

第四屆旺宏科學獎
成果報告書

參賽編號：SA4-080

作品名稱：沙城風暴--台東地區沙塵與環境關係之探討

姓名：林秀貞

關鍵字：沙塵、風速、粒徑

沙城風暴--台東地區沙塵與環境關係之探討

摘要

每年只要有強勁的東北季風進入台東縱谷，便會颳起「沙塵暴」，台東縱谷宛如「烏雲密佈」，民眾苦不堪言。尤其是每當颱風過境後，卑南溪河床便會遭到嚴重沖刷，導致河床裸露，風一吹，沙塵籠罩整個台東縱谷。嚴重時能見度不到兩百公尺，滾滾沙塵更讓人眼睛睜不開，停在戶外的自小客車不到幾分鐘時間，就堆上厚厚的沙塵，連農作物也蒙上一層厚沙。沙塵暴不但會降低能見度，增加交通事故的發生，更會影響生活環境，以及生態環境的改變，更重要的是，沙塵暴會降低空氣品質，使人們呼吸道系統因此出問題。因此本研究主要探討：台東市內各地理位置、粒徑大小與沙塵觀測值之關聯性，地區性風場、風速、含水量及粒徑與沙塵發生之關聯性，以期能模擬預測公式以測出沙塵暴的發生時機，並提前預防，並輔以調查沙塵暴與呼吸道疾病的關係。

由實地監測結果顯示，沙粒觀測值(N)因地理位置不同而有所變動，其中台東新站(2917)、琵琶湖(928)、學校頂樓(991)及四維路草原(716)之沙粒觀測值略高於整體平均值(669 ± 184)。各觀測點風速(V)與距離(L)之比值與沙粒觀測值(N)呈高度相關($R^2=0.7102$)，兩者與沙粒觀測值存在如下之關係式：

$$\text{沙粒觀測值}(N) \approx \frac{\text{風速}(V)}{\text{距離}(L)}$$

室內實驗分析顯示：(一)不同深度之沙粒含水量、粒徑大小呈顯著差異；表層沙之含水量較低，隨著深度增加含水量愈高；粒徑大小亦隨深度增加而變大。(二)卑南溪口的河床表層沙較集中($g_2=10.029$)且平均粒徑($D=141.8 \mu\text{m}$)最大，而中華大橋下的表層沙較分散($g_2=4.190$)且平均粒徑($D=98.4 \mu\text{m}$)較小。含水量方面，各採樣點無顯著差異。(三)表層沙於風速 4.6m/s 時，有較多沙粒揚起($N=27160$)也較分散($g_1=1.69$)，而風速 3.3m/s 僅使較少沙粒揚起($N=9767$)且較集中($g_1=-0.88$)。而且沙粒之粒徑愈小，傳播之距離愈遠。(四)表層沙在含水量 10% 的沙粒傳播距離較遠($60.8 \pm 102.4\text{cm}$)也較分散($g_1=0.40$)，而含水量 30% 的沙粒傳播距離較短($27.3 \pm 12.7\text{cm}$)且較集中($g_1=1.75$)。

目 錄

摘要-----	1
目錄-----	2
壹、研究動機-----	3
貳、研究目的-----	3
參、研究設備及器材-----	4
肆、研究過程或方法-----	5
伍、研究結果-----	9
陸、討論-----	15
柒、結論-----	16
捌、參考資料-----	17
玖、附錄-----	18

壹、研究動機

台東是台灣的最後一塊淨土，有令都市人羨慕的好山、好水、好空氣，但美中不足的是擾人的沙塵暴常常突襲台東市民，造成大家生活上的困擾。由於氣象無法準確預測沙塵暴，居民沒有事先防範的時間，因此這個不速之客是台東市民最煩惱的問題。每年只要有強勁的東北季風進入台東縱谷，便會颳起「沙塵暴」，台東縱谷宛如「烏雲密佈」，民眾苦不堪言。尤其是每當颱風過境後，卑南溪河床便會遭到嚴重沖刷，導致河床裸露(圖一)，覆蓋沙石，風一吹，沙塵籠罩整個台東縱谷(圖二)。嚴重時能見度不到兩百公尺，滾滾沙塵更讓人眼睛睜不開，停在戶外的自小客車不到幾分鐘時間，就堆上厚厚的沙塵，連農作物也蒙上一層厚沙。沙塵暴不但會降低能見度，增加交通事故的發生，更會影響生活環境，以及生態環境的改變，更重要的是，沙塵暴會降低空氣品質，使人們呼吸道系統因此出問題。



圖一 裸露的卑南溪河床



圖二 卑南溪河床沙塵滾滾(台東大橋)

因此我們以台東地區的沙塵為研究對象，探討其成因、分布狀態、影響因子及改善對策，找出一個事先預測的方法，以便能做預防準備的工作，並期望能有效控制沙塵暴。

教材相關性：

高一基礎地球科學----- 7-4 台灣的天氣

高二物質科學地科(上冊)----- 4-3 搬運作用

貳、研究目的

- 一、探討地理位置與沙塵觀測值之關聯性。
- 二、探討粒徑大小與沙塵觀測值之關聯性。
- 三、探討地區性風場、風速、含水量及粒徑與沙塵發生之關聯性。
- 四、模擬預測公式以測出沙塵暴的發生時機，以提前預防。
- 五、探討沙塵暴與呼吸道疾病的關係。

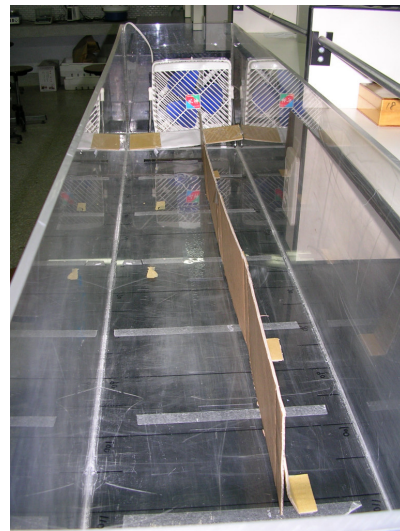
參、研究設備及器材

■室外器材	
鏟子	密封袋
迷你型風速計(LM-81AM)	指北針
長尺、沙塵收集筒、雙面透明膠帶、保鮮膜	美工刀

■室內器材	
光學顯微鏡	顯微照相機(Nikon FM2)
解剖顯微鏡	顯微測微器(目鏡測微器、載物臺測微器)
電風扇、投影片、雙面膠帶、透明膠帶	迷你型風速計(LM-81AM)
恆溫烘箱	電子天平
壓克力箱	滴管、載玻片、培養皿、燒杯



圖三 顯微鏡及照相機



圖四 壓克力箱

肆、研究過程或方法

一、實地監測組

根據地圖，分析卑南溪和台東市區的相對地理位置(圖五)。選定 10 個觀測點進行微氣候觀測(圖六、七)。微氣候觀測的項目，包括：最大風速、風向、溫度、溼度、氣壓及沙塵揚起情形，並且在上述觀測點放置自製的沙塵收集筒(圖八)，12 小時後回收收集筒，分析沙粒數量(N)。



圖六 四維路草原觀測點



圖五 台東市地圖(紅色點為觀測點)



圖七 三商百貨旁鐵路步道觀測點
(鯉魚山迎風坡)



圖八 自製之沙塵收集筒

二、室內實驗組

(一)不同深度之沙粒含水量

- 1.採集卑南溪下游(台東大橋下)(圖九)及卑南溪口(森林公園)(圖十)河床之不同深度沙粒(0~5、5~10、15~20、25~30、35~40 cm)。
- 2.分別用電子天平秤取 30g(W)，於恆溫烘箱(110±5°C)烘乾 16 小時後，秤烘乾之沙重(W_s)，求含水量(w)(公式一)。

$$w = \frac{W - W_s}{W_s} \times 100\%$$

-----公式一



圖九 卑南溪下游河床(台東大橋)



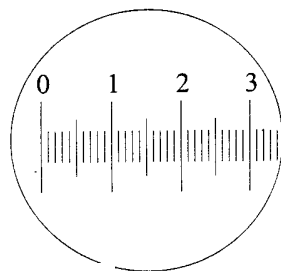
圖十 於卑南溪河床採集沙粒情形

(二)不同深度之沙粒粒徑大小

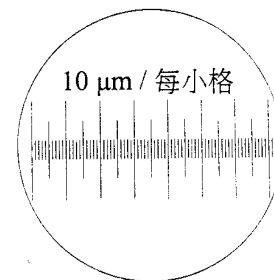
1. 利用顯微測微器(圖十一、十二)計算在各種物鏡倍率(4X、10X、40X、100X)下，目鏡測微器每一格之大小(公式二)。

$$\text{目鏡測微器每一小格寬度} = 10 \mu\text{m} \times \frac{\text{載物臺測微器之格數Y}}{\text{目鏡測微器之格數X}}$$

-----公式二



圖十一 目鏡測微器



圖十二 載物臺測微器

- 2.採集卑南溪下游(台東大橋下)及卑南溪口(森林公園)河床之不同深度沙粒(0~5、5~10、15~20、25~30、35~40 cm)，將不同深度沙粒黏在投影片上，並以顯微測量技術測量沙粒的粒徑大小(D)。

(三)不同地點之表層沙粒含水量

- 1.採集卑南溪中游(鹿寮橋下)及下游(中華大橋下、中華大橋消波塊)河床的表層沙(0~5 cm)。
- 2.分別用電子天平秤取表層沙 30g(W)，於恆溫烘箱(110±5°C)烘乾 16 小時後，秤烘乾之表層沙重(Ws)，求含水量(w)(公式一)。

(四)不同地點之表層沙粒粒徑大小及數量

- 1.採集卑南溪下游(台東大橋下、中華大橋下、中華大橋消波塊)及卑南溪口(森林公園)河床的表層沙(0~5 cm)。
- 2.在壓克力箱底部，黏貼一條 100 cm 長的透明膠帶，使其黏膠面向上。
- 3.將實驗室門窗緊閉，在壓克力箱內前端放置電風扇，並以風速計測量，風速固定為 4.0 m/s，再於壓克力箱前端底部放置 0.1g 表層沙，使其散落至膠帶上。
- 4.取出膠帶，並以投影片黏蓋上，再用光學顯微鏡、解剖顯微鏡觀察計算在沙粒散落的距離內，每 10 公分視野下沙粒的粒徑大小(D)、數量(N)。
- 5.繪製沙粒傳播距離圖，並利用統計方法求其標準差，並計算偏態(skewness)與峰度(kurtosis)來說明變項數據的分布特性，偏態與峰度的高低以偏態係數及峰度係數來衡量。各種偏態與峰度的係數特性見表一(邱皓政，2000)。

表一 偏態與峰度的檢驗標準

偏態	偏態係數($g_1 = \frac{m_3}{m_2 \sqrt{m_2}}$)	峰度	峰度係數($g_2 = \frac{m_4}{m_2^2} - 3$)
正偏態	$g_1 > 0$	高狹峰	$g_2 > 0$
負偏態	$g_1 < 0$	低闊峰	$g_2 < 0$
對稱	$g_1 = 0$	常態峰	$g_2 = 0$

(五)不同風速與沙塵發生之關聯性

- 1.採集卑南溪下游(中華大橋下)河床的表層沙(0~5 cm)。
- 2.在壓克力箱底部，黏貼一條 100 cm 長的透明膠帶，使其黏膠面向上。
- 3.將實驗室門窗緊閉，在壓克力箱內前端放置電風扇，並以風速計測量，風速固定為 4.6 m/s，再於壓克力箱前端底部放置 0.1g 表層沙，使其散落至膠帶上。
- 4.取出膠帶，並以投影片黏蓋上，再用光學顯微鏡、解剖顯微鏡觀察計算在沙粒散落的距離內，每 10 公分視野下沙粒的粒徑大小(D)、數量(N)。
- 5.重複步驟 3~4，將風速依序改變至 4.0 m/s、3.3 m/s 的狀態。
- 6.繪製沙粒傳播距離圖，並利用統計方法求其標準差，並計算偏態(skewness)與峰度(kurtosis)來說明變項數據的分布特性，偏態與峰度的高低以偏態係數及峰度係數來衡量。

(六)不同含水量與沙塵發生之關聯性

- 1.採集卑南溪下游(中華大橋下)河床的表層沙(0~5 cm)，秤取三份後加水，其含水量分別為 10%、20%、30%。
- 2.在壓克力箱底部，黏貼一條 100 cm 長的透明膠帶，使其黏膠面向上。
- 3.將實驗室門窗緊閉，在壓克力箱內前端放置電風扇，並以風速計測量，風速固定為 4.0 m/s，再於壓克力箱前端底部放置 0.1 g 表層沙(含水量 10%)，使其散落至膠帶上。
- 4.取出膠帶，並以投影片黏蓋上，再用光學顯微鏡、解剖顯微鏡觀察計算在沙粒散落的距離內，每 10 公分視野下沙粒的粒徑大小(D)、數量(N)。
- 5.重複步驟 3~4，分別試驗含水量 20%、30% 的表層沙。
- 6.繪製沙粒傳播距離圖，並利用統計方法求其標準差，並計算偏態(skewness)與峰度(kurtosis)來說明變項數據的分布特性，偏態與峰度的高低以偏態係數及峰度係數來衡量。

伍、研究結果

一、實地監測組

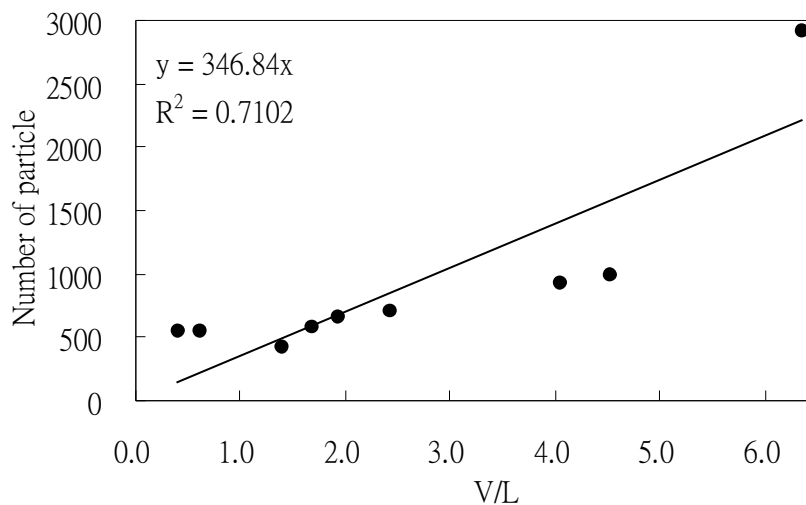
10 個觀測點(St.1~10)之微氣候觀測結果如表二，其中，St.1~9 均位於卑南溪南岸，而 St.10 位於卑南溪北岸，因此未將其沙粒觀測值併入平均值計算。由結果顯示，沙粒觀測值(N)因地理位置不同而有所變動，其中台東新站(2917)、琵琶湖(928)、學校頂樓(991)及四維路草原(716)之沙粒觀測值略高於整體平均值(669 ± 184)。

此次觀測結果平均風速為 3.2 ± 1.4 m/sec，各觀測點風速(V)與距離(L)之比值與沙粒觀測值(N)呈高度相關($R^2=0.7102$)(圖十三)，即地理位置差異與風速增加會導致沙粒觀測值升高，兩者與沙粒觀測值存在如下之關係式： $\text{沙粒觀測值}(N) \approx \frac{\text{風速}(V)}{\text{距離}(L)}$

表二 沙塵暴觀測地點與觀測結果(94/3/18)

觀測點	風速(m/s)	風向	距離(m)	沙粒數量(N)
1 (學校頂樓)	5.0	東北	1105	991
2 (琵琶湖)	2.5	東北北	620	928
3 (四維路草原)	2.5	北	1035	716
4 (三商百貨旁鐵路步道--鯉魚山迎風坡)	4.0	北	2070	661
5 (縣立溜冰場--鯉魚山背風坡)	1.6	西北北	2620	549
6 (縣立體育館)	4.0	西	2390	577
7 (馬蘭橋畔)	2.5	北	1800	428
8 (大潤發)	1.5	北	3683	557
9 (台東新站)	5.4	北	850	2917
10(富岡)	6.3	東北		612
平均	3.2 ± 1.4	東北北		669 ± 184

氣溫 21°C、氣壓 1013.hpa



圖十三 觀測點風速(V)與距離(L)之比值與沙粒觀測值(N)之關係曲線

二、室內實驗組

(一)顯微測量技術

1.計算各種物鏡倍率(4X、10X、40X、100X)下，目鏡測微器每格之大小(μm)。

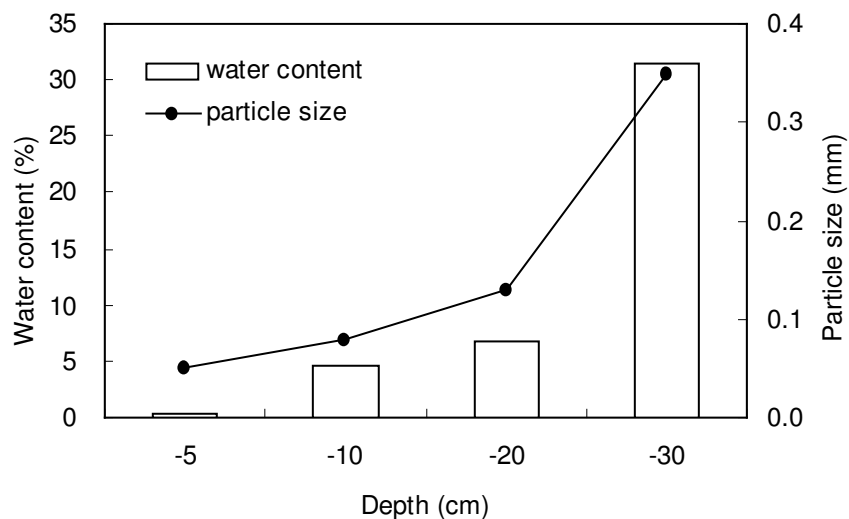
2.結果如表三：

表三 各種物鏡倍率下的目鏡一格寬度

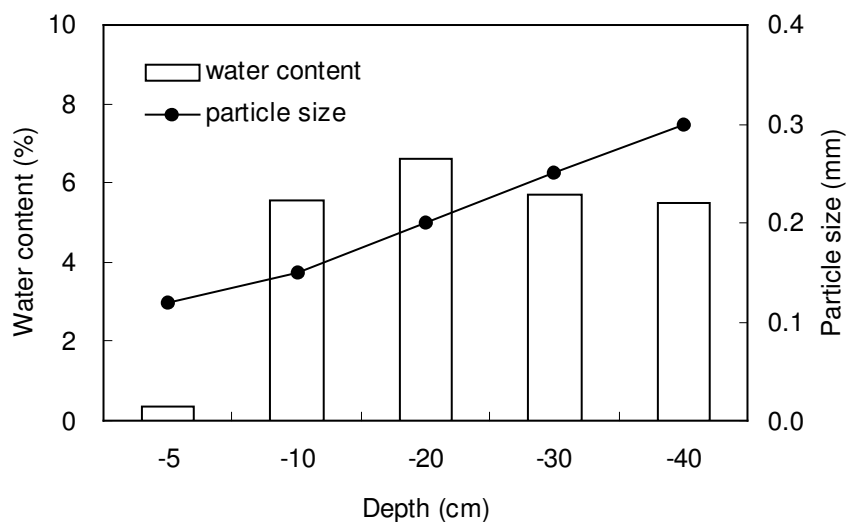
物鏡倍率	4X	10X	40X	100X
目鏡一格寬度(μm)	26.1	9.8	2.5	1.0

(二)不同深度之沙粒含水量、粒徑大小

不同深度之沙粒含水量、粒徑大小呈顯著差異，如圖十四、十五所示：表層沙之含水量較低，隨著深度增加含水量愈高；粒徑大小亦隨深度增加而變大。



圖十四 不同深度之沙粒含水量、粒徑大小(中華大橋下)



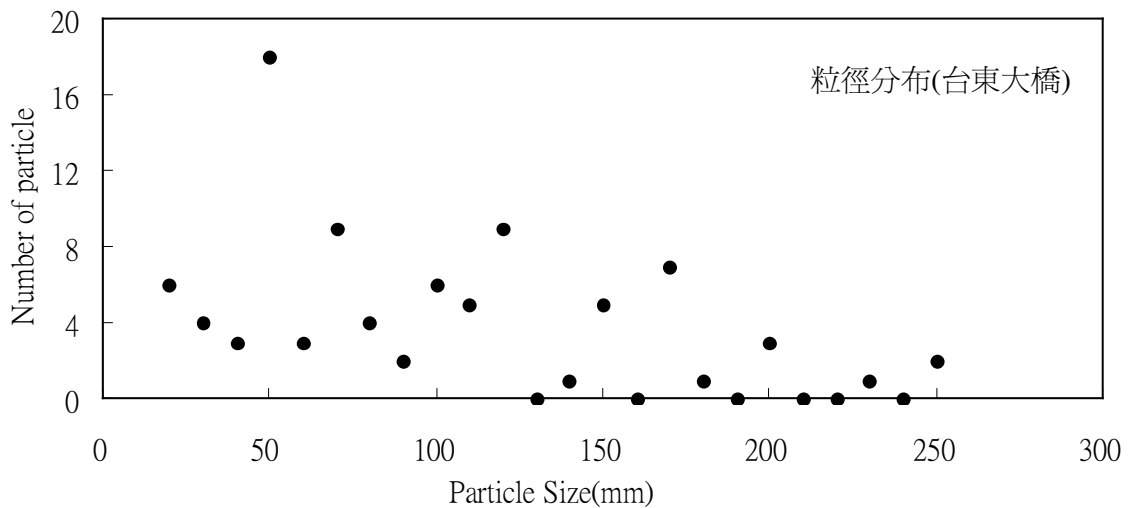
圖十五 不同深度之沙粒含水量、粒徑大小(台東大橋下)

(三)不同地點之表層沙粒粒徑大小、數量及含水量

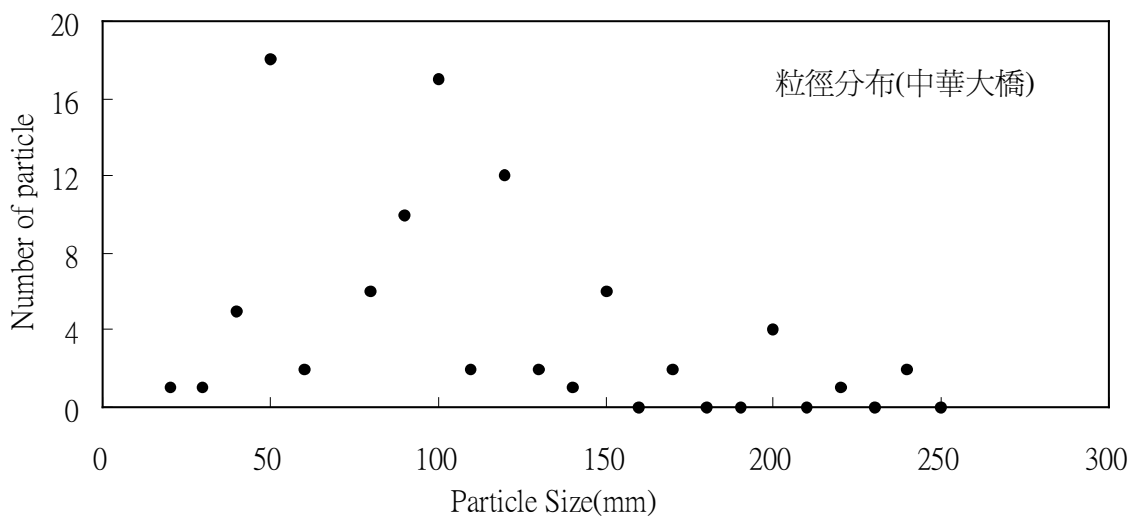
比較卑南溪下游(台東大橋下、中華大橋下、消波塊上)及卑南溪口(森林公園)河床表層沙(0~5 cm)之平均粒徑大小、偏態係數及峰度係數，結果顯示(表四、圖十六~十九)：卑南溪口的河床表層沙較集中($g_2=10.029$)且平均粒徑($D=141.8 \mu\text{m}$)最大，而中華大橋下的表層沙較分散($g_2=4.190$)且平均粒徑($D=98.4 \mu\text{m}$)較小。含水量方面，各採樣點無顯著差異。

表四 不同地點表層沙(0~5cm)之平均粒徑大小、偏態係數及峰度係數比較

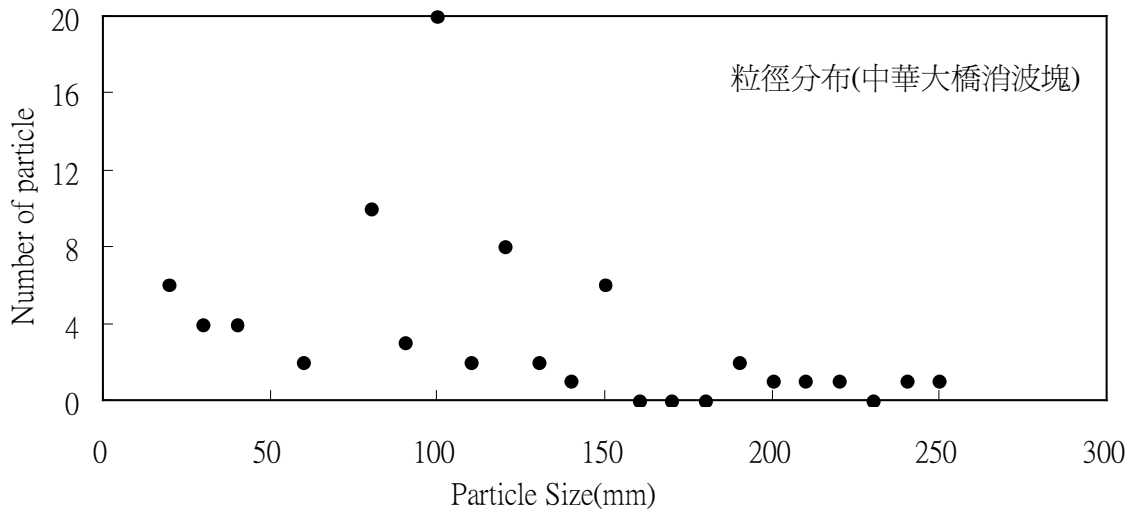
地點	台東大橋下	中華大橋下	消波塊上	卑南溪口
平均粒徑大小(μm)	101.1	98.4	80.9	141.8
偏態係數(g_1)	1.920	2.026	2.406	2.961
峰度係數(g_2)	5.053	4.190	5.150	10.029
含水量(%)	0.33	0.30	0.37	



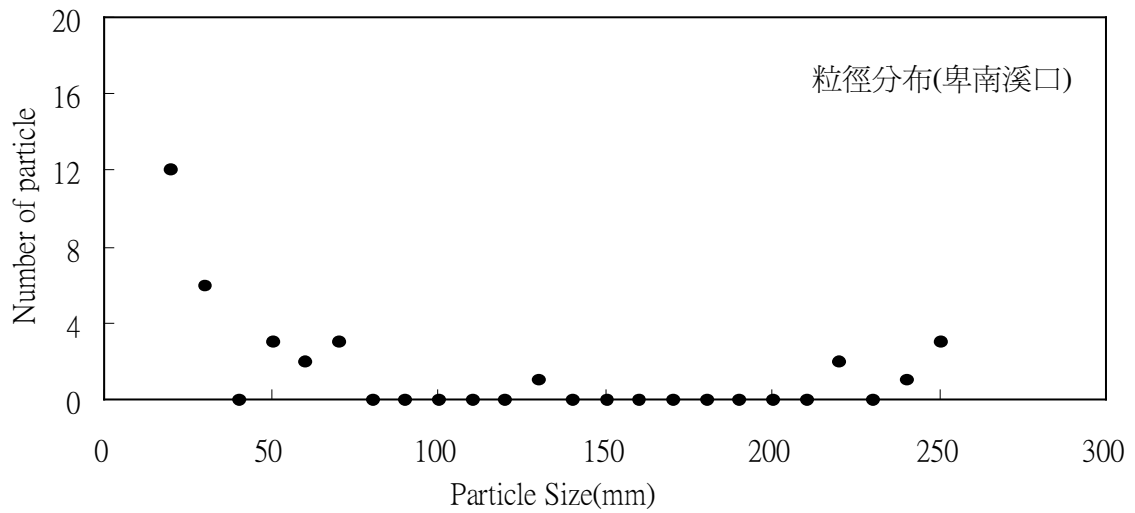
圖十六 台東大橋下河床表層沙(0~5 cm)之粒徑分布



圖十七 中華大橋下河床表層沙(0~5 cm)之粒徑分布



圖十八 中華大橋消波塊上表層沙(0~5 cm)之粒徑分布



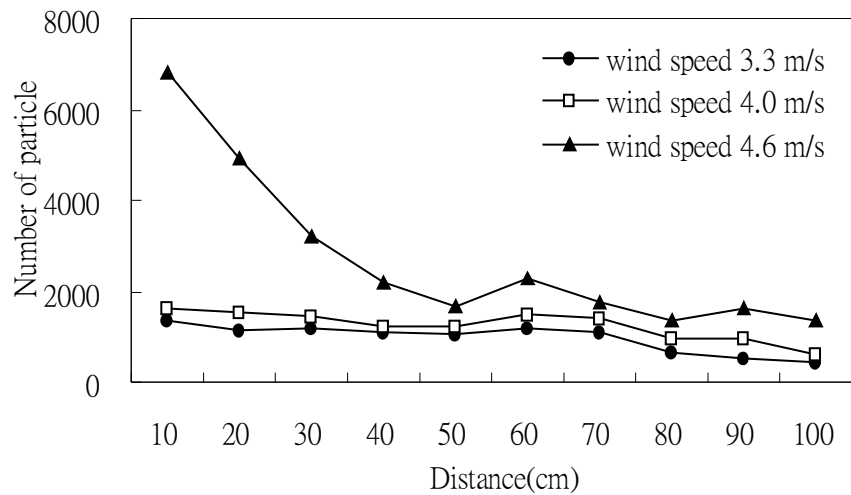
圖十九 卑南溪口河床表層沙(0~5 cm)之粒徑分布

(四)不同風速對沙塵發生之影響

比較中華大橋表層沙粒(0~5 cm)在不同風速(3.3、4.0、4.6m/s)下傳播的平均距離、偏態係數及峰度係數，結果顯示(表五、圖二十)：風速 4.6m/s 使較多沙粒揚起(N=27160)也較分散($g_1=1.69$)，而風速 3.3m/s 僅使較少沙粒揚起(N=9767)且較集中($g_1=-0.88$)。

表五 不同風速下，中華大橋表層沙粒(0~5 cm)之傳播距離、偏態係數及峰度係數比較

風速(m/s)	3.3	4.0	4.6
平均距離(cm) (mean±SE)	47.2±61.0	49.1±83.6	39.9±14.5
偏態係數(g_1)	-0.88	-0.81	1.69
峰度係數(g_2)	-0.76	-0.21	2.21



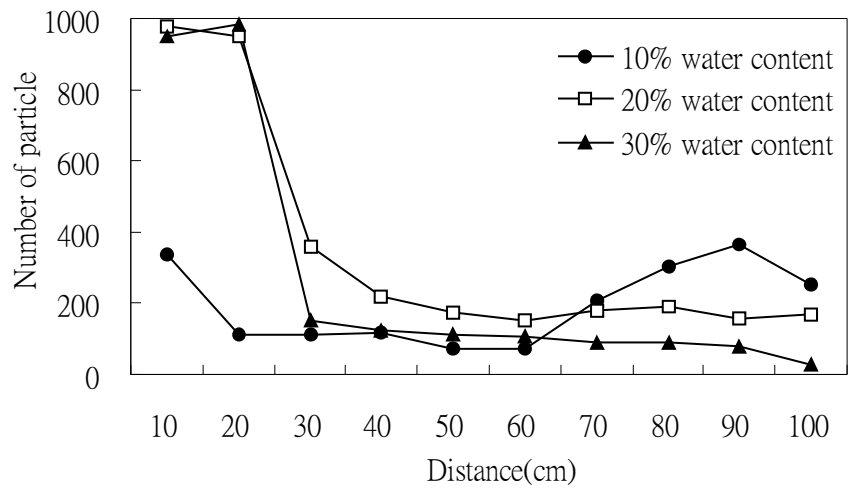
圖二十 不同含風速下，中華大橋表層沙粒(0~5 cm)之傳播距離分布

(五)不同含水量對沙塵發生之影響

比較中華大橋表層沙粒(0~5 cm)在不同含水量(10%、20%、30%)下傳播的平均距離、偏態係數及峰度係數，結果顯示(表六、圖二十一)：含水量 10% 的沙粒傳播距離較遠(60.8 ± 102.4cm)也較分散($g_1=0.40$)，而含水量 30% 的沙粒傳播距離較短(27.3 ± 12.7cm)且較集中($g_1=1.75$)。

表六 不同含水量下(風速4.0 m/s)，中華大橋表層沙粒(0~5 cm)之傳播距離、偏態係數及峰度係數比較

含水量(%)	10%	20%	30%
平均距離(cm) (mean±SE)	60.8±102.4	35.4±11.2	27.3±12.7
偏態係數(g_1)	0.40	1.65	1.75
峰度係數(g_2)	-1.65	1.10	1.35



圖二十一 不同含水量下(風速 4.0 m/s)，中華大橋表層沙粒(0~5 cm)之傳播距離分布

陸、討論

一、綜合本研究結果發現，造成沙塵暴之沙粒之粒徑大小約 0.1mm 以下，即粒徑分級表(表七)中沙級(4.75mm > 粒徑)以下。

表七 粒徑分級(Particle Size Grade)

	說 明
礫石	75mm > 粒徑 > 4.75mm(#4)
砂	4.75mm > 粒徑 > 0.075mm(#200)
粉砂(粉土)	0.075mm > 粒徑 > 0.005mm
黏土	0.005mm > 粒徑

二、中華大橋下之沙粒粒徑分布最平均最廣，因此選用此地點的沙粒，進行風速和溼度的實驗。

三、實驗中發現電風扇風向不均，可能造成沙粒落點不均，下次或許考慮使用風洞器材。

四、空氣中的落塵可能在實驗過程中落到膠帶上，影響實驗數據。不過我們已經將門窗緊閉，盡量將誤差減到最低。

五、在收集沙塵時，12 小時內的風向、風速不斷改變，因此無法確知所收集之沙是否全因沙塵暴引起。

六、由於學校儀器有限，我們必須在顯微鏡下一顆一顆數沙，效率十分不佳；另外，也沒有適當儀器以測量沙之化學成分。

七、沙塵暴常常毫無預警的發生，使得長時間在學校上課的我們無法立即做室外觀測。

八、除了台東卑南溪沙塵揚起的問題之外，台灣各處都有飽受沙塵之苦的居民，例如高屏溪，可見此問題之嚴重性。由於河川水土保持不佳，下游容易有上游沖刷下來的沙石堆積，造成河床裸露時容易發生沙塵暴。因此，政府應該加強河川整治以防患未然。

柒、結論

一、由實地監測結果顯示，沙粒觀測值(N)因地理位置不同而有所變動，其中台東新站(2917)、琵琶湖(928)、學校頂樓(991)及四維路草原(716)之沙粒觀測值略高於整體平均值(669 ± 184)。各觀測點風速(V)與距離(L)之比值與沙粒觀測值(N)呈高度相關($R^2=0.7102$)，兩者與沙粒觀測值存在如下之關係式：

$$\text{沙粒觀測值}(N) \approx \frac{\text{風速}(V)}{\text{距離}(L)}$$

- 二、不同深度之沙粒含水量、粒徑大小呈顯著差異；表層沙之含水量較低，隨著深度增加含水量愈高；粒徑大小亦隨深度增加而變大。
- 三、卑南溪口的河床表層沙較集中($g_2=10.029$)且平均粒徑($D=141.8 \mu\text{m}$)最大，而中華大橋下的表層沙較分散($g_2=4.190$)且平均粒徑($D=98.4 \mu\text{m}$)較小。含水量方面，各採樣點無顯著差異。
- 四、表層沙於風速 4.6m/s 時，有較多沙粒揚起($N=27160$)也較分散($g_1=1.69$)，而風速 3.3m/s 僅使較少沙粒揚起($N=9767$)且較集中($g_1=-0.88$)。而且沙粒之粒徑愈小，傳播之距離愈遠。
- 五、表層沙在含水量 10% 的沙粒傳播距離較遠($60.8 \pm 102.4\text{cm}$)也較分散($g_1=0.40$)，而含水量 30% 的沙粒傳播距離較短($27.3 \pm 12.7\text{cm}$)且較集中($g_1=1.75$)。

捌、參考資料

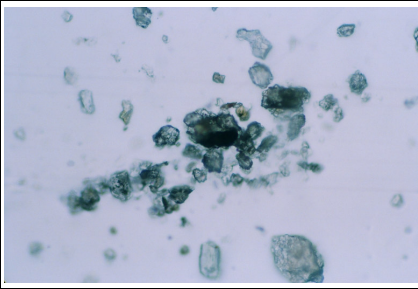
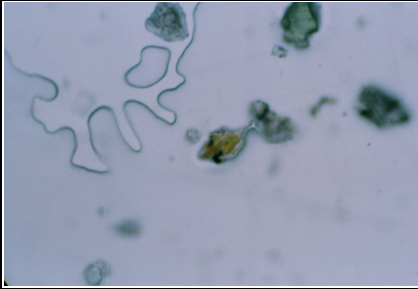

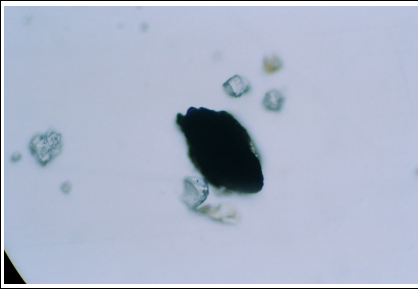
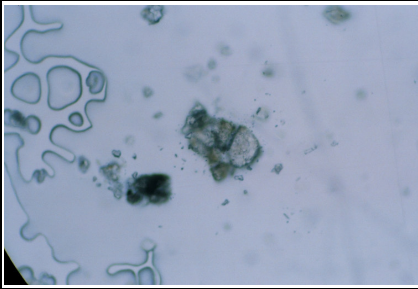
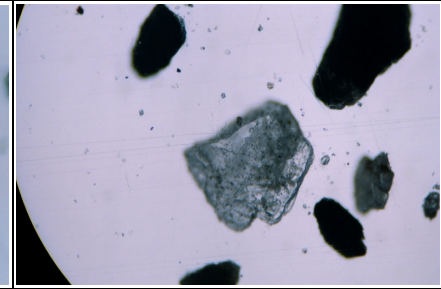
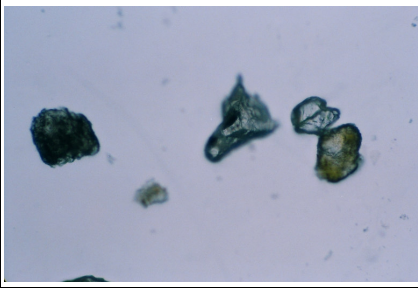
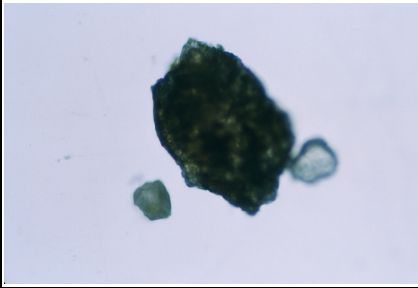
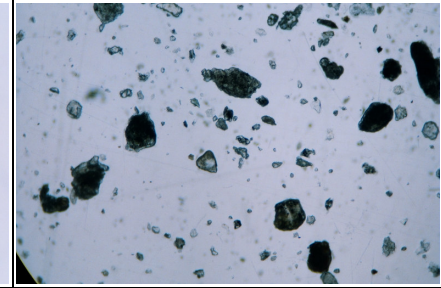
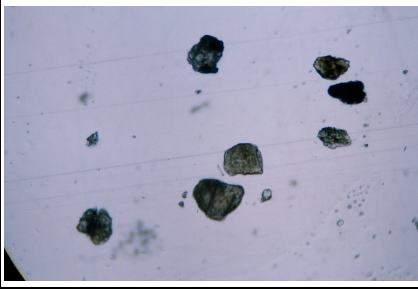
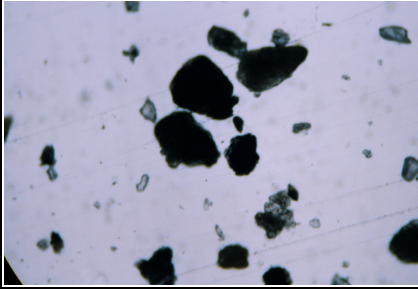
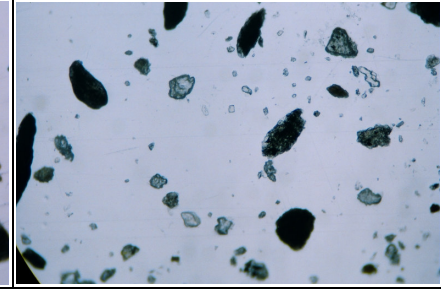
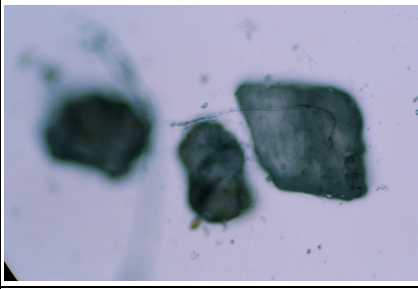
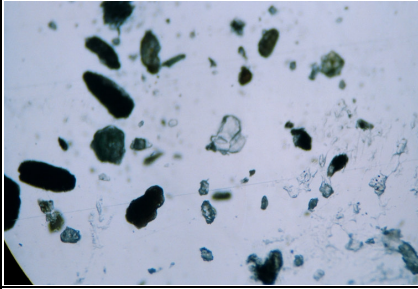

(一)期刊雜誌

- 1.王秀娟、王森秋 (1995) 台北都會區不同高度懸浮微粒濃度之變異，中華衛誌，14(4)。
- 2.徐啓運、胡敬松 (1996) 我國西北地區沙塵暴天氣時空分布特徵分析，中國沙塵暴研究，11-15。
- 3.楊之遠、李侃翰、柳中明 (1997) 長程輸送黃沙與本地污染之空氣品質監測比較—1995年3月12日—16日資料分析，中華民國環境保護學會會誌，20，1-38。
- 4.錢正安、賀慧霞、瞿章、陳敏連 (1996) 我國西北地區沙塵暴的分級標準和個例譜及其統計特徵，中國沙塵暴研究，1-10。

(二)書籍論文

- 1.http://ehp.niehs.nih.gov/cehp/members/2002/110-1c/duststorm_tc.html
- 2.林乾坤、王森秋 (1999) 台北都會區室內與室外細粒徑氣懸微粒之相關性研究，台灣大學公共衛生研究所碩論士論文。
- 3.邱皓政 (2000) 量化研究與統計分析，五南圖書公司。
- 4.柳中明、楊之遠、彭立新、錢正安 (2001) 沙塵暴的過去、現在和未來，大陸沙塵暴對台灣地區空氣影響與預測研討會。
- 5.張育森 (1997) 綠化植物對都市落塵與懸浮微粒滯留及抗性之比較研究，環保署研究計畫。
- 6.程玟玲 (2000) 台北都會地區空氣懸浮微粒之細胞毒性研究，國立陽明大學環境衛生研究所碩士論文。
- 7.黃譯檣 (2002) 台北都會區大氣懸浮微粒的化學特性研究，台灣大學海洋研究所碩士論文。

玖、附錄

		
中華橋(100X)	中華橋(100X)	中華橋(100X)
		
中華橋(100X)	中華橋(100X)	中華橋(100X)
		
台東大橋(100X)	台東大橋(100X)	台東大橋(40X)
		
台東大橋深度 5~10(40X)	台東大橋深度 15~20(40X)	台東大橋深度 25~30(40X)
		
卑南溪河口(100X)	消波塊(100X)	消波塊(100X)

附圖一 各採樣點沙粒照片