

中華民國第 53 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 地球科學科

080505

小河兒彎灣－河道沖淤的探討

學校名稱：嘉義縣太保市太保國民小學

作者：	指導老師：
小六 伍承恩	蔡承璋
小六 黃子睿	黃柏鴻
小六 官星呈	
小六 馮子綸	
小五 郭哲維	
小五 吳俊承	

關鍵詞：河道、沖淤、八掌溪

小河兒彎彎－河道沖淤的探討

摘要：

此次實驗的目的在找出影響河道沖淤之原因，並觀察及驗證八掌溪河道沖淤的情形。我們自製實驗模型並設計實驗，變因包含了河道的傾斜度、總流量、河道的曲度、河道的寬度等四項，並觀察實驗後河道淤積的情形，並將沖淤後收集的砂石依不同顆粒的大小作分類統計並觀察後加以討論，最後我們實地觀察八掌溪上、中、下游的河道情形，並製作模型後加以實驗驗證。

壹、研究動機

開學時和同學們討論著寒假有去那裡玩，一位同學說道他們全家本來想去廬山泡溫泉的，沒想到那裡很多店家都倒了，我們查了一下網路，原來去年6月連續好幾天大雨，南投廬山溫泉區溪水暴漲，直接灌進溫泉飯店，再加上泰利颱風來襲，溪水挾帶大量土石，重創廬山地區。隔天，我們好奇的找自然老師討論這件事，老師也對這個現象感到好奇，就與我們一起討論可能的原因，我們得到一些初步的想法，為什麼這些飯店經歷這麼久的時間都沒事，現在卻那麼容易就倒掉，老師鼓勵我們研究看看，或許可以發現什麼原因，另外有同學也建議，大家可以實地觀察嘉義縣內的主要河川「八掌溪」，看看是否有同樣危機出現，並試著找出解決危險的方法。

貳、文獻探討

我們在查閱書本及網路相關資料之後，對於影響河道沖淤的原因有一些認識，以下對相關資料加以說明。

一、台灣的雨量及降雨強度會影響河道沖淤

台灣位於副熱帶季風區，地處颱風路徑之要衝，降雨強度大、雨量多，年平均降雨量高達2500 mm，約為世界平均值的4倍，但在時間及空間分佈上卻極不均勻，約有78%降雨集中在每年的4 至10 月間。然而臺灣近年來隨著經濟高度發展，對水資源的需求亦隨之增加，再加上土地開發亦逐漸向山坡地擴展，長期對集水區進行開發利用。當人類對集水區進行開發後，若未加以妥善之經營管理，則集水區水土流失，環境品質降低，且當豪雨來襲時，更易釀成水土災害。

二、台灣河道的坡度、寬度及彎曲度會影響河道沖淤

山高坡陡為臺灣地形特色，河短流急、河寬窄小、地質脆弱，遭逢颱風豪雨常引發山洪暴發、水位暴漲淹沒河岸而釀災。台灣山區河道之流水，其河幅較小，透過一年當中多次小規模頻率的暴雨，再加上坡度較高，水流很快的達到泥砂起動的臨界流速，進而產生大小不同規模的土砂流動。當水流逐步加強到超過一定限度以後，床面的泥砂顆粒開始脫離靜止狀態而開始運動，而決定此一臨界狀況的水流條件即稱為泥砂的起動條件。

三、泥砂沖淤的顆粒大小變化

當河道有水流運動，泥砂運動的機率會因砂石粒徑組成的不同或排列方式的差異而有大小之別。泥砂的起動，主要受床面泥砂粒徑、床面坡降以及水流大小所影響。台灣山區河道由於坡度甚陡，加上集水區面積較小，促使洪水漲落的頻率、強度以及受到坡面崩落之礫石對床面的整體阻力的影響，水流對泥砂沖刷的分選作用相對所產生的河川河相變化影響很大。

四、八掌溪的簡介

八掌溪流經嘉義縣與台南縣境內，北鄰朴子溪及濁水溪，南接急水河流域，向西流入台灣海峽。發源於奮起湖，主流流經嘉義縣水上鄉，轉向東西流向，後來流經南靖、菁寮、義竹及新塢等地，於台南縣北門鄉附近流入台灣海峽，主要河段全長約81公里。

經文獻探討後，我們發現台灣屬於太平洋板塊擠壓後產生的島嶼，因此河道樣貌變化很大，有著各種河道坡度、彎曲度、寬度，加上降雨量會依季節不同而分佈不均，雨量變化甚大，降雨的強度也常有所不同，河道中的泥砂是由各種的顆粒組成，或許也是影響河相變化的因素。因此我們想試著觀察各種變項是如何影響河道沖淤情形，並實際進行實驗以更進一步探究，接著實地觀察「八掌溪」的河道變化，再次實驗加以驗證，並觀察上、中、下游沖淤現象。

參、研究目的

本研究目的在探討影響河道泥砂沖淤的原因，我們設計四項實驗，探討河道傾斜度、總流量、河道曲度及河道寬度對河道沖淤之影響，觀察泥砂淤積於河道上的情形，另外也觀察河道沖淤後所收集砂石顆粒的大小差異，並在觀察八掌溪後，製作上、中、下游河道模型並加以實驗，找出預防河岸沖刷的方法。

- 一、河道傾斜度對泥砂沖淤之影響。
- 二、河道總流量對泥砂沖淤之影響。
- 三、河道彎曲度對泥砂沖淤之影響。
- 四、河道寬度對泥砂沖淤之影響。
- 五、以「八掌溪」為範本製作河道模型，觀察及討論沖淤後的情形。

肆、研究設備及器材

表 4-1 器材設備表

河道模型			
1.保麗龍片	2.塑膠板	3.透明塑膠墊	4.熱熔膠
5.方型塑膠容器	6.膠帶		
製作器材			
1.保麗龍切割器	2.美工刀	3.剪刀	4.焊鐵(穿孔用)
5.變壓器			
實驗設備			
1.河道泥砂	2.刻度量杯	3.照相機	4.腳架
5.量角器	6.圓規	7.濾網(三種孔徑)	8.透明塑膠盒(數十個)
9.標籤紙	10.電子秤	11.大型置物箱	12.水桶
13.鐵釘	14.壓克力板	15.鐵尺	16.電腦
17.高度測量計	18.皮尺	19.長水管	20.紙片

伍、研究過程或方法

本研究欲探討影響河道泥砂沖淤之原因，我們藉由自製的河道模型，並實際到河道旁取用砂石作為材料，以實作方式操作不同變因，並將實驗結果互相比較，圖5-1 為本研究的流程圖。



圖5-1 研究流程圖

一、實驗方法的改進與確認

(一) 河道主體材料決定及製作：我們欲製作多組河道模型，作為實驗河道沖淤情形觀察及資料統計之用，因為保麗龍材質易切割，且容易取得，我們決定使用保麗龍材質做為模型主體。

1. 製作不同曲度、寬度之河道：使用量尺在保麗龍板上畫出中心點、1/4及3/4的位置，再利用圓規畫出需要的曲度河道，再分別以此半徑加減河道寬度一半為新的半徑，畫出不同的半圓，以此決定河道寬度，再使用保麗龍切割器來切割。如圖5-2~圖5-7。

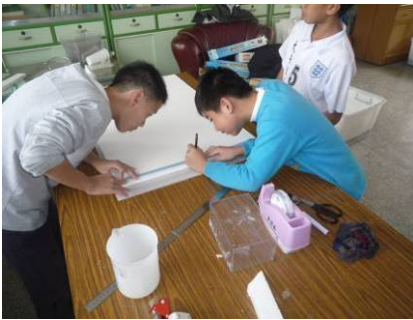


圖5-2

在保麗龍板上畫出中心點



圖5-3

量出所要曲度的圓半徑



圖5-4

利用圓規畫出所要的彎曲度



圖5-5

上下各畫出平圓以決定寬度



圖5-6

另一面也以同樣的步驟進行



圖5-7

利用保麗龍切割器切割河道

2. 河道的固定方法：我們將河道以熱熔膠固定在桌板上，二邊的河道必需測量好所要的河道寬度再固定住，如圖5-8~圖5-10。



圖5-8

在河道模型上沿邊塗上矽利康



圖5-9

量好所需河道的寬度



圖5-10

再將二片模型固定在板子上

3. 製作河道上方的儲水裝置：以塑膠材質的儲水盒為材料，在下方挖出數個小孔，作為水流出水孔，並以矽利康固定於河道上端(如圖5-11~圖5-13)。



圖5-11

以塑膠材質的儲水盒為材料



圖5-12

以矽利康固定在河道上方



圖5-13

儲水盒下方挖出數個小孔

(二) 設定桌子傾斜角度：為了讓河道能依實驗需求呈現不同的傾斜角度，我們決定將河道模型放置於二個長型桌上，再調整上方長桌的傾斜度。

1. 桌面置高方式：使用展示板的腳架來墊高上面的桌面，以加高河道的傾斜度。如圖5-14~圖5-15。



圖5-14

使用的腳架來墊高上方桌面



圖5-15

調整腳架的高度來決定所需的河道傾斜度

2. 傾斜角度的測量方式：以大型量角器測量二個桌子的角度。如圖5-16~圖5-17。

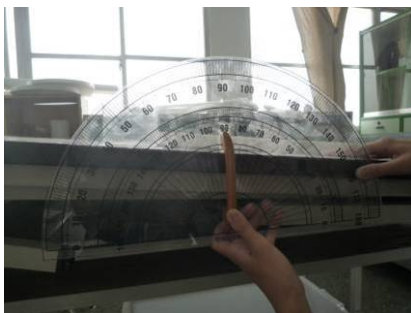


圖5-16

以大型的量角器來測量二個桌面的角度



圖5-17

以此來決定河道的傾斜度

(三) 砂石的取得與放置的方法：

1. 砂石的來源：我們需先決定置於河道上砂石的種類及來源，為求增加實驗的可信度，我們決定到實際的河道上取用砂石。如圖5-18~圖5-19。



圖5-18
將砂石倒入大型的儲物箱中



圖5-19
將砂石攪拌均勻以備用

2. 砂石放置重量及大小：我們將混雜不同顆粒大小的砂石分別分裝在數十個塑膠盒中，並用電子秤測量為500公克。如圖5-20~圖5-22。



圖5-20
將不同顆粒的砂石分裝塑膠盒



圖5-21
電子秤測量為500公克



圖5-22
分裝成數十個於實驗時備用

3. 接收沖下泥砂之容器：以透明塑膠盒來接收實驗時流下來的水和泥砂。如圖5-23~圖5-24。



圖5-23
以透明塑膠盒來接收泥砂



圖5-24
觀察實驗時流下來的水和泥砂

(四) 將沖下收集的泥砂分類及過濾的方法：

1. 濾網決定及製作：我們決定利用不同孔徑的濾網以及自製濾篩盒，來作為濾篩用的工具，我們先選用二種現成的濾篩，另外選用7種不同粗細的釘子，將釘子在透明塑膠盒上挖上數個孔洞，以此決定7種不同孔徑的濾篩盒。如圖5-25~圖5-30。



圖5-25
選用二種現成的濾篩



圖5-26
選用7種不同粗細的釘子



圖5-27
先以電燒方式先燒出小洞



圖5-28
再將釘子穿入



圖5-29
將洞挖成所需孔徑



圖5-30
製成7種不同孔徑的濾篩盒

2. 濾篩盒的改善：我們在製作完成後發現自製的濾篩盒較難完成篩選，我們決定對濾篩盒進行改善，先在盒子上方兩邊塗上厚厚一層熱熔膠，讓二個濾篩盒之間有一定的距離，增加篩選空間。接著在每個濾篩盒底層的邊緣增加數個孔洞，將砂石集中在這整排孔洞上再快速搖動，這樣可以同時進行7種不同孔徑的篩選。如圖5-31~圖5-35。



圖5-31
在兩邊塗上厚厚一層熱熔膠



圖5-32
能增加篩選時的空間



圖5-33
底層邊緣增加數個孔洞



圖5-34
將砂石集中在這整排孔洞上



圖5-35
這樣會加快篩選的速度

(五) 濾篩後砂石的重量紀錄及顆粒大小分類：

1. 初步過濾泥砂及風乾：我們將每次實驗後收集的泥砂以盒子裝好，先將多餘的水份初步過濾掉，在每次實驗後的收集盒上貼上編號，再將裝有泥砂的盒子靜置在地上，經過一段時間的風乾。如圖5-36~圖5-38。



圖5-36

先將實驗後的泥砂過濾掉水份



圖5-37

在收集盒上貼上編號

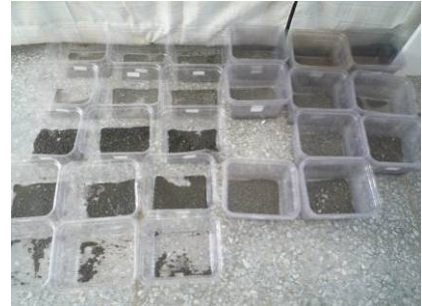


圖5-38

靜置地上經過一段時間的風乾

2. 使用不同孔徑的濾篩網及濾篩盒：使用不同孔徑的工具對已風乾的砂石進行篩選，篩選之後將不同大小的砂石分類裝在不同的盒子裡，並測量其重量。如圖5-39~圖5-44。



圖5-39

先以濾篩盒對砂石進行篩選



圖5-40

再以濾篩網對砂石進行篩選



圖5-41

仔細對砂石進行篩選



圖5-42

將篩選後的砂石測量其重量



圖5-43

將測量結果紀錄好



圖5-44

不同顆粒大小的砂石分裝

二、正式實驗

(一) 河道沖淤實驗：我們使用五種不同的實驗變項作實驗，每次實驗皆做三次。

1. 實驗進行的步驟，如圖5-45~圖5-56：



圖5-45
調整好桌面的傾斜度



圖5-46
將500公克砂石倒入河道上端



圖5-47
將砂石儘量鋪平在河道上方



圖5-48
選用所需容量的水倒入儲水盒



圖5-49
觀察水往下流動及淤積的情形



圖5-50
河道下方用塑膠盒接住



圖5-51
將接好的泥砂初步過濾



圖5-52
砂石裝在盒子裡並編碼



圖5-53
風乾後以自製的濾篩盒篩選砂石



圖5-54
再以濾網篩選砂石



圖5-55
將篩選完的砂石量好重量



圖5-56
將數據紀錄好

(二) 不同顆粒大小的砂子篩選分類以及觀察

我們將所有實驗結果後收集的砂石，經風乾之後，一件件仔細用九種不同孔徑的濾篩過濾篩選，以下為過濾篩選的步驟。如圖5-57~圖5-65。



圖5-57

將實驗後收集的泥砂初步過濾



圖5-58

過濾後的泥砂貼好標籤後放置風乾



圖5-59

選用現成的濾篩網



圖5-60

先以濾篩盒來篩選砂石



圖5-61

一邊搖動濾篩盒一邊篩選



圖5-62

再以濾篩網來篩選砂石



圖5-63

篩選砂石依顆粒分類



圖5-64

將砂石分類後秤重



圖5-65

將同顆粒大小的砂石放到收集盒

陸、研究結果與討論

為了提升實驗之準確性，我們每種實驗都實施三次，並將紀錄之後的結果作成統計，然後再進行討論。

一、河道傾斜度：我們決定了四種河道的傾斜度作為變項，分別為20度、30度、40度及50度。如圖6-1~圖6-4。我們以三次實驗的平均數值來比較，每次實驗砂子重量為500公克、水量1000cc、河道彎曲度30、河道寬度10公分。

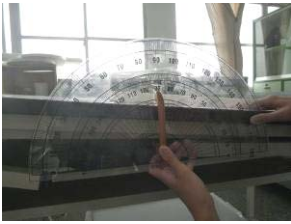


圖6-1 傾斜20度

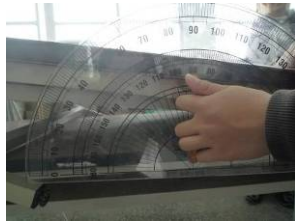


圖6-2 傾斜30度

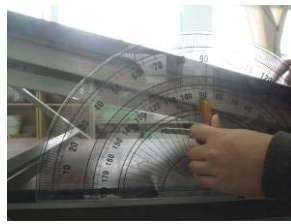


圖6-3 傾斜40度



圖6-4 傾斜50度

1. 河道傾斜20、30、40及50度，我們總共進行了三次實驗，如圖6-5~圖6-8：



圖6-5

河道傾斜20度



圖6-6

河道傾斜30度



圖6-7

河道傾斜40度



圖6-8

河道傾斜50度

2. 觀察及討論：河道傾斜度愈大，泥砂淤積在河道上的情形就愈少，而且泥砂大部分會淤積在河道的上游處及轉彎處。當河道傾斜50度時，幾乎所有泥砂都被沖下來了，可見河道的沖刷力量大，河岸旁會愈危險，尤其是河岸的凸岸處更為明顯，如圖6-7、圖6-8。

3. 砂石濾篩結果與討論：我們以四種不同的河道傾斜度來作實驗，分別為20度、30度、40度、50度，經統計及比較之後，結果如表6-1。

表6-1河道傾斜度影響沖積實驗結果：

濾網顆粒組別 傾斜度	泥砂沖積顆粒大小 1表示顆粒最大，10表示顆粒最小										總重量 公克	百分比 /500公克
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
20度	0.00	0.00	0.23	0.47	0.40	0.87	0.53	4.13	10.67	5.77	23.07	4.6%
30度	0.60	0.33	1.08	3.33	1.73	0.93	1.83	12.27	40.90	38.87	101.8	20.4%
40度	25.43	3.30	3.60	6.13	4.80	2.37	3.43	22.40	69.60	132.5	273.5	54.7%
50度	70.80	5.07	6.13	11.23	3.77	0.97	4.13	24.37	83.23	149.8	359.5	71.9%

討論：河道傾斜度愈大，沖下來的泥砂會愈多，如圖6-9。另外如果河道傾斜度愈大，顆粒大的砂子或石塊，比較容易被沖下來，而且當傾斜度為40度時，被沖下來的砂子，達到50%以上，傾斜度為50度時，被沖下來的砂子，達到70%以上。這表示很多大石頭會因此被沖下來，河岸旁就會比較危險。

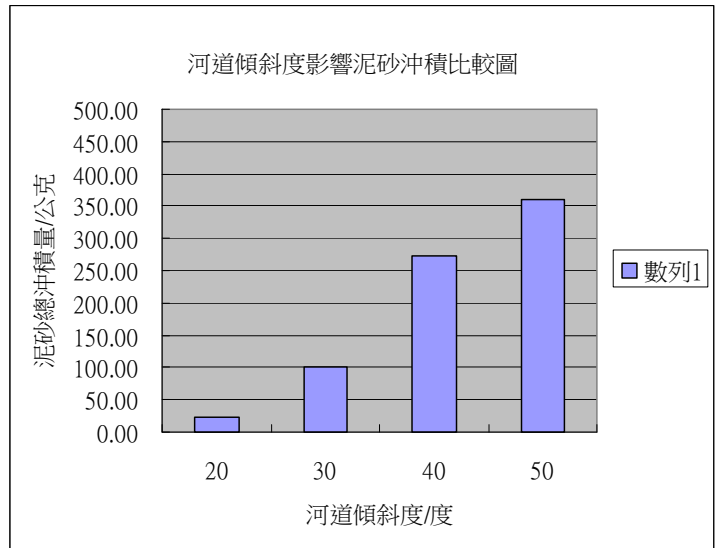


圖 6-9 河道傾斜度影響泥砂沖積比較圖

二、河道的總水量：我們使用四種倒入的總水量來做實驗，河道的曲度30、寬度10cm、傾斜度20度，都是固定相同，只改變河道的總出水量，分別為800、1000、1200、1400cc，以探討總水量影響沖淤的情形。

1. 總倒水量800、1000、1200、1400cc，我們總共進行了三次實驗，如圖6-10~圖6-13：



圖6-10
總倒水量800cc



圖6-11
總倒水量1000cc



圖6-12
總倒水量1200cc



圖6-13
總倒水量1400cc

2. 觀察及討論：我們發現總水量愈多，有較多的泥砂被沖下來，而且泥砂大部分會淤積在河道的轉彎處。當總水量最大時，泥砂在上游凸岸處被沖刷的較明顯，是比較危險的區域，如圖6-12。

3. 砂石濾篩結果與討論：我們以四種不同的總出水量來作實驗，分別為800cc、1000cc、1200cc、1400cc，經統計及比較之後，結果如表6-2。

表6-2河道總出水量影響沖積實驗結果：

濾網顆粒組別 總水量	泥砂沖積顆粒大小 1表示顆粒最大，10表示顆粒最小										總重量/公克	百分比/500公克
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
800cc	0.77	0.47	2.00	2.70	0.77	0.33	2.80	11.37	28.57	27.87	77.63	15.5%
1000cc	1.87	0.40	0.77	1.93	0.73	0.53	1.63	15.47	35.53	48.63	107.5	21.5%
1200cc	1.90	0.80	0.63	0.83	3.03	1.70	3.43	21.07	51.20	62.03	146.6	29.3%
1400cc	1.80	0.90	0.77	1.27	2.60	2.07	3.67	21.27	52.70	70.07	157.1	31.4%

討論：河道總出水量愈大，沖下來的泥砂會愈多，如圖6-14。如果河道傾斜度愈大，顆粒大的砂子或石塊，比較容易被沖下來，但大石塊被沖下來的情形並不是非常明顯，可能即使水量大，但流速不快的話，大石頭不容易被沖下來，不過被沖下來細小的砂子就有明顯增多。如果雨季下雨量大時，在河岸二旁的居民應該要注意安全。

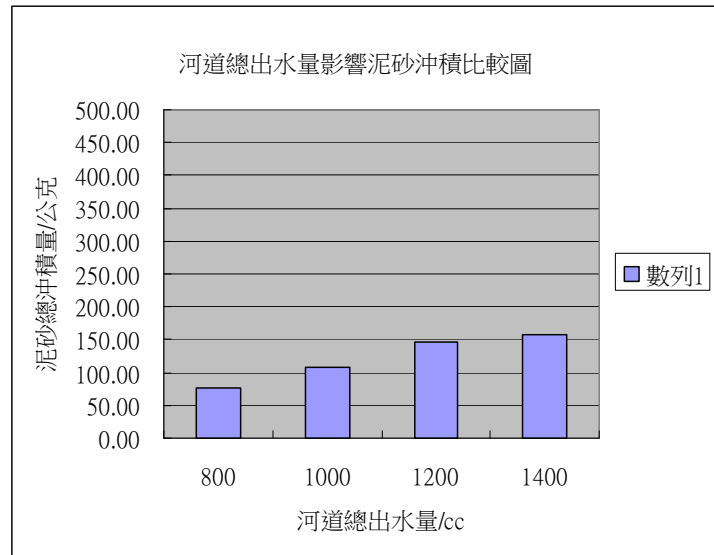


圖 6-14 河道總出水量影響泥砂沖積比較圖

三、河道的彎曲度：我們使用三種不同的河道曲度來實驗，但河道寬度10cm、傾斜度20度、水量1000cc都是固定相同，只改變河道的曲度，分別為河道直的、河道一點彎(半徑30公分)、河道比較彎(半徑23公分)，以探討彎曲度影響沖淤的情形。

1. 河道直的、河道一點彎(半徑30公分)、河道比較彎(半徑23公分)，我們共進行了三次實驗：



圖6-15
河道直的



圖6-16
河道一點彎(半徑30公分)



圖6-17
河道較彎(半徑23公分)

2. 觀察及討論：我們發現河道為直的時候，泥砂大部分都被沖下來，而彎曲度較彎時，很大部分的泥砂被淤積在河道的上游處，而凸岸處被沖刷的更是明顯，如圖6-16、圖6-17。因此若是住在河道較彎的河岸凸岸處是很危險的。

3. 砂石濾篩結果與討論：我們以三種不同的河道彎曲度來作實驗，分別為半徑0公分(河道直的)、半徑30公分(河道一點彎)、半徑23公分(河道比較彎)，經統計後結果如表6-3。

表6-3河道彎曲度影響沖積實驗結果：

濾網顆粒組別 河道曲度	泥砂沖積顆粒大小 1表示顆粒最大，10表示顆粒最小										總重量/公克	百分比/500公克
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
半徑0	11.03	1.60	1.43	2.33	3.57	3.10	4.10	23.57	61.97	102.0	214.7	42.9%
半徑30	2.87	1.00	0.87	1.00	2.33	1.33	3.30	16.87	43.47	54.47	127.5	25.5%
半徑23	0.53	0.33	0.33	0.30	0.73	0.33	0.87	4.60	6.10	1.20	15.33	3.1%

討論：河道彎曲度愈大，沖下來的泥砂會愈少，如圖6-18。如果河道彎曲度愈小，顆粒大的砂子或石塊，比較容易被沖下來，尤其是彎曲度0(河道直的)更是非常明顯，可能是水流速變得非常快，而且被沖下來砂子就有較明顯增多，超過40%。但若是河道曲度很彎的情形下，很多砂子沖不下來淤積在上游轉彎處，也容易造成危險。

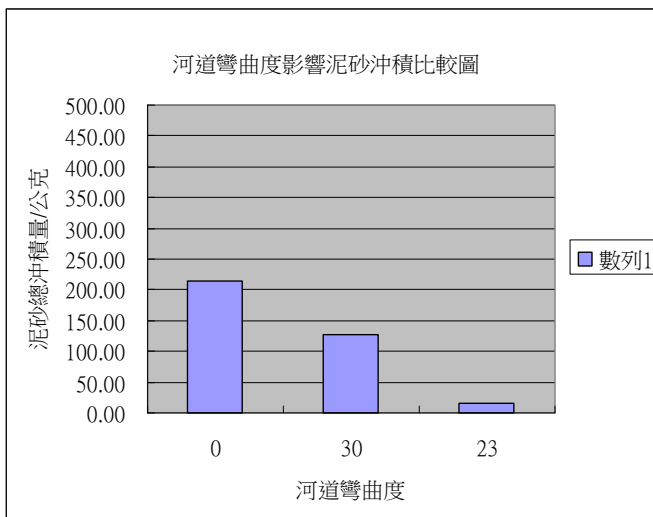


圖 6-18 河道出水孔數影響泥砂沖積比較圖

四、河道的寬度：我們使用四種河道寬度來實驗，但河道的曲度30度、傾斜度20度、水量1000cc都是固定相同，只改變河道的寬度，分別為8cm、10cm、12cm、14cm，以探討河道寬度影響沖淤的情形。

1. 河道寬度8cm、10cm、12cm、14cm，我們總共進行了三次實驗，如圖6-19~圖6-22：



如圖6-19



如圖6-20



如圖6-21



如圖6-22

河道寬度8cm的情形 河道寬度10cm的情形 河道寬度12cm的情形 河道寬度14cm的情形

2. 觀察及討論：我們發現河道寬度小時，很多泥砂被淤積在上游及轉彎處，而當河道寬度變大，也有大部分泥砂會淤積在河道上游，但會較平均分佈在河道上。如果河道寬度太狹窄，在河道凸岸處被沖刷較明顯，會比較有危險性，如圖6-19、圖6-20。

3. 砂石濾篩結果與討論：我們以四種不同的河道寬度來作實驗，分別為8cm、10cm、12cm、14cm，經統計及比較之後，結果如表6-4。

表6-4河道寬度影響沖積實驗結果一覽表：

濾網顆粒組別 河道寬度	泥砂沖積顆粒大小 1表示顆粒最大，10表示顆粒最小										總重量公克	百分比 /500公克
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
8cm	1.30	0.40	0.37	0.30	0.97	0.80	1.83	10.47	23.87	20.40	60.70	12.1%
10cm	1.23	0.63	0.47	0.57	2.17	1.10	2.57	14.40	38.33	40.20	101.6	20.3%
12cm	1.87	1.13	0.33	0.47	1.87	0.97	1.80	10.60	24.30	26.73	70.07	14.0%
14cm	2.63	0.17	0.20	0.47	1.23	0.43	1.57	9.60	23.87	25.53	65.70	13.1%

討論：河道寬度愈小，沖下來的泥砂會愈多，但河道寬度為8cm的卻是例外，沖下來的泥砂反而是最少的，如圖6-23。我們討論之後猜測，應該是河道寬度過小，很多泥砂被河道擋住了，反而沖不下去，漸漸河道慢慢變寬之後，泥砂就能沖得動了，而當寬度愈來愈大，泥砂容易沈積在河道上。

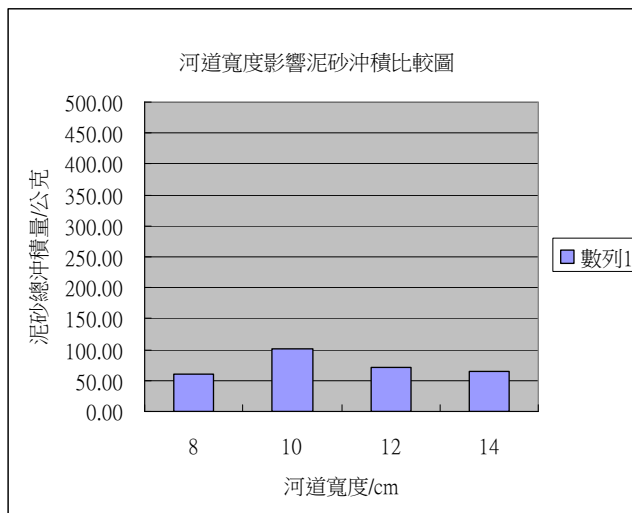


圖 6-23 河道寬度影響泥砂沖積比較圖

五、沖積後泥砂顆粒大小的分類與觀察

(一) 結果：我們將每次實驗過後的泥砂經過九層的篩選後，發現沖積後的砂石有不同顆粒大小的面貌，我們將顆粒大小作統計。如表6-5。

表6-5 實驗後沖積泥砂顆粒大小分類統計表

濾網顆粒組別 實驗組別		泥砂沖積顆粒大小 1表示顆粒最大，10表示顆粒最小										總重量/ 公克	百分比/ 500公克
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
河道傾斜度	20度	0.00	0.00	0.23	0.47	0.40	0.87	0.53	4.13	10.67	5.77	23.07	4.6%
	30度	0.60	0.33	1.08	3.33	1.73	0.93	1.83	12.27	40.90	38.87	101.88	20.4%
	40度	25.43	3.30	3.60	6.13	4.80	2.37	3.43	22.40	69.60	132.5	273.57	54.7%
	50度	70.80	5.07	6.13	11.23	3.77	0.97	4.13	24.37	83.23	149.8	359.57	71.9%
總出水量	800cc	0.77	0.47	2.00	2.70	0.77	0.33	2.80	11.37	28.57	27.87	77.63	15.5%
	1000cc	1.87	0.40	0.77	1.93	0.73	0.53	1.63	15.47	35.53	48.63	107.50	21.5%
	1200cc	1.90	0.80	0.63	0.83	3.03	1.70	3.43	21.07	51.20	62.03	146.63	29.3%
	1400cc	1.80	0.90	0.77	1.27	2.60	2.07	3.67	21.27	52.70	70.07	157.10	31.4%
河道彎曲度	0	11.03	1.60	1.43	2.33	3.57	3.10	4.10	23.57	61.97	102.0	214.70	42.9%
	30	2.87	1.00	0.87	1.00	2.33	1.33	3.30	16.87	43.47	54.47	127.50	25.5%
	23	0.53	0.33	0.33	0.30	0.73	0.33	0.87	4.60	6.10	1.20	15.33	3.1%
河道寬度	8cm	1.30	0.40	0.37	0.30	0.97	0.80	1.83	10.47	23.87	20.40	60.70	12.1%
	10cm	1.23	0.63	0.47	0.57	2.17	1.10	2.57	14.40	38.33	40.20	101.67	20.3%
	12cm	1.87	1.13	0.33	0.47	1.87	0.97	1.80	10.60	24.30	26.73	70.07	14.0%
	14cm	2.63	0.17	0.20	0.47	1.23	0.43	1.57	9.60	23.87	25.53	65.70	13.1%
合計		124.	16.5	19.2	33.3	30.7	17.8	37.4	222.	594.	806.	1902.6	

(二) 討論：

1.我們發現泥砂顆粒小的愈容易被沖刷下來，反之如果顆粒大的，會比較不容易被沖下來，因為砂子或小石塊的重量愈重，愈不容易被水沖刷下來。不過我們發現編號1號顆粒最大的泥砂總重量反而大於編號2~7號，可能原因是只要顆粒大於1號的都收集在1號中了。

2.我們將泥砂沖積的實驗結果收集後，篩出十種顆粒大小的砂子，並將他們分裝在十個透明瓶子裡(如圖6-24~圖6-33)，一邊觀察顆粒的大小變化，也用手摸看看不同的觸感。這次實驗也讓我們對大自然造物更覺的非常的驚訝與佩服。



圖6-24 顆粒編號1



圖6-25 顆粒編號2



圖6-26 顆粒編號3



圖6-27 顆粒編號4



圖6-28 顆粒編號5



圖6-29 顆粒編號6



圖6-30 顆粒編號7



圖6-31 顆粒編號8



圖6-32 顆粒編號9



圖6-33 顆粒編號10

柒、延伸實驗

在完成河道沖淤的實驗後，我們認為可以實地看看河道沖淤情形，於是我們決定選擇嘉義縣主要河流之一「八掌溪」做為觀察對象，為了方便我們觀察及測量，我們選擇了一些橋樑做為觀察點，並自行定義分為上、中、下游河道，在觀察後製作出符合比例的上、中、下游河道模型來作實驗，以驗證我們之前的實驗，並觀察沖淤的情形。

一、實驗的前置作業：實地觀察並測量「八掌溪」河道

我們依據八掌河流域及橋樑分布圖（如圖7-1）實地到八掌溪的上、中、下游觀察河道，因為要測量河道的高度，所以我們選擇到河道上的橋樑實施觀察，整理表格及測量結果如表7-1。

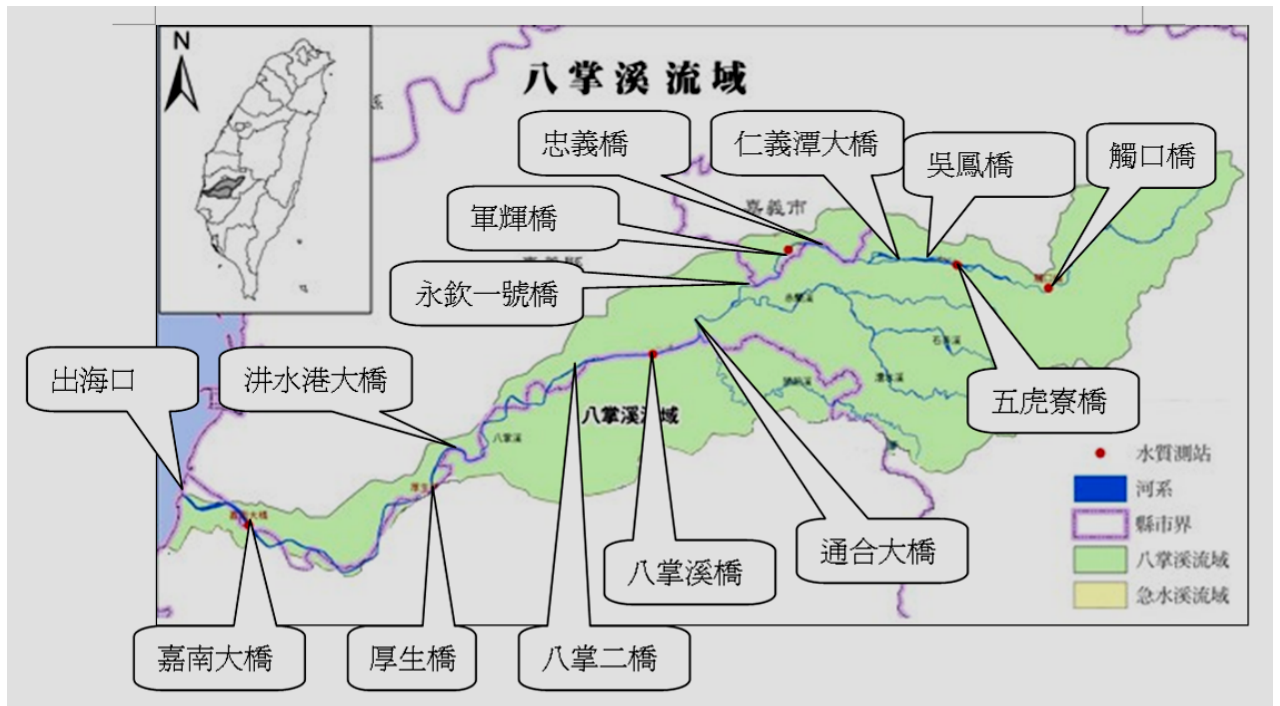





圖7-1 八掌河流域及橋樑分布圖

表7-1 八掌溪河道觀察測量整理表

1.觸口橋	2.五虎寮橋	3.吳鳳橋	4.仁義潭大橋
			
5.忠義橋	6.軍輝橋	7.永欽一號橋	8.通合大橋



二、上中下游河道的製作歷程

(一) 我們到網路上的Google 地圖下載八掌溪河道流域上、中、下游的衛星圖(如圖7-2~圖7-4)，在地圖上以尺計算上、中、下游的河道寬度(如圖7-5)。

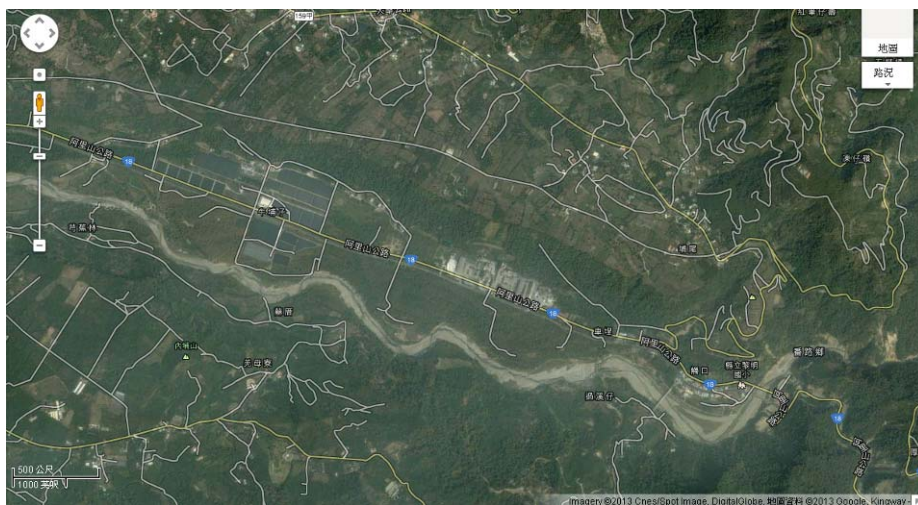


圖 7-2 八掌溪上游衛星圖



圖 7-3 八掌溪中游衛星圖



圖 7-4 八掌溪下游衛星圖



圖 7-5 測量衛星圖上的河寬

(二) 我們實地到八掌溪各個橋面測量高度，先以高度計測量所在橋梁的海拔高度，再測量橋面距離河道的高度，相減之後得到該河道的海拔高度，並實地觀察河道情形（如圖7-6~圖7-8），之後計算出符合比例的河道寬度、曲度、坡度等（如表7-2）。以此為依據製作出上、中、下游三種河道模型。



圖7-6 以高度計測量海拔高度 圖7-7測量橋面距離河道的高度 圖7-8測量橋面高度

表7-2八掌溪上、中、下游高度、距離、坡度統計表

起點	海拔 (公尺)	終點	海拔 (公尺)	高度差 (公尺)	二橋 距離(公尺)	坡度 (公尺)	全段坡度	桌子長度 163.5 公分
觸口橋	234.5	五虎寮橋	149.8	84.7	6500	0.01303	0.011263036	上游河道 坡度墊高 1.841 公分
五虎寮橋	149.8	吳鳳橋	137.3	12.5	2130	0.00587		
吳鳳橋	137.3	仁義潭大橋	89.4	47.9	2350	0.02038	0.010244798	中游河道 坡度墊高 1.675 公分
仁義潭大橋	89.4	忠義橋	63.8	25.6	4270	0.00600		
忠義橋	63.8	軍輝橋	53.6	10.2	1550	0.00658		
軍輝橋	53.6	永欽一號橋	48.4	5.2	3790	0.00137	0.001032755	下游河道 坡度 墊高 0.168 公分
永欽一號橋	48.4	通合大橋	38.5	9.9	4840	0.00205		
通合大橋	38.5	八掌溪橋	17.5	21	3770	0.00557		
八掌溪橋	17.5	八掌二橋	6.5	11	5040	0.00218		
八掌二橋	6.5	洪水港大橋	1.4	5.1	11390	0.00045		
洪水港大橋	1.4	義竹厚生橋	0.4	1	4060	0.00025		
義竹厚生橋	0.4	新塢嘉南大橋	0.1	0.3	14310	0.00002		
新塢嘉南大橋	0.1	出海口	0	0.1	4700	0.00002		

(三) 我們依照上、中、下游的衛星圖計算出曲率半徑，並依我們測量換算之後決定出河道的寬度、坡度（如表7-3），之後我們利用保麗龍來製作上、中、下游的河道模型（如圖7-12~圖7-15）。為了方便調整坡度，我們將製作好的河道放在二塊桌子上，以紙片墊高調整上方桌子的高度，以此來調整河道的坡度（如圖7-9~圖7-11）。

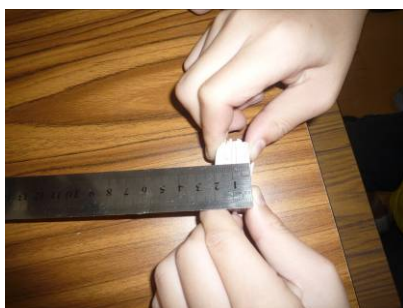


圖7-9 將紙片剪成小方塊

圖7-10將多塊小紙片疊高

圖7-11將紙片放在桌子下墊高

表7-3 河道製作分類表

八掌溪河道	河道寬度	曲率半徑	河道坡度	實驗用砂石	實驗沖水量
上游	1.5 公分	9 公分	桌面墊高 1.841 公分	編號 8 顆粒較大	2000cc
中游	5 公分	18 公分	桌面墊高 1.675 公分	編號 9 顆粒中等	2000cc
下游	12.5 公分	36 公分	桌面墊高 0.168 公分	編號 10 顆粒較細	2000cc
上+中+下游			分段墊高	編號 8.9.10	4000cc



圖7-12 上游河道模型



圖7-13 中游河道模型



圖7-14 下游河道模型



圖7-15上中下游河道相連模型

三、實驗方式

我們先以長水管裝滿水，以此來測量桌面是否水平，再調整上方桌子的高度以決定坡度，接著將砂石裝滿100公克，將砂石平鋪在河道上，接著將水由上方儲水盒倒入加以實驗。（如圖7-16~圖7-21）



圖7-16 測量桌面是否水平



圖7-17 墊高上方桌面



圖7-18 秤好所需砂石重量



圖7-19 將砂石平均倒入河道



圖7-20 將砂石平均倒入河道



圖7-21 將水倒入上方儲水盒

四、實驗結果與討論

（一）八掌溪河道上游的沖淤實驗：本實驗以八掌溪上游的觸口橋與吳鳳橋之間為基準，製作出縮小的河道模型，並以2000cc的水執行河道沖淤的實驗，在觀察「八掌溪」上游後，我們發現上游的砂石有很多是顆粒較大的石塊，因此我們使用之前河道實驗篩選過後之顆粒較大的砂石作為實驗材料（如圖6-31 顆粒編號8），將砂石平鋪在河道上加以實驗，我們總共進行了三次實驗，實驗結果如圖7-22~圖7-24。



圖7-22 上游沖淤實驗結果一



圖7-23 上游沖淤實驗結果二



圖7-24 上游沖淤實驗結果三

討論：上游的河道狹小，在最上游處河水會暴漲的很高，差點就要溢出來（如圖7-23），可見最上游的河岸旁是非常危險的，不適合在這裡遊玩或居住，而在河道的凸岸處，一樣發現有被沖刷的情形（如圖7-24），也是屬於比較危險的地方。

(二) 八掌溪河道中游的沖淤實驗：本實驗以八掌溪中游的吳鳳橋與軍輝橋之間為基準，製作出縮小的河道模型，並以2000cc的水執行河道沖淤的實驗，在觀察「八掌溪」中游後，我們發現中游的砂石有很多是顆粒普通大的石塊，因此我們使用之前河道實驗篩選過後之顆粒普通大的砂石作為實驗材料（如圖6-32 顆粒編號9），我們總共進行了三次實驗，實驗結果如圖7-25~圖7-27。



圖7-25 中游沖淤實驗結果一 圖7-26 中游沖淤實驗結果二 圖7-27 中游沖淤實驗結果三

討論：我們發現河道中游的彎曲度較大，河道雖然變寬了些，但當下大雨時，凸岸處被沖刷的會十分明顯，可見非常不適合居住在河流的凸岸處。

(三) 八掌溪河道下游的沖淤實驗：本實驗以八掌溪下游的軍輝橋與出海口為基準，製作出縮小的河道模型，並以2000cc的水執行河道沖淤的實驗，在觀察「八掌溪」下游後，我們發現下游的砂石顆粒較小，因此我們使用之前河道實驗篩選過後之顆粒較小的砂石作為實驗材料（如圖6-33 顆粒編號10），我們總共進行了三次實驗，實驗結果如圖7-28~圖7-30。



圖7-28 下游沖淤實驗結果一 圖7-29 下游沖淤實驗結果二 圖7-30 下游沖淤實驗結果三

討論：我們發現可能因為水量較大，所以即使河道很寬，在河道的凸岸處仍然有被沖刷的情形（如圖7-28、圖7-29），因此我們覺得就算是住在下游的河岸旁，仍然要注意大雨來臨時河岸被沖刷的危險，儘量居住在離河岸距離較遠處。

(四) 八掌溪河道上、中、下游河道相連的沖淤實驗：本實驗將上、中、下游的河道模型相連後進行實驗，並以4000cc的水執行河道沖淤的實驗，我們總共進行了三次實驗，實驗結果如圖7-31~圖7-39。



圖7-31 上游沖淤實驗結果一



圖7-32 中游沖淤實驗結果一

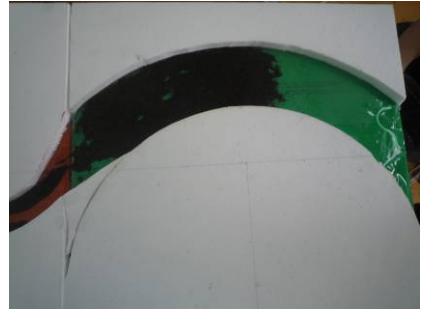


圖7-33 下游沖淤實驗結果一



圖7-34 上游沖淤實驗結果二



圖7-35 中游沖淤實驗結果二

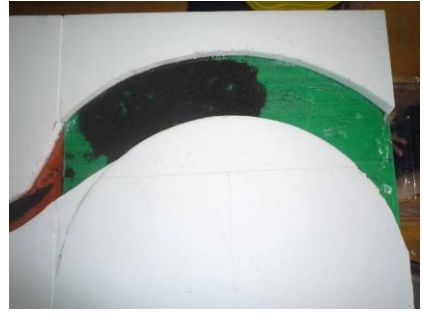


圖7-36 下游沖淤實驗結果二



圖7-37 上游沖淤實驗結果三



圖7-38 中游沖淤實驗結果三



圖7-39 下游沖淤實驗結果三

討論：我們將上、中、下游的河道相連後，以4000cc的水量實行沖淤實驗，我們發現在上游處，可能因為河道窄小、水量很大，很容易發生河水溢出的情形（如圖7-37），如果在雨季時到上游河谷處戲水，遇到大雨時容易有河水暴漲的危險。另外中游的部分，在河流的凸岸處容易被沖刷，也很危險（如圖7-38）。而下游的部分可能因為坡度較緩、河道寬度較大，砂石較不容易被沖刷。

捌、結論與建議

一、結論

根據實驗結果，我們對於影響河道沖淤的因素，做了下列六項結論：

- (一) 河道的坡度會影響泥砂沖淤的情形，坡度愈大，被沖到下游的泥砂就愈多，而且坡度愈大，比較大的石頭愈容易被沖下來，因此我們認為如果居住在較上游處，因為坡度較大，山高水急，大石塊容易被沖落，會比較不安全。
- (二) 總水量會影響泥砂沖淤的情形，總水量愈大，被沖到下游的泥砂就愈多，但如果流速變化不大時，被沖下來的泥砂增加的情形並不會太明顯。因此我們認為如果下雨時間拉長，水量變多，泥砂容易被沖下來，尤其是河道凸岸處較容易發生危險。
- (三) 河道的彎曲度會影響泥砂沖淤的情形，河道愈直，淤積在河道上的泥砂也愈少，反之如果彎曲度較大，在河道凸岸處被沖淤的情形就會增加，大型的石塊也會被沖到河道的凸岸處。由此可知如果居住在河道凸岸處是比較危險的。
- (四) 河道的寬度會影響泥砂沖淤的情形，但並不是河道愈寬，被沖下來的泥砂就愈少，當河道太過窄小的時候，很多泥砂會被河道卡住，反而泥砂會不容易被沖到下游。因此如果居住在河道太過狹窄的河岸旁，也是十分危險的。
- (五) 被沖刷下來的泥砂，經過濾篩之後會呈現數種不同顆粒大小的面貌，可以了解並能觀察到河道被沖下砂石的組成。也可以在實驗後觀察到上游處的大石頭比較多，而下游大部分都是小砂石。
- (六) 八掌溪的上、中、下游砂石顆粒大小分佈不同，上游的砂石顆粒較大，下游的顆粒較小，而沖淤的情形也不同，上游很容易因為雨量大而氾濫成災，而河道的凸岸處不管在上、中、下游都是很容易被沖刷的，是比較危險的地方。

二、建議

針對本研究的進行過程與實驗結果，我們給未來的研究下列五項建議：

- (一) 可能影響河道沖淤情形還有許多，可再深入探討及研究。
- (二) 砂石過濾及篩選用的工具，可以再多思考改進，以減少實驗操作的時間。
- (三) 砂石的來源可以再嘗試不同地區的泥砂，或許會有不同的結果或樣貌。
- (四) 可嘗試更好的方法或材質來製作河道，讓水流能更順暢。
- (五) 八掌溪「河道」範圍長，可往更上游的河道觀察，或許會有不同的結果。

玖、參考文獻

一、中文部份

徐美玲（民98）。台灣的地形。台北市：遠足文化。

林孟龍，王鑫（民91）。台灣的河流。台北市：遠足文化。

台大防砂研究室（民93）。水土保持工程學。台北市：科技圖書。

二、網路資源

莫拉克風災的無情。民97年8月12日，取自<http://www.eef.org.tw/88fact.pdf>

面對臺灣土地的真相。民98年8月22日，取自
<http://tw.myblog.yahoo.com/shih-blog/article?mid=538&prev=539&next=536>

認識台灣的河川。民98年6月6日，取自
http://marine.cpami.gov.tw/chinese/filesys/file/01_chinese/news/course_doc_005.doc

八掌溪河道流域衛星圖，Google 地圖。民102.03.01，取自
<http://maps.google.com.tw/maps?hl=zh-TW&tab=wl>

【評語】 080505

1. 能自創砂粒篩選器，以快速的方式篩選砂粒。
2. 研究主題之解說及分工說明要加強。