

# 台灣本土大氣沙塵產生機制之探討

李湘鶴 陳正平 林筱雯

台灣大學大氣科學系

## 摘要

研究以數值模式模擬台灣本土大氣沙塵的產生，所採用模式包括區域氣象模式與大氣氣膠物理化學模式，其中區域氣象模式使用 MM5，大氣氣膠物理化學模式則用台灣空氣品質模式 TAQM (Taiwan Air Quality Model)，並將其化學排放的部分改為由 (Wang et al. 2000) 之沙塵起沙模組，再配合台灣地區地表狀態的分類，計算台灣地區沙塵的來源。最後也將模式計算的結果與 2001ACE-Asia 期間與 2002 EPA/中研院觀測計畫之觀測結果進行驗證，比較氣膠採樣中的(礦物)沙塵和非沙塵的比例在本土事件與境外傳送事件間的差異。

關鍵字：沙塵；大氣沙塵模式、TAQM

## 一、研究動機與研究問題

沙塵的影響範圍很廣不論是對於人體健康、飛航安全、氣候變化、水資源問題，以至於生態環境的影響都是非常重要的，但是我們生存的環境中，所有的沙塵來源都是外來的嗎？抑或是台灣本島也有沙塵的來源呢？我們常聽到的都是大陸沙塵襲台，可是在沒有沙塵暴期間難道大氣中就沒有沙塵的含量？事實上由實驗觀測數據可知，在非沙塵暴事件時期氣懸微粒仍有沙塵的成分。所以此研究計劃的目的是在找出外來沙塵含量與本地產生的區域性沙塵含量比例，而台灣本地產生沙塵的來源地區有哪些？這有助於我們對於台灣整體沙塵的了解，以及未來對沙塵的一些可能影響的範圍作更深入的探討。

## 二、研究方法

### 2.1 模式

#### 2.1.1 區域氣象模式 MM5

區域氣象模式 MM5，中尺度模式對於不同的大氣物理過程提供許多不同的選擇，包括降水的物理過程、地表能量收支、地表邊界層的處理和大氣輻射過程，因此使用此模式時，對於不同的天氣現象可以採用適當之物理過程加以模擬。

#### 2.2.2 台灣空氣品質模式 TAQM

台灣空氣品質模式 TAQM，其最重要核心程式為化學傳輸模式部分，此模式為三維的 Eulerian 網格模式，可以模擬大氣對流層中空氣污染重要的物理及化學程序。

本計畫中最重要為起沙機制，

TAQM 中 emission 的起沙源採用 Wang et al. (2000) 的起沙機制，其起沙強度和模式地面摩擦速度、近地面的相對溼度及鋒面過境與否有關。當以上條件滿足起沙門檻條件時，起沙強度  $S$  如公式(1)所示：

$$S = C_1 C_2 u^{*2} (1 - RH) G \times 3.5R \quad (1)$$

其中起沙強度其中起沙強度  $S$  的單位為  $\text{kgm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ，為不同地表的權重和起沙源地粒徑分布所推導出來的不同粒徑百分比的乘積，其中沙塵粒徑由  $0.5$  至  $30 \mu\text{m}$  共分 12 類； $C_2$  為經驗值，設為  $2.9 \times 10^{-11}$ ； $u^*$  為地表摩擦速度； $RH$  為最近地表層的相對溼度； $G$  為網格大小的面積，以平方公尺為單位； $R$  為沙塵在大氣分層中的含量比例，其中共分為 8 層。

## 2.2 地表狀態

此計畫中最重要的部分是計算台灣地區的沙塵來源。在地表分類部分，採用 MM5 (區域氣象模式) TERRAIN 中內部已有的台灣地表分類，共分為 24 種。在王自發 kosa 模式當中需要地表分類與地表權重，即(1)式中的  $C_1$ 。因要將 MM5 地表分類套用在 kosa 模式中，利用 kosa 的地表起沙係數，但因為兩者在地表分類上並不一致，故要將 MM5 的地表分類與 kosa 的地表分類做比對 (表 1)。

## 2.3 起沙係數的建立

利用 MM5 中 TERRAIN 內設的地表狀態與王自發博士所建立的地表狀態 (Wang et al., 2000) 做比對，

將台灣地區地表狀態共區分為 14 類 (圖 4)。因為每一種地表狀態起沙的容易度不同，所以在每一種地表狀態建立個別的起沙係數，稱之為地表權重 (表 1)。再來是推估不同粒徑沙塵的百分比，將沙塵粒徑大小區分為 12 類，再分別計算這 12 類的重量濃度佔整體沙塵重量濃度的百分比。最後將不同地表狀態的地表權重分別乘上 12 種沙塵粒徑分類重量濃度百分比，所以 14 種地表狀態每一種地表都可以得到 12 個 bin，如此就建立了公式(1)的  $C_1$ 。

## 三、觀測資料分析

從圖 1、圖 2、圖 3 可以明顯的看出在大陸沙塵期間不論是 Ca (鈣)、Mg (鎂) 和 Al (鋁) 都有非常明顯的高值，其三種元素均為地殼元素，在觀測資料中，將大陸沙塵時期 (1-5 月) 和非大陸沙塵時期 (7-12 月) 的 Ca (鈣)、Mg (鎂) 和 Al (鋁) 濃度做比較，可以看出一般在大陸沙塵時期 Ca (鈣)、Mg (鎂) 和 Al (鋁) 的濃度均比非大陸沙塵時期的濃度高 2 倍至 4 倍不等，但是反過來說，在非大陸沙塵時期所含的沙塵量就佔了總沙塵的百分之二、三十，其中含量的比例的確是不可忽視。

## 四、模擬結果

### 4.1 個案選取

此研究的個案選取，是依據中研院環境變遷中心在 2002 年期間在台北、台中、台南、屏東、澎湖

及石門六個地方，共有 13 次空氣氣體採樣分析的資料，配合其採樣時間，希望藉此能夠將模式模擬的值與觀測資料比對，看出兩者的差異性，所以選擇 2002/08/25 - 2002/08/29 為模擬時間。

#### 4.2 沙塵模擬

在模式的設定中，起沙強度與風速有一定的相關性，在風速大的時候，起沙強度要大；反之，風速小的時候，起沙強度就小。圖 5 是 2002/08/25 - 29 這五天最大風速時的沙塵濃度，圖 6 是 2002/08/25 - 29 這五天最小風速時的沙塵濃度。普遍濃度值為  $4-6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，一些較高濃度則為  $12-14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，大致來說高值主要出現在北部和台東地區，而這地區也是起沙強度較強的地區。沙塵擴散的情況明顯受風向影響，在夏季台灣地區主要受西南季風影響，所以可以看到沙塵擴散主要往東北方向移動，而沙塵的擴散也會受到日夜海陸風差異的影響，像是台東地區的沙塵擴散就會受到陸風往海上吹，而形成往東或東南方向擴散的情形。

#### 4.2 模擬與觀測資料比較

在觀測與模擬的比較中(圖 7)，因為資料有限所以並無明顯的趨勢變化，但是模擬結果均比觀測結果高，其原因在於觀測資料中是分析沙塵中的地殼元素(矽、鈣、鋁等)，而模擬的結果是整個沙塵的濃度(還包含氧、碳等)，所以模擬結果應該是會與分析資料有倍數上

的差異，在台北及石門地區模式結果有比觀測資料高的現象，但是倍數關係就沒有很明顯的，或許未來做長時間的觀測、模擬，在比較上或有更明顯的結果。

#### 五、結論與未來發展

此研究是對台灣地區起沙量的初步估算，所得結果難免與實際值有一些出入；誤差可歸因於一些細節處理的不夠完善，例如在區域氣象模式(MM5)中，目前是執行四槽，解析度為三公里，未來可以跑到第五槽，將解析度增加到一公里。另外是地表狀態的部分，目前使用的是 MM5 中 TERRAIN 內設的地表狀態，解析度為三公里，這樣的解析度在台灣地區仍過於粗糙，美國 MODIS 有台灣地區一公里解析度的地表狀態，希望未來能增加台灣地區地表狀態分類的精確性，如此在計算起沙量時會有更準確的依據。在沙塵粒徑的粒徑分佈主要是根據大陸塔克拉瑪干沙漠、戈壁沙漠、黃土高原等地區的粒徑分佈，希望未來能建立一套台灣地區的沙塵粒徑分佈，依照不同的地表狀態有各自的沙塵粒徑分佈圖。

#### 參考文獻

- 劉紹臣等，”台灣地區臭氧與懸浮微粒預報模式建立及生成與傳輸機制分析”，行政院環境保護署九十一年度專案計劃，2002
- 劉紹臣等，”台灣地區臭氧與懸浮

- 微粒預報模式建立及生成與傳輸機制分析”，行政院環境保護署九十二年度專案計劃期中報告，2003
- 陳正平等，”大陸沙塵暴氣象條件之分析與建立預警制度之研究”，行政院環境保護署九十一年度專案計劃，2002
- 全浩主譯，”黃沙”，名古屋大學水圈科學研究所編，1995
- Zifa Wang, Hiromasa Ueda, Meiyuan Huang, A deflation modula for use in modeling long-range transport of yellow sand over East Asia, *J. Geophys. Res.*, vol. 105, NO. D22, 2000
- Paul Ginoux, Mian Chin, Ina Tegen, Joseph M. Prospero, Brent Holben, Oleg Dubovik, and Shian-Jiann Lin, Sources and distributions of dust aerosols simulated with the GOCART model, *J. Geophys. Res.*, vol. 106, NO. D17, 2001
- Charles S. Zender, Huisheng Bian, and David Newman, The mineral Dust Entrainment And Deposition (DEAD) model : Description and 1990 dust climatology, *J. Geophys. Res.*, 2002
- Zifa Wang, Hajime Akimoto, and Itsushi Uno, Neutralization of soil aerosol and its impact on the distribution of acid rain over east Asia: Observation and model results, *J. Geophys. Res.*, vol. 107, NO. D19, 2002
- C. Guieu, Y. Bozec, S. Blain, C. Ridame, G. Sarthou, and N. Leblond, Impact of high Saharan dust inputs on dissolved iron concentrations in the Mediterranean Sea, *GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS*, vol. 29, NO. 19, 2002
- Paul. Ginoux, Mian Chin, Ina Tegen, Joseph M. Prospero, Brent Holben, Oleg Dubovik, and Shian-Jiann Lin, Sources and distributions of dust aerosols simulated with the GOCART model, *J. Geophys. Res.*, vol. 106, NO. D17, 2001

Land Type	Weight Factor
Water	0
Broadleaf Evergreen Forest	0
Mixed Coniferous and Broadleaf	35
Deciduous Forest	35
High Latitude Deciduous Forest	50
Grassland	180
Losses Plateau	1200
Tundra	0
Coniferous Forest	30
Broadleaf Deciduous Forest	40
Shrubs and Bare Ground	240
Cultivation	200
Desert	1600
Urban	1200

表 1：kosa 模式當中 14 種地表分類與地表權重 (Wang et al., 2000)，當初王自發博士是針對黃土高原地區所做的地表分類，故在原始的地表分類中沒有 Urban，但在台灣地區城市的比

例不可忽略，故在本計畫中加入了城市的地表狀態 1200

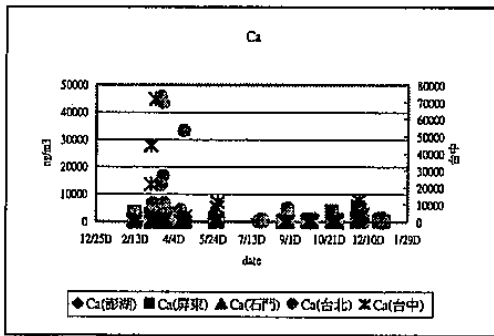


圖 1：中研院 2002 觀測實驗中所分析出的 Ca（鈣）金屬元素含量濃度，其中縱軸單位為 ng/m<sup>3</sup>，橫軸為日期，D 表示白天。

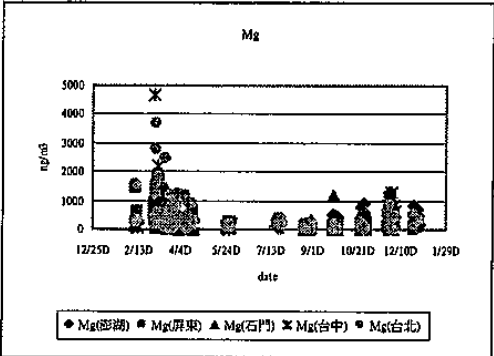


圖 2：中研院 2002 年觀測實驗中 Mg（鎂）金屬元素含量濃度，其中縱軸單位為 ng/m<sup>3</sup>，橫軸為日期，D 表示白天。

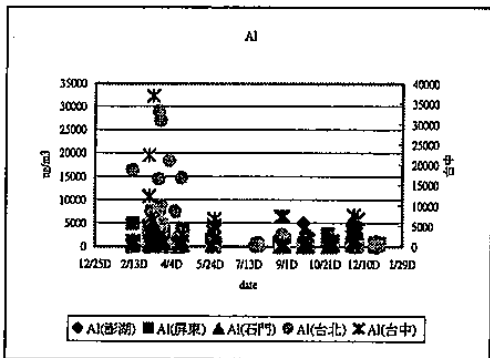


圖 3：中研院 2002 年觀測計畫中 Al（鋁）金屬元素含量濃度，其中縱軸

單位為 ng/m<sup>3</sup>，橫軸為日期，D 表示白天。

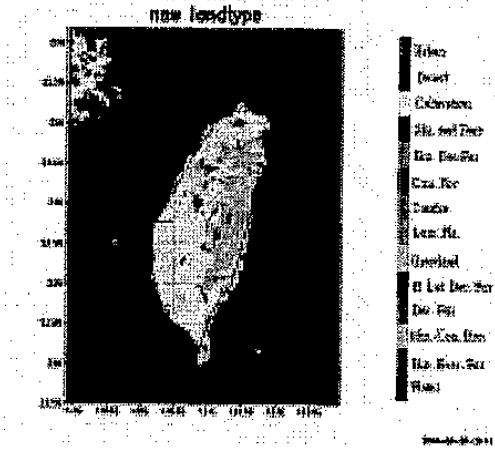


圖 4：利用王自發博士(Wang et al., 2000)的 14 種地表分類所畫的台灣地區新的地表分類。

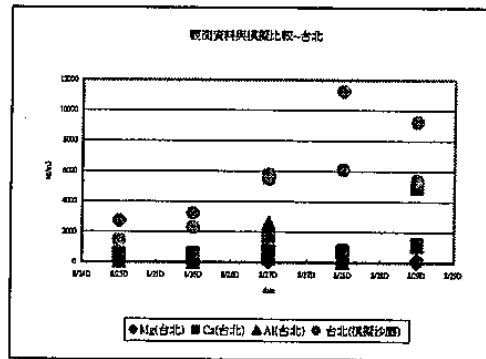


圖 7：台北地區中研院觀測採樣資料與模擬資料比較。

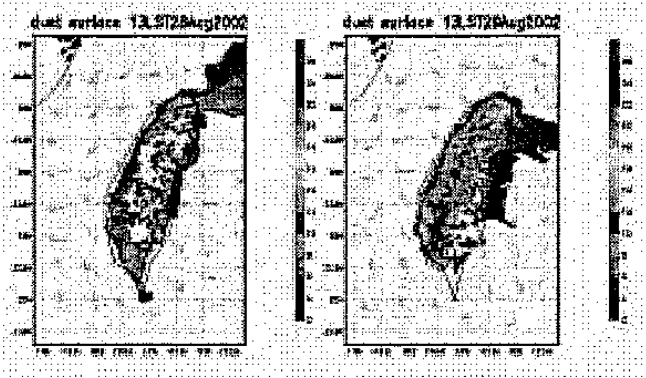
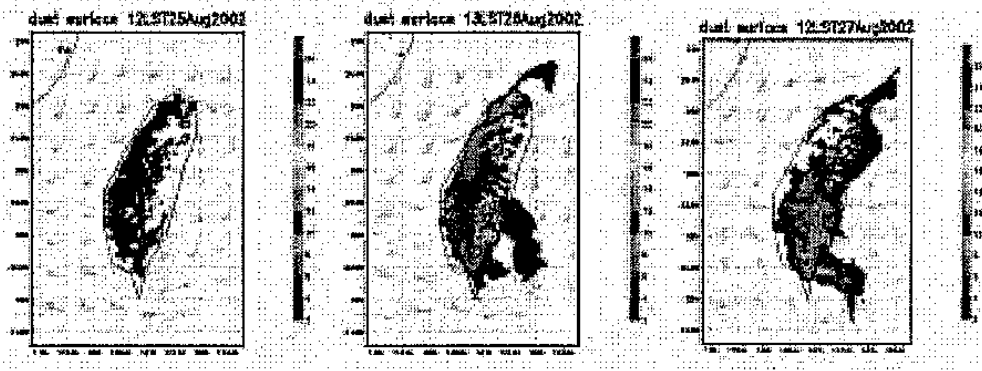


圖 5：從 2002/08/25 - 2002/08/29 最大風速時 沙塵濃度擴散情形。

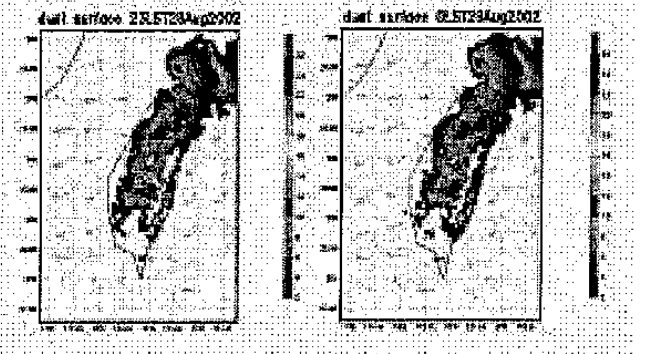
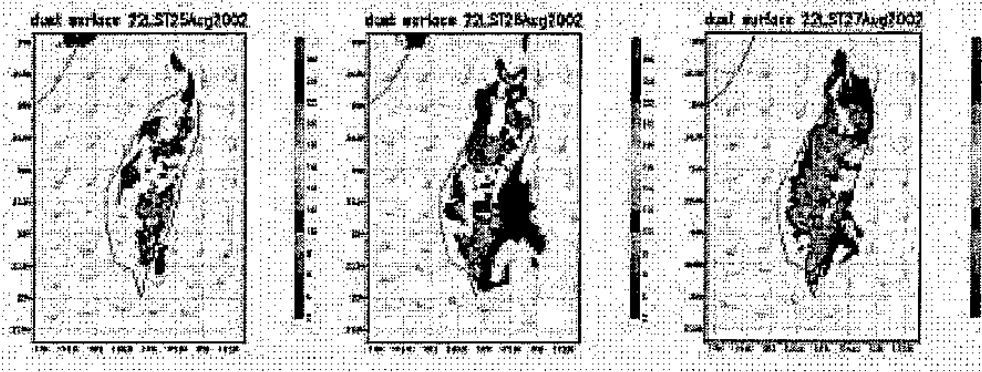


圖 6：從 2002/08/25 - 2002/08/29 最小風速時 沙塵濃度擴散情形。