

# 氣候變遷與生態衝擊

◎臺灣大學生態學與演化生物學研究所·李培芬

## 前言

近年來，在報章與平面媒體上，氣候變遷似乎是一個常見的報導，北極熊在一小片浮冰上的照片，讓人印象深刻，只是對於一般民眾而言，有誰在乎？這項議題離大家可能遙遠了些，同樣的，在政府部門的短視近利心態下，氣候變遷影響生態方面的研究，也未獲得應有的支持！但是，它的影響與衝擊，值得我們重視與努力去調適。

全球暖化已是不爭的事實，氣候變遷的研究已是很成熟的科學。1827年法國的研究者Fourier首先提出溫室氣體的概念：大氣層吸收地球輻射的熱氣，維持地球溫度；1860年英國的科學家Tyndall發現溫室氣體其實是一些大氣層中微量的氣體(水氣、二氧化碳、甲烷等)，而主要的氣體(氮與氧)沒有吸熱能力；1896年瑞典的諾貝爾獎得主Arrhenius首度嘗試全球暖化的計算，估計二氧化碳濃度倍增後，大氣溫度上升 $5^{\circ}\text{C}$ 。隨後，20世紀的許多研究，讓我們很清楚地看到氣候變遷所可能造成的問題。

本文先從溫度與雨量的變化，檢視台灣百年來的氣候變化情形，然後從生物物候與分布的角度，說明生態的一些可能變化，最後從科學家的角色，談談我們可以做的貢獻。

## 台灣百年來氣候變化

過去100年來，地球溫度已上升至少 $0.7^{\circ}\text{C}$ ，主要的兩個暖化的時期分別是在1910-1945年與1976年迄今，比較這兩個時

期暖化的速率，後者約是前者的兩倍。在氣溫方面，當最低溫比最高溫以兩倍的速率上升時，使得白天的溫度變異減少，造成多數中、高緯度地區的不凍期延長，從1960年代起，有10%原本被冰雪覆蓋的區域面積逐漸減少，甚至消失。在雨量方面，在時間或空間上，呈現不規則的變化，在北半球中的高緯度地區，每10年約增加0.5-1%，且多發生在秋、冬季節；在亞熱帶地區，雨量則是每10年減少約0.3%。

整體來看，台灣的氣候增溫和全球趨勢一致，台灣的增溫速率在近30年來，也是以倍數方式成長，降雨日數也有減少的趨勢。

## 氣溫

自20世紀以來，台灣的平均溫度在百年內上升 $1.4^{\circ}\text{C}$ ，其表現不僅在年均溫，其實是一年四季都變暖，就月均溫的增加程度來看，有兩個相對高點，一個在2-4月，另一個則為10-11月，顯示暖季的增長。同時，夏季的增幅明顯比冬季高，7月平均增幅 $1.6^{\circ}\text{C}$ ，但1月時僅 $0.8^{\circ}\text{C}$ 。若以一天中的溫度來看，最明顯的增溫在早上8點以前和晚上7點以後，也就是一天中已沒有太陽照射的期間。

其他的指標也有明顯的變化。寒流日數有減少、冬季也有縮短的趨勢。再以台北地區為例，將溫度高於 $35^{\circ}\text{C}$ 以上的日數，作為高溫天氣指標，可以發現目前約有40-50天，明顯大於之前的30天或更少。再以台灣平均溫度低於 $18^{\circ}\text{C}$ 的日數而論，台灣的冬季主要在12至2月，原先過去的冬季大約為12月下旬

至2月中旬，最近的30年，則是到了1月下旬平均溫度才有下降到18°C，在2月中旬即已有回升的趨勢，顯示冬季的確變短，最近10年低於18°C的日子，僅剩1月下旬到2月上旬的期間，冬季縮短現象更加顯著。

## 雨量

除了氣溫變化外，雨量改變也是另一項觀察氣候變遷的重點。台灣長期總雨量的變化，各地並無一定的趨勢。若以降雨頻率來看，分析多雨與少雨日數出現的頻度，可發現近30年較常出現多雨的情形，1977至2006年的多雨與少雨的比例約為13:4。以降雨日數來看，不論以日雨量大於每一特定值(如0.1、0.5、1或5毫米)，皆可發現降雨日數的減少，不過，若計算達到30毫米以上的豐沛雨日，則無明顯減少的傾向。因此，降雨的情形呈現兩極化的情形。



善變蜻蜓是常見於台灣中南部的熱帶種，近年來可能因氣候暖化而逐漸向北部擴散(葉文琪 攝)

## 生態衝擊

快速的氣候變化已影響到自然界的所有物種，反應在生態系中的衝擊也逐漸顯露。不過，從個體、族群至生態系，對於氣候變

遷並未有全球一致平均的反應。因此，在許多的地區，面臨氣候暖化時，造成物種間相當異質性的反應。

目前的證據顯示，氣候變遷已影響到不同地理分布的眾多生物。20世紀末以來持續的暖化現象，已使得生物在生物物候、分布範圍、群聚的組成與互動、整個生態系的結構等，都產生的變動。由於台灣的研究成果有限(請參見筆者於2008年科學發展月刊第424期發表的「氣候變遷對生態的衝擊」一文)，以下以國外的研究說明。

## 生物物候學(Phenology)

生物物候學是探討動、植物季節性的活動，是研究物種面臨氣候變遷下，最簡易的追蹤方法，尤其是鳥類、蝴蝶和植物等較為容易監測的物種，獲得高度的關注。不論在歐洲或北美洲的研究，這些長時間的生物物候資料，均顯示受到氣候暖化而改變的趨勢。最普遍的改變就是在春季的活動有提早的情形，如鳥類提早鳴唱或進入繁殖期、遷徙性鳥類的提早抵達、蝴蝶的提早出現、兩棲類的鳴叫與孵化、植物提早開花與授粉等。一般而言，春季活動的改變，已從1960年代起，有日漸提前的情形。

一些證據也指出，在秋季的生物物候現象也有同樣的趨勢，不過各地變異仍大，而且因為缺乏良好的研究規劃，所得的整體變化結果，不如春季活動受氣候變遷影響那麼清楚。有些研究顯示，鳥類可能會提早、延後、甚至不改變其秋季的遷移，鄰近區域樹葉顏色的改變趨勢，也常有相反的表現。以歐洲的例子而言，葉子顏色的改變，表示生長



分布於高海拔山區的火冠戴菊，分布上限有上升的現象，可能與氣候暖化有關 (許嘉錦 攝)

季節漸進式的延後，約每10年有0.3-1.6天的延後，然而，在某些地區的生長季節，在過去的50年間呈現增加的情形，每10年可達3.6天。

## 分布範圍

氣候型態會影響物種的分布，是生態學的定律，這種影響是因為每一種生物在生理上對於溫度和雨量具有專一性的容忍度。當氣候暖化時，多數的生物會向高緯度或高海拔區域移動，因為播遷能力與所需資源的可獲得性不同，每一種物種所能擴展的分布情形也將不盡相同。某些例子(如造礁珊瑚或兩生類)，因應氣候變遷時，不易改變其分布範圍，播遷能力強的物種，如鳥類，其分布範圍會有明顯改變。從20世紀起，已可清楚的發現，往高緯度或高海拔遷移的情形，已發生在許多不同的物種，或是位於不同地理位置的同一物種。

遷移性的物種原本被認為是反應氣候變遷的最佳指標，但因為也存在年間的變異，

而增加資料解釋的困難度。相反地，定棲性的物種面臨氣候變遷時，不僅表現分布範圍的改變，也伴隨著緩慢的族群滅絕與群落化，研究人員利用觀察其後代族群，偵測分布範圍的改變，也較容易計算其改變的情形。

氣候變遷也帶來入侵種的問題，人類的活動往往促進了入侵種的移入，氣候的暖化與雨量分布的改變，也會影響這些入侵種的分布範圍，

例如原本活動於溫水區域的物種，最近常被發現出現在地中海和北海區域；即使是在位處偏遠的南半球(如紐西蘭)，在過去兩個世紀以來，人類的引入增加了至少50%甚至以上的植物多樣性和相當多比例的昆蟲及蜘蛛。

目前許多針對氣候變遷所造成生物分布上的影響，多著重在物種量豐度的改變，也會透過分布預測模式探討可能的分布改變情形。

## 群聚組成

物種在生態系的組成常反映出生物間的互動，同時也反映生物與環境間的關係。因此我們可以預期，快速的氣候變遷與極端的氣候事件，不僅造成分布上的改變，也將會改變生態系物種群聚的組成。在前面提到的一些物種分布範圍的改變，不僅發生在該物種內，也常影響到整個族群的變動，又因為分布的變化經常是不對稱的，物種從低海拔或低緯度侵入的速度，要比原先定居在較高海拔或緯度的物種離開要來得快，這樣的結

果也會使得該區族群的物種種豐度增加，最後的結果是整個群聚組成的改變，同時，也會造成食物鏈、食物網結構的變化。

目前的預測顯示未來極端的氣候事件頻率加大，森林火災的頻度將增加，許多生態棲地消失，生態系的變動程度也將擴大。對人類而言，則是生態系服務的減少、經濟生產力的下降。

## 我們能作什麼？

前美國副總統高爾因為影片An Inconvenient Truth的成功，得到諾貝爾獎，臺灣的高爾呢？每一個人都可以為環境服務，因此，在氣候變遷的課題上，我們都可以盡點心力。從減緩和調適上，進行改善。在減緩的議題上，可以從降低對於石化資源的依賴、採用低價、無碳的能源系統、多多利用可再生的自然資源與有效率與節能的方式著手。同時，在等待科技上的突破前，每一個人也應該力行許多的調適策略，以降低氣候變遷的衝擊。樂觀的估計，目前這樣的日子，大約還要持續30-40年間。

對於科學家而言，除了在日常生活力行節能、減少消費外，更應該致力於各種科學性的研究，並將研究成果公諸於各媒體，讓大眾了解，透過這樣的互動，才能讓所有人體會氣候變遷的嚴重性，進而做點可以改善環境的活動。

美國的生態學家早在1991年時，就提出氣候變遷是未來生態研究主軸的呼籲。不過在臺灣，這方面的研究卻遲遲無法展開，過去數年僅有零星少數計劃，以目前的發展來預測，未來數年，相關的計劃也將會越來越

少。究其原因，掌控研究經費者和相關領導者的不支持是主因之一，短視近利是台灣社會的常態，當然也反應在氣候變遷的研究上。

許多這方面的研究並不需要大量的經費，例如長時期的監測資料收集，是了解生態環境改變的重要資訊，我們都可以有系統又標準化地收集各項生態資料，累積久了後，可以作為科學證據，也可以告訴大眾氣候變遷可能造成的影響。建議科學家們在進行研究時，將氣候變遷的課題，加入可能的影響因子內。政策制訂者與執行者也應將氣候變遷的課題，列入政策的考量因素。或許，這麼作可以讓我們為台灣與地球的環境盡點心力！♻️