

植物界的小小兵—— 花粉化石所訴說的古早故事

文・圖／林淑芬

對於地球上的芸芸眾生而言，延續物種永遠是第一優先的任務，因此老天爺在繁衍後代這件事情上，往往有著最精密周全的設計與考量。在植物界，五彩繽紛的花朵便是開花植物為了繁殖後代的精心設計。花是植物最重要的繁殖器官，開花、傳粉、結果是植物產生種子、繁衍新生命的重要步驟，其中花朵雄蕊上的花粉是雄性生殖細胞，之中藏著物種的基因密碼。為了保護其中的遺傳基因並得以延續，植物花粉以堅固的花粉壁包裹著遺傳物質，也因此，相對於植物體在死亡後極易腐爛、分解，花粉不僅能耐高溫、高壓的環境，微生物活動也不容易造成花粉壁的損傷。這樣的特性使得植物花粉意外可以長久保留在地底下成為化石，加上植物為了提高授粉機率，花粉的產出數量往往十分龐大，花粉成為化石的機會大增，因此花粉不再只為了傳宗接代、延續物種，古代花粉化石對於地質學研究也提供了相當重要的貢獻。

在19世紀初期，地質學家已從深埋地下的地層中發現了花粉化石，從此進行了大量的研究工作。花粉非常細小，多數的花粉只有10-40微米，不容易以肉眼觀察，但是透過高倍率光學顯微鏡和電子顯微鏡的幫忙，我們會發現不同的植物花粉在外表形態上並不相同，因此可以做為鑑定植物種類的依據。

花粉化石能告訴我們甚麼？



花朵雄蕊上的花粉是植物的雄性生殖細胞，由於具有堅固的外壁，是植物體各部位中最容易成為化石的部分。

對於植物而言，花粉相對容易成為化石，而且依據其形態特徵可以辨識出種類，因此科學家能藉著古代花粉化石紀錄，推知不同時代的植物演化歷史和植群演替歷程，甚至與地質知識結合，將花粉化石研究應用在油田與煤田探勘的領域。在臺灣，歷年來的相關研究大多集中於古氣候和古環境的重建工作。

1. 古代氣候變遷研究

每一種植物通常生長在特定的生育條件下，也有自己特定的生態類型。例如鐵杉大多



湖泊由於具有連續完整的堆積特性，湖泥也非常適合花粉化石保存，因此在進行花粉化石研究時，經常鑽取湖心沉積物以進行分析。



在臺灣，鐵杉林通常分布在海拔2500公尺以上的高山地區，但在上次冰期的臺灣中部，鐵杉林可能降遷至海拔7、800公尺的日月潭一帶。（陳添財提供）

生長在高山寒冷的環境，生態類型為高大喬木，香蒲和慈菇則只生長在低窪的水邊沼澤，生態類型為水生草本，因此當它們出現在古代花粉化石組合裡，往往也反映出它們各自特定的生態條件特徵。而科學家透過不同年代地層中的花粉組合及其所對應的植群演替，便可獲得不同時代自然環境條件的變化歷史。

藉由花粉分析，科學家發現在屬於第四紀的最近一、兩百萬年內，地球上的植物群落曾經有多次喜暖植物和喜冷植物的交替變化，證實第四紀的古氣候經歷了多次冷、暖的氣溫波動，也就是所謂的冰期、間冰期的變化。在臺灣，透過湖泊沉積物中的花粉化石研究，也提供了冰期氣候與植被變遷的具體證據，並重塑了臺灣冰期的可能樣貌。根據劉平妹等人（2006、2013）研究臺灣中部頭社盆地及日月潭湖泊沉積物中的花粉化石，顯示頭社盆地在7-3萬年前所記錄的花粉組合是以赤楊屬（*Alnus*）為優勢種屬，可是在大致相同的年代，鄰近的日月潭卻是以冷杉（*Abies*）、雲杉（*Picea*）及鐵杉（*Tsuga*）等針葉林樹種為優勢，這說明在上次冰期期間，針葉林的分布降遷至日月潭的海拔高度附近。頭社盆地的海拔高度約650公尺，日月潭的海拔高度為745公尺，今日針葉林分布的海拔下限大致在2500公尺，據此，劉教授提出在上次冰期期間，臺灣中部山區的植群垂直降遷可達1000-1500公尺，估計當時的年平均溫比今日低8-9度。

2.環境與史前人類的互動

近年來，由於全球氣候與環境變遷課題日益受到重視，史前人群與自然環境之間的互動關係也備受矚目。在人類發展史中，早期社會由於處在較原始的生活狀態，對自然災害的抵禦能力薄弱，改造環境的力量有限，因此，因自然環境發生變化而影響史前文化發展，進而引發社會興衰動盪的現象十分常見，尤其是突發性、大幅度變化的氣候事件往往帶來毀滅性的衝擊。

宜蘭位在臺灣東北角，在地理位置上直接面迎東北季風，因此氣候與植被深受東北季風影響。這裡自古以多雨著稱，尤其秋季的大量降雨經常造成災害。根據宜蘭的花粉化石研究，此地

的史前文化發展與自然環境變遷之間有著密切的關係。在距今約4千年前的新石器時代早中期，人群原本將聚落建立在平原上，但在3800-3200年前由於平原區發生地區性的海侵事件，迫使人群向地勢較高的丘陵地遷徙，甚至在距今2400年前，氣候條件惡化，導致山區山崩、土石流事件頻繁發生，平地也飽受洪氾襲擊，文化發展一度中斷，出現長達近千年的文化空白時期，一直到1600年前左右，氣候條件好轉，同時平原區的土地趨於穩定，屬於鐵器時代的人群才在這樣溫暖適宜的環境條件下來到宜蘭平原建立聚落。（Lin et al. 2007；林淑芬等2012）。

3.動物冰期避難所理論

在漫長的地球歷史中，全球氣溫曾多次大幅震盪，這樣的變化對於大地萬物的形成、分布、演化、以至滅絕無疑扮演著極為重要的角色，對近代生物而言，地質年代中最晚近的第四紀冰期、間冰期所造成的影響更是深遠。根據研究，在大約2萬1千年前到1萬8千年前的末次冰期最盛期，全球平均氣溫約比現在低5度，而且極端乾燥。面對地表發生如此顯著的變化，生物在空間分布和族群大小等各方面必定隨之改變。

宜蘭屬於鐵器時代的淇武蘭遺址目前位在二龍溪河道中，說明此地過去一、兩千年內曾經歷了明顯的環境變遷。（李貞瑩提供）



地質資料顯示，臺灣的自然環境在上次冰期最盛期與現在大不相同，由於冰期海水面降低，臺灣海峽出露成為連通大陸與臺灣的生物走廊，在大陸嚴寒乾



跨領域合作是當前的研究趨勢，在花蓮蓮花池的工作中，結合了動物、植物、地質等不同領域的專家，期望獲得豐富多樣的研究成果。

旱氣候的驅趕之下，南下避寒、東移覓水的生物大舉遷徙來臺，而臺灣島上兼具熱暖溫寒垂直分布的多樣生物棲居地，極可能成為氣候變遷中的生物避難所，臺南左鎮菜寮溪、鹽水溪的更新統地層裡所發現犀牛、劍齒象、梅花鹿、四不像等所謂「左鎮動物群」的動物化石就是最佳的佐證（魏國彥1997）。

然而對於更早來到臺灣，已適應寒冷並棲息於中高海拔的動物而言，末次冰期由於植被帶大幅降遷，可能為了尋找食物也降遷至較低海拔，並在間冰期時隨著氣溫回升，部分族群回到高山地區。由於臺灣山高谷深的地形特色，動物族群隨著冰期、間冰期更迭而上下遷徙，很可能造成群體分割並相互隔離，長久下來終導致基因上的分化並進而分群。根據臺大動物科學技術學系朱有田教授研究臺灣水鹿DNA序列上的差異，他提出花蓮陶塞溪谷地很可能是水鹿的冰期避難所，為了證實這個論點，筆者嘗試進行陶塞溪谷地蓮花池中的花粉化石研究，以建立該地區上次冰期以來的植物群落特性，並藉此瞭解過去水鹿棲居於此的客觀環境條件。此工作是臺灣花粉學研究的一項創新，期望未來能夠透過更多跨領域、跨學科的綜合研究，使得臺灣花粉學呈現更加多樣的研究面貌。📖

參考書目：

- [1] 魏國彥 (1997) <冰期臺灣速寫>，《地球科學園地》，1997(4)。
- [2] 林淑芬、陳有貝、邱水金、李貞瑩 (2012)，<淇武蘭史前人群與自然環境>，李素月、許美智編《探溯淇武蘭—「宜蘭研究」第9屆學術研討會論文集》《宜蘭文獻叢刊35》，（宜蘭縣史館，2012），頁31-59。
- [3] Liew, P. M., S. Y. Huang, C. M. Kuo (2006) Pollen stratigraphy, vegetation and environment of the last glacial and Holocene—A record from Toushe Basin, central Taiwan, *Quaternary International*, 147, 16–33.
- [4] Liew, P. M., B. C. Chen, M. L. Hsieh, S. Y. Huang, C. Y. Lee (2013) Decreasing intensity of the last glacial stadials in low latitude terrestrial East Asia inferred by a new observation of pollen records in central Taiwan, *J. Asian Earth Sci.*, 69, 159–165.
- [5] Lin, S. F., T. C. Huang, P. M. Liew, S. H. Chen (2007) A palynological study of environmental changes and their implication for prehistoric settlement in the Ilan Plain, northeastern Taiwan. *Vegetation History and Archaeobotany* 16: 127-138.



林淑芬小檔案

國立臺灣大學地質科學系博士，現任中央研究院歷史語言研究所研究助技師
研究區域：臺灣

專長：古氣候學、環境考古學、科技考古學
課程：花粉學