

「舟而覆駛，溪溪相關」

初探河川水域安全-以秀姑巒溪為例

摘要

秀姑巒溪為花蓮在地河流，切穿海岸山脈、水量充沛且地質景觀豐富，並在六年級的自然課本中也有提到河道侵蝕、搬運及堆積作用。為了解河流的水流量、坡度對河道侵蝕、搬運及堆積的影響，我們利用河道模型、石頭及沙子觀察河道沖積時的情形，發現坡度較陡、水量較大時河流衝擊力量大，容易使泥沙、石頭移動，產生堆積現象，並實際踏查瑞港公路與實驗進行對照。

同時秀姑巒溪為台灣泛舟活動中最興盛的區域，雖然泛舟帶來可觀的經濟收入，但受傷的人數也不少。為了讓活動安全性提升，我們透過訪談得知水流量及坡度對泛舟有很大的影響，而後針對船隻的外型做實驗進行比較，發現船隻外型對於漂流有明顯的影響。

【關鍵詞】：秀姑巒溪、泛舟安全、河流作用

研究主題：「舟而覆駛，溪溪相關」以秀姑巒溪為例初探河川水域安全(國小組 地球科學組)
內文：

壹、研究動機

秀姑巒溪是東部唯一一條切穿海岸山脈的河流，地質景觀複雜，石頭種類繁多，是花蓮在地的特色，因此想了解並研究秀姑巒溪。除此之外，看新聞報導的時候，經常看到因颱風或豪雨導致河水流量忽然暴漲，使得人員傷亡或是建築物被沖毀，但現在卻仍有許多住宅建造在河岸兩側。所以希望藉由此次機會了解不同坡度與水量對於直流、曲流河道沖積的影響程度，正好也與自然課本中提到的河流侵蝕、搬運與堆積作用有很大的關聯。

此外，我們研究秀姑巒溪，主要是因為他是花蓮唯一可以泛舟的溪流，想了解不同坡度、水量和船隻外型對船隻漂流的影響，讓我們泛舟起來既安全又刺激。

貳、研究目的

一、研究概念圖



二、研究目的

- (一)了解秀姑巒溪中下游的地質特色。
- (二)比較秀姑巒溪河灘石頭的差異。
- (三)了解秀姑巒溪泛舟安全事項。
- (四)比較不同坡度下，直流和曲流的沖積情形。
- (五)比較不同水量下，直流和曲流的沖積情形。
- (六)比較不同船隻外型在不同坡度、水流量下對泛舟安全及船隻移動距離的影響。

三、研究進度

10月	●	●	●					
11月	●	●	●	●				
12月	●			●	●			
1月	●			●	●	●		
2月	●				●	●		
3月	●				●	●		
4月	●				●	●		
5月	●						●	●
工作內容	蒐集資料	主題發想	確認主題	研究設計	研究實作	論文撰寫	論文發表	論文修正

參、研究設備及器材

一、研究器具：

- (一)研究一：望遠鏡、紀錄本、筆。
- (二)研究二：磅秤、檸檬酸水溶液、秀姑巒溪河灘石頭、自然實驗礦物標本盒。
- (三)研究三：紀錄本、筆。
- (四)研究四：直流河道模型、曲流河道模型、編號冰棒棍、小方格墊板、透明小方格墊板、量桶、透明墊板、置物盒、泥土、沙子、石頭、鏟子、泥土桶、量尺、量角器、磅秤。
- (五)研究五：直流河道模型、曲流河道模型、編號冰棒棍、小方格墊板、透明小方格墊板、量桶、透明墊板、置物盒、泥土、沙子、石頭、鏟子、泥土桶、量尺、量角器、磅秤。
- (六)研究六：直流河道模型、曲流河道模型、石頭、輕黏土船、捲尺、量角器、置物盒、量桶、透明墊板、磅秤。

肆、研究歷程

研究一、調查秀姑巒溪河道地形

(一)研究方法：

1. 利用週日的時間搭校車前往瑞港公路，進行秀姑巒溪河道地形踏查。
2. 戶外調查時，一邊觀察拍照，一邊手寫紀錄。
3. 回校整理調查記錄，並討論分析。

(二)研究結果：

1.秀姑巒溪泛舟遊客中心(瑞穗大橋)

- (1)觀察河道後發現，河道向北側侵蝕，因北邊的（沉積岩）較南邊的（火成岩）軟。因此泛舟靠右側凸岸水流較和緩安全。
- (2)河道旁的泥沙有水的波紋，代表下大雨時也會漫延成河道。
- (3)瑞穗大橋下水位線 63m 以下有明顯的褪色痕跡，可知平日秀姑巒溪的水位低於 63m。
- (4)中游河道寬廣為辮狀河，因土地營養多，會在河階種植稻米。



秀姑巒溪中游(泛舟起點)



河道旁的水波紋



瑞穗大橋下的水位線



辮狀河流

2.德武休息區

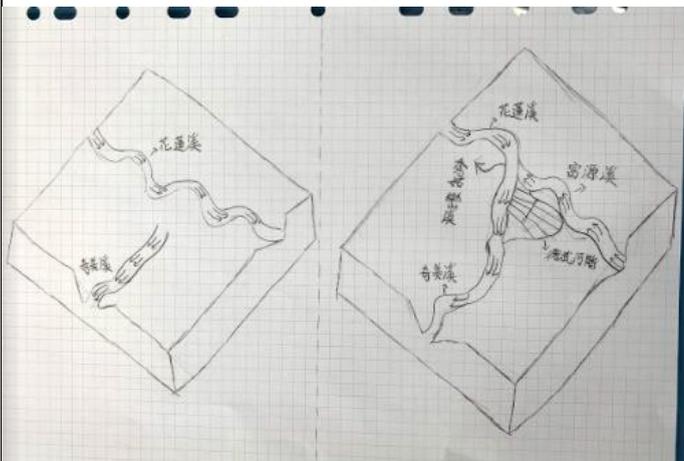
- (1)德武河階形狀是半圓型，因河道堆積且海岸山脈每年長高 1.7cm 而抬升。目測算上河灘有七階，每一階種植不同作物，例如玉米、稻米、茶樹及原始樹林，上層河階作物較耐旱。現在仍不斷進行堆積，之後可能會有更多層河階。
- (2)因奇美溪向上侵蝕和地震震動使花蓮溪（被襲奪）上游和奇美溪（襲奪）相連，變成秀姑巒溪，德武河階邊河流有明顯大轉彎，且能看到富源溪(改向河)。



德武河階



舞鶴台地



奇美溪襲奪手繪示意圖



秀姑巒溪大轉彎進入海岸山脈

3.奇美部落(泛舟中途休息區)

- (1)奇美部落傳統茅草屋屋頂是茅草蓋的，牆是由竹子做的，以傳統工法建造，現在提供遊客休憩。
- (2)奇美河灘能看到很多種類的鵝卵石，有來自玉山及中央山脈的變質岩及沉積岩，及海岸山脈的火成岩。
- (3)奇美斷層使一座山有兩種不同的地質成分，南邊是較堅硬的火成岩，北邊是較易被侵蝕的沉積岩。
- (4)經過石頭分布密集的地方，泛舟艇會由快艇拉著，並讓遊客把身體躲到泛舟艇中。
- (5)秀姑巒溪為少數下游為峽谷地形的河川。
- (6)奇美河灘對岸的山壁土石崩落，查資料得知是因岩石受到火山熱水溶液變質作用，導致岩石比較鬆軟，且位於奇美斷層上，經雨水沖刷及地震導致侵蝕岩盤裸露。

		
<p>傳統茅草屋</p>	<p>奇美河灘</p>	<p>站在奇美斷層上</p>
		
<p>居民對秀姑巒溪的運用</p>	<p>快艇拉著泛舟艇</p>	<p>奇美河灘對面山壁裸露</p>

4.出海口(長虹橋)

- (1)出海口岩層共分成 5 層，最下層是第一次火山爆發的火山熔岩輝綠岩，因今日水位較高沒辦法實際觀察到；第四層是安山岩，因成分不同有黑白、綠白、紅白等不同顏色；第三層是火山角礫岩，是火山岩跟陸地上的石頭混合而成；第二層是火山凝灰岩；最上層是因海岸山脈火山不爆發之後，被珊瑚覆蓋凝固成石灰岩，變成又大又白的秀姑漱玉，因為是沉積岩易被侵蝕而數量減少。
- (2)出海口河道很寬且流速緩慢，有細沙堆積。
- (3)秀姑巒溪出海口有一座奚卜蘭島是一座火山島，旁邊可以看到一條細細的小沙洲。



(三)討論發現

- 1.秀姑巒溪泛舟遊客中心(瑞穗大橋)在還沒進入海岸山脈前，河道較寬、水流較平緩而形成辮狀河。轉入德武河階後可以看到秀姑巒溪是峽谷地形，奇美部落是屬於水流較為湍急的地段，許多鵝卵石被搬運至此；出海口河道寬，水流速度較和緩，有細砂堆積。
- 2.德武河階形成是因為河流堆積後地殼抬升，推測之後會有更多層。
- 3.秀姑巒溪的北邊地質較軟是屬於沉積岩，南邊的地質較硬是屬於火成岩，因此河道會一直往北侵蝕形成曲流，推測會一直往瑞港公路侵蝕。
- 4.因為火山噴發的時間不同，導致每一次噴發的堆積物都不同：最下層輝綠岩，第四層:安山岩，第三層火山角礫岩，第二層火山凝灰岩，最上層石灰岩。
- 5.秀姑漱玉的形成是因為海岸山脈火山不爆發之後，珊瑚覆蓋後形成石灰岩。

(四)研究誤差

- 1.無法實際到每一段河道觀察。
- 2.無法得知不同天氣狀況下的景觀。

研究二、了解秀姑巒溪河灘上的石頭

(一)研究方法：

- 1.整理並挑選 15 顆從秀姑巒溪河灘帶回的石頭，並為其編號。
- 2.對照網路上的岩石圖鑑，分辨岩石種類並記錄。
- 3.量石頭的重量和體積，並計算石頭密度。
- 4.用滑石、方解石、十元硬幣、美工刀片、玻璃片、石英分別刻劃石頭，觀察痕跡比較硬度。
- 5.在石頭上滴檸檬酸水溶液，觀察其是否產生氣泡。

(二)實驗步驟

			
將石頭編號。	調配檸檬酸水溶液	測量石頭重量。	利用排水法測量石頭體積。
			
刻劃石頭	觀察刻痕並記錄	將檸檬酸水溶液滴在石頭上。	觀察是否有氣泡

石頭相片

1 號	2 號	3 號	4 號
5 號	6 號	7 號	8 號
9 號	10 號	11 號	12 號
13 號	14 號	15 號	

(三)、研究結果

編號	石頭名稱	外型			能否在石頭留下刻痕(莫氏硬度)							是否有氣泡
		體積 (cm ³)	重量 (g)	密度 (g/cm ³)	滑石 1	方解石 3	硬幣 3.5	刀片 6	玻璃 6.5	石英 7	硬度排名	檸檬酸水溶液
1	砂岩	160	382.7	2.39	X	X	X	X	V	V	2	X
2	安山岩	100	233.2	2.33	X	X	X	X	V	V	2	X
3	安山岩	16	39.1	2.44	X	X	X	X	V	V	2	X
4	砂岩+石灰岩	10	27.6	2.76	X	X	X	V	V	V	3	V
5	砂岩+石灰岩	8	24.4	3.05	X	X	X	X	V	V	2	V
6	石英岩	10	21	2.1	X	X	X	X	V	V	2	X
7	石英變質砂岩	11	22.5	2.05	X	X	X	X	V	V	2	V
8	砂岩	3	9.2	3.07	X	X	X	X	V	V	2	V
9	石英岩	7	14.2	2.03	X	X	X	X	V	V	2	X
10	砂岩	10	22.2	2.22	X	X	X	X	V	V	2	V
11	石灰岩	5	14.8	2.96	X	X	X	V	V	V	3	V
12	蛇紋岩	10	19.1	1.91	X	X	X	X	V	V	2	X
13	砂岩	2	10.8	5.4	X	X	X	V	V	V	3	V
14	石英岩	4	11.3	2.83	X	X	X	X	=	V	1	X
15	石灰岩	1	6.4	6.4	X	X	X	X	V	V	2	V

(四)討論發現：

- 1.石英岩是這些石頭中最硬的石頭，大部分的石頭硬度都小於玻璃和石英，大於滑石、硬幣、方解石，根據表格呈現推測硬度石英岩 \geq 安山岩 \geq 砂岩、石灰岩。
- 2.相同石頭硬度可能會不一樣，且有些石頭同時包含不同礦物，因此同一顆石頭有些地方會留下劃痕有些則不會有。
- 3.蛇紋岩、安山岩、石英都不會冒泡，因為裡面沒有方解石的成分，有些砂岩遇酸會冒泡可知其中含有方解石的成分。

(五)研究誤差

- 1.石頭會混到其他礦物所以硬度會因為刻的地方不同而有所改變。
- 2.因為經驗不夠，透過對照網路圖片的方式，無法確實的辨識石頭。

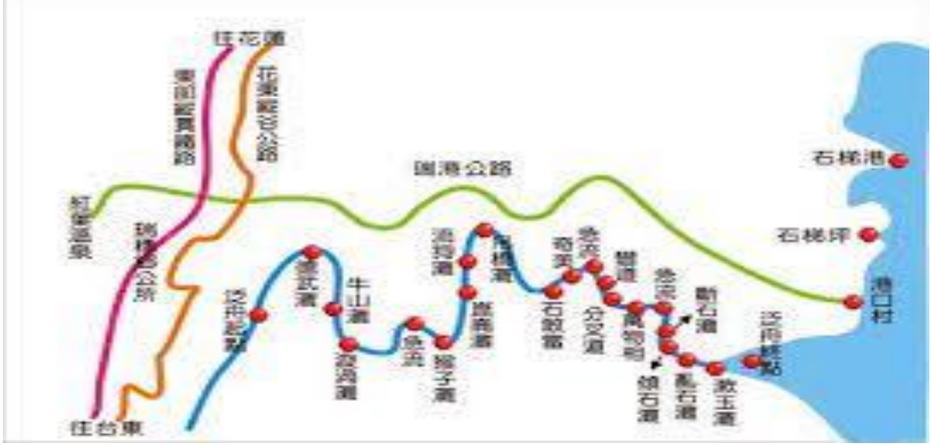
研究三、訪談秀姑巒溪泛舟遊客中心人員

(一)研究方法

- 1、準備訪談大綱。
- 2、運用週三下午訪問瑞穗秀姑巒溪泛舟遊客中心人員。
- 3、以半結構式的焦點團體訪談法，進行深度訪談。
- 4、手寫紀錄並拍照。

(二)研究結果-訪談紀錄表

受訪者	秀姑巒溪泛舟遊客中心人員	地點	瑞穗鄉秀姑巒溪泛舟遊客中心
訪談資料彙整			
主題	項目	內容	
秀姑巒溪河流	水位	<p>Q:河道的水位高度與泛舟的關聯？</p> <p>A:水位用經濟部水利署第九河川局以瑞穗大橋為基準。平時水位在 59 到 60m 之間，水位高於 61m 時不可下水。</p> 	
	流量	<p>Q1：當天水流量對泛舟的影響？</p> <p>A1：上游降雨多時，水流快且水量大可能導致翻船，且泛舟行程也會較快抵達終點；但水量小的話船隻較容易擱淺。</p>	
	河道	<p>Q1：秀姑巒溪泛舟哪處比較危險？</p> <p>A1：最湍急危險的河段大約在奇美部落前後。</p>	
		<p>Q2：為什麼會有漩渦？</p> <p>A2：漩渦是因為水流沖擊石頭產生。</p>	
		<p>Q3：泛舟路段大約有幾個漩渦？</p> <p>A3：泛舟路段有 20 多個漩渦。</p>	

	<p>坡度</p>	<p>Q1：秀姑巒溪泛舟哪處比較湍急？ A1：猴子灘～流狗灘坡度較大，所以船隻的速度較快，較容易發生翻船。</p>  <p>(圖片取自：阿山的地科研究室)</p>
<p>泛舟</p>	<p>設備安全</p>	<p>Q1：遊客有哪些必要的裝備？ A1：下水的遊客都要穿救生衣、安全帽以及哨子。</p> <p>(安全頭盔、長袖連身防寒衣、防滑鞋、救生衣、手套)</p>  <p>安全頭盔：保護頭部。</p> <p>救生衣：使人浮於水面上。</p> <p>防滑鞋：防滑與保護足部。</p> <p>手套：防止刮傷與便於攀爬。</p> <p>長袖連身防寒衣：防止刮傷與保暖。</p> <p>(圖片取自：永豪娛樂企業社)</p> <p>Q2：舟艇如果漏氣會發生什麼事？ A2：舟艇有 6 個氣室，所以如果一處漏氣，也還有其他五個氣室。</p> <p>Q1:泛舟時會發生什麼危險？ A1:可能會因為翻船，或撞到石頭、漩渦，導致有人受傷。</p> <p>Q2:為什麼船隻會翻覆？ A2:船隻會被水流帶到兩岸或撞到石頭，導致卡住或翻覆。</p>

	安全性控管	Q1：如何確定河道安全？ A1：經濟部水利署第九河川局每月都會進行水巡，檢查河道是否有改變和河道中間是否有大型障礙物，豪雨之後會額外水巡。
		Q2：若船隻翻覆之後，遊客是否會有危險？ A2：船隻翻覆之後，船下會有空間讓被蓋住的遊客呼吸。
		Q3：若發生翻船事故如何應對？ A3：翻船之後把握口訣(1.仰躺 2.漂浮於水面上 3.耐心等待救援)，且有專業救生員駕駛快艇隨行。
	事故應對方式	Q1:如果有人泛舟受傷時採取的緊急辦法是？ A1:有遊客溺水時，泛舟公司應變小組會緊急通知消防隊。
其他	秀姑巒溪概況	Q1：秀姑巒溪概況？ A1：秀姑巒溪是從中央山脈開始的，全長 104 公里。
	泛舟時間	Q2：秀姑巒溪適合泛舟的時間是什麼時候？ A2：泛舟 4 到 10 月是旺季，淡季是 11~ 3 月。

(三)討論發現

- 1.平時水位(經濟部水利署第九河川局瑞穗大橋水位)差不多在 59 到 60m 間，當水位高於 61m 時不可下水，否則水量過大船速快容易翻覆。雨量大小亦會影響泛舟抵達終點的時間。
- 2.經濟部水利署第九河川局每個月和颱風後都會進行水巡，檢查河道是否有改變以及河道中間是否有大型障礙物，這些都是容易影響泛舟行進安全的事項。
- 3.泛舟時會有專業救生員駕駛快艇隨行，當遊客溺水時泛舟公司應變小組會緊急通知消防隊。遵守泛舟指引就能將意外事故的傷害降至最低。
- 4.最湍急危險的一段大約在奇美部落前後，因為那邊坡陡流急，流速較快。
- 5.建議設立多一點休息區，可以讓人們在中途休息或是身體不適時可以提前結束行程。

研究四、比較不同坡度對河流沖積的影響

(一)研究方法：

- 1.在直流河道上鋪上石頭和泥沙，並觀察四個不同坡度(5°、10°、15°、20°)河道上及河道外的侵蝕、搬運、堆積狀況。
- 2.在曲流河道上鋪上石頭和泥沙，並觀察四個不同坡度(5°、10°、15°、20°)河道上及河道外的侵蝕、搬運、堆積狀況。

(二)研究器材：

直流河道模型、曲流河道模型、編號冰棒棍、小方格墊板、透明小方格墊板、量桶、透明墊板、置物盒、泥土、沙子、石頭、鏟子、泥土桶、量尺、量角器、磅秤。

(三)實驗步驟：

			
石頭體積測量	石頭重量測量	曲流河道布置	直流河道布置
			
河道每五公分標示	量筒杯緣畫上刻度	河道墊盒子測量角度	1~5 段河道鋪上 1cm 厚度的泥沙
			
固定位置擺石頭	用隔板固定量筒開口 2cm 持續十秒	倒水(倒在墊板上)	觀察並記錄

河道上石頭資訊

編號	重量 (g)	體積 (cm ³)	密度 (g/cm ³)	長 (cm)	寬 (cm)	高 (cm)	外型概述
1	44.7	15	2.98	4.1	3	2.3	黑的、扁的
2	44.3	15	2.95	5	3.4	2	上細、下胖、灰色
3	40.5	12	3.38	4.4	2.5	2.3	長條形狀、白白的
4	39.3	10	3.93	5	3	2	橢圓形
5	37.6	16	2.35	4.9	2.6	1.8	黑色，表面有斑點
6	37.0	14	2.64	6	3.5	1.1	長長圓圓的表面有著特殊的銀色，扁的
7	34.8	14	2.49	3	2.4	2	圓形，有綠黃和黑色
8	18.2	4	4.55	2.7	2.5	1.3	亮亮的，白白的
9	14.6	4	3.65	3	2	1.5	最黑的、扁的扁的
10	5.0	3	1.67	2.5	1.5	2.5	橢圓形、扁的
11	4.0	1	4	1.7	1.5	1.3	黑色,像貝殼的形狀
12	4.0	2	2	2.6	1.0	0.9	灰白色,有一面很平
13	3.3	1	3.3	1.3	1.6	0.8	梯形
14	1.7	1	1.7	1.6	0.7	0.6	牙齒形狀
15	1.7	1	1.7	1.8	0.6	0.8	灰色,像牙齒



直流河道		曲流河道	
河道布置手稿	河道布置相片	河道布置手稿	河道布置相片

河道布置說明：

- 1.將河道每五公分用冰棒棍進行分段標示，以方便觀察紀錄。
- 2.左側為 A 岸，右側為 B 岸。
- 3.並於前 5 段的地方鋪上 1cm 厚度的泥土(如上圖示斜線部分)。
- 4.依序放置 15 顆石頭。(如上圖示)。

(四)研究結果

※測項說明

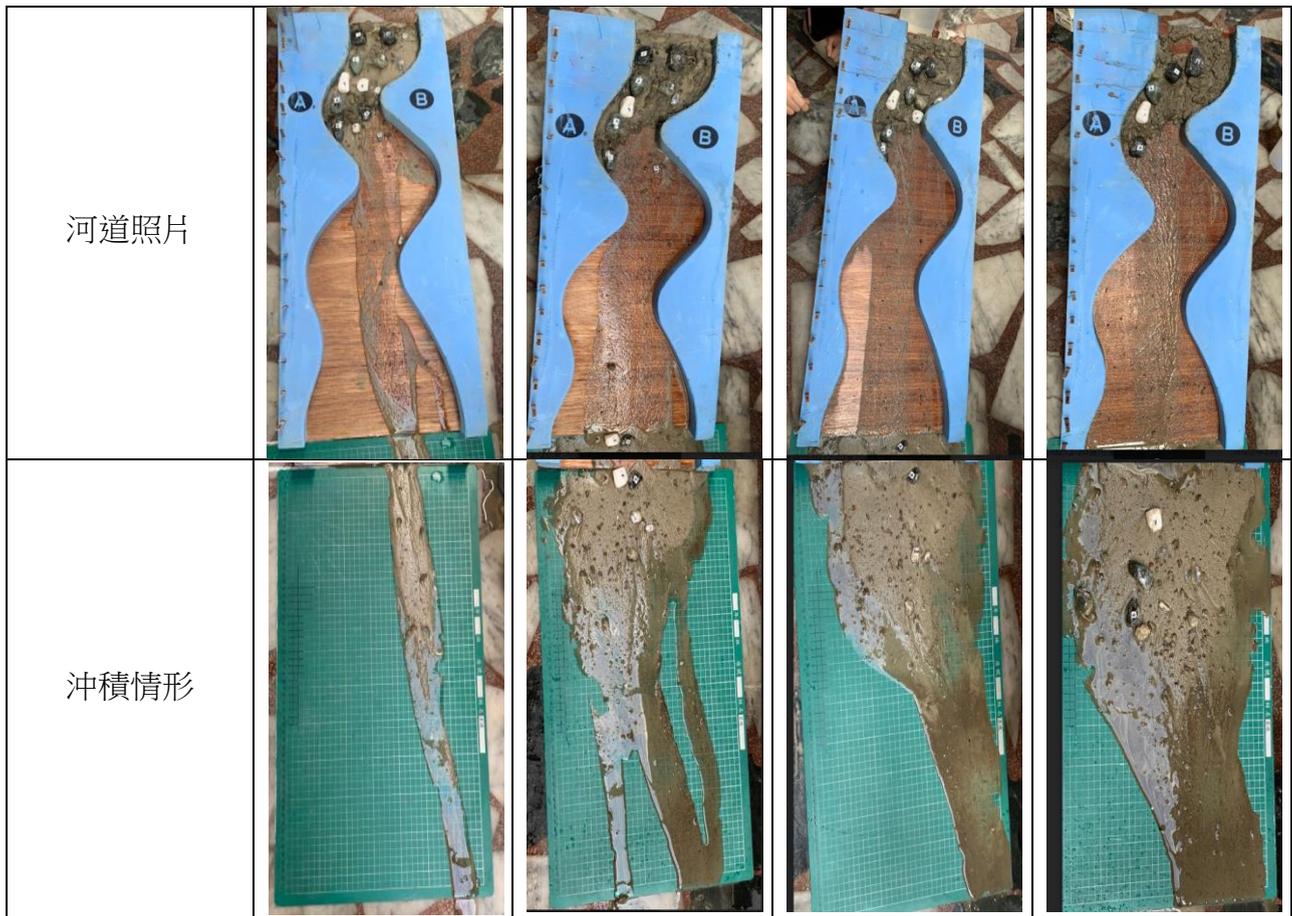
指標	項目	項目內容說明
侵蝕	1.剩餘泥土厚度(cm)	1~5 段落泥沙被水流沖刷後剩餘厚度。
搬運	2.最遠泥沙距離(cm)	最遠泥沙離河道末端的距離。
	3.石頭移動距離(cm)	石頭移動的距離。
堆積	4.河道上泥土堆積	河道模型上的泥沙堆積情形。
	5.泥沙覆蓋範圍(格)	河道末端綠色墊板上有泥沙的格子數量(有泥沙就算)。
	6.泥沙覆蓋面積(cm ²)	計算泥沙面積總和。泥沙完全覆蓋 1 格為 1 cm ² ，未填滿則以 0.5 cm ² 計算。
	7.泥沙緊密程度	綠色墊板上泥沙覆蓋面積與範圍的比率，比率越高表示泥沙覆蓋的越緊密集中。(算法：泥沙覆蓋面積/泥沙覆蓋範圍)

1. 不同坡度對直流河流沖積的影響

項目 \ 坡度		5 度	10 度	15 度	20 度
1. 剩餘 泥土 厚度	1 段	0.5cm	0.5cm	0.5cm B 岸泥沙少	0.5cm
	2 段	0.5cm	0.5cm	0.2cm B 岸泥沙少	0.5cm
	3 段	1cm	0.5cm	0.2cm B 岸泥沙少	0.5cm
	4 段	0.5cm	0.5cm	0.2cm B 岸泥沙少	0.5cm
	5 段	0.5cm	0.5cm	0.5cm B 岸泥沙少	0.5cm
2.最遠泥沙距離		河道外 170cm	河道外 175cm	河道外 205cm	河道外 212cm
3.石頭移動距離		14 號：10cm 15 號：97cm	11 號：30cm 15 號：10cm	5 號：76cm 11 號：109cm 12 號：10cm 14 號：20cm 15 號：115cm	5 號：79cm 10 號：76cm 14 號：82cm 15 號：81cm
4.河道上的堆積		5~17 段集中右側 11~17 段左側缺一塊	5~17 段零星堆積	5~17 段零星堆積 (分散) 尾端有一條線	河道上無堆積
5.泥沙覆蓋範圍		346(格)	431(格) 河道外 5cm 處 泥沙厚度 0.1cm	846(格)	631(格) 河道外 5cm 處泥 沙厚度 0.1cm 河道外 10cm 處 泥沙厚度 0.5cm
6. 泥沙 覆蓋 面積	填滿	172 cm ²	292 cm ²	732 cm ²	517 cm ²
	未填滿	87 cm ²	69cm ²	57 cm ²	57 cm ²
	總和	259 cm ²	361 cm ²	789 cm ²	574 cm ²
7.泥沙緊密程度		74%	83%	93%	90%
河道照片					
沖積情形					

2. 不同坡度對曲流河流沖積的影響

項目 \ 坡度		5 度	10 度	15 度	20 度
1. 剩餘 泥土 厚度	1 段	0.5cm	0.5cm	0.2cm	0.2cm 中間空
	2 段	1cm	0.5cm	0.5 cm	0.2cm
	3 段	1cm	0.5cm	0.5 cm	0.2cm
	4 段	1cm	1cm	0.2 cm	0.5cm B 岸空
	5 段	0.2cm	1cm	0.2 cm	0.5cm B 岸空
2.最遠泥沙距離		河道外 140cm	河道外 162cm	河道外 170cm	河道外 200cm
3.石頭移動距離		14 號：35cm 15 號：1cm	8 號：76cm 9 號：71cm 10 號：70cm 11 號：20cm 13 號：40cm 14 號：76cm	1 號：5cm 2 號：10cm 3 號：10cm 4 號：5cm 5 號：5cm 8 號：5cm 9 號：73.5cm 10 號：78cm 13 號：94cm 14 號：83cm	1 號：5cm 2 號：5cm 3 號：5cm 4 號：5cm 5 號：82cm 6 號：5cm 7 號：100cm 8 號：85cm 9 號：92cm 10 號：89cm 11 號：122cm 12 號：93cm 13 號：97cm 14 號：92cm 15 號：82cm
4.河道上的堆積		5~17 段堆積集中於河道中間。	5~17 段堆積於右側，較分散。	5~17 段堆積集中於中間。 10~17 段的左側缺一塊。	5~17 段堆積平均分散整個河道。
5.泥沙覆蓋範圍		287(格)	452(格) 河道外 5cm 處泥沙厚度堆積 0.1cm	509(格) 河道外泥沙堆積厚度 5cm 處 0.3cm. 10cm 處 0.2 cm 15cm 處 0.1cm	514(格) 河道外泥沙堆積厚度 5cm 處 0.4cm. 10cm 處 0.2 cm 15cm 處 0.1cm
6. 泥沙 覆蓋 面積	填滿	158 cm ²	335 cm ²	386 cm ²	391 cm ²
	未填滿	64.5 cm ²	58.5 cm ²	62.5 cm ²	61.5 cm ²
	總和	222.5cm ²	393.5cm ²	448.5cm ²	452.5cm ²
7.泥沙緊密程度		78%	87%	88%	88%



(五)討論發現

- 1.坡度越大，水流力道越強，泥土被侵蝕得較多，泥沙與石頭被搬運的距離較遠。此外，泥沙不容易堆積在河道上，墊板前端泥沙堆積緊密程度高，變成小土丘。
- 2.因直流河道開頭寬度較寬，直流的水比曲流的還分散，導致沖刷力道較弱，使得直流河道上的石頭移動距離較短。
- 3.直流河道因沒有凹凸岸，泥沙石頭較不易停留在河道上；曲流則因凸岸而有泥沙堆積。
- 4.根據實驗得知，較小、較輕、形狀較圓、未被泥土包覆的石頭較容易滾動。
- 5.經過實驗結果，我們得知坡度越大，能搬運較大的石頭與較多的泥沙。因此坡度較陡的河流兩岸不適合建造建物。
- 6.直流兩岸適合成為住家，因為四個坡度直流的水流速度較曲流和緩，侵蝕情況也較輕微，較不容易對河道兩岸產生影響；曲流則凸岸較適合居住，泥沙會在此堆積，而不會侵蝕土地而影響房屋地基。

(六)研究誤差

- 1.因為泥土的成分不同導致沖積效果不一。
- 2.研究場域的地勢沒有完全的平坦，導致實驗結果有些許誤差。

研究五、比較不同水流量對河流沖積的影響

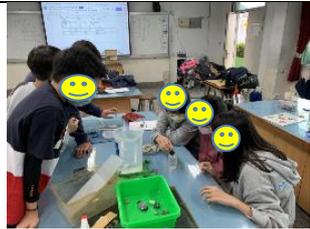
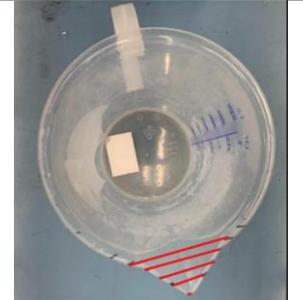
(一)研究方法：

- 1.在直流河道上鋪上石頭和泥沙，並觀察四個不同水流量(量筒開口 1cm、2cm、3cm、4cm)河道上及河道外的侵蝕、搬運、堆積狀況。
- 2.在曲流河道上鋪上石頭和泥沙，並觀察四個不同水流量(量筒開口 1cm、2cm、3cm、4cm)河道上及河道外的侵蝕、搬運、堆積狀況。

(二)研究器材：

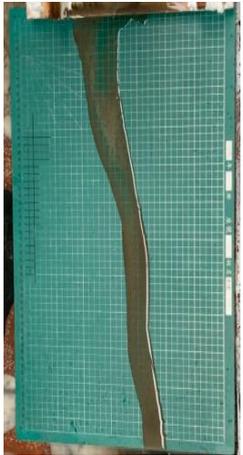
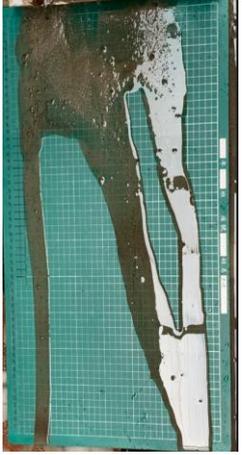
直流河道模型、曲流河道模型、編號冰棒棍、小方格墊板、透明小方格墊板、量桶、透明墊板、置物盒、泥土、沙子、石頭、鏟子、泥土桶、量尺、量角器、磅秤。

(三)實驗步驟：

			
石頭體積測量	石頭重量測量	直流河道布置	曲流河道布置
			
河道每五公分標示	量筒杯緣畫上刻度	河道下墊盒子將坡度固定為 5 度	1~5 段河道鋪上泥沙
			
固定位置擺石頭	透過阻擋開口來改變水流量大小，四條線距離瓶口尖點 1cm、2cm、3cm、4cm	用隔板固定量筒開口 1cm、2cm、3cm、4cm 分別沖刷十秒	觀察並紀錄

(四)研究結果

1.不同水流量對直流河流沖積的影響

項目		水流量			
		1cm	2cm	3cm	4cm
1. 剩餘 泥土 厚度	1 段	1cm	0.5cm	1cm	0.5cm
	2 段	1cm	0.5cm	1cm	1cm
	3 段	1cm	1cm	1cm	1cm
	4 段	1cm	0.5cm	0.5cm	0.5cm
	5 段	1cm	0.5cm	0.5cm	1cm
2.最遠泥沙距離		河道外 105cm	河道外 155cm	河道外 111cm	河道外 155cm
3.石頭移動距離		無石頭移動。	無石頭移動。	無石頭移動。	無石頭移動。
4.河道上的堆積		5~17 段集中在左側。	5~17 段零星分散。	5~17 段零星分散。	5~17 段零星分散。
5.泥沙覆蓋範圍		213 格	848 格	429 格	446 格
6. 泥沙 覆蓋 面積	填滿	89cm ²	586cm ²	305cm ²	332cm ²
	未填滿	62cm ²	131cm ²	62cm ²	57cm ²
	總和	151 cm ²	717cm ²	367cm ²	389cm ²
7.泥沙緊密程度		70%	85%	86%	87%
河道照片					
沖積情形					

2.不同水流量對曲流河流沖積的影響

項目 \ 水流量		1cm	2cm	3cm	4cm
1. 剩餘 泥土 厚度	1 段	0.5cm	0.5cm	1cm	0.5cm
	2 段	1cm	1cm	1cm	1cm
	3 段	0.5cm	1.5cm	0.5cm	1cm
	4 段	1cm	0.5cm	0.5cm	0.5cm
	5 段	0.2cm	0.5cm B 岸泥沙被沖走	0.5cm 兩岸被沖走	0cm 兩岸被沖走
2.最遠泥沙距離		河道外 94cm	河道外 158cm	河道外 162cm	河道外 170cm
3.石頭移動距離		無石頭移動	10 號：45cm 14 號：15cm 15 號：10cm	14 號：30cm 15 號：1cm	13 號：60cm 14 號：96cm 15 號：77cm
4.河道上堆積		堆積在 5~17 段，集中在右側。	A 岸：泥沙堆在 5~17 段	堆積在 5~17 段。	堆積在 5~17 段右側。
			B 岸：泥沙堆在 9~14 段	9~14 段右側缺一塊。	
			河道尾端有一條線。	8~11B 岸有直角三角形堆積。	
5.泥沙覆蓋範圍		154 格	311 格	359 格	371 格
6. 泥沙 覆蓋 面積	填滿	40cm ²	97cm ²	235cm ²	195cm ²
	未填滿	57cm ²	107cm ²	62cm ²	88cm ²
	總和	97 cm ²	204cm ²	297cm ²	283cm ²
7.泥沙緊密程度		63%	66%	83%	76%
河道照片					
沖積情形					

(五)討論發現：

- 1.相同水流之下，直流的石頭都沒動，且泥沙堆積面積小於曲流，因為直流河道開頭較寬，導致水的衝擊力量分散。
- 2.小顆的石頭，容易被水流帶著移動，可知水流量越大，越容易搬運較大的石頭。
- 3.水流量越大，導致泥沙被搬運的距離越遠，且河道上的水流及泥沙堆積寬度較寬，河道外堆積泥沙緊密程度較密，。

(六)研究誤差：

- 1.泥土混和時的成份不一。
2. 研究場域的地勢沒有完全的平坦，導致實驗結果有些許誤差。
- 3.因為水量只沖十秒，導致實驗過程無法完整模擬河流實際的情況。

研究六、比較不同坡度、水流量、船隻外型對泛舟的影響

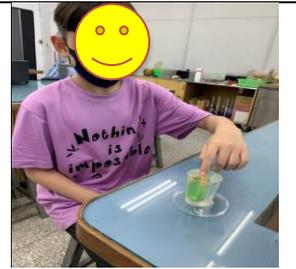
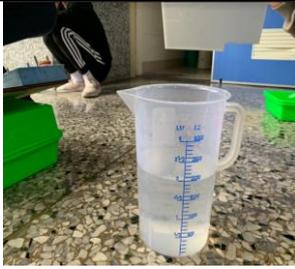
(一)研究方法

- 1.觀察四個不同坡度(5°、10°、15°、20°)的直流河道上三種不同形狀船隻的移動情況。
- 2.觀察四個不同坡度(5°、10°、15°、20°)的曲流河道上三種不同形狀船隻的移動情況。
- 3.觀察不同水流量(量筒開口 1cm、2cm、3cm、4cm)的直流河道上不同外型船隻的移動情況。
- 4.觀察不同水流量(量筒開口 1cm、2cm、3cm、4cm)的曲流河道上不同外型船隻的移動情況。

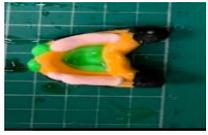
(二)研究器材：

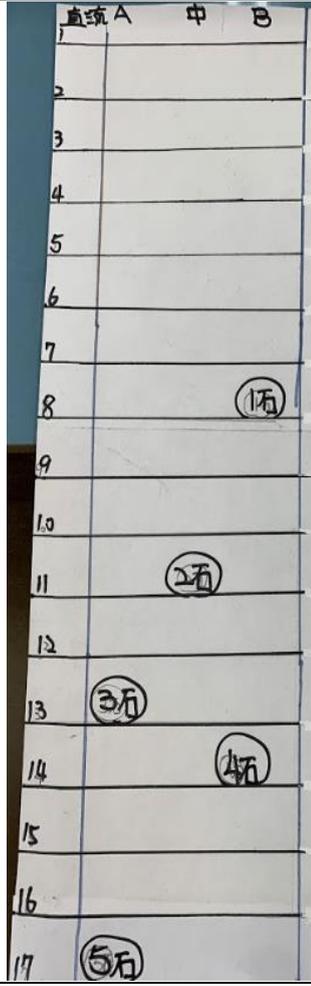
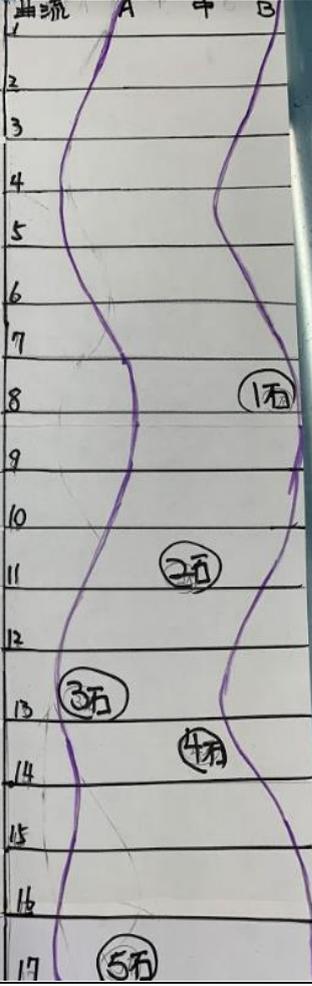
直流河道模型、曲流河道模型、石頭、輕黏土船、捲尺、量角器、置物盒、量桶、透明墊板、磅秤。

(三)實驗步驟

			
船隻模型捏製。	排水法測量船的體積。	測量船隻的重量。	將一些石頭黏在直流的河道上固定位置。
			
將石頭黏在曲流的河道上固定位置。	河道每五公分標示。	用捲尺、粉筆在河道外畫上刻度。	實驗布置概況。
			
準備實驗。	改變河道坡度 5°、10°、15°、20°	用量筒開口 2cm 倒 2000 毫升的水	河道墊盒子固定為 5 度並測量
			
用隔板固定出水量	放下船隻並倒水。	觀察實驗結果。	討論和發現。

船隻資訊：

船隻編號	長 (cm)	寬 (cm)	高 (cm)	體積 (cm ³)	重量 (g)	密度 (g/cm ³)	外型敘述	照片
1 號	3.6	3.6	1.2	8	0.8	0.1	甜甜圈 (O 字型)	
2 號	6	3	1.5	25	1.6	0.06	泛舟艇	
3 號	4	4	0.7	7	1.5	0.07	快艇 (U 字型)	

直流河道		曲流河道	
河道布置手稿	河道布置相片	河道布置手稿	河道布置相片
			
<p>布置說明：在兩河道中相同位置擺設五顆石頭。(河道末端看左側為 A 右側為 B 岸)</p>			

(四)研究結果

1.不同坡度對於直流河道泛舟船隻漂流的影響。

坡度	船隻編號	船隻抵達河道末端的時間(秒)	船隻移動的距離(cm)			船隻在河道上的情形
			河道上	河道外	總距離	
5度	1號	9.06 秒	80cm	20cm	100cm	先後碰撞 2 號石頭、4 號石頭。
	2號	未抵達	45cm	0cm	45cm	碰撞 2 號石頭，之後船隻橫著前進。
	3號	未抵達	35cm	0cm	35cm	卡在 1 號石頭後不動。
10度	1號	4.53 秒	80cm	9cm	89cm	無任何碰撞
	2號	未抵達	35cm	0cm	35cm	4A 岸翻船，沖到 6A 岸翻回來，8A 岸再度翻船。
	3號	未抵達	80cm	0cm	80cm	碰撞 9B 岸，最後卡在河道尾端。
15度	1號	6.71 秒	80cm	52cm	132cm	碰撞 9B 岸。
	2號	未抵達	45cm	0cm	45cm	卡在 9B 岸。
	3號	7.44 秒	80cm	17cm	97cm	碰撞 16A 岸。
20度	1號	1.49 秒	80cm	58.5cm	138.5cm	無任何碰撞。
	2號	7.98 秒	80cm	56cm	136cm	6 段中間翻船，之後碰撞 13B 岸。
	3號	未抵達	65cm	0cm	65cm	卡在 14B 岸。

2.不同坡度對於曲流河道泛舟船隻漂流的影響。

坡度	船隻編號	船隻抵達河道末端的時間	船隻移動的距離(cm)			船在河道上的情形
			河道上	河道外	總距離	
5度	1號	2.8 秒	80cm	43cm	123cm	先後碰撞 6A 岸、3 號石頭以及 11B 岸。
	2號	5.68 秒	80cm	12cm	92cm	先後碰撞 7A 岸、5 號石頭。
	3號	未抵達	30cm	0cm	30cm	碰撞 4B 岸、7A 岸，之後卡在 8A(石頭)
10度	1號	9.11 秒	80cm	28cm	108cm	5B 岸翻船後，卡在 7B 岸
	2號	未抵達	40cm	0cm	40cm	碰撞 3A 岸、8A 岸，之後卡在 11A 岸。
	3號	5.68 秒	80cm	26cm	106cm	碰撞 6A 岸，再碰撞 12B 岸
15度	1號	1.91 秒	80cm	24cm	104cm	碰撞 7A 岸，再碰撞 13B 岸
	2號	7.28 秒	80cm	23cm	103cm	碰撞 4B 岸，再碰撞 6A 岸
	3號	5.38 秒	80cm	20cm	100cm	先後碰撞 4B 岸、碰撞 7A 岸以及 10B 岸。

20 度	1 號	7.13 秒	80cm	10.5cm	90.5cm	碰撞 4B 岸，之後在 6B 岸翻船，又碰撞 5 號石頭。
	2 號	4.38 秒	80cm	26cm	106cm	先後碰撞 3B 岸 1 號石頭以及 15A 岸。
	3 號	4.06 秒	80cm	30cm	110cm	先後碰撞 7A 岸、12B 岸。

3.不同水流量對於直流河道泛舟船隻漂流的影響。

水 量	船隻 編號	船隻抵達河道 末端的時間	船隻移動的距離(cm)			船隻在河道上的情形
			河道上	河道外	總距離	
1 cm	1 號	未抵達	5cm	0cm	5cm	無移動。
	2 號	未抵達	0cm	0cm	0cm	無移動。
	3 號	未抵達	15cm	0cm	15cm	無移動。
2 cm	1 號	未抵達	45cm	0cm	45cm	卡在 2 號石頭。
	2 號	未抵達	13cm	0cm	13cm	卡在 4A 岸。
	3 號	9.08 秒	80cm	10c m	90cm	碰撞 2 號石頭。
3 cm	1 號	9.72 秒	80cm	17cm	97cm	4 段中間翻船，河道尾端又翻回來。
	2 號	5.99 秒	80cm	22.5cm	102.5cm	先後碰撞 4A 岸、2 號石頭
	3 號	7.51 秒	80cm	1cm	81cm	先後碰撞 2 號石頭、3 號石頭以及 4 號石頭。
4c m	1 號	4.95 秒	80cm	35cm	115cm	碰撞 2 號石頭
	2 號	未抵達	45cm	0cm	45cm	碰撞病卡在 2 號石頭處。
	3 號	未抵達	60cm	0cm	60cm	碰撞 2 號石頭，最後卡在 4 號石頭。

4.不同水流量對於曲流河道泛舟船隻漂流的影響。

		船隻抵達河道末端的時間	船隻移動的距離(cm)			船在河道上的情形
			河道上	河道外	總距離	
1 cm	1 號船	未抵達	15cm	0cm	15cm	卡在 4B 岸。
	2 號船	未抵達	5cm	0cm	5cm	卡在 2A 岸。
	3 號船	未抵達	28cm	0cm	28cm	卡在 7A 岸。
2 cm	1 號船	未抵達	35cm	0cm	35cm	碰撞 6A 岸，最後卡在 9A 岸。
	2 號船	未抵達	15cm	0cm	15cm	卡在 5A(凹岸)。
	3 號船	未抵達	70cm	0cm	70cm	先後碰撞 6A 岸、8B 岸最後卡在 5 號石頭。
3 cm	1 號船	2.87 秒	80cm	1cm	81cm	先後碰撞 6A 岸、11B 岸
	2 號船	6.53 秒 (卡在河道末端)	80cm	0cm	80cm	碰撞 5A 岸後沿著凸岸邊走，接著碰撞 10B 岸，最後停在河道尾端。
	3 號船	3.72 秒	80cm	5.5cm	85.5cm	先後碰撞 7A 岸、12B 岸
4 cm	1 號船	1.96 秒	80cm	17.5cm	97.5cm	先後碰撞 6A 岸、11B 岸以及 5 號石頭。
	2 號船	3.52 秒	80cm	2cm	82cm	先後碰撞 6A 岸、10B 岸，並於 13B 岸外 2 公分處翻船，後又碰撞 4 號石頭。
	3 號船	2.73 秒	80cm	51cm	131cm	先後碰撞 6A、5 號石頭。

(五)討論發現：

- 1.坡度越大，船隻移動速度越快，而且移動距離越遠(翻船及卡住除外)。
- 2.水量越大，船隻漂流得越遠，較不易被石頭卡住，抵達終點的時間也更快。因所有實驗的開口 1cm 水量船隻都幾乎沒有移動，可知水量越小船隻越容易擱淺。
- 3.船隻幾乎都有停或卡在 11 段河道中石頭，因為 11 段河道中石頭在河道正中間，所以可知河道中間的石頭容易影響船隻前行。
- 4.直流行進沒有凹凸岸，所以不會被凹凸岸卡住。
- 5.發現 1 號船重量較輕，且因為是圓形所以不易卡住，它的速度最快較適合喜愛追求刺激的人。
- 6.發現 2 號船的重量較重和身形較寬，所以較不容易移動且容易被石頭卡住，因此穩定應高適合對安全要求高的人。
- 7.發現 3 號船因為形狀較寬，水量較大時 3 號船的尾部面積較大，所以被水衝擊的面積也越大，因此速度快，而且比一號船穩定，但容易卡在狹窄的河段。

(六)研究誤差：

- 1.沖水時間不夠導致與實際泛舟情況有誤差。

伍、結論

一、研究發現

- (一)透過戶外踏查得知，秀姑巒溪北邊屬於地質較軟的沉積岩，南邊屬於地質較硬的火成岩，因此差異侵蝕形成曲流，且因地殼抬升而形成許多土壤肥沃，適合種植農作物的河階。此外秀姑巒溪下游的泛舟路段是屬於峽谷地形，因此奇美河灘前的泛舟路段河道較窄，水流較為湍急，河灘堆積鵝卵石；出海口河道寬；水流速度較和緩，許多細砂堆積。
- (二)由石頭實驗得知，因為地殼變動的關係，秀姑巒溪有些石頭含有不同的礦物，推測有些砂岩內可能有方解石的成分，所以才會遇酸冒泡。秀姑巒溪的石頭的硬度都在莫氏硬度 3.5 以上。比較之後發現安山岩和石英都偏硬，而砂岩的硬度都偏軟，由此可知硬度石英岩 \geq 安山岩 \geq 砂岩、石灰岩。
- (三)透過訪談得知，水量、坡度、和河道地形會影響泛舟。若上游降雨多，導致水流快且水量大可能導致翻船，而水量小容易擱淺，泛舟最佳水位在 59 到 60m 之間。由於奇美休息區前後坡度較陡、流速較快，容易翻船。泛舟路段有 20 多個漩渦，漩渦是因為水流衝擊石頭產生，容易導致危險。所以遊客下水前都要穿帶完整的設備，並有專業救生員駕駛快艇隨行，若不慎落水要做仰、躺、漂浮於水面上及耐心等待救援。
- (四)由坡度實驗得知，當坡度越大，水流侵蝕力道強，泥沙不容易在河道上堆積，且泥沙與石頭被搬運的較遠。較小、較輕、形狀較圓、未被泥土包覆的石頭容易移動。直流河道因沒有凹凸岸，泥沙、石頭較不易停留在河道兩側；曲流則多堆積在凸岸。
- (五)由水流量實驗得知，當水流量較弱，上游土壤流失較少，石頭移動較少；水流量越大，河道上的水流及堆積寬度越寬，河道外土壤堆積緊密程度較高，且泥沙被搬運的距離遠，石頭移動也較多。可知相同水流之下，因直流河道開頭較寬，導致水的衝擊力量分散，所以直流的石頭都沒動，且泥沙堆積面積小於曲流。
- (六)由船隻實驗得知，坡度、水流量及船隻外型都會對船隻漂流造成影響：當坡度越大或水量越大時，船隻的速度較快，且漂流的距離較遠。船的重量也會影響安全性，船隻的重量越重，越不容易移動且穩定，適合對於安全性要求較高的人；反之，較輕巧的船隻適合喜歡刺激的人。船的外型越寬，越容易碰撞、卡住石頭。雖然速度越快會讓泛舟更刺激，但也會讓碰撞、翻覆的意外增加。如果石頭在河道中央，船隻就越容易撞上而發生危險。

二、未來發展

以下是我們尚未完成的想法，想要在未來進行的研究：

- (一)進行船隻實驗時，可以放置小人模型在船上並觀察什麼環境下模型會掉出船隻，更具體的模擬實際泛舟情況。
- (二)利用實際模擬秀姑巒溪河道的模型進行實驗，比起簡易的直流曲流模型更能夠貼近秀姑巒溪實際現況。
- (三)利用更多時間實際踏查更多景點，可以對於河道地形有更深入的探討。
- (四)對於地科知識更精進之後或是尋求專家協助可以使石頭的研究更精確。
- (五)實驗的時間和觀察堆積的範圍都有限制，但河道地形都不是短時間可以形成的，希望未來可以深入研究。

三、研究建議

根據研究發現，研究者給予後續研究人員及泛舟業者相關建議，以下說明：

(一)對後續研究人員之建議：

- 1.研究秀姑巒溪河階地質成分，以及河階未來堆積、抬升情況，讓河階能夠更好的被運用。
- 2.研究更多秀姑巒溪不同種類、成分的石頭，例如：變質岩、火成岩、片麻岩等，進一步了解秀姑巒溪河灘的岩石概況。
- 3.如果要做有關泛舟安全的研究，可以使用不同材質或形狀的船隻來做測試。

(二)對泛舟業者之建議：

1. 建議秀姑巒溪泛舟路段可以多設置兩個休息區，可以讓身體不適的人在那邊休息折返。
2. 因為秀姑巒溪北岸岩層較軟，河道會不斷向北侵蝕，長久以後可能會影響到瑞港公路，因此需要做好防侵蝕工程或是替代安全方案。
3. 流量過大容易溢出河道，因此豪雨前要做好防洪措施並做好預警系統，以免來不及撤離而發生悲劇。

陸、參考文獻資料

王美芬等(2021)。國民小學自然與生活科技課本第八冊(六上)。臺北市：康軒文教事業股份有限公司。

河春蓀(1992)。普通地質學。國立編譯館。

經濟部中央地質調查所(2015)。沿溪而行的地質景觀公路—瑞港公路。34(2)，40-45。

董英宏(2020)。切過海岸山脈的秀姑巒溪。39(1)，91-94

陳文山(2012)。阿山的地科研究室-瑞穗地質公園旅遊景點。2021年1月10日，取自 <https://reurl.cc/nEW6VD>