

溫室效應的功與過

邱智宏
國立三重高中

西元 2005 年 2 月 16 日眾所矚目的京都議定書，在全球 141 個國家簽署後正式生效；該議定書主要是爲了遏止全球氣候異常暖化而訂立，其目的在強制各國承諾削減溫室氣體的排放量，以防止地球溫室效應的惡化。議定書中管制的氣體包括： CO_2 、 CH_4 、 N_2O 及氟烴化物(HFCs)、全氟碳化物(PFCs)、六氟化硫(SF_6)等六類，規定在 2008 年至 2012 年五年間，這些氣體的總排放量之年平均值必須在嚴格控管下，達到比基準年的排放量降低 5.2% (上述氣體中，前三者以 1990 年爲基準年，後三者則可採 1990 或 1995 年爲基準年)。議定書正式實施後，必定會對所有國家的經濟、貿易、環保等各方面產生重大影響。值此各國正爲地球如何永續發展而努力之際，我國雖非締約國，但也是地球村的一員，因此有必要對溫室效應深入了解，並充分配合。

溫室效應是保護傘也是悶燒鍋

「溫室效應」係地球大氣層呈現的一種物理現象。如圖一所示，太陽輻射主要以可見光與紫外線通過大氣層，照射至地球表面，而使得地表變熱；這些熱量會以波長較長的紅外線輻射回大氣中，其中一部分逸散到外太空，但大部分的紅外線會

被大氣層中的「溫室氣體」吸收，再輻射回地表。如此地球的大氣層就像是溫室的玻璃罩一樣，維持了地表的溫度；假若沒有大氣層，地球表面的平均溫度不會是現在合宜的 15°C ，而是可能低至 -18°C 。

科學家研究發現，溫室效應是維持地球表面溫度穩定的重要機制，在地球約四十六億年的壽命，受到溫室效應「保護」的時間超過三十億年，由此可見「溫室效應」也是地球上的生物得以存活的主因之一。「溫室效應」既然是地球的保護傘，卻常被當成是現代科技的負面產物，背負著破壞環境的罪名，其原因何在呢？

地球自有人類以來，大氣的主要成分如氮氣、氧氣、水蒸氣等的組成大致穩定，變化不大。但是微量氣體卻無時無刻都在改變；其量雖微，但對全球環境卻有決定性的影響。近年來由於人類經濟活動成長快速，所製造的化學品導致的空氣污染，正以空前未有之速度改變了大氣中微量氣體的組成。特別是化石燃料燃燒所產生之 CO_2 ，如圖二所示有逐年升高的趨勢，大量排入大氣之後，吸收地表的長波輻射，造成人爲的溫室效應，使地表溫度異常增高。雖然過去 100 年間地球的平均溫度只增加 0.3°C 至 0.6°C ，卻已使南北極的許多冰山融化，海平面上升了 10 至 15 公分，

造成許多低溼地區沒入海中。工業革命後各種溫室氣體不斷增加，科學家估計，若不立刻採取防治措施，則到 2100 年，地表的平均溫度將較目前增加 1°C 至 3.5°C，屆時海平面將上升 15 至 95 公分，此種人為造成的溫室效應對於整個生態環境(包括地球、海洋與人類的經濟、社會等)及全球氣候，將產生深遠且難以臆測的影響。

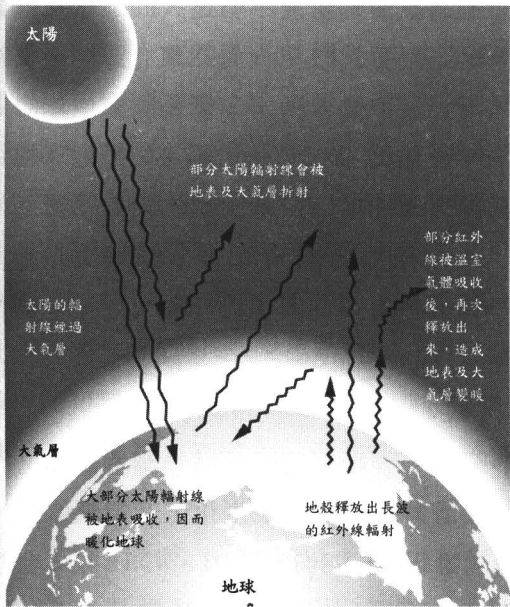
of Oceanography & U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration.)

不容忽視的溫室氣體

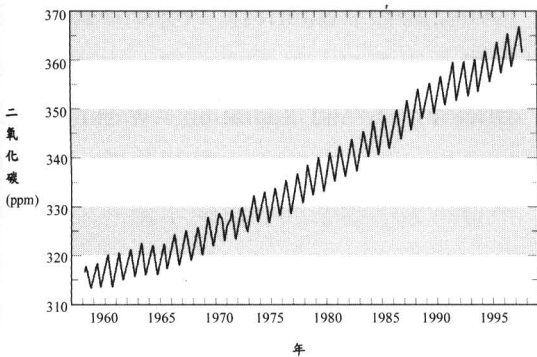
溫室氣體主要包括水蒸氣、二氧化碳、甲烷(CH₄)、一氧化二氮(N₂O)、臭氧(O₃)、氟氯碳化合物(CFCs)、氟烴化物(HFCs)、全氟碳化合物(PFCs)、六氟化硫(SF₆)等。其中前五者是自然界中本來就存在的物質，而 CFCs、HFCs、PFCs 和 SF₆ 則完全是人造的化合物。人類活動對大氣中水蒸氣總量的增減，影響十分有限，但工業革命後，其他溫室氣體的存量卻明顯增加。

爲了瞭解大氣中不同的「溫室氣體」對全球增溫現象的影響，科學家引用全球暖化潛勢值(GWP, global warming potential)加以說明：訂二氧化碳的 GWP 值爲 1，藉以估算同一時期、同一質量的不同氣體，所造成全球暖化之程度。例如，CH₄ 的 GWP 值爲 21，即表示若 CH₄ 排放 1 公噸，對地球溫室效應的影響程度與 21 公噸的 CO₂ 相當。

表一列出一些溫室氣體的來源及其 GWP 值，由表中可以看出，CO₂ 在大氣中的含量最多，幸好其 GWP 值遠小於其他溫室氣體。其他人爲產生的溫室氣體，包括用於冷媒、噴霧劑、發泡劑等各種用途的化合物，它們的 GWP 值都很大；特別值得注意的是，近年來半導體及製鎂產業所產生的 SF₆ 氣體，排放量雖少，但其 GWP 值卻爲 CO₂ 的 23,900 倍，所造成的增溫效



圖一 溫室效應成因示意圖



圖二 近代大氣層中二氧化碳含量的變化情形。(資料來源: Scripps Institution)

應，實在不容忽視。

表一 各種溫室氣體的 GWP 值及排放來源一覽表

溫室氣體	GWP 值	排放來源
CO ₂	1	化石燃料燃燒、砍伐森林
CH ₄	21	垃圾場、農業、天然氣石油系統及煤礦
N ₂ O	310	化石燃料燃燒、微生物及化學肥料分解
HFC ₂₃	11,700	滅火設備、半導體工廠、噴霧劑
HFC ₁₃₄	1,300	電冰箱、空調、噴霧劑、發泡劑
SF ₆	23,900	電力設備、半導體、鎂製品
PFCs	6,500-9,200	鋁製品、半導體、滅火設備

資料來源：EPA(2001)，"U.S. High GWP Gas Emissions 1990-2010: Inventories, Projections, and Opportunities for Reductions"。

其他星球也有溫室效應

在太陽系中，地球並非唯一具有溫室效應的星球。例如，泰坦是土星最大的衛星，其大氣中含有高濃度的甲烷，造成了溫和的溫室效應，使其表面不致太冷；科學家推測，若早期地球的大氣和泰坦相似，則泰坦應該是一個適合生命生存的地方。火星則恰好相反，其大氣層雖由 95%

的二氧化碳組成，但非常稀薄，不到地球的 1%；沒有足夠的二氧化碳可以形成溫室效應，所以晝夜溫差極大，白天的溫度可高達 17°C，而到晚上則降到零下 90°C。

另外，若要看失控的溫室效應，金星是一個極佳的例子。金星的體積和質量均與地球差不多，但其表面的溫度卻高達 460°C，這溫度足以讓鉛塊熔化！其原因在於金星大氣層的密度不但遠大於地球（約為 92 倍），而且約 90% 是二氧化碳，造成強大的溫室效應。所幸二氧化碳在地球的大氣中僅佔約 0.03%。然而，如果地球的暖化現象繼續以近百年來的速度持續下去，地球是否將會變成另一個失控的星球，值得大家深思！

參考資料

1. 李堅明，"高全球暖化潛勢溫室氣體之減量潛力分析"，民生化工產業溫室氣體減量報導(季刊)，民 91，第 16 期，台北。
2. EPA (1999)，"U.S. Methane Emissions 1990~2020: Inventories, Projections, and Opportunities for Reductions"，U.S. EPA office of Air and Radiation，Washington DC 20460，U.S.A.