

Liochla steerii



Dacelo novaeguineae



氣候變遷 對野生生物分布 與物候的影響

THE IMPACTS OF CLIMATE CHANGE TO THE DISTRIBUTION AND PHENOLOGY OF WILDLIFE

林大利 Da-Li Lin |

農業部生物多樣性研究所副研究員

thrush1250@gmail.com

Pycnonotus sinensis



Dicurus macrocerus



氣候變遷早就不是新鮮事，也不是新聞，而是正在溫水煮青蛙的現象。2006年美國前副總統高爾(Al Gore)推出紀錄片《不願面對的真相》(An Inconvenient Truth)之後，氣候變遷相關議題更加受到重視。十餘年來，在各界人士和科學家的呼籲及警告之下，氣候變遷似乎尚無停滯的跡象。先撇開科學研究不談，相信你我都能感受到天氣的大幅變化，一年比一年更加炎熱，或是2020年至2021年間臺灣的缺水危機，都是強烈的氣候警訊。不可否認，幾十年來的人類活動，已經大幅改變地球的大氣系統。讓減緩與調適氣候變遷，成為「人類世(Anthropocene)」的一大挑戰。

近年來，全球各地出現的極端氣候事件越來越頻繁，從澳洲東南部的野火到歐洲的熱浪，再到美國的颶風，都無不顯示出氣候變遷的影響範圍之廣。2019年9月至2020年1月間，澳洲東南部引起森林大火，範圍遍及昆士蘭省(Queensland)東南部、新南威爾斯省(New South Wales)東南部，以及維多利亞省(Victoria)南部。範圍主要在大分水嶺的東側迎風面，菲利浦島(Philip Island)也有嚴重災情，總面積達9.7萬平方公里(Lindenmayer *et al.* 2020；Ward *et al.* 2020)，面積將近三個臺灣島。2021年夏季，歐洲經歷了前所未有的高溫，甚至北極圈內部的氣溫

也達到攝氏30度以上，異常高溫使冰川融化速度加快，提高海平面上升的風險。

除了極端氣候事件，氣候變遷也對全球的農業生產造成重大影響。根據聯合國糧農組織的報告，氣候變遷導致的乾旱和洪水，使糧食生產的難度更高。例如，非洲薩赫勒地區(Sahel)，常年受乾旱困擾，農作物產量嚴重減少，導致糧食危機和饑荒的頻傳。另一方面，東南亞地區由於氣候變遷，降雨模式發生改變，使得水稻種植面臨挑戰，直接影響到當地數億人的糧食供給(Frazier *et al.* 2022)。

不僅如此，氣候變遷對人類健康也有深遠的影響。隨著氣溫上升，蚊媒疾病如登革熱和瘧疾的傳播範圍擴大，更多的人受到這些疾病的威脅。此外，極端天氣事件也增加了人們的心理壓力和精神健康問題。不僅會增加疾病的風險，還會加重現有疾病的負擔，對公共衛生構成重大挑戰。



澳洲大火時，可從布里斯本(Brisbane)見到火場濃煙。

氣候變遷對野生生物分布的影響

氣候變遷當然也會影響野生動物的生活週期，而且從許多層面都有深遠影響。首先，氣溫上升和降雨模式的改變使許多物種的棲地發生變化，迫使牠們遷徙、播遷或面臨生存威脅。例如生物的分布往高海拔(altitudinal shift)或往高緯度移動(latitudinal shift)。其次，氣候變遷引發的極端天氣事件，如森林大火和乾旱，直接破壞了大量野生動植物的棲息地，導致生態系統的失衡。

例如前述的澳洲森林大火，共波及 832 種物種，其中包含 21 種受脅物種，例如黃紋吸蜜鳥 (*Anthochaera phrygia*)、東方吸蜜鸚 (*Dasyornis brachypterus*)、輝黑鳳頭鸚鵡 (*Calyptorhynchus lathamii*) 和南方斑紋鸚鵡 (*Stipiturus malach*) (Lindenmayer et al. 2020; Ward et al. 2020)。再者，氣候變遷還影響了物種的繁殖和生長週期。許多植物的開花和果實成熟時間提前，依賴這些植物的野生動物也受到影響。



澳洲大火容易波及森林內的野生動物，圖為澳洲笑翡翠(*Dacelo novaeguineae*)。

一般來說，每一種生物都有最適宜生存的「生態棲位(ecological niche)」，在這個棲位之外，生存難度會大幅提升。各種生物的生態棲位由許多環境和生物因素所構成的生存條件，例如氣溫、食物資源、雨量等。例如在某個氣溫範圍感覺最舒適，太熱或太冷都會危及性命。對植物來說，要在意的環境因素還包括雨量和土壤環境；而對魚類或其他水生生物而言，水溫、鹽度和酸鹼值就顯得重要。氣候變遷會影響這些環境因子，因而使生物的生存受到程度不一的衝擊。

舉例來說，世界各地的高山，從山腳到山頂，有很熱的地方，也有很冷的地方。因此，許多偏好不同環境的鳥類，會選擇棲息在最適合自己生活的海拔區段。然而，氣候暖化的話，鳥類的分布是否會往更高海拔的山區移動呢？答案似乎是肯定的。近30年，南美洲秘魯的高山鳥類，有逐漸往更高處移動的趨勢，宜居範圍也逐漸縮減(Freeman et al. 2018)。在臺灣這座高山島，也發現類似的狀況。經比較玉山山脈1992年和2014年鳥類的海拔分布，發現許多鳥種的分布海拔上升，例如白耳畫眉(*Heterophasia auricularis*)和黃胸薹眉(*Liocichla steerii*)，平均上升60公尺，尤其以高山鳥種最為明顯(趙容 2015)。



黃胸薹眉的海拔分布上界往更高海拔移動。

氣候變遷對野生生物物候的影響

生物隨環境變化，而產生的行為或生理反應，稱為「物候(phenology)」。由於環境變化通常隨著地球一年四季而有週期的規律變化，所以生物的行為、生長發育和生理反應也隨之應變，例如有些植物在春天開花、秋天結果；候鳥在秋天南遷、春天北返。

然而，當氣候變遷改變整個環境週期，生物的物候現象，自然也會受到影響。氣候變遷對野生動植物的物候影響顯著，隨著全球氣溫上升，許多植物的開花、發芽和果實成熟時間提前。同樣地，動物的遷徙和繁殖時間也受到影響。許多鳥類開始提早遷徙，或是改變遷徙路線，以適應新的氣候條件。然而，這些變化可能導致動物在到達繁殖地時，食物資源尚未充足，進而影響其繁殖成功率。此外，氣候變遷還可能打亂掠食者與獵物之間長期穩定下來的交互作用與族群消長。

鳥類容易觀察、資料相對充足、分類亦較穩定，一直是作為環境指標的好題材。面對環境改變，鳥類有翅膀，可以一走了之。每年有大量的候鳥，不辭辛勞的長距離遷徙，都是在反映溫帶與寒帶地區，週期性的季節變化。不過，長久下來，鳥類的繁殖與遷徙，也會受到氣候變遷影響。

「繁殖(reproduction)」是時常探討的鳥類物候表現。2003年，一篇發表於科學期刊“Nature”的研究顯示，在全球168種鳥類當中，有78種有提早繁殖的跡象(Parmesan and Yohe 2003)。不僅如此，研究團隊也同時發現蛙類繁殖、鳥類築巢、植物開花和抽芽、鳥類和蝶類遷徙的時間，在近十年間也有所改變。此外，在繁殖期程方面，有些鳥類的繁殖期延長，有些鳥種則縮短(Møller *et al.* 2010)。由此可見，即使氣



候變遷對於鳥類的繁殖行為的影響雖不盡相同，但也已經使繁殖表現有所改變。至於改變的結果是好是壞？短期內還只能推測，不容易有明確的定論。

「遷徙(migration)」則是另一項時常討論的鳥類物候表現，通常是關注於鳥類遷徙的時間點。2017年的研究發現，候鳥於春天北返的時間逐漸隨著全球暖化而提前(Usui *et al.* 2017)。平均來看，候鳥春季遷徙的時間大約每10年提早2.1天；抑或氣溫每上升1°C，春季北返的時間便提早1.2天(Usui *et al.* 2017)。候鳥北返的重要任務，是趕回北半球的溫帶地區繁殖。不過，如果北返時間改變，有可能冰雪還沒融化、昆蟲還沒羽化、植物尚未抽芽開花。對鳥類的繁殖衝擊，就像是小孩餓哭卻四處買不到奶粉一般。

另一種狀況是，既然氣候暖化，那鳥類也不太需要辛苦遷徙啦！候鳥大多因為冬季

氣溫太低而遷徙至熱帶甚至南半球度冬(Kou *et al.* 2013)，但遷徙是很耗費能量的事情，旅途中死亡風險很高。如果能不要飛，那就不要飛，或是不要遷徙到那麼遠。2020年，在期刊“Nature Climate Change”的封面研究，科學家運用南緯55度及北緯64度之間將近7千個鳥類觀察點中，390種、1,300萬筆公民科學資料，探討候鳥的遷徙狀況(Amano *et al.* 2020)。結果發現，各類候鳥，包括鸛鴒、雁鴨、秧雞、鷺與鸛、鸛鷀等，在熱帶地區的數量越來越少，而在緯度較高的亞熱帶的數量則越來越多(Amano *et al.* 2020)，這種現象明確反映出，隨著氣候暖化，候鳥花在遷徙的力氣上，確實是能省則省。



A. 氣候變遷導致日本櫻花提早盛開。

B. 候鳥遷徙的時間，也會受到氣候變遷影響。



氣候變遷之下，各物種會有什麼反應？

「氣候變遷脆弱性評估(Climate Change Vulnerability Assessment, CCVA)」是評估哪些生物最容易因為氣候變遷而受害的科學方法。國立成功大學生命科學系一篇碩士論文指出(王文千 2019)，針對臺灣的鳥類，評

估三項指標：(一)暴露度(exposure)：物種直接受氣候變遷衝擊的程度；(二)敏感度(sensitivity)：族群對氣候變遷的反應程度；(三)調適能力(adaptive capacity)：物種藉由自身調整適應(如遷移)而減緩受氣候變遷影響的能力。依照這三項標準，可將鳥類分為四類(名錄詳見表1)。

表1. 氣候變遷脆弱性評估結果之鳥種名錄(資料改製自王文千 2019)

屬性	中文名	學名	英文名	特有性	臺灣 保育等級
高度脆弱者 (highly vulnerable)	臺灣山鵪鶉	<i>Arborophila crudigularis</i>	Taiwan Partridge	臺灣特有種	III
	北方中杜鵑	<i>Cuculus optatus</i>	Oriental Cuckoo		
	鳳頭蒼鷹	<i>Accipiter trivirgatus</i>	Crested Goshawk	臺灣特有亞種 (<i>A. t. formosae</i>)	II
	五色鳥	<i>Psilopogon nuchalis</i>	Taiwan Barbet	臺灣特有種	
	黑枕藍鶺鴒	<i>Hypothymis azurea</i>	Black-naped Monarch	臺灣特有亞種 (<i>H. a. oberholseri</i>)	
	樹鵲	<i>Dendrocitta formosae</i>	Gray Treepie	臺灣特有亞種 (<i>D. f. formosae</i>)	
	灰頭鷓鴣	<i>Prinia flaviventris</i>	Yellow-bellied Prinia		
	臺灣叢樹鶯	<i>Locustella alishanensis</i>	Taiwan Bush Warbler	臺灣特有種	
	棕沙燕	<i>Riparia chinensis</i>	Gray-throated Martin		
	白頭翁	<i>Pycnonotus sinensis</i>	Light-vented Bulbul	臺灣特有亞種 (<i>P. s. formosae</i>)	
	小彎嘴	<i>Pomatorhinus musicus</i>	Taiwan Scimitar-Babbler	臺灣特有種	
	臺灣紫嘯鶇	<i>Myophonus insularis</i>	Taiwan Whistling-Thrush	臺灣特有種	
	褐鶯	<i>Pyrrhula nipalensis</i>	Brown Bullfinch	臺灣特有亞種 (<i>P. n. uchidai</i>)	
潛在適應者 (potential adaptee)	棕三趾鴉	<i>Turnix suscitator</i>	Barred Buttonquail	臺灣特有亞種 (<i>T. s. rostratus</i>)	
	巨嘴鴉	<i>Corvus macrorhynchos</i>	Large-billed Crow		
	煤山雀	<i>Periparus ater</i>	Coal Tit	臺灣特有亞種 (<i>P. a. ptilosus</i>)	III
	斑文鳥	<i>Lonchura punctulata</i>	Scaly-breasted Munia		
潛在持留者 (potential persistor)	灰林鴿	<i>Columba pulchricollis</i>	Ashy Wood-Pigeon		
	紅鳩	<i>Streptopelia tranquebarica</i>	Red Collared-Dove		
	番鶇	<i>Centropus bengalensis</i>	Lesser Coucal		
	鷹鵂	<i>Hieroccyx sparveroides</i>	Large Hawk-Cuckoo		

屬性	中文名	學名	英文名	特有性	臺灣 保育等級
潛在持留者 (potential persister)	松雀鷹	<i>Accipiter virgatus</i>	Besra	臺灣特有亞種 (<i>A. v. fuscipectus</i>)	II
	大赤啄木	<i>Dendrocopos leucotos</i>	White-backed Woodpecker	臺灣特有亞種 (<i>D. l. insularis</i>)	II
	灰喉山椒鳥	<i>Pericrocotus solaris</i>	Gray-chinned Minivet		
	小雲雀	<i>Alauda gulgula</i>	Oriental Skylark		
	黃頭扇尾鶯	<i>Cisticola exilis</i>	Golden-headed Cisticola	臺灣特有亞種 (<i>C. e. volitans</i>)	
	臺灣鷓眉	<i>Pnoepyga formosana</i>	Taiwan Cupwing	臺灣特有種	
	洋燕	<i>Hirundo tahitica</i>	Pacific Swallow		
	赤腰燕	<i>Cecropis striolata</i>	Striated Swallow		
	東方毛腳燕	<i>Delichon dasypus</i>	Asian House-Martin		
	深山鶯	<i>Horornis acanthizoides</i>	Yellowish-bellied Bush Warbler	臺灣特有亞種 (<i>H. a. concolor</i>)	
	紋翼畫眉	<i>Actinodura morrisoniana</i>	Taiwan Barwing	臺灣特有種	III
	棕噪眉	<i>Pterorhinus poecilorhynchus</i>	Rusty Laughingthrush	臺灣特有種	II
	黃腹琉璃	<i>Niltava vivida</i>	Taiwan Vivid Niltava	臺灣特有種	III
	白尾鵲	<i>Myiomela leucura</i>	White-tailed Robin	臺灣特有亞種 (<i>M. l. montium</i>)	III
	紅胸啄花	<i>Dicaeum ignipectus</i>	Fire-breasted Flowerpecker	臺灣特有亞種 (<i>D. i. formosum</i>)	
高潛伏風險者 (high latent risk)	翠翼鳩	<i>Chalcophaps indica</i>	Asian Emerald Dove		
	綠鳩	<i>Treron sieboldii</i>	White-bellied Green-Pigeon		
	綠畫眉	<i>Erpornis zantholeuca</i>	White-bellied Erpornis		
	大卷尾	<i>Dicrurus macrocerus</i>	Black Drongo	臺灣特有亞種 (<i>D. m. harterti</i>)	
	斑紋鷓鴣	<i>Prinia striata</i>	Striped Prinia	臺灣特有亞種 (<i>P. s. striata</i>)	
	褐頭鷓鴣	<i>Prinia inornata</i>	Plain Prinia	臺灣特有亞種 (<i>P. i. flavirostris</i>)	
	白環鸚嘴鵲	<i>Spizixos semitorques</i>	Collared Finchbill	臺灣特有亞種 (<i>S. s. cinereicapillus</i>)	
	斯氏繡眼	<i>Zosterops simplex</i>	Swinhoe's White-eye		
	頭烏線	<i>Schoeniparus brunneus</i>	Dusky Fulvetta	臺灣特有亞種 (<i>S. b. brunneus</i>)	
	臺灣噪眉	<i>Trochalopteron morrisonianum</i>	White-whiskered Laughingthrush	臺灣特有種	
	鉛色水鵲	<i>Phoenicurus fuliginosus</i>	Plumbeous Redstart	臺灣特有亞種 (<i>P. f. affinis</i>)	III

註：II珍貴稀有野生動物；III其他應予保育之野生動物。



首先是「高度脆弱者(highly vulnerable)」，敏感度和暴露度都高，但適應力低，急需採取保育行動加以保育，共有13種。例如臺灣紫嘯鶇(*Myophonus insularis*)和臺灣擬啄木(五色鳥；*Psilopogon nuchalis*)。

▲ 樹鵲屬於高度脆弱者。

► 白頭翁屬於高度脆弱者。





第二是「潛在適應者(potential adapter)」，和高度脆弱者一樣，敏感度和暴露度都高，但適應能力高，因此衝擊較低，共有4種，如棕三趾鵯(*Turnix suscitator*)和巨嘴鴉(*Corvus macrorhynchos*)。

▲ 斑文鳥屬於潛在適應者。

► 巨嘴鴉屬於潛在適應者。







第三為「潛在持留者(potential persister)」，牠們對氣候變遷的暴露度高且適應力低，但是並不敏感，或許可撐過氣候變遷的衝擊，共有19種，如紅鳩(*Streptopelia tranquebarica*)和番鵪(*Centropus bengalensis*)。

最後是「高潛伏風險者(high latent risk)」，敏感度高而且適應力低，但並未暴露於氣候變遷的風險之中，在氣候變遷的保育上較不迫切，共有11種，如綠畫眉(*Erpornis zantholeuca*)和大卷尾(*Dicrurus macrocercus*)。

後續的研究，可針對上述四類鳥種，長期追蹤牠們的數量變化趨勢，並且建立複合物種指標，監測各種鳥類對氣候變遷的反應。

A	B
C	D

- A. 紅鳩屬於潛在持留者。
 B. 洋燕屬於潛在持留者。
 C. 鉛色水鵪屬於高潛伏風險者。
 D. 大卷尾屬於高潛伏風險者。

你也可以幫忙： 觀察生物、記錄現象！

氣候變遷對鳥類的衝擊雖然已有各種研究和評估成果，但以臺灣來說，153種繁殖鳥當中，目前只有83種能有效評估，可見許多鳥種的資料量仍相當不足。因此，除了在日常生活中的節能減碳，觀察各種生物，並且確實記錄牠們出現的時間與地點，都能為牠們的生存幫上忙。這樣的資料，能夠滿足長期監測的需求；資料越多，能進一步探討的潛力就越高，同時也能及早反應牠們的數量或分布改變的警訊。

大自然的各種現象，都是倏忽即逝的資訊，如果當下沒有確切地記錄下來，就如同飛鴻踏雪泥後所留下的趾爪印，很快就會消失無蹤。「鴻飛那復計東西」，離去的鴻鵠又怎麼會在意這些資訊有沒有留下來呢？要再重新追溯過往的生物多樣性資訊，除非發明時光機，否則幾乎是不可能的任務。因此，把握每個當下確切記錄大自然的動態，便成為我們認識自然的重要工作。這些觀察紀錄，也都是瞭解生物物候的基礎元素。在廣大的國土持續長期監測，更是需要全國各地廣大民眾的支持，共同掌握我們賴以生存的環境與芸芸眾生的動態。

