
集水區農塘應用管路串並聯操作之研究
Pipeline Series and Parallel Operation
Applied in Agricultural Water Ponds at
Catchment Area
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：109年2月6日至109年12月31日

計畫主持人：簡傳彬 研究員

共同主持人：方文村 研究員

協同主持人：莊進榮 秘書長

研究人員：徐永昶、張沂旋、楊清芬

行政院農業委員會水土保持局 編印

中華民國 109 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）

集水區農塘應用管路串並聯操作之研究

摘要

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，為本計畫之研究目的。

本研究經蒐集國內外農塘串並聯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，再經訪談及現場勘查，針對苗栗地區農塘擬定蓄水量、滯洪量、串並聯可行性等因子進行研究區域選定。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大荒埔埤、李屋埤，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。

研究步驟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，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。

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。以鯉潭 039 為例，在本(109)年度最大暴雨，透過農塘蓄洪及先期降低水位，可將集

水區降雨逕流之洪峰流量 0.1152CMS 降低至 0.0242CMS。

中港溪集水區之大荒埔埤、李屋埤及觀音埤等農塘之串並聯操作情境分析採用農塘水平衡模式及網流模式。以農塘低水位下之短延時強降雨之情境(180 分鐘)，25 年重現期距之情境(平均為 58.84 mm/hr)模擬分析為例，大荒埔埤可將集水區降雨逕流量由 0.074CMS 降低至 0.026CMS。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，

本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。

關鍵詞：農塘、串並聯、滯洪

Pipeline Series and Parallel Operation Applied in Agricultural Water Ponds at Catchment Area

Abstract

Taiwan's farm ponds on hillsides have the functions of farmland irrigation, water storage and flood detention. Global climate changes have significantly increased the intensity of regional rainfall and the number of days with no precipitation. The proper use of farm ponds in order to reduce the impact of climate change is very important. The research purpose of this project is to explore how to apply the pipelines in series and parallel technology to the operation of farm pond water storage, so as to improve the water storage functions of the catchment area (or region), and to help water and soil conservation functions such as flood detention and disaster prevention.

In this research, we have collected domestic and foreign farm pond series and parallel operation cases and literature, and compiled possible operation methods and problems encountered. In addition, after interviews and on-site surveys for farm ponds in the Miaoli area, the study proposed factors such as water storage capacity, flood detention, and series-parallel feasibility to select research areas. The analysis results show that the Chonggang Creek catchment area, the Houlong Creek upper catchment area, and the Liyutan catchment area are the top three in the ranking. Among them, the Chonggang Creek catchment area is ranked first, so it is selected as the case study area. Through on-site surveys, considering the feasibility of series and parallel connections and landlords' willingness factors, we selected Dahuangpu pond and Liwu pond in the Chonggang Creek catchment area, Litan 039 farm pond in the Liyutan catchment area, and Houlong 006 farm pond in the Houlong Creek upper catchment area to set up self-recording water level gauges.

This research first collected basic data of farm ponds for analysis to establish the relationship between rainfall and water storage. In addition, based on the analysis of the rainfall intensity of different return periods, the simulated rainfall situations of the case area were drawn up. Afterwards, a simulation model of rainfall and water storage operation of the farm ponds was established based on the relationships between the space and water volume of the farm ponds, and the parameter calibration and scenario simulation of the model were carried out.

Based on the proposed scenarios, we had completed the simulation of water storage in the farm ponds of Litan 039 in the Liyutan catchment area, and Houlong 006 farm pond in the Houlong Creek upstream catchment area. Taking Litan 039 as an example, flood storage in farm ponds and initial reduction of the water level can reduce the peak flow of rainfall runoff in the catchment area from 0.1152 CMS to 0.0242 CMS.

The series-parallel operation scenario analysis of farm ponds such as Dahuangpu pond, Liwu pond and Guanyin pond in the Chonggang creek catchment area uses the water balance model and net flow model for the farm ponds. Taking the scenario of short-duration intensive rainfall under the low water level of the farm pond (180 minutes) and the scenario of the 25-year return period (58.84 mm/hr for average) simulation analysis as an example, the operation of Dahuangpu pond can have the rainfall runoff over catchment area decreased from 0.074CMS to 0.026CMS. The above outflow can flow into Liwu pond for storage. After the heavy rain passes, the stored water can be released or reserved for irrigation.

This study has completed the simulation of farm pond storage and the scenario simulation analysis for farm pond series and parallel operation in the case study area. This study has also completed the development of a series-parallel operation mechanism and promotion scheme for regional farm ponds. The above can be provided to relevant agencies for references

to achieve the purpose of regional flood detention, water storage and disaster prevention. In addition, considering that rural communities have vast farmland and depressions that can be used as flood detention spaces during heavy rains, it is recommended that subsequent studies on the combination of farm ponds in catchment areas and on-site flood detention be carried out to expand regional flood detention capacity.

Keywords: farm pond, series-parallel connection, flood detention

目錄

目錄	VII
表目錄	IX
圖目錄	XI
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	1-3
第三節 計畫工作項目	1-3
第四節 計畫預定與實際工作進度	1-4
第五節 預期之具體效益	1-7
第二章 文獻回顧與資料蒐集	2-1
第一節 農塘的定義與分類	2-1
第二節 國內外農塘活化或串並聯相關文獻	2-10
第三節 農塘滯洪操作及分析	2-19
第四節 研究區域前期計畫成果	2-29
第五節 小結	2-41
第三章 農塘蓄水模擬模式建立與分析	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	3-18

第三節 案例區域降雨量等基本資料分析	3-27
第四節 農塘蓄水模擬分析	3-82
第四章 區域農塘蓄水模擬及串並聯操作情境分析	4-1
第一節 農塘蓄水模擬之情境研擬	4-1
第二節 農塘蓄水模擬之情境分析	4-3
第三節 農塘串並聯操作情境分析	4-51
第五章 農塘串並聯操作機制	5-1
第一節 農塘串並聯操作機制研擬	5-1
第二節 農塘串並聯操作機制策略推化與推動方式	5-3
第六章 結論與建議	6-1
第一節 結論	6-1
第二節 建議	6-2
參考文獻.....	參-1
附錄	附-1

表目錄

表 1-1	預定與實際工作進度表	1-6
表 1-2	工作項目與工作內容對應成果報告章節	1-7
表 2-1	開挖式與築壩式農塘示意圖與其照片	2-5
表 2-2	鯉魚潭集水區農塘清淤排序(一)	2-31
表 2-3	後龍溪上游集水區農塘清淤排序(一)	2-32
表 2-4	鯉魚潭集水區農塘清淤排序(二)	2-35
表 2-5	後龍溪上游集水區農塘清淤排序(二)	2-36
表 3-1	農塘案例研究區評分因子	3-3
表 3-2	農塘案例研究區評分(總量法)	3-12
表 3-3	農塘案例研究區評分(單位農塘法)	3-13
表 3-4	鯉魚潭及後龍溪上游集水區農塘清淤排序	3-17
表 3-5	農塘串並聯清淤排序表(一)	3-17
表 3-6	農塘串並聯清淤排序表(二)	3-18
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	4-2
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	4-2
表 4-3	農塘低水位情境代號	4-2
表 4-4	農塘高水位情境代號	4-3
表 4-5	農塘豪雨特報前先期放水情境代號	4-3
表 4-6	農塘蓄水模擬情境分析鯉潭 039 農塘最高水位	4-50

表 5-1 苗栗中港溪集水區農塘應用管路串並聯的 SWOT 分析 ... 5-2

圖目錄

圖 1-1 工作架構圖(原工作計畫書)	1-5
圖 1-2 工作架構圖(增補後)	1-6
圖 2-1 農場區域(集水區)坡地流向與農塘設置位置示意	2-1
圖 2-2 不同水源別之農塘示意	2-6
圖 2-3 農塘滯洪操作之水位示意	2-13
圖 2-4 農塘滯洪效益之示意	2-13
圖 2-5 日本寄合池集水區範圍示意	2-17
圖 2-6 系統動力模型元件示意圖	2-22
圖 2-7 農塘先期降低水位之水位示意	2-28
圖 2-8 農塘不同時期水位管理之水位示意	2-29
圖 2-9 苗栗地區 6 個集水區農塘清淤改善可增加之蓄水量	2-31
圖 2-10 苗栗地區 6 個集水區農塘清淤改善可增加之滯洪量	2-35
圖 2-11 農塘進出流的方式	2-42
圖 2-12 農塘串聯示意	2-43
圖 2-13 農塘並聯示意	2-43
圖 2-14 農塘串並聯示意	2-44
圖 3-1 農塘蓄水模擬及串並聯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)	3-4
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)	3-5

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)	3-7
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)	3-8
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)	3-10
圖 3-11 農塘治理後新增蓄水量、滯洪量比較(二)	3-10
圖 3-12 治理後新增單位農塘蓄水量、滯洪量比較(一)	3-11
圖 3-13 治理後新增單位農塘蓄水量、滯洪量比較(二)	3-11
圖 3-14 中港溪集水區農塘勘選位置示意	3-14
圖 3-15 後龍溪上游集水區農塘勘選位置示意	3-15
圖 3-16 鯉魚潭集水區農塘勘選位置示意	3-16
圖 3-17 自記水位計設置位置示意	3-19
圖 3-18 中港溪集水區自記水位計設置位置示意	3-20
圖 3-19 後龍溪上游集水區自記水位計設置位置示意	3-20
圖 3-20 鯉魚潭集水區自記水位計設置位置示意	3-21
圖 3-21 中港溪集水區大荒埔埤水位歷線(一)	3-23
圖 3-22 中港溪集水區大荒埔埤水位歷線(二)	3-23
圖 3-23 中港溪集水區李屋埤水位歷線(一)	3-24
圖 3-24 中港溪集水區李屋埤水位歷線(二)	3-24
圖 3-25 後龍溪上游集水區後龍 006 水位歷線(一)	3-25

圖 3-26 後龍溪上游集水區後龍 006 水位歷線(二)	3-25
圖 3-27 鯉魚潭集水區鯉 39 水位歷線(一)	3-26
圖 3-28 鯉魚潭集水區鯉 39 水位歷線(二)	3-26
圖 3-29 苗栗地區各雨量站位置	3-27
圖 3-30 苗栗地區各雨量站年平均雨量	3-28
圖 3-31 苗栗地區各雨量站月平均雨量(一)	3-29
圖 3-32 苗栗地區各雨量站月平均雨量(二)	3-29
圖 3-33 苗栗地區各雨量站月平均雨量(三)	3-30
圖 3-34 苗栗地區各雨量站月平均雨量(四)	3-30
圖 3-35 苗栗地區各雨量站月平均雨量(五)	3-31
圖 3-36 苗栗地區各雨量站月平均雨量(六)	3-31
圖 3-37 苗栗地區大河站 2015 年日雨量	3-32
圖 3-38 苗栗地區大河站 2016 年日雨量	3-32
圖 3-39 苗栗地區大河站 2017 年日雨量	3-33
圖 3-40 苗栗地區大河站 2018 年日雨量	3-33
圖 3-41 苗栗地區大河站 2019 年日雨量	3-34
圖 3-42 苗栗地區大河站 2020 年日雨量	3-34
圖 3-43 苗栗地區大湖站 2015 年日雨量	3-35
圖 3-44 苗栗地區大湖站 2016 年日雨量	3-35
圖 3-45 苗栗地區大湖站 2017 年日雨量	3-36
圖 3-46 苗栗地區大湖站 2018 年日雨量	3-36

圖 3-47 苗栗地區大湖站 2019 年日雨量	3-37
圖 3-48 苗栗地區大湖站 2020 年日雨量	3-37
圖 3-49 苗栗地區南湖站 2015 年日雨量	3-38
圖 3-50 苗栗地區南湖站 2016 年日雨量	3-38
圖 3-51 苗栗地區南湖站 2017 年日雨量	3-39
圖 3-52 苗栗地區南湖站 2018 年日雨量	3-39
圖 3-53 苗栗地區南湖站 2019 年日雨量	3-40
圖 3-54 苗栗地區南湖站 2020 年日雨量	3-40
圖 3-55 苗栗地區新開站 2015 年日雨量	3-41
圖 3-56 苗栗地區新開站 2016 年日雨量	3-41
圖 3-57 苗栗地區新開站 2017 年日雨量	3-42
圖 3-58 苗栗地區新開站 2018 年日雨量	3-42
圖 3-59 苗栗地區新開站 2019 年日雨量	3-43
圖 3-60 苗栗地區新開站 2020 年日雨量	3-43
圖 3-61 苗栗地區馬拉邦山站 2015 年日雨量	3-44
圖 3-62 苗栗地區馬拉邦山站 2016 年日雨量	3-44
圖 3-63 苗栗地區馬拉邦山站 2017 年日雨量	3-45
圖 3-64 苗栗地區馬拉邦山站 2018 年日雨量	3-45
圖 3-65 苗栗地區馬拉邦山站 2019 年日雨量	3-46
圖 3-66 苗栗地區馬拉邦山站 2020 年日雨量	3-46
圖 3-67 大河站 2015 年 8 月 6 日至 8 月 9 日降雨量歷線	3-47

圖 3-68	大河站 2015 年 9 月 27 日至 9 月 30 日降雨量歷線.....	3-47
圖 3-69	大河站 2016 年 4 月 10 日至 4 月 16 日降雨量歷線.....	3-48
圖 3-70	大河站 2016 年 5 月 10 日至 5 月 11 日降雨量歷線.....	3-48
圖 3-71	大河站 2017 年 6 月 2 日至 6 月 5 日降雨量歷線.....	3-49
圖 3-72	大河站 2017 年 6 月 14 日至 6 月 19 日降雨量歷線.....	3-49
圖 3-73	大河站 2018 年 1 月 4 日至 1 月 10 日降雨量歷線.....	3-50
圖 3-74	大河站 2018 年 8 月 18 日至 8 月 19 日降雨量歷線.....	3-50
圖 3-75	大河站 2019 年 3 月 5 日至 3 月 10 日降雨量歷線.....	3-51
圖 3-76	大河站 2019 年 8 月 8 日至 8 月 12 日降雨量歷線.....	3-51
圖 3-77	大河站 2020 年 5 月 18 日至 5 月 23 日降雨量歷線.....	3-52
圖 3-78	大河站 2020 年 5 月 25 日至 5 月 30 日降雨量歷線.....	3-52
圖 3-79	大河站 2020 年 6 月 7 日至 6 月 9 日降雨量歷線.....	3-53
圖 3-80	大河站 2020 年 6 月 13 日至 6 月 15 日降雨量歷線.....	3-53
圖 3-81	大湖站 2015 年 7 月 19 日降雨量歷線.....	3-54
圖 3-82	大湖站 2015 年 8 月 23 日至 9 月 2 日降雨量歷線.....	3-54
圖 3-83	大湖站 2016 年 6 月 10 日至 6 月 16 日降雨量歷線.....	3-55
圖 3-84	大湖站 2016 年 9 月 26 日至 10 月 1 日降雨量歷線.....	3-55
圖 3-85	大湖站 2017 年 5 月 30 日至 6 月 5 日降雨量歷線.....	3-56
圖 3-86	大湖站 2017 年 6 月 11 日至 6 月 19 日降雨量歷線.....	3-56
圖 3-87	大湖站 2018 年 5 月 8 日至 5 月 10 日降雨量歷線.....	3-57
圖 3-88	大湖站 2018 年 8 月 22 日至 8 月 27 日降雨量歷線.....	3-57

圖 3-89 大湖站 2019 年 6 月 10 日至 6 月 14 日降雨量歷線.....	3-58
圖 3-90 大湖站 2019 年 8 月 8 日至 8 月 22 日降雨量歷線.....	3-58
圖 3-91 大湖站 2020 年 5 月 5 日降雨量歷線.....	3-59
圖 3-92 大湖站 2020 年 5 月 18 日至 5 月 29 日降雨量歷線.....	3-59
圖 3-93 大湖站 2020 年 6 月 7 日至 6 月 9 日降雨量歷線.....	3-60
圖 3-94 大湖站 2020 年 6 月 14 日降雨量歷線.....	3-60
圖 3-95 南湖站 2015 年 7 月 7 日至 7 月 12 日降雨量歷線.....	3-61
圖 3-96 南湖站 2015 年 8 月 23 日至 9 月 2 日降雨量歷線.....	3-61
圖 3-97 南湖站 2016 年 6 月 9 日至 6 月 15 日降雨量歷線.....	3-62
圖 3-98 南湖站 2016 年 11 月 22 日至 11 月 23 日降雨量歷線.....	3-62
圖 3-99 南湖站 2017 年 5 月 30 日至 6 月 5 日降雨量歷線.....	3-63
圖 3-100 南湖站 2017 年 6 月 11 日至 6 月 19 日降雨量歷線.....	3-63
圖 3-101 南湖站 2018 年 8 月 18 日至 8 月 20 日降雨量歷線.....	3-64
圖 3-102 南湖站 2018 年 8 月 22 日至 8 月 26 日降雨量歷線.....	3-64
圖 3-103 南湖站 2019 年 6 月 23 日至 6 月 26 日降雨量歷線.....	3-65
圖 3-104 南湖站 2019 年 8 月 8 日至 8 月 22 日降雨量歷線.....	3-65
圖 3-105 南湖站 2020 年 5 月 18 日至 5 月 30 日降雨量歷線.....	3-66
圖 3-106 南湖站 2020 年 6 月 7 日至 6 月 9 日降雨量歷線.....	3-66
圖 3-107 南湖站 2020 年 6 月 14 日降雨量歷線.....	3-67
圖 3-108 南湖站 2020 年 8 月 3 日降雨量歷線.....	3-67
圖 3-109 新開站 2015 年 5 月 20 日至 5 月 31 日降雨量歷線.....	3-68

圖 3-110	新開站 2015 年 8 月 23 日至 9 月 2 日降雨量歷線.....	3-68
圖 3-111	新開站 2016 年 8 月 14 日至 8 月 20 日降雨量歷線.....	3-69
圖 3-112	新開站 2016 年 9 月 26 日至 10 月 1 日降雨量歷線.....	3-69
圖 3-113	新開站 2017 年 6 月 11 日至 6 月 19 日降雨量歷線.....	3-70
圖 3-114	新開站 2017 年 7 月 29 日至 8 月 4 日降雨量歷線.....	3-70
圖 3-115	新開站 2018 年 7 月 7 日至 7 月 8 日降雨量歷線.....	3-71
圖 3-116	新開站 2018 年 8 月 22 日至 8 月 29 日降雨量歷線.....	3-71
圖 3-117	新開站 2019 年 5 月 16 日至 5 月 23 日降雨量歷線.....	3-72
圖 3-118	新開站 2019 年 8 月 8 日至 8 月 22 日降雨量歷線.....	3-72
圖 3-119	新開站 2020 年 5 月 18 日至 5 月 30 日降雨量歷線.....	3-73
圖 3-120	新開站 2020 年 6 月 6 日至 6 月 9 日降雨量歷線.....	3-73
圖 3-121	新開站 2020 年 6 月 14 日降雨量歷線.....	3-74
圖 3-122	新開站 2020 年 8 月 3 日降雨量歷線.....	3-74
圖 3-123	馬拉邦山站 2015 年 7 月 19 日至 7 月 20 日降雨量歷線	3-75
圖 3-124	馬拉邦山站 2015 年 8 月 23 日至 9 月 2 日降雨量歷線..	3-75
圖 3-125	馬拉邦山站 2016 年 6 月 10 日至 6 月 15 日降雨量歷線....	76
圖 3-126	馬拉邦山站 2016 年 9 月 27 日至 10 月 1 日降雨量歷線	3-76
圖 3-127	馬拉邦山站 2017 年 5 月 30 日至 6 月 5 日降雨量歷線..	3-77
圖 3-128	馬拉邦山站 2017 年 6 月 10 日至 6 月 19 日降雨量歷線	3-77
圖 3-129	馬拉邦山站 2018 年 8 月 18 日至 8 月 19 日降雨量歷線	3-78
圖 3-130	馬拉邦山站 2018 年 8 月 22 日至 8 月 27 日降雨量歷線	3-78

圖 3-131	馬拉邦山站 2019 年 5 月 16 日至 5 月 24 日降雨量歷線	3-79
圖 3-132	馬拉邦山站 2019 年 8 月 8 日至 8 月 22 日降雨量歷線..	3-79
圖 3-133	馬拉邦山站 2020 年 5 月 18 日至 5 月 30 日降雨量歷線	3-80
圖 3-134	馬拉邦山站 2020 年 6 月 5 日至 6 月 9 日降雨量歷線....	3-80
圖 3-135	馬拉邦山站 2020 年 6 月 14 日降雨量歷線.....	3-81
圖 3-136	馬拉邦山站 2020 年 8 月 3 日降雨量歷線.....	3-81
圖 3-137	鯉潭 039 農塘觀測水位之蓄水模擬.....	3-83
圖 3-138	鯉潭 039 農塘觀測水位之蓄水模擬.....	3-83
圖 3-139	鯉潭 039 農塘(中水位)之蓄水模擬	3-84
圖 3-140	鯉潭 039 農塘(中水位)之蓄水模擬	3-84
圖 3-141	鯉潭 039 農塘(高水位)之蓄水模擬	3-85
圖 3-142	鯉潭 039 農塘(高水位)之蓄水模擬	3-85
圖 3-143	中港溪集水區大荒埔埤農塘蓄水分析(一).....	3-86
圖 3-144	中港溪集水區大荒埔埤農塘蓄水分析(二).....	3-86
圖 3-145	中港溪集水區大荒埔埤農塘蓄水分析(三).....	3-87
圖 3-146	中港溪集水區李屋埤農塘蓄水分析(一).....	3-87
圖 3-147	中港溪集水區李屋埤農塘蓄水分析(二).....	3-88
圖 3-148	中港溪集水區李屋埤農塘蓄水分析(三).....	3-88
圖 3-149	後龍溪上游集水區後龍 006 農塘蓄水分析(一).....	3-89
圖 3-150	後龍溪上游集水區後龍 006 農塘蓄水分析(二).....	3-89
圖 3-151	後龍溪上游集水區後龍 006 農塘蓄水分析(三).....	3-90

圖 3-152 鯉魚潭集水區鯉潭 039 農塘蓄水分析(一).....	3-90
圖 3-153 鯉魚潭集水區鯉潭 039 農塘蓄水分析(二).....	3-91
圖 3-154 鯉魚潭集水區鯉潭 039 農塘蓄水分析(三).....	3-91
圖 4-1 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 A01 農塘蓄水模擬.....	4-6
圖 4-2 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 A02 農塘蓄水模擬.....	4-6
圖 4-3 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 A03 農塘蓄水模擬.....	4-7
圖 4-4 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 A04 農塘蓄水模擬.....	4-7
圖 4-5 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 A05 農塘蓄水模擬.....	4-8
圖 4-7 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 A07 農塘蓄水模擬.....	4-9
圖 4-8 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 A08 農塘蓄水模擬.....	4-9
圖 4-9 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 A09 農塘蓄水模擬.....	4-10
圖 4-10 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 A10 農塘蓄水模擬.....	4-10
圖 4-11 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 A11 農塘蓄水模擬.....	4-11
圖 4-12 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 A12 農塘蓄水模擬.....	4-11
圖 4-13 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 A13 農塘蓄水模擬(一).....	4-12
圖 4-14 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 A13 農塘蓄水模擬(二).....	4-12
圖 4-15 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 A14 農塘蓄水模擬.....	4-13
圖 4-16 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 A15 農塘蓄水模擬.....	4-13
圖 4-17 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 A16 農塘蓄水模擬.....	4-14
圖 4-18 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 A17 農塘蓄水模擬.....	4-14
圖 4-19 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 A18 農塘蓄水模擬.....	4-15

圖 4-20 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 A19 農塘蓄水模擬	4-15
圖 4-21 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 A20 農塘蓄水模擬	4-16
圖 4-22 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 B16 農塘蓄水模擬	4-17
圖 4-23 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 B17 農塘蓄水模擬	4-17
圖 4-24 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 B18 農塘蓄水模擬	4-18
圖 4-25 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 B19 農塘蓄水模擬	4-18
圖 4-26 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 B20 農塘蓄水模擬	4-19
圖 4-27 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 C16 農塘蓄水模擬	4-20
圖 4-28 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 C17 農塘蓄水模擬	4-20
圖 4-29 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 C18 農塘蓄水模擬	4-21
圖 4-30 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 C19 農塘蓄水模擬	4-21
圖 4-31 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 C20 農塘蓄水模擬	4-22
圖 4-32 後龍溪上游集水區後龍 006 情境 A16 農塘蓄水模擬	4-23
圖 4-33 後龍溪上游集水區後龍 006 情境 A17 農塘蓄水模擬	4-23
圖 4-34 後龍溪上游集水區後龍 006 情境 A18 農塘蓄水模擬	4-24
圖 4-35 後龍溪上游集水區後龍 006 情境 A19 農塘蓄水模擬	4-24
圖 4-36 後龍溪上游集水區後龍 006 情境 A20 農塘蓄水模擬	4-25
圖 4-37 後龍溪上游集水區後龍 006 情境 B16 農塘蓄水模擬	4-26
圖 4-38 後龍溪上游集水區後龍 006 情境 B17 農塘蓄水模擬	4-26
圖 4-39 後龍溪上游集水區後龍 006 情境 B18 農塘蓄水模擬	4-27
圖 4-40 後龍溪上游集水區後龍 006039 情境 B19 農塘蓄水模擬	4-27

圖 4-41	後龍溪上游集水區後龍 006 情境 B20 農塘蓄水模擬	4-28
圖 4-42	後龍溪上游集水區後龍 006 情境 C16 農塘蓄水模擬	4-29
圖 4-43	後龍溪上游集水區後龍 006 情境 C17 農塘蓄水模擬	4-29
圖 4-44	後龍溪上游集水區後龍 006 情境 C18 農塘蓄水模擬	4-30
圖 4-45	後龍溪上游集水區後龍 006 情境 C19 農塘蓄水模擬	4-30
圖 4-46	後龍溪上游集水區後龍 006 情境 C20 農塘蓄水模擬	4-31
圖 4-47	中港溪集水區大荒埔埤情境 A16 農塘蓄水模擬	4-32
圖 4-48	中港溪集水區大荒埔埤情境 A17 農塘蓄水模擬	4-32
圖 4-49	中港溪集水區大荒埔埤情境 A18 農塘蓄水模擬	4-33
圖 4-50	中港溪集水區大荒埔埤情境 A19 農塘蓄水模擬	4-33
圖 4-51	中港溪集水區大荒埔埤情境 A20 農塘蓄水模擬	4-34
圖 4-52	中港溪集水區大荒埔埤情境 B16 農塘蓄水模擬	4-35
圖 4-53	中港溪集水區大荒埔埤情境 B17 農塘蓄水模擬	4-35
圖 4-54	中港溪集水區大荒埔埤情境 B18 農塘蓄水模擬	4-36
圖 4-55	中港溪集水區大荒埔埤 039 情境 B19 農塘蓄水模擬	4-36
圖 4-56	中港溪集水區大荒埔埤情境 B20 農塘蓄水模擬	4-37
圖 4-57	中港溪集水區大荒埔埤情境 C16 農塘蓄水模擬	4-38
圖 4-58	中港溪集水區大荒埔埤情境 C17 農塘蓄水模擬	4-38
圖 4-59	中港溪集水區大荒埔埤情境 C18 農塘蓄水模擬	4-39
圖 4-60	中港溪集水區大荒埔埤 039 情境 C19 農塘蓄水模擬	4-39
圖 4-61	中港溪集水區大荒埔埤情境 C20 農塘蓄水模擬	4-40

圖 4-62	中港溪集水區李屋埤情境 A16 農塘蓄水模擬	4-41
圖 4-63	中港溪集水區李屋埤情境 A17 農塘蓄水模擬	4-41
圖 4-64	中港溪集水區李屋埤情境 A18 農塘蓄水模擬	4-42
圖 4-65	中港溪集水區李屋埤情境 A19 農塘蓄水模擬	4-42
圖 4-66	中港溪集水區李屋埤情境 A20 農塘蓄水模擬	4-43
圖 4-67	中港溪集水區李屋埤情境 B16 農塘蓄水模擬	4-44
圖 4-68	中港溪集水區李屋埤情境 B17 農塘蓄水模擬	4-44
圖 4-69	中港溪集水區李屋埤情境 B18 農塘蓄水模擬	4-45
圖 4-70	中港溪集水區李屋埤 039 情境 B19 農塘蓄水模擬	4-45
圖 4-71	中港溪集水區李屋埤情境 B20 農塘蓄水模擬	4-46
圖 4-72	中港溪集水區李屋埤情境 C16 農塘蓄水模擬	4-47
圖 4-73	中港溪集水區李屋埤情境 C17 農塘蓄水模擬	4-47
圖 4-74	中港溪集水區李屋埤情境 C18 農塘蓄水模擬	4-48
圖 4-75	中港溪集水區李屋埤 039 情境 C19 農塘蓄水模擬	4-48
圖 4-76	中港溪集水區李屋埤情境 C20 農塘蓄水模擬	4-49
圖 4-77	中港溪集水區大荒埔埤農塘串並聯蓄水模擬(1A)	4-53
圖 4-78	中港溪集水區大荒埔埤農塘串並聯蓄水模擬(1B)	4-53
圖 4-79	中港溪集水區李屋埤農塘串並聯蓄水模擬(1A)	4-54
圖 4-80	中港溪集水區李屋埤農塘串並聯蓄水模擬(1B)	4-54
圖 4-81	中港溪集水區李屋埤農塘串並聯蓄水模擬(1C)	4-55
圖 4-82	中港溪集水區觀音埤農塘串並聯蓄水模擬(1A)	4-55

圖 4-83 中港溪集水區觀音埤農塘串並聯蓄水模擬(1B)	4-56
圖 4-84 中港溪集水區觀音埤農塘串並聯蓄水模擬(1C)	4-56
圖 4-85 中港溪集水區大荒埔埤農塘串並聯蓄水模擬(一)	4-57
圖 4-86 中港溪集水區大荒埔埤農塘串並聯蓄水模擬(二)	4-57
圖 4-87 中港溪集水區李屋埤農塘串並聯蓄水模擬(一)	4-58
圖 4-88 中港溪集水區李屋埤農塘串並聯蓄水模擬(二)	4-58
圖 4-89 中港溪集水區李屋埤農塘串並聯蓄水模擬(三)	4-59
圖 4-90 中港溪集水區觀音埤農塘串並聯蓄水模擬(一)	4-59
圖 4-91 中港溪集水區觀音埤農塘串並聯蓄水模擬(二)	4-60
圖 4-92 中港溪集水區觀音埤農塘串並聯蓄水模擬(三)	4-60
圖 4-93 中港溪集水區大荒埔埤農塘串並聯蓄水模擬(一)	4-61
圖 4-94 中港溪集水區大荒埔埤農塘串並聯蓄水模擬(二)	4-61
圖 4-95 中港溪集水區李屋埤農塘串並聯蓄水模擬(一)	4-62
圖 4-96 中港溪集水區李屋埤農塘串並聯蓄水模擬(二)	4-62
圖 4-97 中港溪集水區李屋埤農塘串並聯蓄水模擬(三)	4-63
圖 4-98 中港溪集水區觀音埤農塘串並聯蓄水模擬(一)	4-63
圖 4-99 中港溪集水區觀音埤農塘串並聯蓄水模擬(二)	4-64
圖 4-100 中港溪集水區觀音埤農塘串並聯蓄水模擬(三)	4-64
圖 4-101 中港溪集水區大荒埔埤農塘串並聯蓄水模擬(一)	4-65
圖 4-102 中港溪集水區大荒埔埤農塘串並聯蓄水模擬(二)	4-65
圖 4-103 中港溪集水區李屋埤農塘串並聯蓄水模擬(一)	4-66

圖 4-104	中港溪集水區李屋埤農塘串並聯蓄水模擬(二)	4-66
圖 4-105	中港溪集水區李屋埤農塘串並聯蓄水模擬(三)	4-67
圖 4-106	中港溪集水區觀音埤農塘串並聯蓄水模擬(一)	4-67
圖 4-107	中港溪集水區觀音埤農塘串並聯蓄水模擬(二)	4-68
圖 4-108	中港溪集水區觀音埤農塘串並聯蓄水模擬(三)	4-68
圖 4-109	中港溪集水區大荒埔埤農塘串並聯蓄水模擬(一)	4-69
圖 4-110	中港溪集水區大荒埔埤農塘串並聯蓄水模擬(二)	4-69
圖 4-111	中港溪集水區李屋埤農塘串並聯蓄水模擬(一)	4-70
圖 4-112	中港溪集水區李屋埤農塘串並聯蓄水模擬(二)	4-70
圖 4-113	中港溪集水區李屋埤農塘串並聯蓄水模擬(三)	4-71
圖 4-114	中港溪集水區觀音埤農塘串並聯蓄水模擬(一)	4-71
圖 4-115	中港溪集水區觀音埤農塘串並聯蓄水模擬(二)	4-72
圖 4-116	中港溪集水區觀音埤農塘串並聯蓄水模擬(三)	4-72

第一章 前言

第一節 計畫緣起及目的

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及農塘操作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，為本計畫之研究目的。

農塘指利用自然地形施以人工建設的水池，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。

農塘集水可為農塘集水區集水、溪流集水或農水路集水，其中農水路之功用可分為輸送灌溉用水及農田排水二部分，由於農水路大部份為明渠，以灌溉渠道而言，在降雨時除既有之灌溉輸水外，降雨逕流仍會進入渠道中，此水量一般可藉由排水路排出；考量在氣候變遷之情況下，如上游農塘下方有下游農塘可供蓄留水的情況下，利用既有農水路、溪流、農田或增設管路，進行串並聯之農塘蓄水操作，除可提高降雨利用率，亦有利於滯洪防災等水土保持之功用。雖然農塘串並聯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之2~5口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。

一、本計畫擬解決問題，包括以下二項：

(一)區域(集水區)農塘串並聯模式建立：

透過系統分析建立集水區農塘、排水路等單元，並透過現地勘查、資料蒐集，建立集水區各農塘與排水路關聯，以建立系統網流模擬模式。

(二)農塘串並聯操作模擬分析與操作機制建立：

為強化區域農塘蓄水之功能，本計畫將進行農塘蓄水模擬分析及串並聯操作模擬分析與操作機制建立，以供相關單位參考。

二、農塘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)單口農塘滯洪蓄水操作之研究：

主要著重於農塘水理演算、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)農塘蓄水操作之研究：

以集水區或數口(2~5口)農塘串並聯規劃與設計為單元，著重於集水區或數口(2~5口)農塘蓄水效益與區域農塘串並聯

規劃。

本研究屬於第二類集水區或數口(2~5口)農塘蓄水操作之研究，主要以集水區或數口(2~5口)農塘為單元，著重於集水區農塘蓄水效益與區域農塘串並聯規劃。

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串並聯操作研究，期望讓分散的農塘經由連結以提高蓄水效益，進而提高區域內滯洪之效益。本年度目標如下：

- 一、完成區域(集水區)農塘串並聯操作之案例及相關文獻探討。
- 二、完成區域(集水區)農塘串並聯模式建立。
- 三、完成區域(集水區)農塘串並聯情境分析。
- 四、完成區域(集水區)農塘串並聯操作機制建立。

第三節 計畫工作項目

本計畫之工作項目及內容，包括以下四點：

- 一、蒐集國內外農塘串並聯操作之案例與文獻回顧

本研究將蒐集國內外農塘串並聯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)農塘串並聯模式建立

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)農塘串並聯模式建立。

三、區域(集水區)農塘串並聯操作情境分析

1.相關研究之情境資料蒐集分析。

2.案例區域之情境研擬。

3.區域(集水區)農塘串並聯操作情境分析。

四、研擬區域(集水區)農塘串並聯操作機制

依據前述情境分析結果，研擬區域(集水區)農塘串並聯操作機制與推動方式，供相關單位參考。

第四節 計畫預定與實際工作進度

本計畫工作期程自109年2月6日至109年12月31日止，依據前述工作項目，原擬定工作架構如圖1-1，參考委員建議並彙整相關文獻資料，顯示農塘蓄水模擬與自記水位觀測資料比較分析為重要之工作單元，故修正工作架構如圖1-2所示；兩工作架構之差異為新增「農塘蓄水模擬」項。

配合新增「農塘蓄水模擬」項修正預定工作進度表：包括將工作項目原「區域(集水區)農塘串並聯模式建立」修正為「農塘蓄水模擬模式建立與分析」，及「區域(集水區)農塘串並聯操作情境分析」修正為「區域(集水區)農塘蓄水模擬及串並聯操作情境分析」，工作進度如表1-1所示。

本計畫均依照工作架構及預定進度表進行，實際工作進度如表1-1所示。

工作項目1：蒐集國內外農塘串並聯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：農塘蓄水模擬模式建立與分析，執行成果含農塘蓄水模擬模式建立，詳如第三章所述。

工作項目3：區域(集水區)農塘串並聯操作情境分析，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，其餘成果含農塘蓄水模擬情境分析，詳如第四章所述。

工作項目4：研擬區域(集水區)農塘串並聯操作機制，依前述情境分析結果進行研擬，整體成果於第五章中說明。

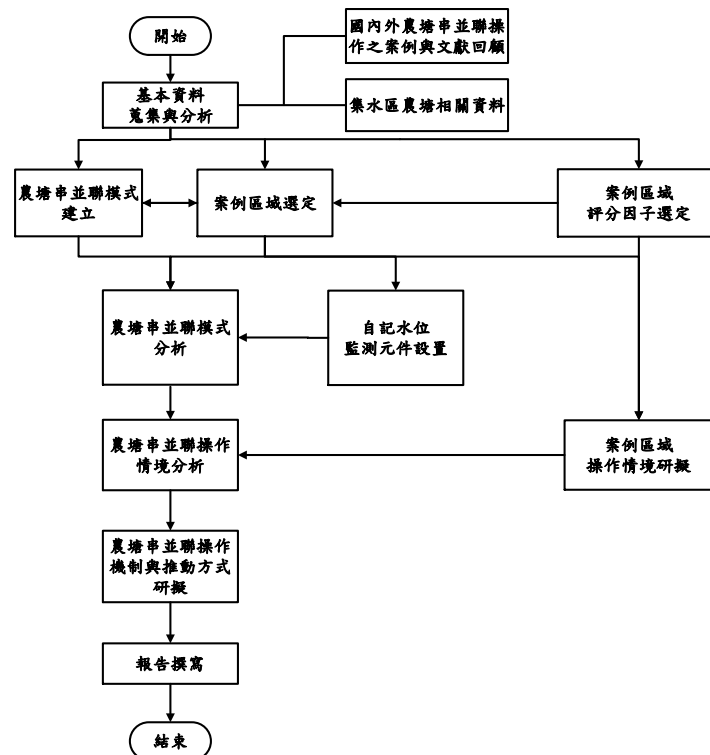


圖 1-1 工作架構圖(原工作計畫書)

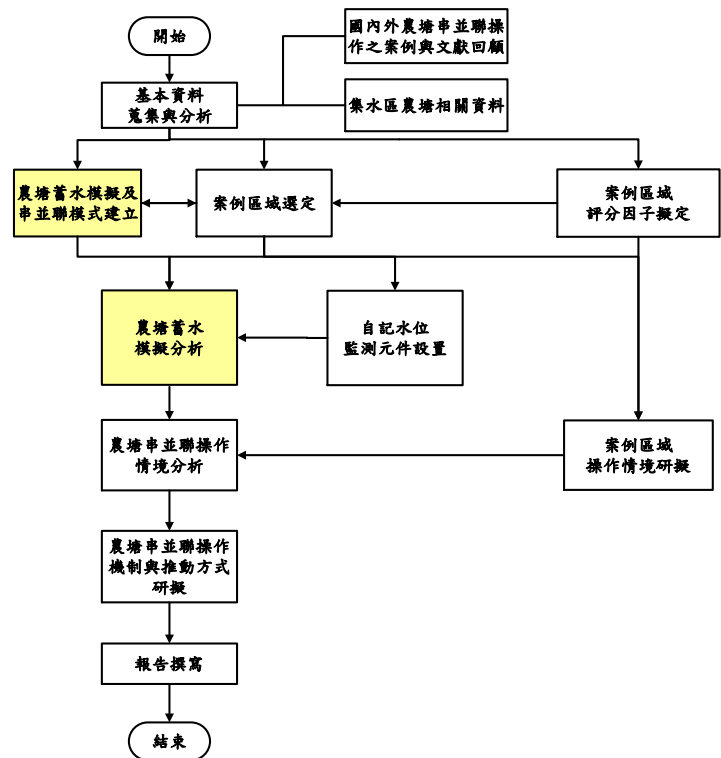


圖 1-2 工作架構圖(增補後)

表 1-1 預定與實際工作進度表

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
國內外農塘串並聯操作之案例與文獻回顧												
農塘蓄水模擬模式建立與分析												
區域(集水區)農塘蓄水模擬及串並聯情境分析												
區域(集水區)農塘串並聯操作機制研擬												
結果與討論												
累進總進度(%)	0	3	9	20	30	41	65	82	95	97	99	100

預定進度
 實際進度

表 1-2 工作項目與工作內容對應成果報告章節

工作項目	工作內容	佔比 (%)	報告章節
蒐集國內外農塘串並聯操作之案例與文獻回顧	1.蒐集國內外農塘串並聯操作之案例與文獻資料 2.彙整可能的操作方式及遭遇的問題。	5	第二章
農塘蓄水模擬模式建立與分析	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)農塘串並聯模式建立	30	第三章
區域(集水區)農塘串並聯操作情境分析	1.相關研究之情境資料蒐集分析。 2.案例區域之情境研擬。 3.區域(集水區)農塘串並聯操作情境分析。	30	1.第二章 2.第四章 3.第四章
研擬區域(集水區)農塘串並聯操作機制	研擬區域(集水區)農塘串並聯操作機制與推動方式	30	第五章
結果與討論	依據前述各項分析內容，於各章節進行結果與討論，並提出結論與建議。	5	第五章及第六章

第五節 預期之具體效益

本研究經由集水區農塘應用管路串並聯操作之研究，可提高水資源運用及蓄水的功能，進而強化滯洪防災的效益。包括：

1.經由集水區農塘蓄水模擬模式建立，以提供集水區農塘滯洪蓄

水分析，掌握農塘蓄水的功能，進而強化滯洪效益。

- 2.經由農塘串並聯操作推廣，可降低區域洪災損失，並可增加農塘蓄水量以供給灌溉，提高農民收益與經濟發展。

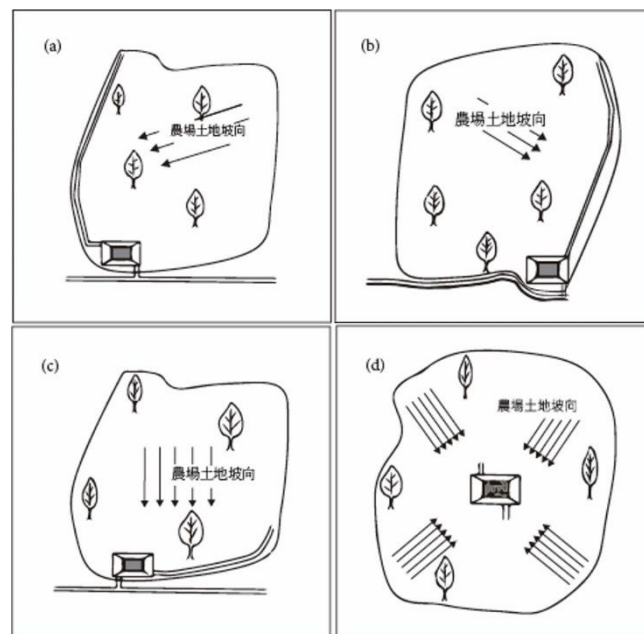
第二章 文獻回顧與資料蒐集

第一節 農塘的定義與分類

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。故農塘係以築堤或人工挖掘為池以供農業使用的蓄水設施。日本農林水產省(2020)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。

Reddy(2012)指農塘是具有一定形狀和大小的開挖式結構，具有適當的進出水結構。農塘通常於農場區域(集水區)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。Reddy (2012)並依農場區域(集水區)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 農場區域(集水區)坡地流向與農塘設置位置示意

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。

台灣地區利用農塘蓄水以供灌溉，始於漢人大量渡台後，為獲得人類生存所需糧食供給，進行土地開拓以種植作物。唯作物生長需要適時適量的水分補給，當降雨量無法滿足作物所需水量時，農田灌溉就成為當時的要務。先民為解決灌溉需求，在地勢低窪之處，修築土堤攔截河水引入農塘，以積蓄雨水、儲存豐水期水源，以資灌溉。

根據郭建志(2002)、林靜娟與郭建志(2003)、陳其澎(2003)等之農塘相關的研究：台灣農業發展的基礎奠定於農塘的灌溉系統的建置。農塘除了灌溉用途外，早期亦用來飼養魚蝦而且是農家生計的核心。時至今日，農塘亦提供養殖、休閒、觀光的功能。方偉達(2009)認為農塘提供生產、生活、生態三生共榮共存的功能。此外，Riya (2020)指區域中大量農塘的建造在防洪上也發揮關鍵的作用。

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：

簡傳彬(2017)、行政院農業委員會農田水利處(2006)、馮正一與劉怡安(2007)、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如表2-1。除前二類外，尚有半挖半堤式農塘及複式農塘。故農塘的分類，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。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。而農塘的設計依水土保持技術規範第56條規定(行政院農業委員會，2020)，農塘之設計得配合周邊環境，採自然、混凝土減量方式，有淹水之虞地區在環境容許下宜擴大其滯洪容積。其規劃設計原則包括：

- (1)出水口斷面應足以宣洩最大進水量。
- (2)出水口應加設防止堵塞之半球型、弧型或其他立體型式攔污設施。
- (3)堤岸出水高在0.4~1公尺，於用地許可下，堤面坡度（內、外側）宜緩於1：1.5，並以植草護坡為原則。
- (4)若考量蓄水或安全因素，蓄水範圍周界宜採用適當之防滲漏處理。

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)。其附屬工程包括排砂閘、便橋等。其中排砂閘為鋼鐵及其他金屬組合而成，含有捲揚機座、螺桿、排砂門等(簡傳彬，2017)。

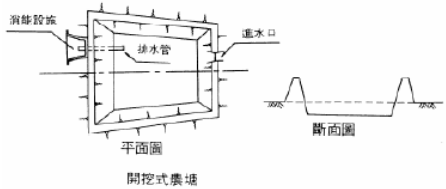
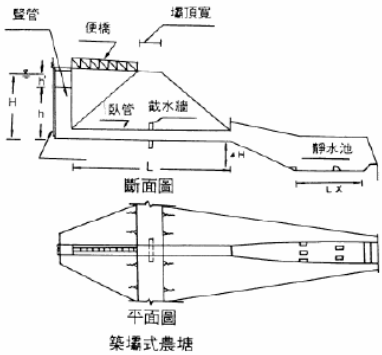
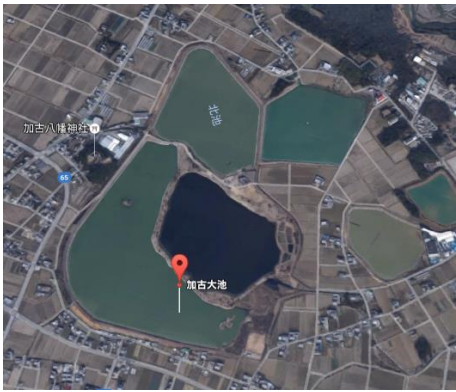
3.半挖半堤式農塘

桃園地區農塘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。

表 2-1 開挖式與築壩式農塘示意圖與其照片

農塘的分類	開挖式農塘	築壩式農塘
平面及斷面 示意圖		
全景圖		

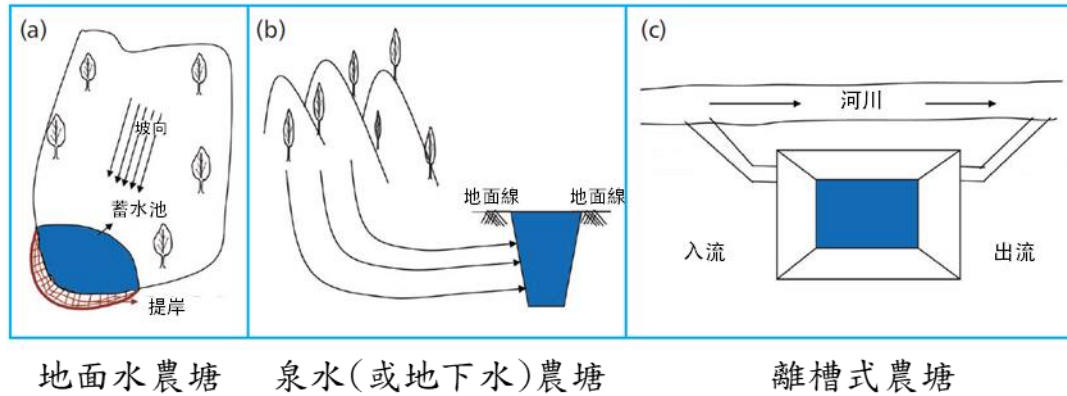
資料來源：1.行政院農業委員會農田水利處，2006。

2.馮正一、劉怡安，2007。

3.簡傳彬，2017。

(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」。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)。

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，說明如下：

1.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。此類滯洪農塘建議水土保持局優先納入公共工程辦理。滯洪農塘改善包括：農塘岸邊以緩坡（1： ≥ 1.5 ）植草、減少各項設施混凝土用量及加大滯洪容積為原則辦理。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。

2.一般農塘：

一般農塘係指小規模、不具公益性、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，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。並於107年10月5日奉行政院農業委員會核准於「行政院農業委員會主管計畫補助基準」主辦項目中，增訂「0118滯洪、灌溉用挖式農塘」補助項目。期望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。

三、農塘的功能

農塘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。

可分為生產、生活及生態三個面向。包括提供農業用水以供生產；提供滯洪、休閒、遊憩的安全與舒適之生活空間；以及改進生態環境。依中華民國景觀學會（2005）研究，農塘的功能可分為農業生產、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。

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，同時在防洪上也發揮關鍵的作用。

黃浩琹(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。

前述黃浩琹(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)。Alastair, 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，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。

第二節 國內外農塘活化或串並聯相關文獻

本研究已蒐集國內外農塘活化或串並聯相關文獻，針對國內農塘活化或串並聯相關文獻，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等三部分進行探討。

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：

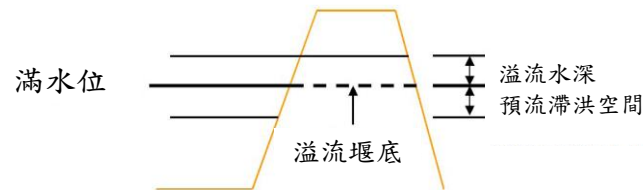
- (一) 苗栗地區農塘盤點調查及水資源利用(財團法人農業工程研究中心，2016 a)：該計畫係透過農塘調查，找出苗栗地區農塘消失的主要原因，進而活化農塘，讓苗栗地區農塘恢復或提高農塘的滯洪、蓄水的功能。該計畫針對汶水溪、小南勢溪、象鼻嘴、後龍溪上游、鯉魚潭及老莊溪等集水區。選擇123口農塘，進行清淤、堤岸整建等活化農塘等策略方法。可將123口農塘之可蓄水量由86,694立方公尺，提高至173,067立方公尺(約增加86,373立方公尺，99.6%)。
- (二) 中苗地區重要水庫集水區農塘保水優化及農塘活化計畫(逢甲大學，2017)：該計畫係透過衛星影像判釋、國土利用調查、水土保持局歷年工程及現勘，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：

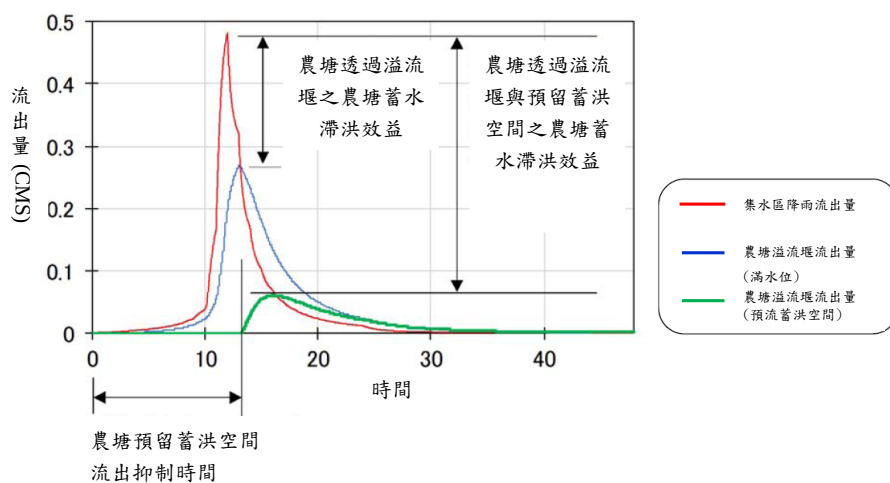
「滯洪設施係指具有降低洪峰流量、遲滯洪峰到達時間或增加入滲等功能之設施。滯洪設施包括滯洪壩、滯洪池等」。「永久性滯洪設施不得變更為其他用途，但在不影響其滯洪功能之情形下，得依實際需要作多目標用途」。並就規劃設計予以規範，在第96條亦明列滯洪設施的滯洪量估算公式。故農塘如改善為滯洪設施時，可參考此規範作安全上的考量。

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(第二章第二節第一小節)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。

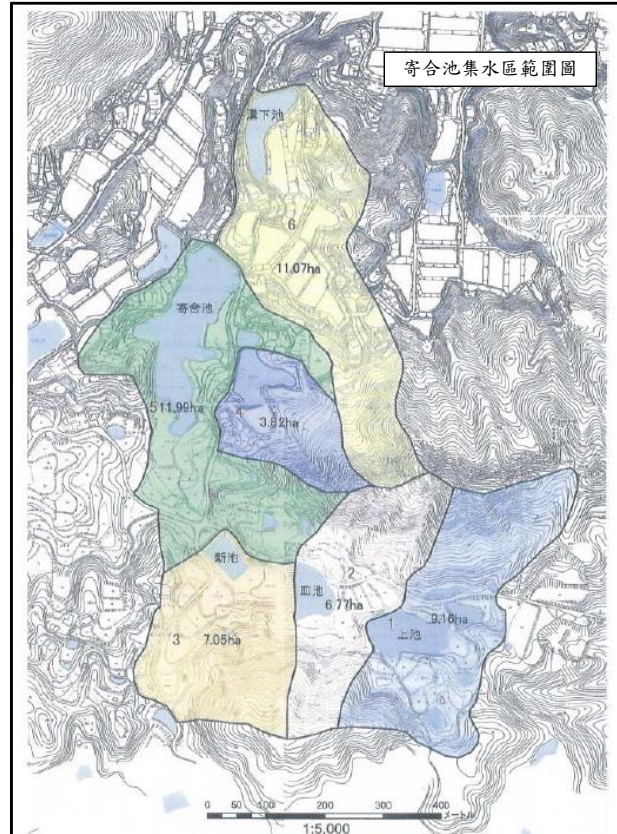
吳祚任、簡傳彬、黃寄萍(1995)，進行水庫及池塘灌溉系統灌溉配水模式之研究，另在農塘多元水源條件下，簡傳彬、方文村及陳淑貞(2006)進行「水庫與埤塘水資源聯合調配研究-以桃園大圳八支線灌區為例」，簡傳彬、方文村及陳淑貞(2007)「網流法應用於桃園地區埤塘聯合營運之研究」，探討水庫不同供水條件下，農塘的營運，以因應氣候變遷下，降雨條件改變所造成水資源條件的變化。

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($W \times H = 100$ 公分 $\times 60$ 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。

第三節 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因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

洪佳瑩 (2006) 以桃園地區農塘進行研究，該研究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。模式方面是採用Vensim 系統動力模式來分析農塘之蓄水量變化。利用滯洪量推估、最大可滯洪量估算與最大可滯洪量所對應之降雨重現期分析對農塘之滯洪效益進行評估。

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。

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。前述研究採用系統動力模式探討在不同的降雨量、大圳取水量及埤塘及埤塘蓄留水量之條件下，對桃園大圳與桃園各支線排水及埤塘蓄水操作分析探討，以獲得在不影響區域排水功能條件下，提高降雨利用率之操作機制。

系統動力學主要目的為顯示系統動態行為隨時間改變之特性，雖具有預測功能，但目的只是要顯示系統與時間之連動性。系統動力學在解決問題方面有它一定的步驟，說明如下：

(1)確定問題：此步驟包含兩個主題，第一為決定問題，了

解需要解決的問題後，方能架構所應對應的系統。第二為系統之描述，必須蒐集系統各方面資料，才能知道系統內各因素間之關係，並且觀察系統行為，以擬定政策、時間延滯和其他因素。

(2)模式建置：獲得資訊流與實體流之資料後，配合數學模式以建構完整系統。

(3)初始模擬：為確定模式之適用性，在情境模擬前需先進初始模擬，以確定模擬結果之正確性。

(4)參數檢定：將模擬結果與觀測結果相比較，若不符合所觀測之結果，則需探討模擬結構的正確性，將結構修改，使其能更符合真實系統狀況。

(5)情境模擬：經由前述架構建置、模擬、參數檢定之步驟，模式將實際應用情境分析供決策參考。

前述研究所使用 VENSIM 軟體為系統動力學的應用軟體之一，其主要有三個基本元件分別為：

(1)儲存元件(level)：亦稱積量，表示系統內某元件的儲存量，即某元件在某一時刻的量體狀況，例如：田間蓄水量。以數學之觀點來看，則有積分之意。

(2)流量元件(rate)：亦稱率量，單位時間內流入或流出元件的流量，例如單位降雨逕流量。以數學之觀點來看，則有微分之意。

(3)助動元件(Auxiliary)：主要功能是用以輔助描述流量元件與儲存元件間之關係，促使系統結構更加清晰，另一功能是用以當作測試值或是測試函數，將之帶入系

統，以測試不同政策或情境來觀察系統之行為。

以圖 2-6 說明系統動力模式各元件之間的相互關係，將系統動力模式內各元件輸入相關參數與數學式後，即為一系統動力模型，藉由此模型將可進行不同策略組合的情境模擬。

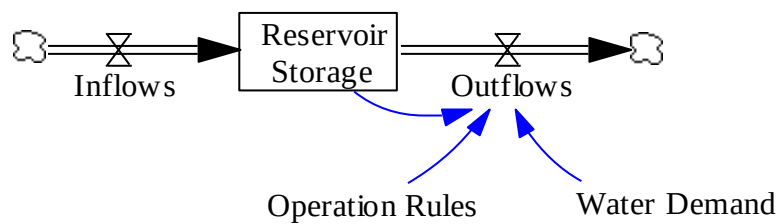


圖 2-6 系統動力模型元件示意圖

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

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)，建立集水區降雨逕流分析模型。

降雨—逕流簡單來說為降雨至地面後所造成的逕流，但過程其實相當複雜且不易分析，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，亦即所謂的「黑盒分析」。

美國陸軍工程兵團認為小集水區的模擬分析，可以將一

些水文過程簡化或集塊處理成為簡單的組件，即水文模式系統只需要計算降雨量、逕流體積、直接逕流(漫地流及中間流)、基流量及渠道演算即可得到集水區流量。HEC-HMS 主要可分為降雨-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。

(1)系統的建立

水量模式之計算，從集水區上游的開始，至集水區出口口結束。模式建構之控制點及用水點可包括農塘、農業灌區、其他用水標的等。本工作項目除了以區域內現有的農塘取水設施界定為模擬模式之控制點及用水點之外，另考量將串並聯之可利用農塘視其為一個”虛擬”水庫(dummy reservoir)，其主要目的為蓄存多餘可利用水源的餘水，以增供用水調節之利用。因此本模擬模式供水系統，將構成為一個串並聯型農塘之區域聯合供水系統，以提供農業用水之需水及滯洪之目標。

(2)系統平衡方程式

水平衡方程式設計，常直接採農塘配水量為模式運算之基礎資料，以區域內現有控制點及用水點，及擬規劃利用之可利用農塘（虛擬水庫），作為分析之主要準則。

A.需水點(灌區)用水量平衡分析。

B.農塘儲水及供水量變化分析。

C.系統限制條件：

a.農塘之指定年初及年末儲水。

b.農塘之蓄水容量限制。

c.渠道容量限制。

d.操作期距：本研究以10分鐘為操作期距。

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：

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

而其中

而 A 、 B 、 C 、 G 、 H 參數分別為：

$$A = \left(\frac{P}{-189.96 + 0.31P} \right)^2 ;$$

$$B = 55 ;$$

$$C = \left(\frac{P}{-381.71 + 1.45P} \right)^2 ;$$

$$G = \left(\frac{P}{42.89 + 1.33P} \right)^2 ;$$

$$H = \left(\frac{P}{-65.33 + 1.836P} \right)^2 \text{ 及}$$

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

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:

$$Q_p = \frac{1}{360} CIA \quad (2-2)$$

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2-7。

(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2-8。

綜合前述農塘操作方案，本研究建議可進行先期降低水位及汛期低水位管理進行滯洪操作。

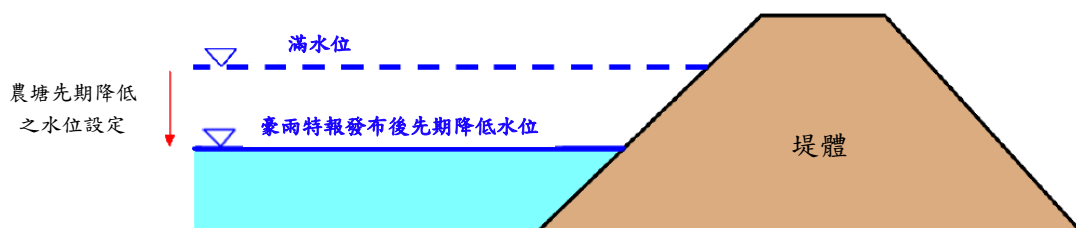


圖 2-7 農塘先期降低水位之水位示意

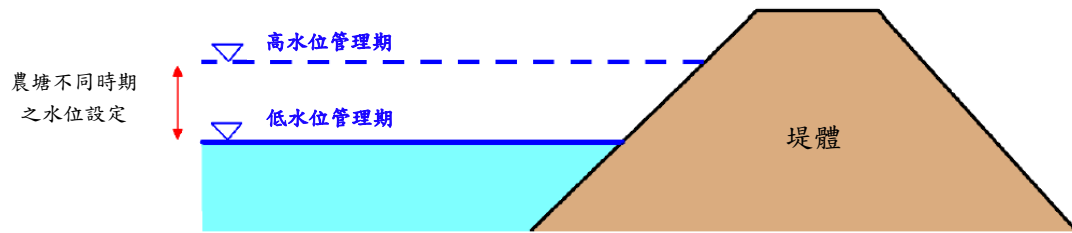


圖 2-8 農塘不同時期水位管理之水位示意

第四節 研究區域前期計畫成果

本研究已於第二節就所蒐集之國內外農塘活化或串並聯相關文獻進行說明。為期達到本計畫之目標，本節將對研究區域(苗栗地區)之前期計畫成果做進一步之詳細說明，並區分為：農塘改善以增加蓄水空間、農塘改善以增加滯洪量、農塘串並聯與聯合營運等三部分進行探討。

一、農塘改善以增加蓄水空間

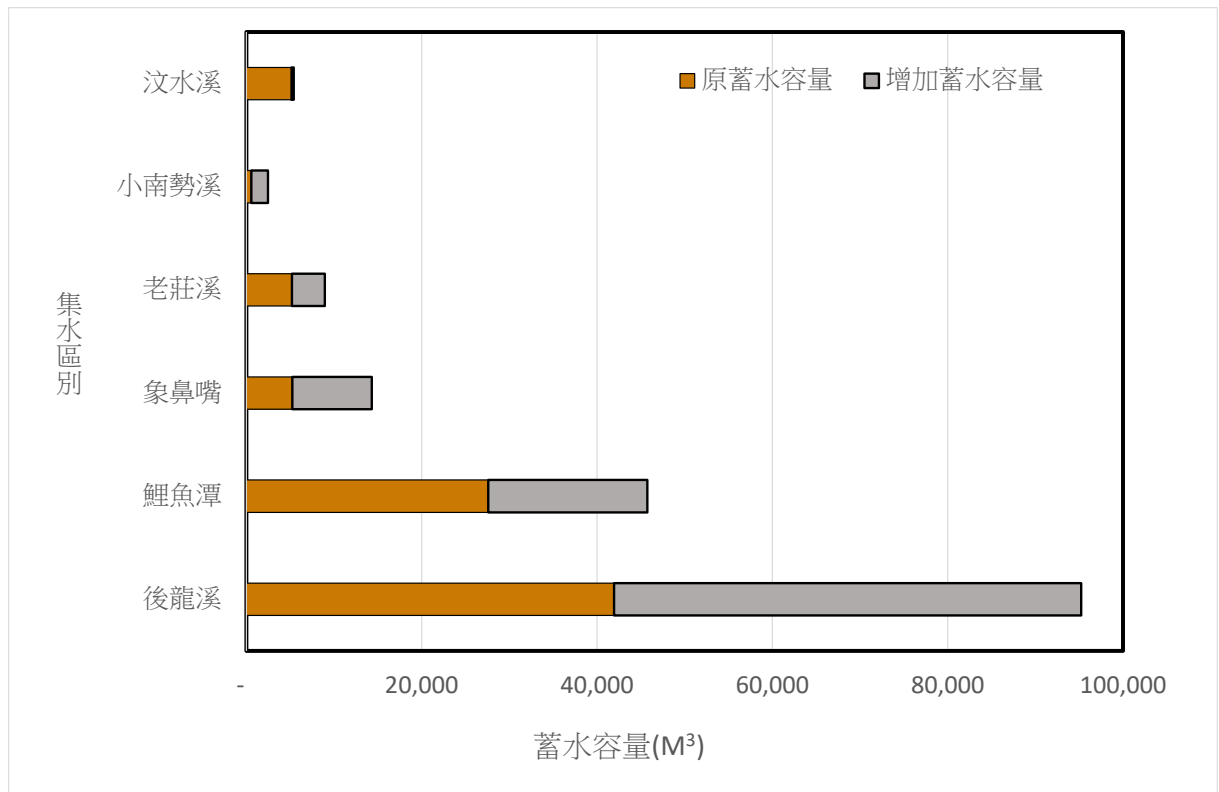
苗栗地區農塘改善以增加蓄水空間之規劃，包括：

(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，2016a)：

該計畫於民國105年經由影像判釋與分析，再結合溜地目資料、95~105年農塘工程點位資料研判，結果顯示：農塘數量(含已消失)約為1,539口(財團法人農業工程研究中心，2016a)。其後於民國106年配合現地調查結果顯示：苗栗地區農塘總數(含已消失)約為1,667座。

該計畫再選擇於鯉魚潭、老莊溪、象鼻嘴、小南勢、後龍溪上游、汶水溪等子集水區共123口農塘)進行現地細部調查。以提出短中長期治理計畫建議，其中短期治理計畫建議：以盤點調查

之農塘中，目前可正常運作，透過清淤即可提高蓄水能力之農塘為短期目標，以搶救消失之農塘；中期治理計畫建議：以集水區為單元，串並聯其他可正常運作之農塘及目前淤滿但需藉由清淤及其他附屬設施治理以恢復蓄水能力之農塘列為中期目標。統計6個集水區可增加之蓄水量如圖2-9。以鯉魚潭及後龍溪上游集水區為例，該計畫就在未考量地主意願下之農塘清淤排序結果如表2-2及2-3(財團法人農業工程研究中心，2016a)。表中區分為可行性因子與蓄水量因子，各配分10分；可行性因子再區分為清淤可行性及交通可行性各配5分。其中清淤可行性(配分最高為5分)係指在不改變進出水口高程下，依據現場判斷是否有清淤之可行性，如農塘現況有淤積，且可進行清淤則為5分，如無法清淤或不需清淤則為1分。交通可行性(配分最高為5分)，係指農塘與道路的關係，如農塘位於主要幹道旁為5分，農路(車輛可通行)旁為3分，其餘為1分。蓄水量因子以集水區為單元，該集水區農塘可增加蓄水量最大為10分，最低為1分，中間依線性比例計算。



資料來源：財團法人農業工程研究中心，2016a。

圖 2-9 苗栗地區 6 個集水區農塘清淤改善可增加之蓄水量

表 2-2 鯉魚潭集水區農塘清淤排序(一)

塘苗編碼	清淤可行性	交通可行性	可行性因子合計	治理後新增蓄水量 (m³)	蓄水量因子	總計	排序
鯉潭 039	5	3	8	4,000	10.00	18.00	1
鯉潭 002	5	5	10	2,000	5.50	15.50	2
鯉潭 017	5	3	8	2,400	6.40	14.40	3
鯉潭 022	5	5	10	1,500	4.37	14.37	4
鯉潭 001	5	5	10	1,000	3.25	13.25	5
鯉潭 006	5	3	8	1,600	4.60	12.60	6
鯉潭 019	5	5	10	600	2.35	12.35	7
鯉潭 030	5	3	8	900	3.02	11.02	8
鯉潭 040	5	3	8	800	2.80	10.80	9
鯉潭 028	5	3	8	700	2.57	10.57	10

資料來源：財團法人農業工程研究中心，2016a。

表 2-3 後龍溪上游集水區農塘清淤排序(一)

塘苗編碼	清淤可行性	交通可行性	可行性因子合計	治理後新增蓄水量(m ³)	蓄水量因子	總計	排序
後龍 028	5	3	8	22,000	10.00	18.00	1
後龍 029	5	3	8	9,000	4.68	12.68	2
後龍 007	5	5	10	3,000	2.23	12.23	3
後龍 008	5	5	10	2,500	2.02	12.02	4
後龍 006	5	5	10	2,000	1.82	11.82	5
後龍 024	5	5	10	1,000	1.41	11.41	6
後龍 001	5	3	8	1,800	1.74	9.74	7
後龍 015	5	3	8	1,500	1.61	9.61	8
後龍 030	5	3	8	1,500	1.61	9.61	9
後龍 013	5	3	8	1,200	1.49	9.49	10

資料來源：財團法人農業工程研究中心，2016a。

(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)：

該計畫選擇永和山水庫集水區(11 口)、明德水庫集水區(103 口)、鯉魚潭及周邊集水區(176 口)、西湖溪集水區(165 口)、中港溪集水區(51 口)等計 500 口農塘進行細部調查(該計畫範圍包括台中地區，唯本計畫僅針對苗栗地區，故台中地區資料未列入)。經由農塘清淤、活化所增加蓄水空間分述如下：

1. 苗栗永和山水庫集水區

該計畫針對 1 口農塘(永和山水庫 002)進行農塘改善規劃，規劃後農塘總蓄水容積增加 1,181 立方公尺(約增加 71%)。

2. 苗栗明德水庫集水區

清淤工程計 11 口農塘(明德水庫 015、017、024、026、083、089、091、092、097、099、102)，清淤後 11 口農塘總蓄水容積增加 3,335 立方公尺(約增加 91%)。

3. 苗栗鯉魚潭水庫及周邊集水區

清淤工程計 17 口農塘(鯉魚潭 005、014、023、024、047、076、090、091、105、113、127、137、148、151、168、171、174)，清淤後 17 口農塘總蓄水容積增加 7,215 立方公尺(約增加 41%)。另逢甲大學(2017)之鯉魚潭農塘編號包括：苗栗鯉魚潭水庫及周邊集水區，與前述財團法人農業工程研究中心(2016a)之農塘編號不同。

4. 苗栗西湖溪集水區

清淤工程計 27 口農塘(西湖溪 007、011、012、015、040、043、051、053、083、085、093、094、097、099、109、122、135、139、140、148、152、154、156、158、159、160、162)，清淤後 27 口農塘總蓄水容積增加 12,876 立方公尺(約增加 43%)。

5. 苗栗中港溪集水區

清淤工程計 8 口農塘(中港溪 001、007、008、015、021、022、035、051)，清淤後 8 口農塘總蓄水容積增加 4,409 立方公尺(約增加 75%)。

(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)：

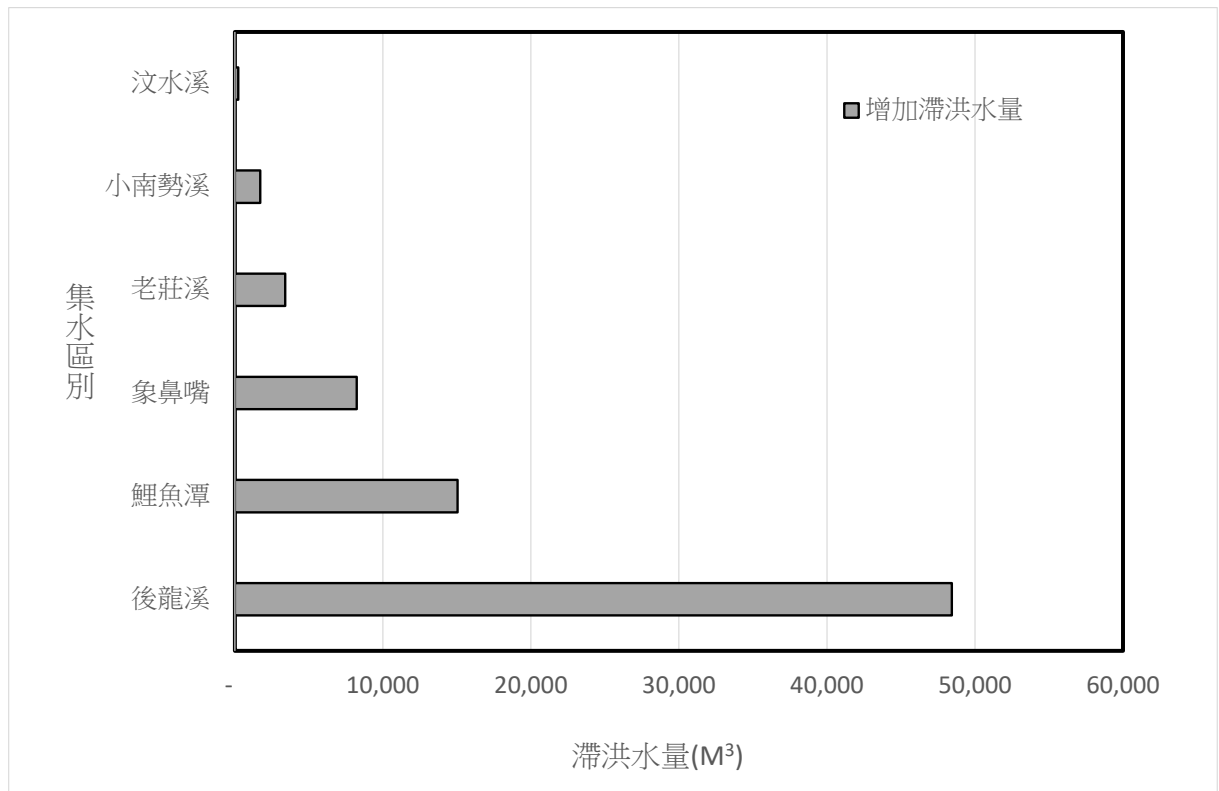
該計畫以中港溪集水區為計畫範圍，辦理農塘細部調查約計 563 口，並依水土保持局滯洪對策，區分為滯洪農塘(260 口)及一般農塘(303 口)兩類。經依水土保持局所率定之水資源利用評估法，分析結果：中港溪集水區農塘蓄水量約 100 萬立方公尺，分別可灌溉旱作 812 公頃或水稻 132 公頃。並選擇以中港溪集水區頭份市流東里張厝地區、老崎地區及三灣鄉北埔村及三灣鄉大河村大河公農塘等四處，提出活化方案。其中大河公農塘主要進行清淤以增加庫容，農塘總蓄水容積由 84,308 立方公尺增加至 120,000 立方公尺（約增加 35,692 立方公尺，42.3%）。其餘三處活化方案為農塘串並聯方案，於本章第四節第三小節說明。

二、農塘改善以增加滯洪量

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)透過農塘調查，找出苗栗地區農塘消失的主要原因，進而活化農塘以提高農塘的滯洪功能。除前述透過清淤以提高農塘蓄水能力(第二章第二節第一小節)外，亦增加農塘之滯洪空間。統計6個集水區可增加之蓄水量如圖2-10。以鯉魚潭集水區為例，該計畫在未考量地主意願下之農塘清淤排序結果如表2-4，後龍溪上游集水區之農塘清淤排序結果如表2-5(財團法人農業工程研究中心，2016a)。



資料來源：財團法人農業工程研究中心，2016a。

圖 2-10 苗粟地區 6 個集水區農塘清淤改善可增加之滯洪量

表 2-4 鯉魚潭集水區農塘清淤排序(二)

塘苗編碼	清淤可行性	交通可行性	可行性因子合計	治理後新增蓄水量 (m ³)	蓄水量因子	治理後新增滯洪量 (m ³)	滯洪量因子	總計	排序
鯉潭 039	5	3	8	4000	10.00	3636	10.00	28.00	1
鯉潭 002	5	5	10	2000	5.50	1818	5.50	21.00	2
鯉潭 017	5	3	8	2400	6.40	2182	6.40	20.80	3
鯉潭 022	5	5	10	1500	4.37	1364	4.37	18.75	4
鯉潭 006	5	3	8	1600	4.60	1455	4.60	17.20	5
鯉潭 001	5	5	10	1000	3.25	909	3.25	16.50	6
鯉潭 019	5	5	10	600	2.35	545	2.35	14.69	7
鯉潭 030	5	3	8	900	3.02	818	3.02	14.05	8
鯉潭 040	5	3	8	800	2.80	727	2.80	13.60	9
鯉潭 028	5	3	8	700	2.57	636	2.57	13.15	10

資料來源：財團法人農業工程研究中心，2016a。

表 2-5 後龍溪上游集水區農塘清淤排序(二)

塘苗編碼	清淤可行性	交通可行性	可行性因子合計	治理後新增蓄水量(m ³)	蓄水量因子	治理後新增滯洪量(m ³)	滯洪量因子	總計	排序
後龍 028	5	3	8	22,000	10.00	20,000	10.00	28.00	1
後龍 029	5	3	8	9,000	4.68	8,181	4.68	17.36	2
後龍 007	5	5	10	3,000	2.23	2,727	2.23	14.45	3
後龍 008	5	5	10	2,500	2.02	2,272	2.02	14.04	4
後龍 006	5	5	10	2,000	1.82	1,818	1.82	13.64	5
後龍 024	5	5	10	1,000	1.41	909	1.41	12.82	6
後龍 001	5	3	8	1,800	1.74	1,636	1.74	11.47	7
後龍 015	5	3	8	1,500	1.61	1,364	1.61	11.23	8
後龍 030	5	3	8	1,500	1.61	1,364	1.61	11.23	9
後龍 013	5	3	8	1,200	1.49	1,091	1.49	10.98	10

資料來源：財團法人農業工程研究中心，2016a。

(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)：

經由農塘清淤、活化所增加滯洪空間分述如下：

1. 苗栗永和山水庫集水區

該計畫針對 1 口農塘(永和山水庫 002)進行農塘改善規劃，規劃後農塘總蓄水容積增加 1,181 立方公尺(約增加 71%)。總滯洪容量增加 354 立方公尺(約增加 38%)；總因砂量每年增加 26 立方公尺(約增加 28%)。

2. 苗栗明德水庫集水區

清淤工程計 11 口農塘(明德水庫 015、017、024、026、083、089、091、092、097、099、102)，清淤後 11 口農塘總

蓄水容積增加 3,335 立方公尺 (約增加 91%)。清淤後 11 口農塘滯洪總容量增加 1,000 立方公尺, (約增加 129%); 清淤後 11 口農塘總因砂量增加每年 100 立方公尺(約增加 52%)。

3. 苗栗鯉魚潭水庫及周邊集水區

清淤工程計 17 口農塘(鯉魚潭 005、014、023、024、047、076、090、091、105、113、127、137、148、151、168、171、174), 清淤後 17 口農塘總蓄水容積增加 7,215 立方公尺 (約增加 41%)。清淤後 17 口農塘滯洪總容量增加 2,164 立方公尺 (約增加 17%); 清淤後 17 口農塘總因砂量增加每年 86 立方公尺 (約增加 23%)。

4. 苗栗西湖溪集水區

清淤工程計 27 口農塘(西湖溪 007、011、012、015、040、043、051、053、083、085、093、094、097、099、109、122、135、139、140、148、152、154、156、158、159、160、162), 清淤後 27 口農塘總蓄水容積增加 12,876 立方公尺 (約增加 43%)。清淤後 27 口農塘滯洪總容量增加 3,863 立方公尺(約增加 15%); 清淤後 27 口農塘總因砂量每年增加 110 立方公尺 (約增加 15%)。

5. 苗栗中港溪集水區

清淤工程計 8 口農塘(中港溪 001、007、008、015、021、022、035、051), 清淤後 8 口農塘總蓄水容積增加 4,409 立方公尺(約增加 75%)。清淤後 8 口農塘滯洪總容量增加 1,323 立方公尺 (約增加 78%); 清淤後 8 口農塘總因砂量每年增加 23 立方公尺 (約增加 21%)。

(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)：

該計畫以改善山坡坡地沖蝕及水資源保育為目標，規劃集水區水土資源保育及蓄水滯洪等處理措施，提高坡地綠覆保水功能，以兼顧土地合理永續利用及國土保育。

規劃區域以苗栗縣、台中市轄區內宜農牧地集中、農業生產顯著、具永續開發潛力區域者為選址原則，並以植生與營農環境、水資源管理、區域整體發展等三項指標評分後選擇苗栗縣西湖鄉湖東村及頭份市興隆里為規劃區域。

西湖鄉湖東村經分析結果：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，可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。頭份市興隆里採區域串並聯已於第二章第二節第三小節說明。

頭份市興隆里以農塘清淤、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，共規劃改善7口農塘，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) 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，可增加滯洪沉沙功能，並改善水質以供農用灌溉，恢復其防災及生產面功能。

三、農塘串並聯與聯合營運

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)：

該計畫進行西湖溪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，及引入智慧灌溉系統，可提升農業水資源利用率及提高農業生產效益。

(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)：

該計畫以改善山坡坡地沖蝕及水資源保育為目標，規劃集水區水土資源保育及蓄水滯洪等處理措施，提高坡地綠覆保水功能，以兼顧土地合理永續利用及國土保育。 規劃區域以苗栗縣、台中市轄區內宜農牧地集中、農業生產顯著、具永續開發潛力區域者為選址原則，並以植生與營農環境、水資源管理、區域整體發展等三項為評分指標，經評分後選擇苗栗縣西湖鄉湖東村及頭

份市興隆里為規劃區域。頭份市興隆里以農塘清淤、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，共規劃改善7口農塘，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）：

該計畫以中港溪集水區為計畫範圍，辦理農塘細部調查約計563口，並依水土保持局滯洪對策，區分為滯洪農塘(260口)及一般農塘(303口)兩類。經依水土保持局所率定之水資源利用評估法，分析結果：中港溪集水區農塘蓄水量約100萬立方公尺，分別可灌溉旱作812公頃或水稻132公頃。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等四處提出活化方案，其中三灣鄉大河村大河公農塘並未進行串並聯，其餘三處活化方案說明如下。

1.張厝地區：

以水資源利用型之營造方向，透過清淤及暗管工程配置，營造後上游農塘群之灌溉周轉率可分別從1.8降至1.2次，下游農塘群之灌溉周轉率可從3.0次降至2.4次，所增加之蓄洪體積可降低張厝地區下游易淹水區位(2.4公頃)約0.23公尺之淹水深度。

2.老崎地區：

以滯洪型農塘之營造方向，透過暗管工程達到水路串並聯效果，增加之蓄洪體積可降低張厝地區下游易淹水區位(4公頃)約0.17公尺之淹水深度。

3.三灣鄉北埔村：

強化農塘間之引水工程，重新活化鄰近農地，改善後農塘周轉率可從21次降至3.5次。

第五節 小結

農塘為農民蓄積雨水、引入河川部分河水或是攔截河水以供給農業灌溉之用，其效用如小型的水庫。於平時可以供給灌溉，亦可在豪雨或大雨時，適時的降低洪峰流量、淨化水質，間接達到生態保育之功能。

台灣目前多處農塘因社會環境變遷、農業產值降低，使得農塘功能需求降低。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，在農業灌溉用水需求降低下，如何因應氣候變遷下台灣所面臨的防災課題，鼓勵私人活化農塘，並進行農塘串並聯運用，提高農塘的灌溉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、串並聯的形式、串並聯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)滲流及農塘集水區降雨逕流(農塘集水區降雨逕流直接進入農塘)。

在苗栗地區農塘以河川或渠道入流及集水區集水(以下簡稱集水區集水)為主，如圖2-11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2-11所示。

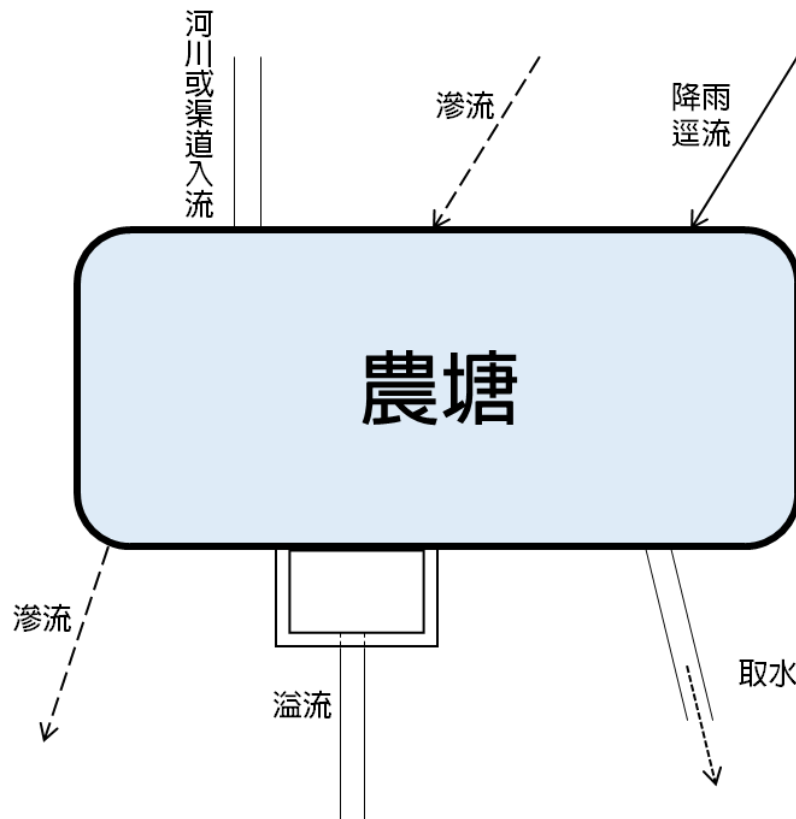


圖 2-11 農塘進出流的方式

二、農塘的串聯、並聯、串並聯操作之定義與問題

對農塘的串聯與並聯之定義，參考鍾侑達（2019）之研究，說明如下：

(一)串聯操作

農塘串聯操作方式如圖2-12所示，下游農塘需承受上游農塘集水之地表逕流。故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2-13所示，即各農塘分別遲滯各自集水區之地表逕流。故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，以管線會渠道進行串並聯。具有串聯及並聯之優點，如圖2-14所示。

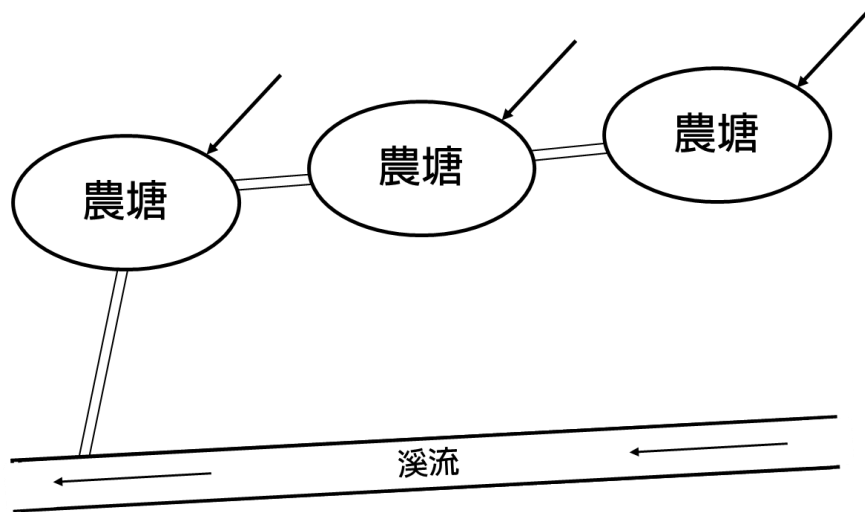


圖 2-12 農塘串聯示意

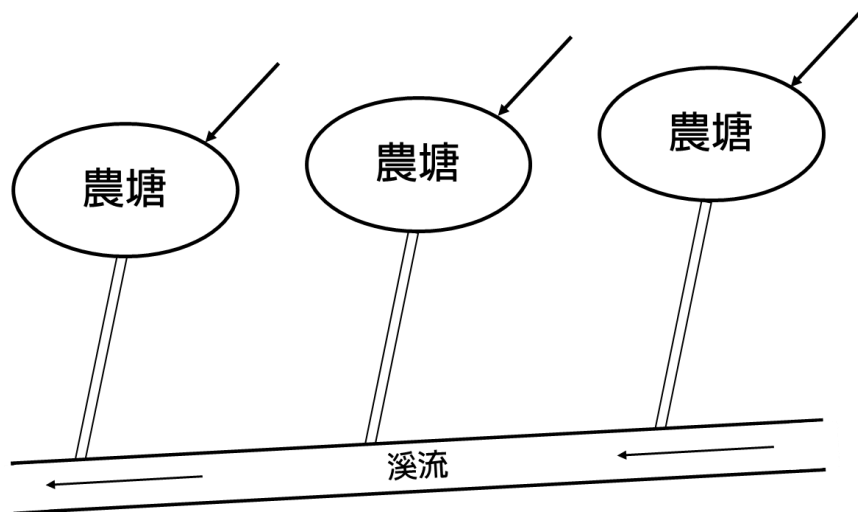


圖 2-13 農塘並聯示意

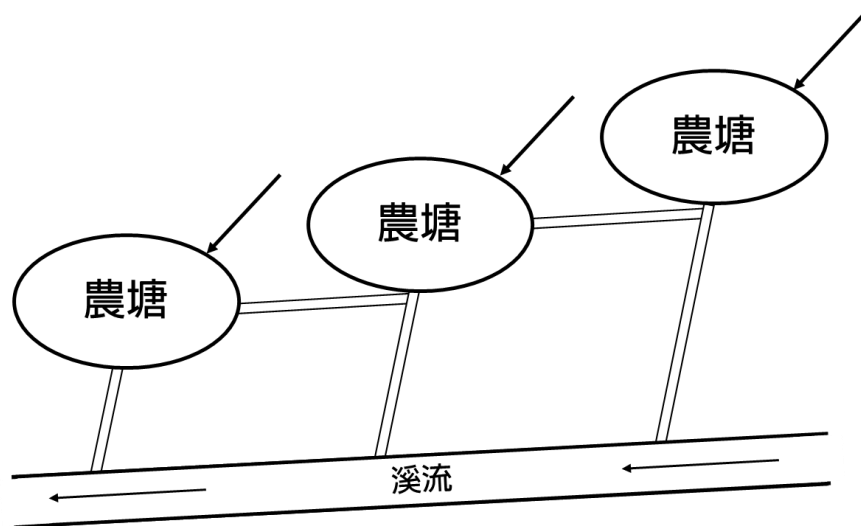


圖 2-14 農塘串並聯示意

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或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一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、串並聯運用策略

農塘串並聯營運策略，可依前述技術，進行運用時機與策略研擬，分述如下：

(一)固定管線串並聯

對於農塘間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

對於既有農塘間，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。

六、農塘操作可行性之點位與編號

綜合前述資料蒐集，苗栗地區農塘串並聯操作可行性之農塘，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) 後龍溪上游集水區之後龍006、007、008三口農塘。

(三) 鯉魚潭集水區之鯉潭039、鯉潭039A及鯉潭040。

前述三個農塘群之相關資訊詳如第三章。

七、本研究案例區農塘串並聯可能的操作方式

本研究案例區農塘串並聯可能的操作方式，考量農塘大都為私人所有，可能的操作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，如同水庫規限一樣，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。另不同的農塘串並聯方式，其效益將依農塘集水面積、蓄水容量及地形地勢，可能產生不同的效益。故本研究將建立模擬模式供不同串並聯方案之比較。

八、本研究案例區農塘串並聯運用可能的遭遇的問題

農塘串並聯實施需要管路進行農塘間之串並聯以及農塘進出水口的改善；此外農塘滯洪操作需要農塘管理人員配合。因此農塘串並聯運用可能的遭遇的問題，包括農塘所有權人、管理人之同意與串並聯管路之用地等問題。

考量農塘大都為私人所有，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。後續建議針對農塘串並聯擬訂獎勵辦法。

農塘串並聯獎勵辦法，建議可依據農塘串並聯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跟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 農塘蓄水模擬模式建立與分析

依據本研究之工作項目及工作架構(如圖1-1)。首先進行國內外相關文獻及資料蒐集(詳第二章中說明及分析)。本章將依前述第二章所蒐集之資料，進行區域農塘蓄水模擬及串並聯模式建立，其中串並聯模式建立併入第四章中進行說明。第三章工作架構如圖3-1所示。圖3-1中下方圓形之A及B，為接續第四章之工作程序，如圖1-1。圖3-1中將區分為：

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. 農塘蓄水模擬建立與分析4個單元。分述如下各節。

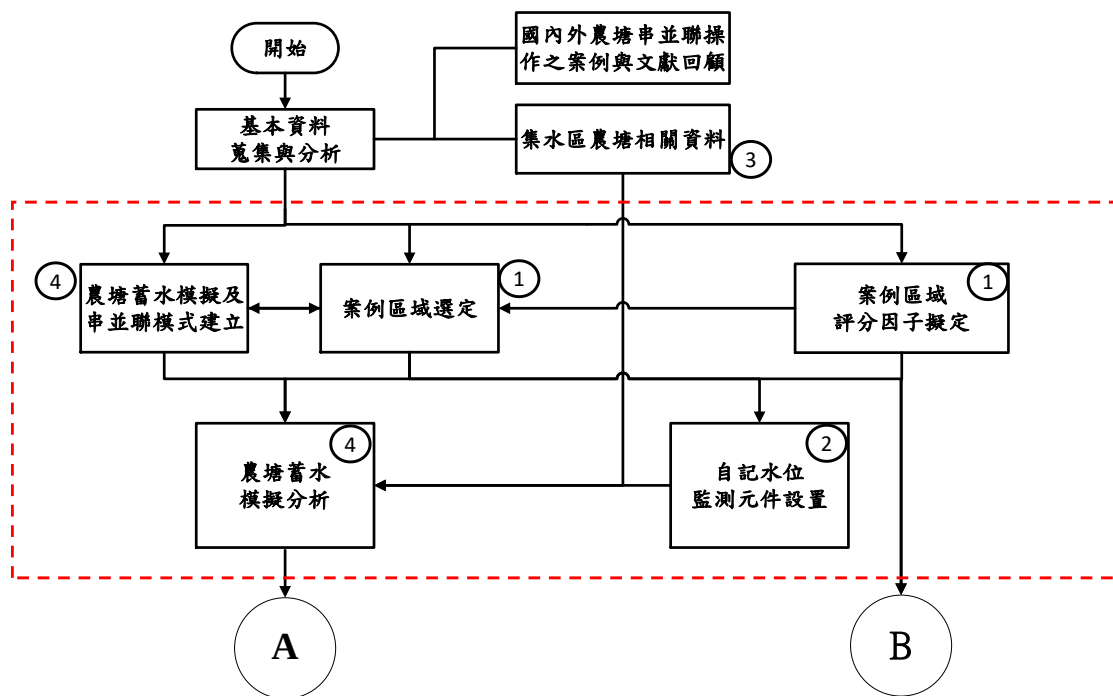


圖 3-1 農塘蓄水模擬及串並聯模式建立之工作架構

第一節 案例區域選定

本研究參考第二章之國內外相關文獻，包括水土保持局委辦或補助計畫中有關農塘串並聯案例評分因子，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。該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；本研究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。

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蓄水模擬及串並聯模式時，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)農塘蓄水模擬及串並聯模式建立時，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

依據第二章之國內外相關文獻，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，而農塘串並聯推廣亦需地主同意，因此將串並聯可行性、地主意願列為第二階段篩選條件。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。再依所擬定之評分分子，進行區域(集水區)農塘串並聯模式案例區域。其後於選定之子集水區

依串並聯可行性、地主意願選定水位計設置及農塘蓄水模擬及串並聯應用之農塘。

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)	◎
串並聯可行性		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)	○

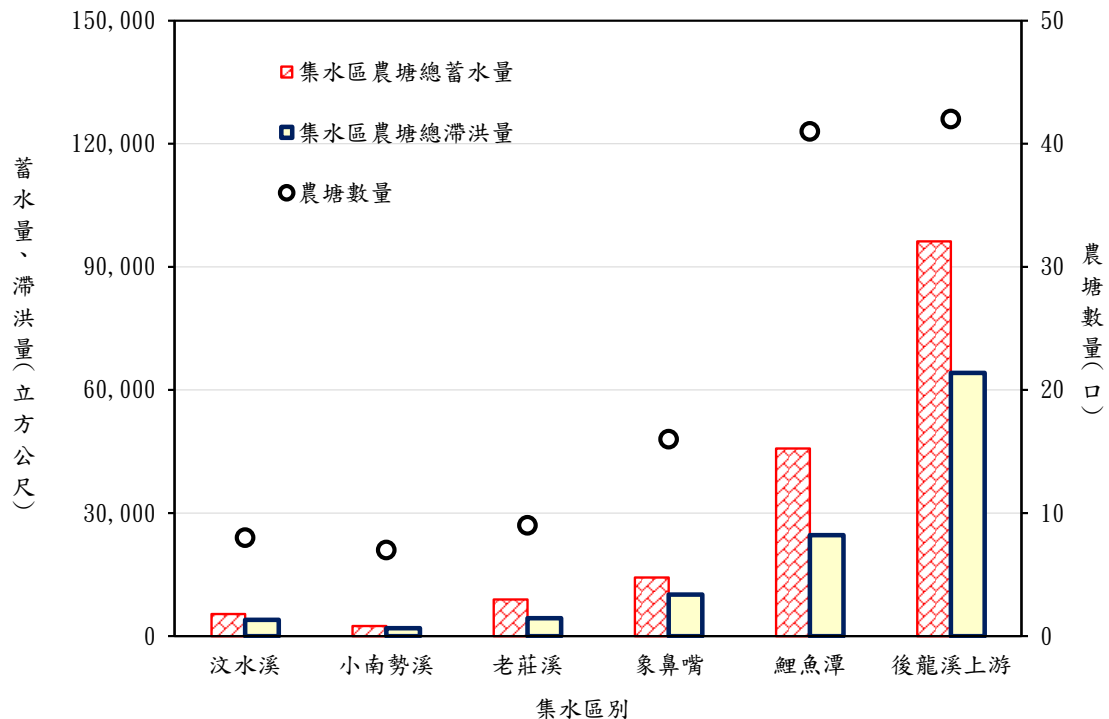
彙整苗栗地區前期農塘資料，財團法人農業工程研究中心(2016a)於苗栗地區進行123口農塘之現地調查成果，依據123口農塘所調查之滯洪量、蓄洪量，依集水區別統計如圖3-2。由圖3-2顯示：後龍溪上游及鯉魚潭集水區之總蓄水量及滯洪量為6個集水區的前2位。

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。

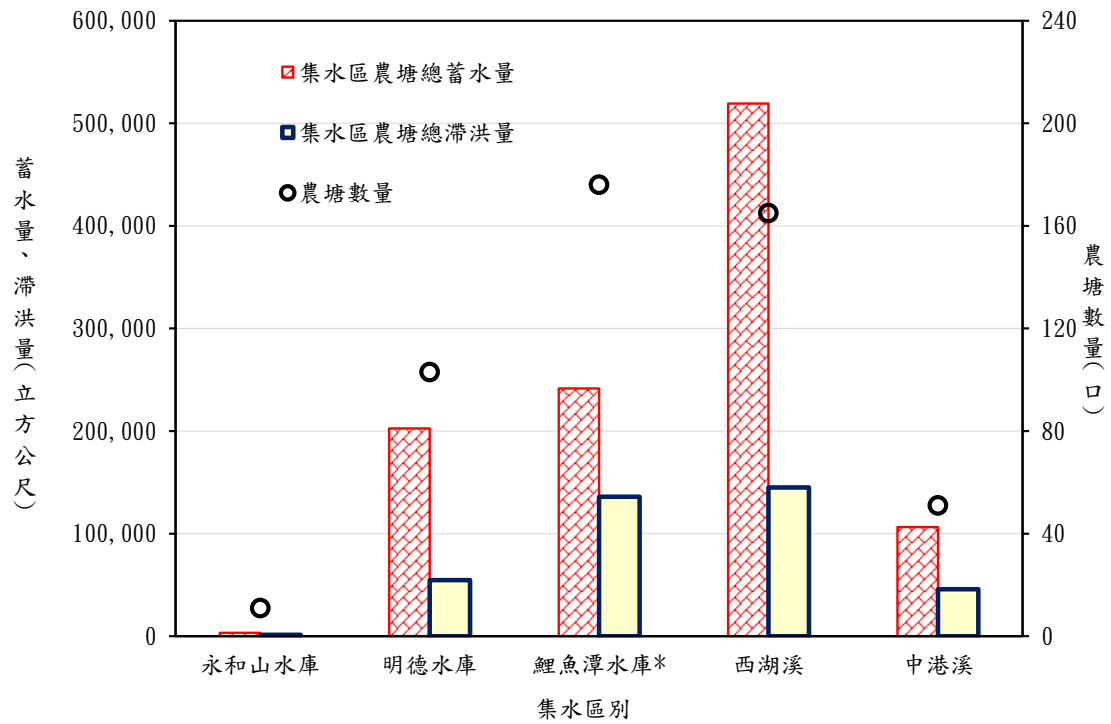
由圖3-4顯示：後龍溪上游之單位農塘蓄水量及滯洪量為6個集水區之首。鯉魚潭集水區之單位農塘蓄水量排第二名。

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。



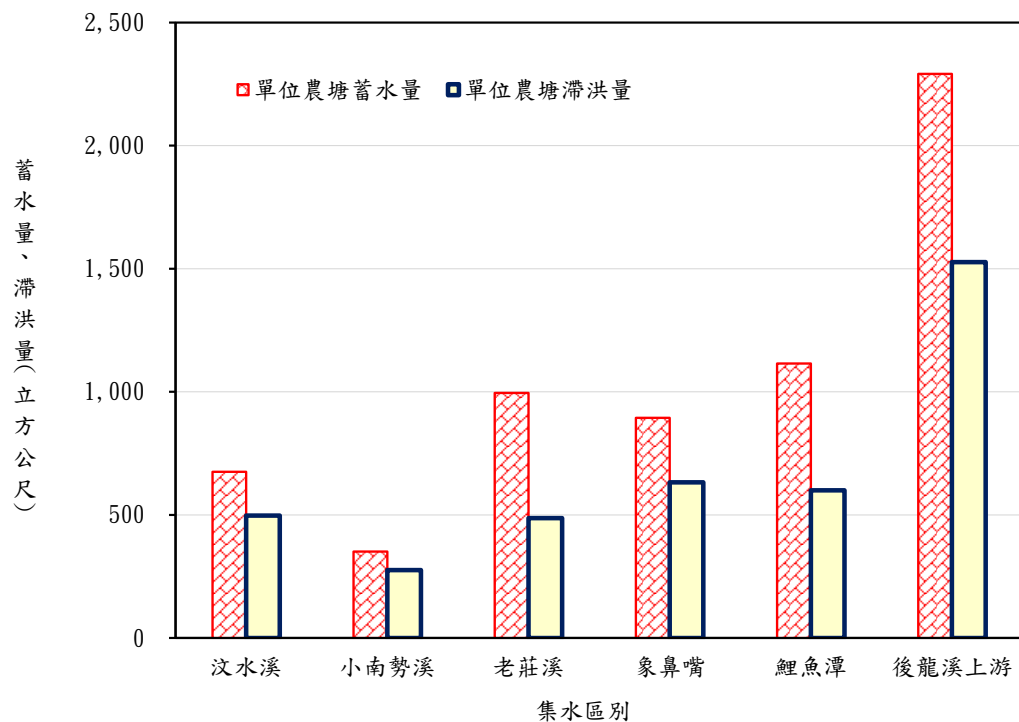
資料來源：財團法人農業工程研究中心(2016a)，本計畫繪圖。

圖 3-2 農塘調查總蓄水量、滯洪量比較(一)



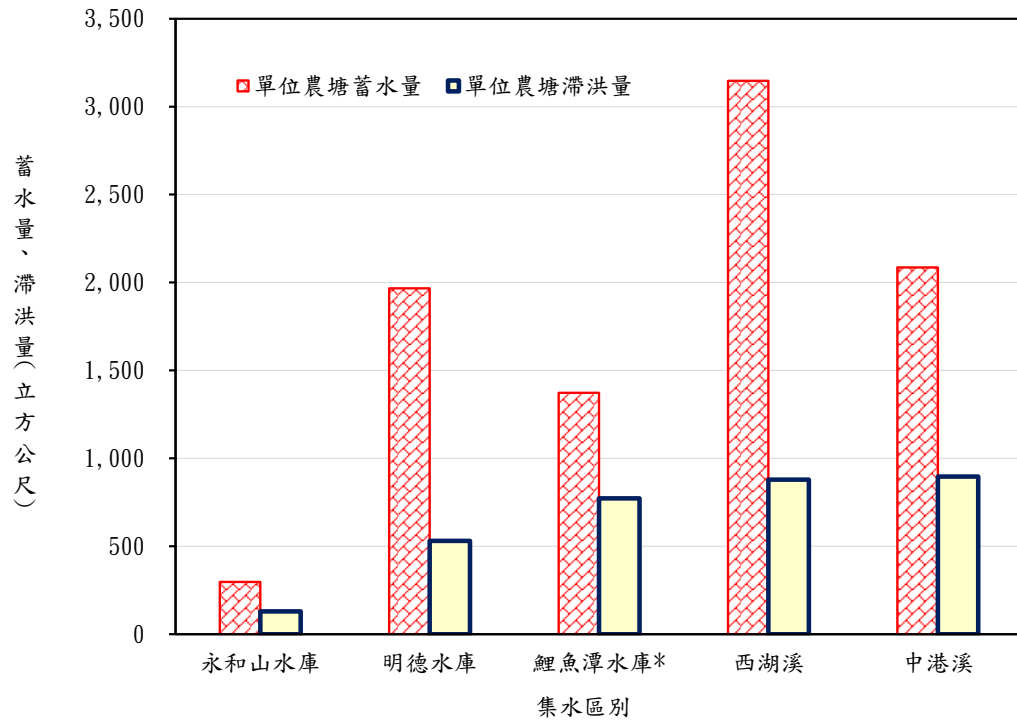
資料來源：逢甲大學(2017)，本計畫繪圖。

圖 3-3 農塘調查總蓄水量、滯洪量比較(二)



資料來源：本計畫分析繪圖。

圖 3-4 農塘調查單位蓄水量、滯洪量比較(一)



資料來源：本計畫分析繪圖。

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。

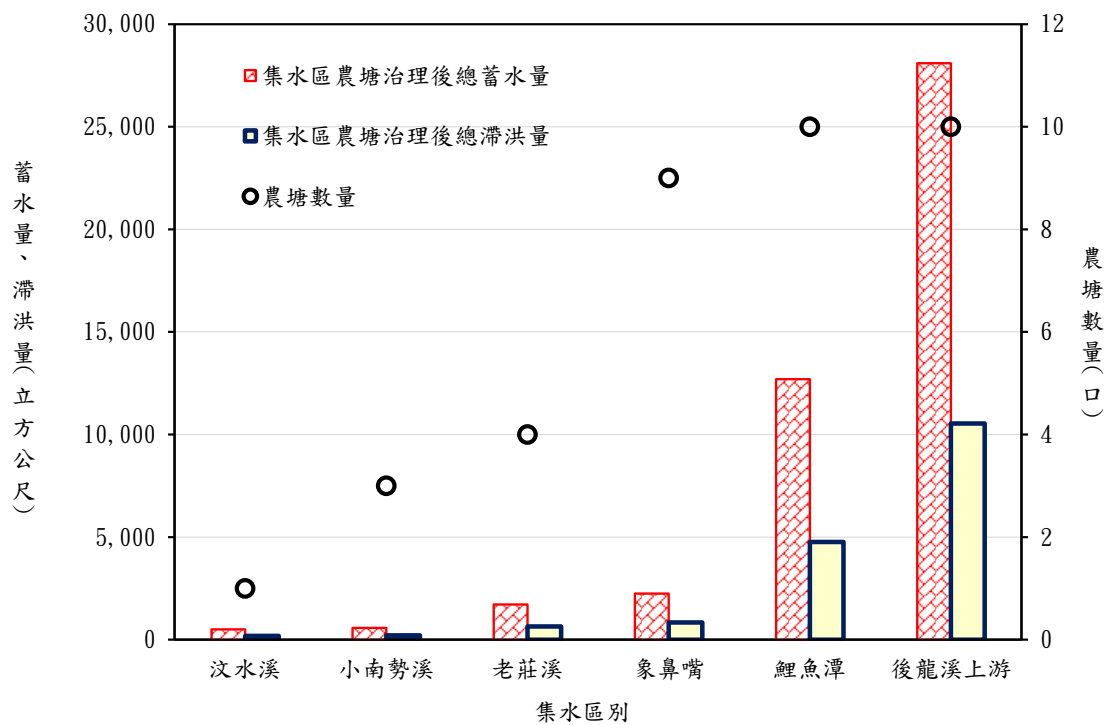
由圖3-6顯示：後龍溪上游及鯉魚潭集水區治理後之總蓄水量及

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。

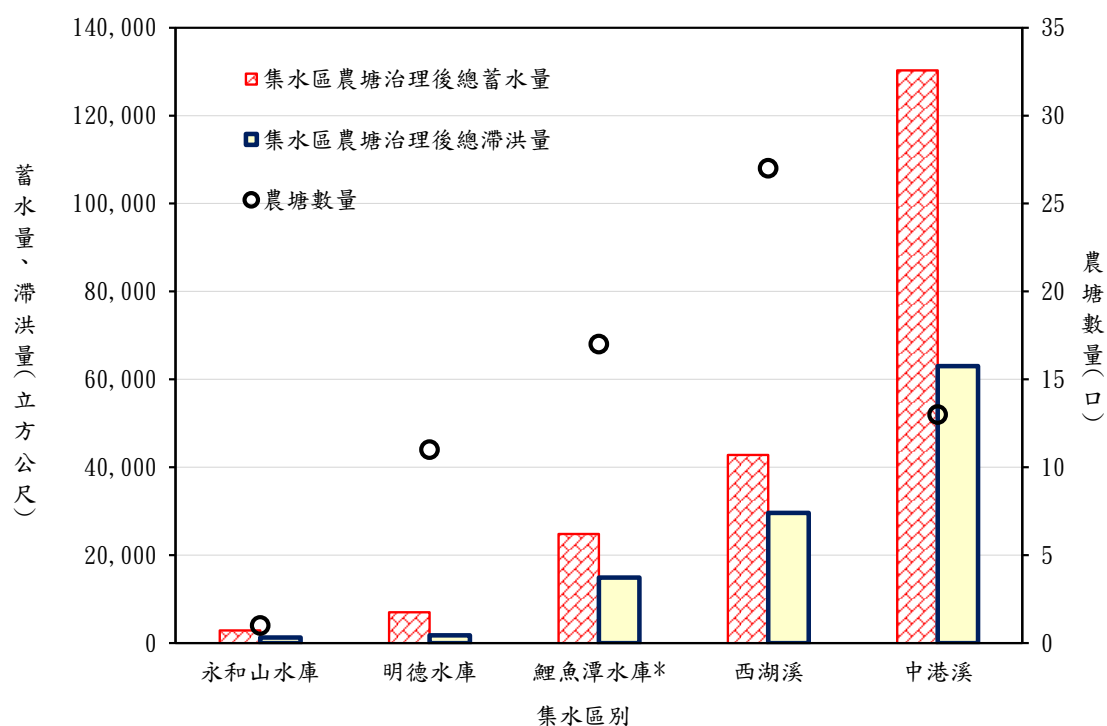
由圖3-8顯示：後龍溪上游及鯉魚潭集水區之單位農塘蓄水量及滯洪量為6個集水區之前2位。

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。



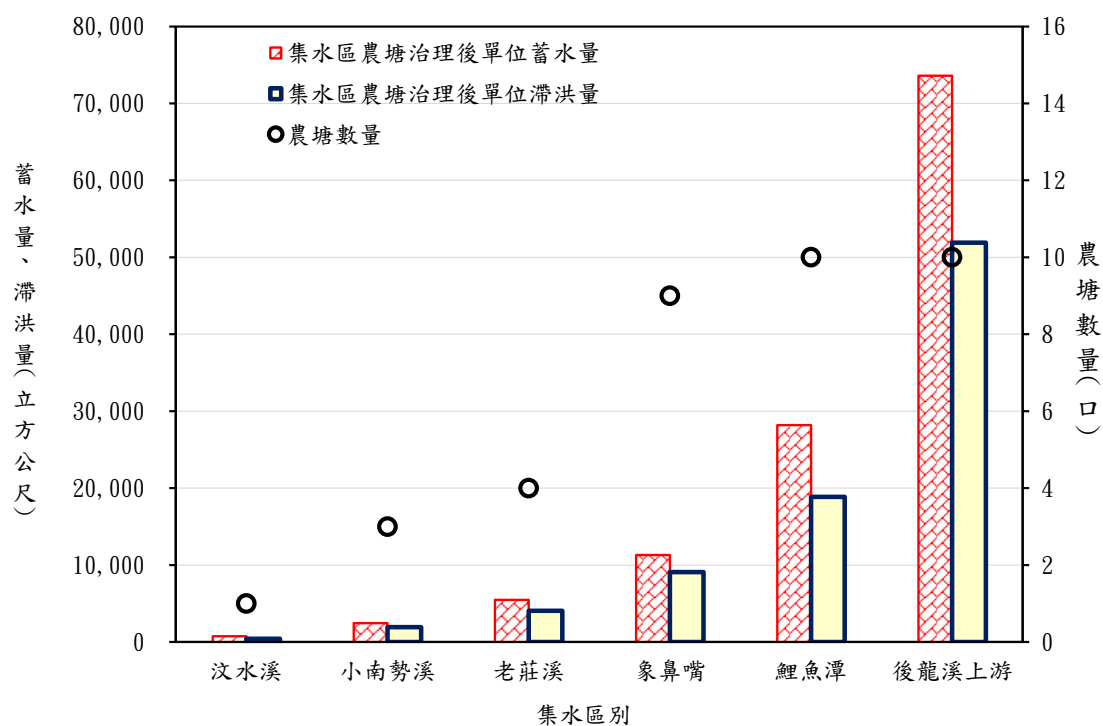
資料來源：財團法人農業工程研究中心(2016a)，本計畫繪圖。

圖 3-6 農塘治理後總蓄水量、滯洪量比較(一)



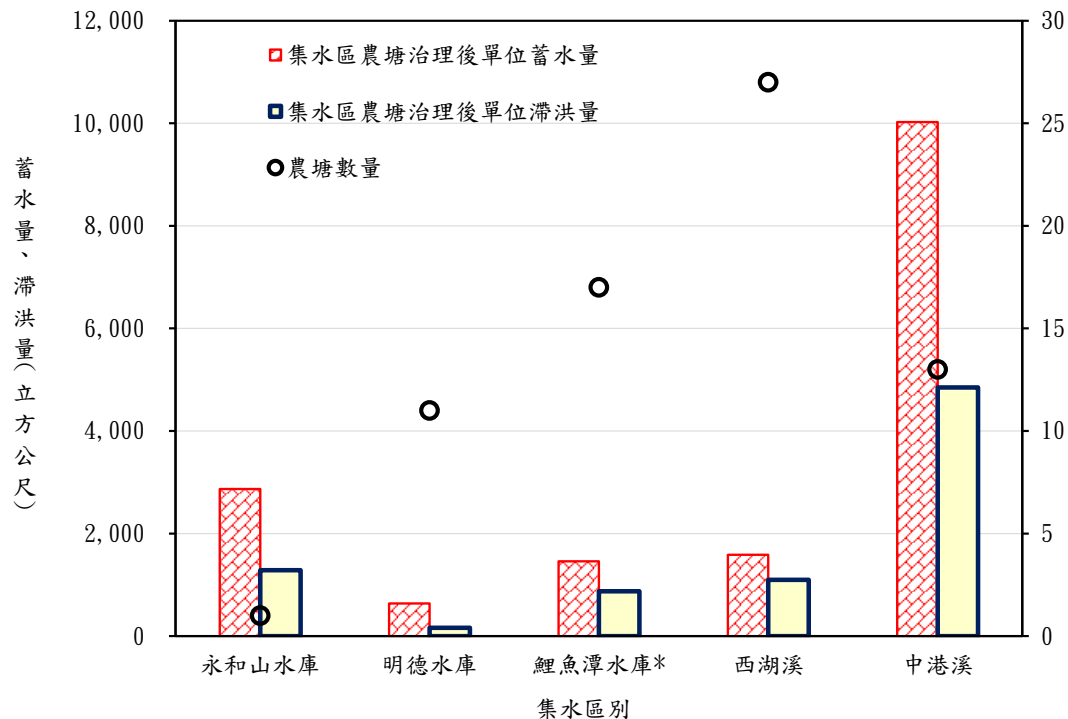
資料來源：逢甲大學(2017)、孚宮設計顧問有限公司(2019)，本計畫分析繪圖。

圖 3-7 農塘治理後總蓄水量、滯洪量比較(二)



資料來源：本計畫分析繪圖。

圖 3-8 農塘治理後單位蓄水量、滯洪量比較(一)



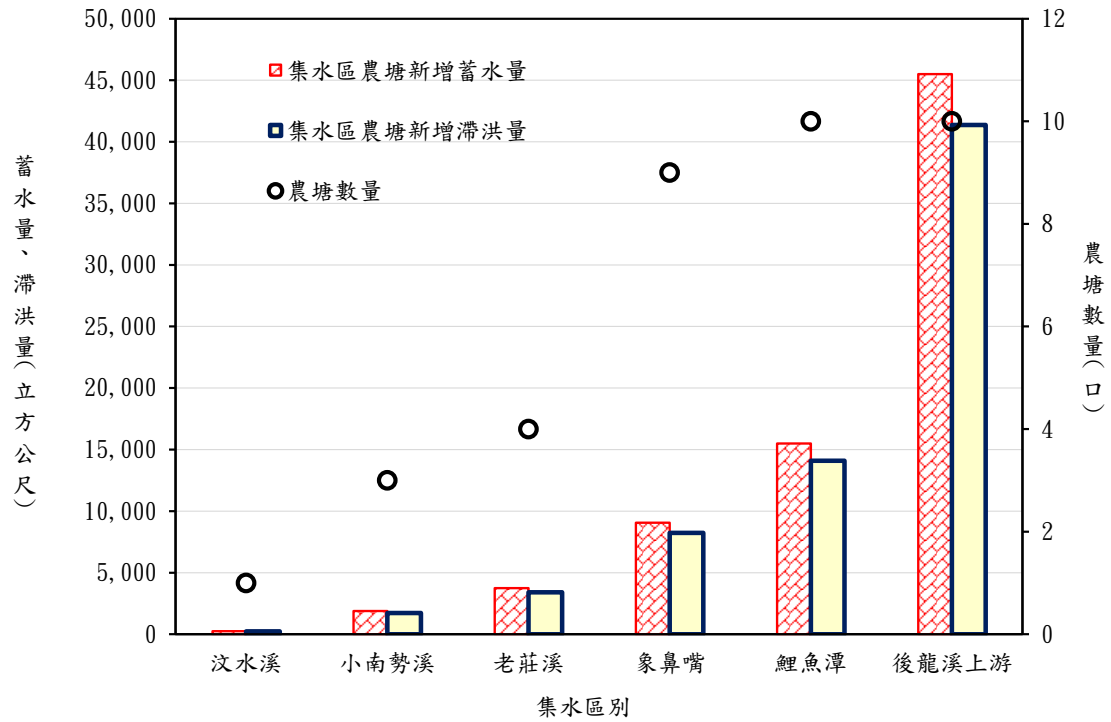
資料來源：本計畫分析繪圖。

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。

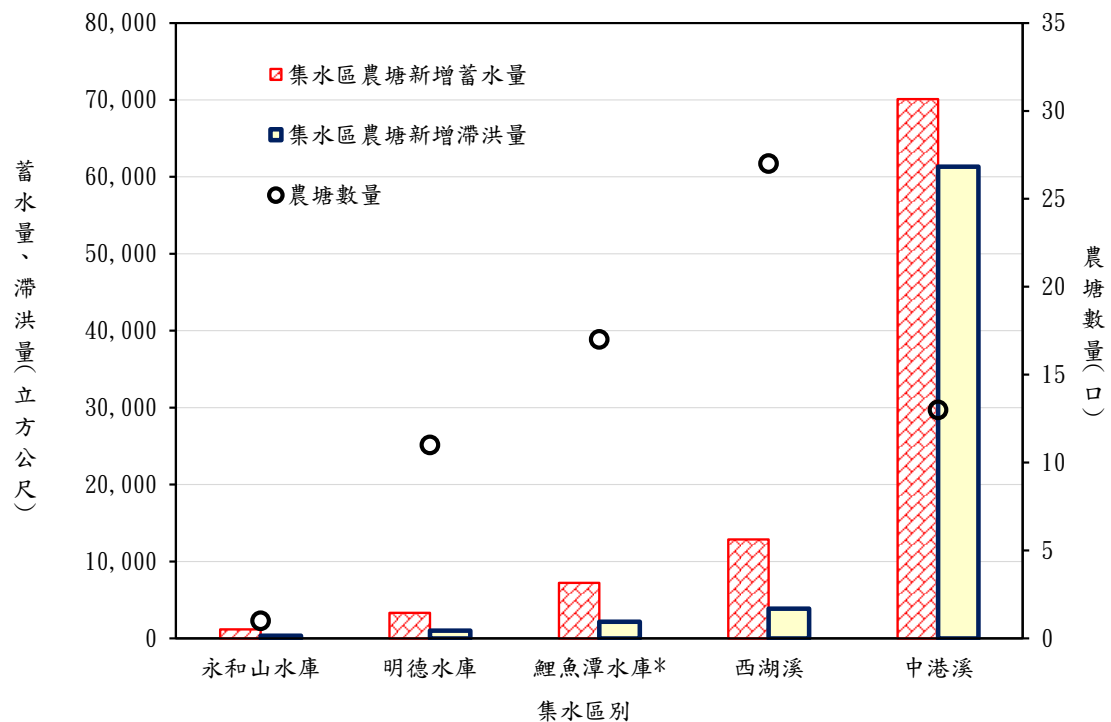
逢甲大學(2017) 及孚宮設計顧問公司(2019)於苗栗地區進行69口農塘之治理規劃，依據69口農塘治理後之蓄水量、滯洪量，依集水區別統計如圖3-11。

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。



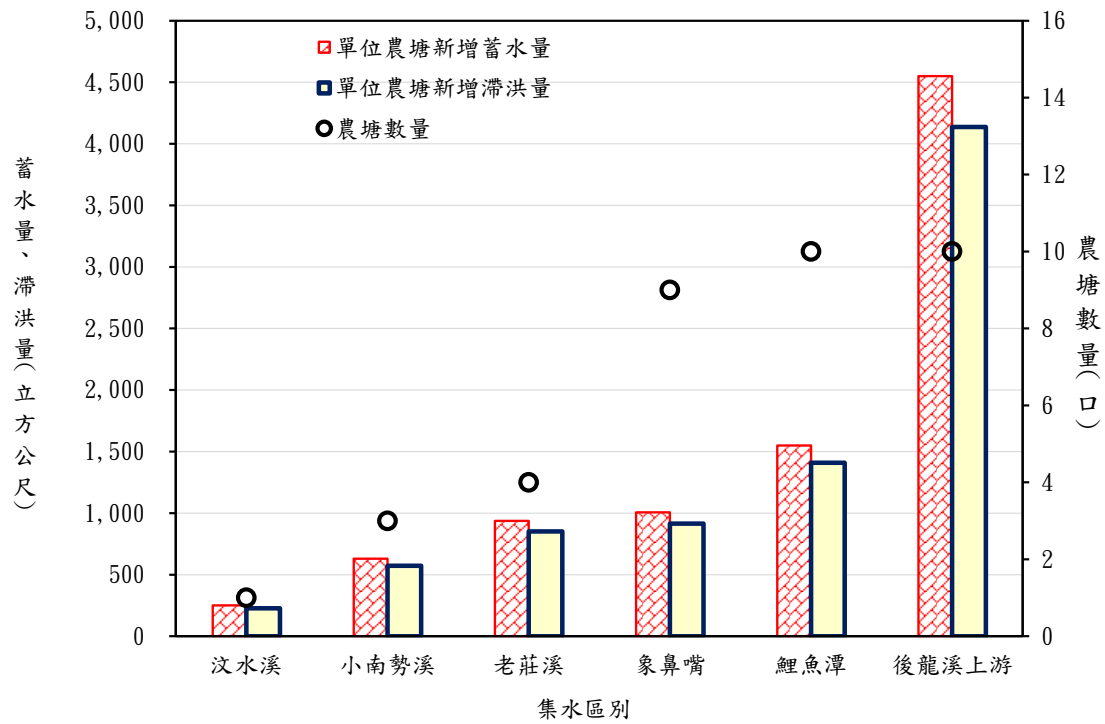
資料來源：財團法人農業工程研究中心(2016a)，本計畫繪圖。

圖 3-10 農塘治理後新增蓄水量、滯洪量比較(一)



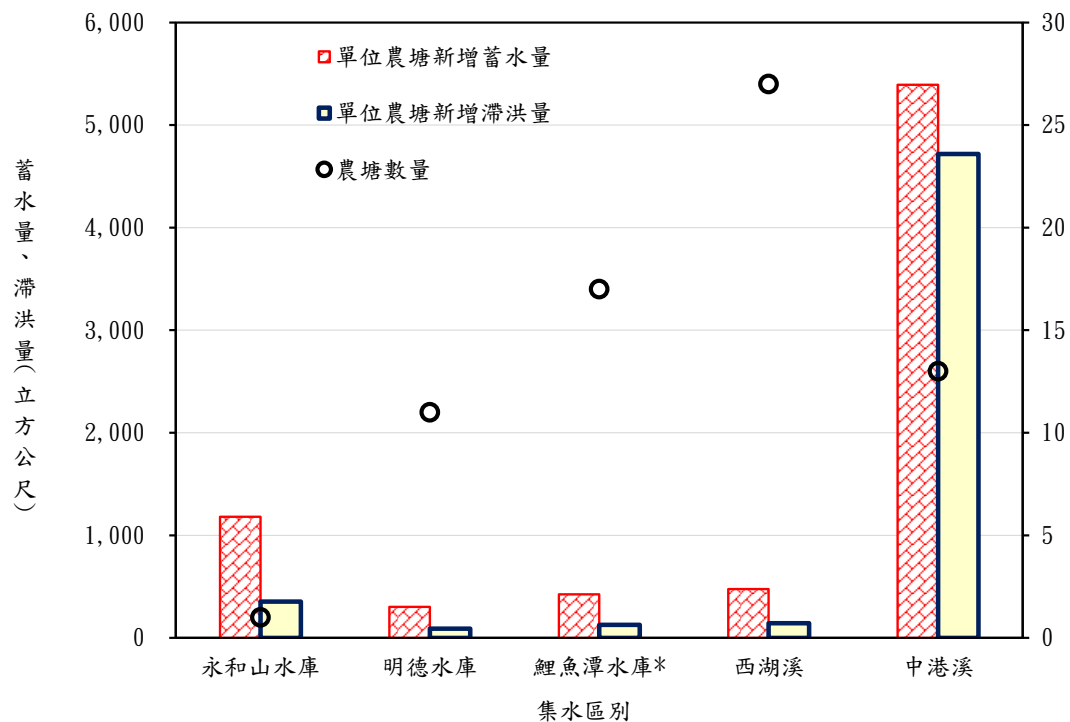
資料來源：逢甲大學(2017)、孚宮設計顧問有限公司(2019)，本計畫分析繪圖。

圖 3-11 農塘治理後新增蓄水量、滯洪量比較(二)



資料來源：本計畫分析繪圖。

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：本計畫分析繪圖。

圖 3-13 治理後新增單位農塘蓄水量、滯洪量比較(二)

本研究依據前期計畫資料，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為案例研究區。

表 3-2 農塘案例研究區評分(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 農塘案例研究區評分(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，以中港溪為案例研究區域，參考前期資料成果，本研究前往大河底埤、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。其中大河底埤本年度正進行治理工程，無法進行水位站設置，中港061、062農塘面積及蓄水量較小。故選擇中港溪大荒埔埤、李屋埤、觀音埤、半月池、中港053、054、055及案例研究區，並以大荒埔埤、李屋埤、觀音埤為短期目標，其後可擴充至半月池、中港053、054及055農塘。

為擴大本研究成果，除中港溪集水區為案例，本研究將於後龍溪上游及鯉魚潭集水區再各選乙口農塘進行水位計設置及農塘蓄水分析。依據前期計畫成果，後龍溪上游及鯉魚潭集水區之清淤排序如表3-4~3-6，考量清淤或串並聯可行性、地主意願、交通可行性、蓄水量及蓄洪量等因子，單口農塘之排序如表3-4。農塘串並聯組合如未考慮地主意願如表3-6。各評分因子之說明詳如第二章所述。

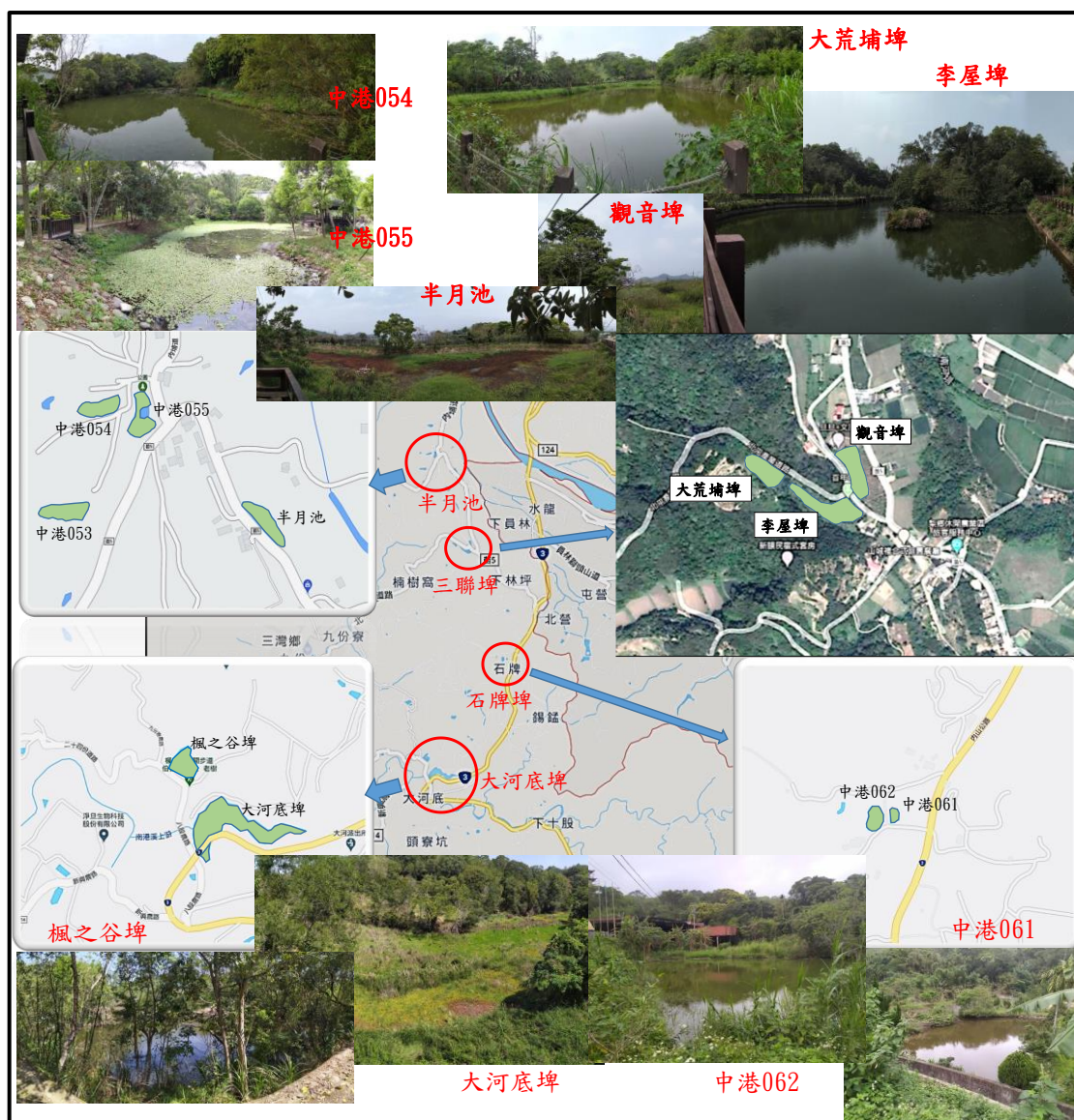


圖 3-14 中港溪集水區農塘勘選位置示意



圖 3-15 後龍溪上游集水區農塘勘選位置示意



圖 3-16 鯉魚潭集水區農塘勘選位置示意

表 3-4 鯉魚潭及後龍溪上游集水區農塘清淤排序

農塘編碼	清淤或串並聯可行性	地主意願	交通可行性	可行性因子合計	治理後新增蓄水量(m ³)	蓄水量因子	治理後新增滯洪量(m ³)	滯洪量因子	總計	建議排序
鯉潭 039	5	5	3	13	4,000	10.00	3,636	10.00	33.00	1
鯉潭 017	5	5	3	13	2,400	6.40	2,182	6.40	25.80	2
鯉潭 022	5	5	5	15	1,500	4.37	1,364	4.37	23.74	3
鯉潭 040	5	5	3	13	800	2.80	727	2.80	18.60	4
後龍 007	5	5	5	15	3,000	2.23	2,727	2.23	19.46	1
後龍 008	5	5	5	15	2,500	2.02	2,272	2.02	19.04	2
後龍 006	5	5	5	15	2,000	1.82	1,818	1.82	18.64	3
後龍 024	5	5	5	15	1,000	1.41	909	1.41	17.82	4
後龍 020	5	5	3	13	350	1.14	318	1.14	15.28	5

資料來源：財團法人農業工程研究中心，2016a。

表 3-5 農塘串並聯清淤排序表(一)

農塘編碼	清淤或串並聯可行性	交通可行性	可行性因子合計	目前可蓄水量(m ³)	治理後可蓄水量(m ³)	蓄水量因子	目前可滯洪量(m ³)	治理後可滯洪量(m ³)	滯洪量因子	總積分	排序
鯉潭 039+040	5	3	8	9,200	14,000	15	3,132	7,495	15	38.00	1
後龍 006+007+008	5	5	10	5,200	11,500	8.8	2,625	9,543	9.67	28.47	2
鯉潭 022+023	5	5	10	1,750	3,250	4.46	656	2,020	5.03	19.49	3
象鼻 011+012	5	5	10	600	866	1.7	225	467	1.77	13.47	4
象鼻 002+003	5	5	10	825	825	1.65	309	309	1.44	13.09	5

資料來源：財團法人農業工程研究中心，2016a。

表 3-6 農塘串並聯清淤排序表(二)

農塘編碼	清淤或串並聯可行性	地主意願	交通可行性	可行性因子合計	目前可蓄水量 (m ³)	治理後可蓄水量 (m ³)	蓄水量因子	目前可滯洪量 (m ³)	治理後可滯洪量 (m ³)	滯洪量因子	總積分	排序
鯉潭 039+040	5	5	3	13	9,200	14,000	15	3,132	7,495	15	43.00	1
後龍 006+007+008	5	5	5	15	5,200	11,500	8.8	2,625	9,543	9.67	33.47	2
鯉潭 022+023	5	5	5	15	1,750	3,250	4.46	656	2,020	5.03	24.49	3
象鼻 011+012	5	1	5	11	600	866	1.7	225	467	1.77	14.47	4
象鼻 002+003	5	1	5	11	825	825	1.65	309	309	1.44	14.09	5

資料來源：財團法人農業工程研究中心，2016a。

第二節 自記水位監測元件設置

考量苗栗地區如中港溪集水區平均坡度較陡(鯉魚潭、後龍溪上游及中港溪等三個集水區的平均坡度分別為0.79%、0.63%及0.67%)，與農塘串並聯操作相關文獻，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串並聯模式時，需考量此地形上的差異可能對模式建立的影響。因此本研究於現地選擇觀測站觀測水位，以驗證模擬結果。

本研究經就選定集水區，於集水區內選擇乙口農塘設置自記水位等監測元件(預定規劃設置3組自記水位計，實際設置4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。

水位計設置地點由中港溪集水區、後龍溪上游集水區、鯉魚潭集水區等初選區域農塘進行選定。經由現場勘察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農塘、鯉魚潭集水區之鯉潭039農塘等地點詳如圖3-17~圖3-20所示。

經由現地勘查及取得農塘權益關係人之同意，並考量水位計設置對於模擬模式驗證可提供之準確性進行選址，中港溪之大荒埔埤、李屋埤及觀音埤等3口農塘，其中觀音埤尚未進行治理，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3-18。

後龍溪上游集水區之後龍006、007、008等三口農塘，目前已完成清淤及護岸整理的為後龍006農塘，因此在後龍溪上游集水區以後龍006農塘為水位計設置站如圖3-19。

在鯉魚潭集水區之鯉潭039已完成清淤及護岸整理。鯉潭039A及040分別位於鯉潭039之上游及下游，惟面積及蓄水量偏低。因此鯉魚潭集水區建議選擇鯉潭039為水位計設置站如圖3-20。

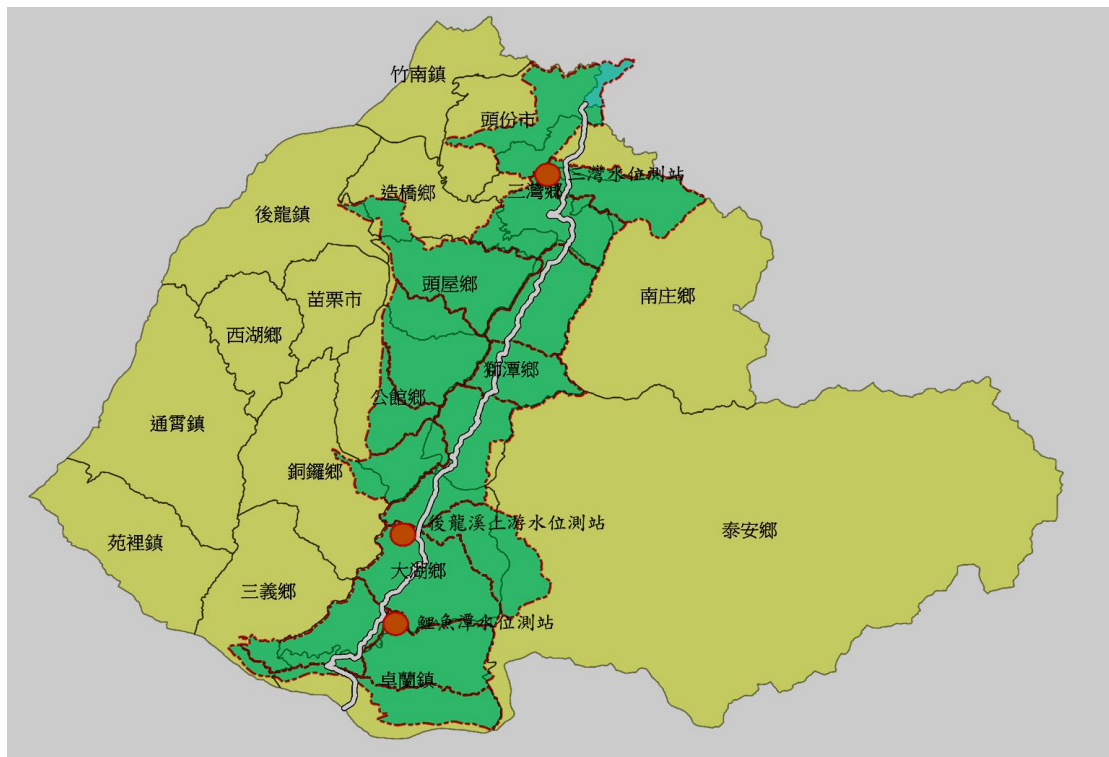


圖 3-17 自記水位計設置位置示意

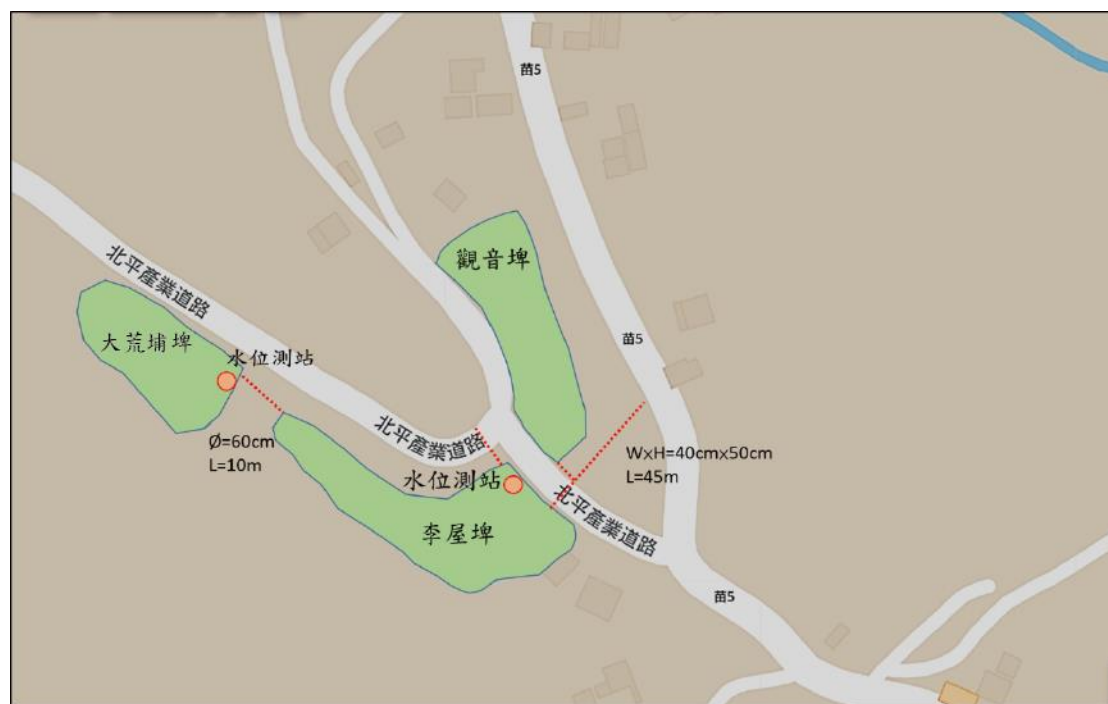


圖 3-18 中港溪集水區自記水位計設置位置示意

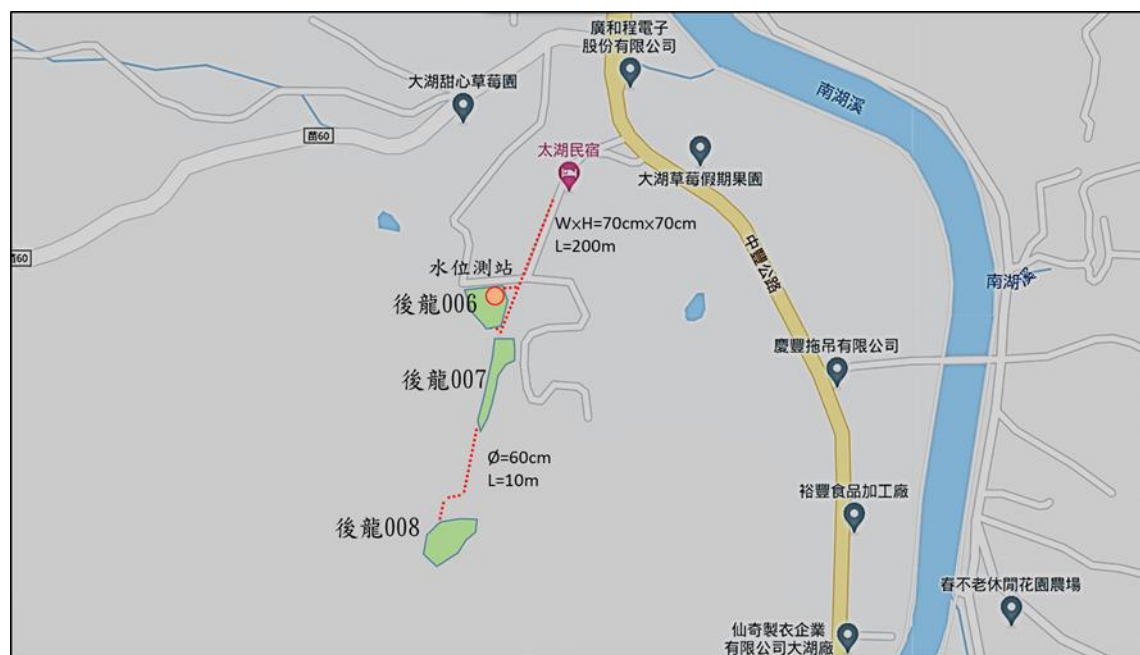


圖 3-19 後龍溪上游集水區自記水位計設置位置示意



圖 3-20 鯉魚潭集水區自記水位計設置位置示意

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、記憶體及電池，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 $-20\sim 80^{\circ}\text{C}$ ，精度為 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ，解析度為 0.01°C 。

本研究於2020年4月26日~5月8日完成4處水位計之監測元件裝設。並定期前往現場進行資料下載。下載資料如圖3-21~3-28所示。

圖3-21為中港溪三灣北埔村之大荒埔埤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。

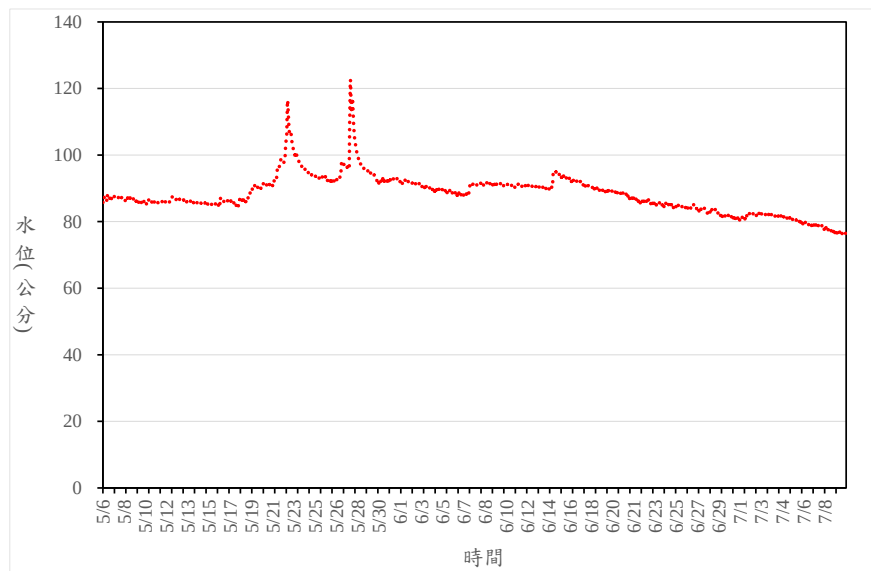


圖 3-21 中港溪集水區大荒埔埤水位歷線(一)

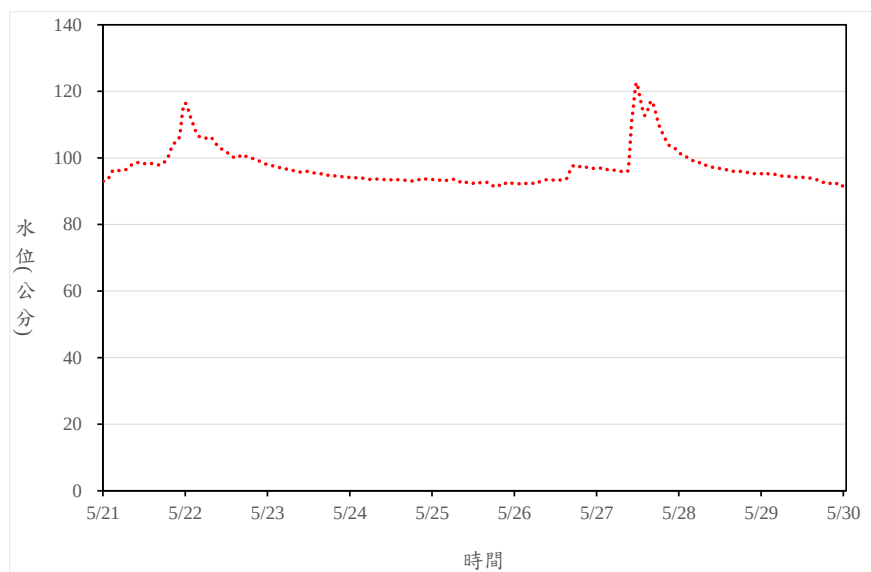


圖 3-22 中港溪集水區大荒埔埤水位歷線(二)

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。

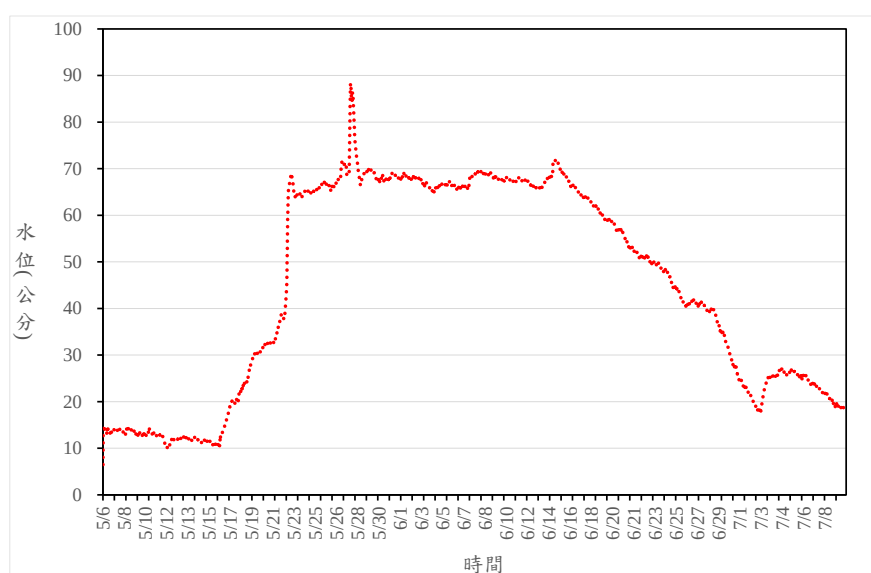


圖 3-23 中港溪集水區李屋埤水位歷線(一)

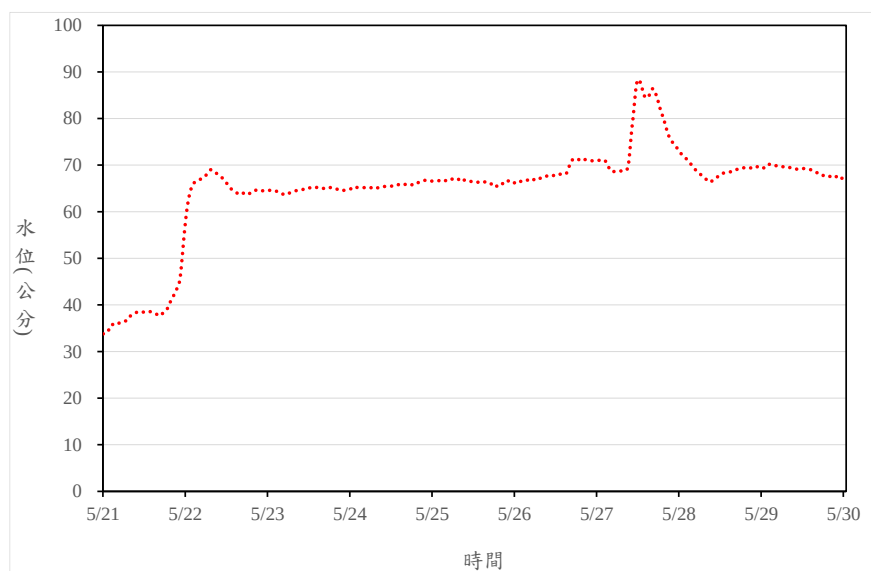


圖 3-24 中港溪集水區李屋埤水位歷線(二)

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。

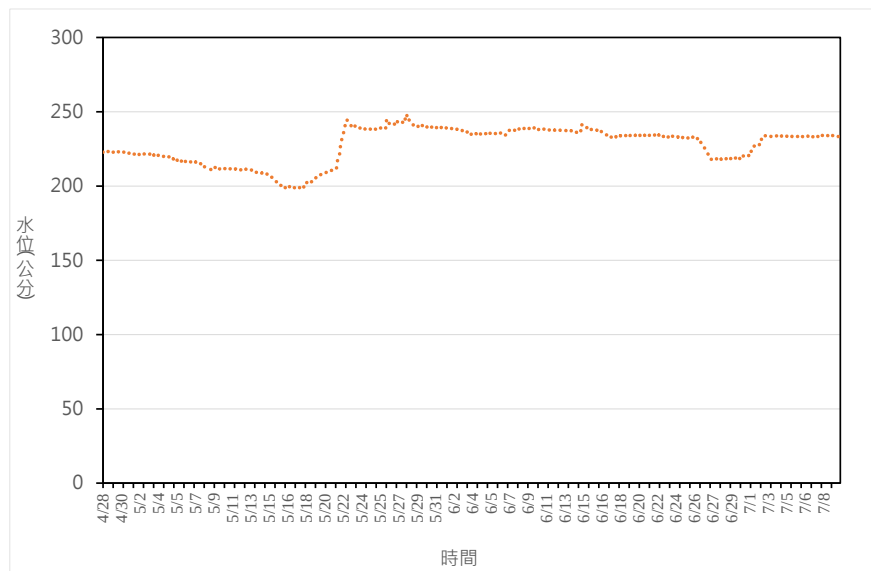


圖 3-25 後龍溪上游集水區後龍 006 水位歷線(一)

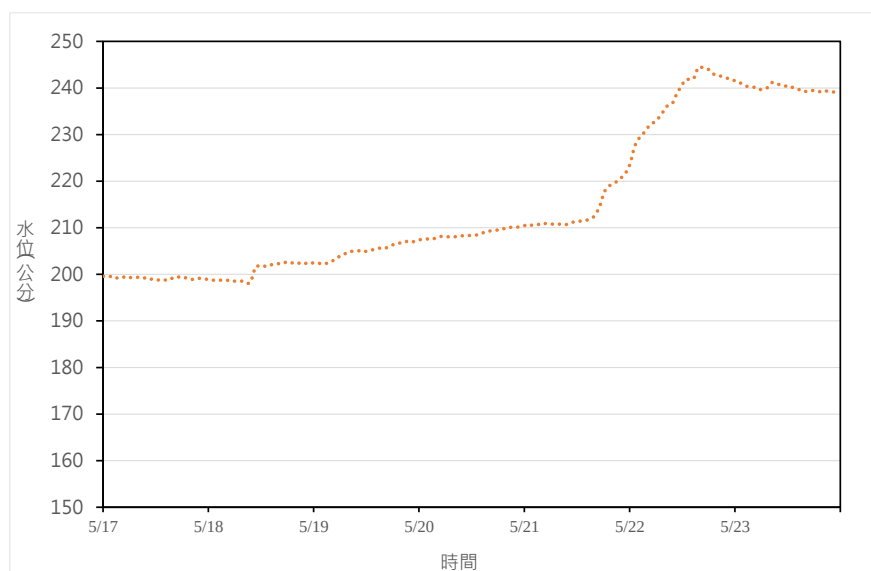


圖 3-26 後龍溪上游集水區後龍 006 水位歷線(二)

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。

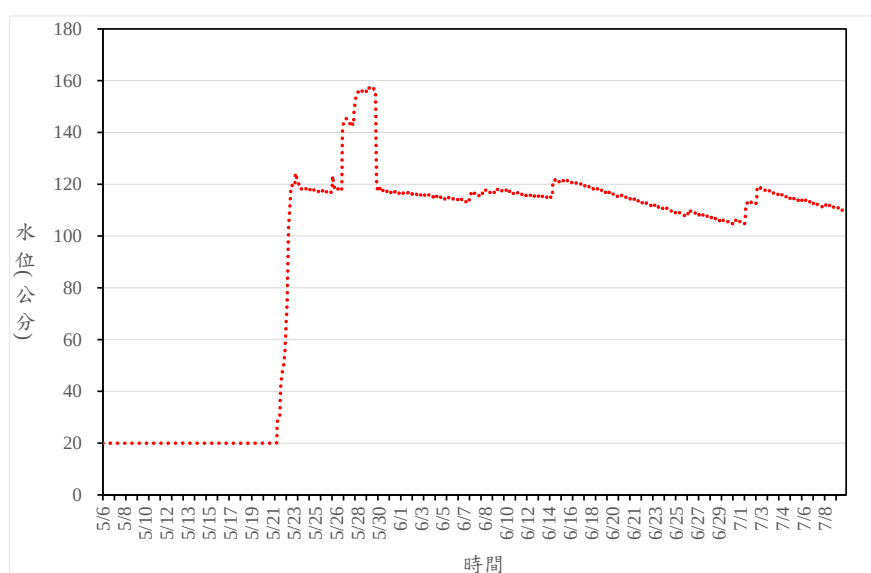


圖 3-27 鯉魚潭集水區鯉 39 水位歷線(一)

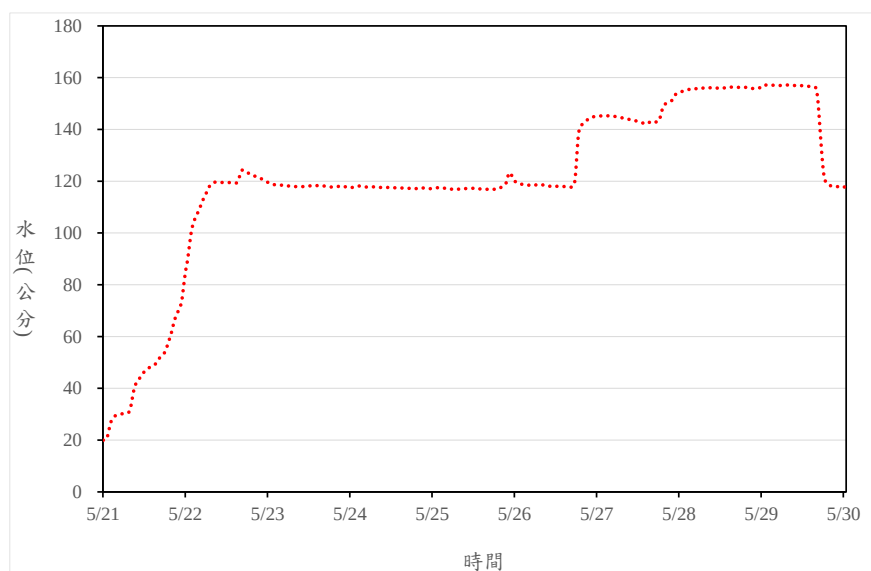


圖 3-28 鯉魚潭集水區鯉 39 水位歷線(二)

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、南湖、新開、馬拉邦山等5站之月雨量。(3)苗栗大河、大湖、南湖、新開、馬拉邦山等5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3-31~3-36所示。

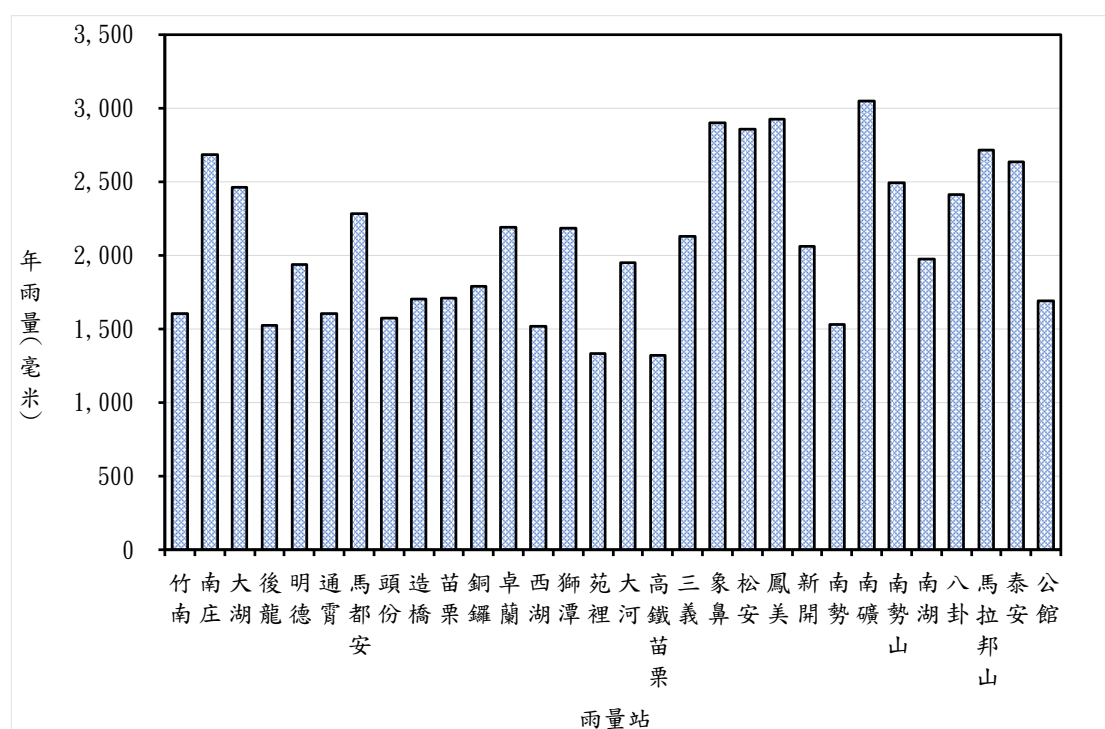
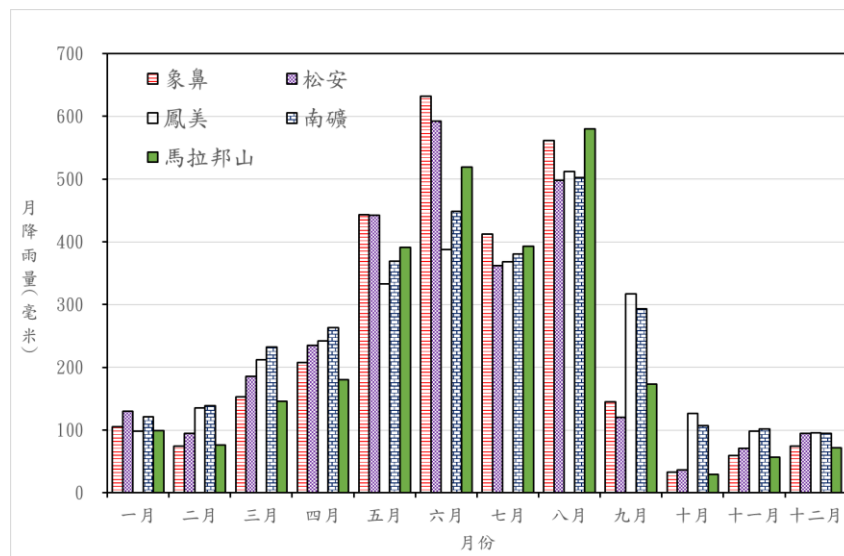


圖 3-30 苗栗地區各雨量站年平均雨量

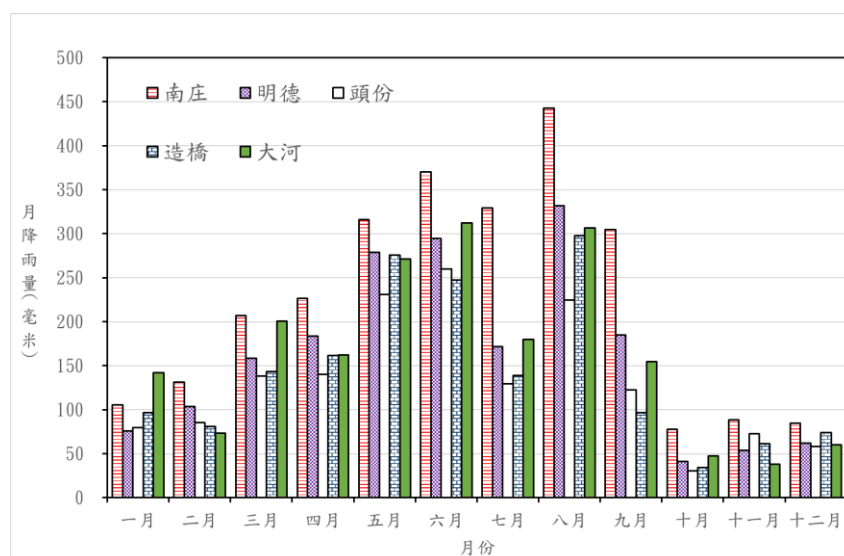
圖3-31為象鼻、松安、鳳美、南礦、馬拉邦山等雨量站之月平均雨量。降雨主要集中在5~9月，以象鼻為例，最大月平均降雨量落在6月，平均降雨量約為632.4毫米；以馬拉邦山為例，最大月平均降雨量落在8月，平均降雨量約為580.1毫米。

圖3-32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5~9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312.5毫米。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-31 苗栗地區各雨量站月平均雨量(一)

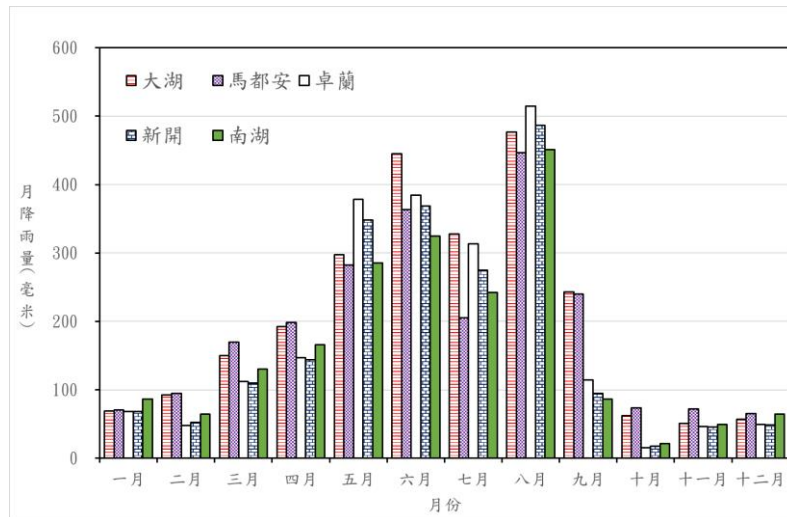


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-32 苗栗地區各雨量站月平均雨量(二)

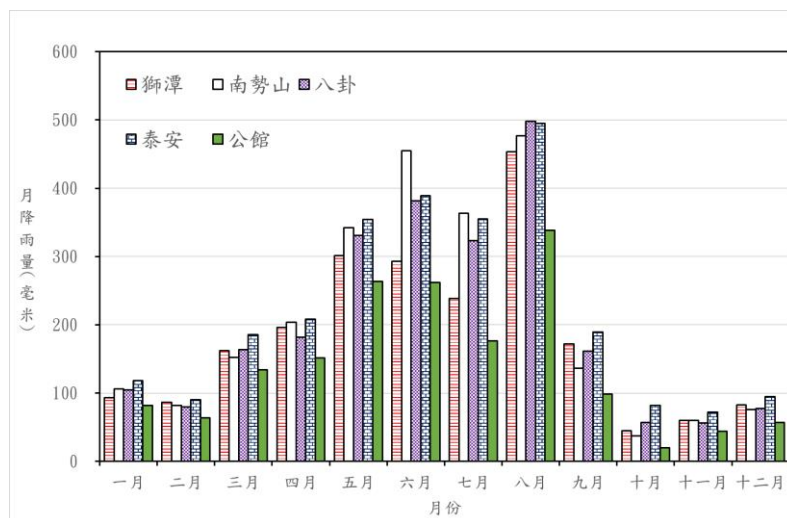
圖3-33為大湖、馬都安、卓蘭、新開、南湖等雨量站之月平均雨量。降雨主要集中在5~9月，以大湖為例，最大月平均降雨量落在8月，平均降雨量約為476.7毫米；以新開為例，最大月平均降雨量落在8月，平均降雨量約為486.9毫米；以南湖為例，最大月平均降雨量落在8月，平均降雨量約為451.1毫米。

圖3-34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5~9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 3-33 苗栗地區各雨量站月平均雨量(三)

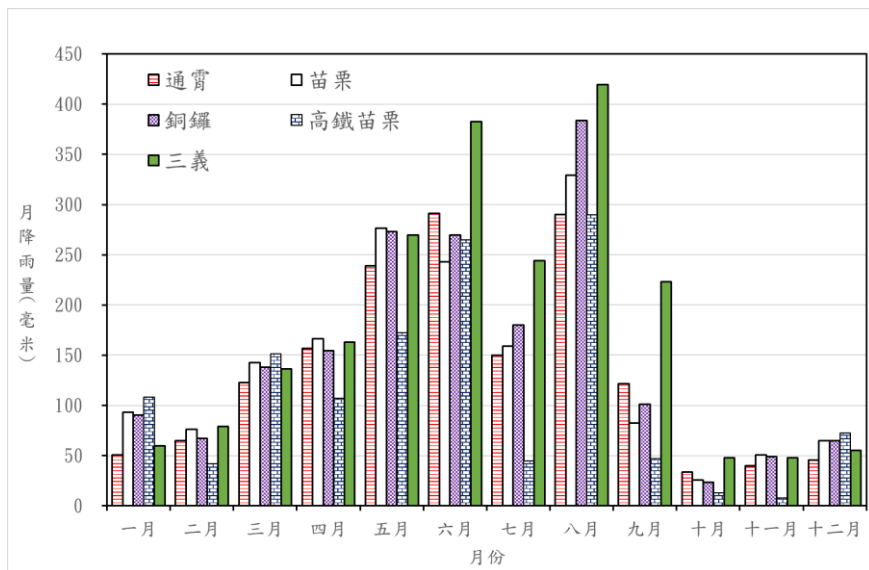


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-34 苗栗地區各雨量站月平均雨量(四)

圖3-35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5~9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3-36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5~9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 3-35 苗栗地區各雨量站月平均雨量(五)

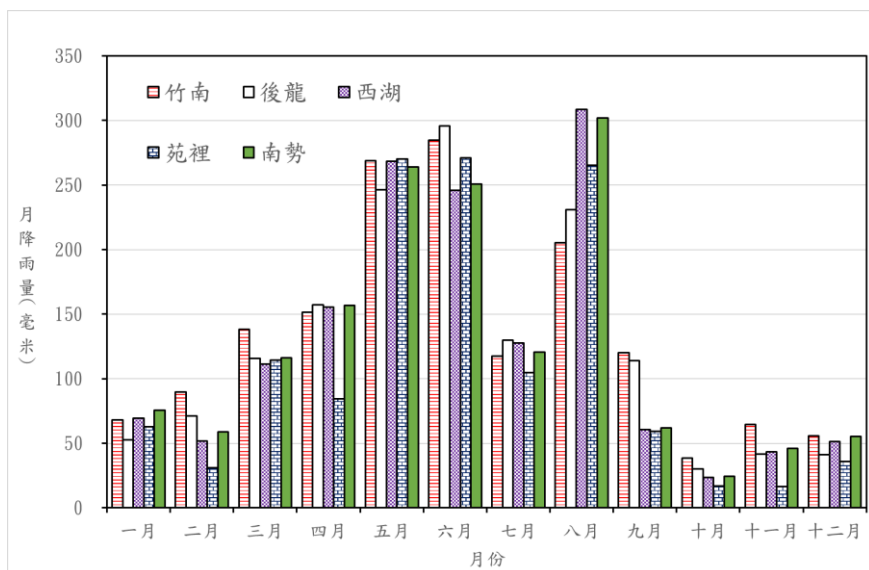


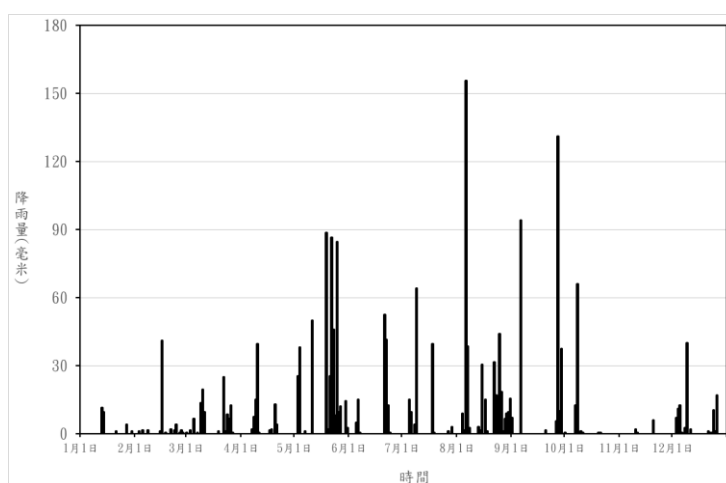
圖 3-36 苗栗地區各雨量站月平均雨量(六)

(二)月雨量

苗栗大河、大湖、南湖、新開、馬拉邦山等5站2015年~2020年之月雨量如圖3-37~3-66。

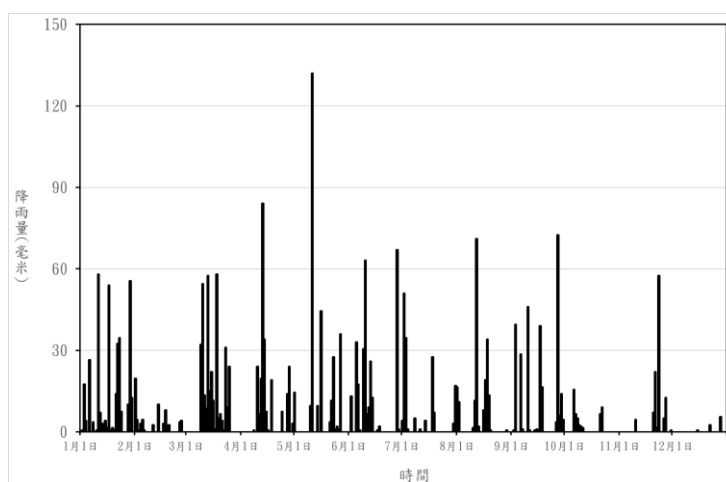
依據中央氣象局苗栗地區大河站2015年日雨量如圖3-37所示，降雨主要集中在5~9月，本年度最大月降雨量落於8月，月雨量約為395毫米，最大日雨量約為155.5毫米，達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區大河站2016年日雨量如圖3-38所示，降雨主要集中在5~9月，本年度最大月降雨量落於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 3-37 苗栗地區大河站 2015 年日雨量

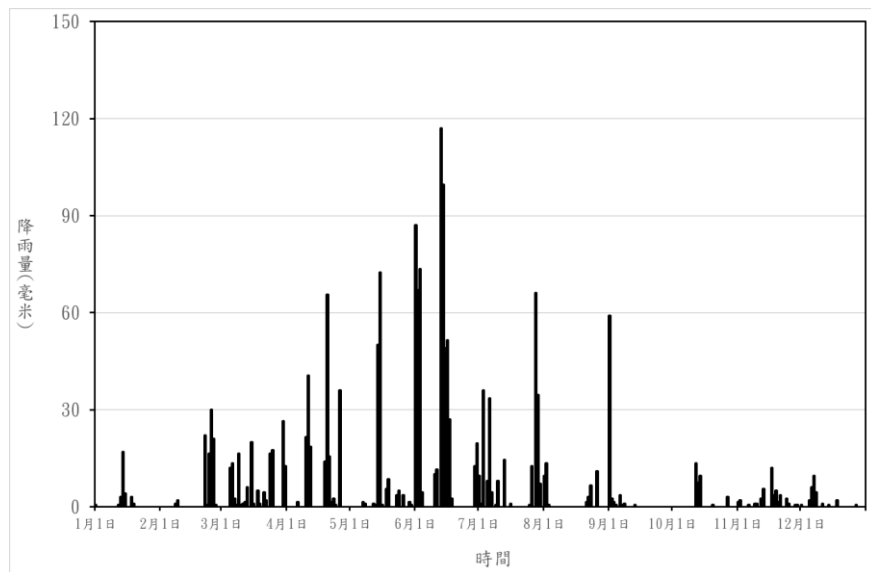


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-38 苗栗地區大河站 2016 年日雨量

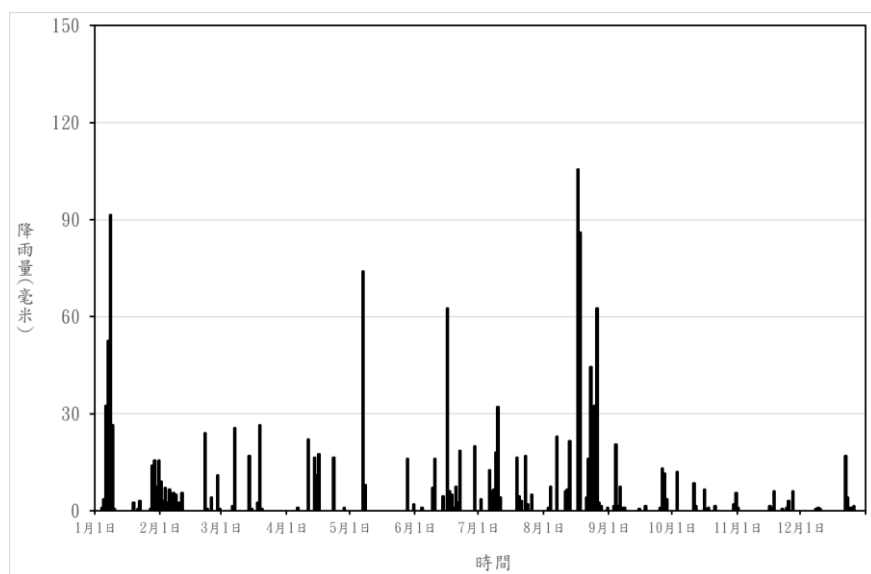
中央氣象局苗栗地區大河站2017年日雨量如圖3-39所示，降雨主要集中在5~9月，本年度最大月降雨量落於6月，月雨量約為612.5毫米，最大日雨量約為117毫米，達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區大河站2018年日雨量如圖3-40所示，降雨主要集中在5~9月，本年度最大月降雨量落於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 3-39 苗栗地區大河站 2017 年日雨量

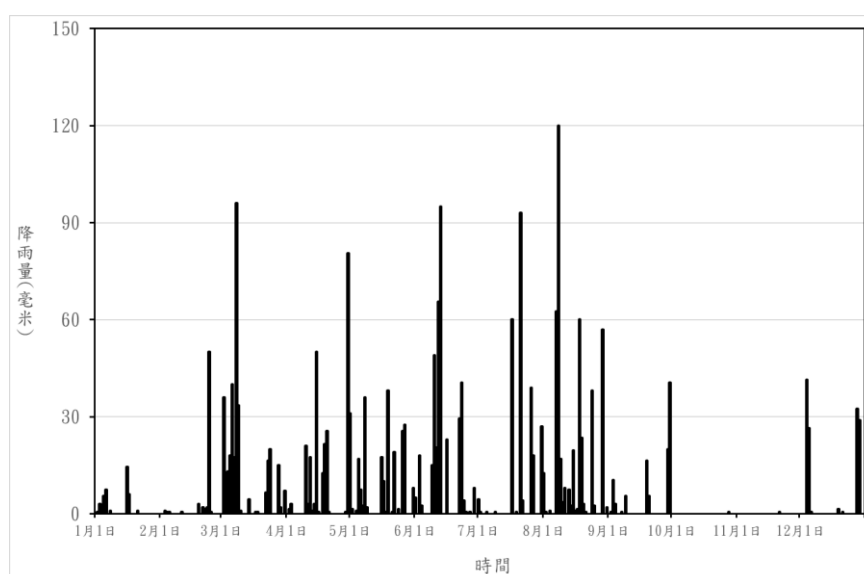


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-40 苗栗地區大河站 2018 年日雨量

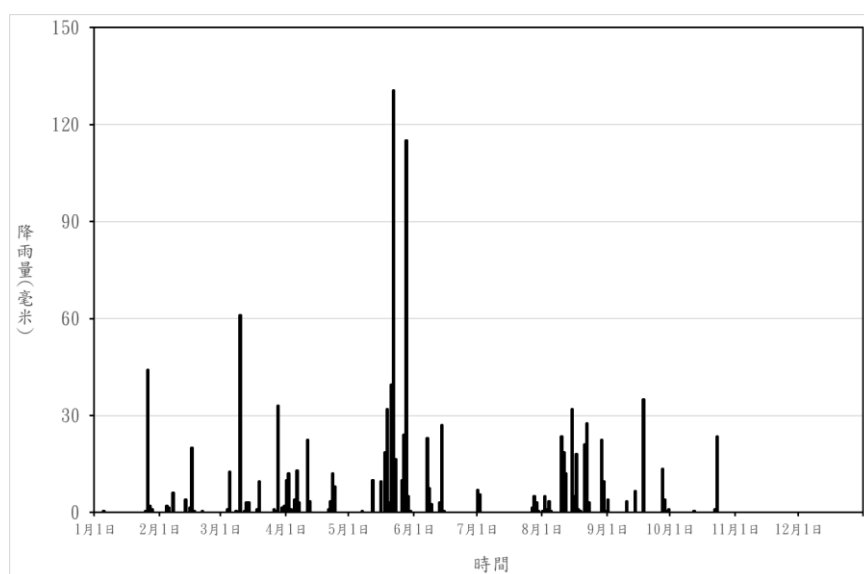
中央氣象局苗栗地區大河站2019年日雨量如圖3-41所示，降雨主要集中在5~9月，本年度最大月降雨量落於8月，月雨量約為468.5毫米，最大日雨量約為120毫米，達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區大河站2020年(1~10月)日雨量如圖3-42所示，降雨主要集中在5~9月，本年度最大月降雨量落於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 3-41 苗栗地區大河站 2019 年日雨量



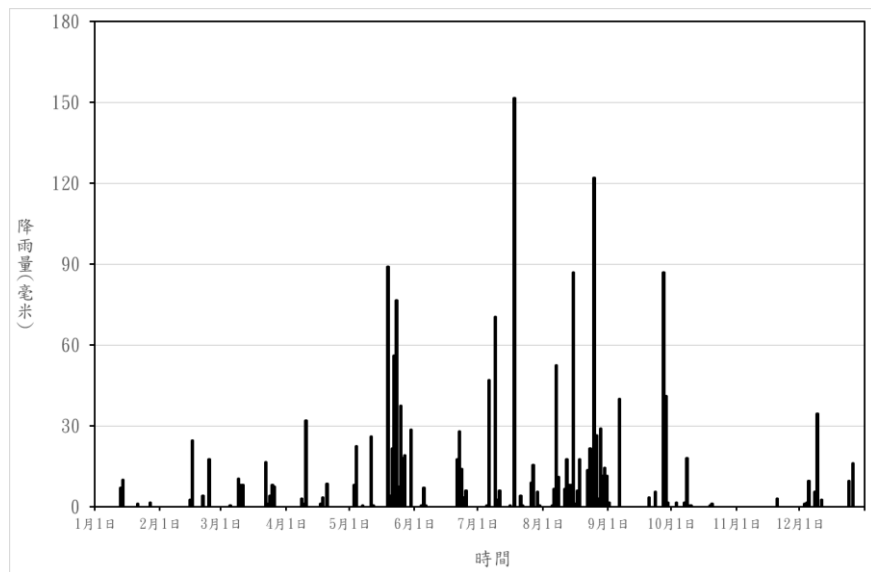
資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

備註：2020 年僅下載至 10 月 31 日前之資料。

圖 3-42 苗栗地區大河站 2020 年日雨量

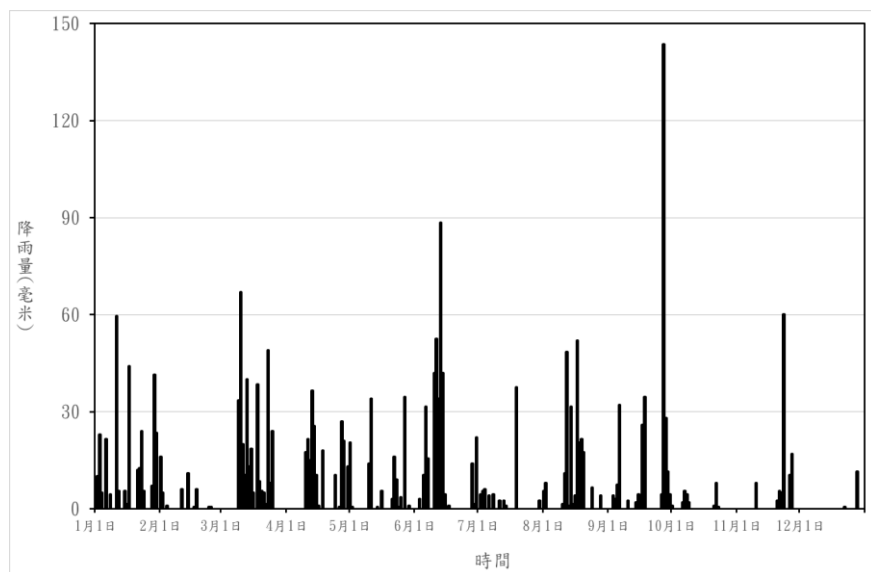
中央氣象局苗栗地區大湖站2015年日雨量如圖3-43所示，降雨主要集中在5~9月，本年度最大月降雨量落於7月，月雨量約為313.5毫米，最大日雨量約為151.5毫米，達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區大湖站2016年日雨量如圖3-44所示，降雨主要集中在5~9月，本年度最大月降雨量落於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。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-43 苗栗地區大湖站 2015 年日雨量

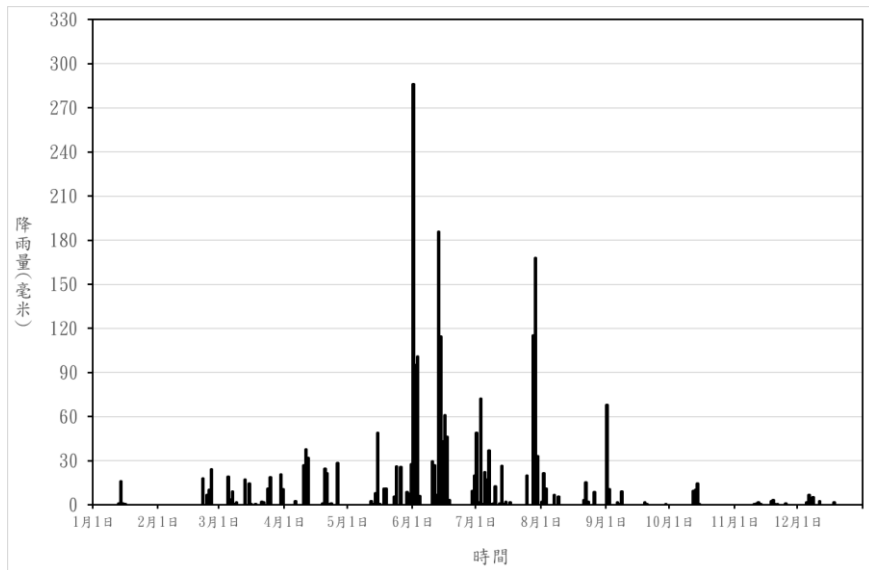


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-44 苗栗地區大湖站 2016 年日雨量

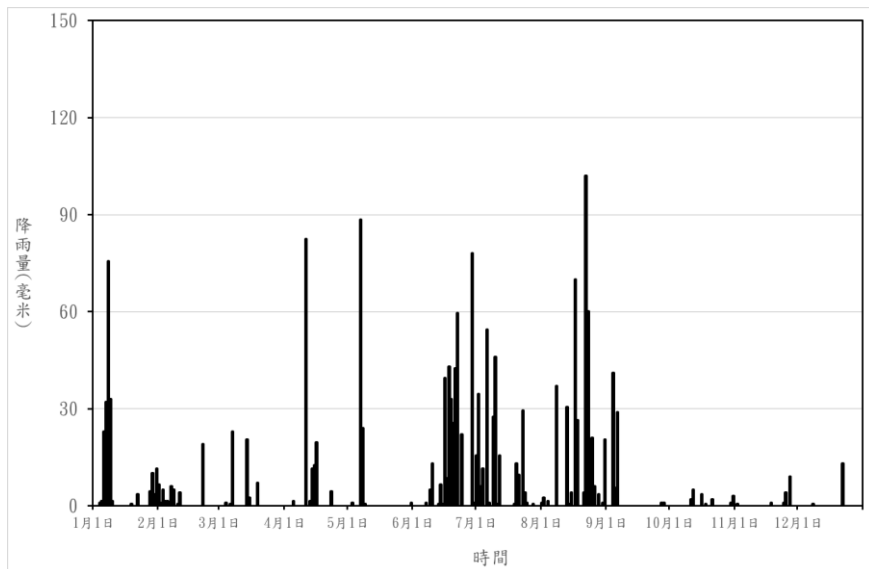
中央氣象局苗栗地區大湖站2017年日雨量如圖3-45所示，降雨主要集中在5~9月，本年度最大月降雨量落於6月，月雨量約為1,041毫米，最大日雨量約為286毫米，達到豪雨標準。

中央氣象局苗栗地區大湖站2018年日雨量如圖3-46所示，降雨主要集中在5~9月，本年度最大月降雨量落於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。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-45 苗栗地區大湖站 2017 年日雨量

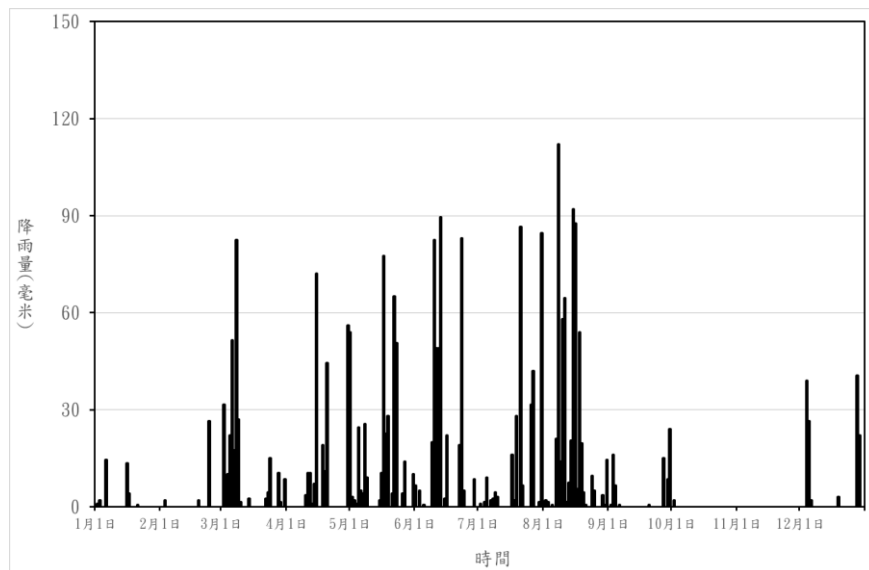


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-46 苗栗地區大湖站 2018 年日雨量

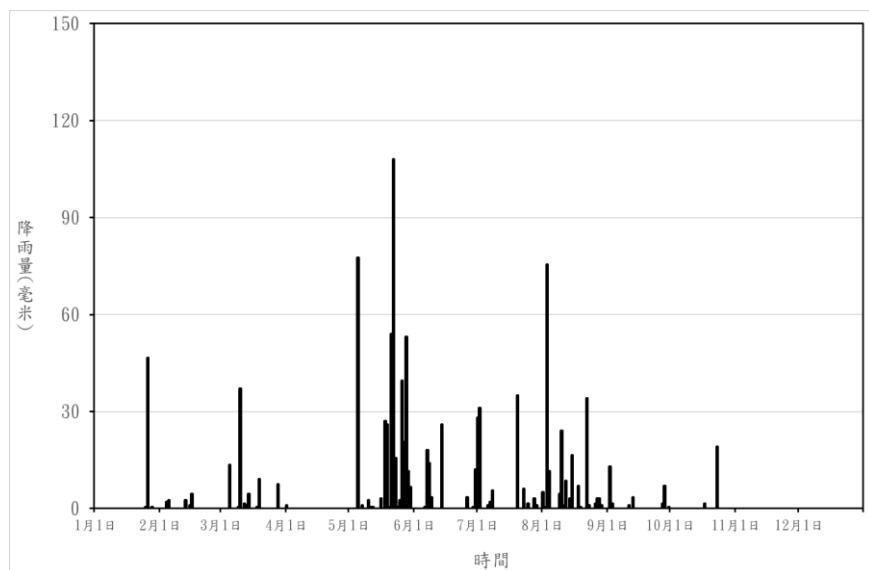
中央氣象局苗栗地區大湖站2019年日雨量如圖3-47所示，降雨主要集中在5~9月，本年度最大月降雨量落於8月，月雨量約為670毫米，最大日雨量約為112毫米，達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區大湖站2020年(1~10月)日雨量如圖3-48所示，降雨主要集中在5~9月，本年度最大月降雨量落於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。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-47 苗栗地區大湖站 2019 年日雨量



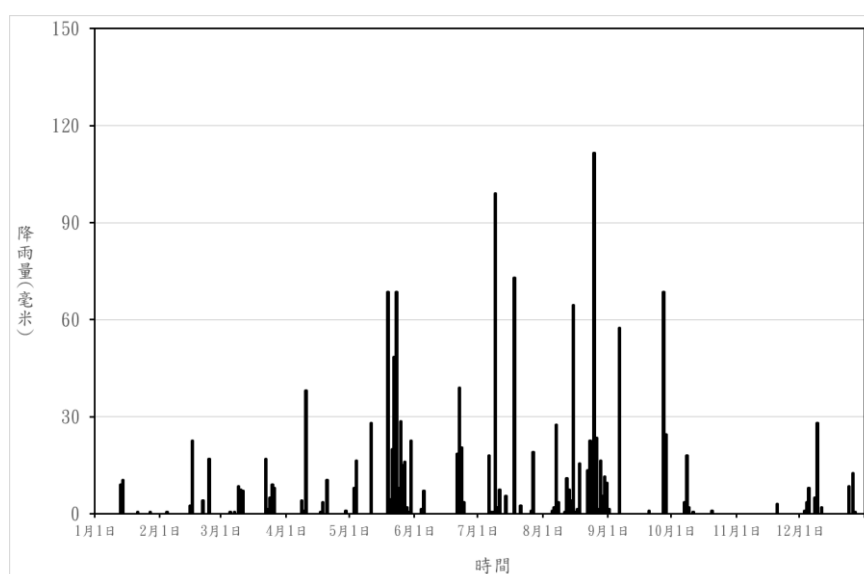
資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

備註：2020 年僅下載至 10 月 31 日前之資料。

圖 3-48 苗栗地區大湖站 2020 年日雨量

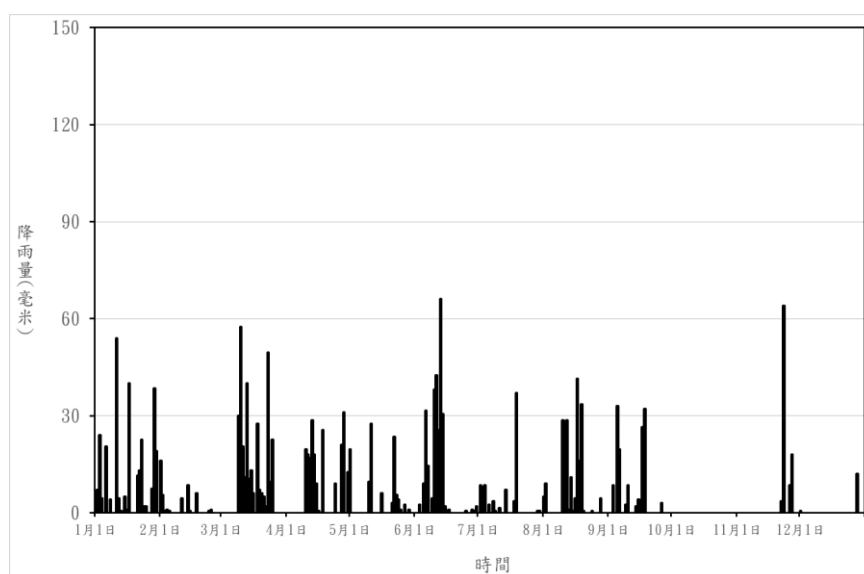
中央氣象局苗栗地區南湖站2015年日雨量如圖3-49所示，降雨主要集中在5~9月，本年度最大月降雨量落於8月，月雨量約為345.5毫米，最大日雨量約為111.5毫米，達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區南湖站2016年日雨量如圖3-50所示，降雨主要集中在5~9月，本年度最大月降雨量落於6月，月雨量約為271.5毫米，最大日雨量約為64毫米，未達大雨標準。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-49 苗栗地區南湖站 2015 年日雨量

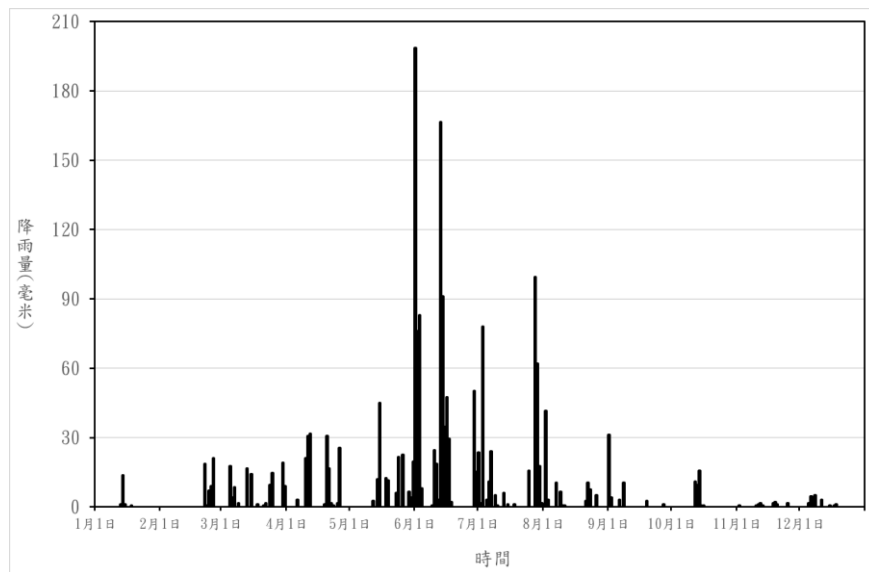


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-50 苗栗地區南湖站 2016 年日雨量

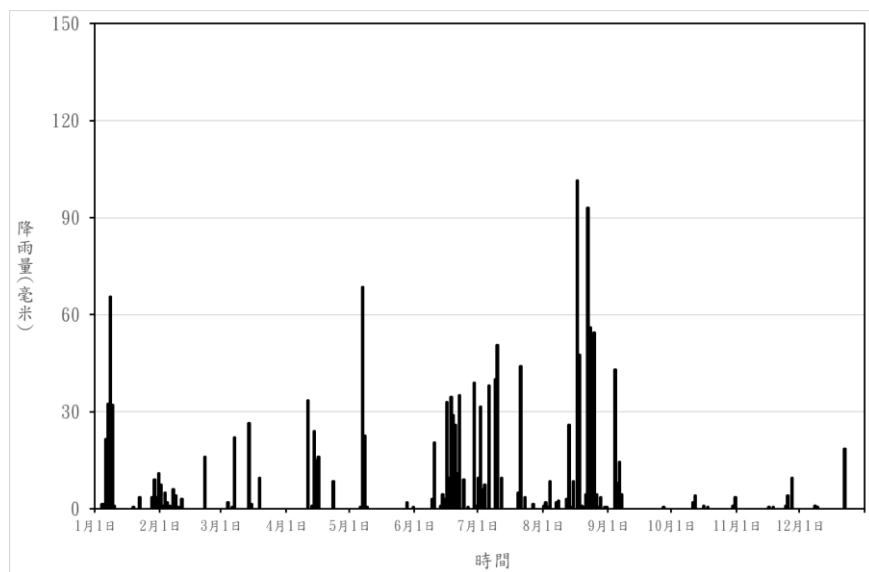
中央氣象局苗栗地區南湖站2017年日雨量如圖3-51所示，降雨主要集中在5~9月，本年度最大月降雨量落於6月，月雨量約為852.5毫米，最大日雨量約為198.5毫米，達到大雨標準，即將達到豪雨程度。

中央氣象局苗栗地區南湖站2018年日雨量如圖3-52所示，降雨主要集中在5~9月，本年度最大月降雨量落於8月，月雨量約為422.5毫米，最大日雨量約為101.5毫米，達到大雨標準。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-51 苗栗地區南湖站 2017 年日雨量

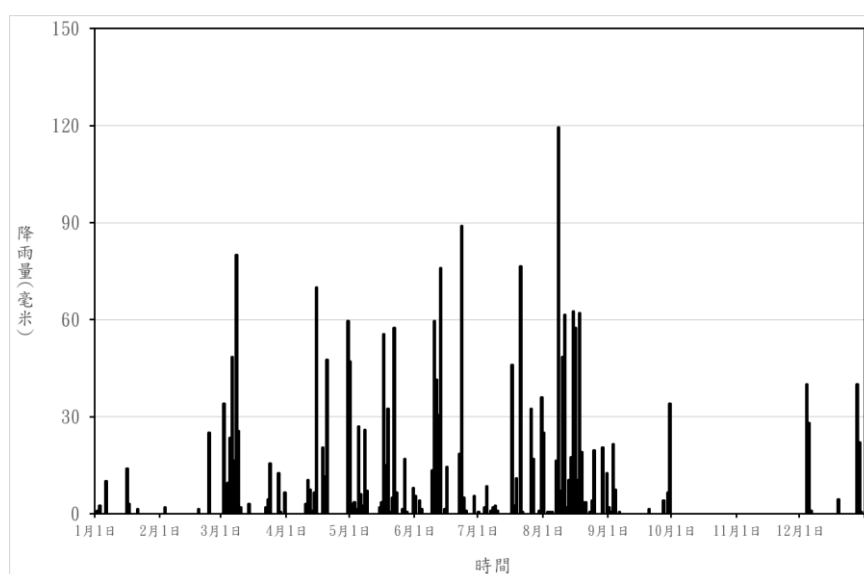


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-52 苗栗地區南湖站 2018 年日雨量

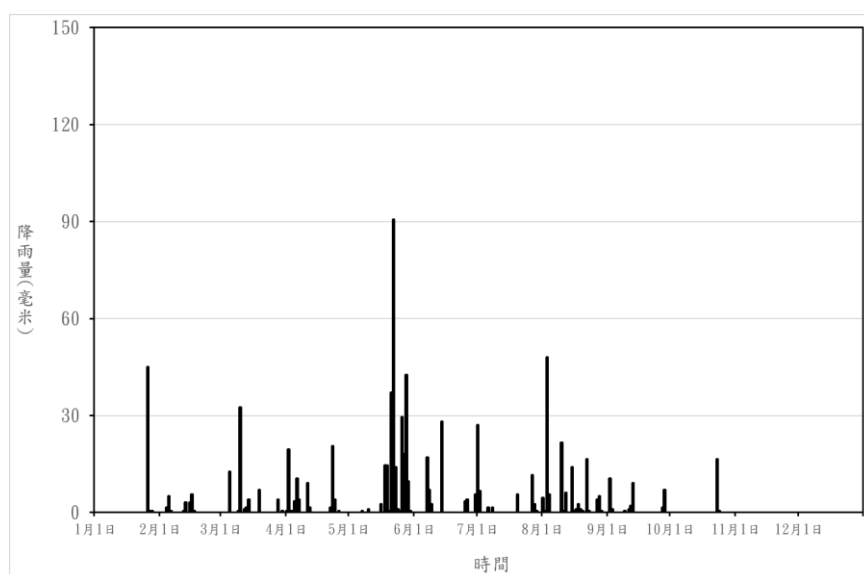
中央氣象局苗栗地區南湖站2019年日雨量如圖3-53所示，降雨主要集中在5~9月，本年度最大月降雨量落於8月，月雨量約為608毫米，最大日雨量約為119.5毫米，達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區南湖站2020年(1~10月)日雨量如圖3-54所示，降雨主要集中在5~9月，本年度最大月降雨量落於5月，月雨量約為276.5毫米，最大日雨量約為90.5毫米，達到大雨標準。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-53 苗栗地區南湖站 2019 年日雨量



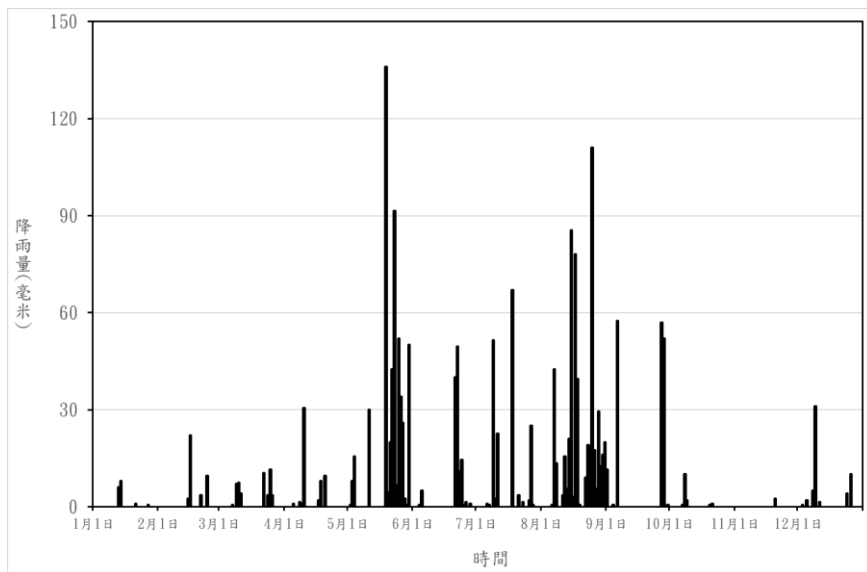
資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

備註：2020 年僅下載至 10 月 31 日前之資料。

圖 3-54 苗栗地區南湖站 2020 年日雨量

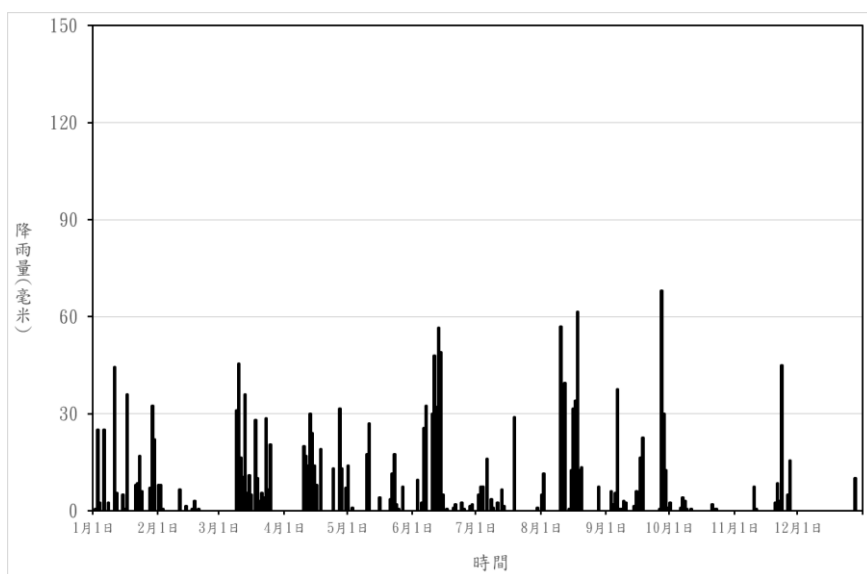
中央氣象局苗栗地區新開站2015年日雨量如圖3-55所示，降雨主要集中在5~9月，本年度最大月降雨量落於5月，月雨量約為520毫米，最大日雨量約為136毫米，達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區新開站2016年日雨量如圖3-56所示，降雨主要集中在5~9月，本年度最大月降雨量落於9月，月雨量約為216毫米，最大日雨量約為68毫米，未達大雨標準。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-55 苗栗地區新開站 2015 年日雨量

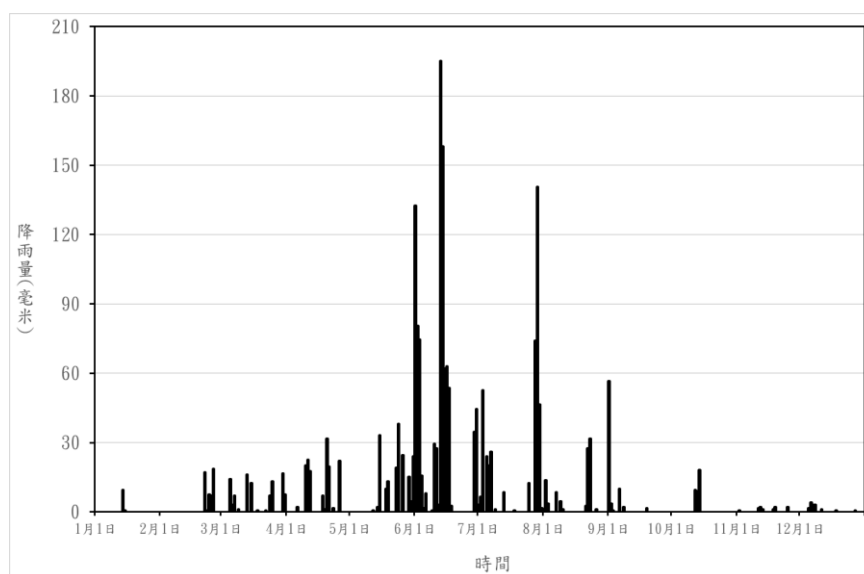


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-56 苗栗地區新開站 2016 年日雨量

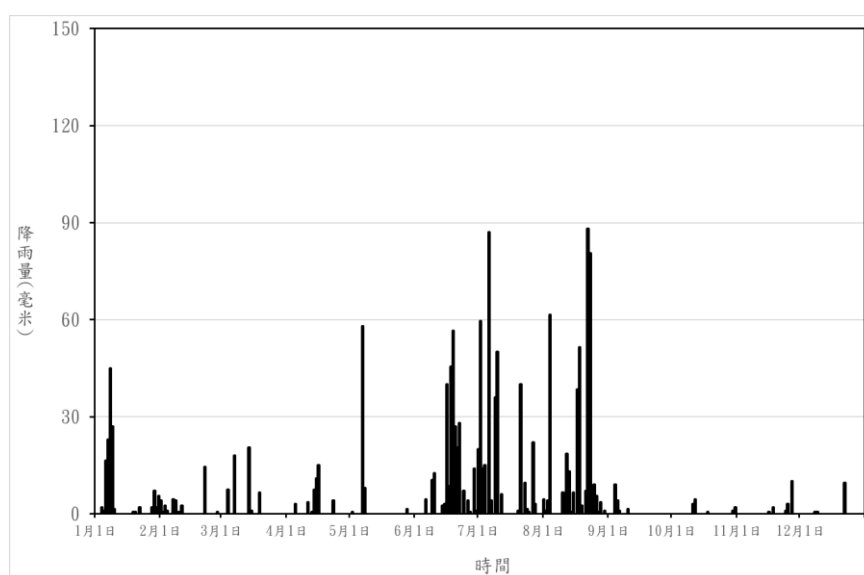
中央氣象局苗栗地區新開站2017年日雨量如圖3-57所示，降雨主要集中在5~9月，本年度最大月降雨量落於6月，月雨量約為965.5毫米，最大日雨量約為195毫米，達到大雨標準，即將達到豪雨程度。

中央氣象局苗栗地區新開站2018年日雨量如圖3-58所示，降雨主要集中在5~9月，本年度最大月降雨量落於8月，月雨量約為407毫米，最大日雨量約為88毫米，達到大雨標準。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-57 苗栗地區新開站 2017 年日雨量

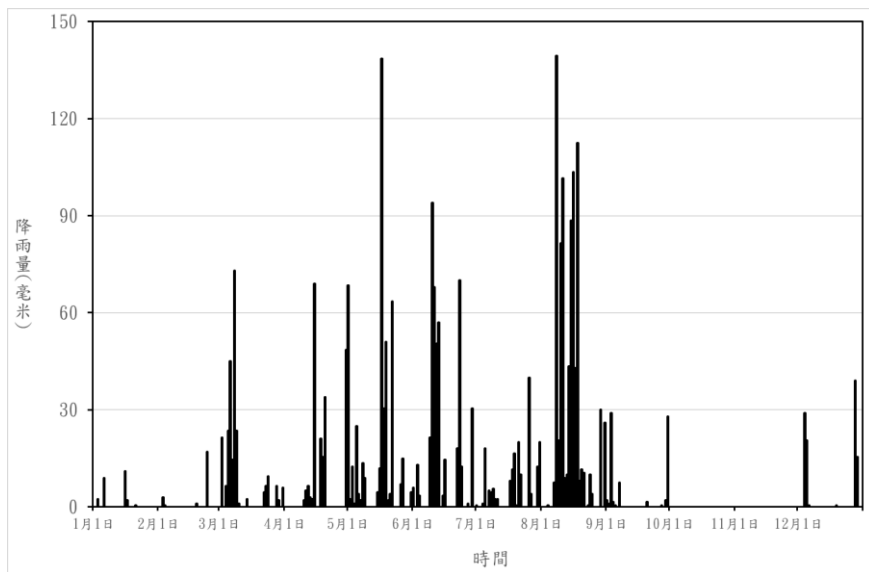


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-58 苗栗地區新開站 2018 年日雨量

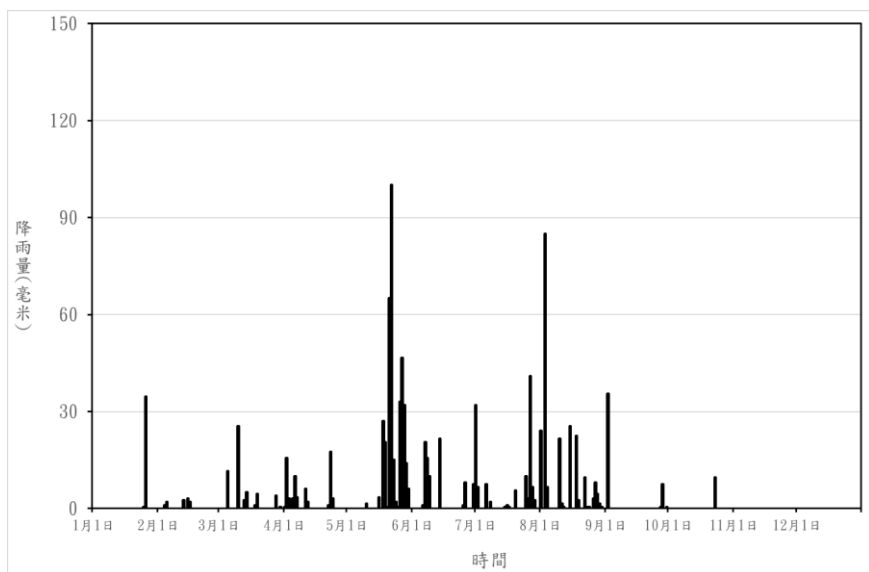
中央氣象局苗栗地區新開站2019年日雨量如圖3-59所示，降雨主要集中在5~9月，本年度最大月降雨量落於8月，約855.5毫米，最大日雨量約各為139.5毫米，皆達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區新開站2020年(1~10月)日雨量如圖3-60所示，降雨主要集中在5~9月，本年度最大月降雨量落於5月，月雨量約為367毫米，最大日雨量約為100毫米，達到大雨標準。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-59 苗栗地區新開站 2019 年日雨量



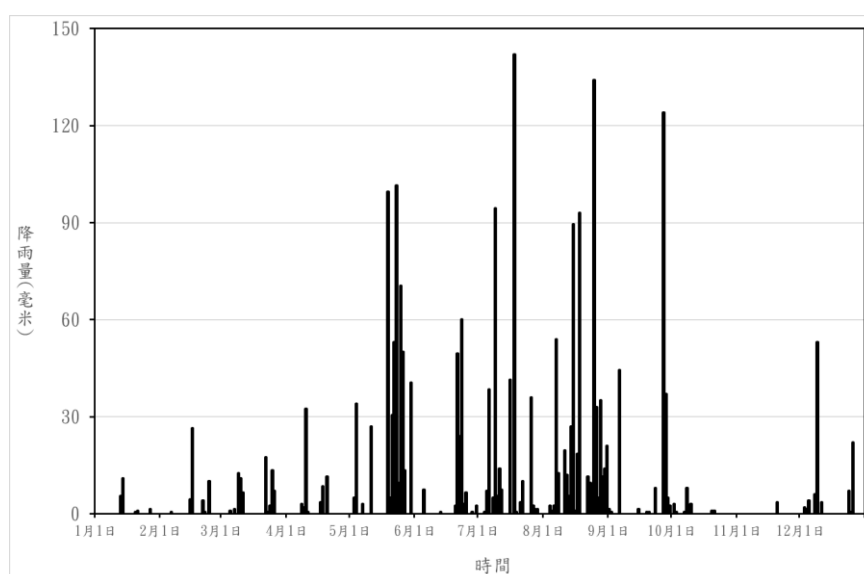
資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

備註：2020 年僅下載至 10 月 31 日前之資料。

圖 3-60 苗栗地區新開站 2020 年日雨量

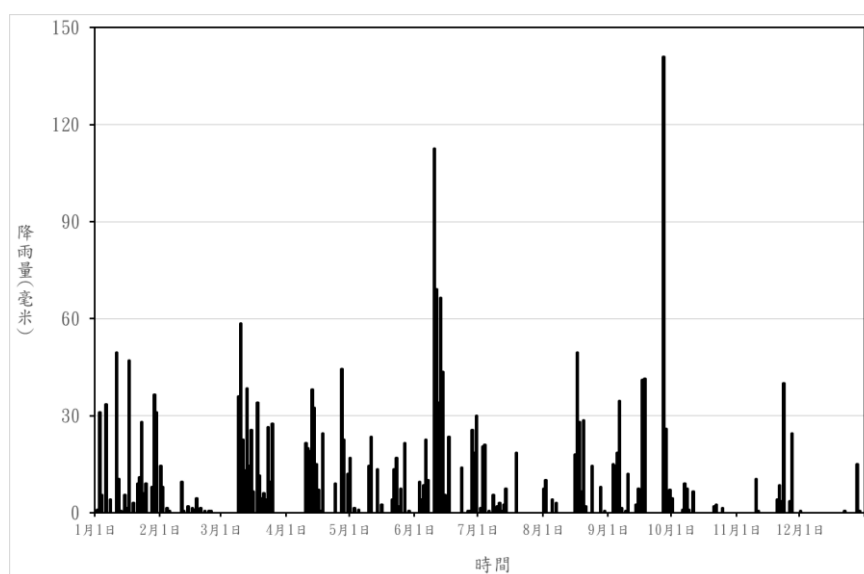
中央氣象局苗栗地區馬拉邦山站2015年日雨量如圖3-61所示，降雨主要集中在5~9月，本年度最大月降雨量落於7月，月雨量約為414毫米，最大日雨量約為142毫米，達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區馬拉邦山站2016年日雨量如圖3-62所示，降雨主要集中在5~9月，本年度最大月降雨量落於9月，月雨量約為366毫米，最大日雨量約為141毫米，達到大雨標準。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-61 苗栗地區馬拉邦山站 2015 年日雨量

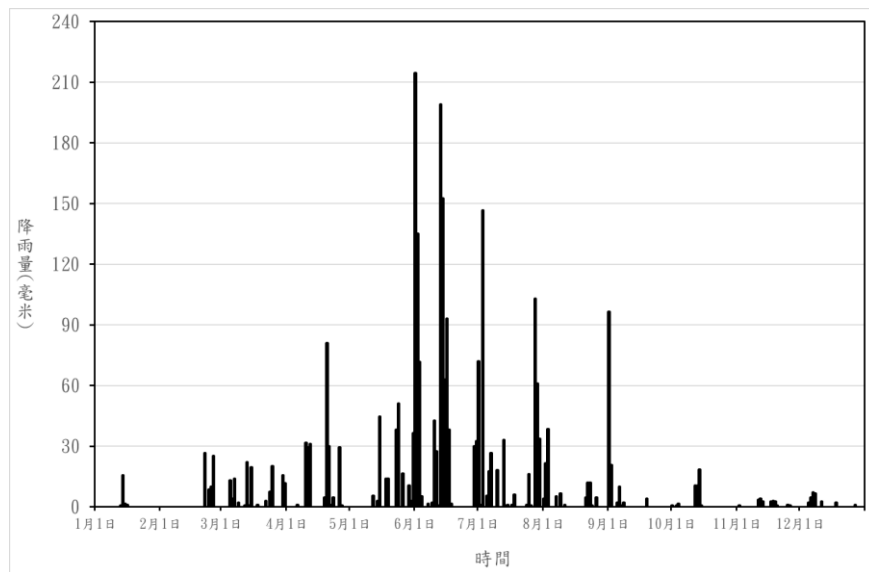


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-62 苗栗地區馬拉邦山站 2016 年日雨量

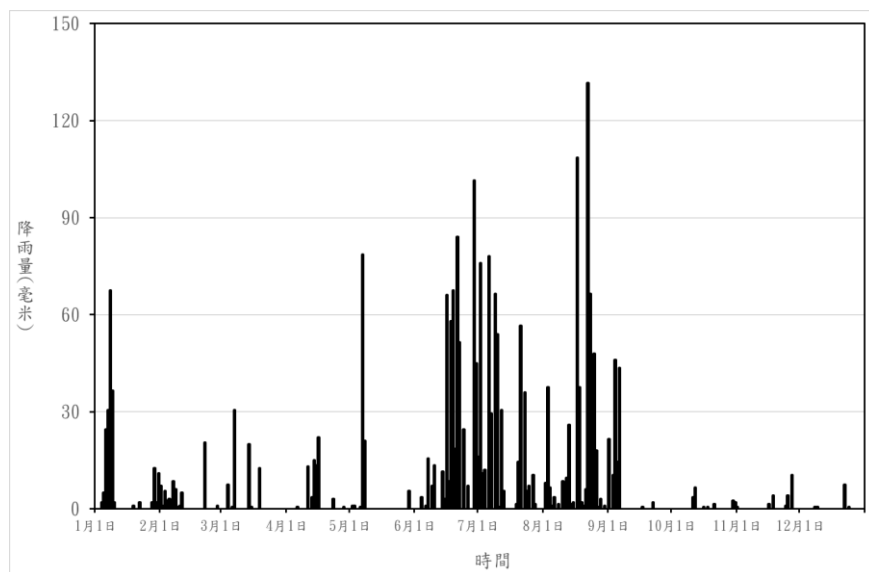
中央氣象局苗栗地區馬拉邦山站2017年日雨量如圖3-63所示，降雨主要集中在5~9月，本年度最大月降雨量落於6月，月雨量約為1,113.5毫米，最大日雨量約為214.5毫米，達到豪雨標準。

中央氣象局苗栗地區馬拉邦山站2018年日雨量如圖3-64所示，降雨主要集中在5~9月，本年度最大月降雨量落於8月，月雨量約為533.5毫米，最大日雨量約為131.5毫米，達到大雨標準。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-63 苗栗地區馬拉邦山站 2017 年日雨量

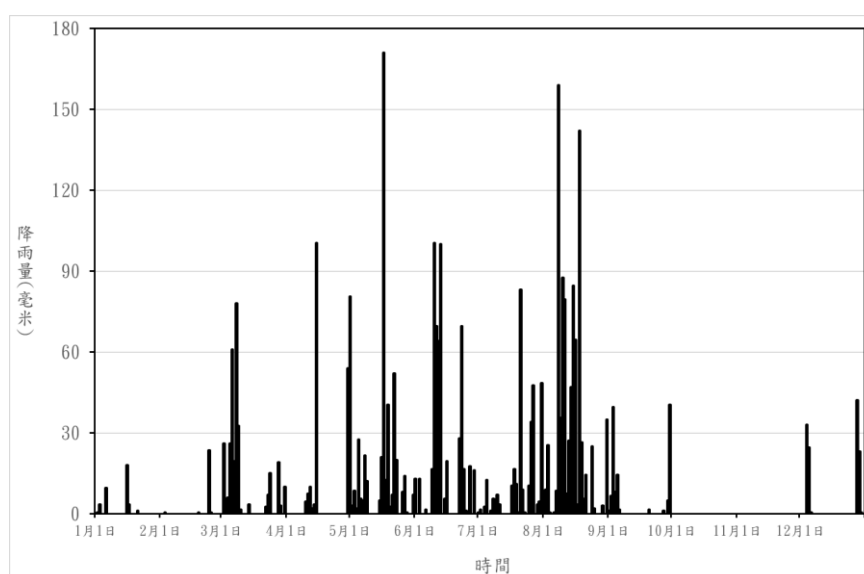


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-64 苗栗地區馬拉邦山站 2018 年日雨量

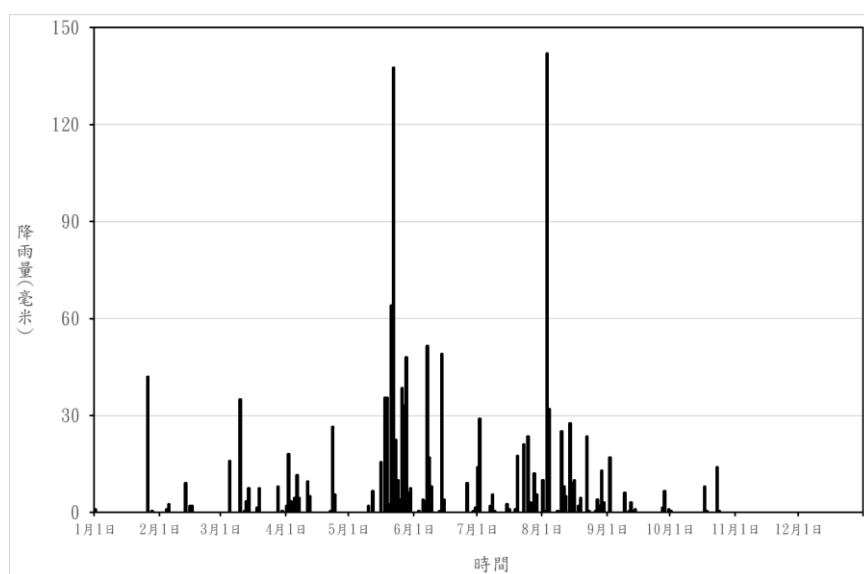
中央氣象局苗栗地區馬拉邦山站2019年日雨量如圖3-65所示，降雨主要集中在5~9月，本年度最大月降雨量落於8月，月雨量約為270毫米，最大日雨量約為171毫米(落於5月份)，達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區馬拉邦山站2020年日(1~10月)雨量如圖3-66所示，降雨主要集中在5~9月，本年度最大月降雨量落於5月及8月，8月雨量約為468.5毫米，最大日雨量約為142毫米，達到大雨標準。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-65 苗栗地區馬拉邦山站 2019 年日雨量



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

備註：2020 年僅下載至 10 月 31 日前之資料。

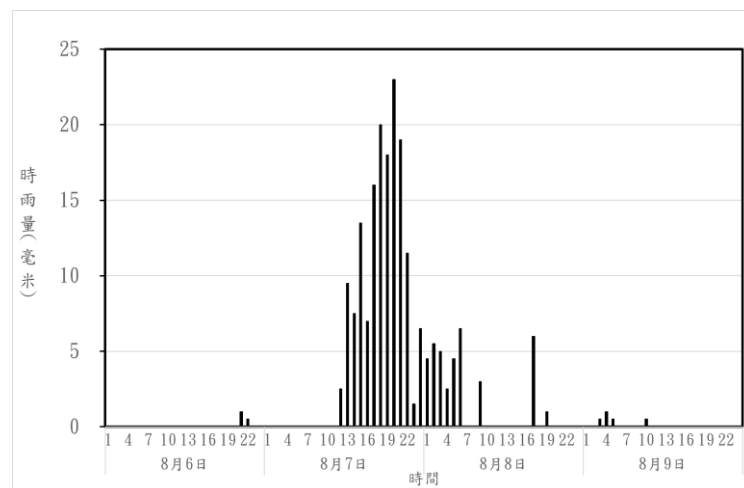
圖 3-66 苗栗地區馬拉邦山站 2020 年日雨量

(三) 時雨量

苗栗大河、大湖、南湖、新開、馬拉邦山等5站，2015年~2020年，每年選2至4場大雨期間之時雨量，如圖3-67 ~3-136。

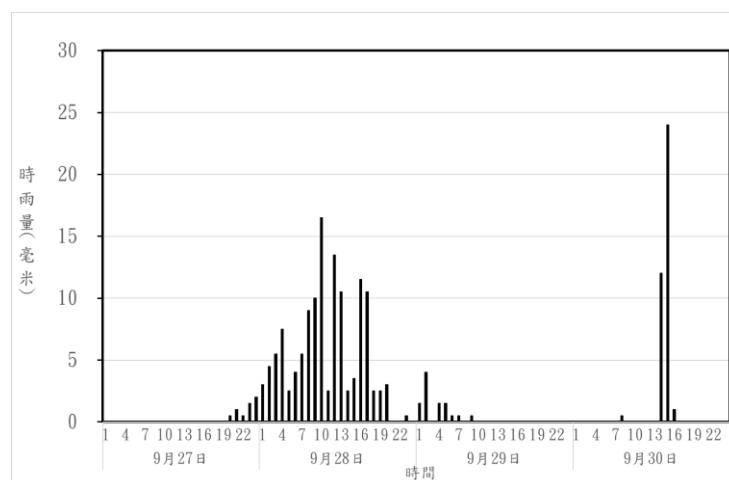
中央氣象局苗栗地區大河站2015年8月主要降雨時段之時雨量如圖3-67所示，最大時雨量約為23毫米，日雨量約為155.5毫米(8月7日)，達到大雨標準。

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3-68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 3-67 大河站 2015 年 8 月 6 日至 8 月 9 日降雨量歷線

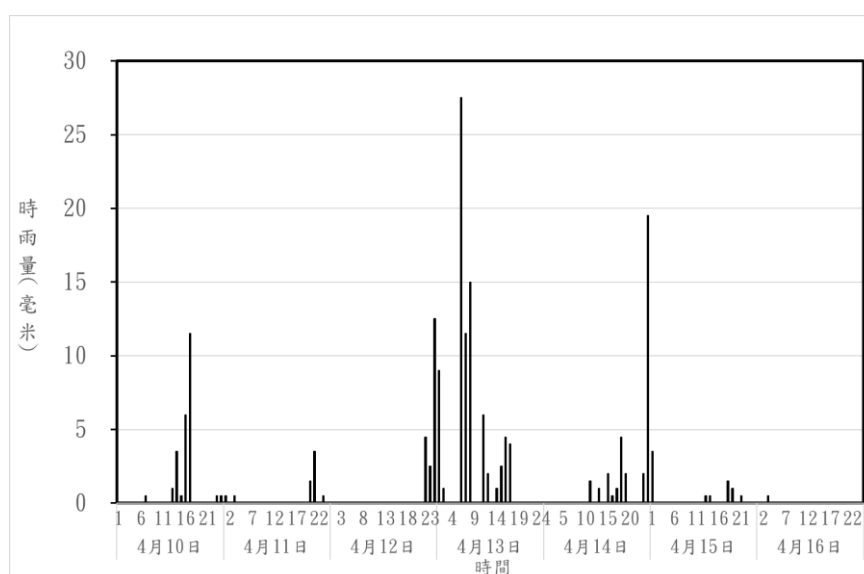


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-68 大河站 2015 年 9 月 27 日至 9 月 30 日降雨量歷線

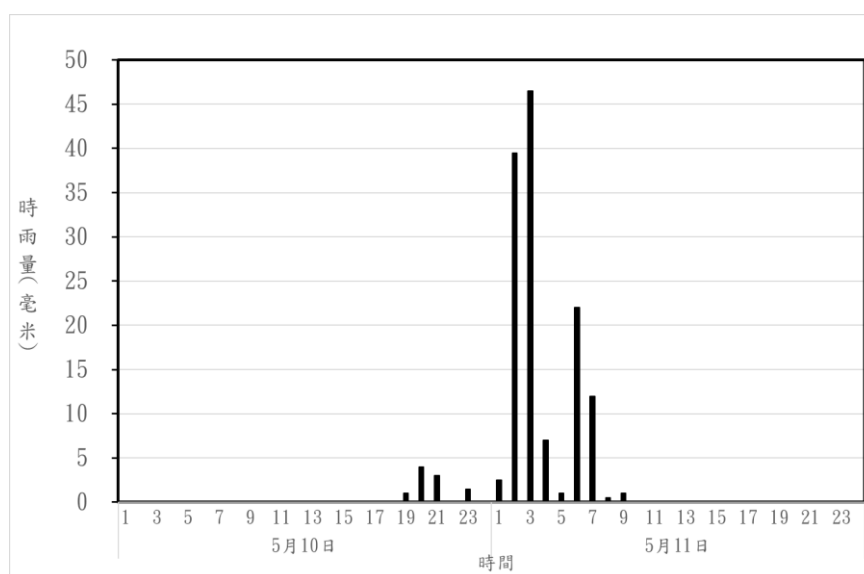
中央氣象局苗栗地區大河站2016年4月主要降雨時段之時雨量如圖3-69所示，最大時雨量約為27.5毫米，日雨量約為84毫米(4月13日)，達到大雨標準。

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3-70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 3-69 大河站 2016 年 4 月 10 日至 4 月 16 日降雨量歷線

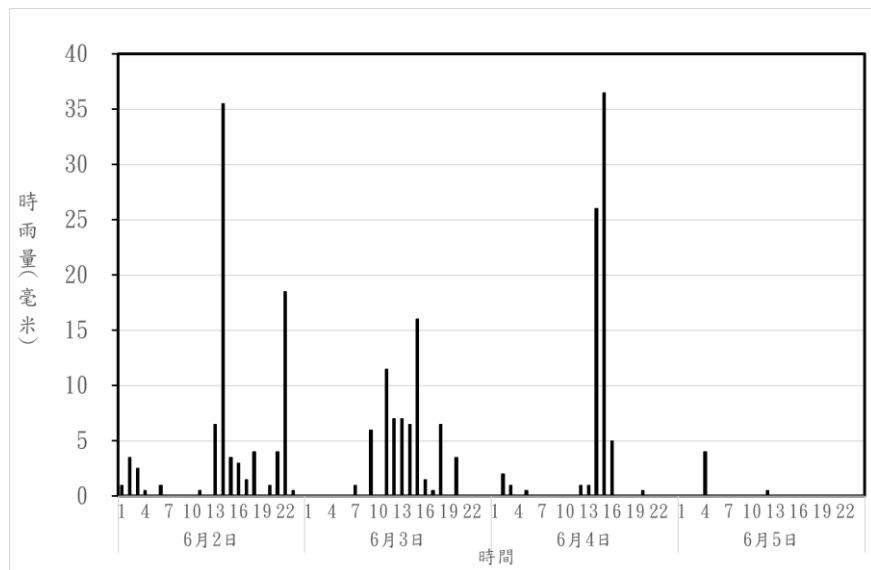


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-70 大河站 2016 年 5 月 10 日至 5 月 11 日降雨量歷線

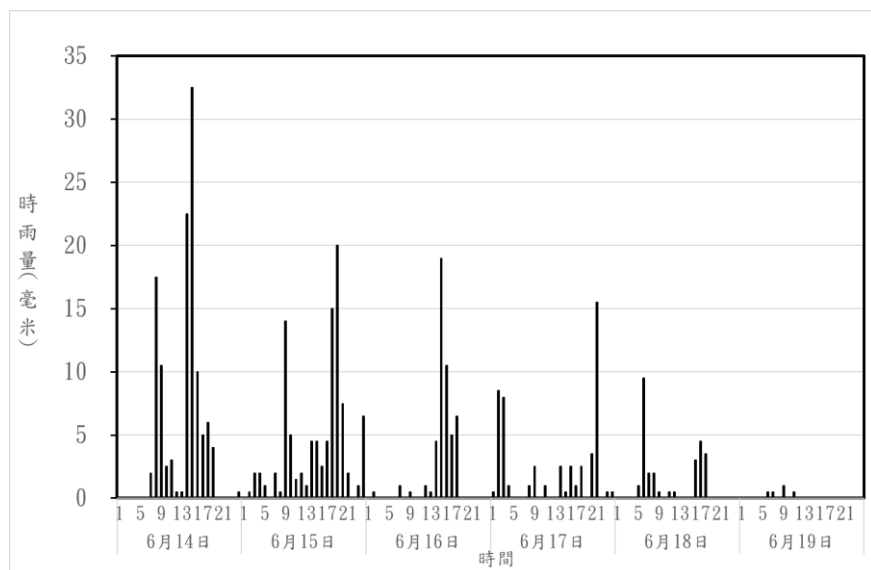
中央氣象局苗栗地區大河站2017年6月上旬主要降雨時段之時雨量如圖3-71所示，最大時雨量約為36.5毫米，日雨量約為87毫米(6月2日)，達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區大河站2017年6月中旬主要降雨時段之時雨量如圖3-72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 3-71 大河站 2017 年 6 月 2 日至 6 月 5 日降雨量歷線

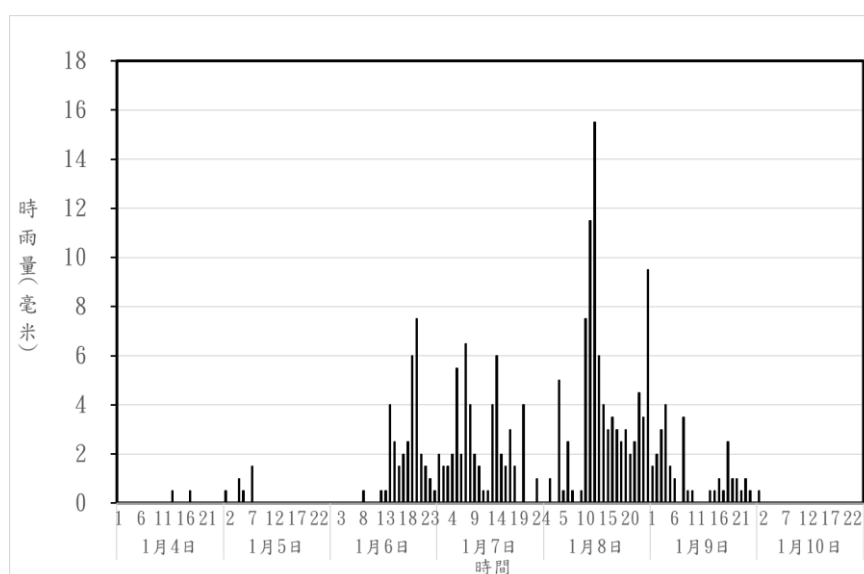


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-72 大河站 2017 年 6 月 14 日至 6 月 19 日降雨量歷線

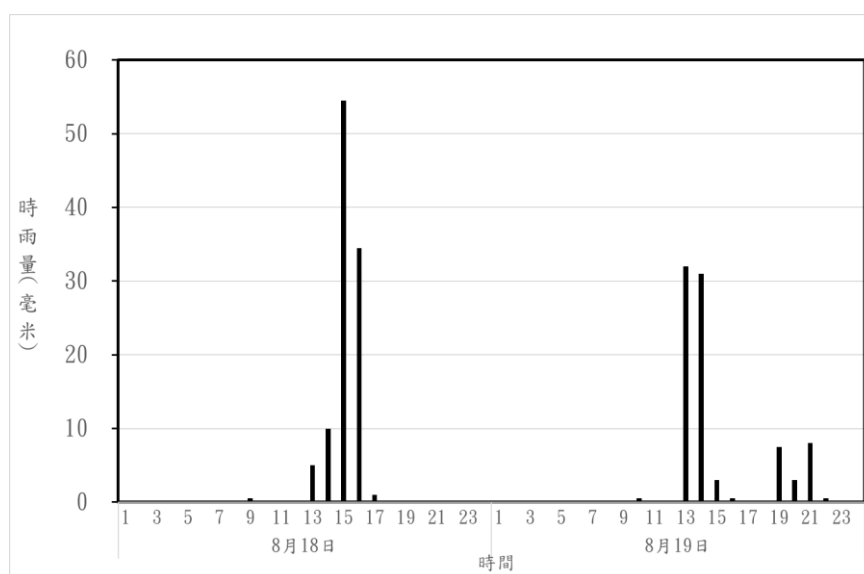
中央氣象局苗栗地區大河站2018年1月主要降雨時段之時雨量如圖3-73所示，最大時雨量約為15.5毫米，日雨量約為91.5毫米(1月8日)，達到大雨標準。

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3-74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 3-73 大河站 2018 年 1 月 4 日至 1 月 10 日降雨量歷線

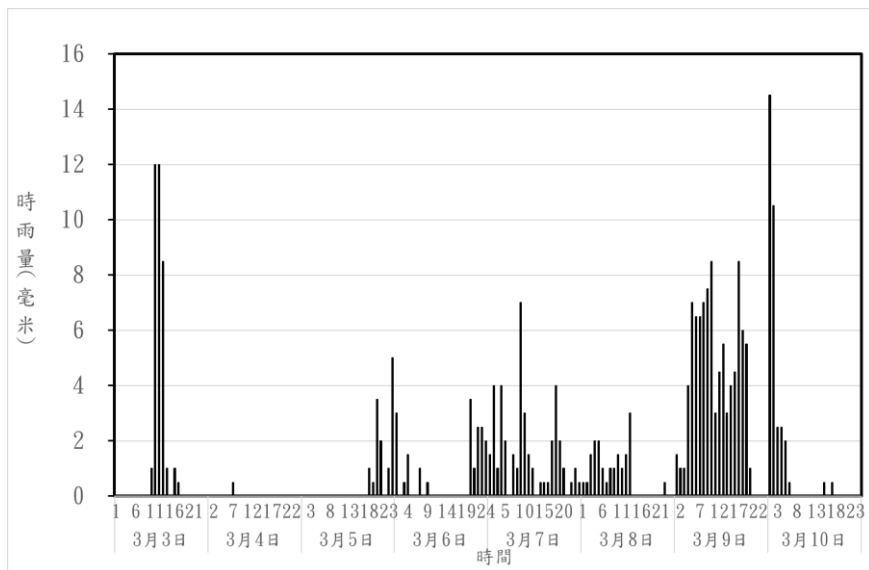


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-74 大河站 2018 年 8 月 18 日至 8 月 19 日降雨量歷線

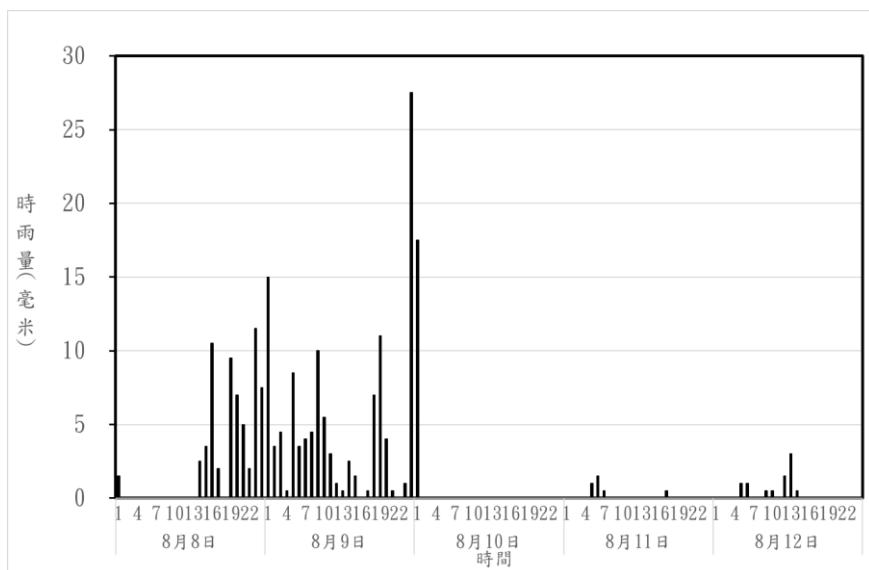
中央氣象局苗栗地區大河站2019年3月主要降雨時段之時雨量如圖3-75所示，最大時雨量約為14.5毫米，日雨量約為96毫米(3月9日)，達到大雨標準。

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3-76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 3-75 大河站 2019 年 3 月 5 日至 3 月 10 日降雨量歷線

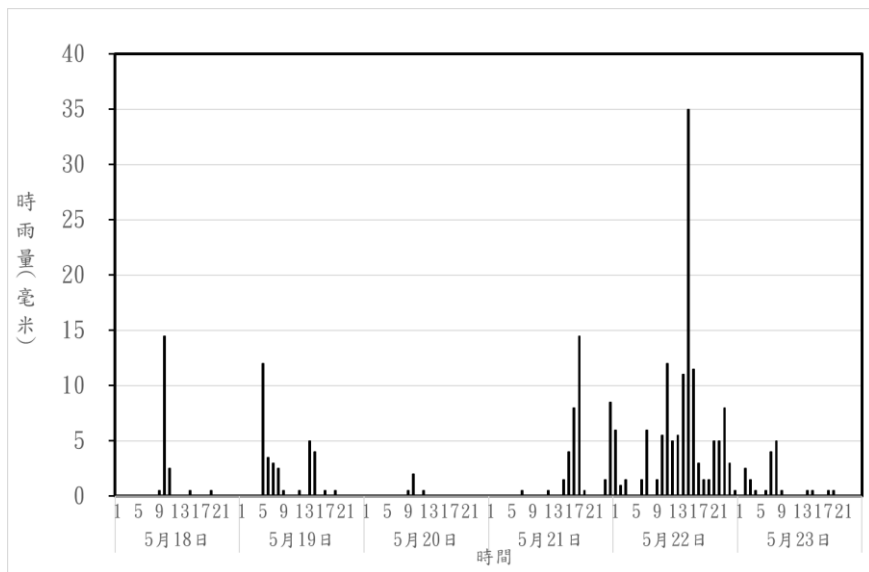


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-76 大河站 2019 年 8 月 8 日至 8 月 12 日降雨量歷線

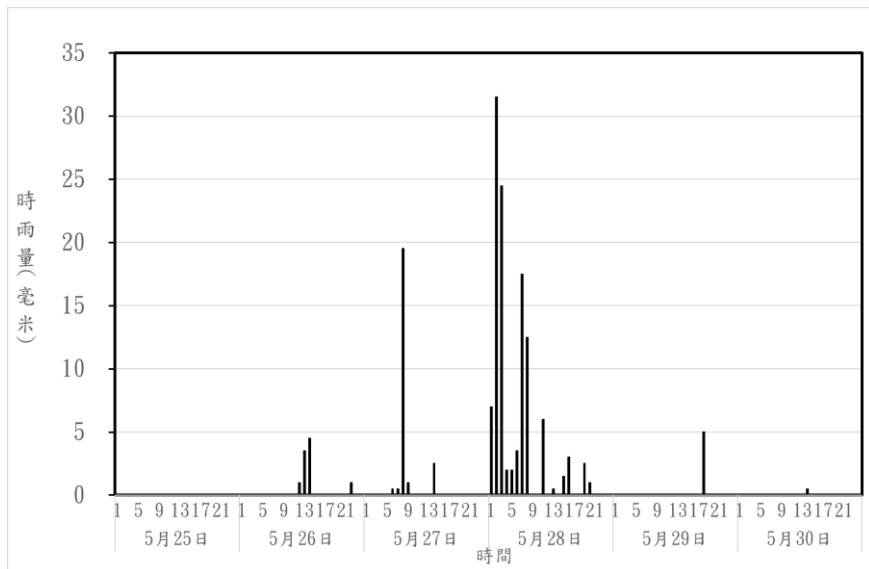
中央氣象局苗栗地區大河站2020年5月主要降雨時段之一的時雨量如圖3-77所示，最大時雨量約為35毫米，日雨量約為130.5毫米(5月22日)，達到大雨標準。

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3-78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 3-77 大河站 2020 年 5 月 18 日至 5 月 23 日降雨量歷線

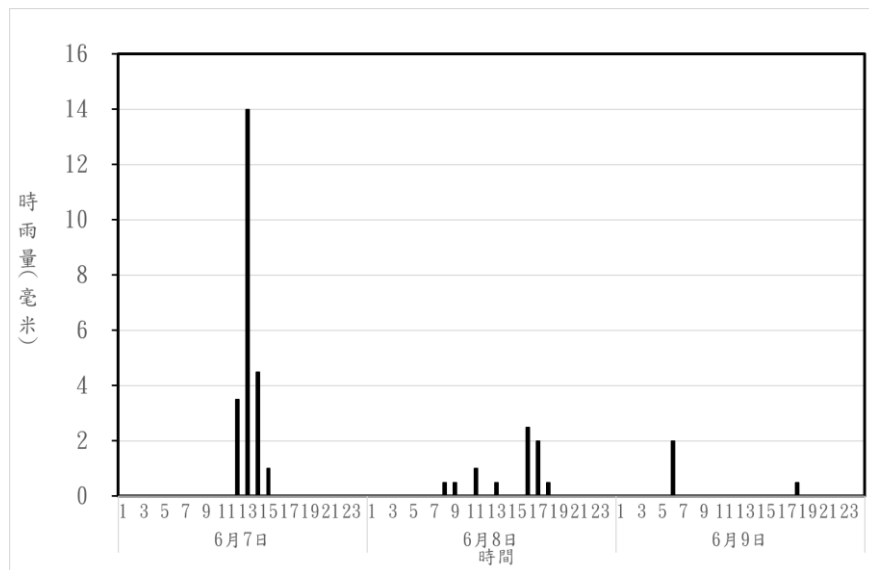


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-78 大河站 2020 年 5 月 25 日至 5 月 30 日降雨量歷線

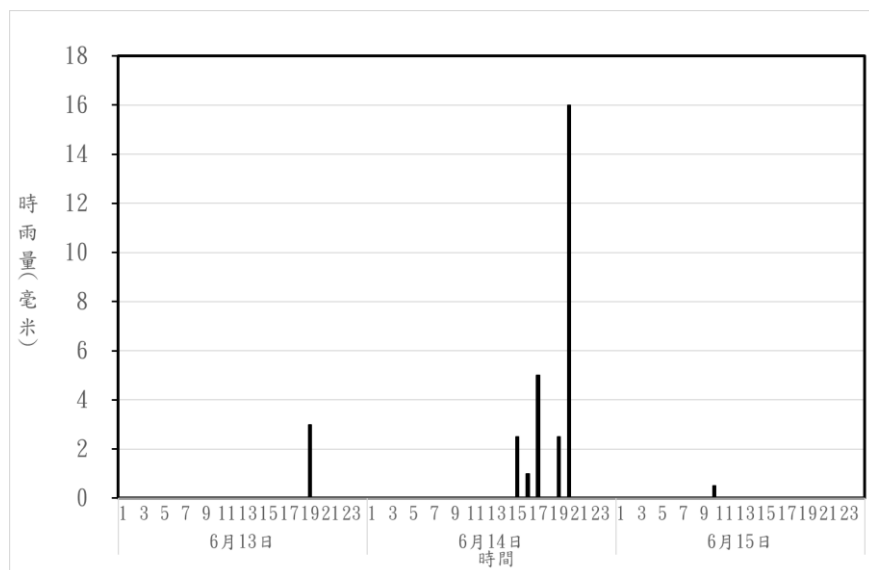
中央氣象局苗栗地區大河站2020年6月上旬主要降雨時段之時雨量如圖3-79所示，最大時雨量約為14毫米，日雨量約為23毫米(6月7日)，尚未達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區大河站2020年6月中旬主要降雨時段之時雨量如圖3-80所示，最大時雨量約為16毫米，日雨量約為27毫米(6月14日)，尚未達到大雨標準。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-79 大河站 2020 年 6 月 7 日至 6 月 9 日降雨量歷線

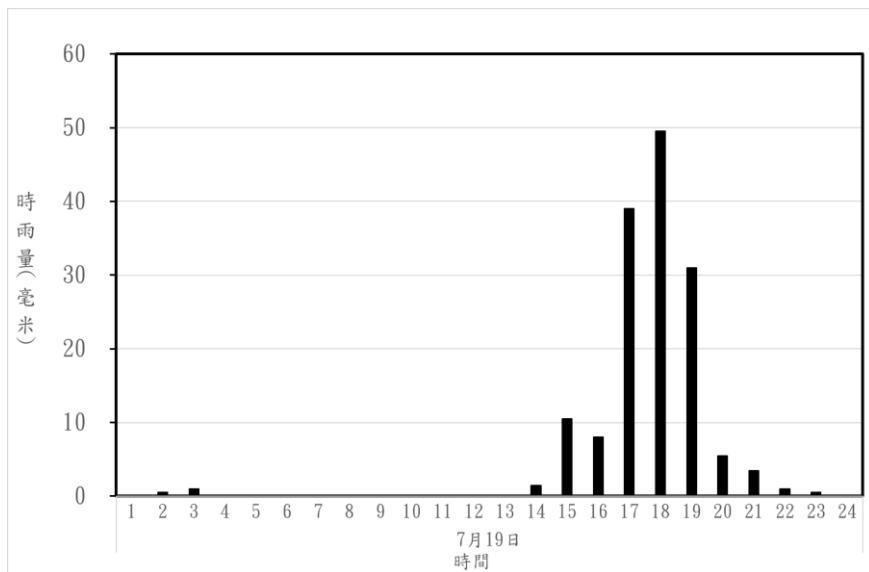


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-80 大河站 2020 年 6 月 13 日至 6 月 15 日降雨量歷線

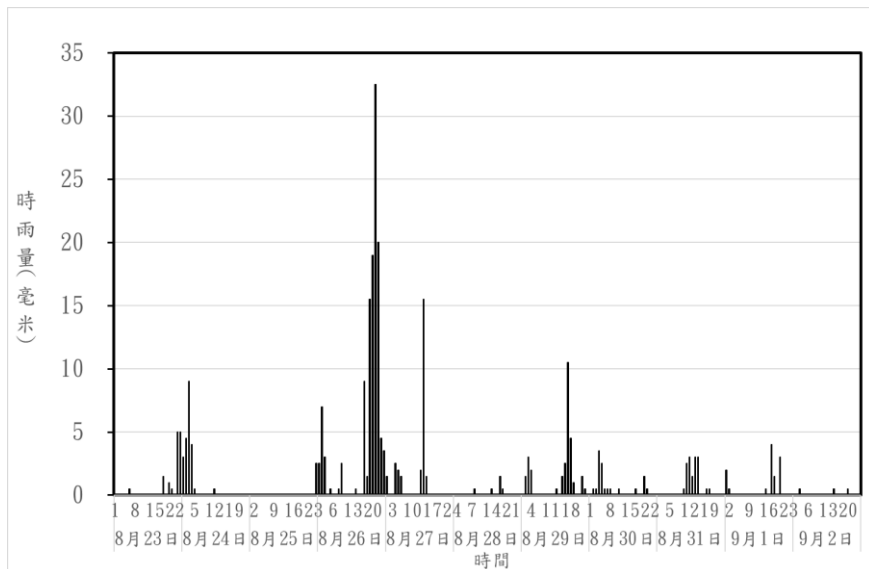
中央氣象局苗栗地區大湖站2015年7月主要降雨時段之時雨量如圖3-81所示，最大時雨量約為49.5毫米，日雨量約為151.5毫米(7月19日)，達到大雨標準。

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3-82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 3-81 大湖站 2015 年 7 月 19 日降雨量歷線

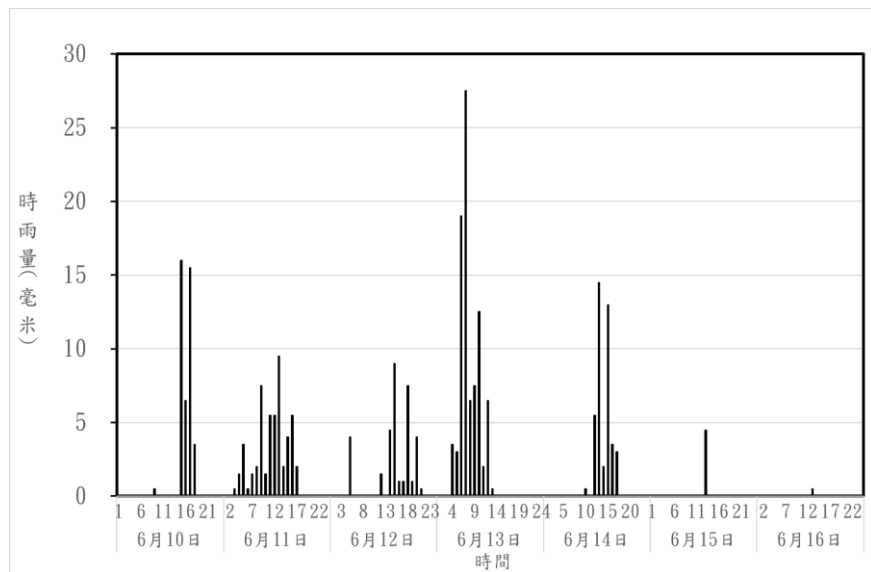


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-82 大湖站 2015 年 8 月 23 日至 9 月 2 日降雨量歷線

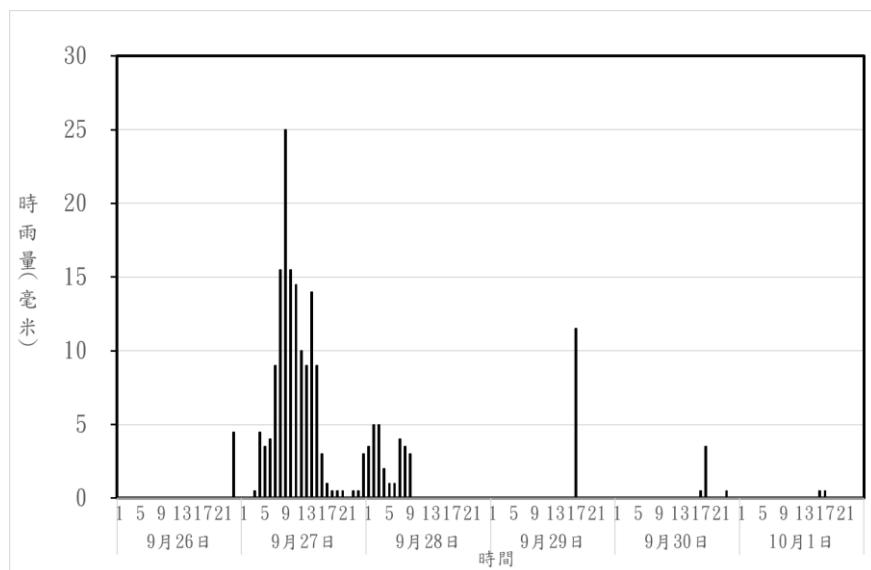
中央氣象局苗栗地區大湖站2016年6月主要降雨時段之時雨量如圖3-83所示，最大時雨量約為27.5毫米，日雨量約為88.5毫米(6月13日)，達到大雨標準。

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3-84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 3-83 大湖站 2016 年 6 月 10 日至 6 月 16 日降雨量歷線

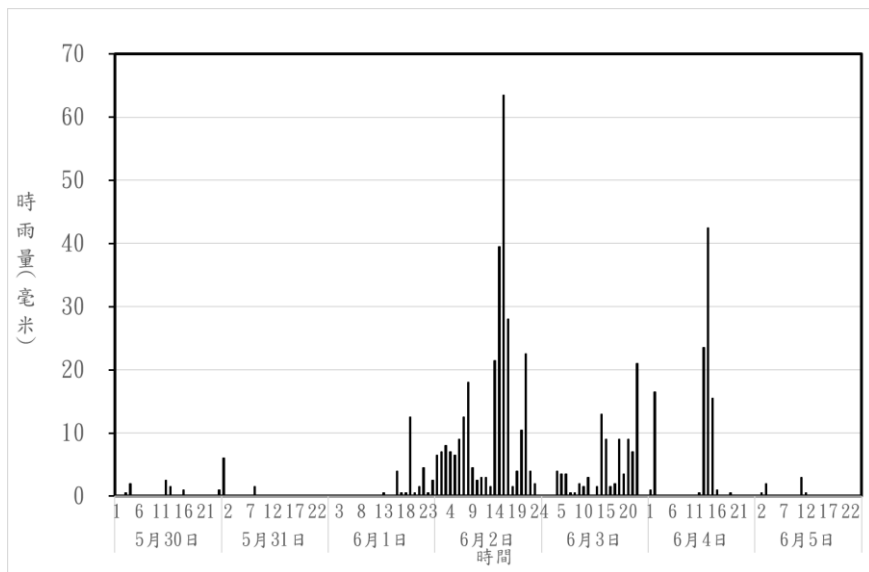


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-84 大湖站 2016 年 9 月 26 日至 10 月 1 日降雨量歷線

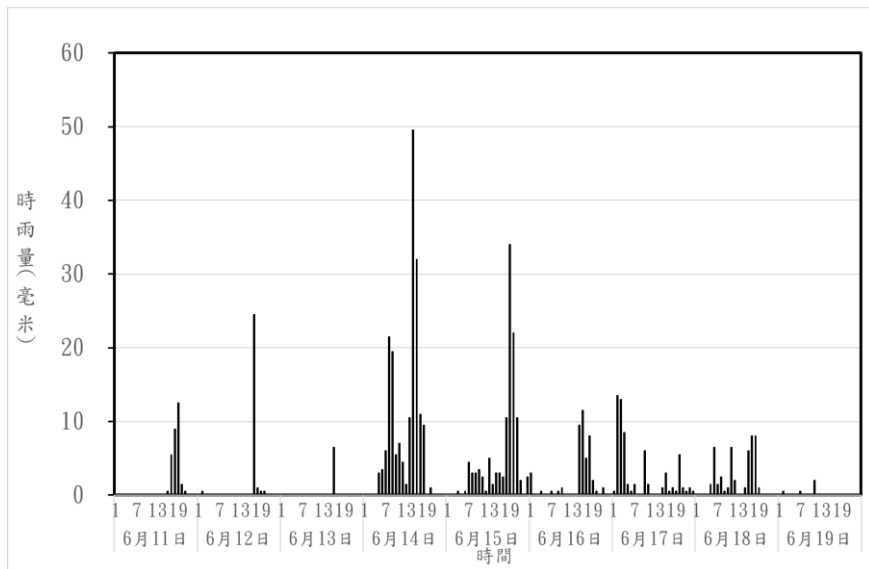
中央氣象局苗栗地區大湖站2017年6月上旬主要降雨時段之時雨量如圖3-85所示，最大時雨量約為63.5毫米，日雨量約為286毫米(6月2日)，達到豪雨標準。

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3-86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 3-85 大湖站 2017 年 5 月 30 日至 6 月 5 日降雨量歷線

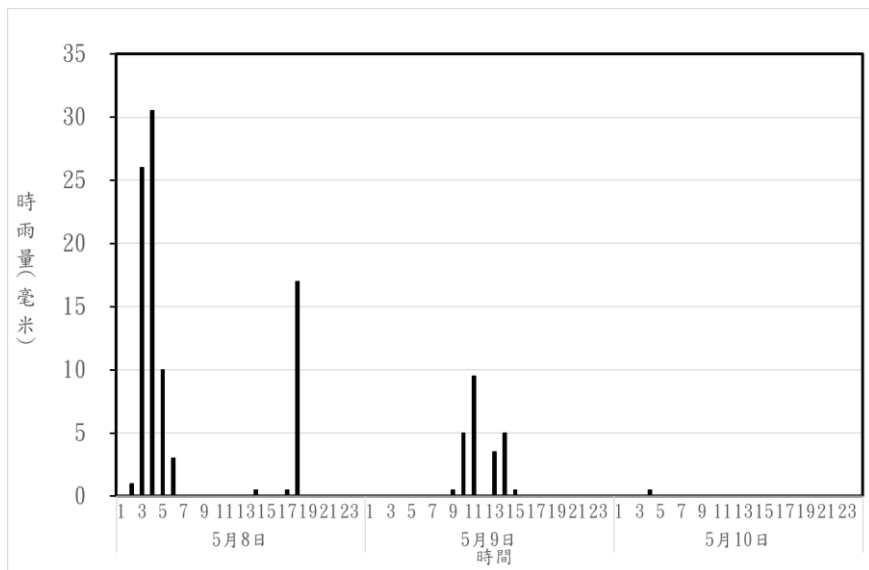


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-86 大湖站 2017 年 6 月 11 日至 6 月 19 日降雨量歷線

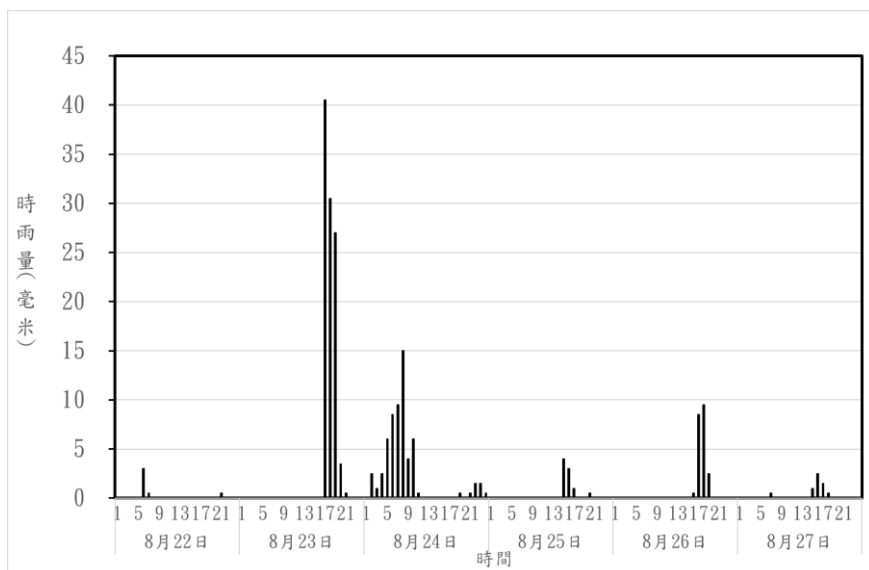
中央氣象局苗栗地區大湖站2018年5月主要降雨時段之時雨量如圖3-87所示，最大時雨量約為30.5毫米，日雨量約為88.5毫米(5月8日)，達到大雨標準。

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3-88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 3-87 大湖站 2018 年 5 月 8 日至 5 月 10 日降雨量歷線

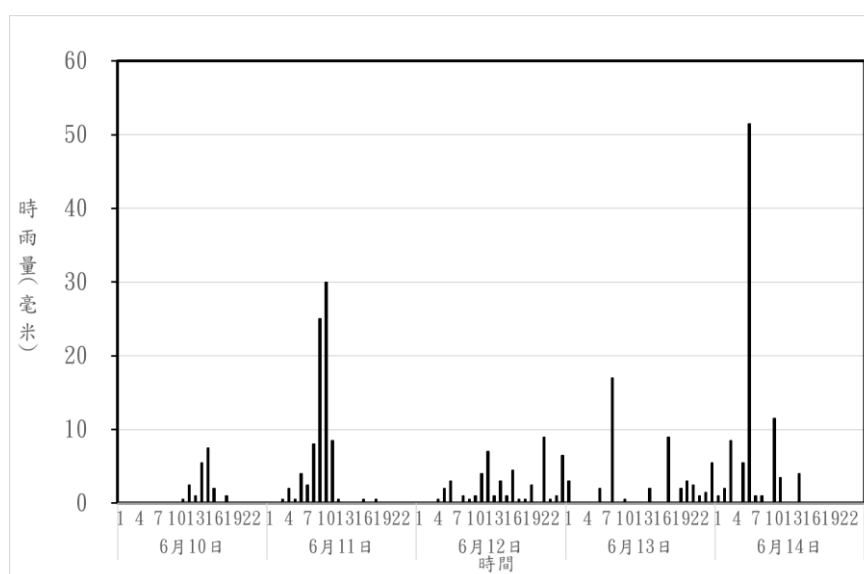


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-88 大湖站 2018 年 8 月 22 日至 8 月 27 日降雨量歷線

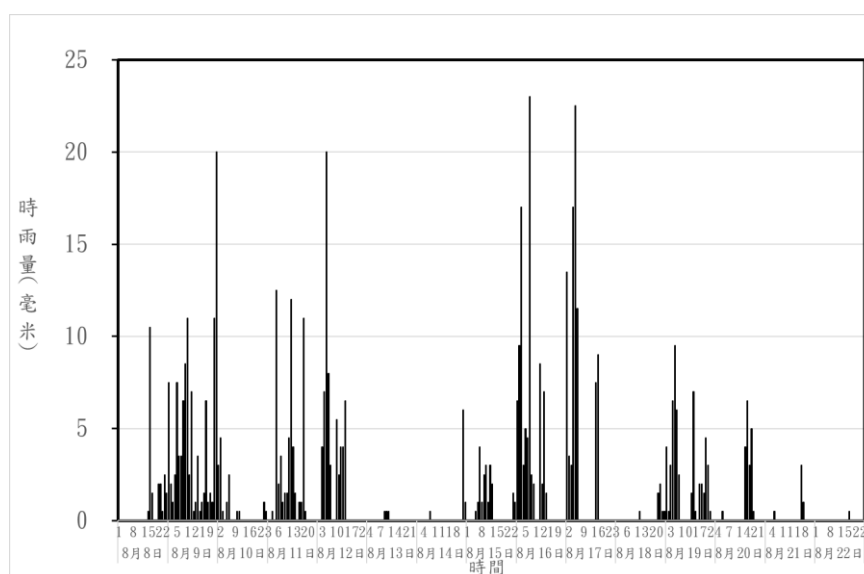
中央氣象局苗栗地區大湖站2019年6月主要降雨時段之時雨量如圖3-89所示，最大時雨量約為51.5毫米，日雨量約為89.5毫米(6月14日)，達到大雨標準。

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3-90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 3-89 大湖站 2019 年 6 月 10 日至 6 月 14 日降雨量歷線

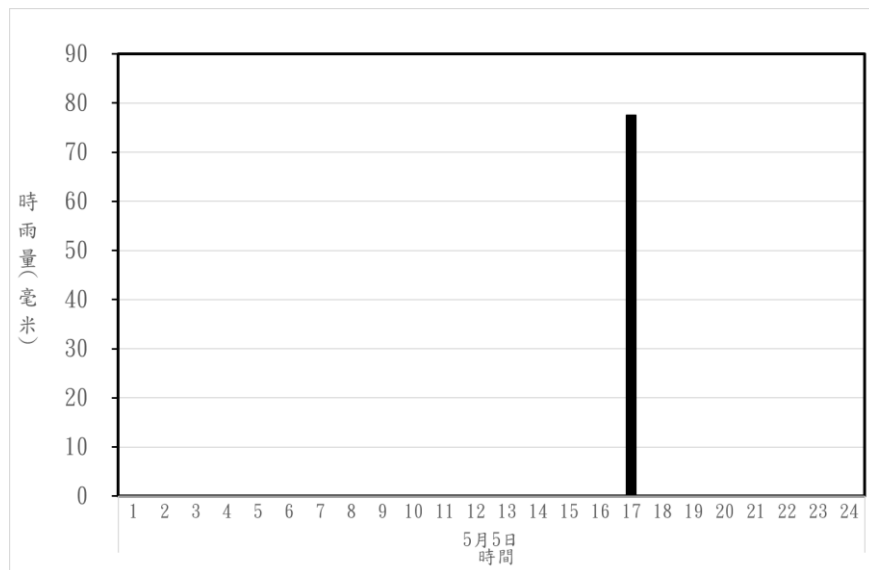


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-90 大湖站 2019 年 8 月 8 日至 8 月 22 日降雨量歷線

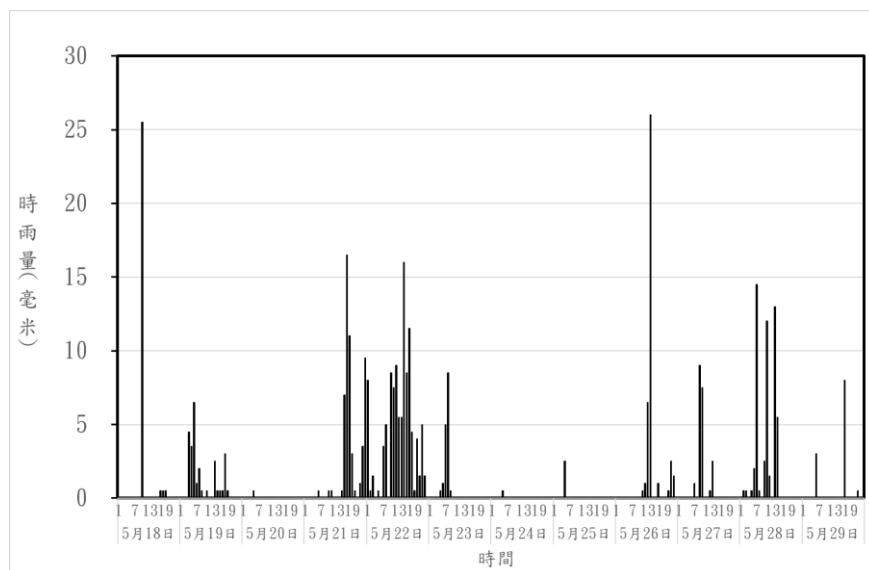
中央氣象局苗栗地區大湖站2020年5月上旬主要降雨時段之時雨量如圖3-91所示，最大時雨量約為77.5毫米，達到大雨標準，日雨量約為77.5毫米(5月5日)。

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3-92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 3-91 大湖站 2020 年 5 月 5 日降雨量歷線

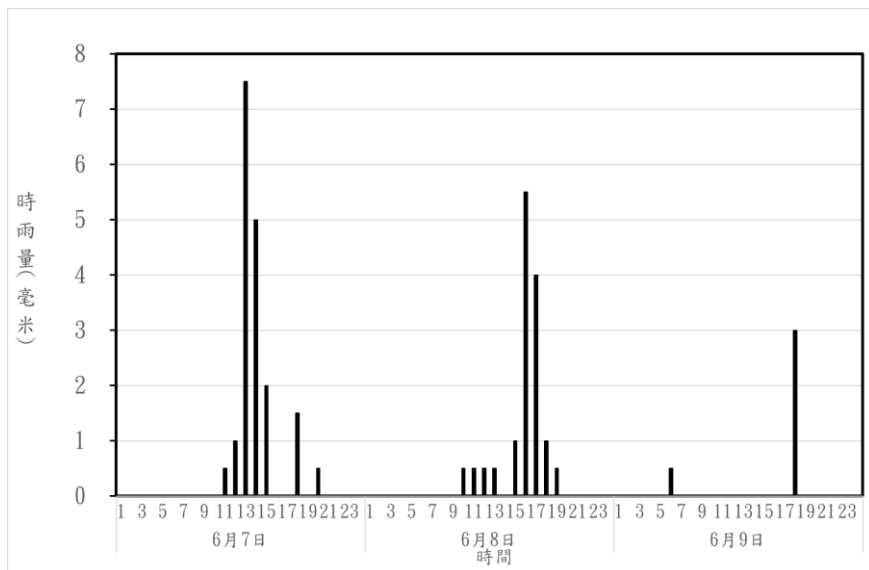


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-92 大湖站 2020 年 5 月 18 日至 5 月 29 日降雨量歷線

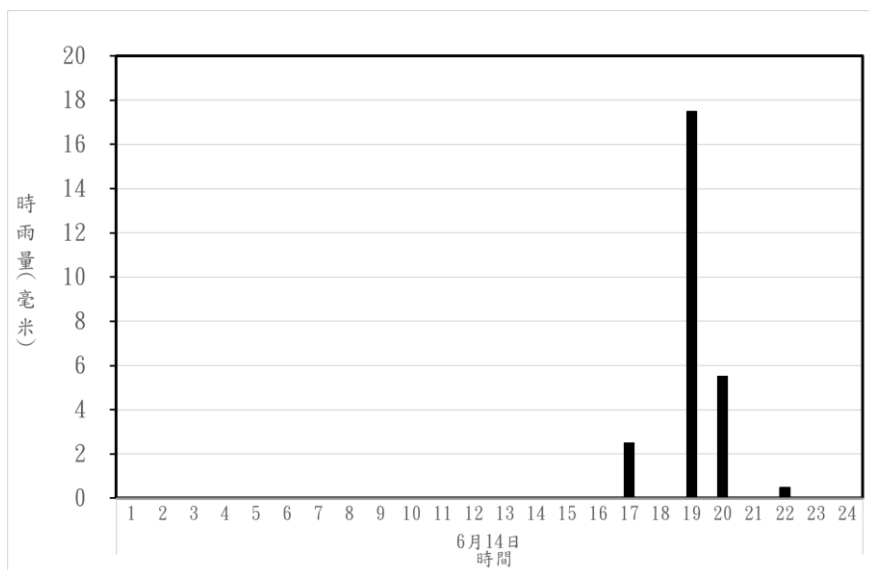
中央氣象局苗栗地區大湖站2020年6月上旬主要降雨時段之時雨量如圖3-93所示，最大時雨量約為7.5毫米，日雨量約為18毫米(6月7日)，尚未達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區大湖站2020年6月中旬主要降雨時段之時雨量如圖3-94所示，最大時雨量約為17.5毫米，日雨量約為26毫米(6月14日)，尚未達到大雨標準。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-93 大湖站 2020 年 6 月 7 日至 6 月 9 日降雨量歷線

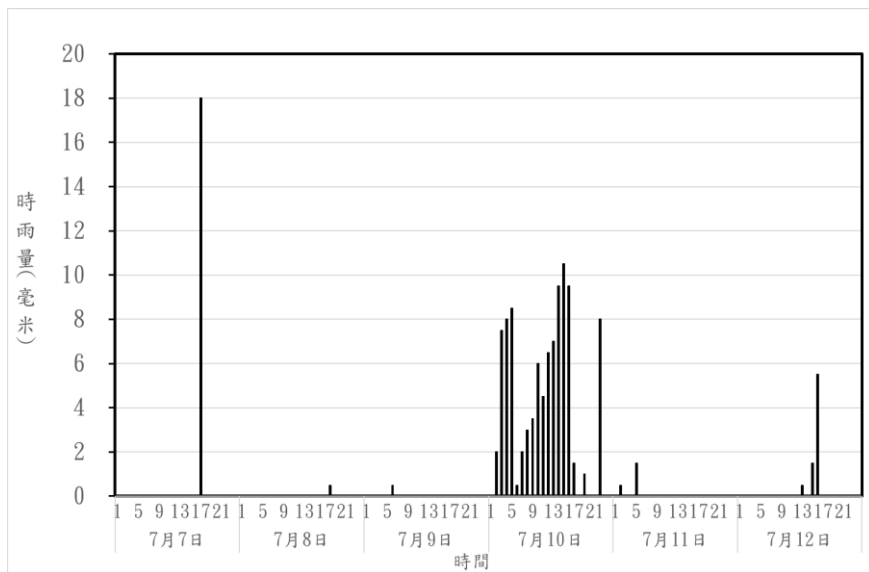


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-94 大湖站 2020 年 6 月 14 日降雨量歷線

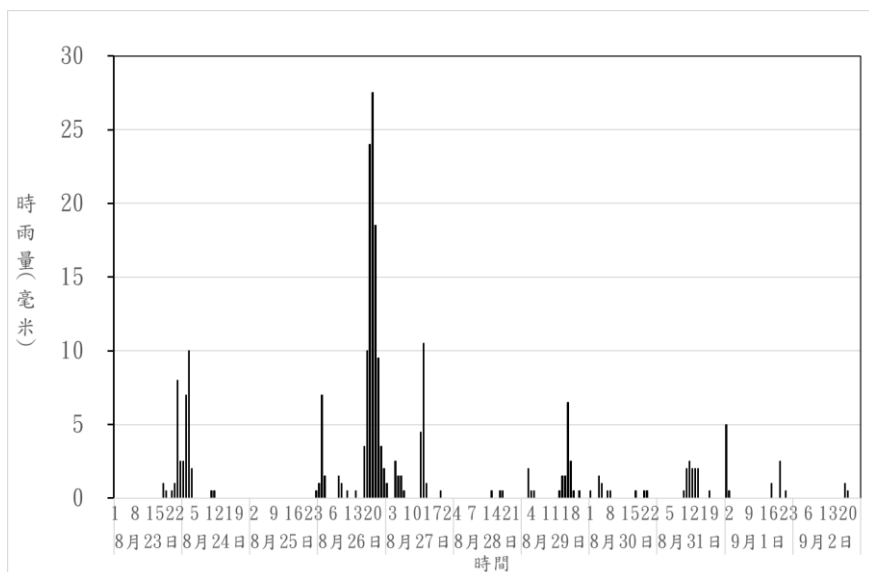
中央氣象局苗栗地區南湖站2015年7月主要降雨時段之時雨量如圖3-95所示，最大時雨量約為18毫米，日雨量約為99毫米(7月10日)，達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區南湖站2015年8月主要降雨時段之時雨量如圖3-96所示，最大時雨量約為27.5毫米，日雨量約為111.5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 3-95 南湖站 2015 年 7 月 7 日至 7 月 12 日降雨量歷線

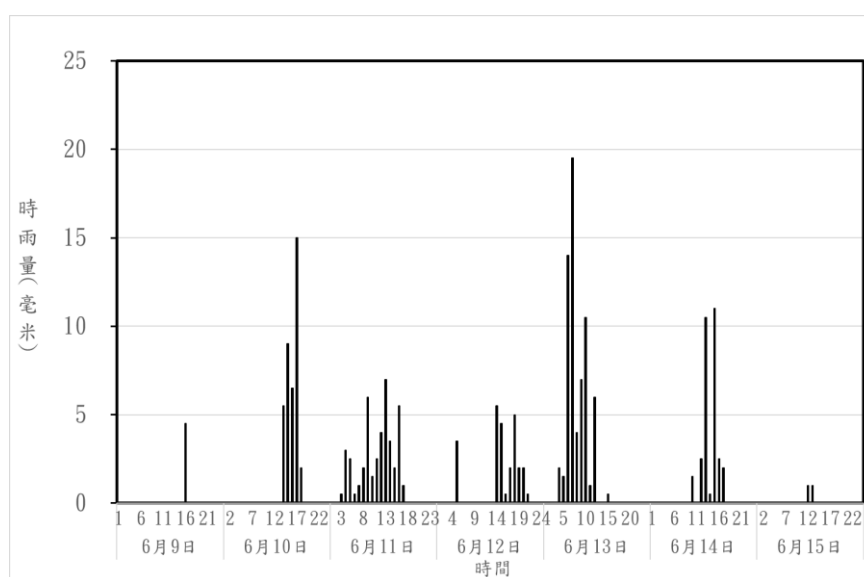


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-96 南湖站 2015 年 8 月 23 日至 9 月 2 日降雨量歷線

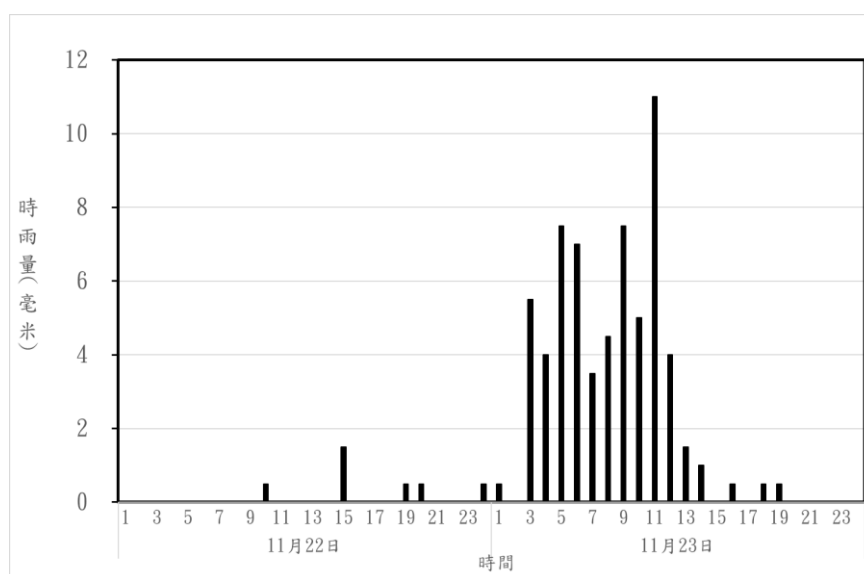
中央氣象局苗栗地區南湖站2016年6月主要降雨時段之時雨量如圖3-97所示，最大時雨量約為19.5毫米，日雨量約為66毫米(6月13日)，尚未達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區南湖站2016年11月主要降雨時段之時雨量如圖3-98所示，最大時雨量約為11毫米，日雨量約為64毫米(11月23日)，尚未達到大雨標準。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-97 南湖站 2016 年 6 月 9 日至 6 月 15 日降雨量歷線

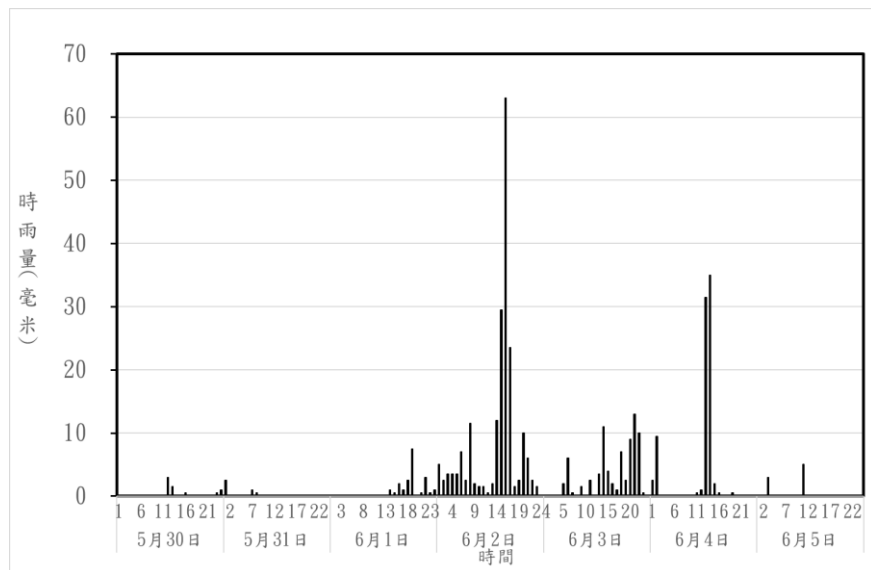


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-98 南湖站 2016 年 11 月 22 日至 11 月 23 日降雨量歷線

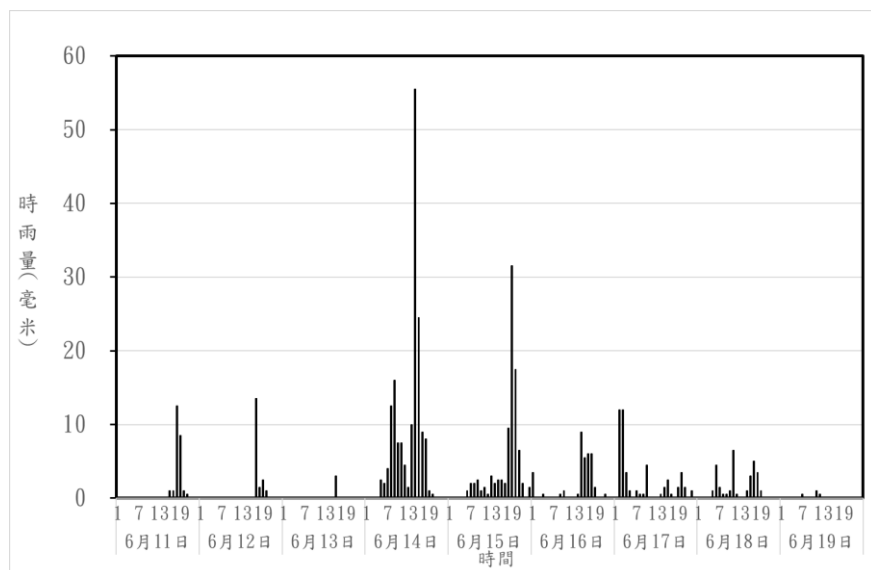
中央氣象局苗栗地區南湖站2017年6月上旬主要降雨時段之時雨量如圖3-99所示，最大時雨量約為63毫米，日雨量約為198.5毫米(6月2日)，達到大雨標準，即將達到豪雨程度。

中央氣象局苗栗地區南湖站2017年6月中旬主要降雨時段之時雨量如圖3-100所示，最大時雨量約為55.5毫米，日雨量約為166.5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 3-99 南湖站 2017 年 5 月 30 日至 6 月 5 日降雨量歷線

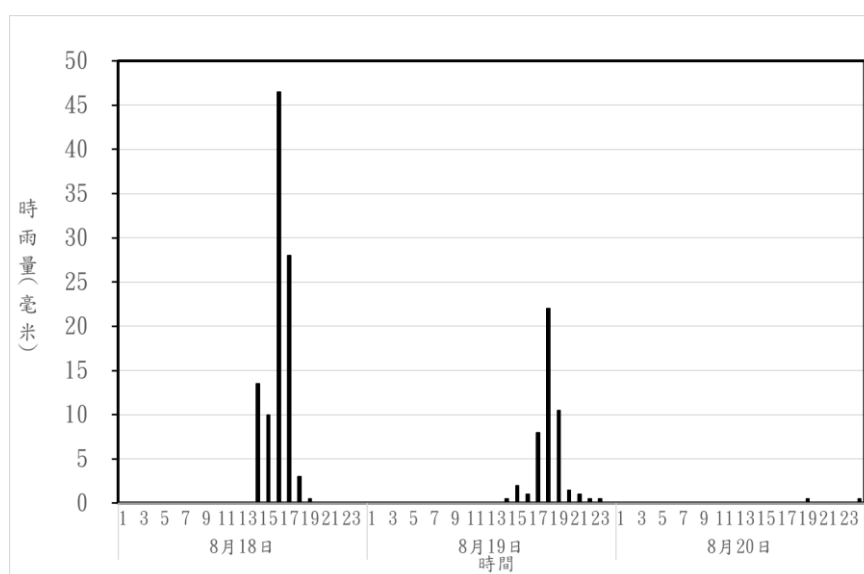


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-100 南湖站 2017 年 6 月 11 日至 6 月 19 日降雨量歷線

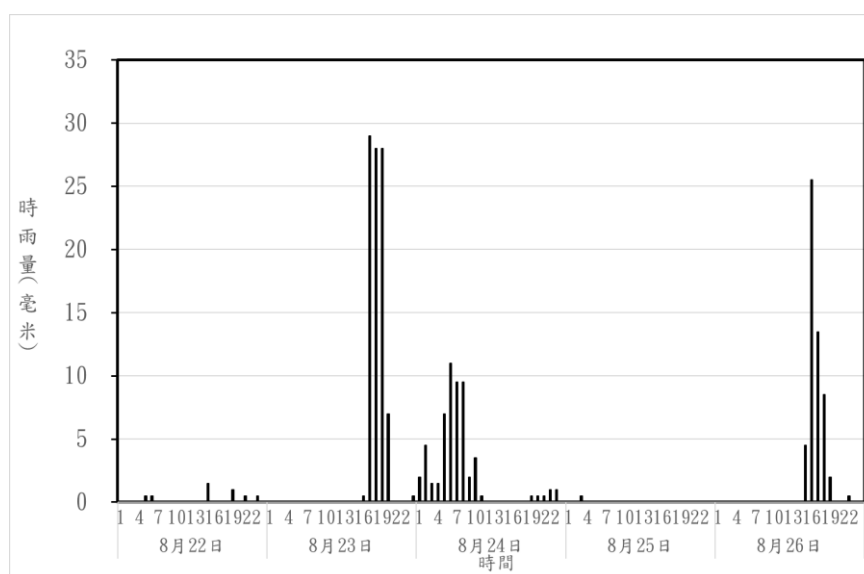
中央氣象局苗栗地區南湖站2018年8月中旬主要降雨時段之時雨量如圖3-101所示，最大時雨量約為46.5毫米，日雨量約為101.5毫米(8月18日)，達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區南湖站2018年8月下旬主要降雨時段之時雨量如圖3-102所示，最大時雨量約為29毫米，日雨量約為93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 3-101 南湖站 2018 年 8 月 18 日至 8 月 20 日降雨量歷線

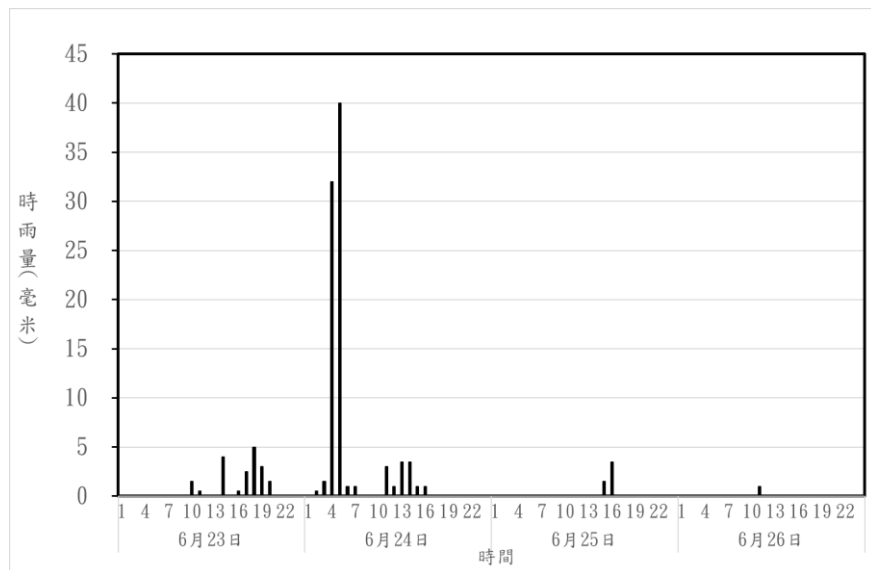


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-102 南湖站 2018 年 8 月 22 日至 8 月 26 日降雨量歷線

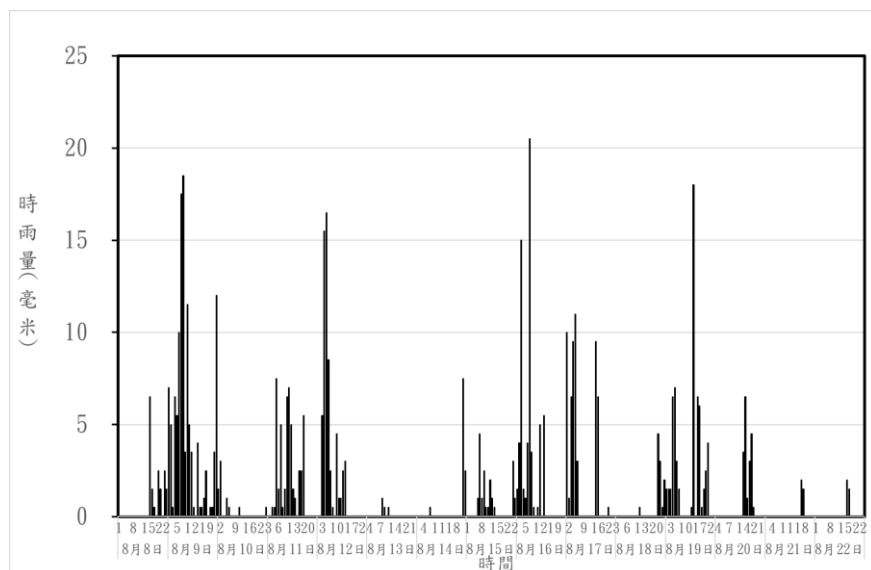
中央氣象局苗栗地區南湖站2019年6月主要降雨時段之時雨量如圖3-103所示，最大時雨量約為40毫米，日雨量約為89毫米(6月24日)，達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區南湖站2019年8月主要降雨時段之時雨量如圖3-104所示，最大時雨量約為20.5毫米，日雨量約為119.5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 3-103 南湖站 2019 年 6 月 23 日至 6 月 26 日降雨量歷線

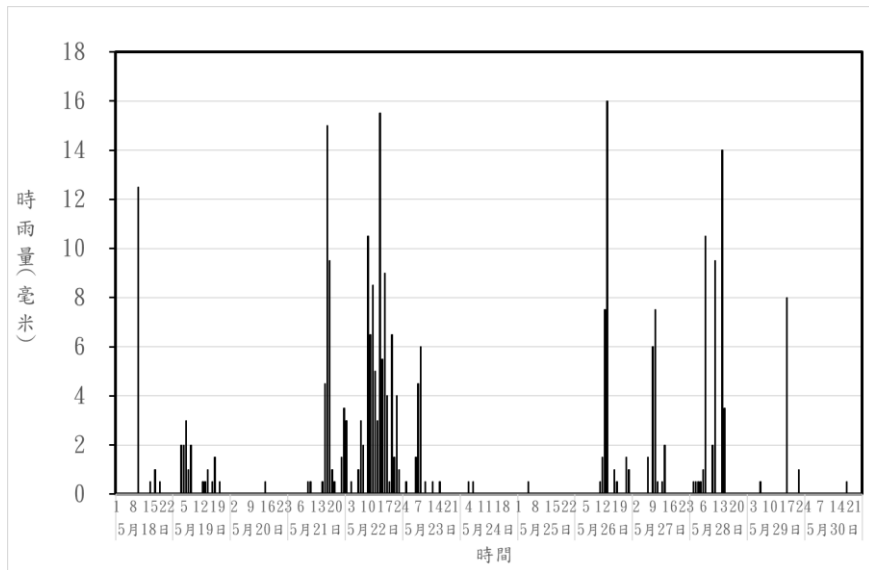


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-104 南湖站 2019 年 8 月 8 日至 8 月 22 日降雨量歷線

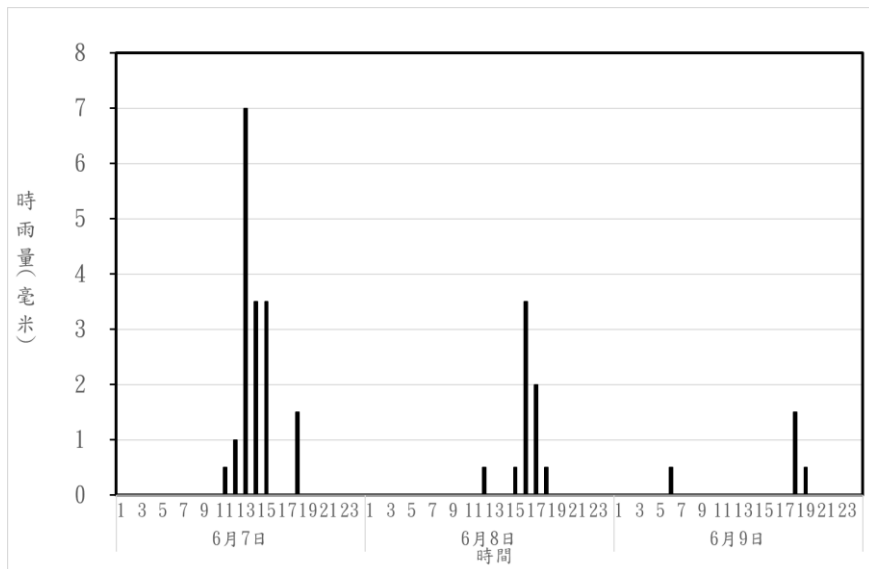
中央氣象局苗栗地區南湖站2020年5月主要降雨時段之時雨量如圖3-105所示，最大時雨量約為16毫米，日雨量約為90.5毫米(5月22日)，達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區南湖站2020年6月主要降雨時段之時雨量如圖3-106所示，最大時雨量約為7毫米，日雨量約為17毫米(6月7日)，尚未達到大雨標準。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-105 南湖站 2020 年 5 月 18 日至 5 月 30 日降雨量歷線



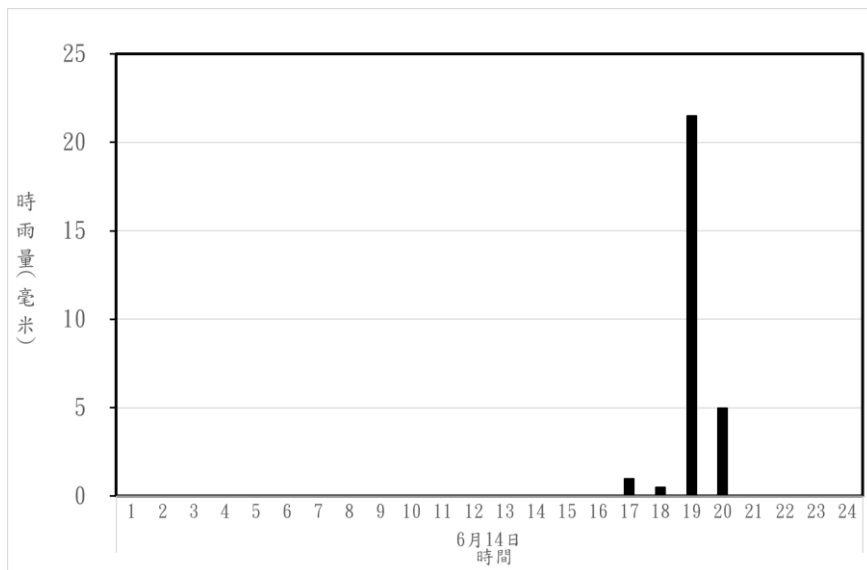
資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-106 南湖站 2020 年 6 月 7 日至 6 月 9 日降雨量歷線

中央氣象局苗栗地區南湖站2020年6月另一主要降雨時段之時雨量如圖3-107所示，最大時雨量約為21.5毫米，日雨量約為28毫米(6月14日)，尚未達到大雨標準。

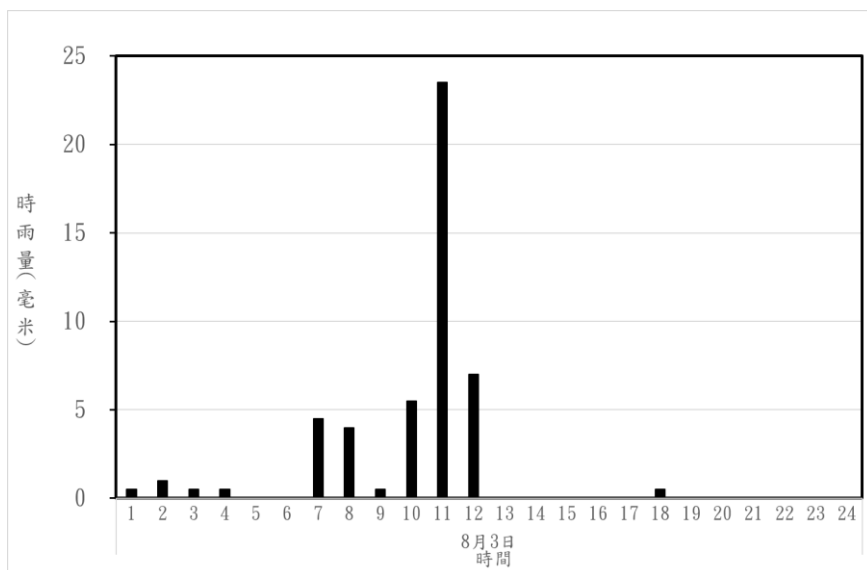
中央氣象局苗栗地區南湖站2020年8月

主要降雨時段之時雨量如圖3-108所示，最大時雨量約為23.5毫米，日雨量約為48毫米(8月3日)，尚未達到大雨標準。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-107 南湖站 2020 年 6 月 14 日降雨量歷線

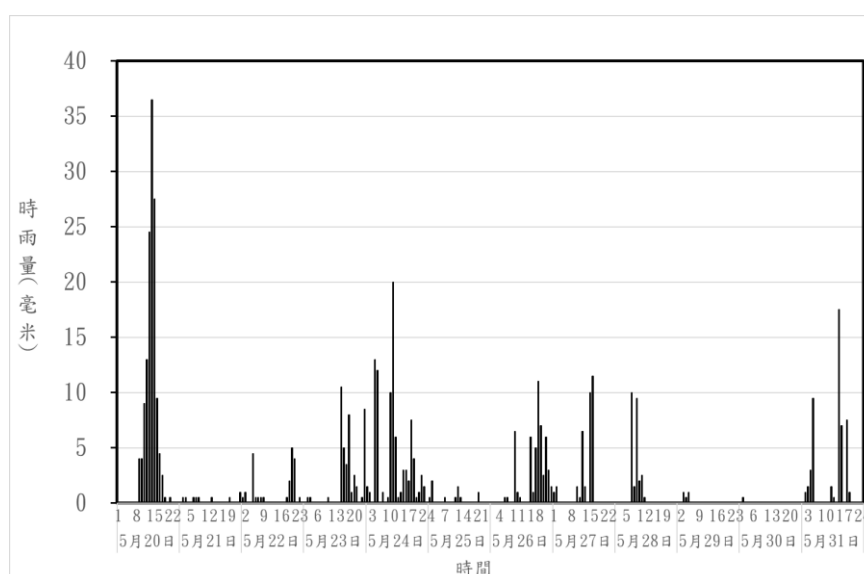


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-108 南湖站 2020 年 8 月 3 日降雨量歷線

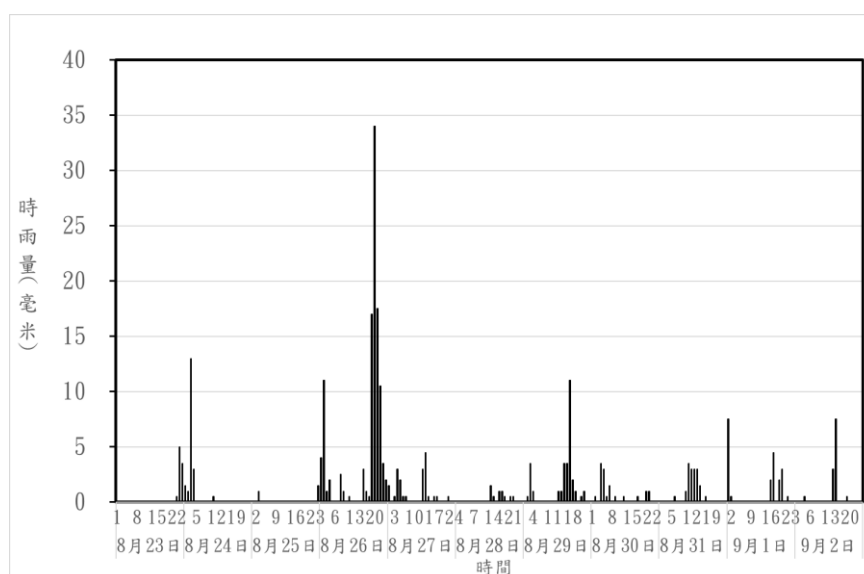
中央氣象局苗栗地區新開站2015年5月主要降雨時段之時雨量如圖3-109所示，最大時雨量約為36.5毫米，日雨量約為136毫米(5月20日)，達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區新開站2015年8月主要降雨時段之時雨量如圖3-110所示，最大時雨量約為34毫米，日雨量約為111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 3-109 新開站 2015 年 5 月 20 日至 5 月 31 日降雨量歷線

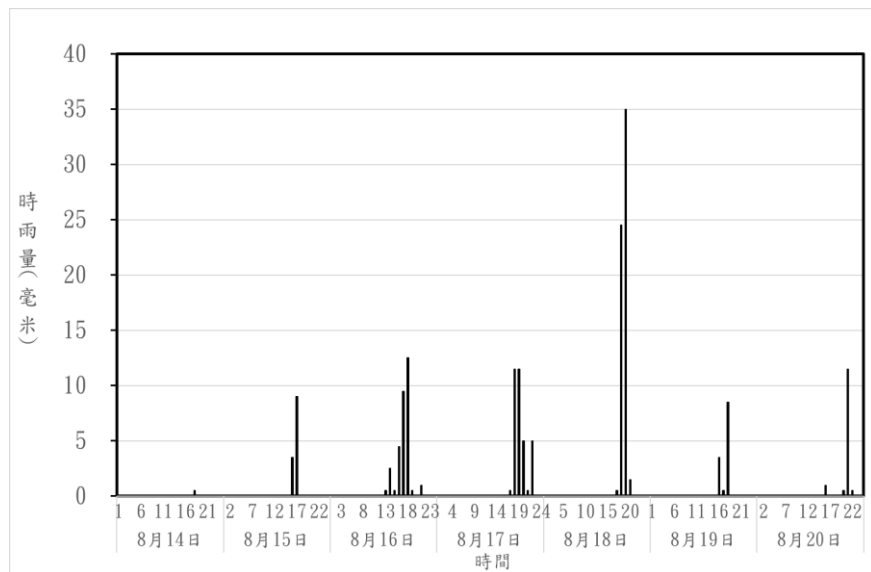


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-110 新開站 2015 年 8 月 23 日至 9 月 2 日降雨量歷線

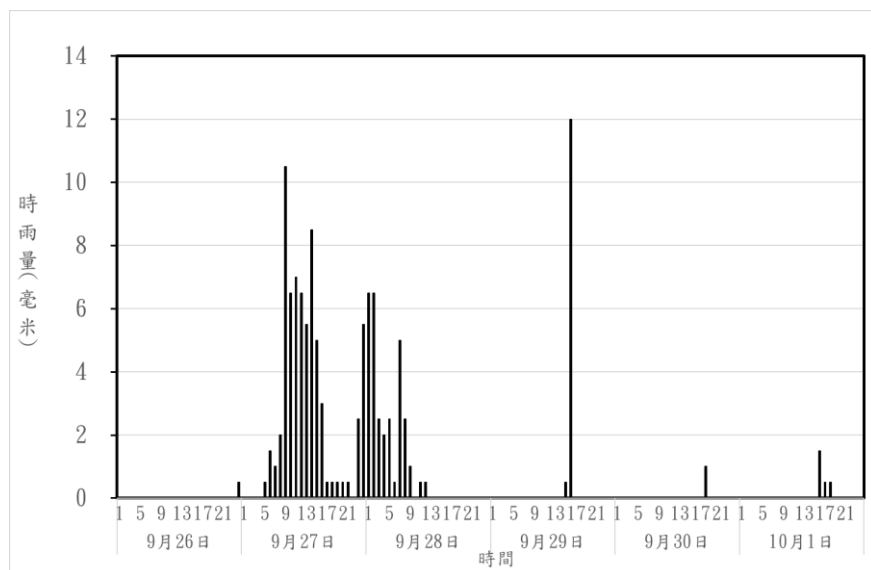
中央氣象局苗栗地區新開站2016年8月主要降雨時段之時雨量如圖3-111所示，最大時雨量約為35毫米，日雨量約為61.5毫米(8月18日)，尚未達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區新開站2016年9月主要降雨時段之時雨量如圖3-112所示，最大時雨量約為12毫米，日雨量約為68毫米(9月27日)，尚未達到大雨標準。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-111 新開站 2016 年 8 月 14 日至 8 月 20 日降雨量歷線

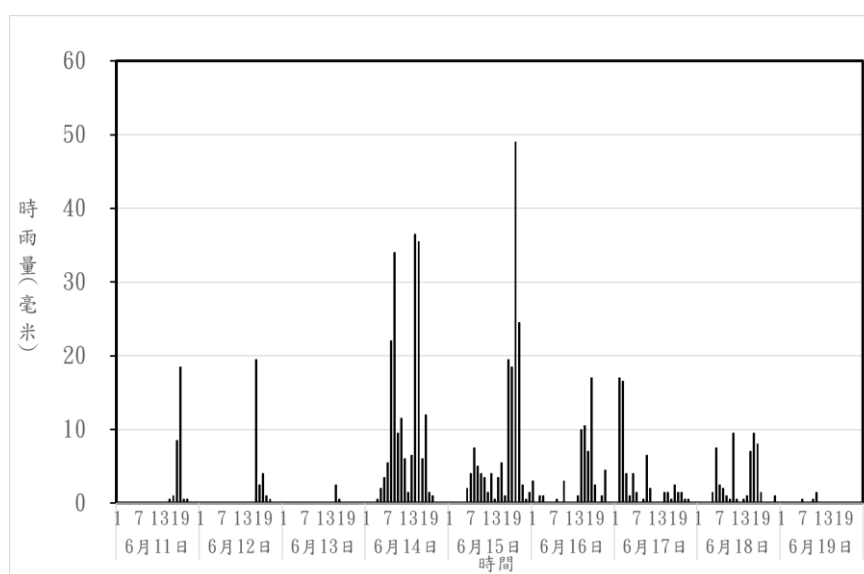


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-112 新開站 2016 年 9 月 26 日至 10 月 1 日降雨量歷線

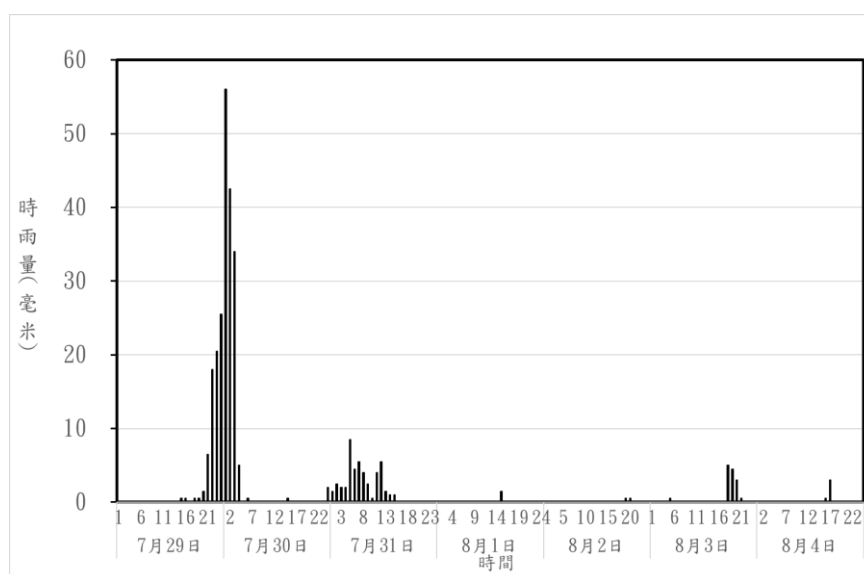
中央氣象局苗栗地區新開站2017年6月主要降雨時段之時雨量如圖3-113所示，最大時雨量約為49毫米，日雨量約為195毫米(6月14日)，達到大雨標準，即將達到豪雨程度。

中央氣象局苗栗地區新開站2017年7月主要降雨時段之時雨量如圖3-114所示，最大時雨量約為56毫米，日雨量約為140.5毫米(7月30日)，達到大雨標準。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-113 新開站 2017 年 6 月 11 日至 6 月 19 日降雨量歷線

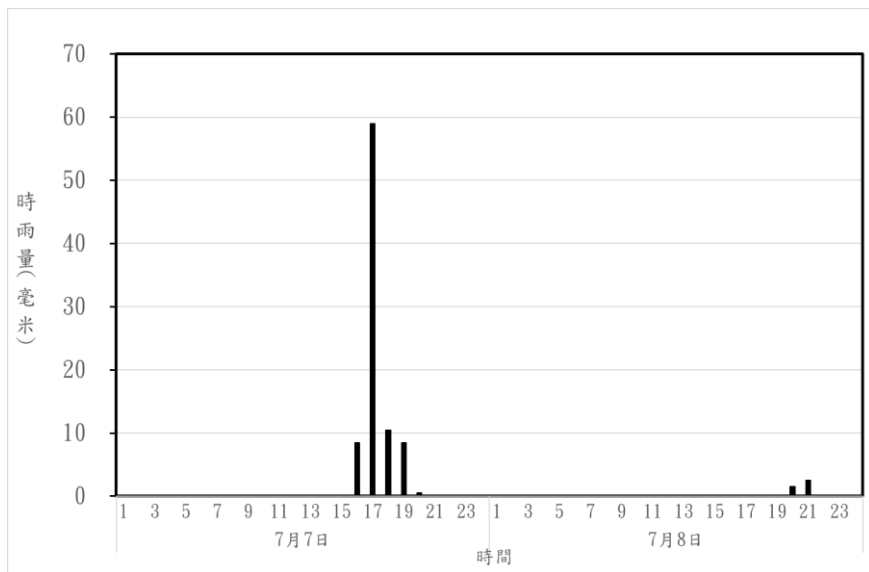


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-114 新開站 2017 年 7 月 29 日至 8 月 4 日降雨量歷線

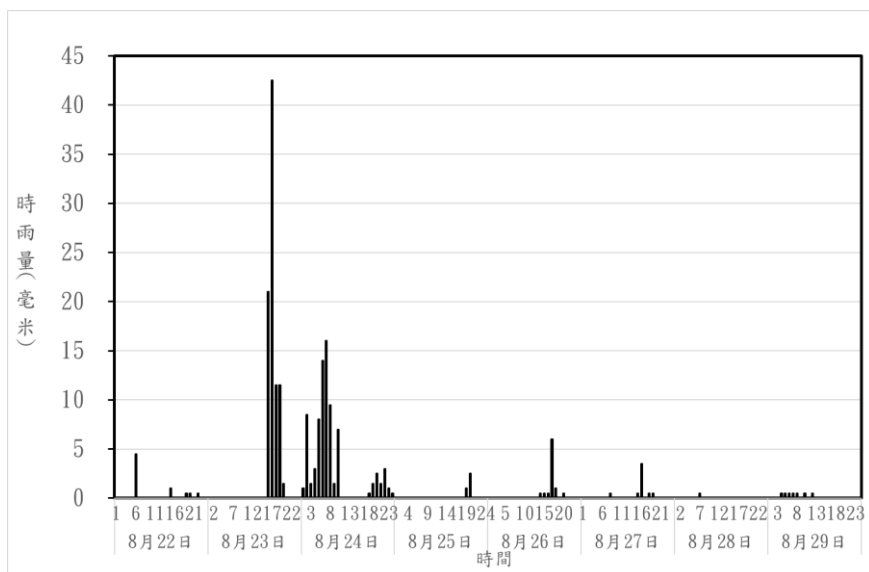
中央氣象局苗栗地區新開站2018年7月主要降雨時段之時雨量如圖3-115所示，最大時雨量約為59毫米，日雨量約為87毫米(7月7日)，達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區新開站2018年8月主要降雨時段之時雨量如圖3-116所示，最大時雨量約為43毫米，日雨量約為88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 3-115 新開站 2018 年 7 月 7 日至 7 月 8 日降雨量歷線

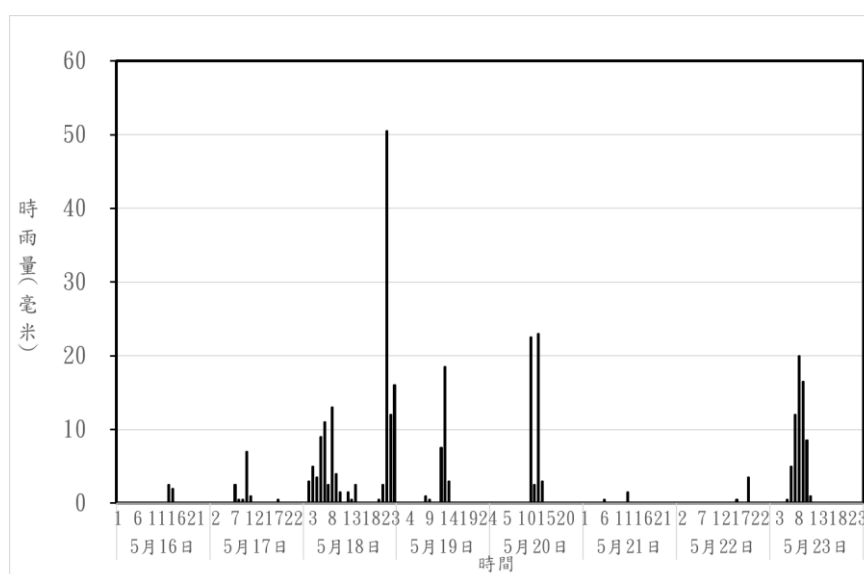


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-116 新開站 2018 年 8 月 22 日至 8 月 29 日降雨量歷線

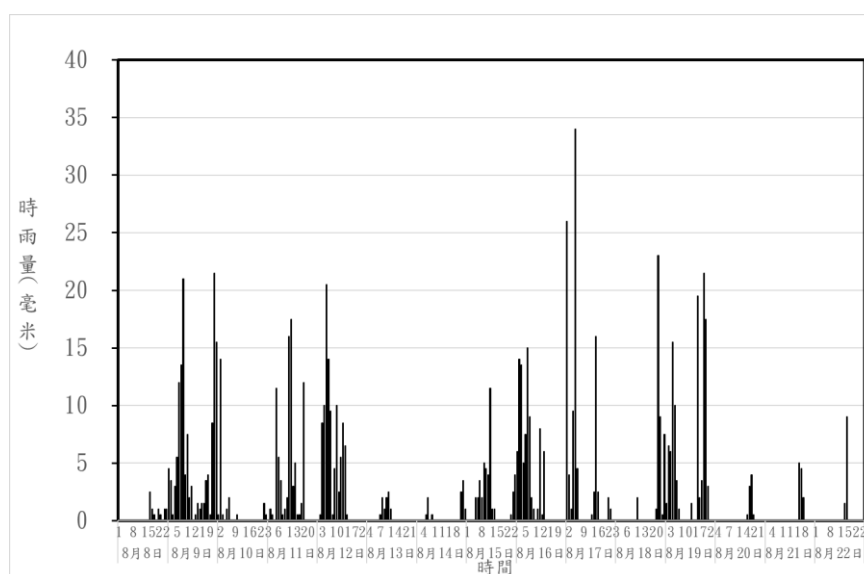
中央氣象局苗栗地區新開站2019年5月主要降雨時段之時雨量如圖3-117所示，最大時雨量約為50.5毫米，日雨量約為138.5毫米(5月18日)，達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區新開站2019年8月主要降雨時段之時雨量如圖3-118所示，最大時雨量約為34毫米，日雨量約為139.5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 3-117 新開站 2019 年 5 月 16 日至 5 月 23 日降雨量歷線

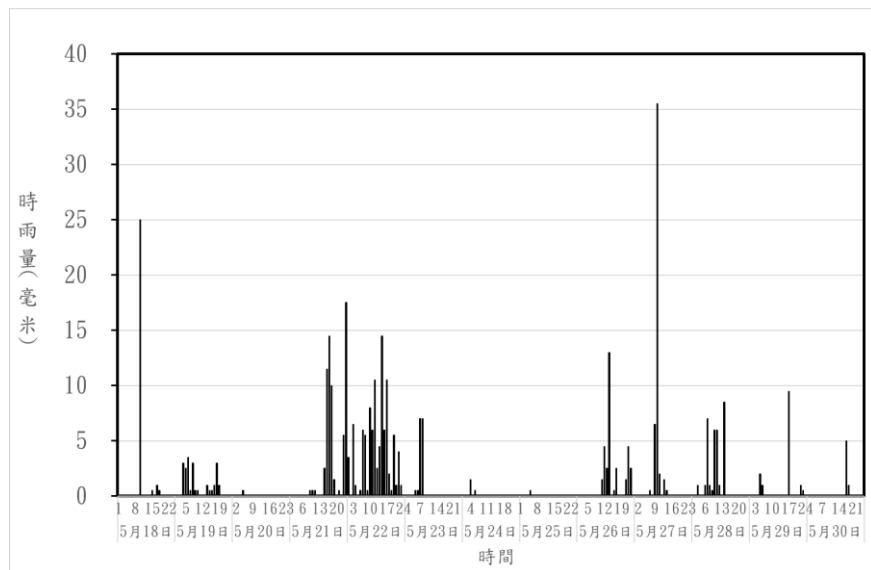


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-118 新開站 2019 年 8 月 8 日至 8 月 22 日降雨量歷線

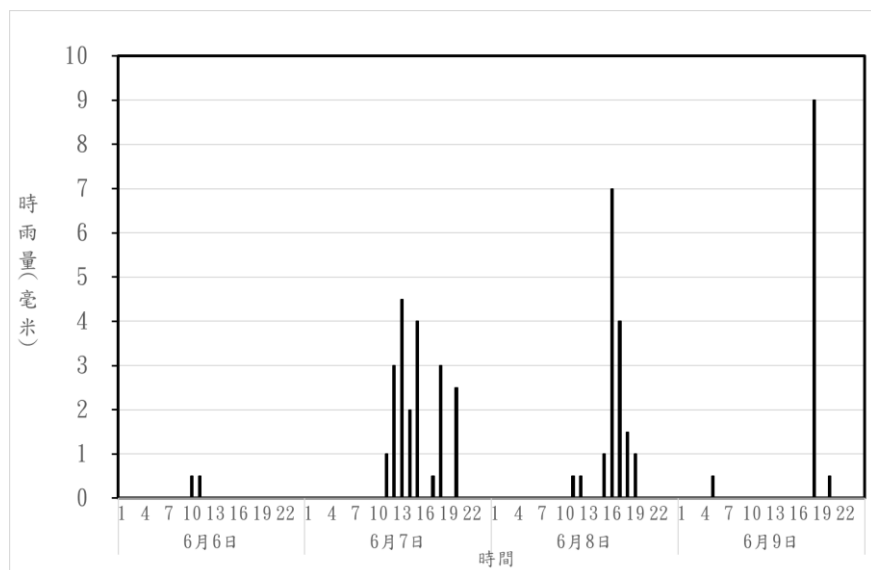
中央氣象局苗栗地區新開站2020年5月主要降雨時段之時雨量如圖3-119所示，最大時雨量約為35.5毫米，日雨量約為100毫米(5月22日)，達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區新開站2020年6月上旬主要降雨時段之時雨量如圖3-120所示，最大時雨量約為9毫米，日雨量約為20.5毫米(6月7日)，尚未達到大雨標準。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-119 新開站 2020 年 5 月 18 日至 5 月 30 日降雨量歷線

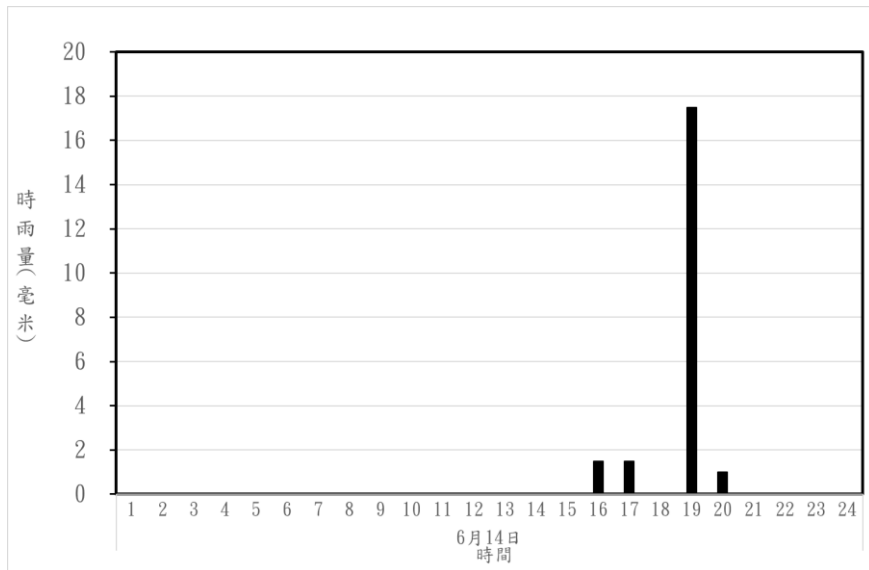


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-120 新開站 2020 年 6 月 6 日至 6 月 9 日降雨量歷線

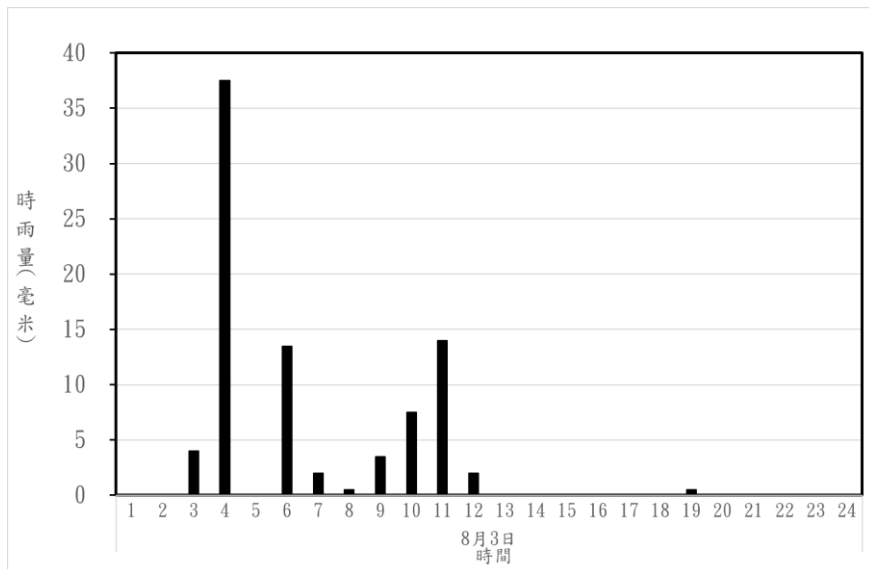
中央氣象局苗栗地區新開站2020年6月中旬主要降雨時段之時雨量如圖3-121所示，最大時雨量約為17.5毫米，日雨量約為21.5毫米(6月14日)，尚未達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區新開站2020年8月上旬主要降雨時段之時雨量如圖3-122所示，最大時雨量約為37.5毫米，日雨量約為85毫米(8月3日)，達到大雨標準。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-121 新開站 2020 年 6 月 14 日降雨量歷線

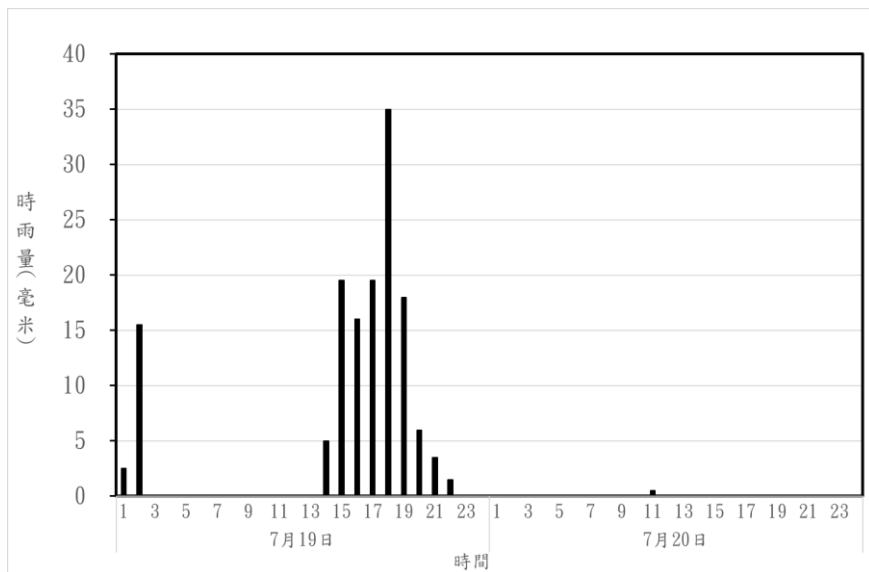


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-122 新開站 2020 年 8 月 3 日降雨量歷線

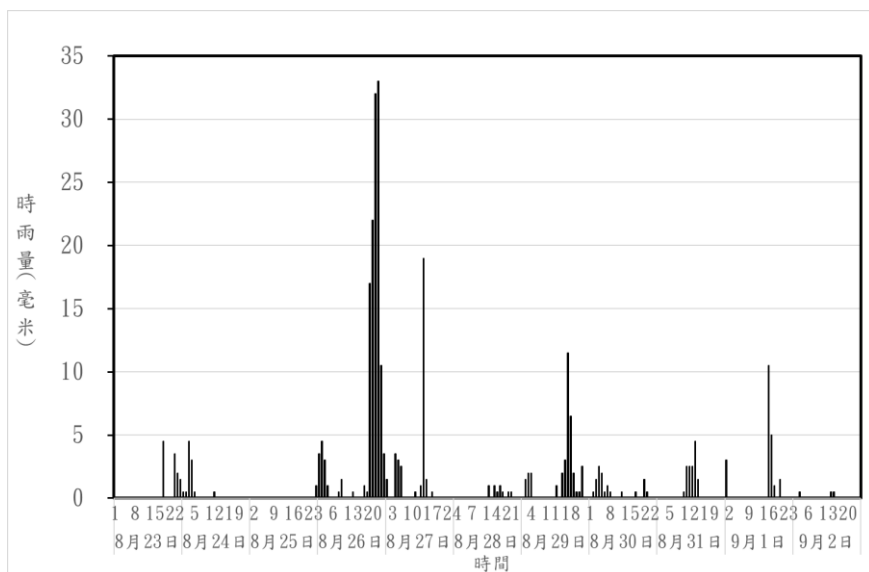
中央氣象局苗栗地區馬拉邦山站2015年7月主要降雨時段之時雨量如圖3-123所示，最大時雨量約為35毫米，日雨量約為142毫米(7月19日)，達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區馬拉邦山站2015年8月主要降雨時段之時雨量如圖3-124所示，最大時雨量約為33毫米，日雨量約為134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 3-123 馬拉邦山站 2015 年 7 月 19 日至 7 月 20 日降雨量歷線

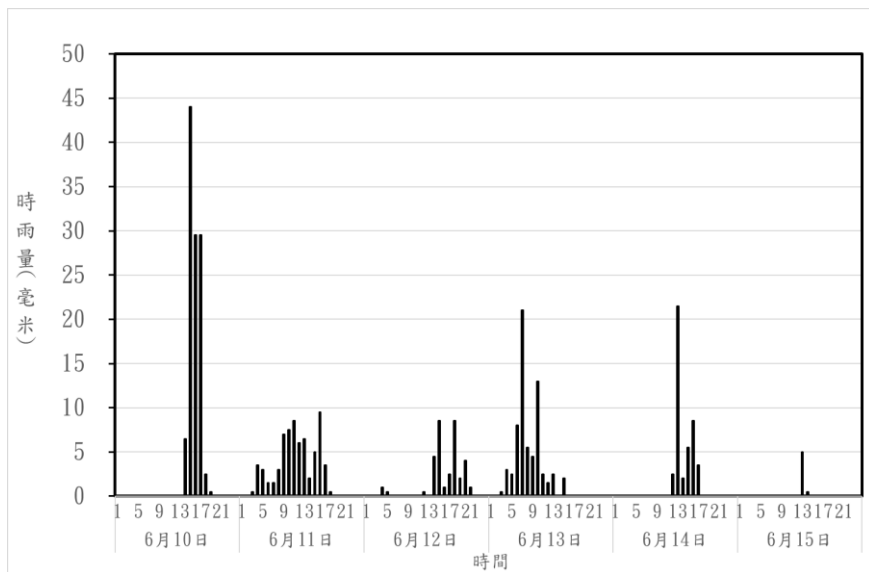


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-124 馬拉邦山站 2015 年 8 月 23 日至 9 月 2 日降雨量歷線

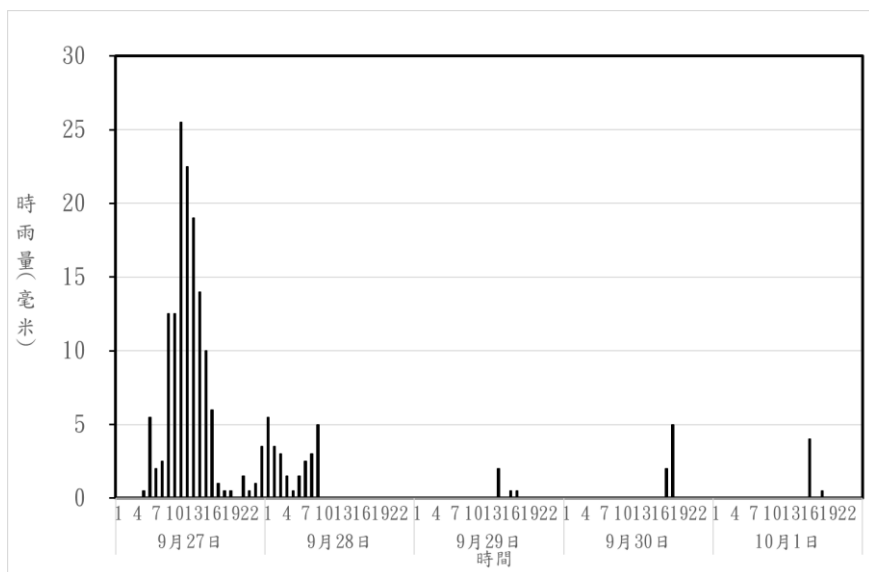
中央氣象局苗栗地區馬拉邦山站2016年6月主要降雨時段之時雨量如圖3-125所示，最大時雨量約為44毫米，日雨量約為112.5毫米(6月10日)，達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區馬拉邦山站2016年9月主要降雨時段之時雨量如圖3-126所示，最大時雨量約為25.5毫米，日雨量約為141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 3-125 馬拉邦山站 2016 年 6 月 10 日至 6 月 15 日降雨量歷線

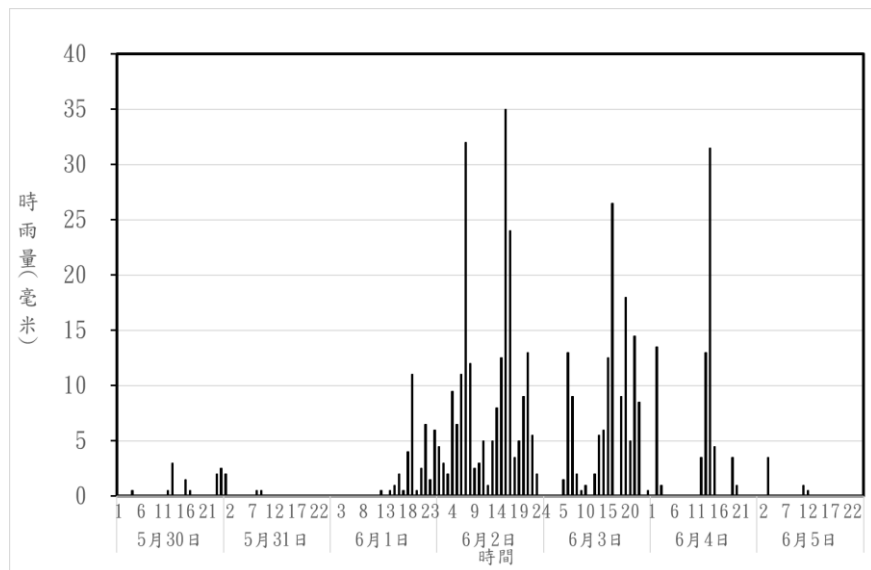


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-126 馬拉邦山站 2016 年 9 月 27 日至 10 月 1 日降雨量歷線

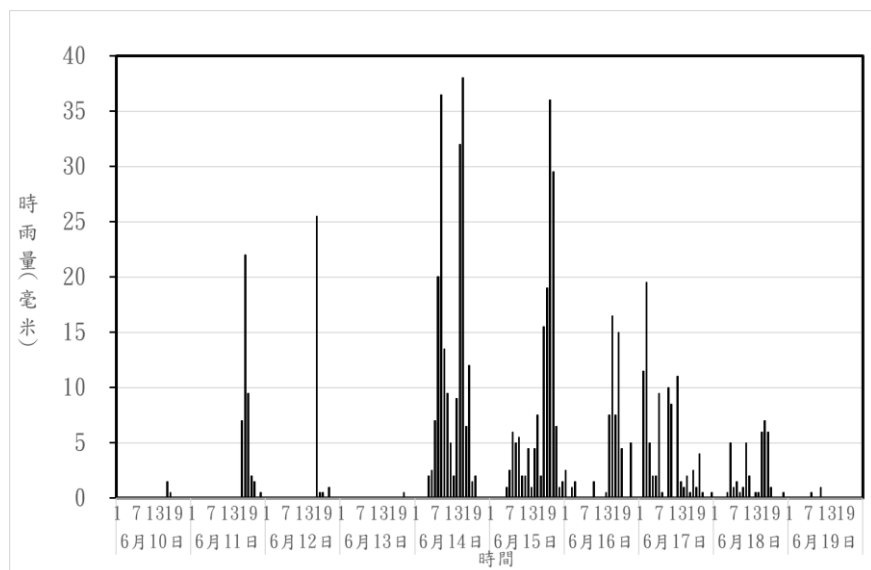
中央氣象局苗栗地區馬拉邦山站2017年6月上旬主要降雨時段之時雨量如圖3-127所示，最大時雨量約為35毫米，日雨量約為214.5毫米(6月2日)，達到豪雨標準。

中央氣象局苗栗地區馬拉邦山站2017年6月中旬主要降雨時段之時雨量如圖3-128所示，最大時雨量約為38毫米，日雨量約為199毫米(6月14日)，達到大雨標準，即將達到豪雨程度。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-127 馬拉邦山站 2017 年 5 月 30 日至 6 月 5 日降雨量歷線

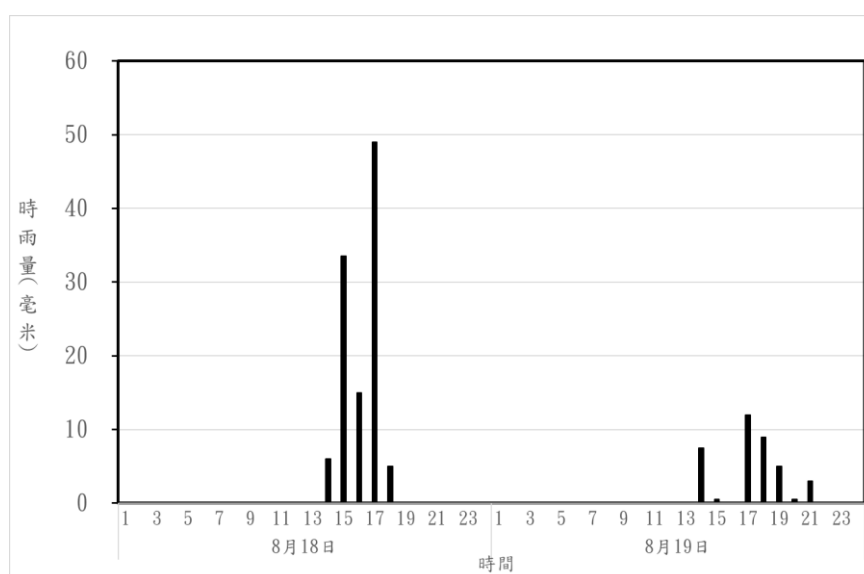


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-128 馬拉邦山站 2017 年 6 月 10 日至 6 月 19 日降雨量歷線

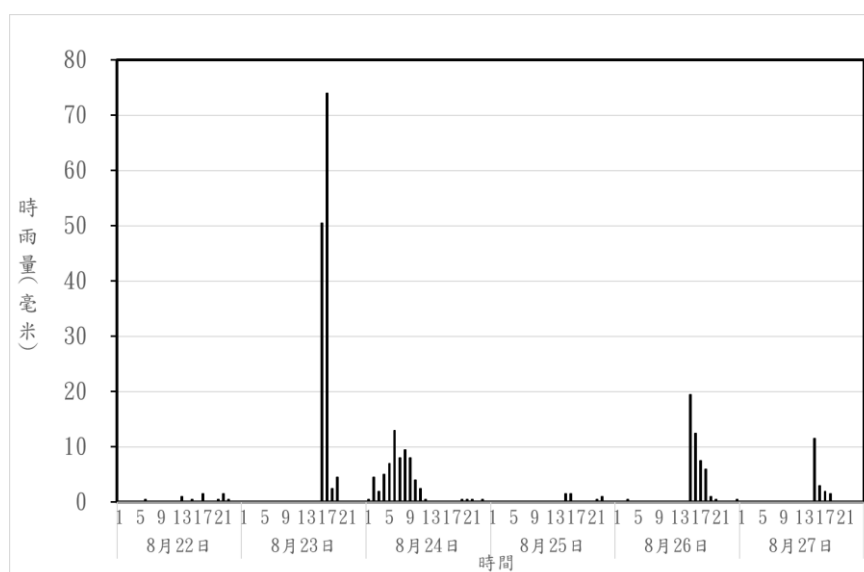
中央氣象局苗栗地區馬拉邦山站2018年8月中旬主要降雨時段之時雨量如圖3-129所示，最大時雨量約為49毫米，日雨量約為108.5毫米(8月18日)，達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區馬拉邦山站2018年8月下旬主要降雨時段之時雨量如圖3-130所示，最大時雨量約為74毫米，日雨量約為131.5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 3-129 馬拉邦山站 2018 年 8 月 18 日至 8 月 19 日降雨量歷線

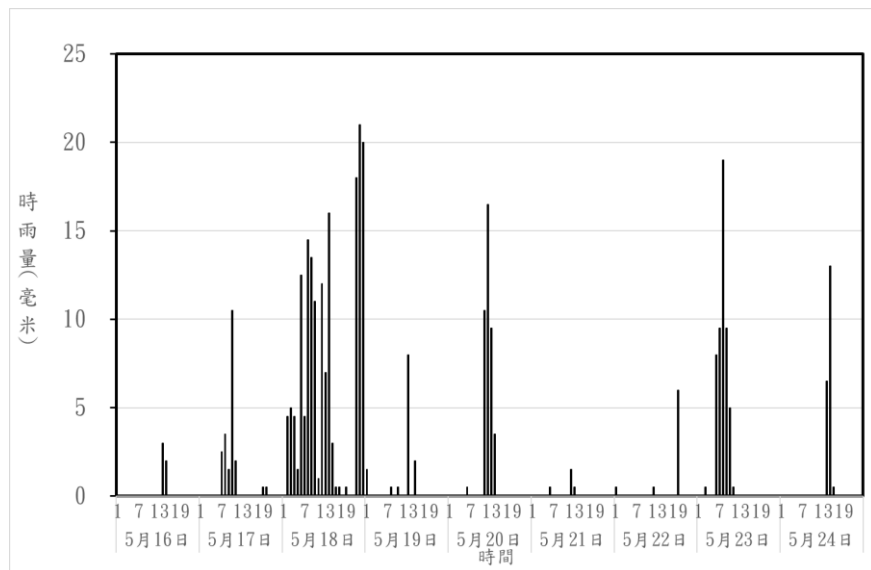


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-130 馬拉邦山站 2018 年 8 月 22 日至 8 月 27 日降雨量歷線

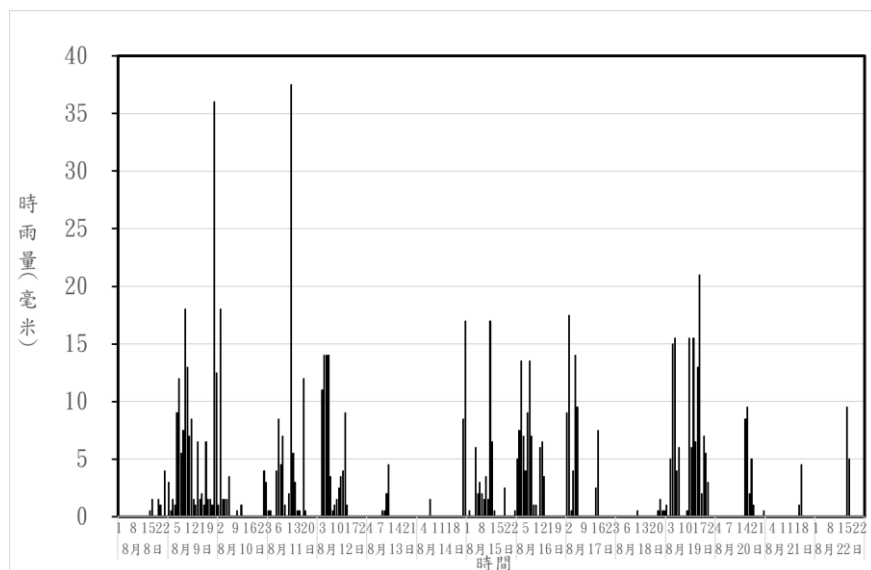
中央氣象局苗栗地區馬拉邦山站2019年5月主要降雨時段之時雨量如圖3-131所示，最大時雨量約為21毫米，日雨量約為171毫米(5月18日)，達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區馬拉邦山站2019年8月主要降雨時段之時雨量如圖3-132所示，最大時雨量約為37.5毫米，日雨量約為159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 3-131 馬拉邦山站 2019 年 5 月 16 日至 5 月 24 日降雨量歷線

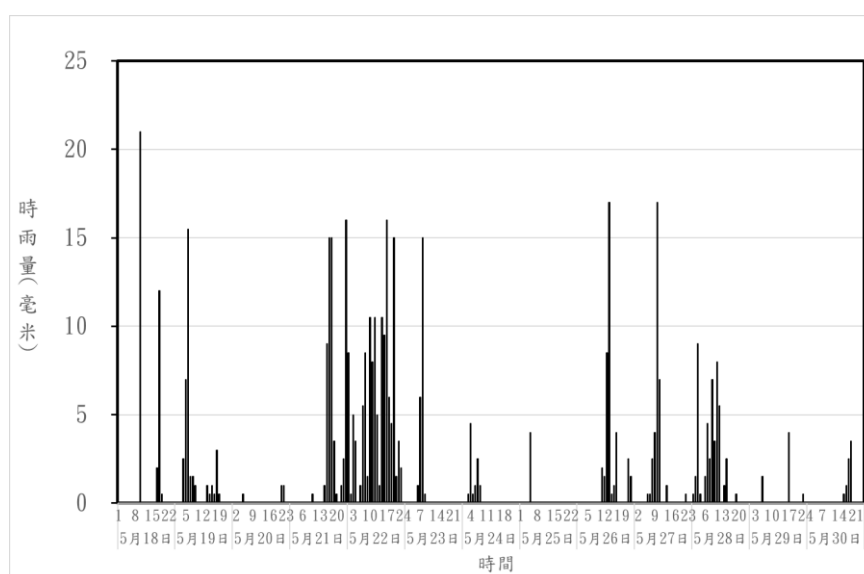


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-132 馬拉邦山站 2019 年 8 月 8 日至 8 月 22 日降雨量歷線

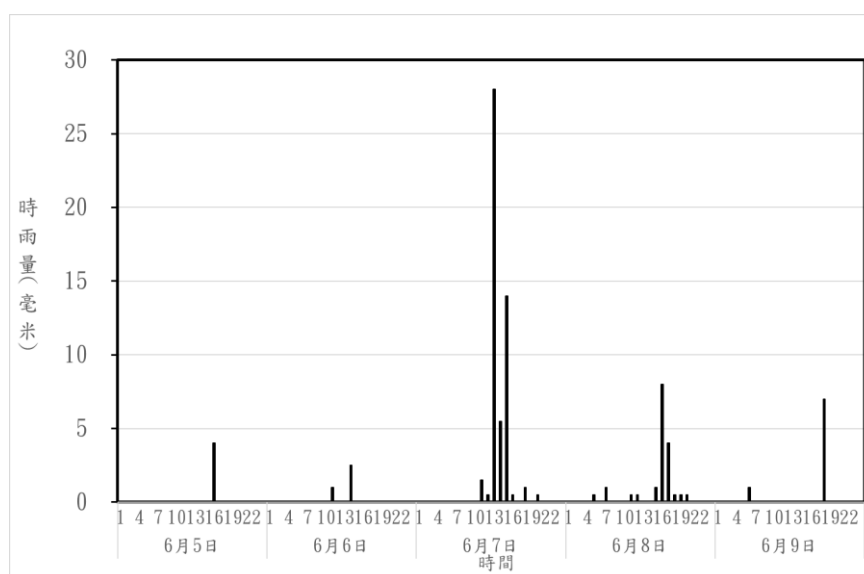
中央氣象局苗栗地區馬拉邦山站2020年5月主要降雨時段之時雨量如圖3-133所示，最大時雨量約為21毫米，日雨量約為137.5毫米(5月22日)，達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區馬拉邦山站2020年6月上旬主要降雨時段之時雨量如圖3-134所示，最大時雨量約為28毫米，日雨量約為51.5毫米(6月7日)，尚未達到大雨標準。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-133 馬拉邦山站 2020 年 5 月 18 日至 5 月 30 日降雨量歷線

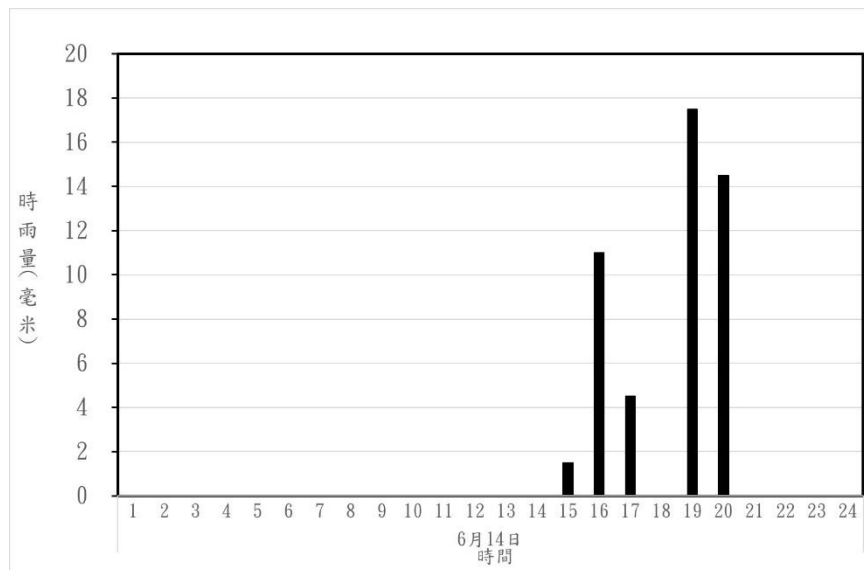


資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-134 馬拉邦山站 2020 年 6 月 5 日至 6 月 9 日降雨量歷線

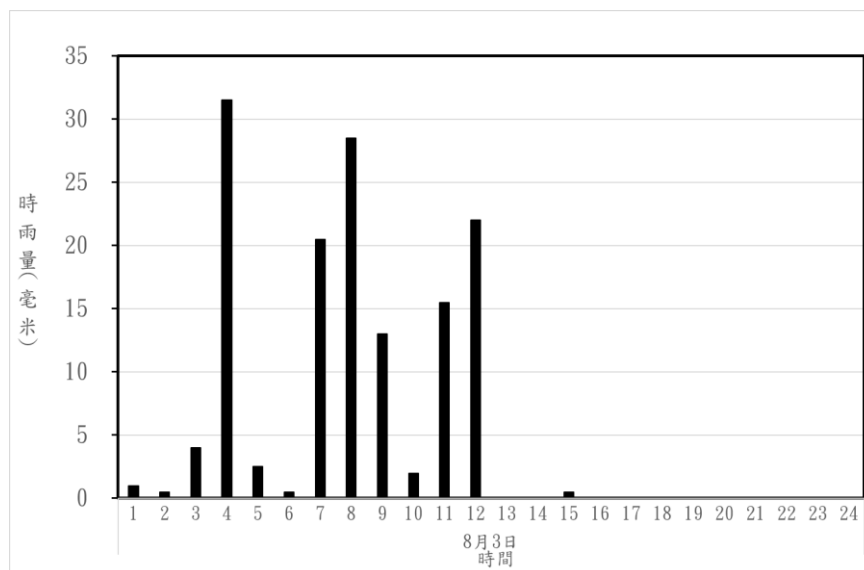
中央氣象局苗栗地區馬拉邦山站2020年6月中旬主要降雨時段之時雨量如圖3-135所示，最大時雨量約為28毫米，日雨量約為49毫米(6月14日)，尚未達到大雨標準。

中央氣象局苗栗地區馬拉邦山站2020年8月上旬主要降雨時段之時雨量如圖3-136所示，最大時雨量約為31.5毫米，日雨量約為142毫米(8月3日)，達到大雨標準。



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-135 馬拉邦山站 2020 年 6 月 14 日降雨量歷線



資料來源：中央氣象局，本研究繪圖。

圖 3-136 馬拉邦山站 2020 年 8 月 3 日降雨量歷線

第四節 農塘蓄水模擬分析

農塘蓄水模擬採用第二章之農塘水平衡模式。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、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3-18，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3-19，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。

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，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3-137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，詳如圖3-28，本觀測水位時並無溢流產生，如圖3-138(中水位及高水位有出流量產生，詳圖3-139及圖3-140)。

(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3-138所示。

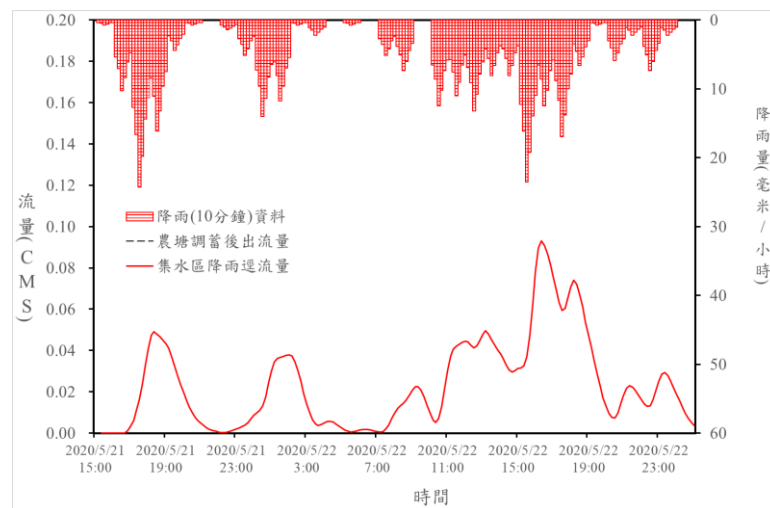


圖 3-137 鯉潭 039 農塘觀測水位之蓄水模擬

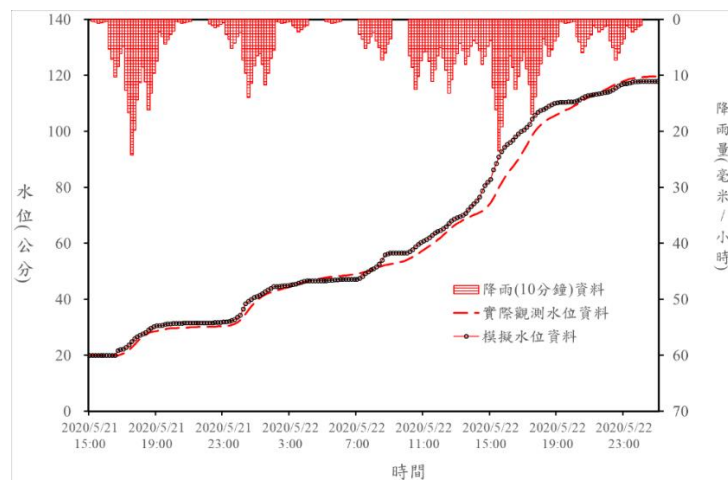


圖 3-138 鯉潭 039 農塘觀測水位之蓄水模擬

本研究調整起始水位，進行不同水位(中水位及高水位)之模擬，
如圖3-139~3-142所示。

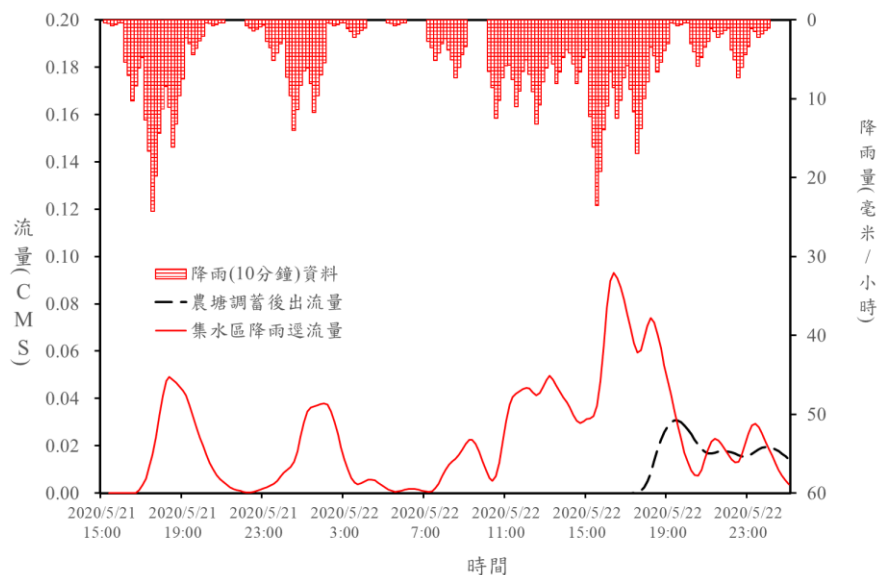


圖 3-139 鯉潭 039 農塘(中水位)之蓄水模擬

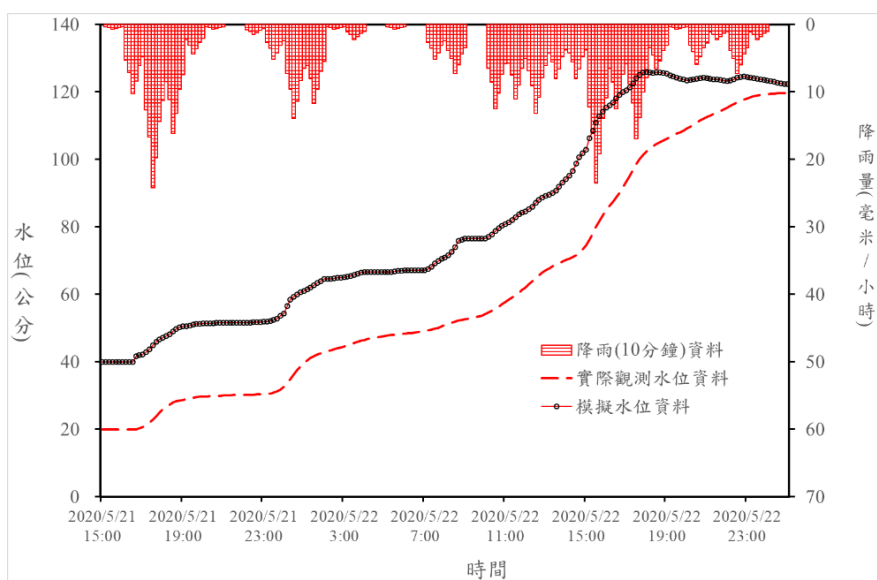


圖 3-140 鯉潭 039 農塘(中水位)之蓄水模擬

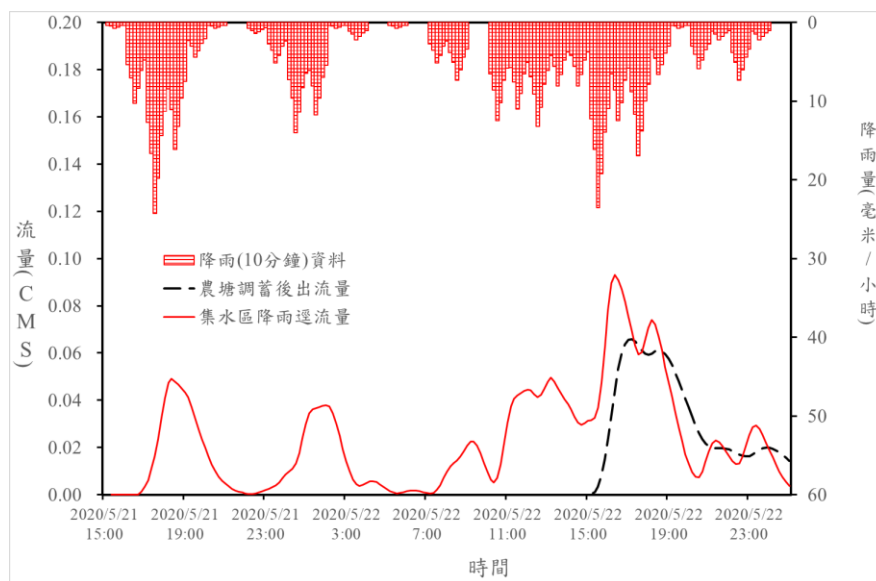


圖 3-141 鯉潭 039 農塘(高水位)之蓄水模擬

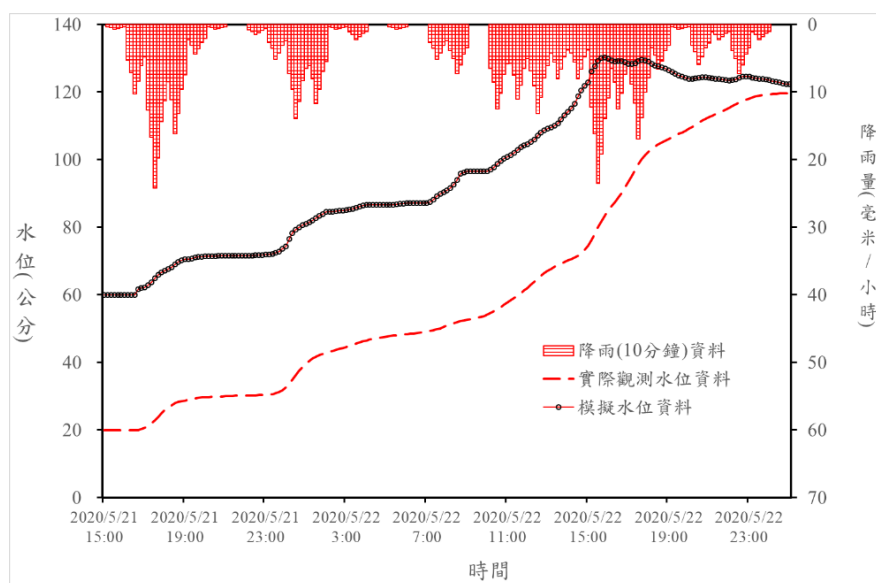


圖 3-142 鯉潭 039 農塘(高水位)之蓄水模擬

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3-143~3-154所示。

中港溪集水區三灣北埔村之大荒埔埤 2020/05/21：1500~2020/05/23：0100之水位觀測資料與中央氣象局大河氣象站之雨量紀錄如圖3-143所示。最高水位約為116公分。

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3-144所示。最高水位約為116公分。

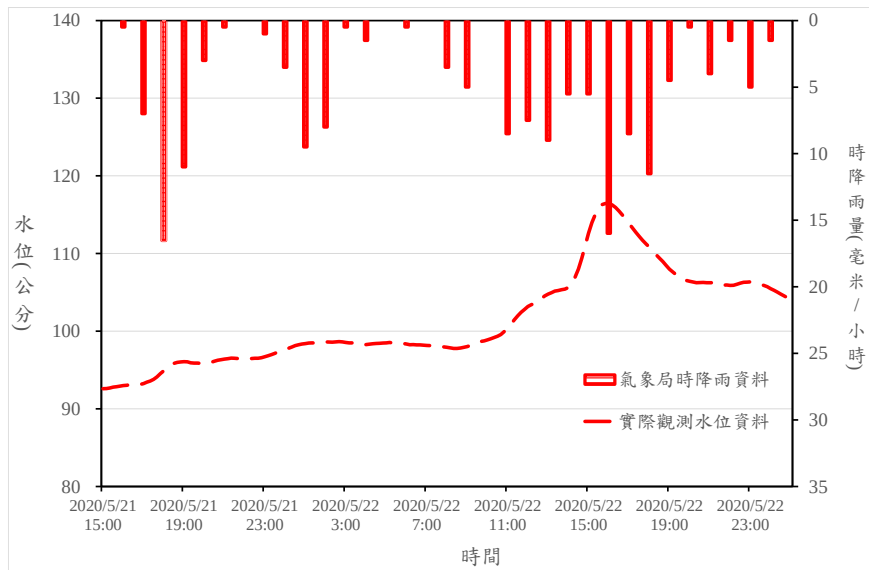


圖 3-143 中港溪集水區大荒埔埤農塘蓄水分析(一)

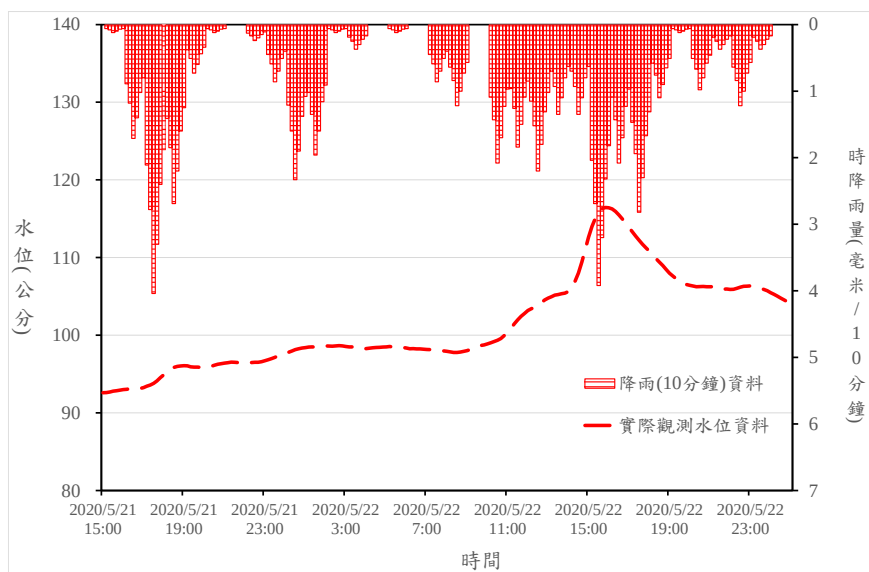
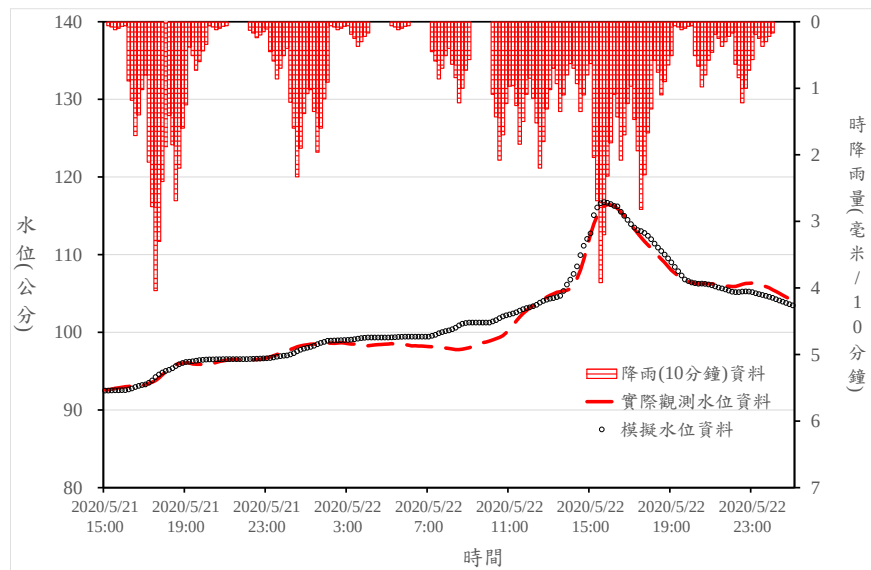


圖 3-144 中港溪集水區大荒埔埤農塘蓄水分析(二)

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3-145所示。最高水位約為116公分。

中港溪集水區三灣北埔村之李屋埤2020/05/21:1500~2020/05/23:0100之水位觀測資料與中央氣象局大河氣象站之雨量紀錄如圖3-146所示。最高水位約為68公分。



備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 3-145 中港溪集水區大荒埔埤農塘蓄水分析(三)

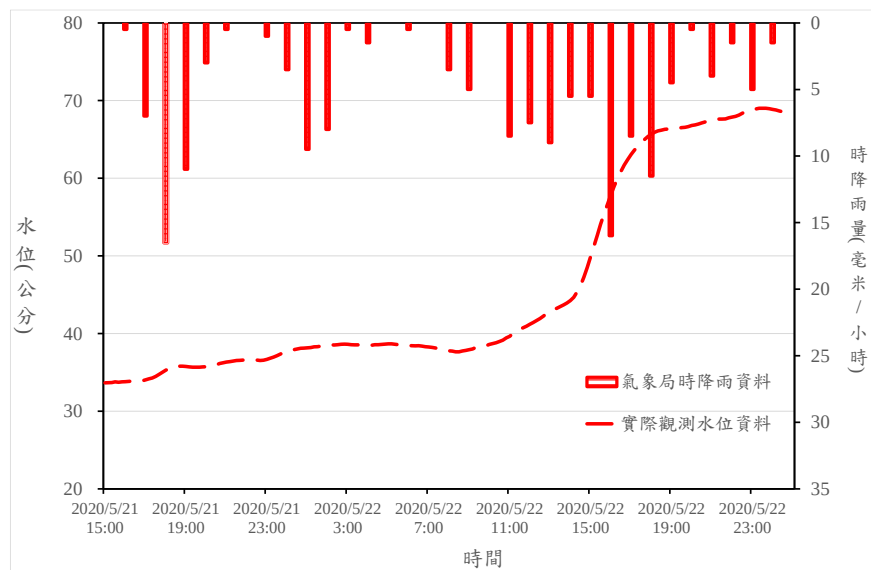


圖 3-146 中港溪集水區李屋埤農塘蓄水分析(一)

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3-147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3-148所示。最高水位約為68公分。

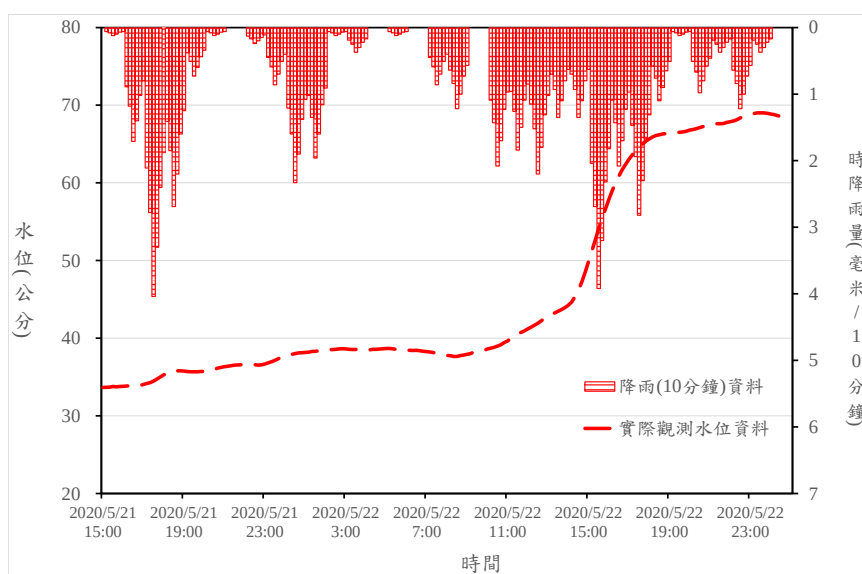
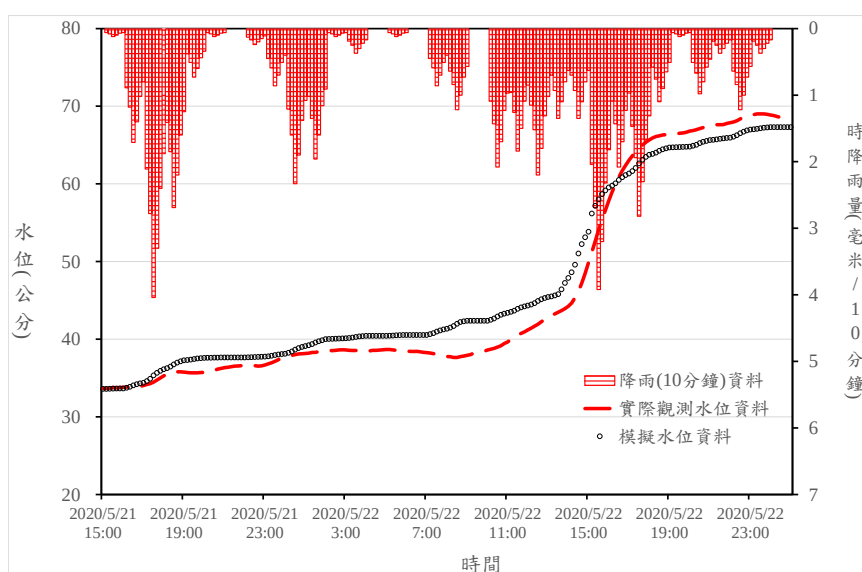


圖 3-147 中港溪集水區李屋埤農塘蓄水分析(二)



備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 3-148 中港溪集水區李屋埤農塘蓄水分析(三)

後龍溪上游集水區後龍006農塘2020/05/21：1500~2020/05/23：0100之水位觀測資料與中央氣象局大湖氣象站之雨量紀錄如圖3-149所示。最高水位約為245公分。

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3-150所示。最高水位約為245公分。

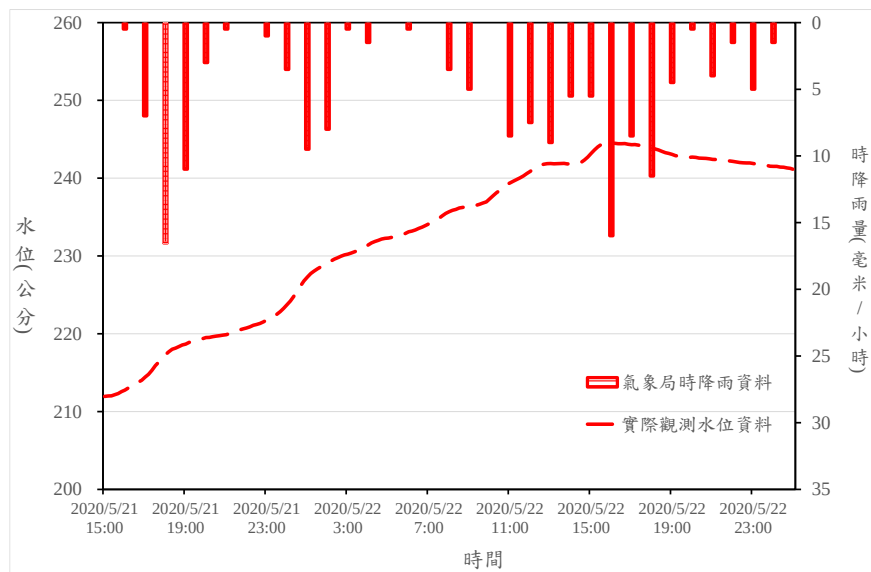


圖 3-149 後龍溪上游集水區後龍 006 農塘蓄水分析(一)

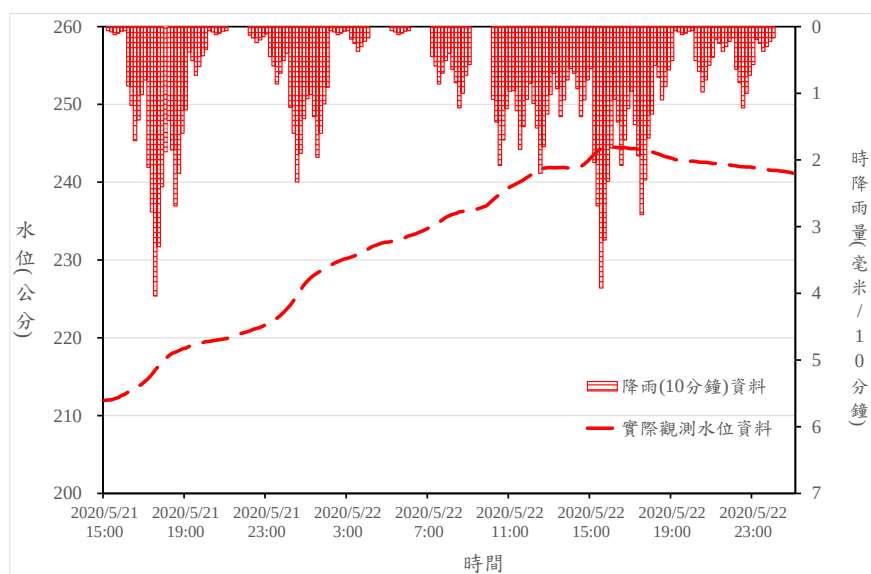


圖 3-150 後龍溪上游集水區後龍 006 農塘蓄水分析(二)

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3-151所示。最高水位約為245公分。

鯉魚潭集水區鯉潭039農塘2020/05/21：1500~2020/05/23：0100之水位觀測資料與中央氣象局大湖氣象站之雨量紀錄如圖3-152所示。最高水位約為120公分。

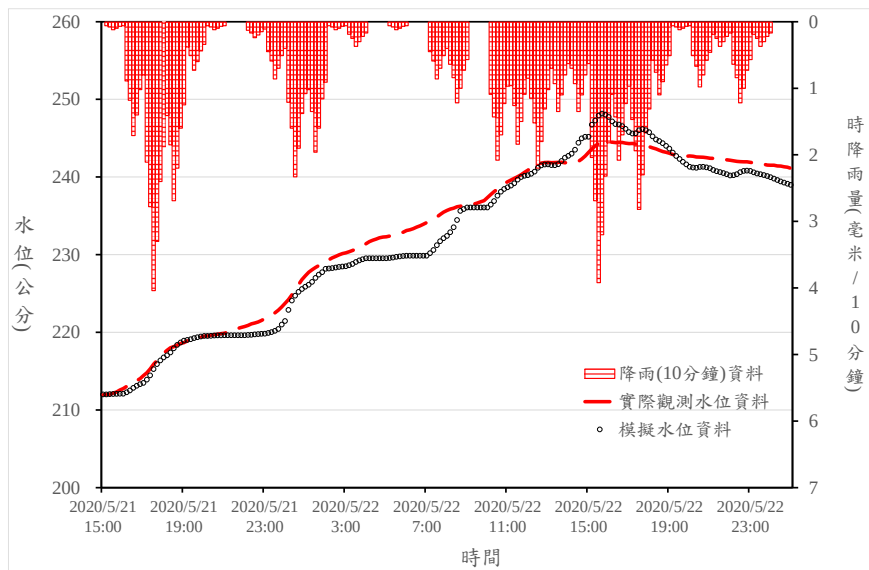


圖 3-151 後龍溪上游集水區後龍 006 農塘蓄水分析(三)

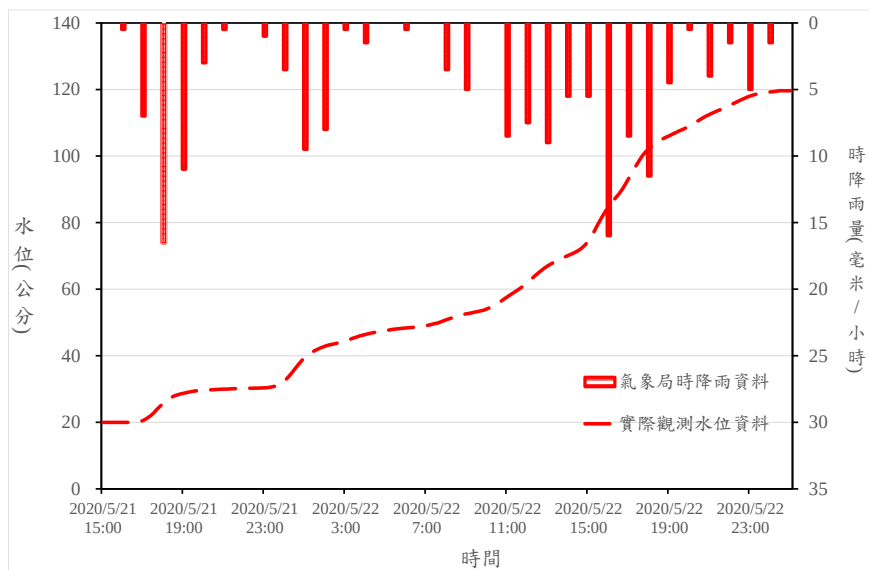


圖 3-152 鯉魚潭集水區鯉潭 039 農塘蓄水分析(一)

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3-153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3-154所示。最高水位約為120公分。

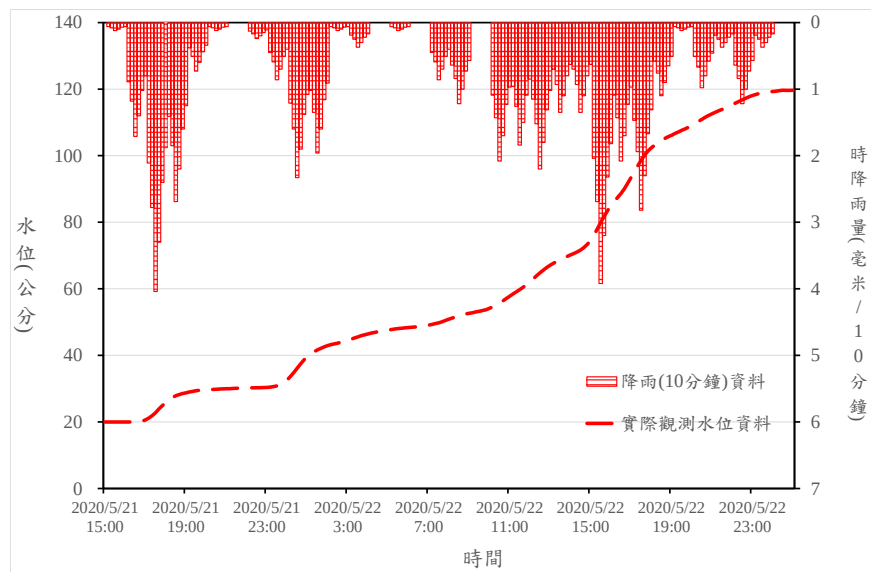
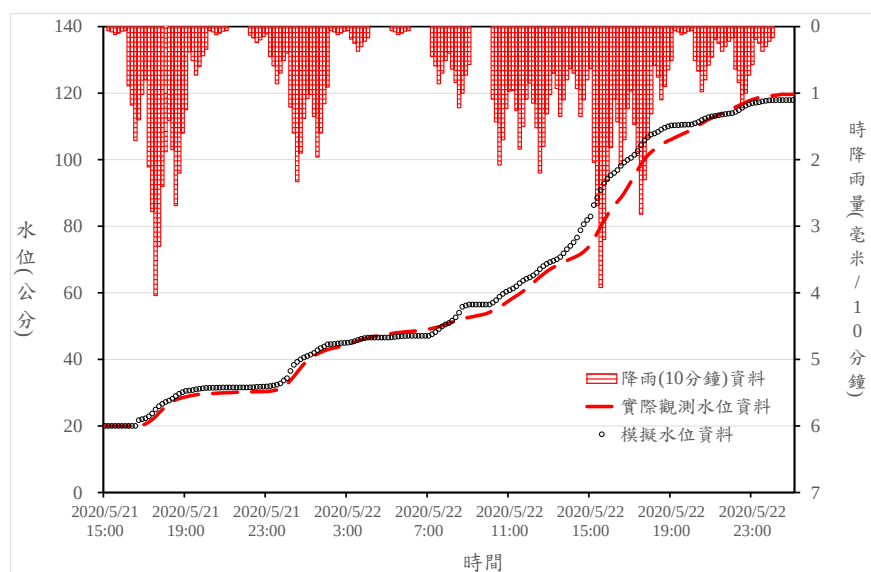


圖 3-153 鯉魚潭集水區鯉潭 039 農塘蓄水分析(二)



備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 3-154 鯉魚潭集水區鯉潭 039 農塘蓄水分析(三)

綜合前述模擬結果，由圖3-138、3-145、3-168、3-151及3-154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，第二章農塘水平衡於本研究所探討之農塘區域適用性極佳。

第四章 區域農塘蓄水模擬及串並聯操作情境分析

本項目所要進行的工作包括以下3項：

1. 相關研究之情境資料蒐集分析。

彙整本研究所蒐集之相關研究的情境資料，並進行分析。

詳如第二章所述。

2. 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)農塘蓄水模擬及串並聯操作情境。詳如第四章第一節及第三節說明。

3. 區域(集水區)農塘蓄水模擬及串並聯操作情境分析。

採用第二章說明之農塘水平衡模式及網流模擬模式，進行區域(集水區)農塘蓄水模擬及串並聯操作情境分析。詳如第四章第二節及第三節說明。另第三章所列農塘串並聯模式併入第四章第三節中進行說明。

第一節 農塘蓄水模擬之情境研擬

經由前述資料分析與現地訪談，擬定區域(集水區)農塘串並聯操作情境。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，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。農塘滯洪操作水位區分為低水位、高水位及豪雨特報前先期放水等情境研擬。

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，結果如表4-1所示。後龍溪

上游集水區及鯉魚潭集水區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，結果如表4-2所示。

依據前述所擬定之模擬情境如表4-3~4-5所示，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，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，豪雨特報前先期放水將以前述高水位往下20~30公分或溢流堰往下20~30公分為模擬起始水位。調降水位視農塘水深範圍進行調整。

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
60 分鐘	60.64	72.25	81.04	92.64	101.43
120 分鐘	46.45	55.34	62.07	70.96	77.68
180 分鐘	38.52	45.89	51.47	58.84	64.42
1440 分鐘	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
60 分鐘	64.39	76.56	85.77	97.95	107.16
120 分鐘	50.13	59.61	66.78	76.26	83.43
180 分鐘	42.05	50.00	56.02	63.97	69.98
1,440 分鐘	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	農塘水位	降雨延時	重現期距	情境代號
低水位	60分鐘	2年	A01	低水位	180分鐘	2年	A11
		5年	A02			5年	A12
		10年	A03			10年	A13
		25年	A04			25年	A14
		50年	A05			50年	A15
	120分鐘	2年	A06		1,440分鐘	2年	A16
		5年	A07			5年	A17
		10年	A08			10年	A18
		25年	A09			25年	A19
		50年	A10			50年	A20

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	農塘水位	降雨延時	重現期距	情境代號
高水位	60分鐘	2年	B01	高水位	180分鐘	2年	B 11
		5年	B 02			5年	B 12
		10年	B 03			10年	B 13
		25年	B 04			25年	B 14
		50年	B 05			50年	B 15
	120分鐘	2年	B 06		1,440分鐘	2年	B 16
		5年	B 07			5年	B 17
		10年	B 08			10年	B 18
		25年	B 09			25年	B 19
		50年	B 10			50年	B 20

表 4-5 農塘豪雨特報前先期放水情境代號

農塘滯洪 操作水位	降雨延時	重現期距	情境代號	農塘水位	降雨延時	重現期距	情境代號
颱風預報 前先期放 水	60分鐘	2年	C01	颱風預報 前先期放 水	180分鐘	2年	C 11
		5年	C 02			5年	C 12
		10年	C 03			10年	C 13
		25年	C 04			25年	C 14
		50年	C 05			50年	C 15
	120分鐘	2年	C 06		1,440分鐘	2年	C 16
		5年	C 07			5年	C 17
		10年	C 08			10年	C 18
		25年	C 09			25年	C 19
		50年	C 10			50年	C 20

第二節 農塘蓄水模擬之情境分析

農塘蓄水模擬之情境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、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3-18，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3-19，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。

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，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。以鯉潭039農塘為例，以苗栗大湖站2020年之降雨資料、集水面積、降雨逕流係數等，計算進流量如圖3-137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，詳如圖3-28，本觀測水位時並無溢流產生，如圖3-138(中水位及高水位有出流量產生，詳圖3-139及圖3-140)。

(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3-138所示。

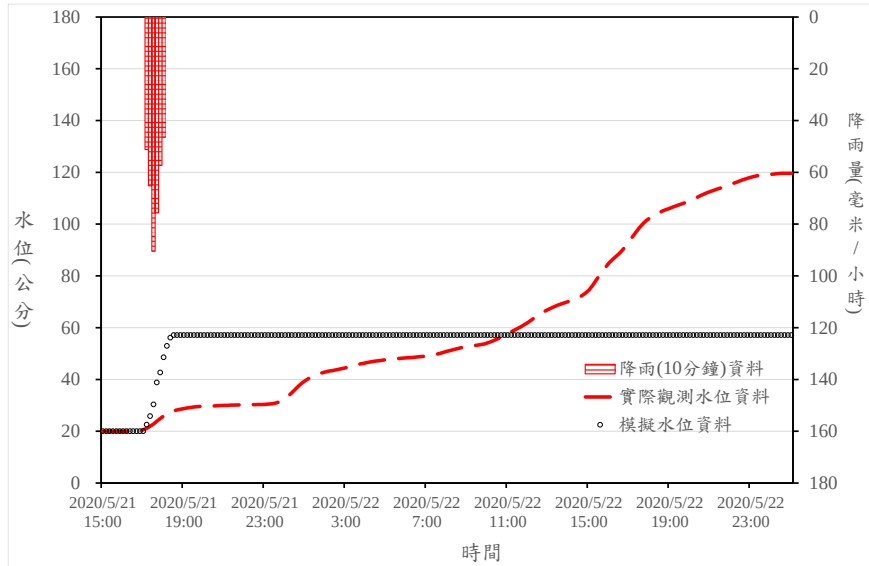
綜合前述，農塘水平衡模式，可適合於本研究使用。故採用農塘水平衡模式進行情境分析。

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60分鐘、120分鐘、180分鐘及1440分鐘(24小時)等。農塘滯洪操作水位區分為低水位、高水位及豪雨特報前先期放水等進行情境研擬。

本研究首先進行鯉魚潭集水區之鯉潭039農塘依前述表4-3之A01~A20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。降雨延時在考量短延時強降雨之情境下，以60分鐘、120分鐘、180分鐘及24小時之低水位模擬。模擬結果如圖4-1~4-21所示。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。

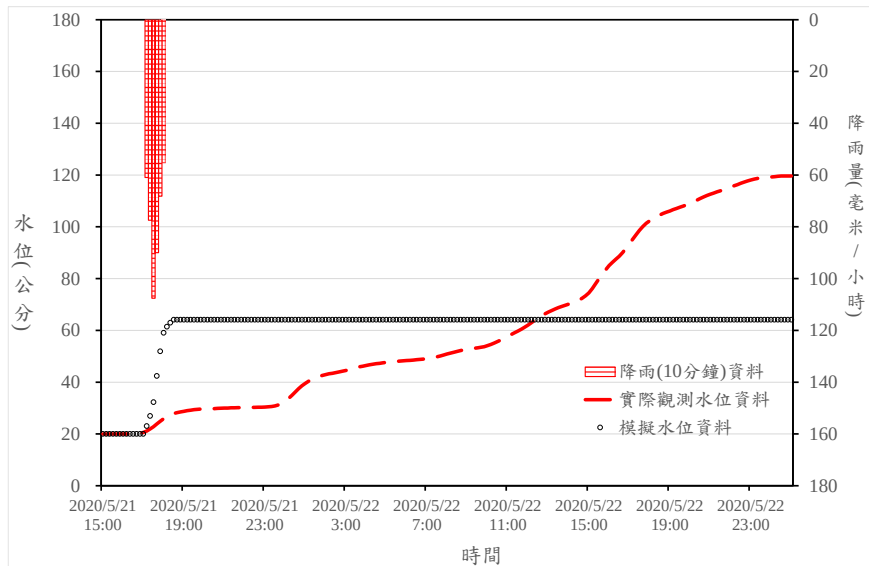
鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於低水位之短延時強降雨之情境(60分鐘) 2年重現期距之模擬結果如圖4-1所示。水位最高約為58公分。

鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於低水位之短延時強降雨之情境(60分鐘) 5年重現期距之模擬結果如圖4-2所示。水位最高約為65公分。



備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-1 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 A01 農塘蓄水模擬

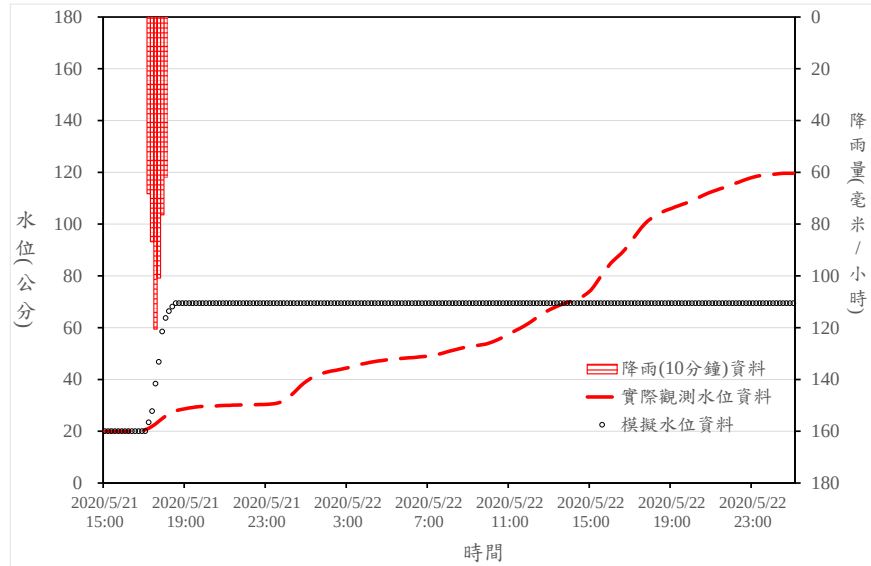


備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-2 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 A02 農塘蓄水模擬

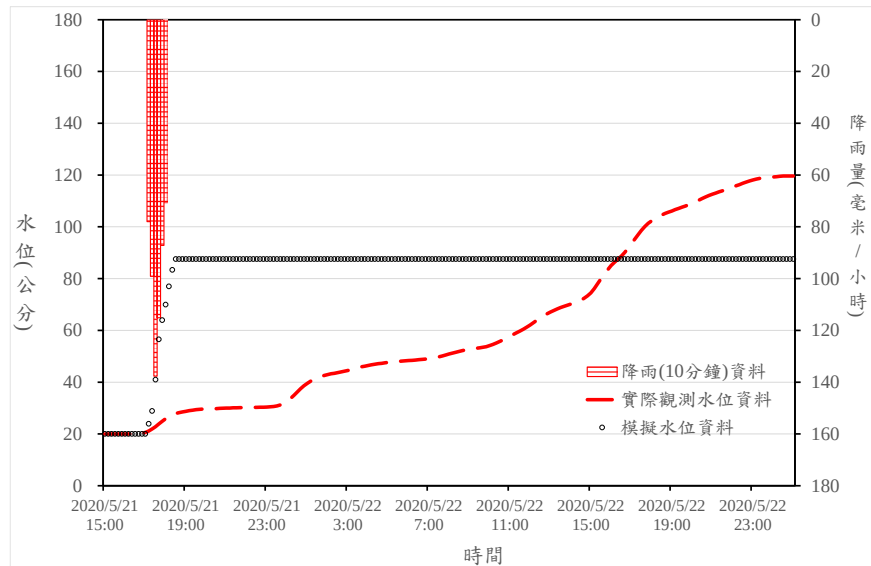
鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於低水位之短延時強降雨之情境(60分鐘) 10年重現期距之模擬結果如圖4-3所示。水位最高約為70公分。

鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於低水位之短延時強降雨之情境(60分鐘) 25年重現期距之模擬結果如圖4-4所示。水位最高約為85公分。



備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-3 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 A03 農塘蓄水模擬

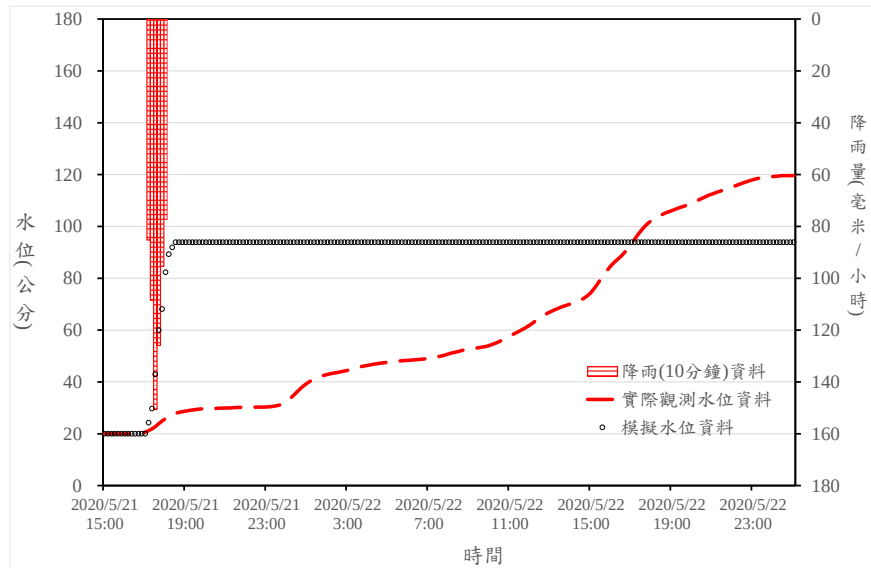


備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-4 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 A04 農塘蓄水模擬

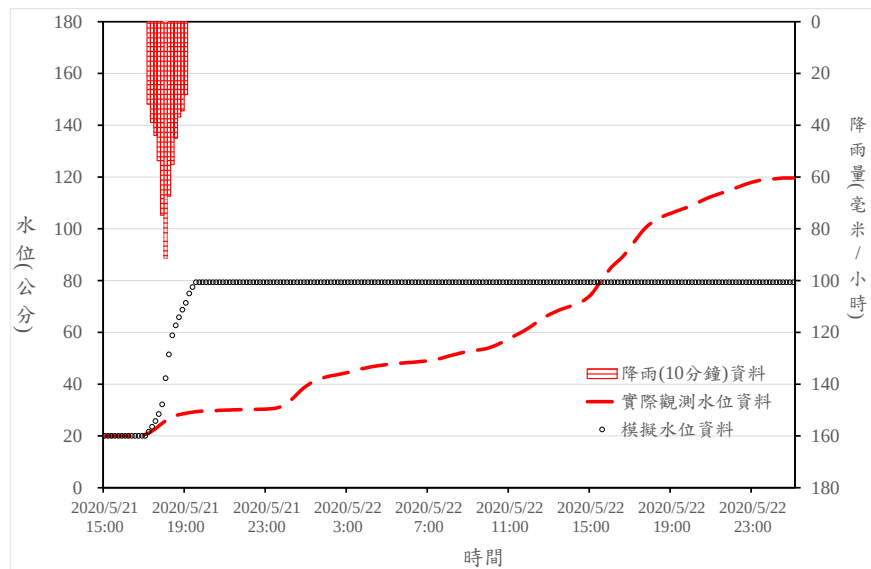
鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於低水位之短延時強降雨之情境(60分鐘) 50年重現期距之模擬結果如圖4-5所示。水位最高約為94公分。

鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於低水位之短延時強降雨之情境(120分鐘) 2年重現期距之模擬結果如圖4-6所示。水位最高約為78公分。



備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-5 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 A05 農塘蓄水模擬

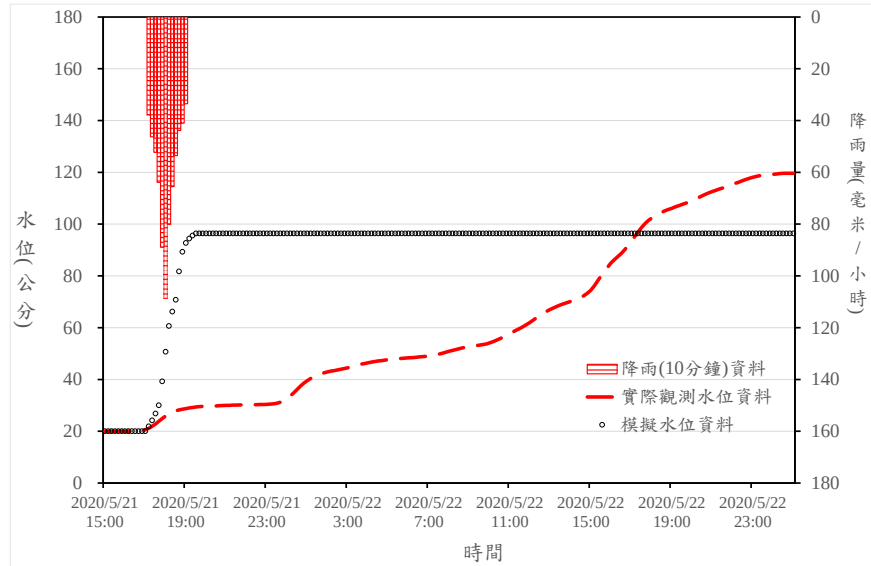


備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-6 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 A06 農塘蓄水模擬

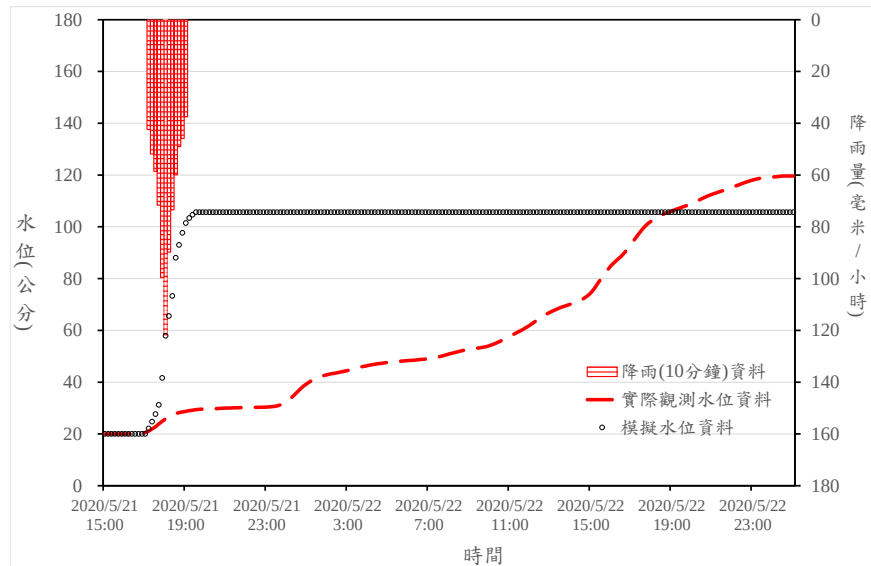
鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於低水位之短延時強降雨之情境(120分鐘)5年重現期距之模擬結果如圖4-7所示。水位最高約為95公分。

鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於低水位之短延時強降雨之情境(120分鐘)10年重現期距之模擬結果如圖4-8所示。水位最高約為105公分。



備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-7 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 A07 農塘蓄水模擬

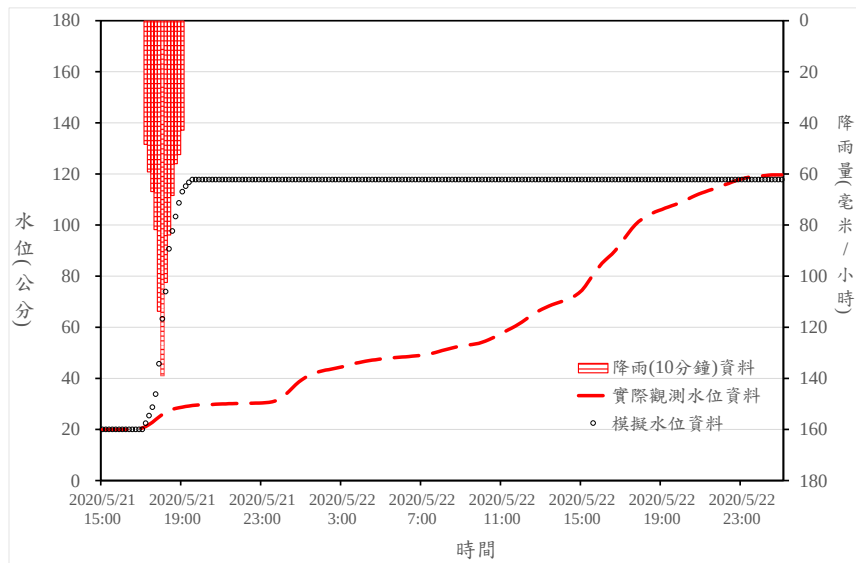


備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-8 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 A08 農塘蓄水模擬

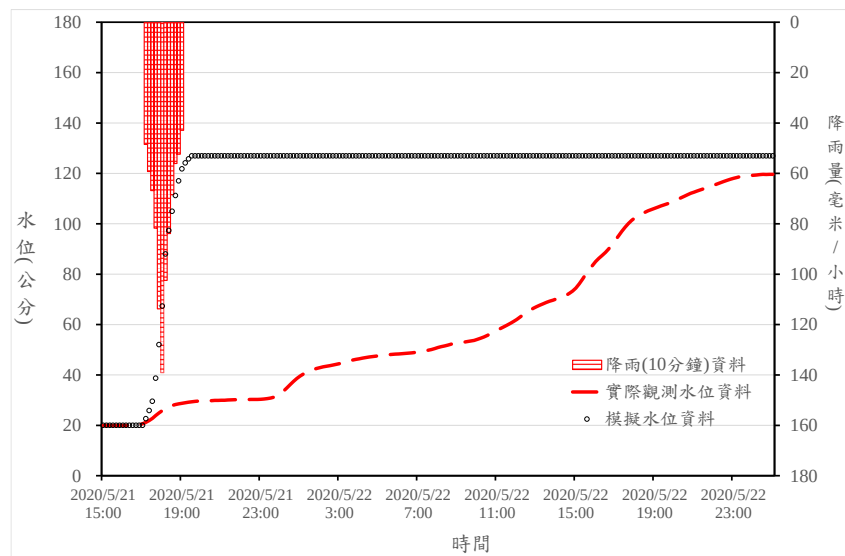
鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於低水位之短延時強降雨之情境(120分鐘)25年重現期距之模擬結果如圖4-9所示。水位最高約為118公分。

鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於低水位之短延時強降雨之情境(120分鐘) 50年重現期距之模擬結果如圖4-10所示。水位最高約為125公分。



備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-9 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 A09 農塘蓄水模擬

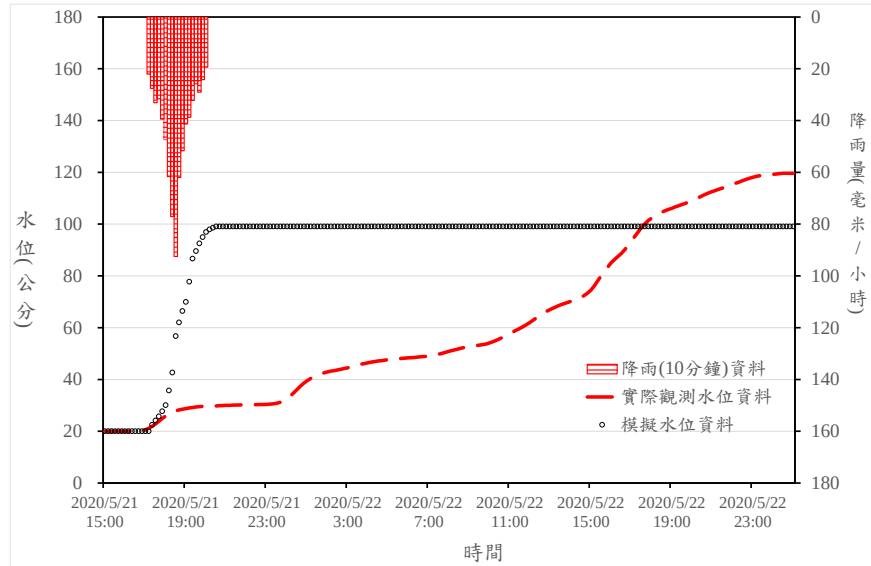


備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-10 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 A10 農塘蓄水模擬

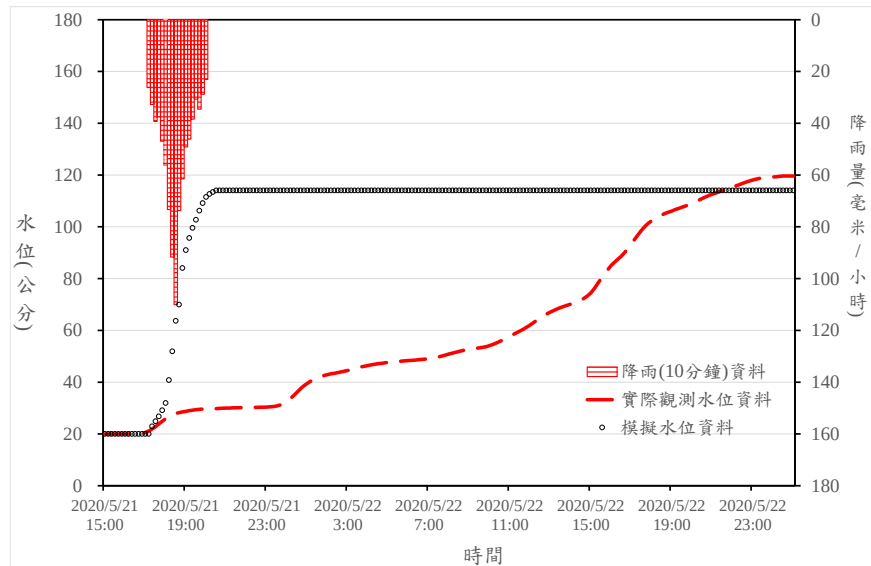
鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於低水位之短延時強降雨之情境(180分鐘)2年重現期距之模擬結果如圖4-11所示。水位最高約為98公分。

鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於低水位之短延時強降雨之情境(180分鐘)5年重現期距之模擬結果如圖4-12所示。水位最高約為115公分。



備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-11 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 A11 農塘蓄水模擬

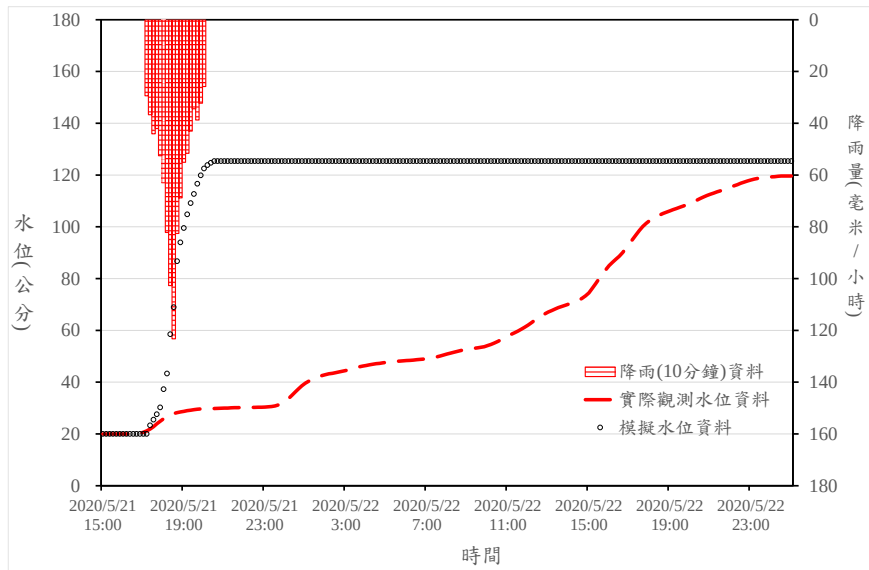


備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-12 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 A12 農塘蓄水模擬

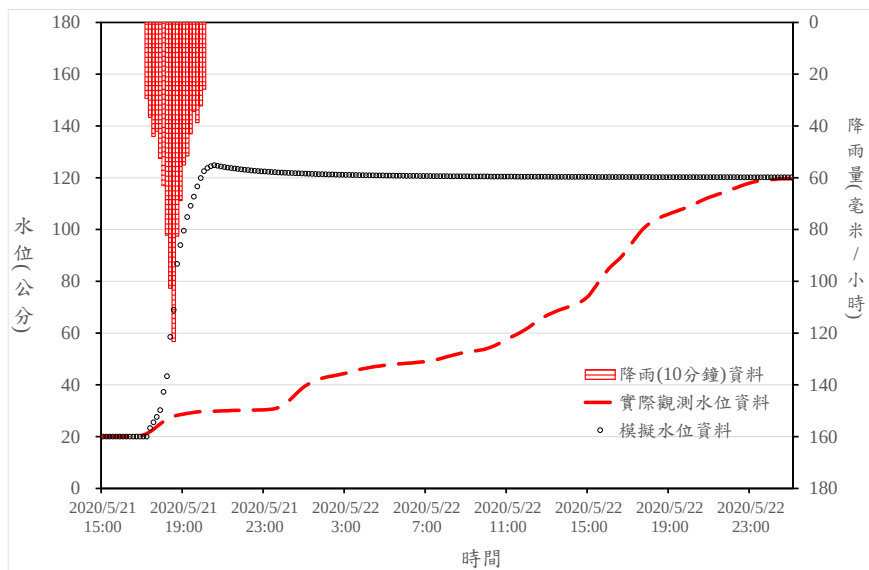
鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於低水位之短延時強降雨情境(180分鐘)10年重現期距之模擬結果如圖4-13。水位最高約為125公分。鯉潭039農塘本年度觀測最高水位約為160公分，排洪操作約為120公分。

鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於低水位之短延時強降雨之情境(180分鐘)10年重現期距之模擬結果如圖4-14所示。水位最高約為125公分。當水位超過120公分開始進行排洪操作，其後維持水位於120公分。



備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-13 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 A13 農塘蓄水模擬(一)

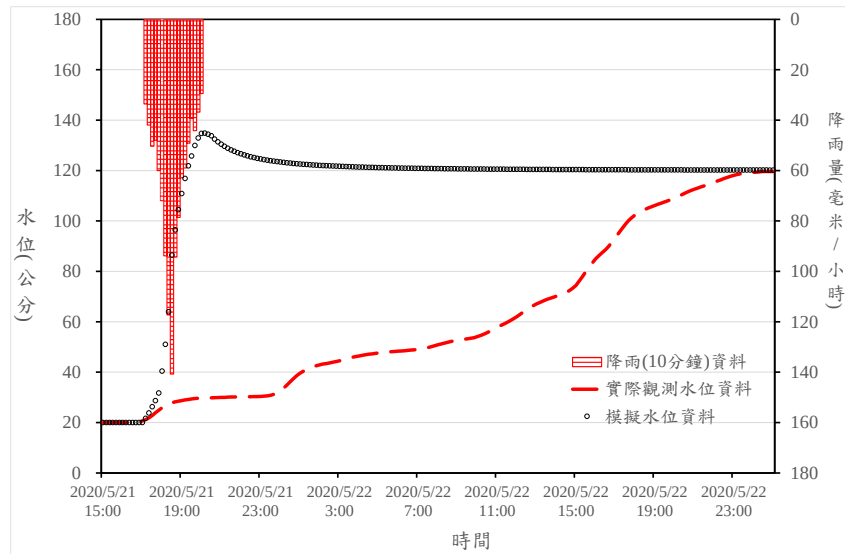


備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-14 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 A13 農塘蓄水模擬(二)

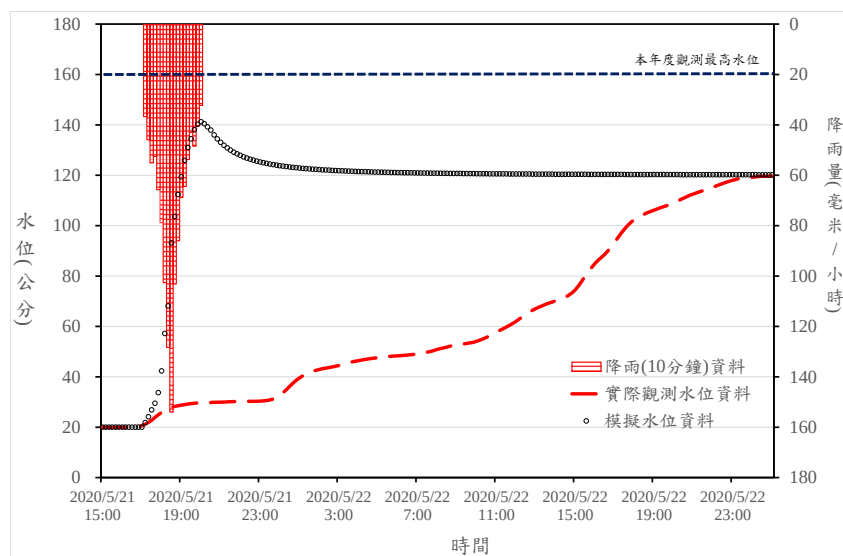
鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於低水位之短延時強降雨之情境(180分鐘)25年重現期距之模擬結果如圖4-15所示。水位最高約為135公分。當水位超過120公分開始進行排洪操作，其後維持水位於120公分。

鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於低水位之短延時強降雨之情境(180分鐘)50年重現期距之模擬結果如圖4-16所示。水位最高約為141公分。當水位超過120公分開始進行排洪操作，其後維持水位於120公分。



備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-15 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 A14 農塘蓄水模擬

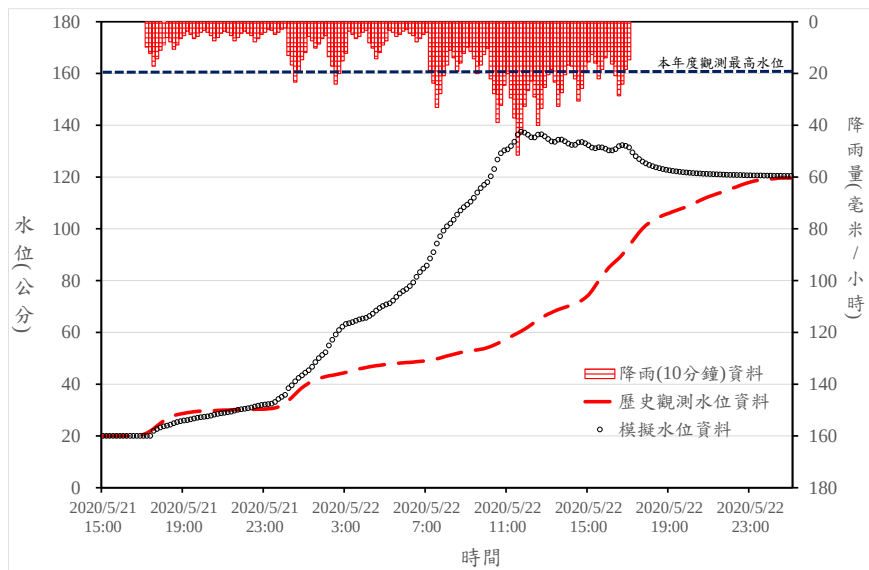


備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-16 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 A15 農塘蓄水模擬

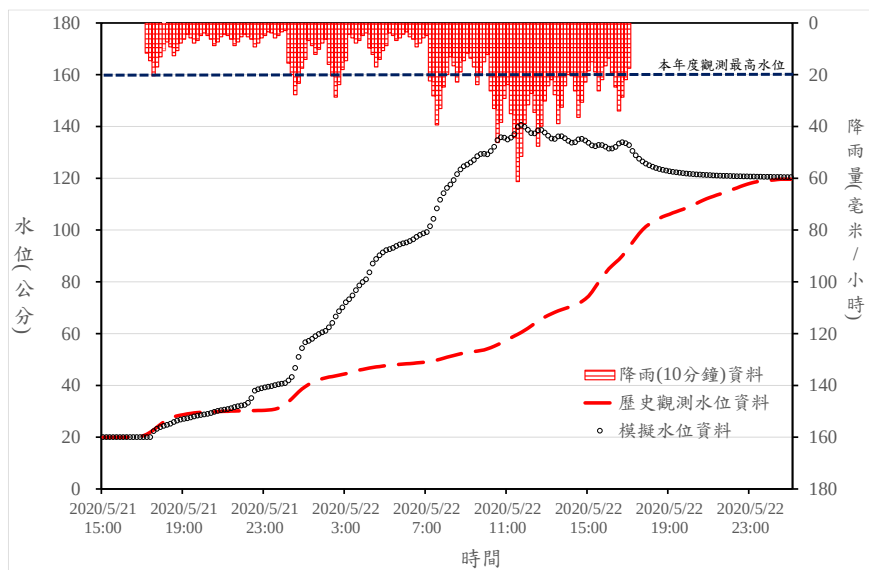
鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於低水位之24小時強降雨之情境2年重現期距之模擬結果如圖4-17所示。水位最高約為138公分。當水位超過120公分開始進行排洪操作，其後維持水位於120公分。

鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於低水位之24小時強降雨之情境5年重現期距之模擬結果如圖4-18所示。水位最高約為140公分。當水位超過120公分開始進行排洪操作，其後維持水位於120公分。



備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-17 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 A16 農塘蓄水模擬

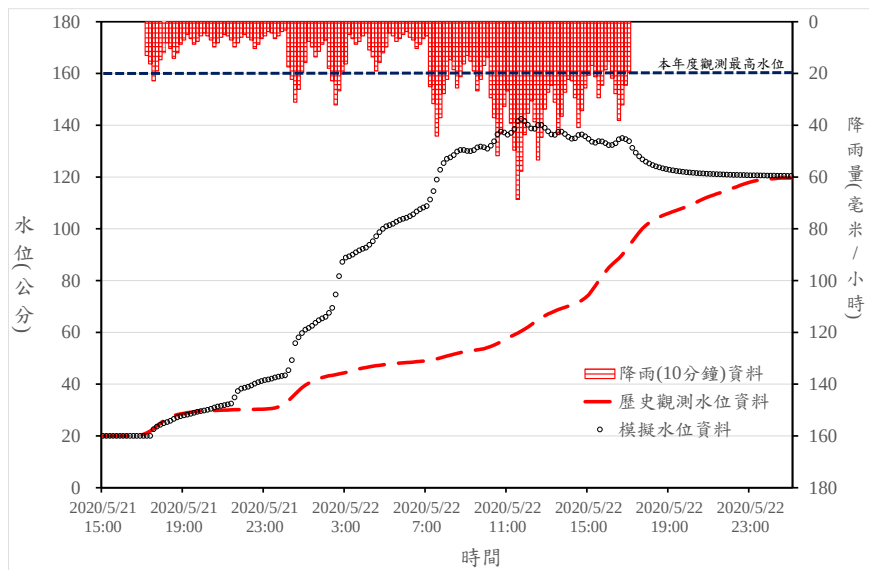


備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-18 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 A17 農塘蓄水模擬

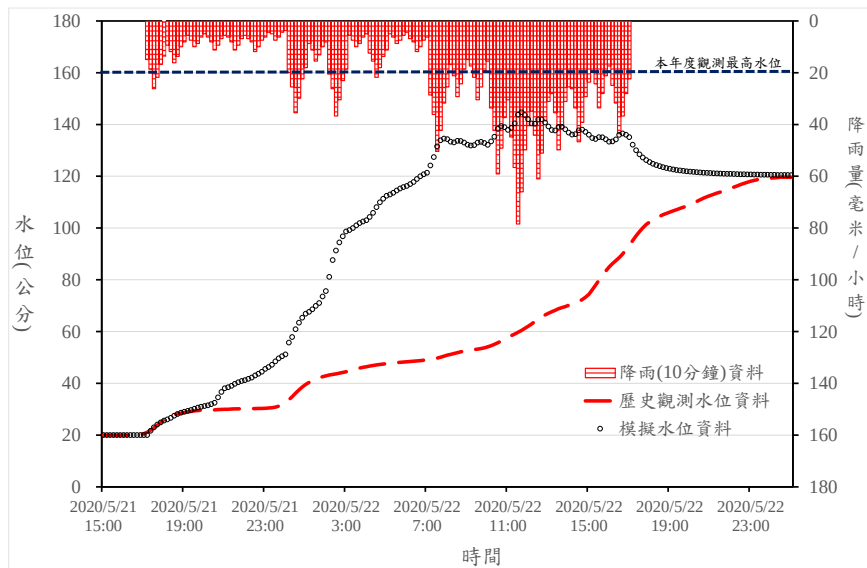
鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於低水位之24小時強降雨之情境10年重現期距之模擬結果如圖4-19所示。水位最高約為142公分。當水位超過120公分開始進行排洪操作，其後維持水位於120公分。

鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於低水位之24小時強降雨之情境25年重現期距之模擬結果如圖4-20所示。水位最高約為143公分。當水位超過120公分開始進行排洪操作，其後維持水位於120公分。



備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

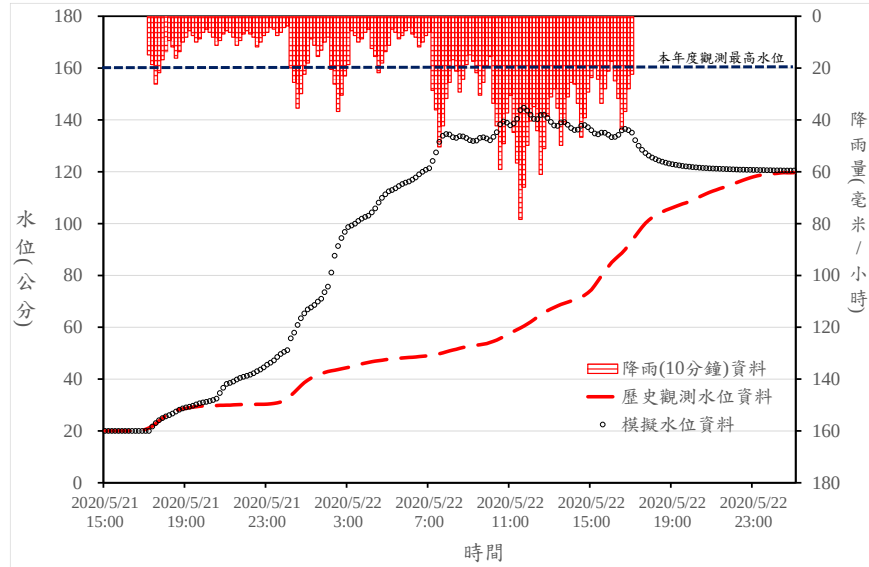
圖 4-19 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 A18 農塘蓄水模擬



備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-20 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 A19 農塘蓄水模擬

鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於低水位之24小時強降雨之情境50年重現期距之模擬結果如圖4-21所示。水位最高約為145公分。當水位超過120公分開始進行排洪操作，其後維持水位於120公分。



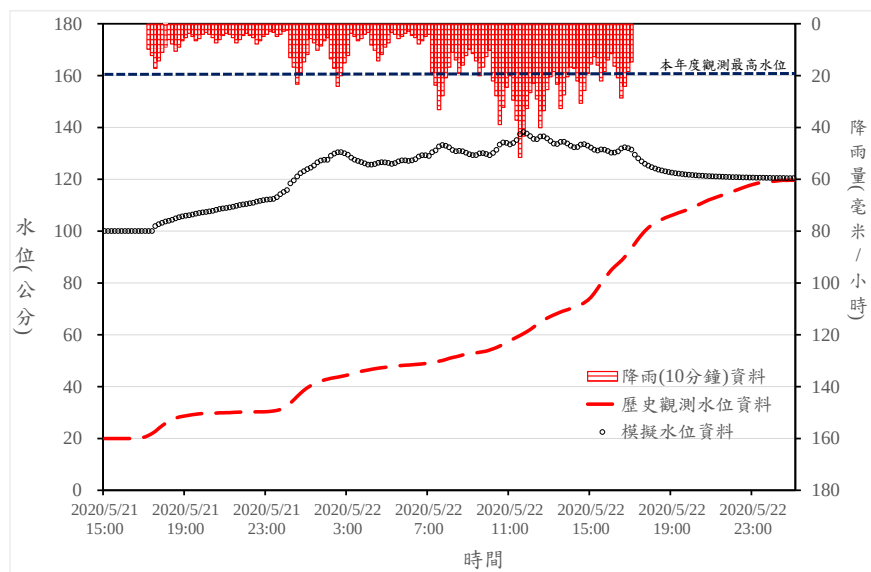
備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-21 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 A20 農塘蓄水模擬

本研究再進行鯉魚潭集水區之鯉潭039農塘依前述表4-4之B16~B20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24小時之低水位模擬。模擬結果如圖4-22~4-27所示。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。

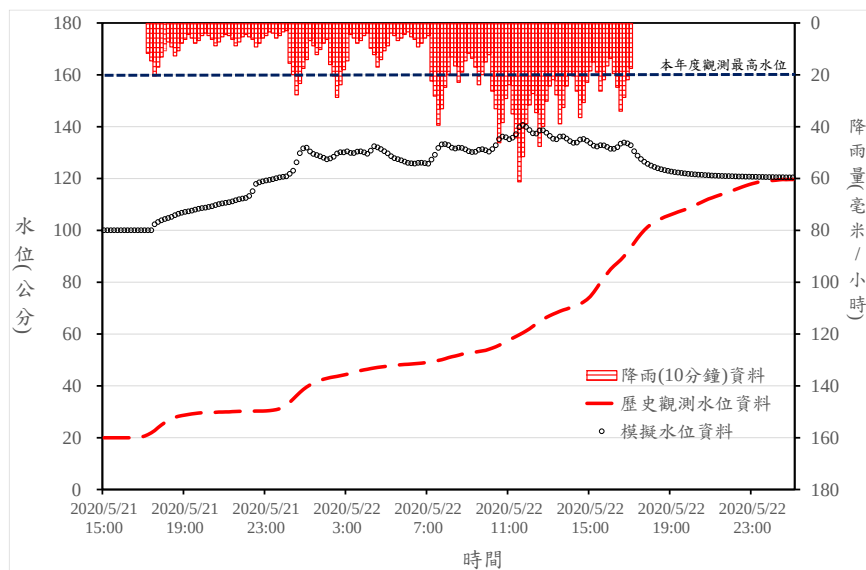
鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於高水位之24小時強降雨之情境2年重現期距之模擬結果如圖4-22所示。水位最高約為138公分。當水位超過120公分開始進行排洪操作，其後維持水位於120公分。

鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於高水位之24小時強降雨之情境5年重現期距之模擬結果如圖4-23所示。水位最高約為140公分。當水位超過120公分開始進行排洪操作，其後維持水位於120公分。



備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-22 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 B16 農塘蓄水模擬

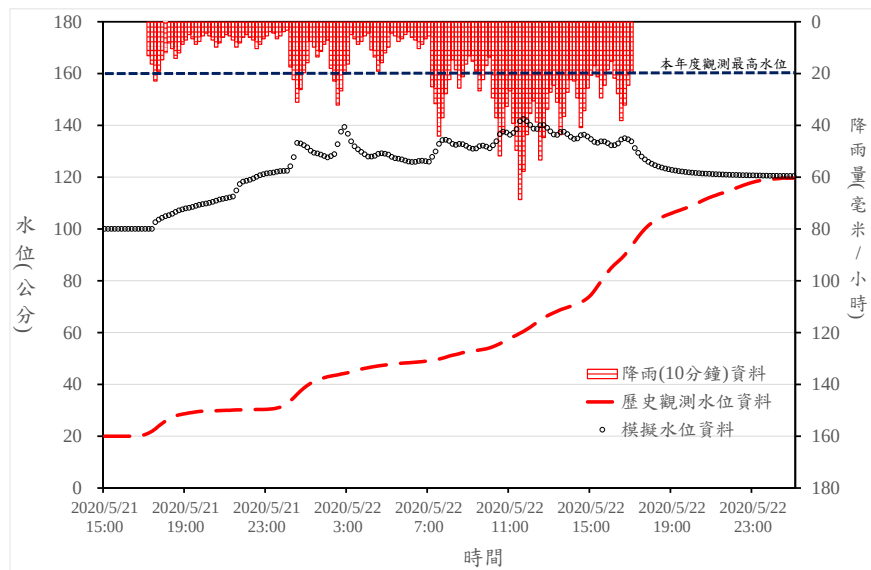


備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-23 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 B17 農塘蓄水模擬

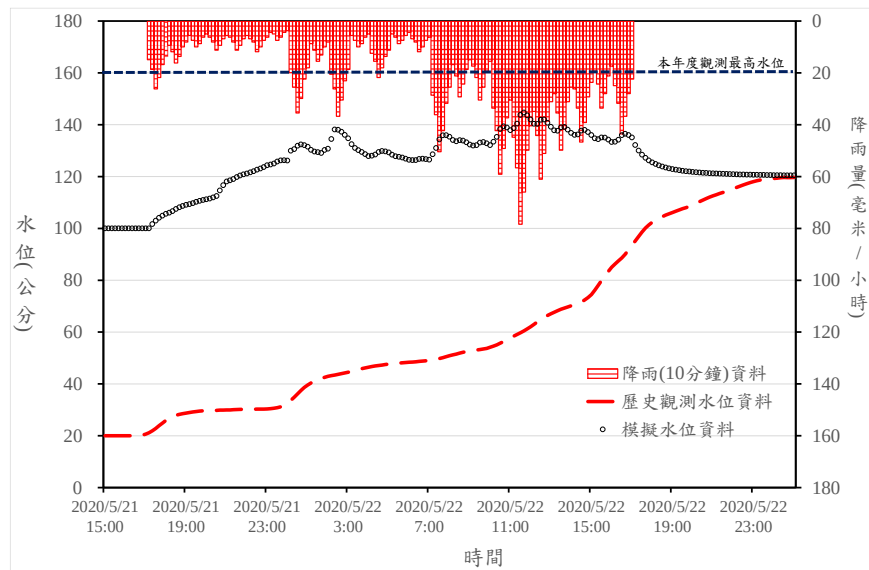
鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於高水位之24小時強降雨之情境10年重現期距之模擬結果如圖4-24所示。水位最高約為142公分。當水位超過120公分開始進行排洪操作，其後維持水位於120公分。

鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於高水位之24小時強降雨之情境25年重現期距之模擬結果如圖4-25所示。水位最高約為143公分。當水位超過120公分開始進行排洪操作，其後維持水位於120公分。



備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

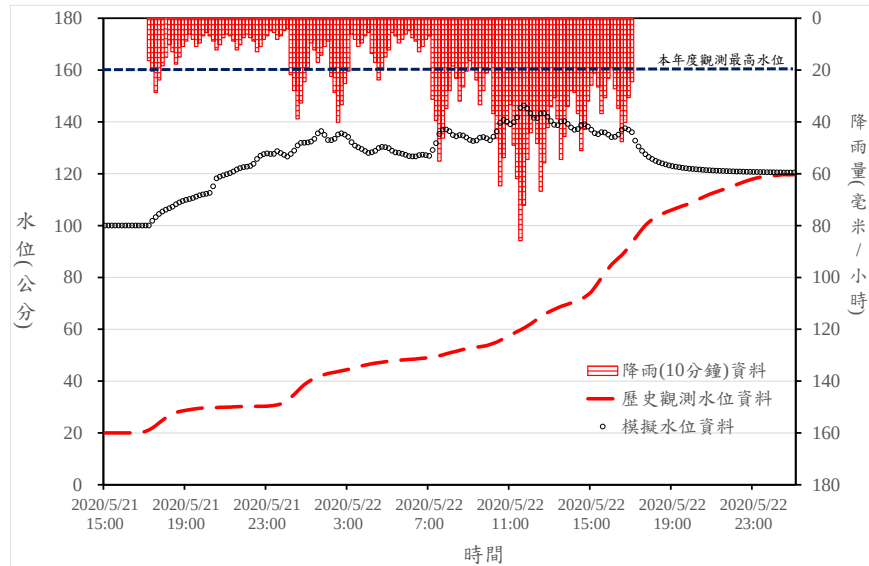
圖 4-24 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 B18 農塘蓄水模擬



備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-25 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 B19 農塘蓄水模擬

鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於高水位之24小時強降雨之情境50年重現期距之模擬結果如圖4-26所示。水位最高約為145公分。當水位超過120公分開始進行排洪操作，其後維持水位於120公分。



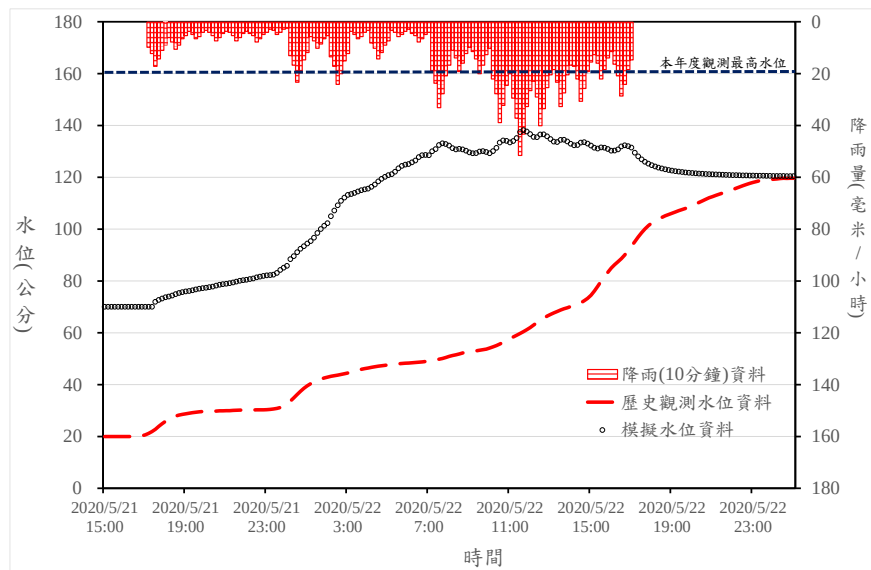
備註：降雨資料係以10分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-26 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 B20 農塘蓄水模擬

本研究再進行鯉魚潭集水區之鯉潭039農塘依前述表4-5之C16~C20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24小時之豪雨特報前先期放水之情境模擬。模擬結果如圖4-27~4-31所示。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。

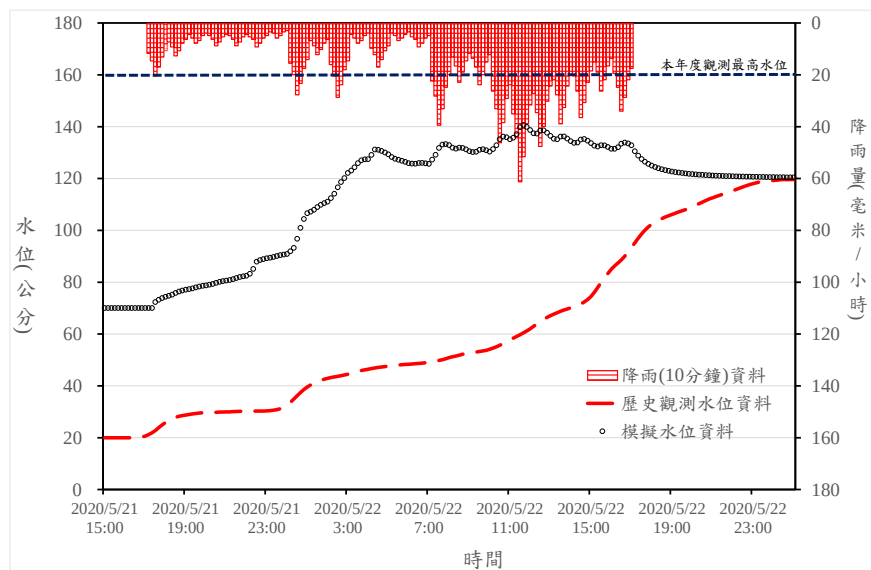
鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於豪雨特報前先期放水之24小時強降雨之情境2年重現期距之模擬結果如圖4-27所示。水位最高約為138公分。當水位超過120公分開始進行排洪操作，其後維持水位於120公分。

鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於豪雨特報前先期放水之24小時強降雨之情境5年重現期距之模擬結果如圖4-28所示。水位最高約為140公分。當水位超過120公分開始進行排洪操作，其後維持水位於120公分。



備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-27 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 C16 農塘蓄水模擬

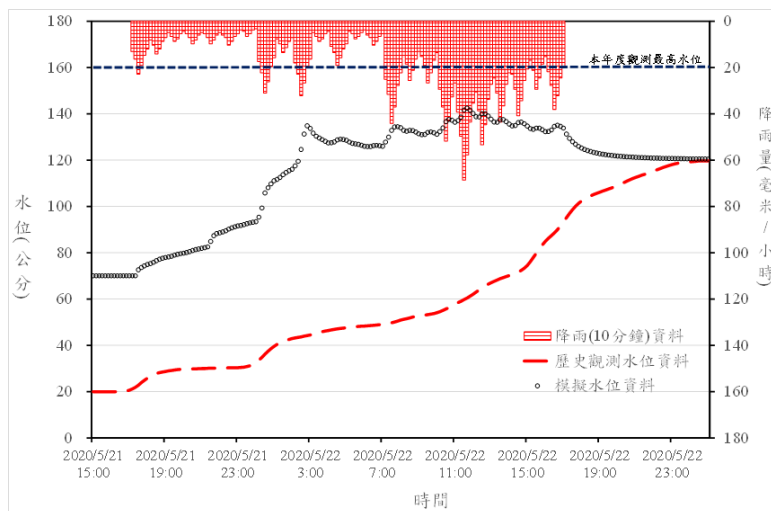


備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-28 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 C17 農塘蓄水模擬

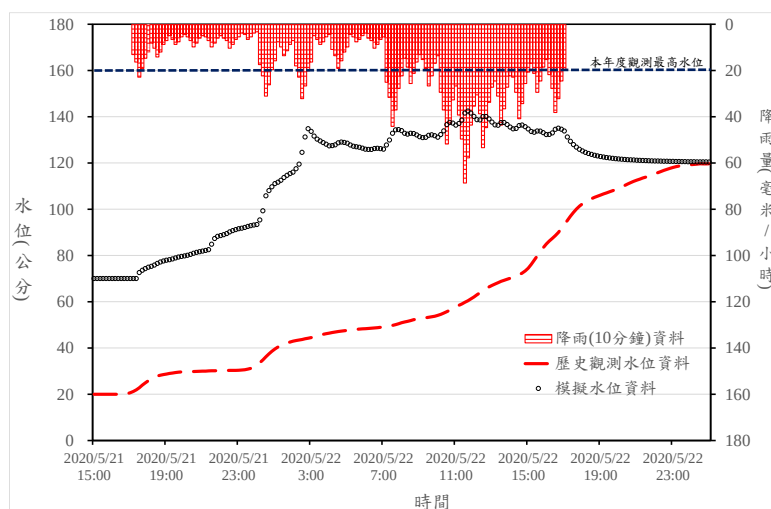
鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於豪雨特報前先期放水之24小時強降雨之情境10年重現期距之模擬結果如圖4-29所示。水位最高約為142公分。當水位超過120公分開始進行排洪操作，其後維持水位於120公分。

鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於豪雨特報前先期放水之24小時強降雨之情境25年重現期距之模擬結果如圖4-30所示。水位最高約為143公分。當水位超過120公分開始進行排洪操作，其後維持水位於120公分。



備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

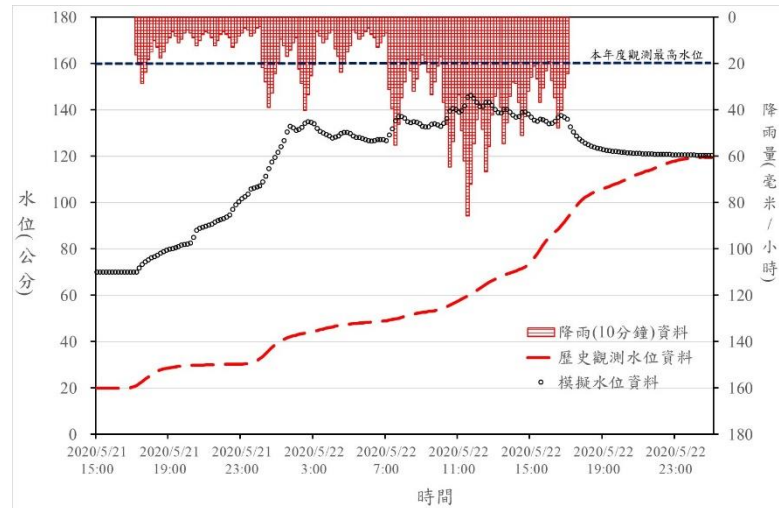
圖 4-29 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 C18 農塘蓄水模擬



備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-30 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 C19 農塘蓄水模擬

鯉魚潭集水區鯉潭039農塘於豪雨特報前先期放水之24小時強降雨之情境50年重現期距之模擬結果如圖4-31所示。水位最高約為145公分。當水位超過120公分開始進行排洪操作，其後維持水位於120公分。



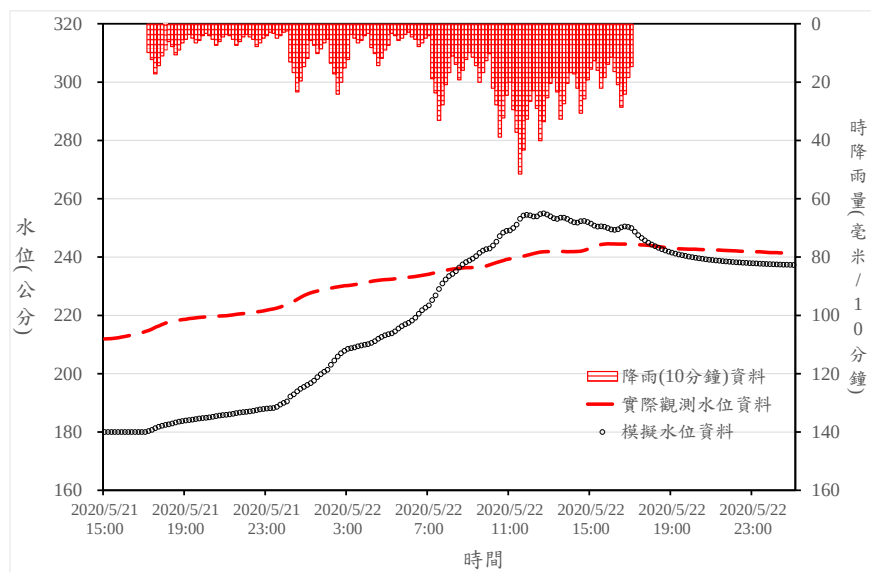
備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-31 鯉魚潭集水區鯉潭 039 情境 C20 農塘蓄水模擬

本研究再進行後龍溪上游集水區後龍006農塘依前述表4-3之A16~A20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24小時之低水位模擬。模擬結果如圖4-32~4-36所示。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。

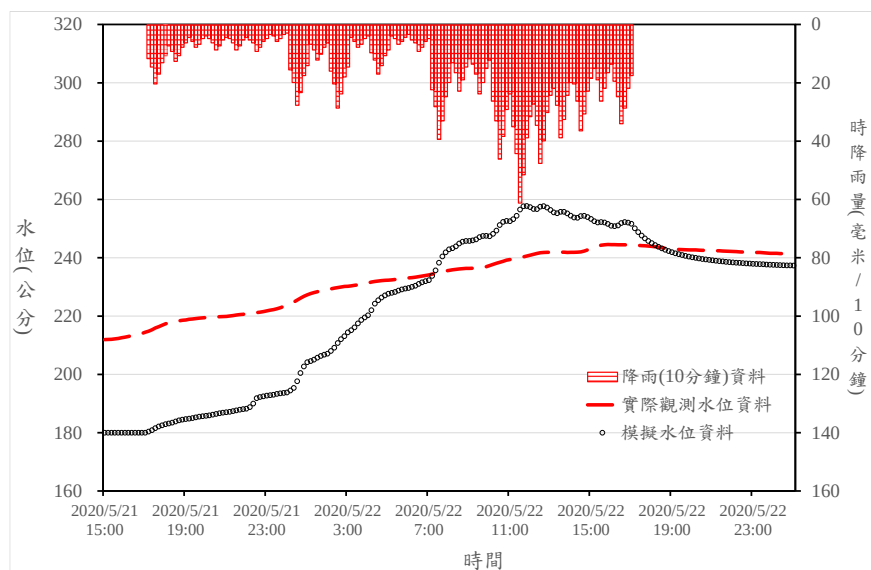
後龍溪上游集水區後龍006農塘於低水位之24小時強降雨之情境2年重現期距之模擬結果如圖4-32所示。水位最高約為255公分。當水位超過236公分開始進行排洪操作，其後維持水位約為236公分。

後龍溪上游集水區後龍006農塘於低水位之24小時強降雨之情境5年重現期距之模擬結果如圖4-33所示。水位最高約為258公分。當水位超過236公分開始進行排洪操作，其後維持水位約為236公分。



備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-32 後龍溪上游集水區後龍 006 情境 A16 農塘蓄水模擬

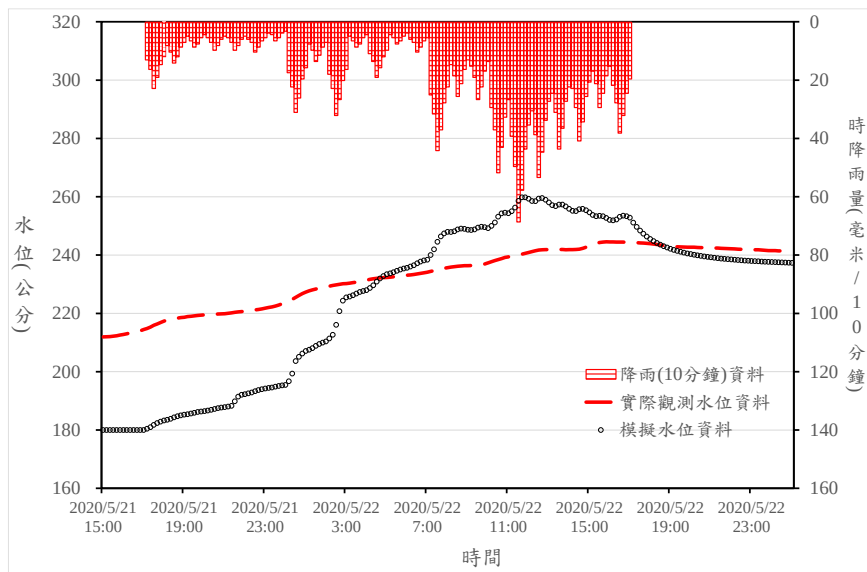


備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-33 後龍溪上游集水區後龍 006 情境 A17 農塘蓄水模擬

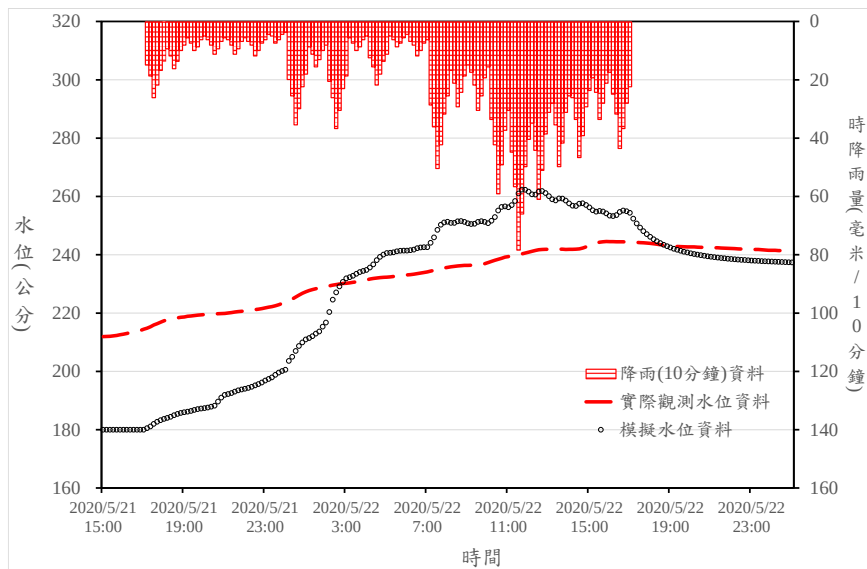
後龍溪上游集水區後龍006農塘於低水位之24小時強降雨之情境10年重現期距之模擬結果如圖4-34所示。水位最高約為260公分。當水位超過236公分開始進行排洪操作，其後維持水位約為236公分。

後龍溪上游集水區後龍006農塘於低水位之24小時強降雨之情境25年重現期距之模擬結果如圖4-35所示。水位最高約為262公分。當水位超過236公分開始進行排洪操作，其後維持水位約為236公分。



備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

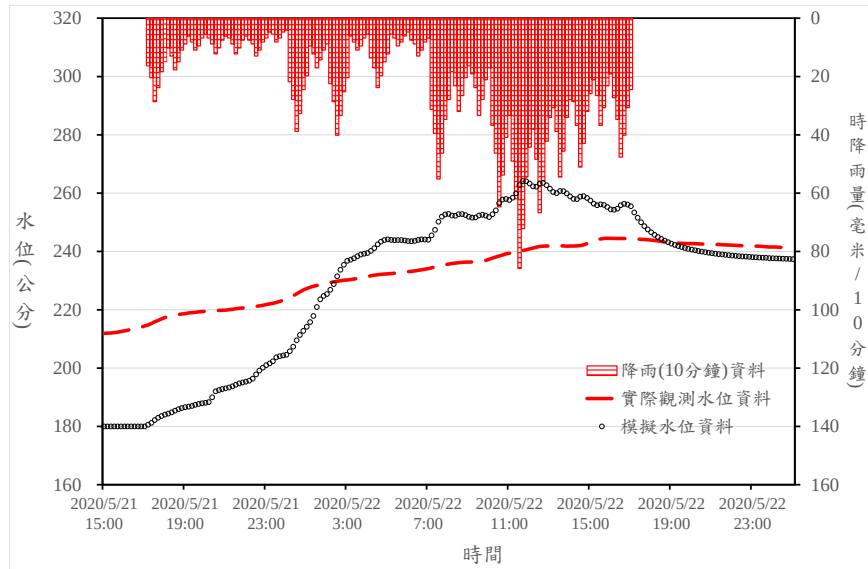
圖 4-34 後龍溪上游集水區後龍 006 情境 A18 農塘蓄水模擬



備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-35 後龍溪上游集水區後龍 006 情境 A19 農塘蓄水模擬

後龍溪上游集水區後龍006農塘於低水位之24小時強降雨之情境50年重現期距之模擬結果如圖4-36所示。水位最高約為264公分。當水位超過236公分開始進行排洪操作，其後維持水位於236公分。



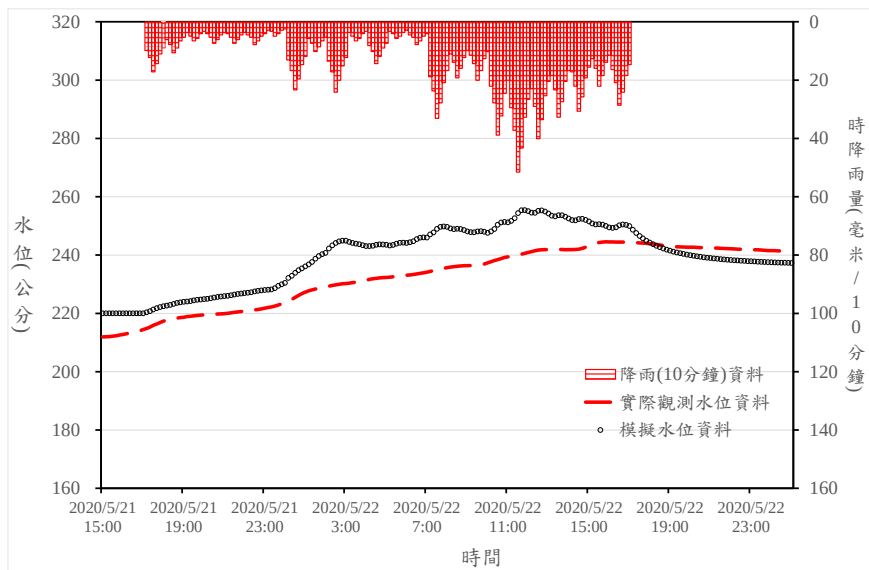
備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-36 後龍溪上游集水區後龍 006 情境 A20 農塘蓄水模擬

本研究再進行後龍溪上游集水區後龍006農塘依前述表4-4之B16~B20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24小時之低水位模擬。模擬結果如圖4-37~4-41所示。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。

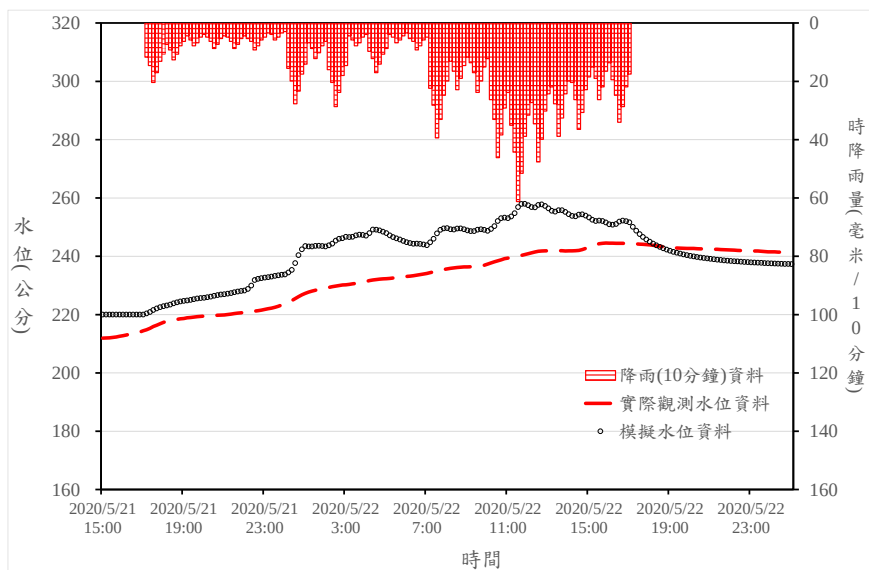
後龍溪上游集水區後龍006農塘於高水位之24小時強降雨之情境2年重現期距之模擬結果如圖4-37所示。水位最高約為255公分。當水位超過236公分開始進行排洪操作，其後維持水位於236公分。

後龍溪上游集水區後龍006農塘於高水位之24小時強降雨之情境5年重現期距之模擬結果如圖4-38所示。水位最高約為258公分。當水位超過236公分開始進行排洪操作，其後維持水位於236公分。



備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-37 後龍溪上游集水區後龍 006 情境 B16 農塘蓄水模擬

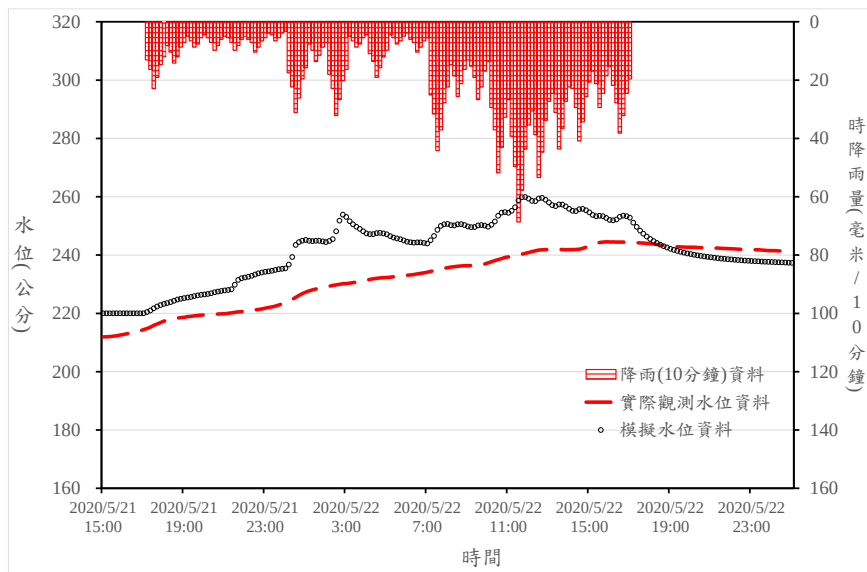


備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-38 後龍溪上游集水區後龍 006 情境 B17 農塘蓄水模擬

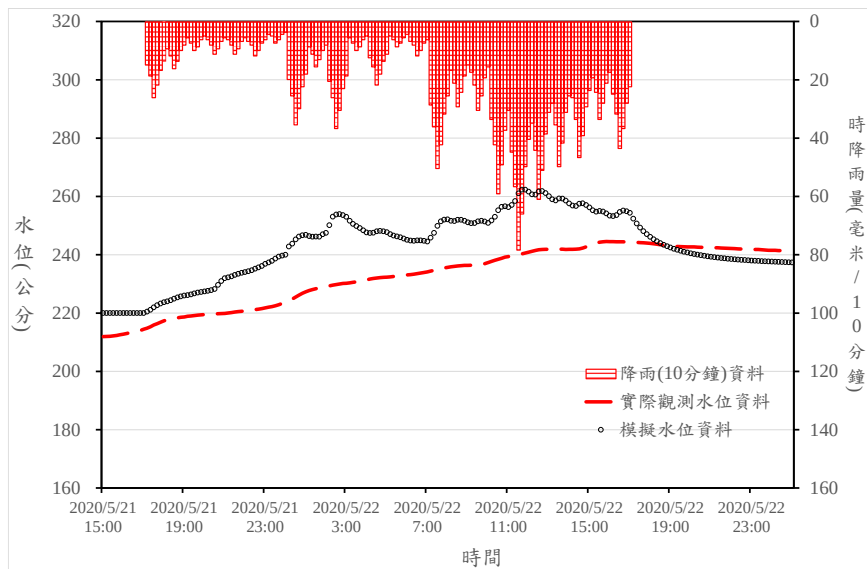
後龍溪上游集水區後龍006農塘於高水位之24小時強降雨之情境10年重現期距之模擬結果如圖4-39所示。水位最高約為260公分。當水位超過236公分開始進行排洪操作，其後維持水位於236公分。

後龍溪上游集水區後龍006農塘於高水位之24小時強降雨之情境25年重現期距之模擬結果如圖4-40所示。水位最高約為262公分。當水位超過236公分開始進行排洪操作，其後維持水位於236公分。



備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

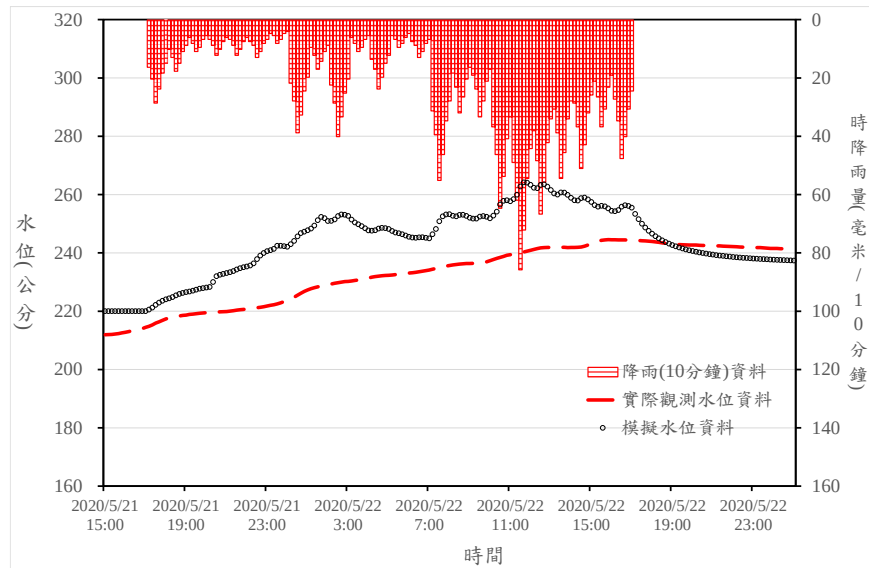
圖 4-39 後龍溪上游集水區後龍 006 情境 B18 農塘蓄水模擬



備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-40 後龍溪上游集水區後龍 006039 情境 B19 農塘蓄水模擬

後龍溪上游集水區後龍006農塘於高水位之24小時強降雨之情境50年重現期距之模擬結果如圖4-41所示。水位最高約為264公分。當水位超過236公分開始進行排洪操作，其後維持水位於236公分。



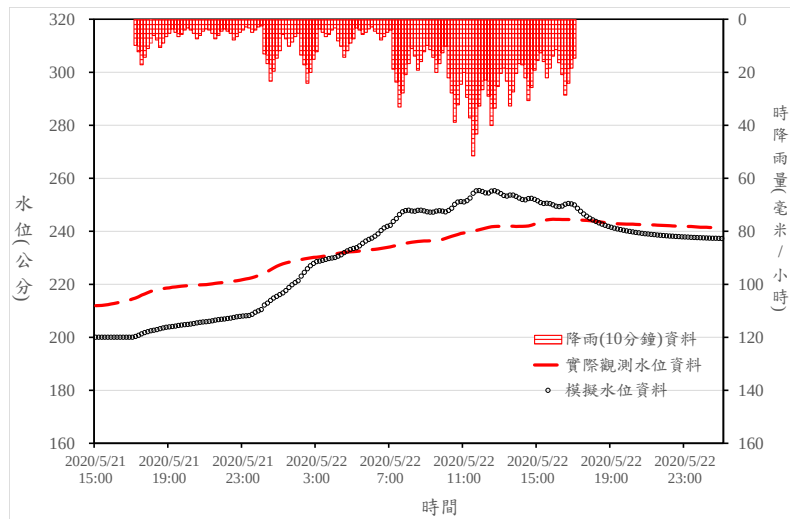
備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-41 後龍溪上游集水區後龍 006 情境 B20 農塘蓄水模擬

本研究再進行後龍溪上游集水區後龍006農塘依前述表4-5之C16~C20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24小時之低水位模擬。模擬結果如圖4-42~4-46所示。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。

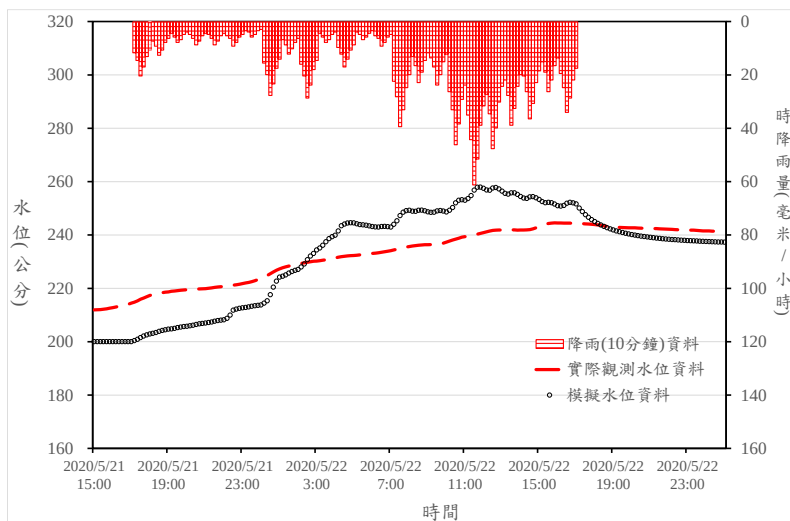
後龍溪上游集水區後龍006農塘於豪雨特報前先期放水之24小時強降雨之情境2年重現期距之模擬結果如圖4-42所示。水位最高約為255公分。當水位超過236公分開始進行排洪操作，其後維持水位於236公分。

後龍溪上游集水區後龍006農塘於豪雨特報前先期放水之24小時強降雨之情境5年重現期距之模擬結果如圖4-43所示。水位最高約為258公分。當水位超過236公分開始進行排洪操作，其後維持水位於236公分。



備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-42 後龍溪上游集水區後龍 006 情境 C16 農塘蓄水模擬

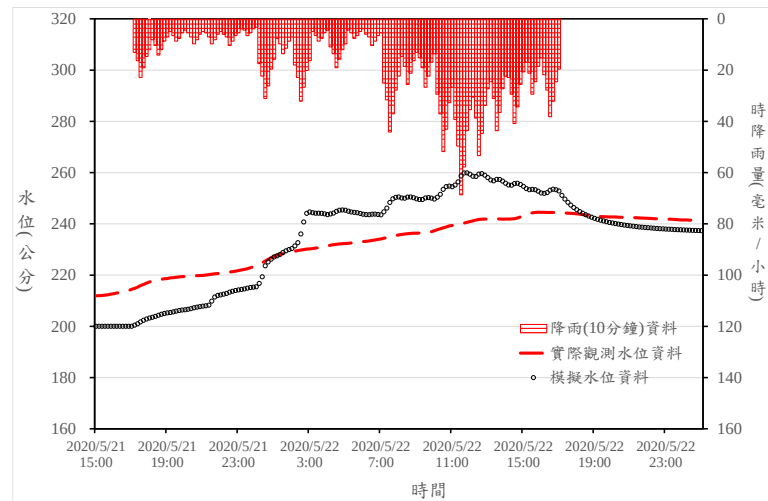


備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-43 後龍溪上游集水區後龍 006 情境 C17 農塘蓄水模擬

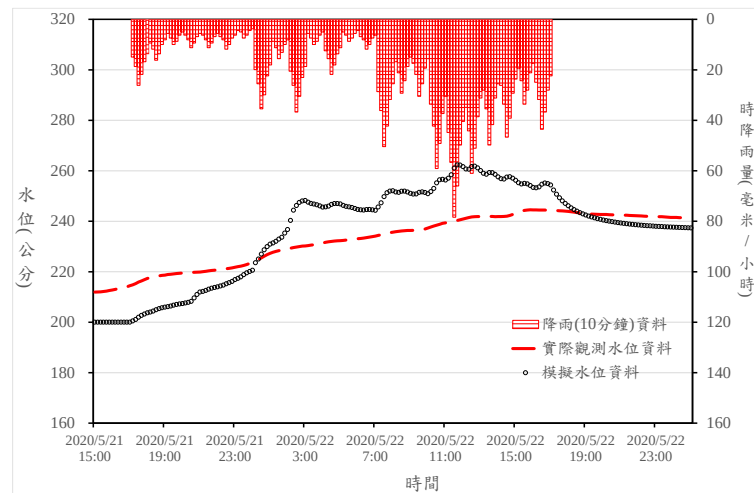
後龍溪上游集水區後龍006農塘於豪雨特報前先期放水之24小時強降雨之情境10年重現期距之模擬結果如圖4-44所示。水位最高約為260公分。當水位超過236公分開始進行排洪操作，其後維持水位於236公分。

後龍溪上游集水區後龍006農塘於豪雨特報前先期放水之24小時強降雨之情境25年重現期距之模擬結果如圖4-45所示。水位最高約為262公分。當水位超過236公分開始進行排洪操作，其後維持水位於236公分。



備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

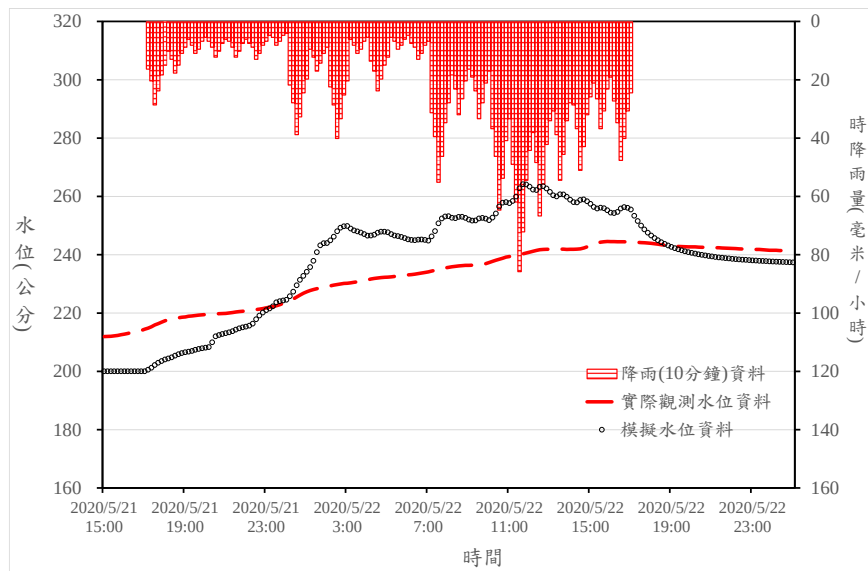
圖 4-44 後龍溪上游集水區後龍 006 情境 C18 農塘蓄水模擬



備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-45 後龍溪上游集水區後龍 006 情境 C19 農塘蓄水模擬

後龍溪上游集水區後龍006農塘於豪雨特報前先期放水之24小時強降雨之情境50年重現期距之模擬結果如圖4-46所示。水位最高約為264公分。當水位超過236公分開始進行排洪操作，其後維持水位於236公分。



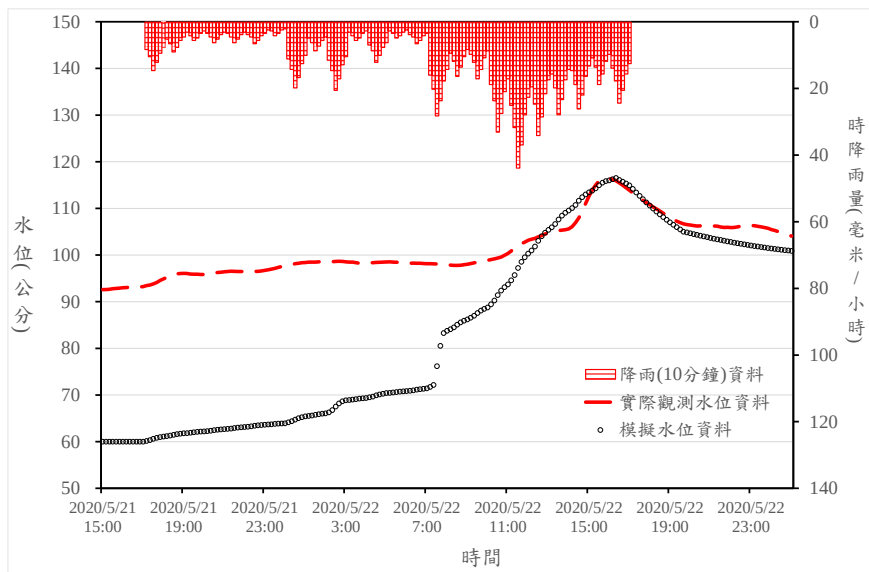
備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-46 後龍溪上游集水區後龍 006 情境 C20 農塘蓄水模擬

本研究再進行中港溪集水區大荒埔埤農塘依前述表4-3之A16~A20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24小時之低水位模擬。模擬結果如圖4-47~4-51所示。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。

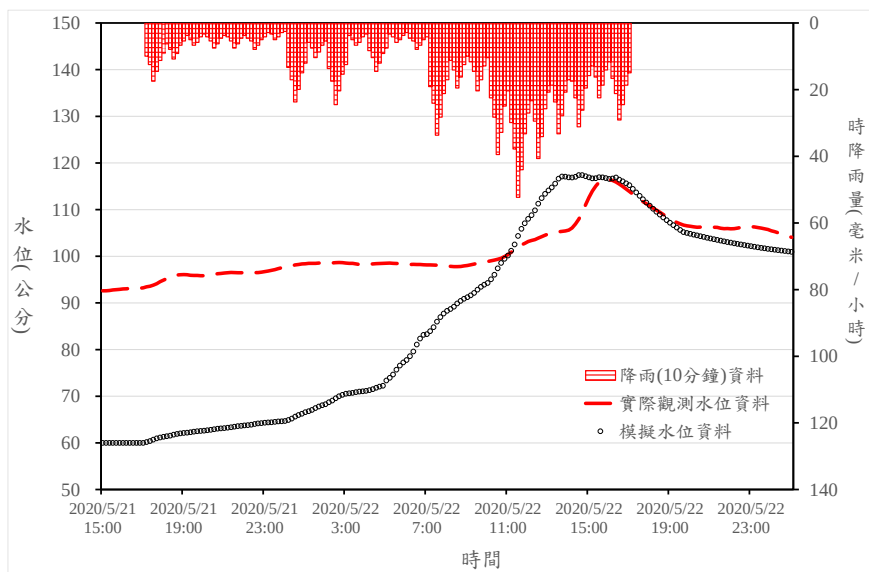
中港溪集水區大荒埔埤農塘於低水位之24小時強降雨之情境2年重現期距之模擬結果如圖4-47所示。水位最高約為116公分。當水位超過115公分開始進行排洪操作，其後維持水位於100公分。

中港溪集水區大荒埔埤農塘於低水位之24小時強降雨之情境5年重現期距之模擬結果如圖4-48所示。水位最高約為117公分。當水位超過115公分開始進行排洪操作，其後維持水位於100公分。



備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-47 中港溪集水區大荒埔埤情境 A16 農塘蓄水模擬

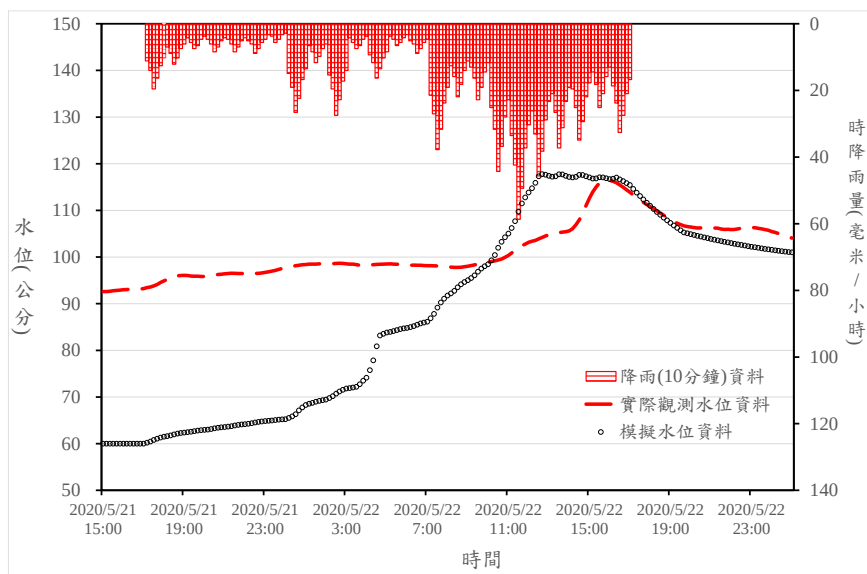


備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-48 中港溪集水區大荒埔埤情境 A17 農塘蓄水模擬

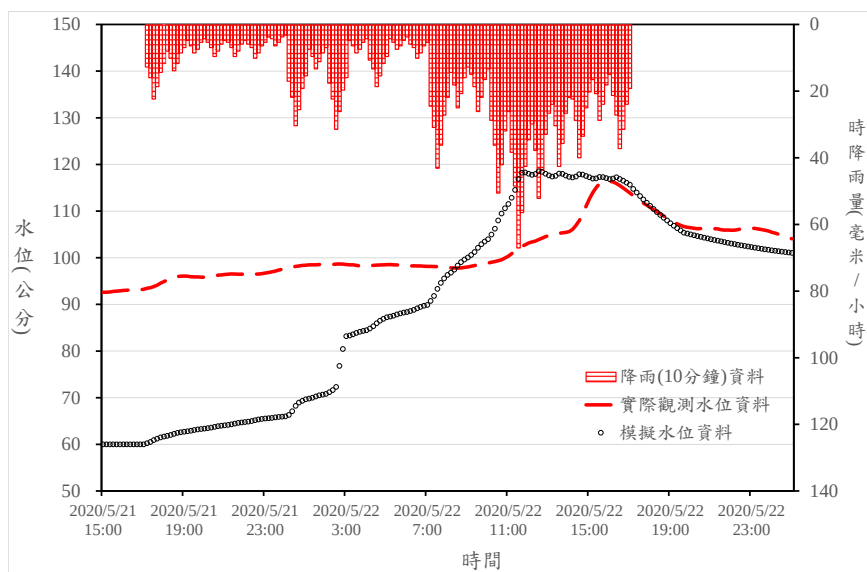
中港溪集水區大荒埔埤農塘於低水位之24小時強降雨之情境10年重現期距之模擬結果如圖4-49所示。水位最高約為118公分。當水位超過115公分開始進行排洪操作，其後維持水位於100公分。

中港溪集水區大荒埔埤農塘於低水位之24小時強降雨之情境25年重現期距之模擬結果如圖4-50所示。水位最高約為118公分。當水位超過115公分開始進行排洪操作，其後維持水位於100公分。



備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

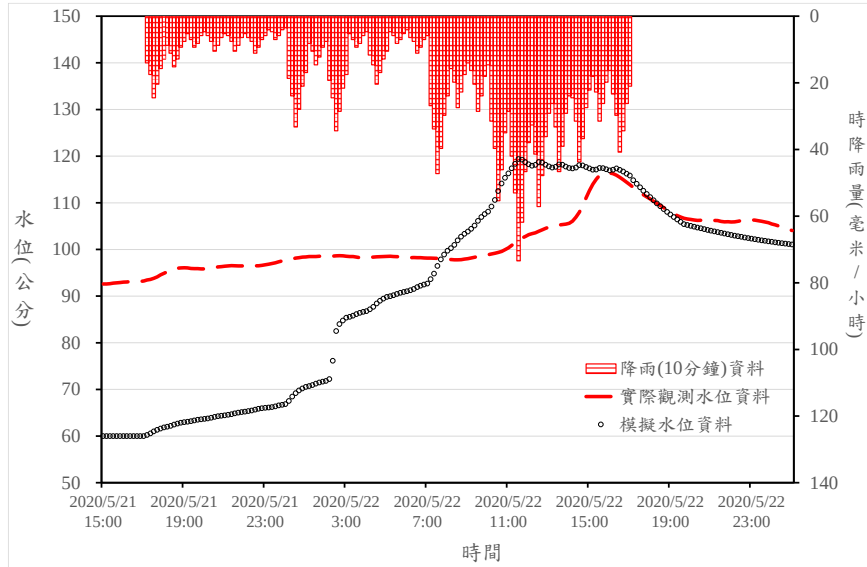
圖 4-49 中港溪集水區大荒埔埤情境 A18 農塘蓄水模擬



備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-50 中港溪集水區大荒埔埤情境 A19 農塘蓄水模擬

中港溪集水區大荒埔埤農塘於低水位之24小時強降雨之情境50年重現期距之模擬結果如圖4-51所示。水位最高約為119公分。當水位超過115公分開始進行排洪操作，其後維持水位於100公分。



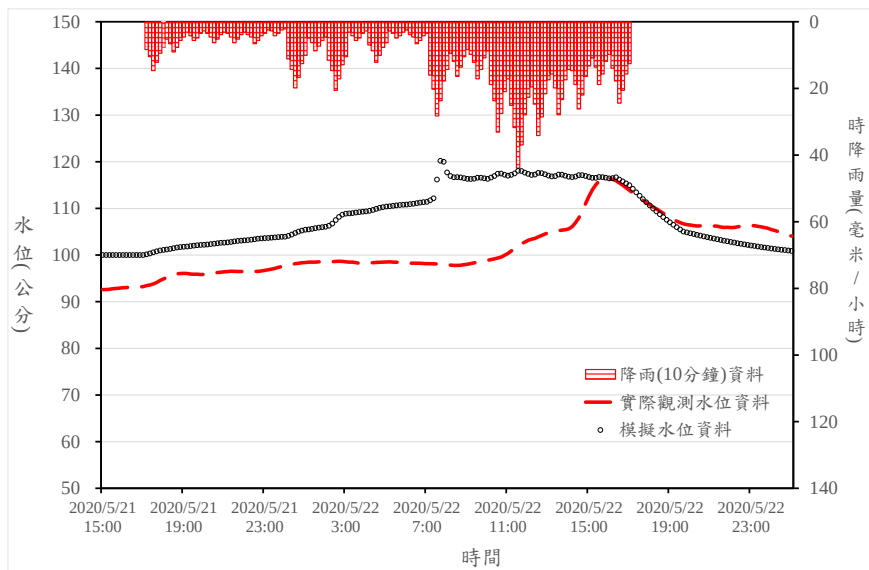
備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-51 中港溪集水區大荒埔埤情境 A20 農塘蓄水模擬

本研究再進行中港溪集水區大荒埔埤農塘依前述表4-4之B16~B20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24小時之低水位模擬。模擬結果如圖4-52~4-56所示。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。

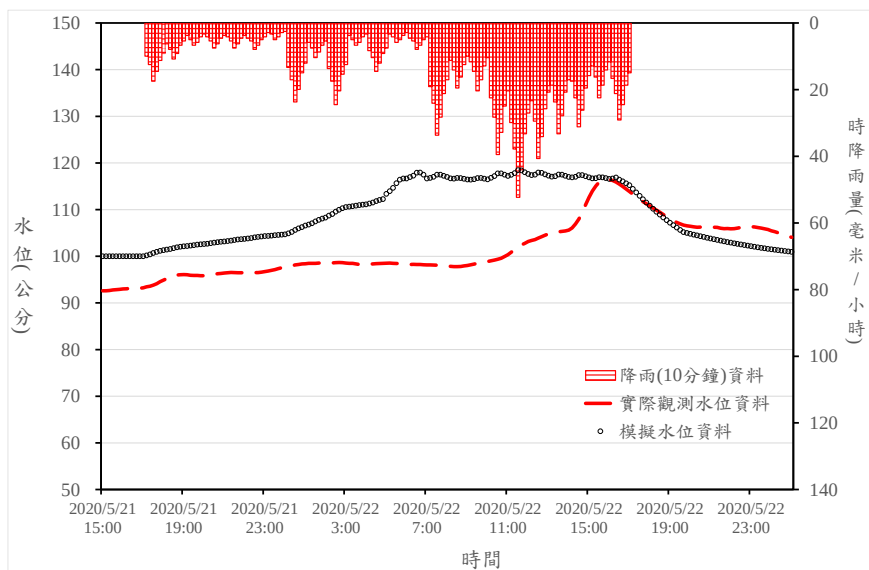
中港溪集水區大荒埔埤農塘於高水位之24小時強降雨之情境2年重現期距之模擬結果如圖4-52所示。水位最高約為120公分。當水位超過115公分開始進行排洪操作，其後維持水位於100公分。

中港溪集水區大荒埔埤農塘於高水位之24小時強降雨之情境5年重現期距之模擬結果如圖4-53所示。水位最高約為118公分。當水位超過115公分開始進行排洪操作，其後維持水位於100公分。



備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-52 中港溪集水區大荒埔埤情境 B16 農塘蓄水模擬

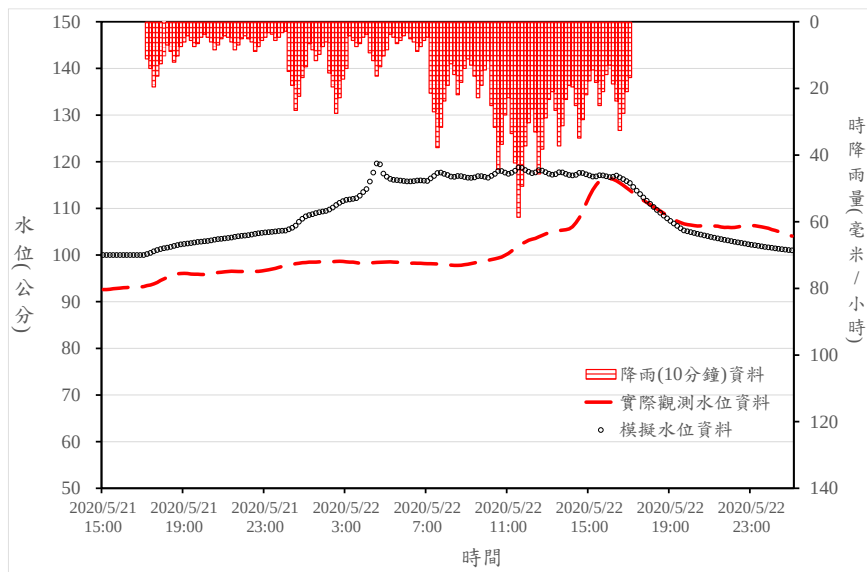


備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-53 中港溪集水區大荒埔埤情境 B17 農塘蓄水模擬

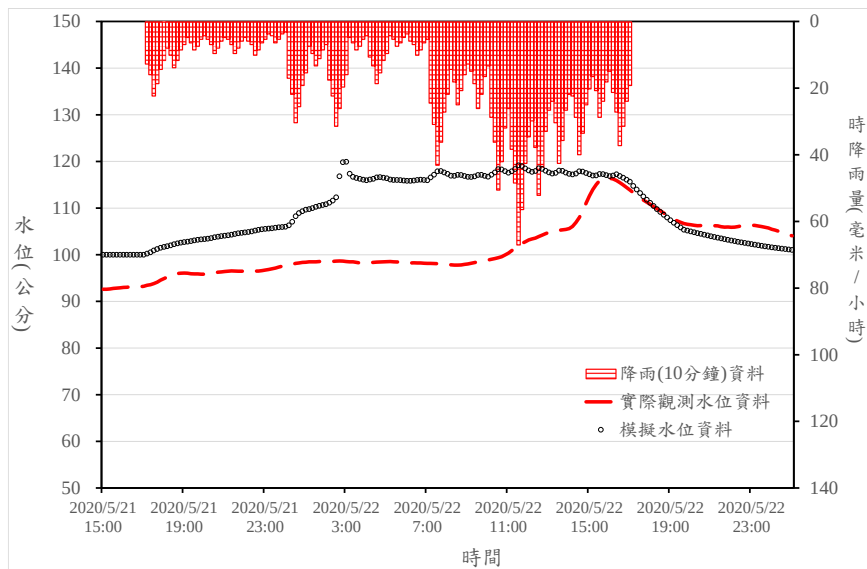
中港溪集水區大荒埔埤農塘於高水位之24小時強降雨之情境10年重現期距之模擬結果如圖4-54所示。水位最高約為120公分。當水位超過115公分開始進行排洪操作，其後維持水位於100公分。

中港溪集水區大荒埔埤農塘於高水位之24小時強降雨之情境25年重現期距之模擬結果如圖4-55所示。水位最高約為120公分。當水位超過115公分開始進行排洪操作，其後維持水位於100公分。



備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

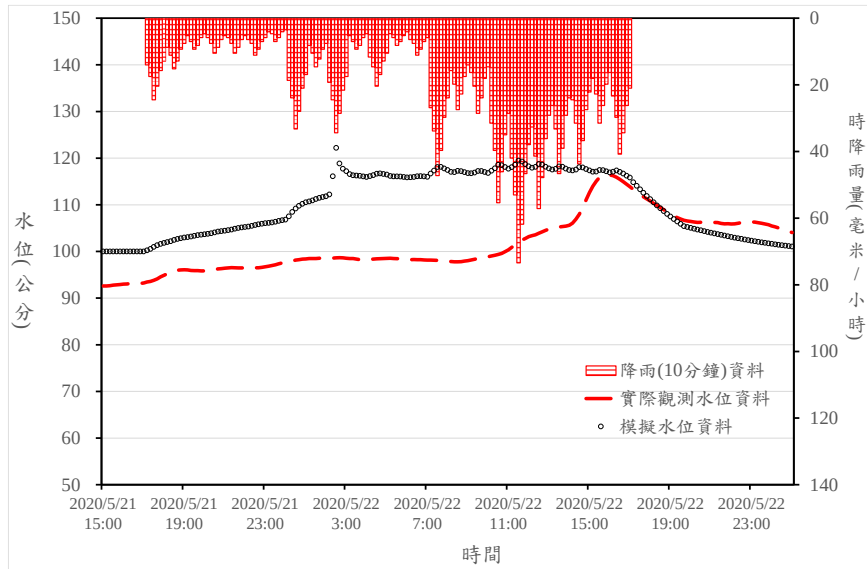
圖 4-54 中港溪集水區大荒埔埤情境 B18 農塘蓄水模擬



備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-55 中港溪集水區大荒埔埤 039 情境 B19 農塘蓄水模擬

中港溪集水區大荒埔埤農塘於高水位之24小時強降雨之情境50年重現期距之模擬結果如圖4-56所示。水位最高約為122公分。當水位超過115公分開始進行排洪操作，其後維持水位於100公分。



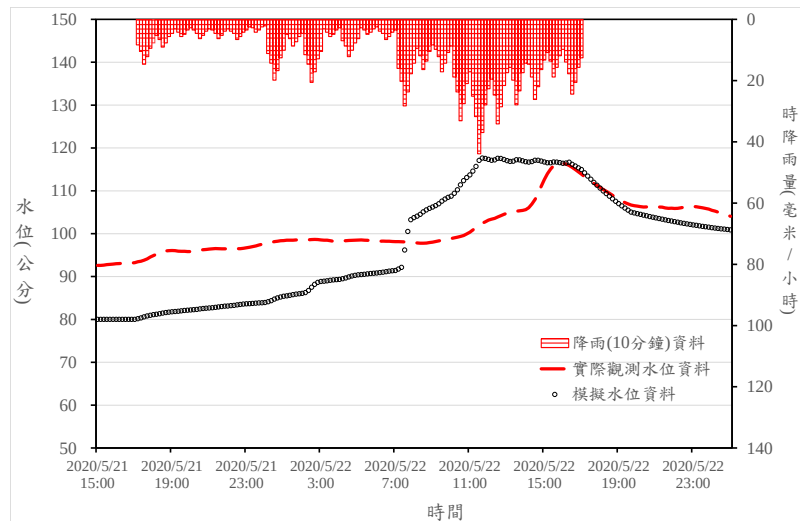
備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-56 中港溪集水區大荒埔埤情境 B20 農塘蓄水模擬

本研究再進行中港溪集水區大荒埔埤農塘依前述表4-5之C16~C20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24小時之低水位模擬。模擬結果如圖4-57~4-61所示。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。

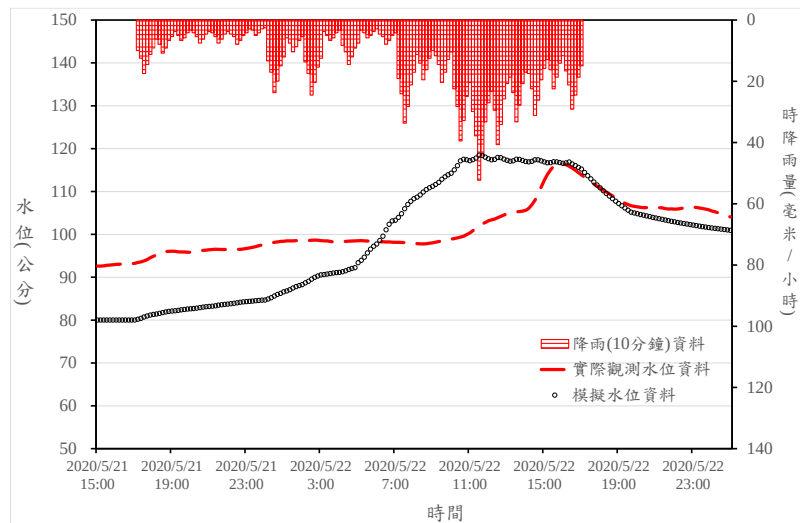
中港溪集水區大荒埔埤農塘於豪雨特報前先期放水之24小時強降雨之情境2年重現期距之模擬結果如圖4-57所示。水位最高約為117公分。當水位超過115公分開始進行排洪操作，其後維持水位於100公分。

中港溪集水區大荒埔埤農塘於豪雨特報前先期放水之24小時強降雨之情境5年重現期距之模擬結果如圖4-58所示。水位最高約為118公分。當水位超過115公分開始進行排洪操作，其後維持水位於100公分。



備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-57 中港溪集水區大荒埔埤情境 C16 農塘蓄水模擬

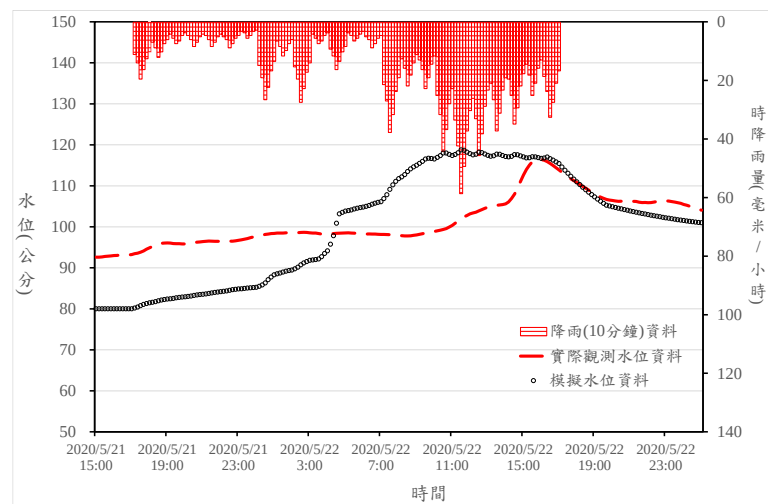


備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-58 中港溪集水區大荒埔埤情境 C17 農塘蓄水模擬

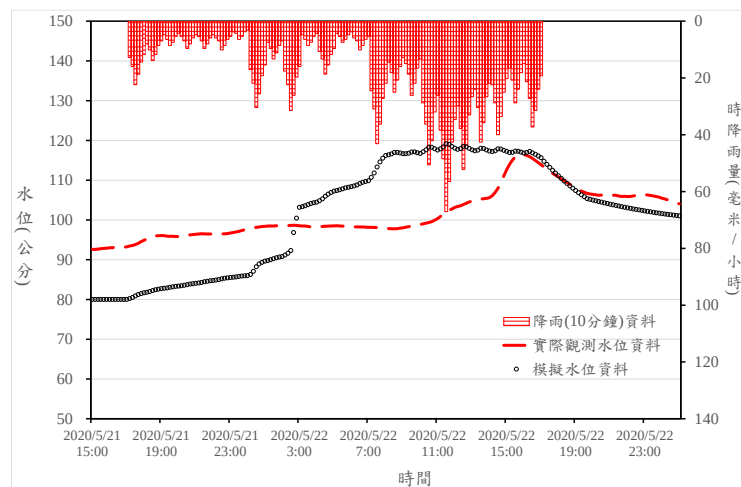
中港溪集水區大荒埔埤農塘於豪雨特報前先期放水之24小時強降雨之情境10年重現期距之模擬結果如圖4-59所示。水位最高約為119公分。當水位超過115公分開始進行排洪操作，其後維持水位於100公分。

中港溪集水區大荒埔埤農塘於豪雨特報前先期放水之24小時強降雨之情境25年重現期距之模擬結果如圖4-60所示。水位最高約為120公分。當水位超過115公分開始進行排洪操作，其後維持水位於100公分。



備註：降雨資料係以10分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

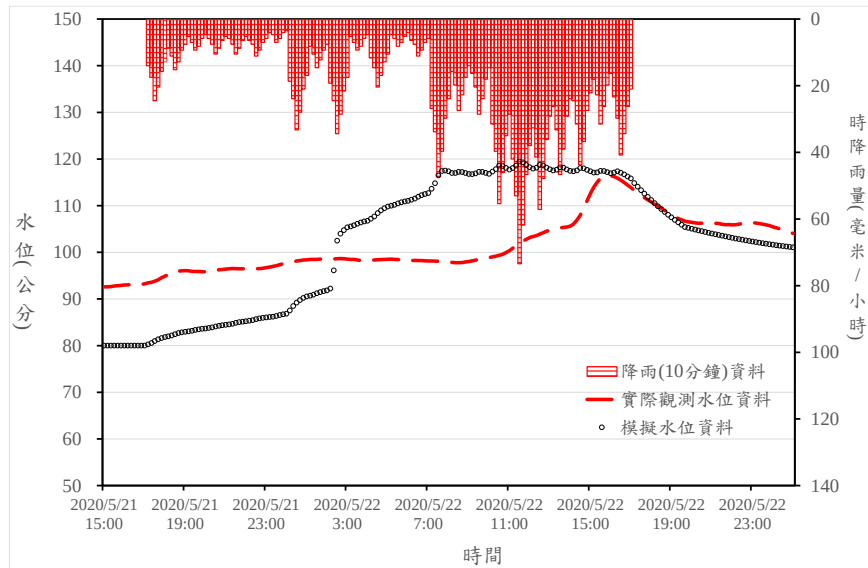
圖 4-59 中港溪集水區大荒埔埤情境 C18 農塘蓄水模擬



備註：降雨資料係以10分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-60 中港溪集水區大荒埔埤 039 情境 C19 農塘蓄水模擬

中港溪集水區大荒埔埤農塘於豪雨特報前先期放水之24小時強降雨之情境50年重現期距之模擬結果如圖4-61所示。水位最高約為120公分。當水位超過115公分開始進行排洪操作，其後維持水位於100公分。



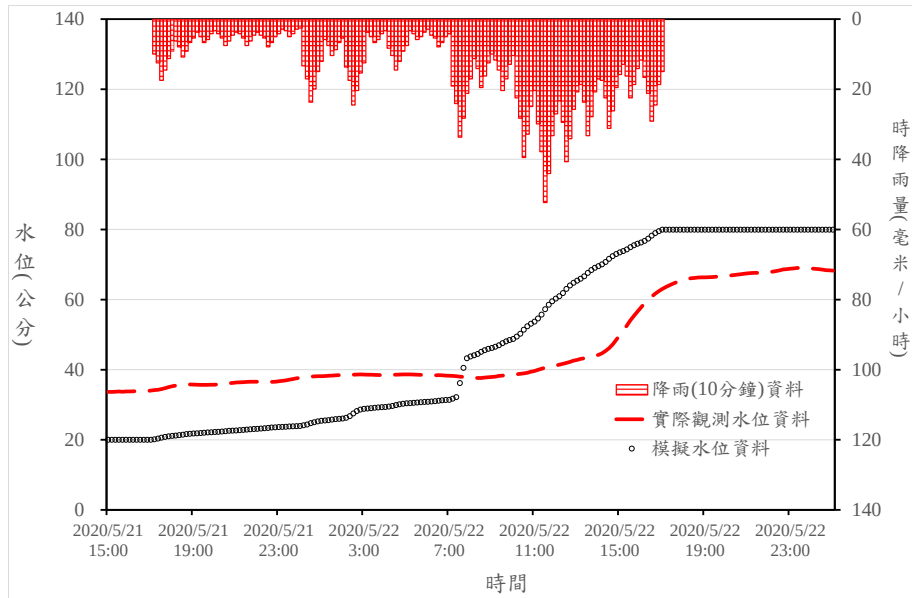
備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-61 中港溪集水區大荒埔埤情境 C20 農塘蓄水模擬

本研究再進行中港溪集水區李屋埤農塘依前述表4-3之A16~A20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24小時之低水位模擬。模擬結果如圖4-62~4-66所示。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。

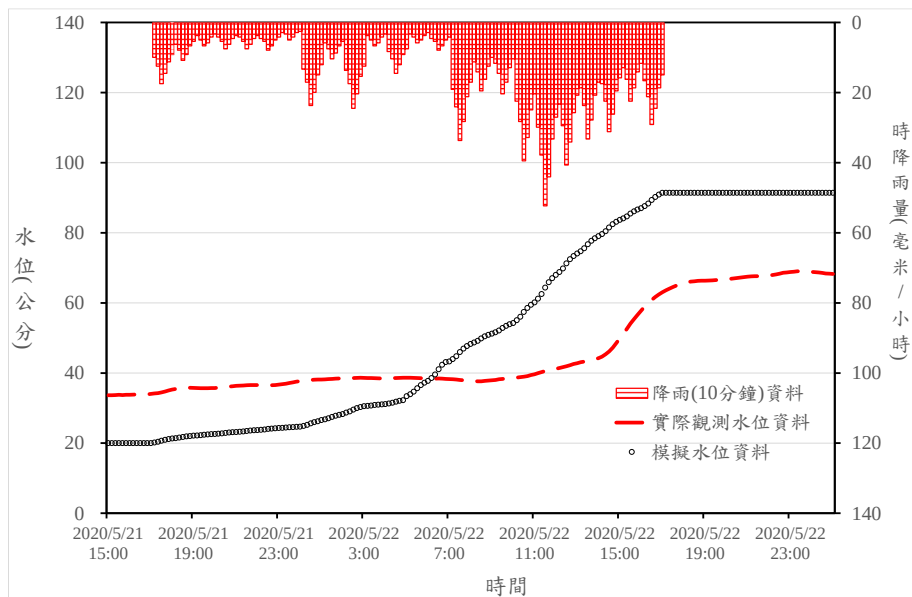
中港溪集水區李屋埤農塘於低水位之24小時強降雨之情境2年重現期距之模擬結果如圖4-62所示。水位最高約為80公分。

中港溪集水區李屋埤農塘於低水位之24小時強降雨之情境5年重現期距之模擬結果如圖4-63所示。水位最高約為91公分。



備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-62 中港溪集水區李屋埤情境 A16 農塘蓄水模擬

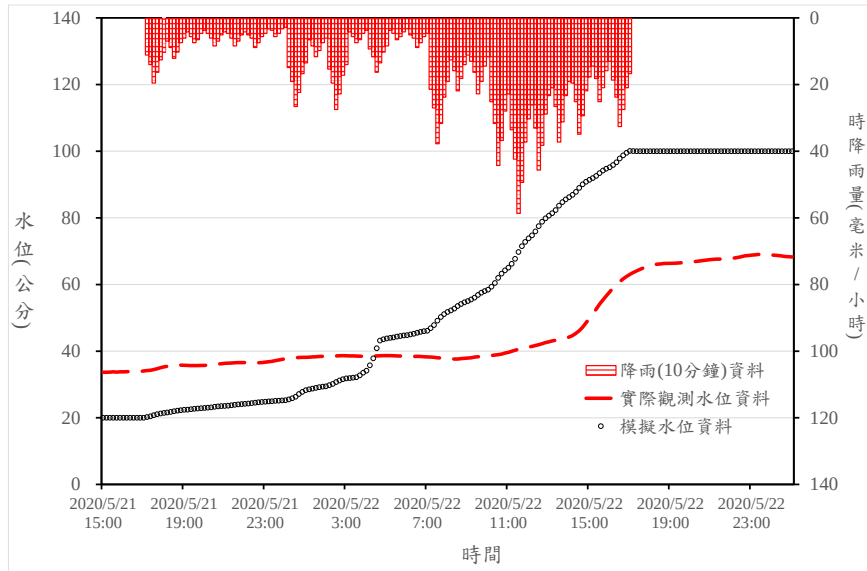


備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-63 中港溪集水區李屋埤情境 A17 農塘蓄水模擬

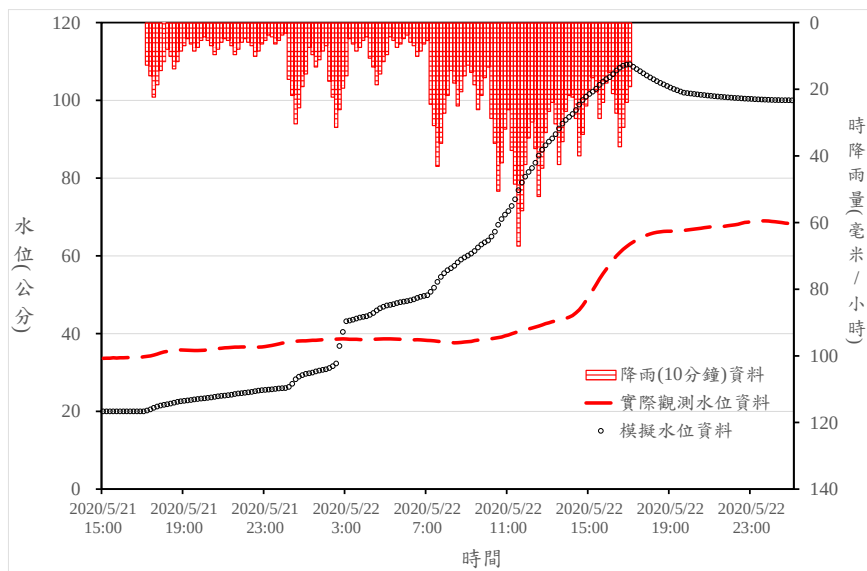
中港溪集水區李屋埤農塘於低水位之24小時強降雨之情境10年重現期距之模擬結果如圖4-64所示。水位最高約為100公分。

中港溪集水區李屋埤農塘於低水位之24小時強降雨之情境25年重現期距之模擬結果如圖4-65所示。水位最高約為109公分。當水位超過108公分開始進行排洪操作，其後維持水位於100公分。



備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

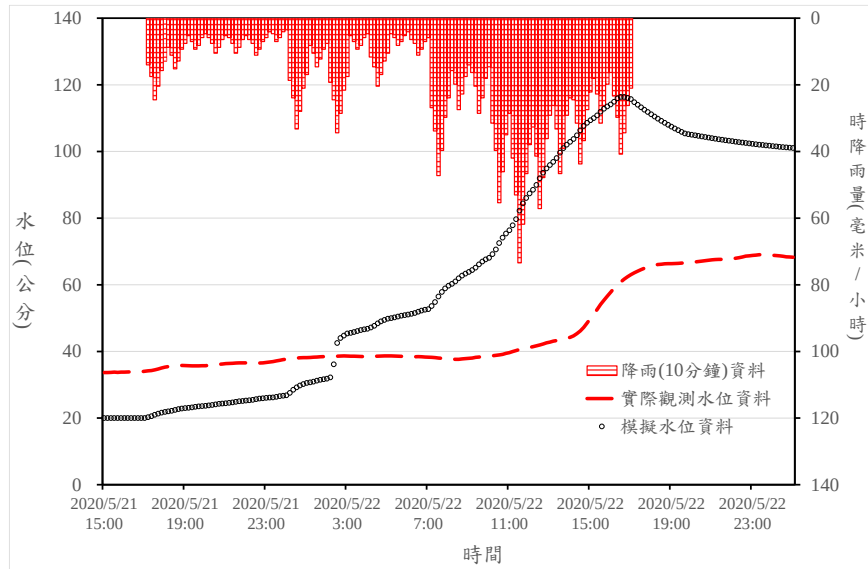
圖 4-64 中港溪集水區李屋埤情境 A18 農塘蓄水模擬



備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-65 中港溪集水區李屋埤情境 A19 農塘蓄水模擬

中港溪集水區李屋埤農塘於低水位之24小時強降雨之情境50年重現期距之模擬結果如圖4-66所示。水位最高約為116公分。當水位超過108公分開始進行排洪操作，其後維持水位於100公分。



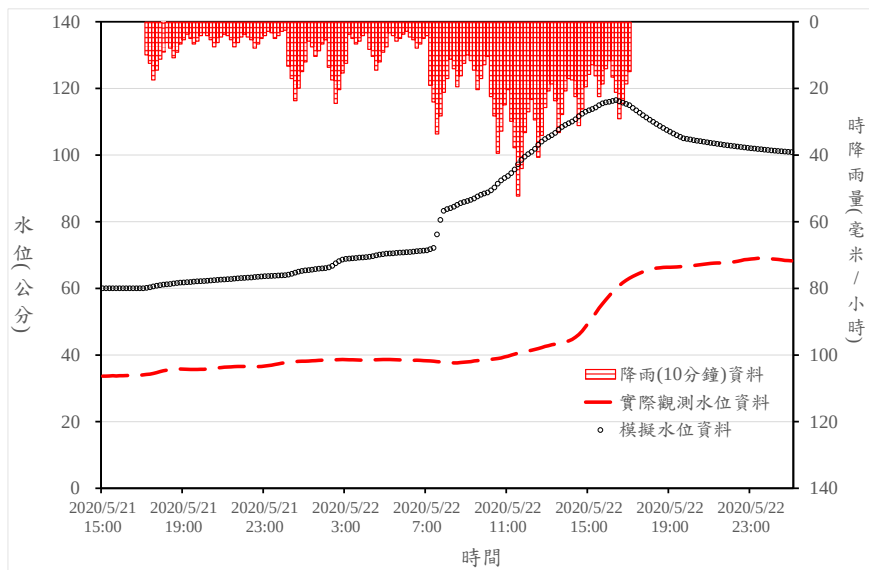
備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-66 中港溪集水區李屋埤情境 A20 農塘蓄水模擬

本研究再進行中港溪集水區李屋埤農塘依前述表4-4之B16~B20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24小時之低水位模擬。模擬結果如圖4-67~4-71所示。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。

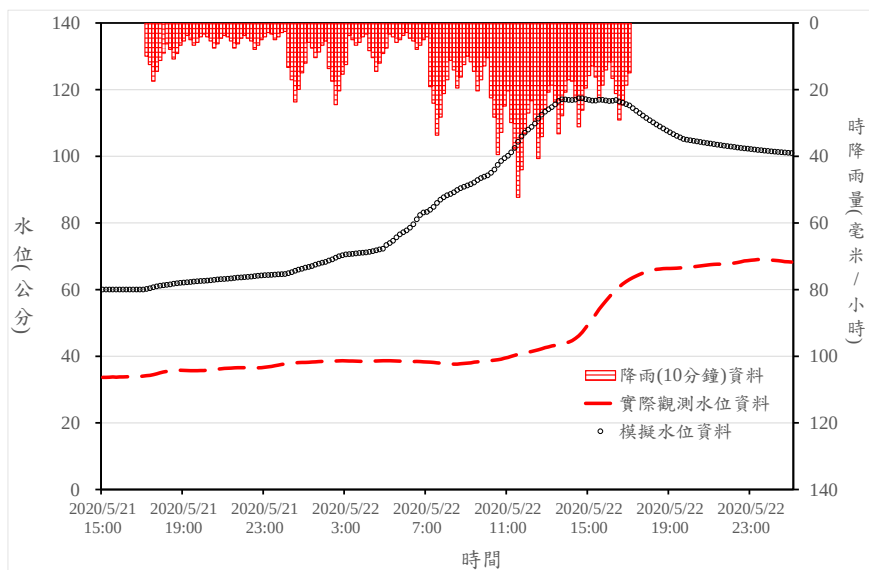
中港溪集水區李屋埤農塘於高水位之24小時強降雨之情境2年重現期距之模擬結果如圖4-67所示。水位最高約為116公分。當水位超過108公分開始進行排洪操作，其後維持水位於100公分。

中港溪集水區李屋埤農塘於高水位之24小時強降雨之情境5年重現期距之模擬結果如圖4-68所示。水位最高約為117公分。當水位超過108公分開始進行排洪操作，其後維持水位於100公分。



備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-67 中港溪集水區李屋埤情境 B16 農塘蓄水模擬

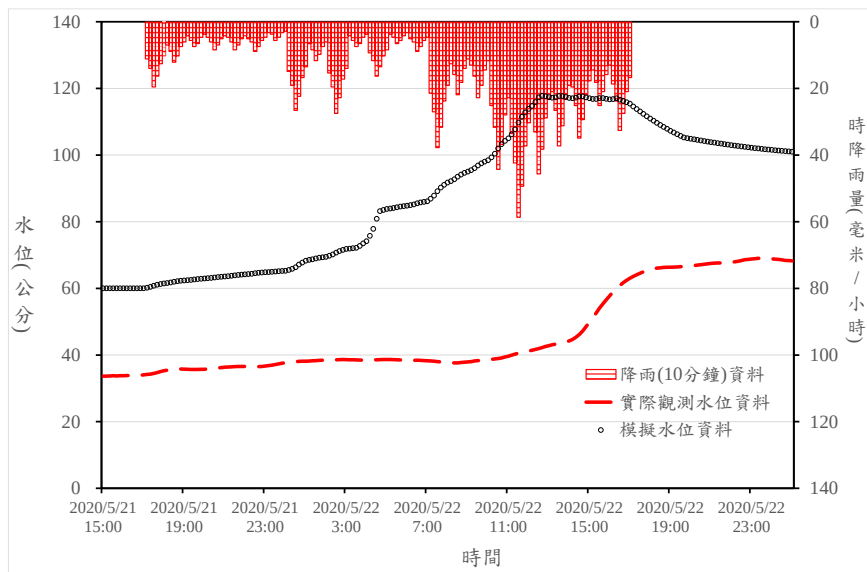


備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-68 中港溪集水區李屋埤情境 B17 農塘蓄水模擬

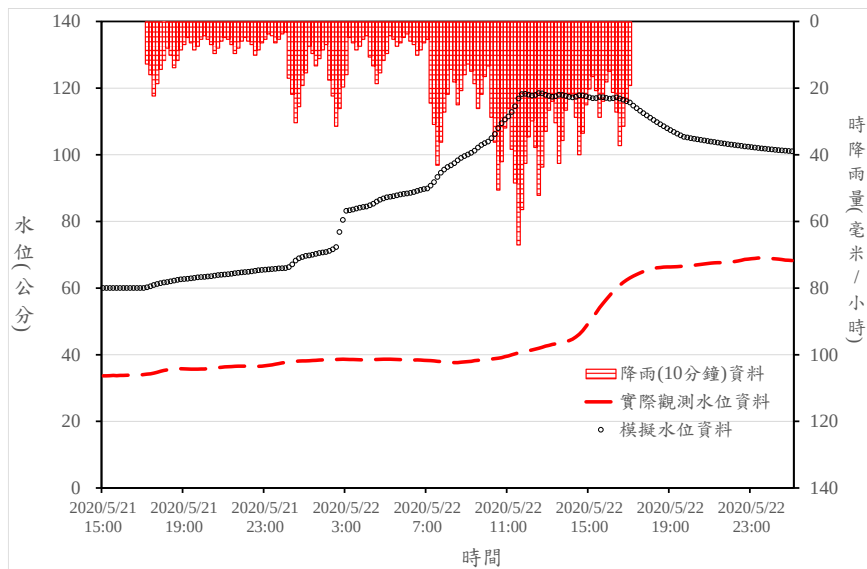
中港溪集水區李屋埤農塘於高水位之24小時強降雨之情境10年重現期距之模擬結果如圖4-69所示。水位最高約為117公分。當水位超過108公分開始進行排洪操作，其後維持水位於100公分。

中港溪集水區李屋埤農塘於高水位之24小時強降雨之情境25年重現期距之模擬結果如圖4-70所示。水位最高約為118公分。當水位超過108公分開始進行排洪操作，其後維持水位於100公分。



備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

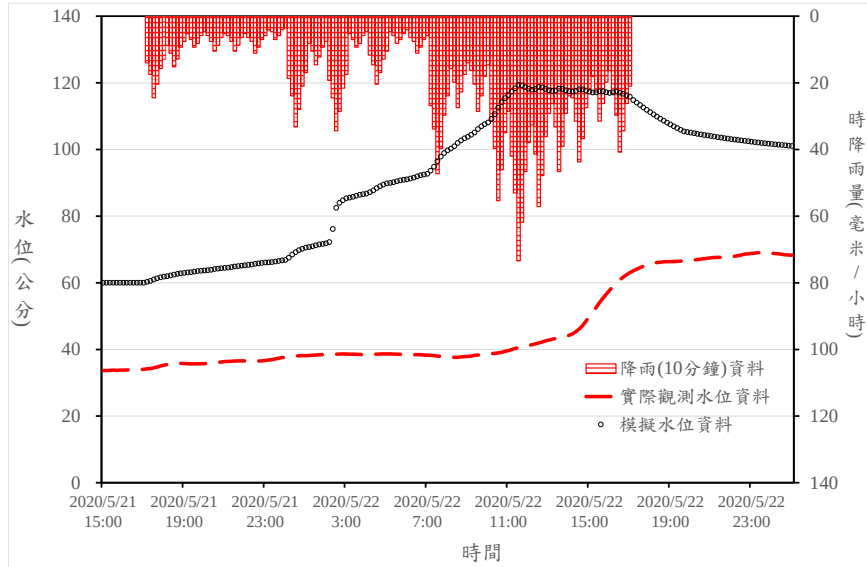
圖 4-69 中港溪集水區李屋埤情境 B18 農塘蓄水模擬



備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-70 中港溪集水區李屋埤 039 情境 B19 農塘蓄水模擬

中港溪集水區李屋埤農塘於高水位之24小時強降雨之情境50年重現期距之模擬結果如圖4-71所示。水位最高約為119公分。當水位超過108公分開始進行排洪操作，其後維持水位於100公分。



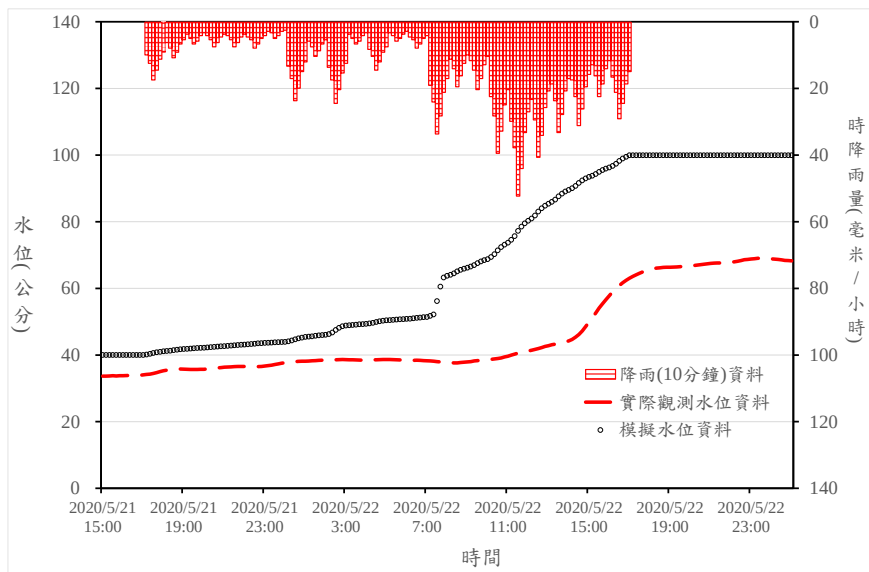
備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-71 中港溪集水區李屋埤情境 B20 農塘蓄水模擬

本研究再進行中港溪集水區李屋埤農塘依前述表4-5之C16~C20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24小時之低水位模擬。模擬結果如圖4-72~4-76所示。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。

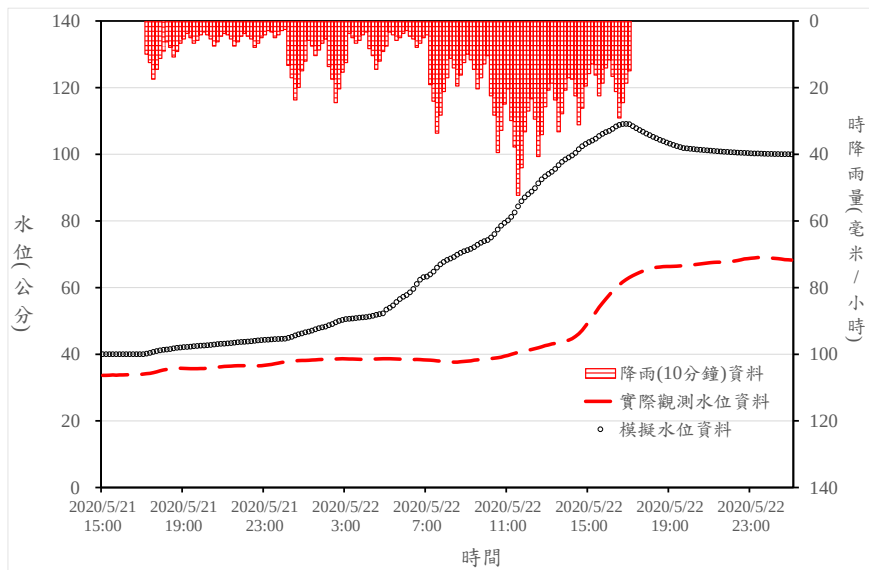
中港溪集水區李屋埤農塘於豪雨特報前先期放水之24小時強降雨之情境2年重現期距之模擬結果如圖4-72所示。水位最高約為100公分。

中港溪集水區李屋埤農塘於豪雨特報前先期放水之24小時強降雨之情境5年重現期距之模擬結果如圖4-73所示。水位最高約為109公分。當水位超過108公分開始進行排洪操作，其後維持水位於100公分。



備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-72 中港溪集水區李屋埤情境 C16 農塘蓄水模擬

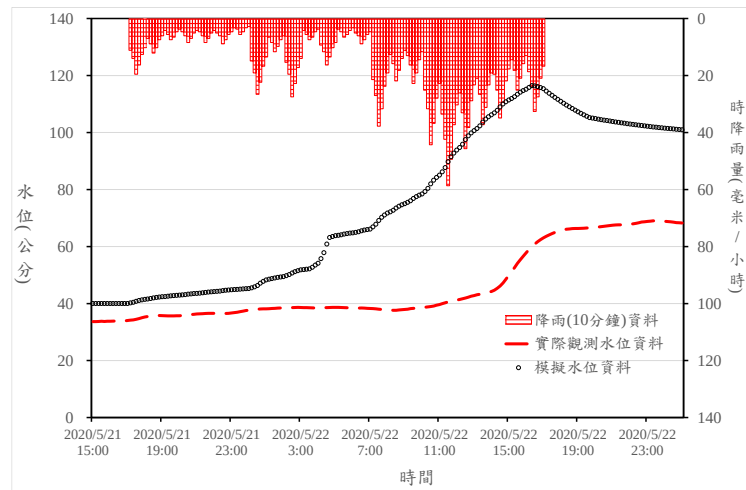


備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-73 中港溪集水區李屋埤情境 C17 農塘蓄水模擬

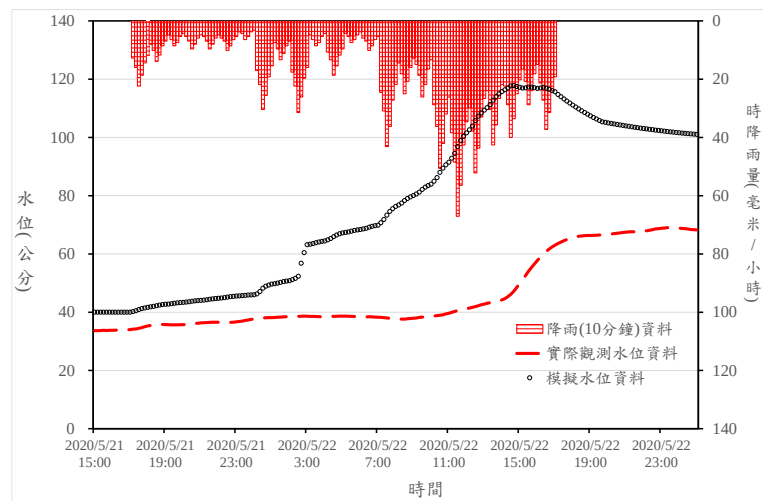
中港溪集水區李屋埤農塘於豪雨特報前先期放水之24小時強降雨之情境10年重現期距之模擬結果如圖4-74所示。水位最高約為116公分。當水位超過108公分開始進行排洪操作，其後維持水位於100公分。

中港溪集水區李屋埤農塘於豪雨特報前先期放水之24小時強降雨之情境25年重現期距之模擬結果如圖4-75所示。水位最高約為118公分。當水位超過108公分開始進行排洪操作，其後維持水位於100公分。



備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

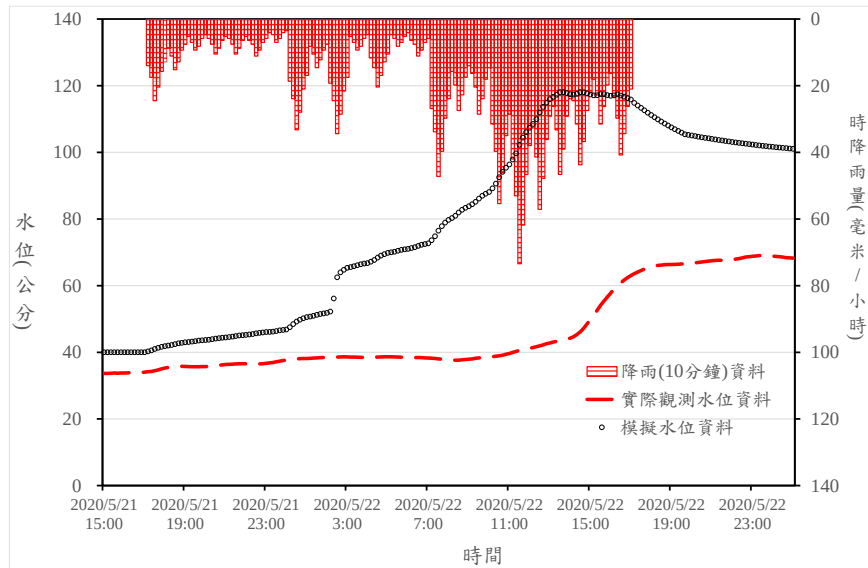
圖 4-74 中港溪集水區李屋埤情境 C18 農塘蓄水模擬



備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-75 中港溪集水區李屋埤 039 情境 C19 農塘蓄水模擬

中港溪集水區李屋埤農塘於豪雨特報前先期放水之24小時強降雨之情境50年重現期距之模擬結果如圖4-76所示。水位最高約為118公分。當水位超過108公分開始進行排洪操作，其後維持水位於100公分。



備註：降雨資料係以 10 分鐘為單位，實際觀測水位資料係指本年度觀測資料。

圖 4-76 中港溪集水區李屋埤情境 C20 農塘蓄水模擬

綜合前述分析，彙整各情境資料以鯉潭039農塘為例，各情境農塘蓄水模擬如表4-6所示。在24小時降雨延時下，農塘水位不論低水位、高水位及先期降低水位，在降雨8~15個小時後均已達到高水位情況，需進行排洪操作，故最高水位為相同。但遲滯洪峰到達之效益非常明顯。表4-6顯示：在短延時降雨條件下，透過先期降低水位可以將25年重現期距之降雨降低為2年重現期距之降雨逕流量。

表 4-6 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

第三節 農塘串並聯模式建立與操作情境分析

依據前述第三章之農塘蓄水模式及第二章網流模擬模式進行不同情境組合之農塘串並聯操作情境模擬。情境組合包括：降雨強度重現期距區分為2年、5年、10年、25年及50年等。降雨延時區分為60分鐘、120分鐘、180分鐘及1440分鐘。農塘滯洪操作水位區分為：

- 1.高水位。
- 2.汛期低水位。
- 3.豪雨特報前先期放水。

等情境分析。並與各農塘單獨操作之模擬結果比較分析。

經由各情境之模擬分析，以下針對中港溪集水區之大荒埔埤、李屋埤、觀音埤之農塘低水位下之短延時強降雨之情境(180分鐘)，25年重現期距之情境模擬分析，詳如圖4-77~4-92所示。50年重現期距之情境模擬，詳如圖4-93~4-116所示。

農塘串並聯操作情境分析採用第二章之農塘水平衡模式及網流模式。網流模式依第二章所述進行模式建立，另為了解農塘水平衡模式之適用性，配合本研究於中港溪集水區之大荒埔埤、李屋埤等之水位觀測資料，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驗證。

大荒埔埤、李屋埤及觀音埤之地理位置如圖3-18，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(本埤塘目前荒廢尚未整修及蓄水)。

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。以大荒埔埤、李屋埤及觀音埤之農塘為例，以苗栗大河站之降雨資料、集水面積、降雨逕流係數等，計算進流量如圖4-77~4-84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，詳如圖3-21~3-24，出流量計算如圖4-77~4-84。

(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4-85~4-92所示。

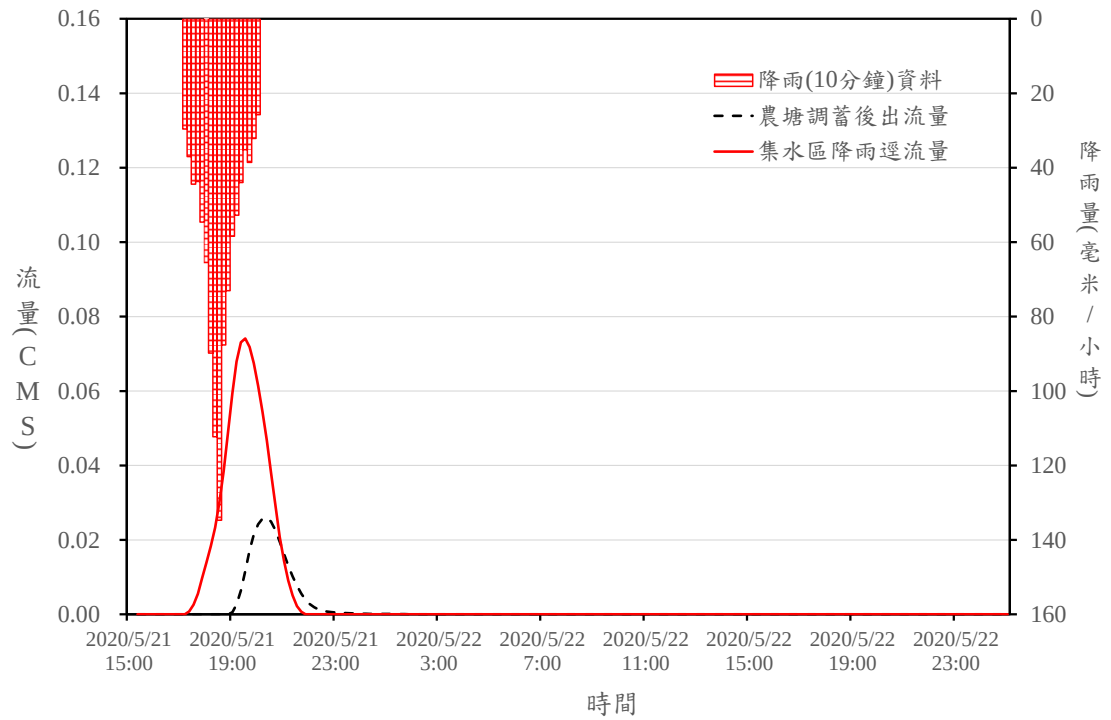


圖 4-77 中港溪集水區大荒埔埤農塘串並聯蓄水模擬(1A)

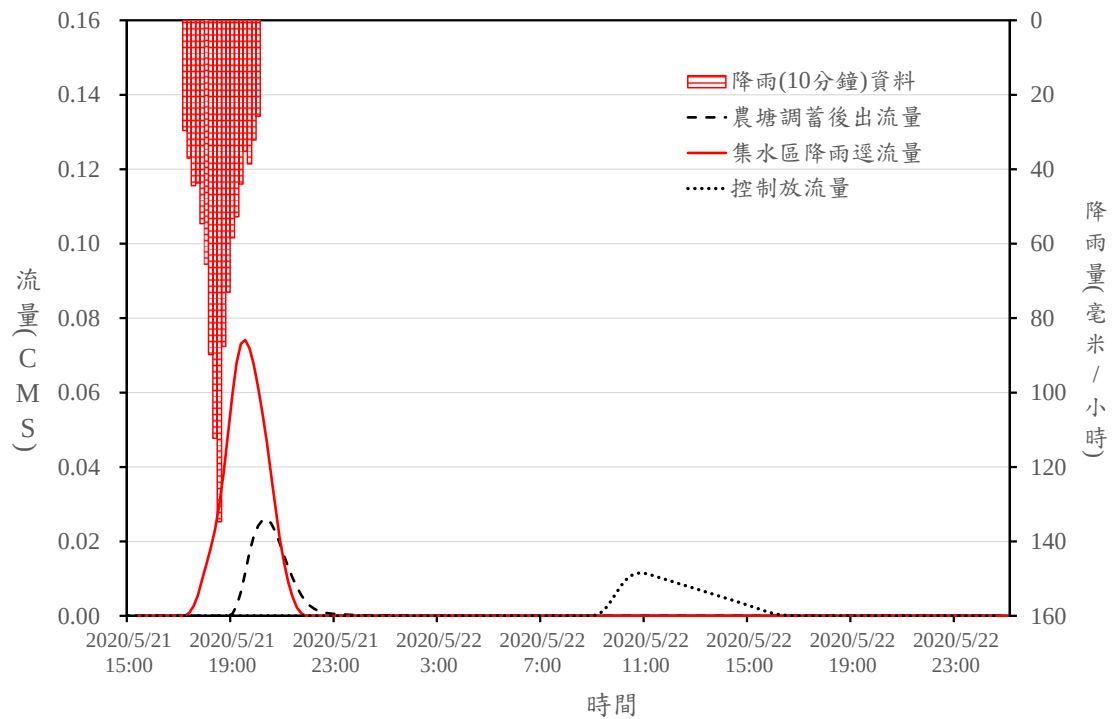


圖 4-78 中港溪集水區大荒埔埤農塘串並聯蓄水模擬(1B)

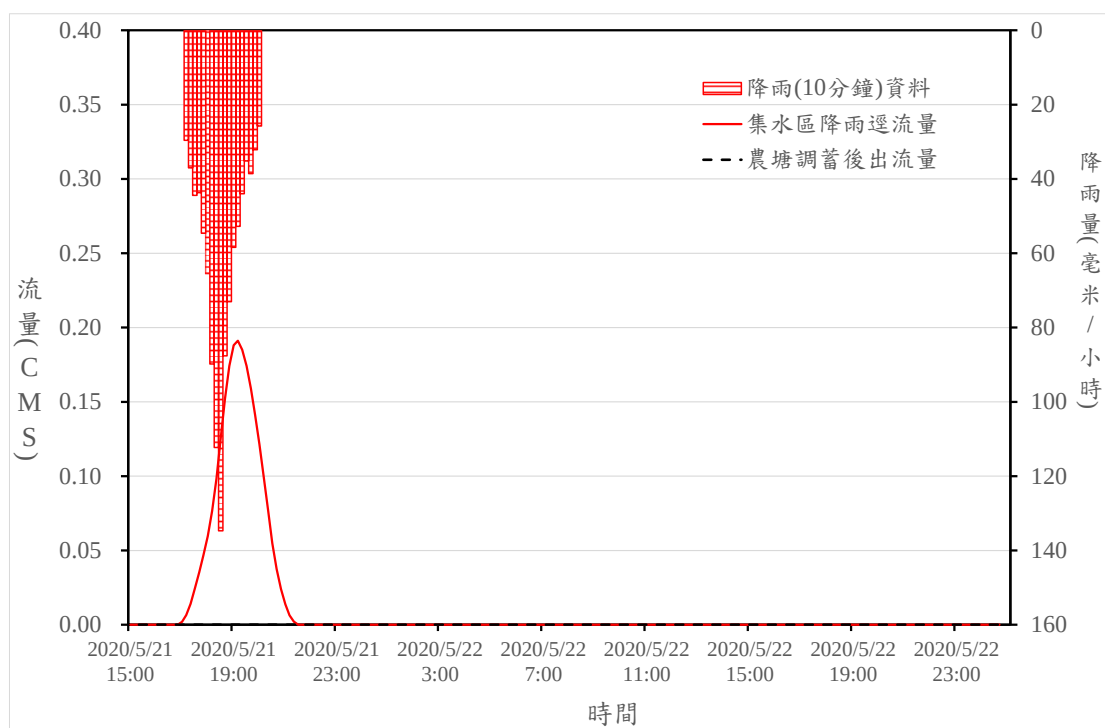


圖 4-79 中港溪集水區李屋埤農塘串並聯蓄水模擬(1A)

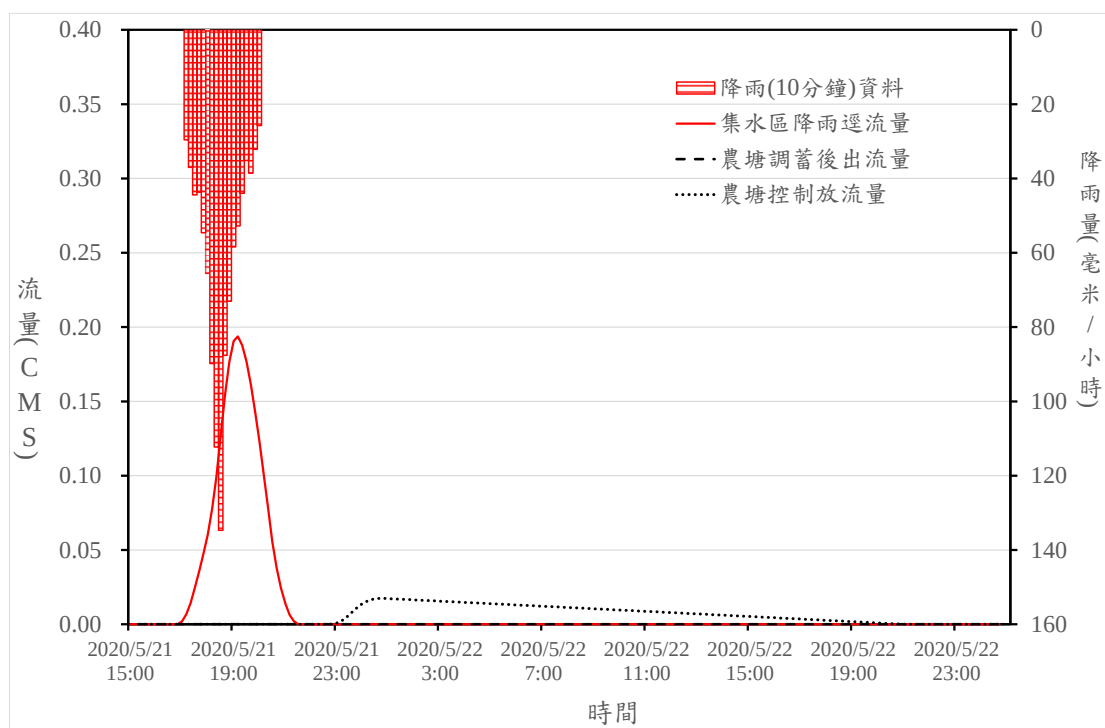


圖 4-80 中港溪集水區李屋埤農塘串並聯蓄水模擬(1B)

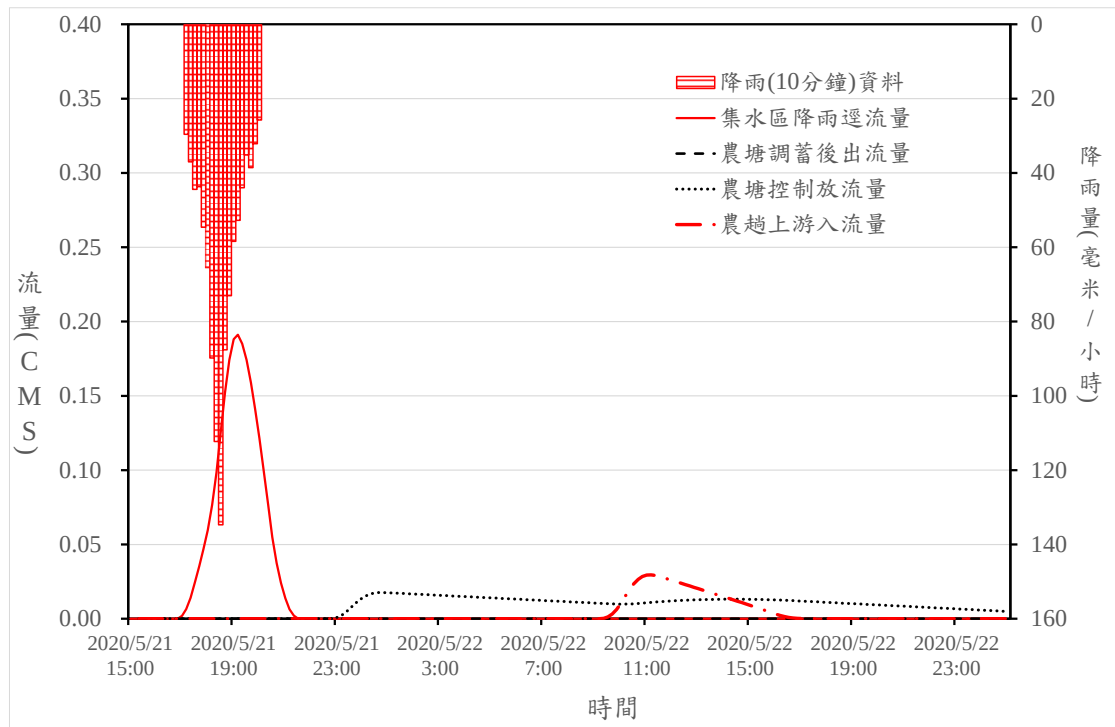


圖 4-81 中港溪集水區李屋埤農塘串並聯蓄水模擬(1C)

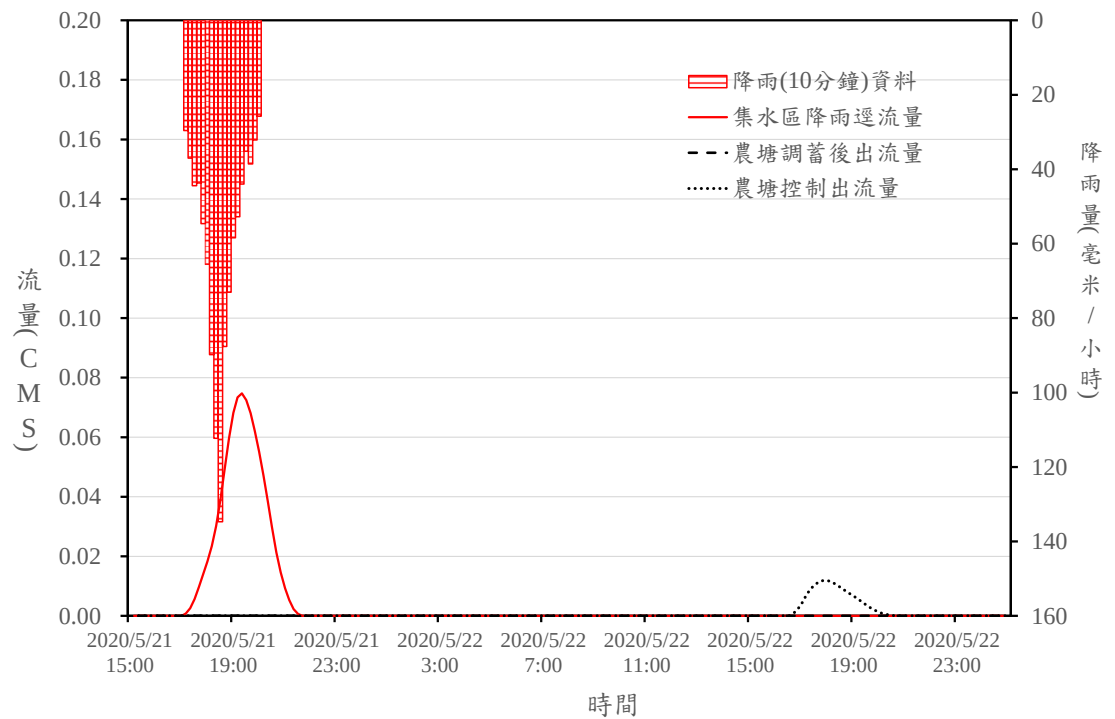


圖 4-82 中港溪集水區觀音埤農塘串並聯蓄水模擬(1A)

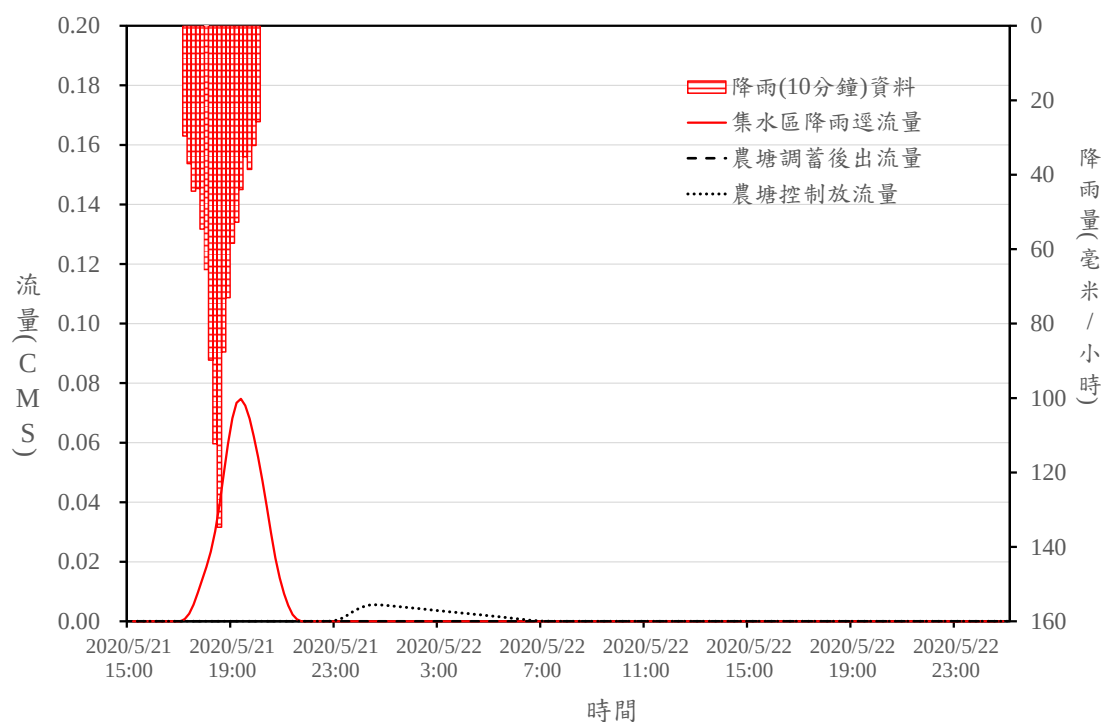


圖 4-83 中港溪集水區觀音埤農塘串並聯蓄水模擬(1B)

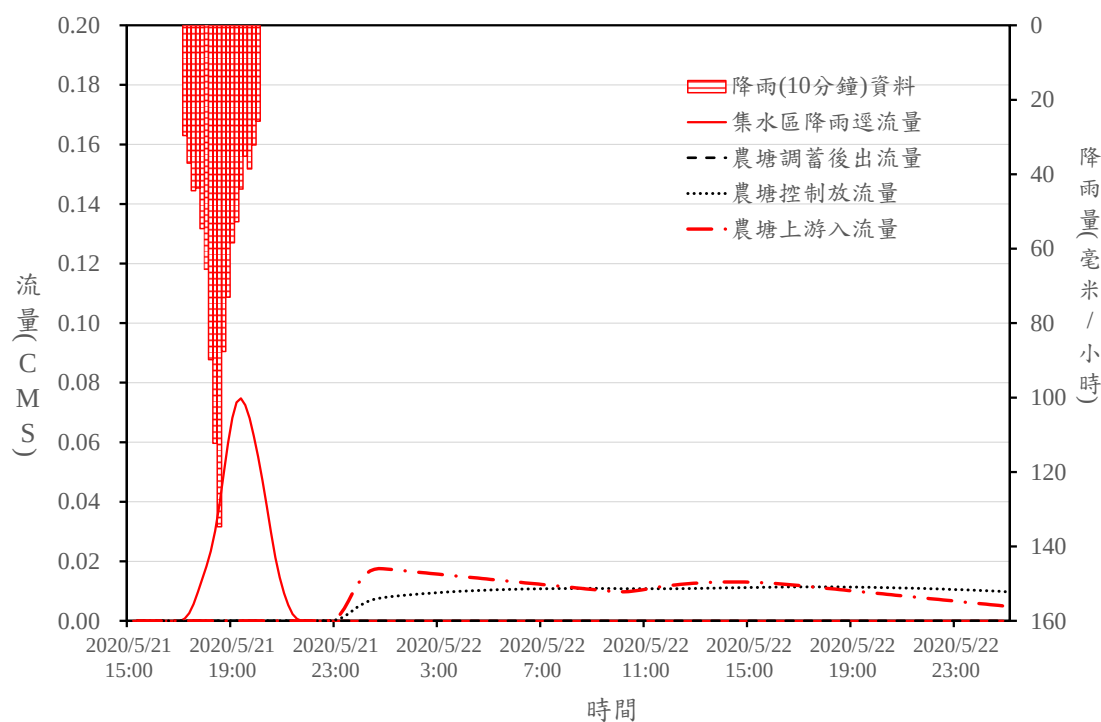


圖 4-84 中港溪集水區觀音埤農塘串並聯蓄水模擬(1C)

中港溪集水區大荒埔埤於高水位之短延時強降雨之情境(180分鐘) 25年重現期距之模擬結果如圖4-85所示。水位最高達120公分，當水位超過115公分開始進行排洪操作，其後維持水位於115公分。

中港溪集水區大荒埔埤於高水位之短延時強降雨之情境(180分鐘) 25年重現期距之模擬結果如圖4-86所示。水位最高達120公分，當水位超過115公分開始進行排洪操作，其後維持水位於100公分。

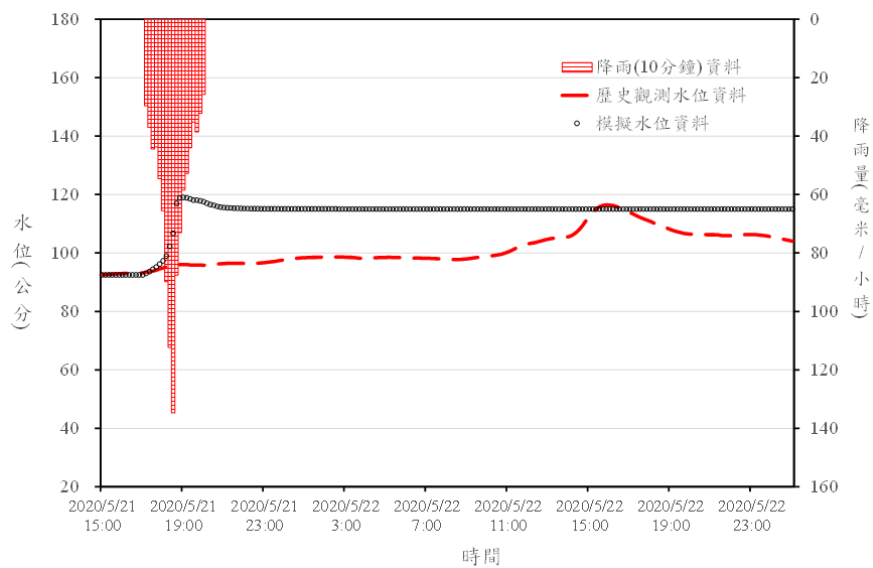


圖 4-85 中港溪集水區大荒埔埤農塘串並聯蓄水模擬(一)

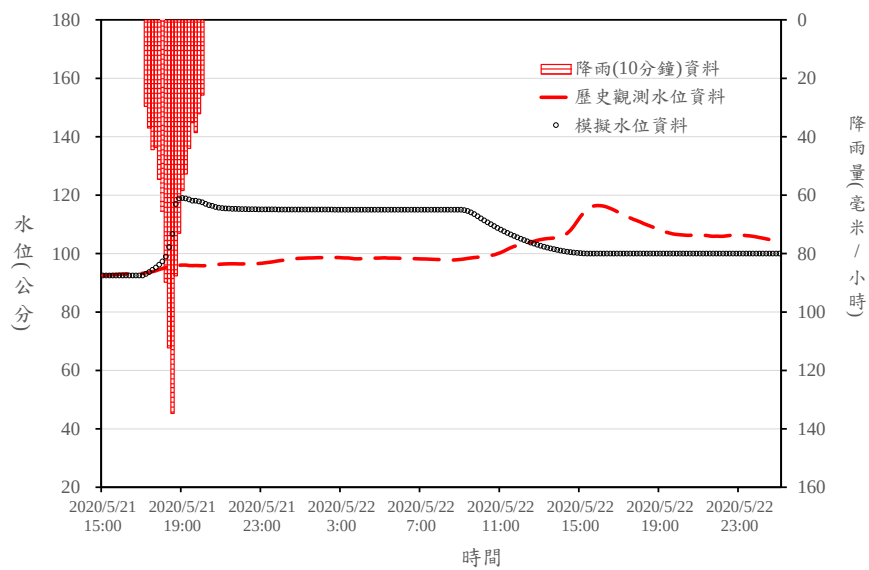


圖 4-86 中港溪集水區大荒埔埤農塘串並聯蓄水模擬(二)

中港溪集水區李屋埤於高水位之短延時強降雨之情境(180分鐘)
25年重現期距之模擬結果如圖4-87所示。水位最高達到72公分。

中港溪集水區李屋埤於高水位之短延時強降雨之情境(180分鐘)
25年重現期距之模擬結果如圖4-88所示。水位最高達到72公分。其後
進行排洪操作到45公分。

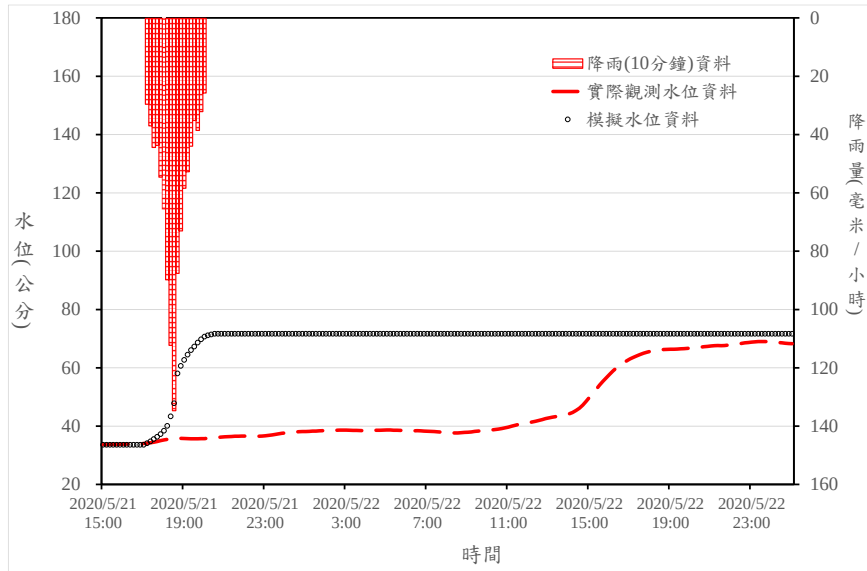


圖 4-87 中港溪集水區李屋埤農塘串並聯蓄水模擬(一)

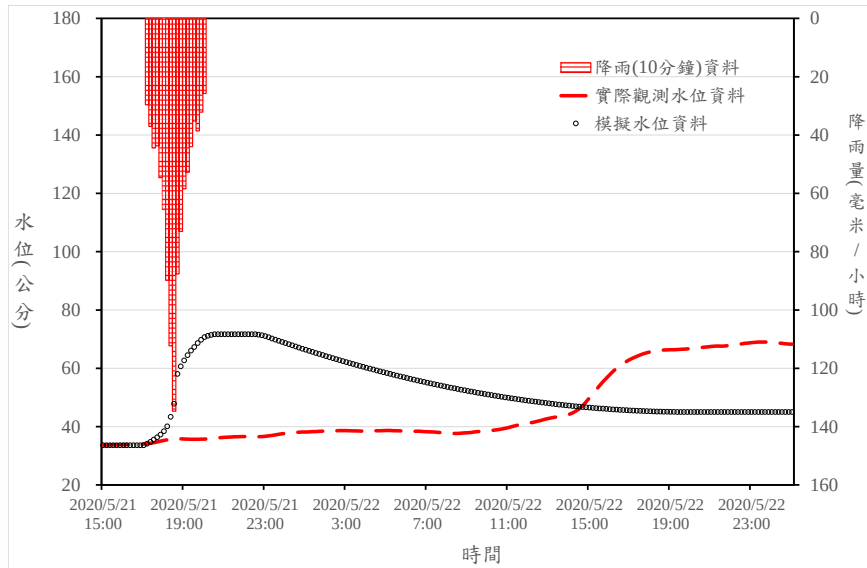


圖 4-88 中港溪集水區李屋埤農塘串並聯蓄水模擬(二)

中港溪集水區李屋埤於高水位之短延時強降雨之情境(180分鐘) 25年重現期距之模擬結果如圖4-89所示。水位最高達到72公分。進行排洪操作及配合大荒埔埤之排洪操作，故水位由圖4-88變化為圖4-89。

中港溪集水區觀音埤前期排洪於高水位之短延時強降雨之情境(180分鐘) 25年重現期距之模擬結果如圖4-90所示。水位最高達到48公分。

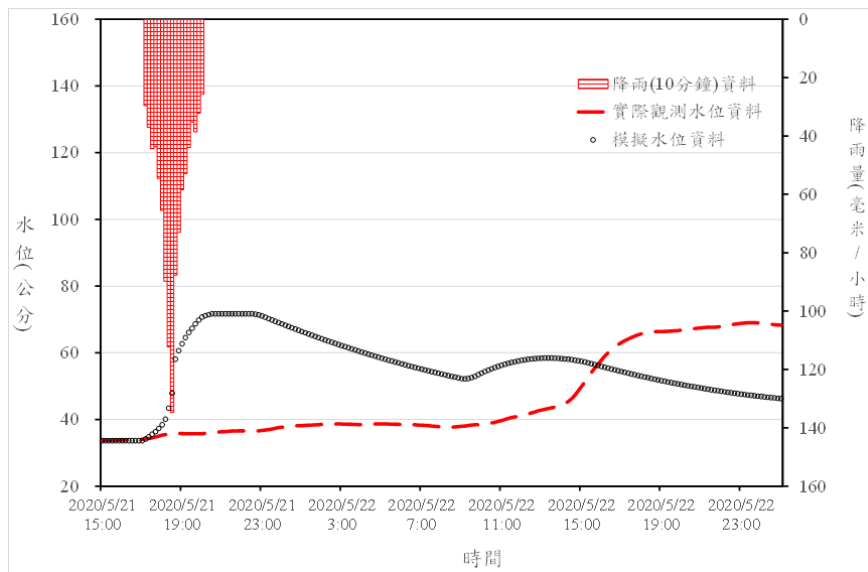


圖 4-89 中港溪集水區李屋埤農塘串並聯蓄水模擬(三)

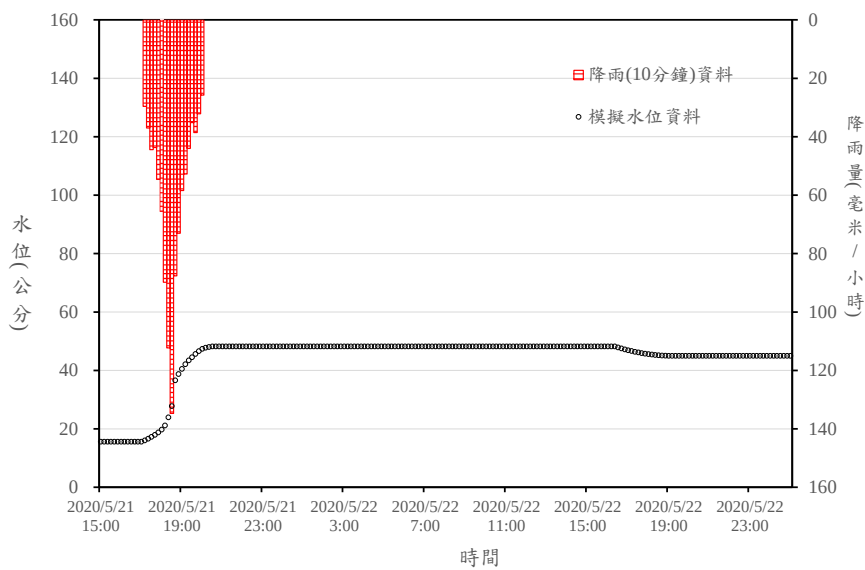


圖 4-90 中港溪集水區觀音埤農塘串並聯蓄水模擬(一)

中港溪集水區觀音埤前期排洪於高水位之短延時強降雨之情境(180分鐘) 25年重現期距之模擬結果如圖4-91所示。水位最高達到48公分。

中港溪集水區觀音埤前期排洪並納入李屋埤之排洪水量於高水位之短延時強降雨之情境(180分鐘) 25年重現期距之模擬結果如圖4-92所示。水位最高達到55公分。

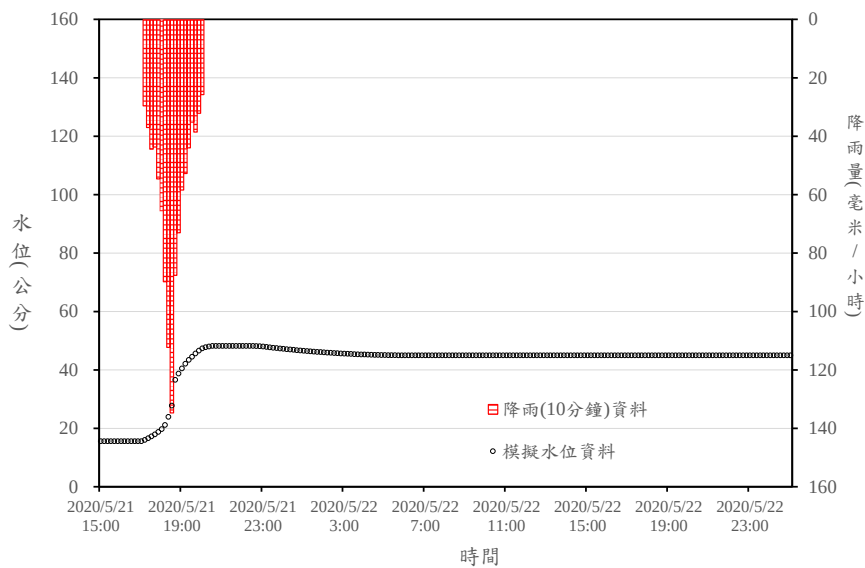


圖 4-91 中港溪集水區觀音埤農塘串並聯蓄水模擬(二)

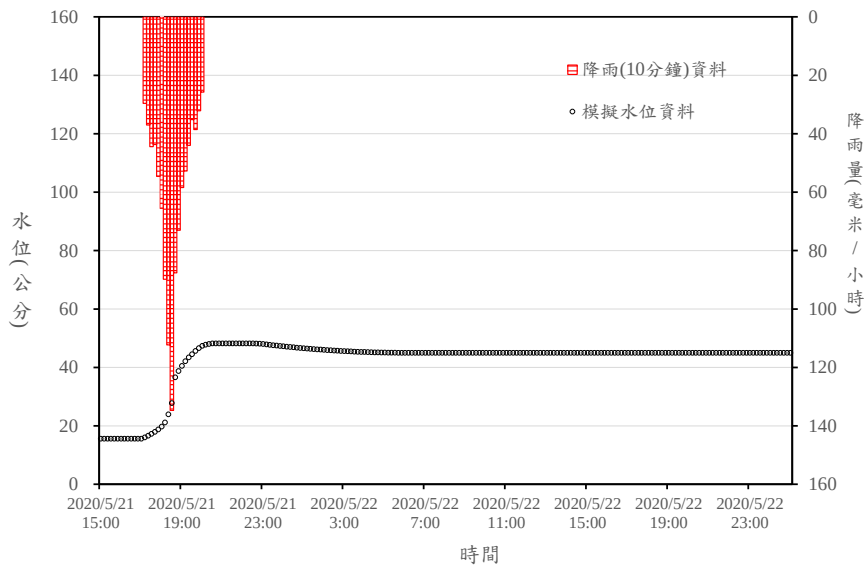


圖 4-92 中港溪集水區觀音埤農塘串並聯蓄水模擬(三)

中港溪集水區大荒埔埤於高水位之短延時強降雨之情境(180分鐘)50年重現期距之模擬結果如圖4-93所示。水位最高達120公分，當水位超過115公分開始進行排洪操作，其後維持水位於115公分。

中港溪集水區大荒埔埤於高水位之短延時強降雨之情境(180分鐘)50年重現期距之模擬結果如圖4-94所示。水位最高達120公分，當水位超過115公分開始進行排洪操作，其後維持水位於100公分。

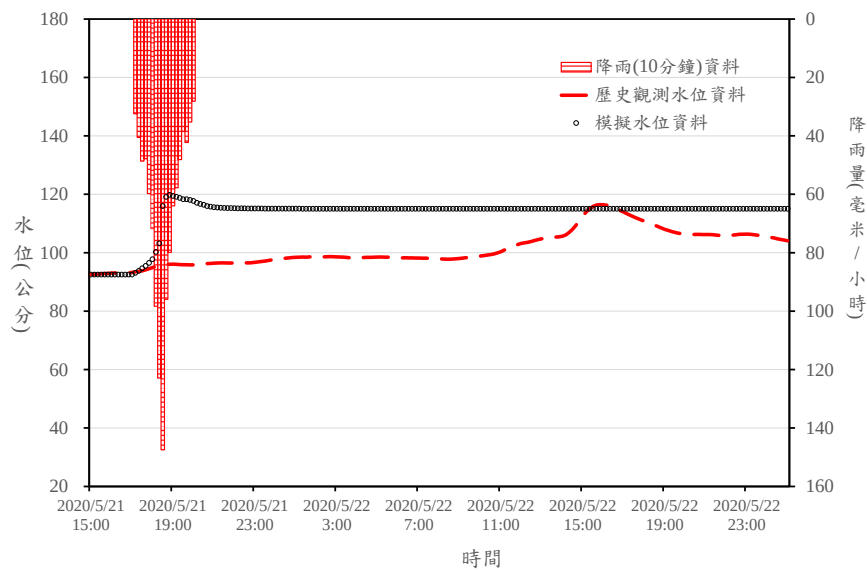


圖 4-93 中港溪集水區大荒埔埤農塘串並聯蓄水模擬(一)

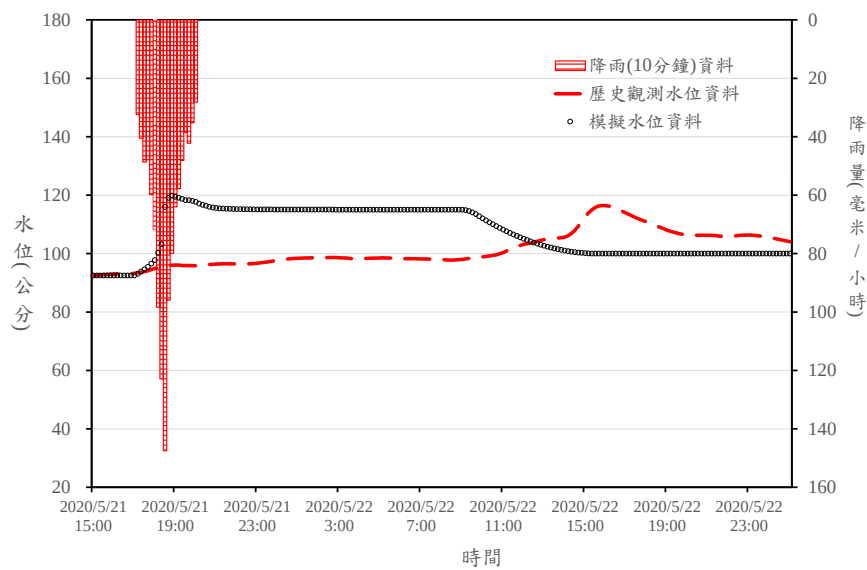


圖 4-94 中港溪集水區大荒埔埤農塘串並聯蓄水模擬(二)

中港溪集水區李屋埤於高水位之短延時強降雨之情境(180分鐘)
50年重現期距之模擬結果如圖4-95所示。水位最高達到72公分。

中港溪集水區李屋埤於高水位之短延時強降雨之情境(180分鐘)
50年重現期距之模擬結果如圖4-96所示。水位最高達到72公分。其後
進行排洪操作到45公分。

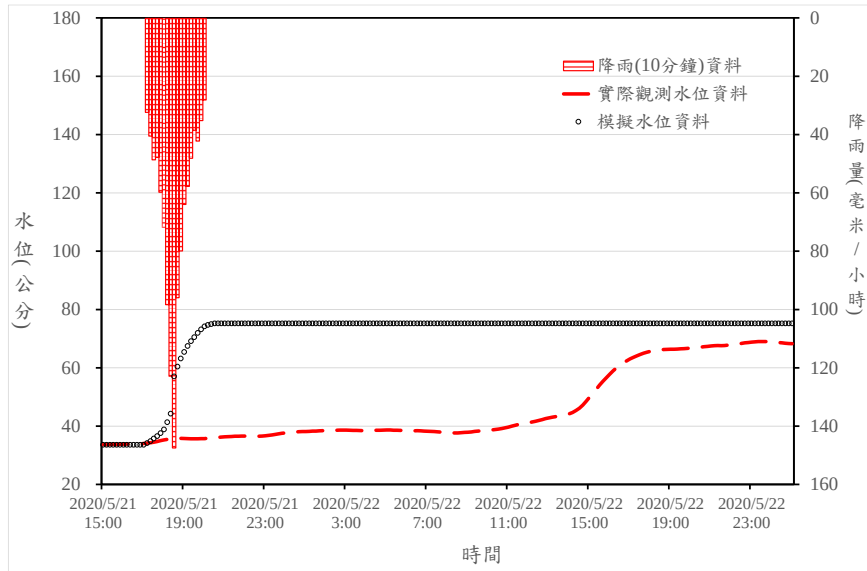


圖 4-95 中港溪集水區李屋埤農塘串並聯蓄水模擬(一)

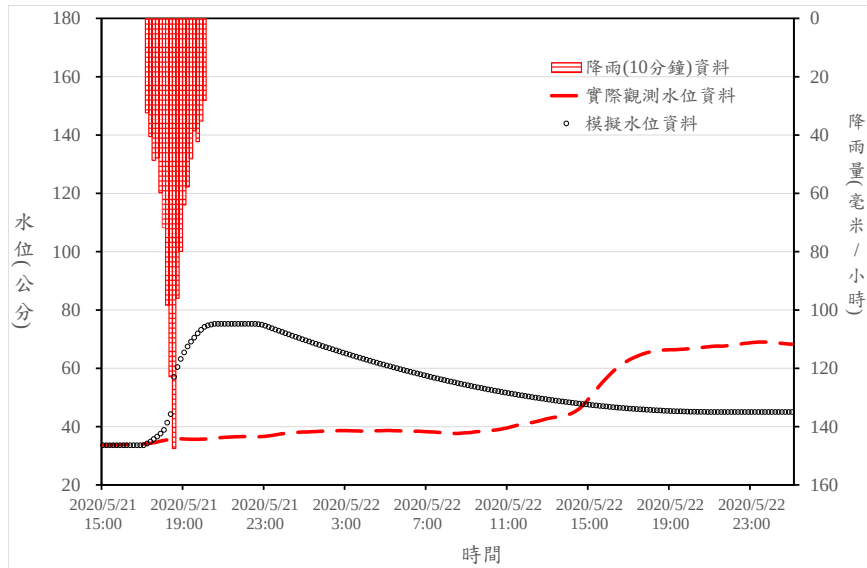


圖 4-96 中港溪集水區李屋埤農塘串並聯蓄水模擬(二)

中港溪集水區李屋埤於高水位之短延時強降雨之情境(180分鐘) 50年重現期距之模擬結果如圖4-97所示。水位最高達到72公分。進行排洪操作及配合大荒埔埤之排洪操作，故水位由圖4-96變化為圖4-97。

中港溪集水區觀音埤前期排洪於高水位之短延時強降雨之情境(180分鐘) 50年重現期距之模擬結果如圖4-98所示。水位最高達到48公分。

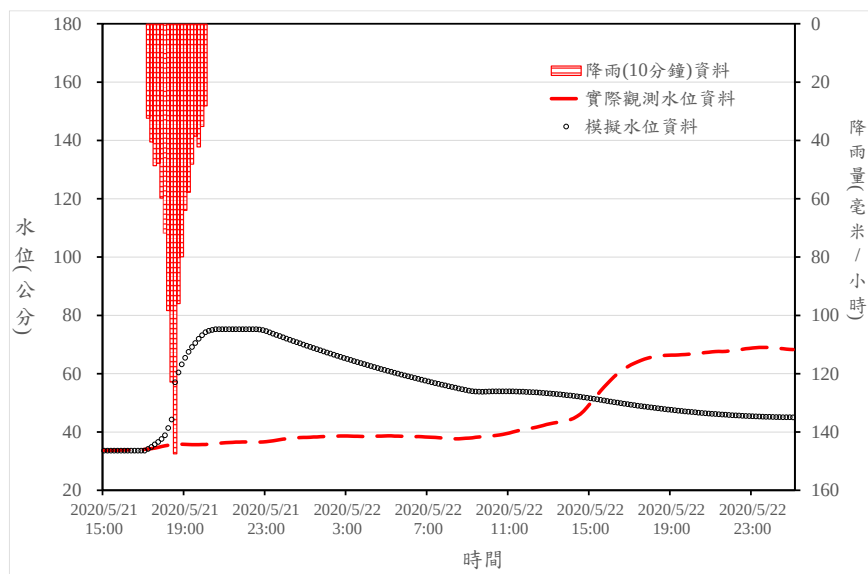


圖 4-97 中港溪集水區李屋埤農塘串並聯蓄水模擬(三)

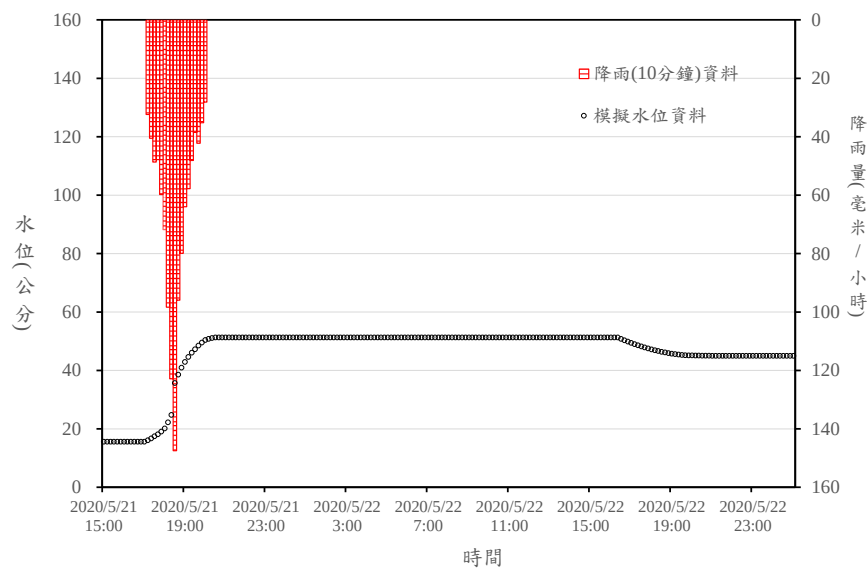


圖 4-98 中港溪集水區觀音埤農塘串並聯蓄水模擬(一)

中港溪集水區觀音埤前期排洪於高水位之短延時強降雨之情境(180分鐘) 50年重現期距之模擬結果如圖4-99所示。水位最高達到48公分。

中港溪集水區觀音埤前期排洪並納入李屋埤之排洪水量於高水位之短延時強降雨之情境(180分鐘) 50年重現期距之模擬結果如圖4-100所示。水位最高達到55公分。

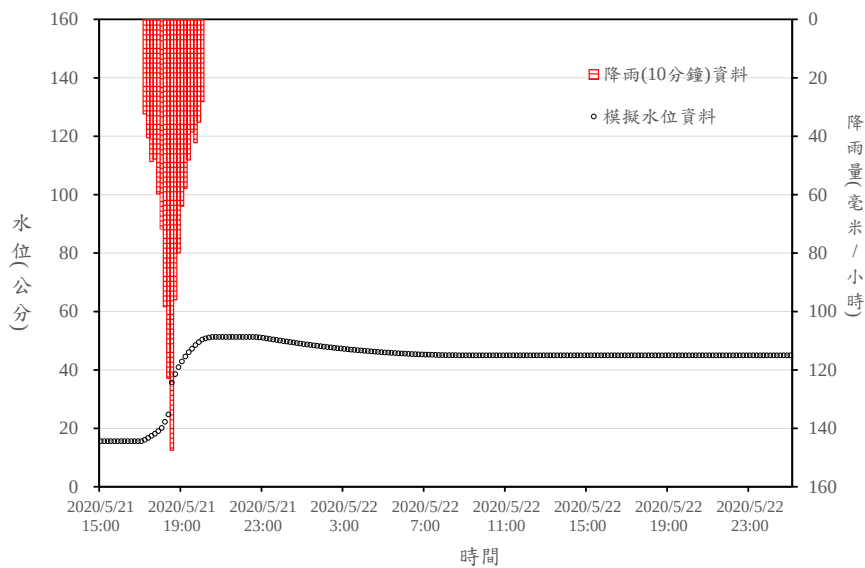


圖 4-99 中港溪集水區觀音埤農塘串並聯蓄水模擬(二)

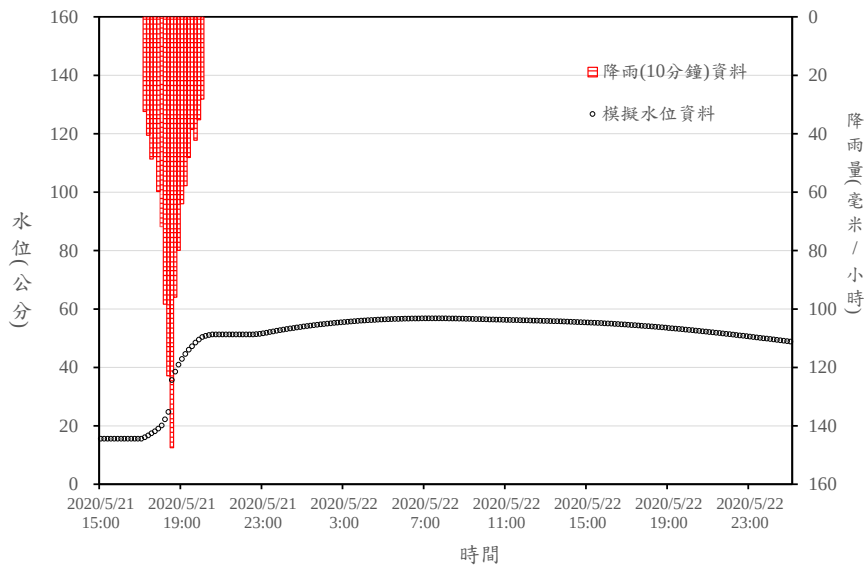


圖 4-100 中港溪集水區觀音埤農塘串並聯蓄水模擬(三)

中港溪集水區大荒埔埤於低水位之短延時強降雨之情境(180分鐘) 50年重現期距之模擬結果如圖4-101所示。最高水位達102公分。

中港溪集水區大荒埔埤於低水位之短延時強降雨之情境(180分鐘) 50年重現期距之模擬結果如圖4-102所示。最高水位達102公分。

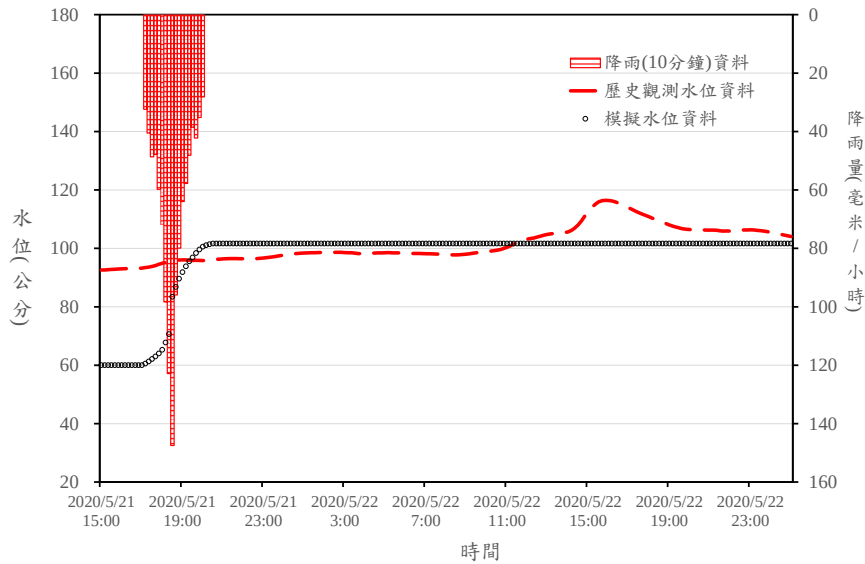


圖 4-101 中港溪集水區大荒埔埤農塘串並聯蓄水模擬(一)

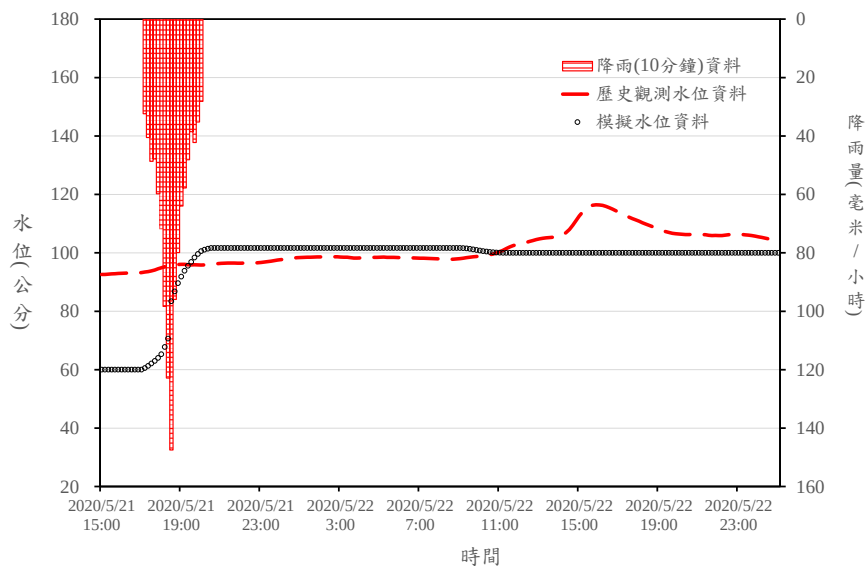


圖 4-102 中港溪集水區大荒埔埤農塘串並聯蓄水模擬(二)

中港溪集水區李屋埤於低水位之短延時強降雨之情境(180分鐘)
50年重現期距之模擬結果如圖4-103所示。水位最高達到72公分。

中港溪集水區李屋埤於低水位之短延時強降雨之情境(180分鐘)
50年重現期距之模擬結果如圖4-104所示。水位最高達到72公分。其後
進行排洪操作到45公分。

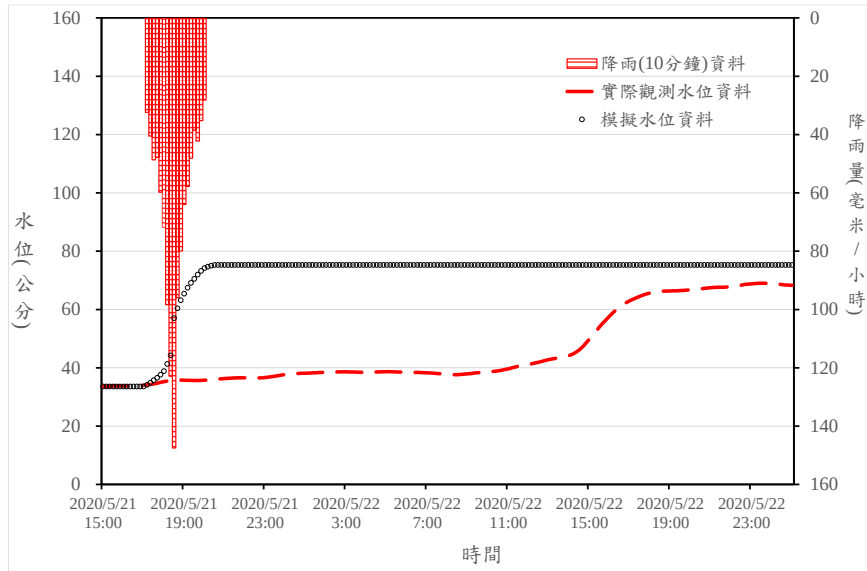


圖 4-103 中港溪集水區李屋埤農塘串並聯蓄水模擬(一)

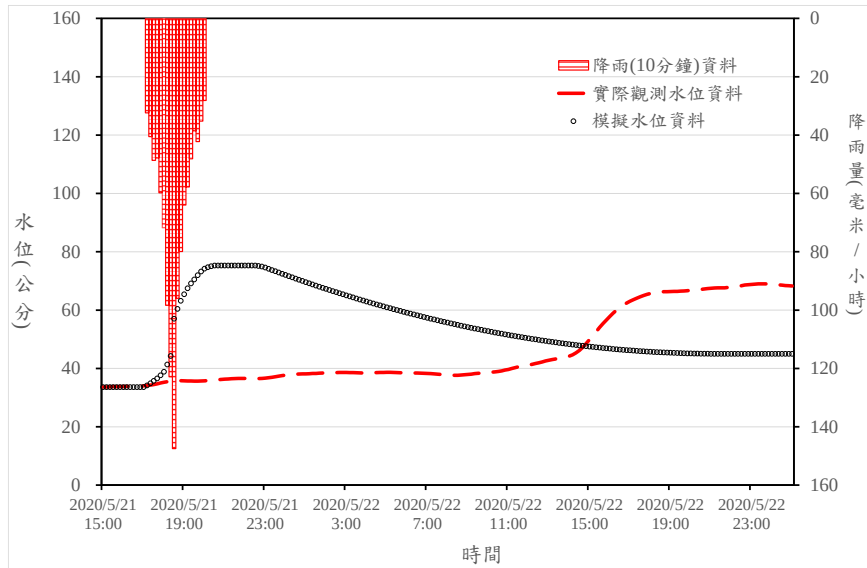


圖 4-104 中港溪集水區李屋埤農塘串並聯蓄水模擬(二)

中港溪集水區李屋埤於低水位之短延時強降雨之情境(180分鐘) 50年重現期距之模擬結果如圖4-105所示。水位最高達到72公分。進行排洪操作及配合大荒埔埤之排洪操作，故水位由圖4-104變化為圖4-105。

中港溪集水區觀音埤前期排洪於低水位之短延時強降雨之情境(180分鐘) 50年重現期距之模擬結果如圖4-106所示。水位最高達到48公分。

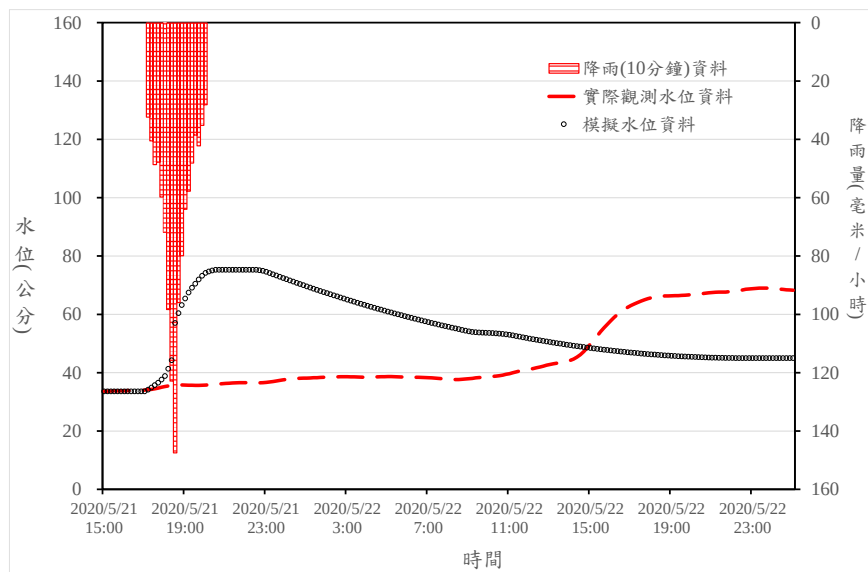


圖 4-105 中港溪集水區李屋埤農塘串並聯蓄水模擬(三)

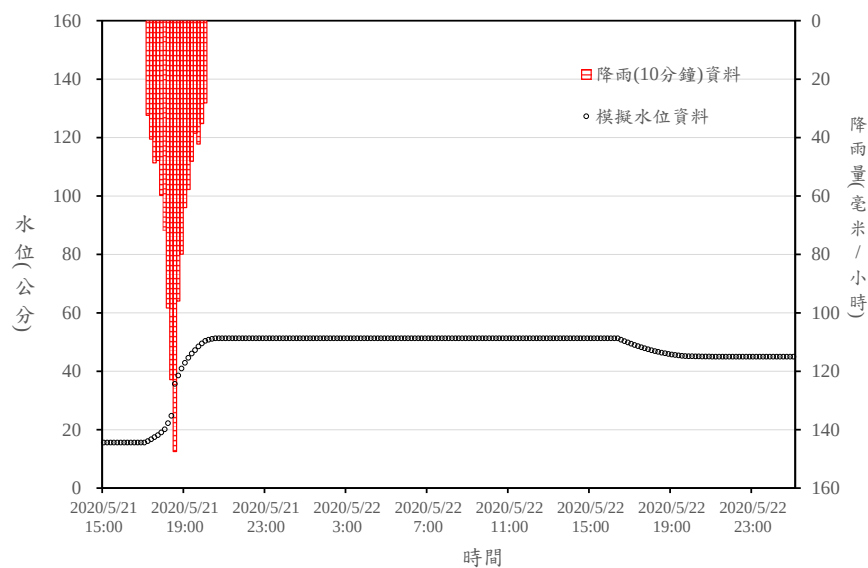


圖 4-106 中港溪集水區觀音埤農塘串並聯蓄水模擬(一)

中港溪集水區觀音埤前期排洪於低水位之短延時強降雨之情境(180分鐘)50年重現期距之模擬結果如圖4-107所示。水位最高達到48公分。

中港溪集水區觀音埤前期排洪並納入李屋埤之排洪水量於低水位之短延時強降雨之情境(180分鐘)50年重現期距之模擬結果如圖4-108所示。水位最高達到55公分。

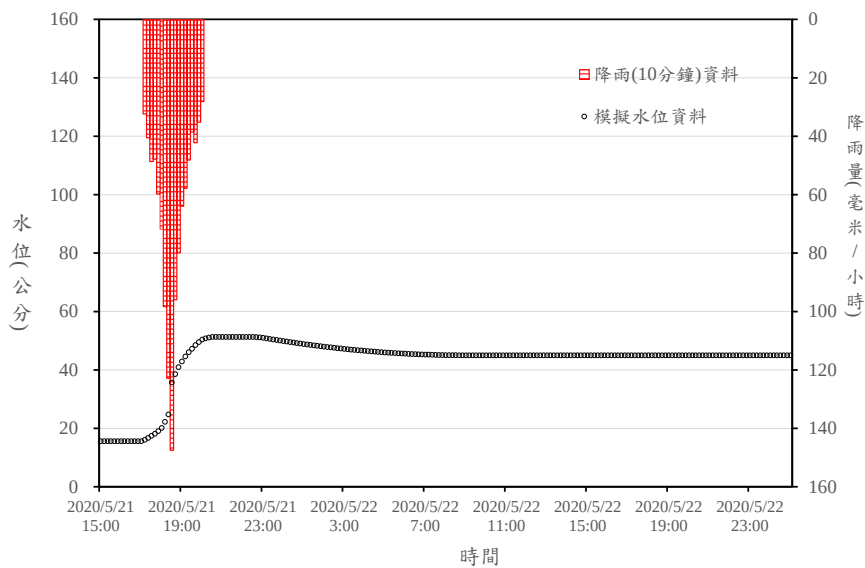


圖 4-107 中港溪集水區觀音埤農塘串並聯蓄水模擬(二)

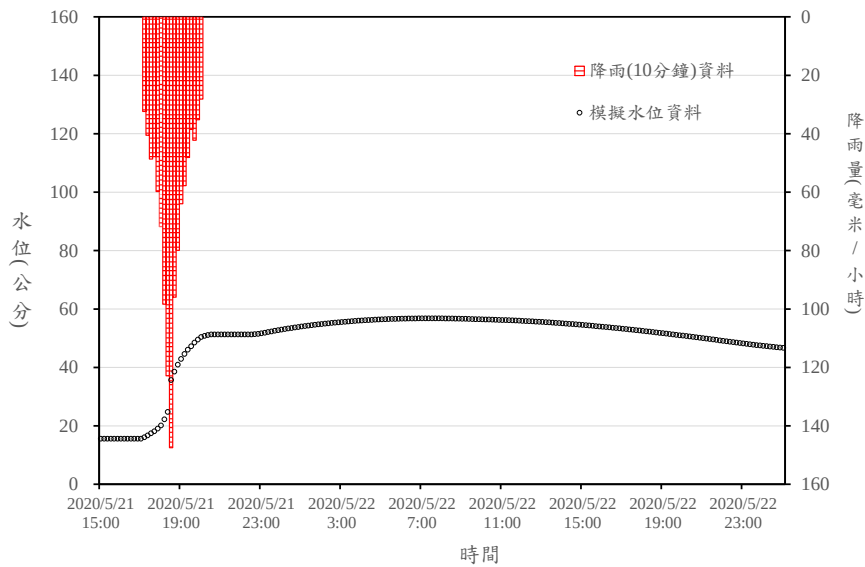


圖 4-108 中港溪集水區觀音埤農塘串並聯蓄水模擬(三)

中港溪集水區大荒埔埤於豪雨特報前先期放水之短延時強降雨之情境(180分鐘)50年重現期距之模擬結果如圖4-109所示。最高水位達118公分，當水位超過100公分開始進行排洪操作，其後維持水位於115公分。

中港溪集水區大荒埔埤於豪雨特報前先期放水之短延時強降雨之情境(180分鐘)50年重現期距之模擬結果如圖4-110所示。最高水位達118公分，當水位超過115公分開始進行排洪操作，其後維持水位於100公分。

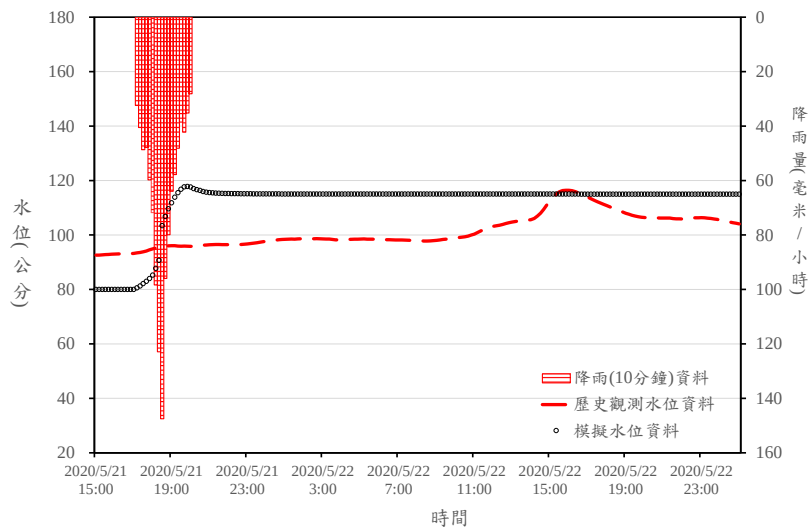


圖 4-109 中港溪集水區大荒埔埤農塘串並聯蓄水模擬(一)

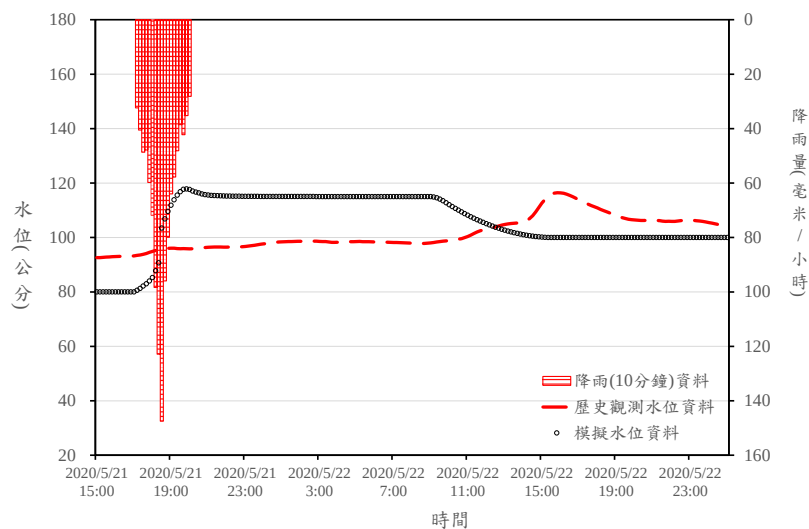


圖 4-110 中港溪集水區大荒埔埤農塘串並聯蓄水模擬(二)

中港溪集水區李屋埤於於豪雨特報前先期放水之短延時強降雨之情境(180分鐘)50年重現期距之模擬結果如圖4-111所示。水位最高達到72公分。

中港溪集水區李屋埤於於豪雨特報前先期放水之短延時強降雨之情境(180分鐘)50年重現期距之模擬結果如圖4-112所示。水位最高達到72公分。其後進行排洪操作到45公分。

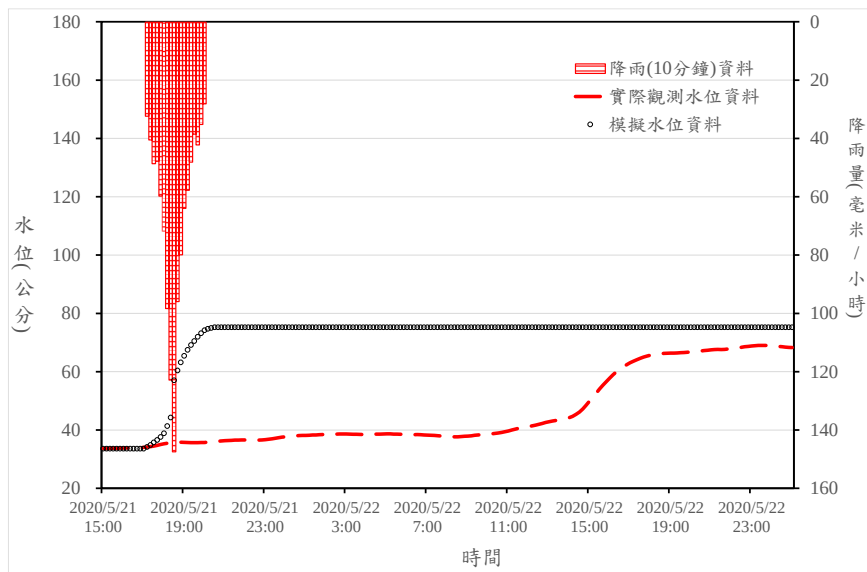


圖 4-111 中港溪集水區李屋埤農塘串並聯蓄水模擬(一)

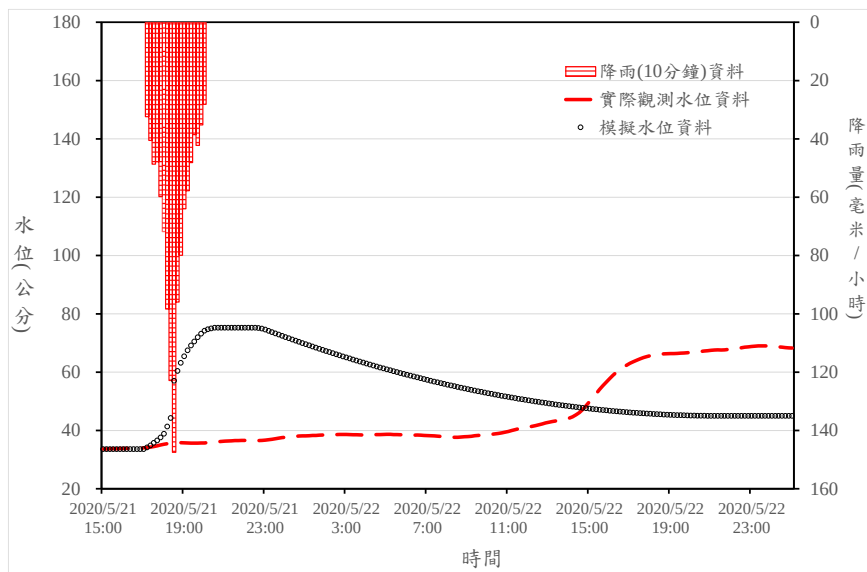


圖 4-112 中港溪集水區李屋埤農塘串並聯蓄水模擬(二)

中港溪集水區李屋埤於於豪雨特報前前期放水之短延時強降雨之情境(180分鐘)50年重現期距之模擬結果如圖4-113所示。水位最高達到72公分。進行排洪操作及配合大荒埔埤之排洪操作，故水位由圖4-112變化為圖4-113。

中港溪集水區觀音埤前期排洪於於豪雨特報前前期放水之短延時強降雨之情境(180分鐘)50年重現期距之模擬結果如圖4-114所示。水位最高達到48公分。

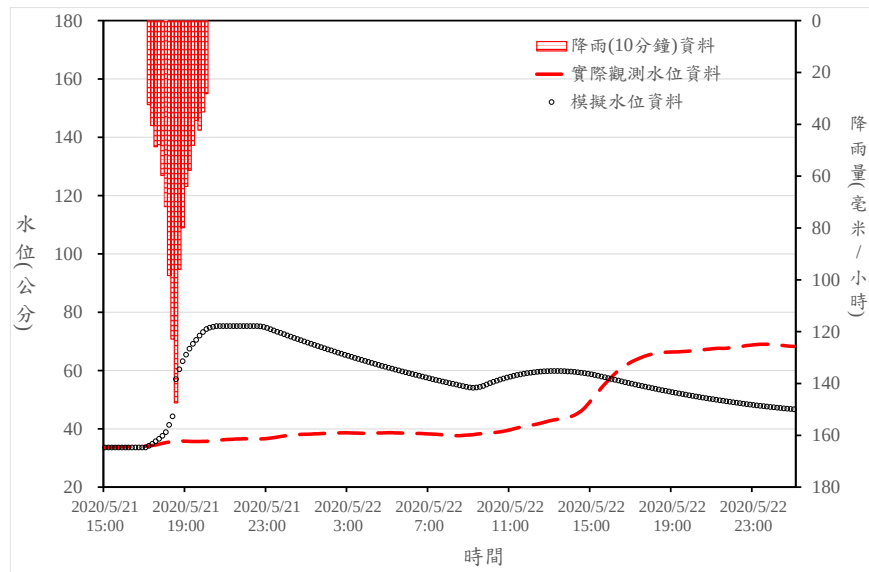


圖 4-113 中港溪集水區李屋埤農塘串並聯蓄水模擬(三)

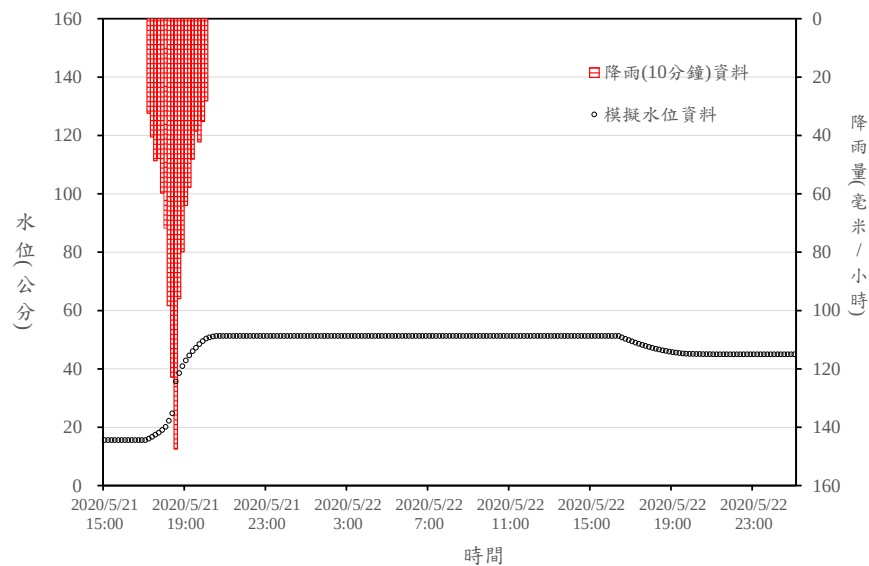


圖 4-114 中港溪集水區觀音埤農塘串並聯蓄水模擬(一)

中港溪集水區觀音埤前期排洪於於豪雨特報前先期放水之短延時強降雨之情境(180分鐘) 50年重現期距之模擬結果如圖4-115所示。水位最高達到48公分。

中港溪集水區觀音埤前期排洪並納入李屋埤之排洪水量於於豪雨特報前先期放水之短延時強降雨之情境(180分鐘) 50年重現期距之模擬結果如圖4-116所示。水位最高達到55公分。

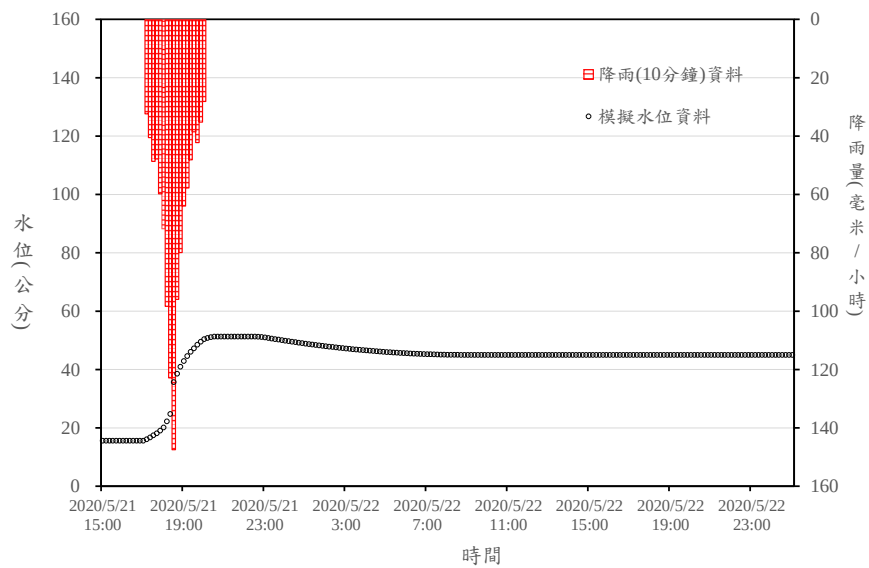


圖 4-115 中港溪集水區觀音埤農塘串並聯蓄水模擬(二)

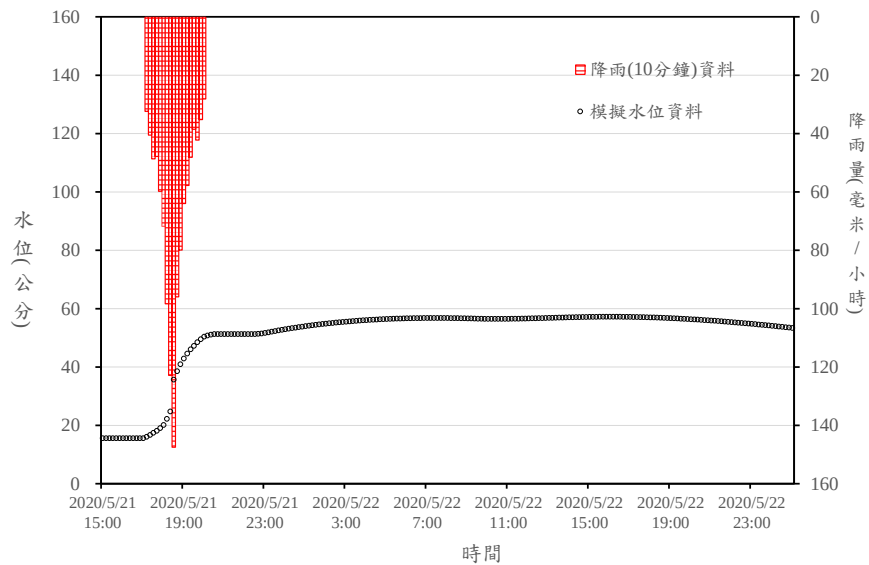


圖 4-116 中港溪集水區觀音埤農塘串並聯蓄水模擬(三)

綜合前述，本研究已完成中港溪集水區大荒埔埤、李屋埤、觀音埤等串並聯農塘之蓄水模擬，彙整前述各情境資料以大荒埔埤為例，在短延時(3小時)25年重現期距下，透過農塘調蓄及先期降低水位，可將集水區降雨逕流量由0.074CMS降低至0.026CMS。顯示透過農塘串並聯操作可提高農業供水效益與滯洪效益。為提高農業供水效益，綜整前述資料分析，建議農塘於非汛期之灌溉期間以滿水為為上限水位，並盡量將農塘蓄滿以供灌溉使用。如為提高滯洪效益，建議於汛期時採豪雨特報時將水位降低以提供滯洪空間。先期降低水位之數值，依農塘蓄水面積、蓄水深度、集水面積而有所差異，參考本年度研究資料，先期降低水位建議以滿水位下方約20~30公分為建議值。本研究並依據前述分析，於第五章中提出農塘串並聯操作機制研擬，供相關單位參考。

第五章 農塘串並聯操作機制

第一節 農塘串並聯操作機制研擬

區域經由農塘串並聯可提供農塘相互間的蓄水空間彈性運用。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。

農塘串並聯不僅可以增加蓄水、防洪功能，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。惟農塘之優勢仍大於劣勢，故活化農塘並完成滯洪之串並聯必要性是值得進行探討的，然部分地區農塘位置分布不均，故若以農塘進行串並聯，則需對地理位置進行選定，且應針對該地區各項環境條件進行調查，以選定出最佳串並聯位置。此外，透過農塘滯洪蓄水的功能，不僅能減輕河川排水負荷，還能有立於區域的整體發展。中港溪集水區農塘之SWOT分析如表5-1所示。

表 5-1 苗栗中港溪集水區農塘應用管路串並聯的 SWOT 分析

優勢(Strengths)	劣勢(Weaknesses)
農塘總蓄水容量可達 76.4 萬立方公尺。 滯洪容量可達 32.9 萬立方公尺。 農塘分布於各社區可靈活運用。	農塘大都為私人所有，維護及操作均需地主同意。 單位農塘面積及蓄水容量較小，效益比偏低。
機會(Opportunities)	威脅(Threats)
農塘蓄水可供調度使用。 農塘間距離短，且鄰近道路或圳路，可利用道路下方興建管線與既有圳路或渠道進行串並聯。 農塘透過清淤、堤岸整建可提高蓄水及滯洪空間。	農塘因社會環境變遷，逐漸消失中。 部分農塘淤積嚴重，因農業用水效益偏低缺乏清淤維護。

本計畫依據前述之農塘串並聯的優勢、劣勢、機會和威脅分析顯示：單位農塘面積及蓄水容量較小，效益比偏低。因此為提高農塘滯蓄洪效益可利用清淤、堤岸整建及農塘串並聯等工程技術方法進行治理。

農塘串並聯操作的時機，主要分為兩大方向：第一個方向為提高農業供水效益；第二個方向為提高滯洪效益。依據前述氣象資料顯示豐水期為每年5~10月，為提高農業供水效益依據前述資料分析，建議於每年10月底前盡量將農塘蓄滿以供枯水期供灌使用。每年5月汛期前可盡量將農塘蓄滿，其後可採低水位管理或於豪雨特報時將水位降低以提供滯洪空間。考量苗栗地區農塘之蓄水面及蓄水容量較小，建議農塘於非汛期之灌溉期間以滿水為為上限水位，汛期時建議採豪雨特報時將水位降低以提供滯洪空間。先期降低水位之數值，依農塘蓄水面積、蓄水深度、集水面積而有所差異，參考本年度研究資料，先期降低水位建議以滿水位下方約20~30公分為建議值。

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。

綜合前述，農塘串並聯操作的情況下，建議先完成串並聯農塘之基本資料蒐集，及簡易之管線連接。其次擬定豪雨特報時預先降低的水位數值或低水位之數值，考量一般農塘之集水面積較小，初步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進行滯洪操作。

第二節 農塘串並聯操作機制策略推化與推動方式

農塘串並聯操作策略，可依前述技術，進行操作策略研擬，分述如下：

一、固定管線串並聯

對於農塘間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

對於既有農塘間，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。

依據前述利用技術與管理策略，苗栗地區之串並聯操作初期可採簡易式串並聯及固定管線，長期可發展智慧管理，分述如下：

一、簡易式串並聯及固定管線

簡易式串並聯及固定管線如苗栗中港溪集水區之大荒埔埤、李屋埤、觀音埤、半月池等。

二、智慧管理

智慧管理以結合現地資訊、滯洪蓄水、灌溉技術之農塘串並聯利用與營運管理策略整體性操作，包括強化農塘串並聯。

農塘串並聯推動方式，依據前述操作機制與策略研擬，區分為短、中、長期推動規劃，說明如下：

一、短期方案

(1)建議選擇一個示範區，設置觀測水位計進行水位長期監測。並進行豪雨特報前之先期放水，以確定成效。

(2)為擴大農塘滯洪效益，建議進行農塘與在地滯洪之先期研究。

二、中期方案

- (1)擴大示範區，以社區為單元，進行農塘間之簡易串聯，並設置水位計長期監測。
- (2)擬定農塘串並聯獎勵辦法，鼓勵農塘串並聯提高滯洪能力。

三、長期方案

- (1)推動農塘串並聯至易淹水地區。
- (2)推動農塘結合在地滯洪之推廣。

第六章 結論與建議

第一節 結論

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，為本計畫之研究目的。

本研究參考前期計畫資料，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，再往下游之半月池目前亦未蓄水操作。僅大荒埔埤、李屋埤完成整建及蓄水可設置自記水位計，故本研究選擇大荒埔埤、李屋埤設置自記水位計。

本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，本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。

依據前述擬定之情境，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、中港溪集水區之大荒埔埤、李屋埤之各情境農塘蓄水模擬。

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。

以鯉潭039為例，在本年度最大暴雨情境，透過農塘蓄洪及先期降低水位，可將集水區降雨逕流之洪峰流量0.1152CMS降低至0.0242CMS。以大荒埔埤為例，在短延時(3小時)25年重現期距下，透過農塘調蓄及先期降低水位，可將集水區降雨逕流量由0.074CMS降低至0.026CMS。

第二節 建議

本研究已完成農塘蓄水模擬，以及案例研究區域之農塘蓄水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。

經由本年度之研究，農塘透過前述分析，建議於每年10月底前盡量將農塘蓄滿以供枯水期供灌使用。每年5月汛期前可盡量將農塘蓄滿，其後可採低水位管理或於豪雨特報時將水位降低以提供滯洪空間。考量苗栗地區農塘之蓄水面及蓄水容量較小，建議農塘於非汛期之灌溉期間以滿水為為上限水位，汛期時建議採豪雨特報時將水位降低以提供滯洪空間。先期降低水位之數值，依農塘蓄水面積、蓄水深度、集水面積而有所差異，參考本年度研究資料，先期降低水位建議以滿水位下方約20~30公分為建議值。並建議後續可進行示範區域之推動。唯因本年度為乾旱年，研究期間故並未產生暴雨，建議後續可結合社區於農塘設置水位計進行長期水位監測，並進行實際操作以確定成效。

本年度已完成農塘串並聯應用管路串並聯操作之研究，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研究，以擴大區域滯洪能力。

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初步規劃」，行政院農業委員會水土保持局委辦計畫。
13. 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。
14. 林靜娟、郭建志，2003，「桃園台地埤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。
15. 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。
16. 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。
17. 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。
18. 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。
19. 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。
20. 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。
21. 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。
22. 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。
23. 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。
 24. 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。
 25. 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。
 26. 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。
 27. 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。
 28. 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。
 29. 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。
 30. 黃浩琨，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。
 31. 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。
 32. 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。

33. 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。
34. 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。
35. 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。
36. 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。
37. 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。
38. 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。
39. 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。
40. 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。
41. 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。
42. 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。

43. 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。
44. 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。
45. 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。
46. 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.
47. Bennett, M.S., Mays, L.W., 1985, Optimal Design of Detention and Drainage Channel System.
48. Emmett, A.J., Clarke, S., Howles, S., 1996, Conjunctive wetland treatment/aquifer storage and recovery at Regent Gardens residential development, Northfield, South Australia.
49. 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, pages 1053-1068.
50. Lundberg, K., Carling, M., Lindmark, P., 1999, Treatment of highway runoff: a study of three detention ponds.
51. 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.
52. Persson, J. et al., 1999, Hydraulics Efficiency of Constructed Wetlands

and Ponds.

53. Pettersson, T.J.R., 1998, Water quality improvement in a small stormwater detention pond.
54. Price, J.S., Waddington, J.M., 2000, Advances in Canadian wetland hydrology and biogeochemistry.
55. 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: A Climate Resilient Technology for Rainfed Agriculture, Planning, Design and Construction. Central Research Institute for Dryland Agriculture, Santoshnagar, Saidabad, Hyderabad-500059, Andhra Pradesh, India. 60p.
56. 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>
57. 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.
58. Somes, N.L.G., Fabian, J., Wong, T.H.F., 2000, Tracking pollutant detention in constructed stormwater wetlands.
59. Verstraeten, G., Poesen, J., 2001, Modeling the long-term sediment trap efficiency of small ponds.
60. Verstraeten, G., Poesen, J., 2002, Using sediment deposits in small ponds to quantify sediment yield from small catchments: possibilities and limitations.
61. Walker, D.J., 1998, Modeling residence time in stormwater ponds.

62. Yazdi, J., 2019, Optimal Operation of Urban Storm Detention Ponds for Flood Management, Water Resources Management.
63. Yeh, C. H., Labadie, J.W., 1997, Multiobjective watershed- level planning of storm water detention systems.
64. 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。
65. 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。
66. 日本農林水産省，2020，ため池管理マニュアル。
67. 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、134、P69-75 より

附錄

附錄一、期初審查會議紀錄暨回覆辦理情形

項次	審查意見	回覆辦理情形
報告內容審查意見：		
一	本工作計畫內容以服務建議書階段陳述，未落實工作計畫之需求。	謝謝委員意見，本計畫主要為建立集水區農塘應用管路串並聯之蓄水分析及操作機制，已參考委員建議加強各工作項目之進行以完成各項工作。
二	依據(P.7-1)初步建議鯉魚潭水庫上游集水區、後龍溪上游集水區、中港溪集水區三灣北埔村及大河村農塘為初選區域，應就初選區域，列出篩選相關原則評估結果，列出串並聯農塘分布區位。	謝謝委員意見，本計畫為建立集水區農塘應用管路串並聯之蓄水分析模式並選擇案例區域進行探討，已參考相關文獻擬定評分因子進行評選，並依評估結果列出串並聯農塘分布區位，詳第三章第一節。
三	就篩選串並聯農塘，各農塘面積大小、高程及影響農塘水資	謝謝委員意見，本計畫所篩選之農塘資料，包括農塘面積等

	源之集水區範圍、地形圖等屬性及圖資說明。	均參考前期資料(詳第二章第四節所述前期報告)進行規劃分析。
四	就串並聯農塘之管路配置規劃，包括既有或新設置、管線長度、管徑設置及串並聯管路流量計算方法。	謝謝委員意見，本計畫以中港溪集水區為案例研究區。所選定之串並聯農塘原則利用既有涵管或明渠進行規劃，詳如第三章所述。農塘間既有管路、箱涵或渠道斷面尺寸詳如第三章。
五	水位設置，列出預定設置農塘編號、設置儀器及觀測資訊之傳輸方式。	謝謝委員意見，本計畫進行案例區域探討，將設置水位計作為模式模擬驗證使用之用，故觀測資訊採用定期下載作為驗證使用，設置之農塘編號及設置儀器方式已於期中報告第三章第二節中說明。
六	就選定串聯農塘相關集水區之雨量站分布及相關雨量資	謝謝委員意見，本計畫為建立集水區農塘應用管路串並聯

	料取得及分析方法。	運作之案例區域探討，已補充選定集水區之雨量站分布及資料，詳如第三章第三節說明。
七	依上述串並聯農塘操作結果分析，完成計畫工作項目要求。	謝謝委員意見，將依本計畫前述所擬工作方法進行模式分析與驗證以提出相關建議，並完成計畫各項工作。
八	第二章文獻回顧與資料蒐集部分建議提高農塘串並聯運用相關文獻之比例，目前以國內文獻為主，建議可增加國外資料。此外，可針對相關文獻彙整出農塘串並聯運用可能的操作方式及遭遇的問題，作為研擬集水區農塘串並聯操作機制之基礎。	謝謝委員意見，已增加國內外相關文獻資料，並彙整出農塘串並聯運用可能的操作方式及遭遇的問題，以作為研擬集水區農塘串並聯操作機制之參考。詳如第二章第五節所述。
九	P.3-13 說明本研究將參考前期成果，以進行區域(集水區)農	謝謝委員意見，表 3-6 及表 3-7 為前期成果摘錄，由於前期

	塘串並聯模式案例區域選定，為表 3-6、表 3-7 中似乎僅評估清淤或串聯可行性，未評估並聯可行性，請補充說明是否需納入。	成果僅進行清淤或串聯可行性分析，故表中僅有清淤或串聯可行性分析。本研究將在前期研究基礎下進行，故在本研究中會納入並聯的可行性分析，以期擴大前期研究成果。
十	P.3-21 表 3-6、表 3-7 中針對農塘串連清淤排序，應說明清淤或串聯可行性、地主意願、交通可行性、蓄水量因子、滯洪量因子等評估方式。	謝謝委員意見，表 3-6 及表 3-7 為前期成果摘錄，已於報告中補充說明清淤或串聯可行性、地主意願、交通可行性、蓄水量因子、滯洪量因子等評估方式。詳如第二章第四節之說明。
十一	P.3-33 水位計設置地點初步建議可由鯉魚潭(子)集水區、後龍溪上游集水區、中港溪集水區之三灣北埔村等初選區域農塘進行選定，請補充說明這三個集水區如何選定。	謝謝委員意見，三個集水區選定係參考相關文獻擬定蓄水量、滯洪量等評分因子進行選定，已於期中報告第三章第一節中說明。

十二	P.3-33 上述三個集水區平均坡度為何？哪一個集水區的平均坡度較接近大部分農塘集水區的狀況，建議可優先考量。	謝謝委員建議，已補充三個集水區平均坡度。由於農塘數量高達 1,676 口。故參考相關文獻以蓄水量、滯洪量及地主意願等進行評選。詳如第三章第一節所述。
十三	P.4-1 降雨強度重現期距及不同的延時組合之探討，建議增加相關文獻，並評估是否納入氣候變遷的影響。	謝謝委員建議，已增加降雨強度重現期距及不同的延時組合之相關文獻，詳第三章第三節。
十四	P.4-8 農塘串並聯操作情境分析部分目前規劃為降雨強度重現期距為 2 年、5 年、10 年、25 年等，建議應考量短延時強降雨之情境。	謝謝委員建議，已納入短延時(包括 60、120、180 分鐘)強降雨之情境，詳如報告第四章第一節。
十五	P.5-2 農塘串並聯操作的時機探討中，目前擬以 SWOT 與農塘串並聯的必要性來探討時機，但這兩項似乎不會隨時間	謝謝委員建議，農塘串並聯操作的時機，初步建議於汛期或中央氣象局發布豪雨特報時進行，詳第四章第四節

	而變化，請補充說明此操作時機為何。	
十六	是否建立農塘效能分析模式，含集水區農塘串並聯運作之分析模式及操作規則以及農塘與下游易致災區之關聯分析。	謝謝委員建議，本研究以農塘蓄水模擬及串並聯應用之分析及操作機制研擬為主要工作。並將依案例分析結果說明農塘蓄水或滯洪成效。詳如第五章所述。

附錄二、期中審查會議紀錄暨回覆辦理情形

項次	審查意見	回覆辦理情形
報告內容審查意見：		
一	P1-4~1-6 表 1-1 標示期中報告完成時間點，增列檢核說明須完成工作項目及內容數量、佔比及對應章節頁碼，以利查閱。	謝謝委員建議，已增列檢核說明須完成工作項目及內容數量、佔比及對應章節頁碼，詳如表 1-2。
二	P2-40 文獻回顧及資料收集小節，下列意見： (1) 串聯或並聯結構模式不同，請釐清串聯及並聯之個別問題。 (2) 農塘規模及類型不同，遭遇問題各異，應分別歸列說明，並提出課題對策。 (3) 蒐集資料中，應提出農塘操作可行性之點位及	謝謝委員建議： (1) 已補充於第二章第五節 (2) 已補充於第二章第五節 (3) 已補充於第二章第五節

	編號，相關量化資訊。	
三	P3-80 農塘蓄水模式分析採用流網及水平衡模式，選定農塘四處： (1)請補充各處農塘降雨逕流流入農塘之集水面積，農塘本體面積蓄水深度範圍，觀測水位點位等於圖面標示，並說明各農塘進流量和出流量觀測方法，以確認影響水位變化之降雨特性。 (2)P3-81~3-86 水文歷線圖，不易解讀與兩種模式相關性。	謝謝委員建議： (1)已補充農塘之集水面積，農塘本體面積蓄水深度範圍，觀測水位點位，於第三章第二節。 (2)已補充農塘水位模擬之過程，進出流量歷線及水位歷線，詳如第三章第四節所述。
四	P4-1 農塘蓄水模擬，以不同降雨延時及重現期距情境分析，仍需補前述第 3 點意見	謝謝委員建議，已補充相關資料，詳如第四章第二節所述。

	資料分析，才能確實反映情境變化。	
五	P4-13 農塘串聯，請補充上游及下游農塘區位、距離、高程差、串聯流路方式、流量水理計算等。	謝謝委員建議，已補充相關資料，詳如第四章第二節所述。
六	P2-7 第 11 行，將所需各工項單價 80%擬定補助基準修正為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%，極為目前補助基準個工項單價。	謝謝委員建議，已修正，詳如 p. 2-7。
七	本案農塘屬於未開發地區建議降雨重現期距 25 年改為技術規範 15 條 50 年重現期距。	謝謝委員建議，已增加 50 年重現期距，詳如第四章第二節所述。

附錄三、期末審查會議紀錄暨回覆辦理情形

項次	審查意見	回覆辦理情形
報告內容審查意見：		
一	農塘串聯目前在水保局操作較少，但未來因極端氣候的影響，可為預做之相關研究。	謝謝委員建議，已於第一章第一節中補充。
二	請詳加說明本計畫農塘串並聯模式，另研究不同(或如何)串、並聯是否會有不同的效益。	謝謝委員建議，已於第二章第五節中補充說明。
三	第四章蓄水模擬及串並聯操作情境分析之成果，建議儘量以表格方式呈現，以利閱讀比較。	謝謝委員建議，已於第四章第二節中以表格彙整方式呈現。
四	建議評估實際農塘串並聯操作困難與問題。	謝謝委員建議，已於第二章第五節中補充說明。
五	建議將汛期及灌溉期間之放流操作量化，以方便後續滯	謝謝委員建議，已於第五章第一節中補充說明。

	洪操作。	
--	------	--