

8. 「氧」(O) 元素的介紹

國立嘉義大學 應用化學系 和 高雄醫學大學 醫藥暨應用化學系 蘇明德教授

文章內容版權為蘇明德教授所有，如需引用請聯繫midesu@mail.ncyu.edu.tw

IA 1	IIA 2											IIIA 13	IVA 14	VA 15	VIA 16	VIIA 17	VIIIA 18
		IIIB 3	IVB 4	VB 5	VIB 6	VIB 7	VIII 8	VIII 9	VIII 10	IB 11	IIB 12						

鑷系元素

銅系元素

英文：**Oxygen**
簡稱：**O**

原子序：**8**
原子量：**15.999 amu**

熔點：**-218.79 °C**
沸點：**-182.962°C**
密度：**0.001429 g/cm³(0°C)**

「氧」(O) 以氣體形式存在於大氣層中，以水分子(H₂O) 的液態形式存在於自然中，以大量岩石和礦物質的固態形式存在於地殼中。在地殼中，「氧」幾乎占了地殼總重量的一半，估計約為46%。其中「氧氣」佔地球大氣層的21%。「氧」是迄今為止在地球上分布最廣、含量最多的元素，也是生命必不可少的元素，更是幾乎所有生物分子的組成元素之一。簡單的說，「氧」是地球生命中不可缺少的元素。有了「氧氣」，燃料才能藉由燃燒為工業生產和取暖提供了大部分的能量。

「氧」以雙原子形式(O₂) 存在於大氣中。「氧氣」無色、無味，約占空氣體積含量的20.95%。儘管很多自然反應過程都消耗「氧」，例如燃燒和有機物的腐化，但空氣中的「氧氣」能經由植物的光合作用不斷補

充。在光合作用中，植物裏的葉綠素利用太陽光的能量把二氧化碳轉化成複雜的碳水化合物和「氧氣」，再把「氧氣」釋放到空氣中。「氧氣」如此不斷地在消耗、產生的循環往復中，因此在大氣層中「氧氣」的含量基本上不變。

目前，世界上公認「氧」的發現者有3位，他們是瑞典化學家許勒(Carl Wilhelm Scheele, 1742-1786，圖1)、英國化學家普里斯特里(Joseph Priestley, 1733-1804，圖2)和法國化學家拉瓦



圖1、Carl Wilhelm Scheele, 1742-1786

© 公有領域

8. 「氧」(O) 元素的介紹



圖2、Joseph Priestley, 1733-1804
© 公有領域



圖3、Antoine Laurent Lavoisier, 1743-1794
© Public Domain

錫(Antoine Laurent Lavoisier, 1743-1794, 圖3)。普里斯特里在一個著名實驗中加熱一種含汞(Hg)的氧化物時，注意到實驗中放出的氣體使蠟燭燃燒的火焰異常明亮。

拉瓦錫把這種氣體命名為「Oxygen」，這是由希臘文「Oxys」和「Gens」衍生而來，前者意思是「酸」，後者意思是「創造者或形成者」。換言之，「氧氣」希臘文的本意就是「酸的形成者」，日文就以「酸素」一詞來稱呼「氧氣」。

「氧氣」在清末的化學書籍中常寫成「養氣」，這個名字與「淡氣」一樣，是由清末著名翻譯家徐壽(1818-1884, 圖4)取的，它形象地說明了這種氣體對人類的的作用。後來中國的化學工作者為了統一起見把氣體元素一律寫成帶「氣」字頭的，於是「養氣」就變成「氧氣」了。



圖4、徐壽, 1818-1884
© 公有領域

確實，「氧氣」是人和動物維持生命的必需物質。如果一個人十天不吃飯，幾天不喝

水，他的生命仍有延續的可能。但是如果5分鐘呼吸不到「氧氣」，就會立即因窒息而死亡。因此，可以毫不誇張地說，沒有「氧氣」就沒有生命。據統計，每個成年人每分鐘大約呼吸16次，每次要吸進0.5公升「氧氣」，一天就要吸進近10,000公升的「氧氣」呢！

或許有人會提出這樣的問題：地球上的生物既然需要這麼多的「氧氣」，那麼地球大氣中的「氧」會不會用完呢？

地球上的綠色植物就像一座座生產「氧氣」的綠色工廠，它們在一年內能吸收近900億噸的「二氧化碳」，這一數量遠遠超過人和動物所呼出的和工業生產產生的「二氧化碳」。因此，只要注意保護環境就可以高枕無憂，完全沒有必要擔心地球上的「氧氣」會被耗盡。

我們日常生活中無時無刻都在消耗能量，像是靜靜地坐著看書、短距離的跑步，甚至睡覺的時候，我們身體產生能量的機制都不曾停止過，那個機制就稱為：「呼吸代謝」(Respiratory Metabolism)。「呼吸代謝」指的是人體透過呼吸從大氣中得到「氧氣」，再利用「氧氣」將食物中的營養素氧化，從中獲得能量並存活下去的過程。因此『人活著就必須呼吸』。更精準的說法應該是『人要活下去就需要能量』。

「氧氣」對於維持和修復生物體的所有細胞至關重要。因為「氧氣」可以促進「纖維細胞」的生長(這種「纖維細胞」是一種修護細胞)和膠原蛋白的產生，這是自我療癒皮膚損傷所必須的。

「氧氣」也可以用來幫助身體對付有害細菌。因為「氧」的負電荷會附著在細胞內的毒素上，中和毒素的正電荷，而使得毒性

8. 「氧」(O) 元素的介紹

變小，如此一來，毒素更容易被身體清除掉。因此當人體有足夠的「氧氣」時，這對幫助身體的自身排毒能力起了關鍵作用。

人體以「糖」（又稱為「碳水化合物」）的形式大部分儲存在肝臟中，一小部分存在於肌肉裏。當肌肉工作時，「糖」就會轉化為葡萄糖，身體也因為運動而在燃燒能量。所以當你自己吸入的「氧氣」越多，越可以利用細胞因子將「糖」轉化為葡萄糖，轉化越快，產生的能量也就越多。所以當我們的身體有充足的「氧氣」供應時，我們的身體就會更好、更容易工作。

人們依靠「氧氣」生存，因為人體裏所進行的許多生物過程都離不開「氧氣」。在人體內，「氧氣」由一種大蛋白分子——血紅蛋白——從肺輸送到細胞中，這種巨大的分子由574個稱為「胺基酸」的化學單位組成。血紅細胞中的血紅蛋白會與「氧」發生化學結合，然後釋放給人體內的有機體組織。

當血紅蛋白和「氧」結合後會呈鮮紅色，使血液呈現特有的紅色；把「氧」釋放後，血液會變為淺藍色。正常的血紅細胞成圓盤狀，然而在一些人體內，組成血紅蛋白分子的幾種「胺基酸」若出現錯誤，就會造成血紅蛋白分子和血紅細胞形狀發生明顯變化，使血紅細胞變成鐮刀狀，而非正常狀態時的圓盤狀（圖5）。這種形狀的改變會使得血紅蛋白分子不能正常地輸送「氧氣」，進而產生「鐮刀型細胞貧血症」，有了這種症狀的人就會嚴重貧血。

「氧」會被吸引到人體血液中的「鐵」或血紅素，因此能有效地運送到需要「氧」的地方。大部分物種——不是全部——使用「鐵」做為「氧」的傳送者，但蜘蛛和龍蝦是

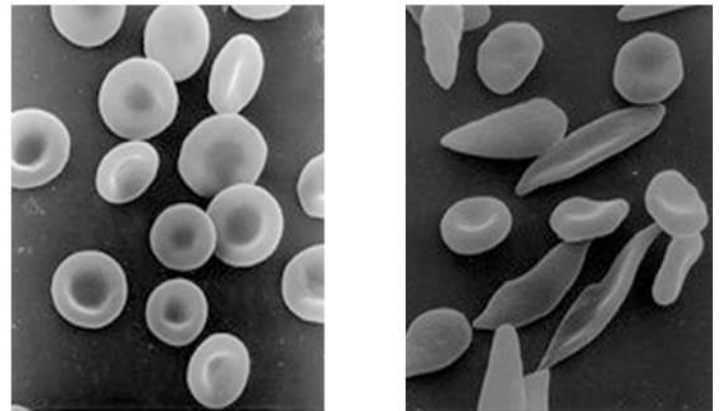


圖5、掃描電子顯微鏡下的血紅細胞正常狀態時呈現圓盤狀（左圖），非正常狀態呈鐮刀型（右圖）。

© 公有領域

使用「銅」，因此它們的血是藍色的。感謝血紅素的幫助，一公升的血可以溶解 200 cc 的「氧」，是同樣分量水的溶解度的50倍。但如果空氣中的「氧」含量減少，血液中的「氧」含量也會跟著減少，即使人體的心臟會儘量加快跳動速度以彌補「氧氣」的不足，但心臟仍無法長時間維持這種額外能量的付出，最後就會死亡。

在通常情況下，「氧」很難溶於水，1公升的水只能溶解約30毫升(ml)的「氧」。不過正是這一點點的「氧」，維持著水中的魚類和其它水中生物的生命。

「氧氣」的密度(0.001429公克/立方公分)比空氣略大(空氣的密度0.001225公克/立方公分)，在常壓下可以冷卻到攝氏零下183度，這時氣態的「氧」就會變成淡藍色的液體。如果繼續冷卻到攝氏零下219度，這時液態的「氧」會變成雪花狀的淡藍色固體。

由於「氧」幾乎能與任何元素化合，因此由「氧」組成的化合物多不勝數。地殼中最普遍的含「氧化合物」有：固態的「二氧化矽」(SiO₂)、「氧化鈣」(CaO)、「氧化鎂」(MgO)、「氧化鋁」(Al₂O₃)和「赤鐵礦」(即「三價鐵」Fe³⁺的氧化物)，它是一種通常

8. 「氧」(O) 元素的介紹

用來煉鐵的礦石。

「氧氣」很容易與一般活性金屬結合，像是常見的「鐵」(Fe)、「銅」(Cu)、「鋁」(Al)……等等，形成「金屬氧化物」，這種氧化作用又被稱為「腐蝕」(Corrosion)。但大多數的「金屬氧化物」都很有用，因為它們產生在該金屬表面上，形成一個保護層，可以保護內部的金屬，不被其它外來分子攻擊，發生進一步的「腐蝕」。

大家都知道：「氧」與「氫」化合可生成水。水是地球上最普遍的分子之一。水和一般液體最大不一樣的地方就是：水在液態時的密度比在固態時大，這可解釋為什麼冰塊能浮在水上，以及為什麼冰只在湖水表面上凝結？如果水的固態密度大於水的液態密度，那麼湖水將從湖底開始而向上結冰。如此一來，整個湖水會徹底結凍，於是湖水裏不會有任何生物生存。

自然界中的「氧」元素是由3種 (O^{16} 、 O^{17} 及 O^{18}) 不會放出幅射線的穩定「同位素」(Isotopes)所組成的。其中以 O^{16} (簡稱「氧-16」)的「豐度」(abundance)最高，存在量幾乎達 99.762%之多。

O^{16} 的存在對於地球上的生命至關重要，因為「氧-16」是「水」(H_2O)的主要組成部分，而「水」是生命不可或缺的物質。在科學研究中，「氧」的這3種穩定「同位素」比例大小可以用來研究地球的歷史。例如，透過分析古代岩石中的「氧」的「同位素」比例，可以推斷出地球早期氣候和海洋的變化。

以海洋為例，海洋中的「水」主要是由「氧-16」原子所組成，但也包含一些「氧-18」原子 (O^{18})。當「水」蒸發時，以「氧-16」最容

易蒸發，因為「氧-16」比「氧-18」質量輕。地上的「水」蒸發後所形成的雨水(「氧-16」含量多)，掉落到地殼上，會讓湖泊中的「水」的「氧-18」含量減少。

大多數早期的地球遺跡早已被「地殼再循環」(Crustal Recycling)作用下，導致所留下的痕跡無跡可循。雖是如此，聰明的科學家就採集且研究古老的岩石晶體。地球上有很多古老的岩石晶體是在地球內部形成的，沒有暴露在水中；當然也有古老的岩石晶體是在海洋中形成的。因此，研究地球上最古老岩石晶體的「氧」的「同位素」比例大小，可以幫助我們了解最早期的地球的陸地和海洋的關係，進而為生命的起源及生命的進化提供重要的線索。

除此之外，「氧」與「氫」還可以化合成液態的「雙氧水」(H_2O_2 ，圖6)，其性質與水截然不同，主要應用在工業和化妝品用的漂白劑及消毒劑。



圖6、作消毒用的雙氧水

工業上也需要用大量的「氧氣」，因此必須採用分離空氣的方法大量製得。在低溫下，先把空氣液化，然後蒸發。由於液態「氮」的沸點是攝氏零下196度，比液態「氧」的沸點(攝氏零下183度)低，因此「氮氣」先從液態空氣中蒸發出來，剩下的就是帶有淡藍色的液態「氧」，這和液態「氮」不一樣，因為液態「氮」是無色的。

為了便於儲存、運輸和使用，通常會把「氧氣」加壓到15兆帕(Pa)，儲存在塗了藍漆的高壓鋼瓶中。需要注意的是：「氧氣」

8. 「氧」(O) 元素的介紹

鋼瓶的螺旋帽是嚴禁抹油的，因為高壓「氧」的濃度非常高，一般的油都是有機化合物，一旦遇到火星或在搬運過程中發生碰撞，就容易引起爆炸。

除了從空氣中製取「氧氣」外，也可以用電解水的方式製備「氧氣」。電解水並不困難，只要在加有電解質的水裏插上電極，通電後就能製得「氧氣」。通常，電解1立方公尺的水就可以得到680立方公尺的「氧氣」。

用電解法製得的「氧氣」純度比從液態空氣中得到的高，但是成本也高。因此通常只有用於科學研究，或對「氧氣」純度要求較高而量又較少的場合時，才採用電解法製得「氧氣」。

此外，把一些不穩定的含「氧化合物」加熱也能得到「氧氣」。其中有一種化合物叫「氧化鋇」(BaO)，它的性質比較特別：在加熱到攝氏550度時，會吸收空氣中的「氧氣」變成「過氧化鋇」(BaO₂)；而當加熱到攝氏900度時，「過氧化鋇」又會分解放出「氧氣」，重新變成「氧化鋇」。利用「氧化鋇」的這一性質可以從空氣中循環不斷地製得「氧氣」。

「氧氣」會在攝氏零下183度液化，這時的「氧氣」液體帶有磁性，這是英國科學家法拉第(Michael Faraday, 1791-1867, 圖7)在1848年發現的。

當時，他無意中潑出這種液體，結果看到它流向磁鐵的磁極出現相互吸引的現象。簡單地說，「氧」分子在磁鐵作用下可帶磁性，這是因為「氧」分子本身擁有兩個自由電子。

理論上，上述這種現象應該使得「氧」接觸到的任何東西會馬上起化學反應。然而奇怪的是：實際上，「氧」是個相當不會引起化學反應的分子，否則「氧」就不會在幾百萬年內慢慢累積，而在地球大氣層裏占了五分之一。即使在「氧」進入人體內後，

也不會馬上和「氧」的目標分子起化學反應，只有「酶」(「觸媒」)才能幫助「氧」引起化學反應。

目前環繞地球的「氧氣」約有1,000萬億噸左右，全部都是植物光合作用的副產品。人們每年燃燒的70億噸化石燃料會消耗掉近340億噸的「氧氣」，這只占全球「氧」總量的百分之0.00024，失去的「氧」大部分可由植物的光合作用補充。即使地球上的植物無法補充大氣層中的「氧氣」，以目前「氧氣」的衰減速度，估計仍然需要二千年的時間，才能把大氣層的「氧」含量從百分之二十一降到百分之二十。

當你吸一口氣時，所吸的空氣就會保留在你的肺部。你吸入的「氧氣」進入血液裏，並輸送到全身身體的所需要部位，於是，在你的身體細胞中，「氧氣」和葡萄糖結合，生成二氧化碳和水，並釋放能量，這使得細胞有了能源能夠發揮作用，使我們的身體能夠生存下來。接著，你吐出氣體，這時氣體裏的「氧氣」含量要比你吸入時的「氧氣」含量減少約4%，這4%已被二氧化碳氣體所取代。也就是說，我們呼吸後吐出來的空氣，還含有很多「氧氣」。

「氧」也可以用三原子分子(O₃)——「臭氧」——的型式存在，一分子「臭氧」比「氧氣」(O₂)多一個氧原子，因此人們戲稱「臭氧」是「氧氣的哥哥」。不過這位哥哥無論「外貌」還是「脾氣」與「氧氣」都大不相同。

衆所周知，人體需要「氧」才能產生能量，而人們一向都是從大氣層中吸取這種現成的「氧」。但是，從安全考量來看，空氣中的「氧」含量是有高低底線的。如果人類不想窒息，空氣中的「氧」含量就必須在百分之十七以上；並且人類若不想被「氧」燃燒成一把火焰，空氣中的「氧」含量一定要低於百分之二十五。

通常，人們可以呼吸「氧」含量特別高的空氣，很多病人也都這樣做，但如果四周都是這樣的空氣，那就很危險了。

可以想見，醫院裏的病人如果試圖在「氧氣」帳內點煙，就會引火上身。1967年



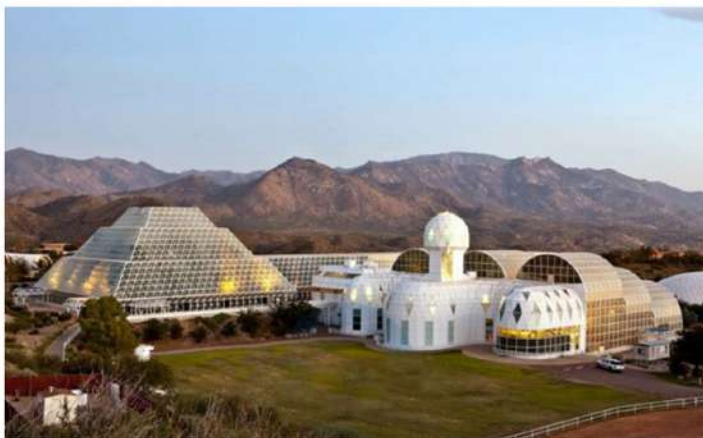
圖7·Michael Faraday, 1791-1867

© CC BY 4.0

8. 「氧」(O) 元素的介紹

1月27日，第一批預定被送上月球的3位太空人在地球軌道上慘遭活活燒死，當時就是因為含有豐富「氧氣」的太空艙失火而引起猛烈大火，3位太空人在幾分鐘之內就被燒死。

但一般來說，「氧氣」太少才是威脅到人類生命的主因。也就是為了這個原因，才使得位於美國亞利桑納州的「生物圈」(Biosphere)計畫在1993年1月提早結束(圖8)。



© CC BY 3.0



© 公有領域

© Public Domain

圖8、「生物圈二號」建造於1987年到1989年之間，位於美國西部亞利桑那州土桑市南部Oracle城。主要是由玻璃帷幕和鋼架所構成的模擬生態群系，包含了熱帶雨林、稀樹草原、沼澤地、海洋(含珊瑚礁岸)、沙漠5類荒野生物群帶，以及生產糧食的集約農地、供人員生活其中的微城市、技術圈3種人造地區。

1991年12月，8個人進入一個以玻璃帷幕密封的人造生態系統內，看看人類是否能夠在太空站或月球的人造生態系統內生

存。然而，不到幾星期，生物圈內空氣中的「氧」含量卻降到百分之十七，這8個人開始覺得呼吸困難。不知道什麼原因，生物圈內的30噸「氧氣」竟然消失不見，據推測可能是「氧」和土壤中的「鐵」起了化學反應，導致大量的「氧」消耗掉不見了。

在一般環境下，人即使吸再多空氣也僅能獲得21%的「氧氣」。當人們吸入的空氣是100%的純「氧氣」時，對身體的影響是什麼呢？

純「氧氣」進入人體具有治療的效果。醫療上，把純「氧氣」加壓到超過一個大氣壓力以上讓病人吸入，這就是所謂的「高壓氧治療法」。高壓氧治療是一種安全性很高的治療，目前常配合外科手術、藥物治療或復健治療達到事半功倍、相輔相成的效果。

大家一定會好奇「高壓氧治療」的原理是什麼？主要分為兩種，第一種是「壓力效應」，當環境壓力增加時，可解除血管內的氣泡栓塞。第二種是「高壓氧」以物理現象溶解在血漿中，改善組織缺氧狀態。當血管收縮時可減少組織灌注量，緩解組織水腫狀況。

「高壓氧」最佳的治療應用是在感染與傷口癒合兩項：當高濃度的「氧氣」進入血液循環，「氧」的「自由基」可破壞細菌，增強白血球的殺菌力，並促進纖維增生與血管新生加速傷口的癒合，可治療的疾病如一氧化碳中毒、嚴重貧血、頑固性骨髓炎、傷口癒合不良等。

與一般「氧氣」最大不同之處，在於「臭氧」呈淡藍色，且有一股明顯的令人噁心的氣味。「氧氣」在紫外線照射或高壓放電等情況下便可轉化成「臭氧」。因而在地鐵和

8. 「氧」(O) 元素的介紹

火車站高壓電車附近，可明顯感覺到「臭氧」的存在。當天空中出現電閃、雷鳴時，空氣中「臭氧」的含量也會隨之增加，這時候可能聞到一股臭臭、怪怪的味道，這多半代表著你聞到了「臭氧」。其實，空氣中只要有三十萬分之一的「臭氧」存在，人們就能聞出它的味道。

對人體健康而言，微量的「臭氧」是有益的。因為「臭氧」有相當強的殺菌功能，尤其是對肺結核菌更加有效，因此用「臭氧」可以對病房裏的空氣消毒。在大自然中，由於雷雨的放電作用，可以把「氧氣」轉化成「臭氧」，松樹分泌的松脂也容易被氧化放出「臭氧」，因此雷雨後或森林裏的空氣都特別清新，在歐洲一些療養院便常設在松林中。但如果空氣中「臭氧」的含量過高，就會對人體和動物的呼吸系統、眼睛等產生較強的刺激作用，使人感到胸悶、頭痛、噁心，鼻孔出血、眼睛發炎，甚至發生嚴重中毒。因此在電機房、靜電影印機房、計算機房等容易產生「臭氧」的地方要注意通風，以避免「臭氧」濃度過高而產生傷害。

「臭氧」的性質也比「氧」活潑許多。「臭氧」是一種強烈的氧化劑，在常溫下就能氧化許多「氧氣」不能氧化的物質，如「銀」(Ag)、「汞」(Hg)等。煤氣、松節油等有機物質一旦與「臭氧」相遇，就會燃燒。人們常利用「臭氧」的這種強氧化性，來生產一些不易製取的金屬氧化物或漂白潮溼的紙漿、紡織纖維等。

日本有家公司發現「臭氧」的強氧化作用可以使臭味的物質分解，他們便利用「臭氧」的這一性質開發了一種帶有電子脫臭裝置的電冰箱。它用陶瓷電極產生「臭氧」，可把食品中的臭味降低到千分之一的程度

，這種電冰箱的除臭效果比使用活性炭做脫臭劑的電冰箱高出好幾倍。「臭氧」有著很強的殺菌本領和漂白作用，而且沒有副作用，因此是一種理想的自來水和空氣的淨化劑。用「臭氧」淨水消毒效果比「氯氣」(Cl₂)好，而且不會像「氯氣」那樣散發出刺鼻氣味。

「臭氧」反應活性強，對橡膠和纖維破壞性很大。「臭氧」對人體的肺組織也危害很大，當空氣中「臭氧」含量過高時，一般建議老人和小孩不要在戶外進行劇烈的體力活動，以免吸入過量「臭氧」。在美國某些州因為常打雷，所以政府和地方機構會密切監視空氣中「臭氧」的含量，並即時與美國國家空氣質量標準比對。標準規定，在任何地方每日1小時的最大「臭氧」濃度是百分之一點二，然而人口密集的城市經常超標。低層空氣中的「臭氧」(有時稱為有害的「臭氧」)主要源自於汽車排氣管的「二氧化氮」(NO₂)的光化學分解。尤其是空氣污染嚴重的城市，其室內環境中的「臭氧」量可能要高很多。

和有害的「臭氧」相較，「臭氧」也有對地球生物有利的一面。有益的是「臭氧」存在於地球大氣層的上層空間，覆蓋著地球表面，使地球免受來自太陽光的紫外線輻射。如果沒有這「臭氧層」的保護，紫外輻射足以破壞地球上所有生物組織。

大氣中「臭氧」的濃度很低，主要處於「平流層」中，還不到空氣的千萬分之一，因此在正常情況下人們聞不到這些「臭氧」的氣味。如果把大氣中的「臭氧層」壓縮，使它圍在地球表面，大約只有3公分厚的一薄層，但這一薄層的「臭氧」對人類健康卻有著非比尋常的意義(圖9)。

8. 「氧」(O) 元素的介紹

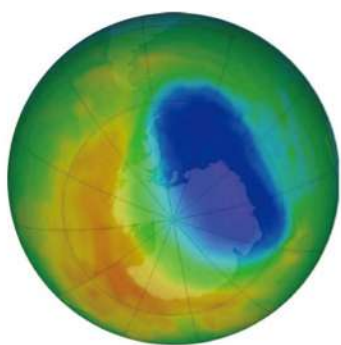


圖9、藍色與紫色區塊是臭氧層較薄的部分，橘色或黃色區域則是臭氧層較厚的部分。(圖片來源：翻攝自每日郵報)。

太陽是一個熾熱的光球，一直在發射著大量的紫外線，這麼強大的紫外線對於地球上的植物和動物都是有害的。可是為什麼我們實際上並未受到大劑量的紫外線的傷害呢？這就是「臭氧層」的功勞。在諸多氣體中，「臭氧」是唯一能夠吸收太陽光中紫外線的氣體。它在地球的最上空形成了一層「臭氧層」，像過濾器一樣把太陽放出的有害紫外線過濾掉，起了保護生物細胞免受破壞的作用。如果沒有這一薄層「臭氧」在天上保護人類和各種生物，大劑量、高強度的紫外線直射地球的後果，將使地球上所有生物不能生存。

地球就曾發生過，因「臭氧層」被破壞而導致物種的滅絕。地球在二疊紀的最後一期，會發生大規模火山爆發，引發全球暖化，因而導致當時地球的「臭氧層」崩潰，使得對生物體有害的紫外線長驅直入的照射地球，植物葉子的氮(N)含量減少，也讓昆蟲無法從中攝取到足夠的營養，這可以解釋為什麼昆蟲在這次大滅絕中也受創頗深，導致食草動物更不容易消化，對整個地球生物系統產生相當深遠的影響。

雖是如此，紫外線對人體的健康也是不可或缺的。因為紫外線有利於人體對維生素D的吸收，長期不接受紫外線照射的人會患佝僂病(圖10)。此外，紫外線還有殺菌、消毒的作用，能防止地球上細菌的大量繁殖。也就是說，「臭氧層」的存在使照射到地球表面上的紫外線強度恰好適合於生物的生存。



圖10、佝僂病

© 公有領域

但是，令人擔憂的事情發生了，近年來由於大量使用含「氟」(F)化合物之「致冷劑」，使得大氣中的「臭氧層」受到破壞，「臭氧層」正在不斷變薄。

首先提出含「氟化合物」之「致冷劑」(Refrigerant)會破壞「臭氧層」的是美國化學家羅蘭(Frank Sherwood Rowland, 1927-2012, 圖11)和莫蘭那(Mario José Molina, 1943-迄今, 圖12)。他們在1974年就發表了「氟利昂」(CF₂Cl₂, Dichlorodifluoromethane, 圖13)破壞「臭氧」的過程，並呼籲立即停止使用這類化合物。



圖11、Frank Sherwood Rowland, 1927-2012



圖12、Mario José Molina 1943-2020

圖片來源：Facts. NobelPrize.org. Nobel Prize Outreach AB 2023. Thu. 24 Aug



圖13、氟利昂，CF₂Cl₂，Dichlorodifluoromethane
圖片來源：中文百科

他們的研究發現：「氟利昂」等含「氟」類化合物在地球上有很強的化學惰性，不會因為氧化或陽光的作用而分解；但當它們升至大氣層的上方後，由於紫外線的照射，會分解出「氟」(F)原子，「氟」原子會把「臭氧」中的一個「氧」原子奪過去，使「臭氧」(O₃)變成「氧氣」(O₂)。而且這還是一個「連鎖反應」(Chain Reaction)，一個「氟」原子就足以破壞10萬個「臭氧」分子！使大氣層上方的「臭氧層」破一個大洞，造成外太空的紫外線和各種輻射線可以毫無阻礙地穿過這個大破洞直射地球，造成地球上所有生物的浩劫。

8. 「氧」(O) 元素的介紹

然而羅蘭和莫蘭那的建議在當時並未得到人們的重視，直到1985年5月，英國科學家在南極上空發現了「臭氧層」破洞後，才引起全世界人類的恐慌。目前，挽救「臭氧層」已成為21世紀最複雜、最棘手的一個環境問題。

人類的頭腦必須靠「氧」來發揮作用。沒有「氧」，人腦這個重要的器官就會在幾分鐘內死亡。雖是如此，但很少人知道，「氧」太多也會讓人類的腦部中毒，這是蘇格蘭愛丁堡大學唐納(Kenneth Donald)教授的重大發現。唐納教授終生研究這個問題，並且在他的著作《氧氣與潛水人》(Oxygen and the Diver)中警告說：不要在超過25公尺深度的海中呼吸純「氧」，因為這會造成痙攣，已經有好多位潛水人員因此溺斃(圖14)。

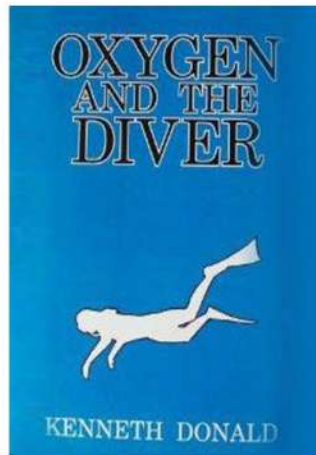


圖14、Kenneth Donald教授著作的《Oxygen and the Diver》

圖片來源：Amazon

潛水人員例如海底攝影人員、沉船打撈人員和海洋考古學家，都使用所謂的「氮氧氣」(nitrox)。「氮氧氣」是「氮」與「氧」的混合氣體(圖15)，是英國海軍在第二次世界大戰替負責拆除水雷的潛水兵開發的，可以延長在水中停留的時間，同時避免發生



圖15、潛水人員使用的氮氧氣

「氧」中毒和「潛水夫病」。今天的專業潛水人呼吸的是「氮氧氣」，讓他們可以在水下500公尺，甚至更深的海中安全工作，但這種氣體的價錢不便宜。

雖然人類的生活無時無刻都必然和「氧」在一起，但其實人類還是很不了解「氧」的個性與脾氣，也就不能好好順「氧」的意來大大利用「氧」。希望聰明的讀者您能夠進一步研究「氧」、探討「氧」，幫助大家更深層地了解「氧」，使「氧」能進一步幫助我們的日常生活更加便利。