

化石的魅力

何耀坤
台南市私立光華女中

本人於五十多年前在台南一中念書的時代，曾跟隨日籍生物教師到台南縣左鎮鄉茶寮溪採集化石，第一次看到象的臼齒化石時的好奇和感動至今難忘。以後本人志願生物教師為職業四十多年間，繼續採集台灣南部的生物化石，也常帶學生同行。最近五年來參與台南奇美自然史博物館的工作後，有機會和國外的相關機構接觸，也和中國南京古生物研究所交流，收集到世界各地的精采標本後對化石的興趣不斷增加。今後如何將自己的感動傳給後代學生是我的願望。本文是將自己對化石的感動和學生們常問我的問題寫出來，喚起一般學生對化石的學習興趣。

一、看化石的美和感動

當你拿鐵鎚猛打堅硬岩石時，忽然在岩石的裂片上出現以前生物的形體或遺跡（化石），任何人都會湧出一份喜悅和興奮，並發現這岩石裡充滿著過去生命的紀錄。

我們看到化石時會被它的形態和所具有的意義所吸引，諸如簡單的線對稱，回轉對稱以及複雜的非對稱等等。其中最令人興奮的，則是化石可反應出過去數億年歷史的生命紀錄。透過化石的存在，可將過去古生物的姿態大體地復原而呈現在我們眼前。

今日幼稚園或國民小學的學生中，許多人家裡有不少恐龍玩具，圖畫書中也有許多有關恐龍等古生物的畫片。許多兒童不但能說十多種的恐龍名稱，更能畫出十多種恐龍圖畫。事實上在古生物方面也許兒童比我們知道的還多。還有流行的恐龍展，令人感覺古生物學正在推廣之中。

古生物學知識能啓示我們，在地球的變遷過程中，生命是如何的適應大自然而存活，或如何的無法適應而絕滅。在中學的生物和地球科學課本中，都有古生物教材，一般學生除了對恐龍比較了解外，對其他古生物的認識並不多，更談不上有系統的學習古生物學。台灣地區缺乏有組織且豐富精彩的標本展出地方，本人現任台南奇美自然史博物館顧問，希望今後朝此目標充實標本，以滿足學生求知的好奇心，達成良好的科學教育效果。

二、化石如何形成

所謂化石就是地質時代（史前）的生物遺骸，有些古時在中國稱「僵石」。被發現的化石中，水棲生物較多，陸棲生物較少。動物體的堅硬部分如殼、骨、齒和角等較易形成化石，但是必須是死後很快地被掩埋。至於有機物質部分則多會腐化成空，偶有被外圍礦物粒子進入置換而成化石。有些貝殼雖然溶失後，原堆積在內側的泥土，可以經過硬化而變成石頭；此外礦物亦可充填在貝殼內或骨骼中的空隙而變硬，經過不同的石礦化如鈣化、石英化、黃鐵礦化，黃銅礦化及稀有的黃金化而成爲化石。

年代比較古老的化石，由於埋藏較久而出現較硬的礦化或半寶石化現象，而年代較新的化石則較脆弱。有些化石留有清楚印痕，如貝殼、葉、樹幹、魚等在岩石中稱爲（內、外）模。生物內、外模間的空隙若被泥或礦物質充填，可形成鑄形。有些生物被埋藏之後，會受到岩石向下壓力作用，終使生物在岩石中留下一層很薄的碳膜，當岩石裂開後便可看到有薄碳膜的化石，例如樹葉化石。矽化木則是樹木被矽質取代。比較特殊的，如在西伯利亞冰層中發現的猛象，經數萬年冰凍，其肌肉和內臟尚未腐敗，發掘解剖時仍會流血，也有人稱爲化石。

三、化石與時間

古生物學家利用標準化石，做爲化石定年的依據。因爲標準化石的演化速度快，出現時間有限，而且分布廣。地質學家假設化石和其所在岩石同時形成，因此可以利用化石的出現來推測岩層的年代。例如地質年代中的「代」與很多生物的滅絕時間相符合。古生代志留紀在四千萬年間，有四十層的筆石帶（筆石是已絕滅的動物化石），平均每一筆石帶一百萬年。換句話說，我們可以筆石帶大致將志留紀劃成四十個一百萬年單位來研究地球的歷史。另如中生代侏羅紀的菊石帶也如此。也因此可以一百萬年爲單位來推測筆石和菊石因演化而產生的形態上的差異。人類由猿類的演化也大約歷經一百萬年。

四、「幾億年前」的化石，是根據什麼推算出來的呢？

上述所提到的四千萬年是如何得知的呢？自然界中的放射性元素並不安定，能夠自動分裂、放出粒子而蛻變爲另一種同位素或元素，最後變成安定元素。每一種放射性元素具有一定的蛻變速度，不受溫度或壓力影響。某一元素蛻變爲原來質量一半所需要的

時間，稱為半衰期。只要知道原來元素的含量和它的半衰期，以及它蛻變所成元素的含量，就可以推算出含有這一元素之礦物的絕對年齡。例如有一塊含 U^{238} 又含 Pb^{206} ，有一半的 U^{238} 蛻變成 Pb^{206} 需要 45 億元年。假設該岩石中含有等量的 U^{238} 和 Pb^{206} ，則其年齡約是 45 億元。若有岩石含 $3/4 U^{238}$ 和 $1/4 Pb^{206}$ ，其年齡約是 22 億 5 仟萬元。計算式如下...

$$\text{含鈾 (U) 礦物的年齡} = \frac{Pb}{U + 0.36Th} \times 7600 \times 10^6 \text{ 年}$$

(0.36Th 是對鈾的補正值)

用鈾鉛法可測定三千萬元以上的礦物年齡，若用放射性碳法 (C^{14}, N^{14}) 可測定四萬元以內所保存的有機物，人類考古學可使用此法。此外我們也可以測定古象齒和骨骼中的錳含量，來檢定台灣左鎮哺乳類的化石的年齡。如果錳含量在 0.5 至 0.74%，則其年齡約在 50 萬元左右。

五、現在為何沒有恐龍？據說古時候會有彗星撞上地球，而使恐龍死光，這是否事實？

恐龍在中生代的白堊紀末消失，三葉蟲在古生代的二疊紀末絕滅。這麼大批的族群系統的完全消失，當時到底發生了什麼事件呢？中生代末期絕滅的不只是恐龍，連海中的菊石也一齊絕滅，大約全球 70% (據日本早稻田大學平野弘道教授) 古生物都在此時消失。為了說明中生代大量生物絕滅的原因，根據地質學上已知的證據，如許多白堊紀時分布在陸地上的淺海，到了白堊紀晚期逐漸的消失，地球氣候由四季不明顯變成四季分明，地球科學家創設了許多學說，主要的有下列四種。

(1) 氣候變化說...

氣候變化原因是由於大陸漂移、海流循環系統改變，而引起氣溫降低。

(2) 海洋水面降低說...

因為大氣溫度降低，南北極凝結很多冰，所以在中生代末期全球的海面降低很多，有許多生物生活的大陸棚變成陸地。

(3) 火山活動說...

因為火山爆發大量火山灰吹上天空，遮天蔽日而使氣溫降低，影響植物的光合作用及動物生存。

(4) 隕石衝擊說...

大約在 6500 萬元以前，中生代和新生代的地層中間有一層 10 公分左右含銱 (*Iridium*)

的粘土層。根據化學分析，隕石常含有這種親鐵族元素鈹，加上此一時期隕石坑的發現，可證明當時曾有隕石衝擊地球，爆炸後塵灰飛揚而遮天蔽日，導致氣溫降低及植物光合作用的阻礙，凡此種撞擊都可能促進恐龍的滅絕。一部分中生代的動物在該代的末期已經滅絕，幸運而存活的動物也趨於瀕臨絕種狀態，在這情形下隕石落擊就成爲中生代的最後終結者。至於彗星撞擊的說法，則可由最近有彗星撞擊木星來證明，地球也可能發生。

六、結語

人類對化石的認識自古代一直到中世紀，這時代的人都以神話和傳說來解說化石，也用化石來治病。在歐洲方面，中世紀時有人用化石來證明基督教聖經的舊約創世紀、諾亞洪水說，但是後來大家對化石的形成年代產生懷疑。從此開啓以科學方法追究地層和化石的關係，經過將近一百年的調查研究，將化石按地層年代排列，發現生物演化的系列關係，也編出地質年代表，到了本世紀，更使用放射元素來計算地層和化石的年齡。這是近代自然科學的大成就，我們相信經由教育的努力，可以使化石呈現更吸引人的一面，也會更珍視地球賦予我們的寶藏。★