

計畫編號：ARDSWC-112-032

溪流基礎流量評估應用於工程優化
之研究

Research on the application of stream
base flow assessment in engineering
optimization
成果報告書

執行單位：國立中興大學水土保持學系

執行期間：112 年 2 月 8 日至 112 年 12 月 31 日

計畫主持人：吳俊毅 副教授

研究人員：許閔婷、陳東洋

農業部農村發展及水土保持署 編印

中華民國 112 年 12 月

溪流基礎流量評估應用於工程優化之研究

摘要

國內目前對溪流環境所需基礎流量之訂定仍未有一套明確辦法或評估作業準則以供遵循，尤其未來水資源的開發條件愈困難情況下，河川水資源的可開發量與河川保留基流量間之平衡，更可能成為討論的焦點。

本研究可概分為兩大部分，第一部份包含蒐集目前國內外基礎流量評估方式，運用農村發展及水土保持署內既有水砂觀測資料，分別以歷史流量統計分析及水理分析方法探討溪流環境所需基礎流量。其中沙河溪善東橋河段因水砂觀測紀錄區間涵蓋工程施作期間，因此基流量建議以堰流公式估算結果 1.5CMS，抽藤坑溪則採用中和橋水位觀測資料統計結果，再以比流量換算後採 1.2CMS 做為估算依據。

再依據現地調查成果配合生態系功能與服務評估，作為研究案例河段選定之參考依據，分析結果分別於沙河溪善東橋河段及抽藤坑溪無名橋上下游河段作為基流量探討及工程優化方案評估。

第二部份，根據基礎流量估算結果應用於研究區域，探討既有治理對於野溪環境的影響及進行工程設計考量或優化工程方案。

根據基礎流量及重現期距 50 年流量，估算不同情境下工程優化的可能方案。沙河溪善東橋河段建議改善應以取水堰全拆作為最終改善目標，另為避免因取水堰的拆除，形成溪床坡度增加造成上游兩岸發生溯源侵蝕，因此建議現地護岸應配合補強改善或與地主協調緩坡化的接受度。抽藤坑溪無名橋上下游河段，因現地兩岸渠道化明顯，且河段內具高落差固床工，除容易造成土砂淤積及斷流外，亦對溪流水質造成負面影響，建議未來如有相關改善工程，可部分降低既有固床工或全數調整優化為近自然固床工，同時發揮棲地復育與維持河床高程的功能。

關鍵詞：環境基礎流量、生態系功能、歷史流量統計評估法、水理評估法、

近自然治理

Research on the application of stream base flow assessment in engineering optimization

Abstract

There was still no clear method or set of criteria for determining the required base flow for stream environments, particularly in the face of increasingly challenging conditions for water resource development in Taiwan. As the balance between the exploitable capacity of river water resources and the reserved base flow of rivers becomes more critical, it may become a focal point of contention.

This study can be broadly divided into two main parts. The first part involves gathering information on current domestic and international methods for assessing base flow. The evaluation begins by assessing the ecological functions and services to select suitable case river sections. Using field data from the Agency of Rural Development and Soil and Water Conservation, MOA's torrent sediment observations, the assessment of the required base flow for stream environments is explored using historical statistical analysis methods and hydraulic analysis methods. The base flow for the Shantung Bridge section of the Shahe River is recommended using the weir flow formula (1.5 CMS) due to construction activities within the sediment observation period. The base flow of the Choutengkeng Creek is determined based on statistical results of the water level observations from downstream Chung Ho Bridge, and a converted base flow of 1.2 CMS was adopted.

Prior to selecting the research case sections, on-site investigations are conducted. The results of these investigations, combined with the assessment of

ecological functions and services, serve as reference criteria for selecting the research case sections. The Shantung Bridge section in the Shahe River watershed and the upstream and downstream sections of the Unnamed Bridge in the Choutengkeng Creek are chosen for the discussion of base flow and the evaluation of engineering optimization solutions.

The second part applies the results of the base flow estimation to case analysis, investigating the impact of post-construction management projects on torrent environments. It explores how engineering considerations or optimization of projects can be undertaken to maintain the required base flow for streams after the completion of management projects.

The second part involves estimating potential engineering optimization solutions under different scenarios based on the base flow and a discharge of 50-year return period. The recommended improvement for the Shantung Bridge section of the Shahe River suggests complete removal of the intake weir as the ultimate improvement goal. The recommended improvement for the Shantung Bridge section of the Shahe River suggests complete removal of the intake weir as the ultimate improvement goal. To avoid potential upstream bank headward erosion caused by an increase in bed slope resulting from the removal of the intake weir; therefore, it is suggested that on-site bank protection measures should be coordinated with improvements or consider the landowner's acceptance of slope reduction.

For the upstream and downstream sections of the Unnamed Bridge in the Choutengkeng Creek, where channelization on both banks is evident, and ground sill with significant elevation differences exist within the river stretch, it

is recommended that in future improvement projects, the existing groundsill be partially reduced or entirely adjusted and optimized into near-natural groundsill. This approach aims to simultaneously facilitate habitat restoration and maintain the elevation of the riverbed.

Keywords: Environmental Base Flow, Ecological Functions, Historical Flow Statistical Assessment Method, Hydraulic Assessment Method, Ecological engineering

目次

摘要	II
Abstract	IV
目次	VII
表次	IX
圖次	XII
第一章 前言	1-1
第一節 緣起及目的	1-1
第二節 研究範圍	1-2
第三節 研究流程	1-3
第二章 文獻回顧	2-1
第一節 國外基礎流量相關研究	2-1
第二節 國內基礎流量相關研究	2-16
第三節 基礎流量評估方法比較	2-22
第四節 生態系功能與服務評估	2-25
第五節 二維水理模式	2-29
第三章 資料蒐集與分析	3-1
第一節 沙河溪集水區	3-1
第二節 抽藤坑溪集水區	3-15
第四章 溪流生態系功能與服務評估	4-1
第一節 沙河溪集水區	4-1
第二節 抽藤坑溪集水區	4-29
第三節 案例河段選定	4-48
第五章 環境基礎流量推估探討	5-1
第一節 統計分析方法	5-1

第二節 水理分析方法	5-5
第六章 工程優化方案評估	6-1
第一節 工程對於野溪環境影響探討	6-1
第二節 水砂運移及水域生態環境功能分析	6-3
第三節 工程設計考量或優化工程之探討	6-17
第七章 結論與建議	1
第一節 結論	1
第二節 建議	3
參考文獻	1

附錄

附錄一、歷次審查意見回覆

附錄二、歷年已投入治理工程清單

表次

表 2-1 Tennant 法建議之不同流量分類表	2-3
表 2-2 歷史流量統計評估法類型比較表	2-7
表 2-3 水理評估法類型比較表	2-10
表 2-4 棲地評估法類型比較表	2-12
表 2-5 經驗法則類型比較表	2-14
表 2-6 國內基礎流量研究案例成果綜整表	2-20
表 2-7 基礎流量評估方法比較表	2-24
表 2-8 國內常見之二維數值動床模式綜整表	2-30
表 3-1 沙河溪集水區高程所占面積百分比一覽表	3-2
表 3-2 沙河溪集水區坡度級別所佔面積一覽表	3-2
表 3-3 沙河溪集水區坡向所佔面積一覽表	3-4
表 3-4 沙河溪集水區地質分佈比例一覽表	3-7
表 3-5 沙河溪集水區土地利用所占面積比例	3-8
表 3-6 沙河溪集水區鄰近雨量站資訊	3-9
表 3-7 沙河溪集水區歷年整治工程數量統計	3-13
表 3-8 抽藤坑溪集水區高程所占面積百分比一覽表	3-16
表 3-9 抽藤坑溪集水區坡度級別所佔面積一覽表	3-17
表 3-10 抽藤坑溪集水區坡向所佔面積一覽表	3-18
表 3-11 抽藤坑溪集水區地質分佈比例一覽表.....	3-21
表 3-12 抽藤坑溪集水區土地利用所占面積比例一覽表	3-22
表 3-13 抽藤坑溪集水區鄰近雨量站資訊	3-23
表 3-14 抽藤坑溪集水區土石流潛勢溪流資訊表	3-28
表 3-15 抽藤坑溪集水區歷年整治工程數量統計	3-29
表 4-1 沙河溪集水區現地勘查表(1/7).....	4-5

表 4-2 沙河溪集水區現地勘查表(2/7).....	4-6
表 4-3 沙河溪集水區現地勘查表(3/7).....	4-7
表 4-4 沙河溪集水區現地勘查表(4/7).....	4-8
表 4-5 沙河溪集水區現地勘查表(5/7).....	4-9
表 4-6 沙河溪集水區現地勘查表(6/7).....	4-10
表 4-7 沙河溪集水區現地勘查表(7/7).....	4-11
表 4-8 河溪濱溪帶土地利用與覆蓋分類單元一覽表	4-13
表 4-9 濱溪帶生態系功能與服務指標設定	4-14
表 4-10 量化評估方式說明.....	4-15
表 4-11 沙河溪溪流區段之土地利用與覆蓋類別統計資料(1/2).....	20
表 4-12 沙河溪溪流區段之土地利用與覆蓋類別統計資料(2/2)	21
表 4-13 沙河溪濱溪帶生態系功能與服務評估成果	4-22
表 4-14 沙河溪濱溪帶生態系服務潛勢分析與議題辨識評估成果	4-24
表 4-15 濱溪帶區段議題判釋與建議	4-25
表 4-16 抽藤坑集水區現地勘查表(1/3).....	4-33
表 4-17 抽藤坑集水區現地勘查表(2/3).....	4-34
表 4-18 抽藤坑集水區現地勘查表(3/3).....	4-35
表 4-19 抽藤坑溪流區段之土地利用與覆蓋類別統計資料	4-42
表 4-20 抽藤坑溪濱溪帶生態系功能與服務評估成果	4-43
表 4-21 抽藤坑溪濱溪帶生態系服務潛勢分析與議題辨識評估成果	4-44
表 5-1 沙河溪善東橋下游測站不同發生機率代表流量	5-3
表 5-2 抽藤坑溪中和橋測站不同發生機率代表流量	5-4
表 5-3 善東橋河段二維動床模式參數表	5-6
表 5-4 善東橋河段二維動床模式河床質粒徑表	5-7
表 5-5 無名橋河段河床質粒徑表	5-15
表 5-6 無名橋河段二維動床模式參數表	5-15

表 6-1 抽藤坑溪無名橋河段不同空間內插方式所得 WUA	6-16
表 6-2 野溪環境工程設計建議綜整表	6-27
表 6-3 韌性坡地補助試辦方案	6-28
表 6-4 減災調適措施類型區分	6-33

圖次

圖 1-1 本研究範圍-沙河溪集水區	1-2
圖 1-2 本研究範圍-抽藤坑溪集水區	1-3
圖 1-3 研究流程圖.....	1-4
圖 2-1 生態環境到人類與社會經濟系統之層次圖	2-27
圖 2-2 生態系服務架構圖.....	2-27
圖 3-1 沙河溪集水區行政區分布圖	3-1
圖 3-2 沙河溪集水區高程分佈圖	3-3
圖 3-3 沙河溪集水區坡度級別分佈圖	3-3
圖 3-4 沙河溪集水區坡向分佈圖	3-4
圖 3-5 沙河溪集水區地質圖	3-7
圖 3-6 沙河溪集水區土地利用分佈圖	3-8
圖 3-7 沙河溪集水區鄰近雨量站分佈圖	3-10
圖 3-8 沙河溪集水區歷年集水區影像及崩塌區域	3-11
圖 3-9 沙河溪集水區崩塌地分布圖	3-12
圖 3-10 沙河溪集水區歷年治理工程分布情形	3-13
圖 3-11 沙河溪集水區生態敏感區域圖.....	3-14
圖 3-12 抽藤坑溪集水區行政區分布圖	3-15
圖 3-13 抽藤坑溪集水區高程分布圖	3-16
圖 3-14 抽藤坑溪集水區坡度分布圖	3-17
圖 3-15 抽藤坑溪集水區坡向分布圖	3-18
圖 3-16 抽藤坑溪集水區地質圖	3-21
圖 3-17 抽藤坑溪集水區土地利用圖	3-22
圖 3-18 抽藤坑溪集水區鄰近雨量站分佈圖	3-23
圖 3-19 抽藤坑溪集水區歷年衛星影像與崩塌地範圍圖	3-26

圖 3-20 抽藤坑溪集水區崩塌地分布圖	3-27
圖 3-21 抽藤坑溪集水區土石流潛勢溪流	3-28
圖 3-22 抽藤坑溪集水區治理工程分布情形	3-29
圖 3-23 抽藤坑溪集水區生態敏感區域圖	3-30
圖 4-1 沙河溪集水區現地勘查位置分布圖(1/2).....	4-3
圖 4-2 沙河溪集水區現地勘查位置分布圖(2/2).....	4-4
圖 4-3 沙河溪區段與溪流廊道一覽	4-12
圖 4-4 沙河溪濱溪帶土地利用與覆蓋分類圖(1/5)	4-17
圖 4-5 沙河溪濱溪帶土地利用與覆蓋分類圖(2/5)	4-17
圖 4-6 沙河溪濱溪帶土地利用與覆蓋分類圖(3/5)	4-18
圖 4-7 沙河溪濱溪帶土地利用與覆蓋分類圖(4/5)	4-18
圖 4-8 沙河溪濱溪帶土地利用與覆蓋分類圖(5/5)	4-19
圖 4-9 沙河溪區段生態系服務潛勢與課題評估圖	4-25
圖 4-10 抽藤坑溪集水區現地勘查位置分布圖(1/3)	4-30
圖 4-11 抽藤坑溪集水區現地勘查位置分布圖(2/3).....	4-31
圖 4-12 抽藤坑溪集水區現地勘查位置分布圖(3/3)	4-32
圖 4-13 抽藤坑溪區段與溪流廊道一覽	4-36
圖 4-14 抽藤坑溪濱溪帶土地利用與覆蓋分類圖(1/8)	4-38
圖 4-15 抽藤坑溪濱溪帶土地利用與覆蓋分類圖(2/8)	4-38
圖 4-16 抽藤坑溪濱溪帶土地利用與覆蓋分類圖(3/8)	4-39
圖 4-17 抽藤坑溪濱溪帶土地利用與覆蓋分類圖(4/8)	4-39
圖 4-18 抽藤坑溪濱溪帶土地利用與覆蓋分類圖(5/8)	4-40
圖 4-19 抽藤坑溪濱溪帶土地利用與覆蓋分類圖(6/8)	4-40
圖 4-20 抽藤坑溪濱溪帶土地利用與覆蓋分類圖(7/8)	4-41
圖 4-21 抽藤坑溪濱溪帶土地利用與覆蓋分類圖(8/8)	4-41

圖 4-22 抽藤坑溪區段生態系服務潛勢與課題評估圖	4-47
圖 5-1 善東橋下游取水堰架設水砂監測設備示意圖	5-1
圖 5-2 善東橋下游既有水位監測歷時圖	5-1
圖 5-3 抽藤坑溪中和橋架設水位流速監測設備示意圖	5-2
圖 5-4 抽藤坑溪中和橋既有水位監測歷時圖	5-2
圖 5-4 抽藤坑溪中和橋既有流速監測歷時圖	5-2
圖 5-6 沙河溪善東橋下游測站逕流超越機率曲線	5-3
圖 5-7 抽藤坑溪中和橋測站逕流超越機率曲線	5-4
圖 5-8 善東橋河段模擬範圍	5-9
圖 5-9 善東橋河段現況工程治理地形編修圖	5-10
圖 5-10 善東期河段 50 年重現期流量推估歷線	5-10
圖 5-11 善東橋河道底床現況照片	5-11
圖 5-12 善東橋河道特性示意圖	5-11
圖 5-13 善東橋河段改善前二維水砂模擬成果(基流).....	5-12
圖 5-14 善東橋河段改善前二維水砂模擬成果(Q_{50}).....	5-13
圖 5-15 抽藤坑溪無名橋河段模擬範圍	5-17
圖 5-13 無名橋河段現況工程治理地形編修圖	5-18
圖 5-17 無名橋河段 50 年重現期流量推估歷線	5-18
圖 5-18 無名橋上下游河道底床現況照片	5-19
圖 5-19 無名橋上下游河道特性示意圖	5-19
圖 5-20 無名橋河段改善前二維水砂模擬成果(基流).....	5-20
圖 5-21 無名橋河段改善前二維水砂模擬成果(Q_{50}).....	5-21
圖 6-1 善東橋河段方案一(降堰 1m)二維水砂模擬成果(基流)	6-4
圖 6-2 善東橋河段方案一(降堰 1m)二維水砂模擬成果(Q_{50}).....	6-5
圖 6-3 善東橋河段方案二(堰體拆除)二維水砂模擬成果(基流).....	6-6
圖 6-4 善東橋河段方案二(堰體拆除)二維水砂模擬成果(Q_{50})	6-7

圖 6-5 無名橋河段方案一(最下游兩座高落差固床工降低 1 公尺)二維水砂模擬成果(基流).....	6-9
圖 6-6 無名橋河段方案一(最下游兩座高落差固床工降低 1 公尺)二維水砂模擬成果(Q_{50}).....	6-10
圖 6-7 無名橋河段方案二河段內固床工(高於 0.5m)全數拆除二維水砂模擬成果(基流)	6-11
圖 6-8 無名橋河段方案二河段內固床工(高於 0.5m)全數拆除二維水砂模擬成果(Q_{50}).....	6-12
圖 6-9 埔里中華爬岩鰍棲地適合度曲線	6-14
圖 6-10 不同低流量流速分布分析結果	6-15
圖 6-11 不同低流量水深分布分析結果.....	6-15
圖 6-12 取水堰改善方案空間配置示意圖	6-17
圖 6-13 石梁工組成示意圖.....	6-19
圖 6-14 日本福岡縣岩岳川之石梁工	6-19
圖 6-15 乾砌石護岸.....	6-21
圖 6-16 生態槽護岸.....	6-24
圖 6-17 不同形式底床的生態功能	6-26
圖 6-18 平面與縱斷面的形態變化	6-26
圖 6-19 水砂溢淹區示意圖.....	6-30
圖 6-20 緩衝綠帶示意圖.....	6-31
圖 6-21 緩衝綠帶示意圖.....	6-32
圖 6-22 抽藤坑溪無名橋(二)上下游水底寮段非工程手段方案	6-34
圖 6-23 植生滯留槽內部配置示意圖	6-35
圖 6-24 植生滯留槽施工步驟	6-35
圖 6-25 植生滯留槽之污染削減機制示意圖	6-36

圖 6-26 台 3 線雨花園景觀示意圖	6-36
----------------------------	------

第一章 前言

第一節 緣起及目的

台灣因地形特性，多數河川發源於高山，豐、枯水期流量差異甚鉅，枯水期為利用水資源，常設置許多水工結構物，如水壩（水庫）及攔河堰等以方便取水。而防洪結構物也同時影響天然河道之河川形態、河床沖淤變化等河川特性，造成泥砂堆積與河道阻絕，也帶來自然河相改變及河道整體泥砂失衡以及生物洄游障礙等河道環境與生態系衍生問題。

此外，近年來在人民生活品質提升後，民眾對於親近溪流的需求日益提高，環保人士於相關溪流治理工程規劃工作或工程進行時，為河川生態提出適切的關懷，其中之一便是希望能為既有野溪生態保留基本的生存條件，而其所需保留在溪流內之河川水量便是最重要的關鍵之一。

為特殊對象需求而保留在河道內之河川水量可統稱為河川保留基流量，保留對象可能為生態需求（水域生態資源保育）、環境需求（景觀、土砂平衡、保持地下水位）及經濟性需求（人類用水需求）。為維持生態基本需求所需保留於河道內之流量稱「河川生態基準流量」(Ecological reference flow)，指河川中某一斷面其下游河道內為維護水域生態而由其上游斷面所必須流過之最小流量。

然而目前對溪流環境所需基礎流量之訂定卻仍未有一套明確之辦法或評估作業準則以供遵循，尤其未來台灣水資源的開發條件越行困難情況下，河川水資源的可開發量與河川保留基流量間之平衡，更可能成為爭議的焦點。爰此，本研究分為兩部分進行，一為就維持溪流環境所需基礎流量提出評估方法，二為探討如何進行工程設計考量或既有工程優化方案，以維持溪流所需基礎流量。

第二節 研究範圍

本研究分別選定後龍溪流域之沙河溪集水區及大甲溪流域之抽藤坑溪集水區做為研究區域。其中沙河溪集水區位於苗栗縣頭屋鄉南部及公館鄉東北部範圍(如圖 1-1)，集水面積約 3,781 公頃。抽藤坑溪集水區位於臺中市新社區境內，其集水區面積約為 1,317 公頃(如圖 1-2)。



圖 1-1 本研究範圍-沙河溪集水區

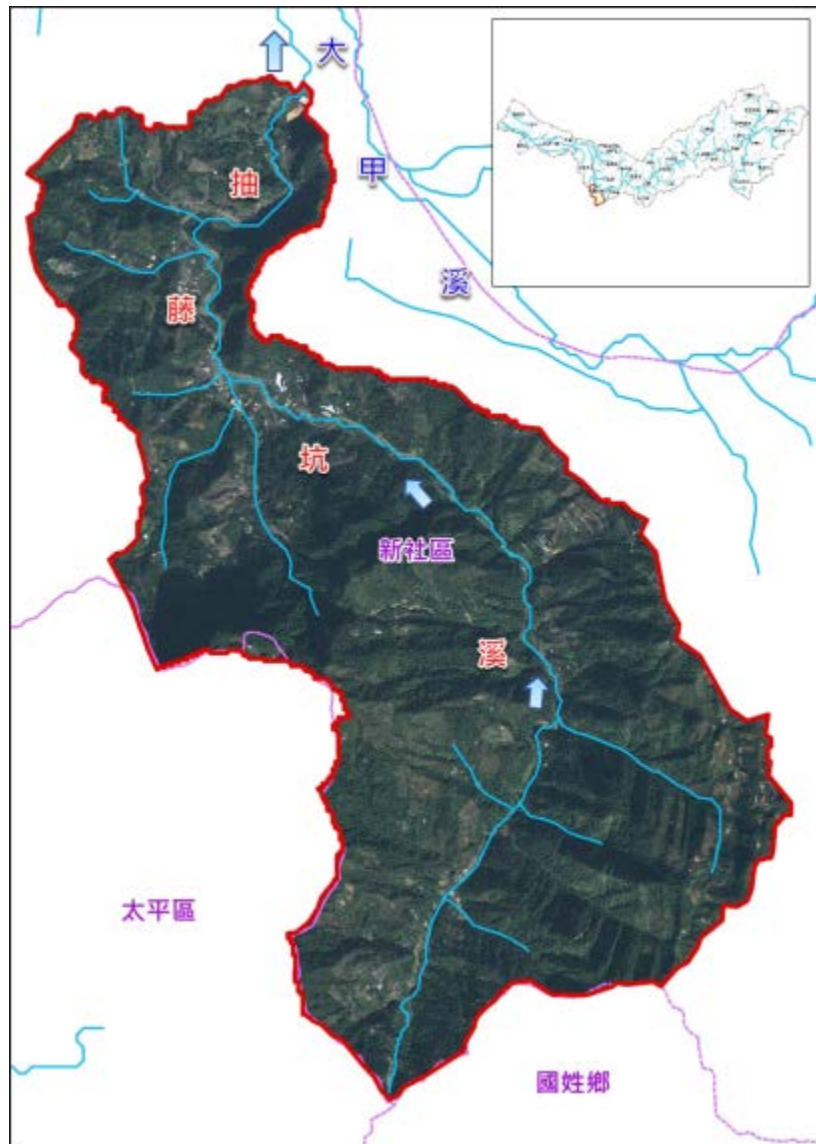


圖 1-2 本研究範圍-抽藤坑溪集水區

第三節 研究流程

本研究流程可概分為兩大部分，如圖 1-3 所示。第一部份，包含蒐集目前國內外基礎流量評估方式，先評估生態系功能與服務以選擇合適之案例河段，並運用農村發展及水土保持署內野溪水砂觀測資料，配合水利署既有流量資料，分別以統計分析方法及水理分析方法探討溪流環境所需基礎流量評估方式。第二部份，根據基礎流量估算結果應用於案例分析，探討治理工程完工後，對於野溪環境的影響，並探討如何進行工程設計考量或優化工程，以維持溪流所需基礎流量。

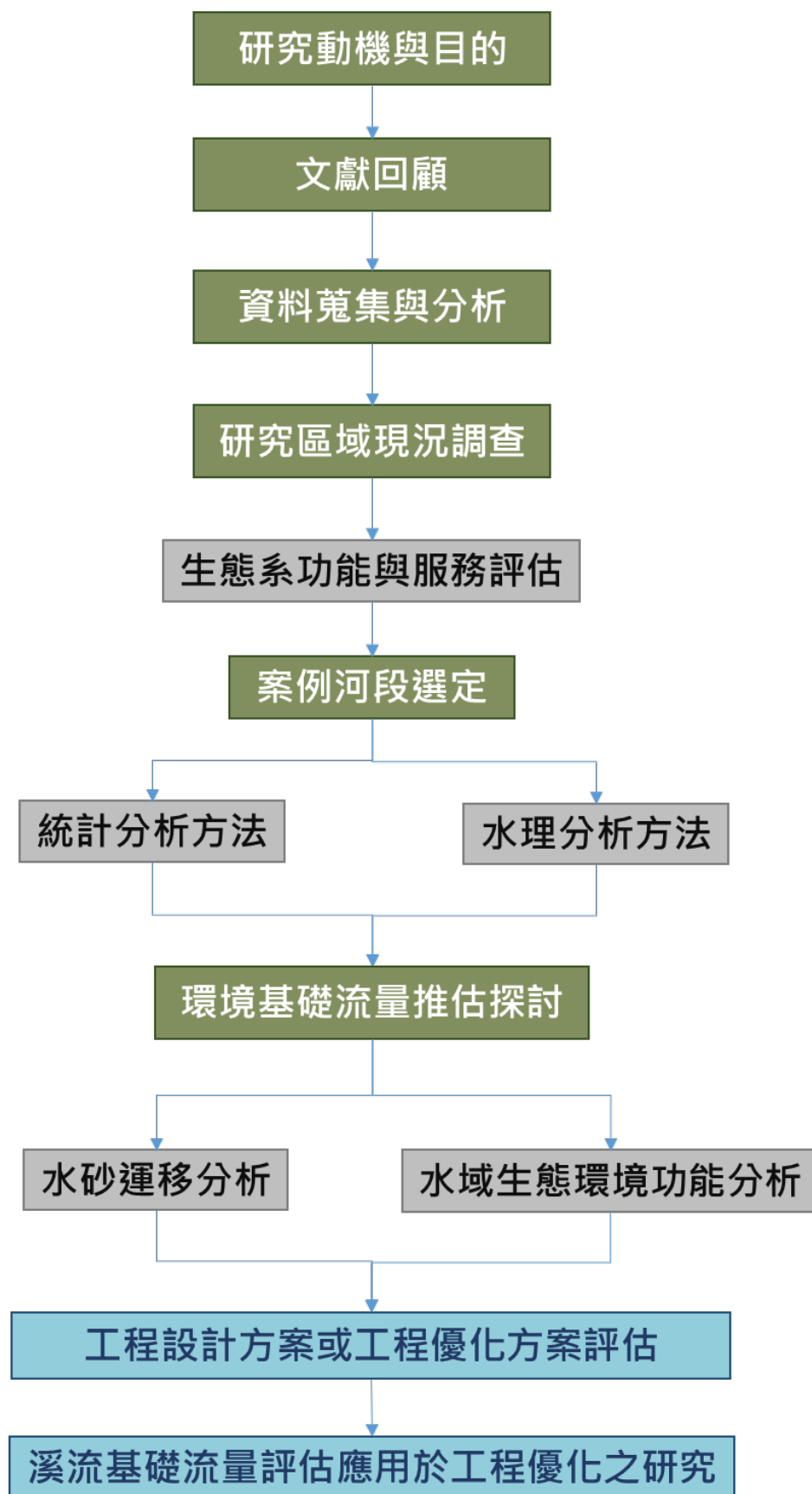


圖 1-3 研究流程圖

第二章 文獻回顧

在河川生態基準流量評估之發展史上，歐洲國家最早注意到此項課題，廿世紀中葉美國更積極展開對河川生態基準流量評估技術之研究與應用。然時至今日，仍沒有一個國家可以為河川生態基準流量訂出一個標準的評估方法。其主要原因在於河川生態基準流量的設計，需考量到集水區環境、生物需求、河道型態、河川水體利用、地方性保育標準等因素，同時亦受水資源運用、經濟發展之影響。在考量這些錯綜複雜的環境因素及其交互效應，常會發生顧此失彼的現象以及隱含強烈之地域性。因此，目前世界各國雖發展出數種的河川生態基準流量評估的理論與方法，但仍要配合當地之區域生態特性，方可作為河川生態基準流量評估之依據。爰此，本研究蒐集國內外基礎流量相關研究分述如下：

第一節 國外基礎流量相關研究

1970 年代起，許多評量生態與水流關係之評估技術及概念崛起，這些技術包含對河道內流量水文特性分析、棲地品質的觀察經驗及對河川魚類生態的瞭解。1974 年，美國漁業及野生動物署 (U.S. Fish and Wildlife Service) 提出河川內水流增量法則 (Instream Flow Incremental Methodology, IFIM)，建議將魚類生態品質與河川內棲地品質建立關係，然後依次以定額水流增量，演算不同流量下適合魚類生息之水域面積，建立此魚類生息之水域面積與流量之率定曲線 (Rating curve)，管理者經由此定量而非定性之描述，可從事河川生態基準流量之決策。目前 IFIM 法則雖在美國獲得許多研究者及政府管理機關之認同，然因各國河川性質差異、河川生態系表現難以精確界定以及各地評估規模及作業要求不同，使得直至今日仍然沒有一種評估法可以獲得各國一致接受。

由本研究蒐集所得國外文獻歸納結果，估算河川生態基準流量之方法一般區分為四大類，即：(1) 歷史流量統計評估法 (Historic flow methods)；

(2) 水理評估法 (Hydraulic methods); (3) 棲地評估法 (Habitat methods) (Jowett, 1997) (4) 經驗法則 (Empirical methods)。

歷史流量統計評估法乃根據過去流量記錄決定河川之生態流量，其中涉及對生態品質之概念性判斷；水理評估法則是根據研究者所設定應維持之斷面水理標準，主要為濕周 (Wetted Perimeter)，來決定維持生態品質之流量；棲地評估法則是主張，按對象物種 (target species) 對於棲地條件之喜好程度，來估算適合對象物種之可使用棲地面積 (Usable Area)，作為評估之依據；經驗法雖然並沒有任何學理基礎，只是因為有部分地區或國家在找不到一種最佳的方法之前，先行按專家、行政決策者、保育團體或相關利益團體對研究地區河川生態之瞭解及探討，研商取得共識後，擬定河川生態基準流量。本研究蒐集歷年國外有關河川生態基準流量的各種評估方法進行說明如下：

一、歷史流量統計評估法 (Historic flow methods)

歷史流量統計評估法推估理念，為依據研究地點在過去所發生之流量紀錄特性，即可描述出該地生態系之運行狀態。學者認為維持現況河川生態的最低限度發展（或稱可接受之程度）的流量，就相當於歷史流量內之低流量記錄，故一般採用河川年平均流量 MAF (Mean annual flow) 之百分比、日流量延時曲線 (Flow duration curve) 之某個時間百分率，來估算維護生態系統在某種保育標準下之流量。比較著名之歷史流量統計評估法則如下：

(一) Tennant Method (Tennant, 1976)

以年平均流量 MAF 為基礎，探討 MAF 不同百分比的流量時，水域環境之表現狀態，用以訂定不同保育標準之河川生態基準流量。Tennant 分析美國蒙大拿州、內布拉斯加、懷俄明州內共 58 條河川之鱒魚棲地環境狀況與水文條件之關連性，歸納所得成果示如表 2-1。

Tennant 研判 MAF 的 10% 流量是提供大部分水生生物渡過一段短期維生棲地的最低限度流量（minimum instantaneous flow），此時研究河段之平均流況為水深 0.3m、流速 0.25m/s；如果能維持 MAF 的 30% 流量則可以提供一個生態環境堪稱滿意之棲地條件，稱為 baseflow regime，此時研究河段之平均流況為水深 0.45m 至 0.60m、流速 0.45 m/s 至 0.60m/s；如果可以提供高達 MAF 的 60% 的流量，則表示已經可以提供一個最佳的棲地條件了。

近年來有多項研究建議 Tennant 法計算河川生態基準流量之基準值（MAF）應考慮季節或水文條件的變化，以訂定更合理的基準值（Jowett, 1997）。在溪流型評估環境流量，Tennant 法的流量值接近正常流量值(Yakup et al., 2018)。在低流量月份所需的平均月流量(MMF)比高流量月份更多(Rashid et al., 2020)。當環境流量需求(EFR)以平均季節性流量的百分比表示時，發現低流量要求(LFR)高於高流量要求(HFR)。因此 Tennant 法無法完整呈現每個季節的均流量(MMF)時間變化(Shahjahan et al., 2022)。

表 2-1 Tennant 法建議之不同流量分類表

水流表現程度	建議流量（MAF 的百分比）	
	十月至翌年三月 （乾季）	四月至九月 （濕季）
洪流沖刷（flushing or maximum）	200	200
最佳範圍（optimum range）	60-100	60-100
顯著的（outstanding）	40	60
優良的（excellent）	30	50
良好的（good）	20	40
尚可或退化（fair or degrading）	10	30
不佳或最低（poor or minimum）	10	10
嚴重惡化（sever degradation）	<10	<10

(二) 日流量延時曲線法(或稱流量延時曲線 FDCA)

FDCA 為流量值與相應的超越概率之間的繪製關係，它提供了其流量大小被等於或超過的時間百分比的信息。其超越概率 $P(X \geq x_m) = m/(n+1)$ ，式中 X 為流量的隨機變量； x_m 為第 m 個排名的流量值； n 為總流量數據的量(Nruthya et al., 2015)。

在豐水期的生態基流量設定在年均流量的 50 百分位數 (Q_{50})，其河流水位較高，流量較大時，淹沒植物和動物的生存地，促使生態系統之間的物種移動和遷徙；而枯水期則設定在 90 百分位數 (Q_{90})，其河流水位降低、流量較小時，不利於水生生物繁殖和生存，導致生態系統中物種多樣性減少。(Smakhtin et al., 2004; Pastor et al., 2012; Gao et al. 2012, 2018)。FDCA 設計低流量範圍在 70%和 99.9%之間變化，分別用 Q_{70} 和 Q_{99} 表示(Karimi et al., 2012;Smakhtin, 2001)。在伊朗地區 Shahr Chai River 建議以 Q_{80} 作為最低流量(Karimi et al.,2012)。Gordon (1992) 推導出適宜河流條件相關的百分比值，如台灣地區盛行以日流量延時分布曲線時間百分率 95%所對應之日流量 Q_{95} 為河川生態基準流量，Forlong (1994) 亦曾建議採用日流量延時分布曲線時間百分率 96%對應之日流量 Q_{96} 。NGPRP (1974) 建議以月份為分析單位，各月份日流量延時分布曲線時間百分率 90%對應之日流量為該月份之河川生態基準流量。

(三) 日本河川低流量統計評估法

日本河川協會編「建設省河川防砂技術基準」(1996)，定義河川於維持正常機能下所必要之流量稱正常流量，正常流量應考量河川欲維持航運、漁業、景觀、鹽害防治、河口閉塞防治、河川管理設施維護、地下水位維持及保育動植物等功能。枯水時期維持正常機能下所必要之流量稱維持流量。「建設省河川防砂技術基準」建議各地河

川之維持流量以能維持 10 年迴歸期之渴水流量 (Q_{97}) 或年最低旬流量為原則。玉井信行 (1993) 並以面積為變數迴歸得適用於日本地區之迴歸式為： $Q=0.0069A$ ，其中維持流量 Q 以 cms 為單位，而該計算基準處之上游集水面積 A 以 km^2 為單位，即河川流域中每 100 平方公里之集水面積約需 0.69 cms 之維持流量。

(四) 最枯水月份中值流量 (New England Method, USFWS, 1981)

本法主要是考慮一年當中最枯水月份裡的環境是生態環境所能允許之最低保育條件。例如在新英格蘭地區歷年最低流量的月份是八月，他們是以 25 年水文記錄的八月或九月之中值流量 (median flow) 為全年基本的水生生物基本流量 (aquatic base flow, ABF)，而在產卵季節或是孵幼的季節，則以這些時期的常年平均流量為放流標準值 (Kulik, 1990)。

(五) 數日連續流量統計法

此法認為生物度過艱難水文條件有一容忍期限，例如 3 天或 7 天不等，因此以每年最低之 7 日連續流量 (7-day low flow) 進行頻率分析，取 10 年迴歸期之 7 日連續流量 $7Q_{10}$ 為河川生態基準流量 (Chiang and Johnson, 1976)。但此流量連續出現 7 日發生機率低流量偏小，稍有水質污染或水溫問題即有損生態品質。

近年亦有使用美國環境保護署 (US-EPA) 的 Surface water toolbox 進行分析 (Caissie et al. 2015)，評估連續 7 日的最小每日平均流量，進行低流量頻率分析，推估在 10 年或 2 年重現期 (頻率) 內發生的機率。

(六) Texas Method

此方法使用月中日流量的變動百分比，這些百分比根據不同的生態區域進行調整，考慮魚類調查結果和生活史需求。此法優於 Tennant 或 Q_{95} 方法；考慮生物對水量的需求性(Matthews and Bao, 1991)。

(七) Palau Basic flow method (BFM)

使用簡單移動平均線(SMA)模型，對於每一年（10 年的數據），建立一個從 1 到 100 個數據點的每個移動平均矩陣，並選取最小的移動平均值。基本流量是考慮移動平均 1 到 100 個點的連續增長時，相對增幅最大的地方。適用於波動性更大的河流以及尋找比 Q_{95} 更相關性的低流量指標(Dunbar et al., 1997)。

(八) 變異範圍方法(RVA)

將受影響前和影響後的流量數據分成三個百分位數類別，並測量這些類別中流量頻率在受影響後間的變化，以了解流量的變化。通常使用 IHA 軟體來進行 RVAs 分析。適用於所有類型的高地河流(TNC, 2009)。

國外學者(Wubneh et al., 2022)探討全球在各國不同地區使用的主要環境基流量方法，在歷史流量法共可分為八種流量評估方法，包括：Tennant 法、日流量延時曲線法、日本河川低流量統計評估法、最枯水月份中值流量、Texas 法、Palau Basic flow method (BFM) 以及變異範圍方法 (RVA) 和數日連續流量統計法，本研究整理其類型比較如表 2-2。

表 2-2 歷史流量統計評估法類型比較表

類型	用法與特性	備註	參考文獻
• Tennant 法	- 最早的方法、簡單、快速的評估方法 - 使用固定百分比（最低流量）來評估流量，如：%MAF， 10% MAF 用於維持大多數水生生物短期的生存棲息地 30% MAF 用於維持大多數水生生物良好的生存條件和一般娛樂活動 60% MAF 適用於大多數水生生物生長和大多數親水遊憩用途	- 適用水資源開發的規劃層面 - 適用於流域範圍的環境流量 - 適用於魚類、野生動物、遊憩和相關環境資源的流量評估 - 具有特定生態類型方法的潛力	USA, (Tennant, 1976)
日流量延時曲線法(或流量延時曲線 FDCA)	- 推導出適宜河流條件相關的百分比值 - 藉由流量值與機率百分比關係，得到其流量等於或超過的百分比	用於流域範圍的初步環境流量評估	India (Nruthya et al., 2015)
日本河川低流量統計評估法	- 根據「建設省河川防砂技術基準」 - 流量以能維持 10 年迴歸期之渇水流量（Q_{97}）或年最低旬流量為原則。	主要以枯水期維持必要之流量為準則	JAPAN(玉井信 1993)
最枯水月份中值流量	- 一年當中最枯水月份 - 以 25 年水文記錄的八月或九月之中值流量為生物基本流量(ABF) - 產卵季節或是孵幼的季節其平均流量為放流標準值	最枯水月份裡的环境條件是生態環境之最低保育條件。	Kulik, 1990

類型	用法與特性	備註	參考文獻
Texas 法	- 使用月中流量的變動百分比 - 這些百分比根據不同的生態區域進行調整，考慮魚類調查結果和需求	考慮生物對水量的需求	Texas, USA; (Matthews and Bao, 1991)
Palau Basic flow method (BFM)	- 使用簡單移動平均線(SMA)模型 - 對於每一年（10 年的數據），建立一個從 1 到 100 個數據點的每個移動平均的矩陣，並選取最小的移動平均值。 - 基本流量是考慮移動平均 1 到 100 的連續增長時，相對增幅最大的地方	建議用於流量變動大的河流；可尋找比 Q_{95} 更相關性的低流量指標。	Spain;(Dunbar et al., 1997)
變異範圍方法(RVA)	- 在 RVA 中，將受影響前和影響後的流量數據分成三個百分位數類別，並測量這些類別中流量頻率在受影響後間的變化，以了解流量的變化。 - 使用 IHA 軟體來進行 RVAs 分析。	建議用於高地河流，以保護自然生態系統為主要目標	USA; (TNC, 2009)
數日連續流量統計法($7Q_{10}$ 或 $7Q_2$ 方法)	- 使用美國環境保護署(US-EPA)的 Surface water toolbox 進行分析。 - 將給定的樣本期間（7 天）內的最小每日平均流量，進行統計低流頻率分析，估計在 10 年或 2 年重現期（頻率）內發生的機率。	流量連續出現 7 日發生機率低流量偏小，稍有水質污染或水溫問題即有損生態品質。	(Caissie et al. 2015)

資料來源:本研究補充及整理自(Wubneh et al. , 2022)

二、水理評估法 (Hydraulic methods)

水理評估法之基本理念為生態功能與某項水理參數具相對應之關係，例如呈現線性關係或某種正比例關係。故經由建立這些水理參數與流量間之率定曲線，就可研判維持生態之河川生態基準流量。

(一) 濕周分析法

水理評估法較常使用溼周 (wetted perimeter) 長度為研判生態表現之水理要素，其研判河川生態基準流量之標準可取為：(Bartschi, 1976、Tennant, 1976、Annear and Conder 1984、Gippel 及 Stewardson, 1998)。

1. 以河川之平均流量做為基準點，其相對應之濕周為 $P_{\max}$ ，則可將 80% $P_{\max}$ 所對應之流量定義為河川生態基準流量。
2. 以濕周-流量曲線中之轉折點所對應之流量定義為河川生態基準流量。
3. 以濕周-流量曲線中斜率為 1 及曲率最大處所對應之流量定義為河川生態基準流量。

近年來國外亦有研究應用於濕周曲線法，像是在環境基流量排放下，河道斷面較大的下游區域可能面臨水深較淺、濕周不足以及水體整體連通性差的問題。在有人工構造物河段的河床上進行切口可以防止河流被切斷，還能滿足水生生物的水深及增加濕周(Zhang et al., 2021)。濕周的增加提供了健康的生態系統和棲息地，像在魁北克南部較小的集水區面積和較低的年均流量(Laureline et al., 2021)。

(二) 棲息地保留模型

評估水文的經驗法則，描述其對保護生態系統的影響，其基準衡量包括溪流寬度、平均深度、平均流速和濕周長。主要應用於評估已知洄游魚類棲息河流的產卵流量(Snelder et al. 2011)。

本研究參考國外學者(Wubneh et al., 2022)探討上述水理評估法，彙整如表 2-3。

表 2-3 水理評估法類型比較表

類型	用法與特性	備註	參考文獻
濕周分析法	濕周相對於流量的關係	此方法亦可用於假設溪流中濕周長和魚類棲息地間存在直接關係	Annear and Conder (1984)
棲息地保留模型	- 評估水文規則的經驗法則，描述其對保護生態系統的影響 - 基準衡量包括溪流寬度、平均深度、平均流速和濕周長	用於評估已知洄游魚類棲息河流的產卵流量	Snelder et al. (2011)

資料來源:本研究補充及整理自(Wubneh et al., 2022)

三、棲地評估法 (Habitat methods)

棲地評估法源於河川內水流增量法則 (IFIM)，評估理念為生態品質與棲地品質維持密切關係 (成一正比例關係)。此方法通常以保育某種魚類為目標，以該魚種之適合環境做為考量。由於將水生生物對於棲地之喜好性納入考量，故較傳統之評估法更能反映生物特性與需求。常用方法分述如下：

(一) IFIM (河內流量增量法)

此方法由多個部分組成，像是模擬水溫、水質和物理棲息地(Bovee, 1982)。如國外學者早期常用的 PHABSIM 模型(棲息地模擬)則考慮水理參數有水深、濕周長、流速和加權可利用棲地面積(WUA)，使用棲息地適宜性標準，根據專業判斷、利用率和偏好，計算河川生態基準流量(Wang et al., 2018)。

評估方法為估算對象物種可利用的棲地面積或稱權重可利用棲地面積(weighted usable area, WUA)隨流量增減而變化之率定關係後，再按河川生態維護標準評選合適的可利用棲地面積數量，其對應之流量即為河川生態基準流量。此方法之優點為可設定多種目標函數，較

其他分析法有彈性，且可作為定量之描述，適合於有交換條件（trade-off situation）之分析評量。研擬河川生態基準流量之標準如下：

1. 選取 WUA 曲線坡度變化明顯之轉折點（inflection point）。
2. 當考量水源利用效率時，應以 WUA 值之理想值或 WUA 佔總水域面積百分比之極大值的某個百分比（如 80%）為考量。
3. 代表性流量（如年平均流量）對應之 WUA 值的 80%。
4. 完整之 IFIM 法則進一步要求建立魚類可利用棲地面積與歷史流量時間序列之關係(如:適合度曲線)，並探索此種關係下之魚類族群規模（數量或生質（biomass））發展。管理者經由此種包含時空特性之魚類族群規模定量描述，即可從事河川生態基準流量之決策。

(二) EVHA（棲息地評估方法）

類似物理微棲息地模擬技術，適用於洄游魚類的棲息地評估方法 (Ginot, 1995)。

(三) CASIMIR（棲地模擬程式）

根據河道內流量需求建立模型，使用多變量模糊方法，常應用於受管制的河流和水力發電影響之河流 (Noack et al., 2013)。

(四) RCHARC（河流棲息地評估和恢復概念法）

由美國陸軍工程師水道試驗站（WES）開發，用於比較兩個或更多研究河段的水生棲息地特徵。此方法相對於其他水生棲息地評估方法具有三個明顯的差異：

1. 使用生態系統或群落方法來評估棲息地質量，而不是基於物種的考量。
2. 以工程師能理解的形式呈現所需的河道條件（如:深度和流速的累積分佈）

3. 減輕調查人員針對每個物種的不同生活階段的適宜性曲線調查作業。

(五) HEP/HIS (棲息地評估程序/棲息地適宜性指數)

用於記錄動物物種可用棲息地的質量和數量，建議用於河流的目標物種(Burgman et al., 2001)。

(六) AVDEPTH(棲息地模型)

將水理因子輸入 AVDEPTH 棲息地模型中，發展流量和可用棲息地之間的關係，結合整體方法進行應用(Islam, 2010)。

本研究參考國外學者(Wubneh et al., 2022)探討上述六種棲地評估法，彙整如表 2-4。

表 2-4 棲地評估法類型比較表

類型	用法與特性	備註	參考文獻
IFIM (河內流量增量法)	- 最常使用的方法，用於模擬調節河流流量對魚類棲息地的影響。 - 由多個部分組成，像是模擬水溫、水質和物理棲息地。	可用於湖泊-濕地-河流系統中洄游魚類的棲息地	USA, (Bovee,1982)
EVHA (棲息地評估) 方法	物理微棲息地模擬技術	洄游魚類的棲息地。	France; (Ginot,1995)
CASIMIR (棲地模擬程式)	根據河道內流量需求建立模型，使用多變量模糊方法。	常用於受管制的河流	Germany; (Noack et al., 2013)
RCHARC (河流棲息地評估和恢復概念)	用於比較兩個或更多研究河段的水生棲息地特徵	建議用於有管理作為的河流	USA; (Craig et al., 1997)
HEP/HIS(棲息地評估程序/棲息地適宜性指數)	用於記錄選定物種可用棲息地的評估	常用於目標物種的棲地評估	USA; (Burgman et al., 2001)
AVDEPTH(棲息地模型)	評估流量和可用棲息地間的關係	結合整體方法進行應用	USA; (Islam,2010)

資料來源:本研究補充及整理自(Wubneh et al., 2022)

四、經驗法則 (Empirical methods)

經驗法則(或稱整體性評估)雖然並沒有任何學理基礎，起源於有部分地區在找不到最佳的方法之前，先行按專家、行政決策者、保育團體或相關利益團體對研究地區河川生態之瞭解及探討，研商取得共識後，擬定河川生態基準流量。此方法早期因概念簡單常被採用，通常係以集水面積決定最小流量(生態基流量)，常用方法分述如下：

(一) 日本水力發電事業集水區面積法

1988 年日本建設省河川審議會提出有關建議，對於 1988 年前設立之水力電廠，在未來發電水權申請更新時，該水力發電事業必須確保河川維持流量，其參考值為河川中每 100 平方公里之集水面積約需 0.1 至 0.3 cms 之維持流量（中村俊六，1999）。

(二) 新英格蘭法

新英格蘭法主要是考量一年當中最枯水月份的環境條件，假設其為此生態環境所能承受之最低保育條件。例如在新英格蘭地區以 25 年水文記錄的八月平均流量作為全年基本的水生生物基本流量 (Aquatic Base Flow, ABF)。因此在河中生物如魚類之產卵或是孵幼的季節，便以這時期常年平均流量為放流標準值。如果該地沒有適當的水文記錄，則以集水區面積的大小來訂定水生生物基本流量，此標準建議集水區面積每 100 平方公里應該有 0.55cms 流量。(USFWS, 1981)。

(三) BBM（積木法）

此方法需要專家之間的緊密溝通與共識達成，適用於數據較少的流域，尤其是在大壩的設計和運營階段(King and Louw, 1998)。

(四) DRIFT（流量轉換的下游反應）

此方法模式分為四個，包含生物物理、社會經濟、情境模擬和經濟，此方法能列出補償和減少成本，常用於在下游有重要生保全對象 (King et al., 2003);(Arthington et al., 2003)。

(五) ELOHA（水文變化的生態限制）

利用水文、生態與流量關係之間的關係制定區域標準流量；首先建立流量歷線，以生態特徵分類並定義棲地類型，確定當前流量狀態與基線狀態流量之偏差，最後訂定生態與河川流量型態改變之關係。常用於在進行大型水工構造物設計之環境流量研究(Poff et al., 2010)。

(六) EPAM（專家小組評估方法）

專家通過研討會確定從水庫釋放的水量，並由專家小組評估流量的適當性。這個過程取決於對於現地的詳細盤點和專家小組成員的經驗。建議用於高度管理作為(如:水庫集水區)的河川流域(Warner, 2018)。

本研究依據上述六種經驗法則類型，彙整如表 2-5。

表 2-5 經驗法則類型比較表

類型	用法與特性	備註	參考文獻
日本水力發電事業集水區面積法	參考值為河川中每 100 平方公里之集水面積約需 0.1 至 0.3 cms 之維持流量	未來發電水權申請更新時，該水力發電事業必須確保河川維持流量	Japan（中村俊六，1999）
新英格蘭法	集水區面積每 100 平方公里建議有 0.55cms 流量	該地沒有水文記錄，則以集水區面積的大小來訂定基本流量	USA (USFWS，1981)
BBM(積木法)	- 此法依賴現有的知識和專家意見 - 需要專家之間的緊密溝通和聯繫	對於數據較少的流域，在大壩的設計和運營階段，建議採取此方法	South Africa; (King and Louw, 1998)
DRIFT（施加流量對於下游	模式分為四個，包含生物物理、社會經濟、情	常用於在下游有重要生保全對象	South Africa; (King et al., 2003)

類型	用法與特性	備註	參考文獻
反應)	境模擬和經濟		
ELOHA (水文變化的生態限制)	建立流量-生態-水文之間關係制定區域流量標準	常用於在進行大型水工構造物設計之環境流量研究	Global, (Poff et al., 2010)
EPAM(專家小組評估方法)	過程取決於對於現地的詳細盤點和專家小組成員的經驗	建議用於高度管理作為(如:水庫集水區)的河川流域	USA, Georgia; (Warner, 2018)

資料來源:本研究補充及整理自(Wubneh et al. , 2022)

第二節 國內基礎流量相關研究

台灣地區於民國 70 年代以前尚無關於河川生態基準流量之專題研究，相關蓄水、引水、水力發電工程開發事業亦未被要求釋放河川生態基準流量，政府亦僅有對於河川水質之法規要求。民國 73 年，前水利局始有「台灣省普通河川治理規劃實務（稿）」提及河川低水治理時「為滿足航運、漁殖、景觀、污染、鹽害之防止，避免河口閉塞，及下游水權登記必要之流量等，稱為維持正常機能必須之流量」，「正常流量應在基準處設定，原則上採相當於 10 年中第一順位之枯水流量（ Q_{90} ）」。

迨民國 78 年，台電公司馬鞍水力發電計畫在大甲溪生態環境維護團體之推動下，首開前例辦理「馬鞍壩魚道及最小生態維護放水量」之專題研究。民國 84 年，行政院環保署依「環境影響評估法」公告之「蓄水供水防洪排水水力發電工程開發環境影響評估作業準則」（該準則雖於民國 86 年廢止，然該準則之要點已併入民國 86 年頒佈之「開發行為環境影響評估作業準則」）明定「開發單位應評估堰壩或其他攔水設施興建後，對河川下游水體涵容能力、水域生態之影響，並依開發行為實施前之水體自然狀態規劃訂定環境基流量（河川生態基流量）及各項標的用水量，以維持河川生態及水體正常用途」，此乃我國對河川生態基準流量分析評估之首次正式法規依據。

至此，河川生態基準流量之研擬始成為各開發行為必須納入考量之項目，本研究蒐集國內現有河川基礎流量研究成果(如表 2-6)分述如下：

一、歷史流量統計評估法（Historic flow methods）

- (一) 經濟部水利署訂日流量延時曲線時間百分率 95% 之流量為河川生態基準流量，已應用於高屏溪攔河堰、旗山溪甲仙攔河堰等。

- (二) 汪靜明(1998)依據濁水溪上游栗栖溪歷年水文及生物多樣性資料，曾建議以栗栖溪年平均流量之 10%（Tennant 法）為河川生態基準流量。
- (三) 益鼎公司（1996）於雙溪引水計畫案建議於枯水期維持 10 年迴歸期之最低旬流量為原則，豐水期維持歷年平均年最低旬流量為原則。
- (四) 林立元及曾晴賢（2000）依據頭前溪竹林大橋站歷年水文資料及配合對當地生態環境整體評估之觀點，建議枯水期間採用 Tennant 法或該月日流量延時曲線時間百分率 90%之 Q_{90} 流量。
- (五) 林美志(2015)於大漢溪與新店溪中上游，採用每年中的 Q_{99} 、 Q_{95} 、 Q_{90} 及 Q_{75} 四種級距來探討不同程度之低流量。取出每年最小 10 日、20 日、30 平均日流量進行頻率分析，發現各集水區皆有低流量特性變動差異。

二、水理評估法（Hydraulic methods）

國內相關研究如陳樹群等（2000）以烏溪下游段為例，探討使用濕周-流量率定曲線關係，推估河川生態基準流量，當地之年平均流量約 116cms，僅考慮烏溪下游各河川橫斷面形狀之水理特性時，其河川生態基準流量為 6 cms 至 120cms，可見烏溪各斷面之濕周-流量率定曲線關係之變異性甚大。

三、棲地評估法（Habitat methods）

國內於農委會特有生物研究保育中心（李德旺，2000；葉明峰等，2001；葉明峰等，2002）及其他學者（Tsao, et al., 1998）研究下亦已建立數種魚類之棲地適合度曲線。此外，亦有吳富春等（1998）、李載鳴（2000）、胡通哲等（2002）、楊承峰等（2002）、謝暲樟等（2002）等，以棲地評估法研究河川生態基準流量。河川棲地型態可分為淺瀨、深潭、緩流、淺流、

急流和回流；棲地型態常受河道形態、底質和水流條件控制(Desai, 2012)。棲地評估法常使用一維、二維水理棲地模式來評估河川生態基準流量。國內學者應用情形分述如下：

(一) 一維水理模式於棲地評估法之應用

江仲翔(2008)於頭前溪隆恩堰到溪州大橋結合最佳化供水系統模式和 RHABSIM 一維水理棲地模式，目標魚種為台灣石「魚賓」。發現在考慮缺水指數於不缺水的情況之下，生態基流量預留值最高可達到 3.75cms，台灣石「魚賓」生存空間可達到最大效益。

陳嫻如(2010)於筏子溪利用一維水理模式 HEC-RAS 結合河川棲地二維模式(River2D)進行模擬，目標魚種為台灣石「魚賓」。將丁壩、固床工各設計三種尺寸，以 24 組流量進行模擬，發現丁壩、固床工下游部分，判定標準越小影響範圍越大，對棲地有不好的影響。

(二) 二維水理模式於棲地評估法之應用

武為瑤(2011)於大屯溪下游河段利用二維水理模式 River2D 模擬魚類棲地與分類流況之空間分布，目標魚種為日本禿頭鯊。胡通哲等(2020)於鯿溪五號橋與六號橋上游河段，以 CCHE-2D 模式進行低流量的二維水理模擬，目標魚種為高身白甲魚，以 PUA 最大值為生態基流量，建議研究河段的生態基流量為 0.5 cms。

四、經驗法則 (Empirical methods)

台電公司(2004)參考日本水力發電事業之案例，按集水區面積每 100 平方公里維持 0.1 cms 至 0.3 cms 法則，選取其大值即每 100 平方公里釋放 0.3cms 為河川生態基準流量，已應用於大甲溪馬鞍壩、大安溪士林壩、栗栖溪栗栖壩、和平南溪南溪壩等。

林修緯(2015)利用面積法分析大漢溪各河段之生態基流量，大漢溪第一河段至第四河段之集水區面積分別為 763、869、113 及 982 平方公里，

參考「臺灣地區水資源開發綱領計畫」以每百平方公里以 0.135cms 評估之，故各河段之生態基流量分別為 1.03、1.17、0.15 及 1.32cms，而經驗法則的基流量滿足可靠度最高。

表 2-6 國內基礎流量研究案例成果綜整表

研究者	案例地點	對象物種	評估方法				備註
			歷史流量統計評估法	經驗法則	水理評估法	棲地評估法	
經濟部水利署	高屏溪攔河堰、旗山溪甲仙攔河堰、		Q ₉₅				
汪靜明(1998)	栗栖溪栗栖壩		10%MAF				
益鼎公司(1996)	雙溪		日本河川低流量統計評估法				枯水期維持 10 年迴歸期之最低旬流量為原則，豐水期維持歷年平均年最低旬流量為原則
林立元、曾晴賢(2000)	頭前溪竹林大橋		10%MAF 各月份 Q ₉₀				
台電公司(2004)	大甲溪馬鞍壩、大安溪士林壩、栗栖溪栗栖壩、和平南溪南溪壩			每 100km ² 需 0.2~0.6cms			馬鞍壩案例曾與保育團體協議因台灣水文條件優於日本以及大甲溪生態資料不確定性，應更保守推算河川生態基準流量。
陳樹群等(2000)	烏溪下游				濕周-流量率定曲線		6.0~120.0cms(考慮河川橫斷面形狀) 39.45~87.0cms(水生生物生存水理條件及河川污染問題考量)
李載鳴等(2000)	和平溪南溪壩	台灣鏟頰魚				HEC-RAS	棲地評估法之標準為平均水深大於 0.3m，平均流速大於 1.0m/s
吳富春等(1998)	濁水溪集集攔河堰	埔里中華爬岩鰍	Q ₉₅ 30%MAF			RHABSIM	三種評估法之數值相近
胡通哲等(2002)	基隆河員山子至高速公路橋段	鯉科、平鰭鰍科	30%MAF			RHABSIM	3.6cms (30%MAF) 2.0 (鯉科) 至 4.0cms (平鰭鰍科)
楊承峰等(2002)	烏溪同心橋上游至柑子林	台灣石「魚賓」	30%MAF Q ₉₀ 、Q ₉₅			RHABSIM	棲地評估法建議值與 Q ₉₅ 相近

研究者	案例地點	對象物種	評估方法				備註
			歷史流量統計評估法	經驗法則	水理評估法	棲地評估法	
謝暲樟等(2002)	大漢溪溪洲橋至永福橋河段	台灣石「魚賓」	10%MAF Q ₉₅			RHABSIM	棲地評估法建議值與 10%MAF 相近
江仲翔(2008)	頭前溪隆恩堰到溪州大橋	台灣石「魚賓」				RHABSIM	以最佳化供水系統操作之下，生態基流量預留值最高可達到 3.75cms
陳嫻如(2010)	筏子溪	台灣石「魚賓」				HEC-RAS、River2D	丁壩的長度越長，影響範圍也相對變得更廣
武為瑤(2011)	大屯溪下游河段	日本禿頭鯊				River2D	遺傳複合棲地適合度曲線相較於棲地適合度曲線，在預測魚類出現頻度和對環境因子喜好性，其準確度和合理性皆比較高
林修緯(2015)	大漢溪	粗首馬口鱖	10%MAF、 Q ₉₅	每 100km ² 需 0.135cms		HEC-RAS、 River2D	三種方法中，經驗法則的基流量滿足可靠度最高，WUA 的基流量滿足可靠度最低
林美志(2015)	大漢溪與新店溪中上游		Q ₇₅ 、Q ₉₀ 、 Q ₉₅ 、Q ₉₉				各集水區的低流量特性變動差異，是降雨變異特性與土地利用變遷、都市引蓄水行為綜合作用之結果
胡通哲等(2020)	鰲溪五號橋與六號橋上游河段	高身白甲魚				CCHE-2D	以 PUA 最大值為生態基流量，建議研究河段的生態基流量為 0.5 cms。

第三節 基礎流量評估方法比較

美國漁業協會 (American Fishery Society) 於 1976 年召開「河川內水流需求評估 (Instream flow requirement assessment)」研討會，迄今已屆 40 年，然各國對河川生態基礎流量評估法之適用性仍廣泛爭議 (Jowett, 1997)，探究其因除對河川生態環境之知識尚不周全外，各國河川性質差異與同一河川之上、中、下游之生物作用與河川、集水區之互動關係迥異，因而河川流量變化對河川生態系之影響程度實難精確界定。

於評估適宜之河川生態基礎流量需考量研究區域特性，實務使用情況下一般受既有資料、設計經驗、參考案例、及人類用水量目標之限制，往往難以訂定絕對標準，常以最低容忍界限列為基本要求。評估方法與限制因子之選擇，往往對河川生態基礎流量之評定結果具相當程度之影響 (李載鳴等, 2000)。本研究蒐集彙整各種河川生態基礎流量評估法之經驗，如表 2-7。初步比較說明各種評估法應用於台灣地區河川之可行性如下：

(一) 歷史流量統計評估法：此評估法使用簡便，可使用於任何有長期流量紀錄之河川，目前應用於台灣地區之歷史流量評估案例眾多，以日流量延時曲線法 Q_{95} 、Tennant 法 10%MAF 及十年迴歸期之年最低旬流量法三者之應用性較佳，本研究後續將採以此法作為基礎流量之討論。

(二) 水理評估法：此評估法最常引用之評估參數為濕周，因其受河槽型態之影響明顯，相較於一般河川生態評估常採用之水深、流速等較為固定之因子，可知推估濕周之變異性極高，因此早年較少被引用，然近年數值地形測量技術精度已獲大幅提升，因此本研究後續將採以此法作為基礎流量之討論。

- (三) 棲地評估法：棲地評估法之優點為可針對特定物種（或多種物種）之特定成長階段設定目標函數，較其他分析法有彈性；因為能陳述生態品質量化指標（如 WUA）隨流量增減而變化之率定關係，而非籠統之推斷，故適合於具有明確議題案例或復育目標物種分析。
- (四) 經驗法則：此方法僅能適用於該經驗值所探討之對象河川，難以引用到其他地區（國家），亦即該評估結果僅適用於特定地區。國內亦有引用日本既有水力發電事業維持流量經驗法則之案例，惟該法之建議值常低於其他評估法，主要導因於日本地區之降雨量低於台灣地區。

表 2-7 基礎流量評估方法比較表

項目	歷史流量統計評估法	水理評估法	棲地評估法	經驗法則
資料需求	• 流量記錄	• 河道斷面測量資料	• 河道斷面測量資料、棲地適合性準則	—
評價流量需求之方法	• 年（月）平均流量之百分比。 • 日流量延時曲線之某種時間百分率。	• 水理參數率定曲線之轉折點。	• 棲地率定曲線之轉折點。 • WUA 之最大化、可接受限度或某種時間百分率。	• 專家及相關團體按其對河川生態之了解，所作之經驗性推估。 • 確定生態系統組成，並建立水流-生態-地貌-社會關係的模型。
河道水理之設定	• 維持經驗性的流況標準（含河寬、水深、流速等）。	• 維持經驗性的水理參數數值。	• 水理配合棲地適合度指標。	—
生態品質之設定	• 生態品質與流量維持密切的關連性。	• 生態產量與濕周維持密切的關連性。	• 生態品質與棲地品質（或 WUA）維持密切的關連性。 • 目標物種之棲息地模型和適宜性與流量維持密切的關連性。	—
優點	• 制式化的快速評估法。 • 使用於任何有長期流量紀錄之河川 • 目前應用於台灣地區案例較多	• 評估亦快速，但仍需要一些研判工作。 • 近年數值地形測量技術精度已獲大幅提升	• 可考量任意對象之生態需求，可量化之評估準則。 • 適合於交換條件之分析評量。 • 可用於環境惡化溪流改善評估。	經協議過程即可作決策
缺點	• 無法適合於交換條件之分析評量。 • 無法用於環境惡化溪流之改善評估。	• 無法適合於交換條件之分析評量，濕周易受河道幾何形狀控制。	• 計算評估流程複雜，需使用套裝軟體。 • 評估並未考慮河川外之環境因子。 • 單純以棲息地作為評估指標無法完全解決生態系統健康的問題。	缺少量化依據，端視專家之經驗及相關團體間之協調而定。
備註	本計畫採用	本計畫採用		

資料來源：本研究整理

第四節 生態系功能與服務評估

自生物多樣性公約(Convention on Biological Diversity, CBD)於 1992 年簽訂以降，國際間逐步認知到在地社群與多元權益關係人參與在生態保育工作中的重要性—保育工作除肯定生物多樣性本身的價值以外，也應了解到豐富生物多樣性亦為在地社群賴以生活或發展的社經資源，實應納入同一廣義且大尺度的行動框架中(Xie and Bulkeley, 2020)。

又近年間，單以灰色基盤(Grey Infrastructure)方案進行環境治理，已被認為不足以回應氣候變遷與極端氣候對於社會與生態系統所造成的影響。在後 CBD 時代，生態系服務(Ecosystem Services)對人類福祉的意義逐漸受到重視，從維護或重建生態系服務或功能的角度出發、與既有利用這些生態系服務的社群合作以對抗氣候變遷挑戰的保育或管理方案陸續被提出，且受到國際社群的重視(European Commission, 2016)。

生態系服務被廣為引用的定義，是指人類自生態系獲得的益處(MEA, 2005)，進一步可以被定亦為生態系中可主動產生、或被動地產生人類福祉的現象(Fisher, 2009)，也包括生態系的機制、過程、功能、結構等等。多數討論亦將生態系服務區分為支持(Supporting)、供給(Provisioning)、調節(Regulating)、文化(Cultural)等四個主要分類(MEA, 2005，參圖 2-1 及圖 2-2)。基本上，供給、調節與文化服務經常被認為與人類福祉直接相關，故又被稱為終端服務(Final Services)，而支持服務則被認為是用以產出或維繫終端服務的生態系功能、結構、或機制(Riis et al., 2020)。

生態系結構(ecosystem structure)指的是非生物與生物組織的方式，包含土壤、沉積物、水與動植物相。藉由生態系過程(ecosystem processes)之作用，是連接生物與非生物環境的物理、化學與生物過程，並包含水循環、生地化循環、能量流動及食物網結構等。而由結構與過程的互動所自然發生的活動與作用，包括養分保留、支持食物網和控制洪水，則為生態系功

能(ecosystem function)。

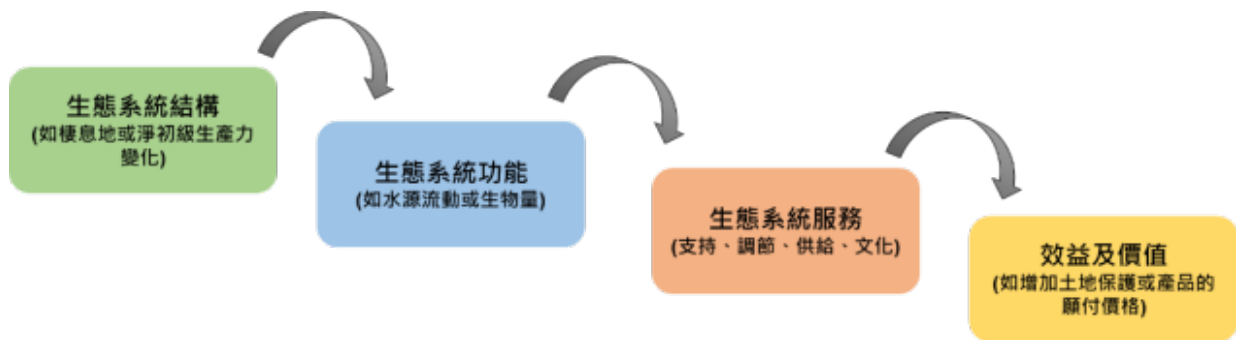
本研究範圍部分河段因過往有治理或取水需求，建造部分防砂設施及取水堰，以保障地方居民生命財產安全或增加灌溉取水。但在時過境遷後，河川地形因土砂沖淤能力的改變，流路偏移或防砂設施的淤積，致使現況缺乏基流而失去其功能，使水域喪失原有串聯生態廊道的目的。甚至部分區段因淤積或受混凝土封底影響，而呈伏流水狀態，也降低原有的生態功能。

防砂壩或高落差構造物的興建，阻隔溪流原有水生生物的生態廊道，尤其是具有降海或溯河行為的種類(Mason and Machidori, 1976; Michael, 1983)。人工結構物尤其影響了溪流之棲地環境，魚類棲地選擇之研究經常是魚類棲地保護與復育的依據(Moran-Lopez et al., 2005)；許多研究顯示微棲地因子(如水深、流速、底質粒徑、水生植物)對魚類的覓食、繁殖、休憩與藏匿有重大的影響(Leveque, 1997; Mattingly and Galat, 2002)。

Poff et al. (1997)研究指出溪流中的人工結構物對流域生態的影響，讓上游的有機質無法有效的往下游傳遞，因而降低流域的棲地品質。集水區形成的自然植生環境有著碳匯能力，水系兩岸的濱溪帶因藉由水流帶來的充足養分，具有較高的初級生產力，因此具有較高的碳吸存能力(Dybala et al., 2019)。濱溪帶植被底質的碳儲存能力，是重要的生態系服務之一(Rieger et al., 2014)。同時濱溪帶亦有過濾污染物質的能力。良好的植被環境，也強化集水區的水土保持能力，降低土壤流失。因此在保育治理工程規劃時，則應了解生態系功能，進行相關評估，以降低日後造成的負面影響。

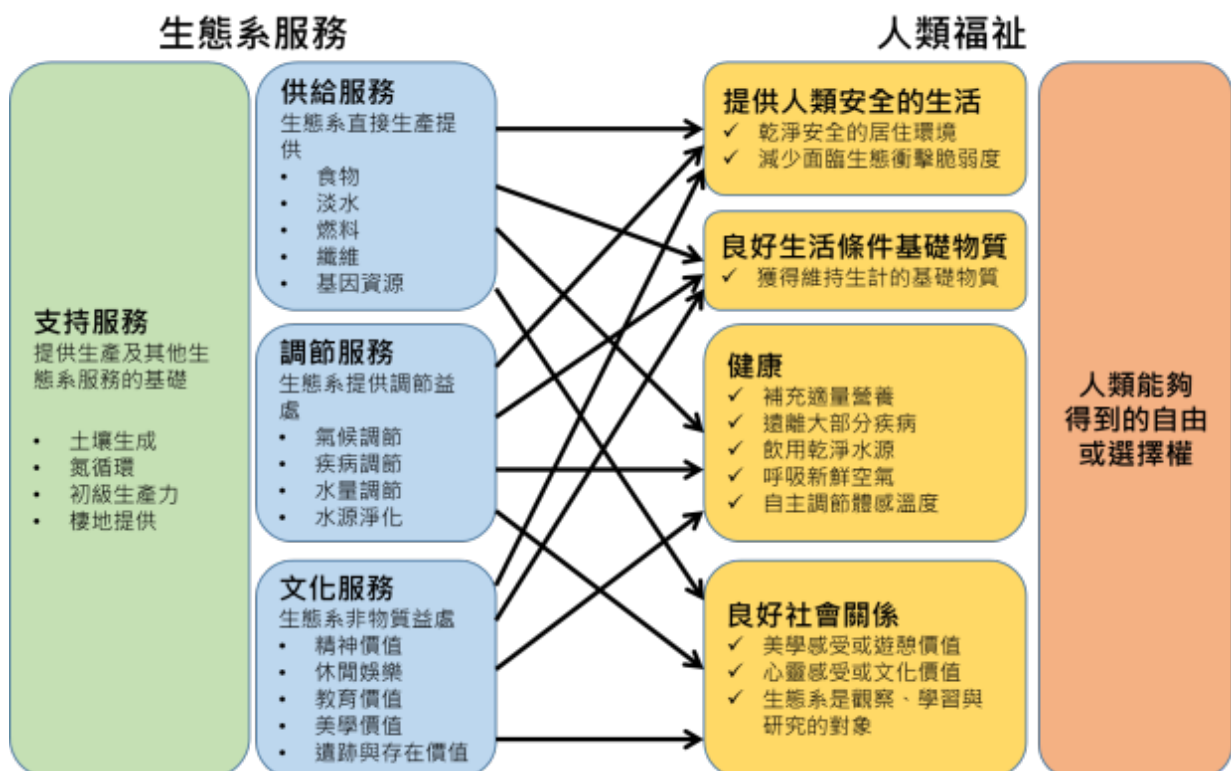
此外，本研究範圍兩岸可區分潛在的溪流生態系服務，如河溪作為水資源的主要來源，所提供的灌溉、生活用水等供給服務，溪流濱溪植被所提供的授粉、調節物質進入溪流水體、碳匯、穩定水質與溪流微氣候、以及減輕洪氾與沖刷災害影響等服務(Riis, et al., 2020)。

此類生態系服務，與服務所依賴的生態系功能，屬於本研究關注的重要面相，於優先評估所擇定改善河段內，主流路周邊的濱溪植被分布狀況、類型與所提供的生態系服務。以發展溪流生態系服務的評估方法，並作為後續評估不同方案的成效參考。



資料來源：邱與林，2017

圖 2-1 生態環境到人類與社會經濟系統之層次圖



資料來源：邱與林，2017；Reid, 2005

圖 2-2 生態系服務架構圖

第五節 二維水理模式

本研究蒐集比較國內外常用二維模式分析工具如表 2-8，包含 FLO2D、CCHE2D、SRH2D、SEC-HY21 及 HEC-RAS 6.0 beta 等模式。各模式中，FLO2D 模式多用於土石流及淹水模擬，CCHE2D、SRH2D 及 SEC-HY21 則常用於動床模擬，其中 HEC-RAS，於 109 年 12 月 21 日發布 6.0 beta 開始提供二維動床模擬，係為提供多項工作與使用者間交互使用網路環境而設計之完整系統軟體。具有單獨之水理分析單元、資料儲存與管理功能及圖表製作之輔助功能。HEC-RAS 模式最終將包含三個一維水理分析單元，即水面剖線計算、變量流模擬及動床輸砂計算。三個分析單元均使用相同之河川幾何特性資料及相同之水理計算程序。除上述三個水理分析單元之外，HEC-RAS 模式尚可使用計算完成之水面剖線進行數種不同之水理設計。

因此本研究考量分析需求、模式取得性及未來模式使用延續性，以 HEC-RAS 二維模式工具進行模擬，以在不同重現期距洪峰流量情境下，分析河道沖淤位置分布之差異，並繪製各重現期距之沖淤變化，以作為本研究土砂災害敏感區調適方案參考依據。本研究蒐集近年國內相關研究，整理說明如下。

李光敦(2004)應用 HEC-RAS 模式河道演算模擬納莉颱風期間基隆河之洪水波於河道間之傳遞情況，而對於納莉颱風期間基隆河水經由竹仔嶺隧道進入基隆市區之模擬，則以數值高程模式推求後代入 HEC-RAS 模式進行河道演算，以推求河道溢流量，可見 HEC-RAS 模式可以用來模擬洪水及淹水事件。

陳文福等(2004)以南雲大橋流量測站與桶頭水位流量站於敏督利颱風來襲所致七二水災時之流量資料，推求出雲南大橋至鯉魚大橋段之出、入洪峰流量，並將結果套入被廣泛應用之 HEC-RAS 模式中，以模擬各河道斷

面水位作為判斷之依據，並獲得合理結果。

表 2-8 國內常見之二維數值動床模式綜整表

模式名稱		FLO2D	CCHE2D	SRH2D	SEC-HY21	HEC-RAS 6.0 beta
研發單位		美國 FLO-2D 公 司	美國密西西比大學 水科學及計算研究 中心	美國墾務局	中興社	美國陸軍工兵團
取得性		商用	商用	免費	未開放	免費
數值理論		有限差 分法	隱式 有效元素法	顯式法	隱式 有效元素法	隱式有效體積法
前處理介面		○	○	○ (配合 SMS)	○	○
水 理 模 組	超、亞、混合 流	○	○	○	○	○
	定量流、變量 流	○	○	○	○	○
	乾濕點處理	○	○	○	○	○
	紊流模式	○	○	○	○	○
輸 砂 模 組	懸浮載與推 移載分離	○	○	○	○	○
	床質級配	○	○	○	○	○
	護甲作用	○	○	○	○	○
	非均勻沉澱	○	○	○	○	○
	非平衡輸砂	×	○	○	○	○
	凝聚性沉澱	×	○	○	○	×
	軟岩沖刷	×	○	○	○	×
幾 何 處 理	格網形式	～	結構	非結構	結構+非結構	結構/非結構
	主支合流	○	○	○	○	○
	格網變形	○	○	○	○	○

資料來源: (水保局，2022)

王俊哲(2005)應用 HEC-RAS 模式模擬洪水對於濁水溪支流清水溪下游及其沿岸所造成之水位流量的變化，以供防災決策之參考，另外將

HEC-RAS 模式結合地理資訊系統，根據敏督利颱風之雨量資料對清水溪下游段進行淹水水位流量模式分析，推估暴雨發生時集水區下游地區水位與流量的變化情形，並與原先清水溪進行比對，發現有良好之成果。

蔡西銘(2005)利用 HEC-RAS 模式對河溪生態工法進行高水分析，並檢討生態工法中不同洪峰流量之安全性，並探討沖刷問題、橋墩影響程度及河幅模擬，研究結果顯示洪水模擬準確度高，但河堤破壞模式模擬及河水沖刷模擬則需再進一步作探討。

林永峻(2009)採用 HEC-RAS 模式針對丁子蘭坑溪進行模擬，並與水工模型試驗結果比較，結果顯示重現期距 50 年時水工模型量測結果與 HEC-RAS 模式的計算結果一致，幾無差異；而在河道幾何地形變化複雜部分，可採用 HEC-RAS 模式，因其操作介面簡單，不僅節省時間且可將計算成果以圖表方式直接輸出呈現，顯見 HEC-RAS 模式具有良好之水工結構物模擬能力，可為未來工程設計的參考。

李心惟(2014)利用 HEC-RAS 模式計算濁水溪主流各時間段河川水位高程，作為其他數值模式中河川套件並配合不同水力模式作為河川模組之參數設定。丰小玲(2015)利用 HEC-RAS 模式進行水利防洪規劃工程應用，於南江河各河段設置不同洪峰流量，並配合支流匯入進行洪水模擬，通過數值模擬後發現，HEC-RAS 模式在防洪規劃工程中水面線計算方面非常實用，不僅能夠快速計算天然河道在複雜流況下的水面線，還能判斷河道的防洪能力，對防洪規劃工程具有有效的模擬意義。

鄭釗(2015)利用 HEC-RAS 模式進行黃河浮橋壅水之模擬演算，發現 HEC-RAS 模式能夠在短時間內推求不同流量之河道水面線，方便獲取資料，亦在其他跨河橋梁、壩等計算中也發揮重要功能。

蔡元融等(2019)應用 HEC-RAS 二維水理模式以及崩塌前 DEM 與崩塌後 UAV 拍攝資料，進行天然壩潰決模型建置及洪水演算。也有利用一維模式銜接二維模式模擬河道，如蘇語乾(2021)應用 HEC-RAS 二維水理模式，

並以 UAV 技術擷取河道地貌並利用影像分析河道的曼寧 n 值，並分析各區植生清疏對防洪影響程度。也有利用 HEC-RAS 模擬淹水情形，如陳彥丞 (2020) 以小時尺度之降雨以觀察短延時之降雨特性，並利用 HEC-RAS 2D 模擬研究區域淹水情形，進行未來洪災潛勢評估。

而國外學者 Peng Gao et al.(2021) 使用 HEC-RAS2D、LIDAR DEM、表面粗糙度分佈值和選定河段兩端的小時流量，研究極端事件的動態淹沒過程對美國紐約當地河流周圍受影響城市環境的洪水災害評估(FHA)的複雜影響。根據現有最大風暴事件呈現了三個洪水時刻的洪水狀態，並定量描述了整個洪水期間淹沒面積、深度和相關河流功率的時間變化。

其他學者如 Sánchez Juny, Martí(2016) 以實際水文地文條件下對 HEC-RAS、Delft3D、IBER、SOBEK 和 3Di 做比較，Shustikova et al. (2019) 比較 HEC-RAS 和 LISFLOOD-FP 兩種軟體，Juan Pinos et al.(2019) 比較 HEC-RAS, Iber 2D, FLO2D, 和 PCSWMM 2D。結果顯示出 HEC-RAS 對上述其他軟體有絕對的競爭能力。

綜整上述 HEC-RAS 二維模式可用於模擬各種研究目的，如不同重現期距洪峰流量在河道影響範圍之土砂運移及洪氾區域分布或水工構造物優化方案模擬等。

第三章 資料蒐集與分析

本章蒐集分析研究區域背景資料，包含：集水區地形地勢、地質與土壤、土地利用、水文及氣象、歷年重大土砂災害、歷年已投入治理工程及生態資料等，以作為後續分析基礎，依研究區域各別分述如下：

第一節 沙河溪集水區

沙河溪集水區內行政區域包含苗栗縣頭屋鄉飛鳳村、曲洞村以及公館鄉北河村、南河村及尖山村，如圖 3-1。其中北河村所佔面積最大約 35%，其次為南河村約 30%。

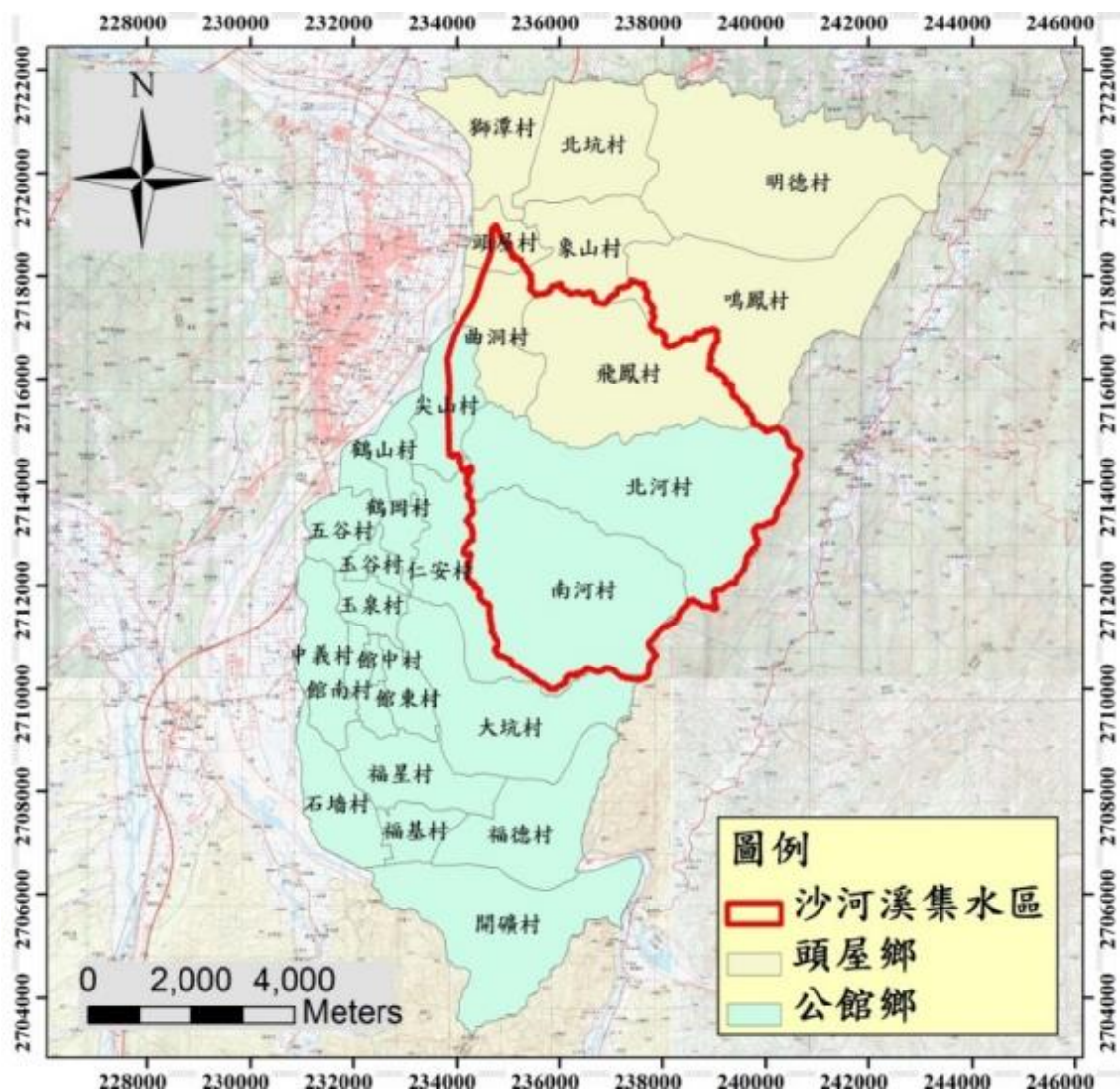


圖 3-1 沙河溪集水區行政區分布圖

一、地形地勢

(一) 高程

沙河溪集水區位於苗栗縣頭屋鄉南部及公館鄉東北部範圍，集水面積約 3,781 公頃。集水區高程在 200 公尺以下面積佔總面積約 56.32%，多位於集水區西北部，高程大於 500 公尺多集中於東南部，面積佔約 9.79%，如圖 3-2 及表 3-1。

表 3-1 沙河溪集水區高程所占面積百分比一覽表

高程(m)	面積(ha)	百分比(%)
0-100	11,216.90	29.66
100-200	10,081.79	26.66
200-300	4,823.41	12.76
300-400	4,255.21	11.25
400-500	3,734.05	9.88
500-600	2,405.29	6.36
600-700	1,094.21	2.89
700-800	202.15	0.54
合計	3781.3	100

資料來源:中央地質調查所，數值高程模型 5m*5m(2010)

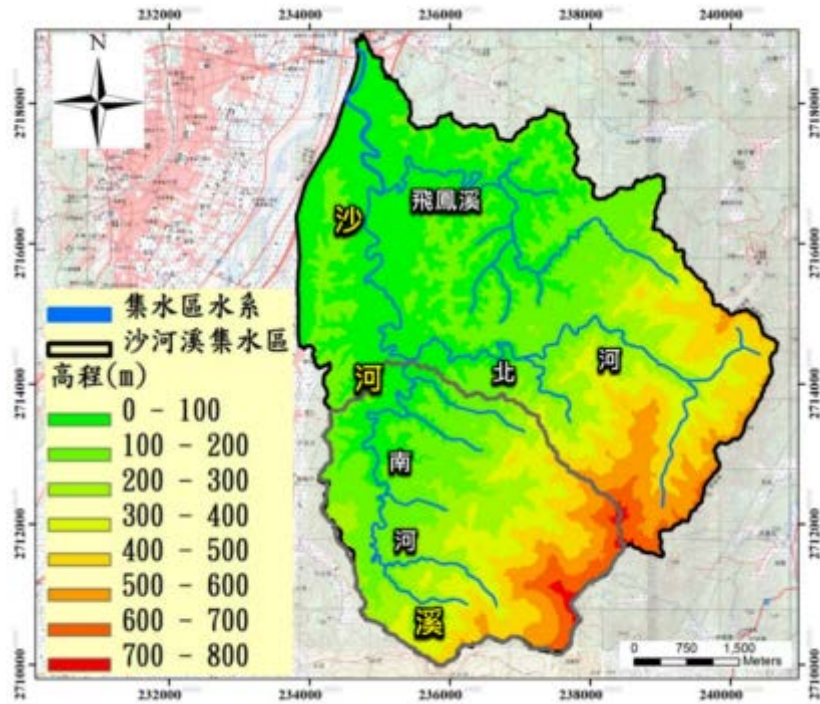
(二) 坡度

坡度以五、六級坡為主，共佔約總面積 56.9%，約 2,151 公頃，地勢較為陡峭，故較容易發生沖蝕及崩塌等災害，坡度分佈及面積統計如圖 3-3 及表 3-2 所示。

表 3-2 沙河溪集水區坡度級別所占面積一覽表

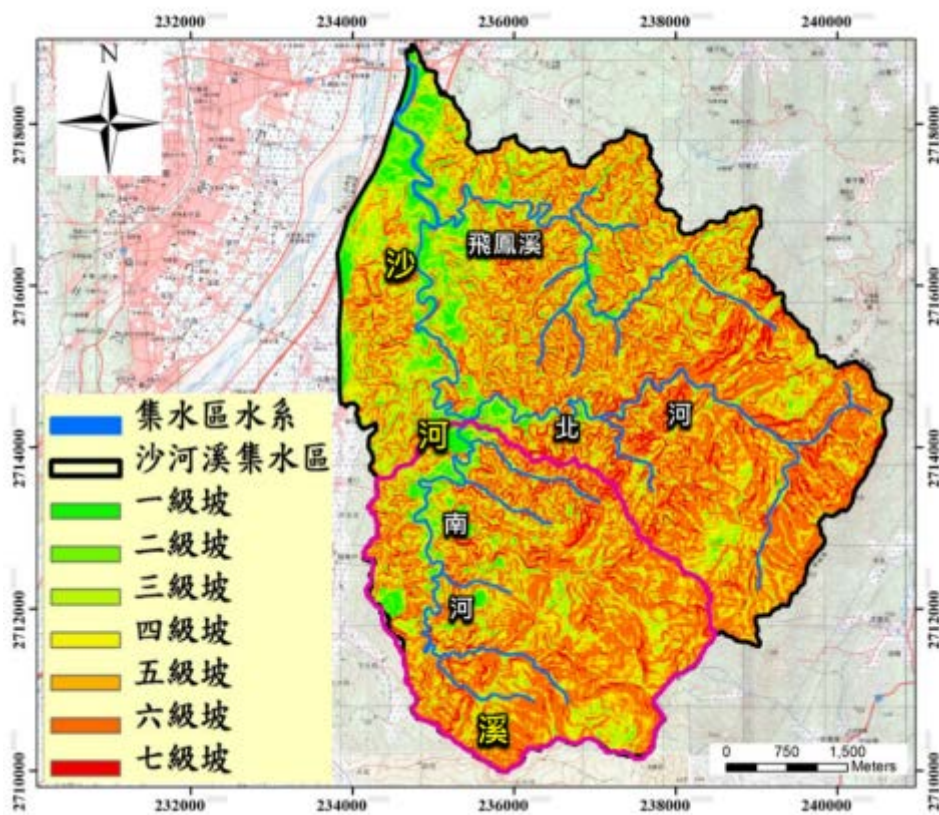
坡度	面積(ha)	百分比(%)
一級坡	144.91	3.83
二級坡	286.75	7.58
三級坡	533.59	14.11
四級坡	467.44	12.36
五級坡	800.38	21.17
六級坡	1351.06	35.73
七級坡	197.19	5.21
合計	3781.3	100

資料來源:中央地質調查所，數值高程模型 5m*5m(2010)



資料來源:中央地質調查所，數值高程模型 5m*5m(2010)

圖 3-2 沙河溪集水區高程分佈圖



資料來源:中央地質調查所，數值高程模型 5m*5m(2010)

圖 3-3 沙河溪集水區坡度級別分佈圖

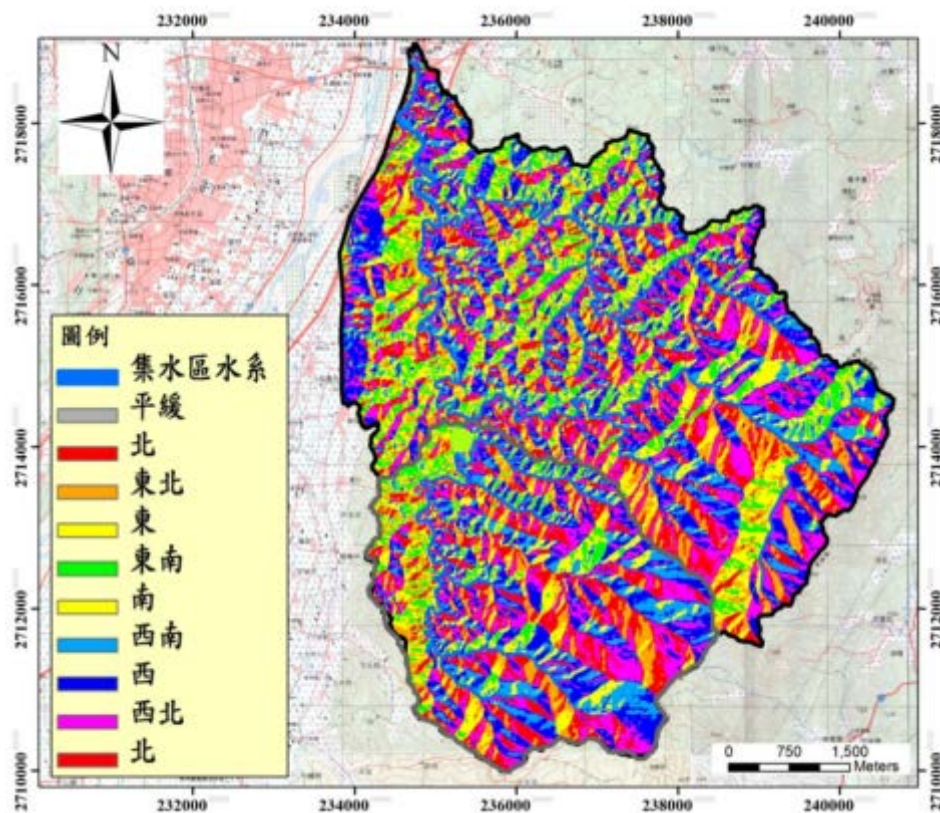
(三) 坡向

坡向主要以北向、西北及西向為主，分別佔總面積 15.14%、16.42% 及 16.87%，故集水區整體流向為東南往西北向流，坡向分佈及面積統計如圖 3-4 及表 3-3 所示。

表 3-3 沙河溪集水區坡向所佔面積一覽表

坡向	面積(ha)	百分比(%)
平地	2.49	0.07
北	572.51	15.14
東北	436.76	11.55
東	362.68	9.59
東南	312.36	8.26
南	360.34	9.53
西南	475.42	12.57
西	637.76	16.87
西北	621.01	16.42
總計	3781.3	100

資料來源:中央地質調查所，數值高程模型 5m*5m(2010)



資料來源:中央地質調查所，數值高程模型 5m*5m(2010)

圖 3-4 沙河溪集水區坡向分佈圖

二、地質

(一) 地質組成

依據中央地調所地質資料，集水區內以卓蘭層面積佔約 51% 為主，其次有南莊層約 23%，其餘包含桂竹林層、南港層及沖積層，地層分佈如圖 3-5 及表 3-4 所示。各地質組成資料詳述如下：

1. 卓蘭層

卓蘭層的岩性以砂岩頁岩互層為主，且砂頁岩比例(或砂岩出現頻率)與砂岩單層厚度往上漸增，沈積物顆粒度也隨之變粗。砂岩呈淡青灰色或淡灰色，由細至粗粒的混濁砂岩所組成。單層厚度約 10-50 公分，有時複合成數公尺的厚層砂岩，尤其在本層上部，可見數層厚約十幾公尺的複合砂層。由於砂岩和頁岩的抗蝕力不等，因此本區卓蘭層出露地區常出現單斜脊地形，或稱單面山的地形。砂岩的沉積構造主要以平行層理、低角度交錯層、圓丘狀交錯層理、波狀與壓扁狀構造為主，次生的沈積構造有崩移構造及荷重造成的球枕狀構造。頁岩呈青灰色或暗灰色，層厚一般自數公分至半公尺皆有。

2. 桂竹林層

本層由青灰色泥質砂岩、灰色至白灰色砂岩及頁岩或砂質頁岩組成。根據其岩性自下而上分為關刀山砂岩段、十六份頁岩段、及魚藤坪砂岩段。

3. 南莊層

本層以塊狀厚層白色中粒沙粒為主，夾有深灰色頁岩、淡青色泥岩以及砂岩和玢砂岩及頁岩的緻密薄頁岩。砂岩大部份為石英砂岩或正石英砂岩，一部分是亞長石質砂岩。在不同砂岩層內，白色砂岩的顆粒度，可以從細粒到粗粒。

4. 沖積層

沖積層指沖積平原上堆積的岩體，部份也分佈在丘陵區或山地地區的平坦地形面上，其成份以黏土、粉砂、砂和礫石組成，大部份尚膠結不良，其最上部有相當多的部份常被風化成土壤，充分被利用於農業上，沖積層應也包含濱海、海岸地區的砂丘砂，呈灰色、淡灰黑色、淡棕黃色，其成份大部份為石英粒及板岩屑或其他岩屑，並含有少量的磁鐵礦砂或火成岩的礦物，但量不多。

(二) 地質構造

1. 錦水背斜

錦水背斜為重要之油氣封閉構造。全長約 19 公里，軸向在北側略呈東北—西南，至大坪一帶轉為北北東走向，為一不對稱之背斜構造，其兩翼地層於軸部附近甚為平緩，東翼傾角向東逐漸增大，由平均之二十餘度，增至 40 度左右。西翼之傾角則大致在二十度之間，僅在鹿廚坑斷層附近，地層之傾角變陡，達 50 度左右。

2. 仁隆向斜

仁隆向斜位於錦水背斜與出磺坑背斜之間，為不對稱之向斜構造，兩側地層均為卓蘭層，西翼地層傾角較為平緩，靠近軸部附近傾角較大，約 30 度至 40 度之間，向西則傾角減至 20 度至 30 度之間；東翼地層傾角較大，平均約 65 度僅左右。

3. 出磺坑構造

出磺坑背斜為一緊密褶皺，主要軸向北北東方向，總計延展約 22 公里。本背斜軸部附近之地層傾角稍緩，兩翼傾角均在 50 度至 60 度以上。

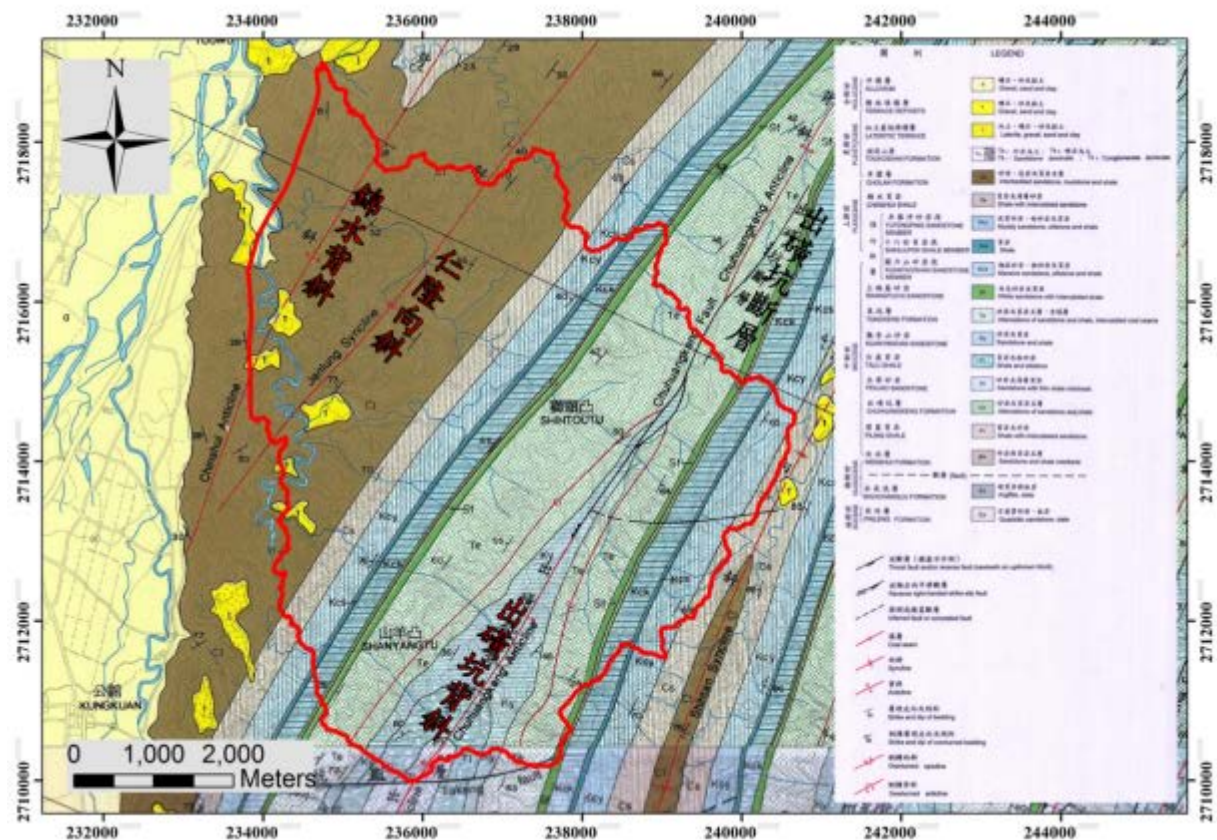
大體而言，西北翼傾角略緩於東南翼，兩翼依次出露打鹿頁岩、觀音山砂岩、東坑層、上福基砂岩、桂竹林層、錦水頁岩，以及卓蘭

層。由於各地層之抗風化性差別甚大，因此在背斜兩翼順著岩層的走向造成一系列的線形，在側視雷達影像〈SLAR〉、航空照片或其他之比例尺較小的地形圖上，此種構造線一目了然。本背斜外觀雖似一完整背斜，但沿褶皺軸部及兩翼多處為不同之縱向斷層所切，成為斷層背斜。此類斷層多延展不長且切割之位置亦各地不同。

表 3-4 沙河溪集水區地質分佈比例一覽表

岩層名	面積(ha)	面積比例(%)
卓蘭層、錦水頁岩及其相當地層	1,938.7	51
南莊層及其相當地層	855.9	23
桂竹林層及其相當地層	451.8	12
南港層、石底層及其相當地層	228.5	6
沖積層	306.4	8
合計	3,781.3	100

資料來源:中央地質調查所，五萬分之一區域地質圖(2022)



資料來源:中央地質調查所，五萬分之一區域地質圖(2022)

圖 3-5 沙河溪集水區地質圖

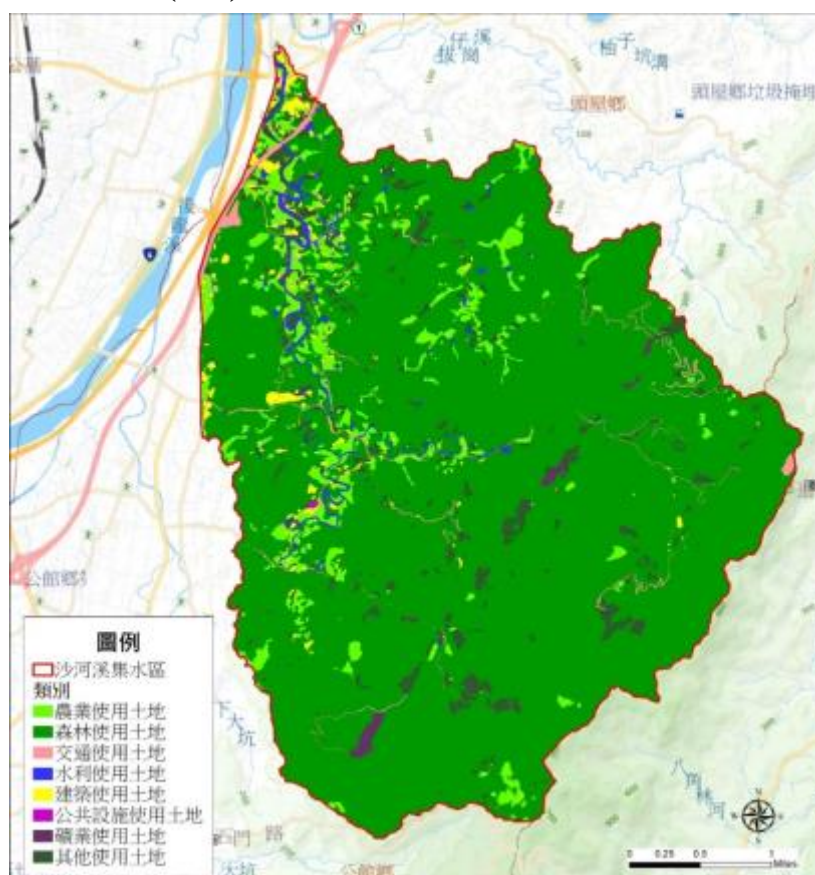
三、土地利用

依據內政部國土利用現況調查，集水區範圍內森林用地佔約 85.52%，其涵蓋面積最大，種類以闊葉林為主，其次為竹林站；其次為農業用地，佔 6.10%，詳細集水區土地利用統計成果如表 3-5 及圖 3-6 所示。

表 3-5 沙河溪集水區土地利用所占面積比例

土地利用類別名稱	面積(ha)	比例(%)
農業使用土地	230.75	6.10
森林使用土地	3,233.80	85.52
交通使用土地	61.10	1.62
水利使用土地	33.25	0.88
建築使用土地	48.91	1.29
公共設施使用土地	1.34	0.04
礦業使用土地	13.79	0.36
其他使用土地	158.42	4.19
合計	3,781.35	100.00

資料來源:內政部國土測繪中心(2016)公開國土利用調查成果



資料來源:內政部國土測繪中心(2016)公開國土利用調查成果

圖 3-6 沙河溪集水區土地利用分佈圖

四、水文及氣象

(一) 雨量

台灣由於受到季風和地形之影響，一般在十月下旬至翌年三月上旬，由於東北季風之影響，台灣北部之雨量大於南部；而於夏季六月上旬至九月末，則因西南季風盛行，及地形之影響，各地雨量均多，在此期間因太平洋之熱帶性低氣壓頻生，故常有豪雨和災害發生。

本研究收集計畫範圍鄰近測站資料，距離計畫區域較近雨量站為氣象局公館雨量站及獅潭雨量站，水利署和興雨量站，位置分佈如圖 3-7 所示，雨量站資訊如表 3-6 所示。

表 3-6 沙河溪集水區鄰近雨量站資訊

站名	資料時間	平均年雨量(mm)	所屬機關	測站編號	標高(m)	X(TWD97)	Y(TWD97)	站址
公館	2011/10~迄今	1705.0	中央氣象局	C1E770	83	232856.1	2713388.3	公館鄉鶴岡村 178 號
獅潭	2011/10~迄今	2144.4	中央氣象局	C0E820	220	241894.9	2714731.4	獅潭鄉新店村 11 鄰 103-2 號
和興	1980~2018	2307.5	經濟部水利署	1350 P016	203	240366.5	2720376.6	和興村 8 鄰 4 號

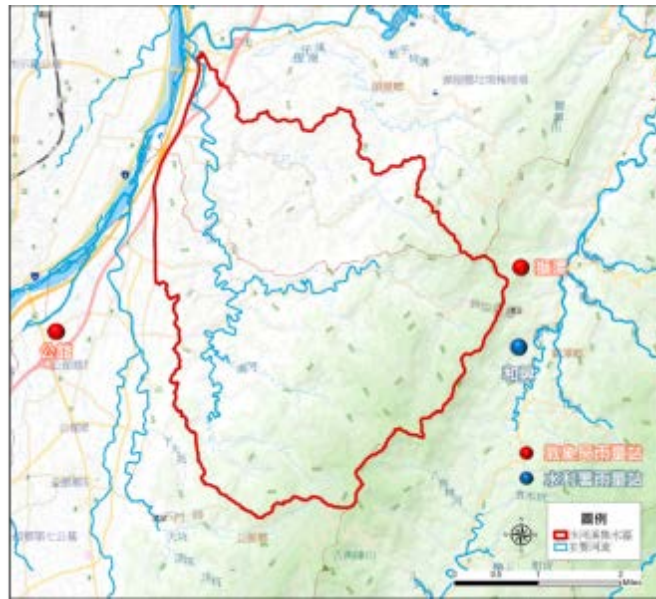
資料來源：中央氣象局、經濟部水利署

(二) 氣溫

計畫區全年溫度平均約 21.6°C，一月月均溫最低約 14.5°C，七月均溫最高約 27.8°C。

(三) 風速與風向

東北季風與西南季風對本集水區影響最大，東北季風始於十月下旬至翌年三月為止。西南季風始於五月上旬至九月下旬，風力不大，年平均風速為 1.7 m/s，九月風速較低約 1.4m/s，六月份風速平均達 2.1m/s。



資料來源：本研究產製

圖 3-7 沙河溪集水區鄰近雨量站分佈圖

五、歷年重大土砂災害

(一) 歷年集水區影像

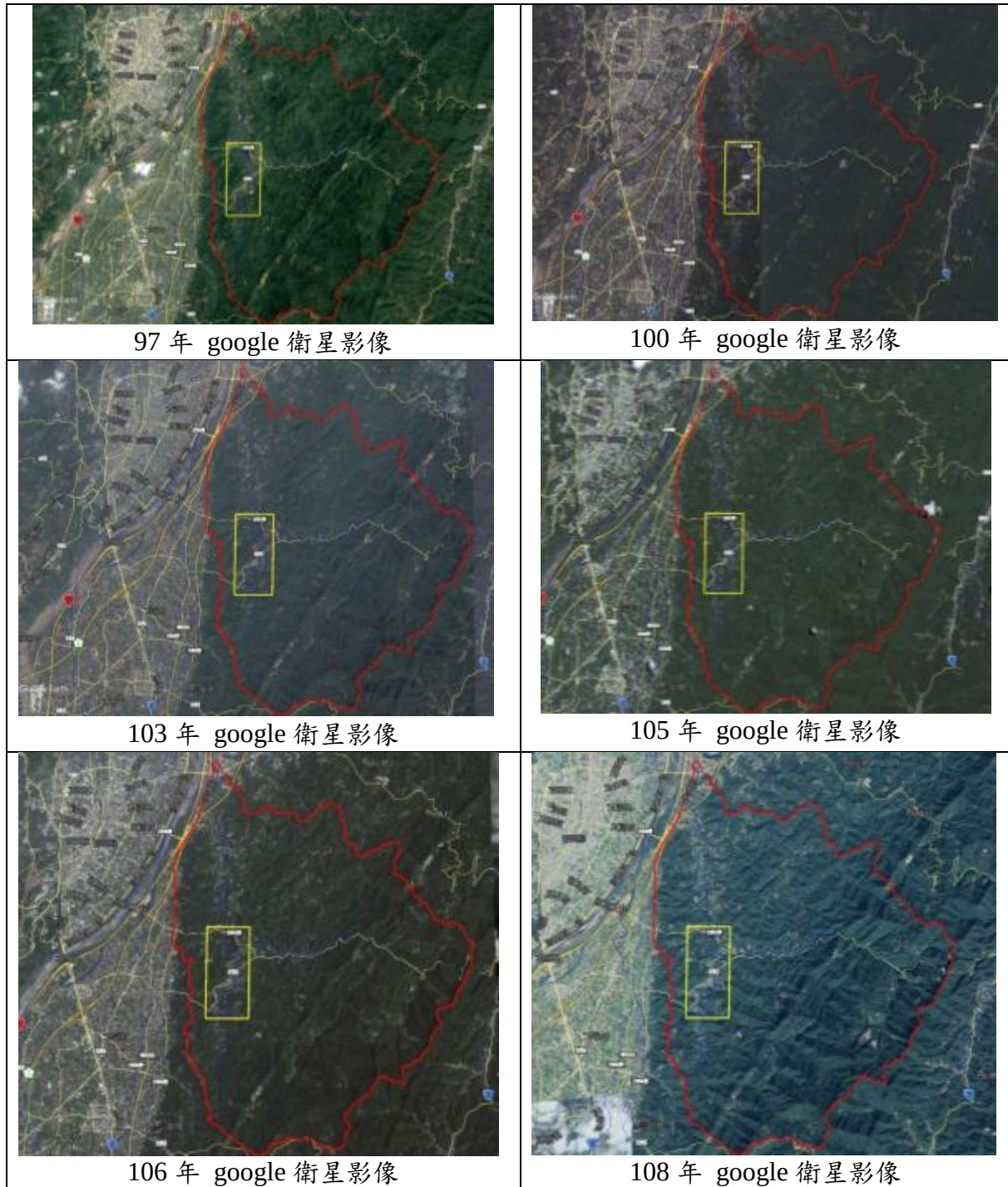
本計畫為了解集水區整體變化情形，搜集民國 97 年至 108 年間多幅衛星影像(如圖 3-8)，由影像可看出集水區多為農業利用，較無大規模崩塌發生，由歷史災害顯示多為小型崩塌或近岸崩塌為主，集水區近年並未有明顯大型崩塌發生，於 97 年前既有的崩塌區域植生復育情形良好，現已無明顯裸露情形。歷年概況說明如下：

1. 97 年:集水區內主要沿苗 26 線及苗 26-2 線道路開發之民宅等建物及農業利用，經影像研判，於北河村可見一處崩塌區域，面積約 2.8 公頃；於南河上游可見一處開發行為。
2. 101 年:道路沿線有持續開發跡象，崩塌區域可能因坡度陡峭，復育情形不明顯，集水區上游南河及北河村有零星開發。
3. 103 年:集水區東北方向有一處明顯新增開發而裸露區域，北河村前期崩塌區域有植生有漸漸復育跡象。

4. 105 年:計畫區域無明顯新增崩塌裸露情形，北河村前期崩塌區域植生復育情形良好。

5. 106 年:前期裸露處植生多已恢復覆蓋，較無明顯崩塌痕跡。

6. 108 年:集水區東南方向，北河村有數處明顯開發裸露區域。

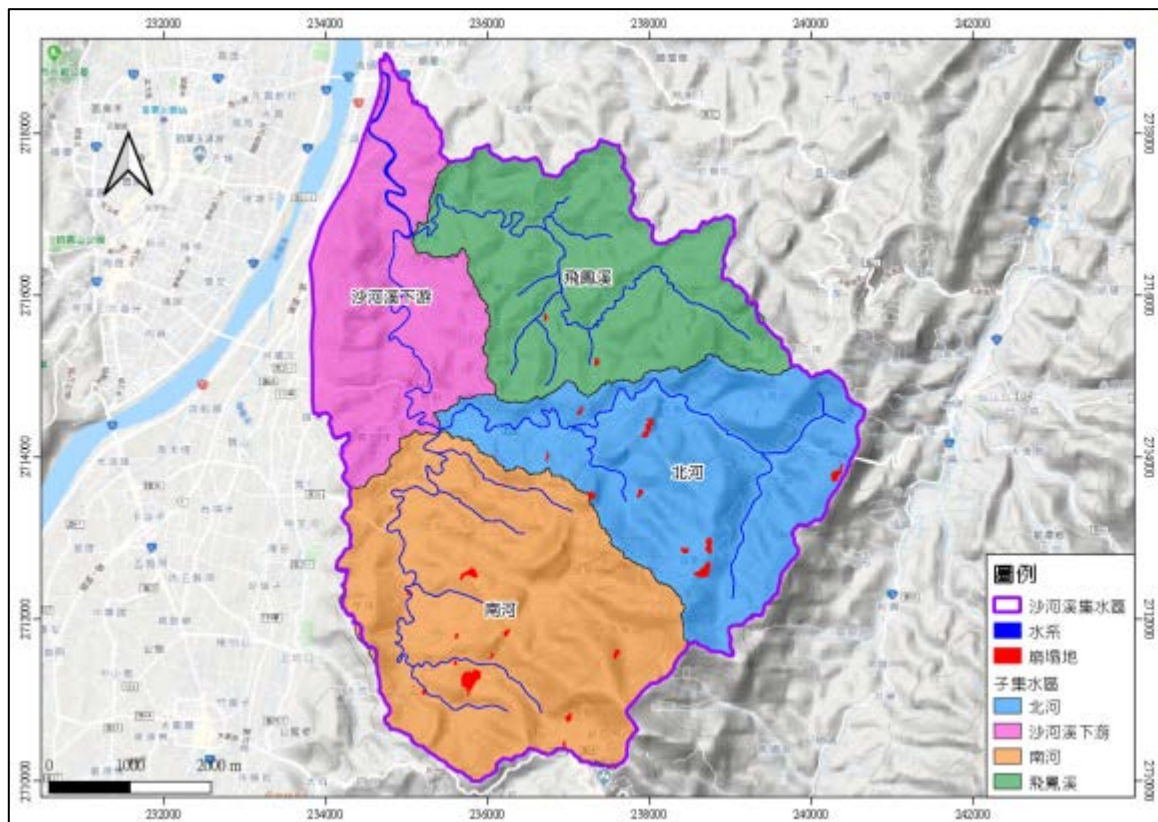


資料來源：本計畫補充自 google map 及參考沙河溪集水區（北河村南北橋重點區域）細部規劃，(2019)

圖 3-8 沙河溪集水區歷年集水區影像及崩塌區域

(二) 歷年崩塌地

本計畫蒐集過去相關規劃報告於民國 101-105 年所進行的崩塌圖判識成果如圖 3-9 所示，其中民國 101 年於集水區中游(北河)產生一處崩塌地面積最大，約 2.7 公頃，其次為集水區上游(南河)產生一處崩塌地面積約 1.0 公頃，近年因重大風災事件較少，坡地植生已有逐漸復育跡象。此外，沙河溪集水區並未有土石流潛勢溪流。



資料來源：沙河溪集水區（北河村南北橋重點區域）細部規劃，(2019)

圖 3-9 沙河溪集水區崩塌地分布圖

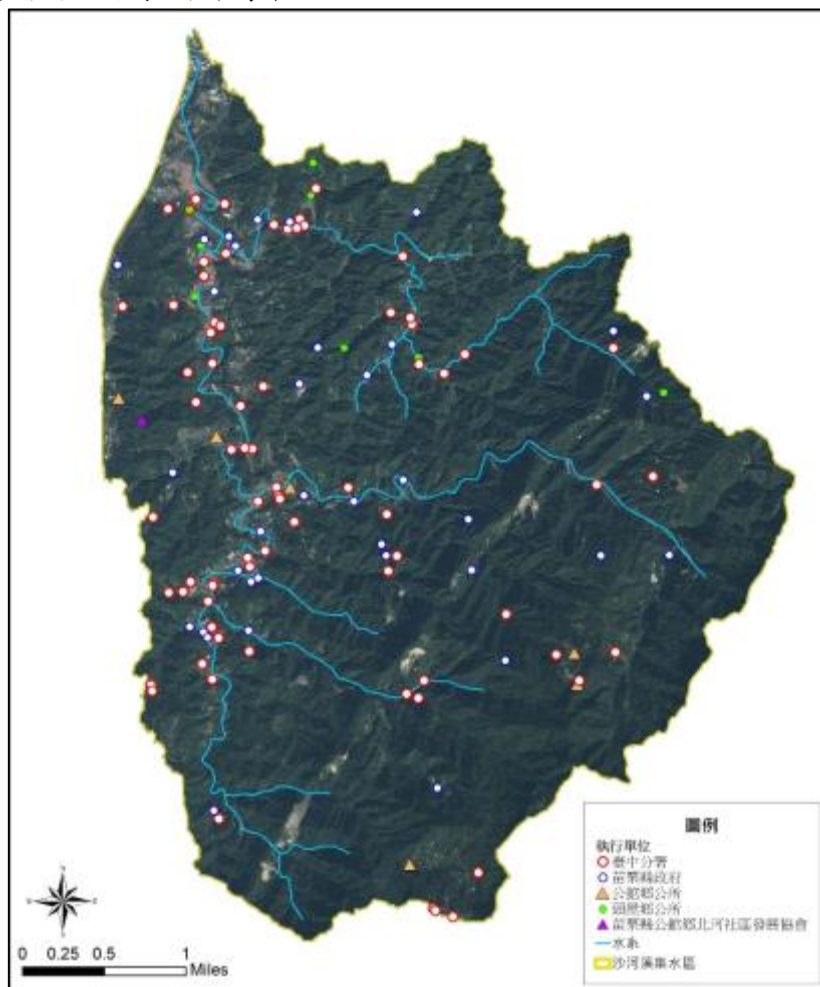
六、歷年已投入治理工程

由水土保持工程管考系統，統計沙河溪集水區內於民國 90 年至 112 年共辦理 132 件整治工程(詳附錄二)，各機關歷年投入整治工程數量統計如表 3-7；整治工程分布情形如圖 3-10 所示。其中屬農業部農村發展及水土保持署臺中分署投入 82 件為最多，約佔 62%，苗栗縣政府次之，約佔 26%。

表 3-7 沙河溪集水區歷年整治工程數量統計

執行機關	件數	件數百分比	經費合計(千)
苗栗縣公館鄉公所	6	5	21,300
苗栗縣公館鄉北河社區發展協會	1	1	250
苗栗縣政府	35	26	67,208
農業部農村發展及水土保持署臺中分署	82	62	315,189
苗栗縣頭屋鄉公所	8	6	25,900
合計	132	100	429,847

資料來源:水土保持工程管考系統



資料來源:水土保持工程管考系統

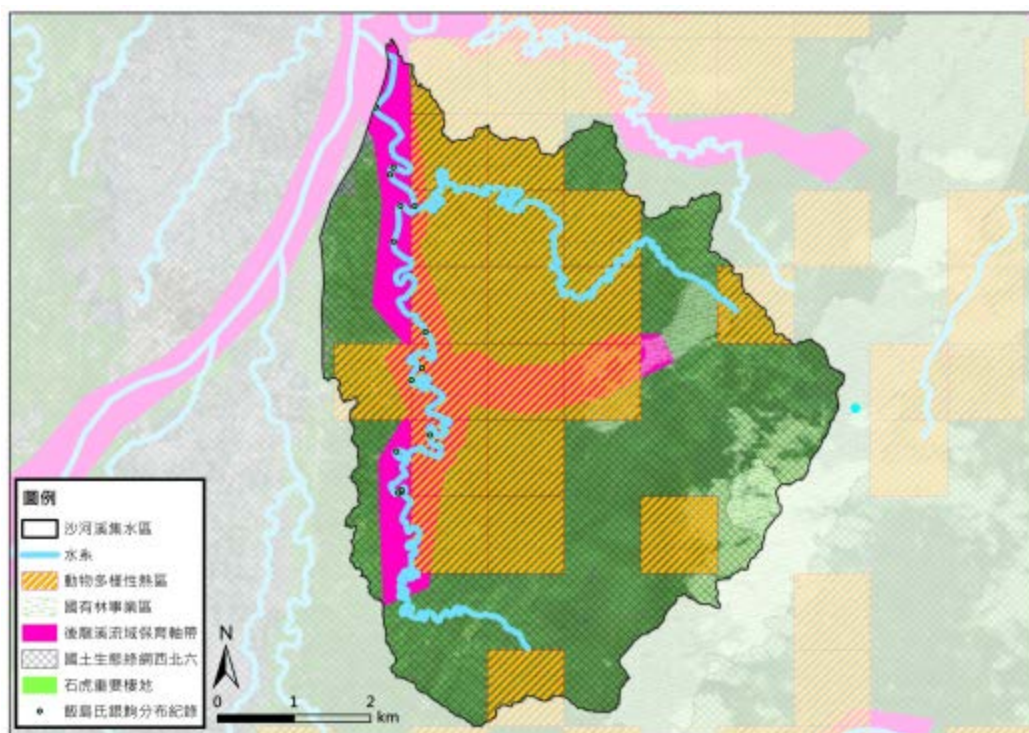
圖 3-10 沙河溪集水區歷年治理工程分布情形

七、生態敏感區域

本研究盤點臺灣法定自然保護區、林務局國土生態綠網及動物多樣性熱區等，並盤點集水區關注物種。其中國土生態綠網保育軸帶為林務局於2022年以綠網關注區資料為基礎，在強調從森林到海岸地景空間的連結與完整下，透過區域性生物調查資料、土地利用情形、政策資源投入情況及

專家意見蒐整，依據保育優先及推動可行性，指認全台「國土生態綠網區域保育軸帶」。其推動目標為依據軸帶內不同空間特性及生態議題，因地制宜投入資源採取行動，逐步改善因人為因素造成的棲地破碎與環境挑戰，串連森林到海岸的棲地網絡。

沙河溪集水區範圍內未有法定自然保護區，但整體集水區位於「國土生態綠網西北六」，水系部分位於「後龍溪流域保育軸帶」(圖 3-11)，亦是石虎重要棲地及動物多樣性熱區。棲地類型主要為森林及溪流，綠網保育目標為提升河川廊道濱溪植被棲地品質，改善與創造原生、多樣的濱溪植被，提供野生動物移動及覓食棲所。並以友善環境理念，選用原生喬木、灌木及草本植物營造多元複層林，提升動植物棲地品質並形成淺山生態保育廊道。關注物種包含石虎、飯島氏銀鮐、纓口臺鯪、臺灣間爬岩鯪、臺灣白甲魚、短吻小鰾鮐、日本鰻鱺、長脂瘋鯿、高體鰱鯪、纓口臺鯪、刺花椒、三葉埔姜等。整體生物多樣性豐富，具優良自然資源。

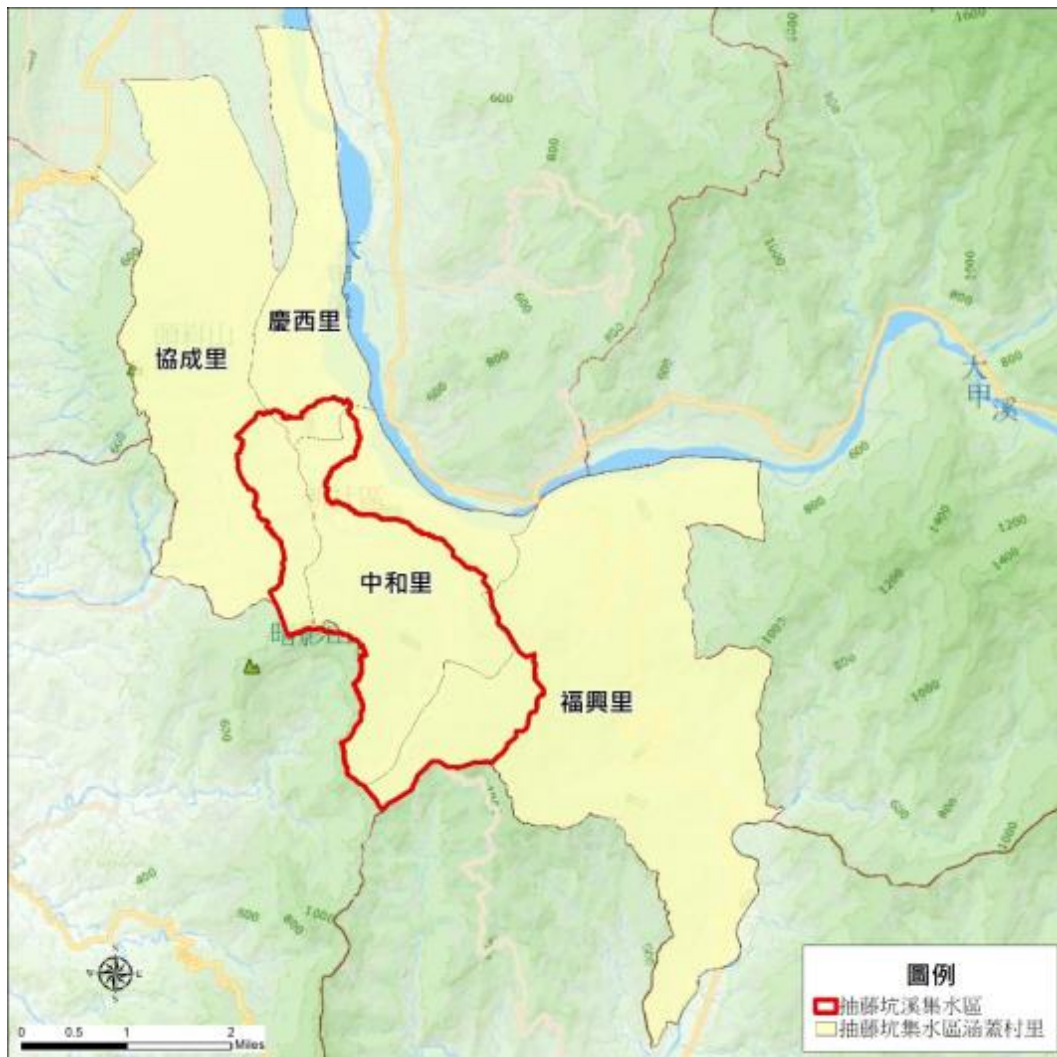


資料來源：臺灣法定自然保護區、林務局國土生態綠網及動物多樣性熱區

圖 3-11 沙河溪集水區生態敏感區域圖

第二節 抽藤坑溪集水區

抽藤坑溪集水區面積為 1,317.40 公頃，位於臺中市新社區(包含中和里、慶西里、協成里及福興里等)內，其中中和里涵蓋面積最大，抽藤坑溪下游則匯入至大甲溪主流(如圖 3-12 所示)。



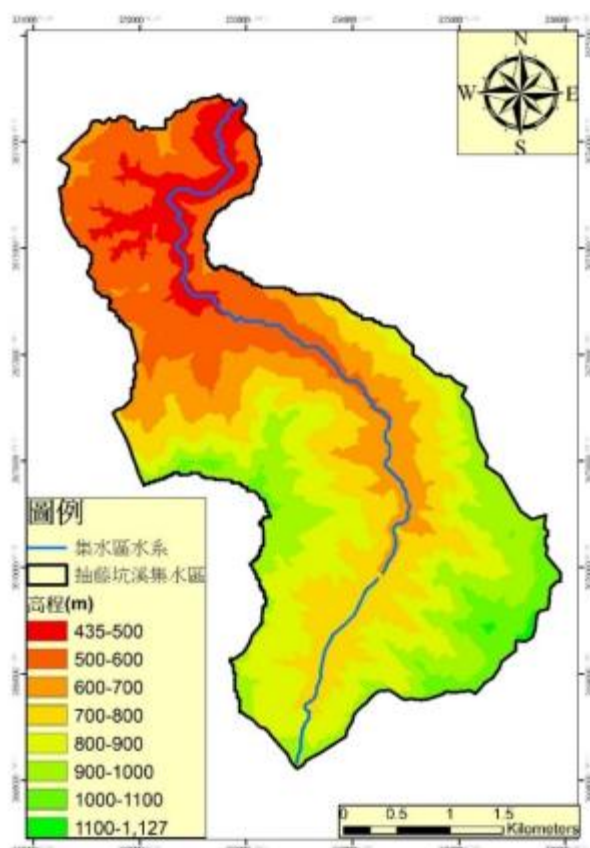
資料來源：本研究套繪

圖 3-12 抽藤坑溪集水區行政區分布圖

一、地形地勢

(一) 高程

集水區高程在 800 公尺以下面積佔總面積約 60.3%，多位於集水區西北部，高程大於 1,000 公尺多集中於東南部，面積佔約 4.7%，如圖 3-13 及表 3-8 所示。



資料來源:中央地質調查所，數值高程模型 5m*5m(2010)

圖 3-13 抽藤坑溪集水區高程分布圖

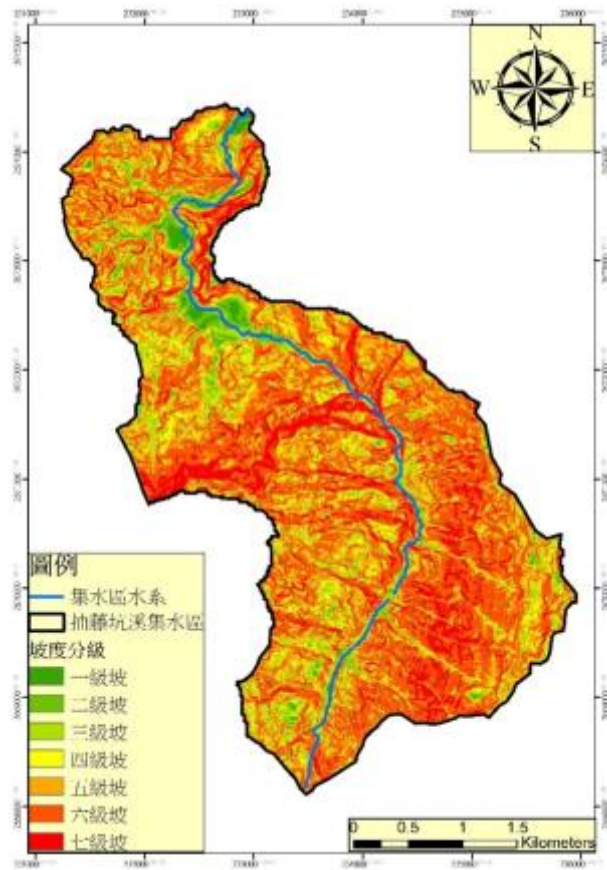
表 3-8 抽藤坑溪集水區高程所占面積百分比一覽表

高程(m)	面積(ha)	百分比(%)
400 - 500	97.7	7.4
500 - 600	254.4	19.3
600 - 700	184.5	14.0
700 - 800	258.0	19.6
800 - 900	277.2	21.0
900 - 1,000	184.2	14.0
1,000 - 1,100	59.1	4.5
1,100 - 1,200	2.3	0.2
合計	1,317.4	100.0

資料來源:中央地質調查所，數值高程模型 5m*5m(2010)

(二) 坡度

坡度以五、六級坡為主，共佔約總面積 60.9%，約 802 公頃，以北側陡峭，南側較為平緩，故北側較容易發生沖蝕及崩塌等災害，坡度分佈及面積統計如圖 3-14 及表 3-9 所示。



資料來源:中央地質調查所，數值高程模型 5m*5m(2010)

圖 3-14 抽藤坑溪集水區坡度分布圖

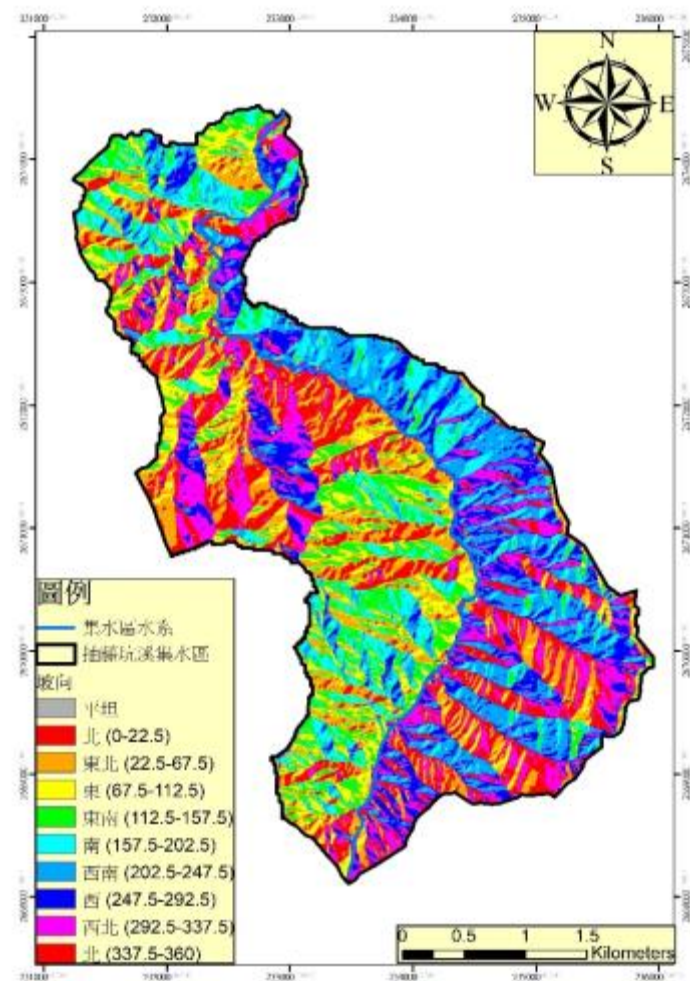
表 3-9 抽藤坑溪集水區坡度級別所佔面積一覽表

坡度	面積(ha)	百分比(%)
一級坡	25.4	1.9
二級坡	60.3	4.6
三級坡	133.9	10.2
四級坡	148.3	11.3
五級坡	274.8	20.9
六級坡	527.0	40.0
七級坡	147.7	11.2
合計	1,317.4	100.0

資料來源:中央地質調查所，數值高程模型 5m*5m(2010)

(三) 坡向

坡向主要以北向、東北為主，分別佔總面積 16.5%、13.7%，故集水區整體流向為西南往東北向流，坡向分佈及面積統計如圖 3-15 及表 3-10 所示。



資料來源:內政部，中央地調所，數值高程模型(DEM)5m*5m

圖 3-15 抽藤坑溪集水區坡向分布圖

表 3-10 抽藤坑溪集水區坡向所佔面積一覽表

坡向	面積(ha)	百分比(%)
北	217.1	16.5
東北	180.9	13.7
東	137.0	10.4
東南	131.4	10.0
南	145.1	11.0
西南	171.4	13.0
西	173.9	13.2
西北	160.6	12.2
合計	1,317.4	100.0

資料來源:中央地質調查所，數值高程模型 5m*5m(2010)

二、地質

(一) 地質組成

依據中央地調所地質資料，集水區內以桂林層面積佔約 71% 為主，其次有南港層約 24%，其餘包含紅土台地堆積層、大寮層及沖積層，地層分布如圖 3-16 及表 3-11。各地質組成資料詳述如下：

1. 桂林層

本層由青灰色泥質砂岩、灰色至白灰色砂岩及頁岩或砂質頁岩組成。根據其岩性自下而上分為關刀山砂岩段、十六份頁岩段、及魚藤坪砂岩段。

2. 南港層

南港層可分成三段。上段以厚層之細粒至中粒砂岩間夾頁岩及砂岩之薄互層組成；中段則以深灰色頁岩為主，夾有砂質頁岩及泥質或鈣質細粒砂岩，岩層厚度約 100~200 公尺；下段以青灰色及淡灰色厚層塊狀、細粒至中粒、鈣質或泥質之砂岩為主，夾有深灰色頁岩，偶夾薄層砂岩，塊狀之鈣質砂岩抗蝕力強，常形成懸崖峭壁。

3. 大寮層

大寮層由厚層塊狀砂岩和不同厚度的頁岩和粉砂質頁岩層，互相重疊而成的。其中夾有凝灰岩層，分別由玄武岩、火山碎屑岩或熔岩流和凝灰質沉積岩組成。

4. 沖積層

沖積層指沖積平原上堆積的岩體，部份也分佈在丘陵區或山地地區的平坦地形面上，其成份以黏土、粉砂、砂和礫石組成，大部份尚膠結不良，其最上部有相當多的部份常被風化成土壤，充分被利用於農業上，沖積層應也包含濱海、海岸地區的砂丘砂，

呈灰色、淡灰黑色、淡棕黃色，其成份大部份為石英粒及板岩屑或其他岩屑，並含有少量的磁鐵礦砂或火成岩的礦物，但量不多。

(二) 地質構造

1. 雙冬斷層

位於集水區西側。雙冬斷層為逆斷層，以大甲溪為界分為 2 段：北段稱為大茅埔斷層，呈東北走向，長度約 14 公里；南段稱為雙冬斷層，約呈南北走向，長度約 55 公里。

雙冬斷層截切頭嵙山層礫岩，屬於第一類活動斷層。集集地震當時，斷層有地表破裂現象，並未有明顯的大量位移，但沿斷層跡有噴沙或噴泥現象；在地震時斷層上盤也有明顯的抬升現象，顯示斷層仍有再活動趨勢。

2. 馬鞍寮斷層

經過集水區中部地區，呈東北-西南方向。馬鞍寮斷層為逆斷層，在斷層之上盤地層多為猴洞坑層與石門村層，下盤則為桂竹林層，地層落差達二千公尺以上。桂竹林層受本逆斷層之推擠，頗多變動，常見小褶皺及斷裂，尤以大甲溪南岸最劇烈。

3. 大橫屏山向斜

經過集水區南部地區，呈東北-西南方向。屬於規模較大之地質構造，其軸部大致以近南北方向。抽藤坑向斜西翼岩層傾角在 50 至 80 度之間，自軸部往西傾角漸陡，向斜東翼岩層傾角則較為均大致在 50 至 60 度之間，呈不對稱之向斜構造。

4. 龜蒲斷層

位於集水區西南側。本斷層由東南推向西北，斷層崖有大橫屏山、酒桶山、暗影山等，斷層線由龜溝向北延伸，經乾溝溪、棉仔園、清水林再到內茅埔以東，往北到暗影山接馬鞍寮斷層。

5. 頭嵙山向斜

位於集水區西北側。頭嵙山向斜軸部為頭嵙山層上部火炎山相礫岩，向下依次出露頭嵙山層下部香山相碎屑岩、卓蘭層、錦水頁岩及桂竹林層。



資料來源:中央地質調查所，五萬分之一區域地質圖(2023)

圖 3-16 抽藤坑溪集水區地質圖

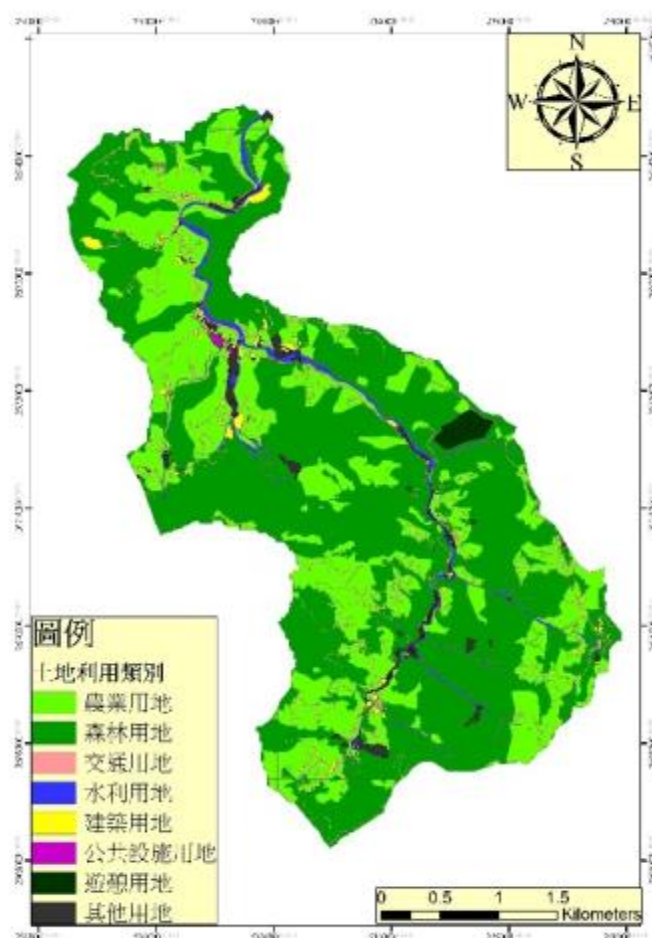
表 3-11 抽藤坑溪集水區地質分佈比例一覽表

地層名稱	面積(ha)	面積比例(%)
沖積層	50.7	3.86
桂竹林層級其相當地層	944.8	71.71
南港層、石底層極其相當地層	321.9	24.44
大寮層、木山層、澳底層及其相當地層	0.01	0.09
合計	1,317.41	100.00

三、土地利用

集水區內土地利用包括農業用地、森林用地、交通用地、水利用地、建築用地、公共設施用地、遊憩用地以及其他用地，如圖 3-17 所示。其中

森林用地佔 59.23%，其涵蓋面積最大，大部分以天然竹林為主；其次為農業用地，佔 33.44%，詳細集水區土地利用統計成果如表 3-12。



資料來源:內政部國土測繪中心(2016)公開國土利用調查成果

圖 3-17 抽藤坑溪集水區土地利用圖

表 3-12 抽藤坑溪集水區土地利用所占面積比例一覽表

土地利用類別名稱	面積(ha)	比例(%)
農業使用土地	440.52	33.44
森林使用土地	780.34	59.23
交通使用土地	27.43	2.08
水利使用土地	25.28	1.91
建築使用土地	14.07	1.07
公共設施使用土地	0.79	0.06
遊憩用地	6.88	0.52
其他用地	22.10	1.68
合計	1,317.41	100.00

資料來源:內政部國土測繪中心(2016)公開國土利用調查成果

四、水文及氣象

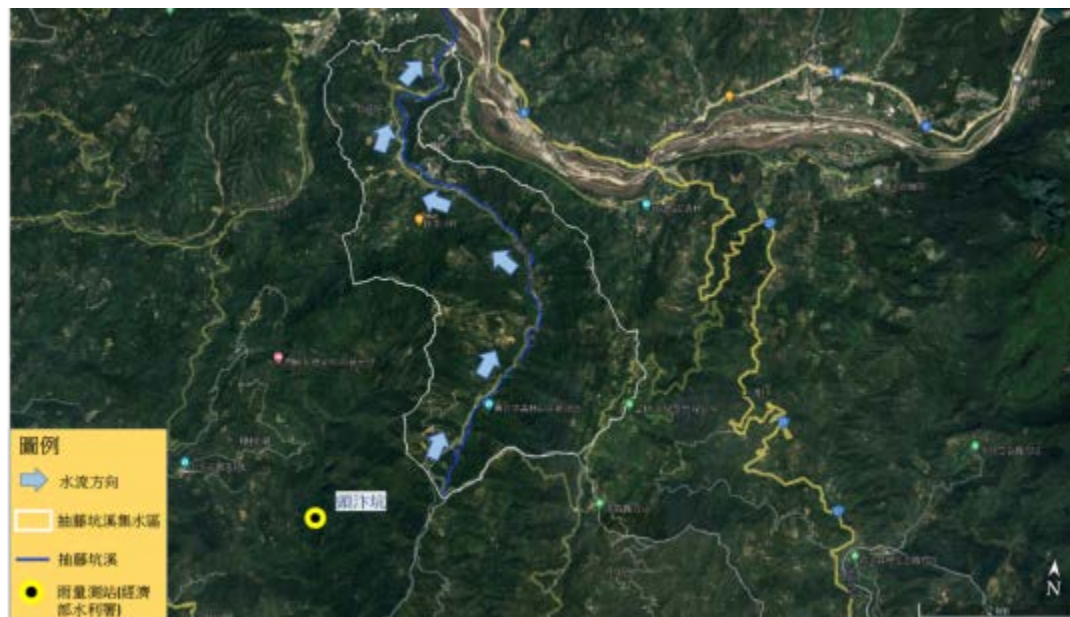
(一) 雨量

集水區內無雨量站，因此採用鄰近經濟部水利署頭汴坑雨量站之觀測資料，水系及雨量站分布情形如圖 3-18 所示。雨量站資訊詳如表 3-13 所示。

表 3-13 抽藤坑溪集水區鄰近雨量站資訊

站名	資料時間	平均年雨量(mm)	所屬機關	測站編號	標高(m)	E	N	站址
頭汴坑	1969/3~迄今	2,268	經濟部水利署	01F680	477	230799.0	2667784.0	東汴里山田路10號

資料來源：經濟部水利署



資料來源：本研究產製

圖 3-18 抽藤坑溪集水區鄰近雨量站分佈圖

(二) 氣溫

年平均溫度約為 23.7°C，以七月之月均溫最高有 28.9°C，最冷為一月 17.0°C，年平均高溫為 28.5°C，年平均低溫為 20.3°C。

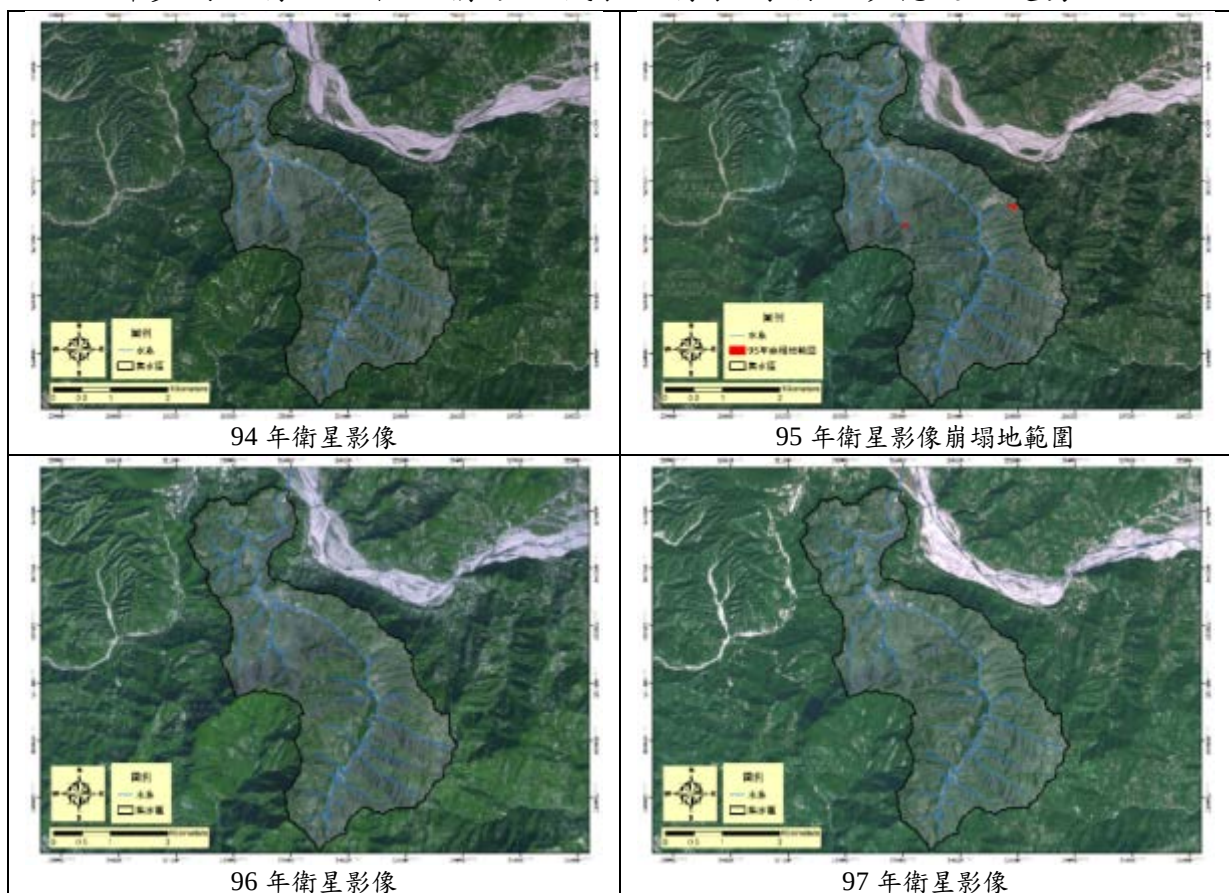
(三) 風速與風向

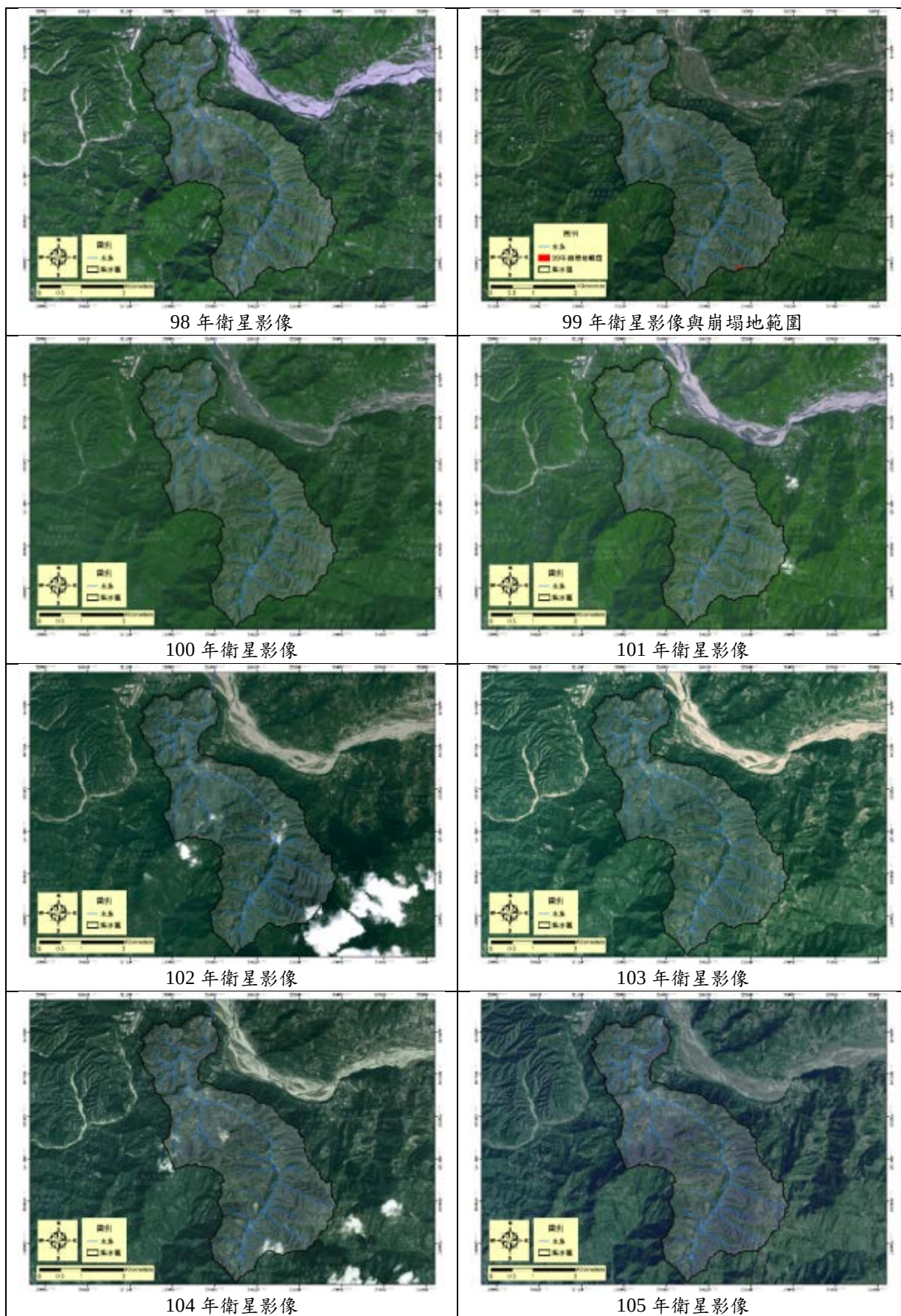
東北季風與西南季風對本集水區影響最大，東北季風始於十月下旬至翌年三月為止。西南季風始於五月上旬至九月下旬，風力不大，年平均風速為每秒 1.5 公尺。

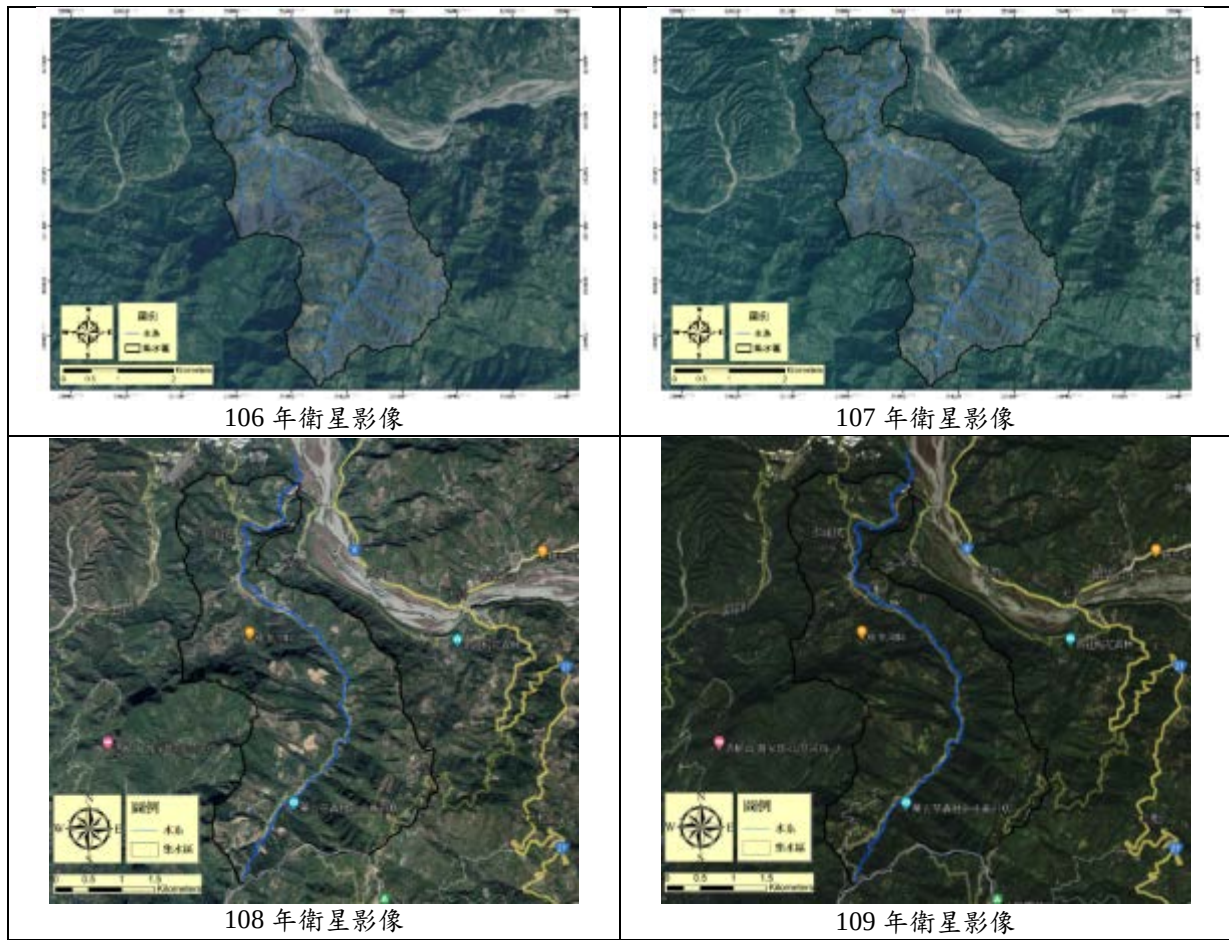
五、歷年重大土砂災害

(一) 歷年集水區影像

本計畫蒐集抽藤坑溪集水區於民國 94 年至 109 年不同時期之衛星影像，如圖 3-19 所示。另參考土石流防災資訊之重大災害事件資料庫等，集水區範圍內之土砂災害歷史紀錄主要為 93 年敏督利颱風，造成抽藤坑溪多處河床土砂淤積、土砂下移等情況。其後，抽藤坑溪進行多期的治理工程，穩定河床、調節土砂下移等，94 年後截至目前為止，已鮮少有土砂災害之情形。現況抽藤坑溪河床十分穩定，甚至許多河段有全面植生情形，代表已有長時期土砂穩定之趨勢。





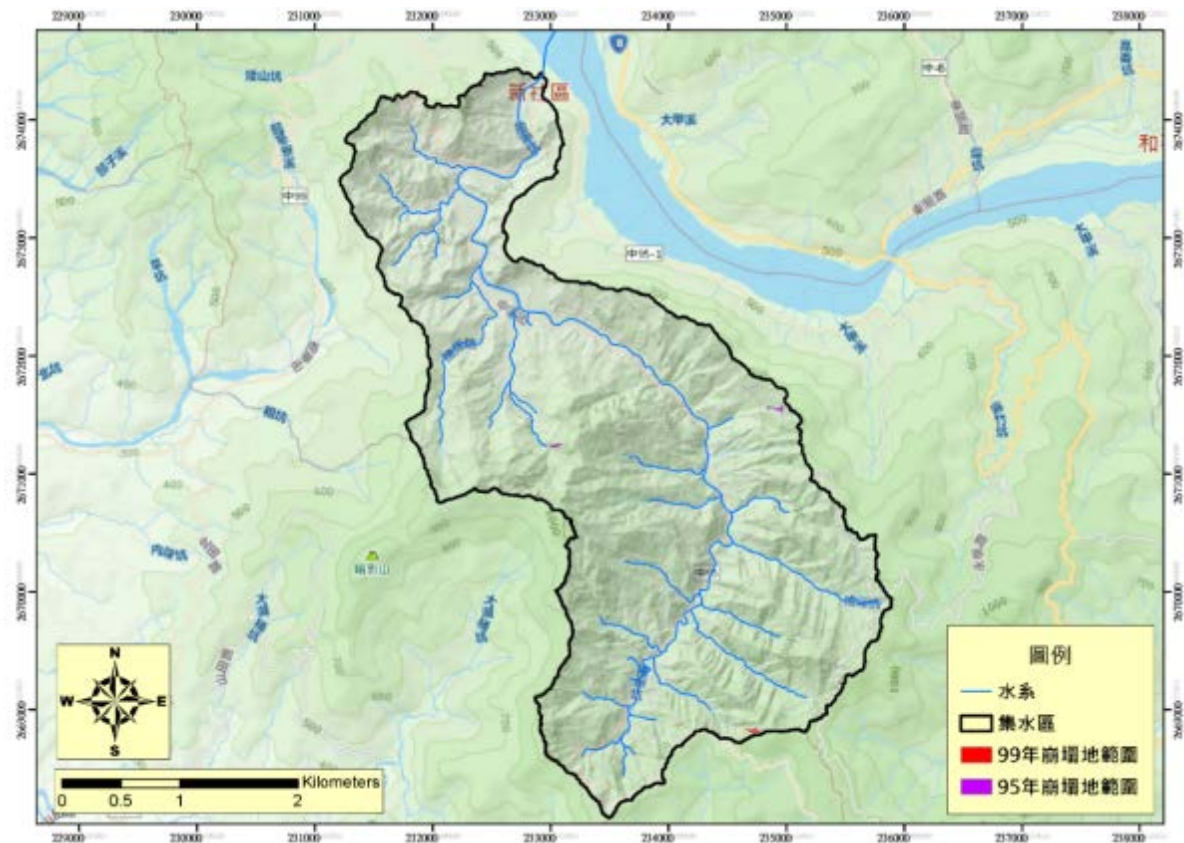


資料來源：本計畫參考 108 年草湖溪、四角林野溪與抽藤坑溪等 3 處重點治理區監測調查及護岸型式分析並增補 108、109 年衛星影像

圖 3-19 抽藤坑溪集水區歷年衛星影像與崩塌地範圍圖

(二) 歷年崩塌地

根據歷年崩塌地與遙測影像資料，如圖 3-20 所示，其中民國 95 年於集水區中游產生一處崩塌地面積約 0.56 公頃；民國 99 年於集水區上游處產生一處崩塌地約 0.29 公頃，惟其道路不可及無人為開發行為，且近年坡地植生有復育跡象。



資料來源：108 年草湖溪、四角林野溪與抽藤坑溪等 3 處重點治理區監測調查及護岸型式分析

圖 3-20 抽藤坑溪集水區崩塌地分布圖

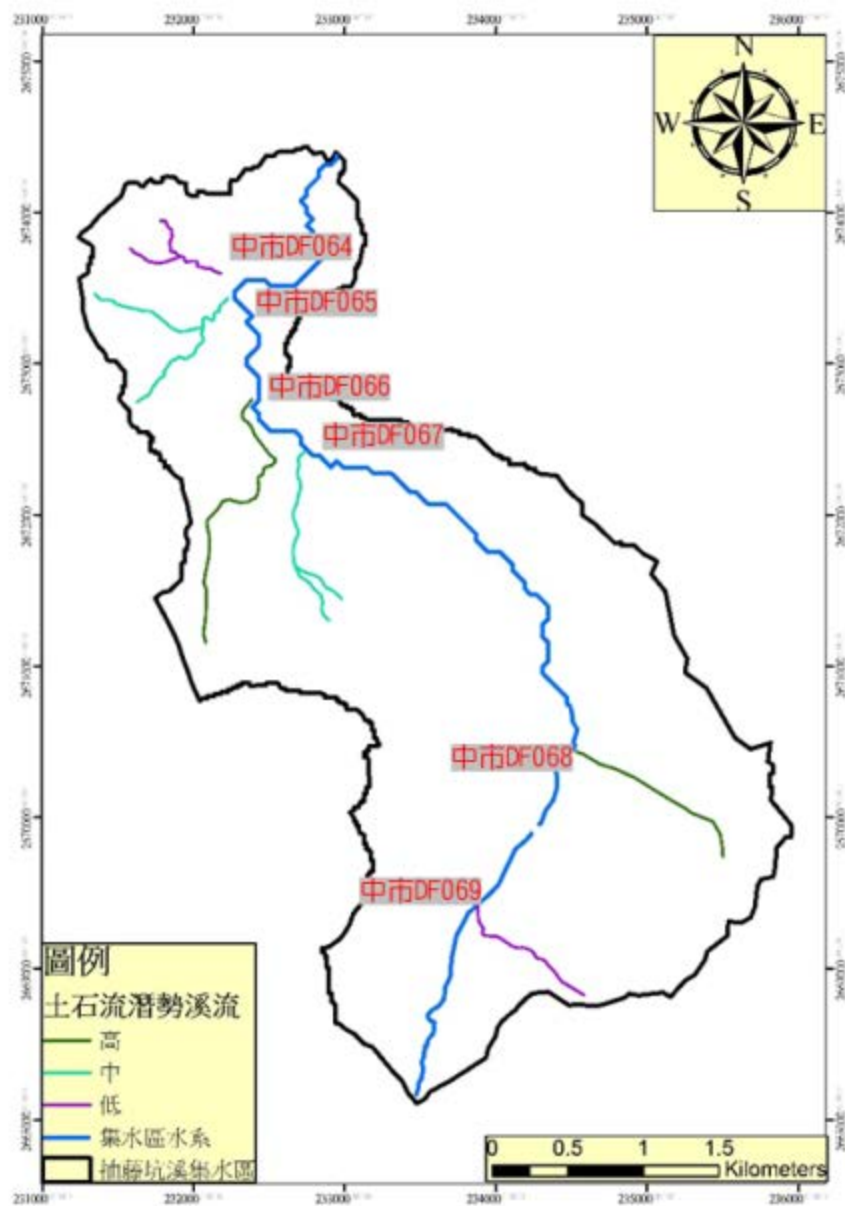
(三) 土石流潛勢溪流

依據農村發展及水土保持署公告之土石流潛勢溪流，計畫區內有 6 條土石流潛勢溪流分布，分別為中市 DF064~中市 DF069，發生類型均屬於溪流型，如表 3-14 及圖 3-21 所示。土石流潛勢溪流風險潛勢等級屬於高、中與低，分別各 2 條。

表 3-14 抽藤坑溪集水區土石流潛勢溪流資訊表

編號	發生類型	潛勢等級	地標	集水區面積(ha)	保全對象
中市 DF064	溪流型	低	十股林	48.12	無
中市 DF065	溪流型	中	中和橋	76.27	湖興街一段 5 戶以上
中市 DF066	溪流型	高	中和國小	94.14	中 95 線 5 戶以上
中市 DF067	溪流型	中	中和大橋	104.96	中 95 線 1~4 戶
中市 DF068	溪流型	低	溪頭二號橋	37.38	中 95 線 1~4 戶
中市 DF069	溪流型	高	溪頭二號橋	89.01	中 95 線 1~4 戶

資料來源：農村發展及水土保持署(2023)



資料來源：本研究產製

圖 3-21 抽藤坑溪集水區土石流潛勢溪流

六、歷年已投入治理工程

由水土保持工程管考系統，統計抽藤坑溪集水區內於民國 90 年至 112 年共辦理 156 件整治工程(詳附錄二)，各機關歷年投入整治工程數量統計如表 3-15；整治工程分布情形如圖 3-22 所示。其中屬農業部農村發展及水土保持署臺中分署投入 128 件為最多，約佔 82%，台中市政府次之，約佔 10%。

表 3-15 抽藤坑溪集水區歷年整治工程數量統計

執行機關	件數	件數百分比	經費合計(千)
台中市政府	16	10%	51,155
台中市新社區中和社區發展協會	7	4%	3,300
台中市白冷圳社區總體營造促進會	1	1%	800
台中市新社區公所	2	1%	8,777
台中市山城人文經濟發展處近協會	2	1%	1,400
農業部農村發展及水土保持署臺中分署	128	82%	649,253
合計	156	100%	714,685

資料來源：水土保持工程管考系統(2021)



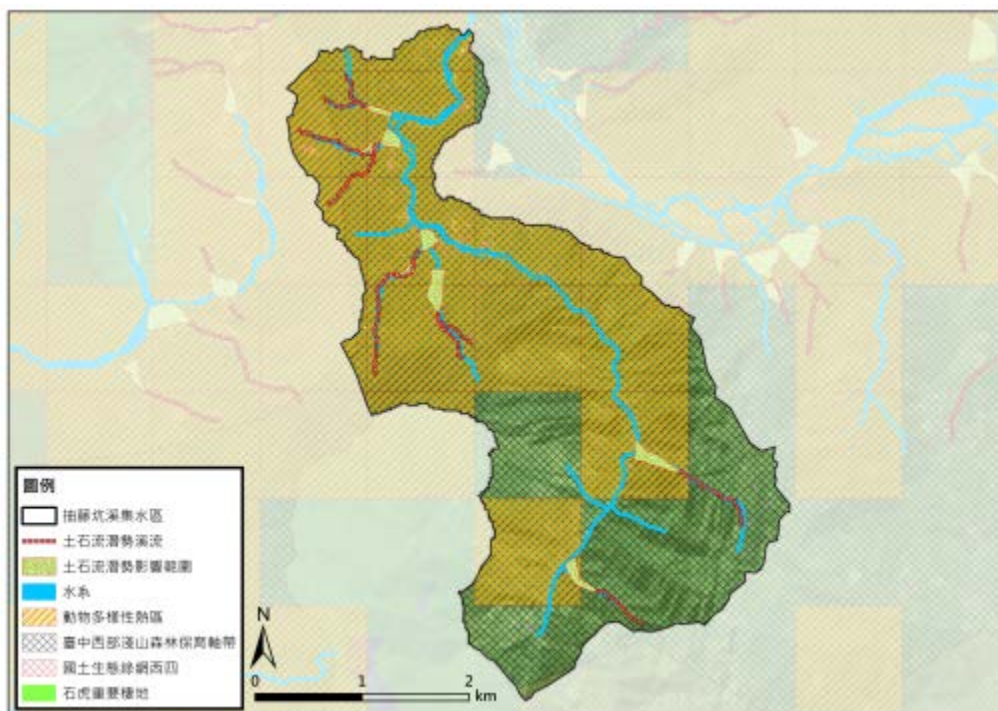
資料來源：水土保持工程管考系統(2021)

圖 3-22 抽藤坑溪集水區治理工程分布情形

七、生態資料

抽藤坑溪集水區範圍內未有法定自然保護區，但整體集水區位於「國土生態綠網西四」及「臺中西部森林保育軸帶」(圖 3-23)，亦是石虎重要棲地及動物多樣性熱區。

棲地類型主要為森林、農田及果園，綠網保育目標為維護保護傘物種(如石虎、臺灣黑熊及熊鷹)的棲地及廊道，以保護臺中之淺山森林生物多樣性。因此建議高風險地區強化瀕危物種保育、推動友善生產環境之營造及里山倡議與地景保育推動等。臺中西部森林保育軸帶之生態廊道範圍從臺中豐原、新社地區，串聯至和平及谷關地區之淺山森林，關注物種包含石虎、臺灣黑熊、熊鷹、辛氏盔蘭及垂枝羊角扭等。水域生態方面過往調查結果(農業部，97 年)共發現魚類 2 目 3 科 8 種，有埔里中華爬岩鰍、台灣纓口鰍、台灣石「魚賓」、台灣馬口魚、短吻小鰾鰻、台灣鏟頰魚、粗首鱾明潭吻鰕虎等，其中埔里中華爬岩鰍為珍貴稀有的三級保育類物種，台中市政府過去(95 年 10 月 24 日起為期 3 年)針對抽藤坑溪發佈封溪護魚公告。



資料來源: 國土生態綠網西四、臺中西部森林保育軸帶

圖 3-23 抽藤坑溪集水區生態敏感區域圖

第四章 溪流生態系功能與服務評估

第一節 沙河溪集水區

本章節研擬於研究案例河段選定前，先行進行現地調查，並依據現地調查成果配合生態系功能與服務評估，作為研究案例河段選定之參考依據，本研究兩處計畫範圍階段成果分述如下：

一、現地調查成果

沙河溪現地勘查作業自沙河溪上游善東橋至後龍溪河口位置進行詳細現況盤點，空間分布如圖 4-1 及圖 4-2 所示，各勘查點位現況對應如表 4-1 至表 4-7，各河段現況概述如下：

(一) 沙河溪上游段:善東橋至南北橋

本河段流路蜿蜒曲折，以棲地變化而言，可以善東橋為界看出差異，善東橋上游棲地多為深潭淺瀨交錯分布之自然環境(圖 4-1 點位 2)。河床粒徑變化點自善東橋下游既有取水堰(堰高約 2.5m，鄰近南河活動中心)，有明顯差異，由現地勘查結果可以發現善東橋上游多為卵礫石河床底質，下游多為白細沙，因此可見攔水堰對於河床底質輸送粒徑具有影響性。善東橋下游至南北橋之間，部分河道可見兩岸農地分布，但多位於兩岸地勢較低處，南坑橋上游無名橋有既有切口式固床工(圖 4-1 點位 7)。

(二) 沙河溪中游段:南北橋至雙合橋

本河段自南北橋下游至飛鳳溪匯流口雙合橋，沿線兩岸土地利用多為農地使用，部分河段可見農民自設取水管灌溉使用，未來亦可作為自然洪氾區規劃。兩岸多治理完成，雖流路固定棲地單一化，但較無災害發生可能性，多處可見局部淤積現象，河床粒徑多為白細沙。

(三) 沙河溪下游段:雙合橋至河口(後龍溪主流匯流處)

本河段屬經濟部水利署第二河川局治理權責河段，兩岸多治理完成，由護岸形式可以發現近年環保意識逐漸提升，兩岸防洪構造物已由早期混凝土型式(圖 4-2 點位 16)轉變為砌石護岸(圖 4-2 點位 18)。

二、生態系功能與服務評估

(一) 濱溪帶生態系功能與服務評估

本研究參考「111 年後龍溪導入 NbS 調適研究計畫」中定義濱溪帶為沙河溪的深槽區往外拓展 50 公尺的空間範圍(下一節抽藤坑溪評估方式亦同)，此一操作型定義，於野溪的尺度已超過護岸或溪流水文直接影響的空間範圍，可作為評估濱溪帶生態系服務的充分範圍。

優先採用既有可公開運用的空間資訊，配合現地勘查成果，以進行核心目標區域—具有高度生態系服務產出潛力的濱溪帶空間—的生態系服務評估工作。故擇 2022 年沙河溪野溪界點至南河一帶上游區域的開源正射影像資料(觀察家生態顧問有限公司，2022)作為評估濱溪帶生態系服務的主要參考資料與空間範疇，以進行土地利用與覆蓋分類(land use and land cover, LULC)。

本研究以土地利用與覆蓋圖為核心，計算可提供不同生態系服務的分類區塊(patch)面積，配合其他對濱溪帶地形地貌以及結構物狀況的評估等資訊，估算環境現況所提供的生態系服務基線指標(baseline)，除提供最新的生態系服務盤點資料外，亦期未來能建立生態系服務評估的工作方法。本研究將上開濱溪帶範圍依據：(a)橋樑、(b)縱向結構物起終點、(c)可見具有較大落差的橫向構造物、(d)濱溪帶植被或土地利用形式改變、(e)支流匯入口等五項準則，切分為長度在 100-600m 間相對均質之野溪區段。



圖 4-1 沙河溪集水區現地勘查位置分布圖(1/2)



圖 4-2 沙河溪集水區現地勘查位置分布圖(2/2)

表 4-1 沙河溪集水區現地勘查表(1/7)

現勘點位		1.善東橋上游(1)	2.善東橋上游(2)	3.善東橋
座標 (TWD97)	X	165600	234908	234922
	Y	2712705	2713011	2713085
上游照片				
現況說明		上游具雙孔箱涵之過水路面	河床多卵礫石，水質清澈	兩側農民設有取水管，下游右岸淤積。
下游照片				
現況說明		左側護岸設有取水管，下游右岸淤積	兩側淤積，植生茂密，河床多砂質。	鄰近南河活動中心旁之既有取水堰。

資料來源：本計畫現地勘查(112/3/28)增補及參考 111 年後龍溪導入 NbS 調適研究計畫，農村發展及水土保持署

表 4-2 沙河溪集水區現地勘查表(2/7)

現勘點位		4.豫章橋	5.雙河橋	6.新庄橋
座標 (TWD97)	X	234736	234905	234832
	Y	2713133	2713331	2713525
上游照片				
現況說明		農民設有取水管，兩岸少部分淤積。	右岸野溪匯入，植生茂密。	兩側護岸皆設有抽水管和淤積。
下游照片				
現況說明		護岸設有取水管，右岸淤積。	右岸淤積，左岸為農地(現堆置棄土)。	左側護岸設有取水管，兩岸淤積。

資料來源：本計畫現地勘查(112/3/28)增補及參考 111 年後龍溪導入 NbS 調適研究計畫，農村發展及水土保持署

表 4-3 沙河溪集水區現地勘查表(3/7)

現勘點位		7.南坑橋上游無名橋	8.南坑橋	9.桂河橋
座標 (TWD97)	X	235178	235249	235252
	Y	2713593	2713561	2713768
上游照片				
現況說明		右岸設有取水管，河道具切口式固床工	右岸局部土石堆積，左岸臨農路	左側農民設有取水管，農地地勢較低。
下游照片				
現況說明		原右岸邊坡出露(現堆置棄土)	地貌原始，右岸細沙淤積	河道淤積，左岸植生茂密。

資料來源：本計畫現地勘查(112/3/28)增補及參考 111 年後龍溪導入 NbS 調適研究計畫，農村發展及水土保持署

表 4-4 沙河溪集水區現地勘查表(4/7)

現勘點位		10.南北橋	11.萬安橋	12.金砂橋
座標 (TWD97)	X	235322	235265	234962
	Y	2714063	2714791	2716093
上游照片				
現況說明		水淺流動緩慢。	右側大範圍淤積。	右岸為預鑄式護岸，左岸淤積。
下游照片				
現況說明		左岸農民設有取水管，右岸地貌自然	左岸為完工隱形護岸，右岸鄰產業道路	下游具切口式固床工，兩岸細砂淤積。

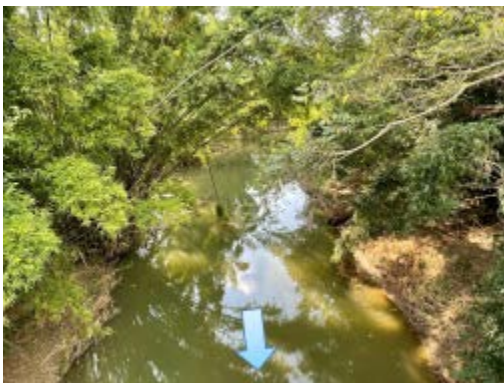
資料來源：本計畫現地勘查(112/3/28)增補及參考 111 年後龍溪導入 NbS 調適研究計畫，農村發展及水土保持署

表 4-5 沙河溪集水區現地勘查表(5/7)

現勘點位		13.長壽橋	14. 雙合橋(河川局治理界點)	15. 宮前橋
(TWD97)	座標 X	234774	235075	235048
	Y	2716342	2716763	2716773
上游照片				
現況說明		河道坡緩，水淺流動緩慢。	兩岸地貌原始	上游左岸淤積，地勢較低
下游照片				
現況說明		右岸地貌原始，兩岸淤積。	沙河溪與飛鳳溪匯流口，左岸淤積。	河道淤積，右岸具產業道路。

資料來源：本計畫現地勘查(112/3/28)增補及參考 111 年後龍溪導入 NbS 調適研究計畫，農村發展及水土保持署

表 4-6 沙河溪集水區現地勘查表(6/7)

現勘點位		16.曲洞橋	17.文英橋	18.沙河橋
(TWD97)	座標 X	234772	234808	234545
	Y	2717302	2717414	2718096
上游照片				
現況說明		上游左岸道路塌陷，現地施工搶修	兩岸地貌自然坡緩，水淺流動緩慢。	護岸工程已完工。
下游照片				
現況說明		河道坡緩，水淺流動緩慢。	兩岸地貌自然坡緩，水淺流動緩慢。	護岸工程施作中，水淺流動緩慢。

資料來源：本計畫現地勘查(112/3/28)增補及參考 111 年後龍溪導入 NbS 調適研究計畫，農村發展及水土保持署

表 4-7 沙河溪集水區現地勘查表(7/7)

現勘點位		19.雙龍橋	20.文德橋	21.河口(後龍溪匯流處)
(TWD97)	座標 X	234778	234636	234488
	Y	2718630	2718807	2718969
上游照片				
現況說明		左岸農民設有取水管，兩岸臨民宅	經人口密集區域，兩岸植生茂密。	兩岸地貌自然，植生茂密。
下游照片				
現況說明		右岸農民設有取水管，兩岸臨民宅	下游經東西向快速公路，兩岸植生茂密	河口後龍溪匯流處，水緩水位高。

資料來源：本計畫現地勘查(112/3/28)增補及參考 111 年後龍溪導入 NbS 調適研究計畫，農村發展及水土保持署

於各區段中，溪床底值、兩岸植被與土地利用型態、水資源利用或注入形式均可被視為近似。經人工圖判，於沙河溪共判定36個溪流區段，各區段分布與範例如圖4-3。但為了方便評估各野溪區段內常態受野溪影響空間範圍(如推定為經常性淹水、植被明顯受溪流影響、或為降低災害風險而栽植竹林或建設結構物的範圍)內的生態功能與生態系服務，本研究亦於各野溪區段內依上述標準切分出溪流廊道，以評估野溪開闊度、直接攔阻逕流或污染物、以及生物地理化學交換作業介面等指標項目。



資料來源: 111 年後龍溪導入 NbS 調適研究計畫，農村發展及水土保持署

圖 4-3 沙河溪區段與溪流廊道一覽

(二) 濱溪帶生態系功能與服務指標設定

國內發展運用地景指標於作為小尺度環境治理規劃中的生態系服務評估工具的研究相對不足(陳彥勳與李盈潔，2020)，並沒有可直接用於評估集水區範圍內生態系功能與服務的指標。故以前述之開源高解析度正射影像，進行土地利用與覆蓋分類與判釋，並將土地利用與覆蓋各分類與潛在的生態系功能與服務對應(參考 Sharma et al. 2019、Yirsaw et al. 2017)，以分類單元面積作為主要資料來源，進行小範圍目標區域(在本計畫內主要溪流的濱溪帶)內的生態系功能與服務區塊盤點。

此外，參考 Riis 等(2020)的架構，針對濱溪帶先劃分出無明顯擾動的草生地、竹林、森林等三類重要的生態系服務產出土地利用與覆蓋單

元，再依據地表植被與空間狀況，將濱溪帶區域內再區分為裸露地、旱田、水田、開放水體、建成地區與結構物、高強度人為擾動綠地等六類型的分類單元(表 4-8)。

表 4-8 河溪濱溪帶土地利用與覆蓋分類單元一覽表

編號	分類單元	說明	高相關的生態系功能或服務
Cat_01	無明顯擾動的草生地	自然或近自然草生地，不區分優勢物種屬性，以五節芒、象草等高莖草地為主	碳吸存、入滲、截流、攔截粒徑較小之土砂與污染物、營養鹽吸取與物質交換、提供利用草地的物種棲地 ¹
Cat_02	竹林	以桂竹、綠竹等物種為主要組成的類別	碳吸存、水文循環、入滲、截流、資材使用、控制侵蝕、提供利用竹林或竹林邊緣的物種棲地 ¹
Cat_03	森林	包括人工、次生或天然林，不分樹種類型，主要以喬木組成之區塊皆屬本類別	碳吸存、水文循環、入滲、截流、控制侵蝕、提供利用森林或森林邊緣的物種棲地 ¹
Cat_04	裸露地	因人為擾動或自然災害而暫時無植被覆蓋的表土、崩塌地、溪床底質以及農田無植栽區	入滲 ² 、提供部分可適應劣化棲地的物種利用，然因擾動頻仍，對於周邊環境有一定負面影響
Cat_05	旱田	旱作，包括但不限菜園、大規模經濟栽培作物、檳榔、稀疏種植的果樹園等有栽植作物之部分	入滲 ² 、提供部分可適應開闊棲地的物種利用，然因擾動頻仍，對於周邊環境有一定負面影響
Cat_06	水田	每年於特定時期暫時湛水之水稻田區與田埂空間，判釋上參考現勘結果與衛星影像等資源處理	入滲、滯洪、養分交換、微氣候調節、初級生產與文化地景、提供喜好靜水域環境的物種棲地 ^{3,4,5}
Cat_07	開放水體	包括沙河溪主流路、農塘、魚池、生態池、自然窪蓄、一定寬度以上之坑溝等一定面積大小以上之水體	維持穩定的微氣候條件、物質與能量交換主要介面之一、地景營力、提供水域生物棲地、直接提供水資源 ⁶
Cat_08	建成地區與結構物	判釋以混凝土、柏油等硬鋪面，或護岸、全封底溝渠、固床工、建地、房舍建物、永久型農業設施等結構為主	因以硬鋪面、混凝土結構等不透水材質為主，無植生覆蓋，無生態系服務產出或屬負面影響
Cat_09	高強度人為擾動綠地	包括公園綠地、住家或公共空間草坪、旱作外圍的田埂等經常刈草或受交通工具碾壓的短草區	入滲、提供部分可適應劣化棲地的物種利用、少量初級生產，然因擾動頻仍，對於周邊環境有一定負面影響 ⁷

資料來源：1Riis 等(2020)、2吳瑞賢與張嘉軒(1996)、3陳彥勳與李盈潔(2020)、4陳思宏等(2021)、5陳世楷等(2015)、6Postel and Carpenter(1997)、7Zhao et al.(2020)、8Griebler and Avramov(2015)

Riis 等(2020)的方法，是透過評估濱溪植被在不同時、空間尺度上產生生態系服務的重要性，因此是以全球尺度進行的重要性評估。但在子集水區的層次上，仍可參考其他參考文獻(詳表 4-8、表 4-9 說明)所指認之濱溪植被提供生態系服務的再現性，以及生態檢核機制中常用於現勘人員現場判釋生態系功能之「野溪治理工程生態回復追蹤評估指標」(田志仁，2019)，設計指標中不同分類單元之單位面積所提供生態系服務組成的權重。本研究設定探討的濱溪帶生態系功能與服務指標並舉證引用文獻如表 4-9，指標的計算或評估方式如表 4-10。

表 4-9 濱溪帶生態系功能與服務指標設定

功能或服務分類	編號	功能或服務內容	說明
穩定週邊 SEPLs 機能 (支持、調節)	ES_01	自然的溪流邊坡保護	非面積類型指標，評估溪流左右岸的橫向連結與濱溪帶植被是否完整，以提供邊坡保護功能、廊道與可利用棲地 ¹
	ES_02	微氣候與野溪流量調節	擾動較小的綠地等土地利用與分類單元因行使較強的蒸發散作用、或於部分/全季節均有大規模水體，故可影響並穩定小尺度的微氣候條件 ² 。此外，因這類綠帶亦具有截流並穩定溪流流量之功能，故與穩定微氣候視為同一項目進行評估 ³
過濾與維持溪流水體品質(調節)	ES_03	阻攔部分農業施用資材與營養鹽	評估全野溪區段內可以吸收或截流農業污染物與過量營養鹽的自然植被之區塊面積 ⁴
	ES_04	攔阻土砂與其他大型污染物	評估全野溪區段內可以攔阻不同粒徑大小物質直接進入溪流的自然植被之區塊面積 ⁴
	ES_05	穩定水溫與有機凋落物產出	水體受樹冠的遮蔽度與水溫的穩定、水體可以產出的有機凋落物總量相關 ⁵
碳保存(支持)	ES_06	碳保存潛力	評估地上部生物量作為碳庫功能的區塊(草生地、竹林、森林)之大小 ³
水資源涵養與保育(支持、調節、供給)	ES_07	入滲與地下水挹注	主要評估陸域可透水性界面的區塊大小 ⁶
	ES_08	孔隙與自然底質提供生物化學交換與伏流水挹注界面	主要評估水域(溪流廊道內)提供孔隙、物質交換界面與滲水界面的區塊大小 ⁷
溪流廊道敏感性	ES_09	水域縱向阻隔狀態	非面積類型指標，評估水域廊道於該區段間是否有水域物種上下游遷徙之阻礙 ¹
	ES_10	水域棲地多樣性	非面積類型指標，估計溪流內潭、瀨出現之頻度與次數，以瞭解水域棲地多樣性狀況 ¹

資料來源：1 田志仁(2019)、2 陳彥勳與李盈潔(2020)、3 Acharya, et al.(2020)、4 Riis 等(2020)、5 Garner, et al., 2017、6 陳世楷等(2015)、7 Griebler and Avramov(2015)

表 4-10 量化評估方式說明

功能或服務分類	編號	資料輸入	服務評估方式
穩定週邊 SEPLs 機能 (支持、調節)	ES_01	人工判釋左右岸棲地連結性與濱溪帶寬度	評估左右岸狀態，若有護岸，垂直 RC 給分為 0，緩坡或隱藏 1 或 2、草生地或森林視其堤後坡為聚落、農地或大範圍森林 2-4。兩岸加總後常規化
	ES_02	全野溪區段範圍內竹林、森林、草生地、水田等具有穩定區域微氣候、野溪流量的區塊面積	全野溪區段內竹林、森林、水田面積佔該野溪區段的面積比例加總
過濾與維持 溪流水體品質(調節)	ES_03	全野溪區段內具有較強營養鹽吸收潛力的自然地景(草生地、竹林、森林)的面積	(草生地面積*5+竹林面積*10+森林面積*10)/全野溪區段面積，利用所有野溪區段的計算結果進行最大最小值常規化
	ES_04	全野溪區段內具有較強過濾、截流潛力的自然地景(草生地、竹林、森林)區塊的面積	(草生地面積*10+竹林面積*5+森林面積*5)/全野溪區段面積，利用所有野溪區段的計算結果進行最大最小值常規化
	ES_05	以溪流廊道範圍內的竹林與森林面積佔比估算水體受植生遮蔽度	(溪流廊道內竹林面積+森林面積)/溪流廊道總面積，利用所有野溪區段的計算結果進行最大最小值常規化
碳保存(支持)	ES_06	全野溪區段內具有較強碳匯潛力的自然地景(草生地、竹林、森林)的區塊面積	草生地面積*1+竹林面積*3+森林面積*10，利用所有野溪區段的計算結果進行最大最小值常規化
水資源涵養 與保育(支持、調節、供給)	ES_07	全野溪區段旱作、人為擾動嚴重的綠地等經常受到碾壓而透水性略差的分類單元、以及建成地區這類完全不透水的分類單元面積比例	1-(野溪區段內旱田面積*0.5+人為擾動嚴重的綠地面積*0.5+建成地區面積*1)
	ES_08	溪流廊道範圍內非硬鋪面或結構物的區塊所佔的比例	計算溪流廊道內的自然棲地面積(開放水域、森林、竹林、草生地、擾動無植被區)比例總和
溪流廊道敏感性	ES_09	人工判釋水域縱向連結性與過往的治理投入量	計算正射影像與現勘所記錄之固床工、攔水堰等橫向結構物數量，不含橋樑
	ES_10	人工判釋溪流廊道內水域棲地組成狀況	依可見開闊水域評估，封底為 0、純緩流或純瀨區為 1、深潭出現或潭賴交錯為 2

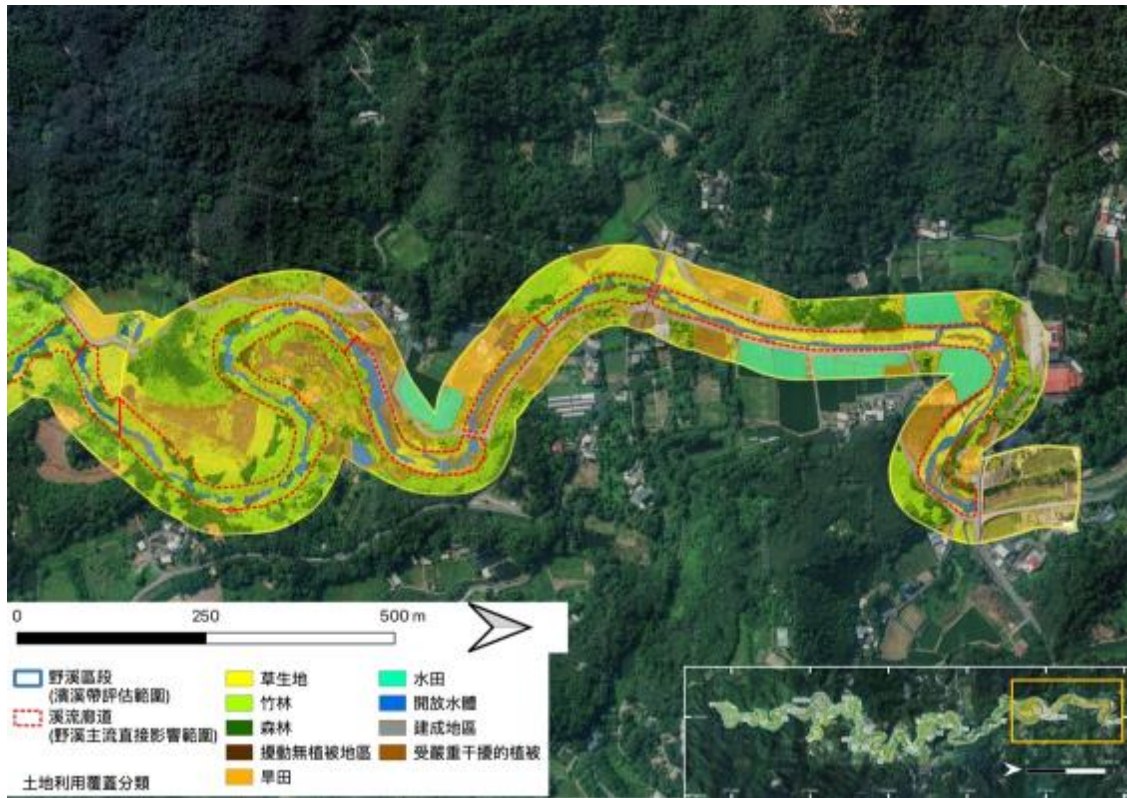
資料來源：111 年後龍溪導入 NbS 調適研究計畫，農村發展及水土保持署

(三) 土地利用與覆蓋分類

本研究參考「111 年後龍溪導入 NbS 調適研究計畫」使用 GRASS GIS 監督式分類工具進行訓練資料的建立與影像分類(Shapiro, et al. 2022, <https://github.com/OSGeo/grass/tree/main/imagery/i.maxlik>)，利用前述開源正射影像之可見光波段，產出每像元 0.5 公尺解析度的濱溪帶土地利用與覆蓋圖。雖這類物件導向分類法，在地形地貌與植被組成複雜的臺灣低海拔淺山區域，易受到複雜鑲嵌地景與植被、UAV 成像品質、解析度以及陰影等因素的影響，但在持續改進訓練資料與合理的分類空間範疇的設定下，仍可提供良好的土地利用與覆蓋現況解釋力，以利用於本研究範圍濱溪帶尺度的整體比較與討論。

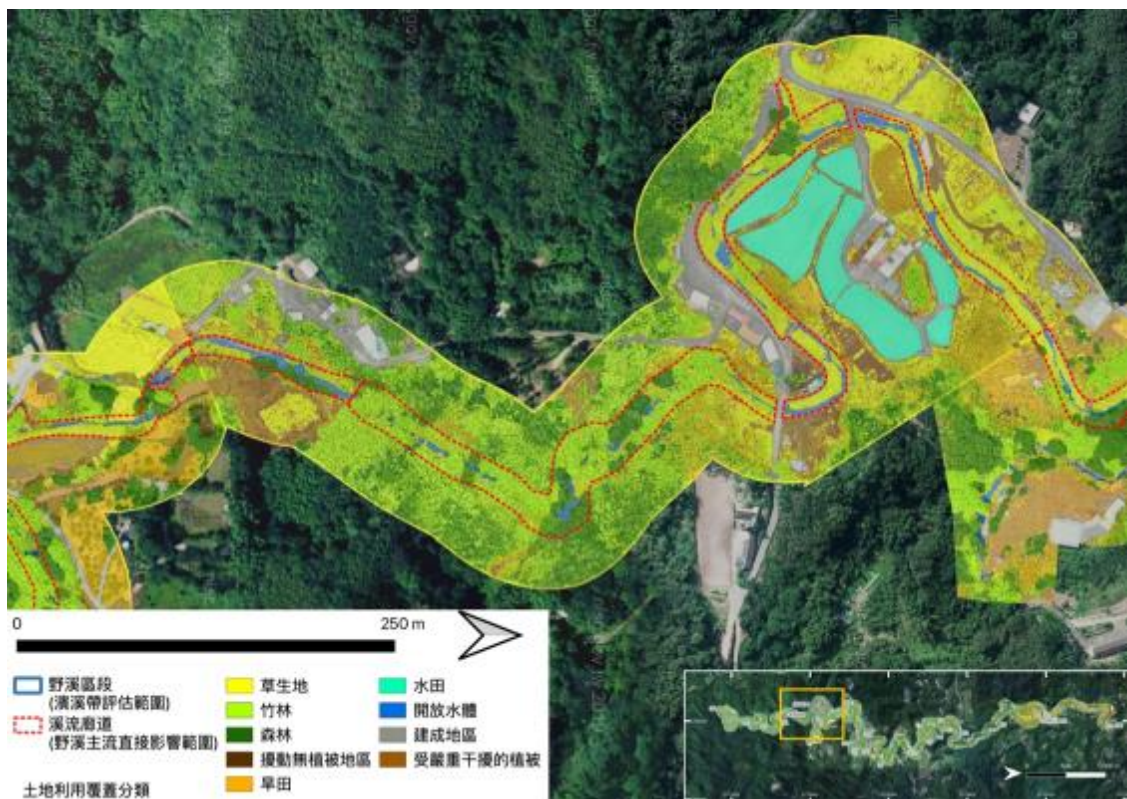
依據正射影像日期與品質等差異，將分析範圍分區進行監督式分類與成果檢定，此分區並不等同於前述的野溪區段，亦不影響後續分析結果，僅作為運算成果檢驗的分區使用。為檢核與校正影像分類的成果，利用訓練資料對比分類成果運算混淆矩陣，計算各分類成果的整體分類正確率與 kappa 值，確認符合預期成果後(kappa 值以 0.5 作為檢核閾值)，再透過手動校正網格數值以改進土地分類成果。監督式分類配合手動校正的最終成果如圖 4-4 至圖 4-8，全評估範圍濱溪帶的土地利用與覆蓋比例估算方式如表 4-10，各溪流區段之土地利用與覆蓋類別統計資料詳見表 4-11~表 4-12。

建議可搭配人工判釋，調整參數、訓練圖層與分類區間，以優化監督式分類的正確性，最後透過手動調整成果，以利分類成果更趨近現況。未來可進一步探尋可能優化分類之方法，以適應目標尺度的生態系服務資源評估工作。



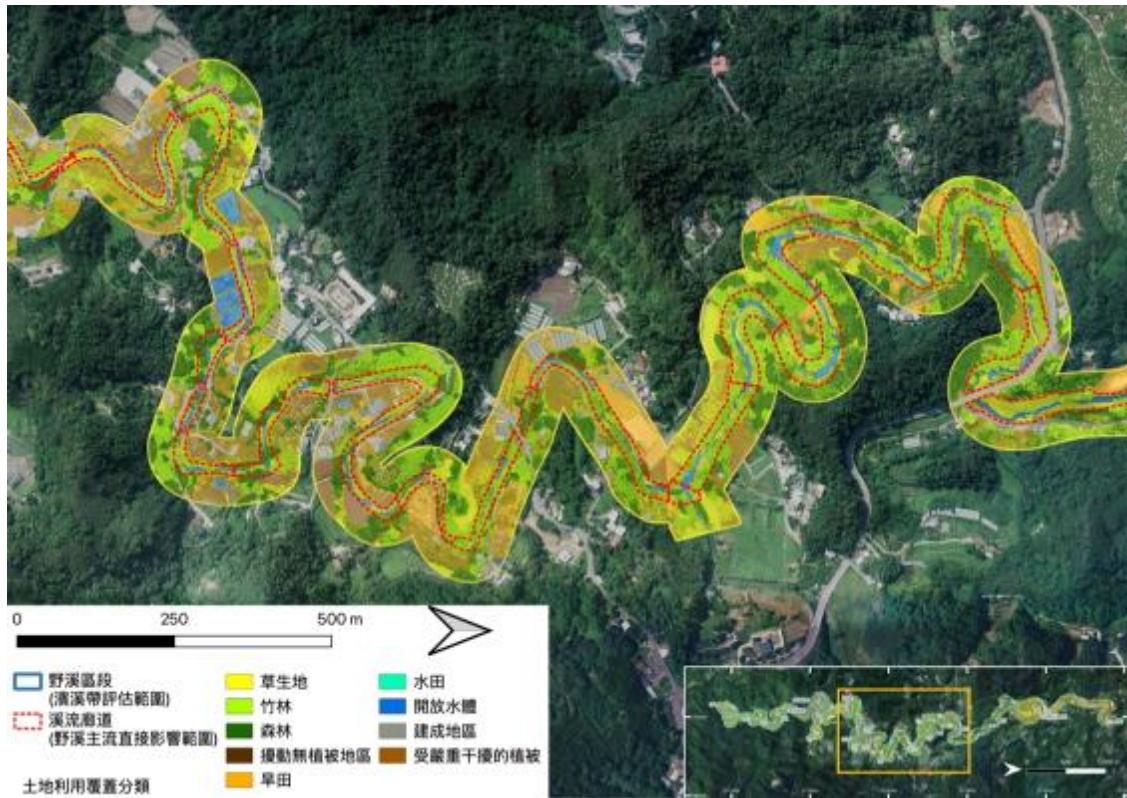
資料來源: 111 年後龍溪導入 NbS 調適研究計畫，農村發展及水土保持署

圖 4-4 沙河溪濱溪帶土地利用與覆蓋分類圖(1/5)



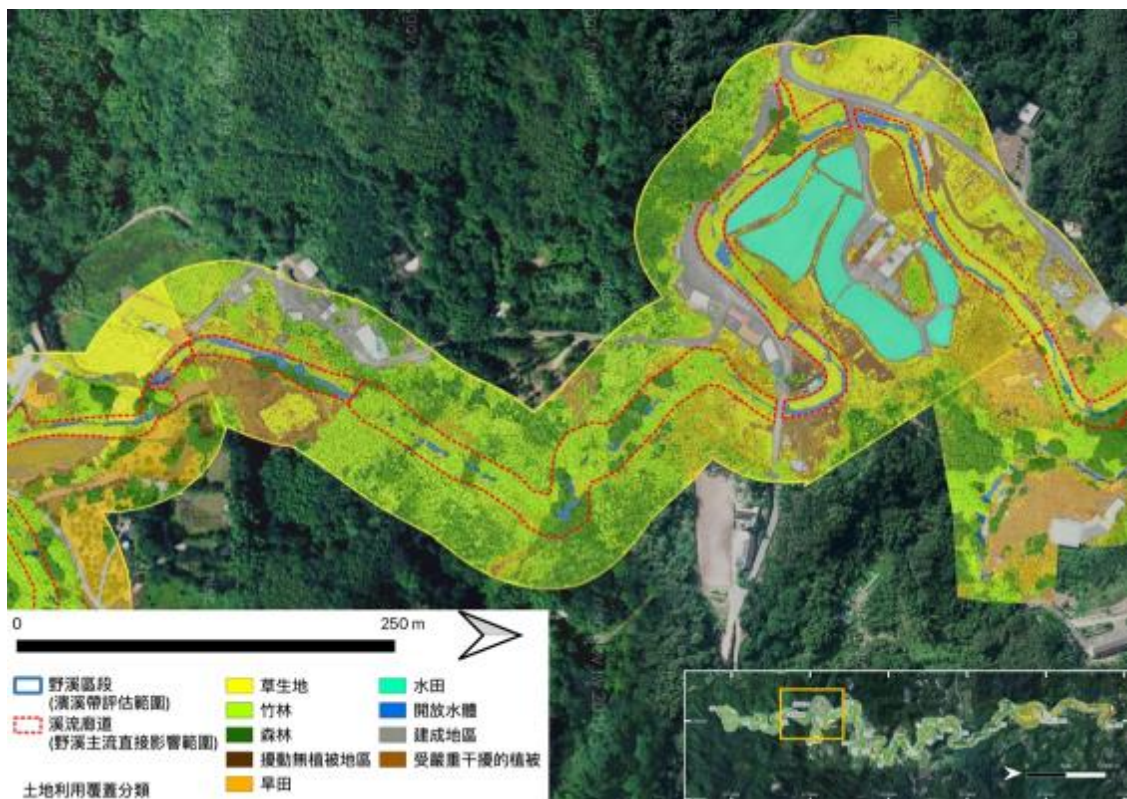
資料來源: 111 年後龍溪導入 NbS 調適研究計畫，農村發展及水土保持署

圖 4-5 沙河溪濱溪帶土地利用與覆蓋分類圖(2/5)



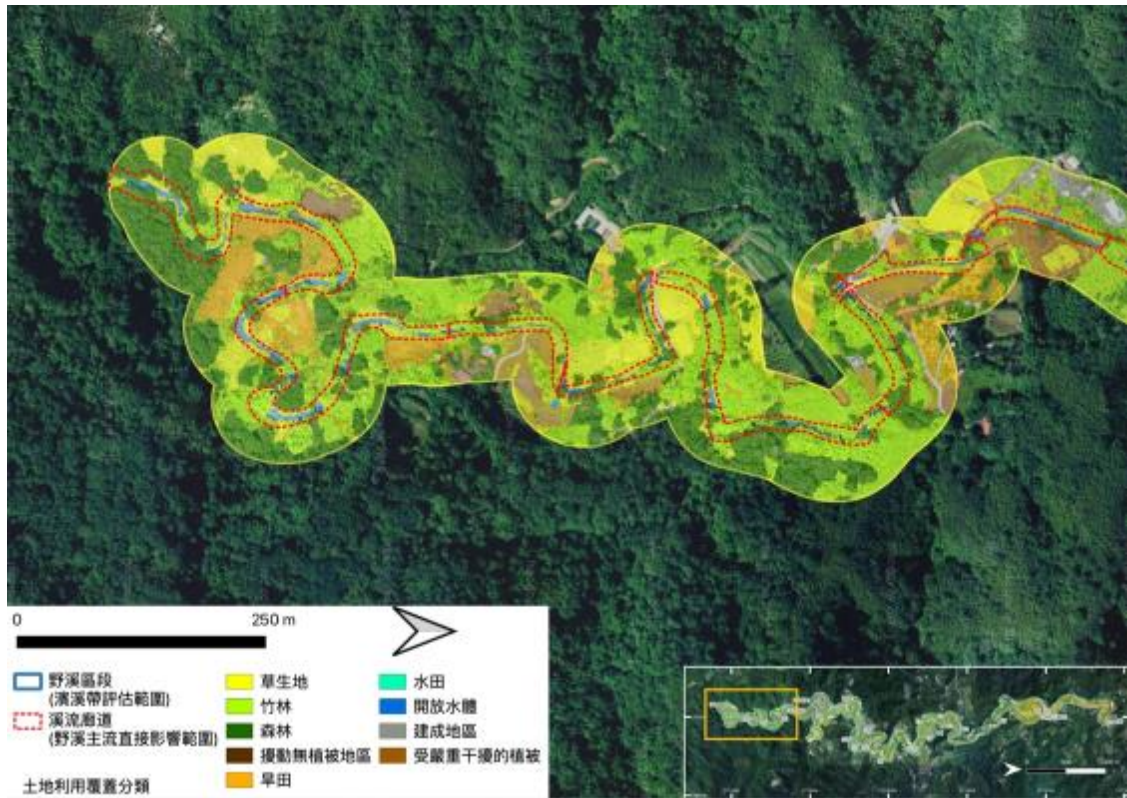
資料來源: 111 年後龍溪導入 NbS 調適研究計畫，農村發展及水土保持署

圖 4-6 沙河溪濱溪帶土地利用與覆蓋分類圖(3/5)



資料來源: 111 年後龍溪導入 NbS 調適研究計畫，農村發展及水土保持署

圖 4-7 沙河溪濱溪帶土地利用與覆蓋分類圖(4/5)



資料來源: 111 年後龍溪導入 NbS 調適研究計畫，農村發展及水土保持署

圖 4-8 沙河溪濱溪帶土地利用與覆蓋分類圖(5/5)

(四) 濱溪帶生態系功能與服務指標評估成果

量化評估成果如表 4-13。ES_03、ES_04 等兩項指標因輸出值可能大於 1、ES_05 之資料區間較小、ES_06 因其輸出的資料單位為面積，受輸入溪流區段面積大小影響較大，為方便在受評估的區段間比較，以上四組指標均利用最大最小值法常規化至 0 到 1 的區間。評估成果請見表 4-13，本節主要討論分析成果所提供之：(1)進行區域間的生態系服務潛勢分析與議題辨識、(2)議題辨識與生態保育標的規劃之建議、(3)擇具有代表性的沙河溪野溪區段說明生態系服務評估方法如何運用於小尺度資源管理或工程設計方案。

表 4-11 沙河溪溪流區段之土地利用與覆蓋類別統計資料(1/2)

野溪區段	區段內劃分	01 草生地	02 竹林	03 森林	04 裸露地	05 旱田	06 水田	07 開放水體	08 建成地區	09 受嚴重干擾植被	面積小計
1	全區	15937	6000.25	11283.25	4308.25	7169.25	12647.25	5222.25	11826.5	7358.5	81752.5
	溪流廊道	10303.5	731.75	737.5	2158.25	0	7.25	5069.5	1255.25	437	20700
2	全區	3687.4725	4546.035	3209.205	332.4075	1179.495	123.375	741.37	817.1675	2283.1425	16919.67
	溪流廊道	290.5	2557	252.25	542.25	0	5	671.25	58.75	76.25	4453.25
3	全區	2191.75	1506.25	880.75	1768.5	5335.5	1456.75	1009.75	1413.25	2971.75	18534.25
	溪流廊道	1208	170	35.25	960.75	0	0.25	982.5	196.75	998.75	4552.25
4	全區	4348.75	4587.5	2620.25	3053.25	2100.5	1722.5	3220	1990.5	3143.5	26786.75
	溪流廊道	2692	472	211.75	1213.5	0	0	2499.25	837.25	590	8515.75
5	全區	20975	29834.25	20217	3890.5	7537.75	9.75	4923	3601.75	10518	101507
	溪流廊道	7337.75	9660.75	2590	1336	0	1.25	4400.25	87.5	608.75	26022.25
6	全區	6566.75	14321.75	7799.75	670.25	8001	0	1294.25	964.75	1946.5	41565
	溪流廊道	1724.25	3254.5	1196.75	216	11.5	0	1293.5	15.5	78.5	7790.5
7	全區	2813	12706.5	6127.5	3868	1203.5	0	1663.25	541.5	2020.5	30943.75
	溪流廊道	1572.75	3252.75	834.25	1025	22.75	0	1635.5	37	315.5	8695.5
8	全區	3249.75	4348	2700.75	2220.5	886.75	0	1444.5	1264.75	2537.25	18652.25
	溪流廊道	1745.25	939.25	288	27.75	4.75	0	1437.25	198.25	238.25	4878.75
9	全區	5553	8290.25	9232.5	622.25	2411	0	1878	4556	2915.75	35458.75
	溪流廊道	4387	1235.75	489.5	127	0	0	1873.5	274	528	8914.75
10	全區	3074	4405.75	5153	586	0	0	1013.5	3892.75	1106.75	19231.75
	溪流廊道	2278.5	2176.25	640.75	244.5	0	0	1005.25	191.5	145	6681.75
11	全區	1000.5	10979.25	9951	1452.75	3967.5	0	1066.75	1560	776.75	30754.5
	溪流廊道	554	7059.25	1826.25	953.25	364	0	1059.75	82.5	252	12151
12	全區	3694	6256	5900.5	1313.25	1057	0	1153.75	1026.5	1966.5	22367.5
	溪流廊道	1674	2078.75	1530.5	50	0	0	1141	38.25	162.5	6675
13	全區	1919.25	5439.25	3460.25	23.25	1962.25	0	1039.5	438.25	2190	16472
	溪流廊道	592	3058.25	612.75	15.75	0	0	1037.5	118.5	329.5	5764.25
14	全區	2170	7028.5	8402.25	137.75	832.75	0	1084.25	90.5	1229.75	20975.75
	溪流廊道	1667.75	3152.5	1079	46	0	0	1081.25	36.5	526	7589
15	全區	5050.5	7362.75	3849.75	33.25	173.75	0	1160	331.5	1439.75	19401.25
	溪流廊道	1661.5	3455.75	840.75	13.5	0	0	1159.25	40.25	639.5	7810.5
16	全區	7426.75	7207.25	3439.25	1016	1609.25	0	1053.25	273	4577.5	26602.25
	溪流廊道	1811	4107.5	540.5	112.25	0	0	948.25	32.75	478.25	8030.5
17	全區	7973.75	5026.75	8690.5	444.75	7974.25	0	1154.75	5659.75	7081.5	44006
	溪流廊道	2793.75	1820.5	2086	135.5	0	0	990	136.75	269	8231.5
18	全區	3831	5424	2783.5	473.75	2593.5	0	483.75	2578.25	5108.5	23276.25
	溪流廊道	648	2247.75	218.5	15.75	0	0	360.25	1.5	111	3602.75
19	全區	2432.5	4150.75	2830	930	1983.75	0	379.75	159	2904.25	15770
	溪流廊道	710.5	569	298	55	0	0	379.75	42.75	148.25	2203.25

資料來源: 111 年後龍溪導入 NbS 調適研究計畫，農村發展及水土保持署

表 4-12 沙河溪溪流區段之土地利用與覆蓋類別統計資料(2/2)

野溪區段	區段內劃分	01 草生地	02 竹林	03 森林	04 裸露地	05 旱田	06 水田	07 開放水體	08 建成地區	09 受嚴重干擾植被	面積小計
20	全區	6461.5	10282.25	9118.75	5089.5	1832.25	0	1677.5	6937.5	5727.5	47126.75
	溪流廊道	3495.25	1795.5	734.5	70	0	0	1395.75	603.5	326.5	8421
21	全區	5969.75	3580.25	5632.75	3456.5	1966	0	735.5	1351.75	2751.75	25444.25
	溪流廊道	1501.25	697.5	1730.25	81.5	0	0	735.5	138	23.5	4907.5
22	全區	1470.5	3509.75	2439.25	2018	693	0	749	1134	1522.5	13536
	溪流廊道	797.25	728.75	260.75	42.5	4.25	0	460.25	25.5	0	2319.25
23	全區	852.25	865.75	1679	963.25	522.25	0	399.5	1981.25	756.25	8019.5
	溪流廊道	281.75	35.5	236.75	12.75	0	0	399.5	136.5	0	1102.75
24	全區	743.5	1498.75	4606.25	79	208.5	0	329.25	1099	1041.75	9606
	溪流廊道	528	180	1138.25	0.25	0	0	318.5	69	0	2234
25	全區	3146	1451.25	833	927	1322.75	0	3810.75	2962.25	3364.75	17817.75
	溪流廊道	1418	62.25	0	18.75	0	0	752	306.25	0	2557.25
26	全區	5466.75	7587.75	7679.75	2363.25	2040.75	0	2281.5	2662	2606.75	32688.5
	溪流廊道	1457.75	2612.5	776.5	18.75	0	0	853	164	0	5882.5
27	全區	6612	1923.75	1600	3243.75	4584.25	0	1371.5	4038.5	5776	29149.75
	溪流廊道	3398	67.25	0.25	54.75	0	0	1285	510.5	0	5315.75
44	全區	804.25	3250.25	4655.75	374	3465.5	0	417.25	1618.5	2667.5	17253
	溪流廊道	190.25	35	113.25	17.25	7.5	0	46.5	9.75	2	421.5
28	全區	14215	5555.25	6849.75	4185.75	7525	7270.75	1272.75	10336.5	4093.75	61304.5
	溪流廊道	4635	470.5	856.25	167.25	29.5	0	1204.75	1243.75	89	8696
29	全區	2995	16234	10376	148.5	2116.5	0	359	2454	980.5	35663.5
	溪流廊道	1174.75	4784.5	1979.75	6	4.5	0	359	20.75	43.75	8373
30	全區	6435.25	4145	5301.25	2124	2740.25	0	690.5	3753.5	5366.75	30556.5
	溪流廊道	1504.25	529.75	708.75	125	0.5	0	631	318.75	165.75	3983.75
31	全區	890.25	6107.5	3427.5	434	2075.25	0	278.5	929.75	1065	15207.75
	溪流廊道	117.75	1362.25	477	23.25	0	0	251.5	8.25	69.75	2309.75
32	全區	4499	18379.25	10214.25	407.5	255.5	0	602.75	170	725.5	35253.75
	溪流廊道	595	3146.75	988.25	89.25	0	0	555.25	5	133	5512.5
33	全區	5968.25	4755.5	5144	270.25	573	0	477.25	730	1088.5	19006.75
	溪流廊道	849.25	492	643.75	42.5	0	0	432.5	2.75	0	2462.75
34	全區	2682.5	4626.5	2655.25	1772.5	109	0	210.25	556.25	2600.5	15212.75
	溪流廊道	819.75	713.75	270.5	44	0	0	187.5	21.75	0	2057.25
35	全區	5569	10712.5	12401.5	444	4963.5	0	1414.5	187.25	0	35692.25
	溪流廊道	1922.75	1589	1065.25	35.75	81.5	0	1390.5	2.75	0	6087.5
36	全區	6670.25	7175.75	14768.25	2041	4081	0	986.25	46	0	35768.5
	溪流廊道	1886.75	1726	2499	300.25	204.75	0	974.75	9.25	0	7600.75

資料來源: 111 年後龍溪導入 NbS 調適研究計畫，農村發展及水土保持署

表 4-13 沙河溪濱溪帶生態系功能與服務評估成果

編號	穩定週邊 SEPLs 機能		過濾與維持溪流水體品質			碳保存	水資源涵養與保育	溪流廊道敏感性		
	ES_01	ES_02	ES_03	ES_04	ES_05	ES_06	ES_07	ES_08	ES_09	ES_10
01	0	0.430	0.281	0.686	0.073	0.442	0.766	0.814	12	1
02	0	0.493	0.427	0.259	0.777	0.077	0.878	0.847	0	1
03	0	0.262	0.000	0.000	0.041	0.000	0.700	0.526	2	1
金沙橋										
04	0.125	0.454	0.101	0.191	0.085	0.097	0.828	0.690	6	1
05	0.5	0.542	0.525	0.642	0.576	1.000	0.876	0.922	0	1
06	0.625	0.563	0.617	0.613	0.703	0.377	0.857	0.959	0	2
07	0.625	0.662	0.421	0.358	0.575	0.292	0.930	0.839	0	1
08	0.5	0.455	0.344	0.547	0.300	0.094	0.840	0.904	3	2
09	0.25	0.547	0.415	0.841	0.227	0.361	0.796	0.896	2	1
萬安橋										
10	0	0.550	0.531	0.738	0.514	0.176	0.769	0.913	0	2
11	0.5	0.715	0.598	0.345	0.904	0.397	0.872	0.864	0	2
12	0.5	0.595	0.690	0.652	0.664	0.222	0.887	0.962	0	1
13	0.375	0.603	0.518	0.372	0.785	0.126	0.847	0.920	1	1
14	0.875	0.787	0.591	0.589	0.685	0.309	0.947	0.920	0	1
15	0.75	0.638	0.543	0.559	0.676	0.169	0.941	0.911	0	1
16	0.375	0.440	0.544	0.635	0.712	0.161	0.873	0.922	3	2
17	0.125	0.338	0.736	0.807	0.581	0.318	0.700	0.934	0	2
南北橋										
18	0.125	0.373	0.596	0.655	0.845	0.109	0.724	0.964	0	2
19	0.375	0.467	0.524	0.647	0.479	0.093	0.835	0.888	0	2
20	0.25	0.447	0.476	0.775	0.362	0.380	0.773	0.881	3	2
21	0.375	0.391	0.820	0.742	0.606	0.194	0.854	0.950	2	1
22	0.125	0.495	0.555	0.753	0.521	0.070	0.834	0.969	0	2
桂河橋上游無名橋										
23	0	0.367	0.392	0.255	0.295	0.016	0.673	0.865	1	1
24	0.375	0.670	1.000	0.681	0.726	0.120	0.821	0.969	0	2
25	0	0.342	0.256	0.779	0.015	0.001	0.702	0.873	2	1
26	0.375	0.537	0.627	0.693	0.709	0.301	0.847	0.969	4	2
27	0	0.168	0.328	1.000	0.000	0.043	0.684	0.894	5	1
44	0.875	0.482	0.740	0.949	0.426	0.140	0.728	0.913	0	1
28	0	0.342	0.458	0.899	0.176	0.282	0.737	0.824	9	1
29	0.875	0.756	0.851	0.717	1.000	0.471	0.888	0.991	0	2
30	0	0.332	0.539	0.685	0.375	0.190	0.745	0.847	4	1
善東橋上游版橋										
31	0.625	0.645	0.723	0.451	0.985	0.128	0.836	0.956	0	1
32	0.875	0.828	0.707	0.545	0.927	0.492	0.981	0.959	0	2
33	0.875	0.546	0.736	0.804	0.564	0.189	0.918	0.982	0	1
34	0.5	0.492	0.678	0.978	0.586	0.093	0.874	0.968	0	1
35	0.875	0.687	0.598	0.688	0.532	0.492	0.925	0.980	0	1
36	0.875	0.641	0.800	0.666	0.683	0.540	0.942	0.932	0	1

資料來源: 111 年後龍溪導入 NbS 調適研究計畫，農村發展及水土保持署

1. 野溪區段生態系服務潛勢分析與議題辨識

為評析野溪區段與溪流廊道之生態系服務狀態，並提供修補、保全與優先程度之建議，研選上述評估項目穩定週邊 SEPLs 機能、過濾與維持溪流水體品質、「水資源涵養與保育、溪流廊道敏感性」等四類評估指數進行進一步評析。「穩定週邊 SEPLs 機能」選擇以 ES_01(自然的溪流邊坡保護)為代表，顯示濱溪帶自然植被的狀態與潛在的服務提供能力，「過濾與維持溪流水體品質」則設定為 ES_03(阻攔部分農業施用資材與營養鹽)與 ES_04(攔阻土砂與其他大型污染物)之和乘以 ES_05(穩定水溫與有機凋落物產出)，「水資源涵養與保育」、「溪流廊道敏感性」等兩項則為其內次階指數的平均值，評析成果與各項目平均值、第 20 百分位數如表 4-14 所示。基於潛勢分析之成果(表 4-14)，設定量化成果大於該項目平均值之溪流區段，相對於其他區段可以提供更高的生態系服務惠益；然若量化成果小於 20 百分位值，則定義為該項生態系服務有修補或強化之需求。

以單一野溪區段為分析單元考量優先排序，則定義在四類評估指數中有 3 項(含)以上優於平均值之區段為「高生態系服務產出潛勢」區段，有多元且品質較佳的生態系服務提供能力，亦為降低區域災害或環境破壞風險的重要區塊；另外，若單一野溪區段內有 2 項(含)以上評估指數小於 20 百分位值，定義該區段為「建議推動服務修補」區域，宜進行進一步細部盤點工作以確認社會挑戰議題、生態系服務現況與可用治理手段。

表 4-14 沙河溪濱溪帶生態系服務潛勢分析與議題辨識評估成果

編號	穩定週邊 SEPLs 機能	過濾與維持溪 流水體品質	水資源涵 養與保育	溪流廊道 敏感性	水域關注 物種分布	高生態系 服務產出 潛勢	建議推動 服務修補
01	0.000	0.071	0.790	0.000	V		V
02	0.000	0.533	0.862	0.500	V		
03	0.000	0.000	0.613	0.420	V		V
04	0.125	0.025	0.759	0.250	V		V
05	0.500*	0.672*	0.899*	0.500	V	V	
06	0.625*	0.864*	0.908*	1.000*	V	V	
07	0.625*	0.448	0.885*	0.500	V		
08	0.500*	0.268	0.872*	0.750*	V	V	
09	0.250	0.286	0.846	0.420	V		
10	0.000	0.652	0.841	1.000*	V		
11	0.500*	0.852*	0.868*	1.000*	V	V	
12	0.500*	0.891*	0.924*	0.500	V	V	
13	0.375	0.699*	0.883*	0.460	V		
14	0.875*	0.808*	0.933*	0.500	V	V	
15	0.750*	0.744*	0.926*	0.500	V	V	
16	0.375	0.839*	0.898*	0.750*	V	V	
17	0.125	0.897*	0.817	1.000*	V		
18	0.125	1.057*	0.844	1.000*	V		
19	0.375	0.561	0.862	1.000*	V		
20	0.250	0.453	0.827	0.750*	V		
21	0.375	0.947*	0.902*	0.420	V		
22	0.125	0.681*	0.902*	1.000*	V	V	
23	0.000	0.190	0.769	0.460	V		V
24	0.375	1.220*	0.895*	1.000*	V	V	
25	0.000	0.015	0.788	0.420	V		V
26	0.375	0.935*	0.908*	0.670*	V	V	
27	0.000	0.000	0.789	0.290	V		V
44	0.875*	0.720*	0.821*	0.500	V		
28	0.000	0.239	0.780	0.130	V		V
29	0.875*	1.568*	0.939*	1.000*		V	
30	0.000	0.459	0.796	0.330			V
31	0.625*	1.156*	0.896*	0.500		V	
32	0.875*	1.161*	0.970*	1.000*		V	
33	0.875*	0.869*	0.950*	0.500		V	
34	0.500*	0.970*	0.921*	0.500		V	
35	0.875*	0.684*	0.953*	0.500		V	
36	0.875*	1.002*	0.937*	0.500		V	
平均值	0.392	0.660	0.864	0.609			
20 百分位數	0.000	0.272	0.800	0.420			

大於平均值者標記*；小於 20 百分位數者標記淺灰底色

資料來源：111 年後龍溪導入 NbS 調適研究計畫，農村發展及水土保持署

其他未滿足上述兩項條件者，評析為暫無特殊課題亟需處理的區域，其推動治理或進行細部盤點之優先序較低，但仍可能有部分較佳或不良之生態系服務或功能。此外，本研究亦利用第二章生態敏感區域得知有飯島氏銀鮐、高體鰱鮠、短臀瘋鱉、日本絨螯蟹與洄游性匙指蝦科等關注物種分布的野溪區段後，納入該區度的前後 2 區，視為水域關注物種之潛在分布範圍，亦註記於表 4-14 內，各野溪區段之議題辨識繪製如圖 4-9。



資料來源: 111 年後龍溪導入 NbS 調適研究計畫，農村發展及水土保持署

圖 4-9 沙河溪區段生態系服務潛勢與課題評估圖

2. 議題分區與生態資源保育規劃建議

前節說明之沙河溪濱溪帶生態系服務與資源潛勢評估，主要以濱溪帶與水域環境之觀點呈現，若將周邊社群、農業生產等因素納入考量，當可強化風險治理與環境資源管理，本計畫針對不同議題判釋，提出可投入規劃方向建議如表 4-15。

表 4-15 濱溪帶區段議題判釋與建議

議題判釋類別	生態資源要點	主要課題	規劃建議方向
高生態系服務產出潛勢	濱溪帶經常為大面積連續自然植生，水域棲地多樣性高	既有高生態系服務潛勢區域保全	1. 最小化工程擾動 2. 社區自主防減災規劃與推動生態服務給付
建議推動服務修補	經常為周邊聚落密集區域，故濱溪帶	推動細部評析確認服務修補措施與方案	1. 增加植生緩衝帶 2. 劃設溢淹區與推動生態系服務給付
無特別議題	依區段狀態而定	區段內既有較佳生態系單元保全與擴大	定期監測與檢討災害、生態資源風險

資料來源: 111 年後龍溪導入 NbS 調適研究計畫，農村發展及水土保持署

然而，沙河溪於善東橋以上屬於坡度較大的山區溪流，善東橋以下流段則屬於平緩之近平原野溪，其溪流兩側棲地狀況、地表分類單元以及可提供的生態系服務潛勢亦有差異。本計畫亦分段描述評析範圍的生態系服務概況，並將議題分區結果之生態資源保育建議進一步細緻化分述如下：

雙合橋至金沙橋間(區段 01 至 04)，因沙河溪主流整治相對完備，故於本計畫評估之四大類生態系服務潛勢中均屬於排序較低者。除區段 02 以外，其餘區段均評估為可推動生態系服務修補之空間。雙和橋至金沙橋間潛在可提供的生態系服務，特別是在本計畫著重之濱溪帶所提供之藍綠基盤功能，如穩定水溫水質、營養鹽與污染物過濾、保護兩岸邊坡與野生動物棲地等等，均為沙河溪全區域中較不佳者、或已被傳統災害保護工程所取代。換言之，本區域在既有的土砂災害保護工作之外，幾無可緩衝災害並提供適度滯洪、生物活動的空間。準此，本區域之主要課題可進一步導入適當區位的高灘地或堤內濱溪緩衝綠帶營造，以優化區域內針對邊坡保護、碳保存等生態系服務，進一步可再投入左右岸排水溝改善以推動小規模在地滯洪方案，降低河道內之流速與洪水位負載。

金沙橋至雙和水間(區段 05 至 16)因兩岸腹地較小，為大規模農業活動相對侷限的區段，濱溪帶植生較豐富，整體而言有較高的生態系服務產出潛勢，特別是萬安橋周邊與以上的野溪區段。本區域水域棲地狀況亦較佳，為確知有飯島氏銀鮐分布的溪段之一。鄰近萬安橋區域因道路等非自然棲地面積較大，故評估生態系服務產出潛勢較低。然整體而言，本區域仍有較佳的濱溪植被狀況，屬於可輸出生態系服務之區段。

雙合水至桂河橋與南坑橋間無名橋(區段 17 至 22)接鄰聚落，且產業活動地景面積較大，左右岸濱溪帶植生均相對縮限制，然因各區段內仍有部分面積為自然植生，且水域棲地多樣性高，且亦為飯島氏銀鮐確知的分佈區段，故雖本區段於課題評析中未滿足高生態系服務產出潛勢之條件，然

亦建議納入為值得關注並保全之區段，定期監測並瞭解水砂與棲地變化狀況，以利未來滾動檢討調適策略與保全方式。

桂河橋與南坑橋間無名橋至善東橋(區段 23 至 28 與 44)左岸為南河國小周邊的建物聚集區，生態系服務高潛勢與需修補區段間斷出現。本區域位沙河溪流路內另一塊水田密集區，也是沙河溪範圍內較少見的養殖池分布位置，農業生產地景分布狀況對於本區段濱溪帶功能影響較大。整體而言，本區域之課題可細化為土砂溢淹範圍確認、濱溪帶農業行為對於溪流水質與水資源影響、水域縱向連結的修補、以及水資源分配的討論。此外，善東橋前後，因過往較高的取水堰體興築作為，河川輸砂不平衡導致取水堰上游淤積與水陸域交接處棲地單調化，亦為可積極處理之課題。

善東橋至上游評估終點(區段 29 至 36)為上游人口密度較低之區域，本區段除區段 30 因農耕行為集約且緊鄰流路、左右護岸均已興建而影響濱溪帶空間之外，其餘區域或無護岸，或屬於結構物相對軟性的區域。此區域亦為沙河溪流路坡度較高處，底質組成相較於善東橋以下，卵石、礫石或巨石之比例較高。此一區段兩岸除少數位置以外均屬較大範圍的自然綠帶、竹林或棄耕檳榔園等人為擾動程度較低的區域，此類植被在穩定週邊 SEPLs 機能、過濾與維持溪流水體品質、水資源涵養與保育等三項生態系服務評估中有較好的表現，但因上游地區污染物、農耕與家戶之影響均較少，因此主要之生態系服務仍以輸出能量與物質至溪流生態系、穩定區域微氣候、水資源涵養、邊坡保護、土砂過濾與減緩洪鋒等面相為主。準此，本區域主要課題為盡可能避免不必要工程擾動，另也建議可以著重於民眾溝通治理、防災或友善農業等持續推動等方向。

(五) 沙河溪評估成果綜合討論

上開野溪區段的生態系評估成果細節評析，已可說明各個野溪區段現況可提供的生態系服務潛勢，雖然監督式分類成果仍須進一步改

善，現規劃指標評估成果已可說明現地環境狀況，並參考區段特性推估子集水區內不同區段的濱溪帶生態系服務產出的優劣勢。提供針對前述區段的細部建議如下：

1. 區段 28 為已完成治理的區域，且為聚落與水田地景聚集的野溪。在這類地景組成的溪流區段中，建議未來的規劃可以強調水田、旱田等地景可提供的溢淹空間作為主要的災害風險管理策略，並檢討清疏可能造成的野溪溪床水陸域棲地單調化的現象。長期而言，可推動濱溪帶橫向連結性的修補，逐步降低以混凝土結構為主的防災因應手段。
2. 區段 4 因近期方辦理整治工程，故其陸域、水域棲地環境仍未進入動態穩定的階段，多數生態系服務指標評估都屬於較為不良的等級。但這亦顯示本區段的生態系服務指標仍有很高的機率隨演替、開發擾動或高強度降雨事件而變動。故建議可進一步觀察指標於未來 1-5 年間的變化，並配合維護管理階段的生態檢核工作，檢視工程後的棲地恢復狀況，以及工程內運用的生態友善措施有效性。
3. 區段 29 則是指標評估成果多屬於良好等級的區段，意味著對周邊環境而言，區段 29 是穩定水質水體條件、水資源循環等生態系服務的重要產出區域，也提供周邊地區自然解方規劃的一個參考對象。進一步引申，在未來規劃工程優化方案時，亦建議以不減損這一區段生態系服務功能的方向規劃，此外，善東橋上下游河段建議為優先推動改善河段。

第二節 抽藤坑溪集水區

一、現地調查成果

本計畫於執行期間 4 月至 5 月期間進行抽藤坑溪現地勘查作業，自抽藤坑抽藤坑溪與大甲溪匯流處至上游野溪界點位置進行詳細現況盤點，空間分布如圖 4-10 至圖 4-12 所示，各勘查點位現況對應如表 4-16 至表 4-18，各河段分述如下：

(一) 抽藤坑溪上游段:(中和橋上游河段)

民國 93 年敏督利颱風造成抽藤坑溪上游多處河床土砂淤積、土砂下移等情況，因此進行數件治理工程，以穩定河床、調節土砂下移等，乃至 94 年後截至目前為止，已鮮少有土砂災害之情形。

抽藤坑溪上游河段坡度較大，早期發生重大颱洪事件，溪床河岸易遭淘刷導致溪岸邊坡崩塌，加上豪雨將大量土石隨雨水逕流下移造成土石災害，上游可見尚有過去崩落土石岩塊堆積河床，然近年集水區遭遇強降雨事件甚少，且在歷年治理工程投入之後，河道及邊坡植生已趨近穩定。此外，經由現地勘查顯示上游部分河段因過往有治理或取水需求，建造取水堰(如點位:中和橋上游 2)，以增加灌溉取水。但在時過境遷後，灌溉需求已下降，河川地形因構造物的存在改變土砂沖淤能力，致使現況缺乏基流而失去其功能，使水域喪失原有串聯生態廊道的目的。甚至部分區段因淤積或受混凝土封底影響，而呈伏流水狀態，也降低原有的生態功能。

(二) 抽藤坑溪下游段:(中和橋下游河段)

本河段兩岸存在部分遊憩空間(如:私有地之露營區域)，且河道坡度較緩，部分河段土石輕微淤積，但不致影響排洪空間。在歷年治理工程投入後，河床逐漸穩定，過去的瓶頸斷面現況河道災害已減少。兩岸的地貌已經漸漸的回歸原始地貌，植生覆蓋良好。



圖 4-10 抽藤坑溪集水區現地勘查位置分布圖(1/3)



圖 4-11 抽藤坑溪集水區現地勘查位置分布圖(2/3)



圖 4-12 抽藤坑溪集水區現地勘查位置分布圖(3/3)

表 4-16 抽藤坑集水區現地勘查表(1/3)

現勘點位		中和橋下游(2)	中和橋下游(1)	中和橋
座標 (TWD97)	X	232794	232717	232722
	Y	2673887	2672439	2672452
上游照片				
現況說明		上期設置跌水工，水質清澈	河道植生茂密，小範圍淤積	河道植生茂密，小範圍淤積
下游照片				
現況說明		河床多卵礫石，水質清澈	兩岸地貌原始	左岸植生茂密，右岸淤積

表 4-17 抽藤坑集水區現地勘查表(2/3)

現勘點位		中和橋上游(6)	中和橋上游(5)	中和橋上游(4)
座標 (TWD97)	X	232744	233862	234143
	Y	2672318	2671830	2671545
上游照片				
現況說明		河道設置階梯式固床工左岸農地耕種	兩岸地貌原始	系列固床工，河道岩塊堆積
下游照片				
現況說明		右岸砌石護岸 左岸農地耕種	右岸大塊岩石地貌自然	河道坡緩，水淺流動緩慢 水質清澈

表 4-18 抽藤坑集水區現地勘查表(3/3)

現勘點位		中和橋上游(3)	中和橋上游(2)	中和橋上游(1)
座標 (TWD97)	X	234247	233815	233862
	Y	2669962	2669362	2671830
上游照片				
現況說明		上游潛壩早期治理需求設置	兩岸農業廢水排入河道水質優養化	上游系列固床工，水流緩慢高差約 30cm
下游照片				
現況說明		河道輕微淤積，植生茂密	上游攔水設施高差約 1.2m，水質優養化	系列固床工，水流緩慢高差約 30cm

二、生態系功能與服務評估

(一) 濱溪帶生態系功能與服務評估

本項工作細部方法比照前項沙河溪集水區分析方法，於抽藤坑溪共分為八個溪流區段，區段一、二為中和橋下游部分；區段三至區段八屬於中和橋上游部分，各區段分布與範例如圖 4-13，本節分析之最小單位均為野溪區段。但為了方便評估各野溪區段內常態受野溪影響空間範圍(如推定為經常性淹水、植被明顯受溪流影響、或為降低災害風險而栽植竹林或建設結構物的範圍)內的生態功能與生態系服務，本計畫亦於各野溪區段內依上述標準切分出溪流廊道，以評估野溪開闊度、直接攔阻逕流或污染物、及生物地理化學交換作業介面等項目。

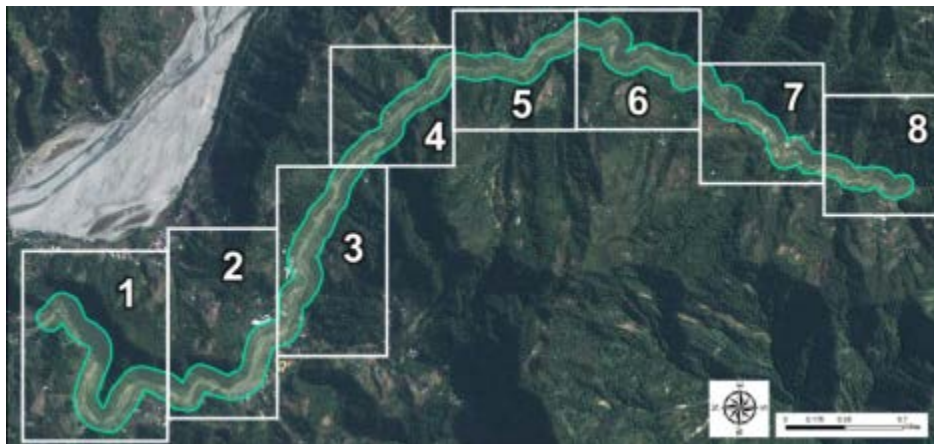


圖 4-13 抽藤坑溪區段與溪流廊道一覽

(二) 濱溪帶生態系功能與服務指標設定

本項工作細部方法比照前項沙河溪集水區分析方法，參考 Riis 等 (2020)的架構，針對濱溪帶先劃分出無明顯擾動的草生地、竹林、森林等三類重要的生態系服務產出土地利用與覆蓋單元，再依據地表植被與空間狀況，將濱溪帶區域內再區分為裸露地、旱田、水田、開放水體、建成地區與結構物、高強度人為擾動綠地等六類型的分類單元

(表 4-8)。本研究設定探討的濱溪帶生態系功能與服務指標並舉證引用文獻如表 4-9，指標的計算或評估方式如表 4-10。

(三) 土地利用與覆蓋分類

本計畫使用無人機型號 Phantom 4 Advanced，範圍從抽藤坑溪與大甲溪匯流到上游野溪界點拍攝抽藤坑溪濱溪帶之正射影像，無人機飛行高度設定標高 100 公尺，將抽藤坑溪濱溪帶正射影像照片彙整後，並於 Agisoft Metashape 軟體進行正射影像鑲嵌，可得抽藤坑溪濱溪帶正射影像。本研究將抽藤坑溪濱溪帶分成八條溪流區段，土地利用與覆蓋分類成果如圖 4-14 至圖 4-21，各溪流區段之土地利用與覆蓋類別統計資料，如表 4-19 所示。

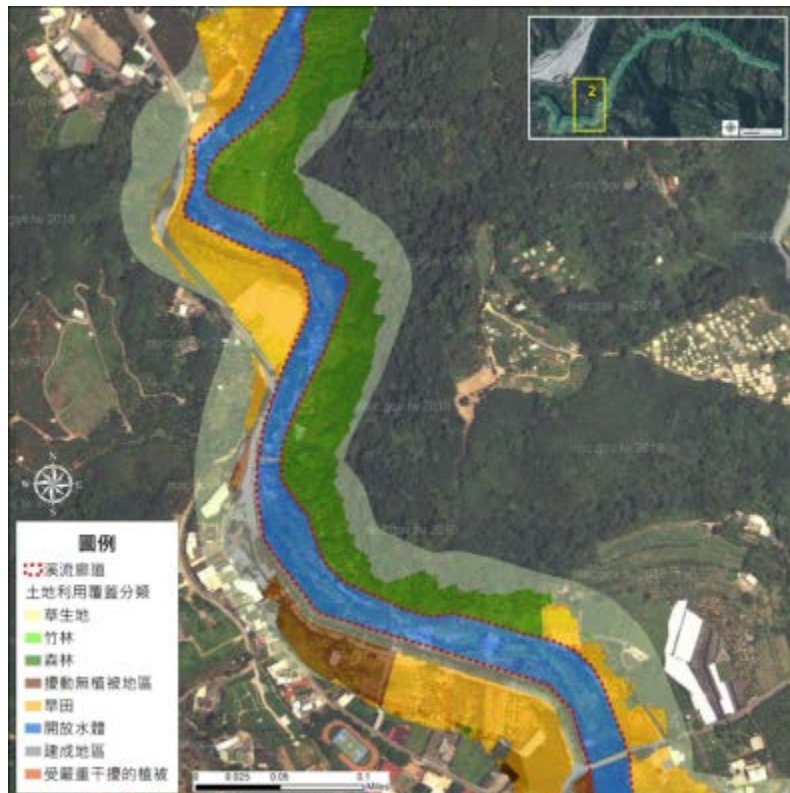
(四) 濱溪帶生態系功能與服務指標評估成果

ES_03、ES_04 等兩項指標因輸出值可能大於 1、ES_05 之資料區間較小、ES_06 因其輸出的資料單位為面積，受輸入溪流區段面積大小影響較大，為方便在受評估的區段間比較，以上四組指標均利用最大最小值法常規化至 0 到 1 的區間。評估成果請見表 4-20，本節主要討論分析成果所提供之：(1)進行區域間的生態系服務潛勢分析與議題辨識、(2)議題辨識與生態保育標的規劃之建議(3)綜合討論與評估方式運用建議。基於潛勢分析之成果(表 4-21)，本計畫設定量化成果大於該項目平均之溪流區段，相對於其他區段可以提供更高的生態系服務惠益；然若量化成果小於 20 百分位值，則定義為該項生態系服務有修補或強化之需求。以單一野溪區段為分析單元考量優先排序，則定義在四類評估指數中有 3 項(含)以上優於平均之區段為「高生態系服務產出潛勢」區段，有多元且品質較佳的生態系服務提供能力，亦為降低區域災害或環境破壞風險的重要區塊。



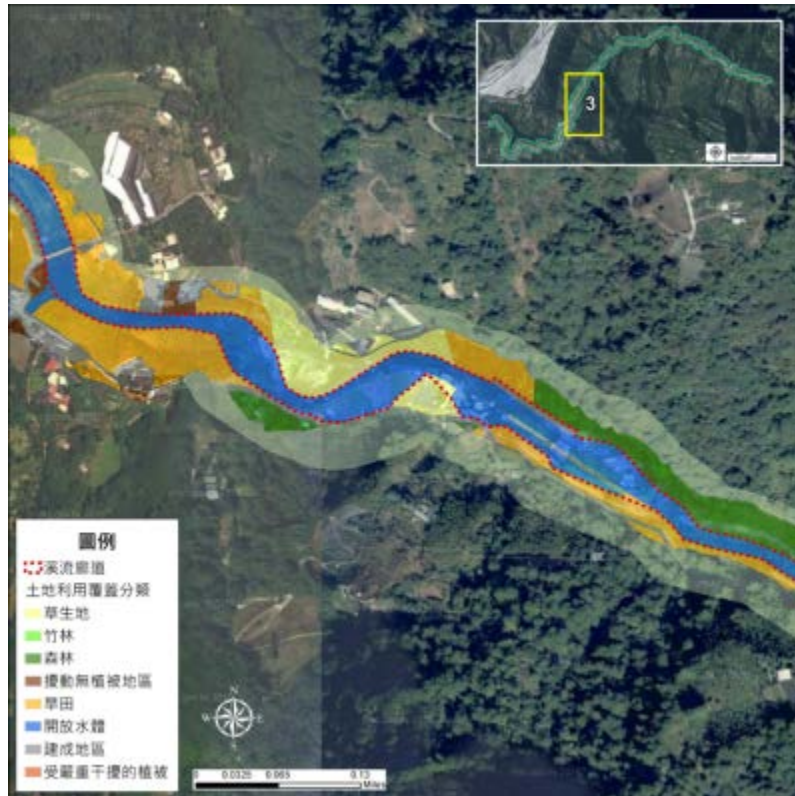
資料來源：本研究分析

圖 4-14 抽藤坑溪濱溪帶土地利用與覆蓋分類圖(1/8)



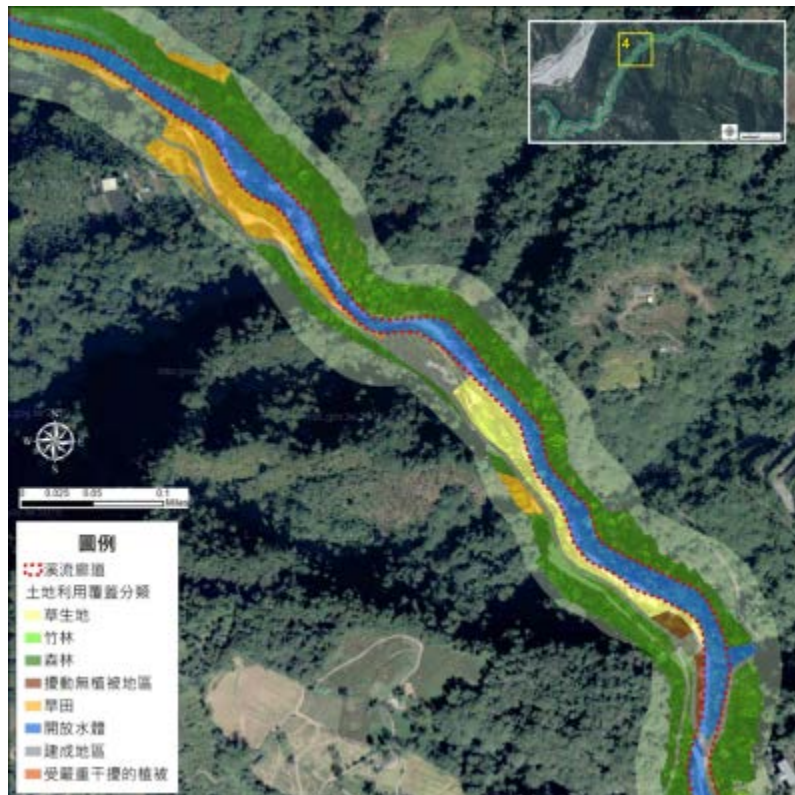
資料來源：本研究分析

圖 4-15 抽藤坑溪濱溪帶土地利用與覆蓋分類圖(2/8)



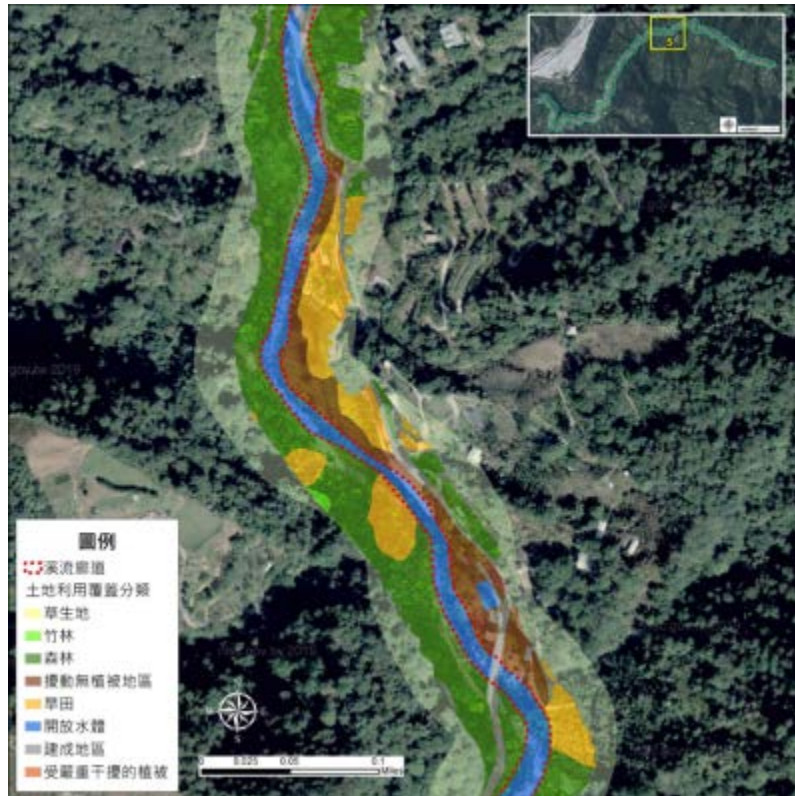
資料來源：本研究分析

圖 4-16 抽藤坑溪濱溪帶土地利用與覆蓋分類圖(3/8)



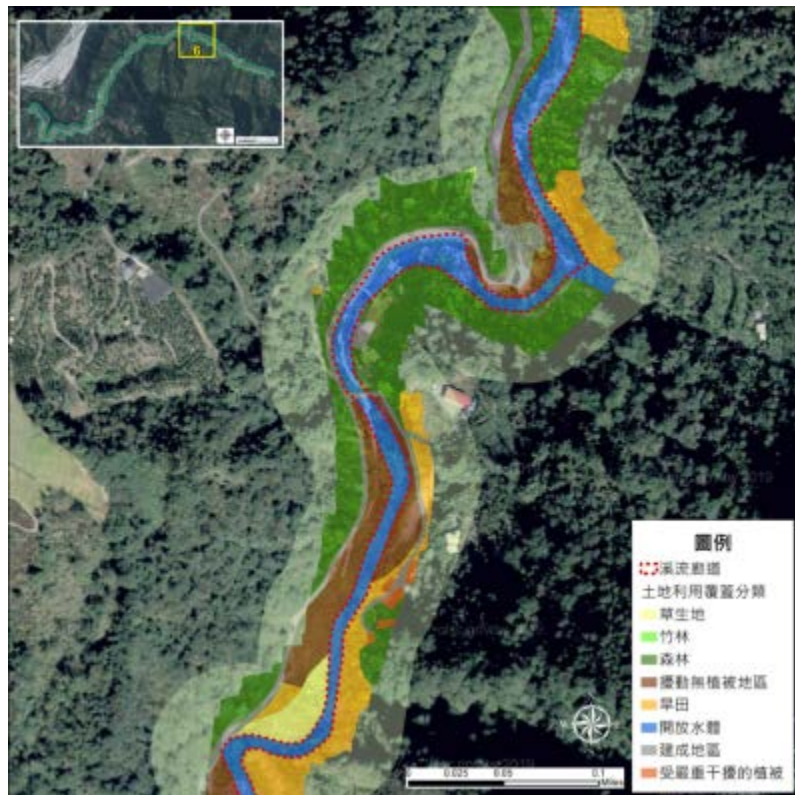
資料來源：本研究分析

圖 4-17 抽藤坑溪濱溪帶土地利用與覆蓋分類圖(4/8)



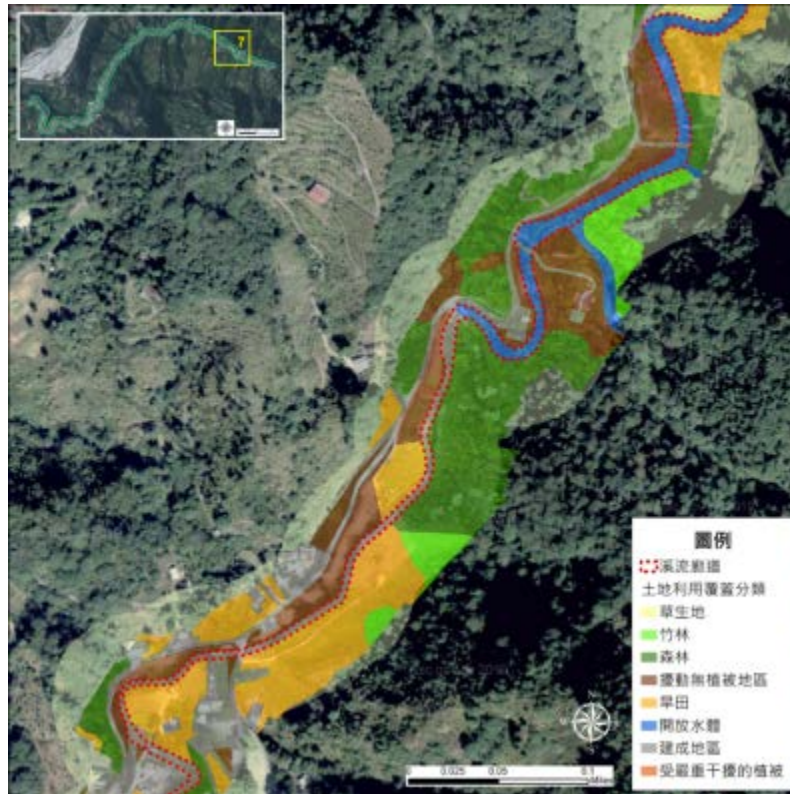
資料來源: 本研究分析

圖 4-18 抽藤坑溪濱溪帶土地利用與覆蓋分類圖(5/8)



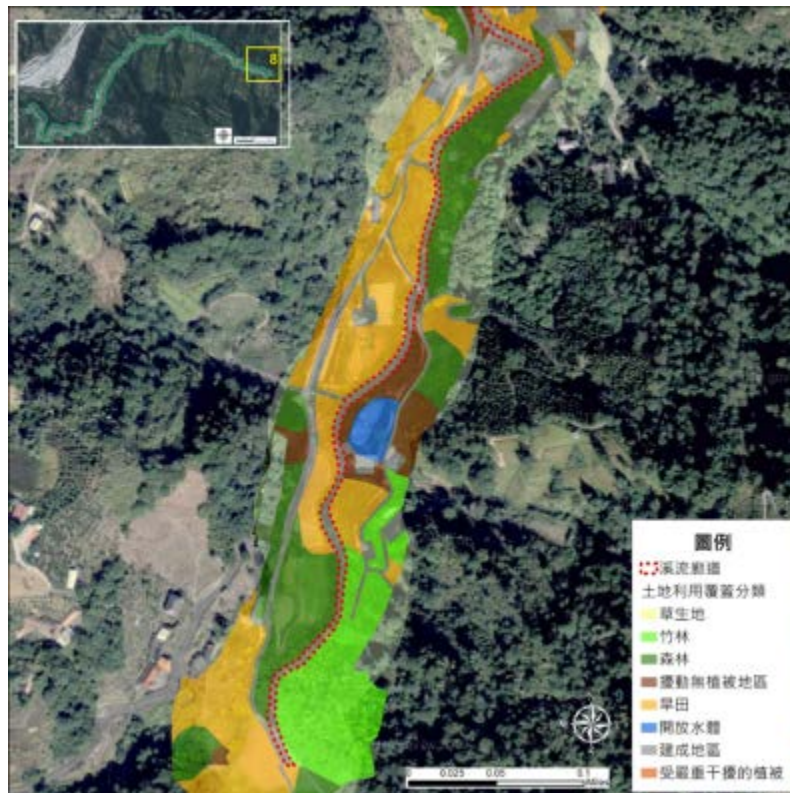
資料來源: 本研究分析

圖 4-19 抽藤坑溪濱溪帶土地利用與覆蓋分類圖(6/8)



資料來源：本研究分析

圖 4-20 抽藤坑溪濱溪帶土地利用與覆蓋分類圖(7/8)



資料來源：本研究分析

圖 4-21 抽藤坑溪濱溪帶土地利用與覆蓋分類圖(8/8)

表 4-19 抽藤坑溪流區段之土地利用與覆蓋類別統計資料

區段	劃分	01 草生地	02 竹林	03 森林	04 裸露地	05 旱田	06 水 田	07 開放水 體	08 建成地 區	09 受嚴重 干擾植被	面積小計 (單位:m ²)
1	全區	0.000	0.000	38791.353	12896.368	62844.003	0	36641.229	17412.320	0.883	168586.157
	溪流廊道	0.000	0.000	23.000	69.575	100.251	0	36248.769	629.112	0.000	37070.707
2	全區	0.000	0.000	32060.726	6265.612	30254.798	0	30537.181	12747.987	0.000	111866.303
	溪流廊道	0.000	0.000	4.380	0.000	60.677	0	30516.587	171.024	0.000	30687.610
3	全區	13809.194	0.000	14330.395	2587.165	33057.641	0	35741.592	15738.883	0.000	115264.870
	溪流廊道	346.060	0.000	14.788	0.000	318.257	0	35088.999	2236.243	0.000	38004.346
4	全區	7539.105	0.000	63647.072	7392.610	12009.474	0	29835.290	14148.940	0.000	134572.492
	溪流廊道	8.552	0.000	196.434	1411.476	21.215	0	29073.929	834.318	0.000	31545.924
5	全區	0.000	380.926	62668.631	21390.877	23088.505	0	22942.915	10407.483	0.000	140879.337
	溪流廊道	0.000	0.000	2535.347	447.893	147.106	0	22064.462	911.773	0.000	26106.580
6	全區	2224.974	0.000	54873.134	16728.808	17461.293	0	30662.387	16158.395	1035.944	139144.934
	溪流廊道	8.328	0.000	274.099	587.064	320.298	0	26044.274	1223.773	0.000	28457.835
7	全區	0.000	11816.652	52554.088	38846.394	42251.956	0	12272.943	31314.483	0.000	189056.517
	溪流廊道	0.000	0.000	89.211	832.490	120.838	0	10009.134	7665.705	0.000	18717.379
8	全區	0.000	23666.326	31953.521	8884.365	81826.279	0	3054.218	28507.679	0.000	177892.387
	溪流廊道	0.000	394.910	273.156	32.863	3691.737	0	0	5562.798	0.000	9955.465

表 4-20 抽藤坑溪濱溪帶生態系功能與服務評估成果

編號	穩定週邊 SEPLs 機能		過濾與維持溪流水體品質			碳保存	水資源涵養與保育		溪流廊道敏感性	
	ES_01	ES_02	ES_03	ES_04	ES_05	ES_06	ES_07	ES_08	ES_09	ES_010
1	0.625	0.109	0.382	0.146	0.005	0.474	0.710	0.980	2.000	1.000
2	0.625	0.090	0.234	0.000	0.000	0.336	0.751	0.995	1.000	1.000
3	0.625	0.040	0.000	0.212	0.002	0.000	0.720	0.933	2.000	1.000
4	0.625	0.180	1.000	1.000	0.063	1.000	0.850	0.973	1.000	1.000
5	0.375	0.187	0.906	0.667	1.000	0.967	0.844	0.959	1.000	1.000
6	0.375	0.155	0.753	0.586	0.098	0.809	0.817	0.945	1.000	1.000
7	0.375	0.474	0.934	0.692	0.048	0.829	0.722	0.584	3.000	1.000
8	0.375	0.743	0.743	0.505	0.691	0.479	0.610	0.070	0.000	1.000

另外，由於野溪區段較少，若單一野溪區段內有 2 項(含)以上評估指數小於或等於 20 百分位值，定義該區段為「建議推動服務修補」區域，宜進行進一步細部盤點工作以確認社會挑戰議題、生態系服務現況與可用治理手段。其他未滿足上述兩項條件者，本計畫評析為暫無特殊課題亟需處理的區域，其推動治理或進行細部盤點之優先序較低，但仍可能有部分較佳或不良之生態系服務或功能，可透過本計畫之評估細節資料檢視。此外，本計畫亦利用等關注物種分布的野溪區段後，納入該區度的前後 2 區，亦註記於表 4-21 內。本計畫依據以上操作定義，將各野溪區段之議題辨識繪製如圖 4-22。

表 4-21 抽藤坑溪濱溪帶生態系服務潛勢分析與議題辨識評估成果

編號	穩定週邊 SEP 機能	過濾與維 持溪流水 體品質	水資源 涵養與 保育	溪流廊道 敏感性	水域 關注 物種 分布	高生態系 服務產出 潛勢	建議推 動服務 修補
1	0.625*	0.003	0.845*	0.333	V		
2	0.625*	0.000	0.87 3*	0.667*	V	V	
3	0.625*	0.001	0.82 7*	0.333	V		V
4	0.625*	0.126	0.91 2*	0.667*	V	V	
5	0.375	1.573*	0.90 2*	0.667*	V	V	
6	0.375	0.131	0.88 1*	0.667*	V		
7	0.375	0.078	0.65 3	0.000	V		V
8	0.375	0.862*	0.34 0	1.000	V		V
平均值	0.500	0.347	0.780	0.541			
20 百分 位數	0.375	0.001	0.653	0.333			

大於平均值者標記*；小於或等於 20 百分位數者標記淺灰底色 資料來源：本計畫分析

(五) 抽藤坑溪評估成果綜合討論

上開野溪區段的生態系評估成果細節評析，已可說明各個野溪區段現況可提供的生態系服務潛勢，雖然監督式分類成果仍須進一步改善，現規劃指標評估成果已可說明現地環境狀況，並參考區段特性推估子集水區內不同區段的濱溪帶生態系服務產出的優劣勢。提供針對前述區段的細部建議如下：

1. **中和橋下游(區段 01 至 02)**溪流區段 01 和 02 在過濾與維持溪流水體品質分析項目上評分較差，影響濱溪帶所提供之藍綠基盤功能，如穩定水溫水質、營養鹽與污染物過濾、保護兩岸邊坡與野生動物棲地、攔阻不同粒徑大小物質等等。溪流區段 02 屬於高生態系服務產出潛勢，從現地勘查可發現有較大面積連續自然植生，水域棲地多樣性高。本區域在既有的土砂災害保護工作之外，缺乏可緩衝災害並提供適度滯洪、生物活動的空間。因此，本區域之主要課題建議導入濱溪緩衝綠帶，植生工程可以攔阻或過濾其上游排放之農業污染物與過量營養鹽，以提升過濾與維持溪流水體品質，並進一步推動小規模在地滯洪方案，降低河道內之流速與洪水位負載。
2. **中和橋上游(區段 03 至 06)**溪流區段 03 在過濾與維持溪流水體品質以及溪流廊道敏感性項目上評分較差，故該區段屬於建議修補區域。由於鄰近中和橋區域，因道路、建築等因素非自然棲地面積較大，此雖然相比其他區段橫向構造物較多，但由於先前此處已經工程規劃治理後，我們現地勘查發現植生復育情形相當良好，因此判定此區段不做整治。區段 04 和 05 以及 06 在水資源涵養與保育上和溪流廊道敏感性評分較佳，發現有較大面積從事農業活動，濱溪帶植生較豐富，較少建築構造物以及經人為高度擾動之綠地。整體而言，具有較高的生態系服務

產出。本區域有較佳的濱溪植被狀況，水質清澈且流動緩慢，建議納入為值得關注並保全之區段，定期監測並瞭解水砂與棲地變化狀況，以利未來抽藤坑溪集水區檢討調適方式。

3. **中和橋上游(區段 07 至 08)**溪流區段 07、08 在穩定週邊 SEP 機能和水資源涵養與保育項目上評分較差，皆屬建議推動服務修補的河段。此溪流區段建成地區與結構物面積占比多，較多民眾居住於上游地區，因農業汙水造成水質具優養化的趨勢，因農業行為大大影響溪流水質與水資源涵養。整體而言，本區域之課題可細化為優養化範圍確認、水質過濾系統以及水資源分配的討論。此外，經由現地勘查發現上游有早期設置之高落差攔水設施、固床工、護岸，致使河川輸砂不平衡，導致上游淤積與水陸域交接處棲地單調化，亦為可積極處理之課題。

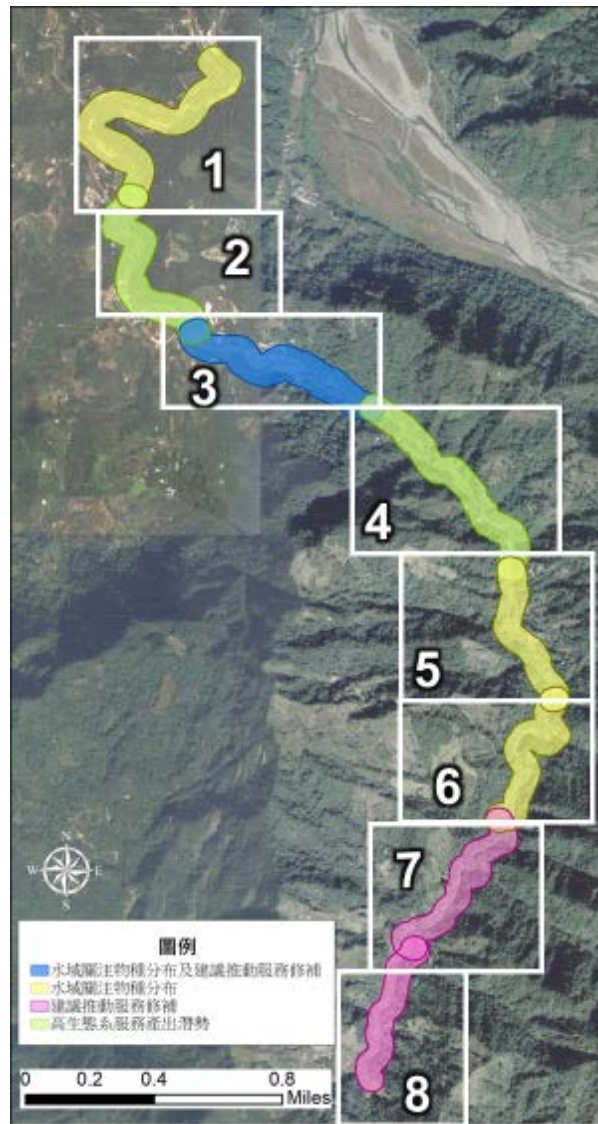


圖 4-22 抽藤坑溪區段生態系服務潛勢與課題評估圖

第三節 案例河段選定

在評估生態系服務與其他資源之前，必須要先掌握地表植被、水體、人造物等等不同生態系統分類單元的分布，才能進一步評估自然系統所提供或潛在可提供的生態系服務資源。

本計畫運用在地表分類的監督式分類之優點為運算快速，且有相當程度的系統性與再現性，但其成果仍需要人工校正，特別是在小尺度、高解析度與植被/底質複雜的影像中。是故，本計畫透過人工判釋進行分類成果的細節修正，以進一步強化分析成果。然若未來相關分析需拓展至全子集水區範疇，受到可用的正射影像品質與範圍、是否於計畫執行期間內可取得最新遙測資料、以及決策所需要的適當資訊量等因素的影響，本計畫建議未來可以透過降低遙測資料解析度到適當層級、調整分類類別以對應非濱溪帶與溪流之生態系單元或棲地狀況，以及增加其他非可見光的波段資料等方案，作為子集水區尺度的地表分類與資源盤點之主要分析材料。

此外，由抽藤坑溪集水區生態系服務分析過程，顯示區段 03 經過此生態評估方式，判定該區段屬於建議推動服務修補，發現此區段雖然相比其他區段橫向構造物較多，使得水域縱向阻隔狀態，判定該水域廊道於該區段之水域物種上下游遷徙之阻礙，因此溪流廊道敏感性較低。不過該區段由於先前經過工程治理後，現地勘查發現植生復育情形相當良好，建議後續本生態評估方式可納入植生復育情形做為加分項的考量，以利臻善生態評估方法。由本章節前述分析結果，顯示於沙河溪集水區改善區域可聚焦於善東橋前後(區段 29)，因過往較高的取水堰體興築作為，河川輸砂不平衡導致取水堰上游淤積與水陸域交接處棲地單調化，亦為可積極處理之課題。於抽藤坑溪集水區分析結果顯示，可聚焦於中和橋上游重點區域(區段 7)，該區域上游有早期設置之高落差系列固床工，致使河川輸砂不平衡，導致上游淤積與水陸域交接處棲地單調化，後續將作為優化討論區域。

第五章 環境基礎流量推估探討

第一節 統計分析方法

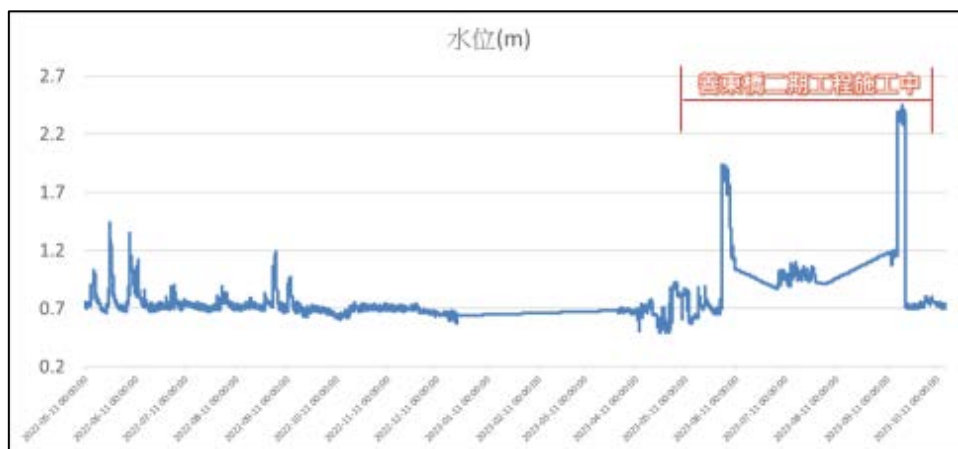
本節針對沙河溪集水區及抽藤坑溪集水區內，依農業部農村發展及水土保持署過往水砂觀測相關作業計畫，已設置之水砂監測區位，於平常時期，運用持續性觀測資料，推估本研究範圍環境基礎流量，以沙河溪為例本研究採用善東橋下游既有取水堰(如圖 5-1)，該處係屬水理控制斷面，適宜做為水砂觀測，可作為推估流量及輸砂量推估，後續亦能進行工程優化前後棲地改善分析。該水砂觀測站於 111 年 5 月設置，由監測資料顯示善東橋下游取水堰之尋常水位高度介於 0.70~0.90m 之間(如圖 5-2)。



水砂監測設備現地照片

資料來源: 111 年後龍溪導入 NbS 調適研究計畫，農村發展及水土保持署

圖 5-1 善東橋下游取水堰架設水砂監測設備示意圖



資料來源: 本研究繪製

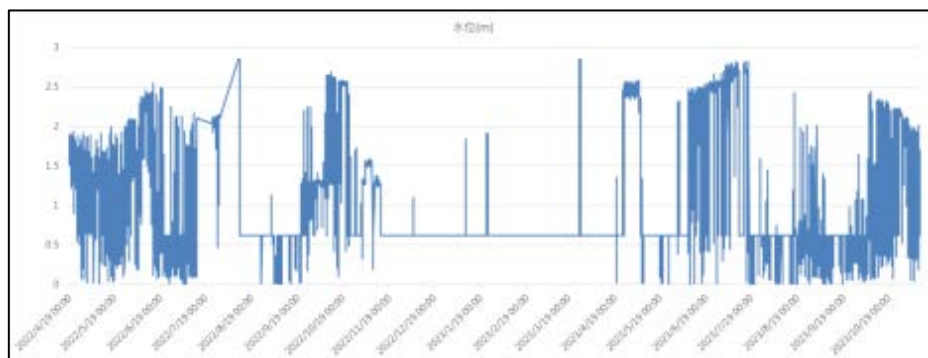
圖 5-2 善東橋下游既有水位監測歷時圖

以抽藤坑溪為例，本研究採用中游中和橋水位流速測站(如圖 5-3)作為統計分析依據，該觀測站於 111 年 4 月設置，由監測資料顯示尋常水位高度介於 0.70~1.00m 之間(如圖 5-4 及圖 5-5)。由水位資料顯示抽藤坑溪因屬於野溪系統，現況豐枯水期變化相當明顯，豐水期平均水位約為 1.0m，枯水期平均水位則下降至 0.6m。



資料來源：本研究拍攝

圖 5-3 抽藤坑溪中和橋架設水位流速監測設備示意圖



資料來源：本研究繪製

圖 5-4 抽藤坑溪中和橋既有水位監測歷時圖

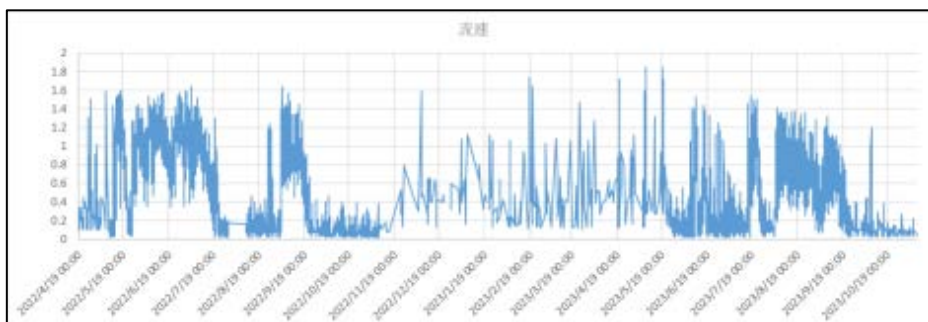
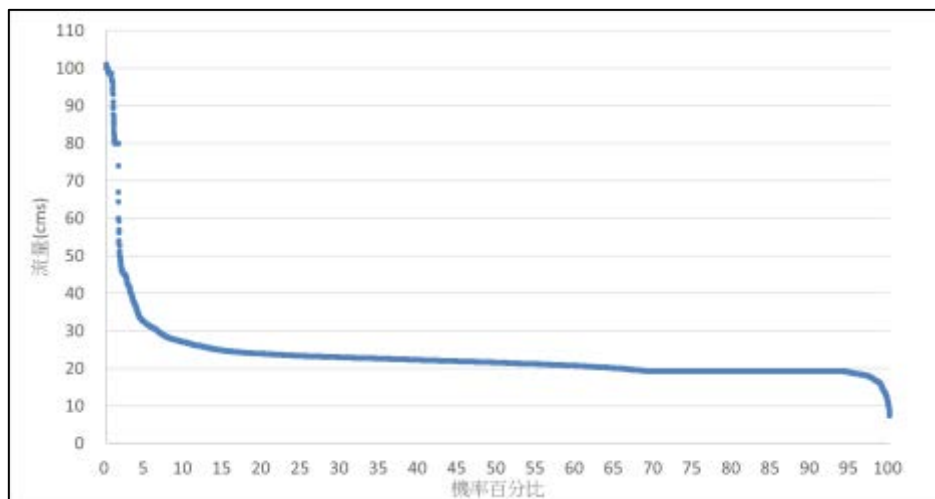


圖 5-5 抽藤坑溪中和橋既有流速監測歷時圖

水位資料蒐集後，採用統計分析方法係屬歷史流量統計評估法(詳第二章)，乃由歷年全部日流量資料，按大小排序， m 代表由大至小的排序， N 代表總日數，因此大於等於排序 m 之日流量 Q 的發生機率為 $P=(m/N) \times 100\%$ ，流量為 Y 座標，發生機率(即時間百分比)為 X 座標，最大日流量 $Q_{\max}$ 發生機率為 $1/N$ ，最小日流量 $Q_{\min}$ 發生機率為趨近 100% ，沙河溪善東橋下游觀測站點繪結果如圖 5-5。求得不同發生機率代表流量值(如表 5-1)。其中國內外相關研究最常做為環境基礎流量代表值 Q_{95} 為 18.8cms 。然而本次統計期間涵蓋善東橋二期工程施作期間(112/4/15-112/10/30)，如直接採用該統計值($Q_{95}=18.8\text{cms}$)作為環境基礎流量，則存在因施工擾動的誤差相當大。



資料來源：本研究分析

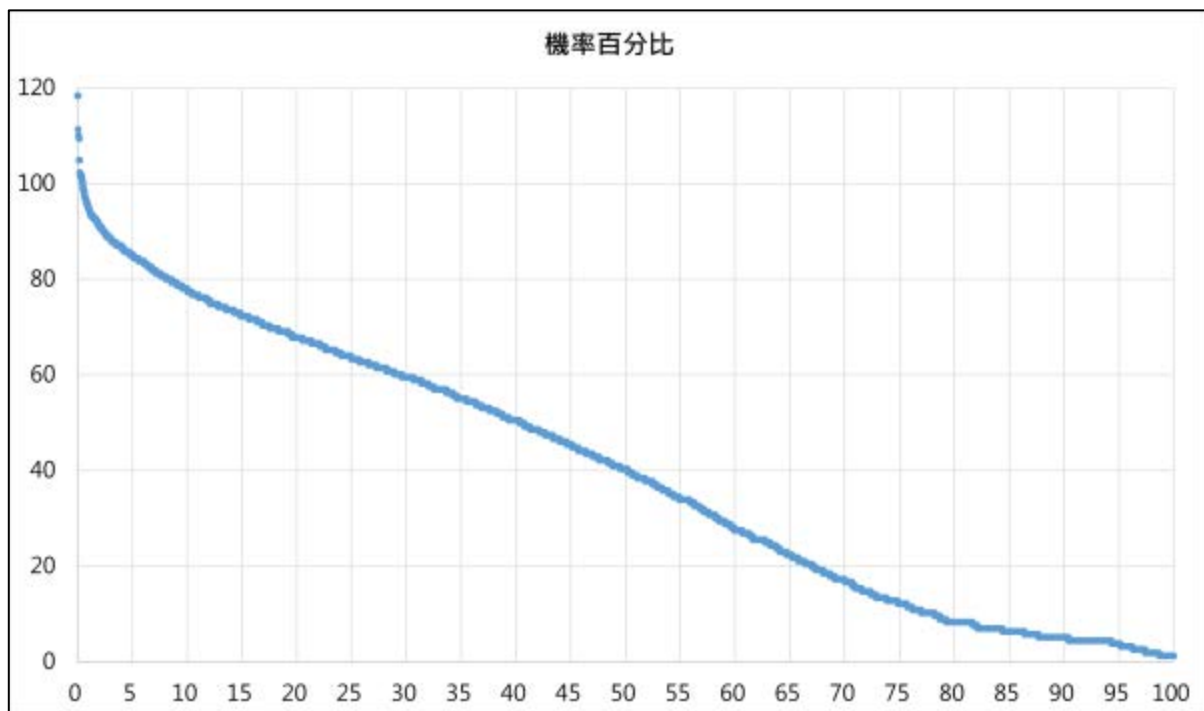
圖 5-6 沙河溪善東橋下游測站逕流超越機率曲線

表 5-1 沙河溪善東橋下游測站不同發生機率代表流量

發生機率百分比(%)	代表流量值 (cms)
0-15	24.7
16-30	22.9
31-45	21.8
46-60	20.6
61-75	19.2
76-95	18.8
96-100	7.4

資料來源：本研究分析

抽藤坑溪中和橋觀測站點繪結果如圖 5-6，求得不同發生機率代表流量值(如表 5-2)，環境基礎流量代表值 Q_{95} 為 3.8cms。於本測站所得之觀測值雖觀測期間(111/4-迄今)未達 2 年，但本研究區域近年人為擾動低，且近年亦是相關執行單位積極進行自然復育區域(農村水保署，2019)，因此 $Q_{95}=3.8\text{cms}$ 透過比流量估算後 $Q_{95}=1.2\text{cms}$ 可做為本研究下節水理分析基流量模擬值。



資料來源：本研究分析

圖 5-7 抽藤坑溪中和橋測站逕流超越機率曲線

表 5-2 抽藤坑溪中和橋測站不同發生機率代表流量

發生機率百分比(%)	代表流量值(cms)
0-15	72.3
16-30	59.5
31-45	45.4
46-60	27.5
61-75	12.2
76-95	3.8
96-100	3.2

資料來源：本研究分析

第二節 水理分析方法

本節運用沙河溪及抽藤坑溪集水區已設置之既有水位觀測站，依據地形資料，建製水理模式地形模型後，運用水理模式(Hec-ras)分析不同流量下對應斷面水深，作為溪流環境基礎流量之討論。

本研究分別以基流量及 Q_{50} 情境進行現況模擬，其中基流量承上節分析內容，在沙河溪善東橋下游觀測站成果顯示，因統計期間涵蓋善東橋二期工程施作期間(112/4/15-112/10/30)，如直接採用該統計值($Q_{95}=18.8\text{cms}$)作為環境基礎流量，則存在因施工擾動的誤差相當大，因此基流量建議以堰流公式估算值進行模擬。抽藤坑溪中和橋測站則由前節 $Q_{95}=3.8\text{ cms}$ 估算值，再透過比流量計算模擬河段以 $Q_{95}=1.2\text{ cms}$ 估算值進行模擬。兩處研究案例區水理分析分述如下：

一、沙河溪善東橋河段

(一) 模擬範圍

河道模擬範圍主要依據最近期地形測量範圍研訂模擬範圍，因此善東橋河段上游邊界位於善東橋上游約 350 公尺處，下游邊界位於取水堰下游約 190 公尺，河道總長約 540 公尺，詳圖 5-8 所示。

(二) 地形資料

全段河道地形建置依據地形測量資料成果作為模式地形主體，河道既有工程部分則依據各結構物之工程竣工圖於初始地形上進行工程編修布置。各工程方案模型地形編修成果詳圖 5-9 所示。

(三) 上游邊界

善東橋河段 50 年設計流量係依據屬水利署 108 年「後龍溪水系治理規劃檢討」成果報告為依據，以沙河溪與後龍溪匯流口 50 年重現期流量 723 cms，以比面積法推估洪峰流量，另依據 106 年水土保持

持手冊建議，以三角形歷線配合洪峰值，推估洪水流量歷線，延時部分考量善東橋上游集水面積僅為沙河溪集水區約 16%，因此擬訂流量歷線延時為 12 小時。善東橋河段 50 年重現期流量歷線詳圖 5-10 所示。因統計期間涵蓋善東橋二期工程施作期間(112/4/15-112/10/30)，如直接採用該統計值($Q_{95}=18.8\text{cms}$)作為環境基礎流量，則存在因施工擾動的誤差相當大，因此基流量以堰流公式估算值進行估算($Q=1.7\times1.5\times0.7^{1.5}\doteq1.5\text{ cms}$)基流量為 1.5 cms 作為估算。

表 5-3 善東橋河段二維動床模式參數表

類別	項目	說明
水理參數	糙度係數	依據農村發展及水土保持署台中分署 109 年「沙河溪集水區(北河村南北橋重點區域)細部規劃」成果報告書建議及現地踏勘後善東橋下游採用 0.025，善東橋上游採 0.033。
	上游邊界	依據屬水利署 108 年「後龍溪水系治理規劃檢討」成果報告，以比面積法推估洪峰流量為 109.9 cms。
	下游邊界	依地形測量之河道坡度作為參採，能量坡降($S=0.005$)作為下游邊界設定。
輸砂參數	起始河床粒徑組成設定	依據農村發展及水土保持署台中分署 109 年「沙河溪集水區(北河村南北橋重點區域)細部規劃」調查結果，詳表 5-4。
	土砂入流量	河道平衡輸砂條件(Equilibrium Load)
	土砂運移公式	Wu(2000)輸砂公式

資料來源: 111 年後龍溪導入 NbS 調適研究計畫，農村發展及水土保持署

(四) 下游邊界

下游邊界依據地形測量成果中下游河道斷面之平均河道坡度，以能量坡降($S=0.005$)作為正常水深之能量坡降(S_f)輸入條件進行給定。

(五) 曼寧粗糙係數

曼寧粗糙係數參考依據台中分署 109 年「沙河溪集水區(北河村南北橋重點區域)細部規劃」成果報告書建議及現地踏勘結果，善東橋上、下游具有相當程度河床質組成落差，詳圖 5-11，善東橋上游河道粒徑組成較為多樣態，曼寧係數採用 0.033，善東橋下游則多為單一細粒料之細砂，故曼寧係數採 0.025。

(六) 河床質

模式之河床質粒徑依據台中分署 109 年「沙河溪集水區(北河村南北橋重點區域)細部規劃」調查結果，以表 5-4 之粒徑比例，作為本模式河床質輸入之條件。

表 5-4 善東橋河段二維動床模式河床質粒徑表

河床質	善東橋河段				
代表粒徑	d ₅	d ₁₆	d ₂₅	d ₅₀	d ₆₅
粒徑(mm)	0.1	1.24	10.69	92.79	123.48
代表粒徑	d ₇₅	d ₈₄	d ₉₀	d ₉₅	d _m
粒徑(mm)	153.59	183.95	210.97	233.48	62.84

資料來源:農村發展及水土保持署台中分署 109 年「沙河溪集水區(北河村南北橋重點區域)細部規劃」

(七) 土砂入砂量

由於集水區內測站目前僅有 1 年半流量含砂觀測資料，觀測期間涵蓋善東橋二期工程施作期間，如直接採用該觀測值，則存在因施工擾動的誤差相當大，因此模式以平衡輸砂(Equilibrium Load)條件作為設定，此方法係依據上游邊界位置之粒徑級配及河床輸送能力條件計算土砂入砂量。

(八) 河段現況水砂模擬成果

現況善東橋河段之河道特性詳圖 5-12 所示，以基流(堰流公式估算)及 Q₅₀ 模擬之水深、流速及沖淤變動結果如圖 5-13 所示，改善前之模擬成果分項說明如後：

1. 水深及流速分布結果

善東橋河段洪水自上游邊界入流後平順流直，直至一左彎河道於凹岸形成一高流速區，其流速約為 5.2 m/s ~ 5.5 m/s，而後緊接一右彎河道，並於 2 彎道中間處區域河段形成一深潭區域，其水深平均約為 3.5 m，而後河道平順流直，流速漸增至 6.5 m/s，直至善東橋下游遇 U 型彎道，並於凹岸處形成一高流速區，其平均流速約 6.7 m/s，河道受攔河堰影響坡度漸緩，易使土砂落淤，而後水流至攔水堰高跌水(壩高約 2.5m)影響，於攔河堰下方形成高流速跌水區，其平均流速約為 9.7 m/s。

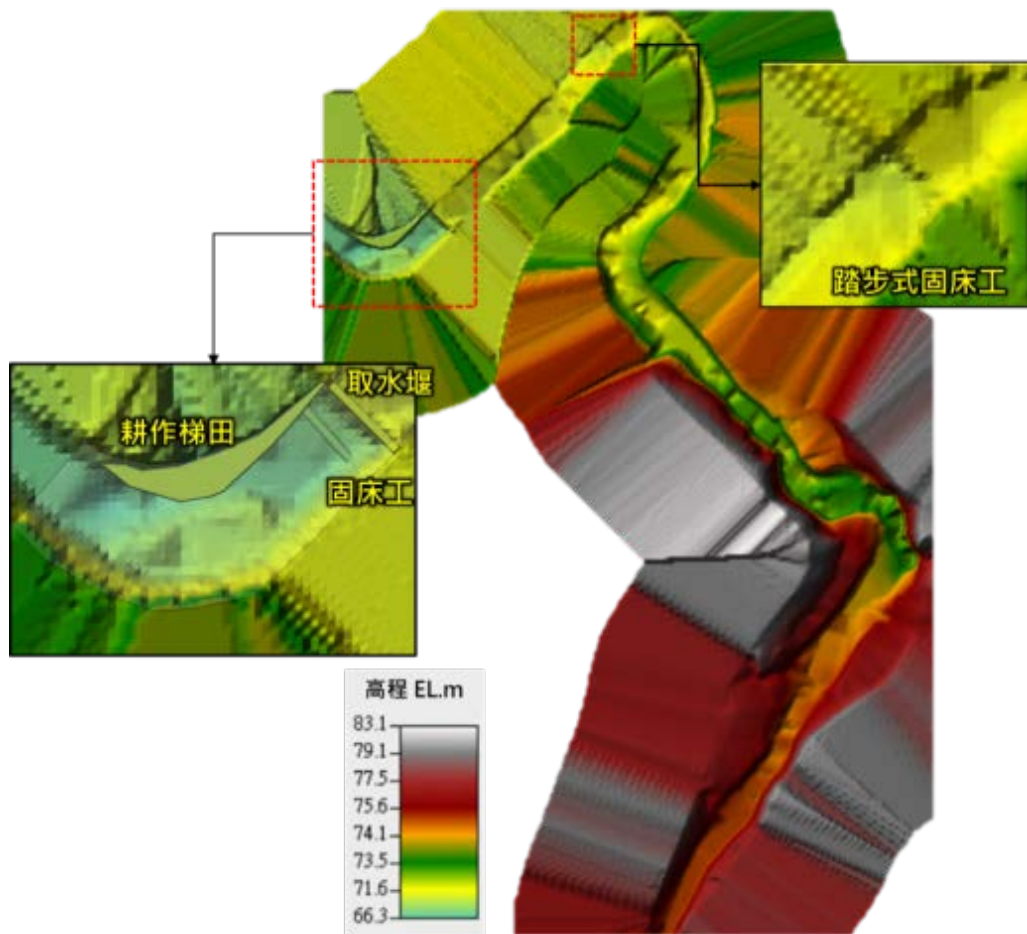
2. 河道沖淤變動

底床泥砂沖淤變動受河道坡度、流速及泥砂組成影響甚巨，因善東橋河道特性為多急彎道，水流易受離心力影響形成二次流況，水流衝擊攻擊側護岸易形成沖刷，故由模擬成果可知於河道彎道攻擊側皆有彎道沖刷的趨勢，惟善東橋下游右側凹岸因受既有固床工控制底床之緣故，無明顯下刷趨勢，可知現況固床工應具備底床控制之效益。而於攔河堰下游因受壩高跌水影響，洪水形成局部沖刷坑趨勢明顯，其沖刷坑平均下刷深度約為 2.2 m。



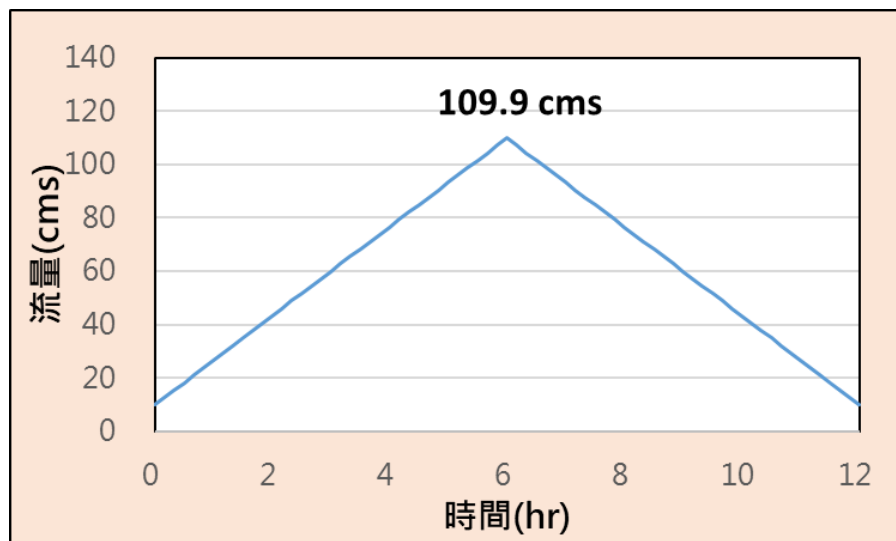
資料來源: 111 年後龍溪導入 NbS 調適研究計畫，農村發展及水土保持署

圖 5-8 善東橋河段模擬範圍



資料來源: 111 年後龍溪導入 NbS 調適研究計畫，農村發展及水土保持署

圖 5-9 善東橋河段現況工程治理地形編修圖



資料來源: 本研究繪製

圖 5-10 善東期河段 50 年重現期流量推估歷線



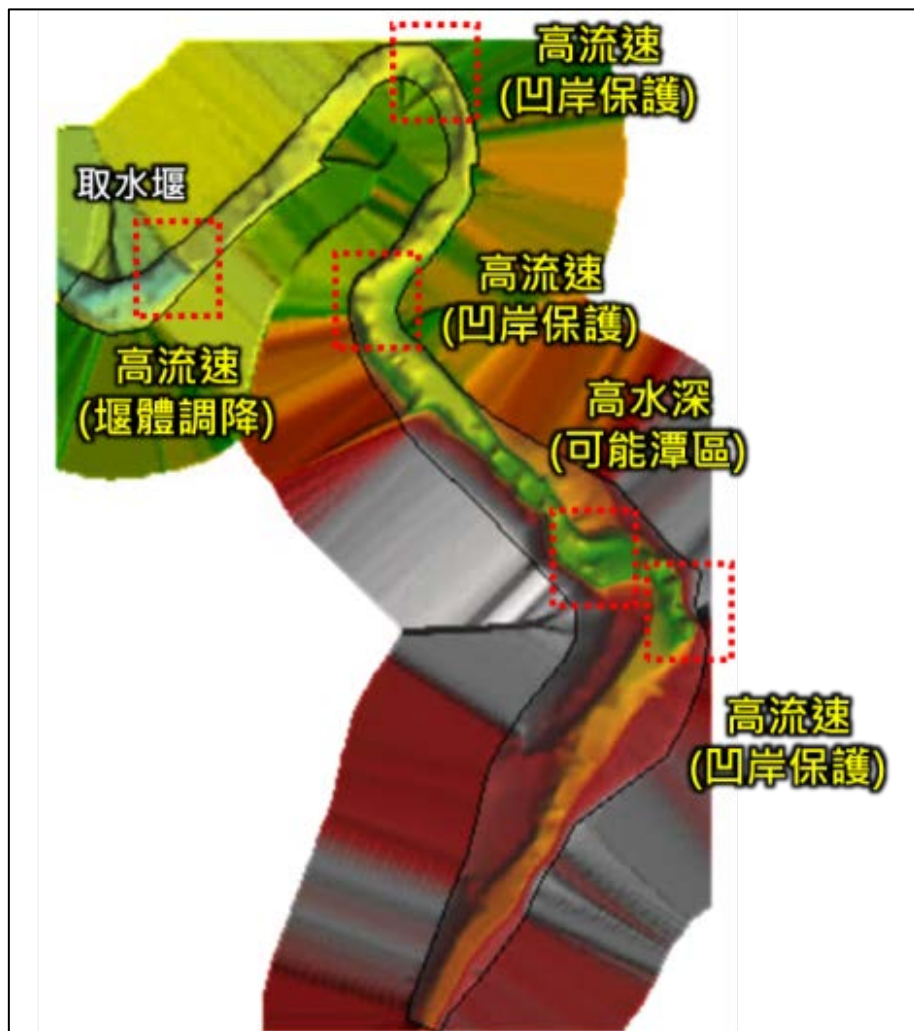
(a)善東橋上游河道現況



(b)善東橋下游河道現況

資料來源：本計畫產製

圖 5-11 善東橋河道底床現況照片



資料來源: 111 年後龍溪導入 NbS 調適研究計畫，農村發展及水土保持署

圖 5-12 善東橋河道特性示意圖



(a)水深分布圖

(b)流速分布圖

(c)沖淤變動圖

資料來源: 111 年後龍溪導入 NbS 調適研究計畫，農村發展及水土保持署

圖 5-13 善東橋河段改善前二維水砂模擬成果(基流)



(a)水深分布圖

(b)流速分布圖

(c)沖淤變動圖

資料來源: 111 年後龍溪導入 NbS 調適研究計畫，農村發展及水土保持署

圖 5-14 善東橋河段改善前二維水砂模擬成果(Q₅₀)

二、抽藤坑溪無名橋上下游河段

(一) 模擬範圍

河道模擬範圍主要依據第四章抽藤坑溪濱溪帶生態系服務潛勢分析預計改善範圍，因此模擬河段上游邊界位於無名橋上游約 240 公尺處，下游邊界位於攔砂壩下游約 40 公尺，河道總長約 640 公尺，詳圖 5-15 所示。

(二) 地形資料

河道地形及既有工程部分建置依據地形測量資料成果作為模式模擬依據。各工程模型及河道地形編修成果詳圖 5-16 所示。

(三) 上游邊界

無名橋河段 50 年設計流量係依據屬農村發展及水土保持署台中分署 108 年「茄苳寮溪等三處集水區歷年整治成果調查評估及生態友善工法研析」成果報告為依據，以三角形單位歷線法推估無名橋 50 年重現期流量 29.5 cms，擬訂流量歷線延時為 12 小時。無名橋河段 50 年重現期流量歷線詳圖 5-17 所示。另基流量以 $Q_{95}=1.2\text{cms}$ 做為模擬值(詳前節)。

(四) 下游邊界

下游邊界依據地形測量成果中下游河道斷面之平均河道坡度，以能量坡降($S=0.004$)作為正常水深之能量坡降(S_f)輸入條件進行給定。

(五) 曼寧粗糙係數

曼寧粗糙係數參考依據現地踏勘結果，無名橋上、下游具有相當程度河床質組成落差，詳圖 5-18，無名橋上游河道溝身平整且植生稀

疏，曼寧係數採用 0.040，無名橋下游則較多構造物屬不規則土底兩岸砌石，故曼寧係數採 0.030。

(六) 河床質

模式之河床質粒徑依據農村發展及水土保持署台中分署「抽藤坑溪集水區調查規劃」調查結果，以表 5-5 之代表粒徑，作為本模式河床質輸入之條件。

表 5-5 無名橋河段河床質粒徑表

河床質	無名橋河段						
代表粒徑	D ₂₀	D ₃₅	D ₅₀	D ₆₅	D ₇₅	D ₉₀	D _{max}
粒徑(mm)	1	2	13	28	44	69	93

資料來源：「抽藤坑溪集水區調查規劃」農村發展及水土保持署台中分署，民國 94 年。

(七) 土砂入砂量

由於集水區內測站無含砂觀測資料，故現階段模式以平衡輸砂(Equilibrium Load)條件作為設定，此方法係依據上游邊界位置之粒徑級配及河床輸送能力條件計算土砂入砂量。

表 5-6 無名橋河段二維動床模式參數表

類別	項目	說明
水 理 參 數	糙度係數	依據現地踏勘後無名橋上游採用 0.04，無名橋下游採 0.03。
	上游邊界	依據屬農村發展及水土保持署台中分署 108 年「茄荖寮溪等三處集水區歷年整治成果調查評估及生態友善工法研析」成果報告，洪峰流量為 29.5 cms。
	下游邊界	依下游出口邊界處實際河道地形的坡度作為參採，能量坡降(S=0.004)作為下游邊界設定。
輸 砂 參 數	起始河床粒徑組成設定	依據農村發展及水土保持署台中分署 94 年「抽藤坑溪集水區調查規劃」調查結果，詳表 5-5
	土砂入流量	河道平衡輸砂條件(Equilibrium Load)
	土砂運移公式	Wu(2000)輸砂公式

資料來源：本研究產製

(八) 河段現況水砂模擬成果

現況無名橋河段之河道特性詳圖 5-19 所示，以基流及 Q_{50} 模擬之水深、流速及沖淤變動結果如圖 5-20 及圖 5-21 所示。現況模擬成果說明如後：

1. 水深及流速分布結果

本河段洪水自上游邊界入流後平順流直，水深介於 0~3m 之間，直至一右彎河道前於凹岸前形成一高流速區，其流速約為 5.0 m/s ~ 6.0m/s，而後緊接一右彎河道，並於 2 彎道中間處區域河段形成一深潭區域，其水深平均約為 4.5 m，而後河道在經過一右彎，形成一深潭區域，其水深平均約為 5.2m，流速減緩至 3.0 m/s，推估因水流經過連續兩彎道後，流速降低，直至流經無名橋上游系列固床工，水深及流速開始因構造物的存在有不同變化，固床工下游流速有增加現象，其多流速約為 5.5 m/s ~ 6.5 m/s 之間，水深則因構造物分布而降低，其水深平均約為 2.8m，整體而言下游河道受固床工影響坡度漸緩，易使土砂落淤，而固床工上游則易形成局部淤積現象。

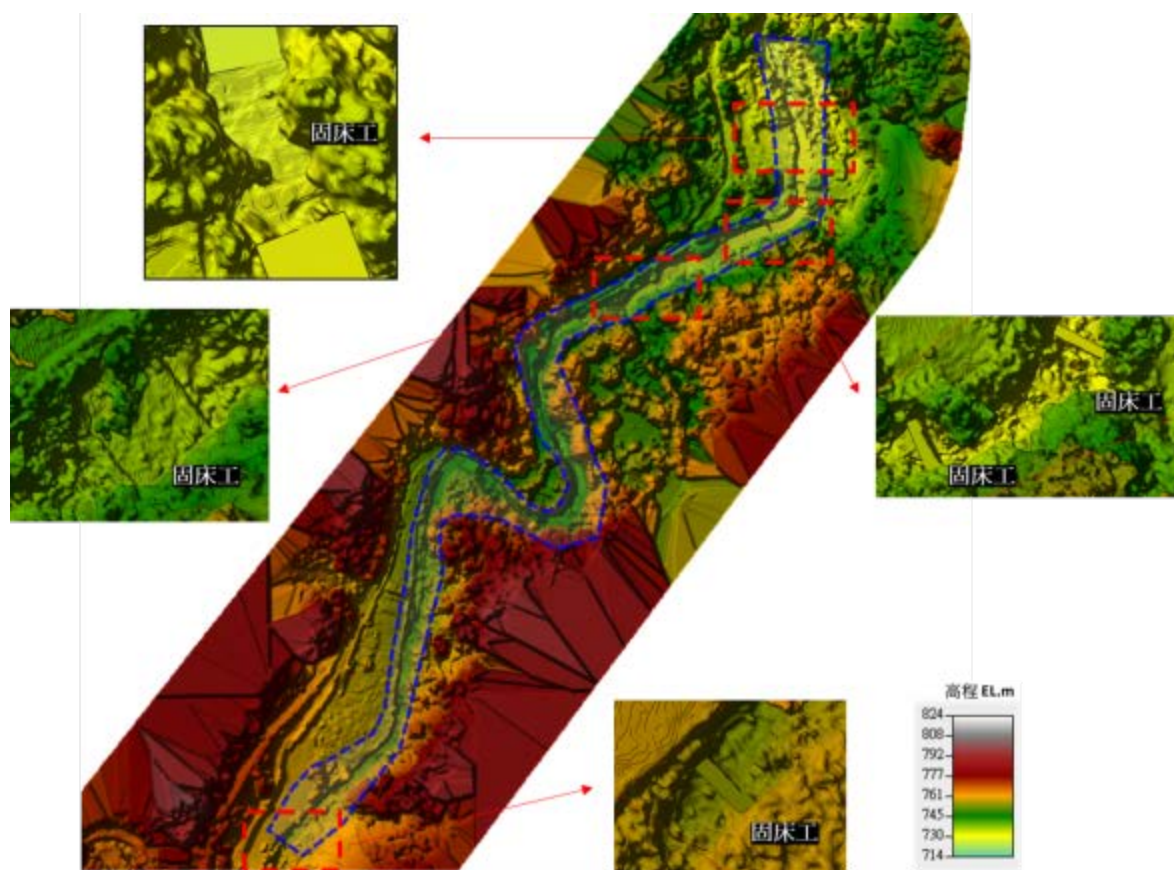
2. 河道沖淤變動

底床泥砂沖淤變動受河道坡度、流速及泥砂組成影響甚巨，因本河道特性上游多彎道，水流易受離心力影響形成二次流況，水流沖擊攻擊側護岸易形成沖刷，故由模擬成果可知於河道彎道攻擊側皆有彎道沖刷的趨勢，惟最下游固床工因存在較高落差，受既有固床工控制底床之緣故，無明顯下刷趨勢，可知現況固床工應具備底床控制之效益，整體而言本河段多為沖刷型態，其平均下刷深度約為 1.6m。



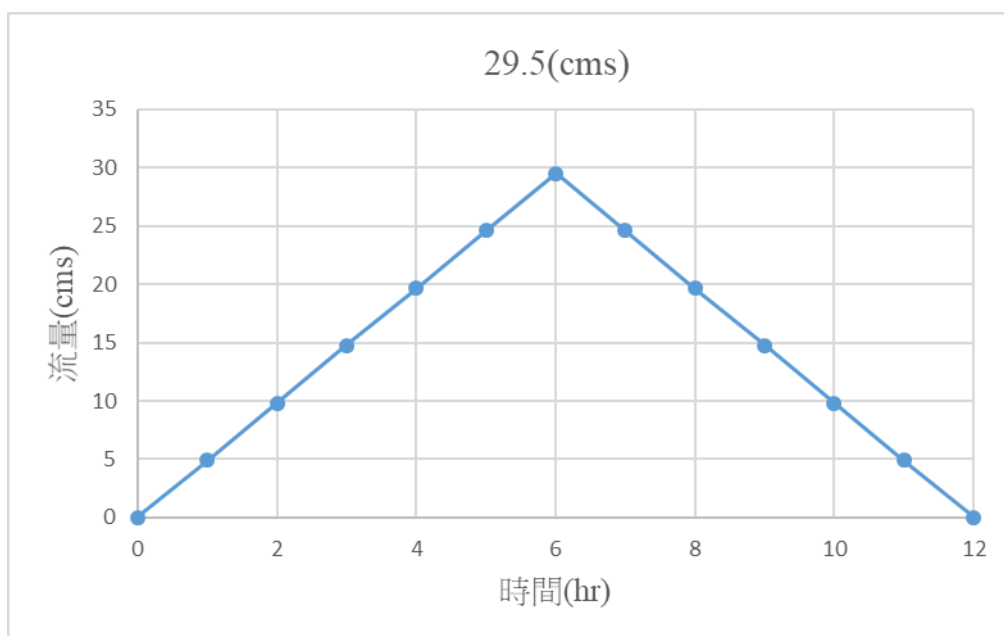
資料來源：本研究繪製

圖 5-15 抽藤坑溪無名橋河段模擬範圍



資料來源：本研究繪製

圖 5-16 無名橋河段現況工程治理地形編修圖



資料來源：本研究繪製

圖 5-17 無名橋河段 50 年重現期流量推估歷線



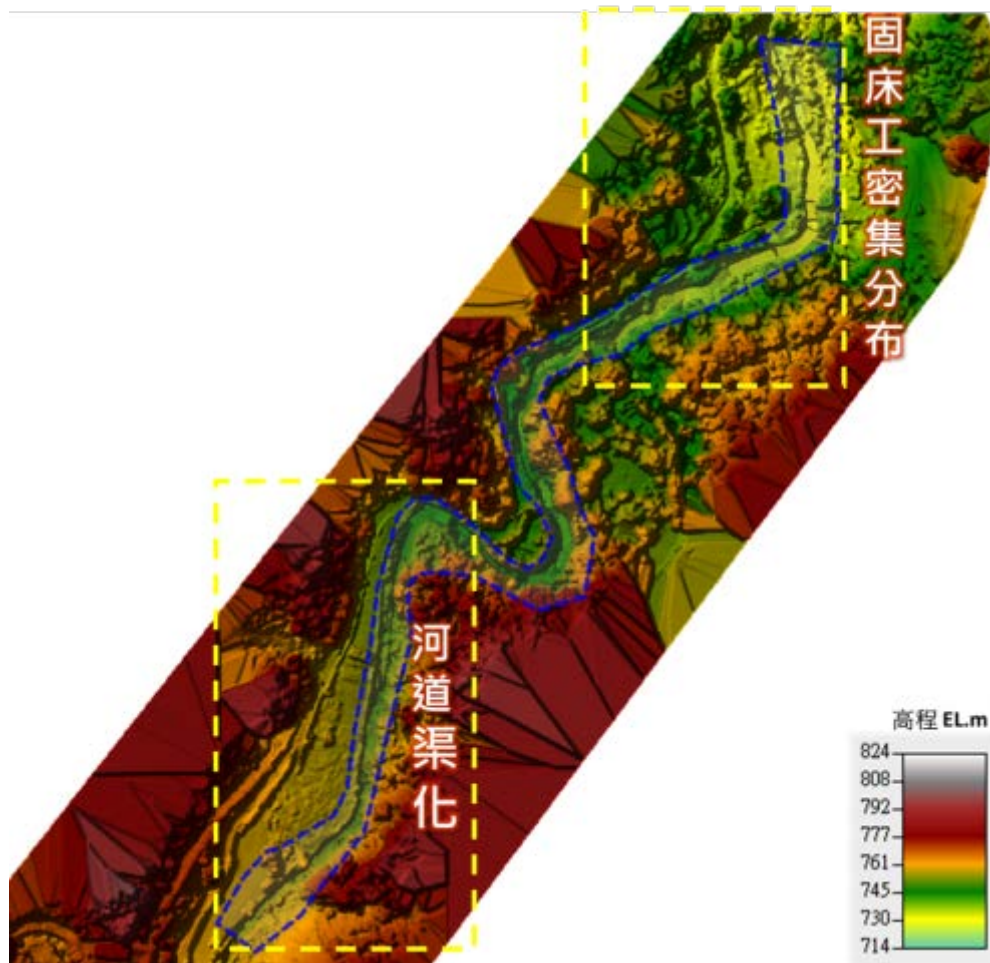
(a)無名橋上游河道現況



(b)無名橋下游河道現況

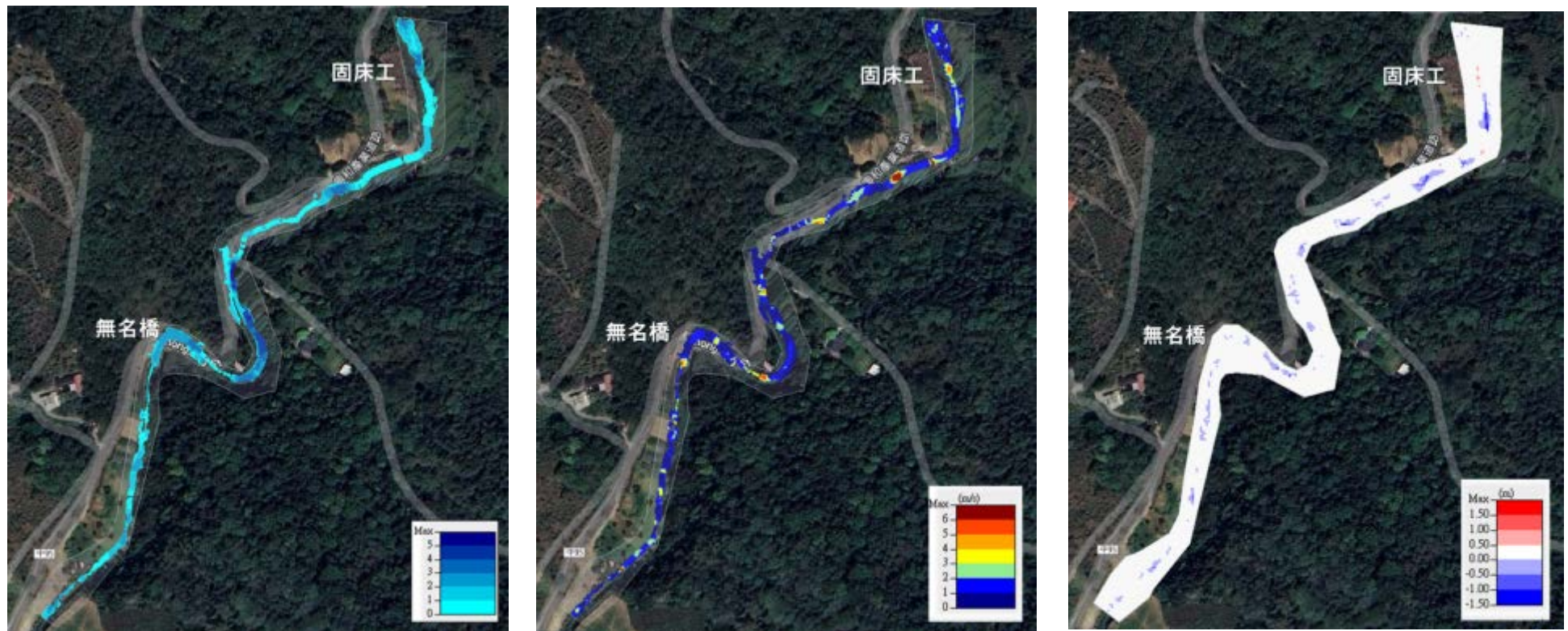
資料來源：本研究繪製

圖 5-18 無名橋上下游河道底床現況照片



資料來源：本研究繪製

圖 5-19 無名橋上下游河道特性示意圖



(a)水深分布圖

(b)流速分布圖

(c)沖淤變動圖

資料來源：本研模擬成果

圖 5-20 無名橋河段改善前二維水砂模擬成果(基流)



(a)水深分布圖



(b)流速分布圖



(c)沖淤變動圖

資料來源：本研模擬成果

圖 5-21 無名橋河段改善前二維水砂模擬成果(Q₅₀)

第六章 工程優化方案評估

第一節 工程對於野溪環境影響探討

治理工程之建設皆有其時空環境設置背景，多為保育水土資源及減免土砂災害之主要手段，其目的在於維護人民生存適居之環境，保障生命財產之安全，並依循人類社會為了求生存和發展，一方面通過土地利用和改造尋求各項物質之滿足，另一方面為避免因開發利用而引發環境的負面衝擊，於是戮力從事各項興利防災之公共工程建設，來滿足人類在食、衣、住、行、育、樂之生活與安全需求。然而近年氣候變遷明顯、人為活動頻繁及維護管理不易等因素，致使部分工程原設計功能已無法滿足現今人與生物之需求。

本研究盤點研究區域內既有縱橫向構造物，其對溪流環境造成直接或間接影響之構造物類型，包含早期因治山防災需求所設置之固床工及護岸、因農業灌溉需求所設置之取水堰及為減少河床沖刷所設置之混凝土底床等(亦稱三面光設計)。

上述構造物 1.在沙河溪善東橋河段對溪流環境造成直接明顯影響者為下游之取水堰及兩岸混凝土護岸，2.在抽藤坑溪無名橋(一)上下游河段，則包含高落差固床工(下游兩座及上游三座)、兩岸混凝土護岸及多數河段已封底形成三面光等。

一、取水堰對於野溪環境的影響

多數山區溪流坡陡急流，致使兩岸農民取水灌溉不易，因此山坡地常見河道內取水堰林立，然近年因經濟產業轉變，農耕行為減少，山坡地內多數取水堰已廢棄，尚在耕作之農民多改以接管方式直接取水灌溉，而己不再使用的取水堰則容易造成土砂淤積、生物棲地阻隔及水質惡化等。

以沙河溪善東橋河段為例，因存在落差高達約 2.5m 的取水堰(現況已無使用)造成土砂淤積於堰體上游，除土砂自然運移能力下降外，對水域生物

亦是形成棲地阻隔，近年在地生態團體尤以一級保育類飯島式銀鮎棲地破壞作為改善訴求，然本研究經由近年文獻蒐集得知並未有正式調查文獻可以佐證飯島式銀鮎具有洄游性，但其跳躍能力約身長之 10 倍(約 80 公分)，因此取水堰如局部改善(例如:降堰 1m)，對飯島式銀鮎並無直接助益，建議改善應以取水堰全拆作為最終改善目標。

二、固床工對於野溪環境的影響

早期為達野溪治理成效，研究區域內多為直立式混凝土固床工，部分落差更高達 1.5m(如抽藤坑溪無名橋上下游河段)，近年因氣候變遷，且為位處野溪系統，尋常流水位變化明顯，因此除造成溪流水質品質惡化(水質優化或具異味)外，易對生物造成阻隔，建議未來如有相關改善工程，可部分或全數調整優化為近自然固床工，同時發揮棲地復育與維持河床高程的功能。

三、護岸對於野溪環境的影響

研究區域內部份河段除橫向構造物基礎淘刷之外，部分護岸下方亦有基腳淘刷問題，其原因之一是混凝土材質表面粗糙度過低，降低摩擦阻力而加快水流速度，造成水流能量集中(林鎮洋等，2004、福留脩文，2012)。此外，橫向構造物移除後，局部河床高程可能下降，使護岸基腳出露。

四、混凝土底床對於野溪環境的影響

山坡地坡度較陡，早期的評估方式在計算水流衝力後，會以三面光水泥溝工法施作，加強結構安全，並且在溝底設置橫向擋水工，阻擋水流衝力，或設置跌水工。然現近年環境團體對於三面光水泥工程整治野溪，提出積極改善訴求，認為三面光水泥工程，完全阻絕溪流生態，水泥岸壁長不出植物，河床不易有魚類生存或回溯。

本研究部分區域亦存在混凝土底床之設置，由現地勘查可以發現，除河床不易發現水域生物外，易偶間斷流及水質不佳情況。

第二節 水砂運移及水域生態環境功能分析

前節已對研究區域進行工程對野溪影響之探討，本節將藉由水理分析進行不同改善方案討論，兩研究區域分述如下：

一、沙河溪善東橋河段

(一) 改善方案一:取水堰降堰 1 公尺

於善東橋河段之攔河堰研訂降堰改善方案，其改善方案旨要降低攔河堰高度 1 公尺，降低河道縱斷面高差，期以還砂於河。

(二) 改善方案二:取水堰拆除

於善東橋河段之攔河堰研訂降堰改善方案，其改善方案旨要拆除攔河堰，降低河道縱斷面高差，期以還砂於河並恢復自然河相及增加水域生物棲息範圍。

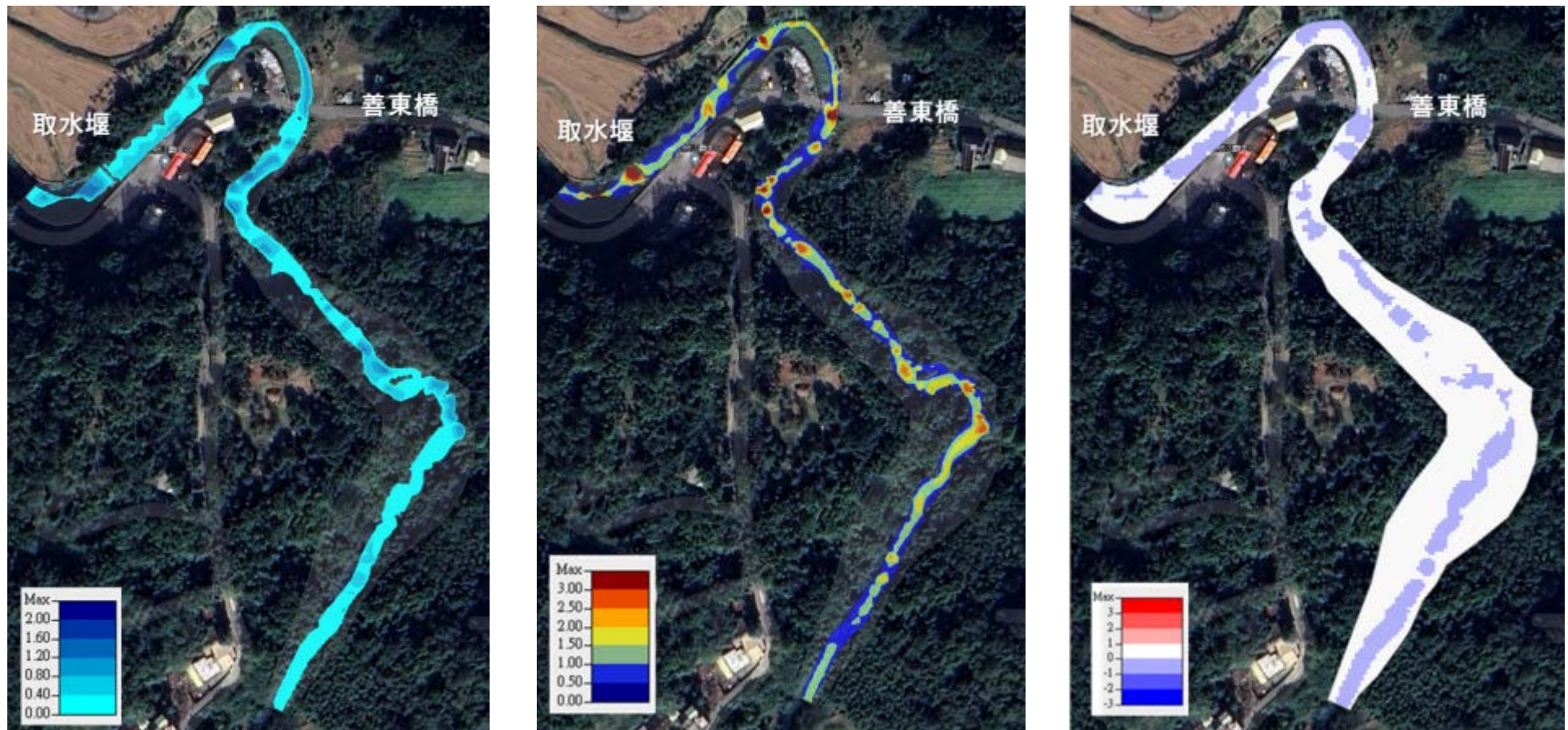
(三) 改善方案水砂模擬成果

1. 改善方案一:取水堰降堰 1 公尺

由模擬結果(圖 6-1 及 6-2)可知，攔水堰降壩 1 m 後，因上游河道坡度增加，底床明顯呈現下刷趨勢，攔水堰至善東橋河段尤為明顯，由原本淤積趨勢轉為沖刷；而善東橋上游亦受降堰影響，主深槽更為深化，其上游底床河道底床沖刷整體下刷至約 3.0 m。

2. 改善方案二:取水堰全拆

由模擬結果(圖 6-3 及 6-4)可知，攔水堰拆除後，因主深槽平均坡度增加緣故，底床由現況淤積轉為沖刷趨勢，攔水堰至善東橋河段尤為明顯，而善東橋上游亦受堰體拆除影響，主深槽更為深化，其上游底床河道底床沖刷整體下刷至約 3.0 m。



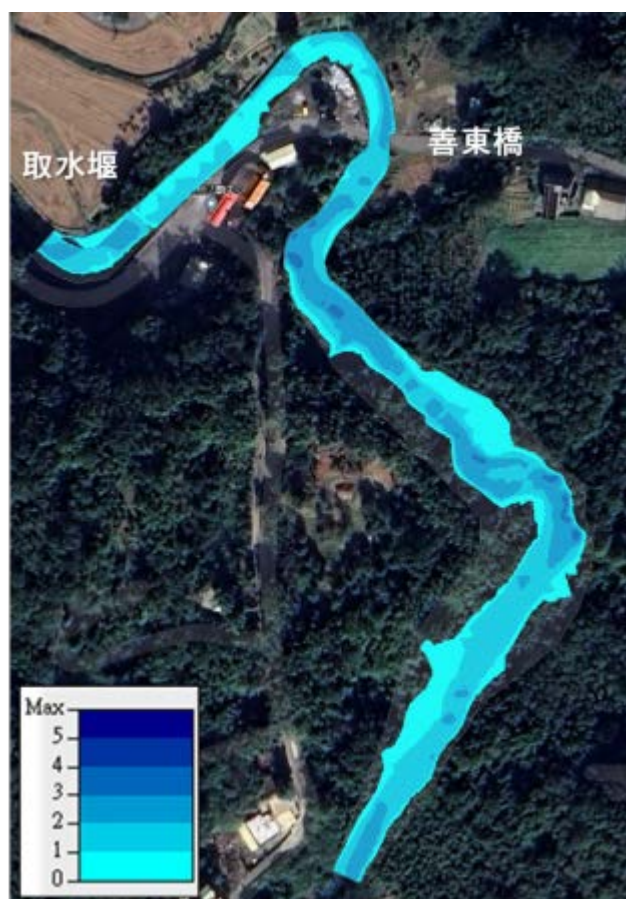
(a)水深分布圖

(b)流速分布圖

(c)沖淤變動圖

資料來源:本研究分析

圖 6-1 善東橋河段方案一(降堰 1m)二維水砂模擬成果(基流)



(a)水深分布圖



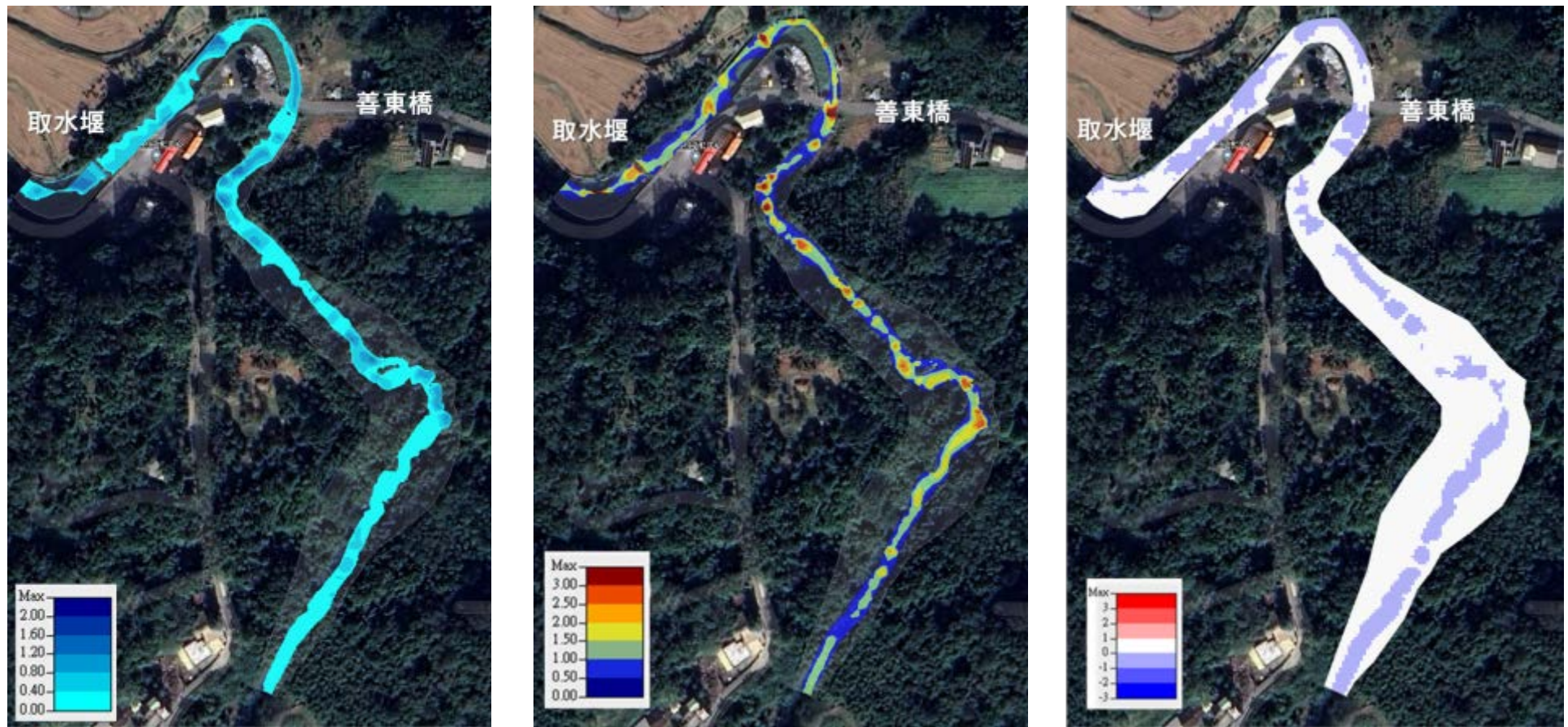
(b)流速分布圖



(c)沖淤變動圖

資料來源：本研究分析

圖 6-2 善東橋河段方案一(降堰 1m)二維水砂模擬成果(Q₅₀)



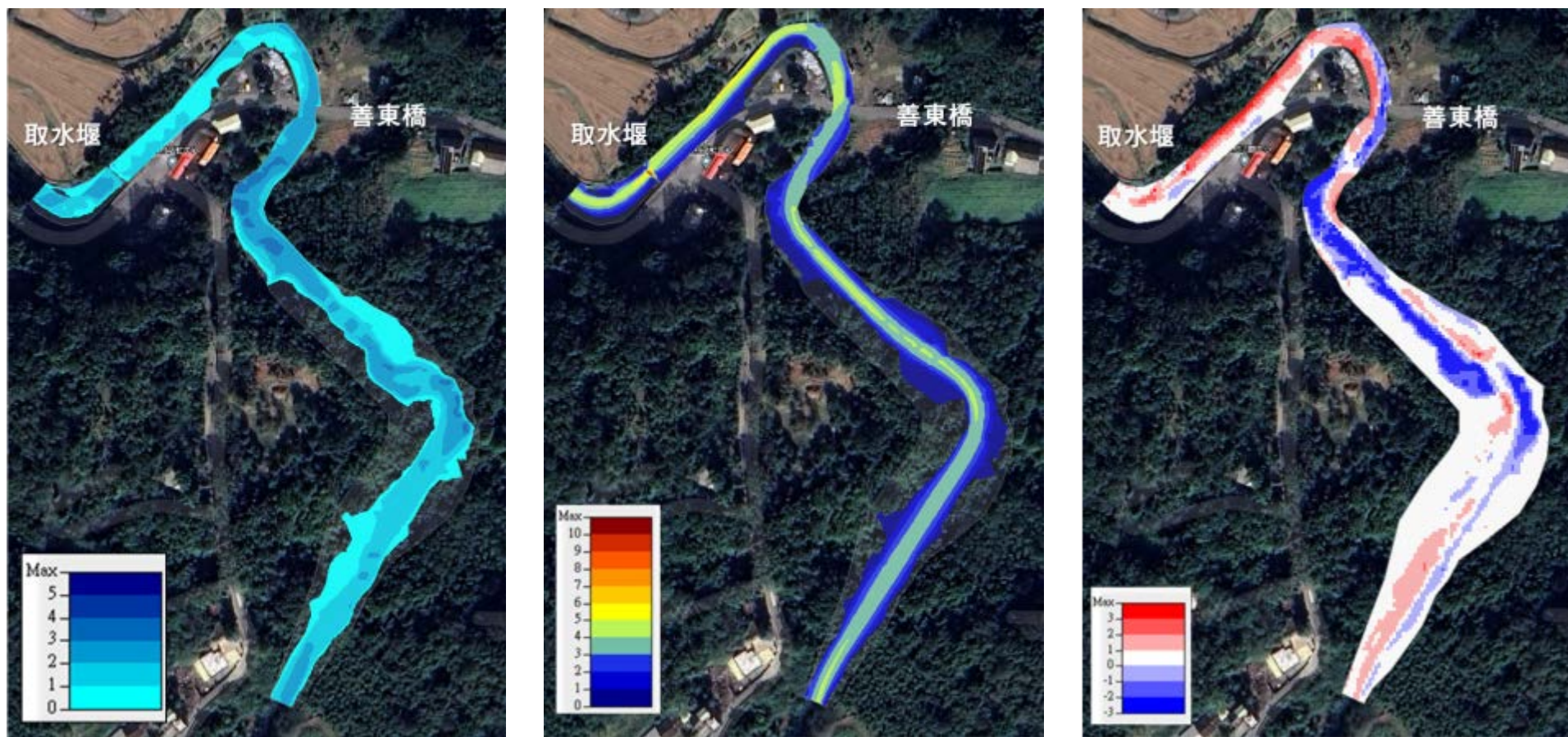
(a)水深分布圖

(b)流速分布圖

(c)沖淤變動圖

資料來源:本研究分析

圖 6-3 善東橋河段方案二(堰體拆除)二維水砂模擬成果(基流)



(a)水深分布圖

(b)流速分布圖

(c)沖淤變動圖

資料來源:本研究分析

圖 6-4 善東橋河段方案二(堰體拆除)二維水砂模擬成果(Q₅₀)

二、抽藤坑溪無名橋上下游河段

(一) 改善方案一:最下游兩座高落差固床工降低 1 公尺

於本河段最下游兩座高落差固床工(落差為 1.5 及 1.0m)研訂下游改善方案，其改善方案旨兩座高落差固床工降低 1 公尺，降低河道縱斷面高差，期以還砂於河。

(二) 改善方案二:河段內固床工(高於 0.5m)全數拆除

於本河段內高於 0.5m 固床工全數拆除，研訂本河段改善方案，降低河道縱斷面高差，期以還砂於河、恢復自然河相、增加水域生物棲息範圍及提升水質品質。

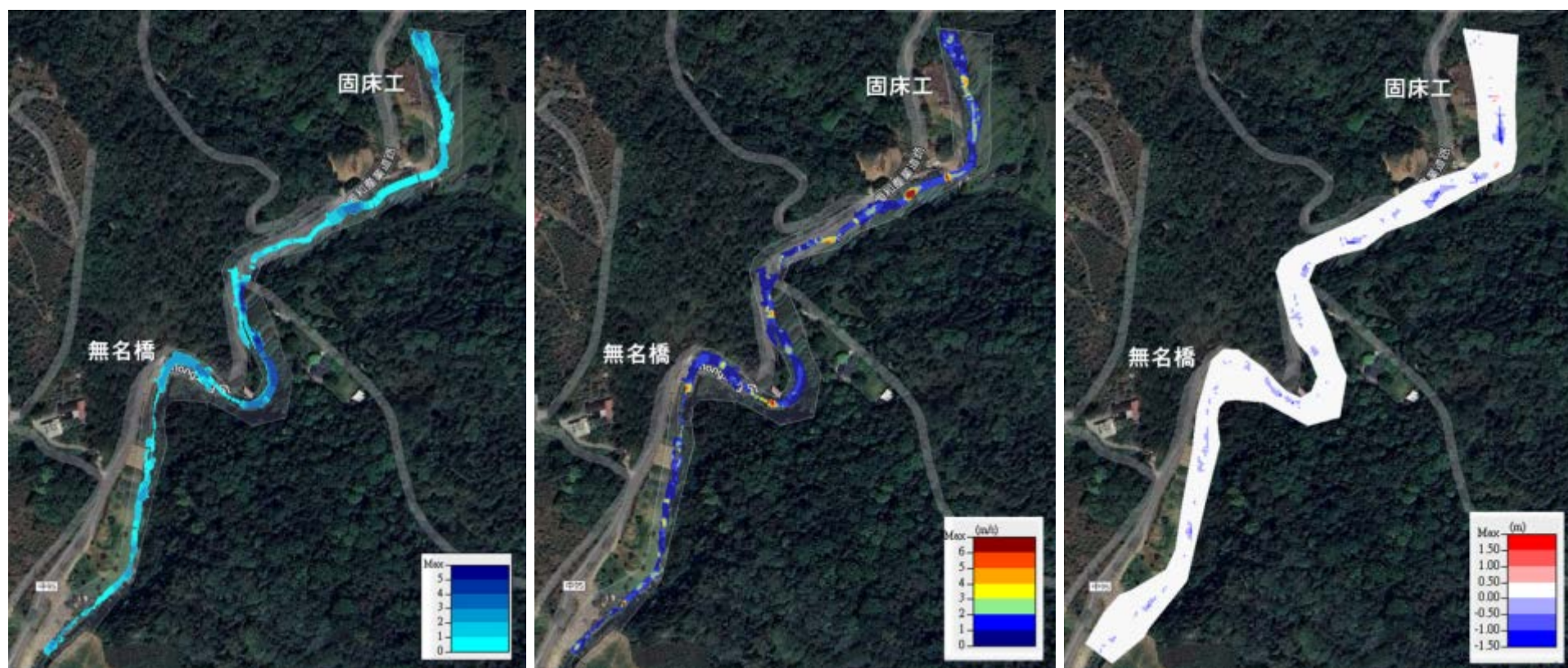
(三) 改善方案水砂模擬成果

1. 改善方案一:最下游兩座高落差固床工降低 1 公尺

由模擬結果(圖 6-5 及 6-6)可知，最下游兩座高落差固床工降低 1 公尺，其模擬結果與改善前並無明顯差異，顯示本方案改善成效較低。

2. 改善方案二:河段內固床工(高於 0.5m)全數拆除

由模擬結果(圖 6-5 及 6-6)可知，於本河段內高於 0.5m 的固床工全數(共五座)拆除後，因主深槽平均坡度增加緣故，底床由現況沖刷轉為沖淤互見現象，無名橋(二)下游河段尤為明顯，而 Q_{50} 的模擬成果，在本改善方案中無名橋(二)上游連續彎道出現兩處水砂溢淹區，河道整體受固床工拆除影響，流速及水深在 Q_{50} 情境下，皆有增加趨勢，此外明顯可見本河段水域面積受兩岸護岸影響拘束明顯。



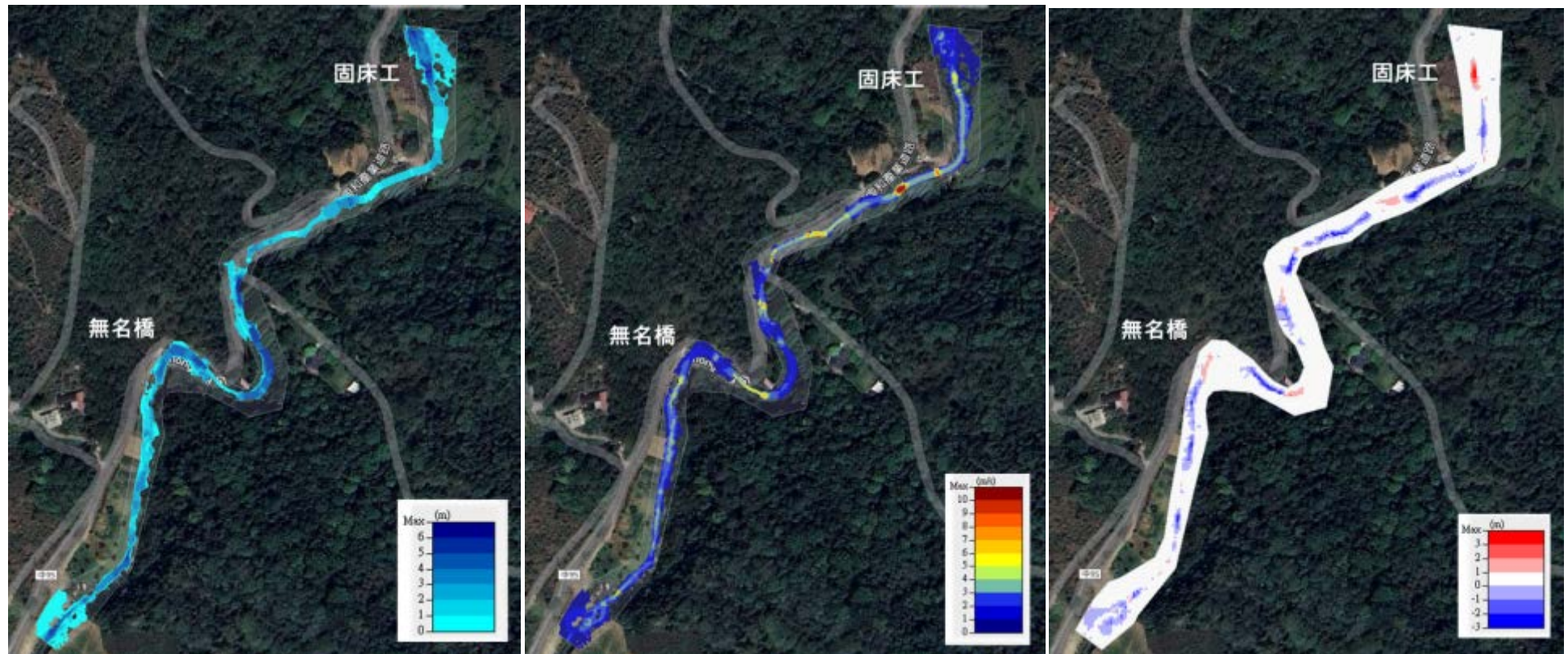
(a)水深分布圖

(b)流速分布圖

(c)沖淤變動圖

資料來源:本研究分析

圖 6-5 無名橋河段方案一(最下游兩座高落差固床工降低 1 公尺)二維水砂模擬成果(基流)



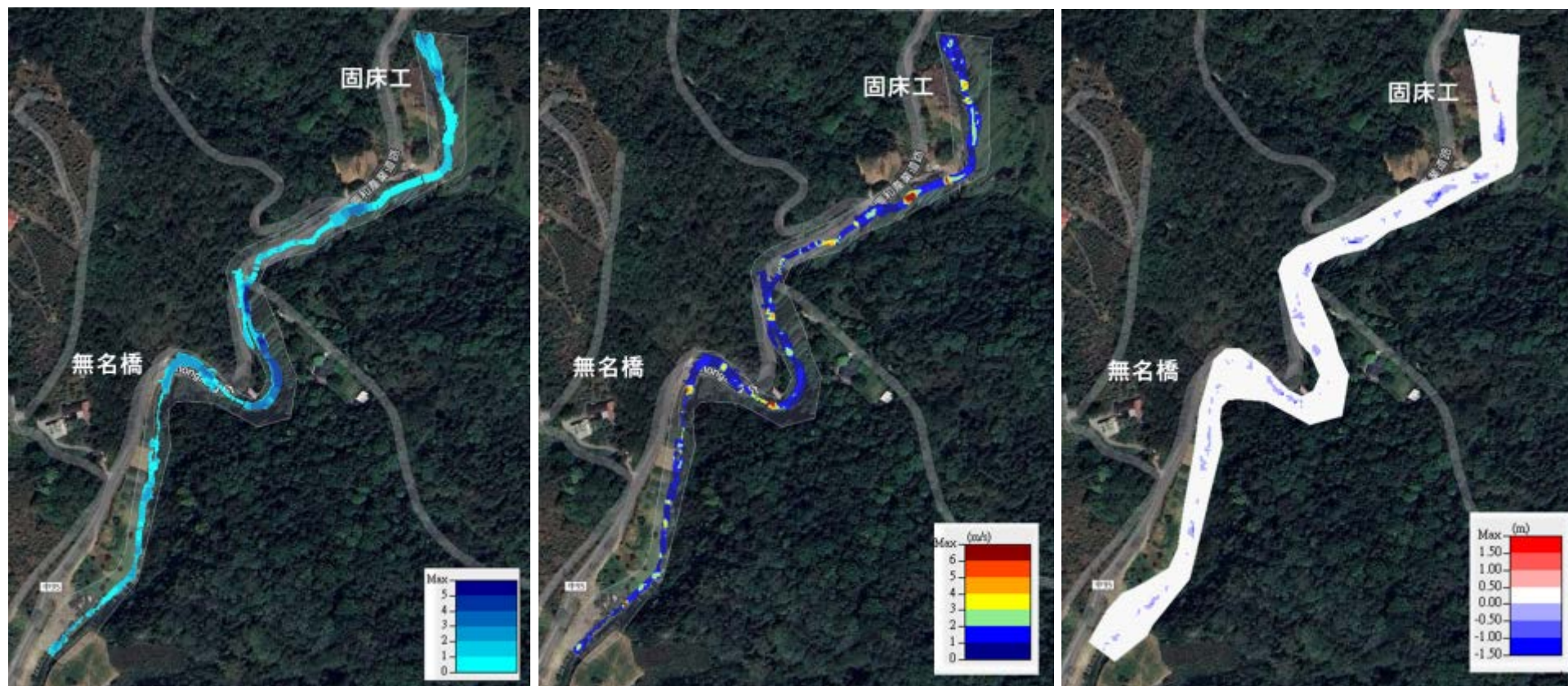
(a)水深分布圖

(b)流速分布圖

(c)沖淤變動圖

資料來源:本研究分析

圖 6-6 無名橋河段方案一(最下游兩座高落差固床工降低 1 公尺)二維水砂模擬成果(Q_{50})



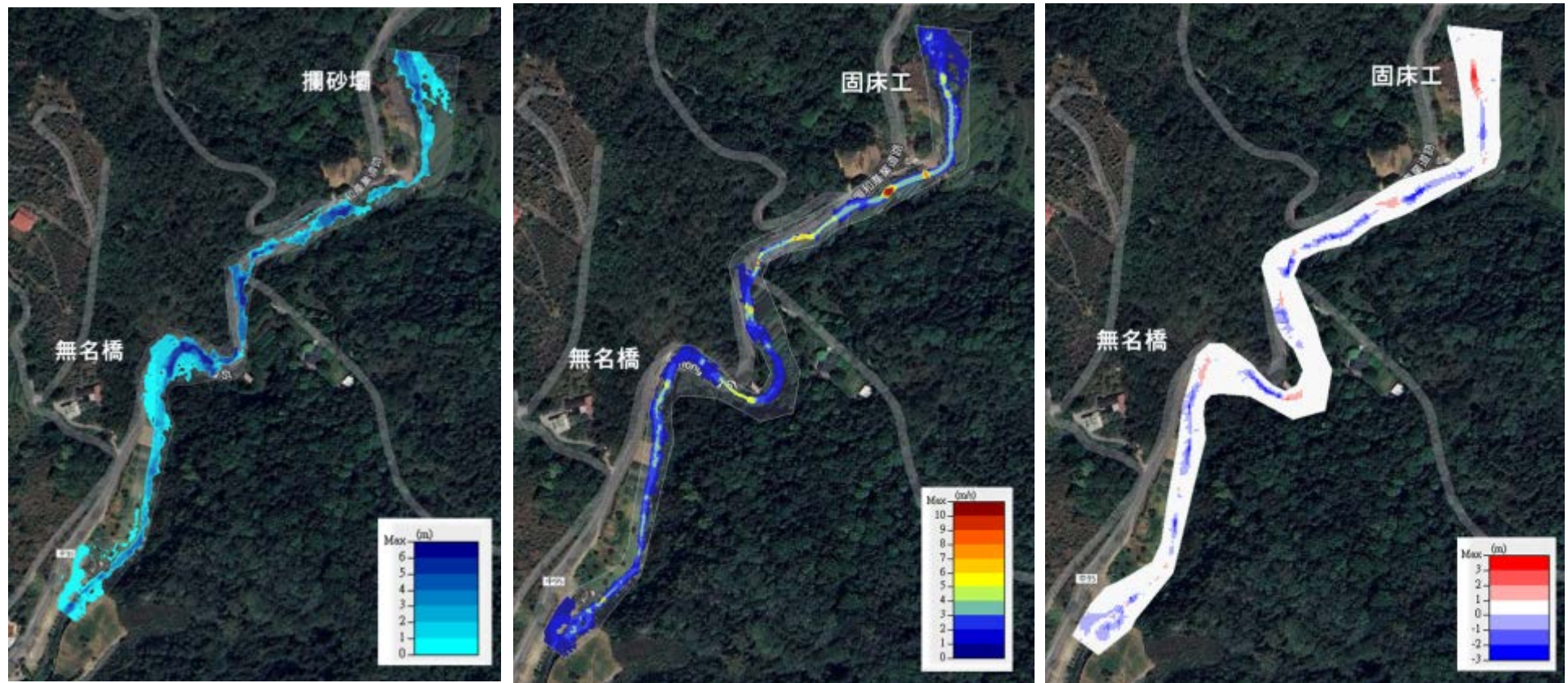
(a)水深分布圖

(b)流速分布圖

(c)沖淤變動圖

資料來源:本研究分析

圖 6-7 無名橋河段方案二河段內固床工(高於 0.5m)全數拆除二維水砂模擬成果(基流)



(a)水深分布圖

(b)流速分布圖

(c)沖淤變動圖

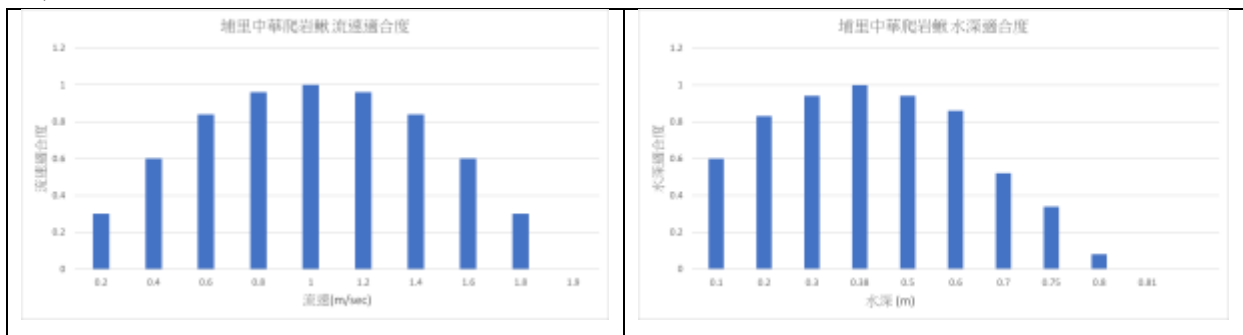
資料來源:本研究分析

圖 6-8 無名橋河段方案二河段內固床工(高於 0.5m)全數拆除二維水砂模擬成果(Q_{50})

三、水域生態環境功能分析

本研究區域工程優化討論區域包含沙河溪善東橋及抽藤坑溪無名橋兩河段，其中沙河溪善東橋關注物種為一級保育類飯島式銀鮎，然本研究經由近年文獻蒐集得知並未有正式調查文獻可以佐證飯島式銀鮎具有洄游性，僅知悉其跳躍能力約身長之 10 倍(約 80 公分)，且歷年並無適合度曲線相關研究。抽藤坑溪水域生態方面過往調查結果(農業部，97 年)共發現魚類 2 目 3 科 8 種，重要物種有埔里中華爬岩鰍、台灣纓口鰍、台灣石「魚賓」、台灣馬口魚、短吻小鰮鮎、台灣鏟頰魚、粗首鱗明潭吻鰕虎等，其中埔里中華爬岩鰍為珍貴三級保育類物種，台中市政府過去(95 年 10 月 24 日起為期 3 年)針對抽藤坑溪發佈封溪護魚公告。

因此水域生態環境功能分析以抽藤坑溪無名橋上下游河段為模擬範圍，進行低流量的二維水理模式 HEC-RAS-2D 模擬生態基流量，選擇目標魚種為埔里中華爬岩鰍，根據流速水深適合度曲線(如圖 6-9)，進行每格點的適合度指標值計算，再匯入 ArcGIS 空間資訊軟體進行空間內插分析，空間內插分析採四種方法，分別為普通克利金法、簡單克利金法、距離反比加權法、徑向基函數插值法。計算抽藤坑溪無名橋上下游河段，分別以不同低流量進行空間內插方法分析(如圖 6-10)，得到加權可用棲地面積(WUA)，如表 6-1，藉此討論生態基流量，比較不同空間內插法對 WUA 影響，並推算抽藤坑溪關注物種埔里中華爬岩鰍適合的生態基流量。經分析結果顯示 2cms 的權重可用棲地面積(WUA)最大，較適合埔里中華爬岩鰍生存。



資料來源:河川原生魚種及棲地適合度曲線調查與資料庫建置，水利規劃試驗分署，民國 106 年

圖 6-9 埔里中華爬岩鰍棲地適合度曲線

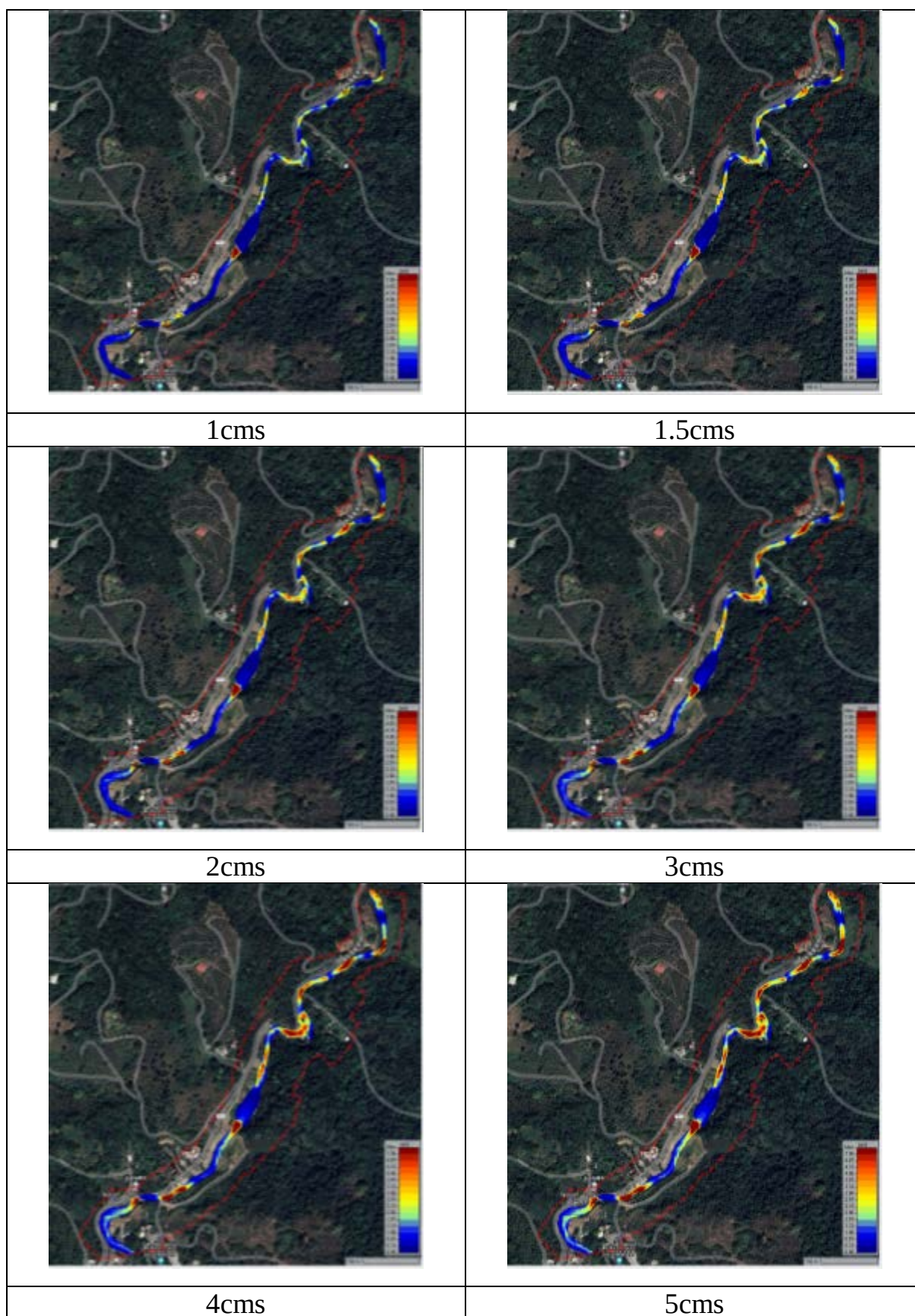


圖 6-10 不同低流量流速分布分析結果

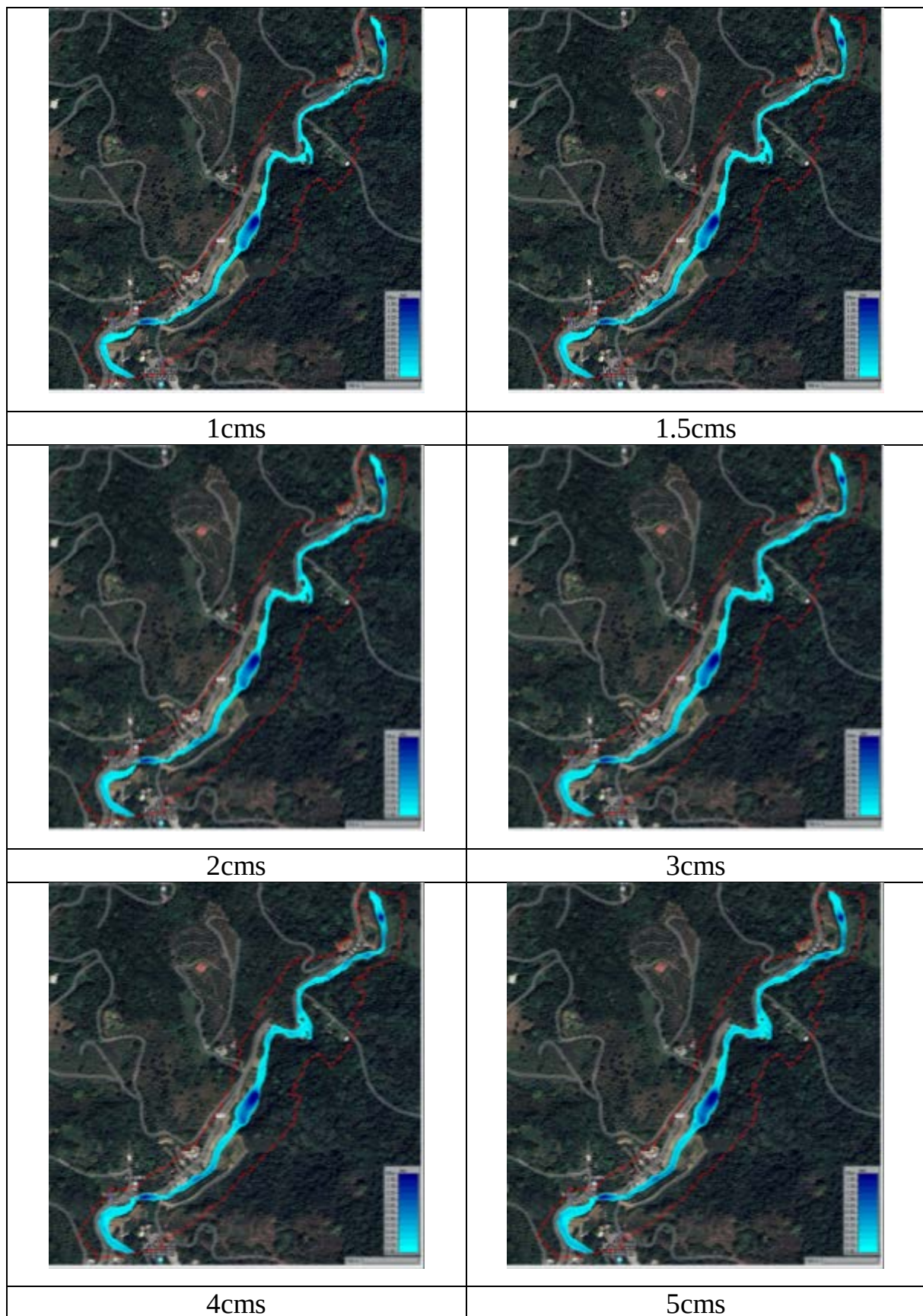


圖 6-11 不同低流量水深分布分析結果

表 6-1 抽藤坑溪無名橋河段不同空間內插方式所得 WUA

Q(cms)	WUA(平方公尺)			
	距離反比加權內插法 (IDW)	徑向基函數插值法 (RBF)	普通克利金內插法 (O KRIG)	簡單克利金法 (S KRIG)
1cms	6678(1)	5769(3)	6593(2)	4392(4)
1.5cms	7846(1)	7049(4)	7559(2)	7118(3)
2cms	8031(1)	7632(4)	7686(3)	7962(2)
3cms	7476(1)	7244(3)	7298(2)	6586(4)
4cms	6954(2)	7915(1)	6772(3)	6047(4)
5cms	6204(3)	6300(1)	6221(2)	5458(4)

註:(1):同一流量中，WUA 值最大；(4):同一流量中，WUA 值最小(比較不同方法)

*(1):同一流量中，與前一流流量 WUA 值相比，其差值最小； *(4):與前一流流量 WUA 值相比，其差值最大(比較不同方法) 4 種基流量中，2cms 的權重可用棲地面積(WUA)最大，較適合埔里中華爬岩鰍生存。(比較不同流量)

第三節 工程設計考量或優化工程之探討

一、工程方法

承前兩節說明，綜整建議改善之構造物類型及適用工程方法分述如下：

(一) 取水堰改善

建議改善應以取水堰全拆作為最終改善目標。另為避免因取水堰的拆除，形成溪床坡度增加造成上游兩岸發生溯源侵蝕，因此建議現地護岸應配合改善(改善方式可參酌本節第三項說明)或與地主協調緩坡化(如:現有農地退縮)的接受度。本研究建議取水堰改善空間配置如圖 6-12。



資料來源：本研究繪製

圖 6-12 取水堰改善方案空間配置示意圖

(二) 固床工改善

建議未來如有相關改善工程，可部分降低既有固床工或全數調整優化為近自然固床工，同時發揮棲地復育與維持河床高程的功能。改善工法及原理分述如下：

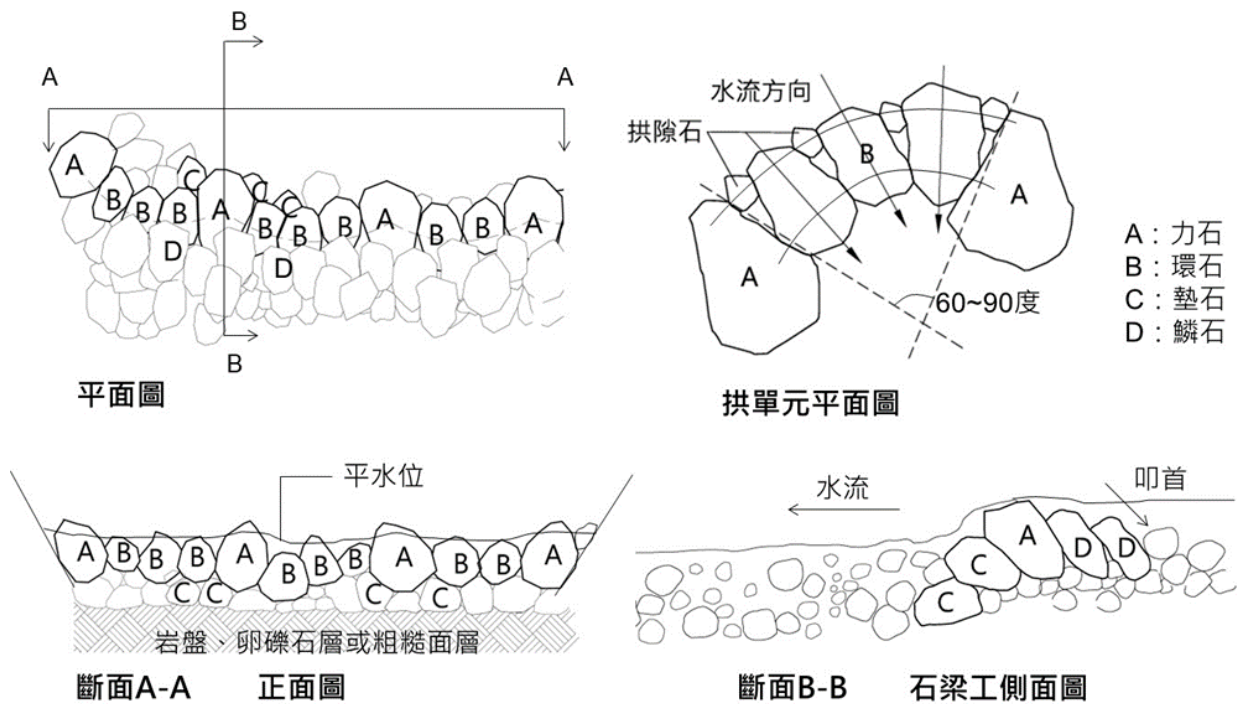
1. 石梁工法原理

使用砌石的「石梁工」為一種近自然固床工(如圖 6-13)，又可稱為「分散型落差工」，可運用在坡度大於 1/50 的河段，用來營造接近自然階潭(step-pool)的形態(福留脩文等，2012)。此種構造是在河床面施作朝上游側凸出的圓弧狀石組，圓弧的兩端與中央這3處，會配置大徑塊石(力石)，力石之間相當於拱結構中的拱圈，配置數個稱為「環石」的中小型石材。這些環石在中小型洪水發生時，透過「叩首」與「魚鱗砌」構法，使個別石材能維持穩定。發生大洪水時，則依靠個別穩定的力石從兩端支撐，而增強其穩定性，形成二連拱式的構造。前述「叩首」，係指各個塊石表面均朝上游側緩傾斜。而「魚鱗砌」，係指縱斷方向形成覆瓦狀構造(imbrication)(圖 6-14)。

組成石梁工的塊石並不需要長久留在原處。一旦健康河相生成，洪水可能沖走部分石頭，但只要河道輸砂功能正常，來自上游的塊石自然會再度與留存的塊石卡合形成階梯或石組，使瀨區得以維持，系統性地發揮生態機能。也因此，構造塊石之間不能以水泥固結，一旦失去彈性，構造物本身無法隨著河床沖淤變化而微調，就又會出現混凝土固床工上淤下淘的問題。建議適用於溪幅較小之溪流，在溪幅較寬廣的溪段，因拱的作用較小，故不

宜採用。應用時，下游側基礎有被水流淘空之虞者，可以加設混凝土基座進行工程設計。

例如日本福岡縣岩岳川之案例(圖 6-15)，1990 年代因混凝土護岸建設而引發深槽下切、灘地淤高的「河床兩極化」現象。透過石梁工的施做，成功恢復健康穩定的河相。



資料來源: 福留脩文等, 2012

圖 6-13 石梁工組成示意圖



資料來源: 西日本科學技術研究所

圖 6-14 日本福岡縣岩岳川之石梁工

2. 力石穩定性分析

上述近自然工法的設計，皆以塊石及混合粒徑的卵礫石為主要材料。最大徑的塊石稱為「力石」，在高流量洪水時，力石必須能單獨保持穩定，其形狀與大小可由抵抗滑動及滾動的穩定條件來決定。在流速 V 的情況下，使力石保持穩定的重量可由式 6-1 及 6-2 求出。

$$W > \frac{V^2 \cdot \rho_0}{2 \cdot \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right)} \left(\frac{S_F \cdot C_D \cdot A}{\mu} + C_L \cdot A_L \right) \quad \text{式 6-1}$$

$$W > \frac{V^2 \cdot \rho_0}{2 \cdot \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right)} \left(S_F \cdot C_D \cdot A \cdot \frac{l_A}{l_V} + C_L \cdot A_L \right) \quad \text{式 6-2}$$

式中， μ ：靜摩擦係數； ρ_0 ：流體密度(kg/m^3)； ρ ：石材密度(kg/m^3)； W ：石材空氣中重量(kN)； V ：流速(m/s)； A ：水流方向石材的投影面積(m^2)； A_L ：垂直水流方向的石材上方投影面積(m^2)； C_D ：阻力係數； C_L ：上舉力係數。

粒徑採用塊石中軸粒徑(簡稱中徑)，即若將塊石擬似為長>寬>高的長方體，其寬度為中徑。假設力石為圓角塊石，其長徑與中徑比值為 2，阻力係數 $C_D=0.8$ ，揚力係數 $C_L=0.32$ ，安全係數 $S_F=1.2$ 。建議未來如有改善需求時可由上述方式估算力石粒徑大小進行工程設計。

(三) 護岸改善

建議未來在安全無虞的前提下，陡直的護岸可調整為緩坡(坡面傾角小於溪岸土質安息角)，河岸鋪排塊石。若護岸有保留必要性，建議採用以下方法改善。

1. 基腳淘刷處塞塊石、卵礫石填補。亦可使用混凝土打碎後的殘塊來填補。

2. 局部 Q_2 洪水位以下護岸面層打毛 5cm(以不損及鋼筋結構為原則)，以增加岸壁粗糙度。
3. 攻擊岸護岸前方拋填塊石及卵礫石可增加粗糙度，然而需注意在河道已狹窄處，填埋河槽可能會增高洪水位。
4. 可選擇攻擊點設砌石短丁壩挑流。

若護岸未來有重新建造之必要性，建議選擇適用本研究區域之護岸型式(黃宏斌，2022)分述如下：

1. 乾砌石護岸

乾砌石護岸係以塊(卵)石疊砌而成之構造物，如圖 6-15 所示，屬於重力式柔性結構體。



資料來源:山欉坑龍眼林段野溪整治工程，南投分署

圖 6-15 乾砌石護岸

(1) 布置原則

- A. 護岸高度：一般採用設計洪水位加上出水高為護岸高度，有效高在 4 米以下為原則。乾砌石長徑，即牆厚方向之石塊長度，應依序向上縮減，任一砌石（含本身）往上計算之高度均不宜超過該石材長徑之 5 倍；

屬於重力式剛性結構體之漿砌石護岸高度則以不超過石材長徑 6.5 倍為原則。同時，可視實際需要在護岸上方設計植生岸坡，但是需要計入加載重量。依據水土保持技術規範，護岸設計洪水量以重現期距 50 年之降雨強度計算。

- B. 臨水面坡度：配合原有岸坡坡度，並考慮水、陸域動物通道坡度設計。臨水面坡度以小於 1:0.3 為原則。
- C. 基礎深度：以砌石擋土牆設計之安定檢討成果為基礎，再配合尖峰流量與流速所推算之冲刷深度設計基礎深度。彎道凹岸處之基礎深度會較其餘河段深。砌石護岸如採用鋼筋混凝土基礎，不僅可以承載塊(卵)石重量，也可防止不均勻沉陷。漿砌石護岸對水流之抗冲力較佳。砌石下部半埋於混凝土中，而上部砌石間之縫隙則利於動物棲息與植物生長，也可保護河岸坡趾免受淘刷破壞以防止構造物不均勻沉陷。岸趾拋石可以增加生物棲息空間。
- D. 彎道處理：同混凝土護岸之彎道處理。
- E. 岸線：同混凝土護岸之彎道處理。
- F. 安定檢討與砌石擋土牆相同。
- G. 結構體僅由塊石間圍砌密靠取得穩定，必須加強基礎穩定性，以防止不均勻沉陷。
- H. 護岸長度每 10 米至 15 米應加設間隔牆一處。

(2) 注意事項

- A. 因抗沖力較低，不適用於水流流速大於 6m/s、河溪凹岸，流路和溪床變動幅度以及沖擊力大之溪流，或土石流潛勢溪流。
- B. 乾砌石護岸排水能力強，適用於護岸背水面為高含水量土壤，或有高滲流水壓力產生管湧淘空破壞之虞區位。
- C. 乾砌石重力式護岸之臨水面坡度需大於 1:0.3，以滿足擋土牆巨積體之假設條件。小於 1:0.3 臨水面坡度作為岸坡覆蓋保護，塊石重量需大於水流啟動力。
- D. 現地如沒有大卵石或塊石之河溪環境，不建議外購卵石或塊石構築砌石護岸。
- E. 多階護岸具有親水功能，以及利於兩棲生物遷移和棲息及植物生長。

2. 生態槽護岸

生態槽護岸係利用預鑄槽體中空之設計，以現地野溪清疏後產生之土石就地回填所形成之構造物，如圖 6-16 所示，屬於重力式柔性結構體。

(1) 布置原則

- A. 護岸高度：一般採用設計洪水位加上出水高為護岸高度，有效高在 4 米以下為原則。同時，可視實際需要在護岸上方設計植生岸坡，但是需要計入加載重量。依據水土保持技術規範，護岸設計洪水量以重現期距 50 年之降雨強度計算。

- B. 臨水面坡度：配合原有岸坡坡度，並考慮水、陸域動物通道坡度設計，以及水、陸域生態棲地復育。牆面坡度以小於 1:0.3 為原則。多階護岸有利於兩棲生物遷移和棲息。



資料來源:大鵝崙溝野溪整治工程，臺南分署

圖 6-16 生態槽護岸

- C. 基礎深度：以砌石擋土牆設計之安定檢討成果為基礎，再配合尖峰流量與流速所推算之沖刷深度設計基礎深度。彎道凹岸處之基礎深度會較其餘河段深。生態槽護岸如採用鋼筋混凝土基礎，不僅可以承載生態槽重量，也可保護河岸坡趾免受淘刷破壞以防止構造物不均勻沉陷。岸趾拋石也可以增加生物棲息空間。
- D. 彎道處理：同混凝土護岸之彎道處理。
- E. 岸線：同混凝土護岸之彎道處理。
- F. 安定檢討與砌石擋土牆相同。

(2) 注意事項

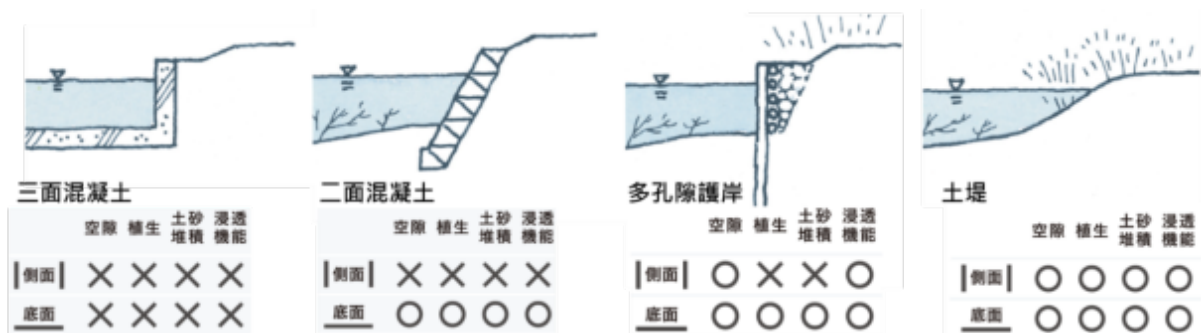
- A. 適用於生態豐富與多樣化之溪流，復育濱溪植物生長與水陸域生態棲息環境。預鑄槽位置位於常水位以上稱生態槽。
- B. 因抗沖力較低，不適用於水流流速大於 6m/s、沖擊力大之溪流，或土石流潛勢溪流。
- C. 結構體僅由預鑄槽體堆疊而成，必須加強基礎穩定性，以防止不均勻沉陷。
- D. 表面仿天然岩石設計，粗糙面層構造適合動、植物攀爬，具有消能、減緩水流速度之功用，同時兼具排水性佳與多孔性提供水中魚、蝦生物躲藏棲息空間，提供溪岸植物生長以及動物棲息之環境。
- E. 選擇合適寬度之槽體，曲率半徑小之彎道應選擇寬度較小之槽體。曲率半徑太小之彎道則不建議採用此類型護岸。
- F. 生態槽體需要開設排水孔，避免積水影響植物生長。為防止土砂經由排水孔沖刷流失，槽體內排水孔入口處應設置不織布或級配排水袋。栽植植物種類宜配合生態槽體大小。
- G. 工地附近有足夠大小之製作空間才選擇預鑄槽體之施工方式，以發揮預鑄工法縮短工期之優點。

(四) 混凝土底床改善

建議未來如有相關改善工程，可部分或全數於敲除深槽區域增加水域暢通，河床底面及兩岸的材質是否為多孔隙，會影響植生生長、土砂堆積及滲透機能(圖 6-17)。為了避免輸水損失，有時會保留混凝

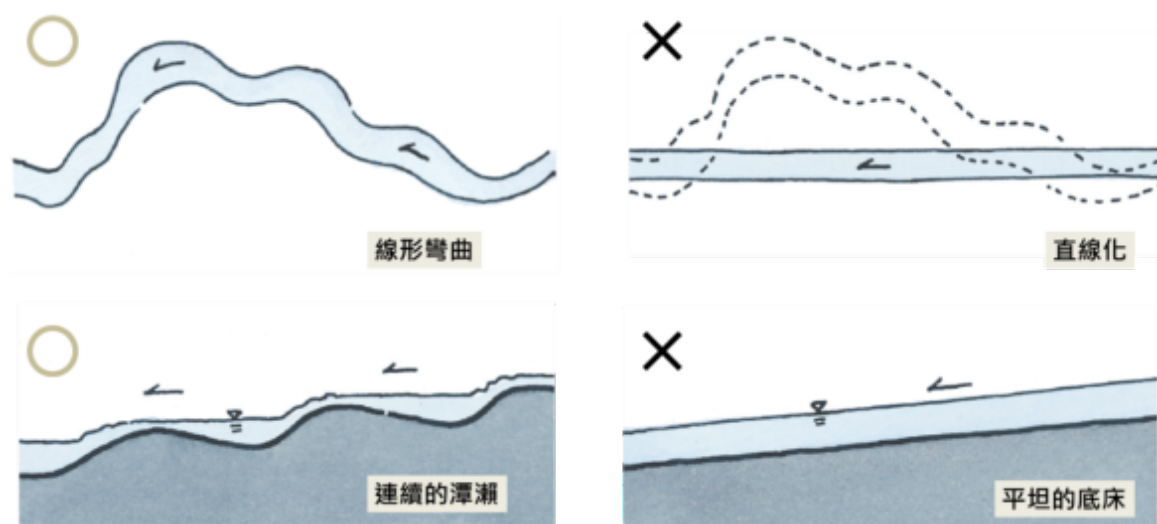
土面層，但表面打毛並加入泥砂，以形成生物能棲息的底床質。亦可以黏土層鋪底取代混凝土，兼顧保水與棲地的需求。若條件許可，可保持溝渠內一定深度的水體流動，可避免底床長草，降低維管需求。

此外在平面上若能局部增加蜿蜒，且有一層泥砂，則易發展出類似溪流潭、瀨相間，有深淺快慢變化的流況，使溝渠能成為更多生物的棲息空間(圖 6-18)。可以考慮在公有地用地較寬處辦理，或獲得地主同意後，於私有地試行辦理。



資料來源:「水田、水圳串連生態多樣性手冊」(鬼倉德雄等，2020)

圖 6-17 不同形式底床的生態功能



資料來源:「水田、水圳串連生態多樣性手冊」(鬼倉德雄等，2020)

圖 6-18 平面與縱斷面的形態變化

綜整上述各工程方法，彙整野溪環境工程設計建議如表 6-2。

表 6-2 野溪環境工程設計建議綜整表

構造物類型	對野溪環境之影響與改善方法
取水堰	以沙河溪善東橋河段為例，因存在落差高達約 2.5m 的取水堰(現況已無使用)造成土砂淤積於堰體上游，除土砂自然運移能力下降外，對水域生物亦是形成棲地阻隔，本研究經由近年文獻蒐集得知並未有正式調查文獻可以佐證飯島式銀鮎具有洄游性，但其跳躍能力約身長之 10 倍(約 80 公分)，因此取水堰如局部改善(例如:降堰 1m)，對飯島式銀鮎並無直接助益。建議改善應以取水堰全拆作為最終改善目標。
固床工	研究區域內多為直立式混凝土固床工，部分落差更高達 1.5m(如抽藤坑溪無名橋上下游河段)，近年因氣候變遷，且位處野溪系統，尋常流水位變化明顯，因此除造成溪流水質品質惡化(水質優養化或具異味)外，易對生物造成阻隔。建議未來如有相關改善工程，可部分或全數調整優化為近自然固床工，同時發揮棲地復育與維持河床高程的功能。
護岸	研究區域內部份河段除橫向構造物基礎淘刷之外，部分護岸下方亦有基腳淘刷問題，其原因之一是混凝土材質表面粗糙度過低，降低摩擦阻力而加快水流速度，造成水流能量集中(林鎮洋等，2004、福留脩文，2012)。此外，橫向構造物移除後，局部河床高程可能下降，使護岸基腳出露。建議未來在安全無虞的前提下，陡直護岸可調整為緩坡，河岸鋪排塊石。
混凝土底床	研究區域亦存在混凝土底床(三面光水泥工程)之設置，由現地勘查可以發現，除河床不易發現水域生物外，易偶間斷流及水質不佳情況。建議未來如有相關改善工程，可部分或全數敲除深槽區域增加水域暢通，河床底面及兩岸的材質是否為多孔隙，會影響植生生長、土砂堆積及滲透機能。

二、非工程方法

工程方法皆有其極限，未來亦可考量輔以非工程分法，如採濱溪土地管理可以包括堤防護岸的後退、預留改道空間(引導式改道)、私有地範圍內資產重新分配、遷移、換地等。這些土地管理策略需檢視現有資產配置與土地風險評估，且需要與地方溝通，以理解地方產業發展與農村願景，如 112/10/15 農業部農村發展及水土保持署所正式通過之推動韌性坡地補助試辦方案(如表 6-3)即為一種非工程方法。其規劃概念為不將洪水完全限制於現有的溪床空間，而是容許野溪溢淹入周圍土地，並考察自然營力作用原理，以順應自然的方式管理濱溪土地。

農業部農村發展及水土保持署為提升山坡地韌性承災能力、降低易致

災區域淹水風險、控制土壤沖蝕及營造生物棲地，將集水區保育治理策略，除工程治理手段外，納入藏水、保土、自然解方及生態永續之調適對策，爰規劃辦理棲地友善、緩衝綠帶及水砂溢淹區等三項補助，作為推動韌性坡地之措施。為提高配合辦理之意願，給予約定之受補助人等適當之補助，爰訂定「農業部農村發展及水土保持署推動韌性坡地補助試辦方案」。

試辦方案利於與自然同工的推動，因此建議坡地改善推動過程加以運用。其中水砂溢淹區的劃設，乃以天然野溪河道、坑溝兩側具發生淹水潛勢(或土砂溢淹潛勢)區域為限，營造土砂及洪水滯留空間，提升承災韌性及保育山坡地水土資源。方案對象包含土地所有權人、實際耕作者，或是民間團體、社區發展協會、基金會等。此補助方案可融入後續集水區坡地改善方案，以達到韌性承災與生態復育的雙重效益。而棲地友善之配合事項為同意提供土地辦理緩坡化棲地營造；緩衝綠帶為同意提供土地營造緩衝綠帶，並進行環境維護。各補助項目類型區分建議如下：

表 6-3 韌性坡地補助試辦方案

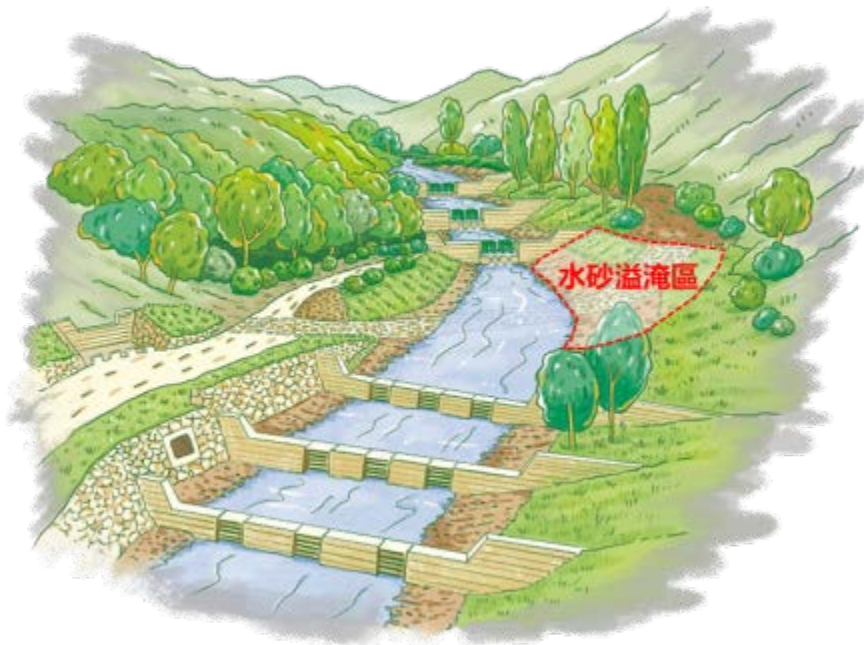
補助項目	棲地友善	緩衝綠帶	水砂溢淹
目的	以一級生態檢核區或民眾參與平台建議之預定辦理野溪整治工程工區範圍，如設計緩坡化護岸，因所需用地較大，提供獎勵金，以鼓勵民眾配合營造生態棲地環境。	以緊鄰水庫(含其集水區)、天然野溪河道、溪溝地區或坡地農塘周邊；或位屬大規模崩塌潛勢區內土地為限，營造緩衝綠帶，提升承災韌性、生態減碳及保育水土資源。	以天然野溪河道、坑溝兩側具發生淹水潛勢(或土砂溢淹潛勢)區域為限，營造土砂及洪水滯留空間，提升承災韌性及保育山坡地水土資源。
適用地區	一級生態檢核區內或集水區 NbS 調適策略規劃區域之新建野溪整治工程地點周邊	經農業部農村發展及水土保持署或所屬分署完成集水區 NbS 調適策略規劃之區域。	
適用對象	1. 土地所有權人、實際耕作者。 2. 依法設立或登記之民間團體、社區發展協會、基金會之代表人。		
配合事項	同意提供土地辦理緩坡化棲地營造	同意提供土地營造緩衝綠帶，並進行環境維護	同意提供土地營造水砂溢淹區，並進行容量維護

補助項目	棲地友善	緩衝綠帶	水砂溢淹
補助內容	1. 獎勵 1 次為限。 2. 於一級生態檢核區內且其生物特性須採緩坡化設計者適用。 3. 於機關營造緩坡化棲地完成後，撥付獎勵金，不另簽契約。	1. 簽訂契約，2 年一期。 2. 試辦期間，經協商同意設置緩衝綠帶者，由本局所屬分局營造緩衝綠帶，並負擔相關費用。 3. 維護獎勵：營造完成後，與受補助者簽訂契約(2 年一期)，規範機關與民眾義務及權利，需每年維護緩衝綠帶環境(含補植、雜草清除等)，始撥付獎勵金。	1. 簽訂契約，2 年一期。 2. 試辦期間，經協商同意設置水砂溢淹者，由本局所屬分局營造水砂溢淹區，並負擔相關費用。 3. 維護獎勵：營造完成後，與受補助者簽訂契約(2 年一期)，規範機關與民眾義務及權利，需每年於汛期前維護水砂溢淹區容量，始撥付獎勵金。 4. 災後補償及配套： (1)時機：中央氣象局發布大雨、豪雨(含大豪雨、超大豪雨)特報、海上、陸上颱風警報期間，造成水砂溢淹區淤滿或發揮功能者。 (2)補償金：經受補助者提供前後照片並經現勘確認，得領取農作物損失補償及土地損失補償，以 1 次為限。額度比照農業天然災害救助辦法及水災災害救助之農田受災救助標準相關規定，但不得重複領取。 (3)處理配套：經受補助者提供前後照片並經現勘確認，得協商由本局所屬分局協助清淤。
給付標準	建議 200 元/平方公尺，最高不超過 5,000 元/件(人)	參考林務局「獎勵輔導造林辦法」，20 年共獎勵 60 萬元(第 1 年 12 萬、第 2~6 年 4 萬、第 7~20 年 2 萬元計算)，建議每年 2 萬元/公頃。	1. 獎勵金：參考水利署「在地滯洪獎勵金」，建議每年最高 2 萬元/公頃。 2. 補償金： (1)農作物損失補償：依種植農作物種類，額度不同。 (2)農田受災救助：每戶農田受災面積應達 0.05 公頃以上；其流失每公頃最高發給新臺幣 10 萬元，埋沒每公頃最高發給新臺幣 5 萬元。

資料來源：農業部農村發展及水土保持署

(一) 水砂溢淹區

水砂溢淹區具有恢復河溪洪氾地區，提升因應洪水侵襲的緩衝的功能，因此導入規劃可以包含保護、修復及管理生態系概念。在濱溪帶具有自然溢淹的地區，如為濕地、低窪地或農耕地區，導入韌性坡地補助方案以維持其溢淹特性，當洪水發生時，有利於保全整體河溪廊道通水的緩衝特性。濱溪帶的自然洪氾地區，亦形成多種生物棲地，如哺乳類、兩棲爬行類及昆蟲等，具豐富生物多樣性。濱溪帶植被亦具有高生產力特性，亦形成自然碳匯場所。因此建議以「棲地保育型」概念之水砂溢淹區設置，即達成以「非工程手段」維持其溢淹地區。而在現況具有護岸結構，河溪範圍束縮的地區，若需另外藉由工程手段改善受束縮的河段，以恢復濱溪帶及洪氾地區，具有減少下游保全對象面臨災害的風險的能力，建議為「緩衝預防型」之水砂溢淹區(如圖 6-19 及表 6-4)。

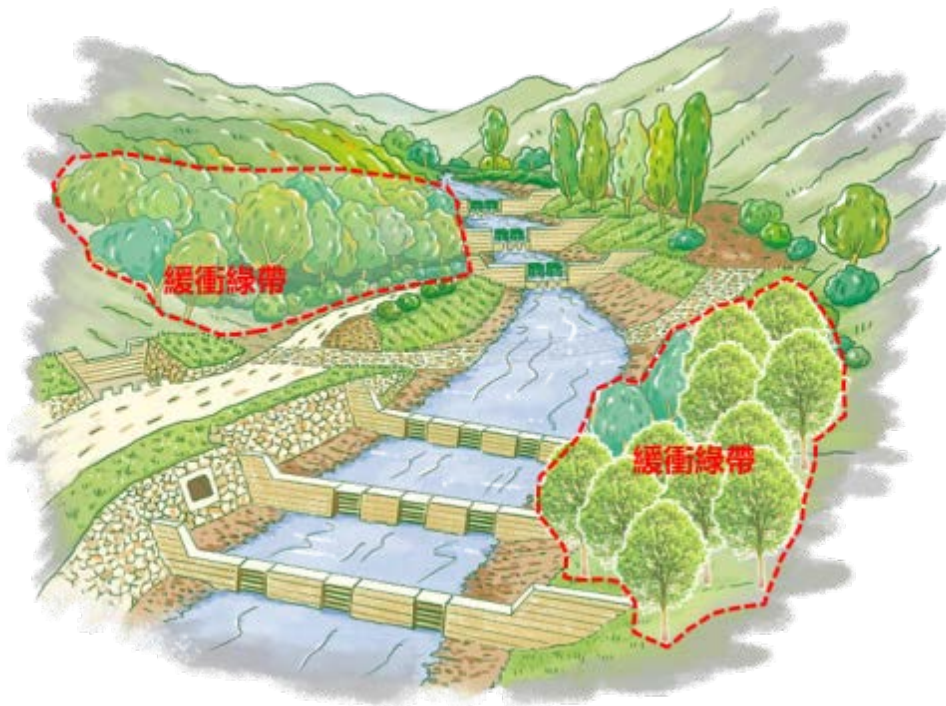


資料來源：農業部農村發展及水土保持署

圖 6-19 水砂溢淹區示意圖

(二) 緩衝綠帶

依據水土保持技術規範，緩衝綠帶應有穩定邊坡、防止沖蝕、崩塌、攔阻土石等功能。在天然野溪河道、溪溝地區或坡地農塘周邊，透過營造緩衝綠帶，以提升承災韌性、自然碳匯及保育水土資源。集水區農村地區，亦是保護和恢復生物多樣性的關鍵地區，藉由緩衝綠帶的設置減緩災害風險，並導入地景修復概念，可以改善集水區地景環境，提升生態系服務及農業供應鏈，提升農業永續性。因此建議緩衝綠帶的設置，可以分為非工程手段，透過森林地景修復，改善坡地綠覆、混農林、裸露地復育等，以改善土地利用型態，成為「棲地保育型」。而部分失去植生機會的人工環境地區，可能涉及利用工程手段，透過改善即有硬質結構，營造土石攔阻綠帶，降低治災風險，作為「緩衝預防型」綠帶(如圖 6-20 及表 6-4)。



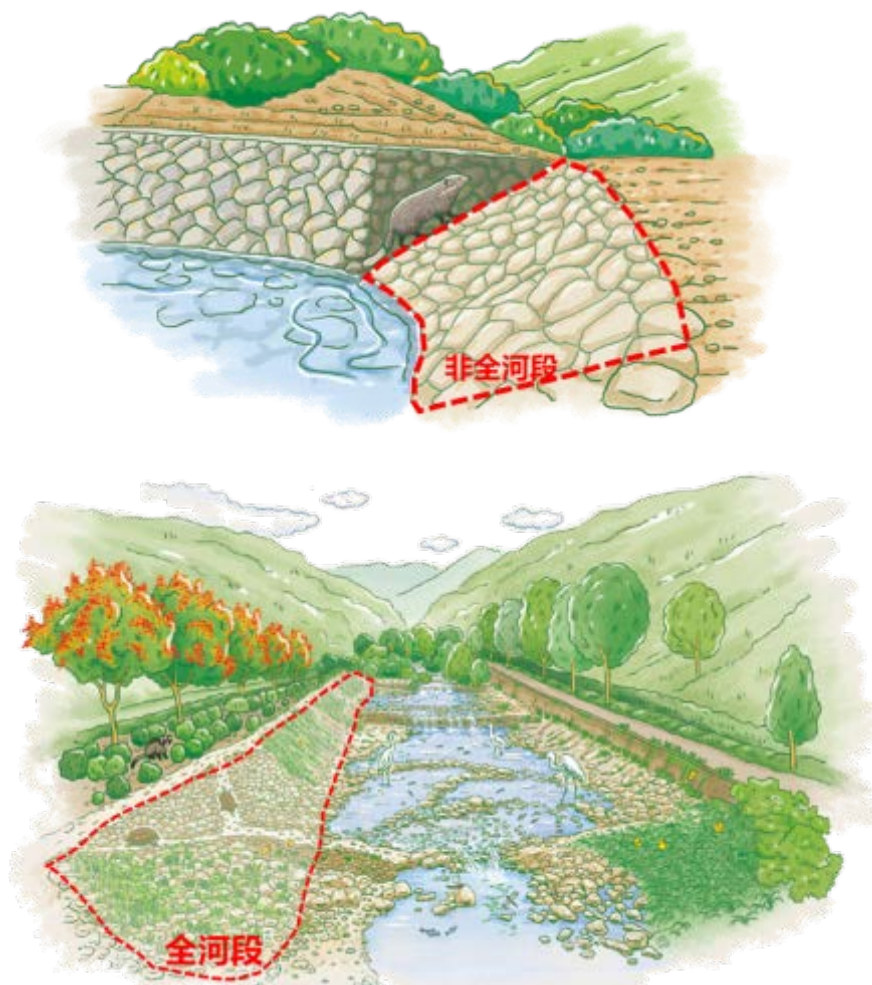
資料來源：農業部農村發展及水土保持署

圖 6-20 緩衝綠帶示意圖

(三) 棲地友善

棲地友善導入主要以一級生態檢核區或民眾參與平台建議之預定辦理野溪整治工程工區範圍，如設計緩坡化護岸，因所需用地較大，提供獎勵金，以鼓勵民眾配合營造生態棲地環境。

因此主要涉及工程手段，現況環境若原結構為近垂直之混凝土護岸，透過結構的改善及緩坡化，增加通水斷面、底質透水特性及提升植被復育機會，恢復生態功能，初擬為「結構改善型」。而經大尺度環境分析後，仍需利用護岸設施進行保護，採以緩坡方式或強化選用自然資材進行規劃設計，則為「新設需求型」(如圖 6-21 及表 6-4)。



資料來源：農業部農村發展及水土保持署

圖 6-21 緩衝綠帶示意圖

以本研究案例中的抽藤坑溪無名橋二上游水底寮段為例，經由本研究分析在無名橋河段方案一(全拆)Q₅₀ 情境模擬下該河段有溢淹風險，又經國土測繪圖資初步查詢該水砂溢淹區目前為私有土地，未來如工程手段無法達防減災目的時，亦可考慮輔以韌性坡地補助試辦方案辦理，初估水砂溢淹區域兩處合計約 2,500 平方公尺，緩衝綠帶長度約 150 公尺，其空間分布如圖 6-22。

表 6-4 減災調適措施類型區分

減災調措施	生態系面向	類型	說明
水砂溢淹區	保護、管理	棲地保育型	非工程手段，可能為濱溪帶、濕地、低窪地或農耕地區，現況具有溢淹風險，導入韌性坡地補助方案以維持其溢淹特性，利於保全整體河溪廊道通水的緩衝特性，具生態系保護、修復及管理概念。
	修復、管理	緩衝預防型	可能涉及工程手段，藉由恢復濱溪帶及洪氾地區，減少下游保全對象面臨災害的風險。
緩衝綠帶	保護、修復、管理	棲地保育型	非工程手段，透過森林地景修復，改善坡地綠覆、混農林、裸露地復育等，以穩定邊坡、防止沖蝕、崩塌等風險。
	修復、管理	緩衝預防型	可能涉及工程手段，透過改善即有環境結構，營造土石攔阻綠帶，降低治災風險，並能維持原有之生態功能
棲地友善	修復	結構改善型	涉及工程手段，原結構為近垂直之混凝土護岸，透過結構的改善及緩坡化，增加通水斷面、底質透水特性及提升植被復育機會，恢復生態功能。
	-	新設需求型	涉及工程手段，經大尺度環境分析後，仍需利用護岸設施進行保護，採以緩坡方式或強化選用自然資材進行規劃設計。

資料來源:集水區課題改善與調適策略規劃研究，署本部，期中報告



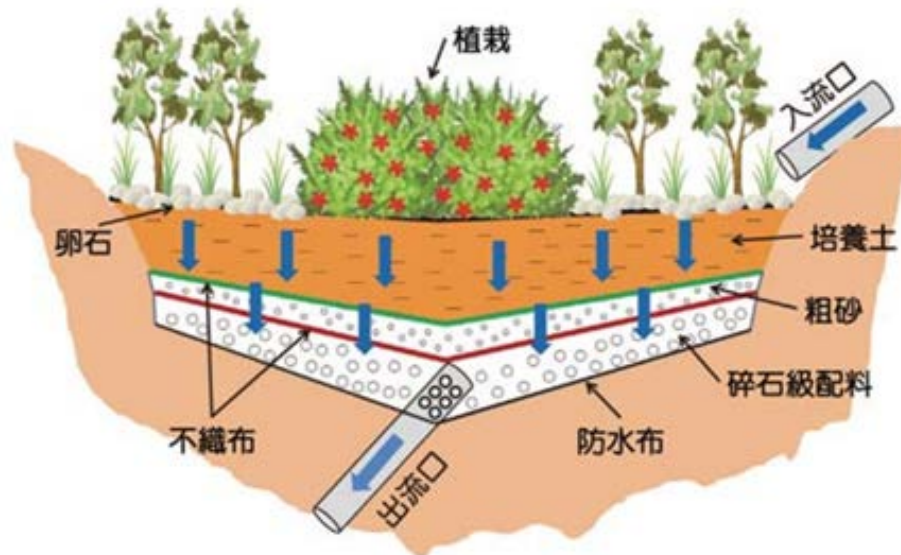
資料來源：本研究繪製

圖 6-22 抽藤坑溪無名橋(二)上下游水底寮段非工程手段方案

此外 21 世紀以來，各國提出了最佳管理策略(Best Management Practices) (BMPs) 為減少降水逕流污染所採取最經濟有效管理技術或作業方法，用以防止或減少非點源產生的污染量，達到最佳水質目標。建議未來可於適當地點規劃植生滯留槽(如圖 6-23)設置以控制農業非點源污染，植生滯留槽屬於分散型 LID/BMPs 處理設施，其具有設置簡易、維護方便及造價低等優點，且對於營養鹽的削減有相當的功效(何嘉浚等，2016)。

目前國內較常使用人工濕地或礫間接觸氧化，處理等集中型設施來處理農業非點源污染，然而此等傳統 BMPs 設施需較大的用地及較繁雜的操作與維護管理，因此於規劃設計時經常面臨用地取得不易等問題，致使無法有效全面落實非點源污染的管制，近年來水質管理單位已逐漸朝向於使用設施佔地小且操作維護簡便之分散型 LID/BMPs 來取代，其中植生滯留

槽 (bioretention) 因具有彈性設計且結合景觀營造的特點，再加上對於提高逕流入滲及水質過濾淨化亦具有一定之功效，因此在國外已被普遍使用，植生滯留槽大都採小面積、小區塊但不只一處的分散形式設計(如圖 6-24)，用地面積所佔不大，此點優勢利於農村水保署轄區善用。



資料來源：何嘉浚等，2016

圖 6-23 植生滯留槽內部配置示意圖

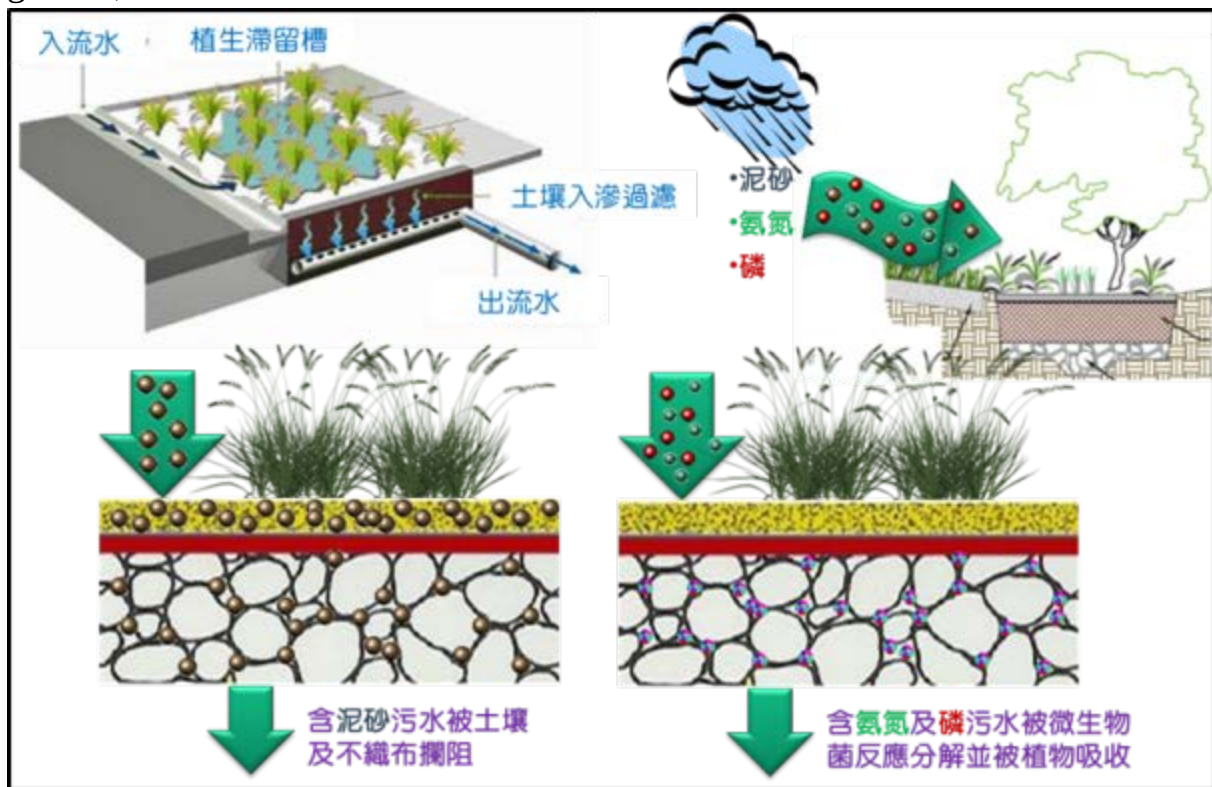


資料來源：何嘉浚等，2016

圖 6-24 植生滯留槽施工步驟

此外植生滯留槽因具有規模小、易施工、少操作維護及設置彈性大等優點，因此近年被廣為應用於集水區上游，以處理農業非點源污染。植生滯留槽可以有效攔阻並過濾暴雨逕流水中的泥砂，降低 SS 的濃度；再者，

入滲至植生滯留槽體內的雨水，透過土壤介質層及砂濾層的微生物反應，可以有效分解水中的 COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 及 TP，並且藉由表層植物的吸收，而達到去除水中營養鹽的目的，其污染削減機制如圖 6-25。並且可配合整體造景需求，設計成景觀花園(如圖 6-26 台 3 線案例)，故又可以稱為雨花園(rain garden)。



資料來源：何嘉浚等，2016

圖 6-25 植生滯留槽之污染削減機制示意圖



資料來源：公路總局

圖 6-26 台 3 線雨花園景觀示意圖

第七章 結論與建議

第一節 結論

- (一) 本研究分為兩大部分，第一部份包含蒐集目前國內外基礎流量評估方式，先評估生態系功能與服務以選擇合適之案例河段，並運用農村發展及水土保持署內野溪水砂觀測資料，分別以統計分析方法及水力分析方法探討溪流環境所需基礎流量。第二部份根據基礎流量估算結果應用於案例分析，探討治理工程完工後對於野溪環境的影響，並探討工程設計考量或優化工程，以維持溪流所需基礎流量，並可做為近自然野溪工法低水流設計運用。
- (二) 基礎流量評估方式蒐集國內外四大種類評估方式，綜整適用本研究以歷史流量統計評估法及水力評估法作為基礎流量討論。其中沙河溪善東橋河段因水砂觀測期間涵蓋工程施作，因此基流量建議以堰流公式估算(1.5CMS)，抽藤坑溪無名橋上下游河段則依據下游中和橋水位觀測資料統計結果，再以比流量換算後採 1.2CMS 做為基礎流量進行工程優化方案模擬依據。
- (三) 依據現地調查成果配合生態系功能與服務評估，作為研究案例河段選定之參考依據，分別於沙河溪集水區善東橋河段及抽藤坑溪無名橋上下游河段作為基流量探討及工程優化方案評估。
- (四) 本研究估算不同情境下，研究區域工程優化可能方案，沙河溪善東橋河段建議改善應以取水堰全拆作為最終改善目標，另為避免因取水堰的拆除，形成溪床坡度增加造成上游兩岸發生溯源侵蝕，因此建議現地護岸應配合改善或與地主協調緩坡化的接受度；抽藤坑溪無名橋上下游河段，因現地兩岸渠道化明顯，且河段內具高落差固床工，建議未來如有相關改善工程，可部分降低既有固床工或全數

調整優化為近自然固床工，同時發揮棲地復育與維持河床高程的功能。

第二節 建議

- (一) 本研究研究區域內，水砂觀測站觀測時間皆未大於兩年，且如歷經施工期間對於觀測資料可用度低，建議未來可選取觀測時間超過三年之水砂觀測站，且選擇不同類型集水區予以討論不同集水區型態其基流量的推估方式。
- (二) 建議未來應優先以生態檢核、水砂監測或其他個案，等於較小尺度，針對具體工程或非工程手段之治理個案，運用此類高解析度遙測影像與監督式分類於土地利用分類與覆蓋判釋，以最大化棲地判釋工具可提供之效益(包括棲地標定、細節保育策略擬定以及結合生態關注區域圖以研判改善成效)。若需進一步提昇分析的空間尺度，則建議以較低解析度之大尺度圖資進行判釋與生態系服務資源的分布評估。
- (三) 本研究盤點研究區域內既有縱橫向構造物，其對溪流環境造成直接或間接影響之構造物類型，包含早期因治山防災需求所設置之固床工及護岸、因農業灌溉需求所設置之取水堰及為減少河床沖刷所設置之混凝土底床等(亦稱三面光設計)。建議未來如有相關改善工程，可部分改善或全數調整優化為近自然工法，同時發揮棲地復育與維持河床高程的功能。並依模式取得可能性，建議採用 HecRAS 版本 6.0 以上進行局部動床模擬，增加優化方案整體考量。
- (四) 工程方法皆有其極限，未來亦可考量輔以非工程分法，如採濱溪土地管理可以包括堤防護岸的後退、預留改道空間、私有地範圍內資產重新分配、遷移、換地等。這些土地管理策略需要與地方溝通，以理解地方產業發展與農村願景，如推動韌性坡地補助試辦方案即為一種非工程方法。

參考文獻

1. 丁振章、陳柏安、李宗龍，重現生機抽藤坑溪－台中縣新社鄉中和村，農業出版品，第 187 期，2008。
2. 孔德懷，「崩塌地特性變遷偵測之探討－以清水溪集水區之六期影像應用為例」，國立中興大學水土保持學系碩士論文，2005。
3. 日本河川協會編，建設省河川防砂技術基準，1996。
4. 王俊哲，「不同頻率年洪流影響河川流況之實際淹水範圍之模擬-以敏督利颱風前後於清水溪下游段為例」，國立中興大學水土保持學系碩士論文，2005。
5. 玉井信行、水野信彥、中村俊六，河川生態環境工學，東京大學出版會，1993。
6. 江仲翔，考慮水資源最佳運用下生態基流量之研究，國立臺灣大學，土木工程學系，碩士論文，2008。
7. 行政院農業委員會農村發展及水土保持署，「水土保持手冊(工程篇)」，2005。
8. 何嘉浚，應用雨花園削減道路地表逕流非點源污染效能評估，土木水利第四十五卷，第六期，2016。
9. 行政院農業委員會農村發展及水土保持署，「111 年後龍溪導入 NbS 調適研究計畫」，2022。
10. 行政院農業委員會農村發展及水土保持署，保育治理工程指標性環境友善措施生態調查評析與相關案例彙編，2021。
11. 吳富春、李國昇，集集共同攔河堰之環境基準流量評估，水資源管理研討會論文集，216-237 頁，1998。

12. 李心惟，「結合 HEC-RAS 與 MODFLOW 於濁水溪沖積扇地下水與地層下陷模擬」，國立成功大學資源工程學系碩士論文，2014。
13. 李載鳴，碧海水力發電工程—南溪壩最小生態維護放水量、魚道設計標的魚種及設計條件等研究計畫，中興工程顧問公司，2000。
14. 李德旺，台灣產埔里中華爬岩鰍之分佈與相對族群量，特有生物研究，第二期，13-20 頁，2000。
15. 李德旺，埔里中華爬岩鰍之族群分佈調查(3/3)，農委會特有生物保育與研究中心，計畫序號 88 特生-動-11，2000。
16. 汪靜明，濁水溪上游栗栖溪河川生態研究及魚類保育計畫，台灣電力公司，1998。
17. 林永峻，丁振章，鄒宗儒，李鴻源，賴進松，黃杰立，「HEC-RAS 模式在野溪水理演算之應用與探討」，中華水土保持學報，第 3 卷，第 40 期，第 239-252 頁，2009。
18. 林立元、曾晴賢等，「河川生態調查與正常流量之研究—以頭前溪為例」，2000。
19. 林昭遠、林鶴儒、劉昌文，「陳有蘭溪集水區降雨-逕流模式動態分析系統建置之研究」，水土保持學報，36(3)：243-358，2004。
20. 林鎮洋、陳彥彰、吳明，2004，河溪生態工法，明文書局。
21. 林美志，河川低流量特性變動之研究，國立彰化師範大學，地理學系，碩士論文，2015。
22. 林修緯，考量河川流態之環境流量評估—以大漢溪為例，國立交通大學，土木工程學系，碩士論文，2015。
23. 林家興、吳振佑、蔡元融、陳振宇，「HEC-RAS 2D 於天然壩潰決模擬評估」，中華防災學刊；11 卷 2 期，137-150 頁，2019。

24. 武為瑤，應用遺傳規劃法與二維水理模式評估河川魚類棲地-以大屯溪日本禿頭鯊為例，國立台灣大學，生物環境系統工程學系，碩士論文，2011。
25. 「河川保留基流量評估技術研究計畫(3/3)」，經濟部水利署，2002。
26. 邱祈榮、林俊成，森林生態系服務面面觀。科學發展:529 期，2017。
27. 胡通哲、葉明峰，「基隆河生態基準流量之研究」，第十三屆水利工程研討會論文集，pp.F-8-F-13，2002。
28. 益鼎工程股份有限公司，「雙溪河川環境生態基準流量評估」，台灣電力公司，1996。
29. 陳文福，王俊哲，蔡喬文，「以 HEC-RAS 模擬敏督利颱風所致清水溪洪流特性之研究」，中國農業工程學會學術研討會，第 185 頁，2004。
30. 陳芳瑜，台灣河川棲地型態之研究，國立中央大學，土木工程學系，碩士論文，2007。
31. 陳彥勳、李盈潔，農地景觀特徵之生態系統服務功能初探，2020。
32. 陳淑媛、陳兆鈿、胡通哲、蘇上瑄，二維水理模式與 ArcGIS 空間內插法評估生態基流量-以鯉溪為例，中華水土保持學報，第 51 卷，第 2 期，第 43-54 頁，2020。
33. 陳樹群、王信凱，濕周-流量法用於估河川生態基流量之研究，中華水土保持學報，31（3），pp.193-203，2000。
34. 陳嫻如，評估河川生態棲地受水工結構物影響，國立中央大學，土木工程學系，碩士論文，2010。
35. 楊承峰、吳瑞賢等，「河川低水流量分流演算推估魚類棲地之研究—以烏溪上游為例」，第十三屆水利工程研討會論文集，pp.F-24-F-31，2002。

36. 楊承峰、吳瑞賢等，「河川低水流量分流演算推估魚類棲地之研究—以烏溪上游為例」，第十三屆水利工程研討會論文集，pp.F-24-F-31，2002。
37. 葉明峰，濁水溪上游河段魚類族群最低流量之研究(3/3)，農委會 90-農科-1.3.3-生-W5(7)計畫，2001。
38. 蔡易達、林秉賢、鍾侑達、李準勝，草湖溪、四角林野溪與抽藤坑溪等 3 處重點治理區監測調查及護岸型式分析，2019。
39. 蔡易達、連惠邦、林秉賢，茄苳寮溪等三處集水區歷年整治成果調查評估及生態友善工法研析，研邦科技有限公司，2019。
40. 鄭釗，毋甜，馬文龍，「HEC-RAS 一維數學模型在黃河浮橋壅水計算中的應用」，城市建設立論研究，第 5 卷，第 19 期，2015。
41. 謝暉樟、吳瑞賢等，「大漢溪中游生態基流量推估與棲地改善之研究」，第十三屆水利工程研討會論文集，pp.F-32-F-39，2002。
42. 蘇語乾，「應用 UAV 空拍技術及 HEC-RAS 2D 水理模式於河川高灘地植生管理」，國立臺灣大學土木工程學研究所碩士論文，2021。
43. Acharya, S., McLaughlin, D., Kaplan, D., & Cohen, M. J., A proposed method for estimating interception from near-surface soil moisture response. Hydrol. Earth Syst. Sci., 24(4), 1859-1870. doi:10.5194/hess-24-1859-2020, 2020.
44. Annear, T.C., Conder, A.L., Relative bias of several fisheries instream flow methods. N. Am. J. Fish. Manag. 4, 531–539, 1984.
45. Arthington, A.H., Rall, J.L., Kennard, M.J., Pusey, B.J., Environmental flow requirements of fish in Lesotho rivers using the DRIFT methodology. River Res. Appl. 19, 641–666, 2003.

46. Bartschi, D.K., A habitat-discharge method of determining instream flow for aquatic habitat, in Orsbon, J.F. and Allman, C.H. (Eds.), Proceedings of the symposium and Speciality conference on instream flow needs II. American Fisheries Society, Bethesda Maryland. pp.285-294, 1976.
47. Bovee, K.D., A Guide to Stream Habitat Analysis Using the Instream Flow Incremental Methodology, Western Energy and Land Use Team. Office of Biological Services. Fish and, 1982.
48. Brown J. H., On The Relationship Between Abundance and Distribution of Species. The American Naturalist, 124:255-279, 1984.
49. Burgman, M.A., Breininger, D.R., Duncan, B.W., Ferson, S., Setting reliability bounds on habitat suitability indices. Ecol. Appl. 11, 70–78, 2001.
50. Caissie, J., Caissie, D., El-Jabi, N., Hydrologically based environmental flow methods applied to rivers in the maritime provinces (Canada). River Res. Appl. 31, 651–662, 2015.
51. Connell, J., Modelling the effects of floodplain woodland in flood mitigation. A short-term case study. Irish Forestry, 65, 17, 2008.
52. Costanza, R., d'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., ... & Van Den Belt, M., The value of the world's ecosystem services and natural capital. nature, 387(6630), 253-260, 1997.
53. Desai, A.Y., Development of a Hydraulic Sub-model as Part of a Desktop Environmental Flow Assessment Method. Rhodes University, 2012.
54. Dugdale, S. J., Malcolm, I. A., Kantola, K., & Hannah, D. M., Stream temperature under contrasting riparian forest cover: Understanding thermal

- dynamics and heat exchange processes. *Science of The Total Environment*, 610-611, 1375-1389, doi:https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.198, 2018.
55. Dunbar, M.J., Gustard, A., Acreman, M., Elliott, C.R., Environment Agency Project W6B (96) 4 Overseas Approaches to Setting River Flow Objectives Draft Interim Technical Report, 1997.
56. Dybala, K. E., Matzek, V., Gardali, T., and N. E. Seavy , “Carbon sequestration in riparian forests: A global synthesis and meta-analysis,” *Global Change Biology*, 25(1), 57-67, 2019.
57. European Union, "Evaluating the impact of nature-based solutions: A handbook for practitioners.", 2021.
58. Forlong, R.G., Determining minimum flow for river in Kaptiti Coast district, Proceedings of the 1994 Limnological Society Conference, Limnological Society, Hamilton, 1994.
59. Gao, B., Li, J., Wang, X., Analyzing changes in the flow regime of the yangtze river using the eco-flow metrics and IHA metrics. *Water* 10, 1552, 2018.
60. Garner, G., Malcolm, I. A., Sadler, J. P., & Hannah, D. M., The role of riparian vegetation density, channel orientation and water velocity in determining river temperature dynamics. *Journal of Hydrology*, 553, 471-485. doi:https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.03.024, 2017.
61. Ginot, V., Evha, un logiciel d’évaluation de l’habitat du Poisson sous Windows. *Bull. Fr. Peche Piscic.* 303–308, 1995.
62. Gordon, N.D., McMahon, T.A., Finlayson, B.L., *Stream Hydrology*. An

- Introduction for Ecologists. John Wiley & Sons, Chichester, p. 526, 1992.
63. Haines-Young, Roy, and Marion Potschin, "The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being." *Ecosystem Ecology: a new synthesis* 1: 110-139, 2010.
 64. Islam, M.S., Nature and limitations of environmental flow methodologies and its global trends. *J. Civ. Eng.* 38, 141–152, 2010.
 65. Iuliia Shustikova, et al., " Comparing 2D capabilities of HEC-RAS and LISFLOOD-FP on complex topography." *Hydrological Sciences Journal* 64: 14, 2019.
 66. J. Craig Fischenich, John M., Nestler, Low-Flow Aquatic Habitat Restoration Evaluation, the RCHARC Methodology, Goose Creek, Colorado. WES, 1997.
 67. Jowett, I.G., Instream flow methods: A comparison of approach, *Regul. Rivers: Res. Mgmt.* Vol.13, pp. 115-127, 1997.
 68. Kabisch, N., Korn, H., Stadler, J., & Bonn, A., Nature-based solutions to climate change adaptation in urban areas: Linkages between science, policy and practice. Springer Nature, 2017.
 69. Karimi, S.H., Yasi, M., Eslamian, S., Use of hydrological methods for assessment of environmental flow in a river reach. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 9, 549–558, 2012.
 70. King, J., Brown, C., Sabet, H., A scenario-based holistic approach to environmental flow assessments for rivers. *River Res. Appl.* 19, 619–639, 2003.
 71. King, J., Louw, D., Instream flow assessments for regulated rivers in South

- Africa using the Building Block Methodology. *Aquat. Ecosys. Health Manag.* 1, 109–124, 1998.
72. Kulik, B. H., A method to refine the New England aquatic base flow policy, *Rivers*, Vol.1(1), pp.8-22, 1990.
73. Laureline Berthot , André St-Hilaire, Daniel Caissie , Nassir El-Jabi , Judith Kirby , Sébastien Ouellet-Proulx., The use of wetted perimeter as habitat proxy to assess environmental flows in Southern Quebec rivers (Canada), 2021.
74. Leveque C., “Biodiversity Dynamics and Conservation:The Freshwater Fish of TropicalAfrica”, UK: Cambridge University Press, 438, 1997.
75. Mason J. L., and S. Machidori , Populations of Sympatric Sculpins, *Cottus Alerticus* and *Cottus Asoer*, in Four Adjacent Salmon-Producing Coastal Streams on Vanocounter Islanf . *B.C.U.S. Fisheries Bulletin*, 74:131-141, 1976.
76. Matthews, R., Bao, Y., The Texas method of preliminary instream flow determination. *Rivers* 2, 295–310, 1991.
77. Mattingly H. T. and Galat D. L., “Distributional patterns of threatened *Niangua darter* *Etheostoma Nianguae* at three spatial scales, with implications for species conservation”, *Copeia*, 3, 573-583, 2002.
78. Md. Shahjahan Ali , Md. Mahmudul Hasan., *Environmental Flow Assessment of Gorai River in Bangladesh: A comparative analysis of different hydrological methods*, 2022.
79. Michael J. H. Jr., Contribution of Cuttrout in Headwater Stream to the Sea-Run Population. *California Fish and Game*, 69:68-76, 1983.

80. Moran-Lopez R., Perez-bote J. L., Da Silva Rubio E, Corbacho A. C.,
“Summer habitat relationships of Barbells in South-West Spain”, Journal of
Fish Biology, 67, 66-82, 2005.
81. Noack, M., Schneider, M., Wieprecht, S., The habitat modelling system
CASiMiR: a multivariate fuzzy-approach and its applications.
Ecohydraulics: an integrated approach 75–91, 2013.
82. Nruthya. Ka, V. V. Srinivas., Evaluating Methods to Predict Streamflow at
Ungauged Sites using Regional Flow Duration Curves: A Case
Study. Dept. of Civil Engineering, Indian Institute of Science,
Bangalore-560 012, India, 2015.
83. Pandey, A., V. M. Chowdary, B. C. Mal and P. P. Dabral., Remote sensing
and GIS for identification of suitable sites for soil and water conservation
structures, Land Degrad, Dev., 22: pp 359-372, 2011.
84. Peng Gao, et al., " Assessing the impact of flood inundation dynamics on
an urban environment." Natural Hazards 109: 1047-1072, 2021.
85. Poff, N.L., Allan, J.D., Bain, M.B., Karr, J.R., Prestegard, K.L., Richter,
B.D., Sparks, R.E. and J.C. Stromberg, “The natural flow regime,”
Bioscience, 47(11), 769-784, 1997.
86. Poff, N.L., Richter, B.D., Arthington, A.H., Bunn, S.E., Naiman, R.J.,
Kendy, E., Acreman, M., Apse, C., Bledsoe, B.P., Freeman, M.C., The
ecological limits of hydrologic alteration (ELOHA): a new framework for
developing regional environmental flow standards. Freshw. Biol. 55, 147–
170, 2010.
87. Postel, S., & Carpenter, S., Freshwater ecosystem services. Nature’s

- services: Societal dependence on natural ecosystems, 195, 1997.
88. Rajwa-Kuligiewicz, A., Bialik, R., & Rowiński, P., Dissolved oxygen and water temperature dynamics in lowland rivers over various timescales. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 63, 353-363. doi:10.1515/johh-2015-0041, 2015.
89. Rashid Mahmood, Shaofeng JIAa, Aifeng Lv, Wenbin Zhu., A preliminary assessment of environmental flow in the three rivers' source region, Qinghai Tibetan Plateau, China and suggestions, 2020.
90. Rieger, I., Lang, F., Kowarik, I., and A. Cierjacks., “The interplay of sedimentation and carbon accretion in riparian forests,” *Geomorphology*, 214, 157-167, 2014.
91. Riis, Tenna, Mary Kelly-Quinn, Francisca C. Aguiar, Paraskevi Manolaki, Daniel Bruno, María D. Bejarano, Nicola Clerici, et al., “Global Overview of Ecosystem Services Provided by Riparian Vegetation.” *Bioscience* 70 (6): 501–14, 2020.
92. Riis, Tenna, Mary Kelly-Quinn, Francisca C. Aguiar, Paraskevi Manolaki, Daniel Bruno, María D. Bejarano, Nicola Clerici, et al., “Global Overview of Ecosystem Services Provided by Riparian Vegetation.” *Bioscience* 70 (6): 501–14, 2020.
93. Shapiro, et al. i.maxlik.
<https://github.com/OSGeo/grass/tree/main/imagery/i.maxlik>, 2022.
94. Sharma, Roshan, Bhagawat Rimal, Himlal Baral, Udo Michael Nehren, and Prashid Kandel., “Impact of Land Cover Change on Ecosystem Services in a Tropical Forested Landscape.” *Resources* 2019, 8 (18).

<https://doi.org/10.3390/resources8010018>, 2019.

95. Sharma, Roshan, Bhagawat Rimal, Himlal Baral, Udo Michael Nehren, and Prashid Kandel., “Impact of Land Cover Change on Ecosystem Services in a Tropical Forested Landscape.” *Resources* 2019, 8 (18), 2019.
<https://doi.org/10.3390/resources8010018>. *Journal of Agriculture and Forestry* , 67(4):233-248 .
96. Smakhtin, V.U., Low flow hydrology: a review. *J. Hydrol.* 240 (3–4), 147–186, 2001.
97. Smakhtin, V.U., Revenga, C., Doll, P., Taking into account environmental water requirements in global scale water resources assessments. In: *Research Report 2 of the CGIAR Comprehensive Assessment Program of Water Use in Agriculture*. International Water Management Institute, Colombo, 2004.
98. Snelder, T., Booker, D., Lamouroux, N., A method to assess and define environmental flow rules for large jurisdictional regions 1. *JAWRA* 47, 828–840, 2011.
99. Tennant, D.L., Instream flow regimens for fish, wildlife, recreation, and related environmental resource, in Orsbon, J.F. and Allman, C.H. (Eds.), *Proceedings of symposium and speciality conference for instream flow needs II*, American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, pp.359-373, 1976.
100. TNC., The Nature Conservancy, *Indicators of Hydrologic Alteration Version 7.1; User’s Manual*, 2009.
101. USFWS., *Interim regional policy for New England stream flow*

- recommendations. Memorandum from H.N. Larsen, Director, Region 5 of U.S. Fish and Wildlife Service, Newton Corner, Mass, 1981.
102. Wang, H., Wang, H., Hao, Z., Wang, X., Liu, M., Wang, Y., Multi-objective assessment of the ecological flow requirement in the upper Yangtze national nature reserve in China using PHABSIM. *Water* 10, 326, 2018.
103. Warner, A.T., Environmental flows: the savannah process. *The Wetland Book: I: Structure and Function, Management, and Methods 1849–1854*, 2018.
104. Wubneh B. Abebe, Seifu A. Tilahun, Michael M. Moges, Ayalew Wondie, Minychl G. Dersseh, Michael E. McClain., “Environmental flow assessment and implications on sustainability of aquatic ecosystems in Ethiopia: A literature review on global and national evidences.” *Environmental Development*, 44, 2022.
105. Xian-run Zhang, Dan-rong Zhang, Yuan Ding., An environmental flow method applied in small and medium-sized mountainous rivers, 2021.
106. Yakup Karakoyun, Zehra Yumurtacı, Aydın H. Doğanmez., Chapter 4.9 - Environmental Flow Assessment Methods: A Case Study, Yıldız Technical University, Istanbul, Turkey, 2018.
107. Yirsaw, Eshetu, Wei Wu, Xiaoping Shi, Habtamu Temesgen, and Belew Bekele. “Land Use/Land Cover Change Modeling and the Prediction of Subsequent Changes in Ecosystem Service Values in a Coastal Area of China, the Su-Xi-Chang Region.” *Sustainability: Science Practice and Policy* 9 (7): 1204, 2017.

108. Yirsaw, Eshetu, Wei Wu, Xiaoping Shi, Habtamu Temesgen, and Belew Bekele. "Land Use/Land Cover Change Modeling and the Prediction of Subsequent Changes in Ecosystem Service Values in a Coastal Area of China, the Su-Xi-Chang Region." *Sustainability: Science Practice and Policy* 9 (7): 1204, 2017.
109. Zabret, K., & Šraj, M., Can Urban Trees Reduce the Impact of Climate Change on Storm Runoff? *Urbani izziv*, 26, S165-S178.
doi:10.5379/urbani-izziv-en-2015-26-supplement-011, 2015.
110. Zhang, Y., Peng, C., Zhicong, W., Zhang, J., Li, L., Shun, H., & Li, D., The Species-Specific Responses of Freshwater Diatoms to Elevated Temperatures Are Affected by Interspecific Interactions. *Microorganisms*, 6, 82. doi:10.3390/microorganisms6030082, 2018.
111. 福留脩文，2012，「治水と環境の両立を目指した川づくりの技術的考え方とその適用性に関する研究 (Doctoral dissertation, 中央大学)」。
[中文譯本：楊佳寧、張琬郁、陳思穎，2016，「兼顧防洪與生態的河川營造技術」，水利署水利規劃試驗所翻譯專書]。

附錄一、歷次審查意見回覆

提案階段審查意見與回覆

審查意見	回覆意見
1.本局自 109 年開始進行水砂觀測工作，相關觀測資料或許提供基流量等數值研究參考。	謝謝委員意見，本研究初步選定沙河溪集水區及抽藤坑溪集水區做為溪流環境所需基礎流量評估研究區域，並運用農村發展及水土保持署內野溪水砂觀測資料做為研究參考。

期中報告審查意見與回覆

審查意見	回覆意見
1.貴校所提期中報告書，經書面審查通過，同意撥付第 2 期款，審查意見請納入期末報告書回應，並於 112 年 11 月 13 日前函送期末報告書 5 份，俾利辦理期末審查作業。	遵照辦理。
2.請補[摘要]，列出計畫目的、工作項目、至期中完成項目、獲致之初步成果、具體建議及解決對策。	謝謝委員意見，已補充摘要及至期末階段完成事項，初步成果已彙整說明於結論及建議小節。
3.各項地文、水文、土地利用圖表，請註明引據來源及時間。	謝謝委員意見，已註明各項地文、水文、土地利用圖表之來源及時間。
4.P3-12 工程統計表為沙河溪或抽藤坑溪集水區，請再確認修正；統計資料運用水土保持署工程管考資料系統資料，請增列 111 年度資料；本區域亦有其他機關進行相關工程，請蒐集列入。	謝謝委員意見，已將 P3-12 工程統計表修正為沙河溪集水區，並補充其他機關之相關工程，詳附錄二。
5.請依二樣區蒐集統計分析所得結果，遵循研究目的[溪流基礎流量評估運用於工程優化，於期末提出具體可行之回饋工程設計建議，而非僅抄錄水土保持單元叢書既有結果。	謝謝委員意見，已補充具體可行之回饋工程設計建議於第六章第三節。
6.本計畫有關「生態基流量」文獻蒐集相當完整，惟歷史流量法較為簡易，以及需資料較少，僅以簡單數字為其建議值。較無法充分表達流量與生態間的關係，建議	謝謝委員意見，已補充歷史流量法相關文獻，並描述流量與生態之間的關係。另外，在結論與建議的地方說明生態基流量是否符合生態需求。

後續研究流程可加入生態監測調查以驗證「生態基流量」，確認是否符合生態需求。	
7.執行單位於期末報告書撰寫時，相關報告書封面及內文格式，請配合機關改制修正內容所提各機關名稱。	謝謝委員意見，相關報告書封面及內文格式已依照機關改制修正內容所提各機關名稱。
8.表 3-6 中坐標點位如為 TWD97，欄位名稱請修正為 X、Y 或註明坐標系統。	謝謝委員意見，已於表 3-6 座標點位的欄位名稱修正為 X(TWD97)、Y(TWD97)。
9.本計畫內容如為引用本署「111 年後龍溪導入 NbS 調適研究計畫」內文或圖資部分，請註明資料來源。	謝謝委員意見，已註明相關資料來源。
10.為因應機關組織改造，機關名稱修正為「農業部農村發展及水土保持署」報告書封面及內文等請依本署最新範本格式撰寫，相關範本檔案請至本署電子圖書管理中心下載(https://elibrary.ardswc.gov.tw/)	報告書封面及內文等格式已依照「農業部農村發展及水土保持署」最新範本格式撰寫。

期末報告審查意見與回覆

審查意見	回覆意見
1.日後可做為近自然野溪工法低水流設計運用。	謝謝委員意見，已增加說明於結論第一點。
2.工程優化可能方案，其中沙河溪善東橋河段取水堰全拆的二維水砂模擬，其上游底床河道底床沖刷整體下刷至約 3.0 m，想請問有無針對河床質做粒徑調查後再去分析？。	謝謝委員意見，河床粒徑已參考農村發展及水土保持署台中分署 109 年「沙河溪集水區(北河村南北橋重點區域)細部規劃」調查結果，增加表 5 4 說明河床質粒徑調查成果。
3.HecRAS 的應用新版本 6.0 以上可做局部動床模擬，可納入參考。	謝謝委員意見，已增加說明於建議第三點。
4.加強工程設計建議說明文字，並於非工程方法中 BMP 概念結合 NBS 等重大政策方向。	謝謝委員意見，已加強工程設計建議說明文字於表 6-2，並於非工程方法加強 BMP 建議方案(詳 P.6-34~P.6-36)。

附錄二、歷年已投入治理工程清單

FID	Shape *	年度	工程名	執行單	縣市	鄉鎮	村里	X	Y
92	Point	90	沙河溪文英橋上游護案搶修工程(233995)(2717655)	臺中分署	苗栗縣	頭屋鄉	曲洞村	234762	2715305
93	Point	90	沙河溪、文英橋至宮前橋段疏濬工程	臺中分署	苗栗縣	頭屋鄉	曲洞村	234762	2717305
94	Point	90	沙河溪流曲洞橋至長壽橋周邊農路淤砂清除工程	臺中分署	苗栗縣	頭屋鄉	曲洞村	234839	2716549
95	Point	90	南河東河會合口下游護岸工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	南河村	234879	2713346
96	Point	90	東南橋上游雜木土石清除工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	大坑村	234916	2713090
97	Point	90	北河萬安橋段護岸工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	北河村	235110	2714840
98	Point	90	北河協合下游段護岸工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	北河村	235371	2714331
99	Point	90	沙河溪支流天花湖段野溪堰塞土方清除工程	臺中分署	苗栗縣	頭屋鄉	曲洞村	236956	2715681
100	Point	91	沙河溪官前橋上下游段護岸災修工程	臺中分署	苗栗縣	頭屋鄉	曲洞村	235043	2717260
101	Point	91	飛鳳橋下游護岸工程	臺中分署	苗栗縣	頭屋鄉	飛鳳村	235528	2717055
102	Point	91	沙河野溪北河段整治	苗栗縣政府	苗栗縣	公館鄉	北河村	235822	2714386
103	Point	91	半路寮坑下游護岸災修工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	南河村	236949	2712392
104	Point	91	北河村礮砂崩塌地處理加強工程	苗栗縣政府	苗栗縣	公館鄉	北河村	237471	2713652
105	Point	92	法尊堂野溪整治二期工程	臺中分署	苗栗縣	銅鑼鄉	北河村	234338	2714173
106	Point	92	雙鳳段農路改善工程	苗栗縣政府	苗栗縣	頭屋鄉	曲洞村	235149	2716845
107	Point	92	二崗坪段野溪整治工程	苗栗縣政府	苗栗縣	頭屋鄉	飛鳳村	235960	2715845
108	Point	92	暗坑農路改善工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	北河村	236738	2713793
109	Point	92	北河村十八鄉農路改善工程	苗栗縣政府	苗栗縣	公館鄉	北河村	238743	2713795
110	Point	93	南河4鄉坑溝整治工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	南河村	234821	2712731
111	Point	93	二崗坪小段合興橋上游野溪整治工程	苗栗縣政府	苗栗縣	頭屋鄉	曲洞村	234940	2716397
112	Point	93	南河溪豬湖橋上游整治工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	南河村	234981	2712986
113	Point	93	飛鳳溪永興橋上下游整治工程	臺中分署	苗栗縣	頭屋鄉	飛鳳村	235754	2717021
114	Point	93	飛鳳溪南北橋上游整治工程	臺中分署	苗栗縣	頭屋鄉	飛鳳村	236794	2716744
115	Point	93	南河10鄉野溪整治工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	南河村	236831	2712436
116	Point	93	大坑7鄉至14鄉農路改善工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	南河村	237537	2710672
117	Point	94	沙河溪曲洞橋上游護岸維護加強工程	臺中分署	苗栗縣	頭屋鄉	曲洞村	234700	2717203
118	Point	94	南坑段土石災害防治工程	苗栗縣政府	苗栗縣	頭屋鄉	飛鳳村	236443	2715572
119	Point	94	飛鳳溪南北橋上游整治維護加強工程	臺中分署	苗栗縣	頭屋鄉	飛鳳村	236794	2716744
120	Point	94	大東勢坑溪整治二期工程	臺中分署	苗栗縣	獅潭鄉	南河村	237004	2712565
121	Point	94	北河段蓄水池及園內道工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	北河村	238532	2712567
122	Point	94	北河村植生綠化工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	北河村	238532	2712567
123	Point	94	飛鳳村雙鳳道南段水土保持工程	苗栗縣政府	苗栗縣	頭屋鄉	飛鳳村	239196	2715365
124	Point	95	尖山村尖山段坑溝整治工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	曲洞村	234679	2715603
125	Point	95	沙河溪緊急處理工程	頭屋鄉公所	苗栗縣	頭屋鄉	曲洞村	234700	2717203
126	Point	95	沙河溪整治四期工程	臺中分署	苗栗縣	頭屋鄉	曲洞村	234840	2716690
127	Point	95	砂河溪官前橋上游護岸緊急處理工程	臺中分署	苗栗縣	頭屋鄉	曲洞村	235054	2716770
128	Point	95	南河石坑橋下游護岸工程	苗栗縣政府	苗栗縣	公館鄉	南河村	235302	2713538
129	Point	95	北辰橋下游左側坑溝整治工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	北河村	235587	2714354
130	Point	95	飛鳳野溪護岸工程	苗栗縣政府	苗栗縣	頭屋鄉	飛鳳村	235684	2717084
131	Point	95	北河村芎蕉坑段野溪護岸工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	北河村	238704	2714496
66	Point	96	獅潭地區休閒農業改善工程	苗栗縣政府	苗栗縣	獅潭鄉	新店村	237807	2712763
67	Point	97	北河村9鄉野溪護岸工程	苗栗縣政府	苗栗縣	公館鄉	北河村	237440	2714155
68	Point	97	飛鳳村石峽支流上游段淤砂基本治理工程	苗栗縣政府	苗栗縣	頭屋鄉	飛鳳村	236931	2717176
69	Point	97	飛鳳村飛鳳橋下游段淤砂基本治理工程	苗栗縣政府	苗栗縣	頭屋鄉	飛鳳村	235369	2717104
70	Point	97	南河村2鄉、4鄉野溪疏導治理工程等二件工程	苗栗縣政府	苗栗縣	公館鄉	南河村	235174	2713649
71	Point	97	曲洞村沙河溪支流菜籃溪段淤砂基本治理工程	苗栗縣政府	苗栗縣	頭屋鄉	曲洞村	235085	2716939
72	Point	98	頭屋鄉飛鳳村飛鳳道1鄉農路改善工程	苗栗縣政府	苗栗縣	頭屋鄉	飛鳳村	238866	2716007
73	Point	98	公館鄉北河段農路改善工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	北河村	236640	2714201
74	Point	98	北河村8鄉產業道路改善工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	北河村	236260	2714467
75	Point	98	頭屋鄉曲洞村彌陀禪寺下方野溪改善工程	苗栗縣政府	苗栗縣	頭屋鄉	飛鳳村	235779	2715488

溪流基礎流量評估應用於工程優化之研究

沙河溪歷年工程112110501, 2023/11/7, Page 2

FID	Shape *	年度	工程名	執行單	縣市	鄉鎮	村里	X	Y
76	Point	98	公館鄉北河村5鄰謝春明宅側野溪整治工程	苗栗縣政府	苗栗縣	公館鄉	北河村	235395	2714034
77	Point	98	南河村12鄰野溪整治工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	南河村	235287	2712854
78	Point	98	仁安村15鄰農路改善工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	南河村	234988	2711205
79	Point	98	公館鄉仁安村等農路改善工程	苗栗縣政府	苗栗縣	公館鄉	南河村	234936	2711286
80	Point	98	沙河溪長壽橋下游整治工程	臺中分署	苗栗縣	頭屋鄉	曲洞村	234835	2716540
81	Point	98	頭屋鄉曲洞村蔡瓜欄野溪、飛鳳村南坑野溪清疏工程	苗栗縣政府	苗栗縣	頭屋鄉	尖山村	233991	2716661
82	Point	99	沙河溪長壽橋下游整治二期工程	臺中分署	苗栗縣	頭屋鄉	曲洞村	234835	2716540
83	Point	99	南河村北河村環境改善及苗26家戶環境改善工程	苗栗縣政府	苗栗縣	公館鄉	南河村	234700	2713095
84	Point	100	公館鄉南河村10鄰農路改善工程	苗栗縣政府	苗栗縣	公館鄉	南河村	237138	2711508
85	Point	100	100年頭屋鄉飛鳳野溪水土保持維護工程	頭屋鄉公所	苗栗縣	頭屋鄉	飛鳳村	236951	2715744
86	Point	100	公館鄉北河村9鄰北河溪護岸工程	苗栗縣政府	苗栗縣	公館鄉	北河村	236798	2714538
87	Point	100	公館鄉北河村8鄰翠橋農路改善工程	苗栗縣政府	苗栗縣	公館鄉	北河村	236315	2714330
88	Point	100	頭屋鄉飛鳳村農村風貌改造工程	頭屋鄉公所	苗栗縣	頭屋鄉	飛鳳村	235913	2717660
89	Point	100	公館鄉南河村桂河橋下游野溪整治工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	南河村	235268	2713776
90	Point	100	南河村12鄰野溪整治二期工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	南河村	234923	2713500
91	Point	100	頭屋鄉曲洞宮後山環境改善工程	苗栗縣政府	苗栗縣	頭屋鄉	曲洞村	234843	2716911
92	Point	101	公館鄉尖山村社區環境改善工程	公館鄉公所	苗栗縣	公館鄉	尖山村	234002	2715349
93	Point	101	公館鄉南河村茶園坪崩地處理工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	南河村	234329	2712465
94	Point	101	頭屋鄉曲洞村7鄰坑溝整治工程	臺中分署	苗栗縣	頭屋鄉	曲洞村	234539	2716262
95	Point	101	頭屋鄉曲洞宮周邊環境改善工程	頭屋鄉公所	苗栗縣	頭屋鄉	曲洞村	234808	2716846
96	Point	101	北河村北辰橋下游野溪整治工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	北河村	235553	2714470
97	Point	101	公館鄉北河村環境改善工程	公館鄉公所	苗栗縣	公館鄉	北河村	235688	2714464
98	Point	102	北河原生態之旅窺隨空間改善計畫	苗栗縣公館鄉北河社區發展協會	苗栗縣	公館鄉	北河村	234226	2715133
99	Point	102	沙河溪曲洞村40支20桿旁整治工程	臺中分署	苗栗縣	頭屋鄉	曲洞村	234922	2715687
100	Point	102	沙河溪金沙橋下游野溪整治工程	臺中分署	苗栗縣	頭屋鄉	曲洞村	234946	2716093
101	Point	102	頭屋鄉飛鳳社區農村生產環境改善工程	頭屋鄉公所	苗栗縣	頭屋鄉	飛鳳村	235894	2717342
102	Point	102	公館鄉北河村15鄰野溪治理二期工程	苗栗縣政府	苗栗縣	公館鄉	北河村	239418	2713800
103	Point	103	頭屋鄉飛鳳社區環境改善工程	臺中分署	苗栗縣	頭屋鄉	飛鳳村	237408	2715780
104	Point	103	公館北河農路改善工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	北河村	238889	2712844
105	Point	104	博愛農路支線改善工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	尖山村	234040	2716252
106	Point	104	雙鳳道支線農路、畚箕窩農路及石峽農路改善工程	臺中分署	苗栗縣	頭屋鄉	飛鳳村	234485	2717209
107	Point	104	沙河溪金沙橋上游野溪整治工程	臺中分署	苗栗縣	頭屋鄉	飛鳳村	234947	2716093
108	Point	104	頭屋鄉曲洞村二岡坪野溪整治工程	臺中分署	苗栗縣	頭屋鄉	北河村	235239	2714855
109	Point	104	北河村北辰橋下游野溪整治二期工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	北河村	235571	2714385
110	Point	104	飛鳳村雙鳳野溪整治工程	臺中分署	苗栗縣	頭屋鄉	飛鳳村	236888	2716075
111	Point	104	北河國小旁農路改善工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	北河村	238305	2712822
112	Point	105	沙河溪新庄橋上游野溪整治工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	南河村	234928	2713524
113	Point	105	沙河溪桂河橋上游野溪整治工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	南河村	235289	2713684
114	Point	105	頭屋鄉飛鳳村農苗屋012及雙鳳農路改善工程	臺中分署	苗栗縣	頭屋鄉	飛鳳村	235665	2717012
115	Point	105	畚箕窩農路改善工程	臺中分署	苗栗縣	頭屋鄉	飛鳳村	235943	2717413
116	Point	105	飛鳳村雙鳳野溪二期整治工程	臺中分署	苗栗縣	頭屋鄉	飛鳳村	236869	2716140
117	Point	105	石觀音農路改善工程	臺中分署	苗栗縣	頭屋鄉	飛鳳村	238868	2715841
118	Point	106	南河村南河段野溪整治工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	南河村	234706	2713537
119	Point	106	公館鄉南河段124號野溪及坑溝整治工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	北河村	234920	2712578
120	Point	106	沙河溪善東橋下游野溪整治工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	南河村	234928	2713088
121	Point	106	沙河溪新庄橋上游野溪整治工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	南河村	234928	2713524
122	Point	106	沙河溪金沙橋上游野溪整治二期工程	臺中分署	苗栗縣	頭屋鄉	曲洞村	235002	2716058
123	Point	106	沙河溪金沙橋上游野溪整治工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	北河村	235443	2713842
124	Point	106	北河社區閒置空間營造工程	苗栗縣政府	苗栗縣	公館鄉	北河村	236587	2713908
125	Point	106	暗影農路改善工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	北河村	237813	2713218

FID	Shape *	年度	工程名	執行單	縣市	鄉鎮	村里	X	Y
3	Point	107	新庄腳農塘改善工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	南河村	234632	2713440
25	Point	107	公館鄉大坑12鄰坑溝整治工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	南河村	237117	2710300
27	Point	107	公館鄉大坑村苗24支線農路改善工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	大坑村	237289	2710239
0	Point	108	茶園坪農路支線改善工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	南河村	234317	2712522
12	Point	108	北河村萬安橋上下游野溪整治工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	北河村	235314	2714847
14	Point	108	二坪岡段228-8及762-2旁野溪整治工程	臺中分署	苗栗縣	頭屋鄉	飛鳳村	235420	2715463
19	Point	108	北河社區路面改善工程	苗栗縣政府	苗栗縣	公館鄉	北河村	236632	2713796
26	Point	108	飛鳳石盤沙河溪整治工程	臺中分署	苗栗縣	頭屋鄉	飛鳳村	237200	2715590
5	Point	109	南河社區灌溉溝渠改善工程	苗栗縣政府	苗栗縣	公館鄉	南河村	234836	2713042
9	Point	109	公館鄉北河村1鄰排水溝及擋土牆工程	公館鄉公所	苗栗縣	公館鄉	北河村	234964	2714971
18	Point	109	頭屋鄉飛鳳村飛鳳野溪流護岸延續工程	頭屋鄉公所	苗栗縣	頭屋鄉	飛鳳村	236223	2715841
29	Point	109	公館鄉北河社區統庫步道改善工程	公館鄉公所	苗栗縣	公館鄉	北河村	238516	2712525
4	Point	110	頭屋沙河溪長壽橋上下游清疏工程	頭屋鄉公所	苗栗縣	頭屋鄉	曲洞村	234754	2716350
7	Point	110	沙河溪金沙橋上游野溪整治三期工程	臺中分署	苗栗縣	頭屋鄉	曲洞村	234906	2715993
10	Point	110	公館鄉北河村2鄰農村生產道路改善工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	北河村	235201	2715271
11	Point	110	公館鄉南河村豬湖橋旁農路改善工程	苗栗縣政府	苗栗縣	公館鄉	南河村	235278	2713058
23	Point	110	公館鄉大坑村14鄰266號農路改善工程	公館鄉公所	苗栗縣	公館鄉	大坑村	236867	2710754
24	Point	110	公館鄉大坑12鄰坑溝整治二期工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	南河村	237094	2710320
28	Point	110	公館鄉舊北河國小暨北河村18鄰山坡地農路改善工程	公館鄉公所	苗栗縣	公館鄉	北河村	238485	2712834
1	Point	111	南河村3鄰新庄腳坑溝整治工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	南河村	234493	2713433
2	Point	111	公館鄉北河村2鄰野溪治理工程	苗栗縣政府	苗栗縣	公館鄉	北河村	234531	2714612
6	Point	111	公館鄉南河村4鄰坑溝改善工程	苗栗縣政府	苗栗縣	公館鄉	南河村	234876	2712990
13	Point	111	公館鄉南河村2鄰野溪治理工程	苗栗縣政府	苗栗縣	公館鄉	南河村	235371	2713575
15	Point	111	北河村5鄰玉清山坡地農路改善工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	北河村	235727	2714127
17	Point	111	飛鳳129號宅邊野溪整治工程	臺中分署	苗栗縣	頭屋鄉	飛鳳村	235829	2717045
22	Point	111	頭屋鄉飛鳳村南坑野溪治理工程	苗栗縣政府	苗栗縣	頭屋鄉	飛鳳村	236690	2715878
31	Point	111	111年頭屋鄉飛鳳村飛鳳道農路改善工程	頭屋鄉公所	苗栗縣	頭屋鄉	飛鳳村	239365	2715402
8	Point	112	沙河溪善東橋下游野溪整治二期工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	南河村	234922	2713087
16	Point	112	飛鳳129號宅邊野溪整治二期工程	臺中分署	苗栗縣	頭屋鄉	飛鳳村	235783	2717113
20	Point	112	公館鄉北河村暗坑段山坡地農路改善工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	北河村	236652	2713644
21	Point	112	頭屋長崎下坑溝整治工程	臺中分署	苗栗縣	頭屋鄉	飛鳳村	236675	2716189
30	Point	112	農苗公010山坡地農路改善工程	臺中分署	苗栗縣	公館鄉	北河村	239258	2714575

溪流基礎流量評估應用於工程優化之研究

抽藤坑溪歷年工程112110601, 2023/11/7, Page 1

FID	Shape *	年度	工程名	執行單	縣市	鄉鎮	村里	X	Y
71	Point	90	山豬湖農路	臺中市政府	臺中市	新社區	中和里	232155	2674033
72	Point	90	中和村石岩坑整治二期工程	臺中市政府	臺中市	新社區	中和里	232435	2672134
73	Point	90	中和村暗影坑溪災修工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232663	2671759
74	Point	90	暗影山防砂壩二期工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232823	2671564
75	Point	90	鳳林農路	臺中市政府	臺中市	新社區	中和里	233553	2669742
76	Point	90	中和村抽藤溪整治工程	臺中市政府	臺中市	新社區	中和里	234276	2671472
77	Point	90	溪頭崩塌地邊坡穩定植生工程	臺中分署	臺中市	新社區	福興里	234422	2670271
78	Point	90	龍頭農路	臺中市政府	臺中市	新社區	中和里	234960	2671513
79	Point	90	福興農路	臺中市政府	臺中市	新社區	福興里	235830	2670046
80	Point	91	抽藤坑溪三期工程	臺中市政府	臺中市	新社區	中和里	232441	2672599
81	Point	91	中和村溪邊道路二期工程	臺中市政府	臺中市	新社區	中和里	232480	2672509
82	Point	91	中和社區飲水設施二期及排水工程	臺中市政府	臺中市	新社區	中和里	232645	2671776
83	Point	91	中和暗影坑溪自然生態工法工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232828	2671794
84	Point	91	鳳林邊坡穩定植生工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	233443	2668855
85	Point	91	上水底寮野溪整治工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	234273	2669915
86	Point	92	煙寮坑溪整治工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232061	2671215
87	Point	92	中和村12鄉農路改善工程	臺中市政府	臺中市	新社區	中和里	232428	2672619
88	Point	92	中和村溪邊道路三期工程	臺中市政府	臺中市	新社區	中和里	232481	2672509
89	Point	92	軍功、東山里等農路改善工程	臺中市政府	臺中市	北屯區	中和里	232578	2674294
90	Point	92	中和暗影坑溪週邊綠美化及景觀工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232652	2671772
91	Point	92	中和村暗影坑溪周邊裸露地植生工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232652	2671772
92	Point	92	暗影坑溪整治工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232669	2671685
93	Point	92	抽藤坑溪整治工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232757	2672420
94	Point	92	部子、民政里等農路改善工程	臺中市政府	臺中市	北屯區	中和里	233528	2672294
95	Point	92	新社鄉中和村小溪頭崩塌地緊急水土保持處理工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	234357	2669009
96	Point	92	溪頭整治工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	234428	2670435
97	Point	93	煙寮坑溪災害緊急處理工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232083	2671687
98	Point	93	煙寮坑溪淤積緊急搶通修工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232099	2671939
99	Point	93	抽藤坑社區公園及道路改善美化工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232339	2672744
100	Point	93	黑葉坑溝災害緊急處理工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232428	2671747
101	Point	93	暗影坑1號坑溝災害緊急處理工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232489	2671387
102	Point	93	暗影坑本流災害緊急處理工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232574	2671751
103	Point	93	暗影農路緊急搶通修工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232596	2671903
104	Point	93	暗影農路旁坑溝災害緊急處理工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232596	2671903
105	Point	93	中和植生綠化工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232628	2671694
106	Point	93	暗影坑溪整治二期工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232729	2671664
107	Point	93	暗影坑上游箱涵阻塞緊急搶通修工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232870	2671510
108	Point	93	煙寮坑週邊綠美化	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232955	2670988
109	Point	93	小溪頭野溪支流緊急搶通修工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	233616	2668674
110	Point	93	抽藤坑溪上游整治工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	233702	2669083
111	Point	93	抽藤坑溪上游及支流疏濬三處緊急搶通修工程	臺中分署	臺中市	新社區	中里	233729	2669129
112	Point	93	中和橋上游護岸緊急處理工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	233754	2671924
113	Point	93	福興10鄉頭槿黃宅旁坑溝整治工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	235549	2669955
114	Point	93	松鶴土石災害整治一期工程	臺中分署	臺中市	和平區	中和里	235807	2669810
115	Point	94	涵水坑溝整治工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	231708	2672794
116	Point	94	煙寮坑溪崩塌地處理工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232066	2671171
117	Point	94	煙寮坑溝整治災害修護工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232074	2671180
118	Point	94	煙寮坑崩塌土石處理工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232102	2671476
119	Point	94	水涵坑中下游環境綠美化工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232138	2673363
120	Point	94	十一鄉休憩亭及週邊景觀改善工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232189	2673425

溪流基礎流量評估應用於工程優化之研究

抽藤坑溪歷年工程112110601, 2023/11/7, Page 2

FID	Shape *	年度	工程名	執行單	縣市	鄉鎮	村里	X	Y
121	Point	94	中和村人口環境整理工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232258	2673683
122	Point	94	抽藤坑溪橋洞步道工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232314	2672989
123	Point	94	中和村治山防災工程週邊環境美化整理	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232368	2672648
124	Point	94	中和社區環境改善及停車場設施工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232395	2672602
125	Point	94	暗影坑溪支流災害復建二期工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232500	2671497
126	Point	94	暗影坑步道一期工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232596	2671903
127	Point	94	暗影步道二期工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232596	2671903
128	Point	94	富林橋地區綠美化工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232651	2671791
129	Point	94	暗影坑環境綠美化工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232698	2671717
130	Point	94	抽藤坑溪中和橋下游整治工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232738	2672449
131	Point	94	抽藤坑溪出口災害復建工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232752	2674232
132	Point	94	桃李步道銜接工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232763	2671803
133	Point	94	六鄰綠美化工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232831	2672514
134	Point	94	抽藤坑虹吸管下游整治工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232863	2673639
135	Point	94	中和村6鄰步道及景觀設施工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232919	2672768
136	Point	94	中和村暗影坑溪旁4號崩塌地處理工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232935	2672086
137	Point	94	抽藤坑溪中和橋上游災害復建工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	233017	2672255
138	Point	94	中和村暗影坑溪旁3號崩塌地處理工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	233040	2672161
139	Point	94	中和村暗影坑溪旁1號崩塌地處理工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	233461	2671817
140	Point	94	小溪頭坑溝災害復建工程	臺中分署	臺中市	新社區	福興里	233594	2668716
141	Point	94	抽藤坑溪鳳林橋上下游土石流防治工程	臺中分署	臺中市	新社區	福興里	233616	2668674
142	Point	94	中和村暗影坑溪旁2號崩塌地處理工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	233640	2672046
143	Point	94	小溪頭地區綠美化工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	233879	2669477
144	Point	94	小溪頭坑溝護岸及環境綠美化工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	233879	2669427
145	Point	94	山居玫瑰坑溝整治工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	234326	2670761
146	Point	94	山居玫瑰步道改善工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	234340	2670822
147	Point	94	頭檀崩漏災害復建工程	臺中分署	臺中市	新社區	福興里	235489	2669321
148	Point	95	新社鄉中和村石岩農路旁步道及綠美化工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232328	2671374
149	Point	95	中和社區紫色浪漫抽藤坑營造工程	新社區白冷圳社區總體營...	臺中市	新社區	中和里	232340	2672639
150	Point	95	抽藤坑香薰市場旁景觀綠美化工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232358	2672414
151	Point	95	中和村抽藤坑公園環境改善工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232538	2672444
152	Point	95	暗影坑旁景觀綠美化工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232843	2671521
153	Point	95	抽藤坑溪上游整治二期工程	臺中分署	臺中市	新社區	福興里	233813	2669152
154	Point	95	暗影坑上游崩塌地處理工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	233841	2671029
155	Point	95	抽藤坑溪42號旁坑溝治山防洪工程	臺中分署	臺中市	新社區	福興里	234193	2669755
30	Point	96	抽藤坑溪中游段整治工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	234060	2672061
31	Point	96	水底寮2907地號蓄水池工程	臺中分署	臺中市	新社區	福興里	233925	2669232
32	Point	96	中和社區景觀綠美化工程	台中縣山城人文經濟發展...	臺中市	新社區	中和里	233285	2672377
33	Point	96	中和社區紫色浪漫抽藤坑營造二期工程	台中縣山城人文經濟發展...	臺中市	新社區	中和里	233221	2672408
34	Point	96	暗影坑溪源頭整治工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	233018	2671377
35	Point	96	抽藤坑溪中和橋下游整治二期工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232426	2672880
36	Point	97	溪頭2號橋旁野溪護岸災害復建工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	234438	2670514
37	Point	97	抽藤坑溪(中興街33號)災害復建工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	234373	2670413
38	Point	97	新社鄉龍頭農路路面修復工程等三件	臺中市政府	臺中市	新社區	中和里	234269	2672207
39	Point	97	薰衣草森林旁野溪緊急處理工程	臺中分署	臺中市	新社區	福興里	233912	2669266
40	Point	97	上水底寮小段2909號段改善工程	臺中分署	臺中市	新社區	福興里	233821	2669083
41	Point	97	暗影坑溝災害復建工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232703	2671835
42	Point	97	山黃麻產道旁坑溝緊急處理工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232640	2673960
43	Point	97	抽藤坑溪中和橋下游治山防洪三期工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232540	2673508
44	Point	97	中99線1k+300野溪緊急處理工程	臺中分署	臺中市	新社區	協成里	231524	2673653

溪流基礎流量評估應用於工程優化之研究

抽藤坑溪歷年工程112110601, 2023/11/7, Page 3

FID	Shape *	年度	工程名	執行單	縣市	鄉鎮	村里	X	Y
45	Point	98	鳳林橋下游基礎加強緊急處理工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	234312	2671651
46	Point	98	抽藤坑溪上游無名橋上下游及崑山村等兩處野溪...	臺中分署	臺中市	新社區	福興里	234273	2669901
47	Point	98	中95-17K旁野溪災害復建工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	233724	2669101
48	Point	98	中和暗影山環境改善工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232803	2671615
49	Point	98	抽藤坑溪旁邊環境改善工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232679	2672498
50	Point	98	抽藤坑溪中和橋下游治山防洪三期工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232540	2673508
51	Point	98	自強農路改善工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232461	2672275
52	Point	98	中和村親水公園旁箱涵基礎補強緊急處理工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232371	2672761
53	Point	98	中和酒桶山步道及環境改善工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232192	2671248
54	Point	98	石岩農路改善工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232075	2671499
55	Point	98	水底寮農中新008農路改善工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232001	2674105
56	Point	98	十股林坑溝整治工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	231809	2673903
57	Point	98	茄苳寮上游野溪清疏等二處工程	臺中市政府	臺中市	新社區	協成里	231521	2673650
58	Point	99	抽藤坑溪上游段野溪整治工程	臺中分署	臺中市	新社區	福興里	234133	2669764
59	Point	99	薰衣草森林旁野溪上游災害復建工程	臺中分署	臺中市	新社區	福興里	233953	2669225
60	Point	99	小溪頭坑溝整治工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	233523	2671154
61	Point	99	東山巷農路改善工程	臺中分署	臺中市	太平區	中和里	233256	2668442
62	Point	99	中和社區環狀動線周邊環境改善綠美化	臺中市新社區中和社區發...	臺中市	新社區	中和里	233188	2672466
63	Point	99	中和村中興街98號附近坑溝整治工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232580	2671623
64	Point	99	抽藤坑中和橋下游整治四期工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232428	2673594
65	Point	99	煙寮坑坑溝治山防洪工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232074	2671200
66	Point	99	茄苳寮溪支流(3號野溪)清疏工程	新社區公所	臺中市	新社區	協成里	231789	2672571
67	Point	99	矮山坑溪上游野溪清疏工程	新社區公所	臺中市	新社區	協成里	231618	2674176
68	Point	100	中和暗影野溪修復工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232712	2672202
69	Point	100	抽藤坑溪沿線環境改善綠美化工程	臺中市新社區中和社區發...	臺中市	新社區	中和里	232435	2673593
70	Point	100	中和社區引水及汙水淨化改善工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232407	2672778
7	Point	101	水涵坑11鄰坑溝整治工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	231800	2673229
8	Point	101	新社中和煙寮坑溪整治工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232168	2671962
9	Point	101	十股林土地公廟旁坑溝整治工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232175	2673601
10	Point	101	抽藤坑溪水涵坑匯流口處野溪治理工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232204	2673421
11	Point	101	中和社區10鄰休憩環境改善工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232252	2673119
12	Point	101	紫色新故鄉-中和南村落環境改善	臺中市新社區中和社區發...	臺中市	新社區	中和里	232385	2672748
13	Point	101	中和社區窠隙空間改善計畫	臺中市新社區中和社區發...	臺中市	新社區	中和里	232400	2672743
14	Point	101	抽藤坑溪流域低碳廊道營造工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232597	2673537
15	Point	101	暗影坑溝護岸維護工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232670	2671925
16	Point	102	中和社區十股林環境綠美化	臺中市新社區中和社區發...	臺中市	新社區	中和里	232051	2673255
17	Point	102	抽藤坑流域假日農夫市集及山林小徑改善工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232385	2672741
18	Point	103	新社中和煙寮坑溪整治二期工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232108	2671977
19	Point	103	中和社區抽藤坑溪觀魚步道環境改善工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232279	2673636
20	Point	103	中和社區香蕉集貨場整體環境改善計畫	臺中市新社區中和社區發...	臺中市	新社區	中和里	232370	2672695
21	Point	103	中和社區白冷圳坡地排水改善及環境綠美化計畫	臺中市新社區中和社區發...	臺中市	新社區	中和里	232533	2673563
22	Point	103	興合農路改善工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	233206	2668665
23	Point	104	新社區上水底寮農路下邊坡崩塌處理工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	231668	2673775
24	Point	104	中和社區小溪頭生態園區周邊環境改善工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	234283	2670739
25	Point	105	中和社區鄉土教育空間營造工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232381	2672510
26	Point	105	新社抽藤坑溪6鄰整治工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	233065	2672257
27	Point	105	抽藤坑溪上水底寮段整治工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	233672	2668961
28	Point	106	抽藤坑溪水涵坑匯流口上游復建工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232266	2673367
29	Point	106	新社中和里6-7鄰抽藤坑溪整治工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	233083	2672253
0	Point	107	新社中和十股林坑溝整治工程	臺中分署	臺中市	新社區	協成里	232021	2672927

溪流基礎流量評估應用於工程優化之研究

抽藤坑溪歷年工程112110601, 2023/11/7, Page 4

FID	Shape *	年度	工程名	執行單	縣市	鄉鎮	村里	X	Y
2	Point	107	新社區中和市集周邊環境改善工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232391	2672718
6	Point	107	新社區中和里10鄰農路改善工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	234154	2671120
3	Point	108	抽藤坑溪土砂防治及維護工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	233145	2672292
5	Point	109	中和里5鄰農路改善工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	233905	2671246
1	Point	110	新社區水底寮1560農路改善工程	臺中分署	臺中市	新社區	中和里	232362	2671376
4	Point	110	新社區中和里上水底寮段3044地號國有土地野溪...	臺中市政府水利局	臺中市	新社區	中和里	233656	2669418

溪流基礎流量評估應用於工程優化之研究