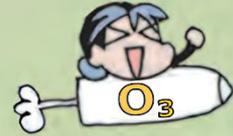


臭氧是什麼!?

Hayanon 著



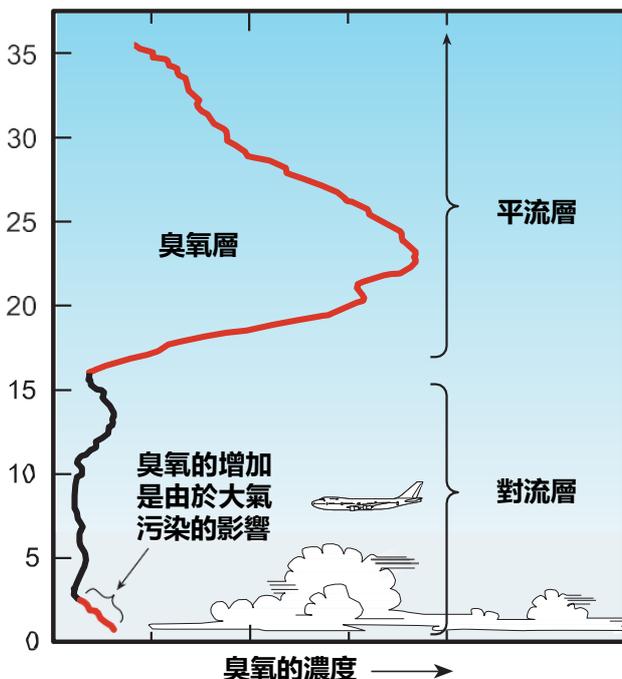
「臭氧層」發現物語



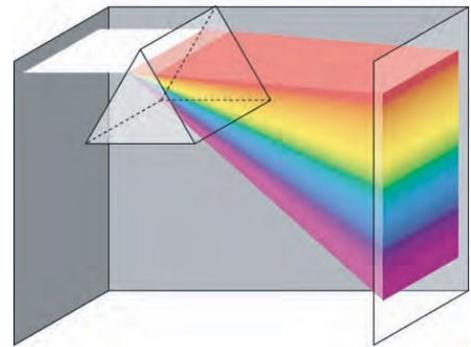
地球上的臭氧約有九成都存在於平流層。那麼，我們怎麼知道平流層中有臭氧存在的呢？

我們首先需要了解到太陽傳向地球的光線。這些光線實際上是由各種波長的光混合而成，範圍從短波長的紫外線到長波長的紅外線或無線電波。要是覺得難以理解，不妨回想一下透過稜鏡或在彩虹中觀察到的各種顏色——這些都證明了太陽光包含著各種不同波長的光。

1881年，愛爾蘭化學家赫特利 (W. N. Hartley) 發現，臭氧有吸收波長介於200至300奈米的紫外線的特性（奈米是10億分之1公尺）。接著在1896年，英國天文學家哈金斯 (W. Huggins) 通過觀察天狼星（位於大犬座的恆星）發出的光，進一步發現臭氧也能吸收波長300至340奈米的紫外線。



由於緯度的影響，臭氧層的高度會有所變化，大致上位於15公里至40公里的範圍內。<WMO Report "Scientific Assessment of Ozone Depletion 2002">



由於太陽光包含了各種不同波長的光，利用稜鏡，我們可以將各種不同顏色的光分開來。

由於太陽光包含各種波長的光，因此透過稜鏡可以將這些不同波長的光區分出來。當時的研究注意到，雖然太陽發出了大量的紫外線，但我們在地球上接收到的太陽光中，卻缺少了一部份的紫外線。赫特利因此推測，「一定是因為天空具有許多的臭氧，把紫外線吸收了」。儘管他曾嘗試用氣球進行驗證，但由於氣球無法飛到足夠高的地方，因此無法直接證實臭氧層的存在。

經過了大約80年的努力，直到1940年代，終於能夠使用火箭來進行上層大氣的觀測，才確認了平流層中臭氧的存在，然而當時的赫特利已經去世多年。自從確認了臭氧的存在後，科學家們開始進一步研究臭氧在大氣中的分布、形成機制等問題。1957年，作為國際地球觀測年的計畫之一，南極基地開始了對臭氧的觀測，不久之後，科學家就發現了臭氧層破洞的問題，這是當時的科學家無法預見的。另一方面，科學家們也開始關注臭氧吸收紫外線的特性。研究發現，臭氧的這一特性對地球上的大多數生物，包括人類的生存都非常重要。可以說，由赫特利開始的對臭氧的研究，對我們理解地球大氣和生物生存都具有重要的影響。

接下來，就讓我們和阿盛和米爾博一起，深入探索臭氧的世界吧！

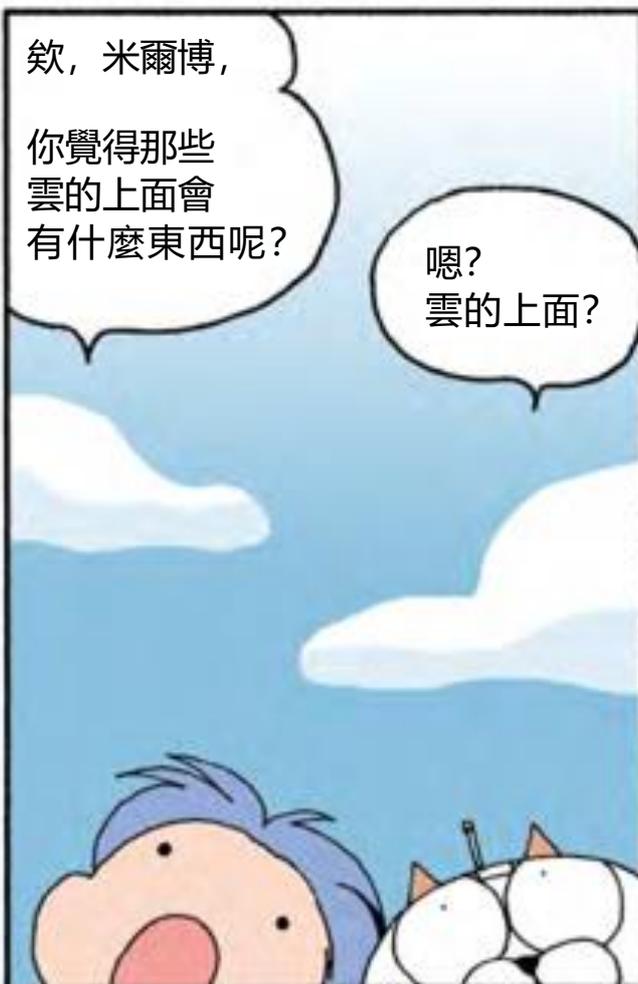
正躺在草地上，
遠望著天空的，

是超喜歡科學的
小學生阿盛和
機器犬米爾博



欸，米爾博，
你覺得那些
雲的上面會
有什麼東西呢？

嗯？
雲的上面？



不就是
天空嗎？







當空氣中的氧分子 (O_2) 受到來自太陽的紫外線照射,

它會分開變成兩個單獨的氧原子!

接著, 這些單獨的氧原子會與其他氧分子結合,

形成三個氧原子的組合, 這就是我們所說的臭氧!

而這些產生出來的臭氧大量聚集在一起的地方,

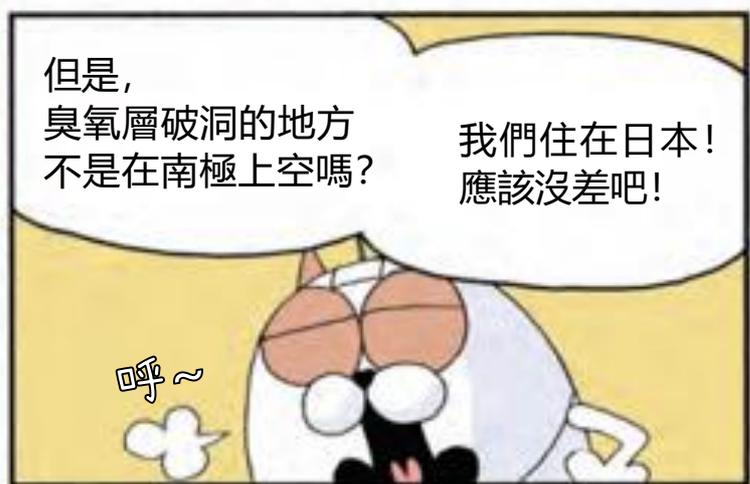
就被我們稱為臭氧層喔!

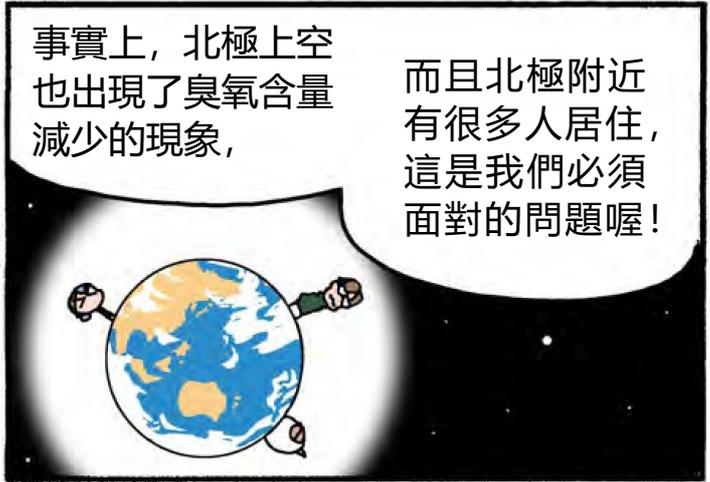
臭氧層能夠吸收掉大部分對生命構成威脅的紫外線,

它就像是一個保護地球免受紫外線危害的防護罩

如果沒有臭氧層的存在,

地球就不會有生命存在了吧?





但是，
我們在地面使用的氟氯碳化物
會隨著地球的大氣流動，

接著進入到平流層，
並在那裡開始
破壞臭氧層

當這個研究結果
發表之後，
全球就制定了禁止
使用氟氯碳化物的
規定，

但是，
如果不能使用
冰箱和冷氣，
那可就麻煩了呢

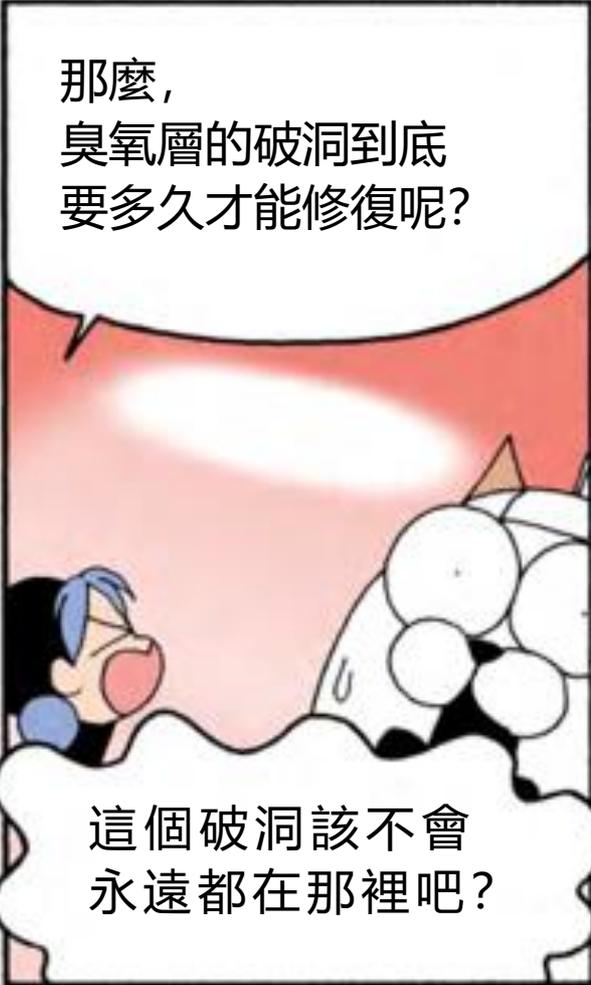
因此，
現在的冰箱
和冷氣空調，

使用的是
氟氯碳化物的
替代品喔！

但是，即使我們
停止使用氟氯碳
化物，對臭氧層
的破壞也不會
立刻停止吧？

你說得沒錯呢，

因為氟氯碳化物
是非常穩定的物質，
所以它們需要很長
的時間才能分解



那麼，
臭氧層的破洞到底
要多久才能修復呢？

這個破洞該不會
永遠都在那裡吧？



根據超級電腦的計算，
最新的研究結果預測，大約
50年後臭氧層就會恢復原狀

欸～需要這麼
長的時間嗎～!?



在那之前，
臭氧層的破洞
狀態會一直
存在喔

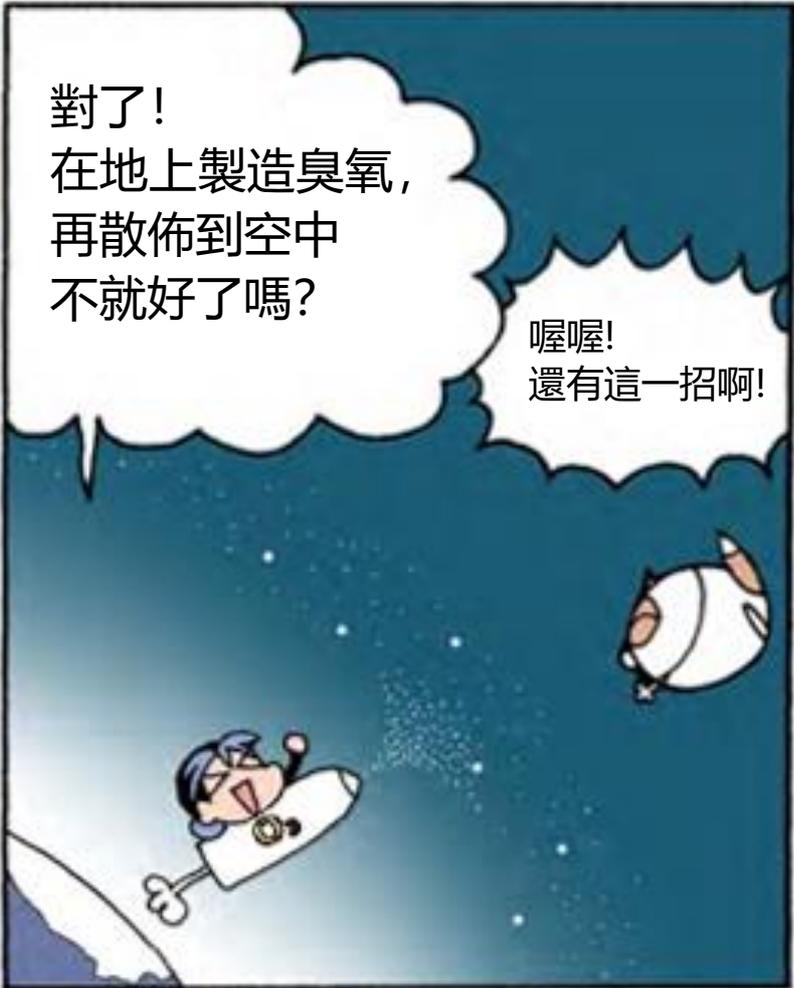
這真是
太糟糕勒

只能一直
等待氟氯碳化物
消失嗎!?



嗚~
難道不能想辦法
把破洞補起來嗎?

啊!



對了!
在地上製造臭氧,
再散佈到空中
不就好了嗎?

喔喔!
還有這一招啊!



嗯~
原來如此!

但是,
這個想法大概
沒辦法實現吧

欸~
為什麼!?

地球的臭氧,
有90%是位於平流層的

相對地,
在較低的對流層,
臭氧只佔了約10%左右

90% 平流層

10% 對流層



而且,
對流層的臭氧含量
其實是一點一點
不斷地在增加喔



儘管臭氧在平流層
形成臭氧層,
守護著我們的地球,

但對於生物來說,
臭氧實際上是一種
強烈的劇毒喔

毒!!

因此，臭氧對地面的人類和植物造成的影響確實令人擔心

另外，
臭氧也有可能吸收地球散發至太空的能量，
造成全球暖化的現象



欸~
臭氧問題竟然
這麼嚴重!?

原來如此

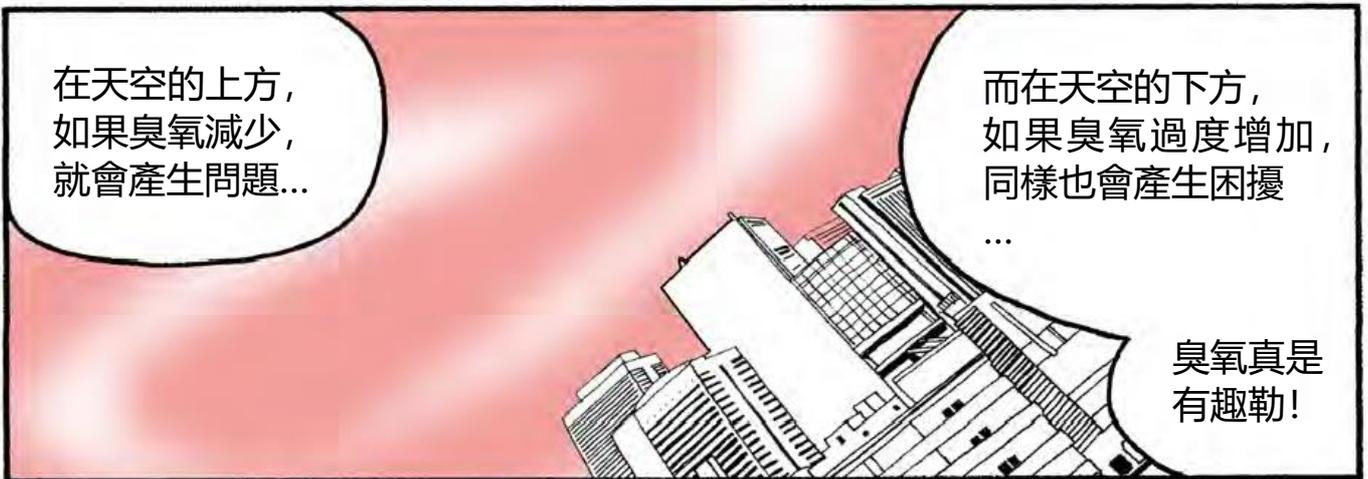
臭氧並不是一直
都對我們有利呢



在天空的上方，
如果臭氧減少，
就會產生問題...

而在天空的下方，
如果臭氧過度增加，
同樣也會產生困擾
...

臭氧真是
有趣勒!



這兩方面都是
我們無法逃避
的問題呢

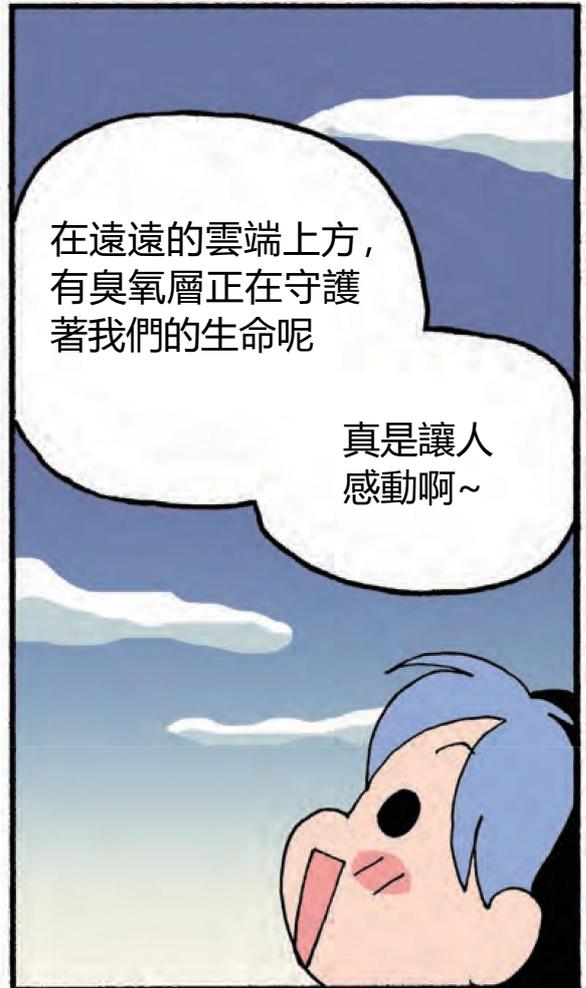
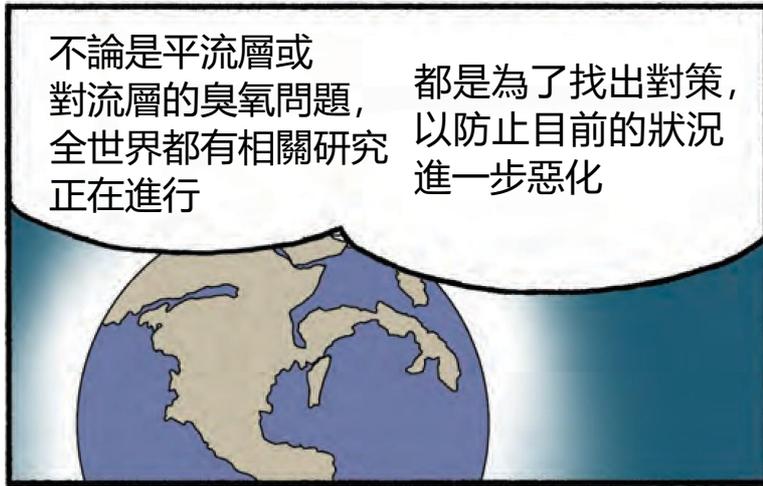
為了解決平流層
臭氧層被破壞的問題，
我們必須要規範
氟氯碳化物的使用



另一方面，
為了防止產生導致
對流層臭氧增加的
氮氧化物，

我們也需要對
汽車和工廠排放的
二氧化氮進行規範





臭氧是什麼！？

 老師你好。我之前在新聞中看到了關於臭氧層破洞的報導。聽說多虧了臭氧層的保護，我們人類和動、植物才能安全地在地球上生活，這是真的嗎？

 你說得對，阿盛。實際上，雖然我們看不到臭氧層，但它環繞在地球周圍，保護著阿盛你和所有的生物，阻擋來自太陽的紫外線哦。

 本大爺是機器人，倒是不介意勒。

 哈哈，話說你覺得，臭氧層是什麼時候才出現在地球的呢？

 嗯...是在什麼時候呢？既然我們的生存必須依賴臭氧層，那麼臭氧層在我們的祖先出現之前就已經存在了，對吧？

 你的猜測是對的。地球在宇宙中的誕生大約是在46億年前。然後根據我們的了解，臭氧層可能在大約4億年前形成。

 那個，一般來說，像暴龍和劍龍這樣的恐龍生活在大約2億5千萬年前的時代。所以，臭氧層在恐龍出現之前就已存在，它是花了很久的時間、慢慢地被製造出來的呢。

 沒錯！當臭氧層在地球上形成之後，陸地上的生物才得以誕生，而且不久後人類也誕生了。如果沒有臭氧層，阿盛你以及其他所有生物可能都無法存在。

 那麼，如果臭氧層的臭氧含量減少，會發生什麼事呢？

 如果臭氧含量減少，會有更多的紫外線照射到地球表面，生物可能會受到嚴重的傷害。

 我聽說紫外線是造成皮膚曬黑的一個原因。

阿盛，你可能會像麵包一樣被曬得很黑。

 欸？不要吧~！

 如果真的是這樣的話，那可是相對好的結果了。紫外線可能損壞生物的DNA，引起皮膚癌。雖然眼睛的水晶體是透明的，但大量紫外線進入，會導致視力模糊，就是被稱為白內障的疾病喔。

 這樣確實會讓人擔心臭氧層會如何變化啊。要調查位於高處的臭氧含量的多少，我們有什麼方法可以使用呢？

 像是偷偷拜託擁有幽浮（UFO）的外星人之類。

 嗯，雖然我們無法真的向外星人求助，但是米爾博提到了一個很好的點子。

 欸!?

 對於探測臭氧層，我們可以發射人造衛星到太空進行觀測。這些衛星會環繞地球運行並且測量臭氧含量，所以不論是在日本、歐洲，還是南極的上空，我們都可以進行調查。

 那還有其他什麼方法嗎？

 即使我們在地面，也可以知道高空的臭氧狀況。我們可以使用雷射雷達，或者是調查臭氧發出的微弱電波等方法。人造衛星如果損壞了，修理起來可能很困難。但是地面的機器如果出了問題，我們可以立即修理，這是一個大優勢。

 原來如此。本大爺在地上也是能每天讓你們幫我充電呀。

 話題跑偏了吧。

 哈哈。



使用橘子進行魔法的實驗!?

你對阿盛和米爾博關於臭氧的探險物語有什麼看法呢？臭氧不僅與平流層的臭氧層破洞有關，也與對流層的光化學煙霧相關。在此，要向快要讀完這本書的讀者們，介紹一些你們可能還未看過的神奇實驗。

在這個實驗中，我們會用到橘子和燒杯這兩種材料，這些都是可以在超市或學校實驗室裡輕易找到的東西。然後，我們把橘子皮剝開放進燒杯裡，這就是照片1所呈現的畫面。如果覺得「什麼都沒發生...?」，恐怕是話說得太早了喔。照片2顯示了橘子皮放入燒杯約30秒後的畫面，你會看到燒杯裡頭竟然有白煙冒出來。唯一放進去的东西只有橘子皮，那這白煙到底是什麼呢？

在揭露這個「魔法」之前，我們先複習一下光化學煙霧的知識。你一定曾經經歷過，遠處山峰被白色或褐色的霧霾覆蓋，使得美麗的風景變得模糊不清的情形。這種現象在世界上的一些大城市裡，特別常見，這與煙霧有著深深的關聯（照片3）。在一天中，煙霧的顏色和濃度會隨著時間而變化，而觀察的時間拉長，一年之中，也有些時期煙霧更容易發生，而有些時期則相對不易發生。此外，太陽的出現、風向等氣象條件也與煙霧的產生有關。

煙霧的形成源於汽車和工廠排放的化學物質，如烴類和二氧化氮，以及臭氧等。當臭氧和烴類在一起時，會產生複雜的化學反應，最終形成煙霧。由於煙霧由極細微的微粒組成，它會遮擋或散射光線，導致遠方的景色變得模糊。此外，煙霧還會刺激我們的眼睛、引起喉嚨疼痛，甚至導致植物葉子枯萎，對生物造成負面影響。

回到我們的「魔法」實驗。其實，我們一開始就已經在燒杯中加入了一些臭氧。由於臭氧對於人類的眼睛是無色透明、完全看不見的。因此在照片1裡的燒杯看起來並沒有任何異樣。



照片3 西雅圖市發生的煙霧。可以看到，地平線附近被褐色霧霾籠罩著。



照片1 實驗開始！將橘子皮剝開，放入燒杯中的話...?



照片2 出乎意料地，燒杯裡冒出了白色的煙！但是，這並不是由於橘子皮燃燒而產生的！

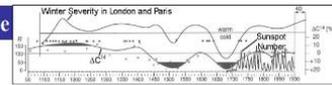
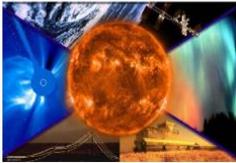
然後，橘子皮會釋出一種名為檸檬烯的烴類化學物質。檸檬烯就是我們在吃橘子時，聞到的那種香味。由於臭氧會與檸檬烯產生化學反應，因此燒杯中就會產生白煙，也就是我們成功模擬了煙霧的生成（如照片2所示）。

在現實生活中，產生光化學煙霧的烴類主要來自汽車和工廠的排放。一旦這些烴類遇到臭氧，就會生成煙霧。然而，對於煙霧的生成機制還有許多未知的部分，全球的科學家都在努力研究中。

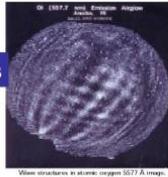
(注意) 這個實驗具有危險性，請絕對不要模仿。



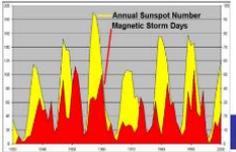
Solar Influence on Climate



Space Weather: Science and Applications



Atmospheric Coupling Processes



Space Climatology

CAWSES 是由 SCOSTEP (日地物理學科學委員會) 贊助的一項國際計畫, 旨在顯著提高我們對太空環境及其對生活和社會影響的理解。CAWSES 的主要任務是去幫助協調並實現至關重要的觀察、建模和理論方面的國際活動, 讓已發展和發展中國家的科學家能夠參與進來, 並為各級學生提供教育機會。CAWSES 辦公室位於美國馬薩諸塞州波士頓的波士頓大學。CAWSES 的四個科學主題如左圖所示。

<http://www.bu.edu/cawses/>

<http://www.ngdc.noaa.gov/stp/SCOSTEP/scostep.htm>



Solar-Terrestrial Environment Laboratory (STEL), Nagoya University

STEL 在由日本多所大學一起合作運行的實驗室, 其目的是與日本國內外的許多大學和機構合作, 促進“日地系統的結構和動力學研究”。實驗室下設大氣環境、電離層和磁層環境、太陽圈環境、綜合研究四個研究室。地球空間研究中心也隸屬於實驗室, 以協調和推動聯合研究項目。在其七個天文台/觀測站, 對各種物理和化學實體進行地面觀測。

<http://www.stelab.nagoya-u.ac.jp>

はやのん Hayanon

Hayanon 畢業於琉球大學物理系, 是一名作家同時也是漫畫家, 憑藉其深厚的科學和電腦遊戲背景, 在熱門雜誌上投稿多部連載用她一貫的寫作風格, 表達對科學的熱愛, 廣受大眾好評

<http://www.hayanon.jp/>

子供の科学

誠文堂新光社出版的《子供の科学》是青少年面向的月刊自1924年創刊以來, 該雜誌通過提供從日常生活中的科學現象到前沿研究主題的各個方面的科學, 不斷地促進科學教育

<http://www.seibundo.net/>

“臭氧是什麼?” 與《子供の科学》合作出版

阿盛、米爾博和老師感謝 TTSS 和 TSU 幫忙準備我們的中文版故事

中文版本執行單位為臺灣科學特殊人才提升計畫 TTSS 及臺灣太空科學聯盟 TSU

翻譯: 鄭宜帆; 校訂: 許仁愷, 楊孟澤

審閱: 奇奇, MVP, 小英, 小同