

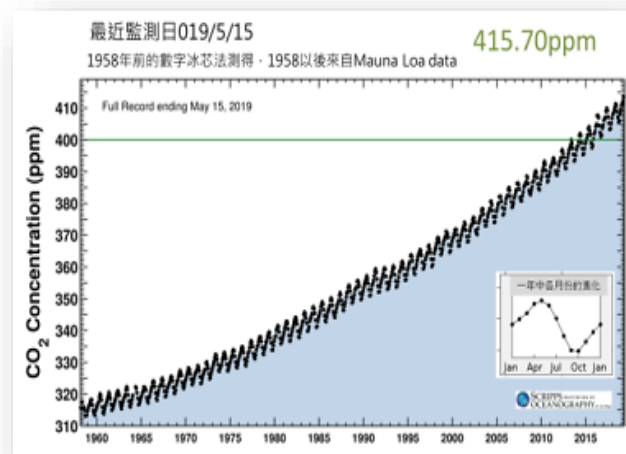
# 氣候變化的科學論證

吳月鈴

1896 年瑞典物理化學家阿倫尼烏斯開始定量計算氣候和二氧化碳(CO<sub>2</sub>)變化的關聯，設計一個氣候模式(一層大氣模式)，得出：若大氣中的 CO<sub>2</sub> 濃度增加一倍，全球平均的地表溫度將升高 6°C。他認為人類燃燒的化石燃料可能導致全球變暖，氣候變暖將有助於人類生存環境的改善，而且日益增加的地球人口需要更為溫和的氣候環境。

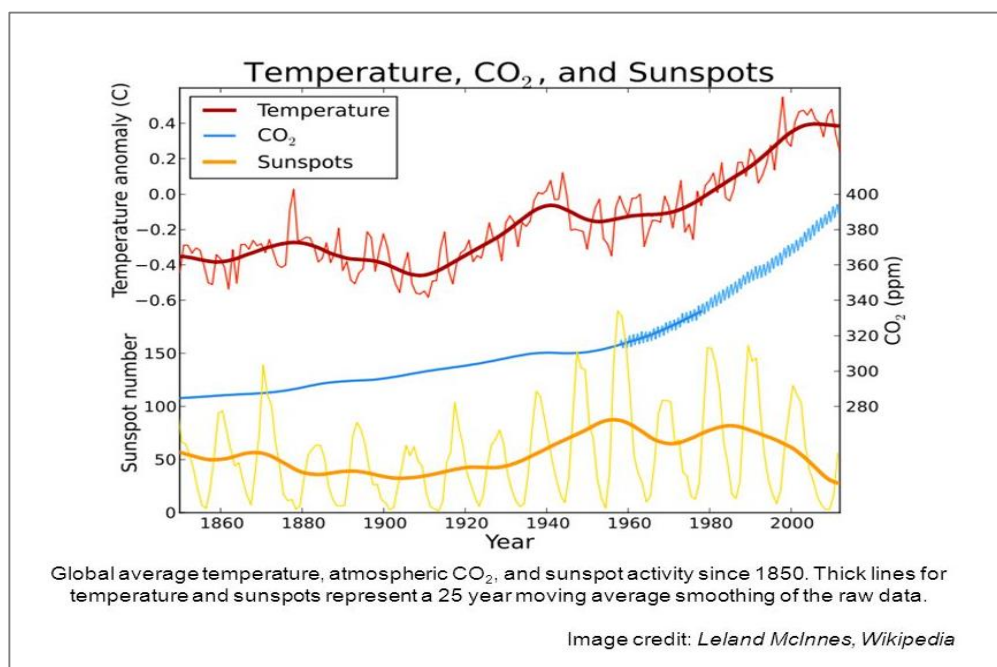
最新的氣候估計模式是三維大氣環流模式(簡稱 GCM)，利用三維流體動力和熱力學方程式，可以預測未來的氣候，估算出 CO<sub>2</sub> 加倍將造成地表增溫大約 3 至 6°C。科學家也發現：地表氣溫的增加將落後於 CO<sub>2</sub> 增加達幾十到上百年。這與實際結果一致，CO<sub>2</sub> 在工業革命時期就開始增加，而全球變暖是從 20 世紀 70 年代開始的。

美國科學家基林 (Charles David Keeling) 從 1958 年開始，在夏威夷茂納羅亞火山利用精密儀器觀測大氣 CO<sub>2</sub> 濃度，整理出右圖的結果，發現：自 1960 年代以來曲線呈現 45 度角的上升趨勢，2013 年首度測得 CO<sub>2</sub> 濃度超出 400 ppm，而 2019 年 5 月 11 日觀測到二氧化碳濃度突破 415ppm，創下新高點。



而 20 世紀全球氣溫監測的結果則發現，全球氣溫的上升可分成兩個階段，第一階段為 20 世紀初到 1940 年代，第二階段為 1970 年代至今。第一波暖化發生時，雖然全球均溫上升，但仍有不少地區的氣溫下降。第二波則相當不同，暖化更加明顯，幾乎全球各地都出現暖化現象。於是，聯合國跨政府氣候變化專門委員會 (IPCC) 於 2007 年初提出第四次年度報告，特別凸顯加速中的暖化趨勢，指出工業革命以來，溫室氣體的快速累積是過去 65 萬年以來前所未見的現象，過去 25 年的暖化速率是 1906~2005 年間的 2.8 倍，同時有資料顯示，溫度高的年代，也都是溫室氣體濃度高的年代，因此主張「人類活動導致全球暖化」，並成立了許多組織和做出各種努力，如要求各國簽訂《巴黎協定》(Paris Agreement)，來限制溫室氣體的排放量，以減緩全球暖化的趨勢。

底下這張圖表是不少科學家據以確定「過多二氧化碳導致全球暖化」主張的科學研究結果統計：



紅色線代表的是地表平均溫度(Temperature)的變化；藍色線是 1860 年至今測得的大氣中二氧化碳(CO<sub>2</sub>)濃度變化；橘色線則是太陽黑子(Sunspots)的周期性變化。

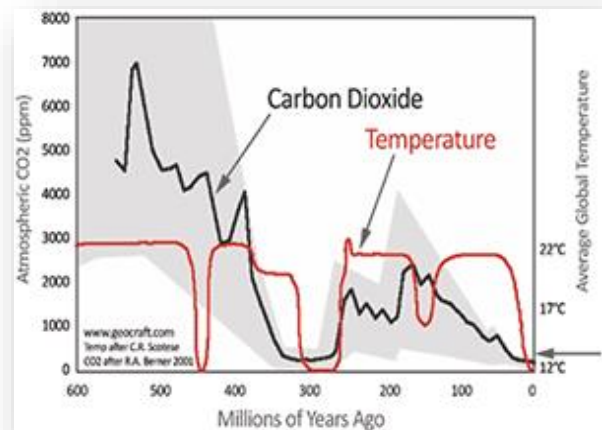
請仔細判讀，你從中看出什麼變化趨勢(patterns)？你會如何推論這些曲線之間的關係？可以從中推論出「過多二氧化碳導致全球暖化」的結論嗎？

# 全球增溫是人類活動造成的嗎？

在這一片全球暖化危機的浪潮中，有一些反對聲浪出現，首先是非政府組織國際氣候變化專門委員會(NIPCC) 在 2008 年針對 IPCC 政府組織的報告和主張，提出各種質疑問題與科學證據來證明全球暖化是由自然因素，而不是人類活動所造成。而最具代表性的是暢銷作家麥克·克萊頓在他的小說《恐懼之邦》裡，警告政治、法律和媒體系統操弄全球暖化科學議題，以偽科學試圖讓大眾產生恐懼，用意或許良善，但可能導致的災難性結果。最後是美國總統川普更直接表示全球暖化大多是騙局，宣布退出《巴黎協定》，引發世界各國強烈的爭議。

綜合而言，反對派質疑的重點如下：

- 1、地球氣候是一個動態系統，已經運作 40 幾億年，在沒有人類的年代，冷暖氣候不斷交替，變化幅度甚至更大。如右圖所顯示的，幾億年前大氣中 CO<sub>2</sub> 濃度曾高達數千 ppm，而當時平均溫度只約 20 多度，且很多時期二氧化碳和氣溫的變化並不一致。氣候變化屬於自然變異，影響因素相當複雜，沒有足夠的證據支持人類活動導致當前的氣候變暖。
- 2、冰芯的資料顯示大氣 CO<sub>2</sub> 濃度上升比氣候變暖晚約 800 年，因此是溫度造成大氣中溫室氣體濃度的變化，而非後者影響前者。
- 3、人類對大氣中的來源和消耗模式所知甚少，CO<sub>2</sub> 排放的可能來源有以下幾種：溫暖的海洋(海水溫度高則水中 CO<sub>2</sub> 溶解度低，CO<sub>2</sub> 被從海水中釋放回大氣中)、表層海洋和深海(幾千年來的碳庫)的交換、火山爆發、生物體的腐爛、動物的排氣以及土壤(凍土)排放等，而人類使用化石燃料排放的 CO<sub>2</sub>，在大氣 CO<sub>2</sub> 的總量中不足一半。
- 4、溫室效應的影響因素複雜：在大氣各種成分中，CO<sub>2</sub> 的溫室效應位列第三，第一和第二分別是水蒸氣和高層雲。太陽黑子活動也是造成氣候暖化的原因。
- 5、當前全球變暖的趨勢較 IPCC 和媒體所宣稱的弱，這是由於 IPCC 的預測是根據有限的觀測站的數據資料，且地表溫度觀測會受到熱島效應等因素影響。



參考資料：許晃雄(2007)。〈全球暖化是個大騙局？〉，科學人雜誌，遠流出版。  
[http://163.32.57.16/earth/files/literature/4406.0518\\_hsu\\_article32.pdf](http://163.32.57.16/earth/files/literature/4406.0518_hsu_article32.pdf)