

7-SEAS 計畫實驗期間氣候條件對氣膠長程傳輸的影響

林正直¹ 嚴明鈺² 蘇姍¹ 林承甫¹ 翁靖洲¹ 林洧丞¹

¹空軍航空技術學院一般學科部軍事氣象系

²國立中央大學大氣科學系暨大氣物理所

摘要

本研究藉由分析行政院環保署空氣品質監測網觀測資料以及 NCEP 大氣環境場資料，配合近幾年國內外學者所合作研究東南亞地區空氣污染源的七海計畫實驗(7SEAS)，探討七海計畫實驗期間春季東南亞地區的生質燃燒行為如何藉由不同的氣候條件導致氣膠長程傳送過程產生差異，而進一步對臺灣造成什麼影響。

在 7SEAS 實驗期間(2010 與 2013 年)春季東南亞地區生質燃燒所產生的氣膠均會經由大氣傳輸進而影響到臺灣，而在這兩年計畫實驗期間密集監測氣膠長程傳送的過程中是否有所差異是值得研究與探討。初步分析結果顯示出 2010 年春季大氣環境場較 2013 年春季有利於東南亞地區生質燃燒行為所產生氣膠傳送至臺灣，導致 2010(2013)年臺灣空氣污染事件多(少)，因此氣候條件的改變對東南亞地區生質燃燒所產生之氣膠的長程傳送扮演著重要的角色。

關鍵字：7SEAS、氣膠

Effect of Climatic Conditions on the Long-range Transport of aerosols during 7-SEAS experiment

Abstract

In this study, we used the dataset of the Environmental Protection Administration (EPA) Executive Yuan Taiwan and National Centers for Environmental Prediction (NCEP) to explore the phenomena of spring biomass burning over Southeast Asian how to effect on the air quality in Taiwan through different climatic conditions during 7-SEAS experiment.

Preliminary results of the analysis shown that the different between 2010 and 2013 atmospheric circulation lead to events of long-range transport of Southeast Asian biomass burning pollutants affecting the Taiwan air quality in 2010 spring are more than in 2013. It turns out that the climate variability could play an important role on the long-range transport of biomass-burning aerosols over Southeast Asia during springtime.

Keywords: 7-SEAS, aerosol

一、前言

近年來因空氣污染對國人健康造成莫大的傷害，導致空氣污染物的議題逐漸受到重視，臺灣的空氣污染物來源區分為境外污染與境內污染，其中大家所熟知的境外污染物大部分都是源自於中國。而近幾年國內外學者合作研究境外長程傳送過程的七海計畫(7 South East Asian Studies)，主要聚焦在東南亞地區生質燃燒現象所產生的氣膠，目的就是要探討東南亞地區生質燃燒產生的空氣污染物對其他鄰近國家會有何影響。七海計畫發起於2007年(參考<http://7seas.gsfc.nasa.gov/>; http://www.nrlmry.navy.mil/aerosol_web/7seas/7seas.html 中的白皮書; Reid 等, 2013)，是由美國太空總署策劃推動的國際性大氣監測活動，目的在探究東南亞地區火耕及農業廢棄物燃燒污染物的跨國長程傳送行為，及生質燃燒與大氣污染物、環境、輻射和氣候間的交互作用(Lin et al., 2013)。

就氣候而言，Yen et al.(2013)研究顯示三月份的東亞大陸冷高壓出海變性與西行的西北太平洋副熱帶高壓合併；在三月份一個組織完整的輻合中心在中南半

島 925hPa 形成，且此輻合中心在四月份進一步擴大；局部東西環流的向上分支受到中南半島生質燃燒所影響，因此燃燒所產生的氣膠被舉升到約 700hPa 的高度，而立即被 850hPa 以上高空西風往東傳送。因此中南半島生質燃燒所產生的空氣污染物會伴隨大氣系統變化，在 1500 公尺以上高空經西南氣流吹拂長程輸送，在臺灣上空遇到北方大陸冷高壓南下時，污染物便會沉降到底層空氣進而影響臺灣的空氣品質 (Lin et al., 2013; Yen et al., 2013)。

本文利用七海計畫不同階段實驗期間(分別為 2010 年與 2013 年)所監測到中南半島生質燃燒行為所產生的空氣污染物，進一步探討其長程傳送過程中對臺灣的影響是否有所差異。因此，分析比對在密集觀測期間所收集到的資料，來了解是否因環境場的不同而對東南亞生質燃燒空氣污染物的長程傳送過程產生差異，甚而導致對臺灣的影響也有所不同。

二、資料來源與分析

為了解東南亞地區生質燃燒所產生空氣污染物的跨國長程輸送過程，本文分別利用行政院環境保護署地面空氣品質

測站資料和 NCEP 再分析資料來進一步分析探討七海計畫不同實驗期間中南半島春季生質燃燒行為所產生的空氣污染物經長程傳送過程到臺灣後，是否對臺灣產生不同的影響，資料說明如下：

(一) 環境保護署(EPA)地面空氣品質監測站資料

利用行政院環保署地面空氣品質監測站資料為每小時 1 筆的觀測資料，藉由分析結果來評估東南亞地區生質燃燒經由長程傳送過程後，對臺灣空氣品質的影響。對於此監測資料更詳細的敘述請參考 Chang and Lee(2007)。

(二) NCEP 再分析資料

利用美國氣象環境預報中心再分析 2(NCEP-II)資料空間解析度為經度 2.5° X 緯度 2.5° ，時間解析度自 1979 至 2013 年，此資料用來說明東南亞地區長期氣候的大氣環流分布情況，來探究東南亞地區生質燃燒產生空氣污染物的長程傳送過程與長期氣候之間的關係。

三、結果與討論

(一)地面測站污染物

Yen et al.(2013)研究發現東南亞地區

生質燃燒後所產生的空氣污染物經長程傳送至臺灣，在恆春地面空氣品質測站觀測到約 2 到 3 天後。本文依據 Yen et al.(2013)的研究方法，分析 2013 年行政院環保署地面空氣品質測站春季的資料並與 2010 年做比較，發現 2010 年春季東南亞地區的生質燃燒所產生氣膠經長程傳送至臺灣的事件較 2013 年春季要來得多 (如圖 1 及圖 2)。因此，需要更進一步來分析探討在七海計畫這 2 年不同階段實驗期間是否有不一樣的氣候條件，導致東南亞地區春季生質燃燒氣膠的長程傳送過程產生差異。

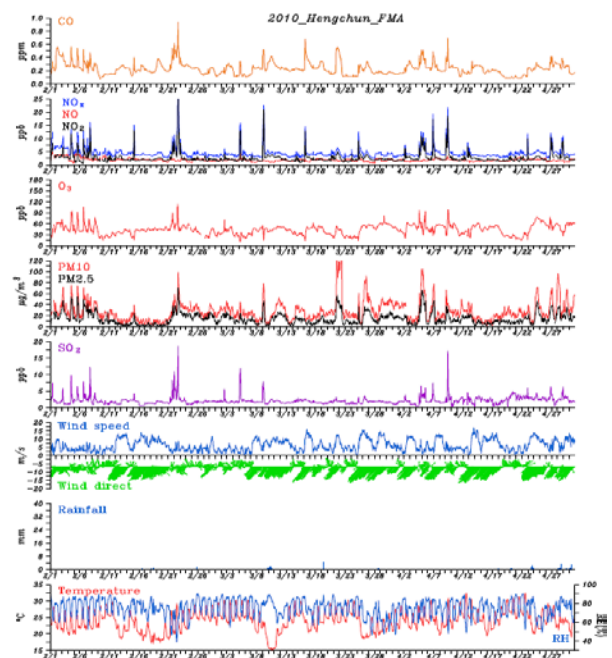


圖 1. 2010 年春季恆春地面空氣品質監測站 CO、NO_x、O₃、PM₁₀ 和 PM_{2.5}、SO₂、風向風速、降雨量、溫溼度每小時時間序列變化

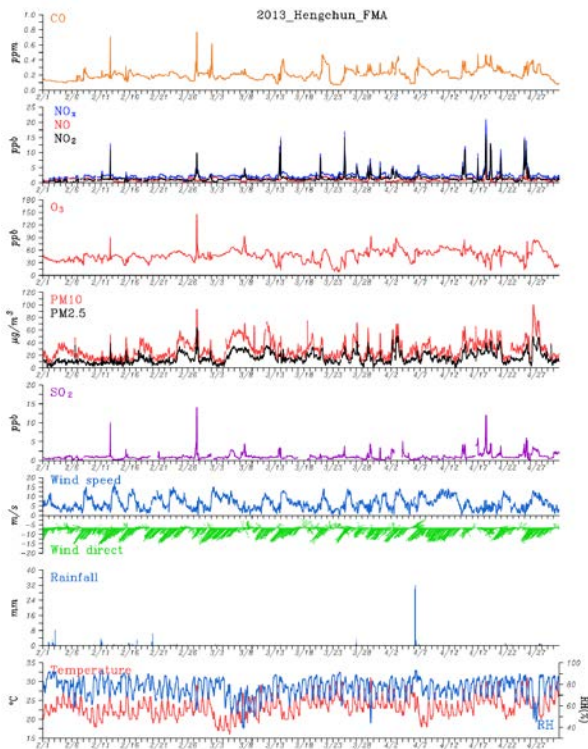


圖 2. 2013 年春季恆春地面空氣品質監測站 CO、NO_x、O₃、PM₁₀ 和 PM_{2.5}、SO₂、風向風速、降雨量、溫溼度每小時時間序列變化
(二)大尺度環流場

Yen et al.(2013)提出在東南亞地區主要生質燃燒的時間點是從每年的 2 月至 4 月期間，且生質燃燒的峰值則是落在 3 月。因此，為更了解這段期間氣象環境在氣膠傳送所扮演的角色，分析大尺度環流系統隨時間的演變則更凸顯其重要性。

分析 2010 年與 2013 年春季環流場(如圖 3)比較結果顯示，2013 年春季 925hPa 大陸東北高壓南下勢力較強，同時 700hPa 熱帶東南亞高壓東退削弱，因此，我們推論 2013 年春季東南亞地區生質燃燒產生的空氣污染物被舉升至

700hPa 高度時，較不容易被大氣環流往東長程傳送。進一步分析距平環流場(如圖 4)，由近地面 925hPa 至高空 700hPa 比較結果顯示出，2010 年的春季距平環流場呈現東南亞地區的流場均由中南半島流向臺灣，而 2013 年的距平環流場則與 2010 年相反，是由臺灣流向中南半島，因此，2010 年大氣環流的傳送條件，較 2013 年有利於中南半島生質燃燒產生的空氣污染物長程傳送至臺灣。

同樣比較 2010 年與 2013 年春季環境相對濕度距平場(如圖 4)，在近地面 925hPa 污染物起源地中南半島地區，呈現出 2010 年較 2013 年偏乾的條件，提供了當地有利的生質燃燒環境，當產生的空氣污染物舉升至 700hPa 後，此時 2010 年相對濕度距平場在東南亞地區亦呈現偏乾的條件，為中南半島至臺灣地區提供了有利於空氣污染物長程傳送的通道。因此，2010 年春季相對濕度距平場提供東南亞地區有利於生質燃燒的條件，再配合 2010 年春季環流距平場的條件，可以得知 2010 年春季東南亞地區生質燃燒產生的空氣污染物較 2013 年更容易往東長程傳送至臺灣。

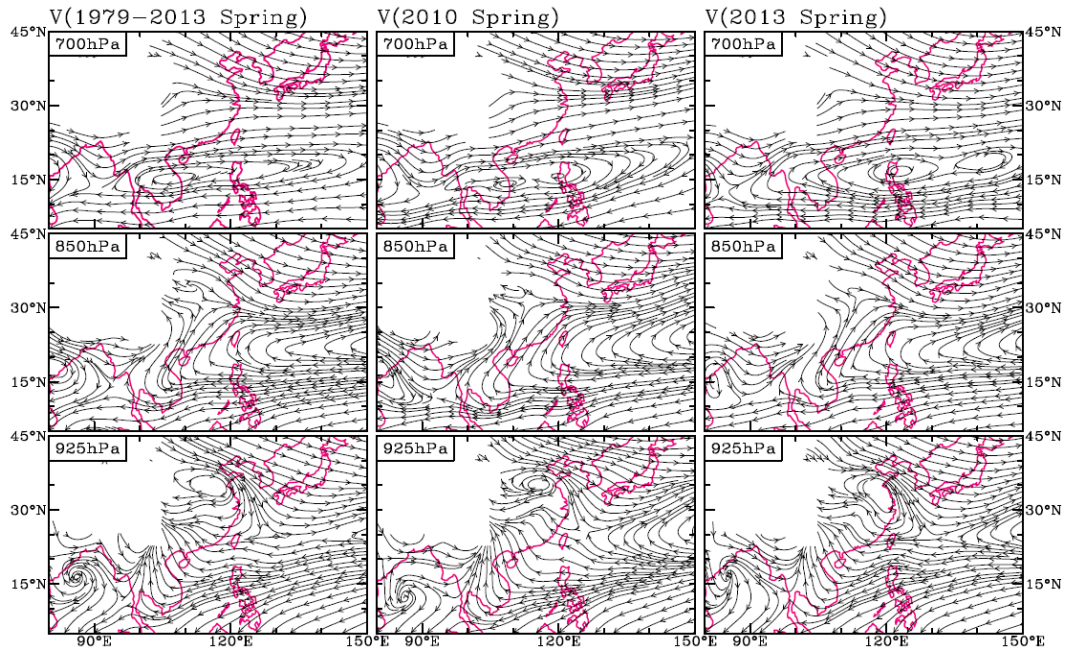


圖 3. 1979-2013 年春季氣候背景場、2010 與 2013 年春季環境風場

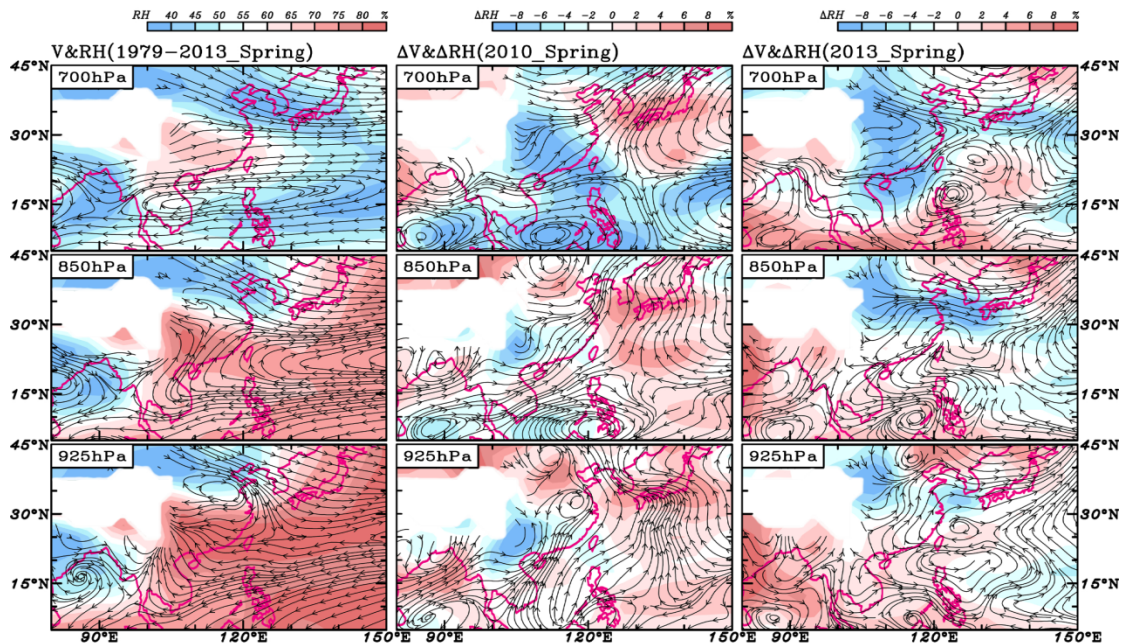


圖 4. 1979-2013 年氣候背景場、2010 年與 2013 年環境距平風場疊加相對溼度距平場；高度為 925hPa 至 700hPa，
黑色實線為距平風場，陰影為相對溼度距平場

Yen et al.(2013)與 Lin et al.(2013)除了對中南半島生質燃燒產生空氣污染物，經由大氣環流的跨國長程傳送提供有力證據外，同時也提出可以準確地判斷這些污染物傳送至臺灣事件的方法，就是以環保署恆春監測站作為事件篩選的重要測站。我們為更進一步探討 2010 年與 2013 年春季中南半島生質燃燒的空氣污染物經長程傳送過程是否也影響整個臺灣地區，由臺灣北部至南部篩選 12 個環保署監測站(不含恆春站)分析 2010 年與 2013 年春季每日逐時變化(如圖 5 所示)，結果顯示出臺灣西部地區 2010 年與 2013 年的情況也和恆春監測站一致，2010 年春季空氣污染物(CO、NO_x、PM10、SO₂ 等)濃度較 2013 年春季要來的高。因此，更加驗證 2010 年春季大氣環境場提供東南亞地區有利於生質燃燒產生的空氣污染物往東長程傳送至臺灣的條件。

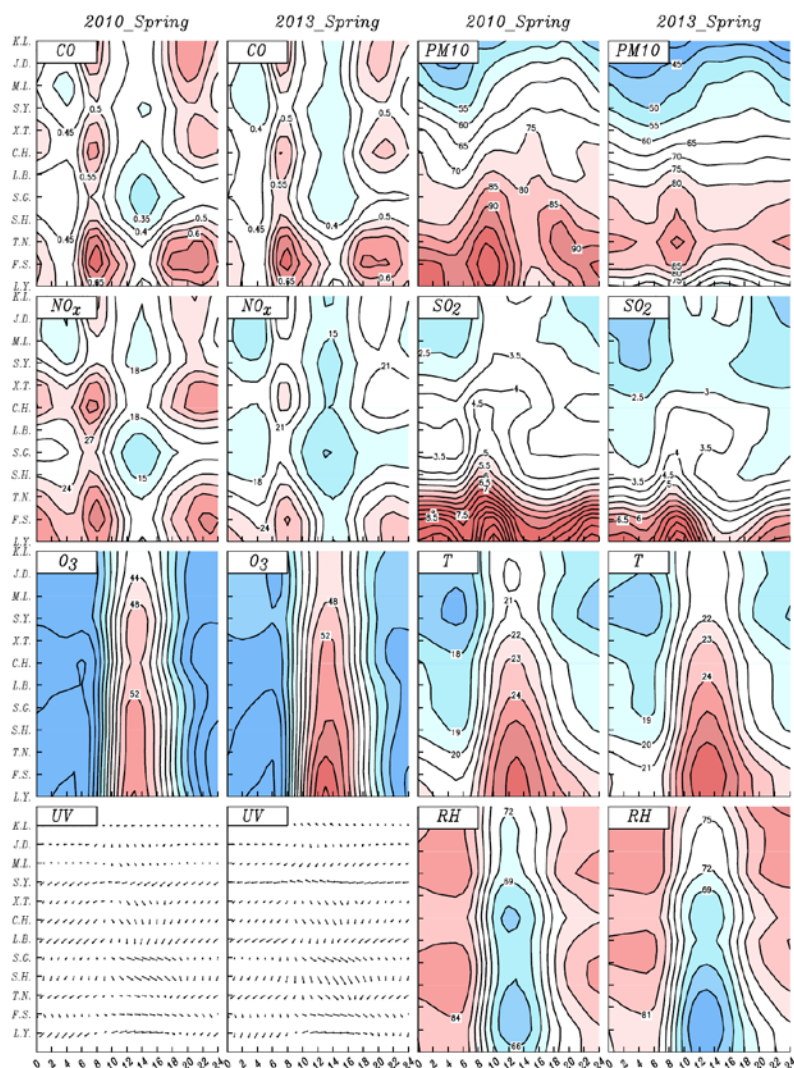


圖 5. 2010vs2013 年臺灣西部地區 12 個監測站春季空氣污染物變化

四、結論

過去研究發現東南亞地區生質燃燒持續時間從每年 2 月至 4 月，3 月達到生質燃燒高峰期 (Chan et al., 2003; Duncan et al., 2003; Yen et al., 2013)。生質燃燒所產生的污染物舉升至 700hPa 高空經由大氣環流長程傳送影響到周邊其他國家，為深入探討東南亞地區火耕及農業廢棄物燃燒污染物的跨國長程傳送行為，及生質燃燒與大氣污染物、環境、輻射和氣候間的交互作用因此誕生了七海計畫(Lin et al., 2013)。本文探討七海計畫不同階段實驗期間春季東南亞地區的生質燃燒行對臺灣造成影響的差異，結果顯示，2013 年春季大尺度環流場大陸東北高壓勢力較 2010 年強，且 2010 年春季距平環流場條件較 2013 年提供有利於氣膠往東長程傳送至臺灣的條件，加上 2010(2013)年春季環境偏乾(濕)，導致 2013 年春季東南亞地區生質燃燒產生的空氣污染物較不容易經大氣環流長程傳送至臺灣，因此，2010 年春季東南亞地區的生質燃燒行為所產生氣膠經由大氣環流長程傳送至臺灣的事件較 2013 年多。

五、參考文獻

- [1] Chan CY, Chen LY, Harris JM, Oltmans SJ, Blake DR, Qin Y, Zheng YG and. Zheng XD (2003) Characteristics of biomass burning emission sources, transport, and chemical speciation in enhanced springtime tropospheric ozone profile over Hong Kong. *Journal of Geophysical Research* 108, 4015. <http://dx.doi.org/10.1029/2001JD001555>.
- [2] Chang SC and. Lee CT (2007) Evaluation of the trend of air quality in Taipei, Taiwan from 1994 to 2003. *Environmental Monitoring and Assessment* 127: 87-96.
- [3] Duncan BN, Martin RV, Staudt AC, Yevich R, and. Logan JA (2003) Interannual and seasonal variability of biomass burning emissions constrained by satellite observations. *Journal of Geophysical Research* 108 (D2), 4100. <http://dx.doi.org/10.1029/2002JD002378>.
- [4] Lin NH, Tsay SC, Reid JS, Yen MC, Sheu GR, Wang SH, Chi KH, Chuang MT, Ou Yang CF, Fu JS, Lee CT, Wang LC, Wang JL, Hsu CN, Holben BN, Chu YC, Maring HB, Anh NX, Sopajaree K, Chen SJ, Cheng MT, Tsuang BJ, Tsai CJ, Peng CM, Chang CT, Lin KS, Tsai YI, Lee WJ, Chang SC, Jyh-Jian Liu JJ and. Chiang WL (2013) An overview of regional experiments on biomass burning aerosols and related pollutants in Southeast Asia: From BASE-ASIA and Dongsha Experiment to 7-SEAS. *Atmospheric Environment* 78: 1-19.
- [5] Reid, J.S., Hyer, E.J., Johnson, R.S., Holben, B.N., Yokelson, R.J., Zhang, J., Campbell, J.R., Christopher, S.A., Di Girolamo, L., Giglio, L., Holz, R.E., Kearney, C., Miettinen, J., Reid,

- E.A., Turk, F.J., Wang, J., Xian, P., Zhao, G., Balasubramanian, R., Chew, B.N., Janjai, S., Lagrosas, N., Lestari, P., Lin, N.H., Mahmud, M., Nguyen, A.X., Norris, B., Oanh, N.T.K., Oo, M., Salinas, S.V., Welton, E.J., Liew, S.C., 2013. Observing and understanding the Southeast Asian aerosols system by remote sensing: an initial review and analysis for the Seven Southeast Asian Studies (7 SEAS) program. *Atmospheric Research* 122, 403-468. <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosres.2012.06.005>.
- [6] Yen MC, Peng CM, Chen TC, Chen CS, Lin NH, Tzeng RY, Lee YA and. Lin CC (2013) Climate and weather characteristics in association with the active fires in northern Southeast Asia and spring air pollution in Taiwan during 2010 7-SEAS/Dongsha Experiment. *Atmospheric Environment* 78, 35-50.