

農塘改建為滯洪設施效益評估之研擬

馮正一、劉怡安

國立中興大學 水土保持學系

壹、前言

人口快速的成長、土地大量的開墾，造成森林減少、石化能源大量的使用、自然生態逐漸失去平衡，導致全球氣候快速變遷，使得氣溫、雨量之變化更趨兩極化、旱澇並現的現象。以致現今許多地區的降雨強度有逐漸增大之傾向或旱季明顯變長，造成了許多災害及農作物收成銳減，進而對人民生命財產造成嚴重的威脅和損失。並且在經費的籌措與用地取得不易的情況下，利用遍佈在各地的農塘，減少地表水迅速流失，除了可以儲存豐水期之水源，以解乾旱時缺水之苦；也可調節暴雨季節之洪水流量，以防淹水之災。隨著環境保育意識的抬頭，並可減少人工水泥設施，實不失為一個解決問題兩全之策。本文首先對農塘自古以來對台灣社會所扮演的角色、相關規定之法規及功能方面，並介紹目前研究農塘之概況，最後農塘改建為滯洪設施之效益評估研究及未來可研究方向，作一概要性的陳述。

一、農塘在台灣歷史上所扮演的角色

漢人大量渡台後，在華夏民族傳統稻作經濟的影響之下，開拓土地、儲存豐水期水源、灌溉農田就變成當時的當務之急，據《鳳山縣志》記述，“按舊志，邑治田土多乏水源，淋雨則蘊，旱則涸，故相度地勢之下者，築堤瀦水，或截溪流，均名為陂”。在台灣通史(連橫，1918)之農業志中也有提及「台灣之溪，自山徂海，源遠流多，引水入渠，闢圳道之，蜿蜒數千里，以時啟開，故無旱澇之患，而歲可兩熟。或於山麓隴畔，築陂於窪，積蓄雨水，以資灌溉。」。由此可知先民為解決旱季乾渴之苦，已知在地勢低窪之處，以簡易的修築土堤、攔截河水引入農田，作為灌溉之用，此先民建造農塘的方法，與現今農塘之興建方式相較，似乎沒有明顯的差異。

現今在台灣各地依舊可以看到與早期先民拓墾時所建之埤圳、陂塘、堰汴有關的地名，這些地名多於明鄭時期在台開墾時所遺留者，像是「高雄路竹鄉的三老爺陂、北領陂、新園陂，湖內鄉的大湖陂，彌陀

鄉的烏樹林塘，鳳山縣的赤山陂等」。類似以埤圳為名的地名在全島更是多得勝枚舉。如埤子頭、埤子腳、圳頭、圳寮、大圳等等（《統一論壇》從地名釋義看兩岸歷史淵源，2002）。

二、農塘相關法規方面

在水土保持技術規範的第五十五條就有專門對農塘予以定義：「農塘係指在低窪地區或溪流適當地點，構築堤壩攔蓄逕流，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。」

水土保持技術規範第五十六條更有對於平地常見的開挖式農塘就安全性多方面的考量下，訂立「開挖式農塘之堤高不得超過三公尺。土堤頂寬應在一公尺以上，堤面坡度（內、外側）應緩於一比一·五。混凝土堤頂寬在〇·三公尺至〇·五公尺，以擋土牆方式設計，並應考慮水壓力。出水高在〇·四公尺至一公尺。出水口斷面應足以宣洩最大進水量。」，另一種築堤式農塘，常見在山坡地直接攔截溪水所建築農塘之型態，如表 1 所示。

表 1、開挖式與築堤式農塘示意圖與其照片

農塘之分類	開挖式農塘	築堤式農塘
示意圖	<p>開挖式農塘</p>	<p>築堤式農塘</p>
圖片	<p>兵庫縣加古大池</p>	<p>大分縣丸山埤塘</p>

資料來源：水土保持手冊，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）

三、農塘功能方面

農塘多位於低窪排水不良之農田區域，大致有在槽的農塘與離槽的農塘之分，具有蓄水功能、補充灌溉用水、補充地下水、減少對水庫依賴程度、可達到淨化水源功能、減少地表逕流以達防洪功能、減緩地層下陷、水質提昇及生態（吳約西，2003）調節下游泥沙量、調節微氣候、休憩、活化農村景觀、增進農民收益等功能，具有小型滯洪池及沉砂池之功效。

廖朝軒(2003)對雨水資源再利用文章中的分類方式，將農塘功用分成「利水、治水、活水」三大類。

- (1) 「利水」：農塘於地面開挖貯存雨水或引水入池，此舉可作為農業上灌溉之用、民生用水、及其他用水之用途，以增加土地的利用價值，例如將農塘附近興建步道或作成親水設施等，使其可供做景觀或休閒設施之利用。
- (2) 「治水」：主要是農塘可於暴雨來臨時適時的延遲洪峰流量、控制土砂量、短暫減少逕流體積，達到滯洪防災之目的。
- (3) 「活水」：主要是藉由農塘之透水能力，使水資源經由地表面入滲至地下水水位面，以補充地下水穩定地下水位，防止海水入侵，並利用自然土層吸附、分解、過濾、沈降或稀釋改善水質，以達保水與活水之目的。

而近來台灣為解決缺水之苦，有許多縣市紛紛獎勵農民興建農塘，像是台中縣大肚山台地因為氣候與地形等因素，農地經常缺水灌溉，冬季更常因焚風造成山林火災，且發生森林火災時，常因水源缺乏而導致災情難以控制，故規劃四十六處灌溉農塘、人工濕地、防災農塘及景觀遊憩塘，以進行灌溉、防火災、景觀遊憩等功能（台中縣政府新聞，2007）。

貳、目前研究農塘之概況

前人的研究多從農塘可以增加蓄水功能、可達到淨化水源功能、可減緩地層下陷、水質提昇方面探討研究，以及對於大家所熟知農塘具有滯洪防災與入滲對地下水的補注影響等探討，而少有專以坡地上的農塘對滯洪效益作深入研究，故主要收集滯洪設施之相關資料，以及國內對貯水池或人工埤池之滯洪、地下水入滲功能的相關文獻，並結合本提議的研究方法，作此一簡要陳述。

一、水土保持技術規範對滯洪設施所為之規定：

在水土保持技術規範第九十四條就有對滯洪設施之定義：「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。」及規劃設計予以規範，在第九十六條更有對其滯洪設施的滯洪量估算公式。故農塘改建為滯洪設施時，可藉此規範下作安全上的考量。

二、人工埤池之滯洪之相關研究：

對於人工埤池之滯洪效益，洪佳瑩(2006)針對桃園地區加以研究，主要依據降雨情況作降雨頻率之分析，再由受支線配水量、河川取入量、實際用水量、蒸發量及降雨量等因子，作人工埤池滯洪分析。模式方面是採用 Vensim 系統動力模式來分析埤池之蓄水量變化。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人工埤池之滯洪效益進行評估。

洪佳瑩(2006)之研究說明桃園大圳二支線防洪頻率僅相當於交通部公路排水設計規範，規模與市區排水溝相當，二支線在排洪功能方面，無法承受較大頻率之暴雨，但針對特定埤池，若定位在區域滯洪池的功能上，應可發揮相當之成效。

三、學者對貯水池入滲之相關研究：

對於地下水補充，譚義績(1996)提出許多方法來計算。地下水補注之評估通常採用的方法之一為間接估計法，是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、灌溉、養殖等滲漏估計值誤差大；另一方法為直接估計法，針對特定之補注型態進行評估，如丘陵、台地或土地之利用型態等等。

譚義績(1996)則是主要針對桃園地區，作實際量測貯水池入滲率、土壤比重、孔隙率…等資料，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論，評估桃園地區貯水池對補注地下水的效益。其研究成果說明桃園地區貯水池，因地質條件的因素，以致貯水池入滲率不高，無法作為補注池之用途。

參、農塘改建為滯洪設施之效益評估

本文提議農塘之研究內容摘要如下：

本研究課題主要是針對農塘為研究對象，以農塘對入滲之影響與滯洪方面的效益此兩大方向為研究課題加以探究，依據所蒐集的資料加以研析，再配合現有的現地調查資料作比較，藉此在有限的野外調查資料下，驗證程式模擬結果的正確性，計算出合理可量化的資料、數據，

了解普遍存在台灣農業社會已久的農塘，對下游滯洪效果如何？並且分析、評估若改建為滯洪設施之效益。

一、研究的動機：

在目前水土保持漸與農村發展結合的前提下，有許多為保育國土資源、涵養水源、避免災害、促進土地合理使用，又供農用的多功能構造物，逐漸被大眾所重視，而歷史悠久的農塘亦逐漸被人們所重視。

早期農民蓄積雨水、引入河川部分河水或是攔截河水所供於農業灌溉之用，其效用如小型的滯洪壩，可在雨季來臨時適時的延遲洪峰流量、可控制土砂量，於平時可以減少對水庫水源依賴程度、達到淨化水源功能、減緩地層下陷、水質提昇、亦可間接達到生態保育之功能。

但由於多處農塘因疏於管理、損壞嚴重、年久失修，或淤滿泥沙後任其荒廢，使各式各樣的廢棄物夾雜其中，污染生態環境；又許多農塘為農民私下所興建的，採用的是直接建立土堆攔截河水，在無完善的安全考量之下建立，又任其荒廢，所淤積的土砂可能會在下次豪雨來臨時，變成土石流的材料之一，對下游造成淹水或更大的災害。

在現今興建滯洪設施用地不易取得下，政府應該善用社會資源，給予適當的補助，鼓勵農民將農塘改建為滯洪設施，加以妥善管理，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。

二、研究內容及目的：

前人研究多從農塘可以增加蓄水功能、可減緩地層下陷、水質提昇、生態保育等方面探討研究，比較少以坡地上的農塘對滯洪效益作深入研究。故本研究主要是著重在農塘的滯洪方面，以及研究農塘入滲補充地下水對下游淹水範圍是否有影響。

一般主要造成淹水災害的原因是超大降雨，但如果有適當的滯洪設施，就並不一定會造成下游因疏洪量不足而使低窪地區淹水情形發生，本文以苗栗大湖鄉南湖溪農塘為例，提出研究構想。

本研究區位選定苗栗大湖鄉南湖溪附近的農塘(如圖 1 所示)，此處

農塘不是建於一般平原低窪地區，而是主要建立在河川上游，且多為農民私下所興建，為直接攔阻南湖溪支流河水所堆起的小土堤，在構造物的強度安全未予考量下，對於下游低窪地區是否會造成影響？而農塘造成下游災害的影響因素有哪些？其主要因素為哪些？

對於造成下游低窪地區淹水的因子有許多，例如：有關於地形、地質條件、坡度變化、河川狀況、泥沙淤積、地下水補注等因素，若一一探究其影響因子，恐將會備多力分，而無法就其主因為更深入探討知悉，故主要將以農塘對地下水入滲之影響與滯洪方面的效益此兩大方向為研究課題加以探究。

首先選定研究地區—「苗栗大湖鄉南湖溪」現地勘查，在進行當地文獻蒐集及資料整理，並且將所蒐集的相關參數、資料加以研析，利用入滲分析程式與二維洪水災害模擬程式，分析模擬模擬降雨、逕流、入滲等，計算下游淹水的範圍與實際下游淹水範圍資料比較，以得知研究區位農塘對下游之影響，再配合現有的現地調查資料作比較，驗證程式模擬的正確性，並分析農塘改建成滯洪設施前後之淹水區位變化情形。

利用地理資訊系統 GIS 讓使用者以數位化型式蒐集空間資料，利用電腦管理、套疊分析各種圖層，再配合水文、地文、人文，從直接（可計量）和間接（不可計量）評估農塘改建為滯洪設施之效益，評估要點如表 2 所示，並給予適當的管理建議以資參考。

表 2、農塘改建為滯洪設施之效益評估

直接 效益	調節洪水流量、可供防火用水、減少災害、保護人民生命財產、儲水灌溉之經濟效益。
間接 效益	增加土地利用之價值、淨化水源、維護生態、環境美化、可促進農業生產與其他經濟發展。

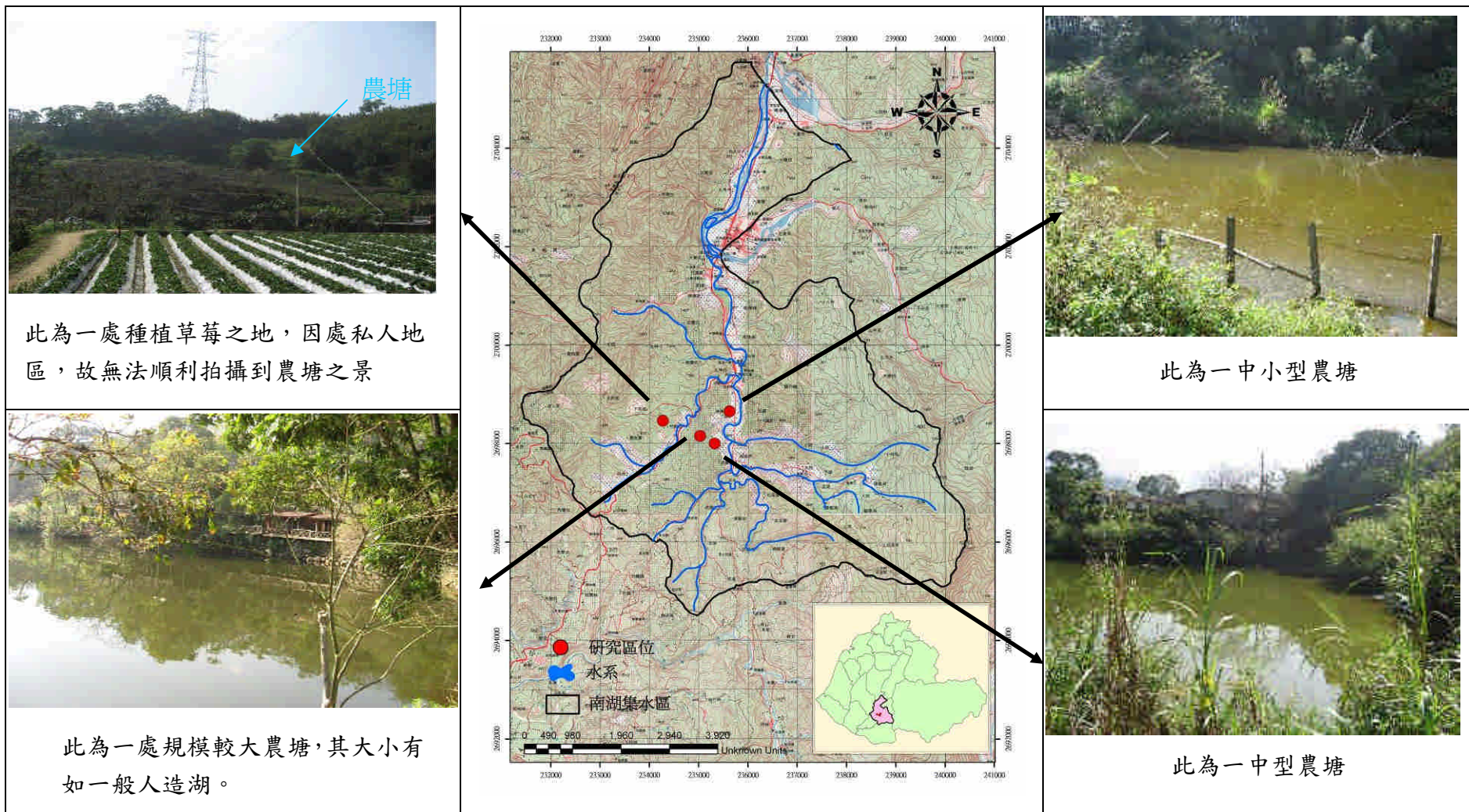


圖 1. 苗栗縣南湖溪-農塘區位(註：農塘尚未全部調查完成)

肆、未來方向

台灣因地質與地形特性導致自然災害頻傳，且氣候降雨時間不均，雨量多集中在梅雨時期及颱風季節，又因河流短促，以致降雨後無法有效延遲洪峰流量，造成淹水。

又台灣位於地震頻繁，故農塘之土壩可能受地震加速度力量作用下造成堤壩之潰壩，可能導致下游區域之發生災害與財產損失。目前農塘土壩多為農民自行構築，且大多未考慮地震力下之安全性計算。為使農塘在安全性下發揮滯洪與灌溉等效用，應進行農塘土壩之動態反應分析，以評估土壩之動態安全性。土壩進行動態之分析方法可參考 Makdisi and Seed (1978) 或「應用 FLAC 進行土石壩體之數值分析評估」李俊男 (2005)。

因政府經費有限與用地取得不易之現況，如何利用既有構造物解決淹水問題，可考慮農塘改建滯洪設施的方案。輔導農民進行疏濬、清淤等適當管理，以發揮滯洪設施最大的功效，也是目前重要課題之一。

近來政府所推動建立三生（生活、生產、生態）與三力（創立農業、活力農民、魅力農村）之經營方向，期望使農塘改建為滯洪設施不只能發揮平時灌溉功能跟暴雨來時的滯洪功效，更期許能提供生物棲息空間與自然環境裡的生態相互融合，並且結合當地傳統文化，營造新興的農村生活，增加當地就業機會，減少鄉村人口的流失，活絡地方經濟，與熱門的休閒農業相互結合，帶動地方相關產業的蓬勃發展，也為都市生活忙碌的人民，增添一處假日休閒遊憩的新去處，如台南縣龍崎鄉牛埔農塘(圖 2)，圖 3 為牛埔農塘二號土壩溢洪設施之設計剖面。



圖 2. 台南縣龍崎鄉牛埔農塘就是為一成功案例，平時作為蓄水灌溉之用，雨季時有調節河川流量的功能。並結合當地特殊地形，發展地方特色，推動當地觀光產業的興起。(馮正一 攝)

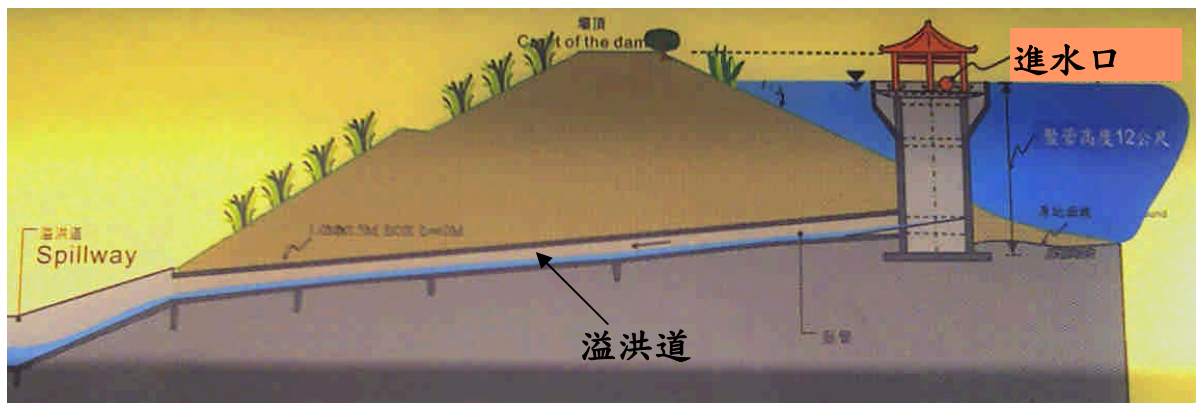


圖 3. 台南縣龍崎鄉牛埔農塘二號土壩溢洪設施。(馮正一 攝)

伍、參考文獻

1. Makdisi, F.I., and Seed, H.B. "Simplified Procedure for Estimating Dam and Embankment Earthquake Induced Deformations," Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, Vol. 104, No. GT7, pp 849-867, 1978.
2. 陳榮松 編譯 (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)
3. 譚義績 (1996)，桃園地區貯水池對地下水補助之效益評估，桃園農田水利研究發展基金會

4. 洪佳瑩，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，民國 95 年 7 月
5. 台中縣政府新聞參考資料
http://www.taichung.gov.tw/service/news/newsA_2.asp?bnull_id=17758 參看日期 2007.2.15
6. 參考網站：
<http://www.water.tku.edu.tw/record/meeting01.asp>
參考吳約西之論述，參看日期 2007.2.15
7. 農委會水土保持局網站
http://www.swcb.gov.tw/Newpage/swcb05/swcb05_1/index.htm
參看日期 2007.3.20
8. 《統一論壇》(2002 年 07 月 08 日)
<http://big5.chinataiwan.org/web/webportal/W2008592/Uadmin/A4693853.html>
參看日期 2007.3.16
9. 廖朝軒(2003)雨水資源再利用，台北縣九十二學年度「永續環境教育工作坊」督學、校長與行政主管研習手冊。台北縣政府教育局主辦。
10. 連橫(1918)，台灣通史 農業志
11. 李丕煜主修、陳文達編(1720)，《鳳山縣志》
12. 行政院農委會水土保持局(2003)水土保持技術規範(第五十五、第五十六條、第九十四條~第九十六條)。
13. 李俊男(2005)「應用 FLAC 進行土石壩體之數值分析評估」碩士論文。