

屏東縣第66屆國民中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：地球科學科

組 別：國小組

作品名稱：

河流底下的隱形水路~力里溪伏流水圳與堰堤形狀之模擬研究

關 鍵 詞：力里溪、伏流水、堰堤

編號：A5007

目 錄

摘要·····	2
壹、研究動機·····	3
貳、研究目的·····	3
參、研究架構·····	4
肆、研究設備及器材·····	5
伍、研究過程與結果討論·····	6
【研究目的一：探討力里溪伏流水圳的 古往今來 】·····	6
【研究目的二：踏查力里溪伏流水圳的 環境樣態 】·····	10
【研究目的三：比較力里溪伏流水圳與二峰圳伏流水的 異同之處 】·····	18
【研究目的四：研究收集伏流水的不同形狀堰堤的 相關影響 】·····	21
陸、研究結論·····	26
柒、參考文獻·····	28

河流底下的隱形水路~

力里溪伏流水圳與堰堤形狀之模擬研究

摘 要

本研究以屏東縣具有百年歷史的「力里溪伏流水圳」為主要探討對象，並與「二峰圳伏流水」進行比較。研究首先透過文獻資料蒐集，了解力里溪伏流水圳的歷史背景與工程特色，接著進行實地踏查，觀察水圳周邊的環境與水流情形，並比較兩條伏流水圳在設計與功能上的異同。此外，我們設計模型實驗，模擬不同形狀的堰堤，觀察其收集伏流水的效果。透過研究我們發現：

- 一、伏流水特性：經過地層天然過濾，不易夾帶大量泥沙，水質極佳。
- 二、力里溪伏流水圳被稱作「淨零」水利智慧的結晶。
- 三、力里溪伏流水圳建造的主體設施有三項，但來義鄉二峰圳卻有四種，多了分水工程這一項，而且地下堰堤的總長度也是來義鄉二峰圳比較長。
- 四、實驗結果：三角形堰堤和圓形堰堤兩種，比較適合取之加以應用於現今的伏流水水資源的工程設施。

壹、研究動機

去年（114年）11月，在自然課學習「變動的大地」單元時，老師從地殼變動造成的地形改變，延伸介紹到水資源的重要性。老師提到，屏東縣冬季降雨量很少，許多溪流在冬天時水量都變得非常少，可能會對屏東縣的用水來源造成影響，也讓我們了解到珍惜水資源的重要。

就在老師介紹水資源時，電腦畫面出現周縣長站在一條水質清澈的水圳旁。她介紹說：「好療癒的水圳，猜猜我在哪裡？這條水圳不只灌溉了土地，也滋養了文化，百年前的工程智慧，至今仍靜靜守護著大家。」看到這段介紹，我們感到非常驚訝：原來一條水圳竟然已經有一百多年的歷史，而且現在仍然可以使用。

這讓我們想起之前校外教學曾到訪的「林後四林森林遊樂區」。園區中展示「二峰圳」伏流水系統，還設置了一座一比一比例的堰堤模型，讓遊客了解當時的工程設計與原理。不過，周縣長照片中的地點並不是二峰圳。我們於是到網路上尋找答案，發現有民眾指出那裡是「力里溪伏流水圳」。這讓我們產生更多疑問：屏東縣除了二峰圳之外，竟然還有另一條超過百年的伏流水圳！這條水圳是由哪位工程師設計的？它與二峰圳之間有什麼相同與不同的地方？

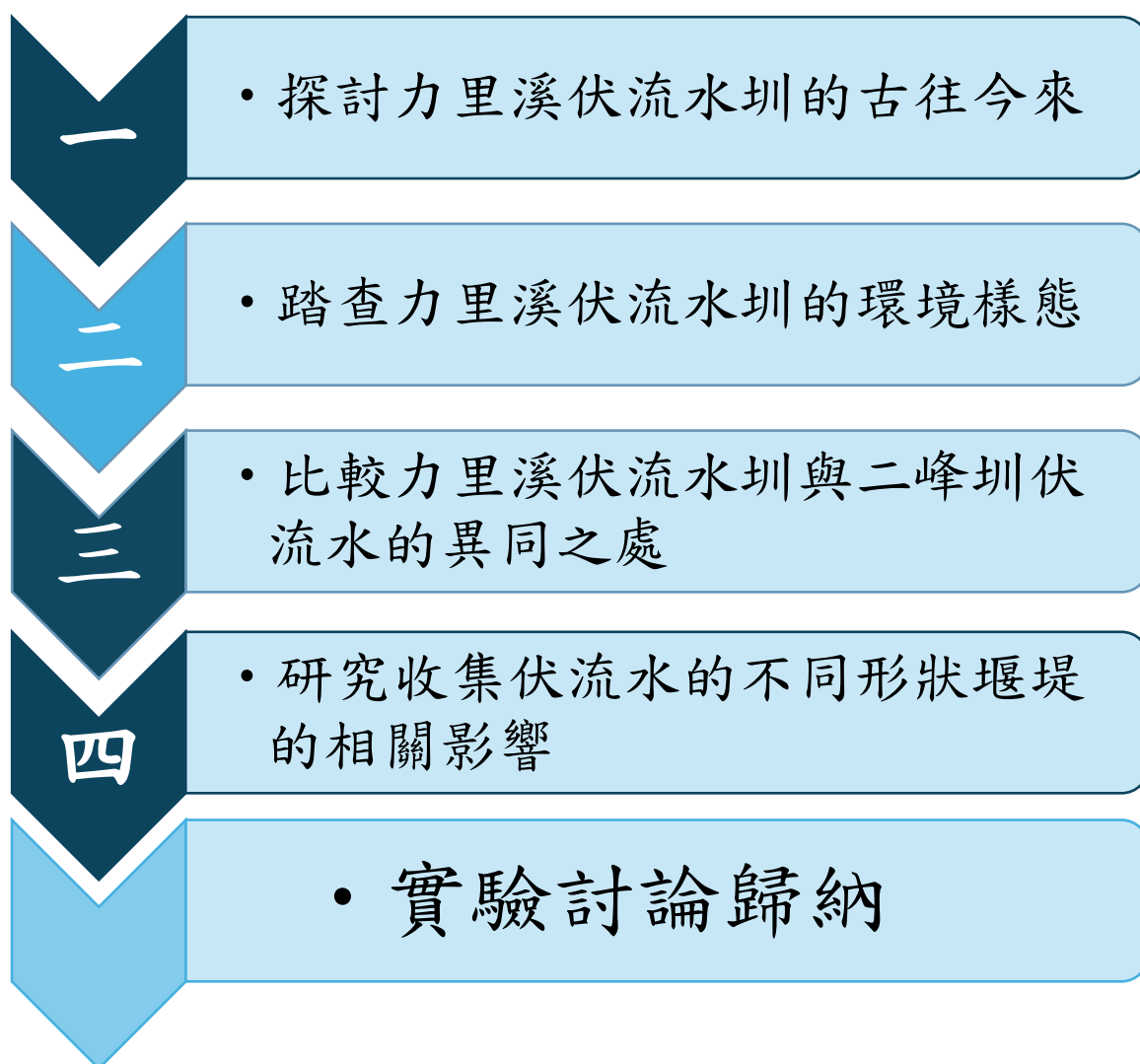
帶著這些問題，我們開始蒐集相關資料，並實際到現地進行環境踏查與訪問。同時，我們也嘗試設計實驗，利用不同形狀的堰堤模型收集水量並進行比較，希望透過觀察與實驗，了解伏流水圳的工程原理，並探討不同堰堤設計對取水效果的影響。

貳、研究目的

- 一、探討力里溪伏流水圳的古往今來。
- 二、踏查力里溪伏流水圳的環境樣態。
- 三、比較力里溪伏流水圳與二峰圳伏流水的異同之處。
- 四、研究收集伏流水的不同形狀堰堤的相關影響。

參、研究架構圖

河流底下的隱形水路~ 力里溪伏流水圳與堰堤形狀之模擬研究

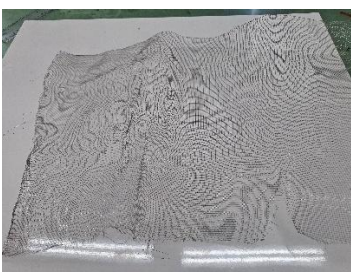


肆、研究設備及器材

一、力里溪上的沙礫(取砂地點:)

		
取砂地點 1	取砂地點 2	取砂總數(9 桶)

二、相關設備與裝置

		
透明塑膠整理盒 長 400cm 寬 385cm 高 212cm	濾砂白鐵網(14 目)	濾紗網的目數工具
		
墊高塑膠盒的壓克力資料盒	燒杯與量杯	鐵材(鐵絲直徑 4mm)

三、自製三種形狀的堰堤

		
正方形鐵件堰堤	三角形鐵件堰堤	圓形鐵件堰堤

(以上照片皆為組員拍攝)

伍、研究過程與結果討論

【研究目的一：探討力里溪伏流水圳的古往今來】

一、研究想法

我們對於自然課時，老師所提到台灣冬天雨量比較少，但是屏東縣都沒有感覺到缺水的危機，感到非常有興趣，會想更進一步了解伏流水是如何形成的。因此，我們蒐集並探討力里溪伏流水圳相關資料，並做成討論紀錄。

二、研究內容

(一)探討伏流水如何形成

(二)上網搜尋有關力里溪伏流水圳的文字與圖片資料

三、搜集伏流水的相關報導資料

(一)利用網路搜尋與查詢，有關伏流水(Infiltration Water)的報導資料，整理如下表：

1、【奧秘之水-遇見伏流水】新一代水資源，缺水的解方

(發佈日期：109-12-07 資料來源：屏東縣政府水利處)

資料來源：<https://youtu.be/Dc9MiwZzPBE?t=19>



伏流水的特性與優勢：

- (1)伏流水就是在潛伏在河床底下，淺層的地下水。
- (2)水質經過自然的地層介質過濾之後，比較潔淨。
- (3)它的施工的期間比較短，而且成本比較低。
- (4)短暫的下雨，馬上就可以在河床上補注它的水源。
- (5)伏流水的開發所需的用地比較小，取得上容易。
- (6)開發後在河床上也沒有構造物，對河川的變化以及自然環境、水域生態影響比較小。



擷取圖片來源：<https://youtu.be/Dc9MiwZzPBE?t=19>

2、伏流水是什麼？水利署長報你知

(發佈日期：107 年 12 月 07 日 資料來源：經濟部水利署)

資料來源 https://www.youtube.com/watch?v=X-N_4c-DQGs&t=21s



伏流水，就是流動在河床底下非飽和沙礫石層內的水流，也就是儲存在河床下的水源。因為伏流水取水於河床下方的水源，水量非常豐富，就像天然的地下水庫。



擷取圖片來源：<https://pse.is/8sdc94>

3、如何做到伏流水的永續利用？救命之水的循環再生 |

feat. 丁澈士 屏東科技大學名譽教授 |

大旱時代系列之三 | 公視我們的島 Podcast @EP. 27

(首播日期：112 年 4 月 9 日 資料來源：公共電視我們的島)

資料來源：https://www.youtube.com/watch?v=iJ6kPwH_cMg



被譽為「台灣伏流水之父」的屏東科技大學名譽教授丁澈士來解答，什麼是伏流水？

(1)定義與歷史：「伏流水」一詞在中國早期 1500 多年前的《水經注》中就已出現。它指的是存在於較淺層、流動於河川底下的水。在臺灣，伏流水的開發可以追溯到 1895 年日治時期，當時就被當作供應給高雄地區「救命水」。

(2)水質清澈與生態監測：伏流水的水質非常清澈，濁度通常小於標準的 2NTU，甚至常在 1 點多或零點多。相比於蓋水庫，伏流水的工程經費較。取水站甚至會利用對水質敏感的魚類來作為「毒物警戒」，一旦水質遭受污染，魚類就會有異常反應，藉此來監測水質。

- (3)分佈廣泛：伏流水從北到南都有，包括彰化、雲林、嘉義到屏東等西部平原地區，開發潛力非常大。在高雄地區，伏流水甚至可以供應高達一半的用水需求。
- (4)四不一高的優勢：不影響總水權量、不改變地形地貌、不阻斷河川水流、不造成地層下陷、民眾接受度高等的五項優勢。



擷取圖片來源：https://www.youtube.com/watch?v=iJ6kPwH_cMg

(二)上網搜尋有關力里溪伏流水圳的歷史文字資料，參考資料來源：

「清澈伏流續命百年：探尋屏東力里溪水圳的「淨零」水利智慧 | PeoPo 公民新聞」

【記者/程德昌 Valjeluk Katjadrepan 報導，日期：114年11月8日】

網址：<https://www.peopo.org/news/826642>



1、歷史探源：

- (1)位於屏東縣春日鄉的力里溪伏流水圳，在完全不依賴電力與機械動力的情況下，清流至今已百年不輟。
- (2)水圳的興建可追溯至西元1925年（大正14年）民國14年。當時為了推動臺灣糖業發展，臺灣製糖株式會社迫切需要在屏東縣春日鄉一帶開拓穩定的灌溉水源，以支撐龐大的甘蔗契作面積。

2、鳥居信平的「師法自然」工程哲學：

- (1)這項工程任務交給了日本京都帝國大學畢業的技師-鳥居信平先生。

(2) 烏居信平主張「順應自然」，他深入觀察力里溪的特性，發現地表水易受旱澇影響且混濁，因而決定開發深藏於地底的「伏流水」。

3、力里溪伏流水圳引取系統的三大組件：

(1) 地下堰堤 (Underground Dam)：攔截水流的「梯形堰堤」，深埋於河床底下的攔水設施，負責攔截地下滲流。

(2) 汲水暗渠 (Collecting Gallery)：天然淨化的「過濾渠道」，呈現出 U 型或網格狀的集水管線。

(3) 自然重力輸送：利用山區與平原之間的高程落差，讓水流僅藉由天然的重力作用，便能從地底穩定湧出。

四、結果討論藉由資料的蒐集，我們發現：

(一) 伏流水特性

- 1、非雨季期不易枯竭，水量穩定且充足。
- 2、經過地層天然過濾，不易夾帶大量泥沙，水質極佳。
- 3、完全不需要動力，純粹依賴自然重力，水持續往下游流。
- 4、對地表環境干擾極低，維持棲地原貌。
- 5、相關設施皆深埋於地底下，不受溪流中大水的侵蝕與搬運作用影響。

(二) 力里溪伏流水圳被稱作「淨零」水利智慧的結晶

- 1、運用「水往低處流」的自然重力，將地勢能源轉化為動力能源，不太需要消耗任何一度電即可輸送水源。
- 2、無需「現代淨水廠」的化學藥劑與加壓設備，節省了巨額的運作成本與碳排放的危機。
- 3、取水設施深埋於地下的「不透水層」，具有高度結構耐久性，避開了地表的風化作用與洪水沖刷的侵蝕搬運作用。

(三) 力里溪伏流水圳對未來的影響

- 1、堅固的工程結構「韌性」：面對極端氣候影響的旱澇，深埋地下的工程結構，歷經百年依舊能繼續維持穩定的出水量和優良水質。
- 2、環境生態與人類開發「平衡」：捨棄蓋大型水庫阻斷水流，只有取用河流底下的伏流水，達成環境生態的平衡點。
- 3、水動力與自然重力的淨零「永續」：真正發揮零排放與零能耗的永續生活環境。

【研究問題二：踏查力里溪伏流水圳的環境樣態？】

一、研究想法

我們從研究一知道力里溪伏流水圳的建造歷史與伏流水的重要性之後，想要更進一步了解這個百年水圳的設計，能讓當地居民延續生命水源的需求，而且歷經百年風華歲月不曾改變。因此，我們利用寒假期間到力里溪伏流水圳進行實地踏查與觀察紀錄。

二、研究內容

- (一)踏查力里溪上游段的伏流水圳周邊的環境樣態。
- (二)踏查力里溪中游段的伏流水圳周邊的環境樣態。
- (三)踏查力里溪下游段的伏流水圳周邊的環境樣態。

三、研究結果

有關力里溪伏流水圳的進水塔、明渠、暗渠等，我們與指導老師利用寒假期間一起到春日鄉的力里溪上游段、中游段和下游段的伏流水圳周邊的區域做踏查記錄(圖2-1)。我們發現進水塔收集伏流水後，再借助地勢的高低落差，利用重力把水輸送到中下游的村庄部落和農田(圖2-2)。因此，我們以春日好品展示廳中的力里溪伏流水圳的分布圖(圖2-3)為主，分成上游段、中游段和下游段的位置以編號①、②、③…等，作成相關踏查照片與文字的紀錄資料。

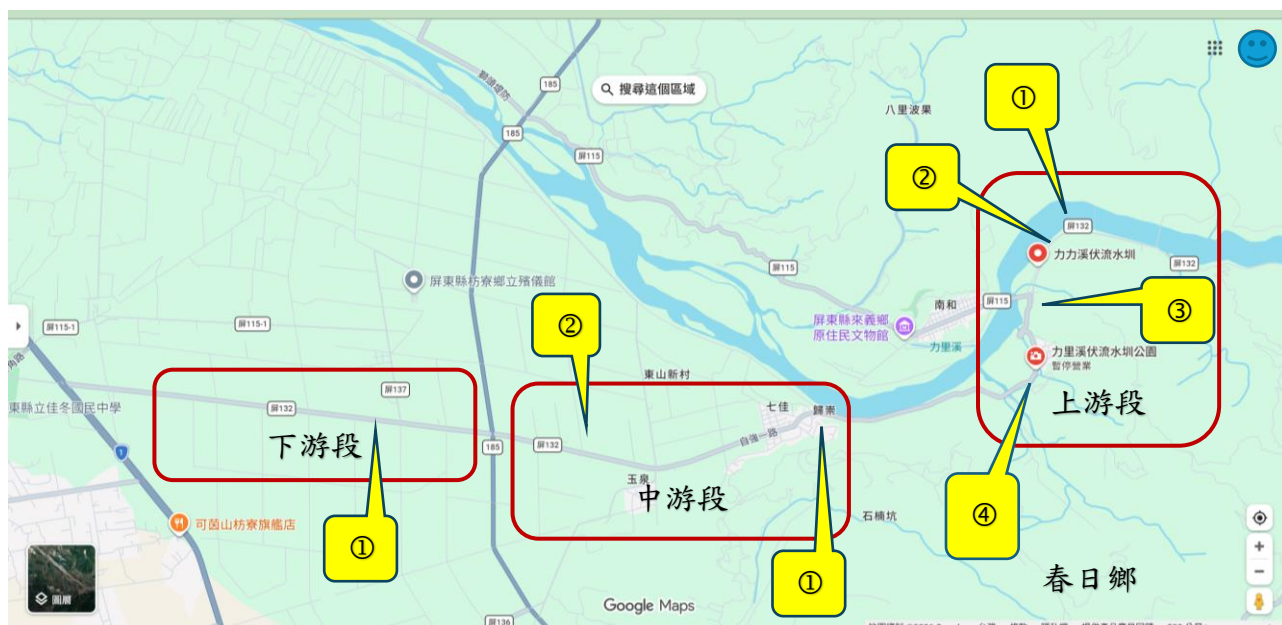


圖2-1力里溪伏流水圳的上游段、中游段和下游段的位置圖



圖2-2力里溪伏流水圳的上游段、中游段和下游段的地勢圖

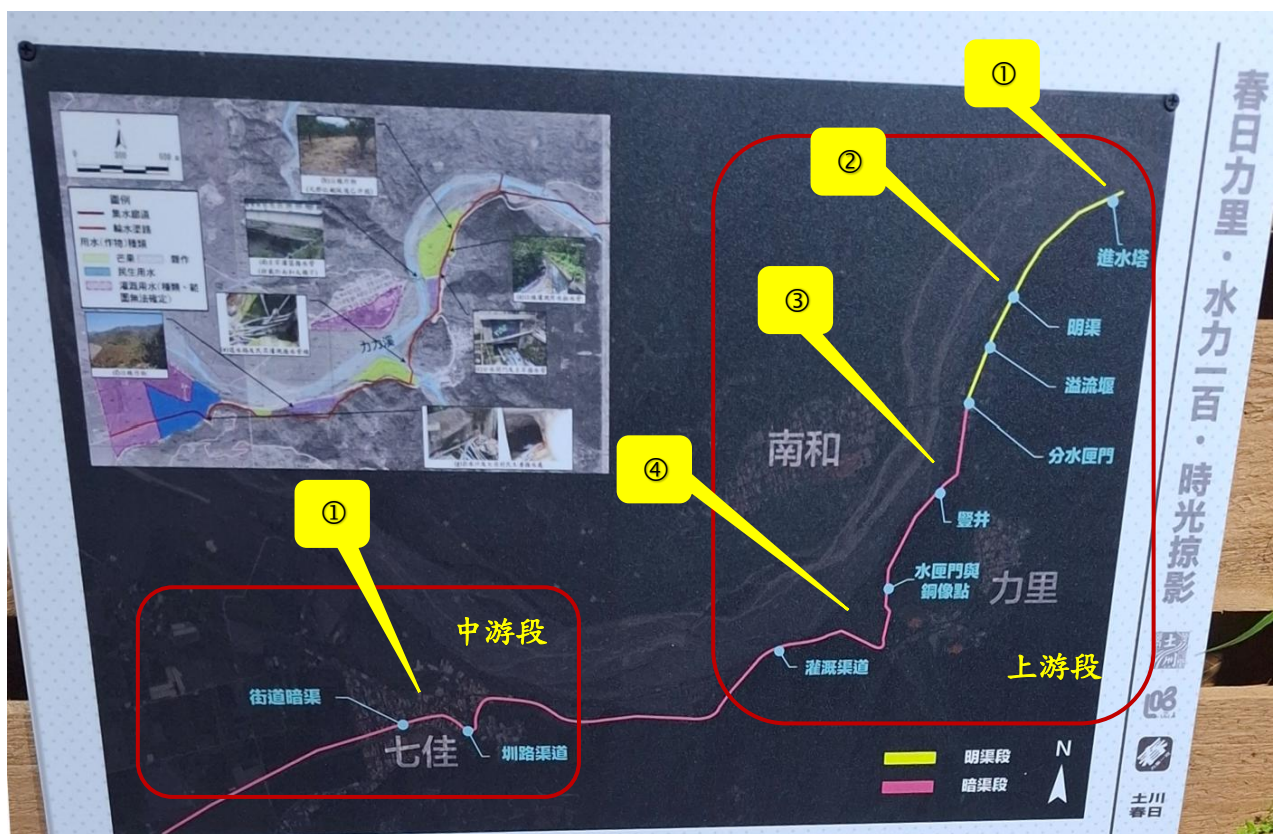
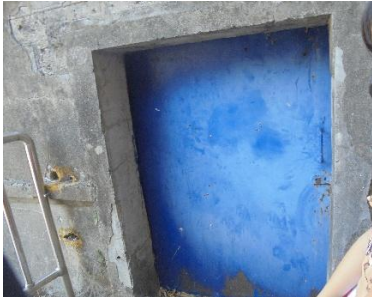


圖2-3力里溪伏流水圳的分布圖(照片來源：春日好品展示廳中的看板資料)

(以上照片皆為組員拍攝)

(一)踏查力里溪上游段的伏流水圳周邊的環境樣態，我們整理如下：

1、力里溪伏流水圳的進水塔

踏 查 照 片		
		
圖 2-4 進水塔告示	圖 2-5 第二進水塔鐵門	圖 2-6 第二進水塔外觀
		
圖 2-7 第一和二進水塔位置	圖 2-8 第二進水塔周邊環境	圖 2-9 第二進水塔正面 (以上照片皆為組員拍攝)
①文字說明： 由於力里溪伏流水圳的進水塔地點不容易抵達，於是指導老師幫忙邀請春日鄉公所公務員(圖 2-9 著紅色背心舉手者)，解說力里溪此地的進水塔，共有第一和第二等兩個，其中第一進水塔的功能是溪水底下的集水堰堤通氣孔，而第二進水塔才是集水和分水用途的功能。當日踏查時，解說員有告知目前(115 年 1 月份)屬於枯水期，而且整個上游段的力里溪由於八八風災造成土石淤積和地表抬升等因素，已經看不到伏流水圳的地下堰堤外觀型態，雖然表面的溪水非常稀少，但是溪流底下伏流水圳內收集的水量卻還是相當的充沛，足夠村落灌溉農田所需。		

2、力里溪伏流水圳的明渠

踏 查 照 片		
		
圖 2-10 明渠告示	圖 2-11 明渠的清澈水流	圖 2-12 明渠的接水塑膠管 (以上照片皆為組員拍攝)



圖 2-13 明渠的力里溪伏流水圳說明牌樓

(以上照片皆為組員拍攝)

②文字說明：

力里溪伏流水圳明渠中流動的水，水質相當清澈，水流量也相當的充沛，就像解說員在進水塔地點時所說的話一樣，如同河流底下的隱形水路，讓我們非常的驚訝，一直在明渠旁的圍籬步道持續拍照水裡魚群自在游動的樣子。我們也走到步道的盡頭，發覺有許多塑膠管都放在明渠水道之中，私接取水作附近農地的植物澆灌用途。

我們也從明渠告示牌樓的介紹中，了解力里溪伏流水圳也是由來義鄉二峰圳之日本水利工程師鳥居信平先生設計與籌建，利用力里溪河床和平均 300 公尺以上群山層巒的坡度落差，將力里溪伏流水往中下游的村莊和農田流送出去。

3、力里溪伏流水圳的力里部落的暗渠

踏 查 照 片



圖 2-14 部落的暗渠水道



圖 2-15 流經部落的水閘門



圖 2-16 經過房子暗渠

(以上照片皆為組員拍攝)



圖 2-17 暗渠的水泥厚度



圖 2-18 暗渠的水閘門



圖 2-19 暗渠的豎井口
(以上照片皆為組員拍攝)

③文字說明：

接著我們走進力里部落發現力里溪伏流水圳已經由明渠水道改變成以暗渠方式，經過部落的住家下方位置，避免住家排放廢水注入水圳，更避免被大樹的落葉阻塞水圳流動的情形發生。而且暗渠還有豎井口，豎井口裡也有鐵梯，方便暗渠的維修與暢通水流的情形。

4、力里溪伏流水圳的「春日伏流水樂原」暗渠

踏 查 照 片



圖 2-20 春日好品伏流水展示廳



圖 2-21 好品內的介紹



圖 2-22 伏流水流經公園下方



圖 2-23 樂原中的水閘門



圖 2-24 樂原中的鳥居信平銅像

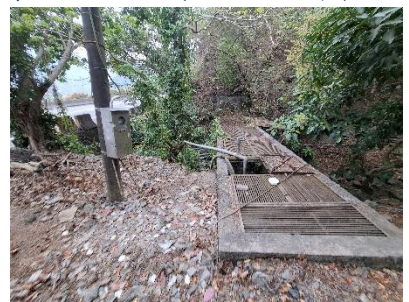


圖 2-25 灌溉用渠道
(以上照片皆為組員拍攝)

④文字說明：

解說員帶領我們到介紹力里溪伏流水圳的「春日好品」展示廳做詳細的說明，然後再帶我們到馬路旁邊的「春日伏流水樂原」廣場，有設置一尊力里溪伏流水圳的工程師鳥居信平的銅像，以及在銅像旁邊遠處也有水圳暗渠的水閘門手動控制設備(紅圈處)。另外樂原上方已經不再開放的「伏流水公園」內的樹林間，我們有發現許多塑膠管又從暗渠中接管子出來作農田灌溉的用途。

(二)踏查力里溪中游段的伏流水圳周邊的環境樣態，我們整理如下：

1、力里國小附近的歸崇村落拱型暗渠和街道水泥牆景觀下的隱形暗渠

踏 查 照 片		
		
圖 2-26 拱型暗渠	圖 2-27 <u>歸崇</u> 街道隱形暗渠 1	圖 2-28 <u>歸崇</u> 街道隱形暗渠 2
		
圖 2-29 道路旁加蓋的暗渠	圖 2-30 道路旁加蓋的暗渠	圖 2-31 <u>進牌樓</u> 後唯一明渠 (以上照片皆為組員拍攝)
㊟文字說明： 我們在力里國小旁往上走的陡坡道，看到拱型暗渠從柏油路下方穿出，進入<u>歸崇</u>村落的整個社區，我們沿著水流聲和水閘門的設備(圖 2-28)，發現原來在街道旁的水泥牆景觀下方是水圳的暗渠，一直延伸離開社區的道路旁邊都還是在暗渠上方作加蓋的造景意象，直到快要離開<u>春日鄉</u>的牌樓前一小段的道路旁水溝，才沒有加蓋水泥的情形(圖 2-31)。		

2、離開春日鄉牌樓旁明渠到屏185線沿山公路旁的距離，共有3個水閘門灌溉農田用水

踏 查 照 片		
		
圖 2-32 第 1 個水閘門	圖 2-33 溝渠水流的重力落差	圖 2-34 第 2 個水閘門(正) (以上照片皆為組員拍攝)



圖 2-35 第 2 個水閘門(反) 溝渠水流的高低落差



圖 2-36 台糖豬繁殖場周邊



圖 2-37 第 3 個水閘門
(以上照片皆為組員拍攝)

⑥文字說明：

我們離開春日鄉牌樓後，老師開車載著我們慢慢往力里溪伏流水圳的中下游明渠水流動情形作觀察，我們在第一個水閘門(圖 2-32)拍照時，旁邊就有農夫安裝抽水機將深藍色水管放入溝渠中直接抽走水接到旁邊的農地作灌溉。而且台糖豬繁殖場周邊空氣中都瀰漫著豬屎味，但是明渠中的水看起來依舊乾淨清澈，並持續運用高低落差讓伏流水繼續往下游流去(圖 2-35)。

(二)踏查力里溪下游段的伏流水圳周邊的環境樣態，我們整理如下：

屏東縣沿山公路185線的紅綠燈到台1線省道的明渠水溝的灌溉農地區域

踏 查 照 片



圖 2-38 第 4 個水閘門



圖 2-39 台糖農場明渠沒水



圖 2-40 第 5 個水閘門(沒水)



圖 2-41 第 6 個水閘門(沒水)



圖 2-43 第 7 個水閘門(沒水)



圖 2-44 第 8 個水閘門(沒水)

(以上照片皆為組員拍攝)

⑦文字說明：

我們發現從第 4 個水閘門開始，伏流水已漸漸減少到沒水，因為第 4 個水閘門已經被完全關上，水是從周邊縫隙中溢流出來，因此在第 5 到 8 個水閘門以完全沒有水了，而且第 8 個水閘門底都用大顆鵝卵石封住，所以明渠周邊的農地幾乎都是以自備地下水抽水馬達來灌溉農田的經濟作物。

四、結果討論

經由實地到力里溪伏流水圳的上游、中游和下游區域踏查，我們發現：

- (一)在力里溪上游區域，伏流水圳一直保有百年建造的痕跡，有：第一進水塔、第二進水塔、明渠水道、集水暗渠(含豎井口)以及水閘門等設施，而且水質依舊保持清澈，雖然明渠和暗渠的水道中，都有私接伏流水的管子(圖2-12)，不過都沒有被破壞或阻斷的情形，這也是代表在地的居民非常珍惜這樣的伏流水資源。
- (二)到了力里溪伏流水圳的中游區域，最讓我們印象深刻的是，流經歸崇村落街道的暗渠，在馬路上都是做成水泥意象的造景景觀，我們幾乎是用耳朵聽聽看水流的聲音在哪裡，也在街道上發現一個唯一的水閘門設施(圖2-28)，從聲音聽起來就非常有感覺，水流的很快很急而且水量很多的樣子。接著離開村落的春日鄉牌樓，走在馬路上就會聞到一股濃烈的豬屎味，這段雖然有台糖豬的繁殖場，但明渠中的伏流水質依然保有清澈乾淨的感覺，而且利用天然的高低重力落差(圖2-35)，讓水流得更快更急地往下游持續流動。
- (三)最後來到力里溪伏流水圳的下游區域，由於我們踏查的時間是115年1月底，下游明渠中的水已經明顯呈現苦水期的樣子，已經完全沒有水在流動，因此我們在第4個到第8各水閘門設施，看到的明渠都是沒有水的情形，尤其在最後一個第8號水閘門，發現都是用鵝卵石堵住明渠的水路，可以想見在地的農夫非常渴望運用這樣天然的伏流水資源來做農田的灌溉用水。

【研究問題三：比較力里溪伏流水圳與二峰圳伏流水的異同之處？】

一、研究想法

我們從研究一和研究二已經了解力里溪伏流水圳的百年建造歷史與實際踏查環境樣態，對於力里溪伏流水圳的堰堤設計與其功能性，我們想要更進一步將這座百年的設計，和同樣是水利工程師烏居信平先生（西元1883年～1946年）設計的來義鄉二峰圳作異同之處的比較。因此，我們開始蒐尋屏東縣立圖書館總館的書籍，找到由屏東縣政府出版的書名為高屏溪流域水資源工程和文化資產保存（ISBN：978-986-5426-89-7），作者為丁澈士教授、林思玲教授，說明高屏溪流域13個水資源工程的歷史人文與資產保存發展，其中就有我們要研究的兩條伏流水圳，於是我們將自己分成兩個組別進行書籍內容的比較與分析，以下是根據書籍中所述的兩水圳作異同之處比較紀錄。

二、研究內容

- （一）比較力里溪伏流水圳與二峰圳伏流水的相同之處紀錄。
- （二）比較力里溪伏流水圳與二峰圳伏流水的不同之處紀錄。

三、研究結果

- （一）根據書籍裡的文獻資料，我們整理與比較當時（西元1923年～1926年）建造力里溪伏流水圳與二峰圳伏流水的相同之處，共計8項，紀錄結果如下表(表3-1)：

表3-1比較當時（西元1923年～1926年）建造力里溪伏流水圳與二峰圳伏流水的相同之處

比較項目 \ 水圳名稱	<u>春日鄉力里溪伏流水圳</u>	<u>來義鄉二峰圳</u>
1、功能性	農田灌溉用水	農田灌溉用水
2、規劃設計工程師	<u>烏居信平</u> 先生	<u>烏居信平</u> 先生
3、建立銅像紀念	有	有
4、地下堰堤形狀	三角型構造	三角型構造
5、收集	伏流水	伏流水
6、解決問題	<u>屏東縣</u> 旱季缺水	<u>屏東縣</u> 旱季缺水
7、農地種植	甘蔗	甘蔗
8、建造完成迄今	已經 100 年(百年建物)	約 103 年(百年建物)

（資料來源：高屏溪流域水資源工程和文化資產保存，P220、P254）

(二)根據書籍裡的文獻資料，我們整理與比較當時（西元1923年～1926年）建造力里溪伏流水圳與二峰圳伏流水的不同之處，經過討論之後列出比較項目共計12項，紀錄結果如下表(表3-2)：

表3-2比較當時（西元1923年～1926年）建造力里溪伏流水圳與二峰圳伏流水的不同之處

水圳名稱 比較項目	春日鄉力里溪伏流水圳	來義鄉二峰圳
1、建造期程	西元 1923 年(大正 12 年) 9 月開工至西元 1926 年(大正 15 年)1 月完工，工程晚於二峰圳之後開始建造	西元 1921 年(大正 10 年) 5 月開工至西元 1923 年(大正 12 年)5 月完工
2、命名	依當地河川名稱	依時任 <u>臺糖株式會社</u> 社長 <u>山本悌二郎</u> 的雅號 <u>山本二峰</u> 命名
3、汲取溪流名稱	力里溪上游	林邊溪上游
4、灌溉面積	1582 甲	1650 公頃
5、灌溉區域	<u>屏東縣南州鄉</u> 臺糖大響營	<u>屏東縣新埤鄉</u> 萬隆地區
6、地下堰堤深度	力里溪床下埋設長度 145m	林邊溪床下埋設長度 328m
7、第二取水塔功能	收集伏流水(地下堰堤) 汲取地面水(紅磚牆面有拱型開口)	收集伏流水(地下堰堤)
8、第二取水塔外觀構造和設置地點	力里溪左側 (利用山壁岩石直接溪流上建造，阻擋溪流水勢) 使用鋼筋混凝土和紅磚	林邊溪右側 (靠進山壁與柏油路上，遠離溪流) 使用鋼筋混凝土
9、取水主體設施	三部分： 取水工程、導水工程 及灌溉渠道	四部分： 取水工程、導水工程、 分水工程及灌溉渠道
10、銅像擺放地點	春日伏流水樂原	喜樂發發公園
11、文化資產登錄	名稱：春日鄉力里溪水圳 進水塔 公告：西元 2019 年 10 月 02 日 類別：歷史建築 種類：其他設施	名稱：來義鄉二峰圳含堰堤 公告：西元 2008 年 1 月 3 日 類別：文化景觀 種類：水利設施
12、相關修復記事	西元 1993 年和 1997 年 臺灣糖業公司進行部分地下 堰堤修復工作	西元 1987 年臺灣糖業公司 進行部分地下堰堤修復工作 西元 2007 年颱風災損，縣 府進行局部修復 西元 2017 年地下堰堤破損 縣府進行地下堰堤開挖修復

(資料來源：高屏溪流域水資源工程和文化資產保存，P220～278、P395～405)

四、結果討論

從屏東縣政府對於兩條百年伏流水資源的重視與宣傳，我們為了想要更清楚瞭解春日鄉力里溪伏流水圳和來義鄉二峰圳的相關異同之處，老師有提醒我們可以利用圖書館資源去找到一些相關書籍來做閱讀與分析，因此經由這本書籍：高屏溪流域水資源工程和文化資產保存，我們發現：

- (一)相同之處共有8項，其中我們學生都知道的是：兩個水圳都是百年水圳的建物，而且都有建立銅像紀念日本水利技師鳥居信平先生建造在溪底下的三角型地下堰堤，收集伏流水後用來灌溉農田的水資源。
- (二)不同之處共有12項，從兩條不同溪流的上游區域做取用伏流水、力里溪伏流水圳建造的主體設施有三項，但來義鄉二峰圳卻有四種多了分水工程這一項，而且地下堰堤的總長度也是來義鄉二峰圳比較長，因此我們也發現：來義鄉二峰圳的伏流水還可流到林後四林森林公園之中，所以才有地下堰堤的1：1模型放在該公園之內(圖4-4)，並且在公園內也有一座紀念鳥居信平工程師的銅像。另外在兩個水圳的進水塔特別之處是：力里溪伏流水圳的第二進水塔還有可以汲取地面溪水的拱型開口(圖2-9紅圈處)的特色，這是來義鄉二峰圳進水塔所沒有的功能，代表鳥居信平工程師在百年前建造規劃時，不是將來義鄉二峰圳的進水塔完全複製到力里溪伏流水圳的進水塔，而是根據在地溪流的周邊環境做規劃設計，如何增加浮流量外，也可以多收集溪流上的水資源，增加農田灌溉的水量，最後增加到甘蔗生產量的提升。

【研究問題四：研究收集伏流水的不同形狀堰堤的相關影響？】

一、研究想法

我們從研究三已經了解春日鄉力里溪伏流水圳和來義鄉二峰圳的百年地下堰堤建造歷史，都是以三角型堰堤為主，為了更清楚知道現在極端氣候下的高屏地區伏流水設施的因應缺水作為，我們從網路影片看到水利署南區水資源局製作「高屏溪伏流水紀時5分鐘」（發佈日期：109年12月14日 資料來源：經濟部水利署，資料來源：<https://www.youtube.com/watch?v=jiX-Lhv8XhY>）中的集水暗管是模仿二峰圳工法採用130cm 直徑的圓型堰堤暗管。因此，我們開始思考想要用不同形狀的堰堤設計來操作伏流水水量統計的實驗，是否有相關的集水量多寡影響呢？



二、實驗研究相關設計與規劃

(一)製作堰堤模型

我們討論堰堤形狀模型，除了力里溪伏流水圳的「三角型」堰堤和高屏溪伏流水的「圓型」堰堤等兩種模型之外，增加一種方型堰堤的模型來做實驗，合計共有三種堰堤模型做實驗：三角形、圓形和方形。

我們尋找了家裡吃餅乾完後的鐵製空盒，有圓形和方形兩種，並且試著在鐵外層用簽字筆畫上要打洞做模擬集水暗管的過濾層(圖4-1)，但是在打洞之前，我們考慮到打洞開始時，可能因為打洞力量不同，而造成洞的大小不相同，而且經過砂石的重量壓迫，可能會造成鐵盒外形的變形，所以我們改變想法，利用鐵絲(直徑4mm，圖4-2)來彎折做成三種形狀的堰堤模型。



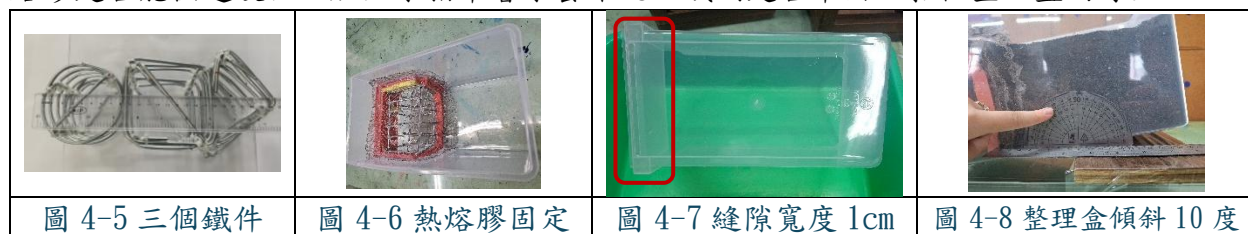
(以上照片皆為組員拍攝)

(二)設計伏流水模擬實驗

我們到大賣場找到透明的整理盒(圖4-3)來模擬伏流水實驗的河道，並且以林後四林平地森林園區二峰圳1：1堰堤模型(圖4-4)，握們經過等比例縮小20倍的計算，發現三角形堰堤的底邊長和高度長都是0.9公分。因此，方形堰堤的邊長都是0.9cm，圓形堰堤的直徑也是0.9cm，並且三種形狀的模擬堰堤都是各做出6個，然後以17cm 的鐵絲長度

將每一種形狀堰堤串接起來，間隔縫隙為2.5cm 距離(圖4-5)的鐵件模型。

接著我們用條狀泡棉將鐵件堰堤模型和整理盒的接觸面完全密合，不讓砂礫從縫隙中漏入模擬集水暗渠，並且以白鐵網當作過濾砂礫的道具，因為白鐵網比較不會因為砂礫的重量而變形，這時候我們用熱溶膠將白鐵網固定在整理盒內緣上(圖4-6)，也避免因為砂粒重量造成白鐵網下陷，無法進行模擬伏流水的實驗。並且以家用吹風機確認熱溶膠是否能快速硬化，加上手指帶著手套確認白鐵網是否牢固地黏住整理盒內緣上。



(以上照片皆為組員拍攝)

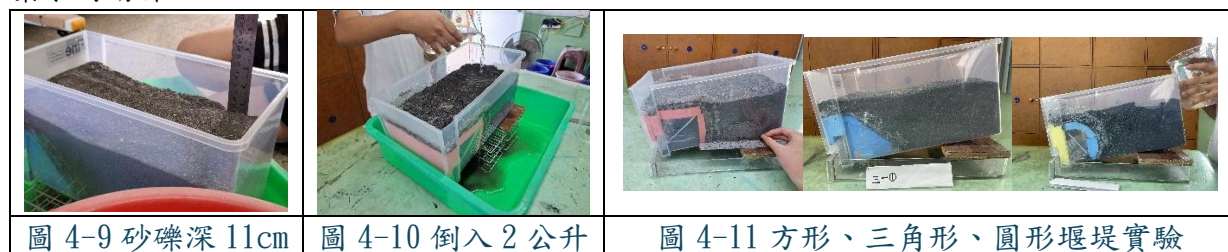
(三)收集伏流水水量

我們將塑膠整理盒底部切割出一個細長的縫隙寬度約為1cm(圖4-7)，方便滲出的伏流水，並且將整理盒傾斜10度(圖4-8)放置於另一個抽屜形壓克力整理小盒上，模擬力里溪河道的坡度，然後將伏流水收集在此壓克力整理小盒裡，我們再將這些收集的伏流水倒置1000ml 燒杯中，利用量杯測量水量。

三、研究步驟與內容

(一)三種形狀的堰堤放入整理盒中，並在盒中鋪好力里溪採回來的砂礫，每個整理盒所鋪砂礫距離整理盒底部的深度為11cm(圖4-9)。

(二)先將每個整理盒中乾燥的力里溪砂礫倒入2公升的水，讓乾燥的砂礫因水的浸溼，將砂礫縫隙中的空氣排出來，讓水將砂礫空隙補滿，才能模擬溪底伏流水的流動情形，實施時間紀錄為10分鐘，並將多餘的水藉由整理盒底的長條小縫隙排出去(圖4-10)，不做收集水的動作。



(以上照片皆為組員拍攝)

(三)從整理盒上端倒入1公升的水量，靜置10分鐘後，由壓克力整理小盒中收集到的水倒入量杯中，紀錄流出的水量。之後整理小盒靜置24小時後，測量小盒中的砂礫重量。

(四)步驟二~步驟三共作3次，分別紀錄三種不同形狀堰堤的模擬實驗(圖4-11和圖4-12)將實驗結果整理成表格。

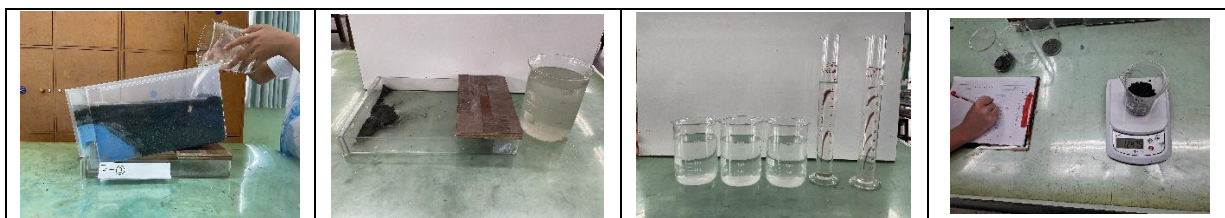


圖 4-12 倒水 1 公升、靜置 10 分鐘收集水量、作水量統計、24 小時後作砂礫重量統計

(以上照片皆為組員拍攝)

四、研究結果

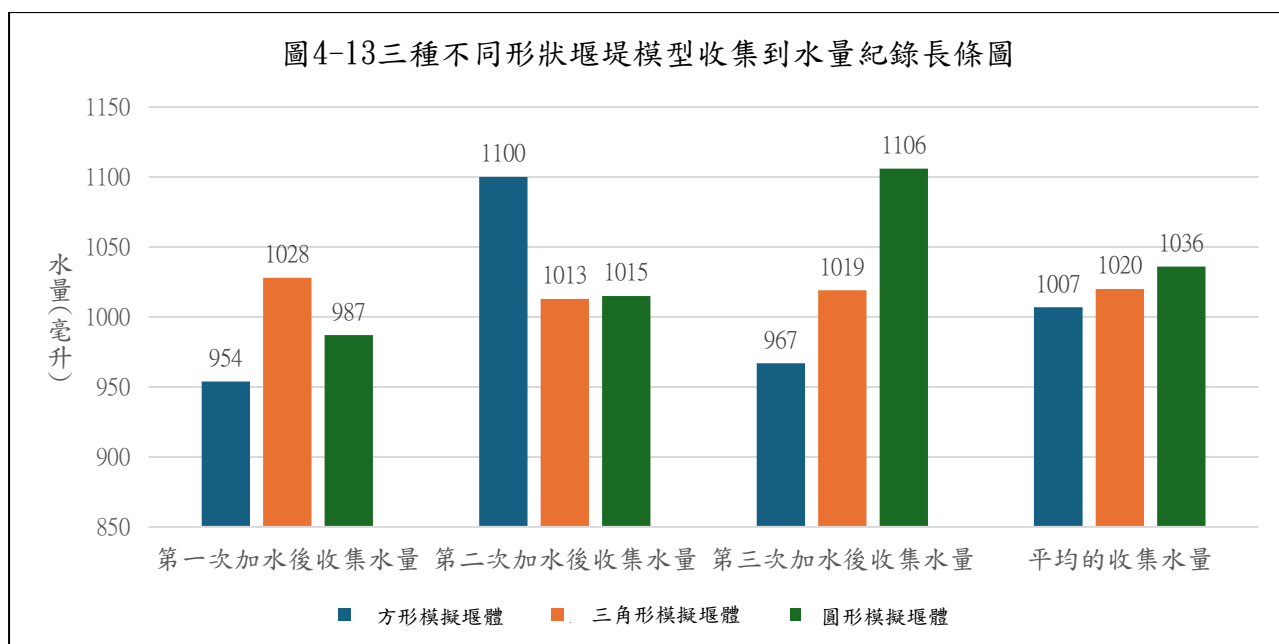
(一)三種不同形狀堰堤的模擬實驗收集到水量紀錄整理成表4-1，

並繪製成長條圖(圖4-13)。

表4-1三種不同形狀堰堤模型收集到水量紀錄表

次數 容量 堰堤形狀	第一次加水 1000ml 流出的水量	第二次加水 1000ml 流出的水量	第三次加水 1000ml 流出的水量	平均 流出的 水量
方形模擬堰堤	954	1100	967	1007
三角形模擬堰堤	1028	1013	1019	1020
圓形模擬堰堤	987	1015	1106	1036

備註：已經先加水2000ml，並且靜置10分鐘，使堰堤模型中的砂礫完全浸濕後，再進行實驗。

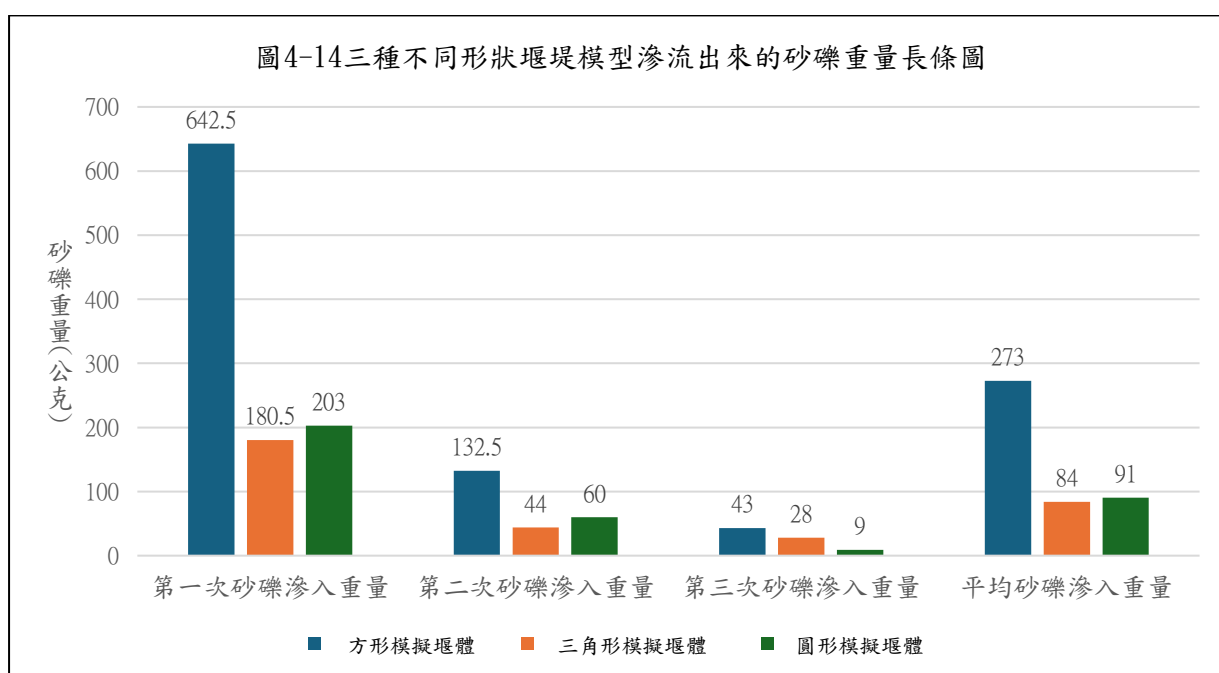


(二)三種不同形狀堰堤的模擬實驗收集到實驗後隔日(24小時後)的砂礫重量紀錄整理成表4-2，並繪製成長條圖(圖4-14)。

表4-2三種不同形狀堰堤模型滲流到整理小盒的砂礫重量紀錄表

次數 容量 堰堤形狀	第一次取走水後 整理小盒靜置 24 時的砂礫重量	第二次取走水後 整理小盒靜置 24 時的砂礫重量	第三次取走水後 整理小盒靜置 24 時的砂礫重量	平均 砂礫 重量
方形模擬堰堤	642.5	132.5	43	273
三角形模擬堰堤	180.5	44	28	84
圓形模擬堰堤	203	60	9	91

備註：將整理小盒靜置24小時後，進行取砂礫測量重量。



五、結果討論

從實驗結果的表格紀錄和作成長條圖，我們發現：

- (一)在三種不同形狀堰堤模型收集到水量紀錄表中，我們以三次實驗後的平均水量作討論，以圓型模擬堰堤收集到的平均水量最多，三角形模擬堰堤居次，方形模擬堰堤收集水量比較少。這樣的結果可呈現出經濟部水利署在高屏溪設置的伏流水圓形堰堤是有一致性的結果。
- (二)在三種不同形狀堰堤模型滲流到整理小盒的砂礫重量紀錄表中，我們以三次實驗後的平均砂礫重量作討論，以三角形模擬堰堤收集到的平均砂礫重量最少，圓形模擬堰堤居次，方形模擬堰堤留下來的砂礫重量最多。這樣的結果可以呈現出鳥居信評工程師百年

前規劃地下堰堤的設計在來義鄉二峰圳和力里溪伏流水圳時，可能有做過相關模擬的實驗過程，才能應用於當年的兩個伏流水工程設施。

(三)綜合以上的討論實驗研究結果，我們發現：方形模擬堰堤，無論在集水量和留住砂礫的情形，都是比較差的結果，也因此我們相信目前在伏流水地下堰堤使用的堰堤形狀，就只有三角形堰堤和圓形堰堤兩種，比較適合應用於現今的伏流水水資源的工程設施。

陸、研究結論

一、探討力里溪伏流水圳的**古往今來**

(一)伏流水特性

- 1、非雨季期不易枯竭，水量穩定且充足。
- 2、經過地層天然過濾，不易夾帶大量泥沙，水質極佳。
- 3、相關設施皆深埋於地底下，不受溪流中大水的侵蝕與搬運作用影響。

(二)力里溪伏流水圳被稱作「淨零」水利智慧的結晶

- 1、運用「水往低處流」的自然重力，將地勢能源轉化為動力能源，不太需要消耗任何一度電即可輸送水源。
- 2、無需「現代淨水廠」化學藥劑與加壓設備，節省巨額的運作成本與碳排放的危機。

(三)力里溪伏流水圳對未來的影響

- 1、堅固的工程結構「韌性」：面對極端氣候影響的旱澇，深埋地下的工程結構，歷經百年依舊能繼續維持穩定的出水量和優良水質。
- 2、環境生態與人類開發「平衡」：捨棄蓋大型水庫阻斷水流，只有取用河流底下的伏流水，達成環境生態的平衡點。
- 3、水動力與自然重力的淨零「永續」：真正發揮零排放與零能耗的永續生活環境。

二、踏查力里溪伏流水圳的**環境樣態**

(一)在力里溪上游區域，伏流水圳一直保有百年建造的痕跡，而且水質依舊保持清澈，雖然明渠和暗渠的水道中，都有私接伏流水的管子，不過都沒有被破壞或阻斷的情形，代表在地的居民非常珍惜這樣的伏流水資源。

(二)到了力里溪伏流水圳的中游區域，流經歸崇村落街道的暗渠，在馬路上都是做成水泥意象的造景景觀，接著離開村落的春日鄉牌樓，走在馬路上就會聞到一股濃烈的豬屎味，但明渠中的伏流水質依然保有清澈乾淨的感覺。

(三)最後來到力里溪伏流水圳的下游區域，明渠中的水已經明顯呈現枯水期的樣子，已經完全沒有水在流動。

三、比較力里溪伏流水圳與二峰圳伏流水的**異同之處**

(一)相同之處共有8項：兩個水圳都是百年水圳的建物，而且都有建立銅像紀念日本水利技師鳥居信平先生建造在溪底下的三角型地下堰堤。

(二)不同之處共有12項，從兩條不同溪流的上游區域做取用伏流水、力里溪伏流水圳建造的主體設施有三項，但來義鄉二峰圳卻有四種多了分水工程這一項，而且地下堰堤的總長度也是來義鄉二峰圳比較長。

四、研究收集伏流水的不同形狀堰堤的**相關影響**

- (一)在三種不同形狀堰堤模型收集到水量紀錄表中，我們以三次實驗後的平均水量作討論，以圓形模擬堰堤收集到的平均水量最多，三角形模擬堰堤居次，方形模擬堰堤收集水量比較少。這樣的結果可呈現出經濟部水利署在高屏溪設置的伏流水圓形堰堤是有一致性的結果。
- (二)在三種不同形狀堰堤模型滲流到整理小盒的砂礫重量紀錄表中，我們以三次實驗後的平均砂礫重量作討論，以三角形模擬堰堤收集到的平均砂礫重量最少，圓形模擬堰堤居次，方形模擬堰堤留下來的砂礫重量最多。這樣的結果可以呈現出鳥居信評工程師百年前規劃地下堰堤的設計在來義鄉二峰圳和力里溪伏流水圳時，可能有做過相關模擬的實驗過程，才能應用於當年的兩個伏流水工程設施。
- (三)綜合以上的討論實驗研究結果，我們發現：方形模擬堰堤，無論在集水量和留住砂礫的情形，都是比較差的結果，也因此我們相信目前在伏流水地下堰堤使用的的堰堤形狀，就只有三角形堰堤和圓形堰堤兩種，比較適合應用於現今的伏流水水資源的工程設施。

柒、參考文獻

- 丁澈士、王國祥(2008)。林邊溪上游二峰圳集水廊道工程技術與應用之研究。
- 丁澈士(2012)。山中傳奇與水的牽絆—二峰圳。科學發展，476。
- 江崇榮、黃智昭、賴典章(1998)。以集水廊道開發水資源之可行性研究。經濟部中央地質調查所年報，68-69。
- 自然與生活科技第11冊第3單元。南一出版社。
- 李暄立、唐柏恆、陳彥濤(2017)。「二」水奔匯·百年「峰」流—林邊溪伏流水資源開發之时空要件與地景流變。取自：<https://easytolearn.tw/GISMAP/Download/2018/4.pdf>
- 李慧宜(2017)。水的秘密基地-二峰圳重見天日全紀錄。取自：
<https://ourisland.pts.org.tw/content/2627>
- 李根政(2021)。百年大旱的省思：以伏流水取代興建大水庫。取自：
<https://www.twreporter.org/a/opinion-to-solve-taiwan-drought-crisis-underflow-water>
- 社會第7冊補充教材。翰林出版社。
- 濁度(2022年1月10日)。取自：<https://zh.wikipedia.org/wiki/濁度>。
- 從林邊溪地下伏流看二峰圳的神奇。中華民國第51屆中小學科學展覽會。國小組-地球科學科。
- 高屏河流域水資源工程和文化資產保存(2021年3月)，作者為丁澈士教授、林思玲教授。
- 異言堂(2021)。「台灣救命水」伏流水！一窺屏東「二峰圳」取水奧秘。取自：
<https://www.ftvnews.com.tw/news/detail/2021503W0256>