計畫編號：**SWCB-110-020**

集水區農塘結合在地滯洪以提高區域滯洪及降低災害風險之研究

Study on the Combination of Agricultural Water Ponds in Catchment Areas with On-Site Stormwater Detention to Improve Regional Flood Detention and Reduce Disaster Risk

成果報告書

執 行 單 位：中華農業暨水利事業發展協會

執 行 期 間：110 年 1 月 27 日至 110 年 12 月 31 日

計畫主持人 ：簡傳彬 研究員

協同主持人 ：方文村 研究員

研 究 人 員：莊進榮、楊清芬、徐永昶、張沂旋

行政院農業委員會水土保持局　編印

中華民國 110 年 12 月

（本報告書內容及建議純屬執行單位意見，僅供本局施政參考）

集水區農塘結合在地滯洪提高區域滯洪及降低災害風險之研究

摘要

台灣山坡地擁有為數眾多的農塘與農田，這些農塘與農田具有蓄水及滯洪等功能。為降低氣候變遷之影響，如能妥適運用農塘與農田，可達到氣候變遷的調適效益。因此探討如何強化農塘與農田在地滯洪功能之蓄水操作，以提高集水區(或區域) 水源涵養、滯洪及降低災害風險等水土保持功用，為本研究之目的。

本研究經蒐集國內外農塘及在地滯洪之案例與文獻資料，再經訪談及現場勘查後，選擇以中港溪之大荒埔埤、李屋埤及其下游農田等可供在地滯洪區域為案例研究區。其中大荒埔埤蓄水面積約為 0.14 公頃，集水面積約為 0.5 公頃；李屋埤蓄水面積約為 0.365 公頃，集水面積約為 1.28 公頃；下游農田有 4 區，田區面積分別為 1.20 公頃、1.32 公頃、0.166 公頃與 0.341 公頃，合計 3.027 公頃。再依所蒐集之資料，進行區域農塘蓄水模擬、在地滯洪蓄水模擬與農塘結合在地滯洪模擬及滯洪效益分析。滯洪效益以洪峰削減量及洪峰削減率來表示。

本研究依據擬定之情境，完成農塘結合在地滯洪操作情境分析，結果顯示：中港溪集水區之農塘及在地滯洪場域(農田)在長延時降雨情境模擬結果：以農塘結合在地滯洪之改良型提高缺口至 12 公分為

例，該情境之各重現期距洪峰削減量約為 0.231 ~0.263cms。洪峰削減率依重現期距別約為 35~53%。。重現期距 50 年未經調蓄前之降雨尖峰逕流量原為 0.665cms，經調蓄後削減 0.231cms，即調蓄後尖峰逕流量為 0.434cms，略低於 2 年重現期之降雨尖峰逕流量(0.447cms)。

單一農塘及田區之面積相較於整個集水區而言，其面積及蓄水量偏小，但累計集水區各農塘及農田之蓄洪空間，將可使重現期 50 年之降雨尖峰逕流量，經由調蓄後，其出流量為 2~10 年重現期之降雨尖峰逕流量。亦即農塘結合在地滯洪蓄水操作，後續經由推廣，可降低區域洪災損失，提高農民收益與經濟發展。經由降低區域洪災風險，進一步可提高農村社區優質生活環境，以及提高農村社區與區域環境生態與水資源涵養效益。

本研究已完成農塘結合在地滯洪蓄水操作之研究，考量農村社區具有廣大的農田及窪地可以作為暴雨時期之滯洪空間，建議後續進行集水區農塘結合在地滯洪之操作推動，以擴大區域滯洪能力。唯前述操作需配合氣象局豪大雨特報及降雨臨前條件等。為提升社區自主防災的先期預警，並考量社區除水災災害外，尚有土石流災害之風險。建議後續進行表層土壤含水率結合雨量及水位資訊應用於聚落防災監測及警戒之研究，以提供社區進行自主防災監測應用之資訊。

關鍵詞：農塘、在地滯洪、滯洪效益

Study on the Combination of Agricultural Water Ponds in Catchment Areas with On-Site Stormwater Detention to Improve Regional Flood Detention and Reduce Disaster Risk

Abstract

Hillsides in Taiwan have a large number of farm ponds and farmland, which own functions of water storage and detention. In order to reduce the impact of climate change, the adjustment of farm ponds and farmland can usually be appropriately utilized for the impact. The purpose of this study is to explore how to strengthen the water storage operation of the on-site flood detention function of farm ponds and farmland, so as to improve the water conservation functions of the catchment area (or region), flood detention and disaster risk reduction.

This study has collected domestic and foreign farm ponds and on-site flood detention cases and literature, and compiled possible operation methods and problems encountered. After interviews and on-site investigations, the areas available for local flood detention such as Dahuangpu Pond, Liwu Pond and downstream farmland in Chonggang Creek were selected as the case study areas. Among them, the water storage area of Dahuangpu Pond is about 0.14 hectares, and the water catchment area is about 0.5 hectares. The water storage area of Liwu Pond is about 0.365 hectares, and the water collection area is about 1.28 hectares. There are 4 farmlands located in the lower reaches of Dahuangpu Pond and Liwu Pond. The farmland areas are 1.20 hectares, 1.32 hectares, 0.166 hectares and 0.341 hectares, totaling 3.027 hectares. Based on the collected data, this study carried out regional farm pond storage simulation, on-site flood

storage simulation, combined simulation with farm ponds and on-site flood storage, and flood detention benefit analysis. Flood detention benefits are expressed in terms of peak reduction amount and peak reduction rate.

Based on the proposed scenarios, this study has completed the analyses of the combined farming pond and on-site flood detention operation. The results of this study give simulations of long-duration rainfall scenarios in farm ponds and on-site flood detention fields (farmlands) in the Chonggang Creek catchment area. The simulation results are based on the improved type of combining farm ponds with on-site flood detention to increase the gap to 12 cm. The reduction of the flood peak for each return period in this scenario is about 0.231 ~ 0.263 cms. The peak reduction rate is about 35~53% depending on the return period. The peak rainfall runoff for the return period of 50 years and without adjustment is 0.665 cms. After adjustment, the peak runoff is reduced by 0.231cms, that is, the peak runoff is 0.434cms. This is slightly lower than the peak rainfall runoff (0.447cms) for the 2-year return period.

Compared with the entire catchment area, the area of a single farm pond and field area is smaller in area and water storage capacity. However, if the flood storage space of each farm pond and farmland in the catchment area is accumulated, the peak rainfall runoff in the return period of 50 years may be reduced to the peak rainfall runoff in the return period of 2 to 10 years through regulation and storage. In other words, farming ponds combined with on-site flood detention and water storage operations, and subsequent promotion, can reduce regional flood losses and increase farmers' income and economic development. It can further reduce the risk of regional flood disasters, improve the quality of the living environment

of rural communities, and increase the environmental ecology and water conservation benefits of rural communities and regions.

This study has completed the investigation of farming ponds combined with on-site flood detention and storage operations. Considering that rural communities have vast farmland and depressions that can be used as flood detention spaces during heavy rains, this study suggests that the operation of farming ponds in catchment areas combined with on-site flood detention is supposed to be followed up to expand the regional flood detention capacity. Only the aforementioned operations need to cooperate with the Central Weather Bureau's heavy rainfall special report and pre-precipitation conditions, etc. In order to improve the early warning of autonomous disaster prevention in the communities, it is usually necessary to consider in addition to flood disaster risks of the communities, as well as soil and debris flow disasters. This study suggests that the surface soil moisture content combined with rainfall and water stage information be followed up to be applied to the monitoring and warning study of community disaster prevention. The information is to provide the communities with information on monitoring applications for autonomous disaster prevention.

Keywords: Farm Pond, On-Site Flood Detention, Benefits from Flood Detention

目錄

摘要 I

Abstract III

目錄 VII

表目錄 X

圖目錄 XII

第一章 前言 1-1

第一節 計畫緣起及目的 1-1

第二節 計畫目標 1-5

第三節 工作架構及內容 1-6

第四節 計畫預定與實際工作進度 1-11

第五節 預期工作效益 1-15

第二章 文獻回顧與資料蒐集 2-1

第一節 農塘與在地滯洪的定義與分類 2-1

第二節 農塘與在地滯洪的功能 2-7

第三節 農塘與在地滯洪操作相關文獻 2-12

第四節 研究區域前期計畫成果 2-30

第五節 小結 2-34

第三章 農塘結合在地滯洪模式建立 3-1

第一節 案例區域選定 3-2
第二節 自記水位監測元件設置 3-20
第三節 案例區域降雨量資料分析 3-31
第四節 區域(集水區)農塘蓄水模式建立 3-57
第五節 區域(集水區)在地滯洪蓄水操作模式建立 3-66
第四章 農塘結合在地滯洪蓄水操作情境分析 4-1
第一節 案例區域之情境研擬 4-1
第二節 區域(集水區)農塘操作情境精進分析 4-8
第三節 在地滯洪蓄水操作情境分析 4-37
第四節 區域農塘結合在地滯洪蓄水情境分析 4-55
第五節 小結 4-65
第五章 農塘結合在地滯洪蓄水操作機制 5-1
第一節 農塘結合在地滯洪蓄水操作機制研擬 5-1
第二節 農塘操作機制策略規劃與推動方式 5-8
第六章 結論與建議 6-1
第一節 結論 6-1
第二節 建議 6-5
參考文獻 參-1
附錄 附-1

附錄一 審查會議紀錄暨回覆辦理情形..... 附-1

附錄二 中港溪集水區大荒埔埤蓄水情境模擬結果..... 附-8

附錄三 中港溪集水區李屋埤蓄水情境模擬結果..... 附-20

附錄四 鯉魚潭集水區鯉潭 039 農塘蓄水情境模擬結果 附-32

附錄五 後龍溪集水區後龍 006 農塘蓄水情境模擬結果 附-44

附錄六 中港溪集水區在地滯洪蓄水情境模擬結果..... 附-56

表目錄

表 1-1　預定工作進度表 1-12

表 1-2　工作項目及內容 1-14

表 2-1　農塘蓄水模擬情境分析鯉潭 039 農塘最高水位 2-33

表 3-1 農塘案例研究區評分因子 3-3

表 3-2 案例研究區評分(總量法) 3-13

表 3-3 案例研究區評分(單位農塘法) 3-14

表 4-1 中港溪集水區不同降雨延時及重現期距之降雨強度 4-3

表 4-2 後龍溪上游及鯉魚潭集水區不同降雨延時及重現期距之降雨強度 4-3

表 4-3 農塘低水位情境代號 4-4

表 4-4 農塘高水位情境代號 4-4

表 4-5 農塘常水位情境代號 4-4

表 4-6 在地滯洪低水位情境代號 4-5

表 4-7 在地滯洪高水位情境代號 4-5

表 4-8 在地滯洪常水位情境代號 4-5

表 4-9 豪雨特報提高田埂缺口至 12 公分情境代號 4-6

表 4-10 豪雨特報提高田埂缺口至 20 公分情境代號 4-6

表 4-11 豪雨特報提高田埂缺口至 12 公分改良型情境代號 4-6

表 4-12 豪雨特報提高田埂缺口至 20 公分改良型情境代號..... 4-7
表 4-13 豪雨特報提高田埂缺口至 25 公分改良型情境代號..... 4-7
表 4-14 大荒埔埤各情境模擬之洪峰削減量及削減率..... 4-67
表 4-15 李屋埤各情境模擬之洪峰削減量及削減率..... 4-68
表 4-16 鯉潭 039 農塘各情境模擬之洪峰削減量及削減率..... 4-69
表 4-17 後龍 006 農塘各情境模擬之洪峰削減率..... 4-70
表 4-18 大荒埔埤各情境模擬之尖峰逕流量..... 4-71
表 4-19 李屋埤各情境模擬之尖峰逕流量..... 4-72
表 4-20 鯉潭 039 農塘各情境模擬之尖峰逕流量..... 4-73
表 4-21 後龍 006 農塘各情境模擬之尖峰逕流量..... 4-74
表 4-22 在地滯洪各情境模擬之洪峰削減量及削減率(一)..... 4-75
表 4-23 在地滯洪各情境模擬之洪峰削減量及削減率(二)..... 4-76
表 4-24 在地滯洪各情境模擬之洪峰削減量及削減率(三)..... 4-77
表 4-25 農塘結合在地滯洪各情境模擬之洪峰削減量及削減率.... 4-78
表 5-1 農塘或在地滯洪人工調控及智慧管理之比較..... 5-9

圖目錄

圖 1-1 工作架構圖 1-6

圖 1-2 工作甘特圖 1-13

圖 2-1 農場土地之區域(集水區)坡地流向與農塘設置位置示意 2-2

圖 2-2 不同水源別之農塘示意 2-4

圖 2-3 農塘滯洪操作之水位示意 2-15

圖 2-4 農塘滯洪效益之示意 2-15

圖 2-5 日本寄合池集水區範圍示意 2-19

圖 2-6 農塘先期降低水位之水位示意 2-27

圖 2-7 農塘不同時期水位管理之水位示意 2-27

圖 2-8 中港溪集水區大荒埔埤農塘串並聯蓄水模擬(1A) 2-32

圖 2-9 鯉潭 039 農塘之蓄水模擬 2-33

圖 2-10 農塘進出流的方式 2-35

圖 2-11 農塘串聯示意 2-36

圖 2-12 農塘並聯示意 2-36

圖 2-13 農塘串並聯示意 2-37

圖 2-14 農塘結合在地滯洪示意 2-37

圖 3-1 農塘結合在地滯洪模式建立之工作架構 3-1

圖 3-2 農塘調查總蓄水量、滯洪量比較(一) 3-5

圖 3-3 農塘調查總蓄水量、滯洪量比較(二)..... 3-5
圖 3-4 農塘調查單位蓄水量、滯洪量比較(一)..... 3-6
圖 3-5 農塘調查單位蓄水量、滯洪量比較(二)..... 3-6
圖 3-6 農塘治理後總蓄水量、滯洪量比較(一)..... 3-8
圖 3-7 農塘治理後總蓄水量、滯洪量比較(二)..... 3-8
圖 3-8 農塘治理後單位蓄水量、滯洪量比較(一)..... 3-9
圖 3-9 農塘治理後單位蓄水量、滯洪量比較(二)..... 3-9
圖 3-10 農塘治理後新增蓄水量、滯洪量比較(一)..... 3-11
圖 3-11 農塘治理後新增蓄水量、滯洪量比較(二)..... 3-11
圖 3-12 治理後新增單位農塘蓄水量、滯洪量比較(一)..... 3-12
圖 3-13 治理後新增單位農塘蓄水量、滯洪量比較(二)..... 3-12
圖 3-14 中港溪集水區農塘勘選位置示意..... 3-15
圖 3-15 農塘群位置示意..... 3-17
圖 3-16 中港溪集水區農塘群位置示意..... 3-17
圖 3-17 後龍溪上游集水區農塘群位置示意..... 3-18
圖 3-18 鯉魚潭集水農塘群位置示意..... 3-18
圖 3-19 在地滯洪農田與集水區位置示意..... 3-19
圖 3-20 在地滯洪農田與集水區簡化示意..... 3-19
圖 3-21 中港溪集水區大荒埔埤水位歷線(一)..... 3-22

圖 3-22 中港溪集水區大荒埔埤水位歷線(二)..... 3-22
圖 3-23 中港溪集水區李屋埤水位歷線(一)..... 3-23
圖 3-24 中港溪集水區李屋埤水位歷線(二)..... 3-23
圖 3-25 後龍溪上游集水區後龍 006 水位歷線(一)..... 3-24
圖 3-26 後龍溪上游集水區後龍 006 水位歷線(二)..... 3-24
圖 3-27 鯉魚潭集水區鯉潭 039 水位歷線(一)..... 3-25
圖 3-28 鯉魚潭集水區鯉潭 039 水位歷線(二)..... 3-25
圖 3-29 中港溪集水區大荒埔埤 2021 年水位歷線..... 3-26
圖 3-30 中港溪集水區李屋埤 2021 年水位歷線..... 3-26
圖 3-31 中港溪集水區大荒埔埤 2021 年降雨及水位歷線..... 3-27
圖 3-32 中港溪集水區李屋埤 2021 年降雨及水位歷線..... 3-27
圖 3-33 第一田區 2021 年水位歷線..... 3-29
圖 3-34 第二田區 2021 年水位歷線..... 3-29
圖 3-35 第三田區 2021 年水位歷線..... 3-30
圖 3-36 苗栗地區各雨量站位置..... 3-31
圖 3-37 苗栗地區各雨量站年平均雨量..... 3-32
圖 3-38 苗栗地區各雨量站月平均雨量(一)..... 3-33
圖 3-39 苗栗地區各雨量站月平均雨量(二)..... 3-33
圖 3-40 苗栗地區各雨量站月平均雨量(三)..... 3-34

圖 3-41 苗栗地區各雨量站月平均雨量(四)..... 3-34
圖 3-42 苗栗地區各雨量站月平均雨量(五)..... 3-35
圖 3-43 苗栗地區各雨量站月平均雨量(六)..... 3-35
圖 3-44 苗栗地區大河站 2015 年日雨量..... 3-36
圖 3-45 苗栗地區大河站 2016 年日雨量..... 3-36
圖 3-46 苗栗地區大河站 2017 年日雨量..... 3-37
圖 3-47 苗栗地區大河站 2018 年日雨量..... 3-37
圖 3-48 苗栗地區大河站 2019 年日雨量..... 3-38
圖 3-49 苗栗地區大河站 2020 年日雨量..... 3-38
圖 3-50 苗栗地區大河站 2021 年日雨量..... 3-39
圖 3-51 苗栗地區大湖站 2015 年日雨量..... 3-39
圖 3-52 苗栗地區大湖站 2016 年日雨量..... 3-40
圖 3-53 苗栗地區大湖站 2017 年日雨量..... 3-40
圖 3-54 苗栗地區大湖站 2018 年日雨量..... 3-41
圖 3-55 苗栗地區大湖站 2019 年日雨量..... 3-41
圖 3-56 苗栗地區大湖站 2020 年日雨量..... 3-42
圖 3-57 苗栗地區大湖站 2021 年日雨量..... 3-42
圖 3-58 大河站 2015 年 8 月 6 日至 8 月 9 日降雨量歷線..... 3-43
圖 3-59 大河站 2015 年 9 月 27 日至 9 月 30 日降雨量歷線..... 3-43

圖 3-60 大河站 2016 年 4 月 10 日至 4 月 16 日降雨量歷線..... 3-44
圖 3-61 大河站 2016 年 5 月 10 日至 5 月 11 日降雨量歷線..... 3-44
圖 3-62 大河站 2017 年 6 月 2 日至 6 月 5 日降雨量歷線..... 3-45
圖 3-63 大河站 2017 年 6 月 14 日至 6 月 19 日降雨量歷線..... 3-45
圖 3-64 大河站 2018 年 1 月 4 日至 1 月 10 日降雨量歷線..... 3-46
圖 3-65 大河站 2018 年 8 月 18 日至 8 月 19 日降雨量歷線..... 3-46
圖 3-66 大河站 2019 年 3 月 5 日至 3 月 10 日降雨量歷線..... 3-47
圖 3-67 大河站 2019 年 8 月 8 日至 8 月 12 日降雨量歷線..... 3-47
圖 3-68 大河站 2020 年 5 月 18 日至 5 月 23 日降雨量歷線..... 3-48
圖 3-69 大河站 2020 年 5 月 25 日至 5 月 30 日降雨量歷線..... 3-48
圖 3-70 大河站 2021 年 5 月 30 日至 5 月 31 日降雨量歷線..... 3-49
圖 3-71 大河站 2021 年 8 月 6 日至 8 月 7 日降雨量歷線..... 3-49
圖 3-72 大湖站 2015 年 7 月 19 日降雨量歷線..... 3-50
圖 3-73 大湖站 2015 年 8 月 23 日至 9 月 2 日降雨量歷線..... 3-50
圖 3-74 大湖站 2016 年 6 月 10 日至 6 月 16 日降雨量歷線..... 3-51
圖 3-75 大湖站 2016 年 9 月 26 日至 10 月 1 日降雨量歷線..... 3-51
圖 3-76 大湖站 2017 年 5 月 30 日至 6 月 5 日降雨量歷線..... 3-52
圖 3-77 大湖站 2017 年 6 月 11 日至 6 月 19 日降雨量歷線..... 3-52
圖 3-78 大湖站 2018 年 5 月 8 日至 5 月 10 日降雨量歷線..... 3-53

圖 3-79 大湖站 2018 年 8 月 22 日至 8 月 27 日降雨量歷線..... 3-53
圖 3-80 大湖站 2019 年 6 月 10 日至 6 月 14 日降雨量歷線..... 3-54
圖 3-81 大湖站 2019 年 8 月 8 日至 8 月 22 日降雨量歷線..... 3-54
圖 3-82 大湖站 2020 年 5 月 5 日降雨量歷線..... 3-55
圖 3-83 大湖站 2020 年 5 月 18 日至 5 月 29 日降雨量歷線..... 3-55
圖 3-84 大湖站 2021 年 5 月 30 日至 5 月 31 日降雨量歷線..... 3-56
圖 3-85 大湖站 2021 年 8 月 6 日至 8 月 7 日降雨量歷線..... 3-56
圖 3-86 鯉潭 039 2020 年農塘觀測水位之蓄水模擬(一)..... 3-59
圖 3-87 鯉潭 039 2020 年農塘觀測水位之蓄水模擬(二)..... 3-59
圖 3-88 鯉潭 039 農塘(常水位) 2020 年之蓄水模擬(一) 3-60
圖 3-89 鯉潭 039 農塘(常水位) 2020 年之蓄水模擬(二) 3-60
圖 3-90 鯉潭 039 農塘(高水位) 2020 年之蓄水模擬(一) 3-61
圖 3-91 鯉潭 039 農塘(高水位) 2020 年之蓄水模擬(二) 3-61
圖 3-92 中港溪集水區大荒埔埤 2020 年農塘蓄水分析(一)..... 3-62
圖 3-93 中港溪集水區大荒埔埤 2020 年農塘蓄水分析(二)..... 3-62
圖 3-94 中港溪集水區李屋埤 2020 年農塘蓄水分析(一)..... 3-63
圖 3-95 中港溪集水區李屋埤 2020 年農塘蓄水分析(二)..... 3-63
圖 3-96 後龍溪上游集水區後龍 006 2020 年農塘蓄水分析(一)..... 3-64
圖 3-97 後龍溪上游集水區後龍 006 2020 年農塘蓄水分析(二)..... 3-64

圖 3-98 鯉魚潭集水區鯉潭 039 2020 年農塘蓄水分析(一)..... 3-65

圖 3-99 鯉魚潭集水區鯉潭 039 2020 年農塘蓄水分析(二)..... 3-65

圖 3-100 梯田蓄水水收支平衡示意圖..... 3-67

圖 3-101 梯田蓄水降低逕流量分析..... 3-69

圖 4-1 大荒埔埤之低水位降雨延時-1 小時情境洪峰削減..... 4-10

圖 4-2 大荒埔埤之低水位降雨延時-2 小時情境洪峰削減..... 4-10

圖 4-3 大荒埔埤之低水位降雨延時-3 小時情境洪峰削減..... 4-11

圖 4-4 大荒埔埤之低水位降雨延時-24 小時情境洪峰削減..... 4-11

圖 4-5 大荒埔埤之高水位降雨延時-1 小時情境洪峰削減..... 4-12

圖 4-6 大荒埔埤之高水位降雨延時-2 小時情境洪峰削減..... 4-12

圖 4-7 大荒埔埤之高水位降雨延時-3 小時情境洪峰削減..... 4-13

圖 4-8 大荒埔埤之高水位降雨延時-24 小時情境洪峰削減..... 4-13

圖 4-9 大荒埔埤之常水位降雨延時-1 小時情境洪峰削減..... 4-14

圖 4-10 大荒埔埤之常水位降雨延時-2 小時情境洪峰削減..... 4-14

圖 4-11 大荒埔埤之常水位降雨延時-3 小時情境洪峰削減..... 4-15

圖 4-12 大荒埔埤之常水位降雨延時-24 小時情境洪峰削減..... 4-15

圖 4-13 李屋埤之低水位降雨延時-1 小時情境洪峰削減..... 4-17

圖 4-14 李屋埤之低水位降雨延時-2 小時情境洪峰削減..... 4-17

圖 4-15 李屋埤之低水位降雨延時-3 小時情境洪峰削減..... 4-18

圖 4-16 李屋埤之低水位降雨延時-24 小時情境洪峰削減 4-18
圖 4-17 李屋埤之高水位降雨延時-1 小時情境洪峰削減 4-19
圖 4-18 李屋埤之高水位降雨延時-2 小時情境洪峰削減 4-19
圖 4-19 李屋埤之高水位降雨延時-3 小時情境洪峰削減 4-20
圖 4-20 李屋埤之高水位降雨延時-24 小時情境洪峰削減 4-20
圖 4-21 李屋埤之常水位降雨延時-1 小時情境洪峰削減 4-21
圖 4-22 李屋埤之常水位降雨延時-2 小時情境洪峰削減 4-21
圖 4-23 李屋埤之常水位降雨延時-3 小時情境洪峰削減 4-22
圖 4-24 李屋埤之常水位降雨延時-24 小時情境洪峰削減 4-22
圖 4-25 鯉潭 039 之低水位降雨延時-1 小時情境洪峰削減 4-24
圖 4-26 鯉潭 039 之低水位降雨延時-2 小時情境洪峰削減 4-24
圖 4-27 鯉潭 039 之低水位降雨延時-3 小時情境洪峰削減 4-25
圖 4-28 鯉潭 039 之低水位降雨延時-24 小時情境洪峰削減 4-25
圖 4-29 鯉潭 039 之高水位降雨延時-1 小時情境洪峰削減 4-26
圖 4-30 鯉潭 039 之高水位降雨延時-2 小時情境洪峰削減 4-26
圖 4-31 鯉潭 039 之高水位降雨延時-3 小時情境洪峰削減 4-27
圖 4-32 鯉潭 039 之高水位降雨延時-24 小時情境洪峰削減 4-27
圖 4-33 鯉潭 039 之常水位降雨延時-1 小時情境洪峰削減 4-28
圖 4-34 鯉潭 039 之常水位降雨延時-2 小時情境洪峰削減 4-28

圖 4-35 鯉潭 039 之常水位降雨延時-3 小時情境洪峰削減 4-29
圖 4-36 鯉潭 039 之常水位降雨延時-24 小時情境洪峰削減 4-29
圖 4-37 後龍 006 之低水位降雨延時-1 小時情境洪峰削減 4-31
圖 4-38 後龍 006 之低水位降雨延時-2 小時情境洪峰削減 4-31
圖 4-39 後龍 006 之低水位降雨延時-3 小時情境洪峰削減 4-32
圖 4-40 後龍 006 之低水位降雨延時-24 小時情境洪峰削減 4-32
圖 4-41 後龍 006 之高水位降雨延時-1 小時情境洪峰削減 4-33
圖 4-42 後龍 006 之高水位降雨延時-2 小時情境洪峰削減 4-33
圖 4-43 後龍 006 之高水位降雨延時-3 小時情境洪峰削減 4-34
圖 4-44 後龍 006 之高水位降雨延時-24 小時情境洪峰削減 4-34
圖 4-45 後龍 006 之常水位降雨延時-1 小時情境洪峰削減 4-35
圖 4-46 後龍 006 之常水位降雨延時-2 小時情境洪峰削減 4-35
圖 4-47 後龍 006 之常水位降雨延時-3 小時情境洪峰削減 4-36
圖 4-48 後龍 006 之常水位降雨延時-24 小時情境洪峰削減 4-36
圖 4-49 在地滯洪之低水位降雨延時-1 小時情境洪峰削減 4-39
圖 4-50 在地滯洪之低水位降雨延時-2 小時情境洪峰削減 4-39
圖 4-51 在地滯洪之低水位降雨延時-3 小時情境洪峰削減 4-40
圖 4-52 在地滯洪之低水位降雨延時-24 小時情境洪峰削減 4-40
圖 4-53 在地滯洪之高水位降雨延時-1 小時情境洪峰削減 4-41

圖 4-54 在地滯洪之高水位降雨延時-2 小時情境洪峰削減 4-41
圖 4-55 在地滯洪之高水位降雨延時-3 小時情境洪峰削減 4-42
圖 4-56 在地滯洪之高水位降雨延時-24 小時情境洪峰削減 4-42
圖 4-57 在地滯洪之常水位降雨延時-1 小時情境洪峰削減 4-43
圖 4-58 在地滯洪之常水位降雨延時-2 小時情境洪峰削減 4-43
圖 4-59 在地滯洪之常水位降雨延時-3 小時情境洪峰削減 4-44
圖 4-60 在地滯洪之常水位降雨延時-24 小時情境洪峰削減 4-44
圖 4-61 在地滯洪之提高田埂缺口高度至 12 公分降雨延時-1 小時情境洪峰削減 4-45
圖 4-62 在地滯洪之提高田埂缺口高度至 12 公分降雨延時-2 小時情境洪峰削減 4-45
圖 4-63 在地滯洪之提高田埂缺口高度至 12 公分降雨延時-3 小時情境洪峰削減 4-46
圖 4-64 在地滯洪之提高田埂缺口高度至 12 公分降雨延時-24 小時情境洪峰削減 4-46
圖 4-65 在地滯洪之提高田埂高度至 20 公分降雨延時-1 小時情境洪峰削減 4-47
圖 4-66 在地滯洪之提高田埂高度至 20 公分降雨延時-2 小時情境洪峰削減 4-47

圖 4-67 在地滯洪之提高田埂高度至 20 公分降雨延時-3 小時情境洪峰削減 4-48
圖 4-68 在地滯洪之提高田埂高度至 20 公分降雨延時-24 小時情境洪峰削減 4-48
圖 4-69 在地滯洪之改良型提高田埂高度至 12 公分降雨延時-1 小時情境洪峰削減 4-49
圖 4-70 在地滯洪之改良型提高田埂高度至 12 公分降雨延時-2 小時情境洪峰削減 4-49
圖 4-71 在地滯洪之改良型提高田埂高度至 12 公分降雨延時-3 小時情境洪峰削減 4-50
圖 4-72 在地滯洪之改良型提高田埂高度至 12 公分降雨延時-24 小時情境洪峰削減 4-50
圖 4-73 在地滯洪之改良型提高田埂高度至 20 公分降雨延時-1 小時情境洪峰削減 4-51
圖 4-74 在地滯洪之改良型提高田埂高度至 20 公分降雨延時-2 小時情境洪峰削減 4-51
圖 4-75 在地滯洪之改良型提高田埂高度至 20 公分降雨延時-3 小時情境洪峰削減 4-52
圖 4-76 在地滯洪之改良型提高田埂高度至 20 公分降雨延時-24 小時

情境洪峰削減 4-52
圖 4-77 在地滯洪之改良型提高田埂高度至 25 公分降雨延時-1 小時情境洪峰削減 4-53
圖 4-78 在地滯洪之改良型提高田埂高度至 25 公分降雨延時-2 小時情境洪峰削減 4-53
圖 4-79 在地滯洪之改良型提高田埂高度至 25 公分降雨延時-3 小時情境洪峰削減 4-54
圖 4-80 在地滯洪之改良型提高田埂高度至 25 公分降雨延時-24 小時情境洪峰削減 4-54
圖 4-81 大荒埔埤之高水位降雨延時-1 小時情境洪峰削減 4-58
圖 4-82 大荒埔埤之高水位降雨延時-2 小時情境洪峰削減 4-58
圖 4-83 大荒埔埤之高水位降雨延時-3 小時情境洪峰削減 4-59
圖 4-84 大荒埔埤之高水位降雨延時-24 小時情境洪峰削減 4-59
圖 4-85 李屋埤之高水位降雨延時-1 小時情境洪峰削減 4-60
圖 4-86 李屋埤之高水位降雨延時-2 小時情境洪峰削減 4-60
圖 4-87 李屋埤之高水位降雨延時-3 小時情境洪峰削減 4-61
圖 4-88 李屋埤之高水位降雨延時-24 小時情境洪峰削減 4-61
圖 4-89 李屋埤之高水位降雨延時-24 小時農塘串聯情境洪峰削減 4-62
圖 4-90 農塘與水田聯合滯洪操作情境洪峰削減(一) 4-62

圖 4-91 農塘與水田聯合滯洪操作情境洪峰削減(二)..... 4-63

圖 4-92 農塘與水田聯合滯洪操作情境洪峰削減(三)..... 4-63

圖 4-93 農塘與水田聯合滯洪操作情境洪峰削減(四)..... 4-64

圖 5-1 後龍 006 農塘操作規線..... 5-4

圖 5-2 在地滯洪操作規線..... 5-5

圖 5-3 田埂缺口加高基本型示意..... 5-6

圖 5-4 田埂缺口加高基本型現地照片..... 5-7

圖 5-5 田埂缺口加高水利署版示意..... 5-7

圖 5-6 田埂缺口加高改良型示意..... 5-7

第一章 前言

第一節 計畫緣起及目的

台灣近年來因全球暖化、氣候變遷，使得區域降雨強度及不降雨日數都有明顯增加的趨勢，進而導致之水旱災害對社會及經濟造成許多的影響。台灣山坡地因地形之起伏變化極鉅，集水區地勢陡峭不易涵蓄水分，而河川源短流急，豪大雨時造成逕流量暴增，使得區域缺水或淹水災害等風險增加，如何降低區域缺水或洪災等風險為當前的要務。

台灣山坡地擁有為數眾多的農塘與農田，這些農塘與農田具有蓄水及滯洪等功能。為降低氣候變遷之影響，妥適運用農塘與農田對於氣候變遷的調適效益，探討如何強化農塘與農田在地滯洪功能之蓄水操作，以提高集水區(或區域) 水源涵養、滯洪及降低災害風險等水土保持功用，為本計畫之研究目的。

農塘為利用自然地形施以人工建設，以為灌溉等農業用途的水利設施。依水土保持技術規範第55條之定義：農塘係指在低窪地區或溪流適當地點，構築堤壩攔蓄逕流，提供滯洪、農業等用水及改進生態環境並供休閒、遊憩之用。考量本計畫之性質，經綜合前述定義，農塘係指在低窪地區或溪流適當地點，配合地形地勢，以人工構築堤壩或挖地為池攔蓄逕流，以提供滯洪、農業等用水及改進生態環境並供休閒、遊憩之用的蓄水構造物。

考量台灣山坡地的農塘具有蓄水、滯洪等功能。由於全球氣候變遷，使得區域降雨強度及不降雨日數都有明顯增加的趨勢，為降低氣候變遷之影響，妥適運用農塘對於氣候變遷的調適效益，簡傳彬(2020)在水土保持局創新研究計畫補助下，探討如何透過管路串並聯

等技術應用於農塘蓄水之操作，以提高集水區(或區域)蓄水的功能以利於滯洪防災等水土保持功用。

簡傳彬(2020)於苗栗地區進行集水區農塘應用管路串並聯之研究，其成果包括：

一、農塘蓄水情境模擬：

依據擬定之情境，完成中港溪集水區之大荒埔埤、李屋埤之各情境農塘蓄水模擬。(情境包括：降雨強度重現期距區分為2年、5年、10年、25年、50年等。降雨延時在考量短延時強降雨之情境下，包括60分鐘、120分鐘、180分鐘及1440分鐘(24小時)等模擬情境。農塘水位區分為低水位、高水位及豪雨特報前先期放水等情境研擬。

該研究另為擴大研究成果，並完成鯉魚潭集水區之鯉潭039農塘、後龍溪上游集水區之後龍006農塘之各情境農塘蓄水模擬。完成農塘滯洪模擬分析，依據擬定之情境，完成鯉魚潭集水區之鯉潭039農塘、後龍溪上游集水區之後龍006農塘等之各情境農塘蓄水模擬及滯洪模擬分析。包括農塘在高水位、低水位及先期降低水位與不同降雨延時及重現期距之滯洪模擬分析。以鯉潭039 、2020年最大暴雨及農塘先期降低水位為例，透過農塘蓄洪操作，可將集水區降雨逕流之洪峰流量0.1152cms降低至0.0242cms (降低約79%)。透過農塘蓄洪操作，以鯉潭039在2020年5月主要降雨條件為例，可將集水區降雨逕流之洪峰流量0.0909cms降低至0.0283cms。

二、農塘串並聯情境分析：

完成中港溪集水區之大荒埔埤、李屋埤及觀音埤之農塘串並聯之情境模擬分析。研究成果包括農塘在高水位、低水位及先期

降低水位在不同降雨延時及重現期距之農塘串並聯之情境模擬。以短延時(3小時)25年重現期距(平均降雨量為58.84mm/hr)為例，透過農塘調蓄可將集水區降雨逕流量由0.074cms降低至0.026cms (降低約65%)。且此出流量可流入李屋埤蓄留，待豪大雨過後再進行放流或留供灌溉使用。

三、操作機制與推動機制研擬：

該研究已完成案例研究區域之農塘蓄水模擬，以及農塘串並聯操作之情境模擬分析，並完成推動區域農塘串並聯操作機制與推動方式研擬，可提供相關單位參考，達到區域滯洪蓄水防災之目的。唯農塘面積及農塘集水區之面積相較於整體的區域面積較小，對於提高區域滯洪能力仍屬有限。考量農村社區具有廣大的農田及窪地可作為豪大雨時期之滯洪空間，建議後續進行集水區農塘結合在地滯洪之研究，以擴大區域滯洪能力。

在地滯洪，指於現地儲存降雨量並將雨水緩慢釋放到下游排水路的系統或設施。例如在都市地區的建築物可以蓄留落在建築基地上的雨水，並於暴雨後或延後釋放降雨儲存量。而在山坡地可利用梯田(或農田)蓄留落在梯田上的雨水，並於暴雨後或延後釋放降雨儲存量。

日本從1992年開始推動農田滯洪等各項相關的研究計畫，如早瀨吉雄(1992、1997)等透過農田排水缺口的修改將以強化水旱田的滯洪機能。

簡傳彬、方文村、梁榮元(2019)以新北市石門區尖山湖地區為研究區，以1公頃田區為例，防洪效益約為1.21萬立方公尺/年。因此在臺灣是否可以思考如何結合農業以發展「在地滯洪」的機能，透過強化的機制，尋找因地制宜的策略(黃柏維，2019)。以及農林水產省

(2021)導入智慧農田滯洪調控示範計畫。

綜合前述，考量在氣候變遷之情況下，除前期計畫利用既有農水路、溪流或增設管路，進行串並聯之農塘蓄水操作，以提高農塘降雨利用率外，進一步探討農塘結合梯田以發展「在地滯洪」的機能，將有利於滯洪防災等水土保持之功用。雖然農塘結合在地滯洪目前水土保持局操作較少，但因應未來極端氣候之影響，可為預作之相關研究。

因此本研究擬就台灣苗栗地區選擇乙處集水區或社區進行農塘結合在地滯洪以提高區域滯洪及降低災害風險之研究。首先蒐集農塘及可提供在地滯洪之梯田等基本資料進行分析，以建立降雨-蓄水量關係，並就不同重現期距之降雨強度進行分析，以擬定案例區域模擬之降雨情境，再就農塘及可提供在地滯洪之梯田等之空間與水量關係建立降雨量及農塘結合在地滯洪之蓄水操作之模擬模式，並進行參數檢定與情境模擬，據以研擬操作策略，提供農塘結合在地滯洪之操作應用與水土保持局推動坡地防災之參考。

一、本計畫擬解決問題，包括以下二項：

(一)區域(集水區)農塘結合在地滯洪模式建立：

透過系統分析建立集水區農塘、在地滯洪之梯田、連結水路等單元，並透過現地勘查、資料蒐集，建立集水區各農塘、在地滯洪之梯田與連結水路關聯，以建立農塘結合在地滯洪模擬模式。

(二)農塘結合在地滯洪操作模擬分析與操作機制建立：

為強化區域農塘結合在地滯洪蓄水之功能，本計畫將進行農塘結合在地滯洪蓄水模擬分析及農塘結合在地滯洪操作模擬分析與操作機制建立，以供相關單位參考。

二、農塘結合在地滯洪蓄水操作之研究，依其所探討之範圍及元素可分為二類：

(一)單口農塘結合在地滯洪蓄水操作之研究：

主要著重於農塘結合在地滯洪之水理演算、農塘閘門操控等細緻的操作研究或模型試驗。

(二)集水區或數口(2~5口)農塘結合在地滯洪蓄水操作之研究：

以集水區或數口(2~5口)農塘結合在地滯洪規劃與設計為單元，著重於集水區或數口(2~5口)農塘結合在地滯洪蓄水效益與區域農塘結合在地滯洪規劃。

本研究屬於第二類集水區或數口(2~5口)農塘結合在地滯洪蓄水操作之研究，主要以集水區或數口(2~5口)農塘結合在地滯洪為單元，著重於集水區農塘結合在地滯洪蓄水效益與區域農塘結合在地滯洪規劃。

第二節 計畫目標

由於全球氣候變遷，地球暖化進而影響水文的循環。台灣近期降雨強度及不降雨日數都有明顯增加的趨勢。考量山坡地的農塘具有滯洪、蓄水及農業灌溉等功能，因此本計畫進行農塘結合在地滯洪操作研究，期望讓區域農塘結合在地滯洪，進而提高區域內滯洪蓄水之功能。本年度目標如下：

一、完成區域(集水區)農塘結合在地滯洪操作之案例及相關文獻探討。

二、完成區域(集水區)農塘結合在地滯洪模式建立。

三、完成區域(集水區)農塘結合在地滯洪操作提高區域滯洪與降低災害風險分析。

四、完成區域(集水區)農塘結合在地滯洪蓄水操作機制建立。

第三節 工作架構及內容

本計畫依據前述計畫目標，擬訂工作架構如圖1-1。主要工作項目，分述如下：

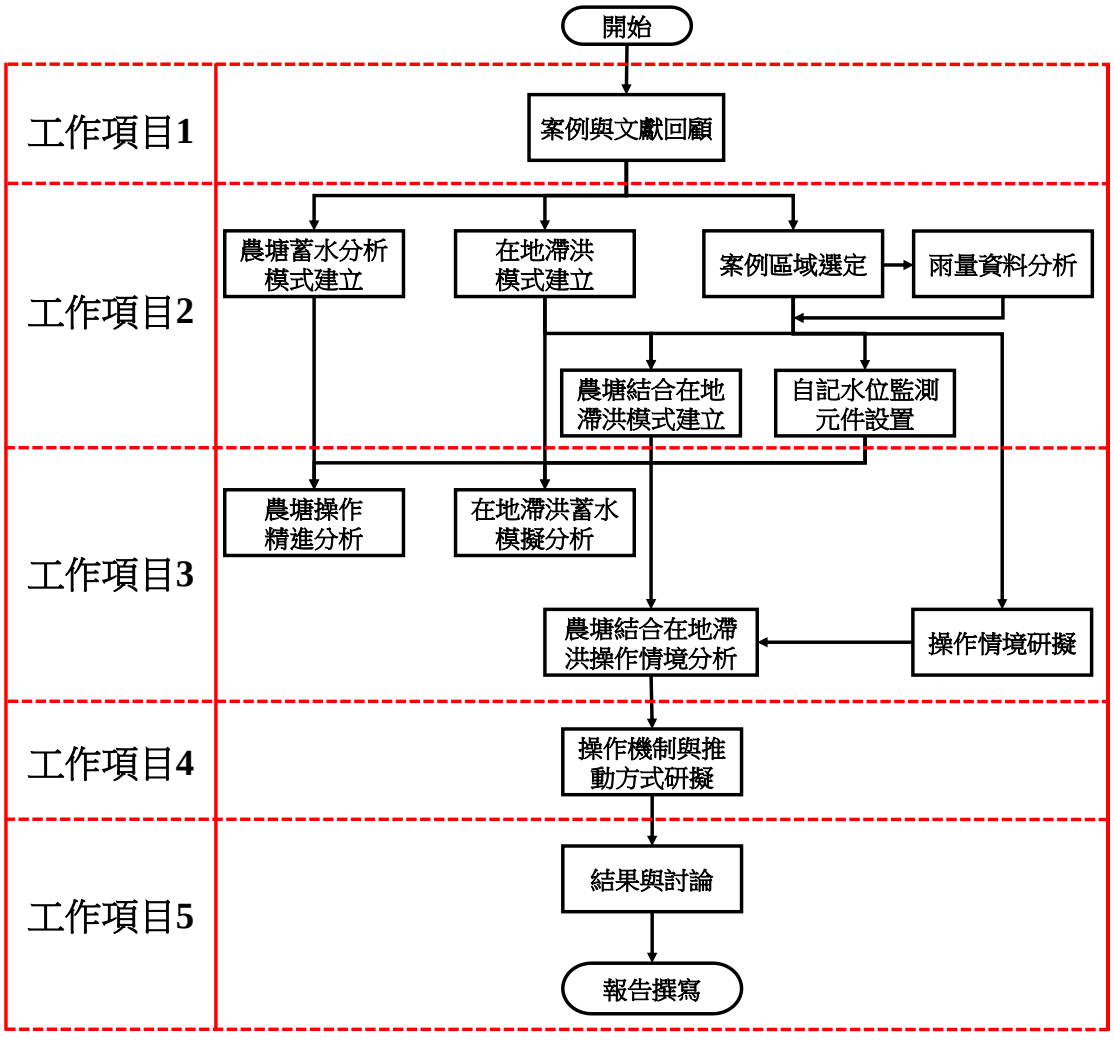


圖 1-1 工作架構圖

一、國內外農塘結合在地滯洪操作之案例與文獻回顧

本研究將蒐集國內外農塘結合在地滯洪操作之案例與文獻資料，並彙整可能的操作方式及遭遇的問題。

二、區域(集水區)農塘結合在地滯洪模式建立

(一)案例區域選定：

本研究首先參考109年度水土保持局創新研究計畫之集水區農塘應用管路串並聯之研究(簡傳彬，2020)之案例研究區域。並延續前述計畫成果，進行區域(集水區)農塘結合在地滯洪之案例研究區域選定。

依集水區農塘應用管路串並聯之研究(簡傳彬，2020)報告顯示：該研究分二階段進行案例區域選定：

首先經由蓄水量、滯洪量、串並聯可行性等因子分析結果顯示：中港溪集水區、後龍溪上游集水區、鯉魚潭集水區為排序的前三名。即包括以下三個農塘群。(A)中港溪之大荒埔埤、李屋埤及觀音埤。(B)後龍上游集水區之後龍006、007、008三口農塘。(C)鯉魚潭集水區之鯉潭039、鯉潭039A及鯉潭040。其中中港溪集水區為排序第一名。

第二階段經由農塘串並聯可行性等分析，以中港溪之大荒埔埤、李屋埤、觀音埤為案例研究區。本研究考量資料的完整性，延續前期計畫成果，選擇中港溪之大荒埔埤、李屋埤、觀音埤為案例研究區。

(二)自記水位監測元件設置：

本研究考量前述類型子集水區平均坡度較陡，與農塘在地滯

洪操作文獻中，大部份案例屬於較平緩之區域(集水區)不同。亦即在建立集水區農塘結合在地滯洪操作模式時，需考量此地形上的差異可能對模式建立的影響。因此在進行區域(集水區)農塘在地滯洪模式建立時，將於現地選擇觀測站觀測水位，以驗證模擬結果。

本研究依前述原因，擬就選定集水區，於集水區農塘選擇2處設置自記水位等監測元件(共2組自記水位計)並觀測水位(每10分鐘1筆資料)，以提供模擬驗證資料使用。亦即透過觀測水位與模擬水位資料比對以驗證模式合適性。另可提供在地滯洪之農田、雨量及流量資料依現地情況進行蒐集或量測。

(三)區域(集水區)農塘蓄水模式建立：

本研究擬採用農塘水平衡模式(日本農林水產省，2018；簡傳彬，2020) (模式說明詳第三章第四節)，作為區域(集水區)農塘蓄水模擬分析之工具。

(四)區域(集水區)在地滯洪蓄水操作模式建立：

對於區域在地滯洪，考量本研究以山坡地之農村為主，故在地滯洪將以梯田為主，故本研究擬採用梯田水平衡模式(模式說明詳第三章第五節，作為區域(集水區) 在地滯洪蓄水操作水模擬分析之工具。

(五)區域(集水區)農塘結合在地滯洪模式建立：

農塘結合在地滯洪模式，本研究擬結合前述農塘蓄水模式、在地滯洪蓄水操作模式，進行區域(集水區)農塘結合在地滯洪操作模擬分析之工具。

三、區域(集水區)農塘結合在地滯洪蓄水操作情境分析

本項目所要進行的工作包括以下4項：

(一)情境研擬：

區域(集水區)農塘結合在地滯洪蓄水操作情境擬定，經由現地訪談與資料分析並參考簡傳彬(2020) 之研究，考量農塘原以灌溉為目的，梯田以農業生產為目的，因此農塘結合在地滯洪，其滯洪功能係在維持既有供給農業用水與農業生產功能下進行；經參考相關文獻：降雨強度重現期距區分為2年、5年、10年、25年、50年等。降雨延時在考量短延時強降雨之情境下，以60分鐘、120分鐘、180分鐘及1440分鐘(24小時)為模擬情境。農塘水位區分為低水位、高水位及常水位等情境研擬。

(二)區域(集水區)農塘操作情境精進分析：

本研究採用所建立之農塘水平衡模式，延續2020年之計畫成果，並參考相關專家之建議，進行區域(集水區)農塘操作情境精進分析。

(三)區域(集水區)在地滯洪蓄水操作情境分析：

本研究採用所建立之梯田水平衡模式，進行區域(集水區)在地滯洪蓄水操作情境分析。

(四)區域(集水區)農塘結合在地滯洪蓄水操作情境分析：

本研究採用所建立之農塘水平衡模式、梯田水平衡模式，配合渠流及堰流公式進行區域(集水區)農塘結合在地滯洪蓄水操作情境分析。

四、研擬區域(集水區)農塘結合在地滯洪蓄水操作機制與推動方式。

將依據不同情境分析結果研擬區域(集水區)農塘結合在地滯洪蓄水操作機制與推動方式，供相關單位參考。

五、報告撰寫(結果與討論)

依據前述分析進行結果與討論，並完成結論與建議。

第四節 計畫預定與實際工作進度

本計畫工作期程自110年1月27日至110年12月31日止，依據前述工作項目及工作架構(如圖1-1)，擬定預定工作進度如表1-1，工作甘特圖如圖1-2。各工作項目之執行情形詳如第二章至第五章，其對應章節如表1-2所述。

工作項目1：蒐集國內外農塘結合在地滯洪操作之案例與文獻回顧，執行成果詳如第二章所述。

工作項目2：區域(集水區)農塘結合在地滯洪模式建立與分析，含農塘蓄水模擬模式建立，研究方法與步驟及執行成果詳如報告第三章所述。

工作項目3：區域(集水區)農塘結合在地滯洪蓄水操作情境分析，執行成果中的相關研究之情境資料蒐集分析成果，併入第二章中進行說明，其餘含農塘蓄水模擬情境分析，研究方法與步驟及執行成果詳如第四章所述。

工作項目4：研擬區域(集水區)農塘結合在地滯洪蓄水操作機制，依前述情境分析結果進行研擬，執行成果為於第五章中說明。

工作項目5：結果與討論，本項目依據前述各項工作內容，於第二章至第五章進行分析，再依據分析結果進行討論，並提出結論與建議，詳如第六章所述。

表 1-1　預定工作進度表

工作項目	工作比重 %	預定進度	110			
			1-3 月	4-6 月	7-9 月	10-12 月
農塘結合在地滯洪操作之案例與文獻回顧	5	工作量或內容	農塘結合在地滯洪操作之案例與文獻回顧	農塘結合在地滯洪操作之案例與文獻回顧	農塘結合在地滯洪操作之案例與文獻回顧	
		累計百分比	50	100	100	100
區域(集水區)農塘結合在地滯洪模式建立	30	工作量或內容	區域(集水區)農塘結合在地滯洪模式系統分析	區域(集水區)農塘結合在地滯洪模式建立	區域(集水區)農塘結合在地滯洪模式驗證	
		累計百分比	20	80	100	100
區域(集水區)農塘結合在地滯洪操作提高區域滯洪與降低災害風險分析	30	工作量或內容		提高區域滯洪與降低災害風險情境研擬	提高區域滯洪與降低災害風險情境分析	提高區域滯洪與降低災害風險情境分析
		累計百分比	0	40	99	100
研擬區域(集水區)農塘結合在地滯洪操作機制與推動方式	30	工作量或內容			農塘結合在地滯洪操作機制與推動方式研擬	農塘結合在地滯洪操作機制與推動方式研擬
		累計百分比	0	0	99	100
結果與討論	5	工作量或內容				結果與討論
		累計百分比	0	0	0	100
累計總進度	百分比		9	41	95	100

工作項目	預定與實際進度											
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
國內外農塘結合在地滯洪操作之案例與文獻回顧												
區域(集水區)農塘結合在地滯洪模式建立與分析												
區域(集水區)農塘結合在地滯洪操作提高區域滯洪與降低災害風險分析												
研擬區域(集水區)農塘結合在地滯洪操作機制與推動方式												
結果與討論												
累進總進度(%)	3	6	9	20	30	41	60	82	95	97	99	100

預定進度
實際進度

圖 1-2 工作甘特圖

表 1-2　工作項目及內容

工作項目	工作內容	佔比(%)	報告章節
蒐集國內外農塘結合在地滯洪操作之案例與文獻回顧	1.蒐集國內外農塘結合在地滯洪操作之案例與文獻回顧資料 2.彙整可能的操作方式及遭遇的問題。	5	第二章
區域(集水區)農塘結合在地滯洪模式與分析	1.案例區域選定 2.自計水位等監測元件設置 3.區域(集水區)農塘蓄水模式建立 4.區域(集水區)農塘在地滯洪蓄水操作模式建立 5.區域(集水區)農塘節結合在地滯洪模式建立	30	第三章
區域(集水區)農塘結合在地滯洪蓄水操作情境分析	1.案例區域之情境研擬。 2.區域(集水區)農塘操作情境精進分析 3.區域(集水區)在地滯洪蓄水操作情境分析 4.區域(集水區)農塘結合在地滯洪蓄水操作情境分析	30	第四章
研擬區域(集水區)農塘結合在地滯洪蓄水操作機制	研擬區域(集水區)農塘結合在地滯洪蓄水操作機制與推動方式	30	第五章
結果與討論	依據前述各項工作內容，於各章節進行分析，再依據分析結果進行討論，並提出結論與建議。	5	第二章~第五章 第六章

第五節 預期工作效益

本研究經由集水區農塘結合在地滯洪操作之研究，可分析獲得農塘及在地滯洪提高水資源運用及滯洪蓄水的效益。本研究除考量山坡地之農塘可供蓄水及滯洪外，另選擇梯田(農田)為提供在地滯洪的場域，故研究將以集水區農塘水平衡模式及梯田水平衡模式，進行集水區農塘結合在地滯洪之蓄水分析，再經由農塘結合在地滯洪操作之模擬分析結果，進行降低區域洪災損失之風險分析。

研究成果後續經由推廣，可降低區域洪災損失，提高農民收益與經濟發展。進一步經由降低區域洪災風險，提高農村社區優質生活環境，以及提高農村社區與區域環境生態與水資源涵養效益。

第二章 文獻回顧與資料蒐集

依據計畫工作項目之內容，本研究已完成國內外農塘結合在地滯洪之案例與文獻資料蒐集，並彙整可能的操作方式及遭遇的問題。茲將所蒐集之文獻及案例資料，分為：1.農塘與在地滯洪的定義與分類。2.農塘與在地滯洪的功能。3.農塘與在地滯洪操作的相關文獻。4.研究區域前期計畫成果。5.小結等。分述如下各節：

第一節 農塘與在地滯洪的定義與分類

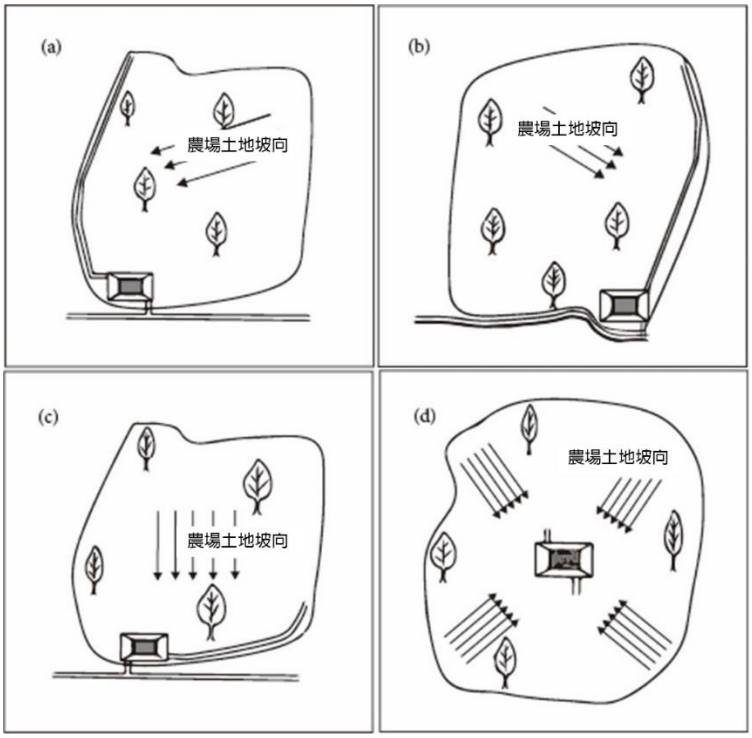
一、農塘的定義

依康熙字典的解釋：築土遏水曰塘。漢典的解釋：塘為堤岸、水池等。Reddy(2012)指農塘為具有一定形狀和大小的開挖式結構，並有適當的進出水結構。農塘通常於農場區域的地勢較低處建造，以收集從農場區域流出的地表逕流，作為灌溉使用。Riya (2020)指農塘為小型的水池或堤壩構築而成的蓄水構造物，儲存由集水區逕流產生之水量，以供灌溉、畜牧等農業用水需求。

依水土保持技術規範第55條之定義 (行政院農業委員會，2020)，農塘係指在低窪地區或溪流適當地點，構築堤壩攔蓄逕流，以提供滯洪、農業等用水及改進生態環境並供休閒、遊憩之用。另為健全前項農塘之功能，以達保水、蓄水及用水之目的，得於地勢較高地區設置蓄水設施。日本農林水產省(2020)則指農塘係為確保農業用水供應，對於(農業需水時期)降雨量缺乏或沒有穩定河川水源供給的地區，以人工建造之蓄水構造物，以儲存水量供農業使用。

簡傳彬、方文村、徐永昶(2020)指農塘為配合地形地勢，以人工構築以提供滯洪、農業等用水及改進生態環境並供休閒遊憩之用的蓄水構造物。Reddy (2012)並依農場區域的坡地流向，建議農塘設置位

置如圖2-1所示。



資料來源：Reddy,2012

圖 2-1 農場土地之區域(集水區)坡地流向與農塘設置位置示意

綜合前述，農塘係指在低窪地區或溪流適當地點，配合地形地勢，以人工構築堤壩或挖地為池攔蓄逕流以提供滯洪、農業等用水及改進生態環境並供休閒、遊憩之用的蓄水構造物。

二、農塘的分類

農塘的分類，可依農塘構築方式、農塘水源、農塘與溪流(或圳路)之區位關係、農塘的功能定位等進行分類，分述如下：

(一)依構築方式分類：

農塘的分類，依構築方式可分為：開挖式農塘、築壩式農塘、半挖半堤式農塘及複式農塘等四類。行政院農業委員會農田水利處(2006)、馮正一與劉怡安(2007)、簡傳彬(2017)、日本農林水產省(2020)、Riya(2020)等，提出農塘依構築方式，主要分為開挖式

農塘及築壩式農塘兩種。除前二類外，尚有半挖半堤式農塘及複式農塘。分述如下：

1.開挖式農塘：

開挖式農塘係指在低窪地區配合人工挖掘、引水入流而儲蓄水源，以提供滯洪農業灌溉及農業休閒等使用之蓄水構造物。

2.築壩式農塘：

築壩式農塘為開挖式農塘外，另一類常見在山坡地直接攔截溪水所構築之農塘型態。築壩式農塘的主體由土堤或堤壩組成，通常建築在緩坡(gentle steep slope)到中度陡坡(moderately steep slope)的山坡地，以及溪流山谷間(Riya, 2020)。

3.半挖半堤式農塘

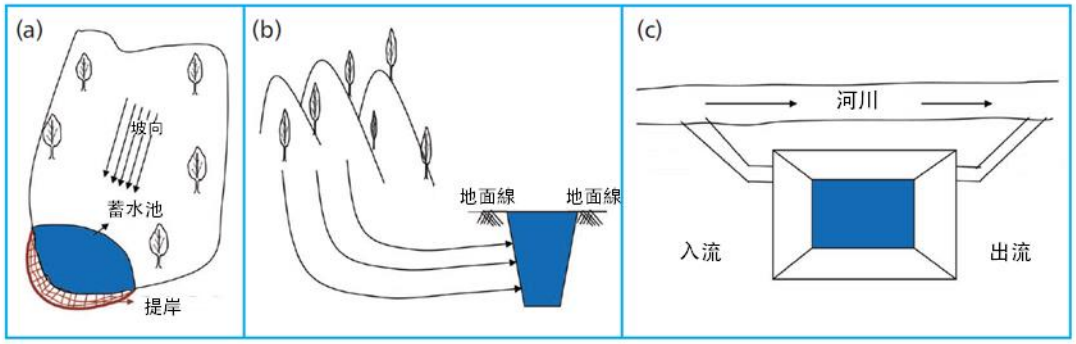
桃園地區農塘為利用台地地形於農塘下游採築堤方式建造，兼具開挖式農塘及築壩式農塘的方式進行構築。半挖半堤式農塘與築壩式農塘之差異：築壩式農塘大都為在槽農塘，而桃園地區的半挖半堤式農塘大都為離槽農塘，因此半挖半堤式農塘兩側需配合地勢進行築堤。與開挖式農塘之差異：半挖半堤式農塘下游側並未開挖而是築堤。

4.複式農塘

日本農林水產省(2019)將農塘除依構築方式除分為開挖式農塘及築壩式農塘外，另新增利用坡地地形所構築之複式農塘(重ね池，又は親子池)。台灣桃園地區的新福圳1號池及1-1號池，以及苗栗地區的三聯埤均為複式陂塘。

(二)依農塘水源分類

依農塘水源可分為地面水農塘、泉水(或地下水)農塘與離槽式農塘(Reddy, 2012)。如圖2-2所示。



資料來源：Reddy, 2012

圖 2-2 不同水源別之農塘示意

(三)依照農塘與溪流(或圳路)之區位關係分類

簡傳彬(2017)參考吳約西(2003)之農塘論述，依農塘與溪流之區位關係分為在槽與離槽式農塘二類。

(四)依農塘功能分類

考量農塘滯洪功能，水土保持局對於坡地農塘，依據農塘所在的區位及農塘滿水面積的大小，將農塘分為「一般農塘」及「滯洪農塘」。

台灣為解決坡地農業用水及降低易淹水潛勢地區的洪災損失，針對坡地既有農塘進行探討分析結果顯示：如能利用原僅提供灌溉用水之農塘，透過適當的方式強化或增加農塘滯洪蓄水功能，應可在提供坡地農業用水需求外，提供降低易淹水潛勢地區的洪災損失的效益。因此水土保持局對於坡地農塘，根據農塘所在的區位及農塘滿水面積的大小，將農塘分為「一般農塘」及「滯

洪農塘」兩類，其中一般農塘係藉由蓄水以提供農業用水為主要目的。滯洪農塘除了蓄水功能外，亦具有降低洪峰流量、延遲洪峰到達時間的功能 (鍾侑達，2019；簡傳彬，2020)。

三、在地滯洪定義

在地滯洪係指於暴雨時期先於現地儲存降雨逕流量，再將降雨儲存量緩慢釋放到下游排水路的系統或設施。例如在都市地區的建築物可以蓄留落在建築基地上的雨水，並於暴雨後或延後釋放降雨儲存量。而在山坡地可利用梯田蓄留落在梯田及上方集水區的雨水，並於暴雨後或延後釋放降雨儲存量。

日本從1992年開始推動農田滯洪等各項相關的研究計畫，如早瀨吉雄(1992、1997)等研究成果可知，透過水田、旱田排水缺口的修改將可強化原本水旱田的滯洪機能，大幅降低排水路尖峰逕流量，進而降低排水下游地區的淹水風險。

簡傳彬、方文村、梁榮元(2019)以新北市石門區尖山湖地區為研究區，以水稻或水生作物作物之梯田，依據2005~2013年資料分析結果：以1公頃田區為例，防洪效益約為1.21萬立方公尺/年。因此在臺灣是否可以思考如何結合農業以發展「在地滯洪」的機能，透過強化的機制，尋找因地制宜的策略(黃柏維，2019)。

農林水產省(2021)導入智慧農田滯洪調控示範計畫，使用智慧手機進行遠程控制來啟閉農田滯洪區排水入出流閘門的設備，同時管理大雨期間農田蓄水及排放。以減少降雨逕流量，並防止河流和水道的水位急劇上升。

台灣山坡地擁有為數眾多的農塘與農田，這些農塘與農田具有蓄水及滯洪等功能。為降低氣候變遷之影響，妥適運用農塘與農田對於

氣候變遷的調適效益，因此探討如何進行農塘與農田在地滯洪之蓄水操作，以提高集水區(或區域) 以提高區域滯洪及降低災害風險等水土保持功用，為當前重要之課題。

四、在地滯洪分類

在地滯洪係指於暴雨時期先於現地儲存降雨逕流量，再將降雨儲存量緩慢釋放到下游排水路的系統或設施。在地滯洪可分為內水在地滯洪及外水在地滯洪兩類。其中內水在地滯洪為源頭處理，降低下游溢淹風險；外水在地滯洪為有效拘限易淹範圍，降低下游溢淹風險，操作方式為:1.平時期間，堤防設置溢流堰並保持平時在地滯洪區低度利用。2.颱洪期間，洪水期間高於溢流堰之河道逕流將暫存於在地滯洪區。3.颱洪結束後，在地滯洪區暫存洪水透過排水閘門以重力方式排入河道降低下游溢淹風險。

第二節 農塘與在地滯洪的功能

依前述農塘之定義：配合地形地勢，以人工構築以提供滯洪、農業等用水及改進生態環境並供休閒、遊憩之蓄水構造物。農塘的功能包括生產、生活及生態三個面向。提供農業用水以供生產；提供滯洪、休閒、遊憩以供安全舒適的生活空間；以及改進生態環境。依中華民國景觀學會（2005）研究，可分為農業生產、調蓄淨化、休閒遊憩、防災滯洪、生態保育、文化地景及其他特定目的等七大項。

Pettersson(1988)之研究，藉由七場連續暴雨的事件分析結果顯示：農塘應依據蓄水能力進行設計，以蓄留水量並避免汙染物流經路線過短，影響淨化水質成效。Lundberg, Carling 和 Lindmark(1999)之研究針對滯洪設施去除逕流汙染物的效率進行研究。

Somes, Fabian 和 Wong(2020)之研究針對兩個案例進行分析，結果顯示出口結構類型和暴雨入流性質對汙染物滯留時間分布有所影響。

日本農林水產省(2020)將農塘的功能區分為農業用水的儲留、洪水調節、土砂流出防止、氣候緩和、地下水涵養、生態系的保全、保健休養等。Riya (2020)指農塘為提供灌溉、畜牧、養殖等農業用水需求，同時也在防洪上也發揮關鍵的作用。

黃澔珽(2007)透過土地使用限制補償的觀點，將農塘新生利用之思維與可能性歸結四個面向：

(一) 生產：以供給灌溉用水、養殖漁業、垂釣划船等產業為主；農塘新生利用以開發具高競爭力或附加價值之農產品，或導入新型態的休閒遊憩活動，以提昇產業經濟價值。

(二) 生活：結合地方特色營造農塘主題公園，以優美水畔環

境與動態親水休閒活動，以提昇生活環境品質及調節氣候。

(三) 生態：以生態濕地、生物多樣性、季節性生態、生態教學研究等，進行生態環境之永續經營。

(四) 生存：提供乾旱時期之供水及汛期之滯洪調節空間，維持人類生存之機能。

前述黃澔珽(2007)的分類中，將乾旱時期水資源調蓄及滯洪功能，獨立為一個生存的面向。此外，農塘為重要的濕地場域，以桃園地區的農塘為例，桃園地區農塘已由內政部營建署列為「國家級濕地」。一般而言，農塘所形成的濕地一般具有滯洪、調節水量、補注地下水、淨化水質、調節微氣候等功能。就生態學的觀點，在區域水文、碳氮磷系等生地化元素循環以及野生動物的棲地等扮演重要角色(林幸助，2009)。Alastai, Tenna, Barry 和 Shelley(2005)之研究，探討紐西蘭都市滯洪池等設施之棲地反應與特性。針對本研究案例區域，雖然苗栗的農塘在產業結構轉變的過程中，並未如桃園地區農塘所扮演完全一樣的濕地功能，卻為台灣地區絕大多數的鳥類棲息保留了豐富的生態環境。使得西部地區農塘的水資源與環域綠帶是大量鳥類(水鳥與陸鳥)的重要棲息與覓食的場所。

其他農塘生態效益方面的研究有：Simon, Jankowski 和 Morris(2020)之研究，以生物性指標(IBL)進行美國小型滯洪溼地生物完整性的研究。Price和 Waddington(2020)經由加拿大各類型濕地的水文研究結果顯示：濕地的反饋機制在氣候變遷發揮了不可或缺的作用。

農塘淨化水質的相關研究包括：Pettersson(1988)之研究，藉由七場連續暴雨的事件分析，結果顯示：農塘應依據蓄水能力進行設計，

以蓄留水量並避免汙染物流經路線過短，影響淨化水質成效。Lundberg, Carling 和 Lindmark(1999)之研究為針對滯洪設施去除逕流汙染物的效率進行研究。Somes, Fabian 和 Wong(2020)之研究針對兩個案例進行分析，結果顯示：出口結構類型和暴雨入流性質對汙染物滯留時間分布有所影響。

前述所提農塘濕地具有補注地下水之功能，對於農塘補注地下水之評估，譚義績(1996)提出二類計算方法。其一為直接估計法，針對特定之補注型態進行評估，例如針對桃園地區，譚義績(1996)進行貯水池入滲率、土壤比重、孔隙率等資料的實際量測，數值分析採2D-FEMWATER 模擬分析，並利用實驗與數值模擬所得之結果，進行桃園地區農塘對地下水補注的效益評估。另一為間接估計法，係以水文系統之水收支平衡觀念來估算地下水資源，但此方法中的抽水量、河川流量、灌溉水量等數值估計值誤差較大。

對於農塘補注地下水的功能，部分學著認為這是不正確的說法，係認為入滲量為農塘蓄水損失量而非功能，為了達到蓄水效益應施行農塘維護或防滲處理，因此以此觀點入滲量為蓄水損失而非地下水補注功能。當農塘實際滲透量對地下水補注之功能，對蓄水、滯洪之關聯性，如Reddy (2012)依據農塘的定義，認為農塘應以蓄水供灌溉等農業用水為目的，故設計上應以防滲為標準。如要補注地下水，應設計滲漏池，其目的與規劃設計基準均不同。

綜觀前人之研究，農塘之功能大致上可分為生產、生活、生態等三個面向。再分為水資源(如灌溉)、防災滯洪、休閒遊憩、生態環境、文化景觀等功能。其中因近年來全球氣候變遷，導致氣溫、降雨頻率的改變、強降雨與極端氣候的發生，造成旱災與澇災的發生頻率提高，農塘的調洪蓄水功能益形重要。

本研究以梯田為在地滯洪之研究場域，梯田相關的研究可分為生態系、水源涵養以及田埂滯洪等研究。包括角媛梅(1999)經由深入哈尼族地區調查，運用系統論及文化生態等方法，分析哈尼梯田文化生態系統的特徵、組成、空間結構、物質能量流動及其功能，指出哈尼梯田文化生態系統是一個和諧的人地系統。馮金朝、石莎、何松傑(2008)研究，經由現地調查與分析哈尼梯田自然-人工複合生態系統的的組成，結構與功能。

Li, J., Jiao, W.J., Min, Q.W., Li, W.H. (2016)研究指出哈尼稻作梯田系統能夠成功抵禦百年一遇的大旱，不僅是因為森林生態系統和梯田生態系統具有重要的水源涵養功能，且以傳統知識為主體的民族傳統文化在系統成功抵禦乾旱的過程中也發揮了重要作用。該研究指出傳統文化在哈尼稻作梯田系統水源涵養功能中的影響主要體現在三個方面：(1)哈尼族具有獨特的興修水利、水量分配、水溝管理等一系列水資源管理知識，並形成了水資源保護意識；(2)哈尼族通過對森林資源的分類與管理，以及對森林的崇拜等因素影響，有效地保護了森林生態系統；(3)哈尼族通過對梯田的開墾和維護，以及形成的耕作體系，有效的保護了梯田生態系統。

劉曉軍、王祖峰、趙文武(2019)指出梯田堤埂是梯田存在的基礎，是整個梯田濕地生態系統的關鍵。研究中經由分析哈尼梯田堤埂對塑造梯田旖旎風景和生態綜合種養模式形成的重要作用基礎上，剖析了哈尼梯田堤埂目前在承受水流沖刷力和地質災害方面的維護壓力，並提出田埂拓寬,研究堤埂改進技術，保護高山森林資源等方面的建議，以加強對堤埂的保護。

Soriano, M.A., Herath, S.(2018)研究指出菲律賓的伊富高水稻梯田 (IRT)為當地人民與其當地環境和諧關係之上的可持續農業生態

系統。探討了經由土地利用變化，量化維護良好的農業梯田可加強地下水補注來調節水資源的有效性。同時由於梯田廢棄引起的土地覆蓋變化被證明會導致水資源可用性的整體下降。

Arnáez et al.,(2015) 回顧1982~2014有關建造、耕作和廢棄耕作梯田的水文和地貌行為的論文。指出梯田增加滲透並減少逕流。在地中海地區，廢棄梯田的逕流係數在 20% 到 40% 之間，取決於植物覆蓋的百分比或放牧量。在溫暖潮濕氣候的栽培梯田上，係數較低（10%－25%）。並指出如果不進行梯田等保護措施，耕作斜坡的土壤流失會更大。

日本從1992年開始推動農田滯洪等各項相關的研究計畫，如早瀨吉雄(1992、1997)等研究成果可知，透過水田、旱田排水缺口的修改將可強化原本水旱田的滯洪機能，大幅降低排水路尖峰逕流量，進而降低排水下游地區的淹水風險。

簡傳彬、方文村、梁榮元(2019)以新北市石門區尖山湖地區為研究區，以水稻或水生作物作物之梯田，依據2005~2013年資料分析結果：以1公頃田區為例，防洪效益約為1.21萬立方公尺/年。因此在臺灣是否可以思考如何結合農業以發展「在地滯洪」的機能，透過強化的機制，尋找因地制宜的策略(黃柏維，2019)。

第三節 農塘與在地滯洪操作相關文獻

本研究已蒐集國內外農塘活化、農塘串並聯及在地滯洪相關文獻，針對國內農塘活化、農塘串並聯及在地滯洪相關文獻，區分為：農塘蓄水操作或增加蓄水容量、農塘滯洪操作或增加滯洪量、農塘串並聯或聯合營運、農塘滯洪操作及分析與在地滯洪操作等五部分進行探討。

一、農塘規劃、蓄水操作或增加蓄水容量

Bennett 和 Mays (1985)的研究採用動態規劃，以建立一個流域的蓄水設施與排水渠道系統的最小成本優化模型。該模型除了確定下游河道的設計外，還決定蓄水設施的位置、大小、出流結構尺寸、類型與數量。

Emmett, Clarke 和 Howles (1996)的研究，選擇在南澳大利亞州阿德萊德市郊的諾斯菲爾德，開發了一種雨水回用計劃，該研究利用了一個新的兩用濕地蓄水設施和一個含水層儲存和回收系統。濕地既可以作為蓄水設施，也可以改善水質。例如區域的含水層的鹽分太高，將無法作為公園和花園的灌溉水；但是該研究透過在冬季將低鹽度雨水儲存在含水層中，可以抽出一定量的低鹽度水，供次年夏天使用。當該地區遇到乾旱的夏季，水還可提供濕地使用。且補給水質可達到澳大利亞的灌溉水質標準，或不低於地下水水質標準。Nascimento, Ellis, Baptista 和 Deutsch(1999)之研究，探討巴西滯洪池的水資源多目標利用及操作。Hamideh, Mona 和 Farhad(2019)的研究，提出渠道和農塘的聯合操作，以評估農塘在水資源之利用效率。

進行農塘改善以增加蓄水空間之規劃，還有財團法人農業工程研究中心(2003)，謝勝彥、蔡展銘與簡傳彬(2004)，及謝勝彥、廖培明、

蔡展銘與簡傳彬(2004)等研究：前述研究均先進行農塘之現況資料蒐集與調查後，再現地勘選較具開發價值之農塘，進行農塘水源利用方案之規劃與評估，包括地質允許條件範圍內挖深、安定邊坡保護等措施，最後進行效益分析與評估，並提出農塘水源利用之改善建議。

其後方文村、簡傳彬(2005)，選擇以桃園農田水利會桃園大圳8支線灌區為例，進行埤塘浚深以提高供水量之研究。除提供供水量之研究外，財團法人農業工程研究中心(2005)及方文村、簡傳彬(2007)進行提高埤塘取蓄水能力對於乾旱時期供水之效益之研究。以及財團法人農業工程研究中心(2006)進行利用桃園地區埤塘輔助民生及工業用水之可行性評估。方文村(2019)的研究，選擇於大台北地區的廣興圳，進行蓄水農塘及管路化灌溉工程規劃設計，以提升水資源供給能力，擴大供灌面積。

苗栗地區農塘改善以增加蓄水空間之規劃，包括：

(一) 苗栗地區農塘盤點調查及水資源利用(財團法人農業工程研究中心，2016 a)：該計畫係透過農塘調查，找出苗栗地區農塘消失的主要原因，進而活化農塘，讓苗栗地區農塘恢復或提高農塘的滯洪、蓄水的功能。該計畫針對汶水溪、小南勢溪、象鼻嘴、後龍溪上游、鯉魚潭及老莊溪等集水區。選擇123口農塘，進行清淤、堤岸整建等活化農塘等策略方法。可將123口農塘之可蓄水量由86,694立方公尺，提高至173,067立方公尺(約增加86,373立方公尺，99.6%)。

(二) 中苗地區重要水庫集水區農塘保水優化及農塘活化計畫(逢甲大學，2017)：該計畫係透過衛星影像判釋、國土利用調查、水土保持局歷年工程及現勘，結果顯示：苗栗地區農塘數量

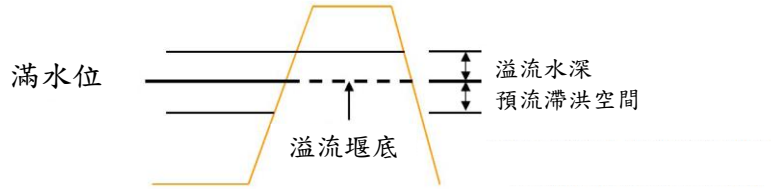
(含已消失)約1,667座。其中針對苗栗鯉魚潭水庫及周邊集水區計17口農塘進行治理規劃，治理後17口農塘總蓄水容積增加7,215 立方公尺（約增加41%）。

(三) 108年度中港溪集水區農塘盤點調查評估與初步規劃(孚宮設計顧問有限公司，2019)：該計畫以中港溪集水區為計畫範圍，並選擇以中港溪集水區頭份市流東里張厝地區、老崎地區及三灣鄉北埔村及三灣鄉大河村大河公農塘，提出四處活化方案。其中大河公農塘主要進行清淤以增加庫容，農塘總蓄水容積由84,308立方公尺增加至120,000立方公尺（約增加35,692立方公尺，42.3％）。

二、農塘改善以增加滯洪量：

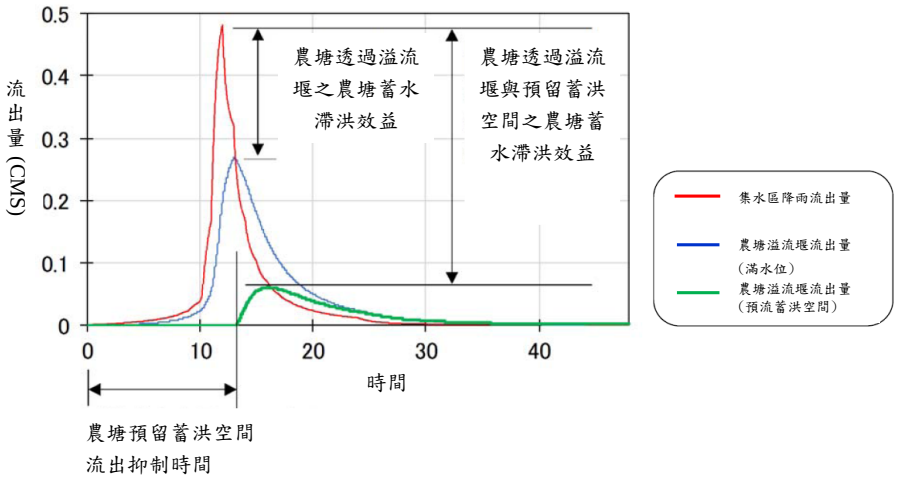
依水土保持技術規範第94條(行政院農業委員會，2020)之定義：「滯洪設施係指具有降低洪峰流量、遲滯洪峰到達時間或增加入滲等功能之設施。滯洪設施包括滯洪壩、滯洪池等」。「永久性滯洪設施不得變更為其他用途，但在不影響其滯洪功能之情形下，得依實際需要作多目標用途」。並就規劃設計予以規範，在第96條亦明列滯洪設施的滯洪量估算公式。故農塘如改善為滯洪設施時，可參考此規範作安全上的考量。

日本農林水產省(2018)之研究，農塘運用溢洪道操作示意如圖2-3所示。在沒有農塘溢流堰之控制下，降雨逕流歷線如圖2-4之紅色線；溢流堰可降低農塘流出尖峰流量如圖2-4之藍色線。如預先降低水位則農塘流出量如圖2-4之綠色線。



資料來源：日本農林水產省，2018

圖 2-3 農塘滯洪操作之水位示意



資料來源：日本農林水產省，2018

圖 2-4 農塘滯洪效益之示意

苗栗地區農塘改善以增加滯洪量之規劃，包括：

(一) 苗栗地區農塘盤點調查及水資源利用(財團法人農業工程研究中心，2016a)：該計畫除前述透過清淤以提高農塘蓄水能力(第二章第三節第一小節)外，同時也增加農塘之滯洪空間。

(二) 中苗地區重要水庫集水區農塘保水優化及農塘活化計畫(逢甲大學，2017)：苗栗鯉魚潭水庫及周邊集水區計17口農塘進行治理規劃，治理後17口農塘滯洪總容量增加2,164 立方公尺（約增加17%）。

(三) 107年度中苗區域性水土資源保育及綠環境營造先期規劃(浦騰工程顧問有限公司，2018)：該計畫以西湖鄉湖東村為規劃區，經分析結果：以「滯洪為主、灌溉為輔」的規劃方向，配合農塘之改善，規劃改善8口農塘，增加農塘蓄水容量約 4,500立方公尺、增加滯洪量2,400立方公尺。

(四) 明德及劍潭水庫集水區整體規劃調查(黎明工程顧問股份有限公司，2018)：為配合「前瞻基礎建設計畫-水環境建設」之「水與發展」政策，該計畫針對明德劍潭水庫集水區進行整體性盤點調查。其中大河農塘因年久失修，部分岸坡已有崩塌之情形，農塘現況淤積嚴重，進行清淤增加庫容，可增加滯洪功能，並改善水質以供農用灌溉，恢復其防災及生產面功能。

(五) 108年度中港溪集水區農塘盤點調查評估與初步規劃 (孚宮設計顧問有限公司，2019)：該計畫以中港溪集水區為計畫範圍，並選擇以中港溪集水區頭份市流東里張厝地區、老崎地區及三灣鄉北埔村及三灣鄉大河村大河公農塘，提出四處活化方案。其中大河公埤塘主要進行清淤增加庫容，以提昇滯洪沉砂功能，並改善水質以供農用灌溉，恢復其防災及生產面功能，考量治理後能永續經營，依現地地形高程由上游往下游配置沉砂區、生態淨水池、蓄水區(深水區)、出流口改善及保護工，營造後可增加滯洪量及蓄水量。

三、農塘串並聯與聯合營運

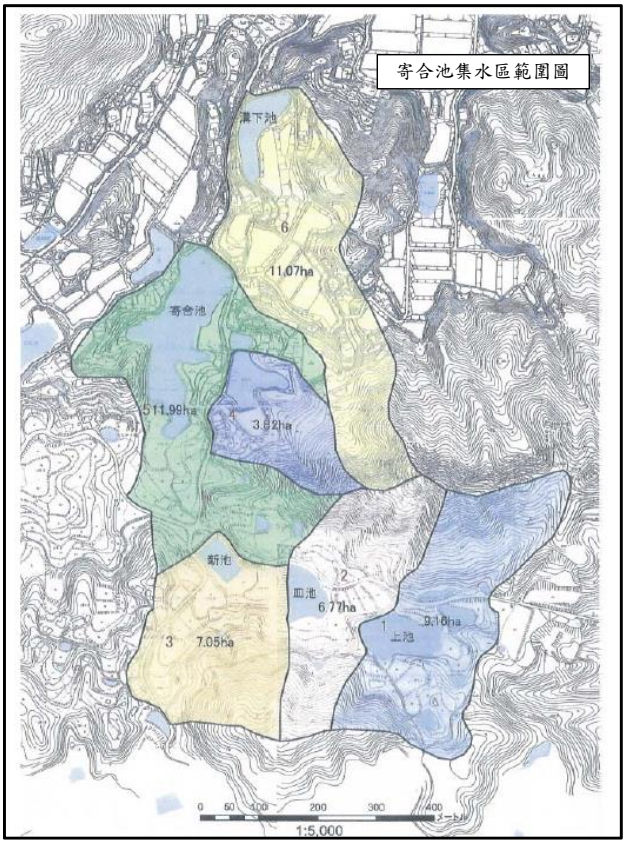
簡傳彬、方文村、吳祚任及彭美禎(1997)於「地理資訊系統應用於貯水池聯合運用之研究」，利用地理資訊系統圖資資料，進行農塘資料輸入、運算與成果展現，以呈現農塘聯合營運之成果。為求提高農塘聯合營運效率，簡傳彬、方文村(2000)進行「線性規劃在池塘灌溉系統聯合營運之應用」，簡傳彬、吳瑞賢、林松清及高逸峰(2001)進行「池塘灌溉系統永續發展之聯合營運優化模式」，透過線性規劃等優化模式以達農塘灌溉系統之水源高效率運用。

吳祚任、簡傳彬、黃寄萍(1995)，進行水庫及池塘灌溉系統灌溉配水模式之研究，另在農塘多元水源條件下，簡傳彬、方文村及陳淑貞(2006)進行「水庫與埤塘水資源聯合調配研究-以桃園大圳八支線灌區為例」，簡傳彬、方文村及陳淑貞(2007)「網流法應用於桃園地區埤塘聯合營運之研究」，探討水庫不同供水條件下，農塘的營運，以因應氣候變遷下，降雨條件改變所造成水資源條件的變化。

經由前述分析，為因應氣候變遷下降雨條件改變所造成水資源條件的變化，有必要進行農塘串並聯運用以提高農塘運用效率。桃園農田水利研究發展基金會分別於民國99年及102年補助財團法人農業工程研究中心進行桃園大圳10及11支線灌區之貯水池應用管路串並聯規劃研究(簡傳彬，2010、2012)。其後桃園農田水利會參照前述兩計畫之成果，於102年進行桃園大圳10-15、10-16及10-19等3口貯水池串聯工程，105及106年進行桃園大圳 11-20及10-19等2口貯水池串聯工程，108年進行10-13及10-15等2口貯水池串聯工程測設工作(簡傳彬，2019)。

財團法人農業工程研究中心(2016b)之研究，延續前述研究針對缺水地區提出埤塘串並聯的方式，其後並提出埤塘串並聯機制的研擬。簡傳彬(2019)之研究，彙整陳淑貞、簡傳彬、方文村(2013)及陳淑貞、方文村、簡傳彬 (2014)等相關文獻，於「貯水池應用管路串並聯之規劃研究-以桃園農田水利會觀音地區為例」一文中說明：透過管路串並聯之規劃進行短、中、長期方案研擬。短期以桃園大圳10支線10-15、10-16及10-19等3口貯水池現況之串並聯為建議方案，中期以桃園大圳11支線11-20及10支線10-15、10-16及10-19等4口貯水池進行貯水池串並聯為建議方案，長期以桃園大圳11支線11-20及10支線10-9、10-10、10-11、10-13、10-15、10-16及10-19等共8口貯水池之浚深及串並聯為建議方案。目前已完成桃園大圳10-15、10-16及10-19等3口貯水池串聯工程，及桃園大圳11-20及10-19等2口貯水池串聯工程。

日本農林水產省(2018)於寄合池集水區經由寄合池之溢洪道出口(W×H=100公分×60公分)，及溝下池等放流管等滯洪設施，透過事前降低水位等措施，以計算上池、皿池、新池、溝下池及寄合池(如圖2-5)之滯洪成效。



資料來源：日本農林水產省，2018

圖 2-5 日本寄合池集水區範圍示意

苗栗地區農塘改善以增加滯洪量之規劃，包括：

(一) 苗栗地區農塘盤點調查及水資源利用(財團法人農業工程研究中心，2016a)：財團法人農業工程研究中心(2016a)針對所調查之農塘，進行農塘串並聯分析，該計畫初期示範建議可選擇鯉魚潭集水區 2~3口進行清淤及串並聯，除提高蓄水量及供灌面積外，亦可提高滯洪量達85%以上。或選擇後龍溪上游集水區2~3口進行清淤及串並聯，除提高蓄水量及供灌面積外，亦可提高滯洪量85%以上。例如鯉潭039、 040與後龍006、007、008可進行農塘串並聯，分別可提高原蓄水量之 52%及107%。

(二) 中苗地區重要水庫集水區農塘保水優化及農塘活化計畫(逢甲大學，2017)：進行西湖溪051、西湖溪053、西湖溪054、西湖溪055與西湖溪062共5口農塘串並聯規劃，及引入智慧灌溉系統決策系統,提升農業水資源利用率,提高農業生產。

(三) 107年度中苗區域性水土資源保育及綠環境營造先期規劃(浦騰工程顧問有限公司，2018)：該計畫選擇苗栗縣頭份市興隆里為規劃區，以農塘清淤、安全排水整體改善為對策，在配合水利會農塘及灌溉排水區域串並聯下，共規劃7口農塘之治理規劃，治理後可增加農塘蓄水容量 12,000立方公尺、滯洪量8,000立方公尺。

(四) 108年度中港溪集水區農塘盤點調查評估與初步規劃 (孚宮設計顧問有限公司，2019)：該計畫經分析後，選擇以中港溪集水區頭份市流東里張厝地區、老崎地區及三灣鄉北埔村及三灣鄉大河村大河公農塘等四處，提出活化方案。其中張厝地區、老崎地區及三灣鄉北埔村三處，透過清淤、暗管工程與強化農塘間之引水工程等進行農塘串並聯規劃,可提高灌溉或滯洪能力。

綜合前述，農塘係指配合地形地勢，以人工構築堤壩或挖地為池攔蓄逕流供農業等用水及改進生態環境並供滯洪、休閒、遊憩之蓄水構造物。供給農業等用水為農塘之主要目的。農塘的滯洪效益在兼顧灌溉等農業用水的利益下，相較於滯洪池所提供之效益較低。但在既有的農塘功能下，透過清淤、堤岸整建、串並聯操作仍可提高農塘的滯洪效益，達到輔助區域滯洪減災的效果。

四、農塘滯洪操作及分析

農塘滯洪操作的研究，有Yazdi(2019)，提出了農塘滯洪的優化方法，以有效管理洪水期間農塘的滯留儲水量，以獲得農塘滯蓄洪操作的最佳規則曲線。針對農塘蓄洪或滯洪部份，方文村、簡傳彬、陳蘭香及陳淑貞 (2009)進行「區域降雨對渠道輸水與埤塘蓄水操作之分析研究」，簡傳彬、方文村及陳淑貞(2013)進行「極端降雨下之農水路輸水與埤塘蓄水之操作策略研究」,透過農塘蓄水操作以降低洪峰。

Walker(1998)的研究，進行暴雨時利用數值模型分析計算平均流量深度及分析暴雨在農塘的停留時間。Persson等人(1999)經由程式設計，進行農塘雨水管理等各項功能之研究。Verstraeten 和 Poesen(2001、2002)之研究，進行小型農塘之長期囚砂效率及求算集水區年輸砂量之探討。Yeh 和 Labadie (1997)之研究利用連續動態規劃，多目標遺傳演算法，進行流域等級之滯洪效益分析。

彙整農塘滯洪操作及分析之相關文獻，區分為農塘滯洪及蓄水模擬方法、降雨強度重現期距、農塘滯洪操作方法等文獻，分述如下：

(一)農塘滯洪及蓄水模擬方法

農塘滯洪及蓄水模擬方法，依據所蒐集之文獻資料，區分為系統動力模式、HECHMS模式、網流模擬模式及農塘水平衡模式等。說明如下：

1.系統動力模式

系統動力模式起源於1960年帶美國麻省理工學院以回饋控制理論分析工業系統，並應用在企業系統之管理工作上。由於系統動力學架構簡易又具有效率，不需要很多複雜的數學公式，加上以圖形來建構整各系統架構使整各系統更易於

了解。

採用系統動力模式探討在不同的降雨量、大圳取水量及埤塘蓄留水量之條件下，提高降雨利用率之操作機制之研究包括：洪佳瑩（2006）以桃園地區農塘進行研究，該研究採用Vensim 系統動力模式依據降雨情況作降雨頻率之分析，再配合支線配水量、河川取入量、實際用水量、蒸發量及降雨量等因子，進行農塘滯洪分析。

方文村、簡傳彬及陳淑貞(2019)進行「系統動力模式對桃園大圳幹支線排水(含光復圳)與埤塘蓄水操作之分析研究」，該計畫之目的在探討在不同的降雨量、大圳取水量及農塘蓄留水量之條件下，進行系統動力模式對桃園大圳與各支線排水及農塘蓄水操作分析探討。經以辛樂克颱風之案例進行模擬，除以實際流量觀測值與模擬值進行比較，以驗證模式之適用性外，並進而探討在降雨強100mm/hr等情況下，經由農塘蓄水，以減緩下游流量等農塘滯洪效益。

2.HEC-HMS模式(Hydrologic Engineering Center - Hydrologic Modeling System, HEC-HMS)

HEC-HMS模式為美國陸軍工程兵團水文工程中心(Hydrologic Engineering Center，簡稱 HEC)所發展之水文模型系統(Hydrologic Modeling System，簡稱 HMS)。考量自然界的降雨逕流歷程可將集水區視為一個系統，經過此一系統中，水文歷程之輸入為降水，而輸出則大部分為逕流，此即為水文集塊模式。HEC-HMS 模式主要分為降雨-逕流模擬與參數優選二部份，在降雨-逕流模型之建立上，包括流域模組、氣象模組與控制設定等三個元件。

3.網流模擬模式

網流模擬模式常為進行區域(集水區)農塘串並聯操作模擬分析及情境分析之工具。一般在進行供水模擬模式建立的過程，首先需確定模擬物件區域範圍內各控制點的位置及其相關性質(例如：取水口的位置、供水優先順序等)，接著依水平衡公式及系統限制式（例如：農塘容量限制、供水限制及取水限制等）等進行模式的建構。

4.農塘水平衡模式

日本農林水產省(2018)針對農塘滯洪過程，提出農塘流出的計算概念，整個農塘的計算依據水平衡的理論進行，分述如下：

(1)進流量計算

農塘進流量包括集水區上游進水量及農塘儲水面上的降雨量，農塘儲水面之進流量為降雨量乘以滿水面積。農塘集水區上游的進流量，該研究則參考杉山博信、角屋陸和永井明博(1988)之儲留係數法進行計算。

(2)出流量計算

依據農塘之出流設施，以堰流公式或相關公式計算出流量。

(3)農塘水位變化

依計算期距(如10分鐘)以前述進出流量進行農塘儲蓄變化量之計算，再換算成農塘水位。

二、降雨強度重現期距及延時組合

情境研擬將依據現地訪談及資料分析，區分不同的降雨強度重現期距及延時，與不同農塘操作方式下進行研擬，相關文獻之情境研擬資料分述如下：

財團法人農業工程研究中心(2012)報告中之降雨強度重現期距及延時組合資料，係考量農塘可在既有功能(如灌溉)下，針對部分易淹水區域之農塘加入汛期作為滯洪之功能。首先可檢視農塘是否在供給農業灌溉之用途下，是否有餘裕空間作為滯洪之使用，並參考水庫操作之方式算出上限水位及下限水位，以提供汛期滯洪之蓄洪水位線達到緩衝極端暴雨所產生之水量。目前農塘滿水位大多以溢洪道或是堤頂以下0.6m為該滿水位線之位置，其主要目的為當發生強降雨時有足夠之緩衝庫容可蓄存水量，而不至於產生溢流，建議在非滯洪期間應以不影響農業之運轉而可持續供給農作灌溉之使用。

財團法人農業工程研究中心(2012)針對農塘除供給灌溉用水外，亦可提供作為滯洪使用，有關滯洪調節功能之計算，該計畫選擇兩口農塘進行研究。第一口農塘為桃園市八德區八德63號農塘(原大湳水上樂園)，位於八德區和平路528巷附近；第二口農塘為桃園市中壢14A農塘，位於環中東路與新中北路交叉口附近(中原大學門口)為例進行分析。

八德63號農塘位於人口密集之都市區域，操作方式為配合氣象局預報中心所發佈之大雨或豪雨特報時，農塘先期排水操作以預先保留滯洪空間，以供蓄留暴雨所產生之流量，進而減少因都市淹水所造成之災損。

八德63號農塘總蓄水量為50,011立方公尺，農塘面積5.65ha。因此依據「水土保持技術規範」（行政院農業委員會，2020）於不同降

雨重現期距時，分別計算三個重現期距為25年、50年、100年情況以及三個不同延時下(60分、90分、120分)之降雨落於集水面積所形成之逕流量。該研究之降雨強度推估，且不得小於下列無因次降雨強度公式之推估值：

$$\frac{I_t^T}{I_{60}^{25}} = (G + H\log T)\frac{A}{(t+B)^C} \tag{2-1}$$

而其中

而A、B、C、G、H參數分別為：

$A = (\frac{P}{-189.96+0.31P})^2$ ；

B =55；

$C = (\frac{P}{-381.71+1.45P})^2$ ；

$G = (\frac{P}{42.89+1.33P})^2$ ；

$H = (\frac{P}{-65.33+1.836P})^2$ 及

$I_{60}^{25} = (\frac{P}{25.29+0.094P})^2$

T為重現期距（年）；

t為降雨延時或集流時間（分)；

I_t^T 為重現期距T年，降雨延時t分鐘之降雨強度（mm/hr）；

P為年平均降雨量（mm）。

洪峰流量方面亦依據「水土保持技術規範」（行政院農業委員會，2020）面積在一千公頃以內者，無實測資料時，採用合理化公式(Rational Formula)計算：

$$Q_p = \frac{1}{360}CIA \tag{2-2}$$

式中Q_p為洪峰流量(cms)。C為逕流係數，依集水區現況決定，一般採用0.6~1.0。I為降雨強度(mm/hr)，以上述之推估值帶入。A為集水區面積(ha)，假設3倍之農塘面積為16.97ha，渠道通洪斷面為0.6m*1.2m，此外為確保農塘主要灌溉功能正常運轉，因此以總庫容之20%(10,000立方公尺)為可供滯洪空間為。農塘滯留洪峰之操作主要為協助分擔區域排水疏洪之負載量，因此該研究建議以25年重現期距之降雨量為模擬基礎。

三、農塘操作方式

日本農林水產省(2018)與鍾侑達(2019)等均提出農塘滯洪操作措施，其中鍾侑達(2019)之農塘操作情境資料，說明如下：

(一) 零方案：

為無常閉電磁閥控制的方案。

(二)中水位蓄洪方案：

第二種情境為先期蓄水，當水位達滯洪區2/3高度開啟閘門，當水位降至1/2高度時，關閉閘門。其洪峰延遲時間比零方案延後。

(三)中高水位蓄洪方案：

第三種情境為先期蓄水，當水位達滯洪區3/4高度開啟閘門，當水位降至1/2高度時，關閉閘門。其洪峰延遲時間比零方案及中水位蓄洪方案均延遲。

(四)高水位蓄洪方案：

第四種情境為先期蓄水，當水位達滯洪區4/5高度開啟閘門，當水位降至1/2高度時，關閉閘門。

前述方案除零方案外，餘均為先期蓄水。

日本農林水產省(2018)提出的農塘滯洪措施：

(1)先期降低農塘水位

於豪雨特報發布後，先期降低水位，預留滯洪空間。如圖2-6。

(2)低水位管理

針對不同時期依據供水及降雨情形訂定不同的水位管理，及每年10月至翌年3月之水位與每年4月至9月的農塘水位設定，以作為灌溉與滯洪使用，如圖2-7。

綜合前述農塘操作方案，本研究建議可進行常水位(或先期降低水位、汛期低水位管理)滯洪操作。

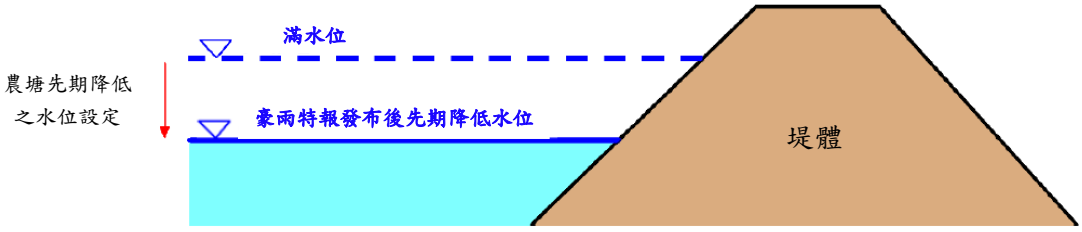


圖 2-6 農塘先期降低水位之水位示意

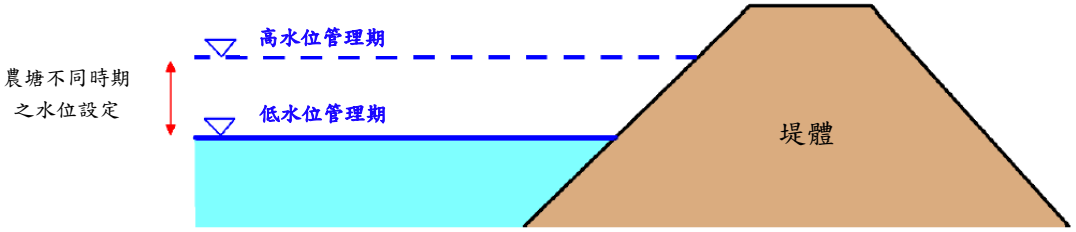


圖 2-7 農塘不同時期水位管理之水位示意

五、在地滯洪操作及維護

日本從1992年開始推動農田滯洪等各項相關的研究計畫，如早瀨吉雄(1992、1997)等。其中早瀨吉雄(1997)以日本茨城縣里美村的梯田地區為例，研究結果顯示，因棄耕使30公分的田埂崩塌到剩下5公分時，100年頻率的洪峰流量增加了38%，原來50年發生一次的洪峰流量則變成25年發生一次之頻率。

日本大西於1998年及2000年根據土地利用情形分別計算了1年，2年，5年，10年，20年，50年和100年機率降雨的洪峰流量，其中水田的洪峰值最低，其次為次森林、棄耕地，其中棄耕地的逕流量可達水田的2至3倍(梁榮元，2019)。

吉村亞希子等人(2002)，提及水田有儲留雨水、抑制出水量之機能。在日本東北與九州兩地作重現期距2、10、100年之降雨評估。結果顯示，東北地區比九州地區擁有較好的抑制能力；水田放棄耕作時之流出量比水田有耕作時之流出量來得多。

簡傳彬(2013)進行區域排水滯蓄洪區劃設與補償措施研擬之研究，該研究對於農業低窪地區提出劃設為區域排水滯蓄洪區，並研擬補償措施以提供在地滯洪使用。

簡傳彬、方文村、梁榮元(2019)以新北市石門區尖山湖地區為研究區，以水稻或水生作物作物之梯田，依據2005~2013年資料分析結果：以1公頃田區為例，防洪效益約為1.21萬立方公尺/年。因此在臺灣是否可以思考如何結合農業以發展「在地滯洪」的機能，透過強化的機制，尋找因地制宜的策略(黃柏維，2019)。

經濟部水利署(2021)正進行「在地滯洪推動示範計畫」，分為內水在地滯洪及外水在地滯洪兩類。其中內水在地滯洪為源頭處理；外

水在地滯洪:1.平時期間,堤防設置溢流堰並保持平時在地滯洪區低度利用。2.颱洪期間，洪水期間高於溢流堰之河道逕流將暫存於在地滯洪區。3.颱洪結束後，在地滯洪區暫存洪水透過排水閘門以重力方式排入河道降低下游溢淹風險。在田埂維護包括：1.加高田埂高度至30公分。2.安裝水田出口調整板以控制出流量。此田埂維護的作法，與吉川夏樹等(2010)研究作法類似。吉川夏樹等(2010)之研究,針對常受洪水侵襲之地區，在上游流域之廣泛水田地帶設置「水田落水調整版」，透過裝置操作，並配合田埂之落水調整版的施作，結果顯示：雨水可有效儲留並降低下游洪峰流量與水位。

日本農林水產省(2021)正導入智慧農田滯洪調控示範計畫，使用智慧手機進行遠程控制來啟閉農田滯洪區排水入出流閘門的設備,同時管理大雨期間農田蓄水及排放。以減少降雨逕流量，並防止河流和水道的水位急劇上升。值得後續推動之參考。

行政院農業委員會「農地辦理生產環境維護措施作業規範」(行政院農業委員會，2021) 之蓄水方案，農地於汛期內維持可蓄水狀態，以達到農地蓄水減洪之功能。考量農田需於降雨期間將雨水蓄存於田區者，需完備田埂維護以落實蓄水作業。期望降雨時須蓄水至少五公分深度。其田埂維護包括：1.田埂高度至少10公分。2.田間進排水口保持關閉。

綜合前述，在地滯洪的關鍵在於田埂高度與排水口大小。田埂維護常態工作項目包括：巡水、秋冬犁田、田埂修補、春季補田埂、田埂邊坡除草等。

第四節 研究區域前期計畫成果

前期計畫成果區分為2020年前期計畫成果與2016~2019年前期相關成果(其中2016~2019年前期相關成果參考已分述於第二章第二節)，以下僅敘述2020年前期計畫成果，內容如下：

2020年前期計畫成果

簡傳彬(2020)在行政院農業委員會水土保持局補助下，執行集水區農塘應用管路串並聯操作之研究(計畫編號：109保發-11.1-保-01-06-001(12)，中華農業暨水利事業發展協會執行)。計畫成果摘述如下：

台灣山坡地的農塘具有農田灌溉、蓄水及滯洪等功能。考量全球氣候變遷，使得區域降雨強度及不降雨日數都有明顯增加的趨勢，為降低氣候變遷之影響，妥適運用農塘對於氣候變遷的調適效益，探討如何透過管路串並聯等技術應用於農塘蓄水之操作，以提高集水區(或區域)蓄水的功能以利於滯洪防災等水土保持功用，為前期計畫之研究目的。

前期研究參考相關計畫資料，再經訪談水土保持局台中分局及現場勘查。擬定蓄水量、滯洪量、串並聯可行性等因子，經由分析結果顯示：中港溪集水區、後龍溪上游集水區、鯉魚潭集水區為排序的前三名。其中中港溪集水區為排序第一名，故選擇以中港溪集水區為案例研究區。

水位計設置地點經由現地勘查，考量串並聯可行性及地主意願等因子，選擇中港溪集水區之三聯埤進行自記水位計設置。三聯埤中之觀音埤尚未完成治理，再往下游之半月池於該計畫現勘時尚未蓄水操作，但目前已進行蓄水操作。故於2020年僅大荒埔埤、李屋埤完成整建及蓄水可設置自記水位計，故該研究選擇大荒埔埤、李屋埤設置自

記水位計(該計畫結案後已撤站)。

前期研究於台灣苗栗地區選擇中港溪集水區之大荒埔埤、李屋埤及觀音埤等農塘進行串並聯之研究。首先蒐集農塘之基本資料進行分析，以建立降雨-蓄水量關係，並就不同重現期距之降雨強度進行分析，以擬定案例區域模擬之降雨情境，再就農塘之空間與水量關係建立降雨量及農塘蓄水操作之模擬模式，並進行參數檢定與情境模擬，據以研擬操作策略，提供農塘串並聯操作應用與水土保持局推動坡地防災之參考。

為擴大研究成果，前期研究並於後龍溪上游集水區、鯉魚潭集水區各選擇乙口農塘設置自記水位計以供後續研究參考。經由現場勘查選擇鯉魚潭集水區之鯉潭039農塘，及後龍溪上游集水區之後龍006農塘進行自記水位計的設置。

經由資料分析與現地訪談，擬定區域(集水區)農塘串並聯操作情境。考量農塘原以灌溉為目的，其滯洪功能係在維持既有供給農業用水功能下進行，參考相關文獻之降雨強度重現期距區分為2年、5年、10年、25年、50年等。降雨延時在考量短延時強降雨之情境下，以60分鐘、120分鐘、180分鐘及1440分鐘(24小時)為模擬情境。農塘水位區分為低水位、高水位及豪雨特報前先期放水等情境研擬。

農塘串並聯之情境分析，完成中港溪集水區之大荒埔埤、李屋埤、觀音埤之農塘串並聯之情境模擬分析。研究成果包括農塘在高水位、低水位及先期降低水位在不同降雨延時及重現期距之滯洪模擬分析。以短延時(3小時) 、25年重現期距(平均降雨量為58.84 mm/hr)及先期降低水位為例，透過農塘調蓄可將集水區降雨逕流量由0.074cms降低至0.026cms (降低約65%)，如圖2-8。且此出流量可流入李屋埤蓄留，

等待豪大雨過後再進行放流或留供灌溉使用。

依據前述擬定之情境，除完成中港溪集水區之大荒埔埤、李屋埤之各情境農塘蓄水模擬。另為擴大研究成果，該研究並完成鯉魚潭集水區之鯉潭039農塘、後龍溪上游集水區之後龍006農塘之各情境農塘蓄水模擬。包括農塘在高水位、低水位及先期降低水位與不同降雨延時及重現期距之滯洪模擬分析。以鯉潭039、2020年最大暴雨及農塘先期降低水位為例，透過農塘蓄洪操作，可將集水區降雨逕流之洪峰流量0.1152cms降低至0.0242cms (降低約79%)。透過農塘先期降低水位及蓄洪操作，以鯉潭039在2020年5月主要降雨條件為例，可將集水區降雨逕流之洪峰流量0.0909cms降低至0.0283cms，如圖2-9。鯉潭039在高水位、低水位及先期降低水位與不同降雨延時及重現期距之農塘最高水位如表2-1所示。

該研究已完成農塘蓄水模擬，以及案例研究區域之農塘串並聯操作之情境模擬分析，並完成推動區域農塘串並聯操作機制與推動方式研擬，可提供相關單位參考，達到區域滯洪蓄水防災之目的。另考量農村社區具有廣大的農田及窪地可以作為暴雨時期之滯洪空間，建議後續進行集水區農塘結合在地滯洪之研究，以擴大區域滯洪能力。

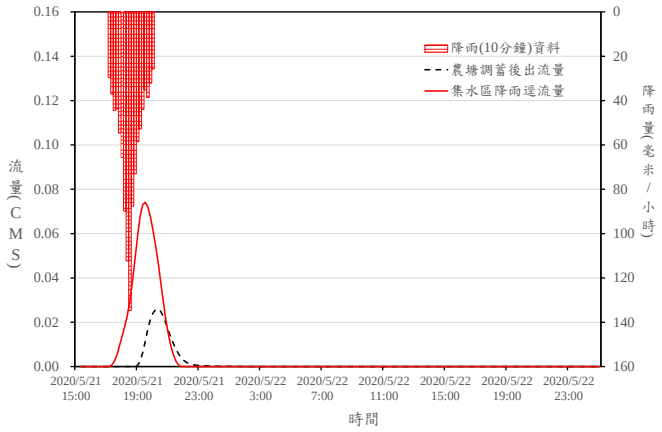


圖 2-8 中港溪集水區大荒埔埤農塘串並聯蓄水模擬(1A)

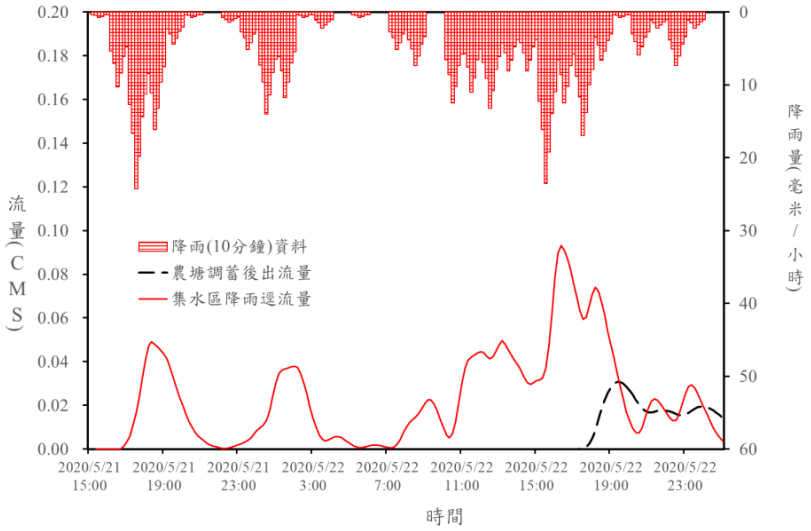


圖 2-9 鯉潭 039 農塘之蓄水模擬

表 2-1 農塘蓄水模擬情境分析鯉潭 039 農塘最高水位

單位：公分

降雨延時	重現期距	情境代號	低水位操作	高水位操作	先期降低水位操作
60分鐘	2年	01	58	128	99
	5年	02	65	137	109
	10年	03	70	139	114
	25年	04	85	142	120
	50年	05	94	152	132
120分鐘	2年	06	78	137	121
	5年	07	95	147	137
	10年	08	105	153	140
	25年	09	118	157	143
	50年	10	125	160	145
180分鐘	2年	11	98	146	136
	5年	12	115	152	139
	10年	13	125	156	142
	25年	14	135	159	146
	50年	15	141	**163**	149
1,440分鐘	2年	16	138	138	138
	5年	17	140	140	140
	10年	18	142	142	142
	25年	19	145	145	145
	50年	20	146	146	146

第五節 小結

本研究包括農塘及在地滯洪二個主要場域，其中農塘係指在低窪地區或溪流適當地點，配合地形地勢，以人工構築堤壩或挖地為池攔蓄逕流以提供滯洪、農業等用水及改進生態環境並供休閒、遊憩之用的蓄水構造物。

台灣近年來因社會環境變遷、農業產值降低，農塘使用的需求降低。造成農塘在缺乏維護下逐漸損壞或淤滿泥沙後任其荒廢，導致部分農塘已失去原有的灌溉功能。由於農塘大多為農民私人所有，雖依法興建，但仍由私人進行維護管理，在全球氣候變遷的環境下，如何因應台灣所面臨的防災課題，鼓勵私人活化農塘，並進行農塘串並聯及在地滯洪操作，提高農塘的蓄水及滯洪功能為當前的要務。

彙整前述相關文獻，有關農塘進出流量的方式、農塘串並聯及在地滯洪的形式、串並聯及在地滯洪可能的操作方式及可能的遭遇的問題，分述如下：

一、農塘的進出流的方式

(一)農塘的進流方式可區分為河川或渠道入流、(地下水)滲流、農塘水面降雨量及農塘集水區降雨逕流(農塘集水區直接進入農塘)。在苗栗地區農塘以河川或渠道入流及集水區集水為主，如圖2-10所示。

(二)農塘出流方式區分為農塘取水(可由管線及渠道集水)，及農塘溢流兩部分。有關農塘水面蒸發及農塘滲流量則列為損失量，如圖2-10所示。

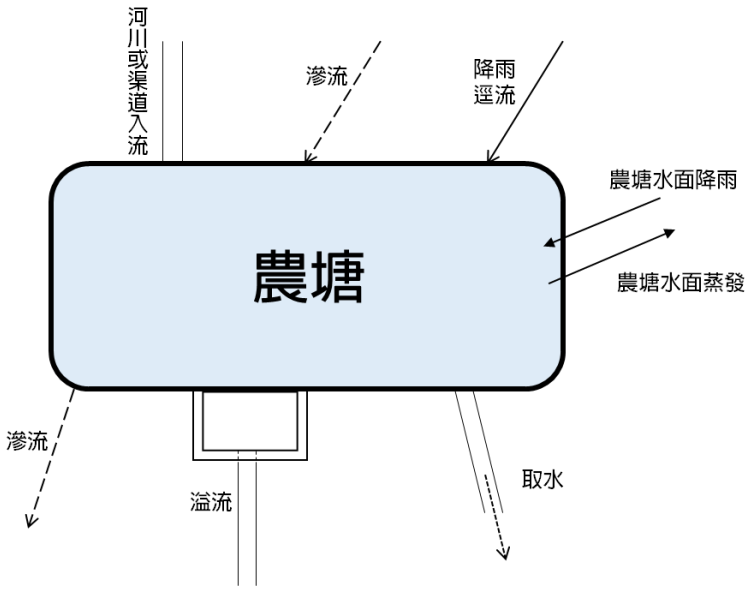


圖 2-10 農塘進出流的方式

二、農塘的串聯、並聯、串並聯及農塘結合在地滯洪操作之定義與問題

對農塘的串聯與並聯之定義，依鍾侑達（2019）參考說明如下：

(一)串聯操作

農塘串聯操作方式如圖2-11所示，下游農塘需承受上游農塘集水之地表逕流。唯串聯操作可能遭遇的問題，為因只有最下游農塘有出口流量，使得各小集水區之洪峰集中流出。

(二)並聯操作

農塘並聯操作方式如圖2-12所示，即各農塘分別遲滯各自集水區之地表逕流。唯並聯操作可能遭遇的問題，為各農塘發揮各自滯洪成效，使滯洪到達時間有所差異，對於下游河道達到逕流分擔。

(三)串並聯操作

利用原有農塘地形地勢，以管線或渠道進行串並聯。具有串

聯及並聯之優點，如圖2-13所示。

(四) 農塘結合在地滯洪操作示意

利用原有農塘及梯田(在地滯洪場域)，以管線或渠道進行串並聯，如圖2-14所示。

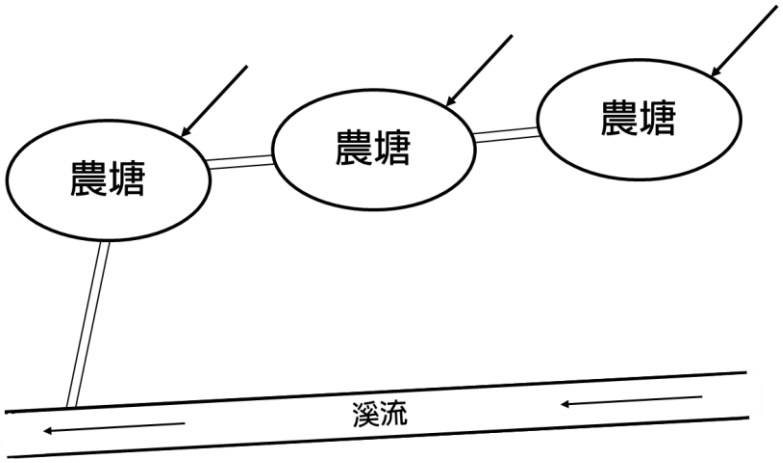


圖 2-11 農塘串聯示意

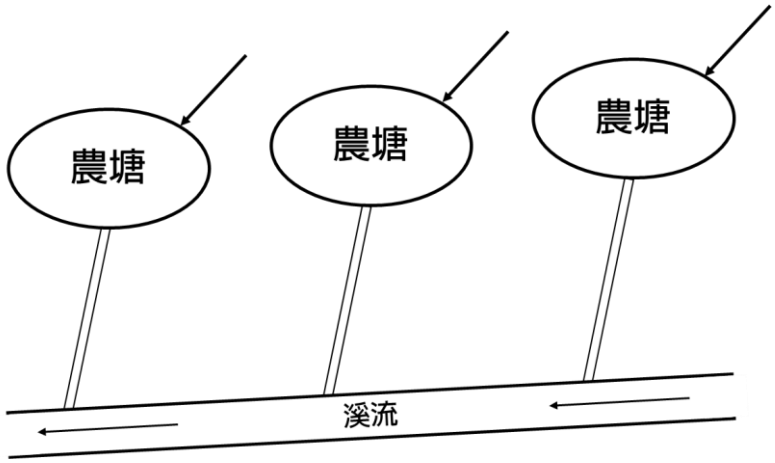


圖 2-12 農塘並聯示意

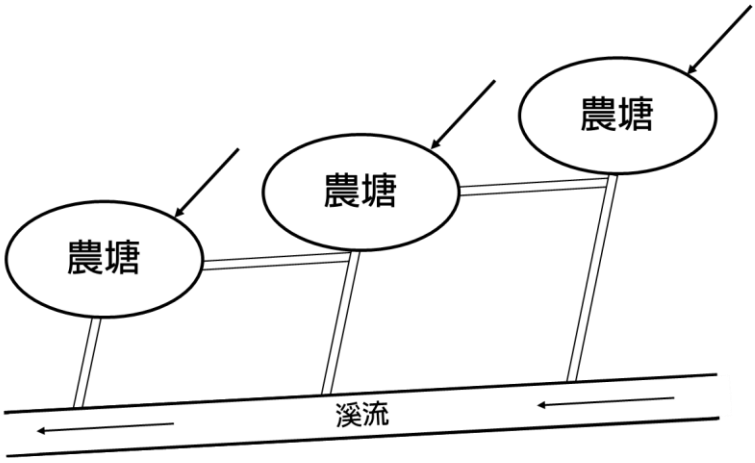


圖 2-13 農塘串並聯示意

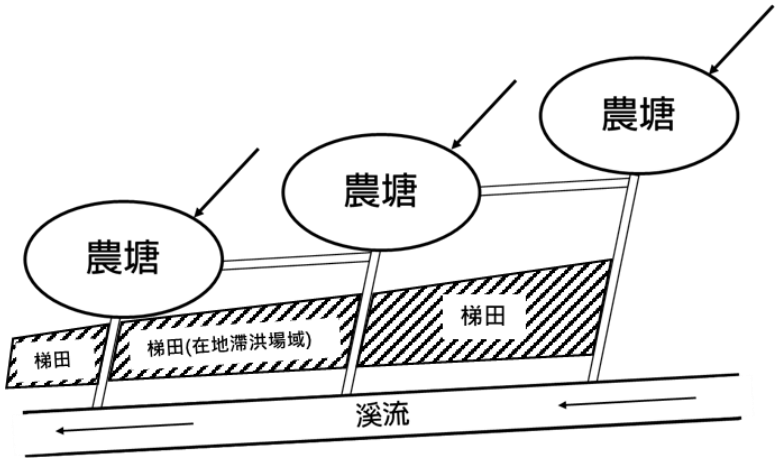


圖 2-14 農塘結合在地滯洪示意

三、農塘串並聯技術

農塘串並聯利用技術依據農塘現地狀況，用途而有差異，農塘串並聯利用技術參考財團法人農業工程研究中心(2017)之研究，可分為五種，分述如下:

(一)簡易式農塘串並聯

簡易式串並聯如中港溪集水區三聯埤(大荒埔埤、李屋埤、觀音埤)屬之，可以管線或渠道直接連結二口及二口以上農塘的方式進行運用。

(二)分散式串並聯

藉由地形、渠道或管線系統將上游水量分散至各個農塘進行供灌或滯洪，如中港溪集水區之半月池。

(三)集中式串並聯

將多口農塘的水藉由管線或渠道或水量集中於乙口農塘進行調配運用，如大荒埔埤、李屋埤、觀音埤可併入半月池。

(四)機動式串並聯

以抽水馬達及管線機動式將農塘蓄水，分段送至供水地點。

(五)自然地形串並聯

利用原有地形地勢進行串並聯。

四、農塘結合在地滯洪操作策略

農塘結合在地滯洪操作策略，可依前述技術，進行運用時機與策略研擬，分述如下:

(一)固定渠道或管線串並聯

對於農塘及在地滯洪場域之水量需長期進行串並聯使用的，可採固定管線或圳路作串並聯運用。

(二)智慧管理

對於既有農塘及在地滯洪場域，具有共通水源之系統，透過智慧管理，達到最適蓄水空間運用。

(三)滯洪蓄水

對於區域中之農塘，充分利農塘滯洪蓄水之功能，將降雨逕流量蓄留並作為補充灌溉之水源。

(四)機動管理

針對緊急事件時，採用抽水馬達及管線，進行機動串並聯。

五、農塘結合在地滯洪可能遭遇到的問題與課題

水土保持局對於坡地農塘，根據農塘所在的區位及農塘滿水面積的大小，將農塘分為「一般農塘」及「滯洪農塘」兩類，可能遭遇的問題與課題說明如下：

(一)滯洪農塘

指在一定規模以上的農塘，並位於易淹水地區上游、跨域生態景觀區及配合重點農業發展等坡地農塘為滯洪農塘。此類滯洪農塘所需費用較多，建議水土保持局優先納入公共工程辦理。滯洪農塘除提供農業灌溉用水外，透過改善可增加滯洪容積以減輕下游洪水量。透過減少混凝土用量，增加植生面積，可強化當地景觀。唯此類農塘數量較少，且相關用地取得不易。此類農塘可透過串並聯操作提高滯洪能力。

(二)一般農塘

一般農塘係指小規模、個別農園等提供灌溉用水之農塘。此類一般農塘改善可由農民自行辦理改善。水土保持局為減輕農民的負擔，在減少混凝土用量及維護生態景觀原則下，透過補助農民自行辦理的方式，將水留在農塘，以協助改善坡地農業灌溉用水問題及輔助滯洪。此類農塘數量較多，唯農塘容量較小。可選擇適當農塘透過串並聯操作提高滯洪空間。

在地滯洪本研究選擇梯田為在地滯洪場域，大都為私人所有，有待溝通協調。

六、農塘結合在地滯洪操作可行性之點位與編號

綜合前述資料蒐集，苗栗地區農塘結合在地滯洪操作可行性之農塘，第一階段初選包括以下三個農塘群。

(一) 中港溪之大荒埔埤、李屋埤及觀音埤。

(二) 後龍上游集水區之後龍006、007、008等三口農塘。

(三) 鯉魚潭集水區之鯉潭039、鯉潭039A及鯉潭040等三口農塘。

前述三個農塘群之相關資訊詳如第三章。其後經由第二階段選定中港溪之大荒埔埤、李屋埤及下游梯田。

七、本研究案例區農塘結合在地滯洪可能的操作方式

本研究案例區農塘結合在地滯洪可能的操作方式，考量農塘及在地滯洪場域大都為私人所有，可能的操作為農塘在維持原有農業用水的權益下，以社區為單元擬定操作機制。分為汛期及非汛期進行水位控制，如同水庫規線一樣，於汛期訂定低水位管理，並於豪雨特報前降低農塘水位以利滯洪操作。在地滯洪場域(梯田)則利用豪雨特報前，將田埂缺口高度提高以提高滯洪效益。

八、本研究案例區農塘結合在地滯洪可能的遭遇的問題

考量農塘及在地滯洪場域大都為私人所有，因此獲得地主同意為可能的遭遇的問題。除建議獎勵將私人土地之農塘予以活化，使兼具灌溉及滯洪功能，並自行管理，平時可為灌溉之用，在豪雨來臨時亦可有效的發揮滯洪功效。而政府目前之農塘改善策略區分為一般農塘及滯洪農塘兩類。滯洪農塘優先列入公共工程辦理，一般農塘改善可由農民自行辦理改善。水土保持局為減輕農民的負擔，在減少混凝土用量及維護生態景觀原則下，將依原所需各工項單價依目前實際單價

分析表計算出來後乘以80%，即為目前補助基準各工項單價。在地滯洪場域(梯田)則利用豪雨特報前，將梯田田埂缺口高度提高以提高滯洪效益。

在地滯洪的關鍵在於田埂高度與排水口大小。田埂維護常態工作項目包括：巡水、秋冬犁田、田埂修補、春季補田埂、田埂邊坡除草等。

農塘結合在地滯洪獎勵辦法，建議可依據農塘結合在地滯洪可提供之滯洪效益分級給予農民或地主經費補助或獎勵。不只能發揮平時灌溉功能與暴雨來時的滯洪功效，更能提供生物棲息空間與自然環境裡的生態相互融合，並且可結合當地傳統文化，營造生態的農村生活，增加當地就業機會，減少鄉村人口的流失，活絡地方經濟。

第三章 農塘結合在地滯洪模式建立

依據本研究之工作項目及工作架構(如圖1-1)。首先進行國內外案例及相關文獻蒐集(詳如第二章中說明分析)。本章將依前述第二章所蒐集之資料，進行區域農塘結合在地滯洪模式建立。第三章的工作架構如圖3-1所示。圖3-1中下方圓形之A~D，為接續第四章之工作項目，詳如圖1-1。圖3-1中工作項目區分為：

1.案例區域選定(含案例區域評分因子選定)；

2.自記水位監測元件設置；

3.案例區域降雨量資料分析；

4.農塘蓄水模擬建立；

5.在地滯洪模式建立；

6.農塘結合在地滯洪模式建立等6個單元。除第6單元併入第四章說明外，其餘分述如下各節。

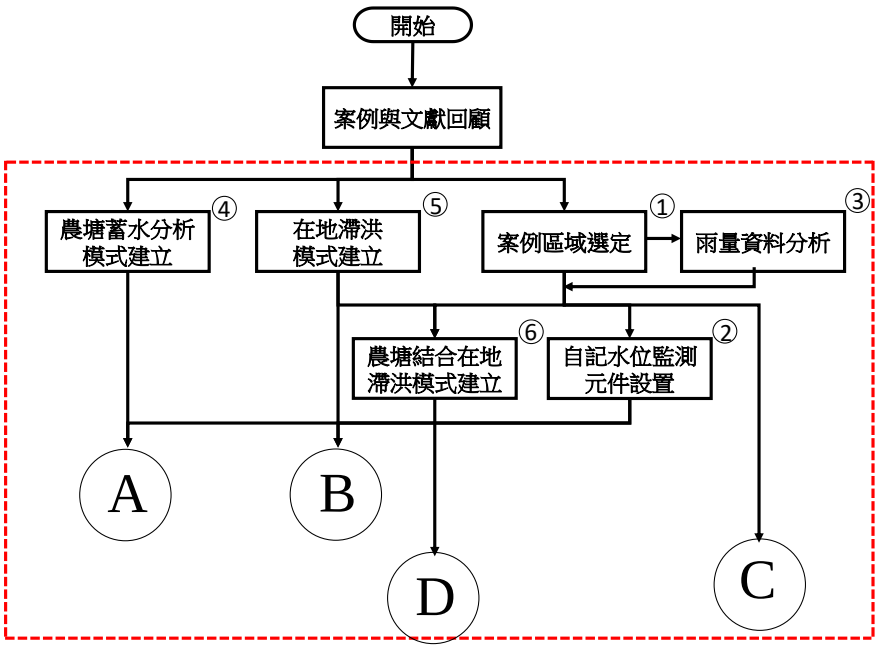


圖 3-1 農塘結合在地滯洪模式建立之工作架構

第一節 案例區域選定

本研究參考國內外相關文獻，包括水土保持局委辦或補助計畫中有關農塘操作案例評分因子，例如：農業工程中心 (2016a)依據農塘蓄水量、滯洪量、清淤或串並聯可行性、地主意願等因子進行案例區域選定。農業工程中心 (2016a)之計畫經由前述因子完成鯉魚潭集水區農塘中之鯉塘039、040等農塘之蓄水及串並聯之建議；經彙整前述文獻資料進行案例區域評分因子研擬。其後再就苗栗地區之農塘調查基本資料，依據所擬定之因子，如蓄水量、滯洪量等因子選擇乙個集水區或社區中之2-5農塘進行區域(集水區)農塘串並聯模式建立，再配合在地滯洪進行區域(集水區)農塘結合在地滯洪模式建立。

此外考量苗栗地區各子集水區平均坡度較陡，與農塘串並聯操作文獻中，大部份案例屬於較平緩之區域(集水區)不同。亦即在建立集水區農塘結合在地滯洪模式時，需考量此地形上的差異可能對模式建立的影響。因此在進行區域(集水區)農塘蓄水模擬、在地滯洪模式建立時，本研究將於案例研究區選擇乙處以上農塘設置自記水位計觀測農塘水位變化，以驗證模擬結果。

一、案例區域評分因子擬定

依據國內外相關文獻，彙整案例評分因子主要分為5大類，分別為農塘蓄水、農塘滯洪、農塘清淤或淤積情形、串並聯可行性、地主意願等5大類詳如表3-1所示。考量苗栗地區農塘達1,676口且多為私人所有，而農塘結合在地滯洪推廣亦需地主同意，因此將農塘串並聯或農塘結合在地滯洪可行性、地主意願列為第二階段篩選條件(即表3-1之符號「○」所示)。亦即第一階段以農塘蓄水、農塘滯洪、農塘清淤或淤積情形為評分因子(即表3-1之符號「◎」所示)。再依所擬定之評

分分子，進行區域(集水區)農塘結合在地滯洪模式案例區域。其後於選定之子集水區依農塘串並聯或農塘結合在地滯洪可行性、地主意願選定水位計設置及農塘蓄水模擬及結合在地滯洪應用之農塘。

表 3-1 農塘案例研究區評分因子

評分因子	因子的子項目	參考文獻	因子選定
農塘蓄水容量	1.集水區面積比 2.農塘面積 3.農塘蓄水量	日本農林水產省(2018) 日本農林水產省(2020) 財團法人農業工程研究中心(2016a) 逢甲大學(2017) Reddy(2012) Riya(2020)	◎
農塘滯洪容量	1.集水區面積比 2.農塘面積 3.農塘蓄洪容量 4.溢流口寬度	日本農林水產省(2018) 日本農林水產省(2020) 財團法人農業工程研究中心(2016a) 逢甲大學(2017) Reddy(2012) Riya(2020)	◎
清淤可行性或淤積情形		財團法人農業工程研究中心(2016a)	◎
農塘串並聯或農塘結合在地滯洪可行性		財團法人農業工程研究中心(2016a)	○
地主意願		財團法人農業工程研究中心(2016a)	○

備註：◎第一階段篩選因子　○第二階段篩選因子

二、案例區域評分

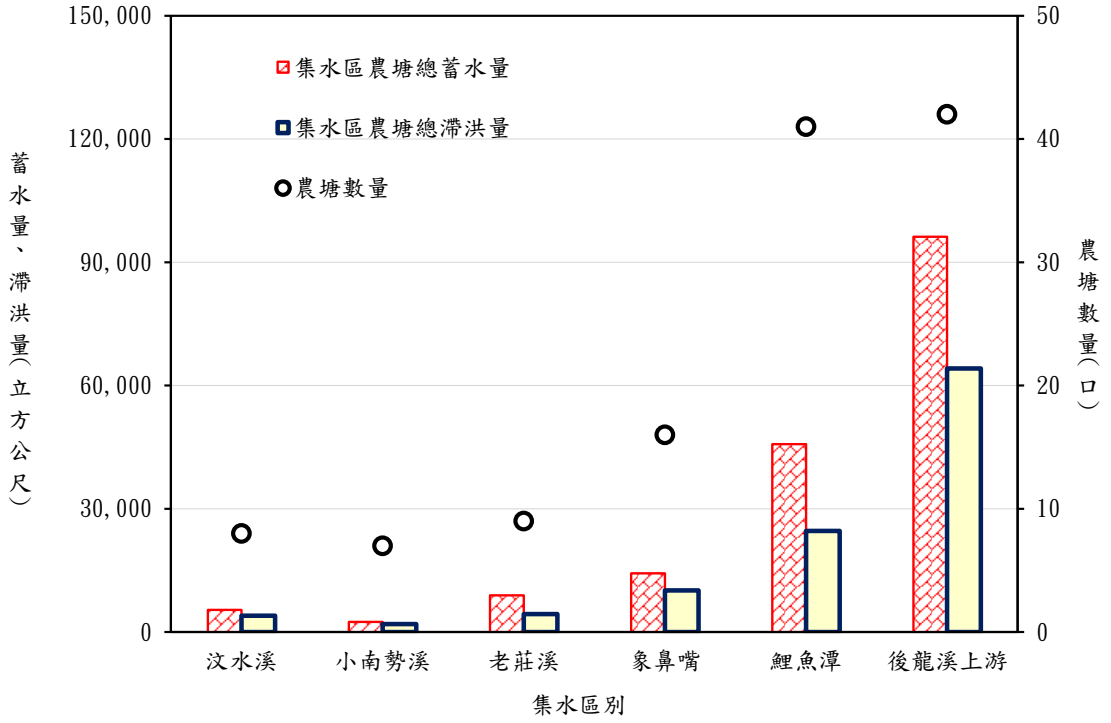
彙整苗栗地區前期農塘資料，財團法人農業工程研究中心(2016a)於苗栗地區進行123口農塘之現地調查成果，依據123口農塘所調查之滯洪量、蓄洪量，依集水區別統計如圖3-2。由圖3-2顯示：後龍溪上游及鯉魚潭集水區之總蓄水量及滯洪量為6個集水區的前2位。

逢甲大學(2017)於苗栗地區進行500口農塘之現地調查成果，依據123口農塘所調查之滯洪量、蓄洪量，依集水區別統計如圖3-3。由圖3-3顯示：鯉魚潭及其周邊集水區與西湖溪集水區之總蓄水量及滯洪量為5個集水區的前2位。

考量前述成果將因各集水區調查農塘數量不同，將造成統計上評分之差異，因此將依各集水區之滯洪量、蓄洪量，分別除以調查口數，獲得各集水區之單位農塘滯洪量、單位農塘蓄洪量如圖3-4~3-5。

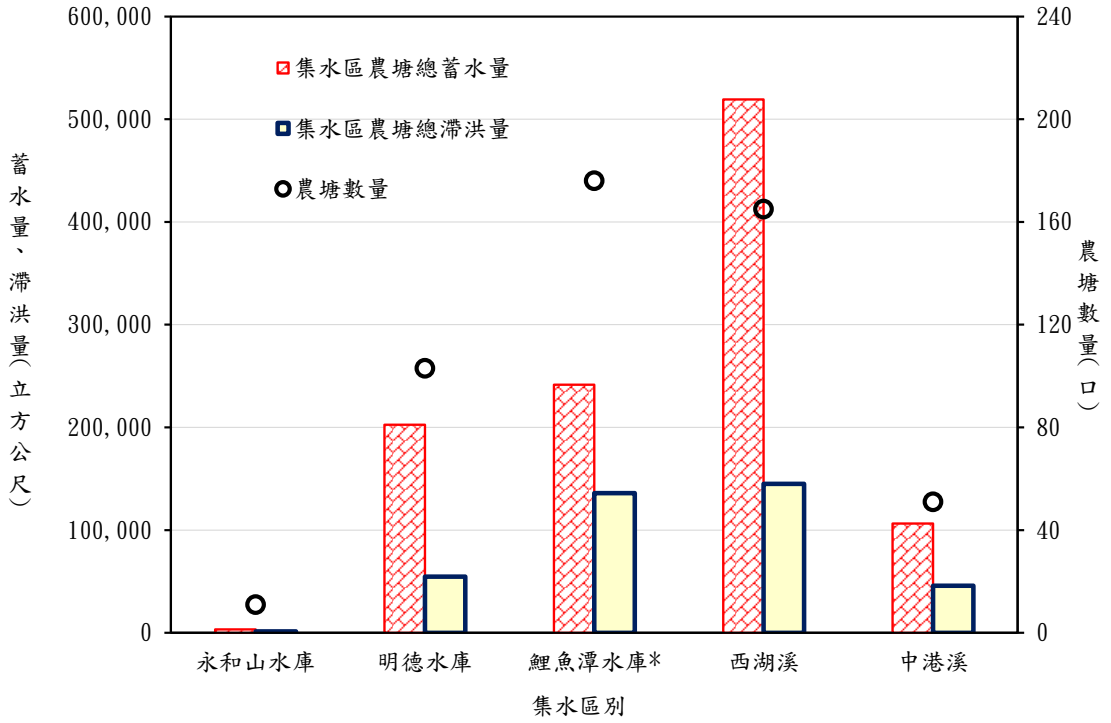
由圖3-4顯示：後龍溪上游之單位農塘蓄水量及滯洪量為6個集水區之首。鯉魚潭集水區之單位農塘蓄水量排第二名。

由圖3-5顯示：西湖溪上游之單位農塘蓄水量及滯洪量為5個集水區之首。中港溪集水區之單位農塘蓄水量排第二名。



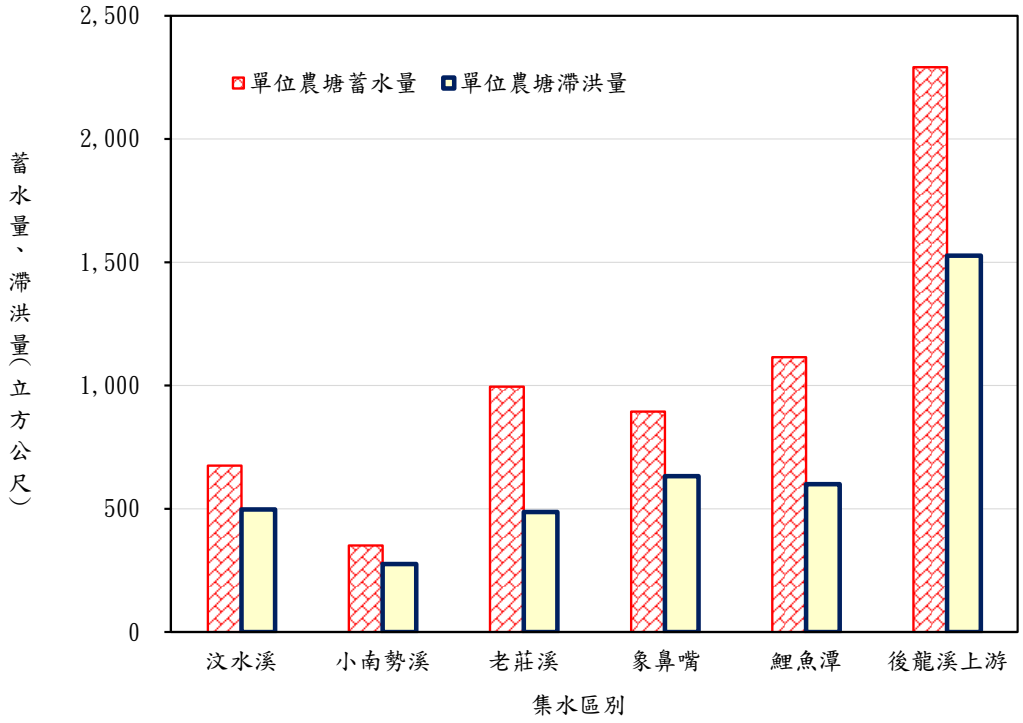
資料來源：財團法人農業工程研究中心(2016a)，簡傳彬(2020)。

圖 3-2 農塘調查總蓄水量、滯洪量比較(一)



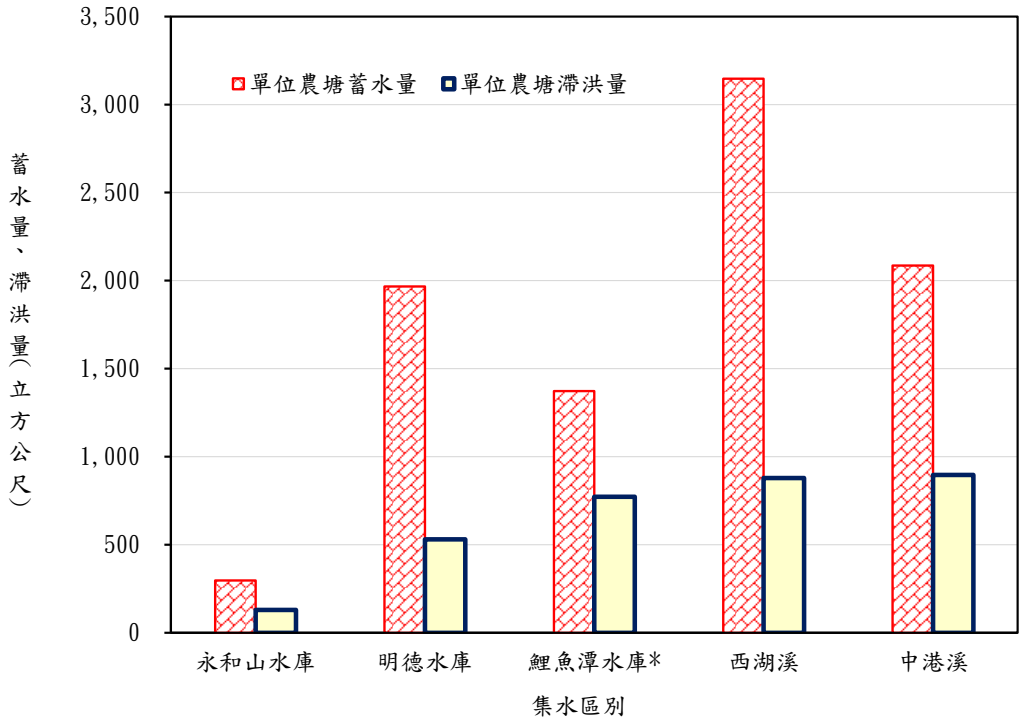
資料來源：逢甲大學(2017)，簡傳彬(2020)。

圖 3-3 農塘調查總蓄水量、滯洪量比較(二)



資料來源：簡傳彬(2020)。

圖 3-4 農塘調查單位蓄水量、滯洪量比較(一)



資料來源：簡傳彬(2020)。

圖 3-5 農塘調查單位蓄水量、滯洪量比較(二)

考量農塘蓄水及滯洪效益可經由農塘治理以提高成效，彙整苗栗地區前期農塘治理資料，財團法人農業工程研究中心(2016a)於苗栗地區進行37口農塘之治理規劃，依據37口農塘治理後之總蓄水量、滯洪量，依集水區別統計如圖3-6。

逢甲大學(2017)及孚宮設計顧問公司(2019)於苗栗地區進行69口農塘之治理規劃，依據69口農塘治理規劃之蓄水量、滯洪量，依集水區別統計如圖3-7。

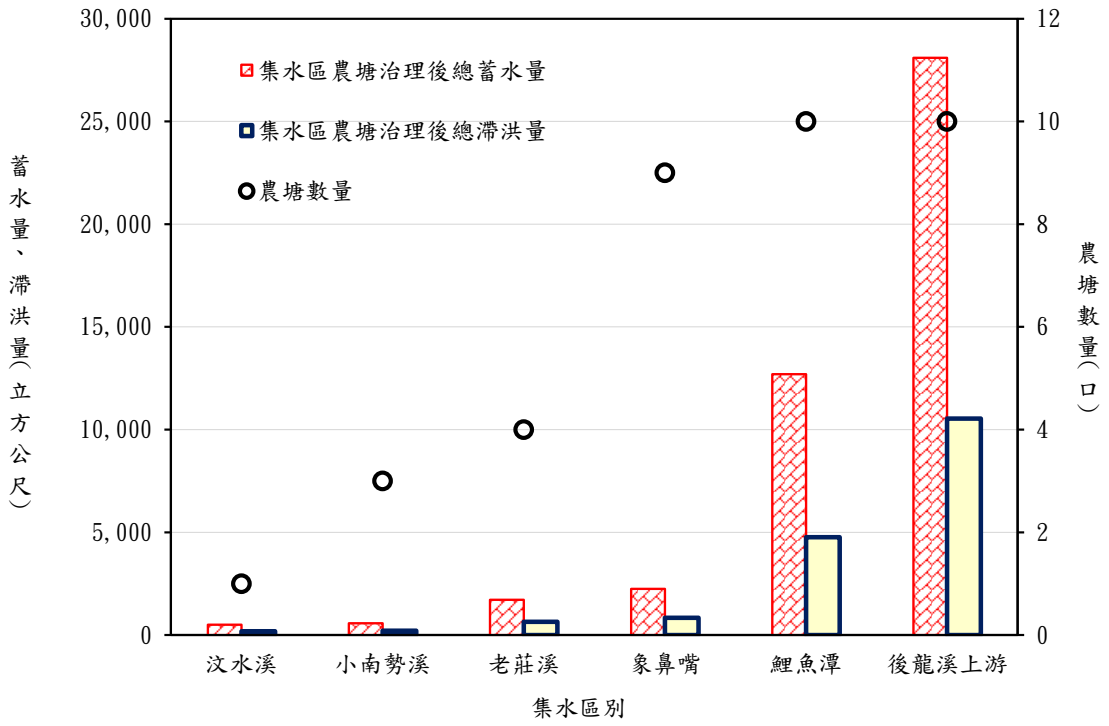
考量前述成果將因各集水區調查農塘數量不同，將造成統計上評分之差異，因此將依各集水區之滯洪量、蓄洪量，分別除以調查口數，獲得各集水區之單位農塘蓄水量、單位農塘滯洪量如圖3-8~3-9。

由圖3-6顯示：後龍溪上游及鯉魚潭集水區治理後之總蓄水量及滯洪量為6個集水區的前2位。

由圖3-7顯示：中港溪與西湖溪集水區治理後之總蓄水量及滯洪量為5個集水區的前2位。

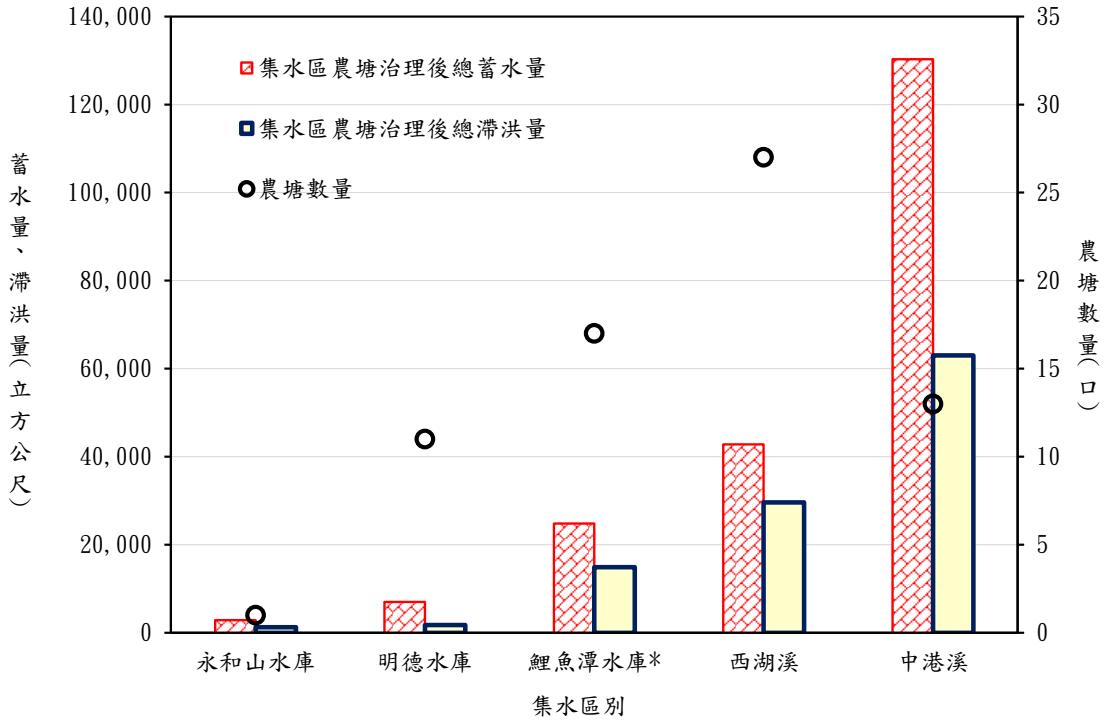
由圖3-8顯示：後龍溪上游及鯉魚潭集水區之單位農塘蓄水量及滯洪量為6個集水區之前2位。

由圖3-9顯示：中港溪之單位農塘蓄水量及滯洪量為5個集水區之首。西湖溪集水區之單位農塘蓄水量及滯洪量排第二名。



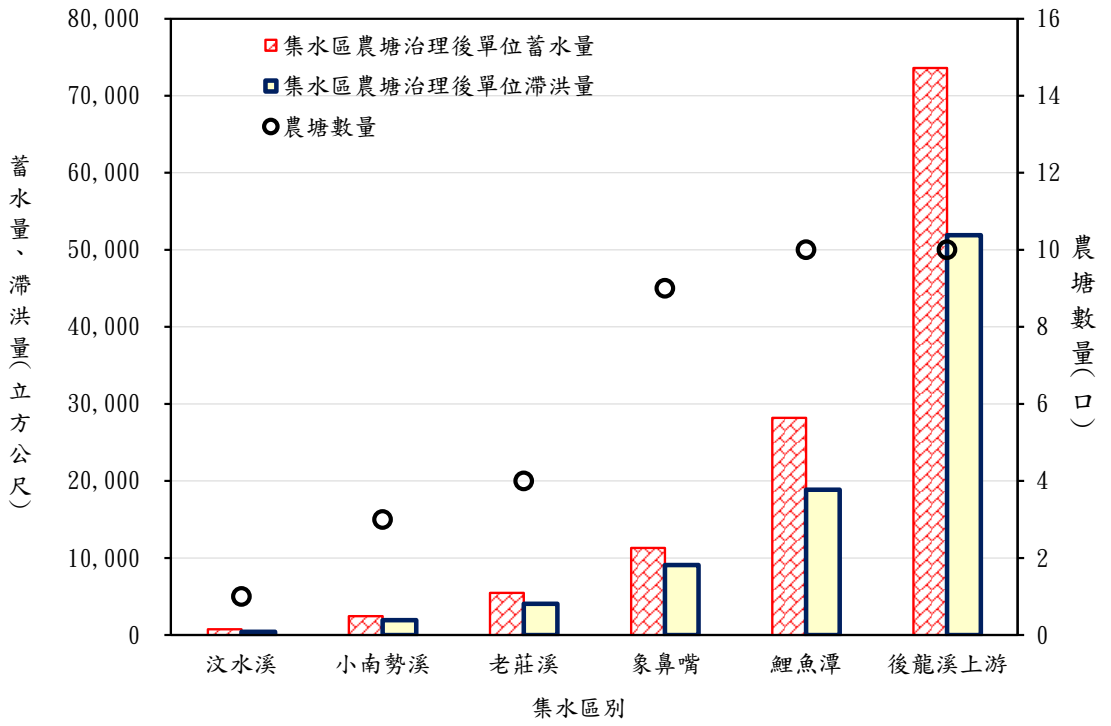
資料來源：財團法人農業工程研究中心(2016a)，簡傳彬(2020)。

圖 3-6 農塘治理後總蓄水量、滯洪量比較(一)



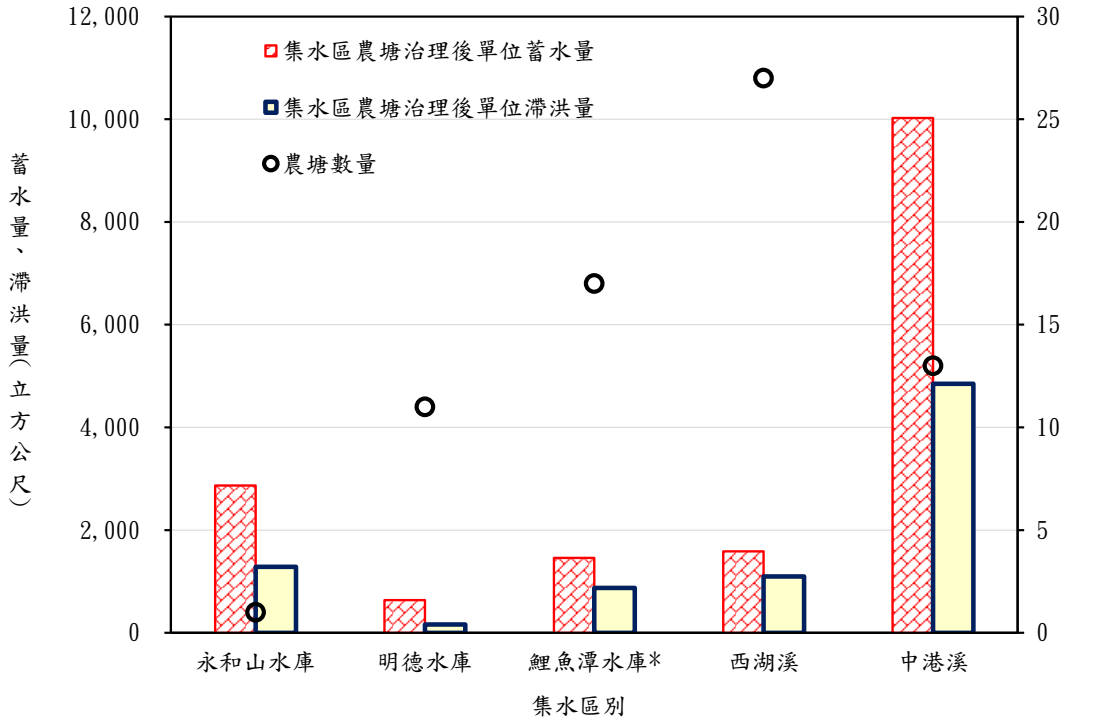
資料來源：逢甲大學(2017)、孚宮設計顧問有限公司(2019)，簡傳彬(2020)。

圖 3-7 農塘治理後總蓄水量、滯洪量比較(二)



資料來源：簡傳彬(2020)。

圖 3-8 農塘治理後單位蓄水量、滯洪量比較(一)



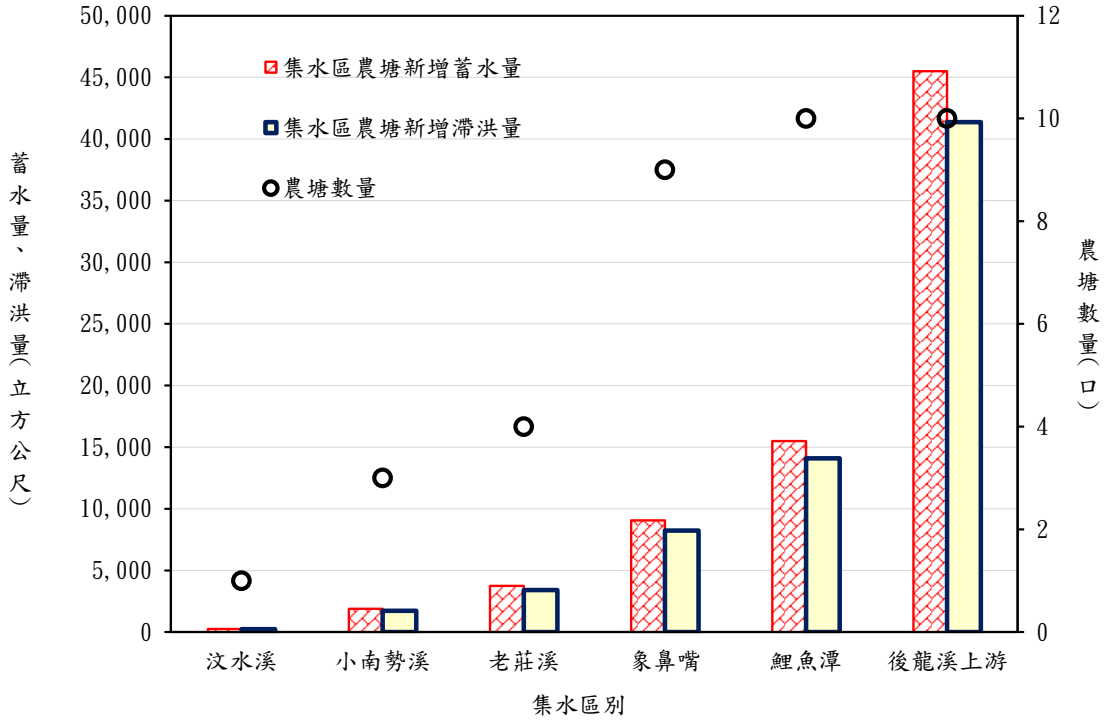
資料來源：簡傳彬(2020)。

圖 3-9 農塘治理後單位蓄水量、滯洪量比較(二)

由於農塘原以提供農業用水為目的，因此以治理後新增蓄水量、滯洪量進行分析，彙整苗栗地區前期農塘資料，財團法人農業工程研究中心(2016a)於苗栗地區進行37口農塘之治理規劃，依據37口農塘治理後之總蓄水量、滯洪量，依集水區別統計如圖3-10。

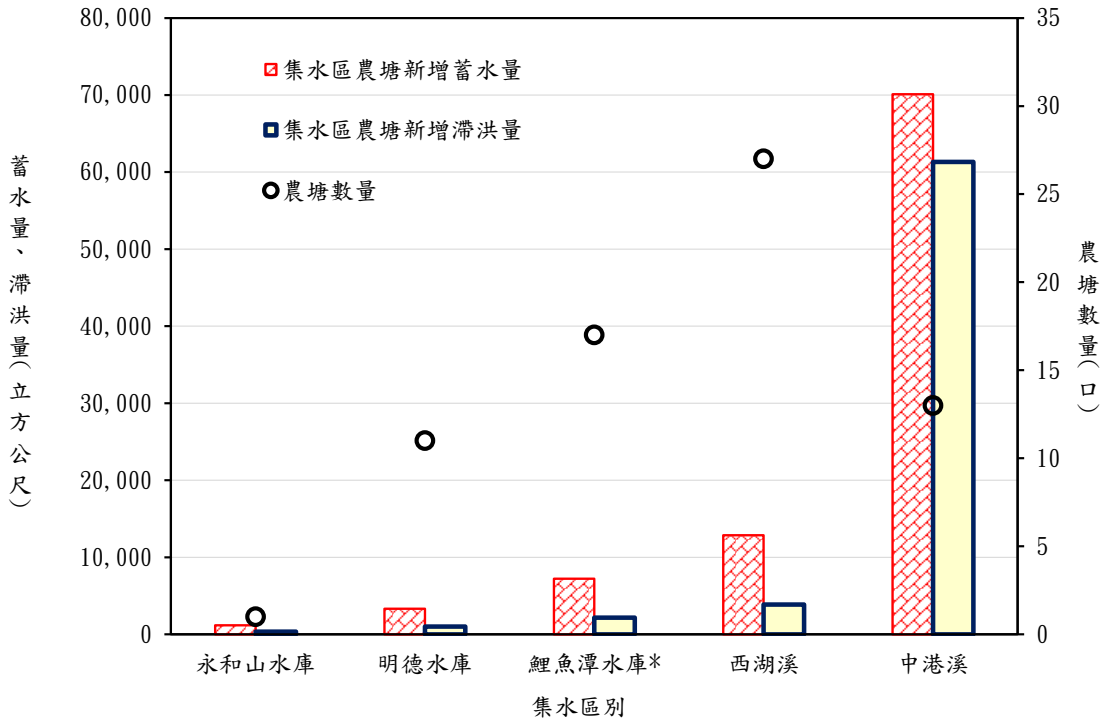
逢甲大學(2017) 及孚宮設計顧問公司(2019)於苗栗地區進行69口農塘之治理規劃，依據69口農塘治理後之蓄水量、滯洪量，依集水區別統計如圖3-11。

考量前述成果將因各集水區調查農塘數量不同，將造成統計上評分之差異，因此將依各集水區之滯洪量、蓄洪量，分別除以調查口數，獲得各集水區之單位農塘滯洪量、單位農塘蓄洪量如圖3-12~3-13。



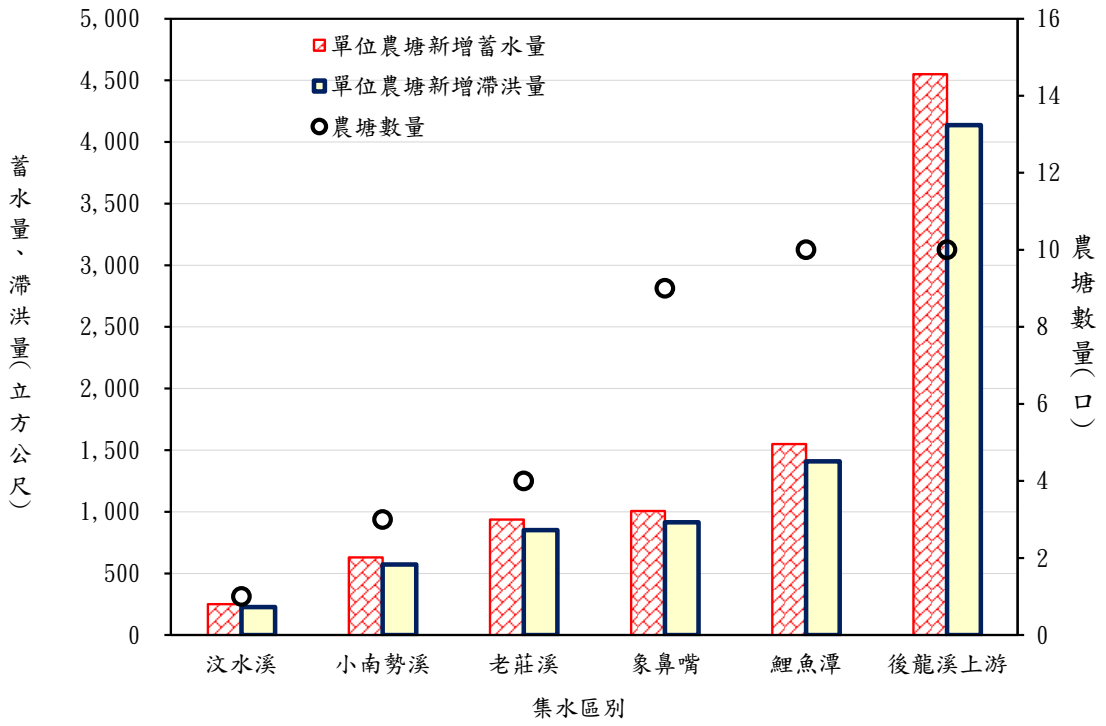
資料來源：財團法人農業工程研究中心(2016a)，簡傳彬(2020)。

圖 3-10 農塘治理後新增蓄水量、滯洪量比較(一)



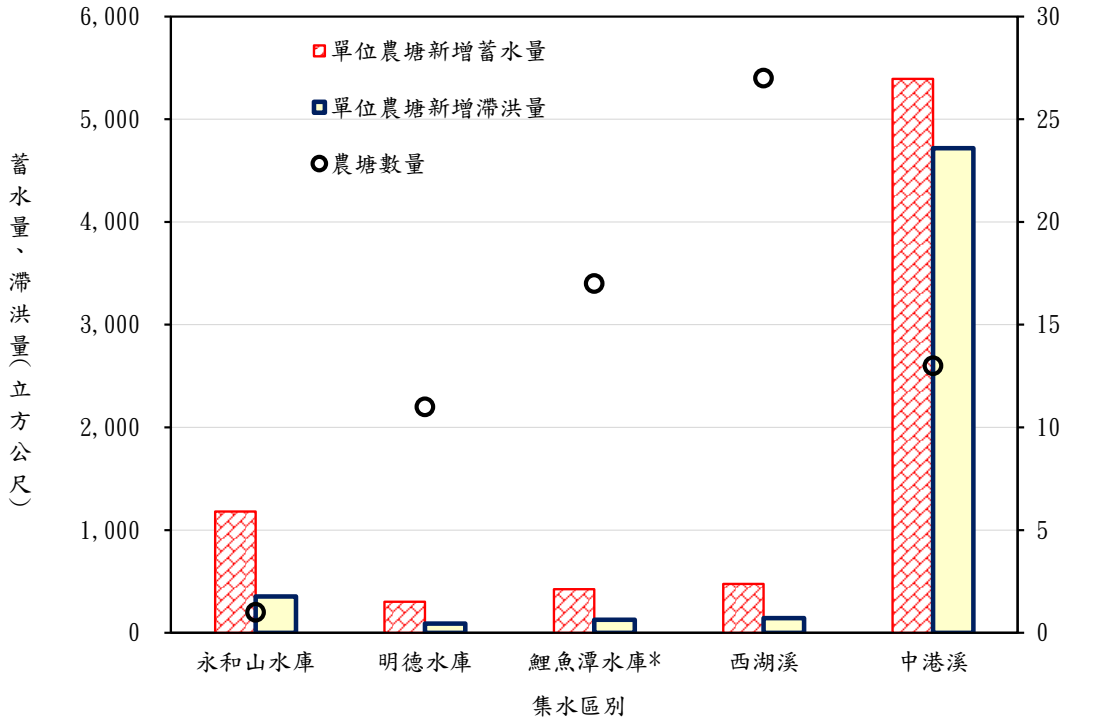
資料來源：逢甲大學(2017)、孚宮設計顧問有限公司(2019)，簡傳彬(2020)。

圖 3-11 農塘治理後新增蓄水量、滯洪量比較(二)



資料來源：簡傳彬(2020)。

圖 3-12 治理後新增單位農塘蓄水量、滯洪量比較(一)



資料來源：簡傳彬(2020)。

圖 3-13 治理後新增單位農塘蓄水量、滯洪量比較(二)

三、案例區域選定

本研究參考前期計畫資料，依據可清淤之農塘及治理後新增蓄水量及滯洪量評分結果如表3-2所示。考量各集水區之農塘數不同可能造成評分偏差，再將總蓄水量或滯洪量除以農塘數量得單位蓄水量、單位滯洪量，進行評分結果如表3-3。評分結果依序中港溪集水區、後龍溪上游及鯉魚潭集水區。經由前述分析、現地勘查並考量串並聯可行性及地主意願，選擇中港溪集水區之農塘及梯田為案例研究區。

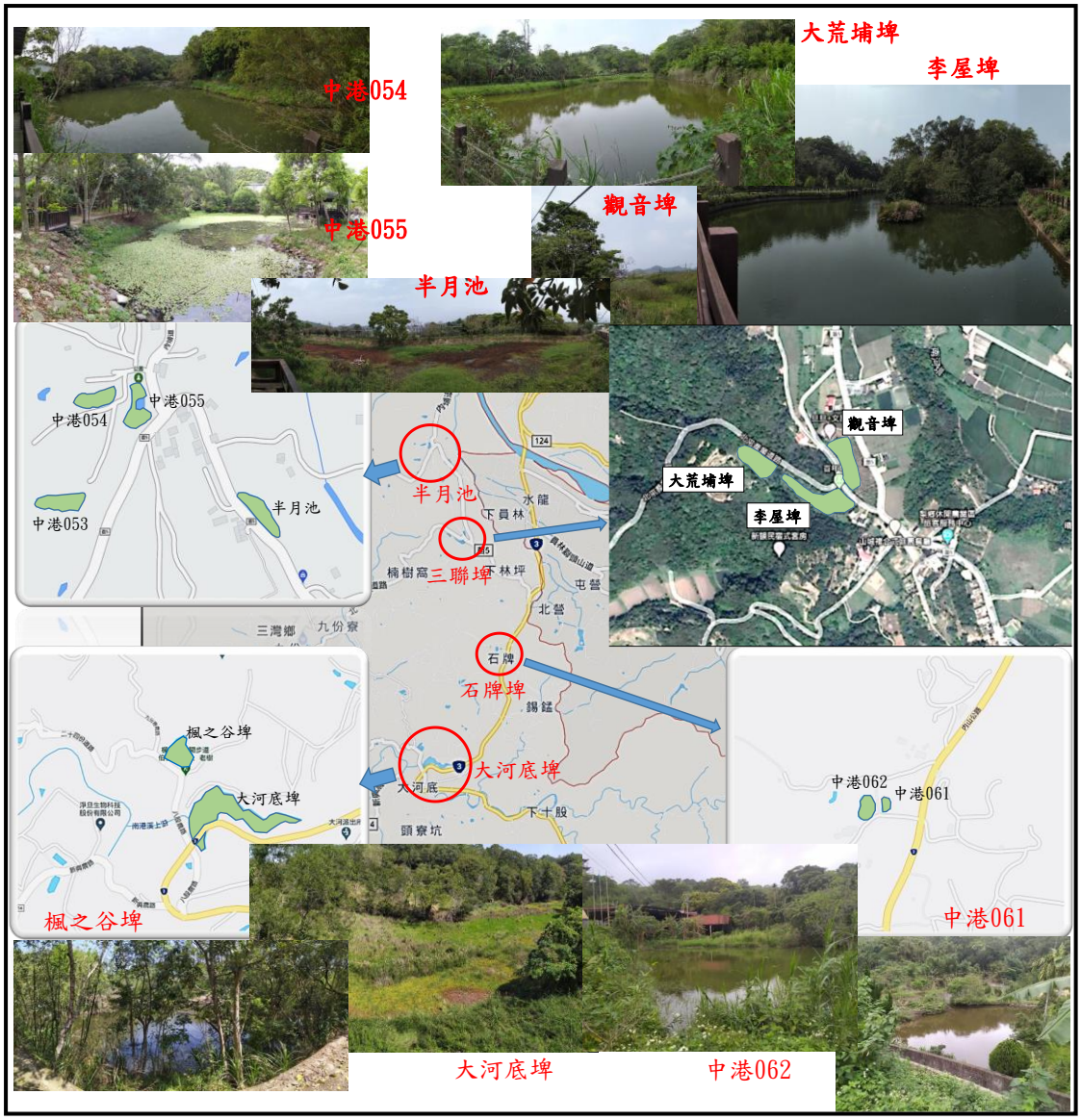
表 3-2 案例研究區評分(總量法)

集水區名稱	農塘數量(口)	集水區農塘治理後蓄水量(立方公尺)	蓄水量評分	集水區農塘治理後滯洪量(立方公尺)	滯洪量評分	總計	初選選定
汶水溪	1	250	1.0	227	1.0	2.0	
小南勢溪	3	1,890	1.2	1,717	1.3	2.5	
老莊溪	4	3,750	1.5	3,408	1.5	3.0	
象鼻嘴	9	9,058	2.2	8,235	2.2	4.4	
鯉魚潭	10	15,500	3.0	14,090	3.1	6.1	3
後龍溪上游	10	45,500	6.8	41,362	7.1	13.9	2
永和山水庫	1	1,181	1.2	354	1.1	2.3	
明德水庫	11	3,335	1.4	1,000	1.1	2.5	
鯉魚潭水庫及其週邊集水區	17	7,215	1.9	2,164	1.3	3.2	
西湖溪	27	12,876	2.7	3,863	1.6	4.3	
中港溪	13	70,101	10.0	61,323	10.0	20.0	1

表 3-3 案例研究區評分(單位農塘法)

集水區名稱	農塘數量(口)	單位農塘蓄水量(立方公尺/口)	蓄水量評分	單位農塘滯洪量(立方公尺/口)	滯洪量評分	總計	初選選定
汶水溪	1	250	1.4	227	1.4	2.8	
小南勢溪	3	630	2.1	572	2.1	4.2	
老莊溪	4	938	2.6	852	2.6	5.2	
象鼻嘴	9	1,006	2.7	915	2.7	5.4	
鯉魚潭	10	1,550	3.6	1,409	3.7	7.3	3
後龍溪上游	10	4,550	8.6	4,136	8.9	17.5	2
永和山水庫	1	1,181	3.0	354	1.7	4.7	
明德水庫	11	303	1.5	91	1.2	2.7	
鯉魚潭水庫及其週邊集水區	17	424	1.7	127	1.2	2.9	
西湖溪	27	477	1.8	143	1.3	3.1	
中港溪	13	5,392	10.0	4,717	10.0	20.0	1

依據評分結果，2020年之研究以中港溪為案例研究區域，參考前期資料成果，2020年之研究前往大河底埤、楓之谷埤、大荒埔埤、李屋埤、觀音埤、半月池、中港053、054、055、061、062等農塘進行勘選，如圖3-14。其中大河底埤2020年正進行治理工程，2020年並未進行水位站設置，中港061、062農塘面積及蓄水量較小。考量資料完整性故選擇中港溪大荒埔埤、李屋埤及下游梯田為案例研究區。



資料來源：簡傳彬(2020)。

圖 3-14 中港溪集水區農塘勘選位置示意

四、案例區域農塘與農田基本資料

依據前述評分結果，中港溪為案例研究區域評分排序第一名，再參考前期之中港溪大河底埤、楓之谷埤、大荒埔埤、李屋埤、觀音埤、半月池、中港053、054、055、061、062等農塘勘選成果。本研究選擇中港溪大荒埔埤、李屋埤、觀音埤為案例研究區。

中港溪集水區之大荒埔埤、李屋埤及觀音埤之地理位置、高程及連接管路或渠道如圖3-15及3-16，其中大荒埔埤蓄水面積約為0.14公頃，集水面積約為0.5公頃，蓄水深度約為1.25m，堤岸高度約為3.00m；李屋埤蓄水面積約為0.365公頃，集水面積約為1.28公頃，蓄水深度約為1.30m，堤岸高度約為2.4m；觀音埤蓄水面積約為0.164公頃，集水面積約為0.49公頃，蓄水深度約為1.2m(該埤塘目前荒廢尚未整修及蓄水)。

後龍上游集水區之後龍006農塘之地理位置如圖3-15及3-17，其中後龍006農塘面積約為0.24公頃，集水面積約為1.58公頃，蓄水深度約為2.55m，堤岸高度約為3.35m。鯉魚潭集水區之鯉潭039農塘之地理位置如圖3-15及3-18，鯉潭039之蓄水面積約為0.36公頃，集水面積約為3.6公頃，蓄水深度約為1.6m，堤岸高度約為2.1m。唯圖3-17~3-18中所示水位測站為2020年執行計畫所設置，目前均已撤站。

在地滯洪農田及集水區之地理位置如圖3-19~3-20，位於大荒埔埤、李屋埤之下游農田有4區，田區面積分別為1.20公頃、1.32公頃、0.166公頃與0.341公頃，集水區總面積19.73公頃。



圖 3-15 農塘群位置示意



資料來源：簡傳彬(2020)。

圖 3-16 中港溪集水區農塘群位置示意



資料來源：簡傳彬(2020)。

備註：水位計已撤站。

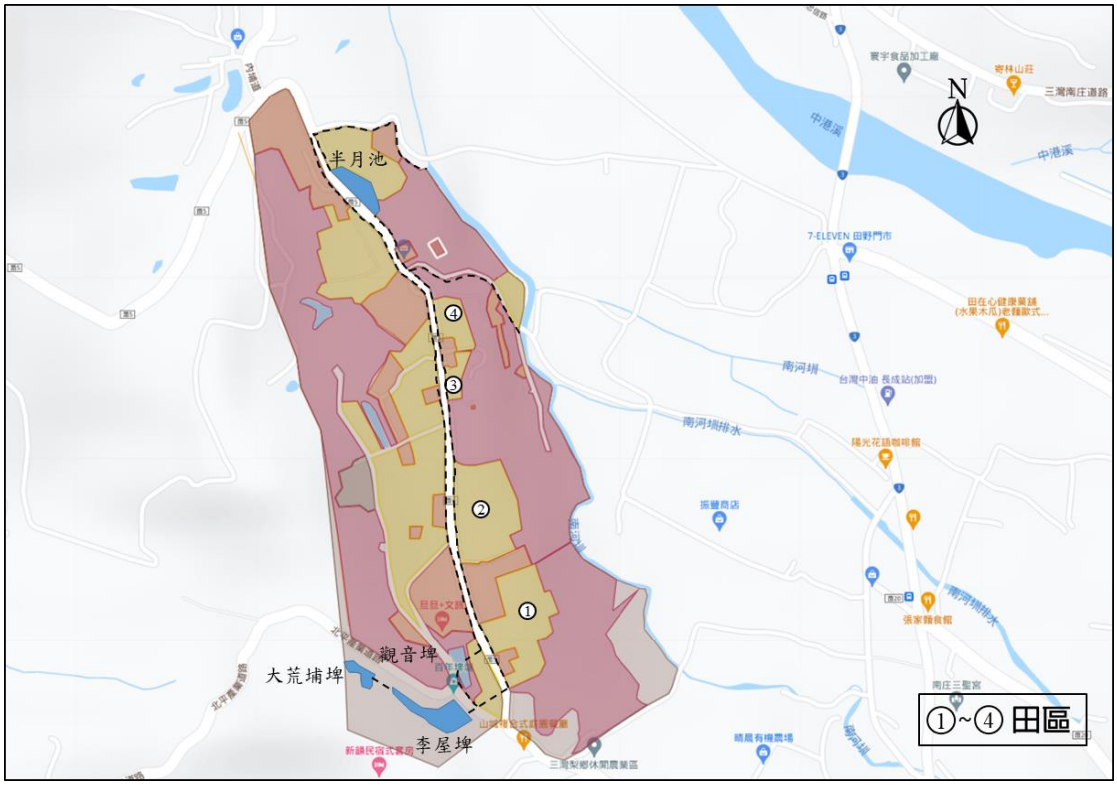
圖 3-17 後龍溪上游集水區農塘群位置示意



資料來源：簡傳彬(2020)。

備註：水位計已撤站。

圖 3-18 鯉魚潭集水農塘群位置示意



資料來源：本計畫繪製。

圖 3-19 在地滯洪農田與集水區位置示意

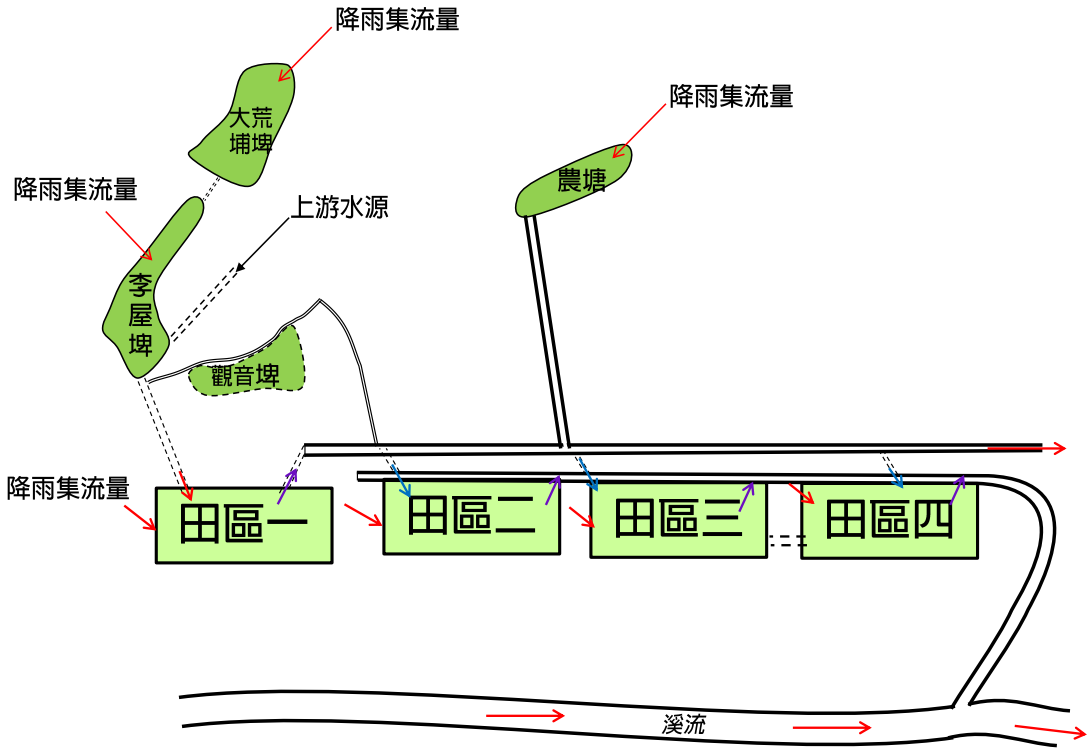


圖 3-20 在地滯洪農田與集水區簡化示意

第二節 自記水位監測元件設置

本年度研究擬就選定中港溪集水區之三聯埤，於集水區農塘選擇2處：經由現地勘查及取得農塘權益關係人之同意下，並考量水位計設置對於模擬模式驗證可提供之準確性，中港溪之大荒埔埤、李屋埤及觀音埤，其中觀音埤尚未進行清淤，目前僅大荒埔埤及李屋埤尚在運作中，其中大荒埔埤為自然集水，因此大荒埔埤為水位設置處。李屋埤雖有其他水源引入，但因農塘狀況良好，因此將李屋埤亦列為水位計設置站如圖3-16。

大荒埔埤、李屋埤設置自記水位等監測元件(共2組自記水位計)並觀測農塘水位(每10分鐘1筆資料)，以提供農塘進出水模擬驗證資料使用。亦即透過觀測水位與模擬農塘水位資料比對以驗證模式合適性。另可提供在地滯洪之農田、雨量及流量資料依現地情況進行蒐集或量測。

在地滯洪研究區域之農田，本年度因逢乾旱桃竹苗地區一期作宣佈停灌(休耕)，導致三聯埤下游農田均未種植水稻，田面均未湛水，即田面湛水深均為0cm。本研究考量田面滯洪之模擬起始水位之可信度，於桃竹苗地區之鄰近田區選擇有種植水稻之3處田區進行觀測，以作為模擬田區起始水位之參考。

台灣農塘水位量測目前以壓力式水位計、超音波水位計、雷達波水位計及浮球式水位計等為主要使用的類型。以上4種水位計各有優缺點，其中壓力式水位計可直接投入水中進行量測最為簡便。在壓力水位計中，荷蘭製的Micro-Diver 為長度約90毫米，直徑18毫米，為非常輕便的自動測量、記錄水位和溫度的儀器。Micro-Diver內部包括溫度和壓力感測器，記憶體和電池，外部為密封的不銹鋼材質(RVS 316L)，可使Micro-Diver完全不受潮濕或外部電流的影響。

Micro-Diver可透過一條細線懸掛在監測管內，經由定期讀取資料，以便在室內進行資料的動態即時監測。儀器自動測量農塘蓄水的溫度和水位，並保存在其記憶體中，記憶體可以記錄保存約48,000個資料，這代表每10分鐘測量一次， 記憶體可以記錄長達6個月時間的資料。電池的壽命達8~10年。資料讀取則使用讀數裝置和1台筆記型電腦。Micro-Diver測量總水頭壓力（包括淨水壓力和大氣壓力），單位是釐米水柱。為了得到準確的水位變化，必須進行大氣壓力補償。補償的方法是配置一個額外的氣壓補償裝置，即以Baro-Diver進行氣壓補償。本研究採用之Micro-Diver之量測深度範圍為10公尺，精度為±1.0公分，解析度為0.2公分。溫度範圍為-20~80℃，精度為±0.1℃，解析度為0.01℃。

本研究除蒐集前期研究觀測農塘水位資料如圖3-21~3-28外。並於2021年4月中旬前往現地進行2處農塘水位計之監測元件裝設。並定期前往現場進行農塘水位資料下載。下載資料如圖3-29~3-30所示，再併同大河氣象站之雨量資料如圖3-31~3-32所示。另蒐集2021年鄰近田區湛水深觀測資料如圖3-33~3-35所示。

圖3-21為中港溪三灣北埔村之大荒埔埤2020年5月6日~7月10日之水位歷線，最高水位約為122公分。

圖3-22為中港溪三灣北埔村之大荒埔埤2020年5月21日~5月30日之水位歷線，最高水位約為122公分。

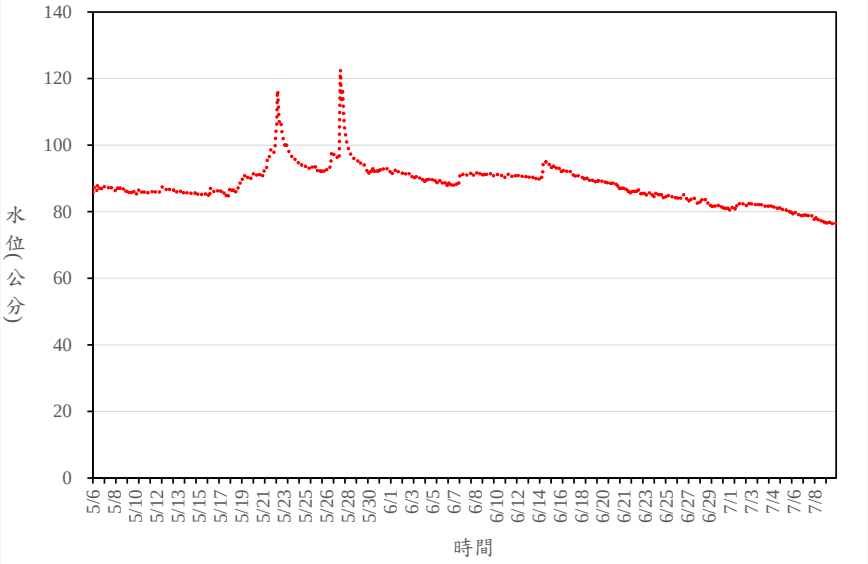


圖 3-21 中港溪集水區大荒埔埤水位歷線(一)

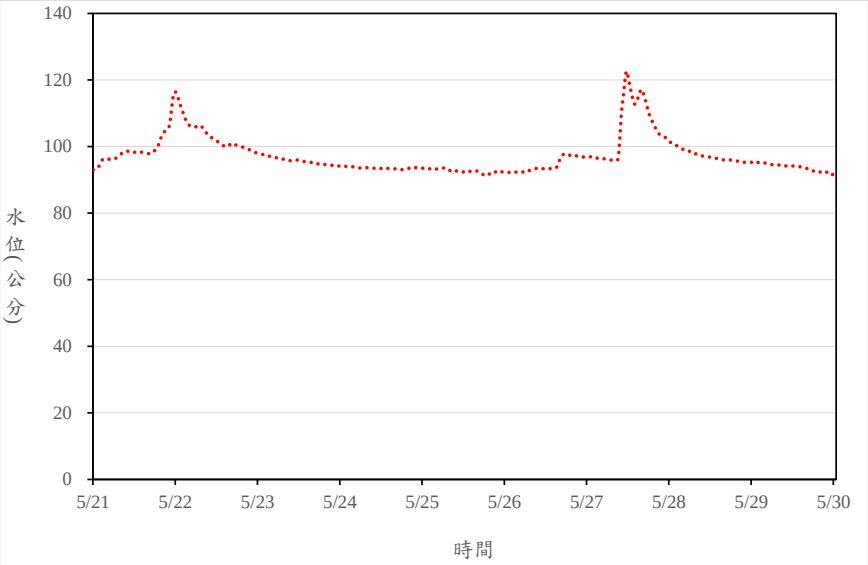


圖 3-22 中港溪集水區大荒埔埤水位歷線(二)

圖3-23為中港溪三灣北埔村之李屋埤2020年5月6日~7月10日之水位歷線，最高水位約為88公分。

圖3-24為中港溪三灣北埔村之李屋埤2020年5月21日~5月30日之水位歷線，最高水位約為88公分。

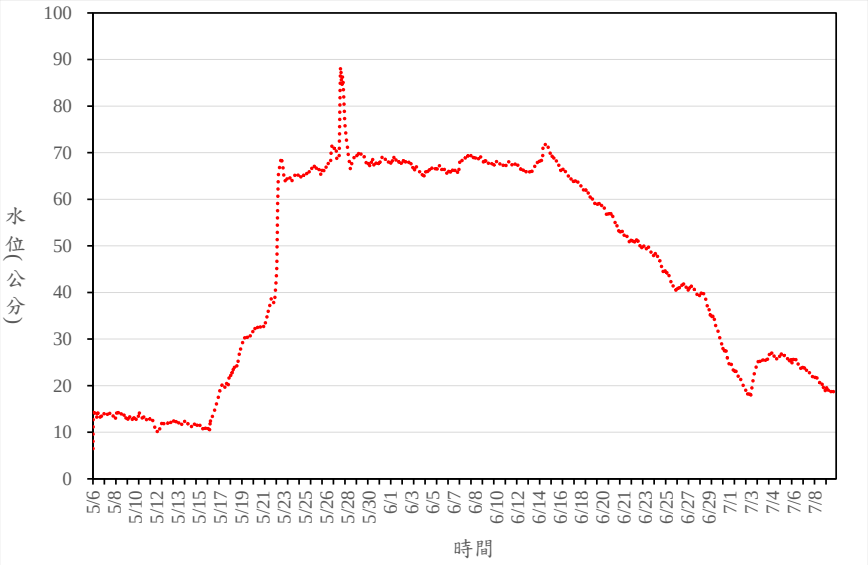


圖 3-23 中港溪集水區李屋埤水位歷線(一)

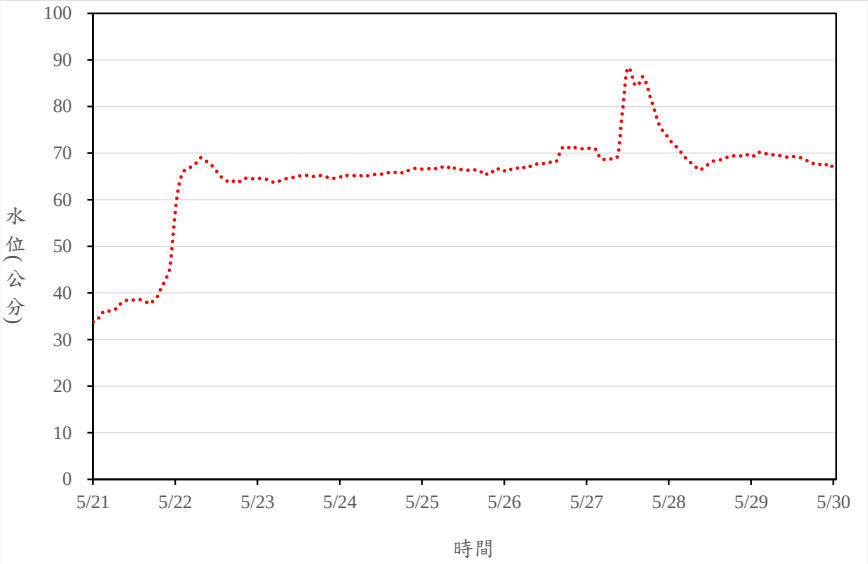


圖 3-24 中港溪集水區李屋埤水位歷線(二)

圖3-25為後龍溪上游集水區之後龍006農塘2020年5月6日~7月10日之水位歷線，最高水位約為249公分。

圖3-26為後龍溪上游集水區之後龍006農塘2020年5月17日~5月24日之水位歷線，最高水位約為245公分。

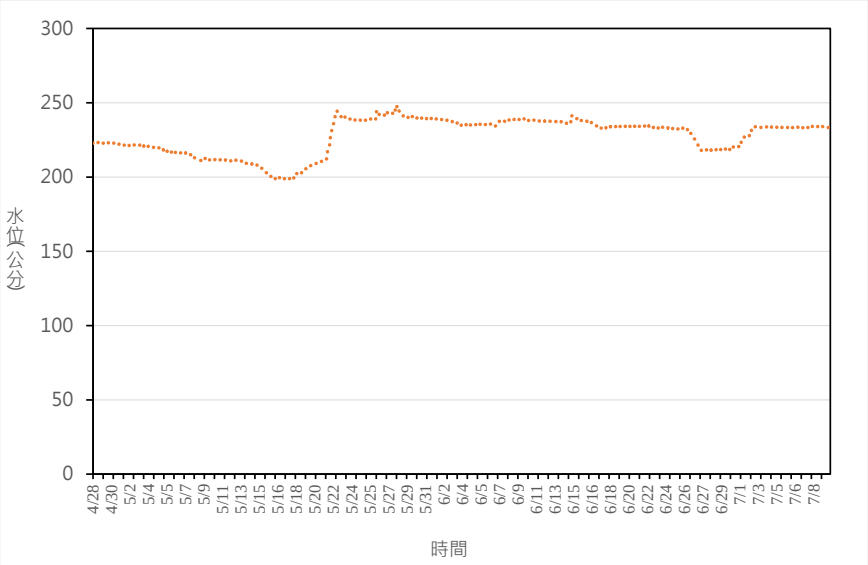


圖 3-25 後龍溪上游集水區後龍 006 水位歷線(一)

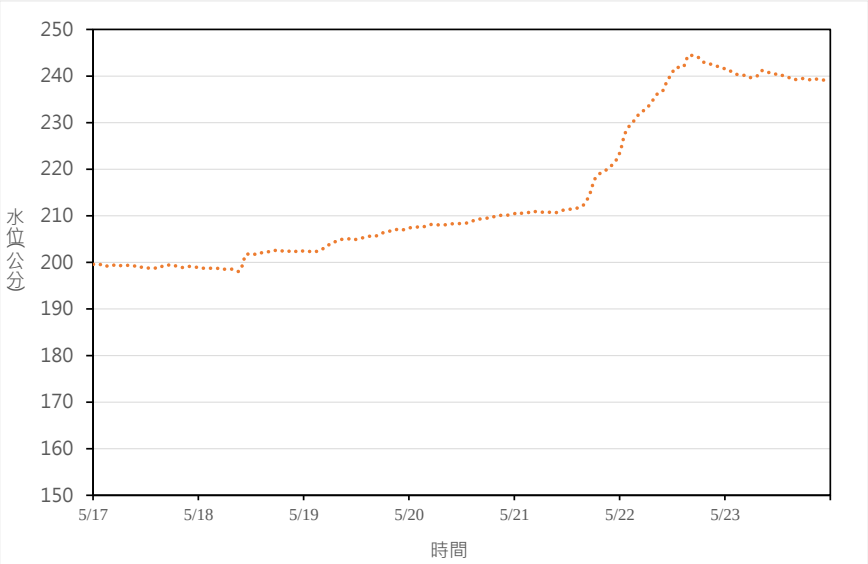


圖 3-26 後龍溪上游集水區後龍 006 水位歷線(二)

圖3-27為鯉魚潭集水區之鯉潭039農塘2020年5月6日~7月10日之水位歷線，最高水位約為158公分。

圖3-28為鯉魚潭集水區之鯉潭039農塘2020年5月21日~5月30日之水位歷線，最高水位約為158公分。

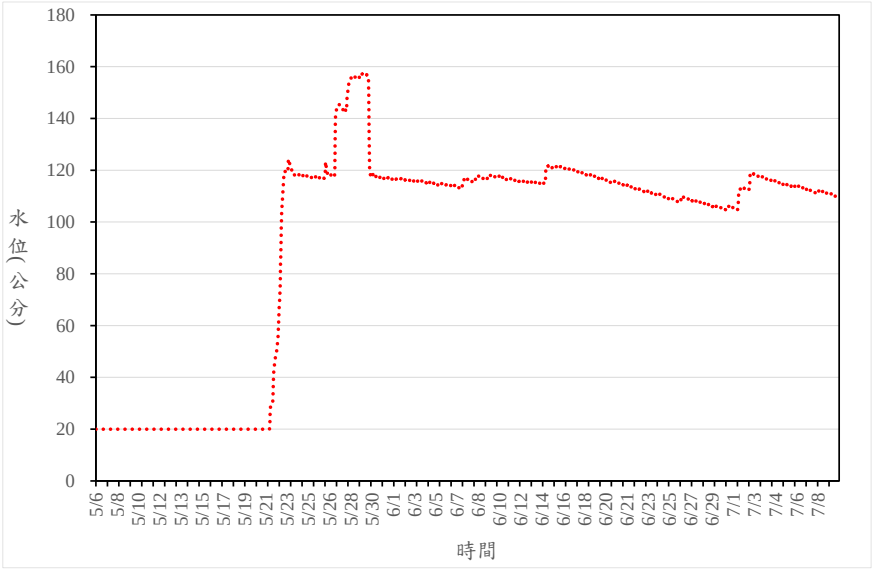


圖 3-27 鯉魚潭集水區鯉潭 039 水位歷線(一)

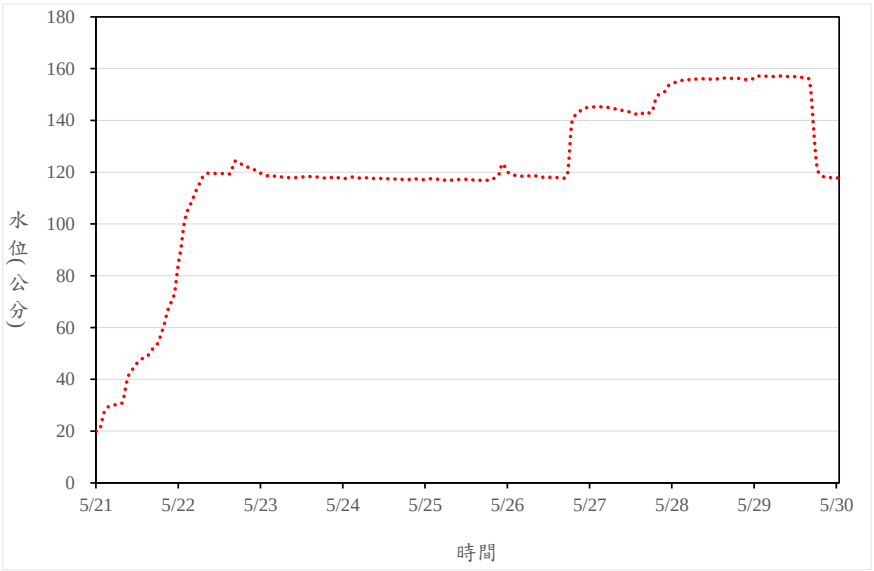


圖 3-28 鯉魚潭集水區鯉潭 039 水位歷線(二)

圖3-29為中港溪三灣北埔村之大荒埔埤2021年4月14日~10月28日之水位歷線，最高水位約為149.2公分。

圖3-30為中港溪三灣北埔村之李屋埤2021年4月14日~10月28日之水位歷線，最高水位約為188.9公分。

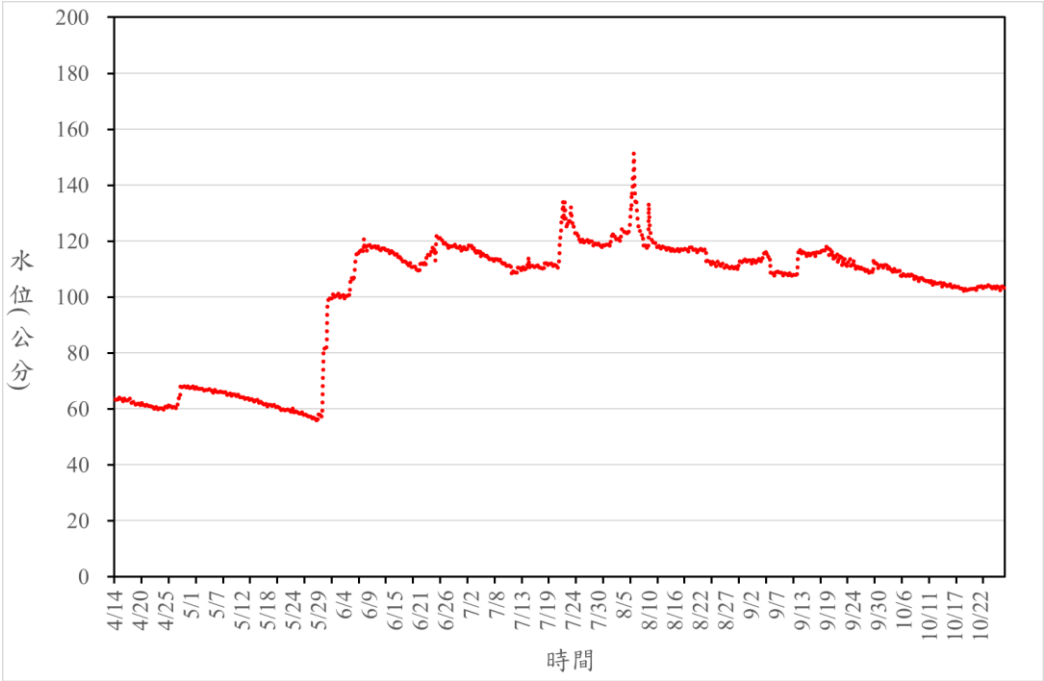


圖 3-29 中港溪集水區大荒埔埤 2021 年水位歷線

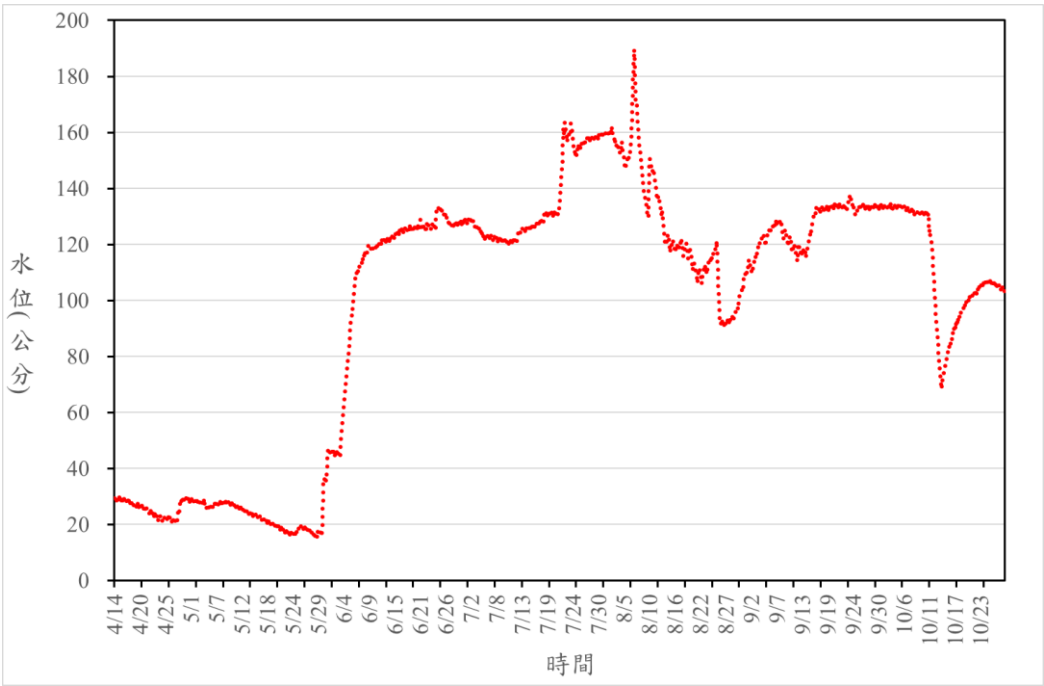


圖 3-30 中港溪集水區李屋埤 2021 年水位歷線

依據圖3-29之中港溪三灣北埔村之大荒埔埤水位歷線，再蒐集中央氣象局大河站之降雨量資料一併繪製於圖3-31中，以供後續分析之用。

依據圖3-30之中港溪三灣北埔村之李屋埤水位歷線，再蒐集中央氣象局大河站之降雨量資料一併繪製於圖3-32中，以供後續分析之用

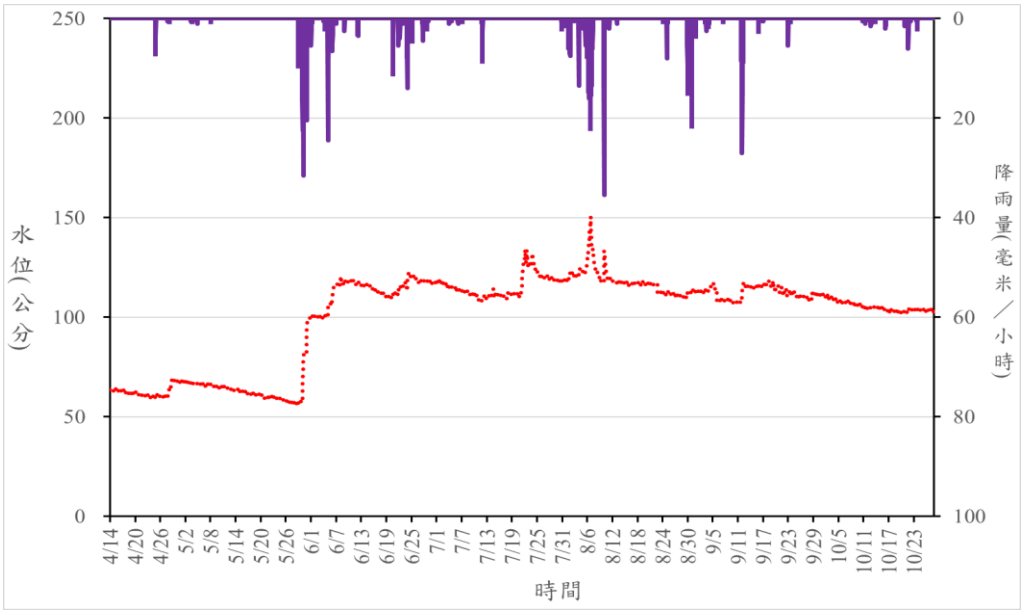


圖 3-31 中港溪集水區大荒埔埤 2021 年降雨及水位歷線

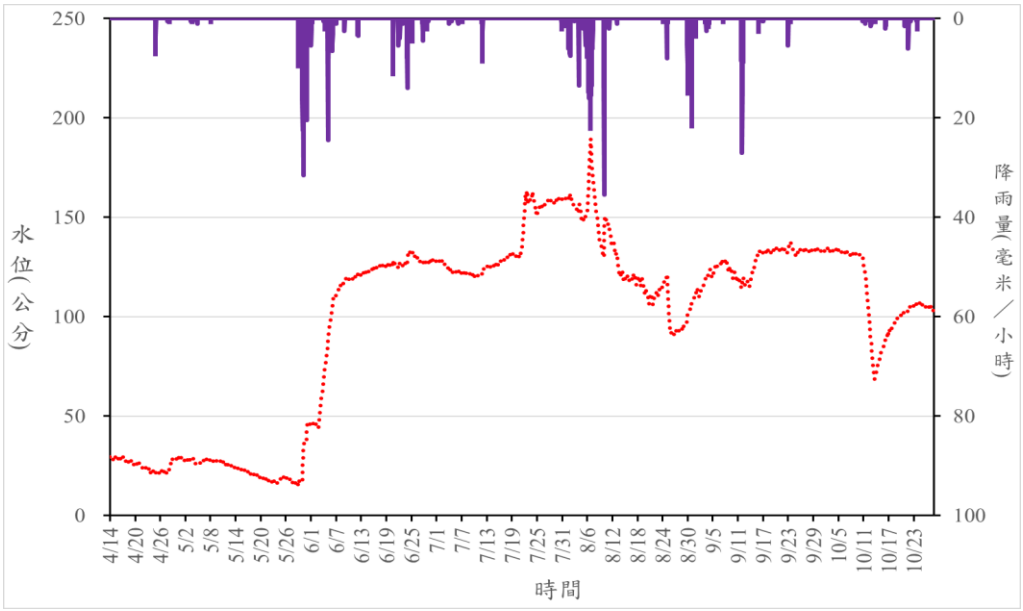


圖 3-32 中港溪集水區李屋埤 2021 年降雨及水位歷線

圖3-33為第一田區2021年3月30日~6月20日之水位歷線，湛水深最高約為7.48公分、平均約為0.51公分、最低約為0公分。湛水深低於田面係因水位量測點低於田面所致。湛水深高於6公分係低降雨導致湛水深增加。後續分析時會再加入雨量及灌溉水量資料。

圖3-34為第二田區2021年4月1日~6月20日之水位歷線，湛水深最高約為6.93公分、平均約為1.08公分、最低約為0公分。湛水深低於田面係因水位量測點低於田面所致。湛水深高於6公分係低降雨導致湛水深增加。後續分析時會再加入雨量及灌溉水量資料。

圖3-35為第三田區2021年3月25日~6月14日之水位歷線，湛水深最高約為5.18公分、平均約為0.47公分、最低約為0公分。湛水深低於田面係因田面無湛水且水位量測點低於田面所致。

前述之各田區水位歷線有所不同，係因農田灌溉在水源充沛區可採續灌方式，考量作物的生長及節水政策，台灣已積極推動間歇灌溉，在農田水利供灌區域，為期精準調配採用輪流灌溉，故在輪流灌溉區之田區水位歷線呈週期性變化，如第二田區之水位歷線變化。又本年度因乾旱宣布部分灌區停灌，因此停灌區需自覓水源，此時水位歷線將因水源不穩定而呈現不規則之變化，如第一田區及第三田區之水位歷線變化。

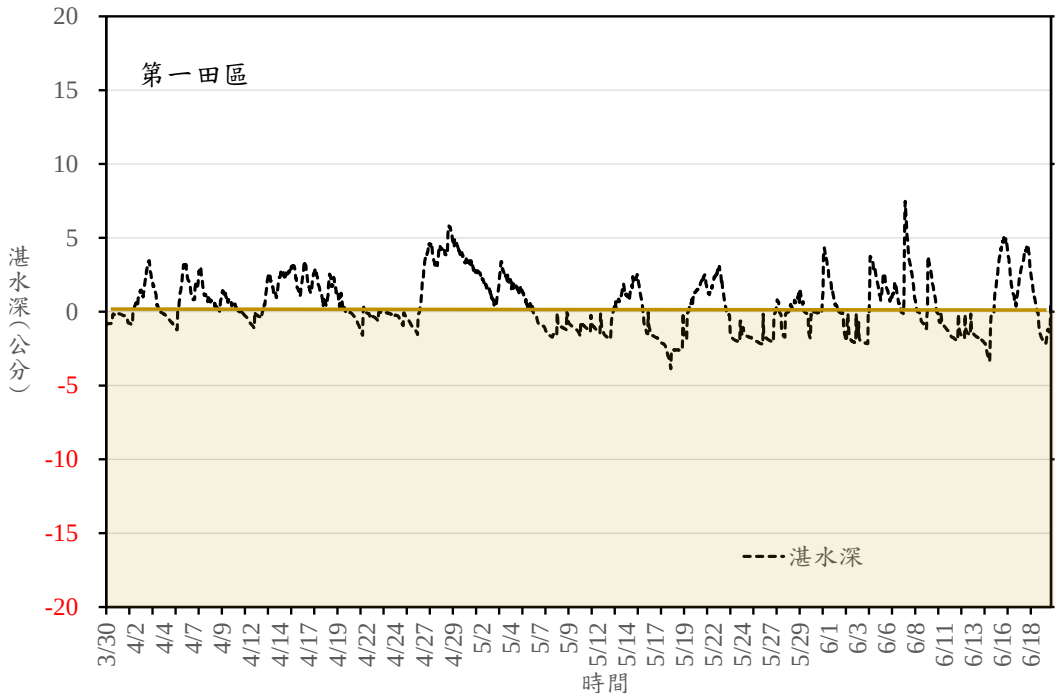


圖 3-33 第一田區 2021 年水位歷線

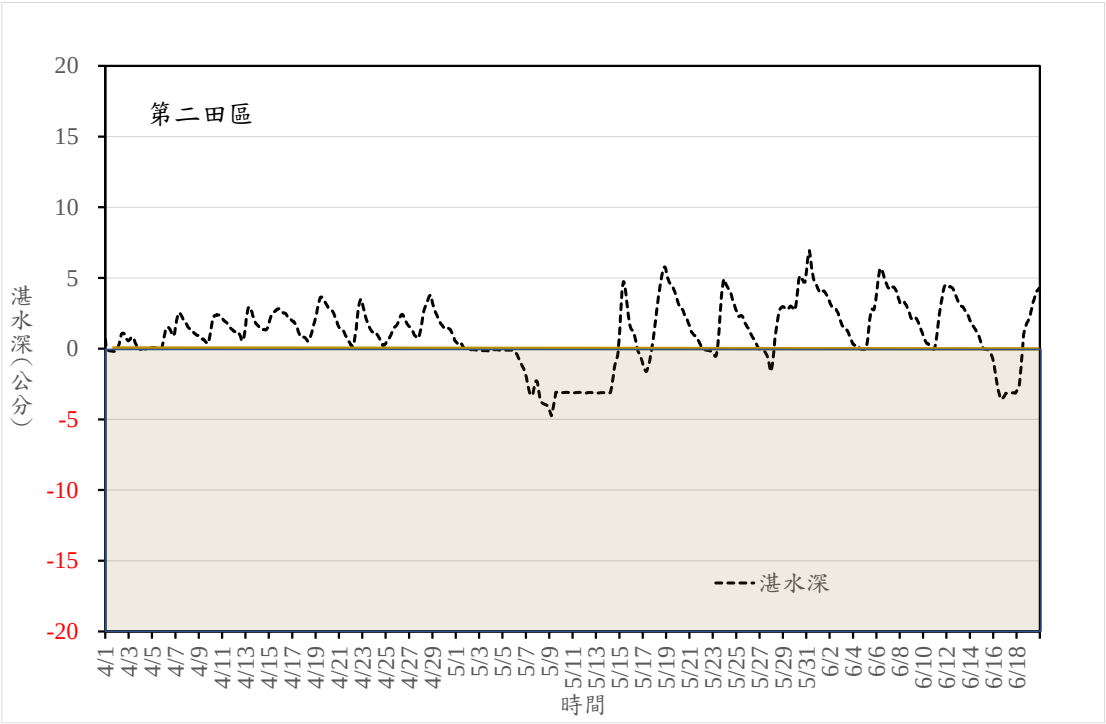


圖 3-34 第二田區 2021 年水位歷線

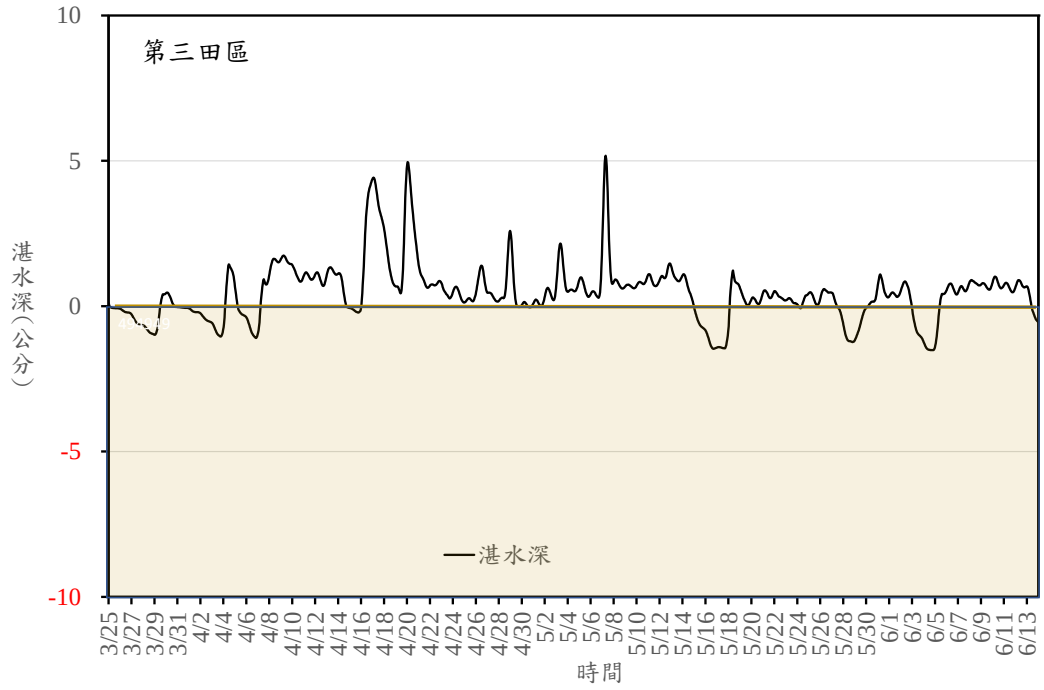


圖 3-35 第三田區 2021 年水位歷線

第三節 案例區域降雨量資料分析

本計畫首先蒐集苗栗地區30個雨量站資料，雨量站位置如圖3-36。彙整苗栗地區各雨量站之年平均雨量資料如圖3-37所示。由圖3-37顯示南礦站年平均雨量最多(3,053毫米)，而高鐵苗栗站之年平均雨量最小(1,321毫米)。苗栗地區月平均雨量集中在5~9月，以夏季較多、冬季較少。影響苗栗地區降雨量最主要的因素有5月份的梅雨鋒面、夏季午後對流系統及颱風與其引進旺盛西南氣流所帶來的雨量。冬季的東北季風由於受到中央山脈的阻擋，並沒有帶來太多之降雨。因而春夏的降水量遠大於秋冬。

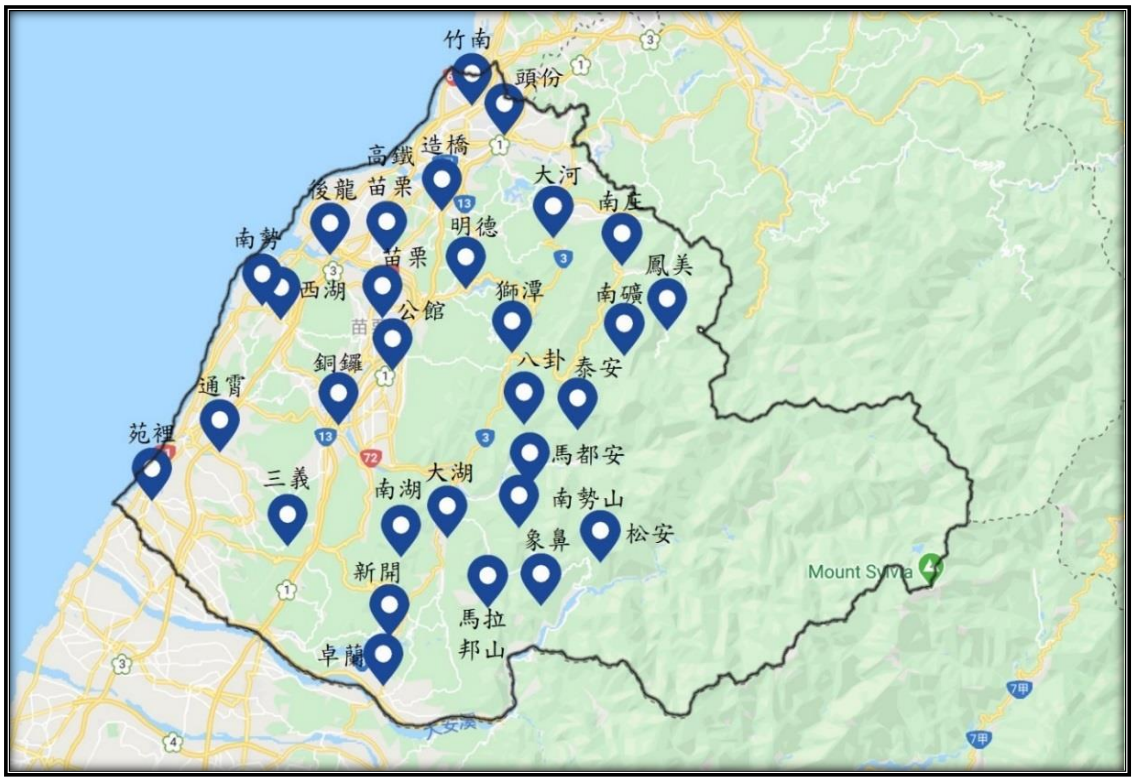


圖 3-36 苗栗地區各雨量站位置

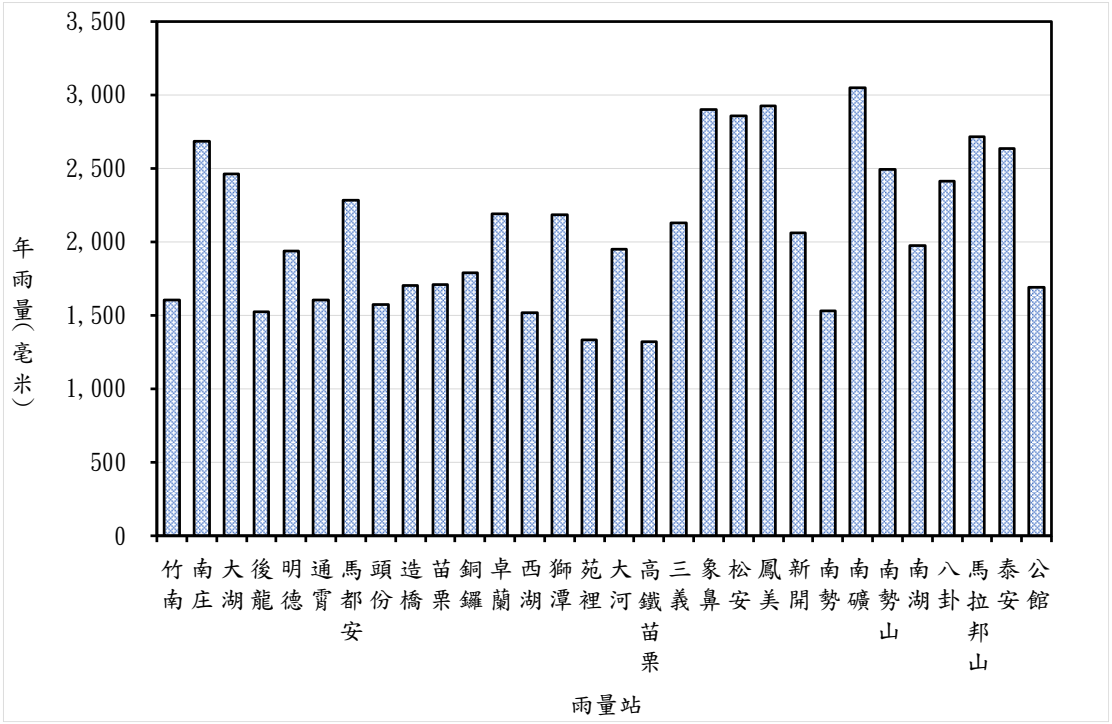


圖 3-37 苗栗地區各雨量站年平均雨量

降雨量資料三個部分說明：(1)苗栗地區30個雨量站之月平均雨量。(2)苗栗大河、大湖等2站之月雨量。(3)苗栗大河、大湖等2站之大雨期間時雨量。

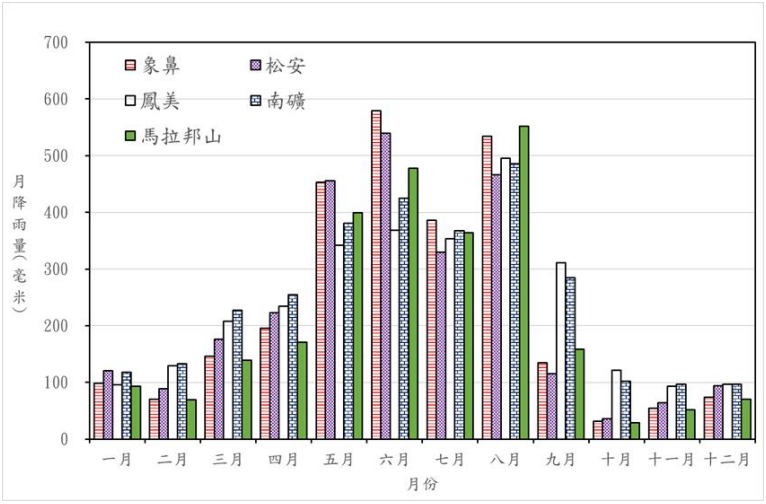
分述如下：

(一)月平均雨量

苗栗地區30個雨量站之月平均雨量如圖3-38~3-43所示。

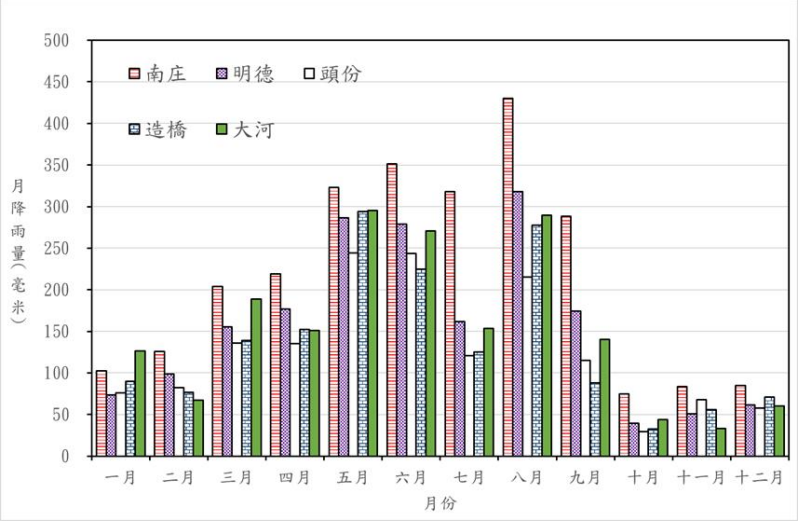
圖3-38為象鼻、松安、鳳美、南礦、馬拉邦山等雨量站之月平均雨量。降雨主要集中在4~9月，以象鼻為例，最大月平均降雨量落在六月，平均降雨量約為578.8毫米；以馬拉邦山為例，最大月平均降雨量落在8月，平均降雨量約為551.5毫米。

圖3-39為南庄、明德、頭份、造橋、大河等雨量站之月平均雨量。降雨主要集中在4~9月，以大河為例，最大月平均降雨量落在6月，平均降雨量約為289.7毫米。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-38 苗栗地區各雨量站月平均雨量(一)

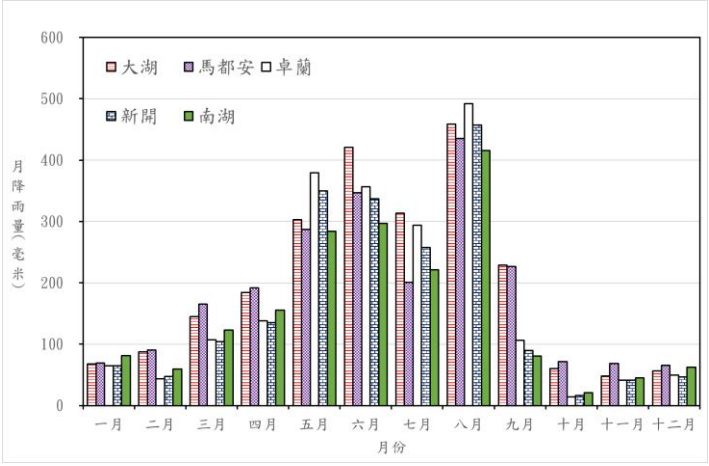


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-39 苗栗地區各雨量站月平均雨量(二)

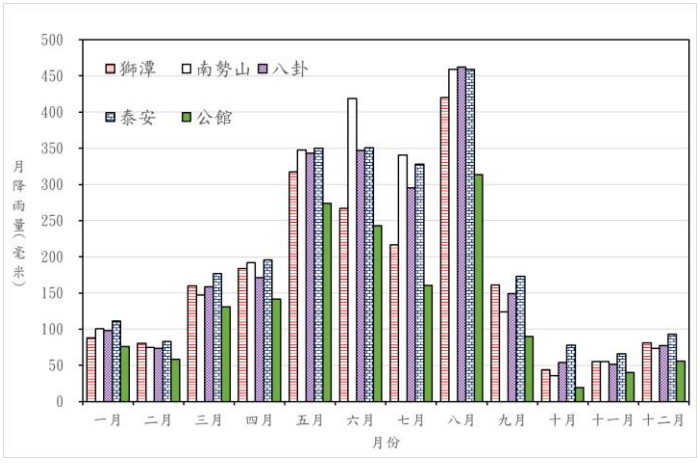
圖3-40為大湖、馬都安、卓蘭、新開、南湖等雨量站之月平均雨量。降雨主要集中在4~9月，以大湖為例，最大月平均降雨量落在8月，平均降雨量約為476.7毫米；以新開為例，最大月平均降雨量落在8月，平均降雨量約為486.9毫米；以南湖為例，最大月平均降雨量落在八月，平均降雨量約為451.1毫米。

圖3-41為獅潭、南勢山、八卦、泰安、公館等雨量站之月平均雨量。降雨主要集中在4~9月，以獅潭為例，最大月平均降雨量落在8月，平均降雨量約為453.6毫米。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-40 苗栗地區各雨量站月平均雨量(三)

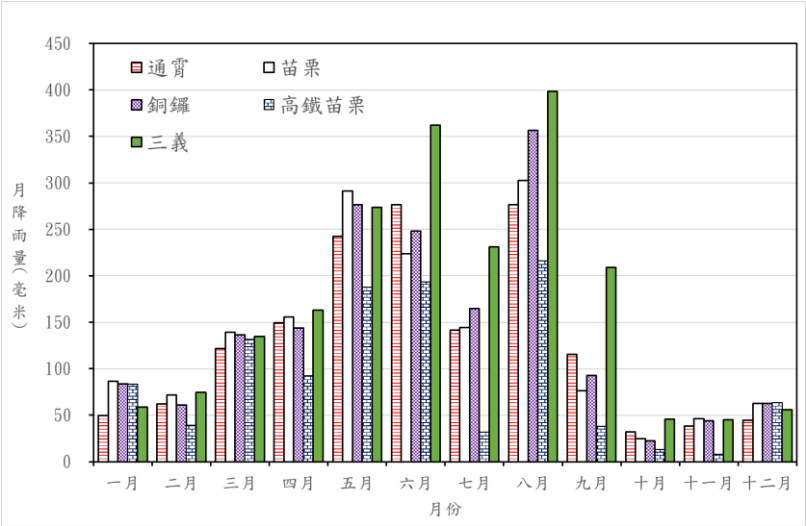


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-41 苗栗地區各雨量站月平均雨量(四)

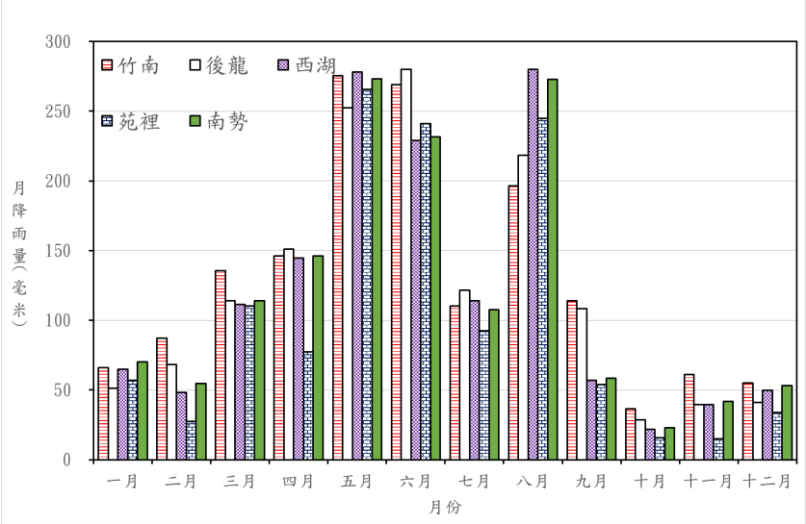
圖3-42為通霄、苗栗、銅鑼、高鐵苗栗、三義等雨量站之月平均雨量。降雨主要集中在4~9月，以三義為例，最大月平均降雨量落在8月，平均降雨量約為419.4毫米。

圖3-43為竹南、後龍、西湖、苑裡、南勢等雨量站之月平均雨量，降雨主要集中在4~9月，以西湖為例，最大月平均降雨量落在8月，平均降雨量約為308.4毫米。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-42 苗栗地區各雨量站月平均雨量(五)



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

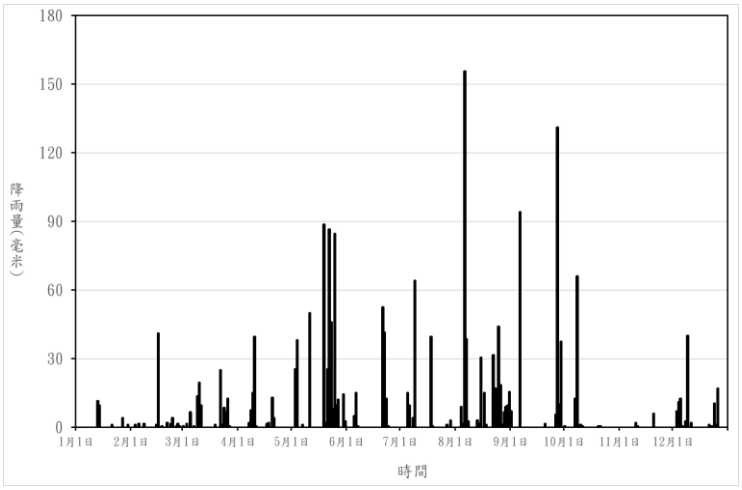
圖 3-43 苗栗地區各雨量站月平均雨量(六)

(二)月雨量

苗栗大河與大湖2站2015年~2021年之月雨量如圖3-44~3-57。

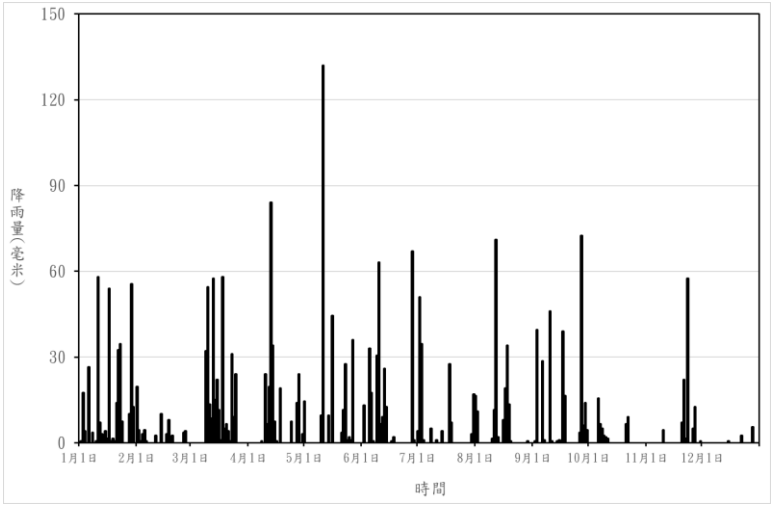
依據中央氣象局苗栗地區大河站2015年日雨量如圖3-44所示，降雨主要集中在5~10月，本年度最大降雨量落於8月，月雨量約為395毫米，最大日雨量約為155.5毫米，達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區大河站2016年日雨量如圖3-45所示，降雨主要集中在5~10月，本年度最大降雨量落於5月，月雨量約為292.5毫米，最大日雨量約為132毫米，達到大雨標準。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-44 苗栗地區大河站 2015 年日雨量

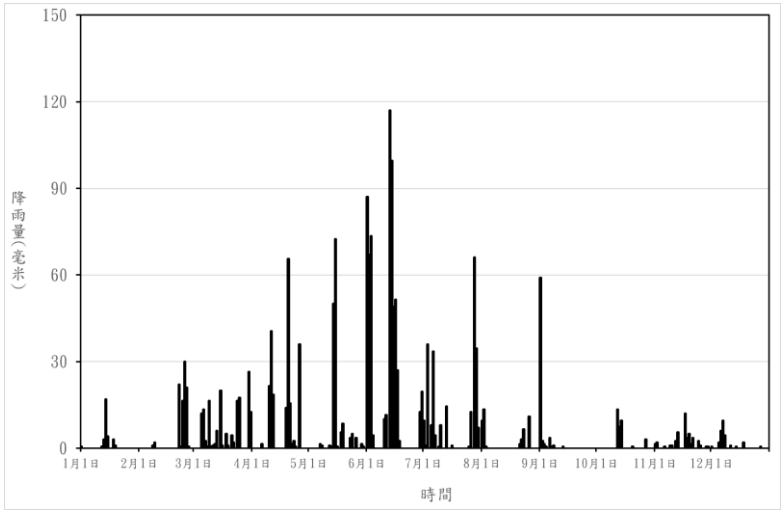


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-45 苗栗地區大河站 2016 年日雨量

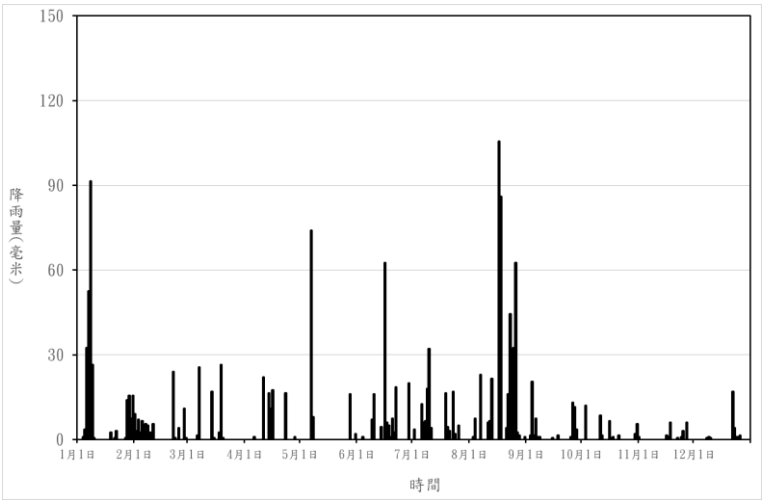
中央氣象局苗栗地區大河站2017年日雨量如圖3-46所示，降雨主要集中在5~9月，本年度最大降雨量落於6月，月雨量約為612.5毫米，最大日雨量約為117毫米，達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區大河站2018年日雨量如圖3-47所示，降雨主要集中在5~9月，本年度最大降雨量落於8月，月雨量約為435毫米，最大日雨量約為105.5毫米，達到大雨標準。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-46 苗栗地區大河站 2017 年日雨量

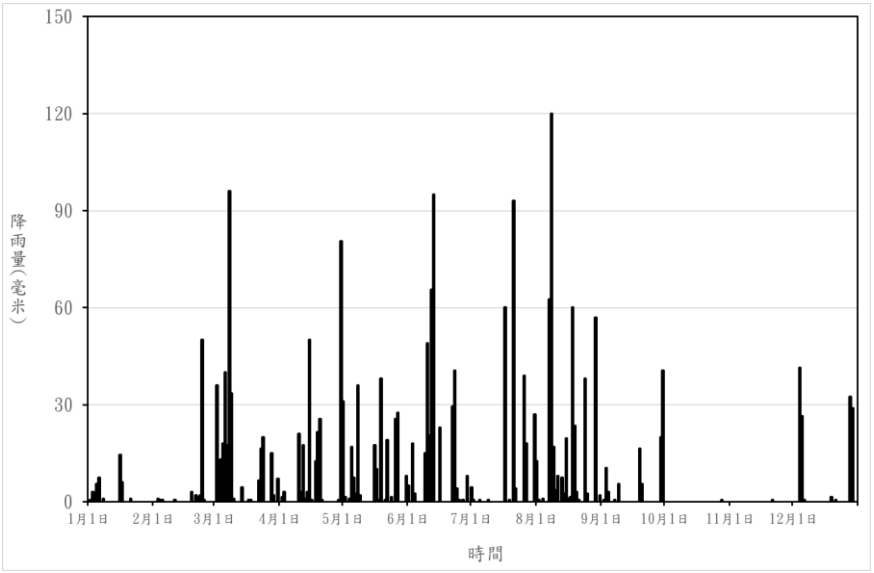


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-47 苗栗地區大河站 2018 年日雨量

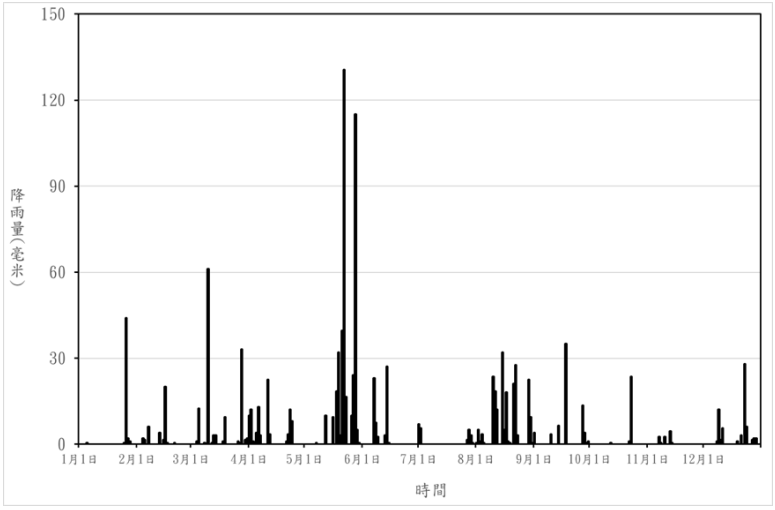
中央氣象局苗栗地區大河站2019年日雨量如圖3-48所示，降雨主要集中在5~9月，本年度最大降雨量落於8月，月雨量約為468.5毫米，最大日雨量約為120毫米，達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區大河站2020年日雨量如圖3-49所示，降雨主要集中在5~9月，本年度最大降雨量落於5月，月雨量約為414.5毫米，最大日雨量約為130.5毫米，達到大雨標準。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-48 苗栗地區大河站 2019 年日雨量

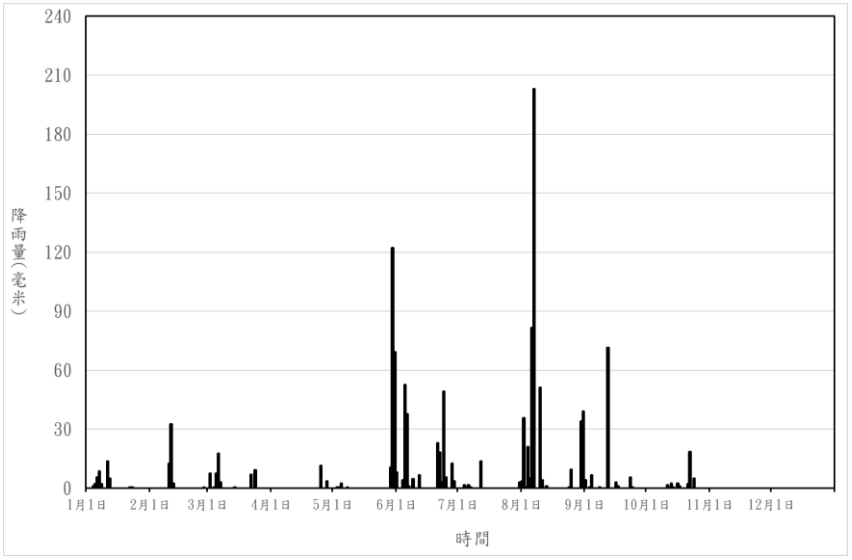


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-49 苗栗地區大河站 2020 年日雨量

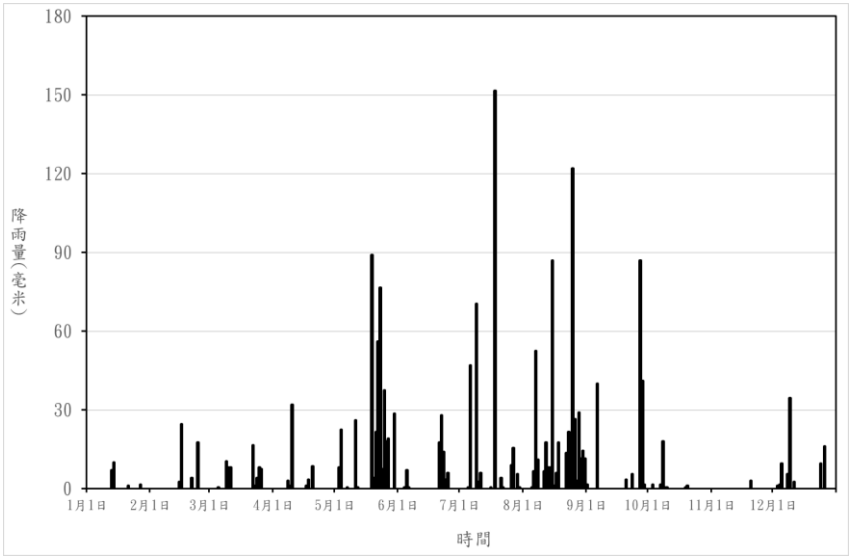
中央氣象局苗栗地區大河站2021年(1~10月)日雨量如圖3-50所示，降雨主要集中在5~9月，本年度最大降雨量落於8月，月雨量約為489毫米，最大日雨量約為203毫米，達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區大湖站2015年日雨量如圖3-51所示，降雨主要集中在5~9月，本年度最大降雨量落於7月，月雨量約為313.5毫米，最大日雨量約為151.5毫米，達到大雨標準。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。
備註：2021 年僅下載至 10 月 31 日前之資料。

圖 3-50 苗栗地區大河站 2021 年日雨量

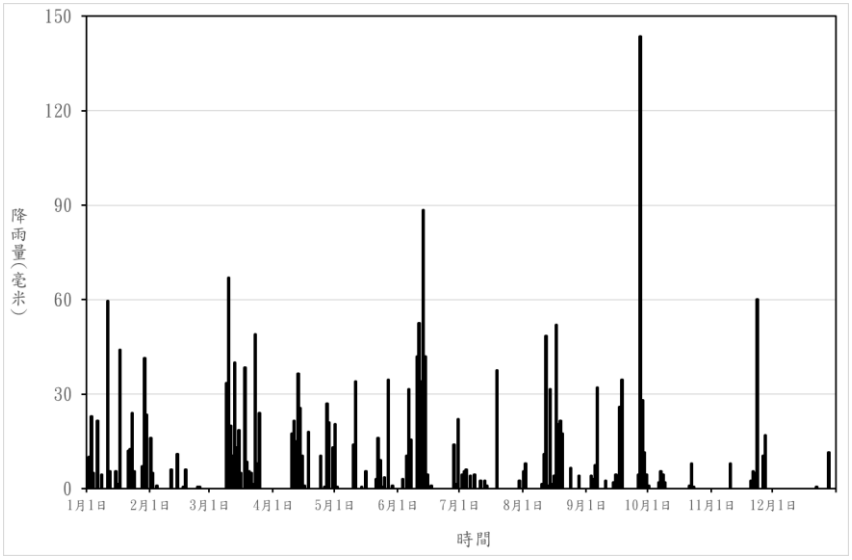


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-51 苗栗地區大湖站 2015 年日雨量

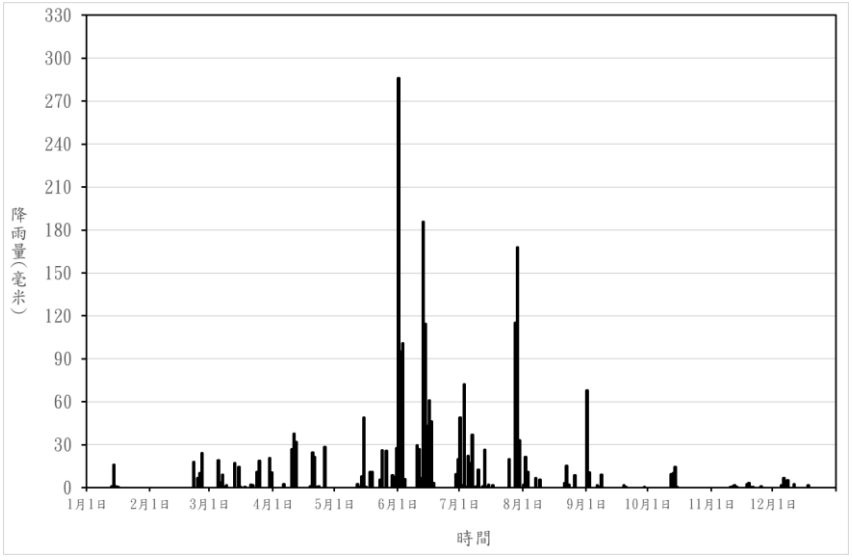
中央氣象局苗栗地區大湖站2016年日雨量如圖3-52所示，降雨主要集中在5~9月，本年度最大降雨量落於9月，月雨量約為308毫米，最大日雨量約為143.5毫米，達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區大湖站2017年日雨量如圖3-53所示，降雨主要集中在5~9月，本年度最大降雨量落於6月，月雨量約為1041毫米，最大日雨量約為286毫米，達到豪雨標準。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-52 苗栗地區大湖站 2016 年日雨量

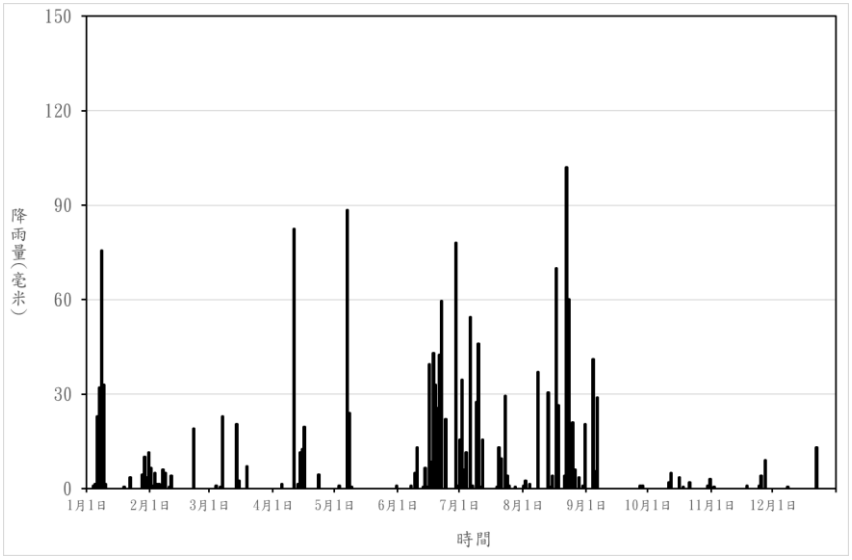


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-53 苗栗地區大湖站 2017 年日雨量

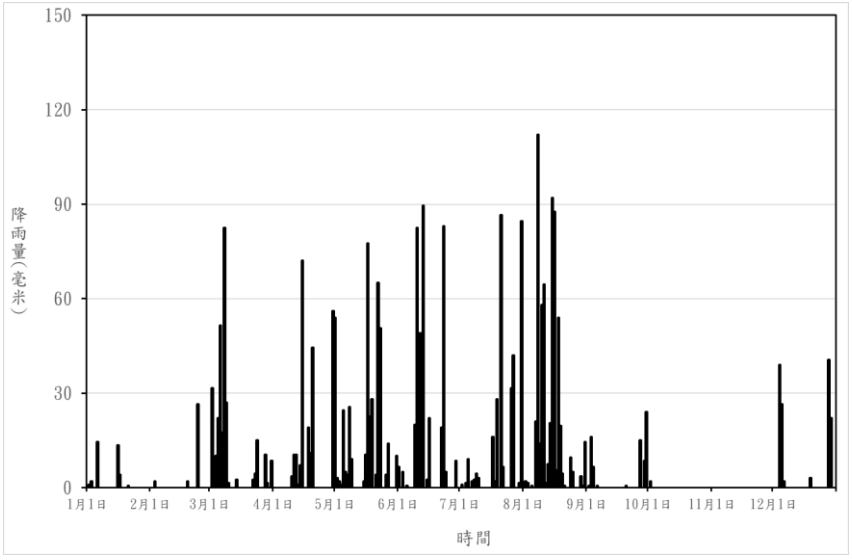
中央氣象局苗栗地區大湖站2018年日雨量如圖3-54所示，降雨主要集中在5~9月，本年度最大降雨量落於8月，月雨量約為379.5毫米，最大日雨量約為102毫米，達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區大湖站2019年日雨量如圖3-55所示，降雨主要集中在5~9月，本年度最大降雨量落於8月，月雨量約為670毫米，最大日雨量約為112毫米，達到大雨標準。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-54 苗栗地區大湖站 2018 年日雨量

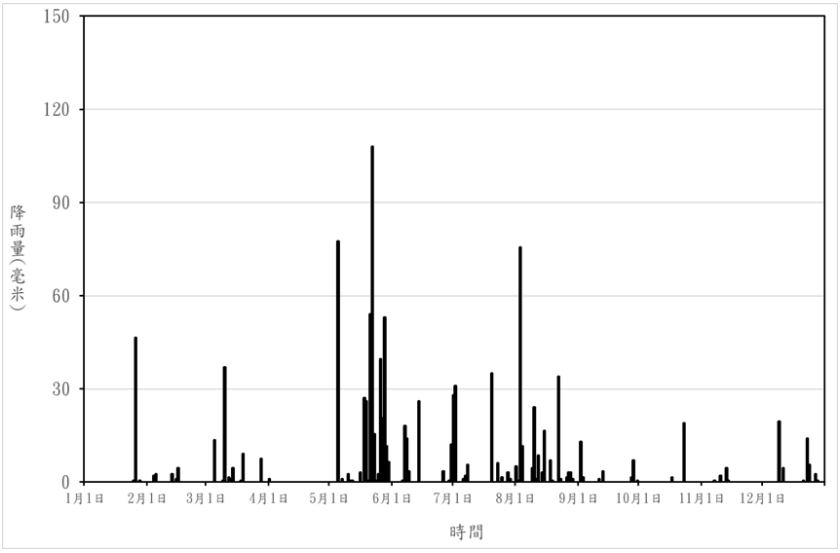


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-55 苗栗地區大湖站 2019 年日雨量

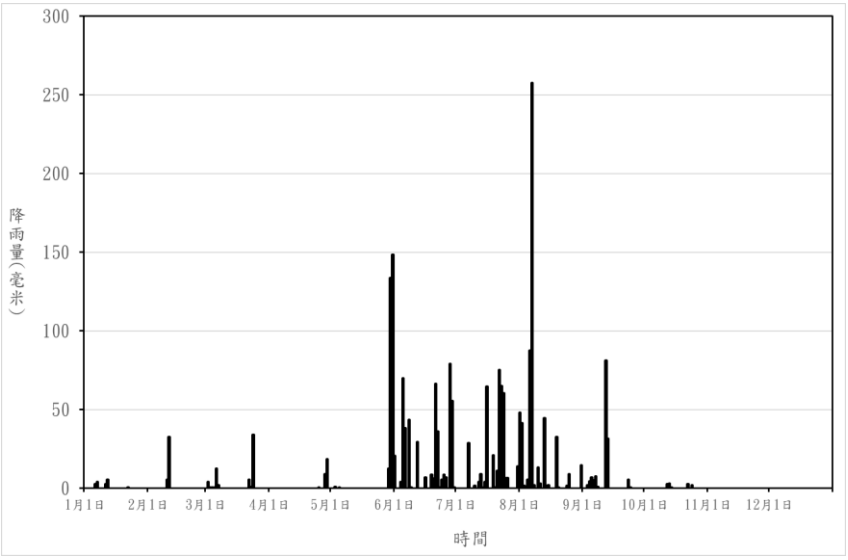
中央氣象局苗栗地區大湖站2020年日雨量如圖3-56所示，降雨主要集中在5~9月，本年度最大降雨量落於5月，月雨量約為450毫米，最大日雨量約為108毫米，達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區大湖站2021年(1~10月)日雨量如圖3-57所示，降雨主要集中在5~9月，本年度最大降雨量落於8月，月雨量約為486.5毫米，最大日雨量約為566毫米，達到大雨標準。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-56 苗栗地區大湖站 2020 年日雨量



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

備註：2021 年僅下載至 10 月 31 日前之資料。

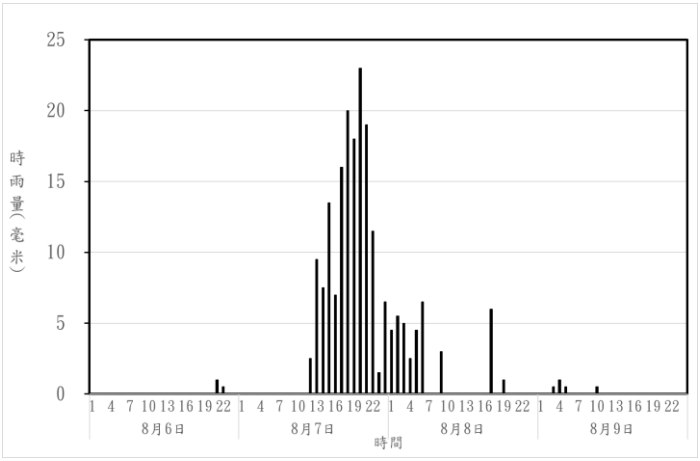
圖 3-57 苗栗地區大湖站 2021 年日雨量

(三) 時雨量

苗栗大河、大湖等2站，2015年~2021年，每年選2至4場大雨期間之時雨量，如圖3-58 ~3-85。

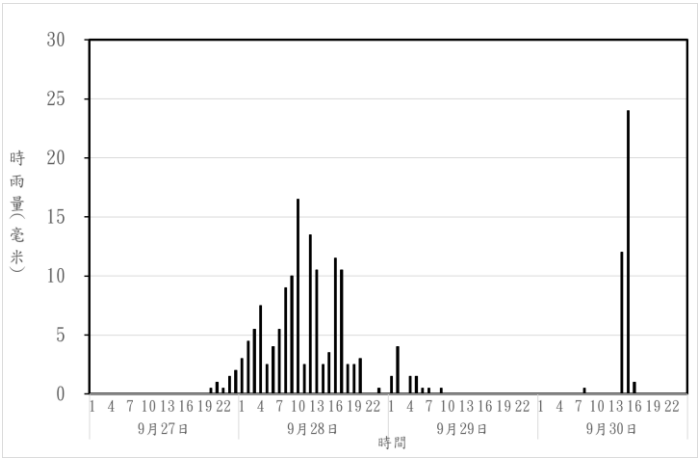
中央氣象局苗栗地區大河站2015年8月主要降雨時段之時雨量如圖3-58所示，最大時雨量約為23毫米，日雨量約為155.5毫米(8月7日)，達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區大河站2015年9月主要降雨時段之時雨量如圖3-59所示，最大時雨量約為24毫米，日雨量約為131毫米(9月28日)，達到大雨標準。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-58 大河站 2015 年 8 月 6 日至 8 月 9 日降雨量歷線

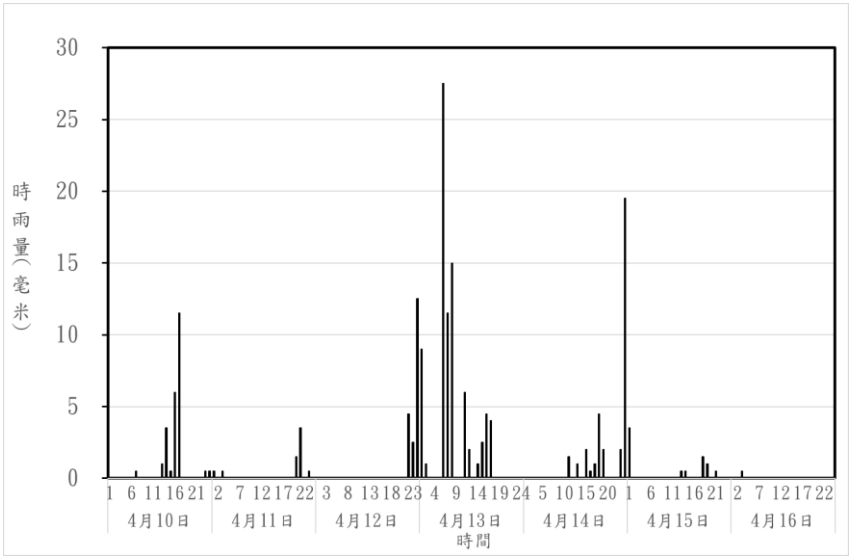


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-59 大河站 2015 年 9 月 27 日至 9 月 30 日降雨量歷線

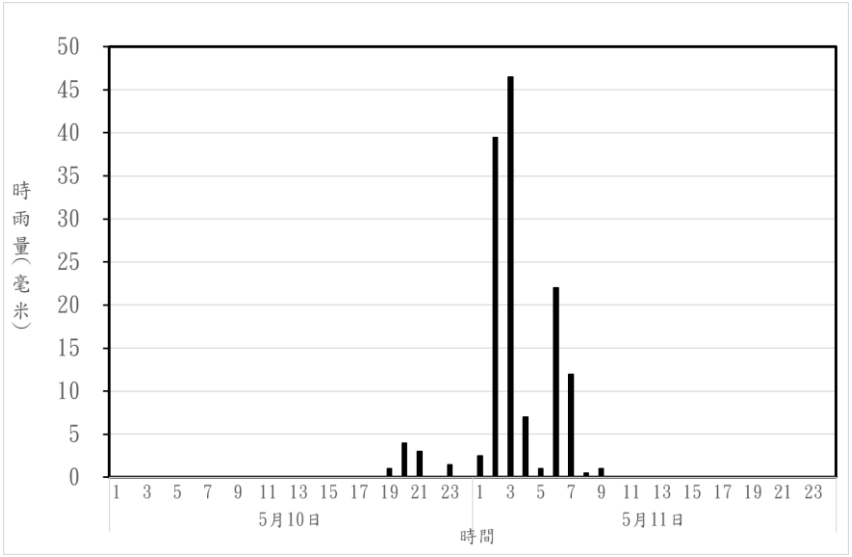
中央氣象局苗栗地區大河站2016年4月主要降雨時段之時雨量如圖3-60所示，最大時雨量約為27.5毫米，日雨量約為84毫米(4月13日)，達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區大河站2016年5月主要降雨時段之時雨量如圖3-61所示，最大時雨量約為46.5毫米，日雨量約為132毫米(5月11日)，達到大雨標準。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-60 大河站 2016 年 4 月 10 日至 4 月 16 日降雨量歷線

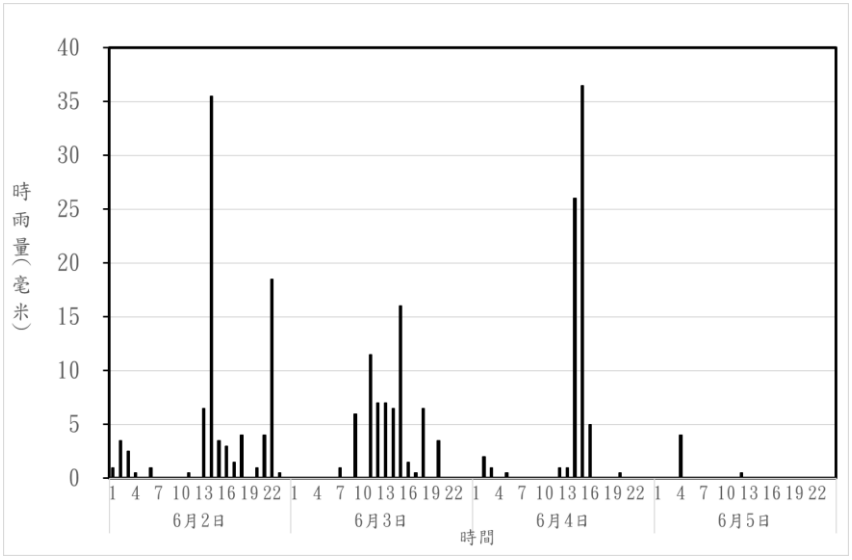


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-61 大河站 2016 年 5 月 10 日至 5 月 11 日降雨量歷線

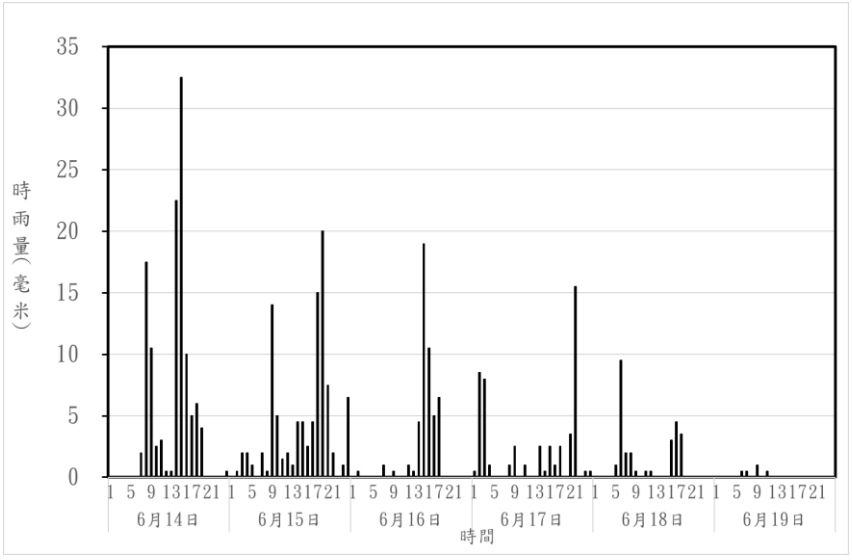
中央氣象局苗栗地區大河站2017年6月上旬主要降雨時段之時雨量如圖3-62所示，最大時雨量約為36.5毫米，日雨量約為87毫米(6月2日)，達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區大河站2017年6月上旬主要降雨時段之時雨量如圖3-63所示，最大時雨量約為32.5毫米，日雨量約為117毫米(6月14日)，達到大雨標準。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-62 大河站 2017 年 6 月 2 日至 6 月 5 日降雨量歷線

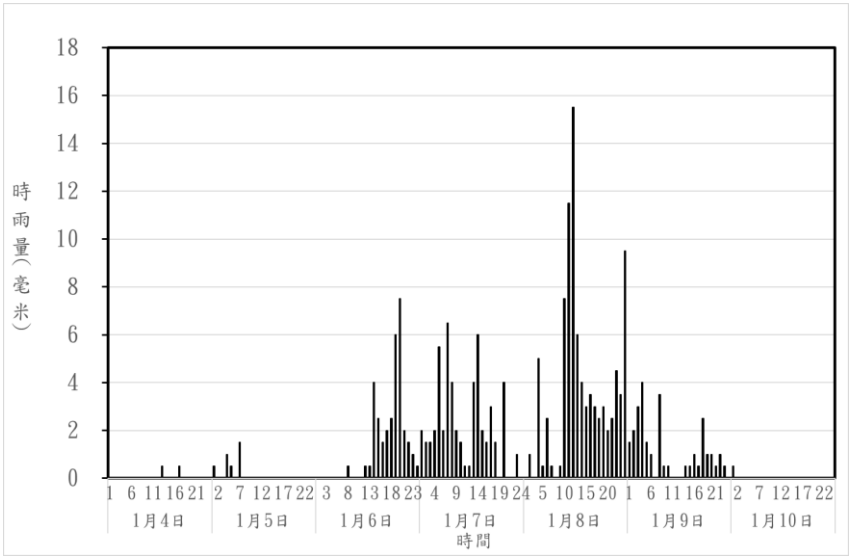


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-63 大河站 2017 年 6 月 14 日至 6 月 19 日降雨量歷線

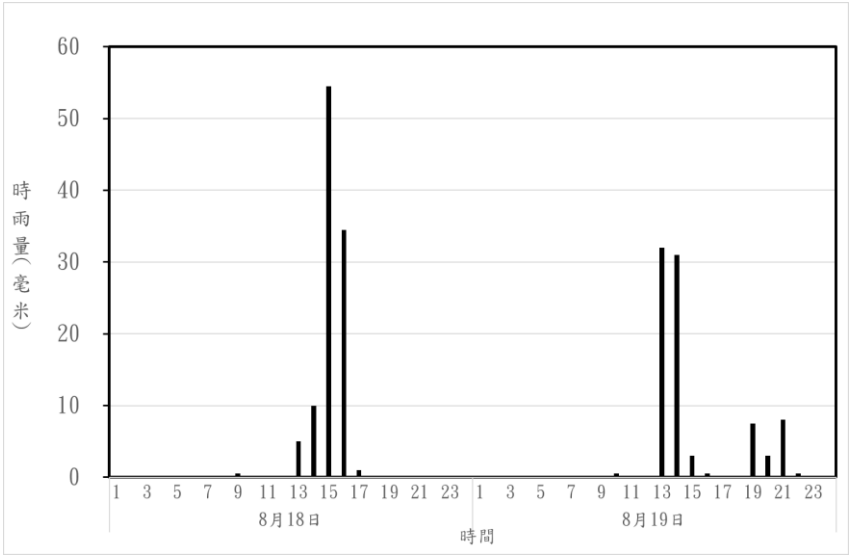
中央氣象局苗栗地區大河站2018年1月主要降雨時段之時雨量如圖3-64所示，最大時雨量約為15.5毫米，日雨量約為91.5毫米(1月8日)，達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區大河站2018年8月主要降雨時段之時雨量如圖3-65所示，最大時雨量約為54.5毫米，日雨量約為105.5毫米(8月18日)，達到大雨標準。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-64 大河站 2018 年 1 月 4 日至 1 月 10 日降雨量歷線

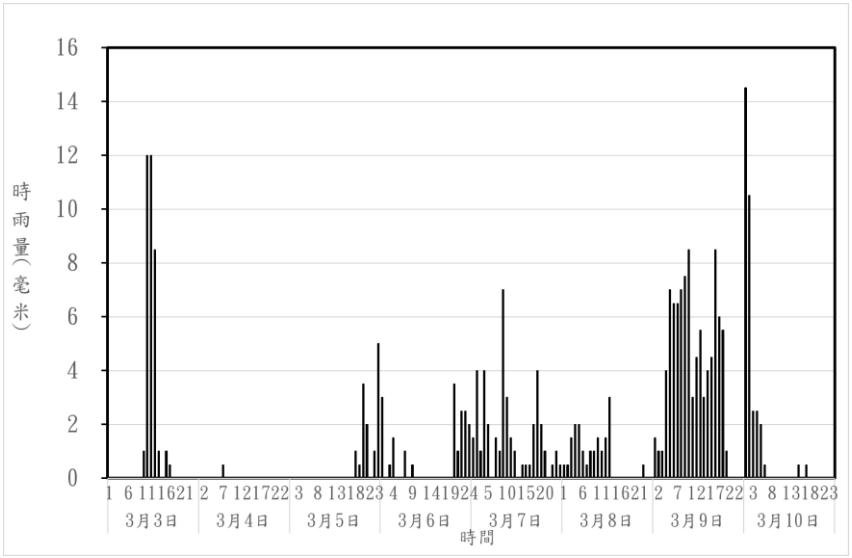


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-65 大河站 2018 年 8 月 18 日至 8 月 19 日降雨量歷線

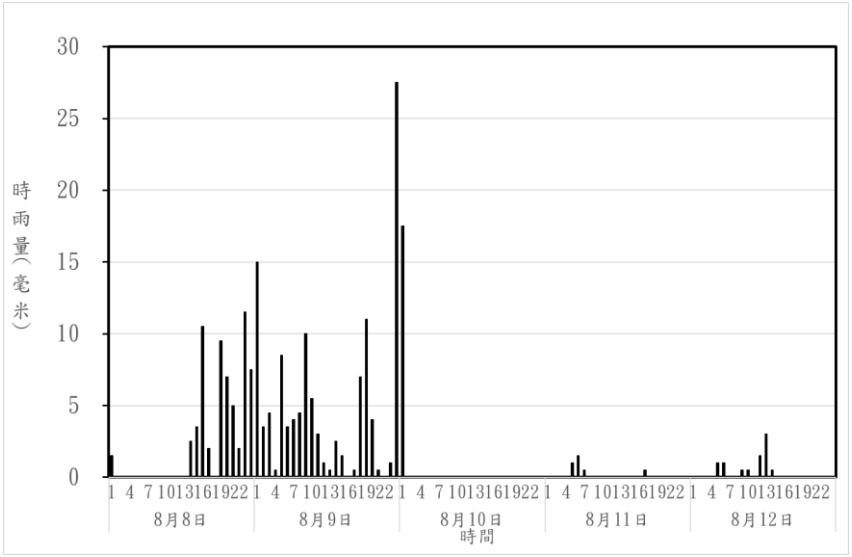
中央氣象局苗栗地區大河站2019年3月主要降雨時段之時雨量如圖3-66所示，最大時雨量約為14.5毫米，日雨量約為96毫米(3月9日)，達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區大河站2019年8月主要降雨時段之時雨量如圖3-67所示，最大時雨量約為27.5毫米，日雨量約為120毫米(8月9日)，達到大雨標準。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-66 大河站 2019 年 3 月 5 日至 3 月 10 日降雨量歷線

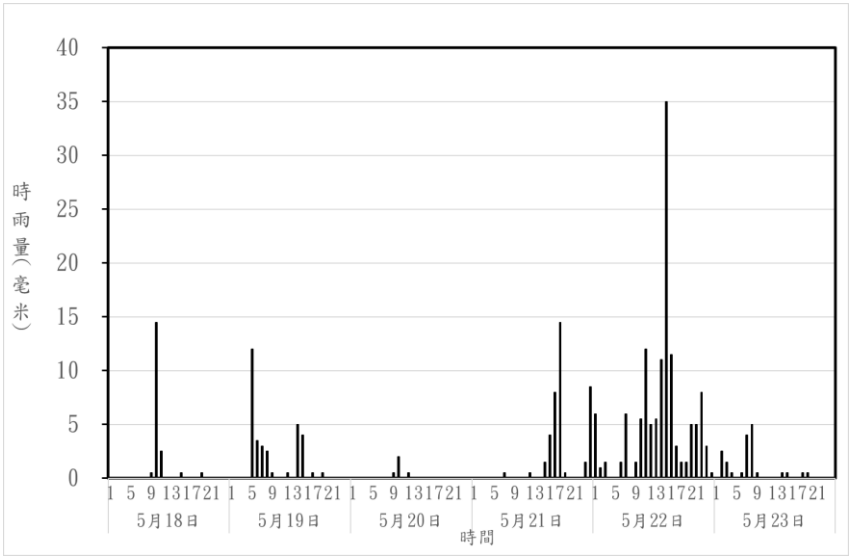


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-67 大河站 2019 年 8 月 8 日至 8 月 12 日降雨量歷線

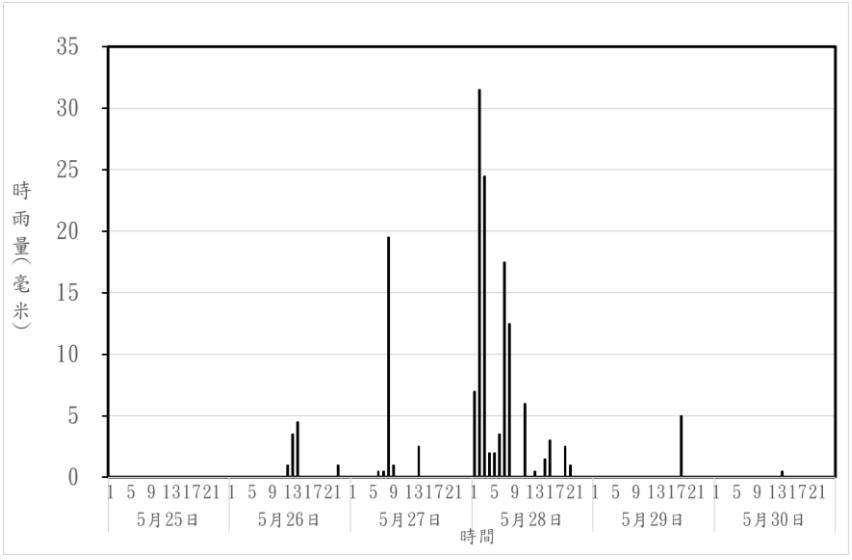
中央氣象局苗栗地區大河站2020年5月主要降雨時段之一的時雨量如圖3-68所示，最大時雨量約為35毫米，日雨量約為130.5毫米(5月22日)，達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區大河站2020年5月另一個主要降雨時段之時雨量如圖3-69所示，最大時雨量約為31.5毫米，日雨量約為115毫米(5月28日)，達到大雨標準。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-68 大河站 2020 年 5 月 18 日至 5 月 23 日降雨量歷線

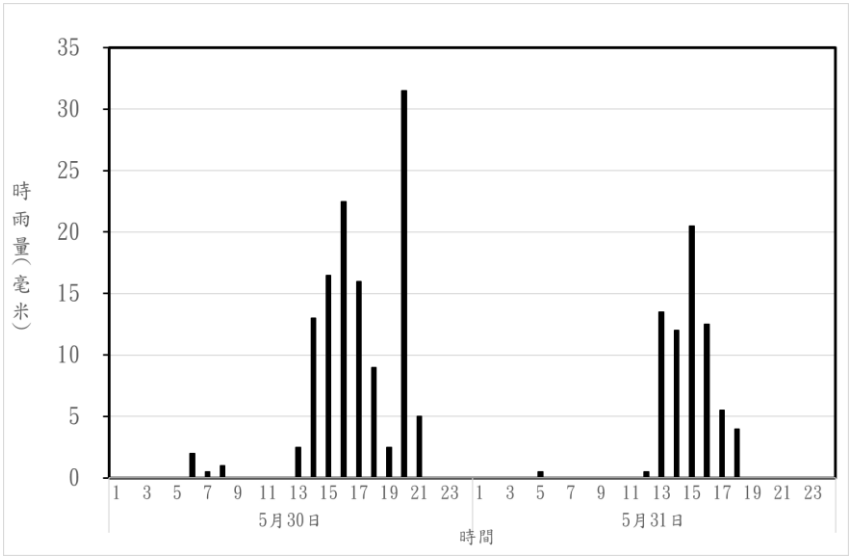


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-69 大河站 2020 年 5 月 25 日至 5 月 30 日降雨量歷線

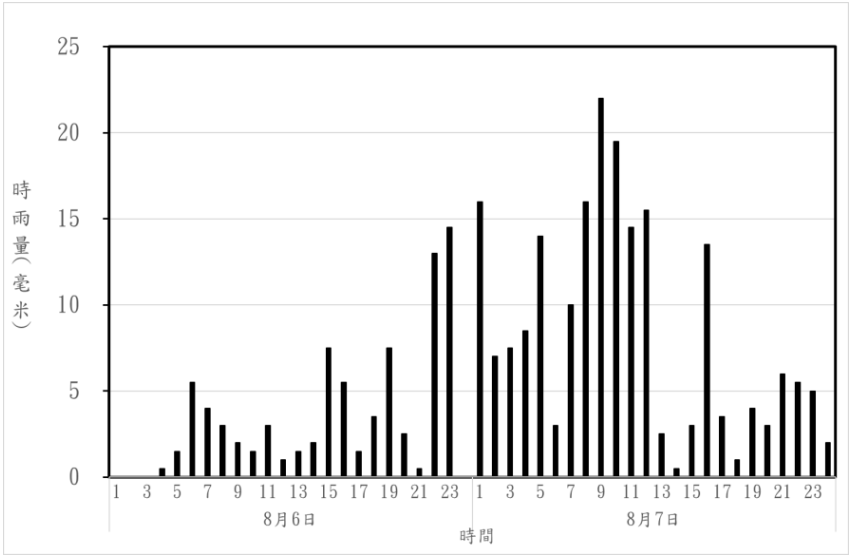
中央氣象局苗栗地區大河站2021年5月主要降雨時段之時雨量如圖3-70所示，最大時雨量約為31.5毫米，日雨量約為122毫米(5月30日)，達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區大河站2021年8月主要降雨時段之時雨量如圖3-71所示，最大時雨量約為22毫米，日雨量約為203毫米(8月7日)，達到豪雨標準。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-70 大河站 2021 年 5 月 30 日至 5 月 31 日降雨量歷線

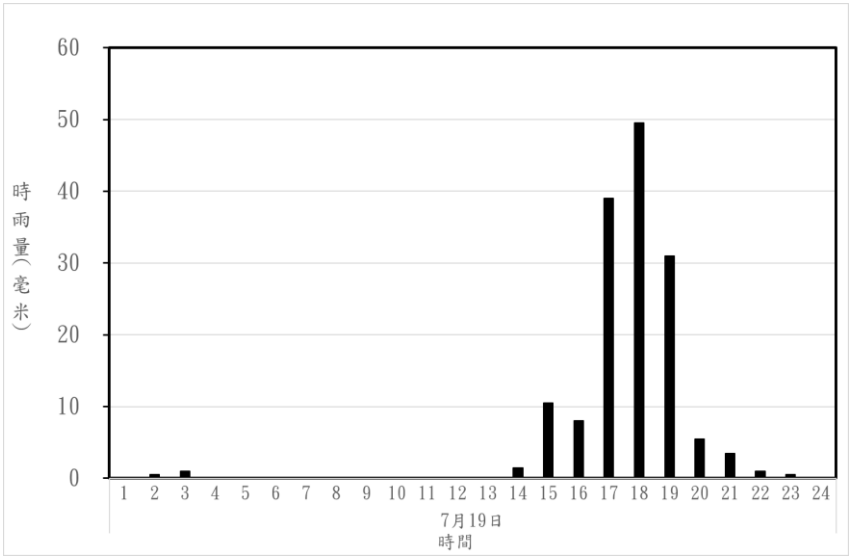


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-71 大河站 2021 年 8 月 6 日至 8 月 7 日降雨量歷線

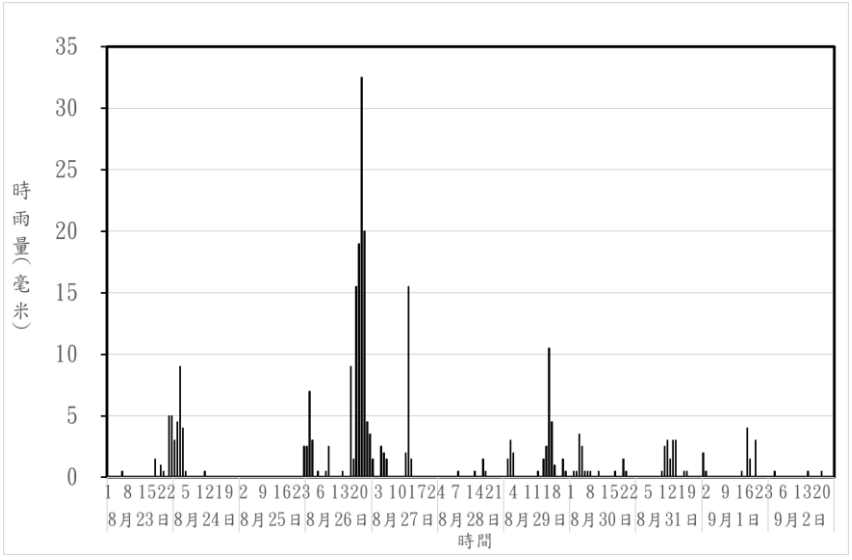
中央氣象局苗栗地區大湖站2015年7月主要降雨時段之時雨量如圖3-72所示，最大時雨量約為49.5毫米，日雨量約為151.5毫米(7月19日)，達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區大湖站2015年8月主要降雨時段之時雨量如圖3-73所示，最大時雨量約為32.5毫米，日雨量約為122毫米(8月26日)，達到大雨標準。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-72 大湖站 2015 年 7 月 19 日降雨量歷線

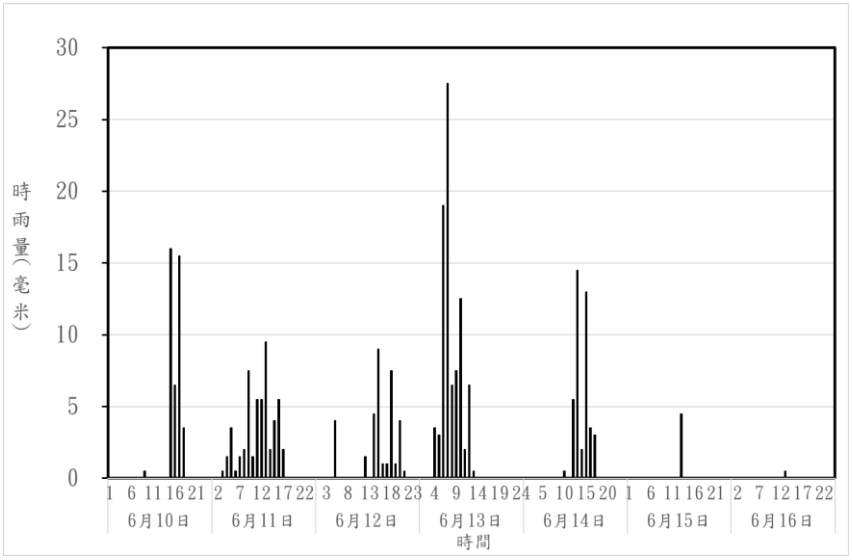


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-73 大湖站 2015 年 8 月 23 日至 9 月 2 日降雨量歷線

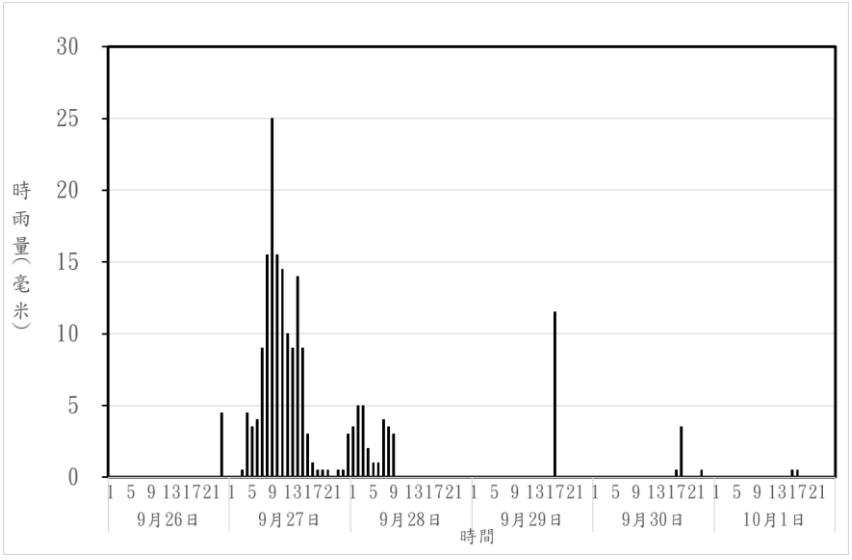
中央氣象局苗栗地區大湖站2016年6月主要降雨時段之時雨量如圖3-74所示，最大時雨量約為27.5毫米，日雨量約為88.5毫米(6月13日)，達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區大湖站2016年9月主要降雨時段之時雨量如圖3-75所示，最大時雨量約為25毫米，日雨量約為143.5毫米(9月27日)，達到大雨標準。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-74 大湖站 2016 年 6 月 10 日至 6 月 16 日降雨量歷線

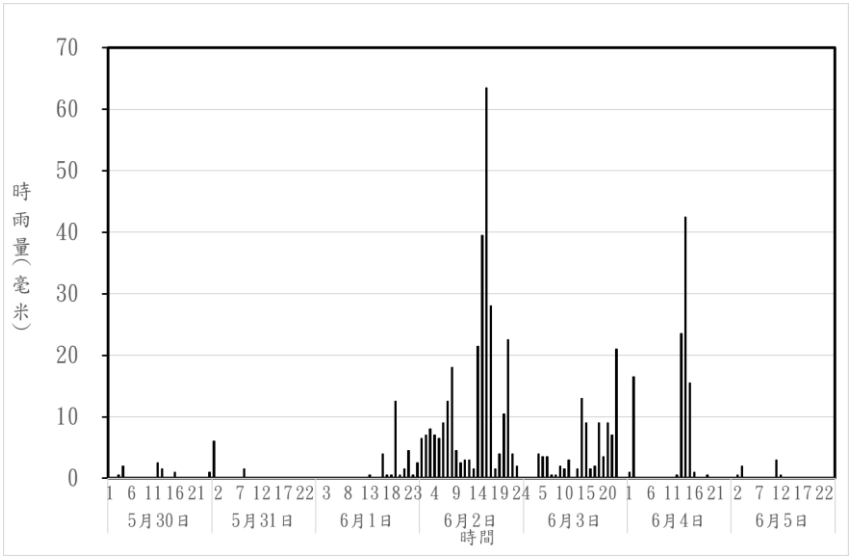


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-75 大湖站 2016 年 9 月 26 日至 10 月 1 日降雨量歷線

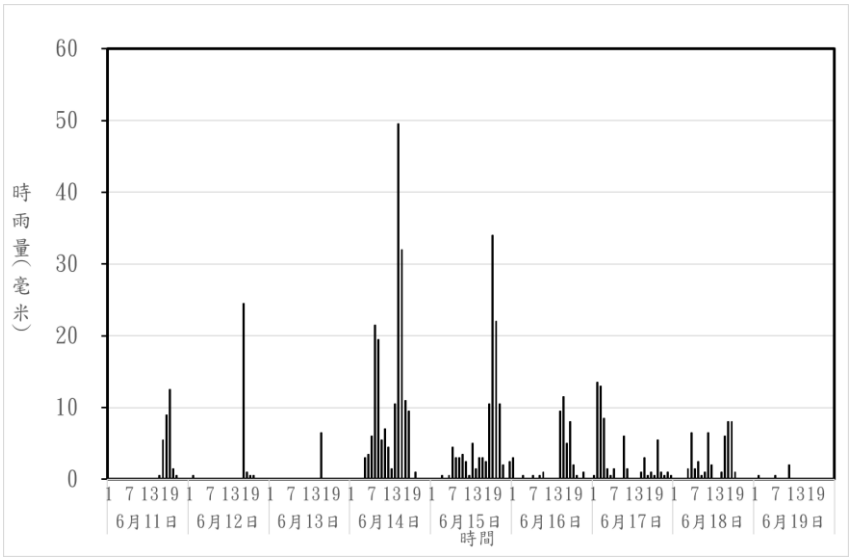
中央氣象局苗栗地區大湖站2017年6月上旬主要降雨時段之時雨量如圖3-76所示，最大時雨量約為63.5毫米，日雨量約為286毫米(6月2日)，達到豪雨標準。

中央氣象局苗栗地區大湖站2017年6月中旬主要降雨時段之時雨量如圖3-77所示，最大時雨量約為49.5毫米，日雨量約為185.5毫米(6月14日)，達到大雨標準。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-76 大湖站 2017 年 5 月 30 日至 6 月 5 日降雨量歷線

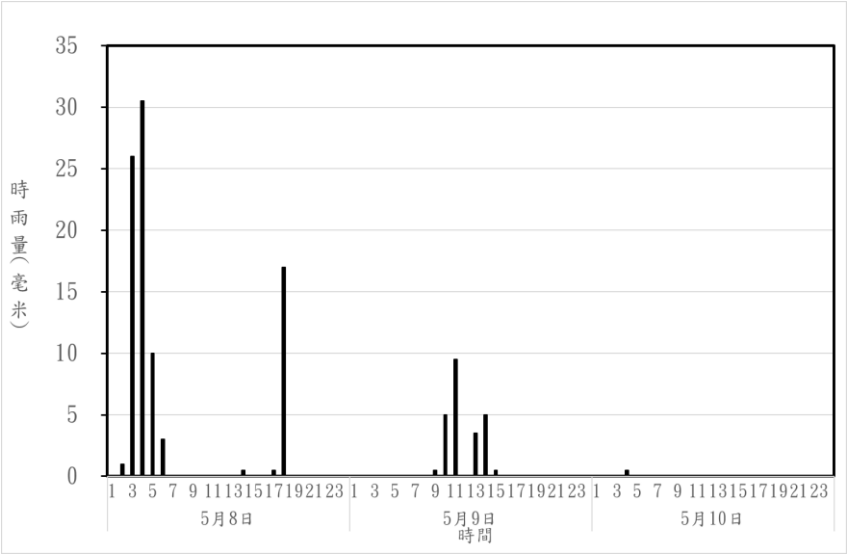


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-77 大湖站 2017 年 6 月 11 日至 6 月 19 日降雨量歷線

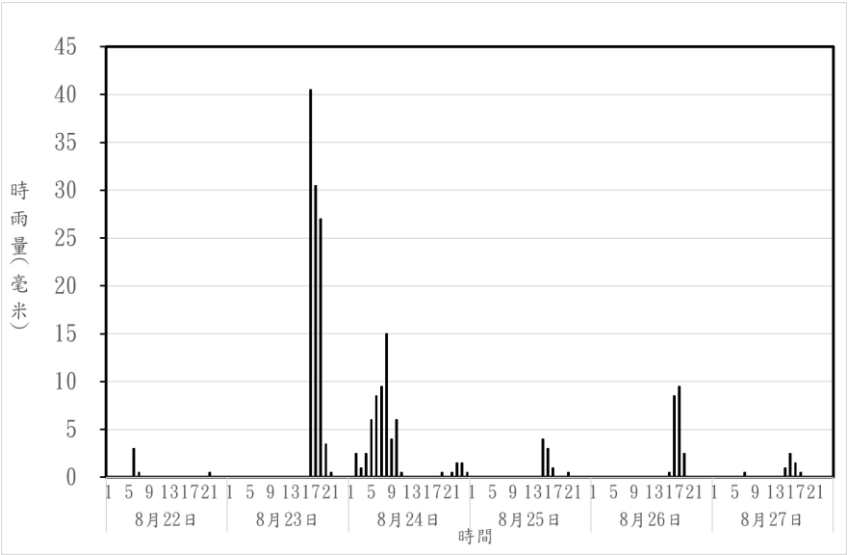
中央氣象局苗栗地區大湖站2018年5月主要降雨時段之時雨量如圖3-78所示，最大時雨量約為30.5毫米，日雨量約為88.5毫米(5月8日)，達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區大湖站2018年8月主要降雨時段之時雨量如圖3-79所示，最大時雨量約為40.5毫米，日雨量約為102毫米(8月23日)，達到大雨標準。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-78 大湖站 2018 年 5 月 8 日至 5 月 10 日降雨量歷線

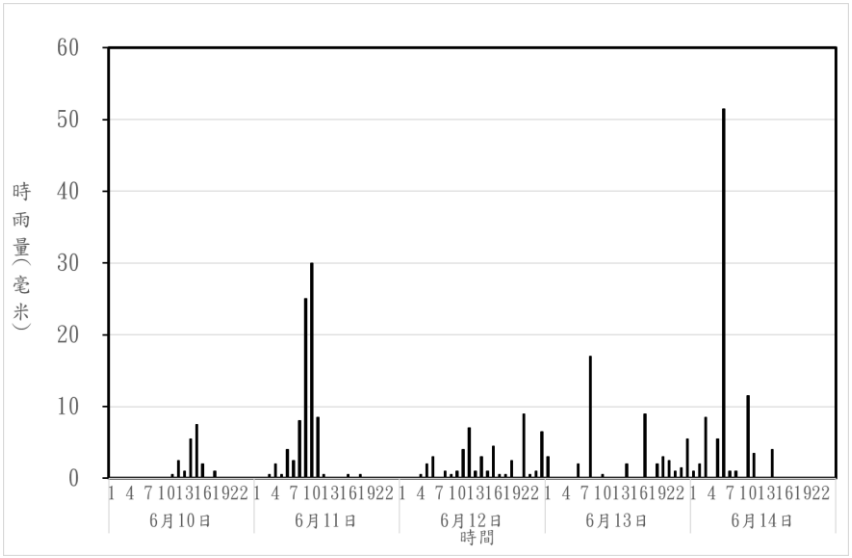


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-79 大湖站 2018 年 8 月 22 日至 8 月 27 日降雨量歷線

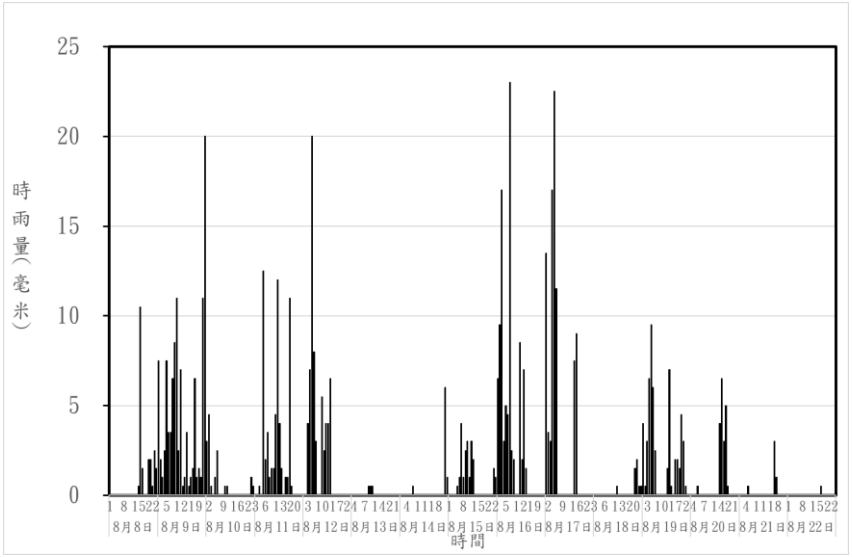
中央氣象局苗栗地區大湖站2019年6月主要降雨時段之時雨量如圖3-80所示，最大時雨量約為51.5毫米，日雨量約為89.5毫米(6月14日)，達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區大湖站2019年8月主要降雨時段之時雨量如圖3-81所示，最大時雨量約為23毫米，日雨量約為112毫米(8月9日)，達到大雨標準。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-80 大湖站 2019 年 6 月 10 日至 6 月 14 日降雨量歷線

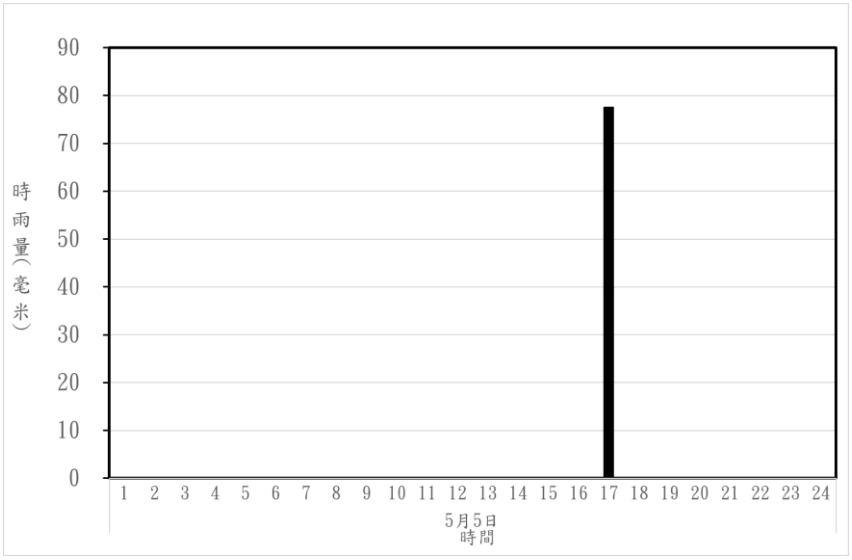


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-81 大湖站 2019 年 8 月 8 日至 8 月 22 日降雨量歷線

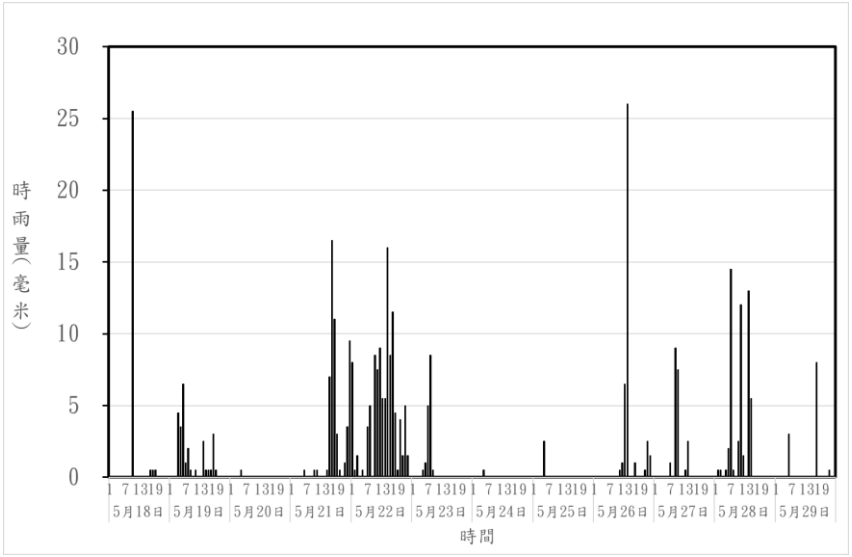
中央氣象局苗栗地區大湖站2020年5月上旬主要降雨時段之時雨量如圖3-82所示，最大時雨量約為77.5毫米，達到大雨標準，日雨量約為77.5毫米(5月5日)。

中央氣象局苗栗地區大湖站2020年5月下旬主要降雨時段之時雨量如圖3-83所示，最大時雨量約為26毫米，日雨量約為108毫米(5月22日)，達到大雨標準。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-82 大湖站 2020 年 5 月 5 日降雨量歷線

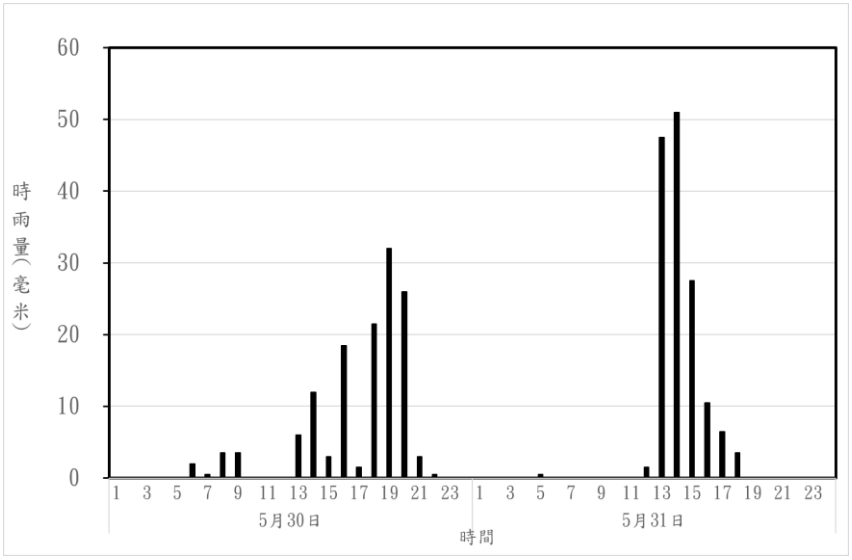


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-83 大湖站 2020 年 5 月 18 日至 5 月 29 日降雨量歷線

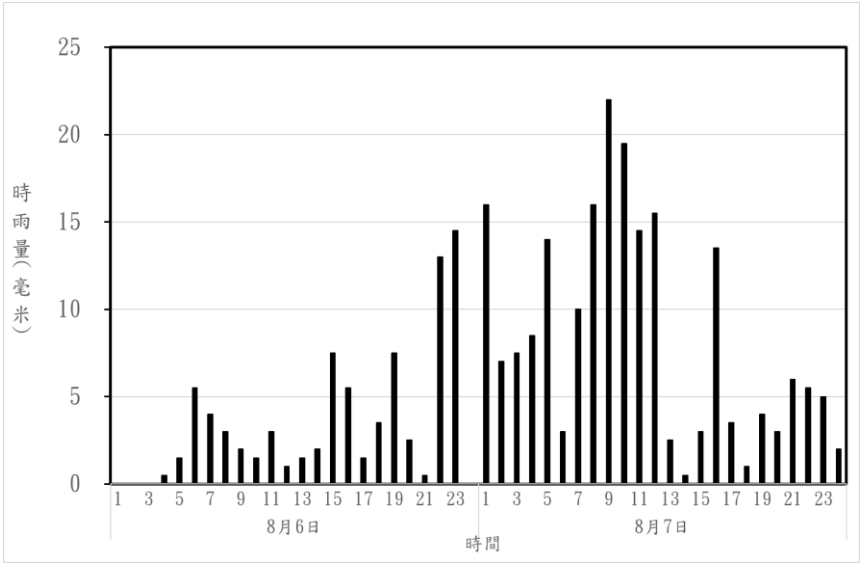
中央氣象局苗栗地區大湖站2021年5月主要降雨時段之時雨量如圖3-84所示，最大時雨量約為51毫米，達到大雨標準，日雨量約為148.5毫米(5月31日)。

中央氣象局苗栗地區大湖站2021年8月主要降雨時段之時雨量如圖3-85所示，最大時雨量約為22毫米，日雨量約為257.5毫米(8月7日)，達到豪雨標準。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-84 大湖站 2021 年 5 月 30 日至 5 月 31 日降雨量歷線



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-85 大湖站 2021 年 8 月 6 日至 8 月 7 日降雨量歷線

第四節 區域(集水區)農塘蓄水模式建立

本研究擬採用農塘水平衡模式(日本農林水產省，2018；簡傳彬，2020)，作為區域(集水區)農塘蓄水模擬分析之工具。日本農林水產省(2018)針對農塘滯洪過程，提出農塘流出的計算概念，整個農塘的計算依據水平衡的理論進行，分述如下：

本研究參考中港溪集水區之大荒埔埤、李屋埤、後龍溪上游集水區之後龍006、鯉魚潭集水區之鯉潭039等水位觀測資料。配合觀測水位站鄰近之中央氣象局雨量資料及水位觀測資料進行農塘水位模擬。

大荒埔埤及李屋埤之地理位置如圖3-16，其中大荒埔埤蓄水面積約為0.14公頃，集水面積約為0.5公頃，蓄水深度約為1.25m，堤岸高度約為3.00m；李屋埤蓄水面積約為0.365公頃，集水面積約為1.28公頃，蓄水深度約為1.30m，堤岸高度約為2.4m。

後龍溪上游集水區之後龍006之地理位置如圖3-17，其後龍006面積約為0.24公頃，集水面積約為1.58公頃，蓄水深度約為2.55m，堤岸高度約為3.35m。

鯉魚潭集水區之鯉潭039之地理位置如圖3-18，鯉潭039之蓄水面積約為0.36公頃，集水面積約為3.6公頃，蓄水深度約為1.6m，堤岸高度約為2.1m。

本研究參考日本農林水產省(2018)針對農塘滯洪過程，所提出農塘流出的計算概念，將整個農塘的計算依據水平衡的理論進行，分述如下：

(一)進流量計算

農塘進流量包括集水區上游進水量及農塘儲水面上的降雨量，農塘儲水面之進流量為降雨量乘以滿水面積。農塘集水區上游的進流量，該研究則參考杉山博信、角屋陸和永井明博(1988)之儲留係數法

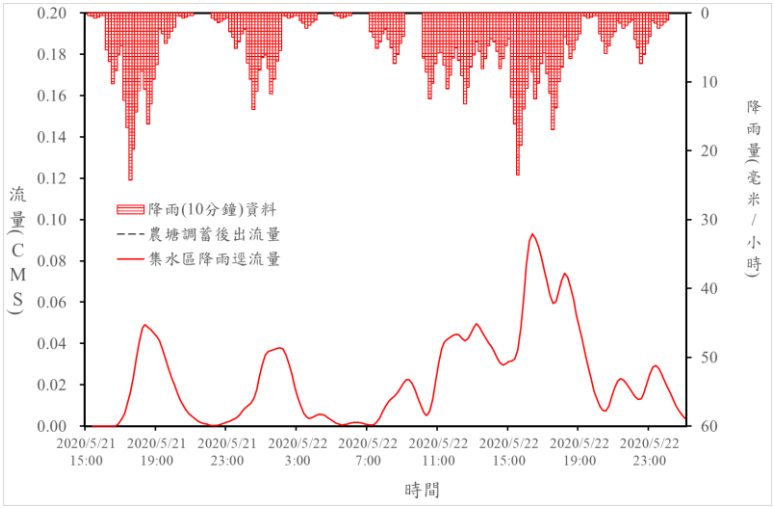
進行計算。如農塘另有渠道或涵管流入另行計算入流量。以鯉潭039農塘為例，以苗栗大湖站之降雨資料、集水面積、降雨逕流係數等，計算進流量如圖3-86所示

(二)出流量計算

依據農塘之出流設施，以堰流公式或相關公式計算出流量。水位觀測資料依據所設置之水位計資料獲得，本觀測水位時並無溢流產生，如圖3-86(常水位及高水位有出流量產生，詳圖3-88及圖3-90)。

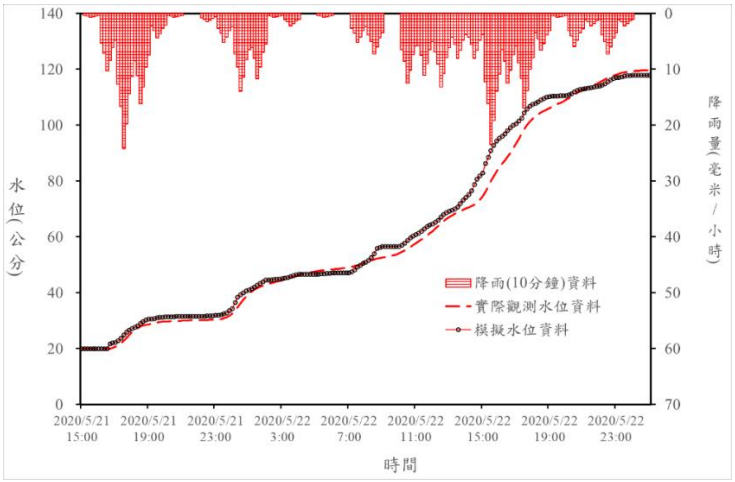
(三)農塘水位變化

依計算期距(如10分鐘)以前述進出流量進行農塘儲蓄變化量之計算，再換算成農塘水位。如圖3-87、3-89、3-91所示。



資料來源：簡傳彬(2020)

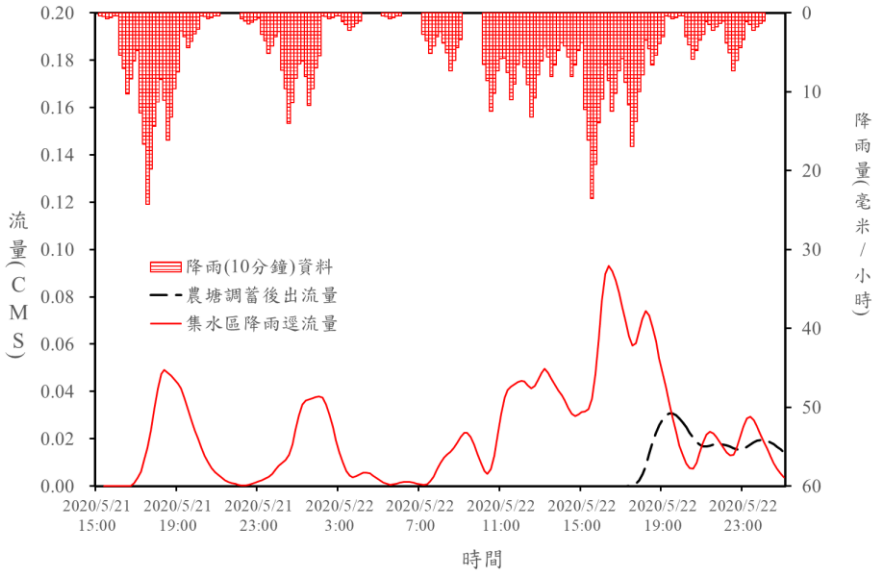
圖 3-86 鯉潭 039 2020 年農塘觀測水位之蓄水模擬(一)



資料來源：簡傳彬(2020)

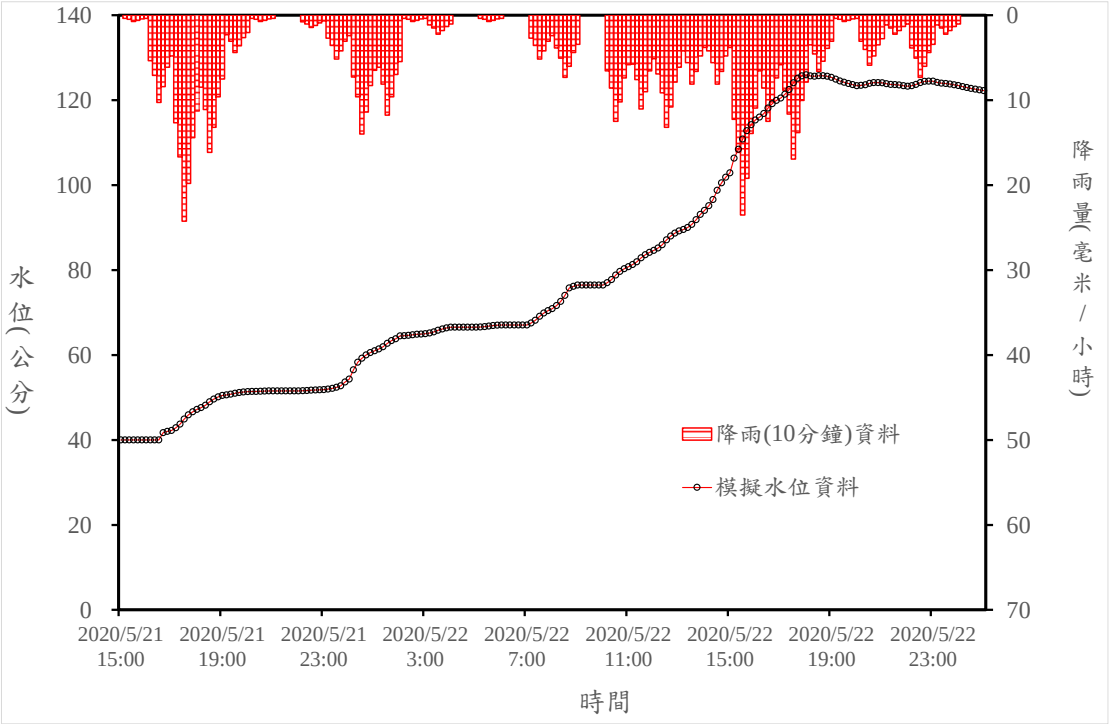
圖 3-87 鯉潭 039 2020 年農塘觀測水位之蓄水模擬(二)

簡傳彬(2020)調整起始水位，進行不同水位(常水位及高水位)之模擬，如圖3-88~3-91所示。



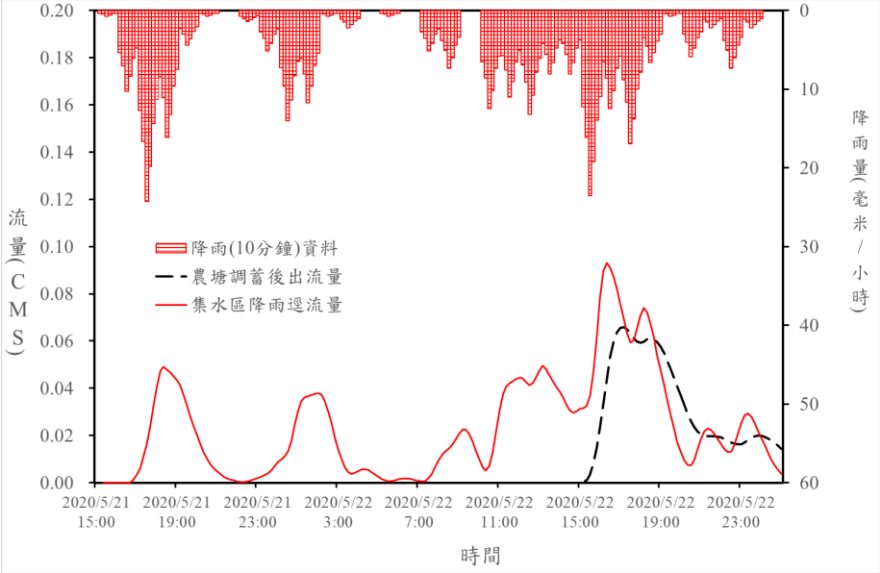
資料來源：簡傳彬(2020)

圖 3-88 鯉潭 039 農塘(常水位) 2020 年之蓄水模擬(一)



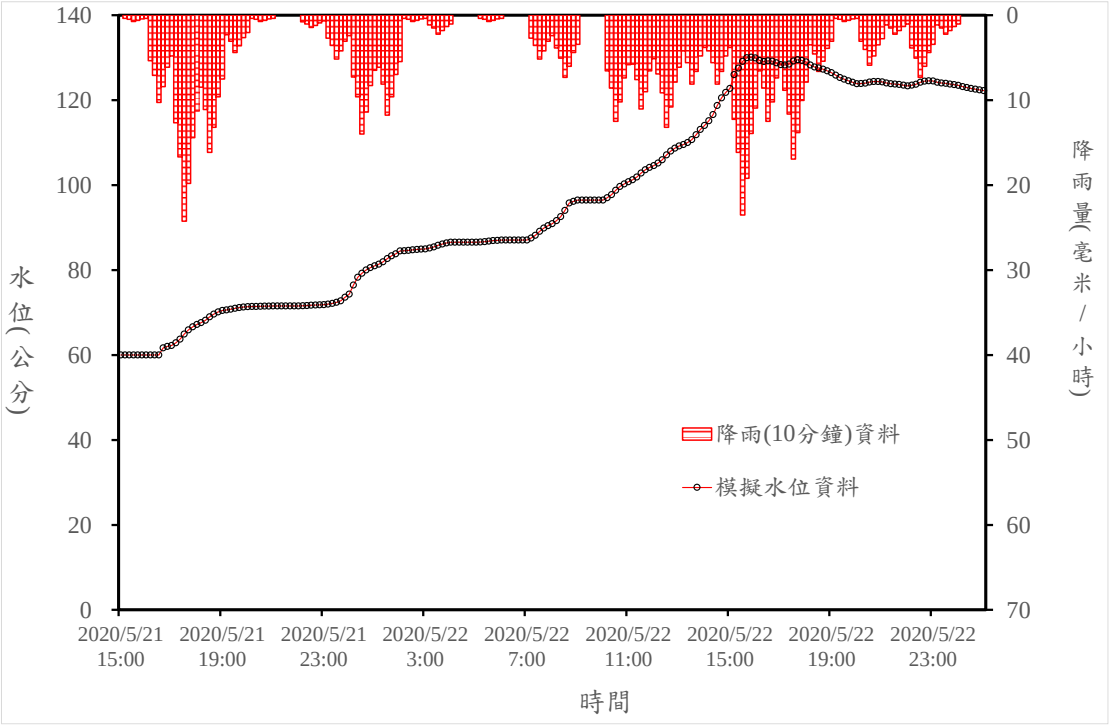
資料來源：簡傳彬(2020)

圖 3-89 鯉潭 039 農塘(常水位) 2020 年之蓄水模擬(二)



資料來源：簡傳彬(2020)

圖 3-90 鯉潭 039 農塘(高水位) 2020 年之蓄水模擬(一)



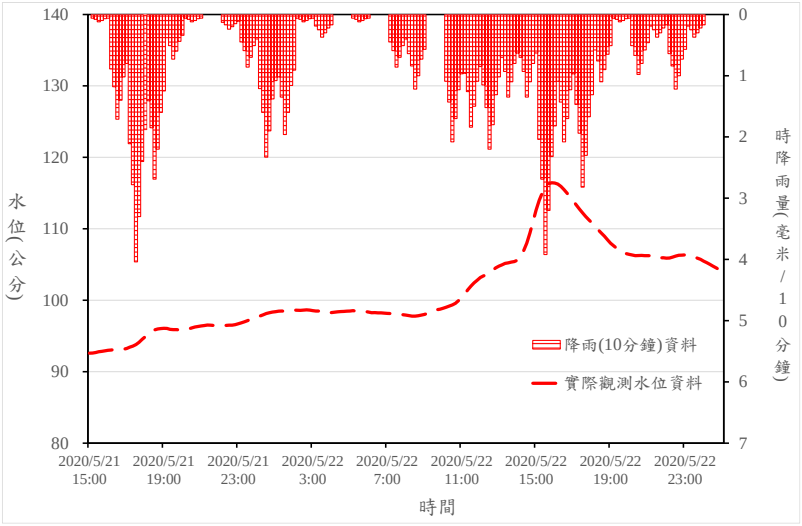
資料來源：簡傳彬(2020)

圖 3-91 鯉潭 039 農塘(高水位) 2020 年之蓄水模擬(二)

大荒埔埤、李屋埤、後龍006、鯉潭039等站之觀測水位資料、降雨量及模擬水位資料如圖3-92~3-99所示。

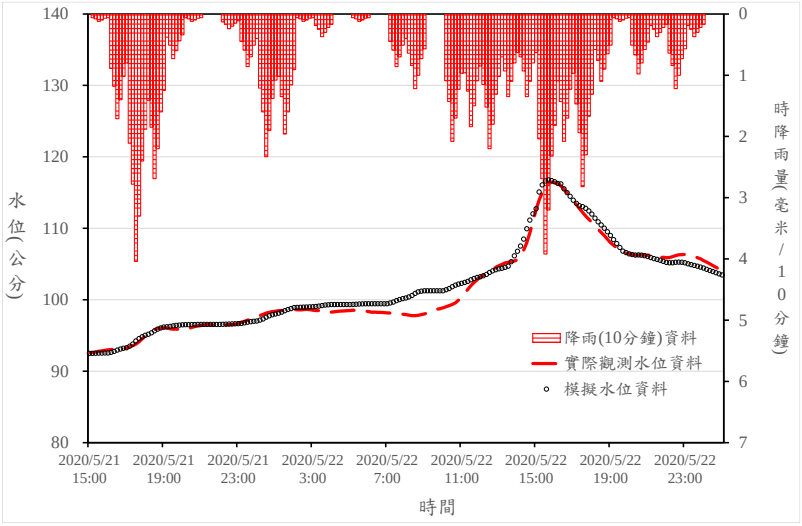
本研究以10分鐘為模擬期距，將中央氣象局大河氣象站之雨量紀錄以中央式降雨雨型分布轉為10分鐘降雨形式，與中港溪集水區三灣北埔村之大荒埔埤2020/05/21：1500~2020/05/23：0100之水位觀測資料如圖3-92所示。最高水位約為116公分。

中港溪集水區三灣北埔村之大荒埔埤之模擬結果與降雨量及中港溪集水區三灣北埔村之大荒埔埤2020/05/21:1500~2020/05/23:0100之水位觀測資料如圖3-93所示。最高水位約為116公分。



資料來源：簡傳彬(2020)

圖 3-92 中港溪集水區大荒埔埤 2020 年農塘蓄水分析(一)



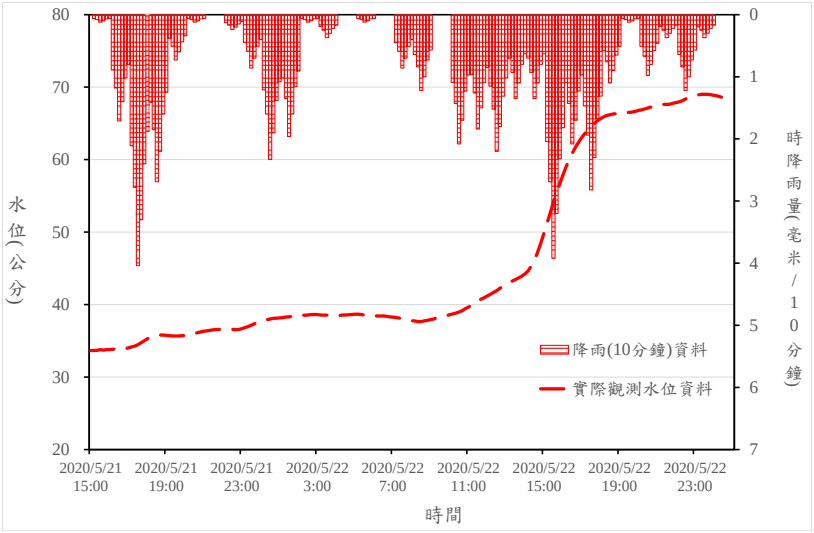
資料來源：簡傳彬(2020)

備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指 2020 年觀測資料。

圖 3-93 中港溪集水區大荒埔埤 2020 年農塘蓄水分析(二)

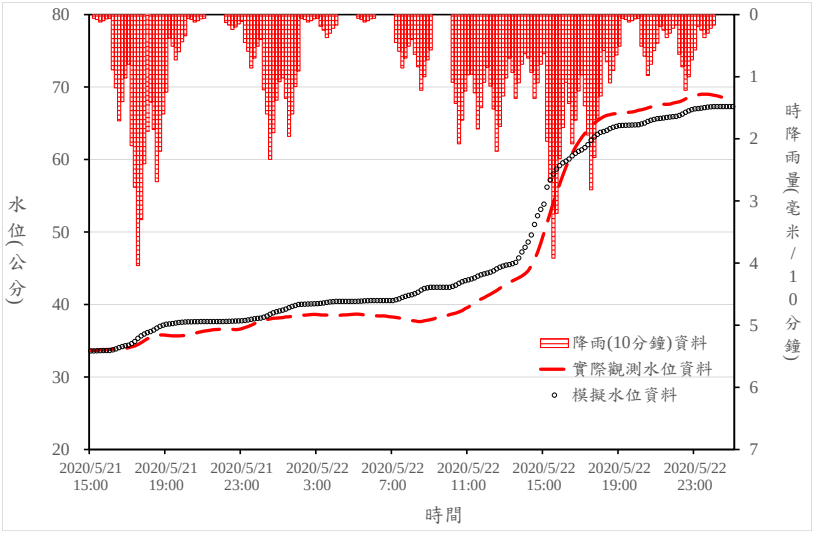
本研究以10分鐘為模擬期距，將中央氣象局大河氣象站之雨量紀錄以中央式降雨雨型分布轉為10分鐘降雨形式，與中港溪集水區三灣北埔村之李屋埤2020/05/21：1500~2020/05/23：0100之水位觀測資料如圖3-94所示。最高水位約為68公分。

中港溪集水區三灣北埔村之李屋埤之模擬結果與降雨量及中港溪集水區三灣北埔村之李屋埤2020/05/21：1500~2020/05/23：0100之水位觀測資料如圖3-95所示。最高水位約為68公分。



資料來源：簡傳彬(2020)

圖 3-94 中港溪集水區李屋埤 2020 年農塘蓄水分析(一)



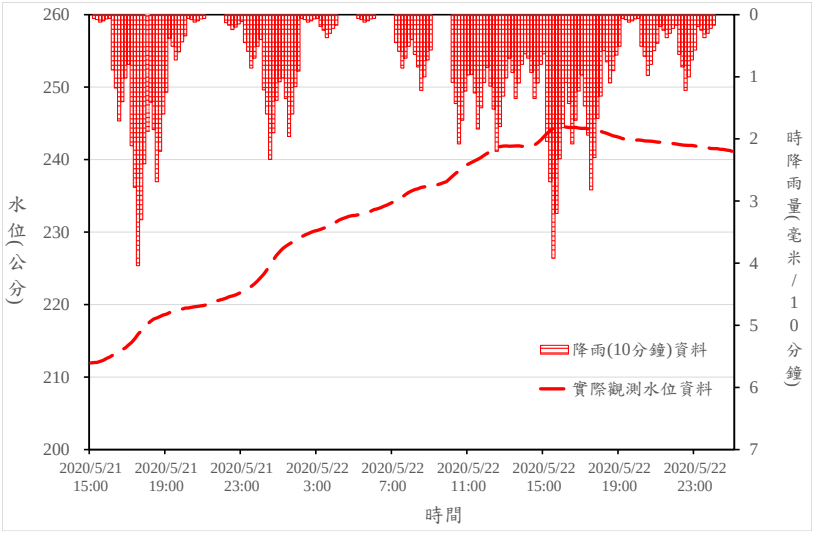
資料來源：簡傳彬(2020)

備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指 2020 年觀測資料。

圖 3-95 中港溪集水區李屋埤 2020 年農塘蓄水分析(二)

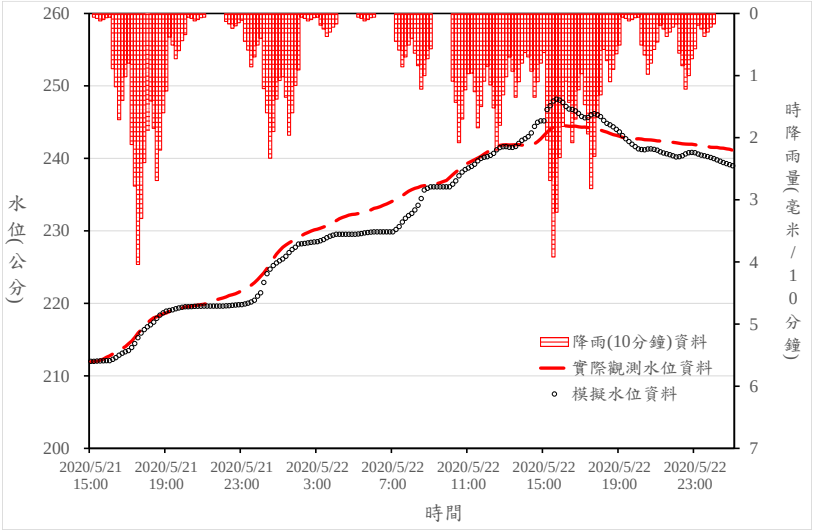
本研究以10分鐘為模擬期距，將中央氣象局大湖氣象站之雨量紀錄以中央式降雨雨型分布轉為10分鐘降雨形式，與後龍溪上游集水區後龍006農塘2020/05/21：1500~2020/05/23：0100之水位觀測資料如圖3-96所示。最高水位約為245公分。

後龍溪上游集水區後龍006農塘之模擬結果與降雨量及後龍溪上游集水區後龍006農塘2020/05/21：1500~2020/05/23：0100之水位觀測資料如圖3-97所示。最高水位約為245公分。



資料來源：簡傳彬(2020)

圖 3-96 後龍溪上游集水區後龍 006 2020 年農塘蓄水分析(一)



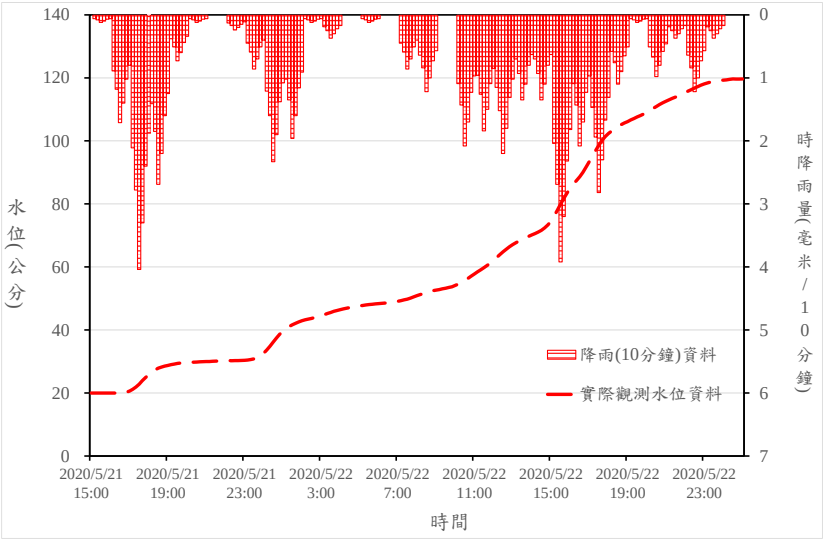
資料來源：簡傳彬(2020)

備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指 2020 年觀測資料。

圖 3-97 後龍溪上游集水區後龍 006 2020 年農塘蓄水分析(二)

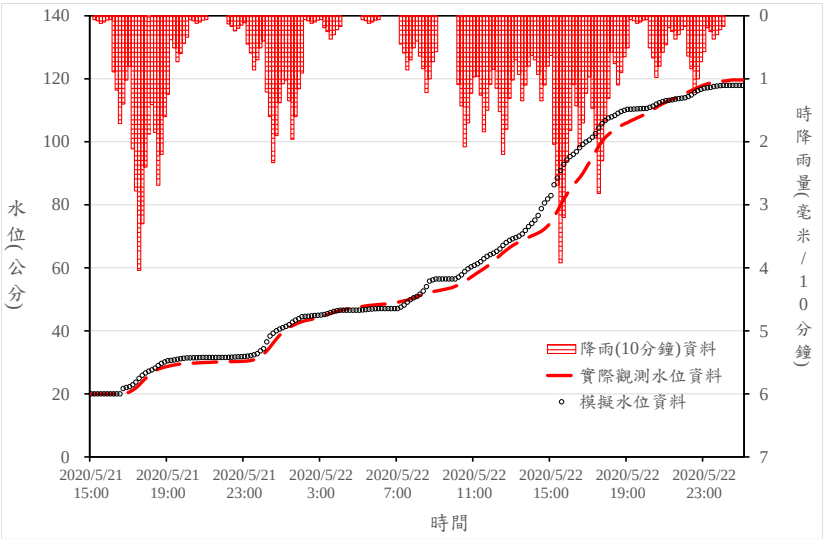
本研究以10分鐘為模擬期距，將中央氣象局大湖氣象站之雨量紀錄以中央式降雨雨型分布轉為10分鐘降雨形式，與鯉魚潭集水區鯉潭039農塘2020/05/21：1500~2020/05/23：0100之水位觀測資料如圖3-98所示。最高水位約為120公分。

鯉魚潭集水區鯉潭039農塘之模擬結果與降雨量及鯉魚潭集水區鯉潭039農塘2020/05/21：1500~2020/05/23：0100之水位觀測資料如圖3-99所示。最高水位約為120公分。



資料來源：簡傳彬(2020)

圖 3-98 鯉魚潭集水區鯉潭 039 2020 年農塘蓄水分析(一)



資料來源：簡傳彬(2020)

備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指 2020 年觀測資料。

圖 3-99 鯉魚潭集水區鯉潭 039 2020 年農塘蓄水分析(二)

綜合前述模擬結果，由圖3-87、3-93、3-95、3-97及3-99依據模擬水位及觀測水位間，不論最高水位及水位變化歷程之比對，前述農塘水平衡於本研究所探討之農塘區域適用性極佳。

第五節 區域(集水區)在地滯洪蓄水操作模式建立

對於區域在地滯洪，考量本研究以山坡地之農村為主，其在地滯洪場域將以農田為主，因此本研究採用農田水平衡模式，作為區域(集水區) 在地滯洪蓄水操作水模擬分析之工具。

參考簡傳彬、方文村、梁榮元(2019)之研究，如欲利用農田蓄水提高對區域滯洪之效益，應充分利用現有之田埂高度，掌握其所能儲蓄之水量，並著重於調洪蓄水功能。分析方法則須先建立一水平衡模式，以做為效益評估量化之依據。主要工作方法如下：

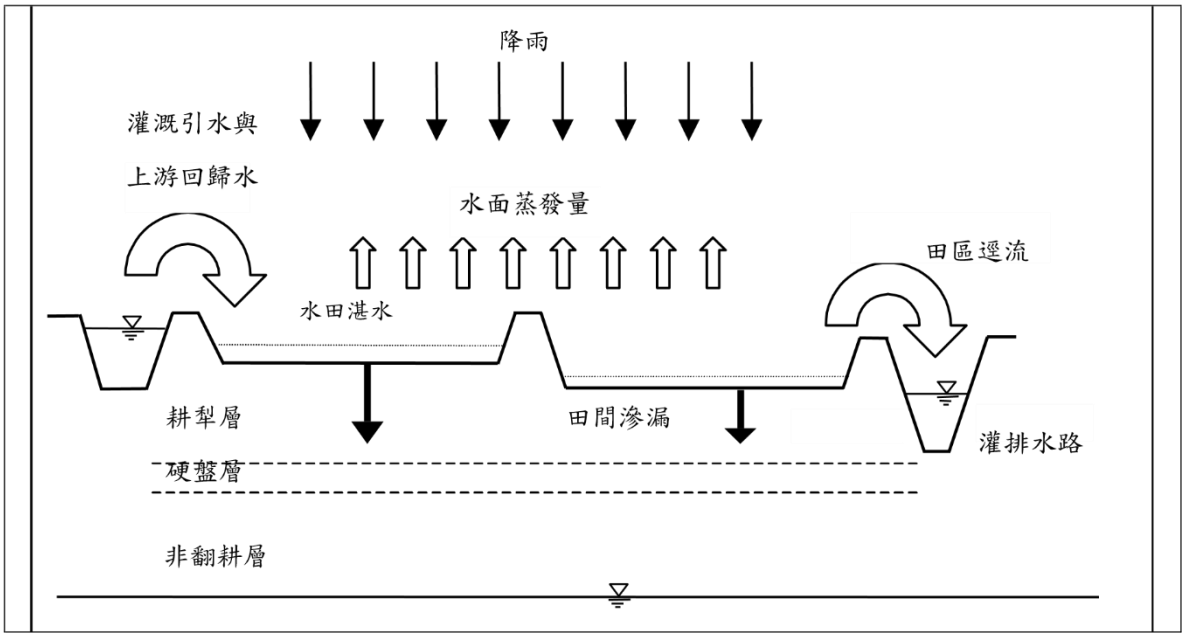
(一)建立農田蓄水之水平衡模式

梯田蓄水對調洪蓄水有其相當之功效，主要在於充分利用現有之田埂高度蓄存降雨逕流量，進而降低下游洪峰流量。水田之入滲水受地心引力作用垂直向下運動過程中，如於透水性較低之土層或不透水岩盤存在時，可能在該層上方蓄積形成「淺層地下水」，或順著該不透水層面側向流動形成「伏流水」，如繼續流出至水位較低之排水路或河川，則形成回歸水，對安定河川流況有很大幫助。

於梯田系統中之水文循環(如圖3-100)，可以入流量減去出流量等於貯蓄變化量的方程式來表示，一般農田蓄水水平衡方程式如下所示：

$$I - O = \frac{dS_f}{dt} \quad (1)$$

式中，I為入流量(包括降雨量、地表水入流量與地下水入流量)；O為出流量(包括蒸發量、地表水出流量與地下水出流量)；t為時間；S_f為田間儲蓄水量(包括田間湛水量與土壤水分含量)。



資料來源：簡傳彬，2002、2006、2016。

圖 3-100 梯田蓄水水收支平衡示意圖

上式之水平衡方程式涵蓋地面水及地下水系統。一般水田水平衡分析之各項機制，包括降雨、蒸發量、引水灌溉等。當以休耕期間「田坵蓄水」為控制體積(硬盤層以上部分)時，則對某一特定時段之水平衡方程式如(2)所示。

$$P+IN+R^{u}-ET-DF-R=\Delta S_f \quad (2)$$

式中，

P為降雨量；

IN為灌溉引水量；

R^u為上游田區逕流入流量；

ET為水面蒸發量；

DF為田間深層滲漏量(地下水補注量)；

R為田區逕流出流量；

$\triangle S_f$為田間貯蓄變化量，包括田間湛水變化量與土壤水分變化量。

一般而言，降雨量及灌溉引水量可由現場量測獲得，蒸發量可參考關經驗公式加以估算。有關潛勢蒸發散量(ET_0)之推估，採用Hamon或Penman公式計算，Hamon (1961)提出的方程式如下：

$$ET_0 = \frac{0.21T_h^2 et}{Tt+273} \quad (3)$$

式中

$$et = 33.8639\left[(0.00738Tt+0.8072)8-0.000019(1.8Tt+48)+0.001316\right] \quad ,T_t \geq 0 \quad (4)$$

T_h為每天日照時數(hours)；

e_t為飽和水蒸氣壓(millibar)；

T_i為溫度(℃)。

考量本計畫以在地滯洪為目的，式(2)之蒸發散量及入滲量等在豪雨期間因時間較短並為使滯洪效益之計算較為保守，蒸發散量及入滲量建議忽略不計，故修正水平衡方程式如式(5)，唯式中之灌溉引水量，因豪雨時不會進行灌溉，修正為上游入流量可作為在地滯洪之引入水量。

$$P + IN + R^u - R = \Delta S_f \quad (5)$$

(二)農塘及農田滯洪效益評估

農塘及農田之在地滯洪效益將以洪峰削減量及洪峰削減率來評估農塘或農田對滯洪之效益。洪峰削減量係指由於農塘或農田調蓄所造成下游逕流量之減少值如圖3-101所示。

$$Q_r = Q_n - Q_p \quad (6)$$

$$Q_r^R = \frac{Q_n - Q_p}{Q_n} \quad (7)$$

式中，

Q_r為洪峰削減量；

Q_n為集水區降雨尖峰逕流量；

Q_p為農塘或農田調蓄後尖峰逕流量；

Q_r^R為洪峰削減量。

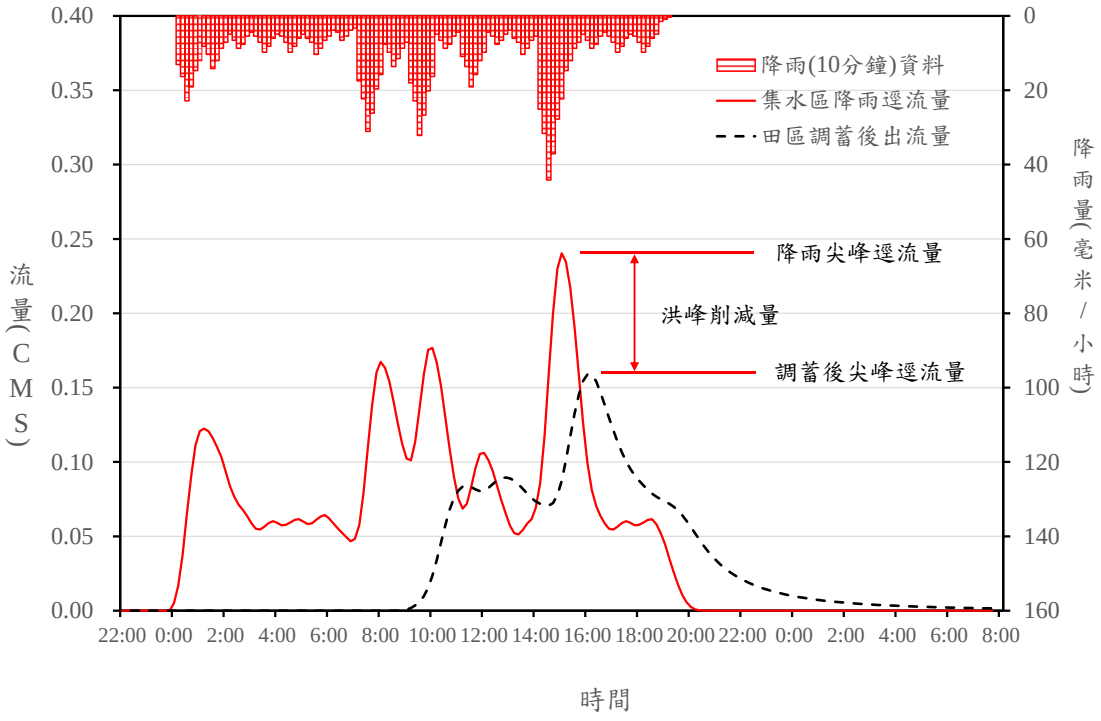


圖 3-101 梯田蓄水降低逕流量分析

第四章 農塘結合在地滯洪蓄水操作情境分析

本章所要進行的工作包括以下4項：

1.案例區域之情境研擬。

經由現地訪談與資料分析，擬定區域(集水區)農塘合在地滯洪蓄水操作情境。詳如第四章第一節。

2. 區域(集水區)農塘操作情境精進分析。

本研究採用所建立之農塘水平衡模式，延續2020年之計畫成果，並參考相關專家之建議，進行區域(集水區)農塘操作情境精進分析。詳如第四章第二節。

3.區域(集水區)在地滯洪蓄水情境分析。

本研究採用所建立之梯田水平衡模式，進行區域(集水區)在地滯洪蓄水操作情境分析。詳如第四章第三節。

4.區域(集水區)農塘結合在地滯洪蓄水情境分析。

本研究採用所建立之農塘水平衡模式、梯田水平衡模式，進行區域(集水區)農塘結合在地滯洪蓄水操作情境分析。詳如第四章第四節。

第一節 案例區域之情境研擬

經由前述資料分析與現地訪談，擬定區域(集水區)農塘結合在地滯洪操作情境。由於農塘原以灌溉為目的，其滯洪功能係在維持既有供給農業用水功能下進行，在地滯洪以梯田為場域，以農業生產為目的。參考相關文獻之降雨強度重現期距區分為2年、5年、10年、25年、50年等。降雨延時在考量短延時強降雨之情境下，以1小時(60分鐘)、2小時(120分鐘)、3小時(180分鐘)及24小時 (1440分鐘)為模擬情境。農塘滯洪操作水位區分為低水位、高水位及常水位等情境研擬。在地

滯洪場域(梯田)區分為田區低水位、高水位、常水位、田埂缺口提高至12公分、20公分及改良型提高田埂缺口高度至12、20及25公分等情境。

台灣目前農田田埂高度約為20~30公分，依據行政院農業委員會過去推動休耕田試辦蓄水計畫，實施的原則為田埂高度為20公分以上，並將田埂缺口填封至高度12公分以上，故以提高田埂缺口高度12公分為方案4。

田埂缺口高度提高至20公分，係參考經濟部水利署109年在地滯洪補償試辦計畫，該計畫透過安裝水田排水出口閘調整板，以可滯蓄的高度20公分計算。故本計畫以提高田埂缺口高度至20公分為方案5。

前述經濟部水利署之109年在地滯洪試辦計畫之提高田埂缺口高度至20公分，係在提高田埂高度為30公分之條件下進行。

為避免提高田埂缺口高度造成農田長期淹水，因此需設置低逕流排放口，經考量低逕流排放之方式，修正提高田埂缺口高度之方式，另提出提高田埂高度至12、20公分之改良型，分別為方案6及7；另配合經濟部水利署110年7月26日公告之在地滯洪獎勵及補償作業要點，將可滯水深度提高至25公分。提出提高田埂缺口高度滯25公分之改良型，為方案8。

中港溪集水區之三聯埤，採用中央氣象局大河站之年降雨量進行不同降雨延時與重現期距之降雨強度分析，大河站降雨強度如表4-1所示。另延續2020年計畫成果針對2020年之鯉魚潭集水區鯉潭039農塘及後龍溪上游集水區後龍006農塘進行精進分析，此兩農塘採用中央氣象局大湖站之年降雨量進行不同降雨延時與重現期距之降雨強度分析，大湖站降雨強度如表4-2所示。

依據前述所擬定之模擬情境如表4-3~4-13所示，考量苗栗地區農

塘面積與蓄水量，相較於水庫等屬小型蓄水構造物。建議農塘操作儘量簡單。即農塘操作以既有溢流堰與放流口等進行溢流與放流的操作。表4-3為農塘低水位之模擬情境，係以本研究設置水位計後所量測之農塘起始水位為低水位，表4-4之高水位係以本研究設置水位計後所量測之大雨後所維持之平均值為高水位，表4-5常水位為觀測水位之眾數，約為前述高水位往下20~30公分或溢流堰往下20~30公分為模擬起始水位。表4-6為梯田(在地滯洪區域)之田面湛水深為0公分時之低水位情境，表4-7為梯田之田面湛水深依生長期之最大水深6公分為高水位情境，表4-8為梯田之田面水深依生長期之田面湛水深為2公分時之常水位情境，表4-9為將田埂缺口高度提高至12公分，表4-10為將田埂缺口高度提高至20公分進行模擬。表4-11為提高田埂缺口高度至12公分之改良型情境。表4-12為提高田埂缺口高度至20公分之改良型情境。表4-13為提高田埂缺口高度至25公分之改良型情境。

表 4-1 中港溪集水區不同降雨延時及重現期距之降雨強度

單位：mm/hr

重現期距及降雨延時	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
1 小時	60.64	72.25	81.04	92.64	101.43
2 小時	46.45	55.34	62.07	70.96	77.68
3 小時	38.52	45.89	51.47	58.84	64.42
24 小時	11.89	14.17	15.89	18.17	19.89

表 4-2 後龍溪上游及鯉魚潭集水區不同降雨延時及重現期距之降雨強度

單位：mm/hr

重現期距及降雨延時	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
1 小時	64.39	76.56	85.77	97.95	107.16
2 小時	50.13	59.61	66.78	76.26	83.43
3 小時	42.05	50.00	56.02	63.97	69.98
24 小時	13.95	16.59	18.59	21.23	23.22

表 4-3 農塘低水位情境代號

農塘滯洪操作水位	降雨延時	重現期距	情境代號	農塘滯洪操作水位	降雨延時	重現期距	情境代號
低水位	1小時	2年	農-低-1-2	低水位	3小時	2年	農-低-3-2
		5年	農-低-1-5			5年	農-低-3-5
		10年	農-低-1-10			10年	農-低-3-10
		25年	農-低-1-25			25年	農-低-3-25
		50年	農-低-1-50			50年	農-低-3-50
	2小時	2年	農-低-2-2		24小時	2年	農-低-24-2
		5年	農-低-2-5			5年	農-低-24-5
		10年	農-低-2-10			10年	農-低-24-10
		25年	農-低-2-25			25年	農-低-24-25
		50年	農-低-2-50			50年	農-低-24-50

表 4-4 農塘高水位情境代號

農塘滯洪操作水位	降雨延時	重現期距	情境代號	農塘滯洪操作水位	降雨延時	重現期距	情境代號
高水位	1小時	2年	農-高-1-2	高水位	3小時	2年	農-高-3-2
		5年	農-高-1-5			5年	農-高-3-5
		10年	農-高-1-10			10年	農-高-3-10
		25年	農-高-1-25			25年	農-高-3-25
		50年	農-高-1-50			50年	農-高-3-50
	2小時	2年	農-高-2-2		24小時	2年	農-高-24-2
		5年	農-高-2-5			5年	農-高-24-5
		10年	農-高-2-10			10年	農-高-24-10
		25年	農-高-2-25			25年	農-高-24-25
		50年	農-高-2-50			50年	農-高-24-50

表 4-5 農塘常水位情境代號

農塘滯洪操作水位	降雨延時	重現期距	情境代號	農塘滯洪操作水位	降雨延時	重現期距	情境代號
常水位	1小時	2年	農-常-1-2	常水位	3小時	2年	農-常-3-2
		5年	農-常-1-5			5年	農-常-3-5
		10年	農-常-1-10			10年	農-常-3-10
		25年	農-常-1-25			25年	農-常-3-25
		50年	農-常-1-50			50年	農-常-3-50
	2小時	2年	農-常-2-2		24小時	2年	農-常-24-2
		5年	農-常-2-5			5年	農-常-24-5
		10年	農-常-2-10			10年	農-常-24-10
		25年	農-常-2-25			25年	農-常-24-25
		50年	農-常-2-50			50年	農-常-24-50

表 4-6 在地滯洪低水位情境代號

田面湛水深或田埂缺口高度	降雨延時	重現期距	情境代號	田面湛水深或田埂缺口高度	降雨延時	重現期距	情境代號
低水位	1小時	2年	滯-低-1-2	低水位	3小時	2年	滯-低-3-2
		5年	滯-低-1-5			5年	滯-低-3-5
		10年	滯-低-1-10			10年	滯-低-3-10
		25年	滯-低-1-25			25年	滯-低-3-25
		50年	滯-低-1-50			50年	滯-低-3-50
	2小時	2年	滯-低-2-2		24小時	2年	滯-低-24-2
		5年	滯-低-2-5			5年	滯-低-24-5
		10年	滯-低-2-10			10年	滯-低-24-10
		25年	滯-低-2-25			25年	滯-低-24-25
		50年	滯-低-2-50			50年	滯-低-24-50

表 4-7 在地滯洪高水位情境代號

田面湛水深或田埂缺口高度	降雨延時	重現期距	情境代號	田面湛水深或田埂缺口高度	降雨延時	重現期距	情境代號
高水位	1小時	2年	滯-高-1-2	高水位	3小時	2年	滯-高-3-2
		5年	滯-高-1-5			5年	滯-高-3-5
		10年	滯-高-1-10			10年	滯-高-3-10
		25年	滯-高-1-25			25年	滯-高-3-25
		50年	滯-高-1-50			50年	滯-高-3-50
	2小時	2年	滯-高-2-2		24小時	2年	滯-高-24-2
		5年	滯-高-2-5			5年	滯-高-24-5
		10年	滯-高-2-10			10年	滯-高-24-10
		25年	滯-高-2-25			25年	滯-高-24-25
		50年	滯-高-2-50			50年	滯-高-24-50

表 4-8 在地滯洪常水位情境代號

田面湛水深或田埂缺口高度	降雨延時	重現期距	情境代號	田面湛水深或田埂缺口高度	降雨延時	重現期距	情境代號
常水位	1小時	2年	滯-常-1-2	常水位	3小時	2年	滯-常-3-2
		5年	滯-常-1-5			5年	滯-常-3-5
		10年	滯-常-1-10			10年	滯-常-3-10
		25年	滯-常-1-25			25年	滯-常-3-25
		50年	滯-常-1-50			50年	滯-常-3-50
	2小時	2年	滯-常-2-2		24小時	2年	滯-常-24-2
		5年	滯-常-2-5			5年	滯-常-24-5
		10年	滯-常-2-10			10年	滯-常-24-10
		25年	滯-常-2-25			25年	滯-常-24-25
		50年	滯-常-2-50			50年	滯-常-24-50

表 4-9 豪雨特報提高田埂缺口至 12 公分情境代號

田面湛水深或田埂缺口高度	降雨延時	重現期距	情境代號	田面湛水深或田埂缺口高度	降雨延時	重現期距	情境代號
提高田埂缺口至12公分	1小時	2年	滯-12-1-2	提高田埂缺口至12公分	3小時	2年	滯-12-3-2
		5年	滯-12-1-5			5年	滯-12-3-5
		10年	滯-12-1-10			10年	滯-12-3-10
		25年	滯-12-1-25			25年	滯-12-3-25
		50年	滯-12-1-50			50年	滯-12-3-50
	2小時	2年	滯-12-2-2		24小時	2年	滯-12-24-2
		5年	滯-12-2-5			5年	滯-12-24-5
		10年	滯-12-2-10			10年	滯-12-24-10
		25年	滯-12-2-25			25年	滯-12-24-25
		50年	滯-12-2-50			50年	滯-12-24-50

表 4-10 豪雨特報提高田埂缺口至 20 公分情境代號

田面湛水深或田埂缺口高度	降雨延時	重現期距	情境代號	田面湛水深或田埂缺口高度	降雨延時	重現期距	情境代號
提高田埂缺口至20公分	1小時	2年	滯-20-1-2	提高田埂缺口至20公分	3小時	2年	滯-20-3-2
		5年	滯-20-1-5			5年	滯-20-3-5
		10年	滯-20-1-10			10年	滯-20-3-10
		25年	滯-20-1-25			25年	滯-20-3-25
		50年	滯-20-1-50			50年	滯-20-3-50
	2小時	2年	滯-20-2-2		24小時	2年	滯-20-24-2
		5年	滯-20-2-5			5年	滯-20-24-5
		10年	滯-20-2-10			10年	滯-20-24-10
		25年	滯-20-2-25			25年	滯-20-24-25
		50年	滯-20-2-50			50年	滯-20-24-50

表 4-11 豪雨特報提高田埂缺口至 12 公分改良型情境代號

田面湛水深或田埂缺口高度	降雨延時	重現期距	情境代號	田面湛水深或田埂缺口高度	降雨延時	重現期距	情境代號
提高田埂缺口至20公分	1小時	2年	滯-12改-1-2	提高田埂缺口至20公分	3小時	2年	滯-12改-3-2
		5年	滯-12改-1-5			5年	滯-12改-3-5
		10年	滯-12改-1-10			10年	滯-12改-3-10
		25年	滯-12改-1-25			25年	滯-12改-3-25
		50年	滯-12改-1-50			50年	滯-12改-3-50
	2小時	2年	滯-12改-2-2		24小時	2年	滯-12改-24-2
		5年	滯-12改-2-5			5年	滯-12改-24-5
		10年	滯-12改-2-10			10年	滯-12改-24-10
		25年	滯-12改-2-25			25年	滯-12改-24-25
		50年	滯-12改-2-50			50年	滯-12改-24-50

表 4-12 豪雨特報提高田埂缺口至 20 公分改良型情境代號

田面湛水深或田埂缺口高度	降雨延時	重現期距	情境代號	田面湛水深或田埂缺口高度	降雨延時	重現期距	情境代號
提高田埂缺口至20公分	1小時	2年	滯-20改-1-2	提高田埂缺口至20公分	3小時	2年	滯-20改-3-2
		5年	滯-20改-1-5			5年	滯-20改-3-5
		10年	滯-20改-1-10			10年	滯-20改-3-10
		25年	滯-20改-1-25			25年	滯-20改-3-25
		50年	滯-20改-1-50			50年	滯-20改-3-50
	2小時	2年	滯-20改-2-2		24小時	2年	滯-20改-24-2
		5年	滯-20改-2-5			5年	滯-20改-24-5
		10年	滯-20改-2-10			10年	滯-20改-24-10
		25年	滯-20改-2-25			25年	滯-20改-24-25
		50年	滯-20改-2-50			50年	滯-20改-24-50

表 4-13 豪雨特報提高田埂缺口至 25 公分改良型情境代號

田面湛水深或田埂缺口高度	降雨延時	重現期距	情境代號	田面湛水深或田埂缺口高度	降雨延時	重現期距	情境代號
提高田埂缺口至20公分	1小時	2年	滯-25改-1-2	提高田埂缺口至20公分	3小時	2年	滯-25改-3-2
		5年	滯-25改-1-5			5年	滯-25改-3-5
		10年	滯-25改-1-10			10年	滯-25改-3-10
		25年	滯-25改-1-25			25年	滯-25改-3-25
		50年	滯-25改-1-50			50年	滯-25改-3-50
	2小時	2年	滯-25改-2-2		24小時	2年	滯-25改-24-2
		5年	滯-25改-2-5			5年	滯-25改-24-5
		10年	滯-25改-2-10			10年	滯-25改-24-10
		25年	滯-25改-2-25			25年	滯-25改-24-25
		50年	滯-25改-2-50			50年	滯-25改-24-50

第二節 區域(集水區)農塘操作情境精進分析

農塘蓄水模擬操作之情境精進分析採用第三章所建立之農塘蓄水模擬模式(參考第二章所述日本農林水產省之農塘水平衡模式)進行農塘蓄水模擬情境精進分析。在第三章已說明本研究為了解模式之適用性，配合本研究於中港溪集水區之大荒埔埤、李屋埤等農塘水位觀測資料及觀測水位站鄰近之中央氣象局雨量資料進行農塘水位模擬。

大荒埔埤及李屋埤之地理位置如圖3-16，其中大荒埔埤蓄水面積約為0.14公頃，集水面積約為0.5公頃，蓄水深度約為1.25m，堤岸高度約為3.00m；李屋埤蓄水面積約為0.365公頃，集水面積約為1.28公頃，蓄水深度約為1.30m，堤岸高度約為2.4m。

本研究參考日本農林水產省(2018)針對農塘滯洪過程，所提出農塘流出的計算概念，將整個農塘的計算依據水平衡的理論進行，分述如下：

(一)進流量計算

農塘進流量包括集水區上游進水量及農塘儲水面上的降雨量，農塘儲水面之進流量為降雨量乘以滿水面積。農塘集水區上游的進流量，則參考杉山博信、角屋陸和永井明博(1988)之儲留係數法進行計算。如農塘另有渠道或涵管流入另行計算入流量。

(二)出流量計算

依據農塘之出流設施，以堰流公式或相關公式計算出流量。水位觀測資料依據所設置之水位計資料獲得。

(三)農塘水位變化

依計算期距(如10分鐘)以前述進出流量進行農塘儲蓄變化量之計算，再換算成農塘水位。

綜合前述，農塘水平衡模式，可適合於本研究使用。故採用農塘水平衡模式進行情境分析。

情境分析之情境包括：降雨強度重現期距區以2年、5年、10年、25年、50年等。降雨延時在考量短延時強降雨之情境下，分為1小時、2小時、3小時及24小時等。農塘滯洪操作水位區分為低水位、高水位及常水位等進行情境研擬。本研究參考前期成果持續進行精進分析，本年度採用洪峰削減量及洪峰削減率以進行農塘之滯洪效益分析。

大荒埔埤低水位情境：中港溪集水區大荒埔埤農塘依前述表4-3之農-低-1-2~農-低-24-50之情境進行模擬，包括降雨強度重現期距區分為2年、5年、10年、25年、50年等。降雨延時在考量1、2、3、24小時之低水位模擬。模擬結果如附錄二之附圖2-1~2-20所示。附圖中之降雨資料以10分鐘為單位，如延時為60分鐘則有6個單位的降雨資料。農塘滯洪效益以洪峰削減量及洪峰削減率來表示。

大荒埔埤高水位情境：中港溪集水區大荒埔埤農塘依前述表4-4之農-高-1-2~農-高-24-50之情境進行模擬，包括降雨強度重現期距區分為2年、5年、10年、25年、50年等。降雨延時在考量1、2、3、24小時之高水位模擬。模擬結果如附錄二之附圖2-21~2-40所示。附圖中之降雨資料以10分鐘為單位，如延時為60分鐘則有6個單位的降雨資料。農塘滯洪效益以洪峰削減量及洪峰削減率來表示。

大荒埔埤常水位情境：中港溪集水區大荒埔埤農塘依前述表4-5之農-常-1-2~農-常-24-50之情境進行模擬，包括降雨強度重現期距區分為2年、5年、10年、25年、50年等。降雨延時在考量1、2、3、24小時之常水位模擬。模擬結果如附錄二之附圖2-41~2-60所示。附圖中之降雨資料以10分鐘為單位，如延時為60分鐘則有6個單位的降雨資料。農塘滯洪效益以洪峰削減量及洪峰削減率來表示。

農-低-1-2~農-低-1-50情境：中港溪集水區大荒埔埤農塘於低水位之1小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-1所示。由圖4-1顯示：洪峰削減量約為0.044~0.073cms。洪峰削減率均為100%。

農-低-2-2~農-低-2-50情境：中港溪集水區大荒埔埤農塘於低水位之2小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-2所示。由圖4-2顯示：洪峰削減量約為0.049~0.081cms。洪峰削減率均為100%。

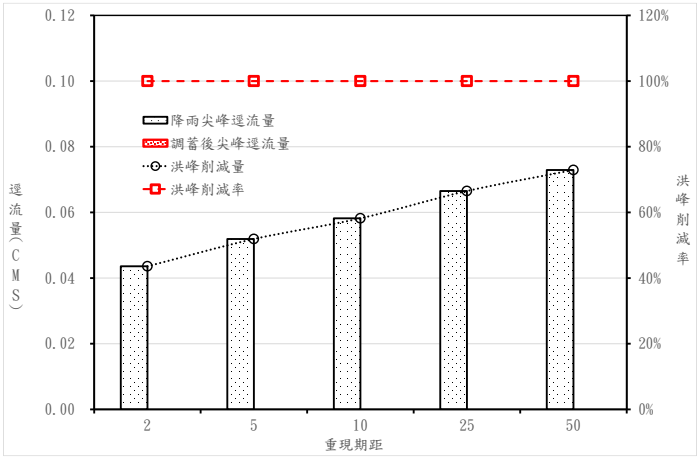


圖 4-1 大荒埔埤之低水位降雨延時-1 小時情境洪峰削減

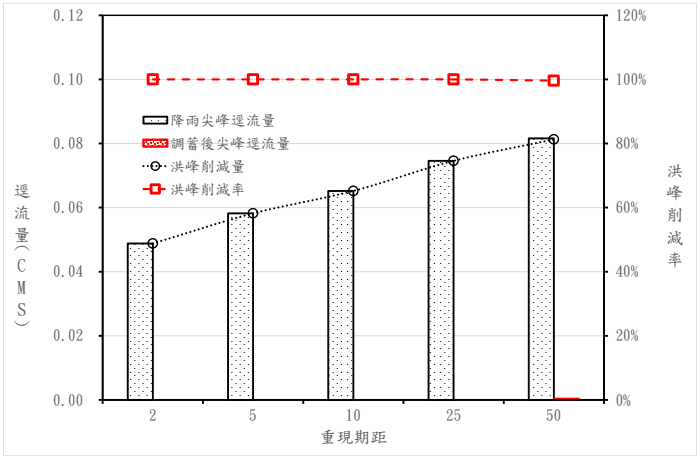


圖 4-2 大荒埔埤之低水位降雨延時-2 小時情境洪峰削減

農-低-3-2~農-低-3-50情境：中港溪集水區大荒埔埤農塘於低水位之3小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-3所示。由圖4-3顯示：洪峰削減量約為0.051~0.084cms。洪峰削減率依重現期距別均為100%。

農-低-24-2~農-低-24-50情境：中港溪集水區大荒埔埤農塘於低水位之24小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-4所示。由圖4-4顯示：洪峰削減量約為0.025~0.026cms。洪峰削減率依重現期距別約為86~54%。

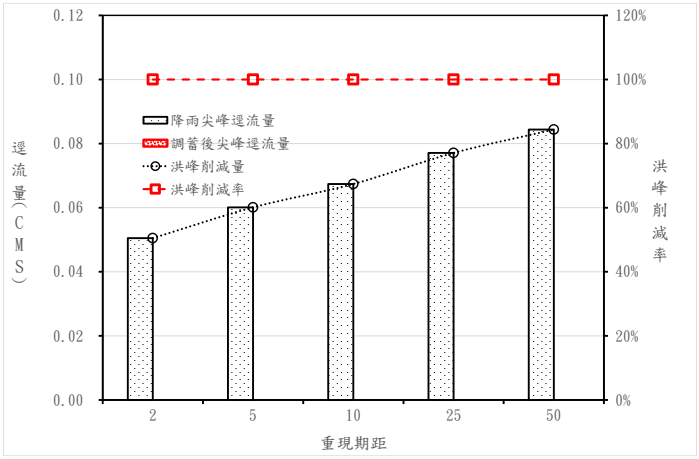


圖 4-3 大荒埔埤之低水位降雨延時-3 小時情境洪峰削減

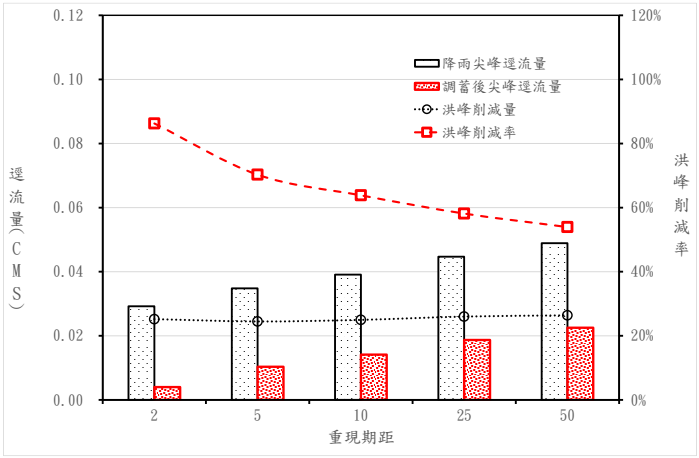


圖 4-4 大荒埔埤之低水位降雨延時-24 小時情境洪峰削減

農-高-1-2~農-高-1-50情境：中港溪集水區大荒埔埤農塘於高水位之1小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-5所示。由圖4-5顯示：洪峰削減量約為0.043~0.059cms。洪峰削減率依重現期距別約為99~81%。

農-高-2-2~農-高-2-50情境：中港溪集水區大荒埔埤農塘於高水位之2小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-6所示。由圖4-6顯示：洪峰削減量約為0.040~0.049cms。洪峰削減率依重現期距別約為81~61%。

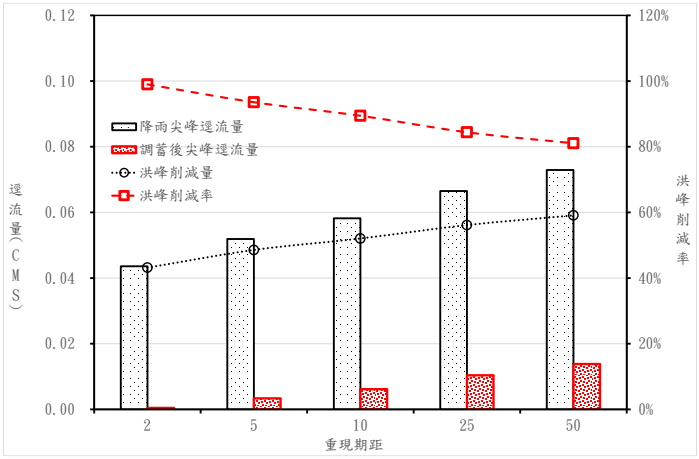


圖 4-5 大荒埔埤之高水位降雨延時-1 小時情境洪峰削減

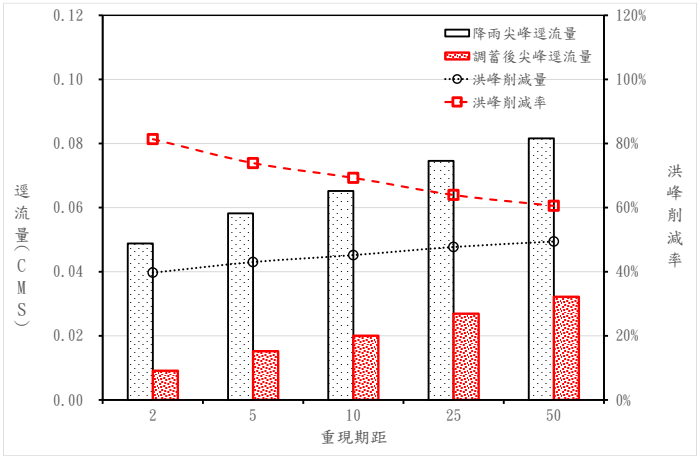


圖 4-6 大荒埔埤之高水位降雨延時-2 小時情境洪峰削減

農-高-3-2~農-高-3-50情境：中港溪集水區大荒埔埤農塘於高水位之3小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-7所示。由圖4-7顯示：洪峰削減量約為0.035~0.044cms。洪峰削減率依重現期距別約為70~52%。

農-高-24-2~農-高-24-50情境：中港溪集水區大荒埔埤農塘於高水位之24小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-8所示。由圖4-8顯示：洪峰削減量約為0.005~0.006cms。洪峰削減率依重現期距別約為18~12%。

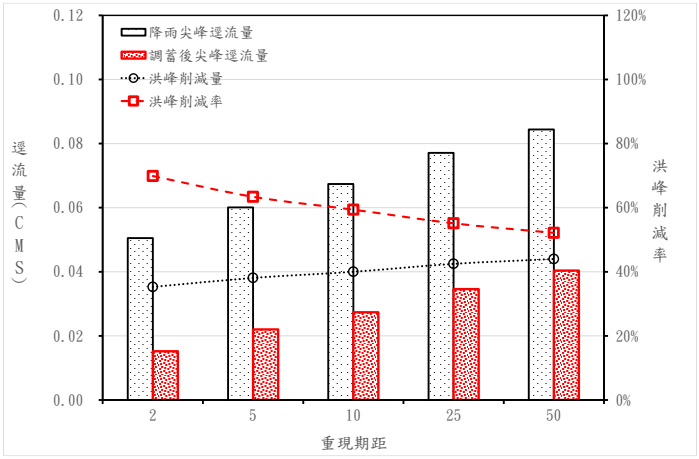


圖 4-7 大荒埔埤之高水位降雨延時-3 小時情境洪峰削減

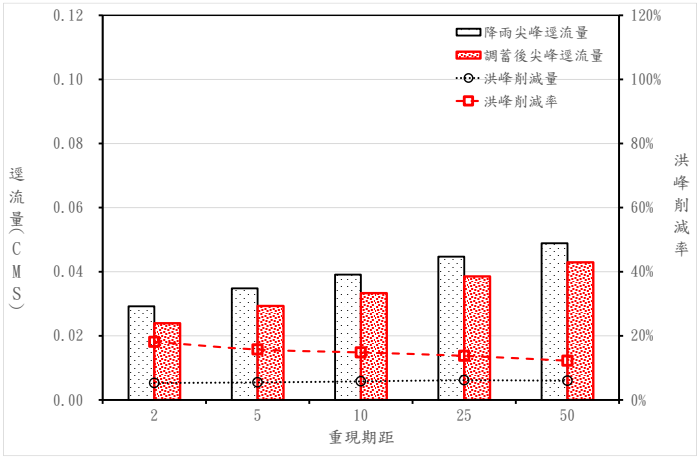


圖 4-8 大荒埔埤之高水位降雨延時-24 小時情境洪峰削減

農-常-1-2~農-常-1-50情境：中港溪集水區大荒埔埤農塘於常水位之1小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-9所示。由圖4-9顯示：洪峰削減量約為0.044~0.073cms。洪峰削減率均為100%。

農-常-2-2~農-常-2-50情境：中港溪集水區大荒埔埤農塘於常水位之2小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-10所示。由圖4-10顯示：洪峰削減量約為0.049~0.081cms。洪峰削減率均為100%。

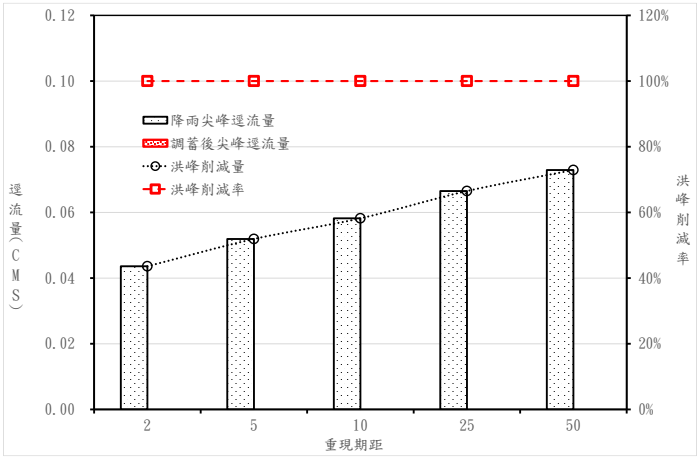


圖 4-9 大荒埔埤之常水位降雨延時-1 小時情境洪峰削減

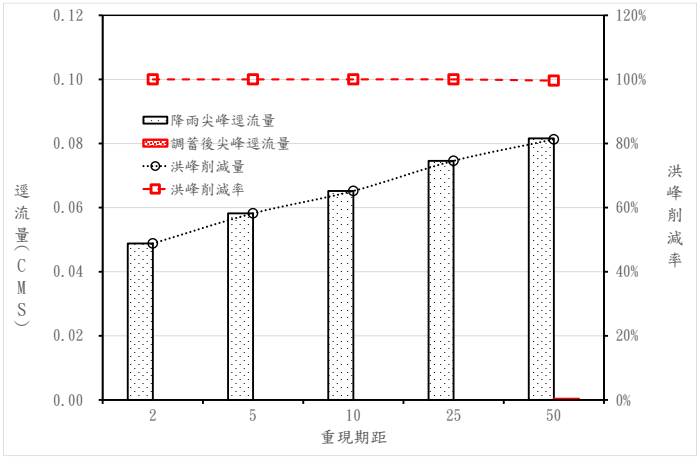


圖 4-10 大荒埔埤之常水位降雨延時-2 小時情境洪峰削減

農-常-3-2~農-常-3-50情境：中港溪集水區大荒埔埤農塘於常水位之3小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-11所示。由圖4-11顯示：洪峰削減量約為0.051~0.073cms。洪峰削減率依重現期距別約為100~86%。

農-常-24-2~農-常-24-50情境：中港溪集水區大荒埔埤農塘於常水位之24小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-12所示。由圖4-12顯示：洪峰削減量約為0.015~0.016cms。洪峰削減率依重現期距別約為53~32%。

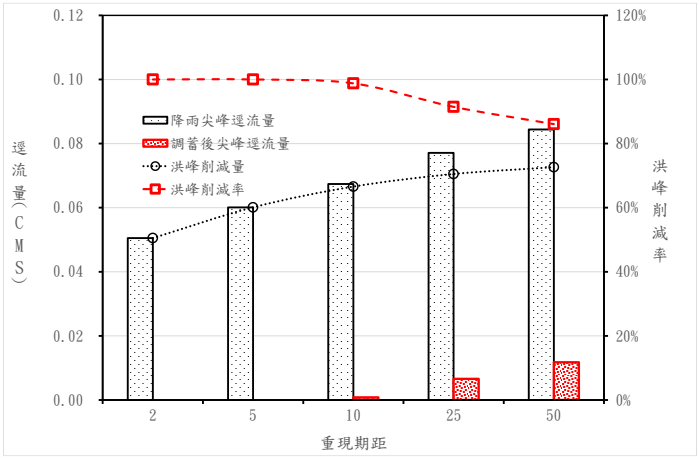


圖 4-11 大荒埔埤之常水位降雨延時-3 小時情境洪峰削減

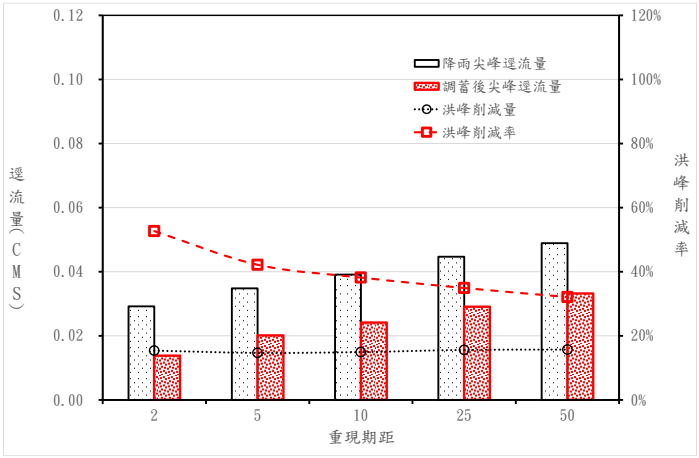


圖 4-12 大荒埔埤之常水位降雨延時-24 小時情境洪峰削減

李屋埤低水位情境：參考前期研究進行中港溪集水區李屋埤農塘依前述表4-3之農-低-1-2~農-低-24-50之情境模擬，包括降雨強度重現期距區分為2年、5年、10年、25年、50年等。降雨延時在考量1、2、3、24小時之低水位模擬。模擬結果如附錄三之附圖3-1~3-20所示。附圖中之降雨資料以10分鐘為單位，如延時為60分鐘則有6個單位的降雨資料。農塘滯洪效益以洪峰削減量及洪峰削減率來表示。

李屋埤高水位情境：參考前期研究進行中港溪集水區李屋埤農塘依前述表4-4之農-高-1-2~農-高-24-50之情境模擬，包括降雨強度重現期距區分為2年、5年、10年、25年、50年等。降雨延時在考量1、2、3、24小時之高水位模擬。模擬結果如附錄三之附圖3-21~3-40所示。附圖中之降雨資料以10分鐘為單位，如延時為60分鐘則有6個單位的降雨資料。農塘滯洪效益以洪峰削減量及洪峰削減率來表示。

李屋埤常水位情境：參考前期研究進行中港溪集水區李屋埤農塘依前述表4-5之農-常-1-2~農-常-24-50之情境模擬，包括降雨強度重現期距區分為2年、5年、10年、25年、50年等。降雨延時在考量1、2、3、24小時之常水位模擬。模擬結果如附錄三之附圖3-41~3-60所示。附圖中之降雨資料以10分鐘為單位，如延時為60分鐘則有6個單位的降雨資料。農塘滯洪效益以洪峰削減量及洪峰削減率來表示。

農-低-1-2~農-低-1-50情境：中港溪集水區李屋埤農塘於低水位之1小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-13所示。由圖4-13顯示：洪峰削減量約為0.111~0.185cms。洪峰削減率均為100%。

農-低-2-2~農-低-2-50情境：中港溪集水區李屋埤農塘於低水位之2小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-14所示。由圖4-14顯示：洪峰削減量約為0.124 ~ 0.208cms。洪峰削減率均為100%。

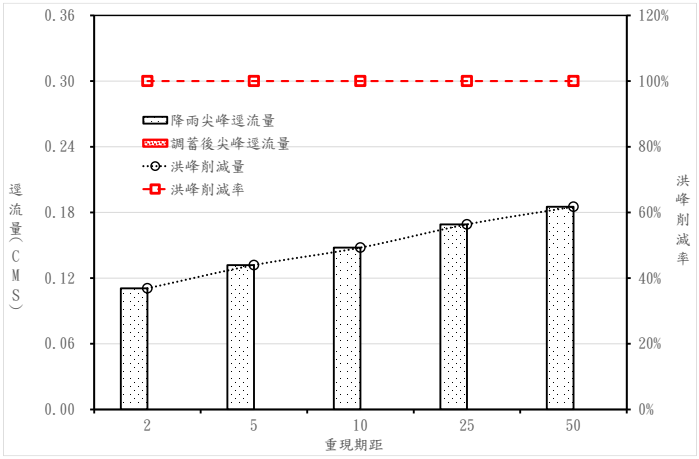


圖 4-13 李屋埤之低水位降雨延時-1 小時情境洪峰削減

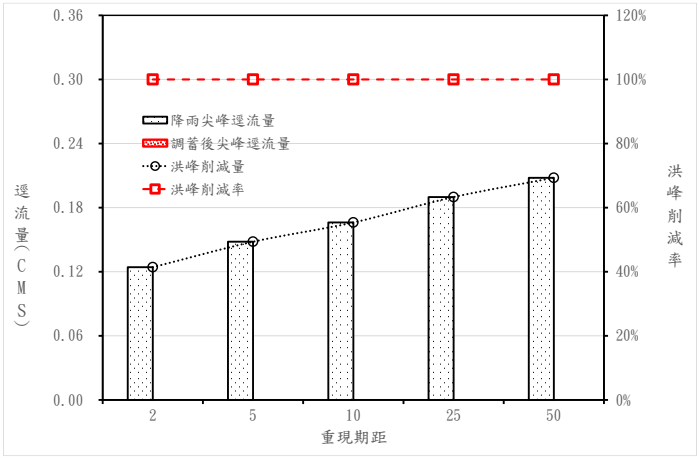


圖 4-14 李屋埤之低水位降雨延時-2 小時情境洪峰削減

農-低-3-2~農-低-3-50情境：中港溪集水區李屋埤農塘於低水位之3小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-15所示。由圖4-15顯示：洪峰削減量約為0.128~0.214cms。洪峰削減率均為100%。

農-低-24-2~農-低-24-50情境：中港溪集水區李屋埤農塘於低水位之24小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-16所示。由圖4-16顯示：洪峰削減量約為0.075~0.118cms。洪峰削減率依重現期距別約為100~95%。

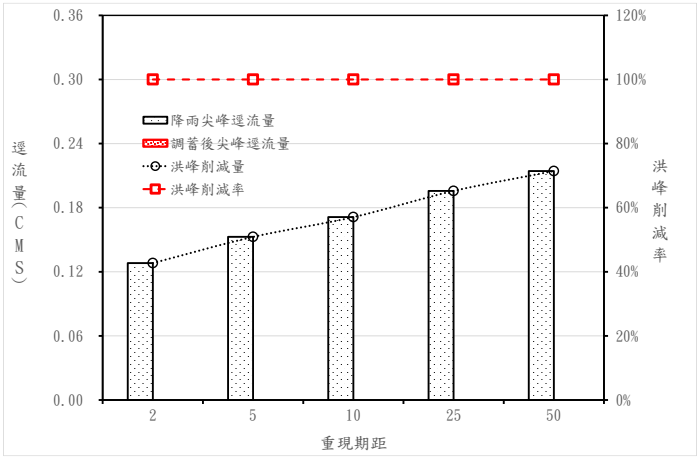


圖 4-15 李屋埤之低水位降雨延時-3 小時情境洪峰削減

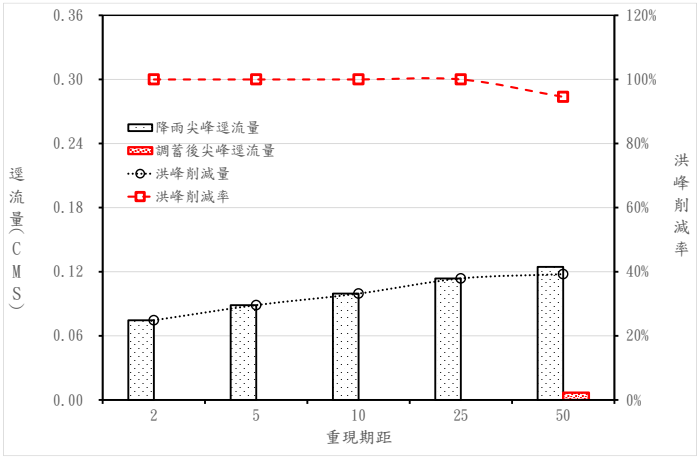


圖 4-16 李屋埤之低水位降雨延時-24 小時情境洪峰削減

農-高-1-2~農-高-1-50情境：中港溪集水區李屋埤農塘於高水位之1小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-17所示。由圖4-17顯示：洪峰削減量約為0.111~0.185cms。洪峰削減率均為100%。

農-高-2-2~農-高-2-50情境：中港溪集水區李屋埤農塘於高水位之2小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-18所示。由圖4-18顯示：洪峰削減量約為0.124~0.208cms。洪峰削減率均為100%。

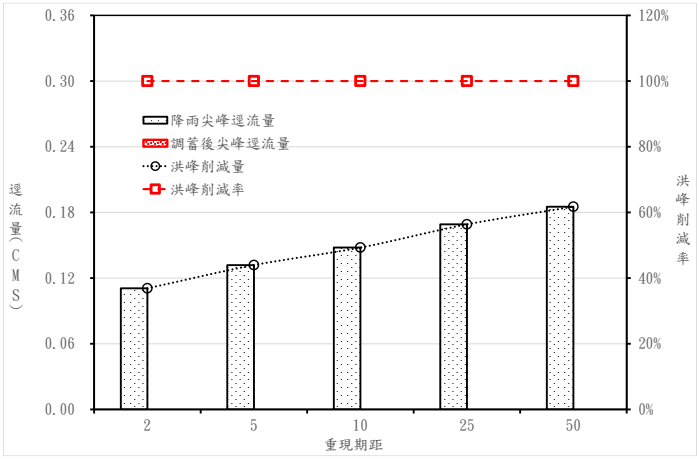


圖 4-17 李屋埤之高水位降雨延時-1 小時情境洪峰削減

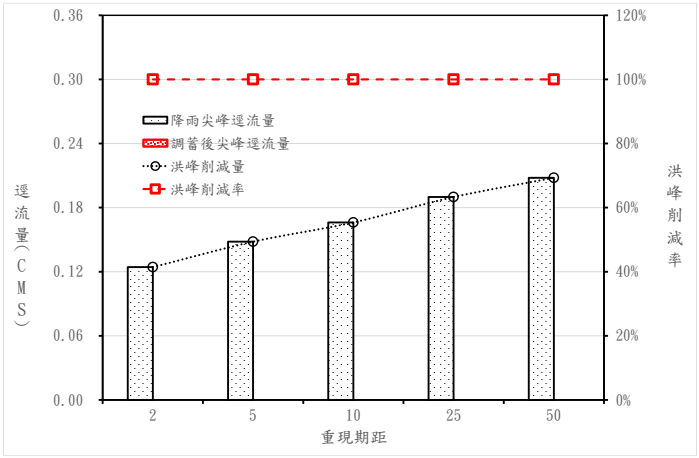


圖 4-18 李屋埤之高水位降雨延時-2 小時情境洪峰削減

農-高-3-2~農-高-3-50情境：中港溪集水區李屋埤埤農塘於高水位之3小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-19所示。由圖4-19顯示：洪峰削減量約為0.128~0.214cms。洪峰削減率均為100%。

農-高-24-2~農-高-24-50情境：中港溪集水區李屋埤農塘於高水位之24小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-20所示。由圖4-20顯示：洪峰削減量約為0.068~0.071cms。洪峰削減率依重現期距別約為91~57%。

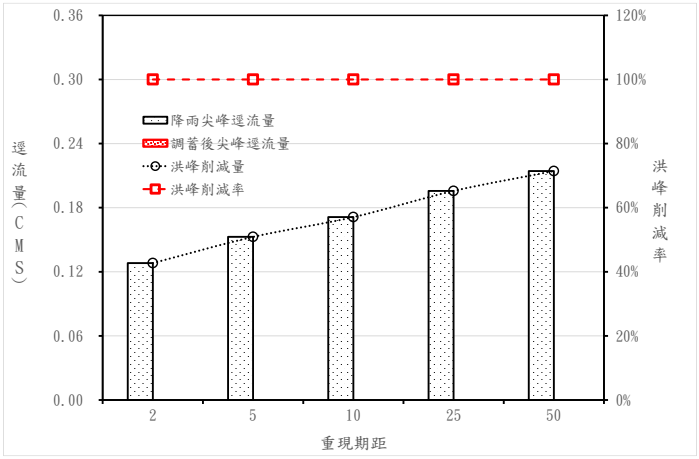


圖 4-19 李屋埤之高水位降雨延時-3 小時情境洪峰削減

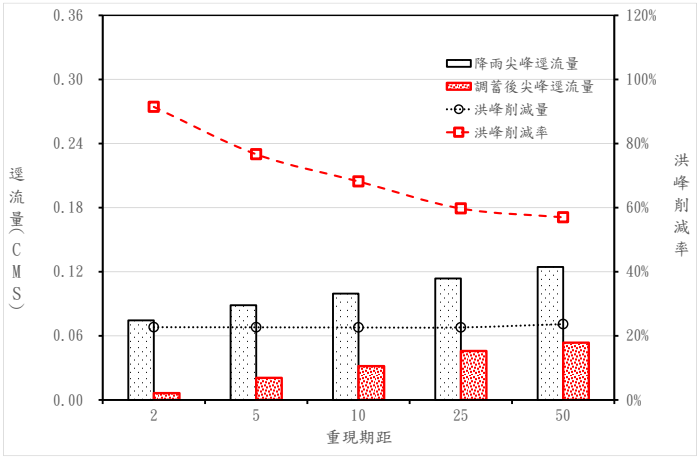


圖 4-20 李屋埤之高水位降雨延時-24 小時情境洪峰削減

農-常-1-2~農-常-1-50情境：中港溪集水區李屋埤農塘於常水位之1小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-21所示。由圖4-21顯示：洪峰削減量約為0.111~0.185cms。洪峰削減率均為100%。

農-常-2-2~農-常-2-50情境：中港溪集水區李屋埤農塘於常水位之2小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-22所示。由圖4-22顯示：洪峰削減量約為0.124~0.208cms。洪峰削減率均為100%。

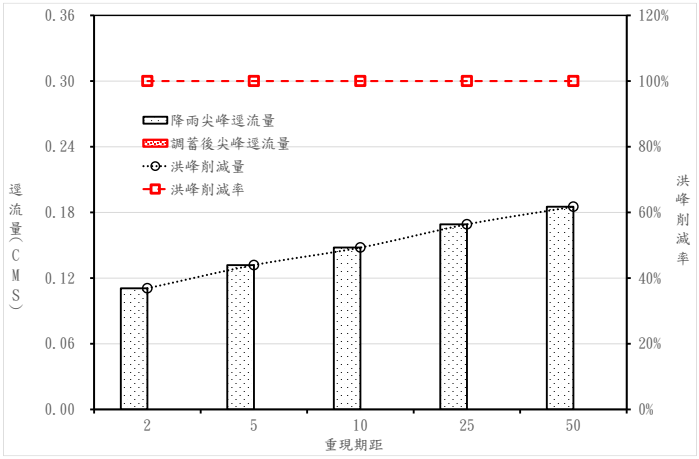


圖 4-21 李屋埤之常水位降雨延時-1 小時情境洪峰削減

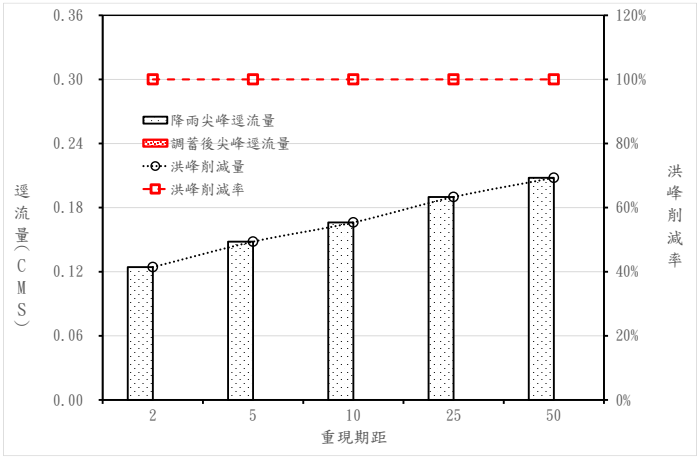


圖 4-22 李屋埤之常水位降雨延時-2 小時情境洪峰削減

農-常-3-2~農-常-3-50情境：中港溪集水區李屋埤農塘於常水位之3小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-23所示。由圖4-23顯示：洪峰削減量約為0.128~0.214cms。洪峰削減率約為100%。

農-常-24-2~農-常-24-50情境：中港溪集水區李屋埤農塘於常水位之24小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-24所示。由圖4-24顯示：洪峰削減量約為0.075~0.093cms。洪峰削減率依重現期距別約為100~75%。

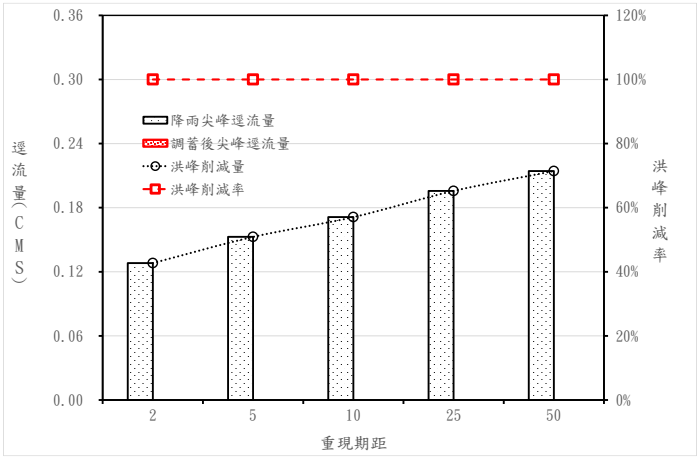


圖 4-23 李屋埤之常水位降雨延時-3 小時情境洪峰削減

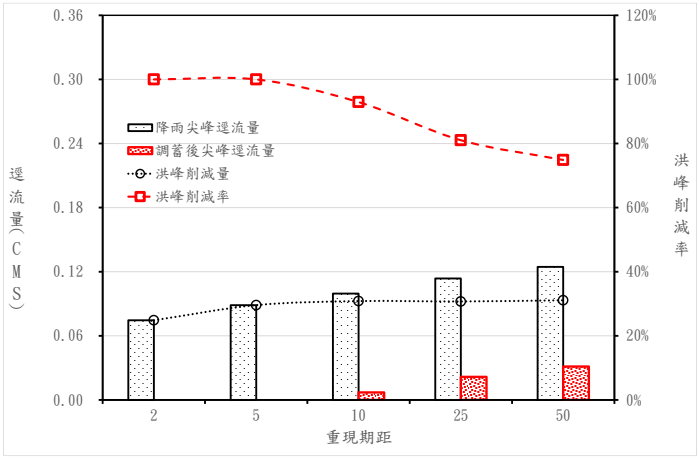


圖 4-24 李屋埤之常水位降雨延時-24 小時情境洪峰削減

鯉魚潭集水區之鯉潭039之地理位置如圖3-20，鯉潭039之蓄水面積約為0.36公頃，集水面積約為3.6公頃，蓄水深度約為1.6m，堤岸高度約為2.1m。

本研究參考日本農林水產省(2018)針對農塘滯洪過程，所提出農塘流出的計算概念，並參考前期成果持續進行精進分析，本年度依據洪峰削減量及洪峰削減率以進行農塘之滯洪效益分析。

低水位情境：鯉魚潭集水區鯉潭039農塘依前述表4-3之農-低-1-2~農-低-24-50之情境模擬，包括降雨強度重現期距區分為2年、5年、10年、25年、50年等。降雨延時在考量1、2、3、24小時之低水位模擬。模擬結果如附錄四之附圖4-1~4-20所示。附圖中之降雨資料以10分鐘為單位，如延時為60分鐘則有6個單位的降雨資料。農塘滯洪效益以洪峰削減量及洪峰削減率來表示。

高水位情境：參考前期研究進行鯉魚潭集水區鯉潭039農塘依前述表4-4之農-高-1-2~農-高-24-50之情境模擬，包括降雨強度重現期距區分為2年、5年、10年、25年、50年等。降雨延時在考量1、2、3、24小時之高水位模擬。模擬結果如附錄四之附圖4-21~4-40所示。附圖中之降雨資料以10分鐘為單位，如延時為60分鐘則有6個單位的降雨資料。農塘滯洪效益以洪峰削減量及洪峰削減率來表示。

常水位情境：參考前期研究進行鯉魚潭集水區鯉潭039農塘依前述表4-5之農-常-1-2~農-常-24-50之情境模擬，包括降雨強度重現期距區分為2年、5年、10年、25年、50年等。降雨延時在考量1、2、3、24小時之常水位模擬。模擬結果如附錄四之附圖4-41~4-60所示。附圖中之降雨資料以10分鐘為單位，如延時為60分鐘則有6個單位的降雨資料。農塘滯洪效益以洪峰削減量及洪峰削減率來表示。

農-低-1-2~農-低-1-50情境：鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於低水位之1小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-25所示。由圖4-25顯示：洪峰削減量約為0.336~0.560cms。洪峰削減率均為100 %。

農-低-2-2~農-低-2-50情境：鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於低水位之2小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-26所示。由圖4-26顯示：洪峰削減量約為0.384~0.638cms。洪峰削減率均為100%。

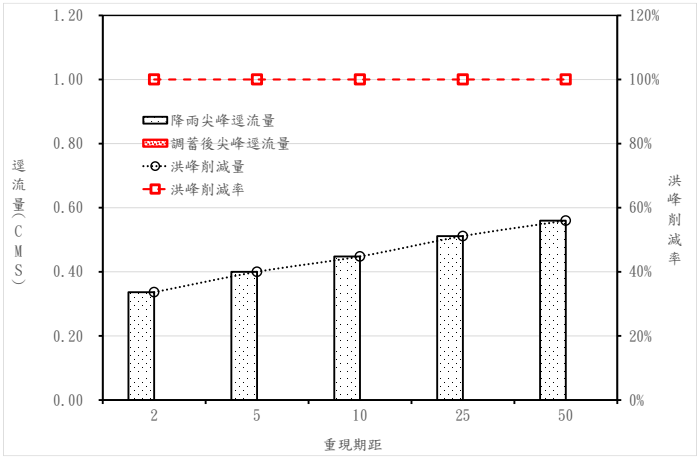


圖 4-25 鯉潭 039 之低水位降雨延時-1 小時情境洪峰削減

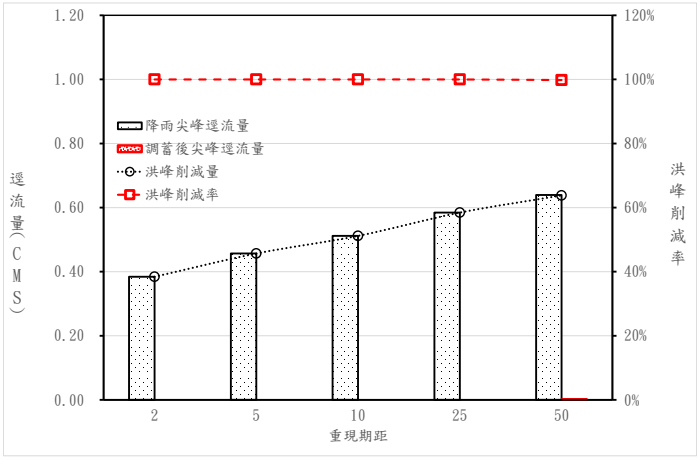


圖 4-26 鯉潭 039 之低水位降雨延時-2 小時情境洪峰削減

農-低-3-2~農-低-3-50情境：鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於低水位之3小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-27所示。由圖4-27顯示：洪峰削減量約為0.391~0.589cms。洪峰削減率依重現期距別約為100~91%。

農-低-24-2~農-低-24-50情境：鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於低水位之24小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-28所示。由圖4-28顯示：洪峰削減量約為0.138~0.147 cms。洪峰削減率依重現期距別約為55~35%。

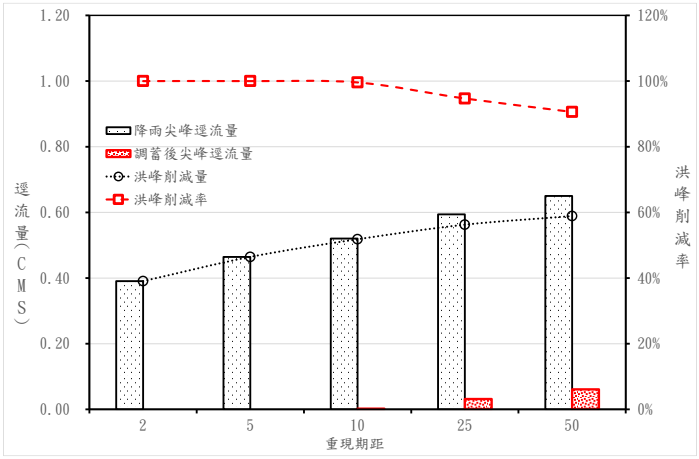


圖 4-27 鯉潭 039 之低水位降雨延時-3 小時情境洪峰削減

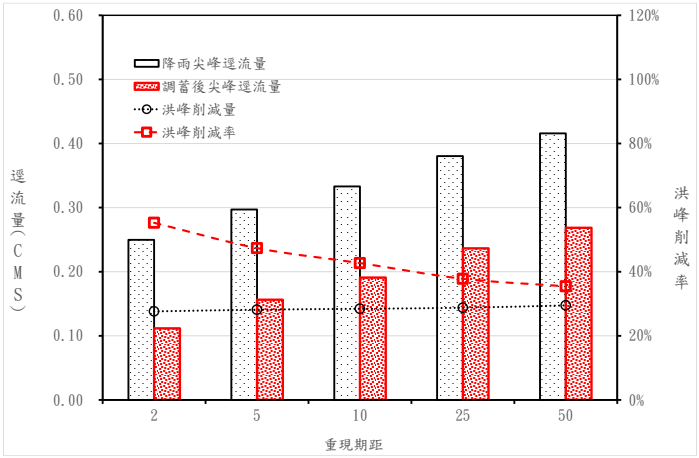


圖 4-28 鯉潭 039 之低水位降雨延時-24 小時情境洪峰削減

農-高-1-2~農-高-1-50情境：鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於高水位之1小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-29所示。由圖4-29顯示：洪峰削減量約為0.298~0.439cms。洪峰削減率依重現期距別約為89~79%。

農-高-2-2~農-高-2-50情境：鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於高水位之2小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-30所示。由圖4-30顯示：洪峰削減量約為0.285~0.398cms。洪峰削減率依重現期距別約為74~62%。

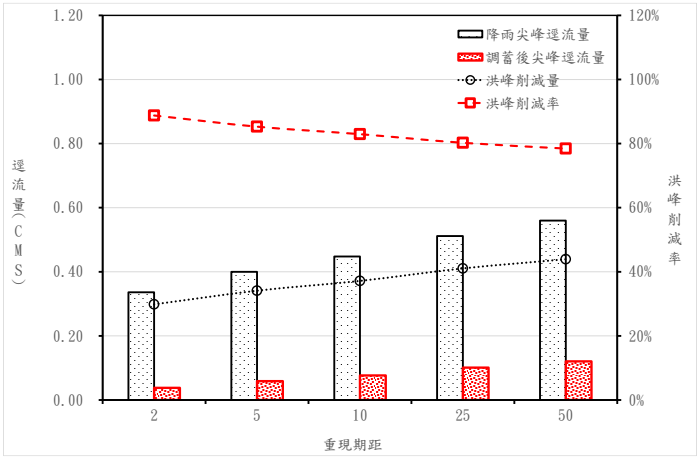


圖 4-29 鯉潭 039 之高水位降雨延時-1 小時情境洪峰削減

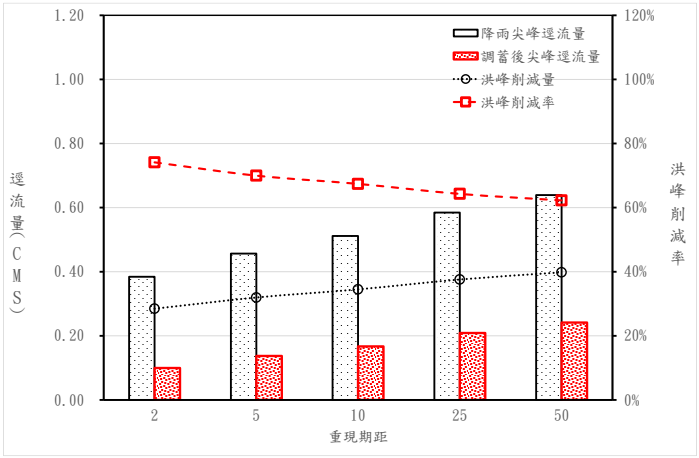


圖 4-30 鯉潭 039 之高水位降雨延時-2 小時情境洪峰削減

農-高-3-2~農-高-3-50情境：鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於高水位之3小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-31所示。由圖4-31顯示：洪峰削減量約為0.254~0.351cms。洪峰削減率依重現期距別約為65~54%。

農-高-24-2~農-高-24-50情境：鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於高水位之24小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-32所示。由圖4-32顯示：洪峰削減量約為0.062~0.085cms。洪峰削減率依重現期距別約為25~21%。

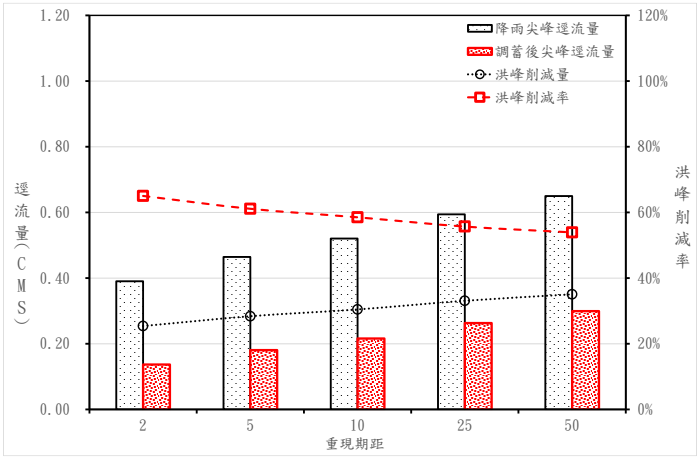


圖 4-31 鯉潭 039 之高水位降雨延時-3 小時情境洪峰削減

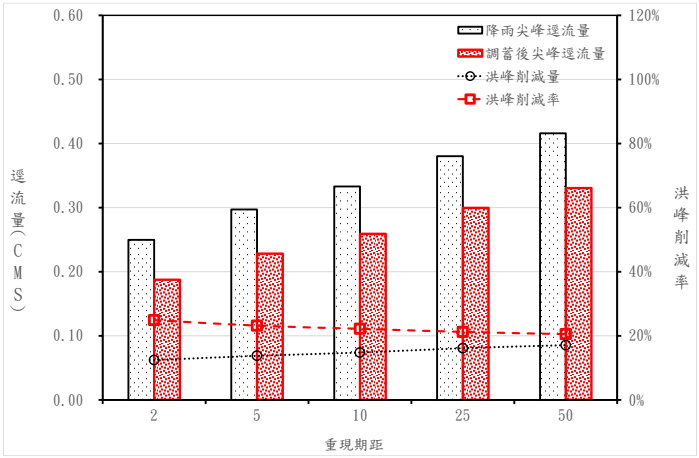


圖 4-32 鯉潭 039 之高水位降雨延時-24 小時情境洪峰削減

農-常-1-2~農-常-1-50情境：鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於常水位之1小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-33所示。由圖4-33顯示：洪峰削減量約為0.336~0.532cms。洪峰削減率依重現期距別約為100~95%。

農-常-2-2~農-常-2-50情境：鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於常水位之2小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-34所示。由圖4-34顯示：洪峰削減量約為0.366~0.502 cms。洪峰削減率依重現期距別約為95~79%。

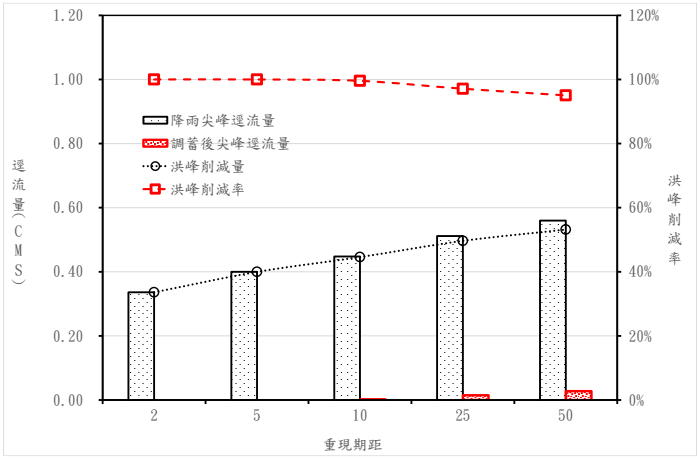


圖 4-33 鯉潭 039 之常水位降雨延時-1 小時情境洪峰削減

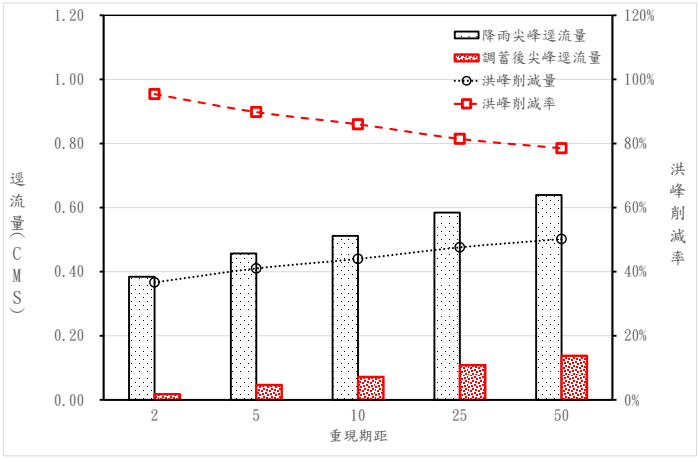


圖 4-34 鯉潭 039 之常水位降雨延時-2 小時情境洪峰削減

農-常-3-2~農-常-3-50情境：鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於常水位之3小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-35所示。由圖4-35顯示：洪峰削減量約為0.335~0.439cms。洪峰削減率依重現期距別約為86~68%。

農-常-24-2~農-常-24-50情境：鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於常水位之24小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-36所示。由圖4-36顯示：洪峰削減量約為0.080~0.091cms。洪峰削減率依重現期距別約為32~22%。

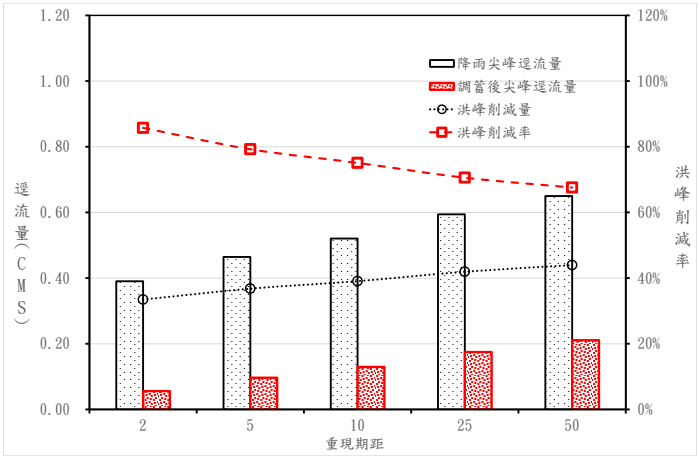


圖 4-35 鯉潭 039 之常水位降雨延時-3 小時情境洪峰削減

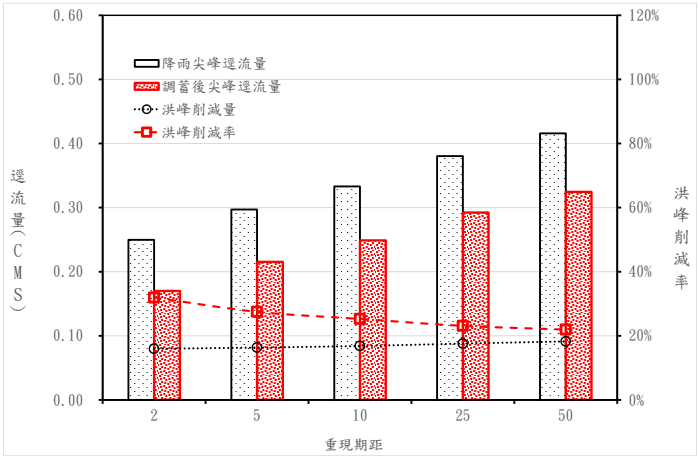


圖 4-36 鯉潭 039 之常水位降雨延時-24 小時情境洪峰削減

後龍溪上游集水區之後龍006之地理位置如圖3-19，其後龍006面積約為0.24公頃，集水面積約為1.58公頃，蓄水深度約為2.55m，堤岸高度約為3.35m。

本研究參考日本農林水產省(2018)針對農塘滯洪過程，所提出農塘流出的計算概念，並參考前期成果持續進行精進分析，本年度依據洪峰削減量及洪峰削減率以進行農塘之滯洪效益分析。

低水位模擬：參考前期研究進行後龍溪上游集水區後龍006農塘依前述表4-3之農-低-1-2~農-低-24-50之情境進行模擬，包括降雨強度重現期距區分為2年、5年、10年、25年、50年等。降雨延時在考量1、2、3、24小時之低水位模擬。模擬結果如附錄五之附圖5-1~5-20所示。附圖中之降雨資料以10分鐘為單位，如延時為60分鐘則有6個單位的降雨資料。農塘滯洪效益以洪峰削減量及洪峰削減率來表示。

高水位模擬：參考前期研究進行後龍溪上游集水區後龍006農塘依前述表4-4之農-高-1-2~農-高-24-50之情境進行模擬，包括降雨強度重現期距區分為2年、5年、10年、25年、50年等。降雨延時在考量1、2、3、24小時之高水位模擬。模擬結果如附錄五之附圖5-21~5-40所示。附圖中之降雨資料以10分鐘為單位，如延時為60分鐘則有6個單位的降雨資料。農塘滯洪效益以洪峰削減量及洪峰削減率來表示。

常水位模擬：參考前期研究進行後龍溪上游集水區後龍006農塘依前述表4-5之農-常-1-2~農-常-24-50之情境進行模擬，包括降雨強度重現期距區分為2年、5年、10年、25年、50年等。降雨延時在考量1、2、3、24小時之常水位模擬。模擬結果如附錄五之附圖5-41~5-60所示。附圖中之降雨資料以10分鐘為單位，如延時為60分鐘則有6個單位的降雨資料。農塘滯洪效益以洪峰削減量及洪峰削減率來表示。

農-低-1-2~農-低-1-50情境：後龍溪上游集水區後龍006農塘於低水位之1小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-37所示。由圖4-37顯示：洪峰削減量約為0.155~0.258cms。洪峰削減率均為100 %。

農-低-2-2~農-低-2-50情境：後龍溪上游集水區後龍006農塘於低水位之2小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-38所示。由圖4-38顯示：洪峰削減量約為0.177~0.295cms。洪峰削減率均為100%。

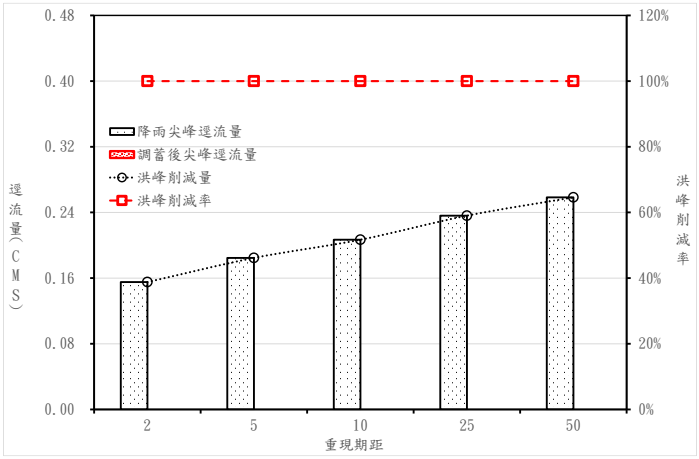


圖 4-37 後龍 006 之低水位降雨延時-1 小時情境洪峰削減

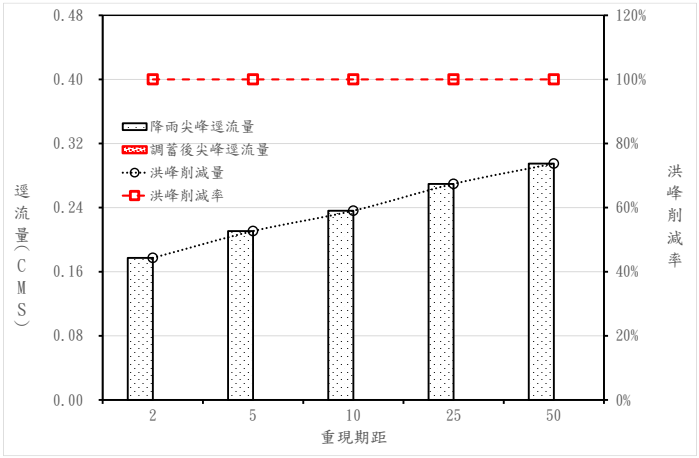


圖 4-38 後龍 006 之低水位降雨延時-2 小時情境洪峰削減

農-低-3-2~農-低-3-50情境：後龍溪上游集水區後龍006農塘於低水位之3小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-39所示。由圖4-39顯示：洪峰削減量約為0.180 ~0.300cms。洪峰削減率均為100%。

農-低-24-2~農-低-24-50情境：後龍溪上游集水區後龍006農塘於低水位之24小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-40所示。由圖4-40顯示：洪峰削減量約為0.079 ~0.082cms。洪峰削減率依重現期距別約為69~43%。

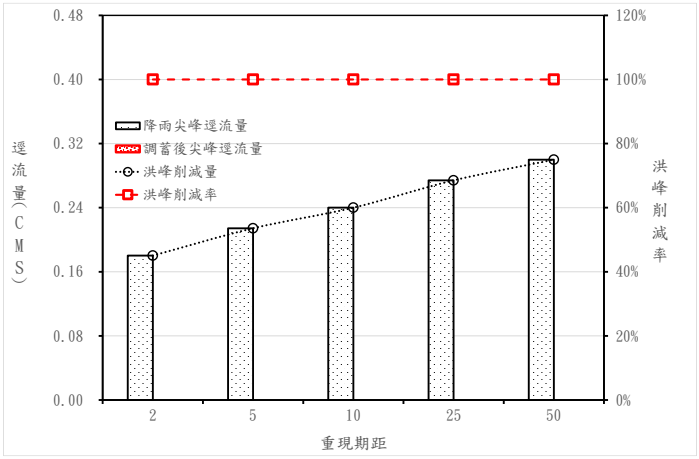


圖 4-39 後龍 006 之低水位降雨延時-3 小時情境洪峰削減

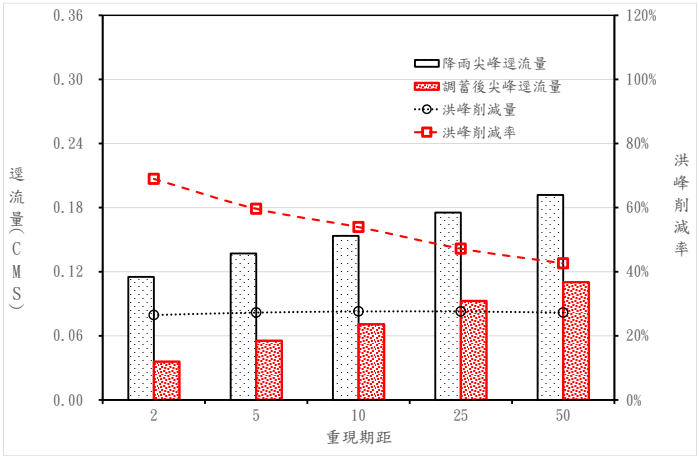


圖 4-40 後龍 006 之低水位降雨延時-24 小時情境洪峰削減

農-高-1-2~農-高-1-50情境：後龍溪上游集水區後龍006農塘於高水位之1小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-41所示。由圖4-41顯示：洪峰削減量約為0.144~0.215cms。洪峰削減率依重現期距別約為93~83%。

農-高-2-2~農-高-2-50情境：後龍溪上游集水區後龍006農塘於高水位之2小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-42所示。由圖4-42顯示：洪峰削減量約為0.142 ~0.201cms。洪峰削減率依重現期距別約為80~68%。

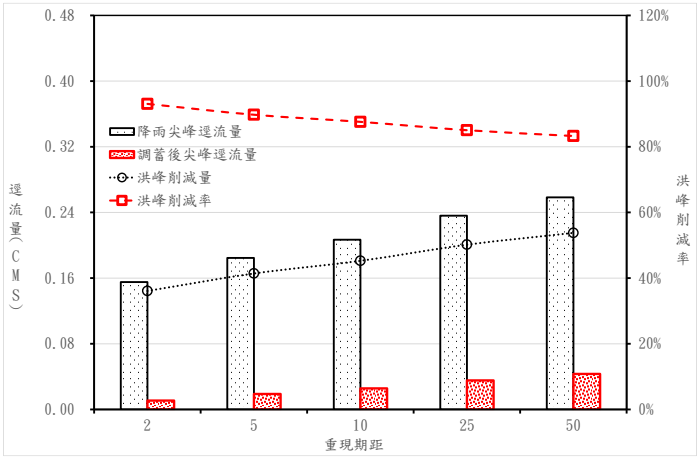


圖 4-41 後龍 006 之高水位降雨延時-1 小時情境洪峰削減

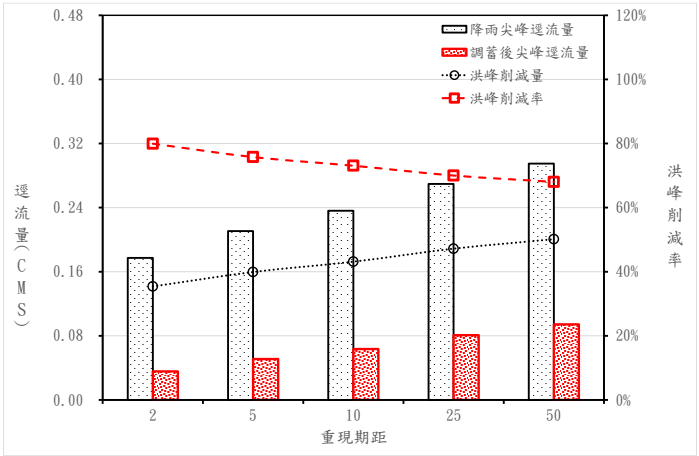


圖 4-42 後龍 006 之高水位降雨延時-2 小時情境洪峰削減

農-高-3-2~農-高-3-50情境：後龍溪上游集水區後龍006農塘於高水位之3小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-43所示。由圖4-43顯示：洪峰削減量約為0.128~0.178cms。洪峰削減率依重現期距別約為71~59%。

農-高-24-2~農-高-24-50情境：後龍溪上游集水區後龍006農塘於高水位之24小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-44所示。由圖4-44顯示：洪峰削減量約為0.031~0.041cms。洪峰削減率依重現期距別約為27~21%。

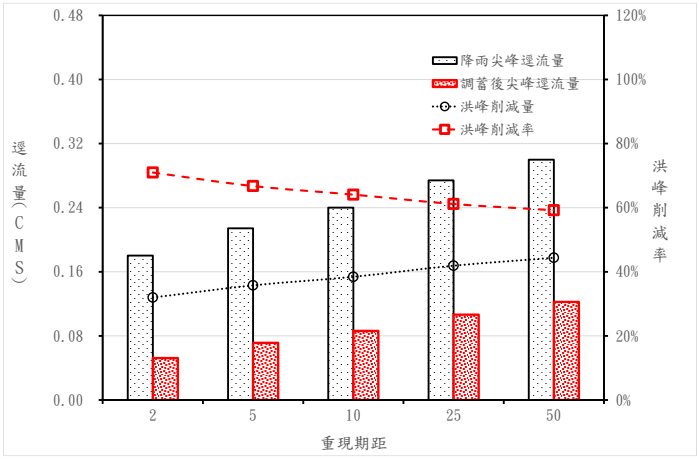


圖 4-43 後龍 006 之高水位降雨延時-3 小時情境洪峰削減

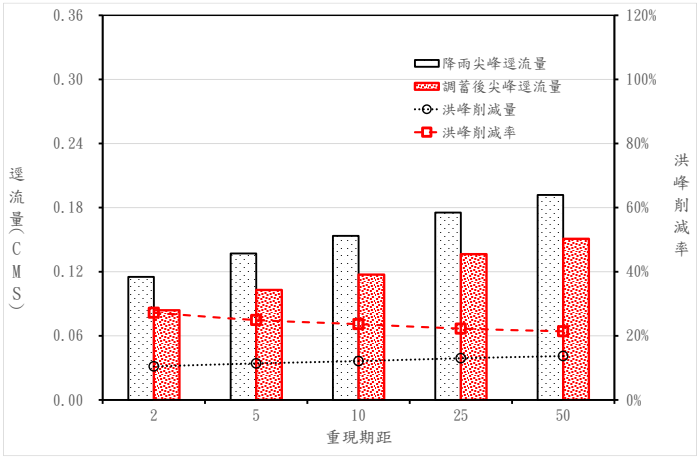


圖 4-44 後龍 006 之高水位降雨延時-24 小時情境洪峰削減

農-常-1-2~農-常-1-50情境：後龍溪上游集水區後龍006農塘於常水位之1小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-45所示。由圖4-45顯示：洪峰削減量約為0.155 ~0.252cms。洪峰削減率依重現期距別約為100~97%。

農-常-2-2~農-常-2-50情境：後龍溪上游集水區後龍006農塘於常水位之2小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-46所示。由圖4-46顯示：洪峰削減量約為0.174~0.244cms。洪峰削減率依重現期距別約為98~83%。

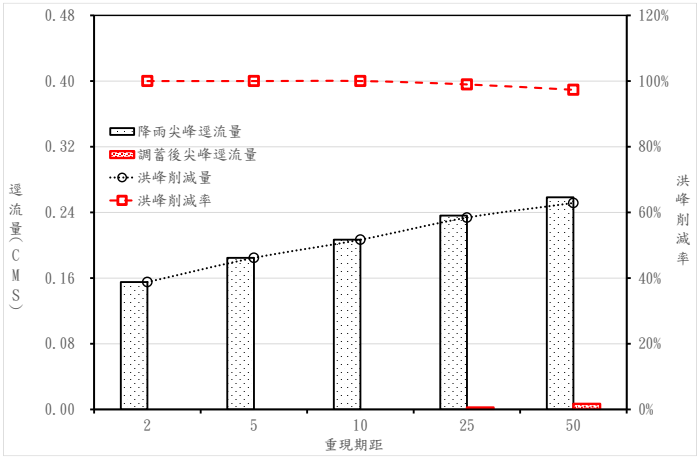


圖 4-45 後龍 006 之常水位降雨延時-1 小時情境洪峰削減

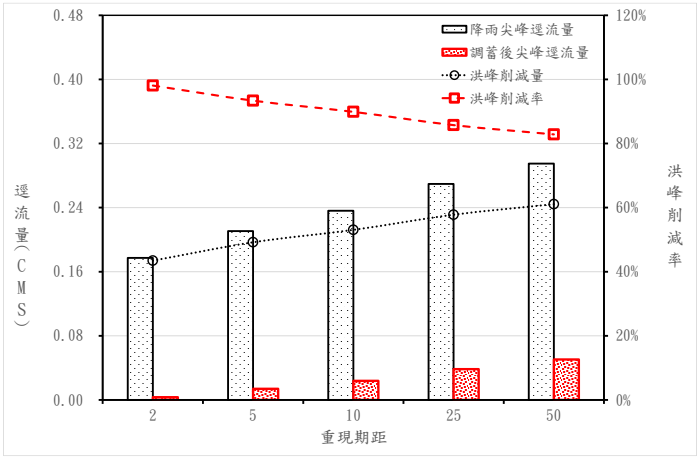


圖 4-46 後龍 006 之常水位降雨延時-2 小時情境洪峰削減

農-常-3-2~農-常-3-50情境：後龍溪上游集水區後龍006農塘於常水位之3小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-47所示。由圖4-47顯示：洪峰削減量約為0.162 ~0.217cms。洪峰削減率依重現期距別約為90~72%。

農-常-24-2~農-常-24-50情境：後龍溪上游集水區後龍006農塘於常水位之24小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-48所示。由圖4-48顯示：洪峰削減量約為0.042 ~0.046cms。洪峰削減率依重現期距別約為36~24%。

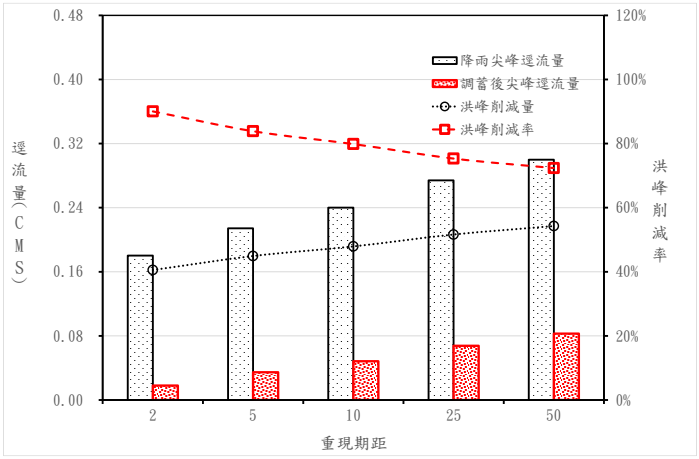


圖 4-47 後龍 006 之常水位降雨延時-3 小時情境洪峰削減

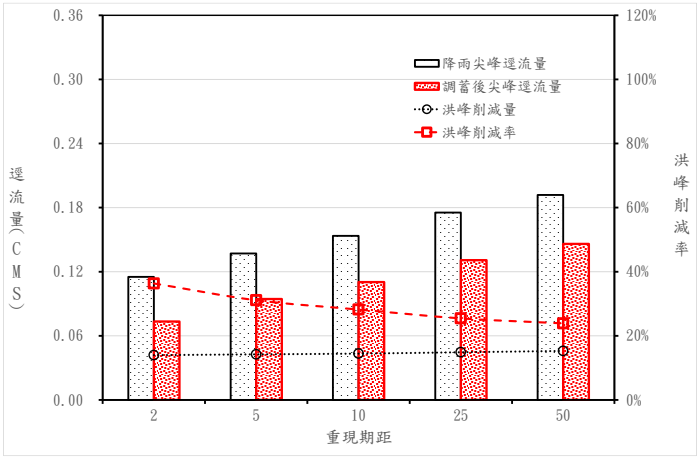


圖 4-48 後龍 006 之常水位降雨延時-24 小時情境洪峰削減

第三節 在地滯洪蓄水操作情境分析

本研究採用前述所建立之梯田水平衡模式，進行區域(集水區)在地滯洪蓄水操作情境分析。(在地滯洪場域之地理位置如圖3-19)

依據前述擬定之情境及第三章所建立之模式進行在地滯洪操作情境分析。不同之情境組合包括：降雨強度重現期距2年、5年、10年、25年、50年等。降雨延時60分鐘、120分鐘、180分鐘、24小時等。在地滯洪場域(梯田)區分為低水位、高水位、常水位、提高田埂缺口高度至12及20公分與改良型提高田埂缺口高度至12、20及25公分等，進行情境模擬。並依據洪峰削減量及洪峰削減率以進行農塘之滯洪效益分析。

低水位情境：中港溪集水區在地滯洪場域(梯田)依前述表4-6之滯-低-1-2~滯-低-24-50之情境模擬，包括降雨強度重現期距區分為2年、5年、10年、25年、50年等。降雨延時在考量1、2、3、24小時之低水位模擬。模擬結果如附錄六之附圖6-1~6-20所示。附圖中之降雨資料以10分鐘為單位，如延時為60分鐘則有6個單位的降雨資料。農塘滯洪效益以洪峰削減量及洪峰削減率來表示。

高水位情境：中港溪集水區在地滯洪場域(梯田)依前述表4-7之滯-高-1-2~滯-高-24-50之情境模擬，包括降雨強度重現期距區分為2年、5年、10年、25年、50年等。降雨延時在考量1、2、3、24小時之高水位模擬。模擬結果如附錄六之附圖6-21~6-40所示。附圖中之降雨資料以10分鐘為單位，如延時為60分鐘則有6個單位的降雨資料。農塘滯洪效益以洪峰削減量及洪峰削減率來表示。

常水位情境：中港溪集水區在地滯洪場域(梯田)依前述表4-8之滯-常-1-2~滯-常-24-50之情境模擬，包括降雨強度重現期距區分為2年、5年、10年、25年、50年等。降雨延時在考量1、2、3、24小時之

常水位模擬。模擬結果如附錄六之附圖6-41~6-60所示。附圖中之降雨資料以10分鐘為單位，如延時為60分鐘則有6個單位的降雨資料。農塘滯洪效益以洪峰削減量及洪峰削減率來表示。

提高田埂缺口至12公分情境：中港溪集水區在地滯洪場域(梯田)依前述表4-9之滯-12-1-2~滯-12-24-50之情境模擬，包括降雨強度重現期距區分為2年、5年、10年、25年、50年等。降雨延時在考量1、2、3、24小時之提高田埂缺口高度模擬。模擬結果如附錄六之附圖6-61~6-80所示。附圖中之降雨資料以10分鐘為單位，如延時為60分鐘則有6個單位的降雨資料。農塘滯洪效益以洪峰削減量及洪峰削減率來表示。

將田埂缺口高度提高至20公分情境：中港溪集水區在地滯洪場域(梯田)依前述表4-10之滯-20-1-2~滯-20-24-50之情境模擬，包括降雨強度重現期距區分為2年、5年、10年、25年、50年等。降雨延時在考量1、2、3、24小時之加高田埂高度模擬。模擬結果如附錄六之附圖6-81~6-100所示。附圖中之降雨資料以10分鐘為單位，如延時為60分鐘則有6個單位的降雨資料。農塘滯洪效益以洪峰削減量及洪峰削減率來表示。

除前述提高田埂缺口高度至12及20公分外，在考量低流量放流口之設計下，提出改良型提高田埂缺口高度至12、20及25公分，並進行模擬與前述提高田埂缺口高度至12及20公分之模擬結果進行比較。

依據前述所提各情境模擬結果分述如下：

一、在地滯洪低水位情境：

滯-低-1-2~滯-低-1-50情境：中港溪集水區在地滯洪場域(梯田)於低水位之1小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-49所示。由圖4-49顯示：洪峰削減量約為0.436~0.542 cms。洪峰削減率依重現期距別約為100~74%。

滯-低-2-2~滯-低-2-50情境：中港溪集水區在地滯洪場域(梯田)於低水位之2小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-50所示。由圖4-50顯示：洪峰削減量約為0.355~0.370 cms。洪峰削減率依重現期距別約為72~45%。

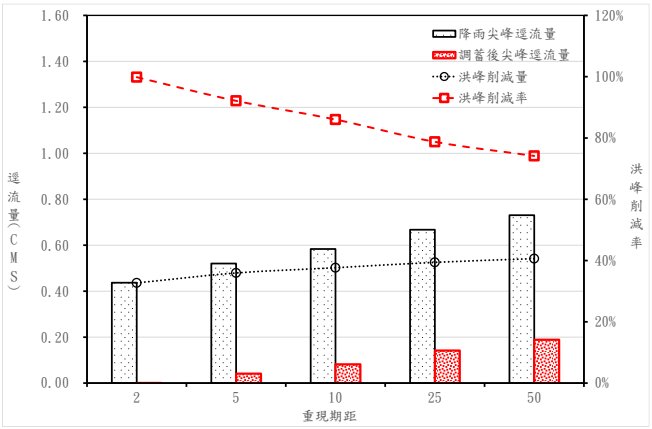


圖 4-49 在地滯洪之低水位降雨延時-1 小時情境洪峰削減

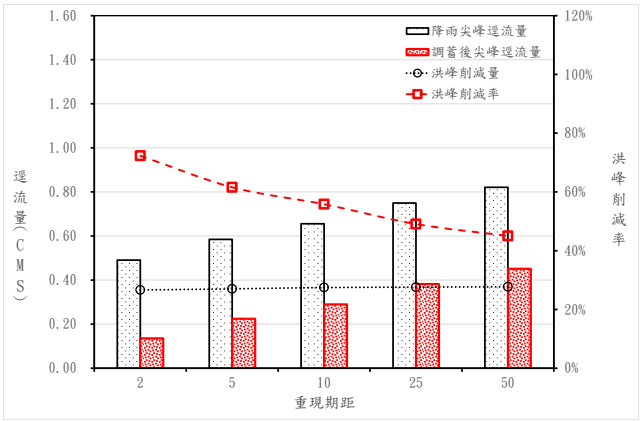


圖 4-50 在地滯洪之低水位降雨延時-2 小時情境洪峰削減

滯-低-3-2~滯-低-3-50情境：中港溪集水區在地滯洪場域(梯田)於低水位之3小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-51所示。由圖4-51顯示：洪峰削減量約為0.290~0.300cms。洪峰削減率依重現期距別約為57~35%。

滯-低-24-2~滯-低-24-50情境：中港溪集水區在地滯洪場域(梯田)於低水位之24小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-52所示。由圖4-52顯示：洪峰削減量約為0.021~0.026cms。洪峰削減率依重現期距別約為7~5%。

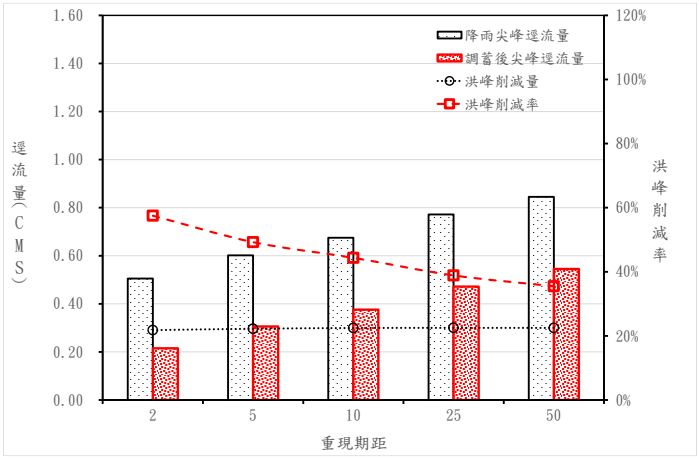


圖 4-51 在地滯洪之低水位降雨延時-3 小時情境洪峰削減

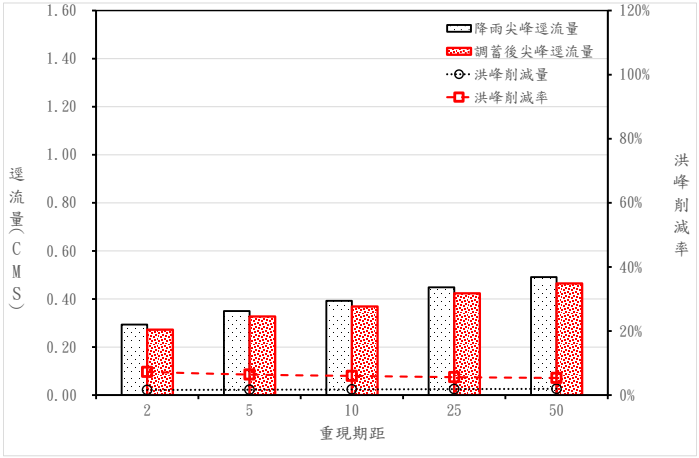


圖 4-52 在地滯洪之低水位降雨延時-24 小時情境洪峰削減

二、在地滯洪高水位情境：

滯-高-1-2~滯-高-1-50情境：中港溪集水區在地滯洪場域(梯田)於高水位之1小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-53所示。由圖4-53顯示：洪峰削減量約為0.150~0.202cms。洪峰削減率依重現期距別約為34~28%。

滯-高-2-2~滯-高-2-50情境：中港溪集水區在地滯洪場域(梯田)於高水位之2小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-54所示。由圖4-54顯示：洪峰削減量約為0.106~0.134cms。洪峰削減率依重現期距別約為22~16%。

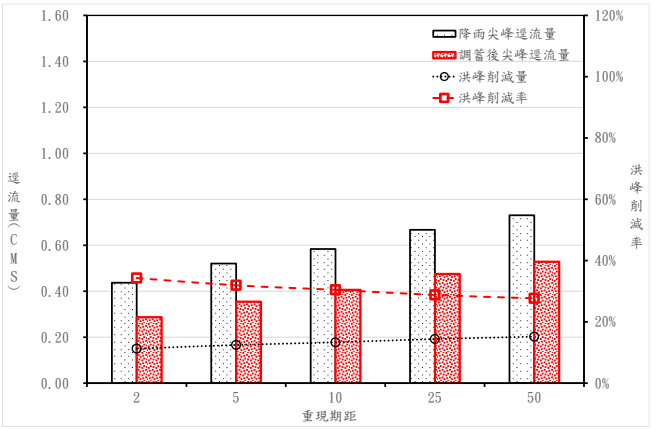


圖 4-53 在地滯洪之高水位降雨延時-1 小時情境洪峰削減

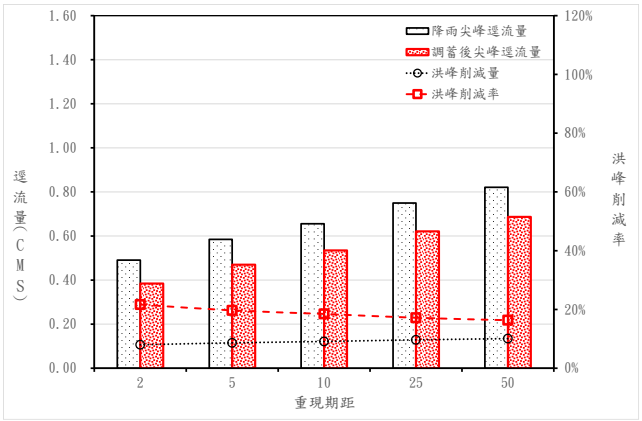


圖 4-54 在地滯洪之高水位降雨延時-2 小時情境洪峰削減

滯-高-3-2~滯-高-3-50情境：中港溪集水區在地滯洪場域(梯田)於高水位之3小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-55所示。由圖4-55顯示：洪峰削減量約為0.091~0.112cms。洪峰削減率依重現期距別約為18~13%。

滯-高-24-2~滯-高-24-50情境：中港溪集水區在地滯洪場域(梯田)於高水位之24小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-56所示。由圖4-56顯示：洪峰削減量約為0.020~0.026cms。洪峰削減率依重現期距別約為7~5%。

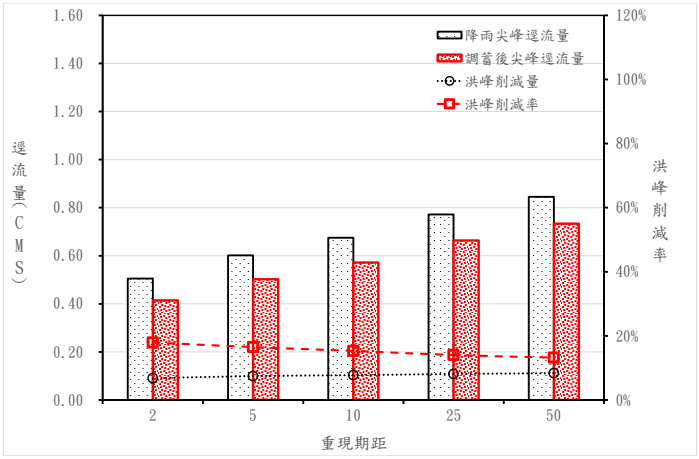


圖 4-55 在地滯洪之高水位降雨延時-3 小時情境洪峰削減

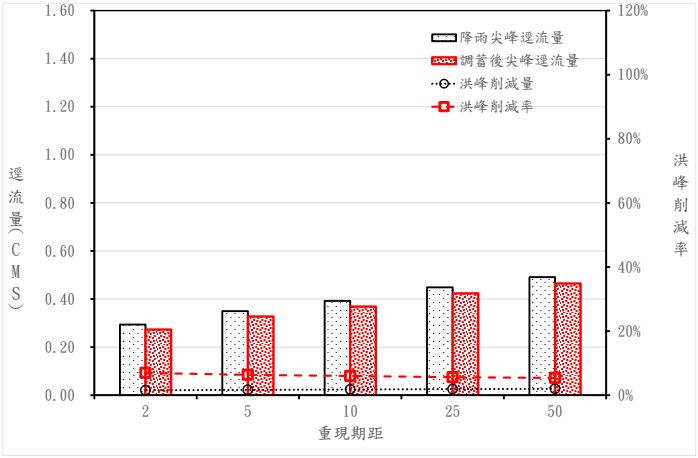


圖 4-56 在地滯洪之高水位降雨延時-24 小時情境洪峰削減

三、在地滯洪常水位情境：

滯-常-1-2~滯-常-1-50情境：中港溪集水區在地滯洪場域(梯田)於常水位之1小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-57所示。由圖4-57顯示：洪峰削減量約為0.357~0.427cms。洪峰削減率依重現期距別約為82~58%。

滯-常-2-2~滯-常-2-2情境：中港溪集水區在地滯洪場域(梯田)於常水位之2小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-58所示。由圖4-58顯示：洪峰削減量約為0.264~0.280cms。洪峰削減率依重現期距別約為54~34%。

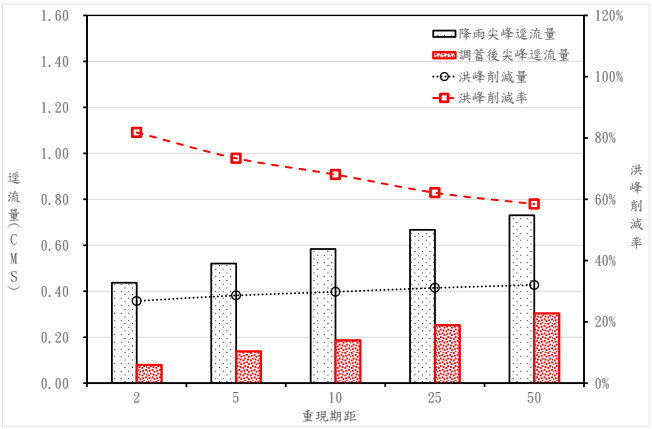


圖 4-57 在地滯洪之常水位降雨延時-1 小時情境洪峰削減

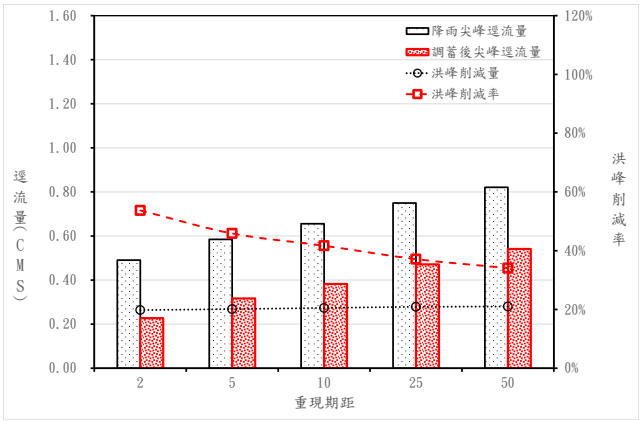


圖 4-58 在地滯洪之常水位降雨延時-2 小時情境洪峰削減

滯-常-3-2~滯-常-3-50情境：中港溪集水區在地滯洪場域(梯田)於常水位之3小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-59所示。由圖4-59顯示：洪峰削減量約為0.216~0.223cms。洪峰削減率依重現期距別約為43~26%。

滯-常-24-2~滯-常-24-2情境：中港溪集水區在地滯洪場域(梯田)於常水位之24小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-60所示。由圖4-60顯示：洪峰削減量約為0.021 ~0.026cms。洪峰削減率依重現期距別約為7~5%。

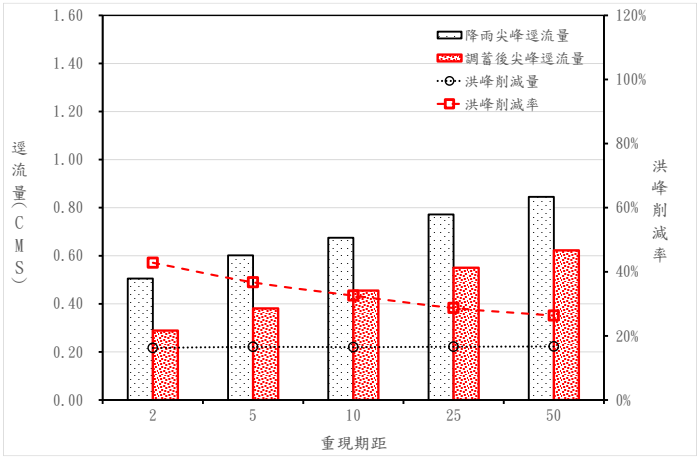


圖 4-59 在地滯洪之常水位降雨延時-3 小時情境洪峰削減

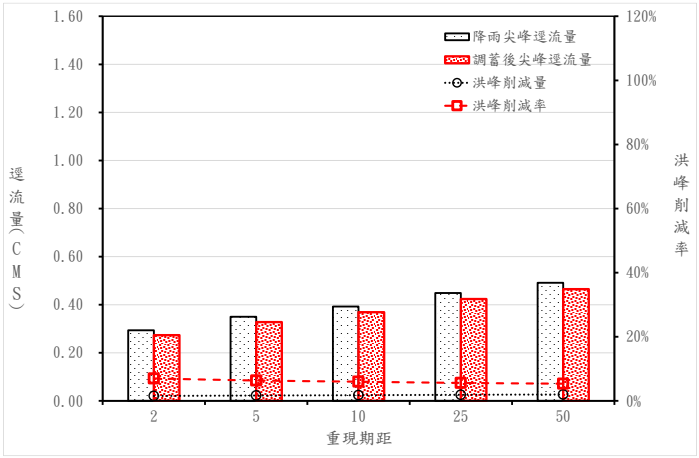


圖 4-60 在地滯洪之常水位降雨延時-24 小時情境洪峰削減

四、在地滯洪提高田埂缺口高度至12公分情境：

滯-12-1-2~滯-12-1-50情境：中港溪集水區在地滯洪場域(梯田)於提高田埂缺口至12公分之1小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-61所示。由圖4-61顯示：洪峰削減量約為0.437~0.728 cms。洪峰削減率均為100%。

滯-12-2-2~滯-12-2-50情境：中港溪集水區在地滯洪場域(梯田)於提高田埂缺口至12公分之2小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-62所示。由圖4-62顯示：洪峰削減量約為0.491~0.564 cms。洪峰削減率依重現期距別約為100~69%。

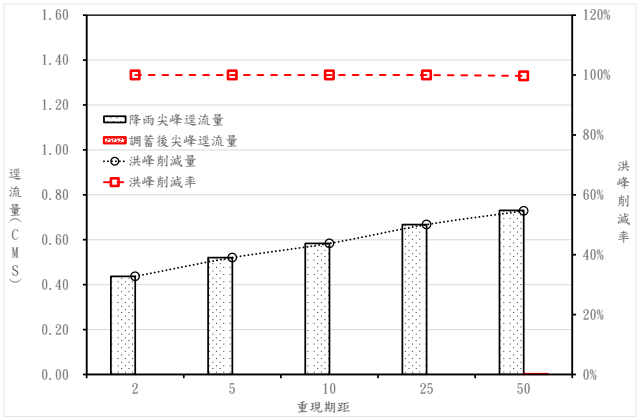


圖 4-61 在地滯洪之提高田埂缺口高度至 12 公分降雨延時-1 小時情境洪峰削減

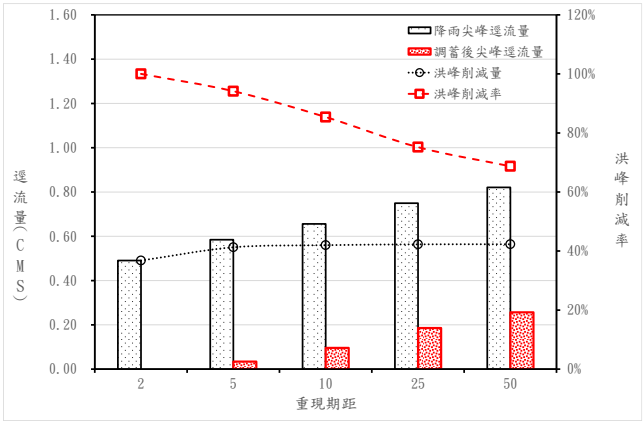


圖 4-62 在地滯洪之提高田埂缺口高度至 12 公分降雨延時-2 小時情境洪峰削減

滯-12-3-2~滯-12-3-50情境：中港溪集水區在地滯洪場域(梯田)於提高田埂缺口至12公分之3小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-63所示。由圖4-63顯示：洪峰削減量約為0.441 ~0.458 cms。洪峰削減率依重現期距別約為87~54%。

滯-12-24-2~滯-12-24-50情境：中港溪集水區在地滯洪場域(梯田)於提高田埂缺口至12公分之24小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-64所示。由圖4-64顯示：洪峰削減量約為0.041~0.060 cms。洪峰削減率依重現期距別約為14~12%。

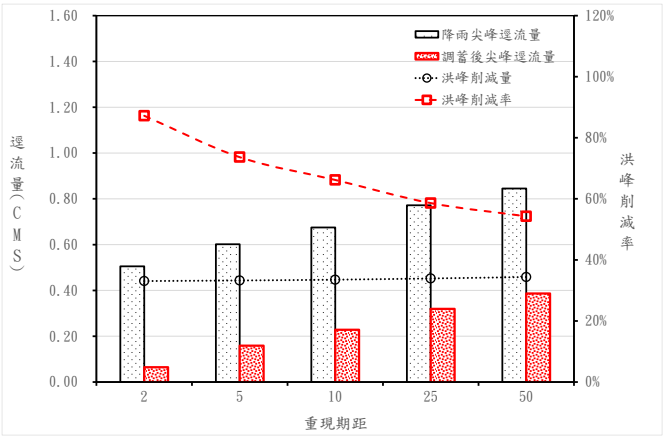


圖 4-63 在地滯洪之提高田埂缺口高度至 12 公分降雨延時-3 小時情境洪峰削減

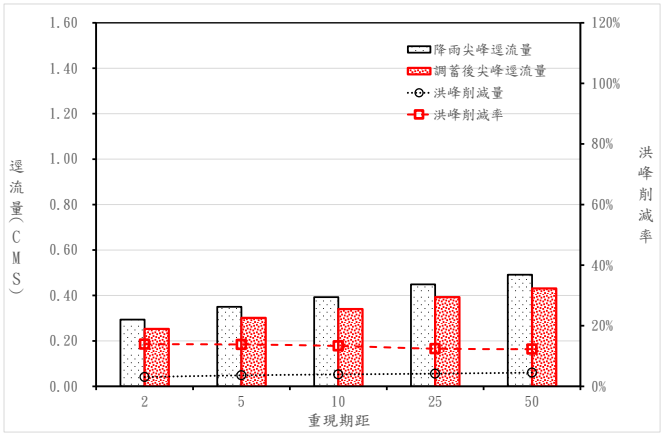


圖 4-64 在地滯洪之提高田埂缺口高度至 12 公分降雨延時-24 小時情境洪峰削減

五、在地滯洪提高田埂缺口高度至20公分情境：

滯-20-1-2~滯-20-1-50情境：中港溪集水區在地滯洪場域(梯田)於提高田埂缺口高度至20公分之1小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-65所示。由圖4-65顯示：洪峰削減量約為0.437 ~0.731cms。洪峰削減率均為100 %。

滯-20-2-2~滯-20-2-50情境：中港溪集水區在地滯洪場域(梯田)於提高田埂缺口高度至20公分之2小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-66所示。由圖4-66顯示：洪峰削減量約為0.491 ~0.821 cms。洪峰削減率均為100 %。

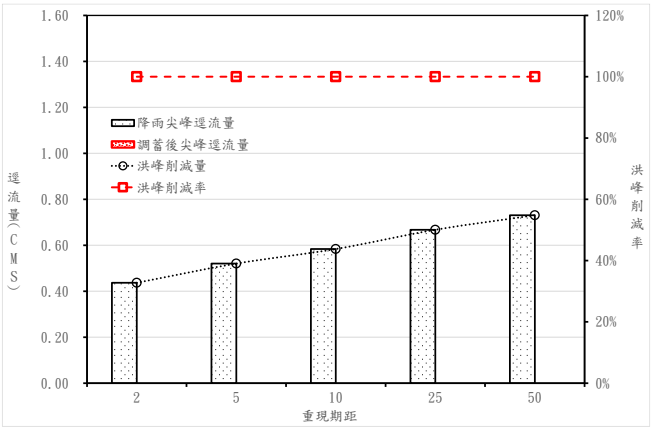


圖 4-65 在地滯洪之提高田埂高度至 20 公分降雨延時-1 小時情境洪峰削減

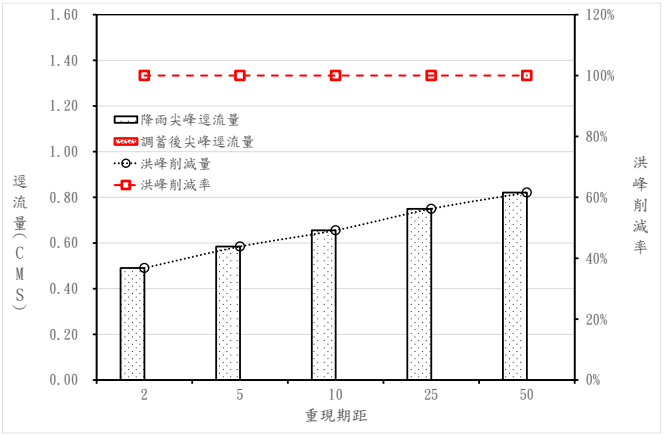


圖 4-66 在地滯洪之提高田埂高度至 20 公分降雨延時-2 小時情境洪峰削減

滯-20-3-2~滯-20-3-50情境：中港溪集水區在地滯洪場域(梯田)於提高田埂缺口高度至20公分之3小時延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-67所示。由圖4-67顯示：洪峰削減量約為0.505~0.780cms。洪峰削減率依重現期距別約為100~92%。

滯-20-24-2~滯-20-24-50情境：中港溪集水區在地滯洪場域(梯田)於提高田埂缺口高度至20公分之24小時長延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-68所示。由圖4-68顯示：洪峰削減量約為0.158~0.178cms。洪峰削減率依重現期距別約為54~36%。

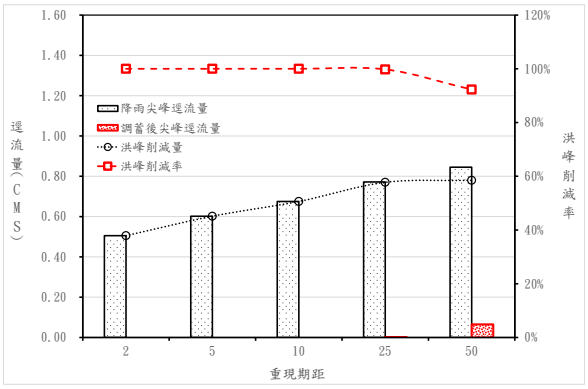


圖 4-67 在地滯洪之提高田埂高度至 20 公分降雨延時-3 小時情境洪峰削減

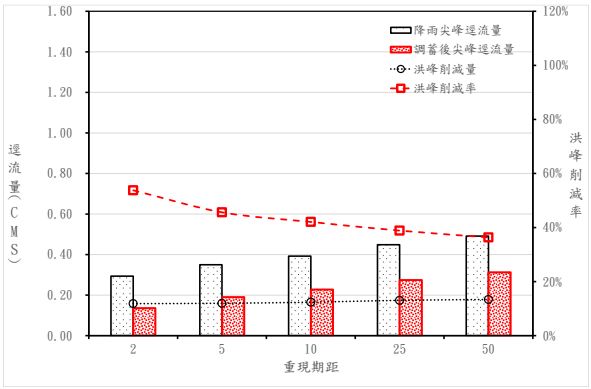


圖 4-68 在地滯洪之提高田埂高度至 20 公分降雨延時-24 小時情境洪峰削減

六、在地滯洪改良型提高田埂缺口高度至12公分情境：

滯-12改-1-2~滯-12改-1-50情境：中港溪集水區在地滯洪場域(梯田)於改良型提高田埂缺口高度至12公分之1小時延時強降雨情境下，2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-69所示。由圖4-69顯示：洪峰削減量約為0.374 ~0.648cms。洪峰削減率約為77~72%。

滯-12改-2-2~滯-12改-2-50情境：中港溪集水區在地滯洪場域(梯田)於改良型提高田埂缺口高度至12公分之2小時延時強降雨情境下，2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-70所示。由圖4-70顯示：洪峰削減量約為0.414 ~0.720 cms。洪峰削減率約為73~61%。

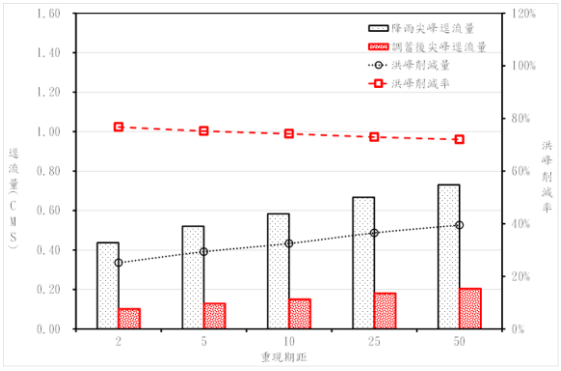


圖 4-69 在地滯洪之改良型提高田埂高度至 12 公分降雨延時-1 小時情境洪峰削減

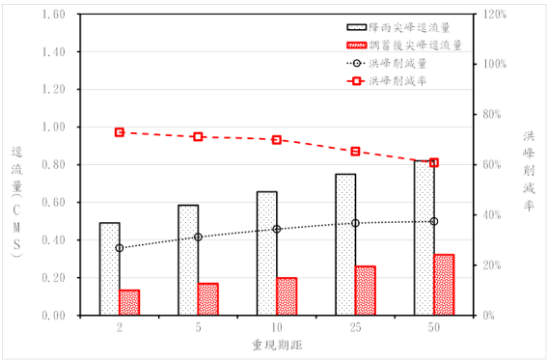


圖 4-70 在地滯洪之改良型提高田埂高度至 12 公分降雨延時-2 小時情境洪峰削減

滯-12改-3-2~滯-12改-3-50情境：中港溪集水區在地滯洪場域(梯田)於改良型提高田埂缺口高度至12公分之3小時延時強降雨情境下，2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-71所示。由圖4-71顯示：洪峰削減量約為0.444~0.463cms。洪峰削減率依重現期距別約為88~55%。

滯-12改-24-2~滯-12改-24-50情境：中港溪集水區在地滯洪場域(梯田)於改良型提高田埂缺口高度至12公分之24小時長延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-72所示。由圖4-72顯示：洪峰削減量約為0.133 ~0.083cms。洪峰削減率依重現期距別約為45~17%。

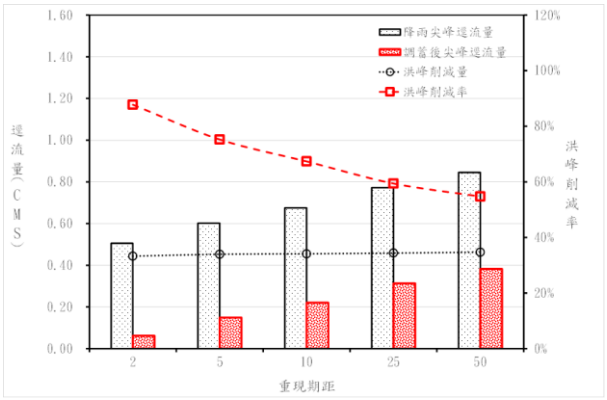


圖 4-71 在地滯洪之改良型提高田埂高度至 12 公分降雨延時-3 小時情境洪峰削減

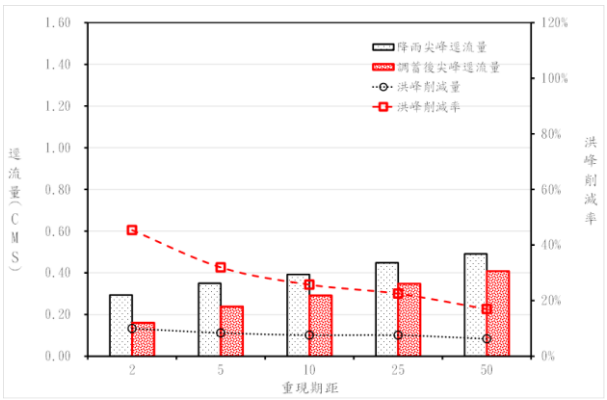


圖 4-72 在地滯洪之改良型提高田埂高度至 12 公分降雨延時-24 小時情境洪峰削減

七、在地滯洪改良型提高田埂缺口高度至20公分情境：

滯-20改-1-2~滯-20改-1-50情境：中港溪集水區在地滯洪場域(梯田)於改良型提高田埂缺口高度至20公分之1小時延時強降雨情境下，2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-73所示。由圖4-73顯示：洪峰削減量約為0.374 ~0.648 cms。洪峰削減率約為85.7~88.7%。

滯-20改-2-2~滯-20改-2-50情境：中港溪集水區在地滯洪場域(梯田)於改良型提高田埂缺口高度至20公分之2小時延時強降雨情境下，2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-74所示。由圖4-74顯示：洪峰削減量約為0.414 ~0.720 cms。洪峰削減率約為84.4~87.7%。

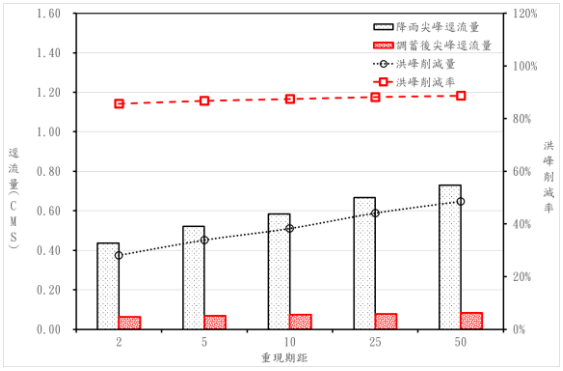


圖 4-73 在地滯洪之改良型提高田埂高度至 20 公分降雨延時-1 小時情境洪峰削減

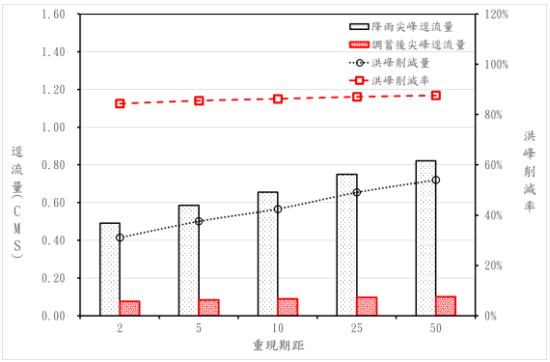


圖 4-74 在地滯洪之改良型提高田埂高度至 20 公分降雨延時-2 小時情境洪峰削減

滯-20改-3-2~滯-20改-3-50情境：中港溪集水區在地滯洪場域(梯田)於改良型提高田埂缺口高度至20公分之3小時延時強降雨情境下，2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-75所示。由圖4-75顯示：洪峰削減量約為0.421 ~0.733 cms。洪峰削減率依重現期距別約為83.3~86.7%。

滯-20改-24-2~滯-20改-24-50情境：中港溪集水區在地滯洪場域(梯田)於改良型提高田埂缺口高度至20公分之24小時長延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-76所示。由圖4-76顯示：洪峰削減量約為0.193 ~0.221cms。洪峰削減率依重現期距別約為65.6~45.1%。

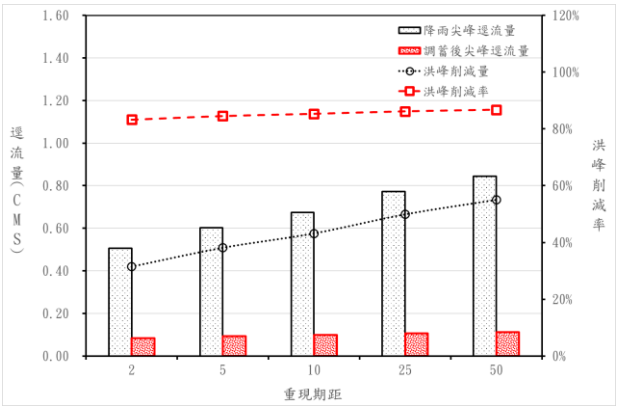


圖 4-75 在地滯洪之改良型提高田埂高度至 20 公分降雨延時-3 小時情境洪峰削減

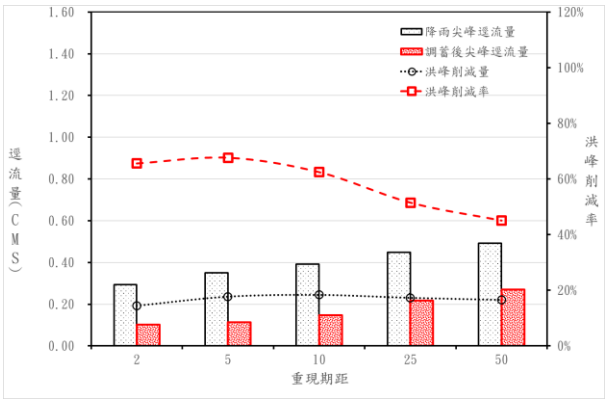


圖 4-76 在地滯洪之改良型提高田埂高度至 20 公分降雨延時-24 小時情境洪峰削減

八、在地滯洪改良型提高田埂缺口高度至25公分情境：

滯-25改-1-2~滯-25改-1-50情境：中港溪集水區在地滯洪場域(梯田)於改良型提高田埂缺口高度至25公分之1小時延時強降雨情境下，2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-77所示。由圖4-77顯示：洪峰削減量約為0.374 ~0.648cms。洪峰削減率約為85.7~88.7%。

滯-25改-2-2~滯-25改-2-50情境：中港溪集水區在地滯洪場域(梯田)於改良型提高田埂缺口高度至25公分之2小時延時強降雨情境下，2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-78所示。由圖4-78顯示：洪峰削減量約為0.414 ~0.720 cms。洪峰削減率約為84.4~87.7%。

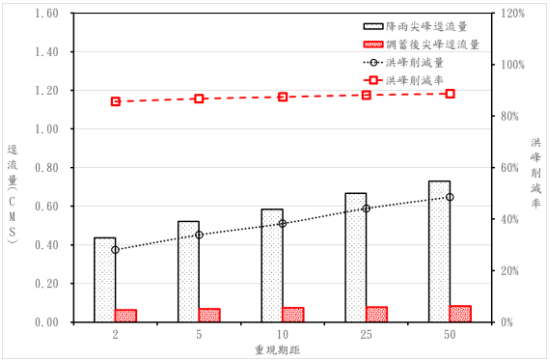


圖 4-77 在地滯洪之改良型提高田埂高度至 25 公分降雨延時-1 小時情境洪峰削減

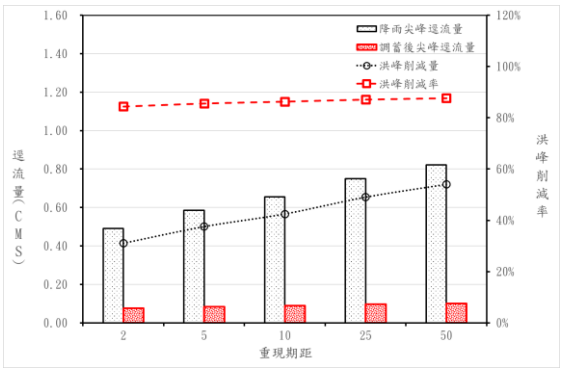


圖 4-78 在地滯洪之改良型提高田埂高度至 25 公分降雨延時-2 小時情境洪峰削減

滯-25改-3-2~滯-25改-3-50情境：中港溪集水區在地滯洪場域(梯田)於改良型提高田埂缺口高度至25公分之3小時延時強降雨情境下，2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-79所示。由圖4-79顯示：洪峰削減量約為0.421~0.733cms。洪峰削減率依重現期距別約為83.3~86.7%。

滯-25改-24-2~滯-25改-24-50情境：中港溪集水區在地滯洪場域(梯田)於改良型提高田埂缺口高度至25公分之24小時長延時強降雨情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-80所示。由圖4-80顯示：洪峰削減量約為0.193 ~0.299cms。洪峰削減率依重現期距別約為70.2~60.9%。

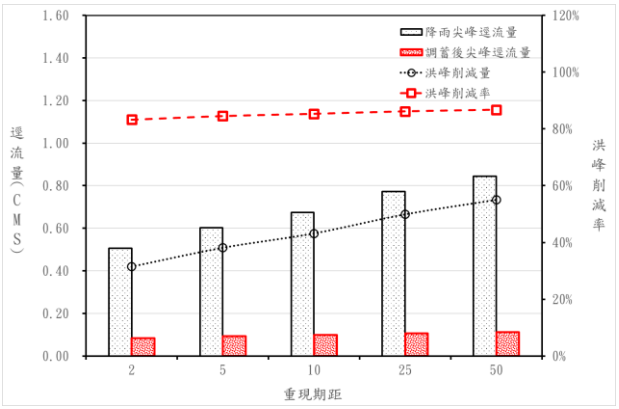


圖 4-79 在地滯洪之改良型提高田埂高度至 25 公分降雨延時-3 小時情境洪峰削減

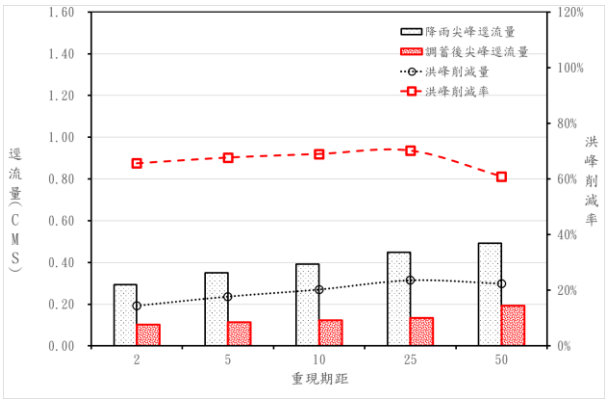


圖 4-80 在地滯洪之改良型提高田埂高度至 25 公分降雨延時-24 小時情境洪峰削減

第四節 區域農塘結合在地滯洪蓄水情境分析

本研究首先進行國內外相關文獻及資料蒐集，再依所蒐集之資料，進行區域農塘結合在地滯洪蓄水情境分析。研究內容與研究方法說明如下：

1.案例區域現地勘查與降雨量等資料蒐集分析及自記水位監測元件設置，詳如第三章所述。

2.農塘蓄水模擬分析：採用農塘水平衡模式進行分析，詳如第三章所述。摘錄如下：

農塘水平衡模式經參考日本農林水產省(2018)針對農塘滯洪過程，提出農塘流出的計算概念，整個農塘的計算依據水平衡的理論進行，分述如下：

(1)進流量計算

農塘進流量包括集水區上游進水量及農塘儲水面上的降雨量，農塘儲水面之進流量為降雨量乘以滿水面積。農塘集水區上游的進流量，該研究則參考杉山博信、角屋陸和永井明博(1988)之儲留係數法進行計算。

(2)出流量計算

依據農塘之出流設施，以堰流公式或相關公式計算出流量。

(3)農塘水位變化

依計算期距(如10分鐘)以前述進出流量進行農塘儲蓄變化量之計算，再換算成農塘水位。

3.水田蓄水模擬分析：採用水田水平衡模式進行分析。

水田水平衡模式為針對蓄水空間滯洪過程，提出蓄洪空間流出的計算概念，整個蓄洪空間的計算依據水平衡的理論進行，詳

細說明如第三章第五節，摘述如下：

(1)進流量計算

蓄洪空間進流量包括田區進水量及水田儲水面上的降雨量，水田儲水面之進流量為降雨量乘以滿水面積。

(2)出流量計算

依據水田之出流設施，以堰流公式或相關公式計算出流量。

(3)湛水水深變化

依計算期距(如 10 分鐘)以前述進出流量進行水田田區儲蓄變化量之計算，再換算成水田湛水水深。

4.降雨強度分析

採用「水土保持技術規範」（行政院農業委員會，2020）之無因次降雨強度公式推估不同降雨重現期距之降雨強度。包括2年、5年、10年、25年、50年等重現期。降雨延時在考量短延時強降雨之情境下，以60分鐘、120分鐘、180分鐘及1440分鐘(24小時)為模擬情境。經由前述資料分析與現地訪談，擬定區域(集水區)農塘與水田聯合操作情境。由於農塘及水田原以灌溉及作物生產為目的，其滯洪功能係在維持既有供給農業用水功能下進行，參考相關文獻降雨強度重現期距區分為2年、5年、10年、25年、50年等。降雨延時在考量短延時強降雨之情境下，以60分鐘、120分鐘、180分鐘及1440分鐘(24小時)為模擬情境。降雨強度採用中央氣象局大河站之年降雨量進行不同降雨延時與重現期距之降雨強度如表4-1所示。

一、單一農塘滯洪操作模擬。

二、農塘串聯操作模擬。

三、農塘及水田聯合滯洪操作模擬。

等情境分析。並就模擬結果比較分析。

一、單一農塘滯洪操作模擬：

單一農塘操作模擬已於第四章第四節中說明，摘述大荒埔埤及李屋埤高水位模擬結果如下：

(一)大荒埔埤高水位情境

農-高-1-2~農-高-1-50情境：中港溪集水區大荒埔埤農塘於高水位之短延時強降雨情境(1小時) 下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-81 所示。由圖4-81 顯示：洪峰削減量約為0.043~0.059cms。洪峰削減率依重現期距別約為99~81%。

農-高-2-2~農-高-2-50情境：中港溪集水區大荒埔埤農塘於高水位之短延時強降雨情境(2小時) 下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-82所示。由圖4-82顯示：洪峰削減量約為0.040~0.049cms。洪峰削減率依重現期距別約為81~61%。

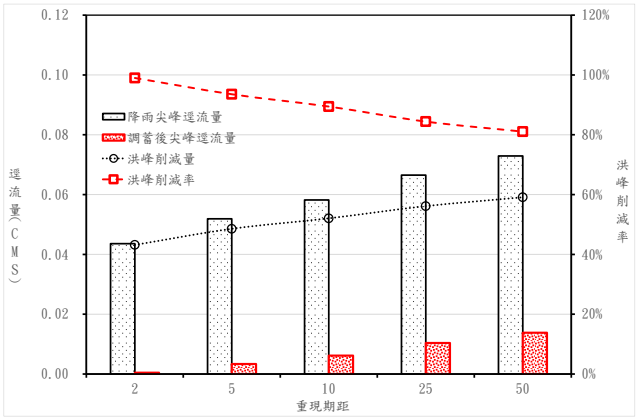


圖 4-81 大荒埔埤之高水位降雨延時-1 小時情境洪峰削減

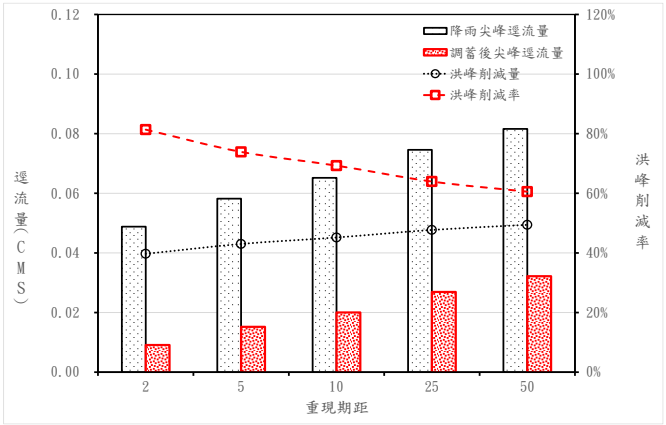


圖 4-82 大荒埔埤之高水位降雨延時-2 小時情境洪峰削減

農-高-3-2~農-高-3-50情境：中港溪集水區大荒埔埤農塘於高水位之短延時強降雨情境(3小時) 下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-83所示。由圖4-83顯示：洪峰削減量約為0.035~0.044cms。洪峰削減率依重現期距別約為70~52%。

農-高-24-2~農-高-24-50情境：中港溪集水區大荒埔埤農塘於高水位之長延時強降雨情境(24小時) 下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-84所示。由圖4-84顯示：洪峰削減量約為0.005~0.006cms。洪峰削減率依重現期距別約為18~12%。

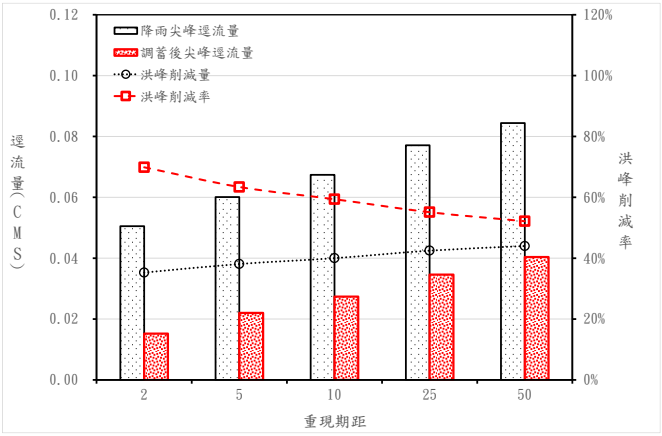


圖 4-83 大荒埔埤之高水位降雨延時-3 小時情境洪峰削減

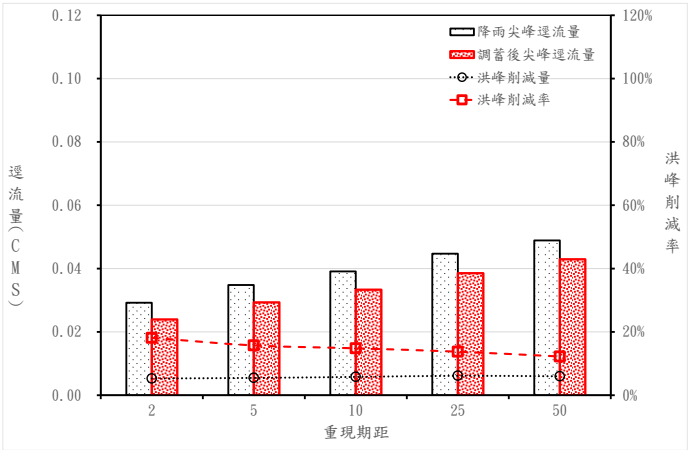


圖 4-84 大荒埔埤之高水位降雨延時-24 小時情境洪峰削減

(二)李屋埤高水位情境

農-高-1-2~農-高-1-50情境：中港溪集水區李屋埤農塘於高水位之短延時強降雨情境(1小時) 下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-85所示。由圖4-85顯示：洪峰削減量約為0.111~0.185cms。洪峰削減率約為100%。

農-高-2-2~農-高-2-50情境：中港溪集水區李屋埤農塘於高水位之短延時強降雨情境(2小時) 下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-86所示。由圖4-86顯示：洪峰削減量約為0.124~0.208cms。洪峰削減率約為100%。

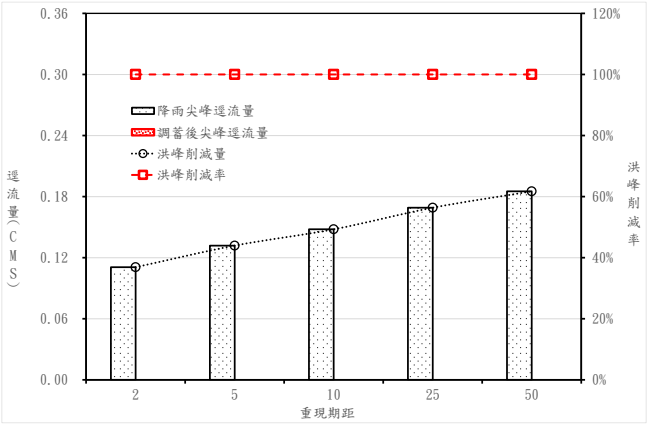


圖 4-85 李屋埤之高水位降雨延時-1 小時情境洪峰削減

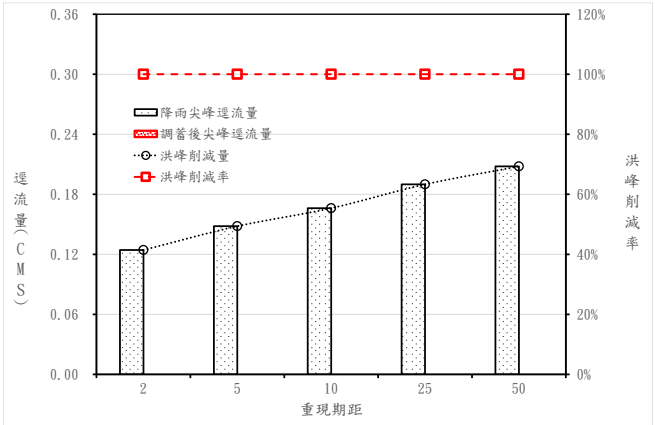


圖 4-86 李屋埤之高水位降雨延時-2 小時情境洪峰削減

農-高-3-2~農-高-3-50情境：中港溪集水區李屋埤埤農塘於高水位之短延時強降雨情境(3小時) 下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-87所示。由圖4-87顯示：洪峰削減量約為0.128~0.214cms。洪峰削減率約為100%。

農-高-24-2~農-高-24-50情境：中港溪集水區李屋埤農塘於高水位之長延時強降雨情境(24小時) 下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-88所示。由圖4-88顯示：洪峰削減量約為0.068~0.071cms。洪峰削減率依重現期距別約為91~57%。

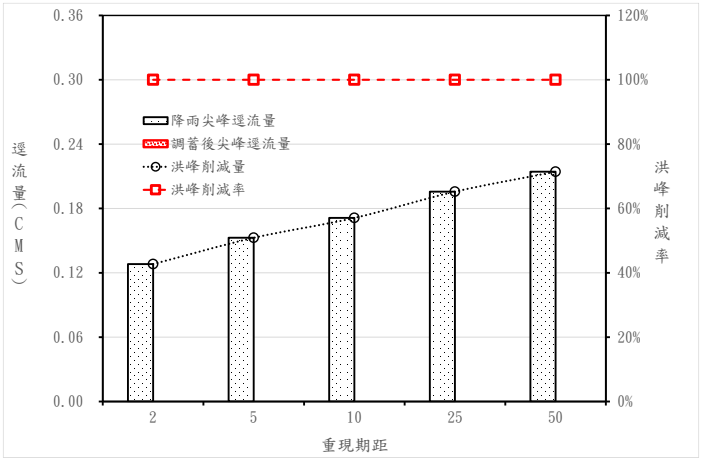


圖 4-87 李屋埤之高水位降雨延時-3 小時情境洪峰削減

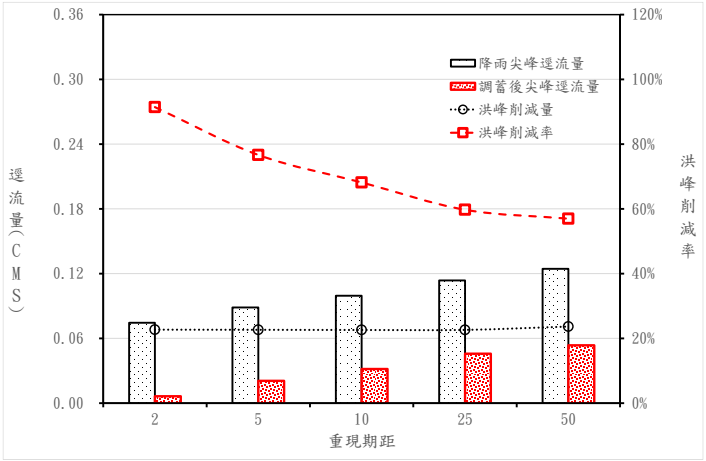


圖 4-88 李屋埤之高水位降雨延時-24 小時情境洪峰削減

二、農塘串聯操作模擬：

中港溪集水區大荒埔埤及李屋埤農塘串聯於高水位之長延時強降雨情境(24小時) 下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之李屋埤降雨尖峰逕流量(含上游入流量)、調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-89所示。由圖4-89顯示：洪峰削減量約為0.090 ~0.078cms。洪峰削減率依重現期距別約為75~45%。

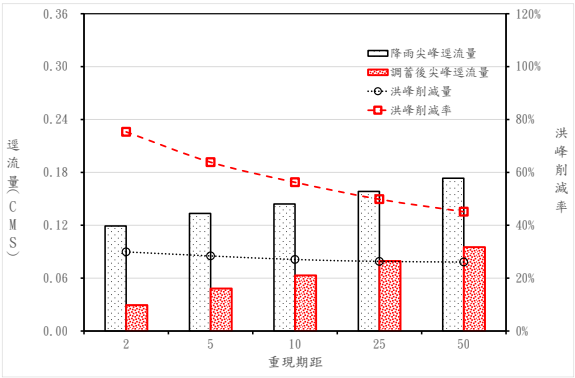


圖 4-89 李屋埤之高水位降雨延時-24 小時農塘串聯情境洪峰削減

三、農塘及水田聯合滯洪操作模擬：

中港溪集水區大荒埔埤及李屋埤農塘串聯於高水位之長延時強降雨情境(24小時)、下游農田提高田埂缺口高度至12公分之情境下，2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-90所示。由圖4-90顯示：洪峰削減量約為0.174~0.191cms。洪峰削減率依重現期距別約為39~29%。

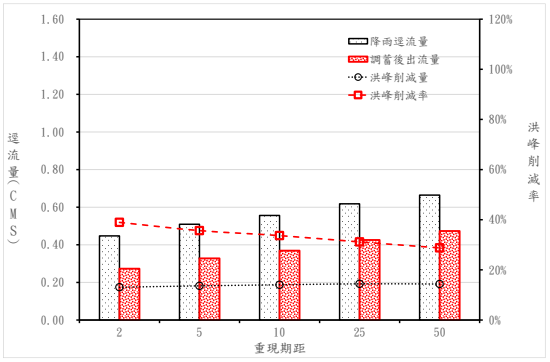


圖 4-90 農塘與水田聯合滯洪操作情境洪峰削減(一)

中港溪集水區大荒埔埤及李屋埤農塘串聯於高水位之長延時強降雨情境(24小時)、下游水田調整缺口(12公分)之改良型情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-91所示。由圖4-91顯示：洪峰削減量約為0.236~ 0.231cms。洪峰削減率依重現期距別約為52.7~ 34.7%。

中港溪集水區大荒埔埤及李屋埤農塘串聯於高水位之長延時強降雨情境(24小時)、下游水田調整缺口(20公分)之改良型情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-92所示。由圖4-92顯示：洪峰削減量約為0.236~ 0.268cms。洪峰削減率依重現期距別約為52.7~ 40.4%。

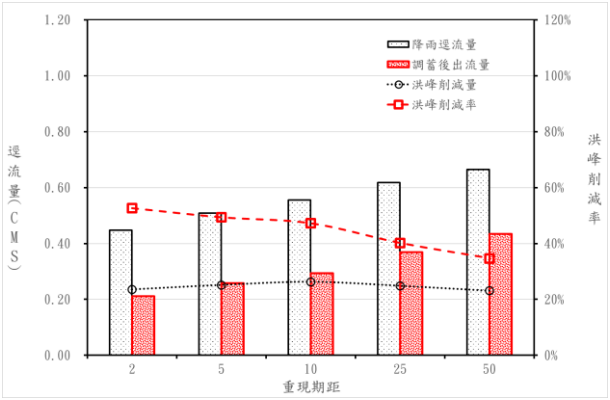


圖 4-91 農塘與水田聯合滯洪操作情境洪峰削減(二)

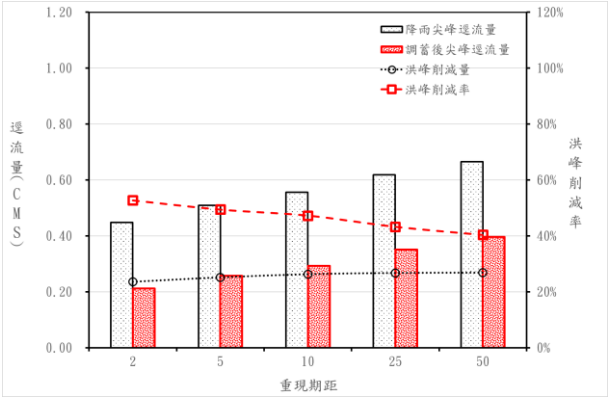


圖 4-92 農塘與水田聯合滯洪操作情境洪峰削減(三)

中港溪集水區大荒埔埤及李屋埤農塘串於高水位之長延時強降雨情境(24小時)、下游水田調整缺口(25公分)之改良型情境下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之降雨尖峰逕流量、調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖4-93所示。由圖4-93顯示：洪峰削減量約為0.236~ 0.268cms。洪峰削減率依重現期距別約為52.7~ 40.4%。

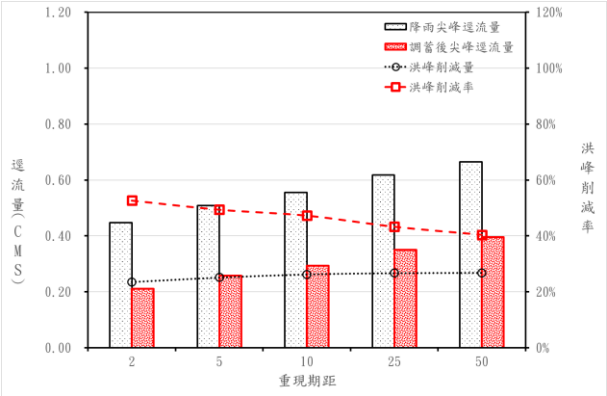


圖 4-93 農塘與水田聯合滯洪操作情境洪峰削減(四)

綜合前述，本研究目前已完成中港溪集水區大荒埔埤、李屋埤等單一農塘、農塘串聯，並進行農塘及水田聯合滯洪操作之模擬，顯示農塘洪蓄水操作確實可降低下游洪峰流量，以本案例而言，在24小時50年重現期距下，透過農塘結合在地滯洪蓄水操作可將滯洪效益由0.006 cms提高滯0.268 cms，洪峰削減率由12%提高至40%。

單一農塘及田區之滯洪量相較於滯洪地確屬較少，但累積集水區各農塘及農田(在地滯洪)場域其放流，將可協助區域將50年重現期距之降雨逕流量降低至5~10年重現期距之降雨逕流量。供相關單位參考。

第五節 小結

區域(集水區)農塘結合在地滯洪蓄水操作情境分析所要進行的工作包括4個子項(詳如第一章)，彙整前述4個子項目之工作成果如下：

(一)情境研擬：

區域(集水區)農塘結合在地滯洪蓄水操作情境擬定，經由現地訪談與資料分析並參考簡傳彬(2020) 之研究，考量農塘原以灌溉為目的，梯田以農業生產為目的，因此農塘結合在地滯洪，其滯洪功能係在維持既有供給農業用水與農業生產功能下進行；經參考相關文獻：降雨強度重現期距區分為2年、5年、10年、25年、50年等。降雨延時在考量短延時強降雨之情境下，以60分鐘、120分鐘、180分鐘及1440分鐘(24小時)為模擬情境。農塘水位區分為低水位、高水位及常水位等情境研擬。

農田情境分為低水位、高水位、常水位、提高田埂缺口高度12公分及20公分及改良型提高田埂缺口高度12、20及25公分。

台灣目前農田田埂高度約為20~30公分，依據行政院農業委員會過去推動休耕田試辦蓄水計畫，實施的原則為田埂高度為20公分以上，並將田埂缺口填封至高度12公分以上，故以提高田埂缺口高度12公分為方案4。

田埂缺口高度提高至20公分，係參考經濟部水利署109年在地滯洪補償試辦計畫，該計畫透過安裝水田排水出口閘調整板，以可滯蓄的高度20公分計算。故本計畫以提高田埂缺口高度至20公分為方案5。

前述經濟部水利署之109年在地滯洪試辦計畫之提高田埂缺口高度至20公分，係在假設田埂高度為30公分之條件下進行。為避免提高田埂缺口高度造成農田長期淹水，因此需設置低逕流排放口，經考量低逕流排放之方式，修正提高田埂缺口高度之方式，另提出提高田埂

高度至12、20公分之改良型，分別為方案6及7；另配合經濟部水利署110年7月26日公告之在地滯洪獎勵及補償作業要點，將可滯水深度提高至25公分。提出提高田埂缺口高度至25公分之改良型，為方案8。

(二)區域(集水區)農塘操作情境精進及滯洪效益分析：

本研究採用所建立之農塘水平衡模式，延續2020年之計畫成果，並參考相關專家之建議，進行區域(集水區)農塘操作情境精進分析。除完成中港溪集水區大荒埔埤、李屋埤等農塘之前述情境模擬。並為延續前述成果完成鯉魚潭集水區之鯉潭039農塘、後龍溪上游集水區之後龍006農塘之前述情境模擬。農塘滯洪效益以洪峰削減量及洪峰削減率來表示。

農塘操作情境精進分析結果(一)：中港溪集水區大荒埔埤各情境模擬之洪峰削減量及削減率，如表4-14所示。由表中顯示：大荒埔埤於常水位之短延時強降雨情境(180分鐘) 下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之洪峰削減量約為0.051~0.073cms，洪峰削減率約為100~ 86%。另於常水位之長延時強降雨情境(24小時) 下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之洪峰削減率依重現期距別約為53~ 32%。

表 4-14 大荒埔埤各情境模擬之洪峰削減量及削減率

降雨延時	重現期距	降雨尖峰逕流量	低水位洪峰削減量	常水位洪峰削減量	高水位洪峰削減量	低水位洪峰削減率	常水位洪峰削減率	高水位洪峰削減率
60分鐘	2	0.044	0.044	0.044	0.043	100%	100%	99%
	5	0.052	0.052	0.052	0.049	100%	100%	94%
	10	0.058	0.058	0.058	0.052	100%	100%	89%
	25	0.067	0.067	0.067	0.056	100%	100%	84%
	50	0.073	0.073	0.073	0.059	100%	100%	81%
120分鐘	2	0.049	0.049	0.049	0.040	100%	100%	81%
	5	0.058	0.058	0.058	0.043	100%	100%	74%
	10	0.065	0.065	0.065	0.045	100%	100%	69%
	25	0.075	0.075	0.075	0.048	100%	100%	64%
	50	0.082	0.082	0.081	0.049	100%	100%	61%
180分鐘	2	0.051	0.051	**0.051**	0.035	100%	**100%**	70%
	5	0.060	0.060	**0.060**	0.038	100%	**100%**	63%
	10	0.067	0.067	**0.067**	0.040	100%	**99%**	59%
	25	0.077	0.077	**0.071**	0.042	100%	**91%**	55%
	50	0.084	0.084	**0.073**	0.044	100%	**86%**	52%
24小時	2	0.029	0.025	0.015	0.005	86%	**53%**	18%
	5	0.035	0.025	0.015	0.005	72%	**42%**	16%
	10	0.039	0.025	0.015	0.006	64%	**38%**	15%
	25	0.045	0.026	0.016	0.006	58%	**35%**	14%
	50	0.049	0.026	0.016	0.006	54%	**32%**	12%

農塘操作情境精進分析結果(二)：中港溪集水區李屋埤各情境模擬之洪峰削減量及削減率，如表4-15所示。由表中顯示：李屋埤於常水位之短延時強降雨情境(180分鐘) 下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之洪峰削減量約為0.128~0.214cms，洪峰削減率約為100%。另於常水位之長延時強降雨情境(24小時) 下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之洪峰削減率依重現期距別約為100~75%。

表 4-15 李屋埤各情境模擬之洪峰削減量及削減率

降雨延時	重現期距	降雨尖峰逕流量	低水位洪峰削減量	常水位洪峰削減量	高水位洪峰削減量	低水位洪峰削減率	常水位洪峰削減率	高水位洪峰削減率
60分鐘	2	0.111	0.111	0.111	0.111	100%	100%	100%
	5	0.132	0.132	0.132	0.132	100%	100%	100%
	10	0.148	0.148	0.148	0.148	100%	100%	100%
	25	0.169	0.169	0.169	0.169	100%	100%	100%
	50	0.185	0.185	0.185	0.185	100%	100%	100%
120分鐘	2	0.124	0.124	0.124	0.124	100%	100%	100%
	5	0.148	0.148	0.148	0.148	100%	100%	100%
	10	0.166	0.166	0.166	0.166	100%	100%	100%
	25	0.190	0.190	0.190	0.190	100%	100%	100%
	50	0.208	0.208	0.208	0.208	100%	100%	100%
180分鐘	2	0.128	0.128	0.128	**0.128**	100%	**100%**	100%
	5	0.153	0.153	0.153	**0.153**	100%	**100%**	100%
	10	0.171	0.171	0.171	**0.171**	100%	**100%**	100%
	25	0.196	0.196	0.196	**0.196**	100%	**100%**	100%
	50	0.214	0.214	0.214	**0.214**	100%	**100%**	100%
24小時	2	0.075	0.075	0.075	0.068	100%	**100%**	91%
	5	0.089	0.089	0.089	0.068	100%	**100%**	77%
	10	0.100	0.100	0.092	0.068	100%	**93%**	68%
	25	0.114	0.114	0.092	0.068	100%	**81%**	60%
	50	0.125	0.118	0.093	0.071	95%	**75%**	57%

農塘操作情境精進分析結果(三)：鯉魚潭集水區鯉潭039農塘各情境模擬之洪峰削減量及削減率，如表4-16所示。由表中顯示：鯉潭039農塘於常水位之短延時強降雨情境(180分鐘) 下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之洪峰削減量約為0.335~0.439cms。洪峰削減率依重現期距別約為86~68%。另於常水位之長延時強降雨情境(24小時) 下， 2年、5年、10年、25年、50年等洪峰削減率依重現期距別約為32~22%。

表 4-16 鯉潭 039 農塘各情境模擬之洪峰削減量及削減率

降雨延時	重現期距	降雨尖峰逕流量	低水位洪峰削減量	常水位洪峰削減量	高水位洪峰削減量	低水位洪峰削減率	常水位洪峰削減率	高水位洪峰削減率
60分鐘	2	0.336	0.336	0.336	0.298	100%	100%	89%
	5	0.400	0.400	0.400	0.341	100%	100%	85%
	10	0.448	0.448	0.446	0.372	100%	100%	83%
	25	0.511	0.511	0.497	0.410	100%	97%	80%
	50	0.560	0.560	0.532	0.439	100%	95%	78%
120分鐘	2	0.384	0.384	0.366	0.285	100%	95%	74%
	5	0.457	0.457	0.410	0.320	100%	90%	70%
	10	0.512	0.512	0.440	0.345	100%	86%	67%
	25	0.584	0.584	0.476	0.376	100%	81%	64%
	50	0.639	0.639	0.502	0.398	100%	78%	62%
180分鐘	2	0.391	0.391	**0.335**	0.254	100%	**86%**	65%
	5	0.464	0.464	**0.368**	0.284	100%	**79%**	61%
	10	0.520	0.518	**0.391**	0.304	100%	**75%**	59%
	25	0.594	0.563	**0.419**	0.331	95%	**71%**	56%
	50	0.650	0.589	**0.439**	0.351	91%	**68%**	54%
24小時	2	0.250	0.138	0.080	0.062	55%	**32%**	25%
	5	0.297	0.141	0.082	0.069	47%	**27%**	23%
	10	0.333	0.142	0.084	0.074	43%	**25%**	22%
	25	0.380	0.144	0.088	0.081	38%	**23%**	21%
	50	0.416	0.147	0.091	0.085	35%	**22%**	21%

農塘操作情境精進分析結果(四)：後龍溪上游集水區後龍006農塘各情境模擬之洪峰削減量及削減率，如表4-17所示。後龍006農塘於常水位之短延時強降雨情境(180分鐘) 下， 2年、5年、10年、25年、50年等重現期距之洪峰削減量約為0.335~0.439cms。洪峰削減率依重現期距別約為90~72%。另於常水位之長延時強降雨情境(24小時) 下，2年、5年、10年、25年、50年等洪峰削減率依重現期距別約為36~24%。

表 4-17 後龍 006 農塘各情境模擬之洪峰削減率

降雨延時	重現期距	降雨尖峰逕流量	低水位洪峰削減量	常水位洪峰削減量	高水位洪峰削減量	低水位洪峰削減率	常水位洪峰削減率	高水位洪峰削減率
60分鐘	2	0.155	0.155	0.155	0.144	100%	100%	93%
	5	0.185	0.185	0.185	0.166	100%	100%	90%
	10	0.207	0.207	0.207	0.181	100%	100%	88%
	25	0.236	0.236	0.234	0.201	100%	99%	85%
	50	0.258	0.258	0.252	0.215	100%	97%	83%
120分鐘	2	0.177	0.177	0.174	0.142	100%	98%	80%
	5	0.211	0.211	0.197	0.160	100%	93%	76%
	10	0.236	0.236	0.212	0.173	100%	90%	73%
	25	0.270	0.270	0.231	0.189	100%	86%	70%
	50	0.295	0.295	0.244	0.201	100%	83%	68%
180分鐘	2	0.180	0.180	**0.162**	0.128	100%	**90%**	71%
	5	0.214	0.214	**0.180**	0.143	100%	**84%**	67%
	10	0.240	0.240	**0.192**	0.154	100%	**80%**	64%
	25	0.274	0.274	**0.207**	0.168	100%	**75%**	61%
	50	0.300	0.300	**0.217**	0.178	100%	**72%**	59%
24小時	2	0.115	0.079	0.042	0.031	69%	**36%**	27%
	5	0.137	0.082	0.043	0.034	60%	**31%**	25%
	10	0.154	0.083	0.043	0.036	54%	**28%**	24%
	25	0.175	0.083	0.045	0.039	47%	**25%**	22%
	50	0.192	0.082	0.046	0.041	43%	**24%**	21%

(三)區域(集水區)農塘操作情境精進及降低災害風險分析：

農塘降低災害風險分析以農塘調蓄後尖峰逕流量，與未經農塘調蓄之降雨尖峰逕流量之重現期距進行討論。

農塘操作情境精進及降低災害風險分析結果(一)：中港溪集水區大荒埔埤各情境模擬之尖峰逕流量，如表4-18所示。由表中顯示：大荒埔埤於常水位之長延時強降雨情境(24小時) 下，50年重現期距之調蓄後尖峰逕流量約為0.033cms。略低於長延時強降雨情境(24小時)之5年降雨尖峰逕流量(約為0.035cms)。顯示透過農塘調蓄可降低洪災風險。

表 4-18 大荒埔埤各情境模擬之尖峰逕流量

降雨延時	重現期距	降雨尖峰逕流量	低水位調蓄後尖峰逕流量	常水位調蓄後尖峰逕流量	高水位調蓄後尖峰逕流量
60分鐘	2	0.044	0.000	0.000	0.000
	5	0.052	0.000	0.000	0.003
	10	0.058	0.000	0.000	0.006
	25	0.067	0.000	0.000	0.010
	50	0.073	0.000	0.000	0.014
120分鐘	2	0.049	0.000	0.000	0.009
	5	0.058	0.000	0.000	0.015
	10	0.065	0.000	0.000	0.020
	25	0.075	0.000	0.000	0.027
	50	0.082	0.000	0.000	0.032
180分鐘	2	0.051	0.000	0.000	0.015
	5	0.060	0.000	0.000	0.022
	10	0.067	0.000	0.001	0.027
	25	0.077	0.000	0.007	0.035
	50	0.084	0.000	0.012	0.040
24小時	2	0.029	0.004	0.014	0.024
	5	**0.035**	0.010	0.020	0.029
	10	0.039	0.014	0.024	0.033
	25	0.045	0.019	0.029	0.039
	50	0.049	0.023	**0.033**	0.043

農塘操作情境精進及降低災害風險分析結果(二)：中港溪集水區李屋埤各情境模擬之尖峰逕流量，如表4-19所示。由表中顯示：李屋埤於常水位之長延時強降雨情境(24小時) 下，50年重現期距之調蓄後尖峰逕流量約為0.031cms。低於長延時強降雨情境(24小時)之2年降雨尖峰逕流量(約為0.075cms)。顯示透過農塘調蓄可降低洪災風險。

表 4-19 李屋埤各情境模擬之尖峰逕流量

降雨延時	重現期距	降雨尖峰逕流量	低水位調蓄後尖峰逕流量	常水位調蓄後尖峰逕流量	高水位調蓄後尖峰逕流量
60分鐘	2	0.111	0.000	0.000	0.000
	5	0.132	0.000	0.000	0.000
	10	0.148	0.000	0.000	0.000
	25	0.169	0.000	0.000	0.000
	50	0.185	0.000	0.000	0.000
120分鐘	2	0.124	0.000	0.000	0.000
	5	0.148	0.000	0.000	0.000
	10	0.166	0.000	0.000	0.000
	25	0.190	0.000	0.000	0.000
	50	0.208	0.000	0.000	0.000
180分鐘	2	0.128	0.000	0.000	0.000
	5	0.153	0.000	0.000	0.000
	10	0.171	0.000	0.000	0.000
	25	0.196	0.000	0.000	0.000
	50	0.214	0.000	0.000	0.000
24小時	2	**0.075**	0.000	0.000	0.006
	5	0.089	0.000	0.000	0.021
	10	0.100	0.000	0.007	0.032
	25	0.114	0.000	0.022	0.046
	50	0.125	0.007	**0.031**	0.054

農塘操作情境精進及降低災害風險分析結果(三)：鯉魚潭集水區鯉潭039農塘各情境模擬之尖峰逕流量，如表4-20所示。由表中顯示：鯉潭039農塘於常水位之長延時強降雨情境(24小時) 下，50年重現期距之調蓄後尖峰逕流量約為0.325cms。低於長延時強降雨情境(24小時)之10年降雨尖峰逕流量(約為0.333cms)。顯示透過農塘調蓄可降低洪災風險。

表 4-20 鯉潭 039 農塘各情境模擬之尖峰逕流量

降雨延時	重現期距	降雨尖峰逕流量	低水位調蓄後尖峰逕流量	常水位調蓄後尖峰逕流量	高水位調蓄後尖峰逕流量
60分鐘	2	0.336	0.000	0.000	0.038
	5	0.400	0.000	0.000	0.059
	10	0.448	0.000	0.002	0.076
	25	0.511	0.000	0.015	0.101
	50	0.560	0.000	0.028	0.121
120分鐘	2	0.384	0.000	0.018	0.099
	5	0.457	0.000	0.047	0.137
	10	0.512	0.000	0.072	0.167
	25	0.584	0.000	0.108	0.209
	50	0.639	0.001	0.137	0.241
180分鐘	2	0.391	0.000	0.056	0.137
	5	0.464	0.000	0.096	0.181
	10	0.520	0.002	0.130	0.216
	25	0.594	0.032	0.175	0.263
	50	0.650	0.061	0.211	0.299
24小時	2	0.250	0.112	0.170	0.188
	5	0.297	0.156	0.215	0.228
	10	0.333	0.191	0.249	0.259
	25	0.380	0.237	0.292	0.300
	50	0.416	0.268	**0.325**	0.331

農塘操作情境精進及降低災害風險分析結果(四)：後龍溪上游集水區後龍006農塘各情境模擬之尖峰逕流量，如表4-21所示。由表中顯示：後龍006農塘於常水位之長延時強降雨情境(24小時) 下，50年重現期距之調蓄後尖峰逕流量約為0.146cms。低於長延時強降雨情境(24小時)之10年降雨尖峰逕流量(約為0.154cms)。顯示透過農塘調蓄可降低洪災風險。

表 4-21 後龍 006 農塘各情境模擬之尖峰逕流量

降雨延時	重現期距	降雨尖峰逕流量	低水位調蓄後尖峰逕流量	常水位調蓄後尖峰逕流量	高水位調蓄後尖峰逕流量
60分鐘	2	0.155	0.000	0.000	0.011
	5	0.185	0.000	0.000	0.019
	10	0.207	0.000	0.000	0.026
	25	0.236	0.000	0.002	0.035
	50	0.258	0.000	0.007	0.043
120分鐘	2	0.177	0.000	0.003	0.036
	5	0.211	0.000	0.014	0.051
	10	0.236	0.000	0.024	0.064
	25	0.270	0.000	0.038	0.081
	50	0.295	0.000	0.051	0.094
180分鐘	2	0.180	0.000	0.018	0.052
	5	0.214	0.000	0.035	0.071
	10	0.240	0.000	0.048	0.086
	25	0.274	0.000	0.068	0.107
	50	0.300	0.000	0.083	0.122
24小時	2	0.115	0.036	0.073	0.084
	5	0.137	0.055	0.094	0.103
	10	**0.154**	0.071	0.110	0.117
	25	0.175	0.093	0.131	0.136
	50	0.192	0.110	**0.146**	0.151

(四)區域(集水區)在地滯洪蓄水操作情境分析：

本研究採用所建立之梯田水平衡模式，進行區域(集水區)在地滯洪蓄水操作情境分析。完成前述擬定之情境模擬，並依據洪峰削減量及洪峰削減率以進行農塘之滯洪效益分析。

在地滯洪操作情境分析結果(一)：中港溪集水區之在地滯洪場域(農田)各情境模擬之洪峰削減量及削減率，如表4-22所示。由表中顯示:於常水位之短延時強降雨情境(180分鐘)各重現期距之洪峰削減量約為0.216 ~0.223cms。洪峰削減率依重現期距別約為43~26%。

表 4-22 在地滯洪各情境模擬之洪峰削減量及削減率(一)

降雨延時	重現期距	降雨尖峰逕流量	低水位洪峰削減量	常水位洪峰削減量	高水位洪峰削減量	低水位洪峰削減率	常水位洪峰削減率	高水位洪峰削減率
60分鐘	2	0.437	0.436	0.357	0.150	100%	82%	34%
	5	0.520	0.479	0.382	0.166	92%	73%	32%
	10	0.584	0.502	0.397	0.178	86%	68%	30%
	25	0.667	0.526	0.415	0.192	79%	62%	29%
	50	0.731	0.542	0.427	0.202	74%	58%	28%
120分鐘	2	0.491	0.357	0.264	0.106	72%	54%	22%
	5	0.585	0.382	0.268	0.115	62%	46%	20%
	10	0.656	0.397	0.273	0.121	56%	42%	18%
	25	0.750	0.415	0.278	0.129	49%	37%	17%
	50	0.821	0.427	0.280	0.134	45%	34%	16%
180分鐘	2	0.505	0.290	**0.216**	0.091	57%	**43%**	18%
	5	0.602	0.296	**0.221**	0.099	49%	**37%**	17%
	10	0.675	0.299	**0.220**	0.103	44%	**33%**	15%
	25	0.772	0.300	**0.222**	0.108	39%	**29%**	14%
	50	0.845	0.300	**0.223**	0.112	35%	**26%**	13%
24小時	2	0.294	0.021	0.021	0.020	7%	7%	7%
	5	0.350	0.022	0.022	0.022	6%	6%	6%
	10	0.392	0.024	0.024	0.024	6%	6%	6%
	25	0.449	0.025	0.025	0.025	6%	6%	6%
	50	0.491	0.026	0.026	0.026	5%	5%	5%

在地滯洪操作情境分析結果(二)：中港溪集水區在地滯洪場域(農田)常水位(與表4-22相同)及提高田埂缺口高度12及20公分各情境模擬之洪峰削減量及削減率，如表4-23所示。由表中顯示：於提高田埂缺口高度12公分之短延時強降雨情境(180分鐘)各重現期距之洪峰削減量約為0.441 ~0.458 cms。洪峰削減率依重現期距別約為87~54%。與常水位比較，其滯洪效益較高。

表 4-23 在地滯洪各情境模擬之洪峰削減量及削減率(二)

降雨延時	重現期距	降雨尖峰逕流量	常水位洪峰削減量	提高田埂缺口12cm洪峰削減量	提高田埂缺口20cm洪峰削減量	常水位洪峰削減率	提高田埂缺口12cm洪峰削減率	提高田埂缺口20cm洪峰削減率
60分鐘	2	0.437	0.357	0.437	0.437	82%	100%	100%
	5	0.520	0.382	0.520	0.520	73%	100%	100%
	10	0.584	0.397	0.584	0.584	68%	100%	100%
	25	0.667	0.415	0.667	0.667	62%	100%	100%
	50	0.731	0.427	0.728	0.731	58%	100%	100%
120分鐘	2	0.491	0.264	0.491	0.491	54%	100%	100%
	5	0.585	0.268	0.550	0.585	46%	94%	100%
	10	0.656	0.273	0.560	0.656	42%	85%	100%
	25	0.750	0.278	0.564	0.750	37%	75%	100%
	50	0.821	0.280	0.564	0.821	34%	69%	100%
180分鐘	2	0.505	0.216	**0.441**	0.505	43%	**87%**	100%
	5	0.602	0.221	**0.443**	0.602	37%	**74%**	100%
	10	0.675	0.220	**0.447**	0.675	33%	**66%**	100%
	25	0.772	0.222	**0.452**	0.770	29%	**59%**	100%
	50	0.845	0.223	**0.458**	0.780	26%	**54%**	92%
24小時	2	0.294	0.021	0.041	0.158	7%	14%	54%
	5	0.350	0.022	0.048	0.160	6%	14%	46%
	10	0.392	0.024	0.052	0.165	6%	13%	42%
	25	0.449	0.025	0.056	0.174	6%	12%	39%
	50	0.491	0.026	0.060	0.178	5%	12%	36%

在地滯洪操作情境分析結果(三)：中港溪集水區在地滯洪場域(農田)改良型提高田埂缺口高度12、20及25公分各情境模擬之洪峰削減量及削減率，如表4-24所示。由表中顯示：於改良型提高田埂缺口高度12公分之短延時強降雨情境(180分鐘)各重現期距之洪峰削減量約為0.444 ~0.463 cms。洪峰削減率依重現期距別約為88~55%。改良型於短延時降雨與基本型比較，其滯洪效益相當或略低，但在長延時降雨有較佳之滯洪效益。

表 4-24 在地滯洪各情境模擬之洪峰削減量及削減率(三)

降雨延時	重現期距	降雨尖峰逕流量	改良提高田埂缺口12cm洪峰削減量	改良提高田埂缺口20cm洪峰削減量	改良提高田埂缺口25cm洪峰削減量	改良提高田埂缺口12cm洪峰削減率	改良提高田埂缺口20cm洪峰削減率	改良提高田埂缺口25cm洪峰削減率
60分鐘	2	0.437	0.335	0.374	0.374	77%	86%	86%
	5	0.520	0.392	0.452	0.452	75%	87%	87%
	10	0.584	0.433	0.511	0.511	74%	87%	87%
	25	0.667	0.487	0.589	0.589	73%	88%	88%
	50	0.731	0.526	0.648	0.648	72%	89%	89%
120分鐘	2	0.491	0.358	0.414	0.414	73%	84%	84%
	5	0.585	0.416	0.501	0.501	71%	86%	86%
	10	0.656	0.458	0.566	0.566	70%	86%	86%
	25	0.750	0.490	0.654	0.654	65%	87%	87%
	50	0.821	0.499	0.720	0.720	61%	88%	88%
180分鐘	2	0.505	**0.444**	0.421	0.421	88%	83%	83%
	5	0.602	**0.453**	0.509	0.509	75%	85%	85%
	10	0.675	**0.455**	0.576	0.576	67%	85%	85%
	25	0.772	**0.459**	0.665	0.665	59%	86%	86%
	50	0.845	**0.463**	0.733	0.733	55%	87%	87%
24小時	2	0.294	0.133	0.193	0.193	45%	66%	66%
	5	0.350	0.112	0.237	0.237	32%	68%	68%
	10	0.392	0.101	0.245	0.271	26%	62%	69%
	25	0.449	0.101	0.231	0.315	23%	52%	70%
	50	0.491	0.083	0.221	0.299	17%	45%	61%

(五)區域(集水區)農塘結合在地滯洪蓄水操作情境分析：

農塘結合在地滯洪操作情境分析結果：中港溪集水區之農塘及在地滯洪場域(農田)在長延時降雨情境模擬之洪峰削減量及削減率，如表4-25所示。由表中顯示：各重現期距之洪峰削減量約為0.231~0.268cms。洪峰削減率依重現期距別約為35~53%。

表 4-25 農塘結合在地滯洪各情境模擬之洪峰削減量及削減率

降雨延時	重現期距	降雨尖峰逕流量	改良提高田埂缺口12cm洪峰削減量	改良提高田埂缺口20cm洪峰削減量	改良提高田埂缺口25cm洪峰削減量	改良提高田埂缺口12cm洪峰削減率	改良提高田埂缺口20cm洪峰削減率	改良提高田埂缺口25cm洪峰削減率
24小時	2	0.447	0.236	0.236	0.236	52.7%	52.7%	52.7%
	5	0.509	0.252	0.252	0.252	49.4%	49.4%	49.4%
	10	0.556	0.263	0.263	0.263	47.3%	47.3%	47.3%
	25	0.618	0.248	0.267	0.267	40.2%	43.3%	43.3%
	50	0.665	0.231	0.268	0.268	34.7%	40.4%	40.4%

依據前述分析，透過提高田埂缺口高度或改良型提高田埂缺口高度均可提高集水區洪峰削減量。以農塘結合在地滯洪之改良型提高缺口至12公分，重現期距50年未經調蓄前之降雨尖峰逕流量原為0.665cms，經調蓄後削減0.231cms，即調蓄後尖峰逕流量為0.434cms，略低於2年重現期之降雨尖峰逕流量(0.447cms)。

本研究已依所建立之農塘水平衡模式、梯田水平衡模式，完成區域(集水區)農塘、在地滯洪蓄水操作情境模擬與滯洪效益分析。後續將積極進行區域(集水區)農塘結合在地滯洪蓄水操作情境分析。再依據不同情境分析結果(包括滯洪效益)研擬區域(集水區)農塘結合在地滯洪蓄水操作機制與推動方式，供相關單位參考。

第五章 農塘結合在地滯洪蓄水操作機制

第一節 農塘結合在地滯洪蓄水操作機制研擬

區域經由農塘與農田(在地滯洪場域)間，利用渠道或管路，可提供農塘與農田相互間的蓄水空間彈性運用做為滯洪使用。前期(109年度) 利用管路(或渠道、農田、自然地形)串並聯農塘，以充分運用蓄水空間，提供暴雨時期降雨逕流量或灌溉餘水之儲蓄空間；再利用管線(或渠道)彈性調度至各農塘供灌農田，可提高水資源利用效益，並提供區域短期滯洪的參考方案。本110年度計畫進一步探討利用農塘結合農田(在地滯洪)蓄水操作之效益。農塘結合農田(在地滯洪)之操作，主要利用既有渠道或管路進行連接，農田在地滯洪之操作係藉由提高田埂缺口高度以提供暴雨時期之蓄洪空間達到滯洪之功效。

農塘串並聯不僅可以增加蓄水、滯洪功能，也可涵養水源及豐富生態環境，故對水土保持、滯洪防災工作將會是一大助力；但由於社會環境的變遷，使得台灣地區農塘的使用情形不佳，部分農塘功能降低或喪失，故當洪災發生時，農塘所能發揮之功效將大為降低。109年度計畫考量農塘之優勢仍大於劣勢，故活化農塘並完成農塘之串並聯以提高農塘蓄水及滯洪效益是值得進行探討的。雖然部分農塘面積及蓄水量較少，但由於農塘數量甚多，透過區域農塘串並聯滯洪蓄水的功能，累積區域眾多農塘的滯洪蓄水量不僅能減輕河川排水負荷，還能利於區域的整體發展。

109年度計畫經由串並聯農塘之基本資料蒐集，再透過渠道或管線連接進行農塘串並聯操作。經由研究顯示：豪雨特報時預先降低的農塘水位或採汛期低水位管理均有助於區域之滯洪效益，考量一般農塘之集水面積較小，109年度計畫建議農塘可預先降低水位20~30公

分。其後透過農塘溢洪設施及渠道或管路進行滯洪操作。

本年度農塘結合在地滯洪之操作流程與機制之擬訂，首先參考經濟部水利署之在地滯洪操作模式：

1.平時期間，堤防設置溢流堰並保持平時在地滯洪區低度利用。

2.颱洪期間，洪水期間高於溢流堰之河道逕流將暫存於在地滯洪區。

3.颱洪結束後，在地滯洪區暫存洪水透過排水閘門以重力方式排入河道降低下游溢淹風險。

經濟部水利署在地滯洪之操作，其田埂維護包括：

1.加高田埂高度至30公分。

2.安裝水田出口調整板以控制出流量。

前述田埂維護的作法，與吉川夏樹等(2010)研究作法類似。吉川夏樹等(2010)之研究，針對常受洪水侵襲之地區，在上游流域之廣泛水田地帶設置「水田落水調整版」，透過裝置操作，並配合田埂之落水調整版施作，結果顯示：雨水可有效儲留並降低下游洪峰流量與水位。

彙整前述操作，本研究建議之操作機制及流程，可分為4個子項目，分述如下：

一、事前調查與規劃

依據區域之農塘與在地滯洪場域進行基本資料調查；再依據基本資料完成農塘結合在地滯洪之規則與操作規則之擬定。

二、操作前之整備

完成操作前農塘及在地滯洪場域的整備工作。

三、豪雨、豪大雨特報發布時

依據預估降雨時，降雨前各項臨前條件，確認所採取之操作

方式。

四、豪雨、豪大雨發生時

進行農塘及在地滯洪進行操作，以蓄留降雨量降低下游尖峰逕流量。

五、豪雨、豪大雨結束

豪雨、豪大雨過後，將在地滯洪之暫存水量以重力方式排入下游，降低下游溢淹風險。並恢復正常的操作模式。

農塘滯洪之操作流程與機制，依據前述原則，以後龍006為例，說明如下：

一、事前調查與規劃

依據區域之農塘與在地滯洪場域進行基本資料調查；再依據基本資料完成農塘滯洪之規則與操作規則之擬定。本研究參考前述資料，依據預估降雨量及臨前水位資料，擬農塘操作規線，如圖5-1。

二、操作前之整備

完成操作前農塘滯洪場域的整備工作。包括渠道、操作閘門等相關整備工作。

三、豪雨、豪大雨特報發布時

依據預估降雨時，降雨前各項臨前條件，確認所採取之操作方式。

(1)以短延時降雨為例，當發布豪雨特報(3小時降雨量達100 mm)，此時農塘水位在200公分以上(參考圖5-1)則進行農塘先期降低水位。

(2)以長延時降雨為例，當發布豪雨特報(24小時降雨量達200

mm)，此時農塘水位在125公分以上(參考圖5-1)則進行農塘先期降低水位。

四、豪雨、豪大雨發生時

依據前述圖5-1之說明，進行農塘先期降低水位及閘門操作，將上游集水區之降雨逕流量暫存於農塘。

五、豪雨、豪大雨結束

豪雨、豪大雨過後，除蓄留供水資源運用之水量於農塘外，其餘多餘水量可以重力方式排入下游，降低下游溢淹風險。並恢復正常的操作模式。

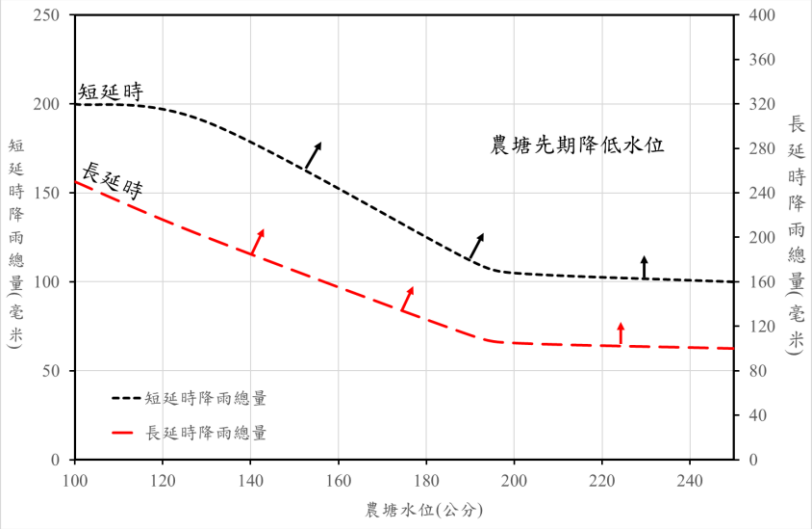


圖 5-1 後龍 006 農塘操作規線

在地滯洪之操作流程與機制，依前述原則，以三聯埤下游農田為例，說明如下：

一、事前調查與規劃

依據區域之在地滯洪場域進行基本資料調查；再依據基本資料完成在地滯洪之規則與操作規則之擬定。本研究參考前述資料，依據農田所種植水稻生長日數，及預估降雨量擬定水稻田區在地滯洪規線，如圖5-2。

二、操作前之整備

完成操作前在地滯洪場域的整備工作。包括提高田埂缺口、進出流渠道清淤整備等工作。

三、豪雨、豪大雨特報發布時

依據預估降雨時，降雨前各項臨前條件，確認所採取之操作方式。

四、豪雨、豪大雨發生時

依據前述圖5-1及5-2，進行農塘及在地滯洪之操作，以在地滯洪場域蓄留降雨逕流量，降低下游洪峰。

五、豪雨、豪大雨結束

豪雨、豪大雨過後，將在地滯洪之暫存水量以重力方式排入下游，降低下游溢淹風險。並恢復正常的操作模式。

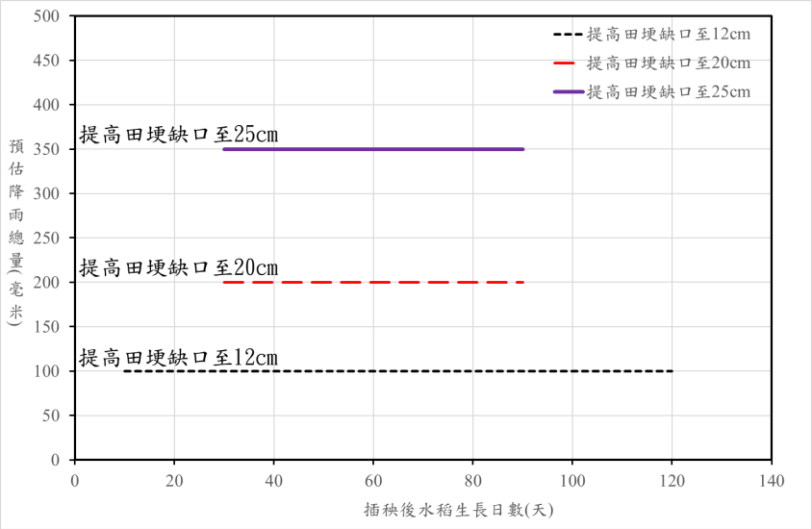


圖 5-2 在地滯洪操作規線

前述在地滯洪之加高田埂缺口方式，可分為3類，說明如下：

1.基本型：

田埂缺口直接於田面以隔板加高田埂缺口至預定高度。如圖5-3~5-4，其中圖5-4為三聯埤下游農田田埂之現況照片(110年二

期作)。圖5-3之B為田埂寬度，W1為農田缺口寬度，H為田埂缺口總高度，h1為提高田埂缺口高度值。h1在平時為湛水深時，依作物生長期進行調整

2.水利署在地滯洪示範推廣型：

經濟部水利署採預留低流量排放口之田埂缺口加高方式，如圖5-5所示，h1為湛水深，約為3公分；h3為低流量排放口，約為2公分；h4為主要滯洪區，約為20公分；h5為出水高約為5公分。共30公分。對於田埂高度低於30公分之田埂需進行田埂加高。

3.改良型：

改良型係考量基本型在豪雨、豪大雨過後，為排除在地滯洪蓄留之水量需移除檔板，故預留低流量排放口，如圖5-6所示。圖中之W3xh6為低流量排放口。其尺寸係參考台北市政府水利處之排水計畫建議低流量排放口以5公分x 5公分之開口以上為宜，以避免開口堵塞，影響逕流排放。h7為湛水深，h6為主要滯洪區，可直接由h1上方加高至預定高度。經由第四章之分析，改良型在長延時具有較佳之滯洪效益，故本研究建議以改良型為後續推廣之方式。

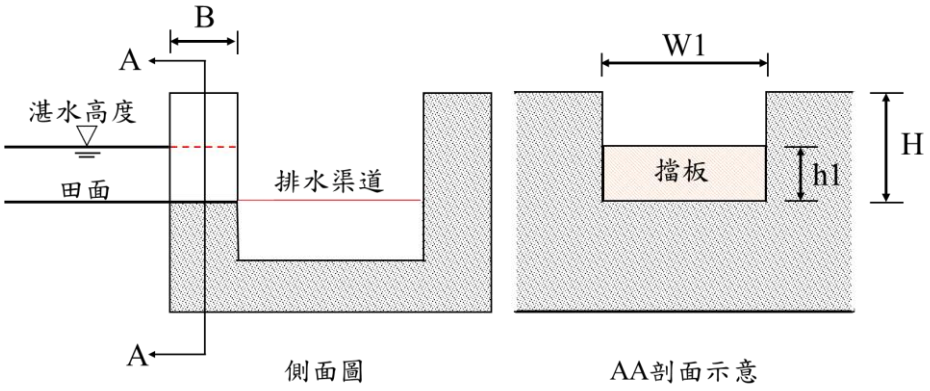


圖 5-3 田埂缺口加高基本型示意



圖 5-4 田埂缺口加高基本型現地照片

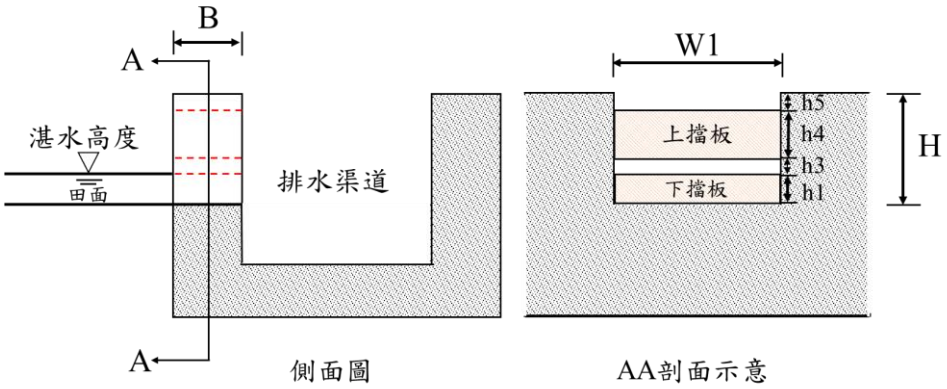


圖 5-5 田埂缺口加高水利署版示意

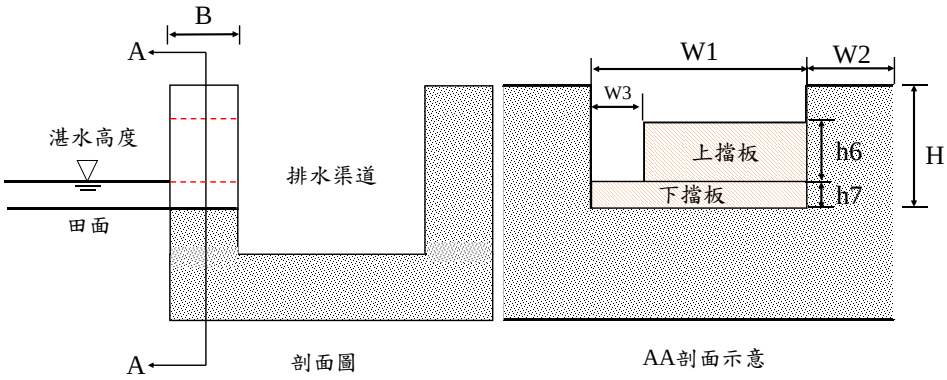


圖 5-6 田埂缺口加高改良型示意

第二節 農塘結合在地滯洪操作機制策略規劃與推動方式

農塘結合在地滯洪操作策略，可依前述機制與方法，進行操作策略研擬，分述如下:

一、獎勵與補助辦法的推動策略。

農塘原以灌溉功能為主，為強化其滯洪功能，考量農塘滯洪與農民用水需求似有衝突，建議擬定獎勵與補助辦法，以提升農民的配合滯洪意願。另目前在地滯洪之推動，經濟部水利署雖已有在地滯洪獎勵及補償作業要點。唯經濟部水利署以外水在地滯洪為導向。另行政院農業委員會「農地辦理生產環境維護措施作業規範」(行政院農業委員會，2021) 之蓄水方案，農地於汛期內維持可蓄水狀態，以達到農地蓄水減洪之功能。考量農田需於降雨期間將雨水蓄存於田區者，需完備田埂維護以落實蓄水作業。期望降雨時須蓄水至少五公分深度。其田埂維護包括：1.田埂高度至少10公分。2.田間進排水口保持關閉。本研究考量為提高內水在地滯洪效益，建議另訂農塘結合在地滯洪獎勵辦法，可依據農塘結合在地滯洪可提供之滯洪效益分級給予農民或地主經費補助或獎勵。不只能發揮平時灌溉功能與暴雨來時的滯洪功效，更能提供生物棲息空間與自然環境裡的生態相互融合，並且可結合當地傳統文化，營造生態的農村生活，增加當地就業機會，減少鄉村人口的流失，活絡地方經濟。

二、結合社區防災的推動策略。

農塘結合在地滯洪之推動，與社區習習相關，考量農塘或在地滯洪蓄水操作，目前實務上已有自動控制之案例，以在地滯洪而言，日本農林水產省(2021)正導入智慧農田滯洪調控示範計畫，使用智慧手機進行遠程控制來啟閉農田滯洪區排水入出流閘門

的設備，同時管理大雨期間農田蓄水及排放。以減少降雨逕流量，並防止河流和水道的水位急劇上升。值得後續推動之參考。經參考前述資料，並進行有關農塘或在地滯洪以人工進行調控或智慧管理之比較，如表5-1。考量台灣地區之農塘及田區面積及滯洪量較小，且土地所有權人多為私人，考量經濟性、操作性及社會可行性，建議初期推廣仍以人工操作方式為優先。唯因智慧管理具有即時性，建議後續結合社區自主防災系統進行推動。

表 5-1 農塘或在地滯洪人工調控及智慧管理之比較

	經費性	施工及操作可行性	技術可行性	社會可行性	即時性
人工調控	◎	◎	◎	◎	
智慧調整(自動控制)		◎	◎		◎

農塘結合在地滯洪推動方式，依據前述操作機制與策略研擬，區分為可立即進行及中長期推動規劃建議，說明如下：

一、可立即進行之推動建議

(1)本研究係針對台灣中港溪、後龍溪、鯉魚潭建立不同重現期距及降雨強度分析，並提供良好數據供使用。未來建議可持續研究以提供台灣其他區域如東南部農塘使用。

(2)建議選擇一個示範區，設置觀測水位計進行水位長期監測。並進行豪雨期間之操作，以確定成效。示範區農塘的選用評估方式，可以利用模擬程式來加強。

(3)本計畫相關評估可應用到分局重點治理區，考量本計畫已有可操作農塘之示範區，增加汛期實際操作資料驗證。建

議未來可結合社區防災之操作，並考慮山坡地土石流風險，除水災災害外，可以配合聚落防災監測與預警，進行表層土壤含水率結合雨量與水位資訊應用於聚落自主防災監測與預警之研究。

二、中長期推動建議

(1)擴大示範區，以社區為單元，進行農塘間與在地滯洪之操作，並設置水位計長期監測。

(2)農塘原以灌溉功能為主，農田以農業生產為目的。為提升農民的配合滯洪意願，建議擬定農塘結合在地滯洪操作獎勵辦法，鼓勵農塘結合在地滯洪操作以提高滯洪能力。

(3)農塘結合在地滯洪於聚落防災之推廣。

第六章 結論與建議

第一節 結論

台灣山坡地擁有為數眾多的農塘與農田，這些農塘與農田具有蓄水及滯洪等功能。為降低氣候變遷之影響，如能妥適運用農塘與農田對於氣候變遷的調適將有顯著之效益，探討如何強化農塘與農田在地滯洪功能之蓄水操作，以提高集水區(或區域) 水源涵養、滯洪及降低災害風險等水土保持功用，為本計畫之研究目的。

本研究已蒐集國內外農塘結合在地滯洪操作之應用案例及相關文獻資料蒐集與基本資料蒐集，並彙整可能的操作方式及遭遇的問題。相關資料詳如第二章所述。

本研究首先參考109年度水土保持局創新研究計畫之集水區農塘應用管路串並聯之研究(簡傳彬，2020)案例區域。並延續前述計畫成果，進行區域(集水區)農塘結合在地滯洪之案例研究區域選定。

參考集水區農塘應用管路串並聯之研究(簡傳彬,2020)報告成果:該研究分二階段進行案例區域選定，以進行苗栗地區農塘串並聯操作可行性之研究。首先經由蓄水量、滯洪量、串並聯可行性等因子分析結果顯示：中港溪集水區、後龍溪上游集水區、鯉魚潭集水區為排序的前三名。即包括以下三個農塘群。(A)中港溪之大荒埔埤、李屋埤。(B)後龍上游集水區之後龍006、007、008等三口農塘。(C)鯉魚潭集水區之鯉潭039、鯉潭039A及鯉潭040等三口農塘。其中中港溪集水區為排序第一名。第二階段經由農塘串並聯可行性等分析，並經由現地訪談及現場勘查後，選擇以中港溪之大荒埔埤、李屋埤及其下游農田等可供在地滯洪區域為案例研究區。本研究並與水土保持局台中分局及在地居民保持連繫以期研究成果能夠落實。

本研究考量本研究區域類型子集水區平均坡度較陡，與農塘在地滯洪操作文獻中，大部份案例屬於較平緩之區域(集水區)不同。亦即在建立集水區農塘結合在地滯洪操作模式時，需考量此地形上的差異可能對模式建立的影響。因此在進行區域(集水區)農塘結合在地滯洪模式建立時，將於現地選擇觀測站觀測農塘水位，以驗證模擬結果。

本研究依前述原因，經就選定集水區之農塘選擇2處設置自記水位監測元件(共2組自記水位計)並觀測農塘水位(每10分鐘1筆資料)，以提供模擬驗證資料使用。亦即透過觀測農塘水位與模擬農塘水位資料比對以驗證模式合適性。

在地滯洪研究區域之農田，本年度因逢乾旱桃竹苗地區一期作宣佈停灌(休耕)，導致三聯埤下游農田均未種植水稻，田面均未湛水，即田面湛水深均為0cm。本研究考量在地滯洪之田區模擬起始水位之擬定需求，於桃竹苗地區之鄰近田區選擇本年度一期作有種植水稻之3處田區進行觀測，以作為模擬田區起始水位之參考。

農塘結合在地滯洪模式包括農塘蓄水模擬模式及在地滯洪模式。其中農塘蓄水模擬模式參考第二章所述日本農林水產省之農塘水平衡模式進行模式建立。本研究為了解模式之適用性，配合本研究於中港溪集水區之大荒埔埤、李屋埤等農塘水位觀測資料及觀測水位站鄰近之中央氣象局大河站之雨量資料進行農塘水位模擬詳如第三章。

區域(集水區)在地滯洪蓄水操作模式，考量本研究以山坡地之農村社區為主，其在地滯洪場域將以梯田為主，故本研究擬採用梯田水平衡模式(模式說明詳第三章第五節，作為區域(集水區) 在地滯洪蓄水操作水模擬分析之工具。梯田水平衡模式經參考簡傳彬、方文村、梁榮元(2019)之研究，如欲利用梯田蓄水提高對區域滯洪之效益，可提高田埂缺口高度以充分利用現有之田埂高度掌握其所能儲蓄之水

量，或提高田埂高度以提高梯田調洪蓄水功能。

區域(集水區)農塘結合在地滯洪蓄水操作情境分析所要進行的工作包括4個子項：

(一)情境研擬：

區域(集水區)農塘結合在地滯洪蓄水操作情境擬定，經由現地訪談與資料分析並參考簡傳彬(2020) 之研究，考量農塘原以灌溉為目的，梯田以農業生產為目的，因此農塘結合在地滯洪，其滯洪功能係在維持既有供給農業用水與農業生產功能下進行；經參考相關文獻：降雨強度重現期距區分為2年、5年、10年、25年、50年等。降雨延時在考量短延時強降雨之情境下，以60分鐘、120分鐘、180分鐘及1440分鐘(24小時)為模擬情境。農塘水位區分為低水位、高水位及常水位等情境研擬。在地滯洪情境分為低水位、高水位、常水位、提高田埂缺口高度滯12及20公分及改良型加高田埂缺口高度至12、20及25公分等情境。

(二)區域(集水區)農塘操作情境精進分析：

本研究採用所建立之農塘水平衡模式，延續2020年之計畫成果，並參考相關專家之建議，進行區域(集水區)農塘操作情境精進分析。除完成中港溪集水區大荒埔埤、李屋埤等農塘之前述情境模擬。並為延續前述成果完成鯉魚潭集水區之鯉潭039農塘、後龍溪上游集水區之後龍006農塘之前述情境模擬。農塘滯洪效益以洪峰削減量及洪峰削減率來表示。

農塘操作情境精進及滯洪效益分析結果：以後龍溪上游集水區後龍006農塘為例，後龍006農塘於常水位之3小時延時強降雨情境下，各重現期距之洪峰削減量約為0.162 ~0.217cms。洪峰削減率依重現期距別約為90~72%。另於常水位之24小時延時強降

雨情境下，各重現期距之洪峰削減率依重現期距別約為36~24%。

農塘操作情境精進及降低災害風險分析結果：後龍006農塘於常水位之長延時強降雨情境(24小時) 下，50年重現期距之調蓄後尖峰逕流量約為0.146cms。低於長延時強降雨情境(24小時)之10年降雨尖峰逕流量(約為0.154cms)。李屋埤於常水位之長延時強降雨情境(24小時) 下，50年重現期距之調蓄後尖峰逕流量約為0.031cms。低於長延時強降雨情境(24小時)之2年降雨尖峰逕流量(約為0.075cms)。顯示透過農塘調蓄可降低洪災風險。

(三)區域(集水區)在地滯洪蓄水操作情境分析：

本研究採用所建立之梯田水平衡模式，進行區域(集水區)在地滯洪蓄水操作情境分析。完成前述擬定之情境模擬，並依據洪峰削減量及洪峰削減率以進行農塘之滯洪效益分析。

在地滯洪操作情境分析結果：中港溪集水區之在地滯洪場域(梯田)於常水位之短延時強降雨情境(180分鐘) 下，各重現期距之洪峰削減量約為0.216 ~0.223cms。洪峰削減率依重現期距別約為43~26%。

提高田埂缺口高度至12公分之短延時強降雨情境(180分鐘)下，各重現期距之洪峰削減量約為0.441 ~0.458 cms。洪峰削減率依重現期距別約為87~54%。

提高田埂缺口高度至20公分之短延時強降雨情境(180分鐘)下，各重現期距之洪峰削減量約為0.505~0.780cms。洪峰削減率依重現期距別約為100~92%。另於長延時強降雨情境(24小時)下，各重現期距之洪峰削減率依重現期距別約為54~36%。

改良型提高田埂缺口高度12公分之短延時強降雨情境(180

分鐘)各重現期距之洪峰削減量約為0.444 ~0.463 cms。洪峰削減率依重現期距別約為88~55%。改良型於短延時降雨與基本型比較,其滯洪效益相當或略低,但在長延時降雨有較佳之滯洪效益。

(四)區域(集水區)農塘在地滯洪蓄水操作情境分析：

農塘結合在地滯洪操作情境分析結果：中港溪集水區之農塘及在地滯洪場域(農田)在長延時降雨情境模擬之洪峰削減量及削減率，各重現期距之洪峰削減量約為0.231 ~0.268cms。洪峰削減率依重現期距別約為35~53%。

依據前述分析,透過提高田埂缺口高度或加高田埂將可提高集水區洪峰削減量及洪峰削減率。以農塘結合在地滯洪之改良型提高缺口至12公分,重現期距50年未經調蓄前之降雨尖峰逕流量原為0.665cms，經調蓄後削減0.231cms，即調蓄後尖峰逕流量為0.434cms，略低於2年重現期之降雨尖峰逕流量(0.447cms)。

單一農塘及田區之面積相較於整個集水區而言,其面積及蓄水量偏小,但累計集水區各農塘及農田之蓄洪空間,將可使重現期50年之降雨尖峰逕流量,經由調蓄後,其出流量為2~10年重現期之降雨尖峰逕流量。亦即農塘結合在地滯洪蓄水操作,後續經由推廣,可降低區域洪災損失,提高農民收益與經濟發展。進一步經由降低區域洪災風險,提高農村社區優質生活環境,以及提高農村社區與區域環境生態與水資源涵養效益。

第二節 建議

本研究已完成農塘操作情境精進分析,以及案例研究區域之農塘結合在地滯洪蓄水操作之情境模擬分析,並完成推動區域農塘結合在

地滯洪蓄水操作機制與推動方式研擬，可提供相關單位參考，達到區域滯洪蓄水防災之目的。另本研究係針對台灣中港溪、後龍溪、鯉魚潭建立不同重現期距及降雨強度分析，並提供良好數據供使用。未來建議可持續研究以提供台灣其他區域如東南部農塘使用。

經由本年度之研究，農塘與農田透過前述分析，建議配合豪大雨特報與農田作物生長期之作物高度(以生長日數為因子)，進行提高田埂缺口高度，配合田區既有田埂高度，提高田埂缺口高度到12~25公分，可有效提高滯洪效益並符合農田排水之規範。

本年度已完成農塘結合在地滯洪蓄水操作之研究，相關評估可應用到分局重點治理區。並考量農村社區具有廣大的農田及窪地可以作為暴雨時期之滯洪空間，建議後續可推動集水區農塘結合在地滯洪之操作，以擴大區域滯洪能力。示範區農塘的選用評估方式，可以利用模擬程式來加強。另為苗栗自主防災社區之推動，除配合氣象局豪大雨特報外，建議後續進行表層土壤含水率結合雨量及水位資訊應用於聚落防災監測及警戒之研究，以提供社區進行自主防災監測應用之資訊。

農塘原以灌溉功能為主，農田以農業生產為目的。為提升農民的配合滯洪意願，建議訂定農塘結合在地滯洪獎勵辦法進行推廣。農塘結合在地滯洪獎勵辦法，建議可依據農塘結合在地滯洪可提供之滯洪效益分級給予農民或地主經費補助或獎勵。不只能發揮平時灌溉功能與暴雨來時的滯洪功效，更能提供生物棲息空間與自然環境裡的生態相互融合，並且可結合當地傳統文化，營造生態的農村生活，增加當地就業機會，減少鄉村人口的流失，活絡地方經濟。

參考文獻

1. 中華民國景觀學會，2005，「埤圳資源系統建置暨法規制度研訂計畫」，桃園縣政府。
2. 方文村，2019，「廣興圳擬購農地施作蓄水農塘及管路化灌溉工程規劃設計」，瑠公農田水利會委辦計畫。
3. 方文村、簡傳彬，2005，「埤塘浚深以提高供水量之研究-桃園水利會第八支線為例」，水資源管理 2005 研討會論文集。
4. 方文村、簡傳彬，2007，「提高埤塘系統蓄水容量對供水之效益」，2007 農業工程研討會論文集，中國農業工程學會、中國科技大學主辦。
5. 方文村、簡傳彬、陳淑貞，2019，「系統動力模式對桃園大圳幹支線排水（含光復圳）與埤塘蓄水操作之分析研究」，桃園農田水利會創會 100 週年特刊。
6. 方文村、簡傳彬、陳蘭香、陳淑貞，2009，「區域降雨對渠道輸水與埤塘蓄水操作之分析研究」，2009 農業工程研討會論文集，台灣農業工程學會，pp.127。
7. 方偉達，2009，「城鄉—生態規劃、設計與批判」，臺北:六合出版社。
8. 行政院農業委員會農田水利處，2006，與環境相調和考量下事業實施之調查規劃、設計手冊（第二篇）。
9. 行政院農業委員會，2020，「水土保持技術規範」。
10. 吳約西，2003，論述，2007 年 5 月 30 日，取自 http://www.water.tku.edu.tw/record/meeting01.asp
11. 吳祚任、簡傳彬、黃寄萍，1995，「水庫及池塘灌溉系統灌溉配

水模式之研究」，八十四年度農業工程研討會，第 289 至 298 頁。

12. 孚宮設計顧問有限公司，2019，「中港溪集水區農塘盤點調查評估與與初步規劃」，行政院農業委員會水土保持局委辦計畫。
13. 角媛梅，1999，哈尼梯田文化生態系統研究，人文地理(S1)，頁 56-59。
14. 林幸助，2009，「生物多樣性監測系統標準作業程序」，行政院農業委員會特有生物研究保育中心。
15. 林靜娟、郭建志，2003，「桃園台地陴圳文化地景的再結構」，桃園台地埤塘文化學術研討會，頁 9~51，桃園：桃園縣政府。
16. 洪佳瑩，2006，桃園地區人工埤池對水資源輔助之分析研究，國立中央大學水文科學研究所碩士論文。
17. 浦騰工程顧問有限公司，2018，「107 年度中苗區域性水土資源保育及綠環境營造先期規劃」，行政院農業委員會水土保持局台中分局委託計畫。
18. 財團法人農業工程研究中心，2003，「桃園石門埤塘水源利用檢討」，經濟部水利署水利規劃試驗所委辦計畫。
19. 財團法人農業工程研究中心，2005，「提高埤塘取蓄水能力對於乾旱時期供水之效益」，行政院農業委員會 94 年度農業科技計畫（計畫編號：94 農科-10.1.1-利-b1(14)），農業工程研究中心研究報告編號：AERC-05-RR-25。
20. 財團法人農業工程研究中心，2006，「利用桃園地區埤塘輔助民生及工業用水之可行性評估：水質檢測成果報告書」，經濟部水利署北區水資源局委辦計畫。
21. 財團法人農業工程研究中心，2012，「桃園縣埤塘活化整體規劃設計委託技術服務」，桃園縣政府委託計畫。

22. 財團法人農業工程研究中心，2016a，「苗栗地區農塘盤點調查及水資源利用」，行政院農業委員會水土保持局臺中分局委託計畫。
23. 財團法人農業工程研究中心，2016b，「缺水地區埤塘串聯研究」，行政院農業委員會委託計畫。
24. 財團法人農業工程研究中心，2017，「水稻節水技術應用推廣及農業水資源管理之研究_桃園地區灌溉用水管理決策模式與埤塘串聯操作機制研擬」，行政院農業委員會委託計畫。
25. 逢甲大學，2017，「中苗地區重要水庫集水區農塘保水優化及農塘活化計畫」，行政院農業委員會台中分局委託計畫。
26. 郭建志，2002，「桃園台地陂塘人文地景之延續性研究-以中壢青埔特定區為例」，國立台北科技大學建築與都市設計研究所。
27. 陳其澎，2003，「文化地景的生態網路：桃園台地埤圳地景規劃」，桃園台地陂塘文化學術研討會，頁 113~146，桃園：桃園縣政府。
28. 陳淑貞、方文村、簡傳彬，2014，「貯水池應用管路串並聯之規劃研究以桃園大圳 11 支線灌區為例」，2014 農業工程研討會論文集光碟版，台灣農業工程學會，pp.885~899。
29. 陳淑貞、簡傳彬、方文村，2013，「桃園農田水利會貯水池應用管路串並聯之規劃研究(桃園大圳 10 支線灌區)」，2013 農業工程研討會論文集光碟版，台灣農業工程學會，pp.1090~1103。
30. 馮正一、劉怡安，2007，「農塘改建為滯洪設施效益評估之研擬」，臺灣水土保持，頁 8-15。
31. 馮金朝、石莎、何松傑，2008，雲南哈尼梯田生態系統研究，中央民族大學學報(自然科學版)(S1)，146-152。
32. 黃澔珽，2007，「以土地使用限制補償觀點探討桃園埤塘資源保存 維護策略之研究」，國立台北科技大學建築與都市設計學系碩

士論文。

33. 劉曉軍、王祖峰、趙文武，2019，保護哈尼梯田堤埂延續人與自然和諧共生的稻田綜合種養模式，中國水產，2019(001):53-56。
34. 黎明工程顧問股份有限公司，2018，「明德及劍潭水庫集水區整體調查規劃」，行政院農業委員會水土保持局台中分局委託計畫。
35. 謝勝彥、廖培明、蔡展銘、簡傳彬，2004，「桃園地區埤塘水源運用之研究」，水資源管理 2003 研討會論文集，第 3-37~3-50 頁。
36. 謝勝彥、蔡展銘、簡傳彬，2004，「桃園地區埤塘水源利用之探討」，經濟部水利署永續發展簡訊，第九期，第 19~29 頁。
37. 鍾侑達，2019，「農塘滯洪和蓄水功能智慧操作之研究」，108 年度水土保持局創新研究計畫。
38. 簡傳彬，2010，「桃園農田水利會貯水池應用管路串並聯之規劃研究(桃園大圳 10 支線灌區) 」，財團法人桃園農田水利研究發展基金會補助計畫，財團法人農業工程研究中心執行。
39. 簡傳彬，2012，「桃園農田水利會貯水池應用管路串並聯之規劃研究(桃園大圳 11 支線灌區) 」，財團法人桃園農田水利研究發展基金會補助計畫，財團法人農業工程研究中心執行。
40. 簡傳彬，2017，「結合農塘活化與綠水生態產業營造生態農村之研究」，水土保持局 106 年度創新研究計畫。
41. 簡傳彬，2019，「貯水池應用管路串並聯之規劃研究-以桃園農田水利會觀音地區為例」，桃園農田水利會創會 100 週年特刊。
42. 簡傳彬，2020，集水區農塘應用管路串並聯操作之研究，行政院農業委員會水土保持局 109 年度創新研究計畫。
43. 簡傳彬、方文村，2000，「線性規劃在池塘灌溉系統聯合營運之應用」，農業工程學報，第 46 卷第三期，第 69~82 頁。

44. 簡傳彬、方文村、吳祚任、彭美禎，1997，「地理資訊系統應用於貯水池聯合運用之研究」，八十六年度農業工程研討會，第 335 至 341 頁。
45. 簡傳彬、方文村、徐永昶，2020a，農塘串並聯規劃與滯洪效益評估_以三灣北埔村為例，109 年度農業工程學會研討會。
46. 簡傳彬、方文村、徐永昶，2020b，農塘盤點調查與水資源利用_以後龍溪上游集水區為例，109 年度農業工程學會研討會。
47. 簡傳彬、方文村、陳淑貞，2006，「水庫與埤塘水資源聯合調配研究-以桃園大圳八支線灌區為例」，第十五屆水利工程研討會論文集。
48. 簡傳彬、方文村、陳淑貞，2007，「網流法應用於桃園地區埤塘聯合營運之研究」，2007 農業工程研討會論文集，中國農業工程學會、中國科技大學主辦。
49. 簡傳彬、方文村、陳淑貞，2013，「極端降雨下之農水路輸水與埤塘蓄水之操作策略研究」，2013 農業工程研討會論文集，台灣農業工程學會，pp.242。
50. 簡傳彬、吳瑞賢、林松清、高逸峰，2001，「池塘灌溉系統永續發展之聯合營運優化模式」，第三屆台灣環境資源永續發展論壇，第 F67-F88 頁，中壢。
51. 譚義績，1996，桃園地區貯水池對地下水補注之效益評估，桃園農田水利研究發展基金會。
52. Alastair M.S., Tenna R., Barry J.F.B., Shelley McMurtrie, R.B., 2005, Assessing the effectiveness of enhancement activities in urban streams: I. Habitat responses.
53. Arnáez, J., Lana-Renault, N., Lasanta, T., Ruiz-Flaño, P., Castroviejo,

J. , 2015, Effects of farming terraces on hydrological and geomorphological processes. A Review. Catena 128, 122-134.

54. Bennett, M.S., Mays, L.W., 1985, Optimal Design of Detention and Drainage Channel System.
55. Emmett, A.J., Clarke, S., Howles, S., 1996, Conjunctive wetland treatment/aquifer storage and recovery at Regent Gardens residential development, Northfield, South Australia.
56. Hamideh Noory, Mona Deyhool & Farhad Mirzaei, 2019, A Simulation-Optimization Model for Conjunctive Use of Canal and Pond in Irrigating Paddy Fields,Water Resources Management volume 33, pages1053-1068.
57. Li, J., Jiao, W.J., Min, Q.W., Li, W.H., 2016, Effects of traditional ecological knowledge on the drought-resistant mechanisms of the hani rice terraces system. Journal of Resources and Ecology, 7(3), 211-217.
58. Lundberg, K., Carling, M., Lindmark, P., 1999, Treatment of highway runoff: a study of three detention ponds.
59. Nascimento, N.O., Ellis, J.B., Baptista, M.B., Deutsch, J.C., 1999, Using detention basins: operational experience and lessons. Construction Industry Research Information Association, 1999, Sustainable urban drainage systems.
60. Persson, J. et al., 1999, Hydraulics Efficiency of Constructed Wetlands and Ponds.
61. Pettersson, T.J.R., 1998, Water quality improvement in a small stormwater detention pond.
62. Price, J.S., Waddington, J.M., 2000, Advances in Canadian wetland hydrology an biogeochemistry.
63. Reddy K. S., Manoranjan Kumar., Rao, K.V., Maruthi, V., Reddy, B.M.K., Umesh B., GaneshBabu R., Srinivasa Reddy K.,

Vijayalakshmi and Venkateswarlu, B. , 2012, Farm Ponds: AClimate Resilient Technology for Rainfed Agriculture, Planning, Design and Construction.Central Research Institute for Dryland Agriculture, Santoshnagar, Saidabad, Hyderabad-500059, Andhra Pradesh, India. 60p.

64. Riya, P., 2020, Farm Ponds: Types, Components and Protection, Geography, 2020 年 4 月 28 日取自 https://www.geographynotes.com/farm-ponds/farm-ponds-types-components-and-protection-geography/6136
65. Simon, T.P., Jankowski, R., Morris, C., 2000, Modification of an index of biotic integrity for assessing vernal ponds and small palustrine wetlands using fish, crayfish, and amphibian assemblages along southern Lake Michigan.
66. Somes, N.L.G., Fabian, J., Wong, T.H.F., 2000, Tracking pollutant detention in constructed stormwater wetlands.
67. Verstraeten, G., Poesen, J., 2001, Modeling the long-term sediment trap efficiency of small ponds.
68. Verstraeten, G., Poesen, J., 2002, Using sediment deposits in small ponds to quantify sediment yield from small catchments: possibilities and limitations.
69. Walker, D.J., 1998, Modeling residence time in stormwater ponds.
70. Yazdi, J., 2019, Optimal Operation of Urban Storm Detention Ponds for Flood Management, Water Resources Management.
71. Yeh, C. H., Labadie, J.W., 1997, Multiobjective watershed- level planning of storm water detention systems.
72. 日本農林水産省，2018，ため池の洪水調節機能強化対策の手引き。
73. 日本農林水産省，2019，ため池，2020 年 4 月 8 日，取自

https://www.maff.go.jp/j/nousin/bousai/bousai_saigai/b_tameike/attach/pdf/index-24.pdf。

74. 日本農林水産省，2020，ため池管理マニュアル。
75. 日本農林水産省，2021，令和 3 年度スマート田んぼダム実証事業，2021 年 6 月 20 日取自 https://www.maff.go.jp/j/supply/hozyo/nousin/210210_421-2.html。
76. 吉川夏樹、小出英幸、三沢眞一，2010，田んぼダムの落水量調整に求められる要件と垂直設置型調整板の適切な流出孔形状，農業農村工学会論文集，巻 268，39-45。
77. 吉村亜希子、石田憲治、藤本直也、友正達美，2002，中山間地域の水田の持つ流出抑制機能の比較，農業土木学会全国大会講演要旨集，pp.646-647。
78. 早瀬吉雄，1992，中山間地水田域の洪水防止機能評価，応用水文，第 4 期，pp.81-89。
79. 杉山博信、角屋睦、永井明博，1988，総合貯留関数モデルに関する研究，農業土木学会論文集，第 134 號，pp.69-75。

附錄

附錄一 審查會議紀錄暨回覆辦理情形

一、期初審查意見暨回覆辦理情形

項次	審查意見	回覆辦理情形
期初報告內容審查意見：		
一	水位計讀取資料的方式是否需要定期至現場讀取資料，還是可遠端傳輸，遠端傳輸的方式可動態即時監測。	謝謝委員建議，目前所架設之水位計可至現場讀取資料，亦可裝設遠端傳輸設備進行遠端傳輸。考量本計畫需定期前往現地了解農塘操作情境，故採用定期至現場讀取資料之方式。詳如第三章第二節。
二	中港溪的三聯埤目前是否已有既設的水位計，因農塘蓄水模式中的出流量需要水位數據並以堰流公式計算之，農塘蓄水量亦需要農塘水位數據計算得到，目前規劃的水位測站數是否足夠？	謝謝委員建議，經現場勘查中港溪的三聯埤目前沒有既設的水位計。考量中港溪之大荒埔埤、李屋埤及觀音埤等三口農塘，其中觀音埤尚未進行清淤，僅大荒埔埤及李屋埤尚在運作中，因此本計畫已於 110 年 4 月前往大荒埔埤與李屋埤設置水位計。由於案例研究區之中港溪三聯埤可裝設水位計之農塘均已裝設水位計，因此水位測站數是足夠的。詳如第三章第二節。
三	計畫預計設置的 2 處水位測站以驗證分析成果，那水位測站式設置於出流口位置以監測出流量，還是設置於農塘以監測農塘水位呢？	謝謝委員建議，本計畫水位計設置於農塘內以監測農塘水位，透過農塘水位變化與農塘蓄水量之變化，以驗證入流量及出流量。詳如第三章第二節。
四	水平衡模式需推估水面蒸發量、入滲量、田間深層滲漏量，	謝謝委員建議，考量本計畫以在地滯洪為目的，原水平衡模

	有多個參數需要需依據現地條件給定，惟現地參數可能也非定值，可能隨著時間、空間不同，建議分析各參數的敏感度，敏感度高的參數建議進行最佳化。	式之蒸發散量、入滲量、田間深層滲漏量在豪雨期間因時間較短並為使滯洪效益之計算較為保守，此蒸發散量、入滲量等建議忽略，另式中之灌溉引水量，因豪雨時不會進行灌溉，修正為上游入流量可作為在地滯洪之引入水量。詳如第三章第五節。
五	案例區域的選定仍請積極與台中分局討論，以使研究結果能落實做實例操作。	謝謝委員建議，本團隊於計畫執行期間已與台中分局連繫與討論，以使研究結果能落實做實例操作。
六	自記水位計請配合官方雨量站 10 分鐘傳送一筆資料，以利於與雨量紀錄做比對。	謝謝委員建議，農塘水位計已設定為 10 分鐘一筆資料。詳如第三章第二節。
七	雖部分學者不認同農塘具補充地下水功能，惟現實狀況之農塘多淤積或荒廢，多未維護或防滲處理，故實際滲透量對地下水補注之功能，對蓄水、滯洪之關聯性，亦請納入分析。	謝謝委員建議，部分學者不認同農塘具補充地下水功能，係認為入滲量為農塘蓄水損失量而非功能，為了達到蓄水效益應施行農塘維護或防滲處理，因此以此觀點係指入滲量為蓄水損失而非地下水補注功能。已補充此項說明詳如第二章第二節。
八	梯田對於在地滯洪之貢獻，已有相當數據資料佐證，如何維護使能達其效能，請於期中報告能有具體說明。	謝謝委員建議，已補充農田應用於在地滯洪時之維護事項，以達在地滯洪之效能。如第二章第三節。
九	國外資料蒐集除日本、澳大利亞外亦請蒐集東南亞國家、中國大陸相關資料，以印證研究之可行性。	謝謝委員建議，已補充蒐集東南亞國家、中國大陸相關資料。如第二章第二節。
十	監測水位多設於農塘處，在地滯洪處需要知道其水位(流量)並做相關分析嗎？	謝謝委員建議，在地滯洪研究區域之農田，本年度因逢乾旱桃竹苗地區一期作宣佈停灌(休耕)，導致三聯埤下游農田均未種植水稻，田面均未湛

		水，即田面湛水深均為 0cm。本研究考量在地滯洪農田模擬起始水位之可信度，於桃竹苗地區之鄰近田區選擇有種植水稻之 3 處田區進行觀測，以作為模擬田區起始水位之參考。詳如第三章第二節。
十一	是否說明農塘、在地滯洪區域大小及整體集水區間的比例關係。	謝謝委員建議，已補充農塘、在地滯洪區域大小及整體集水區間的面積等相關數據。詳如第三章第一節。
十二	本案後續應說明對整體集水區或水系的影響與效益以利相關評估。	謝謝委員建議，已於期末報告第四章第五節中進行說明。
十三	農塘滯洪及蓄水量達 max 時不同形式之農塘，操作模式採統一或多元或可自行選擇？自動化之可行性為何？	謝謝委員建議，考量苗栗地區農塘面積與蓄水量，相較於水庫等屬小型蓄水構造物。建議農塘操作儘量簡單。即農塘操作以既有溢流堰與放流口等進行溢流與放流的操作。詳如第四章第一節。另自動化之可行性已於期末報告第五章第二節中說明。
十四	P2-49 圖 2-14、圖 2-15 圖示與說明是否錯置？因與 P2-48 二農塘的串聯、並聯說明不符。	謝謝委員建議，經查圖示與說明因疏忽導致錯置，業已更正。詳如第二章第五節。
十五	請說明部分模擬之實測及模擬起始水位為何不一致。	謝謝委員建議，部分模擬之實測及模擬起始水位不一致之原因，係因想呈現不同起始水位之效益。為避免引起誤會除保留與實測相同起始水位之模擬水位圖外，其餘調整起始水位之模擬均已刪除實測水位。詳如第三章第四節。
十六	補充說明所使用氣象局大河站之雨量年份。	謝謝委員建議，大河站(C1E440)於 1987/06/01，設在大河國小內，2015 年改設置於

		大河派出所。本計畫已補充大河站(C0E850) 2015 年迄今之雨量資料。詳如第三章第三節。
十七	農塘操作如何維持於特定水位？隨入出量條件隨時調整？	謝謝委員建議，考量苗栗地區農塘面積與蓄水量，相較於水庫等屬小型蓄水構造物。建議農塘操作儘量簡單。即農塘操作以既有溢流堰與放流口等進行溢流與放流的操作。農塘操作原則並不隨入出量條件隨時調整。詳如第四章第一節。
十八	補充說明本計畫如何由入出流量歷線獲得滯洪指標或災害風險。	謝謝委員建議，滯洪效益將以洪峰削減量及洪峰削減率來評估農塘或農田對滯洪之效益。洪峰削減量係指由於農塘或農田調蓄所造成下游逕流量之減少值。詳如第三章第五節。

二、期中審查意見暨回覆辦理情形

項次	審查意見	回覆辦理情形
期中報告內容審查意見：		
一	P2-35 圖 2-10 之農塘水面降雨量與農塘水面蒸發之箭頭方向有誤請修正。	謝謝委員建議，已修正誤植處，詳如 P2-35。
二	P3-3 表 3-1 中之「因子選定」欄內符號意義請補充。	謝謝委員建議，因子選定欄內符號「◎」係作為第一階段篩選因子。「○」係作為第二階段篩選因子。已於文中補述，詳如 P3- 2~3-3。
三	P3-28 圖 3-31 第二田區 水位歷線呈現週期性變動，不同於其餘兩田區，請補充說明其原因。	謝謝委員建議，農田灌溉在水源充沛區可採續灌方式，考量作物的生長及節水政策，台灣已積極推動間歇灌溉，在農田水利供灌區域，為期精準調配採用輪流灌溉，故田區水位歷線呈週期性變化。本年度因乾旱宣布部分灌區停灌，因此停灌區需自覓水源，此時水位歷線將因水源不穩定而呈現不規則之變化。已於文中補述，詳 P3-28。
四	第四章之情境編號建議改用模擬條件代號組合，例如 A01 可改為「農 低 60 2 」或 E18 可改為「滯 高 1440 10 」請參酌。	謝謝委員建議，已依委員建議依模擬條件作為情境編號，詳如表 4-3 至表 4-10。
五	P4-5 表 4-8 內之兩欄水位皆為高水位是否為常水位之筆誤。	謝謝委員建議，已修正誤植處，詳如 P4-5。
六	P4-48 各種模擬成效可否列表彙整，以利比對其差異。	謝謝委員建議，已將模擬成果進行彙整，詳如表 4-14 至表 4-25。
七	附錄二中各情境結果之文字建議改為表格較易比對。	謝謝委員建議，已將附錄二~六之情境結果文字改為表格，

		詳如附錄二~附錄六。
八	圖 3-19 呈現三聯埤及田區的位置圖，建議以簡圖表示三聯埤與田區的串並聯關係、進流出流的流線關係如圖 2-10 至圖 2 -14 。	謝謝委員建議，已補繪三聯埤與田區的串並聯關係圖，詳如圖 3-20。
九	請問表 4-3(情境代號 A 與表 4-6(情境代號 D 的差異，由表格內容來看皆為農塘低水位、農塘滯洪操作低水位。	謝謝委員建議，已修正誤植處。
十	建議後續統整多個情境的分析成果圖為一個大表格或大圖 放在同一頁))，以利看出不同情境下量化滯洪效益的變化趨勢。	謝謝委員建議，統整不同情境的分析成果圖，詳如表 4-14 至表 4-25。
十一	建議後續工作的操作機制研擬可建立操作機制流程圖 或 SOP)SOP)，依據「可能降雨量」及「降雨臨前條件」評估是否需要採取預先防洪的操作如降低農塘水位等。	謝謝委員建議，已依據「可能降雨量」及「降雨險條件」不同的操作機制，詳如第五章第二節。
十二	在地滯洪之田埂缺口提高高度 (12 公分及加高田埂 缺口高度提高至 20 公分)，其選定的依據為何	謝謝委員建議，已補充說明，詳如表 4-2。
十三	在地滯洪採田埂缺口提高方式辦理，操作方式為何請再說明。	謝謝委員建議，已補充說明，詳如第五章第一節。

三、期末審查意見暨回覆辦理情形

項次	審查意見	回覆辦理情形
期末報告內容審查意見：		
一	本研究針對台灣中港溪、後龍溪、鯉魚潭建立不同重現期距及降雨強度分析，並良好提供數據供使用。未來建議可持續研究以提供台灣其他區域東南部農塘使用。	謝謝委員建議，已於第五章第二節中補充說明，詳 p.5-9。
二	相關評估可應用到分局重點治理區，且已有可操作農塘之示範區，增加汛期實際操作資料驗證。	謝謝委員意見，已於第五章第二節中補充說明，詳 p.5-9~5-10。
三	農塘的選用評估方式，可以利用模擬程式來加強。	謝謝委員意見，已於第五章第二節中補充說明，詳 p.5-9。
四	農塘滯洪與農民用水需求似有衝突，如何提升農民的配合滯洪意願？	謝謝委員意見，考量農塘原以灌溉功能為主，為強化其滯洪功能，建議擬定獎勵與補助辦法，以提升農民的配合滯洪意願。已於第五章第二節中補充說明，詳 p.5-8。

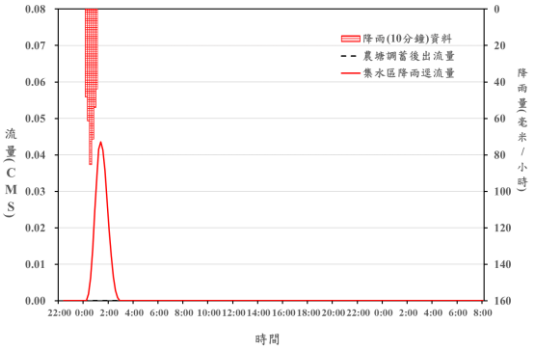
附錄二 中港溪集水區大荒埔埤蓄水情境模擬結果

中港溪集水區大荒埔埤低水位1小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果，如附表2-1及附圖2-1~2-5所示。圖號之情境代號詳表4-3，如農-低-1-2，為2年重現期距下農塘於低水位1小時降雨延時模擬流量。

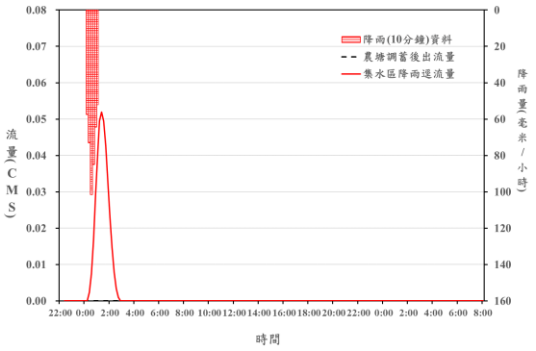
附表2-1 大荒埔埤於低水位1小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

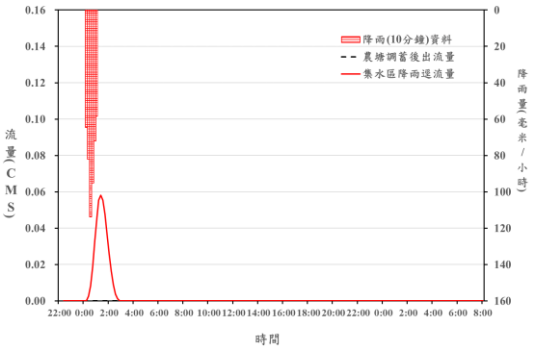
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.044	0.052	0.058	0.067	0.073
農塘調蓄後出流量	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



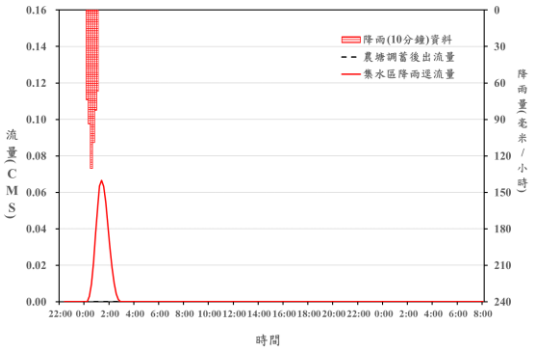
附圖2-1 大荒埔埤農-低-1-2情境模擬



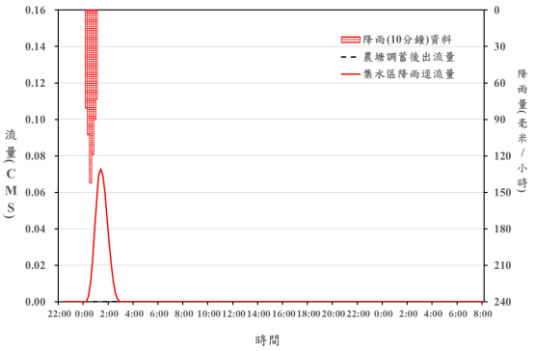
附圖 2-2 大荒埔埤農-低-1-5 情境模擬



附圖 2-3 大荒埔埤農-低-1-10 情境模擬



附圖 2-4 大荒埔埤農-低-1-25 情境模擬



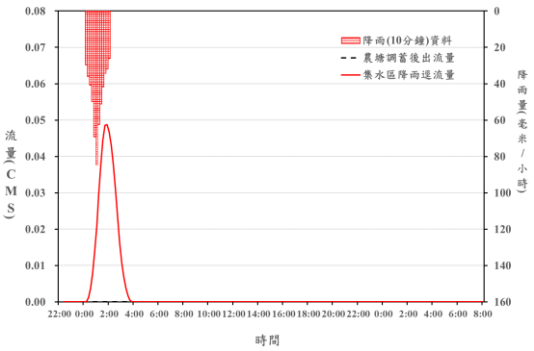
附圖 2-5 大荒埔埤農-低-1-50 情境模擬

中港溪集水區大荒埔埤於低水位2小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表2-2及附圖2-6~2-10所示。

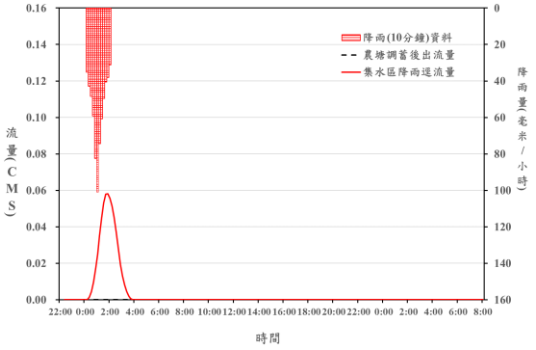
附表2-2 大荒埔埤於低水位2小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

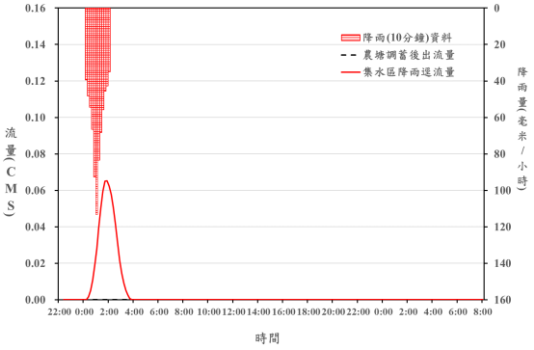
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.049	0.052	0.065	0.075	0.082
農塘調蓄後出流量	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



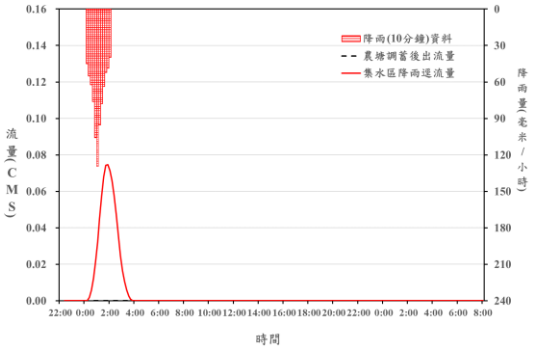
附圖2-6 大荒埔埤農-低-2-2情境模擬



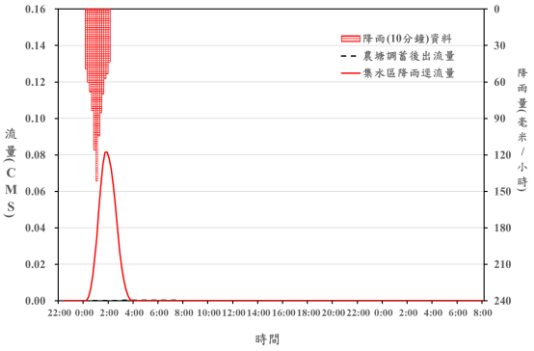
附圖 2-7 大荒埔埤農-低-2-5 情境模擬



附圖 2-8 大荒埔埤農-低-2-10 情境模擬



附圖 2-9 大荒埔埤農-低-2-25 情境模擬



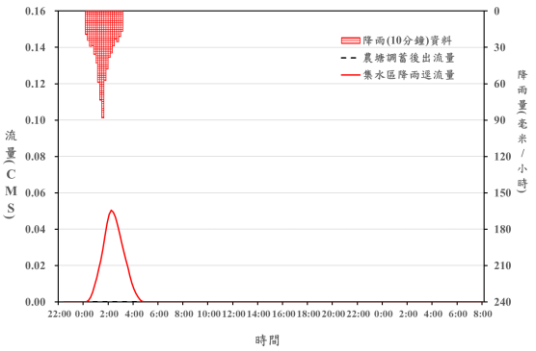
附圖 2-10 大荒埔埤農-低-2-50 情境模擬

中港溪集水區大荒埔埤於低水位3小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表2-3及附圖2-11~2-15所示。

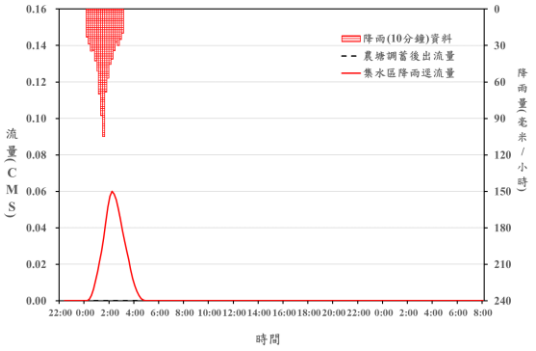
附表2-3 大荒埔埤於低水位3小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

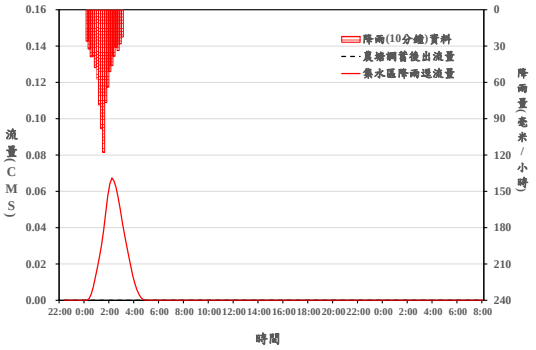
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.051	0.060	0.067	0.077	0.084
農塘調蓄後出流量	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



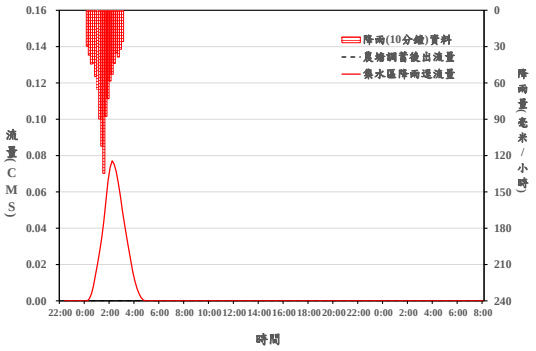
附圖2-11 大荒埔埤農-低-3-2情境模擬



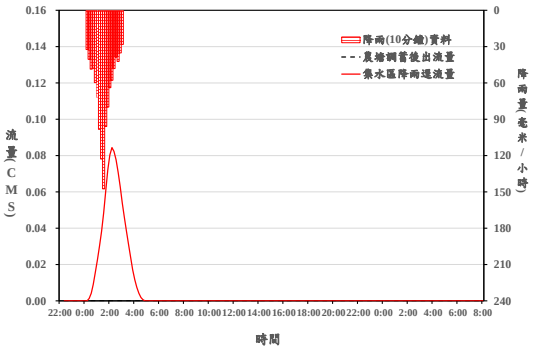
附圖 2-12 大荒埔埤農-低-3-5 情境模擬



附圖 2-13 大荒埔埤農-低-3-10 情境模擬



附圖 2-14 大荒埔埤農-低-3-25 情境模擬



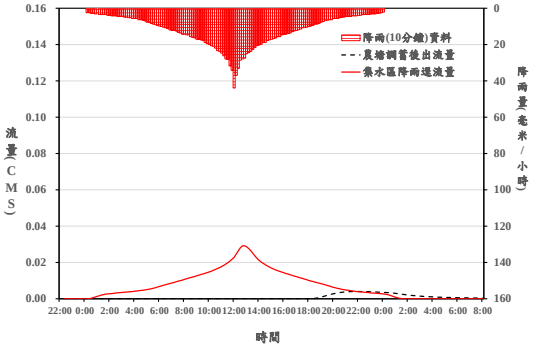
附圖 2-15 大荒埔埤農-低-3-50 情境模擬

中港溪集水區大荒埔埤於低水位24小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表2-4及附圖2-16~2-20所示。

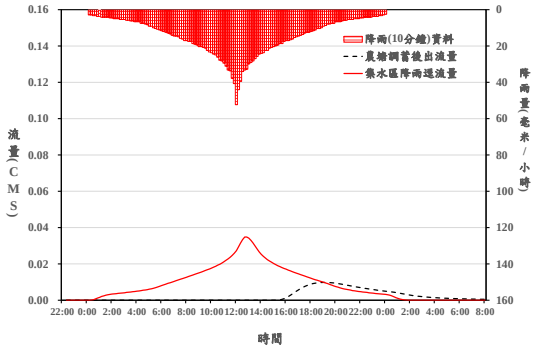
附表2-4 大荒埔埤於低水位24小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

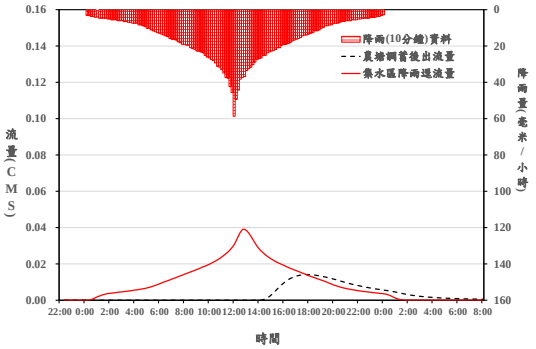
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.029	0.035	0.039	0.045	0.049
農塘調蓄後出流量	0.004	0.010	0.014	0.019	0.023



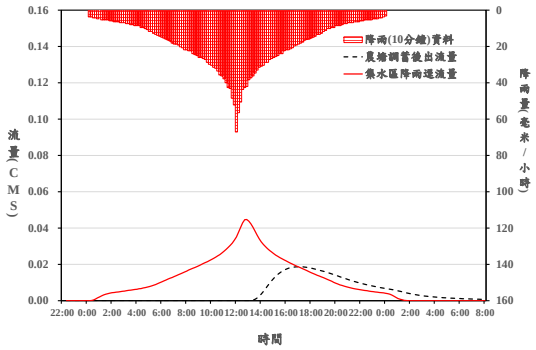
附圖2-16 大荒埔埤農-低-24-2情境模擬



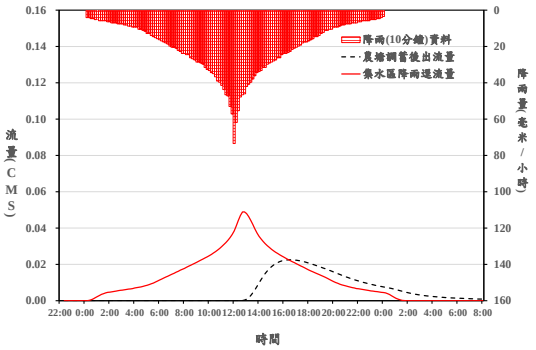
附圖 2-17 大荒埔埤農-低-24-5 情境模擬



附圖 2-18 大荒埔埤農-低-24-10 情境模擬



附圖 2-19 大荒埔埤農-低-24-25 情境模擬



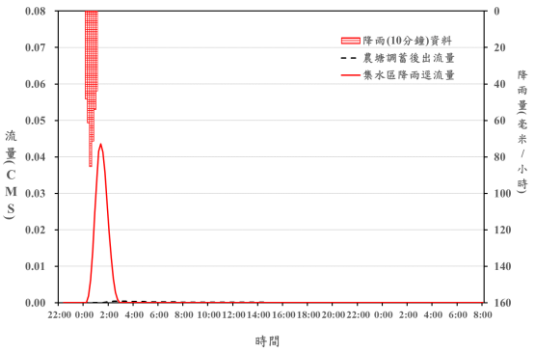
附圖 2-20 大荒埔埤農-低-24-50 情境模擬

中港溪集水區大荒埔埤於高水位1小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表2-5及附圖2-21~2-25所示。圖號之情境代號詳表4-4，如農-高-1-2，為2年重現期距下農塘於高水位1小時降雨延時模擬流量。

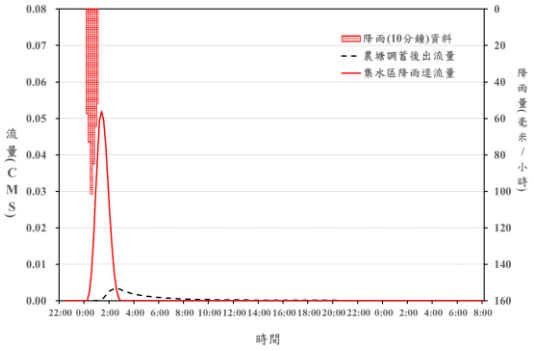
附表2-5 大荒埔埤於高水位1小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

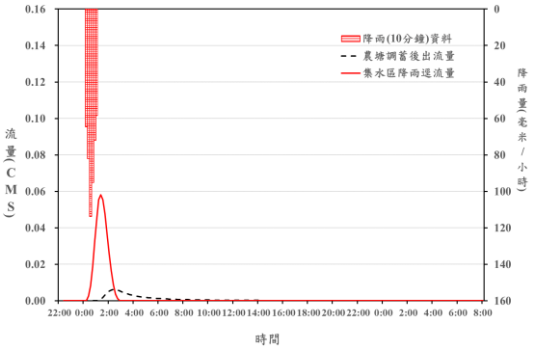
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.044	0.052	0.058	0.067	0.073
農塘調蓄後出流量	0.000	0.003	0.006	0.010	0.014



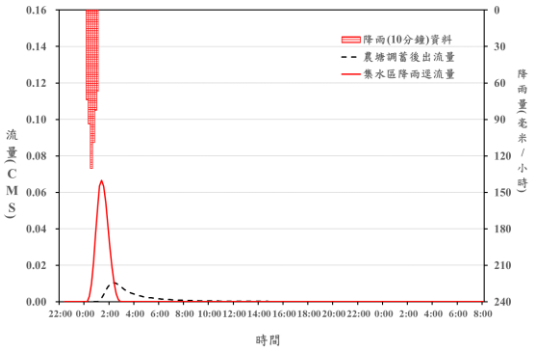
附圖2-21 大荒埔埤農-高-1-2情境模擬



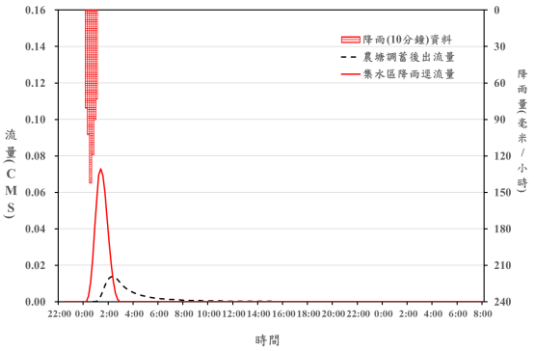
附圖 2-22 大荒埔埤農-高-1-5 情境模擬



附圖 2-23 大荒埔埤農-高-1-10 情境模擬



附圖 2-24 大荒埔埤農-高-1-25 情境模擬



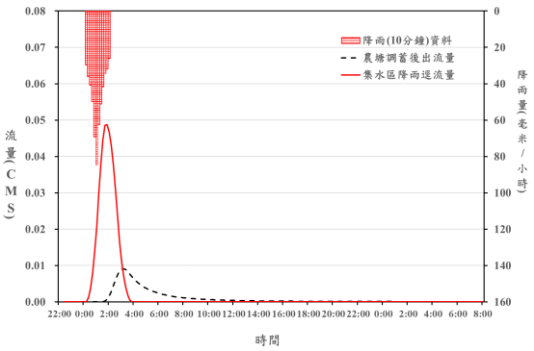
附圖 2-25 大荒埔埤農-高-1-50 情境模擬

中港溪集水區大荒埔埤於高水位2小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表2-6及附圖2-26~2-30所示。

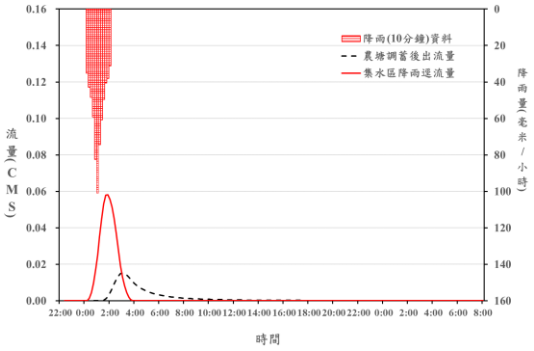
附表2-6 大荒埔埤於高水位2小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

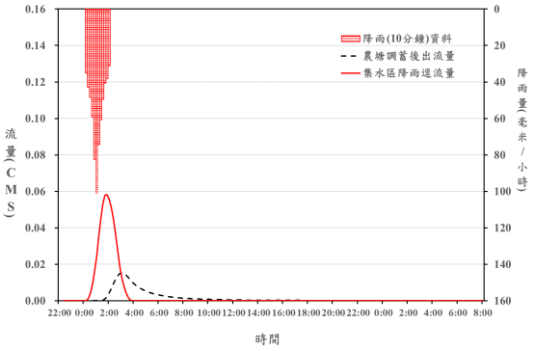
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.049	0.058	0.065	0.075	0.082
農塘調蓄後出流量	0.009	0.015	0.020	0.027	0.032



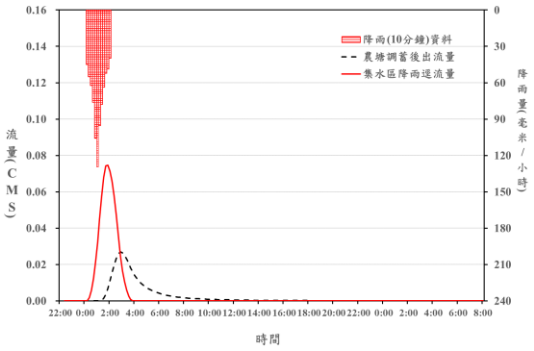
附圖2-26 大荒埔埤農-高-2-2情境模擬



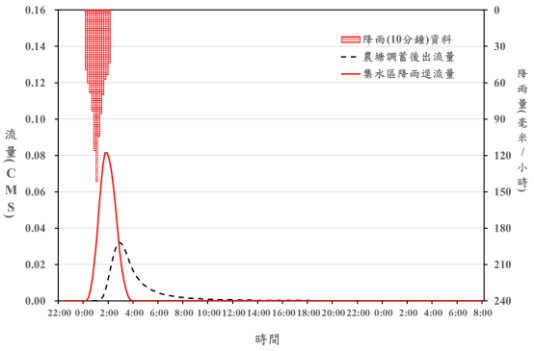
附圖 2-27 大荒埔埤農-高-2-5 情境模擬



附圖 2-28 大荒埔埤農-高-2-10 情境模擬



附圖 2-29 大荒埔埤農-高-2-25 情境模擬



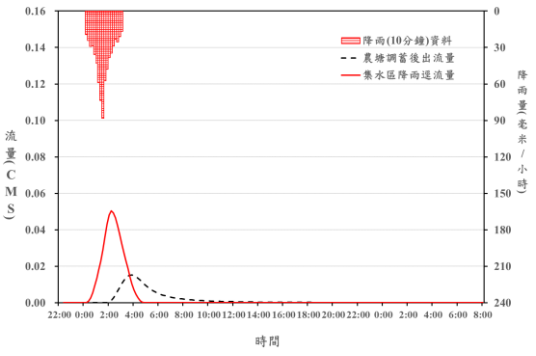
附圖 2-30 大荒埔埤農-高-2-50 情境模擬

中港溪集水區大荒埔埤於高水位3小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表2-7及附圖2-31~2-35所示。

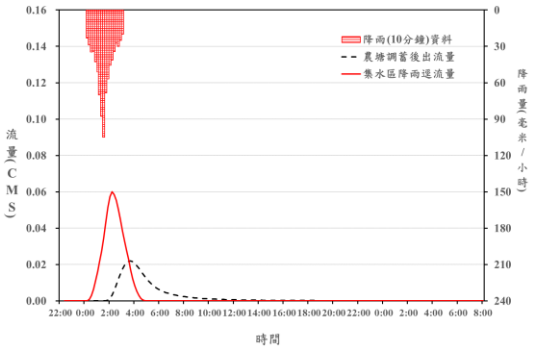
附表2-7 大荒埔埤於高水位3小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

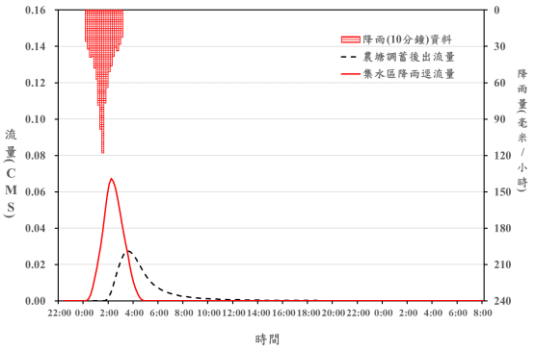
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.051	0.060	0.067	0.077	0.084
農塘調蓄後出流量	0.015	0.022	0.027	0.035	0.040



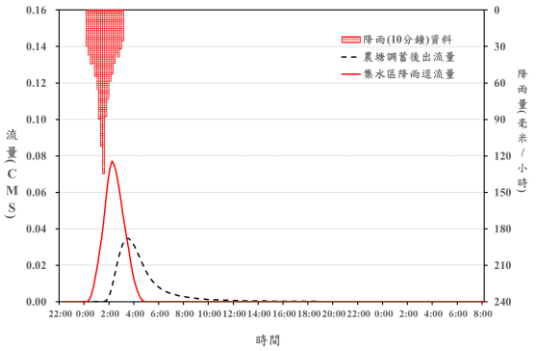
附圖2-31 大荒埔埤農-高-3-2情境模擬



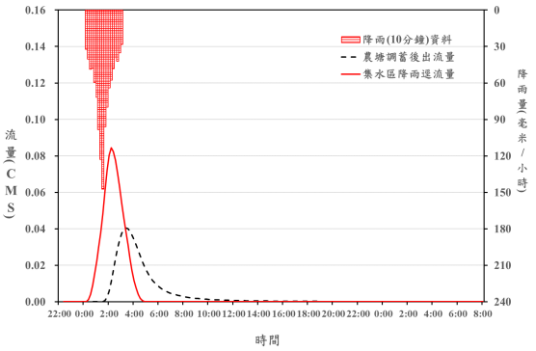
附圖 2-32 大荒埔埤農-高-3-5 情境模擬



附圖 2-33 大荒埔埤農-高-3-10 情境模擬



附圖 2-34 大荒埔埤農-高-3-25 情境模擬



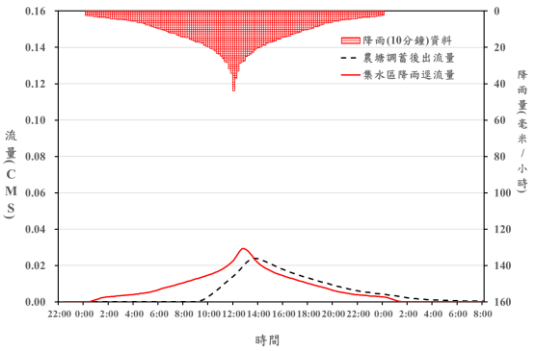
附圖 2-35 大荒埔埤農-高-3-50 情境模擬

中港溪集水區大荒埔埤於高水位24小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表2-8及附圖2-36~2-40所示。

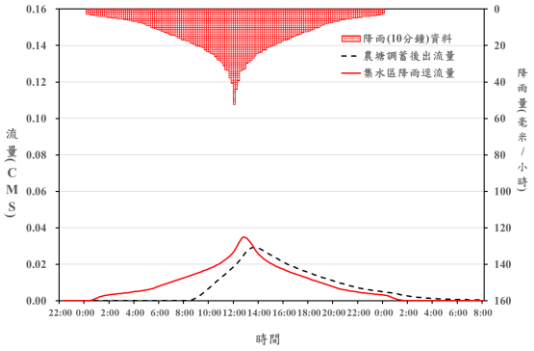
附表2-8 大荒埔埤於高水位24小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

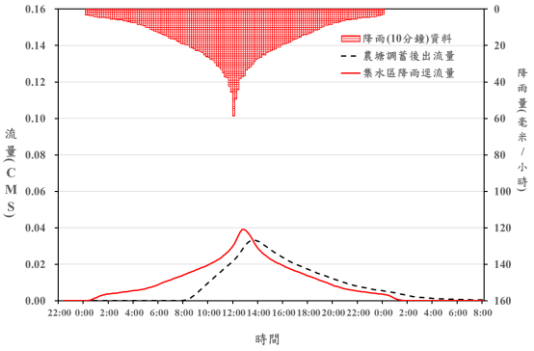
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.029	0.035	0.039	0.045	0.049
農塘調蓄後出流量	0.024	0.029	0.033	0.039	0.043



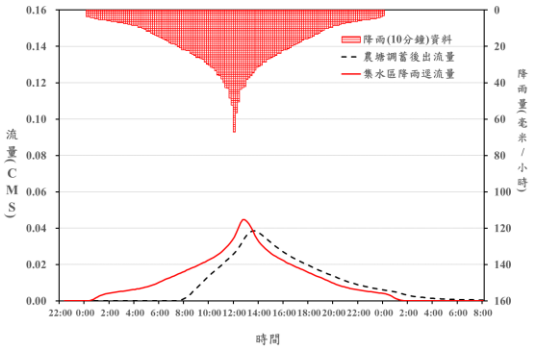
附圖2-36 大荒埔埤農-高-24-2情境模擬



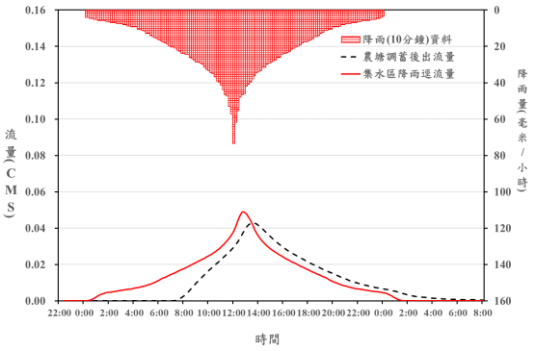
附圖 2-37 大荒埔埤農-高-24-5 情境模擬



附圖 2-38 大荒埔埤農-高-24-10 情境模擬



附圖 2-39 大荒埔埤農-高-24-25 情境模擬



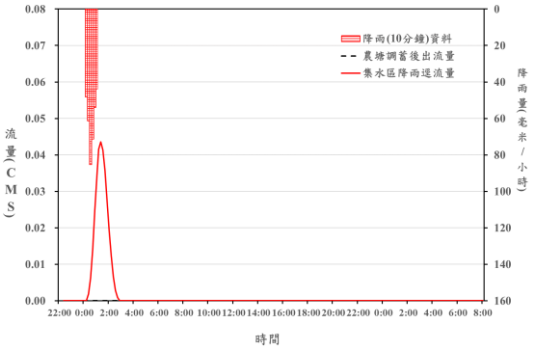
附圖 2-40 大荒埔埤農-高-24-50 情境模擬

中港溪集水區大荒埔埤於常水位1小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表2-9及附圖2-41~2-45所示。圖號之情境代號詳表4-5，如農-常-1-2，為2年重現期距下農塘於常水位1小時降雨延時模擬流量。

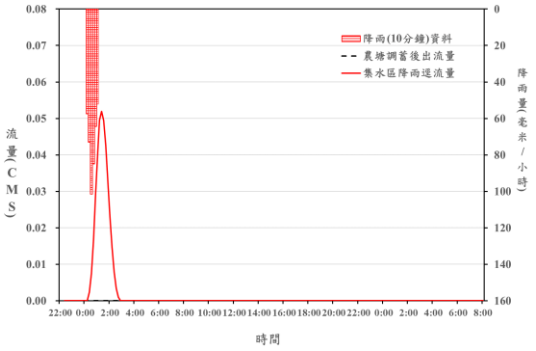
附表2-9 大荒埔埤於常水位1小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

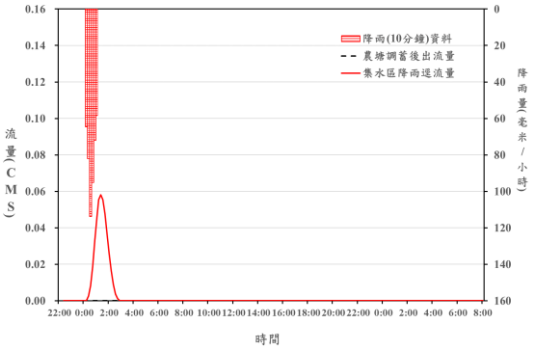
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.044	0.052	0.058	0.067	0.073
農塘調蓄後出流量	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



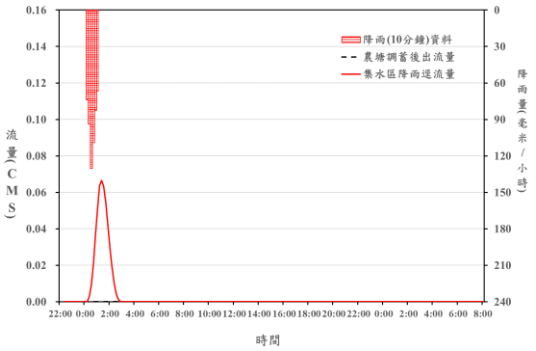
附圖2-41 大荒埔埤農-常-1-2情境模擬



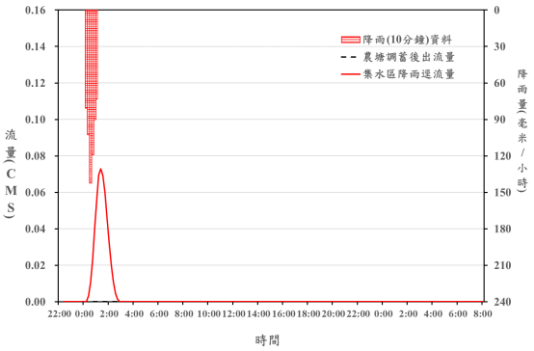
附圖 2-42 大荒埔埤農-常-1-5 情境模擬



附圖 2-43 大荒埔埤農-常-1-10 情境模擬



附圖 2-44 大荒埔埤農-常-1-25 情境模擬



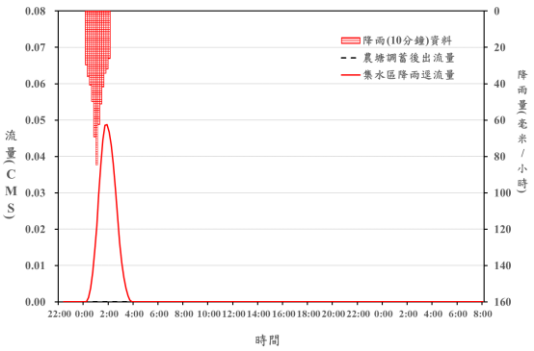
附圖 2-45 大荒埔埤農-常-1-50 情境模擬

中港溪集水區大荒埔埤於常水位2小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表2-10及附圖2-46~2-50所示。

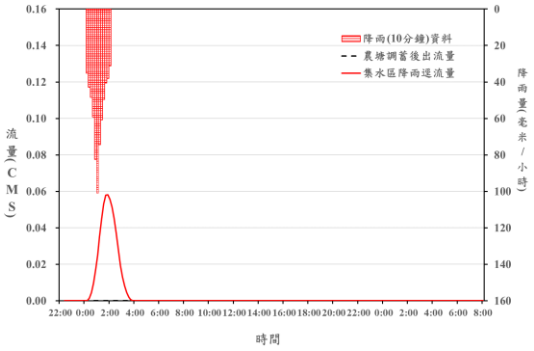
附表2-10 大荒埔埤於常水位2小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

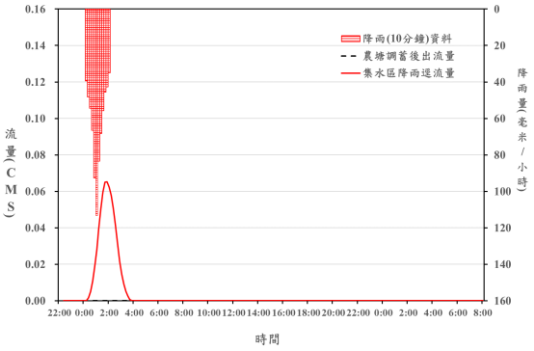
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.049	0.058	0.065	0.075	0.082
農塘調蓄後出流量	0.000	0.000	0.000	0.000	0.073



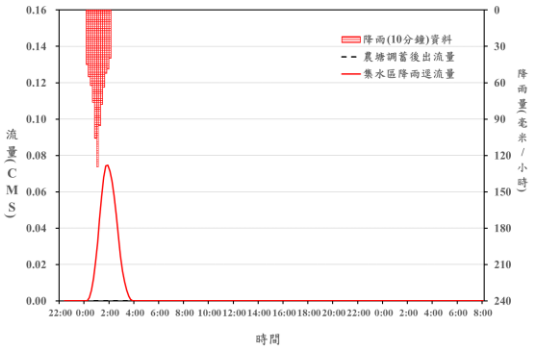
附圖2-46 大荒埔埤農-常-2-2情境模擬



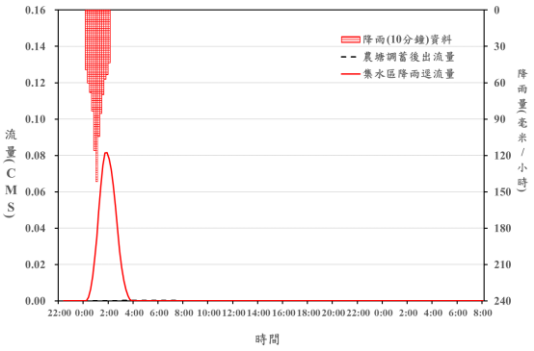
附圖 2-47 大荒埔埤農-常-2-5 情境模擬



附圖 2-48 大荒埔埤農-常-2-10 情境模擬



附圖 2-49 大荒埔埤農-常-2-25 情境模擬



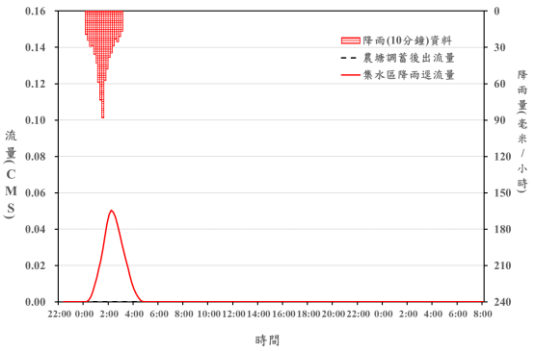
附圖 2-50 大荒埔埤農-常-2-50 情境模擬

中港溪集水區大荒埔埤於常水位3小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表2-11及附圖2-51~2-55所示。

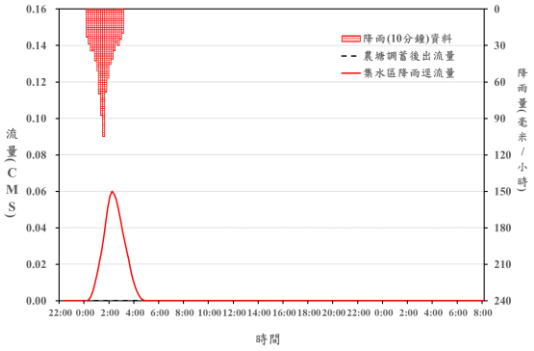
附表2-11 大荒埔埤於常水位3小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

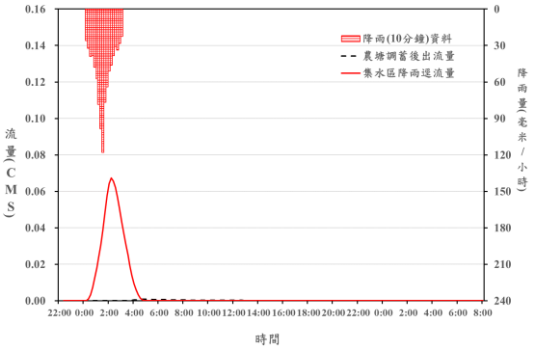
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.051	0.060	0.067	0.077	0.084
農塘調蓄後出流量	0.000	0.000	0.001	0.007	0.012



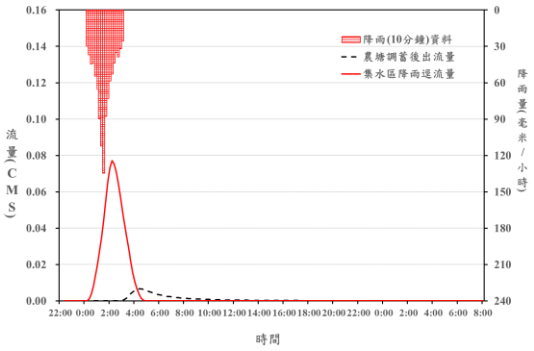
附圖2-51 大荒埔埤農-常-3-2情境模擬



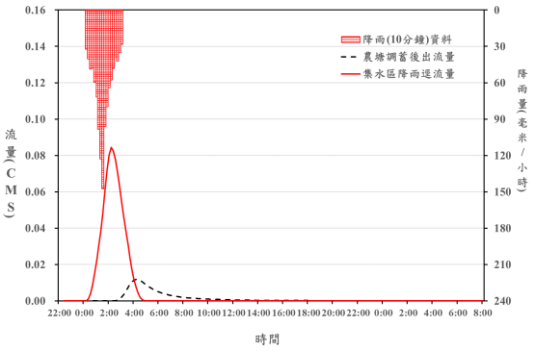
附圖 2-52 大荒埔埤農-常-3-5 情境模擬



附圖 2-53 大荒埔埤農-常-3-10 情境模擬



附圖 2-54 大荒埔埤農-常-3-25 情境模擬



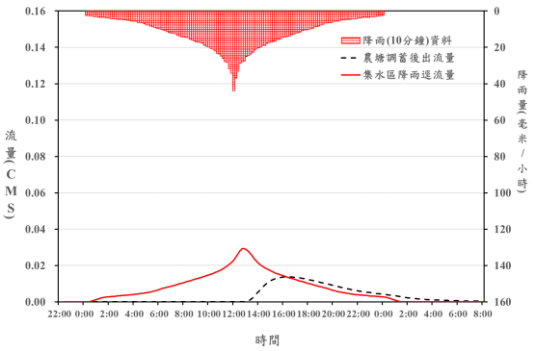
附圖 2-55 大荒埔埤農-常-3-50 情境模擬

中港溪集水區大荒埔埤於常水位之24小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表2-12及附圖2-56~2-60所示。

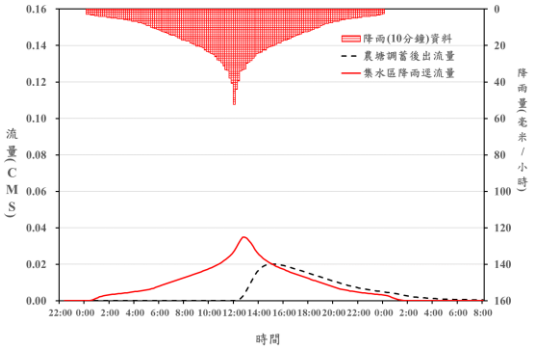
附表2-12 大荒埔埤於常水位之24小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

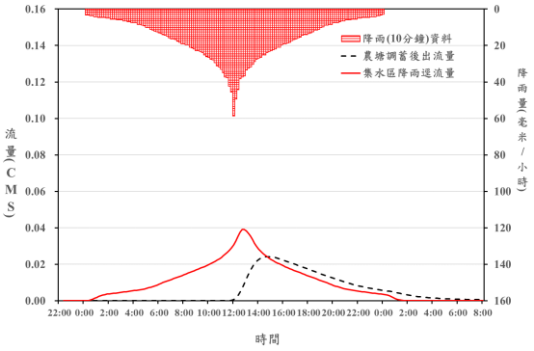
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.029	0.035	0.039	0.045	0.049
農塘調蓄後出流量	0.014	0.020	0.024	0.029	0.033



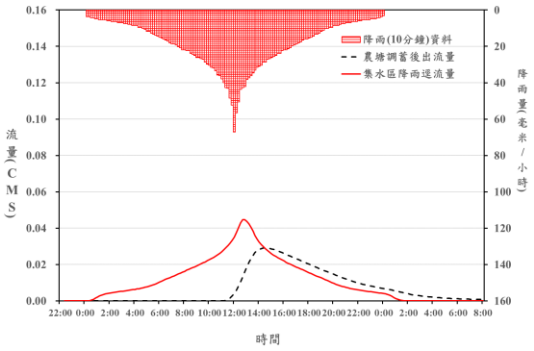
附圖2-56 大荒埔埤農-常-24-2情境模擬



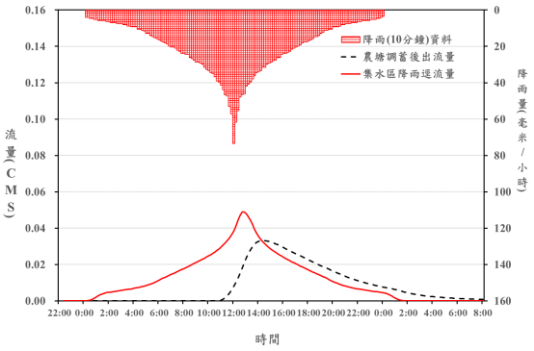
附圖 2-57 大荒埔埤農-常-24-5 情境模擬



附圖 2-58 大荒埔埤農-常-24-10 情境模擬



附圖 2-59 大荒埔埤農-常-24-25 情境模擬



附圖 2-60 大荒埔埤農-常-24-50 情境模擬

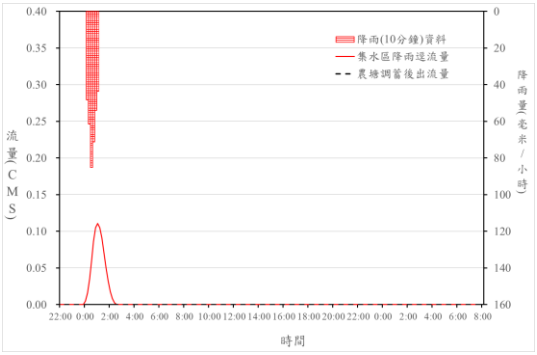
附錄三 中港溪集水區李屋埤蓄水情境模擬結果

中港溪集水區李屋埤於低水位1小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表3-1及附圖3-1~3-5所示。圖號之情境代號詳表4-3，如農-低-1-2，為2年重現期距下農塘於低水位1小時降雨延時模擬流量。

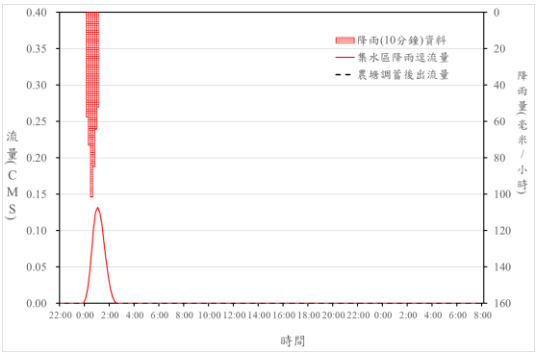
附表3-1 李屋埤於低水位1小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

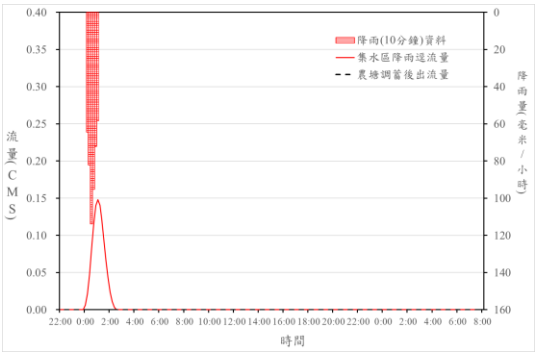
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.111	0.132	0.148	0.169	0.185
農塘調蓄後出流量	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



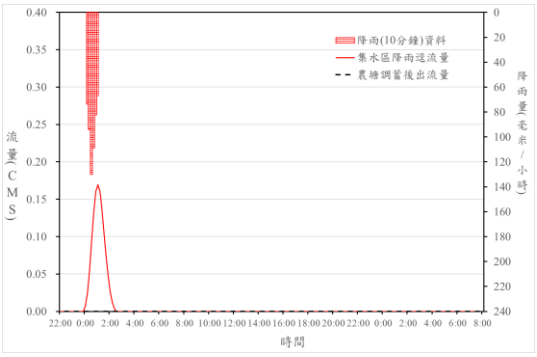
附圖3-1 李屋埤農-低-1-2情境模擬



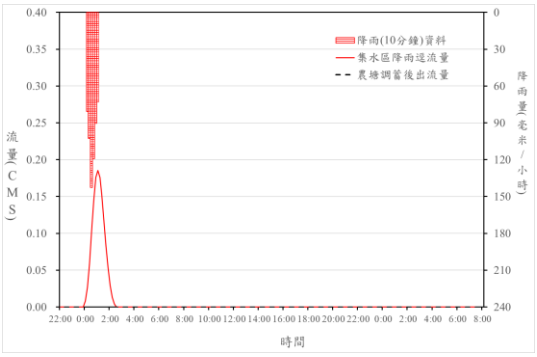
附圖 3-2 李屋埤農-低-1-5 情境模擬



附圖 3-3 李屋埤農-低-1-10 情境模擬



附圖 3-4 李屋埤農-低-1-25 情境模擬



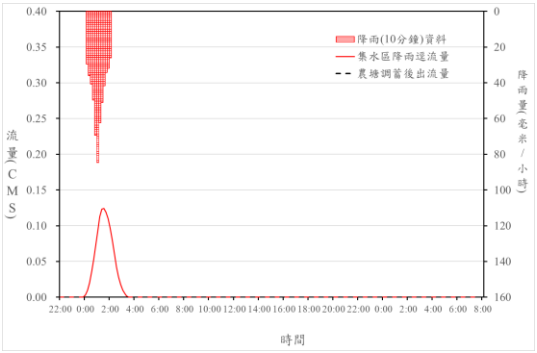
附圖 3-5 李屋埤農-低-1-50 情境模擬

中港溪集水區李屋埤於低水位2小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表3-2及附圖3-6~3-10所示。

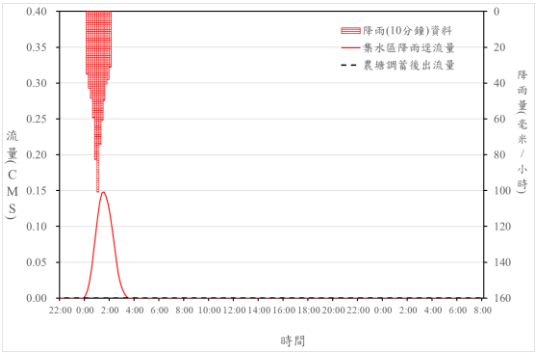
附表3-2 李屋埤於低水位2小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

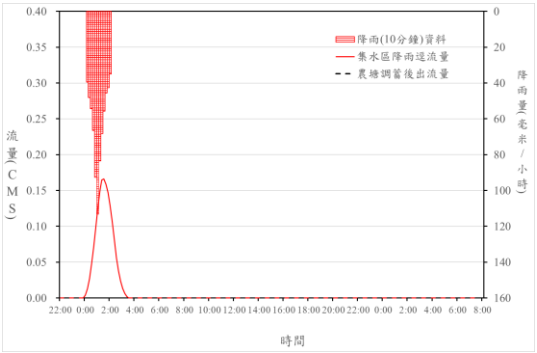
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.124	0.148	0.166	0.190	0.208
農塘調蓄後出流量	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



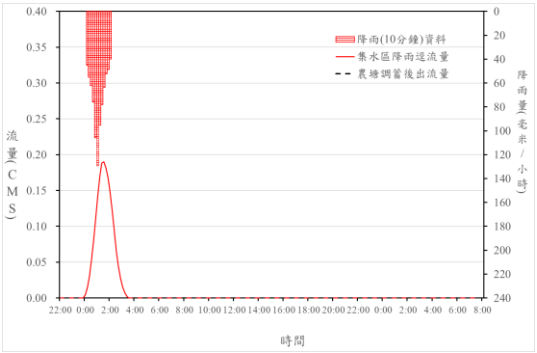
附圖3-6 李屋埤農-低-2-2情境模擬



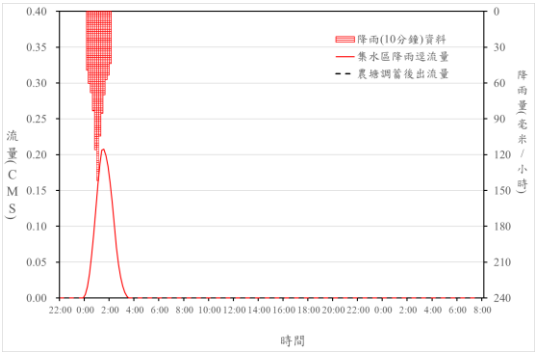
附圖 3-7 李屋埤農-低-2-5 情境模擬



附圖 3-8 李屋埤農-低-2-10 情境模擬



附圖 3-9 李屋埤農-低-2-25 情境模擬



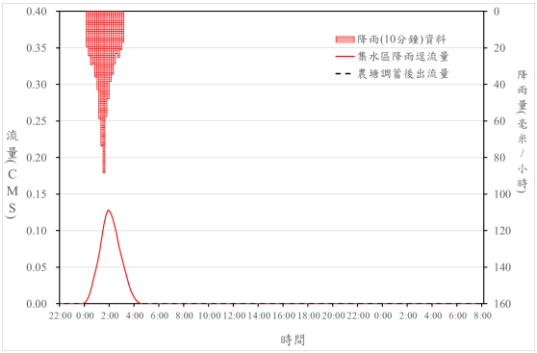
附圖 3-10 李屋埤農-低-2-50 情境模擬

中港溪集水區李屋埤於低水位3小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表3-3及附圖3-11~3-15所示。

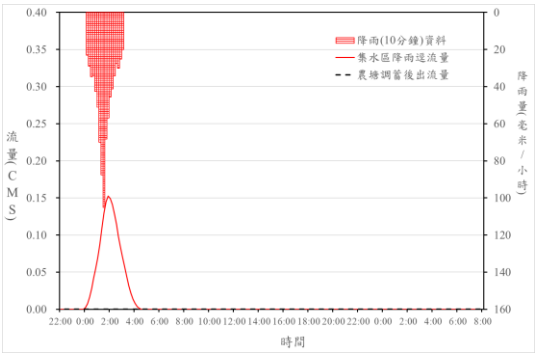
附表3-3 李屋埤於低水位3小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

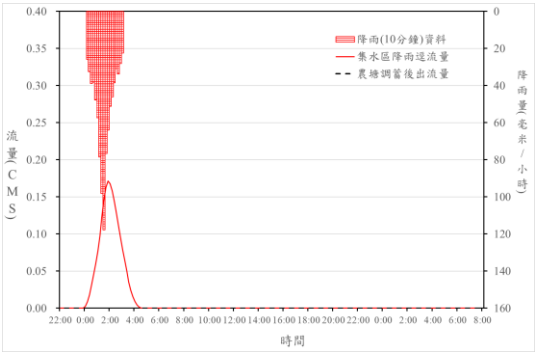
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.128	0.153	0.171	0.196	0.214
農塘調蓄後出流量	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



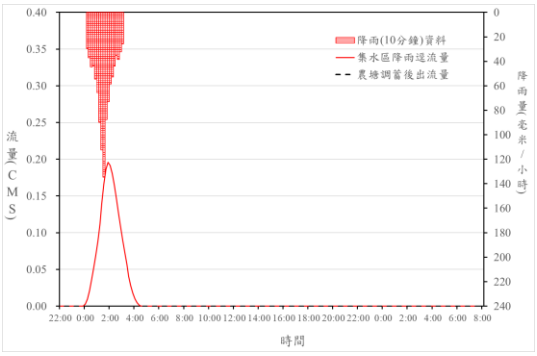
附圖3-11 李屋埤農-低-3-2情境模擬



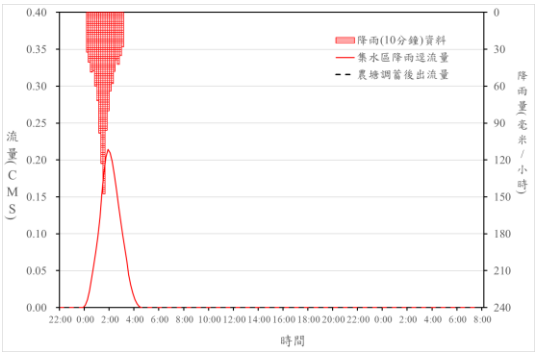
附圖 3-12 李屋埤農-低-3-5 情境模擬



附圖 3-13 李屋埤農-低-3-10 情境模擬



附圖 3-14 李屋埤農-低-3-25 情境模擬



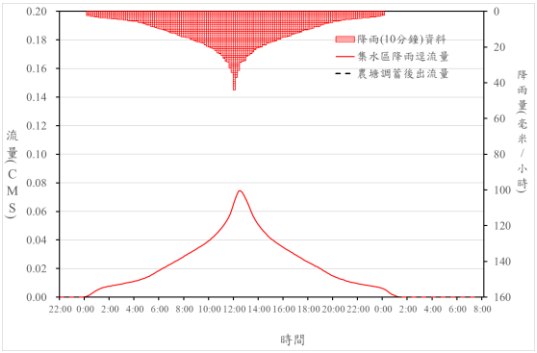
附圖 3-15 李屋埤農-低-3-50 情境模擬

中港溪集水區李屋埤於低水位24小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表3-4及附圖3-16~3-20所示。

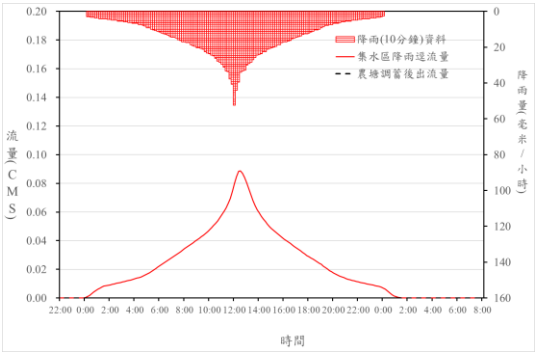
附表3-4 李屋埤於低水位24小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

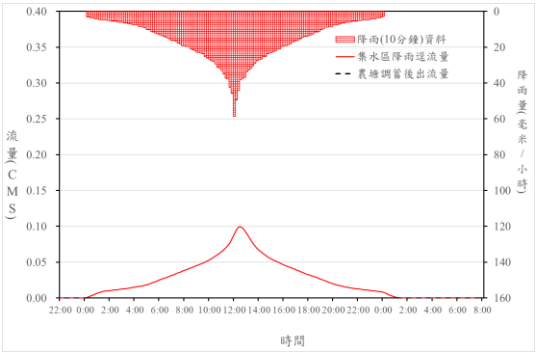
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.075	0.089	0.100	0.114	0.125
農塘調蓄後出流量	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007



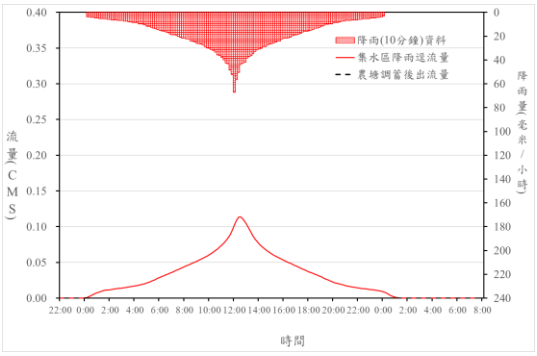
附圖3-16 李屋埤農-低-24-2情境模擬



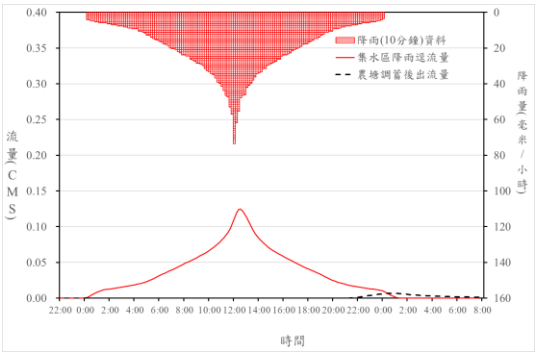
附圖 3-17 李屋埤農-低-24-5 情境模擬



附圖 3-18 李屋埤農-低-24-10 情境模擬



附圖 3-19 李屋埤農-低-24-25 情境模擬



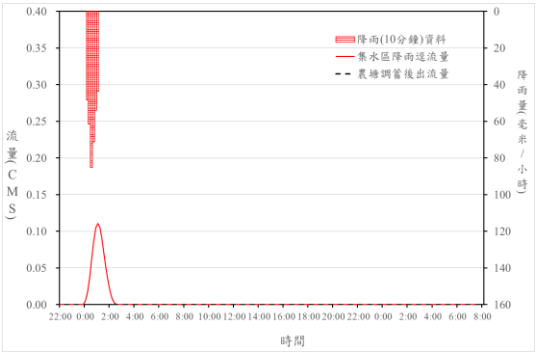
附圖 3-20 李屋埤農-低-24-50 情境模擬

中港溪集水區李屋埤於高水位1小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表3-5及附圖3-21~3-25所示。圖號之情境代號詳表4-4，如農-高-1-2，為2年重現期距下農塘於高水位1小時降雨延時模擬流量。

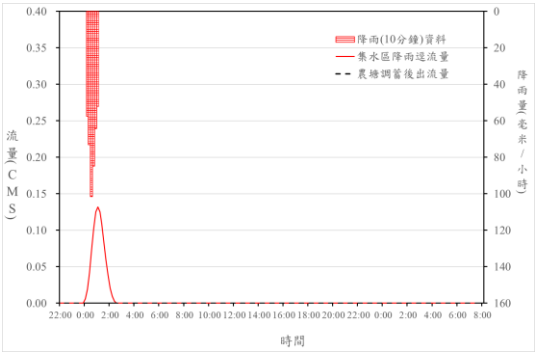
附表3-5 李屋埤於高水位1小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

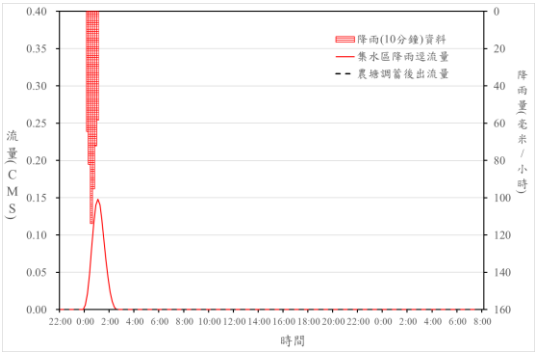
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.111	0.132	0.148	0.169	0.185
農塘調蓄後出流量	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



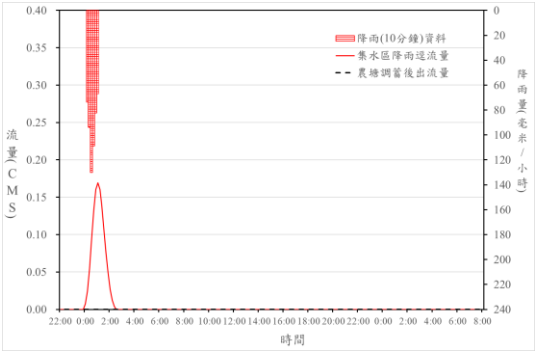
附圖3-21 李屋埤農-高-1-2情境模擬



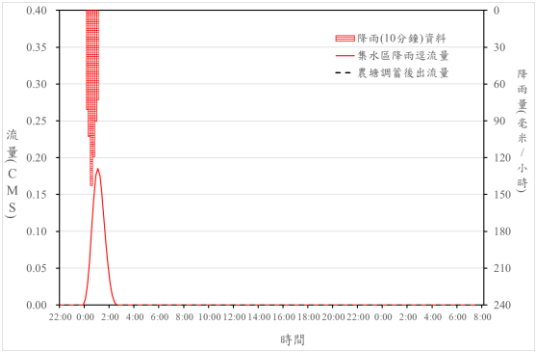
附圖 3-22 李屋埤農-高-1-5 情境模擬



附圖 3-23 李屋埤農-高-1-10 情境模擬



附圖 3-24 李屋埤農-高-1-25 情境模擬



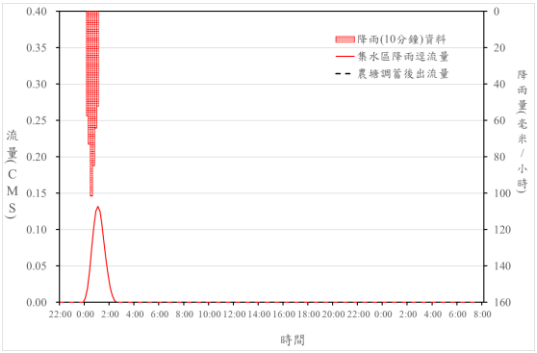
附圖 3-25 李屋埤農-高-1-50 情境模擬

中港溪集水區李屋埤於高水位2小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表3-6及附圖3-26~3-30所示。

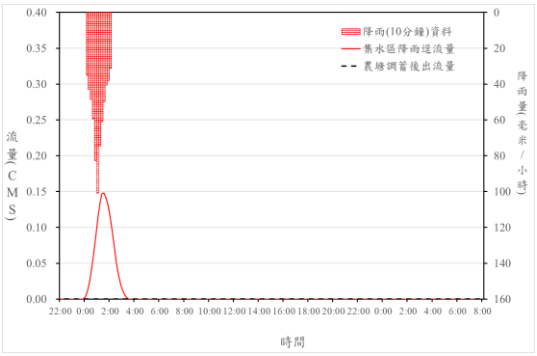
附表3-6 李屋埤於高水位2小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

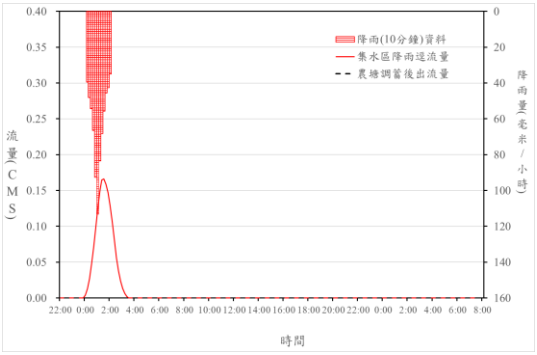
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.124	0.148	0.166	0.190	0.208
農塘調蓄後出流量	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



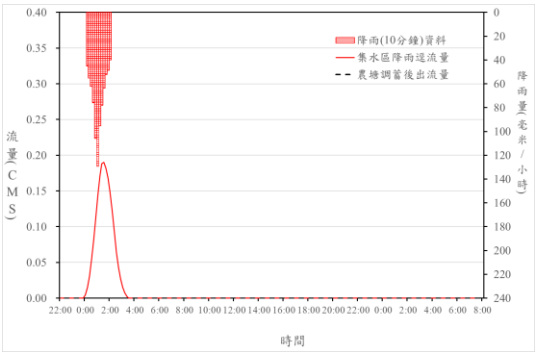
附圖3-26 李屋埤農-高-2-2情境模擬



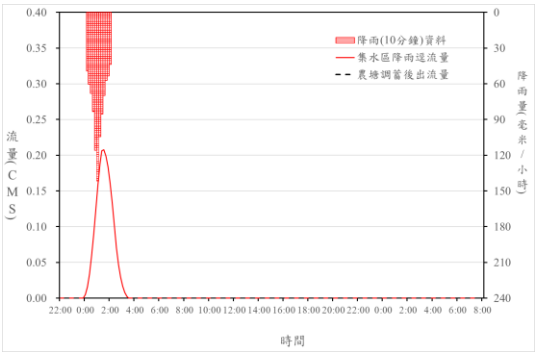
附圖 3-27 李屋埤農-高-2-5 情境模擬



附圖 3-28 李屋埤農-高-2-10 情境模擬



附圖 3-29 李屋埤農-高-2-25 情境模擬



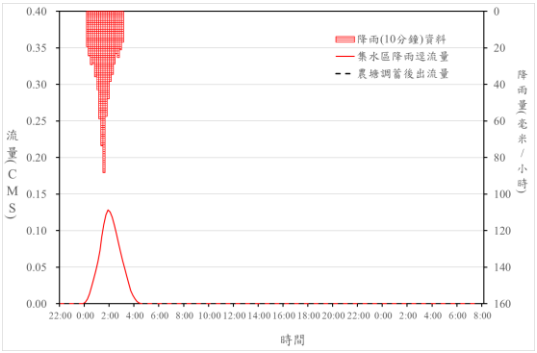
附圖 3-30 李屋埤農-高-2-50 情境模擬

中港溪集水區李屋埤於高水位3小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表3-7及附圖3-31~3-35所示。

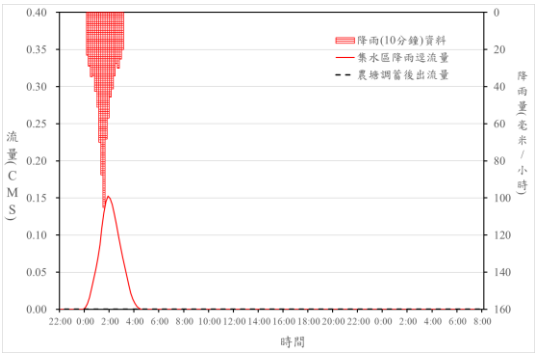
附表3-7 李屋埤於高水位3小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

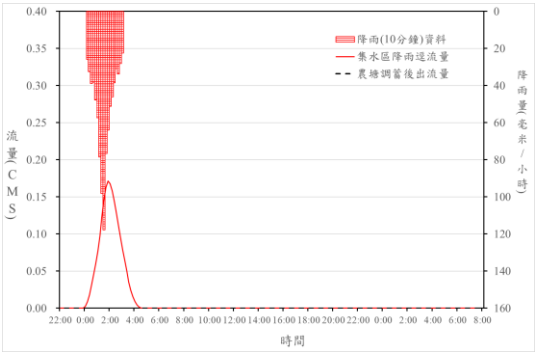
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.128	0.153	0.171	0.196	0.214
農塘調蓄後出流量	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



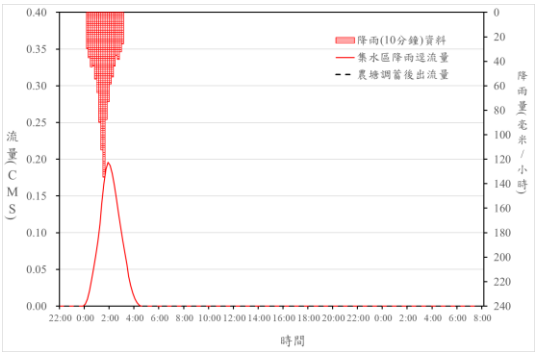
附圖3-31 李屋埤農-高-3-2情境模擬



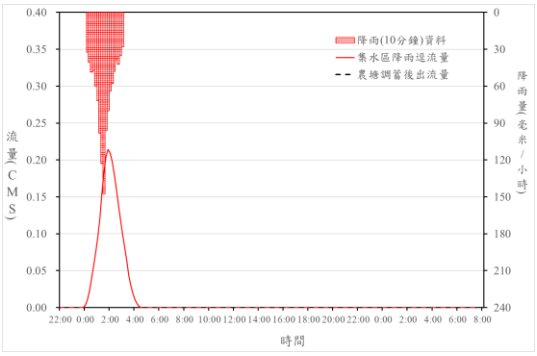
附圖 3-32 李屋埤農-高-3-5 情境模擬



附圖 3-33 李屋埤農-高-3-10 情境模擬



附圖 3-34 李屋埤農-高-3-25 情境模擬



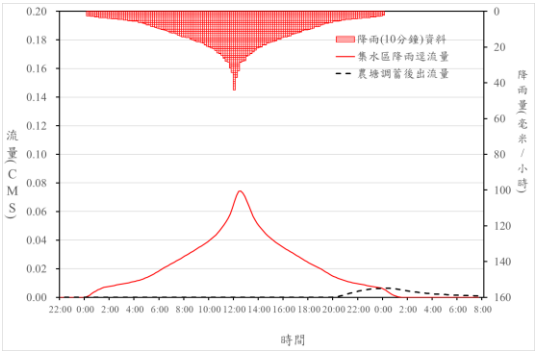
附圖 3-35 李屋埤農-高-3-50 情境模擬

中港溪集水區李屋埤於高水位24小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表3-8及附圖3-36~3-40所示。

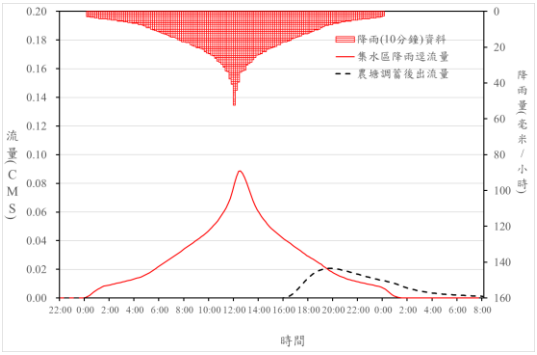
附表3-8 李屋埤於高水位24小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

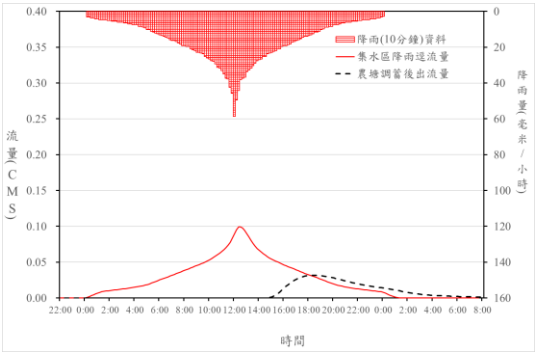
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.075	0.089	0.100	0.114	0.125
農塘調蓄後出流量	0.006	0.021	0.032	0.046	0.054



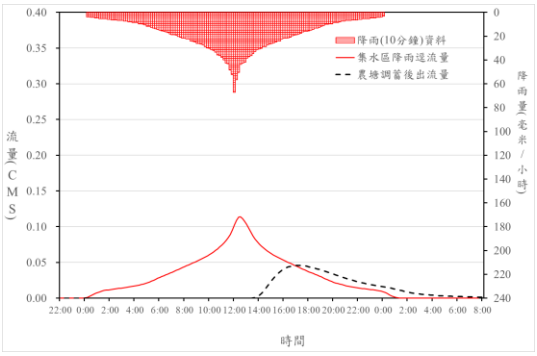
附圖3-36 李屋埤農-高-24-2情境模擬



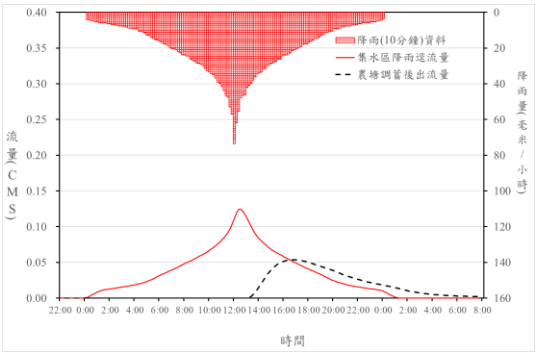
附圖 3-37 李屋埤農-高-24-5 情境模擬



附圖 3-38 李屋埤農-高-24-10 情境模擬



附圖 3-39 李屋埤農-高-24-25 情境模擬



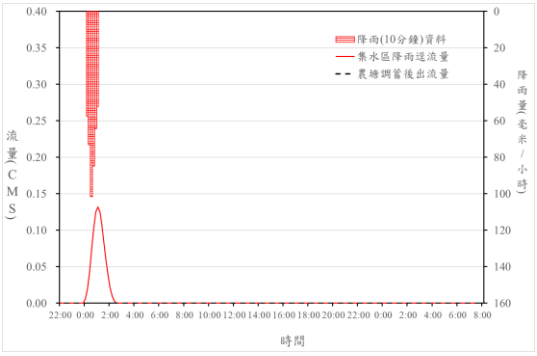
附圖 3-40 李屋埤農-高-24-50 情境模擬

中港溪集水區李屋埤於常水位1小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表3-9及附圖3-41~3-45所示。圖號之情境代號詳表4-5，如農-常-1-2，為2年重現期距下農塘於常水位1小時降雨延時模擬流量。

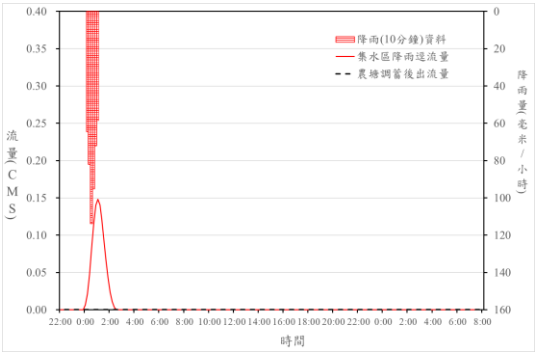
附表3-9 李屋埤於常水位1小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

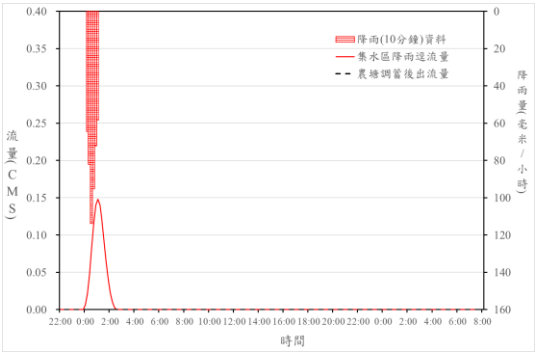
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.111	0.132	0.148	0.169	0.185
農塘調蓄後出流量	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



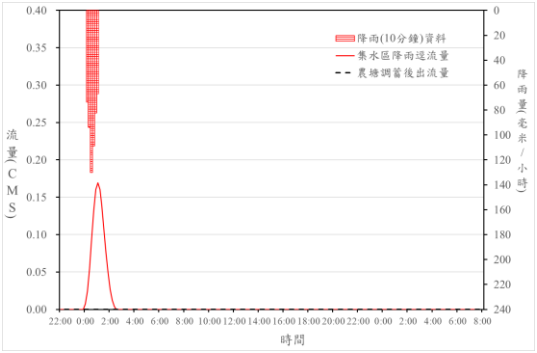
附圖3-41 李屋埤農-常-1-2情境模擬



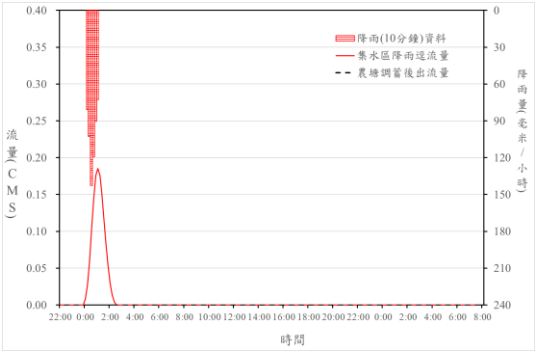
附圖 3-42 李屋埤農-常-1-5 情境模擬



附圖 3-43 李屋埤農-常-1-10 情境模擬



附圖 3-44 李屋埤農-常-1-25 情境模擬



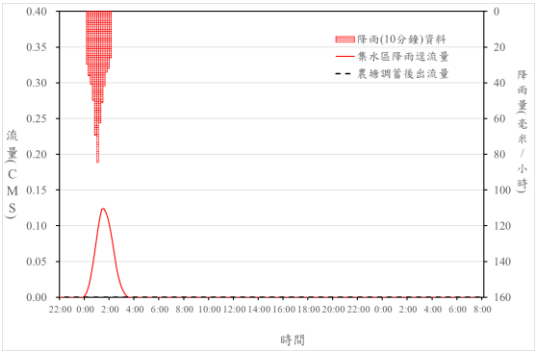
附圖 3-45 李屋埤農-常-1-50 情境模擬

中港溪集水區李屋埤於常水位2小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表3-10及附圖3-46~3-50所示。

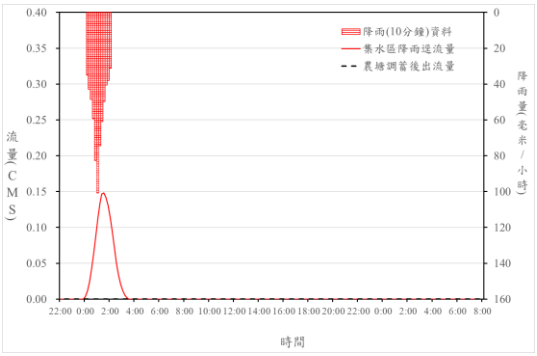
附表3-10 李屋埤於常水位2小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

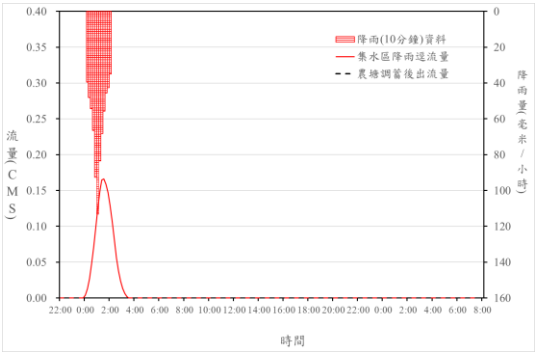
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.124	0.148	0.166	0.190	0.208
農塘調蓄後出流量	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



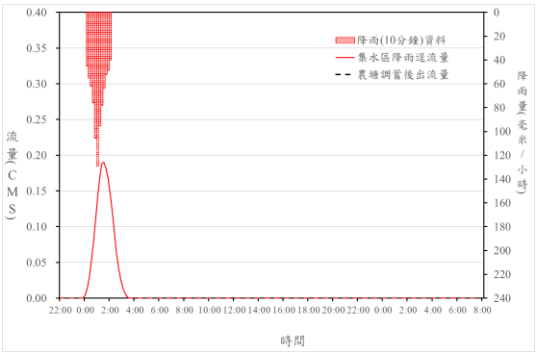
附圖3-46 李屋埤農-常-2-2情境模擬



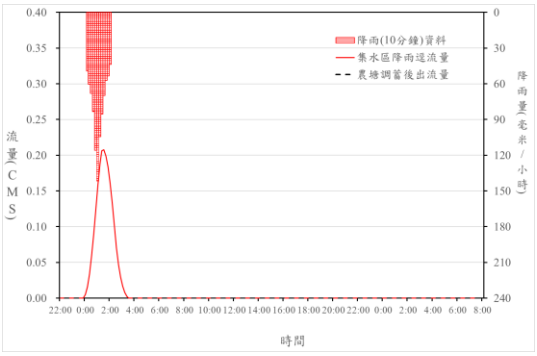
附圖 3-47 李屋埤農-常-2-5 情境模擬



附圖 3-48 李屋埤農-常-2-10 情境模擬



附圖 3-49 李屋埤農-常-2-25 情境模擬



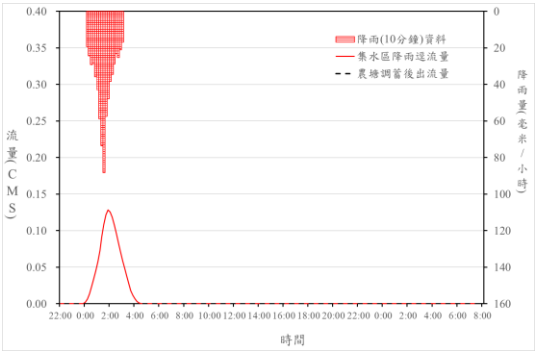
附圖 3-50 李屋埤農-常-2-50 情境模擬

中港溪集水區李屋埤於常水位3小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表3-11及附圖3-51~3-55所示。

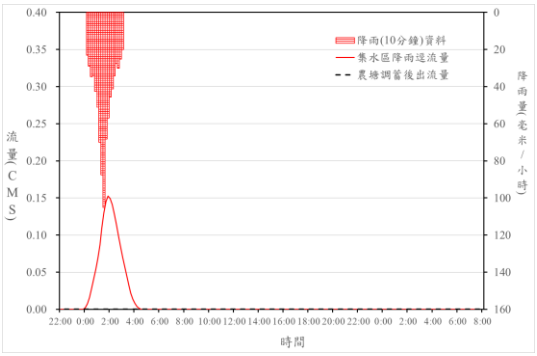
附表3-11 李屋埤於常水位3小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

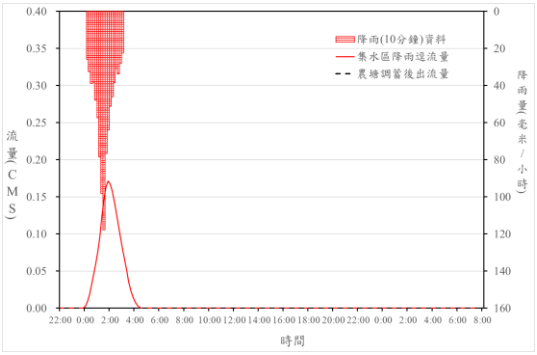
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.128	0.153	0.171	0.196	0.214
農塘調蓄後出流量	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



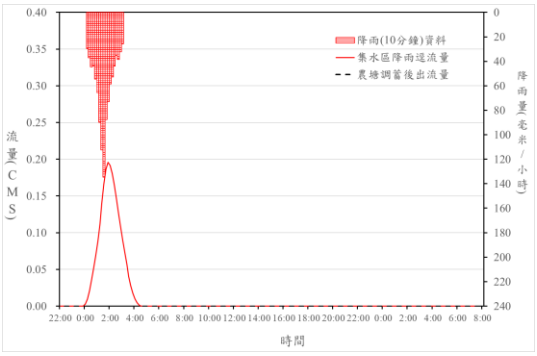
附圖3-51 李屋埤農-常-3-2情境模擬



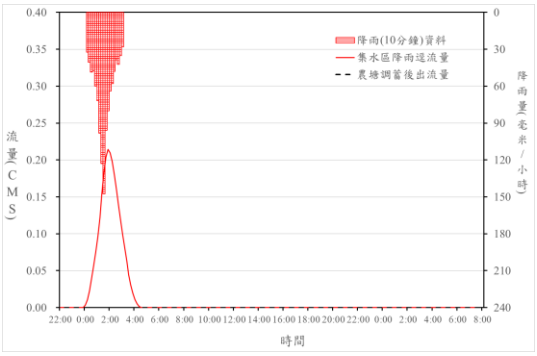
附圖 3-52 李屋埤農-常-3-5 情境模擬



附圖 3-53 李屋埤農-常-3-10 情境模擬



附圖 3-54 李屋埤農-常-3-25 情境模擬



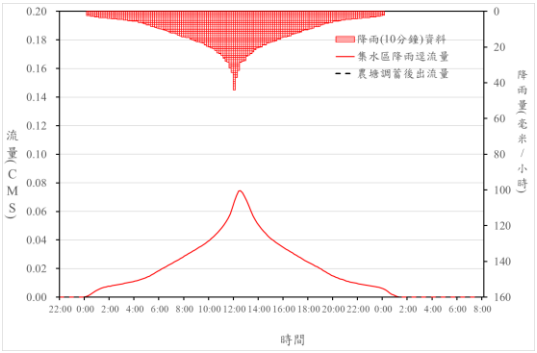
附圖 3-55 李屋埤農-常-3-50 情境模擬

中港溪集水區李屋埤於常水位之24小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表3-12及附圖3-56~3-60所示。

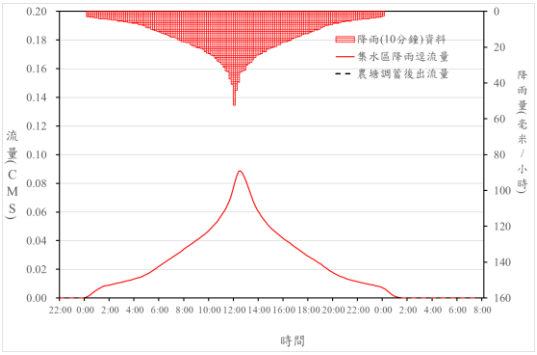
附表3-12 李屋埤於常水位之24小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

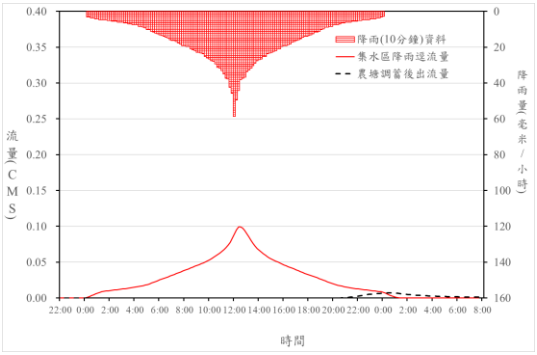
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.075	0.089	0.100	0.114	0.125
農塘調蓄後出流量	0.000	0.000	0.007	0.022	0.031



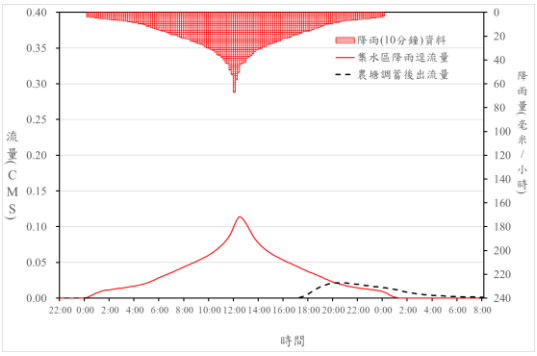
附圖3-56 李屋埤農-常-24-2情境模擬



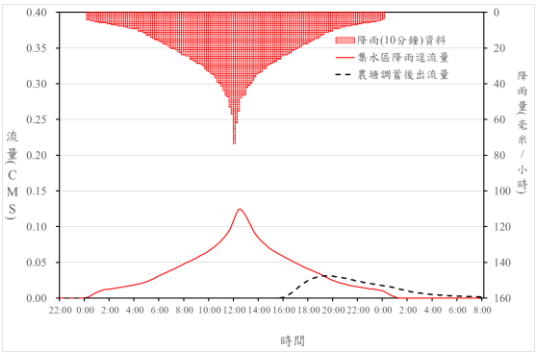
附圖 3-57 李屋埤農-常-24-5 情境模擬



附圖 3-58 李屋埤農-常-24-10 情境模擬



附圖 3-59 李屋埤農-常-24-25 情境模擬



附圖 3-60 李屋埤農-常-24-50 情境模擬

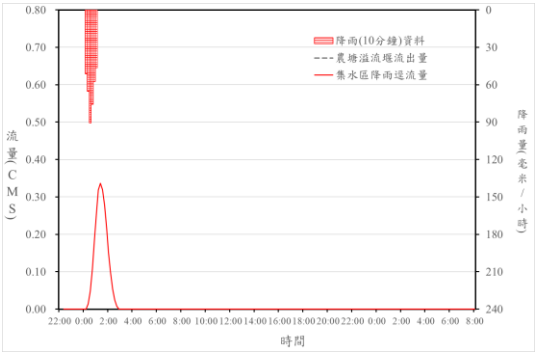
附錄四 鯉魚潭集水區鯉潭 039 農塘蓄水情境模擬結果

鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於低水位1小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表4-1及附圖4-1~4-5所示。圖號之情境代號詳表4-3，如農-低-1-2，為2年重現期距下農塘於低水位1小時降雨延時模擬流量。

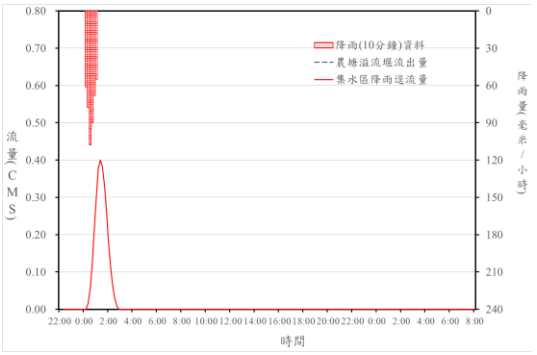
附表4-1 鯉潭039農塘於低水位1小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

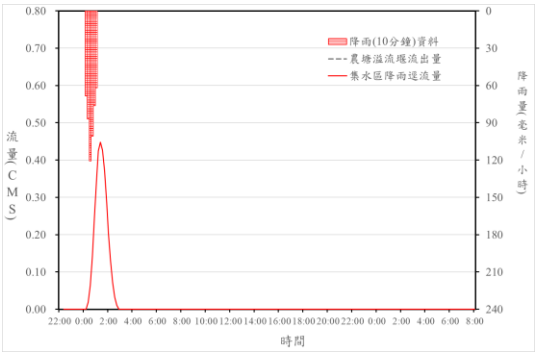
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.336	0.400	0.448	0.511	0.560
農塘調蓄後出流量	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



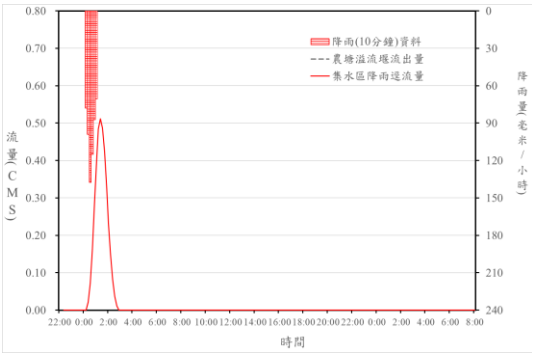
附圖4-1 鯉潭039農-低-1-2情境模擬



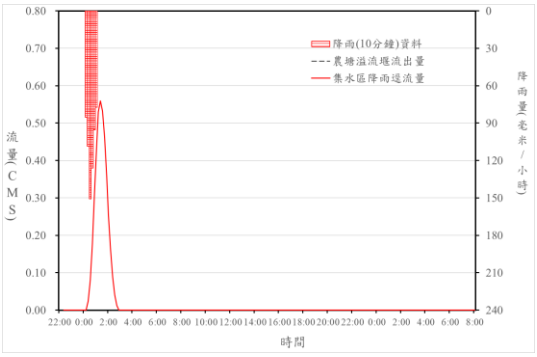
附圖 4-2 鯉潭 039 農-低-1-5 情境模擬



附圖 4-3 鯉潭 039 農-低-1-10 情境模擬



附圖 4-4 鯉潭 039 農-低-1-25 情境模擬



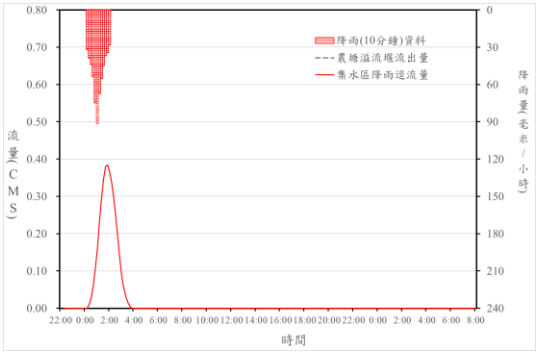
附圖 4-5 鯉潭 039 農-低-1-50 情境模擬

鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於低水位2小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表4-2及附圖4-6~4-10所示。

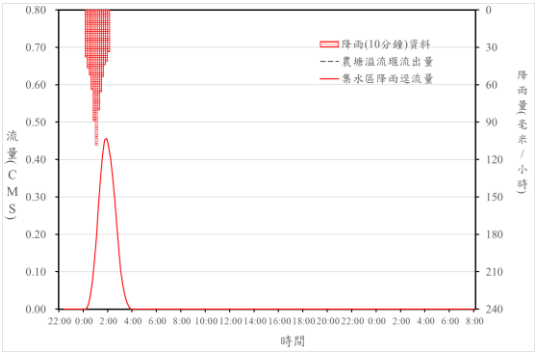
附表4-2 鯉潭039農塘於低水位2小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

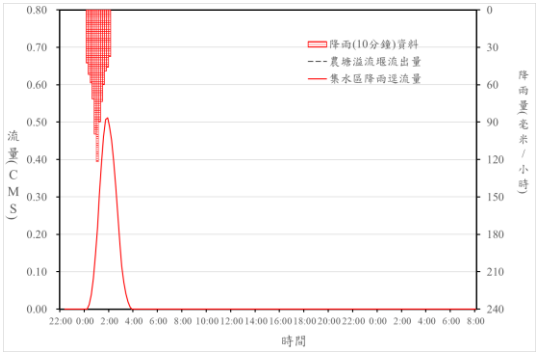
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.384	0.457	0.512	0.584	0.639
農塘調蓄後出流量	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



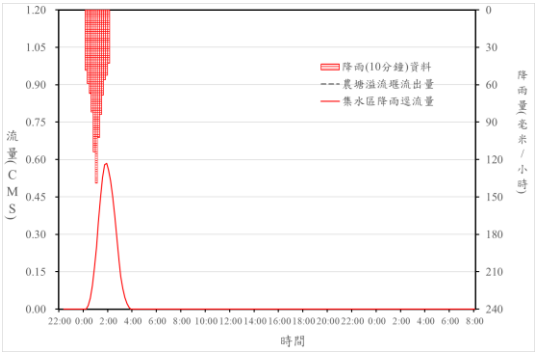
附圖4-6 鯉潭039農-低-2-2情境模擬



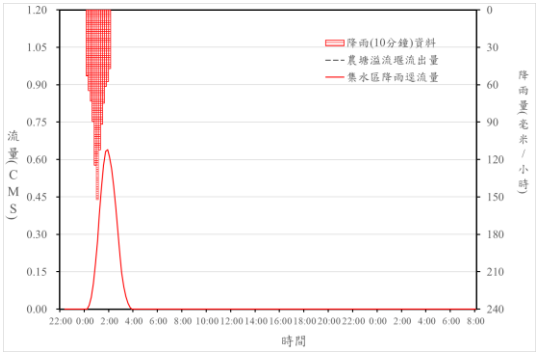
附圖 4-7 鯉潭 039 農-低-2-5 情境模擬



附圖 4-8 鯉潭 039 農-低-2-10 情境模擬



附圖 4-9 鯉潭 039 農-低-2-25 情境模擬



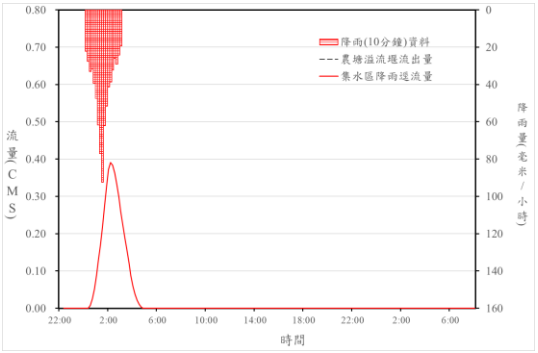
附圖 4-10 鯉潭 039 農-低-2-50 情境模擬

鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於低水位3小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表4-3及附圖4-11~4-15所示。

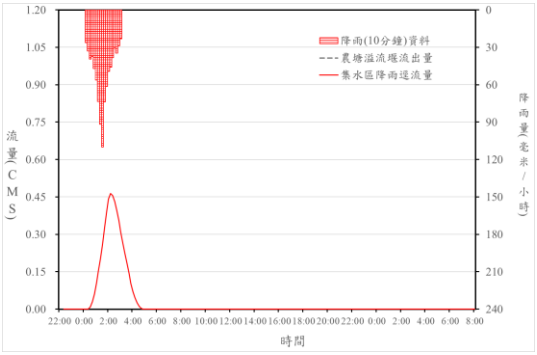
附表4-3 鯉潭039農塘於低水位3小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

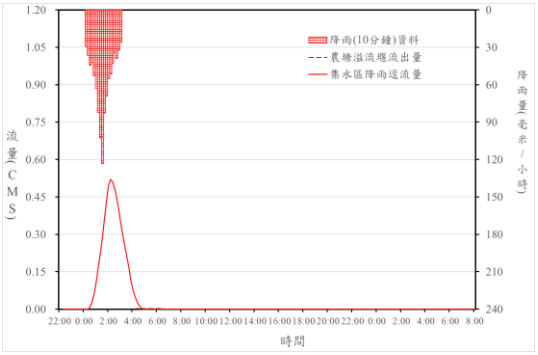
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.391	0.464	0.520	0.0594	0.650
農塘調蓄後出流量	0.000	0.000	0.002	0.032	0.112



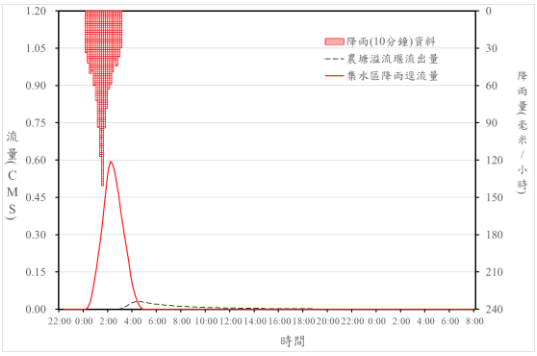
附圖4-11 鯉潭039農-低-3-2情境模擬



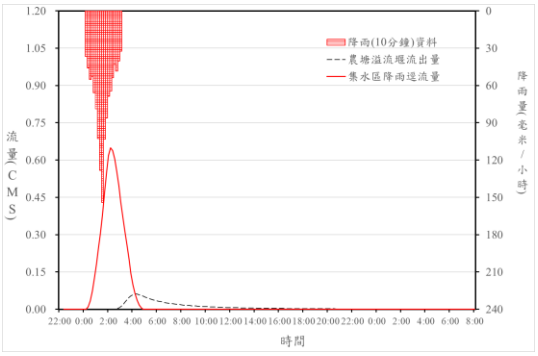
附圖 4-12 鯉潭 039 農-低-3-5 情境模擬



附圖 4-13 鯉潭 039 農-低-3-10 情境模擬



附圖 4-14 鯉潭 039 農-低-3-25 情境模擬



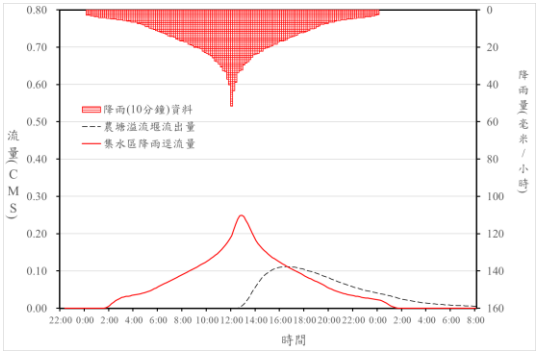
附圖 4-15 鯉潭 039 農-低-3-50 情境模擬

鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於低水位24小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表4-4及附圖4-16~4-20所示。

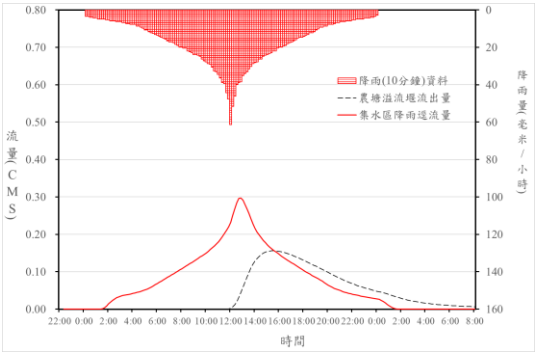
附表4-4 鯉潭039農塘於低水位24小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

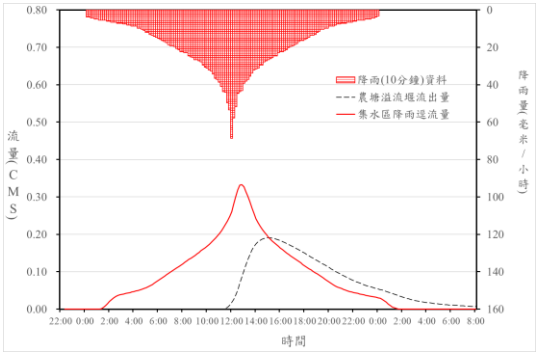
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.250	0.297	0.333	0.380	0.416
農塘調蓄後出流量	0.112	0.156	0.191	0.237	0.268



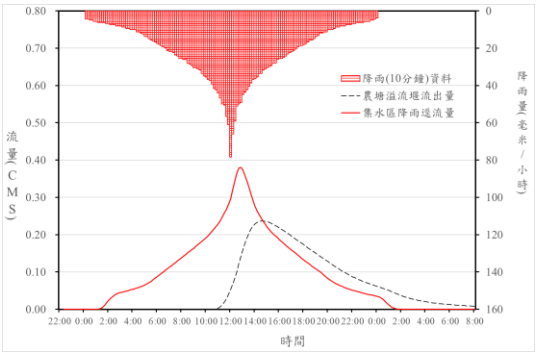
附圖4-16 鯉潭039農-低-24-2情境模擬



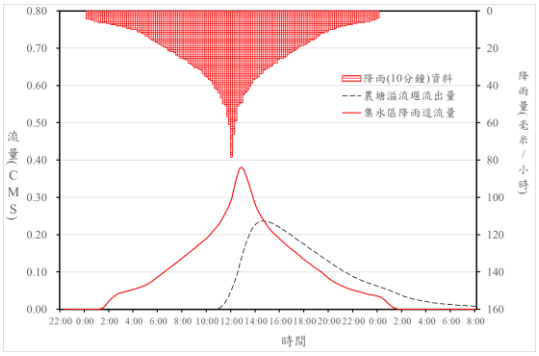
附圖 4-17 鯉潭 039 農-低-24-5 情境模擬



附圖 4-18 鯉潭 039 農-低-24-10 情境模擬



附圖 4-19 鯉潭 039 農-低-24-25 情境模擬



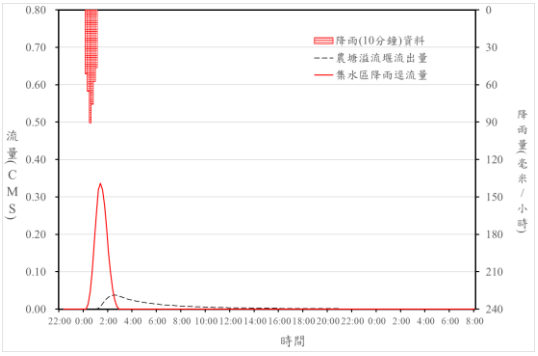
附圖 4-20 鯉潭 039 農-低-24-50 情境模擬

鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於高水位1小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表4-5及附圖4-21~4-25所示。圖號之情境代號詳表4-4，如農-高-1-2，為2年重現期距下農塘於高水位1小時降雨延時模擬流量。

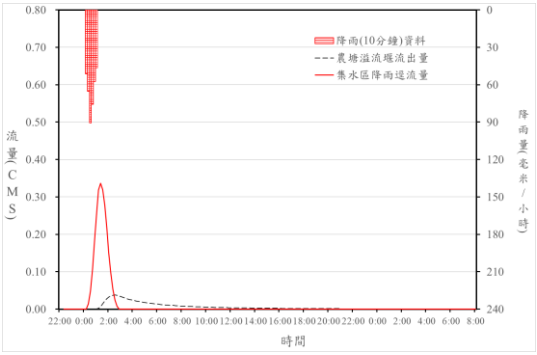
附表4-5 鯉潭039農塘於高水位1小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

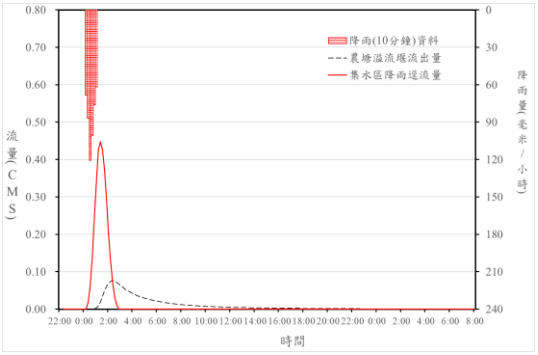
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.336	0.400	0.448	0.511	0.560
農塘調蓄後出流量	0.038	0.059	0.076	0.101	0.121



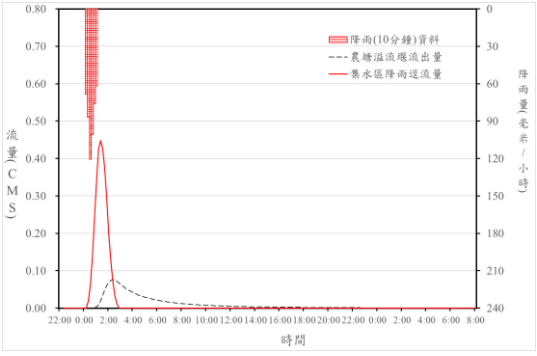
附圖4-21 鯉潭039農-高-1-2情境模擬



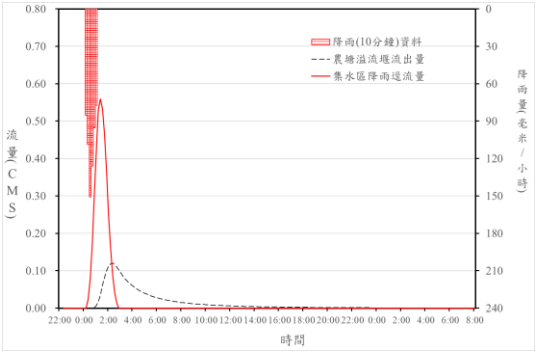
附圖 4-22 鯉潭 039 農-高-1-5 情境模擬



附圖 4-23 鯉潭 039 農-高-1-10 情境模擬



附圖 4-24 鯉潭 039 農-高-1-25 情境模擬



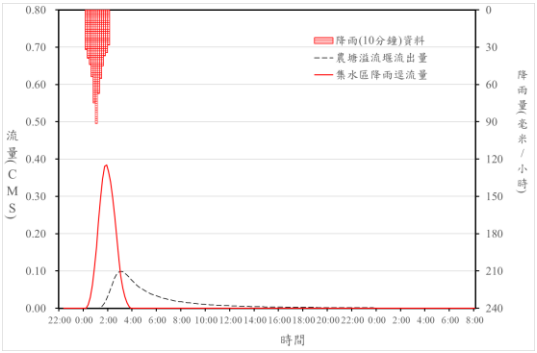
附圖 4-25 鯉潭 039 農-高-1-50 情境模擬

鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於高水位2小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表4-6及附圖4-26~4-30所示。

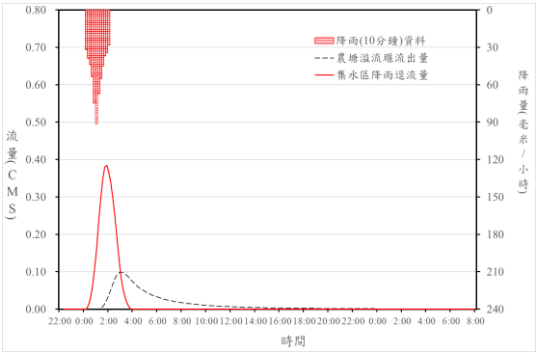
附表4-6 鯉潭039農塘於高水位2小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

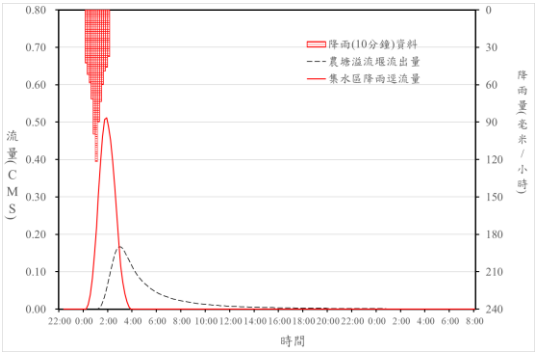
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.384	0.457	0.512	0.584	0.639
農塘調蓄後出流量	0.099	0.137	0.167	0.209	0.241



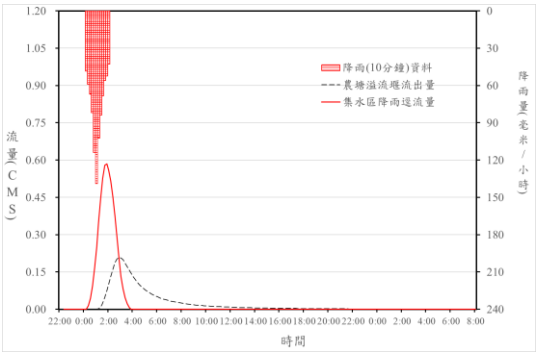
附圖4-26 鯉潭039農-高-2-2情境模擬



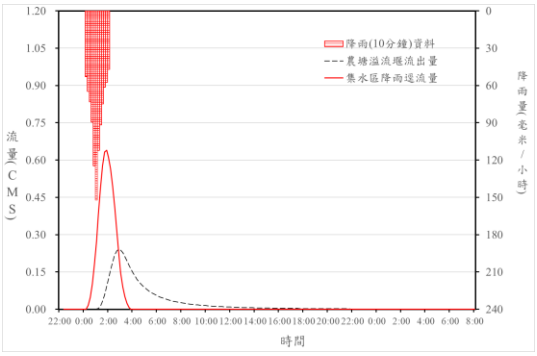
附圖 4-27 鯉潭 039 農-高-2-5 情境模擬



附圖 4-28 鯉潭 039 農-高-2-10 情境模擬



附圖 4-29 鯉潭 039 農-高-2-25 情境模擬



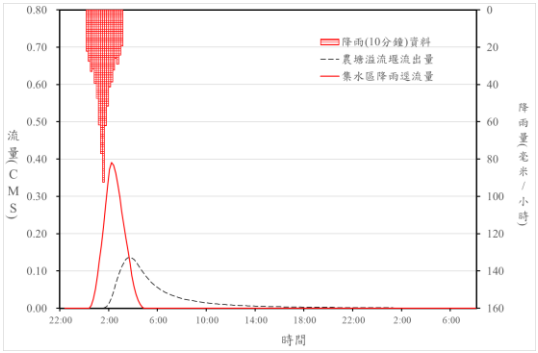
附圖 4-30 鯉潭 039 農-高-2-50 情境模擬

鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於高水位3小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表4-7及附圖4-31~4-35所示。

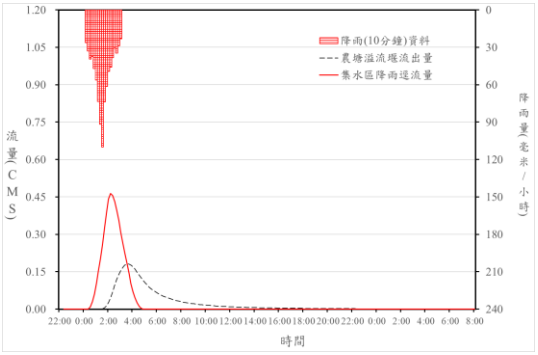
附表4-7 鯉潭039農塘於高水位3小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

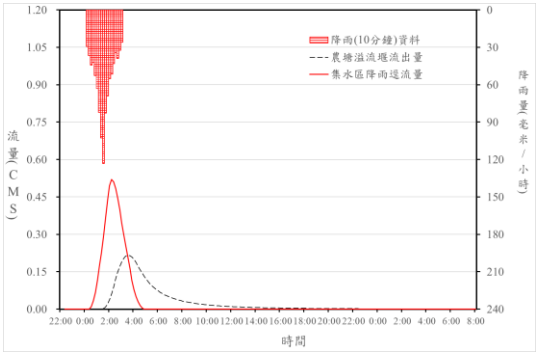
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.391	0.464	0.520	0.594	0.650
農塘調蓄後出流量	0.137	0.181	0.216	0.263	0.299



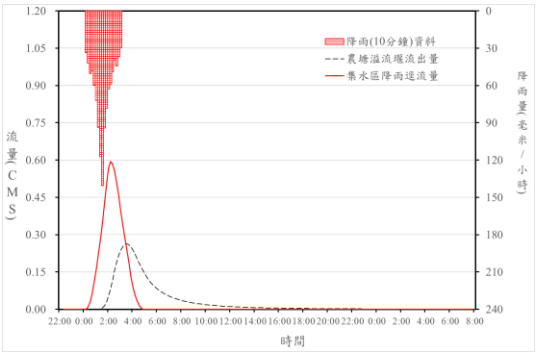
附圖4-31 鯉潭039農-高-3-2情境模擬



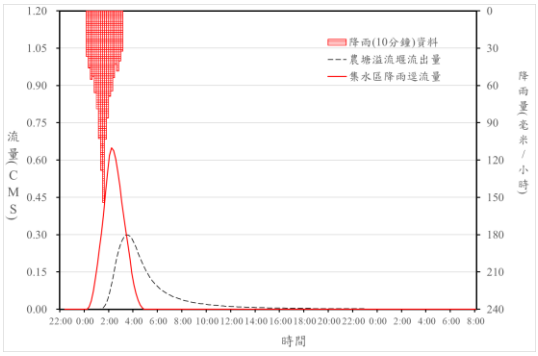
附圖 4-32 鯉潭 039 農-高-3-5 情境模擬



附圖 4-33 鯉潭 039 農-高-3-10 情境模擬



附圖 4-34 鯉潭 039 農-高-3-25 情境模擬



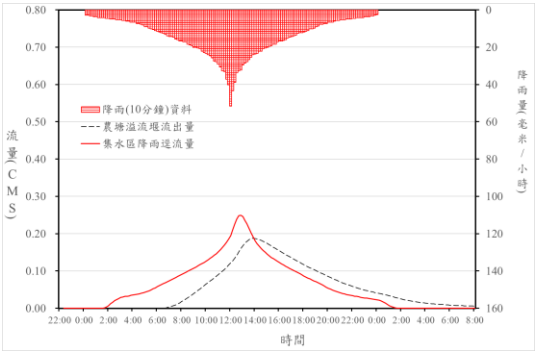
附圖 4-35 鯉潭 039 農-高-3-50 情境模擬

鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於高水位24小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表4-8及附圖4-36~4-40所示。

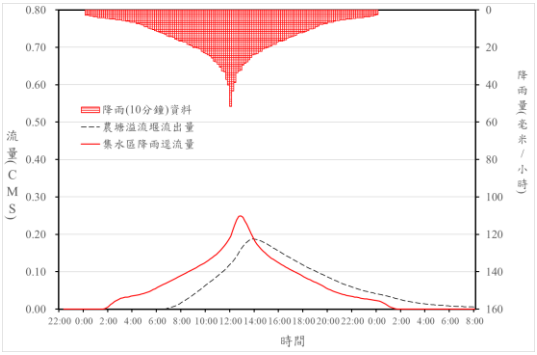
附表4-8 鯉潭039農塘於高水位24小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

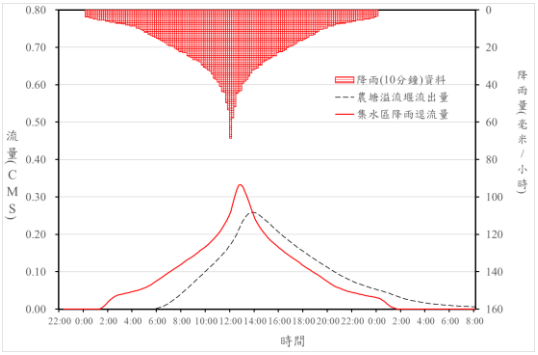
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.250	0.297	0.333	0.380	0.416
農塘調蓄後出流量	0.188	0.228	0.259	0.300	0.331



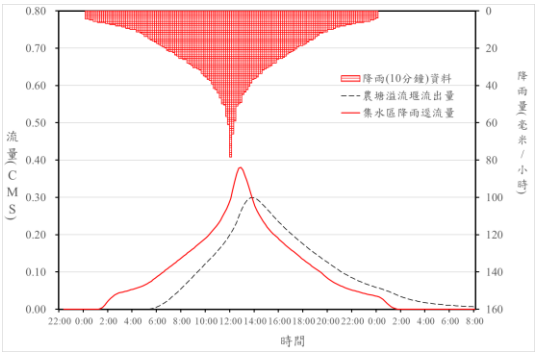
附圖4-36 鯉潭039農-高-24-2情境模擬



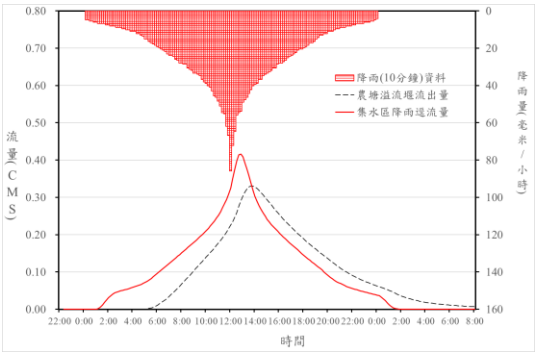
附圖 4-37 鯉潭 039 農-高-24-5 情境模擬



附圖 4-38 鯉潭 039 農-高-24-10 情境模擬



附圖 4-39 鯉潭 039 農-高-24-25 情境模擬



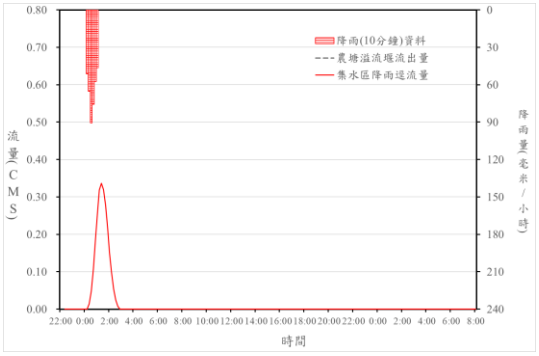
附圖 4-40 鯉潭 039 農-高-24-50 情境模擬

鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於常水位1小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表4-9及附圖4-41~4-45所示。圖號之情境代號詳表4-5，如農-常-1-2，為2年重現期距下農塘於常水位1小時降雨延時模擬流量。

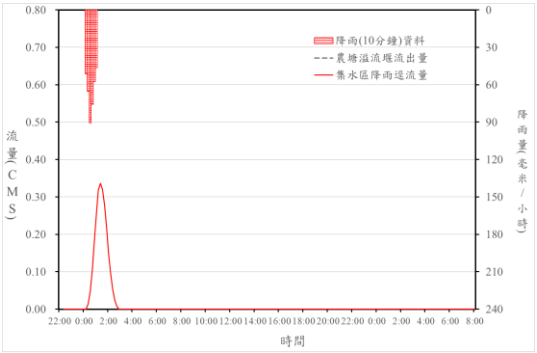
附表4-9 鯉潭039農塘於常水位1小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

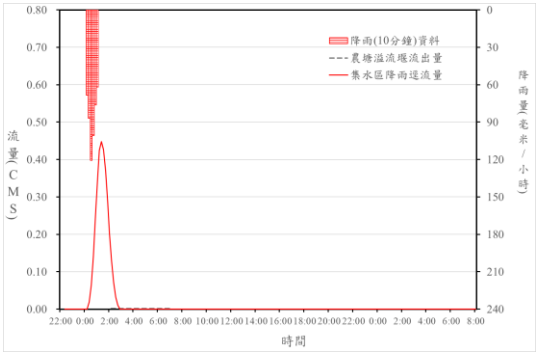
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.336	0.400	0.448	0.511	0.560
農塘調蓄後出流量	0.000	0.000	0.002	0.015	0.028



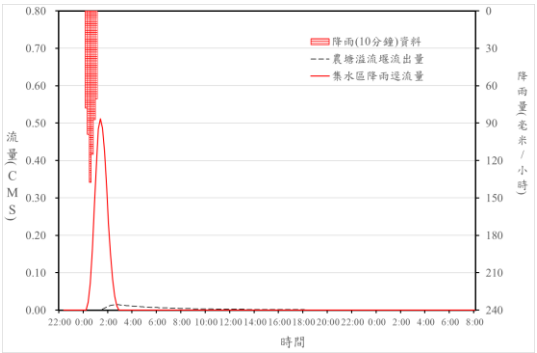
附圖4-41 鯉潭039農-常-1-2情境模擬



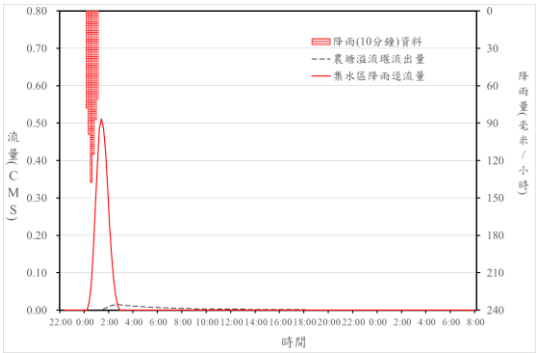
附圖 4-42 鯉潭 039 農-常-1-5 情境模擬



附圖 4-43 鯉潭 039 農-常-1-10 情境模擬



附圖 4-44 鯉潭 039 農-常-1-25 情境模擬



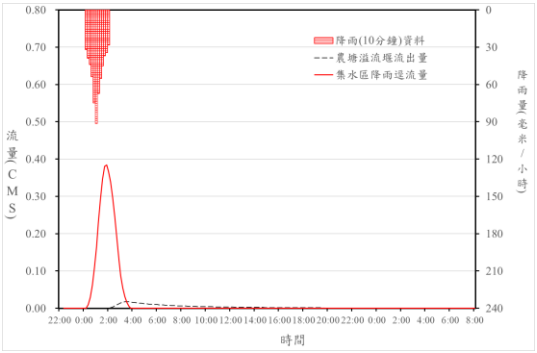
附圖 4-45 鯉潭 039 農-常-1-50 情境模擬

鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於常水位2小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表4-10及附圖4-46~4-50所示。

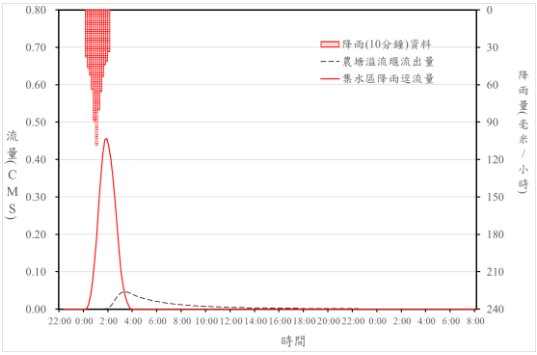
附表4-10 鯉潭039農塘於常水位2小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

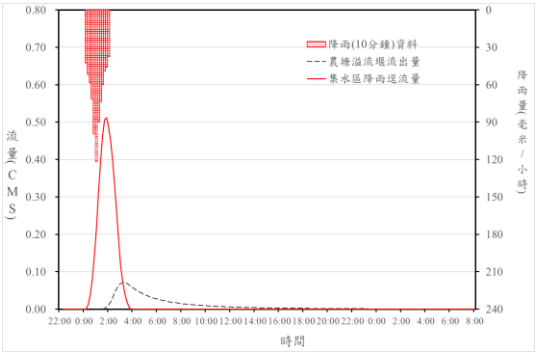
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.384	0.457	0.512	0.584	0.639
農塘調蓄後出流量	0.018	0.047	0.072	0.108	0.137



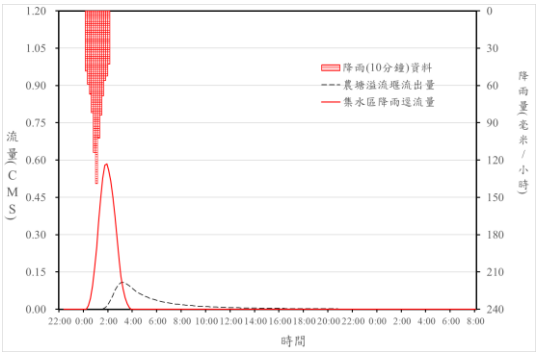
附圖4-46 鯉潭039農-常-2-2情境模擬



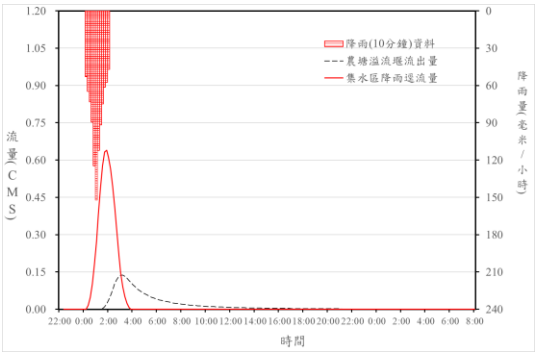
附圖 4-47 鯉潭 039 農-常-2-5 情境模擬



附圖 4-48 鯉潭 039 農-常-2-10 情境模擬



附圖 4-49 鯉潭 039 農-常-2-25 情境模擬



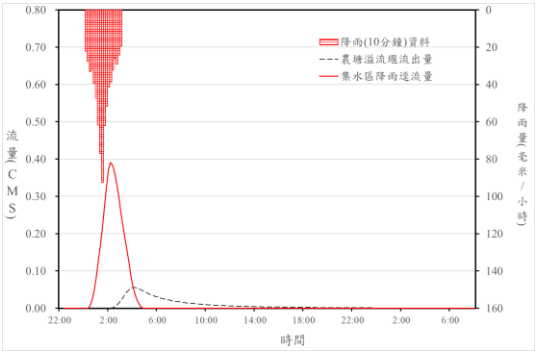
附圖 4-50 鯉潭 039 農-常-2-50 情境模擬

鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於常水位3小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表4-11及附圖4-51~4-55所示。

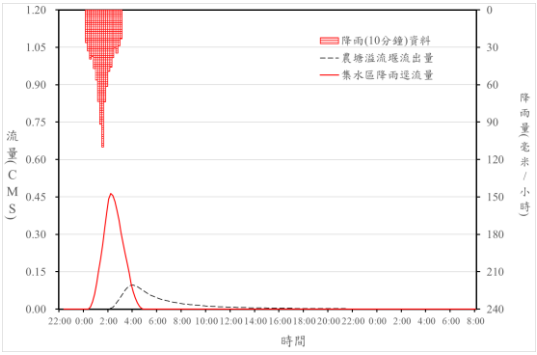
附表4-11 鯉潭039農塘於常水位3小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

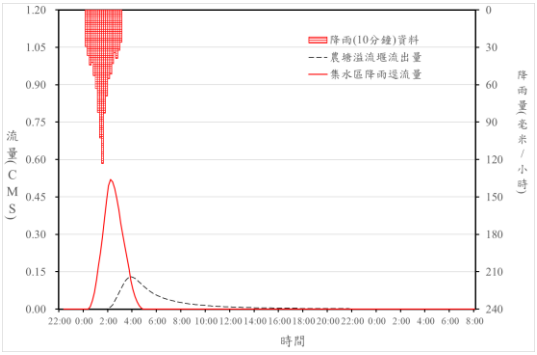
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.391	0.464	0.520	0.594	0.650
農塘調蓄後出流量	0.056	0.096	0.130	0.175	0.211



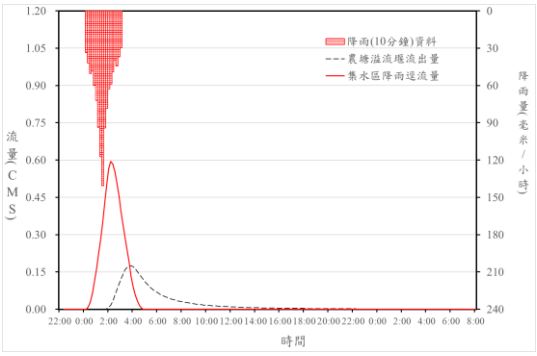
附圖4-51 鯉潭039農-常-3-2情境模擬



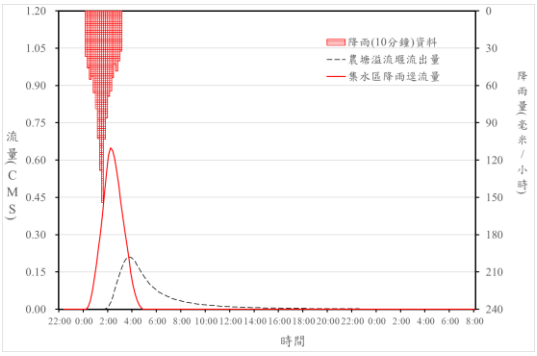
附圖 4-52 鯉潭 039 農-常-3-5 情境模擬



附圖 4-53 鯉潭 039 農-常-3-10 情境模擬



附圖 4-54 鯉潭 039 農-常-3-25 情境模擬



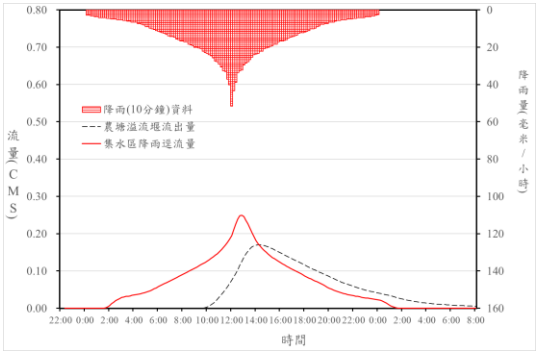
附圖 4-55 鯉潭 039 農-常-3-50 情境模擬

鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於常水位之24小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表4-12及附圖4-56~4-60所示。

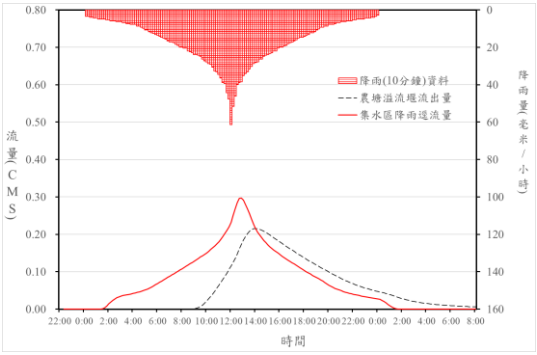
附表4-12 鯉潭039農塘於常水位之24小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

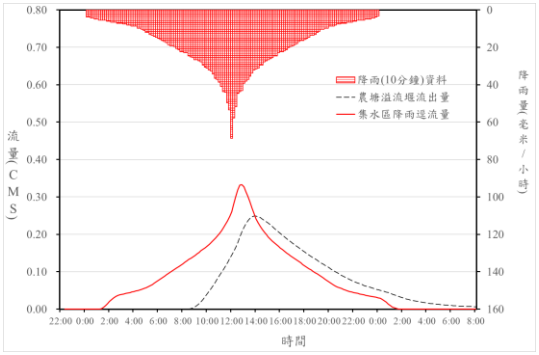
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.250	0.297	0333	0.380	0.416
農塘調蓄後出流量	0.170	0.215	0.249	0.292	0.325



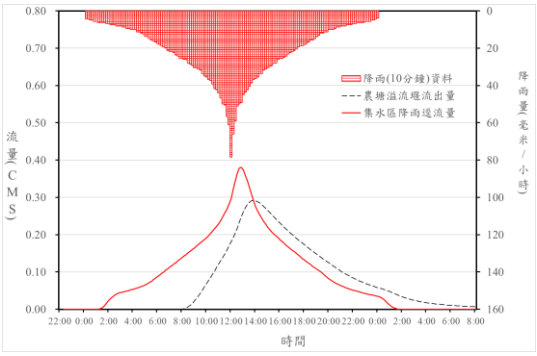
附圖4-56 鯉潭039農-常-24-2情境模擬



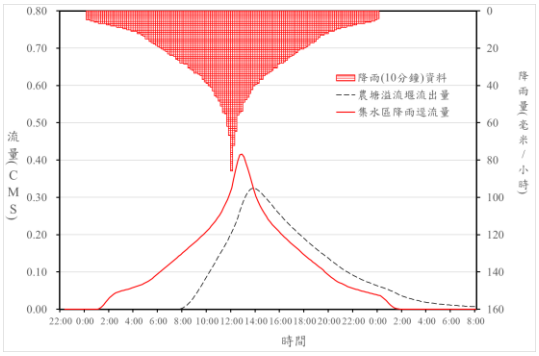
附圖 4-57 鯉潭 039 農-常-24-5 情境模擬



附圖 4-58 鯉潭 039 農-常-24-10 情境模擬



附圖 4-59 鯉潭 039 農-常-24-25 情境模擬



附圖 4-60 鯉潭 039 農-常-24-50 情境模擬

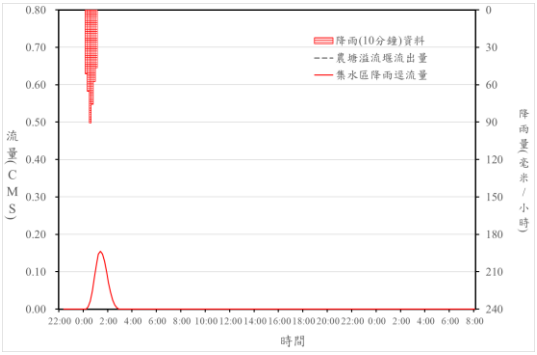
附錄五 後龍溪集水區後龍 006 農塘蓄水情境模擬結果

後龍溪集水區後龍006農塘於低水位1小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表5-1及附圖5-1~5-5所示。圖號之情境代號詳表4-3，如農-低-1-2，為2年重現期距下農塘於低水位1小時降雨延時模擬流量。

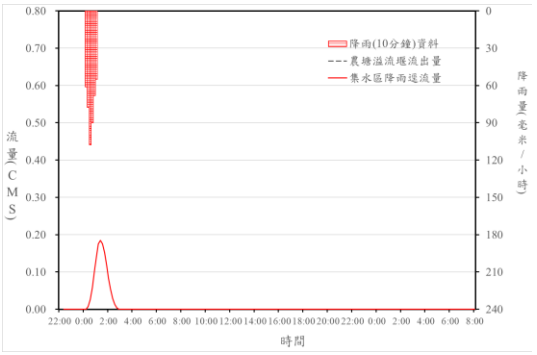
附表5-1 後龍006農塘於低水位1小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

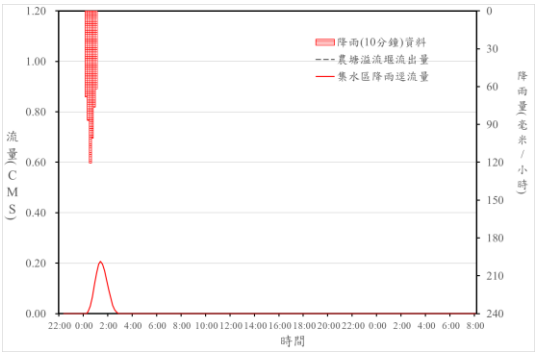
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.155	0.185	0.207	0.236	0.258
農塘調蓄後出流量	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



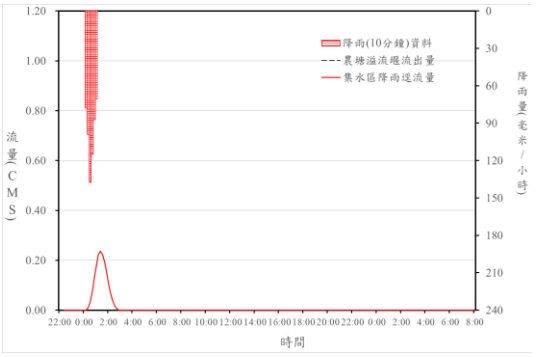
附圖5-1 後龍006農-低-1-2情境模擬



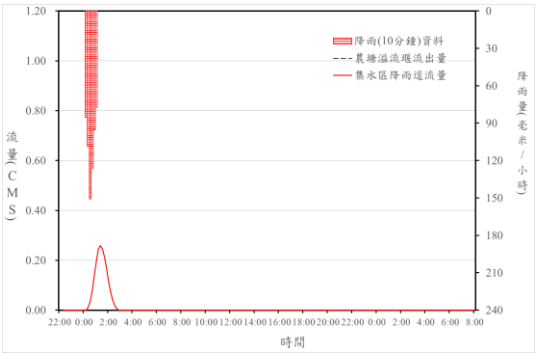
附圖 5-2 後龍 006 農-低-1-5 情境模擬



附圖 5-3 後龍 006 農-低-1-10 情境模擬



附圖 5-4 後龍 006 農-低-1-25 情境模擬



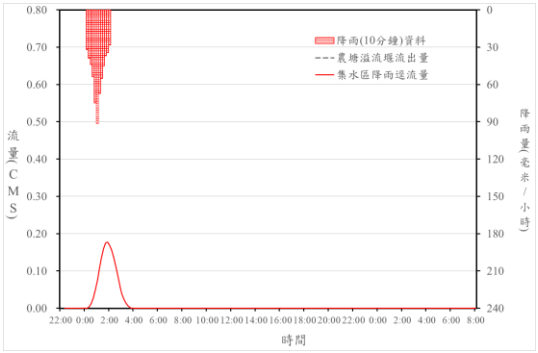
附圖 5-5 後龍 006 農-低-1-50 情境模擬

後龍溪集水區後龍006農塘於低水位2小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表5-2及附圖5-6~5-10所示。

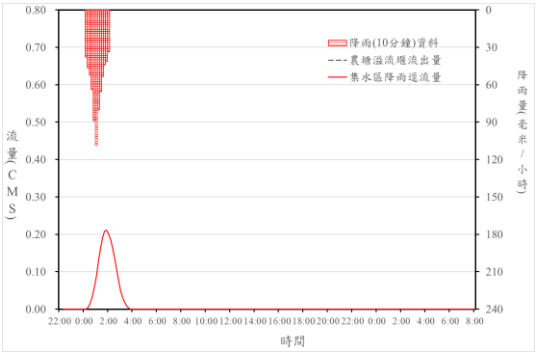
附表5-2 後龍006農塘於低水位2小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

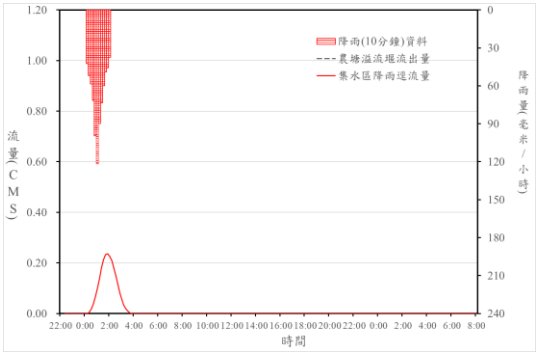
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.177	0.211	0.236	0.270	0.295
農塘調蓄後出流量	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



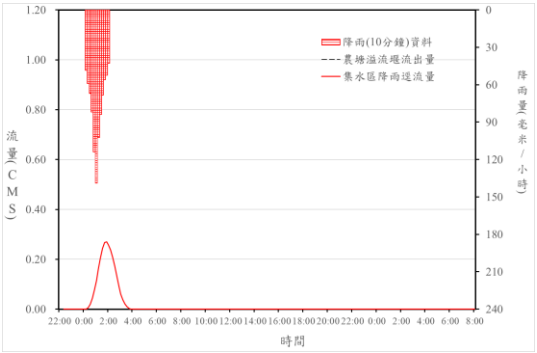
附圖5-6 後龍006農-低-2-2情境模擬



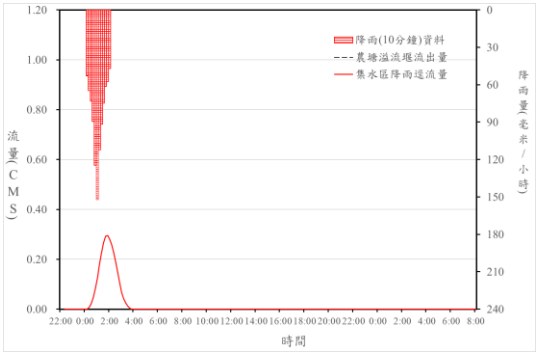
附圖 5-7 後龍 006 農-低-2-5 情境模擬



附圖 5-8 後龍 006 農-低-2-10 情境模擬



附圖 5-9 後龍 006 農-低-2-25 情境模擬



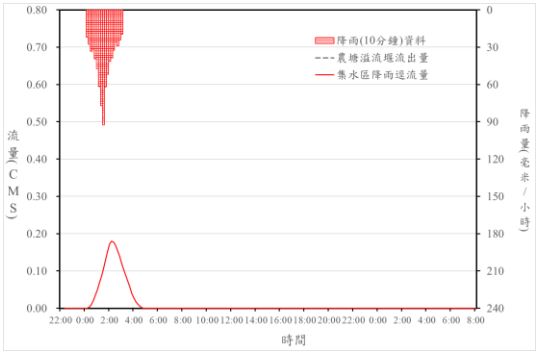
附圖 5-10 後龍 006 農-低-2-50 情境模擬

後龍溪集水區後龍006農塘於低水位3小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表5-3及附圖5-11~5-15所示。

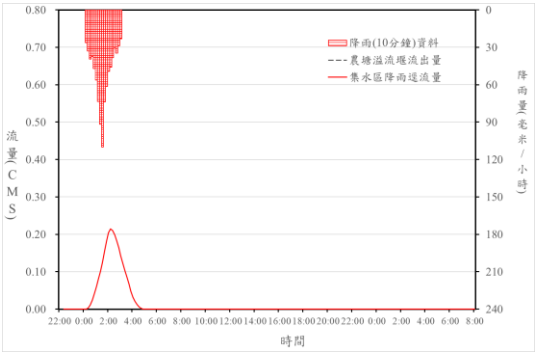
附表5-3 後龍006農塘於低水位3小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

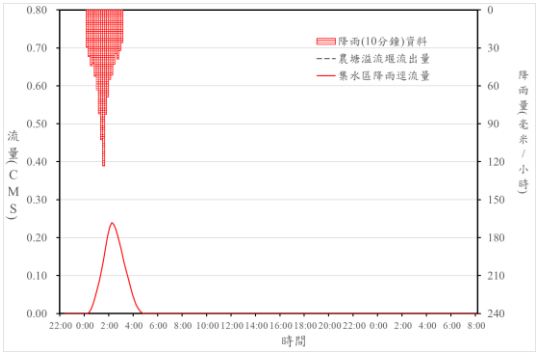
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.180	0.214	0.240	0.274	0.300
農塘調蓄後出流量	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



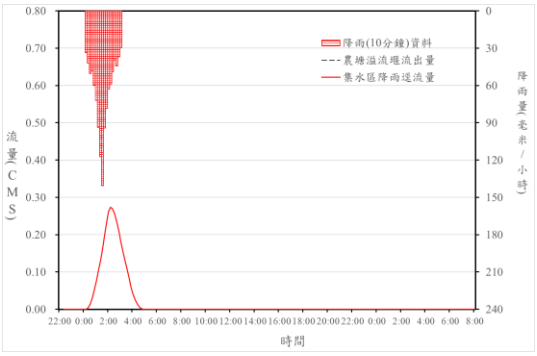
附圖5-11 後龍006農-低-3-2情境模擬



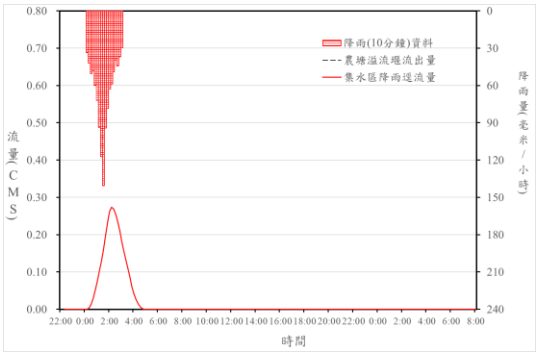
附圖 5-12 後龍 006 農-低-3-5 情境模擬



附圖 5-13 後龍 006 農-低-3-10 情境模擬



附圖 5-14 後龍 006 農-低-3-25 情境模擬



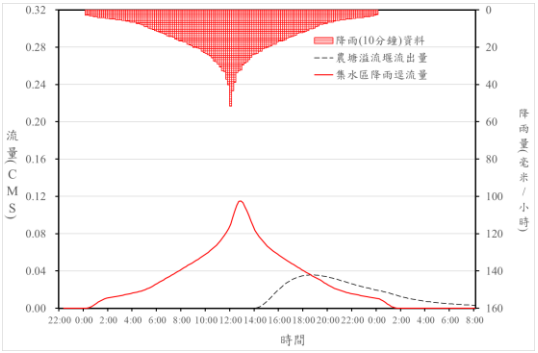
附圖 5-15 後龍 006 農-低-3-50 情境模擬

後龍溪集水區後龍006農塘於低水位24小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表5-4及附圖5-16~5-20所示。

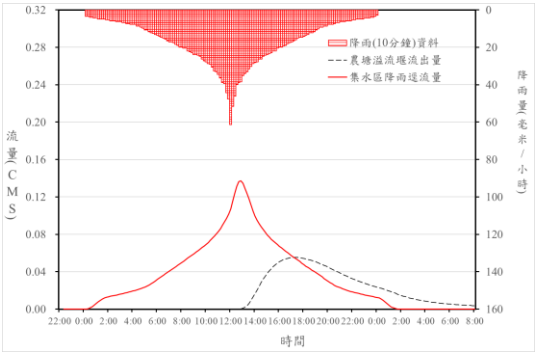
附表5-4 後龍006農塘於低水位24小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

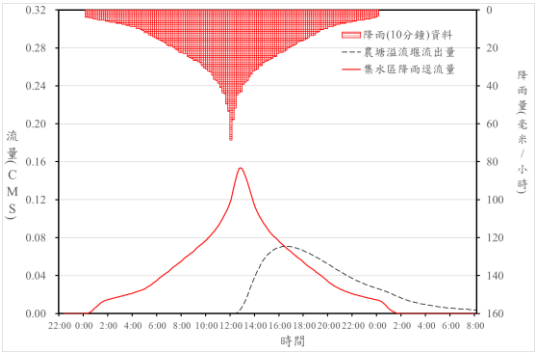
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.115	0.137	0.154	0.175	0.192
農塘調蓄後出流量	0.036	0.055	0.071	0.093	0.110



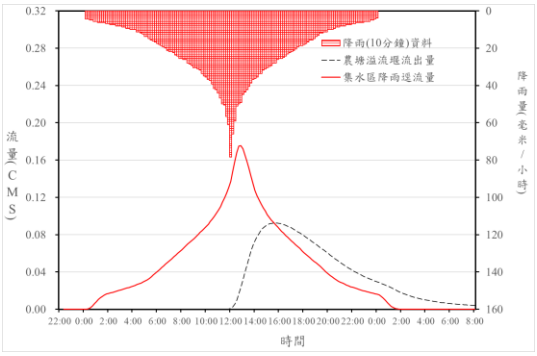
附圖5-16 後龍006農-低-24-2情境模擬



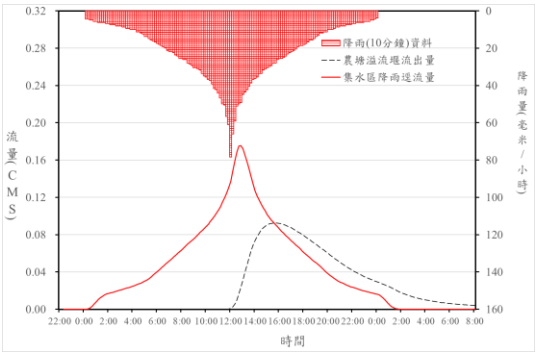
附圖 5-17 後龍 006 農-低-24-5 情境模擬



附圖 5-18 後龍 006 農-低-24-10 情境模擬



附圖 5-19 後龍 006 農-低-24-25 情境模擬



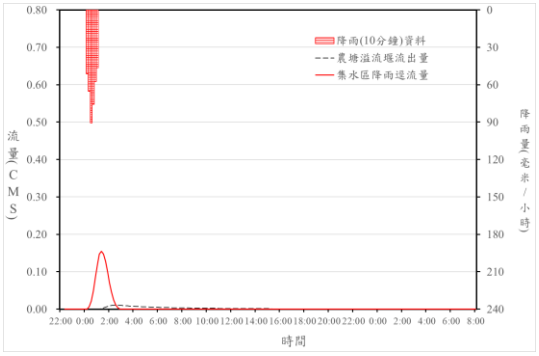
附圖 5-20 後龍 006 農-低-24-50 情境模擬

後龍溪集水區後龍006農塘於高水位1小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表5-5及附圖5-21~5-25所示。圖號之情境代號詳表4-4，如農-高-1-2，為2年重現期距下農塘於高水位1小時降雨延時模擬流量。

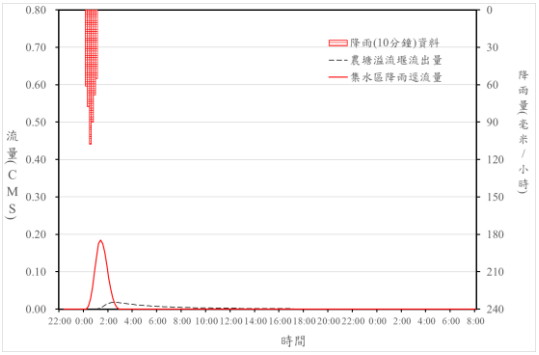
附表5-5 後龍006農塘於高水位1小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

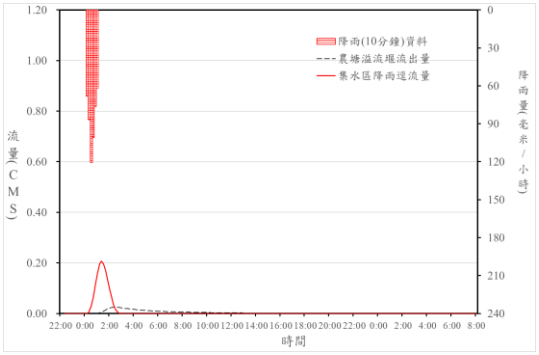
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.155	0.185	0.207	0.236	0.258
農塘調蓄後出流量	0.011	0.019	0.026	0.035	0.043



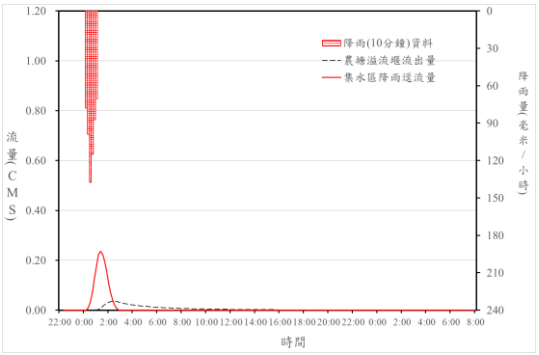
附圖5-21 後龍006農-高-1-2情境模擬



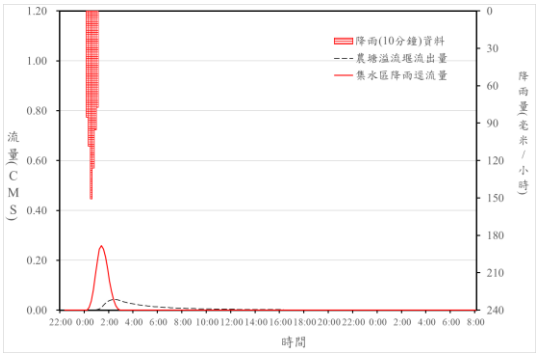
附圖 5-22 後龍 006 農-高-1-5 情境模擬



附圖 5-23 後龍 006 農-高-1-10 情境模擬



附圖 5-24 後龍 006 農-高-1-25 情境模擬



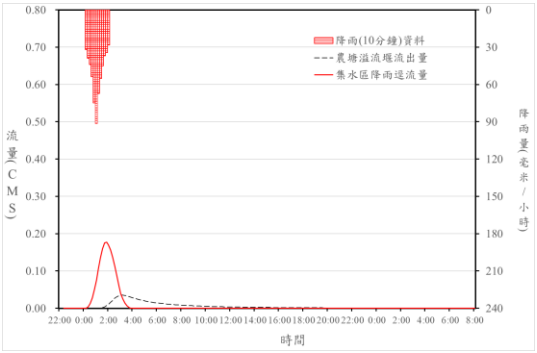
附圖 5-25 後龍 006 農-高-1-50 情境模擬

後龍溪集水區後龍006農塘於高水位2小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表5-6及附圖5-26~5-30所示。

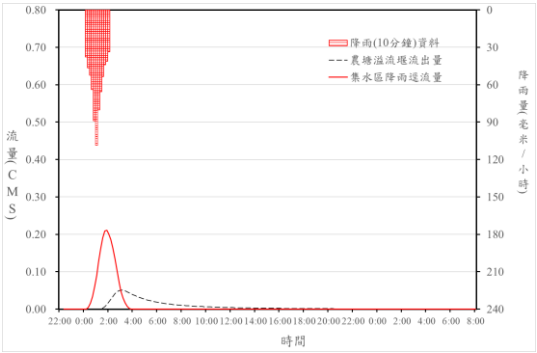
附表5-6 後龍006農塘於高水位2小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

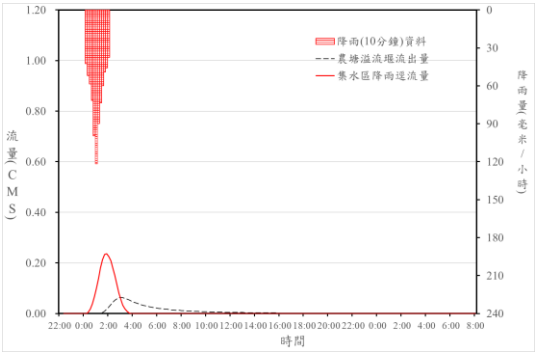
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.177	0.211	0.236	0.270	0.295
農塘調蓄後出流量	0.036	0.051	0.064	0.081	0.094



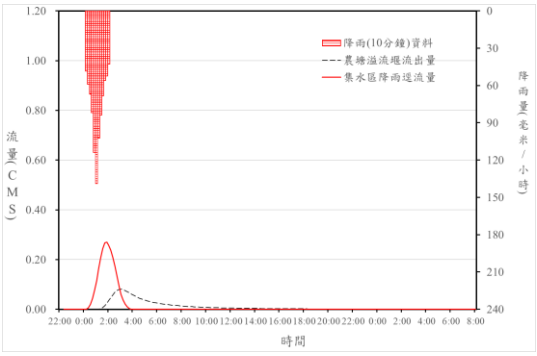
附圖5-26 後龍006農-高-2-2情境模擬



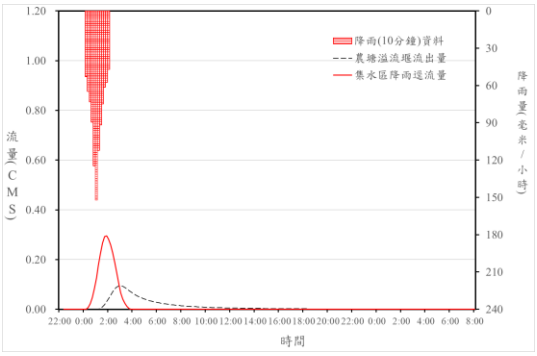
附圖 5-27 後龍 006 農-高-2-5 情境模擬



附圖 5-28 後龍 006 農-高-2-10 情境模擬



附圖 5-29 後龍 006 農-高-2-25 情境模擬



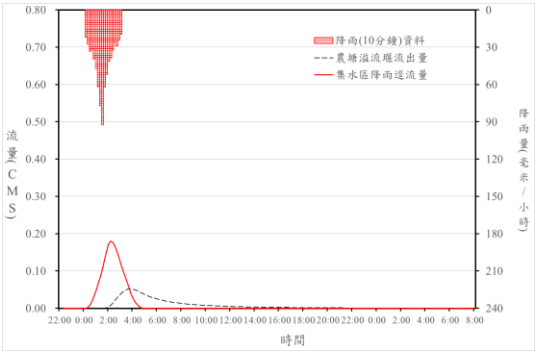
附圖 5-30 後龍 006 農-高-2-50 情境模擬

後龍溪集水區後龍006農塘於高水位3小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表5-7及附圖5-31~5-35所示。

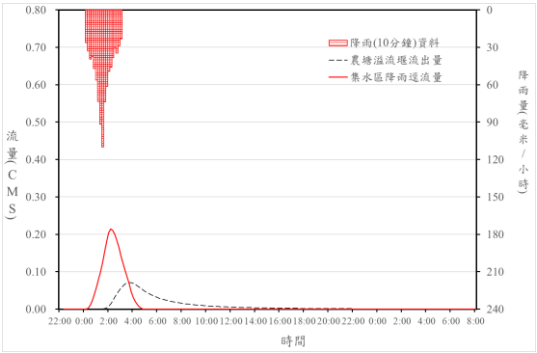
附表5-7 後龍006農塘於高水位3小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

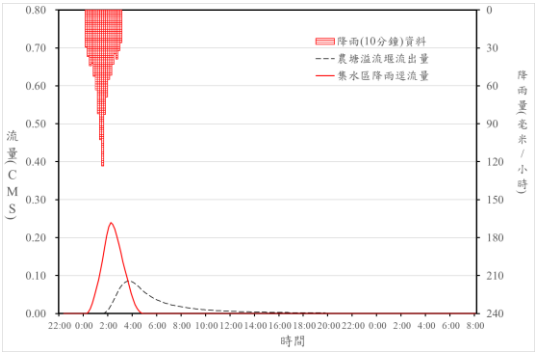
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.180	0.214	0.240	0.274	0.300
農塘調蓄後出流量	0.052	0.071	0.086	0.107	0.122



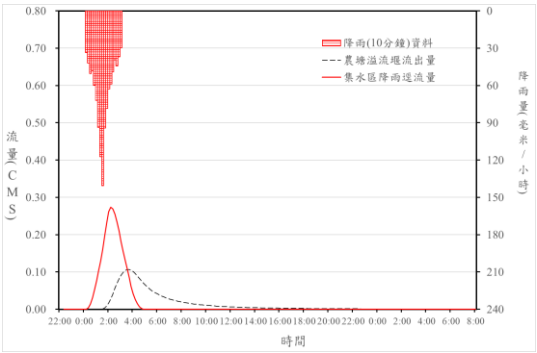
附圖5-31 後龍006農-高-3-2情境模擬



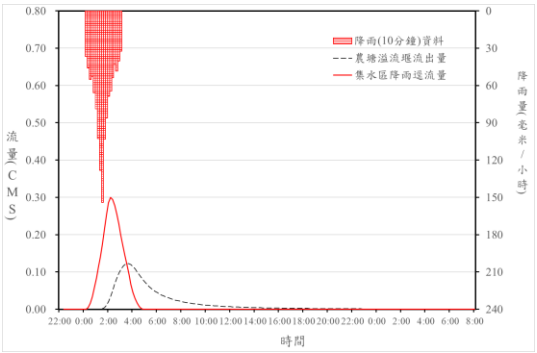
附圖 5-32 後龍 006 農-高-3-5 情境模擬



附圖 5-33 後龍 006 農-高-3-10 情境模擬



附圖 5-34 後龍 006 農-高-3-25 情境模擬



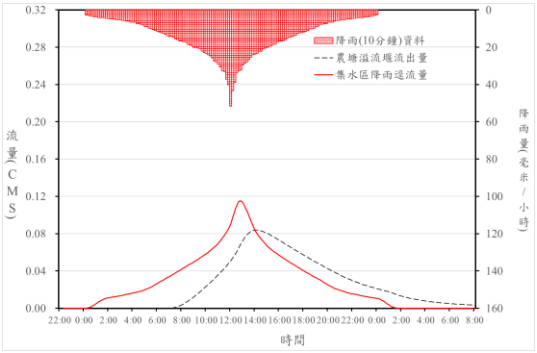
附圖 5-35 後龍 006 農-高-3-50 情境模擬

後龍溪集水區後龍006農塘於高水位24小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表5-8及附圖5-36~5-40所示。

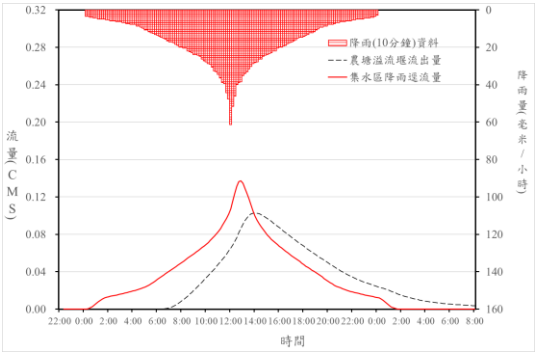
附表5-8 後龍006農塘於高水位24小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

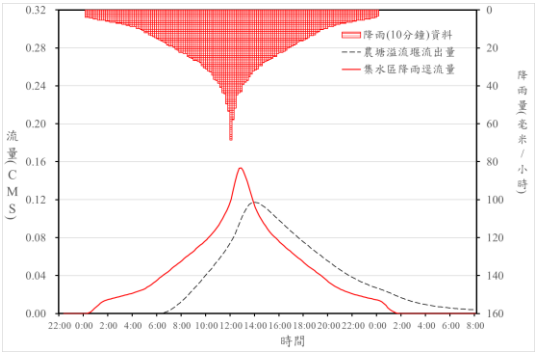
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.115	0.137	0.154	0.175	0.192
農塘調蓄後出流量	0.084	0.103	0.117	0.136	0.151



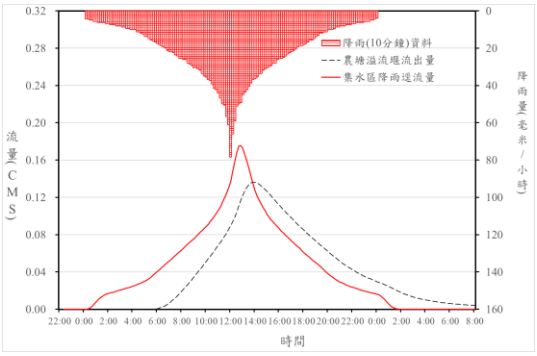
附圖5-36 後龍006農-高-24-2情境模擬



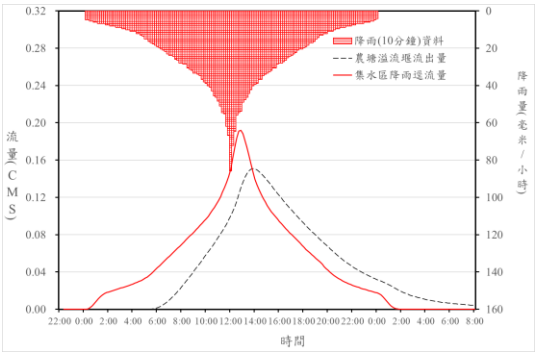
附圖 5-37 後龍 006 農-高-24-5 情境模擬



附圖 5-38 後龍 006 農-高-24-10 情境模擬



附圖 5-39 後龍 006 農-高-24-25 情境模擬



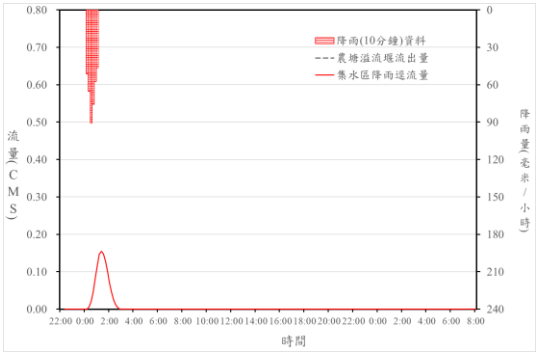
附圖 5-40 後龍 006 農-高-24-50 情境模擬

後龍溪集水區後龍006農塘於常水位1小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表5-9及附圖5-41~5-45所示。圖號之情境代號詳表4-5，如農-常-1-2，為2年重現期距下農塘於常水位1小時降雨延時模擬流量。

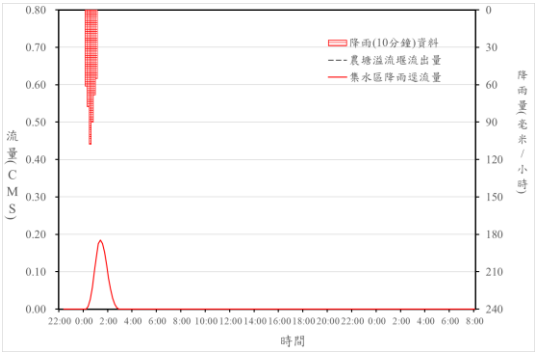
附表5-9 後龍006農塘於常水位1小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

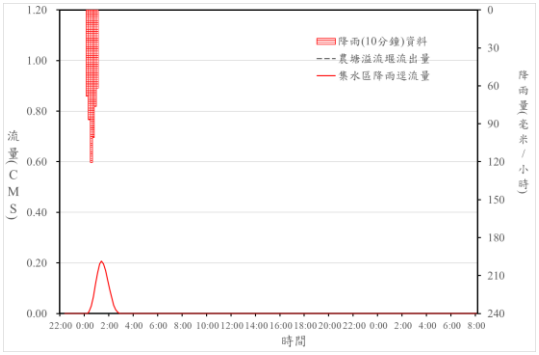
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.155	0.185	0.207	0.236	0.258
農塘調蓄後出流量	0.000	0.000	0.000	0.002	0.007



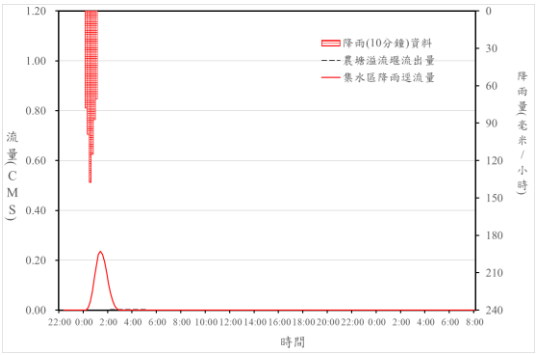
附圖5-41 後龍006農-常-1-2情境模擬



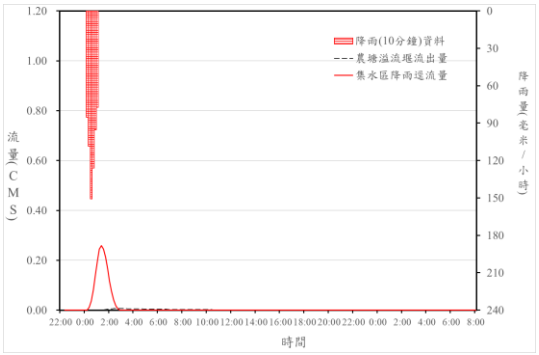
附圖 5-42 後龍 006 農-常-1-5 情境模擬



附圖 5-43 後龍 006 農-常-1-10 情境模擬



附圖 5-44 後龍 006 農-常-1-25 情境模擬



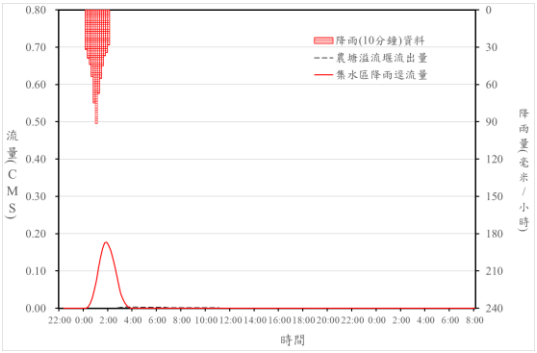
附圖 5-45 後龍 006 農-常-1-50 情境模擬

後龍溪集水區後龍006農塘於常水位2小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表5-10及附圖5-46~5-50所示。

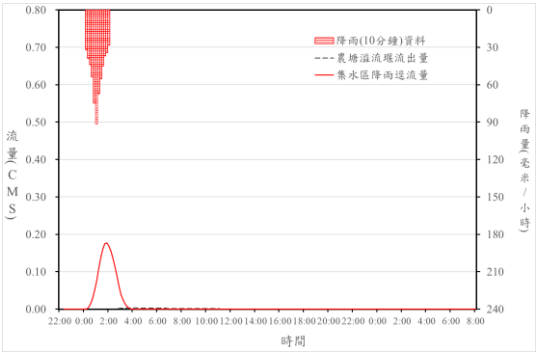
附表5-10 後龍006農塘於常水位2小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

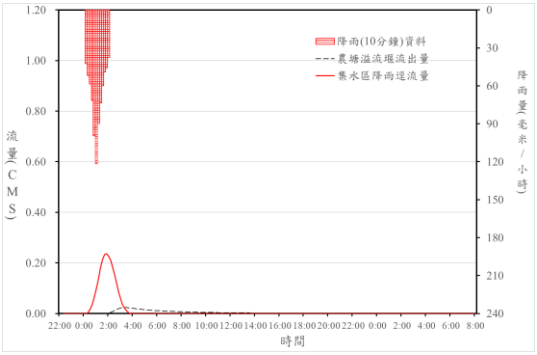
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.177	0.211	0.236	0.270	0.295
農塘調蓄後出流量	0.003	0.014	0.024	0.038	0.051



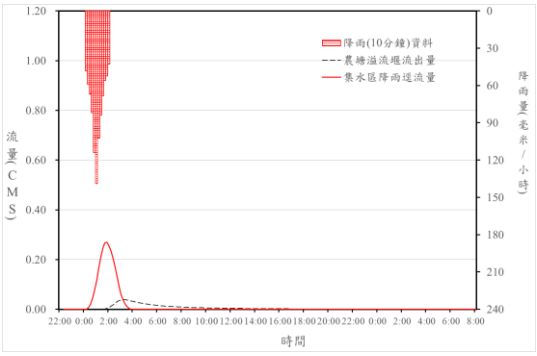
附圖5-46 後龍006農-常-2-2情境模擬



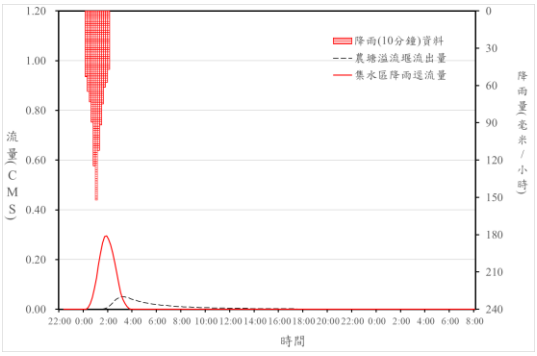
附圖 5-47 後龍 006 農-常-2-5 情境模擬



附圖 5-48 後龍 006 農-常-2-10 情境模擬



附圖 5-49 後龍 006 農-常-2-25 情境模擬



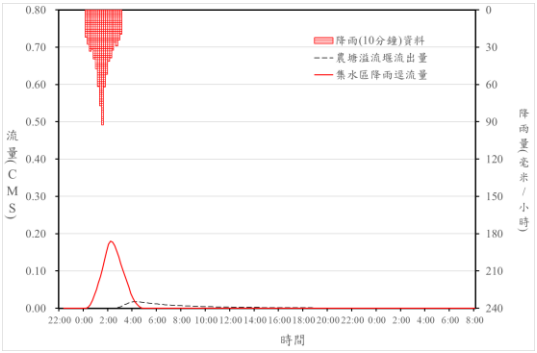
附圖 5-50 後龍 006 農-常-2-50 情境模擬

後龍溪集水區後龍006農塘於常水位3小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表5-11及附圖5-51~5-55所示。

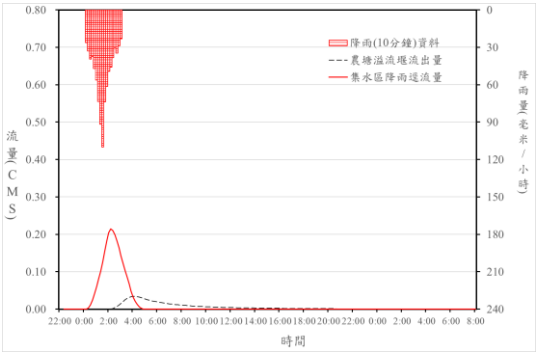
附表5-11 後龍006農塘於常水位3小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

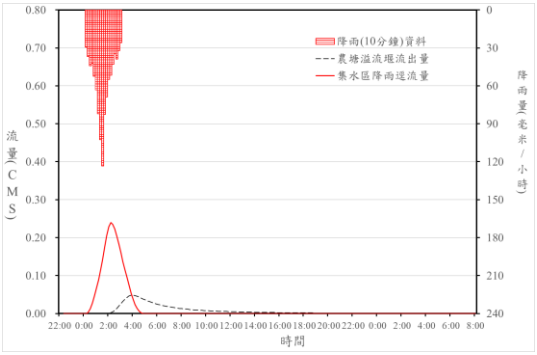
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.180	0.214	0.240	0.274	0.300
農塘調蓄後出流量	0.018	0.035	0.048	0.068	0.083



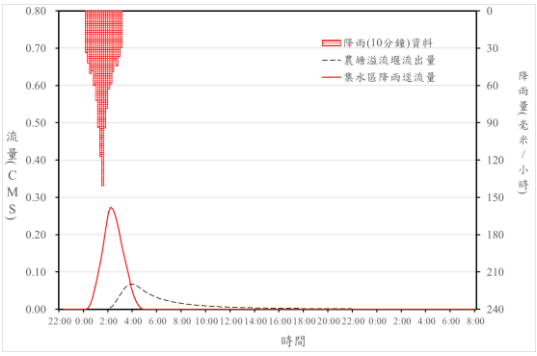
附圖5-51 後龍006農-常-3-2情境模擬



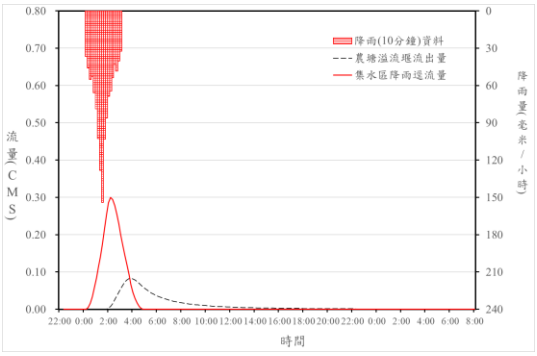
附圖 5-52 後龍 006 農-常-3-5 情境模擬



附圖 5-53 後龍 006 農-常-3-10 情境模擬



附圖 5-54 後龍 006 農-常-3-25 情境模擬



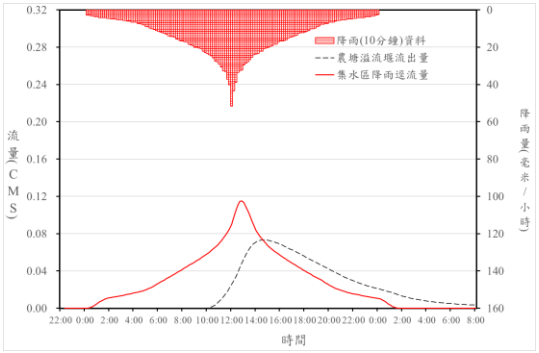
附圖 5-55 後龍 006 農-常-3-50 情境模擬

後龍溪集水區後龍006農塘於常水位之24小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表5-12及附圖5-56~5-60所示。

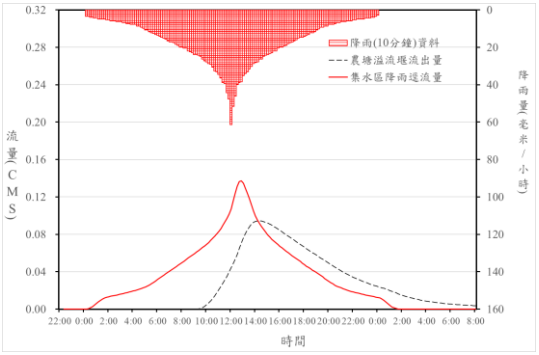
附表5-12 後龍006農塘於常水位之24小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

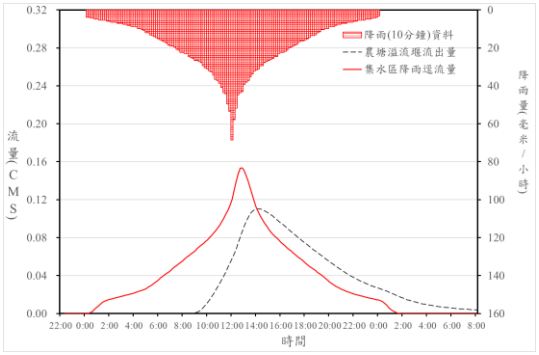
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.115	0.137	0.154	0.175	0.192
農塘調蓄後出流量	0.073	0.094	0.110	0.131	0.146



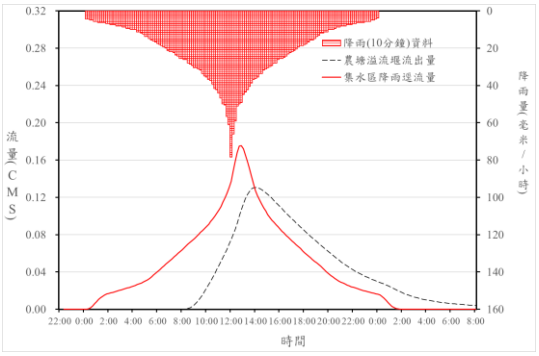
附圖5-56 後龍006農-常-24-2情境模擬



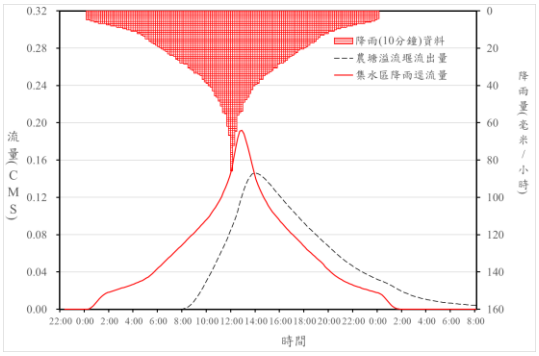
附圖 5-57 後龍 006 農-常-24-5 情境模擬



附圖 5-58 後龍 006 農-常-24-10 情境模擬



附圖 5-59 後龍 006 農-常-24-25 情境模擬



附圖 5-60 後龍 006 農-常-24-50 情境模擬

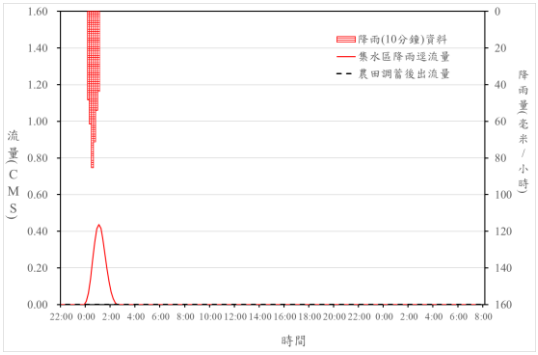
附錄六 中港溪集水區在地滯洪蓄水情境模擬結果

中港溪集水區在地滯洪於低水位1小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表6-1及附圖6-1~6-5所示。圖號之情境代號詳表4-6，如滯-低-1-2，為2年重現期距下在地滯洪於低水位1小時降雨延時模擬流量。

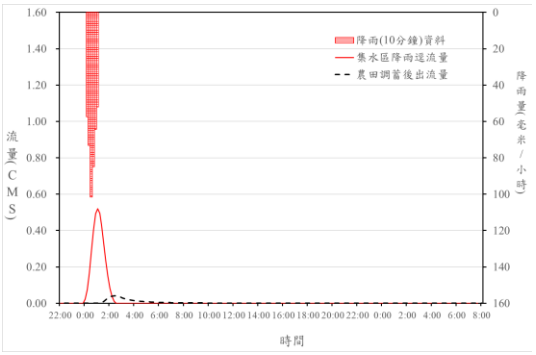
附表6-1 在地滯洪於低水位1小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：Cms

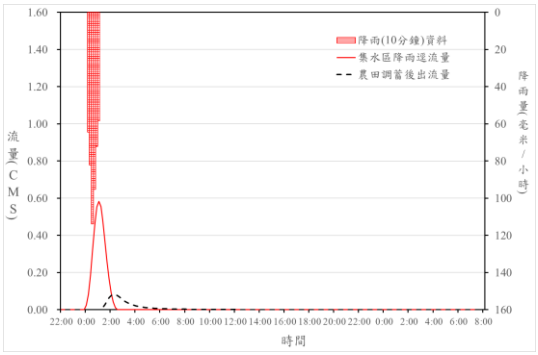
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.437	0.520	0.584	0.667	0.731
農塘調蓄後出流量	0.001	0.041	0.082	0.142	0.189



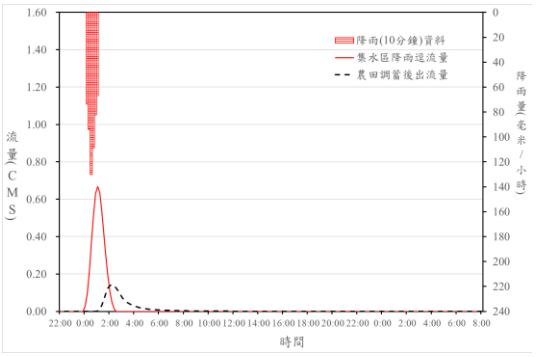
附圖6-1 在地滯洪滯-低-1-2情境模擬



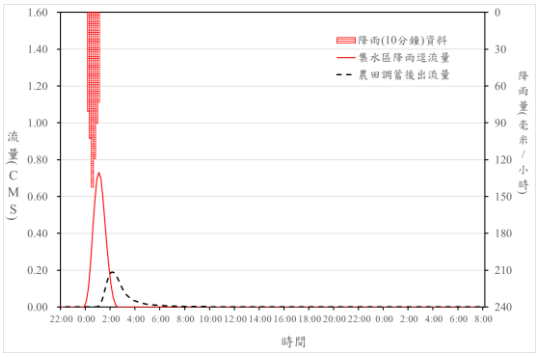
附圖 6-2 在地滯洪滯-低-1-5 情境模擬



附圖 6-3 在地滯洪滯-低-1-10 情境模擬



附圖 6-4 在地滯洪滯-低-1-25 情境模擬



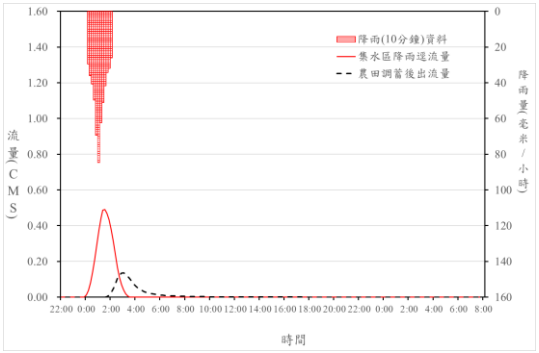
附圖 6-5 在地滯洪滯-低-1-50 情境模擬

中港溪集水區在地滯洪於低水位2小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表6-2及附圖6-6~6-10所示。

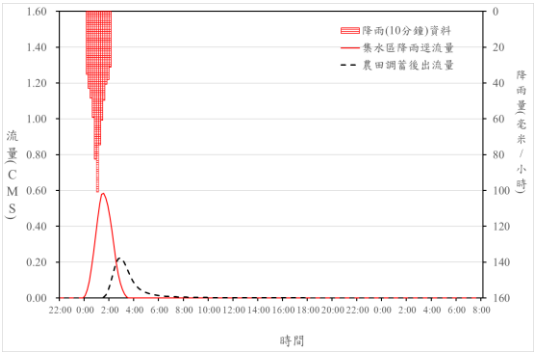
附表6-2 在地滯洪於低水位2小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：Cms

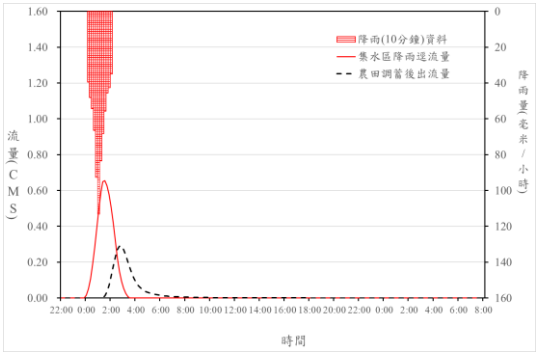
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.491	0.585	0.656	0.750	0.821
農塘調蓄後出流量	0.136	0.225	0.290	0.382	0.451



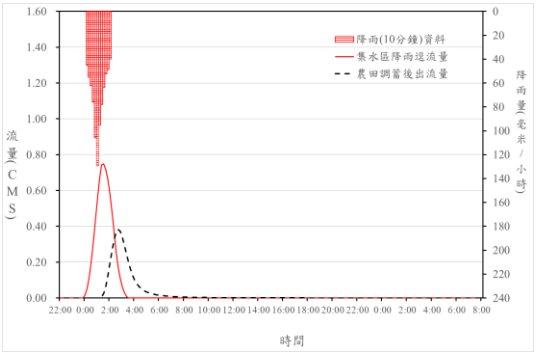
附圖6-6 在地滯洪滯-低-2-2情境模擬



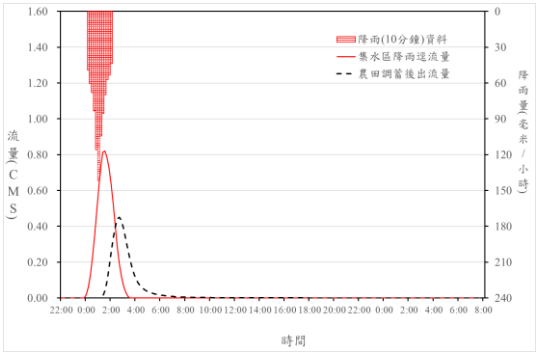
附圖 6-7 在地滯洪滯-低-2-5 情境模擬



附圖 6-8 在地滯洪滯-低-2-10 情境模擬



附圖 6-9 在地滯洪滯-低-2-25 情境模擬



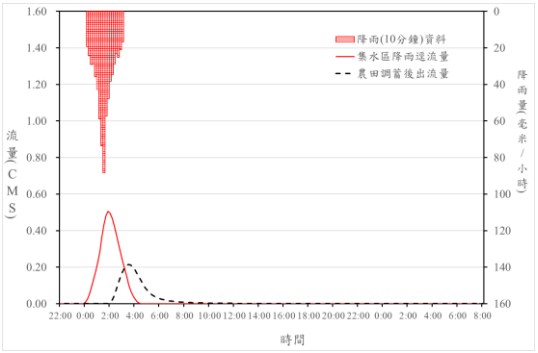
附圖 6-10 在地滯洪滯-低-2-50 情境模擬

中港溪集水區在地滯洪於低水位3小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表6-3及附圖6-11~6-15所示。

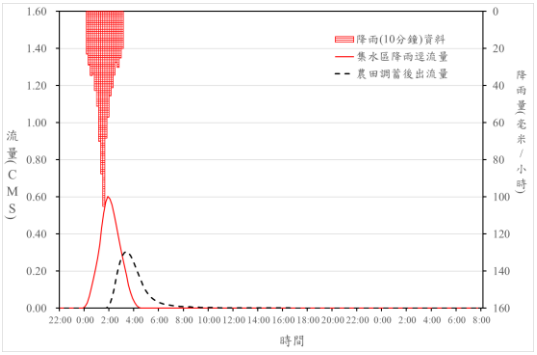
附表6-3 在地滯洪於低水位3小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：Cms

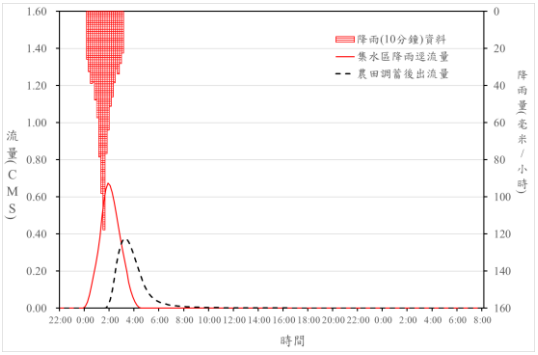
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.505	0.602	0.675	0.772	0.845
農塘調蓄後出流量	0.215	0.306	0.376	0.472	0.545



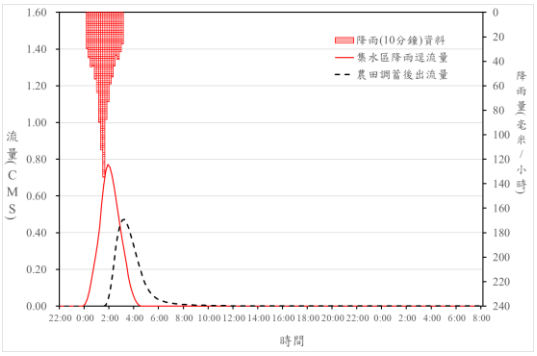
附圖6-11 在地滯洪滯-低-3-2情境模擬



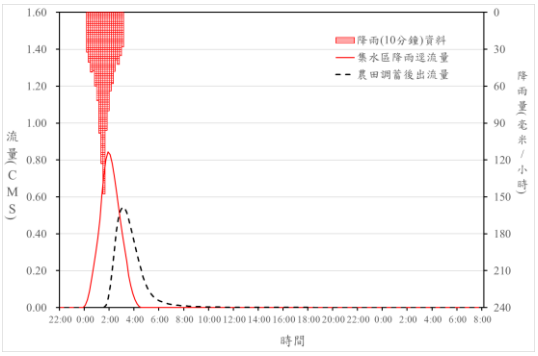
附圖 6-12 在地滯洪滯-低-3-5 情境模擬



附圖 6-13 在地滯洪滯-低-3-10 情境模擬



附圖 6-14 在地滯洪滯-低-3-25 情境模擬



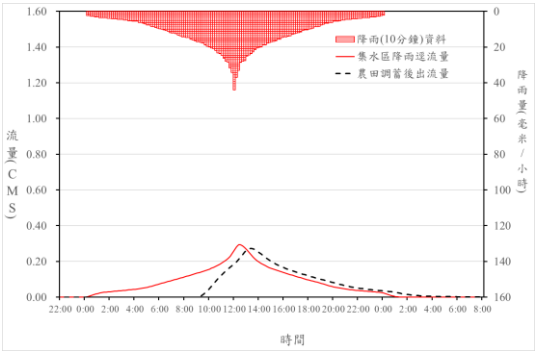
附圖 6-15 在地滯洪滯-低-3-50 情境模擬

中港溪集水區在地滯洪於低水位24小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表6-4及附圖6-16~6-20所示。

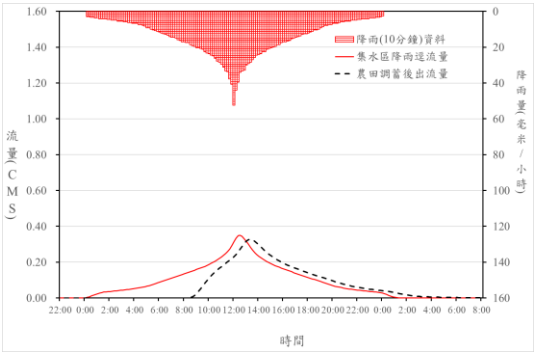
附表6-4 在地滯洪於低水位24小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：Cms

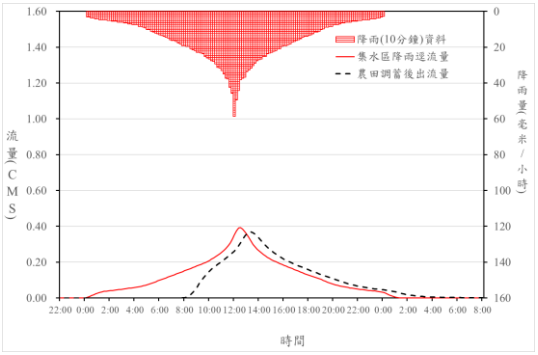
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.294	0.350	0.392	0.449	0.491
農塘調蓄後出流量	0.272	0.327	0.369	0.423	0.465



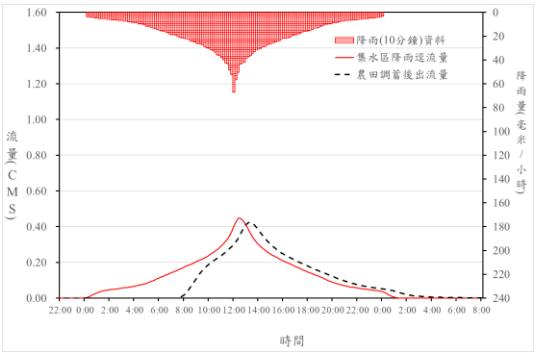
附圖6-16 在地滯洪滯-低-24-2情境模擬



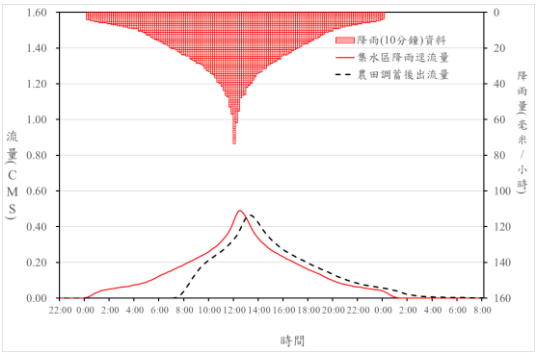
附圖 6-17 在地滯洪滯-低-24-5 情境模擬



附圖 6-18 在地滯洪滯-低-24-10 情境模擬



附圖 6-19 在地滯洪滯-低-24-25 情境模擬



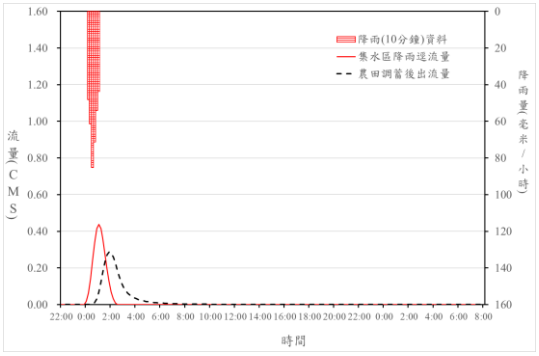
附圖 6-20 在地滯洪滯-低-24-50 情境模擬

中港溪集水區在地滯洪於高水位1小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表6-5及附圖6-21~6-25所示。圖號之情境代號詳表4-7，如滯-高-1-2，為2年重現期距下在地滯洪於高水位1小時降雨延時模擬流量。

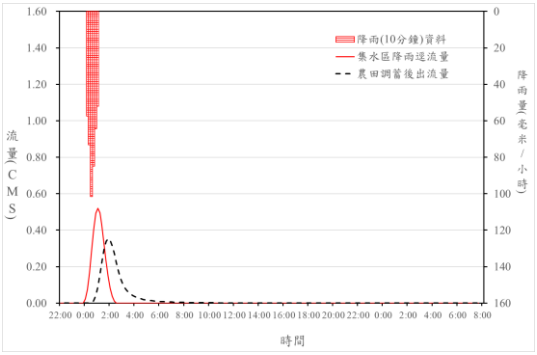
附表6-5 在地滯洪於高水位1小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：Cms

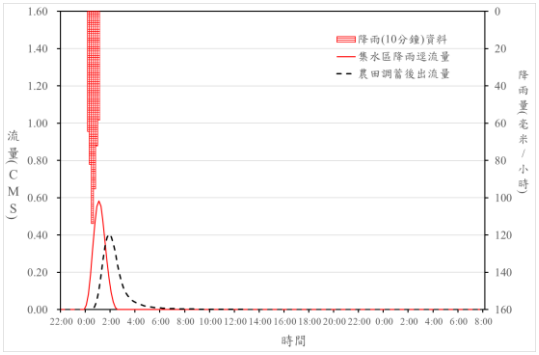
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.437	0.520	0.584	0.667	0.731
農塘調蓄後出流量	0.287	0.354	0.406	0.475	0.528



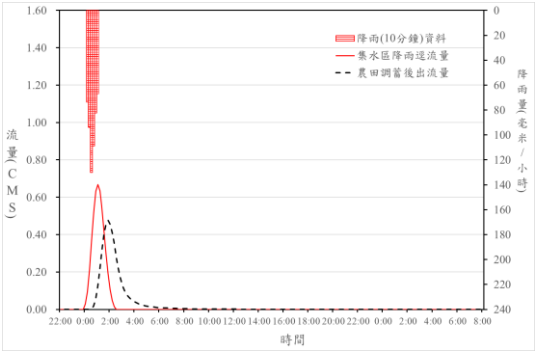
附圖6-21 在地滯洪滯-高-1-2情境模擬



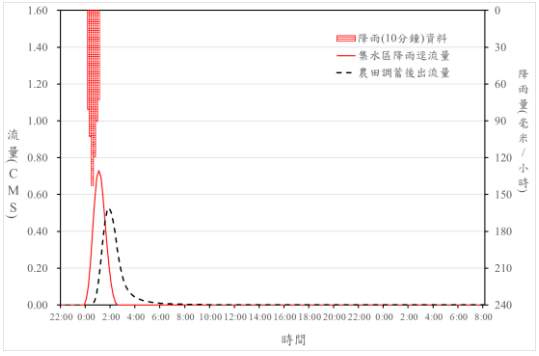
附圖 6-22 在地滯洪滯-高-1-5 情境模擬



附圖 6-23 在地滯洪滯-高-1-10 情境模擬



附圖 6-24 在地滯洪滯-高-1-25 情境模擬



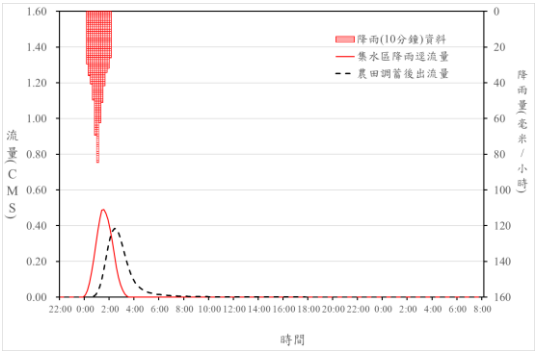
附圖 6-25 在地滯洪滯-高-1-50 情境模擬

中港溪集水區在地滯洪於高水位2小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表6-6及附圖6-26~6-30所示。

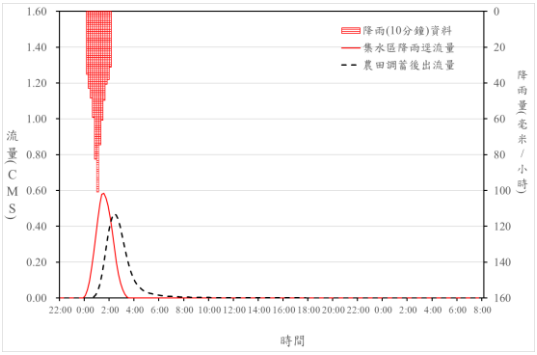
附表6-6 在地滯洪於高水位2小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：Cms

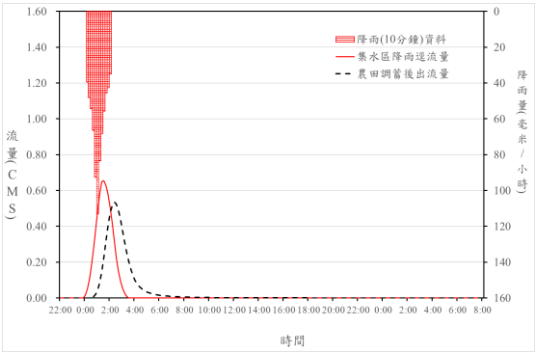
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.491	0.585	0.656	0.750	0.821
農塘調蓄後出流量	0.384	0.470	0.535	0.621	0.687



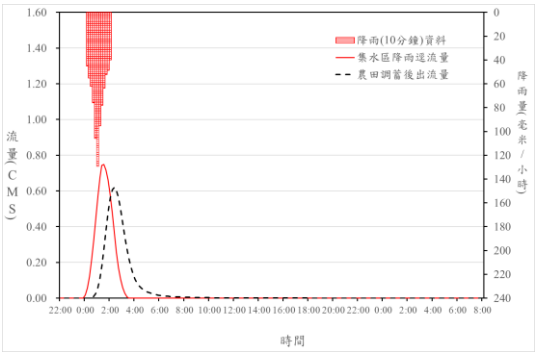
附圖6-26 在地滯洪滯-高-2-2情境模擬



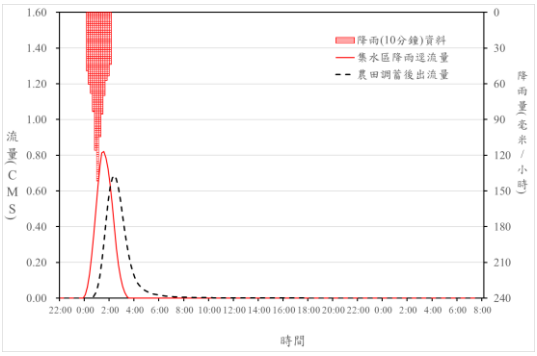
附圖 6-27 在地滯洪滯-高-2-5 情境模擬



附圖 6-28 在地滯洪滯-高-2-10 情境模擬



附圖 6-29 在地滯洪滯-高-2-25 情境模擬



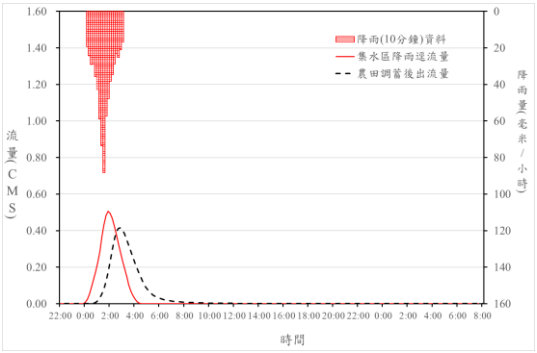
附圖 6-30 在地滯洪滯-高-2-50 情境模擬

中港溪集水區在地滯洪於高水位3小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表6-7及附圖6-31~6-35所示。

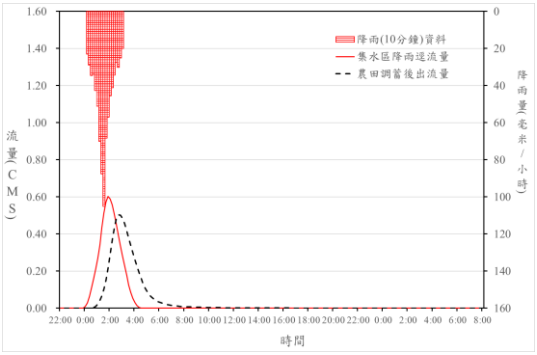
附表6-7 在地滯洪於高水位3小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：Cms

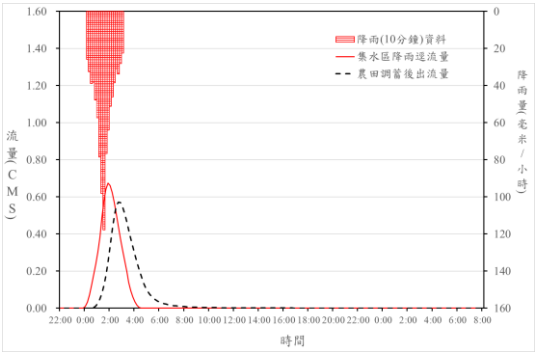
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.505	0.602	0.675	0.772	0.845
農塘調蓄後出流量	0.415	0.503	0.572	0.664	0.733



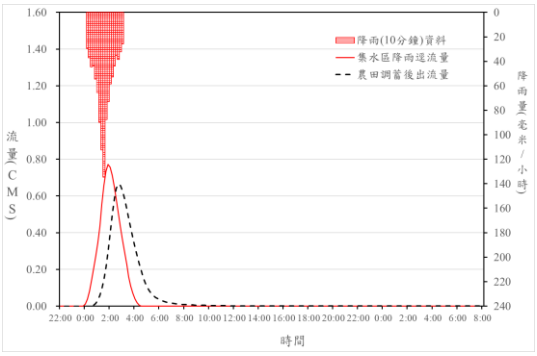
附圖6-31 在地滯洪滯-高-3-2情境模擬



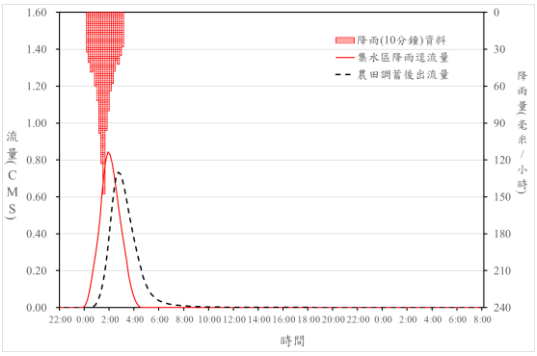
附圖 6-32 在地滯洪滯-高-3-5 情境模擬



附圖 6-33 在地滯洪滯-高-3-10 情境模擬



附圖 6-34 在地滯洪滯-高-3-25 情境模擬



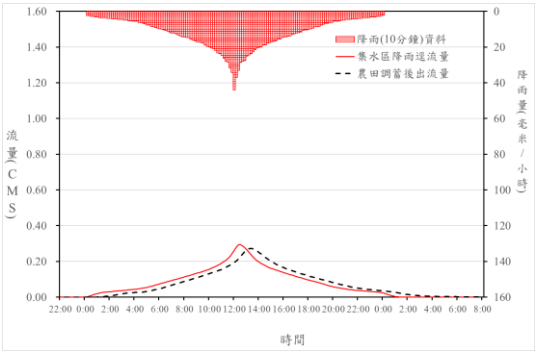
附圖 6-35 在地滯洪滯-高-3-50 情境模擬

中港溪集水區在地滯洪於高水位24小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表6-8及附圖6-36~6-40所示。

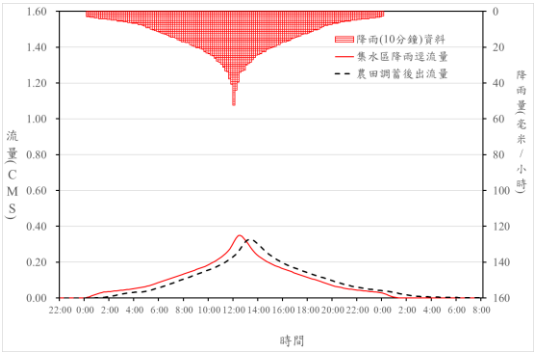
附表6-8 在地滯洪於高水位24小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：Cms

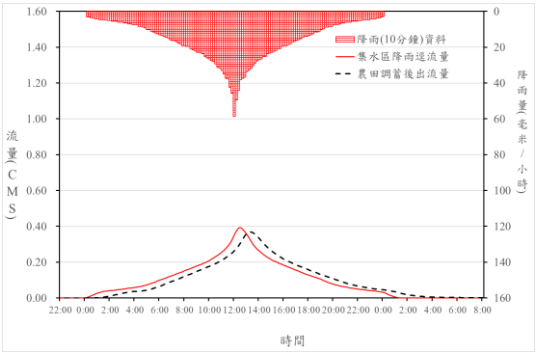
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.294	0.350	0.392	0.449	0.491
農塘調蓄後出流量	0.273	0.328	0.369	0.423	0.465



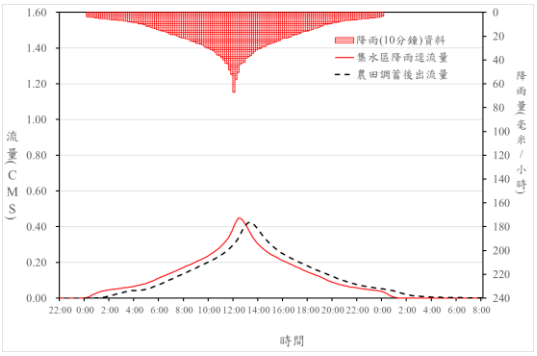
附圖6-36 在地滯洪滯-高-24-2情境模擬



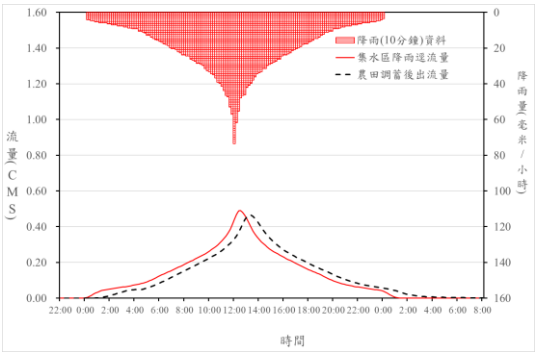
附圖 6-37 在地滯洪滯-高-24-5 情境模擬



附圖 6-38 在地滯洪滯-高-24-10 情境模擬



附圖 6-39 在地滯洪滯-高-24-25 情境模擬



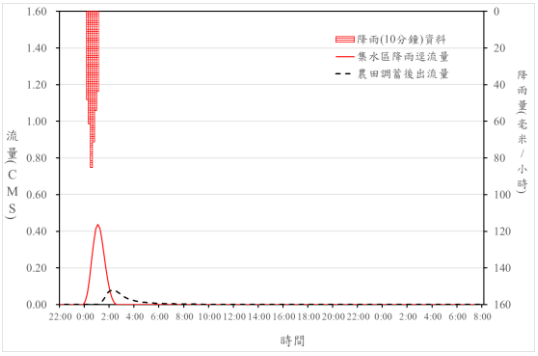
附圖 6-40 在地滯洪滯-高-24-50 情境模擬

中港溪集水區在地滯洪於常水位1小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表6-9及附圖6-41~6-45所示。圖號之情境代號詳表4-8，如滯-常-1-2，為2年重現期距下在地滯洪於常水位1小時降雨延時模擬流量。

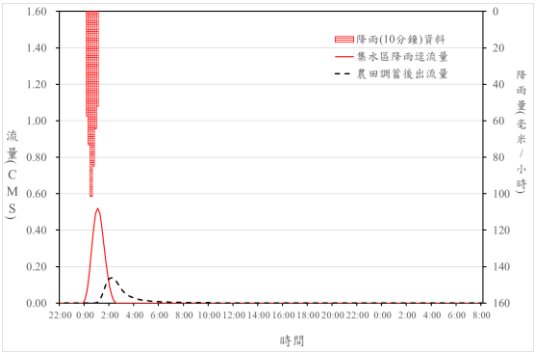
附表6-9 在地滯洪於常水位1小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：Cms

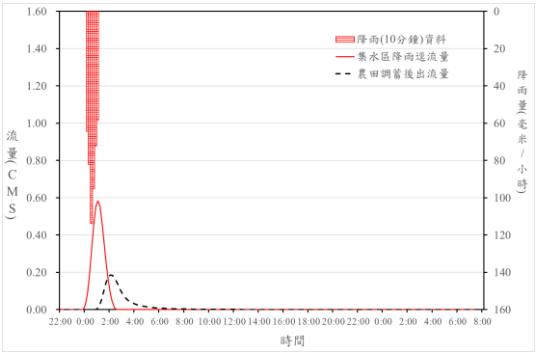
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.437	0.520	0.584	0.667	0.731
農塘調蓄後出流量	0.080	0.139	0.186	0.253	0.304



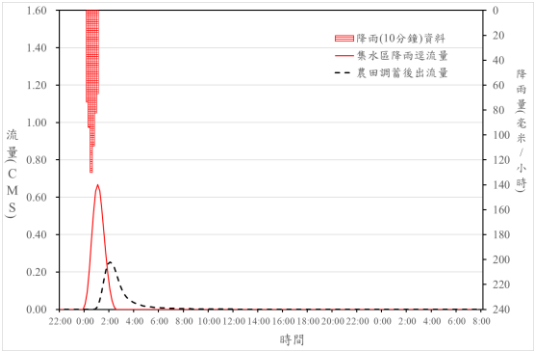
附圖6-41 在地滯洪滯-常-1-2情境模擬



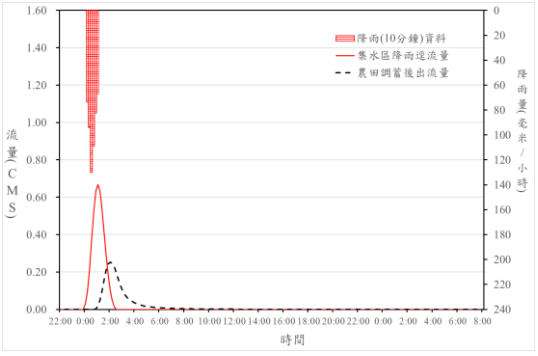
附圖 6-42 在地滯洪滯-常-1-5 情境模擬



附圖 6-43 在地滯洪滯-常-1-10 情境模擬



附圖 6-44 在地滯洪滯-常-1-25 情境模擬



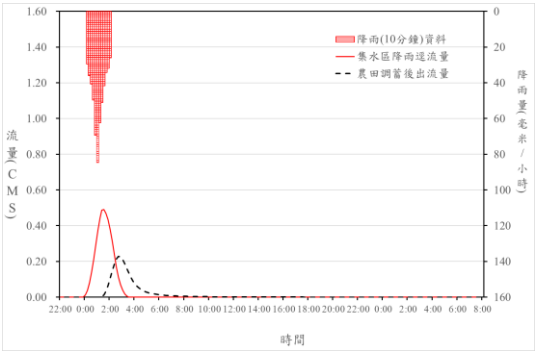
附圖 6-45 在地滯洪滯-常-1-50 情境模擬

中港溪集水區在地滯洪於常水位2小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表6-10及附圖6-46~6-50所示。

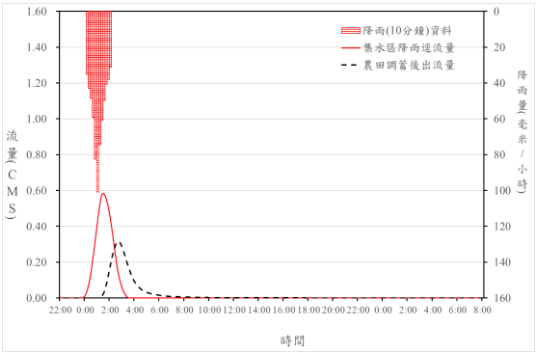
附表6-10 在地滯洪於常水位2小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：Cms

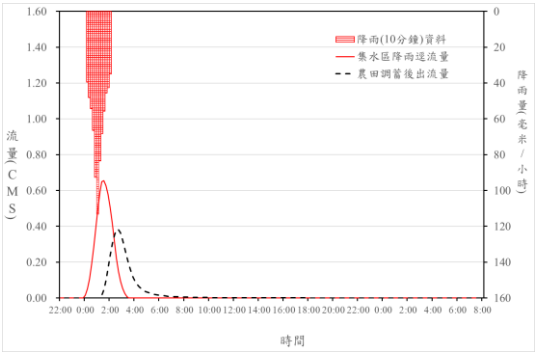
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.491	0.585	0.656	0.750	0.821
農塘調蓄後出流量	0.227	0.317	0.382	0.471	0.541



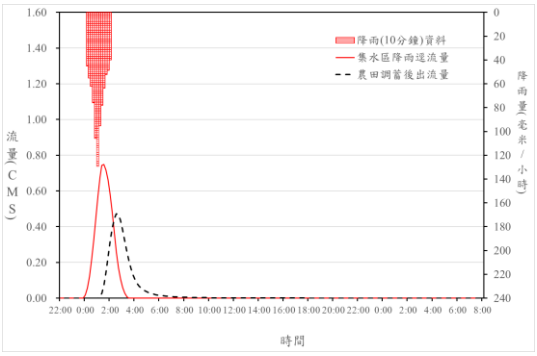
附圖6-46 在地滯洪滯-常-2-2情境模擬



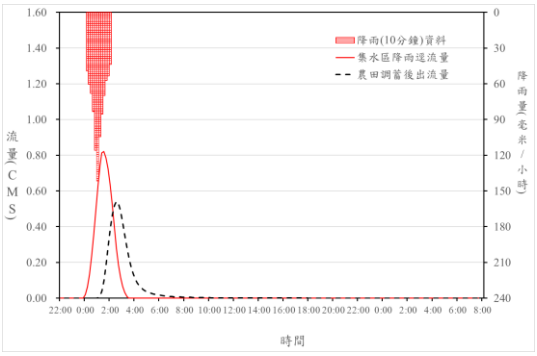
附圖 6-47 在地滯洪滯-常-2-5 情境模擬



附圖 6-48 在地滯洪滯-常-2-10 情境模擬



附圖 6-49 在地滯洪滯-常-2-25 情境模擬



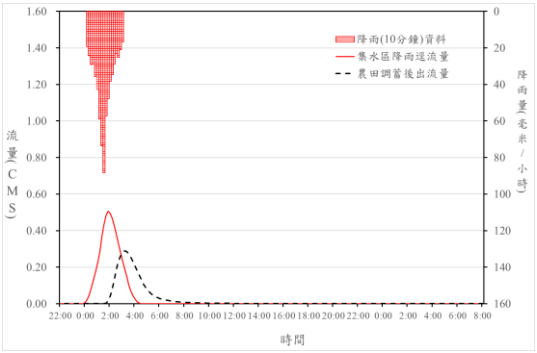
附圖 6-50 在地滯洪滯-常-2-50 情境模擬

中港溪集水區在地滯洪於常水位3小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表6-11及附圖6-51~6-55所示。

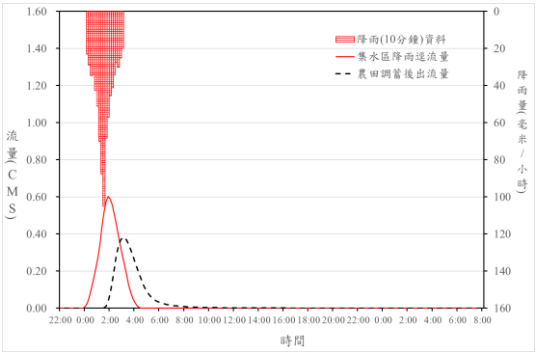
附表6-11 在地滯洪於常水位3小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：Cms

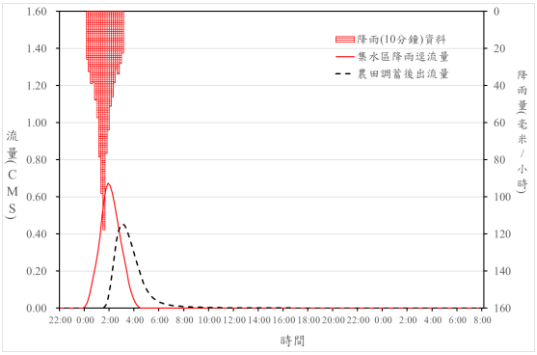
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.505	0.602	0.675	0.772	0.845
農塘調蓄後出流量	0.289	0.381	0.455	0.550	0.622



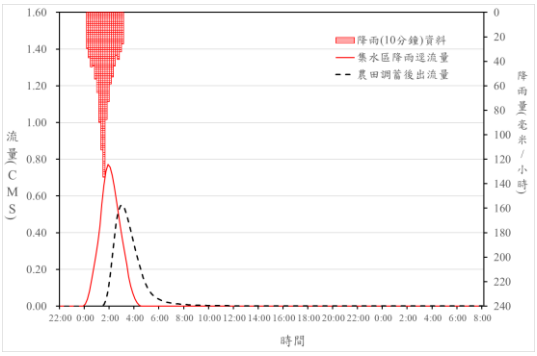
附圖6-51 在地滯洪滯-常-3-2情境模擬



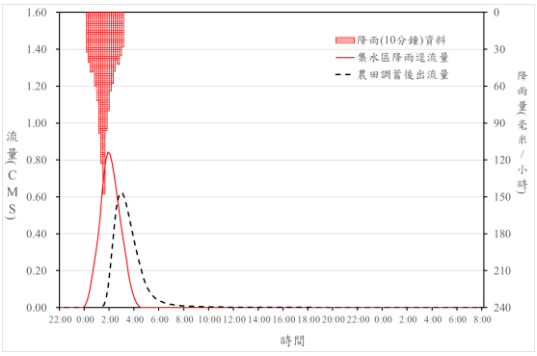
附圖 6-52 在地滯洪滯-常-3-5 情境模擬



附圖 6-53 在地滯洪滯-常-3-10 情境模擬



附圖 6-54 在地滯洪滯-常-3-25 情境模擬



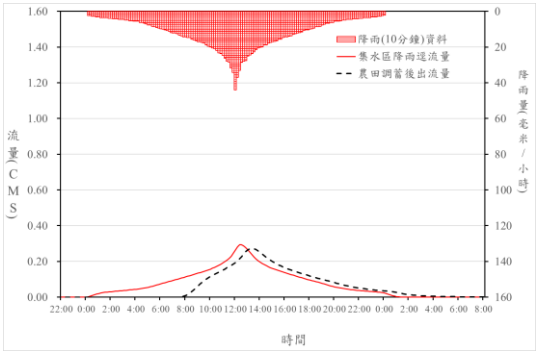
附圖 6-55 在地滯洪滯-常-3-50 情境模擬

中港溪集水區在地滯洪於常水位之24小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表6-12及附圖6-56~6-60所示。

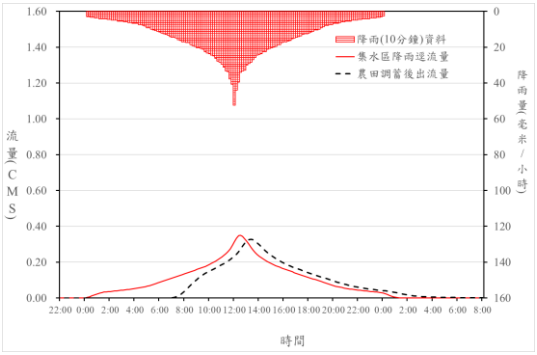
附表6-12 在地滯洪於常水位之24小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：Cms

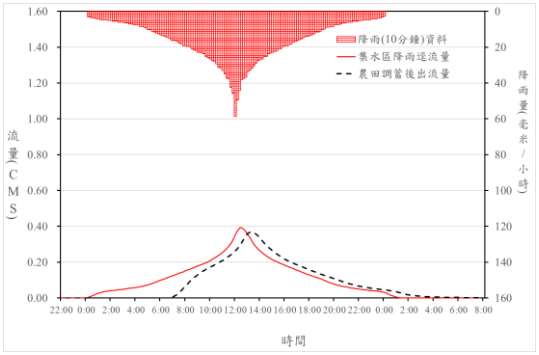
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.294	0.350	0.392	0.449	0.491
農塘調蓄後出流量	0.273	0.328	0.369	0.423	0.465



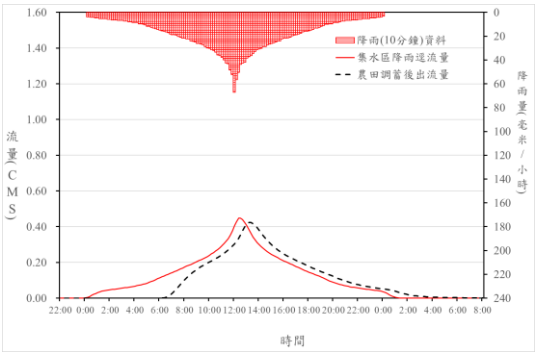
附圖6-56 在地滯洪滯-常-24-2情境模擬



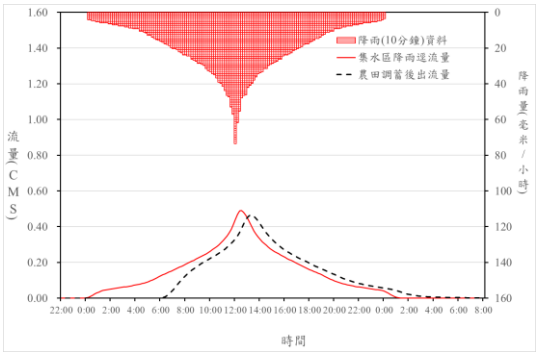
附圖 6-57 在地滯洪滯-常-24-5 情境模擬



附圖 6-58 在地滯洪滯-常-24-10 情境模擬



附圖 6-59 在地滯洪滯-常-24-25 情境模擬



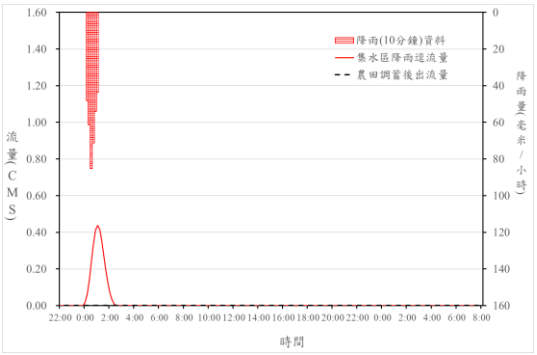
附圖 6-60 在地滯洪滯-常-24-50 情境模擬

中港溪集水區在地滯洪於豪雨特報前提高田埂缺口至12公分1小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表6-13及附圖6-61~6-65所示。圖號之情境代號詳表4-9，如滯-12-1-2，為2年重現期距下在地滯洪於豪雨特報前提高田埂缺口至12公分1小時降雨延時模擬流量。

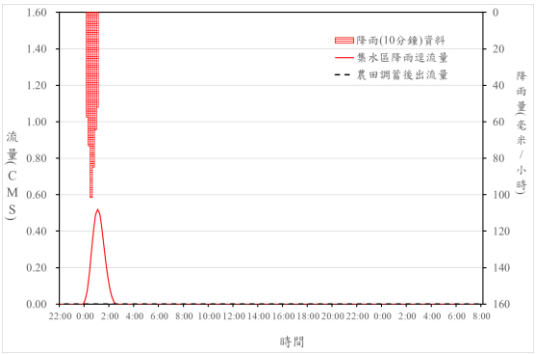
附表6-13 在地滯洪於豪雨特報前提高田埂缺口1小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

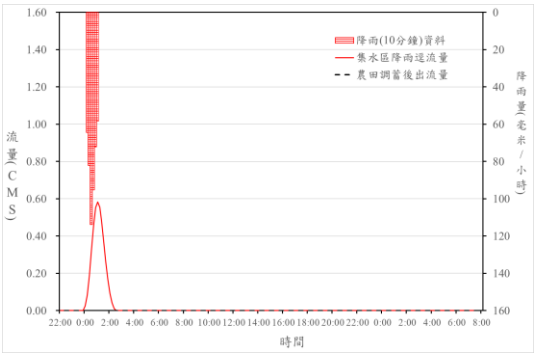
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.437	0.520	0.584	0.667	0.731
農塘調蓄後出流量	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002



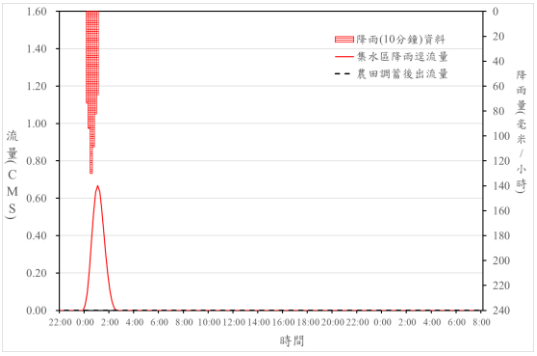
附圖6-61 在地滯洪滯-12-1-2情境模擬



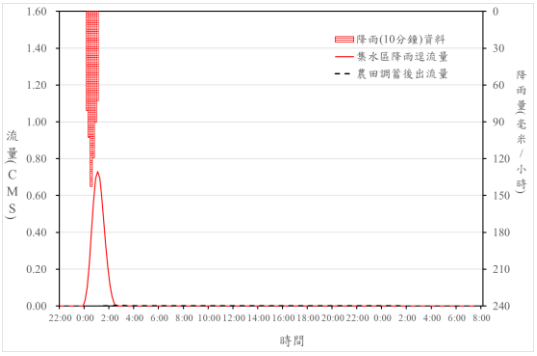
附圖 6-62 在地滯洪滯-12-1-5 情境模擬



附圖 6-63 在地滯洪滯-12-1-10 情境模擬



附圖 6-64 在地滯洪滯-12-1-25 情境模擬



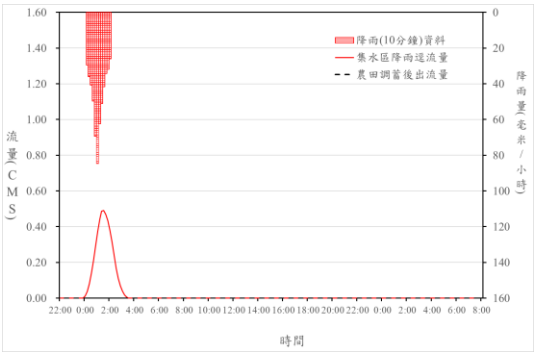
附圖 6-65 在地滯洪滯-12-1-50 情境模擬

中港溪集水區在地滯洪於豪雨特報前提高田埂缺口至12公分2小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表6-14及附圖6-66~6-70所示。

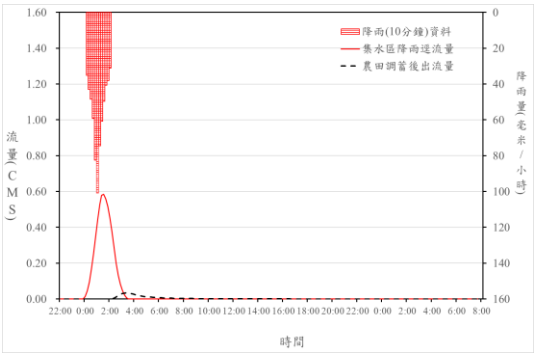
附表6-14 在地滯洪於豪雨特報前提高田埂缺口2小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

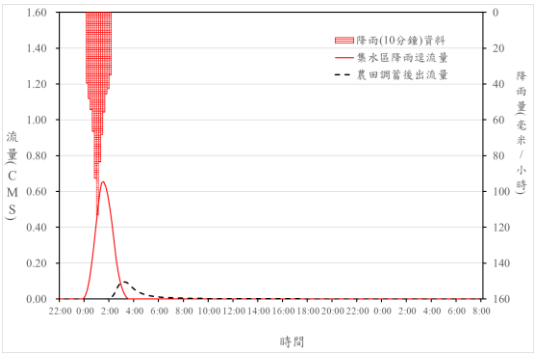
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.491	0.585	0.656	0.750	0.821
農塘調蓄後出流量	0.000	0.034	0.096	0.186	0.257



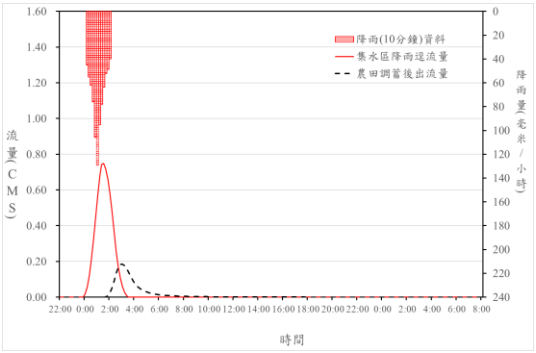
附圖6-66 在地滯洪滯-12-2-2情境模擬



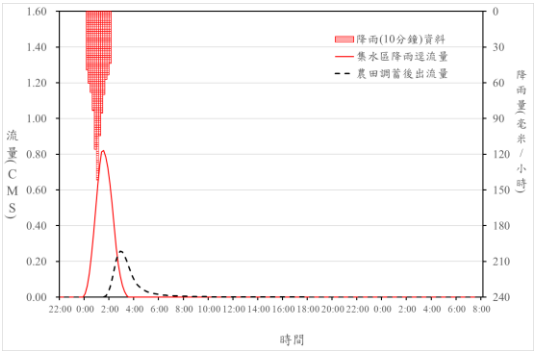
附圖 6-67 在地滯洪滯-12-2-5 情境模擬



附圖 6-68 在地滯洪滯-12-2-10 情境模擬



附圖 6-69 在地滯洪滯-12-2-25 情境模擬



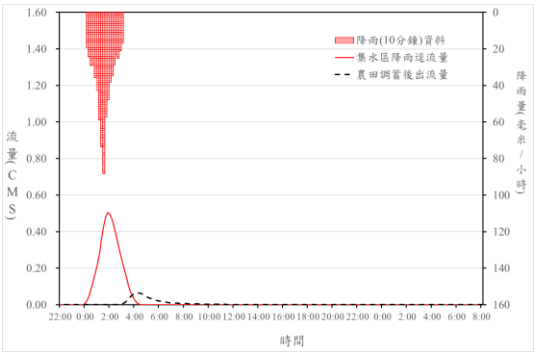
附圖 6-70 在地滯洪滯-12-2-50 情境模擬

中港溪集水區在地滯洪於豪雨特報前提高田埂缺口至12公分3小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表6-15及附圖6-71~6-75所示。

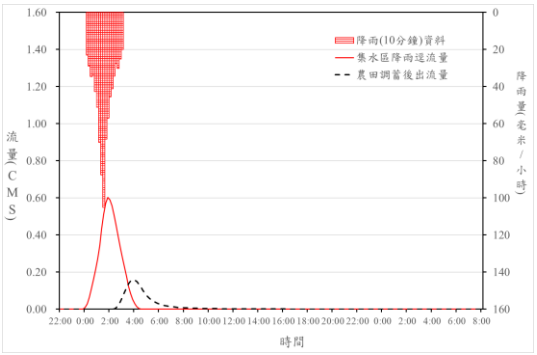
附表6-15 在地滯洪於豪雨特報前提高田埂缺口3小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

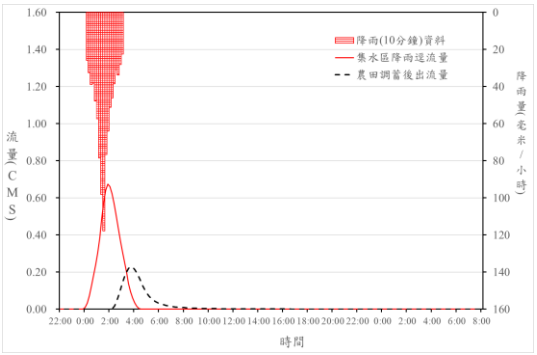
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.505	0.602	0.675	0.772	0.845
農塘調蓄後出流量	0.065	0.159	0.228	0.320	0.387



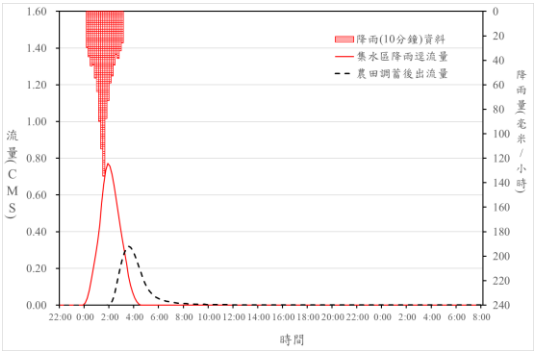
附圖6-71 在地滯洪滯-12-3-2情境模擬



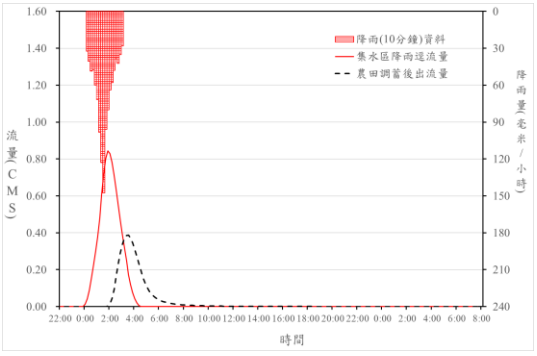
附圖 6-72 在地滯洪滯-12-3-5 情境模擬



附圖 6-73 在地滯洪滯-12-3-10 情境模擬



附圖 6-74 在地滯洪滯-12-3-25 情境模擬



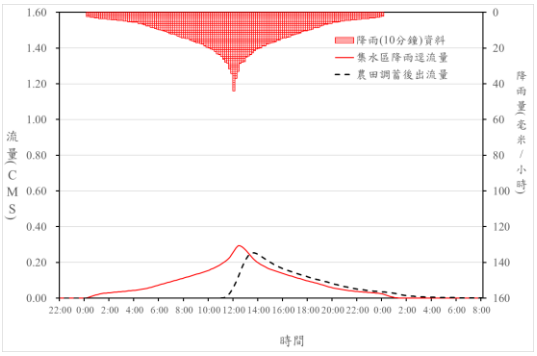
附圖 6-75 在地滯洪滯-12-3-50 情境模擬

中港溪集水區在地滯洪於豪雨特報前提高田埂缺口至12公分24小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表6-16及附圖6-76~6-80所示。

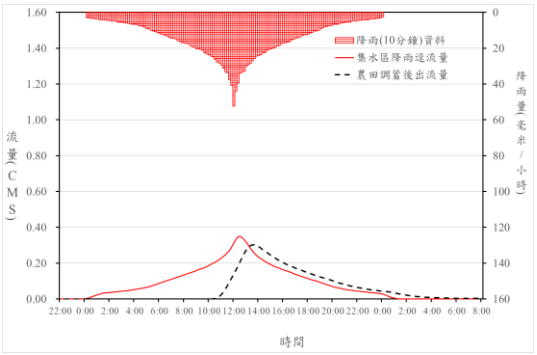
附表6-16 在地滯洪於豪雨特報前提高田埂缺口24小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

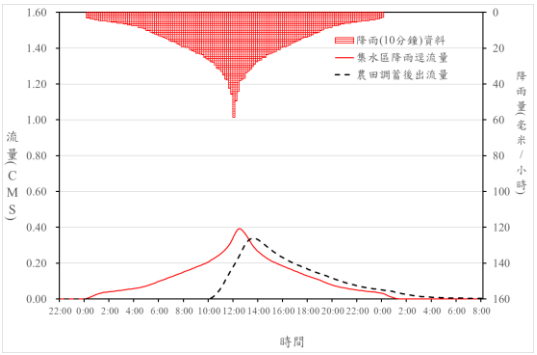
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.294	0.350	0.392	0.444	0.491
農塘調蓄後出流量	0.253	0.302	0.340	0.393	0.431



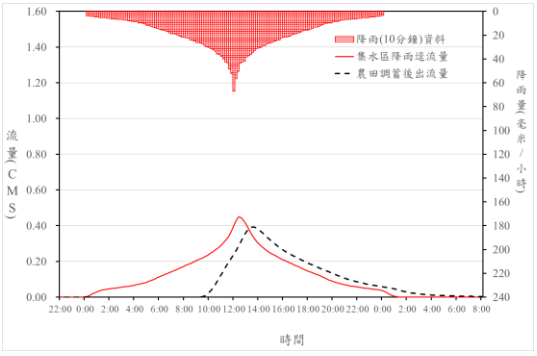
附圖6-76 在地滯洪滯-12-24-2情境模擬



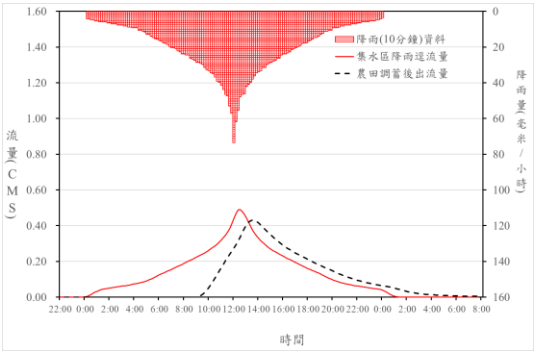
附圖 6-77 在地滯洪滯-12-24-5 情境模擬



附圖 6-78 在地滯洪滯-12-24-10 情境模擬



附圖 6-79 在地滯洪滯-12-24-25 情境模擬



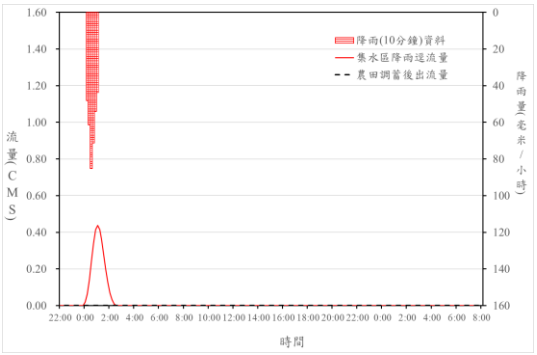
附圖 6-80 在地滯洪滯-12-24-50 情境模擬

中港溪集水區在地滯洪於豪雨特報前提高田埂缺口至20公分1小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表6-17及附圖6-81~6-85所示。圖號之情境代號詳表4-9，如滯-20-1-2，為2年重現期距下在地滯洪於豪雨特報前提高田埂缺口至20公分1小時降雨延時模擬流量。

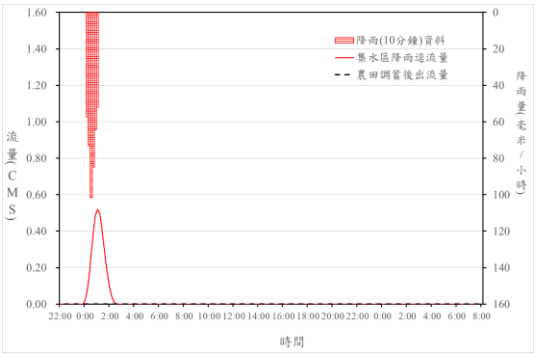
附表6-17 在地滯洪於加高田埂1小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

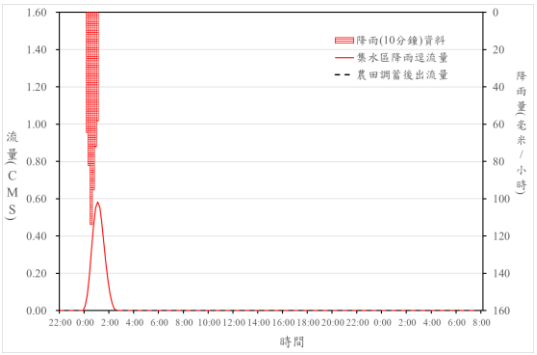
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.437	0.520	0.584	0.667	0.731
農塘調蓄後出流量	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



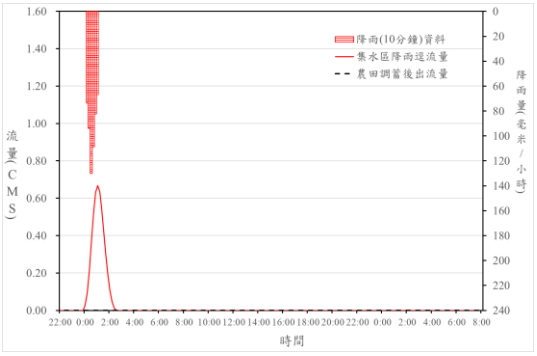
附圖6-81 在地滯洪滯-20-1-2情境模擬



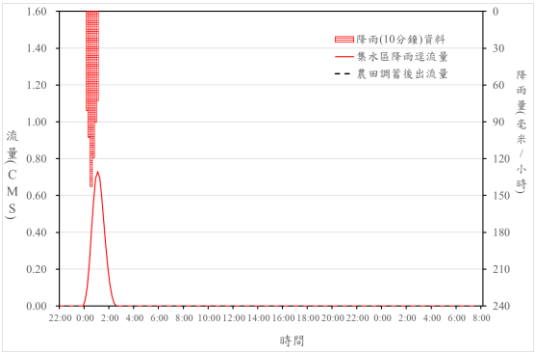
附圖 6-82 在地滯洪滯-20-1-5 情境模擬



附圖 6-83 在地滯洪滯-20-1-10 情境模擬



附圖 6-84 在地滯洪滯-20-1-25 情境模擬



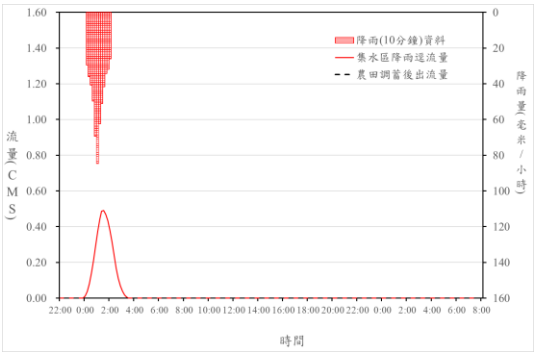
附圖 6-85 在地滯洪滯-20-1-50 情境模擬

中港溪集水區在地滯洪於豪雨特報前提高田埂缺口至20公分2小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表6-18及附圖6-86~6-90所示。

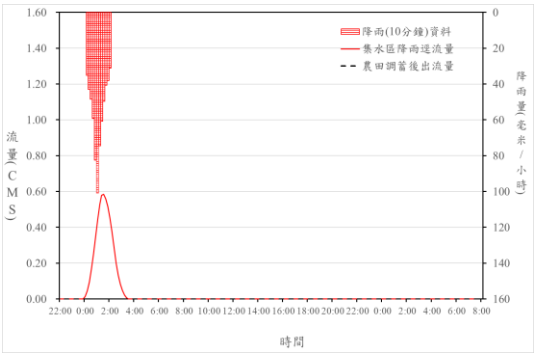
附表6-18 在地滯洪加高田埂2小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

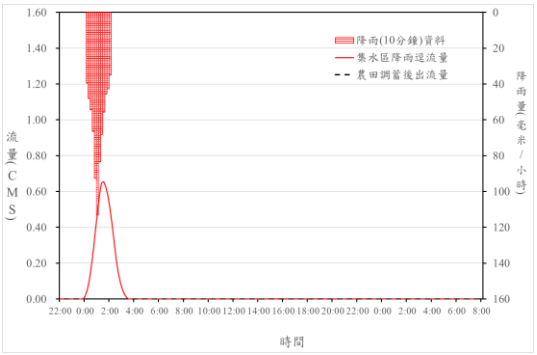
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.491	0.585	0.656	0.750	0.821
農塘調蓄後出流量	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



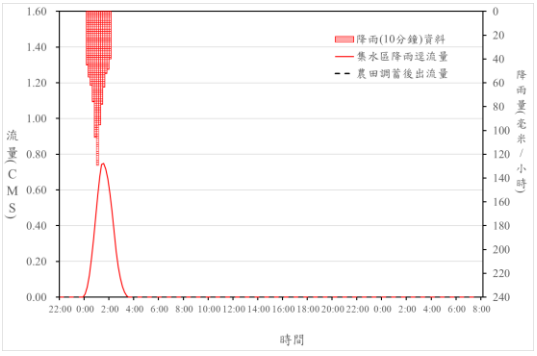
附圖6-86 在地滯洪滯-20-2-2情境模擬



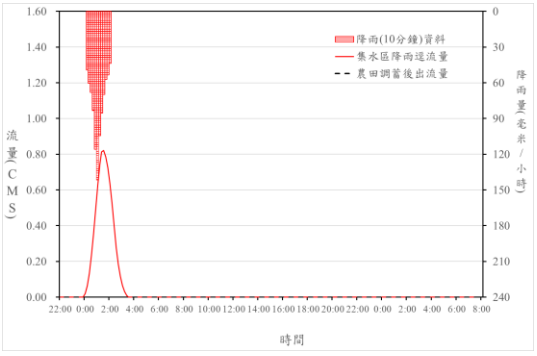
附圖 6-87 在地滯洪滯-20-2-5 情境模擬



附圖 6-88 在地滯洪滯-20-2-10 情境模擬



附圖 6-89 在地滯洪滯-20-2-25 情境模擬



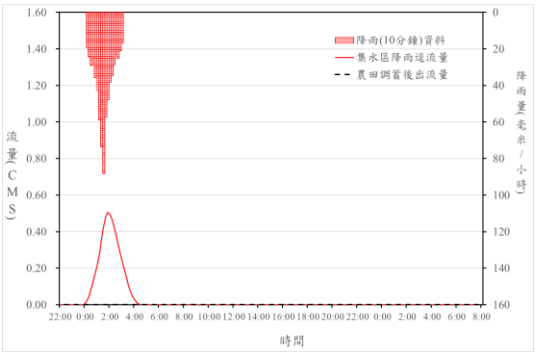
附圖 6-90 在地滯洪滯-20-2-50 情境模擬

中港溪集水區在地滯洪於豪雨特報前提高田埂缺口至20公分3小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表6-19及附圖6-91~6-95所示。

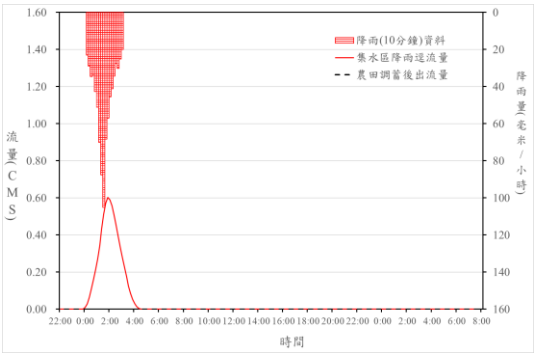
附表6-19 在地滯洪於加高田埂3小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

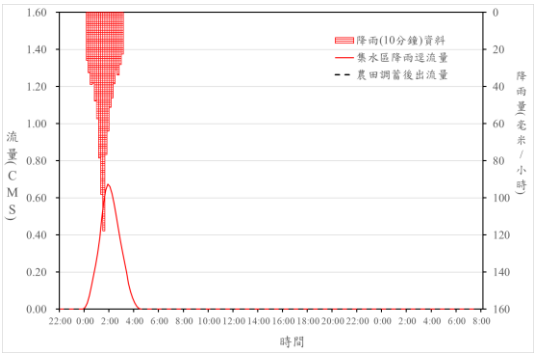
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.505	0.602	0.675	0.772	0.845
農塘調蓄後出流量	0.000	0.000	0.000	0.002	0.065



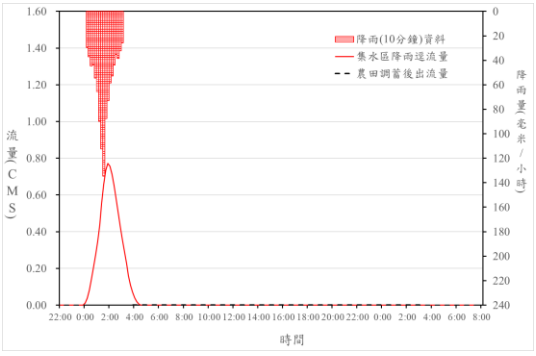
附圖6-91 在地滯洪滯-20-3-2情境模擬



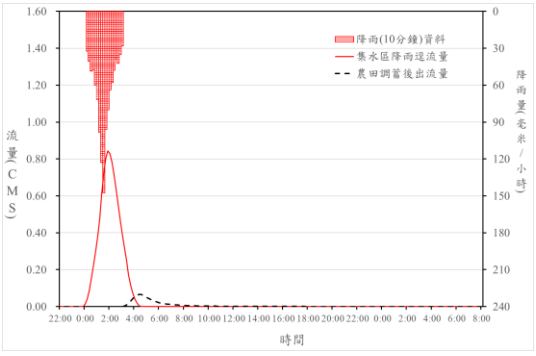
附圖 6-92 在地滯洪滯-20-3-5 情境模擬



附圖 6-93 在地滯洪滯-20-3-10 情境模擬



附圖 6-94 在地滯洪滯-20-3-25 情境模擬



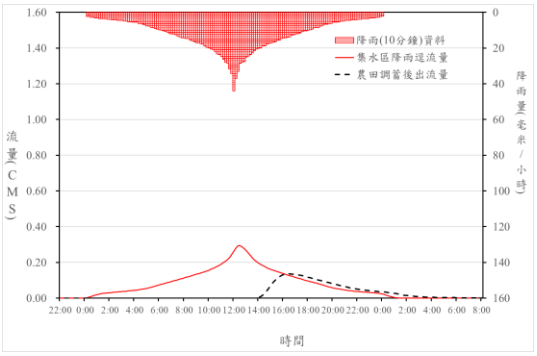
附圖 6-95 在地滯洪滯-20-3-50 情境模擬

中港溪集水區在地滯洪於豪雨特報前提高田埂缺口至20公分24小時降雨延時下，2、5、10、25及50年重現期距之模擬結果如附表6-20及附圖6-96~6-100所示。

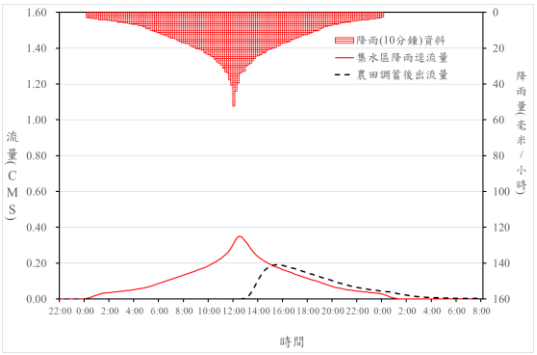
附表6-20 在地滯洪於加高田埂24小時降雨延時不同重現期距之模擬流量

單位：cms

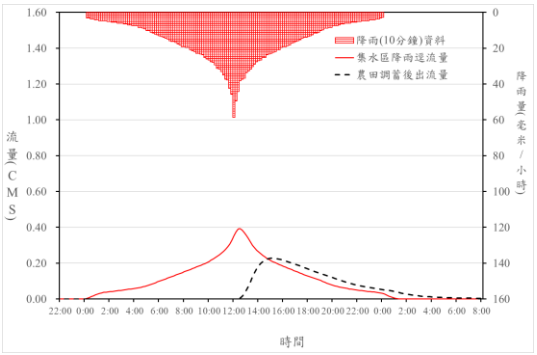
重現期距	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年
集水區降雨逕流量	0.294	0.350	0.392	0.444	0.491
農塘調蓄後出流量	0.136	0.190	0.227	0.274	0.313



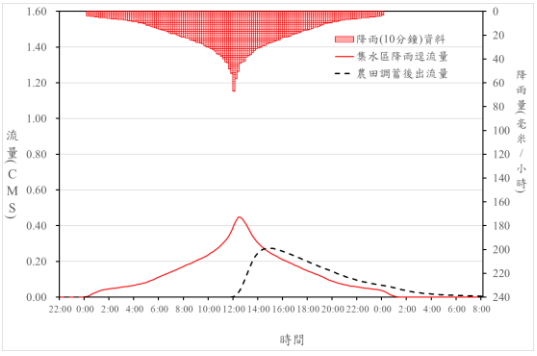
附圖6-96 在地滯洪滯-20-24-2情境模擬



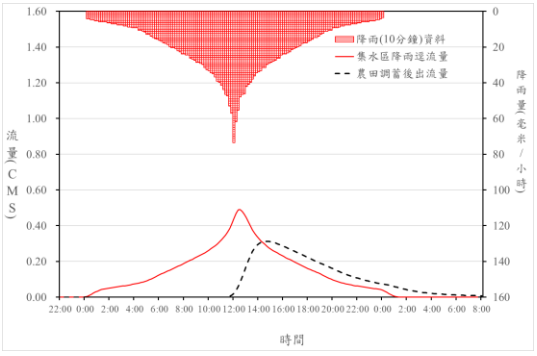
附圖 6-97 在地滯洪滯-20-24-5 情境模擬



附圖 6-98 在地滯洪滯-20-24-10 情境模擬



附圖 6-99 在地滯洪滯-20-24-25 情境模擬



附圖 6-100 在地滯洪滯-20-24-50 情境模擬