

台灣地區臭氧全量之觀測與分析

張修武 羅金鑑 羅如惠 陳偉芬

第二組

中央氣象局

摘 要

中央氣象局自民國54年(1965年)起於台北開始臭氧全量(Total Ozone)的觀測,使用的儀器為陶伯森臭氧分光儀(Dobson Ozone Spectrophotometer)。1985年引進自動化作業的布魯爾臭氧分光儀(Brewer Ozone Spectrophotometer),以取代原有之陶伯森臭氧分光儀。1991年於台灣東部之成功再增設一部布魯爾臭氧分光儀,以增加本區臭氧全量之觀測,同年更進一步在板橋裝設一套瑪莎拉臭氧探空系統(Vaisala Ozonesound System),開始臭氧垂直剖面之觀測。另外氣象局在台北及成功有空氣品質監測站、在蘭嶼有背景大氣監測站,可監測地表附近之臭氧濃度,這些近地面的臭氧也是構成氣柱臭氧全量的一部分。

台北之臭氧全量自1965年開始觀測以來,其值逐漸緩慢遞增,並有明顯的季節變化。自1982年以後臭氧全量有逐漸減少的趨勢,近年來減少的趨勢更為明顯。以季節變化而言,台北臭氧全量之觀測值在春末之5月份最高,而在冬季之12月份最低,極值差約22%。成功站亦有相似的變化,也是5月最高,12月最低,但其值略低於台北。

一、前言

人類自從工業革命以後,各項科技突飛猛進,使生活更為便利,但各種活動的產物及污染,已造成人類生活環境的改變,甚至危及生命的安全。而臭氧層破壞即為非常重要的問題,從80年代中期開始,此問題引起世人的注意,其主因為1985年英國南極觀測站的科學家Farman等人發現從1970年代中期起,南極哈利灣(Halley Bay)上空大氣層的臭氧全量(Total Ozone)在每年南極春天不斷減少,(Farman et al., 1985)。Stolarski等人於1986年時,分析1979年至1985年美國Nimbus 7號人造衛星所觀測全球臭氧資料,亦證實南極臭氧全量在每年10月顯著減少的趨勢外,其減少的範圍甚至大於南極大陸,好似一個大洞般每年向外擴張,造成全球極大的震撼,此即有名的南極「臭氧洞」。其實「臭氧洞」並不是真正有個洞,而是表示臭氧全量非常稀少的區域。其形成的原因有許多不同理論,但多數的科學家相信,其應是平流層化學反應與大氣環流變化等多種因素交互作用下的結果。

根據最近大氣臭氧的觀測及研究報告,我們得知近

幾年來地球臭氧層破壞的情形相當嚴重,1994年聯合國世界氣象組織出版的「臭氧減少科學評估報告」指出,1992及1993年全球觀測的臭氧水平創歷史最低紀錄。1995年9月世界氣象組織更發表報告指出,一個和歐洲一樣大的最大「臭氧層破洞」,正在南極上空形成,其面積高達一千萬平方公里,這是自1980年代確認臭氧層稀薄化以來,變化最快及面積最大的一次,其範圍為1993年和1994年南半球春季同期的兩倍。除了南極「臭氧洞」問題之外,根據世界各地地面站和人造衛星的觀測結果,長期以來全球除熱帶地區之外的大部分區域,臭氧全量都有逐漸減少的趨勢(IPCC, 1992 & 1994),由於臭氧對紫外光B波段(簡稱UV-B,波長為280至320nm; nm=10⁻⁹公尺)有很強的吸收能力,若大氣臭氧持續減少,則近地面的UV-B會增強,人類和動物罹患癌症、白內障和一些免疫系統疾病亦將相對的增加,同時也影響食物鏈的發展,對地球生物危害極大。

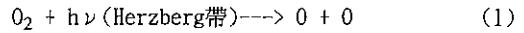
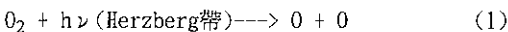
我國臭氧全量觀測作業自民國54年(1965年)開始,中央氣象局為配合國際太陽活動寧靜年,即於那時在台北開始從事臭氧全量觀測,使用的儀器為陶伯森臭氧分光儀(Dobson Ozone Spectrophotometer),此儀器可

量測地面至太空之氣柱臭氧全量。當時世界氣象組織亦於加拿大成立世界臭氧資料中心，從事國際間臭氧資料之處裡及交換工作，氣象局亦於那時加入此全球性臭氧之監測網，定期將我國臭氧觀測資料傳送至加拿大世界臭氧中心，並可獲得該中心處理後之各國臭氧觀測資料及相關資訊。自1985年起，氣象局將台北原有之陶伯森臭氧分光儀汰換，改進為自動化作業的布魯爾臭氧分光儀 (Brewer Ozone Spectrophotometer)。1991年2月，於台灣東部大氣較無污染之成功再增設一部布魯爾臭氧分光儀，以增加此地區臭氧總量之觀測，同年5月更進一步在板橋裝設一套瑪莎拉臭氧探空系統 (Vaisala Ozonesonde System)，開始臭氧之垂直剖面觀測，從而落實台灣地區臭氧監測工作。另外氣象局在台北及成功有空氣品質監測站、在蘭嶼有背景大氣監測站，而各地之環保及一些研究或事業單位亦設有空氣品質監測站，可監測地表附近之臭氧濃度，這些近地面的臭氧也是構成氣柱臭氧全量的一部分。本文的目的是將氣象局局臭氧全量的觀測原理及資料加以整理分析，以瞭解歷年來台灣地區臭氧全量變化的情形。

二、大氣中臭氧的特性

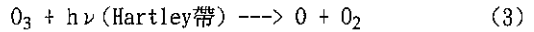
大氣的主要成分為氮(N₂)和氧(O₂)，約佔大氣總含量之99%以上，臭氧(O₃)於大氣中含量稀少，其體積混合比約佔大氣組成10億分之10至50之間，但它對氣候與地表生物影響甚大。一個臭氧分子含有三個氧原子，它是一種與氯氣有相似特殊氣味和活潑化學性的氣體，濃度高的臭氧呈淡藍色，味道很臭，在瓦斯中加入一些臭氧，可在瓦斯外洩時聞到味道，在安全防護方面有助益。臭氧也有殺菌的功能，可應用於冰箱、洗衣機、濾水機等家庭用品中；稀薄的臭氧則是無色無味，反而給人清新的感覺。雷雨之閃電可使少量的氧氣變成臭氧，所以雷雨過後感覺景色變的較為清新，空氣也較為新鮮。

臭氧的產生過程主要是氧氣光解造成的(包括閃電的作用)，在大氣中其生成的機制，大多是由於氧氣吸收太陽紫外線而被解離所形成的，其反應式包括(1)與(2)：



式(1)中，高層大氣的氧分子會吸收Herzberg帶連續光譜區的太陽輻射(195nm至260nm)，而進行光解反應，分解成二個氧原子。式(2)則表示氧原子及氧分子結合成臭氧分子，其中M是中性第三體，可以是任何其它不參與反應的氣體分子，它的作用是多餘的能量帶走，維持反應過程能量的轉移和平衡。

臭氧自然的破壞途徑則說明於式(3)和式(4)。臭氧在200nm至320nm之間是一個很強的連續吸收帶稱為Hartley帶，在吸收能量之後會解離成一個氧原子和一個氧分子。一個氧原子和臭氧分子結合後，會形成二個氧分子。



除了自然破壞因素之外，在超音速飛機發展之後，科學家們首度提出平流層臭氧遭人為破壞的可能，因為飛機排出的廢氣中含有氮氧化物，可將臭氧還原成氧，幸好後來發現此影響不會太大。但是近年來由於冷媒、噴霧劑、清潔劑、滅火劑、合成樹脂等含有氟氯碳化合物(Chlorofluorocarbons 簡稱CFCs)的物質被廣泛使用，此種物質非常安定，生命期長達40至150年，因此會在大氣中不斷累積，其進入高層大氣後能吸收紫外線，並分解出氯，氯再與臭氧反應，會導致高層臭氧不斷減少 (Molina and Rowland, 1974)。為使臭氧層遭破壞的情形減緩，世界各國於1987年簽署「蒙特婁議定書」，開始有計劃禁止氟氯碳化合物等臭氧層破壞物質的使用。我國為積極保護臭氧層，並配合「蒙特婁議定書」的協議，於1992年成立「中華民國臭氧層保護協會」，氣象局亦為此協會的創始會員之一。

臭氧在大氣中扮演的角色是多樣的，由於大氣臭氧和氧氣對太陽紫外輻射的吸收，使得到達地面的紫外輻射強度減少很多，從而保護人和地表生物。因為過量的紫外輻射會阻止細胞核分裂、破壞生物分子，影響生物的生長發育，甚至危及生命，所以平流層的臭氧層常被人們稱為臭氧保護層，其含量約佔大氣臭氧總量的85至90%，此臭氧層主要集中在15至45公里高度範圍的平流層大氣中，濃度最大值通常出現在25公里高度左右，氣

柱中臭氧全量主要取決於這一層大氣中的臭氧濃度。在電磁波中，波長在200至380nm之間的屬於近紫外線，波長在10至200nm之間的屬於遠紫外線。近紫外線又分為A、B、C三種，波長從320nm至380nm為「紫外線A」，280至320nm為「紫外線B」，200至280nm為「紫外線C」，其中「紫外線B」(UV-B)對生物危害甚大。如果大氣臭氧減少，則全球各地的UV-B都會增加。據估計，臭氧總量如減少1%，則地面UV-B強度將增加2%，人類的皮膚癌、白內障和一些免疫系統疾病亦將相對的增加。

臭氧在對流層內是一種溫室效應氣體，其含量約佔大氣臭氧總量的10至15%，它和二氧化碳、甲烷和一氧化二氮等其它溫室效應氣體皆會吸收地表發射的長波輻射，它們的含量如果有變動，可以影響對流層的熱量儲存和氣候系統，根據觀測資料顯示，最近數十年來對流層內的二氧化碳、甲烷等溫室氣體的含量確有增加的趨勢，因此可能導致的全球暖化現象，亦是另一個重要的環境變遷問題。另一方面來說，地表附近的臭氧是污染氣體，其濃度增加是有害的，高濃度臭氧對人和動物的呼吸系統有嚴重的破壞作用，亦有研究指出，地表臭氧濃度增加是造成一些地區森林大片死亡的原因之一。因此人們關心人類的活動造成平流層臭氧減少的同時，也關心對流層及近地面臭氧濃度增加的問題。

三、全球臭氧的觀測和分布

臭氧在紫外、可見和紅外光譜範圍都有吸收帶。紫外光範圍有二個吸收帶，即較強的哈特立(Hartley)吸收帶(200至320nm)和另一個較弱的赫金斯(Huggins)吸收帶(320至360nm)；可見光範圍是一個很弱的賈比士(Chappuis)吸收帶(450至750nm)；紅外光譜範圍是一個很強的 $9.6\mu\text{m}$ (微米)吸收帶。觀測臭氧的方法可分(1)氣柱臭氧全量觀測、(2)臭氧垂直剖面觀測、(3)衛星觀測、(4)近地層臭氧觀測等數種，說明如下：

(1)氣柱臭氧全量觀測

利用臭氧在紫外光範圍的吸收特性，根據地面觀測的太陽直射輻射和散射輻射強度可以推算出氣柱臭氧全量，在地面臭氧分光儀之觀測中通常使用吸收較強的哈特立吸收帶，本局使用的陶伯森臭氧分光儀及布魯爾臭

氧分光儀，皆以此吸收帶為主從事觀測。臭氧全量的單位使用了一種特殊的表示方法，即假定垂直氣柱的臭氧全部集中起來成爲一個純臭氧層，此臭氧層在攝氏零度、一大氣壓的標準狀況之下來測量臭氧總含量，厚度爲千分之一公分時定義爲一個陶伯森單位(Dobson Unit，簡稱D.U.)，一般而言全球大氣之平均臭氧量約在300D.U.左右，也就是在標準狀況之下，臭氧層約只有0.3公分厚，且此總量會隨時間空間之不同而改變。台灣地區臭氧全量的平均值則略低於300D.U.。

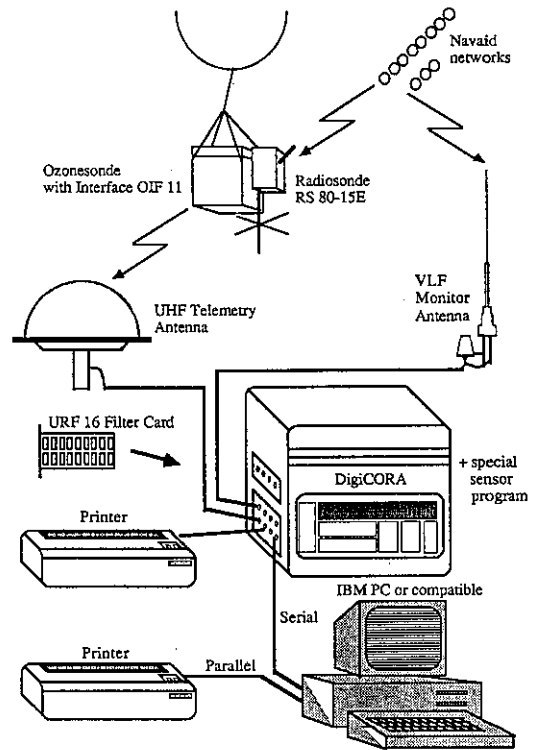
在臭氧全量之觀測方面，爲了更佳的消除大氣散射的影響，提高精確度，可選用兩個波長進行同步對比觀測。首先根據此一原理對平流層臭氧進行定量觀測的是英國牛津大學的陶伯森教授，他於1929年研製成用於臭氧觀測的紫外分光光度儀，後人稱之爲陶伯森臭氧分光儀，是國際公認的氣柱臭氧全量的標準測量儀器，此分光儀實際上是一台雙稜鏡紫外線分光光度儀，其基本結構和工作原理與一般分光光度儀相似，但它不對測量光範圍連續掃描，而是借助轉動軸和擋光板從經過兩次色散的單色紫外光中選出兩條不同波長的光線，使之交替通過輸出狹縫到達光電接收器，目前本局在台北仍有一台儀器，其詳細之觀測原理及步驟請參閱張，1995。

到了1980年代，加拿大的科學家改進陶伯森臭氧分光儀，並加入微處理機及現代化機件，使之成可自動作業的儀器，這就是目前國際上使用很廣泛的布魯爾臭氧分光儀。目前氣象局在台北及成功二地的臭氧全量觀測作業，即是利用此種分光儀。標準的布魯爾臭氧分光儀包括水平及天頂控制系統、光學系統、光電轉換系統三部份。水平及天頂控制系統之作用在使儀器能自動追蹤太陽，藉著內部旋轉馬達，使儀器的天頂稜鏡直接對準天頂，系統得以有效控制入射的輻射光。光線經天頂稜鏡反射後，進入光學系統，先通過一個可變光欄，使入射光成爲平行光，接著依序經過二個濾光輪，進行初步的濾光工作，然後便到達光譜分光計，其作用在於將入射光色散爲高質量的光譜，其內有六個狹縫，分別針對紫外線的波段進行入射光的篩選，被選擇的光隨後進入光電倍增管，而得以完成光電轉換程序，其光學部份平面圖如圖一所示。

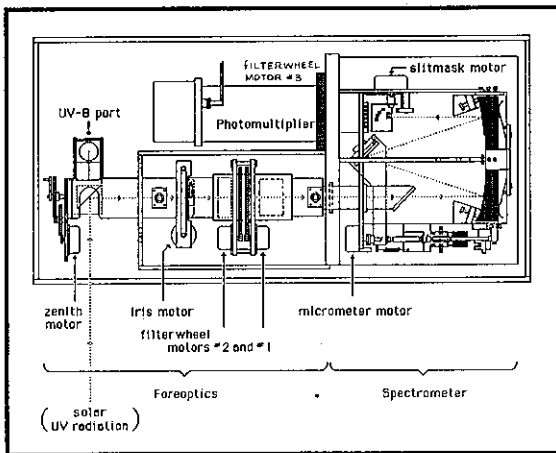
(2)臭氧垂直剖面觀測

由於臭氧分光儀是以觀測氣柱臭氧全量爲主，如需

瞭解不同高度上臭氧的濃度，則利用氣球和臭氧探空儀為最佳。本局於民國八十年五月，在板橋裝置了一套芬蘭製造的瑪莎拉臭氧探空系統，此套系統包括臭氧探空儀和地面接收設備(如圖二)。利用氣球升空的臭氧探空儀可直接測量大氣不同高度上的臭氧濃度，其原理是抽取大氣中含有臭氧的空氣，令其以一定速率通過碘化鉀水溶液，觀測臭氧與碘化鉀水溶液反應的產物生成速率，從而決定臭氧的濃度。除此之外，臭氧探空儀亦包括雷文送感應器，可同時測得大氣垂直剖面的氣壓、氣溫、相對濕度等氣象要素。整套設備隨著一個三千克橡膠製的氣球釋放到高空，在正常情況下可達30至40公里高度。將大氣垂直剖面的臭氧量加以積分，亦可求得臭氧全量。目前本局臭氧探空作業是每二星期一次，從資料顯示，板橋站的臭氧垂直剖面之濃度分布一般是屬於雙峰型，主峰約在22至28公里間，隨著季節不同，其高度略有變化，夏秋較冬春為高，最大濃度的平均高度約為25.6公里，最小濃度之高度約為14.8公里，在近地層出現另一次峰，代表地面附近的臭氧濃度亦相當高，其1994年11月24日之觀測個案如圖三所示。



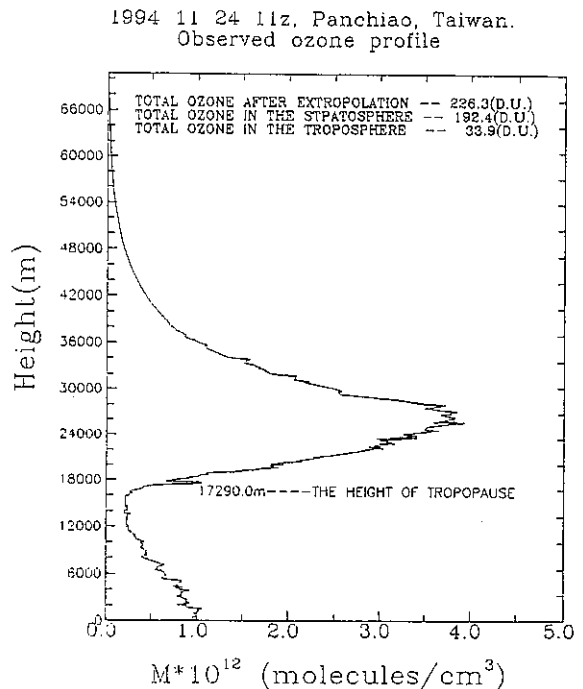
圖二：瑪莎拉(Vaisala)臭氧探空系統



圖一：布魯爾臭氧分光儀光學部份的平面圖

(3) 衛星觀測

人造衛星的出現為臭氧觀測開闢了一條新途徑，與地面觀測方法相比，衛星觀測最大的優點是能夠獲取最佳時間和空間覆蓋率，而能夠在廣闊的海洋和人跡罕至的大陸地區進行觀測。目前從事臭氧觀測的衛星以繞極衛星為主，它的軌道是橢圓形的，與赤道的交角在80度以上，平均高度在800至1000公里之間，它一天約繞地球14圈，至少可對整個大氣觀測兩次。



圖三：1994年11月24日板橋站臭氧探空之個案

在繞極衛星中，美國的雨雲(Nimbus)系列人造衛星上，搭載有觀測大氣臭氧的裝置TOMS(Total Ozone Mapping Spectrometer 臭氧全量繪圖分光儀)，可以每天製作全世界的臭氧全量分布圖。1985年南極上空臭氧全量減少的報告被發表之後，科學家們重新分析TOMS的資料，在它捕捉的影像中，南極上空的臭氧已顯著地減少，臭氧洞現象從1980年代起開始出現，至1990年代情形更為嚴重，臭氧大量減少的區域已覆蓋了整個南極大陸。除了雨雲系列衛星之外，美國泰勒斯(TIROS)系列繞極衛星上亦有觀測大氣臭氧的儀器，其利用的是臭氧在紅外線波譜的吸收帶，目前氣象局衛星中心已在處理此部分之資料。

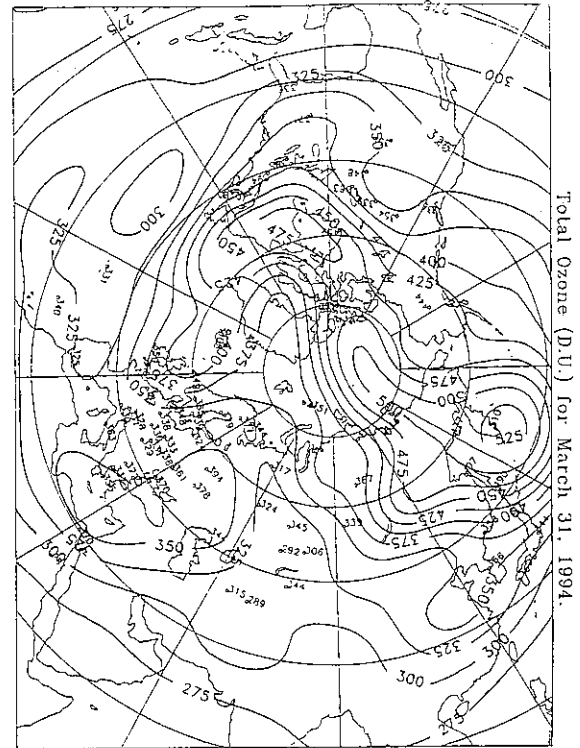
(4)近地層臭氧觀測

近地層的臭氧濃度很低，在一般乾淨大氣中地表臭氧濃度只有30ppb(parts per billion, 十億分率)左右。臭氧是一種化學活性極強的物質，在空氣污染地區，臭氧會因光化學反應而增加，它是空氣品質的指標之一。其觀測儀器為臭氧分析儀，其濃度量測可藉由臭氧在分析儀內之吸收室，吸收特定波長之紫外光之後，經由紫外光光度計量測光度減弱程度，而可測知臭氧的濃度，即臭氧濃度與被吸收之光強度大小成一相關比率。目前氣象局及環保單位皆有此種觀測近地層臭氧的儀器。

雖然臭氧的觀測方法有許多種，但一般在描述地球臭氧層破壞時，仍以臭氧全量之觀測為主。全球臭氧全量的分布最低在赤道附近，其長期之平均值略低於260D.U.。隨著緯度的增加臭氧全量亦逐漸增高，在副極區附近達到最高，約為400D.U.左右。南北半球比較，北半球之臭氧全量最高值較南半球為高，且位置更靠近極區。在熱帶地區，臭氧全量的月平均值沒有明顯的季節變化。隨著緯度增加，臭氧全量月平均值的季節波動越來越大，臭氧全量在春季出現最大值，秋冬時出現最小值，緯度愈高出現極值的時間愈早。在同一季節，臭氧全量隨著緯度增高而增加。中央氣象局之台北及成功二個觀測站顯示臭氧全量在5月出現最高值，12月出現最低值。台北之平均值約為290D.U.，成功由於緯度較低，其觀測值略低於台北。

世界氣象組織為瞭解北半球臭氧全量變化及分布情形，最近數年來皆委託希臘亞里斯多德(Aristote)大學，

製作冬季期間北半球臭氧全量綜觀圖，他們除了每日蒐集地面臭氧全量的觀測資料外，還加上衛星觀測TOMS的資料。本局曾提供資料協助此計畫的完成，所以亦得到亞里斯多德大學製作的臭氧全量綜觀圖(如圖四)，從這些資料中，可以協助我們瞭解近年來北半球臭氧全量變化及分布的情形。



圖四：1994年3月31日北半球臭氧全量綜觀圖

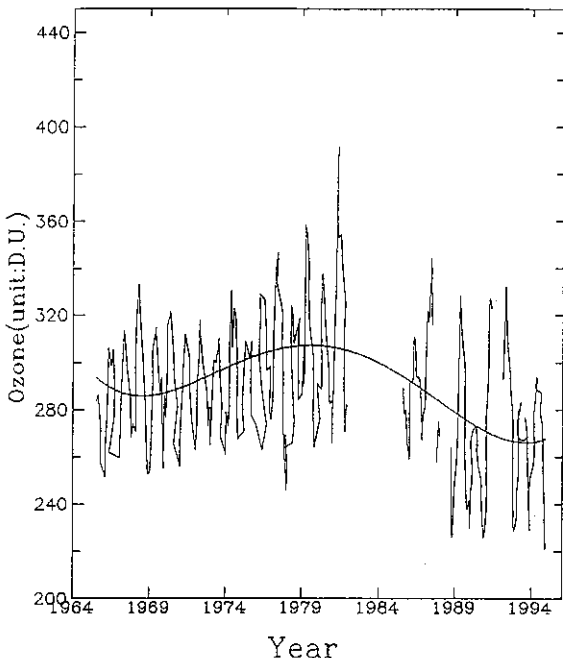
四、資料分析及討論

從1965年7月起，氣象局在台北開始進行臭氧全量的觀測，其歷年來之月平均值如表一所示，其中1965年至1981年使用英國製之陶伯森臭氧分光儀，之後因儀器老舊，從1985年起改用自動化作業之加拿大製布魯爾臭氧分光儀。將1965年以來之月平均值加以計算，得到歷年的平均值為290D.U.。年平均值方面則以1981年之322D.U.最高，1990年之251D.U.最低，1993年之259D.U.為次低。月平均則以5月之322D.U.最高，12月之259D.U.最低。

圖五為台北站臭氧全量累年月平均之趨勢圖，我們

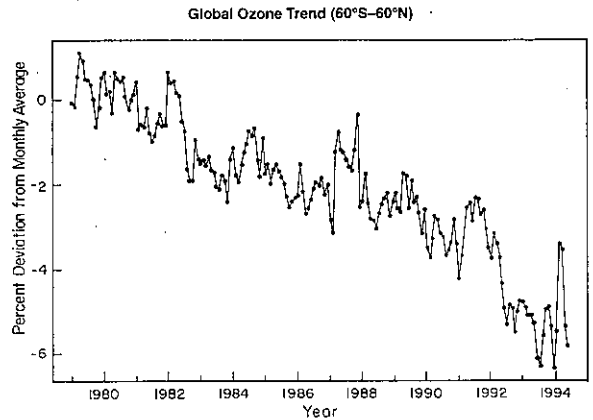
Monthly Mean of Total Amount of Ozone at Taipei, Taiwan													Unit: D.U.(10 ¹⁰ cm STP)		
Month	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	平均	最高值	最低值
Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Mean	Annual Max.	Annual Min.
54(1965)	—	—	—	—	—	—	284	291	282	276	263	249	—	291	249
55(1966)	250	262	273	294	308	304	297	305	293	281	256	256	282	308	250
56(1967)	260	273	296	302	317	305	298	293	290	278	266	274	288	317	260
57(1968)	270	309	324	337	323	314	305	293	292	282	256	247	296	337	247
58(1969)	251	264	304	314	315	307	303	295	286	294	278	254	289	315	251
59(1970)	286	277	302	321	324	313	309	304	292	288	279	264	297	324	264
60(1971)	264	257	286	303	312	306	305	294	286	279	269	264	285	312	257
61(1972)	263	281	293	302	320	304	301	297	296	284	273	282	291	320	263
62(1973)	263	279	295	303	298	307	311	299	291	275	260	259	287	311	259
63(1974)	264	280	274	321	334	365	316	326	316	285	264	262	296	334	262
64(1975)	263	279	295	309	315	303	306	299	308	278	280	269	292	315	263
65(1976)	262	262	299	326	333	334	327	326	315	297	300	272	304	334	262
66(1977)	277	283	322	339	350	347	329	328	317	302	263	269	311	350	263
67(1978)	245	268	267	317	328	316	308	317	318	302	285	290	297	328	245
68(1979)	287	309	290	360	353	346	315	312	308	281	264	262	307	360	262
69(1980)	263	291	289	319	341	327	323	312	304	299	283	287	303	341	263
70(1981)	263	293	324	340	392	354	357	339	337	313	271	282	322	392	263
71-73	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
74(1985)	—	—	—	—	—	—	—	289	278	289	268	263	—	289	263
75(1986)	259	292	292	309	311	302	294	294	293	284	267	279	290	311	259
76(1987)	280	301	322	317	328	344	316	—	—	—	258	275	302	344	258
77(1988)	269	—	—	—	—	—	—	—	—	264	226	236	—	269	226
78(1989)	249	256	268	301	328	316	308	304	259	245	238	241	275	328	238
79(1990)	230	245	254	272	273	262	267	255	253	244	234	226	251	273	226
80(1991)	229	275	288	309	327	323	—	—	—	—	—	—	—	327	229
81(1992)	—	—	293	313	332	313	304	299	288	282	235	229	266	332	229
82(1993)	231	245	251	280	283	267	267	277	273	262	244	229	259	283	229
83(1994)	253	255	280	285	294	288	288	292	276	266	245	221	269	294	221
平均 Mean	260	275	291	312	322	313	306	301	294	281	263	259	290		
最高 Max.	287	309	324	360	392	354	357	339	337	313	300	290			
最低 Min.	229	245	251	272	273	262	267	255	253	244	226	226			

表一：台北站臭氧全量的累年月平均值



圖五：台北站臭氧全量累年月平均之趨勢圖

可以發現1965年至1981年間，臭氧全量緩慢增加且有明顯的季節變化，至1981年達到最高，之後資料有些欠缺，無法很連續的探討其變化，但仍可看出最近十餘年來臭氧全量有緩慢減少的趨勢。1985年至今的平均觀測值與累年之平均值比較，約下降了4.8%，此數值包括了臭氧全量的下降值，以及陶伯森和布魯爾二台臭氧分光儀的誤差。世界氣象組織(WMO)於1994年所發表之臭氧減少科學評估報告(Scientific Assessment of Ozone Depletion)中亦指出，全球臭氧全量逐年減少的現象除了赤道地區之外，其它地區皆有明顯的證據。根據地面及衛星資料顯示，在中緯度地區臭氧全量每十年約下降4-5%，其下降幅度隨著緯度增加而擴大，且在南半球此現象更為明顯。

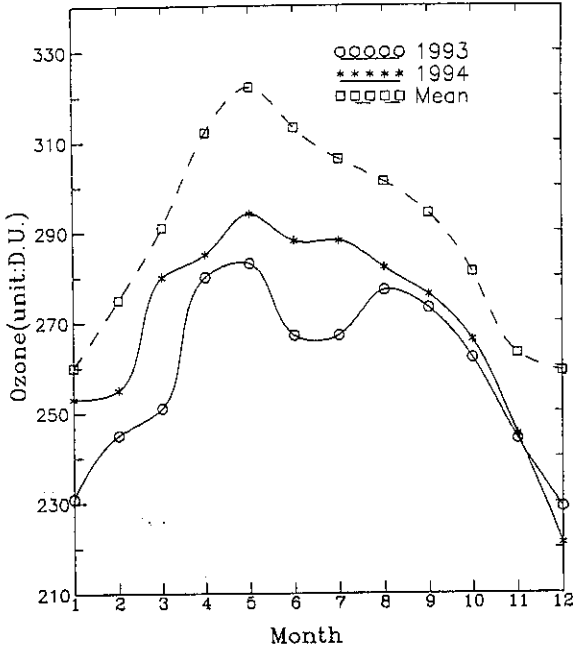


圖六：全球南緯60度至北緯60度臭氧全量月平均偏差趨勢圖 (Scientific Assessment of Ozone Depletion: 1994)

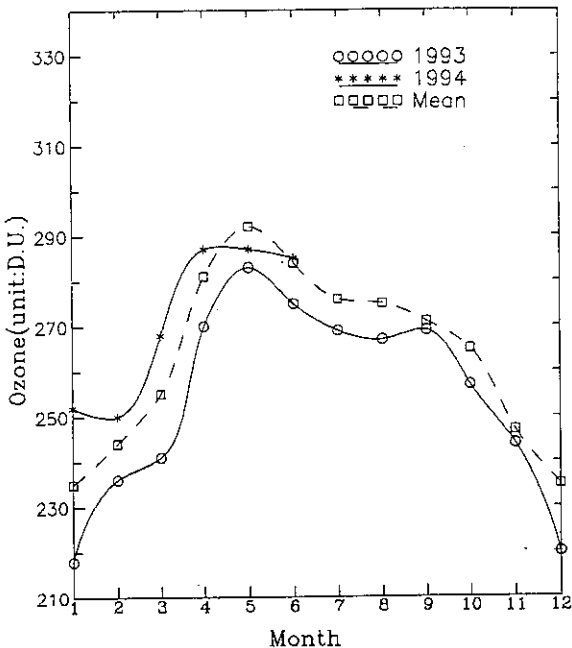
全球最近十餘年臭氧全量減少的幅度較1970年代為大，其減少主要來自於低平流層臭氧的減少。圖六為1994年臭氧減少科學評估報告中之全球南緯60度至北緯60度的臭氧全量月平均偏差圖，從圖中我們可以發現從1980年代開始，全球臭氧全量減少的趨勢相當明顯，其中又以1993年下降的幅度最大，已超過了6%。

歷年來台北站臭氧全量的月平均值表示於圖七，從圖中我們可以看出臭氧全量的季節變化。歷年來月平均曲線(虛線)顯示台北臭氧全量元月份的平均值為260D.U.，其測值隨著月份的增加而遞增，至春末之5月份則達到頂峰，其平均值為322D.U.，6月以後臭氧全量逐漸減少，至冬季之12月份則減至谷底為259D.U.。5月之最高值與12月之最低值相差63D.U.，極值差約22%，

略低於中高緯度地區的30%，這表示台北的季節變化幅度較中高緯地區低。1993及1994年的月平均曲線亦顯示明顯的季節變化，這二年平均臭氧含量皆低於歷年的平均值，其中又以1993年較低，且6及7月有較異常的低值出現。



圖七：台北站臭氧含量的月平均圖



圖八：成功站臭氧含量的月平均圖

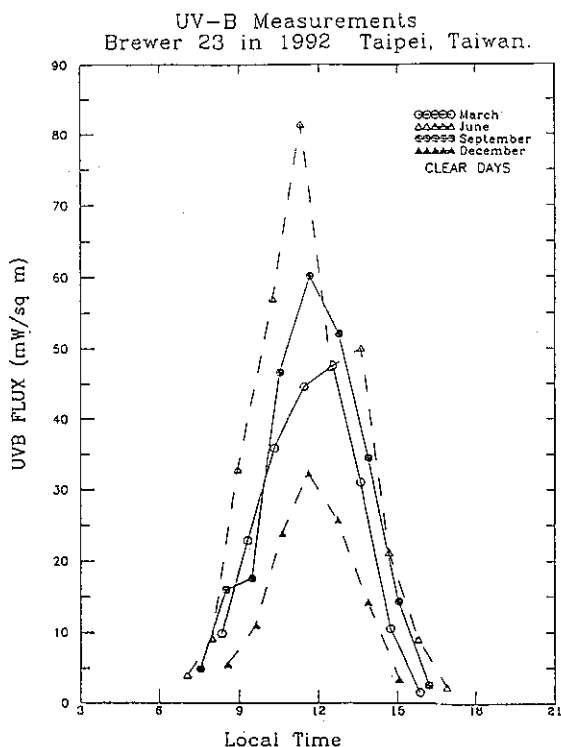
成功站臭氧全量的觀測資料從1991年開始，其中1994年7月因颱風侵襲導致儀器損壞，已於1995年元月請加拿大原廠技師修復完成。由於成功站的觀測時間只有四年左右，因時間較短無法分析臭氧含量長期的趨勢，只能討論其較短期的變化。這四年的平均值為263D.U.，較台北站為低。這幾年中又以1993年之值最低，其年平均值為259D.U.。季節變化方面也是和台北站相似，以5月最高，12月最低(如圖八)。

由於目前全球臭氧含量除了赤道地區之外，其他地區皆有下降的趨勢，如此將會導致地面有害的紫外線(UV-B)的增加，Lubin和Frederick於1991年研究發現1988年春天南極臭氧洞發生時，其地面UV-B的輻射量已達二個月之後夏天的水準，這顯示南極地區臭氧洞發生時確實會導致UV-B輻射的增強。但是全球其他地區是否有足夠的證據顯示到達地表的輻射量已經增加了呢？答案仍是不確定的，原因是要建立全球地面UV-B的氣候資料是一項很具挑戰性的工作，由於UV-B輻射與太陽輻射有直接關係，其能量小於太陽輻射的1.5%，需要精密的觀測，其測值與太陽天頂角、臭氧含量、雲量、懸浮微粒、地理環境等因素皆有密切關係，所以目前的資料無法充分地證明UV-B輻射已經增加(Ditcher, 1993)，仍需長期精確的觀測及研究。

氣象局布魯爾臭氧分光儀也有UV-B輻射通量的觀測資料，圖九表示台北站1992年不同季節UV-B輻射的觀測實例，由圖中得知UV-B輻射通量與太陽輻射有密切關係，其值隨著太陽的升起而漸增，至中午12時左右達到最大，之後隨著太陽的西下而逐漸降低，在晚上則無測值。在季節方面則以夏季最強，UV-B輻射通量可達80mW/m²以上，而冬天的輻射通量則最低。所以如果夏天中午在陽光下曝曬過久，可能會吸收過多的紫外線，而對身體有不良的影響。

目前全球臭氧量的變化情形是低平流層的臭氧正在逐漸減少，而對流層的臭氧濃度卻以每年大約百分之二的速度在增加(IPCC, 1994)，而臭氧含量也在減少。這表示可過濾UV-B輻射，能保護地球生物的平流層臭氧正在變稀薄，而造成溫室效應及空氣污染的對流層臭氧濃度卻在增加，這對人們而言是個不好的訊息，因為工業及科技產生的污染已傷害了我們賴以生存的環境，保護

地球及臭氧層已經是刻不容緩了。



圖九：台北站1992年不同季節之紫外線B通量密度

這項觀測，以並提高作業及資料處理的水準。

南極臭氧洞及全球臭氧全量減少等問題，從最初科學家的發現，到目前已逐漸演變成攸關各國政治、經濟及民生的國際性事物。若臭氧層被破壞，全世界將同蒙其害，所以世界各國自當同心協力共同合作保護地球及臭氧層。目前氣象局在臭氧全量的觀測及研究方面已有一些基礎，並提供觀測資料供國際及國內有關單位使用，但由於此項工作相當專業和特殊，故仍需積極訓練人才、提昇技術水準及參與國際活動，使此工作做的更為完善，而在國際社會上盡一份我們的心力。

致謝

本文作者感謝美國海洋暨大氣總署(NOAA)劉紹臣博士及台大柳中明教授提供寶貴的資料及建議，同時亦感謝中央氣象局林清洲組長、徐辛欽技正的鼓勵及意見、周淑美小姐處理部分資料及成功站、板橋探空站同仁之觀測作業，才能使本文順利完成。

五、結論及建議

中央氣象局利用臭氧分光儀於台北進行臭氧全量之觀測自1965年開始，至目前為止約有30年歷史。其測值從1965年起逐漸緩慢遞增，至1981年達到最高，之後臭氧全量有逐年減少的趨勢，其中以1990及1993年減少的趨勢最為明顯，歷年來台北臭氧全量的平均值為290D.U.，而最近10年較歷年之平均值約減少了4.8%。以季節變化而言，台北臭氧全量的觀測值在春末之5月份最高，而在冬季之12月份最低，極值差約22%。成功站亦有相似的變化，也是5月最高，12月最低，但其值略低於台北。

氣象局觀測臭氧全量的布魯爾臭氧分光儀係自加拿大採購，由於國內無代理商可對儀器作定期之檢修，故其日常之作業及檢修工作由氣象局的作業人員擔任，一旦發生嚴重故障則會造成資料的漏失，這方面之缺失急需改善，以確保儀器正常運作及資料之連續及正確性，這也是做此研究的目的。我們希望能有更多的人能瞭解

參考文獻

- 王明星，1992：大氣化學。明文書局出版，427頁。
- 柳中明，1987：南極臭氧洞-現象與成因。氣象學報第三十三卷第四期，217-235。
- 張修武，1994：中央氣象局之臭氧觀測作業。交通建設第四十三卷第七期，18-20。
- 張修武，1995：改進本局臭氧分光儀之觀測及資料分析技術之研究。中央氣象局研究發展專題 CW84-1A-02號，58頁。
- Chang, H. W. and S. M. Chou, 1993: An analysis of the ozone variation in Taiwan. *International Conference on Regional Environment and Climate Changes in East Asia*. Nov.30 - Dec. 3, 1993, Taipei, Taiwan, ROC.
- Chang, H. W. and S. M. Chou, 1994: A study of atmospheric ozone in Taiwan. *7th IUAPPA Regional Conference for Pacific Rim*. Nov. 2 - 4, 1994, Taipei, Taiwan, ROC.

- Ditcher, B. K. , 1993 : Instrumentation requirements for establishing UV climatology. Preprint, *Eighth Symposium on Meteorological Observations and Instrument* , Jan. 17 - 22, 1993, Anaheim, California , USA.
- Farman, J. C., B. G. Gardiner and J.D. Shanklin, 1985 : Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal ClO_x/NO_x interation, *Nature*, 315, 207-210.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 1992 : Climate Change 1992: The supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment., 200pp.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 1994 : Climate Change 1994 : Radiative forcing of climate change and an evaluation of the IPCC IS92 emission scenario., 330pp.
- Lubin, D., and Frederick, 1991 : The ultraviolet radiation environment of the Antarctic Peninsula : The roles of ozone and cloud cover. *J. Appl. Meteor.*, 30, 478-493.
- Molina, M. J., and F. S. Rowland, 1974 : Stratospheric sink for chlorofluoromethanes : chlorin atom-catalyzed destruction of ozone, *Nature*, 249, 810-812.
- Stolarski, R. S., A. J. Krueger, M. R. Schoeberl , R. D. McPeters, P. A. Newman and J. C. Alpert, 1986 : Nimbus 7 satellite measurements of the spring time Antarctic ozone decrease. *Nature*, 322, 808-811.
- World Meteorological Organization, 1994 : Scientific Assessment of Ozone Depletion. Global Ozone Research and Monitoring Project-Report No. 37.