

## 歸去！來「蜥」

全球不景氣，人人拚經濟。你可能是有那麼點文采，不小心又恰好選對了題目，投稿到科學人雜誌參加「人與自然」科普寫作競賽，過五關斬六將好容易得了首獎八萬元。但今年嘉義縣環保署提供你另外一個管道，短短三星期，也可以領到八萬塊獎金。

### 外來種？入侵種？

這一年來嘉義縣三界村沙氏變色蜥數量暴增，嘉義縣環保署懸賞一隻 20 元，鼓勵民眾同心協力齊抓蜥。會如此大規模斬草除根，只因沙氏變色蜥是危害到台灣本土蜥蜴的入侵種。

沙氏變色蜥原產於古巴和巴哈馬等加勒比海島群（見圖一.），近年入侵到美洲，嚴重影響當地蜥蜴的生存情形。台灣於 2000 年便在嘉義發現此入侵種蜥蜴，2006 年則首度擴散至花蓮地區。沙氏變色蜥有捕食本土蜥蜴的記錄，並且與台灣特有的斯文豪氏攀蜥競爭棲地與食物，排擠本土蜥蜴的生存空間。

其實早在 1992 年台灣高雄就有另外一種更強勢的蜥蜴—多線南蜥入侵成功（見圖二.），此種蜥蜴不像沙氏變色蜥如此客氣，而是大刺刺喧賓奪主。多線南蜥食性廣，也會捕捉他種體型較小的蜥蜴（尤其是幼蜥），冬季不休眠，且一胎可產下六隻以上仔蜥。塊頭大足以禦敵，就算打不過也能逃到水中閉氣長達 20 分鐘（相較本土蜥蜴鮮少能潛水），比本土蜥蜴更具生存優勢。

物競天擇，適者生存。人類的適應力強，在寒冷的北極圈、炎熱的沙漠都可見到人類的蹤跡，其他物種不然，即便是候鳥或者具有迴游性的魚類，大抵都有一定的自然擴散範圍，當生物超過這個分布的極限，只有一種可能—人類幹的好事。人為直接或間接讓生物出現在自然擴散範圍之外的地方，就可以稱為外來種（*exotic species*），有些外來種的歷史悠久，甚至對經濟社會有益，為台灣賺進大量外匯的稻米、甘蔗，或者陪台灣早一代人度過困苦危機的蕃薯都是很好的例子。然而，某些外來種能在當地自然生態系持續繁衍，改變或者威脅到引入地的生物多樣性，就成為所謂的入侵種(*invasive species*)。

天上飛的地上爬的水裡游的，其實都可以看見外來入侵種的影子（見圖三 a-c.）。在台灣，這些入侵種往往得直接影響到人類生活才可能稍稍搏得版面，如堵塞自來水廠冷卻系統的河殼菜蛤、攻擊人類致死的紅火蟻等，但其實入侵種背後隱含著另一層面問題—直接或間接導致本土特有物種滅絕。

## 唐山過台灣

根據 2009 年中研院生物多樣性研究中心發表名錄，台灣本土種數量已經突破五萬！台灣如此蕞爾之地，面積僅佔全球陸地萬分之 2.5，物種的數量卻達全球的 2.5%。除此之外，71%的哺乳類、17%的鳥類、31%的兩棲類、19%的淡水魚、25%的植物以及 22%的爬蟲類為「台灣特有種」。表示這些物種因為歷史生態或者生理因素，僅自然繁衍於台灣，並無在其他地區出現。

為何台灣小島能有如此多的特有種？

過去六十五萬年間，地球總共發生了四次冰河時期（見 Box.1）。台灣最古老的地層在太魯閣，大約是二疊紀時期的岩層，其次則是東部地區的大南澳片岩，這些地質記錄顯示台灣也曾經經歷過冰河時期。那時候的台灣沒有兩岸問題，因地球氣溫下降，大量海水自平均深度僅有 80 公尺的台灣海峽退去，結冰聚集於高緯地區，露出台灣與亞洲大陸相連的陸塊，亞洲地區的生物便來到這裡繁衍後代。冰期過後，地球開始間冰期（兩個冰河時期之間的世代），氣溫上升，冰帽融化，海水也湧進黑水溝，在棲息環境受到壓迫下，某些物種折回亞洲大陸，某些物種則循陸路上演一段唐山過台灣。

台灣有極多面向的地形讓所有生物適性發展，水平空間的物種多元。而原本適合生存於寒冷地區的物種則往高山尋求一線生機，物種在垂直空間也開始有了分布層次，加上台灣高山海拔動輒千餘尺，即使生存在同一高度水準，也因山頭和山頭間的隔閡開始演化出差異。除此之外，台灣的島嶼地形封閉性造成生物基因交流阻斷，也因此孕育出如此多的特有物種。

總計台灣蜥蜴大約有 37 種，若包含亞種（即習性或型態演化得與親族不同，但尚未獨立成種）則共有 39 種，其中有 14 種特有種，比例大約是 36%，若是加上 3 個特有亞種，比例可以高達 44%！近年仍不停發現新種，特有亞種也會逐漸演化成特有種，更凸顯台灣蜥蜴相的豐富度。

## 本是同根生，相煎何太急

蜥蜴的家族史實在說來話長（見圖四.），必須回溯到石炭紀時的地球。（見圖五.）

那時的地球陸塊和現在不同，由巴爾提卡（Baltica）、勞倫西亞（Laurentia）和剛瓦那（Gondwana）三大陸合併成超級盤古大陸（Pangaea）（見圖六.），讓生

物有廣大的發展空間。

科學家根據化石葉片的氣孔數推定在石炭紀前的志留紀-泥盆紀之間有劇烈的溫室效應（見 Box.2），因此海洋範圍不斷擴張，直到石炭紀早期（又稱之為密西西比紀，Mississippian）到達史上高峰。在石炭紀的中晚期（又稱之為賓西法尼亞紀，Pennsylvanian）開始出現季節變化，南極地區的剛瓦那大陸形成冰帽，展開大範圍的冰河時期，氣候也從早期的潮溼轉型。海水退去，植物進駐，裸露出的嶄新陸地上覆滿森林、沼澤、生物殘骸等有機物質，也就是現代熟知化石燃料(fossil fuel)的原始樣貌。

植物吸收了空氣中的二氧化碳，讓大氣中的含氧量達到 35%（目前的大氣中僅含有約 20%的氧氣），為生物提供了居住地與食物來源，也為登陸的動物準備好一個演化的舞台。

隨著植物登陸，脊椎動物也開始往陸上發展。海洋中最早的脊椎動物是魚類，後來由肉鰭魚類演化出四足動物（見圖七.）。四根指趾的四足動物較為原始，僅能生存在潮溼的氣候環境之下，例如鱉、蛙類等兩生類群，而另外一群羊膜動物則比較具有生存優勢。一直到石炭紀晚期的林蜥（Hylonomus）出現，是目前已知第一個完全適應陸地生活的爬行動物。

羊膜動物群是最早發展出羊膜卵(amnion egg)此種密封構造來保護胚胎的動物（如圖八）。胚胎由羊膜(amnion)包覆，並有提供養分的卵黃（yolk）與收集代謝廢物的尿囊（allantois），最外層則有絨毛膜和卵殼保護。至此，生物繁衍範圍開始擺脫水源限制，往更內陸探索，也代表食物來源、生活空間的拓展。

在生殖上有重大突破後，為了配合陸上生活，生物各自演化出其他相應的機制。爬蟲類的皮膚開始角質化，體表覆蓋角質鱗片或盾片，可阻隔水份流失。交配方式也從體外受精轉向體內受精，現生蜥蜴皆有一對交接器（半陰莖），甚至出現孤雌生殖現象（Parthenogenesis，卵子不需要受精也可以發育成胚胎）。

天地不仁，二疊紀末期發生了地球史上規模最大的生物滅絕事件，大約百分之九十的生物就此消失。直至今日為止，科學家對於造成此次滅絕的原因仍無定論，有可能是隕石撞擊、火山爆發，近年也有科學家提出氣候變遷（溫室效應）為主要肇因。大難不死，必有後福，爬蟲類就此興盛！

## 生物多樣性

花了幾千年時間，生物漸漸回到滅絕前的多樣性（biodiversity），爬蟲類成為

那時地球上的優勢種，後來演化出的恐龍更是在侏羅紀叱吒風雲！爬蟲類命運多舛，白堊紀時小行星撞擊，恐龍成為演化舞台上的絕響(除非侏羅紀公園成真)，雖然蜥蜴及其他爬蟲類親族繼續繁衍，但地球的優勢種，自此接棒到哺乳類手上。

演化之父達爾文 (Charles Robert Darwin) 認為滅絕沒什麼大不了，不過就是演化失敗的物種退出世界舞台罷了，甚至評斷「大災難」僅是，其實那些不適應的生物一直平穩、持續的滅絕中，亦即所謂的背景滅絕(background extinction)。但過去六億年發生了五次大滅絕，地球環境的驟變，緩慢的天擇也無法讓某些物種順利逃過一劫。

地球正在經歷不亞於白堊紀規模的滅絕當中，最主要的原因是棲地破壞，其次便是外來種入侵。生物學家預估這世界上大約有 700~1400 萬種生物，但直至目前真正命名、記錄的種類卻遠遠不及，換言之，每一天，世界上都有不為人知的物種悄悄隕落。而我們所能觀察到的僅是那些極少數已命名的物種之滅絕，直至目前為止，最大規模的外來種導致原生種滅絕記錄在 1990 年代的西非，當地的維多利亞湖(Lake Victoria)引進肉食性尼羅河鱸魚 (*Lates niloticus*)，湖裡兩百種原生魚類就此滅絕

為了解決物種快速消失的問題，世界各國於 1992 年的地球高峰會(Earth Summit)簽署生物多樣性公約(Convention on Biological Diversity ,CBD)，清楚定義所謂的生物多樣性是指生物體間的變異性，有基因(gene)、物種(species)、生態系(ecosystem)三個不同的層次。

人類當然是造成多樣性驟減的元兇，不僅如此，隨科技發展，人類甚至還有能力保留、創造自己想要的物種，產生了所謂的人擇 (artificial selection) 現象。少變化的單一物種絕對有其風險存在，例如歐洲廣植的糧食作物馬鈴薯，曾在 1840 年代爆發馬鈴薯疫病，一夕之間讓愛爾蘭所有的馬鈴薯全數枯萎，造成歷史大饑饉。

蜥蜴和人類的關係並不如糧食作物直接，一般大眾對於蜥蜴也不甚了解 (其實在住家出入的壁虎便是有鱗目壁虎科的爬蟲動物，與蜥蜴有極親近的關係)，有許多人不明白保育蜥蜴的重要性為何。

其實每一種物種都維繫著生態系統的平衡，只要一個環節打亂，便會讓生態趨向不穩定。保存生物多樣性可以有許多理由，可能標榜待研究的基因庫 (以利基因轉殖、疾病防治)、讓後代子孫也欣賞到美麗的生物，或者單純的只是人類崇高的倫理道德感作祟，人們總是習慣用自己的觀點去衡量物種的價值，但事實上不論人類的力量多強大，都免不了順應自然生存。

## 說到做到

因為經費不足，三界村的獵蜥活動早早喊卡。本來就沒有一個國家能夠投入無限度的經費撲滅外來物種，是故「預防勝於治療」的觀念也適用在此，近年來學界積極投入研發預防外來種入侵的評估系統，不僅能防範未然，也能在初期入侵階段採取即時緊急應變措施。

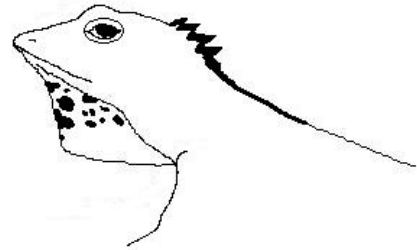
並非每一個來到台灣的外來物種都能成功入侵，來到台灣的外來物種都受到農委會防檢局種種嚴格把關，然走私管道則無可控管。此些物種通常僅是為觀賞用途進口（為滿足廣大的寵物市場需求），真正進到野外往往是飼養者恣意丟棄，還有宗教團體以慈悲為名的大規模放生儀式。根據農委會保守估計，台灣廟宇每年放生的動物超過兩億隻，其中包含了許多的外來種。

防治入侵種的根本在於理解，隸屬政府單位的中研院、國科會和農委會已共同成立台灣生物多樣性資訊網（TaiBIT），讓人民能透過網路管道去認識台灣特利物種之美。當人們了解到入侵種會對本土物種帶來如何嚴重的後果，便會拒絕任意棄養外來物種、停止宗教放生活動。

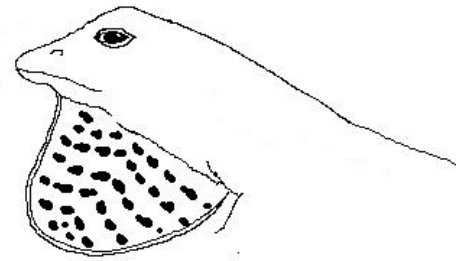
企盼哪一天，外來蜥蜴，歸去！



斯文豪氏攀蜥



沙氏變色蜥



圖一.左圖為沙氏變色蜥 (*Anolis sagrei*)，與本土斯文豪氏攀蜥最大的不同是喉囊展開時為鮮豔的橘紅色，且形狀為半圓形，參照右半部比較圖，攀蜥之喉囊展開為三角形，且有明顯的白色斑點。(左圖片來源：維基百科，右半部圖片：自繪)



圖二.多線南蜥。大部分蜥蜴的生殖方式為產卵，根據卵殼的成份不同，分為革質卵和鈣質卵。革質卵的卵殼成分主要為蛋白質纖維，對水份、氣體具有通透性，因此產革質卵的蜥蜴種類需慎選產卵地點，避免產下的卵發霉。而鈣質卵的卵殼成分則為碳酸鈣（如同一般的常見的雞蛋殼），蜥蜴對產卵的地點要求便不用太高，但需防範卵殼易碎。另外一種生殖方式則是將卵藏於母體，直至孵育出幼體才產出。以前稱此種生殖方式為「卵胎生」，以區別胎生，因為科學家認為蜥蜴將卵藏於母體，僅僅提供保護，母體與胚胎並無氣體或養分的交流，但近年研究發現其實蜥蜴的母體與胚胎具有不同程度上的氣體、養分交換，甚至某些品種的母蜥蜴還有胎盤構造，因此改稱為胎生蜥蜴。台灣區除了外來種之多線南蜥為胎生，尚有印度蜓蜥（為本土種，但非特有種）也為胎生蜥蜴。（圖片來源：環境資訊中心 <http://e-info.org.tw/>）



圖三-a.福壽螺之卵。福壽螺 (*Pomacea bridgesii effusa*) 算得上是「資深」入侵種，大約是 1980 年代人為引入台灣，經統計二十五年來福壽螺已造成約五十億台幣的農業損失，加上政府與民間投入的防治金額，總額高達一百億圓之譜！（圖片來源：行政院農委會 <http://green.ngo.org.tw/zh-hant/node/78>）

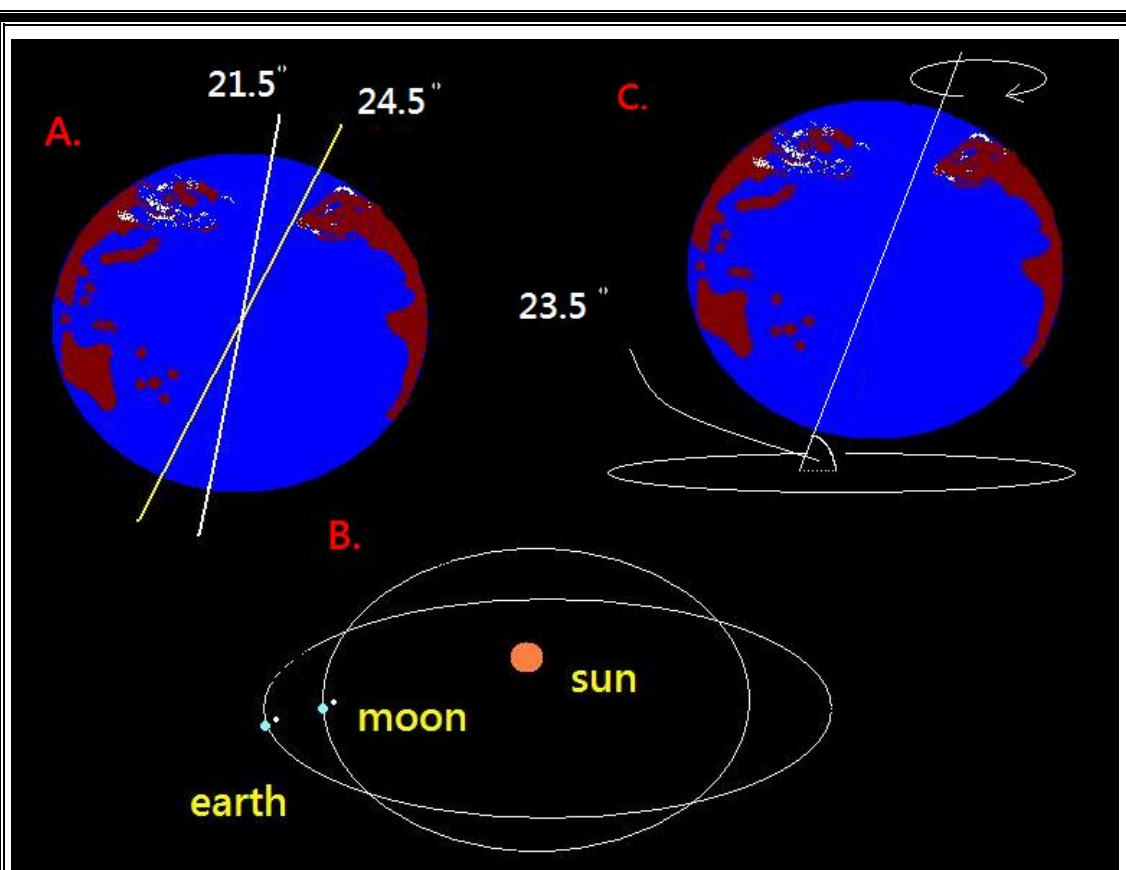


圖三-b.琵琶鼠魚 (*Pterygoplichthys* sp.)，俗稱為垃圾魚，通常養在魚缸裡清理其他觀賞魚之食物、糞便碎屑。品種繁多，原產於南美洲水域，目前台灣河川皆可見。在污染嚴重無其他魚類存活的河川中仍可大量捕捉到琵琶鼠魚，其生命力可見一斑。快速繁殖、適應力強的琵琶鼠魚使環境超過負荷，底棲食藻性魚類無法與之競爭，生存壓力大。（圖片來源：自然與人文數位博物館）





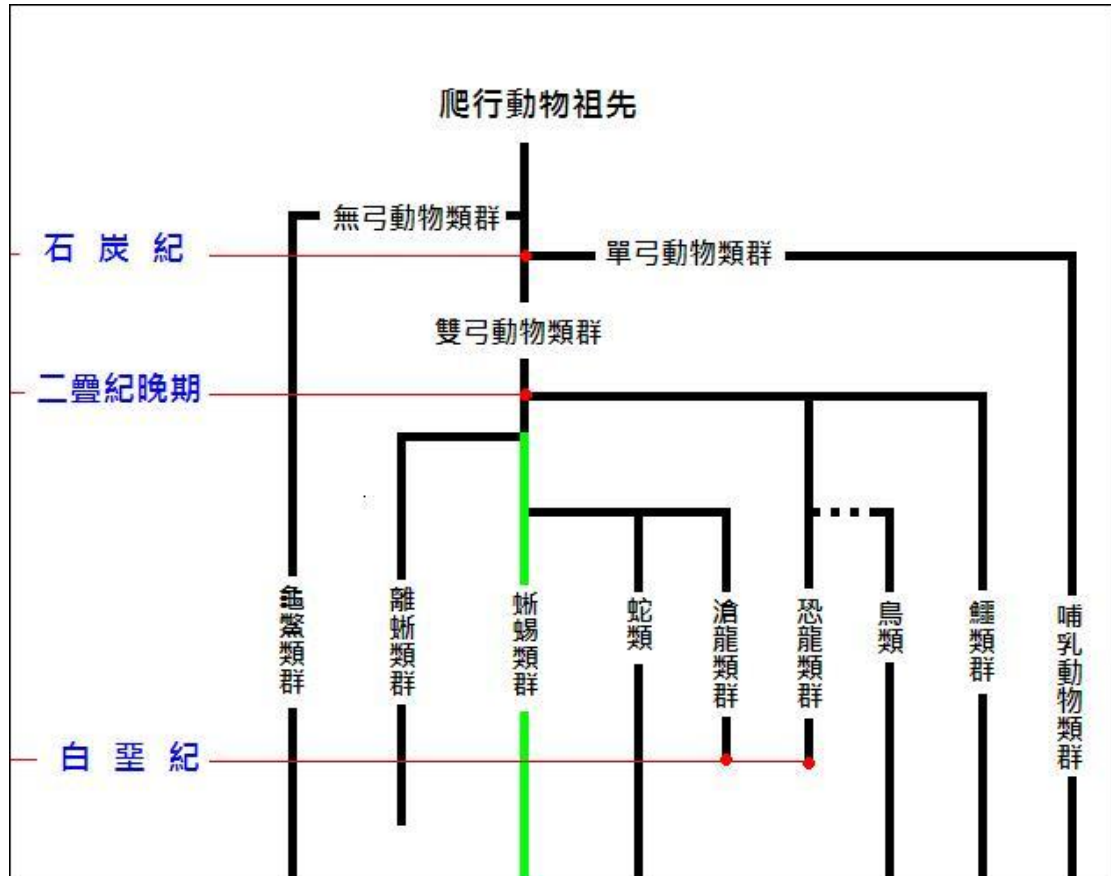
圖三-c. 小花蔓澤蘭(*Mikania micrantha* H.B.K.)。生長速度快速，甚至有 Mile-a-minute weed 之稱，以迅雷不及掩耳的速度入侵各地，為嚴重的生態「綠癌」。(圖片來源：中央研究院數位典藏資源網。[http://digiarch.sinica.edu.tw/content.jsp?option\\_id=2442&index\\_info\\_id=742](http://digiarch.sinica.edu.tw/content.jsp?option_id=2442&index_info_id=742))



南斯拉夫數學家米蘭科維奇 (M. Milankovitch) 早在 1920 年代就發現冰河期與天文運動有密切相關性。

米蘭科維奇循環包括地軸以四萬一千年為週期，由 21.5 度傾斜到 24.5 度 (圖 A)；地球軌道以九萬六千年為週期，會從圓形軌道轉換成橢圓形軌道，讓地日距離相差一千八百萬公里 (圖 B)；以及地球自轉軸不停旋轉擾動產生的歲差 (圖 C)。上述三個天文運動都會導致地球接受的日照量減少，當接受到的熱能減少，便會讓地球平均溫度下降，開始結冰。單僅有天文運動無法造成地球大規模的冰河期，氣候系統在蝴蝶效應作用下，小小改變，就足以讓地球氣候產生巨大差異。其中一個原因就是水和冰有不同的地球反照率(Earth's albedo)，水僅能將 5%~10%的陽光反射回宇宙，但冰卻能反射 80%~90% (光線即是熱能)！因此，當地球上具有高比例的冰雪，便會自動產生冷卻效應，使地球全面凍結。

第一次世界大戰爆發而讓米蘭科維奇的學說不受到重視。沉寂許久，一個跨國際的海洋化石蒐集計畫—CLIMAP—卻意外的證實了此學說的正確性。這個計畫廣泛的收集海底的淤泥，發現其中含有一種「有孔蟲」的化石殘骸，成為重要的古氣候生物指標。有孔蟲是生活在淺海的浮游性生物，能夠分泌鈣質殼體，並黏著砂礫。只要溫度稍有變化，有孔蟲的殼體種類便會不同，例如在冷水域中有孔蟲外殼黏著的是石英砂，在熱水域中則黏有鈣質砂粒。根據有孔蟲的沈積化石推算出的古代氣候溫度變化和米蘭科維奇計算出的天文運動週期不謀而合，因而證實了米蘭科維奇循環理論。(圖片來源：自繪)

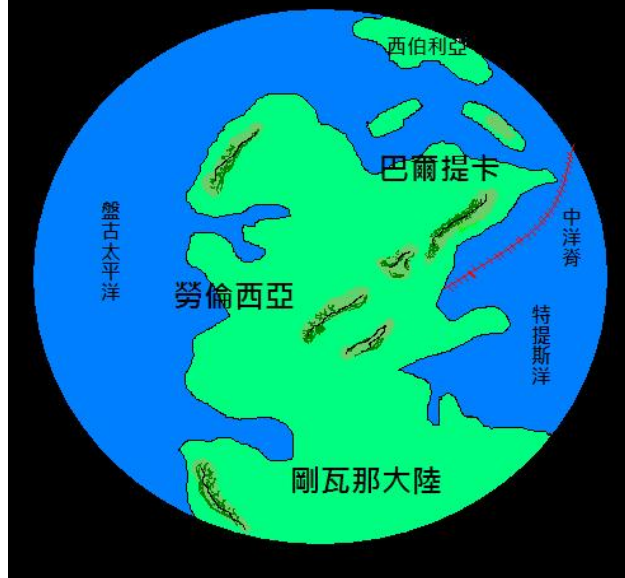


圖四.蜥蜴與其近親演化圖(圖片來源：自繪)

新生代 Cenozoic	1750 萬年前-現今	第四紀 Quaternary
	6500 萬-1750 萬年前	第三紀 Tertiary
中生代 Mesozoic	1.44 億年前-6500 萬年前	白堊紀 Cretaceous
	2.08 億-1.44 億年前	侏羅紀 Jurassic
	2.50 億-2.08 億年前	三疊紀 Triassic
古生代 Paleozoic	2.98 億-2.50 億年前	二疊紀 Permian
	3.55 億-2.98 億年前	石炭紀 Carboniferous
	4.10 億-3.55 億年前	泥盆紀 Devonian
	4.35 億-4.10 億年前	志留紀 Silurian
	4.90 億-4.35 億年前	奧陶紀 Ordovician
	5.42 億-4.90 億年前	寒武紀 Cambrian

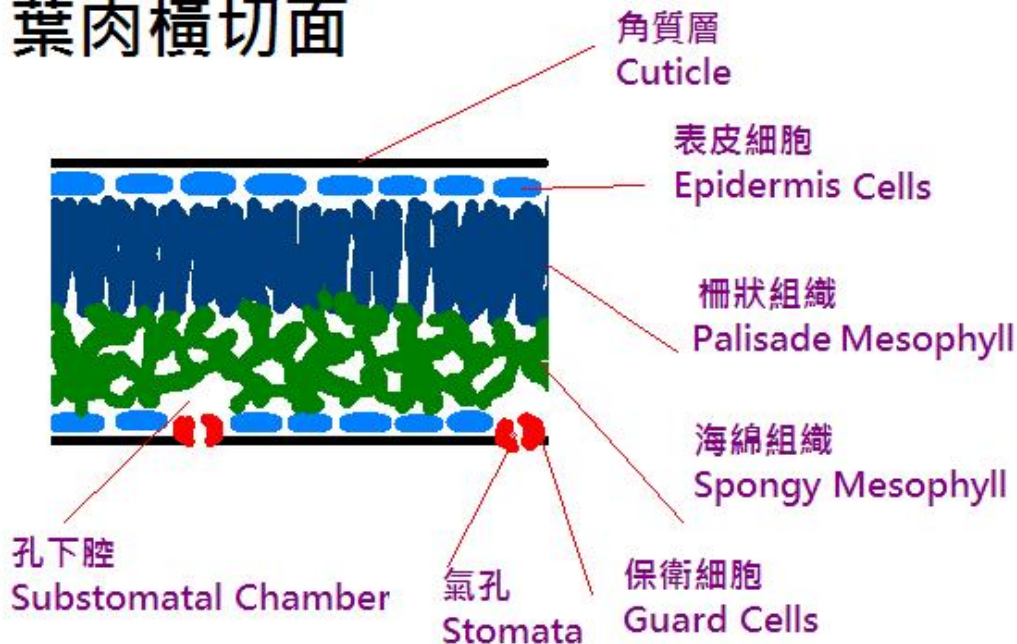
圖五.地質學家將地球歷史分為宙(Eon)，宙細分為代(Era)，代細分為紀(Period)，紀還可以分為世(Epoch)，但蜥蜴的家族史只需要參考簡化過後的上表即可。(表格來源：參考書籍自繪)

## 石炭紀地球陸塊



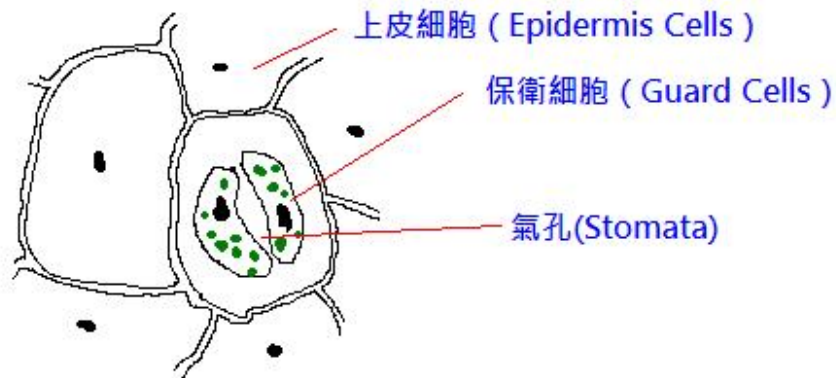
圖六.石炭紀（3.55 億-2.98 億年前）之地球陸塊為巴爾提卡、勞倫西亞、剛瓦那大陸組成的超級盤古大陸。剛瓦那古陸塊就是現在的澳洲、南極洲、印度、非洲和南美洲，而勞倫西亞大陸則是今日的北美洲和歐洲。（圖片來源：仿畫自 Douglas Palmer 所著《史前地球圖解百科》p.80）

## 葉肉橫切面



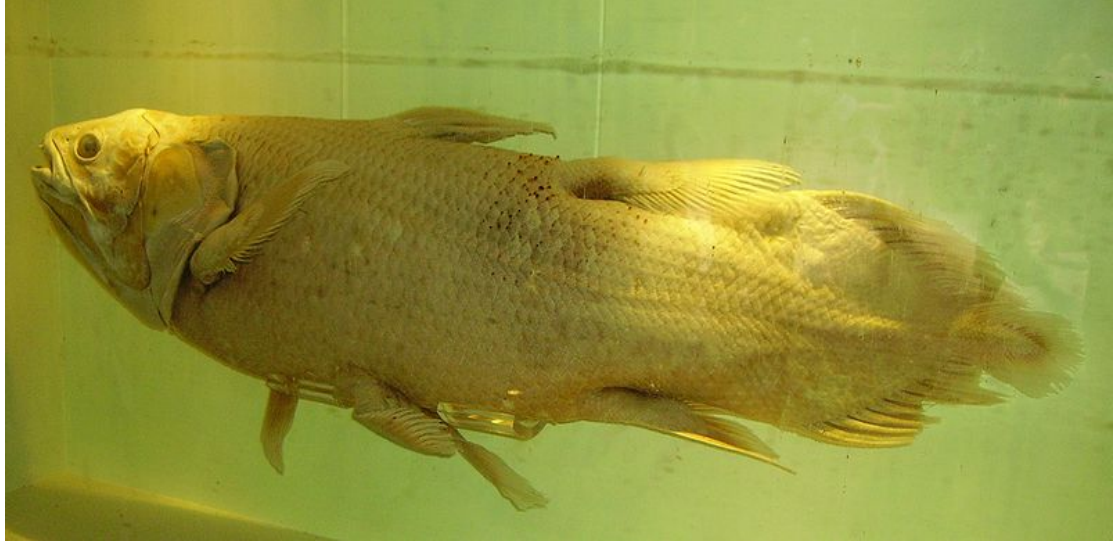
植物爲了防止水份流失而演化出角質層 (Cuticle) (如上圖)，角質層並非獨立的一層細胞，而是由葉片的上皮細胞分泌出來的不定物質，可耐酸、耐鹼性，因此當植物體被沈積物掩埋時，通常僅剩下角質層形成炭質薄膜的壓型化石 (compression)。葉片的壓型化石組織大多受到破壞，僅能保留葉片外緣、外型或者葉脈、葉柄。

植物的角質層上有氣孔 (Stomata)，以利水份、氣體通過。氣孔由一對保衛細胞 (Guard Cells) 組成 (如右圖)，一般而言

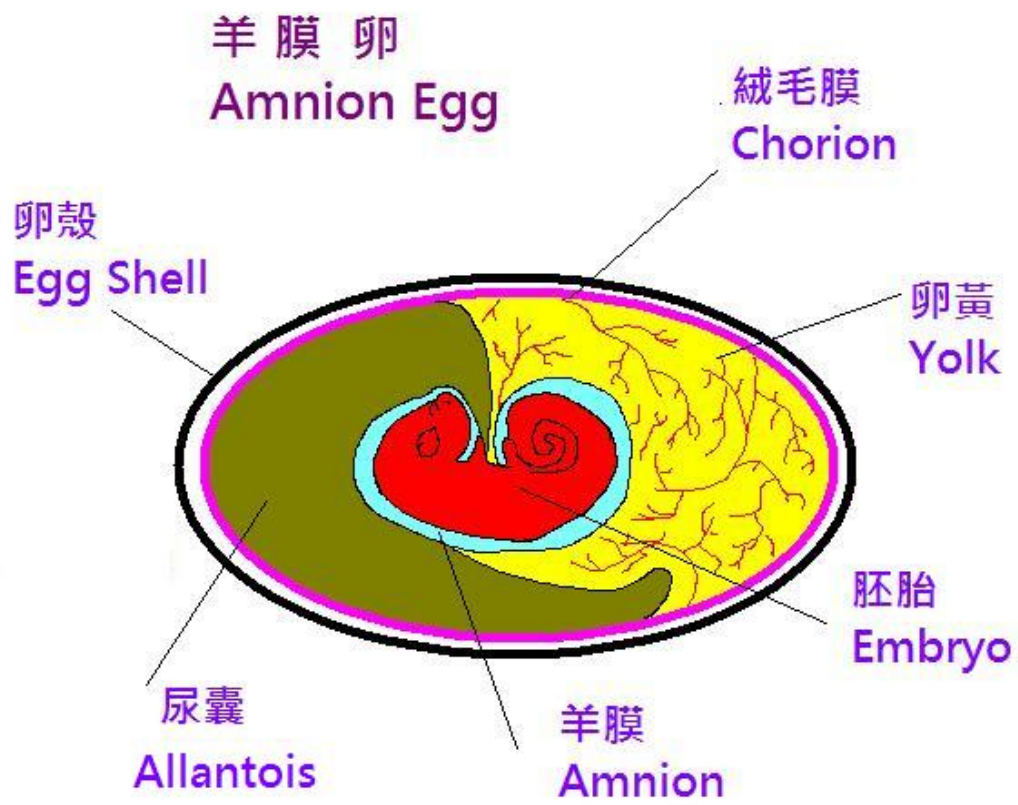


下表皮的氣孔數量多於上表皮。當強韌的角質層形成化石後，上頭的氣孔也能夠清楚的顯現出來，裡頭蘊含著古代植物和當時氣候環境的秘密訊息。

依據葉片角質層上的氣孔數、碳同位素定年，科學家可以進行古大氣的二氧化碳濃度、溫度定量分析。簡而言之，氣孔數多表示當時空氣中的二氧化碳稀少，需要更多的氣孔讓二氧化碳通過，以利進行光合作用產生能量，而空氣中溫室氣體稀少同時也表示了當時氣溫較低，反之亦然。(圖片：自繪)



圖七.活化石腔棘魚。原本以為與恐龍一起在白堊紀滅絕的腔棘魚，在 1940 年代左右於非洲馬達加斯加附近海域捕獲活體！腔棘魚為肉鰭魚的一種，魚類的肉鰭後來演化成四足動物之四肢。（圖片來源：維基百科）



圖八.羊膜卵（圖片來源：自繪）。