

嗨！存款還夠用嗎？

氣候變遷與生物多樣性

文／趙榮台

氣候變遷是臺灣目前的熱門議題，因為總統蔡英文去（2022）年已經宣誓 2050 年淨零排放的目標，也就是說 27 年後，我們要做到台灣溫室氣體的排放量和吸收量相等，更簡單地說，就是溫室氣體的收支要達到平衡。

收支平衡？多麼熟悉的講法啊！任誰都關心個人財務的收支平衡，任誰都不希望入不敷出、看到赤字。然而，有多少人注意到環境、自然資源也有入不敷出的赤字問題呢？

根據能源效率經濟聯盟（*Alliance for an Energy Efficient Economy*, AEEE）的資料，自 1970 年到 2014 年，全球的有 35% 的溼地衰退，60% 的脊椎動物族群衰退，而造成這些生物與棲地，以至於整體生物多樣性衰退的主因之一，就是我們超支利用地球的自然資源。據估計，我們需要 1.6 個地球的資源，才能滿足目前全球人類生活欲求。使用 1.6 個地球的意思，就是我們使用的遠超過地球可以提供的，也就是寅吃卯糧、入不敷出。我們不但耗盡現有的資源，還用掉子孫後代的資源，這就是環境赤字。

怎麼才能消除環境赤字呢？答案是減少我們的消耗，加緊投資自然，尤其是生物多樣性。

生物多樣性

生物多樣性（biodiversity）是指一切生命形式的變異，它不是只談有多少種鳥、有多少種昆蟲、有多少種植物，更重要的是強調變異（variation）的重要性。生物多樣性面臨的最大威脅，就是變異的消失：基因流失、物種滅絕、生態系劣化。



圖 1. 鬱金香多樣的花色反映了遺傳多樣性（基因多樣性）。

生物多樣性包括三個層面，其一是遺傳多樣性（或作基因多樣性）（圖一），也就是一個物種之內的變異

（variation within species），比方說，臺灣 2,300 萬人沒有一個人的基因和其他人完全一樣，因此每個人的長相、體力、性格不一樣，對抗疾病的免疫力和生理條件也都不一樣。遺傳多樣性越高、個體的變異越大，當環境發生劇烈變動時，例如一種新的疾病或極端的風災或旱災等，即便大部分的個體無法活存，總有少數具有特殊基因能耐過這

個變動的個體可以存活下去，這個物種也才有延續的機會。若是物種內缺乏遺傳多樣性，大家的基因都差不多，一旦發生災難性的變動，所有的個體都可能一起死亡。換言之，遺傳多樣性是物種適應變動、演化及存續的重要基礎。不只是野生物種的存續，農業、畜牧、養殖等農業品種的變異也非常關鍵，因為這些變異是因應氣候與環境變遷或進行品種改良以確保糧食安全的重要基礎。以臺灣為例，我們預期以後南部地區降雨量會減少，現在就得準備選育耐旱的作物品種，以便在乾旱缺水的狀況下，還可以繼續的生產作物，並且達到我們期望的產量。

其次是物種多樣性，也就是物種之間的變異（variation among species）（圖二）。簡單的說，鳥跟蝴蝶不一樣，蝴蝶跟蝦不一樣，蝦又跟鳳梨不一樣。每種生物都有它的特性及在生態系中的角色與功能。最後是生態系多樣性，也就是系統之間的變異（variation among systems）。例如沙漠、海洋、森林都是不同的生態系（圖三），每一個生態系統都不一樣，所以每一個生態系的產品、功能都不一樣，沒有一個生態系可以取代另一個生態系。因此，就功利的角度而言，我們能夠做到最好的事，就是維持一切生命形式（基因、物種、生態系）的變異，以便人類繼續享受這些變異所帶來的好處。



圖 2. 市場裡販賣的蔬菜水果最能說明物種多樣性



圖 3. 山岳生態系是多樣的生態系中的一類

生物多樣性消失與氣候變遷

生物多樣性為什麼會衰退，甚至流失呢？造成生物多樣性流失的原因很多，包括棲地的喪失、劣化及切割；引進外來入侵種；資源過度利用；污染；還有就是本文的主題 - 氣候變遷。

什麼是氣候變遷呢？根據聯合國政府間氣候變遷專門委員會（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）的定義，氣候變遷是指氣候狀態的改變，可由其特性的平均值或變異程度辨識，而且會持續一段時間（通常是數十年或更長）。而氣候變遷綱要公約（United Nations Framework Convention on

Climate Change, UNFCCC) 特別強調人類活動直接或間接改變地球大氣的組成所造成的氣候變遷。為了掌握氣候變遷的變動趨勢,IPCC 每隔數年都會彙整最新的科學資訊,



圖 4. 冰川的退縮與融化是氣候變遷的徵兆之一

發布氣候變遷的評估報告 (assessment report, AR)。根據最新一版,也就是第 6 版的評估報告 (AR6),大氣、海洋、冰雪圈及生物圈已經發生全面、快速的變遷 (圖四),而近期地球氣候系統變遷的程度,更是過去數千年所未見。無論哪種溫室氣體排放的情境,全球地表都不免持續增溫。而且極端高溫、海洋熱浪、豪雨及部分地區乾旱發生頻率與強度都會增加、強烈熱帶氣旋比例也會增加,北極海冰、雪蓋與永凍土則會越來越少。持續的暖化將進一步增

強全球水循環的變異及全球季風降雨、乾濕事件的嚴重程度。溫室氣體排放所造成的變遷,尤其是海洋、冰層及海平面等,在未來數百年到數千年都是不可逆的。除非大幅減少二氧化碳及其他溫室氣體排放,否則全球暖化的幅度將在 21 世紀超過 1.5°C 及 2.0°C。

根據科技部 (目前的國科會) 臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台 (TCCIP) 的分析與預測,臺灣未來的氣候變遷趨勢也大致相同,包括平均氣溫將持續上升,極端高溫 (高溫 36°C 以上) 日數增加,夏季長度從目前約 130 天增長為 155-210 天,冬季長度從目前約 70 天減少為 0-50 天;年總降雨量、平均年最大 1 日暴雨強度及年最大連續不降雨日數將會增加;影響臺灣的颱風數目將會減少,但強颱風的比例卻會增加;海平面也會持續上升。所有這些變化的幅度究竟有多大,則因預測的模型與情境不同而異。

氣候變遷與生物多樣性

無論是否同種的生物,它們在不同生命階段最適合生存的環境條件 (例如,溫濕度、鹽度、環境變異度等) 和對環境條件變化的耐受程度都不一樣。當氣候改變超過生物的適應與耐受範圍時,就會影響它們的生長、繁殖,甚至生存 (圖五);而當物種中某些個體無法繁殖、生存時,就會影響群體甚至整體的繁衍與存續;當多個物種無法順利繁衍與存續,就會影響種間互動,繼而影響到生態系的組成與功能。換言之,氣候變遷可能同時影響遺傳、物種及生態系多樣性,進而影響生物多樣性提供的多重



圖 5. 氣候變遷會影響生物 (例如授粉昆蟲) 的生長、繁殖,甚至生存。

生態系功能與對人類的好處，特別是對氣候變較為敏感而易受威脅的物種與生態系，包括分布範圍局限、生態需求特殊、播遷能力弱、分布於現有分布範圍的邊緣、分布在高海拔地區、極地或海岸濕地的種類；高山、苔原與寒原、內陸河川與溼地、海岸、珊瑚礁、島嶼等生態系，極易受氣候變遷影響而減少數量或縮減範圍，甚至滅絕或消失。

當然，並非所有物種都受到氣候變遷的負面影響，少數物種（包括耐高溫的 C₄ 及 CAM 植物、昆蟲（尤其是蝶類）以及一些適應性強、遷移性強、入侵能力強的物種）反而有機會因氣候變遷而擴大分布範圍，例如，高溫多雨、夏季增長會讓蚊蟲更容易孳生、分布範圍更大、公共衛生風險的風險更高、時間更長。

除了對野生物種與自然生態系的影響，氣候變遷也會影響農林漁牧業的作物、禽畜、水產生物、林木的生長與生產，包括改變農業害蟲大發生的機會，繼而影響糧食與林產物的供應。此外，除了高溫、旱澇、極端氣候對人類的直接衝擊以及病媒昆蟲孳生與分佈擴張對人類健康的影響外，有研究顯示，氣候變遷已經增加了病毒在哺乳動物間傳播的風險，對人類健康產生毋庸置疑的影響。因此，氣候變遷不但衝擊生物多樣性，也衝擊人類的生活與經濟社會發展。

因應氣候變遷

在因應氣候變遷方面有兩類做法：一是減緩，二是調適。減緩是指透過減少排放溫室氣體或將溫室氣體吸收、貯存，來降低大氣中溫室氣體的含量，例如多種樹、做好土壤管理，讓陸地吸存更多的溫室氣體，這就是所謂的綠碳（圖六）。另外，讓海洋吸收更多的溫室氣體，就是所謂的藍碳（圖七）。調適就是採取適當的措施以避免或降低氣候變遷所導致的危害，或善用氣候變遷產生的機會。生物多樣性可以從很多方面減緩、調適氣候變遷的衝擊，例如，森林生態系可以同時發揮截流降雨、涵養水分、水土保持、淨化空氣、調節氣候等緩衝極端氣候的功能，還能吸收、貯存溫室氣體、提供林產品、生物棲地，保護遺傳多樣性，讓人紓解壓力、調劑身心、促進健康；近岸的珊瑚礁、海草床、沿岸的藻礁、紅樹林，都可以緩衝海浪暴潮對海岸的沖蝕、調節氣候，吸存溫室氣體、淨化海水、提供海產品、水生物棲地、保護遺傳多樣性及促進人類健康等多種功能（圖八）（圖九）（圖十）。



圖 6. 種樹、維護自然森林可以增加陸地吸存的碳量（綠碳）。



圖 7. 改善海洋或海岸生態系可以吸收、捕捉更多的碳（藍碳）。

不過，要讓生物多樣性能發揮這些功能的前提，仍在於維護生態系的健全與避免生物多樣性繼續流失。因此，生物多樣性幫助調適氣候變遷的策略首重棲地的保護，其次就是避免、減輕人為擾動的破壞。換言之，生態系若不健康，猶如人類的免疫系統不佳，其因應環境變化的能力自然就會削弱。



圖 8. 紅樹林可以儲存藍碳，還有淨化水質、阻擋洪氾的功能。



圖 9. 維護、修復珊瑚礁不但增加生物多樣性，還能緩衝海浪暴潮沖蝕海岸。



圖 10. 恢復水域的連結有助於減緩旱澇的衝擊。

2019 年聯合國氣候行動峰會

因此，2019 年聯合國的氣候行動峰會強調善用「自然解方」，也就是保護、修復和永續管理自然的生態系或人為改變過的生態系，以減緩、調適氣候變遷的衝擊。如果以這樣的做法取代或混搭工程的手段，將能更有效地減緩、調適氣候變遷。例如，若要避免全球的溫度升高 2 度，需要吸收 330 多億噸的 CO₂，研究顯示自然解方可以吸收 100 多億噸的 CO₂，也就是說，自然解方可以貢獻 1/3 的 CO₂ 吸存量。保護、修復和永續管理自然系統還可以保護生物多樣性，讓它發揮提供糧食、淡水，調節緩衝氣候衝擊、改善人類健康與生計等多種功能。以保護海岸為例，慣行的海岸工程往往以治標、不治本的方式（圖十一），建造堤防、擺放消波塊，但是因為泥沙補注不足，原本有助於緩衝風浪的自然礁岸、濕地、紅樹林、沙洲、灘地因人類活動而劣化或消失，再加上暴潮與海平面上升，使得堤防與消波塊基底被掏空，即使不斷投入經費補強，也無法阻止海岸退縮與災害的發生。自然解方則是根據海岸生態系的特性，保護、修復與永續管理自然海岸，恢復濕地的功能，讓珊瑚礁、紅樹林可以生長，抵擋海浪的能量，同時發揮其他生態功能。因此全球都在積極推動自然解方，一則減緩、調適氣候變遷，再則達到防減災、糧食安全、水安全、改善健康、提供經濟與社會發展機會等多重目標。



圖 11. 海邊的消波塊治標、不治本，以自然解方替代消波塊的案例越來越多。

結語

保護、修復、永續管理生物多樣性對因應氣候變遷，甚至達成眾多永續發展目標既然如此重要（圖十二），個人可以怎麼幫助生物多樣性與因應氣候變遷呢？可以做的事情非常多，這裡介紹一個簡單、好記的方式：BE SMART。B 是 be friend（做朋友），做生物多樣性的朋友：注意生物多樣性的資訊、議題，關心遭生物多樣性的變化，注意造成生物多樣性消失的威脅，並避免或減輕威脅；E 是 eat carefully（吃得小心）：要吃最不會傷害生物多樣性的食物，如有機/友善農產品、永續海鮮指南的水產品、公平貿易產品等；S 是 shop wisely（聰明購物）：購買永續認證的產品、不買保育類動植物產製品等；M 是 make room（給生物多樣性更多空間）：保護森林、綠地、溪流、溼地、海洋，讓動物安心過馬路等；A 是 act（參與生物多樣性行動）：加入保育團體、種植原生種植物、不放生、不污染等；R 是 reduce, reuse, recycle, restore（四個 R）減少污染、減量、回收、再利用、修復生態系等；T 是 tell others（口耳相傳）：做一個生物多樣性的傳教士、幫助親朋好友、企業家、民意代表、政府官員認識生物多樣性的重要。



圖 12. 草生地的永續管理是自然解方的措施之一

聯合國從 2021 年起推動生態系復育十年（UN Decade on Ecosystem Restoration），希望集所有會員國的努力，預防、遏止並扭轉全球生態系的狀況，從現在生物多樣性還在繼續流失的狀況轉為 2030 年生物多樣性恢復，人和自然和諧相處的世界。

2030 年為期不遠，需要大家共同努力達成目標！

趙榮台博士
前農業委員會林業試驗所副所長