

洛基、索爾可能我們的兄弟！

適用國中自然【七下】真菌界

【洛基、索爾可能是我們的兄弟！】

這是地球上真核生命起源的故事。

這個星球上的生物種類真是多得亂七八糟。這些生物據信都是來自同一個祖先細胞，慢慢變出現在這麼多種的生物。動物大概有 140 萬種，植物有 30 萬種，已知的細菌有 1.6 萬種。但是估計在地球上還有數百萬種細菌，是多樣性最高的類群，這些物種各自以自己獨特的方式生活下去。如果把這數百萬種生物依據演化關係畫成演化樹，你會得到一棵枝葉茂盛的生命之樹，說明這個星球擁有的生物多樣性非常高。不過如果你仔細瞧瞧這樹上的細節，就會發現在大部份枝條上代表的生物種類，其實我們不太認識

【洛基、索爾可能是我們的兄弟！】

它們，甚至連它們是怎麼演化來的，還有一大堆待解的問號。

我們的細胞其實是兩種生命的複合體

動植物和我們人類都是真核生物。真核生物在每個細胞裡都有個細胞核，裡面裝了遺傳密碼 DNA。地球上有一群更早出現的單細胞生物叫原核生物，包括細菌（bacteria）和古菌（archaea）。原核生物每隻個體都由一個細胞構成，細胞裡構造簡單，沒有細胞核，DNA 就直接放在細胞裡。生物演化的過程自然是由簡單的原核生物走向複雜的真核生物。只是原核生物有細菌和古菌，到底誰才是現在地球上真核生物的祖先呢？

【洛基、索爾可能是我們的兄弟！】

Carl Woese 教授在 1970 年代獨創以 DNA 序列來幫生物分類作法，而這種方法現在已經變成要幫生物分類時一項非常重要的工具。當年他根據 DNA 序列，把地球上的生物區分成細菌、古菌和真核生物三個生物界，其中原核的古菌竟然和真核生物比較接近。科學界相信在中早年代裡，有隻古菌跟細菌發生共生關係，讓細菌進到古菌的細胞裡幫忙製造能量，而這個由細菌與古菌形成的複合體組合生物後來變成了真核細胞。人類自己也是這種組合生物的後代，所以說起來我們的每個細胞裡有點細菌味。

海洋深處埋藏著生命的秘密

雖然科學家認為真核細胞是由古菌和細菌共生而來，但是證據還是差了那麼一點沒到位。如果真核細胞來自古菌，那我們是不是應該要能找到某種古菌，在這種古菌裡有很多跟真核細胞相近的構造或基因？而且要讓兩種不同的生物組合在一起，又要能讓彼此基因互助合作來在環境裡討生活，應該不是件容易的事。當時的那些細胞到底是怎麼生活，長什麼樣子，會代謝什麼東西，這些過去的事到了現在早已不可考。我們只能從 DNA序

【洛基、索爾可能是我們的兄弟！】

序列殘留的痕跡裡去推敲歷史的走向，因為這些肉眼看不見的單細胞小生物根本沒有堅硬的構造可以成為化石留下來讓我們看。不過如果能找到這種帶有古老特徵的古菌，我們就可以看看它是用什麼方法協調兩套系統的運作而成功存活下來的。要解開這謎團，最後機會就在海洋裡。生命是在海洋裡演化出來的，或許還有一些古老的生物還留在海洋裡，用古老的生活方式努力活著。基於這樣想法，數十年來一群又一群的科學家往海底去，希望能找到那些最像真核生物的原核生物，希望它們能帶來一些關於我們祖先的訊息。

【洛基、索爾可能是我們的兄弟！】

科學生

科學閱讀素養課程

總基因體序列分析技術上場

或許你有這樣的經驗：

小時候到野溪玩，興沖沖抓了小魚小蝦回家說要養，想要每天看著它游來游去。可是因為自己根本不懂照顧方法，結果小魚小蝦沒幾天後就死翹翹，你平白害死了好多原本在野外可以好好生活的小生命。



【洛基、索爾可能是我們的兄弟！】

科學家也想把細菌帶回實驗室裡養多養大，再好好觀察研究它們。可是面對環境裡佔大部份的未知的細菌，我們一樣不知道它們喜歡什麼，只能準備最好的環境給它，卻總是得眼睜睜看它們死去（其實它們太小，想看都看不到）。科學家現在可以用個麻煩的方法來解決問題，就是把樣本裡所有生物的 DNA 統統抽出來解序，再從序列裡推論這裡有什麼生物，以及它們有什麼基因和本領。這項技術稱為總基因體分析（metagenomic analysis），近年來這項技術帶來好多令人驚訝的突破，包括我們接下來要談的洛基古菌（Lokiarchaeum）。

【洛基、索爾可能是我們的兄弟！】

在洛基城堡找到洛基

洛基古菌在 2015 年才被[正式發表](#)，讓世界上的人開始認識它。這菌是在兩千四百公尺深的洛基城堡（[Loki' s Castle](#)）[海底熱泉](#)區裡被找到的。在這裡地底熱水帶著黑色的暗黑物質（啊不是，是硫化氫、氫氣等等）往外噴，沉積物在噴口附近堆積，變成像城堡的結構。這裡的細菌古菌可以利用這些地底來的物質來得到能量，才能在這個沒有光，完全不能行光合作用生產養份的黑暗世界裡存活下來。

【洛基、索爾可能是我們的兄弟！】

不過這菌還不能被培養，一群歐洲研究人員直接用了總基因體分析法，收集分析底泥裡的 DNA 後，一點一點拼湊出這種新的古菌的基因體。在將這種古菌的序列跟其它已知生物的 DNA 做比較之後，科學家發現它不但是個新種的生物，而且還是跟真核生物最接近的古菌，在當時出現很多宣稱「找到真核生命起源」的科學新聞報導。[洛基](#)是位具有爭議性的北歐神祇（不過你現在想到的畫面大概是帥帥的 [Tom Hiddleston](#)），正好跟學界長年來對真核細胞起源的爭議一樣反反覆覆，於是科學家給了這生物「洛基古菌」（Lokiarchaeum）這個名字。他們發現跟洛基古菌序列相似

【洛基、索爾可能是我們的兄弟！】

的序列在全球各地海底的數量都不少，也建立洛基古菌門（[Lokiarchaeota](#)）這個名詞來稱呼這一群我們住在海底的親戚。

洛基古菌有很多基因在 DNA 序列上都跟真核生物的基因相似，如果用這些基因的序列來推論演化關係的話，可以看到真核生物根本該算做是洛基古菌家族裡的一員。科學家也發現洛基古菌甚至擁有 175 個被認為是真核生物特有蛋白質的基因（eukaryotic signature proteins）。眾多證據都指出它們是現生原核生物裡最接近真核生物的一群，它是真核生物祖先的可能性很高了。

【洛基、索爾可能是我們的兄弟！】

科學生

科學閱讀素養課程

索爾也現身來助陣

繼洛基之後，雷神索爾也出現了。2016 年年初，一個美國的研究團隊以總基因體分析法分析河口區底泥深處的 DNA，試著組出那裡優勢菌的基因體。他們發現了一種新的古菌，跟洛基古菌親緣關係接近，就借用了洛基哥哥的名字，將它們命名為索爾古菌門（Thorarchaeota）。在跟全球各地得到的微生物序列比對後，他們發現原來索爾古菌序列也曾經在淡水湖的湖底或是海底熱泉附近出現，顯示索爾古菌可以分佈在淡水或海水環境裡，是普遍存在但之前沒人注意過的古菌。

【洛基、索爾可能是我們的兄弟！】

在仔細解讀它們的基因體序列後，科學家推論索爾古菌在底泥裡可以靠分解有機物維生、愛吃蛋白質、沒得吃的時候還能學植物自己把二氧化碳固定下來使用。它們代謝有機物時主要產生的廢物是醋酸，換句話說這索爾古菌是到處害人家吃醋的生物（索爾表示.....）。除了代謝了不少含碳化合物，索爾古菌還有還原硫的能力，因此這群菌在這個地面下的世界裡影響了碳和硫兩種主要元素的循環。雖然索爾古菌在地球上可能是個很重要的角色，我們可是到現在才知道它們的存在呢？

洛基真的是我們的祖先嗎？

不過也有科學家對洛基古菌到底是不是真核生物祖先的這一件事，抱持比較保留的態度。例如不能因為我有了某董座家傳的玉珮，就證明我是他的後代，而可以來分他死後留下來的財產，擁有一些真核基因的洛基古菌，也可能是經由其它的管道「偷」到這些基因，必須先弄清楚這些基因的來源再下判斷才是安全的做法。我們已經知道環境裡的病毒可以幫助基因在微生物間傳來傳去，所以目前看到的現象，也有可能是因為某些病毒傳遞

【洛基、索爾可能是我們的兄弟！】

的基因可以幫助當時生物存活，或許洛基古菌和真核生物的祖先都從病毒得到這些基因，是改造過存活下來的人生勝利組。不過目前的證據的確指向洛基古菌和索爾古菌這兩個門的生物與真核生物的高度相似。我選擇浪漫點地接受這個可能，相信那個當年跟我們分家的原核兄弟還住在地球上我們看不到的地下世界裡，並注意未來出現的新證據是否支持這個想法。

其實，誰不想當索爾和洛基的兄弟呢？