

# 屏東縣第 61 屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：地球科學

組 別：國中組

作品名稱：風雲變色— 探究風災對高屏溪河道之影響

關 鍵 詞：高屏溪、河道淤積、辮狀河道（最多三個）

編號：B5010

## 目錄

零、摘要	1
壹、研究動機	2
貳、研究目的	2
研究架構	3
參、研究設備及器材	3
一、器材	4
二、設備	4
肆、研究過程或方法	5
一、研究區域之相片基本圖	5
二、河道模型製作	6
三、實地野外勘查	8
四、模擬水流沖刷	8
五、大樹高屏溪攔河堰中心參訪	8
伍、研究結果	9
陸、討論	12
柒、結論	20
研究限制因素與未來展望	21
捌、參考資料	22

## 摘要

高屏溪，舊名下淡水溪，位於臺灣南部，長度僅次於濁水溪。主流河長 171.00 公里，為全台第二長河。我們向國土測量中心購買地圖、使用 Google 衛星地圖擷取該段圖以了解該段地表特徵，並實地考察，利用以上資料製作高屏溪河道的立體模型。用沉水馬達控制水量，模擬大小水的沖刷，觀察河道的變化。實驗發現小水沖刷時，模擬高屏溪枯水期水量，水量少，沖刷力道不足，河道上泥沙量多，形成辮狀河道，期間河水無溢堤發生。大水沖刷時，模擬高屏溪豐水期水量，可看到河道沙洲位置及流路改變；另在模擬過程中，少部分區域河水溢堤，代表兩岸淹水，即在豐水期當水大的時候會有淹水的問題。超級大水沖刷時，模擬高屏溪颱風時水量，河水完全溢出河道向二旁淹沒，高雄端堤防處因為有堤防減緩流速關係，水退之後可看到明顯的泥沙淤積；屏東端因為地勢低平，在洪水氾濫時整個被淹沒，淹到斜坡處才停止；而模擬時有房子被沖走，堤防被水沖擊變形。

因此，風災會使河道淤積、河道寬度縮小及河道水量變大，還有改變流路，形成辮狀河道。甚至因夾帶大量土砂，造成河道不穩定，水的濁度提升。若雨水不斷匯入河道且速度大於河道將水往下游輸送的速度時，水位抬升超過警戒線或堤防，會溢流而出，使河道兩岸生態改變及沖毀堤岸，造成水災，淹沒房舍，損毀農田與魚塭。

## 壹、研究動機

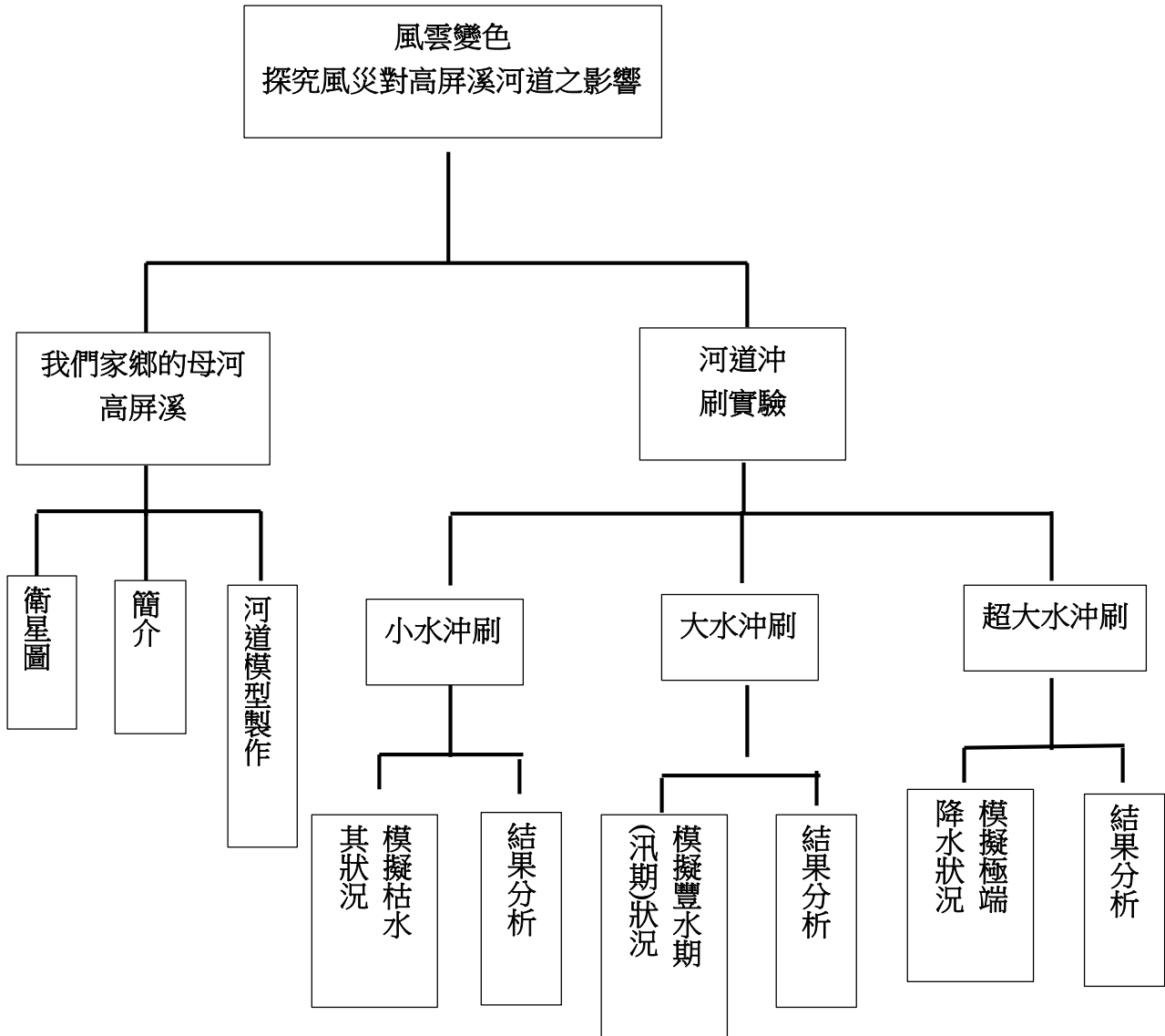
近年由於全球環境變遷、氣候異常現象日益顯著，降雨型態改變、極端集中使得天然災害頻傳，如台灣在 2009 年 8 月 6 日至 8 月 10 日間發生於台灣中南部及東南部的一起嚴重水災，肇因是莫拉克颱風侵襲台灣（許多地方 2 日的降雨量，相當於 1 整年份的量），期間臺灣多處淹水、山崩與土石流，也造成高屏溪河道的改變，進而引起我們想去探討風災如何將河道改變。此外經濟部水利署在高屏溪水系高屏溪治理計畫中提到：因莫拉克颱風期間該地區有外水溢淹情形，且上游挾帶大量泥砂造成河道嚴重淤積，之後隨時會有因大雨而沖至下游造成河床墊高及流路改變，將可能導致災害。因此，我們想透過河道模型去模擬風災對河道造成什麼變化，並標示出當水患來襲時的高危險地區，並提出警告。

## 貳、研究目的

我們將設計一系列實驗，達到以下之研究目的：

- (一) 了解高屏溪的水文特色
- (二) 了解高屏溪兩岸災害的潛勢區
- (三) 了解八八風災對高屏溪的河道的影響
- (四) 模擬不同水量對河道侵蝕的狀況
- (五) 對比風災前與風災後的改變

◎研究架構圖



## 叁、研究設備及器材

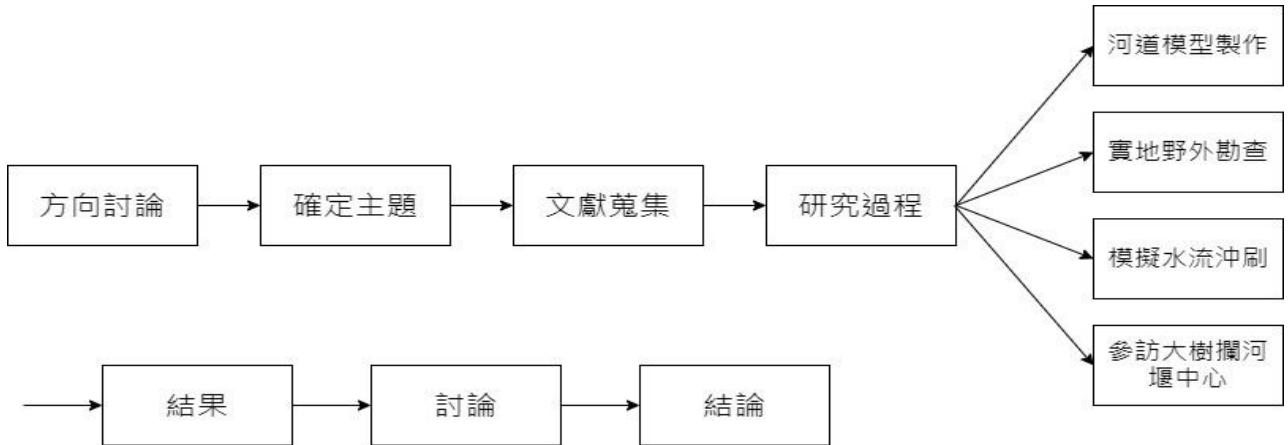
### (一) 器材

- 1.木板 3 塊
- 2.鋸木機 1 臺
- 3.國土測繪中心:佛光山~溪埔段高屏溪地圖 4 張
- 4.塑膠墊 1 片
- 5.保麗龍 (厚 1 公分) 10 片
- 6.掃描圖紙 2 張
- 7.保麗龍裁切器 2 支
- 8.沉水馬達 1 台 (2000L/H)
- 9.木工鑽孔機 1 台
- 10.細紅繩 1 捲
- 11.Google 佛光山~溪埔段地圖 1 張
- 12.國立自然科學博物館數位典藏中心:嶺口~佛光山影圖 5 張
- 13.塑膠水管 1 支
- 14.砂紙、黏膠、保麗龍膠、黏土、圖釘、紙膠帶、雙面膠帶、迴紋針、美工刀、直尺、水桶
- 15.高屏溪砂石與小石頭

### (二) 設備

1. 電腦
2. 手機
3. 照相機

## 肆、研究過程與方法



### 一、研究區域之基本介紹及圖文相片

#### (一) 我們鄉土的母河~高屏溪簡介

高屏溪原名下淡水溪，發源於中央山脈玉山附近，流經高雄市、屏東縣，於林園區及新園鄉注入台灣海峽，全長 171 公里，流域面積 3,257 平方公里，其主要支流有荖濃溪、旗山溪、隘寮溪、濁口溪、美濃溪，其中以荖濃溪及旗山溪為最大。荖濃溪發源於中央山脈玉山東山東坡與秀姑巒山西南坡，曲折蜿蜒西南行，與旗山溪隔山平行，流經桃源、寶來、土壠、荖濃、六龜至大津納入濁口溪，過竹子門而出谷，入屏東平原。河流分歧成瓣狀西南行，於磚子地北匯納東來之隘寮溪，後折向西南行，至高雄市旗山區嶺口與南下之旗山溪相匯而成高屏溪，主流共跨 27 個鄉市區所。

#### (二) Google Map 衛星地圖 (圖 1)



圖 1 高屏溪河道的衛星地圖:佛光山→溪埔



(二) 國土測繪中心:佛光山~溪埔段高屏溪地圖 4 張 (圖 2~ 圖 5)

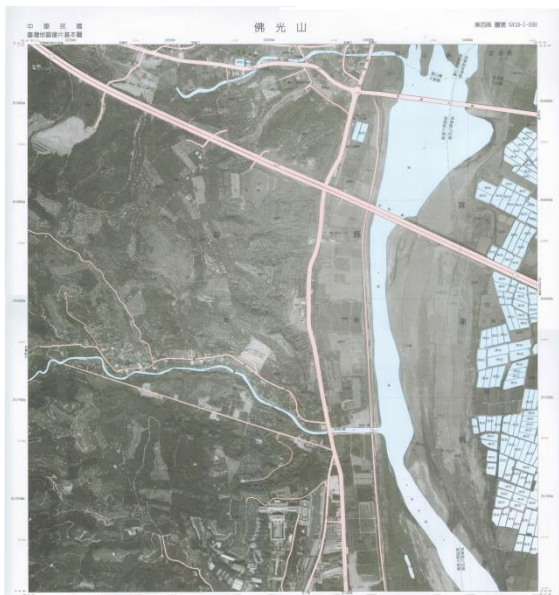


圖 2 佛光山(圖號 9418-I-098 民國 91 年)



圖 3 三塊厝(圖號 9418-I-099 民國 91 年)

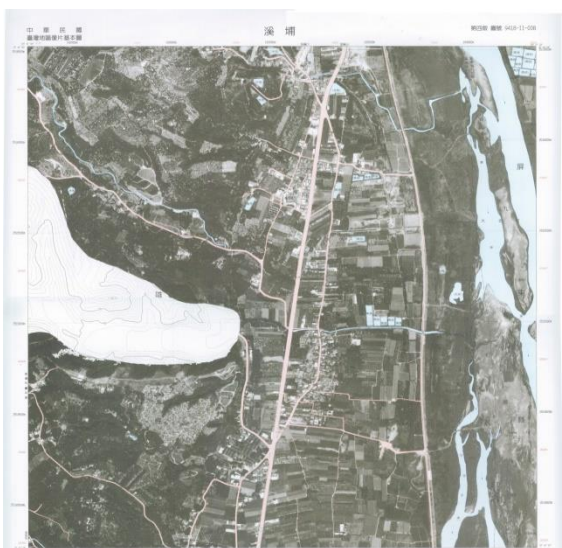


圖 4 溪埔(圖號 9418-II-008 民國 91 年)



圖 5 大坵(圖號 9418-II-009 民國 91 年)

## 二、河道模型製作

### (一) 外框 (圖 6)

- 1.將一木材裁切成一塊 120\*120 公分的正方形為底。
- 2.在 120\*120 公分的正方形黏上等大的塑膠地墊。
- 3.在四周釘上 120\*15 公分的護欄。

### (二) 地圖裁切與描繪 (圖 7)

- 1.將高屏溪的佛光山、三塊厝、大坵、溪埔等段地圖裁切並合併。
- 2.把掃描圖紙貼在地圖上。
- 3.接著描繪出河道、河堤、等高線 25 與等高線 30 至等高線 100。



4.取下掃描圖紙並貼在大正方形框內。

(三) 等高線製作與裁切 (圖 7)

1.將合併的地圖貼在保麗龍板上，使用保麗龍切割器先沿著屏東縣 25 公尺的等高線裁切。

2.切好的保麗龍板對齊掃描圖紙上屏東縣等高線 25 的線條貼上。

3.再切屏東等高線 30、等高線 40，之後等高線 30 貼在等高線 25 上，等高線 40 貼在等高線 30 上。

4.高雄市等高線製作與屏東縣相同。

(四) 邊坡製作:使用黏土(圖 8)。

(五) 鋪設高屏溪砂石與小石頭、假樹、假房屋等，最後再標記農田、魚塭、河堤並彩繪(圖 9)。

(六) 河道上方與下方分別用木工鑽孔機鑽孔，作為入水處及出水處。

(七) 於護欄上每 5 公分作一記號，並以紅線連接，形成許多 5 公分的正方形方格，以便於定位 (圖 10 ~ 圖 11)。



圖 6 外框



圖 7 地圖裁切與描繪及等高線製作與裁切



圖 8 邊坡製作



圖 9 彩繪



圖 10 定位



圖 11 完成

### 三、實地野外勘查

攜帶相機或手機至研究區域實地觀察高屏溪並拍照。

### 四、模擬水流沖刷

(一)以19公升塑膠桶作為儲水槽，用管徑 1.6 公分的塑膠管連接沉水馬達，沉水馬達抽水

口管徑為 1.6 公分。為控制水流量，經過多次試驗，約略找出本實驗所需水流量：

- 1.抽水口管徑有 2/3 (約 1.1 公分)用膠帶黏住，其水流量接近目前枯水期的高屏溪，水流較慢，我們把它當成小水來模擬沖刷情形。
- 2.抽水口管徑有 1/3 (約 0.5 公分)用膠帶黏住，其水流量接近汛期的高屏溪，水流較快，我們把它當成大水來模擬沖刷情形。

(二)以19 公升水桶直接澆灌於入水孔，其水流量接近颱風期的高屏溪，水流超快，我們把它當成超級大水來模擬沖刷情形。

### 五、大樹高屏溪攔河堰中心參訪~

攜帶紙筆、手機及照相機參訪高雄市大樹區『高屏溪攔河堰中心』，並拍照與記錄攔河堰的功能性。



## 伍、研究結果

### 一、河道模型完成圖，如圖 12

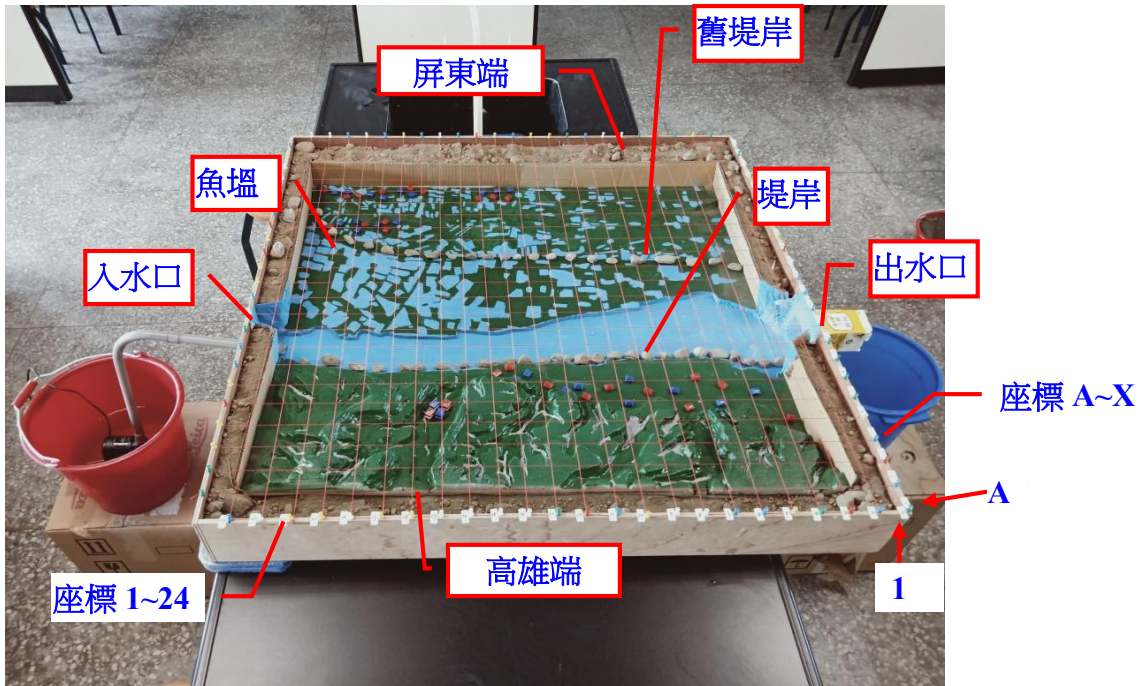


圖 12 高屏溪上游河道模型

### 二、實地野外勘查



圖 13 高屏溪河道:佛光山段由河堤向西望



圖 14 河畔的人造階梯



圖 15 枯水期進行清沙時用土堤將河道移至另一側



圖 16 里嶺大橋下的魚塭一隅



圖 17 高屏溪河道:佛光山段由河堤向東視角

### 三、模擬水流冲刷

(一) 模擬小水來襲冲刷造成之災害，如圖 18 ~ 圖 19。



圖 18 泥沙堆積

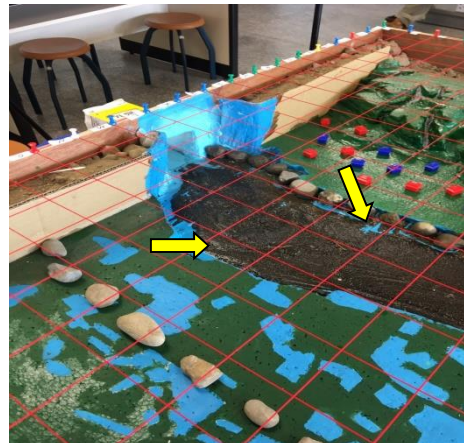


圖 19 辮狀河道

(二) 模擬大水來襲冲刷造成之災害，如圖 20 ~ 圖 22。



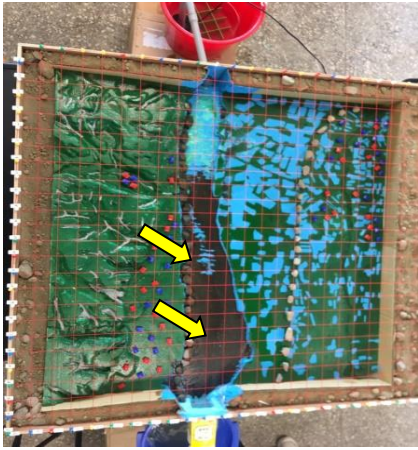


圖 20 大水沖刷結果

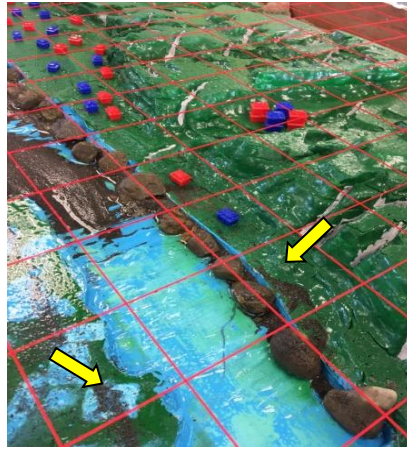


圖 21 兩岸氾濫

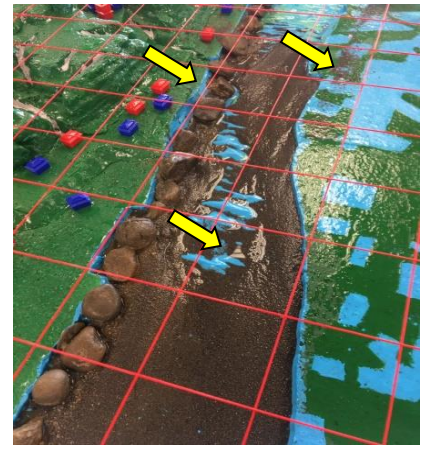


圖 22 兩岸氾濫及流路改變

(三)模擬超級大水造成之災害，如圖 23 ~ 圖 26。

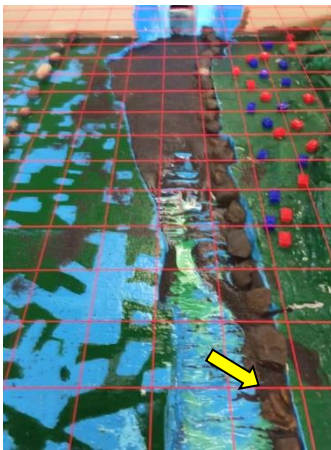


圖 23 堤岸潰堤

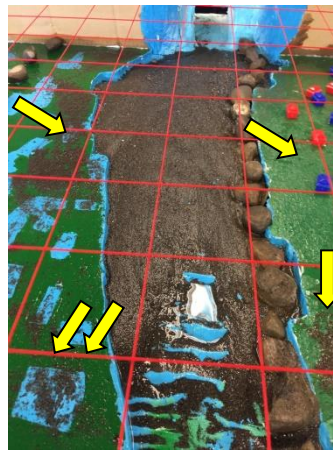


圖 24 兩岸氾濫

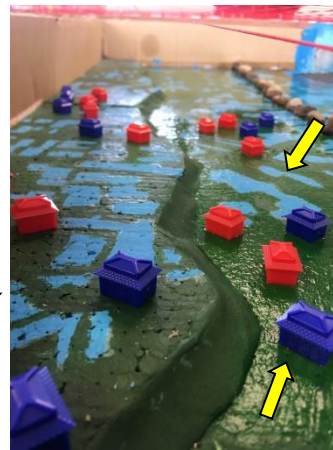


圖 25 行水區淹水



圖 26 泥沙堆積

四、參訪高雄市大樹區『高屏溪攔河堰中心』，以了解高屏溪今昔狀況。

(一) 簡報

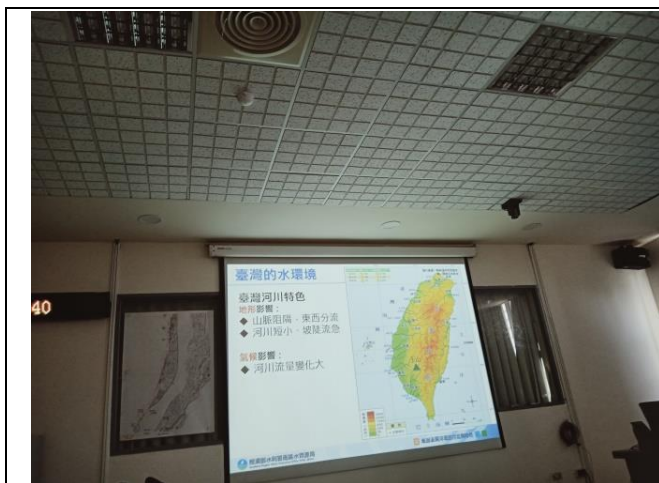


圖 27 風災時河川流量變大



圖 28 河道不穩定原因探究

(二)實地了解高屏溪攔河堰狀態(圖 29)



圖 29 高屏溪橡皮壩攔河堰現況



## 陸、討論

- 一、圖 6 ~ 圖 11 高屏溪的模型製作，我們將購得的四張圖合併，將等高線 25、30、40 等描繪出並裁剪，分別黏貼於保麗龍並切割，依序層層黏貼。在高雄端地勢較高，我們用了 9 層；而屏東端較低，只用 2 層。因此，上色後更凸顯出地勢高低以及凹谷，與實際相仿。
- 二、圖 12 是完成後的模型，我們地圖上的各個區域做標示，包括高雄端、屏東端、魚塢及堤岸。圖中入水口為中下游佛光山段，而出水口處為溪埔段。
- 三、圖 13 ~ 圖 17 為野外勘查從佛光山沿著堤岸至溪埔，觀察河兩岸的生態，發覺到：
- (一)河的右岸~高雄端大都為雜草，如芒草和低矮灌木叢；而河的左岸~屏東端則以沙洲地較多，種植一些農作物，甚至有些開挖成魚塢。
- (二)野外勘查時，正值高屏溪枯水期，所以會利用這時期來進行清沙工程。
- (三)高屏溪在佛光山段的流向是向右偏向高雄端；一直到溪埔段時，則想左偏向屏東端→與研究區段之衛星圖相符合。
- (四)表 1 及表 2 為本次模擬水冲刷實驗之水流量參照表，經多次模擬試驗，找出本實驗所需的水流量。

表 1 高屏溪主、支流歷年流量統計表

集水區	測站名稱	年度	年平均日流量(m <sup>3</sup> /s)	年逕流量(億 m <sup>3</sup> )	最大瞬時流量(m <sup>3</sup> /s)	最大日流量(m <sup>3</sup> /s)	最小日流量(m <sup>3</sup> /s)	備註
高屏溪	里嶺大橋	98 年	181.15	57.13	27,445.91 (2009/08/09)	15,251.66 (2009/08/09)	12.10 (2009/04/12)	
		99 年	172.82	54.50	6,932.18 (2010/09/19)	2,831.66 (2010/09/19)	25.71 (2010/05/20)	
		100 年	231.52	73.01	2,778.90 (2011/07/19)	2,086.88 (2011/08/30)	15.09 (2011/02/28)	
		101 年	304.68	96.35	9,050.00 (2012/06/12)	6,498.69 (2012/06/12)	67.81 (2012/04/16)	
		102 年	146.50	46.20	8,803.03 (2013/08/29)	3,214.14 (2013/08/29)	4.80 (2013/12/31)	
		103 年	—	—	1,850.00 (2014/05/21)	1,382.81 (2014/08/13)	2.23 (2014/04/30)	11/09~11/13 無紀錄
		104 年	106.86	33.71	8,700.00 (2015/08/08)	2,723.52 (2015/08/08)	10.80 (2015/07/05)	
		105 年	234.27	74.08	2,172.00 (2016/07/12)	6,618.27 (2016/09/28)	8.73 (2016/3/9)	
		106 年	—	—	7,890.00 (2017/06/04)	4,592.50 (2017/06/04)	6.66 (2017/04/06)	04/21~04/25 無紀錄
		107 年	44.91	14.16	6,376.32 (2018/8/24)	3,142.22 (2018/8/24)	0.93 (2018/12/30)	

※節錄自 107 年高屏河流域管理工作執行年報

表 2 流量、流速、管徑對照表

LPM (水流量)	流速(m/s)									
	0.1	0.15	0.2	0.3	0.5	1	2	3	4	5
4 分管 (16mm)	1.2	1.8	2.4	3.6	6.0	12.1	24.1	36.2	48.3	60.3

節錄自 <https://www.lorric.com/tw/WhyLORRIC/Flowmeter/flow-rate-flow-velocity-pipe-diameter>

## 五、模擬水沖刷實驗

### (一) 實驗數據假設

1. 本研究模擬沖刷水量，依照表 1 高屏溪歷年流量做參考，依據豐枯水期及最大瞬流量作為極端氣候下的水流量進行測試；模擬過程中，DTM 是依據五千分之一模型進行製作，因此地形模型比例為 1：5000，故沖刷模擬也是取 1：5000 進行模擬；但因為模型容積為  $120*120*13=187200$  立方公分，相當於 187.2 公升，所能容納的水量無法太多，因此經過數次實驗，小水沖刷的水量符合最小日流量的水量，大水則取流道可容納的最大值，超級大水取流道可容納的最大值的 2 倍進行實驗。
2. 根據流量(LPM)及流速(m/s)及管徑的關係，可以得知以下公式：

流量=管截面積×流速

$$\text{管截面積} = \frac{ID^2}{4} \times \pi \quad ID \text{ 為管內徑，} \pi \text{ 為 } 3.14$$

3. 本研究數據如下：

- (1) 管內徑：16mm
- (2) 水量：19 公升
- (3) 小水沖刷時間：80 秒
- (4) 大水沖刷時間：42 秒
- (5) 超大水沖刷時間：23 秒

4. 本研究三種沖刷模式計算水流量如下

#### (1) 模擬小水流量

對照表二，LPM=19 公升/1.3 分鐘=14.61，做內插，得出小水的流速為 1.20，帶入流量公式後計算結果如下

$$\text{流量(m}^3\text{/s)} = \frac{0.016^2}{4} \times 3.14 \times 1.2 \times 5000 = 1.2$$

## (2) 模擬大水流量

對照表二，LPM=19 公升/0.7 分鐘=27.14，做內插，得出小水的流速為 2.24，帶入流量公式後計算結果如下

$$\text{流量(m}^3\text{/s)} = \frac{0.016^2}{4} \times 3.14 \times 2.24 \times 5000 = 2.25$$

## (3) 模擬超級大水流量

對照表二，LPM=19 公升/0.38 分鐘=50，做內插，得出小水的流速為 4.15，帶入流量公式後計算結果如下

$$\text{流量(m}^3\text{/s)} = \frac{0.016^2}{4} \times 3.14 \times 4.14 \times 5000 = 4.15$$

## (二) 模擬小水沖刷樣態

1. 模擬高屏溪枯水期水量，由於水量少，沖刷力道不足，再加上河道上泥沙量多，因此形成**辮狀河道**，與高屏溪實際河道的形狀相符；在枯水期期間，河水皆無溢堤情況發生。
2. 在河道的中間區域，形成大量的堆積，是為**沙洲(J(1,4) K(1,4))**，如圖 18 箭頭所示，與實際高屏溪枯水期的情況相同，如圖 30。



圖 30 高屏溪枯水期河道的中間區域形成沙洲地形

3. 由於到了下游處河道偏向屏東方向彎曲，在屏東端形成河流地形中的**凹岸**，在河水行徑中會**承受較大的沖刷力道**，因此很明顯地在屏東端的河岸(L,5)這一區，泥沙被大量搬運帶走；靠近高雄端下游處，河水沖蝕力道也較強，河道上殘留的沙土較少(J,6)，如圖 19 箭頭所示。

## (三) 模擬大水沖刷樣態

1. 模擬高屏溪**豐水期水量**，與枯水期河道樣子相比，可以看到**河道沙洲位置改變**，**流路也有改變**，可見在自然情況下河道內的**流路不定**，此為**辮狀河道**特徵；在模擬過程中，**少**

部分區域河水溢堤，代表兩岸淹水，表示在豐水期當水大的時候會有淹水的問題。

2.河道中央依然有沙洲堆積，但在河道中央出現一條新的流路，較下游處沙洲中央往下微凹，形成另一條退水後的流路((K,11)~(K,16))，如圖 22 箭頭所示

3.下游處河道偏向屏東方向彎曲，在模擬過程中可以看到河水對屏東堤岸的沖刷很明顯。再加上屏東端的地勢較低平，造成屏東端靠近河道部分有淹水的情況發生，如圖 21 箭頭所示。

4.中游處接近佛光山一帶，模擬過程中河水對高雄岸沖刷較嚴重，從圖 21 都可以看到大水時的流路較為靠近高雄端，也使得高雄端佛光山一帶有淹水的情況發生；此段往南河水流路偏向河道中央與屏東端，所以高雄端下游處沒有淹水情況發生，沿岸泥沙淤積也較明顯。

#### (四)超級大水沖刷

1.模擬高屏溪颱風時水量，河水完全溢出河道向兩旁淹沒，高雄端堤防處因為有堤防減緩流速關係，水退之後可看到明顯的泥沙淤積。

2.屏東端因為地勢低平，所以在洪水氾濫時整個被淹沒，洪水越過堤防往後淹，一直淹到更上面斜坡處才停止，堤岸前更遺留了大量氾濫後的泥沙，如圖 25 所示；由此可見淹水地區以前為行水區，後來行水區被人類改為農田耕作或該為魚塭養殖，甚至還有零星住家，但在洪水氾濫時，就算有堤防也難防被洪水淹沒的情況發生。

3.高雄端部分，佛光山附近一帶被洪水淹沒，模擬時也有房子被沖走，堤防也被水沖擊的變形，如圖 23 及圖 24 所示，對照實際情況，該區在莫拉克風災時堤防潰堤，佛光山前停車場整片被大水淹沒，與本研究實驗情況相符。



六、比對風災前後的河道改變~ 擷取自國立自然科學博物館數位典藏中心:嶺口~佛光山影圖及圖 31。

	
<p>災前高屏溪斜張橋(20051123 拍攝), 高屏溪九如一佛光山河段, 莫拉克颱風洪水來襲前完整的畫面。</p>	<p>災後高屏溪斜張橋 (20091214 拍攝), 九如一佛光山段河堤潰決氾濫成災。</p>
	
<p>高屏溪畔佛光山莫拉克颱風災前之景緻 (攝於 2005 年 11 月 23 日)</p>	<p>佛光山—斜張大橋間高屏溪堤防八八水災毀損情形</p>
	
<p>大樹地區台 21 線以下洪水漫溢</p>	<p>台 21 線大樹國小淹水 50 公分</p>



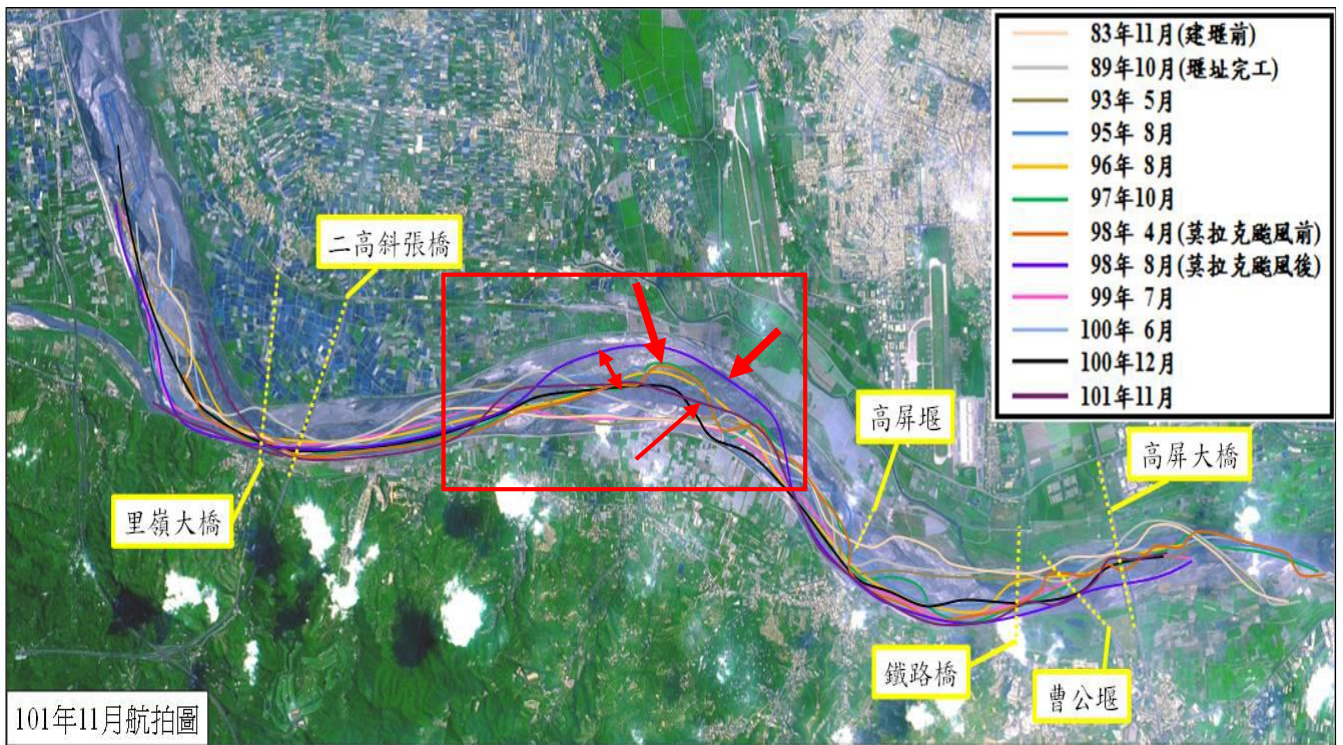


圖 31 高屏堰河段歷年河道變遷總圖

(節錄自 <https://www.wrasb.gov.tw/Uploads/pi/10> 高屏堰因應河床整體淤高穩定取水策略.pdf)

## 七、參訪高雄市大樹區『高屏溪攔河堰中心』

### (一)簡報

- 1.帶來大量泥沙，使水濁度升高。
- 2.風災造成河川流量加大及淹水。
- 3.台灣地質脆弱，颱風豪雨過後，砂石大量湧入河川，造成河川多砂，而泥沙經常淹沒攔河堰取水口，使取水困難。

### (二)觀看橡皮壩攔河堰

#### 1.橡皮壩解說

是一種用於阻擋河川水流的水利工程構造物。充氣橡皮壩顧名思義便是在河道上安裝一種當充氣時，便會鼓起阻擋水流的橡皮製水閘門，而當橡皮壩消氣時，水流便會直接通過橡皮壩上方，並不會對河道產生阻礙。其主要用於灌溉、蓄水與防洪排水等用途。

- 2.橡皮壩優缺點分析，如表 3。



表 3 橡皮壩優缺點分析比較

優點	缺點
<p>(1) 建造成本相較於<u>混凝土</u>結構的<u>水壩</u>來的更低</p> <p>(2) 具有非永久性阻擋水流、不漏水、抗震性能強、對基地要求低及施工期間短</p> <p>(3) 在洪水期間自動倒伏渲洩洪水，防止攔河堰上游水位過高，形成<u>洪水氾濫</u>的狀況</p>	<p>(1) 由於其外皮是由橡膠組成，因此容易受到河川所夾帶的砂石劃破及磨損</p> <p>(2) 使用壽限相較於一般的混凝土結構攔河堰來的更短</p>

## 柒、結論

- 一、全球環境變遷，氣候異常造成許多極端事件，如降雨型態的改變，極端集中，使水資源流域空間面臨極大風險與嚴重衝擊。
- 二、台灣的地形陡峭，河川坡度大，上游集水區地質較脆弱，加上森林區濫墾濫伐，使得表土沖蝕顯著，一旦風災來臨，整個泥沙往中下游沖刷，造成河道淤積。特別是梅雨或颱風雨等風災，其雨量強度高，總雨量也非常驚人，加上河道陡急，水流湍急，瞬間洪水夾帶大量泥沙往中下游移動，造成洪災。
- 三、高屏溪是全台流域面積最大，也是豐枯變化最劇烈的河流，再加上多元族群在此生存與遷徙，也同時孕育出磅礴不凡的文化特色。高屏溪流域之地層與地質構造大致呈北北東—南南西走向延伸，其流域內地形大致由東北向西南遞減，高度落差近千公尺，而流域環境有著高度差異，地形坡度陡峭，流域內坡地土壤分布主要以沖積土及石質土為主。每逢颱風暴雨極易造成山區及中下游地區發生重大土砂災害及洪患水災。
- 四、2009 年莫拉克風災造成高屏溪近 50 年來最嚴重土砂、漂流木、洪水、河道淤積及淹水等多項災情，同時發生的複合型災害，讓流域完全走樣，大小崩塌地，超過一萬個，河道變窄與流路改變，如圖 31。風災帶來的豪雨，使溪水暴漲、河堤沖毀，造成水災，沖毀房屋、建築物，並損毀流域周邊農田及養殖魚塢。
- 五、本組在模擬水量沖刷實驗時，也可發現到水流的不穩定性，而於河道流路中淤積，將造成流路出現分歧狀態。此分歧之流路交匯後，受到交匯口下游處水、砂之交互影響，導致泥砂傾向於交匯處落淤，進而形成沙洲並使流路再次分離，形成辮狀河道。
- 六、當風災帶來的豪雨，不斷匯入河道，當匯入河道的速度大於河道(將水往下游輸送的速度時)，水位抬升超過警戒線或堤防，會溢流而出形成災害。因此風災帶來大量泥沙使河道淤積，導致水流量變化大、不穩定，枯豐期顯著；甚至帶來大量泥沙，使濁度升高，造成取水困難。且導致河道兩岸生態改變、河川高灘地增加及河道寬度縮小。
- 七、河川高灘地具有滯洪的功能，若超限利用對河川兩岸土地調節洪水的能力會降低。而近十幾年來，高屏溪的高灘地利用變本加厲，興建溫室、魚塢，束縮河道僅剩幾百公尺的深溝，造成對橋樑的沖刷侵蝕，進而河床掏空、橋墩基樁裸露嚴重，易威脅橫跨高屏溪之橋樑安全性。
- 八、隨著極端氣候變遷、水文條件改變與莫拉克風災發生後，高屏溪流域上游尚未處置之大量崩塌土石..等問題，在高屏溪河段或高屏溪攔河堰河段的整治上，仍需面臨極大挑戰。
- 九、最後建議在高屏溪劃出潛勢區，進行災害風險評估，增進風險溝通，以減緩極端氣候造成的衝擊。甚至全面收回高灘地，徹底檢討劃設土石流警戒區，嚴格稽查河川上游水土保持是否完善，特別是遏止盜採砂石之破壞性行為，以穩定高屏溪流域及堤岸安全。

## 研究限制因素與未來展望

### ◎本實驗限制因素：

- 1.河流各段土質不同，對沖刷的耐受度也不同。
- 2.無法完全模擬洪水沖刷的情況。
- 3.河床深度無法模擬。
- 4.模型表面和實際狀況不同(如有植被...等)。
- 5.無法完全模擬堤防的功能(因為用小石頭堆成的堤防和真實的有差別)。
- 6.河岸是固定的，不具有被沖刷性。
- 7.模擬水流沖刷的水和現實不同(如水中可能有泥沙、漂流木...等)。

### ◎未來展望：

- 1.模擬河岸無須全部使用保麗龍製作，可保留一部份用沙土堆成，較能還原真實情況中水流對河岸的沖刷。
- 2.在模型的表面上，可增置一些人工草皮、樹枝、砂石，以模擬植被狀態。
- 3.在模擬沖刷的水中，可加入一些砂石和樹枝(漂流木)，以貼近模擬真實情況。
- 4.堤防可改用小塊磁磚緊密排列，後面在堆置鋪陳一些砂土，模擬河堤真實的情況。

## 捌、參考文獻

- 1.人類與環境~全球氣候變遷 康軒版 國中自然科(生物) 第二冊。
- 2.我們身邊的大地~河道與海岸線的平衡 南一版 國中自然科(地球科學) 第五冊。
- 3.水文與水資源~台灣河川的特徵 翰林版 國中社會 地理—河流地形 第一冊。
- 4.王乾盈(2012) 基礎地球科學(上) 新北市：全華
- 5.中央氣象局編印(109) 颱風百問  
<https://www.cwb.gov.tw/V8/C/K/Encyclopedia/typhoon/typhoon.pdf>
- 6.水利署第七河川局 水系介紹-高屏溪 <https://www.wra07.gov.tw/cp.aspx?n=12494>
- 7.白仁德等人(2014) 氣候變遷下流域空間災害調適與風險溝通之研究-以高屏溪流域家戶社區為例(I) <http://nccur.lib.nccu.edu.tw/bitstream/140.119/109631/1/103-2625-M-004-001.pdf>
- 8.充氣橡皮壩 維基百科 <https://zh.wikipedia.org/wiki>
- 9.吳濟華、鄭志明(2013) 邁向生態城市之省思：評量工具應用與綠資源的管理  
環境資訊中心 <https://e-info.org.tw/node/88013>
- 10.莊雪芳(2013) 基礎生物(下) 新北市：全華
- 11.周湘儀、吳孟修(2015) 以不同思維探討旗山溪土砂災害之清疏問題 水土保持學報 47  
(1):1247-1258
- 12.氣候天氣災害研究中心 淹水災害與防災 台灣颱風(洪災)災害的特性  
<http://www.wcdr.ntu.edu.tw/28153277002879723475332873845028797.html>
- 13.陳聯光、謝龍生、林聖琪、張志新、陳韻如、王俞婷、林又青 莫拉克颱風降雨事件對坡地災害預警之衝擊 國家災害防救科技中心  
<http://photino.cwb.gov.tw/rdcweb/lib/cd/cd01conf/load/apdf/a136.pdf>
- 14.張永誠、何世華、林昭遠(2012)，「旗山溪莫拉克颱風土砂災害河段清疏區位優選之研究」  
水土保持學報44(4)：407-420
- 15.郭振泰(87) 台灣的洪水災害 地球科學園地 第七期 九月秋季  
<https://web.fg.tp.edu.tw/~earth/learn/esf/magazine/980902.htm>
- 16.經濟部水利署 楊署長偉甫 莫拉克颱風災害之省思  
[http://doie.coa.gov.tw/upload/irrigation\\_master/20120924152828-2010-0000.pdf](http://doie.coa.gov.tw/upload/irrigation_master/20120924152828-2010-0000.pdf)