

# 「沙婆婆」怎麼生氣了

## 高小組地球科學科第一名

花蓮縣立國福國民小學

作者：江展溢、吳孟原  
等四人

指導教師：陳鳳、陳俊吉

### 一、研究動機

我們學校建在河邊上，這條河流姓「沙」名叫「婆礮」，在很久很久以前就生成了，因為年紀老，名字中又有一個「婆」字，所以我們稱呼它為「沙婆婆」。據我們所知：沙婆婆大部分時間見不到她的水影子，偶而下一陣大雨，才會「呵呵地」叫着跑出來，洶湧奔流一、二天後，就萎縮下來，假如不再繼續下雨，很快的又見不到她了。因此「沙婆婆」雖然靠近我們學校，卻沒能給我們就近去游泳玩水或捉魚嬉戲之樂，而她的洪水聲勢也不十分壯大，所以我們一直認為「沙婆婆」平凡而無趣，並沒有什麼了不起的地方。不知怎樣地，兩年前開始，「沙婆婆」不再安靜和氣了，走起路來總是橫衝直撞，彎來彎去，還把學校邊上的堤防狠狠的扒去一大段，差一點沖毀堤防跑進學校裏來，這件事太使我們驚訝了，是不是人們做錯了什麼事，激怒了沙婆婆？或者是沙婆婆生病了導致她情緒煩燥不安，才會變成這樣子，我們希望找出答案來，所以請老師指導我們做觀察、實驗研究工作。

### 二、研究目的

- (一)觀察沙婆礮溪的形態及其對人們的益處、害處與水流變動情形。
- (二)試驗各種水流產生力量的方式與結果，以找出水流特性。
- (三)探討河流發生災害的原因與防治水災的方法。

### 三、研究設備器材

- (一)觀察用器：照相機、記錄簿、本縣地形圖。
- (二)實驗器材：實驗箱組件、電子錶、寶力龍、自來水、黏土、壤土、細砂、粗砂、小石子、記錄表紙、刀片、尺等。

### 四、研究過程

#### (一)實地觀察沙婆婆(沙婆礮溪)：

##### 1.觀察內容：

- (1)人們利用沙婆礮溪那些地方？做什麼？
- (2)河水流向與河道寬度變化情形，平時真的沒有水嗎？
- (3)兩年來洪水沖壞那些堤防？侵蝕了那些河岸？人們如何防治？
- (4)河水搬運「石、砂、土」情形與河床結構變化的關係。

##### 2.觀察方法：

- (1)從水源地起分段實地查看，並就地討論觀察結果。
- (2)繪圖作記錄，並攝影搜集資料與訪問社區民衆。

##### 3.觀察心得：

- (1)「沙婆婆」生於中央山脈東側的一座山上，源流很短。因集水區受到長期保護，因此山谷下常年有豐沛泉水流出，一部分河水被引用作為花蓮市與吉安鄉居民之自來水水源，這是沙婆婆表面上看得見的功勞。她向東流，再彎向東北方入海。
- (2)沙婆婆在上游山谷下雖被引進自來水廠，消耗部分水量，但還是有很多餘水順着河道外流，只因這一段河床都是深厚的粗石礫地帶，無法儲水，所以河水愈流愈少，致完全滲入地底下，因此我們學校這裏經常看不到河水，使我們誤認「沙婆婆」沒有利用價值，其實她滲入地底的大量水源，自國福大橋後就開始湧出，愈下游愈多，供給人們灌溉、養魚與抽取地下水（有些地方會自動噴出水，不必在

汲)供人們飲用，而不虞匱乏，這是沙婆婆潛在的功勞，我們以前沒有想到的事情。

(3)遇到颱風暴雨，「沙婆婆」也會發生洪水，從山上帶來土石，到了平地水流速度減慢，再也搬不動那些山石了，所以我們很明顯看出河床上隱約有序地按大石、中石、小石、粗砂、細砂等在河道上、中、下游分段散布着。我們學校這段河道剛好是水流出谷口後比較平的地方，因此就堆積了大量石礫，河床愈堆愈高，河道也就愈來愈寬闊了，致使「沙婆婆」變成像快生產的孕婦一樣挺個大肚子。

(4)沉積在河道中段的大量砂石，使「沙婆婆」走路發生困難，政府順着河岸兩旁建了長堤防，給她攙扶流行。自從北迴鐵路興建火車站在這裡挖取大量的土石以後，「沙婆婆」的大肚子中央被挖成了一條大溝，低凹下去，徹底解決了河道淤塞問題。而「沙婆婆」能夠提供品質良好的建築基地之土石，也算是對人們的貢獻，補償其廣大河床荒廢人們寶貴耕地的罪過。

## (二)實驗研究：

1.實驗問題：「沙婆婆」在肚子脹得很難過的時候，適逢政府興建北迴鐵路在這裏挖走很寬厚的土石，而徹底疏濬河道，照道理講：「沙婆婆」已經割除身上的腫瘤，解決病痛，應該很和氣愉快才對，但是並不然，近二年來，接二連三沖壞堤防，發生以前所沒有的事情。爲什麼疏濬後的「沙婆婆」更不安定呢？我們推想了許多原因，並針對原因設計下列問題，加以實驗以求得明確的證明或答案：

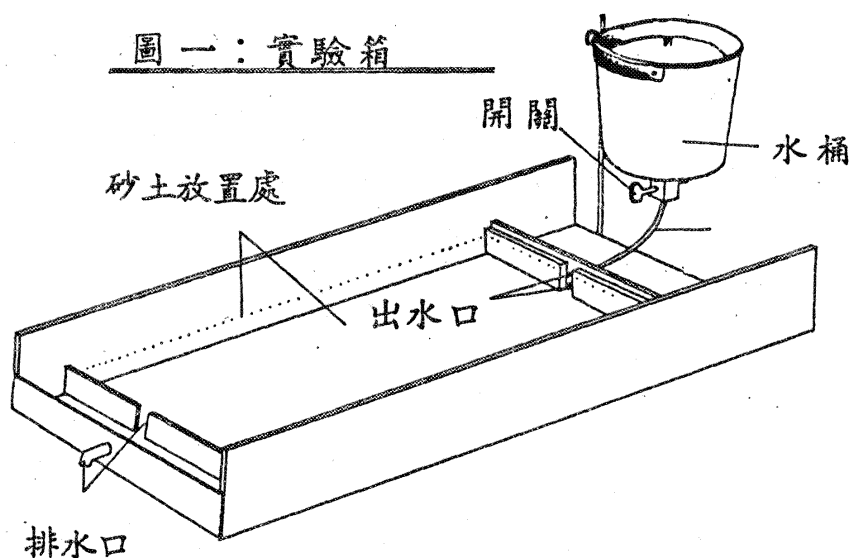
(1)流水對各種地質河床河岸之(ㄅ)沖激河床力量，(ㄆ)狹水道侵蝕河岸的實驗比較——測試「沙婆婆」的石礫河岸是不是最容易被洪水沖蝕倒塌？

(2)各種彎曲或變形的河道（人工造成的水道），流水通過後產生何種侵蝕作用——查明「沙婆婆」被挖掘變形河道，洪水可能產生的影響。

- (3)河道(水道)橫斷面結構形狀與流水侵蝕崩岸之關係——實驗「沙婆婆」疏濬後留下的許多垂直懸崖岸，是不是最會崩潰？
- (4)河底凹凸形狀與洪水侵蝕河岸的關係——「沙婆婆」經人工挖掘造成的深坑，是否會加強洪水侵蝕其河岸的力量？
- (5)流水遇到障碍物會產生何種反應與影響——找出「沙婆婆」扒空堤防地基的原因，及鞏固「堤防」防治水災的方法。

## 2. 實驗器具與方法：

- (1)應用實驗箱(如圖一)操作實驗。



- (2)依據實驗問題設計情境：如配置土或砂，用模型壓製河道(水道)，開放流水，分別實驗比較並作紀錄與研討。

### (3)實驗經過：

實驗一：流水沖激平面河床，比較那一種地質的河床被沖開成的洞穴最寬大？

方法：在實驗箱內分別盛入不同質料的實物，在相同情境下：水量 1 桶(8400 cc. 懸掛高度 50 公分)、河床厚度 3 公分，做實驗。

♀ 測量被沖開洞穴最長與寬的部分。

紀錄：(單位：公分)。註：以下實驗之水量 1 桶即 8400 cc.。

河床質料		黏土	壤土	細砂	粗砂	小石子	
1次	洞穴	長	8.7	9.5	12.5	8.3	3.3
		寬	2.5	6.5	10.3	9.5	3.5
2次	洞穴	長	8.0	10.5	11.5	8.5	2.0
		寬	2.5	6.1	10.3	8.2	2.1
3次	洞穴	長	7.5	6.8	10.5	8.5	2.1
		寬	3.0	6.5	10.2	10.0	2.5
平均		長	8.07	8.93	11.50	8.43	2.47
		寬	2.67	6.37	10.27	9.23	2.70

結果：↘河床質料顆粒大者如小石子及總體結構緊密者如黏土，不易被水流沖激成大洞穴。

↘地質顆粒小，總體結構又鬆散者如壤土、砂子等最易受水力侵蝕運走。

實驗二：流水通過直線「狹水道」因而產生蝕岸作用，比較各種地質河岸初崩時間快慢及塌岸長度。

方法：↘共同測驗標準：水量 1 桶（水流約 1 分 40 秒），水道寬 1.4 公分高 3 公分長 39.5 公分，水道坡度 3 度，不會侵蝕的河底及垂直岸等。

↘先放好水道模型再盛入河岸質料，加水壓製成水道，（取出模型木條即成標準一致的水道）。

□放水通過水道，計時觀察岸邊開始崩塌時間，水流完時，再用尺量出兩岸（共長 79 公分）崩塌長度。

紀錄：初崩時間單位：秒，塌岸長度單位：公分

數 次 別	質 料		黏 土		壤 土		細 砂		粗 砂		小石子	
	初崩 時間	塌岸 長度	初崩 時間	塌岸 長度	初崩 時間	塌岸 長度	初崩 時間	塌岸 長度	初崩 時間	塌岸 長度	初崩 時間	塌岸 長度
第 一 次	0	0	42.65	16.7	7.40	72.00	1.90	79	1.61	79		
第 二 次	0	0	57.68	26.5	9.00	79.00	2.29	79	1.96	79		
第 三 次	0	0	42.26	37.5	4.59	79.00	1.78	79	1.95	79		
平 均	0	0	47.53	26.9	6.99	76.67	1.99	79	1.84	79		

結果：地質顆粒比較大如小石子、粗砂等最快崩岸，而總體結構緊密的黏土不易被水流沖蝕倒岸。

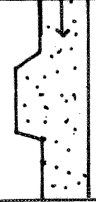

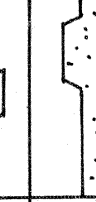

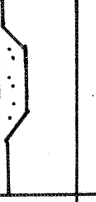

實驗三：各種形態之水道（河道）經定量流水通過產生侵蝕作用，其作用力在那一部位，及崩岸時間快慢之比較。

方法：切製水道模型，再利用模型塑成水道形態。

在實驗箱內放水測試，觀察切崩時間及崩岸情形。

測驗標準：水量 1 桶懸高 50 公分、坡度 3 度、垂直岸高度 2.1 公分、底部不會被侵蝕。

紀錄：初崩時間單位：秒。

時 間 岸 別	形 態						
黏 土 岸		0	0	0	0	0	0
壤 土 岸		23.10	60.06	39.35	29.16	27.00	6.13
細 砂 岸		5.60	3.70	4.92	3.51	2.99	2.96
平 均		9.57	21.25	14.76	10.89	9.99	3.03

結果：↘水道愈彎曲愈會崩岸，細砂岸比壤土岸崩得快。

↘水道彎曲而寬度一樣者比中途變寬者崩潰得快。

實驗四：水道橫斷面結構形狀與流水蝕岸之關係。

方法：↘與「實驗三」一樣。

↘測試標準：河岸地質：壤土，各水道橫斷面積一樣是 4.41 平方公分，水道長度 25 公分水量 1 桶。

□測試內容：①塌岸部位②開始塌岸時間。

紀錄：

形態 測試 項目	水道 編號	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
硬 崩 岸 時間	底	1 分 0 秒 31	1 分 14 秒 81	1 分 13 秒 48	0 分 57 秒 29	1 分 12 秒 94
軟 崩 岸 時間	底	1 分 1 秒 49	1 分 8 秒 28	1 分 5 秒 00	1 分 30 秒 08	1 分 36 秒 65
平 崩 岸 時間	均	1 分 0 秒 90	1 分 11 秒 55	1 分 9 秒 24	1 分 13 秒 69	1 分 24 秒 80

結果：↘垂直邊岸比斜面邊岸崩得快。

↘硬底水道和軟底（與岸邊同質料）崩岸時間差不多。

實驗五：河底凹凸形狀與河岸崩潰之關係。

方法：和「實驗四」一樣。

紀錄：時間單位：分'秒''

前 岸 類 別	形狀	①→	②→	③→	④→	⑤→	⑥→	⑦→	⑧→
硬 底		0' 56'' 36	2' 04'' 13	2' 55'' 58	2' 36'' 12	1' 47'' 42	1' 42'' 26	0' 43'' 59	2' 07'' 09
軟 底		0' 25'' 27	1' 15'' 10	1' 45'' 63	1' 55'' 13	1' 20'' 36	1' 18'' 61	0' 25'' 59	2' 30'' 94
平 均		0' 40'' 82	1' 39'' 62	2' 20'' 61	2' 15'' 63	1' 33'' 88	1' 30'' 44	0' 34'' 59	2' 19'' 02

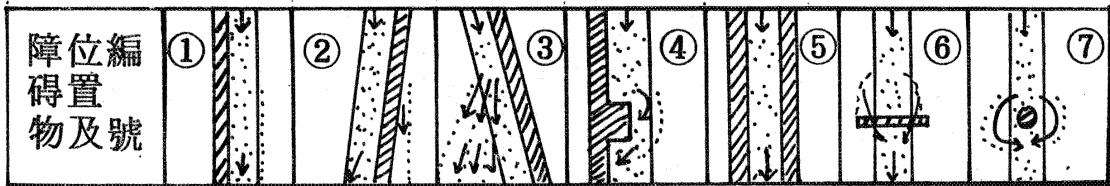
→水流方向    水流    河底

結果：突凸的河底（尤其是先凸後凹者）比低凹的河底造成更大的激流，使岸邊較快崩潰。

實驗六：流水遇到障碍物如堤防、大石等會產生何種反應現象？它與堤防崩潰的關係如何？

紀錄：

（沙盤傾斜度  $3^\circ$ ）→水流方向  障碍物  水道



結果：①號障碍物與水流平行，流水會依附障碍物流行。

②號障碍物斜向水流，水流會蝕空底部從背面流出。

③號障碍物背向水流，水流分散向低處流下。

④號是河道一邊突凸的障碍物，水流會繞過障碍物回到原水流方向流行，會產生激流蝕岸情形。

⑤號是狹窄的雙面障碍物，水流速度會加快。

⑥號障碍物橫臥河道中間，流水通過時，上段河岸會加寬，而下段河床會加深，河岸較狹窄。

⑦號障碍物位於河道中央，流水分向兩邊流行。

## 五、討 論

(一)流水的侵蝕與搬運作用和河床地質有必然的關係，「沙婆婆」上、中游的石礫地質，雖不易由平面加以沖蝕搬運，但其河床挖成懸崖岸時，卻是最易被洪水侵蝕崩潰，由實驗一、二得到證明。

(二)人工造成彎曲、凹凸或斷崖等形態之河道，都會增強水流的侵蝕作用，由實驗三至五可得證實。若河道地形改變太大，如河床挖得太深等就可能危害到堤防的鞏固，因此在河床採取土石有一定的安全準則，要挖取大量砂石，必須得到政府的審查許



可。

(三)流水遇到固定不動的障碍物，就會因應改變方向，並產生不平衡的力量，也就是說：水流在轉向點地方會聚擠成激流，增強其侵蝕作用，可由實驗七得到證實，由於水本身重量關係，因此其表現方式是沿着障碍物底邊挖掘，所以洪水常是先掏空堤防地基才使堤防崩潰，而很少是先沖壞堤壁或翻越堤頂後，才造成堤防崩潰決。

(四)要完全防止洪水侵蝕、搬運與堆積砂石，避免河床淤塞增高，是不可能的事，而用挖掘疏濬河道雖是即刻見效方法，但是工程浩大，不容易做到，所以我們認為：一方面積極做好水土保持，減少搬運物到河裏去，另一方面建築堤防時加深地基，並縮短兩岸堤防之距離，使河水在堤內加速度，產生如實驗六之⑤號效果，由流水自行搬走堆積物，可能可以防治河道的淤塞增高。

(五)由實地觀察配合水流實驗結果，我們認為「沙婆婆」近年來接二連三地沖壞堤防的過程是這樣的：

- 1.疏濬前洪水散流侵蝕力量薄弱，河床地質又是不易挖掘的石礫，因源流短水量不大，不會溢出堤防造成災害。
- 2.人們在河流中央取走大量土石，造成一條大壕溝，洪水集中流行，侵蝕力量也就增強。
- 3.人工造成的大壕溝已接近堤基深度，所形成的懸崖石礫岸最會坍方，只要水流加快（如洪水），即產生侵蝕（崩岸）→搬運（沖走倒塌物）→再侵蝕（崩岸）→再搬運（沖走倒塌物）的循環作用。而「沙婆婆」在水流出谷口處又必須轉一個大彎更增強威力，致使洪水就在該轉彎處先向下侵蝕再橫向外側邊，逐漸切入岸腹內後，使水流反射到對岸，又造成對岸激流蝕岸情事，如此發生連鎖反應，致洪水彎來彎去。幾年後，洪水侵蝕到堤防邊，露出堤基，就輕易地掏空堤基下砂石，使堤防塌陷。

## 六、結 論

- (一)人們挖取「沙婆婆」大肚子中的土石，都有遵守河床取土石的安全規則，只因河床本身地質關係及河水必須轉向流行，致使產生激流連鎖反應沖壞堤防（詳細過程請看討論(五)分析）。人們雖然沒有傷到「沙婆婆」的要害，卻是促使她生氣的誘因，我們不應該推卸責任。
- (二)目前「沙婆婆」已具有低窪河道的優點，集水區又是自來水源，長期受到水土保護，今後不會有大量土石流出堆積，不過我們推想她會繼續蝕岸沖壞堤防，所以我們想：如果在其低窪河道兩旁加建副堤，就能防止她發生災害，而增加的新生地可就近與綜合體育場規畫成人們遊樂的好地方，這樣「沙婆婆」一定非常和藹可親的。

## 七、參考資料及其他

- (一)我們把「沙婆礁」溪暱稱為「沙婆婆」，她包含河水與河道兩者，有時僅代表河水部分，而河道是她走的路。
- (二)參考國小自然科學課本第七冊第六單元及本縣地形圖。

## 評 語

- (1)從學校周圍環境的變遷選擇適合學生程度的題材。
- (2)從事研究的程序正確，先實地觀察，然後針對要解釋的問題設計水工模型。
- (3)實驗結果可以得到一些一般化的正確觀念。
- (4)實驗結果可以啟發學生維護周圍環境及正確使用自然資源的觀念。