

光達測量中壠地區氣膠分佈

江智偉、梁文安、倪簡白

中央大學物理系

燃燒

摘要

光達系統從 2002-2003 年開始對中壠地區低對流層 1-5 公里的氣膠做密集的觀測，由這兩年的觀測結果我們發現氣膠主要分佈於 3 公里以下，且春季中壠地區氣膠平均背向散射比值的垂直高度分佈大於其他季節，並由衛星資料和氣包追蹤模型發現影響春季台灣氣膠分佈的主要因素有大陸地區所發生的沙塵暴與東南亞的生質燃燒事件等，因此我們以光達所量測得到的資料並配合探空資料、衛星影像、氣包追蹤模型等進行分析，試著瞭解大陸沙塵暴和東南亞生質燃燒事件的長程輸送過程、高度分佈與相關的微物理性質。

我們研究發現低對流層 1-5 公里間，東南亞生質燃燒事件影響台灣的機率高於大陸沙塵暴事件，並且大陸沙塵需配合特定的氣候條件才有機會到達台灣，但東南亞生質燃燒的霾雲只需隨著西風（地轉風）就能影響台灣地區。並且由量測沙塵暴和生質燃燒事件的訊號發現，在垂直分佈的背向散射比值較大的地方，同時也會伴隨較大的相對濕度以及逆溫層的出現，並且由消偏振比值發現對於沙塵暴事件中非球型粒子主要分佈於 3 公里以下，但對於生質燃燒事件的非球型粒子則可分佈於較高的高度。

關鍵詞：光達、氣膠、沙塵暴、生質

一、前言

氣膠在大氣中扮演著相當重要的角色，因為它們的直接輻射效應如制衡溫室效應和間接效應如雲的成核等，都顯示出其對氣候所造成的影響^[1]。由於環境上的條件如濕度、溫度、太陽輻射、雲層覆蓋量和風速等，以致於到目前為止並不能有效評地估氣膠對每個地方所造成的影響和其特性。由於最近幾年研究氣膠的設備快速成長，其中光達（LIDAR）設備為最有效的工具之一，藉由光達的量測我們可以獲得氣膠分佈、雲層高度和大氣傳送消散過程等重要資訊。

這篇論文主要的目的是藉由光達系統的測量對氣膠的光學性質、來源、傳送過程、季節變化、吸水效應和輻射等影響進行分析瞭解，並希望推廣擴充此一光達設備，能更進一步提供環保單位相關資訊做為預警及政策之依據達到提升我們的生活品質。

二、研究方法

光達是以雷射為工具的一種遙測技術，1962 年 McClung 和 Hellwarth 的發明使遠距光學探測受到注目，雷射之所以應用在遙測技術乃是基於雷射光的高度同調性及平行性，或產生極

短脈衝的可能性。遙測技術因雷射的加入，可使量測的精確度大大地提高。不論光達系統設計有何差異，基本上所有的光達系統均可分成三大部分：

1. 發射系統，2. 接收系統，3. 控制和數據處理系統

我們的光達系統（如圖一）的發射系統為 2 個波長，分別為 1064 nm 和 532 nm 的雷射光，目前已積極籌備 355 nm 的光源以利於探測氣膠粒子大小的分佈、水汽和溫度等。接收系統目前配備有牛頓式反射望遠鏡和 Schmidt-Cassegrain 兩種，其直徑分別為 45 公分和 20 公分，和光電倍增管及濾光鏡。控制和數據處理方面有鑑別器、多頻道分析儀和電腦等。

圖一為整個光達的操作流程示意圖，雷射光垂直引入天空，利用望遠鏡接收雷射光與氣膠、分子等交互作用的背向散射訊號經過濾光鏡獲得我們所需的光訊號並由光電倍增管將訊號放大，再經由鑑別器使電流訊號轉換為電壓訊號，最後訊號以多頻道分析儀紀錄並且傳送至電腦進行資料的儲存與分析。

光達系統使用的理論有 Rayleigh 和 Mie 的散射理論，在此略過這些理論的推演，但須瞭解以下參數之定義：背向散射比值 (Backscattering Ratio)：為氣膠對全部物質（氣膠和空氣分子）的比值，若背向散射比值愈大則代表氣膠密度愈大。消偏振比值 (Depolarization Ratio)：為粒子方向性的比值，即消偏振比值愈大則代表粒子的形狀越不規則，水滴為圓形無偏振性故其消偏振比值为 0，一般沙塵或冰晶其消偏振

比值由 0.2 至 0.7 不等。

因為氣膠對可見光的散射較靈敏，因此對可見光資料的分析較能符合大氣中氣膠對太陽光的散射性質，所以此篇文章只對波長為 532 nm 的資料進行分析與探討。

三、 結果討論

光達系統從 2002-2003 年開始對中壠地區低對流層 1-5 公里的氣膠做密集的觀測，圖二 a. 為這兩年中壠地區氣膠平均背向散射比值的垂直高度分佈的觀測結果，並由圖二 b. 累積消光係數值發現中壠地區氣膠一般分佈於 3 公里以下，並比較於以往我們對於高空氣膠的量測統計發現 1-3 公里的光學厚度約為 5-25 公里光學厚度的 30-100 倍。季節變化上，夏季 2 公里以下存有最多的氣膠，秋季為四季中最乾淨的季節，春季和冬季 2-3 公里有較多的氣膠這應與春季大陸沙塵暴和生質燃燒有關。再由 1-5 公里氣膠的月平均光學厚度如圖三所示發現從秋季到冬季有較小值，主要原因可能為此季節一般吹東風或北風，因此通常不太容易產生薄霧的情況。而春季和夏季光學厚度則增加，一般推斷與污染物的擴散和傳送有關。此外傳送系統和氣膠本身的衍生和消散過程如氣體狀態到固態的轉換或氣膠吸濕效應等也會導致此種季節性的變化，且由 2002 年 2 和 3 月的的光學厚度明顯大於 2003 年這原因之一可能為 2003 年的沙塵暴影響台灣地區的程度小於 2002 年，這與其它研究結果相符合。其中在春季的影響為我們較感興趣，因此我們針對春季光學厚度增大的現

象加以深入探討。

由光達觀測資料配合TOMS衛星的影像圖和氣胞追蹤模型發現台灣處於特殊的地理位置，在春季常受到大陸北部沙塵暴和東南亞生質燃燒事件的影響。圖四為TOMS衛星的影像圖，由圖中所示2002/3/28日大陸北部已有起沙的現象，由衛星影像圖也發現東南亞的霾雲從3/15日起開始陸續影響台灣地區，3/31日由衛星影像圖發現沙塵也到達台灣地區。因為我們由衛星影像圖無法獲得沙塵和霾雲分佈的高度及其不同處的相關資訊，所以唯有以光達量測才能彌補衛星之不足處。因此我們由2002/3/23、26、27、31的光達資料如圖五發現3/23、3/26日已受東南亞霾雲的影響，3/27日持續受影響，3/28-3/30日無資料，但3/31日在2.5公里以上的影響已趨於背景值，但在2.5公里以下仍受影響，研判主要受大陸沙塵所影響，可由氣胞追蹤模型加以研究探討。如圖六所示，我們利用背向氣胞追蹤台灣中壠地區3/31日2公里處即我們發現消光值較大之高度的氣胞，發現此氣胞在3/29日經過大陸安徽省合肥地區，非常幸運地在這個地方也有與我們相似的光達系統，因此我們向此單位^[2]（安徽光機所）取得資料作分析，發現在3/29日合肥地區的確受沙塵暴的影響，並且由他們的光達消光資料發現影響該地區的沙塵分為兩層，分別為地面至3公里間和4-6公里間，再配合氣胞前向追蹤發現第一層3公里處的沙塵兩天後即3/31日的確影響台灣且高度降至2公里，但較高處之沙塵（第二層）卻隨著西風帶傳向太平洋。由此我們可更加確定3/31日主要

是受大陸沙塵暴的影響且影響的高度範圍較低（小於2.5公里），此類似的個案尚有2003/3/22日。

因此我們可以知道大陸沙塵需配合特定的氣候條件才有機會循此路徑影響台灣地區，但東南亞生質燃燒所產生的霾雲，只需隨著西風（地轉風）就能影響台灣地區，這與我們的研究發現東南亞生質燃燒事件影響台灣的機率高於大陸沙塵暴事件的結果相符。再者由量測沙塵暴和生質燃燒事件的光達訊號配合板橋探空資料發現，在垂直分佈的背向散射比值較大的地方附近，同時也會伴隨較大的相對濕度以及逆溫層的出現，文獻^[3]指出產生逆溫層的原因推斷為當這些氣膠與雲系混合，吸收短波（0.3-5 μm ）以致產生局部增溫現象，但這全部過程的瞭解需更多輻射和溫度方面的實際量測加以確定，並且這也可能意味著這些粒子在傳送的過程中藉由與水汽的作用造成型態上的改變如成雲等，由雲層出現的頻率如表一所示發現雲層出現頻率的季節變化與氣膠濃度的季節變化為正相關，因此無論其直接和間接效應方面相信都對氣候有所影響。並且由消偏振比值發現對於沙塵暴和生質燃燒事件中，非球型粒子主要分佈於3公里以下如圖七所示。但在統計的結果中有較多的個案對於生質燃燒事件中的非球型粒子則分佈於較高的高度，且有較大的偏振比值。這個結果推斷與氣膠來源所產生的物質組成不同、其吸濕性和水汽的分佈有關。

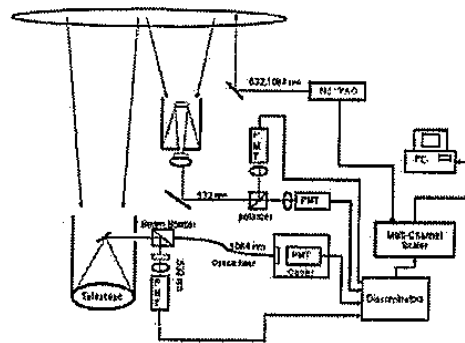
四、 結論

目前我們的中央光達系統已經對平流層^[4]至低對流層的氣膠散射性質累積為數可觀的資料，可以進行分析氣膠的季節變化、分布、光學厚度或雲層高度和冰晶粒子性質等分析，但對氣膠的微物理性質如大小分布、粒徑、折射率、與水汽作用後的光散射性質和光達程式本身的假定參數如Lidar ratio和邊界條件等，都尚未有完整精確的結果，因此目前積極，配合其它儀器，和擴充光達設備如Raman光達、多波長光達等對這些問題加以研究解決希望在氣膠研究上能有一套完整的結果。

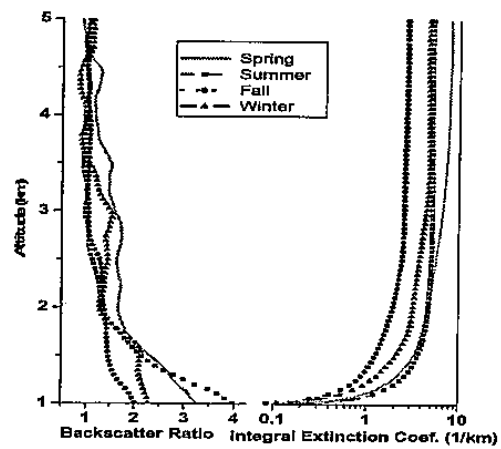
參考文獻

- [1]. Charlson, R. J., Schwartz, S. E., Hales, J. M., Cess, R. D., Coakley, J. A., Jr., Hansen, J. E., and Hofmann, D. J. (1992) Climate forcing by anthropogenic aerosols, *Science*, 255, 423-430.
- [2]. 中國科學院安徽光學精密機械研究所，胡歡陵、胡順星。
- [3]. Hsu, N.C., (2003) Radiative impacts from biomass burning in the presence of clouds during boreal spring in southeast Asia, *Geophys. Res. Lett.*, 30, 28-1, 28-4.
- [4]. 中壘上空 10-30 公里間的卷雲、氣溶膠、溫度的量測與光散射性質之研究，陳韡爾 (2002) 博士論文。

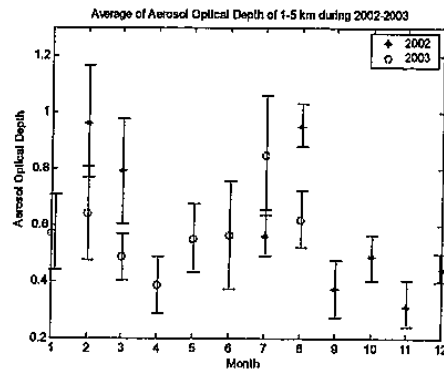
圖表



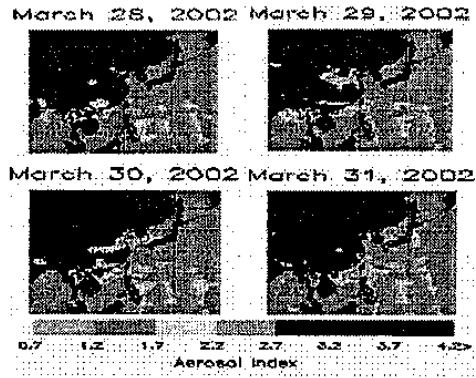
圖一、光達系統示意圖



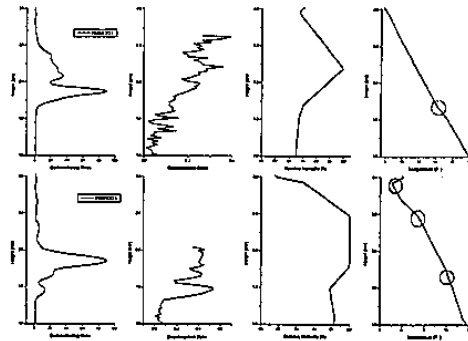
圖二. a 圖二. b



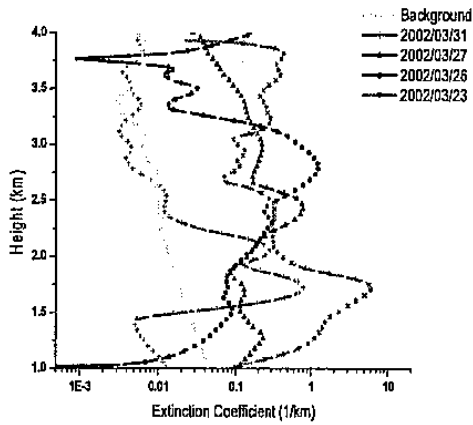
圖三、氣膠平均光學厚度



圖四、TOMS 衛星的影像圖



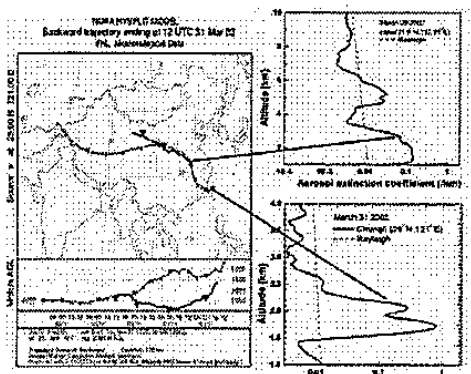
圖七、光達與探空資料之比較



圖五、光達消光係數高度分佈

表一雲出現機率統計

季節	春	夏	秋	冬
Days	90	46	29	55
(%)	49	43	34	42



圖六、HYSPLIT 氣胞背向追蹤與沙塵粒子的消光分佈