

知識天地

揭祕社會生物成功的原因：合作促使生態棲位擴張

孫烜駿研究生、沈聖峰助研究員(生物多樣性研究中心)

人類的演化歷程顯示，人類先祖起源於東非後，在數萬年間快速擴張到全球。至今，全球人口已超越七十億，是世界上生物量最大的脊椎動物。從人類學、遺傳學到演化生物學，各領域的學者試圖解開這個跨世紀的謎題——人類如何演化成爲地球上最成功的生物？

世界頂尖的社會生物學家 E. O. Wilson 在著作《The Social Conquest of Earth》中引用印象派大師高更的畫作與名句——「我們從何而來？我們是什麼？我們又將到哪裡去？」顯示唯有瞭解人類的過去與現況，才能幫助我們探究人類演化的本質與未來。許多研究者認爲人類的合作行爲，是人類在地球上迅速擴張到各種不同生態棲位（物種所能生存的生物與非生物環境）的主因，然而在人類身上難以進行實驗來驗證這個假說，因此，研究其他社會性的生物，便是我們了解合作與物種在生態上角色的重要途徑。

世界上形形色色的生物中，除了人類以外，許多具有高度社會性的昆蟲，如螞蟻、白蟻、蜜蜂，也同樣能成功佔據陸域生態系；其中，螞蟻的總生物量甚至超越人類，居世界之冠。由此推論，生物的社會性似乎爲我們人類與社會昆蟲帶來成功的曙光。儘管許多研究顯示生態環境在生物的社會行爲上扮演重要的角色，指出優渥與惡劣的生態環境都會影響社會群體的合作與衝突策略，生物展現社會性的最終意義卻不得而知。究竟社會行爲背後的生態意義是什麼？社會化又是否能帶來生物的成功？回答這個謎題的關鍵在於：實驗性地操縱具社會性與非社會性的生物群體，並觀察兩群體在不同環境下的表現。

我們的實驗對象是尼泊爾埋葬蟲 (*Nicrophorus nepalensis*)。尼泊爾埋葬蟲（圖一，文章簡稱埋葬蟲）廣泛分布在東亞至南亞地區，在台灣也是屬於廣泛分布的物種。在2011年，我們首先調查野外的埋葬蟲族群，在野外放置大鼠屍體以吸引埋葬蟲前來繁殖，不到數分鐘，屍體便被其他屍食性的昆蟲、特別是麗蠅所佔據，產下數以百計的蠅卵。由於蠅類以速度取勝，大部分的屍體在短短幾天內，就被消耗殆盡。令我們意外的是，往往有些屍體會被埋葬蟲埋入土壤，成功繁殖。令我們不解的是，埋葬蟲究竟是怎麼勝過蠅類的競爭？透過野外錄製的影片，我們意識到，原來這些成功繁殖的組別中，通常有四隻以上的埋葬蟲共同處理屍體資源。我們因此好奇，是否埋葬蟲可以透過形成社會群體，一起合作對抗蠅類的競爭？



圖一，尼泊爾埋葬蟲正在餵食小孩（孫烜駿攝）。



圖二，冠羽畫眉在惡劣的生態環境，傾向減少競爭，採用更合作的策略(Nature Communications, featured image)。

蠅類幼蟲消耗屍體的速度隨著環境溫度增高而加快，低海拔較熱的環境因此有利於蠅類，對埋葬蟲反而是惡劣的環境。於是我們在臺灣中部山區進行大尺度跨海拔的實驗，每個樣點同時進行兩組群大小操縱：一雄一雌、三雄三雌，分別做為非社會性與社會性的群體操縱。實驗開始時，分別將埋葬蟲放入特別設計的陷阱，此裝置可以限制野生的埋葬蟲進入，以免影響群大小；同時又能模擬自然狀況下的種間競爭，使蠅類自由進出裝置。實驗過程全程錄影，也藉由不同埋葬蟲個體的標記，我們得以追蹤每隻埋葬蟲的互動情形，包括衝突與投資。

研究結果發現，社會性與非社會性的埋葬蟲群體沿著海拔梯度的繁殖表現不同：非社會性的群體在中海拔繁殖成功率最高，但低海拔卻無法和蠅類競爭，幾乎全部失敗；然而，社會性的群體在各個海拔繁殖表現均十分穩定。由此可知，埋葬蟲能透過形成社會性群體，克服種間競爭與惡劣環境。我們也進一步分析影片，觀察社會性與非社會性的埋葬蟲群體在面對不同的環境壓力下，所反應出的行為表現。結果顯示，社會性的埋葬蟲群體在低海拔，面對較強的蠅類競爭時，會明顯增加投資時間，也就是花費更多的時間在處理屍體。此外，為了證明蠅類的競爭是受溫度所調控，我們在中高海拔、溫度較低的環境進行屍體加熱實驗，在每個大鼠屍體下方放置水泥電阻，以加快屍體分解的速度。由錄影資料可知，蠅類的數量與活動時間在加熱屍體的組別中，明顯高於對照組，也造成屍體分解速度增快。這項結果顯示，加熱屍體確實會增強蠅類對屍體的競爭強度。令人驚訝的是，加熱屍體除了會影響蠅類的競爭強度外，埋葬蟲也會改變行為策略以因應隨之而來的種間競爭。社會性的埋葬蟲群體明顯增加投資時間，隨之而來也提高繁殖表現。

綜合以上埋葬蟲社會行為的研究，讓我們更加了解動物社會演化的本質。生態環境不但會影響社會生物的行為，反言之，生物的社會行為也會影響跟物種在生態上的表現。過去研究認為，埋葬蟲形成群體只是對種內競爭的適應，因為無法驅逐其他埋葬蟲而相互容忍，忽略了合作背後的潛在利益；我們的研究清楚證實：生物的社會性能帶來成功。埋葬蟲可以透過形成社會群體，共同對抗惡劣的環境與種間競爭。整體而言，合作行為促使埋葬蟲的生態棲位擴張：對於非社會性的群體，僅在優渥的環境表現較好，生態棲位較窄，但社會性的群體卻擁有較寬的生態棲位。透過屍體加熱實驗我們也證明，埋葬蟲群體的合作行為確實會隨種間競爭的強度而調整，花費更多投資時間以對抗加溫所帶來的蠅類競爭。

在現今氣候變遷的時代下，各領域學者都竭力瞭解生態環境的變動如何影響社會生物與人類的行為。透過尼泊爾埋葬蟲的行為研究可知，合作是面臨環境劇變下最佳的策略，不但提供社會生物存活的可能，也能促進生態棲位的擴張；然而，許多人類的研究（例如2013年刊登在《*Science*》的回顧研究）指出，氣候變遷與人類暴力衝突有強烈的正相關，隨著極端氣溫與降雨的發生頻率提高，個人與群體間的衝突頻率也隨之增加。根據我們對埋葬蟲與之前冠羽畫眉的社會行為研究，我們不禁對惡劣生態環境對人類合作與社會衝突的角色感到好奇，正如孫子在兩千多年前所指出：「夫吳人與越人相惡也，當其同舟而濟，遇風，其相救也，如左右手。」這個同舟共濟的寓言，我們相信氣候變遷也許對人類來說也是一個轉機，可以讓大家更合作來面對環境的挑戰。

參考文獻：

1. Sun, S.-J., D. R. Rubenstein, B.-F. Chen, S.-F. Chan, J.-N. Liu, M. Liu, W. Hwang, P.-S. Yang, S.-F. Shen*, (in review), "Climate-mediated Cooperation Promotes Niche Expansion" .

2. Shen, S.-F.*, S. L. Vehrencamp, R. A. Johnstone, H.- C. Chen, S.-F. Chan, W.-Y. Liao, K.-Y. Lin and H.-W. Yuan* ,
2012, “Unfavorable environment limits social in Yuhina brunneiceps” , Nature Communications, 3, 885.