



科技新知

溫室效應對地球環境的影響

空軍士官長 謝明奇

提

要

自從有人類以來，為了求生存以及求更好的生存環境，人類不斷向大自然爭取生存空間，成為影響環境變遷的因素之一。人類居住越久、人口越多的地方，受到的影響也越大。當人口稀少、科技不發達，人類焚燒森林擴張耕地，對大自然的影響是區域性而且緩慢的。隨著人口快速增加、科技不斷突飛猛進，人類的影響不斷加速而且擴大影響範圍，假以時日演化成森林縮小、土壤流失、水污染、空氣污染、降低生物的多樣性、沙漠化，甚至可能導致全球氣候變遷。

工業革命以來，人類大量地製造二氧化碳、氧化亞氮、甲烷、氟氯碳化物等溫室氣體。人類對大自然的影響不再只是侷限於地表，而是擴張至大氣，而且藉由大氣的運動，將影響逐漸佈及全球，大幅提高了全球暖化的可能性。科學家也因此驚覺到氣候不只變幻莫測，更可能因人類的過度發展而發生更劇烈的變化。1980年代以來，全球平均氣溫迅速上升，不尋常的天氣與氣候現象頻頻發生，也就是「溫室效應」使得氣候變遷突然，亦是成為世人矚目的議題。

壹、何謂溫室效應

「溫室效應」是指地球大氣層上的一種物理特性。如果地球沒有大氣層，在輻射平衡狀態下，地球表面的平均溫度約為 -18°C ，比目前地表的全球平均氣溫 15°C 低了許多，且大氣的存在使地表氣溫上升了約 33°C ，所以溫室效應是造成此一溫度差距的主要原因。然這溫度上的差別是由於溫室氣體所引致，這些氣體會吸收紅外線輻射而影響到地球整體的能量平衡。在正常現況中，地面和大氣層在整體上吸收太



陽輻射後能平衡於釋放紅外線輻射到太空外(如圖1所示)。

但受到溫室氣體的影響，大氣層吸收紅外線輻射的份量多過它釋放出到太空外，這使地球表面溫度上升，此過程可稱為「天然的溫室效應」。但由於人類活動釋放出大量的溫室氣體，結果讓更多紅外線輻射被折返到地面上，加強了「溫室效應」的作用(註1)。

但若無溫室效應，來自陽光的能量會很快地由地表釋放回去，地球的溫度也將降至 -16°C 左右，而成為寂冷的世界(如圖2所示)，然適度的溫室效應是適宜地球生物存活，且使人類悠游於四季的交替。

然現今的「溫室效應」，由於大氣中的溫室氣體增加，地面吸收的輻射能量會比以前多，地球的氣溫就會上升使地面更暖。尤其像現在的冬天幾乎是所謂的暖冬，溫度都不會太低，且夏天的溫度更是一年比一年高，迫使人類使用冷氣機使得電力能源消耗屢創新高。然為何溫室氣體會比以前的吸熱能增加許多？主要因為有人類活動以來，對礦物燃料用量和飼養家畜數目的增加、農業擴展及森林迅速消失等因素，使得二氧化碳加快溫室效應的成因(註2)，如圖3所示。

溫室氣體種類

大氣如同一過濾器可控制地球、

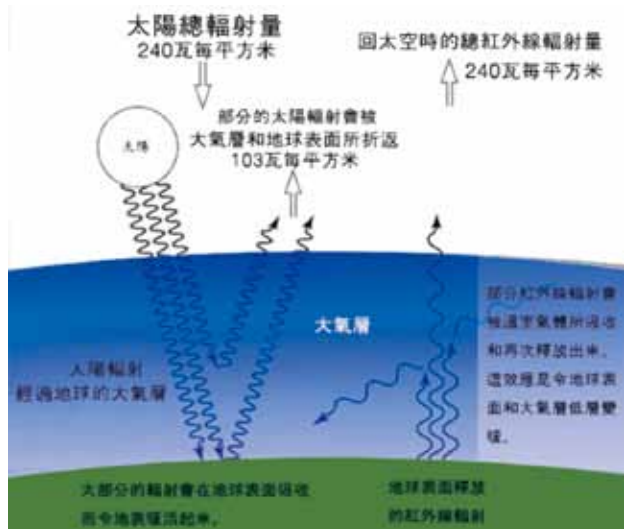


圖1 溫室效應示意圖(資料來源：香港天文台，2003年，溫室效應)



圖2 無適度的溫室效應，地球將成為寂冷的世界

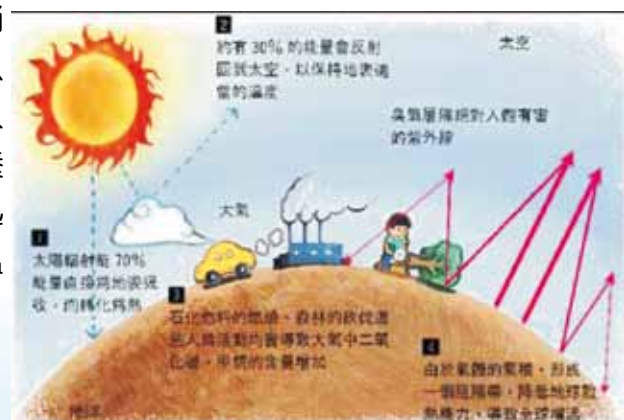


圖3 人類活動後之溫室效應的變化(註2)

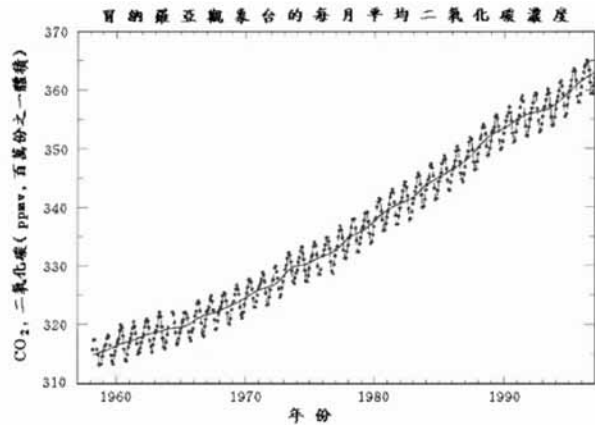


太陽及太空間能量交換。大氣中某些氣體可讓短波輻射以可見光形式照射地表，並且吸收自地表反射的長波輻射，這些可以保留能量的氣體，即所謂「溫室效應氣體」。

溫室氣體主要包括有二氧化碳(CO_2)、氟氯碳化物(CFCs)、甲烷(CH_4)、一氧化二氮(N_2O)、臭氧(O_3)、氟氯烴化物(HCFCs)、全氟碳化物(PCFCs)及六氟化硫(SF_6)等。其中前五者是自然界中本來就存在的物質，而後三者為人類製造的化合物。溫室氣體除了自然現象產生外，另人類活動所產生的汙染，而導致溫室效應的加劇，就以下說明：(註3)

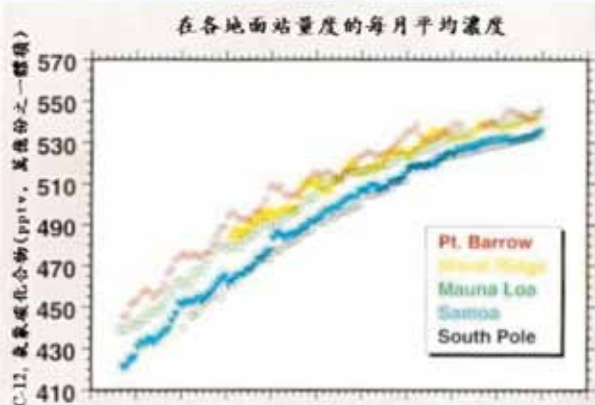
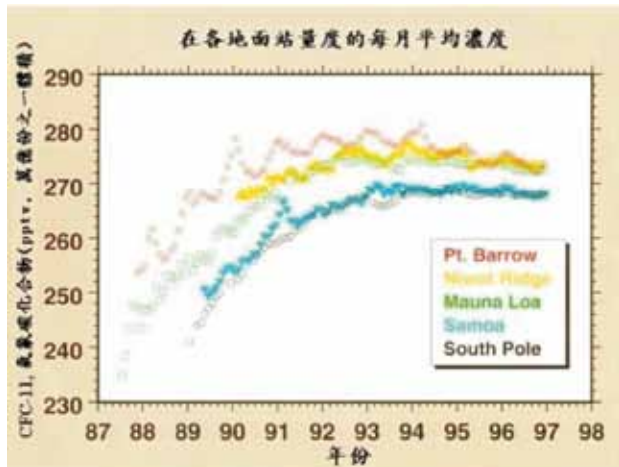
一、二氧化碳：主要來自於化石燃料燃燒過程中經氧化而成，其中火力發電、煉鋼、水泥及石化等工業產出的二氧化碳約占人類活動產生總量之54%；此外，森林大量被砍伐亦會減少二氧化碳的固定量，導致碳濃度增加，全球的二氧化碳正以每年約六十億噸的量增加中，且從圖4可顯示隨著人類活動使得大氣層中的 CO_2 平均濃度是隨著時間變化而有持續增加的趨勢。

二、氟碳化合物：在各種氟氯碳化合物中，以CFC-11及CFC-12較為重要，因為其濃度比較高以及它們對平流層內的 O_3 有很大影響。在多種人造的氟氯碳化合物中，以



(資料來源：取自夏威夷冒納羅亞觀象台)

圖4 大氣層中 CO_2 的每月平均濃度



(資料來源：取自夏威夷冒納羅亞觀象台)

圖5 大氣層中CFC-11的每月平均濃度；大氣層中CFC-12的每月平均濃度



CFC-11及CFC-12的濃度最高，且從圖5可顯示隨著人類活動所製造CFCs平均濃度是隨著時間變化而有持續增加的趨勢，已造成大氣層產生破洞的危機；其使用範圍包括冷媒、清洗、噴霧及發泡等用途，經蒙特婁公約禁止後已減緩增加的速度。

三、甲烷：甲烷是有機物在厭氧條件下腐爛時所產生，或經化石燃料燃燒或天然氣直接釋出。大部分甲烷皆由人類活動中所產生，主要來自牲畜、水田、汽機車及掩埋場的排放，其餘為自然界的排放，且從圖6可顯示隨著人類活動所製造甲烷平均濃度是隨著時間變化而有持續增加的趨勢。

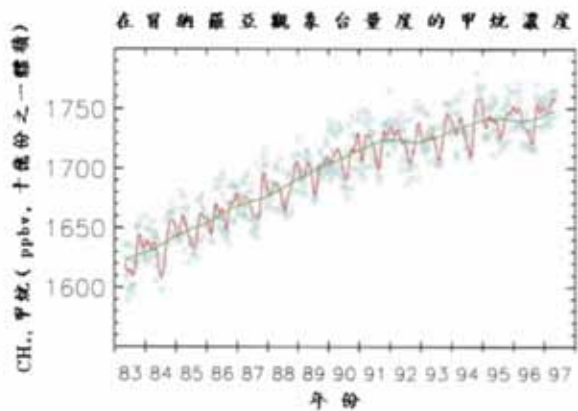
四、一氧化二氮(氧化亞氮)：係由石化燃料的燃燒，微生物及化學肥料分解而排放出來，且從圖7可顯示隨著人類活動所製造 N_2O 平均濃度是隨著時間變化而有持續增加的趨勢。

五、臭氧：

在對流層中，臭氧是來自人類污染排放，如汽機車、發電廠、煉油廠所排放的氮化合物及碳氫化合物等，經日光照射後產生光化學作用而產生臭氧。此外亦可在空氣中或純氧氣中供給高壓電，以人工方式製造臭氧。

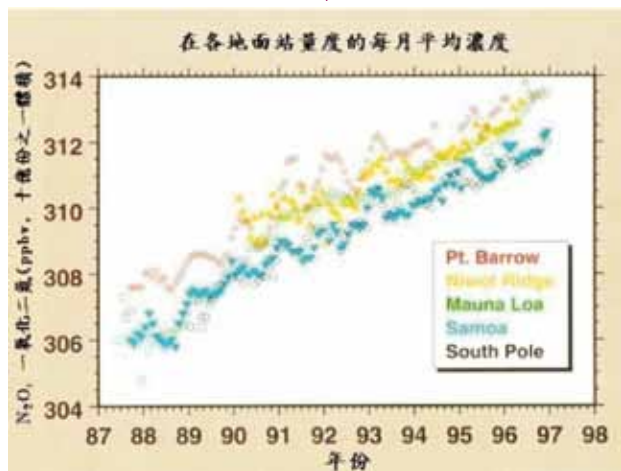
從上述這些溫室氣體目前仍持續增加中，至1994年二氧化碳每年平均增加0.4%，甲烷每年平均增加0.6%，氧化亞氮每年平均增加0.25%，CFC-11濃度約268 PPT；CFC-12濃度約480 PPT。

聯合國在1992年通過「氣候變化綱要公約」(Framework Convention On Climate Change, FCCC)，期望全世界共同努力抑制溫室氣體的排放，目標為



(資料來源：取自夏威夷冒納羅亞觀象台)

圖6 大氣層中 CH_4 的每月平均濃度

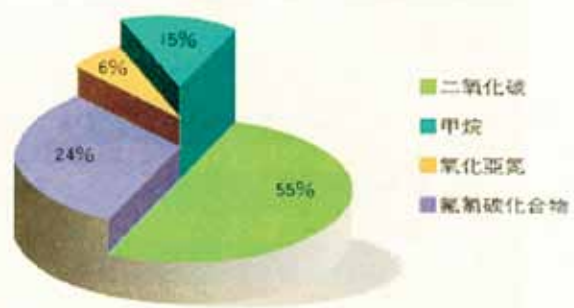


(資料來源：取自夏威夷冒納羅亞觀象台)

圖7 大氣層中 N_2O 的每月平均濃度



「將大氣中溫室氣體的濃度，穩定在防止氣候系統受到危險的人為干擾水準上」。1997年氣候變化綱要公約第3次締約國大會中通過的「京都議定書」，明訂針對6種溫室氣體進行削減，包括二氧化碳、甲烷、氧化亞氮、氫氟碳化物、全氟碳化物及六氟化硫，其中以氫氟碳化物、全氟碳化物及六氟化硫造成溫室效應的能力最強(註4)。然從圖8可顯示溫室氣體占大氣層之比例，則以「二氧化碳」為造成升溫之主要氣體，約佔55%。另可看出過去40年來，各種溫室效應氣體造成氣溫上升的趨勢。



(資料來源：地球暖化，怎麼辦？葉欽城著，2006)

圖8 溫室氣體占大氣層之比例

去40年來，各種溫室效應氣體造成氣溫上升的趨勢。

貳、人類活動引致的氣候變化

根據在2007年2月2日發表的IPCC(政府間氣候變化專門委員會)第四份評估「2007氣候變化的物理基礎：決策者摘要」，20世紀中期以來的全球平均氣溫上升，極有可能是基於人為

表1 幾種主要溫室氣體的特性

的溫室氣體濃度上升；然溫室氣體雖佔大氣層不足1%。其總濃度需視乎各「源」和「匯」的平衡結果。「源」是指某些化學或物理過程使到溫室氣體濃度增加，相反地「匯」是減少自然趨勢。(註5)

然人類的活動可能直接或間接影響各種溫室氣體的「源」

和「匯」而改變其濃度，可從表1溫室氣體的特性所示。

溫室氣體	源	匯	對氣候的影響
二氧化碳 (CO ₂)	1. 燃料 2. 改變土地的使用(砍伐森林)	1. 被海洋吸收 2. 植物的光合作用	吸收紅外線輻射，影響大氣平流層中O ₃ 的濃度
甲烷 (CH ₄)	1. 生物體的燃燒 2. 腸道發酵作用 3. 水稻	1. 和OH起化學作用 2. 被土壤內的微生物吸取	吸收紅外線輻射，影響對流層中O ₃ 及OH的濃度，影響平流層中O ₃ 和H ₂ O的濃度，產生CO ₂
一氧化二氮 (N ₂ O)	1. 生物體的燃燒 2. 燃料 3. 化肥	1. 被土壤吸取 2. 在大氣平流層中被光線分解與及和OH起化學作用	吸收紅外線輻射，影響大氣平流層中O ₃ 的濃度
臭氧 (O ₃)	光線令O ₂ 產生光化作用	與NO _x 、ClO _x 及HO _x 等化合物的催化反應。	吸收紫外光及紅外線輻射
一氧化碳 (CO)	1. 植物排放 2. 人工排放(交通運輸和工業)	1. 被土壤吸取 2. 和OH起化學作用	影響平流層中O ₃ 和OH的循環，產生CO ₂
氯氟碳化物 (CFCs)	工業生產	在對流層中不易被分解，但在平流層中會被光線分解和跟OH產生化學作用	吸收紅外線輻射，影響平流層中O ₃ 的濃度
二氧化硫 (SO ₂)	1. 火山活動 2. 煤及生物體的燃燒	1. 乾和濕沉降 2. 與OH產生化學作用	形成懸浮粒子而散射太陽輻射



參、溫室效應對地球環境的變化

地球是一個大又複雜的系統，往往是牽一髮而動全身，人類造成的溫室效應會牽動地球不正常之氣候變遷、影響海洋和生態系的運作，已對地球環境產生可預見之衝擊且會使全球氣溫節節上升，其所造成的氣候改變，將使我們付出極大的代價。例如氣溫上升會使冰山融化、海面上升、陸地面積減少；若加上氣候帶位移，可能引發動物大遷徙、屆時也有可能促使腦炎、狂犬病、登革熱、黃熱病等疾病的蔓延(如圖9所示)。

若溫室效應氣體濃度不斷增加，則將使地表溫度增加，進而導致氣候的變化。根據聯合國氣候變遷工作小組2007年的報告顯示，人類有90%的可能性是造成暖化的元凶，其影響包含如下：

一、全球暖化：

根據政府間氣候變化專門委員會(IPCC)在2007年第三份評估報告研究指出，全球平均氣溫在1906到2005年的一百年間升了0.74度。而在1956到2005年的50年，每10年上升0.13度，升幅是過去100年的兩倍。過去12年中(1997-2008)，有11年(1998, 2005, 2003, 2002, 2004, 2006, 2007, 2001, 1997, 2008, 1999)名列最暖的12年內。另由圖10研究結果推測全球的地面平均氣溫會在2100年上升1.4至5.8度，且IPCC最新的第四份評估將估計略為修改至可能範圍1.1-6.4℃，最佳估計為1.8-4.0℃(註6)。

由此可知，二氧化碳是最主

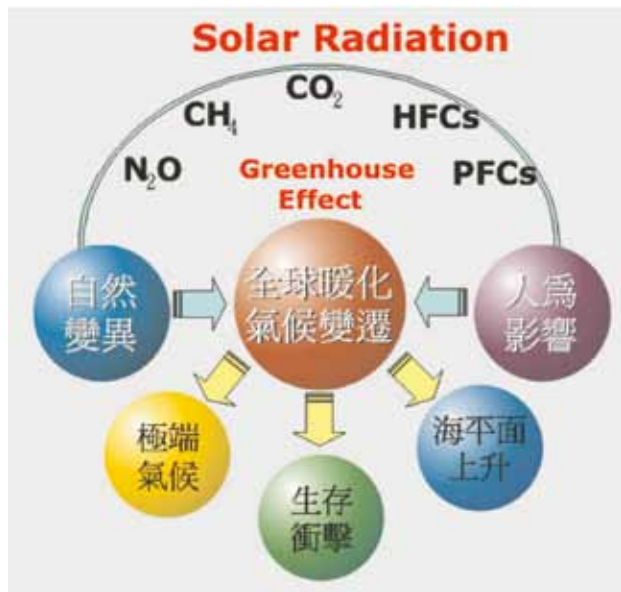
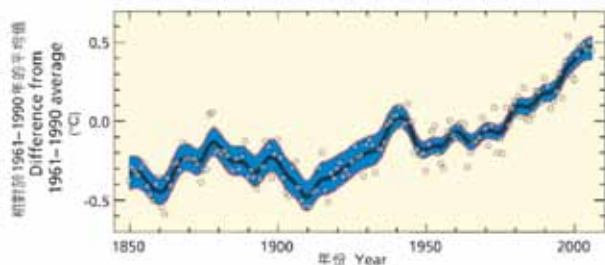


圖9 造成全球暖化的原因與結果



平滑曲線代表十年際平均數值，圓點代表每年數值。陰影部份為不確定間距。

(資料來源：政府間氣候變化專門委員會IPCC 2007)

圖10 全球平均表面氣溫的變化

(資料來源：取自政府間氣候變化專門委員會(IPCC)第四份評估報告，2007)



要的人為溫室氣體，其大氣中CO₂濃度已自工業革命前約280 ppm增至2005年的379 ppm；近10年間CO₂濃度年增加率(1995~2005年平均增加率1.9ppm)比過去45年增加率要來得高(1960~2005年平均增加率1.4 ppm)，而IPCC第四份報告也指出2050年前需減少50%~85% CO₂排放，以控制全球暖化。

然截至目前為止，僅增加少許溫度(過去100年只增加0.3℃至0.6℃)，海平面則持續上升(10至15公分)，且由圖11顯示人類活動造成二氧化碳濃度增加，使得全球溫度有持續增加趨勢。

二、海平面上升：

工業革命後CO₂濃度增加28%

，且科學家預測若不採取任何防治措施，則在西元2100年時，地表溫度將較目前增加1℃至3.5℃

，海平面將上升15至95公分，此種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，將有深遠而不可知之影響。當海洋變暖、海平面上升至科學家預測的15~95公分時，將導致低窪地區海水倒灌和全世界三分之一居住於海岸邊緣的人口將遭受威脅。

根據政府間氣候變化專業委員會(IPCC)2007年發表的第四次評估報告(如圖12所示)，全球海平面在1961至2003年間每年上升了1.8毫米，上升速度在1993至2003年間加快，約每年3.1毫米，並預料21世紀末全球平均海平面會上升0.18至0.59米(註6)。

三、極端氣候變化：(如圖13所示)

自1970年代起，氣溫增加最多的區域，將在北半球高緯度地區，南冰洋及北大西洋增幅最少。冰雪覆蓋區將進一步縮小，且熱浪發生頻率將更頻繁。熱帶暴風威力增強。墨西哥灣流速度減慢，北極冰層縮小。

全球溫度差異(℃)

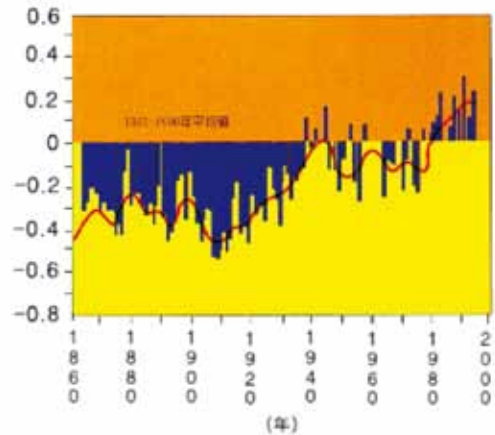


圖11 地球溫度增加的趨勢圖(1961~1990年)

自1961~1990年平均海平面的差距(毫米)

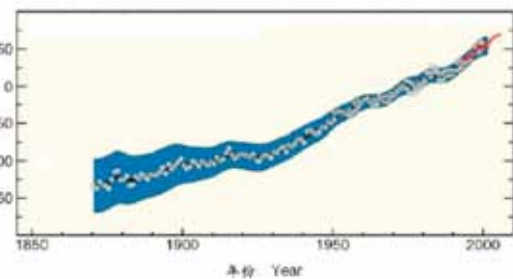


圖12 全球平均海平面上升變化



圖13 極端氣候變化造成狂風及暴雨等現象

這些情況在2008年之內通通都發生了，且美國聯邦政府報告預測，因為地球暖化，這種橫跨整個北美地區的極端氣候變化將越來越頻繁。第一次在觀察和預測北美地區的天氣和極端氣候變化之後，進行了全面性的分析，根據該報告指出，因為人類活動不斷提升大氣中的溫室氣體濃度，使得乾旱、暴雨、過熱、劇烈的颶風等現象有可能變得越來越常見。

根據氣候變遷科學計畫報告中也預測，在未來，伴隨著熱浪來襲，不管白天或晚上天氣將異常酷熱，清涼的夜晚很有可能會變得越來越少(註7)。

四、南北極冰層融化：(如圖14所示)

地球暖化的現象可以從全球85%的冰河逐漸消退溶化的事實看出來，美國航太總署表示，北極洋冰層預定會在50至100年內全部融化，出現無冰現象，屆時北極熊等生物將會絕種；而南極洲的冰層從2002年開始溶化速度已經明顯增快，預估下個世紀，將會因為冰層溶化，造成海平面上升5.5至6公尺，北京



(資料來源：中國科普網<http://www.kepu.gov.cn/>)

圖14 溫度上升使冰山逐漸融解和島嶼被海水淹沒



、上海等沿海城市會被海水淹沒，6千萬以上人口將被迫撤離。如果地球暖化的狀況未受控制，南北冰河全部融化之後，將造成海平面上升60公尺以上，全球許多沿海城市或島嶼國家將會被海水淹沒(註8)。

然全球第一個被海水淹沒的有人居住島嶼即將產生一位於南太平洋國家巴布亞新幾內亞的島嶼卡特瑞島，目下島上主要道路水深及腰，農地也全變成爛泥巴地。

五、生態環境改變：

改變植物、農作物之分佈及生長力，並加快生長速度，造成土壤貧瘠，作物生長終將受限制，且間接破壞生態環境，改變生態平衡，導致糧產穩定供應的疑慮。

聯合國環境規劃署(UNEP)表示，全球生物多樣化和生態系統每年對人類的貢獻，估計相當於全球國民總收入，總共這些服務每年產值估計在21兆至72兆美元間，足以和2008年全球國民總收入58兆美元相比。另UNEP在報告中警告，這些生態系統有2/3已被人類破壞，且報告指出：「生物多樣化和生態系統對人類提供關鍵服務，從糧食安全到水源清潔，讓極端氣候獲得緩衝，提供藥物、娛樂，豐富人類文化」(註9)。

肆、溫室效應對人類的衝擊

溫室效應的直接影響致使全球氣象變異，產生乾旱、豪雨和南北極冰山融化；甚至使全球氣候變遷造成乾旱，其將導致工業、農業全面停擺，均對人類生活有哪些潛在影響？

一、經濟的影響：(如圖15所示)



圖15 海平面上升淹沒沿海城市及觀光島嶼，造成經濟破產「錢飛了」



全球有超過一半人口居住在沿海100公里的範圍以內，其中大部份住在海港附近的城巿區域。所以，海平面的顯著上升對沿岸低窪地區及海島會造成嚴重的經濟損害，使得原陸地沿岸沙灘會加速被海水的沖蝕、地下淡水被上升的海水推向更遠的內陸地方。

「圖瓦盧」是全球第一個因海平面上升而進行全民遷移的國家。當地政府領導人在一份聲明中說，他們對抗海平面上升的努力已告失敗，並宣佈他們將放棄自己的家園，舉國移民紐西蘭。大約在50年以後，這個美麗的島國將沉沒於大洋之中，在世界地圖上人們再也找不到這個國家的位置(註10)。

然低地國「荷蘭」無疑也走在最前面。環境規劃局首先要將有10億美元產值的鬱金香花田遷往內陸，把填海造地的國土還給大海；為了因應海水上升的淹水危機，甚至著手計劃萊茵河改道，往北從地勢較高的地方入海。

二、農業的影響：(如圖16所示)

依據IPCC在2001年氣候變遷對全球的衝擊影響報告，農業生產與糧食安全受全球氣候變遷影響很大，未來熱帶和亞熱帶地區將因溫度升高而導致農作物產量降低；溫帶地區若增溫幅度不大，農作物產量將會增加，倘增溫幅度太大，農作物產量仍會下降。此外，極端氣候發生的頻率將會增加，嚴重性也會增強，進而影響全球的糧食生產與供應的穩定性。

農業生產受環境條件的影響很大，尤其是氣候條件與土壤資源，並伴隨著作物品種及耕作模式而有不同的差異。其中，以氣候條件的變化對農業的生產力、穩定性及耕作制度所產生的影響最為重大。目前全球氣候變遷過程加劇，IPCC表示，若全球年均溫升高，將減緩全球糧食供給能力，進而影響糧食價格上漲(註11)。



圖16 氣候變化對農業(玉米病蟲害和糧食產量短缺實景)的影響

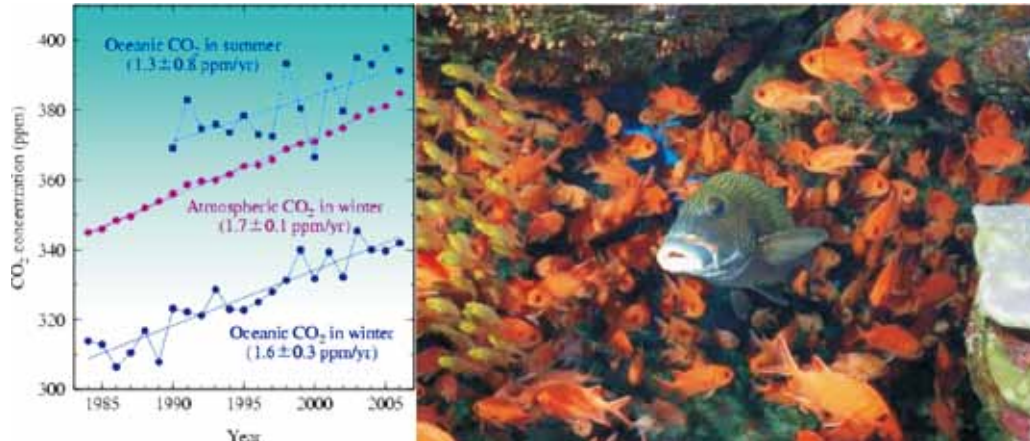


圖17 二氧化碳造成海水酸鹼值變化，而導致「生態浩劫」

一般來說，氣候變遷對於農業環境所造成重大的影響有：(1)氣候暖化，即氣溫升高，尤其是夜溫升高對水稻影響大；(2)CO₂濃度增高；(3)極端氣候頻率增加；(4)水資源。

三、海洋生態的影響：(如圖17所示)

科學家近日發現，氣候暖化的元兇CO₂已造成海水酸度上升，威脅海洋生物的生存，未來將破壞海洋食物鏈，甚至引起物種滅絕。

海洋就像個大水池，可以吸收釋放到空氣中的二氧化碳，且它在海水中通過釋放氫離子的化學反應，造成海水酸度上升，這是不可逆轉的化學反應，會影響很多以海為家的生物。

海水的pH值已經從工業時代前的8.2下降到8.1，預計到21世紀末可能還會下降0.4個單位。pH值每降低一單位，海水酸度增加10倍，將造成很多海洋生物無法製造外殼來保護自己，從而破壞海洋食物鏈。

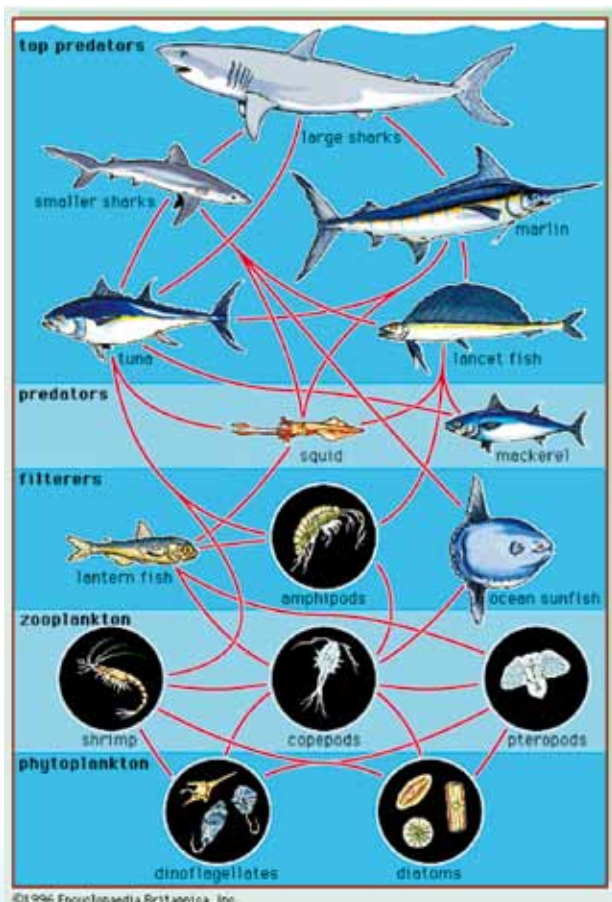


圖18 海洋長期食物鏈



研究顯示，南大洋是全球二氧化碳的主要吸收槽。那裡有很多獨特因素會破壞極地海水中礦物質的分解，這些礦物質是海洋無脊椎動物製造貝殼的關鍵。海水酸度上升本身就會破壞蛤螺的外殼和其他鈣化結構，這會引起物種滅絕，或無法抵禦外敵。



另研究也發現，海水酸化會影響世界魚類、軟體動物和甲殼類動物的生長，使得海洋生物的

圖19 全球降雨量可能會增加，造成低窪地區嚴重淹水

減少會極大地改變海洋長期食物鏈(如圖18所示)，並會對人類的工業或食品供應產生長遠的負面影響。海水酸化會影響物種的發展，這種影響可能十年或數十年就會發生。可是，海洋生物要經過百年甚至千年才能完成對自然的適應。酸化速度之快，將使很多物種難以生存下來(註12)。

四、水循環的影響：(如圖19所示)

全球降雨量可能會增加。但是，地區性降雨量的改變則仍未知道。某些地區可有更多雨量，但有些地區的雨量可能會減少。此外，溫度的提高會增加水份的蒸發，這對地面上水源的運用帶來壓力。

伍、溫室效應對台灣的衝擊

就以造成地球暖化的「禍首」溫室氣體為例，從1990到2004年，台灣二氧化碳總排放量倍速成長111%，是全球成長值的4倍速度，每人平均年排放量超過12噸，是全球平均值的3倍。據高雄市環保局統計，高雄市每人每年就「貢獻」34.7噸二氧化碳，是世界平均值的8倍，號稱是全球人平均排放量最高的城市。

台灣不但是氣溫升高、溫室氣體排放量大(如圖20所示)，劉紹臣教授還發現，台灣的日照時數在十年內，減少了15%；下毛毛雨、都市起霧的機率也大幅下降。不經意間，那些可以營造浪漫氛圍的大自然背景，都逐漸在消逝中。

日照減少、霧日消失，不好嗎？溫度「才」升個1、2度就惶惶不安，會不會太杞人憂天？暖化對台灣，到底會產生哪些衝擊？暖化與我又何有哉？(註13)

一、降雨不均，北澇南旱：

台灣持續暖化所引發的氣候變遷，真正要擔憂的是暴雨暴旱交迭。台大生



物環境系統工程系教授童慶斌觀察，台灣近年氣候變異極大，不是水太多，就是水太少，2001年的納莉颱風，台北市單日降下650公釐豪雨，破了百年紀錄；翌年，石門水庫河床乾涸，遭逢30年來最嚴重乾旱。

「這種一年水災、一年旱災的怪現象，可能會變成常態。」童慶斌預測。這樣的預測結果並不令人意外。台灣名列世界第18大缺水國，即使總降雨量並沒有減少，但據中研院地球科學研究所研究員汪中和長期追蹤分析，台灣北部總雨量增加20%、南部減少10%，北澇南旱趨勢顯著；且南北降雨天數逐年降低，使得雨量集中，強度更強，這是嚴重的警訊。

不只是台灣，全亞洲面臨的乾旱風險更嚴峻。因為暖化，「亞洲大水塔」喜馬拉雅山的冰層，20年之後將僅剩五分之一，屆時，台商主要的佈局地亞洲，會有4億人鬧水荒。

二、海平面上升，台灣變瘦：

台大地理環境資源系副教授賴進貴，用他擅長的地理資訊系統(GIS)模擬出海平面上升6公尺後的台灣實境。其研究結果，受災最重的是台南，幾乎徹底淹沒。就像300多年前，鄭成功利用海水漲潮攻下鹿耳門、直取赤崁樓那樣，只是，這次海水不費吹灰之力，直接吞下台南。

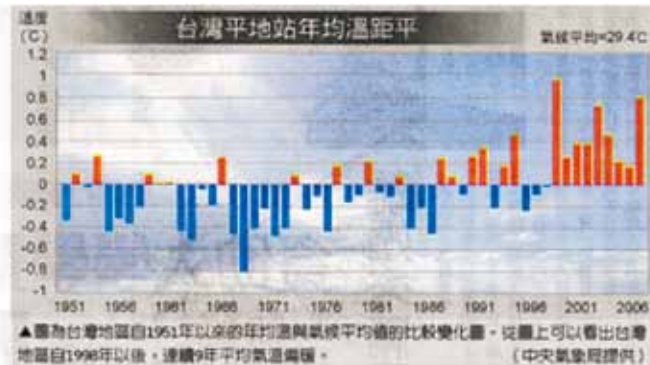


圖20 全球暖化已影響台灣溫度變化(2007. 01. 08中國時報，李宗祐報導)



20萬年前還是個古大湖的台北盆地，高度僅海拔4公尺，當海水上升6公尺時，水從淡水河直接灌進台北市，不論是億萬豪宅或是價值百億的商業大樓，都將泡在「台北湖」裡。原本每年海平面就要上升0.06公分的高雄，如果暖化繼續帶動海水上升，最後也滅頂到只剩下一個「壽山島」。

此外，國際地質學家還擔憂，全球暖化引起的冰河融化、海面上升，會釋放地殼裡被壓抑的能量，引發劇烈地質變化，提高地震、海嘯和火山爆發發生的機率。高爾就統計，從1993至2006年，短短12年之間，全球的大地震次數已增加了超過3倍。面對海水步步進逼，許多國家開始沙盤推演各種可能，從國家安全的層次來思考暖化衝擊。

三、生態斷鏈，物種逃難：

台大全球變遷研究中心主任柳中明剖析，暖化使得原本就很脆弱的生態圈受到滅絕式的威脅。因暖化以及二氧化碳濃度增高使海水酸化，全球20%的珊瑚礁遭受到嚴重破壞，白化死亡，致使有毒海藻增生，魚類吃下毒藻，人類再吃魚而中毒(註14)。據統計，全球每年有5萬人食用珊瑚礁魚類中毒，台灣民眾嗜食的石斑魚，就是其中之一。

為了適應未來的暖化，植物社群無言向高緯度地帶遷移，必須「走上」五、六百公里。海水溫度上升兩度，烏魚、秋刀魚、青花魚等漁場也會北移，台灣的烏魚捕獲量正逐年下滑中。台大植物病蟲害研究所經過2年持續觀察，赫然發現，原本不會在台灣現蹤的東南亞熱帶蝴蝶，已北上飛到台灣落腳，入侵溫帶蝴蝶地盤(註15)。

由於暖化，黑面琵鷺的棲息地，將減少三分之一(註16)。童慶斌還以目前的暖化速度推估，70年之後，台灣3千公尺以上的高山，將有4個月完全不會有低於18°C的水溫，對於只能存活在17°C水溫的國寶魚櫻花鉤吻鮭而言，實在是個可怕的壞消息(註17)。

四、蚊子北伐，公衛拉警報：

不要懷疑，對溫度最敏感的，不是北極熊，而是蚊子。只要溫度上升一度，蚊子數量就會增加十倍。世界衛生組織直陳，暖化不但加劇心血管疾病的發生機率，也使得瘧疾捲土重來，非洲1700公尺的濕冷高地，還因為有蚊子而出現瘧疾病例。

專攻環境醫學的成大環境醫學研究所教授蘇慧貞研究，溫度增加會改變疾病的分布，過去只存在於北回歸線以南的登革熱，當氣溫上升1度，埃及斑蚊就會「北伐」，攻克台中和台北。「要看登革熱會不會大流行，根本不必去數



蚊子，看溫度最準。」且暖化對公共衛生是極大的考驗。

五、夏夜暴熱，冬天點蚊香：

台大大氣系教授許晃雄以研究氣候變遷指出，過去台大校園的鳳凰樹分別在六月、九月開了兩次花；在攝氏20幾度最活躍的蚊子，冬天活動力還比夏天強。更開玩笑說「以後可能變成夏天氣溫高到沒有蚊子，冬天反而要點蚊香。」

除了冬天點蚊香，台灣未來的夏天，也會比現在更熱。柳中明預估，未來十年，台北夏季出現35°C熱浪的日子，將從目前的20幾天大幅增加到40天，「這代表我們連衣著、用電習慣都要跟著改變。」

陸、人類應有的省思

從歷年氣溫的變化，化石燃料的消耗量及大氣中CO₂的濃度，三者之間的關係來看，大氣中CO₂的含量實為人類環境中的隱憂。

為了緩和氣溫上升的速率，必須使大氣安定化，也就是將大氣中CO₂的濃度不再繼續增加，若要經濟發展只進不退的情況下，這是很難達成的目標，但如果人們能達成拯救地球的共識，以下幾點是可行的方法：（註18）

- 一、自我做起：降低能源的使用量及提高能源的使用效率，從內心去珍惜能源、愛惜環境。在日常生活中，隨手關燈；節約用電，出門多搭乘公共交通工具，能步行更好，以節省汽油的消耗量。這些都是我們每個人做得到的事。
- 二、開源節流：研究開發潔淨無污染的能源，如太陽能、地熱、風力、水力、潮汐及氫燃料等，這些新能源的使用，一方面避免CO₂的產生，另一方面又能充分利用資源。鼓勵業者發展低耗能、低污染之產業，加強改善或淘汰高耗能、高污染之產業，加強產業升級，引進相關技術，優先進行高耗能、高污染產業的二氧化碳排放削減。
- 三、綠色處方：停止砍伐原始熱帶雨林，熱帶雨林會吸收二氧化碳、產生氧氣，地球上氧氣總量的40%，都是經由亞遜河區的熱帶雨林產生。而今日人類大量使用石化燃料、大量伐木，造成大氣中的二氧化碳濃度提高，使得太陽輻射熱傳入地球表面後，不易再反射出去。所以我們一方面要阻止現有森林的破壞，另一方面有計畫的造林，大量培養植物，以發揮其淨化大氣的功能。

柒、結論

從工業革命以來，人為溫室效應排放所引發地球暖化、全球氣溫持續升高、海平面上升及氣候變化事件頻繁等氣候變遷現象，已嚴重威脅人類健康、生存環境與



社會經濟的永續發展。因此，減少人為溫室效應排放，特別是減少以燃燒石化燃料供應能源所排放的二氧化碳，「減緩」地球暖化的「國家減緩行動」，以及對無可避免的氣候變遷衝擊擬定「國家調適政策」，顯然已成為當前世界各國追求永續發展所必須面對的共同課題。誠如馬總統在前日治國週記中所強調，環保不只是一種道德，還可以帶來商機，所以不要把它與發展經濟當作是對抗，「台灣最大的力量不是我們的國防軍備，而是我們的軟實力」，政府部門已經落後很多，更應在軟體方面加強並趕上民間的腳步，官方協作、軟體兼施，來除被綠色的競爭力，營造台灣的新實力(註19)。

尤其，台灣地區四周環海，受到地球暖化、氣候變遷威脅及衝擊更為直接且嚴重。例如去年八月莫拉克颱風襲台期間，帶來罕見超大豪雨，造成慘重災情，就是極端氣候危害的明顯事證，也是未來氣候變遷天候衝擊的徵兆。此外，去年聯合國在一項報告中指出，全球70%的天然災害都發生在亞太地區，而台灣因為有73.1%的國土與人口處於面臨地震、水災、颱風或土石流四種天然災害的威脅中，這些都是以往無從想像的事，也在在顯示節能減碳、減少溫室氣體排放，已是我們該全面貫徹落實的當務之急，更是身為地球人應義務負起的責任，地球面臨了極大的危險，因此我們必須阻止這些事情發生，讓地球逃離危機，並須從個人、家庭、學校、社會等層面，以及到國家政府推動各項環保計畫和技術研發，以達到「節能減碳」目標。

展望未來，政府決定將節能減碳總整體計畫的「減碳目標」作為全國二氧化碳排放減量目標，在2020年回到2005年排放量，在2050年回到2000年排放量，這個減量的預估目標，遠遠超過南韓、新加坡等國。為了達成這個目標，除了政府將在5年內投入250億元，推動再生能源與節約能源的設置及補助，並投入技術研發經費200億元，把台灣從資訊技術大國推向綠能大國，以及成立「節能減碳服務團」推廣節能減碳工作外；日前立法院三讀通過「環境教育法」，不但使我國成為是上少數將環境教育立法推動的國家，更以透過每年4小時的環境教育課，讓環保觀念普遍扎根，對今後推動節能減碳有極其正面效益。

參考文獻

1. 全球暖化的結果是什麼？溫室效應是什麼？<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1405101311121>(檢索日期：2010. 07. 18)
2. 明日危機-溫室效應對地球的影響；私立道明中學，綜二年20班，曾家昱、許竣凱及余長錦著作。(檢索日期：2010. 07. 18)
3. 溫室氣體http://www.hko.gov.hk/cis/climchange/grnhse_c.htm(檢索日期：2010. 07. 18)
4. 溫室效應~我的地球還有明天嗎？<http://tw.myblog.yahoo.com/jw!hK3c08WFERn4MVNo7tZNyG8-/>



- article?mid=173(檢索日期：2010. 07. 18)
5. 全球暖化效應<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1508071206391>(檢索日期：2010. 07. 18)
 6. (香港天文台-氣候變化)甚麼是全球氣候變化？它的影響又如何？http://www.weather.gov.hk/climate_change/global_warming_c.htm(檢索日期：2010. 07. 18)
 7. 極端天災事件連連，直指北美氣候暖化；環境資訊中心，摘譯自2008年7月1日ENS美國，華府報導；游珮綺編譯；蔡麗伶審校。<http://tw217.pixnet.net/blog/post/19988031>(檢索日期：2010. 07. 18)
 8. 南北融冰相關的資料與訊息<http://blog.udn.com/chuwm/2076792>(檢索日期：2010. 07. 18)
 9. 生態系統貢獻每年最高72兆美元，法新社更新日期：”2010/06/04 11:35” 李威翰。
<http://tw.myblog.yahoo.com/jw!50wBUJ2CGB4ErJvjFXGdb4.hooHJ/article?mid=16813>(檢索日期：2010. 07. 18)
 10. 為什麼現在海平面在不斷上升呢？
<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1005031303660>(檢索日期：2010. 07. 18)
 11. 氣候變遷因應與調適策略(97. 11. 27)行政院農業委員會農糧署蘇宗振科長。http://www.esdtaiwan.edu.tw/news_c/Content.asp?Pkey={F114A8D1-ACDD-4213-BF7A-8BA6590664ED}(檢索日期：2010. 07. 18)
 12. 全球海水酸化，加速物種滅絕。
<http://www.watchinese.com/%E7%9C%8B%E4%B8%96%E7%95%8C/2010/1985>(檢索日期：2010. 07. 18)
 13. 全球暖化_台灣有何影響？<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1608010506935>(檢索日期：2010. 07. 18)
 14. 氣候變遷的另一效應是導致珊瑚礁生物的疾病蔓延。本文取材自國科會「2007春季『展望』系列演講第四場」台灣大學海洋研究所戴昌鳳教授的演講內容。資料來源：<http://web1.nsc.gov.tw/>(檢索日期：2010. 07. 18)
 15. 台灣本土的蝶類分布有向北部和中、高海拔擴散的現象(李培芬，台大生態學與演化生物學研究所，2008)。
 16. 氣候變遷後將對黑面琵鷺造成負面的影響(李培芬，台大生態學與演化生物學研究所，2008)。http://blog.roodo.com/ilan_office/archives/5992687.html(檢索日期：2010. 07. 18)
 17. 全球暖化趨勢，造成溪流水温提高，造成櫻花蝦吻鮭生存範圍的縮減與孵化率的降低，使得族群現況岌岌可危(童慶斌，2006)。
 18. 溫室效應對環境的影響-人類應有的省思http://www.ncu.edu.tw/~ncume_ee/tlyeh/shuan/greenhousegas.htm(檢索日期：2010. 07. 18)
 19. 中華民國總統府-網站檢索-查詢「馬總統治國週記」。<http://search.president.gov.tw/wmspo/>(檢索日期：2010. 07. 18)

作者簡介

空軍士官長 謝明奇

學歷：機校常士78年班100期、航校士官長正規班88年乙班、嘉藥科大環境工程與科學系碩士92年班。經歷：助教、教官、講師。現職：空軍航空技術學院飛修組士官長教官。