

農業部林業及自然保育署 114 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 (4/4)

本年計畫期間：自 114 年 1 月 1 日至 114 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.....	4
四、材料與方法.....	5
4.1 計畫區域.....	5
4.2 雨量資料及颱風事件.....	11
4.3 棲地環境調查.....	12
4.4 伏流水層調查.....	13
4.5 魚類調查.....	14
4.6 統計分析.....	14
4.6.1 單因子變異數分析.....	15
4.6.2 集群分析.....	15
4.6.3 二元羅吉斯回歸.....	15
4.6.4 區別分析.....	15
4.6.5 負二項回歸.....	16
五、結果與討論.....	16
5.1 調查區域之魚類種類.....	16
5.2 調查區域之棲地環境描述及差異.....	20
5.3 調查區域環境變遷與棲地特性綜合討論.....	21
5.4 調查區域之伏流水層上湧/下滲差異.....	24
5.5 巴氏銀鮡偏好之棲地環境.....	25
5.6 巴氏銀鮡棲地適宜性與族群豐度預測模式之比較與驗證.....	28
5.6.1 二元羅吉斯回歸：出現機率預測.....	28
5.6.2 區別分析：棲地判別與變數貢獻度.....	29
5.6.3 負二項回歸：族群豐度預測.....	30
5.6.4 物理棲地因子之分級篩選與工程應用.....	30
六、結論與建議.....	31
七、參考文獻.....	31
附錄一、調查位置之垂直水力梯度及上湧/下滲.....	38

表目錄

表 1、本年度各採樣區域調查日期.....	8
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).....	11
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).....	12
表 4、侵臺颱風列表.....	12
表 5、4 個調查區域調查到的魚類種類(2025)。	17
表 6、歷年各調查區域巴氏銀鮡數量統計(2022-2025).....	18
表 7、4 個調查區域巴氏銀鮡之發現機率(%) (2025 年).....	19
表 8、2022 至 2024 年巴氏銀鮡之發現機率(%).....	19
表 9、4 個調查區域的環境資料(2025).....	21
表 10、7 個調查區域的環境資料(孫建平，2024).....	22
表 11、6 個調查區域的環境資料(孫建平，2023).....	23
表 12、4 個調查區域的環境資料(孫建平，2022).....	23
表 13、2025 年度各調查區域垂直水力梯度(VHG)統計.....	25
表 14、歷年各調查區域垂直水力梯度(VHG)統計(2022-2024) (孫建平，2024).....	25
表 15、不同伏流水交換型態下巴氏銀鮡之族群分佈差異統計(2022-2025 年).....	25
表 16、各棲地集群間環境因子(流速、水深、溶氧).....	26
表 17、各集群於不同調查區域之點位分佈統計表.....	27
表 18、各調查區域之巴氏銀鮡數量及出現次數.....	27
表 19、各集群之巴氏銀鮡數量與出現次數.....	27
表 20、二元羅吉斯回歸分析結果.....	29
表 21、二元羅吉斯回歸分類表.....	29
表 22、區別分析結構矩陣.....	29
表 23、區別分析分類矩陣表.....	30
表 24、負二項回歸預測模式分析結果(Pseudo $R^2 = 0.428$).....	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.....	6
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、左岸湧泉溪(1)採樣環境(2025.05.02 拍攝)].....	9
圖 5、左岸湧泉溪(2)採樣環境(2025.08.21 拍攝)	9
圖 6、自來水區流路採樣環境(2025.01.13 拍攝).....	10
圖 7、溪尾大橋 2 號區採樣環境(2025.08.21 拍攝).....	10
圖 8、調查區域周遭之雨量站位置圖.....	11
圖 9、自製底質粒徑板.....	13
圖 10、利用浮球進行上湧/下滲判斷	14
圖 11、伏流水垂直水力梯度(VHG)示意圖	14
圖 12、基於環境因子(流速、水深、溶氧)之測站分群結果圖	28

巴氏銀鮡分布與棲地水文特性調查(4/4)

摘要

巴氏銀鮡(*Squalidus banarencui*)為臺灣特有之瀕臨絕種保育類野生動物(I級)，目前僅穩定分布於烏溪中下游之辮狀河川區段。本計畫為第四年度(2025)之執行成果，旨在持續監測烏溪流域內巴氏銀鮡之族群分布動態、棲地環境因子及伏流水水文特性，並探討 2024 年凱米颱風後之環境變遷對其族群之影響。本年度調查範圍包含左岸湧泉溪(1)、左岸湧泉溪(2)、自來水區流路及溪尾大橋 2 號區等 4 處調查區域。調查結果顯示，全區共記錄魚類 4 科 18 種，其中保育類目標物種巴氏銀鮡之年度記錄數量達 117 隻，創下近四年調查之新高。族群空間分布上，以左岸湧泉溪(1)及(2)之發現機率最高(分別為 62.5%及 56.3%)，顯示該區域為目前最穩定之棲地；而溪尾大橋 2 號區在經歷凱米颱風洪水擾動後，族群有顯著建立趨勢(發現機率 30.8%)，推測與洪水脈衝改善棲地連結性及底質細化有關。棲地環境與伏流水調查指出，巴氏銀鮡顯著偏好流速緩慢(< 0.3 m/s)、水深約 30 公分、底質以細顆粒或混合型為主，且具備穩定微弱上湧特性之微棲地。綜合統計分析結果，流速與底質組成是決定其出現與否之關鍵因子，而穩定的伏流水上湧環境則與其族群之持續存在具有高度關係，建議未來復育工作應重視維持河道之自然演替與伏流水源之保護。

一、前言

巴氏銀鮡(*Squalidus banarencui*)是臺灣特有種小型淡水魚類，分類上屬於鯉科銀鮡屬，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，但目前僅於溪尾大橋上游 4 公里至下游 1.5 公里之辮狀河川區段有較穩定之族群分布。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)。由於辮狀河川擁有比主要流路較淺之水深及較緩慢之流速的次要流路，因此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)，而此次要流路對於魚類來說是相當重要的孵育棲地環境(Helfield et al., 2012)。

由於巴氏銀鮡目前族群較不穩定，仍需積極復育，而如何復育即為重要的課題。綜合本計畫前三年(2022-2024)之調查成果，初步歸納巴氏銀鮡偏好流速緩慢、水深較淺、水面寬度較窄及細顆粒底質之環境；在水質方面，歷年數據曾顯示其對水中溶氧之需求相對不高。然而，隨著調查區域的增加與極端氣候(如颱風)之影響，環境因子與族群動態之關係仍需更多數據佐證。因此，本年

度(2025)持續進行調查，以進一步驗證並釐清上述環境因子對其核心族群分布之關鍵影響。

二、本年度目標

1. 監測過去既有調查區域至少 3 處之巴氏銀鮎棲地環境調查與研究。
2. 監測過去既有調查區域至少 3 處之巴氏銀鮎伏流水層調查與研究。
3. 持續監測溪尾大橋 2 號區之棲地狀況與巴氏銀鮎之調查。
4. 分析不同上湧/下滲程度與巴氏銀鮎棲息之關係，並將上湧/下滲程度明確分組及給予定義。
5. 分析四年的調查資料，建立及提供適合巴氏銀鮎棲息之評估(預測)模式。

三、文獻回顧

3.1 高灘地水域、辮狀河川之生態環境

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)，其中辮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，而本計畫今年度之 4 個調查區域中，除左岸湧泉溪(1)位於地下水補注地質敏感區(臺中盆地)範圍內，其餘 3 個調查區域(溪尾大橋 2 號區、自來水區流路、左岸湧泉溪(2))並無位於地下水補注地質敏感區(臺中盆地)範圍內，但左岸湧泉溪(2)也是相當接近地下水補注地質敏感區(臺中盆地)邊界，距離地下水補注地質敏感區(臺中盆地)邊界約 60 公尺(圖 1)。

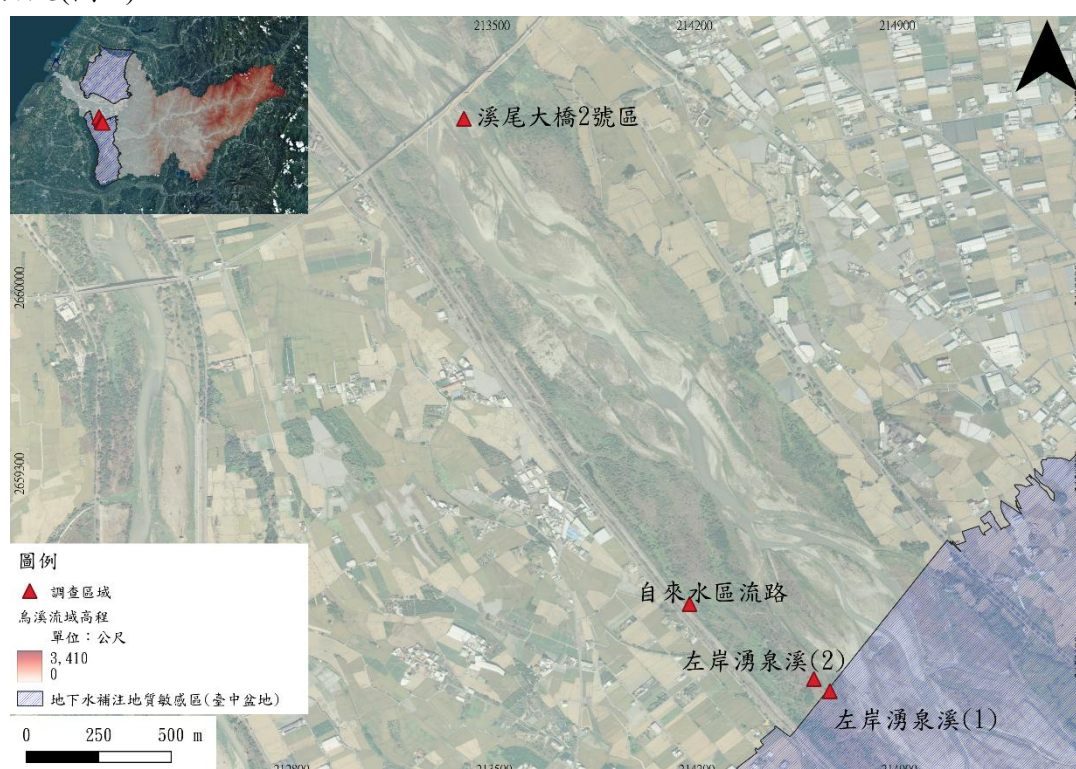


圖 1、調查區域周遭高程及地下水補注地質敏感區之分布

受 2024 年凱米颱風影響，本計畫以往的調查區僅剩溪尾大橋 2 號區(圖 2)，其他 3 個調查區域皆為今年度新增之區域，分別為自來水區流路、左岸湧泉溪(1)和左岸湧泉溪(2) (圖 3)。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 3 個調查區域皆靠近於左岸，其中左岸湧泉溪(1)為本計畫最上游的調查區域，溪尾大橋 2 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，其中左岸湧泉溪(1)(圖 4)為靜水域(流速接近 0 m/s)，底質以細顆粒為主(佔比約 92%)，缺乏大型石塊，但擁有今年度調查區域最高的導電度(563 μ S/cm)與極佳的溶氧量(8.17

mg/L)；左岸湧泉溪(2) (圖 5)之地理位置、環境特性與左岸湧泉溪(1)類似，同屬高導電度、高溶氧的靜水環境，平均水深約 32 cm，是本次調查中相對較深的區域，與左岸湧泉溪(1)最大的不同在於其底質組成較為混合，雖然仍以細顆粒為主(約 61%)，但混有約 35%的礫石、鵝卵石與小漂石；自來水區流路(圖 6)整體環境呈現靜水深潭的特徵(平均流速為 0 m/s)，其棲地結構相當豐富且異質性高，底質並非單一組成，而是由細顆粒、礫石、鵝卵石及小漂石均勻混合；溪尾大橋 2 號區(圖 7)環境屬於緩流，水流微弱(平均流速約 0.1 m/s)，底質結構極為單一，高達 98%以上由細顆粒組成，幾乎無石塊分布，溶氧量為 4 站中最低(平均僅 4.92 mg/L)。



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)



圖 3、調查區域位置圖

表 1、本年度各採樣區域調查日期

調查區域 調查日期	左岸湧泉溪 (1)	左岸湧泉溪 (2)	自來水區流 路	溪尾大橋 2 號區
2025.01.13			○	○
2025.05.02	○			○
2025.08.21		○		○
2025.09.26		○		○

備註：○代表該日期有調查。



圖 4、左岸湧泉溪(1)採樣環境(2025.05.02 拍攝)]



圖 5、左岸湧泉溪(2)採樣環境(2025.08.21 拍攝)



圖 6、自來水區流路採樣環境(2025.01.13 拍攝)



圖 7、溪尾大橋 2 號區採樣環境(2025.08.21 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 8 所示。芬園測站和草屯測站 2022 年至 2025 年之降水資料如表 2 和表 3 所示，其中芬園測站 2022 年、2023 年、2024 年及 2025 年之年降雨量分別為 1,476.5 公厘、1,289.5 公厘、1,752.5 公厘及 2,191.5 公厘，而草屯測站 2022 年、2023 年、2024 年及 2025 年之年降雨量分別為 1,412.0 公厘、1,325.5 公厘、1,571.5 公厘及 2,146.0 公厘，兩個測站之年降雨量皆是以 2025 年最多，2024 年次之，2023 年最少。



圖 8、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
2025	26.0	66.0	89.0	50.5	270.5	196.5	1042.5	276.0	163.0	2.5	2.5	6.5	2191.5

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
2025	29.0	66.5	80.0	47.5	243.0	215.0	900.5	367.0	184.5	1.5	5.5	6.5	2146.0

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 14 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)、丹娜絲(2025 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，僅剩溪尾大橋 2 號區於今年度仍能繼續調查(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)，其餘區域於今年度皆無法繼續調查。

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
丹娜絲	2025 年 07 月 05 日至 07 月 07 日	中度
楊柳	2025 年 08 月 12 日至 08 月 14 日	中度
樺加沙	2025 年 09 月 21 日至 09 月 23 日	強烈
鳳凰	2025 年 11 月 10 日至 11 月 12 日	中度

資料來源：中央氣象署南區氣象服務颱風資料庫

4.3 棲地環境調查

本計畫於 4 個調查區域採隨機取樣，設置 1 公尺×1 公尺之樣區進行微棲地調查。調查項目涵蓋水質(pH、導電度、溶氧、鹽度、濁度及 TDS)、流速、水深及底質組成，其中水質因子是以手持式儀器單次量測，流速與水深於樣區內取三點量測後計算平均值，底質組成則依據 Platts et al. (1983)之表面目視法(Surface-visual-method)，配合自製底質粒徑板(圖 9)估算各粒徑等級之覆蓋百分比。底質粒徑分為：細顆粒(<2mm)、礫石(2~64mm)、鵝卵石(64~256mm)、小漂石(256~512mm)及大漂石(> 512mm)。本次共完成 57 處微棲地調查，樣本分

布為：左岸湧泉溪(1)8處、左岸湧泉溪(2)16處、自來水區流路7處及溪尾大橋2號區26處。

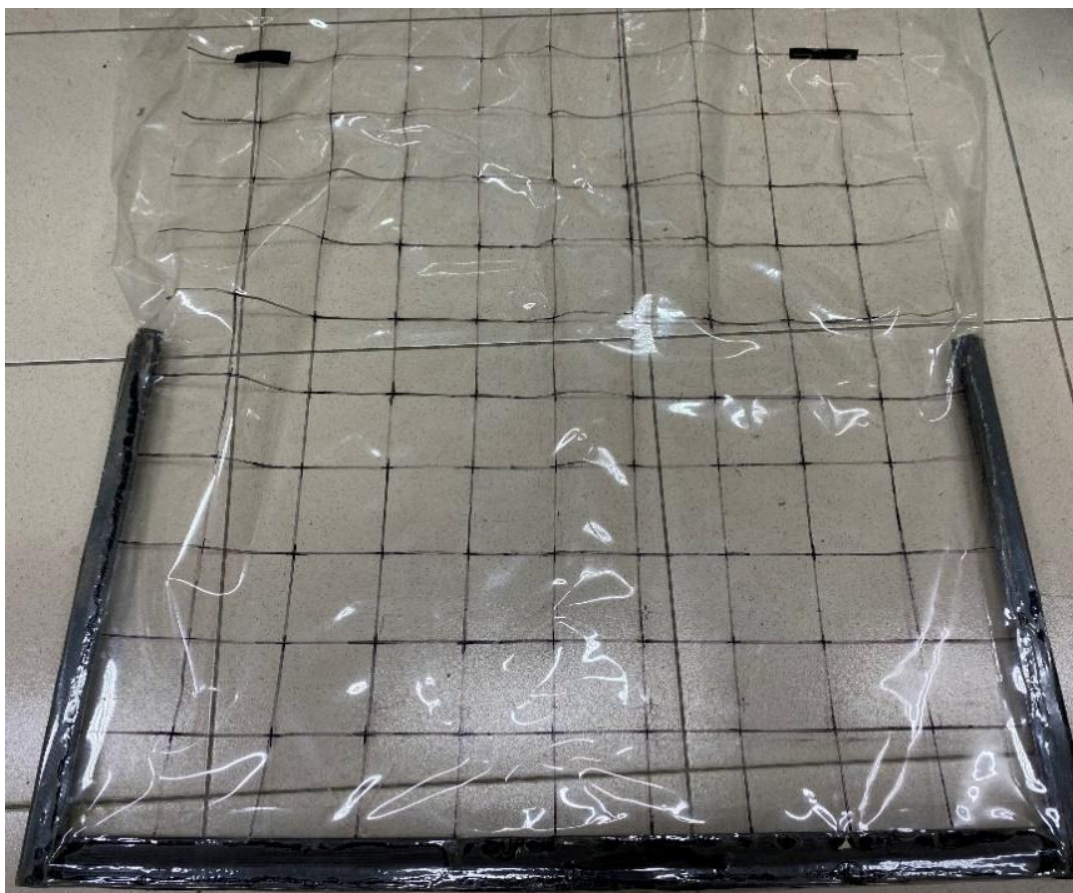


圖 9、自製底質粒徑板

4.4 伏流水層調查

為釐清調查區域伏流水之上湧及下滲分布狀況，本計畫採用 Baxter & Hauer (2003)提出之微測壓管(Minipiezometer)量測法。調查時先利用鐵鎚將金屬內外套管打入河床下約 40 至 60 公分深，移除內管後，置入長約 160 公分、直徑 1.1 公分之透明 PVC 管(末端封底，且自底部 0.5 公分起鑽設約 30 個小孔)，隨後移除外管並放入浮球以加速水位判釋。透過連通管原理量測透明管內水位與河川地表水位之水頭差(Δh)，如圖 10 所示。接著，以透明管入土深度(Δl)計算無因次之垂直水力梯度 (Vertical Hydraulic Gradient, VHG)，公式為 $VHG = \Delta h / \Delta l$ ，如圖 11 所示。當 $VHG > 0$ (管內水位高於溪水面)代表地下水位較高，屬上湧 (Upwelling)； $VHG < 0$ (管內水位低於溪水面)代表地下水位較低，屬下滲 (Downwelling)；若 $VHG = 0$ 則代表兩者達到水力平衡。本次共完成 57 處伏流水層調查，樣本分布為：左岸湧泉溪(1)8處、左岸湧泉溪(2)16處、自來水區流路7處及溪尾大橋2號區26處。



圖 10、利用浮球進行上湧/下滲判斷

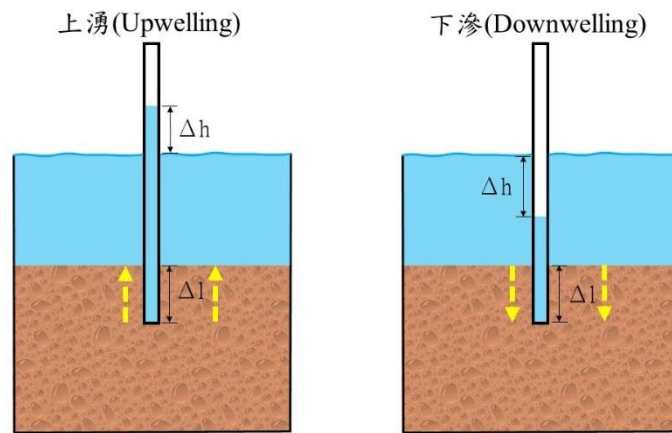


圖 11、伏流水垂直水力梯度(VHG)示意圖

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 2025 年的 1 月、5 月、8 月和 9 月，共計調查 52 個微棲地環境。

4.6 統計分析

本研究運用統計軟體進行資料分析，以探討烏溪流域環境因子與巴氏銀鮎分布之關係，分析方法包含單因子變異數分析(One-way ANOVA)、集群分析

(Cluster Analysis)、二元羅吉斯回歸(Binary Logistic Regression)、區別分析(Discriminant Analysis)和負二項回歸(Negative Binomial 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

為釐清不同調查區域(左岸湧泉溪(1)、左岸湧泉溪(2)、自來水區流路、溪尾大橋 2 號區等)在棲地環境上的空間差異，本計畫採用單因子變異數分析檢定各區域在流速、水深、底質組成及水質因子之平均值是否具顯著差異，若檢定結果顯著($p < 0.05$)，則進一步以 Duncan 法區別差異性(Hair et al., 2009; Huitema, 2011)。Duncan 法具較高之統計檢定力(Statistical Power)，適用於樣本數不均等之多重比較。

4.6.2 集群分析

為釐清調查區域內微棲地類型的空間分布特徵，本研究選取流速、水深及溶氧等三項環境因子進行集群分析。依據 Gorman & Karr (1978)與 Bovee (1986)之研究指出，水深與流速是構成河川物理棲地結構最核心的要素，直接決定了深潭、淺瀨等棲地型態的形成，進而影響魚類的能量消耗與避難空間選擇。此外，溶氧則為魚類生存與代謝的關鍵生理限制因子，尤其在緩流或靜水水域中，其濃度變化顯著影響魚類的分布(Kramer, 1987; Smale & Rabeni, 1995)。

考量上述變數之計量單位與數值範圍差異甚大(如流速為 m/s、水深為 cm)，為確保各環境因子在分析中具有均等權重，先將原始數據進行 Z-score 標準化，隨後採用歐式距離平方(Squared Euclidean distance)測量樣本間的相似度，並以華德法(Ward's method)進行階層式分群。該演算法透過最小化群內誤差平方和(Sum of Squared Errors, SSE)的疊代過程，確保分類後的棲地類型內部具有高度同質性，藉以歸納出具生態意義的棲地分群結果。

4.6.3 二元羅吉斯回歸

二元羅吉斯回歸是一種廣泛應用於生態學的統計工具，專門用於處理依變數為二元分類(如：有/無、生存/死亡)的資料。其原理是透過 Logistic 函數(S 型曲線)，將多個自變數的線性組合轉換為事件發生的機率值(0 至 1 之間)，藉此評估各環境因子對物種出現機率的影響程度與方向。

在本計畫中，我們以是否發現巴氏銀魴(1：有，0：無)作為依變數，並納入流速、水深、底質組成及水質因子作為預測變數。採用逐步向後法(Backward Stepwise)進行變數篩選，旨在建立一個精簡且高準確率的廣域快篩模式。此模式可協助工程單位快速指認環境中的限制因子(如流速過快)，並作為工程規劃初期排除非棲地的重要依據。

4.6.4 區別分析

區別分析的主要目的是找出能夠最有效區分不同群組(如：有魚區 vs.無魚區)的特徵變數。透過建立線性區別函數(Linear Discriminant Function)，此方法能最大化組間差異並最小化組內變異，進而計算出各環境因子對群組分類的相對貢獻度(權重)。

本計畫利用區別分析來驗證並排序各物理與水質因子在區分巴氏銀魴棲地上的重要性。透過檢視結構矩陣(Structure Matrix)，我們可以量化各變數與區別函數的相關性，從而確認哪些環境特徵是決定該水域是否適合巴氏銀魴棲息的關鍵指標，並以此評估分類預測的正確率。

4.6.5 負二項回歸

在生態調查中，物種的計數資料(Count Data)常呈現變異數大於平均數的現象，稱為過度離散(Overdispersion)，這使得傳統的帕松回歸(Poisson Regression)容易產生誤差。負二項回歸透過引入額外的參數來處理這種變異，是分析群聚數量與環境因子關係的最佳利器。

鑑於保育實務上不僅需評估有沒有，更需預測有多少(核心族群)，本計畫採用負二項回歸模式，探討在已知出現的潛在棲地中，哪些進階因子能顯著提升巴氏銀魴的族群豐度。此分析結果將有助於指認出具備高承載量的核心棲地，為後續的棲地復育與分級管理提供更細緻的科學參數。

五、結果與討論

5.1 調查區域之魚類種類

本計畫於2025年針對烏河流域之左岸湧泉溪(1)、左岸湧泉溪(2)、自來水區流路及溪尾大橋2號區等4個調查區域進行魚類調查。本年度調查成果共記錄到4科18種魚類(表5)，全區之優勢物種依序為粗首馬口鱖(*Opsariichthys pachycephalus*)、高身小鰮魴(*Microphysogobio alticorpus*)以及外來種尼羅口孵非鯽(*Oreochromis niloticus*)，上述三種魚類數量合計約佔73%，顯示該水域以鯉科與慈鯛科魚類為主要構成。在特有生物與保育類方面，本年度共記錄到巴氏銀魴(*Squalidus banarescui*)與陳氏鰕魴(*Gobiobotia cheni*)等2種列名保育類之原生魚種。

針對本計畫之目標保育物種-巴氏銀魴，本年度共記錄到117隻，與歷年定額調查數據相比(表6)，2023年記錄44隻、2024年記錄50隻，而2025年之記錄數量呈現顯著增加趨勢，為近四年調查之新高。進一步分析各區域之發現機率(表7)，本年度以左岸湧泉溪(1)之發現機率最高，達62.50%，其次為左岸湧泉溪(2)，發現機率為56.25%，此兩處調查區域位於鄰近河段，且均維持較高之發現率，推測其可能是目前巴氏銀魴最主要且穩定之棲息核心區。反觀自來水區流路，在本年度的採樣中均未發現巴氏銀魴(0.00%)，推測該區域之棲地品質或微棲地型態可能較不適合其生存，或受外來種競爭壓力較大所致。

溪尾大橋2號區位於調查範圍之較下游河段，本年度共記錄到39隻巴氏銀魴，發現機率維持在30.77%(2024年為33.33%，如表8所示)，顯示該區域已保有一定規模之族群。值得注意的是，該區域雖於2023年即有零星發現紀錄，但其族群數量的顯著提升與穩定出現，推測與2024年凱米颱風所帶來的擾動有關。凱米颱風帶來的豐沛豪雨與洪水脈衝，極可能扮演了關鍵的生態廊道角

色，使得原本受地形阻隔、不相連通的流路與水域環境在洪水時期彼此貫通，因此才會在溪尾大橋 2 號區發現巴氏銀鮡。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; Lojkásek 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、4 個調查區域調查到的魚類種類(2025)。

調查區域	科別	種類	
		學名	中文名
左岸湧泉 溪(1)	鯉科	<i>Puntius snyderi</i>	斯奈德小鮳
	鯉科	<i>Onychostoma alticorpus</i>	高身白甲魚
	鯉科	<i>Acrossocheilus paradoxus</i>	臺灣石鱚
	鯉科	<i>Opsariichthys pachycephalus</i>	粗首馬口鱮
	鯉科	<i>Candidia barbata</i>	臺灣鬚鱮
	鯉科	<i>Spinibarbus hollandi</i>	何氏棘鮳
	鯉科	<i>Microphysogobio alticorpus</i>	高身小鰾鮡
	鯉科	<i>Carassius auratus auratus</i>	鯽
	鯉科	<i>Squalidus banarescui</i>	巴氏銀鮡
	鯉科	<i>Cyprinus carpio carpio</i>	鯉
	鯽科	<i>Cobitis sinensis</i>	中華花鯽
	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
左岸湧泉 溪(2)	鯉科	<i>Carassius auratus auratus</i>	鯽
	鯉科	<i>Puntius snyderi</i>	斯奈德小鮳
	鯉科	<i>Opsariichthys pachycephalus</i>	粗首馬口鱮
	鯉科	<i>Squalidus banarescui</i>	巴氏銀鮡
	鯉科	<i>Spinibarbus hollandi</i>	何氏棘鮳
	鯉科	<i>Microphysogobio alticorpus</i>	高身小鰾鮡
	鯉科	<i>Acrossocheilus paradoxus</i>	臺灣石鱚
	鯉科	<i>Onychostoma alticorpus</i>	高身白甲魚
	鯉科	<i>Hemibarbus labeo</i>	唇鰱
	鯉科	<i>Candidia barbata</i>	臺灣鬚鱮
	鯉科	<i>Cyprinus carpio carpio</i>	鯉
	鯽科	<i>Cobitis sinensis</i>	中華花鯽
	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	
自來水區 流路	鯉科	<i>Puntius snyderi</i>	斯奈德小鮳
	鯉科	<i>Carassius auratus auratus</i>	鯽

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>Opsariichthys pachycephalus</i>	粗首馬口鱨
	鯉科	<i>Acrossocheilus paradoxus</i>	臺灣石鱨
	鰍科	<i>Cobitis sinensis</i>	中華花鰍
	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
	鯉科	<i>Spinibarbus hollandi</i>	何氏棘鮃
	鯉科	<i>Carassius auratus auratus</i>	鯽
	鯉科	<i>Puntius snyderi</i>	斯奈德小鮃
	鯉科	<i>Cyprinus carpio carpio</i>	鯉
	鯉科	<i>Opsariichthys pachycephalus</i>	粗首馬口鱨
	鯉科	<i>Microphysogobio alticorpus</i>	高身小鰾鮎
	鯉科	<i>Acrossocheilus paradoxus</i>	臺灣石鱨
溪尾大橋 2 號區	鯉科	<i>Squalidus banarencui</i>	巴氏銀鮎
	鯉科	<i>Onychostoma alticorpus</i>	高身白甲魚
	鯉科	<i>Gobiobotia cheni</i>	陳氏鰍鮓
	鯉科	<i>Hemibarbus labeo</i>	唇鰱
	鯉科	<i>Pseudorasbora parva</i>	羅漢魚
	鰍科	<i>Cobitis sinensis</i>	中華花鰍
	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

表 6、歷年各調查區域巴氏銀鮎數量統計(2022-2025)

調查區域	2022	2023	2024	2025	歷年合計
棲地復原區	7	1	0	-	8
自來水深潭區	-	2	0	-	2
自來水區流路	-	-	-	0	0
毛蟹池區	17	0	0	-	17
毛蟹池區上游 1 號區	-	-	0	-	0
毛蟹池區上游 2 號區	-	-	0	-	0
溪尾大橋 2 號區	-	18	20	39	77
溪尾大橋 4 號區	-	0	-	-	0
溪尾大橋 5 號區	9	23	30	-	62
左岸湧泉溪(1)	-	-	-	36	36
左岸湧泉溪(2)	-	-	-	42	42
年度合計	33	44	50	117	244

表 7、4 個調查區域巴氏銀鮎之發現機率(%) (2025 年)

	左岸湧泉溪(1) 2025 (n = 8)	左岸湧泉溪(2) 2025 (n = 16)	自來水區流路 2025 (n = 7)	溪尾大橋 2 號區 2025 (n = 26)
1 月	-	-	0.00	25.00
2 月	-	-	-	-
3 月	-	-	-	-
4 月	-	-	-	-
5 月	62.50	-	-	25.00
6 月	-	-	-	-
7 月	-	-	-	-
8 月	-	62.50	-	50.00
9 月	-	50.00	-	33.33
總計	62.50	56.25	0.00	30.77

表 8、2022 至 2024 年巴氏銀鮎之發現機率(%)

	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			40.00		0.00		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	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	50.00				
總計	5.00	0.00	0.00	40.00	28.57	0.00	0.00	6.67	0.00	7.69	33.33	0.00	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

本計畫利用單因子變異數分析搭配 Duncan 事後檢定，探討 2025 年 4 個調查區域(左岸湧泉溪(1)、左岸湧泉溪(2)、自來水區流路、溪尾大橋 2 號區)在流速、水深、水質及底質組成上的空間差異，分析結果詳如表 9 所示。在水深部分，各調查區域平均水深介於 26.69 cm 至 32.16 cm 之間，統計上無顯著差異($p > 0.05$)，顯示各調查區域採樣點均維持在相似的水深範圍。流速方面，溪尾大橋 2 號區平均流速為 0.10 m/s，顯著高於其他三個靜水型測站 ($p < 0.05$)。水面寬度則呈現顯著的空間梯度 ($p < 0.05$)，以左岸湧泉溪(2)最為寬闊(約 13.68 m)，其次為左岸湧泉溪(1)(約 9.09 m)與溪尾大橋 2 號區(約 7.13 m)，而自來水區流路最為狹窄(約 3.34 m)。垂直水力梯度(VHG)分析顯示，左岸湧泉溪(1)平均值為-0.21，呈現顯著的下滲特徵，其餘三站則均為正值(0.01 ~ 0.09)，表現出微弱的上湧特性，推測左岸湧泉溪(2)、溪尾大橋 2 號區及自來水區流路可能有受到地下水或伏流水的補注。

水質因子方面，導電度呈現明顯的時空差異。左岸湧泉溪(1)之導電度最高(562.62 $\mu\text{S/cm}$)，顯著高於左岸湧泉溪(2)(516.38 $\mu\text{S/cm}$)，而溪尾大橋 2 號區與自來水區流路最低(約 450 $\mu\text{S/cm}$)，此差異除了反映空間上的水質特性外，極可能隱含了季節性稀釋效應。溶氧方面，左岸湧泉溪(1)、左岸湧泉溪(2)與自來水區流路均維持高溶氧狀態($> 7.5 \text{ mg/L}$)，顯著高於溪尾大橋 2 號區(4.92 mg/L)，推測溪尾大橋 2 號區雖有流速，但可能因位於岸邊緩流區或受底質有機質分解耗氧影響，導致溶氧相對較低。

底質組成是區分各調查區域最顯著的環境因子。溪尾大橋 2 號區(98%)與左岸湧泉溪(1) (92 %)之細顆粒比例顯著高於其他調查區域，屬於典型的泥沙底質環境，而左岸湧泉溪(2)為混合型底質(細顆粒約佔 61%)。反觀自來水區流路，其細顆粒比例最低(24%)，而礫石(24%)、鵝卵石(27%)與小漂石(21%)的比例則顯著高於其他區域，顯示該河段主要由大顆粒底質構成，流況可能較不穩定或沖刷較強。

表 9、4 個調查區域的環境資料(2025)

調查區域	左岸湧泉溪 (1) (n = 8)	左岸湧泉溪 (2) (n = 16)	自來水區流 路 (n = 7)	溪尾大橋 2 號區 (n = 26)
環境因子				
流速(m/s)	0.00 ^{a1}	0.00 ^a	0.00 ^a	0.10 ^b
水深(cm)	29.16 ^a	32.16 ^a	28.49 ^a	26.69 ^a
導電度(μS/cm)	562.6 ^c	516.4 ^b	454.0 ^a	458.9 ^a
鹽度(PSU)	0.24 ^b	0.24 ^b	0.22 ^{ab}	0.21 ^a
pH	6.92 ^a	6.89 ^a	6.96 ^a	7.16 ^b
溶氧(mg/L)	8.17 ^b	7.76 ^b	7.56 ^b	4.92 ^a
TDS(ppm)	326.62 ^a	502.00 ^a	299.86 ^a	286.58 ^a
濁度(NTU)	24.68 ^a	31.05 ^a	25.63 ^a	29.29 ^a
細顆粒(%)	92 ^c	61 ^b	24 ^a	98 ^c
礫石(%)	1 ^a	14 ^{ab}	24 ^b	1 ^a
鵝卵石(%)	3 ^a	9 ^a	27 ^b	1 ^a
小漂石(%)	4 ^{ab}	11 ^b	21 ^c	0 ^a
大漂石(%)	0 ^a	5 ^a	4 ^a	0 ^a
水面寬度(m)	9.09 ^b	13.68 ^c	3.34 ^a	7.13 ^b
VHG	-0.21 ^a	0.09 ^b	0.01 ^b	0.03 ^b

1. 不同的字母表示有顯著的差異(p < 0.05)。

5.3 調查區域環境變遷與棲地特性綜合討論

綜合本計畫歷年之環境調查數據(表 10、表 11、表 12)與本年度(2025)之分析結果，針對各調查區域之棲地演變趨勢與環境特性進行整體探討。首先，比對溪尾大橋 2 號區歷年之環境數據，該區域呈現底質細化與流速減緩之趨勢，2023 年該區平均流速為 0.23 m/s，底質細顆粒佔比為 74%，至 2024 年流速降至 0.18 m/s，細顆粒佔比升至 96%，而本年度(2025)流速進一步降至 0.10 m/s，細顆粒佔比更高達 98.5%，此一演變可能顯示該區域正經歷持續的淤積過程，由早期的流動水域逐漸轉變為以泥沙底質為主的緩流或靜水環境。此外，該區溶氧量亦隨之逐年下降(由 2023 年的 7.59 mg/L 降至 2025 年的 4.92 mg/L)，推測這可能是由於底質細化導致孔隙阻塞，加上有機質在緩流區堆積分解耗氧所致，此種環境轉變推測可能與 2024 年凱米颱風帶來的洪水事件有關。根據洪水脈衝概念，洪水帶來的週期性擾動能重塑河道微棲地並促進物質交換(Junk et al., 1989)。在本計畫中，推測洪水帶來的巨量懸浮載重，在退水後的緩流區大量沉降，不僅可能加速了底質的細化，也可能重塑了河道型態，使得原本不相連通的水域在洪水期貫通。文獻亦指出，洪水後的棲地連結性增加，往往有利於魚類的擴散與拓殖(Fritz et al., 2002; Halls & Welcomme, 2004)，這為溪尾大橋 2 號區後續成為巴氏銀魷族群熱點提供了潛在的環境解釋。

溪尾大橋 5 號區在 2022 年至 2024 年間曾是巴氏銀魷的重要棲息地(三年累計記錄 62 隻，表 6)，其環境特徵同樣表現出緩流(流速 < 0.04 m/s)與較高的細顆

粒佔比(> 75%)。然而，隨著河道演變與淤積加劇，該區域在 2024 年底質細顆粒佔比已達 98 %，與目前的溪尾大橋 2 號區極為相似，這或許暗示了巴氏銀鮡的棲地熱點會隨著河道微棲地的演替而發生空間上的轉移，當舊有的棲地(如溪尾大橋 5 號區)因過度淤積或其他環境因子改變後，族群可能遷移至新形成且條件適宜的棲地。

棲地復原區作為本計畫早期的調查區域(2022-2023)，其環境數據顯示該區具有較高的人為干預與棲地營造特徵。然而，隨著歷年洪水的沖刷與自然演替，該區域的物理結構逐漸回歸自然河道的動態平衡。對比棲地復原區與目前的溪尾大橋區域，可以發現自然形成的淤積型微棲地(如目前的溪尾大橋 2 號區)似乎比早期的人工復原區更能維持穩定的族群數量，這顯示在受干擾的辮狀河川中，順應自然水文營力所形成的微棲地(如洪水後的緩流區)，可能比固定的人工棲地更具生態韌性。

表 10、7 個調查區域的環境資料(孫建平，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 11、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 12、4 個調查區域的環境資料(孫建平，2022)

調查區域 環境因子	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)。

5.4 調查區域之伏流水層上湧/下滲差異

本計畫針對 4 個調查區域進行伏流水層垂直水力梯度調查，以釐清河床底層之水流交換特性，2025 年度之統計結果如表 13 所示。5 月採樣的左岸湧泉溪(1)平均 VHG 為-0.21，數值上呈現下滲趨勢。然而，進一步分析其細部數據(上湧 3 次、下滲 2 次)可發現，該區域的水理交換相當劇烈且不均勻，部分點位呈現極強的下滲(最小值達-0.67)，推測枯水期的河水正透過高透水性的河床補注地下水，或受局部地形影響產生強烈的垂直交換。相反地，8-9 月採樣的左岸湧泉溪(2)則轉為顯著且一致的上湧特性(平均值 0.09，7 次測量全為正值)，這顯示豐水期的地下水位抬升，形成了穩定的地下水或側向滲流補注環境。

溪尾大橋 2 號區於本年度 VHG 平均值為 0.03，雖然平均強度較弱，但從測量次數分佈來看(上湧 21 次、下滲 5 次)，該區域仍以上湧為主導型態，值得注意的是，其標準偏差(0.13)與極值範圍(-0.44 至 0.21)顯示該區底層水理具有一定的空間變異性，推測是洪水後新形成的泥沙底質厚度不均所致。整體而言，這種微弱但廣泛分布的上湧特性，可能有助於在細顆粒底質環境中維持底層溶氧，支持底棲生物生存。相較之下，自來水區流路的水理特徵最為平緩，平均 VHG 僅 0.01，且變異程度極低(SD = 0.02)，顯示其與地下水層的連結微弱，處於近乎水力平衡的狀態。缺乏強勁的垂直水流交換(上湧或下滲)，意味著該水域在面臨極端氣溫或水質變動時，缺乏來自地底的緩衝能力，這可能是限制其成為巴氏銀鮎適宜棲地的潛在環境因子之一。

整體而言，長期監測數據顯示(表 13、表 14)，棲地復原區、溪尾大橋 2 號區及左岸湧泉溪(2)多具備上湧特性。文獻指出，伏流水上湧區能提供穩定的熱避難所與豐富的營養鹽，是許多溪流魚類產卵或渡過環境逆境的關鍵棲地(Baxter & McPhail, 1999)。

為評估交換強度對棲地穩定性之影響，本計畫參考游志弘和孫建平(2015)之研究，將 $|VHG| \geq 0.10$ 定義為顯著交換，而 $|VHG| < 0.10$ 則定義為微弱(Weak)交換。本計畫彙整 2022 至 2025 年之調查數據，分析不同 VHG 型態下巴氏銀鮎之族群表現，如表 15 所示。結果顯示，微弱上湧型是巴氏銀鮎利用率最高且族群最穩定的環境，此區間涵蓋了主要的棲地熱點(如溪尾大橋 2 號區、左岸湧泉溪(2))，其平均族群數量遠高於其他類型，出現機率亦達 50%以上。反觀顯著上湧型的區域(如溪尾大橋 4 號區、部分棲地復原區)，雖然伏流水資源豐富，但往往伴隨較快的流速或較粗的底質，導致巴氏銀鮎數量反而不如微弱上湧區。至於顯著下滲型的區域(如毛蟹池區、部分左岸湧泉溪(1))，歷年調查中巴氏銀鮎的出現紀錄極少且不連續。綜上所述，推測巴氏銀鮎偏好穩定的微弱上湧環境，這類環境通常對應到流速緩慢的細顆粒沉積區，微弱的上湧水流恰好能補充底層溶氧，卻不會像強勁湧泉或急流般造成物理擾動，從而提供了最佳的微棲地條件。

表 13、2025 年度各調查區域垂直水力梯度(VHG)統計

調查區域	左岸湧泉溪 (1) (n = 5)	左岸湧泉溪 (2) (n = 7)	自來水區流 路 (n = 6)	溪尾大橋 2 號區 (n = 26)
平均值	-0.21	0.09	0.01	0.03
標準偏差	0.35	0.08	0.02	0.13
最小值	-0.67	0.03	-0.01	-0.44
最大值	0.10	0.28	0.03	0.21
上湧/下滲/持平數量	3/2/0	7/0/0	5/1/0	21/5/0

表 14、歷年各調查區域垂直水力梯度(VHG)統計(2022-2024) (孫建平，2024)

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

表 15、不同伏流水交換型態下巴氏銀鮡之族群分佈差異統計(2022-2025 年)

VHG 交換型態	定義範圍	n	平均族群數量	出現機率 (%)
微弱上湧型	$0 < \text{VHG} < 0.10$	58	7.74	55.2
微弱下滲型	$-0.10 < \text{VHG} < 0$	52	5.25	28.8
顯著上湧型	$\text{VHG} \geq 0.10$	72	2.43	20.8
平衡/持平型	$\text{VHG} = 0$	26	1.77	26.9
顯著下滲型	$\text{VHG} \leq -0.10$	16	0.69	12.5

5.5 巴氏銀鮡偏好之棲地環境

為了解巴氏銀鮡對微棲地環境的選擇，本計畫彙整 2022-2025 年之長期調查資料，以流速、水深及溶氧等環境因子為變數，採用華德法進行集群分析。結果顯示，棲地環境可劃分為四大類集群(深潭區、淺灘靜水區、緩流高氧區、淺瀨區)，此四類的流速、水深、溶氧如表 16 所示，而各類在各調查區域之採樣次數如表 17 所示。

集群 1 被定義為深潭區，主要分布於棲地復原區、自來水深潭區、毛蟹池

區及溪尾大橋 5 號區(圖 12)。此類環境水深最深且流速接近靜止，雖然統計上為巴氏銀鮡利用率次高的環境(約 27%)，但深入分析其空間分佈可發現，其利用率極不均勻。在較均質化的深潭中(如自來水深潭區)，因缺乏水流交換與異質性結構，魚群數量極低(表 18)，顯示單純的深水環境並非巴氏銀鮡的首選，需搭配適當的異質性才能發揮生態功能。

集群 2 被定義為淺灘靜水區，主要分布於溪尾大橋 5 號區(圖 12)。其特徵為水深較淺且流速緩慢，常位於河岸邊緣或洪水擾動後的淤積區。此類棲地通常作為洪水後的過渡環境，雖然流速適宜，但因水淺且缺乏深水庇護，環境穩定性較差，巴氏銀鮡的利用率約為 17.6%，顯示其可能僅作為臨時性的攝食或幼魚活動場所。

集群 3 被定義為緩流高氧區，這是巴氏銀鮡利用率最高的棲地型態，佔總記錄數的 50.4%，為本物種的核心棲地(表 19)。此集群高度集中於左岸湧泉溪(1)和(2)、溪尾大橋 2 號區及 5 號區(圖 12)，其環境特徵為具備適度的緩流與高溶氧。

集群 4 被定義為淺瀨區，以溪尾大橋 2 號區及 4 號區為主(圖 12)。因流速過快且水深淺，底質多為粗顆粒礫石，缺乏細泥沙與緩流區，不利於偏好緩流環境的巴氏銀鮡棲息。調查記錄顯示此區僅偶見零星個體利用，整體利用率極低(表 19)，推測此類棲地主要扮演生態廊道的角色，而非長期定居的場所。

此外，從空間結構來看，具備高度棲地多樣性的區域(如溪尾大橋 5 號區)才具有穩定的族群分佈。根據表 17，溪尾大橋 5 號區的棲地型態包含了深潭區、淺灘靜水區和緩流高氧區，而溪尾大橋 5 號區之巴氏銀鮡數量和發現機率亦高，因此推測巴氏銀鮡是偏好在具有多樣性棲地共存的異質性環境。此種環境異質性允許魚群在不同生活史階段或不同水文條件下(如洪水或枯水)，能迅速在緩流與深潭之間移動，這解釋了為何單一化的棲地無法支持穩定的族群。

值得注意的是，本計畫過去(2022-2024)基於部分靜水域樣站之觀察，曾推論巴氏銀鮡對溶氧之需求不高。然而，綜合本年度(2025)之棲地數據分析，發現族群密度最高之左岸湧泉溪(1)、(2)及溪尾大橋 2 號區，其水域環境均維持相對穩定之溶氧水準(配合伏流水之微弱上湧)。此結果修正了過去的初步推論，顯示雖然巴氏銀鮡對低溶氧環境具備一定耐受力，但高溶氧且流速緩慢之微棲地，才是支持其建立高密度核心族群之最佳環境。

表 16、各棲地集群間環境因子(流速、水深、溶氧)

分群	集群 1 (n = 157)	集群 2 (n = 41)	集群 3 (n = 95)	集群 4 (n = 52)
環境變數				
流速 (m/s)	0.02 ^{a1}	0.02 ^a	0.02 ^a	0.30 ^b
水深 (cm)	70.36 ^d	25.01 ^b	36.42 ^c	16.93 ^a
溶氧 (mg/L)	3.22 ^a	3.20 ^b	6.95 ^d	5.87 ^c

1. 不同的字母表示有顯著的差異(p < 0.05)。

表 17、各集群於不同調查區域之點位分佈統計表

採樣區域	分群			
	集群 1 (n = 157)	集群 2 (n = 41)	集群 3 (n = 95)	集群 4 (n = 52)
棲地復原區	63	1	7	1
自來水深潭區	34	0	2	0
毛蟹池區	27	0	3	0
毛蟹池區上游 1 號區	1	0	5	1
毛蟹池區上游 2 號區	2	0	6	2
溪尾大橋 2 號區	2	9	21	35
溪尾大橋 4 號區	2	3	1	12
溪尾大橋 5 號區	26	27	20	1
自來水區流路	0	1	6	0
左岸湧泉溪(1)	0	0	8	0
左岸湧泉溪(2)	0	0	16	0

表 18、各調查區域之巴氏銀鮎數量及出現次數

調查區域	巴氏銀鮎數量	巴氏銀鮎出現次數
左岸湧泉溪(1)、(2)	78	14
溪尾大橋 2 號區	77	17
溪尾大橋 5 號區	62	15
毛蟹池區	17	5
棲地復原區	8	5
自來水深潭區	4	4
毛蟹池區上游 1 號區	0	0
毛蟹池區上游 2 號區	0	0
溪尾大橋 4 號區	0	0
自來水區流路	0	0

表 19、各集群之巴氏銀鮎數量與出現次數

集群	棲地型態	巴氏銀鮎數量	巴氏銀鮎出現次數
集群 1	深潭區	66	23
集群 2	淺灘靜水區	43	7
集群 3	緩流高氧區	123	26
集群 4	淺瀨區	12	4

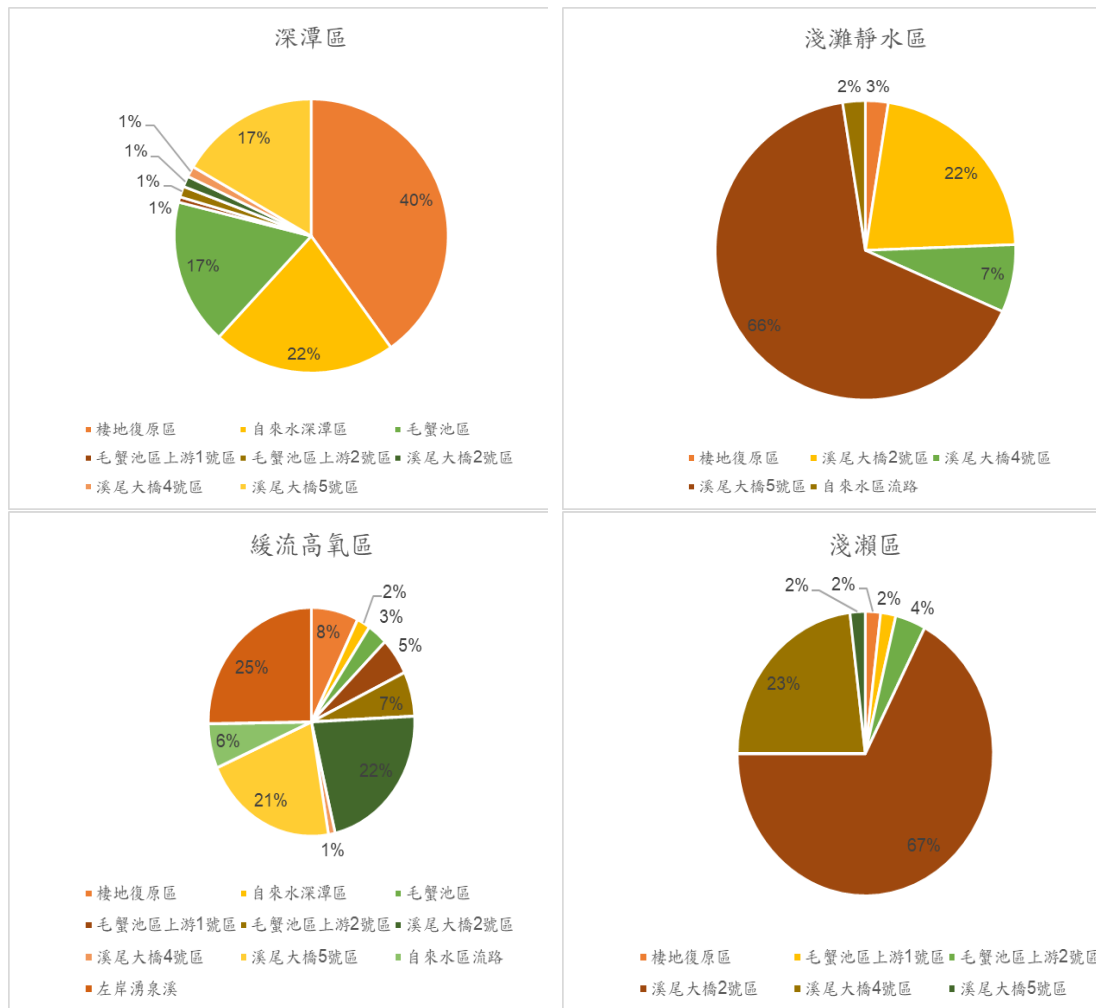


圖 12、基於環境因子(流速、水深、溶氧)之測站分群結果圖

5.6 巴氏銀鮎棲地適宜性與族群豐度預測模式之比較與驗證

為全面解析巴氏銀鮎之棲地需求，本計畫彙整 2022 年至 2025 年之調查資料(流速、水深、5 種底質、TDS、DO、pH、EC、VHG)，透過三種統計模式，從出現機率、棲地判別到族群豐度進行多層次解析。

5.6.1 二元羅吉斯回歸：出現機率預測

利用逐步向後法剔除不顯著變數後，二元羅吉斯回歸模式顯示，僅需流速、細顆粒以及 TDS、導電度(表 20)，即可有效預測巴氏銀鮎的出現機率，整體預測準確率約為 80.0% (表 21)。由於流速呈現顯著的負相關，確認了緩流環境是巴氏銀鮎生存的關鍵棲地。值得注意的是，模式特別篩選出了細顆粒且呈現正相關，細顆粒通常沉積於流速極緩的靜水區或岸邊緩流帶，這間接印證了巴氏銀鮎偏好緩流且底質穩定的微棲地，而迴避強勁水流沖刷的礫石區。此外，TDS 與導電度的入選，顯示該物種對水質的環境(如溶解離子濃度)具有一定的選擇性，這可能與棲地周邊的土地利用型態有關。

表 20、二元羅吉斯回歸分析結果

變數	β	S.E.	Wald	Sig.
流速	-4.832	1.945	6.172	0.013
細顆粒	0.012	0.005	5.760	0.016
導電度	0.003	0.001	4.850	0.028
TDS	0.002	0.001	4.120	0.042
常數項	-5.210	1.880	7.680	0.006

表 21、二元羅吉斯回歸分類表

		預測結果	
		無巴氏銀鮓	有巴氏銀鮓
實際觀測結果	無巴氏銀鮓	269	41
	有巴氏銀鮓	33	27

5.6.2 區別分析：棲地判別與變數貢獻度

為探討各物理與水質變數在區分有魚區與無魚區時的相對重要性，本計畫採用區別分析進行檢定。結果顯示，分類正確率可達 76.0% (

表 23)。由結構矩陣分析可知(表 22)，TDS、流速與溶氧是區分棲地屬性的前三大關鍵因子。在底質組成方面，細顆粒呈現正向之關係，顯示巴氏銀鮎明顯偏好以泥沙或細砂為主的沉積環境；相對地，礫石與鵝卵石則呈現負向之關係，暗示底質粒徑較大的河段通常伴隨較強水流，不利於其棲息。至於小漂石與大漂石在此分析中相關係數極低，顯示其並非決定巴氏銀鮎是否出現的主要判別依據。

表 22、區別分析結構矩陣

變數	相關性
TDS	0.5348
流速	-0.4651
溶氧	0.3739
pH	0.2412
細顆粒	0.2360
礫石	-0.2194
鵝卵石	-0.1342
大漂石	-0.0661
水深	-0.0491
導電度	0.0339
小漂石	-0.0143

表 23、區別分析分類矩陣表

		預測結果	
		無巴氏銀鮎	有巴氏銀鮎
實際觀測結果	無巴氏銀鮎	211	56
	有巴氏銀鮎	22	36

5.6.3 負二項回歸：族群豐度預測

鑑於保育實務上不僅需評估物種是否出現，更需預測棲地所能承載的族群數量，本計畫採用適用於計數資料的負二項回歸進行建模，並同樣以逐步向後法篩選關鍵因子，其 Pseudo R^2 為 0.428，顯示本模式已能解釋約 42.8% 的族群數量變異，具備良好的預測效能。分析結果顯示，當預測目標轉為數量多寡時，物理環境的篩選標準變得更加嚴苛且細緻，特別是針對流速與底質結構的依賴性顯著提高(表 24)。統計結果顯示，流速呈現極為顯著的負相關，且其影響力遠大於其他所有因子。由於負二項回歸屬於指數型模式，表示流速只要微幅增加，巴氏銀鮎的預期族群數量將呈現指數級衰減。換言之，若要形成如左岸湧泉溪(2)一樣有數十隻以上的高密度族群，水域環境必須嚴格維持在極低流速的緩流狀態(< 0.3 m/s)，流速稍快的水域或許能發現零星個體，但很難支持核心族群的建立。其次，在底質組成方面，本模式分析出了較為特殊的棲地偏好，如礫石、鵝卵石與大漂石均呈現顯著的負相關，這暗示了當河床主要由這些較大粒徑組成時(通常代表沖刷較強的瀨區)，不利於族群的大量群聚，但小漂石卻呈現正相關，推測在以細顆粒為主的緩流環境中，適度散布的小漂石可能提供了關鍵的物理結構(如產卵、避敵遮蔽物或微棲地流速庇護)，從而支持了較高的族群豐度。此外，水質因子中的溶氧與 pH 值亦呈現顯著正相關，反映了高密度的魚群對溶氧有著較高的生理需求，且偏好酸鹼度適中的水域環境。

表 24、負二項回歸預測模式分析結果(Pseudo $R^2 = 0.428$)

變數	β	S.E.	Wald Chi-Square	Sig.
流速	-9.555	1.845	26.82	< 0.001
礫石	-0.063	0.012	27.56	< 0.001
鵝卵石	-0.046	0.009	26.11	< 0.001
大漂石	-0.038	0.011	11.93	0.001
小漂石	0.030	0.010	9.00	0.005
pH	1.346	0.312	18.61	< 0.001
溶氧	0.470	0.125	14.13	< 0.001

5.6.4 物理棲地因子之分級篩選與工程應用

本計畫綜合三種統計模式證實，在缺乏生物調查數據的情況下，僅依賴物理與水質因子即可建立準確率逾 76 % 的棲地評估模式，並發現了環境因子對巴氏銀鮎具有雙重篩選機制。第一層篩選是由流速與細顆粒主導，決定了物種出

現與否的基礎門檻，證實巴氏銀鮎極度偏好緩流的沉積環境；第二層篩選則進一步由微棲地結構決定族群多寡，其中小漂石的正向影響與礫石、鵝卵石的負向影響，顯示在緩流基礎上，適度散布的石塊結構能提供關鍵避敵空間以支持高豐度族群，而強勁沖刷的粗顆粒環境則不利於核心族群建立。基於此物理指標，建議工程單位在規劃初期，可直接利用水理模擬與地質資料進行判釋，優先迴避流速大於 0.5 m/s 或底質以礫石為主的區域，快速找出潛在風險區域；在設計與復育階段，則可採取緩流深潭搭配異質底質，透過構造物營造流速小於 0.3 m/s 的靜水域，並回填細顆粒底質點綴小漂石。此方法讓工程師在未進行魚類調查前，即能透過物理手段有效預測並保全巴氏銀鮎的棲地，實現具成本效益的生態檢核。

六、結論與建議

本年度調查顯示烏溪流域巴氏銀鮎族群呈現顯著增加趨勢，年度記錄數量達 117 隻，創下近四年調查新高。空間分布上，左岸湧泉溪(1)與(2)樣站因具備穩定的伏流水上湧特徵，巴氏銀鮎發現機率分別高達 62.5% 與 56.3%。更值得注意的是，位於下游的溪尾大橋 2 號區在經歷 2024 年凱米颱風的強降雨與洪水脈衝後，河道底質發生明顯細化，流速轉為適宜的緩流。這些由自然擾動所重塑的微棲地，成功吸引了巴氏銀鮎族群進駐，證實適度的洪水脈衝能有效改善棲地品質並促進族群擴散，其生態效益往往優於靜態的人為復育區。

透過多變量統計模式的交叉驗證，本研究證實環境因子對巴氏銀鮎具有層次分明的雙重篩選機制。在第一層篩選中，流速與底質組成決定了物種出現與否，只要流速小於 0.3 m/s 且底質為細顆粒沉積環境，即具備成為潛在棲地的條件。而在第二層篩選中，微棲地結構進一步決定了族群豐度的高低，在緩流的基礎上，若有適度的小漂石分布，將有助於高密度核心族群的建立。此發現量化了巴氏銀鮎對於緩流、沉積等環境的依賴性。

基於上述發現，建議工程單位在規劃階段，可利用水理模擬直接指認流速大於 0.5 m/s 或底質以礫石為主的沖刷區，將其列為潛在風險區域，以降低生態檢核成本並減少對保育類物種的干擾。而在設計與施工階段，若需進行棲地補償或復育，應避免全斷面拋石，轉而採用構造物營造流速小於 0.3 m/s 的緩流深潭，並回填細顆粒底質點綴小漂石，以模擬天然微棲地。此外，鑑於溪尾大橋 2 號區的案例，未來河川治理應重視保留洪泛平原的自然演替空間，並持續監測伏流水源的穩定性，確保核心族群在面對氣候變遷與水文極端事件時仍保有足夠的生態韌性。

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. 孫建平，2024，巴氏銀鮎分布與棲地水文特性調查(3/4)。農業部林業及自然保育署。
5. 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。
6. 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。
7. Alley, W. M., Healy, R. W., LaBaugh, J. W., & Reilly, T. E. (2002). Flow and storage in groundwater systems. *Science*, 296(5575), 1985-1990.
8. Amoros, C. (2001). The Concept of habitat diversity between and within ecosystems applied to river side-arm restoration. *Environmental Management*, 28(6), 805–817.
9. Amoros, C., & Bornette, G. (2002). Connectivity and biocomplexity in waterbodies of riverine floodplains. *Freshwater biology*, 47(4), 761-776.
10. 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.
11. 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.
12. Baxter, J. S., & McPhail, J. D. (1999). The influence of redd site selection, groundwater upwelling, and over-winter incubation temperature on survival of bull trout (*Salvelinus confluentus*) from egg to alevin. *Canadian Journal of Zoology*, 77(8), 1233-1239.
13. Bencala, K. E. (1993). A perspective on stream-catchment connections. *Journal of the North American Benthological Society*, 12(1), 44-47.
14. 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.
15. Bornette, G., Amoros, C., & Lamouroux, N. (1998). Aquatic plant diversity in riverine wetlands: the role of connectivity. *Freshwater Biology*, 39(2), 267-283.
16. 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.

17. Bovee, K. D. (1986). Development and evaluation of habitat suitability criteria for use in the Instream Flow Incremental Methodology (Instream Flow Information Paper No. 21). U.S. Fish and Wildlife Service.
18. Brunke, M., & Gonser, T. O. M. (1997). The ecological significance of exchange processes between rivers and groundwater. *Freshwater Biology*, 37(1), 1-33.
19. Burge, L. M. (2004). Testing links between river patterns and in-channel characteristics using MRPP and ANOVA. *Geomorphology*, 63(3-4), 115-130.
20. 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.
21. 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.
22. Cornut, J., Elger, A., Lambrigt, 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.
23. Dole-Olivier, & Marmonier, P. (1992). Patch distribution of interstitial communities: prevailing factors. *Freshwater Biology*, 27(2), 177-191.
24. 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.
25. Findlay, S. (1995). Importance of surface-subsurface exchange in stream ecosystems: The hyporheic zone. *Limnology and Oceanography*, 40(1), 159-164.
26. 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.
27. 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.
28. Fritz, K. M., Gangloff, M. M., & Feminella, J. W. (2002). Effects of floods on fish assemblages in an intermittent prairie stream. *Freshwater Biology*, 47(11), 2072-2086.
29. 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.
30. 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.

31. 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.
32. Gorman, O. T., & Karr, J. R. (1978). Habitat structure and stream fish communities. *Ecology*, 59(3), 507–515.
33. Gurnell, A. M., & Petts, G. E. (2002). Island-dominated landscapes of large floodplain rivers, a European perspective. *Freshwater Biology*, 47(4), 581-600.
34. 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.
35. 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.
36. 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.
37. Heggenes, J., Bremset, G., & Brabrand, Å. (2013). Visiting the hyporheic zone: young Atlantic salmon move through the substratum. *Freshwater Biology*, 58(8), 1720-1728.
38. 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.
39. 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.
40. Hudson, P. F., & Mossa, J.(1997). Suspended sediment transport effectiveness of three large impounded rivers, US Gulf Coastal Plain. *Environmental Geology*, 32, 263-273.
41. 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.
42. 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.
43. Hupp, C. R., & Osterkamp, W. R. (1996). Riparian vegetation and fluvial geomorphic processes. *Geomorphology*, 14(4), 277-295.
44. 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.
45. 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.
 46. 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.
 47. Knighton, D. (1998). *Fluvial Forms and Processes: A New Perspective*. Arnold.
 48. Kramer, D. L. (1987). Dissolved oxygen and fish behavior. *Environmental Biology of Fishes*, 18(2), 81–90.
 49. Leopold, L. B., & Wolman, M. G. (1957). River channel patterns: braided, meandering, and straight. *United States Geological Survey Professional Paper*, 282-B, 39-85.
 50. Leopold, L. B., Wolman, M. G., & Miller, J. P. (1964). *Fluvial Processes in Geomorphology*. San Francisco: Freeman.
 51. 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.
 52. 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.
 53. Marmonier, P., Vervier, P., Giber, J., & Dole-Olivier, M. J. (1993). Biodiversity in ground waters. *Trends in Ecology & Evolution*, 8(11), 392-395.
 54. 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.
 55. Orghidan, T. (1959). Ein neuer Lebensraum des unterirdischen Wassers: der hyporheische Biotop. *Archiv für Hydrobiologie*, 55(3), 392-414.
 56. Orghidan, T. (2010). A new habitat of subsurface waters: the hyporheic biotope. *Fundamental and Applied Limnology*, 176(4), 291.
 57. 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.
 58. 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.
 59. 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.
60. 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.
 61. Schomaker, C., & Wolter, C. (2011). The contribution of long-term isolated water bodies to floodplain fish diversity. *Freshwater Biology*, 56(8), 1469-1480.
 62. Smale, M. A., & Rabeni, C. F. (1995). Hypoxia and hyperthermia tolerances of headwater stream fishes. *Transactions of the American Fisheries Society*, 124(5), 698-710.
 63. 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.
 64. 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.
 65. 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.
 66. 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.
 67. Thorne, C. R., Hey, R. D., & Newson, M. D. (1997). *Applied fluvial geomorphology for river engineering and management*. John Wiley: Chichester.
 68. Tockner, K., Malard, F., & Ward, J. V. (2000). An extension of the flood pulse concept. *Hydrological Processes*, 14(16-17), 2861-2883.
 69. Toner, M., & Keddy, P. (1997). River hydrology and riparian wetlands: a predictive model for ecological assembly. *Ecological Applications*, 7(1), 236-246.
 70. 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.
 71. 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.
 72. Ward, J. V., Bretschko, G., Brunke, M., Danielopol, D., Gibert, J., Gonser, T., & Hildrew, A. G. (1998). The boundaries of river systems: the metazoan perspective. *Freshwater Biology*, 40(3), 531-569.
 73. 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.

74. 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
2024.07.04	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
2024.07.18	溪尾大橋 5 號區	3	-0.01	下滲

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	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
2025.01.13	自來水區流路	1	0.01	持平
2025.01.13	自來水區流路	2	0.01	持平
2025.01.13	自來水區流路	4	0.03	持平
2025.01.13	自來水區流路	5	-0.01	持平
2025.01.13	自來水區流路	6	0.02	持平
2025.01.13	自來水區流路	7	0.01	持平

調查日期	調查地點	調查點位	VHG	上湧/下滲
2025.01.13	溪尾大橋 2 號區	1	0.05	上湧
2025.01.13	溪尾大橋 2 號區	2	0.10	上湧
2025.01.13	溪尾大橋 2 號區	3	0.02	持平
2025.01.13	溪尾大橋 2 號區	4	0.07	上湧
2025.01.13	溪尾大橋 2 號區	5	0.16	上湧
2025.01.13	溪尾大橋 2 號區	6	0.21	上湧
2025.01.13	溪尾大橋 2 號區	7	0.05	上湧
2025.01.13	溪尾大橋 2 號區	8	0.07	上湧
2025.05.02	左岸湧泉溪(1)	1	-0.51	下滲
2025.05.02	左岸湧泉溪(1)	2	-0.67	下滲
2025.05.02	左岸湧泉溪(1)	3	0.01	持平
2025.05.02	左岸湧泉溪(1)	4	0.01	持平
2025.05.02	左岸湧泉溪(1)	5	0.10	上湧
2025.05.02	溪尾大橋 2 號區	1	0.02	持平
2025.05.02	溪尾大橋 2 號區	2	0.02	持平
2025.05.02	溪尾大橋 2 號區	3	0.04	上湧
2025.05.02	溪尾大橋 2 號區	4	0.10	上湧
2025.05.02	溪尾大橋 2 號區	5	0.11	上湧
2025.05.02	溪尾大橋 2 號區	6	0.06	上湧
2025.05.02	溪尾大橋 2 號區	7	0.08	上湧
2025.05.02	溪尾大橋 2 號區	8	0.08	上湧
2025.08.21	溪尾大橋 2 號區	1	-0.44	下滲
2025.08.21	溪尾大橋 2 號區	2	-0.10	下滲
2025.08.21	溪尾大橋 2 號區	3	-0.04	持平
2025.08.21	溪尾大橋 2 號區	4	0.08	上湧
2025.09.26	左岸湧泉溪(2)	2	0.28	上湧
2025.09.26	左岸湧泉溪(2)	3	0.07	上湧
2025.09.26	左岸湧泉溪(2)	4	0.09	上湧
2025.09.26	左岸湧泉溪(2)	5	0.05	上湧
2025.09.26	左岸湧泉溪(2)	6	0.07	上湧
2025.09.26	左岸湧泉溪(2)	7	0.03	持平
2025.09.26	左岸湧泉溪(2)	8	0.05	上湧
2025.09.26	溪尾大橋 2 號區	1	-0.06	下滲
2025.09.26	溪尾大橋 2 號區	2	-0.18	下滲
2025.09.26	溪尾大橋 2 號區	3	0.02	持平
2025.09.26	溪尾大橋 2 號區	4	0.12	上湧
2025.09.26	溪尾大橋 2 號區	5	0.09	上湧
2025.09.26	溪尾大橋 2 號區	6	0.19	上湧