

石中謎 -- 探索古生物

盧招如* 羅珮華**

*臺北縣立新莊國民中學

**國立臺灣師範大學 科學教育中心

前言

似乎每個人的兒時，都會詢問父母同樣的問題：「我是從那裡來的？」長大成人後，更見識到在世界各個角落多樣化的生態系裡，棲息著各種不同的生物，心中不免泛起類似的問題：它們是何時開始存在的？它們的祖先與我們的祖先有關聯嗎？

在 18 世紀以前，地質學尚未蓬勃發展時，對於這個謎團，多半的人都接受哲學家的臆測或推斷。但是隨著工業革命的浪潮，科學運動的啟蒙，對於大自然現象的質疑，經由一點一滴的分析、推論與驗證而獲得合理的解答。當我們在探索生命的存在與起源時，我們慶幸所居住的這個地球，擁有一個極佳保存“記憶”的工具——地層，為我們留下漫長時間中完整和不完整的地球上訊息，人們再藉由各種科學理論與工具的發展，慢慢解開地層中的故事。

因此，當人們開墾土地、闢建道路時，有時可以從地層中挖掘到許多除了沙石、泥土之外的東西，例如煤炭、貝殼化石（圖一）

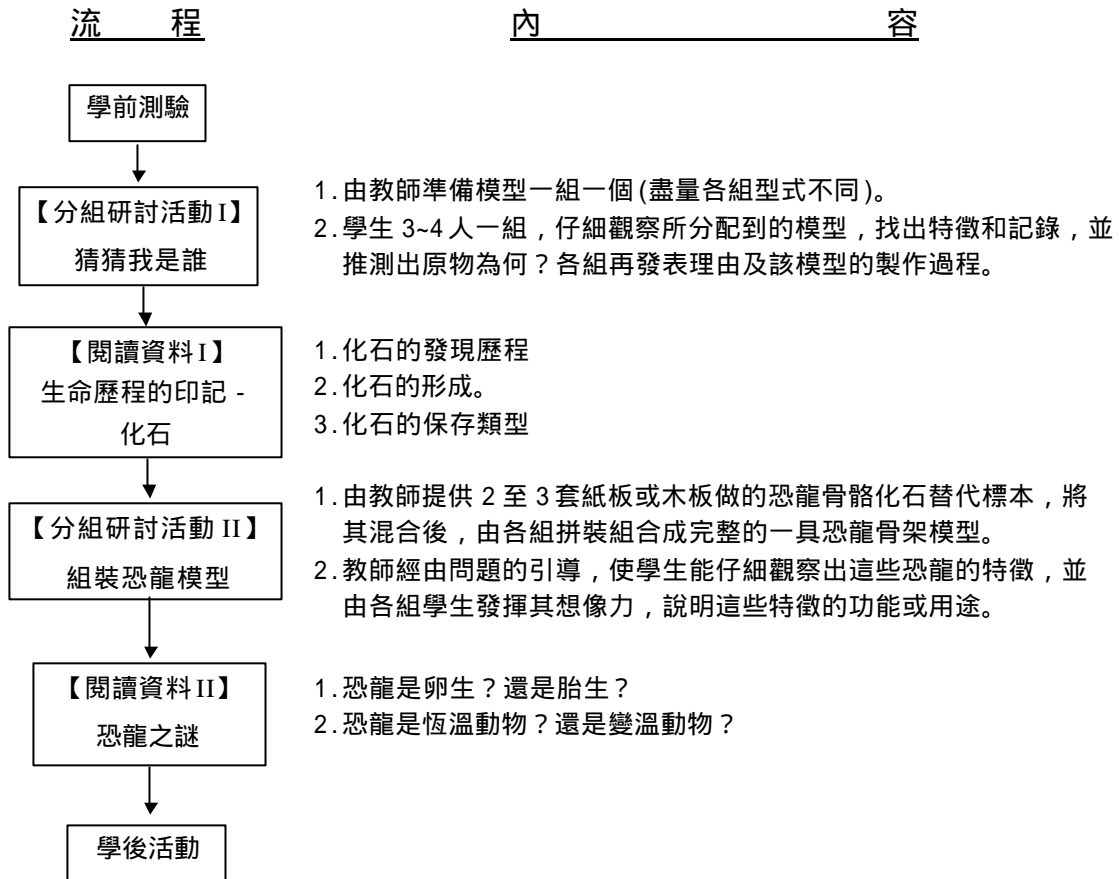
或動物骨骼化石等，因此在沒有植被的岩石表面上，常可以看到化石的蹤影。你是否曾經注意過化石呢？化石又有哪些種類呢？它們和一般岩石有何不同處？化石有什麼用途呢？

本模組教材著重以活動過程來培養學生細心觀察、理論分析與演繹的科學能力，並且以資料閱讀方式，讓學生了解化石的相關知識和概念。

圖一 地層中的貝殼化石。



模組教材使用流程



學前測驗

1. 你知道什麼是「化石」嗎? 請簡單說明它的意義。
2. 生物死亡後, 那些遺骸部分是比較不容易腐爛敗壞的?
3. 動物遺骸或生前的活動痕跡如何被保存在地層中呢?
4. 如何從古生物的化石中, 了解它們的生活習性呢?

分組研討活動 I

猜猜我是誰

一、活動說明

1. 教師可以找幾樣的日常生活用品, 或樹葉或借用小孩子的手腳印等, 用黏土或石膏將它們製作成模型樣本, 提供給學生使用。學生分組後用抽籤方式, 選取他們所要觀察的樣本模型。
2. 經由學生的仔細觀察並討論後, 請學生將這個模型的主要特徵紀錄於活動紀錄單, 並決定它是何種物品的模型。

3. 當各組都完成他們的觀察、討論和推論後，選派一位代表說明他們那一組進行的過程及結果。

二、活動紀錄單

特徵項目	說 明
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
模型名稱：	

閱讀資料 I

生命歷程的印記 - 化石

神話到科學真相

從歐洲的許多岩洞裡，我們尋獲到人類早在洪荒時代，就有蒐集化石的線索。但是當時的人多半是在偶然情形下發現化石的，最多也只是把它們當成工具或裝飾品。到了神祇宗教時代，大部分的人將化石視為神怪、妖魔或巨人等遺留的傑作。西元前哲學思辨時期，西臘哲學家亞里斯多德認為，化石就像水晶、鐘乳石一樣在地下自然生成的。雖然前述是過去人類對化石的解釋，儘管如此荒謬，卻也是代表人類，為闡明自然現象所做的努力。

其實，西元前早有科學家解釋化石是生物的遺骸，它們是生活在遠古時代，其生活條件與目前迥然不同。可惜這樣正確的科學觀念，卻無法傳遞出來。文藝復興後，印刷

術和紙張製作的發明，促進了自然科學的研究風氣；當化石蒐藏的目錄編纂愈來愈多時，知識份子紛紛開始探索化石的起源，提出各類不同的解釋。

終於在十七世紀中葉後，化石的定義才算是步入科學的正軌。首先，是丹麥解剖學家史丹諾（Nicolas Stenon），確定一種狀似舌形的化石為鯊魚牙齒，並且同時提出地層學的基本觀念：上面的地層是比它下面的地層要年輕。自此以後地質學和化石的兩者關係，變得密不可分。十八世紀法國博物學家布封（Georges-Louis Leclerc comtede Buffon），更是推測地球已經歷漫長的時期，滅絕的物種是最不能適應環境的物種。1796年一月的一場劃時代演講，年輕的法國科學家居維埃提出比較解剖學的兩大基本原則：器官的從屬律（註解一）和相關律（註解二），使得化石的鑑定工作有進一步的發展，能將原先挖掘出來，是一堆雜亂的化石或一個化石標本，拼湊成已絕滅生物的全貌。

所以直到現在，被科學家所挖出來的化石，不再是孤立孤獨的個體，科學家除了直接觀察了解化石本身的特質、保存狀況、大小顏色等，還可以藉助精密儀器解析它們的組織和構造，建立這些化石存活時期與環境之間的關聯性和演進。

（註解一）從屬律：生物體的重要器官彼此間互為影響的關係。

（註解二）相關律：生物體的重要器官彼此間互為排斥的關係。

化石的形成

所謂的「化石」，是指古代的生物（動、植物）死亡後，被掩埋在地層中的殘骸或遺跡。

但是並非所有的古生物死亡後，都可以成為化石。因為死亡的生物遺骸，通常暴露在空氣中，由於氧化與細菌的腐敗作用，使得這些有機體不容易被完整的保存下來。也就是說化石的形成，必須要有一些特殊的條件配合才能達成。一般而言，主要的條件如下：

- 一、生物本身具有硬殼或硬體結構組織，才有被保存為化石的可能性。
- 二、生物死亡之後，能迅速地被埋藏在砂土、淤泥中，或急速冷凍、或乾燥，以避免被腐化，而後再被礦物滲入結晶、置換或炭化等。
- 三、若是生物的活動痕跡保存，則是需要有柔軟的泥土地層，當生物活動過後分泌之黏液滲入泥土中，帶有黏液的泥土又被一層泥土覆蓋在上面，才能將生物遺跡保留。
- 四、化石要能長長久久被保留幾百萬年或幾億年而不被破壞的話，那麼必須在生物成為石化後，這個地層不再經歷任何影響地層的地質作用（風化、侵蝕、變質等）或地殼變動，以免化石因溶解、換質、變質或擠壓而消失。所以地質變動頻繁的地區，是不易形成化石的。

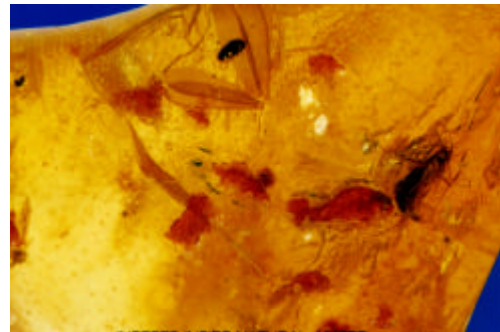
化石的保存類型

從洪荒時代到現在，人類挖掘發現的化

石數量與種類，真是包羅萬象。不過依據形成與保存過程的不同特點，大致可以將它們分為實體化石、模鑄化石和遺跡化石等三大類。

一、實體化石

在特別適宜的情況下，避開了氧化和細菌的腐敗作用，古代的生物遺體本身幾乎完整地或部分（硬體）保存而無顯著的變化或缺失，即是實體化石。例如，1901年在西伯利亞的凍土層裡，發現了2500年前生存過的猛瑪象（又稱長毛象），或在波蘭的古代瀝青湖的披毛犀化石，以及大量琥珀中的昆蟲化石（蚊、蜂、蜘蛛等）（圖二）。



圖二 在天然琥珀中的昆蟲。

包含生物軟體部分的化石為數並不多，絕大部分是保存硬體部分，且都有不同程度的化石化作用（fossilization），例如生物體中的空隙被礦物填充，或經過溶解交換取代，其中常見到的就是矽化木，雖然生物的微細構造被破壞，但仍保留原物的外型。另一類實體化石是由於生物體中易分解、揮發的物質先消失，留下碳質薄膜再經由其他物質充填而保存生物體的外觀。

二、模鑄化石

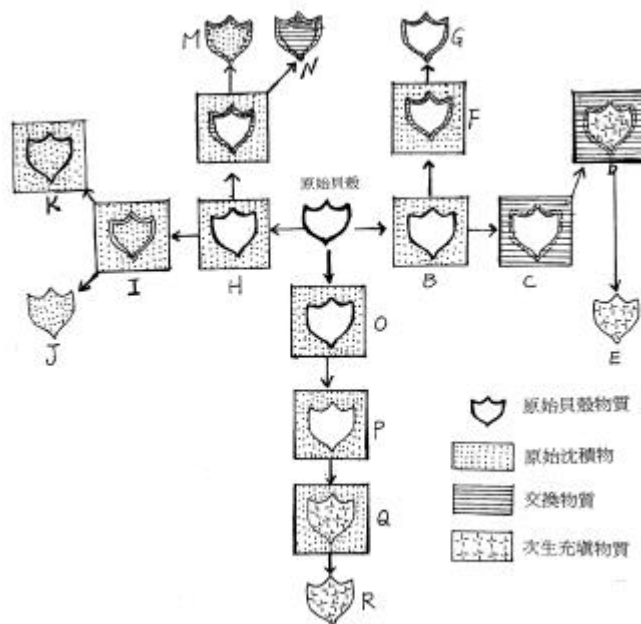
模鑄化石指的是生物遺體在掩埋的岩層中留下印模或再複製的鑄形物(圖三),依據化石與地層的關係又可分為五種類型:

1.印痕化石:生物遺體(主要是軟體動物或植物)陷落在碎屑沉積物或沉澱性沉積物中,留下生物體的印痕後,印痕迅速被保存起來,這類化石可反應生物的主要外觀

特徵。

2.印模化石:原生物的硬體遺骸可能已被溶解消失,留下模印,包括有外模與內模。前者是遺骸堅硬部分(如貝殼)的外表,印在岩層中的痕跡,可告訴人家原生物的外型及構造;後者則是內部的輪廓構造,被留下的印痕,能反映生物的硬體內部型態及構造特徵。

你知道模鑄化石如何形成嗎?配合上下文字說明就可以解讀出英文字母的意思了!



圖三 模鑄化石的形成過程。

3.模核化石:是一種生物體死亡後,其體內被沉積物瞬間充填、固結,而後生物體被溶解,留下內部構造實體,稱為內核,它的表面就是內模,它的大小形狀與原生物體內大小形狀一,能反映生物體的內部構

造。另一種,則是被掩埋的生物體內,沒有沉積物充填,留下所謂的外模,等生物被溶解後,再有沉積物填充,就形成與原生物外型大小一模一樣的實體,就稱為外核。

4. **鑄型化石**：當生物遺體埋在地層中，已經形成外模或內核後，生物體再全部被溶解，留下的空間由另一種礦物填入，像工藝的鑄型品一樣，使充填物保存生物體的原形及大小，這就是鑄型化石，能夠表現原生物的內外特徵。

5. **複合模**：生物體埋藏在沉積物中，形成內、外模，隨後被溶解留下空隙，再經歷密使內外模重疊在一起的化石。

三、遺跡化石

生物的活動痕跡和遺物，被保留在岩層中形成化石稱為遺跡化石。通常此類化石和其實體化石很少同時存在，所以在鑑定兩者關係有其困難度。這類化石可以讓我們了解某些生物的存在及活動方式，豐富了古生物的記錄內容。例如引人注目的脊椎動物的足跡化石，從足跡的大小、深淺和排列情況等，可以推測該生物的身體輕重、行走狀態與速度；而從足跡是爪印或蹄印，也可推知是草食性或肉食性的動物。另外遺跡化石還包括生物的爬痕或潛移的穴道等。

遺物化石往往指的是動物的排泄物（圖四）或卵，例如舉世聞名的恐龍蛋化石（圖



圖四 恐龍糞化石。



圖五 法國出土的恐龍蛋化石（雷龍）。

五）便是一種遺物化石。至於人類出現以後，只有舊石器時代的勞動工具、或文化遺跡等，才能納入化石的行列中。

分組研討活動 II

組裝恐龍模型

一、活動說明

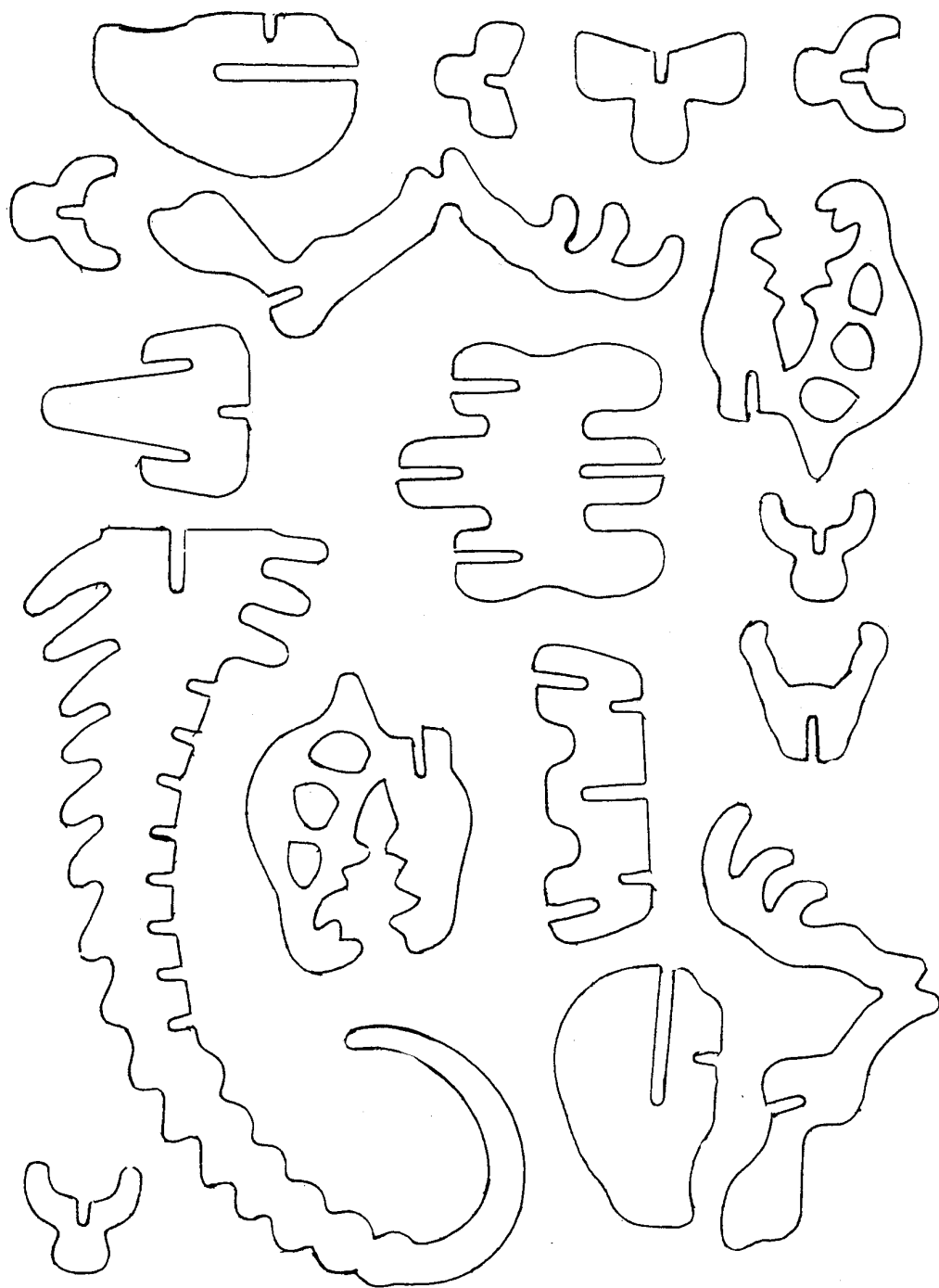
購置如附圖一和附圖二的相關恐龍骨骼化石模型材料數套，讓各組學生在課堂上組裝出完整的恐龍骨架模型，並替他們取名字。若時間不足的話，教師也可以請學生利用課餘時間自行製作組裝，然後在上課時將組裝完整的恐龍模型帶來展示，並作進一步的討論說明。學生活動部分結束後，教師再拿出正確的組裝模型，與學生對照。

二、活動紀錄單

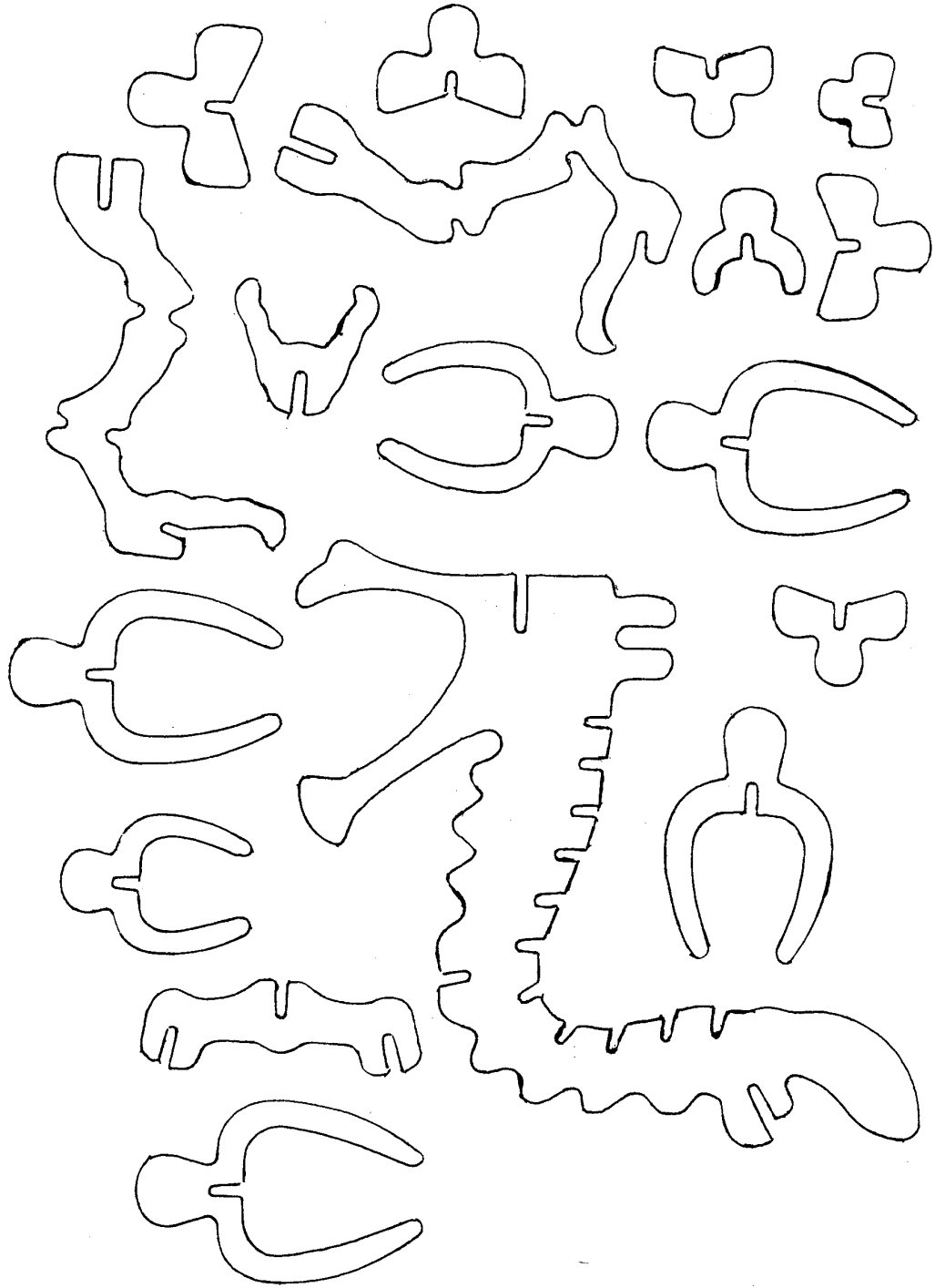
編號與名稱	特徵說明	特徵之功能或用途說明
模型編號 1	1.	
	2.	
	3.	
模型編號 2	1.	
	2.	
	3.	

綜合說明：

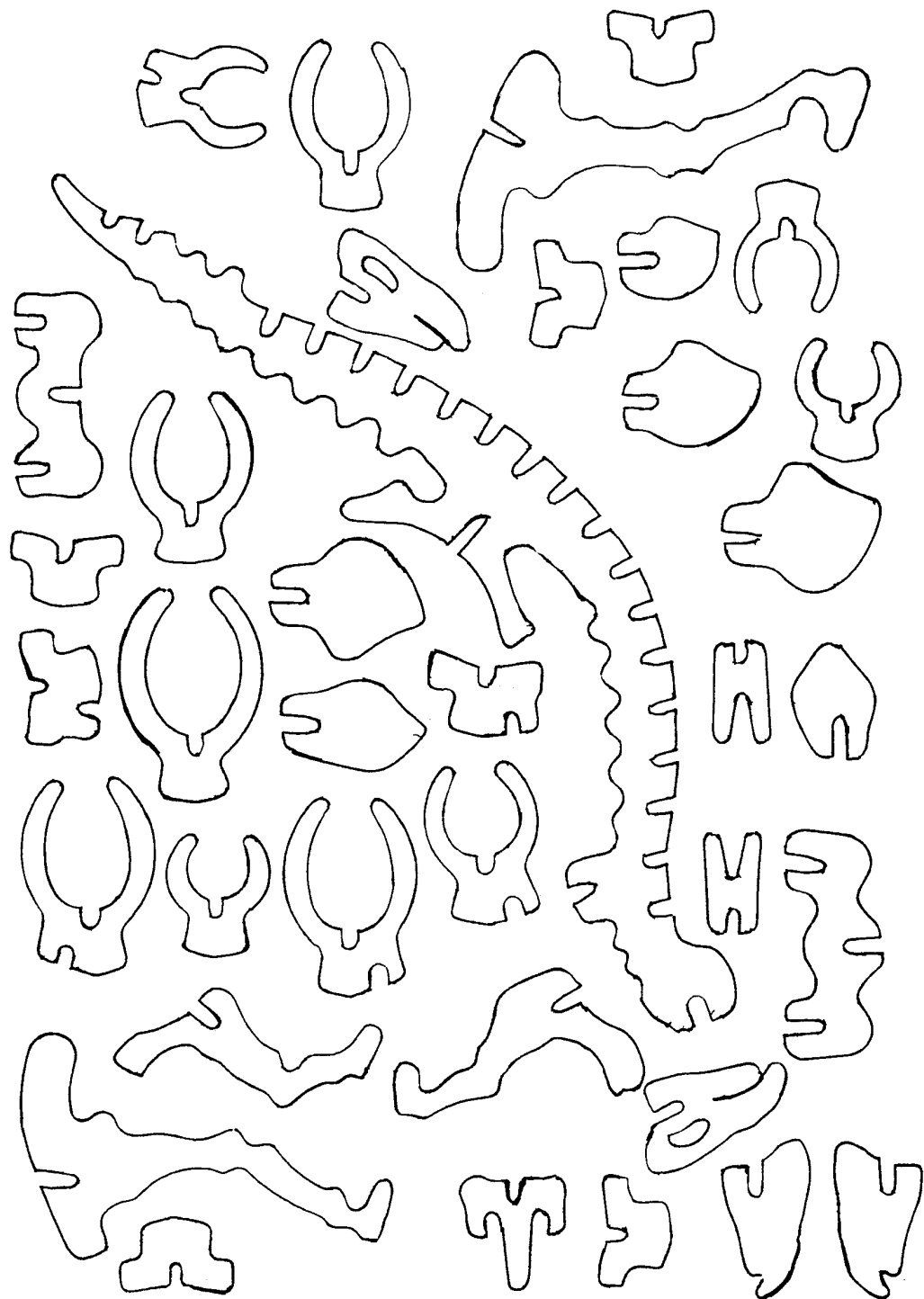
附圖一



附圖二之一



附圖二之二



三、問題討論

1. 你們如何判斷組裝出來的恐龍是肉食性還是草食性？
2. 你們組裝的恐龍模型中，在脊背上有出現骨板的結構嗎？如果有的話，你們認為它有何用途呢？

閱讀資料 II 恐龍之謎

在許多早已滅絕的史前動物中，「中生代之王」恐龍是最得大人小孩恩寵與喜愛的動物。恐龍王朝曾經在地史上笑傲江湖一億六千萬年之久，足跡遍布全球五大洲。科學家從挖掘出的恐龍化石殘骸破片中，重組了一個實存後又消逝的迷離世界。在脊椎動物的演化歷程裡，他們自成一格，沒有任何的動物像他們那麼成功，就算是自稱為萬物之靈的人類，在地球上出現迄今也不過短短的五百萬年而已！

“恐龍 - Dinosaur”這個名詞的出現，是在 1842 年時，由英國著名的古生物與解剖學專家理查·歐文（Richard Owen）提出，英文部分是源自希臘字頭“Deinos” - 恐怖，

和字根“sauros” - 蜥蜴；中國所稱的恐龍一詞就明顯的表示可怕的龍。他們當中有身體龐大無比、行動緩慢的如大椎龍等（圖六），也有頭腦高度發達、動作快捷靈敏的似鳥龍等（圖七），但是這一群已經絕滅的恐龍，仍是有一些令人不解的地方。

恐龍是卵生？還是胎生？

在恐龍的生存故事中，不管是兒童或成人大家都曾想過恐龍的後代到底如何出生？就現在的兩棲類和爬蟲類來說，除了少數的爬行動物是卵胎生之外，大多數的爬行動物都是卵生的。由於部分恐龍有巨大身軀，很難讓人聯想牠是由一顆蛋孵化長大的。

不過，就在 1922 年美國自然史博館的探險隊，在蒙古戈壁沙漠中，掘到了第一枚的小型有角類原角龍的恐龍蛋，恐龍傳宗接代的型式終於有了雛形。之後，也陸續挖到代表其他不同成長階段的珍貴化石，包括未孵化也未完全發育的胚胎幼體，以及恐龍蛋的巢穴。其中巢穴裡的蛋之擺放，以同心圓或二行成列的模式排列，使我們更能進一步了解恐龍的孵育行為。



圖六 大椎龍



圖七 似鳥龍。

還有一派科學家認為恐龍也許是卵胎生，只是目前尚未發現這個化石而已！不過科學好玩與令人著迷的地方就是如此，還有許多未發現與發明的現象物質，就等待有心人來採取。

恐龍是恆溫動物？還是變溫動物？

這是一個令古生物學家傷腦筋的問題。一般人都知道，現在的爬蟲類動物是冷血型，體溫會因環境的溫度而改變。而恐龍也是爬蟲類，是否意味著他們也是冷血型動物呢？為了要證明恐龍是溫血動物，美國古生物學家巴克（Roter Bakker）努力思考一些相關的事情，例如恐龍的站姿、活動能力、以及掠食者和被掠食者之間的比例等，再來找尋線索。

首先就站姿部分，恐龍屬於直立型並非匍匐前進的姿態，因此他們的腦袋就會高過其心臟位置，且心臟中的心室是完全分離，尤其對碩大型的恐龍而言這樣才能夠壓縮血液到頭頂上。另外，恐龍若要持續維持高活動力，以強壯後肢追跑獵物，或被追捕而逃跑者，就必須是溫血型才足以應付消耗的體力。古生物學家巴克同時也考慮到掠食者和被掠食者的比例，對同體型的溫血型與冷血型的動物來說，前者的食量是後者的十倍，因為溫血型動物的熱量是由食物來補充產生體溫。所以他估算中生代兩者的比例來支持他的論點。

再者，另一項支持恐龍為溫血型動物的論點，是由恐龍與哺乳類動物間的骨骼比較所發現，恐龍骨骼中有較多的通管可攜帶血

管之用，與哺乳類十分相似，卻不同於其他爬蟲類。但是有一派科學家認為，骨骼中血管分布密集，也可能是為了使恐龍擁有快速成長的能力，並支撐身體的重量。況且龐大的身軀也可以在太陽光下照射幾小時後儲存較多的熱能，夜晚再緩慢的散熱，到清晨醒來時暨不會冰冷也不會懶洋洋。

到底恐龍是溫血型還是冷血型？目前，唯一可以被大家接受為恆溫型的是小型的肉食性恐龍，其他的恐龍由於部分化石保留不易及不充分下，至今爭辯仍持續不止。不過無論如何，科學家已然攪動一個充滿趣味漣漪的困惑水，讓我們再度對恐龍產生深刻的迷戀與想要在發覺的動機。

學後活動

1. 進行一趟齒模製作過程的調查拜訪，並圖示說明它的製作流程。
2. 到中藥材店尋找屬於生物化石的藥材有那些？

致謝

本模組教材為國立臺灣師範大學科學教育中心八十九年度國中數學及自然科學生活化實驗設計學習模組的研究開發與推廣計畫成果之一，感謝同時參與計畫的林素玉老師和鄭悅海老師對本教材提供寶貴意見。