

中華民國第 54 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 地球科學科

佳作

080501

「沙」氣騰騰—卑南溪風吹沙探究

學校名稱：臺東縣臺東市東海國民小學

| | |
|---|-----------------------------|
| 作者： 小六 高晴佑 小六 林詠竣 小六 王尚錡 | 指導老師： 蕭佳宜 陳玉齡 |
|---|-----------------------------|

關鍵詞：風吹沙、粒徑大小、風沙防治方法

摘要

本研究最主要是在探討卑南溪有效防治風沙的方法，因此經過實地的觀察後顯示，目前相關單位防治風沙的方法，共六種，但是當風沙揚起時，市區還是有風沙。因此，我們針對有效風沙防治進行實驗設計後發現：沙土含水量、風速、沙土的組成是主要揚塵的條件。接著，風切角度大小對沙土搬運作用的影響與沙土粒徑大小有關；我們也發現風對搬運量的多寡與沙土粒徑大小有關。最後，我們設計四種防治方法發現，防治方法以改變風切角度最佳，但是效果會受到導流板切口大小、導流板葉面角度及導流板擺放角度影響，而且導流板與沙土擺放的距離會影響風對沙土的搬運作用，在有效的風沙防治上，只要調整導流板與沙土擺放的距離，能有效減少揚塵，達到防治的效果。

壹、研究動機

我們每天下課都會到籃球場打球。有天風非常大，我們在打球時，就有許多沙子進入同學的眼睛，讓我們非常不舒服，當我看了四面八方後，發現往海邊卑南溪方向一直有沙塵揚起，讓台東市整片霧茫茫，回家詢問長輩才知道，「風飛沙」對台東市民已是習以為常的一種現象。「風飛沙」其實一直困擾著臺東人的生活，相關單位雖然也持續在進行防風沙措施，但是，臺東人茶餘飯後仍流傳著一句笑諺--「臺東人吃飯配沙」。因此，我們針對風沙形成的原因，以及如何防治風沙等問題，進行深入探究。

貳、文獻探討

臺東市鄰近卑南溪畔住家，風吹沙的日子，使室外的車子、室內的傢俱、地板就滿布沙塵。人工湖隔離水道附近區域，完全籠罩在沙塵當中，中華大橋上騎車也非常困難。不只卑南溪畔旁，市區民眾屋內也有大量積塵，影響生活作息。

根據文獻資料顯示，卑南溪口地區平常日，普遍頻繁風向為東北風或東北東風，歷年來風沙揚塵現場調查顯示，卑南溪河口段風沙揚塵之風向亦多分佈在東北向及東北東方向；而在利吉段與台東大橋地區之主要風向多以沿河道吹向卑南溪下游為主(2005, 周元春；經濟部水利署, 2008)。根據經濟部水利署(2008)調查資料結果顯示市區揚塵範圍在中華大橋兩側，其來源為北風、東北風吹起的卑南溪河口浮洲裸露河床、海岸沙灘微粒。因此，每年冬季或颱風侵襲前，常因強勁之東北季風或颱風侵襲前的外圍環流影響，造成臺東市區嚴重風吹沙災害。

目前臺東縣政府主要做的風沙防治有河床沙灘地綠覆蓋、水覆蓋、機械抽水噴灑、生化劑膠結裸沙灘地或鋪設稻草蓆覆蓋等工法，但是防治成效十分有限，卑南溪河口段風吹沙每年仍繼續侵襲著臺東市民。

參、研究目的

- 一、 卑南溪實地探查
- 二、 沙土的粒徑大小與風的搬運作用關係
- 三、 有效防治風沙的方法

肆、研究方法

一、卑南溪實地探查

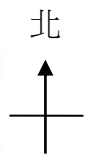
(一) 調查範圍

我們調查的地點從出海口經過中華大橋到利吉橋約 7.7 公里，分為左右各四區，有：中華大橋左岸、中華大橋右岸、利吉大橋左岸、利吉大橋右岸。我們在這些地方取了一些土，帶回來實驗室，分析各採樣點的沙土組成情形及模擬風吹沙的實驗。

| 區域 | 經緯度 | | 樣本數 |
|--------|------------------|-------------------|-----|
| 中華大橋左岸 | 22° 46' 28.51" N | 121° 10' 18.75" E | 4 |
| 中華大橋右岸 | 22° 45' 58.27" N | 121° 09' 52.16" E | 6 |
| 利吉大橋左岸 | 22° 48' 33.93" N | 121° 08' 10.02" E | 3 |
| 利吉大橋右岸 | 22° 48' 27.66" N | 121° 08' 09.86" E | 4 |

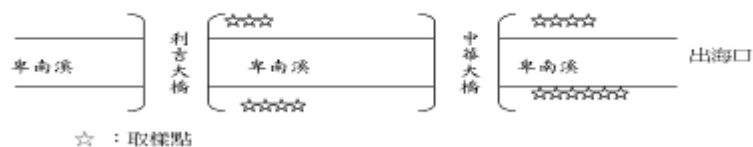
註：中華大橋左岸一共取得 4 個樣本，第一次取得的樣本在之後的實驗區域簡稱為中左 1，第二次取得的樣本在之後的實驗區域簡稱為中左 2，第三次取得的樣本在之後的實驗區域簡稱為中左 3，第四次取得的樣本在之後的實驗區域簡稱為中左 4；中華大橋右岸一共取得 6 個樣本，第一次取得的樣本在之後的實驗區域簡稱為中右 1……。

(二) 卑南溪空照圖及採樣位置示意圖






2005年 Google Earth 空照圖




卑南溪採樣點位置示意圖



(二) 樣本取樣方法

1. 每一區的取樣範圍為 60cm*60cm 的正方形，深度 2cm。
2. 取樣點的選擇以現場觀察沙土組成不同的區域，就進行取土。

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| 每一區的取樣範圍為 60cm*60cm 的正方形。 | 取樣的深度 2cm。 | 將樣本裝到夾鍊袋並編號。 |

| | | |
|--|--|--|
|  |  |  |
| 以上三張圖為中華大橋左岸，現場觀察沙土組成不同，進行取土。 | | |



(三) 取樣點分析沙土粒徑大小的方法

- 1、在 4 個區域共取得 17 個樣本，每一個樣本各取 100 克，放進烤箱烤 10 分鐘，再秤失去的水量，如果烤出來的重量比 100 克少，就再烤 5 分鐘，直到重量不再減少。
- 2、我們運用五種不同大小的篩網過篩樣本來區別粒徑大小，網眼大小分為：2.5mm、1.5mm、1mm、0.5mm、0.05mm。
- 3、算出每一個樣本佔原沙土重量（烤過的）的百分比，分析比較每區域沙土組成差異。



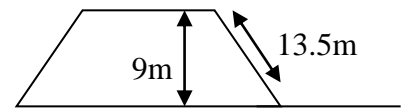
(四) 取樣點沙土釋放水量的速度

- 1、在 4 個區域共取得 17 個樣本，每一個樣本各取 100 克，放進烤箱烤 2 分鐘(烤前將烤箱預熱 10 分鐘)，再秤失去的水量，如果烤出來的重量比 100 克少，就再烤 5 分鐘，直到重量不再減少。
- 2、先秤 100 克的沙土烤乾後，再把沙土鋪平，平分成九個區域(6cm*8cm)，每一個區域倒 5g 的(水共 45 克)，放進烤箱中烤 5 分鐘(烤箱溫度 250 度)，烤的次數不定，直到重量和原本沙土重量一樣。

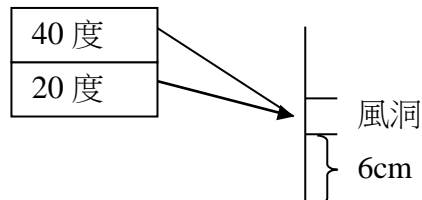
| | |
|---|--|
|  |  |
| 平分成九個區域(6cm*8cm) | 每一個區域倒 5g 的(水共 45 克) |

二、風的搬運作用對沙土的影響

沙土在風的搬運作用下會呈現滾動、跳躍和懸浮，卑南溪左岸河堤堤岸成梯形，梯形高約 9m，腰長 13.5m（資料來源：經濟部水利署），因此腰與地面的角度約在 40 度~45 度之間（如右圖），所以當北風或東北風通過堤防時呈現的下切風的角度也約在 40~45 度間，因此我們利用風切 20 度與 40 度來了解風的搬運作用對沙土的影響，最後再加上平行風的實驗，瞭解風對沙土搬運作用的情形，因此設計了封閉式的實驗箱。



(一)風切角度共分為 40 度、20 度。



(二)每一組實驗計時五分鐘，實驗區域共分為沙盆和蒐集沙土的三區，各區域設計圖如下：




| 區域名稱 | 區域面積 | 各區域說明 |
|------|-------------|--|
| 沙盆 | 38cm*26.5cm | 1. 放置沙盆，沙土體積 15cm*15cm*1cm 2. 風洞(6.2cm*1.2cm) |
| 第一區 | 38cm*26.9cm | 蒐集沙土 |
| 第二區 | 38cm*26.9cm | 蒐集沙土 |
| 第三區 | 38cm*26.9cm | 蒐集沙土 |

註：本實驗為密閉式實驗，實驗區域上方使用保鮮膜包覆以方便觀察、紀錄。

(三)實驗區域設計---全封閉式和半封閉式

- 為了瞭解採樣點沙土的組成，模擬實際的風吹沙，利用沙子飛的遠近，分析各區域沙土組成，因此將實驗箱分成三區。在 12 個採樣點做完實驗後，比較第一區沙土重量，重量最重者，代表易形成風沙的沙土類型，則接續進行風沙防治的實驗。
- 全封閉式和半封閉式差別在：
 - (1) 全封閉式的實驗箱區域和區域之間有一個六公分的間隔；半封閉式則沒有中間的間隔。
 - (2) 全封閉式在第三區有限制實驗區域，讓沙土不向外飛散；半封閉式在第三區沒有限制實驗區域，讓沙土可以向外飛散。

(1) 前置實驗全封閉式實驗箱設計

| | | |
|---|--|---|
|  |  |  |
| 將 B4 紙箱拆開。 | 裁切一塊 16*33 的長方形。 | 將 B4 紙箱兩兩相連。 |

| | | |
|------------------------|------------------------------------|---|
| | | |
| <p>三個區域收集不同粒徑大小的沙土</p> | <p>將收集沙土的三個區域鋪上一層錫箔紙，以方便將沙土取出。</p> | <p>在實驗區上方覆蓋一層保鮮膜，第三區的保鮮膜沒有全部封閉，留下1 cm×38 cm的通氣孔，讓模擬風可以流通，觀察沙土被風吹動的情形。</p> |

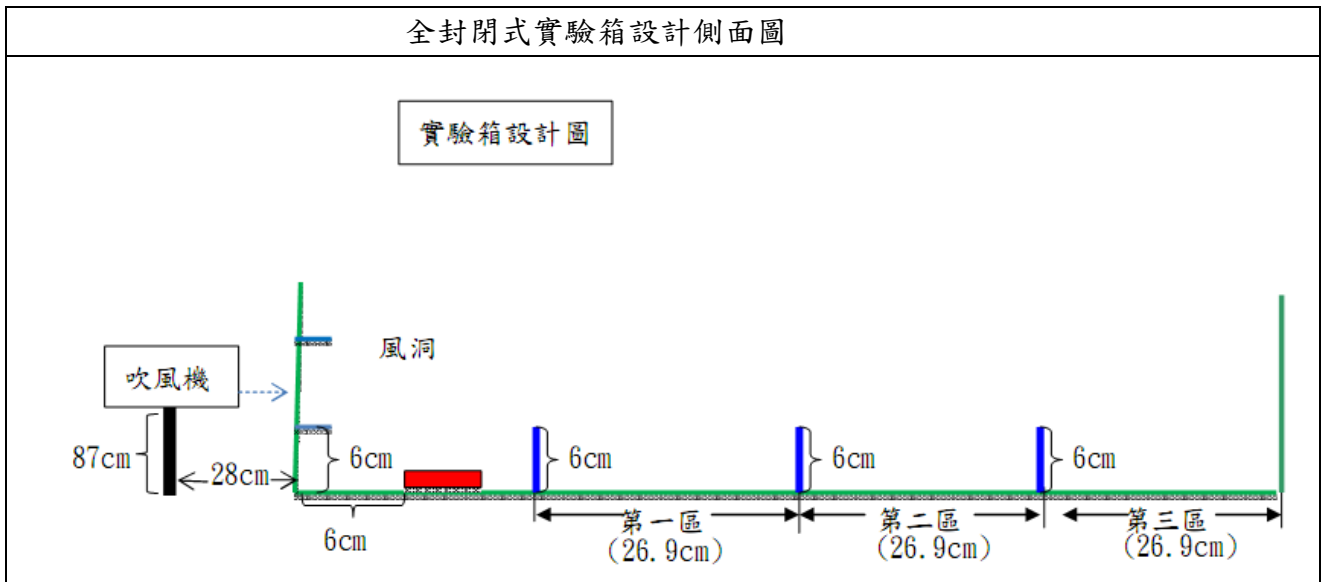
2. 風洞設計

用一塊20*20的珍珠板，裁切7cm*2.5cm的長方形，距離底部6cm。

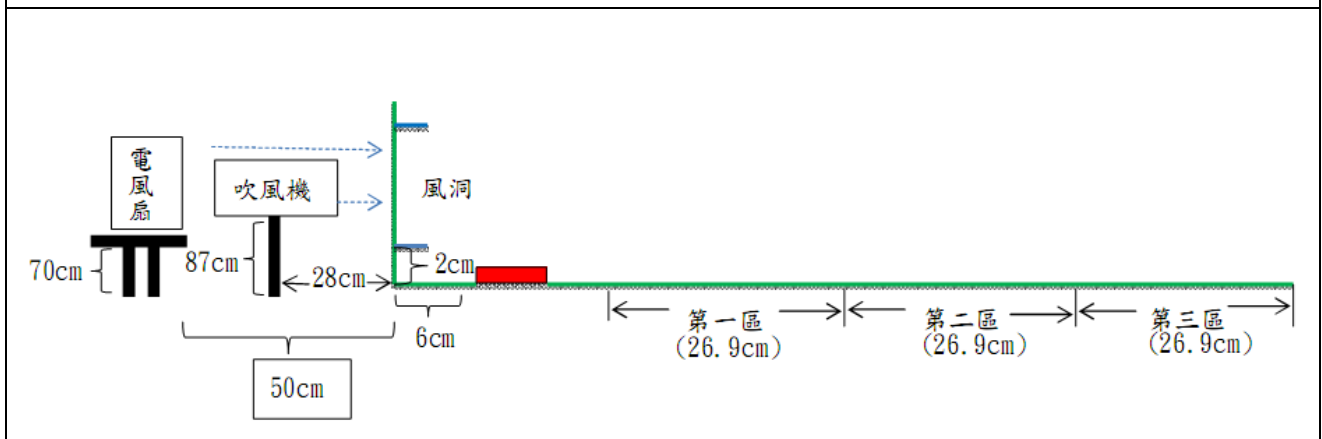
| | | | |
|-------------|--|--|---|
| <p>全封閉式</p> | | | <ol style="list-style-type: none"> 為了更明顯了解風對沙土搬運的影響，所以我們再加上珍珠板(右圖)，風洞洞口大小配合風機口(7cm*2.5cm)做切割。 在風洞前擺放吹風機模擬風。 |
| <p>半封閉式</p> | | | <ol style="list-style-type: none"> 為了模擬自然風對沙土的影響，我們在吹風機後頭增加了一台電風扇，製造平行風，並改變風洞大小(15cm*15cm)。 在風洞前擺放吹風機、電風扇模擬風。 |

| | | |
|---------------|-------------------|-------------------|
| <p>實驗箱設計圖</p> | <p>全封閉式實驗箱完成圖</p> | <p>半封閉式實驗箱完成圖</p> |
| | | |

全封閉式實驗箱設計側面圖



半封閉式實驗箱設計側面圖



(四) 模擬風吹沙土

1. 模擬風

為了模擬自然風，對沙土的影響，我們增加了兩種風的實驗，一種是下切角度的風，另一種是平行風。

(3) 電風扇(x冠牌，扇面18吋工業風扇)和吹風機(達x牌)的風速在自製風速計的測試後風速如下。

速如下。

電風扇平均風速

| | | | |
|--------|-----|-----|-----|
| 風扇風速強弱 | 1 | 2 | 3 |
| 秒 | | | |
| 風速(秒) | 1.6 | 4.5 | 5.3 |

註: 每一段風速操作三次，再取平均值，作為該段風速的風速值。

吹風機平均風速

| | | |
|---------|-----|---|
| 吹風機風速強弱 | 強 | 弱 |
| 秒 | | |
| 風速(秒) | 3.3 | 0 |

註: 每一段風速操作三次，再取平均值，作為該段風速的風速值。



2. 風速:吹風機模擬風速為「強」風，電風扇模擬風速為「3」。

(五)實驗樣本取得

1、由於大部分的沙土屬於颱風後取得，所以決定統一使用颱風後的沙土，共計可使用的樣本為12個(中右2、中右3、中右4、中右5、中左1、中左2、中左3、利右3、利右4、利左1、利左2、利左3)。

2、半封閉實驗箱樣本







我們選擇12個樣本裡，在全封閉的實驗中第一區兩種剩餘最多的沙土做為半封閉實驗的樣本。

3、每一個樣本各取樣本400克，放進烤箱烤10分鐘，再秤失去的水量，如果烤出來的重量比400克少，就再烤5分鐘，直到重量不再減少。

(六)沙土過篩

1、將4個實驗區域(沙盆、第一區、第二區和第三區)內的沙土取出，用五種不同大小的網眼(2.5mm、1.5mm、1mm、0.5mm、0.05mm)篩網過篩。

2、算出每一個樣本佔原沙土重量(烤過的)的百分比並分析比較每區域沙土組成的差異。

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| 將實驗區域的沙土取出。 | 利用刷子集中在盤子上。 | 在將盤子上的沙土集中在1公升的容器裡。 |
|  |  |  |
| 秤出模擬風吹沙土後每一區 的沙土總重量。 | 利用五種網眼的篩網將每一 區沙土過篩。 | 比較過篩後每一實驗區域五 種粒徑大小的重量差異 |

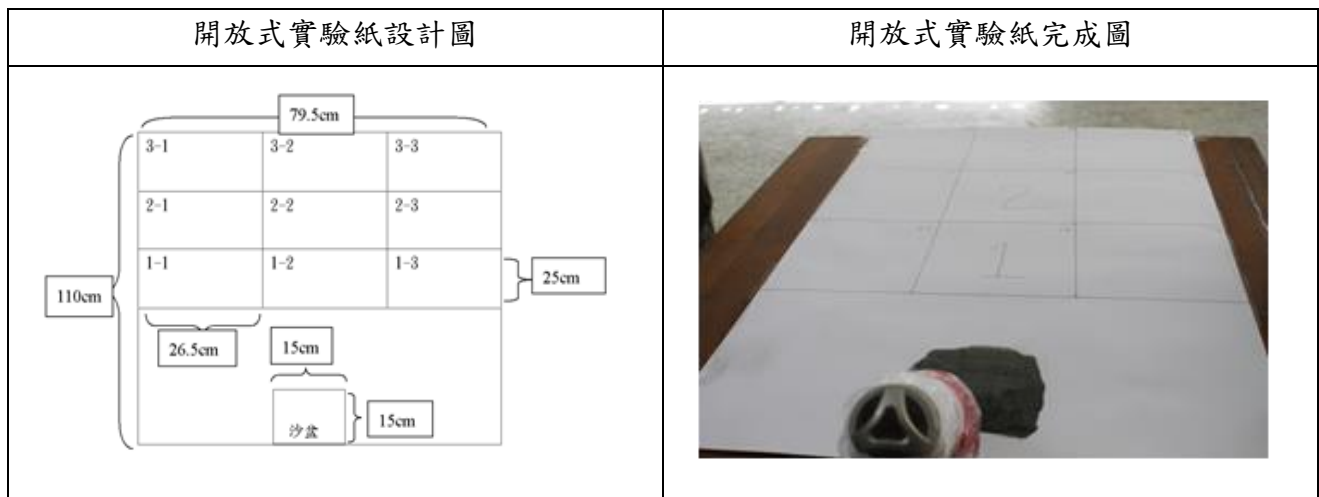
三、有效防治風沙的方法

我們利用開放式的實驗區設計實際模擬卑南溪風吹沙的情形，因此我們將實驗區域分成10個，其中的9個區域是收集揚起的沙土，另1個區域是觀察沙盆的沙土被風吹動的情形及實驗前後的重量差異，藉由以上的實驗設計來找出最有效的風沙防治方式。

(一)實驗區域設計(開放式)

1. 使用一張110cm*79.5cm的紙，在紙上畫10個格子，分為沙盆區和9個收集沙土區。

2. 收集沙土區每一區為25cm*26.5cm)的大小，收集沙土區編號分別為1-1、1-2、1-3、2-1、2-2、2-3、3-1、3-2、3-3。



(二)模擬風：風切角度 40，風速為吹風機的「強」風。

(三)防治方法

利用水覆蓋（噴水、放置培養皿）、覆蓋法（覆蓋稻草）以及改變風切角度的三種方法找出可以有效防治風沙的方式。因此在選擇實驗樣本上我們分成兩階段，第一階段先利用第二個目的實驗找出最容易引起風沙的採樣樣本，進行三種防治風沙的最有效方法；第二階段則利用第一階段的最有效方法進行防治風沙的實驗。

第一階段防治方法：

1. 水覆蓋對揚塵的影響—噴水

- (1)實驗樣本：利左 3 的沙土，每次實驗重量 400g。
- (2)在實驗區域旁放兩個灑水器(112ml)，噴水角度分為 20 度和 40 度，噴水器距離沙盆 32cm。
- (3) 實驗時間五分鐘。
- (4) 將 10 個區域的沙土取出，只秤重，不過篩，計算出與原始重量的（400 g）百分比並比較 10 個區域的沙土重量差異。



2. 水覆蓋對揚塵的影響—放置培養皿

- (1)實驗樣本：利左 3 的沙土，每次實驗重量 400g。
- (2)在實驗區域上放 7 個培養皿(直徑 9cm，高 0.8cm 容量 25ml)，沙盆前放 5 個、左右各 1 個（如右圖），水量裝至培養皿全滿。
- (3) 實驗時間五分鐘。
- (4) 將 9 個區域的沙土取出，只秤重，不過篩，並算出百分比。比較出沙土在 9 個區域的沙土重量。



3. 覆蓋稻草對揚塵的影響

- (1) 實驗樣本：利左 3 的沙土，每次實驗沙土重量 400g。
- (2) 在實驗區域，使用稻草編織成縱橫交錯(15cm*15cm)，覆蓋在沙盆沙土上後，用膠帶固定四個角。
- (3) 實驗時間五分鐘。
- (4) 將 10 個區域的沙土取出，只秤重，不過篩，計算出與原始重量的（400 g）百分比並比較 10 個區域的沙土重量差異。



4. 改變風切角度對沙土的影響

(1) 實驗樣本：利左 3 的沙土，每次實驗重量 400g。

(2) 導流板設計：

使用 2 塊珍珠板(36.5cm*19.5cm)，在底部各切 2 排 (11*2)，共 22 塊長方形(3cm*2cm)，1 塊珍珠板為全切，另一塊為半切，半切葉面打開的角度為 30 度。

(3) 實驗時間五分鐘。

(4) 將 10 個區域的沙土取出，只秤重，不過篩，計算出與原始重量的 (400 g) 百分比並比較 10 個區域的沙土重量差異。

第二階段防治方法：

根據第一階段實驗找到最有效的風沙防治方法，再進一步風沙防治實驗。

1. 實驗樣本：剩餘沙土 (沙土來源為 17 格樣本過篩後的最細小沙石)，每次實驗重量 400g。

2. 實驗時間五分鐘。

3. 將 10 個區域的沙土取出，只秤重，不過篩，計算出與原始重量的 (400 g) 百分比並比較 10 個區域的沙土重量差異。

4. 導流板角度分為 20 度和 40 度。

第三階段防治方法：

根據第二階段實驗找到最有效的風沙防治方法，模擬自然風與導流板和沙土距離的關係。

1. 實驗樣本：剩餘沙土 (沙土來源為 17 格樣本過篩後的最細小沙石)，每次實驗重量 400g。

2. 實驗時間五分鐘。

3. 模擬自然風:風切 40 度的風、電風扇平行風。

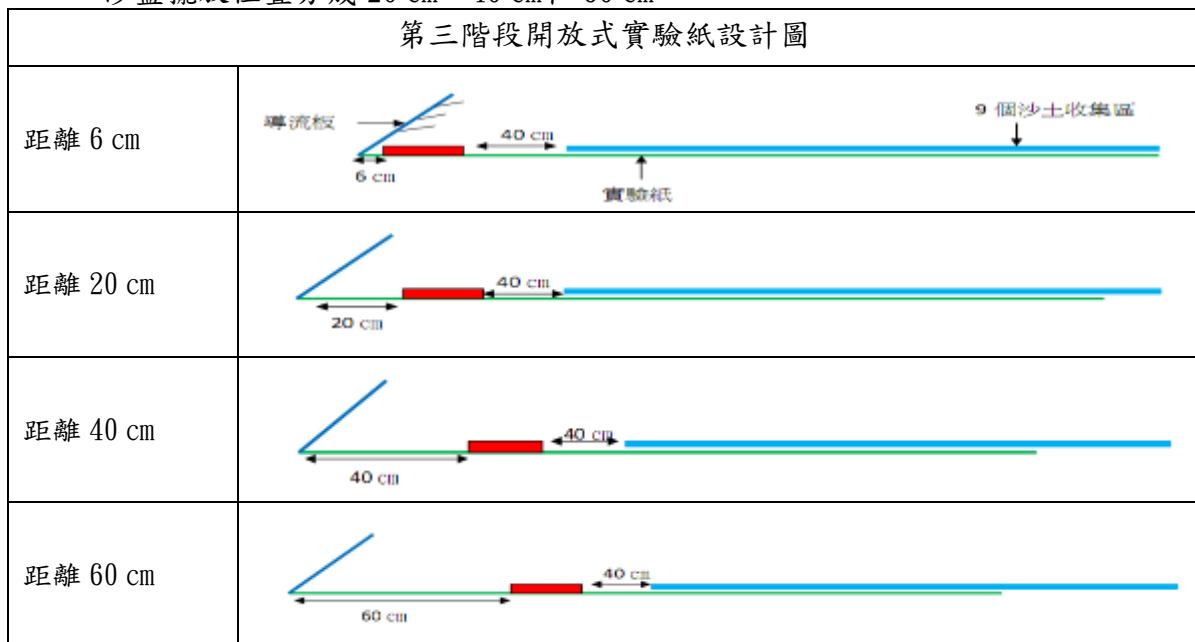
4. 將 10 個區域的沙土取出，只秤重，不過篩，計算出與原始重量的 (400 g) 百分比並比較 10 個區域的沙土重量差異。

5. 導流板角度 40 度，導流板葉面 30 度，葉面半切

(導流板面積:720 平方公分，葉面數量:35 個，葉面面積:6x1.5 平方公分)。

6. 實驗區域設計如開放式實驗紙設計圖，

沙盆擺放位置分成 20 cm、40 cm 和 60 cm



伍、研究設備或器材





| | | | | |
|----------|----------|-----|-----------|-----|
| 電風扇(X冠牌) | 吹風機(達x牌) | 風速計 | 精密天平(SKY) | 電子秤 |
| 培養皿 | 篩網 | 碼錶 | 烤箱(X朋堂) | 盤子 |
| 公升盒(1公升) | 相機 | 攝影機 | 相機腳架 | 刷子 |
| 噴水器 | B4紙箱4個 | 珍珠板 | 稻草 | 夾子 |

陸、研究結果與討論

一、卑南溪實地探查

(一) 實地觀察卑南溪防治風沙的方法

| 地點 | 防治風沙的方法 | 實地觀察卑南溪防治風沙的方法 | |
|---------------------------|---|---|---|
| 中華大橋 右岸 | 1. 水幕法 利用強力抽水噴灑設備，在風沙揚起之際製造出與風向垂直的水幕牆。 |  |  |
| | 討論 | 風沙形成時，提高空氣中的溼度，讓粉塵與空氣中的水分結合，以達到防治的效果，但是當風速較大時，粒徑較小的沙石仍會越過噴灑設備。 | |
| 左圖： 中華大橋 右圖： 利吉橋 | 2. 水覆蓋 引道河水加寬水域覆蓋裸露河床沙地。 |  |  |
| | 討論 | 水覆蓋需在河道兩邊高灘地挖掘一格一格的蓄水池，若是溪水水量大時，就容易將設施沖毀，每年縣府會花費許多經費在維護設施上。 | |
| 中華大橋 左岸 | 3. 綠覆蓋 ——短期農作 在裸露河床沙地種植農作物。 |  |  |

| | | | |
|------------|------------------------------------|---|--|
| | 討論 | <p>(1) 縣府短期農作的作物為開放承租種植西瓜，102年8月7日實地觀察顯示，當時西瓜田的西瓜以採收完，種植西瓜的河川地有棄置的覆蓋西瓜田的塑膠布、品質較差的西瓜……。</p> <p>(2) 102年11月30日再次實地觀察，承租業者開始下一季的種植西瓜的整地、播種和施有機肥。他們再將河川地(約30甲)整地成一系列一列(如左圖)。</p> <p>(3) 我們的疑慮：</p> <p>①種植西瓜時需施肥，其肥料是否會造成水質優養化，破壞河川的生態系統？</p> <p>②根據我們實地探查發現8~11月之間並沒有種植短期農作(西瓜)，所以這段時間，河床裸露就容易形成風沙？</p> | |
| 中華大橋 右岸 | 4. 種植防風林 在河川兩旁種植許多樹木，使其成為擋風之樹林。 |  |  |
| | |  |  |
| | 討論 | 防風林的設計為阻擋風沙，但是有些粒徑較小的沙石還是會越過防風林。 | |







討論：

①經過幾次的實地探查發現，政府相關單位目前在卑南溪防治風沙的作法有：水覆蓋、水幕法、綠覆蓋、短期農作以及種植防風林，五種防治方法。

②觀察點的防治方法

| 防治方法 \ 地點 | 水覆蓋 | 水幕法 | 綠覆蓋 | 短期農作 | 種植防風林 |
|-----------|-----|-----|-----|------|-------|
| 中華大橋右岸 | ✓ | ✓ | ✓ | | ✓ |
| 中華大橋左岸 | | | | ✓ | ✓ |
| 利吉大橋右岸 | ✓ | | | | |
| 利吉大橋左岸 | ✓ | | | | |

(二) 實地觀察風沙現況(觀察地點：中華大橋右岸，時間：2013.10.3，下午4：30分)

| | |
|---|--|
|  |  |
| <p>風沙形成時，很明顯的風沙是由中華大橋左岸的高灘地所形成的。</p> | <p>在中華大橋右岸邊可以看見防治風沙的噴水系統，不過看起來沒有甚麼效果。</p> |
|  |  |
| <p>在中華大橋橋上觀看形成的風沙來自左岸高灘地，天空都灰濛濛的一片，左岸的<u>X育沙石廠</u>幾乎被風沙遮住，看不清楚。</p> | <p>風沙越過噴水系統水注，雖然兩旁也有種植防風林，但是風沙還是瀰漫整個卑南溪口堤岸。</p> |
|  |  |
| <p>風沙形成時，天空非常灰暗，能見度非常低。</p> | <p>風沙形成時，能見度非常低，連遠方的山都看不清楚。</p> |

(三) 台東地區 102 年 8 月~12 月的氣候型態

1、102 年 8 月~12 月的溫度、雨量、降水日數及日照時數

| 月份 | 溫度 (°C) | | | 雨量 (mm) | 降水日數 (>=0.1 mm) (天) | 日照時數 (小時) |
|------|---------|-------|-------|---------|---------------------|-----------|
| | 平均溫度 | 當月最高溫 | 當月最低溫 | | | |
| 8 月 | 28.7 | 33.4 | 24.6 | 171.1 | 16 | 209.2 |
| 9 月 | 27.8 | 33.7 | 23.4 | 292 | 14 | 198.4 |
| 10 月 | 25.8 | 33.3 | 19.3 | 6 | 10 | 195.5 |
| 11 月 | 22.8 | 30.5 | 13.9 | 208.9 | 10 | 85.5 |
| 12 月 | 19.4 | 27.8 | 11.8 | 51 | 11 | 82.7 |

資料來源：中央氣象局

2、台東地區 102 年 8 月~12 月風向次數統計

| 次數(次) | 月份 | | | | | 總計 |
|---------|----|----|-----|-----|-----|----|
| | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | |
| 風向 | | | | | | |
| <30 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 31~60 | 14 | 12 | 14 | 4 | 4 | 48 |
| 61~90 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 91~120 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 121~150 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 151~180 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 181~210 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| 211~240 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 241~270 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 271~300 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 301~330 | 1 | 2 | 1 | 2 | 0 | 6 |
| 331~360 | 15 | 14 | 15 | 24 | 27 | 95 |

風向測量的統計單位是十六方位(360degree)

資料來源：中央氣象局

3、台東地區 102 年 8 月~12 月風速次數統計

| 次數(次) | 月份 | | | | | 總計 |
|---------|----|----|-----|-----|-----|----|
| | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | |
| 風速(s/m) | | | | | | |
| <0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0.6~1 | 0 | 2 | 0 | 2 | 1 | 5 |
| 1.1~1.5 | 2 | 4 | 2 | 3 | 2 | 13 |
| 1.5~2 | 9 | 12 | 9 | 7 | 7 | 44 |
| 2.1~2.5 | 11 | 6 | 11 | 16 | 16 | 60 |
| 2.6~3 | 8 | 3 | 8 | 2 | 5 | 26 |
| 3.1~3.5 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| 3.6~4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 4.1~4.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.6~5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5.1~5.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5.6~6 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |

測量風速的單位是以每秒/公尺

資料來源：中央氣象局

討論：

- ①根據 102 年 10 月 3 日中央氣象局資料顯示，當天台東市風速 2.7(m/s)，風向 50(360degree)，降水量 0mm，當天我們實際觀測到中華大橋右岸和台東市區風沙瀰漫，主要揚塵的來源為左岸高灘地沙土裸露部份，以及卑南溪的沙洲。
- ②102 年 10 月 3 日當天卑南溪防治風沙系統灑水系統雖然持續運作，但是能見度低，噴水系統阻擋不住較細小的揚塵，因此整個卑南溪出海口整個被風沙籠罩。
- ③根據中央氣象局資料顯示，台東地區十月份的降水量是 102 年 8~12 中最少的月份，只有 6 mm，風速在 2.1~2.5 以上的天數統計就有 20 次，風向是 31~60 (360degree) 的天數統計為 14 次；風向是 331~360 (360degree) 的天數統計為 15 次，日照時數為 195.5 小時，所以降雨量、風速、風向和日照時數是造成卑南溪風沙揚起的條件。

(三)沿岸沙土情形分部情形及組成







1. 實地探訪-中華大橋右岸

| | | |
|---------------------------------|---|--|
| | | |
| <p>河床上的沙土越深層沙土粒徑越大，而且含水量越高。</p> | <p>圖為水流過的痕跡，形成了一種特殊的景觀。</p> | <p>沙土頂端堆積了一層約3公分的粉層，粉層易碎。</p> |
| | | |
| <p>圖為水流過的切痕。</p> | <p>河床頂端積了一層厚厚的粉層(約1cm)，底下堆疊沙石，而在頂端的粉層因為沒有沙石的覆蓋，加上已一段時間沒降雨，所以我們只要輕輕一踩，粉層就容易形成四處飛散。</p> | <p>只要是風吹過的區域，經過一段時間，不受人為的破壞，就會形成如同波浪景觀的沙紋。</p> |

2. 實地探訪-中華大橋左岸

| | | |
|------------------------|-------------------------------------|-------------------------|
| | | |
| <p>取土過程及了解該區沙土的組成。</p> | <p>中華大橋左岸溪床雖然有溪流過，但是仍有許多無水流過地方。</p> | <p>中華大橋左岸溪床有許多沙地裸露。</p> |
| | | |
| <p>溪水流過後所留下乾掉的紋路。</p> | <p>中華大橋左岸的大石頭明顯比中華大橋右岸還多。</p> | <p>圖為風吹過留下的痕跡。</p> |

3. 實地探訪-利吉橋右岸

| | | |
|---|--|---|
|  |  |  |
| 取土時，要先觀察這區的沙土組成，再考慮要不要進行取樣。 | 圖中可看出這片河床水剛退去沒多久，沙土的含水量很高。 | 在利吉橋右岸，沙土內含石量較少。 |
|  |  |  |
| 風吹過的區域，若是石頭較稀少，經過一段時間，就會形成如同波浪景觀的沙紋。 | | |

4. 實地探訪-利吉橋左岸

| | | |
|---|--|---|
|  |  |  |
| 利吉橋左岸石頭量較少的區域沙土裸露，只要輕輕踩，沙土就容易飛散。 | 在河床上常出現一塊塊粉塵「沙塊」，沙塊一層一層的，手輕輕一捏就碎了。 | |
|  |  |  |
| 利吉橋左岸，是卑南溪的高灘地，離主流較遠之處常出現較多粒徑較大的石頭，有的石頭的粒徑應該有超過 2m。 | | 風吹過的區域，若是石頭較稀少的區域經過一段時間，裸露的沙土就會形成如同波浪的景觀。 |

討論：






經過 7 個月，17 次的實地觀察，我們發現：

- ① 四個觀察區域裡，中華大橋左岸和利吉橋左岸為卑南溪的高灘地，粒徑大的石頭比中華大橋右岸和利吉橋右岸的多。
- ② 四個觀察區域裡，中華大橋位於卑南溪出海口，粒徑大的石頭比利吉橋的還少。
- ③ 四個觀察區域都容易出現粒徑較小的粉層沙土，但是中華大橋右岸和利吉橋右岸的粉層

沙土會比中華大橋左岸和利吉橋左岸還多，而且粒徑較小的粉層沙土，只要輕輕一踩就塵土飛揚。

二、分析沙土的粒徑大小及風的搬運作用對沙土的影響

(一)各種篩網篩出的沙石

| | | | | |
|---|---|---|--|---|
|  |  |  |  |  |
| 2.5mm 篩出的沙石。 | 1.5mm 篩出的沙石。 | 1mm 篩出的沙石。 | 0.5mm 篩出的沙石。 | 0.05mm 篩出的沙石。 |



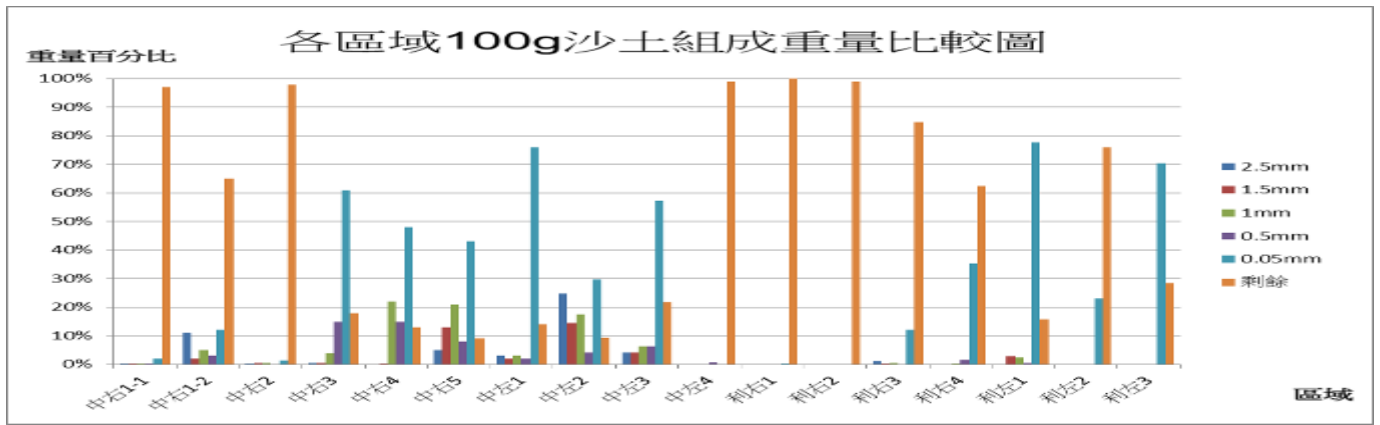
剩餘沙石。

討論:五種篩網篩過的沙石粒徑大小，以剩餘沙石的粒徑最小，2.5mm 篩網篩出的沙石粒徑最大。

(二)採樣點 17 個區域 100g 沙土的粒徑大小比較：

| 採樣點 | 原始重 | 2.5mm | 1.5mm | 1mm | 0.5mm | 0.05mm | 剩餘 |
|--------|-----|-------|-------|-----|-------|--------|------|
| 中右 1-1 | 100 | 0% | 0% | 0% | 0% | 2% | 97% |
| 中右 1-2 | 100 | 11% | 2% | 5% | 3% | 12% | 65% |
| 中右 2 | 100 | 0% | 0% | 1% | 0% | 1% | 98% |
| 中右 3 | 100 | 0% | 0% | 4% | 15% | 61% | 18% |
| 中右 4 | 100 | 無 | 0% | 22% | 15% | 48% | 13% |
| 中右 5 | 100 | 5% | 13% | 21% | 8% | 43% | 9% |
| 中左 1 | 100 | 3% | 2% | 3% | 2% | 76% | 14% |
| 中左 2 | 97 | 25% | 14% | 18% | 4% | 30% | 9% |
| 中左 3 | 96 | 4% | 4% | 6% | 6% | 57% | 22% |
| 中左 4 | 100 | 無 | 無 | 無 | 1% | 無 | 99% |
| 利右 1 | 76 | 無 | 無 | 0% | 0% | 0% | 100% |
| 利右 2 | 100 | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 99% |
| 利右 3 | 99 | 1% | 0% | 0% | 0% | 12% | 85% |
| 利右 4 | 96 | 無 | 0% | 0% | 2% | 35% | 63% |
| 利左 1 | 95 | 0% | 3% | 3% | 1% | 78% | 16% |
| 利左 2 | 100 | 0% | 0% | 0% | 0% | 23% | 76% |
| 利左 3 | 88 | 0% | 0% | 0% | 0% | 70% | 28% |

註：無代表完全無沙土，0 則表示有沙土，但秤不出重量。



討論：

- ①在 17 個樣本中，剩餘沙土超過 95%有 5 個，分別是：中右 1-1、中右 2、中左 4、利右 1、利右 2。
- ②在 17 個樣本中，剩餘沙土超過 50%有 8 個採樣點；剩餘沙土和 0.05mm 的沙土合起來超過 50%有 13 個採樣點，所以 17 個採樣點的沙土粒徑小的沙土占大多數。

| 採樣點 | 中華大橋右岸 | | | | | 中華大橋左岸 | | | | |
|------------|--------|--------|------|------|------|--------|------|------|------|------|
| | 中右 1-1 | 中右 1-2 | 中右 2 | 中右 3 | 中右 4 | 中右 5 | 中左 1 | 中左 2 | 中左 3 | 中左 4 |
| 剩餘沙土超過 50% | V | V | V | | | | | | | V |

| 採樣點 | 利吉橋右岸 | | | 利吉橋左岸 | | |
|------------|-------|------|------|-------|------|------|
| | 利右 1 | 利右 2 | 利右 3 | 利左 1 | 利左 2 | 利左 3 |
| 剩餘沙土超過 50% | V | V | V | | V | |

- ③中左 2 的 2.5mm 的沙土重量占 25%，1.5mm 的沙土重量占 14%也是最多的，是 17 個樣本中最多的，但是剩餘沙土的沙土重量占 9%最少，是 17 個樣本中最少的，所以中左 2 的沙土的粒徑最大。

(二) 採樣點 17 個區域 100g 沙土的水量蒸發速度比較：

單位：克

| 地點 | 原始重 | 加水後重量 | 第一烤 | 第二烤 | 第三烤 | 地點 | 第一次烤蒸發重量 | 第二次烤蒸發重量 | 第三次烤蒸發重量 |
|-------|-----|-------|-----|-----|-----|-------|----------|----------|----------|
| 中右1-1 | 545 | 590 | 559 | 545 | | 中右1-1 | 31 | 14 | |
| 中右1-2 | 545 | 590 | 567 | 547 | 545 | 中右1-2 | 23 | 20 | 2 |
| 中右2 | 545 | 590 | 553 | 545 | | 中右2 | 37 | 8 | |
| 中右3 | 545 | 590 | 560 | 545 | | 中右3 | 30 | 15 | |
| 中右4 | 545 | 590 | 562 | 545 | | 中右4 | 28 | 17 | |
| 中右5 | 545 | 590 | 556 | 545 | | 中右5 | 34 | 11 | |
| 中左1 | 545 | 590 | 556 | 545 | | 中左1 | 34 | 11 | |
| 中左2 | 545 | 590 | 550 | 545 | | 中左2 | 40 | 5 | |
| 中左3 | 545 | 590 | 548 | 545 | | 中左3 | 42 | 3 | |
| 利右1 | 545 | 590 | 557 | 545 | | 利右1 | 33 | 12 | |
| 利右2 | 545 | 590 | 557 | 545 | | 利右2 | 33 | 12 | |
| 利右3 | 545 | 590 | 565 | 545 | | 利右3 | 25 | 20 | |
| 利右4 | 545 | 590 | 557 | 545 | | 利右4 | 33 | 12 | |
| 利左1 | 545 | 590 | 550 | 545 | | 利左1 | 40 | 5 | |
| 利左2 | 545 | 590 | 553 | 545 | | 利左2 | 37 | 8 | |
| 利左3 | 545 | 590 | 561 | 545 | | 利左3 | 29 | 16 | |

討論：

- ①第一次烤時，水分蒸發的速度以中左 3 為最快，中右 1-2 則是最慢。
- ②第二次烤時，水分蒸發以中右 1-2 和利右 3 為最多。
- ③14 個取樣點的水分蒸發速度都在第一烤（5 分鐘）時水分蒸發量都超過 50%，有 13 個取樣點在 10 分鐘的時間裡就全部蒸發完，所以每個取樣點的沙土水分的蒸發速度都很快。

(三)風的搬運作用對沙土的影響--全封閉式實驗箱

1. 風切角度 20 度

(1)實驗前與實驗後沙盆沙土的變化

| 實驗前 | 實驗後 |
|---|--|
|  |  |
| <p>沙土範圍 15cm*15cm*1cm(利佐 2 的樣本)。</p> | <p>沙土粒徑較大的無法飛越沙盆區，只有在沙盆內滾動。</p> |

(2)實驗後各區域沙盆的重量

| 篩網大小 | 原始重 | 2.5mm | 1.5mm | 1mm | 0.5mm | 0.05mm | 剩餘 |
|------|-----|-------|-------|-----|-------|--------|-----|
| 中右 2 | 340 | 0% | 0% | 1% | 無 | 2% | 94% |
| 中右 3 | 355 | 0% | 0% | 12% | 4% | 69% | 12% |
| 中右 4 | 387 | 1% | 5% | 22% | 8% | 54% | 9% |
| 中右 5 | 399 | 6% | 5% | 18% | 18% | 44% | 6% |
| 中左 1 | 374 | 9% | 2% | 1% | 2% | 5% | 79% |
| 中左 2 | 298 | 8% | 3% | 7% | 9% | 32% | 39% |
| 中左 3 | 398 | 28% | 16% | 4% | 15% | 13% | 21% |
| 利右 3 | 266 | 11% | 1% | 0% | 0% | 17% | 70% |
| 利右 4 | 257 | 0% | 0% | 2% | 1% | 39% | 58% |
| 利左 1 | 341 | 2% | 2% | 4% | 4% | 22% | 67% |
| 利左 2 | 277 | 0% | 0% | 0% | 0% | 5% | 94% |
| 利左 3 | 310 | 0% | 0% | 1% | 1% | 9% | 89% |

(3) 實驗後各區域第一區沙土的重量

| 篩網大小 | 原始重 | 2.5mm | 1.5mm | 1mm | 0.5mm | 0.05mm | 剩餘 |
|------|------|-------|-------|-----|-------|--------|------|
| 中右 2 | 12 | 無 | 無 | 無 | 無 | 8% | 92% |
| 中右 3 | 3 | 無 | 無 | 無 | 0% | 0% | 100% |
| 中右 4 | 0.31 | 無 | 無 | 無 | 無 | 45% | 52% |
| 中右 5 | 0.16 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 100% |
| 中左 1 | 13 | 無 | 無 | 無 | 無 | 0% | 100% |
| 中左 2 | 3 | 無 | 無 | 無 | 無 | 33% | 67% |
| 中左 3 | 0.69 | 無 | 無 | 無 | 無 | 0% | 100% |
| 利右 3 | 36 | 無 | 無 | 0% | 0% | 1% | 100% |
| 利右 4 | 34 | 無 | 無 | 0% | 0% | 3% | 95% |
| 利左 1 | 15 | 無 | 無 | 無 | 7% | 7% | 87% |
| 利左 2 | 48 | 無 | 無 | 無 | 0% | 1% | 100% |
| 利左 3 | 30 | 無 | 無 | 0% | 0% | 3% | 98% |

註：無代表完全無沙土，0 則表示有沙土，但秤不出重量。

(4) 實驗後各區域第二區沙土重量

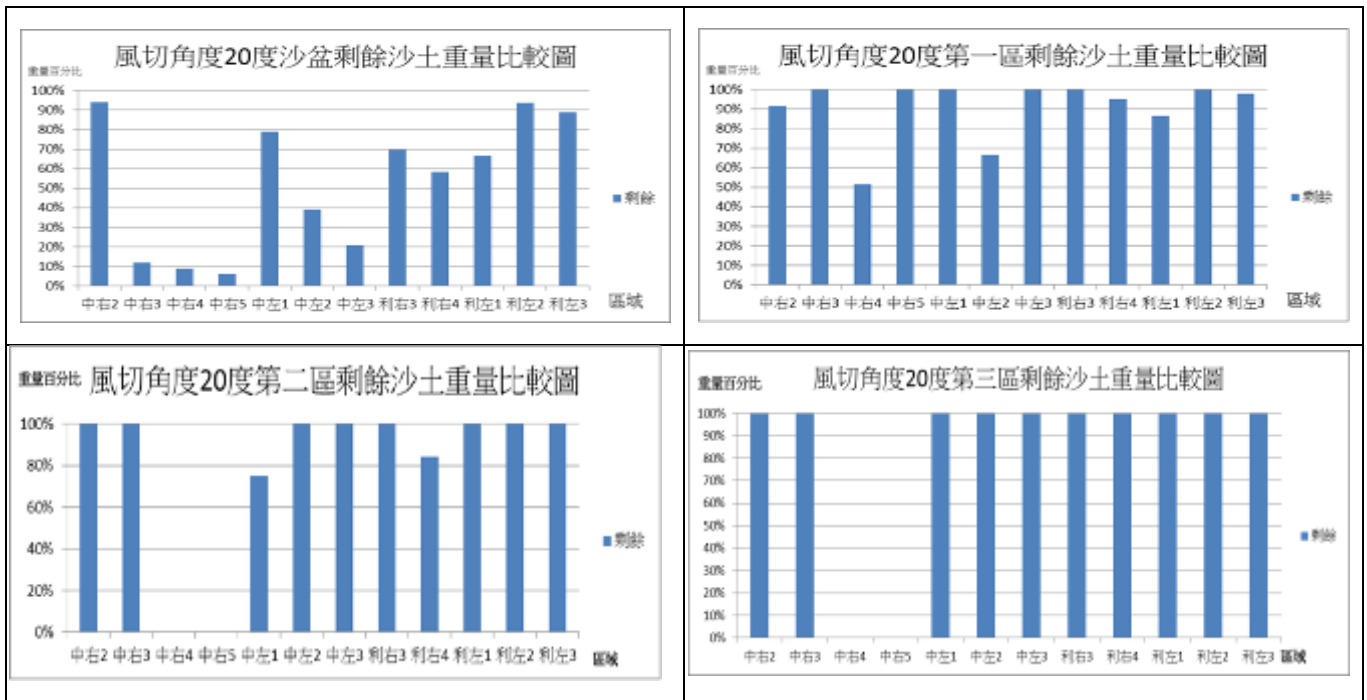
| 篩網大小 | 原始重 | 2.5mm | 1.5mm | 1mm | 0.5mm | 0.05mm | 剩餘 |
|------|------|-------|-------|-----|-------|--------|------|
| 中右 2 | 9 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 100% |
| 中右 3 | 0 | 無 | 無 | 無 | 無 | 0% | 100% |
| 中右 4 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 |
| 中右 5 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 |
| 中左 1 | 1 | 無 | 無 | 無 | 無 | 20% | 75% |
| 中左 2 | 0 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 100% |
| 中左 3 | 0.04 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 100% |
| 利右 3 | 3 | 無 | 無 | 無 | 無 | 0% | 100% |
| 利右 4 | 3 | 無 | 無 | 無 | 0% | 0% | 84% |
| 利左 1 | 1 | 無 | 無 | 無 | 0% | 0% | 100% |
| 利左 2 | 2 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 100% |
| 利左 3 | 3 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 100% |

註：無代表完全無沙土，0 則表示有沙土，但秤不出重量。

(5) 實驗後各區域第三區沙土的重量



| 篩網大小 | 原始重 | 2.5mm | 1.5mm | 1mm | 0.5mm | 0.05mm | 剩餘 |
|------|------|-------|-------|-----|-------|--------|------|
| 中右 2 | 1 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 100% |
| 中右 3 | 0.06 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 100% |
| 中右 4 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 |
| 中右 5 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 |
| 中左 1 | 0.14 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 100% |
| 中左 2 | 0.05 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 100% |
| 中左 3 | 0.13 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 100% |
| 利右 3 | 0.07 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 100% |
| 利右 4 | 0.14 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 100% |
| 利左 1 | 0.06 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 100% |
| 利左 2 | 0.21 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 100% |
| 利左 3 | 0.06 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 100% |

註：無代表完全無沙土，0 則表示有沙土，但秤不出重量。



2. 風切角度 40 度

(1) 實驗前和實驗後沙盆的變化

| 實驗前 | 實驗後 |
|--|---|
|  |  |
| 沙土範圍 15cm*15cm*1cm(中右1 的樣本)。 | 沙土粒徑較大的無法飛越沙盆區，只有在沙盆內滾動。 |

(2) 實驗後各區域沙盆的重量

| 篩網大小 | 原始重 | 2.5mm | 1.5mm | 1mm | 0.5mm | 0.05mm | 剩餘 |
|------|-----|-------|-------|-----|-------|--------|-----|
| 中右 2 | 330 | 0% | 2% | 3% | 1% | 2% | 91% |
| 中右 3 | 361 | 1% | 1% | 16% | 0% | 81% | 2% |
| 中右 4 | 383 | 2% | 12% | 26% | 10% | 44% | 5% |
| 中右 5 | 398 | 8% | 12% | 21% | 9% | 34% | 16% |
| 中左 1 | 349 | 16% | 3% | 3% | 0% | 4% | 73% |
| 中左 2 | 384 | 18% | 11% | 21% | 5% | 23% | 21% |
| 中左 3 | 373 | 8% | 5% | 13% | 5% | 24% | 43% |
| 利右 3 | 253 | 18% | 0% | 1% | 0% | 13% | 68% |
| 利右 4 | 202 | 0% | 0% | 2% | 1% | 44% | 52% |
| 利左 1 | 276 | 5% | 2% | 6% | 1% | 31% | 54% |
| 利左 2 | 208 | 無 | 0% | 0% | 0% | 2% | 97% |
| 利左 3 | 218 | 5% | 1% | 1% | 1% | 10% | 82% |

(3) 實驗後各區域第一區沙土的重量

| 篩網大小 | 原始重 | 2.5mm | 1.5mm | 1mm | 0.5mm | 0.05mm | 剩餘 |
|------|------|-------|-------|-----|-------|--------|------|
| 中右 2 | 34 | 無 | 無 | 無 | 0% | 3% | 94% |
| 中右 3 | 2 | 無 | 無 | 無 | 無 | 50% | 50% |
| 中右 4 | 0.86 | 無 | 無 | 無 | 0% | 72% | 23% |
| 中右 5 | 0.2 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 100% |
| 中左 1 | 15 | 無 | 無 | 無 | 無 | 0% | 100% |
| 中左 2 | 4 | 無 | 無 | 0% | 0% | 5% | 75% |
| 中左 3 | 4 | 無 | 無 | 0% | 0% | 5% | 100% |
| 利右 3 | 57 | 無 | 無 | 0% | 0% | 5% | 25% |
| 利右 4 | 91 | 無 | 無 | 0% | 0% | 12% | 84% |
| 利左 1 | 43 | 無 | 無 | 0% | 0% | 0% | 95% |
| 利左 2 | 83 | 無 | 無 | 無 | 無 | 0% | 99% |
| 利左 3 | 85 | 無 | 無 | 無 | 0% | 1% | 98% |

註：無代表完全無沙土，0 則表示有沙土，但秤不出重量。

(4) 實驗後各區域第二區沙土的重量

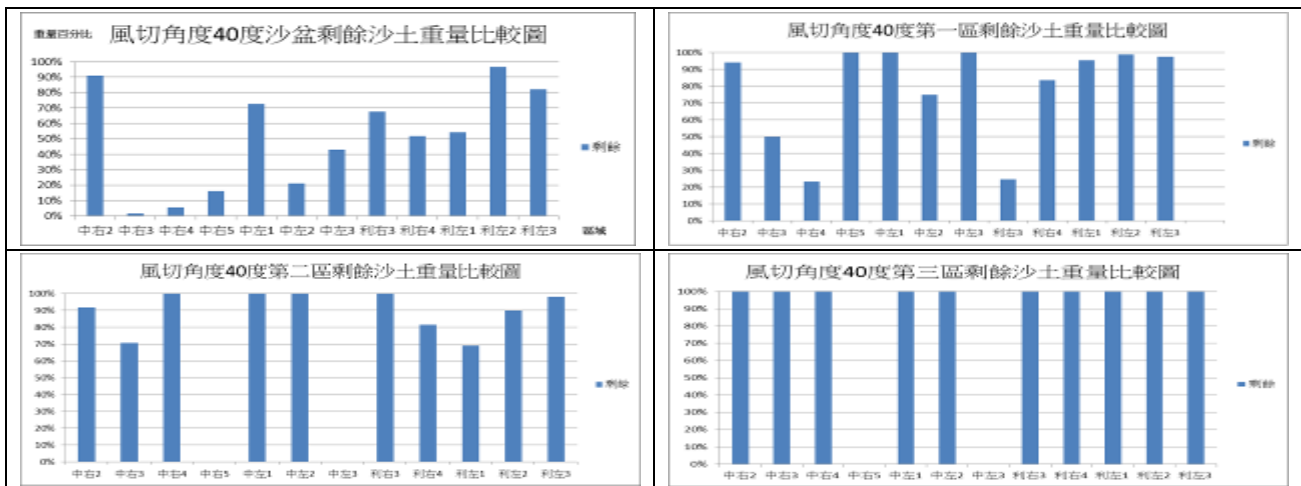
| 篩網大小 | 原始重 | 2.5mm | 1.5mm | 1mm | 0.5mm | 0.05mm | 剩餘 |
|------|------|-------|-------|-----|-------|--------|------|
| 中右 2 | 12 | 無 | 無 | 無 | 無 | 8% | 92% |
| 中右 3 | 0.51 | 無 | 無 | 無 | 8% | 22% | 71% |
| 中右 4 | 0.11 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 100% |
| 中右 5 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 |
| 中左 1 | 2 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 100% |
| 中左 2 | 0.07 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 100% |
| 中左 3 | 0 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 0% |
| 利右 3 | 2 | 無 | 無 | 無 | 0% | 0% | 100% |
| 利右 4 | 9 | 無 | 無 | 0% | 0% | 3% | 82% |
| 利左 1 | 5 | 無 | 無 | 無 | 1% | 5% | 69% |
| 利左 2 | 6 | 無 | 無 | 無 | 無 | 1% | 90% |
| 利左 3 | 5 | 無 | 無 | 無 | 0% | 2% | 98% |

註：無代表完全無沙土，0 則表示有沙土，但秤不出重量。

(5) 實驗後區域第三區沙土重量

| 篩網大小 | 原始重 | 2.5mm | 1.5mm | 1mm | 0.5mm | 0.05mm | 剩餘 |
|------|------|-------|-------|-----|-------|--------|------|
| 中右 2 | 4 | 無 | 無 | 無 | 無 | 2% | 100% |
| 中右 3 | 0.12 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 100% |
| 中右 4 | 0.1 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 100% |
| 中右 5 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 |
| 中左 1 | 0.19 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 100% |
| 中左 2 | 0.23 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 100% |
| 中左 3 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 0% |
| 利右 3 | 0.07 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 100% |
| 利右 4 | 0.25 | 無 | 無 | 無 | 無 | 0% | 100% |
| 利左 1 | 0.21 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 100% |
| 利左 2 | 1 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 100% |
| 利左 3 | 0.13 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 100% |

註：無代表完全無沙土，0 則表示有沙土，但秤不出重量。



討論：

①從風切角度 20 度的實驗中發現

- A. 在 17 個樣本中，剩餘沙土超過 95% 有 5 個，分別是：中右 1-1、中右 2、中左 4、利右 1、利右 2。
- B. 中左 2 的 2.5mm 的沙土重量占 25%，1.5mm 的沙土重量占 14% 也是最多的，是 17 個樣本中最多的，但是剩餘沙土的沙土重量占 9% 最少，是 17 個樣本中最少的，所以中左 2 的沙土的粒徑最大。

②從風切角度 40 度的實驗中發現



- A. 從風切角度 40 度第一區可以看見中右 3、中左 1 和中左 3 的剩餘沙土都是 100%，表示這 3 區沙土的粒徑較小。
- B. 風切角度 40 度第二區的中右 5 和中左 3 的沙土剩餘都是無，表示這 2 區沙土的粒徑較大。
- C. 風切角度 40 度第三區沙土中 12 個樣本中有 10 個樣本是 100% 的剩餘沙土，只有兩個樣本完全無沙土。

③從風切角度 20 度和風切角度 40 度的實驗中發現

- A. 風切角度 40 度的第一區、第二區、第三區的揚起沙土數量比 20 度的第一區、第二區、第三區揚起沙土數量還要多。
- B. 風切角度 20 度和風切角度 40 度的第三區沙土過篩後發現，有 10 個區域的沙土 100% 都是剩餘沙土(最細小的沙土)。

(三) 風的搬運作用對沙土的影響——半封閉式實驗箱

我們從第(二)個實驗中發現，利左 2 和利左 3 的樣本在封閉式實驗箱中第一區過篩後的剩餘沙土量最多，因此我們利用利左 2 和利左 3 進行半封閉式實驗箱設計，在模擬風除了 40 度的下切風外，還加上平行風，觀察在兩種風的作用下，風對兩種沙土的搬運作用。

| 實驗前 | 實驗後 |
|---|---|
|  |  |
| 沙土範圍 15cm*15cm*1cm。 | 實驗結束沙盆裡還有下 51g 的沙土。 |

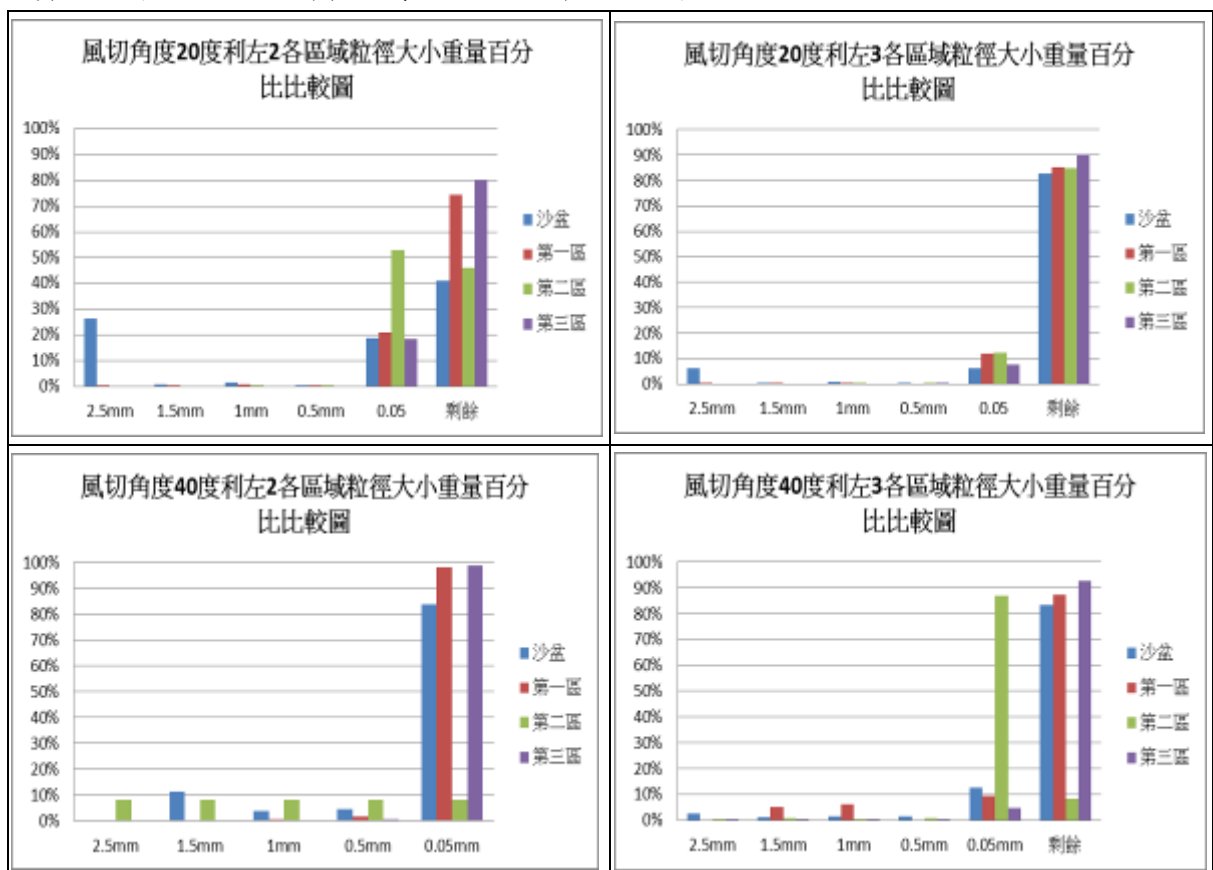
1. 風切角度 20 度實驗後各區域重量百分比

| 實驗箱區域 | 樣本 | 原始重 (g) | 2.5mm | 1.5mm | 1mm | 0.5mm | 0.05mm | 剩餘 |
|-------|------|---------|-------|-------|-----|-------|--------|-----|
| 沙盆 | 利左 2 | 51 | 26% | 1% | 1% | 0% | 19% | 41% |
| | 利左 3 | 34 | 6% | 0% | 1% | 0% | 6% | 83% |
| 第一區 | 利左 2 | 32 | 0% | 0% | 1% | 0% | 21% | 75% |
| | 利左 3 | 48 | 0% | 0% | 0% | 0% | 12% | 85% |
| 第二區 | 利左 2 | 150 | 無 | 0% | 0% | 0% | 53% | 46% |
| | 利左 3 | 92 | 無 | 0% | 0% | 0% | 12% | 85% |
| 第三區 | 利左 2 | 95 | 無 | 無 | 0% | 0% | 18% | 80% |
| | 利左 3 | 162 | 無 | 無 | 0% | 0% | 8% | 90% |

2. 風切角度 40 度實驗後各區域重量百分比

| 實驗箱區域 | 樣本 | 原始重 (g) | 2.5mm | 1.5mm | 1mm | 0.5mm | 0.05mm | 剩餘 |
|-------|------|---------|-------|-------|-----|-------|--------|-----|
| 沙盆 | 利左 2 | 1.31 | 無 | 無 | 11% | 4% | 5% | 84% |
| | 利左 3 | 26 | 3% | 1% | 2% | 2% | 13% | 83% |
| 第一區 | 利左 2 | 21.67 | 無 | 0% | 無 | 1% | 2% | 98% |
| | 利左 3 | 4 | 無 | 5% | 6% | 無 | 10% | 87% |
| 第二區 | 利左 2 | 171.63 | 無 | 8% | 8% | 8% | 8% | 8% |
| | 利左 3 | 79 | 0% | 1% | 0% | 1% | 87% | 8% |
| 第三區 | 利左 2 | 96.5 | 無 | 0% | 0% | 0% | 1% | 99% |
| | 利左 3 | 142 | 0% | 0% | 0% | 0% | 5% | 93% |

註：無代表完全無沙土，0 則表示有沙土，但秤不出重量。



3. 飛越到三個區域外的沙土量 單位：克

| 沙土量 樣本 | 20 度的沙土量 | 40 度的沙土量 |
|-----------|----------|----------|
| 利左 2 | 72 | 108.89 |
| 利左 3 | 98 | 149 |

討論：

①從風切角度 20 度的實驗中發現：

利左 3 三個區域的沙土剩餘量百分比都比利左 2 的剩餘沙土量百分比多；三個區域的沙土粒徑大小會因為距離風口越遠，粒徑越大的重量百分比越少，反之則越多。

②從風切角度 40 度的實驗中發現：

利左 3 三個區域的沙土剩餘量百分比雖然都比利左 2 的剩餘沙土量百分比多少，但是在風切角度 40 度的風力下，飛越到第三個區域外的沙土量利左 3 為 149 克比利左 2 的 108.89 克還多，所以利左 400 克的實驗樣本中粒徑較小的沙土較多。

4. 使用不同粒徑大小的沙土進行實驗

實驗後各區域沙土重量百分比

| 粒徑大小 | 2.5mm | 1.5mm | 1mm | 0.5mm | 0.05mm | 剩餘 |
|-----------|-------|-------|-----|-------|--------|-----|
| 沙盆 | 100% | 100% | 80% | 48% | 6% | 22% |
| 第一區 | 無 | 0% | 15% | 24% | 26% | 6% |
| 第二區 | 無 | 0% | 2% | 17% | 45% | 25% |
| 第三區 | 無 | 無 | 0% | 2% | 無 | 23% |
| 總和 | 100% | 100% | 96% | 91% | 77% | 76% |
| 懸浮三個區域的沙子 | 0% | 0% | 4% | 9% | 23% | 24% |

註：無代表完全無沙土，0 則表示有沙土，但秤不出重量。

討論：

- ①粒徑越大的沙石越不容易被風吹動，粒徑越小的則越容易被吹起，所以 2.5mm 的沙子不容易被吹起，粒徑 0.5mm、0.05mm 和剩餘的沙土則懸浮三個區域，粒徑越小走得越多。
- ②電風扇風速 5.3 (s/m) 和吹風機風速 3.3 (s/m) 可以搬運粒徑小於 1mm 的沙土，粒徑 1.5mm 的沙土只有少部分的沙土以滾動或跳躍的方式被風搬運到第一區和第二區。
- ③粒徑小於 1mm 的沙土在電風扇風速 5.3 (s/m) 和吹風機風速 3.3 (s/m) 的搬運下可以以懸浮的運動方式越過三個區域 (80.7cm) 以上的距離。
- ④電風扇風速 5.3 (s/m) 和吹風機風速 3.3 (s/m) 無法搬運 2.5mm 和 1.5mm 的沙土。

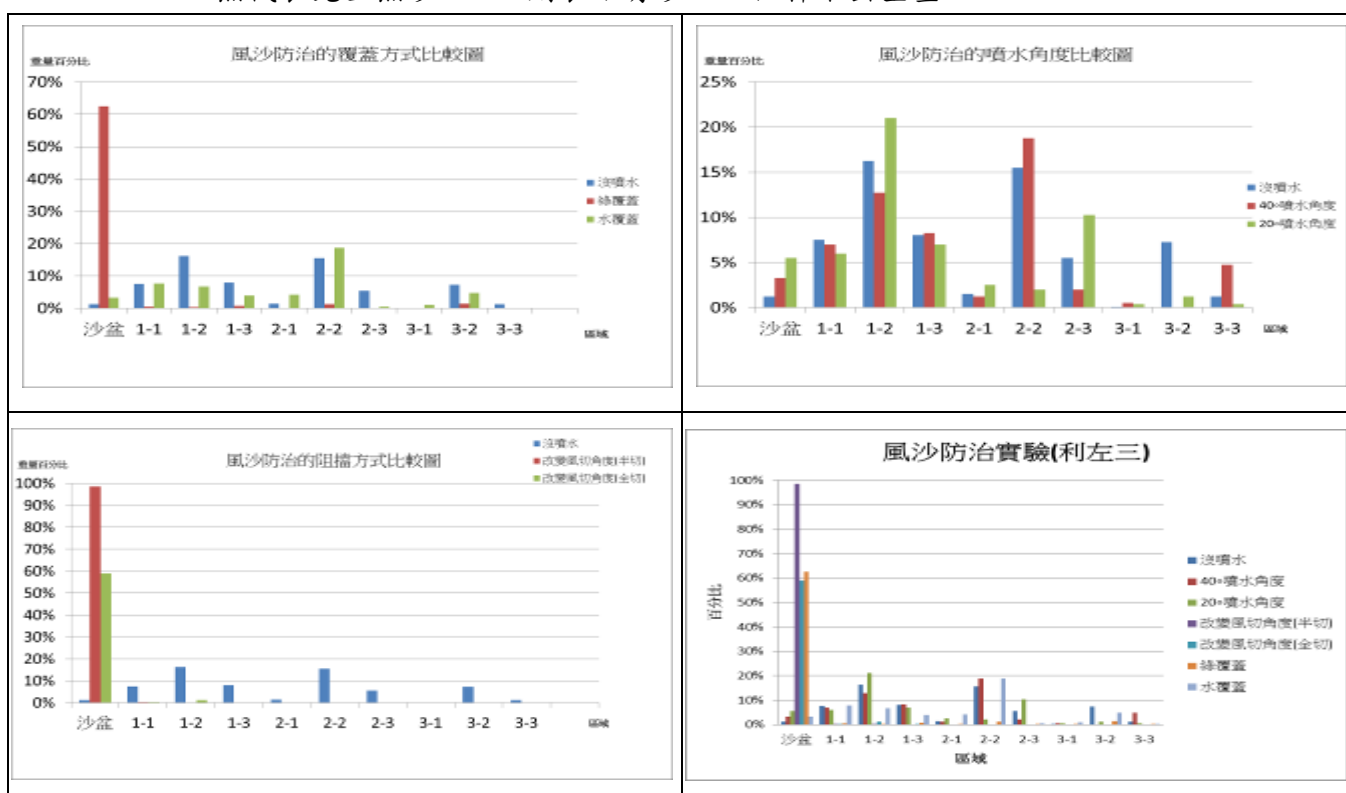
(四)風沙防治實驗

從風的搬運作用實驗裡，在風切角度 40 度的研究中發現利左 3 在第一區過篩後，剩餘沙土是所有實驗樣本中最多，所以我們決定使用利左 3 的沙土來做風沙防治實驗。

1. 利左 3 之風沙防治實驗

| 區域 | 沒噴水 | 40° 噴水 角度 | 20° 噴水 角度 | 改變風角 度(半切) | 改變風角 度(全切) | 綠覆蓋 | 水覆蓋 |
|-----|-----|--------------|--------------|---------------|---------------|-----|-----|
| 沙盆 | 1% | 3% | 6% | 99% | 59% | 63% | 3% |
| 1-1 | 8% | 7% | 6% | 0% | 0% | 0% | 8% |
| 1-2 | 16% | 13% | 21% | 0% | 1% | 0% | 7% |
| 1-3 | 8% | 8% | 7% | 無 | 0% | 1% | 4% |
| 2-1 | 2% | 1% | 3% | 無 | 無 | 0% | 4% |
| 2-2 | 16% | 19% | 2% | 無 | 無 | 1% | 19% |
| 2-3 | 6% | 2% | 10% | 無 | 無 | 0% | 1% |
| 3-1 | 0% | 1% | 0% | 無 | 無 | 0% | 1% |
| 3-2 | 7% | 0% | 1% | 無 | 無 | 2% | 5% |
| 3-3 | 1% | 5% | 0% | 無 | 無 | 0% | 0% |

註：無代表完全無沙土，0 則表示有沙土，但秤不出重量。



討論：

- ①在綠覆蓋與水覆蓋的比較中發現綠覆蓋的綠覆蓋的沙盆剩餘沙土百分比比水覆蓋的沙盆剩餘沙土百分比還要多，所以綠覆蓋防止風沙揚起的效果比較好。
- ②在改變噴水角度的實驗中 20 度沙盆剩餘沙土百分比和 40 度的沙盆剩餘沙土百分比的效果比較起來差異不大。
- ③在改變風切角度實驗結果的比較中發現，半切的沙盆剩餘沙土百分比比全切的沙盆剩餘沙土百分比效果最好，但是兩種方法的沙盆剩餘沙土都超過 50%。
- ④6 種防治方法比較起來以沙盆剩餘沙土來說，改變風切角度全切的效果最好。
- ⑤在九個實驗區域裡，揚起的沙土主要集中在中間部分(1-2、2-2、3-2)。
- ⑥六種防治方法以改變風切角度全切和半切中間部分幾乎沒有沙土，以噴水角度 40 度中間部分沙土最多。
- ⑦距離沙盆越遠的區域揚起的沙土越少(3-1、3-2、3-3)，改變風切角度全切和半切在 2~3 部分是完全沒有。

2. 改變切口面積之風沙防治實驗

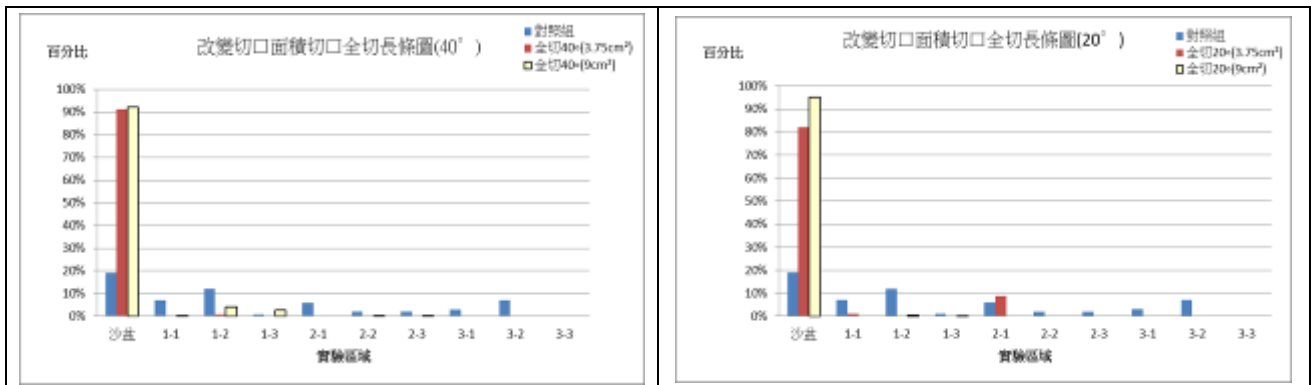
根據風沙防治實驗 1 發現，改變風切角度的防治方法效果是六種中最好的，所以決定用剩餘沙土（粒徑最小，在風的搬運下可以飛散的最遠）做改變切口大小的實驗。

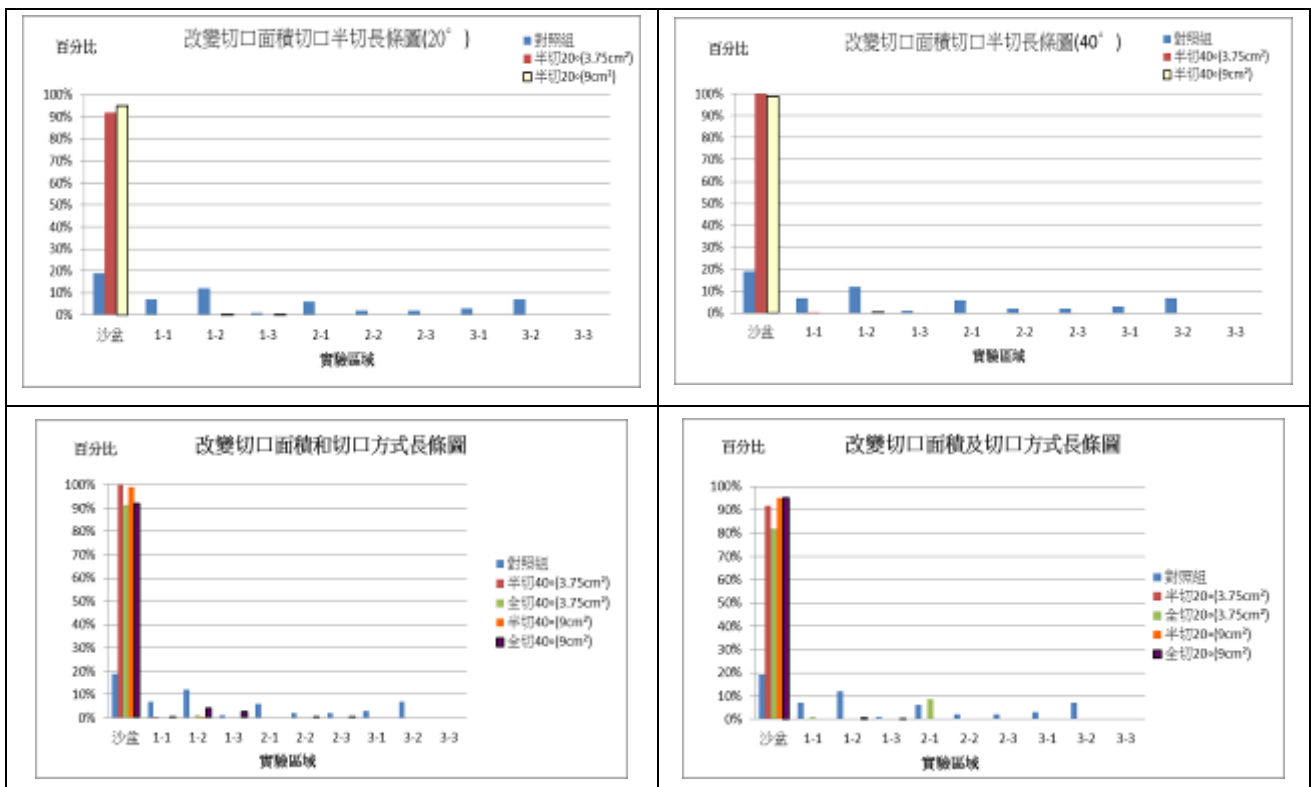
單位：克

| 切口面積 | | 切口大小：2.5cm*1.5cm(3.75cm ²) | | | | 切口大小：6cm*1.5cm(9cm ²) | | | |
|------|-----|--|--------|--------|--------|-----------------------------------|--------|--------|--------|
| 區域 | 對照組 | 半切 40° | 半切 20° | 全切 40° | 全切 20° | 半切 40° | 半切 20° | 全切 40° | 全切 20° |
| 沙盆 | 75 | 400 | 367 | 365 | 328 | 396 | 380 | 368 | 381 |
| 1-1 | 27 | 0.6 | 無 | 0.78 | 2.51 | 無 | 0.14 | 0.45 | 無 |
| 1-2 | 48 | 0 | 0 | 4 | 1.5 | 0.89 | 1.65 | 15 | 2.39 |
| 1-3 | 39 | 0 | 無 | 0.72 | 0.37 | 無 | 0.39 | 10 | 0.84 |
| 2-1 | 25 | 0 | 無 | 0.09 | 0.35 | 無 | 無 | 0.04 | 無 |
| 2-2 | 78 | 0 | 無 | 0.36 | 0.84 | 無 | 0.32 | 0.65 | 0.21 |
| 2-3 | 8 | 0 | 無 | 0.1 | 0.23 | 無 | 0.21 | 1.01 | 0.31 |
| 3-1 | 12 | 0 | 無 | 0.07 | 0.09 | 無 | 0.18 | 0.08 | 無 |
| 3-2 | 29 | 0 | 無 | 0.08 | 0.19 | 無 | 0.14 | 0.13 | 無 |
| 3-3 | 1 | 0 | 無 | 0 | 0.12 | 無 | 0 | 0.95 | 無 |

| 切口面積 | | 切口大小：2.5cm*1.5cm(3.75cm ²) | | | | 切口大小：6cm*1.5cm(9cm ²) | | | |
|------|-----|--|--------|--------|--------|-----------------------------------|--------|--------|--------|
| 區域 | 對照組 | 半切 40° | 半切 20° | 全切 40° | 全切 20° | 半切 40° | 半切 20° | 全切 40° | 全切 20° |
| 沙盆 | 19% | 100% | 92% | 91% | 82% | 99% | 95% | 92% | 95% |
| 1-1 | 7% | 0% | 無 | 0% | 1% | 無 | 0% | 0% | 無 |
| 1-2 | 12% | 0% | 無 | 1% | 0% | 0% | 0% | 4% | 1% |
| 1-3 | 1% | 0% | 無 | 0% | 0% | 無 | 0% | 3% | 0% |
| 2-1 | 6% | 0% | 無 | 0% | 9% | 無 | 無 | 0% | 無 |
| 2-2 | 2% | 0% | 無 | 0% | 0% | 無 | 0% | 0% | 0% |
| 2-3 | 2% | 0% | 無 | 0% | 0% | 無 | 0% | 0% | 0% |
| 3-1 | 3% | 0% | 無 | 0% | 0% | 無 | 0% | 0% | 無 |
| 3-2 | 7% | 0% | 無 | 0% | 0% | 無 | 0% | 0% | 無 |
| 3-3 | 0% | 0% | 無 | 0% | 0% | 無 | 0% | 0% | 無 |

註：無代表完全無沙土，0 則表示有沙土，但秤不出重量。





討論：

- ①在改變切口面積的比較中發現半切 40 度切口面積小的沙盆剩餘沙土百分比比全切 40 度切口面積大的剩餘沙土百分比還要多，所以半切 40 度切口面積小防治沙土揚起的效果較好。
- ②切口面積較小，沙盆剩餘沙土平均值 91%；切口面積較大，沙盆剩餘沙土平均值 95%。
- ③切口面積(3.75 cm²)導流板擺放角度 40 度的全切和半切剩餘沙土比 20 度的全切和半切還多。
- ④切口大小(9 cm²)導流板擺放角度 20 度的全切剩餘沙土比 40 度的全切還多，導流板擺放角度 40 度的半切剩餘沙土比 20 度的全切和半切還多。
- ⑤切口面積大小之沙盆剩餘沙土的防治效果比較。

| 導流板角度 切口方式 切口大小 | 40 度 | | 20 度 | |
|-----------------------|------|----|------|----|
| | 半切 | 全切 | 半切 | 全切 |
| 2.5cm*1.5cm | V | | | |
| 6cm*1.5cm | | V | V | V |




註：V 表示防治效果最好的。




⑥ 切

口方式之沙盆剩餘沙土防治效果比較。



| 切口方式 切口大小 | 2.5cm*1.5cm | 6cm*1.5cm |
|--------------|-------------|-----------|
| | 半切 40 度 | 1 |
| 半切 20 度 | 2 | 2 |
| 全切 40 度 | 3 | 4 |
| 全切 20 度 | 4 | 2 |

註：1、2、3、4 表示防治效果的程度，數字越小，效果越好，反之，則越差。

| 對照組 | 實驗開始 | 實驗結束 |
|---|---|---|
|  |  |  |
| 沙盆前完全沒有防治措施 | 經過 5 分鐘，9 個區域都有沙土。 | |

| 導流板 20 度的實驗 | 實驗開始 | 實驗結束 |
|---|---|---|
|  |  |  |
| 切口大小：2.5cm*1.5cm | 經過 5 分鐘，9 個區域只有區域 1-2 有微量沙土，其他區域都沒有沙土。 | |

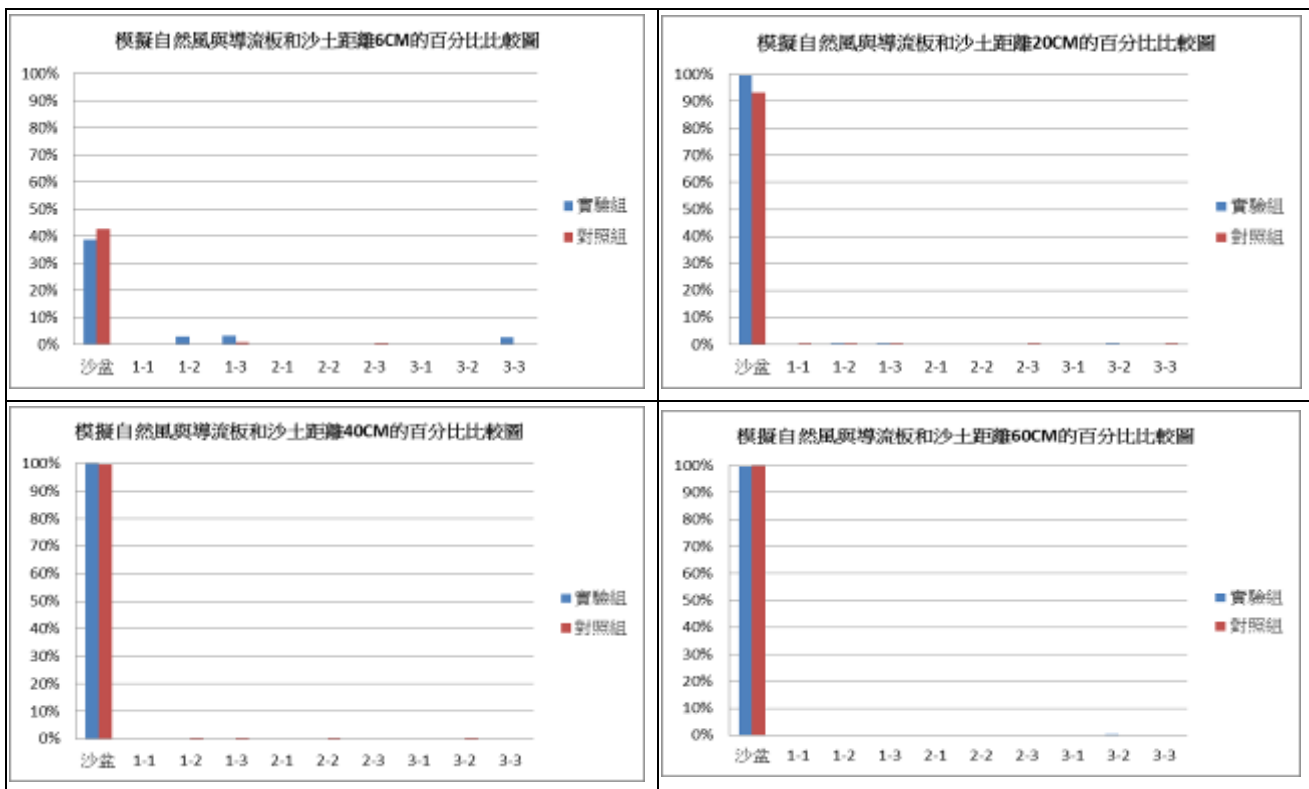
3. 導流板和沙土距離之風沙防治實驗

| 對照組 | 實驗組 |
|---|--|
|  |  |
| 右圖為未加上導流板時沙土被風搬運沙盆前端因為受風力較大，所以沙土慢慢被風吹走。 | 這兩張圖為加上導流板後，沙盆前端沙土也和沒有加上導流板的沙土一樣，慢慢被風搬運走。但是加上導流板後，沙土較容易被保留在實驗紙內。 |

實驗後沙土重量百分比

| 距離 區域 | 實驗組 | | | | 對照組 | | | |
|----------|-----|------|------|------|-----|------|------|------|
| | 6cm | 20cm | 40cm | 60cm | 6cm | 20cm | 40cm | 60cm |
| 沙盆 | 39% | 100% | 100% | 100% | 43% | 93% | 100% | 100% |
| 1-1 | 0% | 0% | 無 | 無 | 0% | 0% | 無 | 0% |
| 1-2 | 3% | 0% | 無 | 無 | 0% | 0% | 0% | 0% |
| 1-3 | 3% | 0% | 無 | 無 | 1% | 0% | 0% | 0% |
| 2-1 | 0% | 無 | 無 | 無 | 無 | 0% | 無 | 0% |
| 2-2 | 0% | 0% | 無 | 無 | 0% | 0% | 0% | 0% |
| 2-3 | 0% | 無 | 無 | 無 | 1% | 0% | 0% | 0% |
| 3-1 | 無 | 無 | 無 | 無 | 0% | 0% | 無 | 0% |
| 3-2 | 0% | 0% | 無 | 無 | 0% | 0% | 0% | 0% |
| 3-3 | 2% | 無 | 無 | 無 | 0% | 0% | 無 | 0% |

註：無代表完全無沙土，0 則表示有沙土，但秤不出重量。



討論：

- ①實驗組 6cm 的沙盆剩餘沙土量比對照組 6cm 的剩餘沙土量還要少，其餘 20cm、40cm、60cm 都是實驗組的沙盆剩餘數量比較多。
- ②實驗組與對照組除了 6cm 的沙盆剩餘沙土量沒有超過 50%，其他都有超過 50%，並且接近 100%。
- ③根據實驗結果顯示：
 - A. 距離電風扇越遠的沙土，因為風力較弱，所以被吹起的沙土數量較少，在對照組 40cm、60cm 的實驗中有些許沙土被吹起來，實驗組則是完全沒有。
 - B. 雖然實驗組 6cm 沙盆剩餘的數量比對照組 6cm 剩餘的數量還要少，但是實驗組留在實驗區域裡的沙土比對照組的還多。實驗組的導流板能夠改變風的流向，因此能留下比對照組多的沙土。

柒、結論

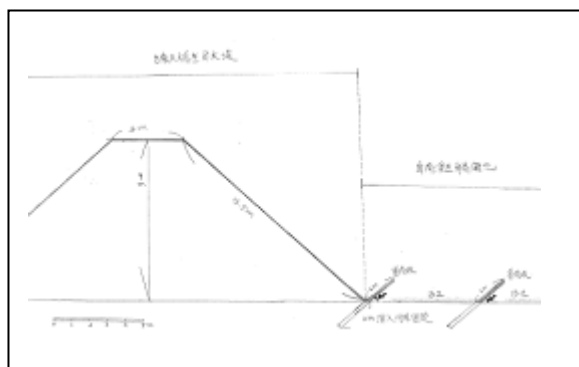
- (一) 根據我們實地的觀察顯示，卑南溪的風沙有來自於中華大橋左岸，但是相關單位在防治風沙的部分，因為左岸靠近空軍基地航道，無法設置較高的噴水設備（水幕法），所以會將大部分的防治措施在中華大橋右岸實施，所以當風沙揚起時，市區還是有風沙。
- (二) 沙土含水量、風速、沙土的組成是主要引起揚塵的條件，根據我們實地的採樣顯示，每個區域都有具備引起風沙的沙土條件。
- (三) 四個觀察點的沙土的水分的蒸發速度都非常快，根據沙土過篩及含水蒸發量實驗發現，卑南溪四個觀察點的沙土組成和沙土的水分的蒸發速度沒有很大的關係。
- (四) 我們發現風切角度會影響沙土飛行的遠近，風切角度越大，沙土會被吹得越遠，反之則越近。
- (五) 風切角度的大小對沙土的搬運作用的影響與沙土粒徑大小有關。風切角度越大，粒徑越小的沙土越容易被風搬運，也就是說，風速越大沙土懸浮的越遠，風速越小沙土懸浮的越近；沙土粒徑較大的沙土在風的搬運下的運動方式大都是滾動或跳躍。

- (六) 在下切風和平行風的搬運下可以知道，兩種風速對沙土搬運量的多寡與沙土粒徑大小有關，而且粒徑越大的沙土越不能被搬動，粒徑越小的沙土被搬運的越遠。
- (七) 在我們的實驗設計中發現，水幕法的風沙防治效果不比綠覆蓋差，但水幕法的防治方式必須在「風速」尚未引起揚塵前提前噴水，增加粒徑較小沙土的含水量，才能達到有效的防治。
- (八) 在六種有效的防治方法的實驗設計中發現，改變風切角度最能達到防治風沙的效果，但是風沙防治的效果會受到導流板切口面積大小、導流板葉面角度及導流板擺放角度的影響。
- (九) 導流板與沙土擺放的距離會影響風對沙土的搬運作用，在有效的風沙防治上，只要調整導流板與沙土擺放的距離，就能有效減少揚塵，達到防治的效果
- (十) 建議：

在不破壞生態環境，並保留原有的卑南溪河口現狀的前提下，我們建議在卑南溪左岸堤岸邊可以設置導流板，將北風或東北風經過卑南溪左岸堤防後，讓風向改變角度，使沙土可以被保留在高灘地（設計圖如下），再搭配右岸的噴水設備（水幕法）增加空氣中的含水量，讓粉塵增加重量掉落，減少揚塵飛往市區。

我們的設計：

- (1) 如果我們將實驗室的導流板等比例放大 10 倍後（寬 360 cm），每塊導流板可以維護 216000 平方公分（360 cm×600 cm）的沙土，1 甲範圍的沙土需約 463 塊導流板。
- (2) 導流版設置在高灘地沙地，可避免影響航道，另外將等長的導流板深入地下固定，所以導流板總長 400 cm。



捌、參考資料

- (一) 周元春(2009)。卑南溪河口段風吹沙治理策略研究。國立台東大學環境經濟資訊管理系碩士論文。
- (二) 台東市區風沙防治方針研擬(2009)。經濟部水利署第八河川局。
- (三) 卑南溪河口段風沙問題改善對策初步探討(2008)。經濟部水利署第八河川局。
- (四) 高雄市莊敬國小(2010)。高屏溪沙很大。中華民國第 50 屆中小學科學展覽會國小組地球科學科作品說明書。
- (五) 中央氣象局全球資訊網。<http://www.cwb.gov.tw>。
- (六) 行政院環保署全球資訊網。<http://www.epa.gov.tw/>。
- (七) 經濟部水利署第八河川局 <http://www.wra08.gov.tw/mp.asp?mp=08>

【評語】 080501

優點：

1. 本作品從生活環境中發現問題，再進行探究，具科學研究之精神，值得鼓勵。
2. 本研究透過實地調查，討論出影響卑南溪風吹沙的可能原因，再有系統的以實驗探討卑南溪有效防治風沙的方法，並得到初步的結論。

建議：

1. 作品說明書的呈現宜適度整理並聚焦主要結果說明，避免流於實驗日誌形式陳述。
2. 部分的實驗及觀察結果應提出更深入的解釋或說明。
3. 如能探索沙子的來源及去處，配合實際風吹沙的狀況來設計實驗內容會更好。
4. 實驗變因的探討可再多參考文獻，研究結果的推論未提出明確證據，說服力較不夠。
5. 學生口頭報告可輔助看板的圖表或帶來的電腦資料。