

# 亡羊(氧)補牢

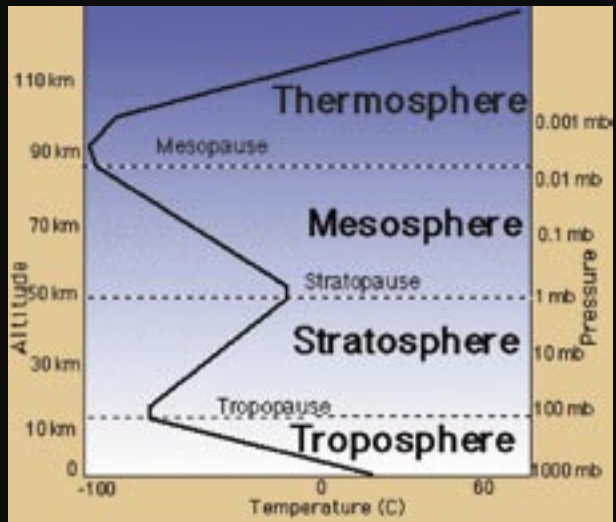
## —— 挽救Ozone危機

文/ 高銘鴻

臭氧於大氣層平流層中，能吸收紫外線能量保護地球生物。但是由於人類大量生產及使用氟氯碳化物(CFCs)的結果，導致臭氧層(Ozone)面臨嚴重的破洞危機。倘若臭氧層破洞持續惡化未能改善，人類不能『亡羊補牢』解決此一危機，將會面臨一場前所未有的劫難而『遺臭萬載』。

### 大氣層垂直構造

大氣層垂直構造(圖一)由地表低處至1000公里以上，可區分為對流層(Troposphere, 0~10公里)、平流層(Stratosphere, 10~50公里)、中氣層(Mesosphere, 50~80公里)和熱氣層(Thermosphere, 80公里以上)等層次。大氣層大部分氣體(~99.9%)集中於50公里處，90%的臭氧分佈於離地面 15到50公里之間的區域。在平流層的較低層，離地面20到30公里處，為臭氧濃度最高之區域，是為臭氧層。臭氧層能吸收太陽光中的紫外線，以保護地球生物，避免受紫外線之侵害。

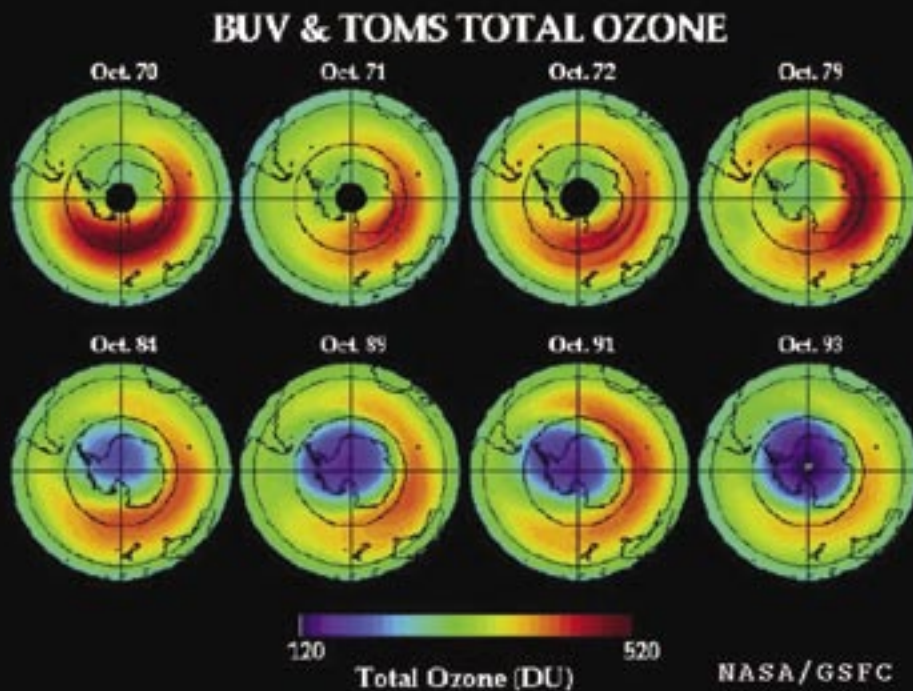


圖一：大氣層垂直構造

(<http://www.aerospaceweb.org/question/atmosphere/atmosphere/layers.gif>)

### 臭氧層的形成機制

在數億年以前，地球上的大氣中沒有臭氧層，地球的表面沒有生物存在，僅有少數生物生存在水中，因為水能吸收紫外線，水中綠色植物不斷地吸收大氣中的二氧化碳，釋放出氧氣，擴散到空氣中，而其中一部分的氧氣在大氣層的上層，受到紫外線的作用，氧氣變成了臭氧而產生了臭氧層。臭氧(O<sub>3</sub>)為一種具有刺激性氣味，略帶有淡藍色的氣體，在大氣層中，氧分子因高能量的輻射而分解為氧原子(O)，而氧原子與另一氧分子結合，即生成臭氧。



圖二：  
1970年至1993年臭氧  
破洞之變化趨勢。

大氣層中臭氧的產生過程如下：



臭氧層對地球上的生物演化極為重要，由於它能吸收紫外線能量保護地球生物，使得海洋中生物有機會登上陸地，展開地表陸地的生活。

## 臭氧破洞之“元凶”

1974年，兩位美國科學家提出理論說明，有系列的化學合成物質叫做氟氯碳化合物(CFCs, chlorofluorocarbons)。由於CFCs化學性質穩定，在對流層中不會分解，等其升到平流層，經紫外線照射引起反應作用，便釋放出大量氯原子。這些氯原子，破壞臭氧，造成總臭氧量的減少。一個氯原子在失去活性以前，足以破壞一萬個臭氧分子。在初春時南極上空不易得到赤道形成的臭氧補充，於是便形成臭氧破洞。

1995年10月10日，南極上空的臭氧分佈小於220 D.U.(Dobson Unit, 臭氧量單位是將該大氣層中臭氧，換算成攝氏0度，1大氣壓下的厚度，1 D.U. 相當於0.01公釐)的區域達2280萬平方公里，

約是歐洲大陸面積之兩倍。科學家的研究顯示，自1980年代起，幾乎整個地球平流層的臭氧都有減少的傾向。

## 臭氧破洞變化趨勢——

### “日漸減小”或“逐漸擴大”？

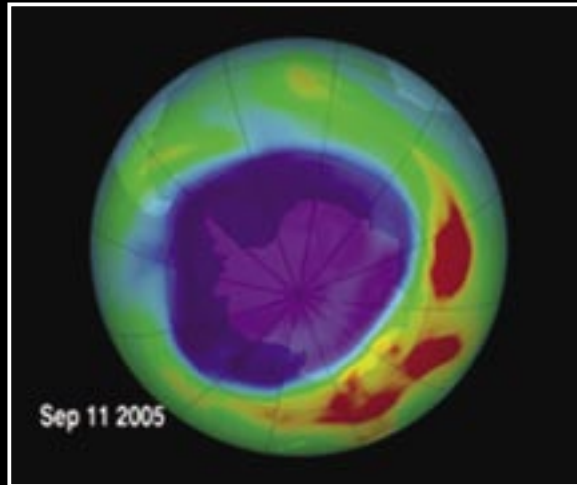
自1970年CFCs開始大量生產及使用，1986年全球氯氟碳化合物消費量達113萬公噸。其中約有70%的量，會排放至大氣中，氯氟碳化合物性安定，生命期長達數十年至百年之久，因此會在大氣中不斷累積，最後上升至平流層。根據調查顯示，自1978年開始的十年內，全球各緯度平流層的臭氧含量降低約1.2%至10%不等，南極上空則甚至會出現所謂的「臭氧洞」。圖二是1970年至1993年臭氧破洞逐漸擴大之變化趨勢。全球臭氧層削減率正以每年2%至3%的速度在進行。

但是，從1991年以後，南極上空的臭氧濃度更是年年都創下新低紀錄。2003年阿拉巴馬大學(University of Alabama)的紐丘基(M. Newchurch)藉由分析衛星所得的資料，發現臭氧層被破壞的速率已經趨緩，估算以每十年3-5%的速率在減少。2006年歐洲太空總署(ESA)表示，在過去十年間，

大氣層的臭氧含量減少了約0.3%，並對生物造成危害。同年，美國航太總署（NASA）、美國海洋與大氣部門（NOAA）和美國國家大氣研究中心

（NCAR）飛機觀測資料顯示，南極上空的臭氧洞復原速率正在減慢（圖三）。因此整個臭氧洞要完全復原，至少要等到2068年。

臭氧破洞之變化趨勢到底是“日漸減小”或“逐漸擴大”？需要長期的追蹤觀察。大多數科學家們認為管制CFCs的使用，應可以達到減緩臭氧層被破壞速率的功效。



圖三 2005年9月臭氧層破洞，這是最新的資料，顯示南極臭氧層破洞大小已經大於北美之面積。  
( [http://www.nasa.gov/centers/goddard/news/topstory/2006/ozone\\_recovery.html](http://www.nasa.gov/centers/goddard/news/topstory/2006/ozone_recovery.html) )

需要數十年的時間。CFCs等化學物質繼續使用，將導致地球臭氧層被破壞，挽救逐漸惡化的臭氧層，已經是世界各國之共識，繼續執行嚴格的限

用或禁用政策將是重要關鍵。自二十世紀晚期以來，國際搶救臭氧層的努力已經持續將近二十年，有關重大事件簡述如下：

### 1985年

聯合國環境規劃署(UNEP)召集世界各國共商對策，共有28個國家於維也納達成保護臭氧層協議(Vienna Convention)，並決定研議一國際管制公約以補該協議之不足。

## 臭氧層破洞的影響

地球上的生物能在陸地上生活，是因為集中在平流層中的臭氧，對於陽光中的紫外線具有隔除的作用。如果臭氧層遭受到破壞，大氣層將無法阻止紫外線而直達地表，破壞生物的組織與機能，而影響到生物的生存在。而保護所有生物的臭氧層，目前正受到人類持續不斷的破壞。依據科學研究，大氣層臭氧含量如果減少10%，則紫外線將增加20%；而皮膚癌患者可能增加30%。此外臭氧層破洞其他的影響還包括下列幾種現象：白內障罹患率增加、免疫系統受到抑制、穀物的收成減少、穀物的品質降低、植物和浮游生物減少、破壞自然界的生物鏈、引起對流層臭氧增加、對流層產生光化學煙霧，造成空氣污染。

## 搶救臭氧層

美國太空總署研究人員塔芭莎德(Tabazadeh)等在2000年5月26日《科學》發表的論文指出，臭氧恢復的機制比以前所想像的更複雜，恢復所需的時間也比想像所認為的更久。臭氧層復原可能

### 1987年

9月16日聯合國環境規劃署於加拿大蒙特婁市舉行國際會議，並由全世界26個國家共同簽署「蒙特婁破壞臭氧層物質管制議定書(Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer)」，管制氟氯碳化物使用之國際公約。

### 1989年

管制氟氯碳化物使用之國際公約，1月起正式生效。

### 1990年

6月，在倫敦召開之蒙特婁議定書締約國第二次會議，對議定書內容作了大幅之修正，其中最為重要者即為擴大列管化學物質(包括CFCs等10種、四氯化碳及三氯乙烷，共計12種)。

### 1991年

本年開始南極上空的臭氧濃度年年都創下新低紀錄。

### 1992年

11月在丹麥哥本哈根召開之第四次締約國大會，決議將氟氯碳化物禁產時程提前於1996年1月

起實施。

### 1996年

1月起禁產氟氯碳化物。

### 2000年

聯合國「蒙特婁議定書」開始完全禁用氟氯碳化物、海龍及四氯化碳。

### 2003年

美國科學家分析衛星資料，發現臭氧層被破壞的速率已減緩。

### 2006年

10月3日世界氣象組織在日內瓦表示，南極上空臭氧損耗嚴重，且臭氧層空洞面積達到2000年以來的最大值。

## 結語

降低氟氯碳化物的使用量以減緩臭氧層被破壞的速率，是恢復臭氧層的最有效方法。保護地球生態環境需要世界各國通力合作。全球化的趨勢影響下國與國間的關係，彷彿“天涯若比鄰”般相近，密切不可分。雖然我國不是聯合國的會員國，但卻是地球村的一份子，亦應該遵行國際公約，加強列管化學品之管制使用，以順應此一世界性的環保潮流。古有明訓『既不能流芳後世，亦不足復遺臭萬載邪？』，全球人類不該疏忽臭氧層破洞所造成的影響。解決臭氧層破洞的危機，是當代人類應盡義務，也是不可推諉的責任。挽救臭氧層破洞的行動刻不容緩，分秒必爭，即所謂『亡羊而補牢，未為遲也。』

## 進一步參考資料

### 國內

臺北市立天文科學教育館網站 <http://www.tam.gov.tw>

環保署臭氧層保護專屬網站 <http://www.saveoursky.org.tw>

經濟部工業局臭氧層保護資訊站 [\[moeaidb.gov.tw/ods/\]\(http://moeaidb.gov.tw/ods/\)](http://proj.</a></p></div><div data-bbox=)

環境資訊中心 <http://e-info.org.tw/>

### 國外

聯合國臭氧秘書處

美國環保署臭氧網頁

DOE Environmental Policy and Guidance  
-Ozone-Depleting Substances

歐盟臭氧層保護網站

加拿大臭氧層資訊網站

中國環境保護網

日本臭氧層保護網站

高銘鴻：任職於臺北市立天文科學教育館