

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 子計畫四:氣候分析與動力機制探討

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC94-2111-M-034-002-AGC

執行期間：94年08月01日至95年07月31日

執行單位：中國文化大學大氣科學系

計畫主持人：余嘉裕

共同主持人：周佳

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 95 年 10 月 30 日

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 亞洲大氣污染物之長程輸送與衝擊研究 子計畫四：氣候分析與動力機制探討(3/3)

### The Impact of Long-range Transport of Asian Atmospheric Pollutants: Climate Analysis and Examination of Dynamical Mechanisms

計畫編號：NSC 94-2111-M-034-002-AGC

執行期限：94 年 8 月 1 日至 95 年 7 月 31 日

主持人：余嘉裕 中國文化大學大氣科學系

#### 一、摘要

本研究採用 NOAA 的 HYSPLIT 模式，從生質燃燒區作前推氣流軌跡線分析，以瞭解生質燃燒污染物長程傳輸之路徑和氣候條件之關係。

透過群集軌跡分析指出，北支軌跡線屬長程傳送，影響中國大陸華北、東北及日韓地區；中支軌跡線屬中程傳送，易影響大陸華中、華南及台灣地區；南支軌跡線屬短程傳送，中南半島及菲律賓地區受其影響最大。年際變化分析發現，氣流軌跡與聖嬰年氣候條件有顯著關係：於聖嬰年時，菲律賓東方之反氣旋式距平環流可導致氣流軌跡偏北之趨勢，但氣流軌跡與反聖嬰年關係較不明顯。

**關鍵詞：**群聚分析、生質燃燒

#### *Abstract*

In this study, NOAA HYSPLIT model is employed to examine the features of trajectories original from Southeast Asia.

The cluster analysis shows that the northern branch exhibits long-distance transport and affects northern China, Korea, and Japan. The central branch exhibits moderate-range transport and influences central and southern China,

and Taiwan as well. The southern branch exhibits only short-range transport and affects mostly local areas. Interannual variability of trajectories indicate that the anomalous anti-cyclonic circulation occurring to the east of Philippine Islands can significantly shift the trajectories northward in the El Nino years, while the effect of La Nina on trajectories is less evident according to the analysis.

**Key words:** cluster analysis, bio-mass burning

#### 二、前言

東亞地區大氣中氣膠來源主要有二：一為大陸西北地區沙塵暴所造成，屬自然源，於春季（3~5月）發生頻率最高，產生之氣膠大部分向東及向東南輸送。沙塵氣膠向東可傳送至數千公里遠的中國東部、韓國(Chung,1992)、日本(Fan et al.,1996)，甚至更遠的東太平洋 (Kotamarthi and Carmichael, 1993)；向東南則可能影響台灣地區(余等 1996；2002)，甚可達菲律賓，影響範圍相當遼闊。另一種氣膠來源為中南半島地區生質燃燒現象，屬人為因素所造成，每年二至四月之春耕期間，為東南亞生質燃燒現象最明顯的時期 (Streets et al. 2003；Liu et al. 2003)。

在過去研究中，對台灣地區的外來污染物研究主要著重於沙塵暴研究，較少對生質燃燒的傳輸有詳盡的分析，故本研究欲利用氣流軌跡線模式對生質燃燒區的氣流進行模擬分析，以瞭解其傳輸趨勢及對東亞地區與台灣的影響大小，並利用群集分析(cluster analysis)將軌跡線分類，探討群集軌跡和氣候條件之關係。

### 三、資料與模式

#### 3.1 大氣分析場

本文採用美國國家環境預測與大氣研究中心(NCEP / NCAR)所提供之再分析月平均資料 (Kalnay et al. 1996)，該筆資料水平解析度於近地面採高斯網格平面，近似  $1.9^{\circ} \times 1.9^{\circ}$  經緯網格，高空場則為  $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$  經緯網格，資料範圍涵蓋全球，垂直共分成 17 層，資料的起迄時間從 1948 至 2004 年。

#### 3.2 NOAA HYSPLIT 模式

HYSPLIT (HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory) 為由美國大氣與海洋總署 (NOAA) 的 ARL(Air Resources Laboratory) 實驗室所研發之模式 (Draxler, 1992, 1996; Draxler and Hess, 1998; Draxler and Rolph, 2003)，主要設計用於大氣污染的防災、預警及個案診斷等研究。

為了解東南亞生質燃燒對東亞地區的影響趨勢，吾人利用此模式對東南亞生質燃燒區作前推四天氣流軌跡線，以瞭解生質燃燒污染物的可能傳輸方向，及對各地區的影響情形。所使用的資料時間為 1981 至 2004 年春季 (二、三、四月) 每日 06UTC 的軌跡資料。

### 四、軌跡群集分析

#### 4.1 北越源區 (106E、22N)

圖 1 為北越境內 1500 公尺高度氣流軌跡群集分析之結果，圖下半部分為軌跡的高度分佈，橫軸代表時間，以每小時為單位，縱軸代表高度以公尺為單位。而圖中「+」號代表計算 24 小時後之結果，以及「x」與「\*」分別代表 48 及 72 小時後之位置。

分析結果可發現北支軌跡線由於處較高緯度受西風帶影響，傳送速度較快高度也較高，屬長程傳送，平均氣流軌跡於兩天後就可到達日韓地區，三天後甚可傳至北太平洋。北支軌跡影響範圍包括日本、韓國、中國大陸東北與華北地區，不過百分比只佔約 14%。

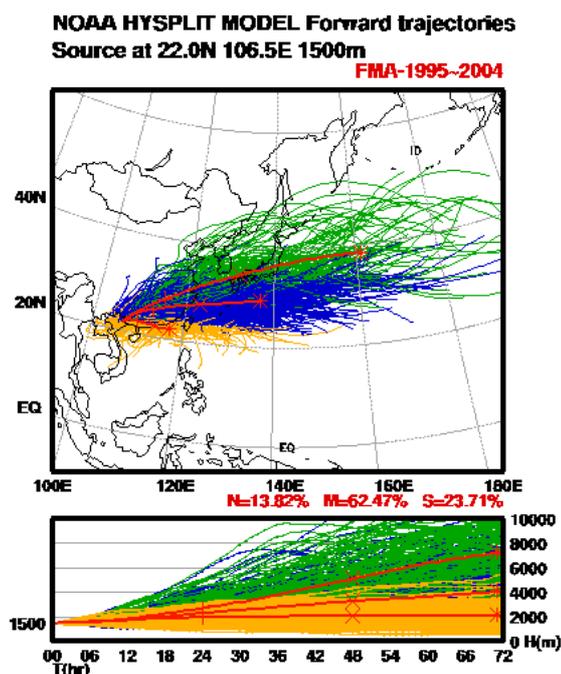


圖 1：北越境內 1500 公尺高度氣流軌跡群集分析之結果。

中支軌跡線為全部群集百分比最高的分支，百分比高達 62%，影響範圍包括日本南部、中國大陸華中華南、台灣北部地區，屬中程傳送，平均軌跡約 48 小時就可傳至台灣，到達高度平均約位

於 3500 公尺左右。

南支軌跡線屬短程傳送，百分比約佔 24%，由軌跡線可看出受局地氣流影響，生質燃燒物僅傳至中南半島地區與大陸華南地區，少部分軌跡可傳至台灣及菲律賓地區。

#### 4.2 泰國源區 (100E、19N)

圖 2 為泰國境內源區 500 公尺高度氣流軌跡之群集分析結果。北支軌跡線易受高緯度西風帶影響，故傳輸距離最遠屬長程傳送，前推三天之平均氣流軌跡可傳至日韓地區，四天後軌跡(以「o」表示)可至北太平洋。主要影響範圍為日本、韓國與中國大陸華中華北地區，不過百分比只佔約 15%，並不是主要的影響區域。

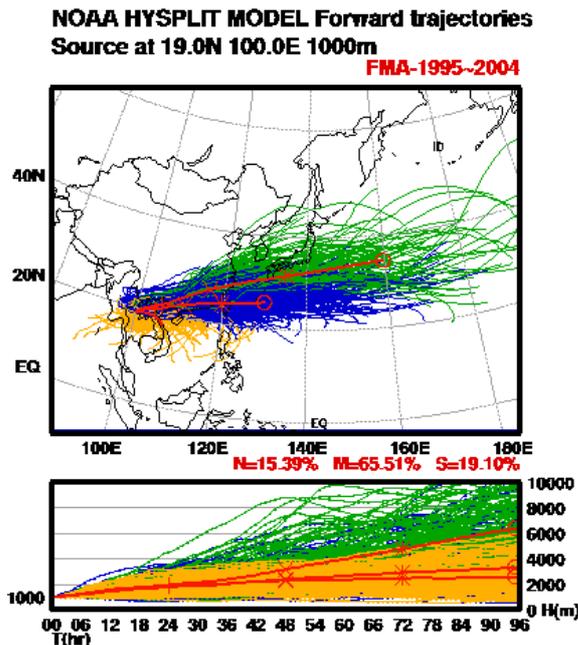


圖 2：泰國境內 1000 公尺高度氣流軌跡群集分析之結果。

中支軌跡所佔百分比最高為 65%，為主要的影響的區域，影響所及範圍為大陸華中華南、日本南部及台灣地區，屬中程傳輸。氣流軌跡平均三天後可傳

至台灣，到達高度約位於 4000 公尺。

南支群集軌跡，由於傳輸高度不高主要受局地氣流影響，軌跡傳輸距離較短屬短程傳送，影響地區主要為中南半島地區，少部分軌跡可傳至台灣及菲律賓地區，所佔百分比約 20%。

#### 4.3 柬埔寨源區 (106E、12.5N)

圖 3 為柬埔寨源區 500 公尺高度群集分析結果。北支軌跡線傳輸方向為東北傳送，主要影響區域為大陸華南地區，少部分軌跡可傳至日韓及台灣地區，所佔百分比約 12%。平均氣流軌跡約兩天後可傳至大陸華南地區，而四天後可到達日本與韓國。

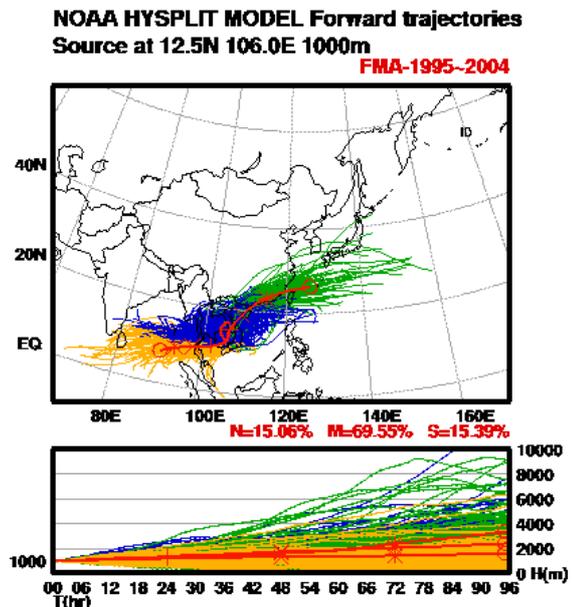


圖 3：柬埔寨境內 1000 公尺高度氣流軌跡群集分析之結果。

中支軌跡傳輸較北支距離短，影響範圍為大陸華南、台灣及中南半島地區，此分支為傳輸趨勢百分比最高的分支，百分比高達 75%，平均軌跡線高度約 2000 公尺。

南支軌跡主要為向西傳輸，氣流軌跡大部分傳至孟加拉灣，少數軌跡可傳

至斯里蘭卡，此分支所佔百分比約為 12%，平均氣流軌跡線高度約在 1000 公尺左右。

### 五、軌跡年季變化與ENSO

圖 4 為北越源區各年群集軌跡的累積百分比折線圖，橫軸代表時間，縱軸代表各群集的百分比，圖中綠色區塊代表北支軌跡所佔的比例，以及藍色及黃色分別代表中支與南支軌跡。可藉由各年群集軌跡百分比變化代表南北偏移的趨勢。結果指出於 83、85、87、90、92 及 98 年軌跡有偏北的趨勢以及 84、86、93 及 99 年為偏南的情形，且由折線圖發現皆有 10~20% 的變動率，可知軌跡南北震盪的年際變化相當明顯。

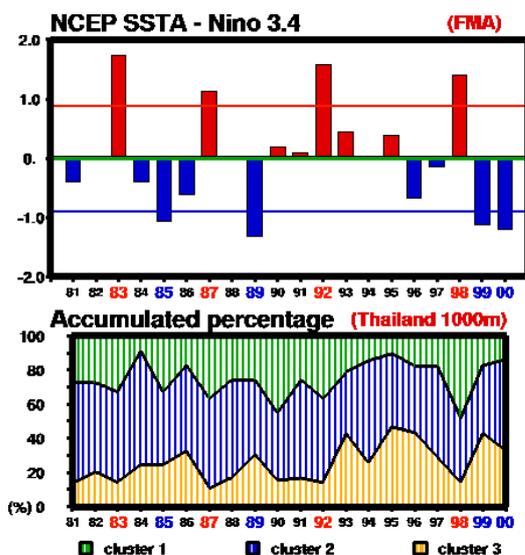


圖 4：上半部分同 4.2.1；下半部分為泰國源區 1000 公尺高度各年群集軌跡之累積百分比折線圖。

圖 5 為聖嬰（取 83、87、92 及 98 年）與反聖嬰年（取 85、89、99 及 00 年）二、三、四月背景場之合成分析結果，圖中流線為 925hpa 之距平風場，陰影部分為海溫的距平值，暖（冷）色系

各為正（負）距平。合成分析結果指出在聖嬰年時，西太平洋海溫為負距平，而菲律賓東方有一反氣旋式距平環流產生，由於此距平環流改變了東亞地區的背景流場（為西南風距平），使得生質燃燒氣流軌跡於聖嬰年時為偏北的情形；反之，於反聖嬰年時西太平洋海溫為正距平，菲律賓東方為一氣旋式距平環流，此距平環流使東亞地區風場為東北風距平，導致氣流軌跡於反聖嬰年時為偏南的情況。

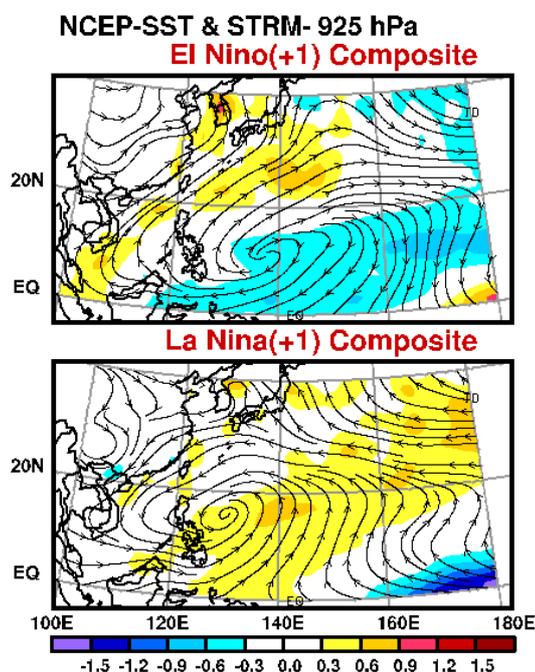


圖 5：聖嬰與反聖嬰年二、三、四月 925hpa 背景場距平之合成分析結果。

圖 6 為聖嬰（取 83、87、92 及 98 年）與反聖嬰年（取 85、89、99 及 00 年）二、三、四月背景場之合成分析結果，圖中流線為 925hpa 之距平風場，陰影部分為海溫的距平值，暖（冷）色系各為正（負）距平。合成分析結果指出在聖嬰年時，西太平洋海溫為負距平，而菲律賓東方有一反氣旋式距平環流產生，由於此距平環流改變了東亞地區

的背景流場（為西南風距平），使得生質燃燒氣流軌跡於聖嬰年時為偏北的情形；反之，於反聖嬰年時西太平洋海溫為正距平，菲律賓東方為一氣旋式距平環流，此距平環流使東亞地區風場為東北風距平，導致氣流軌跡於反聖嬰年時為偏南的情況。

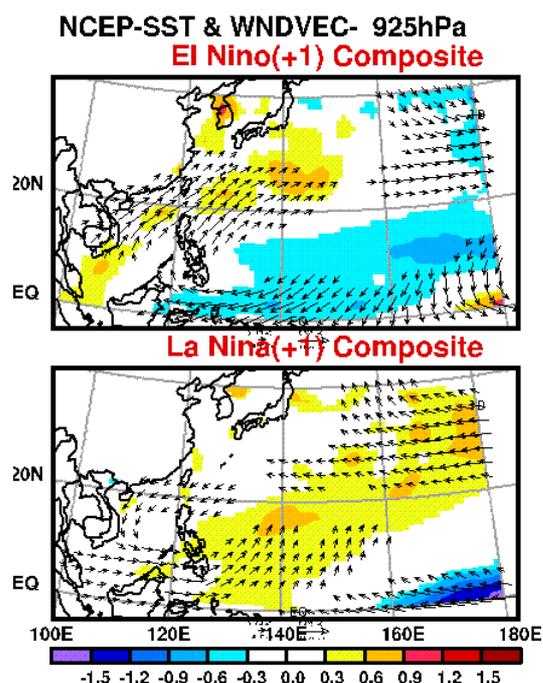


圖 6：聖嬰與反聖嬰年二、三、四月 925hpa 背景場經統計檢定（95%之信度分析）分析之結果。

## 六、結論

於過去研究中，對台灣地區的外來污染物研究主要著重於沙塵暴，較少對生質燃燒的傳輸有詳盡的分析，故本研究利用氣流軌跡線模式對生質燃燒區的氣流進行模擬分析，以瞭解傳輸趨勢及對東亞地區的影響，並利用群集分析將軌跡線分類，探討群集軌跡和氣候條件之關係。

透過氣流軌跡的分析，可發現中南半島北部之生質燃燒對東亞地區的影響

趨勢最大。經群集分析可知北支軌跡線易影響中國大陸華北、東北及日韓地區，傳輸距離最遠屬長程傳送；中支軌跡線屬中程傳送，易影響大陸華中、華南及台灣地區；而南支軌跡線為短程傳送，中南半島及菲律賓地區受其影響最大。

年際變化的分析結果指出，軌跡有顯著的南北震盪特徵，而透過背景海溫場分析發現，氣流軌跡之年際震盪與聖嬰現象有明顯的相關性，於聖嬰年時，軌跡為偏北的趨勢。經背景環流場分析發現，其主要原因為菲律賓東方的距平環流所影響，於聖嬰年時，為反氣旋式距平環流，此環流在東亞地區產生西南風距平改變了背景流場，使氣流軌跡於聖嬰年為偏北的情形。然而反聖嬰年時，距平環流並不是軌跡震盪的主要原因，可能還受其他機制影響有關。

## 七、參考文獻

- 余嘉裕，卓盈旻，涂建翊，2002：東亞沙塵暴的時空特徵分析，*中華民國環境保護學會學刊*，**25-2**，178-198。
- \_\_\_\_，劉廣英，俞家忠，1996：台灣地區空氣污染物與大陸地區沙暴長程輸送關係之研究，*行政院環保署期末報告*，EPA-85-1301-09-12
- Chung, Y. S., 1992: On the observations of yellow sand (dust storms) in Korea. *Atmos. Envir.*, **26**, 2743-2749.
- Draxler, R. R., 1992: *Hybrid single-particle Lagrangian integrated trajectories (HY-SPLIT): Version 3.0-User's guide and model description*. NOAA Tech. Memo. ERL ARL-195, 26pp.
- , 1996: Trajectory optimization for balloon flight planning. *Weather and Forecasting*, **11**, 111-114.

- , and G. D. Hess, 1998: An overview of the HYSPLIT\_4 modeling system for trajectories, dispersion, and deposition. *Australian Meteorological Magazine*, **47**, 295-308.
- , and G. Rolph, 2003: HYSPLIT4 (HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory) model, Air Resour. Lab., Natl. Oceanic and Atmos. Admin., Silver Spring, Md. (Available at <http://www.arl.noaa.gov/ready/hysplit4.html>)
- Fan, X.B. et al. 1996: Mineral particles collected in China and Japan during the same Asian dust-storm event. *Atmos. Envir.*, **30**, 347-351.
- Kalnay, E. and Coauthors, 1996: The NCEP/NCAR 40-year Re-analysis project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **77**, 437-471.
- Kotamarthi, V.R. and G. R. Carmichael, 1993: A modeling study of the long range transport of Kosa using particle trajectory analysis. *Tellus*, **45**, 426-441.
- Liu, H., D. J. Jacob, I. Bey, R. M. Yantosca, B. N. Duncan, and G. W. Sachse, 2003: Transport pathways for Asian pollution outflow over the Pacific: Interannual and seasonal variations. *J. Geophys. Res.*, **108**, 8786, doi:10.1029/2002JD003102.
- Streets, D. G., K. F. Yarber, J. H. Woo, and G. R. Carmichael, 2003: Biomass burning in Asia: annual and seasonal estimates and atmospheric emissions, *Global Biogeochemical Cycles*, **17**, 1099, doi:10.1029/2003GB002040.