三、文獻回顧.....	2
3.1 高灘地水域、辮狀河川之生態環境.....	2
3.2 洪水脈衝與高灘地水域.....	3
3.3 伏流水層之生態環境.....	5
四、材料與方法.....	6
4.1 計畫區域.....	6
4.3 棲地環境調查.....	15
4.4 伏流水層調查.....	16
4.5 魚類調查.....	18
4.6 統計分析.....	18
4.6.1 單因子變異數分析.....	18
4.6.2 二元羅吉斯回歸.....	18
4.6.3 多元尺度分析.....	18
五、結果與討論.....	19
5.1 調查區域之魚類種類.....	19
5.2 調查區域之棲地環境描述及差異.....	26
5.3 調查區域之伏流水層上湧/下滲差異.....	28
5.4 巴氏銀鮡偏好之棲地環境.....	29
六、結論與建議.....	31
七、參考文獻.....	32
附錄一、調查位置之垂直水力梯度及上湧/下滲.....	37

表目錄

表 1、本年度各採樣區域調查日期.....	9
表 2、自動氣象站-芬園測站各年年降雨量與 1-12 月月降雨量(單位：公厘).....	14
表 3、自動氣象站-草屯測站各年年降雨量與 1-12 月月降雨量(單位：公厘).....	14
表 4、侵臺颱風列表.....	15
表 5、7 個調查區域調查到的魚類種類(2024).....	19
表 6、6 個調查區域調查到的魚類種類(孫建平，2023).....	21
表 7、4 個調查區域調查到的魚類種類(孫建平，2022).....	22
表 8、巴氏銀魴之發現機率(%).....	25
表 9、7 個調查區域的環境資料(2024).....	27
表 10、6 個調查區域的環境資料(孫建平，2023).....	27
表 11、4 個調查區域的環境資料(孫建平，2022).....	28
表 12、溪尾大橋 2 號區於 2023 年、2024 年凱米颱風前和後之環境因子差異..	28
表 13、三年度 8 個調查區域的垂直水力梯度(VHG)及各年度之上湧/下滲數量	29
表 14、巴氏銀魴與棲地環境間之二元羅吉斯回歸分析(2024).....	30
表 15、以二元羅吉斯回歸之關係式評估(預測)其他既有棲地環境是否適合巴氏 銀魴棲息之準確性.....	30

圖目錄

圖 1、調查區域周遭高程及地下水補注地質敏感區之分布.....	7
圖 2、溪尾大橋 2 號區及 4 號區於凱米颱風後之狀況(2024.07.27 拍攝).....	7
圖 3、調查區域位置圖.....	8
圖 4、棲地復原區採樣環境-瀨(2024.08.29 拍攝).....	9
圖 5、棲地復原區採樣環境-潭(2024.08.29 拍攝).....	10
圖 6、自來水深潭區採樣環境(2024.03.22 拍攝).....	10
圖 7、毛蟹池區採樣環境(2024.07.18 拍攝).....	11
圖 8、溪尾大橋 2 號區採樣環境(2024.11.22 拍攝).....	11
圖 9、溪尾大橋 5 號區採樣環境(2024.07.18 拍攝).....	12
圖 10、毛蟹池區上游 1 號區採樣環境(2024.08.29 拍攝).....	12
圖 11、毛蟹池區上游 2 號區採樣環境(2024.10.18 拍攝).....	13
圖 12、調查區域周遭之雨量站位置圖.....	14
圖 13、溪尾大橋 5 號區於凱米颱風後之狀況(2024.07.27 拍攝).....	15
圖 14、自製底質粒徑板.....	16
圖 15、利用浮球進行上湧/下滲判斷.....	17
圖 16、伏流水垂直水力梯度(VHG)示意圖.....	17
圖 17、溪尾大橋 2 號區於凱米颱風前之採樣環境(2024.07.04 拍攝).....	24
圖 18、巴氏銀鮎棲息的環境多元尺度空間分析圖.....	31

巴氏銀魴分布與棲地水文特性調查(3/4)

摘要

巴氏銀魴為臺灣特有種，目前僅發現於臺灣中部中、下游之水域，在農業部所公告之陸域保育類野生動物名錄中之保育等級為 I(瀕臨絕種野生動物)，目前族群仍不穩定，需積極復育，而如何復育即為重要的課題。本計畫以烏溪主流為調查區域，除延續第二年度的 5 個調查區域(棲地復原區、自來水深潭區、毛蟹池區、溪尾大橋 2 號區、溪尾大橋 5 號區) 持續調查魚類及其棲地環境之外，於今年度新增了 2 個調查區域(毛蟹池區上游 1 號區和毛蟹池區上游 2 號區) 進行調查，7 個調查區域皆位於辮狀湧泉流路區域，而 7 個調查區域皆有之魚種為斯奈德小魴，底質皆是以細顆粒為主(棲地復原區除外)，溶氧偏低(毛蟹池區上游 1 號區和毛蟹池區上游 2 號區除外)，鹽度約為 0.22 PSU。在本年度計畫的調查期間，僅溪尾大橋 2 號區、溪尾大橋 5 號區有發現巴氏銀魴，而結合三年度之魚類調查資料可以發現，溪尾大橋 5 號區發現巴氏銀魴之機率最高，其中溪尾大橋 5 號區的發現機率約有 50%，而棲地復原區和毛蟹池區則是低於 5%。為了了解巴氏銀魴偏好之環境，本計畫利用二元羅吉斯回歸，將溪尾大橋 5 號區之巴氏銀魴與棲地環境之調查資料進行分析，發現巴氏銀魴偏好於總溶解固體較低、上湧及物種多的環境，而進一步利用多元尺度分析巴氏銀魴與上湧/下滲之關係，發現巴氏銀魴主要是偏好弱上湧之環境。藉由本計畫之成果可了解巴氏銀魴生長之棲地環境，提供後續復育之參考。

一、前言

巴氏銀魴(*Squalidus banarescui*)是臺灣特有種小型淡水魚類，分類上屬於鯉科銀魴屬，目前在農業部所公告之陸域保育類野生動物名錄中之保育等級為 I(瀕臨絕種野生動物)，分布在烏溪獅象山(含)下游至接近貓羅溪匯流處及貓羅溪上游平林溪至與烏溪匯流處，但較穩定的出現範圍只剩溪尾大橋上游 4 公里至下游 1.5 公里範圍內，此河段屬於辮狀河川(行政院農業委員會特有生物研究保育中心，2005)。河川型式可區分為順直(或微彎)、蜿蜒和辮狀等三種類型(Leopold & Wolman, 1957)，其中辮狀河川是具有兩條流路以上之河流系統，流路與流路之間主要是由沙洲或是較為穩固的河中島所區隔(Leopold et al., 1964; Knighton, 1998)，因此其河流系統會較為複雜(Thorne et al., 1997)。一般來說，辮狀河川的棲地環境多樣性會高於單一流路之河川(Jähnig et al., 2008; Lüderitz et al., 2011)，加上辮狀河川內之次要流路會有比主要流路較淺之水深及較緩慢之流速，對於魚類來說是相當重要的孵育棲地環境(Helfield et al., 2012)。

由於巴氏銀魴目前族群較不穩定，仍需積極復育，而如何復育即為重要的

課題。根據第一年度和第二年度之調查，巴氏銀鮎會偏好流速慢、水深較淺、水中氧氣需求不高、水面寬度較小、底質組成以較小之粒徑為主的棲地環境，其中調查區域以溪尾大橋 5 號區和自來水深潭區有較高之發現機率，而有採用人為方式復育之棲地復原區則是偏低，因此仍需蒐集更多的調查資料，除持續監測棲地復原區之外，更希望能提供放流或營造棲地環境時之參考資訊。此外，第一年度之調查有發現巴氏銀鮎偏好在具有伏流水上湧之棲地環境，但第二年度之調查則是無發現巴氏銀鮎偏好在具有伏流水上湧之棲地環境，因此本計畫將蒐集更多的調查資料以確認巴氏銀鮎是否偏好在具有伏流水上湧之棲地環境。

本計畫除持續監測既有調查區域之巴氏銀鮎棲地環境與伏流水層調查，並結合三年之調查資料以建立巴氏銀鮎與偏好環境之關係，評估其他水域是否適合巴氏銀鮎之棲息之外，亦會探討不同上湧/下滲程度與巴氏銀鮎棲息之關係，以確認伏流水層之上湧/下滲對於巴氏銀鮎棲息之影響，進而提供後續野外營造巴氏銀鮎之棲地環境參考。

二、本年度目標

1. 持續監測棲地復原區、自來水深潭區、毛蟹池區、溪尾大橋 2 號區、溪尾大橋 5 號區等 5 個區域之巴氏銀鮎棲地環境調查與研究。
2. 持續監測棲地復原區、自來水深潭區、毛蟹池區、溪尾大橋 2 號區、溪尾大橋 5 號區等 5 個區域之巴氏銀鮎伏流水層調查與研究。
3. 新增 2 處調查區域之巴氏銀鮎棲地環境調查與研究。
4. 新增 2 處調查區域之巴氏銀鮎伏流水層調查與研究。
5. 探討不同上湧/下滲程度與巴氏銀鮎棲息之關係。
6. 分析溪尾大橋 5 號區、自來水深潭區等巴氏銀鮎發現機率高之棲地環境、伏流水層之資料，建立巴氏銀鮎與棲地環境之關係並與第二年度建立之關係式進行比較，後用以評估其他水域是否適合巴氏銀鮎之棲息。
7. 持續監測棲地復原區等人為施作之水域對於巴氏銀鮎棲息之合適性。

三、文獻回顧

3.1 高灘地水域、瓣狀河川之生態環境

受到地勢、降雨的影響，高灘地水域部分常年與河川相連，部分常年與河川不相連，僅在雨季時才會與河川相連，而此一連接性的差異會影響水域中的養分可用性與生產力，與河川相連的高灘地水域比較容易與河川進行物質和能量交換，魚類之移動較無受限，在棲地選擇上可依據自身的生存、繁殖等需求進行選擇，以增加繁殖和營養吸收的機會，而常年與河川不相連的高灘地水域則是較為缺乏物質和能量的交換，魚類之移動較為受限，因而水域內之物種多

樣性會越來越低(Amoros & Bornette, 2002; Schomaker & Wolter, 2011)。此外, 根據 Glińska-Lewczuk et al (2016)研究發現, 幼魚會較為偏好棲息於高灘地水域, 而成魚則是偏好棲息於主流或與主流相連的水域中, 但遇洪水時, 高灘地水域會是魚類的庇護所, 而其對於高灘地水域之分類可分為三種類型, 第一種類型為水域的上下游端皆與主流雙向連接, 位於主流的側流通道, 流速較快, 屬於最年輕的水體, 處於演替的早期階段; 第二種類型為水域只有下游端與主流連接, 其水域型態較為多樣; 第三種類型為水域除非被洪水淹沒, 否則與主流彼此獨立, 流速緩慢, 屬於最古老的水體, 處於演替的後期階段。

Glińska-Lewczuk et al (2016)所提之第一種類型水域類似於辮狀河川之次要流路, Welker & Scarnecchia (2006)研究發現次要流路的水深、流速會比主要流路淺及慢, 底質的顆粒則是會比較小, 因此次要流路對於水生生物的棲息會是一個重要的因素(Gido et al., 1997; Gurnell & Petts, 2002; Burge, 2004; Helfield et al., 2012)。由於次要流路會有大量的懸浮物和無脊椎動物, 對魚類來說是相當重要的孵育棲地(Helfield et al., 2012)。一般而言, 次要流路多出現於辮狀河川, 過去有許多的研究指出辮狀河道區域的魚類種數、數量會高於單一河道區域(Lüderitz et al., 2011), 亦能提供幼魚較有利的遮蔽及養育環境(Sukhodolov et al., 2009), 而國內亦有證實在自然與人為的影響下所形成之多流路河道, 其物理棲地環境會與單流路河道有顯著的差異, 而多流路河道內之環境能提供魚類較多的選擇性或機會(Chiu & Suen, 2016)。

3.2 洪水脈衝與高灘地水域

在河川中, 水透過四個向度(縱向、橫向、垂直和時間)連接不同的水體(Amoros & Bornette, 2002), 其中橫向連通性是指主河道與洪泛平原(Floodplain)上各種水體之間的永久和偶發的連接, 垂直連通性是指地表水與地下水之間透過滲透進入沖積含水層和從山坡含水層滲出的交流。

在自然狀況下, 洪水是河川中主要的擾動來源(Arscott et al., 2002)。洪水在不同空間尺度上重塑洪泛區的型態, 使其具有高度的動態性, 棲息地的變化不僅僅被較高重現期的洪水事件影響(Van Der Nat et al., 2003), 頻繁但較小的水位波動雖然不會導致地形大幅改變, 但對於創造和維持棲地異質性非常重要, 它維持了河岸演替階段的多樣性(Ward et al., 1998; Tockner et al., 2000)。在低水位期間, 棲息地也會因時間的推移不斷的重塑(Re-shaping) (Van Der Nat et al., 2003)。

Junk et al. (1989)認為洪泛平原是獨特的, 他們不依賴上游有機物分解的效率, 而是強烈依賴洪水脈衝週期性的主流交換有機沉積物、養分和水生生物。洪水脈衝概念(Flood pulse concept)與橫向連通性(Lateral connectivity)跟沖刷流(Flushing flows)的概念密切相關。沖刷流通常指的是在水體中增加的流量, 可以清除相應大小的沉積物、有機物和污染物, 從而促進水生棲息地的健康和生態恢復(Hudson & Mossa, 1997)。在遭受洪水的區域, 水流速度和侵蝕力隨著位置、地形、河岸植被等不同而變化, Hupp & Osterkamp (1996)在美國四個不同

地區具有代表性河流中的研究表明，河岸植被分布有四個主要影響因素：(a)洪水頻率、持續時間和強度；(b)河流地形過程降解(Degradation)與堆積(Aggradation)循環的影響；(c)沉積物沖積和瓣狀河侵蝕作用的限制；(d)水分可獲得性。

Amoros (2001)提出根據洪泛平原環境條件與形成過程將導致水體的不同，共可分為 4 種水體，它們可能被堤防完全隔離較少受洪水衝擊、在只有基流時被隔離但在洪水期間連接、永久與河流連接，這 3 種水體會表現為小湖泊(Small lakes)、池塘(Ponds)或沼澤(Marshes)的靜水生態系，第 4 種水體則是持續受到河流的洪水脈衝影響，被視為河川生態系延伸的一部分。生態演替是一個持續的過程，最終導致每個水體走向優養化和陸地化，每個生態系統以其演替階段為特徵，該演替階段取決於生態系年齡與演替過程的速率。每個洪泛區水體提供的棲息地條件不同，篩選了水生生物與植物群落組成(Toner & Keddy, 1997; Bornette et al., 1998; Amoros, 2001)。

水利工程技術規範(2013)中將高灘地定義為「河川低水河槽岸頂至堤前坡趾(或河岸坡趾)間之河床，在常流量之情況下無水流」，與 Amoros (2001)描述的第 2 種水體：「在只有基流時被隔離但在洪水期間連接」類似，此種水域的浮游動植物的生產力通常比主流高很多。

洪泛平原的水域常被河流魚類用作繁殖和覓食的區域，以及在自然與人為干擾期間的避難所，但因流量調節、渠道化工程、人工堤壩建設常使河流縮小為單線河道，阻礙主流與其漫灘和靜水的橫向連通，對魚類的育苗區帶來重大的影響，可能導致整體豐度和物種多樣性減少，最終導致受威脅魚種增加(Bolland et al., 2012)。

洪水脈衝是控制洪泛平原生物群的主要力量，使洪泛平原和河道之間產生橫向交換(Junk et al., 1989)，水文學家將河流及洪泛平原視為一個洪泛區系統，因為它們在水、沉積物、有機質含量方面是不可分割的，並且兩者都對魚類種群的生存至關重要，洪泛平原對於時間有很重的依賴性，因為時間會影響到植物和動物的生產過程和生命週期，在洪水來臨時游泳能力較差的生物，如魚苗(Alevins)、幼魚(Juvenile fishes)、大型無脊椎動物(Macroinvertebrates)可能被水流帶走(Amoros, 2001)。許多物種的產卵發生在洪水的某個特定時期，當洪水退去時，魚類會根據需求重新遷移到主河道、殘留的洪水區域或於永久性支流中尋找棲息的場所(Junk et al., 1989)。

Hudson et al. (2012)將蜿蜒河段洪泛平原上不同演替階段的牛軛湖(Oxbow lake cycle)與「洪水脈衝概念」相結合，分析不同階段的牛軛湖與主河道的地表水文連通性及其閾值流量，研究發現年輕的牛軛湖表現出較強的地表水文連通性，僅需較小的流量即可與主流連通，湖水位與河水位的變化較為貼近，即便湖泊入口在地形上被河道堵塞物阻擋，但水仍於地下，透過粗粒河道堵塞物(Coarse channel plug)進行輸送，然而循環後期的牛軛湖與主流的地表水文連通會與複雜的地表路徑有關，舊有的河道不再提供洪水進入牛軛湖的能力，水要

通過崎嶇的地形如河道凹口、洪泛區泥沼和窪地，以更高的閾值流量使地表水文連通。不同連通閾值對應不同的沉積物輸入量與粒徑大小，較新的牛軛湖可以透過較低的流量與主流連結並獲得懸浮沉積物，下游河流的懸浮泥沙往往以細顆粒（細粉沙/黏土）為主，營養物質和污染物會吸附在這些膠體顆粒上，因此閾值流量與懸浮沉積物對牛軛湖的營養和生態系統而言至關重要。

洪水脈衝概念強調了洪水對於河川生態系統的重要性，它不僅影響河川各種水域型態與營養物質的交換，對於平時與主流無連接的高灘地水域生態系統也具有關鍵影響。在水資源管理和生態保護中，必須考慮到洪水脈衝的影響，以確保河川生態系統的可持續性。

3.3 伏流水層之生態環境

伏流水層是一個獨特的棲息地，位於河川通道內地表逕流與地下水的交界處，為地表逕流與地下水混合的區域，對於許多河川和生物群落的變化都非常重要。伏流水層一詞最早是由 Orghidan (1959)在羅馬尼亞所提出，其描述伏流水層是特定特性生物喜好利用的地下水微棲地，即伏流水層是屬於地下水的部分，但後續對於伏流水層的定義則不僅僅是只屬於地下水的部分，如 Vervier et al. (1992)提出伏流水層是地表逕流與地下水之間的交錯帶，White (1993)提出伏流水層是位於河床下飽和孔隙的區域，並具有一定比例的地表逕流，Alley et al. (2002)與游志弘和孫建平(2015)則提出伏流水層是地表逕流與地下水之間的過渡帶，兩者之間是相互連接且不可分離，而經濟部水利署水利規劃分署認為伏流水層是河床沉積層的一部分，於此層地面水及地下水會進行水量之交換，此交換之水量即為伏流水(林宏奕等人，2019)。本計畫採用 White (1993)與游志弘和孫建平(2015)之定義，將伏流水層定義為「河川河床下方飽和孔隙區域，並延伸至包含部分地表逕流之河岸區域」。

由於伏流水層包含了地表逕流與地下水，研究兩者之間的交換機制和水質變化，對於伏流水層的生物具有重要意義(Marmonier et al., 1993; Orghidan, 2010)。實際上，伏流水層是由多個流動路徑所組成(Bencala, 1993)，流入、流出或穿越伏流水層的水流稱為伏流水交換流(Hyporheic Exchange Flow)，或稱為伏流水交換通量(Hyporheic Exchange Flux)，均縮寫為 HEF(Fox et al., 2014)，HEF 是一種特定類型的地表逕流與地下水交換。伏流水層被譽為是溪流的肝臟(Fischer et al., 2005)，對於溪流生態有重大意義(Findlay, 1995; Boulton et al., 1998; Claret et al., 1998)，主要是因為伏流水層包含多樣化及物種豐度高的動物相，主導著溪流中的生物生產力(Smock et al., 1992; Brunke et al., 1997)。地表逕流與地下水的交換，常常伴隨著大量的生態過程，這對河川的代謝非常重要(Boulton et al., 1998)，伏流水交換過程有助於營養物質和有機物的循環利用，例如硝化和反硝化作用，或是落葉的生物降解(Storey et al., 2004; Cornut et al., 2010)。伏流水棲息地透過結合地下水和底棲生物群落的生存，為河川的生物多樣性做出貢獻(Dole-Olivier & Marmonier, 1992)，這些伏流水層的生物也可以透過擾動改變沉積物的結構(Mermillod-Blondin & Rosenberg, 2006)，因此

牠們的生物多樣性對於河川的完整性和功能非常重要。

河川流量的變化，無論是高流量事件(如：洪水)或是低流量事件(如：乾旱)皆會影響棲息地內生物的生存，因此研究乾濕季明顯的河川之物種棲息地偏好，以及研究物種在河川的縱向分布有助於提供瀕危物種的保育措施。河川流量的變化會導致生物改利用其他環境進行棲息或避難，包含伏流水層，如 Kawanishi et al. (2013)於乾旱時期研究四國島鰍利用伏流水層作為避難所的情形，Heggenes et al. (2013)則是發現大西洋鮭的幼魚會利用伏流水層作為移動通道。

四、材料與方法

4.1 計畫區域

本計畫的調查區域位於烏溪流域內，烏溪流域面積約 2025.6 平方公里，平均坡降約 0.0109，地勢東高西低，高度最高為 3410 公尺左右(圖 1)，主要支流包含烏溪主流(含上游南港溪)、筏子溪、大里溪、貓羅溪、北港溪及眉溪。根據行政院農業委員會特有生物研究保育中心(2005)所做的調查報告，烏溪主流的河川型式可分為三種，分別為蜿蜒河川(上游)、瓣狀河川(中游)及河口型河川(下游)，其中瓣狀河川是位於烏溪橋至中山高橋段，而本計畫調查位置皆分布於烏溪主流之中游地區，高度介於 37 公尺至 55 公尺。烏溪流域內也涵蓋了大部分的地下水補注地質敏感區(臺中盆地)，區域包括臺中市之神岡區、豐原區、大雅區、潭子區、龍井區、西屯區、北屯區、南屯區、大肚區、烏日區、東區、西區、南區、北區、中區、大里區、太平區、霧峰區，南投縣之草屯鎮、南投市、名間鄉及彰化縣之彰化市、芬園鄉等，而本計畫之 7 個調查區域皆不屬於地下水補注地質敏感區(臺中盆地)範圍內，但棲地復原區和自來水深潭區等 2 個調查區域是相當接近地下水補注地質敏感區(臺中盆地)邊界，其中棲地復原區大約距離地下水補注地質敏感區(臺中盆地)邊界約 150 公尺(圖 1)。溪尾大橋 4 號區因受到 2024 年 7 月的凱米颱風影響，其水域環境遭到嚴重影響(圖 2，照片為臺中市野生動物保育學會林文隆博士團隊提供)，故本年度(2024)無調查。

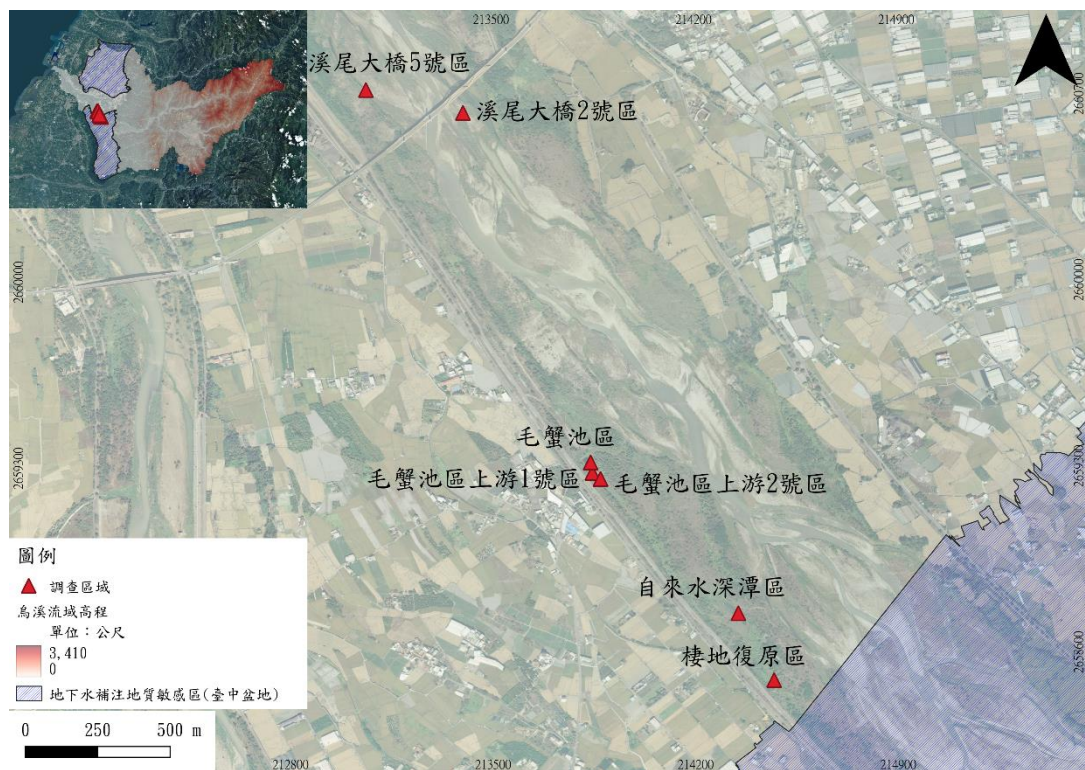


圖 1、調查區域周遭高程及地下水補注地質敏感區之分布



圖 2、溪尾大橋 2 號區及 4 號區於凱米颱風後之狀況(2024.07.27 拍攝)

本計畫除延續前兩個年度(2022、2023)的調查區域，包含棲地復原區、自來水深潭區、毛蟹池區、溪尾大橋 2 號區和溪尾大橋 5 號區(上一年度命名溪尾大橋 1 號區)等 5 個調查區域，本年度另新增了 2 個調查區域，分別為毛蟹池區

上游1號區和毛蟹池區上游2號區，共計7個調查區域，其中新增的2個區域位於毛蟹池區的上游，地表水源有彼此互相連通，距離毛蟹池區分別約為45公尺和70公尺。本計畫的調查區域皆位於臺中市境內的烏溪主流，附近之河道具有多流路河道特性，屬於辮狀河川，鄰近彰化縣和南投縣，除溪尾大橋2號區較靠近右岸之外，其餘6個調查區域皆靠近於左岸，其中棲地復原區和自來水深潭區距離較近，為本計畫最上游的調查區域，溪尾大橋2號區及5號區鄰近烏日溪尾大橋，為本計畫最下游的調查區域。各調查區域的調查日期如表1所示，其中棲地復原區水域為2022年3月有藉由人工挖掘出一條復育之溝渠(圖4)，並連接至原有的潭(圖5)，自來水深潭區及毛蟹池區水域主要之棲地型態以潭為主(圖6和圖7)，溪尾大橋2號區、5號區及毛蟹池區上游1號區、2號區水域主要之棲地型態則是以瀨為主(圖8、圖9、圖10、圖11)。相較於棲地復原區，自來水深潭區、毛蟹池區、毛蟹池區上游1號區及2號區、溪尾大橋2號區及5號區屬於非人為復育區。本計畫7個調查區域中，在非雨季情況下，棲地復原區、自來水深潭區、毛蟹池區、毛蟹池區上游1號區及2號區等5個區域與主要流路並無連接，而溪尾大橋2號區及5號區則是會與主要流路連接，其中溪尾大橋2號區屬於動水域，距離主要流路約5公尺，較靠近河道中央(推測屬於次要流路)，而溪尾大橋5號區則是距離主要流路較遠。



圖3、調查區域位置圖

表 1、本年度各採樣區域調查日期

採樣區域 調查日期	棲地復 原區	自來水 深潭區	毛蟹池區	毛蟹池區 上游 1 號 區	毛蟹池區 上游 2 號 區	溪尾大橋 2 號區	溪尾大橋 5 號區
2024.01.05		○					○
2024.03.22		○					○
2024.07.04						○	
2024.07.18			○				○
2024.08.29	○			○			
2024.10.18					○		
2024.11.22						○	

備註：○代表該日期有調查。



圖 4、棲地復原區採樣環境-瀨(2024.08.29 拍攝)



圖 5、棲地復原區採樣環境-潭(2024.08.29 拍攝)



圖 6、自來水深潭區採樣環境(2024.03.22 拍攝)



圖 7、毛蟹池區採樣環境(2024.07.18 拍攝)



圖 8、溪尾大橋 2 號區採樣環境(2024.11.22 拍攝)



圖 9、溪尾大橋 5 號區採樣環境(2024.07.18 拍攝)



圖 10、毛蟹池區上游 1 號區採樣環境(2024.08.29 拍攝)



圖 11、毛蟹池區上游 2 號區採樣環境(2024.10.18 拍攝)

4.2 雨量資料及颱風事件

依據中央氣象署氣候資料服務系統，距離調查區域鄰近之自動氣象站為芬園測站(測站站碼：C0G620)和草屯測站(測站站碼：C0H960)，距離分別約 3,400 公尺和 7,000 公尺，如圖 12 所示。芬園測站和草屯測站 2022 年、2023 年和 2024 年之降水資料如表 2 和表 3 所示，其中芬園測站 2022 年、2023 年和 2024 年之年降雨量分別為 1,476.5 公厘、1,289.5 公厘和 1,752.5 公厘，而草屯測站 2022 年、2023 年和 2024 年之年降雨量分別為 1,412.0 公厘、1,325.5 公厘和 1,571.5 公厘，兩個測站之年降雨量皆是以 2024 年最多，2022 年次之，2023 年最少。

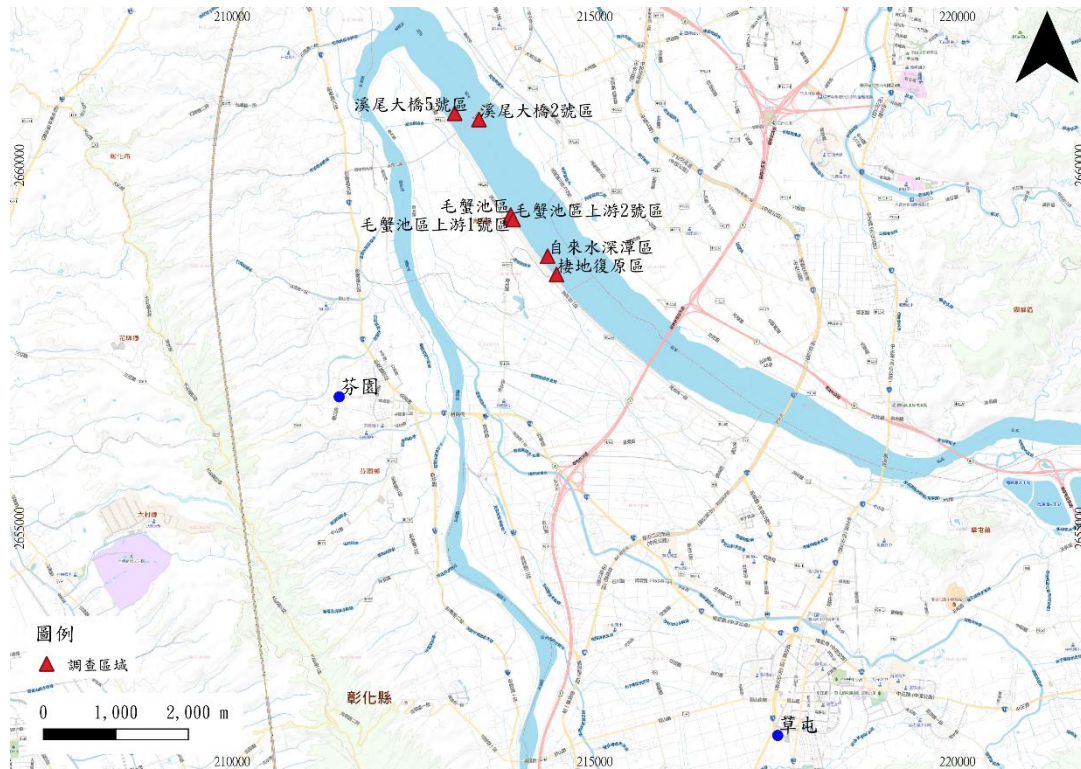


圖 12、調查區域周遭之雨量站位置圖

表 2、自動氣象站-芬園測站各年年降雨量與 1-12 月月降雨量(單位：公厘)

年份	月降雨量												年降雨量
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
2022	26.5	122.0	101.0	56.0	392.5	357.0	57.5	221.5	111.5	6.0	8.0	17.0	1476.5
2023	8.5	16.5	12.0	136.5	211.5	110.0	156.0	310.5	282.5	33.0	0.0	12.5	1289.5
2024	8.5	21.5	34.5	159.0	93.0	166.0	530.5	307.0	263.5	74.0	68.5	26.5	1752.5

資料來源：中央氣象署氣候資料服務系統

表 3、自動氣象站-草屯測站各年年降雨量與 1-12 月月降雨量(單位：公厘)

年份	月降雨量												年降雨量
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
2022	36.0	120.5	97.5	45.5	320.5	384.5	30.0	244.0	111.0	7.0	3.5	12.0	1412.0
2023	6.5	13.0	13.5	94.5	207.5	195.0	185.0	313.0	235.0	43.0	0.5	19.0	1325.5
2024	8.5	24.0	22.0	169.5	88.0	220.5	470.5	225.0	217.5	56.5	36.0	33.5	1571.5

資料來源：中央氣象署氣候資料服務系統

自本計畫開始調查以來，有發布陸上颱風警報的颱風共計有 10 次(表 4)，其中對於調查區域影響較大的颱風主要有卡努(2023 年)、凱米(2024 年)、康芮(2024 年)等颱風，尤以 2024 年的凱米颱風影響最嚴重，溪尾大橋附近的調查區域皆受到嚴重影響，其中溪尾大橋 4 號區及 5 號區等調查區域的影響最大(圖 2 和圖 13，照片為臺中市野生動物保育學會林文隆博士團隊提供)，因此溪尾大橋附近的調查區域，僅剩溪尾大橋 2 號區於凱米颱風後仍能繼續進行調查(表 1)。

表 4、侵臺颱風列表

颱風名稱	警報期間	強度
軒嵐諾	2022 年 09 月 02 日至 09 月 04 日	強烈
杜蘇芮	2023 年 07 月 24 日至 07 月 28 日	中度
卡努	2023 年 08 月 01 日至 08 月 04 日	中度
蘇拉	2023 年 08 月 28 日至 08 月 31 日	強烈
海葵	2023 年 09 月 01 日至 09 月 05 日	中度
小犬	2023 年 10 月 02 日至 10 月 06 日	中度
凱米	2024 年 07 月 22 日至 07 月 26 日	強烈
山陀兒	2024 年 09 月 29 日至 10 月 04 日	強烈
康芮	2024 年 10 月 29 日至 11 月 01 日	強烈
天兔	2024 年 11 月 14 日至 11 月 16 日	中度

資料來源：中央氣象署南區氣象服務颱風資料庫



圖 13、溪尾大橋 5 號區於凱米颱風後之狀況(2024.07.27 拍攝)

4.3 棲地環境調查

本計畫於 6 個調查區域中，以隨機方式選取採樣點進行棲地環境調查，每一個採樣點範圍為 1 公尺×1 公尺之方格，調查項目包含流速、水深、底質、pH 值、導電度、溶氧、鹽度、濁度及總溶解固體(Total dissolved solids, TDS)等。在每個採樣點方格當中，環境因子如 pH 值、導電度、溶氧、鹽度、濁度及總溶解固體會藉由手持式水質量測儀器量測一次，流速和水深會於方格內各取三點量測取平均值，代表採樣點方格內的流速和水深狀況，而底質則是採用自製的底

質粒徑板，並搭配 Platts et al. (1983)的表面目視法(Surface-visual-method)進行估算，單位為百分比。底質粒徑板內有分成 100 個網格(每格為 10 公分×10 公分)，以方便計算不同底質類型的百分比(圖 14)。底質類型主要分為細顆粒(< 2 公厘)、礫石(2 公厘~64 公厘)、鵝卵石(64 公厘~256 公厘)、小漂石(256 公厘~512 公厘)和大漂石(> 512 公厘)。棲地環境總共調查了 86 個微棲地環境，其中棲地復原區調查了 3 個，自來水深潭區調查了 20 個，毛蟹池區調查了 5 個，毛蟹池區上游 1 號區調查了 7 個，毛蟹池區上游 2 號區調查了 10 個，溪尾大橋 2 號區調查了 15 個，溪尾大橋 5 號區調查了 26 個。

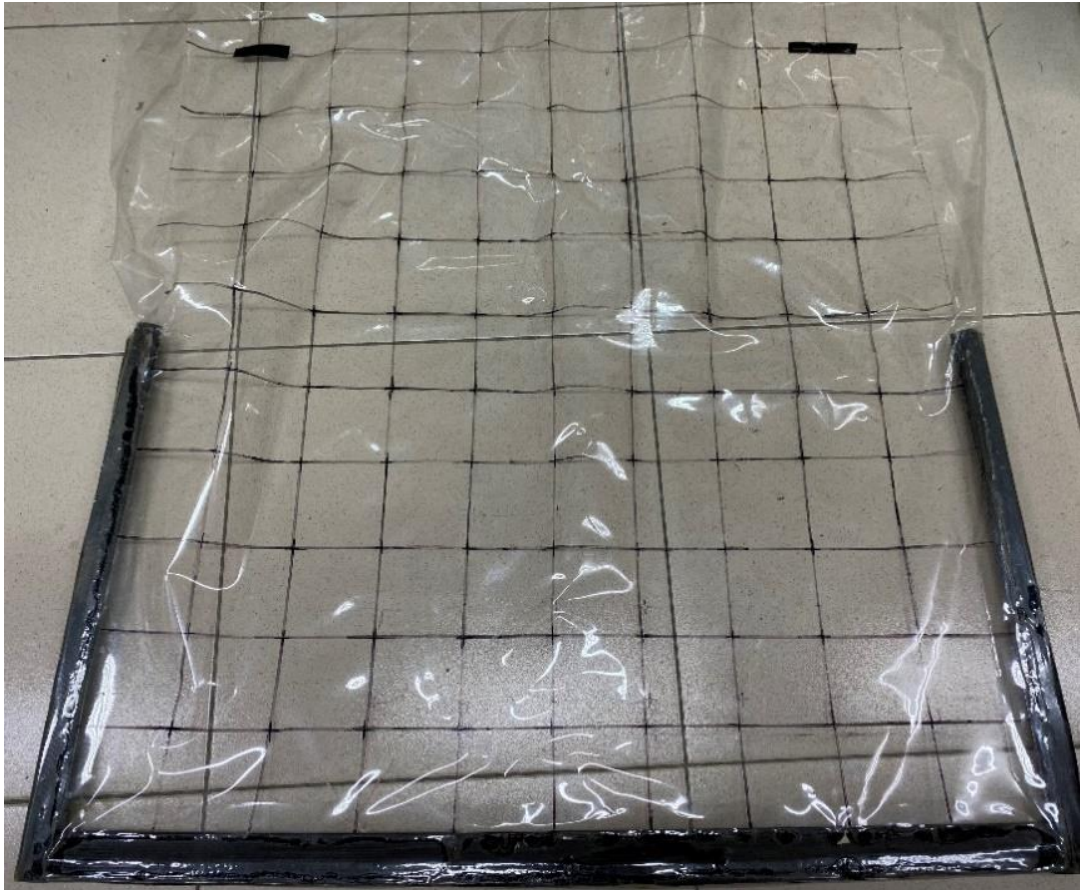


圖 14、自製底質粒徑板

4.4 伏流水層調查

伏流水層調查之目的是為了了解一區域之上湧及下滲的狀況及分布，而本計畫利用 Baxter & Hauer (2003)提出之微測壓管(Minipiezometer)量測方法進行調查。微測壓管量測方法為利用鐵槌將金屬內外管同時打入河床底下約 40 ~ 60 公分深處，再把金屬內管移出之後，將長約 160 公分、直徑 1.1 公分的 PVC 透明管(末端封底並從底部四面穿孔，自底部 0.5 公分起打約 30 個小孔)從金屬外管內插入河床底下，再藉由連通管原理量測 PVC 管內水深，若水位高於水面(地表流動溪水)則為上湧(Upwelling)；若低於水面則為下滲(Downwelling)，如圖 15 所示，放入浮球可以加速判釋管內水位之位置。垂直水力梯度(VHG, Vertical

Hydraulic Gradient)為表示伏流水與地表水間壓力差之無因次單位，計算出結果分為上湧、下滲與平衡三種情況，上湧情況 $VHG > 0$ ，代表含水層之水位 $>$ 地表水位；下滲情況 $VHG < 0$ ，代表含水層之水位 $<$ 地表水位；若是平衡點位段 VHG 則會為 0，代表含水層與地表水水位相同。 VHG 之計算公式為 $\Delta h / \Delta l$ ，其中 Δh 為透明管內水位與河川水位之水頭差， Δl 為透明管打入土裡的深度，如圖 16 所示。伏流水層調查共調查了 86 個點位，其中棲地復原區調查了 3 個，自來水深潭區調查了 20 個，毛蟹池區調查了 5 個，毛蟹池區上游 1 號區調查了 7 個，毛蟹池區上游 2 號區調查了 10 個，溪尾大橋 2 號區調查了 15 個，溪尾大橋 5 號區調查了 26 個。



圖 15、利用浮球進行上湧/下滲判斷

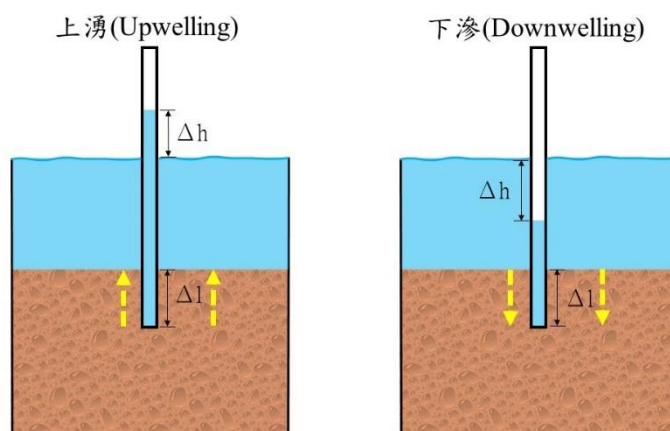


圖 16、伏流水垂直水力梯度(VHG)示意圖

4.5 魚類調查

本計畫之魚類調查是委託臺中市野生動物保育學會林文隆博士團隊進行調查，其方法是在固定位置架設水下攝影機進行拍攝，拍攝結束後再將影像帶回室內進行魚種辨識，拍攝日期為 2024 年的 1 月 4 日、3 月 22 日、7 月 4 日、7 月 19 日、9 月 1 日、10 月 18 日和 11 月 22 日，共計調查 52 個微棲地環境。

4.6 統計分析

本計畫採用單因子變異數分析(One-way ANOVA)及二元羅吉斯回歸(Binary Logistic Regression)等統計及多變量方法進行資料分析。

4.6.1 單因子變異數分析

單因子變異數分析是用來探討 7 個調查區域間及溪尾大橋 2 號區不同調查時期棲地環境因子的差異性，多重比較檢定則是採用 Duncan 法區別差異性(Hair et al., 2009; Huitema, 2011)。Duncan 法的統計強韌性很高，即容易達到顯著水準。本計畫使用 SPSS (Statistical Program for Social Sciences) 17.0 統計分析軟體進行單因子變異數分析。

4.6.2 二元羅吉斯回歸

二元羅吉斯回歸是一種監督式機器學習模型，常用於處理二元分類問題。該模型的目標是通過將一組特徵（自變量）映射到一個二元結果（因變量），其中自變量可為一個或多個名目、順序、區間或比例等變數。與其他回歸分析一樣，二元羅吉斯回歸也能用來預測資料。二元羅吉斯回歸模型可以使用最大概似法(Maximum Likelihood Estimation)或梯度下降法(Gradient Descent)等優化算法，在訓練過程中，模型會對每個特徵的權重進行調整，從而擬合訓練數據，使模型能夠盡可能地預測正確的類別，而本計畫採用的是最大概似法，回歸方程式的整體檢定乃透過概似值(Likelihood)，此概似值為一機率，函數值介於(0,1)之間，當函數值取自然對數後，其對數值為負數。另外，本計畫採用 Hosmer and Lemeshow 檢定以檢定模式的配合度，其是以卡方值來顯示，當檢定結果 $p > 0.05$ 即表示接受此回歸模式成立的假設(Hosmer et al., 1997)，而卡方值愈小，也代表模式的配合度愈佳。

本計畫使用 SPSS 17.0 統計分析軟體進行羅吉斯回歸運算，在運算過程中，會對概似值先取自然對數再乘以-2 以進行分析。SPSS 輸出時，會將此值標示為「-2 Log Likelihood」，縮寫為-2LL，此值愈大，表示回歸方程式的概似值愈小，也代表模式的配合程度愈差。反之，此值越小，表示回歸方程式的概似值愈接近於 1，也代表模式的配合程度愈好。此值等於 0 即代表整個回歸模式完全配合。另外，SPSS 17.0 統計軟體中有提供幾種方法進行二元羅吉斯回歸計算，本計畫是採用逐步向前法進行計算。

4.6.3 多元尺度分析

多元尺度分析是用來探討在有巴氏銀鮎調查紀錄的棲地環境中，其上湧/下滲之分布差異，本計畫是利用歐氏距離矩陣進行分析，並繪製出多元尺度空間

分析圖，分布越集中代表棲地環境的差異性不大，越分散差異性越大。在多元尺度空間分析圖中，其點位提供採樣點彼此之間的相對關係，此相對關係程度的好壞以壓力值(Stress values)來作為指標。當壓力值越低時，表示多元尺度空間分析圖越能提供準確的資訊(Pegg & McClelland, 2004)。

五、結果與討論

5.1 調查區域之魚類種類

各調查區域之魚類調查結果如表 5 所示，共計調查到 5 科 19 種，其中棲地復原區有 1 科 5 種，自來水深潭區有 3 科 6 種，毛蟹池區有 2 科 16 種，毛蟹池區上游 1 號區有 3 科 4 種，毛蟹池區上游 2 號區有 3 科 4 種，溪尾大橋 2 號區有 5 科 15 種，溪尾大橋 5 號區有 2 科 10 種，以溪尾大橋 2 號區所調查到的科別及種數最多。與過去兩年度的調查資料相比(表 6 和表 7)，本年度的棲地復原區、自來水深潭區、毛蟹池區、溪尾大橋 5 號區的魚種皆較過去兩年度的調查記錄少，其中自來水深潭區於過去兩年度皆有調查到巴氏銀鮡之紀錄，在本年度之魚類調查則是完全沒有發現到巴氏銀鮡，而統整自來水深潭區三個年度的巴氏銀鮡發現機率亦發現有遞減之情況(表 8)。本年度有發現巴氏銀鮡的調查區域為溪尾大橋 2 號區和 5 號區，溪尾大橋 5 號區在這三年的調查紀錄一直都有發現到巴氏銀鮡，且每年平均發現機率皆高於 45.00%，而溪尾大橋 2 號區在 2024 年的凱米颱風前沒有發現到巴氏銀鮡，但在凱米颱風過後有發現巴氏銀鮡之紀錄，且發現機率有 50.00% (表 8)，推測可能是受到颱風帶來的豪雨影響，使得原本不相連通的流路、水域環境，在洪水時期彼此相連通，因此才會在溪尾大橋 2 號區發現巴氏銀鮡。溪尾大橋 2 號區於凱米颱風前之棲地環境如圖 2 所示，於凱米颱風後之棲地環境如圖 8 所示，在颱風前仍有茂密的植生，但颱風後已有部分區域裸露。洪水對魚類群聚的影響，主要是與洪水的強度、發生時間(產卵期前或後)等有關(Fritz et al., 2002; Lojkasek et al., 2005)，其中規律、可預測及控制的洪水事件對當地物種較無影響(Pusey et al., 1993; Dolloff et al., 1994; Halls and Welcomme, 2004)，而隨機、無法預測的洪水事件則是會有嚴重的影響(Puckridge et al., 2000; Thieme et al., 2001)。

表 5、7 個調查區域調查到的魚類種類(2024)。各調查區域調查到的魚類種類為整年度之調查記錄統整。

調查區域	科別	種類	
		學名	中文名
棲地復原區	鯉科	<i>Puntius snyderi</i>	斯奈德小鮰
	鯉科	<i>Onychostoma alticorpus</i>	高身白甲魚
	鯉科	<i>Acrossocheilus paradoxus</i>	臺灣石鱚
	鯉科	<i>Candidia barbata</i>	臺灣鬚鱚
	鯉科	<i>Spinibarbus hollandi</i>	何氏棘鮰

調查區域	科別	種類	
		學名	中文名
自來水深潭區	鯉科	<i>Carassius auratus auratus</i>	鯽
	鯉科	<i>Barbonymus gonionotus</i>	銀高體鮠
	鯉科	<i>Puntius snyderi</i>	斯奈德小鮠
	鯉科	<i>Hemiculter leucisculus</i>	鰲
	鱧科	<i>Channa striata</i>	線鱧
	麗魚科	<i>Oreochromis niloticus</i>	尼羅口孵非鯽
毛蟹池區	鯉科	<i>Puntius snyderi</i>	斯奈德小鮠
	鯉科	<i>Pseudorasbora parva</i>	羅漢魚
	鯉科	<i>Carassius auratus auratus</i>	鯽
	鯉科	<i>Barbonymus gonionotus</i>	銀高體鮠
	鯉科	<i>Opsariichthys pachycephalus</i>	粗首馬口鱮
	麗魚科	<i>Oreochromis niloticus</i>	尼羅口孵非鯽
毛蟹池區上游1號區	鯉科	<i>Opsariichthys pachycephalus</i>	粗首馬口鱮
	鯉科	<i>Puntius snyderi</i>	斯奈德小鮠
	鱧科	<i>Channa asiatica</i>	七星鱧
	麗魚科	<i>Oreochromis niloticus</i>	尼羅口孵非鯽
毛蟹池區上游2號區	鯉科	<i>Puntius snyderi</i>	斯奈德小鮠
	鯉科	<i>Candidia barbata</i>	臺灣鬚鱮
	麗魚科	<i>Oreochromis niloticus</i>	尼羅口孵非鯽
	鰕虎科	<i>Rhinogobius similis</i>	極樂吻鰕虎
溪尾大橋2號區	鯉科	<i>Spinibarbus hollandi</i>	何氏棘鮠
	鯉科	<i>Carassius auratus auratus</i>	鯽
	鯉科	<i>Puntius snyderi</i>	斯奈德小鮠
	鯉科	<i>Cyprinus carpio carpio</i>	鯉
	鯉科	<i>Opsariichthys pachycephalus</i>	粗首馬口鱮
	鯉科	<i>Microphysogobio alticorpus</i>	高身小鰾鮎
	鯉科	<i>Acrossocheilus paradoxus</i>	臺灣石鱮
	鯉科	<i>Candidia barbata</i>	臺灣鬚鱮
	鯉科	<i>Squalidus banarencui</i>	巴氏銀鮎
	鯉科	<i>Pseudorasbora parva</i>	羅漢魚
	鰕科	<i>Cobitis sinensis</i>	中華花鰕
	鱧科	<i>Channa striata</i>	線鱧
	麗魚科	<i>Oreochromis niloticus</i>	尼羅口孵非鯽
	鰕虎科	<i>Rhinogobius candidianus</i>	明潭吻鰕虎
	鰕虎科	<i>Rhinogobius similis</i>	極樂吻鰕虎
溪尾大橋5號區	鯉科	<i>Microphysogobio alticorpus</i>	高身小鰾鮎
	鯉科	<i>Carassius auratus auratus</i>	鯽
	鯉科	<i>Opsariichthys pachycephalus</i>	粗首馬口鱮
	鯉科	<i>Puntius snyderi</i>	斯奈德小鮠
	鯉科	<i>Acrossocheilus paradoxus</i>	臺灣石鱮
鯉科	<i>Pseudorasbora parva</i>	羅漢魚	

調查區域	科別	種類	
		學名	中文名
	鯉科	<i>Candidia barbata</i>	臺灣鬚鱨
	鯉科	<i>Squalidus banarescui</i>	巴氏銀魷
	鯉科	<i>Spinibarbus hollandi</i>	何氏棘鮠
	麗魚科	<i>Oreochromis niloticus</i>	尼羅口孵非鯽

表 6、6 個調查區域調查到的魚類種類(孫建平，2023)

調查區域	科別	種類	
		學名	中文名
棲地復原區	鯉科	<i>Puntius snyderi</i>	斯奈德小鮠
	鯉科	<i>Carassius auratus auratus</i>	鯽
	鯉科	<i>Cyprinus carpio carpio</i>	鯉
	鯉科	<i>Candidia barbata</i>	臺灣鬚鱨
	鯉科	<i>Pseudorasbora parva</i>	羅漢魚
	鱧科	<i>Channa striata</i>	線鱧
	麗魚科	<i>Oreochromis niloticus</i>	尼羅口孵非鯽
自來水深潭區	鰕虎科	<i>Rhinogobius similis</i>	極樂吻鰕虎
	鯉科	<i>Carassius auratus auratus</i>	鯽
	鯉科	<i>Pseudorasbora parva</i>	羅漢魚
	鯉科	<i>Puntius snyderi</i>	斯奈德小鮠
	鯉科	<i>Squalidus banarescui</i>	巴氏銀魷
	鰕科	<i>Cobitis sinensis</i>	中華花鰕
	鱧科	<i>Channa striata</i>	線鱧
	麗魚科	<i>Oreochromis niloticus</i>	尼羅口孵非鯽
毛蟹池區	鰕虎科	<i>Rhinogobius similis</i>	極樂吻鰕虎
	鯉科	<i>Puntius snyderi</i>	斯奈德小鮠
	鯉科	<i>Pseudorasbora parva</i>	羅漢魚
	鯉科	<i>Carassius auratus auratus</i>	鯽
	鯉科	<i>Barbonymus gonionotus</i>	銀高體鮠
	鯉科	<i>Opsariichthys pachycephalus</i>	粗首馬口鱮
	鯉科	<i>Candidia barbata</i>	臺灣鬚鱨
	鯉科	<i>Paratanakia himantegus</i>	臺灣石鮠
	鯉科	<i>Squalidus banarescui</i>	巴氏銀魷
	鱧科	<i>Channa striata</i>	線鱧
	鰕科	<i>Cobitis sinensis</i>	中華花鰕
溪尾大橋5號區	麗魚科	<i>Oreochromis niloticus</i>	尼羅口孵非鯽
	鰕虎科	<i>Rhinogobius similis</i>	極樂吻鰕虎
	鯉科	<i>Paratanakia himantegus</i>	臺灣石鮠
	鯉科	<i>Carassius auratus auratus</i>	鯽
	鯉科	<i>Opsariichthys pachycephalus</i>	粗首馬口鱮
	鯉科	<i>Onychostoma alticorpus</i>	高身白甲魚

調查區域	科別	種類	
		學名	中文名
	鯉科	<i>Microphysogobio alticorpus</i>	高身小鰮鮎
	鯉科	<i>Puntius snyderi</i>	斯奈德小鰮
	鯉科	<i>Acrossocheilus paradoxus</i>	臺灣石鱚
	鯉科	<i>Candidia barbata</i>	臺灣鬚鱨
	鯉科	<i>Squalidus banarescui</i>	巴氏銀鮎
	鯉科	<i>Spinibarbus hollandi</i>	何氏棘鰮
	鰱科	<i>Cobitis sinensis</i>	中華花鰱
	鰕虎科	<i>Rhinogobius candidianus</i>	明潭吻鰕虎
	麗魚科	<i>Oreochromis niloticus</i>	尼羅口孵非鯽
溪尾大橋 2號區	鯉科	<i>Spinibarbus hollandi</i>	何氏棘鰮
	鯉科	<i>Carassius auratus auratus</i>	鯽
	鯉科	<i>Cyprinus carpio carpio</i>	鯽
	鯉科	<i>Opsariichthys pachycephalus</i>	粗首馬口鱮
	鯉科	<i>Microphysogobio alticorpus</i>	高身小鰮鮎
	鯉科	<i>Acrossocheilus paradoxus</i>	臺灣石鱚
	鯉科	<i>Candidia barbata</i>	臺灣鬚鱨
	鯉科	<i>Gobiobotia cheni</i>	陳氏鰱鮎
	麗魚科	<i>Oreochromis niloticus</i>	尼羅口孵非鯽
鰕虎科	<i>Rhinogobius similis</i>	極樂吻鰕虎	
溪尾大橋 4號區	鯉科	<i>Hemibarbus labeo</i>	唇鰮
	鯉科	<i>Carassius auratus auratus</i>	鯽
	鯉科	<i>Opsariichthys pachycephalus</i>	粗首馬口鱮
	鯉科	<i>Onychostoma alticorpus</i>	高身白甲魚
	鯉科	<i>Microphysogobio alticorpus</i>	高身小鰮鮎
	鯉科	<i>Puntius snyderi</i>	斯奈德小鰮
	鯉科	<i>Acrossocheilus paradoxus</i>	臺灣石鱚
	鯉科	<i>Pseudorasbora parva</i>	羅漢魚
	鯉科	<i>Candidia barbata</i>	臺灣鬚鱨
	鯉科	<i>Squalidus banarescui</i>	巴氏銀鮎
	鯉科	<i>Spinibarbus hollandi</i>	何氏棘鰮
	鱧科	<i>Channa striata</i>	線鱧
	麗魚科	<i>Oreochromis niloticus</i>	尼羅口孵非鯽
鰕虎科	<i>Rhinogobius similis</i>	極樂吻鰕虎	

表 7、4 個調查區域調查到的魚類種類(孫建平，2022)

調查區域	科別	種類	
		學名	中文名
棲地復原 區	鯉科	<i>Puntius snyderi</i>	斯奈德小鰮
	鯉科	<i>Opsariichthys pachycephalus</i>	粗首馬口鱮
	鯉科	<i>Carassius auratus auratus</i>	鯽

調查區域	科別	種類	
		學名	中文名
	鯉科	<i>Cyprinus carpio carpio</i>	鯉
	鯉科	<i>Barbonymus gonionotus</i>	銀高體鮑
	鯉科	<i>Squalidus banarescui</i>	巴氏銀鮡
	鯉科	<i>Candidia barbata</i>	臺灣鬚鱨
	鱧科	<i>Channa striata</i>	線鱧
	麗魚科	<i>Oreochromis niloticus</i>	尼羅口孵非鯽
	鰕虎科	<i>Rhinogobius similis</i>	極樂吻鰕虎
自來水深潭區	鯉科	<i>Squalidus banarescui</i>	巴氏銀鮡
	鯉科	<i>Carassius auratus auratus</i>	鯽
	鯉科	<i>Pseudorasbora parva</i>	羅漢魚
	鯉科	<i>Cyprinus carpio carpio</i>	鯉
	鯉科	<i>Barbonymus gonionotus</i>	銀高體鮑
	鯉科	<i>Puntius snyderi</i>	斯奈德小鮑
	鱧科	<i>Channa striata</i>	線鱧
麗魚科	<i>Oreochromis niloticus</i>	尼羅口孵非鯽	
鰕虎科	<i>Rhinogobius similis</i>	極樂吻鰕虎	
毛蟹池區	鯉科	<i>Puntius snyderi</i>	斯奈德小鮑
	鯉科	<i>Pseudorasbora parva</i>	羅漢魚
	鯉科	<i>Carassius auratus auratus</i>	鯽
	鯉科	<i>Barbonymus gonionotus</i>	銀高體鮑
	鯉科	<i>Opsariichthys pachycephalus</i>	粗首馬口鱮
	鯉科	<i>Candidia barbata</i>	臺灣鬚鱨
	鯉科	<i>Paratanakia himantegus</i>	臺灣石鮒
	鱧科	<i>Channa striata</i>	線鱧
	麗魚科	<i>Oreochromis niloticus</i>	尼羅口孵非鯽
鰕虎科	<i>Rhinogobius similis</i>	極樂吻鰕虎	
鰕虎科	<i>Rhinogobius candidianus</i>	明潭吻鰕虎	
溪尾大橋5號區	鯉科	<i>Hemibarbus labeo</i>	唇鯿
	鯉科	<i>Carassius auratus auratus</i>	鯽
	鯉科	<i>Opsariichthys pachycephalus</i>	粗首馬口鱮
	鯉科	<i>Onychostoma alticorpus</i>	高身白甲魚
	鯉科	<i>Microphysogobio alticorpus</i>	高身小鰾鮡
	鯉科	<i>Puntius snyderi</i>	斯奈德小鮑
	鯉科	<i>Acrossocheilus paradoxus</i>	臺灣石鱮
	鯉科	<i>Barbonymus gonionotus</i>	銀高體鮑
	鯉科	<i>Candidia barbata</i>	臺灣鬚鱨
	鯉科	<i>Squalidus banarescui</i>	巴氏銀鮡
	鯉科	<i>Spinibarbus hollandi</i>	何氏棘鮑
	鯉科	<i>Pseudorasbora parva</i>	羅漢魚
	鰕科	<i>Cobitis sinensis</i>	中華鰕
	鱧科	<i>Channa striata</i>	線鱧

調查區域	科別	種類	
		學名	中文名
	鰕虎科	<i>Rhinogobius similis</i>	極樂吻鰕虎
	麗魚科	<i>Oreochromis niloticus</i>	尼羅口孵非鯽



圖 17、溪尾大橋 2 號區於凱米颱風前之採樣環境(2024.07.04 拍攝)

表 8、巴氏銀鮡之發現機率(%)

	棲地復原區			自來水深潭區			毛蟹池區			溪尾大橋 2 號區		溪尾大橋 4 號區	溪尾大橋 5 區			毛蟹池區上游 1 號區	毛蟹池區上游 2 號區
	2022 (n = 20)	2023 (n = 14)	2024 (n = 3)	2022 (n = 5)	2023 (n = 7)	2024 (n = 11)	2022 (n = 15)	2023 (n = 25)	2024 (n = 5)	2023 (n = 18)	2024 (n = 12)	2023 (n = 15)	2022 (n = 20)	2023 (n = 12)	2024 (n = 13)	2024 (n = 3)	2024 (n = 15)
1 月		0.00				0.00		20.00							0.00		
2 月																	
3 月						0.00									20.00		
4 月																	
5 月																	
6 月	0.00			40.00			0.00		0.00		0.00	40.00		20.00			
7 月		0.00						0.00	0.00		0.00				100.00		
8 月			0.00													0.00	
9 月	20.00				28.57									71.43			
10 月							0.00		0.00		0.00	0.00	60.00				0.00
11 月	0.00									50.00			60.00				
12 月	0.00	0.00					0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	50.00				
總計	5.00	0.00	0.00	40.00	28.57	0.00	0.00	6.67	0.00	0.00	33.33	11.11	55.00	50.00	46.15	0.00	0.00

5.2 調查區域之棲地環境描述及差異

本年度調查區域之環境資料如表 9 所示，除了毛蟹池上游 2 號區和溪尾大橋 5 號區的流速 >0.10 m/s 之外，其餘調查區域的流速幾乎為 0 m/s，其中棲地復原區、自來水深潭區、毛蟹池區和溪尾大橋 5 號區在過去三年的流速調查幾乎為 0 m/s (表 9、表 10 和表 11)。在底質、溶氧、鹽度部分，底質大部分仍是以細顆粒為主，溶氧亦偏低，鹽度約為 0.22 PSU，不過在今年度新增的調查區域中可以發現，毛蟹池區上游 1 號區和 2 號區的溶氧皆顯著高於其他 5 區，底質也不是以細顆粒為主，反而是以鵝卵石和礫石的比例較高(表 9)。棲地復原區今年的底質組成是以小漂石的比例最高，跟過去兩年的調查資料不同，推測其表層的細顆粒可能是被凱米颱風所引起的洪水帶往更下游的區域，導致今年度棲地復原區的底質變成以粗顆粒之比例較高。水深部分，因自來水深潭區和毛蟹池區等調查區域環境幾乎為潭的棲地型態，因此其水深為 7 個調查區域當中最深的 2 個調查區域。參考灌溉用水水質標準和飲用水水質標準，7 個調查區域的導電度皆低於灌溉用水水質標準的最大限值(750 μ S/cm)，TDS 皆低於飲用水水質標準的最大限值(500 ppm)，而溶氧則是皆高於灌溉用水水質標準的最低限值(3 mg/L)。

由於今年調查碰到對整個調查區域影響極為嚴重的凱米颱風，溪尾大橋附近之調查區域僅剩溪尾大橋 2 號區仍有在凱米颱風過後繼續調查，其餘 2 個區域(溪尾大橋 4 號區和 5 號區)因為影響較為嚴重，凱米颱風過後暫時無法繼續調查。從魚類調查紀錄發現，溪尾大橋 2 號區在凱米颱風前完全沒有發現巴氏銀魷，但在凱米颱風後卻有發現巴氏銀魷，比較分析溪尾大橋 2 號區 2023 年和 2024 年凱米颱風前和後之環境資料發現，2024 年凱米颱風前和後的棲地環境在水深、導電度、鹽度、pH、溶氧等環境因子有顯著的差異，反而在凱米颱風過後的棲地環境會與 2023 年所調查的棲地環境較為接近，僅 TDS 和細顆粒有顯著差異(表 12)。

表 9、7 個調查區域的環境資料(2024)

調查區域 環境因子	棲地復 原區 (n = 3)	自來水 深潭區 (n = 20)	毛蟹池 區 (n = 5)	毛蟹池 區上游 1 號區 (n = 7)	毛蟹池 區上游 2 號區 (n = 10)	溪尾大 橋 2 號 區 (n = 15)	溪尾大 橋 5 號 區 (n = 26)
流速(m/s)	0.00 ^{a1}	0.00 ^a	0.00 ^a	0.04 ^{ab}	0.14 ^{bc}	0.19 ^c	0.00 ^a
水深(cm)	46.91 ^b	71.15 ^{cd}	88.07 ^d	69.26 ^{bcd}	59.00 ^{bc}	16.43 ^a	55.20 ^{bc}
導電度(μS/cm)	468.0 ^a	455.1 ^a	451.8 ^a	460.4 ^a	464.5 ^a	470.7 ^a	509.8 ^b
鹽度(PSU)	0.22 ^a	0.22 ^b	0.22 ^a	0.22 ^a	0.21 ^a	0.22 ^a	0.25 ^b
pH	— ²	6.58 ^a	6.68 ^a	7.12 ^b	7.09 ^b	7.21 ^b	6.70 ^a
溶氧(mg/L)	4.95 ^{abc}	3.65 ^a	5.78 ^c	10.70 ^e	7.46 ^d	5.49 ^{bc}	4.35 ^{ab}
TDS(ppm)	234.00 ^a	227.75 ^a	225.80 ^a	230.14 ^a	275.60 ^c	268.07 ^{bc}	254.92 ^b
濁度(NTU)	36.6 ^a	28.3 ^a	25.7 ^a	33.8 ^a	24.7 ^a	24.8 ^a	101.8 ^b
細顆粒(%)	23 ^b	100 ^d	82 ^c	25 ^b	7 ^a	95 ^{cd}	98 ^d
礫石(%)	7 ^a	0 ^a	2 ^a	17 ^a	55 ^b	3 ^a	2 ^a
鵝卵石(%)	20 ^b	0 ^a	0 ^a	31 ^b	32 ^b	2 ^{ab}	0 ^a
小漂石(%)	50 ^d	0 ^a	16 ^{bc}	19 ^c	6 ^{ab}	0 ^b	0 ^a
大漂石(%)	0 ^a	0 ^a	0 ^a	8 ^b	0 ^a	0 ^a	0 ^a
水面寬度(m)	8.85 ^b	11.67 ^c	17.60 ^d	7.87 ^b	4.93 ^a	5.24 ^b	4.94 ^a
VHG	0.22 ^b	-1.05 ^a	-0.13 ^b	-0.22 ^b	-0.05 ^b	0.10 ^b	-0.27 ^b

1. 不同的字母表示有顯著的差異(p < 0.05)。

2. 無資料。

表 10、6 個調查區域的環境資料(孫建平，2023)

調查區域 環境因子	棲地復 原區 (n = 25)	自來水 深潭區 (n = 7)	毛蟹池 區 (n = 15)	溪尾大 橋 5 號 區 (n = 16)	溪尾大 橋 2 號 區 (n = 26)	溪尾大 橋 4 號 區 (n = 23)
流速(m/s)	0.04 ^{a1}	0.00 ^a	0.00 ^a	0.04 ^a	0.24 ^b	0.31 ^b
水深(cm)	57.54 ^c	92.77 ^d	82.52 ^d	33.08 ^b	20.69 ^a	22.21 ^{ab}
導電度(μS/cm)	434.8 ^{ab}	456.3 ^b	399.4 ^{ab}	431.9 ^{ab}	384.1 ^a	396.5 ^{ab}
鹽度(PSU)	0.21 ^{ab}	0.22 ^b	0.20 ^{ab}	0.21 ^{ab}	0.19 ^a	0.19 ^a
pH	6.45 ^a	6.43 ^a	6.86 ^c	6.68 ^b	7.27 ^d	6.72 ^b
溶氧(mg/L)	2.46 ^b	1.50 ^a	4.93 ^d	3.92 ^c	7.53 ^e	3.69 ^c
TDS(ppm)	216.96 ^{ab}	228.43 ^b	200.80 ^{ab}	217.00 ^{ab}	193.23 ^a	198.74 ^{ab}
濁度(NTU)	15.0 ^a	15.1 ^a	15.7 ^a	21.1 ^a	126.4 ^b	23.8 ^a
細顆粒(%)	87 ^{ab}	100 ^b	92 ^{ab}	78 ^a	74 ^a	93 ^{ab}
礫石(%)	4 ^a	0 ^a	3 ^a	8 ^a	12 ^a	7 ^a
鵝卵石(%)	8 ^{ab}	0 ^a	5 ^{ab}	12 ^b	6 ^{ab}	0 ^a
小漂石(%)	1 ^a	0 ^a	1 ^a	3 ^{ab}	8 ^b	0 ^a
大漂石(%)	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a
水面寬度(m)	2.84 ^a	10.60 ^b	14.90 ^c	4.83 ^a	9.19 ^b	7.85 ^b

1. 不同的字母表示有顯著的差異(p < 0.05)。

表 11、4 個調查區域的環境資料(孫建平，2022)

調查區域 環境因子	調查區域			
	棲地復原區 (n = 32)	自來水深潭區 (n = 9)	毛蟹池區 (n = 10)	溪尾大橋 5 號區 (n = 18)
流速(m/s)	0.04 ^{b1}	0.01 ^{ab}	0.00 ^a	0.03 ^{ab}
水深(cm)	62.48 ^b	86.93 ^c	94.30 ^c	29.66 ^a
導電度(μS/cm)	414.9 ^b	441.0 ^c	383.4 ^a	445.4 ^c
鹽度(PSU)	0.20 ^b	0.21 ^c	0.19 ^a	0.21 ^c
pH	6.49 ^b	6.42 ^a	6.90 ^d	6.75 ^c
溶氧(mg/L)	2.74 ^b	1.41 ^a	4.40 ^c	3.24 ^b
TDS(ppm)	224.49 ^a	220.33 ^a	249.28 ^b	254.66 ^b
細顆粒(%)	89 ^{bc}	100 ^c	76 ^{ab}	71 ^a
礫石(%)	5 ^a	0 ^a	12 ^{ab}	20 ^b
鵝卵石(%)	4 ^{ab}	0 ^a	12 ^c	9 ^{bc}
小漂石(%)	2 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a
大漂石(%)	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a
水面寬度(m)	6.33 ^a	12.32 ^b	17.19 ^c	5.72 ^a

1. 不同的字母表示有顯著的差異(p < 0.05)。

表 12、溪尾大橋 2 號區於 2023 年、2024 年凱米颱風前和後之環境因子差異

	2023 (n = 26)	2024 (凱米颱風前) (n = 8)	2024 (凱米颱風後) (n = 7)
	流速(m/s)	0.24 ^a	0.14 ^a
水深(cm)	20.69 ^b	10.19 ^a	21.90 ^b
導電度(μS/cm)	384.1 ^a	529.1 ^b	419.6 ^a
鹽度(PSU)	0.19 ^a	0.25 ^b	0.20 ^a
pH	7.27 ^{ab}	7.03 ^a	7.36 ^b
溶氧(mg/L)	7.60 ^b	3.91 ^a	6.87 ^b
TDS(ppm)	193.23 ^a	264.86 ^b	270.88 ^b
濁度(NTU)	126.4 ^a	27.5 ^a	22.4 ^a
細顆粒(%)	74 ^a	88 ^{ab}	100 ^b
礫石(%)	12 ^a	8 ^a	0 ^a
鵝卵石(%)	6 ^a	4 ^a	0 ^a
小漂石(%)	8 ^a	0 ^a	0 ^a
水面寬度(m)	9.19 ^b	4.18 ^a	6.18 ^{ab}
VHG	0.08 ^a	0.15 ^a	0.06 ^a

1. 不同的字母表示有顯著的差異(p < 0.05)。

5.3 調查區域之伏流水層上湧/下滲差異

本年度上湧/下滲調查部分，棲地復原區(上湧：3 個；下滲：0 個；持平：0 個)、溪尾大橋 2 號區(上湧：15 個；下滲：0 個；持平：0 個)主要是以上湧為

主，自來水深潭區(上湧：0 個；下滲：18 個；持平：2 個)、溪尾大橋 5 號區(上湧：3 個；下滲：16 個；持平：7 個)、毛蟹池區(上湧：0 個；下滲：5 個；持平：0 個)則是以下滲為主，而本年度新增之 2 個區域則是沒有明顯的上湧/下滲(表 13)。根據三年的調查資料發現，棲地復原區和溪尾大橋 2 號區屬於上湧的棲地環境，自來水深潭區和毛蟹池區屬於下滲的棲地環境，而溪尾大橋 5 號區在前兩年雖然是以上湧的棲地環境為主，但今年度卻變成以下滲的棲地環境為主(表 13)。各調查區域三年度之調查點位的垂直水力梯度詳附錄一之附表 1。

表 13、三年度 8 個調查區域的垂直水力梯度(VHG)及各年度之上湧/下滲數量

調查區域	棲地復原區 (n = 69)	自來水深潭區 (n = 36)	毛蟹池區 (n = 35)	毛蟹池區上游 1 號區 (n = 7)	毛蟹池區上游 2 號區 (n = 10)	溪尾大橋 5 號區 (n = 78)	溪尾大橋 2 號區 (n = 41)	溪尾大橋 4 號區 (n = 23)
平均值	0.17	0.17	-0.32	-0.22	-0.05	-0.01	0.09	0.19
標準偏差	0.16	0.16	0.48	0.49	0.17	0.36	0.12	0.26
最小值	-0.09	-0.09	-2.51	-1.30	-0.53	-2.01	-0.27	0.00
最大值	0.64	0.64	0.22	0.10	0.09	0.43	0.45	1.17
上湧/下滲/持平數量(2022)	26/4/2	0/9/0	0/10/0	無調查	無調查	17/1/0	無調查	無調查
上湧/下滲/持平數量(2023)	22/1/2	2/3/2	2/13/0	無調查	無調查	8/3/5	17/2/7	19/0/4
上湧/下滲/持平數量(2024)	3/0/0	0/18/0	0/5/0	4/3/0	2/3/5	3/16/7	15/0/0	無調查

5.4 巴氏銀鮡偏好之棲地環境

根據三個年度的魚類調查結果，巴氏銀鮡發現機率較高的調查區域是溪尾大橋 5 號區(表 8)，因此本計畫利用此調查區域之三個年度資料進一步探討巴氏銀鮡對於環境的偏好。在溪尾大橋 5 號區中，魚類調查資料共計有 44 個微棲地環境，其中有調查到巴氏銀鮡的微棲地環境共計有 22 個，藉由這 44 個資料以二元羅吉斯回歸建立巴氏銀鮡出現與否與棲地環境間之關係式，並評估其他既有之棲地環境，而本年度帶入二元羅吉斯回歸分析之環境資料有外來種種數、Shannon 多樣性指數、流速、水深、導電度、鹽度、pH、溶氧、TDS、濁度、底質、水面寬度、VHG 等。二元羅吉斯回歸的結果如表 14 所示，其中-2LL 數值為 19.871，Hosmer and Lemeshow 檢定之卡方數值為 8.890，顯著性為 0.352，亦即接受此回歸模式成立的假設，而藉由逐步向前法所挑選較為相關的环境因子有 TDS、VHG、Shannon 多樣性指數等，其中 TDS 與巴氏銀鮡出現與否為負相關，其餘為正相關。從表 14 可知，巴氏銀鮡的出現與否和 VHG、Shannon 多樣性指數等環境因子呈正相關，代表在上湧及物種多的環境，較容易發現巴氏銀鮡。

經過 Hosmer and Lemeshow 檢定，表 14 之關係式可用來評估(預測)其他既

有的棲地環境是否適合巴氏銀鮎之棲息，並與實際調查結果比較，其中既有之棲地即棲地復原區、自來水深潭區、毛蟹池區、毛蟹池區上游 1 號區、毛蟹池區上游 2 號區、溪尾大橋 2 號區及溪尾大橋 4 號區之微棲地之調查資料，評估結果如表 15 所示，整體準確度為 48.67 %。由於今年受到凱米颱風影響，導致整個棲地環境受到嚴重干擾，推測棲地環境在颱風後處在一個極度不穩定的狀態，使得評估(預測)結果準確度稍低。

表 14、巴氏銀鮎與棲地環境間之二元羅吉斯回歸分析(2024)

-2 LL ¹	Hosemer and Lemeshow 檢定		關係式
	Chi-Square	Sig.	
19.871	8.890	0.352	$\ln \frac{p}{(1-p)} = -0.167TDS + 19.494VHG$ + 4.782Shannon 多樣性指數 + 36.812

1. 「LL」為 log likelihood。

表 15、以二元羅吉斯回歸之關係式評估(預測)其他既有棲地環境是否適合巴氏銀鮎棲息之準確性

調查區域	棲地復原區 (n = 26)	自來水深潭區 (n = 18)	毛蟹池區 (n = 26)	毛蟹池區 上游 1 號區 (n = 3)	毛蟹池區 上游 2 號區 (n = 4)	溪尾大橋 2 號區 (n = 23)	溪尾大橋 4 號區 (n = 13)
有/無巴氏銀鮎 結果(實際)	1/25	2/16	1/25	0/3	0/4	4/19	2/11
有/無巴氏銀鮎 結果(評估)	20/6	6/12	13/13	2/1	0/4	16/7	11/0
準確度(%)	28.00	66.67	53.85	33.33	100.00	34.78	15.38
整體準確度(%)	48.67						

從二元羅吉斯回歸分析得知，影響巴氏銀鮎出現與否和 TDS、VHG、Shannon 多樣性指數等環境因子較有關係，因此挑選過去有記錄到巴氏銀鮎的點位，並利用 TDS、VHG、Shannon 多樣性指數等環境因子資料進行多元尺度分析，探討巴氏銀鮎與上湧/下滲之關係，如圖 18 所示。從圖 18 可以發現，巴氏銀鮎分布在上湧的點位較多，分布在下滲的點位僅僅只有 4 個，而將 VHG 分為 4 個分類後可以發現，巴氏銀鮎出現在 VHG 介於 0.00 至 0.10 間之點位最多，推測巴氏銀鮎主要是偏好弱上湧之環境。

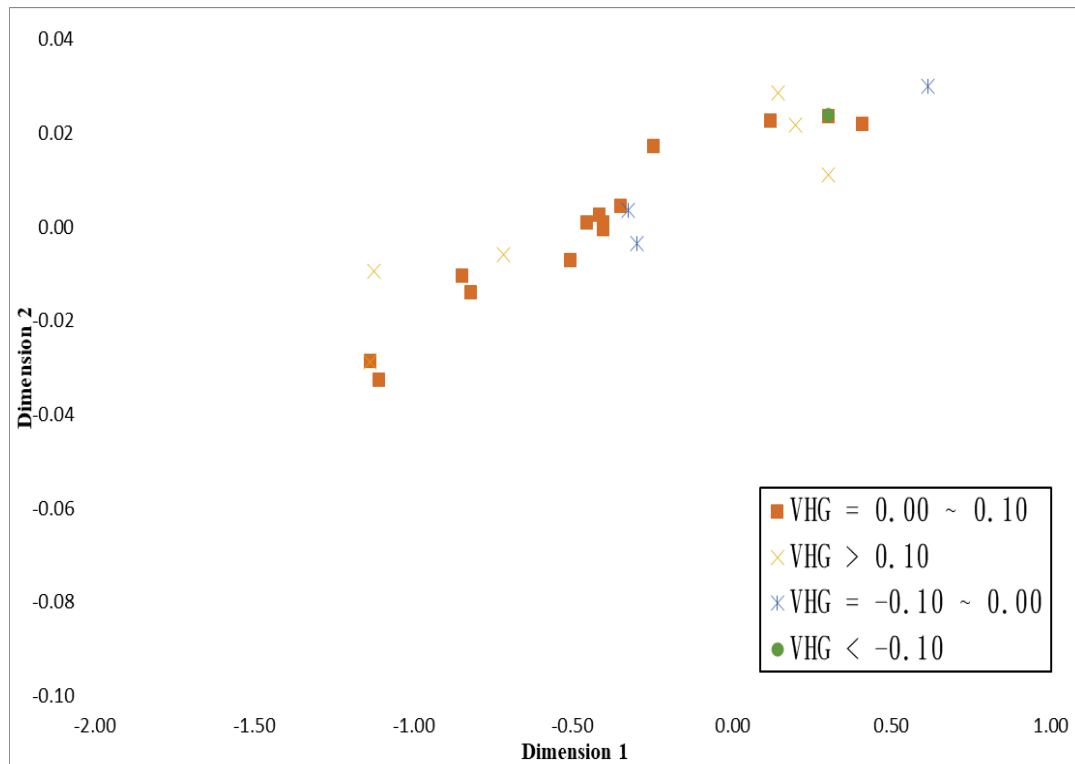


圖 18、巴氏銀魷棲息的環境多元尺度空間分析圖

六、結論與建議

本計畫於臺中市境內的烏溪主流進行巴氏銀魷之棲地水文特性調查，調查區域挑選了 7 處辮狀湧泉流路區域，調查資料包含流速、水深、底質(細顆粒、礫石、鵝卵石、小漂石、大漂石)、pH 值、導電度、溶氧、鹽度、濁度、總溶解固體、水面寬度及伏流水層之上湧/下滲調查，以探討巴氏銀魷與棲地環境之關係，從伏流水層調查發現棲地復原區及溪尾大橋 2 號區等調查區域多為上湧，而自來水深潭區、毛蟹池區及溪尾大橋 5 號區多為下滲。棲地環境調查部分，7 個調查區域的環境因子幾乎都有差異，且也發現棲地復原區之底質不再是以細顆粒為主，而是以小漂石為主，推測是受到凱米颱風的影響。今年度有新增 2 個調查區域(毛蟹池區上游 1 號區和 2 號區)，這 2 個區域的溶氧皆顯著高於其他 5 區。魚類調查部分，本年度僅在溪尾大橋 2 號區和 5 號區有發現巴氏銀魷之存在，其中溪尾大橋 2 號區是在凱米颱風後才有發現，可能是受到颱風帶來的豪雨影響，使得原本不相連通的流路、水域環境，在洪水時期彼此相連通，因此才會在溪尾大橋 2 號區發現到巴氏銀魷，而過去有發現到巴氏銀魷之自來水深潭區，於本年度則是完全沒發現。由於本年度於自來水深潭區無發現巴氏銀魷，故只採用溪尾大橋 5 號區之棲地環境調查與魚類調查資料以二元羅吉斯回歸進行分析，發現巴氏銀魷偏好總溶解固體較低、上湧及物種多的環境，最後利用多元尺度分析發現巴氏銀魷主要是偏好弱上湧之環境。

藉由本計畫三年度之調查已發現巴氏銀魷偏好流速慢、水深較淺、水中氧

氣需求不高、水面寬度較小、總溶解固體較低、弱上湧、物種多及礫石、鵝卵石等底質偏少的棲地環境，惟本年度因受到凱米颱風影響，許多調查區域之棲地環境嚴重改變，建議未來除了可持續增加採樣資料修正巴氏銀鮎與棲地環境之關係外，亦可採用不同之棲地環境因子建立多個巴氏銀鮎與棲地環境之關係式，並比較各個關係式評估(預測)之準確度優劣，最後選擇較適合巴氏銀鮎棲息之評估(預測)模式。

七、參考文獻

1. 林宏奕、龔文瑞、李振誥，2019，應用地下水水位水溫資料評估伏流水潛能河段之研究-以八掌溪為例。大地技師，19，59-65。
2. 孫建平，2022，巴氏銀鮎分布與棲地水文特性調查。行政院農業委員會林務局。
3. 孫建平，2023，巴氏銀鮎分布與棲地水文特性調查(2/4)。農業部林業及自然保育署。
4. 游志弘、孫建平，2015，河道伏流水特性及其對地表逕流水質之影響。農業工程學報，61(2)，47-60。
5. 行政院農業委員會特有生物研究保育中心，2005，烏溪河系河川情勢調查(1/2)。經濟部水利署水利規劃試驗所。
6. Alley, W. M., Healy, R. W., LaBaugh, J. W., & Reilly, T. E. (2002). Flow and storage in groundwater systems. *Science*, 296(5575), 1985-1990.
7. Amoros, C. (2001). The Concept of habitat diversity between and within ecosystems applied to river side-arm restoration. *Environmental Management*, 28(6), 805-817.
8. Amoros, C., & Bornette, G. (2002). Connectivity and biocomplexity in waterbodies of riverine floodplains. *Freshwater biology*, 47(4), 761-776.
9. Arscott, D. B., Tockner, K., van der Nat, D., & Ward, J. V. (2002). Aquatic habitat dynamics along a braided alpine river ecosystem (Tagliamento River, Northeast Italy). *Ecosystems*, 5(8), 0802-0814.
10. Baxter, C., Hauer, F. R., & Woessner, W. W. (2003). Measuring groundwater-stream water exchange: new techniques for installing minipiezometers and estimating hydraulic conductivity. *Transactions of the American Fisheries Society*, 132(3), 493-502.
11. Bencala, K. E. (1993). A perspective on stream-catchment connections. *Journal of the North American Benthological Society*, 12(1), 44-47.
12. Bolland, J. D., Nunn, A. D., Lucas, M. C., & Cowx, I. G. (2012). The importance of variable lateral connectivity between artificial floodplain waterbodies and river channels. *River Research and Applications*, 28(8), 1189-1199.

13. Bornette, G., Amoros, C., & Lamouroux, N. (1998). Aquatic plant diversity in riverine wetlands: the role of connectivity. *Freshwater Biology*, 39(2), 267-283.
14. Boulton, A. J., Findlay, S., Marmonier, P., Stanley, E. H., & Valett, H. M. (1998). The functional significance of the hyporheic zone in streams and rivers. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 59-81.
15. Brunke, M., & Gonser, T. O. M. (1997). The ecological significance of exchange processes between rivers and groundwater. *Freshwater Biology*, 37(1), 1-33.
16. Burge, L. M. (2004). Testing links between river patterns and in-channel characteristics using MRPP and ANOVA. *Geomorphology*, 63(3-4), 115-130.
17. Chiu, H. P., & Suen, J. P. (2016). The importance of providing multiple-channel sections in dredging activities to improve fish habitat environments. *Water*, 8(2), 36.
18. Claret, C., Marmonier, P., & Bravard, J. P. (1998). Seasonal dynamics of nutrient and biofilm in interstitial habitats of two contrasting riffles in a regulated large river. *Aquatic Sciences*, 60(1), 33-55.
19. Cornut, J., Elger, A., Lambrigtot, D., Marmonier, P., & Chauvet, E. (2010). Early stages of leaf decomposition are mediated by aquatic fungi in the hyporheic zone of woodland streams. *Freshwater Biology*, 55(12), 2541-2556.
20. Dole-Olivier, & Marmonier, P. (1992). Patch distribution of interstitial communities: prevailing factors. *Freshwater Biology*, 27(2), 177-191.
21. Dolloff, C. A., Flebbe, P. A., & Owen, M. D. (1994). Fish habitat and fish populations in a southern Appalachian watershed before and after Hurricane Hugo. *Transactions of the American Fisheries Society*, 123(4), 668-678.
22. Findlay, S. (1995). Importance of surface-subsurface exchange in stream ecosystems: The hyporheic zone. *Limnology and Oceanography*, 40(1), 159-164.
23. Fischer, H., Kloep, F., Wilzcek, S., & Pusch, M. T. (2005). A river's liver-microbial processes within the hyporheic zone of a large lowland river. *Biogeochemistry*, 76(2), 349-371.
24. Fox, A., Boano, F., & Arnon, S. (2014). Impact of losing and gaining streamflow conditions on hyporheic exchange fluxes induced by dune-shaped bed forms. *Water Resources Research*, 50(3), 1895-1907.
25. Fritz, K. M., Tripe, J. A., & Guy, C. S. (2002). Recovery of three fish species to flood and seasonal drying in a tallgrass prairie stream. *Transactions of the Kansas Academy of Science*, 105(3), 209-218.
26. Gido, K. B., Propst, D. L., & Molles, Jr M.C., (1997). Spatial and temporal variation of fish communities in secondary channels of the San Juan River, New Mexico and Utah. *Environmental Biology of Fishes*, 49(4), 417-434.
27. Glińska-Lewczuk, K., Burandt, P., Kujawa, R., Kobus, S., Obolewski, K.,

- Dunalska, J., Grabowska, M., Lew, S., & Chormański, J. (2016). Environmental factors structuring fish communities in floodplain lakes of the undisturbed system of the Biebrza River. *Water*, 8(4), 146.
28. Gurnell, A. M., & Petts, G. E. (2002). Island-dominated landscapes of large floodplain rivers, a European perspective. *Freshwater Biology*, 47(4), 581-600.
 29. Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R.E. (2009). *Multivariate data analysis*. Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, New Jersey, pp. 473.
 30. Halls, A. S., & Welcomme, R. L. (2004). Dynamics of river fish populations in response to hydrological conditions: a simulation study. *River Research and Applications*, 20(8), 985-1000.
 31. Heggenes, J., Bremset, G., & Brabrand, Å. (2013). Visiting the hyporheic zone: young Atlantic salmon move through the substratum. *Freshwater Biology*, 58(8), 1720-1728.
 32. Helfield, J. M., Engström, J., Michel, J. T., Nilsson, C., & Jansson, R. (2012). Effects of river restoration on riparian biodiversity in secondary channels of the Pite River, Sweden. *Environmental Management*, 49(1), 130-141.
 33. Hosmer, D. W., Hosmer T., Le Cessie S., & Lemeshow S. (1997). A comparison of goodness-of-fit tests for the logistic regression model. *Statistics in Medicine*, 16(9), 965–980.
 34. Hudson, P. F., & Mossa, J.(1997). Suspended sediment transport effectiveness of three large impounded rivers, US Gulf Coastal Plain. *Environmental Geology*, 32, 263-273.
 35. Hudson, P. F., Heitmuller, F. T., & Leitch, M. B. (2012). Hydrologic connectivity of oxbow lakes along the lower Guadalupe River, Texas: The influence of geomorphic and climatic controls on the “flood pulse concept”. *Journal of Hydrology*, 414, 174-183.
 36. Huitema, B. (2011). *The analysis of covariance and alternatives: Statistical methods for experiments, quasi-experiments, and single-case studie*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, pp. 49-50.
 37. Hupp, C. R., & Osterkamp, W. R. (1996). Riparian vegetation and fluvial geomorphic processes. *Geomorphology*, 14(4), 277-295.
 38. Jähnig, S. C., Lorenz, A., & Hering, D. (2008). Hydromorphological parameters indicating differences between single-and multiple-channel mountain rivers in Germany, in relation to their modification and recovery. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 18(7), 1200-1216.
 39. Junk, W. J., Bayley, P. B., & Sparks, R. E. (1989). The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences*, 106(1), 110-127.

40. Kawanishi, R., Inoue, M., Dohi, R., Fujii, A., & Miyake, Y. (2013). The role of the hyporheic zone for a benthic fish in an intermittent river: a refuge, not a graveyard. *Aquatic Sciences*, 75(3), 425-431.
41. Knighton, D. (1998). *Fluvial Forms and Processes: A New Perspective*. Arnold.
42. Leopold, L. B., & Wolman, M. G. (1957). River channel patterns: braided, meandering, and straight. *United States Geological Survey Professional Paper*, 282-B, 39-85.
43. Leopold, L. B., Wolman, M. G., & Miller, J. P. (1964). *Fluvial Processes in Geomorphology*. San Francisco: Freeman.
44. Lojkásek, B., Lusk, S., Halačka, K., Lusková, V., & Drozd, P. (2005). The impact of the extreme floods in July 1997 on the ichthyocenosis of the Oder Catchment area (Czech Republic). *Hydrobiologia*, 548(1), 11-22.
45. Lüderitz, V., Speierl, T., Langheinrich, U., Völkl, W., & Gersberg, R. M. (2011). Restoration of the Upper Main and Rodach rivers—The success and its measurement. *Ecological Engineering*, 37(12), 2044-2055.
46. Marmonier, P., Vervier, P., Giber, J., & Dole-Olivier, M. J. (1993). Biodiversity in ground waters. *Trends in Ecology & Evolution*, 8(11), 392-395.
47. Mermillod-Blondin, F., & Rosenberg, R. (2006). Ecosystem engineering: the impact of bioturbation on biogeochemical processes in marine and freshwater benthic habitats. *Aquatic sciences*, 68, 434-442.
48. Orghidan, T. (1959). Ein neuer Lebensraum des unterirdischen Wassers: der hyporheische Biotop. *Archiv für Hydrobiologie*, 55(3), 392-414.
49. Orghidan, T. (2010). A new habitat of subsurface waters: the hyporheic biotope. *Fundamental and Applied Limnology*, 176(4), 291.
50. Pegg, M. A., & McClelland M. A. (2004). Spatial and temporal patterns in fish communities along the Illinois River. *Ecology of Freshwater Fish*, 13(2), 125-135.
51. Platts, W., Megahan, W., & Minshall, G. (1983). Methods for evaluating stream, riparian, and biotic conditions. U.S. Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, General Technical Report, 138, 1-70.
52. Puckridge, J. T., Walker, K. F., & Costellope, J. F. (2000). Hydrological persistence and the ecology of dryland rivers. *Regulated Rivers: Research and Management*, 16(5), 385-402.
53. Pusey, B. J., Arthington, A. H., & Read, M. G. (1993). Spatial and temporal variation in fish assemblage structure in the Mary River: the influence of habitat structure. *Environmental Biology of Fishes*, 37(4), 355-380.
54. Schomaker, C., & Wolter, C. (2011). The contribution of long-term isolated water bodies to floodplain fish diversity. *Freshwater Biology*, 56(8), 1469-1480.
55. Smock, L. A., Gladden, J. E., Riekenberg, J. L., Smith, L. C., & Black, C. R.

- (1992). Lotic macroinvertebrate production in three dimensions: channel surface, hyporheic, and floodplain environments. *Ecology*, 73(3), 876-886.
56. Storey, R. G., Williams, D. D., & Fulthorpe, R. R. (2004). Nitrogen processing in the hyporheic zone of a pastoral stream. *Biogeochemistry*, 69(3), 285-313.
 57. Sukhodolov, A., Bertoldi, W., Wolter, C., Surian, N., & Tubino, M. (2009). Implications of channel processes for juvenile fish habitats in Alpine rivers. *Aquatic Sciences*, 71(3), 338-349.
 58. Thieme, M. L., McIvor, C. C., Brouder, M. J., & Hoffnagle, T. L. (2001). Effects of pool formation and flash flooding on relative abundance of young-of-year flannelmouth suckers in the Paria River, Arizona. *Regulated Rivers: Research and Management*, 17(2), 145-156.
 59. Thorne, C. R., Hey, R. D., & Newson, M. D. (1997). *Applied fluvial geomorphology for river engineering and management*. John Wiley: Chichester.
 60. Tockner, K., Malard, F., & Ward, J. V. (2000). An extension of the flood pulse concept. *Hydrological Processes*, 14(16-17), 2861-2883.
 61. Toner, M., & Keddy, P. (1997). River hydrology and riparian wetlands: a predictive model for ecological assembly. *Ecological Applications*, 7(1), 236-246.
 62. Van Der Nat, D., Tockner, K., Edwards, P. J., Ward, J. V., & Gurnell, A. M. (2003). Habitat change in braided flood plains (Tagliamento, NE-Italy). *Freshwater Biology*, 48(10), 1799-1812.
 63. Vervier, P., Gibert, J., Marmonier, P., & Dole-Olivier, M. J. (1992). A perspective on the permeability of the surface freshwater-groundwater ecotone. *Journal of the North American Benthological Society*, 11(1), 93-102.
 64. Ward, J. V., Bretschko, G., Brunke, M., Danielopol, D., Gibert, J., Gonsler, T., & Hildrew, A. G. (1998). The boundaries of river systems: the metazoan perspective. *Freshwater Biology*, 40(3), 531-569.
 65. Welker, T. L., & Scarnecchia, D. L. (2006). River alteration and niche overlap among three native minnows (Cyprinidae) in the Missouri River hydrosystem. *Journal of Fish Biology*, 68(5), 1530-1550.
 66. White, D. S. (1993). Perspectives on defining and delineating hyporheic zones. *Journal of the North American Benthological Society*, 12(1), 61-69.

附錄一、調查位置之垂直水力梯度及上湧/下滲

附表 1 為本計畫於烏溪流域內之調查日期、地點、點位、垂直水力梯度 (VHG) 及上湧/下滲資料。

附表 1、調查位置之垂直水梯度及上湧/下滲

調查日期	調查地點	調查點位	VHG	上湧/下滲
2022.05.19	棲地復原區	1	0.00	持平
2022.05.19	棲地復原區	2	0.13	上湧
2022.05.19	棲地復原區	3	0.10	上湧
2022.05.19	棲地復原區	4	0.08	上湧
2022.05.19	棲地復原區	5	0.24	上湧
2022.05.19	棲地復原區	6	0.25	上湧
2022.05.19	棲地復原區	7	0.64	上湧
2022.05.19	棲地復原區	8	0.19	上湧
2022.05.19	棲地復原區	9	0.20	上湧
2022.06.23	自來水深潭區	1	-0.71	下滲
2022.06.23	自來水深潭區	2	-1.02	下滲
2022.06.23	自來水深潭區	3	-1.29	下滲
2022.06.23	自來水深潭區	4	-0.84	下滲
2022.06.23	自來水深潭區	5	-0.37	下滲
2022.06.23	自來水深潭區	6	-0.07	下滲
2022.06.23	自來水深潭區	7	-0.55	下滲
2022.06.23	自來水深潭區	8	-0.15	下滲
2022.06.23	自來水深潭區	9	-0.30	下滲
2022.06.23	棲地復原區	1	0.28	上湧
2022.06.23	棲地復原區	2	-0.03	下滲
2022.06.23	棲地復原區	3	-0.09	下滲
2022.06.23	棲地復原區	4	-0.05	下滲
2022.06.23	棲地復原區	5	-0.03	下滲
2022.09.15	毛蟹池區	1	-1.33	下滲
2022.09.15	毛蟹池區	2	-0.32	下滲
2022.09.15	毛蟹池區	3	-0.18	下滲
2022.09.15	毛蟹池區	4	-0.23	下滲
2022.09.15	毛蟹池區	5	-0.07	下滲
2022.09.15	棲地復原區	1	0.26	上湧
2022.09.15	棲地復原區	2	0.49	上湧
2022.09.15	棲地復原區	3	0.27	上湧
2022.09.15	棲地復原區	4	0.29	上湧
2022.09.15	棲地復原區	5	0.38	上湧
2022.09.15	棲地復原區	6	0.45	上湧

調查日期	調查地點	調查點位	VHG	上湧/下滲
2022.09.15	棲地復原區	7	0.00	持平
2022.09.15	棲地復原區	8	0.04	上湧
2022.09.15	棲地復原區	9	0.04	上湧
2022.10.27	溪尾大橋 1 號區	1	0.03	上湧
2022.10.27	溪尾大橋 1 號區	2	0.06	上湧
2022.10.27	溪尾大橋 1 號區	3	0.13	上湧
2022.10.27	溪尾大橋 1 號區	4	0.12	上湧
2022.10.27	溪尾大橋 1 號區	5	0.30	上湧
2022.10.27	溪尾大橋 1 號區	6	0.12	上湧
2022.10.27	溪尾大橋 1 號區	7	0.12	上湧
2022.10.27	溪尾大橋 1 號區	8	0.29	上湧
2022.10.27	溪尾大橋 1 號區	9	0.43	上湧
2022.10.27	毛蟹池區	1	-0.02	下滲
2022.10.27	毛蟹池區	2	-0.92	下滲
2022.10.27	毛蟹池區	3	-0.09	下滲
2022.10.27	毛蟹池區	4	-0.12	下滲
2022.10.27	毛蟹池區	5	-0.16	下滲
2022.11.10	溪尾大橋 1 號區	1	-0.04	下滲
2022.11.10	溪尾大橋 1 號區	2	0.17	上湧
2022.11.10	溪尾大橋 1 號區	3	0.05	上湧
2022.11.10	溪尾大橋 1 號區	4	0.20	上湧
2022.11.10	溪尾大橋 1 號區	5	0.16	上湧
2022.11.10	溪尾大橋 1 號區	6	0.18	上湧
2022.11.10	溪尾大橋 1 號區	7	0.22	上湧
2022.11.10	溪尾大橋 1 號區	8	0.24	上湧
2022.11.10	溪尾大橋 1 號區	9	0.25	上湧
2022.11.10	棲地復原區	1	0.45	上湧
2022.11.10	棲地復原區	2	0.21	上湧
2022.11.10	棲地復原區	3	0.17	上湧
2022.11.10	棲地復原區	4	0.39	上湧
2022.11.10	棲地復原區	5	0.33	上湧
2022.11.10	棲地復原區	6	0.12	上湧
2022.11.10	棲地復原區	7	0.33	上湧
2022.11.10	棲地復原區	8	0.12	上湧
2022.11.10	棲地復原區	9	0.07	上湧
2023.01.12	棲地復原區	1	0.04	上湧
2023.01.12	棲地復原區	2	0.22	上湧
2023.01.12	棲地復原區	3	0.32	上湧
2023.01.12	棲地復原區	4	0.40	上湧

調查日期	調查地點	調查點位	VHG	上湧/下滲
2023.01.12	棲地復原區	5	0.21	上湧
2023.01.12	棲地復原區	6	0.23	上湧
2023.01.12	棲地復原區	7	0.16	上湧
2023.01.12	棲地復原區	8	0.05	上湧
2023.01.12	棲地復原區	9	0.02	上湧
2023.01.12	毛蟹池區	1	-0.43	下滲
2023.01.12	毛蟹池區	2	-0.28	下滲
2023.01.12	毛蟹池區	3	-0.07	下滲
2023.01.12	毛蟹池區	4	-0.04	下滲
2023.01.12	毛蟹池區	5	-0.09	下滲
2023.06.02	溪尾大橋 1 號區	1	-0.05	下滲
2023.06.02	溪尾大橋 1 號區	2	-0.17	下滲
2023.06.02	溪尾大橋 1 號區	3	-0.06	下滲
2023.06.02	溪尾大橋 1 號區	4	0.12	上湧
2023.06.02	溪尾大橋 1 號區	5	0.19	上湧
2023.06.02	溪尾大橋 1 號區	6	0.00	持平
2023.06.02	溪尾大橋 1 號區	7	0.00	持平
2023.06.02	溪尾大橋 1 號區	8	0.07	上湧
2023.06.02	溪尾大橋 1 號區	9	0.29	上湧
2023.06.28	溪尾大橋 3 號區	1	0.34	上湧
2023.06.28	溪尾大橋 3 號區	2	0.55	上湧
2023.06.28	溪尾大橋 3 號區	3	0.33	上湧
2023.06.28	溪尾大橋 3 號區	4	1.17	上湧
2023.06.28	溪尾大橋 3 號區	5	0.04	上湧
2023.06.28	溪尾大橋 2 號區	1	0.00	持平
2023.06.28	溪尾大橋 2 號區	2	0.00	持平
2023.06.28	溪尾大橋 2 號區	3	0.00	持平
2023.06.28	溪尾大橋 2 號區	4	0.16	上湧
2023.06.28	溪尾大橋 2 號區	5	0.25	上湧
2023.07.12	棲地復原區	1	0.00	持平
2023.07.12	棲地復原區	2	0.16	上湧
2023.07.12	棲地復原區	3	0.35	上湧
2023.07.12	棲地復原區	4	0.03	上湧
2023.07.12	棲地復原區	5	0.08	上湧
2023.07.12	棲地復原區	6	-0.02	下滲
2023.07.12	棲地復原區	7	0.06	上湧
2023.07.12	毛蟹池區	1	-0.05	下滲
2023.07.12	毛蟹池區	2	-0.41	下滲
2023.07.12	毛蟹池區	3	-0.40	下滲

調查日期	調查地點	調查點位	VHG	上湧/下滲
2023.07.12	毛蟹池區	4	-0.21	下滲
2023.07.12	毛蟹池區	5	-0.61	下滲
2023.09.22	自來水深潭區	1	0.00	持平
2023.09.22	自來水深潭區	2	-0.25	下滲
2023.09.22	自來水深潭區	3	-1.42	下滲
2023.09.22	自來水深潭區	4	0.05	上湧
2023.09.22	自來水深潭區	5	0.01	上湧
2023.09.22	自來水深潭區	6	-1.04	下滲
2023.09.22	自來水深潭區	7	0.00	持平
2023.09.22	溪尾大橋 1 號區	1	0.00	持平
2023.09.22	溪尾大橋 1 號區	2	0.06	上湧
2023.09.22	溪尾大橋 1 號區	3	0.00	持平
2023.09.22	溪尾大橋 1 號區	4	0.00	持平
2023.09.22	溪尾大橋 1 號區	5	0.03	上湧
2023.09.22	溪尾大橋 1 號區	6	0.09	上湧
2023.09.22	溪尾大橋 1 號區	7	0.11	上湧
2023.10.13	溪尾大橋 3 號區	1	0.05	上湧
2023.10.13	溪尾大橋 3 號區	2	0.25	上湧
2023.10.13	溪尾大橋 3 號區	3	0.02	上湧
2023.10.13	溪尾大橋 3 號區	4	0.00	持平
2023.10.13	溪尾大橋 3 號區	5	0.00	持平
2023.10.13	溪尾大橋 3 號區	6	0.09	上湧
2023.10.13	溪尾大橋 3 號區	7	0.13	上湧
2023.10.13	溪尾大橋 2 號區	1	0.11	持平
2023.10.13	溪尾大橋 2 號區	2	0.02	上湧
2023.10.13	溪尾大橋 2 號區	3	0.00	持平
2023.10.13	溪尾大橋 2 號區	4	0.13	持平
2023.10.13	溪尾大橋 2 號區	5	0.13	上湧
2023.10.13	溪尾大橋 2 號區	6	0.02	上湧
2023.10.13	溪尾大橋 2 號區	7	0.07	上湧
2023.12.08	棲地復原區	1	0.04	上湧
2023.12.08	棲地復原區	2	0.03	上湧
2023.12.08	棲地復原區	3	0.09	上湧
2023.12.08	棲地復原區	4	0.30	上湧
2023.12.08	棲地復原區	5	0.03	上湧
2023.12.08	棲地復原區	6	0.10	上湧
2023.12.08	棲地復原區	7	0.08	上湧
2023.12.08	棲地復原區	8	0.00	持平
2023.12.08	棲地復原區	9	0.13	上湧

調查日期	調查地點	調查點位	VHG	上湧/下滲
2023.12.08	毛蟹池區	1	-0.13	下滲
2023.12.08	毛蟹池區	2	-0.13	下滲
2023.12.08	毛蟹池區	3	0.22	上湧
2023.12.08	毛蟹池區	4	-0.30	下滲
2023.12.08	毛蟹池區	5	0.03	上湧
2023.12.22	溪尾大橋 3 號區	1	0.24	上湧
2023.12.22	溪尾大橋 3 號區	2	0.47	上湧
2023.12.22	溪尾大橋 3 號區	3	0.19	上湧
2023.12.22	溪尾大橋 3 號區	4	0.18	上湧
2023.12.22	溪尾大橋 3 號區	5	0.05	上湧
2023.12.22	溪尾大橋 3 號區	6	0.00	持平
2023.12.22	溪尾大橋 3 號區	7	0.19	上湧
2023.12.22	溪尾大橋 3 號區	8	0.07	上湧
2023.12.22	溪尾大橋 3 號區	9	0.07	上湧
2023.12.22	溪尾大橋 3 號區	10	0.00	持平
2023.12.22	溪尾大橋 3 號區	11	0.04	上湧
2023.12.22	溪尾大橋 2 號區	1	0.14	上湧
2023.12.22	溪尾大橋 2 號區	2	0.00	持平
2023.12.22	溪尾大橋 2 號區	3	0.11	上湧
2023.12.22	溪尾大橋 2 號區	4	0.03	上湧
2023.12.22	溪尾大橋 2 號區	5	0.14	上湧
2023.12.22	溪尾大橋 2 號區	6	0.19	上湧
2023.12.22	溪尾大橋 2 號區	7	0.38	上湧
2023.12.22	溪尾大橋 2 號區	8	0.14	上湧
2023.12.22	溪尾大橋 2 號區	9	0.05	上湧
2023.12.22	溪尾大橋 2 號區	10	0.06	上湧
2023.12.22	溪尾大橋 2 號區	11	-0.27	下滲
2023.12.22	溪尾大橋 2 號區	12	0.24	上湧
2023.12.22	溪尾大橋 2 號區	13	-0.03	下滲
2023.12.22	溪尾大橋 2 號區	14	0.07	上湧
2024.01.05	自來水深潭區	1	-1.21	下滲
2024.01.05	自來水深潭區	2	-0.61	下滲
2024.01.05	自來水深潭區	3	-0.33	下滲
2024.01.05	自來水深潭區	4	-2.04	下滲
2024.01.05	自來水深潭區	5	0.00	下滲
2024.01.05	自來水深潭區	6	-2.41	下滲
2024.01.05	自來水深潭區	7	-3.60	下滲
2024.01.05	自來水深潭區	8	-0.87	下滲
2024.01.05	自來水深潭區	9	0.00	持平

調查日期	調查地點	調查點位	VHG	上湧/下滲
2024.01.05	自來水深潭區	10	0.00	持平
2024.01.05	自來水深潭區	11	-0.40	下滲
2024.01.05	溪尾大橋 5 號區	1	0.03	上湧
2024.01.05	溪尾大橋 5 號區	2	0.00	持平
2024.01.05	溪尾大橋 5 號區	3	0.00	持平
2024.01.05	溪尾大橋 5 號區	4	-0.02	下滲
2024.01.05	溪尾大橋 5 號區	5	-0.69	下滲
2024.01.05	溪尾大橋 5 號區	6	0.00	持平
2024.01.05	溪尾大橋 5 號區	7	-1.59	下滲
2024.01.05	溪尾大橋 5 號區	8	-2.01	下滲
2024.01.05	溪尾大橋 5 號區	9	-0.86	下滲
2024.01.05	溪尾大橋 5 號區	10	-0.36	下滲
2024.03.22	自來水深潭區	1	-1.02	下滲
2024.03.22	自來水深潭區	2	-1.38	下滲
2024.03.22	自來水深潭區	3	-1.69	下滲
2024.03.22	自來水深潭區	4	-0.27	下滲
2024.03.22	自來水深潭區	5	-1.46	下滲
2024.03.22	自來水深潭區	6	-1.22	下滲
2024.03.22	自來水深潭區	7	-0.82	下滲
2024.03.22	自來水深潭區	8	-0.97	下滲
2024.03.22	自來水深潭區	9	-0.58	下滲
2024.03.22	溪尾大橋 5 號區	1	-0.06	下滲
2024.03.22	溪尾大橋 5 號區	2	0.00	持平
2024.03.22	溪尾大橋 5 號區	3	-0.05	下滲
2024.03.22	溪尾大橋 5 號區	4	-0.02	下滲
2024.03.22	溪尾大橋 5 號區	5	0.00	持平
2024.03.22	溪尾大橋 5 號區	6	-0.37	下滲
2024.03.22	溪尾大橋 5 號區	7	-0.53	下滲
2024.03.22	溪尾大橋 5 號區	8	-0.11	下滲
2024.03.22	溪尾大橋 5 號區	9	0.00	
2024.07.04	溪尾大橋 2 號區	1	0.28	上湧
2024.07.04	溪尾大橋 2 號區	2	0.03	上湧
2024.07.04	溪尾大橋 2 號區	3	0.02	上湧
2024.07.04	溪尾大橋 2 號區	4	0.08	上湧
2024.07.04	溪尾大橋 2 號區	5	0.03	上湧
2024.07.04	溪尾大橋 2 號區	6	0.45	上湧
2024.07.04	溪尾大橋 2 號區	7	0.18	上湧
2024.07.18	溪尾大橋 5 號區	1	0.09	上湧
2024.07.18	溪尾大橋 5 號區	2	0.01	上湧

調查日期	調查地點	調查點位	VHG	上湧/下滲
2024.07.18	溪尾大橋 5 號區	3	-0.01	下滲
2024.07.18	溪尾大橋 5 號區	4	-0.01	下滲
2024.07.18	溪尾大橋 5 號區	5	0.00	持平
2024.07.18	溪尾大橋 5 號區	6	-0.39	下滲
2024.07.18	溪尾大橋 5 號區	7	0.00	持平
2024.07.18	毛蟹池區	1	-0.13	下滲
2024.07.18	毛蟹池區	2	-0.04	下滲
2024.07.18	毛蟹池區	3	-0.03	下滲
2024.07.18	毛蟹池區	4	-0.45	下滲
2024.07.18	毛蟹池區	5	-0.02	下滲
2024.08.29	毛蟹池區上游 1 號區	1	0.04	上湧
2024.08.29	毛蟹池區上游 1 號區	2	-0.25	下滲
2024.08.29	毛蟹池區上游 1 號區	3	-0.16	下滲
2024.08.29	毛蟹池區上游 1 號區	4	-1.30	下滲
2024.08.29	毛蟹池區上游 1 號區	5	0.10	上湧
2024.08.29	毛蟹池區上游 1 號區	6	0.03	上湧
2024.08.29	毛蟹池區上游 1 號區	7	0.01	上湧
2024.08.29	棲地復原區	1	0.52	上湧
2024.08.29	棲地復原區	2	0.09	上湧
2024.08.29	棲地復原區	3	0.06	上湧
2024.10.18	毛蟹池區上游 2 號區	1	-0.53	下滲
2024.10.18	毛蟹池區上游 2 號區	2	0.00	上湧
2024.10.18	毛蟹池區上游 2 號區	4	-0.06	下滲
2024.10.18	毛蟹池區上游 2 號區	6	-0.03	持平
2024.10.18	毛蟹池區上游 2 號區	8	0.09	上湧
2024.10.18	毛蟹池區上游 2 號區	10	0.04	上湧
2024.11.22	溪尾大橋 2 號區	1	0.03	上湧
2024.11.22	溪尾大橋 2 號區	2	0.05	上湧
2024.11.22	溪尾大橋 2 號區	3	0.06	上湧
2024.11.22	溪尾大橋 2 號區	4	0.07	上湧
2024.11.22	溪尾大橋 2 號區	5	0.16	上湧
2024.11.22	溪尾大橋 2 號區	6	0.04	上湧
2024.11.22	溪尾大橋 2 號區	7	0.05	上湧
2024.11.22	溪尾大橋 2 號區	8	0.03	上湧