

投稿類別：自然科技

篇名：

大自然的淚水~堰塞湖探究

作者：

黃禹澄。東華附小。五年級 忠班

黃禹潔。東華附小。五年級 孝班

郭哲睿。東華附小。五年級 愛班

王若維。東華附小。五年級 愛班

指導老師：

張玉真老師 吳霽昀老師

壹、前言

一、研究動機

2024 年 4 月 3 日早上 7 時 58 分花蓮外海發生芮氏規模達 7.2 的強震，是 1999 年 921 大地震後規模最大的地震，更是氣象署自 2020 年以來首次記錄到在花蓮和平鄉最大震度 6 強的地震。我們在四年級的自然課本中學到：強烈地震會造成地表變動，造成山坡土石滑落，堵塞河道，形成堰塞湖。研究顯示：堰塞湖存在的時間短則數小時，長則達數千年之久，若發生潰決，將嚴重影響下游居民的生命財產安全。

在農業部農村發展及水土保持署技術研究平台上，我們查詢到 1999 年 921 強震發生後，分別在南投縣、台中市、雲林縣、嘉義縣等縣市，造成面積大小不一的堰塞湖，其中在南投縣國姓鄉九份二山澀子坑溪、韭菜湖溪，以及嘉義縣阿里山鄉石鼓盤溪這三個地區形成的堰塞湖至今仍存在。而 2024 年 0403 花蓮強震後，也在秀林鄉木瓜溪上游形成堰塞湖。根據水保署網站資料顯示：花蓮縣秀林鄉銅門村木瓜溪上游的堰塞湖，於 2024 年 4 月 14 日形成，經過評估對下游部落的直接影響不大，林業及自然保育署花蓮分署立即啟動應變機制並持續監控。這處堰塞湖在 2024 年 8 月凱米颱風的豪雨沖刷下自然潰決，湖體消失，潰壩危機解除，讓當地居民鬆了一口氣。

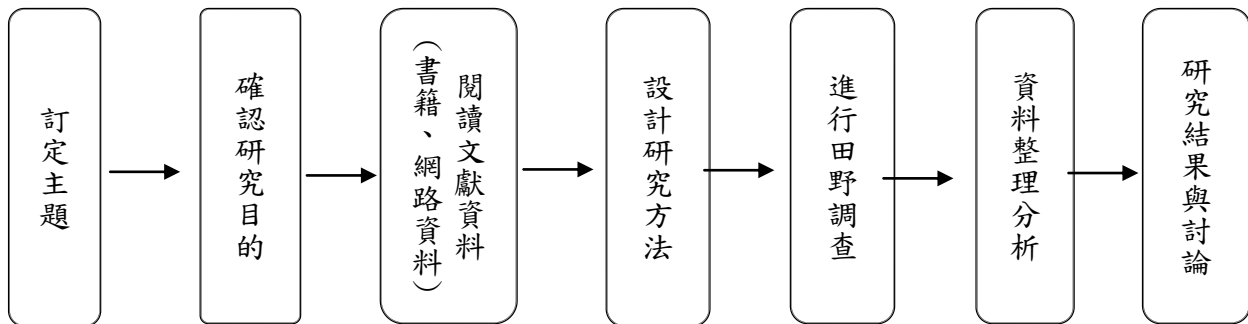
我們親身經歷了花蓮 0403 強震帶來的災害，至今仍心有餘悸。還記得強震當天，新聞媒體最先報導出花蓮崇德地區出現了驚人山崩，大量土石傾瀉而下，落到緊鄰的蘇花公路與海面上，導致交通中斷與路基坍塌。接著又看到地震形成堰塞湖的新聞報導，不禁對強震造成的災害深感畏懼。因此想透過專題探究來了解堰塞湖的形成原因以及如何應變，以確保居民的生命財產安全。並透過堰塞湖模型製作，規劃預警系統的可行性。

就在我們對堰塞湖進行專題探究的過程時，2025 年 7 月 21 日薇帕颱風過境，外圍環流帶來暴雨，花蓮縣萬榮鄉馬太鞍溪上游於 7 月 25 日發生大規模邊坡崩塌，形成了新的堰塞湖，湖體約 1490 萬立方公尺，距離下游馬太鞍部落約 11.5 公里。持續至 9 月 23 日受到強颱風樺加沙外圍環流帶來的暴雨影響，於當日 14 時 50 分壩頂溢流，滾滾泥流及砂土迅速向下游移動，馬太鞍溪橋遭洪水沖斷，16 時 30 分第二波洪峰更造成光復鄉市區水淹將近一層樓高。看到馬太鞍溪堰塞湖對下游居民帶來的巨大威脅，我們透過堰塞湖預警系統模型的製作，了解預警系統的重要性，以減少居民生命財產的損失。

二、研究目的

- (一)透過文獻探討，了解堰塞湖形成的原因與類型。
- (二)透過文獻探討，了解堰塞湖所造成的災害及應變措施。
- (三)透過資料檢索與田野調查，了解花蓮縣木瓜溪及馬太鞍溪堰塞湖形成後對環境及居民造成的影響。
- (四)透過堰塞湖模型製作，了解堰塞湖潰決前預警系統的成效。

三、研究流程



貳、文獻探討

一、堰塞湖的成因

堰塞湖是指山崩或熔岩流堵塞河谷或河床，儲水到一定程度後形成的湖泊，通常為地震、風災、豪雨、火山活動等自然原因所造成，也有人為因素所造就出的堰塞湖，例如：炸藥擊發、工程挖掘等。阻塞河道的物體稱為天然(堰塞)壩，上游形成的湖泊稱為堰塞湖。

台灣除了草嶺潭堰塞湖外，近十多年來堰塞湖紀錄多數集中在 921 大地震發生後所形成的十餘個堰塞湖。故近期台灣堰塞湖形成主要因為地震，其次為降雨。組成材料則多為順向坡滑動或崩落的岩塊堆積而成。(資料來源：「堰塞湖引致災害防治對策之研究」；水利規劃試驗所，93 年 12 月)

形成的天然壩體通常是不穩定的地質，結構比較鬆散，更沒有人為施工抵擋瞬間山洪爆發，土石壩的擋水設施、過濾層等輔助結構。只要受到沖刷、侵蝕或蓄水量持續上升，大量湖水就會對下游地區造成毀滅性的破壞。

二、堰塞壩的類型與材料特性

(一) 大自然形成的堰塞壩類型:

1. 火山熔岩堰塞壩：火山爆發時，熔岩流阻亂河谷而形成的堰塞壩。
2. 山崩堰塞壩：山崩滑坡等大規模地質活動阻塞河谷而形成。
3. 土石流堰塞壩：土石流將河谷堵塞後所形成的壩體。
4. 泥石流堰塞壩：泥石流沖刷堆積物堵塞河道而形成的壩體。

台灣堰塞壩主要誘發原因以降雨及地震為主，部分為不明原因形成。

(二) 堰塞壩材料特性:

1. 地震引起崩滑形成的堰塞壩：壩體結構鬆散、含水量低、孔隙率大、低凝聚性及粒徑分布不均勻。
2. 降雨引起崩滑形成的堰塞壩：含水量高、孔隙率小、高凝聚性及粒徑分布不均勻。
3. 土石流堆積於主流河道而形成的堰塞壩：含水量高、孔隙率小、滲透性小、高凝聚性及粒徑分布不均勻。

地震形成的壩體含水量低，會形成較高陡型的形狀；降雨誘發的壩體則因為體積較大、河道流域較長；土石流堆積的河道則較低矮、沿河道擴散方向較長。

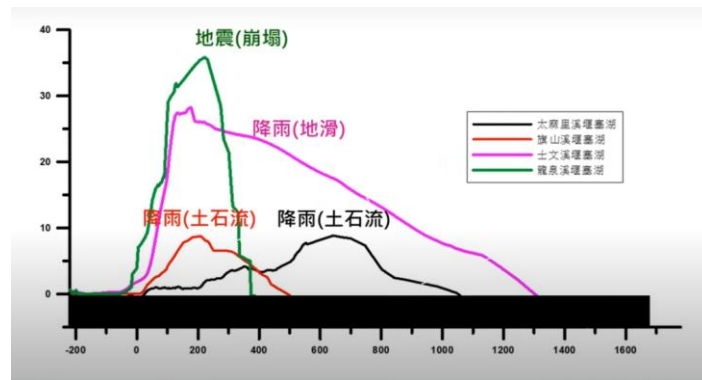


圖 1 堰塞壩材料特性。(資料來源：陳昆廷(2023)。大規模崩塌降雨警戒與堰塞壩形成專題講座)

三、堰塞湖造成的災害及處置方式

國內最早有較完整的堰塞湖紀錄為 1862 年的草嶺堰塞湖，許多堰塞湖在來不及處置前就已潰決，或是經判斷後無立即危險且無下游居民而採持續觀察。國內堰塞湖多因降雨引起，土體運動形式以崩塌及土石流為主，多因溢流破壞而潰壞，或藉由工程控制進行堰塞湖處置。

堰塞湖一旦潰壩，上游迴水會淹沒建築物、道路、農地等基礎設施。且其潰壩時間預測不易，使得災害具有突發性、衝擊大及影響範圍廣……等危害性，嚴重威脅下游居民的生命財產安全。

(一)主要災害類型

- 1.上游淹沒災害：堰塞湖的蓄水會使上游河道水位不斷上升。聚落、道路、農田及其他設施可能被淹沒，影響居民的生活和生產。
- 2.下游潰壩災害：堰塞湖的天然壩體往往不穩定，容易受到水流的沖刷、侵蝕或外力的作用。壩體若因溢流而遭破壞，最終可能發生潰堤，形成「潰壩洪水」。潰壩洪水會攜帶大量的水體和土砂，其瞬間爆發的衝擊力極大，足以摧毀下游的房屋和基礎設施。

以下就我們閱讀台灣堰塞湖相關文獻資料後，列舉地震、颱風造成的堰塞湖重要案例，分析其造成的災害及應變方式。

(一) 雲林草嶺潭堰塞湖

1999 年 9 月 21 日凌晨 1 時 47 分車籠埔斷層活動，在南投縣魚池鄉地震站西南方 7 公里處，發生芮氏規模 7.3 的地震，震源深度 8 公里，最大震度在南投魚池 7 級。921 地震時，全臺形成多個堰塞湖，規模最大的為草嶺堰塞湖以及在九份二山形成的澀仔坑湖以及韭菜湖等 2 座堰塞湖。



圖 2 草嶺堰塞湖空拍影像

圖 3 草嶺堰塞湖處置時間軸

(資料來源：農業部農村發展及水土保持署技術發展研究平台)

草嶺崩塌面積大、地形陡峭、人力監測困難，為即時掌控現場各項變化，保障鄰近聚落之安全，於是設置緊急監測系統，監測崩塌地土砂、堰塞湖水位、堰塞湖溢流、地形地貌變化等。監測單位在崩塌地上架設地震儀、傾斜儀、以及水壓計等設備，進行長期監控。此外，為了瞭解集水區入流量及掌控堰塞湖水位變化，在湖區設置自動水位觀測設備，每日定時觀測水位。

除了設計緊急監控系統，經濟部水利處第四河川局協調雲林縣政府成立防救災指揮體系，和嘉義、南投縣政府等相關單位舉辦聯合防汛演習，以確保緊急應變與疏散指揮之機能。此外，召集上下游可能影響範圍內村里長及警消等相關防救災單位，完成緊急疏散計畫書，以維護民眾之生命財產安全。

中長期處理對策則進行以下工程：1.警報系統建置。2.溢流水道加強工程 3.防砂壩興建與崩塌地處理。4.完成堤防護岸工程。

(二)南投縣九份二山堰塞湖

九份二山崩塌地及堰塞湖位於南投縣，在國姓鄉、中寮鄉以及草屯鎮之交接處。921 地震時崁斗山發生大規模順向坡崩塌，崩塌面積約 102.5 公頃，土石滑動長度超過一公里，淹沒堵塞韭菜湖溪及澀子坑溪，形成兩個堰塞湖，造成 39 人死亡、228 頭水鹿活埋、以及 200 公頃農地損毀。(資料來源：農業部農村發展及水土保持署技術發展研究平台)

緊急應變措施為：1.進行緊急溢洪道工程。2.貨櫃壩加載工程：堰塞湖水位升高後，地下水壓逐漸升高，採用空貨櫃填現場砂石，完成全國第一座具防砂功能的貨櫃壩加載工程，除了穩定邊坡之外，也能阻止地表水滲入崩塌區，降低堰塞湖風險。



圖 4 九份二山堰塞湖處置時間軸

中長期處理對策：1.植生綠化工程 2.監測系統建置 3.梳子壩及固床工工程等施工 4.防災演練。

(三)2024 年 0403 花蓮大地震形成的堰塞湖

0403 地震後，林業及自然保育署花蓮分署調查發現，木瓜溪及萬里溪上游邊坡崩塌、土石阻塞河道形成堰塞湖，湖體蓄水量分別近 46、55 萬立方公尺。花蓮分署表示，0403 地震造成木瓜溪、萬里溪等上游兩處堰塞湖形成後，分別威脅溪流下游的秀林鄉銅門村、榕樹社區及鳳林鎮林田山林業文化園區、萬榮鄉萬榮部落居民等，帶來潛在的風險。為了因應這個危機，花蓮分署立即執行相關應變措施，包括成立應變小組、建立各單位緊急聯絡窗口、辦理地方說明會、設置監控設備、定期以無人機空拍及調閱衛星影像等方式，來降低風險及掌握堰塞湖的變化，並於颱風豪雨期間，積極將堰塞湖最新變化，即時通報給相關單位，以確保下游居民的安全能得到保障。

而 2024 年 7 月凱米颱風過後，雖由衛星影像及遠處監控發現木瓜溪、萬里溪等堰塞湖疑似潰堤消失，經過空勤總隊協助兩條流域的全線空勘，確認原先兩處的堰塞湖已經自然潰決，湖體消失，且無新的堰塞湖產生，因此通報解除危機。花蓮分署將會持續保持警覺，利用無人機及衛星影像追蹤轄區內崩塌地變化情形，調查潛在災害的危害程度，保障人民生命財產的安全。(資料來源：農業部林業及自然保育署網 <https://www.forest.gov.tw/0004547/0074252>)

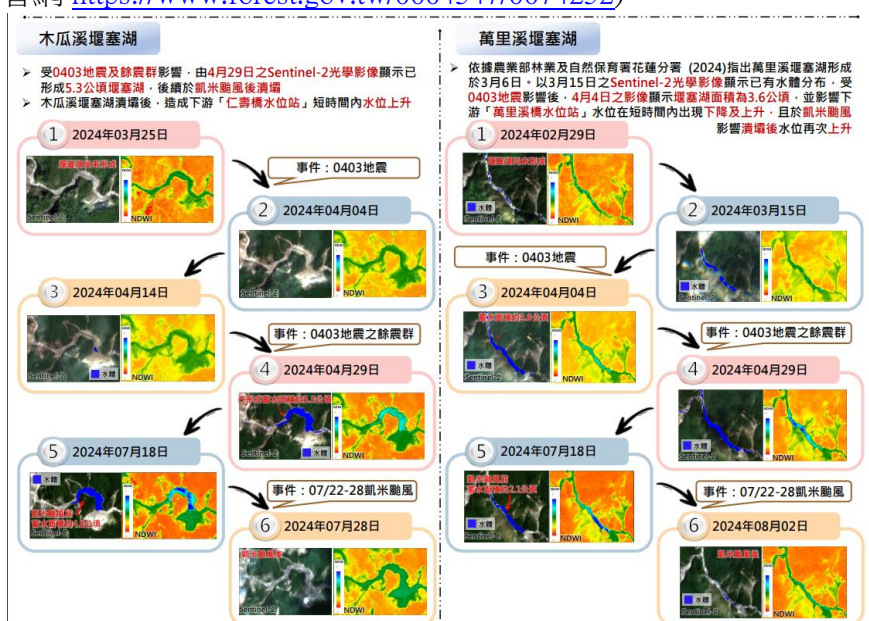


圖 5 應用遙測技術於台灣 2024 年 0403 地震堰塞湖追蹤 (資料來源：國家災害防救科技中心)

(四)2025 年 薇帕颱風形成的花蓮馬太鞍堰塞湖

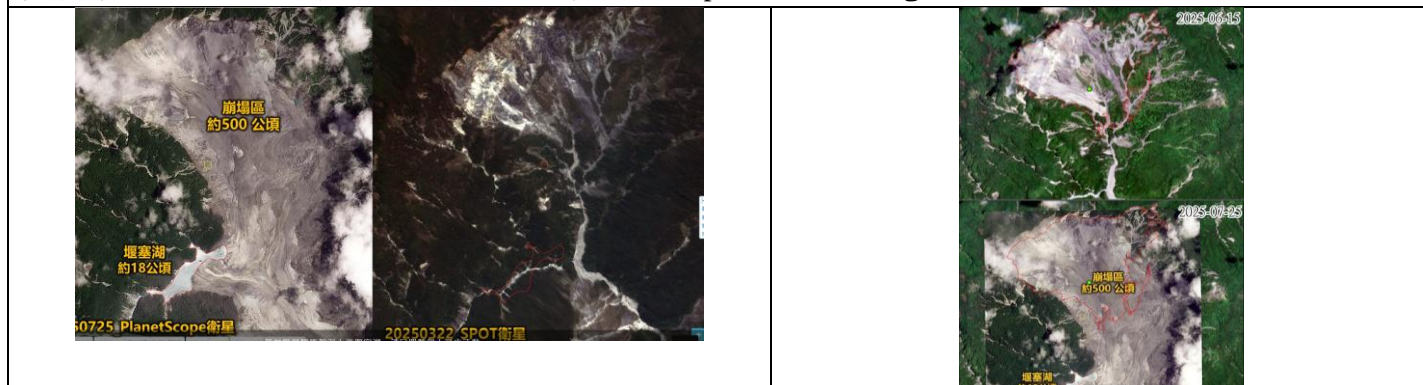
受薇帕颱風影響，花蓮縣萬榮鄉馬鞍溪上游於 2025 年 7 月 25 日發生大規模邊坡崩塌，形成新生堰塞湖。林業及自然保育署花蓮分署成立應變小組並通報各相關單位啟動防災機制，呼籲附近居民與遊客暫勿進入溪床活動。

花蓮分署指出，堰塞湖湖面面積約 18 公頃、壩高約 120 公尺、迴水長度約 1,000 公尺，蓄水量約 1,400 萬立方公尺。此次事件造成之崩塌面積約 500 公頃，其中既有裸露地約 300 公頃，25 日新生裸露面積約 200 公頃。(資料來源：2025/07/26 農業部林業及自然保育署

<https://www.forest.gov.tw/0004547/0076653>)



資料來源: 2025/07/26 農業部林業及自然保育署 <https://www.forest.gov.tw/0004547/0076653>



資料來源：2025/07/26 農業部林業及自然保育署
<https://www.forest.gov.tw/0004547/0076653>

馬鞍溪堰塞湖及其支流集水區 114 年 6 月 15 日及 7 月 25 日影像
(資料來源：國有林防災應變及堰塞湖監測系統 <https://qlakenew.forest.gov.tw/public/lake/index>)



馬太鞍溪堰塞湖(資料來源：2025/08/07 東台灣新聞網 <https://etaiwan.news/>)

進行堰塞湖的專題探討期間，我們持續關注馬太鞍溪堰塞湖的相關報導。林保署估計滿水時將等於一整座南化水庫有效蓄水量，如果潰堤將對下游造成影響，為此林保署前往堰塞湖壩頂裝設水位計，提供有效數據隨時能發布警報。

9 月 22 日強烈颱風「樺加沙」逼近台灣，陸上警戒範圍為台東、屏東、恆春半島，雖然花蓮縣並不在其中，但因颱風帶來的雨量可能導致馬太鞍溪堰塞湖溢流，花蓮縣政府也在晚間宣布將在 9 月 22 日早上 8 點，開始撤離影響範圍內的民眾，初步預估將影響約 1800 戶，上看 8 千人。(資料來源：2025/09/22 台視新聞網 <https://news.ttv.com.tw/news/11409210003600W/amp>)

花蓮分署說明，堰塞湖警戒發布與疏散撤離機制簡述如下：中央氣象署發布海上颱風警報時，林業保育署發布黃色警戒建議地方政府提前將弱勢族群（行動不便或需旁人攙扶者）先行勸導撤離，並完成避難收容所開設前之空間、物資與人員整備，並同步發送細胞簡訊（預告通知版）示警民眾。更進一步若中央氣象署發布陸上颱風警報，或林業保育署依據降雨預測估算未來 24 小時湖水將自壩頂溢流時，林業保育署將立即發布紅色警戒建議地方政府立刻執行強制性撤離及應變措施，並同步發送細胞簡訊（請速撤離版）向警戒範圍三鄉鎮民眾發出明確示警。

另外在堰塞湖下游河道防減災措施方面，各機關加緊辦理河道疏濬，下游有溢堤風險的堤防或開口堤，水利單位已陸續完成堆置太空包、缺口補實及堤基加固等工作，颱風期間並將於可能淹水區域預佈抽水機等應變作業，期全力降低壩頂溢流後對下游的災害程度。

林業保育署已聯合相關防災單位持續密切監控堰塞湖與下游河道狀況，並強調樺加沙颱風將可能對馬太鞍溪下游沿岸產生影響，呼籲下游居民務必保持高度警覺，隨時注意官方發布的最新訊息，如非必要切勿進入堰塞湖影響範圍警戒區域及溪流沿岸活動。颱風警報期間，請配合花蓮縣政府的防災應變規劃，在接獲疏散通知時，立即依照指示進行避難疏散，確保自身與家人的安全。（資料來源：2025/09/22 台視新聞網 <https://news.ttv.com.tw/news/11409210003600W/amp>）

馬太鞍溪堰塞湖於 9 月 23 日 14 時 30 分起水位下降，14 時 50 分堰塞湖溢流，洪流夾帶泥沙沖向下游。15 時 30 分，洪水將台 9 線馬太鞍溪橋沖毀，使馬太鞍溪下游南側的堤防破損，導致大量河水進到光復鄉。16 時第一波洪峰衝入光復鄉市區，第二波發生的溢流洪峰於 16 時 30 分抵達市區。民眾眼看著洪水吞噬家園、生命財產面臨重大威脅。根據中央災害應變中心統計，截至 10 月 1 日洪災已造成 18 人死亡、7 人失聯，百餘人受傷。災後為了更精準掌握馬太鞍溪堰塞湖變化，農業部林保署 25 日出動「空載光達掃描儀」獲得資料，比對內政部提供堰塞湖形成之前的災前地形資料，結果發現劇變，山體崩塌最大深度 403 公尺，相當高雄 85 大樓高度，下游河床比災前還要高出 4、50 公尺，超過 10 層樓高，而山上的土方量，預估有 3 億立方公尺。上游土石堆積量驚人，堰塞湖則顯著縮小中，潰決前 140 公頃、蓄水 9100 萬噸，潰決隔日已減少 75% 庫容，9 月 26 日剩下 15.5 公頃比形成時更小，到 10 月 1 日最新數據已降至 12.8 公頃，剩不到 600 萬噸庫容。（資料來源：2025/10/01 公視新聞網 <https://news.pts.org.tw/article/773171>）

參、田野調查

為了更瞭解堰塞湖形成的原因與環境，老師在 114 年 5 月 25 日安排一次考察活動。我們先到鯉魚潭潭北進行考察，鯉魚潭位於花蓮縣壽豐鄉池南村，是木瓜溪支流-文蘭溪之上游與花蓮溪支流-荖溪之間河川襲奪所形成的堰塞湖，湖面呈南北長東西窄的橢圓形，面積約 104 公頃左右，湖水來自於地底湧泉，所以終年清澈，水最深處達 15 公尺。

接著我們步行到仁壽橋上觀看河床大小，老師說：「仁壽橋下河道旁堆放許多消波塊，目的在於防止邊坡土堤被沖垮。但夏季颱風來臨時，木瓜溪的水量增加（本段為中游），消波塊就會被強烈的水勢沖刷到河中央。另外仁壽橋上設置水位流量站監測水位、流量等資料。木瓜溪從上游到下游，水流速度由快變慢、河道由窄變寬，搭建在河流兩端的橋，也因河道變寬而橋長變長，下游的河道變寬，水量變小，所以在東華大橋下可以運用來種植西瓜。」

最後我們驅車到銅門水力發電廠展覽館參觀。展覽館的解說老師說：「水力發電是水高速沖刷進入隧道中的壓力管，並沖刷水輪機發電。花蓮木瓜溪上游坡度變化大，有利於水力發電，建有銅門水壩與龍溪發電廠、龍澗發電廠、水簾發電廠、清水發電廠、清流發電廠、銅門發電廠、榕樹發電廠與初英發電廠等八座電廠，其中以龍澗發電廠的發電量最大。木瓜溪的水力發電排名於台灣第三，僅次於大甲溪與濁水溪。」

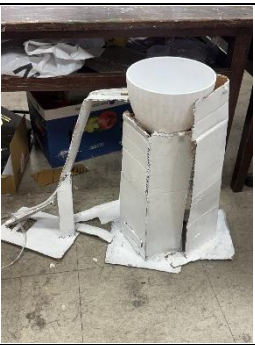
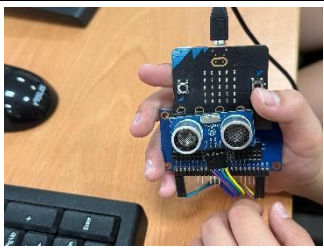
經過鯉魚潭踏查後，我們學到：鯉魚潭的形成原因是河川襲奪、河道上的消波塊則用來防止內陸的土堤被毀壞，以及木瓜溪上游坡度變化大，有利於水力發電，真是一次有趣的活動。

地點	鯉魚潭			
				
		資料來源:花東縱谷國家風景區網站		
				
在木瓜溪下游，我們發現了河道較寬，而且水的流速也比較慢。		榕樹部落附近有明顯的邊坡崩落地形，讓我們見識到風災、豪雨對地形環境的破壞。		
				
為了完整記錄水力發電在木瓜溪流域的歷史，東部發電廠將過去銅門副控中心的一處閒置空間，改造成台電東部展示館。展示館內有木瓜溪的河流圖、水力發電原理、模型。				

肆、堰塞湖預警系統模型製作

根據閱讀資料，我們發現花蓮萬榮鄉馬太鞍溪 7 月 21 日形成堰塞湖，估計滿水時將等於一整座南化水庫有效蓄水量，如果潰堤將對下游造成影響，為此林保署前往堰塞湖壩頂裝設水位計及監測器，透過太陽能維持電力以便回傳所有監測訊號，提供有效數據隨時能發布警報。於是透過老師的指導，我們也嘗試製作一個堰塞湖預警系統模型來了解如何監控堰塞湖。

製作流程	堰塞湖預警系統模型製作		
1.第一版			
說明	利用瓦楞紙板設計堰塞壩再上接水道和管子用來模擬疏洪道，之後再鋪上黏土模擬堰塞湖並在瓦楞紙上面塗顏色。		

製作流程	堰塞湖預警系統模型製作		
2.第二版			
說明	紙箱來做的堰塞湖模型會漏水，所以我們用 tinkercad 做了一個直徑 25.5 公分高 16 公分的堰塞湖湖身模型，使用塑膠材質 3D 列印出一個防水的立體模型，再用黏土撲滿內部。		
3.第三版			
說明	我們利用鐵架支撐壩體，來改良堰塞湖壩體的穩定性。目前支架的高度不夠，曬衣架的大小是長 39 公分寬 30 公分高 86 公分，高度也夠，所以改用曬衣架，但是因為無法用曬衣架做出可以放置塑膠碗的架子，所以我們把塑膠管切成兩半，並用線將其綁在曬衣架上。		
4.第四版			
說明	我們覺得曬衣架太不穩固了，所以利用雷射木板的程式，做了長 23 公分寬 23 公分高 45 公分的堰塞湖的支架。再用熱融膠拚合，這次的支架不但更方便攜帶，而且也更美觀了，因為一組的高度不夠，所以我們做了兩組讓他變成 95 公分的支架。		
5.安裝水位感測器			
說明	為了測量堰塞湖模型的水位，我們使用行動電源接上在網路上買的超音波感測器來測量水位。超音波感測器的長度是 18cm，寬度是 4cm，高度是 1cm。如果堰塞湖模型的水位高於 8cm，警報器就會響起。有了超音波感測器，我們就能迅速測量堰塞湖的水位了。		

伍、研究結果

一、堰塞湖形成的原因和類型：

堰塞湖是指山崩或熔岩流堵塞河谷或河床，儲水到一定程度後形成的湖泊，通常為地震、風災、豪雨、火山活動等自然原因所造成，也有人為因素所造就出的堰塞湖，例如：炸藥擊發、工程挖掘等。阻塞河道的物體稱為天然(堰塞)壩，上游形成的湖泊稱為堰塞湖。台灣堰塞壩主要誘發原因以降雨及地震為主，部分為不明原因形成。經過文獻探討，我們整理出堰塞湖形成類型有下列幾種：

- 1.火山熔岩壩：火山爆發時，熔岩流阻亂河谷而形成的堰塞壩。
- 2.山崩堰塞壩：山崩滑坡等大規模地質活動阻塞河谷而形成。
- 3.土石流堰塞壩：土石流江河谷堵塞後，所形成的壩體。
- 4.泥石流堰塞壩：泥石流沖刷堆積物，堵塞河道而形成的壩體。

二、堰塞湖造成的災害：

堰塞湖一旦潰壩，上游迴水會淹沒建築物、道路、農地等基礎設施。且其潰壩時間預測不易，使得災害具有突發性、衝擊大及影響範圍廣.....等危害性，嚴重威脅下游居民的生命財產安全。以此次馬太鞍溪堰塞湖為例，強颱樺加沙外圍環流挾帶豪雨，致使馬太鞍溪堰塞湖 23 日下午 2 時 40 分左右壩頂溢流，不僅台 9 線馬太鞍橋被沖斷，大規模泥水直接灌入光復鄉市區，淹水達一層樓高。還造成多人死傷及失聯，成為超級重災區。

三、堰塞湖災害應變與防災：

為避免類似悲劇，政府會透過衛星影像、航空照片或現地勘查等方式監測堰塞湖的狀況。依據馬太鞍溪堰塞湖災害案例顯示，自堰塞湖形成後，林業保育署花蓮分署及東華大學防災團隊等單位就開始進行 24 小時不間斷監測，然而此次災害中，堰塞湖仍在短短 30 分鐘內瞬間湧出 1540 萬噸水量，凸顯了監控及預警系統的重要性。

1.監測預警:裝設水位計和監控系統,即時掌握堰塞湖的水位與壩體狀況。透過高回傳頻率與判讀精度的監控系統，並建置公開監測面板供跨單位共享數據以支撐預警決策。然而，若能在堰塞湖形成初期便設計快速且經濟的疏洪道系統，配合即時監測技術，將可大幅提升災害應變效能。

2.疏散應變:發布警戒訊息,要求下游居民依照指示撤離到安全地點。應變作業包括製作避難疏散圖、發送細胞廣播測試警訊演練，以及建立前進指揮所統籌救災工作。專家研判在極端條件下若發生潰決，洪峰抵達下游重點保全點時間僅約 40 至 60 分鐘，因此預防性疏散與即時警報系統格外重要。

3.工程措施:在必要時,進行溢流水道加強或疏洪道開鑿等工程,以降低壩體壓力,避免大規模潰決。然而馬太鞍溪堰塞湖案例中，專家雖曾研商壩頂降挖、炸開壩體、壩頂虹吸抽水等湖區引流洩壓方案，但因位處偏遠山區且周邊持續崩塌，工程手段在技術上和時效上均無法達成。一直到洪災造成下游光復市區大淹水，光復堤防也被沖毀長達 2 公里，水利署在 2 天努力下，於 114 年 9 月 29 日把馬太鞍溪流入市區的水導引到深水槽，成功改道。水利署長林元鵬說，既然水已經改道成功，可以提升市區救災效率，即刻進行第一道防線土堤的堆置，以 2 週內完成第一道土堤的構置目標。

四、堰塞湖預警系統模擬研究：

我們透過堰塞湖模型的製作，發現水位監測系統以及預警系統能快速、有效的掌握堰塞湖的即時訊息。以馬太鞍堰塞湖為例，若能設計一套快速且經濟的疏洪道疏洪系統極其重要，在災害發生前建立有效的工程洩壓機制，或許可避免釀成重大災情，這應是未來防災工程技術待突破的重點方向。

陸、參考資料

- 1.農業部農村發展及水土保持署技術研究發展平台(<https://tech.ardswc.gov.tw/Results/BarrierLakeInfo>)
- 2.陳昆廷(2023)。「大規模崩塌降雨警戒與堰塞壩形成專題講座」。國立屏東科技大學體木工程學系。
(<https://tech.ardswc.gov.tw/Results/BarrierLakeInfo>)
- 3.國有林防災應變及堰塞湖監測系統網站(<https://qlakenew.forest.gov.tw/public/>)