

中華民國第 51 屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

高中組 地球科學科

佳作

040501

風塵僕僕

—以  $PM_{10}$  探討大陸沙塵暴對臺灣的影響

學校名稱：高雄市立高雄女子高級中學

作者： 高二 簡瑩儀 高二 楊茹蘭	指導老師： 陳建宏 張家齊
-------------------------	---------------------

關鍵詞： $PM_{10}$ 、沙塵暴

# 風塵僕僕——以 PM<sub>10</sub> 探討大陸沙塵暴對臺灣的影響

## 摘要

本研究利用 PM<sub>10</sub> 值的逐時資料，探討 1996 年至 2009 年間，臺灣地區發生沙塵暴之時間與空間的分佈特徵。本研究獲得重要結論如下：

- 一、 沙塵暴好發於春夏交替之際，北部區域受沙塵暴影響最為明顯；南部區域次之，東部區域和南部區域相似。
- 二、 沙塵暴嚴重影響的區域分布類型共可分為 10 類，最常發生的類型為「北部區域嚴重影響」。
- 三、 2004 年沙塵暴發生次數最多，但強度方面卻較為不顯著。
- 四、 馬祖測站 PM<sub>10</sub> 值上升的時間大多較北部區域為早。
- 五、 沙塵暴逐時分布特徵之分析，可將逐時濃度變化分為 7 種類型。風向的變化可能是造成類型變化的可能原因。
- 六、 到達臺灣的懸浮微粒含硫化物的比例較高，導致臺灣在沙塵暴發生期間 SO<sub>2</sub> 有增加的趨勢。

## 壹、研究動機

每年到了春夏之際，氣象預報總會提醒民眾出門要記得戴口罩，沙塵暴來襲，常常造成能見度降低以及人體呼吸系統問題。空氣品質與生活息息相關，成為現今大眾所關心的日常議題。尤其臺灣位於沙塵暴的南移範圍，對於此議題當有深入瞭解。

## 貳、研究目的

試想藉由歷年的資料分析，歸納出沙塵暴侵臺的規律性以及其特徵。

- 一、選取歷年來沙塵暴的個案。
- 二、探討沙塵暴的時間序列變化特徵。
- 三、探討沙塵暴的空間分布特徵。
- 四、探討沙塵暴嚴重個案。
- 五、探討沙塵暴侵臺頻率與強度關係。
- 六、探討沙塵暴特殊之個案。
- 七、探討沙塵暴個案逐時分布特徵。
- 八、探討沙塵暴期間 SO<sub>2</sub> 的變化特徵。

## 參、研究設備及器材

- 一、「行政院環保署沙塵資料庫」1996 年至 2009 年沙塵暴個案資料。
- 二、「沙塵暴資料庫」1996 年至 2009 年的地面風場圖。
- 三、「行政院環保署空氣品質監測網」1996 年至 2009 年沙塵暴個案逐時資料。
- 四、電腦及文書處理軟體。

## 肆、研究過程或方法

- 一、自「行政院環保署空氣品質監測網」中，選取濱海地區的測站共 12 個。
- 二、將測站依所在位置分成離島、北部、中部、南部、東部五個區域。其中，馬祖測站為離島地區，其餘測站之位置分佈如圖一。
- 三、分別自「行政院環保署空氣品質監測網」、「行政院環境保護署沙塵資料庫」，下載 1996 至 2009 年間，各測站的沙塵暴觀測資料。並依沙塵暴個案的發生日期編號，如：19960508-10 表示沙塵暴發生於 1996 年 5 月 8 日至 10 日。
- 四、以年為時間單位，選取行政院沙塵資料庫的 1996 年至 2010 年沙塵暴個案次



【圖一】濱海測站位置

數資料，繪成圖表，並統計各年分布特徵。

- 五、依「環保署空氣品質監測網」的說明，平日  $PM_{10}$  濃度值通常在 125 微克/立方公尺左右，而在沙塵暴發生期間的  $PM_{10}$  濃度值大多超過這個平常值。我們利用  $PM_{10}$  濃度值逐時資料製成折線圖，並以 200 微克/立方公尺為標準，找出沙塵暴發生期間  $PM_{10}$  濃度值有達到 200 微克/立方公尺以上的測站，整理在表格中。
- 六、將沙塵暴嚴重影響的個案挑出後再進行分類探討，製成表格分析之。
- 七、統計各年沙塵暴發生次數與沙塵暴強度間的關係，繪成圖表分析之。
- 八、從沙塵暴個案中挑選是否有特殊的個案情形，再從氣象資料去嘗試推論特殊個案發生之原因。
- 九、將沙塵暴個案發生期間測站  $PM_{10}$  濃度值和  $SO_2$  濃度值逐時資料整理成折線圖，觀察分析  $PM_{10}$  濃度值不同的變化類型。並且利用相關係數來探討  $PM_{10}$  濃度值和  $SO_2$  濃度值的相互關係。

## 伍、研究結果與討論

### 一、個案選取

#### (一) 結果

1. 環保署沙塵資料庫資料中 1996 年至 2009 年間的沙塵暴個案總共有 52 個個案。其發生時間如表一。
2. 在研究個案期間，以 2004 年的 9 個沙塵暴個案為最多。

【表一】研究期間沙塵暴個案與年對照表

年份	個案編號	發生次數
1996	19960508-10	1
1998	19980418-20、19981215-17	2
1999	19990202-04、19990407-08	2
2000	20000102-03、20000324-26、20000328-31 20000426-28、20000501-02、20000512-14	6
2001	20010113-15、20010201、20010216-17、20010221-25、 20010301-07、20010412-14、20010501-02	7
2002	20020211-12、20020306-09、20020323-24、20020331-0401、 20020408-10、20020411-15、20020417-19	7
2003	20030218-19、20030223-25、20030306-09、20030325-30、 20030425-28	5

2004	20040101-04、20040113-14、20040121-22、20040124-25、 20040206-12、20040214-16、20040226-27、20040303-07、 20040402-04	9
2005	20050318-19、20051129-30、20051221-22	3
2006	20060319-20、20060329-30、20060420-21	3
2007	20070128-29、20070402-03、20070417-18、20071230-31	4
2008	20080303-04	1
2009	20090425-26、20091225-26	2

註：由於 1997 年無沙塵暴侵臺記錄，因此這年情況不列入討論。

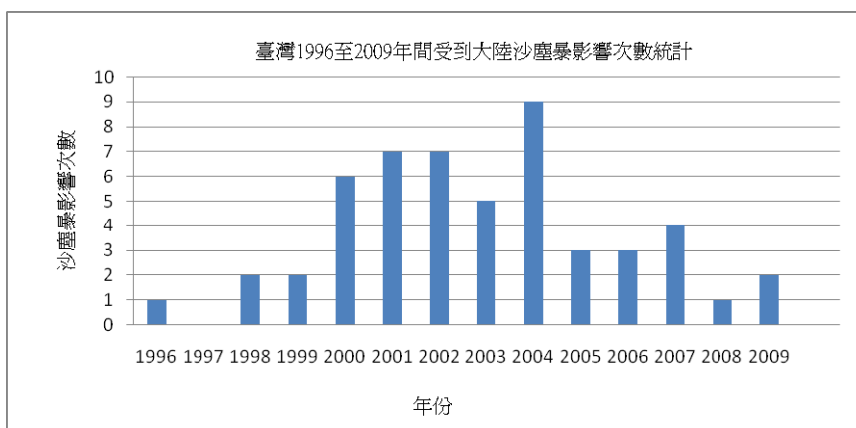
## (二) 討論

1.  $PM_{10}$  指的是空氣中粒徑在 10 微米以下之懸浮微粒，主要來源包括道路揚塵、車輛排放廢氣、露天燃燒、營建施工及農地耕作等或由空氣污染物轉化成之二次污染物。目前判斷臺灣地區沙塵暴影響程度之標準，也是以  $PM_{10}$  的濃度平均值作為判斷依據。
2. 因為考慮到部分位於內陸的測站  $PM_{10}$  濃度值可能會受到當地污染物影響，因此從全臺各測站中挑選出 13 個濱海的測站，由這些測站  $PM_{10}$  濃度值升高的現象，可以瞭解各地受沙塵暴的影響程度。
3. 為了更進一步瞭解沙塵暴的分佈情況是否有明顯特徵，我們將進一步討論沙塵暴發生次數隨時間、空間的變化。

## 二、沙塵暴的時間序列變化特徵

### (一) 結果

1. 將「行政院環境保護署沙塵資料庫」中，1996 年至 2009 年的沙塵暴個案次數資料繪成圖二及表二。
2. 再將表二由圓餅圖呈現〈圖三〉，並將時間範圍縮小至月份，期能更明顯觀察出個案的時間分布差異。



【圖二】臺灣 1996 至 2009 年間受到大陸沙塵暴影響統計

3. 2000 年至 2004 年這段期間發生沙塵暴的次數最多，皆超過 5 次以上。
4. 從表二與圖三結果分析，可發現二月、三月、四月的總個案次數皆達 10 次以上，更可明顯觀察到在研究期間的所有沙塵暴個案中，三月及四月發生的沙塵暴個案就占了全部的一半。

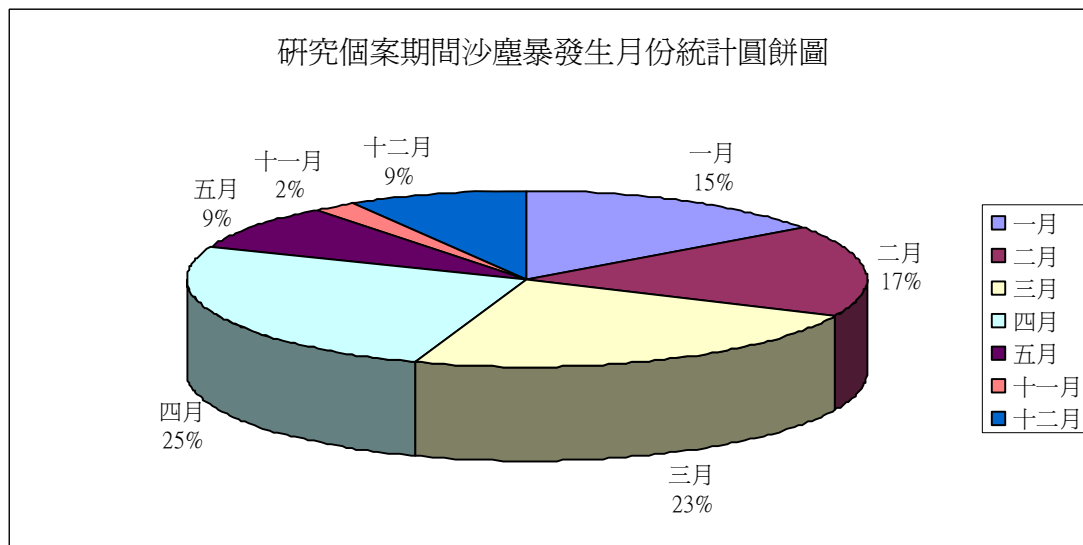
## (二) 討論

1. 三、四月的沙塵暴出現次數最為頻繁，應和沙源來自中國西北和華北、蒙古一帶有關。冬末春初時，中國西北和華北、蒙古凍土因氣溫回升，處於融冰時期，土質較平時更為鬆軟。此時，東亞地區受東北季風影響，在地質條件與風場的配合下，導致此段時期侵襲臺灣沙塵暴影響的次數較為頻繁，程度也較為嚴重。

【表二】研究個案期間沙塵暴發生月份統計表

年 \ 月份	一月	二月	三月	四月	五月	十一月	十二月	總計
1996	0	0	0	0	1	0	0	1
1997	0	0	0	0	0	0	0	0
1998	0	0	0	1	0	0	1	2
1999	0	1	0	1	0	0	0	2
2000	1	0	2	1	2	0	0	6
2001	1	3	1	1	1	0	0	7
2002	0	1	3	3	0	0	0	7
2003	0	2	2	1	0	0	0	5
2004	4	3	1	1	0	0	0	9
2005	0	0	1	0	0	1	1	3
2006	0	0	2	1	0	0	0	3

2007	1	0	0	2	0	0	1	4
2008	0	0	1	0	0	0	0	1
2009	0	0	0	1	0	0	1	2
總計	7	8	11	12	4	1	4	



【圖三】研究個案期間沙塵暴發生月份統計圓餅圖

### 三、沙塵暴的空間分布特徵

#### (一) 結果

1. 依「環保署空氣品質監測網」的說明，全臺各地平日  $PM_{10}$  值在 125 微克/立方公尺以下。
2. 全臺各地平日  $PM_{10}$  濃度值隨地點而不同的原因，和當地的環境有關。因此我們將 1996 年全年  $PM_{10}$  數據，扣除該年沙塵暴侵臺期間的資料後，算出平日每小時  $PM_{10}$  濃度值，做為  $PM_{10}$  背景值，結果發現各測站  $PM_{10}$  背景值落差相當大。因此，我們將各測站的背景值分成 14~43 微克/立方公尺、44~73 微克/立方公尺、74~103 微克/立方公尺三個不同的區間。
3. 因為沙塵暴發生期間的  $PM_{10}$  濃度值多在 150 微克/立方公尺以上，我們將三個區間背景值中位數分別加上 150 微克/立方公尺作為標準，分別是 179、209、243 微克/立方公尺，來檢視各測站  $PM_{10}$  濃度值逐時資料，並標記各測站在沙塵暴期間是否有  $PM_{10}$  濃度值達所屬的區間標準以上之記錄，整理如表三。
4. 若各區域內測站有半數以上的  $PM_{10}$  濃度值超過所屬的區間標準(中部區域僅 2 測站，故 2 測站均須符合此標準)，認定此區域受沙塵暴的影響較為嚴重，定義為「嚴重影響個案」，並整理如表四。

5. 此外，PM<sub>10</sub> 濃度值的數據高低與當地空氣品質好壞有直接的影響，於是我們訂定 200 微克/立方公尺為標準，不考慮測站 PM<sub>10</sub> 背景值，重複步驟 4，將符合標準的個案定義為「空氣品質惡劣個案」，並將各區域的個案比例整理如表五。

【表三】研究個案期間沙塵暴 PM<sub>10</sub> 濃度值達區間標準以上個案

<※標記表示 PM<sub>10</sub> 值達區間標準以上>

個案	區域	北部			中部		南部			東部		
	離島 馬祖	基隆	陽明	觀音	沙鹿	台西	台南	林園	恆春	宜蘭	花蓮	台東
19960508-10		※	※	※	※				※	※	※	
19980418-20			※	※	※		※	※	※	※	※	※
19981215-17								※				
19990202-04						※						
19990407-08		※			※	※				※	※	※
20000102-03												
20000324-26		※	※	※	※	※	※	※				
20000328-31		※		※	※	※	※	※		※	※	
20000426-28	※	※	※	※		※			※	※	※	
20000501-02					※							
20000512-14												
20010113-15		※		※		※	※	※	※	※	※	
20010201								※				
20010216-17		※		※						※		
20010221-25		※					※	※	※			※
20010301-07		※		※		※	※	※	※	※	※	
20010412-14		※		※		※	※	※		※	※	
20010501-02												
20020211-12		※	※	※		※				※		
20020306-09						※						
20020323-24												
20020331-0401				※	※							
20020408-10												
20020411-15						※						



個案	區域	北部			中部		南部			東部		
	離島 馬祖	基隆	陽明	觀音	沙鹿	台西	台南	林園	恆春	宜蘭	花蓮	台東
20020417-19												
<b>20030218-19</b>						※						
20030223-25		※										
20030306-09												
20030325-30												
20030425-28												
20040101-04	※											
20040113-14												
20040121-22												
20040124-25	※											
20040206-12	※				※							
20040214-16												
20040226-27												
20040303-07												
20040402-04	※											
20050318-19	※	※		※	※		※	※				※
20051129-30	※			※	※		※	※		※	※	※
20051221-22	※				※		※	※				※
20060319-20	※	※	※	※	※	※	※	※		※	※	※
20060329-30											※	
<b>20060420-21</b>	※		※		※							
20070128-29	※		※	※						※		
20070402-03	※	※		※								
20070417-18	※											
20071230-31					※		※	※		※		
20080303-04	※			※	※			※		※	※	※
20090425-26	※	※	※	※	※	※	※	※		※	※	※
20091225-26	※			※								
總共次數	17	16	9	19	16	14	13	13	7	16	13	8

【表四】各區域嚴重影響個案發生次數

嚴重影響地區	北部	中部	南部	東部
嚴重影響個案次數	15	5	13	12
個案次數比例	33%	11%	29%	27%

【表五】各區域空氣品質惡劣個案發生次數

空氣品質惡劣地區	北部	中部	南部	東部
空氣品質惡劣個案次數	14	8	20	10
空氣品質惡劣個案次數比例	27%	15%	39%	19%

## (二) 討論

1. 從表三及表四結果分析，發現北部地區符合「嚴重影響個案」標準的數量明顯較其他地區多，顯示北部地區在受到沙塵暴影響時嚴重程度較其他地區高出許多。
2. 沙塵暴的影響範圍涵蓋全臺灣，從表五結果發現，南部地區符合「空氣品質惡劣」的個案比例明顯較其他地區高，推測南部地區本身背景值就較高，又因位於東北季風背風坡，空氣擴散條件不佳，使得懸浮微粒產生滯留導致累加的現象，而造成空氣品質不良。
3. 中部與南部區域皆位於東北季風背風坡，同樣也有空氣擴散條件不佳的情形。我們從表四的結果發現中部符合嚴重影響個案以及空氣品質惡劣個案的比例都最少，也就是說中部區域同時兩個測站皆符合嚴重影響個案以及空氣品質惡劣個案的標準次數最少，但若觀察表中沙鹿與台西測站個別符合嚴重影響個案的次數卻很多，我們推測這可能與中部區域的測站較少（中部區域濱海測站只有兩個），所選取的觀測資料無法充分顯示出中部區域整體在沙塵暴期間的受影響程度以及空氣品質的優劣。
4. 另外，我們也發現了普遍被認為受沙塵暴影響較不明顯的東部區域，符合嚴重影響個案比例竟也有 27%，僅次於南部，推測與東部區域為東北季風的迎風坡有關，而宜蘭、花蓮測站符合嚴重影響個案分別為

16、13 個，但台東測站卻只有 8 個，我們推測可能與宜蘭、花蓮測站位置較偏北，而台東測站較偏南，所以宜蘭、花蓮測站符合嚴重影響個案次數較台東測站多。

5. 從個案看來，沙塵暴對於各區域的影響不盡相同，而是否其中有特定的關聯性，在下一段將繼續討論。

#### 四、沙塵暴嚴重個案分類探討

##### (一) 結果




1. 依照資料，將個案分成「全面性影響」、「部分區域影響」，影響區域分類如下表六。

(1) 全面性影響：全臺灣皆出現高濃度懸浮微粒，研究個案期間共出現過 6 次。分別是 2000 年、2006 年、2009 年各 1 次，而發生月份以三、四月為主。

(2) 部分區域影響：僅有部分地區出現高濃度懸浮微粒。其中，「北部區域嚴重影響個案」、「南部區域嚴重影響個案」、「北部及東南區域嚴重影響個案」，在研究個案期間出現次數較多，分別是 5 次、3 次、3 次。

2. 就出現次數而言，全面性、北部區域、南部區域、北部及東南區域受到較大影響，而個案們大多散布在各年間。

【表六】沙塵暴嚴重個案分類表

類型種類	影響範圍	圖例	個案
類型<A>	全面性影響		20000328-31、20060319-20、 20090425-26
類型<B>	西部區域 嚴重影響個案		20000324-26
類型<C>	北部及 東南區域 嚴重影響個案		20010113-15、20010301-07、 20010412-14
類型<D>	東北部區域 嚴重影響個案		19960508-10、20000426-28

類型種類	影響範圍	圖例	個案
類型<E>	東南部區域 嚴重影響個案		20051129-30
類型<F>	北部及 南部區域 嚴重影響個案		20050318-19
類型<G>	北部區域 嚴重影響個案		19980418-20、20010216-17、 20020211-12、20070128-29、 20070402-03
類型<H>	中部及 東部區域 嚴重影響個案		19990407-08
類型<I>	南部區域 嚴重影響個案		20010221-25、20051221-22、 20071230-31
類型<J>	東部區域 嚴重影響個案		20080303-04

## (二) 討論

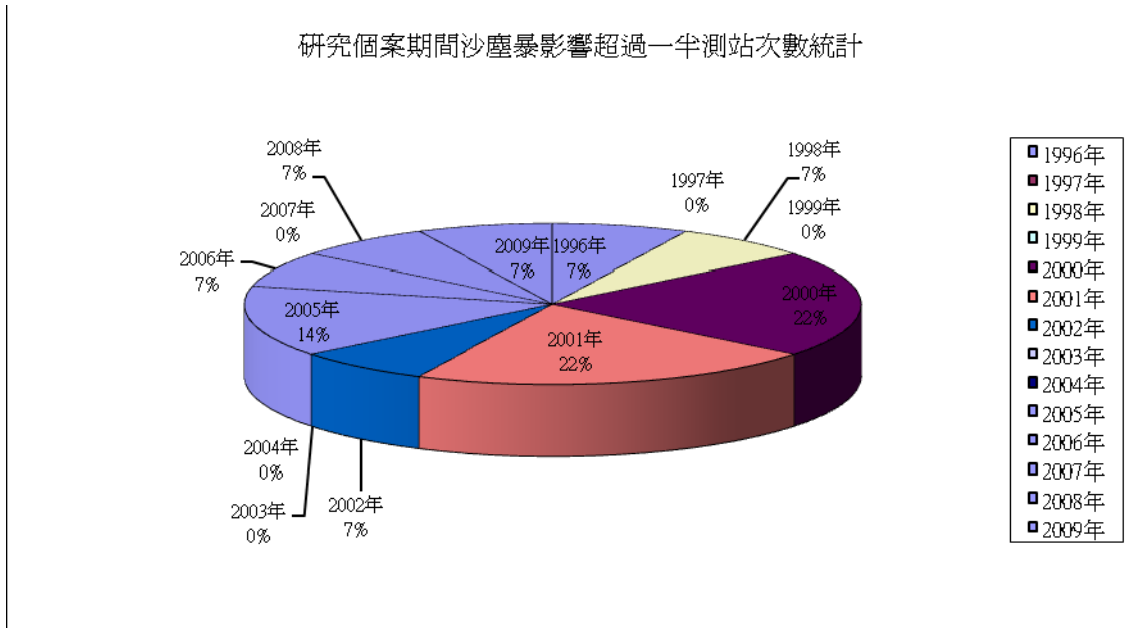
1. 從以上可以看出北部地區在沙塵暴侵襲時，可能因其位置首當其衝，又高山無屏障，導致每次沙塵暴來襲，常常受到嚴重影響。
2. 我們推測南部區域易受沙塵暴嚴重影響，且發生時間均在冬末春初之際，可能和南部地區位於東北季風背風處相關。對此區域而言，東北季風的強度以及攜帶的水氣因受中央山脈阻擋過後，威力都已大大地減少，因此南部區域的降雨量明顯少於臺灣其他區域，進而造成南部區域空氣中的懸浮微粒較不易被清除。

## 五、沙塵暴侵臺頻率與強度關係

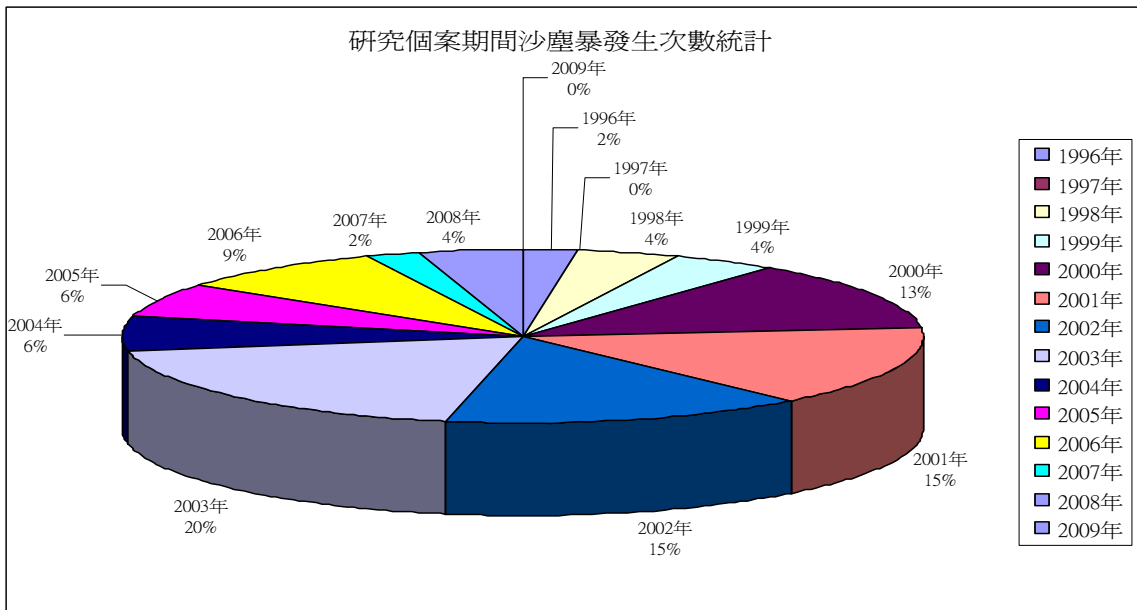
### (一) 結果與討論

1. 依照表三，將嚴重個案年份製成下圖四。

2. 依照表二，將沙塵暴發生次數與年代之關係，製成下圖五。



【圖四】 研究個案沙塵暴影響超過一半測站次數統計



【圖五】 研究個案期間沙塵暴發生次數統計

3. 2004 年沙塵暴發生次數最多，但強度方面卻較為不顯著；反觀 2001 年及 2009 年，雖然發生次數較少但強度顯著。

## 六、特殊個案探討

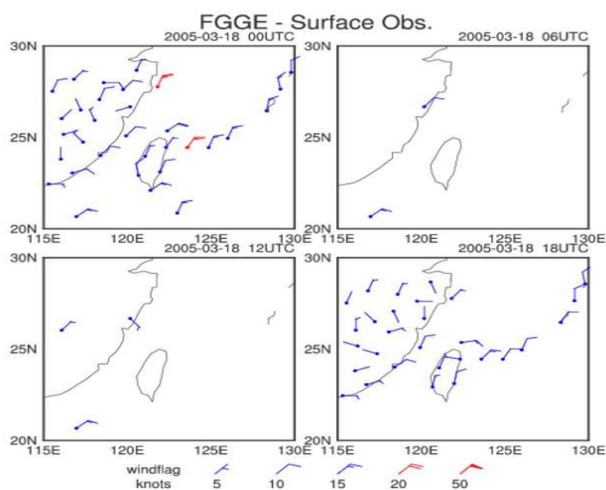
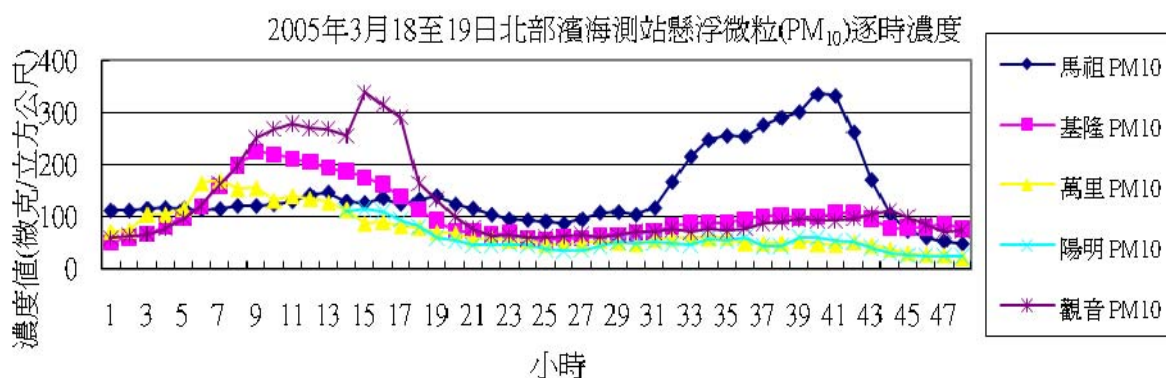
### (一) 結果

1. 一般而言，沙塵順東北季風南下，故馬祖測站懸浮微粒受沙塵暴影響

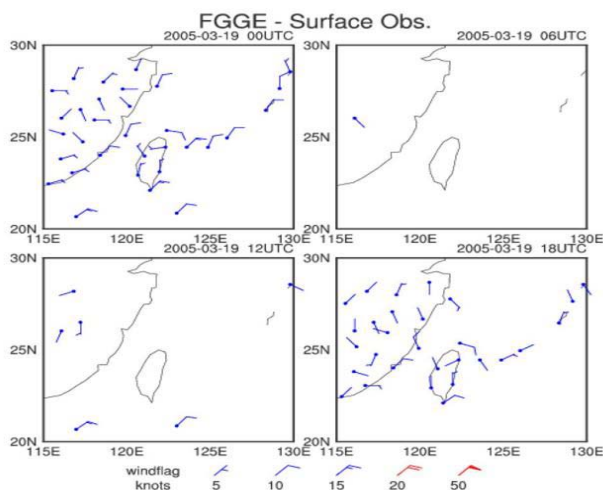
濃度上升後，約在數小時內可以影響到臺灣地區。然而，我們發現在 20050318-19 個案中，馬祖測站  $PM_{10}$  濃度值上升的時間較北部區域晚。

2. 為更進一步探討 20050318-19 個案的特殊性，我們將此個案的  $PM_{10}$  濃度值逐時濃度折線圖及臺灣地面風場圖特別挑出來討論，如圖六、七、八。

【圖六】2005年3月18至19日濱海測站  $PM_{10}$  濃度值逐時濃度折線圖



【圖七】2005年3月18日臺灣地面風場圖



【圖八】2005年3月19日臺灣地面風場圖

## (二) 討論

1. 由圖六可發現，北部觀音測站的  $PM_{10}$  濃度值約在 18 日 15 時(Local Time，以下簡稱 LT)達最高值，而馬祖測站沒有明顯上升趨勢。此時，馬祖地區的風場約略為西南西風。
2. 由圖八可發現，19 日 08 時(LT)，馬祖地區的風場已轉為偏北風。對照圖六可發現 19 日 08 時(LT)以後，馬祖地區的  $PM_{10}$  濃度值已逐漸上升。
3. 因此，我們推測此個案中，因馬祖測站的風場與臺灣本島有明顯差異，

致使 PM<sub>10</sub> 濃度值的上升時間較北部地區晚發生。

## 七、探討沙塵暴個案逐時分布特徵

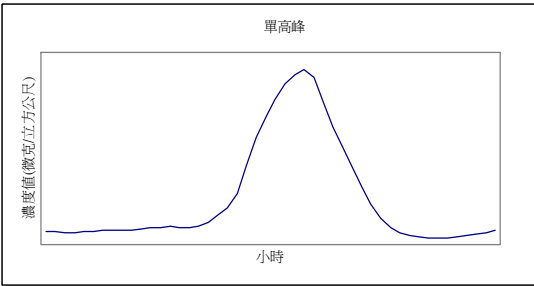
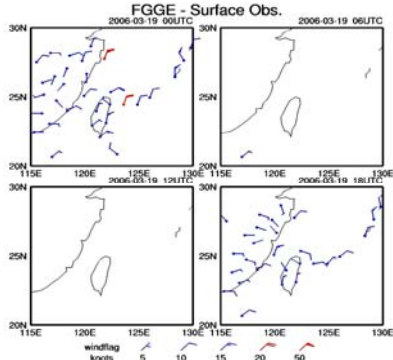
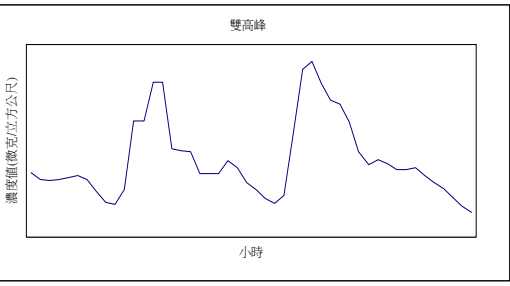
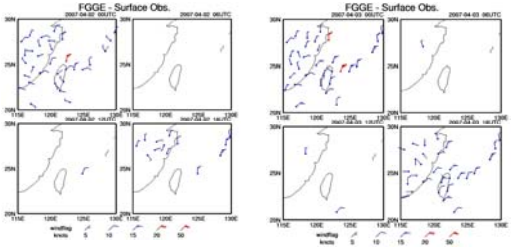
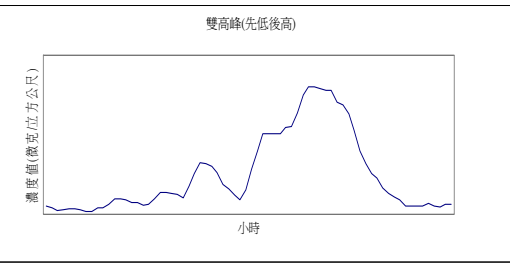
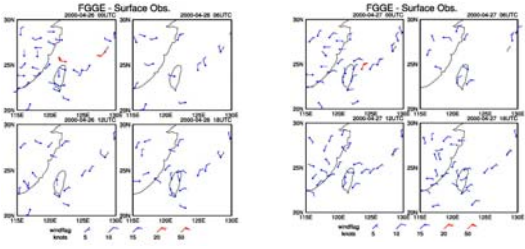
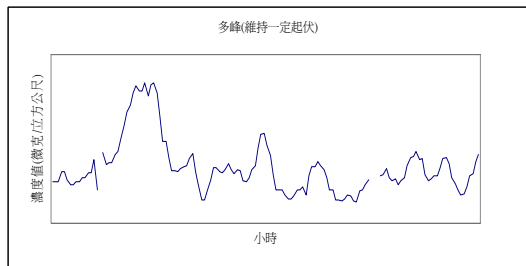
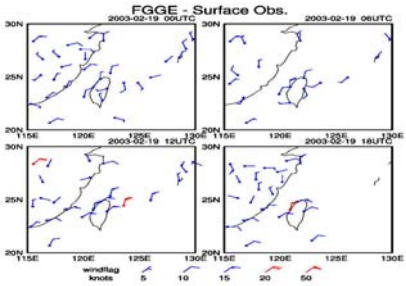
### (一) 結果

1. 將逐時資料整理成折線圖，可以發現圖表間有相似之處，可簡單歸類為單高峰、雙高峰、多峰等類型，並佐以地面風場圖作為對照，如下表六。
2. 單高峰：比對風場圖，可看出在 0 時(UTC)發生最大風速，而後各地區風的方向沒有一致性，所以導致沙塵暴型態僅有單次高濃度升起。
3. 雙高峰：兩天的風場在 0 時(UTC)皆出現最大風速，共有兩次高濃度升起。
4. 雙高峰(先低後高)：第一張圖 0 時(UTC)吹西風，18 時(UTC)則是各區域風向一致偏北，第二張圖 0 時(UTC)出現最大風速，而後各區域風向無一致性，因此出現先低後高的濃度升起情形。
5. 多峰(維持穩定起伏)：風場圖的風向呈現規律性變動，先是偏北，然後不規則，再偏北。
6. 濃度升起後維持一定範圍：風向皆偏北方，並且有持續性。
7. 單高峰後維持一定範圍濃度：出現最大風速之後風向皆偏北方，但無出現第二次最大風速，因此造成單一高峰後維持一定範圍濃度的現象。
8. 雙高峰後維持一定範圍濃度：出現兩次最大風速之後，各區域風向仍偏北方，因此造成雙高峰後仍維持一定範圍濃度。
9. 多峰(維持穩定起伏)類型的個案最多，其次則是單高峰類型。此兩種類型的個案發生時間大多在每年二~四月。
10. 研究期間約 70% 的沙塵暴個案 PM<sub>10</sub> 濃度值逐時濃度折線圖均適用於表六的分類。其餘 30% 個案因折線圖特徵不明顯，所以不列入表七的分類。

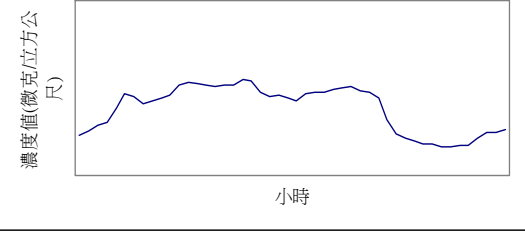
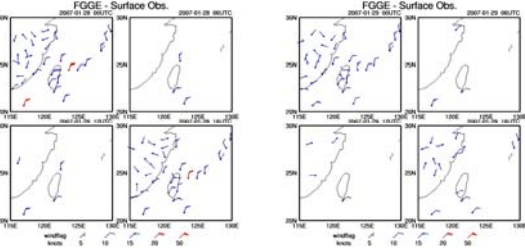
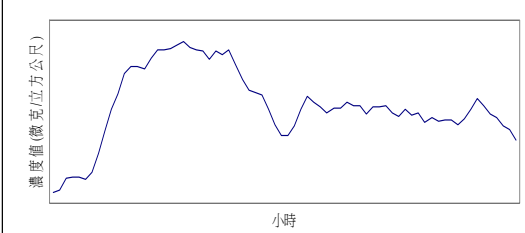
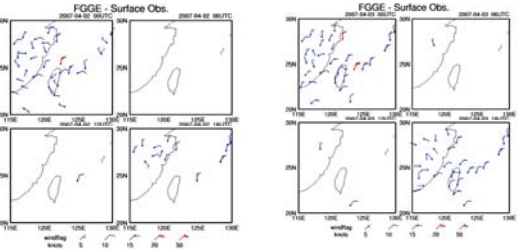
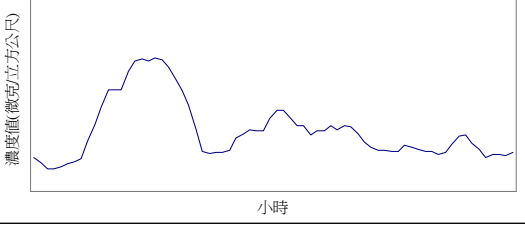
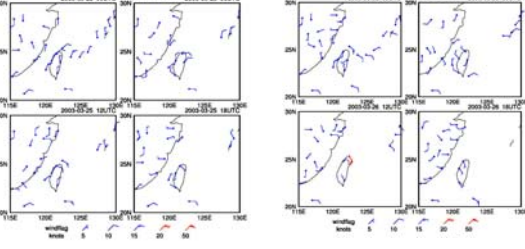
### (二) 討論

1. 沙塵暴的傳輸是藉由季風的運送，此時期的海陸高壓系統會造成風向的變異。在臺灣地區，通常是吹偏南風，但在沙塵暴來襲時，風向會驟變為偏北方。期間仍會有細微變化，而造成沙塵暴傳輸型態的差異性。

【表七】個案分類表

類型名稱	類型示意圖	當時臺灣地面風場圖
單高峰		
雙高峰		
雙高峰 (先低後高)		
多峰 (維持穩定 起伏)		



類型名稱	類型示意圖	當時臺灣地面風場圖
濃度升起後維持一定濃度	<p style="text-align: center;">濃度升起後維持一定濃度</p> 	
單高峰後維持一定範圍濃度	<p style="text-align: center;">單高峰後維持一定濃度範圍</p> 	
雙高峰後維持一定範圍濃度	<p style="text-align: center;">雙高峰後維持一定濃度範圍</p> 	

## 八、探討沙塵暴期間 SO<sub>2</sub> 濃度值的變化特徵

### (一) 結果

1. 我們發現沙塵暴資料庫裡提到近年在韓國和日本在沙塵天氣期間，酸雨 pH 值有增加的趨勢，但行政院環保署沙塵資料庫中說沙塵暴的沙塵會為臺灣帶來高濃度的 SO<sub>2</sub>，於是我們想藉由分析研究個案的 SO<sub>2</sub> 與 PM<sub>10</sub> 濃度值變化趨勢，進一步釐清沙塵暴期間的 SO<sub>2</sub> 濃度值變化特徵。
2. 隨機選取「20000328-31」、「20060319-20」、「20060329-30」和「20091225-26」四個個案，計算各測站的 SO<sub>2</sub> 與 PM<sub>10</sub> 濃度值之標準計分（z 分數）。其計算公式如下：

$$z_i = \frac{x_i - \bar{X}}{S}$$

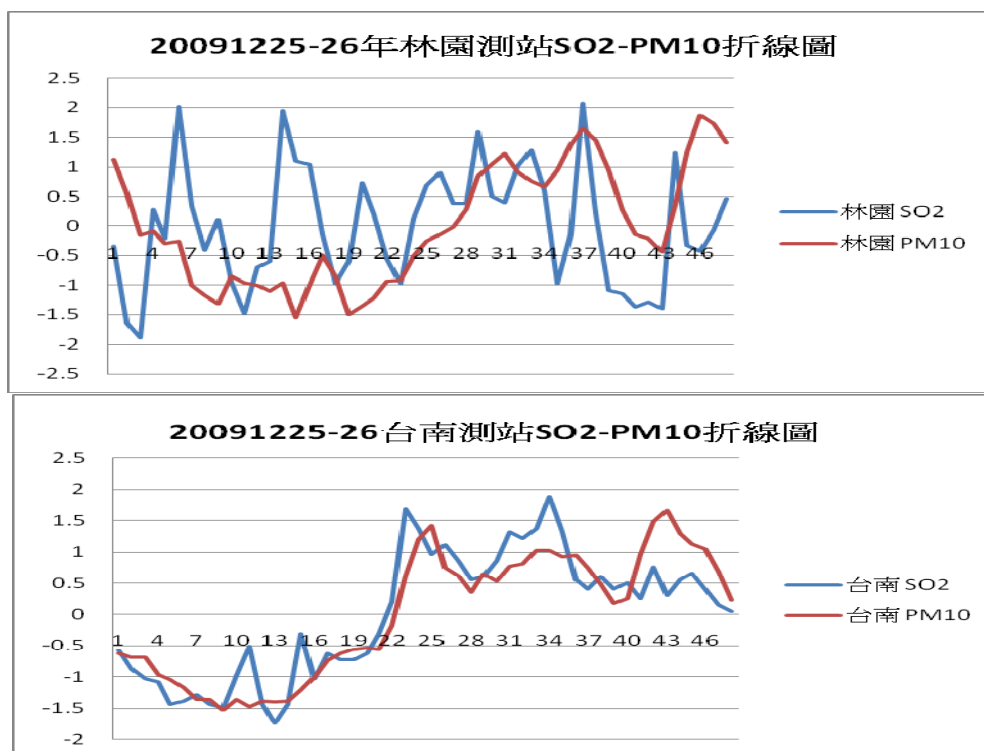
Z<sub>i</sub> 為數據點 X<sub>i</sub> 之 z 分數，S 為標準差。

3. 將  $\text{SO}_2$  與  $\text{PM}_{10}$  濃度值之標準計分繪成折線圖加以比對(如圖九)，並找出兩者之間的相關係數。相關係數值介於正負 1 之間，可分為三個區塊，分別是低度相關(0~0.3)、中度相關(0.3~0.7)以及高度相關(0.7~1)。依上述分類作  $\text{PM}_{10}$  和  $\text{SO}_2$  折線圖分析，如果  $\text{SO}_2$  和  $\text{PM}_{10}$  濃度值的相關係數介於 0.3~1 之間，代表兩者之間數值變化趨勢相同。

【表八】個案中  $\text{SO}_2$  與  $\text{PM}_{10}$  相關係數大於 0.3 測站

<※標記表示  $\text{SO}_2$  與  $\text{PM}_{10}$  相關係數大於 0.3 >

區域	測站名	20000328-31	20060319-20	20060329-30	20091225-26
北區	基隆	※			※
北區	陽明		※	※	※
北區	觀音	※	※	※	※
中區	台西	※	※		※
中區	沙鹿	※			※
南區	台南	※			※
南區	林園	※		※	
南區	恆春		※		※
東區	台東		※	※	
東區	宜蘭		※		※
東區	花蓮		※	※	※



【圖九】「20091225-26」個案 20091225-26 之台南與沙鹿測站  $\text{PM}_{10}$  和  $\text{SO}_2$  變化折線圖

## (二) 討論

1. 經由表八，我們發現在沙塵暴期間  $\text{SO}_2$  濃度值有增加的趨勢，此結果與行政院環保署沙塵資料庫的記載一致。
2. 另外在朱宏勳先生於 2004 年發表的論文裡提到，沙塵暴的沙塵微粒會吸收沿途地區排放的  $\text{SO}_2$ ，會中和空氣中的酸性物質，降低酸雨的效應，而侵臺沙塵暴的沿途路徑大多會經過鄰近中國沙塵暴發源地的韓國、日本，我們推測這就是沙塵暴資料庫記載近年韓國、日本在沙塵天氣期間，酸雨 pH 值增加的原因。論文裡也提到說沙塵微粒因吸收沿途排放的  $\text{SO}_2$ ，所以微粒內硫化物的含量升高至平時的五倍，試想這應為最後沙塵暴抵達臺灣時所沉降的攜有高濃度硫化物的沙塵微粒，導致臺灣在沙塵暴期間  $\text{SO}_2$  有增加的趨勢。

## 陸、 結論

- 一、沙塵暴好發於春夏交替之際，而侵襲臺灣則以三、四月最為頻繁。
- 二、在研究個案期間，北部區域為東北季風迎風坡，受沙塵暴影響最為明顯；南部區域次之，推論與當地天氣系統與季節特性有關。
- 三、不同於被普遍認為受沙塵暴影響較輕微，東部區域受影響的程度接近南部區域，推測此結果與東部區域為東北季風的迎風坡有關。
- 四、沙塵暴嚴重影響的區域分布類型共可分為 10 類，最常發生的類型為「北部區域嚴重影響」有 5 個個案；次為「全面性影響」之類型共有 3 個個案。
- 五、2004 年沙塵暴發生次數雖為最多，但強度方面卻較為不顯著；反觀 2001 年及 2009 年，雖然發生次數較少，但強度較為顯著。
- 六、20050318-19 個案中，馬祖測站  $\text{PM}_{10}$  濃度值上升的時間較北部區域晚，屬於特殊個案。推測發生原因，可能因馬祖測站的風場與臺灣本島有明顯差異，致使  $\text{PM}_{10}$  濃度值的上升時間較北部地區晚發生。
- 七、在沙塵暴個案逐時分布特徵之分析結果，可將沙塵暴逐時濃度變化分為 7 種變化類型。多峰（維持穩定起伏）類型的個案最多，其次則是單高峰類型，此兩種類型的個案發生時間大多在每年二~四月。我們推論風向的變化可能是造成類型變化的可能原因，由次可見各區域受沙塵暴影響程度與該時段的風場極有關係。

八、經過東北季風長途輸送，到達臺灣的懸浮微粒含硫化物的比例較高，導致臺灣在沙塵暴發生期間 SO<sub>2</sub> 濃度有增加的趨勢。

## 柒、參考資料及其他

一、行政院環境保護署空氣品質監測網

<http://taqm.epa.gov.tw/taqm/zh-tw/PsiAreaHourly.aspx>

二、行政院環境保護署中國大陸沙塵監測網

<http://dust.epa.gov.tw/dust/zh-tw/>

三、美國太空總署 TOMS Total Ozone Mapping Spectrometer 網站

<http://toms.gsfc.nasa.gov/>

四、美國太空總署氣膠探測網站

<http://macuv.gsfc.nasa.gov/earthProbeAerosol.md>

五、沙塵暴資料庫

<http://www.atmos.pccu.edu.tw/duststorm/database/database.htm>

六、朱宏勳(民 93): 長途傳輸對北臺灣大氣氣膠特性的影響。中央大學環境工程研究所碩士論文，未出版。

## 【評語】 040501

針對台灣地區沙塵資料分析，具鄉土性且完整，未來的影響層面日增。但是分析與分類的方式侷限於台灣，建議加入大陸及東南亞區域氣象資料討論。沙塵暴形成所需天氣、環境條件也須探討。另外空氣品質不良亦可能導因於局部地區的污染或擴散不良，西風帶的影響亦需納入考慮。台灣本地或大陸沿岸與沙塵暴有所不同，亦應有適當之區分。