

中全新世熱帶降雨變化之動力機制

許揚蕙

台灣大學地質科學系

周佳

中央研究院環境變遷研究中心

魏國彥

台灣大學地質科學系

摘要

第四紀以來地球軌道的週期變化，使到達大氣層頂日照量的緯度分佈和季節分佈，隨著時間不斷變化，氣候系統也產生了相應的反應，而有了冰期與間冰期的循環。全新世中期，覆蓋北美和歐洲的廣大冰帽消融了，地表狀態和今天漸趨接近，但地球軌道的變化卻讓當時的日照分佈和今日不同，因此我們可以利用中全新世的數值模式模擬，在不需考慮高緯度冰川造成的效應下，瞭解不同的日照分佈如何影響氣候系統的運作。

準平衡熱帶環流模式 (Quasi- Equilibrium Tropical Circulation Model, QTCM) 是中型的大氣海洋模式，部分物理過程以參數化簡化，但仍能夠掌握熱帶地區的動力過程及氣候型態，雖然對高緯度地區的解析能力較差，但用在古氣候的研究上，有利於增加我們對熱帶地區氣候變化背後動力機制的瞭解。且中型的氣候模式與複雜的全球大氣海洋耦合模式 (General Circulation Models, GCMs) 相比，中型氣候模式速度快且物理過程簡單，方便使用者設計實驗，測試某個物理過程在氣候變化中扮演的角色。

本研究利用古氣候模擬—資料比較計畫 (Paleoclimate Modeling Inter-comparison Project) 所提供的中全新世邊界條件，進行一連串數值模式實驗。在這個時期，近日點靠近北半球夏季，地軸傾角較大，造成北半球夏季日照量在高緯度較強，並呈現強烈的南北半球不對稱性；冬季地球接近遠日點，因此地表接收的日照量比今日接收的少，和夏季日照量變化的強烈不對稱性相較，冬季日照量變化的分佈則大致對稱於赤道 (圖 1.)。在設計的模式實驗中，當我們只在夏季給定中全新世夏季的日照量，其他時間則給定現代的日照量時，熱帶地區降雨的空間分佈與強度變化，和其他數值模式模擬及觀測的全球暖化下降雨變化的型態相似，並且可以用同樣的動力機制解釋。當只有在冬季給定中全新世冬季日照量時，熱帶降雨的變化則大致呈現和上述相反的型態，並且也可以用相反的動力機制解釋。當我們以中全新式的軌道參數進行當時的氣候模擬時，和全球暖化相關的降雨變化型態卻消失了，取而代之的是不同機制運作下的結果。在陸地上

方，大氣環流直接受陸地表面接收的太陽輻射影響，在夏季時造成更強的季風環流，使降雨帶向北推移。冬季時，由於地球接收的太陽輻射變弱，陸地無法提供足夠的能量給上空の間熱帶輻合帶（Inter-Tropical Convergence Zone, ITCZ），造成大陸上的降雨減少；在海洋上方，由於海水的熱慣性大，對日照量變化的反應較遲滯，冬季時，前一個夏季及秋季接收較多的熱量儲存在海水裡，在冬季時釋放，抵銷太陽輻射減少直接造成的效果，使海洋上方的降雨增強。

根據本研究的結果，海洋的回饋作用在調控熱帶地區的降雨佔重要的角色，軌道效應造成的日照量分佈變化，部分會被海洋釋放前一個季節貯存的能量抵銷，而改變降雨變化的型態。

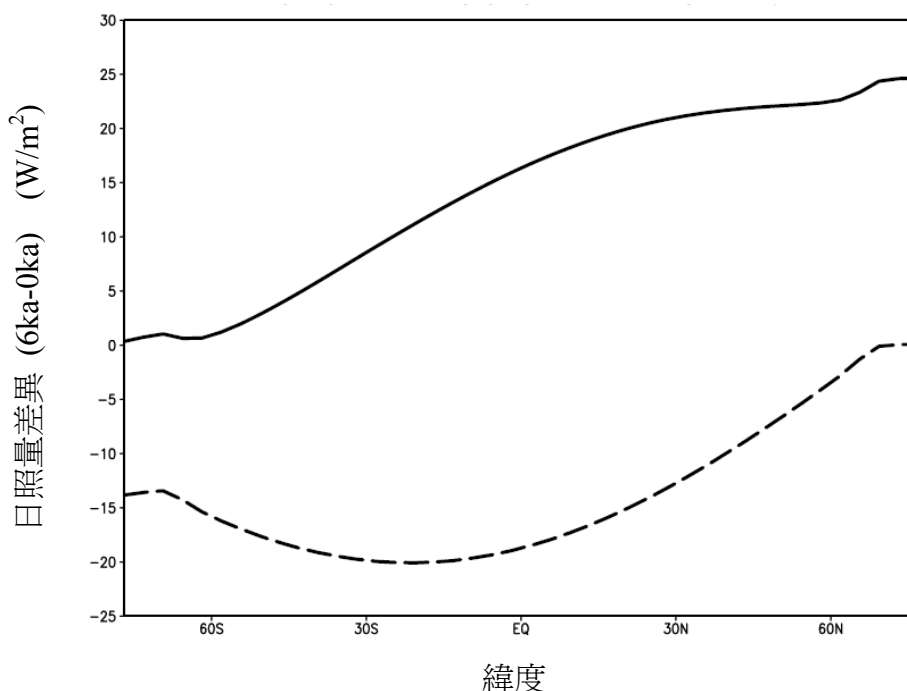


圖 1. 中全新世與現代平均日照量差隨緯度變化。實線為中全新世減現代夏季 (JJA) 平均日照量，顯示中全新世北半球高緯度日照量較強，且呈現強烈的南北半球不對稱性。虛線為中全新世減現代冬季 (DJF) 平均日照量，顯示中全新世冬季日照量較現代弱，且與夏季相比，冬季日照量變化的分佈大致對稱於赤道。