

論述	大陸現況	法令天地	全民國防	資通安全	科技新知	健康生活	生態保育	文與藝	美麗台灣·文化領航	其他
----	------	------	------	------	------	------	------	-----	-----------	----

我國的研究團隊精準地量測出不穩定分子的光分解截面積，再度證實人類活動所排放的氟氯碳化合物為臭氧層破壞的主因。

臭氧層破洞之光化學

◎林志民

摘要

臭氧層吸收陽光中大部分有害的紫外光，保護地表生物免於紫外光的傷害。然而，人類的汙染卻造成臭氧層的破壞，甚至南極上方的臭氧層幾乎完全消失而形成一個破洞（Ozone Hole）。近年由於科技的進展，科學家已有能力預測臭氧層的破壞或復原；惟2007年國際學界對臭氧層被破壞的方式，出現了重大爭議，其中爭論的關鍵為「過氧化氯」分子（ClOOCl）吸收陽光而分解的效率。樣品中無法避免的雜質，使得先前過氧化氯的吸收光譜存在很大的誤差。而本實驗室利用質譜偵測器來量測分子束中過氧化氯分子吸收雷射光前後的數量，進而求得不受雜質影響的吸收截面積，將我們測得的精密數據代入大氣化學模型中，不但能解釋臭氧洞的形成，且符合大氣中相關物種如ClO、ClOOCl實測的濃度。

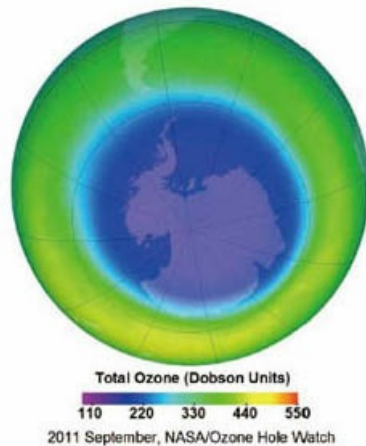
正文內容

有陽光，才有生命。陽光中不僅含有人眼可見的七種彩虹顏色，更含有人眼看不見的波段，像紅外光、紫外光、甚至X光等等。可見光中，紅光的波長最長，光子能量最低；紅外光的波長比紅光更長，光子能量也就更低；紫外光的波長較可見光來得更短，光子能量也隨其波長變短而變高。

適當的光子能量是生命的基本要素，光子能量若過低，將不足以推動生命所需要的化學反應，植物也就無法行光合作用；但光子能量過高也無益處，容易造成生物分子中的化學鍵斷裂或重排，進而改變分子的結構，造成病變。

在地球大氣層外的陽光，其光譜範圍十分寬廣。當陽光通過大氣層時，大部分的可見光得以穿透（所以我們覺得空氣是透明的），相當部分的紅外光也能穿透大氣，但紫外光是否能穿透大氣，則隨光的波長以及大氣中的臭氧濃度而決定。波長短於200奈米的紫外光，會被空氣中的氧氣所吸收；波長介於200到300奈米之間的紫外光，主要被大氣中的臭氧所吸收；波長長於300奈米的光線就能穿透大氣層而到達地表。重要的是，波長短於300奈米的紫外光，其光子能量過高，足以破壞DNA及其他生物分子，造成基因突變，動植物組織受損，或引起皮膚癌等不良作用。

大氣中的臭氧層，如同地球的遮陽傘，吸收了陽光中大部分有害的紫外光，對地表的動植物提供了必要的保護。臭氧層破洞之現象於1985年被證實後，引發世人高度的重視與廣泛的爭論。圖一為美國航太總署公布在網頁上的臭氧濃度觀測結果，其中低臭氧濃度的範圍比南極洲大陸還要大（南極洲的面積為美國本土或中國大陸的1.5倍）。



圖一 美國航太總署（NASA）公布在網頁上的臭氧濃度觀測結果

科學家們的貢獻，讓人們逐漸瞭解臭氧層破洞的成因，進而促使「蒙特婁公約」（Montreal Protocol）的訂定，以挽救瀕危的臭氧層。諾貝爾化學獎並於1995年頒給研究臭氧形成與分解機理的三位主要科學家。不過，近年來，學術界對於臭氧層被破壞的方式，卻出現重大爭議，其中引起爭論的關鍵，是過氧化氯分子（ClOOCl）吸收陽光的效率。

人類使用冷媒等物質所排放的氟氯碳化合物（Chlorofluorocarbon, CFC）進入大氣後，會分解產生氯原子（Cl）。氯原子會快速地摧毀臭氧（O₃）而形成氧氣（O₂）及氧化氯（ClO）。在低溫的臭氧層中，兩個氧化氯易結合形成過氧化氯。重要的是，過氧化氯分子會吸收陽光而分解並再次產生氯原子。如此，只要陽光足夠，少量的氯原子就足以破壞千倍以上的臭氧分子。在這過程中，過氧化氯分子的吸收截面積是十分關鍵的數據。越大的吸收截面積，代表光越容易被吸收，氯原子產生的速率也越快，結果會破壞越多的臭氧。

三十多年來，科學家投入大量的心力，對臭氧洞的成因已有相當程度的了解。但2007年美國噴射推進實驗室波普博士（F. D. Pope）等人發表的過氧化氯分子吸收截面積，比先前學界接受的值小了十倍。這個新的實驗數據，馬上引起學術界的震撼。若根據他們以新的技術量測的結果，則目前大氣中已知的化學反應無法產生足夠多的氯原子以解釋臭氧洞的形成。對此，科學家有著強烈的爭議，甚至最知名的兩大科學期刊《自然》與《科學》

曾對此議題作出不一致的評論。學術界開始懷疑，人類是否真的了解臭氧洞是怎麼形成的。如果臭氧洞的形成另有未知的因素，則有些人不免會對目前保護臭氧層的方法產生不信任感。

包括哈佛大學、劍橋大學等多個著名的研究團隊相繼投入此一議題，重新量測過氧化氯分子的吸收截面積。他們面臨的最大困難是純樣品難以製備，以致不易獲得可信的結果。傳統上，科學家利用測量光線經過樣品槽的衰減來計算吸收截面積，但不純的樣品會造成誤差。本實驗室決定採用測量分子而非測量光線的方式，來克服樣品不純的問題。我們利用質譜偵測器測量分子束中過氧化氯分子的數量，因為過氧化氯分子吸收一個光子後本身也會分解，所以量測分子被光線分解的效率也能得到吸收截面積的數值。由於質譜偵測器可以篩選質量，過氧化氯分子的訊號不會受到氯氣等雜質的干擾，所以我們得到的數據有很高的可信度。

我們實驗的數據顯示，過氧化氯分子的吸收截面積不僅遠大於2007年波普博士等人的結果，且較學界在2006年的評估認定值為大。將此數據代入現有的大氣化學模型中，就可以妥善解釋臭氧洞的形成以及大氣中各相關物質如氧化氯與過氧化氯實測的濃度。如此再次證實人類活動所排放的CFC為臭氧層破壞的主因，而且過氧化氯分子破壞臭氧的效率較以往的認知更快。

這個實驗結果建立了新的標準，不僅為大氣化學家提供了精確的參考數據，使科學家對於臭氧層中的化學反應能依此作更深入的研究，且為量測不穩定分子的光分解截面積提供了準確可靠的方法，尤其可以免除傳統上必須推估樣本中待測物與雜質濃度所造成的不準確。這個方法可應用於研究大氣中重要物種的光化學。

早年大氣化學的相關研究，著重在實地量測及較為定性的化學反應描述；近年來科學家已有能力定量地預測臭氧層的破壞或復原。進行這種大氣層的模擬，實驗室所提供的基礎數據準確度十分重要；在這樣的情況下，若因實驗室量測數據的誤差而導致錯誤的環保政策，將會是全人類無法彌補的損失。

臭氧層的破洞以及蒙特婁公約限制全世界相關污染物質的排放，是史上大規模環保問題最重要的例子之一。人類當初因無知及圖自身方便，大量使用CFC，導致臭氧層的破壞。「無知」指的是，當初人類在尚未了解CFC對環境的影響時，即大量使用它。還好，南極出現了臭氧洞，警告人類大氣層已經生病了，加上科學家們的努力，終於說服人們採取行動，免得情況繼續惡化。雖然，早在上個世紀末，CFC的使用已經被嚴格管制，幾乎沒有什麼排放了，但CFC是一種非常穩定的分子，一旦進入大氣，其滯留時間可達三、五十年，甚至上百年。也就是說，我們還得再等待三、五十年，才有機會看見CFC慢慢被大氣所消化，以及期待臭氧層的復原。

然而，從地球的觀點來看，蒙特婁公約僅是寥寥幾個成功的案例之一。印度剛獨立時，有人問甘地：「你們要經過多久，才能跟上英國人的生活水準？」甘地回答：「英國人殖民了大半個地球，才能過那種生活。如果印度人要過英國的生活，印度會需要幾個地球呢？」目前人類所面臨的挑戰，正如當年甘地所擔心的，是人類在追求美國式的生活。而現在的客觀條件與美國西部拓荒時已大不相同，地球早已無處可「拓荒」，殖民式的資源掠奪也不被接受了。今天，我們必須承認：地球的資源是有限的，地球的資源相對於人類的欲望是不足的。對此，我們能不深思嗎？

(作者為中央研究院原子與分子科學研究所研究員)

論述	大陸現況	法今天地	全民國防	資通安全	科技新知	健康生活	生態保育	文與藝	美麗台灣·文化領航	其他
----	------	------	------	------	------	------	------	-----	-----------	----

新觀念、新知識、新視野

科技新聞摘要

◎林治平

經濟差壓力大 憂鬱症恐增加

全球經濟都不妙，民眾生活苦哈哈，心情當然鬱卒。在歐洲債務危機的起點希臘，據報導因經濟危機令人神經緊繃，已有四分之一男性與三分之一女性出現憂鬱症症狀；糟的是財政緊縮導致醫療服務縮減，有病也沒得醫。希臘自2009年實施撙節措施以來，醫療預算大砍25%，醫院裡缺醫生少護士，器材也不足，醫療人員警告衛生危機已如戰時，許多醫療和疾病防治計畫都難以執行。

希臘經濟連續5年衰退，如今失業率高達23%，年輕人失業率更逾五成，加上平均工資一路下滑，生活越來越不容易，人人心裡壓力沈重，據估計自殺率已倍增。希臘的精神科專家表示，經濟困境不但造成收入減少，也使人際關係更為緊繃，即使有工作的人也有失業的危機感；壓力導致肌肉骨骼緊繃，許多病患就診時已出現急性症狀，例如背部疼痛麻木，甚至無法行走。

深夜螢幕微光 增加憂鬱風險

不只經濟危機令人憂鬱，習於三更半夜緊盯電腦或電視的夜貓族也面臨相同的風險，甚至只是睡著後還開著電視或電腦螢幕，也都可能增加憂鬱的機率。美國由倉鼠所作的實驗發現，每晚暴露在相當深夜關燈開電視的微弱燈光下，四週下來倉鼠的行為與腦部所出現的變化，與憂鬱症患者非常相似，印證半世紀以來人類晚間暴露在人工光線下的時間增加，患憂鬱症的機率也相應升高，而女性的風險更達男性的2倍。

鑑於掛網成癮可能影響身心健康，有些科技業領袖主張應該偶爾離線，放下科技產品，以免傷害生產力和人際互動；心理學家也警告慎防與科技產品發生病態關係，認為此等現象可能起動腦內的壓力系統，造成持續的急迫感。臺灣有調查發現，網路成癮的學生比率高達一成多，亟應積極防治；幸而美國也有研究顯示，社交媒體網站風行雖然引起關注，但尚無科學證據顯示與出現憂鬱症的風險可能有關聯。

保樂觀常大笑 有益身心康泰

時機不好，很難強顏歡笑，但最好盡量保持心情愉快和樂觀，因為研究顯示這有助於預防心臟病發；若能開懷大笑更好，腦部會產生類似鴉片的化合物腦內啡，能減輕對生理疼痛和心理壓力的感受，對緩和老年失智也有助益。根據研究，自然大笑15分鐘，對疼痛的忍受程度就增加約10%；而歡笑也能減輕失智老人的不安，幅度約為20%，這相當於讓他們服用抗精神病藥物的效果。

以往的研究已發現，具A型性格與容易生氣和焦慮憂鬱的人，心臟病發的風險較高，這可能因為與負面心理特質有關的壓力會損害動脈與心臟；而評量顯示最樂觀的人首次心臟病發的風險，比最不樂觀的人少了一半。心理與身體健康之間似乎有些關聯，心情較好的人往往血壓、膽固醇較正常，也比較能從事運動、注重飲食健康，以及保持充足睡眠和不吸菸。

懶得動會要命 少呆坐可延壽

不良生活習性可能和疾病一樣要命。新的研究顯示，懶得動的後果十分嚴重，已宛如一種流行病。全球有三分之一的成人活動量不足，可能導致糖尿病、心臟病和癌症，每年造成約500萬人喪命，致死率和吸菸一樣高。所謂活動量不足，是指未達每週5次、每次30分鐘的中度運動，或每週3次、每次20分鐘的強度運動。這種情況隨著年齡的增加而惡化，估計只要增加10%的活動量，每年就能減少50萬人死亡。

美國也有研究顯示，少坐多動可以延長壽命。美國成人每天坐著的時間將近8小時，由於腳部肌肉完全不動，不利控制血糖和膽固醇，自然有害健康。若是每天坐著不動的時間能降到低於3小時，估計壽命即可延長2年；每天坐著看電視的時間減至不到2小時，也可延長壽命1.4年，因此雖然要減少坐著不動的時間也許不太容易，但為了保命，仍應想想辦法。

好奇號發火星 探尋生命蹤跡

「有沒有外星人？」一直是吸引人的話題，以往只能在地球上猜測，如今美國的太空總署首度發射完整的行動科學實驗室，到距離地球最近的行星—火星去一探究竟。其實該署並未奢望找到火星生命，只想研究這個引人想像的紅色星球有無生命跡象。這個實驗室稱為「好奇號」，以25億美元鉅資打造，是一輛六輪的核動力探測車。「好奇號」經過8個月的飛行，結束了5億6,700萬公里的航程，已於8月初順利降落火星。

火星是太空總署太空計畫長期探索的對象，以往已發射探測車登陸觀察。「好奇號」降落在火星南半球的蓋爾隕石坑，展開1970年代以來首次的天體生物任務，預計可在火星上活動1年，相當地球上的98週。這輛探測車配備有多項攝影與檢驗分析儀器，除可傳回火星影像，並能檢驗分析岩石與土壤的成分，偵測火星上是否有水和構成生命的要素，以及找尋生命可能曾經存在的跡象。

美密研新科技 打造超級戰士

外星人尚未見蹤影，戰力驚人的新時代超級戰士則已有苗頭。美國國防先進研究計畫署悄悄研究軍事科技數十年，部分最新的計畫近來遭披露，包括利用基因改造技術和新裝備，讓士兵能背負重裝備仍快速飛奔，還可以幾天不吃不喝。最神奇的是「再生殘肢」技術的研究，希望能找到啟動肢體生長的機制，讓被炸彈或地雷炸傷的肢體殘障軍人能快速復原，甚至重新長出手腳。

為了強化軍人的戰力，美國軍方希望透過基因改造方式，提高將體內脂肪轉化成能量的效率，亦即讓戰士先飽食以利囤積脂肪，上戰場後即可靠這些脂肪維持能量，幾天不吃飯也沒問題。此外，經由研發外骨架裝置，士兵穿上後可以舉重若輕、健步如飛，宛若超人。另外還有消除睡意的藥物，能讓軍人逾40個小時不睡覺，不但不覺得累，甚至注意力還會提升。美國計劃以這些先進軍事科技打造出所謂的「超級戰士」。