



鑑古知今觀未來： 自然史博物館標本的科學價值

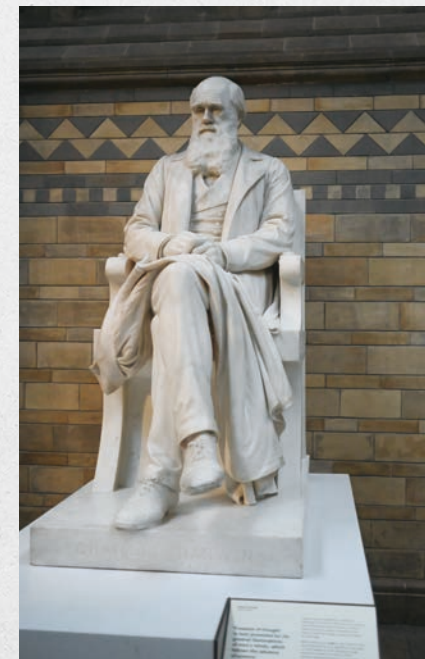
Learning from the past: Scientific value of the specimens in natural history museums

林彥博 Yen-Po Lin |

農業部生物多樣性研究所助理研究員 | yplin@tbri.gov.tw

世界及臺灣自然史的發展歷史

自然史(natural history)又稱為博物學，是一門對於地球上各式各樣的動物、植物、礦物的觀察及研究的學科。自然史最早的啟蒙可追溯到古希臘時期的亞斯里多德(Aristotle)的年代(西元前384-322年)，他認為宇宙萬物不被神以及幻術所控制，而是遵循著某種規律的動態，認為水、火、土、空氣是組成世界的四大要件。到了西元77年，古羅馬學者老普林尼(Pliny the Elder)所著“Historia Naturalis”(自然史)，被認為是西方古代百科全書的代表作。文藝復興年代各式動物學、植物學等自然史科學開始蓬勃發展，直至18世紀大航海時代，自然史科學的發展隨著自然史學家因為航海風氣盛行，開始在世界各地蒐集各式動植物標本而逐漸發展興盛，其中最重要也最著名的自然史學家是林奈(Carl Linnaeus, 1707-1778)。林奈被稱為是二名法之父，也是生物分類學之父，他發展出生物的分類系統，讓自然史的命名上開始有了標準，也開始促進學術上的交流。在林奈等人的根基上，自然史科學在19世紀發展到達鼎盛時期，重要的人物包含洪堡(Alexander von Humboldt)、貝茲(Henry Walter Bates)、達爾文(Charles Darwin)及華萊士(Alfred Russel Wallace)等人對於世界上不同生物相的探索，使這個時期發展出許多重要的學說如演化論。



達爾文與華萊士共同提出的演化論是現代生物學中相當重要的學說。圖為坐落於英國倫敦自然史博物館大廳的達爾文雕像(上)及達爾文所著之初版《物種原始》一書(下)。(林展蔚 攝)

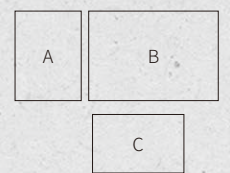
臺灣的自然史科學發展是從19世紀開始，其中最著名的博物學家為英國外交官——斯文豪(Robert Swinhoe)，斯文豪發表命名了許多臺灣的物種，尤其對臺灣的鳥類學及哺乳動物學分類貢獻良多，現今臺灣有許多物種是以他為名，以表彰他對臺灣自然史科學的貢獻。從19世紀由歐美國家主導的自然史研究之後，臺灣的自然史在20世紀初期日據時代則是由日本學者主導的時期，早田文藏跟鹿野忠雄是其中植物及動物博物學研究的代表人物。

標本館營運及分類學的困境

自林奈系統分類學開始發展的數百年以來，博物學家對於蒐藏及分類的熱潮，造就了许多自然史博物館及私人標本館的蓬勃發展，大量的標本蒐集造成各地博物館因應而生。這些自然史蒐藏是近代分類學、演化學、生態學與保育生物學發展的基礎。隨著科學的進展，豐富且具系統化管理的館藏標本，可以提供科學家們探究種內族群間的微演化進程，以及物種間的親緣關係，也可以自屬、科以上層級檢驗巨演化的趨勢與方向。在生態與保育層面上，大量且長時間的蒐藏甚至能量化種間生態關係及其於時空上之變化，而持續不斷的新種發現則讓我們更加瞭解地球生物多樣性之豐沛。然而隨著時代變遷，自然保育的意識開始興起，標本採集及蒐藏的風氣開始減弱，對於維持標本館需持續付出巨大的心力及經費，也成了館藏管理運作的一大難題。現今維持標本館的基本運作相當困難，如何活化館藏標本的利用及提升標本的價值，便成為蒐藏管理中的要事。而分類學研究的式微同樣是全球性的



普遍現象，在現今科技快速發展及世界學術趨勢下，分類學家正在快速凋零中，分類學研究報告在目前的學術評鑑制度下越來越不受到重視，因此博物館或標本館的人力、經費及空間均不斷地在被壓縮或削減，使得分類學家面臨瀕臨滅絕的困境。但在全球環境快速變遷的現代，生物如何受到長期的環境變遷影響，相當大程度上要倚賴分類學家及這些年代久遠的標本中找尋解答。以下將提供一些從生態學、演化學及保育生物學面向，如何以博物館典藏標本來回答長久未解問題的研究案例，並說明標本蒐藏在科學上的價值。



A.B. 豐富且具系統化管理的標本蒐藏是生物學發展的基礎。圖為生物多樣性研究所動物標本館的館藏標本。(林彥博攝)

C. 館藏標本可以提供科學家們探究生物演化的趨勢與方向。圖為始祖鳥的第一個完整化石，保存於英國倫敦自然史博物館。(林展蔚攝)

標本在生態學研究上的價值

生態系當中物種間的交互關係錯綜複雜且多變，過往在生態研究上最欠缺的即是鮮少有長時間大尺度的生態資料累積，以瞭解物種或族群的時空變化，而博物館中大量且長時間的蒐藏能提供這部分的解答。博物館中的標本蒐藏能量化種間生態關係及瞭解其於大空間時間尺度上的變化。例如在2023年Amarga等人利用檢視5千多件來自臺灣國立自然科學博物館累積將近40年的爬行動物標本，從中發現新的寄生蟲宿主，原本只記錄在臺灣蛇類身上的外寄生蟲，找了5個新的宿主物種，其中4種是新紀錄屬的宿主，而且能夠從這些標本中得到寄生蟲感染的時空變化，這個研究首次發現一些有新宿主的寄生蟲紀錄，並同時彰顯了長期蒐集的標本的學術價值。

另一個研究案例則來自於透過檢視國立自然科學博物館的蛇類館藏標本，來瞭解臺灣蛇類眼睛的形態變化與棲地、生態特徵之間的演化關係。Huang等人(2022)檢視橫跨7個科，33個物種，超過1千隻的蛇類標本，記錄包含



首次在麗紋石龍子身上發現的蛇頭病。(林展蔚 攝)

親緣關係、棲地類型、出沒時間、覓食策略及是否有紅外線感應系統等變因，想瞭解臺灣蛇類眼睛形態的變化與哪些變因相關。結果發現黃領蛇科(Colubridae) 的蛇類具有最大的眼睛，而且跟所在的棲地環境及出沒時間有顯著相關，陸棲蛇有最大的眼睛，再來是樹棲蛇，眼睛最小的是棲息於淡水環境中的蛇類，而夜行性的蛇眼睛顯著小於日行性及晝夜都會活動的蛇類。此外眼睛大小跟覓食策略及是否有紅外線感應系統沒有顯著相關。這個研究告訴我們蛇類的眼睛大小跟親緣關係及生態環境條件有顯著的相關，至於背後的生態及演化機制則值得繼續探究，瞭解蛇的視覺與其他感知系統是否有哪些生活史特徵上的取捨，可以讓我們對蛇類眼睛的演化能有夠進一步的認識。

博物館標本保存了珍貴的遺傳基因體資訊

博物館中長期蒐藏累積的標本，對於生物學知識還有很重要的一環，是可以提供分子保育遺傳學的材料，藉由比較古老標本跟現代標本的遺傳資訊，可以知道已滅絕的物種，在親緣發生樹上的位置來重建親緣關係與演化歷史，也可以知道從過去到現在族群的遺傳多樣性的變化，在保育工作上也可以利用分子遺傳資訊來進行保育單元的界定，甚至可以進行物種及族群的適應性演化機制的探討(Nakamura 2021)。Museomics的發展在最近幾年受到許多關注，Museomics一詞是由museum+genomics所組成而來，顧名思義就是從博物館的標本中萃取出分子遺傳資訊，其中有兩個比較常見且用法有些混



蛇類豐富的眼睛形態多樣性。(A.B.D.E.G. 林展蔚 攝、C.F. 林彥博 攝)

A	B	C
D	E	
F	G	

淆的名詞：ancient DNA (aDNA)及historical DNA (hDNA)。一般而言從博物館中超過200年以上的古老標本(例如在自然狀況下保存的骨頭、植物組織或環境樣本)中得到的分子資訊叫做ancient DNA (aDNA)；而從小於200年歷史，存於館藏引證標本(voucher specimens)組織中取得的分子資訊則稱為historical DNA (hDNA) (Raxworthy and Smith 2021)。藉由次世代定序方法，Museomics可以克服以往古老標本DNA容易碎裂跟降解的問題，便可順利從古老的標本中取得大量的基因組資料來回答許多演化上的問題。

例如在1914年宣告滅絕的北美旅鴿(*Ectopistes migratorius*)，這種數量曾經多達30–50億之多的鳥類，為何在短時間內快速滅絕，是許多鳥類學家都想知道的問題，在滅絕過程中可能因為哪些原因而導致牠們的快速滅絕，或許可以從古老旅鴿標本中得到的基因組資訊來一窺究竟。Hung等人(2014)在博物館中取得旅鴿標本組織進行基因組定序，其結果顯示旅鴿的有效族群量僅有33萬隻。有效族群量(effective population size; N_e)是指在一特定時間內能經由繁殖而對族群作出貢獻的個體數量，有效族群量遠低於實際族群數量顯示旅鴿族群的遺傳多樣性相當低。研究中也指出旅鴿的數量並非一直很多，而且呈現一個波動的狀況，由棲位模式預測的分析也可以看到在冰河時期，旅鴿的適合繁殖區域急劇的縮小，另外旅鴿的食物來源北美橡樹族群也是呈現一個波動的現象，進而影響到可支持旅鴿生存的環境承載量，因此這篇研究支持旅鴿的族群動態歷史具有劇烈鳥口波動，又剛好遇到人類大量捕殺的過程而使旅鴿在短時間滅絕。然而，

Murray等人(2017)的研究則呈現與前者相當不同的結果，這個研究指出旅鴿的有效族群量為1,300萬，而且在2萬年前的數量相對穩定，並非是呈現一個劇烈波動的狀況。這篇研究提出天擇加上環境快速變動是旅鴿會快速滅絕的原因，原因是族群量大相對的天擇力量也會作用較大，導致整體的遺傳多樣性偏低，經過環境快速變遷及人為捕獵後族群就快速下降而滅絕。此外從旅鴿族群中偵測到有32個基因受到正向選汰影響，這些基因大多與免疫、壓力調控及消化有關。正向選汰(positive selection)是指對族群有利的等位基因，這些等位基因會在天擇力量作用下在族群中增加，並漸漸取代其他等位基因。從上述兩個旅鴿基因組的研究得知，要瞭解一個物種為什麼會快速滅絕的原因可能有很多，要考量眾多的原因，但如果沒有博物館的標本，我們可能永遠無法得知背後的原因。

標本蒐藏與保育上的關聯

在瀕危物種的保育工作中，瞭解瀕危物種的遺傳多樣性狀況是一件基本且重要的項目。我們可以從遺傳多樣性的角度來看這些瀕危物種的有效族群量，或是近親交配現象嚴不嚴重，也可以從中知道是否有受到一些干擾導致喪失原先的遺傳結構及組成。因此瞭解瀕危物種的遺傳資訊在設立保育策略及保育單元上是相當重要的。而為了保育一個數量及分布急劇減少且瀕臨絕種的物種，僅使用現存個體進行基因分析可能不足以闡明近期遺傳特徵的變化，因為棲地喪失或是族群快速減少會有嚴重的遺傳瓶頸效應，通常會改變瀕臨絕種族群的等位基因頻率，因而無法估算物種在族群規模



英國倫敦自然史博物館大廳的藍鯨骨骼標本「希望(Hope)」。此藍鯨骨骼標本於2017年起展出，策展設計欲反映現代人類對自然環境的衝擊，以及博物館對未來保育與生物多樣性的期許。(林展蔚 攝)

減少之前的原始基因頻率及結構。此外，若要從一個極度瀕危物種的殘存族群中進行遺傳分析，由於棲地的範圍和品質及遺傳多樣性皆已經減少，透過對殘存個體的分析來嘗試說明背後族群快速減少的機制可能會非常困難。為解決這個問題，歷史遺傳基因分析——即是對過去博物館收集的標本進行基因體分析，可以成為研究和應用保育遺傳學於瀕危物種的有效工具。因為歷史的基因資訊能揭示在人類活動導致瀕危物種族群數量減少之前，物種的基因多樣性和結構為何，也可以與現今殘存族群進行比較。因此在保育行動與策略上，瞭解現存瀕危物種族群的遺傳多樣性現況，以及對照過去歷史的遺傳資訊，來瞭解可能的族群變動機制可以讓保育工作更有效率也更能切中目標。

結語

雖然博物館的經營與管理，一直以來都是一件困難且需要充足的人力物力投入才能維持。但是博物館中的標本蒐藏是生物學的寶庫，人類也可從過去的標本蒐藏及資訊學習到許多歷史經驗，值得讓人們知道博物館標本蒐藏的重要性，進而支持博物館運作。此外如何活化館藏標本，以及增加館際間的交流也是博物館管理的重點，在現今環境快速變遷的時代，許多物種可以透過長期累積的時空資訊來瞭解牠們的前世今生，運用這些資訊可使瀕危物種免於滅絕的危機，也讓寶貴的物種未來不僅存在於博物館冰冷的標本櫃中，而能世世代代的在自然棲地中徜徉。

