

氣候變遷的 衝擊與因應

湯曉虞

氣候變遷會導致生態棲地縮小，以及物種的滅絕與消失，造成生物多樣性的嚴重下降。

加強生物多樣性的維護，已是全球生態保育和農業永續發展的趨勢。

台灣處於西太平洋颱風區及環太平洋地震帶上，因歐亞大陸板塊和菲律賓海板塊間的碰撞與擠壓作用，屬年輕尚不穩定的地質。加上位於季風氣候帶，颱風、地震、豪雨、乾旱等天然災害發生機率偏高，因此台灣屬於高災害潛勢地區。此外，因為社會快速發展，環境脆弱度增加，近年來災害頻率和規模都有增加的趨勢。

世界銀行2005年曾發表專文〈Natural Disaster Hotspots—A Global Risk Analysis〉指出，台灣同時暴露於3項以上天然災害的土地面積和面臨災害威脅的人口都是



極端氣候狀況增加，使土石流災害頻繁。
(圖片來源：林斯正)

全球氣候變遷的效應日益顯著，
將危及生存環境、資源生態、民生安全和產業發展，
尤其對台灣等海島地區的衝擊最為嚴重。



全球暖化造成海平面上升，將對海岸生態造成嚴重衝擊。
(圖片來源：何平台)



紅樹林的生態功能將因海平面上升而嚴重下降，甚至瓦解。
(圖片來源：彭國棟)

73%，高居世界第一；台灣同時暴露於2項以上天然災害的土地面積和面臨災害威脅的人口，更高達99%。

全球氣候變遷的效應日益顯著，將危及生存環境、資源生態、民生安全和產業發展，尤其對台灣等海島地區的衝擊最為嚴重。未來不僅颱風會持續增強，極度氣候災害會繼續增多，各類氣候變遷的衝擊，包括海平面上升、乾旱及水資源匱乏、農業糧食生產問題、暖化引發的疾病和公共衛生問題，以及對生物多樣性的衝擊等，恐怕都會接踵而來，對國土安全的影響甚鉅。

生物多樣性是農業和生物科技的根基，也是各式各樣作物及牲畜等種原的來源。維護生物多樣

性以提供生態服務功能，對糧食和其他農作物的生產，以及利益人類的食品安全、營養、生計等都非常重要。

有鑒於生物多樣性保育的重要性，近年來聯合國於每年5月22日的「國際生物多樣性日」，把議題主軸分別訂為「生物多樣性與農業」、「生物多樣性與林業」及「生物多樣性與外來種」。期能強化永續農林業的重要性，不僅保護生物多樣性，著重森林和水土資源的保護與利用，以及降低外來種對生態環境的影響，同時確保可以餵養全世界，維持農林業的生計，並增進人類21世紀和未來的福祉。在全球氣候變遷的影響下，生物多樣性保育和永續發展的趨勢已成為全球重要的研究課題。

對生物多樣性的衝擊

全球氣溫、降雨、海平面、洋流循環等各方面的改變，都直接或間接地影響到自然生態環境。生態環境本身是一個具有階層性的複雜系統，各個層級間都有錯綜複雜的交互作用關係，氣候變遷對於水資源、農業、林業和生態環境的衝擊，便會藉由這些交互作用在個體、族群、群聚、生態系、地景等各層級上產生不同的影響。

生態系統調節功能的喪失 許多生態系統的調適彈性，可能在本世紀內被氣候變遷、相關擾動（如洪災、乾旱、野火、蟲害、海水酸化、海平面上升等）和其他驅動因子（如土地



棲息在台灣高山地區的台灣山椒魚，受到暖化的衝擊面臨絕種的危機。（圖片來源：林春富）



高山植物帶將隨暖化現象逐漸向上推移，圖中是台灣冷杉林。（圖片來源：賴國祥）

利用變化、汙染、自然系統的分割或破碎化、資源過度開採等)的空前加成作用所影響而喪失功能。伴隨著大氣二氧化碳濃度增加,在生態系統結構和功能及交互作用等方面,預估會出現重大變化,並對生物多樣性及資源方面(如森林、水、土、糧食供應等)產生非常不利的後果。

物種的滅絕與消失 氣候變遷會導致生態棲地縮小,影響物種生存,導致物種的滅絕和消失,造成生物多樣性的嚴重下降。據聯合國政府間氣候變遷專門委員會(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)報告,如果溫度上升攝氏1.5~2.5度,全球20~30%物種可能面臨滅絕;如果上升超過攝氏3.5度,更會有40~70%物種面臨滅絕風險。加強生物多樣性的維護,並注重森林和水土資源的保護與利用,已是全球生態保育和農業永續發展的趨勢。

生物分布、遷移及物候的改變 諸如動植物隨海拔高度及緯度分布的改變、增加外來物種入侵機會、候鳥或蝴蝶遷移機制的改變、植物開花結實、昆蟲生活周期或發生期等物候的變化,都會對整體生態系平衡或農業生產造成衝擊。

問題與挑戰

為避免氣候變遷影響台灣的生物多樣性保育及永續發展,亟需建立評估和預測氣候變遷衝擊的方法與能力,並提出量化的方法和可行的調適策略。

預測的基本資料與工具不足 氣候變遷的預測能力,必須以長期生態環境資料的建立為基礎。目前國內除氣象資料外,欠缺長期的系統性環

境資料,尤其生物多樣性等生態資料更是欠缺,對於氣候變遷所產生的影響及評估缺乏基線資料(baseline data)。此外,適合台灣本土的分析工具和情境模式,也因基礎調查和觀測資料的欠缺及資料累積較慢而發展緩慢。

長期規畫與風險管理觀念不足 氣候變遷會造成長期影響,若無足夠的長程規畫和風險管理措施,將難以減輕其衝擊。過去政府多強調即時救災和短期應變能力,缺乏長期規畫管理的觀念。

例如,氣候變遷會造成物種的滅絕和消失,各國為保存物種及遺傳多樣性,紛紛成立「國家種原庫」並配合現地保存工作,即所謂的「諾亞方舟」計畫。惟目前台灣僅保存具經濟性的農漁種原,而忽略野生種原對抗氣候變遷逆境和未來提供生技發展的潛能,殊為可惜。此外,也欠缺對外來物種或疫病入侵的衝擊和風險的評估。

入侵生物及疫病將更為嚴重 外來入侵種已成為全世界生物多樣性喪失的主因之一。外來入侵物種所造成的危害,若從經濟的角度列出農業和經濟的損失,更是驚人。2004年,臺灣大學農業經濟學研究團隊針對福壽螺做了一項估算,顯示近30年來,螺壽螺已經對台灣農業造成新臺幣50億元的損失。如果再加上政府和農民所投入的防治費用,損失金額接近新台幣100億。至於外來動物所引起的動物性病害,大家較熟悉的有口蹄疫、禽流感等。在氣候變遷的助長下,這些入侵的生物和疫病的影響會更為嚴重。

欠缺跨領域及國際性合作研究與整合人才 氣候變遷的衝擊與調適屬於跨領域研究,包括大氣科學、生物多樣性保育、公共衛生、災害管理、人為

氣候變遷會造成長期影響,
若無足夠的長程規畫和風險管理措施,將難以減輕其衝擊。

社會經濟發展等不同面向，且氣候變遷的衝擊屬大尺度和國際性問題。因此，要有效解決氣候變遷的問題，就必須整合不同領域的研究，並推動跨國的區域性合作計畫。然而目前台灣各面向的專家多以自己習慣的工具和表達方式進行研究，欠缺整合平台及具有整合專長的人力。

因應策略

建立生態基礎資料及評估系統 推動國家生物多樣性資料庫和長期監測系統的建立，將可提供氣候變遷預測的基本資料，以及滿足情境預測模擬工具發展的需求。設置「國家生物多樣性資料庫中心」則可統合各項監測系統和資料，配合國土地理資訊系統計畫建置「台灣



台灣特有動物比率高達60%，圖中是特有種鳥類台灣藍鵲。（圖片來源：吳崇漢）



台灣有四千多種的維管束植物，其中約1千種是特有種，圖中是玉山佛甲草。（圖片來源：艾台霖）

地區生物多樣性地理資訊系統」，以負責國內生態資料共同平台和標準、生物調查資料庫彙整、管理及維護國內生物分布資料供應等分工。

此外，應建立生態環境影響的指標系統和評估系統，包括：自然資源及物種的調查與發掘，台灣重要生態系的研究、監測及成效評估，制定生物多樣性評估指標，全球暖化氣候變遷對生態系的衝擊和生物適應的探討等，以了解全球暖化對台灣生態環境的衝擊。

推動野生生物種原保存的避險措施 物種一旦滅絕與消失就無法回復。2010年是世界生物多樣



蛙類是監測氣候變遷對生物多樣性影響的指標物種之一，圖中是金線蛙。（圖片來源：陳琬婷）

性年，各國力求讓生物多樣性滅絕的速度大幅度減緩。台灣生物多樣性和特有種比率極高，除配合保留區系統進行「就地保存」外，因台灣屬於高災害潛勢地區，應配合規劃設置「國家野生生物種原庫」，並尋找適當地點進行「域外保存」，積極推動「台灣方舟」保種計畫。

建立風險評估機制及預警系統 應積極加強野生動物保育醫學，運用醫學知識和技術擴大對野生動物族群與生態系的保育工作，克服因人類活動所造成對野生動物族群健康的影響，以保育野生動物族群及保存瀕臨絕種的野生動物。此外，也應監控野生動物疾病對人類與家畜禽健康的影響，並提出有效的管理策略，同時結合防疫、檢疫和衛生單位，配合國際疫情相關資訊審慎評估，以生態相關研究建立入侵種名單、監測和預警機制。

建立生物資源災損評估及預警系統 台灣地區時有天災，颱風、豪雨、地震等都會造成土石崩塌和棲地破壞，對生物資源產生嚴重影響及損害。目前國內尚無災損評估和預警系統，在各項資料庫陸續建立之際，應依據現有物種調查資料，運用統計分析並結合地理資訊系統著手展開研究，以建立生物資源災損評估和預警系統，有效保育生物多樣



全球暖化造成外來種入侵情形更為嚴重，圖中是多線南蜥（上）和小花蔓澤蘭（下）。（圖片來源：上，林德恩；下，彭仁傑）

性資源。

建立實質整合機構推動跨域研究 氣候變遷影響是全面性的，對中央各部會甚至國家安全都有相當大的影響，然而要面對這些衝擊，各部會恐怕無法單獨解決問題，需要成立跨部會的實質整合機構。此外，應成立國家級研究中心或國家型計畫，推動團隊和國外長期研究合作，積極參與國際保育組織、推動兩岸和東亞等區域性合作計畫，建立技術合作平台，與世界同步接軌。

強化氣候變遷情境下的教育宣導工作 台灣過去的生態教育並未針對氣候變遷的未來情境和可能的衝擊與調適策略等，進行系統性的介紹。雖然氣候變遷一詞經媒體不斷宣傳，尤其在〈 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 〉影片播放後，大家都耳熟能詳，但具體內涵和應採取的態度與行動，社會大眾仍不清楚，甚至認為節能減碳、多種樹就可以解決問題。

因此應強化教育宣導工作，納入長期環境變遷問題和規劃管理的概念，並編撰教材和培育師資，有系統地落實於各級教育體系。同時注重對一般民眾的教育宣導，以建立面對氣候變遷衝擊的正確基本態度，才可順利協助政府推動相關行動方案。

生態環境、生物多樣性和自然資源，
一旦遭受破壞就很難復原，
在全球氣候變遷的壓力下，受到的衝擊會更為顯著。



加強生物多樣性教育推廣工作，讓保育向下扎根。（圖片來源：楊嘉棟）

防患於未來

未來氣候會持續不斷變化下去，一般民眾或政府都需具備足夠調適能力，包括預測能力和系統整合的反應彈性。台灣屬島嶼生態系，容易受到擾動，生態上極為脆弱，在國土保育上，比大陸型的相似區域困難許多。況且生態環境、生物多樣性和自然資源，一旦遭受破壞就很難復原，在全球氣候變遷的壓力下，受到的衝擊會更為顯著，能採取的因應對策也更為艱鉅，因此事先防患於未然顯得格外重要。

在了解未來生態環境限制下，積極規劃社會經濟發展策略，以達到永續發展的目標，是台灣面對全球變遷最重要的課題。

湯曉虞

行政院農業委員會特有生物研究保育中心