

## 關於「最早的化石」的爭論

文／單希瑛

### 摘要

探尋最早的生命，一直是科學界的熱門議題。古生物學領域在近幾十年來，也持續有關於最早化石的報導。隨著這些發現的推陳出新，「最早的化石」也隨之不斷的更換標的。2017 年，倫敦大學學院的多德(Matthew S. Dodd)及其同事在《自然》期刊發表了加拿大魁北克的努夫亞吉圖克(Nuvvuagittuq)帶的熱泉沉澱中據稱是微生物的化石，年代溯及 42.8 億年前。2016，則有納特曼(Allen P. Nutman)等在《自然》期刊發表了格陵蘭 37 億年前的疊層石化石。其它曾號稱最早生命證據的還包括：西澳 34.6 億年前所謂疊層石中的藍綠菌、西澳 34.8 億年前砂岩中發現的微生物蓆的化石、格陵蘭 38 億年前生物源的（有機的）石墨及西澳 41 億年前的岩石中發現的「化學化石」。有關最早化石的認定，向來會引起很多討論。其中被討論時間最長、參與最熱烈，也最值得參考的恐怕是美國科學家夏夫(William Schopf)在 1993 年發表於《科學》期刊的 34.6 億年前的藍綠菌化石了。

關鍵詞：最早的化石、藍綠菌、疊層石

近幾十年來，追尋地球上最早的生命跡象，是古生物學家熱衷的研究方向。而「最早的化石」也隨著最新的科學研究成果不斷的更迭。

2017 年 3 月，《自然》期刊上刊登了倫敦大學學院的多德(Matthew S. Dodd)及其同事的研究成果，他們從採自加拿大魁北克的努夫亞吉圖克(Nuvvuagittuq)帶的熱泉沉澱中發現含有細管、長絲和奇怪的波形曲線蝕刻等微結構(圖 1)，他們認為這些是熱泉噴出口周圍的細菌，代表著最古老的微體化石，是地球上生命的最早證據，年代介於 37.7~42.8 億年前。但是，有關最早化石的發現，向來會引起很多討論。例如：法國奧爾良分子生物物理研究中心的韋斯托爾(Frances Westall)認為努夫亞吉圖克的岩石中的細絲太大了。加拿大地質調查局布勒克爾(Wouter Bleeker)則認為：「這些論文作者把他們的研究建立在推測性理念之上，似乎完全沒注意到與其解釋相悖的大量證據……」。

時間往前推到 2016 年 9 月，則有納特曼(Allen P. Nutman)等在《自然》期刊發表的格陵蘭 37 億年前的疊層石化石(圖 2)，這在當時也宣稱是最老的微生物構造，但是仍有許多質疑的意見出現。美國國家航空暨太空總署的地質學家奧伍德(Abigail Allwood)就質疑這些構造雖然像疊層石，但也無法排除它們是由非生物性的礦物沉澱所造成。

其他曾被稱為最早生命證據的還包括：西澳 34.6 億年前所謂疊層石中的藍綠菌、西澳 34.8 億年前的於砂岩中發現的微生物薈的化石、格陵蘭 38 億年前的生物源的(有機的)石墨及西澳 41 億年前的岩石中發現的「化學化石」。這些研究也都引起不同的意見，其中被討論時間最長、參與最熱烈，也最值得參考的恐怕是美國科學家夏夫(William Schopf)在 1993 年發表於《科學》期刊的 34.6 億年前的藍綠菌化石了。

夏夫在文章中描述了包含在澳洲西岸皮爾巴拉(Pilbara)34.6 億年前的頂燧石(Apex chert)中的微小含碳纖維，他認為它們是類似藍綠菌的細菌化石(圖 3)。這些頂燧石中的微體化石迅速以地球上最早的生命證據的姿態，出現在教科書、博物館展示、科普書及線上參考資料中。即使如此，它的構造仍引起一些科學家的疑問。其中最大的質疑來自牛津大學伯拉西爾(Martin Brasier)所領導的研究團隊。他們在 2002 年於《自然》期刊發表的文章中指出那些類似生物構造的圍岩不是疊層石，而是來自複雜的高溫深海熱泉，且長期、多次的被地下熱液所流過。至於其中纖維狀的構造不是微體化石，而是在深海熱泉作用下，碳沿著礦物周圍重新分布所造成的偽化石。雖然有些科學家支持伯拉西爾關於深海熱泉的解釋，但「頂燧石微體化石」的爭議仍沒有定論。直到能解析這些微體化石的化學成分及外形到亞微米尺度的儀器發明出來，才終於有解。

2015 年，一篇由伯拉西爾團隊發表在美國國家科學院院刊的文章中，首次公開藉由現代光學分析技術得到遠古的疑似微體化石的高解析影像。其中 34.6 億年前的頂燧石中疑似化石的影像如圖 4，這些「化石」內部構造為層狀黏土礦

物堆疊，而碳卻分布在這些顆粒之間及外緣（圖 4 g 中的黃色部分），完全看不出像細胞的構造，而化學組成也完全符合高溫深海的熱液環境。這篇研究另外分析了同樣來自西澳 34.3 億年前的絲翠利池(Strelley Pool)層的石英砂岩中類似細胞的構造（圖 5）。這些構造中空，由碳質形成圓形或橢圓形的外壁，彼此排列成鏈狀或聚集在一起，這鏈狀群體被燧石薄層包覆，形成手指狀，如圖 5 a, b。也有單一的球體或管狀構造獨自分布於燧石膠結物中（圖 5 c, d）。利用聚焦離子束穿透式電子顯微觀測(FIB-TEM)可以得到立體影像復原，圖 5 e, g 分別是兩個不同細胞的影像，它們均呈現球形碳質（綠色與紫色代表碳分布）外壁與中空（被矽充填）的腔室，且厚度符合細胞外壁尺度。頂燧石的標本則沒有這些特徵，它們的外形複雜而尖銳，顯然是黏土礦物結晶被鐵及碳包覆所致。

據此，已故的伯拉西爾宣稱：「這個研究最後終於為『頂燧石微體化石』的爭辯畫下休止符。這類討論能鼓勵我們在追尋久遠的生命時，包括來自火星隕石的訊號，能更精練我們的問題與技術。」這也就是在追尋「最早的化石」的同時，該引以為鑑的吧！

## 參考文獻

- Bella, E. A. et al., 2015. Potentially biogenic carbon preserved in a 4.1 billion-year-old zircon PNAS 112(47): 14518-14521.
- Brasier, M. D. et al., 2002. Questioning the evidence for Earth's oldest fossils. Nature 416: 76-81.
- Brasier, M. D. et al., 2015. Changing the picture of Earth's earliest fossils (3.5–1.9 Ga) with new approaches and new discoveries. PNAS 112(16): 4859-4864.
- Dodd, M. S. et al., 2017. Evidence for early life in Earth's oldest hydrothermal vent precipitates. Nature 543: 60–64.
- Noffke, N. et al., 2013. Microbially Induced Sedimentary Structures Recording an Ancient Ecosystem in the ca. 3.48 Billion-Year-Old Dresser Formation, Pilbara, Western Australia. Astrobiology 13 (12): 1103–1124.
- Nutman, A. et al., 2016. Rapid emergence of life shown by discovery of 3,700-million-year-old microbial structures. Nature 537, 535–538.
- Ohtomo, Y. et al., 2014. Evidence for biogenic graphite in early Archaean Isua metasedimentary rocks. Nature Geoscience 7 (1): 25–28.

Schopf, J. W., 1993. Microfossils of the Early Archean Apex chert: New evidence of the antiquity of life. *Science* 260(5108): 640-646.

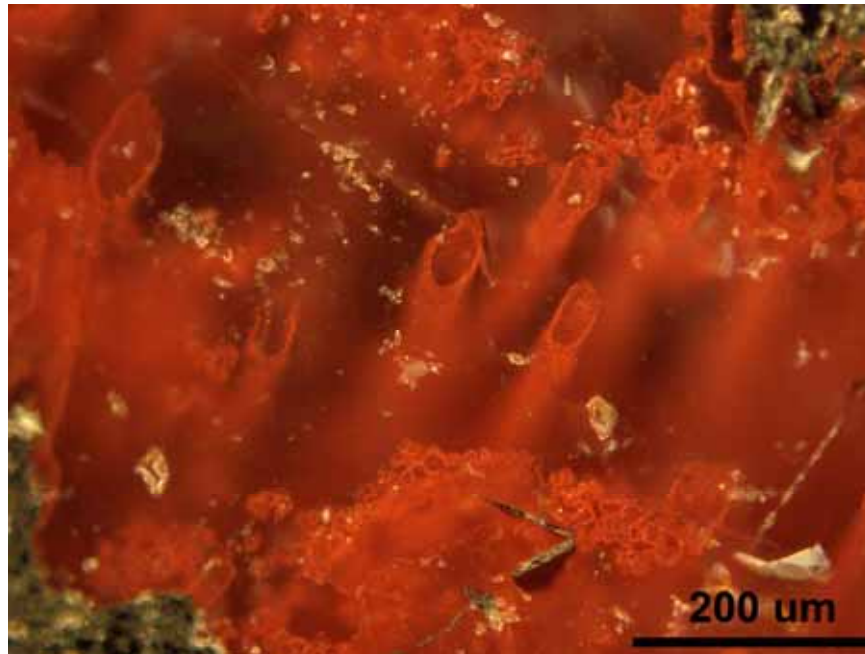


圖 1. 多德等人於 2017 年發表的 37.7~42.8 億年前的赤鐵礦管狀微體化石（取自 New York Times, March 1, 2017）



圖 2. 納特曼等人於 2016 年發表的格陵蘭 37 億年前的疊層石化石（取自 Nature 537）

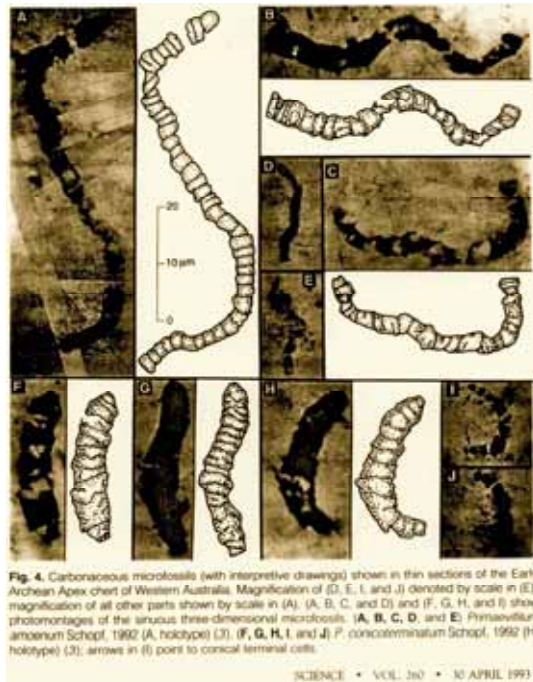


圖 3. 夏夫於 1993 年發表的 34.6 億年前的藍綠菌化石（取自 Science 260(5108)）

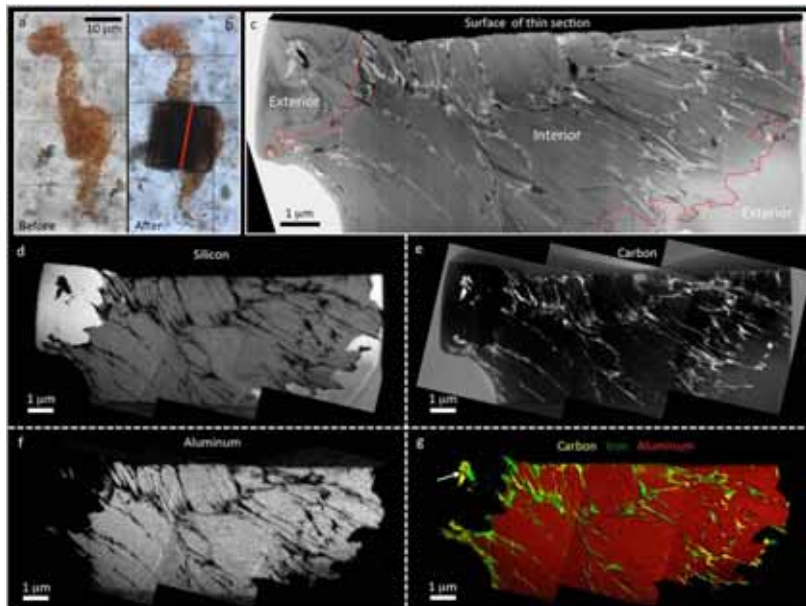


圖 4. 類比為 *Primaevifilum* spp. 的微構造的奈米尺度的構造及化學成分分布。薄片取樣前(a)、後(b)的光學顯微照片，(b)中的紅線即為薄片取樣處。(c)，微構造薄片的明視野電子顯微影像，及加上能量濾鏡後矽(d)、碳(e)、鋁(f)的分布影像。可看出此微構造主要由板狀鋁矽酸岩構成，它的邊界如(c)中的紅色虛線所示，可看出鋁矽酸鹽與矽的清楚分界(矽(d)及鋁(f)的影像中較亮的部分表示元素含量較高)。碳主要分布在板狀鋁矽酸鹽之間及周緣，看不出任何像細胞應有的分布。(g)，上色的三個元素：碳（黃色）、鐵（綠色）、鋁（紅色）分布影像，斑狀分布的碳及鐵也出現在此微構造外石英顆粒周圍（箭頭處）（取自 PNAS 112(16)）

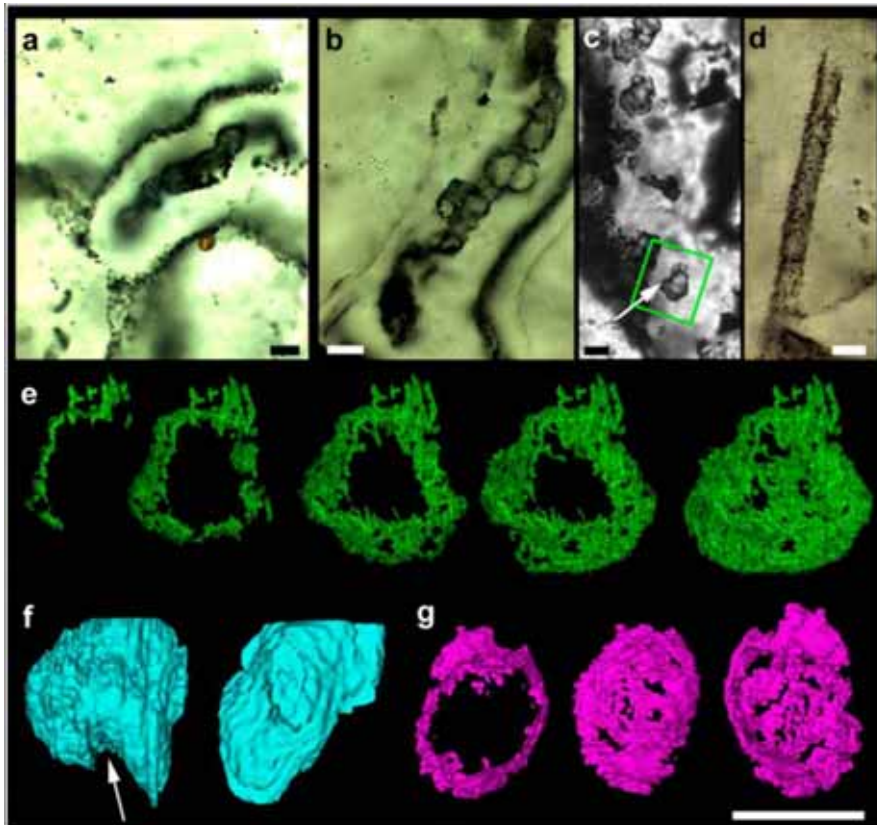


圖 5. 34.3 億年前絲翠利池層中的微體化石。(a~d), 薄片的光學顯微照片。(a), 保存在燧石構成的微鐘乳石中連成一串的球狀細胞。(b), 集結成鏈狀的球狀細胞, 外圍是薄層燧石。(c), 單一橢圓形細胞, 保存在石英顆粒之間的燧石膠結物中。(e-g), 用一系列聚焦離子束穿透式電子顯微影像截面 (FIB-TEM) 得到的細胞立體影像復原。(e), 是 c 圖中箭頭所指細胞的 5 個連續復原階段, 顯示由碳質 (綠色部分) 構成的壁及中間的空腔。(f), 同一個細胞被矽 (亮藍色) 填充的內部空間的復原。(g), 另一個細胞的部分、外面及內部影像, 也顯示了由碳質 (紫紅部分) 構成的皺壁及中間的空腔。比例尺為 10 微米 (取自 PNAS 112(16))