

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：「水」落「石」出—影響水流搬運因素之探討

關 鍵 詞：____ 搬運 ____、____ 坡度 ____、____ 水量 ____（最多3個）

編號：A5001

目錄

摘要.....	1
壹、前言.....	2
貳、研究設備及器材.....	6
參、研究過程或方法.....	11
肆、研究結果.....	13
伍、討論.....	18
陸、結論.....	20
柒、參考資料及其他.....	20

「水」落「石」出一影響水流搬運因素之探討

摘要

本研究運用河道模型模擬水流與土石搬運的情形，探討水量、坡度、石頭顆粒大小與坡面材質對水流速度與石頭搬運的影響。實驗結果顯示，在坡度固定時，水量越大，水流速度越快；在水量固定時，坡度越陡，水流速度越快；石頭顆粒越大，被搬運至下游所需時間越長，但在水量足夠時仍可被搬運；鋪設草皮的坡面，能有效減少石頭移動。

本研究認為，水量與坡度為影響石頭搬運的主要因素，當水量與坡度同時增加時，石頭被搬運至下游的速度最快。此外，石頭顆粒大小以及坡面材質亦會影響石頭搬運結果，顯示關於坡地災害的發生，需同時考量多種環境因素，才能有效降低災害風險。

壹、前言

一、研究動機

在六年級上學期自然課第三單元「發現大地的奧秘」中，老師介紹了河流的侵蝕、搬運、堆積現象能夠改變地表的面貌；學校的防災課程中，老師也帶領我們認識家鄉的河流，以及說明淹水、土石流災害帶來的影響；去年 10 月，發生在花蓮縣馬太鞍溪堰塞湖的災害，混濁的溪水伴隨土石沖刷下來造成嚴重死傷，當時的影像怵目驚心，讓我們留下深刻的印象。所以我們想使用防災教室的壓克力河道模型，來模擬水和土石沖刷下來時的情況，藉由實驗數據，來告訴大家水土保持的重要性。

二、研究目的

- (一) 了解水量對水流速度的影響
- (二) 了解坡度對水流速度的影響
- (三) 了解石頭顆粒大小與水流速度的關係
- (四) 了解坡面材質與石頭搬運的關係

三、文獻回顧

(一) 臺灣的地形與河川

臺灣位處菲律賓海板塊和歐亞板塊的交界處，由於板塊擠壓作用，造就臺灣島上豐富且多變的地形，我們可以在一天中，從平坦的平原，經過起伏的丘陵、頂部平坦的台地、被山地環繞且中間平坦的盆地，來到海拔三千公尺以上的高山地區，人們則依據不同的地形特色，發展出多元的經濟活動。

臺灣的山地和丘陵大約占了總土地面積的三分之二，使用 Google Earth 觀察臺灣的地形可以發現，臺灣的山脈主要呈現南北走向，而河川大多發源於山地，順著地勢往東西向流入海洋。臺灣主要的三大河川由北到南分為淡水河、濁水溪與高屏溪，從經濟部水利署的網站上搜尋，可以得知臺灣最長的河川為濁水溪，發源於合歡山主峰與東峰的佐久間鞍部，全長約 186.4 公里；而臺灣流域面積最大的河川為高屏溪，流域面積約為 3257 平方公

里，發源於玉山，主要流經高雄市 12 個區以及屏東縣 13 個鄉鎮市區。

人類的生活離不開水資源，科學家指出世界四大古文明皆發源於河川流域，因為穩定的水源有助於農業的發展。人們沿著河川開墾土地，引水灌溉作物、飼養牲畜，甚至為了爭搶水源地而引發衝突，這都顯示河川資源的重要性。

由於臺灣島狹長且地形陡峭，河川具有坡度大、長度短的特色，降雨後水會迅速流入海中，能留住的雨水非常有限。即使各縣市建造水庫儲存水量，仍時常傳出水情吃緊的消息。此外，臺灣山勢陡峭、河川侵蝕作用強烈，沖刷下來的河水夾雜大量泥沙，進入水庫後容易造成淤積（第十河川局，2017），使水庫需要定期清淤，以避免影響蓄水容量並延長水庫使用年限。

（二）臺灣的降雨特性與坡地災害

臺灣多變的氣候也會對河川流勢造成影響。根據統計，臺灣年平均降雨量約為 2500 毫米，約為全球平均降雨量的兩倍以上，是單位面積降雨量相對較多的國家（葉俊明，2013）。那為什麼我們有時會在新聞上看見缺水的報導呢？這是因為臺灣降雨的時間與空間分配不均。從空間分布來看，山區降雨量大於平地，且受到東北季風和地形抬升影響，迎風面的東北部地區降雨量大於背風面的西南部；從時間分布來看，臺灣北部全年有雨，而南部則呈現夏雨冬乾的情況，使北部河川流量較穩定，而南部多為荒溪型河川，冬季進入枯水期，因此需建設水庫、水圳等水利設施以維持穩定的供水。

除此之外，臺灣的降雨主要集中在五、六月的梅雨季以及七至九月的颱風季，雖然豐沛的雨量有助於稻米等農作物的生長，也能增加水庫的蓄水量以緩解旱象，但連日的強降雨也會對生活造成不便，甚至傳出災情。近年來，受到全球氣候變遷衝擊，極端氣候事件發生頻率增加，降雨強度和雨量也呈現增加趨勢，進一步提升災害發生的風險。除了積水和淹水以外，山坡地更面臨土石流、崩塌與地滑等坡地災害的危機。根據農業部農村發展及水土保持署最新的公告，截至 115 年全臺土石流潛勢溪流共計 1753 條，分布於 17 個縣市，影響區域廣泛，對人民的生命財產安全造成重大威脅。

土石流災情在臺灣頻傳，例如 2009 年 8 月 8 日侵臺的莫拉克颱風，對南部地區造成

重創，多處地區發生淹水、山崩與土石流災害，其中以高雄縣甲仙鄉小林村滅村事件最為嚴重，颱風帶來的豪雨引發山崩，土石堵塞河道形成堰塞湖，最終於清晨六時潰堤，造成小林地區居民遭土石泥流掩埋，顯示大規模崩塌帶來的嚴重威脅。

而去年 2025 年 9 月 22 日侵臺的樺加沙颱風亦帶來強降雨，造成隔天 23 日花蓮縣馬太鞍溪上游的堰塞湖發生潰堤，龐大洪流沖毀馬太鞍溪橋，混濁的泥水流入下游的光復鄉，導致人員傷亡與家園毀損，災害發生後，政府與民間團體投入救援行動，社群平台上有民眾號召大家一起至光復鄉做志工協助救災，引起多人響應串聯，許多「鏟子超人」自發前往災區協助清理，展現社會互助的力量。

因此，人民的防災教育以及坡地災害的防治措施顯得極為重要，若我們未能於平時做好防災規劃，提早做好防災準備，當災害發生時，將可能造成難以挽回的損失。

（三）相關研究主題的搜尋與分析

1. 歷屆科展土石流相關研究主題

表、歷屆科展土石流相關研究主題

屆別	題目	研究焦點
46	讓大地不再哭泣-我是大地小醫生～探討「斜坡滲流破壞」引發土石流與「土石流預警緝」製作之研究	本研究透過土石流模擬實驗，探討坡度、水量與土體結構等因素如何影響土壩破壞機制、崩塌速率與堆積型態，作為斜坡災害防治與預警之依據。
51	山河大地～實地勘查並探討土石流防治工法與警戒區危險範圍規劃之研究	探討坡度與透過式防砂壩設計參數對土石流攔阻效益的影響，並提出具自我排砂功能的改良壩體。
63	滾滾沙塵～探討不同因素對土石崩塌的影響	邊坡土石的穩定性受粒徑、含水量、坡向、坡度與震動影響，其中順向坡與坡度超過 35°者為土石崩塌高風險區。

2. 歷屆科展河道相關研究主題

表、歷屆科展河道相關研究主題

屆別	題目	研究焦點
49	水來土「淹」	降雨、河流本身特性及河道阻塞對洪水造成溢堤的速度及溢堤範圍的影響。
56	流水的「傑作」～探討河道中曲流的形成及其影響	河道條件對曲流形成與沖刷影響的關係，發現在凹岸設置防護措施可有效減少侵蝕並改善曲流對河道的破壞。

貳、研究設備及器材

一、實驗器具

防災教室的河道模型組，由壓克力製成，利用馬達抽水形成水循環系統，河道坡度、出水量大小皆可調整。



<照片由研究者拍攝>

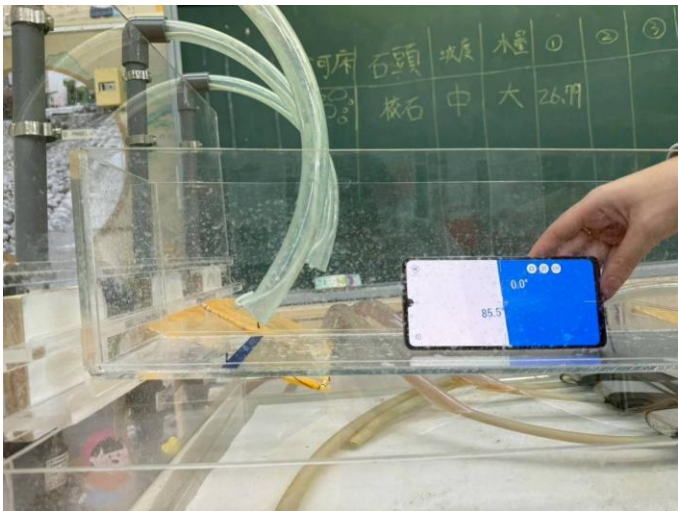
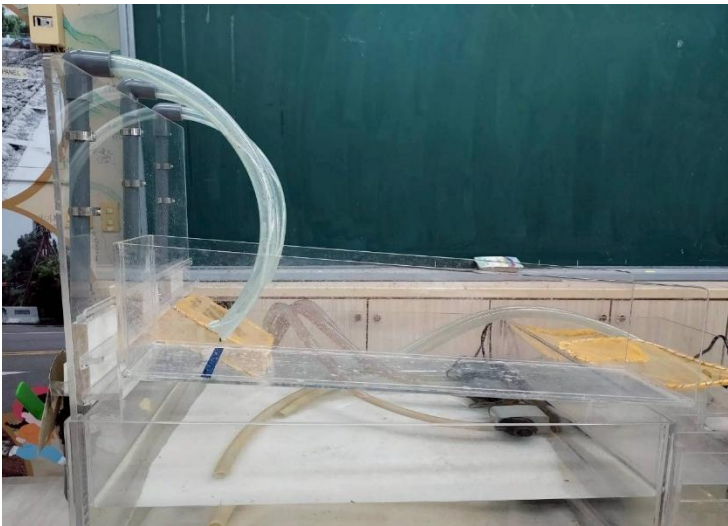
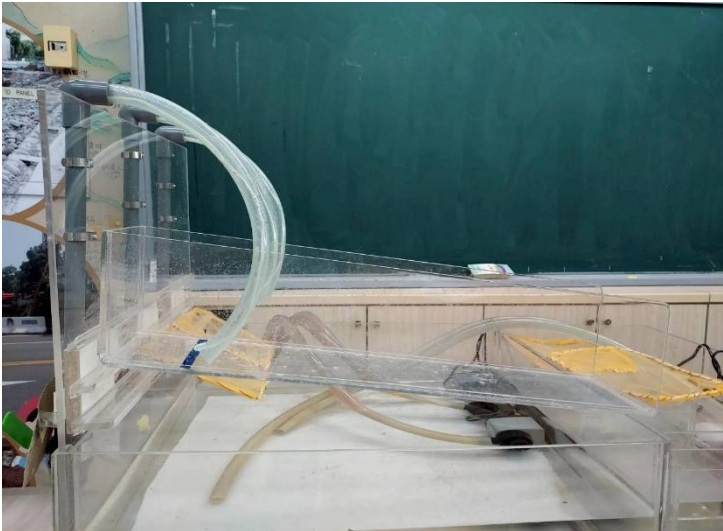
（一）實驗前準備

1. 使用皮尺測量，得到河道長為 60 公分，並用藍色膠帶在起點處做標註。

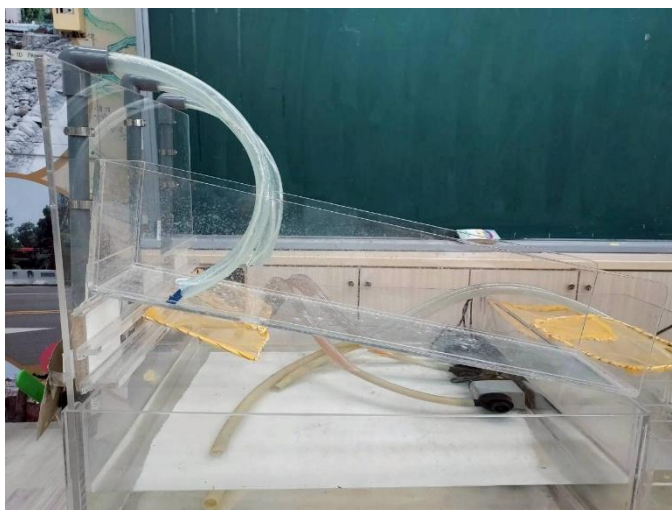


<照片由研究者拍攝>

2. 使用手機 APP (Bubble Level) 測量三個河道斜坡的坡度，得出緩坡為 4.5 度、中坡為 8 度以及陡坡為 11.5 度。

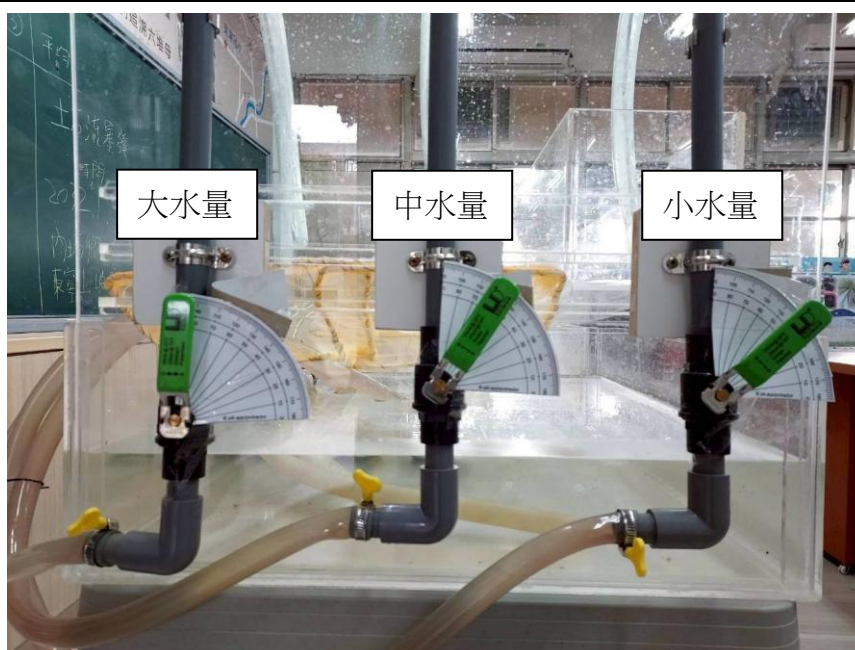
 Bubble Level	 說明：使用 APP 進行緩坡坡度的測量。
緩坡 4.5°	
中坡 8°	

陡坡 11.5°



<照片由研究者拍攝>

3. 將量角器紙板黏貼於旋轉筏上，觀察旋轉的角度與水量變化，經討論後，將水量大小分別用旋轉角度做定義，大水量為 90 度、中水量為 60 度及小水量為 45 度。



<照片由研究者拍攝>

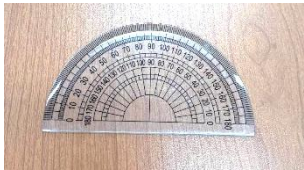
4. 除了選用市面上常見的石頭以外，我們也使用校園內遊戲器材區的石頭(以下簡稱校園石頭)，我們挑選最大顆的石頭清洗後，發現它的大小和貝殼砂(以下簡稱大石頭)差不多，但外觀和單顆重量都不太一樣，於是我們做了以下比較。

名稱	圖片 外觀	20 顆石頭重量(g)				平均 1 顆石頭 重量(g)
		第一 次	第二 次	第三 次	平均	
校園遊戲 器材區的 石頭(校園 石頭)	 顏色有黑 有白，外 表光滑， 單顆重。	15	16	16	15.67	5.22
貝殼砂 (大石頭)	 顏色偏米 白色，石 頭上具有 孔隙，單 顆輕。	8	7	6	7	0.3

<照片由研究者拍攝>

我們發現，雖然兩種石頭大小差不多，但單顆重量校園石頭比大石頭重，此為校園石頭和大石頭最大的不同之處。

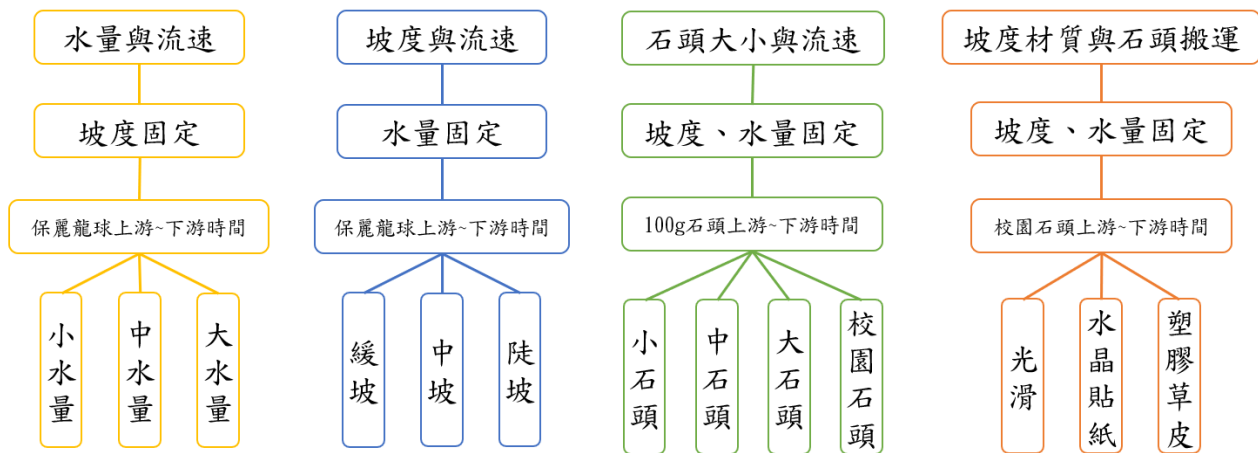
二、實驗材料

			
塑膠杯	保麗龍球	剪刀	皮尺
			
貝殼砂(大石頭)	麥飯石(中石頭)	彩色石頭(小石頭)	校園石頭
			
草皮	水晶貼紙	量角器	電子秤
			
紗網			

<照片由研究者拍攝>

參、研究過程或方法

一、研究架構



二、實驗設計步驟說明

許多因素都能改變地表的樣貌，例如自然界中的風、水、地震和火山爆發等力量，而開挖地表和人工填海等人類活動也會造成地貌的改變。其中河流是改變地表型態最主要的作用力之一，當河水長時間對地表進行侵蝕、搬運和堆積作用時，能改變地表原來的面貌，使河流上游、中游和下游的景觀出現不同變化。

河川的侵蝕作用指的是流水對地表岩石的破壞，搬運作用指的是河水侵蝕後脫落或崩解的物質繼續移至他處的過程，而堆積作用指的是這些物質在移動過程中會逐漸沉澱、堆積。在本次實驗中，能透過河道模型，直接觀察河川搬運作用的過程，實驗設計及步驟如下。

(一) 實驗一、水量與水流速度的關係

- 1.將河道坡度固定，轉動水量開關至小水量設定的角度 45 度。
- 2.將保麗龍球從起點(藍色膠帶處)放開，讓水流將保麗龍球從上游帶往下游。
- 3.測量保麗龍球到下游花費的時間，重複實驗三次，求平均值。
- 4.將水量調整為中水量及大水量，重複步驟 2 和步驟 3，並紀錄實驗數據。

（二）實驗二、坡度與水流速度的關係

- 1.固定出水量大小，將河道坡度調整為緩坡。
- 2.將保麗龍球從起點(藍色膠帶處)放開，讓水流將保麗龍球從上游帶往下游。
- 3.測量保麗龍球到下游花費的時間，重複實驗三次，求平均值。
- 4.將坡度調整為中坡和陡坡，重複步驟 2 和步驟 3，並紀錄實驗數據。

（三）實驗三、石頭顆粒大小與水流速度的關係

- 1.將河道坡度及水量大小皆設定在同樣情況。
- 2.秤 100g 的小石頭，並將石頭先用水沖濕，還原河川中石頭原本就是濕的樣子。
- 3.在起點處放置小石頭，在下游處設置紗網。
- 4.測量小石頭到被水流帶往下游花費的時間，重複實驗三次，求平均值。
- 5.分別使用中石頭、大石頭以及校園石頭，重複步驟 2、3 和 4，並紀錄實驗數據。

（四）實驗四、坡面材質與石頭搬運的關係

- 1.選擇一個光滑河道做對照組。
- 2.在河道一底部貼上立體水晶貼紙，模擬坡上凹凸不平的表面。
- 3.在河道二底部鋪上塑膠草皮，模擬坡上的植被。
- 4.在起點處放置校園石頭，在下游處設置紗網。
- 5.測量校園石頭被水流帶往下游花費的時間，重複實驗三次，求平均值。

肆、研究結果

一、水量與水流速度的關係

在實驗一中，我們假設在坡度固定時，水量越大水流速度會越快。進行實驗時需要大家一起分工合作，才不會錯過測量的時間，如果測量得到的實驗數據誤差太大，我們會多做幾次實驗並刪除誤差較大的數據。將所有實驗數據彙整後，可以得出水量與水流速的關係如下表 1-1 至表 1-3。

表 1-1：在緩坡時，水量與水流速度的關係

坡度	水量 大小	保麗龍球流到下游的時間 (s)			
		第一次	第二次	第三次	平均值
緩坡 (4.5°)	大	1.23	1.16	1.34	1.24
	中	1.61	1.76	1.73	1.70
	小	3.31	3.59	3.54	3.48

表 1-2：在中坡時，水量與水流速度的關係

坡度	水量 大小	保麗龍球流到下游的時間 (s)			
		第一次	第二次	第三次	平均值
中坡 (8°)	大	0.81	0.87	0.93	0.87
	中	1.40	1.50	1.37	1.42
	小	1.48	1.59	1.52	1.53

表 1-3：在陡坡時，水量與水流速度的關係

坡度	水量 大小	保麗龍球流到下游的時間 (s)			
		第一次	第二次	第三次	平均值
陡坡 (11.5°)	大	0.72	0.61	0.64	0.66
	中	0.93	0.89	0.96	0.93
	小	1.08	1.08	1.01	1.06



說明：由左至右分別為小、中、大水量。

說明：實際測量畫面。

<照片由研究者拍攝>

二、坡度與水流速度的關係

在實驗二中，我們假設在水量固定時，坡度越陡水流速度會越快。將所有實驗數據彙整後，可以得出坡度與水流速的關係如下表 2-1 至表 2-3。

表 2-1：大水量時，坡度與水流速度的關係

水量大小	坡度	保麗龍球流到下游的時間 (s)			
		第一次	第二次	第三次	平均值
大	緩坡(4.5°)	1.23	1.16	1.34	1.24
	中坡(8°)	0.81	0.87	0.93	0.87
	陡坡(11.5°)	0.72	0.61	0.64	0.66

表 2-2：中水量時，坡度與水流速度的關係

水量大小	坡度	保麗龍球流到下游的時間 (s)			
		第一次	第二次	第三次	平均值
中	緩坡(4.5°)	1.61	1.76	1.73	1.70
	中坡(8°)	1.40	1.50	1.37	1.42
	陡坡(11.5°)	0.93	0.89	0.96	0.93

表 2-3：小水量時，坡度與水流速度的關係

水量大小	坡度	保麗龍球流到下游的時間 (s)			
		第一次	第二次	第三次	平均值
小	緩坡(4.5°)	3.31	3.59	3.54	3.48
	中坡(8°)	1.48	1.59	1.52	1.53
	陡坡(11.5°)	1.08	1.08	1.01	1.06



說明：河道放在不同階梯上，可呈現不同的坡度趨勢。



說明：實際測量畫面。

<照片由研究者拍攝>

三、石頭顆粒大小與水流速度的關係

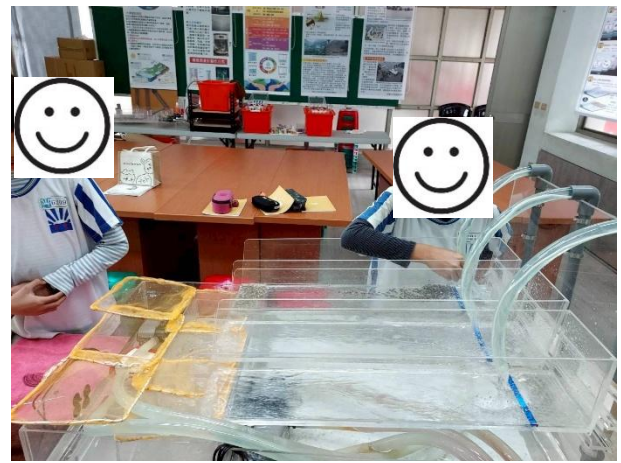
在實驗三中，我們假設如果石頭顆粒越大，石頭被搬運到下游花費的時間會越久。將坡度、水量設定在相同情況，在起點處設置不同顆粒大小的石頭，觀察它們被搬運到下游的時間，將所有實驗數據整理後，可以得出石頭顆粒大小與搬運時間的關係如下表 3。

表 3：石頭顆粒大小與搬運時間的關係表

坡度	水量	石頭顆粒	石頭被搬運到下游的時間 (s)			
			第一次	第二次	第三次	平均值
緩坡 (4.5°)	小	小	31.9 秒	29.62 秒	28.93 秒	30.15 秒
		中	39.58 秒	44.94 秒	41.16 秒	43.56 秒
		大	1 分 8.77 秒	51.02 秒	1 分 14.24 秒	1 分 4.68 秒
		校園石頭	2 分鐘過後，石頭仍在河道上無法流到下游。			
	中	校園石頭	1 分 17.38 秒	1 分 27.27 秒	1 分 26.02 秒	1 分 23.56 秒



說明：實際測量畫面(小石頭)。



說明：實際測量畫面(中石頭)。



說明：實際測量畫面(大石頭)。



說明：實際測量畫面(校園石頭)。

<照片由研究者拍攝>

四、坡面材質與石頭搬運的關係

在實驗四中，我們將校園石頭放在起點處並開啟水流後，觀察不同河道材質中石頭的移動情形，可以得出下表 4。我們發現，在對照組的光滑河道中，石頭最快被水流沖至下游；貼有立體水晶貼紙的河道表面凹凸不平，使得石頭移動速度較光滑河道慢，但最後石頭仍全數被沖到下游；鋪設塑膠草皮的河道，即使開啟最大水量，石頭幾乎沒有明顯移動。

表 4：不同坡面材質與石頭搬運的關係

坡度	水量大小	石頭顆粒	河道	石頭被搬運到下游的時間 (s)			
				第一次	第二次	第三次	平均值
陡坡 (11.5°)	大	校園石頭	光滑	12.06	11.45	12.02	11.84
			立體貼紙	15.23	14.56	15.61	15.13
			草皮	5 分鐘過後，石頭仍在河道上無法流到下游。			



說明：實際測量畫面(對照組：光滑河道)



說明：實際測量畫面(立體貼紙)



說明：實際測量畫面(草皮)

<照片由研究者拍攝>

伍、討論

一、水量與水流速度的關係

觀察表 1-1~表 1-3，可以發現在相同坡度下，水流量越大，保麗龍球流到下游所花費的時間越少，表示水流速度越快。這和我們的假設：坡度固定時，水量越大水流速度會越快相符。

二、坡度與水流速度的關係

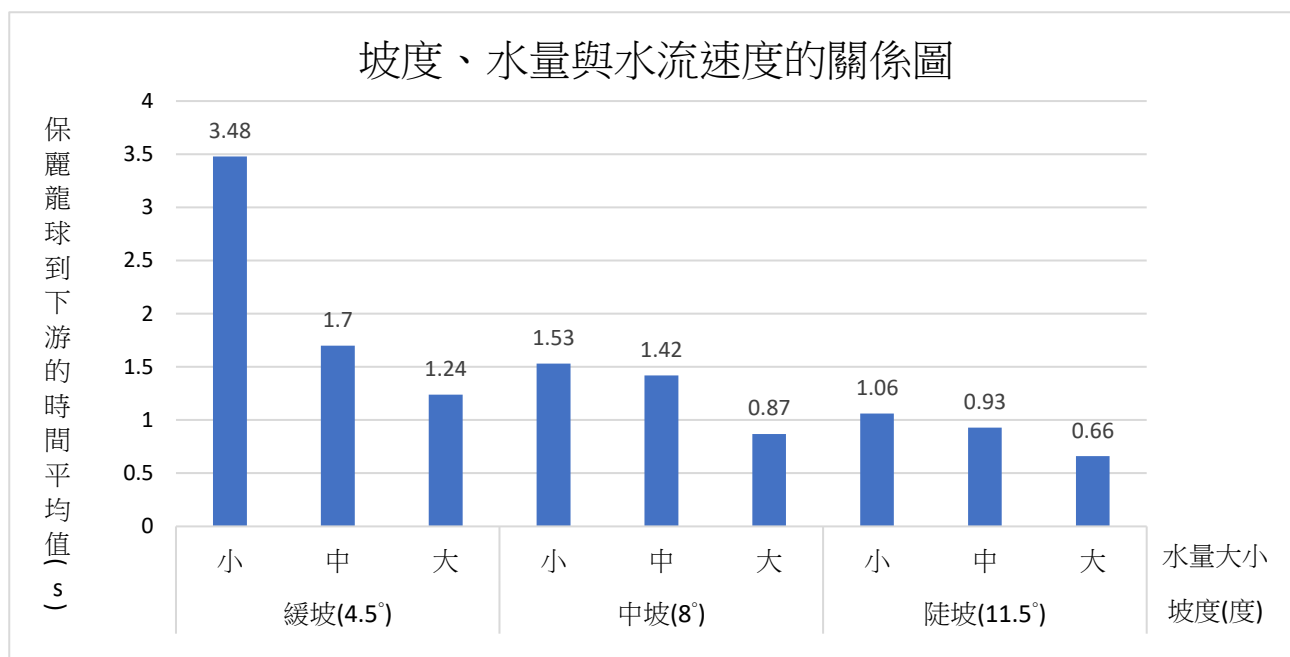
觀察表 2-1~表 2-3，可以發現在相同水量下，坡度越陡，保麗龍球流到下游所花費的時間越少，表示水流速度越快。這和我們的假設：水量固定時，坡度越陡水流速度會越快相符。

三、水量、坡度與水流速度的關係

從討論一我們可以得知：水量越大，水流速度越快，由討論二可以得知：坡度越陡，水流速度越快，那麼如果陡峭的坡度加上大水量，水流速度是不是會最快呢？將實驗一和實驗二的實驗數據合併起來，整理成一份表格，可以得出坡度、水量與水流速的關係如下表 5。

表 5：坡度、水量與水流速度的關係

坡度	水量大小	保麗龍球流到下游的時間 (s)			
		第一次	第二次	第三次	平均值
緩坡 (4.5°)	小	3.31	3.59	3.54	3.48
	中	1.61	1.76	1.73	1.70
	大	1.23	1.16	1.34	1.24
中坡 (8°)	小	1.48	1.59	1.52	1.53
	中	1.4	1.5	1.37	1.42
	大	0.81	0.87	0.93	0.87
陡坡 (11.5°)	小	1.08	1.08	1.01	1.06
	中	0.93	0.89	0.96	0.93
	大	0.72	0.61	0.64	0.66



圖一：坡度、水量與水流速度的關係

觀察表 5 及圖一，可以發現當坡度最陡、水量最大時，保麗龍球流到下游所花費的時間最少，表示水流速度越快。這和我們的推論：坡度越陡，加上水量越大時，水流速度越快相符。

四、石頭顆粒大小與水流速度的關係

土石流來時，流水會夾帶大量泥沙，這些石頭的顆粒大小與水流搬運的速度有關嗎？觀察表 3，可以發現當石頭顆粒越大，石頭被搬運到下游的時間越久，甚至單顆石頭最重的校園石頭，在小水量時也無法被搬運到下游。但在坡度不變的情況下，將水量調整成中水量時，校園石頭就可以被搬運到下游，這表示即使石頭顆粒巨大，但只要有足夠大的水量，也能夠被搬運至下游，對下游地區造成破壞。

五、坡面材質與石頭搬運的關係

課本中提到，山坡上的樹木能夠抓住土壤，達到水土保持、減少土壤流失的效果。從實驗四中得出的結果，顯示鋪設塑膠草皮的河道能有效阻擋石頭的移動，與課本中植被固定土壤的概念相符，表示坡地上的植被確實能夠降低土石的流動，減少下游處因為砂石滾落而可能造成的危害。

陸、結論

- 一、水量與水流速度的關係：坡度固定時，水量越大水流速度會越快。
- 二、坡度與水流速度的關係：水量固定時，坡度越陡水流速度會越快。
- 三、水量、坡度與水流速度的關係：坡度越陡加上水量越大時，水流速度越快。
- 四、石頭顆粒大小與水流速度的關係：石頭顆粒越大，被搬運到下游的時間越久，但只要有足夠大的水量，也能夠被搬運至下游。
- 五、坡面材質與石頭搬運的關係：坡地鋪設塑膠草皮，能有效阻擋石頭的移動。

綜合本研究結果，可得知水流的流速主要受到水量與坡度的影響，當坡度越陡且水量越大時，水流速度最快，搬運作用也越強。此外，石頭顆粒大小與坡面材質也會影響搬運的結果，顆粒越大的石頭需要較長時間才能被搬運，而具有草皮覆蓋的坡面則能有效減緩石頭的移動。因此我們推論，河川的搬運作用受到多種因素共同影響，當自然環境中發生水量增加、坡度變陡峭且地表缺乏植被覆蓋時，較容易造成土石快速移動，增加災害發生的風險。

柒、參考資料及其他

國民小學自然科學課本第七冊六年級上學期。翰林。

國民小學社會課本第五冊五年級上學期。翰林。

土石流及大規模崩塌防災資訊網（2026）。土石流潛勢溪流統計。農業部農村發展及水土保持署。<https://246.ardswc.gov.tw/DebrisFlow/Statistics>

小林里（2026 年 2 月 4 日）。載於維基百科。

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/小林里>

水利署全球資訊網-水利之最。經濟部水利署。<https://www.wra.gov.tw/cp.aspx?n=3691>

花蓮馬太鞍溪堰塞湖災害（2026 年 2 月 2 日）。載於維基百科。

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/花蓮馬太鞍溪堰塞湖災害>

第十河川局（2017）。全球暖化與氣候變遷對臺灣水資源之衝擊。水利署電子報，0225。

https://www.wra.gov.tw/epaper/Article_Detail.aspx?s=3776&n=30177

葉俊明（2013）。臺灣水，哪去了？。科學 Online。

<https://case.ntu.edu.tw/臺灣水，哪去了？/index.html>

颱風資料庫。交通部中央氣象署。

https://rdc28.cwa.gov.tw/TDB/public/typhoon_detail?typhoon_id=200908