

近十年蘭嶼背景臭氧濃度分析

柳中明¹ 陳正改² 喬俊盛² 陳璋蘭² 葉銘德¹

¹台灣大學大氣科學系

²中央氣象局

摘要

蘭嶼氣象站(22° 02' N, 121° 33' E, 324 公尺) 臭氧監測始自 1995 年 3 月, 至今已持續十年。經整理分析, 並僅採用夜間(19pm~6am) 資料, 以避免白日來自沿海村落的污染影響。總計在 1995 年 3 月~2004 年 12 月間, 約有 115 個月的有效月平均資料, 相當於整體資料的 98%。同時, 日本在台灣近海亦長期架設一座臭氧監測儀器(1997 年 1 月以來), 位於 Yonagunijima (24° 28' N, 123° 01' E, 30m)。比較該處資料與蘭嶼監測數據, 可以發現二者間的逐月變化相關係數達 0.92, 但是該站長期平均 40.4ppbv 較蘭嶼長期平均高約 6.9ppbv。此外, 二者均同步出現冬春高與夏秋低的季節性變化現象, 二站間的差距是在春季較高而夏季較低。在長期趨勢方面, 二站均出現臭氧濃度持續增加的現象, 蘭嶼站為每年增加 0.75ppbv, 且具統計意義, Yonagunijima 則僅為每年增加 0.28ppbv, 但不具統計意義。在各季節中, 以蘭嶼秋季的 1.05ppbv/年為最高, 而夏季的 0.73ppbv/年則具統計意義。其中, 若僅考量 1997 年以來冬季臭氧濃度變化, 則二測站均出現減少趨勢, 且以蘭嶼站每年減少 1.42ppbv 具統計意義。依模擬分析, 夏季受東南亞污染影響, 雖貢獻量小, 但在低背景值下卻是絕對影響比率大。冬季則主要受冷氣團輸送中高緯度中低層臭氧影響, 路途中經過大陸高污染區, 反易出現臭氧分子遭破壞減少的現象, 而若是上游前趨物資的光化生成臭氧, 其貢獻量相對於較高的背景量, 則是影響比率小。詳細的因果定量關係, 仍待長期數值模擬探討。

關鍵詞: 近地面臭氧、蘭嶼背景站、長程傳送。

一、前言

我國中央氣象局自 1995 年 3 月起在蘭嶼氣象站(22° 02' N, 121° 33' E, 324 公尺) 設置大氣背景監測站, 至今已持續十年, 所監測的項目包括: 二氧化碳(CO₂)、臭氧(O₃)、一氧化氮(NO)、二氧化氮(NO₂)、二氧化硫(SO₂)、一氧化碳(CO)等, 所採用的監測儀器已列於柳等(1999)。柳等(1999)曾分析 1995 年 3 月至 1998 年 7 月資料, 指出: 在所有監測氣體中, 臭氧是最佳之辨認季節性氣團變動的大氣化學物資。使用月平均資料計算臭氧與氣壓之相關係數可達 0.83, 與氣溫則呈負相關, 相關係數為 -0.88, 另外也與相對濕度及風向呈負相關, 相關係數分別為 -0.5 與 -0.7, 即冬季乾冷北風攜帶高濃度臭氧, 而夏季海洋暖濕南風伴隨低濃度臭氧。爾後, 柳等(2002)曾分析 1995 年 3 月至 2003 年 2 月的臭氧監測資料, 而指出: 冬高夏低現象, 非常清楚。冬季(12、1、2 月) 平均濃度為 36.4~48.5ppbv, 夏季(6、7、8 月) 平均濃度為 13.5~22.6ppbv。

近年, 日本氣象廳設置「世界溫室氣體資料中心」(The World Data Centre for Greenhouse Gases, WDCGG), 並在網際網路上公開世界各國在大氣背景測站所監測得的溫室氣體及相關氣體資料, 包括 CO₂、CH₄、CFCs、N₂O、CO、NO_x、SO₂、VOC 等。該中心在組織上乃屬「世界氣象組織」(World Meteorological

Organization, WMO) 下的「世界大氣監測」(Global Atmosphere Watch, GAW) 計畫。如此, 本研究乃可得臨近之日本監測站資料, 以進行測站比對研究。

二、背景大氣臭氧之比對

蘭嶼測站所採用的臭氧監測設備是 TEI 49S 臭氧連續監測儀, 測定原理為 UV 紫外光吸收原理(UV absorption principle), 精密度為 2ppbv。每十秒可擷取一次資料, 資料存取則以小時平均值為主。每週二次跨距(span)校正, 每日凌晨進行 1 小時完全自動零點及跨距校正。此外, 每 3 個月或儀器重大故障修復後, 會執行含零點共 5 點的校正流程, 以確定儀器準確性。總計在 1995~2004 年間, 因為颱風影響、電力中斷、採樣管斷裂、儀器維護、資料蒐集器當機、冷氣機故障、儀器故障送修等因素, 共約缺漏 92 天資料, 相當於整體資料的 2.6%。此外, 每日僅採用夜間(19pm~6am) 資料, 以避免白日來自沿海村落的污染影響。總計在 1995 年 3 月~2004 年 12 月間, 約有 115 個月的有效月平均資料, 相當於整體資料的 98%。

日本在台灣近海亦長期架設一座臭氧監測儀器(1997 年 1 月以來), 位於 Yonagunijima (24° 28' N, 123° 01' E, 30m) (參考圖 1)。比較該處資料與蘭嶼監測數據, 其所採用的監測儀器為 Ebara Jitsugyo Co. Ltd. EG-2001F, 亦採 UV 紫外光吸

收原理。比較 Yonagunijima 資料與蘭嶼監測數據(表 1)，二者間的逐月變化相關係數達 0.92，但是該站長期平均 40.4ppbv 較蘭嶼長期平均高約 6.9ppbv。均方根差約 10.9ppbv，相當於長期平均的 27%。另外，蘭嶼月資料變率(=標準差/平均值)為 32%，大於 Yonagunijima 的 28%，顯示：Yonagunijima 的緯度略高，背景臭氧濃度略高。

此外，二者均同步出現冬春高與夏秋低的季節性變化現象(圖 2 與表 2)，二站間的差距是在春季較高而夏季較低。在長期趨勢方面，二站均出現臭氧濃度持續增加的現象，蘭嶼站為每年增加 0.75ppbv，且具統計意義，Yonagunijima 則僅為每年增加 0.28ppbv，但不具統計意義。在各季節中，以蘭嶼秋季的 1.05ppbv/年為最高，而夏季的 0.73ppbv/年則具統計意義。其中，若僅考量 1997 年以來冬季臭氧濃度變化，則二測站均出現減少趨勢，且以蘭嶼站每年減少 1.42ppbv 具統計意義，此現象仍待長期監測。

三、討論

蘭嶼背景大氣之臭氧監測數據，在經與日本 Yonagunijima 監測數據相比較後，其區域代表性與季節性氣團特徵，應具相當之可信度。但是，為何冬季臭氧濃度高但增加趨勢卻較低濃度期的夏季增加趨勢為低，甚且 1997 年以來，冬季竟呈現濃度下降現象。

柳等(2004)選擇冬夏各一個案，採用數值模擬的方式，來確認蘭嶼島監測資料主要反應長程氣團傳送影響；並分別進行無污染排放與考慮污染排放的數值模擬，以定量探討上游自然與人為污染的貢獻。結果顯示：冬季時，源自於西伯利亞及蒙古地區的高層空氣，由西北向東南方向行進，出海後高度急遽下降，將高層高濃度臭氧帶到近地面，造成洋面上大範圍的高臭氧濃度。過程中，途經中國大陸高污染源區，氣流將臭氧前驅物傳送到洋面，促成臭氧生成增加，臭氧濃度在東亞大陸附近洋面維持在 45ppbv 上下。其

中，自然背景臭氧約使蘭嶼附近海域維持 40ppbv 濃度臭氧，大陸污染貢獻則約為 5ppbv，相當於增加 12.5%(參考圖 3a,b,c)。夏季時台灣受到來自南方太平洋與南海海域乾淨的海洋性空氣影響，臭氧濃度維持在 18ppbv 上下，其中自然背景濃度約在 14ppbv 以下，但因途經菲律賓低污染源區，造成臭氧先趨物質增加與臭氧濃度增加約 14~28%，僅為 2~4ppbv(參考圖 3d,e,f)。顯然，夏季紫外線輻射強且氣溫高，因此雖然菲律賓污染排放量不大，但大環境有利於臭氧生成且背景濃度低，所以人為污染促成台灣海域背景臭氧濃度增加的比例較冬季時為顯著，雖然絕對增量偏低。

總結：夏季受東南亞污染影響，雖貢獻量小，但在低背景值下卻是絕對影響比率大。冬季則主要受冷氣團輸送中高緯度中低層臭氧影響，路途中經過大陸高污染區，反易出現臭氧分子遭破壞減少的現象，而若是上游前趨物質的光化生成臭氧，其貢獻量相對於較高的背景量，則是影響比率小。詳細的因果定量關係，仍待長期數值模擬探討。

致謝

本研究是在國科會 NSC 93-2119-M-002-014 支持下完成。作者們感謝中央氣象局提供蘭嶼背景監測站資料，以及「世界溫室氣體資料中心」(The World Data Centre for Greenhouse Gases, WDCGG)提供日本 Yonagunijima 監測資料。

參考文獻

- 柳中明、張修武、劉紹臣，1999：蘭嶼背景大氣監測初析。*大氣科學*，27，99-130。
柳中明、葉銘德、彭立新、吳俊傑、劉紹臣，2004：冬夏季長程傳送影響台灣海域背景臭氧之模擬探討。*大氣科學*，32，1-22。

表 1：蘭嶼與 Yonagunijima 臭氧監測之月平均資料的統計平均、標準差、相關係數、均方根差及均方根差與平均值的比值。

1995~2004	Lanyu	Yonagunijima
mean	33.5	40.4
s.d.	10.8	11.3
correlation coef.	-	0.92
rms	-	10.9
rms/mean (%)	-	27.0

表 2：蘭嶼與 Yonagunijima 臭氧監測之月平均資料的季節性統計平均、標準差、及趨勢變化。

	winter		spring		summer	
	Lanyu	Yonagunijima	Lanyu	Yonagunijima	Lanyu	Yonagunijima
mean	41.9	47.8	37.7	47.0	19.1	24.3
std.	3.52	2.44	4.53	4.37	3.42	2.83
trend (ppbv/year)	0.21	0.26	0.45	0.44	0.73*	0.04

	autumn		year	
	Lanyu	Yonagunijima	Lanyu	Yonagunijima
mean	36.1	42.8	33.4	40.4
std.	5.42	3.82	3.11	1.74
trend (ppbv/year)	1.05	0.38	0.75*	0.28

*: 95% significance level

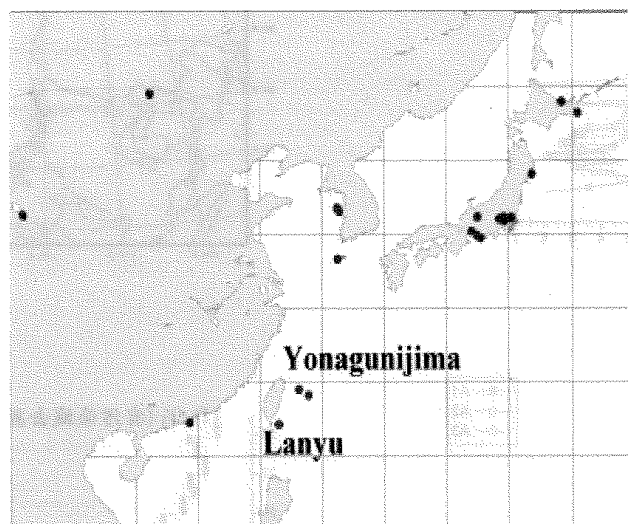


圖 1：我國蘭嶼(Lanyu)與日本 Yonagunijima 測站之地理位置。

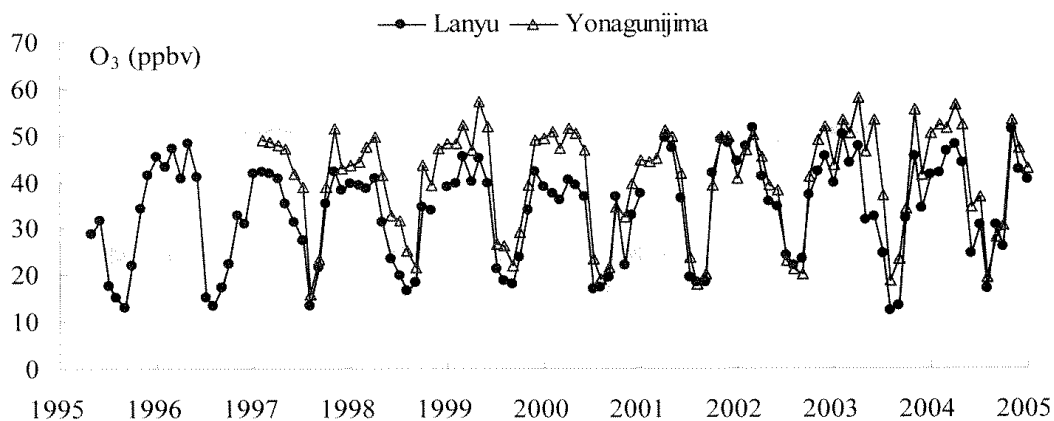


圖 2：我國蘭嶼(Lanyu)與日本 Yonagunijima 測站之月平均臭氧濃度變化。

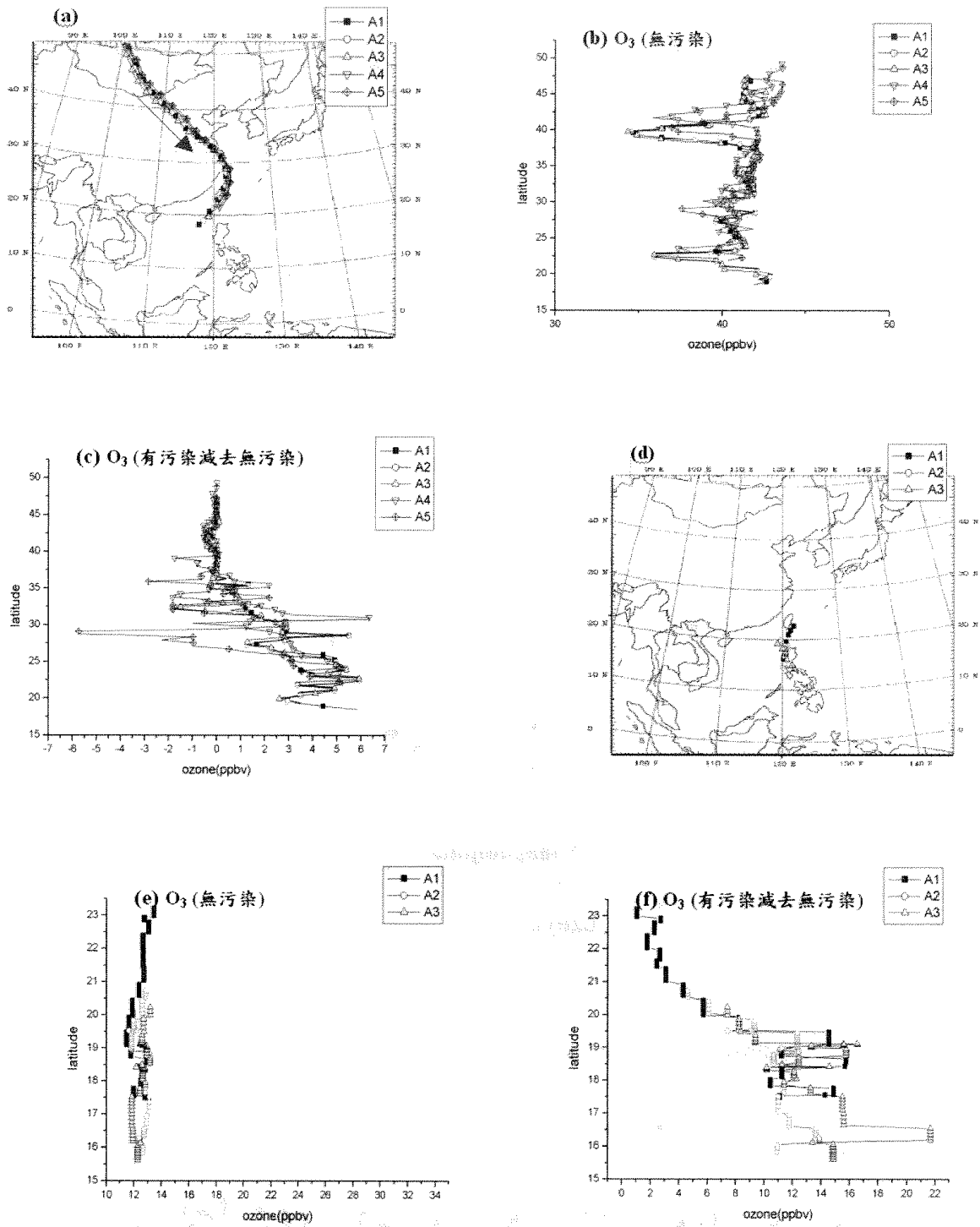


圖 3：1997 年 1 月模擬個案最後一日之空氣胞倒推路徑(a)經度-緯度面；沿路徑隨緯度變化之(c)無污染下的 O_3 及(d)有污染與無污染排放之 O_3 濃度差。圖(d)、(e)與(f)類似於(a)、(b)與(c)，但為 1996 年 7 月個案。(取自柳等，2004)