

# 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

第一名

080504

塵定洄瀾灣～花蓮溪風沙防治探究

學校名稱：國立東華大學附設實驗國民小學

作者： 小六 王景瑜 小六 林 軒 小六 李佳臻 小六 張芷綺	指導老師： 張玉真 周子宇
---	---------------------

關鍵詞：風的搬運作用、風沙防治

## 得獎感言

### 『塵定洄瀾灣』~在花蓮好山好水中成長

「國小地科組第一名，『塵定洄瀾灣』~花蓮溪風沙防治探究……」當我聽見司儀唸到我們這一組時，心裡真是高興：「我們終於獲得全國科展第一名了！」

一開始以為科展研究是一件十分愉快且輕鬆的事，沒想到原來當一個科學家是這麼的辛苦。同學們在午休的時候，我們在進行實驗；同學們在放假的時候，我們也在進行研究。科展研究雖然辛苦，但是我們卻能夠運用更多的學習時間，並且在知識及生活技能上有大量的突破，真是一舉數得呢！

當初因為看到花蓮溪河床上裸露的沙灘地，在東北季風吹拂或是在颱風來襲時，都會產生大量揚沙的情形，造成附近居民的困擾，於是我們著手進行這個研究。我們閱讀了許多文獻資料，並多次到野外進行調查，再到第九河川局和工程師進行訪談，最後實驗模擬風的搬運作用，提出對花蓮溪風沙防治的具體建議。

一開始進行小組研究時，大家經常意見不合，也常常吵架，但後來發現，如果不合作，有很多事情是無法完成的。所以我們學會分工合作、互相幫助，更瞭解到團隊合作的重要。在經過一整年的研究後，我們吸收了許多課堂上學不到的知識。且經由老師的指導與訓練，我們學會做科學研究的態度與方法，也學到口頭報告的技巧，同時在練習問答的過程中，也能對研究內容有更深入的了解。

研究過程中，最令我印象深刻的事，莫過於在米棧疏濬段調查時的經驗。當時我們在遠處看到有沙塵大量揚起，立刻驅車前往。一到河床上，打開車門，沙塵直撲我們的臉，讓我眼睛都快睜不開了！一下車，發現四周都被沙塵籠罩著，調查結束離開現場後，發現我們的臉上、手上、衣服上、頭髮上，甚至連耳朵裡都是沙！照照鏡子，看見自己的臉根本是灰的！這才真正感受體驗到「灰頭土臉」這句成語的意思。

回想參加全國賽的經驗，我們每天努力的練習報告及問答。進入比賽會場時，我們對評審老師仔細說明研究過程及結果。對於評審老師提出的問題和質疑，我們竭盡所能的加以解釋說明。比賽結果揭曉，我們得到了第一名，我簡直不敢相

信耳中聽到的這一切，再多的辛苦全值得了！

感謝張玉真及周子宇兩位老師，長期利用放學後和假日時間竭盡心力的指導我們；謝謝評審老師給予我們第一名的殊榮及肯定；謝謝我們的家人，總是在我們快要放棄時，給予支持與鼓勵。我們會有今日的成果，還要感謝許多人的協助，這份榮耀是屬於大家的，我們會繼續努力探究花蓮好山好水背後的奧秘。



哇！好大的風沙！一下子就灰頭土臉了！



我們得第一名囉！讚！

# 塵定洄瀾灣～花蓮溪風沙防治探究

## 摘要

本研究從 101 年 10 月起至 102 年 6 月止，共進行九個多月的時間。我們為了探討花蓮溪風沙的問題，在花蓮溪出海口及下游段各處進行野外調查，並結合歷年氣象資料分析，與河川局參訪活動，以瞭解花蓮地區的天氣型態，與花蓮溪河床風搬運作用的情形。

為了防治花蓮溪的風沙，並給予河川局灑水定沙的建議，我們研究出風搬運作用的「啟動風速」，及可穩定控制風速變因的塑膠桶風洞。更進一步研究出不同的沙樣本，在控制風速、含水量等變因的情形下，對風搬運作用所產生的影響。

最後，我們歸納出一個建議：在三個不同區域(花蓮大橋段、月眉大橋段、米棧大橋段)，累積降雨量達 10mm 或 20mm 過後的一週內，當地風速達某一定值以上，即可實施灑水定沙措施。

## 壹、 研究動機

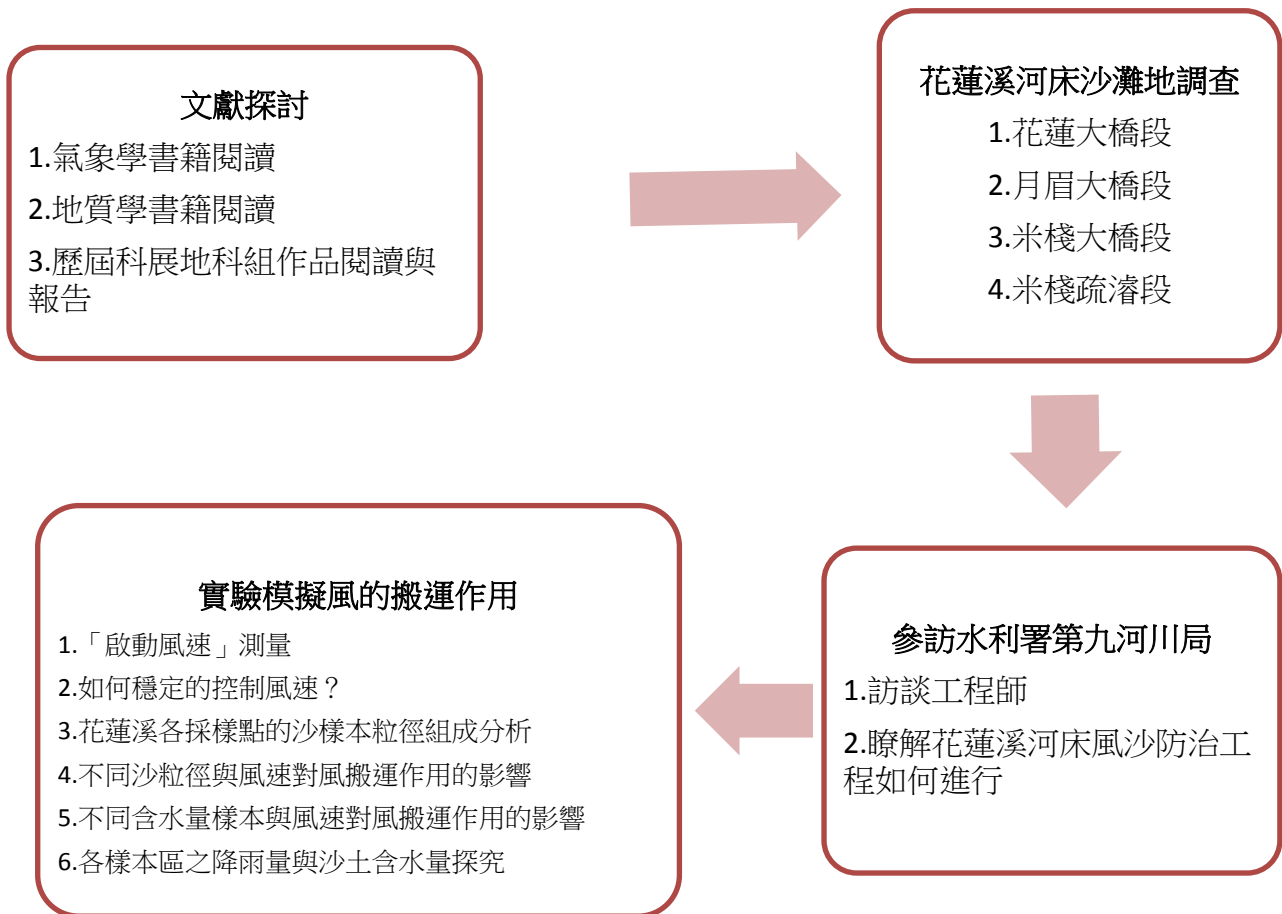
我們從小到大在花蓮成長，對身邊的現象，看起來都覺得很尋常。直到有一天，學校來了一位新老師，他問我們：「花蓮平常的風沙都這麼大嗎？我的教室一天不擦，就積一層沙了！」就是這句話，讓我們覺得好奇，原來我們習以為常的風沙現象，並非全臺灣都是如此。而這些風沙是從哪裡來的呢？

在六上自然課本單元一「天氣的變化」，與單元二「大地的奧秘」的學習內容中，提到各種天氣現象的成因，以及自然界中風化、侵蝕、搬運和堆積等作用，所造成地形、地貌的改變，於是我們選擇學校附近的花蓮溪進行調查。我們發現：花蓮溪河床裸露的沙灘地，在每年秋冬季受東北季風吹拂，或是夏季颱風帶來的強勁風勢，都會揚起大量的沙塵，造成鄰近鄉鎮居民的困擾。因此，我們針對花蓮溪風沙的形成原因，以及如何防治風沙等問題，進行深入的探究。

## 貳、 研究目的

- 一. 藉由文獻探討，瞭解花蓮地區的氣候型態及風的搬運作用。
- 二. 藉由野外調查，探討花蓮溪河床風的沉積與搬運作用。
- 三. 藉由參訪活動，瞭解目前政府單位如何防治花蓮溪的風沙問題。
- 四. 實驗模擬風的搬運作用，並藉由研究結果提出花蓮溪風沙防治的建議。

## 參、 研究流程



## 肆、 研究設備與器材

表一：研究器材

研究階段	研究設備與器材
野外調查	數位相機、筆、筆記本、風速計、風向計、溫濕度計、指北針、沙土取樣袋、鏟子、捲尺、立可白、噴漆、標示牌、標籤紙
訪談	數位相機、筆、筆記本、錄音筆
實驗研究一、二	工業用電扇 3 組、風速計、麥克筆、吸管、塑膠桶、紀錄本
實驗研究三	美國標準篩、電子秤、塑膠片、紀錄本
實驗研究四、五	工業用電扇 3 組、風速計、麥克筆、風洞、量筒、紀錄本
實驗研究六	量筒、自製降雨筒、塑膠容器、烤箱、蒸發皿、鐵夾

## 伍、 研究過程與方法

### 一、 文獻探討

為了瞭解花蓮地區一年中容易受風沙影響的季節為何，我們蒐集 2004~2012 年中央氣象局的氣象觀測資料，進行資料分析，結果說明如下：

#### (一) 花蓮地區的氣候型態

我們將花蓮地區一年的各項主要觀測項目，做成統計表，整理如表二。

表二：2004~2012 年花蓮氣象站觀測資料統計分析

觀測項目 月份	溫度			雨量 (毫米)	風速(公尺/秒)風向		降水日數(天) >=0.1mm	日照時數 (小時)
	平均溫度(c)	最高溫度(c)	最低溫度(c)		最大十分鐘風	最大瞬間風		
1月	18	25.7	10.7	59.7	10.7 東北偏北	18.1 東北偏北	13	64.1
2月	18.9	27.4	12.4	76.7	10.7 東北偏北	18.3 東北偏北	14	77.9
3月	19.8	28	12.7	89	11.4 東北偏北	19.1 北北東偏北	15	86.9
4月	22.4	30.6	15.8	63.5	10.4 東北偏北	17.1 東北偏東	14	97.4
5月	25.3	32.3	18.9	194	9.7 北北東偏東	15.5 北北東偏東	15	137.1
6月	27	33.2	21.5	193.5	10.2 南偏東	15.4 南偏東	13	175.5
7月	28.5	34.1	24.1	267.2	16.2 南偏東	27.2 東北偏東	8	269
8月	28.4	34.1	24	315.9	14.9 東北偏北	25.1 南	11	226
9月	27	32.9	22.4	361.6	15.4 南南東	26.7 東偏北	15	161
10月	24.9	31.7	19.7	371.6	16.5 東北偏東	28.1 北北東偏東	13	137.1
11月	22.5	28.9	16	170.4	11.3 東北偏北	20.4 東北偏北	13	89
12月	19.3	26.8	12	93	11.2 東北偏北	19.8 東北偏北	11	83.4

根據上表分析：花蓮地區的風向，一年四季以吹東北風最多。在秋、冬季節應是受東北季風盛行的影響，而在夏季 6-9 月間，則是受颱風過境形成的風場影響。

#### (二) 花蓮溪風吹沙

花蓮溪屬荒溪型河道，排水迅速，雨季及洪水發生時，能立即將洪水疏導，使原有河道乾竭。鄰近出海口的河床地，雨季時會從上游帶來大量泥沙淤積，若經過連日陽光曝曬，地表沙土乾燥，就會變成風吹沙的來源。每年東北季風盛行時，花蓮溪河床會受強陣風吹拂，產生季節性的風吹沙問題。而夏季，因受颱風影響，也常會導致花蓮溪河灘地，產生揚沙的現象，這些沙塵造成鄰近鄉鎮的居民相當大的困擾。

### (三) 風的搬運作用

花蓮溪河床上揚起的沙塵，會因為風的搬運作用，影響鄰近鄉鎮居民的生活品質。因此，我們想要進一步瞭解風的搬運作用。透過資料閱讀發現：風所能搬運的沙粒，直徑多在 1mm 以下。因此，就表三看來，風主要能搬運的對象為砂、粉砂和黏土。本研究主要討論的是風與沙間的關係，因此我們討論的沙粒直徑範圍將介於 1mm~0.05mm。

表三：沉積物粒度表

粒度	直徑 (mm)	粒度	直徑 (mm)
巨礫	>256	砂	1/16~2
中礫	64~256	粉砂	1/256~1/16
細礫	4~64	黏土	<1/256
小礫	2~4		

在野外觀察風的搬運作用時，我們會測量風速及風向。台灣現行的風級標準，是 1947 年世界氣象組織 WMO 所公布的國際標準版本（表四）。

表四：蒲福風級表

風級速	風速 (m/s)	描述風力術語	陸上情況
0	0 - 0.2	無風	靜，煙直向上。
1	0.3 - 1.5	軟風	煙能表示風向，風向標不轉動。
2	1.6 - 3.3	輕風	人面感覺有風，樹葉有微響，風向標轉動。
3	3.4 - 5.4	微風	樹葉及小樹枝搖動不息，旗展開。
4	5.5 - 7.9	和風	吹起地面灰塵和紙張，小樹枝搖動。
5	8.0 - 10.7	清風	有葉的小樹，整棵搖擺；內陸水面有波紋。
6	10.8 - 13.8	強風	大樹枝搖擺，持傘有困難，電線有呼呼聲。
7	13.9 - 17.1	疾風	全樹搖動，人迎風前行有困難。
8	17.2 - 20.7	大風	小樹枝折斷，人向前行阻力甚大。
9	20.8 - 24.4	烈風	煙囪頂部移動，木屋受損。
10	24.5 - 28.4	狂風	大樹連根拔起，建築物損毀。
11	28.5 - 32.6	暴風	陸上少見，建築物普遍損毀。
12	32.7 - 36.9	颶風	陸上少見，建築物普遍嚴重損毀。

資料來源：台灣颱風資訊中心 [http://typhoon.ws/learn/reference/beaufort\\_scale.php](http://typhoon.ws/learn/reference/beaufort_scale.php)

此外，在氣象測報上，依風速、揚塵高度，將塵、沙被風吹揚的高度小於 2 公尺，且不足以遮蔽視線高度之能見度者，稱為「低吹塵或低吹沙」；沙塵揚起高度超過 2 公尺而造成視障，導致水平能見度不足 10 公里時，為「高吹塵或高吹沙」。若使水平能見度不足 1 公里者則稱之為「塵暴或沙暴」。(周元春，2009)

## 二、 野外調查

為了深入瞭解花蓮溪河床的風吹沙情形，我們選定花蓮溪下游(米棧疏濬段、米棧大橋段、月眉大橋段)，及出海口(花蓮大橋段)，為研究調查樣區(如圖2)。並自101年12月份起，開始進行一連串的探究。



圖 2.花蓮溪流域調查樣區地理位置圖



## (一) 花蓮溪出海口～花蓮大橋段

花蓮大橋位於木瓜溪與花蓮溪匯流處，鄰近花蓮溪出海口，整個冬季都會受東北季風吹拂。我們於 101 年 12 月起至 102 年 6 月止，持續於此樣區段作觀察記錄，以瞭解風搬運與沉積作用形成的河床樣貌。

### 1. 觀察描述

			
<p>圖 3.花蓮大橋段自 101 年 10 月起開始進行花蓮溪與木瓜溪匯流河段的疏濬工程，執行期預定為一年。</p>	<p>圖 4.花蓮溪左岸為東華大橋，橋下設置一座砂石場，處理河床疏濬時挖出的砂石。當砂石車經過時，常會揚起大量的塵土。</p>	<p>圖 5. 配合疏濬工程的進行，施工單位挖掘新的河道，將河水導向海岸山脈邊，鄰近 193 縣道。</p>	<p>圖 6.冬季枯水期，花蓮大橋附近河床，裸露出大片的沙灘地。</p>
			
<p>圖 7.河床遍布大小礫石，礫石上方覆蓋厚厚的沙土。</p>	<p>圖 8. 東北季風吹拂時，便會搬運起地表大量的沙塵。</p>	<p>圖 9.裸露的沙灘地上，可觀察到沙紋所佔面積約為 20m*40m。</p>	<p>圖 10.部分河床以人工種植定沙植物～狼尾草，並鋪滿礫石。(102.12.16 拍攝)</p>
			
<p>圖 11.經過半年風的搬運與沈積，定沙植物區堆積了厚厚的沙。(102.06.02 拍攝)</p>	<p>圖 12.降雨過後的河床，沙土含水量高，不易揚沙。</p>	<p>圖 13.疏濬工程挖出新的河道，河床沈積面露出約 2 公尺。</p>	<p>圖 14.花蓮大橋西南側、東華大橋東側的花蓮溪河床地，農民開墾成為西瓜田，每年 3-5 月為播種期，播種後約 80 天可採收。</p>

## 2. 風搬運作用～沉積速度觀察






除了觀察花蓮溪的河床樣貌，我們同時在河床上選定一個樣區，長期觀察記錄，以瞭解風搬運作用的沉積速度。

### (1) 研究方法

			
圖 15.在有明顯風沉積現象的區域，選定一顆石頭，以立可白在石頭上畫記，記錄第一次沙子沉積的高度。	圖 16.記錄觀測時的風向及風速。	圖 17.於每次野外調查時，都進行畫記，觀察至石頭被掩埋為止。	圖 18.最後將石頭從沙中挖出來，測量每一次畫記的間距。

### (2) 觀察記錄

表五：風沙堆積記錄表

記錄日期	2012/12/2	2012/12/23	2013/01/06	2013/01/13	2013/01/20
堆積情形					
最大風速/ 風向	6.8m/s 東北東	9.4m/s 東北	7.2m/s 北北東	8.3m/s 東北	9.6m/s 東北東
堆積高度	0cm	2 cm	4.5 cm	4 cm	3 cm

### (3) 發現與討論

① 在 102/02/17 我們前往觀察時，發現沙的沉積面有受到人為破壞的痕跡，因此無法繼續記錄到整顆石頭被沙掩埋的情形。於是我們挖出石頭，測量每一次畫記的間距，做成記錄表。

② 5 次的觀察，出海口段始終吹著東北風，配合觀察的季節，推估應為東北季風。

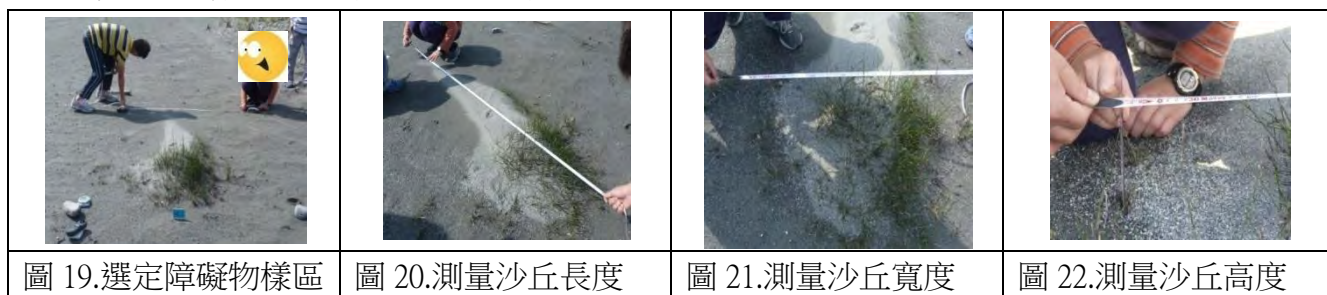
③ 我們選定的樣區，經過 49 天沉積後，一共堆積了 13.5 公分的沙，平均每日的沉積量約 0.28 公分。因此，我們知道風的搬運作用所能帶動的沙量是相當可觀的。

## 3. 不同類型的障礙物對風沉積作用的影響

我們在選定的觀察樣區中，發現河床上有許多散落物，如長木板條、皮帶、大礫石等，我們很好奇：這些看似的障礙物的東西，會對風的沉積現象產生甚麼影響嗎？因此藉由幾次的觀察，記錄不同障礙物形成的沙丘其增長情形，以瞭解障礙物對風沉積作用的影響。



(1) 研究方法

- ① 選定樣區中兩種不同類型的障礙物，測量其後方的沙丘長、寬、高度，並記錄。
- ② 每次到該樣區調查時，重複以上步驟。



(2) 觀察記錄

表六：障礙物沙丘堆積記錄

類別	草堆 (面積 60 cm*40 cm)			木板條 (面積 93 cm*10 cm)		
照片						
測量時間/ 沙堆沈積	長	寬	高	長	寬	高
101.12.16	180cm	70cm	7 cm	180cm	70cm	4 cm
102.01.20	208cm	78cm	20 cm	395cm	90cm	15 cm
102.02.17	221cm	87cm	20 cm	448cm	168cm	12 cm
<b>增長比率</b>	<b>436%</b>			<b>1792%</b>		

(3) 發現與討論

- ① 在兩個月的觀察記錄中，皆能顯著的看到沙丘的增長。
- ② 草堆後方的沙丘，平均每日約以原始大小的 7% 在成長，換算成堆沙量約 6174cm<sup>3</sup>。
- ③ 木板條後方的沙丘，平均每日約以原始大小的 30% 在成長，換算成堆沙量約 15120cm<sup>3</sup>。
- ④ 木板條與草堆的體積比率為 0.39，木板條與草堆後方的沙丘，成長比之比率為 4.11。扣除障礙物本身體積之影響，我們可以推算出：木板條後方沙丘增加速度，仍比草堆後方沙丘增加速度快 1.6 倍。

(二) 花蓮溪下游~月眉大橋段

除了在花蓮大橋段調查外，我們也沿著花蓮溪順流而上，想要更進一步瞭解在下游月眉大橋段河床，是否也有風沈積與搬運的樣貌呢？

此採樣段位於月眉大橋西南側、壽豐鄉東側，鄰近東華大學、平和車站，距花蓮溪出海口約 7.5km 處。花蓮溪水系流經月眉大橋段時，河水集中在河道中央，將寬廣的河床地明顯分為右岸與左岸。因此，我們分別就河道右岸與左岸河床地做調查。

## 1. 河道右岸調查區

(1) 第一次調查時間：102 年 3 月 17 日上午




(2) 觀察描述與發現：

<p>圖 23. 月眉大橋為 193 縣道與台 11 丙線的聯絡橋樑。東側緊鄰海岸山脈，花蓮溪水系貫穿河床中央。</p>	<p>圖 24. 河道東側堤防旁，設有一座砂石場，協助處理河床疏濬開採出的砂石。</p>	
<p>圖 25-27. 第一次到月眉大橋段調查是 102 年 3 月 17 日上午。我們由河道東側的堤防下河床，研究採樣點為河道中心點右側 350 公尺處，河床上遍布大小約為 64~256mm 的中礫，且裸露的沙灘地上，並無明顯的沙紋。</p>		

(3) 第二次調查時間：102 年 6 月 2 日下午

(4) 觀察描述與發現：

<p>圖 28-30. 也開始進行疏濬工程，河床樣貌與 3 月中旬完全不一樣，出現大範圍的挖掘面積，及人工引水道。</p>		
<p>圖 31 河床上到處可見挖掘河床後堆置的砂石丘。</p>	<p>圖 32-33. 中心點約 350 公尺處的右岸河床沙灘地上，可觀察到的沙紋區面積約為 4000 平方公尺，其與第一次調查時的樣貌，非常不同。</p>	

		
圖 34. 部分河床上，有芒草生長。	圖 35. 沒有沙紋的河床上，遍布 2~64mm 的小礫及細礫。	圖 36. 部分河床上的沙土可觀察到「波痕」的現象，上面有青苔生長。

## 2. 河道左岸調查區

- (1) 調查時間：102 年 3 月 17 日上午、3 月 20 日下午
- (2) 觀察描述與發現：

		
圖 37. 我們沿河道西側堤防下到河床地，進行河床地表的觀察。	圖 38. 離堤防 250 公尺處，開始出現高灘地。	圖 39. 沿著高灘地往河道中心前進，發現河床上布滿粒徑約 64~256mm 的中礫及巨礫，且礫石上覆蓋著大量的沙塵。
		
圖 40-41：離河道中心 250 公尺處，發現一處面積約 900 平方公尺的沙紋區，風向為東風，沙紋排列方向為東西向。拍攝日期：102.03.17		圖 42. 三天後我們再次來此處採集時，發現當地開始吹著北北東風，且三天前東西向的沙紋，全部改變成為南北向的沙紋。拍攝日期：102.3.20
		
圖 43-45：調查當天，風向是東風，最大風速為 7.4m/s，河床上正揚起大量的沙塵。研究採樣點，也可明顯觀察到風搬運沙土的現象。		

### (三) 花蓮溪下游～米棧大橋段

此採樣段位於米棧大橋西南側、壽豐鄉東側，鄰近豐田車站，距花蓮溪出海口約 14 公里處。河床上多是沙地，沙子很細，並摻雜許多 4~64mm 的細礫。沙地比河面高約 40 公分，河床上種植定沙植物，採樣段距離米棧大橋約 800 公尺處。

- (1) 第一次調查時間：102 年 3 月 17 日上午、6 月 1 日上午
- (2) 觀察描述與發現：



圖 46-48. 我們在河道西側堤防上，進行河床地表的觀察。



圖 49-50. 米棧大橋段的花蓮溪水域河道，較接近河道左側堤防。我們需涉水過河，才能到達有沙紋沈積的河床高灘地採樣。

圖 51. 測量高灘地高度約為 110 公分。



圖 52-53. 離河道中心約 100 公尺處，發現一處面積約 3000 平方公尺的沙紋區，風向為東風，沙紋排列方向為東西向。

圖 54. 部分河床上種植有與人身等高的芒草。

### (四) 花蓮溪下游～米棧疏濬段

6 月 1 日我們到米棧大橋段進行第二次調查與採樣。在米棧大橋南側約 2 公里處，我們發現有河床疏濬工程正在進行，該地區河床皆為裸露沙灘地，且多處沙土粒徑小於 1/256mm，當瞬間強風吹起時，就會揚起河床上大量沙塵。

- (1) 調查時間：102 年 6 月 1 日中午
- (2) 觀察描述與發現：



圖 55. 米棧疏濬段工程告示。 圖 56-57. 由米棧大橋上，觀察到遠處的揚沙現象。



圖 58-60.河道西側堤防下的河床地，農民開墾為西瓜田。其中部分瓜田已採收完成，準備進行新瓜苗的播種。我們必需經過瓜田，才能進入研究採樣區。



圖 61-63.研究採樣區位於河道西側堤防 400 公尺處。調查當時，正大量揚沙中。



圖 64.河床表面，可觀察到東西向的「波痕」。 圖 65.以鏟子挖掘採樣區河床地，發現是極細粒徑的黏土堆積，且經過太陽曝曬後，非常不易挖掘。 圖 66.河床地表面經由太陽曝曬後，產生龜裂現象，且可以片狀拿取。

(3) 討論：



圖 67:研究樣區地質圖

①我們在米棧疏濬段的河床上，發現多處區域是黏土沈積。經由該區地質圖(圖 67)分析，我們推測該區域的黏土來源，可能是海岸山脈利吉層之泥岩，崩塌後由河水搬運沈積至該處。

②此樣區的沙土，經由採樣觀察後，發現：其沙粒徑極細，可以附著於指紋縫中，故推測其為黏土。

③本研究之實驗設計部分，以沙 (1/16~2mm) 為主。因此，我們僅就在樣區觀察到的揚沙現象做討論，不做實驗探究。



### 三、 參訪水利署第九河川局

結束花蓮溪流域的調查後，我們開始對河床上的『定沙』工作產生疑問，同時我們也想知道政府單位，如何防治河床上的揚沙問題。於是我們到花蓮縣水利署第九河川局請教工程師，希望能更進一步瞭解，我們可以進行哪些實驗研究，來討論花蓮溪流域的沙塵問題，也希望能將研究結果提供給河川局，做為實施河川風沙防治計畫時的參考。

◎訪問時間：102 年 2 月 25 日（一）下午

#### （一） 訪談紀錄

表七：訪談內容摘要

問題	解答
1.台灣各地有哪些區域有風吹沙的問題？	風吹沙問題以台中以南較嚴重，如：濁水溪、高屏溪、卑南溪，花蓮（花蓮溪）、宜蘭（蘭陽溪）較輕微。
2.花蓮地區哪些季節的風沙問題較嚴重呢？	秋末到春初因東北季風的影響，是揚沙現象較為顯著的季節。
3.在花蓮地區主要有哪些防風定沙的措施？	目前花蓮溪主要的定沙工法是綠覆蓋工法和灑水定沙法。
4.綠覆蓋主要有哪些方法？	綠覆蓋工法最早是用稻草和網子蓋住沙土，之後發現很容易被毀壞。現在是直接種植定沙植物，但颱風大水來仍舊難逃被毀壞的命運。
5.要在哪些區域使用綠覆蓋法？植物種植的密度又是如何？	我們依據民眾的通報，在民眾認為有需要的地方種植耐旱植物，如：狼尾草或芒草。(圖 68-69) 種植方式是使用耕耘機插枝，種植密度是 1 平方公尺 6 顆。(此距離是耕耘機設定的間距)。
	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>圖 68</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>圖 69</p> </div> </div>
6.花蓮地區增加沙土含水量的工法在哪些區域進行？如何進行？	就像綠覆蓋法一樣，我們都依照民眾的通報，進行機動式灑水作業，以增加沙土含水量。如東華大橋的南岸，就設有自動式噴水槍。
7.在其他縣市，風吹沙情形較嚴重的地區，是否有不同的防治工法？	以台東卑南溪為例，我們在河床上直接開挖渠道，將河床切割成一區區的”水田”，增加沙土含水量，達成定沙的目的。
	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>(圖 70)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(圖 71)</p> </div> </div>



## (二) 討論

1. 花蓮地區的風吹沙情形，與中南部乾季較長的縣市相比較，是較不嚴重的，所以河川局並沒有要花大筆經費，進行像台東縣卑南溪河床開挖整治的工程。
2. 河川局在花蓮地區所使用的風沙防治方法為綠覆蓋工法及灑水定沙法。
3. 因台灣特殊的降雨型態，綠覆蓋定沙工法並非一勞永逸的做法。每年颱風季或豪大雨過後，都必須重新種植一次，非常勞民傷財。
4. 灑水定沙法，對於花蓮地區的揚沙情形來說，似乎是比較省錢的做法。但只要民眾通報，就進行灑水作業，是非常耗費資源的事。我們認為可以做科學量化的研究，提供有利的證據，來判斷灑水的時機。甚至可以在風沙還沒揚起前，就根據目前的狀況進行預防性灑水的工作。因此接下來的研究，我們將針對灑水定沙這個議題作探究，希望能帶給河川局一些建議，以減少政府資源的耗損，並提升防風定沙的成效。

## 四、 實驗模擬風的搬運作用

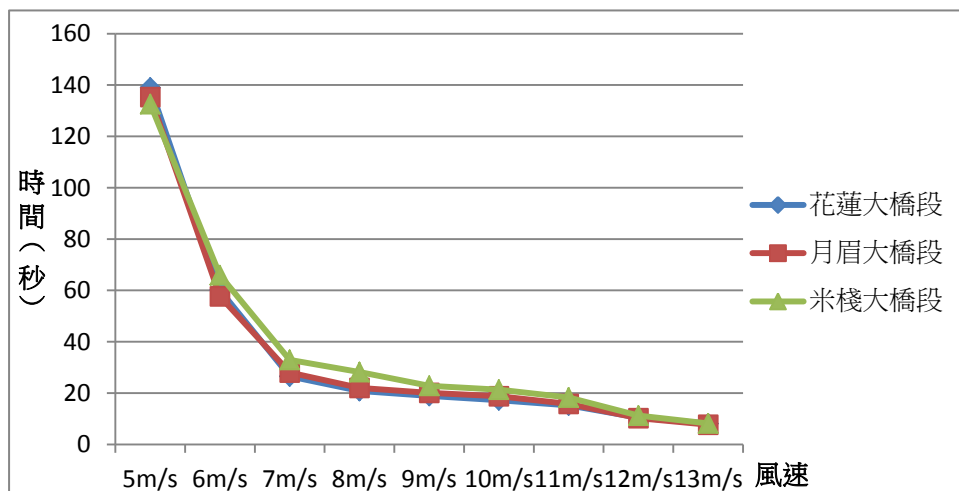
### 【實驗一】「啟動風速」測量

為了模擬野外風的搬運作用，我們想知道多大的風速，可以產生較明顯的風搬運現象。因此，利用功率不同的電扇，來找出可以搬運沙的「啟動風速」。

#### (一) 實驗步驟

			
<p>圖 72.準備大型風扇三組，其風速可依序設定為 5m/s～13m/s。</p>	<p>圖 73.秤量 30g 沙，放置於實驗盤上。</p>	<p>圖 74.實驗開始後，開啟電風扇，以各種風速進行實驗。當實驗盤上的沙全數被風吹走時，記錄其所用時間。</p>	<p>圖 75. ①為求實驗準確，同一種風速，進行 3 次實驗後，求平均數。 ②分別以花蓮大橋段等三個樣區的沙土，重複實驗。</p>

## (二) 實驗結果



## (三) 討論

1. 風速越強，吹走沙盤上的沙，所需的時間越少。
2. 米棧大橋段的沙，被吹走的時間最長，可能是因為米棧大橋段的沙中，含有粒徑  $> 2\text{mm}$  的礫，所以會比其他兩區多花一些時間。
3. 由上表可以發現：風速  $< 7\text{m/s}$  時，風搬運沙土所需要的時間大幅增加。因此，可以推測風搬運沙土的啟動風速為  $7\text{m/s}$ 。
4. 以風扇直吹沙盤，其風速並不穩定。為了讓後續的實驗，能以穩定的風速進行探究，我們著手進行如何穩定控制風速的研究。

### 【實驗二】如何穩定的控制風速

#### (一) 電風扇的風速測量

##### 1. 實驗步驟

- (1) 準備大型風扇一組。
- (2) 在桌面上距離風扇 10、20、30、40、50 公分處，標示風速計要擺放的位置。
- (3) 開啟最強風速，分別在桌面上標示的位置，用風速計測量風速。
- (4) 讓電扇連續吹一分鐘，並記錄每個位置的最大風速。
- (5) 每個位置都重複步驟 (3)(4) 三次，再計算平均風速。



圖 76.以麥克筆標示距離



圖 77.以風速計量測最大風速

## 2. 實驗紀錄（表八）

距離	10cm	20cm	30cm	40cm	50cm
電風扇最大風速 m/s (平均值)	3.2	5.2	4.8	5.0	<u>5.5</u>

## 3. 發現與討論

- (1) 電風扇的風，在不同距離時，風速差距最大可達 70%。而相鄰兩點，風速差距最大可達 62%。
- (2) 最強風速落在離電風扇距離最遠的 50cm 處，最弱風速反而落在 10cm 處，而中間的風速值則呈現亂數跳動。
- (3) 判讀最大風速的一分鐘內，風速也是相當不穩的，有時會一直維持在高速，有時卻又會突然減弱。
- (4) 綜合以上因素，我們認為電風扇的設計是由葉片帶動空氣的轉動來產生風。因此電扇的風是呈現渦流式的旋轉，這使得風速不穩。而野外的風，是高壓往低壓直進式移動形成的，兩者並不相同，因此，我們必須改善實驗設計，使電風扇的風能形成直進式的穩定風速，再利用其做風吹沙的實驗。

### （二） 吸管風洞的製作與實驗

為了改善電風扇的缺點，我們參考了李抒敏等（2006）的科展研究報告，學習他們使用『吸管風洞』來穩定風速。

#### 1. 實驗步驟

- (1) 準備風扇一組。
- (2) 以吸管紮成半徑 5、10、15、20 公分的圓柱體，製作成風洞。
- (3) 在桌面上距離風洞 10、20、30、40、50 公分處，標示風速計要擺放的位置。
- (4) 在風扇前裝置半徑 5cm 的風洞，開啟最強風速。在以上標示的位置，用風速計測量風速。
- (5) 連續測量一分鐘，記錄最大風速。
- (6) 使用不同半徑的風洞，重複以上 4-5 的步驟，並多次實驗，計算平均風速值。

實驗流程圖示				
				
圖 78. 吸管風洞製作	圖 79. 直徑 10 cm 的小風洞	圖 80. 吸管風洞測試	圖 81. 直徑 40 cm 的大風洞	圖 82. 不同位置的風速測量

## 2. 實驗紀錄

### (1) 表九：平均風速記錄

距離 平均風速	10cm	20cm	30cm	40cm	50cm
吸管風洞					
直徑 10 cm	6.0	6.25	6.85	6.5	<u>6.95</u>
直徑 20 cm	4.9	5.65	<u>6.25</u>	4.85	5.2
直徑 30 cm	<u>4.65</u>	4.6	4.55	4.55	4.5
直徑 40 cm	<u>5.0</u>	4.9	4.8	4.7	4.5

### (2) 結果分析：

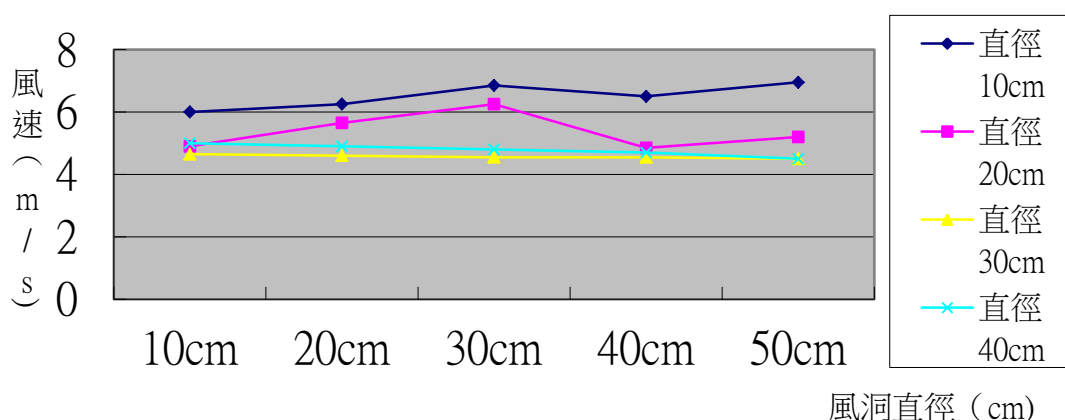


圖 83：風速與風洞直徑關係

## 3. 發現與討論

- (1) 經由吸管風洞吹出的風，在同一種直徑、不同距離的變因控制下，風速差距最大可達 28%，相鄰兩點風速差距最大可達 15%，此二者最大差距，皆落於半徑 20cm 的風洞。
- (2) 吸管風洞直徑較小的，風速較強。
- (3) 以相同直徑的吸管風洞進行兩次實驗，所測得的風速差距，比起只用電風扇時測得的風速，明顯縮小。
- (4) 直徑 10、20、30cm 的吸管風洞，兩次的實驗結果差距較大，可能是因為吸管圈無法包住整個電扇，所以會受到外圍風的影響。直徑 40cm 的吸管風洞，幾乎都把電扇整個包住了，所以較不會外圍風的影響，所以兩次測量結果沒有太大的差距。因此，我們認為使用直徑 40cm 的吸管風洞的確有穩定風速的效果。
- (5) 雖然裝置吸管風洞，可以幫助我們穩定風速，但實際進行吹沙實驗時，卻發現：即使我們已經把電風扇開到最大段數，但能搬運的沙量還是太少。為了比較不同風速的吹沙實驗，我們需要提升風速。

### (三) 塑膠桶風洞的製作歷程

我們上網收集資料後發現：大型實驗室的風洞裝置，有一段漏斗狀的收縮段，可以用來增加風速，如圖 84：

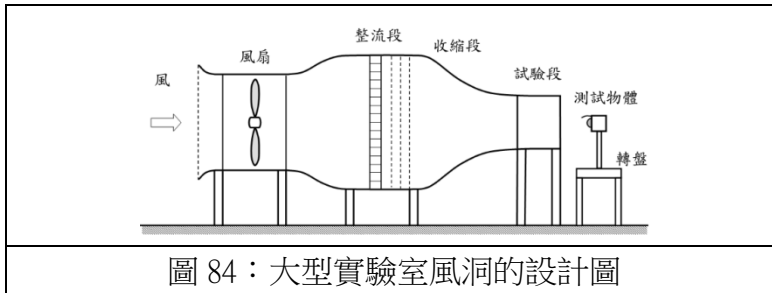


圖 84：大型實驗室風洞的設計圖

#### 1. 風洞裝置設計演進

我們模仿實驗室的風洞裝置，試著畫出適合我們實驗的風洞設計圖。再依據設計圖，找到適合的材料，按圖做出風洞裝置。過程中，我們不斷改良裝置，直到達成增加風速的目的為止。

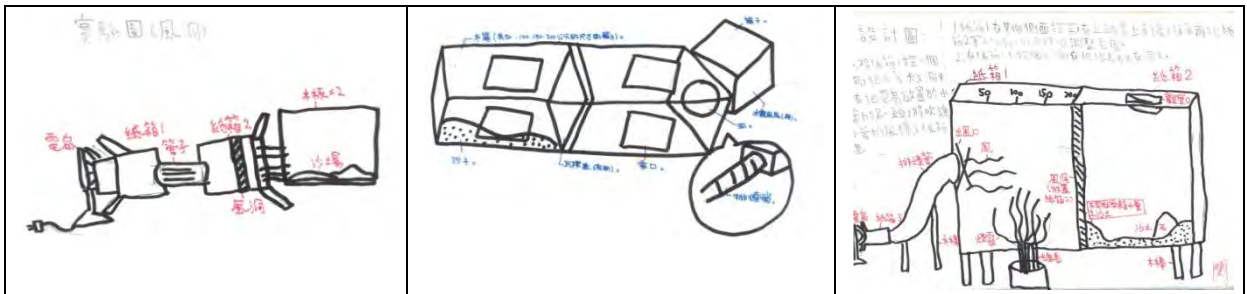
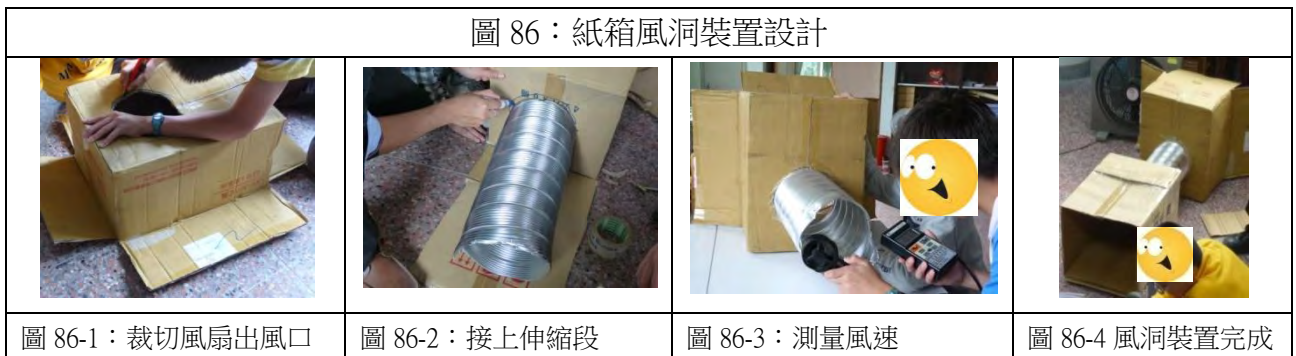




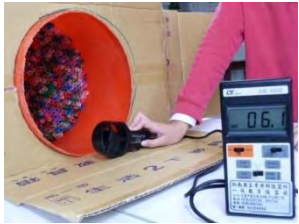

圖 85：自製風洞設計圖

首先，我們以最容易取得的紙箱為材料，以大小紙箱再連接排煙管，試著做出具有收縮段的風洞裝置。



- (1) 裝置完成的紙箱風洞，經過實驗測試後，我們發現：以紙箱為材料的風洞裝置，容易破損，且用排油煙管模擬收縮段，提升風速的效果並不顯著。因此，我們改用堅固的塑膠桶，來取代紙箱，而塑膠桶底部就有收縮段的效果。
- (2) 為了要穩定控制風速的變因，我們在塑膠桶風洞的出風口加裝擋風板，以擋掉所有從電風扇外圍吹來的風。

圖 87：塑膠桶風洞裝置設計

			
圖 87-1：在塑膠桶中置入吸管	圖 87-2：裝置測試	圖 87-3：外圍加上擋風板，並測量風速。	圖 87-4：進行風吹沙模擬實驗


## 2. 塑膠桶風洞的風速測試

- (1) 準備風扇一組。
- (2) 在桌面上距離風洞 10、20、30、40、50 公分處，標示測量風速的位置。
- (3) 在風扇前裝置塑膠桶風洞，開啟最強風速，並在以上標示的位置，用風速計測量風速。
- (4) 連續測量一分鐘，記錄最大風速。
- (5) 重複兩次實驗，求平均風速值。

## 3. 實驗結果 (表十)

距離(cm)	10	20	30	40	50	
風速	第一次 (m/s)	6.2	6.2	6.2	6.3	6.2
	第二次 (m/s)	6.2	6.2	6.2	6.3	6.2
平均風速 (m/s)	6.2	6.2	6.2	<u>6.3</u>	6.2	

## 4. 各種風速測試綜合比較

			
1.電風扇直吹	2.吸管風洞	3.塑膠桶風洞	(改良版)

表十一：各種風洞裝置之風速比較

風速(m/s) 風洞裝置 \ 距離	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm	50 cm
1.電風扇	3.2	5.2	4.8	5.0	<u>5.5</u>
2.吸管風洞(直徑 40 cm)	<u>5.0</u>	4.8	4.8	4.7	4.5
3.塑膠桶風洞(改良版)	6.2	6.2	6.2	<u>6.3</u>	6.2






## 5. 發現與討論

- (1) 在連續吹風一分鐘的實驗中，塑膠桶風洞的風速，到達定值後就幾乎不跳動了，且能維持穩定的風速直到一分鐘結束。
- (2) 經過塑膠桶風洞的風，在不同距離測得的風速，差距最大只有 1.7%，而相鄰兩點風速，差距最大亦為 1.7%，幾乎是完全沒有變動。
- (3) 與吸管風洞比較：在相同距離測得的風速值，根據吸管風洞的實驗結果，差距最小者為直徑 40 公分的吸管風洞，差距值為 0.5m/s。而塑膠桶風洞的差距值則為 0，幾乎是沒有任何差異，這表示塑膠桶風洞較吸管風洞更能維持穩定的風速。
- (4) 與吸管風洞比較：在距離 40 公分的位置，經過吸管風洞的風，最大風速值是 4.7 m/s，而經過塑膠桶風洞的風，最大風速值為 6.3 m/s，風速能顯著提升，因此我們認為塑膠桶風洞，是我們模擬風吹沙實驗時最好的選擇。我們將利用它進行一連串的風吹沙模擬實驗，以深入探討風的搬運作用。

### 【實驗三】花蓮溪各採樣點的沙樣本粒徑組成分析

本研究以花蓮大橋段、月眉大橋段、米棧大橋段為採樣區。採集沙樣本時，先在每一樣區選定有沙紋的河床地，以間隔 5 公尺的距離，畫出 3 個採樣點。每一採樣點，畫一個長寬 50 公分的方格，再分成四小格，每一小格從表層挖取 10 公分深的沙土，均勻混合後，再裝入採樣袋。每一採樣點，皆秤取相同重量（5 公斤）的沙後，再密封帶回學校進行相關實驗。

圖 88：樣本沙採樣方式圖示

				
圖 88-1：標記採樣點。	圖 88-2：每 5 公尺標記下一個採樣點。	圖 88-3：挖 10 公分深的沙土。	圖 88-4：均勻混合。	圖 88-5：秤取相同重量的沙裝入採樣袋。

#### 1. 實驗目的

以採集到的沙樣本，分析各採樣點的沙粒徑組成比例，並討論風對沙子的淘選作用，在各樣區段產生什麼影響？

#### 2. 實驗步驟

- (1) 將每一樣區中三個採樣點的沙土各取 1000g，均勻混合後，以瓦斯爐加熱炒乾。
- (2) 每一個樣區都取 500g 的沙土樣本，依序放入五種網目的美國標準篩中（# 10 # 30 # 100 # 150 # 200）進行篩選。本研究因經費限制，採用人工搖篩法，因此每一個篩網都搖到沒有任何顆粒掉落才停止。





表十二：篩網編號說明

篩號	# 10	# 30	# 100	# 150	# 200
網目大小 (mm)	2.0	0.59	0.149	0.104	0.074

(3) 將停留在每一種網目的沙取出後，分別秤重，並計算百分比。

(4) 每個樣區的沙樣本，重複步驟(2)(3)的篩選共三次，再計算出各粒徑的平均重量。

圖 89：實驗流程圖示

			
圖 89-1：炒乾各樣區沙土	圖 89-2：人工搖篩法	圖 89-3：分層篩沙	圖 89-4：秤取各粒徑沙土重

### 3. 實驗紀錄

表十二：各樣區沙樣本粒徑重量

網目大小	>2.0mm	2.0mm~0.59mm (# 10)	0.59mm~0.149mm (# 30)	0.149mm~0.104mm (# 100)	0.104mm~0.074mm (# 150)	<0.074mm (# 200)
花蓮大橋段 重量	0.13g	2.89g	488.2g	0.74g	1.41g	2.4g
月眉大橋段 重量	0.29g	5.03g	484.7g	1.0g	2.36g	4.13g
米棧大橋段 重量	5.91g	6.41g	479.2g	0.62g	1.09g	2.8g



#### 4. 實驗結果

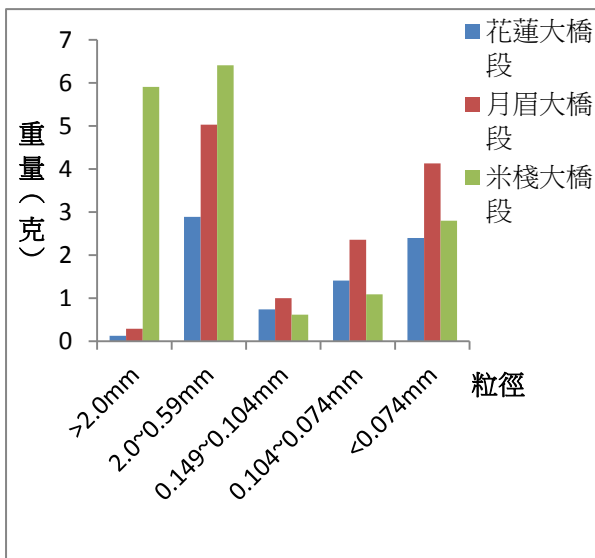


圖 90：各樣區段沙土之粒徑組成分析

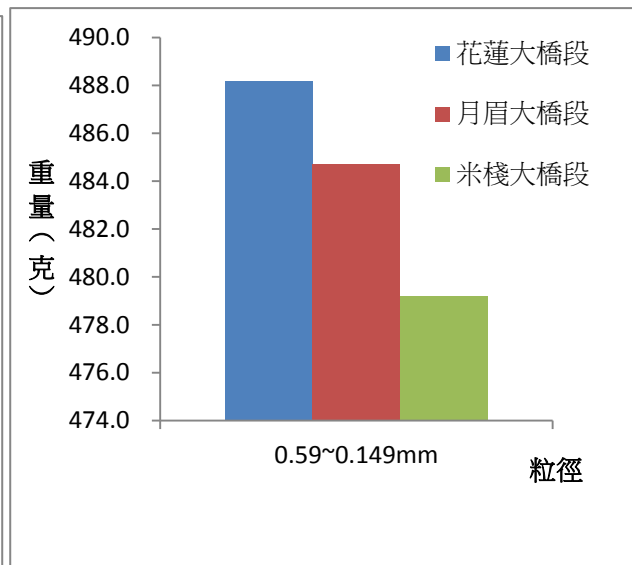


圖 91：各樣區 0.59-0.149mm 粒徑沙土含量比較

#### 5. 討論

- (1) 根據圖 90 的結果，米棧大橋段  $>0.59\text{mm}$  粒徑的沙，多於其他兩區。推測可能是因為河流搬運的能力是由上游往下游遞減，因此粒徑大的沙土 ( $>0.59\text{mm}$ ) 就會留在較上游的地方。
- (2) 根據圖 90 的結果，花蓮大橋段最小粒徑 ( $<0.149\text{mm}$ ) 的沙最少、月眉大橋段最多、米棧大橋段則次多。若都是風搬運產生的沉積源，應該是越往流域的上游，粒徑會越來越小，所以比例的排序應為米棧大橋段  $>$  月眉大橋段  $>$  花蓮大橋段。但根據野外調查的結果，月眉大橋段因為鄰近砂石場的緣故，河床上的石頭都覆蓋上一層細沙，這是其他區看不到的現象，因此，我們推測這樣的結果，是因為月眉大橋段的擁有不同於其他兩個樣區的沉積源所致。
- (3) 根據圖 91 的結果，較粗粒徑 ( $>0.149\text{mm}$ ) 的沙，為大多數採樣區的主要沉積物，對照閱讀歷年科展相關研究的結果，我們發現這也是台灣地區其他縣市的河川共同有的現象。





#### 【實驗四】不同沙粒徑與風速對風搬運作用的影響

本實驗主要是探討沙粒徑大小與不同風速，對風搬運作用的影響。我們選定較容易取得沙樣本的花蓮大橋段風沉積區為採樣區。再藉由實驗結果，推論風搬運作用對花蓮溪其他區域的影響。

## 1. 實驗步驟

- (1) 於實驗盤上秤量 30g 沙，放置於風洞裝置前準備測量。
- (2) 實驗開始後，開啟電風扇使風洞風速維持 6m/s，對實驗盤吹五分鐘後，秤量實驗盤上沙重並記錄。接下來於十分鐘、十五分鐘時，各記錄一次剩餘沙重。
- (3) 為求實驗準確，同一種粒徑與風速，進行十五次實驗後，再刪除極端值求平均數。
- (4) 以風速 5m/s 重複步驟 (1) ~ (3)，記錄其實驗結果。

圖 92：實驗流程圖示

			
圖 92-1：秤取 30 克的沙，放置於實驗盤上	圖 92-2：推平沙子，使其充滿圓框。	圖 92-3：連續風吹 5 分鐘。	圖 92-4：記錄剩餘沙土重後，繼續吹 5 分鐘再量測剩餘沙重。

## 2. 實驗記錄

表十三

風速	時間	0.59mm~0.149mm			0.149mm~0.104mm			0.104mm~0.074mm			<0.074mm		
		5分	10分	15分	5分	10分	15分	5分	10分	15分	5分	10分	15分
5m/s	沙減少總量	0.14g	0.27 g	0.42 g	0.7 g	0.94 g	1.14g	3.28g	4.32g	4.85g	1.59g	1.73g	2.33g
6m/s		3.6g	4.2g	4.5g	7.1g	7.6g	8.0g	13.5g	14.4g	15.1g	2.2g	2.6g	2.8g

## 3. 發現與討論

- (1) 依據實驗結果，使用 6m/s 的風速吹沙時，風搬運的沙量，在一開始的五分鐘內減少總重量最多，後續的 10 分~15 分鐘內，減少的總重量則較少。我們估測是因為沙盤上出現沙丘狀堆積後，產生向後的渦流所致。而使用 5m/s 的風速吹沙，因風速較弱，大粒徑的沙土較無法吹成沙丘，因此無這種現象。
- (2) 以不同風速吹動沙子時，粒徑越小的沙，越容易被風速大的風搬運，但粒徑 < 0.074mm 的沙，風速對其產生的影響反而小。從廖品喆等 (2010) 的研究得知：粒徑 < 0.074mm 的沙，因為其顆粒過小，分子與分子間的極性現象會特別明顯，因此不容易被吹動，故影響較小。
- (3) 除粒徑 < 0.074mm 的部分外，不論使用何種風速吹沙，粒徑越大的沙被搬運的量越少，粒徑越小的沙，被搬運量越多。因此我們推估：粒徑是影響風搬運現象的因素之一。
- (4) 綜合以上各點，我們可以瞭解：粒徑在 0.149mm~0.074mm 間的沙土，最容易被風搬運，若沉積源中，此兩種粒徑的沙土比例過高，就應該特別注意風引起的搬運現象。

## 【實驗五】不同含水量樣本與風速對風搬運作用的影響

根據河川局訪談的結果，我們瞭解到灑水定沙，對於目前花蓮溪河床風搬運作用的情形，是最有效的防治做法。在李抒敏等（2006）的灑水實驗研究結果指出：只要 0.5% 的水就可以定住 70% 的沙子。但這與我們在野外調查時，測得搬運沙的風速，經常在 5m/s 以上的結果，並不符合，原因是該研究僅使用風速 3.0m/s 的風扇模擬實驗。因此，我們改用較高的風速，來模擬野外的情況，以瞭解不同沙樣本在風速與含水量改變的情況下，會對風的搬運作用產生什麼影響？

### （一）實驗步驟

1. 調配出 5%、10%、15% 的含水量，沙土與水的比例，如下表所示：

表十四：不同含水量配置法

含水量	烘乾沙土	加入水量
5%	40g	2.1g
10%	40g	4.5g
15%	40g	7.1g

2. 秤取含水量 5% 的沙 30g，放在風洞前 20 公分處，以風速 5m/s 吹該樣本，每五分鐘記錄一次剩餘沙重量，共吹 15 分鐘。
3. 分別使用不同含水量沙樣本（10%、15%）及不同風速（6~8m/s），重複步驟（2），進行三次實驗後，求平均值。

### （二）實驗記錄

#### 1. 花蓮大橋段

表十五：

風速	實驗時間	含水量		
		5%	10%	15%
5m/s	5 分	0.10	0.00	0.00
	10 分	0.26	0.00	0.00
	15 分	0.30	0.06	0.00
6m/s	5 分	0.60	0.30	0.20
	10 分	1.00	0.60	0.50
	15 分	1.40	0.90	0.70
7m/s	5 分	1.20	0.23	0.00
	10 分	3.10	1.20	0.37
	15 分	5.00	2.50	0.70
8m/s	5 分	4.10	1.63	0.90
	10 分	7.83	2.56	1.63
	15 分	13.30	3.60	2.66

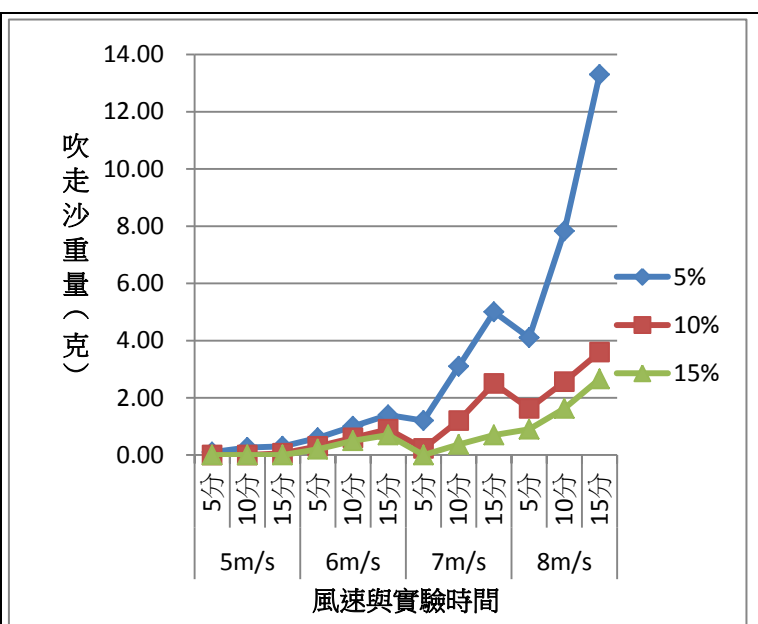


圖 93：花蓮大橋段實驗分析圖

## 2. 月眉大橋段

表十六：

風速	實驗時間	含水量		
		5%	10%	15%
5m/s	5分	0.26	0.00	0.00
	10分	0.40	0.23	0.00
	15分	0.66	0.40	0.00
6m/s	5分	1.00	0.50	0.20
	10分	2.30	1.00	0.40
	15分	3.40	1.50	0.60
7m/s	5分	1.00	0.30	0.10
	10分	2.50	1.60	1.00
	15分	4.60	1.90	1.10
8m/s	5分	6.20	1.36	1.13
	10分	12.30	2.43	2.00
	15分	16.93	4.03	2.96

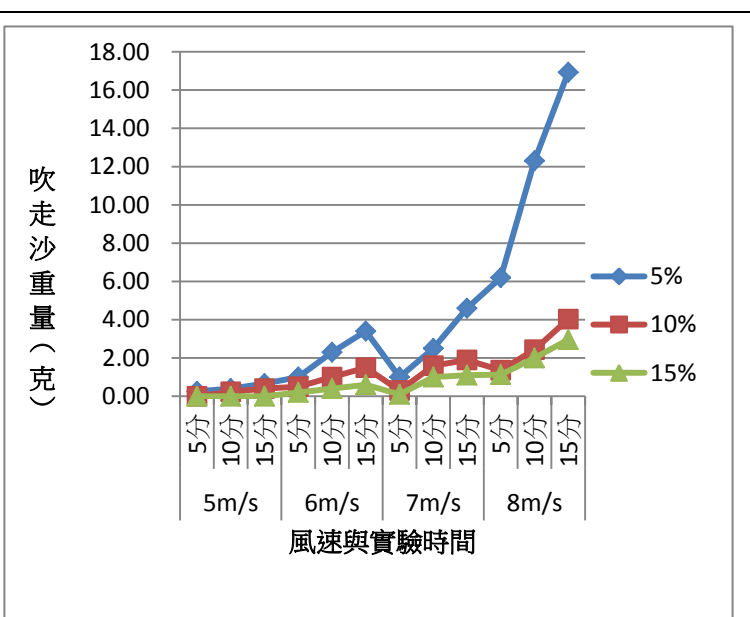


圖 94：月眉大橋段實驗分析圖

## 3. 米棧大橋段

表十七：

風速	實驗時間	含水量		
		5%	10%	15%
5m/s	5分	0.10	0.00	0.00
	10分	0.30	0.10	0.00
	15分	0.60	0.23	0.06
6m/s	5分	0.60	0.50	0.40
	10分	2.20	1.10	0.90
	15分	2.80	1.60	1.20
7m/s	5分	1.80	0.50	0.20
	10分	4.10	0.90	0.90
	15分	6.90	1.60	1.40
8m/s	5分	4.66	1.80	1.33
	10分	8.53	3.76	2.06
	15分	12.96	5.70	3.43

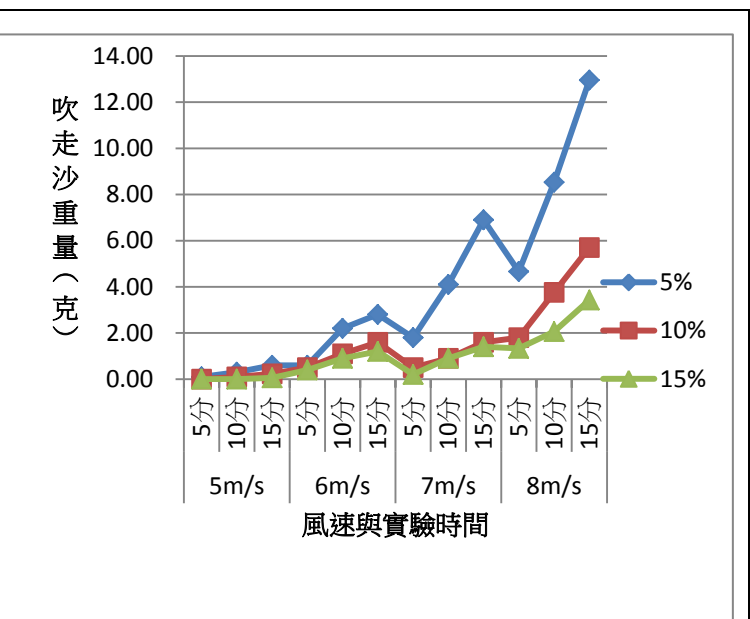


圖 95：米棧大橋段實驗分析圖

### (三) 討論

1. 根據實驗分析圖，在三個樣區中，風速在 5m/s~8m/s 區間，含水量 5% 的沙土，較另兩種含水量沙土更容易被揚起，所以灑水定沙時，應讓沙土含水量保持在 10% 以上。
2. 根據實驗分析圖，在三個樣區中，在風速 8m/s 時，對含水量 > 10% 的樣本，開始形成較明顯的風搬運作用。





## 【實驗六】各樣本區之降雨量與沙土含水量探究

藉由實驗五的討論，我們僅能瞭解各區域沙樣本的含水量與風的搬運作用之間的關連性。但自然界中，沙土的含水量來自於降雨，而各種氣象觀測資料，也是提供降雨量的資料。如果我們能藉由實驗設計，探討出不同區域，沙樣本含水量與降雨量之間的關係。那麼，我們就能提供河川局一些具體的建議：如降雨過後，河床經由太陽曝曬多久的時間，沙土含水量會降低，則有揚沙的機會，此時河川局應進行灑水定沙防治工作。

### 1. 實驗步驟

- (1) 將沙樣本倒入長寬高（10cm x 10cm x 25cm）塑膠量筒中（圖 96-1）。
- (2) 在自製澆水容器內放入 100ml（模擬 10mm 降雨量）的水，並使用澆水容器將水倒入沙樣本中（圖 96-2）
- (3) 靜置各量筒，讓水分慢慢往下滲透，模擬自然界降雨後，沙土含水的情形。
- (4) 靜置一天後，挖取量筒頂層沙土 30g，放入蒸發皿中，以烤箱烘烤 1 小時。（圖 96-3）
- (5) 烤乾沙土後，取出測量沙樣本重，記錄並換算沙樣本的含水量。
- (6) 連續七天，重複（4）、（5）步驟。
- (7) 再使用 200ml 水量（模擬 20mm 降雨量），重複以上步驟，並記錄實驗結果。

圖 96：實驗流程圖示

			
圖 96-1.量筒中放沙樣本。	圖 96-2.模擬降雨 10mm。	圖 96-3.連續七日測量其含水量變化。	

### 2. 實驗結果

表十八：模擬降雨量 10mm

含水量 天數	樣區		花蓮大橋段		月眉大橋段		米棧大橋段	
	1	-3.1g	10.3%	-3.4g	11.3%	-2.9g	9.7%	
2	-2.6g	8.7%	-2.9g	9.7%	-2.7g	9.0%		
3	-1.9g	6.3%	-2.4g	8.0%	-2.4g	8.0%		
4	-1.0g	3.3%	-1.9g	6.3%	-1.9g	6.3%		
5	-0.9g	3.0%	-1.4g	4.7%	-1.2g	4.0%		
6	-0.7g	2.3%	-1.3g	4.3%	-1.1g	3.7%		
7	-0.7g	2.3%	-1.3g	4.3%	-1.1g	3.7%		

表十九：模擬降雨量 20mm

含水量 天數	樣區		花蓮大橋段		月眉大橋段		米棧大橋段	
	1	-5.2g	17.3%	-5.6g	18.7%	-6.5g	21.7%	
2	-3.2g	10.7%	-2.7g	9.0%	-4.6g	15.3%		
3	-2.3g	7.7%	-2.7g	9.0%	-3.7g	12.3%		
4	-1.8g	6.0%	-2.3g	7.7%	-2.6g	8.7%		
5	-1.3g	4.3%	-2.3g	7.7%	-2.4g	8.0%		
6	-1.3g	4.3%	-2.3g	7.7%	-2.3g	7.7%		
7	-1.2g	4.0%	-2.0g	6.7%	-1.6g	5.3%		

### 3. 討論

- (1) 不論哪一個樣區的沙土，模擬降雨量 10mm，大約可使樣本含水量接近 10%，降雨量 20mm，則大約可使樣本含水量接近 20%。
- (2) 實驗進行期間，環境平均濕度大約為 60%。在不考慮細微濕度變化的情形下，從實驗結果可知，不論降雨量多寡，沙土含水量在七天內，大約都會降至 4% 左右。
- (3) 比較第一天和第七天的沙樣本含水量，可發現保水性：月眉大橋段 > 米棧大橋段 > 花蓮大橋段，而從**實驗三**的結果中我們也發現：三個樣區沙粒徑 < 0.149mm 的含量，亦具有以上關係，因此我們推測：細粒徑越多的沙樣本，其保水程度越好。

## 陸、 結論

- 一、 根據歷年的氣象觀測資料分析，花蓮的風向皆以東北風居多，且最大十分鐘風速，皆大於本研究模擬的風速值。可見花蓮溪一年四季，幾乎都可能受到風的搬運作用影響。
- 二、 根據野外調查的結果：在花蓮溪出海口（花蓮大橋段）及下游（月眉大橋段、米棧大橋段、米棧疏濬段）等地區，河床上裸露的沙灘地，在東北季風吹拂的季節，都可以觀察到風搬運與沈積作用的現象。
- 三、 花蓮地區的風吹沙情形，與中南部縣市相較是不嚴重的。目前河川局在花蓮地區所使用的風沙防治法，為綠覆蓋工法及灑水定沙法。綠覆蓋定沙工法，在颱風季或豪大雨過後，都必須重新做一次，非常勞民傷財，而灑水定沙法則較為經濟。
- 四、 整合各項實驗：
  - (一) 根據**實驗一**的結果：在本研究三個採樣區中，風速 < 7m/s 時，風搬運含水量為 0% 的沙土，所需要的時間大幅增加。因此，可以推測「啟動風速」為 7m/s。
  - (二) 根據**實驗二**的結果：要穩定的控制風速，可使用具有收縮段與擋風板的塑膠桶風洞裝置。本研究在距離出風口 50cm 的區間內，可控制風速在 6.2m/s。
  - (三) 根據**實驗三**的結果：比較三個樣區沙土，米棧大橋段 > 0.59mm 粒徑的沙，多於其他兩區。而比較粒徑 < 0.149mm 的含量，結果則為月眉大橋段最多。此外，我們也從**實驗六**中發

現：沙樣本的保水性，也具有以上的關係，我們推測是鄰近月眉大橋段的砂石場，提供較細的沉積源所致。

(四) 根據**實驗四**的結果：粒徑在 0.149mm~0.074mm 間的沙土，最容易產生風搬運作用。

(五) 整合**實驗五**與**實驗六**的結果，我們提出一些灑水定沙的時機給河川局參考，說明如下：

表二十：灑水定沙時間建議表

	累積降雨量 10mm	累積降雨量 20mm
花蓮大橋段	不降雨過 <b>4 天</b> 後，沙土含水量可能降為 <b>3.3%</b> ，此時若吹起 <b>7m/s</b> 的風，則應進行灑水定沙工作。	不降雨過 <b>5 天</b> 後，沙土含水量可能降為 <b>4.3%</b> ，此時若吹起 <b>7m/s</b> 的風，則應進行灑水定沙工作。
月眉大橋段	不降雨過 <b>5 天</b> 後，沙土含水量可能降為 <b>4.7%</b> ，此時若吹起 <b>6m/s</b> 的風，則應進行灑水定沙工作。	根據本實驗的設計，只能推測不降雨過 <b>7 天</b> 後，沙土含水量可能降為 <b>6.7%</b> ，此時若吹起 <b>6m/s</b> 的風，則應進行灑水定沙工作。
米棧大橋段	不降雨過 <b>5 天</b> 後，沙土含水量可能降為 <b>4.0%</b> ，此時若吹起 <b>6m/s</b> 的風，則應進行灑水定沙工作。	根據本實驗的設計，只能推測不降雨過 <b>7 天</b> 後，沙土含水量可能降為 <b>5.3%</b> ，此時若吹起 <b>6m/s</b> 的風，則應進行灑水定沙工作。

## 柒、 研究限制

- 一、 本研究在實驗過程中，皆無法有效控制環境溫度與濕度的變化，因為沙土的含水量會受到溫濕度的影響，因此，未來若有更好的研究設備，可考慮將溫濕度控制放入變因控制中。
- 二、 本研究中發現月眉大橋段沙樣本的性質，有許多不同於其他樣本區之處，目前僅能做出因砂石場帶來不同沉積物之推論，未來可更加深入研究該沉積物造成影響之原因。
- 三、 本研究在灑水定沙的實驗結果，僅能就降雨後連續七天不降雨的情形，給予河川局建議，但實際的降雨情況，比起實驗的情形更為複雜。因此，建議未來可就間歇性降雨、晴天、陰天等因素，做相關研究與探討。
- 四、 本研究對灑水定沙的建議，僅能就風連續吹沙樣本 15 分鐘內，所得的實驗結果作討論，若吹拂時間超過此範圍，則需做後續研究加以探討。

## 捌、 參考資料

- 何春蓀 (1990)。普通地質學。台北市：五南。
- 李抒敏、裘惟欣、蔡承諭、黃夢堯(2006)。風殺竹塹—新竹市沙塵暴的探討。中華民國第四十六屆中小學科學展覽會，新竹市立光武國民中學。
- 周元春 (2009)。卑南溪河口段風吹沙治理策略研究。國立台東大學資訊管理學系碩士論文。
- 廖品喆、陳瑀、劉昱廷、郭芸而(2010)。高屏溪”沙”很大。中華民國第五十屆中小學科學展覽會，高雄市莊敬國民小學。

## 【評語】 080504

1. 能親臨調查探索風吹沙形成的原因。
2. 能探索實驗風沙防治最好的方法。
3. 如能探索沙子的來源及去處會更好。