
適用臺灣之集流時間估算方式探討
Estimation method study of time of
concentration for watersheds in Taiwan

成果報告書



執行單位：國立臺灣大學

執行期間：112 年 2 月 8 日至 112 年 12 月 31 日

計畫主持人：游景雲 教授

農業部農村發展及水土保持署 編印

中華民國 112 年 12 月

（本報告書內容及建議純屬執行單位意見，僅供本署施政參考）



適用臺灣之集流時間估算方式探討

摘要

集流時間之定義為水流由集水區內最遠點流至集水區出口所需時間。集流時間是能夠預測流域對給定降雨事件影響的重要參數之一，並為降雨逕流模擬扮演重要關鍵。大部分集流時間推估公式皆有其對應流域及由其水文資料歸納而得，故有其適用範圍，但大部分國內相關規範公式參數為國外試驗區多場水文事件求得，與國內坡度陡流急、降雨集中等集水區特性或水文特性不同。此外，相關區域排水、河川、下水道、坡地排水等集流時間設計係為提供工程在某設計標準下之目的計算，與實際水文事件求得之集流時間比較是否保守，然較少研究進行討論，因此本研究中嘗試利用實測資料探討集流時間推估公式在臺灣流域中的適用性。研究中共有 5 項工作：1)國外及國內相關文獻之蒐集探討；2)各集流時間公式計算結果之比較；3)特定集水區地文因子及降雨事件資料蒐集、集水時間估算；4)現有公式適用性探討；5)颱風期間流量觀測。

在集流時間的公式比較，以規劃以保守為原則的情況下，在坡度陡的情況下，以 Rziha 公式較為保守，而在坡度極緩的情況下，以周文德公式較為保守。在彙整水保計畫、河川規劃、區域排水規劃、野溪及上游集水區之報告，區域排水的點位中，適用加州公路局公式點位最多，在水保計畫的點位中，皆是採 Rziha 公式較為保守，而在所有「野溪或上游集水區規劃報告」點位中，大部分也是採用 Rziha 公式較為保守。在河川規劃中，大部份採 Rziha 公式較為保守。

研究中選擇宜蘭河西門橋、頭前溪內灣站、典寶溪排水五里林橋及八股排水延壽宮等 4 站，並分析降雨組體圖與流量歷線推估實際集流時間；其集流時間分別為 3.67 hr、6.79 hr、2.85 hr 及 2.45 hr。與加州公路局公式、Rziha 公式及周文德公式比較則明顯較高。

關鍵字：集流時間，流量推估，加州公路局公式，Rziha 公式，周文德公式



Estimation method study of time of concentration for watersheds in Taiwan

Abstract

Time of concentration is the crucial parameter for hydraulic designs and runoff calculations. Most formulas for calculating time of concentration were derived based on data collected from the specific watersheds, but not in Taiwan. Applicability of these formulas in Taiwan watersheds therefore should be considered. Hence, reviewing and checking these formulas based on actual hydrological were planned. In this study, five tasks were included: 1) technical article collection ; 2) calculation comparisons of formula of time of concentration ; 3) actual hydrological data collection and estimation of time of concentration ; 4) applicability analyses of time of concentration formula ; 5) discharge measurement during flood.

In the comparison of time of concentration formulas, under the principle of conservative planning, the Rziha formula tends to be more conservative in cases of steep slopes, while the Zhou Wende formula is more conservative for very gentle slopes. When compiling reports from soil and water conservation plans, river planning, regional drainage planning, and reports on wild streams and upstream watersheds, the California formula is most frequently applicable at specific drainage points. In the points addressed by the soil and water conservation plans, the Rziha formula is considered more conservative. Similarly, for most points within the "wild stream or upstream watershed planning reports," the Rziha formula is also adopted as the more conservative approach. In river planning, the majority also use the Rziha

formula as the more conservative option.

In this study, four sites were selected to estimate time of concentration based on actual hydrological data, including Ximem Bridge (Yilan River), Newan (Touchen River), Wulilin Bridge (Dianbo River) and Ensow Temple (Bagu River). The estimated time of concentrations were 3.67 、 6.79 、 2.85 and 2.45 hours, respectively. These time of concentrations were higher than the ones calculated based California Culvert Practice, Rziha formula and Chow equation.

keywords : time of concentration , discharge estimation , California Culvert Practice, Rziha formula, Chow equation



目次

摘要	I
Abstract	III
目次	V
表次	VII
圖次	VIII
第一章 緒論	1-1
第二章 國外及國內相關文獻之蒐集探討	2-1
第一節 國外相關文獻蒐集	2-1
第二節 國內排洪系統集流時間計算方法蒐集	2-3
第三章 各集流時間公式計算結果之比較	3-1
第一節 臺灣目前的水道治理分類	3-1
第二節 常用的集流時間公式	3-3
第三節 常用的集流時間公式	3-7
第四章 特定集水區降雨事件資料蒐集與集流時間估算	4-1
第一節 流域及測站介紹	4-1
第二節 現場流量觀測與流量歷線推估	4-14
第三節 颱洪事件選擇與集流時間推估成果	4-23
第五章 颱洪期間現場流量觀測	5-1
第一節 測站選擇與介紹	5-1
第一節 測站資料蒐集與彙整	5-3
第二節 颱洪期間流量觀測計畫	5-6
第三節 上坪站歷史颱洪事件彙整與分析	5-19
第六章 結論及建議	6-1
第一節 結論	6-1

第二節 建議.....	6-2
參考文獻.....	1
附錄.....	1
附錄一、期中審查會議紀錄暨回覆辦理情形.....	1
附錄二、期末審查會議紀錄暨回覆辦理情形.....	3



表次

表 2-1 集流時間公式表	2-2
表 4-1 集水區內控制點與上游雨量站資訊	4-1
表 4-2 宜蘭河與其子集水區河川特性表	4-3
表 4-3 宜蘭河西門橋站集流時間分析成果	4-24
表 4-4 頭前溪支流油羅溪內灣站集流時間分析成果	4-31
表 4-5 高雄典寶溪排水五里林橋站集流時間分析成果	4-45
表 4-6 新竹八股排水延壽宮站集流時間分析成果	4-53
表 5-1 新竹地區醫療及警政消防資訊	5-16
表 5-2 現場觀測作業流程與緊急聯絡人	5-17
表 5-3 頭前溪支流上坪溪上坪站颱風事件資料彙整	5-20



圖次

圖 3-1 加州公式集流時間	3-5
圖 3-2 RZIHA 集流時間.....	3-5
圖 3-3 周文德公式集流時間	3-6
圖 3-4 各集流時間適用範圍及不同水路類別參數圖.....	3-9
圖 4-1 擇定分析集水區位置：宜蘭河、頭前溪、典寶溪排水及八 股排水.....	4-2
圖 4-2 宜蘭河流域範圍及擇定分析之水位流量與雨量站	4-4
圖 4-3 西門橋水位流量站 (由上游往下游拍攝).....	4-5
圖 4-4 頭前溪(含油羅溪與上坪溪)範圍及擇定分析之水位流量與 雨量站	4-6
圖 4-5 內灣水位流量站 (義興橋，下游側).....	4-7
圖 4-6 典寶溪排水集水區範圍及擇定分析之水位流量與雨量站	4-8
圖 4-7 典寶溪排水集水區排水幹線圖	4-9
圖 4-8 五里林橋水位流量站 (由上游往下游拍攝).....	4-11
圖 4-9 八股排水集水區範圍及擇定分析之水位流量與雨量站	4-12
圖 4-10 延壽宮水位流量站 (由下游往上游拍攝).....	4-14
圖 4-11 現場流量觀測作業流程.....	4-15
圖 4-12 聲波都卜勒流速剖面儀 ADCP ; SONTEK RIVERSURVEYOR M9 系統	4-17
圖 4-13 聲波都卜勒流速剖面儀工作原理	4-17
圖 4-14 RIVERSURVEYOR M9 所觀測的通水斷面積流速分佈示意圖	4-17
圖 4-15 聲波都卜勒流速剖面儀現場操作情況；以頭前溪支流內灣 為例 (2021 盧碧颱風).....	4-18

圖 4-16 雷達波表面流速儀平均與表面流速關係方式評估流程.....	4-19
圖 4-17 表面流速資料品管作業流程規劃	4-20
圖 4-18 流量推估作業流程： 指標表面流速法.....	4-20
圖 4-19 內灣站全斷面平均與表面流速關係	4-21
圖 4-20 流量推估成果 (內灣站為例)：2021/9/12-9/15 璨樹颱風..	4-21
圖 4-21 集流時間推估方法 2：逕流歷線開始上升至洪峰流量發生 的時間間距.....	4-22
圖 4-22 集流時間推估方法 3：有效降雨終止至直接逕流歷線退水 段反曲點的時間間距.....	4-23
圖 4-23 宜蘭河西門橋站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 X14-25	
圖 4-24 宜蘭河西門橋站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 X24-25	
圖 4-25 宜蘭河西門橋站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 X34-26	
圖 4-26 宜蘭河西門橋站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 X44-26	
圖 4-27 宜蘭河西門橋站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 X54-27	
圖 4-28 宜蘭河西門橋站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 X64-27	
圖 4-29 宜蘭河西門橋站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 X74-28	
圖 4-30 宜蘭河西門橋站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 X84-28	
圖 4-31 宜蘭河西門橋站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 X94-29	
圖 4-32 頭前溪支流油羅溪內灣站颱風事件降雨與流量歷線：事件 編號 N1	4-30
圖 4-33 頭前溪支流油羅溪內灣站颱風事件降雨與流量歷線：事件 編號 N2	4-32
圖 4-34 頭前溪支流油羅溪內灣站颱風事件降雨與流量歷線：事件 編號 N3	4-33

圖 4-35 頭前溪支流油羅溪內灣站颱風事件降雨與流量歷線：事件 編號 N4.....	4-33
圖 4-36 頭前溪支流油羅溪內灣站颱風事件降雨與流量歷線：事件 編號 N5.....	4-34
圖 4-37 頭前溪支流油羅溪內灣站颱風事件降雨與流量歷線：事件 編號 N6.....	4-34
圖 4-38 頭前溪支流油羅溪內灣站颱風事件降雨與流量歷線：事件 編號 N7.....	4-35
圖 4-39 頭前溪支流油羅溪內灣站颱風事件降雨與流量歷線：事件 編號 N8.....	4-35
圖 4-40 頭前溪支流油羅溪內灣站颱風事件降雨與流量歷線：事件 編號 N9.....	4-36
圖 4-41 頭前溪支流油羅溪內灣站颱風事件降雨與流量歷線：事件 編號 N10.....	4-36
圖 4-42 頭前溪支流油羅溪內灣站颱風事件降雨與流量歷線：事件 編號 N11.....	4-37
圖 4-43 頭前溪支流油羅溪內灣站颱風事件降雨與流量歷線：事件 編號 N12.....	4-38
圖 4-44 頭前溪支流油羅溪內灣站颱風事件降雨與流量歷線：事件 編號 N13.....	4-38
圖 4-45 頭前溪支流油羅溪內灣站颱風事件降雨與流量歷線：事件 編號 N14.....	4-39
圖 4-46 頭前溪支流油羅溪內灣站颱風事件降雨與流量歷線：事件 編號 N15.....	4-39

圖 4-47 頭前溪支流油羅溪內灣站颱風事件降雨與流量歷線：事件 編號 N16	4-40
圖 4-48 頭前溪支流油羅溪內灣站颱風事件降雨與流量歷線：事件 編號 N17	4-40
圖 4-49 頭前溪支流油羅溪內灣站颱風事件降雨與流量歷線：事件 編號 N18	4-41
圖 4-50 頭前溪支流油羅溪內灣站颱風事件降雨與流量歷線：事件 編號 N19	4-41
圖 4-51 頭前溪支流油羅溪內灣站颱風事件降雨與流量歷線：事件 編號 N20	4-42
圖 4-52 頭前溪支流油羅溪內灣站颱風事件降雨與流量歷線：事件 編號 N21	4-42
圖 4-53 頭前溪支流油羅溪內灣站颱風事件降雨與流量歷線：事件 編號 N22	4-43
圖 4-54 頭前溪支流油羅溪內灣站颱風事件降雨與流量歷線：事件 編號 N23	4-43
圖 4-55 頭前溪支流油羅溪內灣站颱風事件降雨與流量歷線：事件 編號 N24	4-44
圖 4-56 高雄典寶溪排水五里林橋站颱風事件降雨與流量歷線：事 件編號 W1	4-46
圖 4-57 高雄典寶溪排水五里林橋站颱風事件降雨與流量歷線：事 件編號 W2	4-46
圖 4-58 高雄典寶溪排水五里林橋站颱風事件降雨與流量歷線：事 件編號 W3	4-47

圖 4-59 高雄典寶溪排水五里林橋站颱風事件降雨與流量歷線：事 件編號 W4.....	4-47
圖 4-60 高雄典寶溪排水五里林橋站颱風事件降雨與流量歷線：事 件編號 W5.....	4-48
圖 4-61 高雄典寶溪排水五里林橋站颱風事件降雨與流量歷線：事 件編號 W6.....	4-48
圖 4-62 高雄典寶溪排水五里林橋站颱風事件降雨與流量歷線：事 件編號 W7.....	4-49
圖 4-63 高雄典寶溪排水五里林橋站颱風事件降雨與流量歷線：事 件編號 W8.....	4-49
圖 4-64 高雄典寶溪排水五里林橋站颱風事件降雨與流量歷線：事 件編號 W9.....	4-50
圖 4-65 高雄典寶溪排水五里林橋站颱風事件降雨與流量歷線：事 件編號 W10.....	4-50
圖 4-66 高雄典寶溪排水五里林橋站颱風事件降雨與流量歷線：事 件編號 W11.....	4-51
圖 4-67 高雄典寶溪排水五里林橋站颱風事件降雨與流量歷線：事 件編號 W12.....	4-51
圖 4-68 高雄典寶溪排水五里林橋站颱風事件降雨與流量歷線：事 件編號 W13.....	4-52
圖 4-69 高雄典寶溪排水五里林橋站颱風事件降雨與流量歷線：事 件編號 W14.....	4-52
圖 4-70 新竹八股排水延壽宮站颱風事件降雨與流量歷線：事件編 號 E1	4-55

圖 4-71 新竹八股排水延壽宮站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 E2	4-55
圖 4-72 新竹八股排水延壽宮站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 E3	4-56
圖 4-73 新竹八股排水延壽宮站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 E4	4-56
圖 4-74 新竹八股排水延壽宮站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 E5	4-57
圖 4-75 新竹八股排水延壽宮站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 E6	4-57
圖 4-76 新竹八股排水延壽宮站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 E7	4-58
圖 4-77 新竹八股排水延壽宮站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 E8	4-58
圖 4-78 新竹八股排水延壽宮站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 E9	4-59
圖 4-79 新竹八股排水延壽宮站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 E10	4-59
圖 4-80 新竹八股排水延壽宮站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 E11.....	4-60
圖 4-81 新竹八股排水延壽宮站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 E12	4-60
圖 4-82 新竹八股排水延壽宮站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 E13	4-61

圖 4-83 新竹八股排水延壽宮站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 E14	4-61
圖 4-84 新竹八股排水延壽宮站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 E15	4-62
圖 4-85 新竹八股排水延壽宮站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 E16	4-62
圖 4-86 新竹八股排水延壽宮站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 E17	4-63
圖 4-87 新竹八股排水延壽宮站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 E18	4-63
圖 4-88 新竹八股排水延壽宮站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 E19	4-64
圖 4-89 新竹八股排水延壽宮站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 E20	4-64
圖 4-90 新竹八股排水延壽宮站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 E21	4-65
圖 4-91 新竹八股排水延壽宮站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 E21	4-65
圖 4-92 新竹八股排水延壽宮站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 E23	4-66
圖 5-1 上坪水位流量站 (昌惠大橋)；A 上游側；B 下游側	5-2
圖 5-2 上坪站昌惠大橋下游側河床斷面比較	5-3
圖 5-3 水利署上坪站 2012 及 2022 年流量觀測資料：A 全部資料；B 流量低於 50 M ³ /S 局部資料.....	5-5

圖 5-4 水利署上坪站 2018 至 2022 年間水位流量率定曲線：A 完 整曲線；B 流量低於 300 M ³ /s 局部曲線.....	5-6
圖 5-5 頭前溪支流上坪溪上坪站位置圖	5-7
圖 5-6 上坪站現場狀況；橋面與底床	5-8
圖 5-7 大尺度降雨系統流量觀測作業流程	5-10
圖 5-8 中小尺度降雨系統流量觀測作業流程	5-11
圖 5-9 聲波都普勒流速剖面儀現場操作情況 (以內灣站為例).....	5-12
圖 5-10 於高速流況時可於 ADCP 繫上牽引繩及確保繩.....	5-14
圖 5-11 以塑膠束帶加強固定 PCM	5-14
圖 5-12 聲波都普勒流速剖面儀現場操作情況 (兩岸拖曳方式).....	5-15
圖 5-13 頭前溪支流上坪溪上坪站颱風事件降雨與水位歷線：事件 編號 S1.....	5-22
圖 5-14 頭前溪支流上坪溪上坪站颱風事件降雨與水位歷線：事件 編號 S2.....	5-22
圖 5-15 頭前溪支流上坪溪上坪站颱風事件降雨與水位歷線：事件 編號 S3.....	5-23
圖 5-16 頭前溪支流上坪溪上坪站颱風事件降雨與水位歷線：事件 編號 S4.....	5-23
圖 5-17 頭前溪支流上坪溪上坪站颱風事件降雨與水位歷線：事件 編號 S5.....	5-24
圖 5-18 頭前溪支流上坪溪上坪站颱風事件降雨與水位歷線：事件 編號 S6.....	5-24
圖 5-19 頭前溪支流上坪溪上坪站颱風事件降雨與水位歷線：事件 編號 S7.....	5-25

圖 5-20 頭前溪支流上坪溪上坪站颱洪事件降雨與水位歷線：事件 編號 S8.....	5-25
圖 5-21 頭前溪支流上坪溪上坪站颱洪事件降雨與水位歷線：事件 編號 S9.....	5-26
圖 5-22 頭前溪支流上坪溪上坪站颱洪事件降雨與水位歷線：事件 編號 S10.....	5-26
圖 5-23 頭前溪支流上坪溪上坪站颱洪事件降雨與水位歷線：事件 編號 S11.....	5-27
圖 5-24 頭前溪支流上坪溪上坪站颱洪事件降雨與水位歷線：事件 編號 S12.....	5-27
圖 5-25 頭前溪支流上坪溪上坪站颱洪事件降雨與水位歷線：事件 編號 S13.....	5-28
圖 5-26 頭前溪支流上坪溪上坪站颱洪事件降雨與水位歷線：事件 編號 S14.....	5-28
圖 5-27 頭前溪支流上坪溪上坪站颱洪事件降雨與水位歷線：事件 編號 S15.....	5-29
圖 5-28 頭前溪支流上坪溪上坪站颱洪事件降雨與水位歷線：事件 編號 S16.....	5-29
圖 5-29 頭前溪支流上坪溪上坪站通水斷面積與水深關係	5-30
圖 5-30 頭前溪支流上坪溪上坪站表面流速與水位關係	5-31





第一章 緒論

集流時間之定義為水流由集水區內水力學上之最遠點，流至集水區出口所需時間。水力學上之最遠點考量逕流過程之坡度與糙度等參數所造成之影響，因此幾何座標之最遠點，未必為水力學考量上之最遠點。

對於水文學家來說，集流時間 (T_c) 是能夠預測流域對給定降雨事件的響應的最重要參數之一，並且在降雨逕流模擬中起著關鍵作用。

目前國內排洪系統在應用上，「水土保持技術規範」、「河川治理及環境營造規劃參考手冊」、「區域排水整治及環境營造規劃參考手冊」、「雨水下水道設計指南」皆有相關規定。

上述相關集流時間公式大部分皆有其對應流域及其水文資料歸納而得，故有其適用範圍，但大部分國內相關規範公式參數為國外試驗區多場水文事件求得，與國內坡度陡流急、降雨集中等集水區特性或水文特性不同。此外，相關區域排水、河川、下水道、坡地排水等集流時間設計係為提供工程在某設計標準下之目的計算，與實際水文事件求得之集流時間相比是否保守，則國內尚無人進行探討，爰提出本計畫。

本計畫為一年度計畫，執行期間自民國 112 年 2 月 8 日起至民國 112 年 12 月 31 日。各年度之工作項目分列如下，其執行進度如表 1-1：

1. 國外及國內相關文獻之蒐集探討
2. 各集流時間公式計算結果之比較

- 3.特定集水區地文因子及降雨事件資料蒐集、集水時間估算
- 4.現有公式適用性探討
- 5.颱風期間流量觀測



第二章 國外及國內相關文獻之蒐集探討

本章主要先就國外文獻進行搜集，再就國內各排洪系統常用的集流公式進行彙整。

第一節 國外相關文獻蒐集

集流時間的物理定義是集水區內水力學上之最遠點，流至集水區出口所需時間。然而，這種方法難以取得真正的集流間，故在傳統上，可以用圖形法或是經驗公式法求取集流時間。圖形法上面，McCuen, Wong, and Rawls (1984)基於雨量圖和水文過程線提出了集流時間的6種定義(a)從超滲降雨結束到直接逕流量圖上的反曲點所需的時間(b)從超滲降雨質心到直接逕流質心的時間；(c) 從最大降雨強度到直接逕流高峰的時間；(d) 從超滲降雨質心到總逕流峰值時間；(e) 從超滲降雨的質心到直接逕流峰值的時間；(f) 從總逕流開始到總逕流峰值流量的時間。

集流時間另一推估方法，乃是採用集水區特徵因子推估集流時間，如渠長、坡度等，採用此一方法有其便利性，然採用時應注意其適用性，Mays(2010)整理國外常用之經驗公式如表 2- 1，此外，在De Almeida, ALMEIDA, ANACHE, STEFFEN, and SOBRINHO (2014)總結 30 種經驗公式及其適用特性。

表 2-1 集流時間公式表

Method and Date	Formula for t_c (min)	Remarks
Kirpich (1940)	$t_c = 0.0078L^{0.77}S^{-0.385}$ L = length of channel/ditch from headwater to outlet, ft S = average watershed slope, ft/ft	Developed from SCS data for seven rural basins in Tennessee with well-defined channel and steep slopes (3% to 10%); for overland flow on concrete or asphalt surfaces multiply t_c by 0.4; for concrete channels multiply by 0.2; no adjustments for overland flow on bare soil or flow in roadside ditches.
California Culverts Practice (1942)	$t_c = 60(11.9L^3/H)^{0.385}$ L = length of longest watercourse, mi H = elevation difference between divide and outlet, ft	Essentially the Kirpich formula; developed from small mountainous basin in California (U.S. Bureau of Reclamation, 1973, 1987).
Izzard(1946)	$t_c = \frac{41.025(0.0007i + c)L^{0.33}}{S^{0.333}i^{0.667}}$ i = rainfall intensity, in/h c = retardance coefficient L = length of flow path, ft S = slope of flow path, ft/ft	Developed in laboratory experiments by Bureau of Public Roads for overland flow on roadway and tuff surface; value of the retardance coefficient range from 0.0070 for very smooth pavement to 0.012 for concrete pavement to 0.06 for dense turf; solution requires iteration; product i times L should be <500.
Federal Aviation Administration(1970)	$t_c = 1.8(1.1 - C)L^{0.50}/S^{0.333}$ C = rational method runoff coefficient L = length of overland flow, ft S = surface slope, %	Developed from airfield drainage data assembled by the Corps of Engineers; method is intended for use on airfield drainage problems, but has been used frequently for overland flow in urban basins.
Kinematic wave formulas(Morgali and Linsley(1965); Aron and Erborge(1973))	$t_c = \frac{0.94L^{0.6}n^{0.6}}{(i^{0.4}S^{0.3})}$ L = length of overland flow, ft n = Manning roughness coefficient i = rainfall intensity in/h S = average overland slope	Overland flow equation developed from kinematic wave analysis of surface runoff from developed surfaces; method requires iteration since both i (rainfall intensity) and t_c are unknown; superposition of intensity*duration/frequency curve gives direct graphical solution for t_c .
SCS lag equation(U.S. Soil conservation Service(1975))	$t_c = \frac{100L^{0.8}[(1000/CN)-9]^{0.7}}{1900S^{0.5}}$ L = hydraulic length of watershed (longest flow path), ft CN = SCS runoff curve number S = average watershed slope, %	Equation developed by SCS from agricultural watershed data; it has been adapted to small urban basins under 2000 acres; found generally good where area is completely paved; for mixed areas it tends to overestimate; adjustment factors are applied to correct for channel improvement and impervious area; the equation assumes that $t_c = 1.67 \times \text{basin lag}$.

資料來源：Mays, L. W. (2010). *Water Resources Engineering*. John Wiley & Sons.

第二節 國內排洪系統集流時間計算方法蒐集

台灣對於防洪排水系統，經過長期之努力，目前已建立了一套標準化且有效率之規劃方式。就技術面而言，農委會水土保持局完成「水土保持技術規範」，作為坡地排水設計之依據，集流時間在漫地流部分主要係利用 Rziha 公式進行計算。經濟部水利署之水利規劃試驗所對於河川與排水之治理規劃工作，於民國 95 年所完成「河川治理及環境營造規劃參考手冊」與「區域排水整治及環境營造規劃參考手冊」，其自基本資料蒐集與調查、現場調查與分析、水文條件、河川水理特性分析及計畫研擬等均有說明，在集流時間計算方面，「區域排水整治及環境營造規劃參考手冊」主要採用加州公路局公式或 Rziha 公式或周文德公式計算；「河川治理及環境營造規劃參考手冊」則是列表可採用 11 種公式。另外就都市排水部分，營建署也頒佈「下水道工程設施標準」、「雨水下水道系統規劃原則檢討」及「雨水下水道設計指南」等作為規範，外圍集水區之流入時間與「區域排水整治及環境營造規劃參考手冊」一致，採用加州公路局公式、Rziha 公式或周文德公式計算。而營建署及交通部則針對市區道路及公路排水分別訂有「市區道路及附屬工程設計規範」及「公路排水設計規範」等，考量排水幹線累計之集流時間較長，須依相關集流時間計算公式實際推求為宜外，其他如街道側溝及雨水進水井採用 5 分鐘至 10 分鐘，排水支線採用 10 分鐘至 15 分鐘，地下道採用 5 分鐘，高架道路採用 5 分鐘。



第三章 各集流時間公式計算結果之比較

第一節 臺灣目前的水道治理分類

本章將先就臺灣目前的水道治理分類進行說明，再來就各分類依據常用的集流時間公式進行匯整，最後搜集目前可取得的規劃報告，進行常用的集流時間公式整合比較。

在臺灣目前的水道治理，大致可分為河川、區域排水、野溪、灌溉圳路及下水道。各水道之定義如下：

一、河川

依「河川管理辦法」第2條之定義，河川指依中央主管機關認定其屬於水資源開發或國土保育或區域發展關係重大之水系，並經公告之水道。前項河川依其管理權責，分為中央管河川、直轄市管河川及縣（市）管河川三類。河川起迄點規定如下：一、河川水系之主支流經主管機關公告界點者，其主流起迄點為主流界點以下至出海口；支流起迄點為支流界點以下至其幹流之匯流口；河川界點上游及未經公告界點之支流不屬河川。二、河川水系之主支流均未經公告河川界點者，河川之起迄點，自源頭至出海口，含其主、支流全部。前項河川不包括排水管理辦法規定之區域排水起迄點及其上游。

二、排水

依據「排水管理辦法」第二條，排水依功能及集水區域特性分為下列

五種：一、農田排水：指排洩停滯於農田田面及表土內過剩之水。二、市區排水：指排洩經依下水道法規劃設置排水設施內之雨水或污水。三、事業排水：指排洩事業使用後之廢水、污水及水力發電後之尾水。四、區域排水：指排洩前三款之二種以上匯流或排洩區域性地面或地下之水，並經中央主管機關公告者。但不包括已有主管機關管轄之排水。五、其他排水：指排洩不屬於前四款之水。2 前項區域排水依其流經之行政轄區範圍或所佔比例，區分為中央管、直轄市管及縣（市）管區域排水。

三、野溪

依據「水土保持技術規範」64 條，野溪指河川中、上游山坡地集水區內具有長度短、溪床坡度陡、溪床變動大、溪流量變化大等特性之自然溪谷。野溪治理指防止或減輕野溪淤積、沖蝕、淘刷與溪岸崩塌，並有效控制土砂生產與移動，達成穩定流心，減少洪水、泥砂與土石流等災害所實施之治理工程。

四、下水道

依據下水道法第 2 條，用辭定義如下：

一、下水：指排水區域內之雨水、家庭污水及事業廢水。

二、下水道：指為處理下水而設之公共及專用下水道。

三、公共下水道：指供公共使用之下水道。

四、專用下水道：指供特定地區或場所使用而設置尚未納入公共下水

道之下水道。

第二節 常用的集流時間公式

在「水土保持技術規範」集流時間 t_c 之計算依第 19 條，集流時間 $t_c = t_1 + t_2$ ，式中， t_c = 集流時間 (min)， t_1 (min) = 流入時間，雨水由集水區邊界流至河道所需時間。 t_2 (min) = 流下時間，雨水流經河道由上游流至下游所需時間。集流時間係指逕流自集水區最遠一點到達工程地點出水口所需時間，流入時間 t_1 之估算採用漫地流流動長度 L_1 除以漫地流流速 v_1 估計之，漫地流流速一般在 0.3~0.6m/s 左右，在水保計畫中為保守估計，常會取 0.45m/s ~0.6m/s 估算集流時間。另流下時間 t_2 之計算屬人工整治後之規則段，則依曼寧公式計算，若是天然坑溝，則採用 Rziha 公式計算。

在區域排水規劃則依「區域排水整治及環境營造規劃參考手冊」規定以採漫地流及渠流流速推估較佳，惟為求規劃為求時效及方便性，大部份之規劃報告仍常採加州公路局公式或 Rziha 公式或周文德公式推估，其中，Rziha 公式亦常在水土保持計畫書使用。此三種公式均考量流路長度、高程差(或坡度)，並未考量土地利用造成集流時間縮短的情況。

在河川規劃方面，「河川治理及環境營造規劃參考手冊」將其分類為回歸經驗公式與理論公式，並列表以供參考。

此外，為考量土地利用造成集流時間縮短的情況「出流管制技術手冊」

規定，發基地集水區無明顯流路其降雨逕流屬於漫地流型態者，集流時間公式採依 SCS 集流時間公式推估。

幾個重要公式如下：

一、加州公路局公式

$$T_c = \left(\frac{0.87L^3}{H} \right)^{0.385} \quad (1)$$

式中，

T_c ：集流時間(hr)。

L ：沿集水區內排水路最上游點至控制點之水平距離(km)。

H ：集水區內排水路最上游點至控制點之高程差(m)。

將高程差、水平距離及集流時間繪圖，其關係如圖 3-1 所示。

二、Rziha公式

$$T_c = \frac{L}{W} \quad W = 72 \left(\frac{H}{L} \right)^{0.6} \quad (2)$$

式中，

T_c ：集流時間(hr)。

W ：洪水流速(km/hr)。

L ：沿集水區內排水路最上游點至控制點之水平距離(km)。

H ：集水區內排水路最上游點至控制點之高程差(km)。

將高程差、水平距離及集流時間繪圖，其關係如圖 3-2 所示。

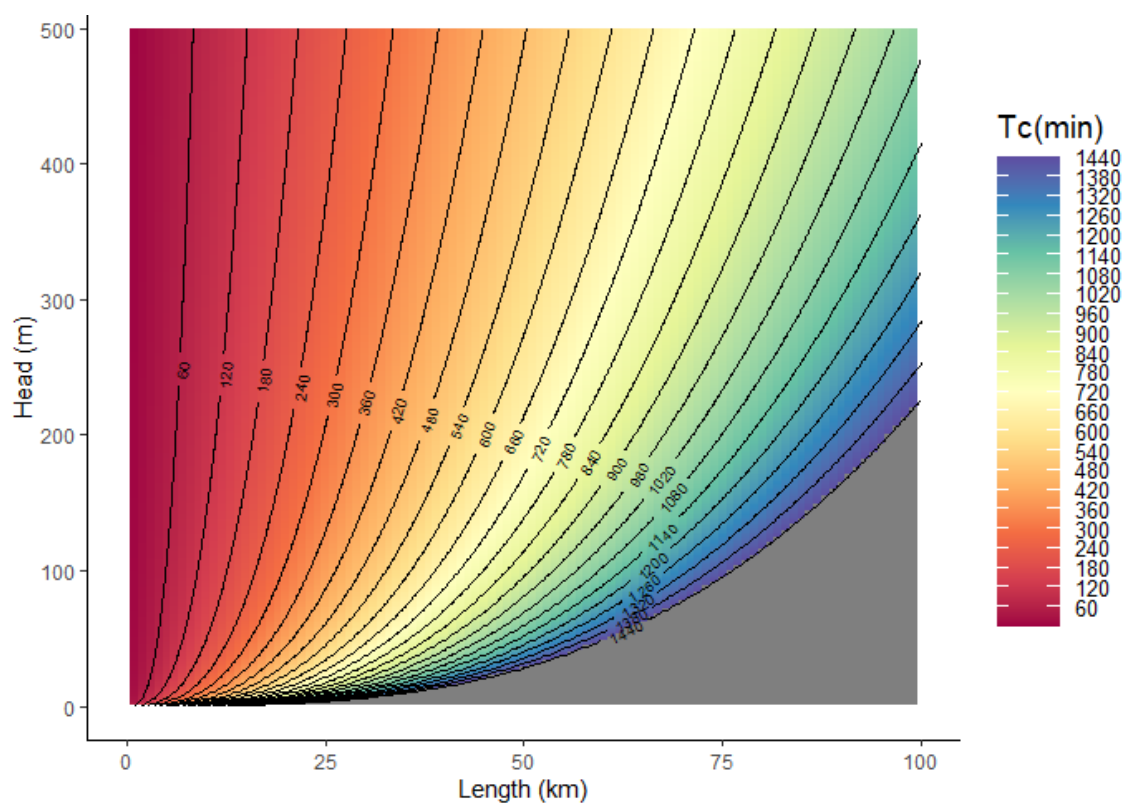


圖 3-1 加州公式集流時間

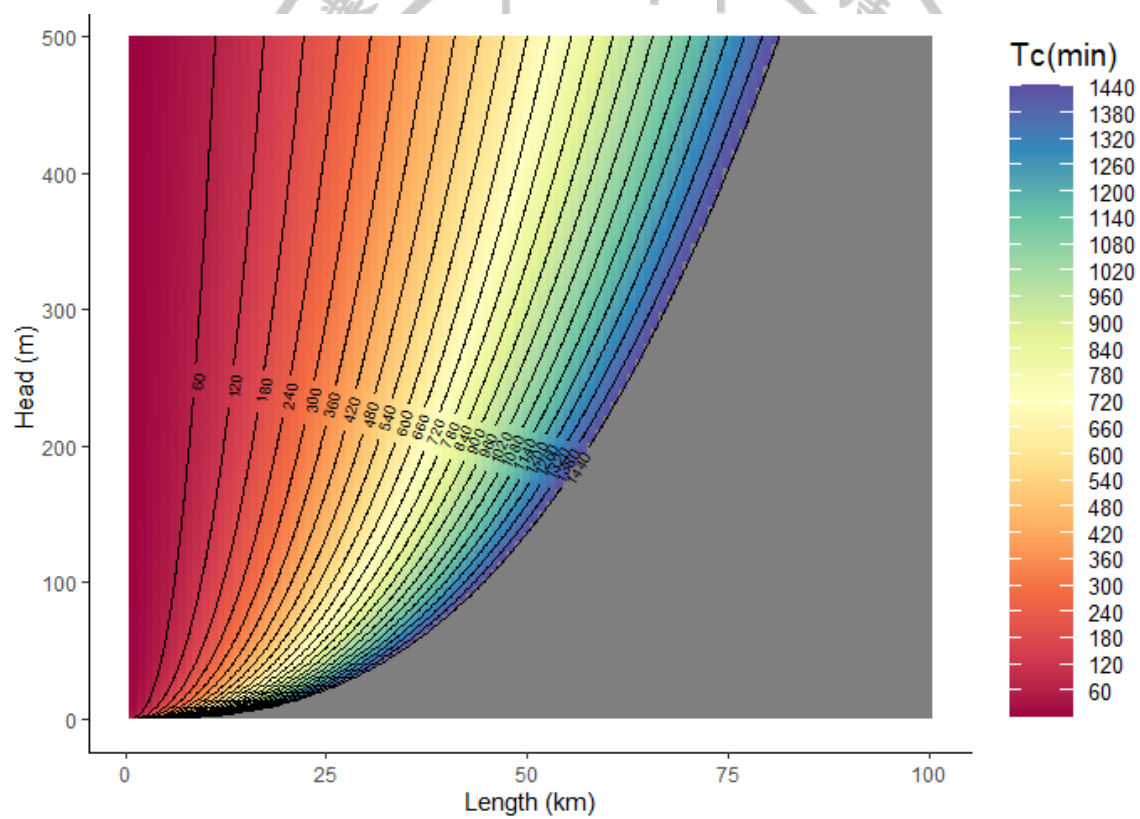


圖 3-2 Rziha 集流時間

三、周文德公式

$$T_c = 0.005 \times \left(\frac{1000 \times L}{(100 \times S)^{0.5}} \right)^{0.64} / 0.6 \quad (3)$$

式中，

T_c ：集流時間(hr)。

L ：沿集水區內排水路最上游點至控制點之水平距離(km)。

S ：集水區內排水路最上游點至控制點之平均坡度。

將高程差、水平距離及集流時間繪圖，其關係如圖 3-3 所示。

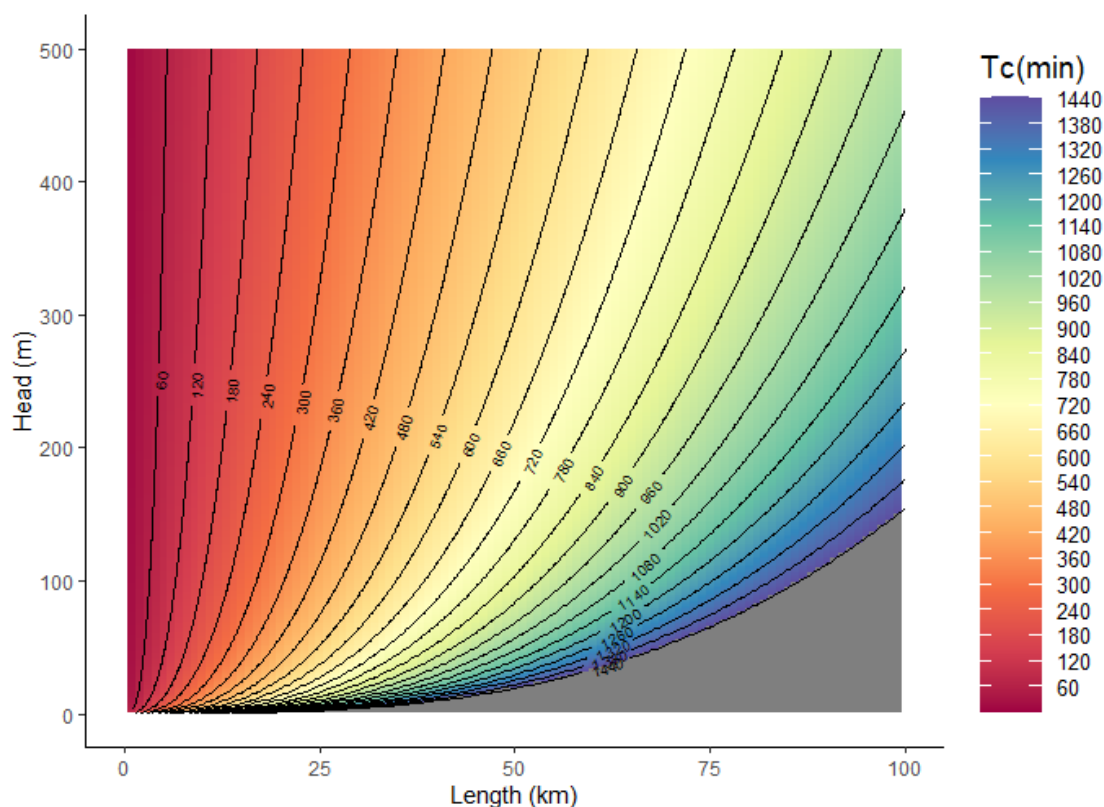


圖 3-3 周文德公式集流時間

四、美國水土保持局(SCS)之集流時間公式

$$T_c = L^{0.8} \times \frac{(S' + 25.4)^{0.7}}{4238S^{0.5}} \quad (4)$$

$$S' = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (5)$$

式中，

T_c ：集流時間(hr)。

L ：流路長度(公尺)。

S ：集水區地表平均坡度(%)。

CN ：Curve number

SCS 集流時間公式的公式因其考量土地使用，且公式中的坡度為集水區坡度與其它公式採流路坡度不同，多用在排水計畫書或淹水潛勢圖之計算，在實際規劃報告內較無應用，故先不納入比較。

由圖 3-1~圖 3-3 可見，Rziha、加州公路局公式及周文德公式集流時間公式均是坡度愈陡集流時間愈短，而流路愈長，集流時間亦同時增加。

第三節 常用的集流時間公式

在實際河川、區域排水或野溪的規劃，除人工渠道外，天然河道多採用多個集流時間公式，並以「規劃採保守」之原則，選擇各公式計算最小之集流時間進行後續洪峰流量計算。

為了解相關公式應用場域，由於常用之公式(Rziha、加州公路局公式及周文德公式)係以流路長、坡度、高程差為主要集流時間推估因子，本研究統一以流路長為橫軸，高程差為縱軸，比較在相同流路長及高程差下 Rziha 公式、加州公路局公式、及周文德公式三公式的最小值區塊。再為了解相關規劃集流時間應用之情況，搜集「水土保持計畫資訊公開平台」、野溪或上游集水區規劃報告、區域排水規劃報告及河川規劃報告之高程及

流路長度，了解各水道不同的集水區參數分佈之情形，如圖 3-4。

在區域排水方面，本研究搜集台南相關排水之子集水區(共 409 個點位，如表 3-1);在「水土保持計畫」書方面，則是由水土保持計畫資訊公開平台，搜集「銅鑼科學園區污水處理廠第二期工程-導電度處理設施功能提昇」統包工程(第 4 次變更)、「台 19 甲線 48K+350~50K+800 (新樁號 50K+483~52K+934)拓寬工程水土保持計畫」、「新竹科學園區(寶山用地)第 2 期擴建計畫」國道 1 號以西水土保持計畫」及「新竹科學園區(寶山用地)第 2 期擴建計畫國道 1 號以東、客雅溪以北水土保持計畫」等，如表 3-2。在野溪及上游集水區，搜集「玉崙溪集水區整體調查規劃檢討計畫」、「洋仔厝舊濁水員林大排等易淹水區排上游集水區整體治理調查規劃」、「來吉及豐山地區危險聚落調查及防災治理規劃」、「南投縣國姓鄉區內野溪上游集水區整體治理規劃」成果報告、「九芎溪、南靖溪、葉子寮溪及三疊溪等集水區整體調查規劃成果報告」，如表 3-3, 在河川方面，則是搜集上坪溪、大里溪、貓羅溪、阿公店溪、旱溪、和平溪、草湖溪、二仁溪、北港溪、虎尾溪、三疊溪、石龜溪、大湖口溪、和平溪及西湖溪，如表 3-4。

圖 3-4 中可見，以規劃以保守為原則的情況下，在坡度陡的情況下，以 Rziha 公式較為保守，而在坡度極緩的情況下，以周文德公式較為保守。在 407 個區域排水的點位中，適用加州公路局公式點位最多，有 254 個點位，Rziha 公式有 147 點位，周文德公式點位僅有 7 點位。

在水保計畫的點位中，皆是採 Rziha 公式較為保守，而在所有「野溪或上游集水區規劃報告」點位中，除少數流長較長的點如北港溪 2、北港溪 3(「南投縣國姓鄉區內野溪上游集水區整體治理規劃」成果報告)及出流點「九芎溪、南靖溪、葉子寮溪及三疊溪等集水區整體調查規劃成果報告」適用較保守的加州公路局外，餘 77 個點位均採用 Rziha 公式較為保守。

在河川規劃中，119 個點位中，35 個點位採用加州公路局較保守，餘 80 個點位均採用 Rziha 公式較為保守，僅 4 個點位採用周文德公式較保守。

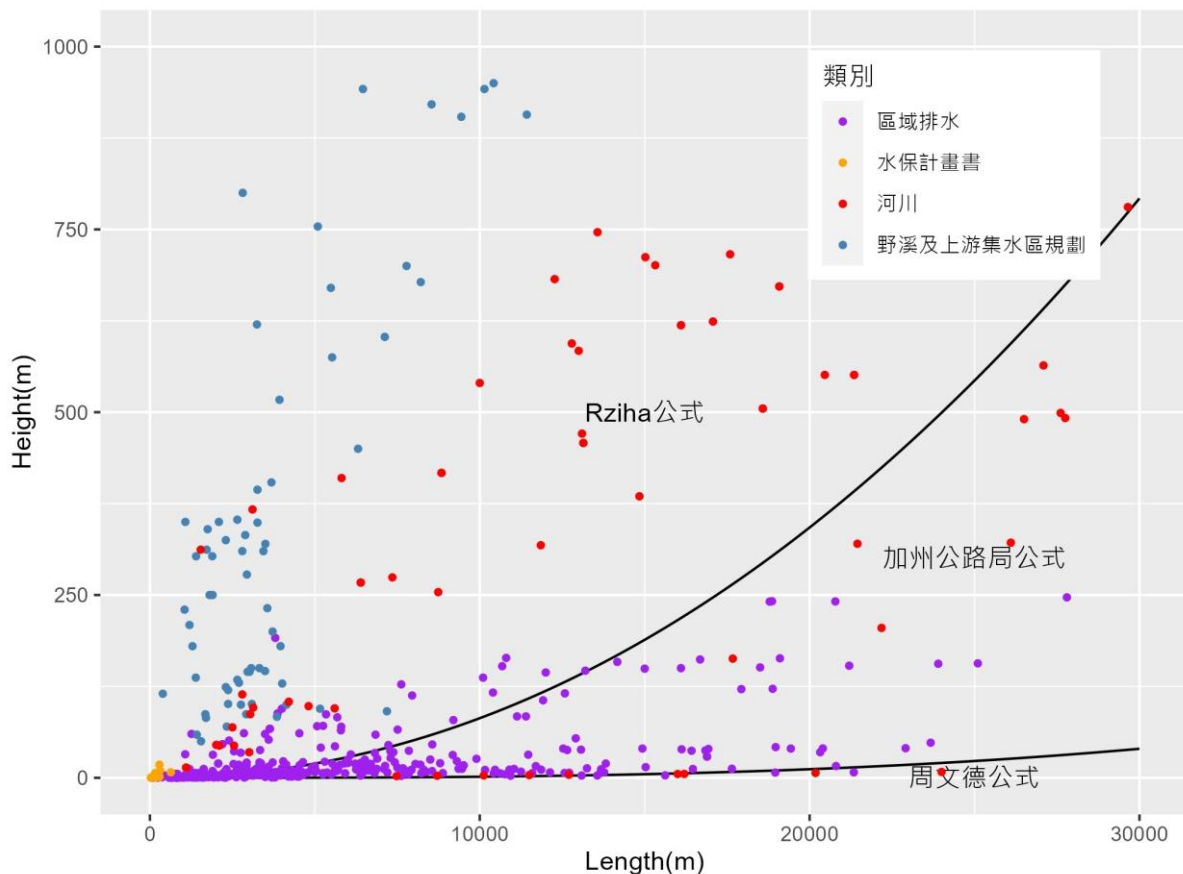


圖 3-4 各集流時間適用範圍及不同水路類別參數圖

表 3-1 台南市區域排水集水區特性表

排水名稱	位置	A(km2)	流路長(km)	高程差 (m)	坡度	加州(hr)	Rziha(hr)	周文德(hr)
三爺溪	文賢排水	0.4645	0.200	2.5	0.00300	0.19	0.09	
三爺溪	文賢排水	0.5771	0.440	3.21	0.00730	0.24	0.12	
三爺溪	西機場排水 1498	0.2068	0.125	3.06	0.00050	0.26	0.17	
三爺溪	西機場排水 899	1.426	0.599	3.77	0.00629	0.32	0.17	
三爺溪	文賢排水	0.601	0.620	3.61	0.00582	0.34	0.19	
三爺溪	大甲四區小排一 661	0.1115	0.223	0.1	0.00045	0.42	0.32	
三爺溪	後壁厝排水 0	0.7213	0.798	2.62	0.00328	0.52	0.34	
三爺溪	車路墘排水 0	0.2968	0.598	1.05	0.00176	0.53	0.37	
三爺溪	三塊厝排水 478	0.5088	1.169	6.37	0.00545	0.57	0.37	
三爺溪	田厝排水 372	0.5504	1.096	5.1	0.00465	0.58	0.38	
三爺溪	後壁厝排水 401	0.4255	1.098	4.93	0.00449	0.59	0.39	
三爺溪	西機場排水 412	1.9217	1.086	4.77	0.00439	0.59	0.39	
三爺溪	塗庫仔排水 0	0.432	1.109	4.79	0.00432	0.60	0.40	
三爺溪	土庫溝排水 867	0.6501	1.366	6.44	0.00471	0.68	0.47	
三爺溪	三塊厝排水 278	0.6283	1.369	6.44	0.00470	0.68	0.47	
三爺溪	田厝排水 0	0.7416	1.468	6.51	0.00444	0.74	0.53	
三爺溪	西機場排水 0	2.3499	1.498	5.92	0.00395	0.78	0.57	
三爺溪	三塊厝排水 0	0.6283	1.647	7.21	0.00438	0.81	0.59	
三爺溪	虎山排水 400	3.2355	2.533	18.93	0.00747	0.92	0.66	
三爺溪	虎山排水 0	3.3681	2.933	20.89	0.00712	1.05	0.79	
三爺溪	東機場排水 1390	0.8341	2.650	14.64	0.00553	1.07	0.83	
三爺溪	太子廟中排 2889	3.3816	1.743	3.67	0.00211	1.12	0.97	
三爺溪	大甲排水	0.4929	0.582	0.13	0.00022	1.14	1.25	
三爺溪	上崙排水 1036	1.5825	2.294	7.64	0.00333	1.16	0.97	
三爺溪	土庫溝排水 0	0.8962	2.233	6.54	0.00293	1.19	1.02	
三爺溪	東機場排水 672	1.074	3.368	19.9	0.00591	1.25	1.01	
三爺溪	大灣排水	2.7624	2.363	6.69	0.00283	1.26	1.11	
三爺溪	大甲四區小排一 0	0.2916	0.884	0.3	0.00034	1.34	1.48	
三爺溪	上崙排水 456	2.6315	2.874	10.22	0.00356	1.35	1.17	
三爺溪	東機場排水 0	1.3489	4.040	22.68	0.00561	1.47	1.25	
三爺溪	大灣排水	3.4649	2.785	7	0.00251	1.50	1.40	
三爺溪	上崙排水 0	2.8245	3.330	10.97	0.00329	1.55	1.42	
三爺溪	一甲土庫溝排水 3977	3.1023	3.446	11.15	0.00324	1.61	1.49	
三爺溪	仁德排水	2.7604	4.129	18.24	0.00442	1.64	1.48	
三爺溪	大灣排水	4.2167	3.134	7.09	0.00226	1.71	1.68	
三爺溪	仁德排水	4.4393	4.639	21.44	0.00462	1.76	1.62	
三爺溪	大甲排水	1.5188	2.133	1.8	0.00084	1.86	2.06	
三爺溪	一甲土庫溝排水 2887	3.7911	4.536	17.22	0.00380	1.86	1.78	
三爺溪	太子廟中排 1569	5.1174	3.063	5.28	0.00172	1.87	1.93	
三爺溪	大灣排水	7.8067	3.541	7.88	0.00223	1.89	1.91	
三爺溪	大灣排水	8.7044	4.195	8.43	0.00201	2.24	2.41	
三爺溪	一甲土庫溝排水 1889	5.2148	5.534	19.11	0.00345	2.25	2.30	
三爺溪	仁德排水	6.2904	6.001	23.75	0.00396	2.28	2.30	
三爺溪	太子廟中排 682	5.7502	3.950	6.44	0.00163	2.32	2.57	
三爺溪	仁德排水	8.6286	6.514	24.99	0.00384	2.45	2.54	
三爺溪	一甲土庫溝排水 1198	5.8615	6.225	19.35	0.00311	2.57	2.75	
三爺溪	仁德排水	9.1157	6.892	26.26	0.00381	2.57	2.70	

排水名稱	位置	A(km2)	流路長(km)	高程差 (m)	坡度	加州(hr)	Rziha(hr)	周文德(hr)
三爺溪	太子廟中排 0	6.1518	4.632	7.63	0.00165	2.61	3.00	
三爺溪	三爺溪排水 12964 鯽潭橋	14.8562	4.679		0.00167	2.62	3.01	
三爺溪	一甲土庫溝排水 838	6.276	6.585	20.22	0.00307	2.70	2.93	
三爺溪	仁德排水	9.2997	7.298	27.2	0.00373	2.71	2.89	
三爺溪	一甲土庫溝排水 0	6.5377	7.423	21.18	0.00285	3.04	3.45	
三爺溪	三爺溪排水 12046	17.0518	5.597	8.4	0.00150	3.13	3.83	
三爺溪	三爺溪排水 10883 萬 代橋	26.5602	6.760	8.84	0.00131	3.82	5.02	
三爺溪	三爺溪排水 9089 仁 德橋	38.9951	8.554	9.22	0.00108	4.93	7.14	
三爺溪	三爺溪排水 7180	42.1508	10.463	10.99	0.00105	5.82	8.87	
三爺溪	三爺溪排水 5782	49.6693	11.861	11.12	0.00094	6.70	10.76	
三爺溪	三爺溪排水 3965	52.1068	13.678	11.71	0.00086	7.74	13.11	
三爺溪	三爺溪排水 1182	58.0053	16.461	12.1	0.00074	9.46	17.28	
三爺溪	三爺溪排水 0	61.5067	17.643	12.45	0.00071	10.14	18.98	
大洲排水	大洲排水座駕排水 匯流前	2.10	2.77	15.70	0.002222	1.07	0.86	0.49
大洲排水	大社排水出口	6.20	5.76	17.60	0.002747	2.37	2.58	0.74
大洲排水	新市排水出口	8.44	6.25	17.00	0.002681	2.64	3.00	0.78
大洲排水	座駕排水出口	8.68	6.400	14.6	0.002646	2.88	3.42	0.8
大洲排水	大洲排水大社排水 匯流前	10.94	7.13	16.30	0.002481	3.13	3.80	0.87
大洲排水	大洲排水新市排水 匯流前	19.54	9.51	17.00	0.000961	4.29	5.88	1.42
大洲排水	大洲排水新市排水 匯流後	27.98	9.51	17.00	0.000961	4.29	5.88	1.42
大洲排水	大洲排水出口	34.50	13.82	19.50	0.000611	6.27	9.85	2.09
山上排水	4.花窯中排匯流處	4.85	3.400	8	0.002353	1.75	1.78	
山上排水	3.南路頭橋	6.74	4.000	9.5	0.002375	1.98	2.09	
山上排水	2.南 178 縣道處	11.09	6.600	14	0.002121	3.03	3.68	
山上排水	1.山上排水出口	13.09	8.200	18	0.002195	3.54	4.48	
永康排水	統一支線	0.02	0.090	0.2	0.00222	0.11	0.05	0.25
永康排水	洲仔尾排水出口	0.06	0.130	0.66	0.00508	0.11	0.04	0.24
永康排水	大竹林支線出口	0.22	0.780	5.15	0.00660	0.38	0.22	0.68
永康排水	永康小排一之二十 一出口	0.39	0.790	2.84	0.00359	0.48	0.32	0.82
永康排水	興南排水出口	2.13	2.070	19.58	0.00946	0.70	0.47	1.12
永康排水	東邊寮支線出口	1.34	1.210	3.48	0.00288	0.73	0.56	1.16
永康排水	西勢中排二出口	0.11	1.370	2.12	0.00155	1.02	0.92	1.54
永康排水	西勢中排一出口	0.47	1.670	3.74	0.00224	1.03	0.90	1.56
永康排水	王田中排一出口	0.61	1.500	2.24	0.00149	1.11	1.03	1.65
永康排水	王田小排二出口	0.65	1.930	4.44	0.00230	1.14	1.02	1.69
永康排水	三坎店支線出口	0.55	1.280	0.85	0.00066	1.34	1.43	1.93
永康排水	雨水 I22 出口	2.16	2.400	5.31	0.00221	1.37	1.30	1.96
永康排水	薦松中排二之二出 口	1.67	3.240	12.76	0.00394	1.38	1.25	1.98
永康排水	薦松中排二出口	2.5	3.370	12.71	0.00377	1.45	1.33	2.06
永康排水	幹線分洪點前)	0.87	2.450	4.03	0.00164	1.56	1.59	2.19
永康排水	蜈蚣潭中排	1.23	2.900	4.64	0.00160	1.79	1.91	2.46
永康排水	王田中排出口	2.29	3.250	6	0.00185	1.86	1.97	2.53
永康排水	匯流前)	1.43	3.490	5.86	0.00168	2.03	2.24	2.73
永康排水	蜈蚣潭中排	3.85	4.320	7.33	0.00170	2.38	2.75	3.12
永康排水	蜈蚣潭中排出口	6.75	5.670	9.6	0.00169	2.95	3.63	3.72

排水名稱	位置	A(km2)	流路長(km)	高程差 (m)	坡度	加州(hr)	Rziha(hr)	周文德(hr)
永康排水	永康大排	9.44	6.510	10.05	0.00154	3.39	4.39	4.18
永康排水	永康大排(分流點前)	11.11	6.610	10.14	0.00153	3.44	4.48	4.23
永康排水	永康大排	11.28	6.770	10.36	0.00153	3.51	4.60	4.3
永康排水	永康大排	13.86	7.720	10.61	0.00137	4.05	5.59	4.84
永康排水		14.11	7.930	10.86	0.00137	4.13	5.75	4.93
永康排水	永康大排	17.37	9.360	12.53	0.00134	4.74	6.88	5.52
永康排水	永康大排出口	19.58	9.460	12.54	0.00133	4.80	7.00	5.58
石子瀨大內內江	內江 181 以東	0.43	1.07	32.2	0.030093	0.26		
石子瀨大內內江	大內 181 以東	0.8	1.91	31.54	0.016513	0.53		
石子瀨大內內江	內江排水出口	1.12	2.55	36.21	0.0142	0.70		
石子瀨大內內江	大內排水出口	2.03	2.75	34.34	0.012487	0.78		
石子瀨大內內江	石子瀨截流點	1.03	3.63	67.08	0.018479	0.83		
石子瀨大內內江	石子瀨箱涵出口	1.81	3.64	67.08	0.018429	0.83		
石子瀨大內內江	石子瀨排水出口	3.98	5.25	71.12	0.013547	1.24		
石子瀨大內內江	石子瀨 181 以東	3.36	5.07	70.63	0.013931	1.29		
安定排水	右岸流入	1.12	2.387	3.64	0.001525	1.57	1.62	
安定排水	無名橋（斷面 27）	1.56	3.059	4.62	0.00151	1.91	2.09	
安定排水	蘇林橋（斷面 16）	1.95	4.291	5.03	0.001172	2.74	3.42	
安定排水	安定排水出口	2.68	5.917	6.32	0.001068	3.63	4.98	
典寶溪	鳳山厝支線出口	1.88	3.720	21	0.005645	1.34		
典寶溪	典寶橋 A 支線出口	1.22	3.500	8	0.002286	1.81		
典寶溪	典寶橋 B 支線出口	1.55	3.800	8	0.002105	1.99		
典寶溪	典寶支線出口	1.66	3.000	3.5	0.001167	2.08		
典寶溪	筆秀支線出口	5.51	7.290	36.5	0.005007	2.35		
典寶溪	角宿支線出口	13.55	8.560	45.6	0.005327	2.60		
典寶溪	牛食坑支線出口	11.36	11.920	106	0.008893	2.75		
典寶溪	潭子底支線出口	4.64	2.900	1.2	0.000414	3.02		
典寶溪	大寮支線出口	21.85	12.910	54	0.004183	3.92		
典寶溪	援中港大排出口	9.29	6.380	3	0.00047	5.27		
典寶溪	鳳山厝支線匯流前	21.62	18.790	241	0.012826	5.52		
典寶溪	牛食坑支線匯流前	23.61	18.860	241.5	0.012805	5.66		
典寶溪	角宿支線匯流前	36.78	20.780	241.2	0.011607	6.29		
典寶溪	大寮支線匯流前	62.35	27.800	246.8	0.008878	8.63		
典寶溪	援中港支線匯流前	93.84	32.690	248	0.007586	10.44		
典寶溪	典寶溪排水出口	106	34.700	249	0.007176	11.15		
虎頭溪排水	洋子中排一出口	0.3	0.830	5.44	0.006554	0.40	0.24	0.71
虎頭溪排水	衛生 2 號排水出口	0.6	1.280	6.05	0.004727	0.63	0.44	1.03
虎頭溪排水	營尾中排出口	1.14	1.630	12.19	0.007479	0.64	0.43	1.04
虎頭溪排水	鹽水埤上游入口	5.18	3.870	88.1	0.022765	0.81	0.52	1.27
虎頭溪排水	營尾大排(營尾中排匯 流前)	3.91	3.340	37.89	0.011344	0.94	0.68	1.44
虎頭溪排水	啟聰溝排水出口	1.58	2.930	16.99	0.005799	1.10	0.89	1.64
虎頭溪排水	五甲勢排水出口	10.57	5.340	86.81	0.016257	1.18	0.88	1.73
虎頭溪排水	崩溝溪排水出口	7.11	5.680	82.77	0.014572	1.29	1.00	1.87
虎頭溪排水	洋子中排二出口	2.48	3.210	10.31	0.003212	1.49	1.40	2.1
虎頭溪排水	衛生 1 號排水（洋子中 排一與衛生 2 號排水 匯流前)	6.43	5.180	41.27	0.007967	1.51	1.31	2.14
虎頭溪排水	虎頭埤上游入口	6.95	7.620	127.8	0.016772	1.53	1.23	2.15
虎頭溪排水	衛生 1 號排水(洋子中 排二匯流前)	7.92	5.610	43.1	0.007683	1.63	1.45	2.28
虎頭溪排水	烏鬼厝溪排水(崩溝溪 排水匯流前)	10.06	7.950	112.58	0.014161	1.68	1.42	2.34
虎頭溪排水	虎頭溪排水(五甲勢排	10.02	10.680	152.68	0.014296	2.11	1.90	2.82

排水名稱	位置	A(km2)	流路長(km)	高程差(m)	坡度	加州(hr)	Rziha(hr)	周文德(hr)
	水匯流前)							
虎頭溪排水	衛生 1 號排水出口	11.93	7.230	44.81	0.006198	2.15	2.12	2.86
虎頭溪排水	烏鬼厝溪排水出口	21.32	10.400	116.66	0.011217	2.27	2.14	2.99
虎頭溪排水	虎頭溪排水(啟聰溝排水匯流前)	23.94	14.170	158.53	0.011188	2.88	2.91	3.65
虎頭溪排水	虎頭溪排水(烏鬼厝溪排水匯流前)	27.98	16.680	161.83	0.009702	3.45	3.74	4.24
虎頭溪排水	虎頭溪排水出口	51.6	19.100	163.43	0.008557	4.02	4.62	4.81
後營排水	7.後營排水與謝厝寮中排二匯流口前	0.63	1.100	1.8	0.001636	0.84	0.72	
後營排水	4.謝厝寮中排一出口	0.86	1.800	2.8	0.001556	1.26	1.21	
後營排水	6.謝厝寮中排二出口	2.38	3.000	5.1	0.0017	1.80	1.91	
後營排水	2.謝厝寮線排水出口	1.65	3.800	6.1	0.001605	2.21	2.51	
後營排水	5.後營排水與謝厝寮中排一匯流口前	4.78	4.500	7.2	0.0016	2.52	2.97	
後營排水	3.後營排水與謝厝寮線排水匯流口前	6.07	4.800	7.5	0.001563	2.67	3.22	
後營排水	1.後營排水出口	7.76	5.000	7.6	0.00152	2.79	3.41	
柴頭港溪	箱涵口	2.29	2.600	8.31	0.00320	1.21	1.07	
柴頭港溪	菩提橋	2.56	3.150	10	0.00317	1.47	1.38	
柴頭港溪	斷面 3k+000	3.34	3.400	10.9	0.00321	1.55	1.48	
柴頭港溪	開元橋	5.01	4.000	13.1	0.00328	1.75	1.72	
柴頭港溪	南康橋	7	5.000	16.1	0.00322	2.09	2.17	
柴頭港溪	北辰橋	8.28	5.900	19.74	0.00335	2.34	2.51	
柴頭港溪	匯流口	11.13	6.400	20.64	0.00323	2.52	2.78	
將軍溪排水	下溪州中排出口	1.38	2.020	3.8	0.001881	1.28		
將軍溪排水	番仔寮排水出口	1.53	2.400	5.8	0.002417	1.32		
將軍溪排水	保源中排二出口	1.64	2.380	4.7	0.001975	1.42		
將軍溪排水	大灣中排出口	2.22	2.500	5.3	0.00212	1.44		
將軍溪排水	鹽埕中排一出口	1.57	2.500	3.8	0.00152	1.63		
將軍溪排水	北頂中排出口	3.55	3.200	7	0.002188	1.72		
將軍溪排水	中營中排二出口	1.77	3.440	8.2	0.002384	1.76		
將軍溪排水	北埔中排出口	3.21	3.000	5.3	0.001767	1.77		
將軍溪排水	蘇厝寮中排二出口	1.46	3.300	5.6	0.001697	1.94		
將軍溪排水	海埔排水出口	3.13	3.550	6.2	0.001746	2.03		
將軍溪排水	西尤厝中排出口	2.59	3.500	5.5	0.001571	2.09		
將軍溪排水	東北勢排水出口	2.63	4.330	10.3	0.002379	2.10		
將軍溪排水	急水溪排水出口	3.07	4.050	7.5	0.001852	2.19		
將軍溪排水	下營排水出口	5.7	4.300	8	0.00186	2.29		
將軍溪排水	菁埔埤排水出口	10.44	6.000	20.2	0.003367	2.36		
將軍溪排水	蔥子寮排水出口	3.9	4.330	6.5	0.001501	2.51		
將軍溪排水	瓦瑤埤排水出口	9.5	7.850	37	0.004713	2.55		
將軍溪排水	子良廟排水出口	5.88	5.040	9.5	0.001885	2.58		
將軍溪排水	埤頭排水出口	14.53	5.600	9.5	0.001696	2.91		
將軍溪排水	大屯排水出口	6.13	5.370	7.3	0.001359	3.07		
將軍溪排水	總爺排水(東北勢排水匯流前)	6.98	6.250	11.4	0.001824	3.08		
將軍溪排水	南?排水(舊橋頭港埤排水)出口	18.64	8.500	25	0.002941	3.25		
將軍溪排水	總爺排水出口	10.57	6.880	12.2	0.001773	3.36		
將軍溪排水	營後排水出口	8.08	3.700	4.5	0.001216	3.46		
將軍溪排水	大埤中排二出口	5.33	7.200	7.4	0.001028	4.29		
將軍溪排水	佳里排水(西尤厝中排匯流前)	9.6	8.300	11	0.001325	4.34		

排水名稱	位置	A(km ²)	流路長(km)	高程差(m)	坡度	加州(hr)	Rziha(hr)	周文德(hr)
將軍溪排水	麻豆排水(下營排水匯流前)	37.07	13.070	38.5	0.002946	4.52		
將軍溪排水	養魚排水出口	12.56	8.380	8	0.000955	4.96		
將軍溪排水	麻豆排水(總爺排水匯流前)	46.85	16.120	39	0.002419	5.74		
將軍溪排水	佳里排水(蘇厝寮中排匯流前)	16.79	11.040	12.2	0.001105	5.80		
將軍溪排水	麻豆排水(埤頭排水匯流前)	58.77	16.930	39.5	0.002333	6.04		
將軍溪排水	佳里排水出口	22.33	13.250	13	0.000981	6.98		
將軍溪排水	麻豆排水(養魚排水匯流前)	78.74	19.430	40	0.002059	7.05		
將軍溪排水	麻豆排水(營後排水匯流前)	95.2	20.400	40.2	0.001971	7.44		
將軍溪排水	麻豆排水出口	107.78	22.910	40.5	0.001768	8.49		
將軍溪排水	將軍溪排水幹線出口	158.4	34.030	43	0.001264	13.10		
鹿耳門排水	土城子一之二排水出口(0K+000)	1.03	2.620	2.66	0.00102	1.98	2.28	3.94
鹿耳門排水	學甲寮排水出口(0K+000)	2.52	3.170	3.74	0.00118	2.16	2.52	3.79
鹿耳門排水	土城仔排水出口(0K+000)	4.56	3.960	3.21	0.00081	2.96	3.93	5.13
鹿耳門排水	溪南寮排水(3K+191)(南興橋之前)	4.82	4.650	4.4	0.00095	3.16	4.21	5.69
鹿耳門排水	竹筏港之一排水出口(0K+000)	8.16	5.500	4.49	0.00082	3.81	5.44	6.34
鹿耳門排水	竹筏港之二排水出口(0K+000)	12.7	6.430	5.86	0.00091	4.12	5.96	7.01
鹿耳門排水	溪南寮排水出口(0K+000)	8.04	7.840	5.12	0.00065	5.45	8.87	7.95
鹿耳門排水	鹿耳門排水(3K+349)(土城子一之二排水匯入前)	12.53	10.420	6.18	0.00059	7.04	12.49	9.54
鹿耳門排水	鹿耳門排水(3K+146)(土城仔排水匯入前)	13.56	10.620	6.21	0.00058	7.18	12.84	9.66
鹿耳門排水	鹿耳門排水(1K+645)(竹筏港之一排水匯入前)	19.31	12.130	7.42	0.00061	7.82	14.27	10.51
鹿耳門排水	鹿耳門排水(1K+058)(竹筏港之二排水匯入前)	29.54	12.710	6.92	0.00054	8.48	16.04	10.83
鹿耳門排水	鹿耳門排水幹線出口(0K+000)	42.2	13.770	7.54	0.00055	9.00	17.31	11.4
港尾溝溪	永豐橋	4.42	3.320	21.1	0.00636	1.17	1.14	1.73
港尾溝溪	沙崙武東窩仔底排水匯流後	18.17	9.180	31.23	0.00340	3.26	4.04	4.04
港尾溝溪	高速公路橋	23	11.470	31.6	0.00276	4.20	5.66	4.99
港尾溝溪	車路墘排水匯流前	31.86	16.420	37	0.00225	5.98	9.02	6.7
港尾溝溪	二仁溪匯流口	36.73	16.840	37.4	0.00222	6.13	9.33	6.84
番子田及渡頭溪排水	埤寮排水	0.77	1.610	8	0.00500	0.74	0.54	1.176

排水名稱	位置	A(km2)	流路長(km)	高程差(m)	坡度	加州(hr)	Rziha(hr)	周文德(hr)
番子田及渡頭溪排水	官田小排一	1	2.320	12	0.00520	0.96	0.76	1.465
番子田及渡頭溪排水	角秀小排	1.12	2.690	18	0.00670	0.98	0.75	1.484
番子田及渡頭溪排水	拔子林中排	1.13	3.370	15	0.00440	1.36	1.21	1.956
番子田及渡頭溪排水	六雙溪南支線匯流點上游	4.05	6.840	59	0.00860	1.82	1.65	2.488
番子田及渡頭溪排水	官田中排匯流點上游	3.77	5.300	22	0.00420	1.98	1.98	2.67
番子田及渡頭溪排水	官田小排一匯流點上游	7.3	6.090	32	0.00530	2.01	1.97	2.707
番子田及渡頭溪排水	官田中排	3.06	4.910	14	0.00290	2.16	2.30	2.867
番子田及渡頭溪排水	六雙溪南支線	5.09	6.000	25	0.00420	2.17	2.23	2.887
番子田及渡頭溪排水	角秀小排匯流點上游	9.42	6.820	34	0.00500	2.24	2.28	2.961
番子田及渡頭溪排水	六雙溪匯流點上游	7.54	9.200	79	0.00860	2.29	2.22	3.012
番子田及渡頭溪排水	湖山排水匯流點上游	12.38	7.380	35	0.00470	2.43	2.54	3.162
番子田及渡頭溪排水	六雙溪排水	10.41	11.130	84	0.00750	2.78	2.90	3.546
番子田及渡頭溪排水	渡頭溪排水口	21.02	11.400	84	0.00740	2.86	3.01	3.628
番子田及渡頭溪排水	番子田排水口	19.5	12.530	40	0.00320	4.25	5.47	5.037
新田寮	7	3.54	4.550	7.14	0.001569	2.56		
新田寮	6	10.51	6.430	7.06	0.001098	3.83		
新田寮	4	15.03	7.730	6	0.000776	5.05		
新田寮	5	22.63	10.900	11.2	0.001028	5.90		
新田寮	3	17.05	11.250	8.4	0.000747	6.84		
新田寮	2	49.22	15.030	14.6	0.000971	7.71		
新田寮	1	76.84	20.800	16.1	0.000774	10.83		
溪尾排水	6	2.06	3.02	5.25	0.001738	1.79		
溪尾排水	4	2.22	2.28	1.8	0.000789	1.96		
溪尾排水	5	0.99	1.97	1.15	0.000584	1.97		
溪尾排水	7	7.68	3.34	3.5	0.001048	2.36		
溪尾排水	3	11.6	5.25	6.52	0.001242	3.13		
溪尾排水	2	18.62	7.76	8.7	0.001121	4.39		
溪尾排水	1	21.21	10.16	10.8	0.001063	5.52		
鹽水溪排水	新吉排水出口	2.35	0.800	0.14	0.000175	1.56	1.99	0.37
鹽水溪排水	鹽水溪排水北五間厝中排匯入後	4.52	3.010	5.5	0.001827	1.69	1.74	0.57
鹽水溪排水	本淵寮排水出口	5.73	5.250	4.55	0.000867	3.59	5.01	1.1
鹽水溪排水	鹽水溪排水看西排水匯流前	9.65	6.810	6.3	0.000925	4.21	6.11	1.95
鹽水溪排水	新吉排水匯流前	7.24	6.410	4.01	0.000626	4.75	7.44	1.16
鹽水溪排水	本淵寮排水匯流前	6.73	8.230	6.39	0.000776	5.30	8.39	1.57
鹽水溪排水	海尾寮排水出口	12.56	8.880	6.49	0.000731	5.75	9.39	1.66
鹽水溪排水	鹽水溪排水安順寮排水匯流前	23.67	11.590	6.4	0.000552	7.78	14.31	2.97
鹽水溪排水	海尾寮排水匯流前	17.99	10.770	4.82	0.000448	8.05	15.29	1.96
鹽水溪排水	曾水溪排水出口	31.25	12.570	6.64	0.000528	8.51	16.15	2.25

排水名稱	位置	A(km2)	流路長(km)	高程差(m)	坡度	加州(hr)	Rziha(hr)	周文德(hr)
鹽水溪排水	鹽水溪排水六塊寮排水匯流前	46.19	13.660	6.6	0.000483	9.31	18.30	3.36
鹽水溪排水	鹽水溪排水曾文溪排水匯流前	65.17	18.960	7.2	0.00038	13.18	29.45	4.23
鹽水溪排水	鹽水溪排水出口	139.49	21.340	7.5	0.000351	14.88	34.76	4.64
喜樹排水系統	日新溪排水	19.17	9.900	26	0.00262	3.83	4.86	
喜樹排水系統	日新溪排水	18.433	9.306	22.9	0.00246	3.73	4.71	
喜樹排水系統	日新溪排水	13.324	8.799	20	0.00227	3.70	4.71	
喜樹排水系統	二號排水路	0.315	0.690	1	0.00145	0.62	0.48	
喜樹排水系統	三號排水路	5.246	3.449	5.2	0.00151	2.10	0.36	
喜樹排水系統	三號排水路	4.716	3.264	5.1	0.00156	1.98	2.19	
喜樹排水系統	三號排水路	0.635	0.974	0.75	0.00080	1.03	1.00	
喜樹排水系統	三號排水路	0.25	0.370	0.8	0.00216	0.96	0.92	
喜樹排水系統	四號排水路	0.517	1.057	1.1	0.00104	0.97	0.90	
喜樹排水系統	喜樹五號排水路	3.886	3.066	5.1	0.00166	1.85	1.98	
喜樹排水系統	喜樹五號排水路	0.157	0.800	1.4	0.00175	0.66	0.52	
喜樹排水系統	六號排水路	0.34	0.850	0.6	0.00071	0.96	0.92	
喜樹排水系統	喜樹大排	3.23	2.456	4.5	0.00183	1.50	1.50	

表 3-2 水保計畫集流時間參數表

位置	坡面長度(m)	漫地流流速(m/s)	流入時間(min)	流路長(m)	高程差(m)	Rziha 集流時間(min)	總集流時間(min)	報告名稱
C2	16.3	0.45	0.6	44	0.3	0.62	1.22	『銅鑼科學園區污水處理廠第二期工程-導電度處理設施功能提昇』統包工程(第 4 次變更)
C3	16	0.45	0.59	47	0.2	0.79	1.39	
C4	15	0.45	0.56	34.2	0.1	0.66	1.22	
C5	15	0.45	0.56	43.5	0.2	0.9	1.46	
A2	8	0.45	0.3	290	1.47	5.76	6.06	台 19 甲線 48K+350~50K+800 (新樁號 50K+483~52K+934)拓寬工程水土保持計畫
A4 區前	300	0.45	11.11	290	18	1.28	12.39	「新竹科學園區(寶山用地)第 2 期擴建計畫」國道 1 號以西水土保持計畫(第 1 次變更)
中	4	0.45	0.2	162	6.26	2	2.2	
後	4	0.45	0.2	162	6.26	2	2.2	
A5 區前	300	0.45	11.11	305	9.94	1.98	13.09	
中	4	0.45	0.2	167	0.35	3.4	3.6	
後	4	0.45	0.2	167	0.35	3.4	3.6	
A6 區前	300	0.45	11.11	214	5.57	1.59	12.7	
中	4	0.45	0.2	36	0.35	1.2	1.4	
後	4	0.45	0.2	36	0.35	1.2	1.4	「新竹科學園區(寶山用地)第 2 期擴建計畫」國道 1 號以東、客雅溪以北水土保持計畫
A 區前	21	0.45	0.8	1085	14	12.3	13.1	
中 1-1 階段	36	0.45	1.3	634	7.6	8.1	9.4	

表 3-3 上游集水區或野溪規劃報告集流時間參數表

位置	坡面長度 (m)	漫地流流 速(m/s)	流入時間 (min)	流路長 (m)	高程差 (m)	Rziha 集 流時間 (min)	總集流時 間(min)	報告名稱
A	390.1	0.3	21.67	4,222	1100	7.88	29.56	玉崙溪集水區整體調查規 劃檢討計畫
B	376.5	0.3	20.92	1,050	230	2.18	23.09	
C	361.7	0.3	20.09	1,075	350	1.76	21.85	
D	195	0.3	10.83	390	115	0.68	11.51	
E	466	0.3	25.89	2,813	800	4.98	30.87	
F	204	0.3	11.33	2,091	350	5.09	16.43	
全流域	452	0.3	25.11	7,923	1230	20.19	45.3	
羅漢坑			3.6	2,370	101	13.12	16.72	洋仔厝舊濁水員林大排等 易淹水區排上游集水區整 體治理調查規劃
明德坑			4.8	3,090	101	20.05	24.85	
龍涎坑			8.4	4,010	129	26.27	34.67	
待人坑			8.4	2,650	134	13.24	21.64	
藍子田坑			4.2	2,760	100	16.84	21.04	
廳竹坑			7.8	3,070	150	15.65	23.45	
白砂坑			8.4	3,490	146	19.53	27.93	
姑娘廟坑			6.6	1,420	59	7.98	14.58	
李仔坑			7.2	1,700	82	8.73	15.93	
烏松坑			7.2	3,020	145	15.56	22.76	
水坑			3	1,680	87	8.27	11.27	
灣仔口坑			5.4	2,920	87	20.03	25.43	
姜子寮坑			8.4	2,300	124	11.05	19.45	
苦瓜寮坑			8.4	2,370	120	11.83	20.23	
八股坑			6	2,960	145	15.07	21.07	
秀水坑			6	2,330	70	15.9	21.9	
番仔田坑			2.4	1,550	50	10.14	12.54	
古井坑			8.4	3,320	150	17.74	26.14	
有應公坑			8.4	4,140	100	32.21	40.61	
福德坑			6	2,700	130	13.89	19.89	
三家春坑			8.4	3,960	180	21.08	29.48	
南風寮坑			5.4	3,560	232	15.27	20.67	
炭坑			5.4	3,720	200	17.91	23.31	
芋仔坑			5.4	1,750	340	3.9	9.3	
清水岩坑			7.8	3,260	394	9.65	17.45	
太平坑			8.4	2,940	278	10.09	18.49	
尖山坑			6	1,810	250	4.95	10.95	
普興坑			3.6	1,900	250	5.35	8.95	
內灣坑			8.4	3,440	310	12.15	20.55	
香山坑			5.4	2,650	353	7.4	12.8	
大樹坑			4.2	2,300	325	6.2	10.4	
坑內坑			7.2	3,260	349	10.38	17.58	
松柏坑			5.4	3,500	320	12.25	17.65	
芭樂坑			4.2	2,890	332	8.82	13.02	
獅頭坑			4.8	2,800	310	8.74	13.54	
有水坑			3	1,390	137	4.65	7.65	
柳仔坑			1.8	1,200	209	2.85	4.65	
裕民坑			6	1,720	312	3.99	9.99	
小柳坑			3	1,290	180	3.5	6.5	
大園坑			5.4	1,890	303	4.72	10.12	
韻條坑			5.4	1,400	303	2.92	8.32	
塔山				11,832	1673	31.89		來吉及豐山地區危險聚落 調查及防災治理規劃
亞杉坪林道				7,316	1456	16.06		
千人洞				8,147	1510	18.67		

位置	坡面長度 (m)	漫地流流 速(m/s)	流入時間 (min)	流路長 (m)	高程差 (m)	Rziha 集 流時間 (min)	總集流時 間(min)	報告名稱
眠月				4,467	1324	7.72		
石夢谷				4,741	1478	7.95		
阿里山溪				11,740	1662	31.62		
阿冷坑 1	200	0.6	5.56	8,538	921	27.07	32.62	「南投縣國姓鄉區內野溪 上游集水區整體治理規劃」 成果報告
阿冷坑 2	200	0.6	5.56	10,420	950	36.54	42.1	
五棚坑	150	0.6	4.17	7,780	700	27.5	31.67	
北港溪 1	250	0.6	6.94	52,938	2746	260.39	267.34	
北港溪 2	250	0.6	6.94	55,851	2696	286.84	293.78	
北港溪 3	250	0.6	6.94	59,922	2646	324.64	331.59	
水長流溪 1	250	0.6	6.94	11,426	907	43.54	50.48	
水長流溪 2	250	0.6	6.94	13,548	1100	50.93	57.88	
水長流溪 3	250	0.6	6.94	16,235	1150	66.24	73.18	
猴洞坑 1	150	0.6	4.17	5,523	575	17.89	22.05	
猴洞坑 2	150	0.6	4.17	7,120	603	26.1	30.26	
石門	150	0.6	4.17	6,310	450	25.64	29.81	
鉗子林 1	150	0.6	4.17	3,245	620	7.3	11.47	
鉗子林 2	150	0.6	4.17	5,485	670	16.14	20.3	
仙洞指坑 1	150	0.6	4.17	3,928	517	11.05	15.22	
仙洞指坑 2	150	0.6	4.17	8,210	678	30.55	34.72	
南靖溪	300	0.5	10	6,457	942	17.08	27.08	九芎溪、南靖溪、葉子寮溪 及三疊溪等集水區整體調 查規劃成果報告
九芎坑溪	300	0.5	10	3,684	404	11.57	21.57	
葉子遼溪	300	0.5	10	7,185	91	82.35	92.35	
中林溪	300	0.5	10	3,850	83.5	31.96	41.96	
大埔美溪	300	0.5	10	5,157	94.5	47.36	57.36	
下雙溪	300	0.5	10	10,142	942	35.17	45.17	
上豐橋	300	0.5	10	22,861	1008	123.97	133.97	
出流點	300	0.5	10	33,913	1011	232.57	242.57	
茄苳仔	100	27.78	3.6	5,090	754	13.34	16.94	茄苳仔集水區調查規劃
石卓	100	27.78	3.6	9,440	904	32.14	35.74	

表 3-4 河川集水區特性表

主流	控制點名稱	A(km2)	流路長(km)	高程差(m)	坡度	加州(hr)	Rziha(hr)	周文德 (hr)
大里溪	1	400.72	34.28	574		4.87	5.54	
大里溪	2	313.27	32.52	570		4.59	5.11	
大里溪	3	201.73	27.09	564		3.74	3.84	
大里溪	4	109.06	20.46	551		2.73	2.49	
大里溪	5	55.14	17.59	716		2.07	1.67	
大里溪	6	59.1	17.67	163		3.68	4.08	
大里溪	7	77.12	19.08	672		2.33	1.97	
大里溪	8	26.59	15.32	701		1.78	1.35	
大里溪	9	45.98	16.1	619		1.98	1.58	
大里溪	10	91.96	23.91	1286		2.35	1.92	
大里溪	11	49.76	21.35	551		2.86	2.66	
大里溪	12	43.97	18.58	505		2.52	2.25	
大里溪	13	29.25	13.14	458		1.75	1.37	
大里溪	14	14.42	8.84	417		1.15	0.77	
大里溪	15	29.87	15.02	712		1.73	1.3	
大里溪	16	21.48	12.27	682		1.39	0.97	
大里溪	17	6.73	5.81	410		0.72	0.4	
大里溪	18	4.82	3.11	367		0.35	0.15	

主流	控制點名稱	A(km2)	流路長(km)	高程差(m)	坡度	加州(hr)	Rziha(hr)	周文德 (hr)
大里溪	19	2.97	1.54	312		0.18	0.06	
上坪溪	上坪溪匯流口	242.1	44.58	2385	0.0084	3.81	3.59	4.6
上坪溪	上坪攔河堰	230.1	39.25	2340	0.0093	3.31	2.96	4.1
上坪溪	昌惠大橋	218.7	35.14	2302	0.0106	2.94	2.5	3.71
上坪溪	與花園溪匯流前	189.7	32.21	2271	0.0125	2.67	2.2	3.42
上坪溪	五峰大橋	187	31.17	2258	0.0213	2.57	2.09	3.32
上坪溪	和平橋	176.5	28.07	2192	0.0195	2.31	1.8	3.03
上坪溪	麥巴來溪匯流前	104.5	22.42	2082	0.0244	1.82	1.3	2.49
上坪溪	清泉大橋	90.9	18.24	1980	0.1003	1.46	0.96	2.07
上坪溪	花園溪出口	17.8	8.53	1285	0.1387	0.72	0.37	1.15
上坪溪	麥巴來溪出口	55	17.5	1783	0.0785	1.45	0.96	2.06
貓羅溪流域	烏溪與貓羅溪匯流口前	377.5	46.7	1358		5	5.42	7.32
貓羅溪流域	隘寮溪匯流前	312.11	41.4	1345		4.36	4.49	6.58
貓羅溪流域	溪洲埤排水匯流前	279.44	36.2	1324		3.76	3.66	5.83
貓羅溪流域	南崗大橋	253.58	30.6	1312		3.11	2.81	4.93
貓羅溪流域	樟平溪匯流前	180.2	26.8	1310		2.67	2.28	4.37
貓羅溪流域	貓羅溪與平林溪匯流口	95.72	21.1	1292		2.03	1.57	3.47
貓羅溪流域	貓羅溪與樟林溪匯流口	60.6	26.4	985		2.93	2.64	4.48
阿公店溪	A1	103.96	24	8.01	0.001		12.93	17.48
阿公店溪	A2	98.78	20.18	6.66	0.0008		10.02	11.61
阿公店溪	A3	88.11	16.2	5.28	0.0021		7.31	7.8
阿公店溪	B	77.05	16	5.21	0.0007		7.16	7.74
阿公店溪	A4	10.79	12.7	4.16	0.0016		5.28	5.44
阿公店溪	A5	9.9	11.5	3.74	0.007		4.57	5.02
阿公店溪	A6	8.48	10.12	3.32	0.0004		3.89	4.58
阿公店溪	A7	4.62	8.71	2.82	0.0036		3.1	3.9
阿公店溪	A8	4.13	7.48	2.39	0.0018		2.47	3.37
早溪	第一段	49.76	21.35	551		2.86	2.66	
早溪	第二段	43.97	18.58	505		2.52	2.24	
早溪	第三段	29.25	13.14	458		1.75	1.37	
早溪	第四段	14.42	8.84	417		1.15	0.77	
和平溪	和平溪河口	540.47	64.56	3338		5.14	5.3	
和平溪	楓溪出口	18.07	7.81	1047		0.7	0.36	
和平溪	和平溪楓溪匯流前	535.54	60.46	3301		4.78	4.81	
和平溪	和平北溪出口	275.33	37.06	2843		2.88	2.4	
和平溪	和平南溪出口	191.51	49.59	3208		3.52	3.56	
草湖溪	草湖溪與大里溪匯流處	77.12	19.08	672	0.0352	2.33	1.97	
草湖溪	草湖溪斷面 48	72	17.07	624	0.0366	2.11	1.73	
草湖溪	乾溪匯流前	45.98	16.1	619	0.0384	1.98	1.58	
草湖溪	北溝溪匯流前	19.87	12.79	594	0.0464	1.54	1.12	
北溝溪	北溝溪與草湖溪匯流處	20.1	13	584	0.0449	1.58	1.16	
北溝溪	北溝溪茅埔橋	16.24	10	540	0.054	1.2	0.8	
二仁溪	河口	350	65.94	443.3	0.00672	11.45	18.42	11.49
二仁溪	港尾溝溪匯流前	246.91	59.09	431.5	0.0073	10.19	15.71	10.43
二仁溪	高速公路橋	232.18	53.74	431.4	0.00803	9.14	13.5	9.52
二仁溪	深坑子溪匯流前	184.36	44.02	429.5	0.00976	7.27	9.83	7.87
二仁溪	松子腳溪匯流前	150.58	39.78	427.4	0.01074	6.48	8.39	7.16
二仁溪	崇德橋	139.62	35.89	422.9	0.01178	5.78	7.16	6.5
二仁溪	牛稠埔溪匯流前	120.19	34.2	415.1	0.01214	5.5	6.7	6.25
二仁溪	山河壽溪匯流前	98.47	33.3	407.1	0.01223	5.38	6.5	6.13
二仁溪	雪橋	79.41	26.1	321.6	0.01232	4.44	5.07	5.23
二仁溪	鹽水補二號橋	65.75	21.45	320.1	0.01492	3.55	3.71	4.34
二仁溪	二層橋	40.31	11.85	318.1	0.02684	1.79	1.44	2.46
二仁溪	東勢埔橋	18.25	7.35	274.1	0.03729	1.09	0.73	1.63

主流	控制點名稱	A(km2)	流路長(km)	高程差(m)	坡度	加州(hr)	Rziha(hr)	周文德 (hr)
二仁溪	松子腳溪出口	31.98	22.18	205	0.00924	4.38	5.12	5.17
北港溪	北港大橋	608	60.79	507.1	0.008342	9.9	14.92	10.18
北港溪	埤子頭排水前	523.86	51.1	506.8	0.009918	8.1	11.3	8.62
北港溪	三疊溪合流前	311.4	43.68	500	0.011447	6.79	8.87	7.44
北港溪	大湖口溪合流前	252.5	33.57	497	0.014805	5.02	5.84	5.79
虎尾溪	虎尾平和橋	178.1	27.75	492	0.01773	4.05	4.33	4.84
虎尾溪	雲林溪合流前	129.41	26.5	490.5	0.018509	3.84	4.03	4.64
虎尾溪	大埔溪合流前	44.6	13.1	470.7	0.035931	1.73	1.34	2.39
三疊溪	三疊溪出口	177.7	33.72	1163.5	0.034505	3.64	3.53	4.43
三疊溪	與安排水合流前	146.37	33.16	1163.1	0.035075	3.57	3.44	4.36
三疊溪	石龜溪合流前	74	29.23	1159	0.039651	3.09	2.82	3.87
三疊溪	高速公路橋	63.98	26.28	1156	0.043988	2.74	2.38	3.5
三疊溪	中林溪合流前	45.26	24.5	1152	0.04702	2.53	2.13	3.27
三疊溪	麻園溪合流前	27.82	20.02	1142	0.057043	2.01	1.55	2.7
三疊溪	泗安橋	23.83	18.28	1130.98	0.06187	1.81	1.35	3.49
石龜溪	石龜溪出口	71.59	33.34	1234	0.037013	3.51	3.35	4.3
石龜溪	早知排水合流前	60.21	28.25	1232.3	0.043621	2.9	2.57	3.67
石龜溪	縱貫踐路橋	47.9	22.72	1228.43	0.054068	2.26	1.82	2.98
石龜溪	下崁腳排水合流前	29.26	14.89	1206.64	0.081037	1.4	0.93	2
石龜溪	雲祥橋	21.27	11.42	1160	0.101576	1.04	0.63	1.57
大湖口溪	大湖口溪出口	46.89	32.24	782.8	0.02428	4.03	4.17	4.82
大湖口溪	五汴大排合流前	41.69	29.65	780.57	0.026326	3.66	3.65	4.45
大湖口溪	林子里排水合流前	29.23	20.92	770	0.036807	2.46	2.11	3.2
大湖口溪	行耕橋	22.42	13.57	746.2	0.054989	1.51	1.07	2.13
和平溪	和平溪河口	570.47	64.56	3338	0.0517	5.14	5.3	
和平溪	楓溪出口	18.07	7.81	1047	0.134	0.7	0.36	
和平溪	和平溪楓溪匯流前	535.54	60.46	3301	0.0546	4.78	4.81	
和平溪	和平北溪出口	275.33	37.06	2843	0.0767	2.88	2.4	
和平溪	和平南溪出口	191.51	49.59	3208	0.0647	3.52	3.56	
西湖溪	河口	110.53	32.5	517	0.0159	4.77	5.41	
西湖溪	與鴨母坑排水合流前	79.83	27.61	499	0.0181	4	4.26	
西湖溪	與四季坑排水合流前	53.3	14.84	385	0.0259	2.16	1.84	
西湖溪	大坑排水合流前	24.61	6.39	267	0.0418	0.94	0.6	
西湖溪	海口排水	2.1	2.1	44	0.021	0.52	0.3	
西湖溪	二湖坑排水	1.35	2.8	114	0.0408	0.5	0.26	
西湖溪	楓府坑排水	1.11	1.1	14	0.0127	0.38	0.21	
西湖溪	斧頭坑排水	3.04	4.21	104	0.0247	0.83	0.54	
西湖溪	營盤坑排水	2.57	3.04	87	0.0287	0.61	0.36	
西湖溪	大坑排水	1.49	2.5	69	0.0276	0.54	0.3	
西湖溪	鳩母坑排水	11.87	4.81	98	0.0204	1	0.69	
西湖溪	高埔排水	4.12	5.6	95	0.017	1.2	0.9	
西湖溪	五湖排水	1.7	2.01	45	0.0224	0.49	0.27	
西湖溪	四季坑排水	1.51	3.01	35	0.0116	0.86	0.61	
西湖溪	新埤圳排水	4.56	2.55	44	0.0173	0.65	0.4	
西湖溪	烏眉溪排水	13.07	8.74	254	0.0291	1.37	1.01	
西湖溪	水尾溪排水	24.61	6.39	267	0.0418	0.94	0.6	
西湖溪	二十份排水	2.02	3.13	96	0.0307	0.61	0.35	

第四章 特定集水區降雨事件資料蒐集與集流時間估算

第一節 流域及測站介紹

根據前期成果，計畫中選擇宜蘭河流域、頭前溪支流油羅溪流域、典寶溪排水集水區與八股排水集水區等 4 個集水區，以上集水區可區分為河川(宜蘭河及油羅溪)與排水(典寶溪及八股排水)；檢視前期計畫執行期間內及挑選集水區內的颱風事件，再者分析控制點流量歷線與其上游雨量站雨量組體圖以推求各颱風事件的集流時間。集水區內控制點、上游雨量站及颱風事件檢視時間範圍則列於表 4-1；以上集水區位置如圖 4-1 所示。

表 4-1 集水區內控制點與上游雨量站資訊

流域	控制點 站名 站號	上游雨量站名 (站號，管理單位)	颱風事件 檢視時間範圍
宜蘭河	西門橋 2560H019	大礁溪站 (C0U870，中央氣象局)	2012 - 2018
頭前溪支流 油羅溪	內灣 (義興橋) 1300H013	鳥嘴山 (01D190，水利署)	2021
典寶溪排水	五里林橋 1680H004	深水國小 (SSGX，颱風中心)	2012 - 2018
八股排水	延壽宮 D5	柯湳 (R2，水利規劃試驗所)	2019-2022

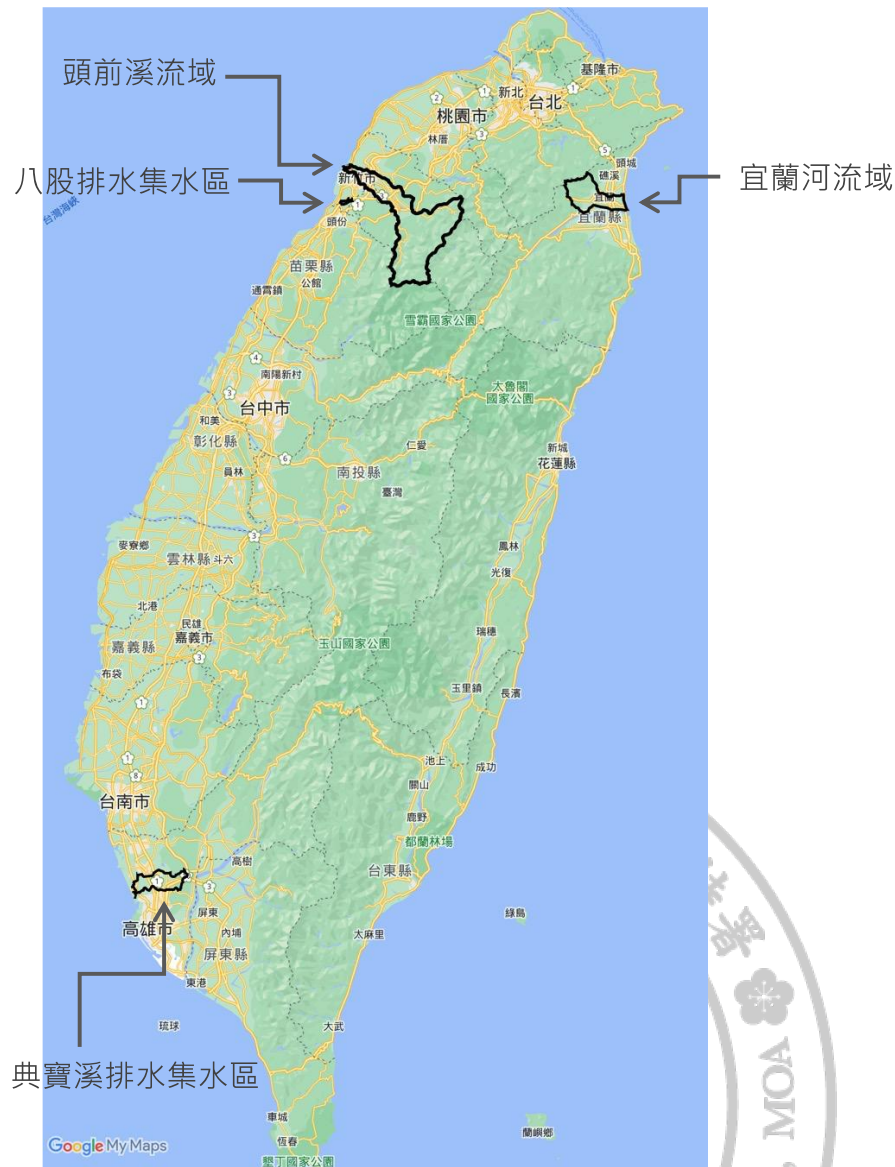


圖 4-1 擇定分析集水區位置：宜蘭河、頭前溪、典寶溪排水及八股排水

一、宜蘭河西門橋站

宜蘭河發源宜蘭縣礁溪鄉與新北市烏來區界雪山山脈的大礁溪山和小礁溪山，其發源標高約為 1160 m，西起雪山山脈之大、小礁溪與大湖溪沖積扇，東至壯圍沙丘海岸，地勢西高東低，呈坡度下降，其源頭為五十溪山西峰，大湖溪為宜蘭河之支流，於員山鄉員山大橋附近匯合五十溪後，至下游再與大礁溪、小礁溪匯合，於新城附近匯集成宜蘭河主流，並於宜

蘭市北邊壯圍鄉附近匯入蘭陽溪。流域面積 149.06 km²，主流長 17.25km，水域涵蓋礁溪、員山、宜蘭、壯圍等鄉市為蘭陽溪北岸的主要河川。宜蘭河流域範圍及本研究中分析的水位流量站(西門橋站)與雨量站(大礁溪站)如表 4-2。圖 4-2 為宜蘭河與其子集水區河川特性彙整。宜蘭河由下游至上游分別規劃為河口生態區、農村生活區、都市生活區、田園景觀遊憩區、山坡地保育區等，流域內土地利用依用途可分為農業區、保護區、河川用地、住宅區、商業區及工業區等。流域內已列入土地使用分區面積為 14,446 公頃，佔總面積之 80%；其中，都市計畫區共計 2,220 公頃(佔 12.3%)，非都市土地面積 12,226 公頃(佔 68%)。

表 4-2 宜蘭河與其子集水區河川特性表

河流名稱	流域面積 (km ²)	主流長度 (km)	河床平均坡度(比降)
宜蘭河	149.06	17.25	1/300~1/2000
小礁溪	26.57	9.57	1/20 ~1/300
大礁溪	28.53	11.97	1/20 ~1/300
五十溪	32.60	14.16	1/20 ~1/300
大湖溪	13.60	9.30	1/100~1/300



圖 4-2 宜蘭河流域範圍及擇定分析之水位流量與雨量站

圖 4-3 為西門橋水位流量站。西門橋站為水利署水位流量站，測站編號為 2560H019，位置坐標為 TWD97 (X,Y) = (325294, 2739167)。台灣颱風洪水研究中心(已於 2018 裁撤)西門橋上於 2012 至 2018 年間設置固定式微波雷達表面流速儀 2 座，以觀測表面流速及進行流量推估。對應分析的雨量站為大礁溪站(流域內最上游雨量站)，屬中央氣象局，編號為 C1U610，位置坐標為 TWD97 (X,Y) = (317747, 2742447)。



圖 4-3 西門橋水位流量站 (由上游往下游拍攝)

二、頭前溪支流油羅溪內灣站

油羅溪集水區位於頭前溪流域內，北鄰鳳山溪流域、東接淡水河流域，集水面積約 177.8 km^2 ，主要水系為油羅溪，屬中央管河川頭前溪上游支流，流長約 26 km，油羅溪主要發源於尖石鄉李棟山標高 1,913m，流經煤源至新樂處匯入水田溪，繼續西行至尖石處再匯入那羅溪，然後流經 內灣至增昌大橋處，溪流走出山谷，注入沖積平原並與上坪溪在竹東東北隅交會後稱頭前溪，平均坡度約 $1/47$ 。油羅溪流域範圍及本研究中分析的水位流量站(內灣站)與雨量站(清泉站)如圖 4-4。油羅溪流域之土地利用現況，因其均屬山區地形，為辮狀河川且屬 U 型河谷，故高灘地面積狹小。油羅溪流

域年平均逕流量約為 $300 \times 10^6 \text{ m}^3$ 。油羅溪流域年平均降雨量約為 2,023 毫米，受季風及颱風之影響，雨量集中於每年 3 月至 9 月，月平均量為 168.68 毫米至 368.38 毫米，而每年 10 月至翌年 2 月份左右為乾季，降雨量低於全年之 20%。油羅溪大部分河段為坡陡流急之山區河川型態，其河槽呈 U 字型，無明顯之低水流路，河床質呈雙峰型分布，礫石、塊石及砂土含量均多，中間粒徑之含量少。



圖 4-4 頭前溪(含油羅溪與上坪溪)範圍及擇定分析之水位流量與雨量站

圖 4-5 為內灣水位流量站(義興橋)。內灣站為水利署水位流量站，測站編號為 1300H013，位置坐標為 TWD97 (X,Y) = (268333, 2732879)；並設置固定式微波雷達表面流速儀 1 座，以觀測表面流速及進行流量推估。對應分析的雨量站為鳥嘴山站(流域內最上游雨量站)，屬水利署，編號為 01D190，位置坐標為 TWD97 (X,Y) = (278705 2734700)。



圖 4-5 內灣水位流量站 (義興橋，下游側)

(三) 高雄典寶溪排水五里林橋站

典寶溪排水為中央管區域排水，而支線排水則為市管區域排水。典寶溪排水發源於高雄市燕巢區烏山頂，發源地標高約 320m，向西流經高雄市燕巢區、大社區後，流經部份高雄市楠梓區轄區，再轉入高雄市橋頭區、岡山區、梓官區等區域，而於蚵子寮漁港南側約 750m 處注入台灣海峽，流域北鄰阿公店溪流域，南為後勁溪排水流域，東至中央山脈丘陵帶，大抵與高雄市燕巢區、大社區轄區邊界重合，西側邊界至高雄市彌陀區轄區邊界。圖 4-6 為典寶溪排水集水區範圍及擇定分析之水位流量與雨量站。圖 4-7 為典寶溪排水集水區排水幹線圖。

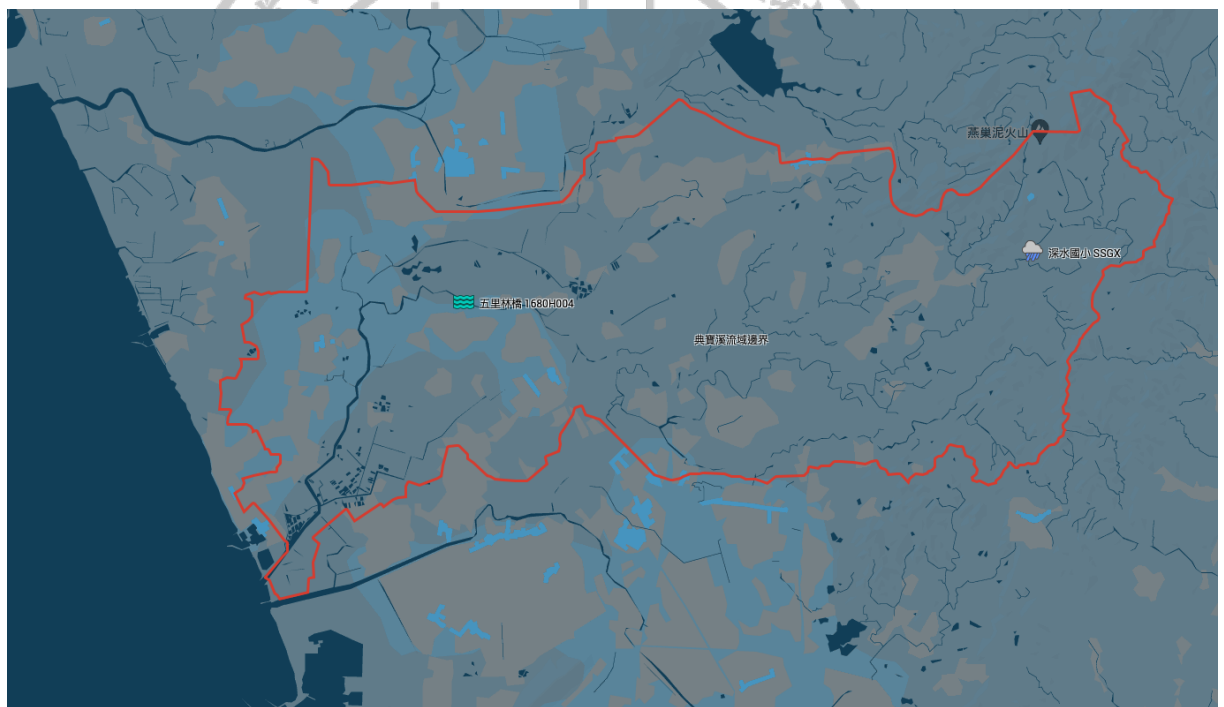


圖 4-6 典寶溪排水集水區範圍及擇定分析之水位流量與雨量站

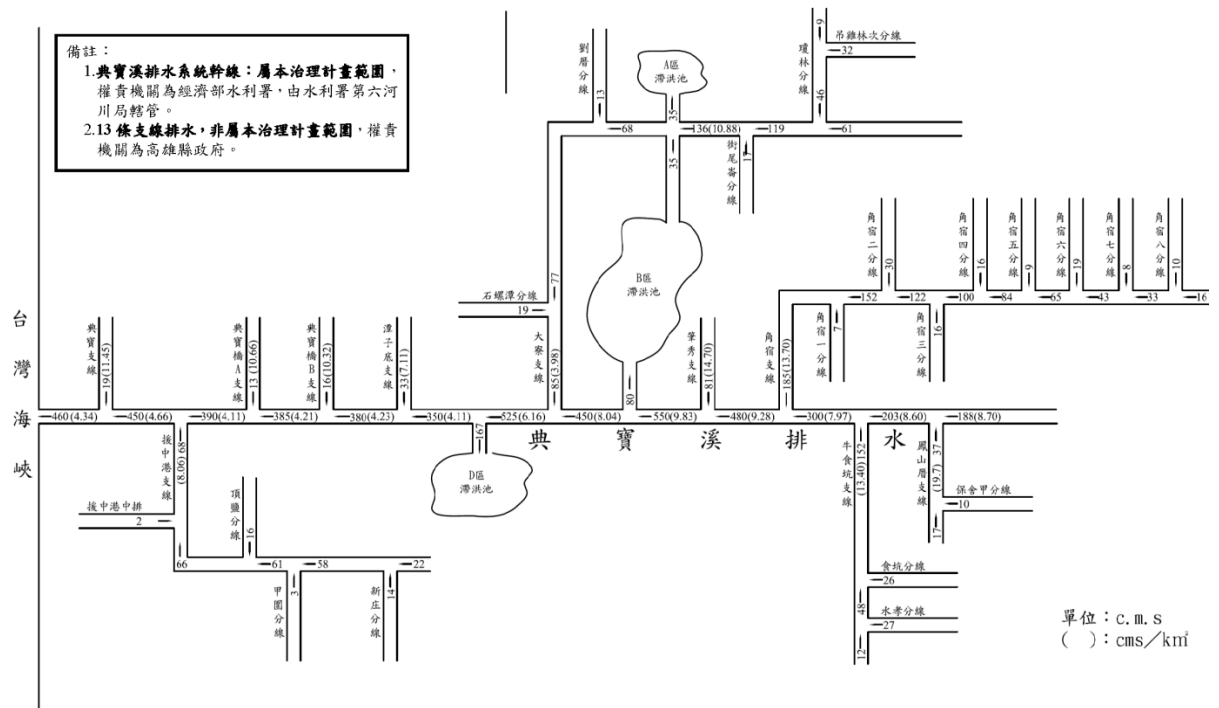


圖 4-7 典寶溪排水集水區排水幹線圖

流域範圍內大部份為平原，貫穿流域主要幹道有高速公路及縱貫鐵、公路(台 1、台 17)，其他如縣道(183 號、186 號、188 號)、鄉鎮市間聯絡道路等密佈如網狀，交通極為便利。典寶溪排水幹流長度約 32km，集水面積約 106km²，地勢自東向西傾斜，流域東西向長約 19km，南北平均寬約 6km，其中，中山高速公路西側排水幹線渠床平均坡降約 1/1586，中山高速公路東側排水幹線渠床平均坡降則約達 1/280，顯示中山高速公路西側地勢平坦，而東側地勢相對陡峻，河流平均坡度則約為 1/400。坡陡流短，洪峰到達時間甚短。典寶溪排水集水區內中山高速公路西側為人口與產業密集區，主要都市計畫區有，岡山交流道特定區、高雄新市鎮特定區、梓官都

市計畫、岡山都市計畫、高雄大學特定區，以及變更高雄都市計畫區等。

流域範圍內山區面積約 2,860 公頃(佔 26.7%)，一般農地面積約 4,700 公頃(佔 43.9%)，台糖農場面積約 1,900 公頃(佔 17.8%)，建地及公共設施約 1,240 公頃(佔 11.6%)。

圖 4-8 為五里林橋水位流量站。五里林橋站為水利署水位流量站，測站編號為 1680H004，位置坐標為 TWD97 (X,Y) = (177557, 2518815)。五里林橋上於 2012 至 2018 年間設置固定式微波雷達表面流速儀 2 座，以觀測表面流速及進行流量推估。對應分析的雨量站(集水區內最上游雨量站)為深水國小站，屬台灣颱風洪水研究中心(已於 2018 裁撤)，編號為 SSGX，位置坐標為 TWD97 (X,Y) = (188923, 2519776)。





圖 4-8 五里林橋水位流量站 (由上游往下游拍攝)

(四) 新竹八股排水延壽宮站

八股排水系統位於新竹市香山區南端，其東起茄苳里，經大湖、內湖里後，於內湖橋旁排入鹽港溪，係新竹市香山區南側主要排水路徑。本集水區東臨客雅溪流域，北與海水川溪、三姓溪流域相接，南邊則與鹽港溪流域毗鄰，集水區面積約 7.89 km²。整體八股排水系統包含排水系統幹線及其六條支線，總長 7.918 km (幹線 5.3 km、支線 2.618 km)，平均坡降為 0.00613。地形上主要分為丘陵台地及河谷平原：幹線位於河谷平原，約佔集水區面積之 30%；計畫區內多為海拔高程低於 100 m 之低矮丘陵地，約

佔全集水區面積之 70%，地勢由東向西逐漸降低。圖 4-9 為八股排水集水區範圍及擇定分析之水位流量與雨量站。

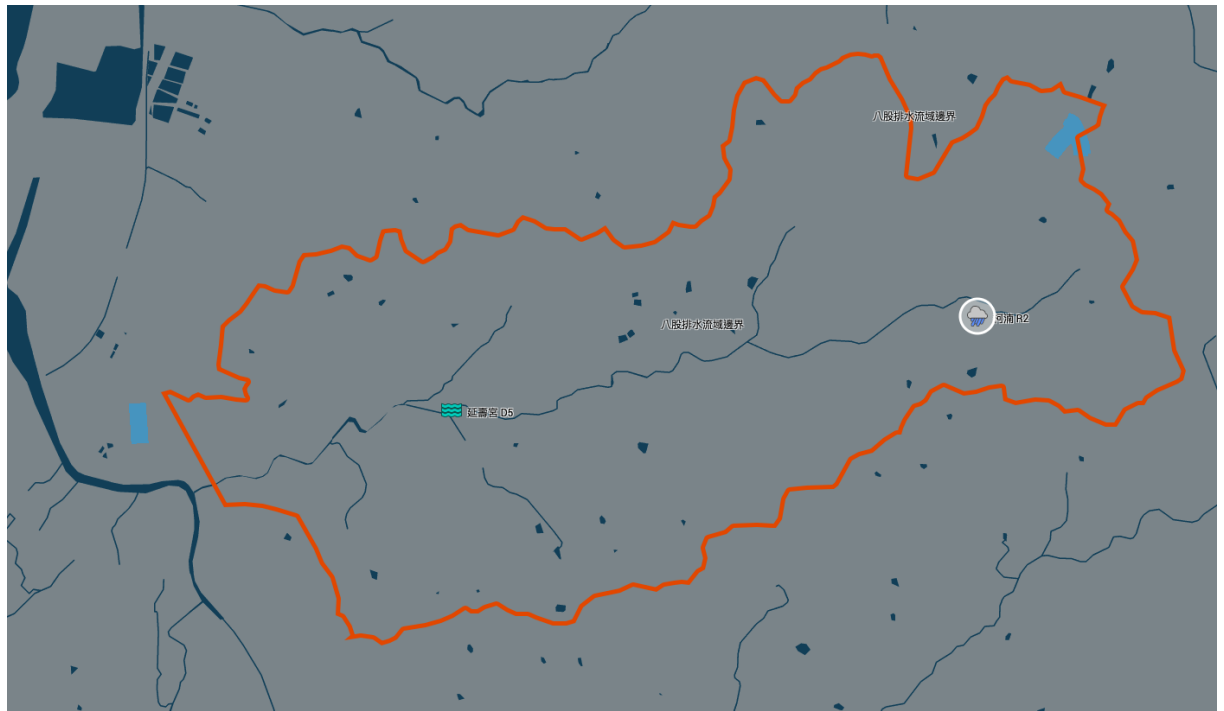


圖 4-9 八股排水集水區範圍及擇定分析之水位流量與雨量站

八股排水系統屬新竹市香山區，雖全區已納入新竹市都市計畫(香山丘陵地區)草案中，但集水區內因聚落人口較為分散，故尚無雨水下水道系統。八股排水系統集水區目前亦無完整之灌溉系統，當地居民僅透過簡易之引水設施引水，或抽取地下水進行灌溉，因耕地面積不大，故灌溉用水量不高。

由於台灣區域排水的水路系統複雜且土地使用方式多元，採用預設水文水理數值模式參數不易反映合理水文水理現象。為提升數值模擬的精確度，需透過試驗流域完整且長期的水文觀測，提供集水區內不同土地利用

下數值模式檢定驗證，提升水文水理模式參數正確性。自 2019 起水利規劃試驗所利用八股排水集水區試驗流域建置各水文測站及進行觀測，並進行不同流速量測方式觀測技術研究，觀測資料包含雨量、水位、表面流速及流量等，以利應用於水文水理數值模式檢定驗證。目前已於主流上設置水位計 10 座，支流上水位計 8 座，雨量站 2 座，水位流量站 6 座。

圖 4-10 為延壽宮水位流量站。延壽宮站為水利規劃試驗所於八股排水試驗流域的水位流量站，測站編號為 D5，位置坐標為經緯度(N_o, E_o) = (24.74430, 120.92136)。延壽宮站橋上設置固定式微波雷達表面流速儀 1 座，以觀測表面流速及進行流量推估。對應分析的雨量站(集水區內最上游雨量站)為柯涌站，屬水利規劃試驗所，編號為 R2，位置坐標為經緯度(N_o, E_o) = (24.74662, 120.95110)。





圖 4-10 延壽宮水位流量站 (由下游往上游拍攝)

第二節 現場流量觀測與流量歷線推估

一、現場流量觀測

為提高流量觀測效率，計畫中將參考並調整水利署現行「全洪程觀測作業標準流程」規劃現場流量觀測計畫，其中包含前置、啟動、觀測、解除及後製等 5 步驟。前置作業將綜整「水利防災中心水情預警資訊網」、「中央氣象局劇烈天氣監測系統」、「中央氣象局定量降水預報」、「國家災害防救災科技中心 天氣與氣候監視網 定量降雨估計及系集降雨預報」與「水利署水文資訊服務網整合服務系統即時水文」等資訊後決定出勤日期與時間。觀測出勤日主要為預報降雨量最大日，並儘量掌握颱洪事

件期間水位上升段與退水段。觀測作業則利用聲波都卜勒流速剖面儀 (Acoustic Doppler current profiler, ADCP) 並採定點長時作業方式掌握流量歷程。觀測作業則白天進行入夜後解除。詳細作業流程如圖 4-11。計畫中分析之測站皆已有裝設自動傳輸系統雷達波水位計。

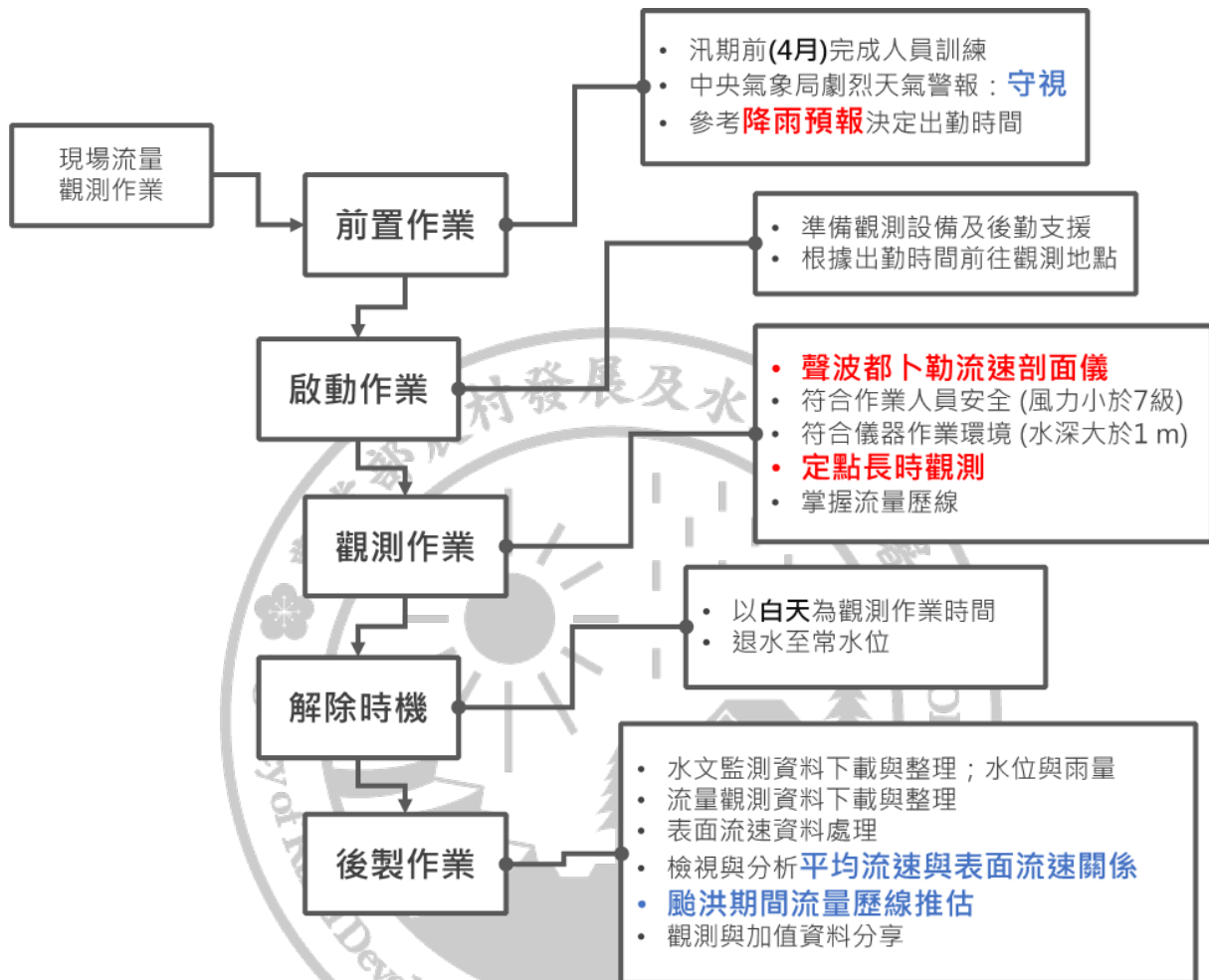


圖 4-11 現場流量觀測作業流程

計畫中現場流量觀測時將採用聲波都卜勒流速剖面儀(ADCP)，其儀器使用 SonTek 公司所生產 RiverSurveyor M9 系統(圖 4-12)。RiverSurveyor M9 量測流速原理簡要為由水下之聲波發射端射出聲波，當聲波碰到河川中的

懸浮物而反射，此時由接收端接收反射波，由接收聲波頻率的改變並利用聲波都卜勒位移原理計算水流速度，RiverSurveyor M9 量測原理示意如圖 4-13。現場觀測時可得通水斷面積上每一單元面積上的流速，再乘以單元面積後加總可得整體流量。測得的通水斷面積流速分佈如圖 4-14。操作方式為將 ADCP 架設於船形載具上，將船形載具於橋梁下游側垂降至水面上，操作人員則於橋面上順水流將載具於兩岸間以穩定速度來回拖曳，並量測記錄流速剖面與計算流量。實際操作情況如圖 4-15。SonTek RiverSurveyor M9 系統流速量測範圍為 ± 20 m/s，可觀測水深範圍為 0.2–80 m。本團隊使用的 ADCP 型號為 SonTek M9；根據前期計畫執行經驗，該設備以船載水面拖曳方式觀測測站流量；若水面寬為 50 m，每筆流量觀測的時間少於 3 分鐘。因此現有 ADCP 可掌握瞬時的流量，減少觀測時間所造成的流量觀測誤差。

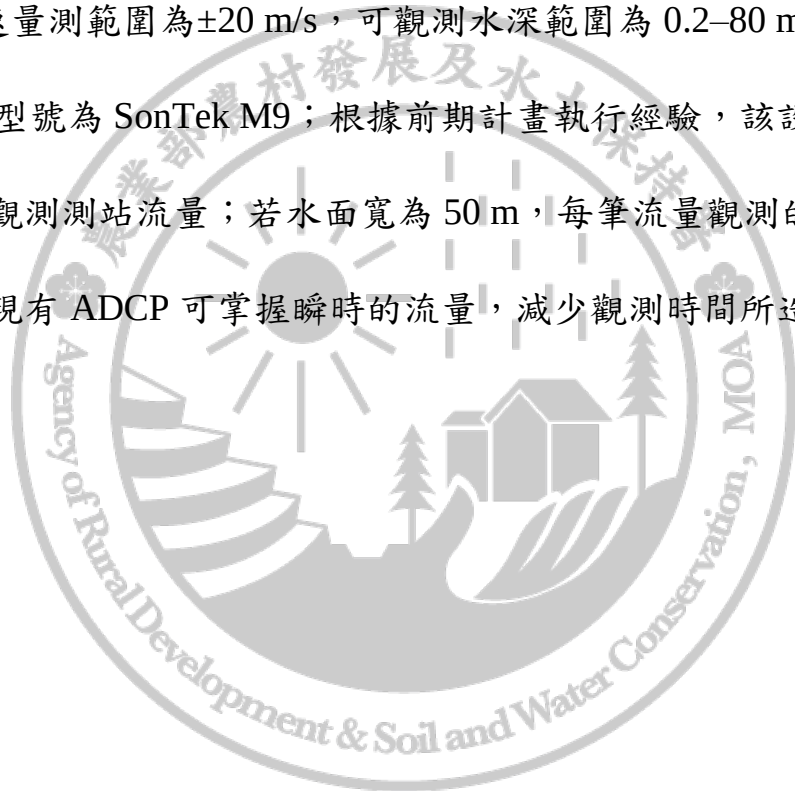




圖 4-12 聲波都卜勒流速剖面儀 ADCP；SonTek RiverSurveyor M9 系統

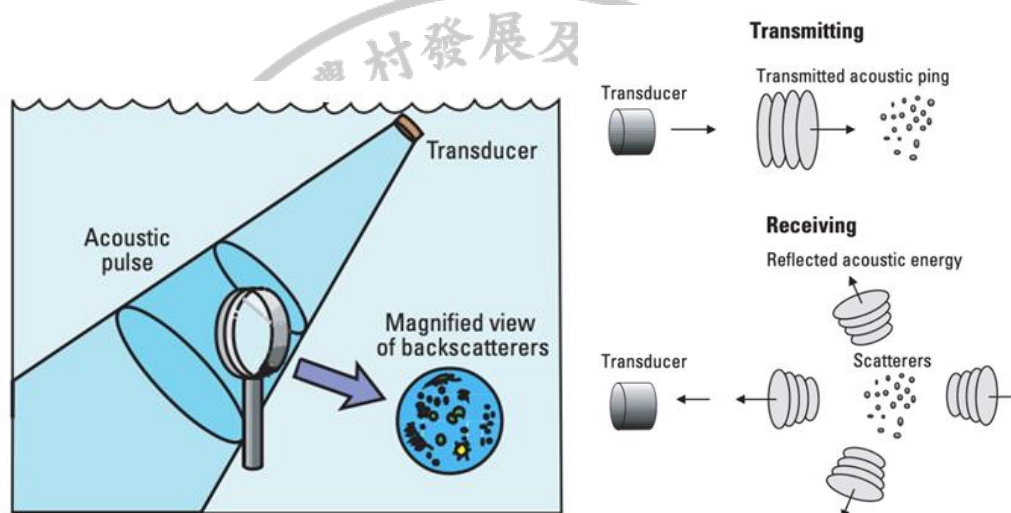


圖 4-13 聲波都卜勒流速剖面儀工作原理

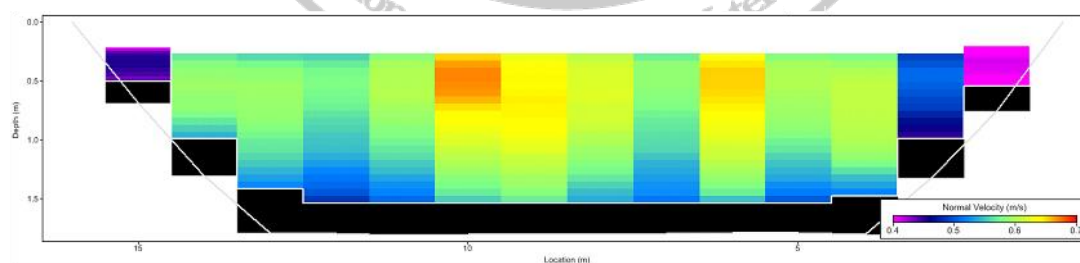


圖 4-14 RiverSurveyor M9 所觀測的通水斷面積流速分佈示意圖



圖 4-15 聲波都卜勒流速剖面儀現場操作情況；以頭前溪支流內灣為例
(2021 盧碧颱風)

二、流量歷線推估方法：指標表面流速法

透過現場流量觀測獲得流量資料後，可與對應時間的表面流速資料進行迴歸分析，以率定雷達波表面流速儀的平均與表面流速關係。計劃中擇定分析的測站則是利用現場流量觀測資料與測得的表面流速率定平均與表面流速關係，並推估擇定颱風事件流量。平均與表面流速關係分析流程如圖 4-16。

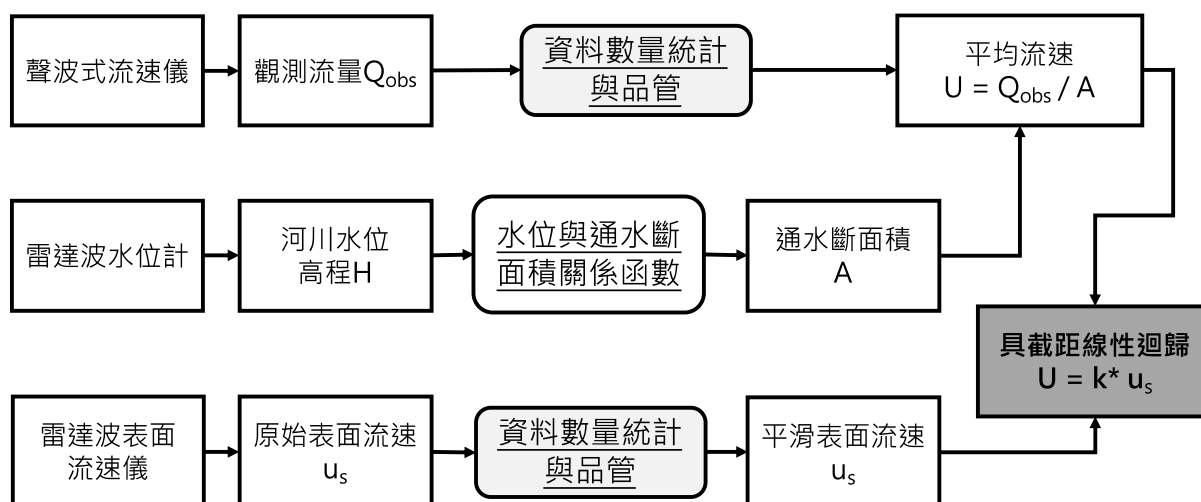


圖 4-16 雷達波表面流速儀平均與表面流速關係方式評估流程

待擇定合適的平均與表面流速關係後，下一步則將整合表面流速資料品管作業與流量推估方法，推估年度颱風事件完整的流量歷線，並配合河川局需求改善示範測站水位流量率定曲線。目前水利署未針對表面流速資料進行品管作業，然而表面流速資料的正確性將影響後續流量推估的可信度，因此計畫中將建立表面流速資料品管作業流程，其中包含資料上下限設定、離群值剔除與補遺及降低資料雜訊等 3 步驟；資料補遺則應用歷史資料所建立的水位與表面流速關係，降低資料雜訊則嘗試採用區域加權迴歸。表面流速資料品管作業初步規劃流程如圖 4-17。不過資料反映測站水文特性，因此若原設定方法不能有效處理，則需依照測站水文特性採用其他方法。接續將整合平均與表面流速關係及表面流速資料品管作業建立流量推估作業流程，計畫中採用「指標表面流速法」，此方法為參考美國地質調查所的指標流速法所研發。指標表面流速法的基本作業流程如圖

4-18；以內灣站為例，全斷面平均與表面流速關係如圖 4-19，而再以 2021 璨樹颱風為例，流量推估成果將呈現如圖 4-20。

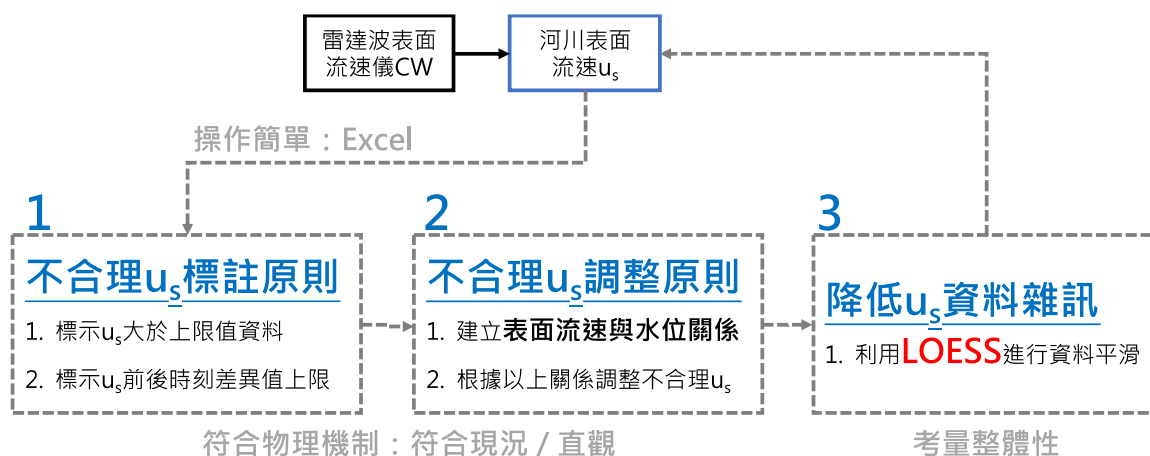


圖 4-17 表面流速資料品管作業流程規劃

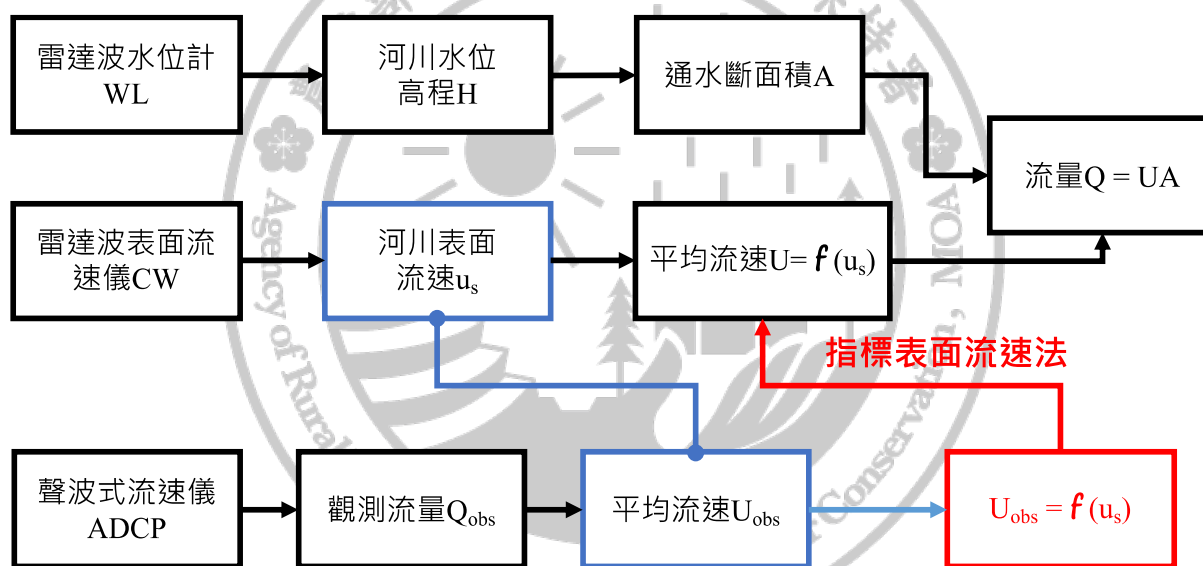


圖 4-18 流量推估作業流程：指標表面流速法

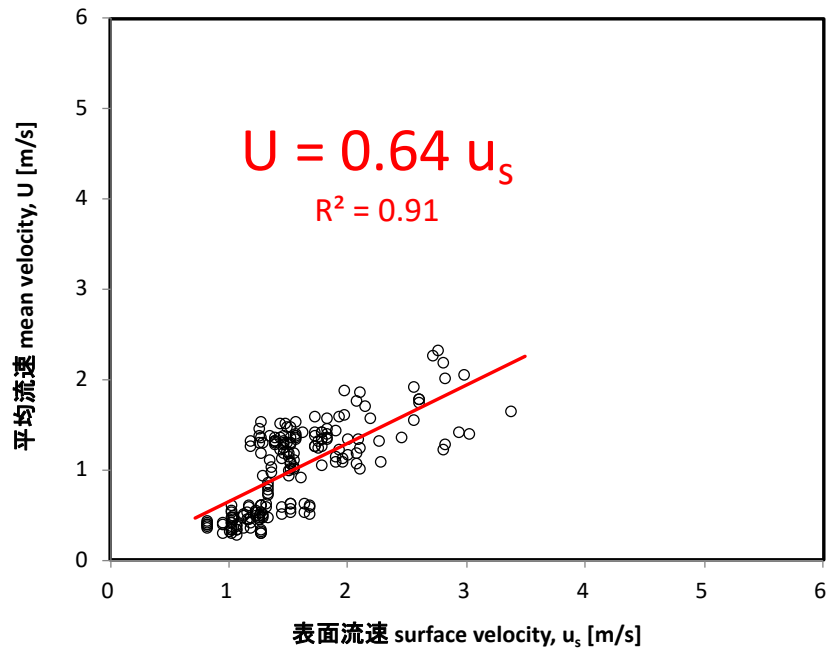


圖 4-19 內灣站全斷面平均與表面流速關係

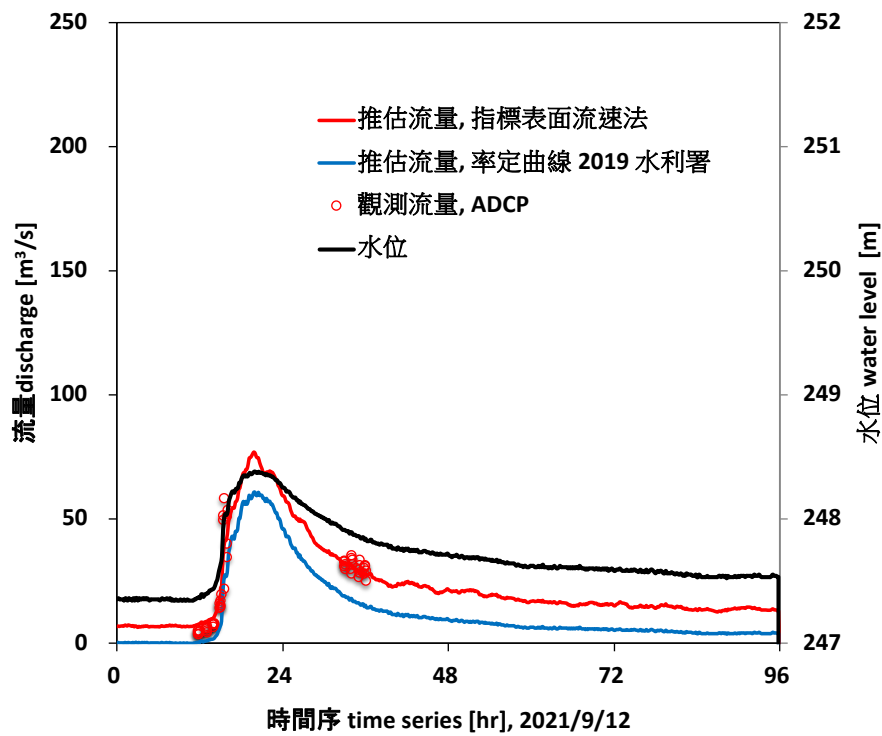


圖 4-20 流量推估成果 (內灣站為例)：2021/9/12–9/15 璨樹颱風

三、集流時間推估方法

集流時間定義為均勻降雨所匯集的水流由集水區最遠端流動至下游出口點或控制測點所需之時間。然而集水區最遠端常無雨量站，且考慮擇定分析的水位流量站已有推估流量歷線及上游集水區雨量站已有雨量資料，因此計畫中將應用實測流量及雨量資料並利用以下 3 種方式推估集水區內各颱風事件的集流時間；以下方法為假設集水區為均勻降雨。

(1) 稽延時間除以 0.6 (USGS)。

(2) 逕流歷線開始上升至洪峰流量發生的時間間距 (角屋與福島 1976)，如圖 4-22。

(3) 有效降雨終止至直接逕流歷線退水段反曲點的時間間距(李光敦 2005)，如圖 4-22。

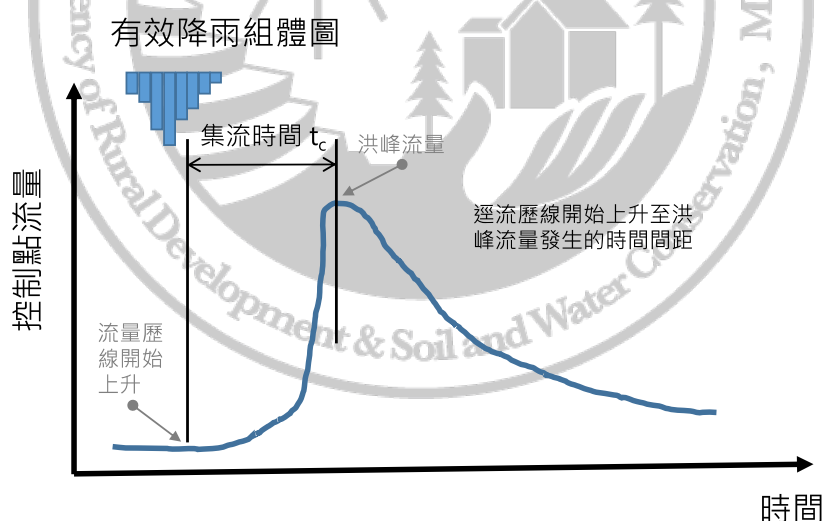


圖 4-21 集流時間推估方法 2：逕流歷線開始上升至洪峰流量發生的時間間距

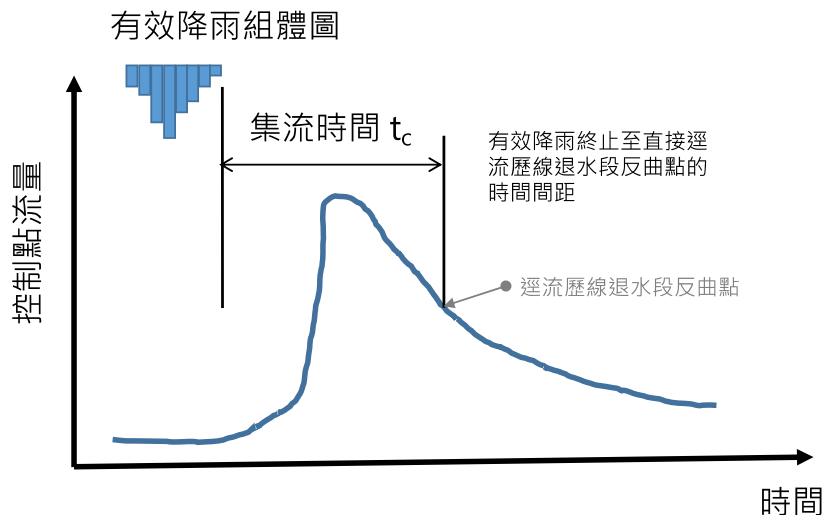


圖 4-22 集流時間推估方法 3：有效降雨終止至直接逕流歷線退水段反曲點的時間間距

第三節 颱風事件選擇與集流時間推估成果

以下各節分別為宜蘭河西門橋站、頭前溪支流油羅溪內灣站、高雄典寶溪排水五里林橋站及新竹八股排水延壽宮站等 4 站的集流時間分析結果；分析颱風事件案例數量分別為 9、24、14 及 23 場，共計 70 場。計畫中分析現地觀測資料推求事件集流時間並未考慮地表漫地流，而僅檢視測站(控制點)與集水區最上游測站的關係；因為研究集水區中並無漫地流觀測資料。

一、宜蘭河西門橋站

表 4-3 為宜蘭河西門橋站集流時間分析成果彙整；共計 9 場事件，主要為颱風事件。圖 4-23 至圖 4-31 則為各分析颱風事件期間的大礁溪雨量

站降雨組體圖與西門橋水位流量站流量歷線。彙整推估結果顯示利用逕流歷線開始上升至洪峰流量發生的時間間距所得集流時間 tc_2 遠大於其他推估值，因此 tc_2 不納入分析。綜合其他集流時間推估結果，宜蘭河西門橋站的集流時間約為 3.67 hr。若採用加州公路局公式、Rziha 公式及周文德公式計算集流時間，則顯示算得集流時間明顯小於實測值。

表 4-3 宜蘭河西門橋站集流時間分析成果

編號	事件 (起始日期)	颱風名稱	稽延時間 [hr]	集流時間 tc_1 (=稽延時間/0.6) [hr]	集流時間 tc_2 (逕流歷線開始上升至洪峰流量發生的時間間距) [hr]	集流時間 tc_3 (有效降雨終止至直接逕流歷線退水段反曲點的時間間距) [hr]
X1	2012/7/29	蘇拉 SAOLA	3.07	5.11	53.73	-
X2	2013/7/11	蘇力 SOULIK	2.17	3.61	9.17	5.67
X3	2014/9/19	鳳凰 FUNG-WONG	2.17	3.61	-	-
X4	2015/8/7	蘇迪勒 SOUDELOR	1.00	1.67	11.17	-
X5	2015/9/27	杜鵑 DUJUAN	4.83	8.06	29.83	1.50
X6	2016/9/26	梅姬 MEGI	2.00	3.33	11.67	-
X7	2017/9/29	0929 豪雨	3.50	5.83	4.67	0.17
X8	2017/10/13	1013 豪雨	4.00	6.67	11.83	-
X9	2018/11/1	玉兔 YUTU	3.67	6.11	-	-
平均值 (採用全部案例)			2.93	4.89	18.87	2.44
公式計算集流時間 [hr]			加州公路局公式	Rziha 公式	周文德公式	
			1.26	0.81	1.83	

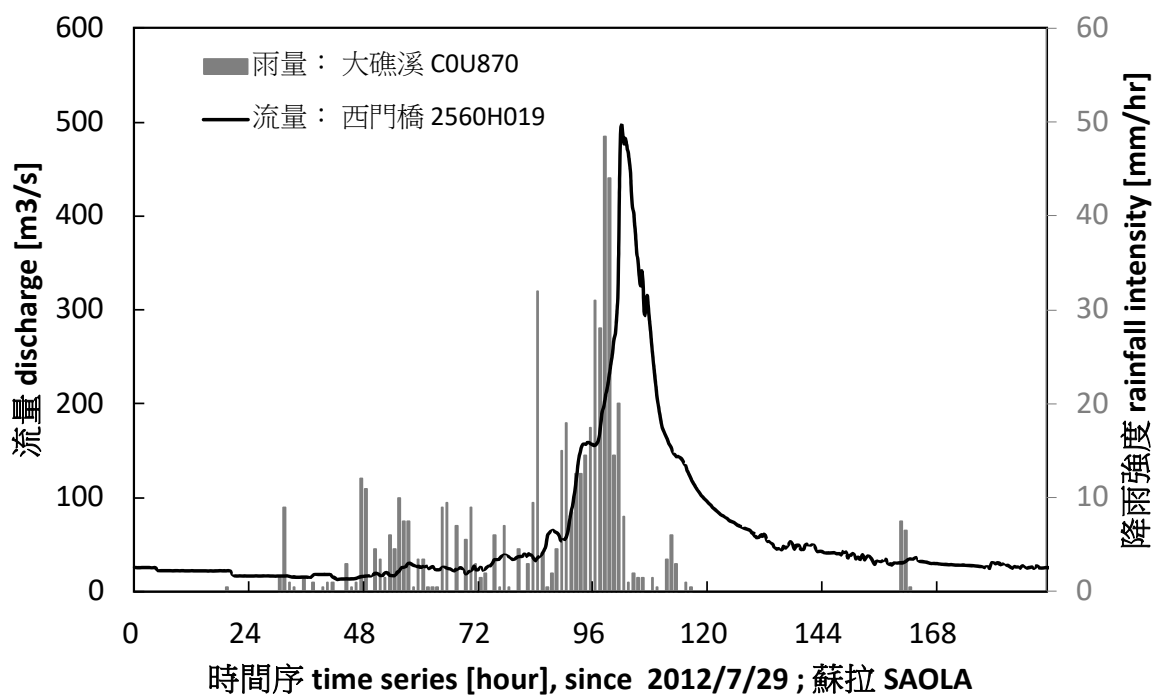


圖 4-23 宜蘭河西門橋站颱洪事件降雨與流量歷線：事件編號 X1

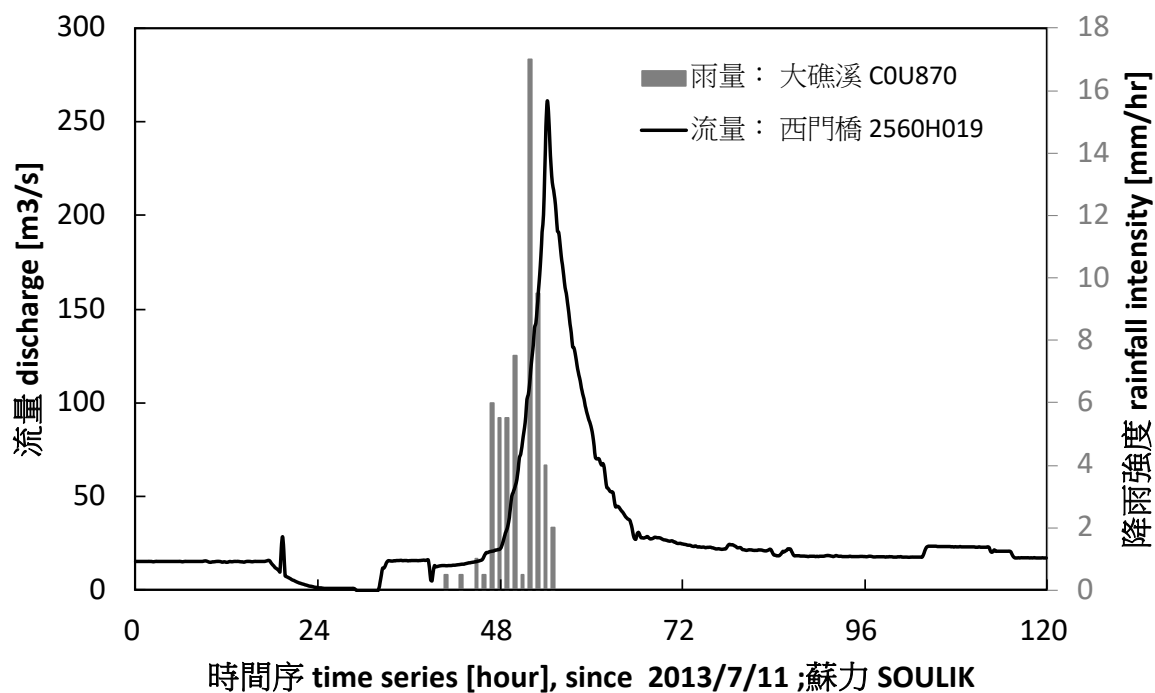


圖 4-24 宜蘭河西門橋站颱洪事件降雨與流量歷線：事件編號 X2

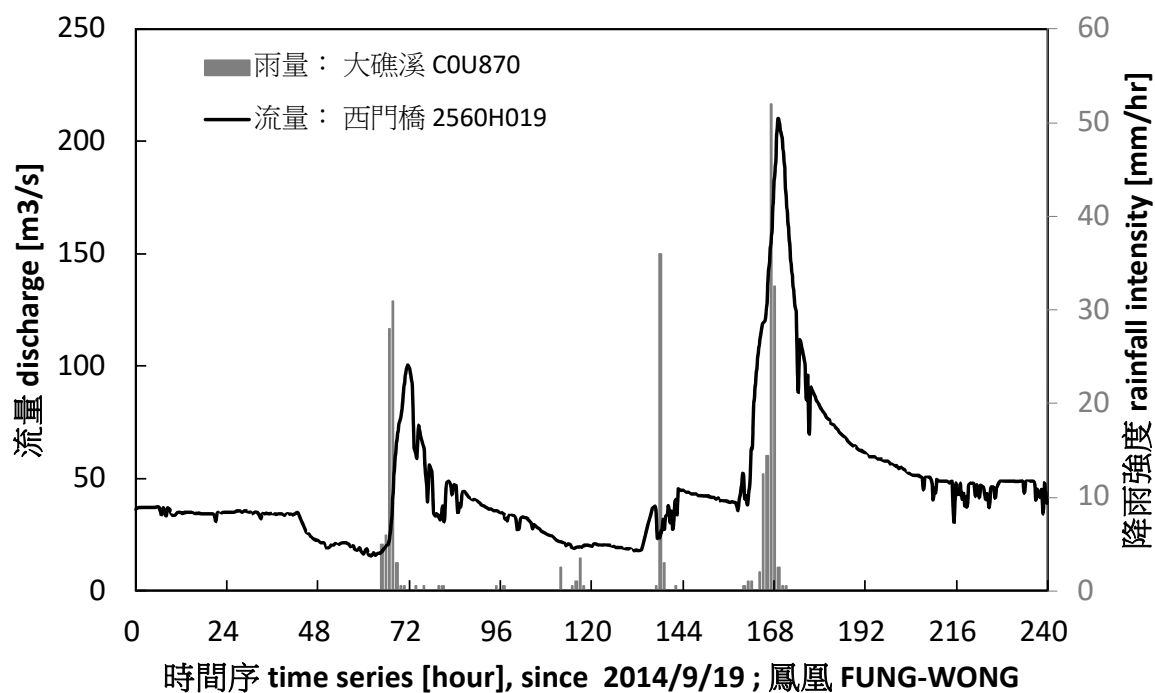


圖 4-25 宜蘭河西門橋站颱洪事件降雨與流量歷線：事件編號 X3

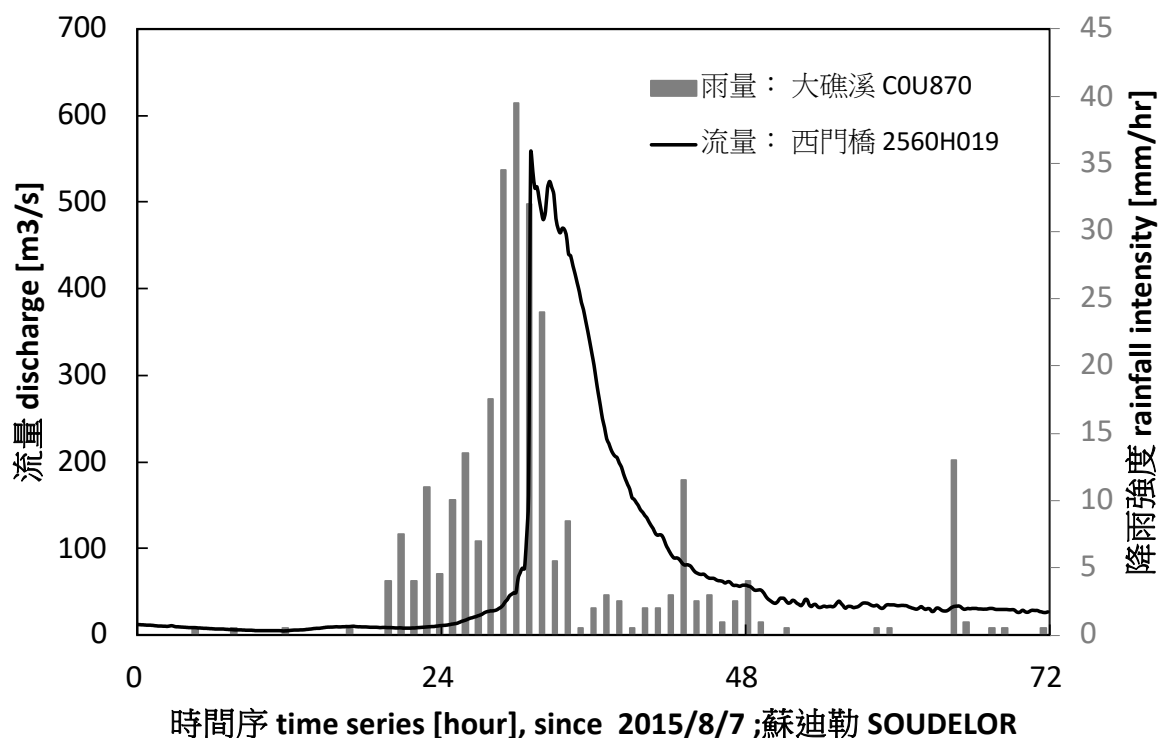


圖 4-26 宜蘭河西門橋站颱洪事件降雨與流量歷線：事件編號 X4

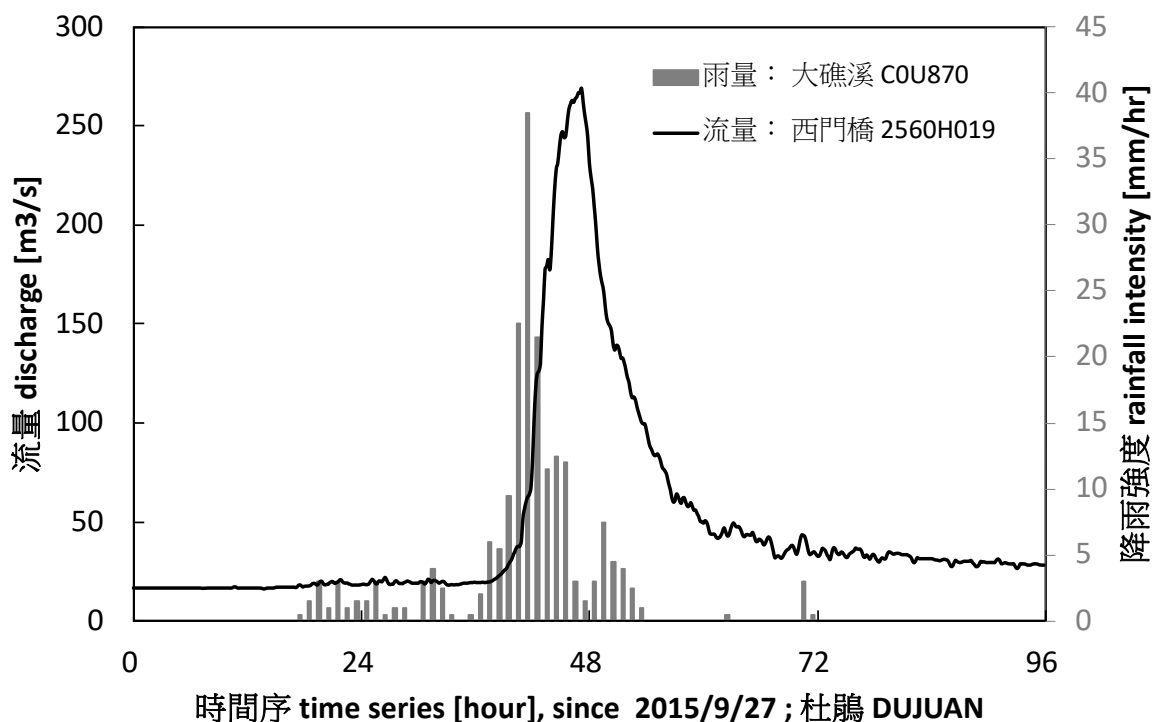


圖 4-27 宜蘭河西門橋站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 X5

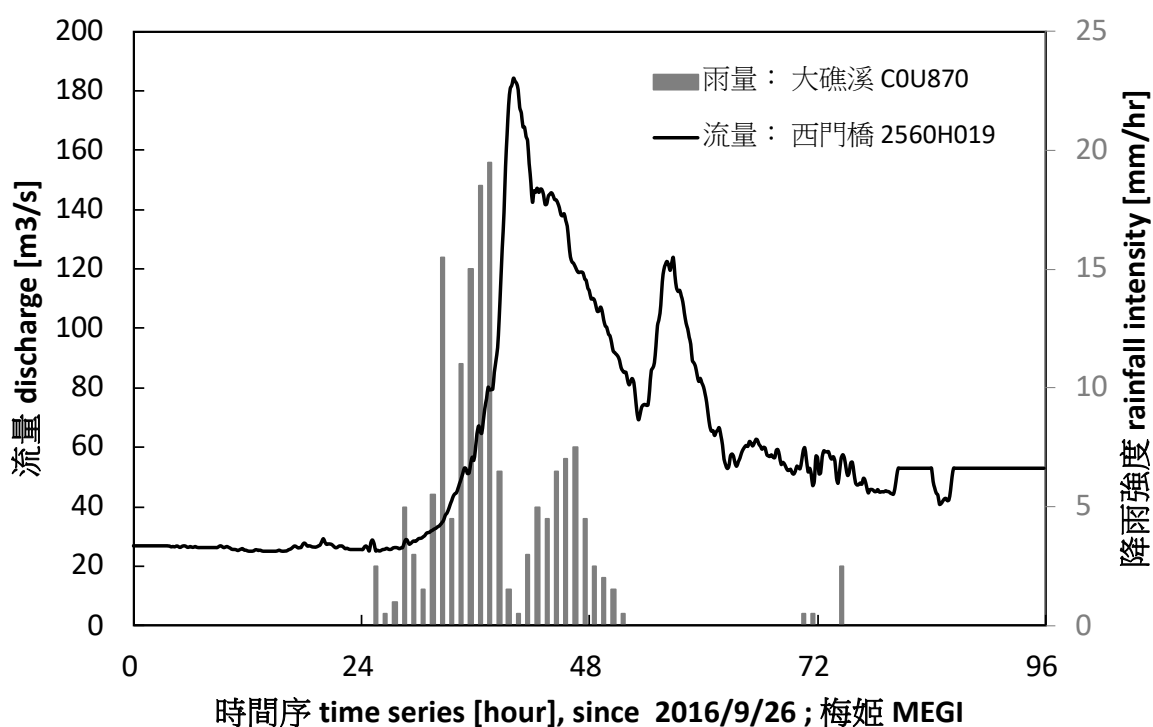


圖 4-28 宜蘭河西門橋站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 X6

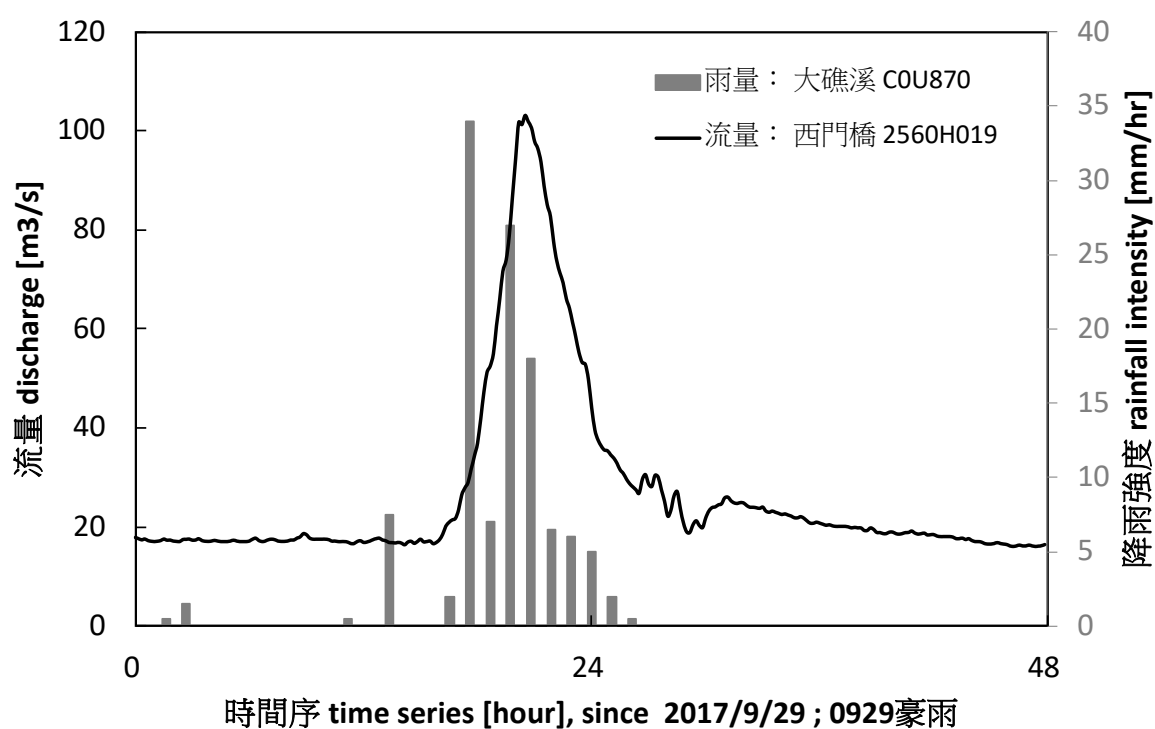


圖 4-29 宜蘭河西門橋站颱洪事件降雨與流量歷線：事件編號 X7

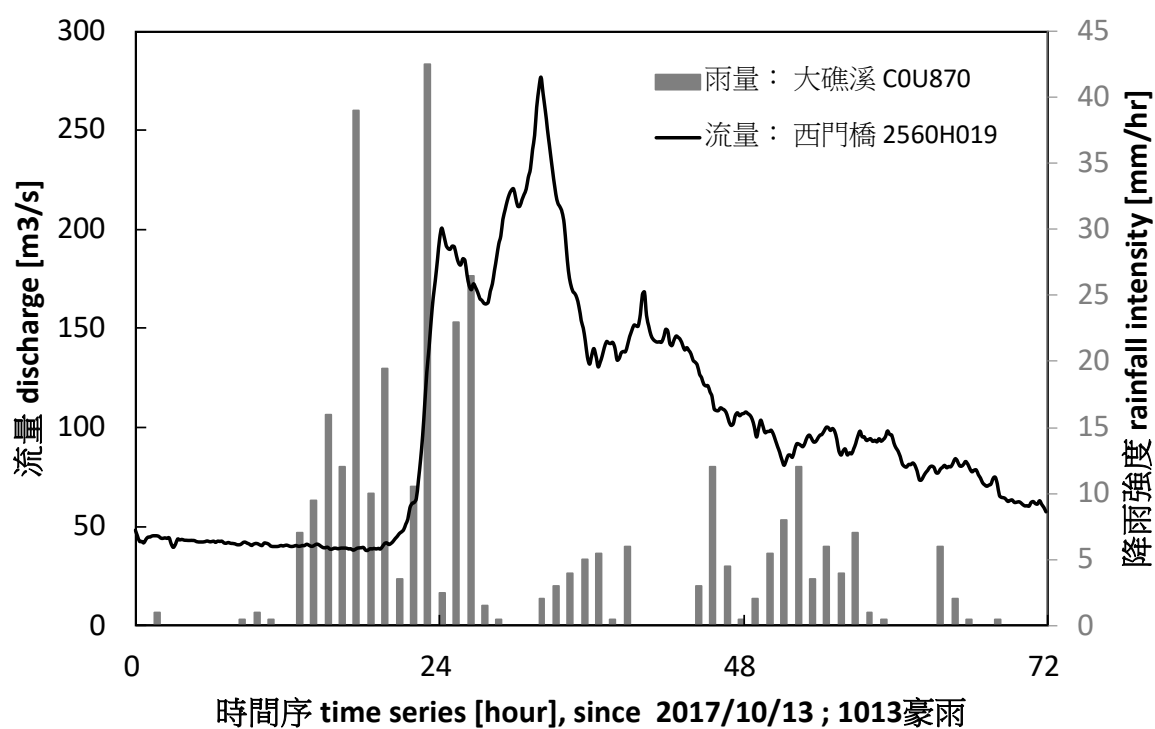


圖 4-30 宜蘭河西門橋站颱洪事件降雨與流量歷線：事件編號 X8



圖 4-31 宜蘭河西門橋站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 X9

二、頭前溪支流油羅溪內灣站

表 4-4 為頭前溪支流油羅溪內灣站集流時間分析成果彙整；共計 24 場事件，主要為颱風、梅雨及豪雨事件。圖 4-32 至圖 4-55 則為各分析颱風事件期間的烏嘴山雨量站降雨組體圖與內灣水位流量站流量歷線。計畫中求取各集流時間的平均前將排序稽延時間值，並將過小與過大值移除後再計算平均值。內灣站測站中移除案例計有 N1、N9、N14、N17 及 N19。彙整推估結果顯示利用逕流歷線開始上升至洪峰流量發生的時間間距所得集流時間 tc_2 遠大於其他推估值，因此 tc_2 不納入分析。綜合其他集流時間推估結果，並移除偏離平均值過多的數值，油羅溪內灣站的集流時間約為 6.79

hr。若採用加州公路局公式、Rziha 公式及周文德公式計算集流時間，則顯示算得集流時間明顯小於實測值。

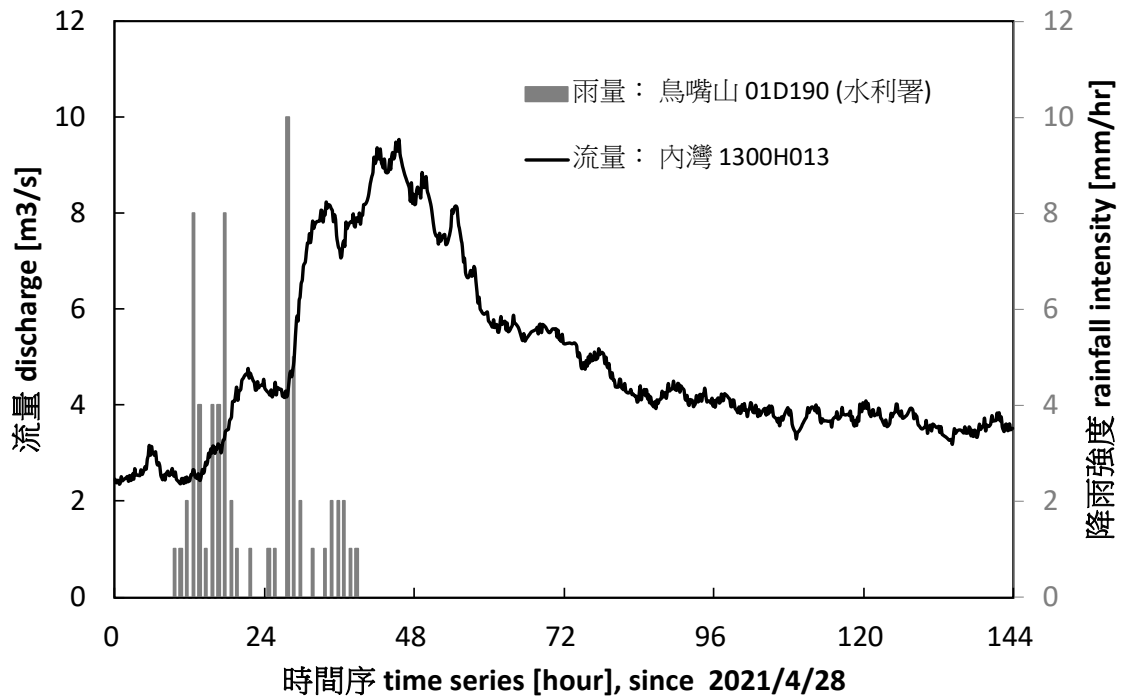


圖 4-32 頭前溪支流油羅溪內灣站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 N1



表 4-4 頭前溪支流油羅溪內灣站集流時間分析成果

編號	事件 (起始日期)	颱風名稱	稽延時間 [hr]	集流時間 tc1(=稽延時間/0.6) [hr]	集流時間 tc2(逕流歷線開始上升至洪峰流量發生的時間間距) [hr]	集流時間 tc3(有效降雨終止至直接逕流歷線退水段反曲點的時間間距) [hr]
N1	2021/4/28		17.50	29.17	31.83	22.50
N2	2021/5/24		4.00	6.67	3.83	3.17
N3	2021/5/30		4.33	7.22	6.00	-
N4	2021/6/4		8.67	14.44	-	-
N5	2021/6/7		2.33	3.89	6.00	7.50
N6	2021/6/12		2.67	4.44	9.33	-
N7	2021/6/22		4.17	6.94	-	-
N8	2021/7/21	IN-FA 烟花	2.50	4.17	63.67	3.67
N9	2021/7/29		-	-	-	-
N10	2021/8/2		2.17	3.61	4.00	1.00
N11	2021/8/6	LUPIT 盧碧	2.00	3.33	15.83	-
N12	2021/8/11		3.00	5.00	-	-
N13	2021/8/19		2.83	4.72	5.17	5.00
N14	2021/8/24		0.17	0.28	2.67	5.17
N15	2021/9/12	CHANTHU 璨樹	8.83	14.72	8.50	6.33
N16	2021/10/11	KOMPASU 圓規	7.00	11.67	25.17	-
N17	2022/3/27		17.83	29.72	49.83	5.50
N18	2022/5/16		6.33	10.56	29.83	13.00
N19	2022/5/25		24.33	40.56	24.83	17.17
N20	2022/6/7		4.00	6.67	6.00	7.00
N21	2022/7/3		2.83	4.72	4.83	8.83
N22	2022/9/1	HINNAMNOR	2.00	3.33	-	-

編號	事件 (起始日期)	颱風名稱	稽延時間 [hr]	集流時間 tc1(=稽延時間/0.6) [hr]	集流時間 tc2(逕流歷線開始上升至洪峰流量發生的時間間距) [hr]	集流時間 tc3(有效降雨終止至直接逕流歷線退水段反曲點的時間間距) [hr]
		軒嵐諾				
N23	2022/9/11		4.50	7.50	50.17	6.67
N24	2022/10/16		2.50	4.17	10.17	13.17
平均值 (N1、N9、N14、N17 及 N19 未納入分析)			4.04	6.73	16.57	6.85
公式計算集流時間 [hr]			加州公路局公式		Rziha 公式	周文德公式
			1.17		0.72	1.73

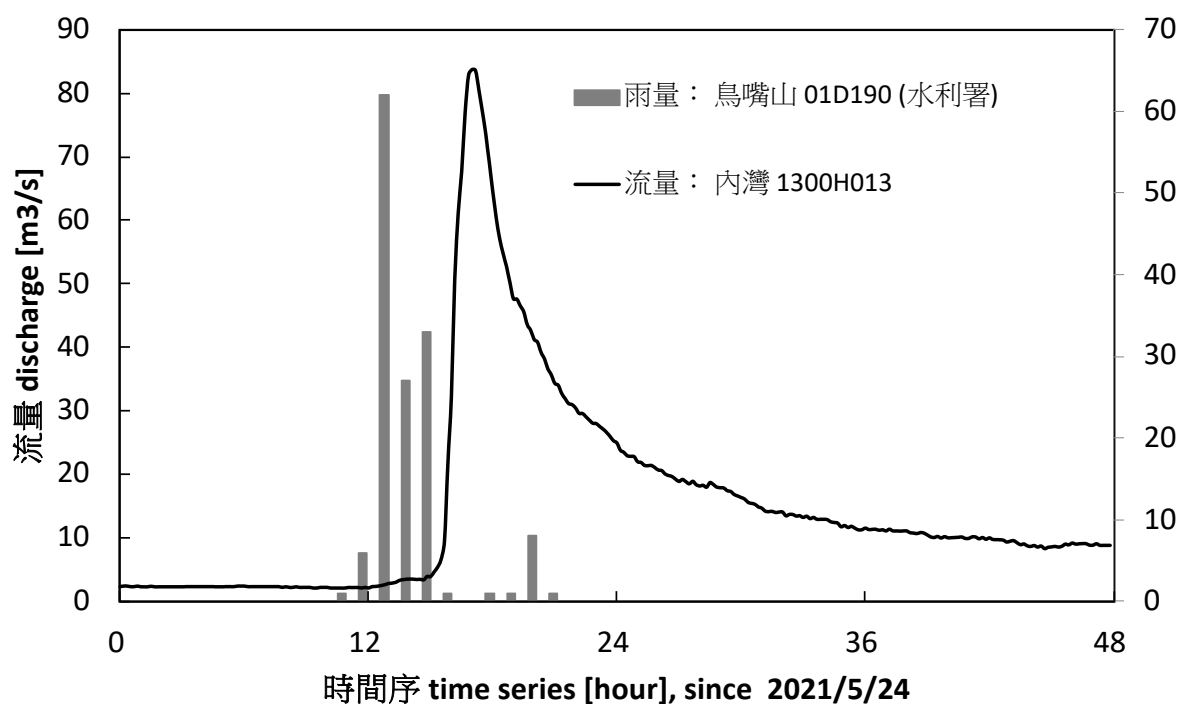


圖 4-33 頭前溪支流油羅溪內灣站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 N2

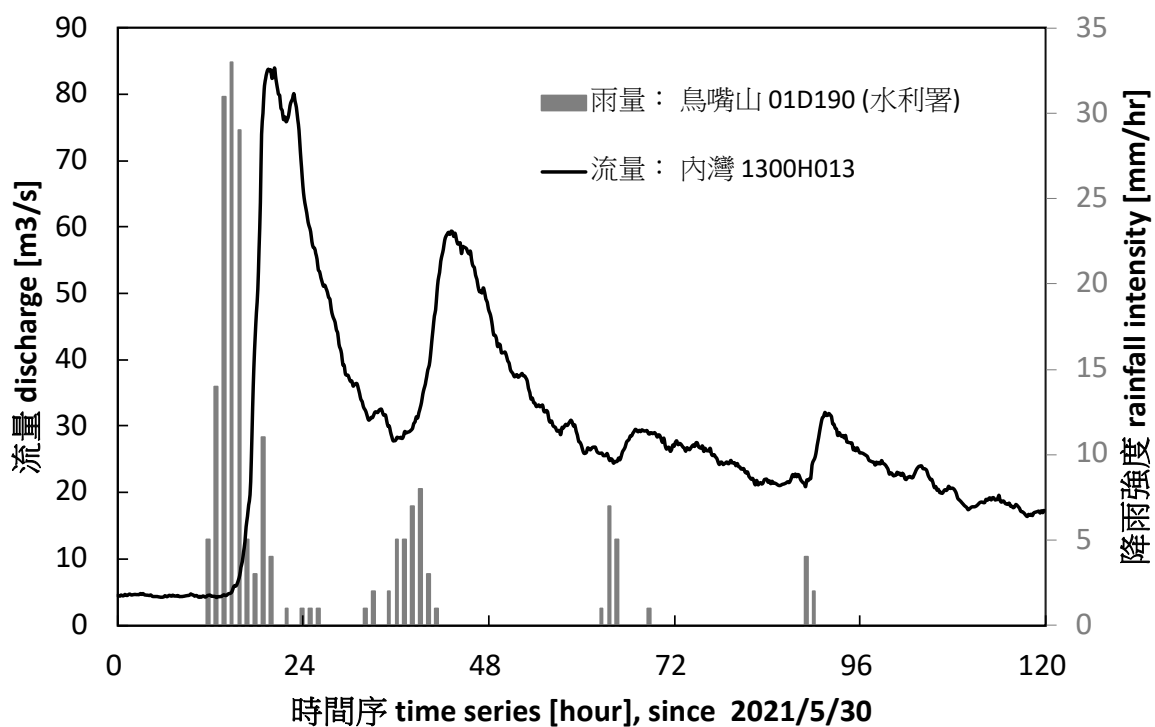


圖 4-34 頭前溪支流油羅溪內灣站颱洪事件降雨與流量歷線：事件編號 N3

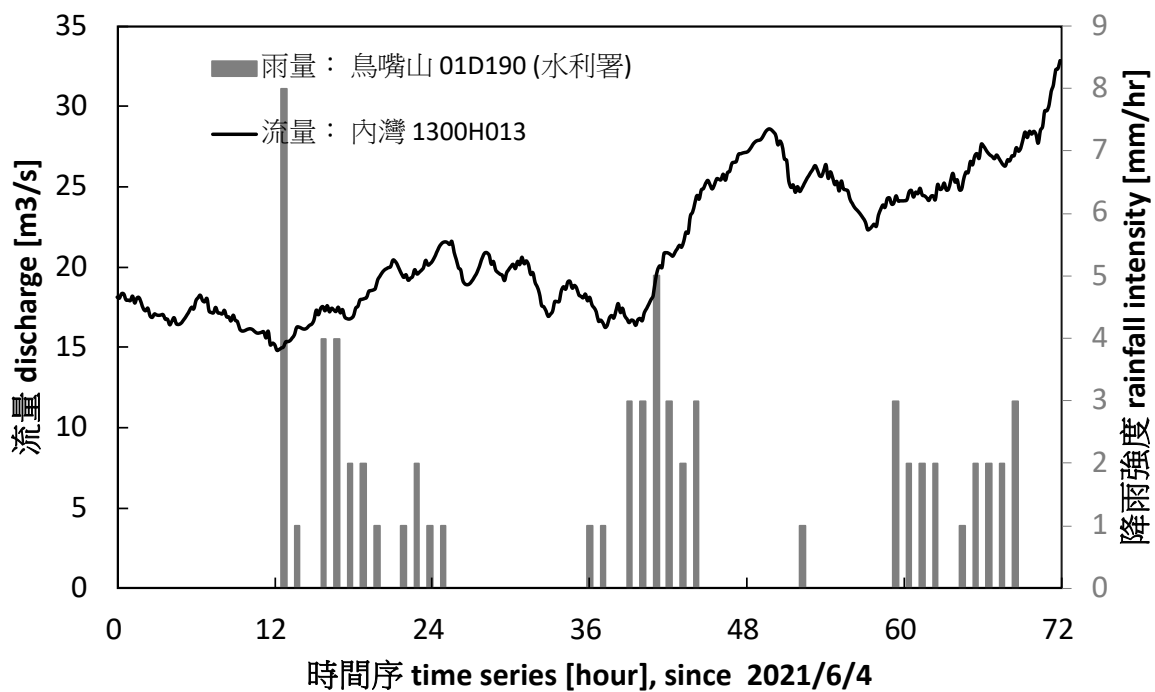


圖 4-35 頭前溪支流油羅溪內灣站颱洪事件降雨與流量歷線：事件編號 N4

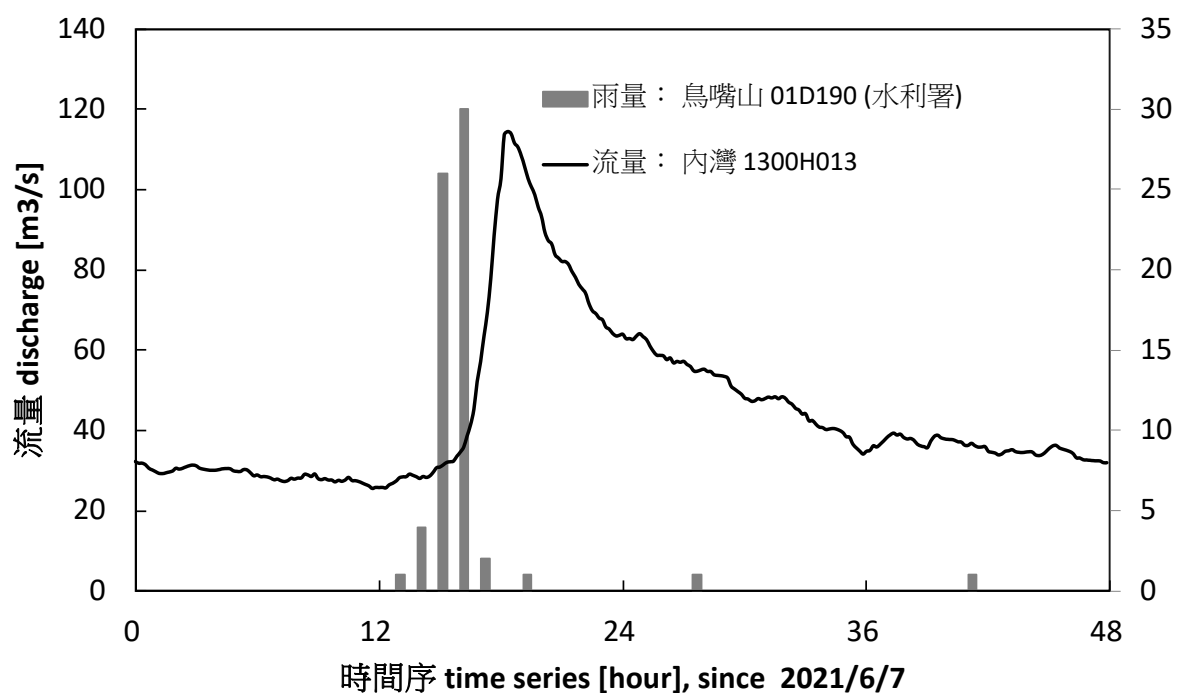


圖 4-36 頭前溪支流油羅溪內灣站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 N5

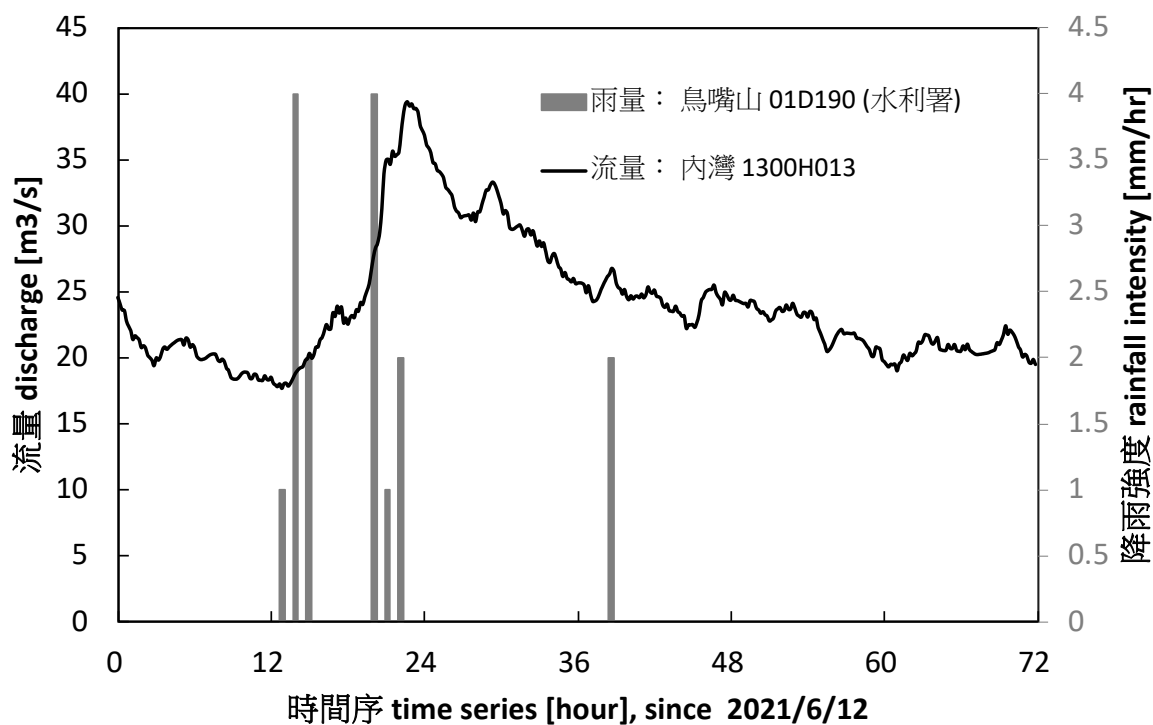


圖 4-37 頭前溪支流油羅溪內灣站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 N6

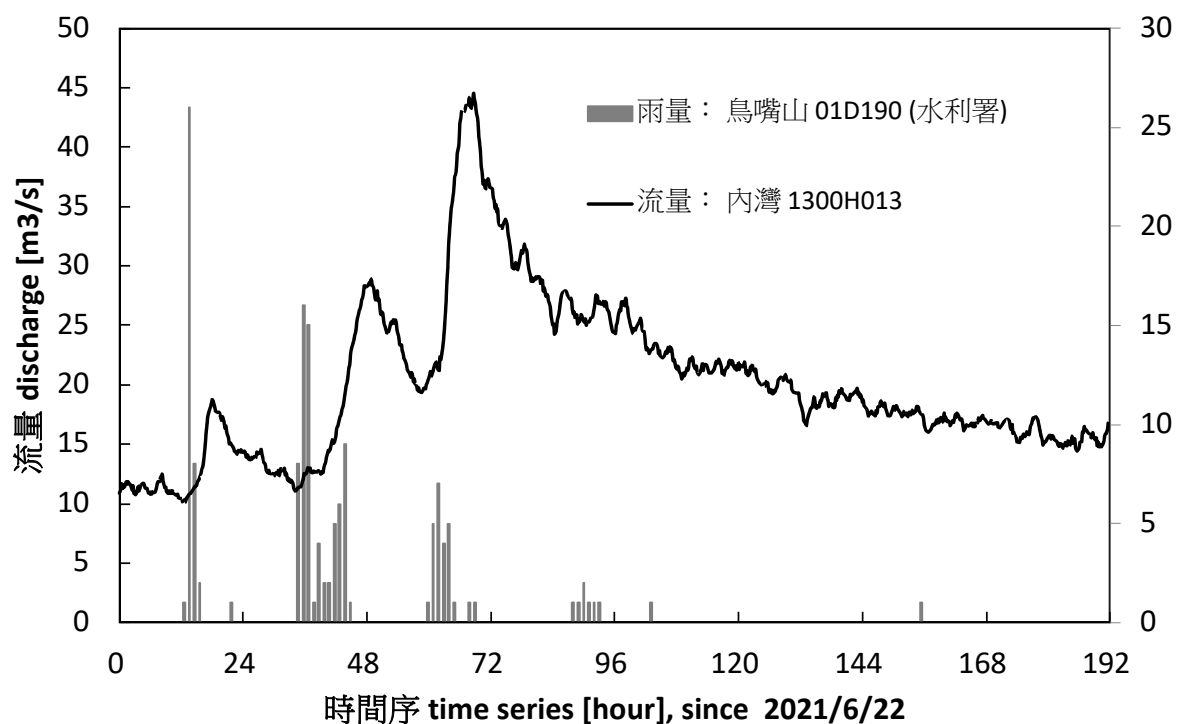


圖 4-38 頭前溪支流油羅溪內灣站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 N7

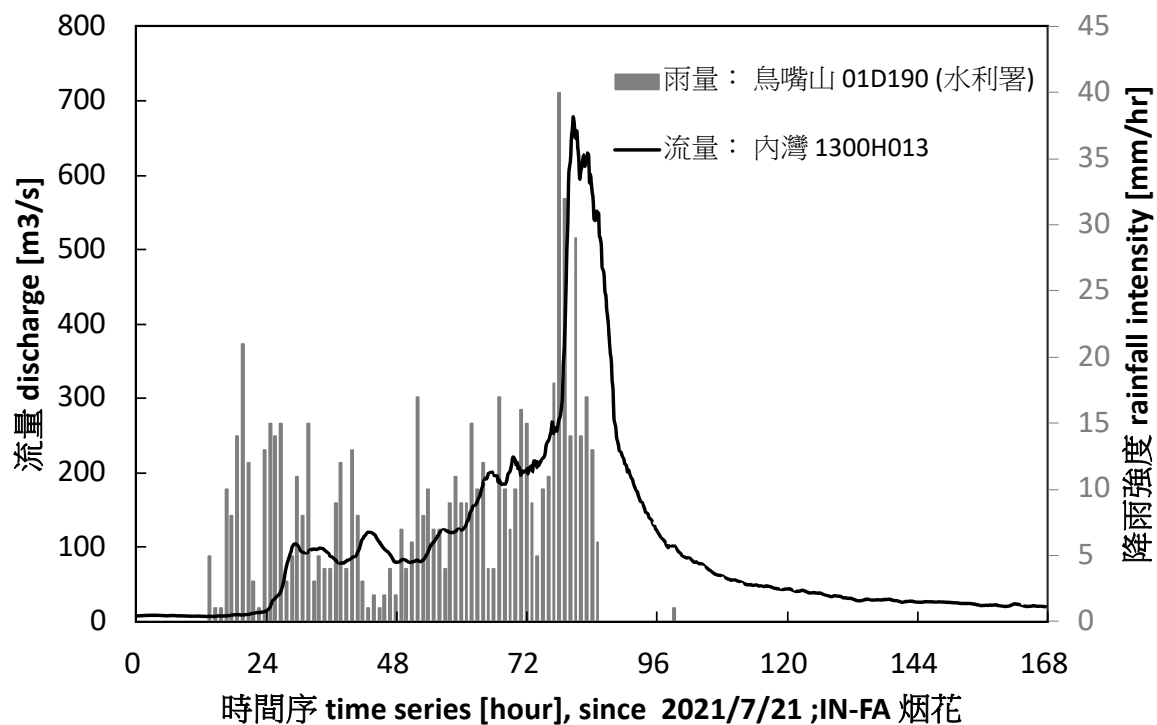


圖 4-39 頭前溪支流油羅溪內灣站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 N8

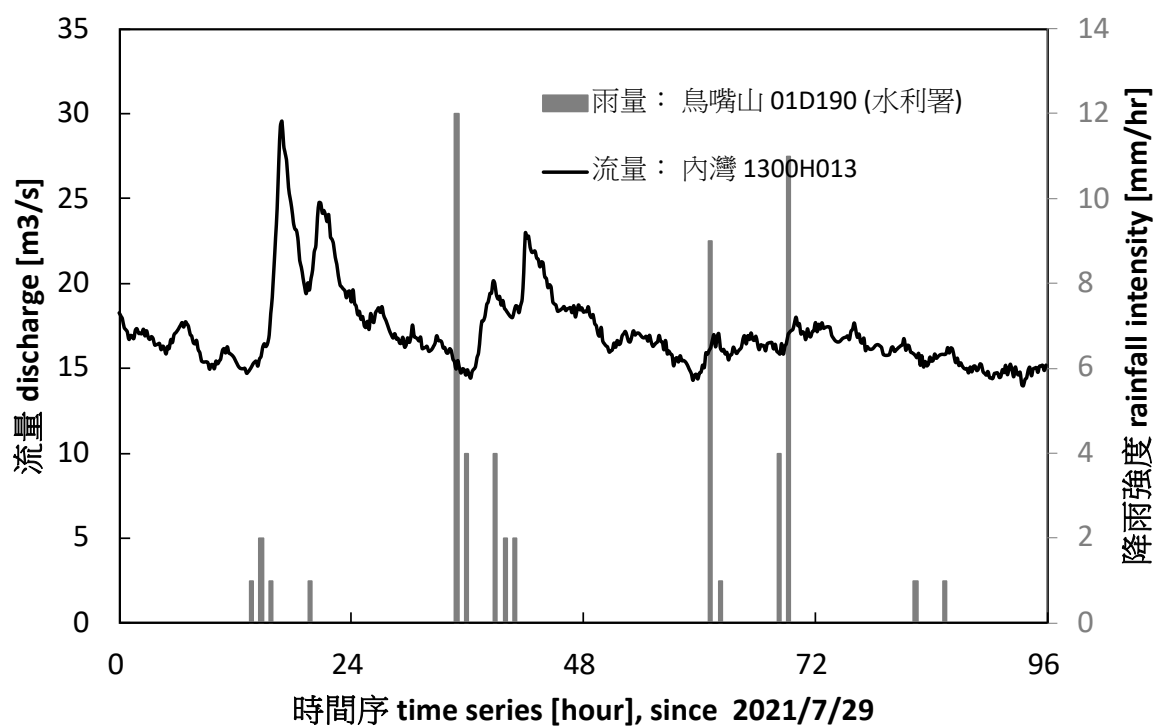


圖 4-40 頭前溪支流油羅溪內灣站颱洪事件降雨與流量歷線：事件編號 N9

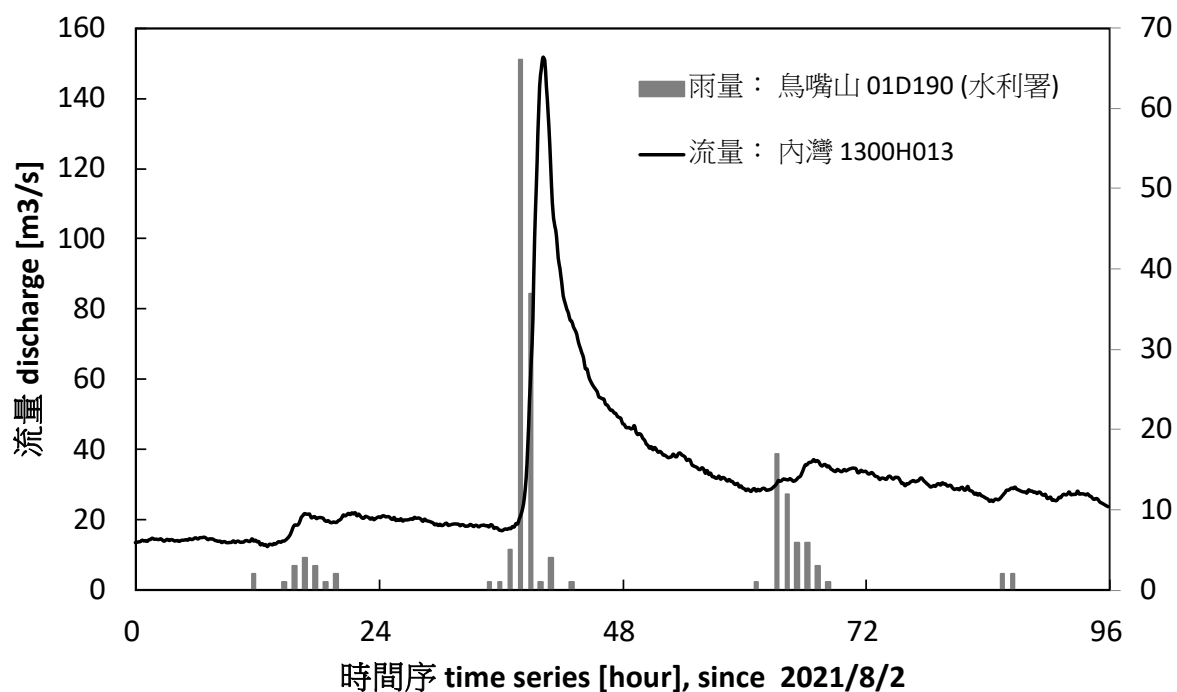


圖 4-41 頭前溪支流油羅溪內灣站颱洪事件降雨與流量歷線：事件編號 N10

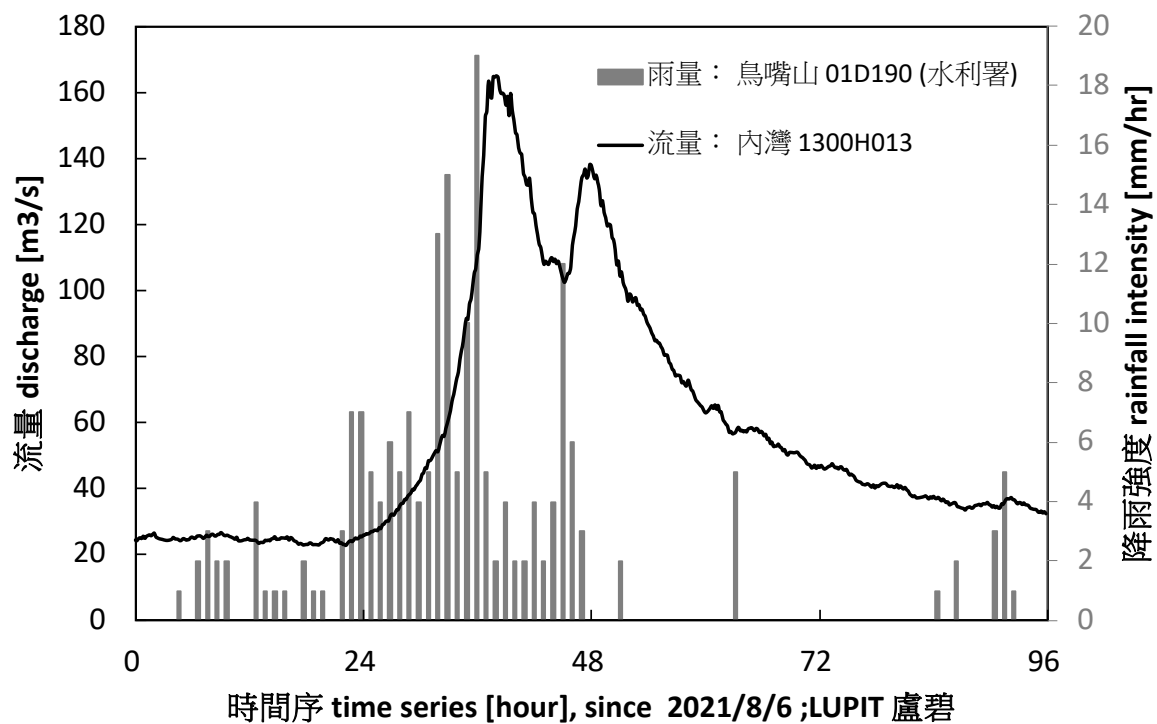


圖 4-42 頭前溪支流油羅溪內灣站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 N11



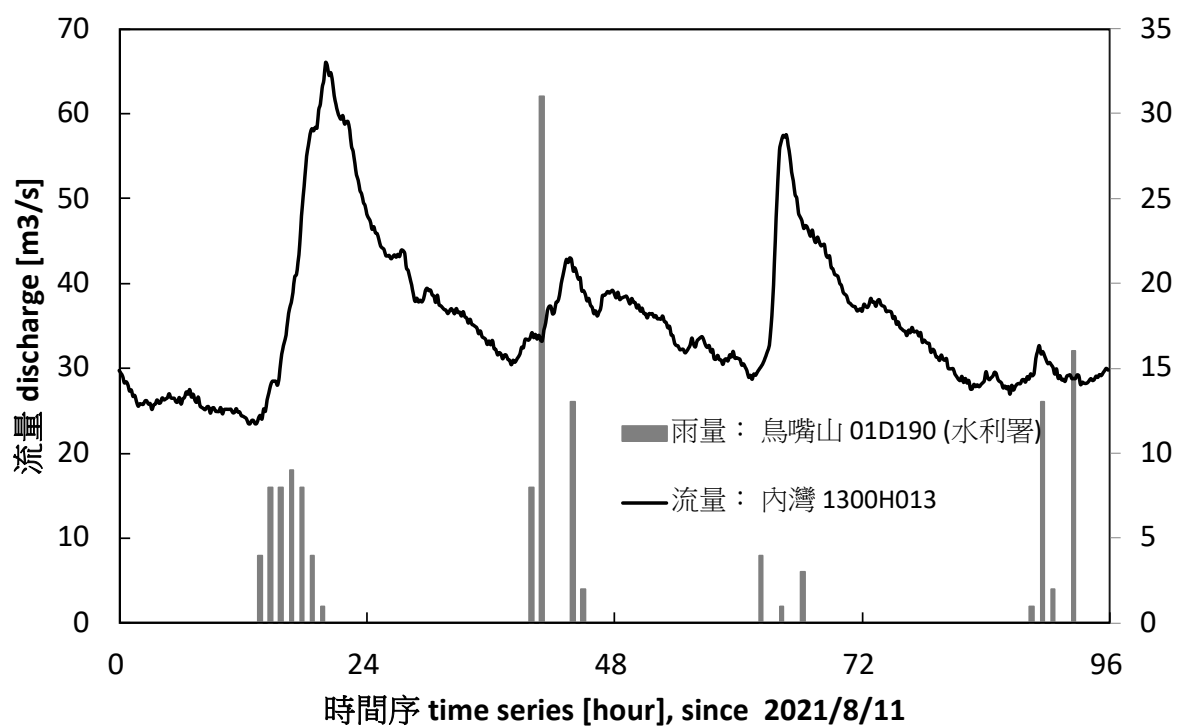


圖 4-43 頭前溪支流油羅溪內灣站颱洪事件降雨與流量歷線：事件編號 N12

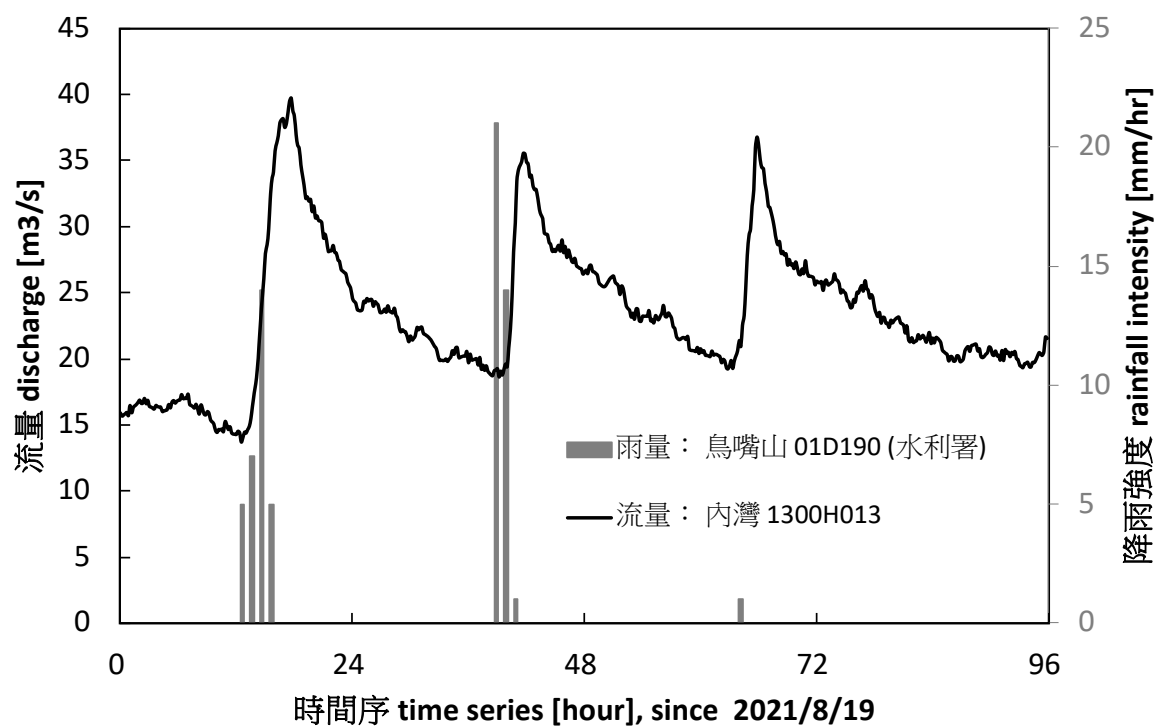


圖 4-44 頭前溪支流油羅溪內灣站颱洪事件降雨與流量歷線：事件編號 N13



圖 4-45 頭前溪支流油羅溪內灣站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 N14

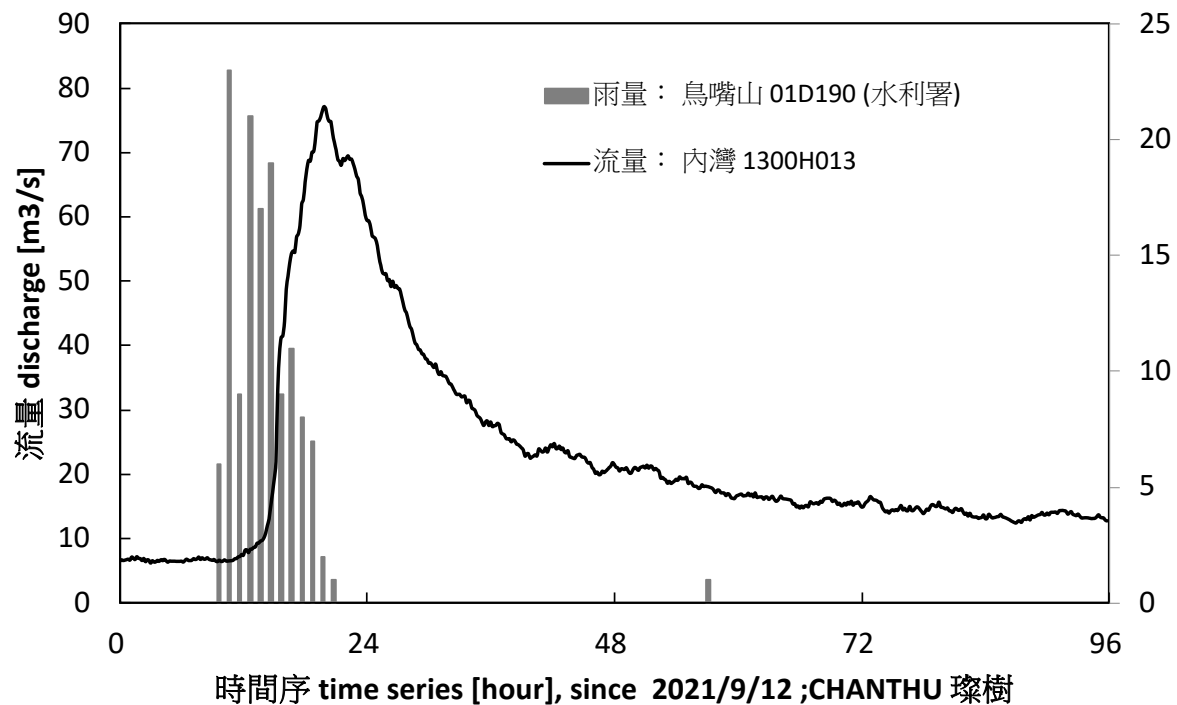


圖 4-46 頭前溪支流油羅溪內灣站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 N15



圖 4-47 頭前溪支流油羅溪內灣站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 N16

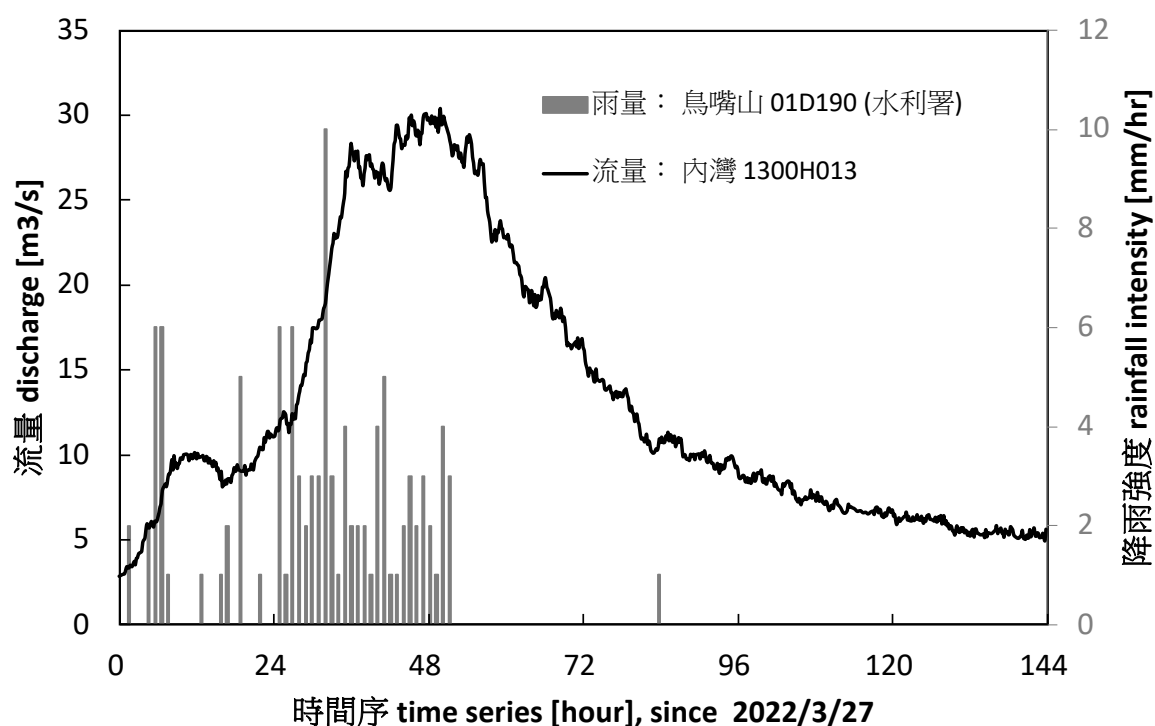


圖 4-48 頭前溪支流油羅溪內灣站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 N17

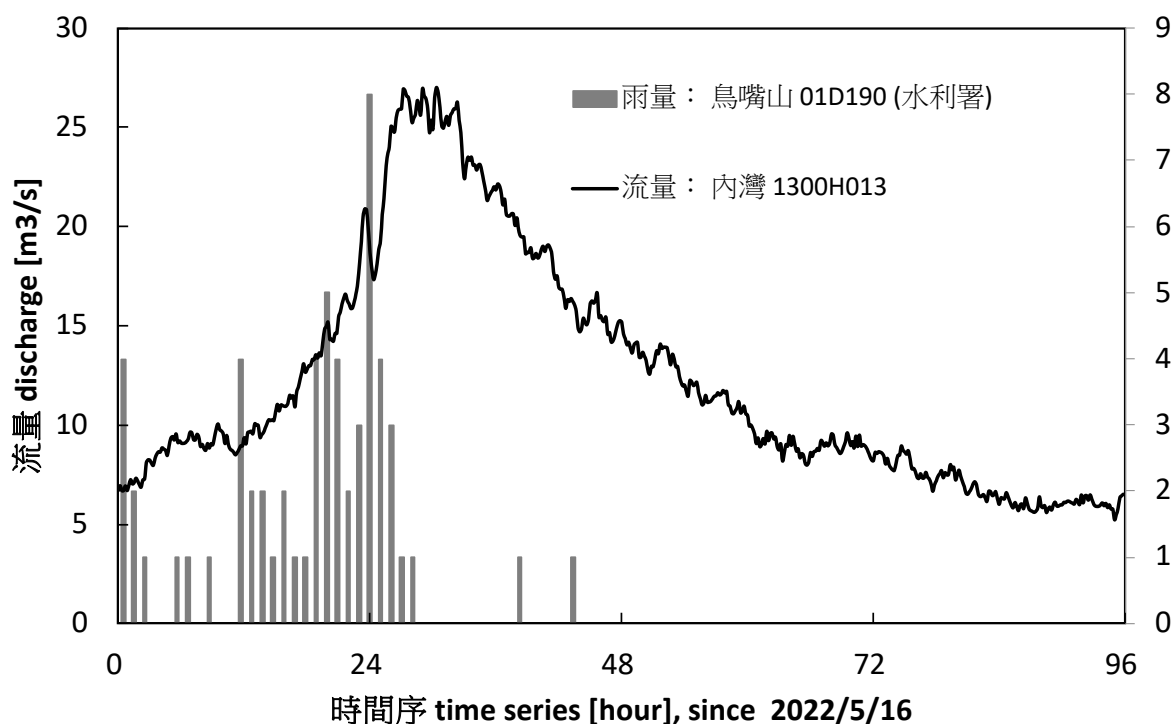


圖 4-49 頭前溪支流油羅溪內灣站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 N18

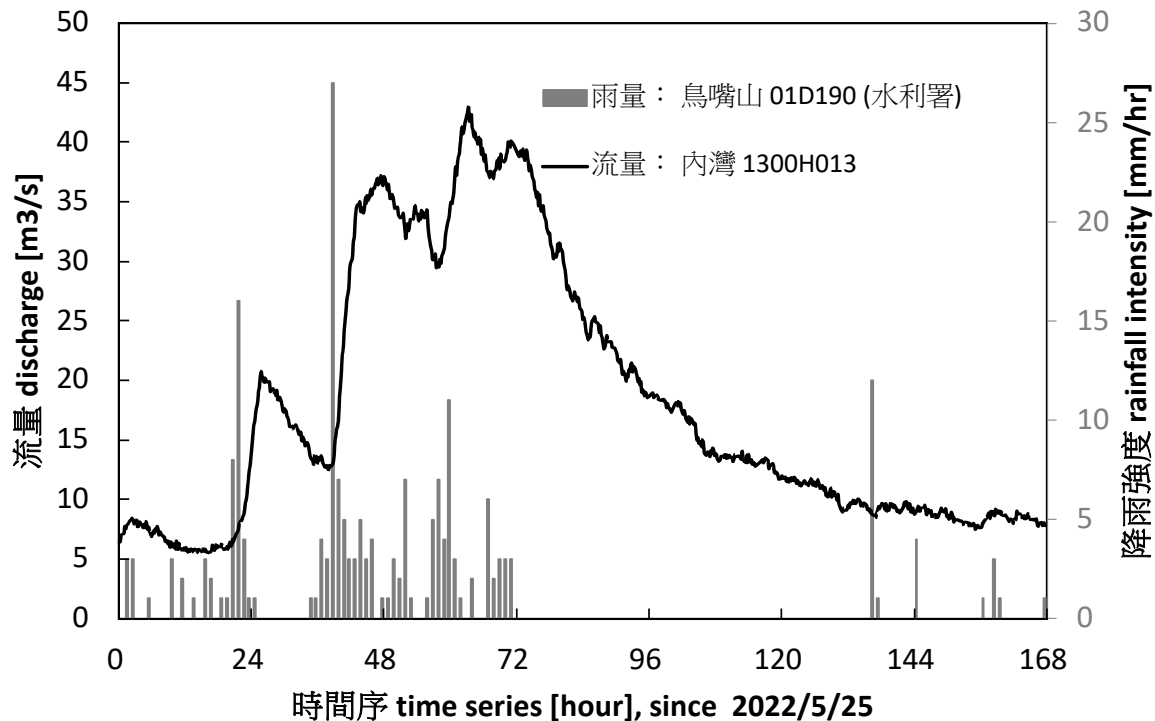


圖 4-50 頭前溪支流油羅溪內灣站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 N19

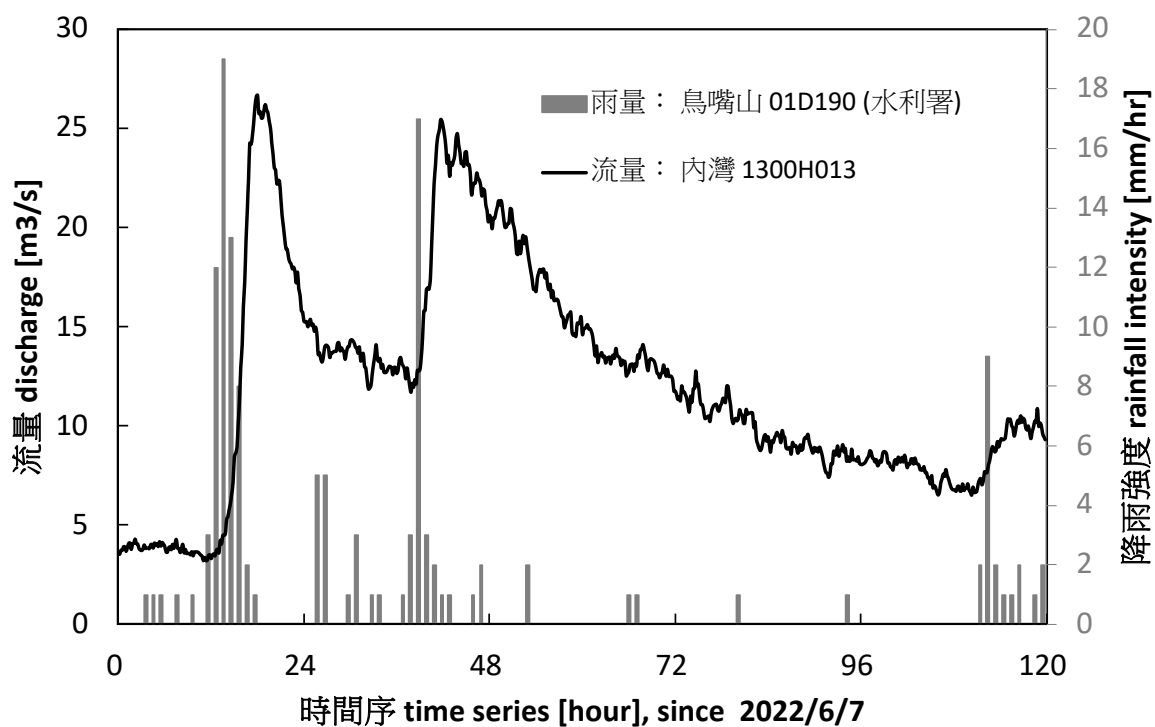


圖 4-51 頭前溪支流油羅溪內灣站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 N20

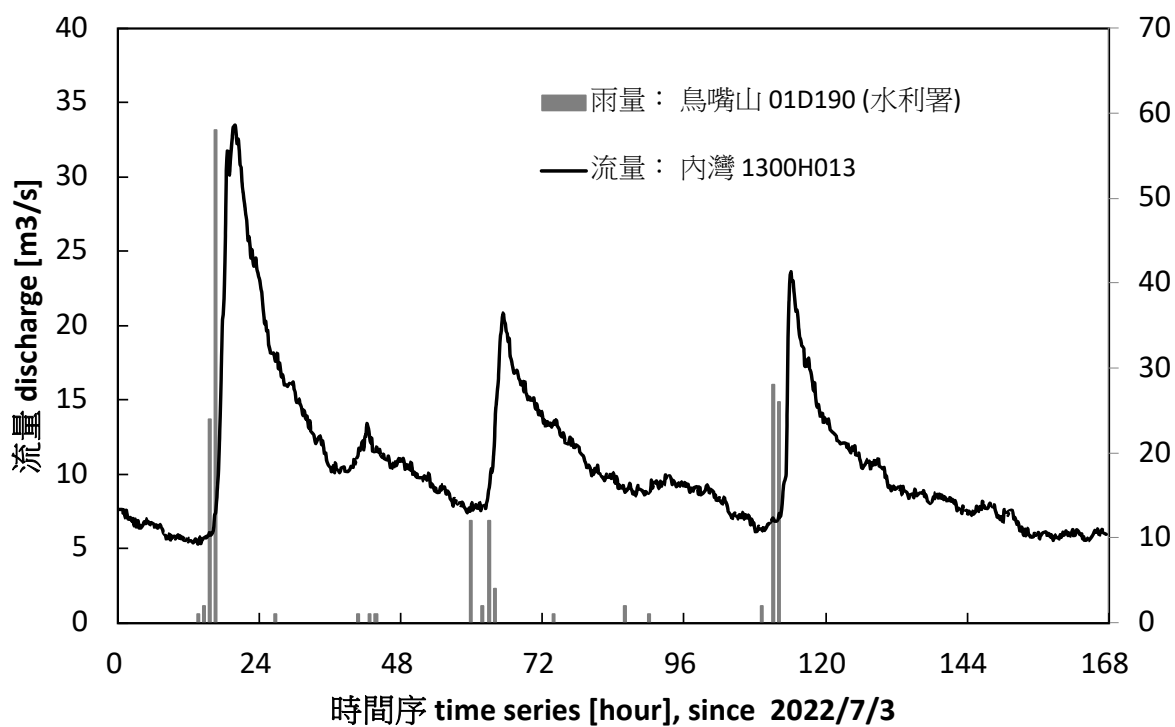


圖 4-52 頭前溪支流油羅溪內灣站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 N21

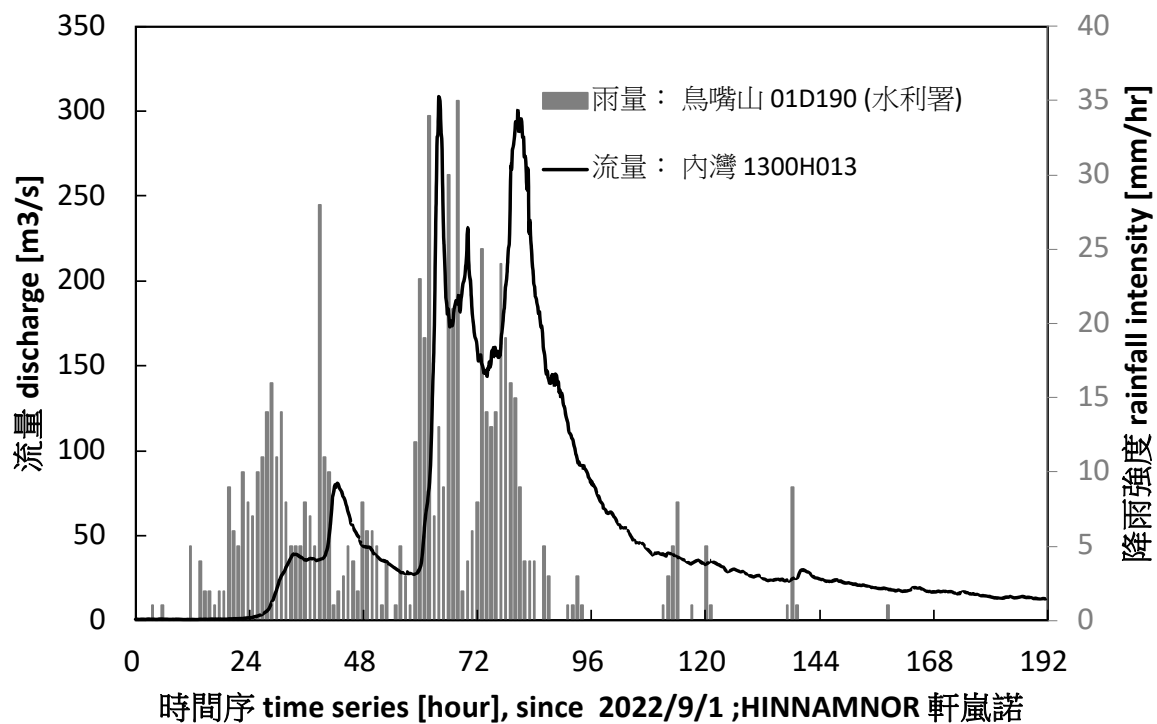


圖 4-53 頭前溪支流油羅溪內灣站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 N22

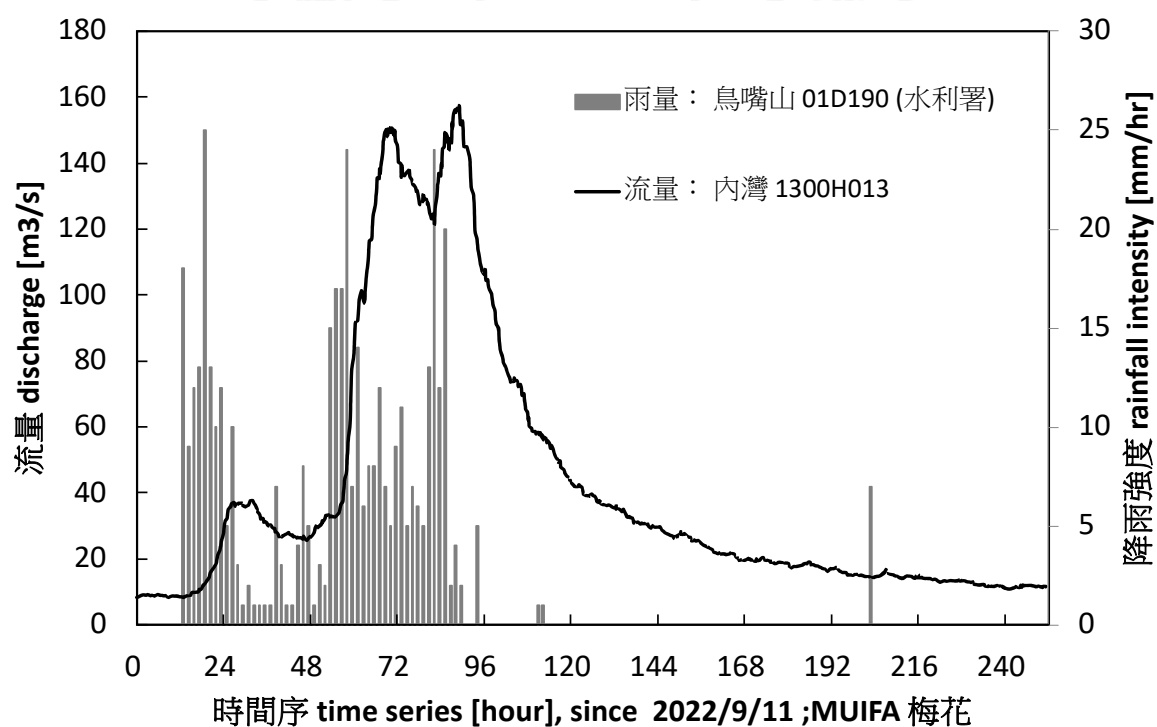


圖 4-54 頭前溪支流油羅溪內灣站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 N23

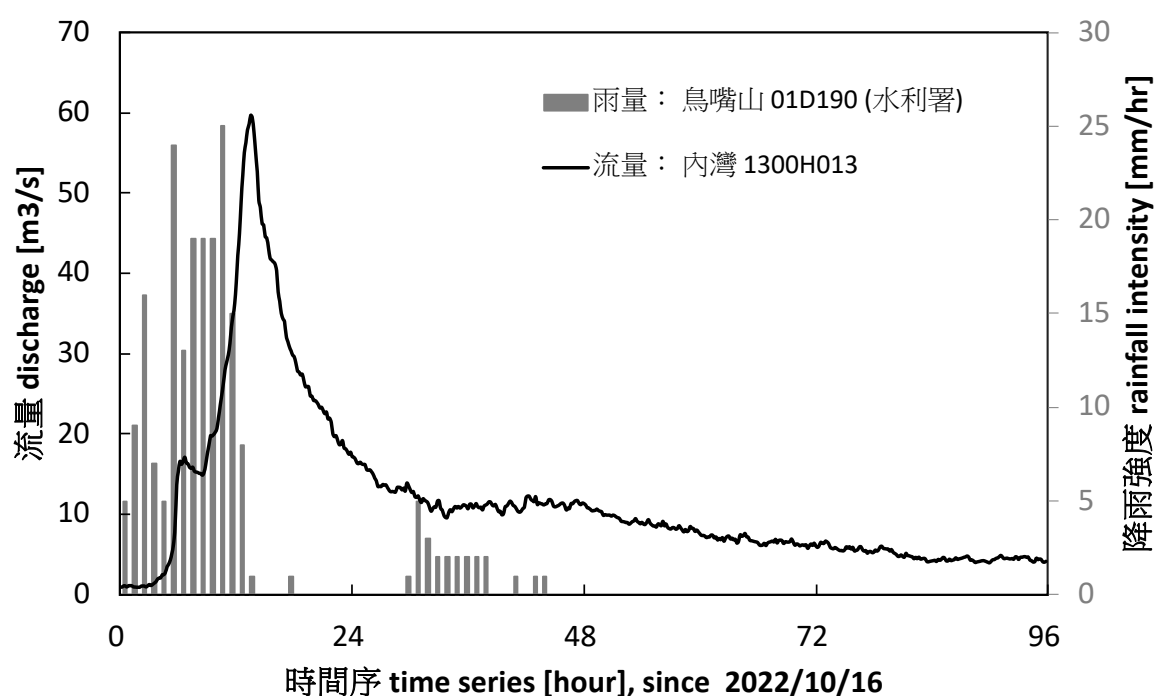


圖 4-55 頭前溪支流油羅溪內灣站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 N24

三、高雄典寶溪排水五里林橋站

表 4-5 為典寶溪排水五里林橋站集流時間分析成果彙整；共計 14 場事件，主要為颱風及豪雨事件。圖 4-56 至圖 4-69 則為各分析颱風事件期間的深水國小雨量站降雨組體圖與五里林橋水位流量站流量歷線。彙整推估結果顯示利用逕流歷線開始上升至洪峰流量發生的時間間距所得集流時間 tc_2 遠大於其他推估值，因此 tc_2 不納入分析。綜合其他集流時間推估結果，典寶溪排水五里林橋站的集流時間約為 2.85 hr。若採用加州公路局公式、Rziha 公式及周文德公式計算集流時間，則顯示算得集流時間明顯小於實測值。

表 4-5 高雄典寶溪排水五里林橋站集流時間分析成果

編號	事件 (起始日期)	颱風名稱	稽延時間 [hr]	集流時間 tc1(=稽延時間/0.6) [hr]	集流時間 tc2(逕流歷線開始上升至洪峰流量發生的時間間距) [hr]	集流時間 tc3(有效降雨終止至直接逕流歷線退水段反曲點的時間間距) [hr]
W1	2012/8/2	蘇拉 Saola	2.33	3.89	-	-
W2	2013/8/29	康芮 Kong-Rey	4.00	6.67	14.68	0.05
W3	2014/8/8		0.93	1.56	-	-
W4	2015/8/7	蘇迪勒 Soudelor	2.00	3.33	4.17	4.17
W5	2016/6/10		1.17	1.94	4.67	0.17
W6	2016/7/7	尼伯特 Nepartak	2.00	3.33	2.83	1.33
W7	2016/9/14	莫蘭蒂 Meranti	2.00	3.33	-	-
W8	2016/9/26	梅姬 Megi	3.00	5.00	14.33	2.33
W9	2017/6/16		0.50	0.83	4.17	1.17
W10	2017/7/30	海棠 Haitang	2.33	3.89	-	-
W11	2018/6/14		2.67	4.44	21.00	5.00
W12	2018/6/17		2.17	3.61	-	-
W13	2018/7/1		2.17	3.61	2.67	2.33
W14	2018/8/23		3.17	5.28	11.50	-
平均值 (採用全部案例)			2.17	3.62	8.89	2.07
公式計算集流時間 [hr]			加州公路局 公式		Rziha 公式	周文德公式
			2.24		1.97	2.96

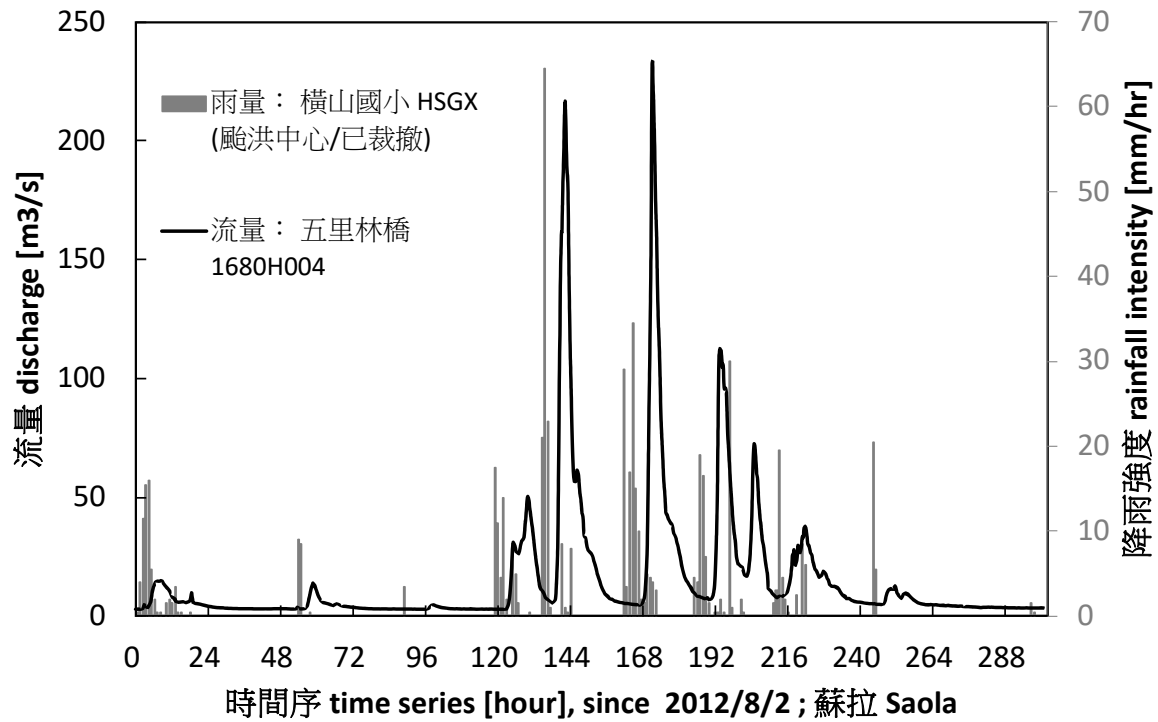


圖 4-56 高雄典寶溪排水五里林橋站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號

W1

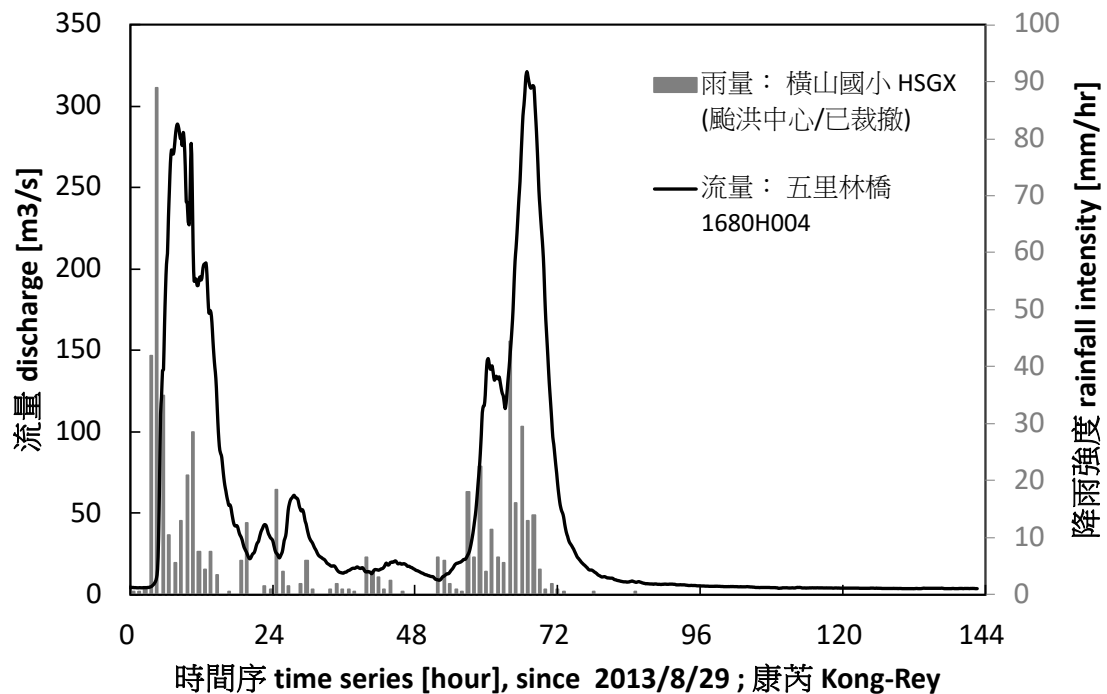


圖 4-57 高雄典寶溪排水五里林橋站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 W2

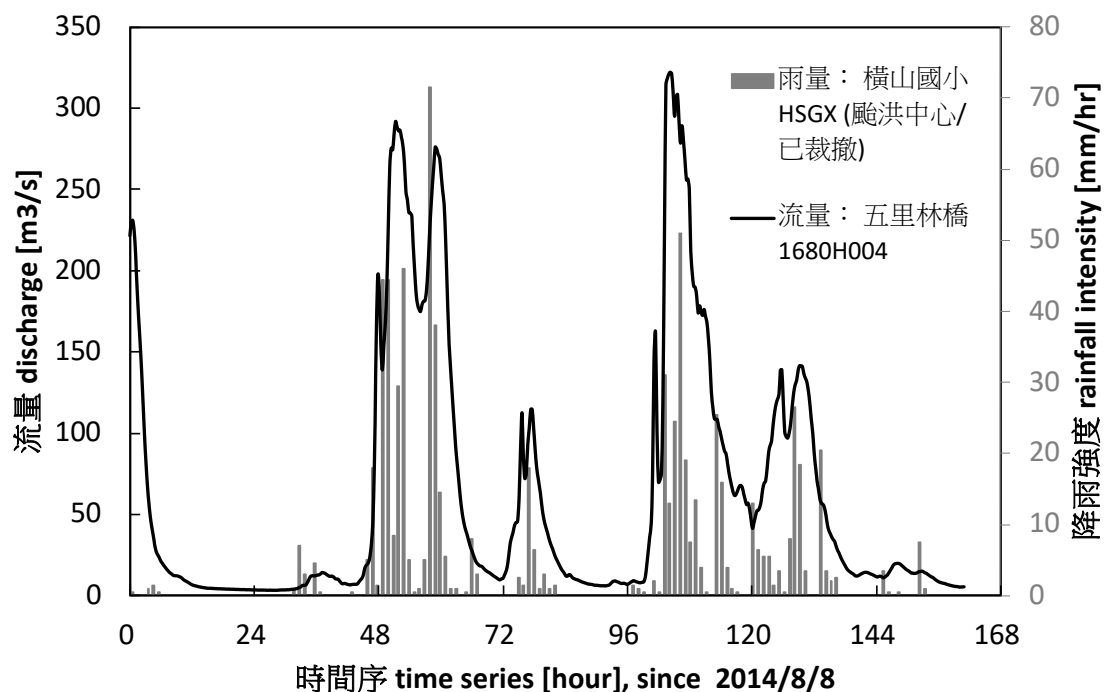


圖 4-58 高雄典寶溪排水五里林橋站颱洪事件降雨與流量歷線：事件編號 W3

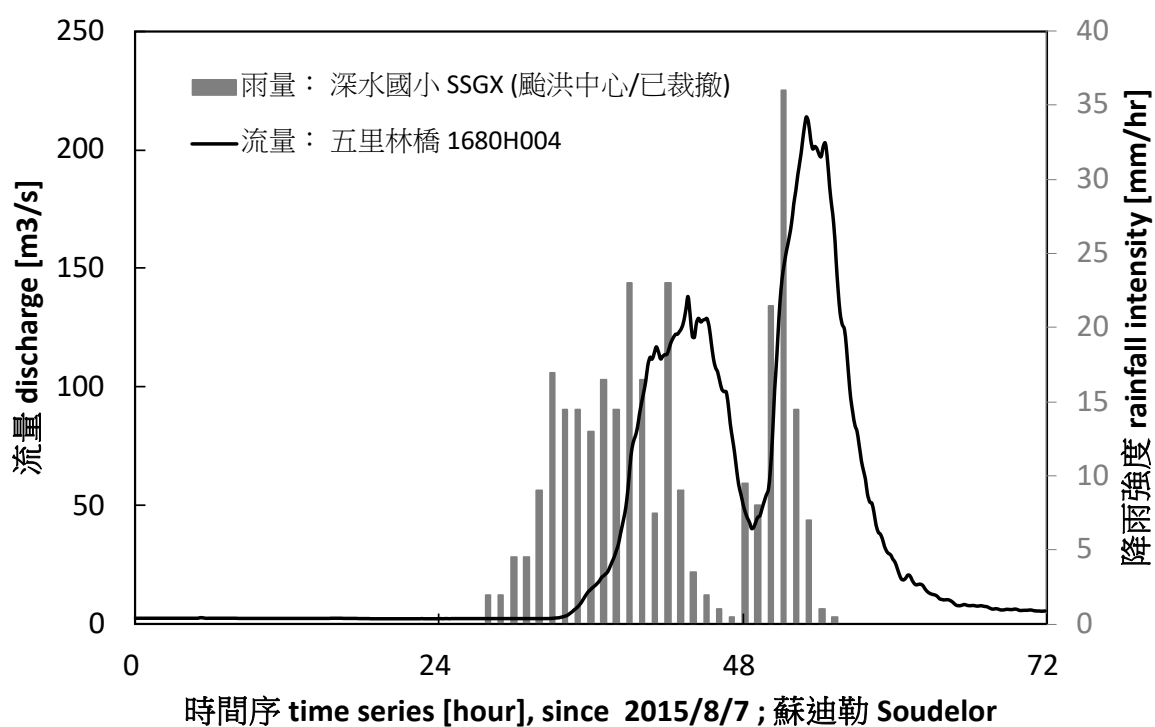


圖 4-59 高雄典寶溪排水五里林橋站颱洪事件降雨與流量歷線：事件編號 W4

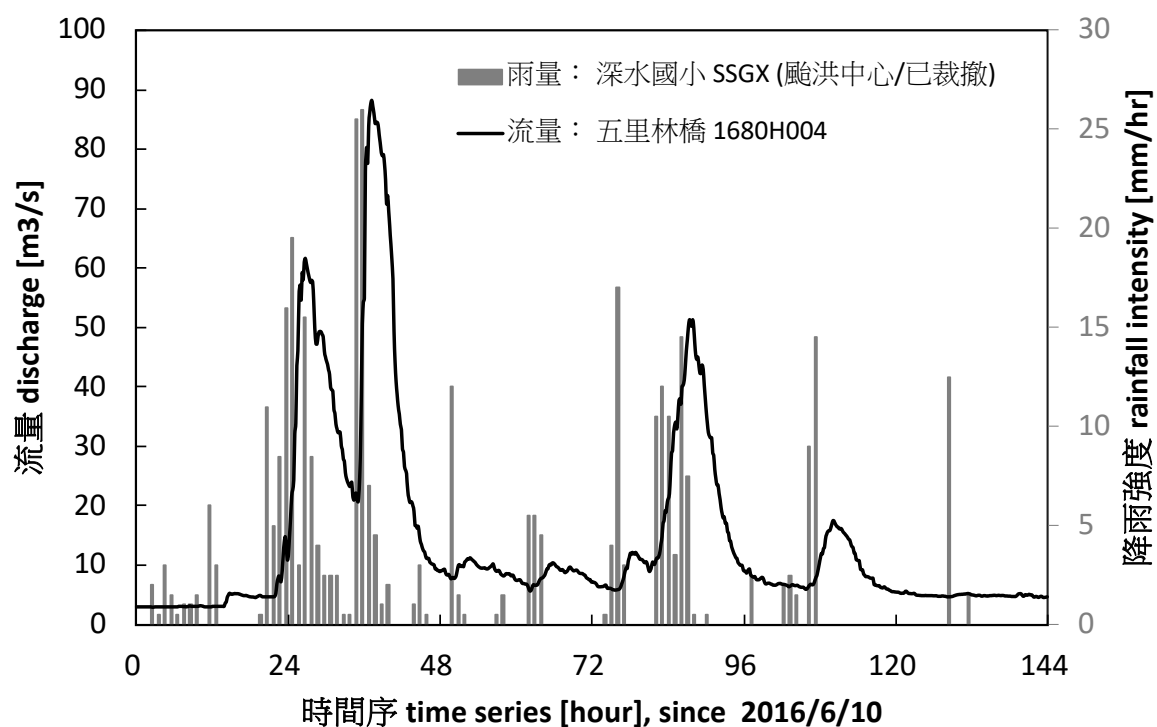


圖 4-60 高雄典寶溪排水五里林橋站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 W5

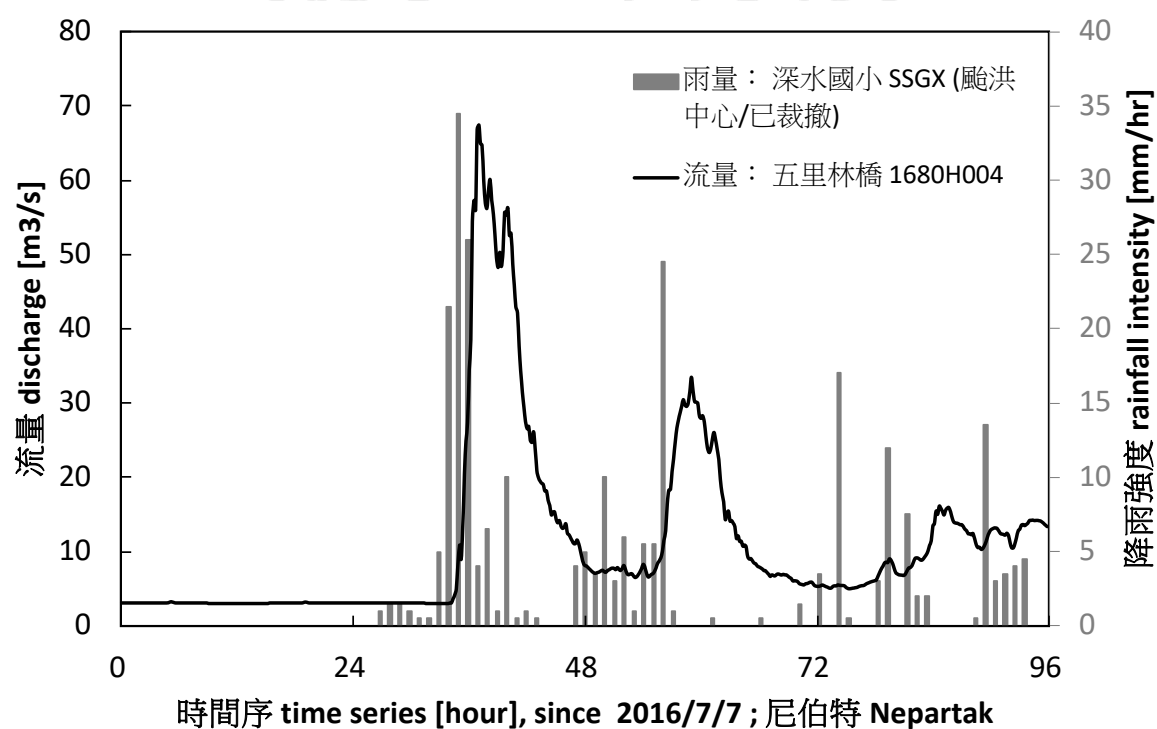


圖 4-61 高雄典寶溪排水五里林橋站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 W6

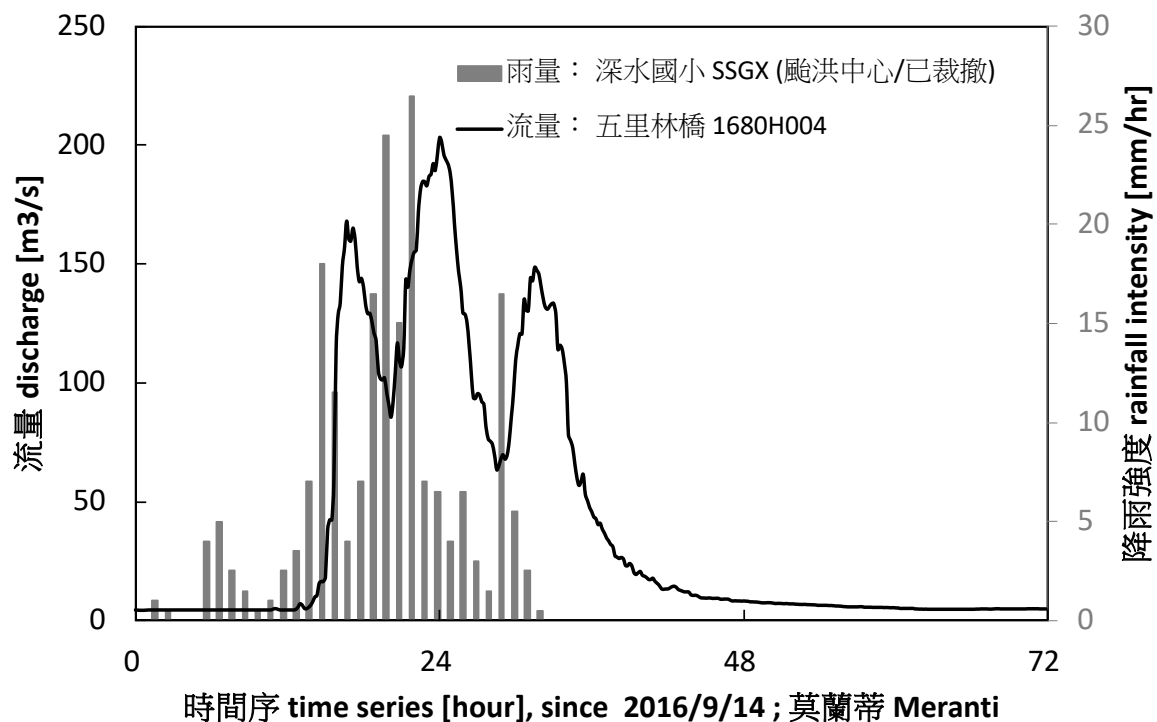


圖 4-62 高雄典寶溪排水五里林橋站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 W7

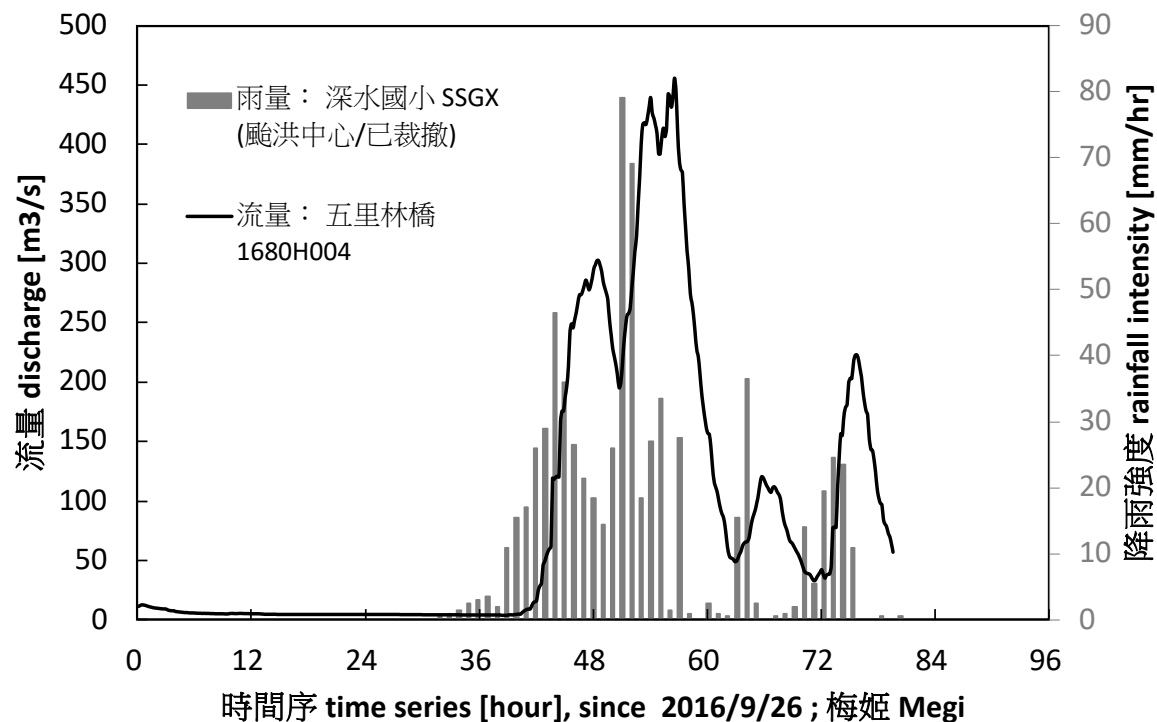


圖 4-63 高雄典寶溪排水五里林橋站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 W8

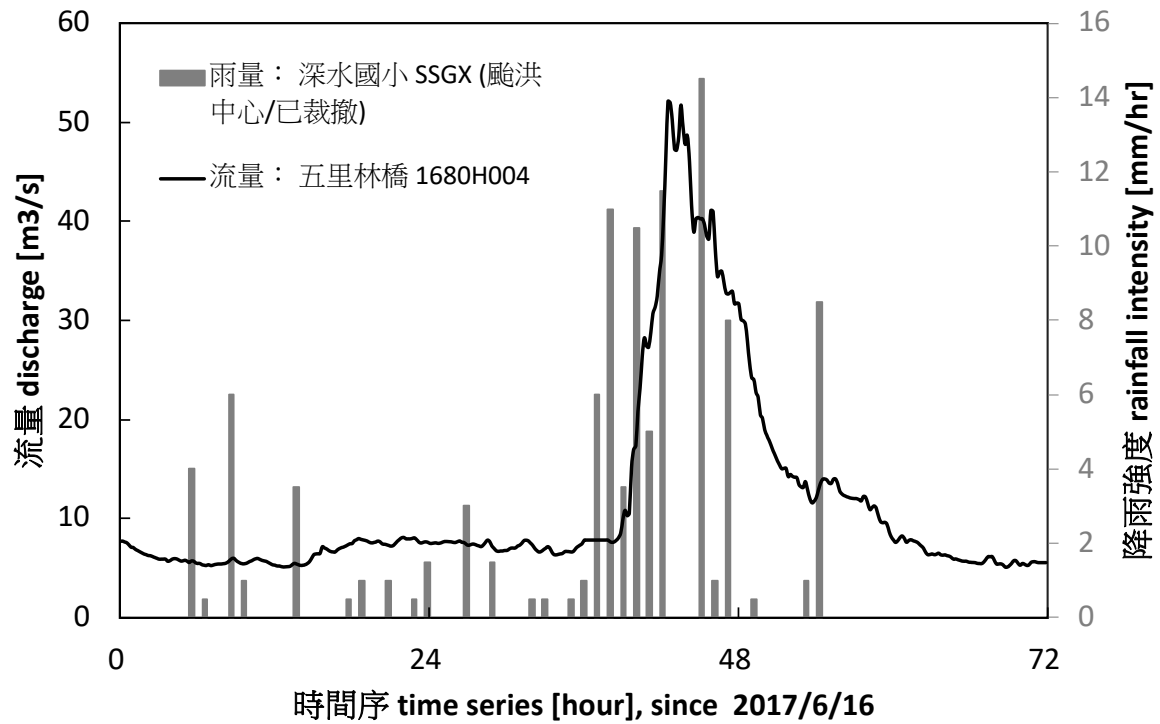


圖 4-64 高雄典寶溪排水五里林橋站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 W9

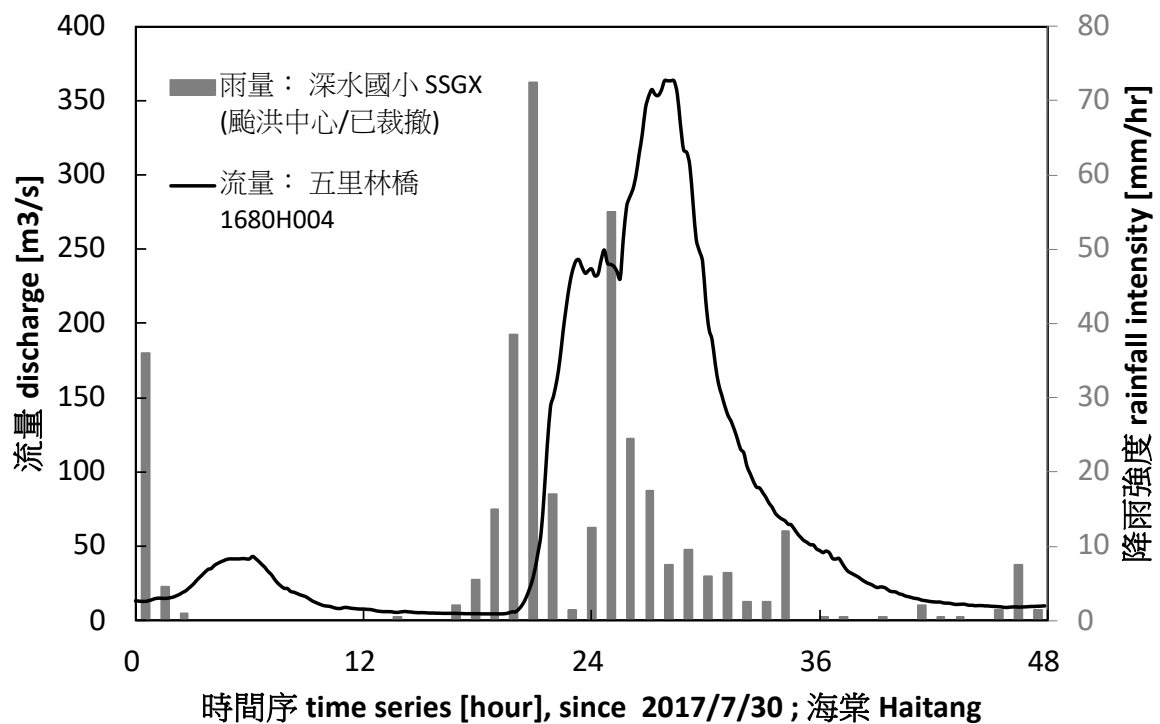


圖 4-65 高雄典寶溪排水五里林橋站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 W10

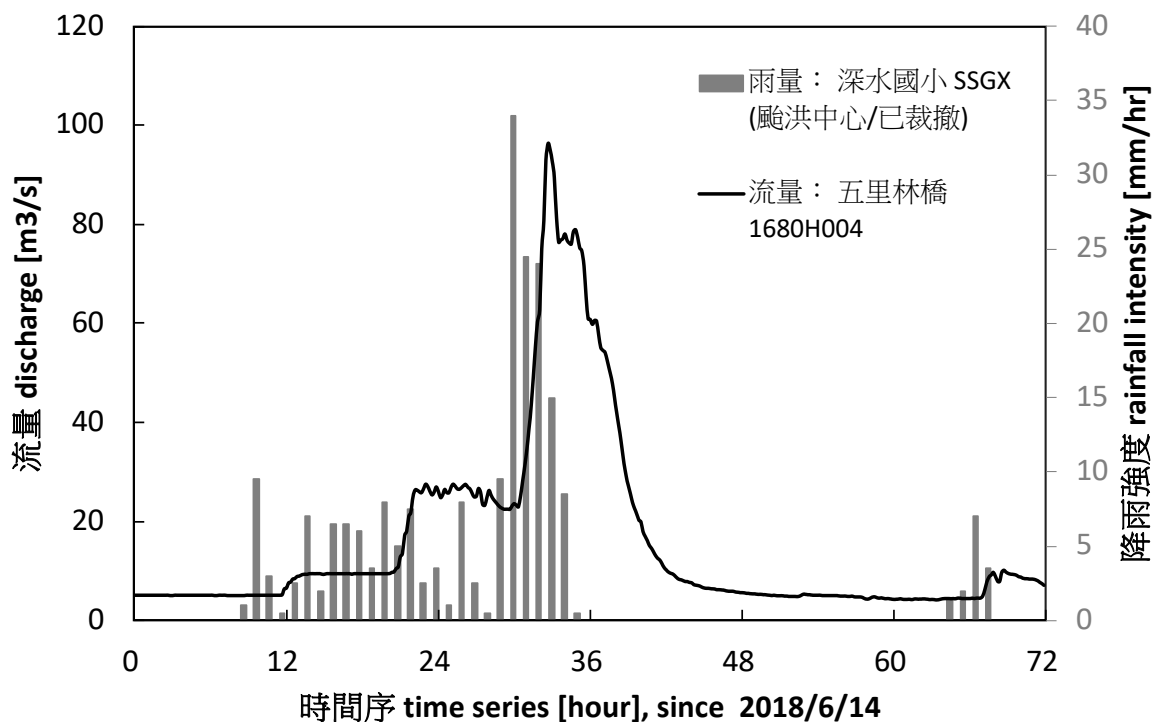


圖 4-66 高雄典寶溪排水五里林橋站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 W11

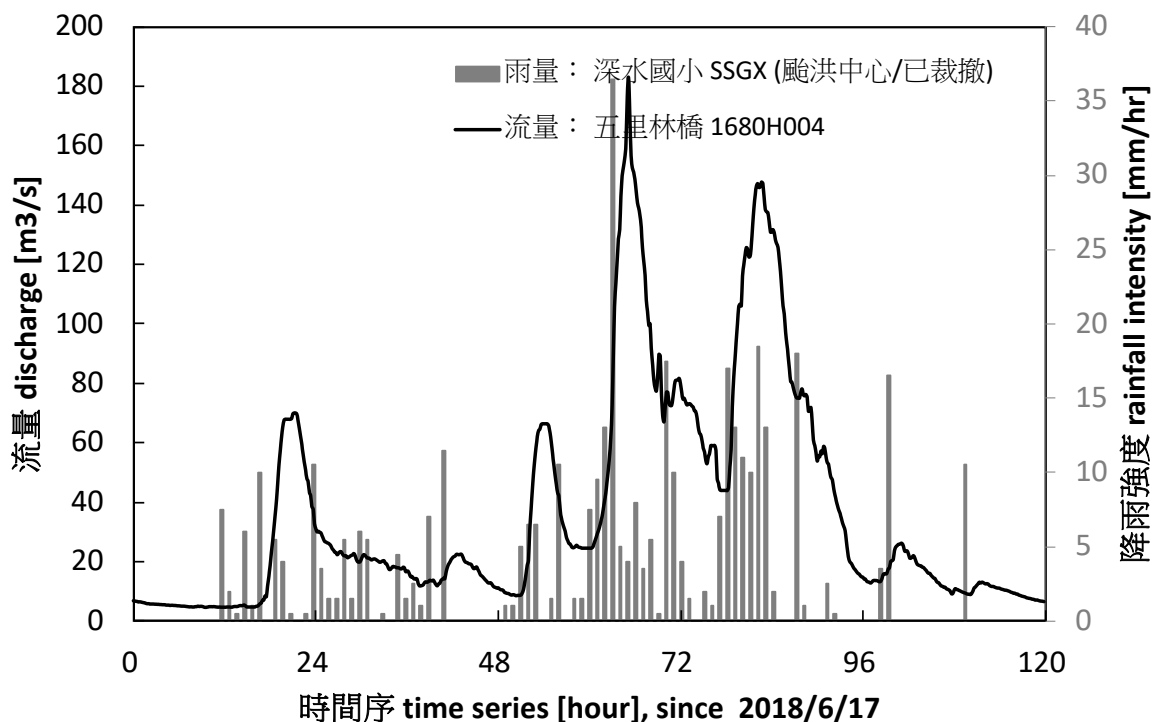


圖 4-67 高雄典寶溪排水五里林橋站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 W12

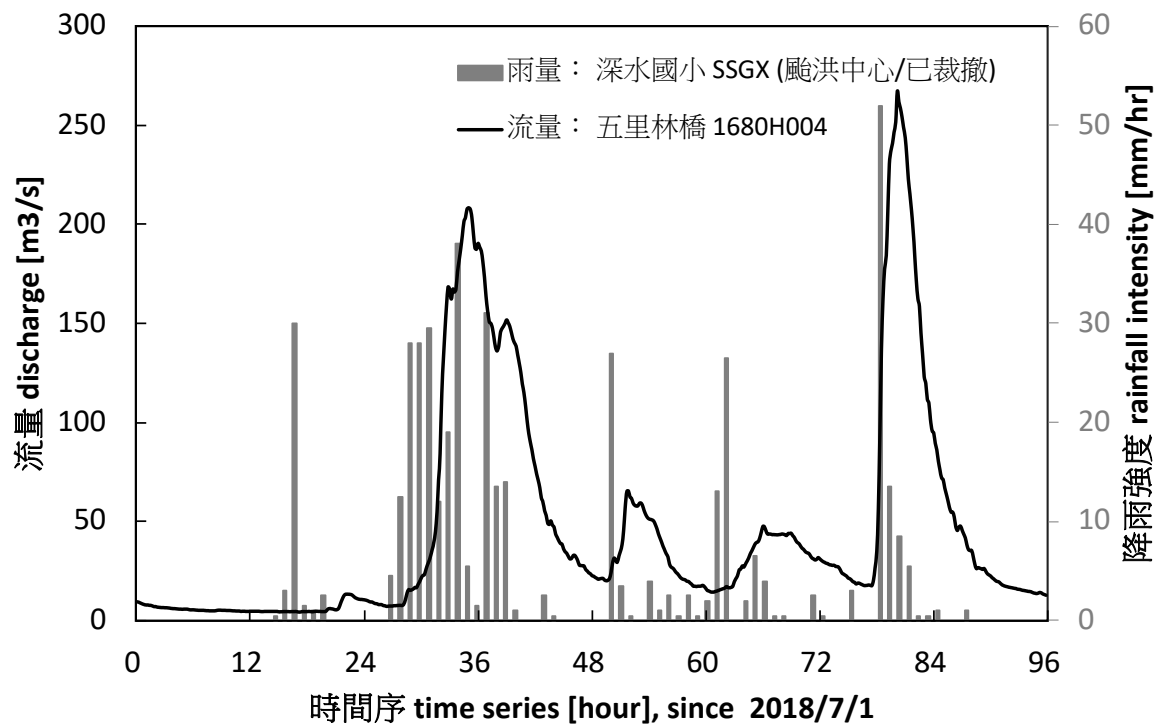


圖 4-68 高雄典寶溪排水五里林橋站颱洪事件降雨與流量歷線：事件編號 W13

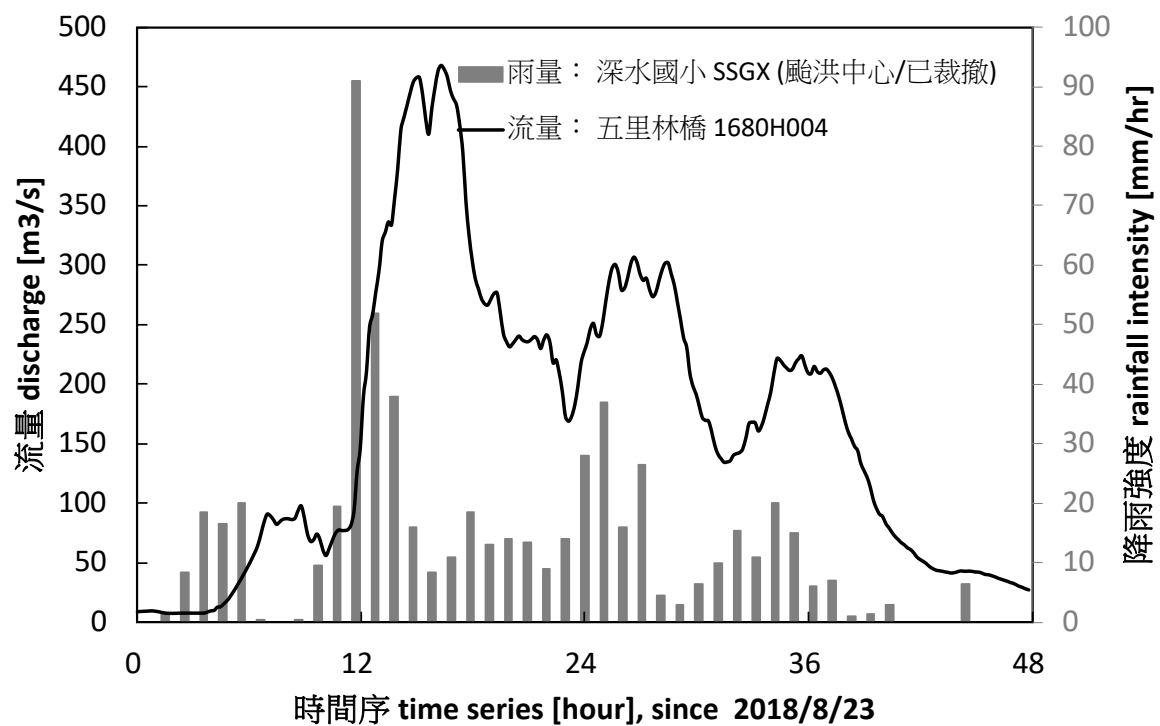


圖 4-69 高雄典寶溪排水五里林橋站颱洪事件降雨與流量歷線：事件編號 W14

四、新竹八股排水延壽宮站

表 4-6 為八股排水延壽宮站集流時間分析成果彙整；共計 23 場事件，主要為颱風、梅雨及短延時降雨事件。圖 4-70 至圖 4-92 則為各分析颱風事件期間的柯涌雨量站降雨組體圖與延壽宮水位流量站流量歷線。彙整推估結果顯示利用逕流歷線開始上升至洪峰流量發生的時間間距所得集流時間 tc_2 稍大於其他推估值，但八股排水集水區僅 8 km^2 ，因此 tc_2 不納入分析。綜合其他集流時間推估結果，八股排水延壽宮站的集流時間約為 2.45 hr。若採用加州公路局公式、Rziha 公式及周文德公式計算集流時間，則顯示算得集流時間明顯小於實測值。

表 4-6 新竹八股排水延壽宮站集流時間分析成果

編號	事件 (起始日期)	颱風名稱	稽延時間 [hr]	集流時間 tc_1 (=稽延時間/0.6) [hr]	集流時間 tc_2 (逕流歷線開始上升至洪峰流量發生的時間間距) [hr]	集流時間 tc_3 (有效降雨終止至直接逕流歷線退水段反曲點的時間間距) [hr]
E1	2019/7/22		2.33	3.89	-	-
E2	2019/8/8	利奇馬 Lekima	4.00	6.67	14.68	0.05
E3	2019/8/19		0.93	1.56	-	-
E4	2019/9/5		2.00	3.33	4.17	4.17
E5	2020/2/16		1.17	1.94	4.67	0.17

編號	事件 (起始日期)	颱風名稱	稽延時間 [hr]	集流時間 tc1(=稽延時間/0.6) [hr]	集流時間 tc2(逕流歷線開始上升至洪峰流量發生的時間間距) [hr]	集流時間 tc3(有效降雨終止至直接逕流歷線退水段反曲點的時間間距) [hr]
E6	2020/3/10		2.00	3.33	2.83	1.33
E7	2020/5/7		2.00	3.33	-	-
E8	2020/5/16		3.00	5.00	14.33	2.33
E9	2020/5/18		0.50	0.83	4.17	1.17
E10	2020/5/21		2.33	3.89s	-	-
E11	2020/5/28		2.67	4.44	21.00	5.00
E12	2020/8/3		2.17	3.61	-	-
E13	2020/8/11	米克拉 Mekkhala	2.17	3.61	2.67	2.33
E14	2021/2/11		2.67	4.44	3.33	-
E15	2021/3/6		3.83	6.39	3.67	4.00
E16	2021/3/24		2.00	3.33	9.67	-
E17	2021/4/28		4.33	7.22	5.17	5.33
E18	2021/5/31		0.50	0.83	6.83	0.50
E19	2021/8/7	盧碧 Lupit	1.00	1.67	7.33	-
E20	2022/5/14		1.83	3.06	-	-
E21	2022/5/24		0.83	1.39	4.67	3.00
E22	2022/6/6		1.00	1.67	3.17	3.50
E23	2022/9/2	軒嵐諾 HINNAMNOR	1.17	1.94	5.33	2.00
平均值			1.68	2.80	3.69	2.10
公式計算集流時間 [hr]			加州公路局公式	Rziha 公式	周文德公式	
			1.12	0.88	1.66	

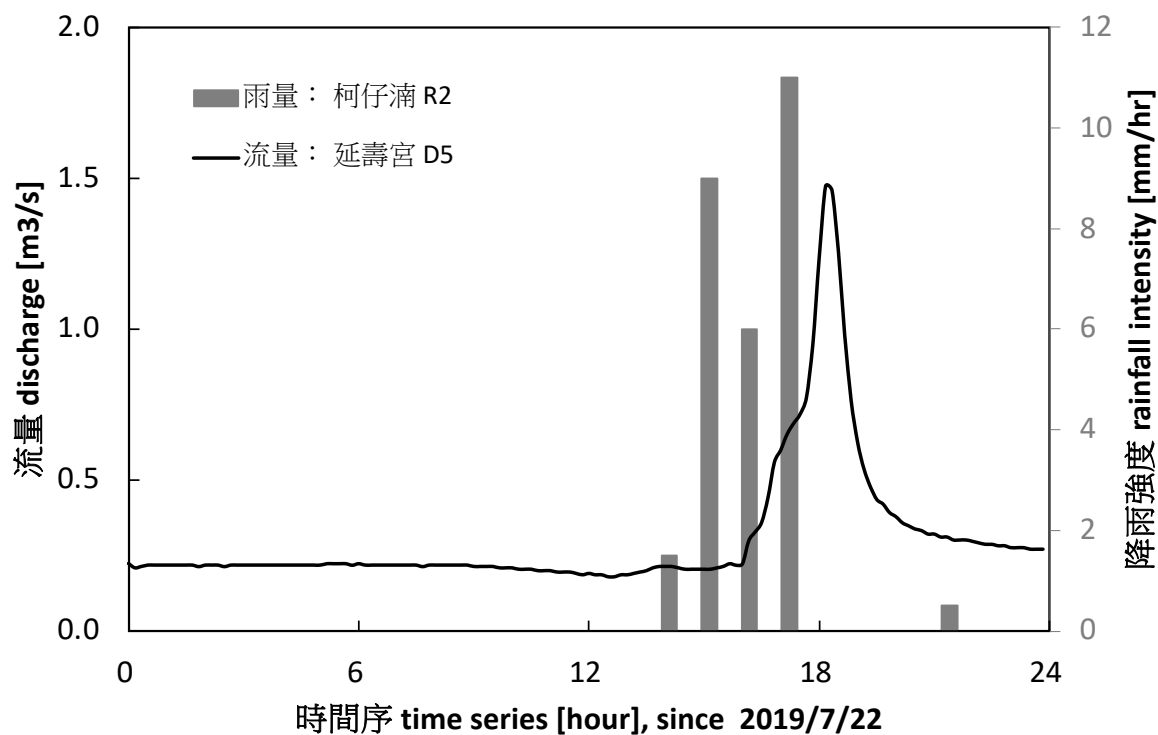


圖 4-70 新竹八股排水延壽宮站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 E1

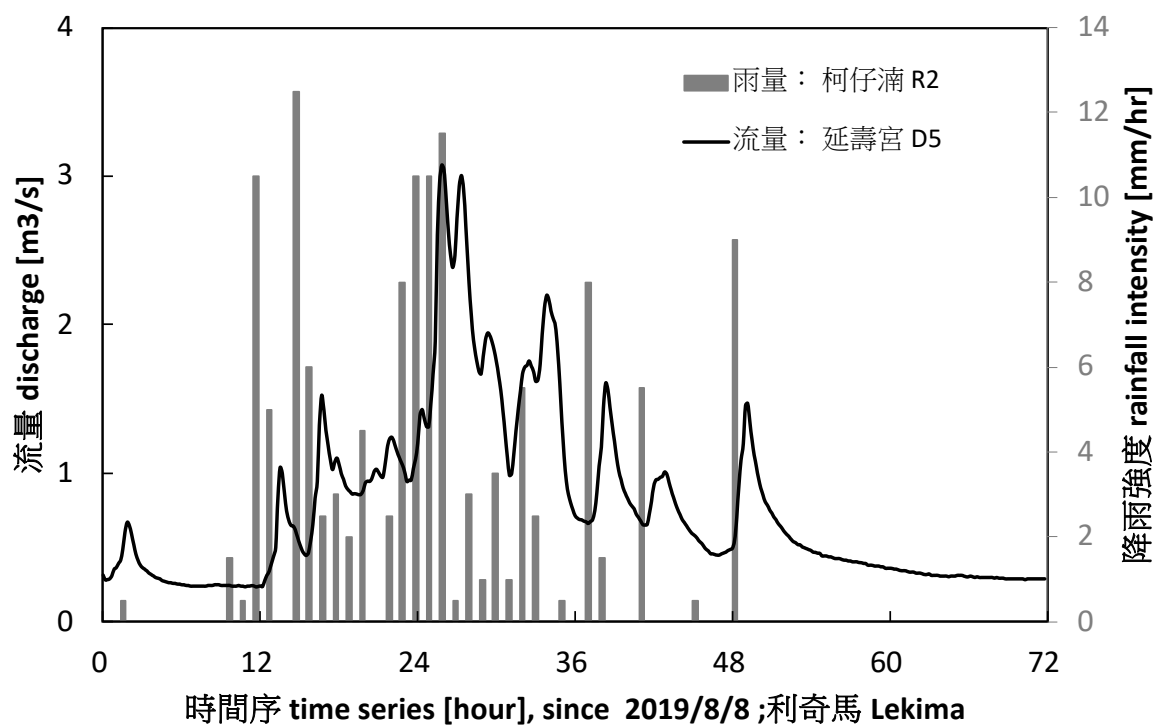


圖 4-71 新竹八股排水延壽宮站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 E2

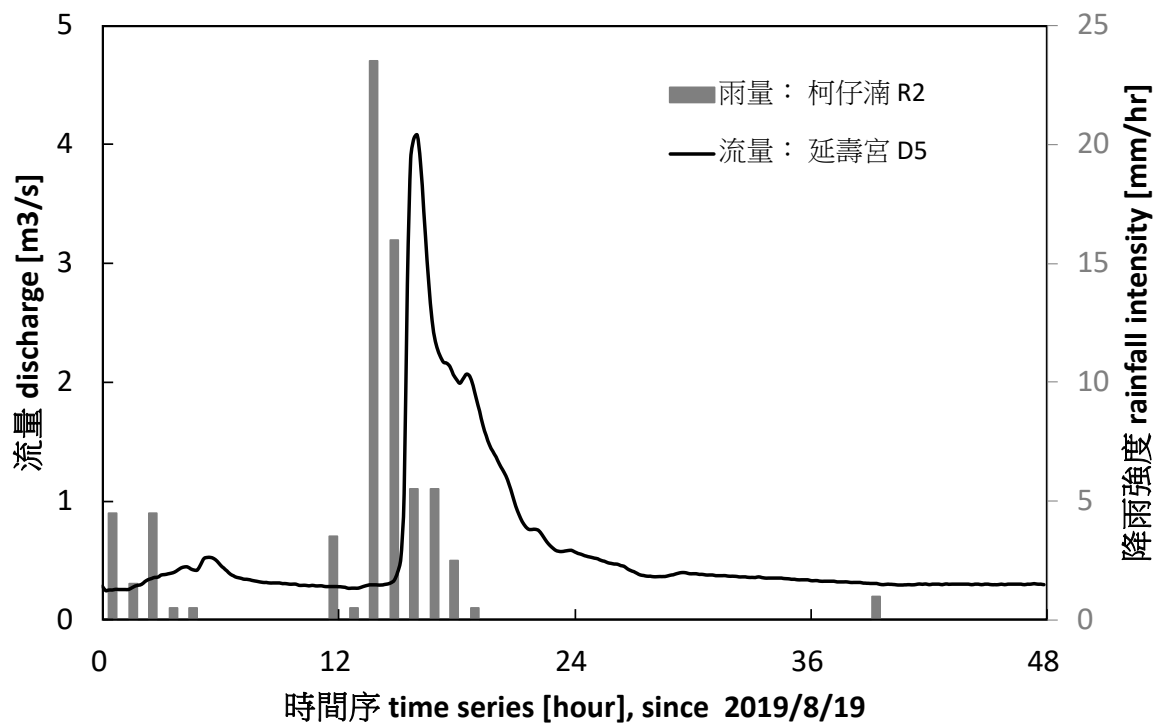


圖 4-72 新竹八股排水延壽宮站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 E3

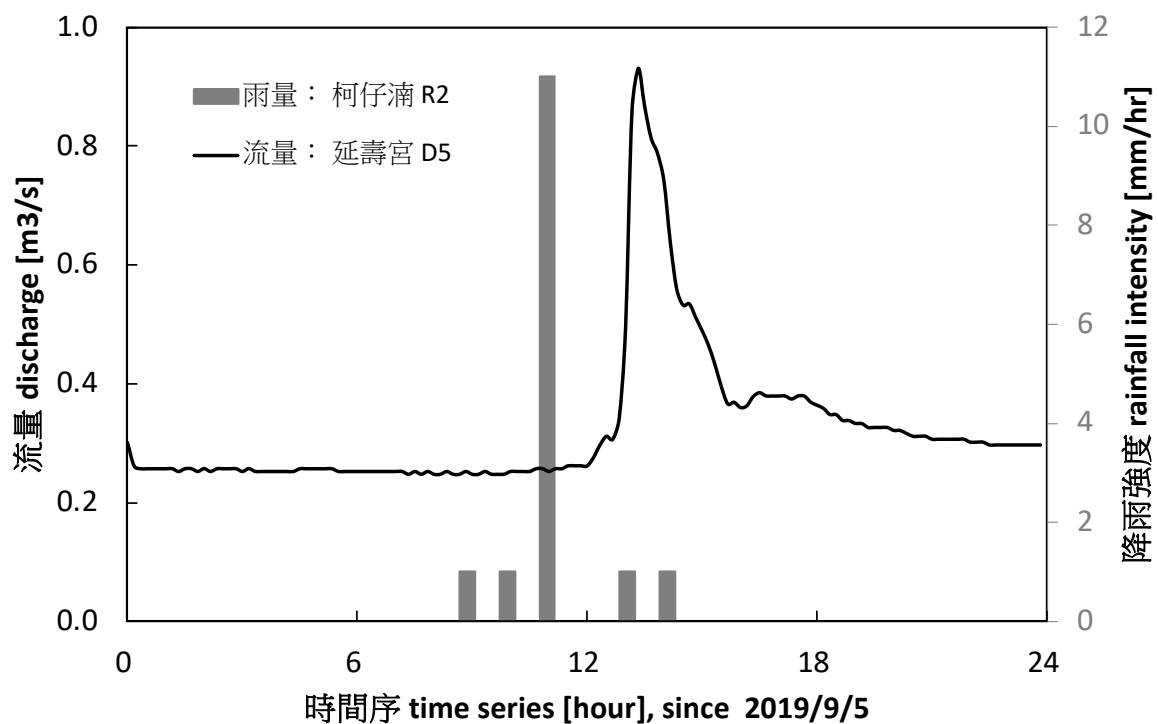


圖 4-73 新竹八股排水延壽宮站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 E4

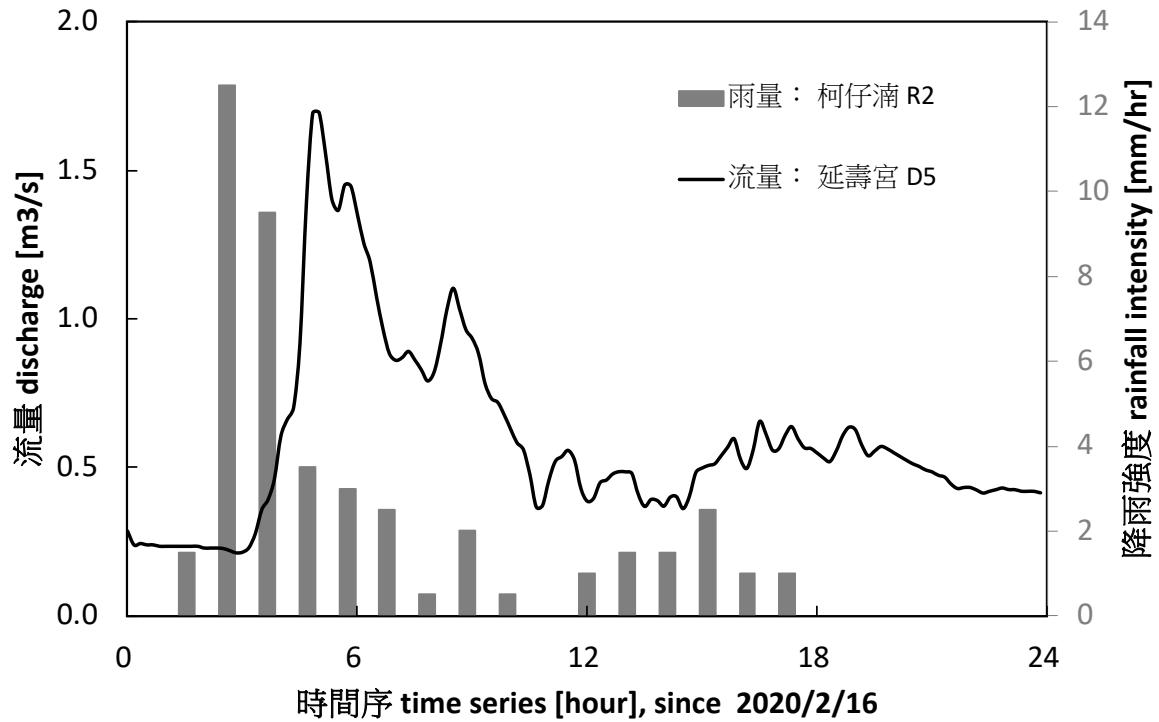


圖 4-74 新竹八股排水延壽宮站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 E5

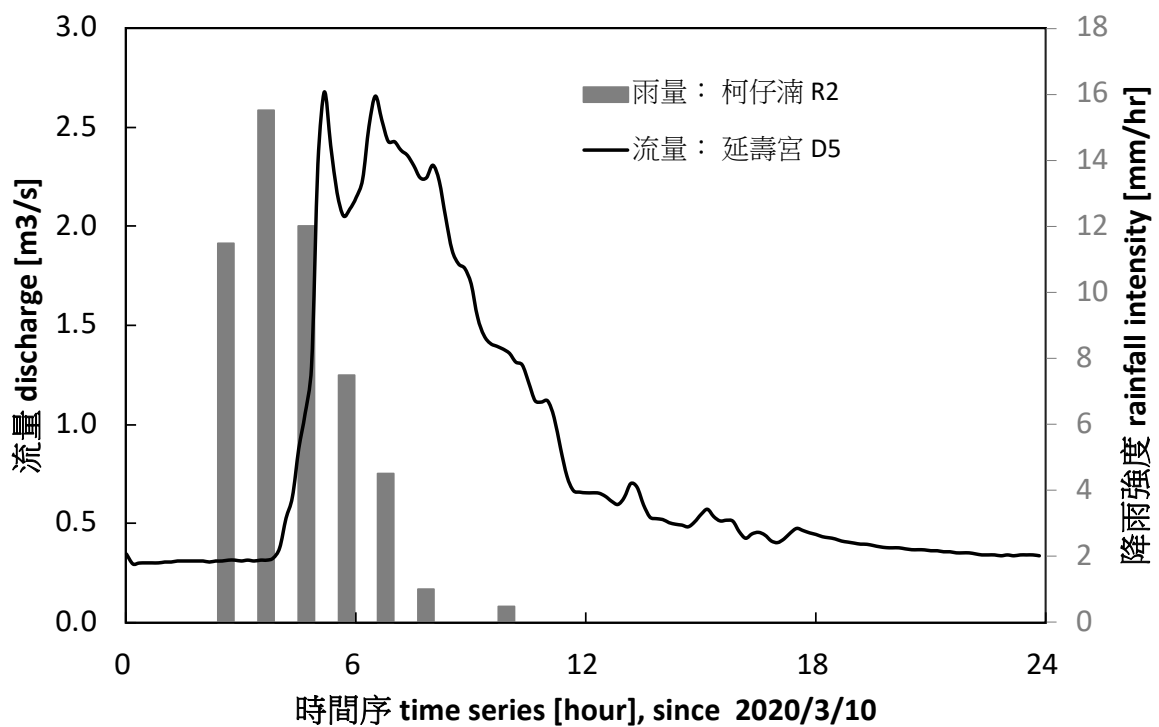


圖 4-75 新竹八股排水延壽宮站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 E6

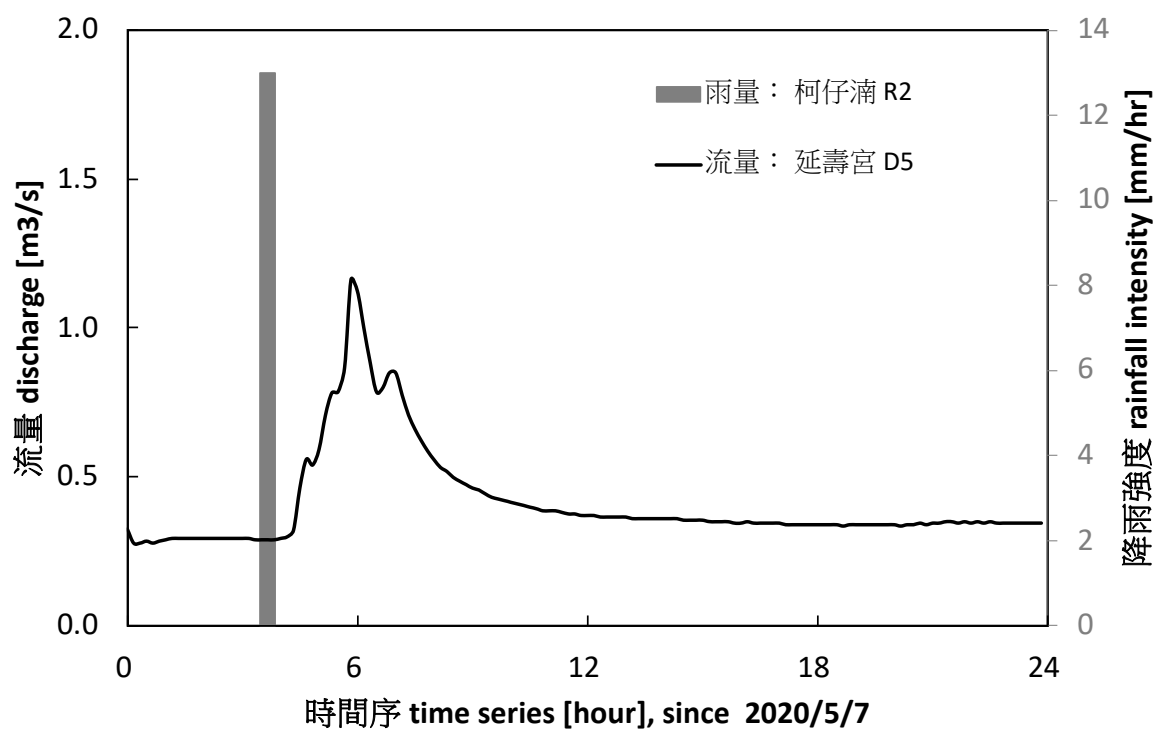


圖 4-76 新竹八股排水延壽宮站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 E7

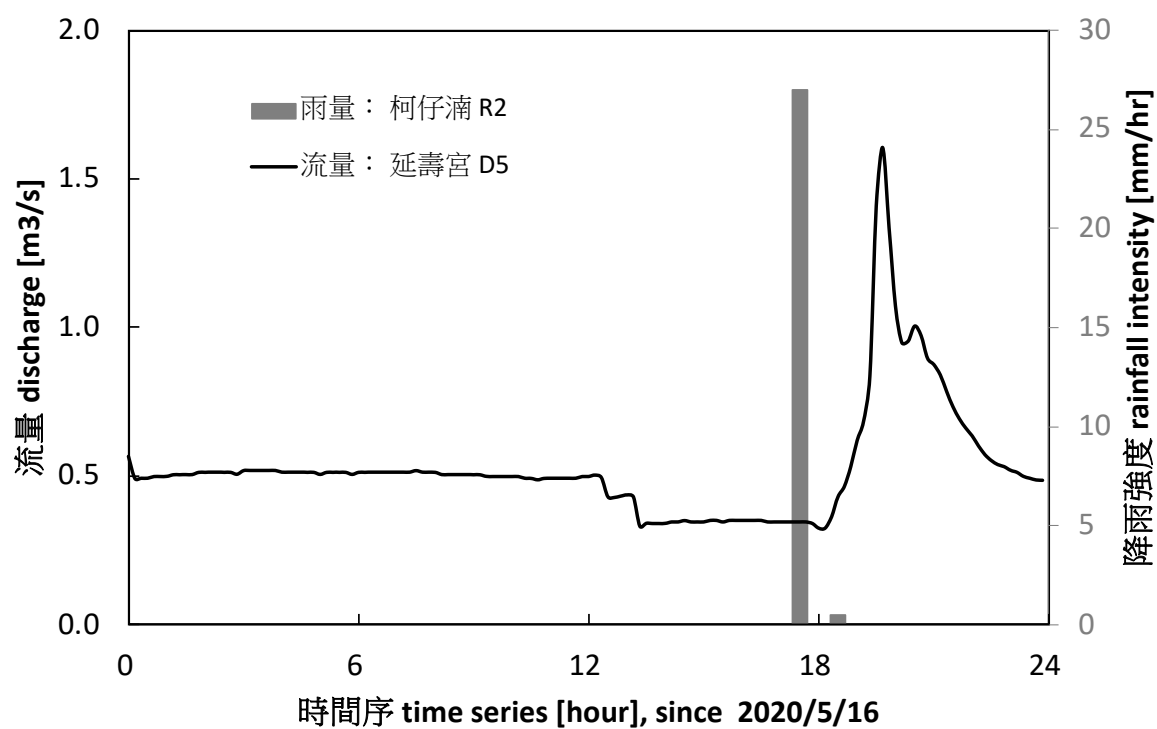


圖 4-77 新竹八股排水延壽宮站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 E8

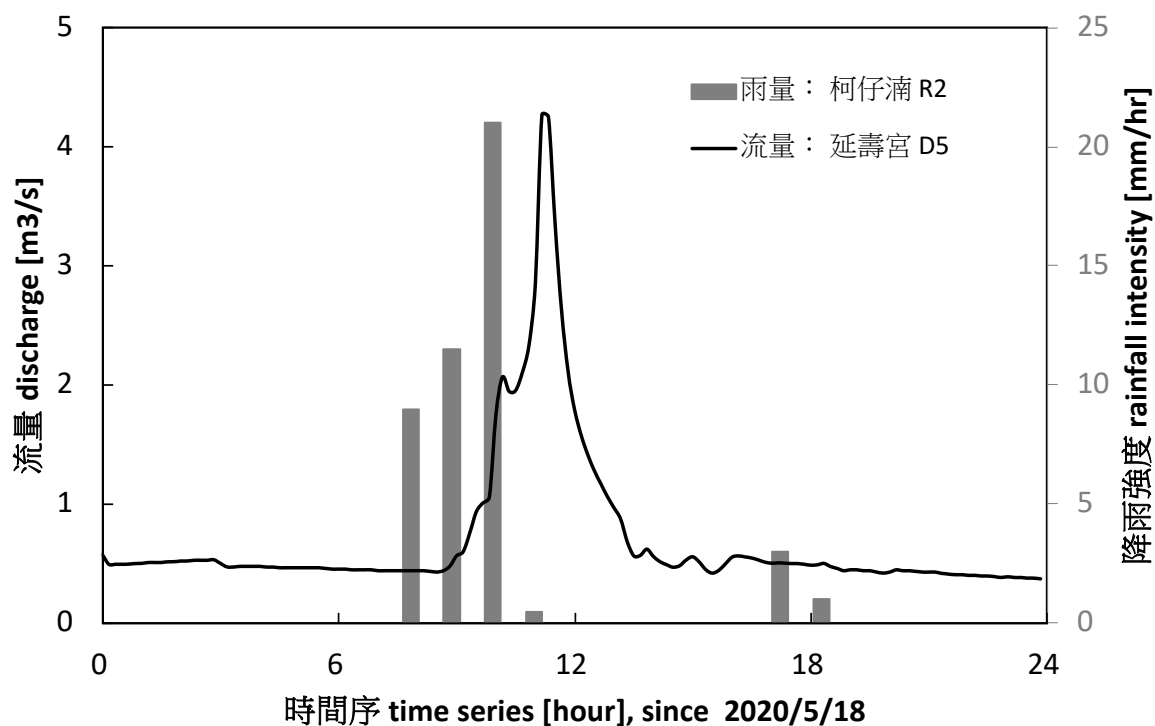


圖 4-78 新竹八股排水延壽宮站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 E9

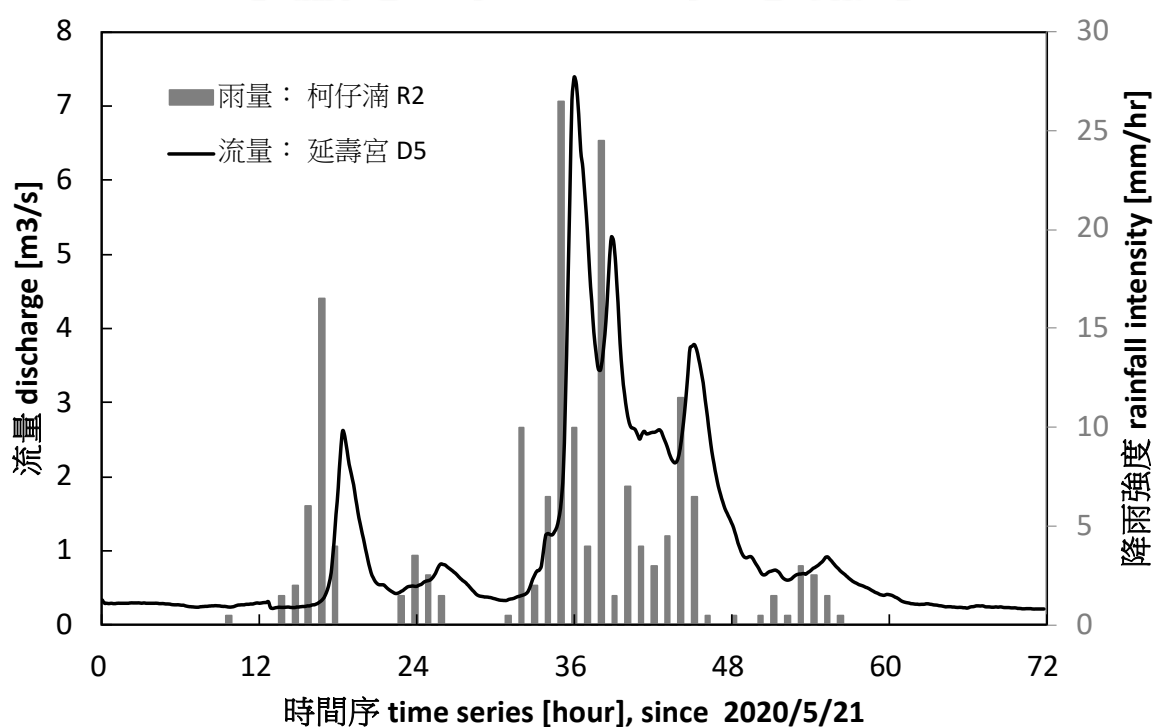


圖 4-79 新竹八股排水延壽宮站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 E10

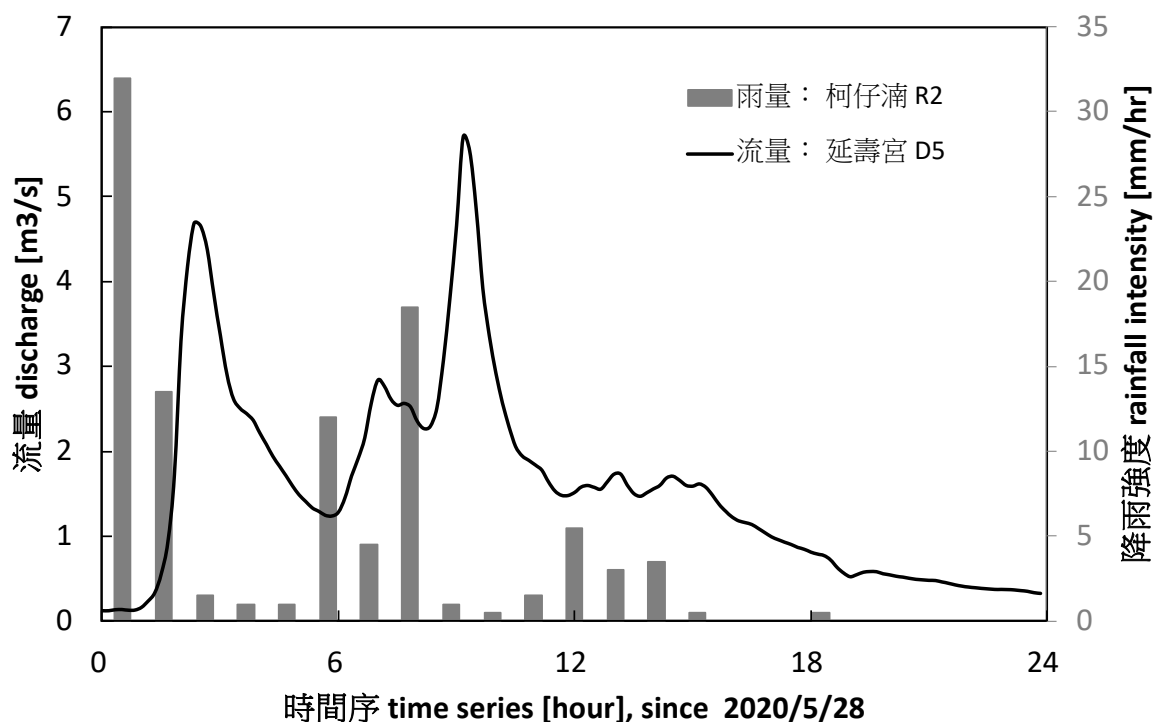


圖 4-80 新竹八股排水延壽宮站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 E11

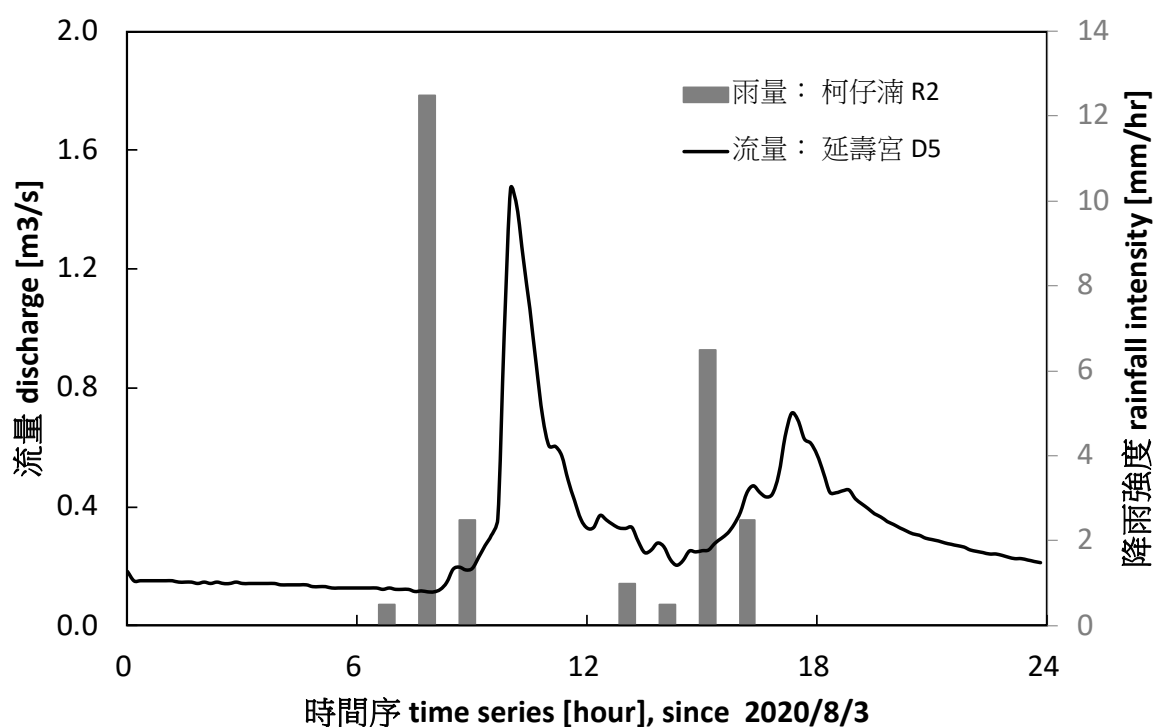


圖 4-81 新竹八股排水延壽宮站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 E12

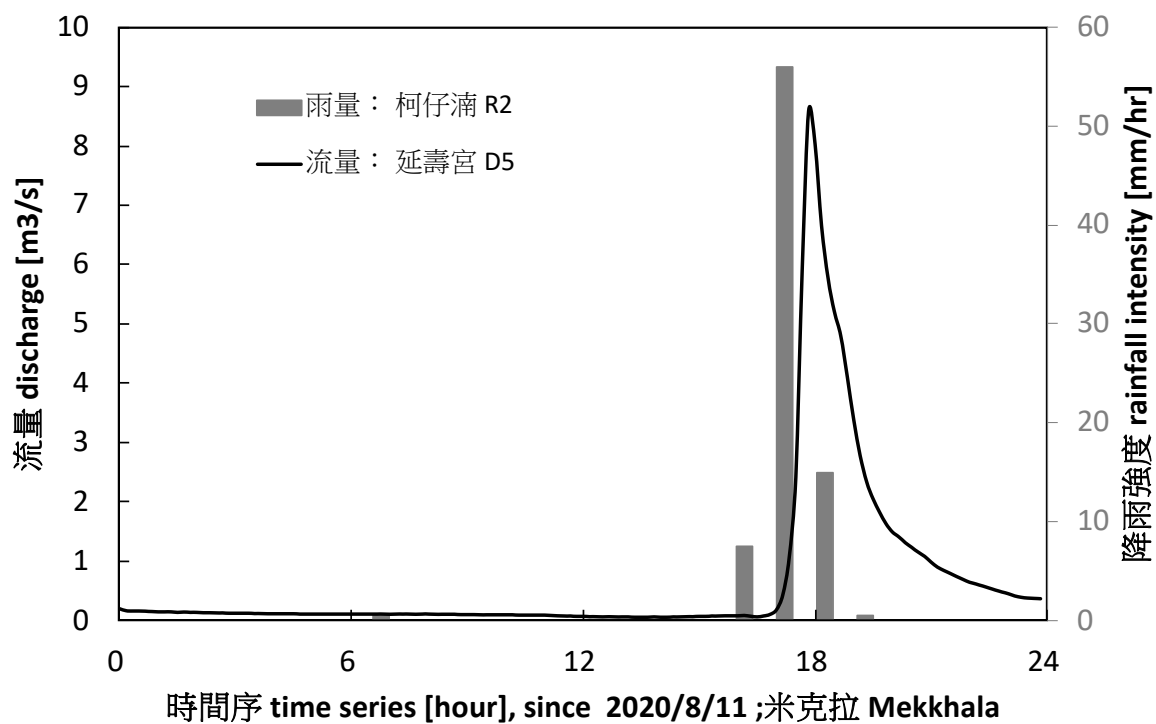


圖 4-82 新竹八股排水延壽宮站颱洪事件降雨與流量歷線：事件編號 E13

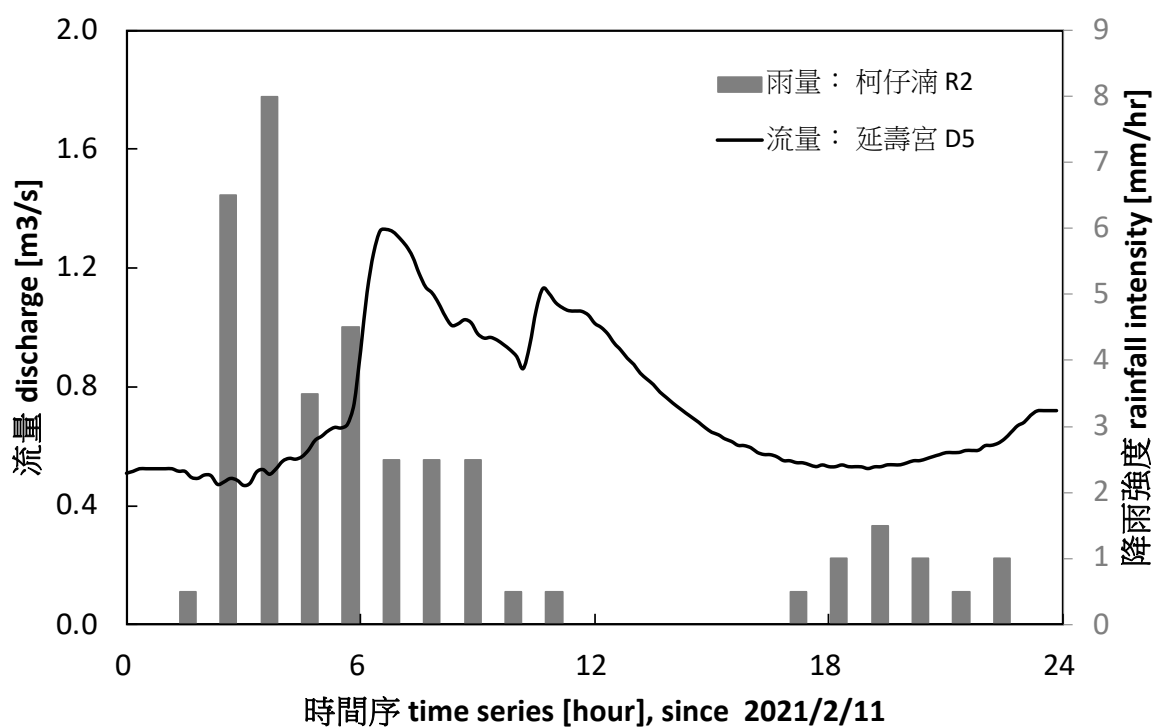


圖 4-83 新竹八股排水延壽宮站颱洪事件降雨與流量歷線：事件編號 E14

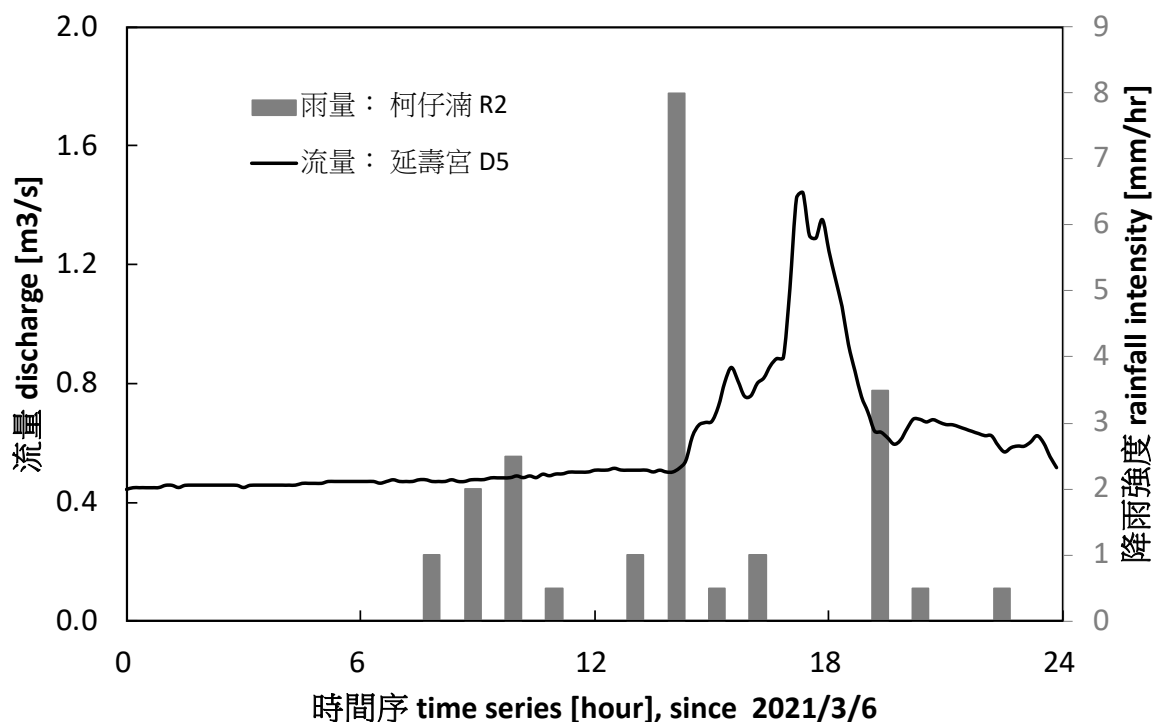


圖 4-84 新竹八股排水延壽宮站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 E15

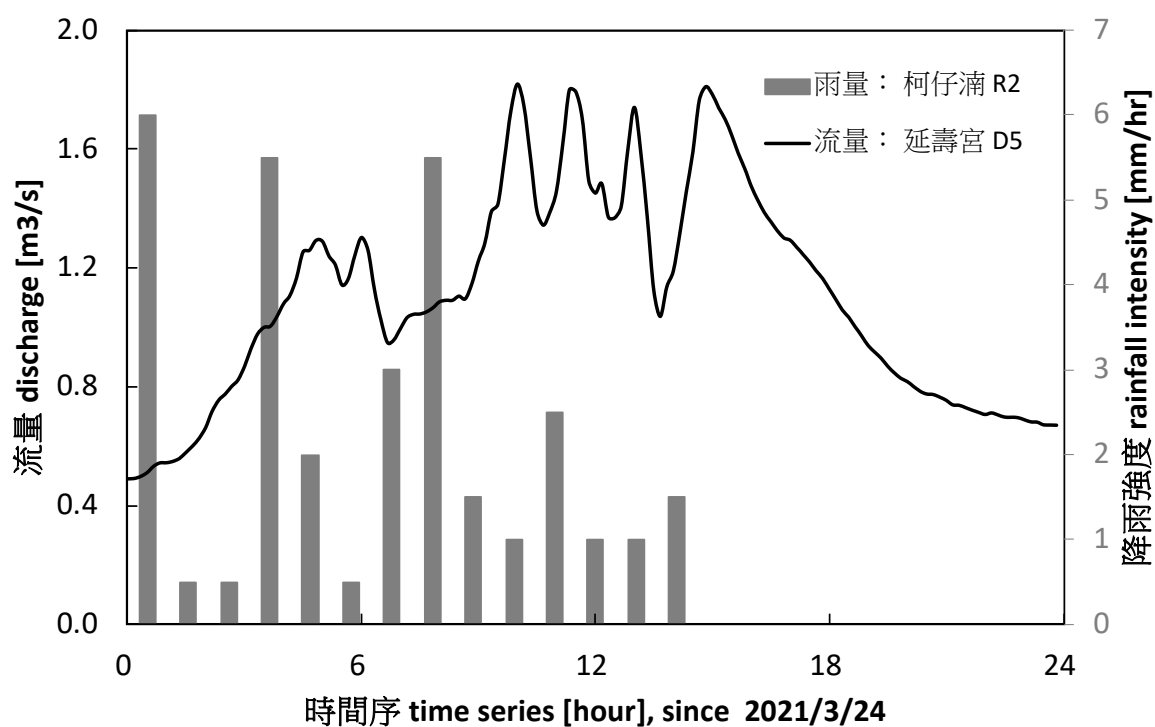


圖 4-85 新竹八股排水延壽宮站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 E16

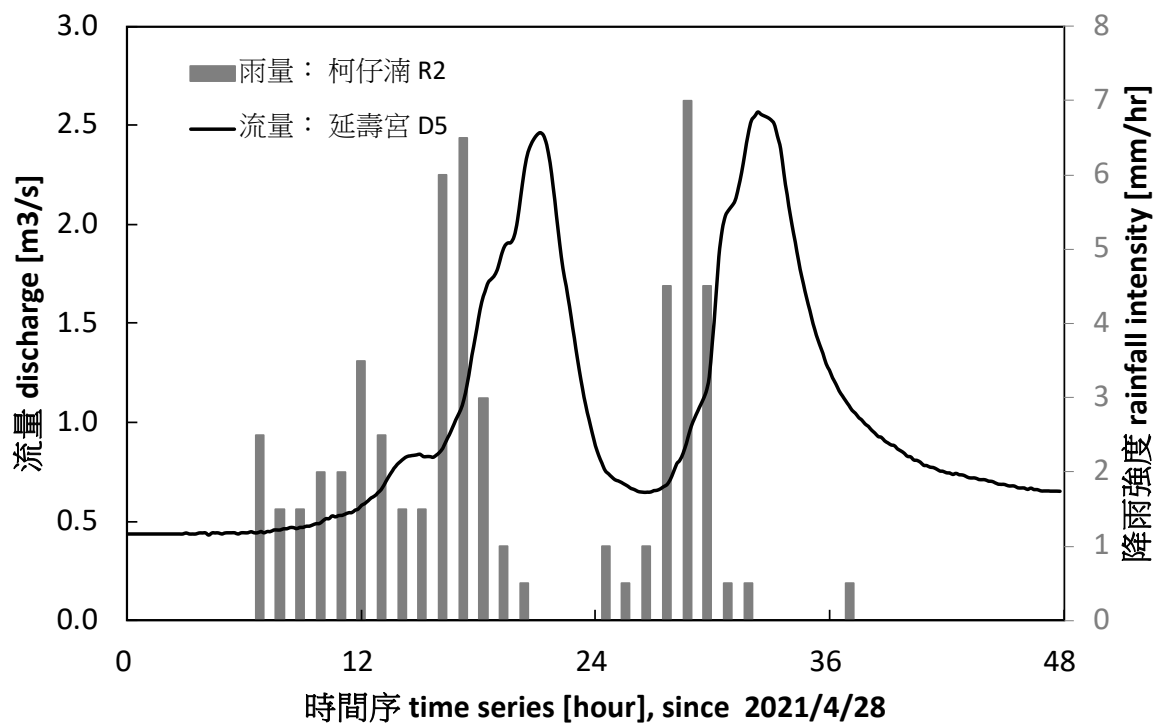


圖 4-86 新竹八股排水延壽宮站颱洪事件降雨與流量歷線：事件編號 E17

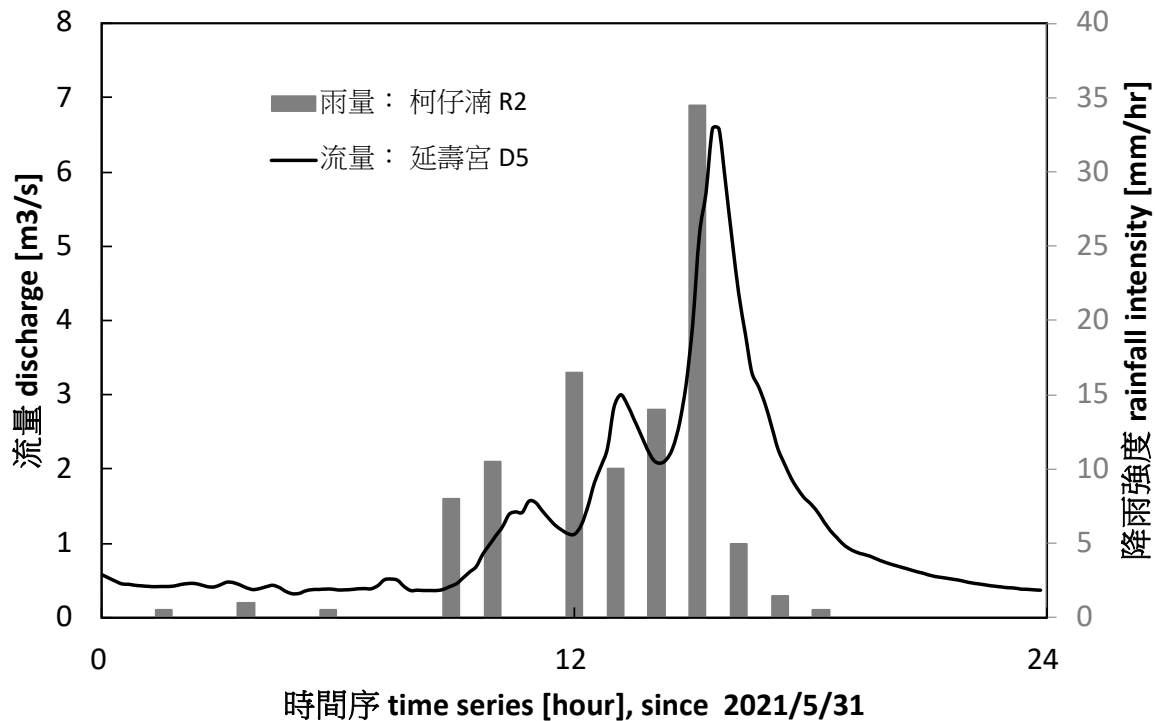


圖 4-87 新竹八股排水延壽宮站颱洪事件降雨與流量歷線：事件編號 E18

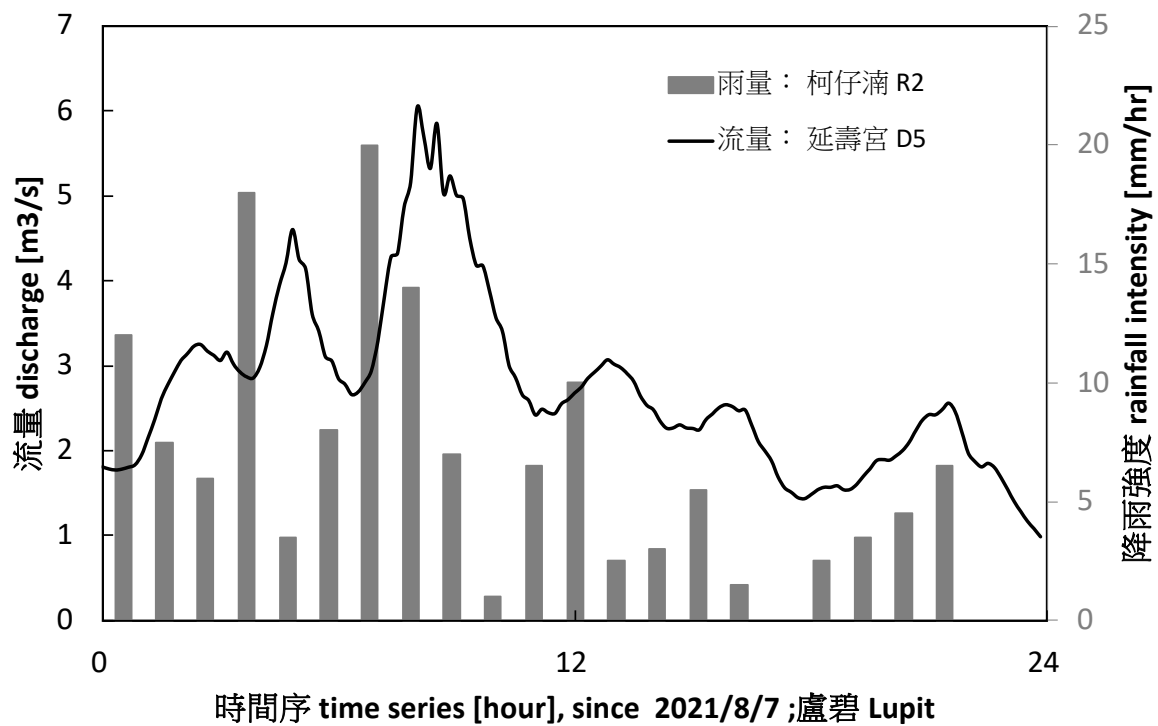


圖 4-88 新竹八股排水延壽宮站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 E19

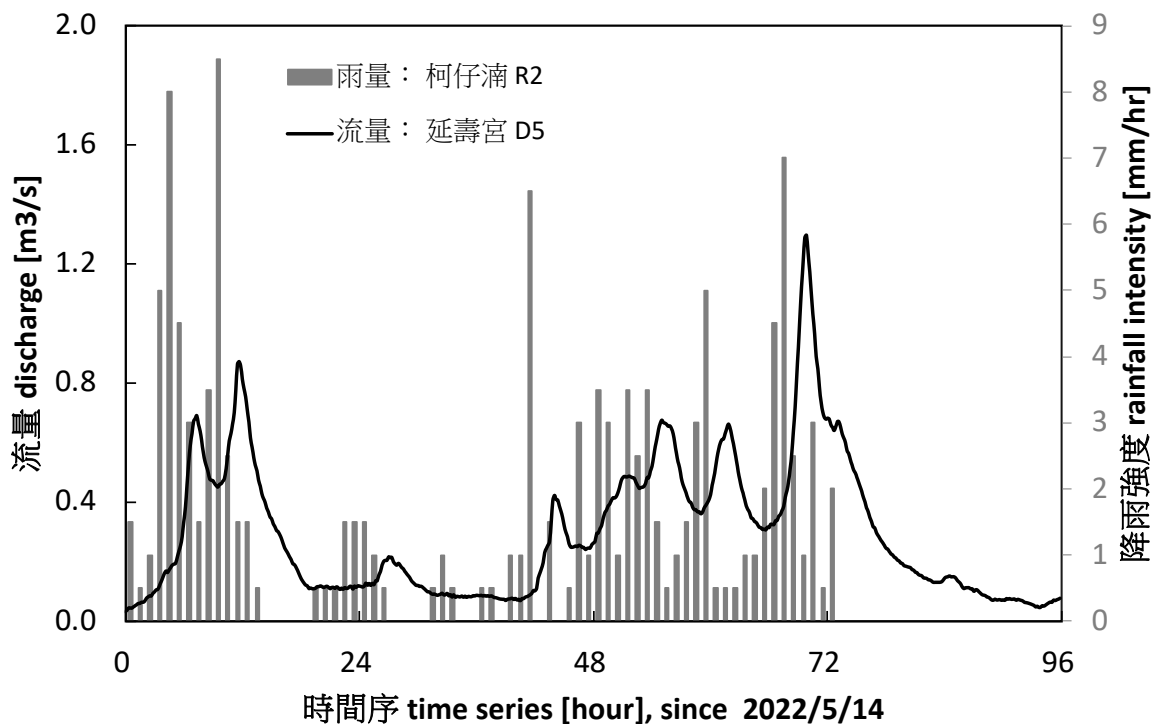


圖 4-89 新竹八股排水延壽宮站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 E20

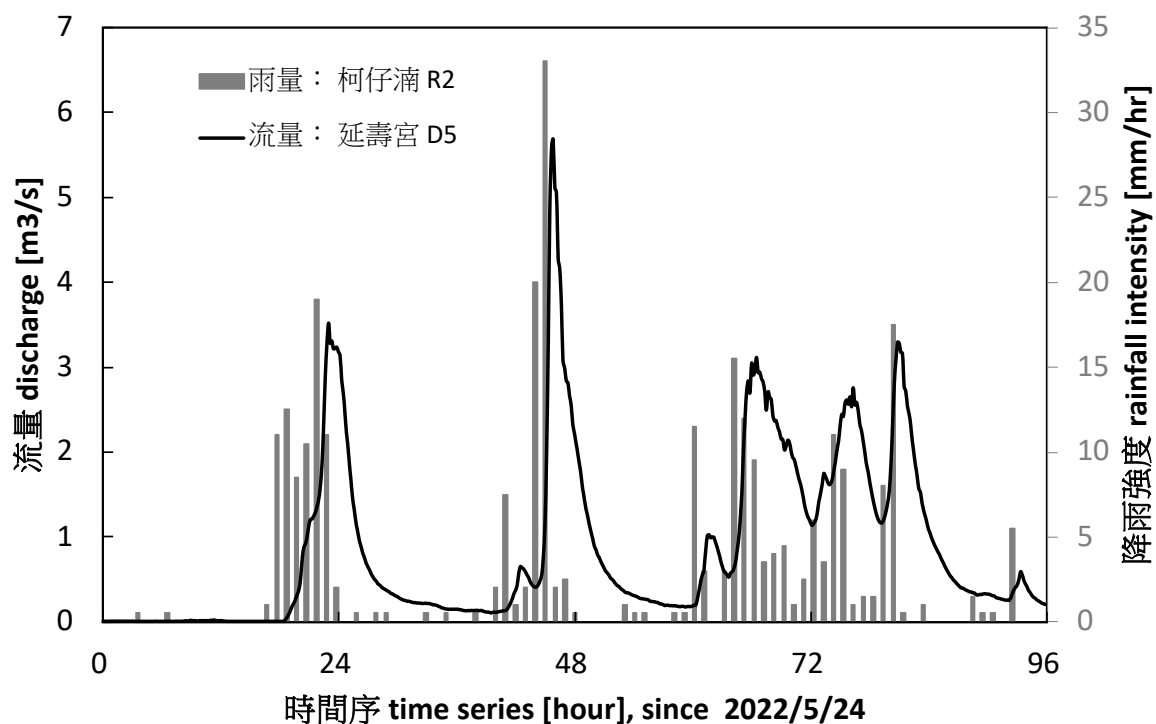


圖 4-90 新竹八股排水延壽宮站颱洪事件降雨與流量歷線：事件編號 E21

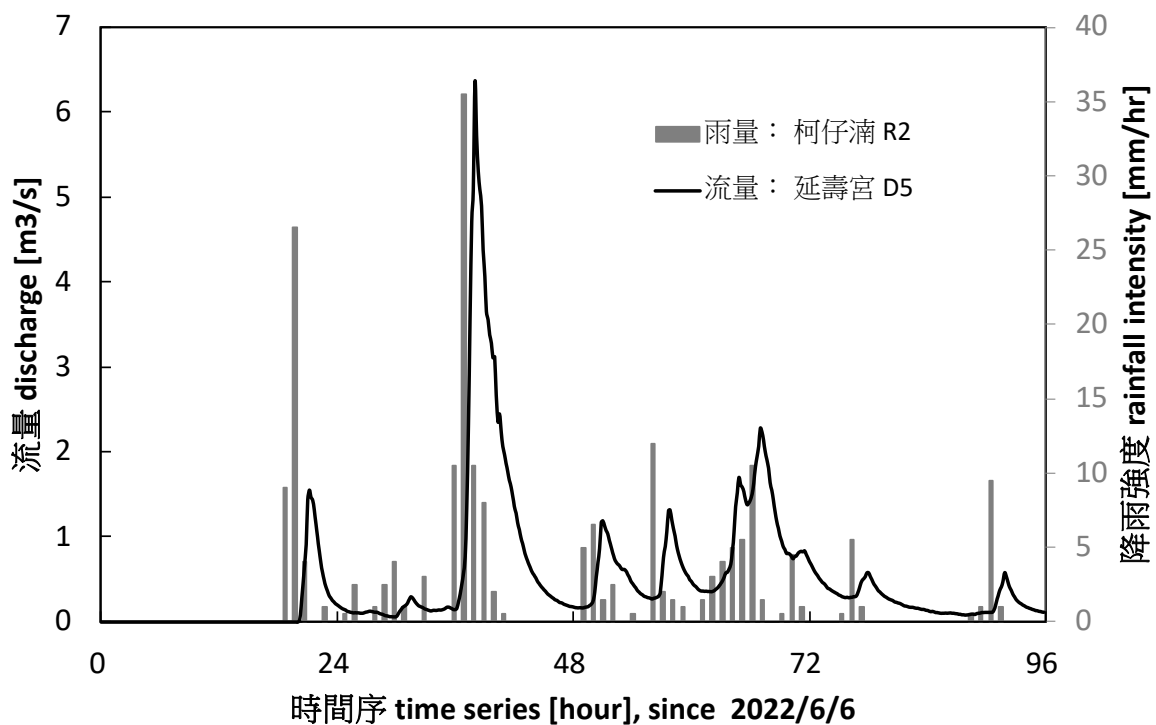


圖 4-91 新竹八股排水延壽宮站颱洪事件降雨與流量歷線：事件編號 E21

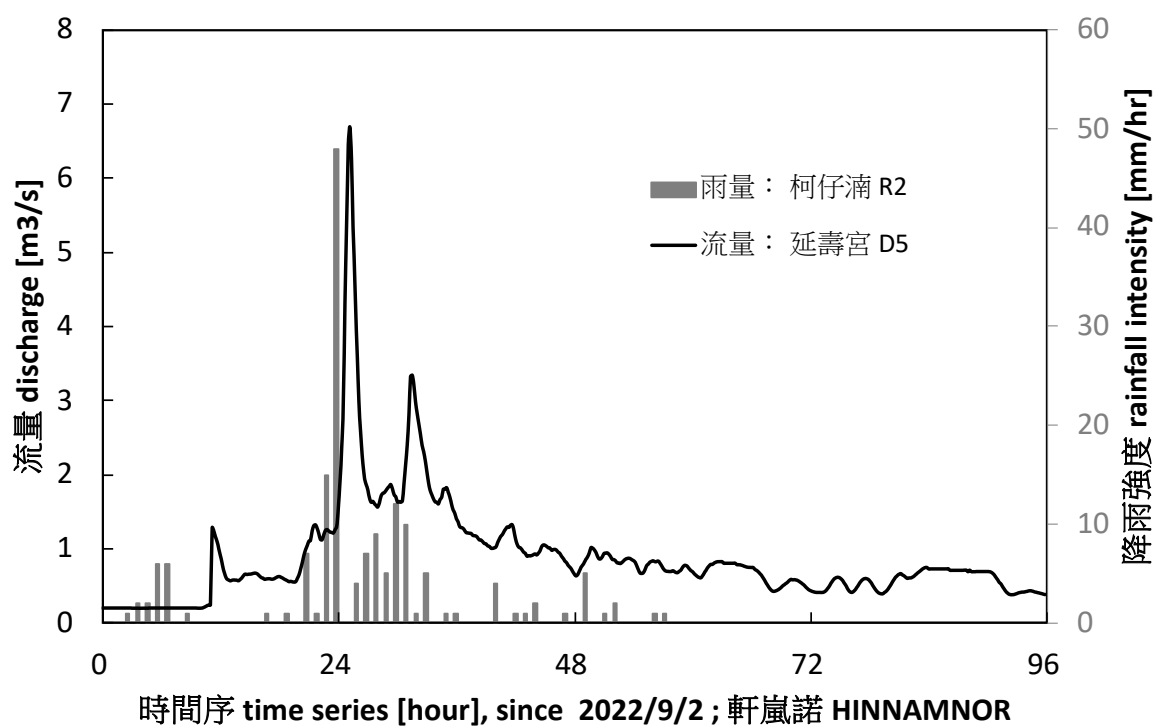


圖 4-92 新竹八股排水延壽宮站颱風事件降雨與流量歷線：事件編號 E23



第五章 颱洪期間現場流量觀測

第一節 測站選擇與介紹

檢視大面積流域或集水區，推求下游區域控制點集流時間時需將上游區域劃分數個集水區及控制點；而計畫中油羅溪為頭前溪支流，另一支流為上坪溪，因此為擴大本研究應用成果與效益，計畫中擬提供頭前溪下游河段控制點集流時間，因此進行上坪溪控制點的颱洪期間現場流量觀測與流量推估作業建置。

上坪溪，為頭前溪支流，河長 44 km，流域面積 253 km²，分佈於新竹縣竹東鎮東部、橫山鄉西部及五峰鄉全境。上坪溪主流上游為霞喀羅溪，發源於雪山山脈標高 2,512m 之檜山西北側，向西北流至石鹿轉西流，至民生轉向北流，經土場、清泉，於桃山與麥巴來溪會合後為上坪溪。續向北流經五峰、上坪，於下公館附近與油羅溪會合後則稱頭前溪。

圖 5-1 為上坪水位流量站(昌惠大橋)。上坪站為水利署水位流量站，測站編號為 1300H014，位置坐標為 TWD97 (X,Y) = (261535, 2729113)。；並設置固定式微波雷達表面流速儀 1 座，以觀測表面流速及進行流量推估。對應分析的雨量站為清泉站(流域內最上游雨量站)，屬水利署，編號為 01D110，位置坐標為 TWD97 (X,Y) = (260485, 2718500)。



a



b

圖 5-1 上坪水位流量站 (昌惠大橋)；a 上游側；b 下游側

第一節 測站資料蒐集與彙整

計畫中蒐集上坪站近年水文與地文資料，包含觀測位置斷面高程、流量觀測資料及水位流量率定曲線等。清泉雨量站雨量及上坪水位與表面流速資料則持續蒐集彙整中。圖 5-2 為歷次上坪站昌惠大橋下游側河床斷面測量結果及比較。因為進行現場流量作業時其操作位置為橋梁下游側，所以蒐集彙整該斷面資料。由比較結果可知 2012 至 2019 期間斷面形狀變化小且穩定，因此上坪站適合進行長期流量觀測與分析。

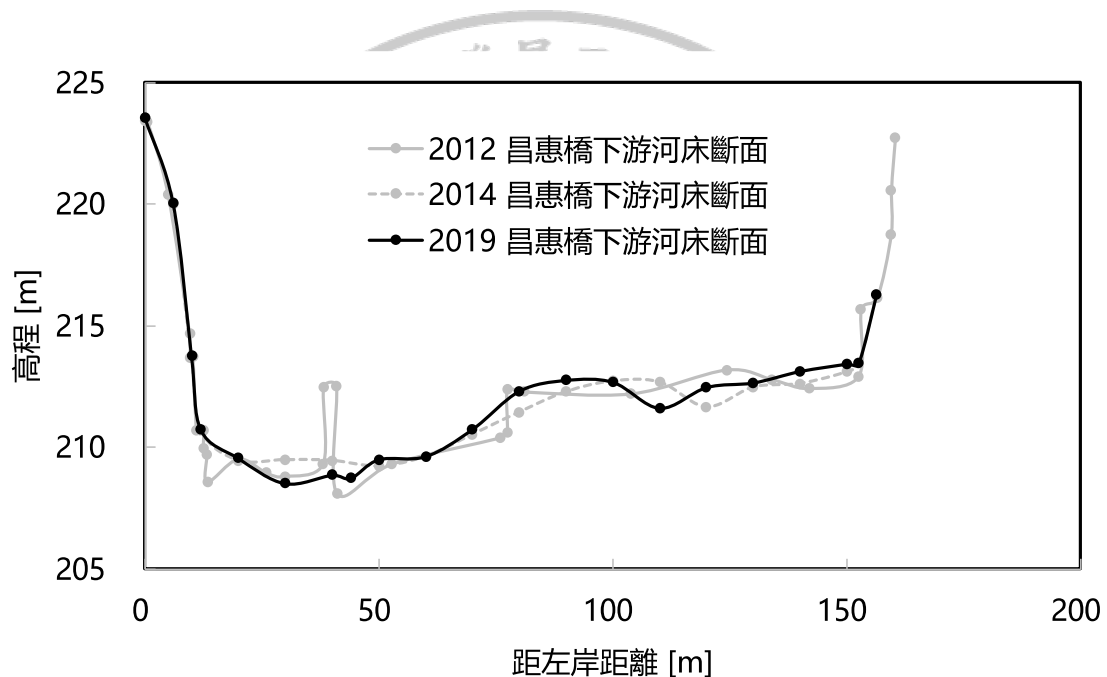
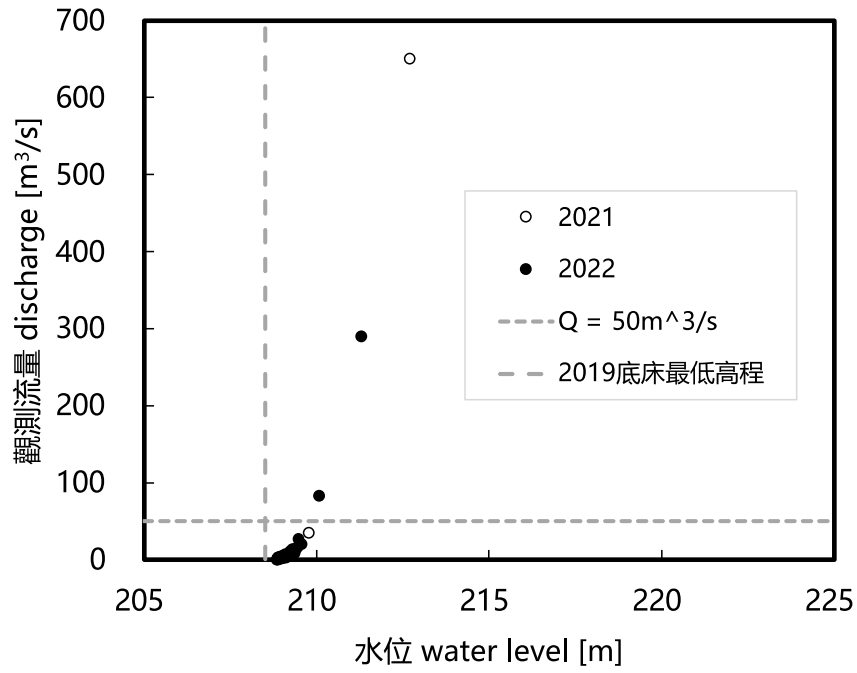
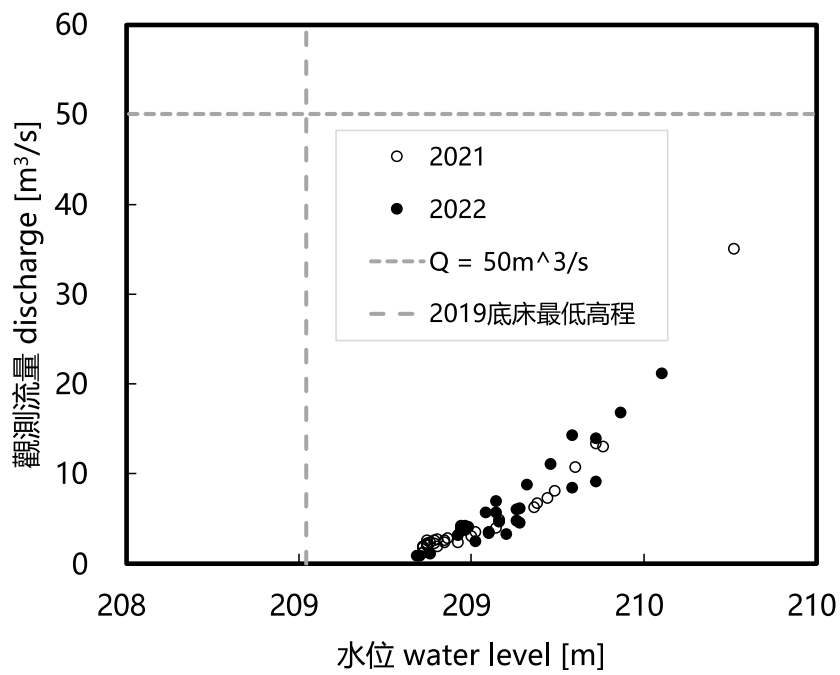


圖 5-2 上坪站昌惠大橋下游側河床斷面比較

圖 5-3 為 2012 及 2022 年間水利署於上坪站的流量觀測資料。2021 與 2022 年間水利署於上坪站流量觀測共計 63 次；其中測得流量大於 $50 \text{ m}^3/\text{s}$ 者計有 3 次，僅佔全數 4.7%，其中測得流量小於 $50 \text{ m}^3/\text{s}$ 者則佔全數 95.3%。流量小於 $10 \text{ m}^3/\text{s}$ 者則佔全數 79.4%。資料上測得較大流量的颱風事件中計有 2021/10 圓規颱風 (COMPASU, no.18)；2022/9 軒蘭諾颱風 (HINNAMNOR, no.11)。以上皆使用手持式雷達測速槍進行表面流速觀測，再轉換成各測點平均流速後乘上子通水斷面積，最後加總為整體流量。圖 5-4 為水利署上坪站於 2018 至 2022 年間水位流量率定曲線。由期間率定曲線可知平均涵蓋水位區間為 209-212 m，流量區間為 $0.9\text{-}580 \text{ m}^3/\text{s}$ 。然而 2021 年時的涵蓋流量可達 $1130 \text{ m}^3/\text{s}$ 。此外計畫中將持續自水利署水文資訊網中蒐集與彙整 2020 至 2023 年間上坪水位流量站與清泉雨量站的水文資料，並擇定颱風事件以於完成平均與表面流速率定及流量推估程序建置後進行擇定颱風事件期間的流量歷線，以及上坪站集流時間推估與分析。

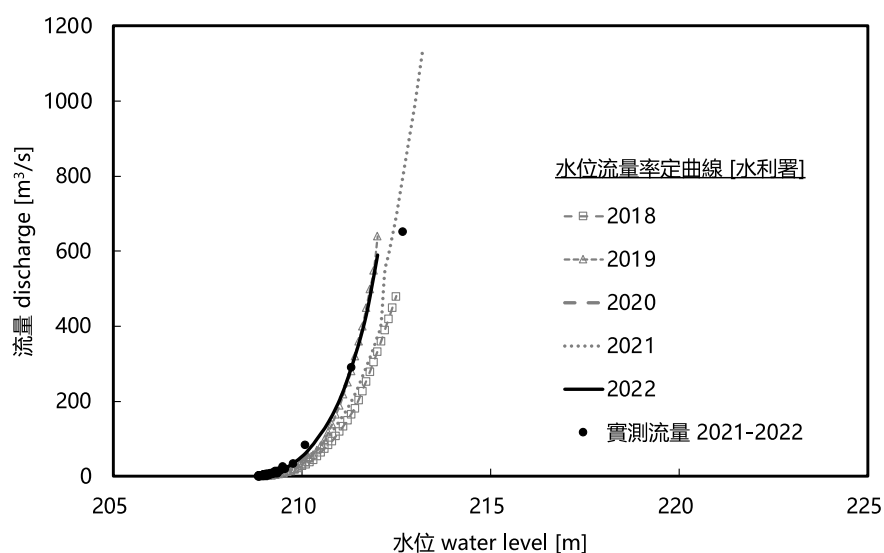


a

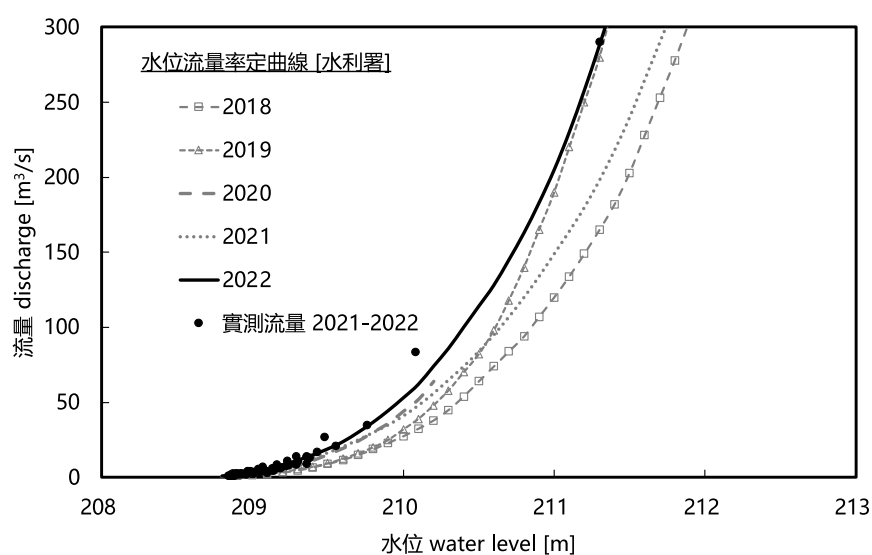


b

圖 5-3 水利署上坪站 2012 及 2022 年流量觀測資料：a 全部資料；b 流量低於 50 m³/s 局部資料



a



b

圖 5-4 水利署上坪站 2018 至 2022 年間水位流量率定曲線：a 完整曲線；
b 流量低於 300 m³/s 局部曲線

第二節 颱風期間流量觀測計畫

一、工作範圍與測站

根據計畫契約需進行颱風期間現場流量觀測作業，其目的為利用現有表面流速觀測設備進行流量推估加值應用，計畫中擇定水利署第二河川局轄區流域內頭前溪支流上坪溪上坪站為本年度流量觀測作業測站，主要原

因為該站為頭前溪上游測站具有降雨逕流估算檢核功能，且該站已經具有長期完整水文觀測資料，預期可有明顯流量觀測效能提升效果。測站位置如圖 5-5 所示。



圖 5-5 頭前溪支流上坪溪上坪站位置圖

上坪站位於上坪溪昌惠橋（縣道 122 線 30.5K 處），並設有雷達波水位計 1 座，雷達波表面流速儀 1 座，且第二河川局派員定期進行人工流量觀測作業，以及繪製水位流量率定曲線。現場情況如圖 5-6 所示。



圖 5-6 上坪站現場狀況；橋面與底床

二、工作流程與出勤原則

分析上坪站的水文資料可得 3 種流況：

- 1.大尺度降雨系統形成持續高水位，如颱風與梅雨；
- 2.中小尺度對流系統短延時強降雨形成水位快速漲跌，如午後雷陣雨；
- 3.未降雨時常流量低水位。

為進行有效率流量觀測，以下針對以上 3 種流況規劃出勤原則。針對如颱風與梅雨的大尺度降雨系統，參考水利署地面水文觀測手冊全洪程觀測標準流程，計有前置、啟動、觀測、解除及後製等原則步驟，計畫中保留現行原則步驟並但照現地狀況調整為可行執行細節。大尺度降雨系統流量觀測作業流程如圖 5-7 所示。中央氣象局公布颱風生成或劇烈天氣系統後，則本團隊啟動守視作業，每日關注最新動態。此外出勤時機則綜整預警系統如「水利防災中心水情預警資訊網」、「中央氣象局劇烈天氣監測系統」、「中央氣象局定量降水預報」、「國家災害防救災科技中心 天氣與氣候監視網 定量降雨估計及系集降雨預報」等降雨資訊後，決定出勤與否與時間。計畫中考量台灣洪水特性、儀器特性及人員安全，觀測方式改以定點長時方式。定點長時方式為在固定測站內進行短時距反覆觀測。如此可於單一洪水事件中有效率地獲得大量流量觀測資料。現場觀測時間主要於白天進行以維護作業人員安全。颱洪期間強風對作業人員安全極具威脅，因此計畫中讓現場作業負責人以 7 級風(風速：13.9~17.1m/s；樹全身搖動，逆風行走困難)為門檻並依照現場水流與環境狀況判斷觀測作業繼續或暫停。

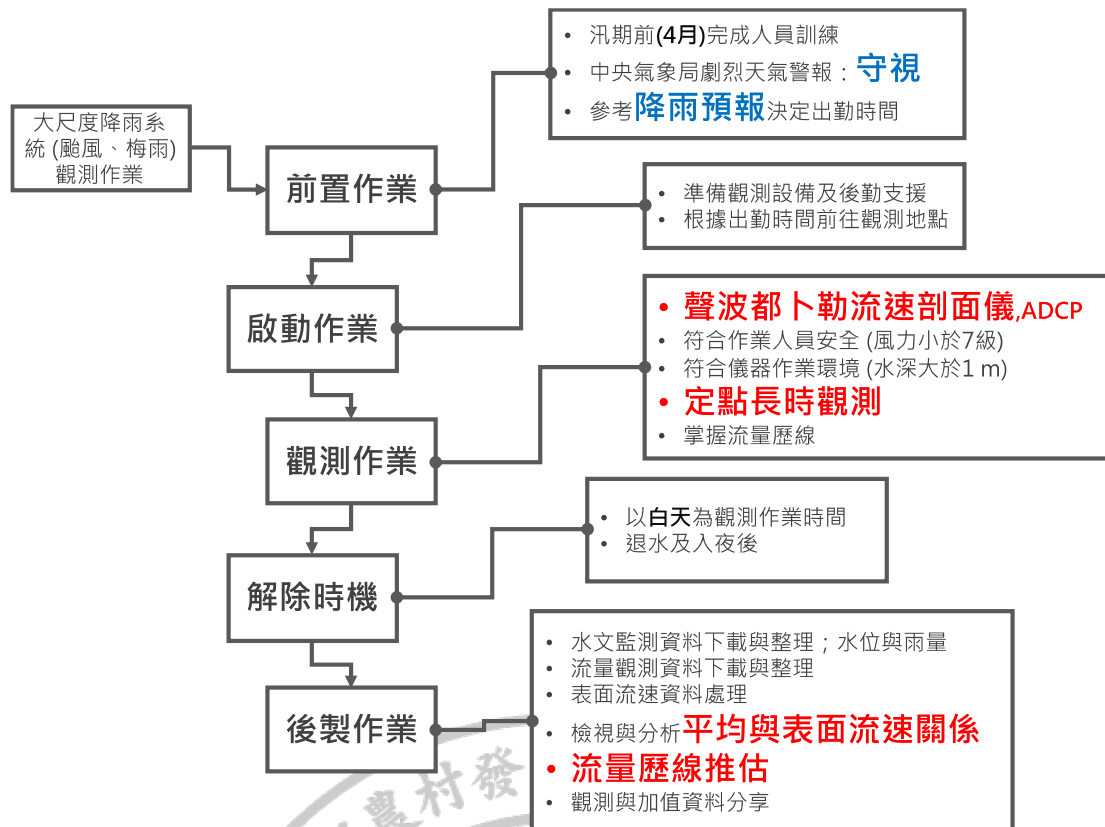


圖 5-7 大尺度降雨系統流量觀測作業流程

針對如午後雷陣雨的中小尺度對流系統，因為天氣預報不易且降雨延時短，但總造成水位快速漲跌，因此依照大尺度降雨系統的觀測出勤原則將缺乏彈性，而易錯失觀測時機；然而此降雨型態仍可由天氣預報趨勢調整出勤方式。出勤規劃仍採前置、啟動、觀測、解除及後製等原則步驟。中小尺度降雨系統流量觀測作業流程如圖 5-8 所示。參考中央氣象局一週天氣預報後，若測站集水區內出現 3 日以上午後雷陣雨預報時，則本團隊啟動守視作業，並挑選降雨機率較高之日為觀測出勤日，並於中午前抵達觀測位置與完成準備。觀測方式以定點長時方式。現場觀測時間主要於白天進行以維護作業人員安全，並於退水與入夜後解除觀測。

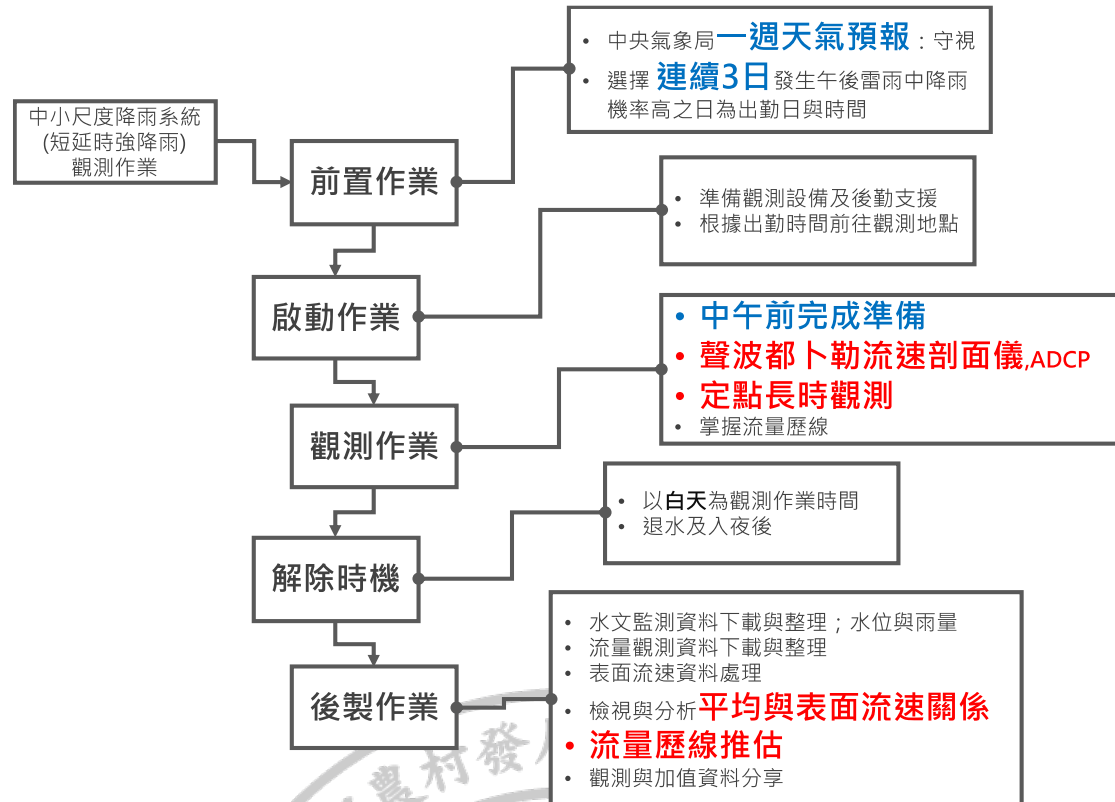


圖 5-8 中小尺度降雨系統流量觀測作業流程

三、觀測儀器與作業方式

計畫中現場流量觀測時採用聲波都卜勒流速剖面儀(Acoustic Doppler current profiler, ADCP)，其儀器使用 SonTek 公司所生產 RiverSurveyor M9 系統 (圖 5-9)。使用的載具為 HydroBoat II mini，最大承受水流速度為 2.5 m/s；若水流速度大於 2 m/s 則可更換為三桅式的 River Boat ST，其最大承受水流速度為 3.6 m/s。計畫中現場流量觀測作業主要時機包含颱洪期間中高流量與平時低水位。颱洪期間較高水位情況，操作方式為將 ADCP 架設於船形載具上，將船形載具於橋梁下游側垂降至水面上，操作人員則於橋面上順水流將載具於兩岸以穩定慢速來回拖曳，並量測記錄流速剖面與計

算流量。實際操作情況如圖 5-9 所示。



圖 5-9 聲波都普勒流速剖面儀現場操作情況 (以內灣站為例)

上坪站位於頭前溪上游，因此於中高流量時表面流速大，如此將影響 ADCP 載具於水面上操作的穩定度，以及危害操作人員與設備。此外高流量時水流常夾帶高濃度泥砂，過高泥砂濃度將使 ADCP 發出的聲波無法穿

透水體而影響流量觀測品質。因此以下針對高流速與高泥砂濃度下的調整操作方式。

由「水文資訊網」即時水文網頁或是手持式雷達測速槍得知現場表面流速。

若表面流速大於 3 m/s 或對設備有安全疑慮，則僅施放空載具(不安裝儀器)，以測試能否順利操作。若空載具無法操作則暫停並等待合適流況後繼續測試。為確保儀器設備安全，除操作用的牽引繩外，亦繫上另一條確保繩(圖 5-10)。此外亦以塑膠束帶加強固定 PCM(圖 5-11)，以防 PCM 原有固定用的魔鬼氈因受水流衝擊而脫落。

以空載具測試後若可順利操作則拉上空載具及安裝儀器，並依規劃進行流量觀測。

進行觀測時檢視 ADCP 回傳底床偵測訊號及水下流速分佈，以確認水流泥砂現況是否影響 ADCP 操作。若無法觀測測試區域內完整流速剖面，則暫停並等待合適流況後繼續測試。

若底床偵測訊號及水下流速分佈顯示正常，則依規劃進行流量觀測。



圖 5-10 於高速流況時可於 ADCP 繫上牽引繩及確保繩



圖 5-11 以塑膠束帶加強固定 PCM

平時低流量低水位情況，為避免聲波訊號發射器接觸底床而損壞，操作人員可攜帶儀器至河床上尋找水流急中與水深較深處，採用架繩於兩岸緩慢地拖曳進行量測記錄流速剖面與計算流量。實際操作情況如圖 5-12 所示。



圖 5-12 聲波都普勒流速剖面儀現場操作情況 (兩岸拖曳方式)

四、安全守則

1. 於河道附近進行流量量測工作時，應先巡視及瞭解對河況現狀，及規劃撤退與疏散路線及方式，以防萬一遇到狀況時，可隨時應變、疏散、聯絡，確保安全。
2. 施測時應站立於安全位置，避免接觸水面。
3. 酒精會影響工作，因此工作人員禁止飲酒。
4. 觀測作業人員在工作遇雨時應著雨衣並進行相關防水措施，以確保自身安全。
5. 登高作業或河川區域作業時應繫安全帶及救生衣等防護用具以防墜落與溺水。
6. 量測時若遇有打雷發生時，應即停止工作，以免被雷擊，如需於溪流窪地處作業時，應防範山洪暴發或土石流等危害情況。
7. 車上需放置急救包以備使用。

8. 設置留守人員作為緊急事故時的聯絡窗口。
9. 人員須帶無線電對講機及行動電話，以便互相照顧，並隨身攜帶相關緊急聯絡電話號碼。

五、緊急應變程序

1. 在發生緊急事故時，撥電"119"請求支援；手機緊急求救電話為112。
2. 提供及使用應急和急救設施。
3. 協助消防救護單位或自行將傷患送往醫院診治；新竹地區醫療及警政消防資訊列於表 5-1
4. 若無法及時送醫則須於安全位置暫時安置，並等待消防救護單位支援。
5. 聯絡留守人員並向其說明狀況；留守人員應紀錄狀況並聯絡計畫承辦人員。

表 5-1 新竹地區醫療及警政消防資訊

醫療院所名稱	住址	電話
臺北榮民總醫院 新竹分院	新竹縣竹東鎮中豐路一段 81 號	03 5962134
新竹臺大分院生醫醫院(竹東院區)	新竹縣竹東鎮至善路 52 號	03 5943248
馬偕紀念醫院 新竹院區	新竹市東區光復路二段 690 號	03 6889595
新竹臺大分院新竹醫院	新竹市北區經國路一段 442 巷 25 號	03 5326151
新竹國泰綜合醫院	新竹市東區中華路二段 678 號	03 5278999

中國醫藥大學 新竹 附設醫院	新竹縣竹北市興隆路一段 199 號	03 5580558
臺大醫院新竹生醫園 區分院	新竹縣竹北市生醫路一段 2 號 302	03 6677600
新竹縣政府警察局竹 東分局上坪派出所	新竹縣竹東鎮 7 鄰 86 號	03 5961744
新竹縣政府消防局第 二大隊五峰消防分隊 花園小隊	新竹縣五峰鄉 1 號 6	03 5851803
竹東消防分隊	新竹縣竹東鎮中正路 206 號	03 5962066

六、現場觀測作業流程

表 5-2 現場觀測作業流程與緊急聯絡人

序 號	作業項目	作業內容 / 確認項目
1	抵達現場後 進行環境檢 視	1.停車位置 (縣 122 端) 2.遮蔽處 3.撤退避難時機 (當水位達到二級警戒水位 217.1m 時準備啟動撤退，水位達 218.1m 時則進行撤退) 4.工作區域前後設置三角錐 5.回報留守聯絡人
2	由技術人員 組裝 ADCP 與船載	1.開啟筆電 / 檢查電量 2.開啟 RiverSurveyer 3.確認 GPS 與 Radio 連線正常

序號	作業項目	作業內容 / 確認項目
3	人員著裝	1.雨衣 2.救生衣 3.安全帽 4.反光背心 5.安全帶 (吊掛手) 6.對講機 / 測試
4	準備浮水繩	1.1 條為牽引繩，1 條為確保繩 2.雙 8 結 3.裝上 D 型快扣 4.進行橋面端繩索固定
5	進行 ADCP 羅盤校正	1.去除身上金屬與電子產品 2.避開周邊金屬構造物與電線 3.需通過校正始可進行觀測
6	吊掛儀器	1.移動 ADCP 至水位計處 2.吊掛手繫上確保 3.吊下 ADCP / 另一人協助支撐 4.將 ADCP 拖曳至左岸
7	開始觀測	1.ADCP 的啟動與抵達皆以對講機通知 2.方式 1 (優先方式): 若水位變化大，每半點觀測 1 組，每組觀測為 4 趟次。 3.方式 2: 若水位變化小，每整點觀測 1 組，每組觀測為 6 趟次。 4.觀測後立即檢視流量；若資料品質差異過大則增加 2 趟。 5.每組結束前確認資料已保存，並將檔案名稱寫於筆記 6.每組觀測結束後於左岸進行 ADCP 船載固定
8	每小時回報留守聯絡人	1.回傳現場流量照片。 2.回報現場風雨及人員狀況。

序號	作業項目	作業內容 / 確認項目
9	結束最後一趟次後撤收	1.ADCP 至水位計處 2.吊掛手繫上確保 3.吊起 ADCP 4.卸除牽引繩與確保繩 5.勞務協助人員收繩 / 卸除安全衣物 / 收納 6.技術人員拆除 / 收納 儀器 7.撤除三角錐 8.檢查現場是否有遺漏未收納的物品 9.回報留守聯絡人
10	返回住處後	1.回報留守聯絡人 2.確認其他人員是否平安抵達
11	整理 / 除濕 裝備	1.清洗與乾燥設備。 2.收納 ADCP 與相關操作設備。
12	下載觀測資料 / 整理與 分析	1.自 ADCP 下載觀測資料，並備份。 2.檢視並標註不合理資料。 3.將觀測資料輸入分析程式。
緊急聯絡人		楊志賢 0982 xxx 211; 詹明修 0920 xxx 688; 楊欣樺 0919 xxx 536

第三節 上坪站歷史颱風事件彙整與分析

一、颱風事件選擇與彙整

計畫中檢視 2020 至 2023 年間的水利署清泉及太閣南雨量站，以及上坪站水位及表面流速資料，並依據水位資料設定挑選颱風事件的水位門檻值。計畫中設定上坪站候選事件中最高水位超過 210 m 時則選入及彙整分析；根據 2019 斷面測量資料，上坪站昌惠橋下游側大斷面最低高程為 208.52

m。計畫中於 2020 至 2023 年 4 年間挑選 16 場颱風事件，期間共有 7 場颱風事件。表 5-3 列出各事件起始日期、資料天數、最大時雨量及最高水位，以及發生的日期時間。根據水位資料，烟花颱風為最大颱風事件，其次為軒蘭諾颱風；最大水深分別為 4.6 m 及 3.47 m。

圖 5-25 至圖 5-28 為各颱風事件中清泉雨量站降雨組體圖與上坪站水位歷線。檢視各颱風事件雨量組體圖及水位歷線可知上坪站上游集水區降雨延時長，因此水位歷線上升較緩，若要初步掌握該集水區集流時間，則建議可選擇事件中降雨強度較大、降雨延時較短且水位上升反應明確的事件，如事件 S6、S11 及 S15 等。利用降雨與水位資料初步分析，事件 S6 的稽延時間為 2 hr，事件 S11 的稽延時間為 3 hr，事件 S6 的稽延時間為 1.5 hr。根據計畫中第四章第三節第 3 小節中利用稽延時間除以 0.6 作為集流時間，因此上坪站上游集水區平均集流時間約為 3.6 hr。

表 5-3 頭前溪支流上坪溪上坪站颱風事件資料彙整

編號	事件 (起始日期)	資料天數	颱風名稱	最大時雨量 [mm]；清泉站	發生日期時間	最高水位/水深 [m]	發生日期時間
S1	2020/5/20	7		15	5/22 3pm	210.14 / 1.62	5/22 11.40pm
S2	2021/5/29	7		23	5/30 2pm	210.02 / 1.5	5/30 10.20pm
S3	2021/6/11	7		23	6/12 8pm	209.96 / 1.44	6/12 11.50pm
S4	2021/7/21	7	烟花	37	7/22 2am	213.12 / 4.6	7/24 11.20am

編號	事件 (起始日期)	資料天數	颱風名稱	最大時雨量 [mm]； 清泉站	發生日期 時間	最高水位/ 水深 [m]	發生日期時間
S5	2021/8/5	6	盧碧	18	8/7 8am	211.26 / 2.74	8/7 12pm
S6	2021/8/23	5		51	8/24 4pm	210.13 / 1.61	8/24 6pm
S7	2021/9/11	5	璨樹	22	9/12 2pm	210.38 / 1.86	9/12 6.30pm
S8	2022//3/25	7		15	3/28 1am	210.01 / 1.49	3/28 10pm
S9	2022/5/14	7		7	5/17 1am	210.02 / 1.50	5/17 4.10am
S10	2022/5/24	7		18	5/26 3pm	210.15 / 1.63	5/27 12.40pm
S11	2022/6/28	3		40	6/29 3pm	210.44 / 1.92	6/29 6pm
S12	2022/9/1	7	軒蘭諾	37	9/3 12pm	211.99 / 3.47	9/4 4.40am
S13	2022/9/11	6	梅花	17	9/12 9pm	211.42 / 2.90	9/13 0am
S14	2023/4/18	7		30	4/20 8am	210.65 / 2.13	4/20 10.50am
S15	2023/7/23	3	杜蘇芮	22	7/23 1pm	209.98 / 1.46	7/23 2.30pm
S16	2023/9/6	4	海葵	38	9/6 3pm	209.83 / 1.31	9/6 5pm
說明：清泉雨量站(水利署) 編號為 01D100							

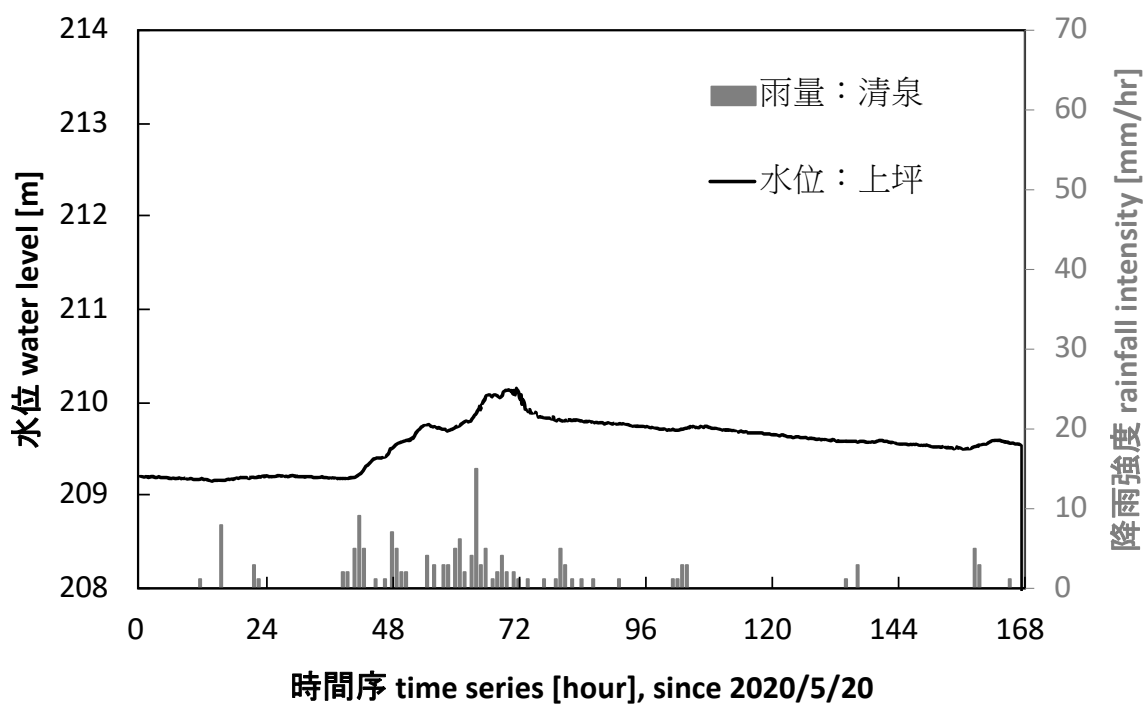


圖 5-13 頭前溪支流上坪溪上坪站颱風事件降雨與水位歷線：事件編號 S1

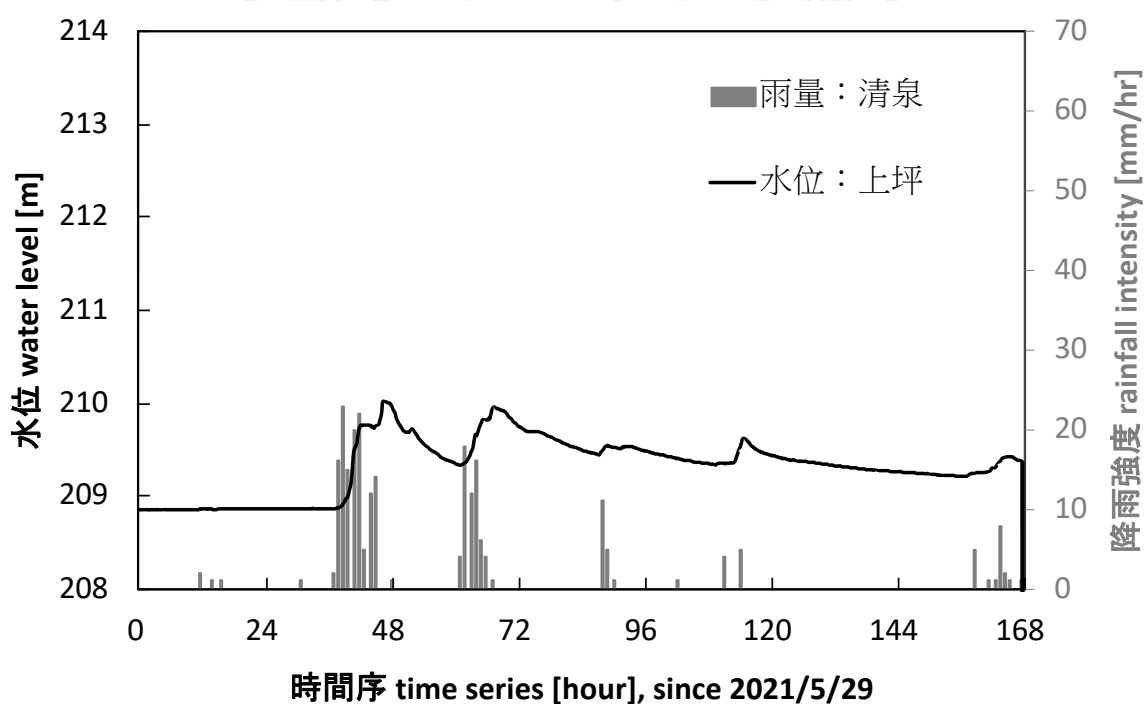


圖 5-14 頭前溪支流上坪溪上坪站颱風事件降雨與水位歷線：事件編號 S2

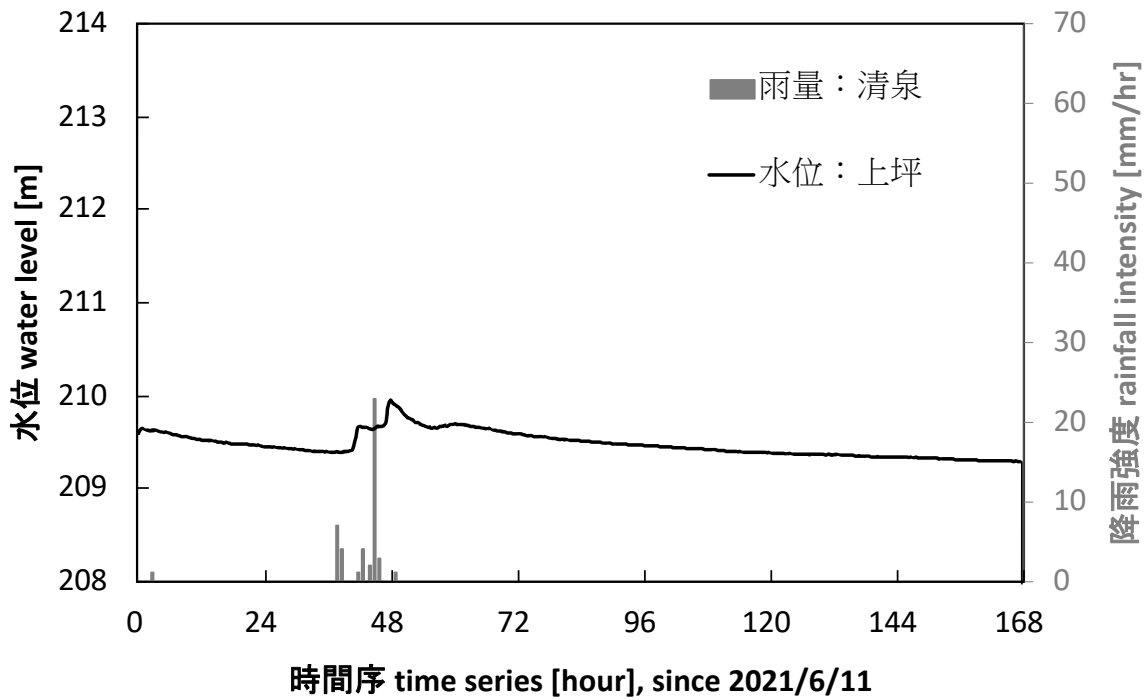


圖 5-15 頭前溪支流上坪溪上坪站颱洪事件降雨與水位歷線：事件編號 S3

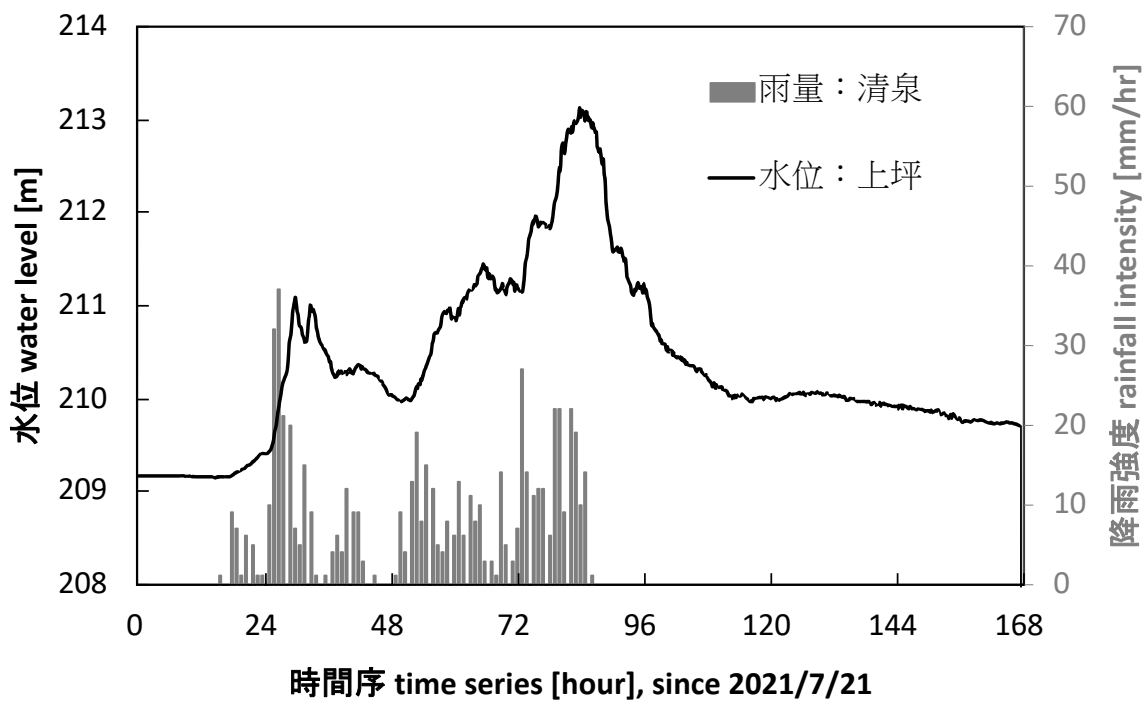


圖 5-16 頭前溪支流上坪溪上坪站颱洪事件降雨與水位歷線：事件編號 S4

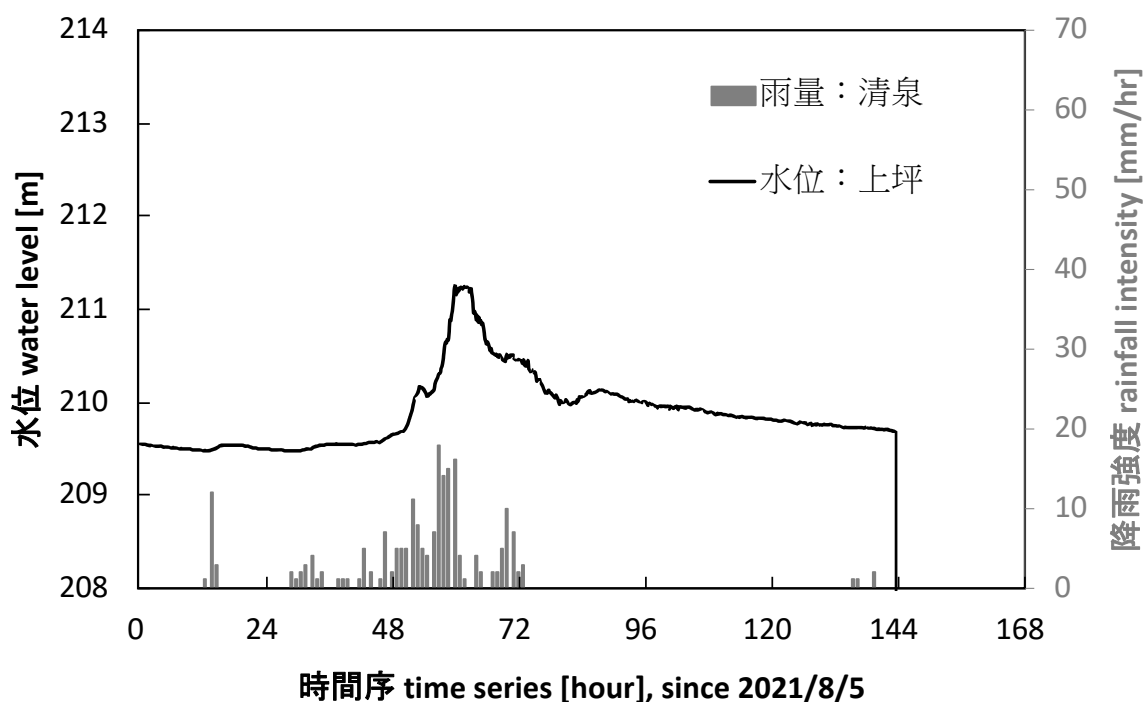


圖 5-17 頭前溪支流上坪溪上坪站颱風事件降雨與水位歷線：事件編號 S5

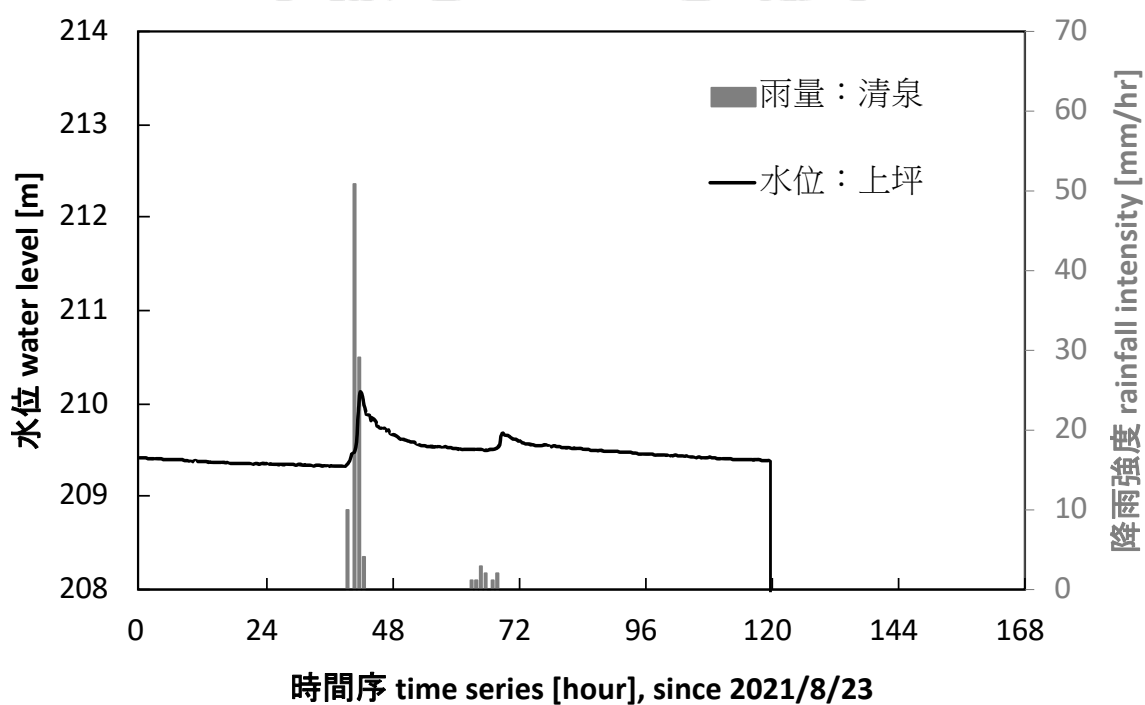


圖 5-18 頭前溪支流上坪溪上坪站颱風事件降雨與水位歷線：事件編號 S6

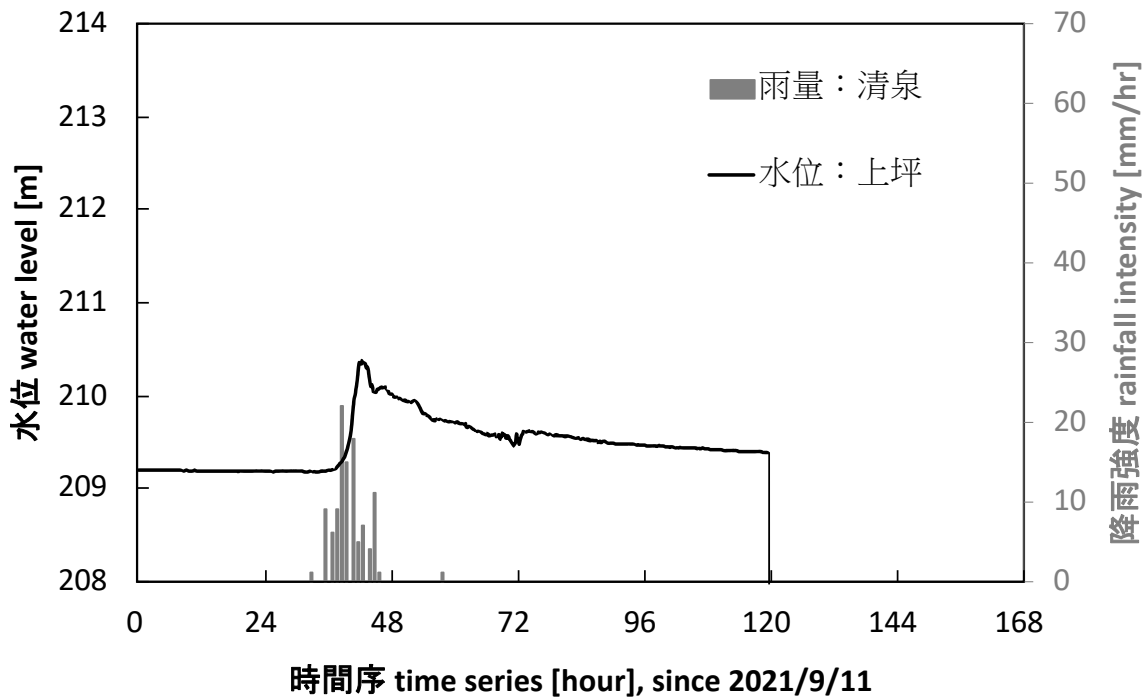


圖 5-19 頭前溪支流上坪溪上坪站颱洪事件降雨與水位歷線：事件編號 S7

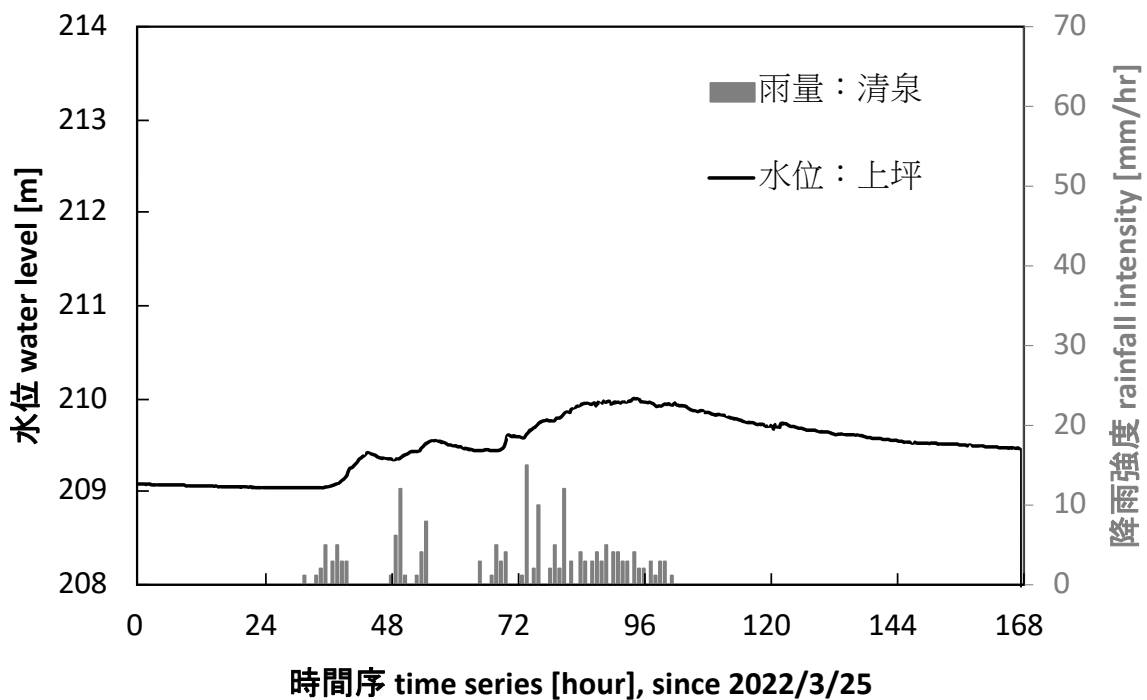


圖 5-20 頭前溪支流上坪溪上坪站颱洪事件降雨與水位歷線：事件編號 S8

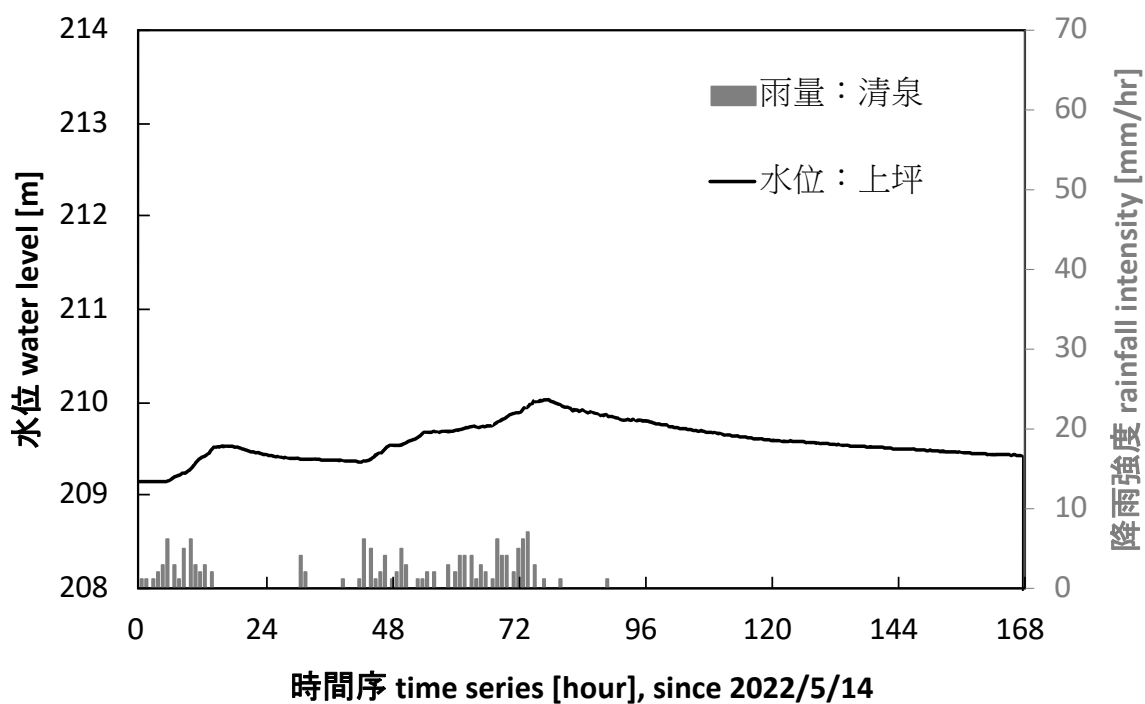


圖 5-21 頭前溪支流上坪溪上坪站颱風事件降雨與水位歷線：事件編號 S9

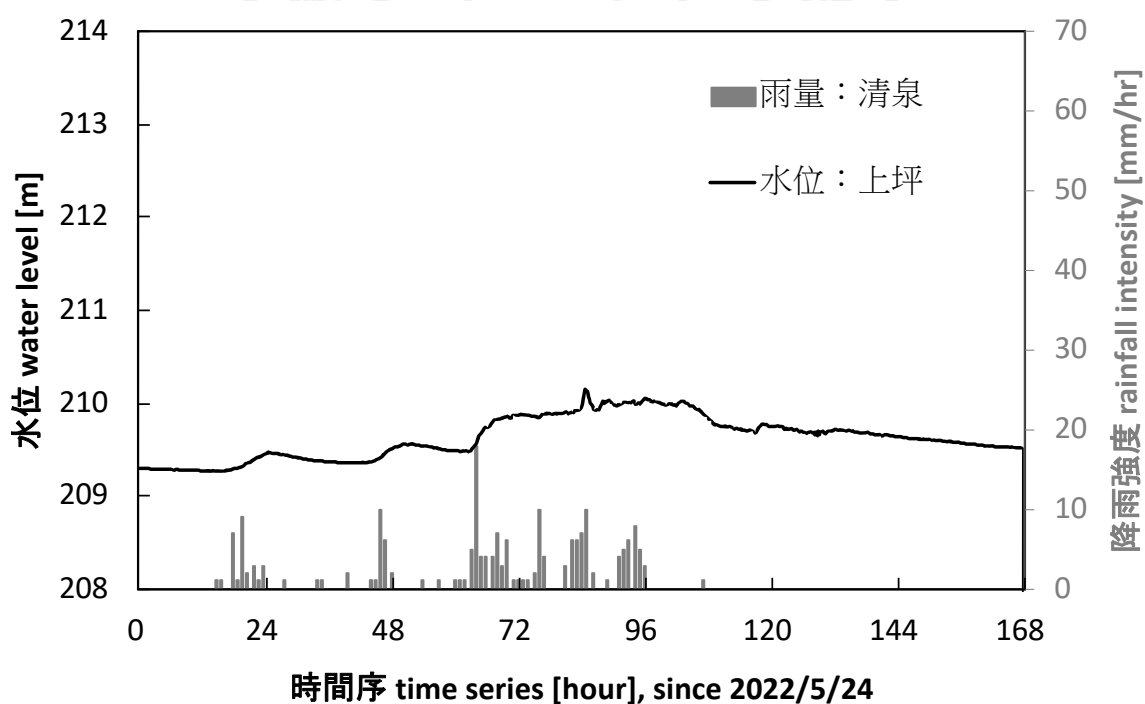


圖 5-22 頭前溪支流上坪溪上坪站颱風事件降雨與水位歷線：事件編號 S10

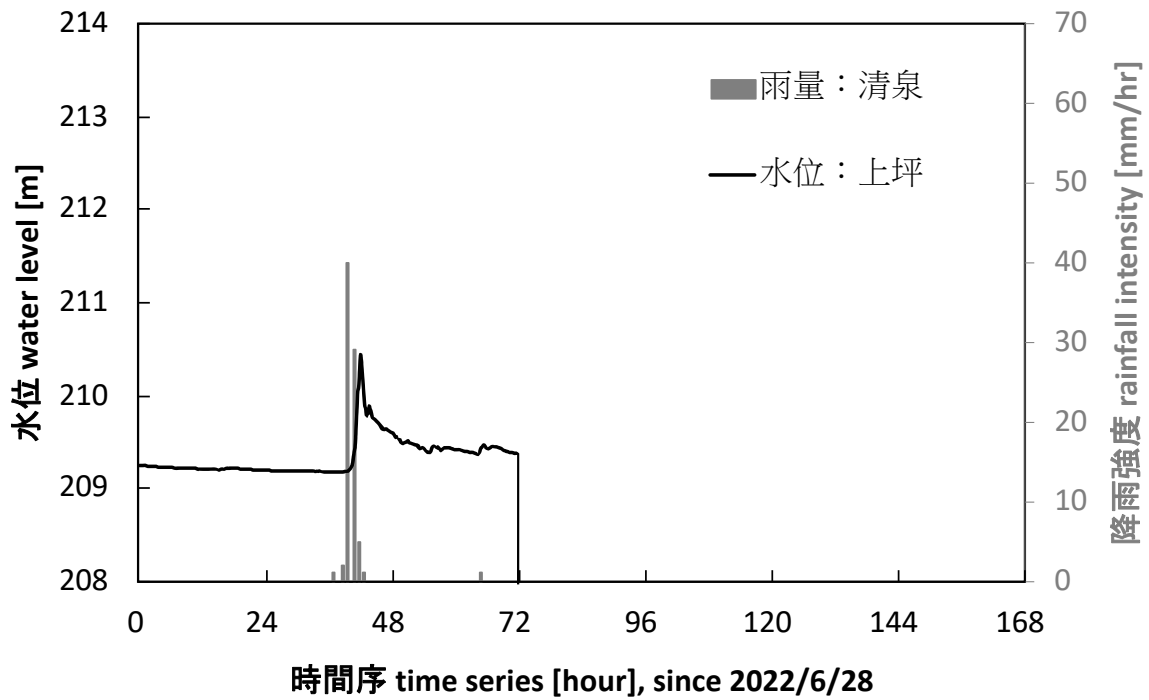


圖 5-23 頭前溪支流上坪溪上坪站颱風事件降雨與水位歷線：事件編號 S11

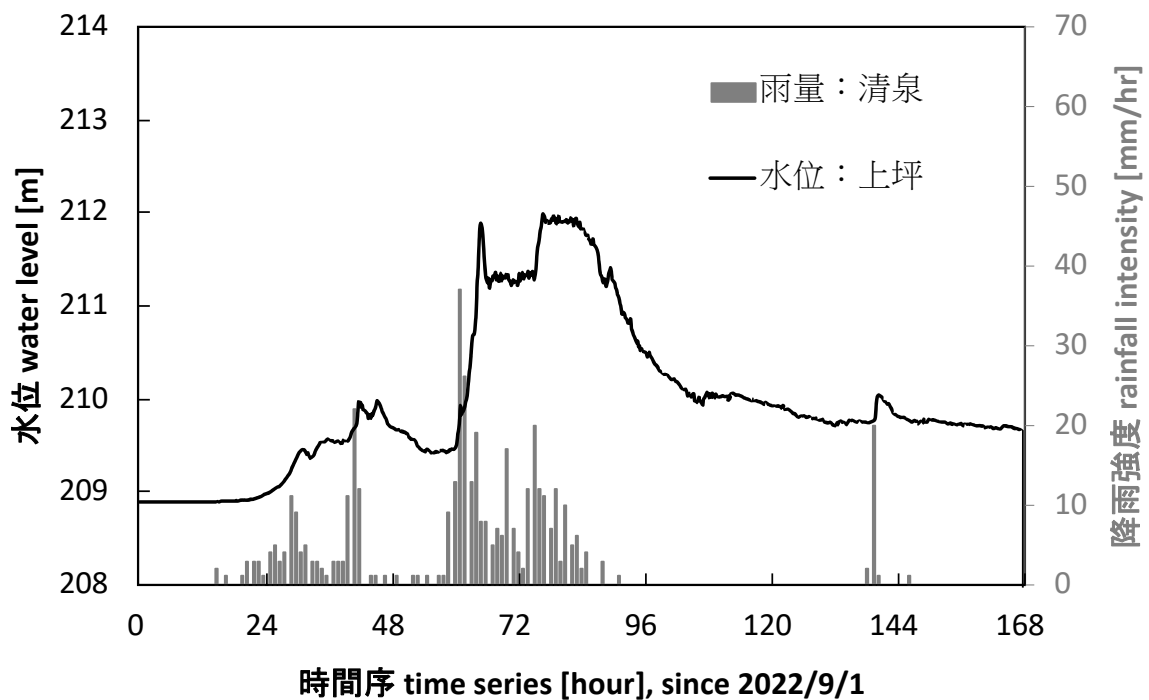


圖 5-24 頭前溪支流上坪溪上坪站颱風事件降雨與水位歷線：事件編號 S12

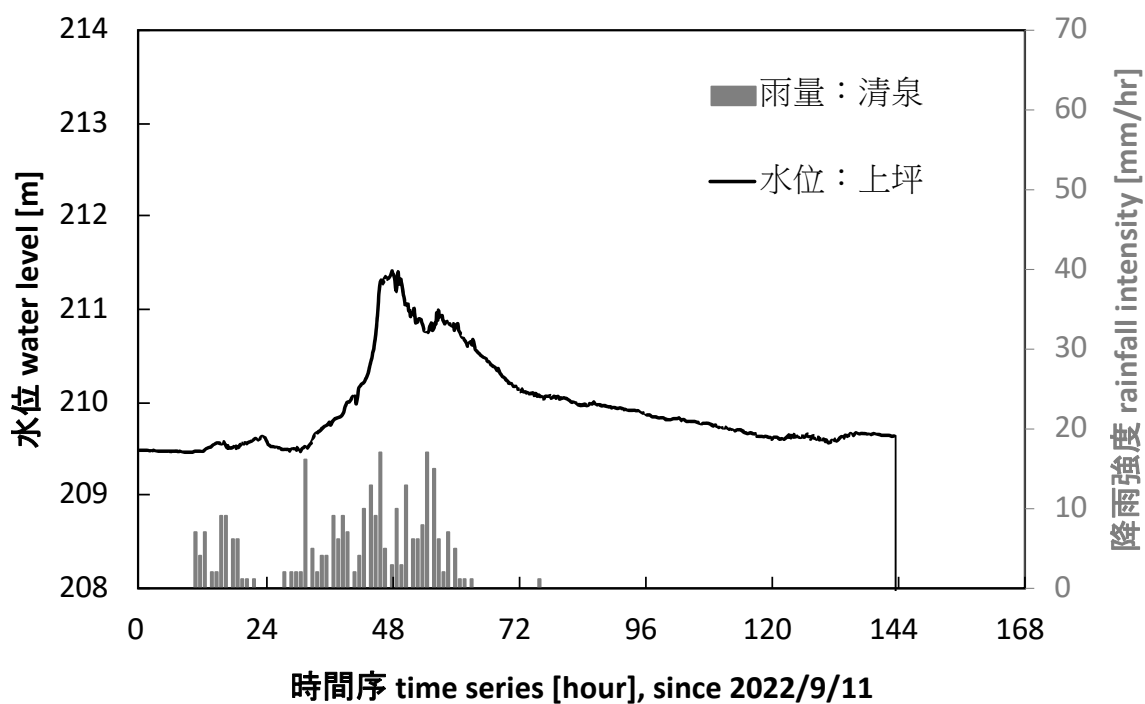


圖 5-25 頭前溪支流上坪溪上坪站颱風事件降雨與水位歷線：事件編號 S13

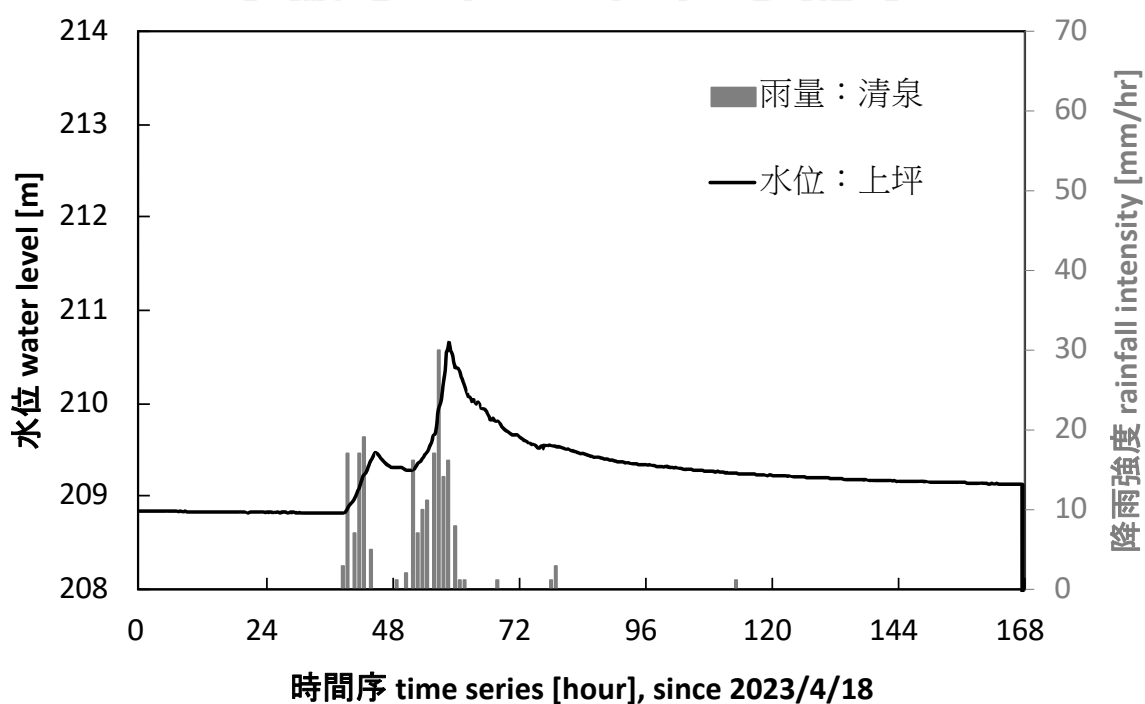


圖 5-26 頭前溪支流上坪溪上坪站颱風事件降雨與水位歷線：事件編號 S14

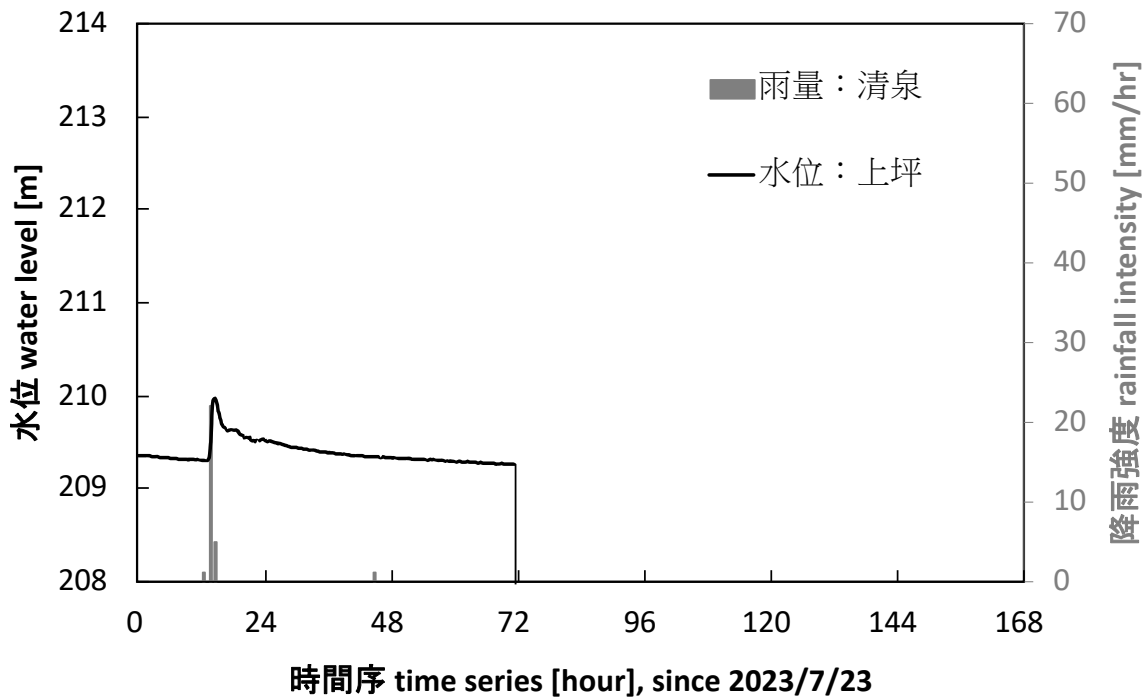


圖 5-27 頭前溪支流上坪溪上坪站颱風事件降雨與水位歷線：事件編號 S15

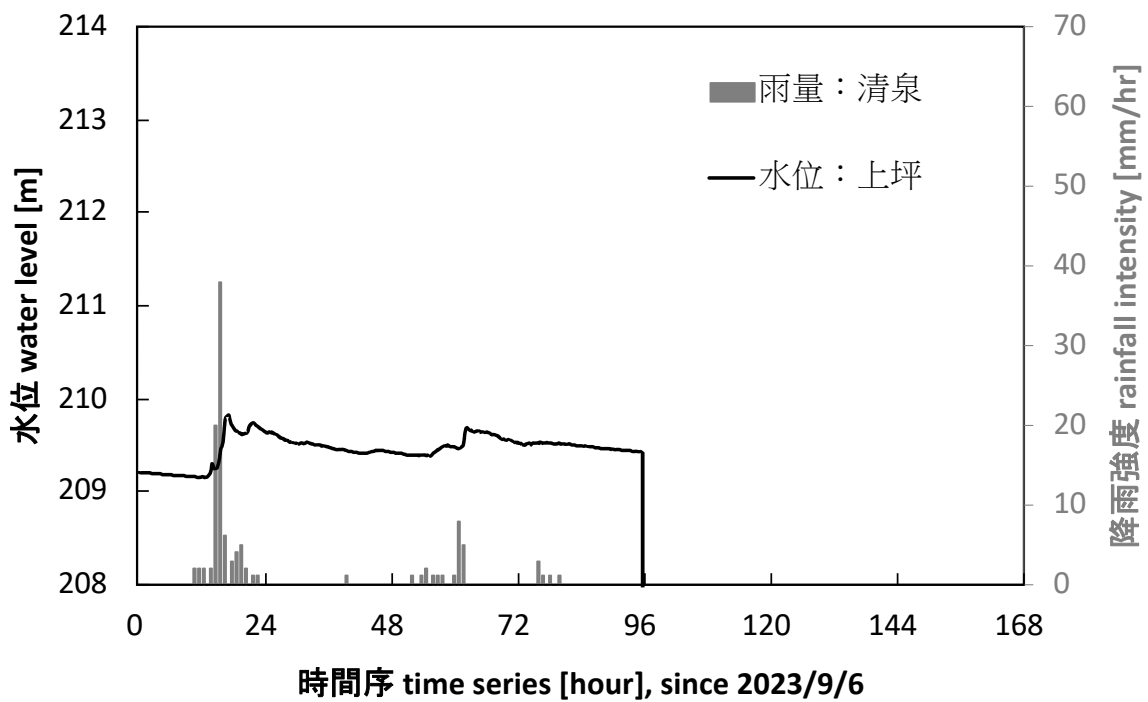


圖 5-28 頭前溪支流上坪溪上坪站颱風事件降雨與水位歷線：事件編號 S16

二、通水斷面積及表面流速對水位資料整理與迴歸

為計算上坪站流量，計畫中根據 2019 大斷面測量資料計算不同水深時的通水斷面積，並將水深與對應通水斷面積資料進行迴歸。後續於推求流量時可依照當時水位快速提供通水斷面積值。圖 5-29 為水深與通水斷面積迴歸結果。

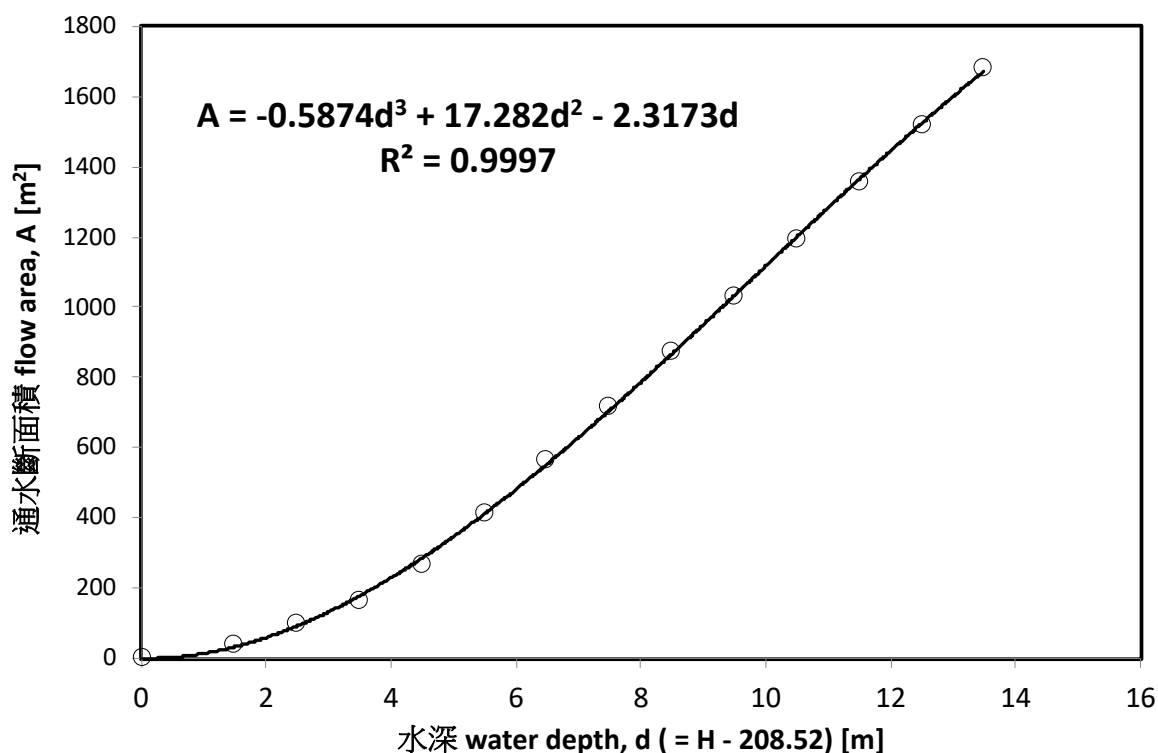


圖 5-29 頭前溪支流上坪溪上坪站通水斷面積與水深關係

上坪站設有雷達波表面流速儀，其原理為利用雷達波偵測水表面水波移動並根據都卜勒理論計算其運動速度，以作為表面流速；但是測得表面流速常存有離群值及雜訊，因此需對測得表面流速進行資料品管與平滑(可

參考第四章第二節)。過程中常有離群值被剔除而使連續資料出現空缺。為合理地補遺被剔除的表面流速資料，加上研究情境為颱風事件，因此將以上挑選並整合 16 場事件的水位及表面流速資料並進行迴歸，如圖 5-30。後續於進行表面流速資料品管時可透過水位與表面流速迴歸式即時進行補遺。

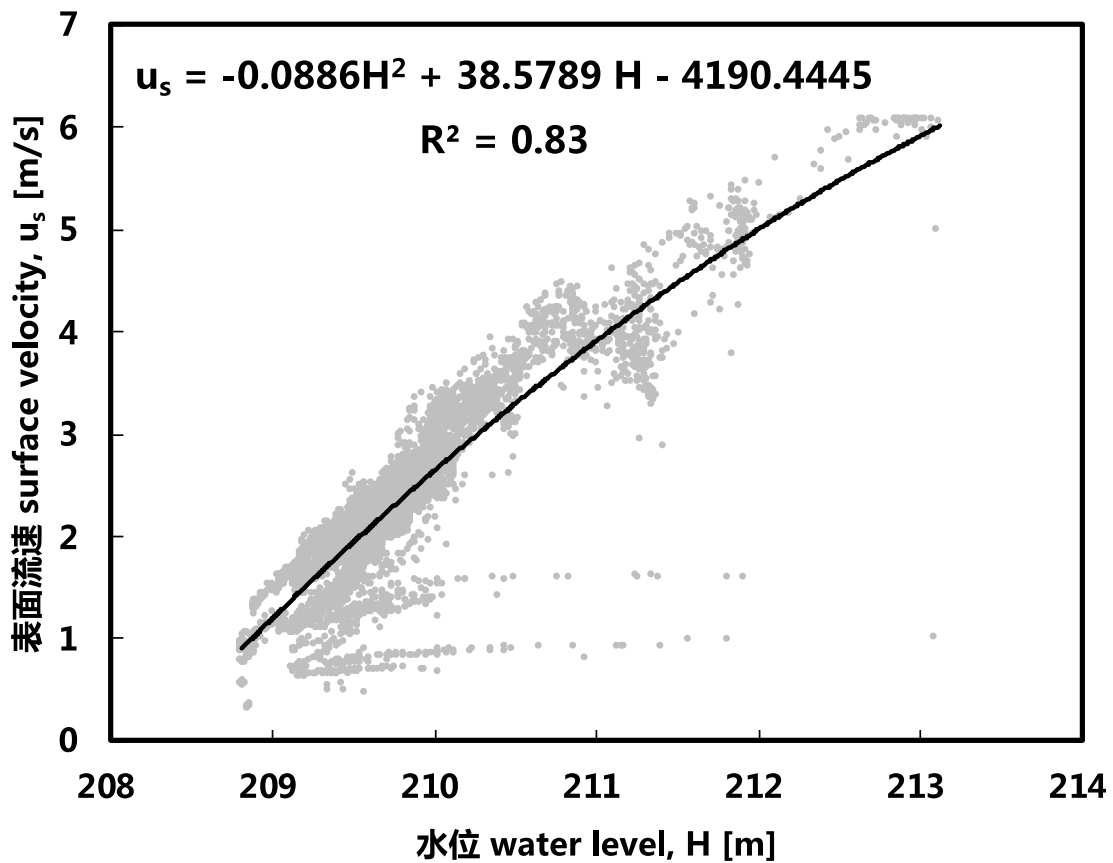


圖 5-30 頭前溪支流上坪溪上坪站表面流速與水位關係



第六章 結論及建議

第一節 結論

一、以規劃以保守為原則的情況下，在坡度陡的情況下，以 Rziha

公式較為保守，而在坡度極緩的情況下，以周文德公式較為

保守。在彙整水保計畫、河川規劃、區域排水規劃、野溪及

上游集水區之報告，區域排水的點位中，適用加州公路局公

式點位最多，在水保計畫的點位中，皆是採 Rziha 公式較

為保守，而在所有「野溪或上游集水區規劃報告」點位中，

大部分也是採用 Rziha 公式較為保守。在河川規劃中，大部

份採 Rziha 公式較為保守。計畫中所提坡度陡與緩不易量化

定義，因為研究中主要分析收集流域的地文與各集流公式的

比較，研究目的亦提供規範以外在設計集流時間的其他公式

參考。

二、研究中選擇宜蘭河西門橋、頭前溪內灣站、典寶溪排水五里

林橋及八股排水延壽宮等 4 站，並分析降雨組體圖與流量歷

線推估實際集流時間，前 2 站屬於河川型態，而後 2 站則屬

於區域排水。研究中共分析 2012 至 2022 年間 70 場颱風事

件，各事件中的流量歷線為採用聲波都卜勒流速剖面儀進行

現場流量觀測並搭配指標表面流速法推估而得。

三、研究中應用 3 種方式推估集水區內各颱風事件的集流時間；

稽延時間除以 0.6、逕流歷線開始上升至洪峰流量發生的時間間距及有效降雨終止至直接逕流歷線退水段反曲點的時間間距。宜蘭河西門橋、頭前溪內灣站、典寶溪排水五里林橋及八股排水延壽宮的集流時間分別為 3.67 hr、6.79 hr、2.85 hr 及 2.45 hr，以上測站若採用加州公路局公式、Rziha 公式及周文德公式計算集流時間，則顯示算得集流時間明顯小於實測值。

第二節 建議

- 一、本研究初步僅專注於收集和分析目前可公開取得的相關規劃報告文件。然而，這只是一個起點，未來的研究工作可擴展至廣泛搜集更多的報告書，以獲得更深入和全面的理解。
- 二、研究中選擇測站實測雨量及流量資料推估的集流時間皆明顯大於常用集流時間推估公式，以設計需求角度採用常用公式可視為增加設計安全及保護程度，不過將高估河道整治及提高結構物施工成本；但是目前進討論 4 個流域及集流控制點，若要掌握該流域貼近實際集流時間做為規劃與設計參考，則建議將颱風事件實測降雨與流量推估集流時間列為常

態工作並累積資料。後續研究可歸納實測降雨及集流時間；將可隨著資料累積朝建立降雨型態、雨量及集流時間關係，並嘗試應用於現場。

三、人工野溪流量觀測不易，尤其颱風期間，但若要自動化則仍需要進行部分人工觀測作業；研究中所發展的指標表面流速法，目前使用於河川與灌排系統中，但本團隊逐步應用於河川上游及下游感潮河段，而野溪部分則將於後續計畫中持續嘗試。不過以非接觸式方式搭配部分人工觀測進行校驗工作，如本研究中的指標表面流速法，可大幅提升野溪流量的觀測能力及精度。。





參考文獻

1. Bureau of Reclamation (1997), Water Measurement Manual, U.S. Department of the Interior.
2. Cleveland, W.S. and Devlin, S.J., “Locally Weighted Regression: An Approach to Regression Analysis by Local Fitting,” Journal of the American Statistical Association, Vol. 83, pp. 596-610 (1988).
3. Cleveland, W.S., “Robust Locally Weighted Regression and Smoothing Scatterplots,” Journal of the American Statistical Association, Vol. 74, pp. 829-836 (1979).
4. Costa, J. E., Cheng, R. T., Haeni, F. P., Melcher, N., Spicer, K. R., Hayes, E., Plant, W., Hayes, K., Teague, C., and Barrick, D. (2006), “Use of radars to monitor stream discharge by noncontact methods” Water Resources Research, Vol. 42, No. 7, W07422.
5. David S. Mueller, Chad R. Wagner, Michael S. Rehm, Kevin A. Oberg, and Francois Rainville (2013), “Measuring Discharge with Acoustic Doppler Current Profilers from a Moving Boat”, USGS.
6. FLO-2D Software, Inc. (2010), FLO-2D Users Manual.
7. Fukami, K., T. Yamaguchi, H. Iamura, and Y. Tashiro, (2008), Current status of river discharge observation using non-contact current meter for operational use in Japan, World Environmental and Water Resources Congress 2008 Alupua’a, pp. 1-10.
8. Gupta, V.K., Waymire, Ed and Wang, C. T. (1980), “A Representation of an Instantaneous Unit Hydrograph from Geomorphology.” Water Resources Research, 16(5), 855-862.
9. HEC-RAS 4.1 Users Manual U.S. Army Corps of Engineers (2010)
10. Herschy, R.W. (2009). “Streamflow Measurement.” Taylor & Francis, 2 Park Square, Milton Park, Abingdon, Oxon OX 14 4RN.

11. Hydrologic Engineering Center (2010). Hydrologic Modeling System: Technical Reference Manual, U.S. Army Corps of Engineers, Davis, California.
12. Hydrologic Engineering Center (2010). River Analysis System: Technical Reference Manual, U.S. Army Corps of Engineers, Davis, California.
13. John W. Fulton (2018), "Guidelines for Siting and Operating Surface-water Velocity Radars", USGS.
14. Lee, K. T. and Yen, B. C. (1997). Geomorphology and kinematic-wave based hydrograph derivation. J. Hydraulic Engrg., ASCE, 123(1), 73-80.
15. Lisa C. Sieck, Stephen J. Burges, and Matthias Steiner, (2007), "Challenges in obtaining reliable measurements of point rainfall", Water Resources Research, Vol. 43, W01420.
16. Mark J. Glaudemans, Jon M. Roe, Paul S. Tilles, "The ingest, quality control, and processing of hydro-meteorological data at national weather service field offices" J9.1
17. Michael R. Simpson (2001), "Discharge Measurements Using a Broad-Band Acoustic Doppler Current Profiler", USGS.
18. Nichols, M. N. and E. Anson 2008, "Southwest Watershed Research Center Data Access Project " Water Resources Research 44.
19. Oberg, K.A. and Levesque, V.A. (2012). "Computing discharge using the index velocity method." U.S. Geological Survey Techniques and Methods 3-A23, 148 p.
20. Plant, W. J. and W. C. Keller (1990), "Evidence of Bragg scattering in microwave doppler spectra of sea return." J. Geophys. Res., 95, 16,299-16,310.

- 21.Plant, W. J., W. C. Keller, K. Hayes, and K. Spicer, (2005), Streamflow properties from time series of surface velocity and stage, *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 131, No. 8, pp.657–664.
- 22.Plant, W.J., W.C. Keller, and K. Hayes, 2005a, Measurement of river surface currents with coherent microwave systems, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 43, 1242-1257.
- 23.Polatel, C., (2006), Large-scale roughness effect on free-surface and bulk flow characteristics in open-channel flows, Ph. D. thesis, Civil and Environmental Engineering, University of Iowa, U.S.A.
- 24.Rantz, S. E., and others, (1982), Measurement and computation of streamflow, Vol. 1. Measurement of stage and discharge, U. S. Geological Survey Water Supply Paper 2175, U.S. Geological Survey.
- 25.Ray K. Linsley, Max Adam Kohler, Joseph L. H. Paulhus (1982), *Hydrology for engineers*. McGraw-Hill.
- 26.Rodriguez-Iturbe, I. and Valdes, J.B. (1979), “The Geomorphologic Structure of Hydrologic Response.” *Water Resources Research*, 15(6), 1409-1420.
- 27.Rouse, H. (1950). “Engineering Hydraulics,” John Wiley, New York.
- 28.S.Tamari, F. García, J. I. Arciniega-Ambrocio and A. Porter (2013), “Laboratory and field testing of a handheld radar to measure the water velocity at the surface of open channels”, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Mexico.
- 29.Sherman, L.K. (1932), “Streamflow from rainfall by the unit hydrograph method.” *Eng. News-Record*, 108, 501-505.
- 30.Smith, R. E., D. L. Chery, et al., (1981), “Supercritical flow flumes for measuring sediment-laden flow”. Technical Bullentin Number 1655.
- 31.Soil Conservation Service, (1957),” Use of Storm and Watershed Characteristics in Synthetic Hydrograph Analysis and Application.” U.S. Department of Agriculture, Washington, D. C.

- 32.Sommer Discharge Measurement System, User Manual RQ-30, RQ-30a, July 2012
- 33.US Army Corps of Engineers(USACE), HEC-HMS technical reference
- 34.Victor A. Levesque and Kevin A. Oberg (2012), “Computing Discharge Using the Index Velocity Method”, USGS.
- 35.Victor A. Levesque and Kevin A. Oberg (2012), “Computing Discharge Using the Index Velocity Method”, USGS.
- 36.William A. Blackmarr, (1995), “Documentation of Hydrologic, Geomorphic, and Sediment Transport Measurements on the Goodwin Creek Experimental Watershed, Northern Mississippi, for the Period 1982-1993 -- Preliminary Release”, Editor Research Report No. 3.
37. 內政部(2009) , 「內政部風災震災勘災標準作業程序」。
38. 台灣省水利局(1982), 「宜蘭河治理基本計畫(蘭陽溪水系)」。
39. 台灣省水利局(1982), 「水文觀測實務講義」。
40. 國家災害防救中心 (2005), 「0612 豪雨水災事件之災因勘查分析」。
41. 國家災害防救中心(2005), 「0612 豪雨水災事件之災因勘查分析」。
42. 徐義人(1996), 「應用水文學」。
43. 朱木壽 (2010), 「渠道高流量非接觸式量測及其準確度之研究」, (2010), 博士論文, 國立成功大學水利及海洋工程學系, 台南。
44. 李光敦, 詹雅馨, 黃品淳, 黃仁國, 何瑞益(2009), 「流域水情及淹水預報技術及資訊整合平台建置研究-子計畫：流域集塊式與分佈式降雨逕流模式之研發與應用(III)」。
45. 林穎志、朱木壽、詹勳全、高昇敬、呂珍謀 (2011), 「利用實測表面

- 流速推估高流量之研究」，中華水土保持學報 24(1), 23-26。
46. 穰順忠、張向寬、石欣軒 (2022) 水位流量率定曲線產製改善之研究。
111 年度農業工程研討會，桃園，臺灣。
47. 穰順忠、李士強、李榮富、柳文成 (2016)，「宜蘭河試驗流域長期水文監測」，農業工程學報 62(3), 89-100。
48. 穰順忠、李士強、李榮富、柳文成 (2016)，「宜蘭河試驗流域長期水文監測」，農業工程學報 62(3), 89-100。
49. 穰順忠、李士強、王毓麒(2019)，「應用指標表面流速法推估颱風期間流量歷線」，108 年度農業工程研討會，彰化，臺灣。
50. 穰順忠、李士強、王毓麒(2019)，「應用指標表面流速法推估颱風期間流量歷線」，108 年度農業工程研討會，彰化，臺灣。
51. 穰順忠、李士強(2019)，「表面流速搭配流量觀測建立指標表面流速法」，水利工程研討會，台北，臺灣。
52. 穰順忠、李士強(2019)，「表面流速搭配流量觀測建立指標表面流速法」，水利工程研討會，台北，臺灣。
53. 穰順忠、黃國文、張向寬、吳一平 (2022) 颱風期間流量觀測與推估作業調適改善研究 中國土木水利工程學刊 35(1), 69-77。
54. 水利署 水文資訊服務網 <https://gweb.wra.gov.tw/Hydroinfo/>
55. 王毓麒、穰順忠、石欣軒、李士強 (2018)，「區域排水型試驗流域建

- 置與梅姬颱風案例分析」，災害防救科技與管理學刊 7(1), 49-82。
56. 第一河川局(2011)，「易淹水地區水患治理計畫-宜蘭縣縣管區域排水梅洲排水系統規劃報告」。
57. 第四河川局(2008)，「濁水溪流域逕流測預報監測控制系統」。
58. 經濟部水利署 (2012)，「臺灣水文年報-第二部份-河川水位及流量」。
59. 經濟部水利署，2009，「脆弱度及風險地圖分析方法之研究」。
60. 經濟部水利署，2013，「全國淹水潛勢圖資更新及整合先期計畫」。
61. 經濟部水利署，2013，「台灣脆弱度及風險地圖製作與整合應用(2/2)」。
62. 經濟部水利署，2015，「典寶溪及宜蘭河國家級防災測試基地監測及
加值應用計畫」。
63. 經濟部水利署，2015，「宜蘭縣淹水潛勢圖第二次更新計畫」。
64. 經濟部水利署，2015，「新竹縣、新竹市以及苗栗縣淹水潛勢圖第二
次更新計畫」。
65. 經濟部水利署，2016，「105 年典寶溪及宜蘭河防災監測及模式測試基
地觀測」。
66. 經濟部水利署，2017，「106 年防災監測及模式測試基地觀測計畫」。
67. 經濟部水利署，2017，「高雄市淹水數值模型精進及加值應用」。
68. 經濟部水利署，2018，「區域排水水文水理模式實驗流域觀測(1/3)」。
69. 經濟部水利署，2018，「新北、基隆、臺北、桃園及新竹縣市淹水數

- 值模型精進及加值應用(1/2)」。
70. 經濟部水利署，2019，「區域排水水文水理模式實驗流域觀測(2/3)」。
71. 經濟部水利署，2019，「新北、基隆、臺北、桃園及新竹縣市淹水數值模型精進及加值應用(2/2)」。
72. 經濟部水利署，2020，「區域排水水文水理模式實驗流域觀測(3/3)」。
73. 經濟部水利署，2021，「110 年八股排水流量觀測」。
74. 經濟部水利署(1998)，「台灣地區水文觀測現代化整體計畫第一期」。
75. 經濟部水利署(1998)，「台灣地區水文觀測現代化整體計畫第一期」。
76. 經濟部水利署(2001-2002)，「河川流量新量測技術之研發」。
77. 經濟部水利署(2001-2002)，「高效率流量量測示範站之建置運作」。
78. 經濟部水利署(2001-2002)，「高效率流量量測示範站之建置運作」。
79. 經濟部水利署(2004)，「台灣地區水文觀測現代化整體計畫第二期」。
80. 經濟部水利署(2005)，「水文觀測站新建暨改善流量觀測工程規劃」。
81. 經濟部水利署(2005)，「河川流量量測技術革新研究計畫」。
82. 經濟部水利署(2006-2007)，「中央管河川流量量測規劃改善計畫及工法擬訂」。
83. 經濟部水利署(2006)，「中央管河川流量量測規劃改善計畫及工法之擬定」。
84. 經濟部水利署(2006)，「易淹水地區水患治理計畫」。

85. 經濟部水利署(2006),「高流量率定及推估模組建立」。
86. 經濟部水利署(2006),「高流量率定及推估模組建立」。
87. 經濟部水利署(2007),「河川流量測定與水質檢驗整合性評估」。
88. 經濟部水利署(2008),「中央管、直轄市管、縣市管區域排水手冊」。
89. 經濟部水利署(2008),「中央管河川自動化流量站設置與量測工法改善」。
90. 經濟部水利署(2008),「水文資訊系統擴充改善及整合計畫(1/3)」。
91. 經濟部水利署(2008),「高雄地區典寶溪排水系統整治及環境營造規劃報告」。
92. 經濟部水利署(2009),「中央管河川自動化流量站設置與資料分析」。
93. 經濟部水利署(2009),「中央管河川自動化流量站設置與資料分析」。
94. 經濟部水利署(2009),「台灣水文觀測長期發展計畫第一期」。
95. 經濟部水利署(2009),「水文資訊系統擴充改善及整合計畫(2/3)」。
96. 經濟部水利署(2010-2011),「自動化流量站觀測資料分析檢討暨全洪程觀測方式更新研究」。
97. 經濟部水利署(2010),「因應氣候變遷河川流量觀測技術研發及建置先期計畫」。
98. 經濟部水利署(2010),「水文水資源資料管理供應系統—98 年度地理資料倉儲中心之擴充」。

99. 經濟部水利署(2010),「水文水資源資料管理供應系統 99 年度地理資料倉儲之擴充及維運」。
100. 經濟部水利署(2010),「水文資訊系統擴充改善及整合計畫(3/3)」。
101. 經濟部水利署(2010),「自動化流量站觀測資料分析檢討暨全洪程觀測方式更新研究(1/2)」。
102. 經濟部水利署(2011-2013),「河川流量自動化觀測科技發展計畫」。
103. 經濟部水利署(2011-2013),「河川流量自動化觀測科技發展計畫」。
104. 經濟部水利署(2011),「自動化流量站觀測資料分析檢討暨全洪程觀測方式更新研究(2/2)」。
105. 經濟部水利署(2012),「地面水文觀測手冊：資料處理篇」。
106. 經濟部水利署(2012),「水文分析報告審查作業需知」。
107. 經濟部水利署(2012),「地面水文觀測手冊 觀測作業篇」。
108. 經濟部水利署(2014),「台灣水文觀測長期發展計畫第二期」。
109. 經濟部水利署(2016-2017),「河川表面流速接觸式自動化量測新技術之研發」。
110. 經濟部水利署(2017),「頭前溪水系支流油羅溪治理計畫(第一次修正)」。
111. 經濟部水利署(2018-2019),「水文觀測作業評核與綜合分析服務」。
112. 經濟部水利署(2020),「台灣水文觀測長期發展計畫第三期」。
113. 經濟部水利署(2021),「雷達波表面流速儀觀測效能之改善與提升」。

114. 經濟部水利署中區水資源局(2007),「中水局轄區測站流量測定成果報告」。
115. 經濟部水利署中區水資源局(2011-2020),「中水局轄區測站流量測定」。
116. 經濟部水利署南區水資源局(2018-2019),「高屏堰穩定取水對策分析及水理資料調查」。
117. 經濟部水利署南區水資源局(2019),「高屏流域中上游水文監測與水資源評估」。
118. 經濟部水利署水利規劃試驗所(2017),「106 年防災監測及模式測試基地觀測計畫」。
119. 經濟部水利署水利署(2003),「台灣地區雨量測站降雨強度—延時 Horner 公式分析」。
120. 經濟部水利署水利規劃試驗所(2002),「區域排水淹水模式之研究」。
121. 經濟部水利署水利規劃試驗所(2003),「排水系統改善計畫之經濟分析及因應對策研究」。
122. 經濟部水利署水利規劃試驗所(2006),「區域排水整治及環境營造規劃參考手冊」。
123. 經濟部水利署水利規劃試驗所(2007),「台南地區曾文溪排水系統整治及環境營造規劃」。
124. 經濟部水利署水利規劃試驗所(2008-2010),「平地區域排水流量觀測

與推估模式之研究」。

125. 經濟部水利署水利規劃試驗所(2008)，「屏東縣管河川林邊溪水系治理規劃總報告」。
126. 經濟部水利署水利規劃試驗所(2008)，「高雄地區典寶溪排水系統整治及環境營造規劃報告」。
127. 經濟部水利署水利規劃試驗所(2008)，「高雄縣典寶溪整治計畫地質調查報告」。
128. 經濟部水利署水利規劃試驗所(2009)，「典寶溪排水治理計畫」。
129. 經濟部水利署水利規劃試驗所(2012-2014)，「國家級防災監測及模式測試基地建置」。
130. 經濟部水利署水利規劃試驗所(2012-2014)，「國家級防災監測及模式測試基地建置」。
131. 經濟部水利署水利規劃試驗所(2012)，「國家級防災監測及模式測試基地建置(1/3)」。
132. 經濟部水利署水利規劃試驗所(2013)，「國家級防災監測及模式測試基地建置(2/3)」。
133. 經濟部水利署水利規劃試驗所(2014)，「國家級防災監測及模式測試基地建置(3/3)」。
134. 經濟部水利署水利規劃試驗所(2014)，「高雄市淹水潛勢圖第二次更新

計畫」。

135. 經濟部水利署水利規劃試驗所(2015)，「典寶溪及宜蘭河國家級防災測試基地監測及加值應用」。
136. 經濟部水利署水利規劃試驗所(2016)，「105 年典寶溪及宜蘭河防災監測及模式測試基地觀測」。
137. 經濟部水利署水利規劃試驗所(2018-2020)，「區域排水水文水理模式實驗流域觀測」。
138. 經濟部水利署水利規劃試驗所(2018)，「107 年防災監測及模式測試基地觀測」。
139. 經濟部水利署水經濟部水利署水利規劃試驗所(2015)，「典寶溪及宜蘭河國家級防災測試基地監測及加值應用計畫」。
140. 經濟部水利署第一河川局 (2011)，「宜蘭縣自記式水位監測系統設立與淹水災損地理資訊系統整合規劃」。
141. 經濟部水利署第一河川局(2000)，「蘭陽溪水系治理規劃報告(主流蘭陽溪及支流羅東溪)」。
142. 經濟部水利署第一河川局(2011)，「宜蘭河水系支流大湖溪治理規劃檢討（尚德橋以上段）水文分析」。
143. 經濟部水利署第一河川局(2011)，「宜蘭縣自記式水位監測系統設立與淹水災損地理資訊系統整合規劃」。

144. 經濟部水利署第一河川局(2011),「蘭陽溪流域大斷面及地形測量成果報告報告(1/8)」。
145. 經濟部水利署第一河川局(2012),「蘇拉颱風宜蘭地區淹水調查及檢討建議」。
146. 經濟部水利署第一河川局(2012),「蘭陽溪流域淹水範圍監測系統建置計畫」。
147. 經濟部水利署第一河川局(2013),「蘇力颱風宜蘭縣區域排水水系淹水調查及檢討建議」。
148. 經濟部水利署第一河川局(2015),「杜鵑颱風宜蘭縣淹水災情調查報告」。
149. 經濟部水利署第一河川局(2015),「蘇迪勒颱風宜蘭縣淹水災情調查報告」。
150. 經濟部水利署第三河川局(2016-2017),「地面水流量觀測車載自動化設備探討與評估 / 精進與驗證」。
151. 經濟部水利署第三河川局(2018),「三河局自動流量觀測與係數驗證」。
152. 經濟部水利署第二河川局(2015),「後龍溪自動化流量觀測站規劃建置」。
153. 經濟部水利署第二河川局(2015),「後龍溪自動化流量觀測站規劃建置」。

154. 經濟部水利署第二河川局(2016), 「中港溪自動化流量觀測站規劃建置」。
155. 經濟部水利署第二河川局(2016), 「中港溪自動化流量觀測站規劃建置」。
156. 經濟部水利署第二河川局(2017), 「頭前溪自動化流量觀測站規劃建置」。
157. 經濟部水利署第二河川局(2018), 「頭前溪水系支流油羅溪河川區域檢討變更及劃定勘測報告」。
158. 經濟部水利署第二河川局(2018), 「頭前溪水系支流油羅溪河川區域檢討變更及劃定說明書」。
159. 經濟部水利署第六河川局(2006), 「台南地區曾文溪排水系統整治及環境營造規劃」。
160. 經濟部水利署第六河川局(2009-2010), 「第六河川局轄區水文測站流量量測計畫」。
161. 經濟部水利署第六河川局(2012), 「曾文溪表面流速量測示範站遷移及量測工法改善」。
162. 臺北水源特定區管理局(2011-2013), 「新店溪青潭堰上游水文監測計畫」。
163. 臺北水源特定區管理局(2013-2014), 「臺北水源特定區河川流量觀測

比測計畫」。

164. 臺北水源特定區管理局(2014-2019),「臺北水源特定區水文監測計畫」。

165. 臺北水源特定區管理局(2020),「臺北水源特定區水文監測計畫」。

166. 臺北水源特定區管理局(2021),「111-112 年度臺北水源特定區水文監測計畫」。

167. 許盈松、周湘俊、曾鈞敏(2006),「天然河川水位-流量率定曲線分類研究」。

168. 許盈松、童琮志、周湘俊、張國強、李建君、喻秉輝、黃柏彰 (2006),「微波雷達流速儀觀測特性研究」,台灣水利 54(3), 82-91。

169. 郭家奴、洪健豪、王豪偉、王毓麒、穠順忠、李士強 (2016),「聲波都卜勒流速儀觀測流速外延推估比較」,臺灣水利 64(1), 35-46。





附錄

附錄一、期中審查會議紀錄暨回覆辦理情形

項次	審查意見	回覆辦理情形
報告內容審查意見：		
1	P.16表3-1為本研究中以台南市區域排水計算之集流時間，該表格數據 經檢核有多處算值有誤，另該表中自「虎山排水」以下部分資料，其集流時間算值非常大，數據應有誤植請再檢核修正。	表格中為規劃報告中之數值，非用相關公式重新計算。
2	圖4-11中之現場觀測作業流程中，並未見進行量測位址之水位資料收集，其是否觀測位置已有既設之自計式水位計等設施，請補充說明。	計畫中分析之測站(頭前溪支流上坪溪上坪站)皆已有裝設自動傳輸系統雷達波水位計。相關說明補充於第四章第二節。

項次	審查意見	回覆辦理情形
3	本研究以現地觀測資料之洪水歷線推估該場暴雨之集流時間,其是否考量地表漫地流流入時間等納入集流時間之演算,應補充說明。	計畫中分析現地觀測資料推求事件集流時間並未考慮地表漫地流,而僅檢視測站(控制點)與集水區最上游測站的關係;因為研究集水區中並無漫地流觀測資料。相關說明補充於第四章第三節。
4	以現地資料推估集流時間,其洪峰到達時間可能受降雨於集水區內之不均勻性影響,研究中建議針對每一場暴雨之降雨中心及是否為均勻降雨等條件,補充說明。	集流時間定義為均勻降雨所匯集的水流由集水區最遠端流動至下游出口點或控制測點所需之時間。然而集水區最遠端常無雨量站,且考慮擇定分析的水位流量站已有推估流量歷線及上游集水區雨量站已有雨量資料,因此計畫中將應用實測流量及雨量資料並利用3種方式推估集水區內

項次	審查意見	回覆辦理情形
		各颱洪事件的集流時間；其方法為假設集水區為均勻降雨。相關說明補充於第四章第二節。
5	因應112年8月1日農業部農村發展及水土保持發展署組織法施行,請盤點修正本署署名,封面改制前局徽亦請併予修正為本署署徽。	遵照辦理。

附錄二、期末審查會議紀錄暨回覆辦理情形

項次	審查意見	回覆辦理情形
報告內容審查意見：		
1	結論中提出擴大收集資料，以利後續驗證、研究，可評估結合產官學界合作推動。	目前臺灣大學水工試驗所已建立「水環境大數據資料庫」並持續擴充內容資料。

項次	審查意見	回覆辦理情形
2	各流域之洪水事件集流時間不同，建議後續應多加收集評估。	目前與水利署水利規劃分署合作建置與維運新竹八股排水試驗流域，後續將持續進行觀測並可產出水文事件資料，因此可持續進行分析。
3	p.4-55、5-12有「錯誤!找不到參照來源」文字，請修正。	已修正。
4	摘要報告附圖說明「各集流時間適用範圍及不容水路類別參數圖」，其「不容水路」為何意?	筆誤已修正。同時也修正圖 3-4 圖說。
5	全文內容涉及「水保計畫書」請依法定名詞修正為「水保計畫」。	已全數修正。

項次	審查意見	回覆辦理情形
6	結論所提「坡度陡」及「坡度極緩」，有無具體量化數值？	1. 計畫中所提坡度陡與緩不易量化定義，因為研究中主要分析收集流域的地文與各集流公式的比較，研究目的亦提供規範以外在設計集流時間的其他公式參考。 2. 以上說明增加於結論一中。
7	另建議以實測降雨及流量推估集流時間部分。於野溪如何測得流量，是否有相關建議及方法？	1. 後續研究可歸納實測降雨及集流時間；將可隨著資料累積朝建立降雨型態、雨量及集流時間關係，並嘗試應用於現場。 2. 人工野溪流量觀測不易，尤其颱風期間，但若要自動化則仍需要進行部分人工觀測作業；研究中所發展的指標表面流速法，目前使用於河川與灌排系統中，但本團隊逐步應用

項次	審查意見	回覆辦理情形
		於河川上游及下游感潮河段，而野溪部分則將於後續計畫中持續嘗試。不過以非接觸式方式搭配部分人工觀測進行校驗工作，如本研究中的指標表面流速法，可大幅提升野溪流量的觀測能力及精度。 3. 以上說明增加於建議二及三中。

