

溫室效應引發全球溫度上升

余英芬 劉康克 譯

中央研究院地球科學研究所

美國能源部的一項研究報告聲稱，二氧化碳確已使得全球溫度在上升之中，現在正是政府當局該密切注意的時候了。

一、前言

在下一世紀末，溫室效應可能會使全球氣溫升高到一個過去十萬年來未曾達到的溫度。此效應對海平面上升，農作物生長及其他人類的活動也有深遠的影響，所以我們應當預作防患。這就是由美國能源部有關大氣中二氧化碳增加對氣候影響印成四篇報告之要點。

二氧化碳雖佔大氣組成成分中一小部分，但因它會吸收紅外線，故在決定氣候方面扮演著很重要角色。大部分太陽能以可見光譜輻射出來，穿過大氣層能使地球表面暖和。而經過太陽照射的地表及海洋則會輻射一些波長較長的紅外線。

地表實際溫度取決於能量的吸收及發散之間的平衡。當大氣層中的二氧化碳增

加時，地表溫度也會增高。因為地表輻射出來的紅外線會被空氣中的二氧化碳吸收，再反射回地表，造成所謂的「溫室效應」。

二、人類改變了大氣組成

大氣中二氧化碳的濃度在 19 世紀中期，由於人類的活動，如砍伐森林，使用化石燃料（主要是煤）的影響就不斷增加，估計至今二氧化碳含量已經增加了 25%。

約自 1900 年開始才有比較可靠的數據，那時二氧化碳體積濃度大約為 300 ppm。1958 年開始，在夏威夷 Mauna Loa 火山山頂精確地監測乾淨空氣中二氧化碳的濃度，那時二氧化碳濃度是 316 ppm，到 1985 年已高達 345 ppm。

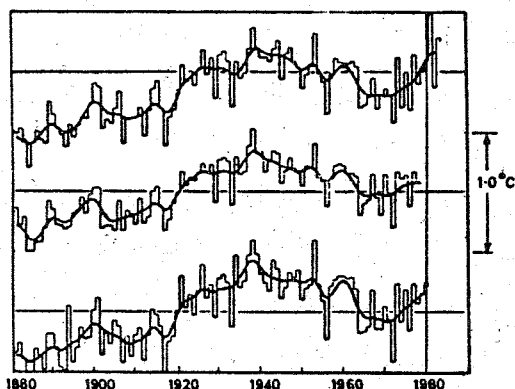
由於過去二十年間，二氧化碳濃度的

急速增加的證據，一些研究人員開始注意由於人類活動而釋出的其他微量氣體，包括：甲烷、氯氟化碳（主要用途為冷煤），可能也會加入溫室效應，而且可能產生和二氧化碳同樣大的影響。

三、過去的氣候變化

在能夠決斷性地預測溫室效應可能產生的影響之前，科學家必須先從最近氣候變化記錄中找出二氧化碳所造成的影響，只有如此，由電腦處理的氣候模式才能被精確地校正，所作的預測也才有穩固的基礎。但因氣候不斷變化，而且二氧化碳並非唯一影響的因素，所以此項工作一直相當困難。

在十九世紀，近代的氣象學研究尚未發展出來以前，二氧化碳濃度就開始變化，因此在二氧化碳增加以前的氣象沒有被記錄下來，也就沒有一個自然的基礎線可



圖說：北半球在過去一世紀的三個氣候變化圖形。

用來比對氣候改變的量。能源部的研究指出，不久的將來可能利用人造衛星探測大氣層所發射出來的熱量變化來測量二氧化碳增加對地表輻射平衡的直接影響。目前最好的指標來自分析地球過去溫度變化的趨勢。

這些分析已將南、北半球陸地可靠的氣溫記錄回推到 1850 年。結果顯示有四個氣候變化期，即：直至 1880 年代末的氣候寒冷期；19 世紀末到 1940 年代氣溫回升期；接着氣溫又下降至 1960 年代中期；然後從 1970 年代氣溫再度回升迄今。

四、電腦模式對未來氣候之預測

雖然氣溫有起伏記錄，但總括而言，地表氣溫從 1850 年以來已經上升 $0.3 \sim 0.7^{\circ}\text{C}$ 。根據電腦模式對大氣層二氧化碳濃度增加造成溫室效應的估算，若將最初濃度為 270 ppm 的二氧化碳增加 2 倍，則溫度會上升 $1.5 \sim 4.5^{\circ}\text{C}$ 。但不幸的是電腦模式尚不夠靈敏來估算少量二氧化碳的增加可能造成的影響。不過從整體看來，1850 年以來氣溫的上升約略與電腦模式的預測吻合。另外，其他的變化因素，如：火山灰的遮蔽效應及太陽輻射量的變化，也都對氣候變化有所影響。

除了每年的氣溫記錄外，海平面上升及冰河的後退都可證明全球氣溫在上升中

，冰河也逐漸在退却中，如果溫室效應是正確的話，這些現象與預期的結果相吻合。所以研究人員指出：二氧化碳產生影響的訊號將會在未來幾十年內變得更明顯。

那麼到底電腦模式對我們將來的預測是什麼呢？能源部的研究極力地反駁一些人士的主張，特別是美國的依德索 (Sherwood Idso)，他們認為所有電腦模式的預測都是錯誤的，溫室效應所可能產生的影響比預測的要小得多。依德索對電腦模式的反對是在五年前提出的，從那以後，研究人員已經將電腦模式改良了。

此外，由於電腦功能的改進，預測模式在過去五年中變得更為精密。依據此報告，對下一世紀溫室效應的影響因素中最不能確定的是：造成溫室效應的氣體之濃度到底會有多少。

由大氣一般氣流循環之模式大致已可模擬出由夏季至冬季之季節性變化。最近三個有關二氧化碳所造成之影響的研究已將季節性變化及陸塊所形成的影響考慮進去，三個研究一致預測二氧化碳含量從十九世紀中期的濃度增加一倍時，應會使溫度上升 $3.5 \sim 4.2^{\circ}\text{C}$ ，同時也使降雨量增加 $7 \sim 11\%$ （這是因蒸發增加所引起）。

在這些模式中，溫度的改變在高緯度地區及冬季會較大，因此減少了季節性變化及高、低緯度間的差異，而雨量的改變較難以計算，但是顯示在赤道區域雨量將

會大幅度地增加，而在鄰近的緯度在一年之中的某些季節雨量會有一些減少。

雖然在報告中並未特別聲明，但所謂鄰近的緯度應包含在 Sahel 及 Ethiopia 的乾旱區。整體言，電腦模式預測全球之平均溫度在公元 2000 年時，將比 1850 年升高 1°C 並且會在下一個世紀再升高攝氏幾度。

五、地質史上的氣候記錄

由地質上的記錄及南極與北極冰層中氧同位素之分析得到許多氣候資料，可以用來預測結果作一比對。從最近一次的大冰期結束以後，過去一萬年來，地表之年平均溫一直相當穩定，變化沒有超過 2°C 。如果溫室效應將全球平均溫度升高了 1.5°C 或更多，則所產生全球氣候的型態將在最近的地質時代及人類文明的歷史中所從未出現過的。

我們必須至少回溯至十萬年以前才能找到與二十一世紀相當的溫暖氣候。由模式分析員的觀點，此研究最重要的下一步就是發展一個更好的模擬程式以模擬溫暖氣候下季節及區域性的溫度與雨量改變情形。

六、二氧化碳的有益效應

有些效應可能是有益的，畢竟二氧化

碳是地球的生物不可或缺的化合物。植物由大氣中吸收二氧化碳且供應其他生命所需的食物（包括人類），現今已有許多研究發現，二氧化碳含量若為 280 ppm 或更少，則成為農業生產率的限制因素。據估計二氧化碳含量在此環之上每增加 10 ppm，植物生長率即可增加 0.5~2%。

但不幸地，也有不好的一面。當二氧化碳過多，某些植物其供應的食品品質就會變差。例如：大豆葉子在二氧化碳含量高時，其氮氣含量就不足，因此以此種葉子為生的有害昆蟲就需吃更多的葉子以攝取足夠的氮而危害了更多的大豆植物。不同的植物，對二氧化碳的增加有不同的反應，許多雜草則比食用植物長得更茂盛。

至今，尚無足夠的資料可預測那些植物的品種可以從二氧化碳的增加得益最多，但有一些樂觀的消息。當大氣中的二氧化碳增加，有些植物會更有效率的使用水份，而此可能會大大的影響灌溉的經濟性，並將旱地的農業推廣到更乾燥的地區。

七、碳循環的難題

但問題的癥結仍存在，在未來幾十年中到底有多少的二氧化碳會因人類的活動進入大氣層中，而且到底有多少會停留在大氣層？自 1958 年以來大氣中二氧化碳的增加量只佔燃燒化石燃料釋出二氧化碳的 58%，因此有一大部份的二氧化碳由

自然的儲存庫所吸收，但沒有人完全了解這些儲存庫是什麼？它們是如何發揮作用？

預測未來氣候的人員得要估計二十一世紀能量需求量有多大，其中到底有多少是來自化石燃料；這已經夠難了，他們還必須猜測是否自然的儲存庫會繼續以相同的速率吸收二氧化碳。由於地質上的研究顯示地球能存在和現今非常不同的二氧化碳含量之狀態中，因此這種猜測更難以確定。

數億年前，大氣含有較今更多的二氧化碳，其程度可達幾千 ppm。大約自一億年前以來，二氧化碳含量開始減少直至一百萬年前。這種變化的原因並不了解。自那時起二氧化碳的變化就介於 200~270 ppm，偶爾高達 350 ppm。這種變化的起伏和冰河期及間冰期的循環周期一致，即在冰河期時二氧化碳含量較低而在間冰期含量高。

氣象學家至今仍對這種二氧化碳和冰河周期間之關聯在爭論中，這種關聯的一個原因是當海水較冷時，會吸收較多的二氧化碳；而當海洋較暖時，即會釋出所吸收的二氧化碳。

若因人類的影響使二氧化碳含量達 350 ppm 以上，我們將會存在一個至少一百萬年來所未有的情況，有一可能是在那個較暖的世界裡有更多的二氧化碳會從海洋中釋出。

八、我們的責任

對未來幾十年中，化石燃料消耗量之預測已受到各種石油價格變化之衝擊而有戲劇性地改變，這種改變在不久的將來可能會再發生。估計到 2075 年時，二氧化碳的含量將比 1984 年的含量高 100 ~ 1000 ppm。能源部的報告認為即使石油價格下跌，上述估計範圍的下限還是較為可能。因為民衆對能源節約及利用替代性燃料的態度已經改變，這種改變將具有重要的影響力。在各國政府尚未明文規定二氧化碳釋放限量的情況下，整個世界二氧化碳的釋放將預期以每年 1 % 的平均速率增加。

(取材自：New Scientist, 1986年5月15日出版)

九、結 論

美國能源部的四篇報告(DOE/ER0235, 0237, 0238, 0239)對二氧化碳諸項問題的了解做了一個總結，並為未來的研究提供了足夠的理由。最主要的理由已甚明朗，正如能源部的庫瑪諾夫(Fredrick Koomanoff)在報告的序言中所說：如今全世界所有的人民，對地球的管理都有責任，包括影響到氣候變化的行為。如要負起這種責任則須先對大氣中的二氧化碳及其效應有所了解，一旦了解後，則管理的工作就變為細心的照顧，而非不自覺的漠視。