

農塘溢流設施調整之滯洪效益分析

簡傳彬

台灣省水利技師公會 水利技師

摘要

因全球氣候變遷的異常變化，臺灣地區的豐枯雨量相差愈加懸殊，往往澇旱災互生，使得區域之水源供給調蓄及滯洪功能提升均為當前之要務。考量農塘除供蓄水以供農業用水外，亦具有滯洪之功能。因此本文進行農塘溢流設施調整之滯洪效益分析探討，提供農塘對氣候變遷的調適方案參考，對於區域之滯洪效益將有顯著的助益。

本文就台灣苗栗地區選擇後龍溪上游集水區後龍 006 農塘及鯉魚潭集水區鯉潭 039 農塘進行農塘溢流設施調整之滯洪效益分析，分別代表由農塘溢流設施現況調控及農塘溢流設施加設施下游水路出流閘門調控的情形。分析結果顯示：不論是否下游水路有出流閘門調控，透過農塘調蓄確可降低洪災風險。

單一農塘之面積相較於整個集水區而言，其面積及蓄水量偏小，但累計集水區各農塘及農田之蓄洪空間，將可使重現期 50 年之降雨尖峰逕流量，經由調蓄後，其出流量降為 2~10 年重現期之降雨尖峰逕流量。亦即農塘滯洪蓄水操作，後續經由推廣，可降低區域洪災風險，以及提高農村社區與區域環境生態與水資源涵養效益。研究成果將提供相關單位參考。

一、前言

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(日本農林水產省，2020)。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。

Reddy 等(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。農塘的分類，簡傳彬(2017)、日本農林水產省(2020)、Riya(2020)等，提出農塘依構築方式，主要分為開挖式農塘及築壩式農塘兩種。其中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)。日本農林水產省(2019)將農塘除依其構築方式除分為開挖式農塘及築壩式農塘外，另新增利用坡地地形所構築之複式農塘(重ね池，又は親子池)。桃園地區農塘則為利用台地地形於農塘下游採築堤方式建

造（簡傳彬，2020）。綜合前述，農塘依構築方式可分為：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。

簡傳彬、方文村、徐永昶(2020a)彙整出農塘之定義：配合地形地勢，以人工構築以提供滯洪、農業用水及改進生態環境並供休閒、遊憩之蓄水構造物。前述農塘功能因近年來全球氣候變遷，導致降雨頻率的改變、強降雨與極端氣候的發生，使得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。財團法人農業工程研究中心(2016)針對苗栗地區所調查之農塘，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。

浦騰工程顧問有限公司 (2018)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。孚宮設計顧問有限公司(2019)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。

日本農林水產省(2018)提出的提高農塘滯洪效益的措施，除可透過使用排水溝等取水設施和安裝排水管作為有效管理低水位的方法外，還可透過溢流設施調整，包括溢流斷面縮減、加設閘門等以增加滯洪效益。

綜合前述相關研究：農塘除供蓄水以供農業用水外，亦具有滯洪之功能。農塘之滯洪功能除與農塘集水面積、農塘可蓄水量、農塘面積等相關外，亦與溢流設施構造及操作等密切相關。因此本研究將探討農塘溢流設施調整以強化農塘的滯洪效益研究，對於氣候變遷的調適，是否有顯著的助益。研究成果可提供水土保持局推動坡地防災之參考。

二、研究區域與研究方法

本研究就台灣苗栗大湖地區選擇後龍溪上游集水區之後龍 006 農塘、鯉魚潭集水區之鯉潭 039 農塘為研究案例。首先蒐集區域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，以擬定案例農塘模擬之降雨情境，再就農塘之蓄水空間與降雨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，提供農塘溢流設施調整以強化農塘的滯洪效益。

(一) 苗栗大湖地區概述

苗栗縣大湖鄉（大湖地區）位於苗栗縣南部，東鄰泰安鄉，西鄰公館鄉、銅鑼鄉、三義鄉，南接卓蘭鎮，北鄰獅潭鄉。氣候溫和多雨，以草莓聞名全國，素有草莓王國、草莓故鄉的美譽。大湖地區族群分布以客家人為主，比例約 91%。

大湖地區地勢由東向西遞降，然受「紙湖斷層」、「新開斷層」的影響，在獅潭與大湖鄉間形成「獅湖縱谷」，將關刀山一分為二，形成以後龍溪水系大湖溪及其支流南湖溪為中線之丘陵區。因此，大湖鄉全鄉地形由東向西遞降以至「獅湖縱谷」，再遞升至關刀山脈（海拔 889 公尺），形成一個封閉型的盆地。南湖溪至大湖與大湖溪合流為大湖溪，大湖溪再往北與汶水溪合流為後龍溪。南湖溪與大湖溪流經大湖地區大部分地區，汶水溪是與獅潭鄉之界溪。景山溪、鯉魚潭水庫則是與卓蘭鎮間的界溪。

大湖地區農塘依據集水區進行分類，可分為後龍溪上游及鯉魚潭上游集水區，其中後龍溪上游有 42 口農塘，鯉魚潭上游集水區共有 41 口農塘(財團法人農業工程研究中心，2016)。本研究參考簡傳彬(2020)之研究，依據滯洪量、蓄洪量等因子選擇後龍溪上游集水區之後龍 006 農塘、鯉魚潭集水區之鯉潭 039 農塘為研究案例之農塘。

(二) 研究方法

本文首先進行國內外相關文獻及資料蒐集，再依所蒐集之資料，進行農塘溢流設施調整之農塘蓄水模擬模式建立與分析。研究內容與研究方法說明如下：

1. 案例區域現地勘查與降雨量等資料蒐集分析及自記水位監測元件設置。
2. 農塘蓄水模擬分析：採用農塘水平衡模式進行分析。

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

(1) 進流量計算

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

(2) 出流量計算

依據農塘之出流設施，以堰流公式或相關公式計算出流量。

(3) 農塘水位變化

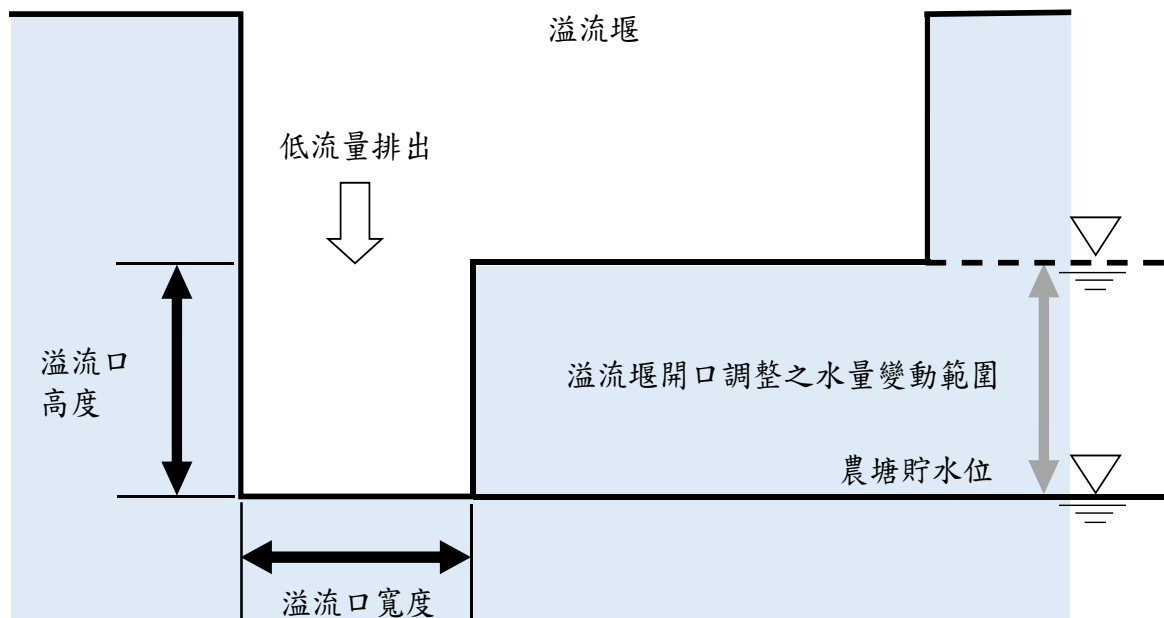
依計算期距(如10分鐘)以前述進出流量進行農塘儲蓄變化量之計算，再換算成農塘水位。

3. 降雨強度分析

依據「水土保持技術規範」(行政院農業委員會，2020)之無因次降雨強度公式，分別計算五個重現期距為2年、5年、10年、25年、50年情況以及四個不同延時下(1小時、2小時、3小時及24小時)之降雨落於集水面積所形成之逕流量。

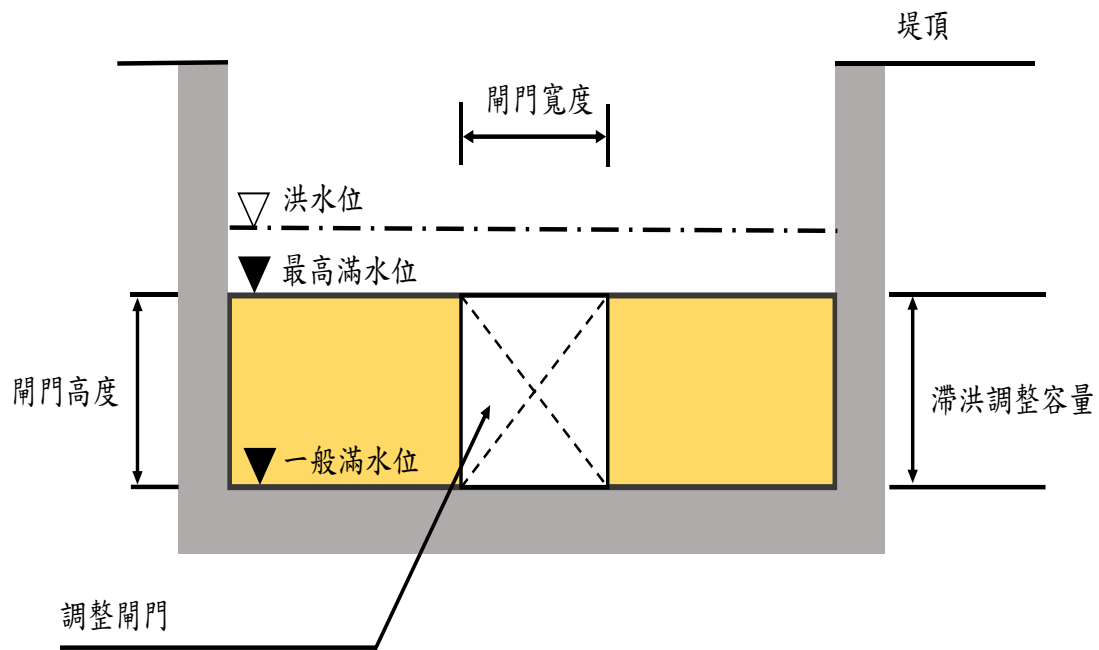
(4) 農塘滯洪措施

日本農林水產省(2018)提出的農塘滯洪措施，包括：A.先期降低農塘水位。即先期降低水位，預留滯洪空間。B.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，即每年10月至翌年3月之水位與每年4月至9月的農塘水位分別設定，以作為灌溉與滯洪使用。針對先期降低水位可以採用農塘溢流設施調整方式，包括溢流斷面縮減如圖1所示，或於溢流設施下方水路加設閘門如圖2所示。



資料來源：參考日本農林水產省(2018)，本研究繪圖。

圖 1 農塘溢流設施調整示意(溢流斷面縮減)



資料來源：參考日本農林水產省(2018)，本研究繪圖。

圖 2 農塘溢流設施調整示意(加設閘門)

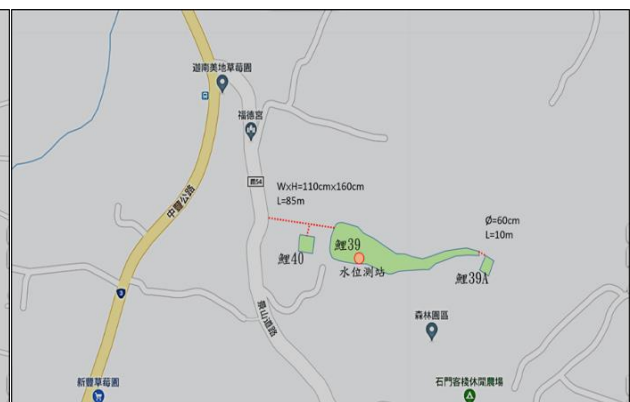
三、農塘蓄水模擬分析

本文參考簡傳彬(2020)於苗栗後龍溪上游集水區之後龍 006 農塘、鯉魚潭集水區之鯉潭 039 農塘設置自記水位等監測元件(共 2 組自記水位計)之觀測水位(每 10 分鐘 1 筆資料)，以進行模擬驗證資料使用。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。水位計設置地點簡傳彬(2020)經由現場勘察，選擇後龍溪上游集水區之後龍 006 農塘、鯉魚潭集水區之鯉潭 039 農塘等地點如圖 3~圖 4 進行設置。



資料來源：簡傳彬(2020)

圖 3 後龍溪上游集水區農塘自記水位計設置位置示意



資料來源：簡傳彬(2020)

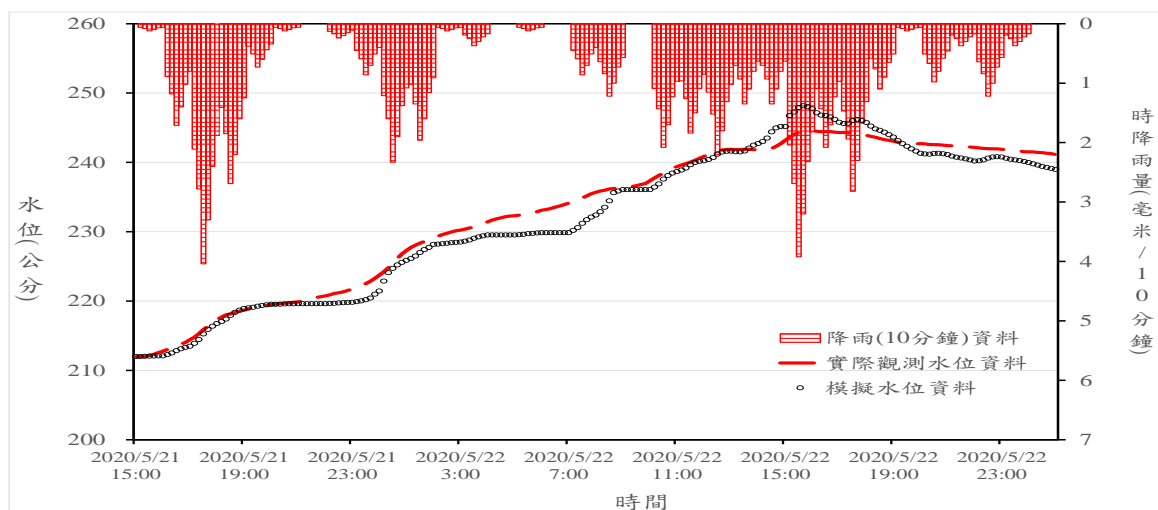
圖 4 鯉魚潭集水農塘自記水位計設置位置示意

台灣農塘水位量測儀器主要使用的類型為浮球式水位計、雷達波水位計、超音波水位計及壓力式水位計等。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。Micro-Diver 內部包括溫度和壓力感測器，記憶體和電池，外部為密封的不銹鋼材質(RVS 316L)，為非常輕便的自動測量、記錄水位和溫度的儀器(簡傳彬、方文村、徐永昶，2020b)。

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 (簡傳彬，2020)。

農塘蓄水模擬採用農塘水平衡模式。為了解模式之適用性，參考簡傳彬(2020)於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。

本文以 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 分鐘降雨形式進行模擬分析。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 5 所示。最高水位約為 245 公分。

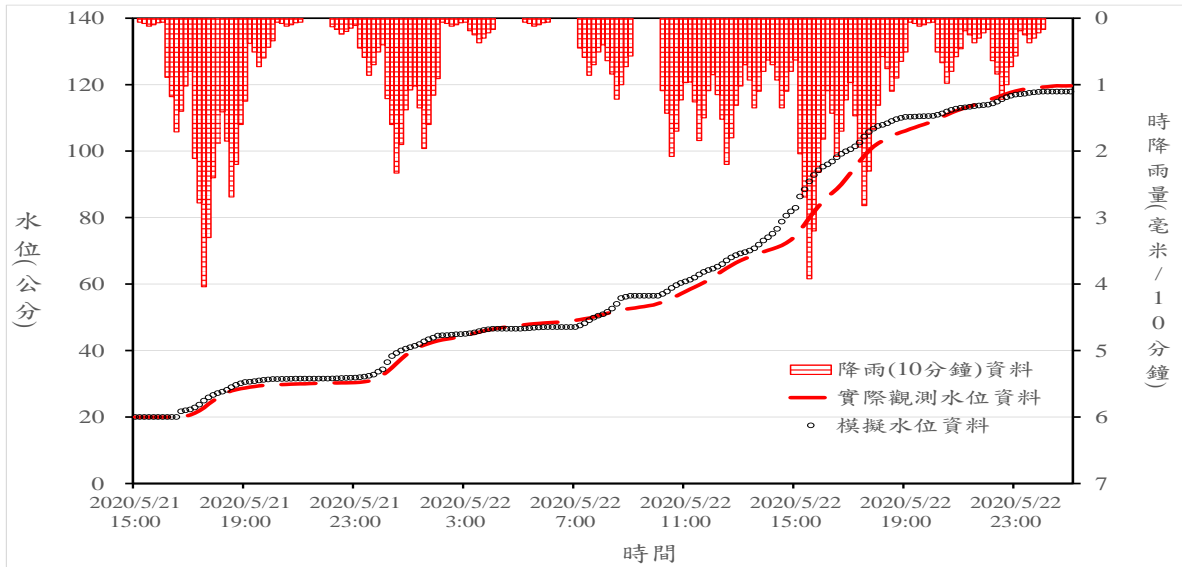


資料來源：簡傳彬(2020)

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

圖 5 後龍溪上游集水區後龍 006 2020 年農塘蓄水分析

本文以 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 分鐘降雨形式進行模擬分析。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 6 所示。最高水位約為 120 公分。



資料來源：簡傳彬(2020)

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

圖 6 鯉魚潭集水區鯉潭 039 農塘蓄水分析

四、農塘溢流設施調整情境分析

經由前述資料分析與現地訪談，擬定農塘溢流設施調整情境分析。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，參考相關文獻降雨強度重現期距區分為 2 年、5 年、10 年、25 年、50 年等。降雨延時在考量短延時強降雨之情境下，以 1 小時、2 小時、3 小時及 24 小時為模擬情境。後龍溪上游集水區後龍 006 農塘及鯉魚潭集水區鯉潭 039 農塘，採用中央氣象局大湖站之年降雨量進行不同降雨延時與重現期距之降雨強度如表 1 所示。

農塘溢流設施調整區分為溢流設施現況、溢流設施縮減、溢流設施加設施下游水路出流閘門調控；農塘水位區分為低水位、高水位、常水位等情境。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，常水位為前述觀測期間大雨前之平均水位、溢流堰往下 30 公分等二者之最大值。表 2~表 4 分別為後龍溪上游集水區後龍 006 農塘及鯉魚潭集水區鯉潭 039 農塘於低水位、高水位及常水位強降雨情境及其代號。以下再就所列各情境模擬結果說明如後。

表 1 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	1 小時	2 小時	3 小時	24 小時
2 年	64.39	50.13	42.05	13.95
5 年	76.56	59.61	50.00	16.59
10 年	85.77	66.78	56.02	18.59
25 年	97.95	76.26	63.97	21.23
50 年	107.16	83.43	69.98	23.22

資料來源：簡傳彬(2020)

表 2 農塘低水位情境代號

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

表 3 農塘高水位情境代號

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

表 4 農塘常水位情境代號

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

(一) 後龍 006 農塘模擬結果

1 小時降雨情境：後龍溪上游集水區後龍 006 農塘於溢流設施現況之 1 小時降雨情境下：低水位、高水位及常水位，2 年、5 年、10 年、25 年、50 年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖 7 所示。由圖 7 顯示：洪峰削減量約為 0.144 ~0.258cms。洪峰削減率依重現期距別約為 100~83%。

2 小時降雨情境：後龍溪上游集水區後龍 006 農塘於溢流設施現況之 2 小時降雨情境下：低水位、高水位及常水位，2 年、5 年、10 年、25 年、50 年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖 8 所示。由圖 8 顯示：洪峰削減量約為 0.142~0.95cms。洪峰削減率依重現期距別約為 100~68%。

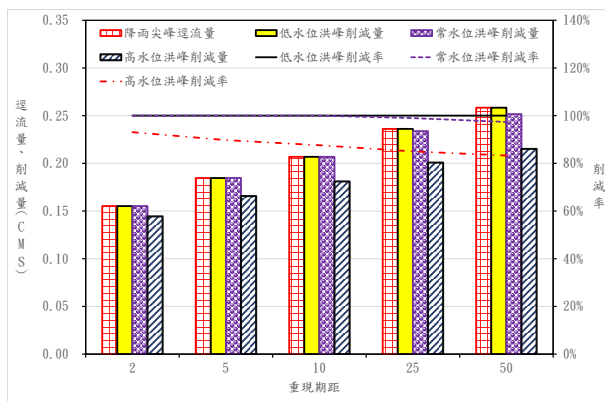


圖 7 後龍 006 之 1 小時降雨情境洪峰削減

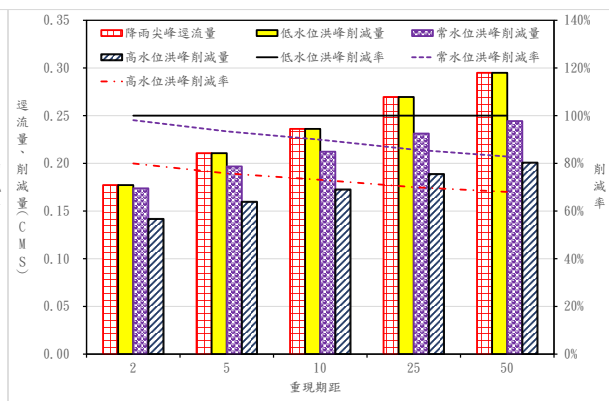


圖 8 後龍 006 之 2 小時降雨情境洪峰削減

3 小時降雨情境：後龍溪上游集水區後龍 006 農塘於溢流設施現況之 3 小時降雨情境下：低水位、高水位及常水位，2 年、5 年、10 年、25 年、50 年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖 9 所示。由圖 9 顯示：洪峰削減量約為 0.128 ~0.300cms。洪峰削減率依重現期距別約為 100~59%。

24 小時降雨情境：後龍溪上游集水區後龍 006 農塘於溢流設施現況之 24 小時降雨情境下：低水位、高水位及常水位，2 年、5 年、10 年、25 年、50 年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖 10 所示。由圖 10 顯示：洪峰削減量約為 0.031 ~0.082cms。洪峰削減率依重現期距別約為 69~21%。

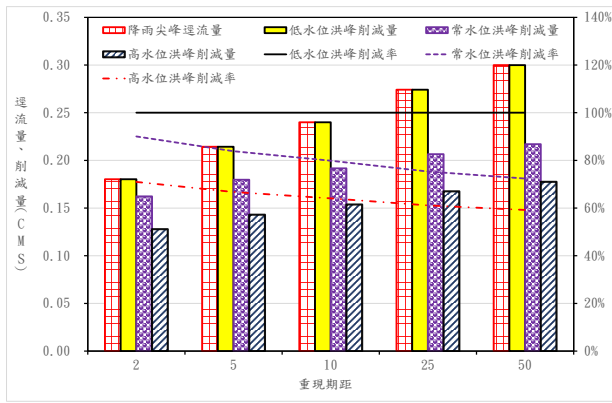


圖 9 後龍 006 之 3 小時降雨情境洪峰削減

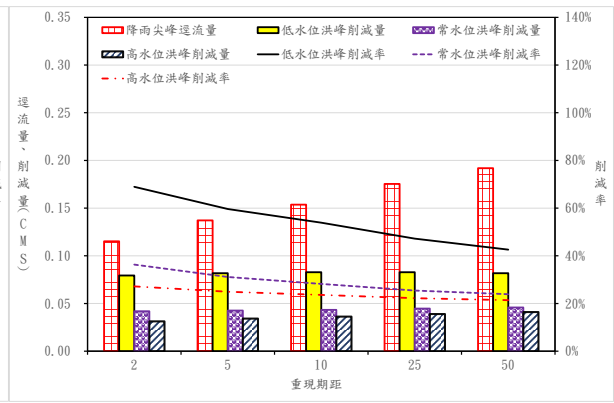


圖 10 後龍 006 之 24 小時降雨情境洪峰削減

(二) 鯉潭 039 農塘模擬結果

1 小時降雨情境：鯉魚潭集水區鯉潭 039 農塘於溢流設施加水路出流閘門調控之 1 小時降雨情境下：低水位、高水位及常水位， 2 年、5 年、10 年、25 年、50 年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖 11 所示。由圖 11 顯示：洪峰削減量約為 0.298~0.560cms。洪峰削減率依重現期距別約為 100~78%。

2 小時降雨情境：鯉魚潭集水區鯉潭 039 農塘於溢流設施加水路出流閘門調控之 2 小時降雨情境下：低水位、高水位及常水位， 2 年、5 年、10 年、25 年、50 年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖 12 所示。由圖 12 顯示：洪峰削減量約為 0.285~0.639 cms。洪峰削減率依重現期距別約為 100~62%。

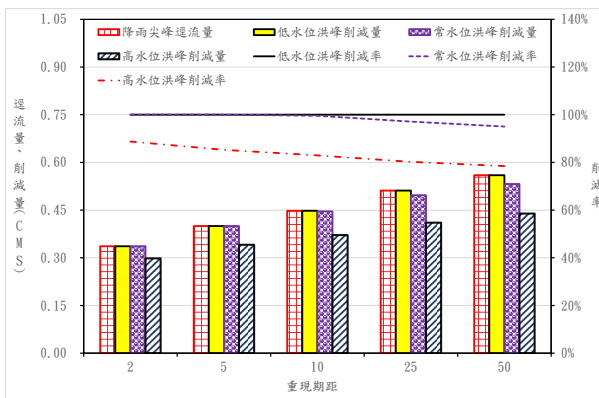


圖 11 鯉潭 039 之 1 小時降雨情境洪峰削減

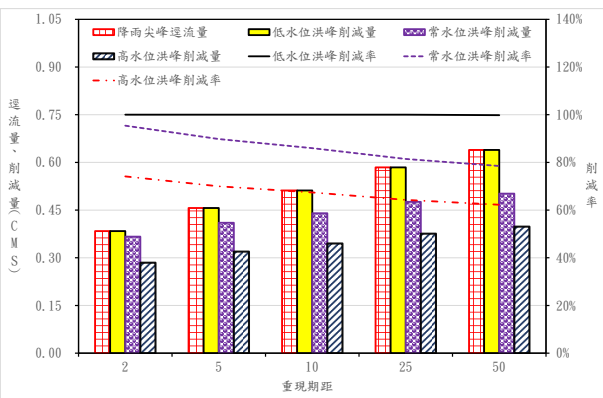


圖 12 鯉潭 039 之 2 小時降雨情境洪峰削減

3 小時降雨情境：鯉魚潭集水區鯉潭 039 農塘於溢流設施加水路出流閘門調控之 3 小時降雨情境下：低水位、高水位及常水位，2 年、5 年、10 年、25 年、50 年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖 13 所示。由圖 13 顯示：洪峰削減量約為 0.254~0.589cms。洪峰削減率依重現期距別約為 100~54%。

24 小時降雨情境：鯉魚潭集水區鯉潭 039 農塘於溢流設施加水路出流閘門調控之 24 小時降雨情境下：低水位、高水位及常水位，2 年、5 年、10 年、25 年、50 年等重現期距之降雨尖峰逕流量、農塘調蓄後尖峰逕流量、洪峰削減量及洪峰削減率模擬結果如圖 14 所示。由圖 14 顯示：洪峰削減量約為 0.062~0.147cms。洪峰削減率依重現期距別約為 55~21%。

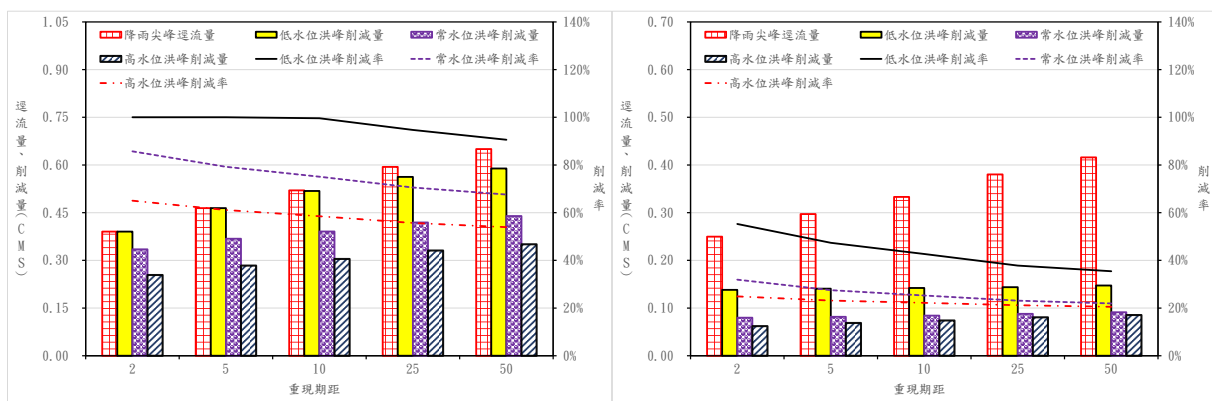


圖 13 鯉潭 039 之 3 小時降雨情境洪峰削減

圖 14 鯉潭 039 之 24 小時降雨情境洪峰削減

綜合前述，本研究目前已完成後龍溪上游集水區後龍 006 農塘及鯉魚潭集水區鯉潭 039 農塘進行農塘溢流設施調整以強化滯洪效益分析，顯示透過溢流設施調整具有提高區域農塘滯洪功能。單一農塘之面積相較於整個集水區而言，其面積及蓄水量偏小，但累計集水區各農塘及農田之蓄洪空間，將可使重現期 50 年之降雨尖峰逕流量，經由調蓄後，其出流量為 2~10 年重現期之降雨尖峰逕流量。亦即農塘滯洪蓄水操作，後續經由推廣，可降低區域洪災風險，以及提高農村社區與區域環境生態與水資源涵養效益。研究成果將提供相關單位參考。

五、結果與討論

台灣近年來由於受到全球氣候變遷的影響，以及區域降雨於時間與空間之分布不均，導致豐枯雨量相差懸殊，往往澇旱災互生，使得區域之水源供給調蓄及滯洪功能提升均為當前之要務。為降低氣候變遷之影響，考量農塘具有農田灌溉、滯洪及蓄水等功能，其中農塘之滯洪功能除與農塘集水面積、農塘可蓄水量、農塘面積等相關外，

亦與溢流設施構造及操作等密切相關。因此本文進行農塘溢流設施調整之滯洪效益分析探討，提供農塘對氣候變遷的調適方案參考，對於區域之滯洪效益將有顯著的助益。

經由農塘溢流設施現況調控，以後龍溪上游集水區後龍 006 農塘為例，後龍溪上游集水區後龍 006 農塘各情境模擬之尖峰逕流量結果顯示：後龍 006 農塘於常水位之長延時強降雨情境(24 小時) 下，50 年重現期距之調蓄後尖峰逕流量約為 0.146cms。低於長延時強降雨情境(24 小時)之 10 年降雨尖峰逕流量(約為 0.154cms)。經由農塘溢流設施加設施下游水路出流閘門調控，以鯉魚潭集水區鯉潭 039 農塘為例，鯉魚潭集水區鯉潭 039 農塘各情境模擬之尖峰逕流量結果顯示：鯉潭 039 農塘於常水位之長延時強降雨情境(24 小時) 下，50 年重現期距之調蓄後尖峰逕流量約為 0.325cms。低於長延時強降雨情境(24 小時)之 10 年降雨尖峰逕流量(約為 0.333cms)。兩例顯示，不論是否下游水路有出流閘門調控，透過農塘調蓄確可降低洪災風險。

單一農塘之面積相較於整個集水區而言，其面積及蓄水量偏小，但累計集水區各農塘及農田之蓄洪空間，將可使農塘集水區重現期 50 年之降雨尖峰逕流量，經由調蓄後，其出流量為 2~10 年重現期之降雨尖峰逕流量。亦即農塘滯洪蓄水操作，後續經由推廣，可降低區域洪災風險，以及提高農村社區與區域環境生態與水資源涵養效益。研究成果將提供相關單位參考。

參考文獻

1. 行政院農業委員會，2020，「水土保持技術規範」。
2. 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。
3. 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。
4. 財團法人農業工程研究中心，2016，「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。
5. 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。
6. 簡傳彬，2020，集水區農塘應用管路串並聯操作之研究，行政院農業委員會水土保持局 109 年度創新研究計畫。
7. 簡傳彬、方文村、徐永昶，2020a，農塘盤點調查與水資源利用_以後龍溪上游集水區為例，109 年度農業工程學會研討會。
8. 簡傳彬、方文村、徐永昶，2020b，農塘串並聯規劃與滯洪效益評估_以三灣北埔村為例，109 年度農業工程學會研討會。
9. Reddy K. S., Manoranjan Kumar., Rao, K.V., Maruthi, V., Reddy, B.M.K., Umesh B., Ganesh Babu 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.
10. 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>.
11. 日本農林水產省，2018，ため池の洪水調節機能強化対策の手引き。
12. 日本農林水產省，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。
13. 日本農林水產省，2020，ため池管理マニュアル。
14. 杉山博信、角屋睦、永井明博，1988，総合貯留関数モデルに関する研究，農業土木学会論文集，第 134 號，pp.69-75。