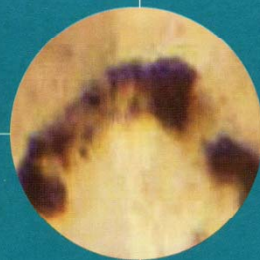


【生命科學】



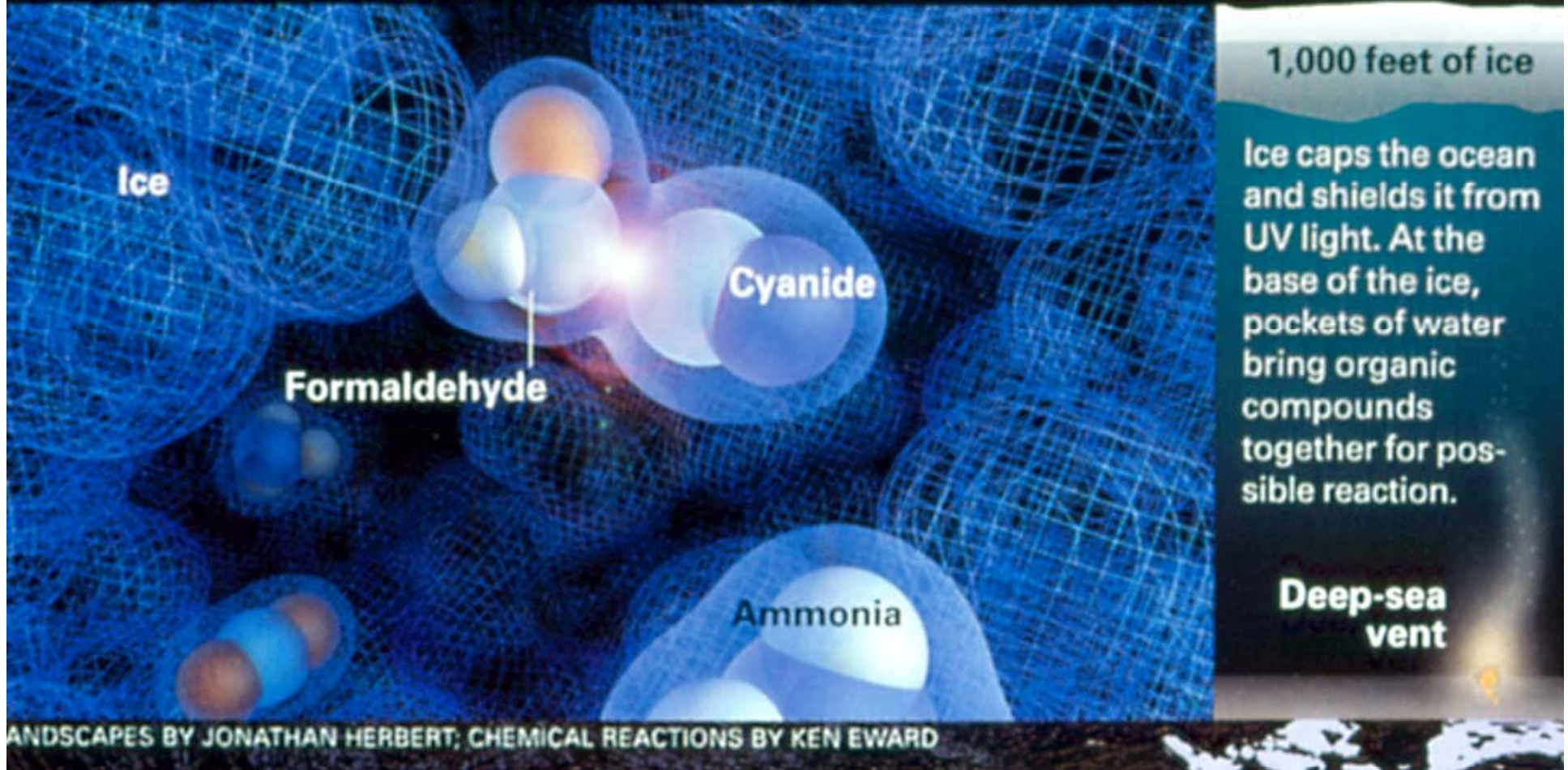
試問生命到底有多古老？
是 33 億、35 億還是 38 億年？
科學家埋首冰天雪地與酷熱荒漠中，
尋覓古老岩層帶來的微小線索，
或許只是微小的石墨斑點，
只是肉眼不可見的顯微化石，
卻隱藏了盤古開天闢地以來的
生命奧秘與神妙奇蹟。

尋找 生命的 起源

撰文／辛普森 (Sarah Simpson)
翻譯／姚若潔 審訂／羅清華



DID LIFE BEGIN IN A BALL OF ICE?



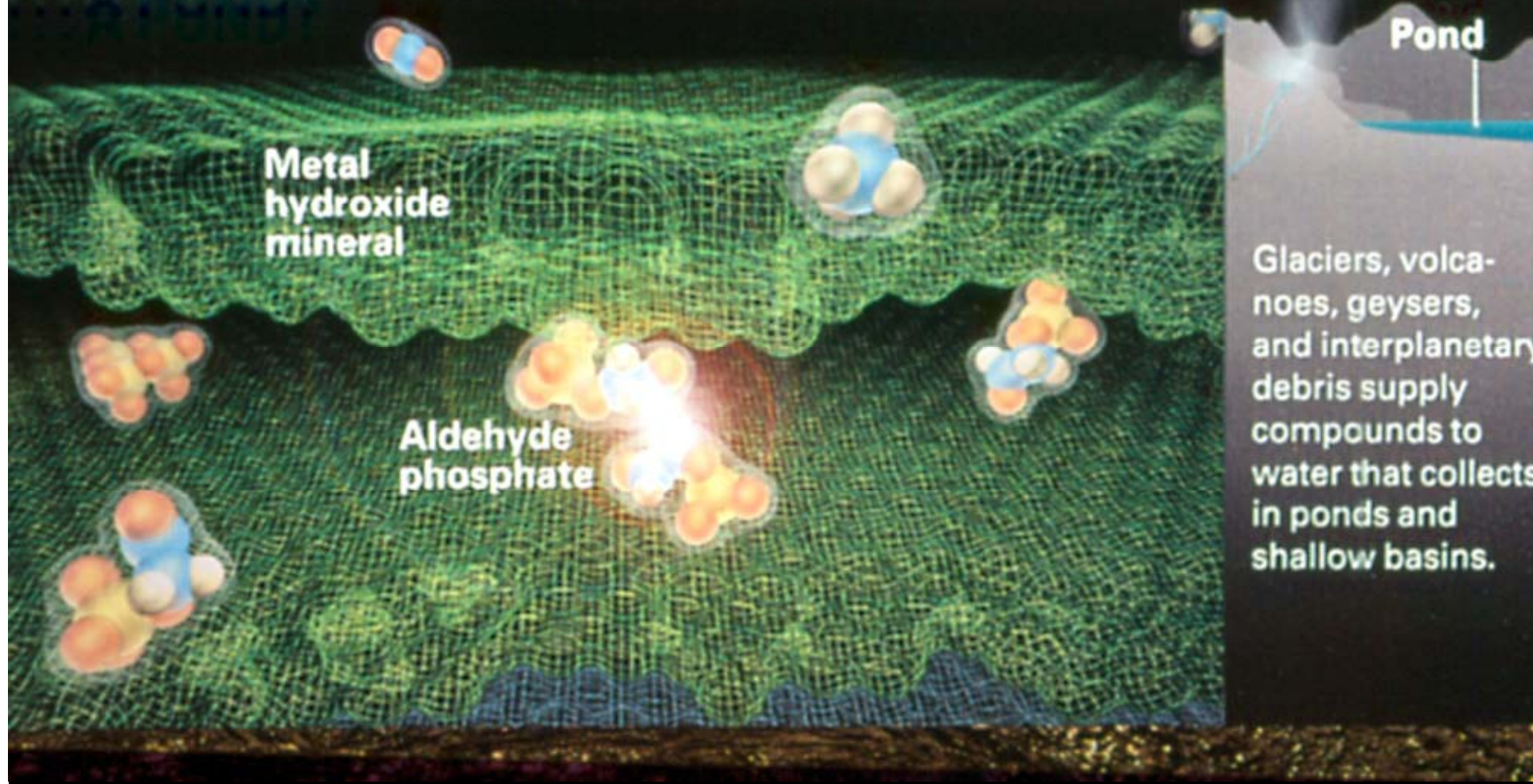
... A POND?

**Metal
hydroxide
mineral**

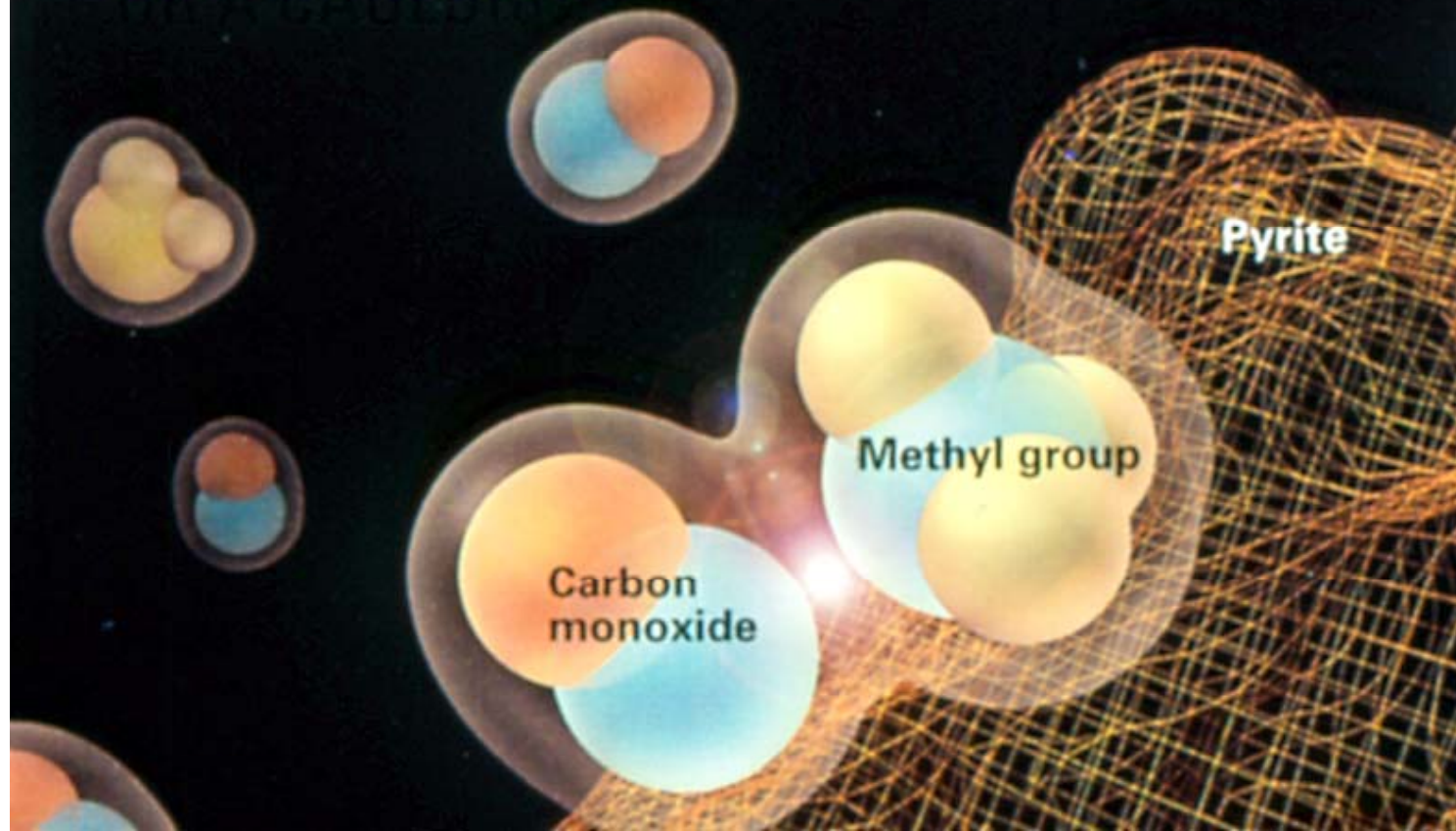
**Aldehyde
phosphate**

Pond

Glaciers, volcanoes, geysers, and interplanetary debris supply compounds to water that collects in ponds and shallow basins.



...OR A CAULDRON?



— Hot spring

At volcanic sites such as hydrothermal vents and geysers, gases deliver vital compounds to the surface, where reactions ensue.

Deep-sea vent

生命

空氣、岩石和

水是早期地球僅有的原料，

始於

第一個生物體必定是以這些原始素材

建造而成的。最近有一些實

驗結果顯示，

礦物這種岩石

的基本成分，

礦石

在形成生命的奇妙過程中，

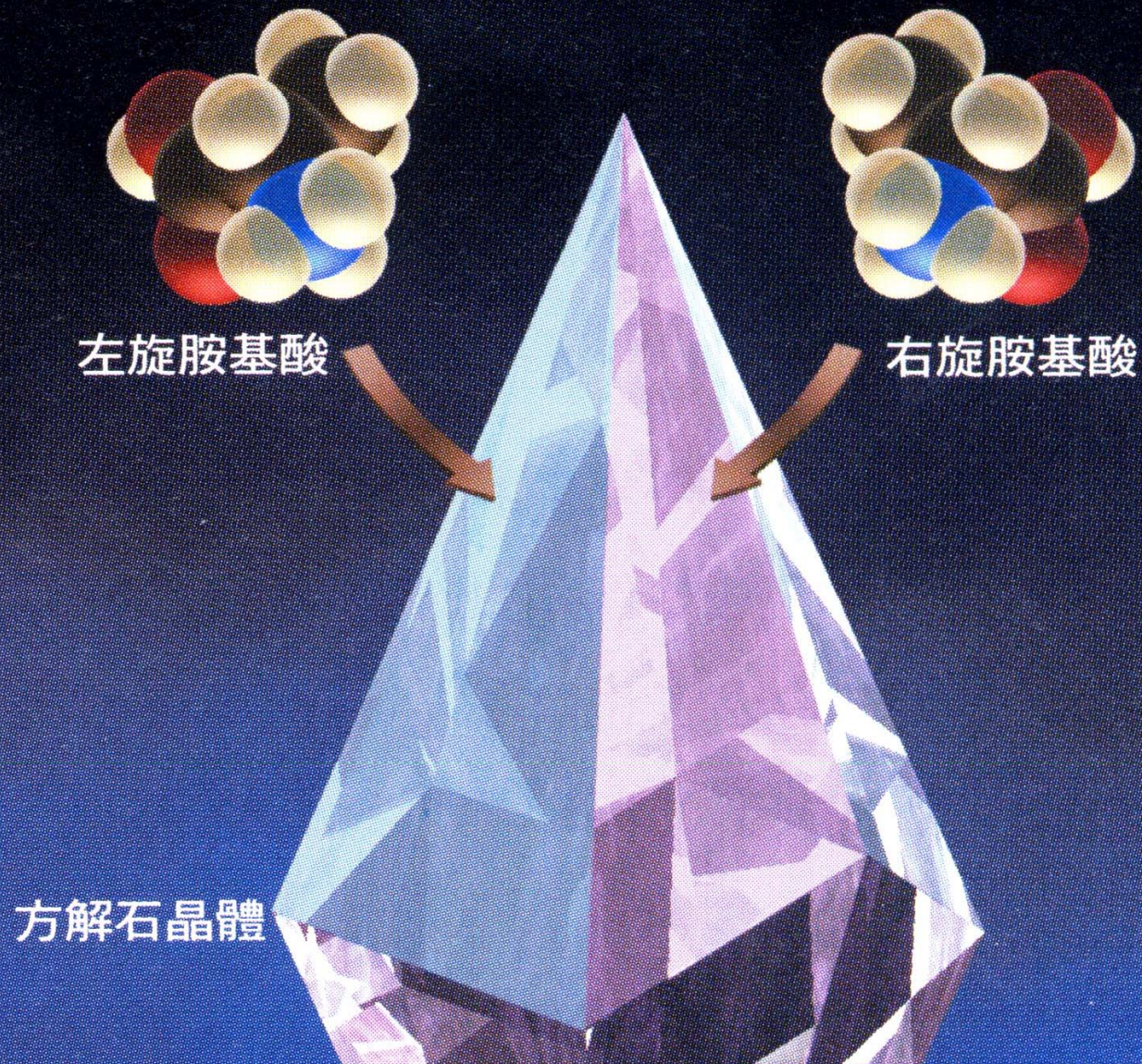
可能扮演舉足輕重的角色。

礦物晶體的力量

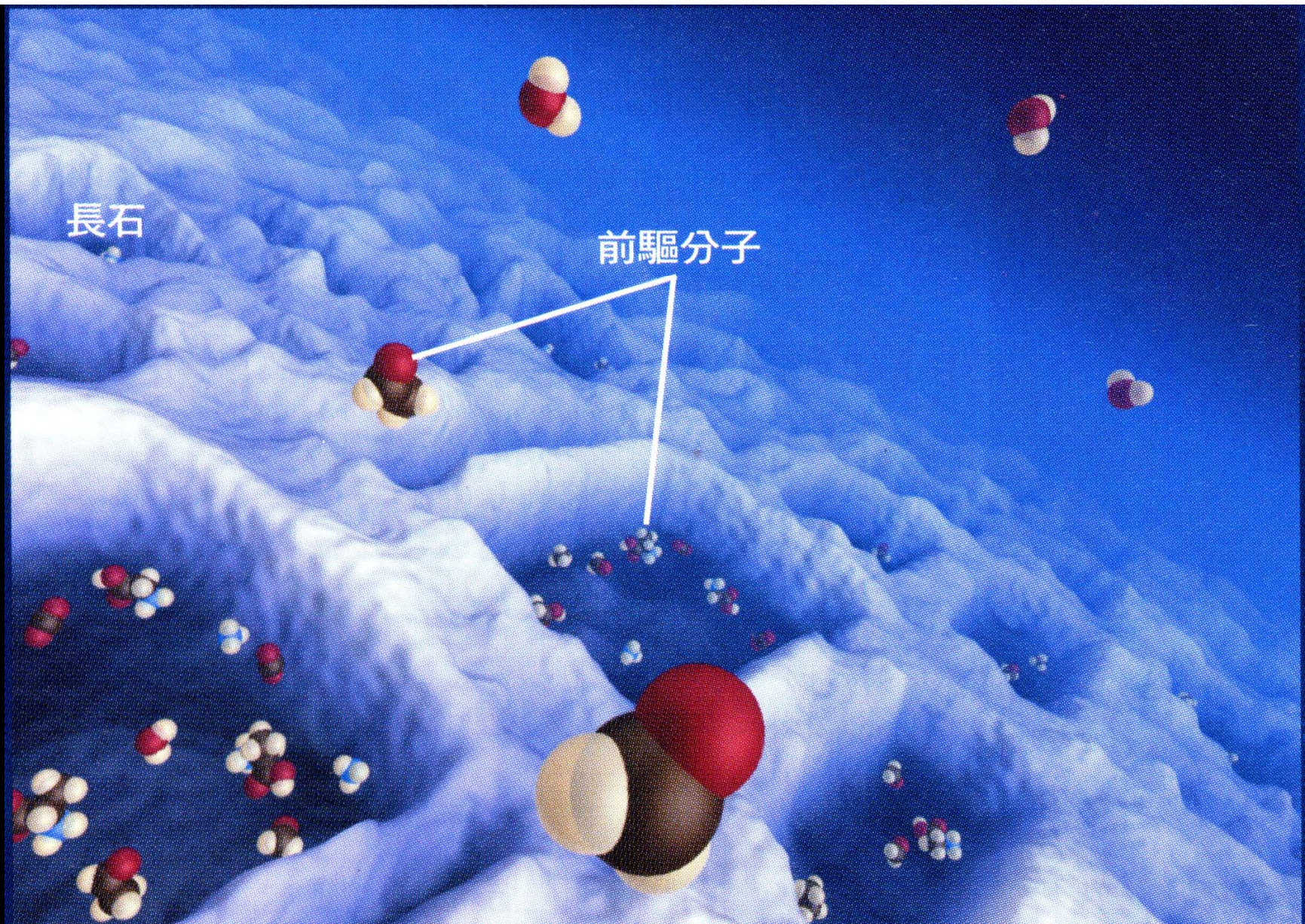
表面看來，沒有任何物質比岩石更沒有生命跡象的了。那麼，岩石及它的礦物成分怎麼會促成生命萌芽？答案在於「化學」。礦物從簡單分子長成有序結構，就是透過化學反應。同樣的，所有生物，細菌也好蝙蝠也罷，之所以能生長、生活、生殖，也是因為每個細胞內發生的幾百種化學反應。

40億年前，地球上沒有生物；是化學改變了地球的表面，而不是生物。在那個曠遠的時代，礦物、海洋、大氣是第一個生物體賴以成形的僅有物質。因此，化學反應必定是生命起源的第一步。一系列的化學變化，將空氣、水、礦物中的簡單成分，組裝成一群具有複製能力的含碳分子。

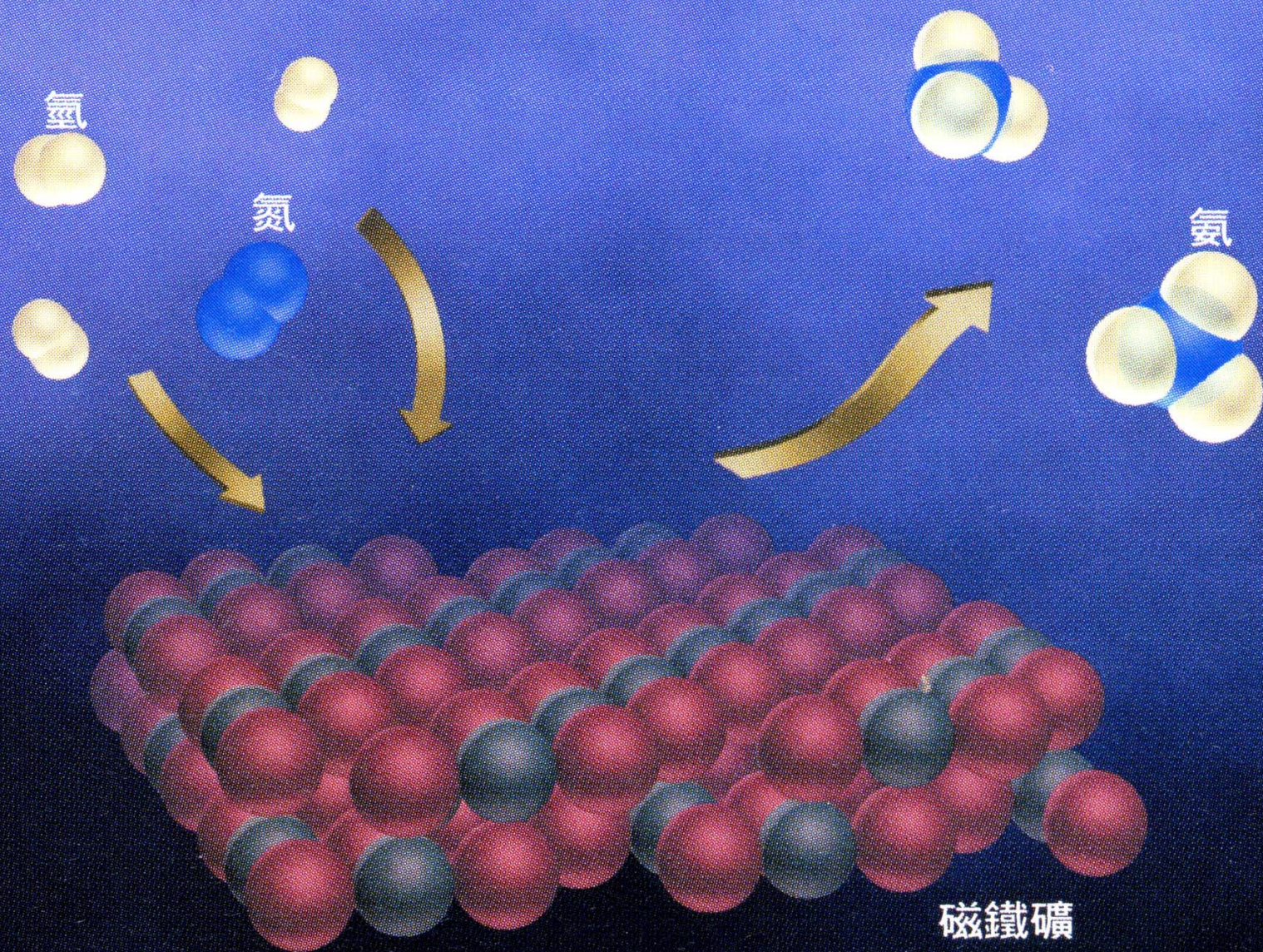
最近有實驗顯示，要不是有礦物協助，這些關鍵變化根本就不可能發生。礦物所扮演的角色包括了：庇護所、鷹架、模板、催化劑，以及反應物。



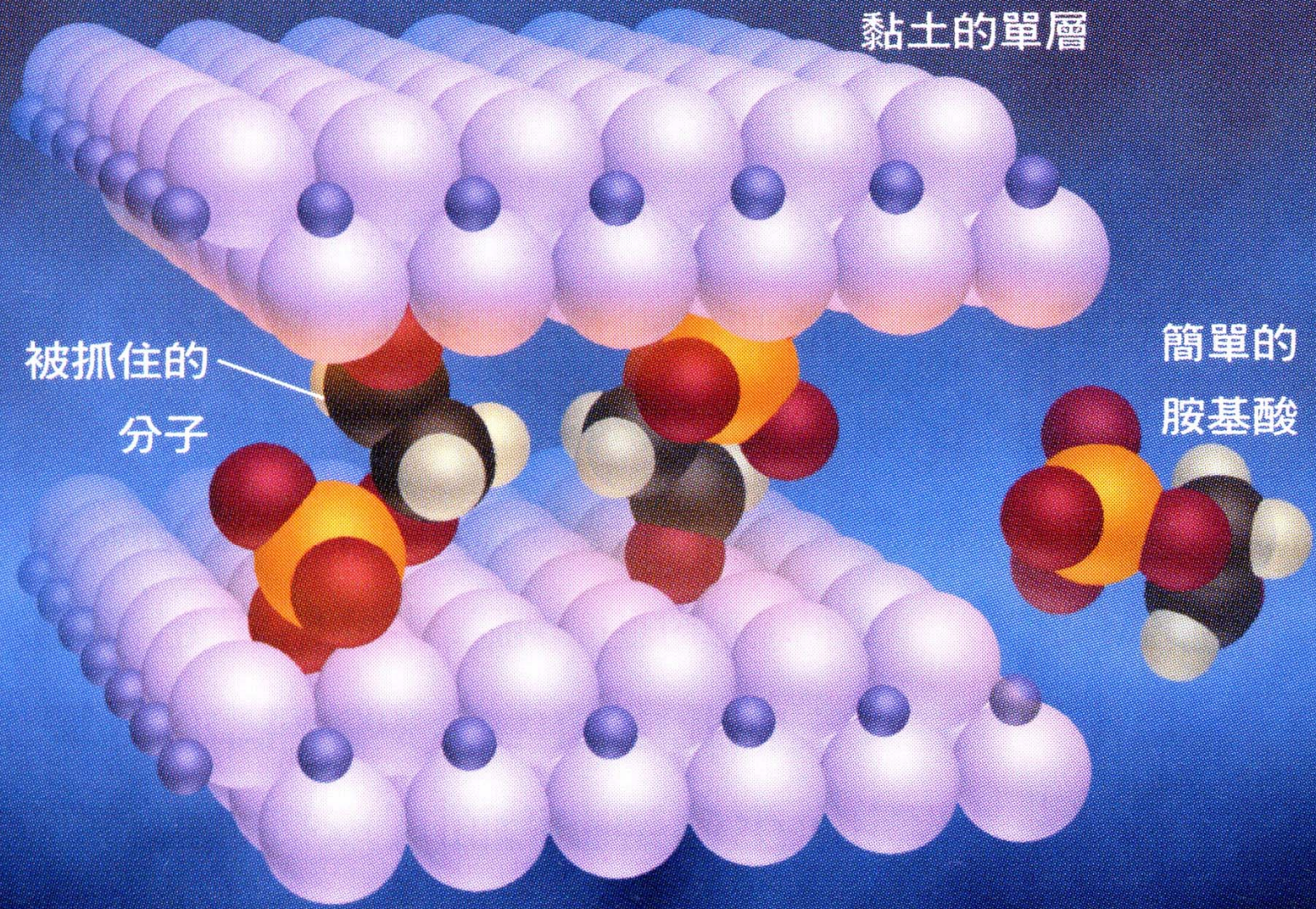
模板：方解石的不同晶面可以分別吸附左旋及右旋胺基酸分子。這個選取過程可以解釋生物只利用左旋胺基酸的事實。



庇護所：長石之類的普通礦石，風化後表面會出現大量小坑。這些小坑可以保護生命分子的前驅物，使之不受致命輻射的破壞。

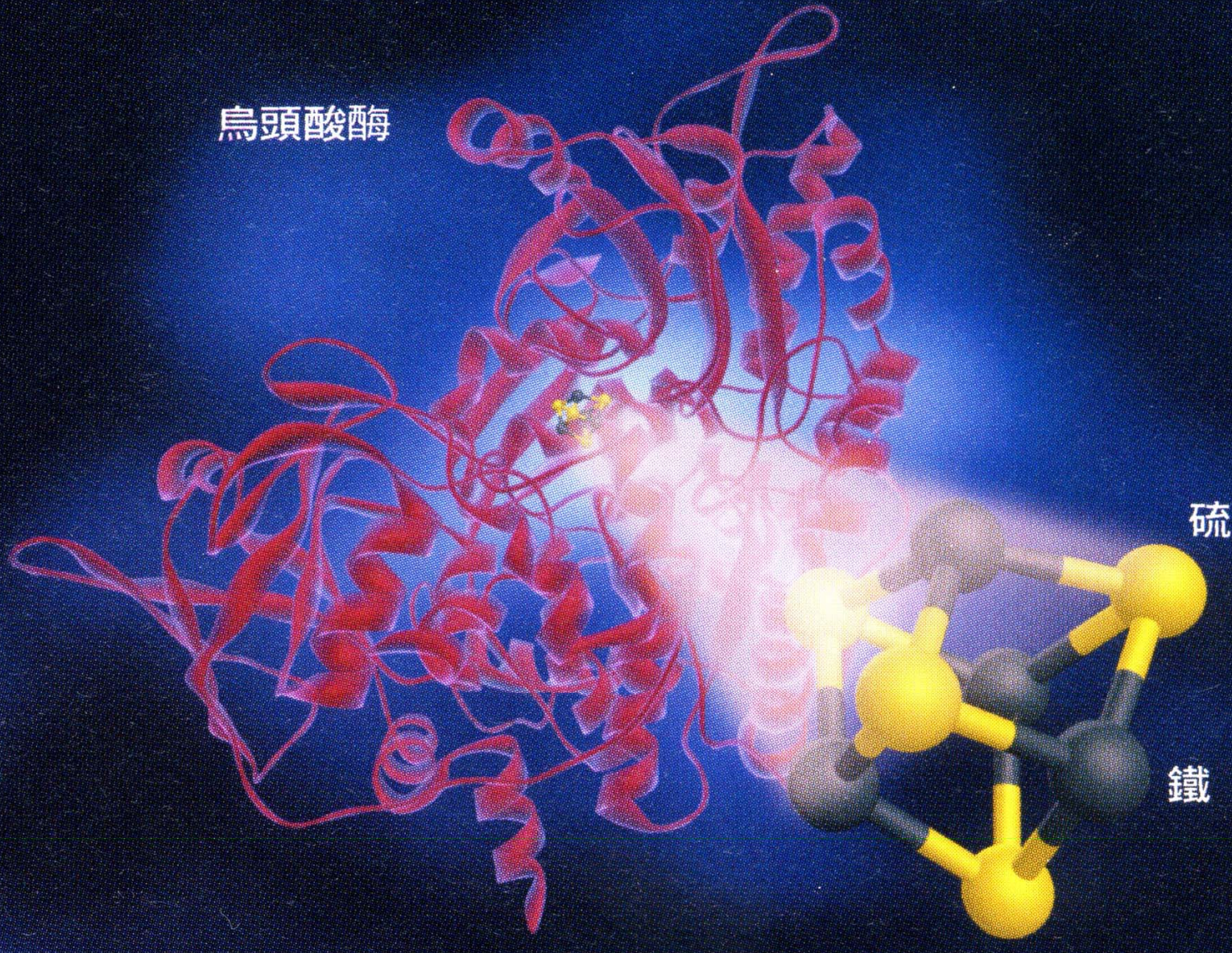


催化劑：磁鐵礦，一種氧化鐵礦物，可以促成氮和氫重組成氨的反應。
氨是生物不可或缺的化合物，它是細胞取得氮的來源。



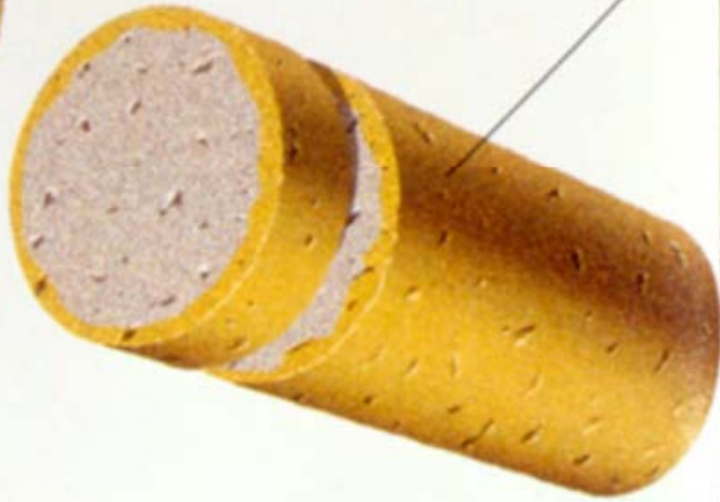
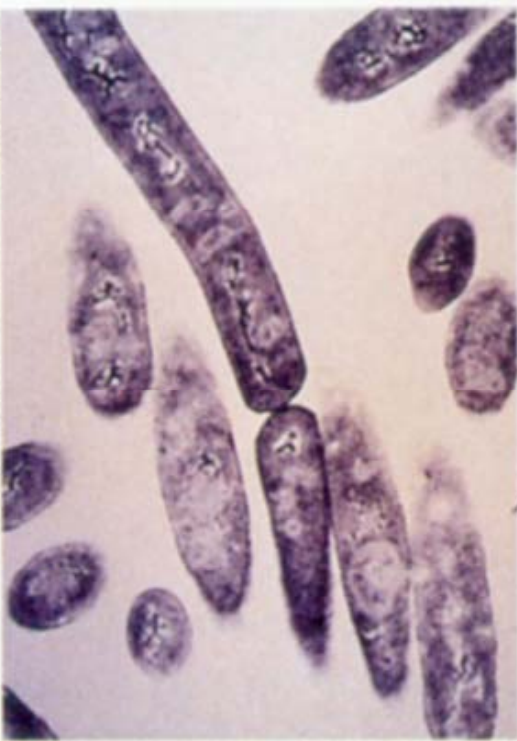
鷹架：黏土之類的成層礦物，可以將自由的有機分子限制在層間的空間裡。簡單分子因為彼此接近而進一步反應，結合成複雜化合物。

烏頭酸酶



反應物：硫化鐵礦石在高溫高壓下就會溶出鐵和硫。某些生物酵素的活性核心，就是由鐵和硫形成的，如烏頭酸酶。



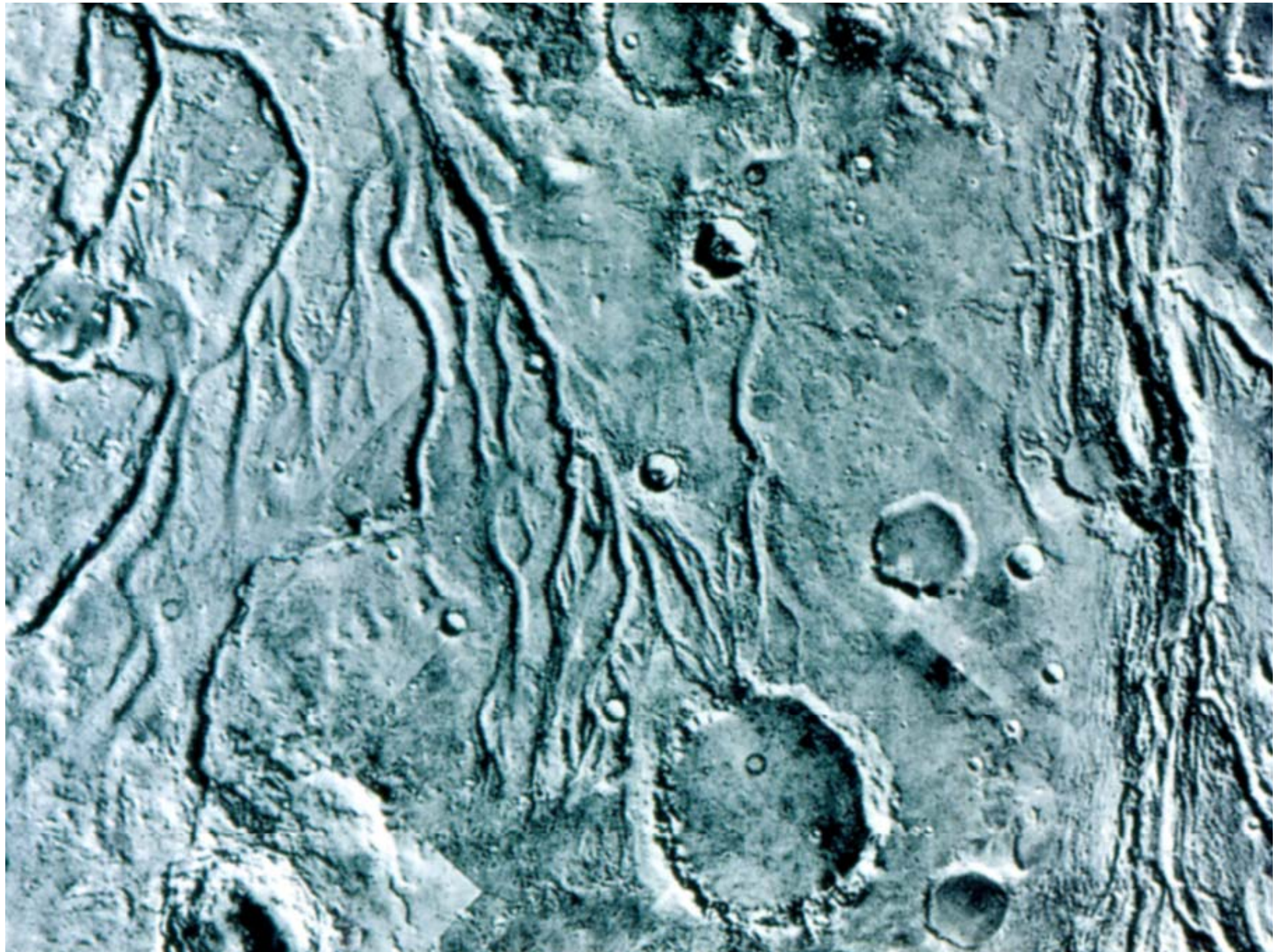


DAVID BOONE Oregon Graduate Institute



7/15/2000
New Seal - Chloroform
From 100 (2)
Pulverize Oil bitum Res lat.
in Least Fresh
(with: a Part purification
et Rayonung off/area)
90 (2) removed
10/15/2000



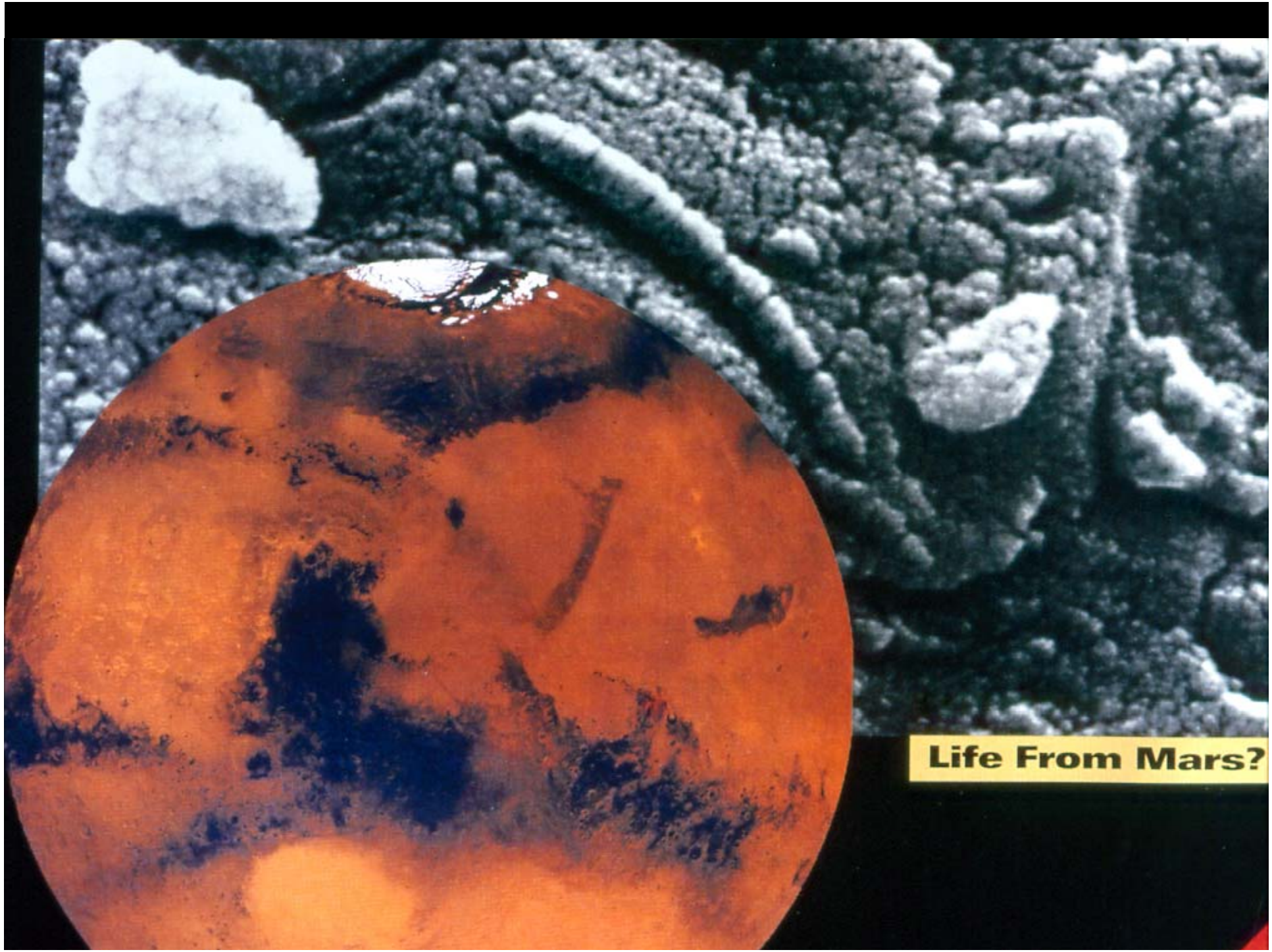




ALH84001,0



1cm.

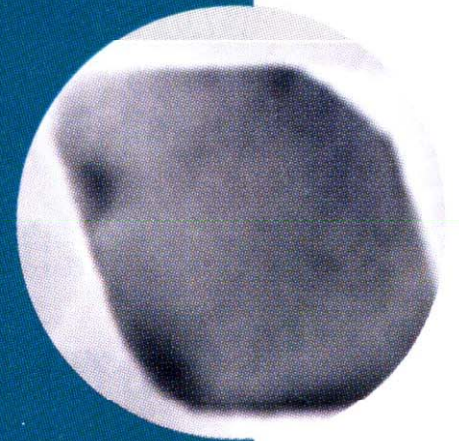


Life From Mars?

生物礦物

定義：由活細胞產生的礦物顆粒。

最古老的證據：發現於火星隕石 ALH84001，為形式獨特、有磁性的磁鐵礦（見右圖），幾乎與現今地球上某些細菌產生的磁鐵礦相同。咸認這些火星礦物形成於 39 億年前；還有相似的磁鐵礦結晶，在澳洲 20 億年前形成的岩石裡也偵測到。這兩個發現都還有爭議。



行星科學

我們都是 火星人的？

地球上的生命來自外太空嗎？
最新研究證實，微生物
能在火星到地球的旅程中存活，
星際間，或許還有其他生物！

撰文 華佛拉西 (David Warmflash)、魏斯 (Benjamin Weiss)

翻譯 張雨青

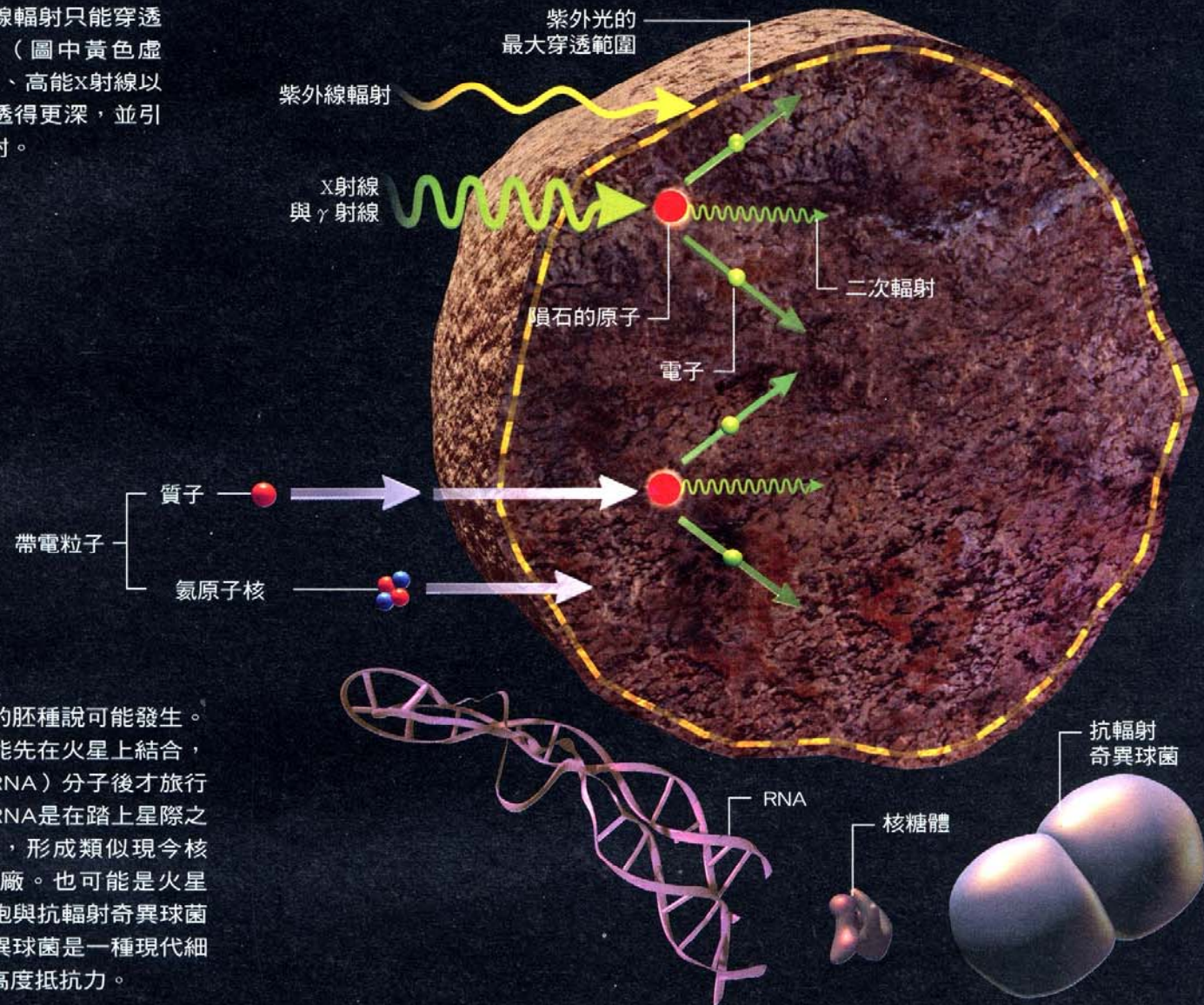
來自太空的生命

- 「胚種假說」假設：活細胞或其前驅物可能於數十億年前發源自其他行星或月球上，並且搭隕石的便車來到地球。
- 小行星或彗星在撞擊火星時，所轟出的岩石之中，有少數可以在僅僅數年之內就抵達地球。
- 研究人員打算研究：微生物是否可以在星際旅行中存活，並據以評估胚種說存在的可能性。

宇宙中的諾亞方舟

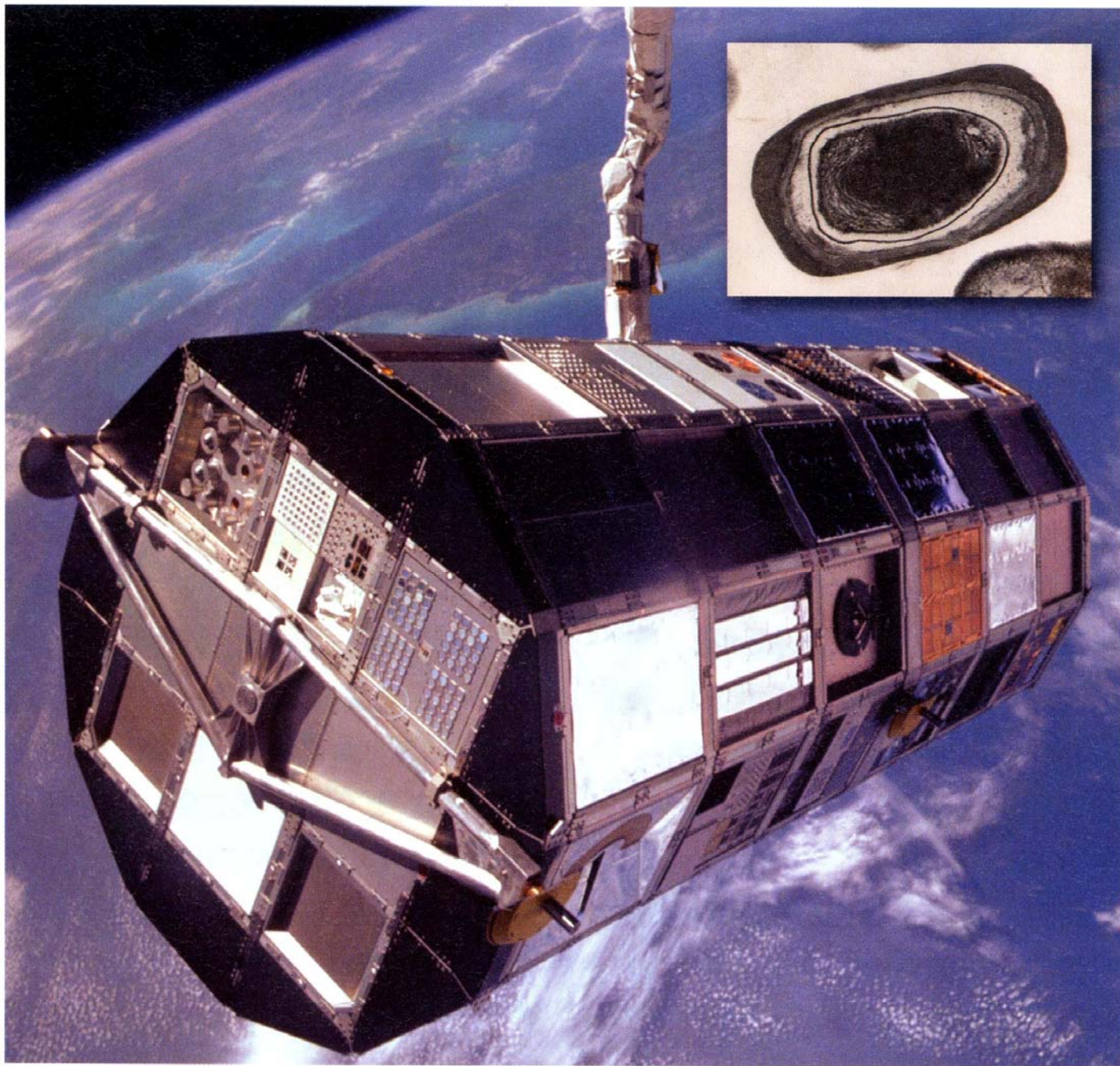
生物物質穿越危機重重的行星際空間時，躲藏在隕石內部可能是最佳的保命方式。
輻射則是最主要的威脅。

來自太陽的紫外線輻射只能穿透岩石表面數微米（圖中黃色虛線），但帶電粒子、高能X射線以及 γ 射線則可穿透得更深，並引發二次輻射的簇射。



還有好幾種版本的胚種說可能發生。較小的化合物可能先在火星上結合，形成核糖核酸（RNA）分子後才旅行至地球。又或許RNA是在踏上星際之旅前便先行結合，形成類似現今核糖體的蛋白質工廠。也可能是火星隕石攜帶的活細胞與抗輻射奇異球菌同源。抗輻射奇異球菌是一種現代細菌，對輻射具有高度抵抗力。

還有好幾種版本的胚種說可能發生。較小的化合物可能先在火星上結合，形成核糖核酸（RNA）分子後才旅行至地球。又或許RNA是在踏上星際之旅前便先行結合，形成類似現今核糖體的蛋白質工廠。也可能是火星隕石攜帶的活細胞與抗輻射奇異球菌同源。抗輻射奇異球菌是一種現代細菌，對輻射具有高度抵抗力。



美國航太總署「長期輻照設施」攜帶著枯草桿菌的孢子（右上角圖）上軌道長達六年。研究人員發現薄薄一片鋁罩就足以為孢子抵擋紫外線輻射的危害，使80%的孢子得以存活。

星際特快車

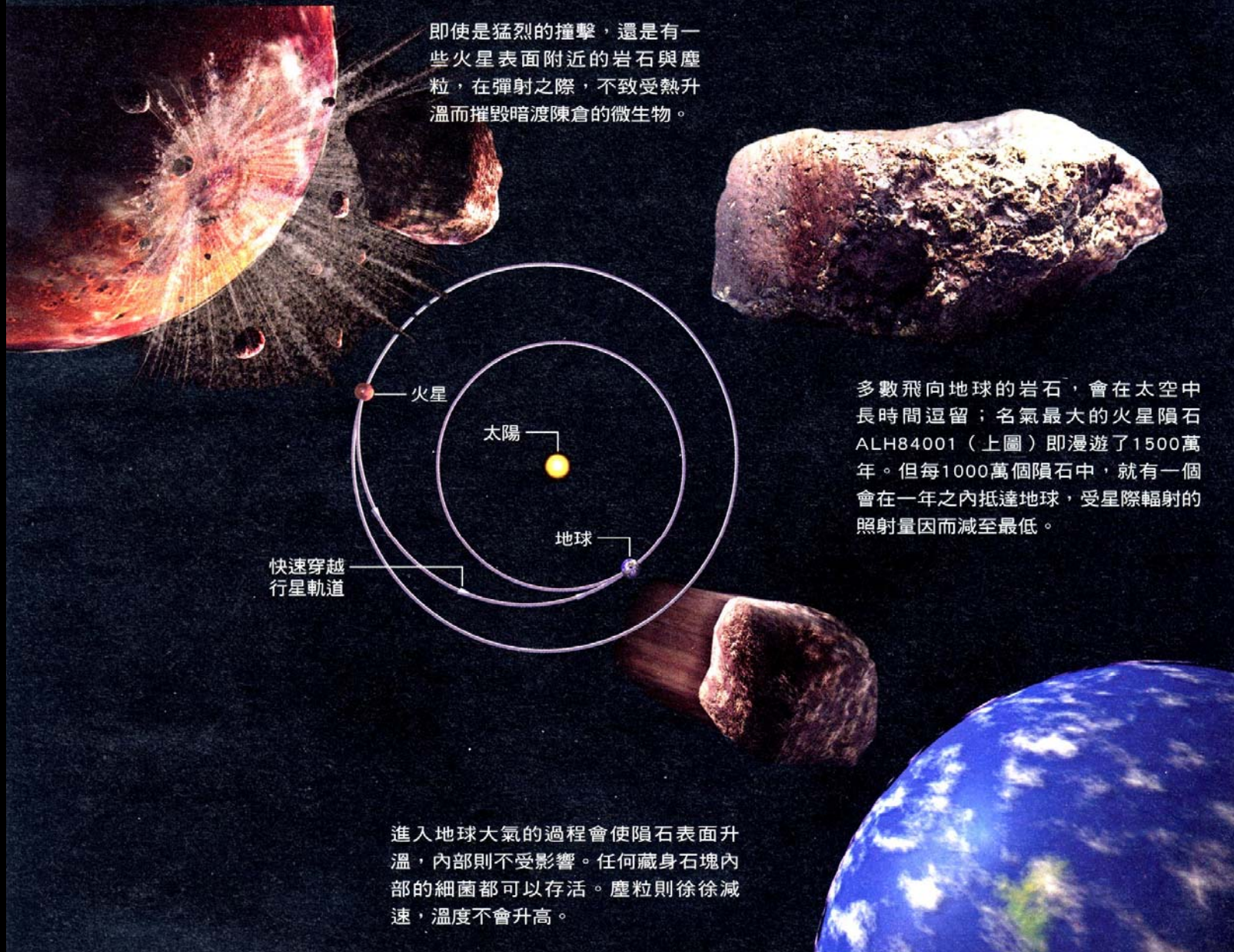
每隔數百萬年，就會有小行星或彗星撞擊火星，能量足以使岩石噴發，並脫離火星重力的作用，最後到達地球。如果數十億年前就有生命在火星上演化，可想像含生物體的岩石能快速飛行，而將地球外的種籽移植到地球上。

即使是猛烈的撞擊，還是有一些火星表面附近的岩石與塵粒，在彈射之際，不致受熱升溫而摧毀暗渡陳倉的微生物。

多數飛向地球的岩石，會在太空中長時間逗留；名氣最大的火星隕石 ALH84001（上圖）即漫遊了1500萬年。但每1000萬個隕石中，就有一個會在一年之內抵達地球，受星際輻射的照射量因而減至最低。

快速穿越
行星軌道

進入地球大氣的過程會使隕石表面升溫，內部則不受影響。任何藏身石塊內部的細菌都可以存活。塵粒則徐徐減速，溫度不會升高。



火星上是否有生命？「火星大探險」1月11日晚上九點 國家地理頻道獨家首播

WWW.NATIONALGEOGRAPHIC.COM.TW

2004年1月號

台灣：NT \$ 199

香港：HK \$ 45

NATIONAL GEOGRAPHIC

國家地理雜誌 中文版

前進火星

尋找古老水冰裡的生命

巴塔哥尼亞高原·探索北極海

辛巴人·印度漢雷寺院

破解人類最早的星象圖

ISSN 1608-2621
4 710859 840158 01

精神號：前進火星！

溫室氣體減量，人人有責 p.60

機器人沙漠大賽車 p.70

深入追蹤：火星之水與生命何在？ p.40

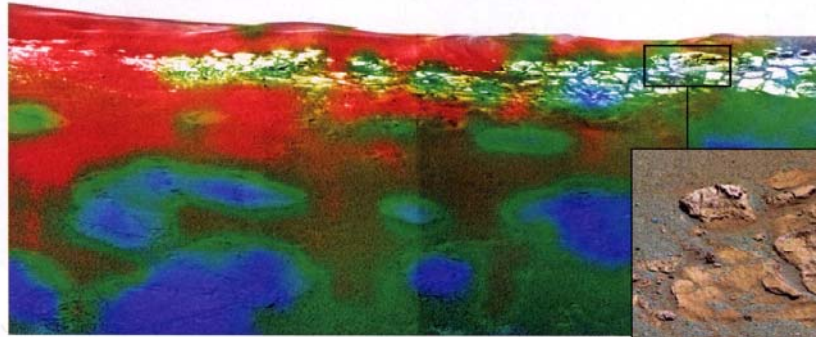


火星，一度水漾



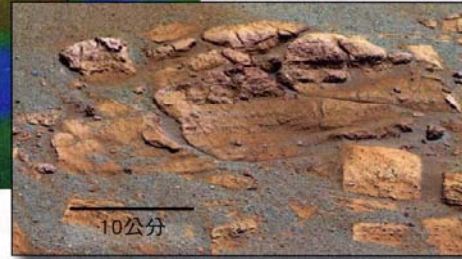
機會號的全景相機所拍下的「上尉岩」影像，岩石的紋理層次清晰可見。上尉岩表面還有許多長達一公分的小凹溝，科學家相信那是水曾經存在的證據。機會號已經動用了所有儀器，把上尉岩好好研究了一番。

火星何處曾有水？

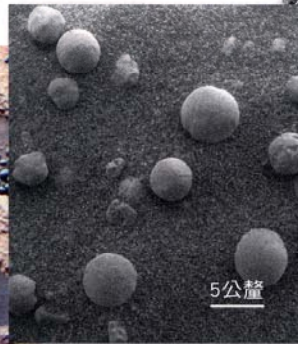
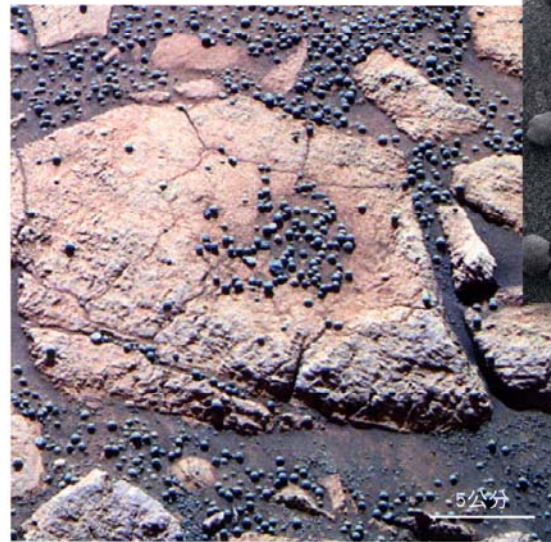


老鷹隕石坑的全景：機會號的著陸點，其中與水有關的礦物——赤鐵礦，含量高（紅色）低（藍色）不一。前景的藍色色塊是探測車著陸時所留下，直徑約1公尺的彈跳痕跡。後方的白色區域是

如上尉岩（右下圖）等的岩石露頭；仔細檢視後發現，它們是由水沉積的硫酸鹽和赤鐵礦所組成。

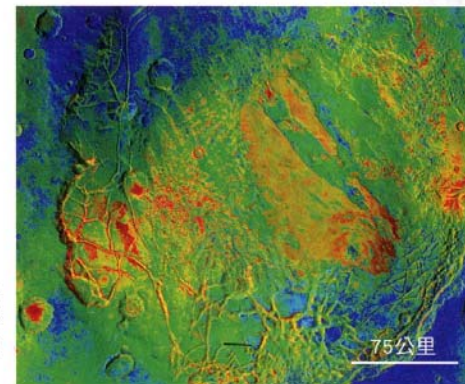


「藍莓」是散佈在著陸點附近，大小如BB彈般的球型顆粒。在這塊岩石上，稱為「藍莓盆」的藍莓分佈密集處（此圖經假色處理），讓探測車可獲得關於成份的極佳資料：這是赤鐵礦，大概是水在湖床的沉積岩空隙中沉澱形成的。

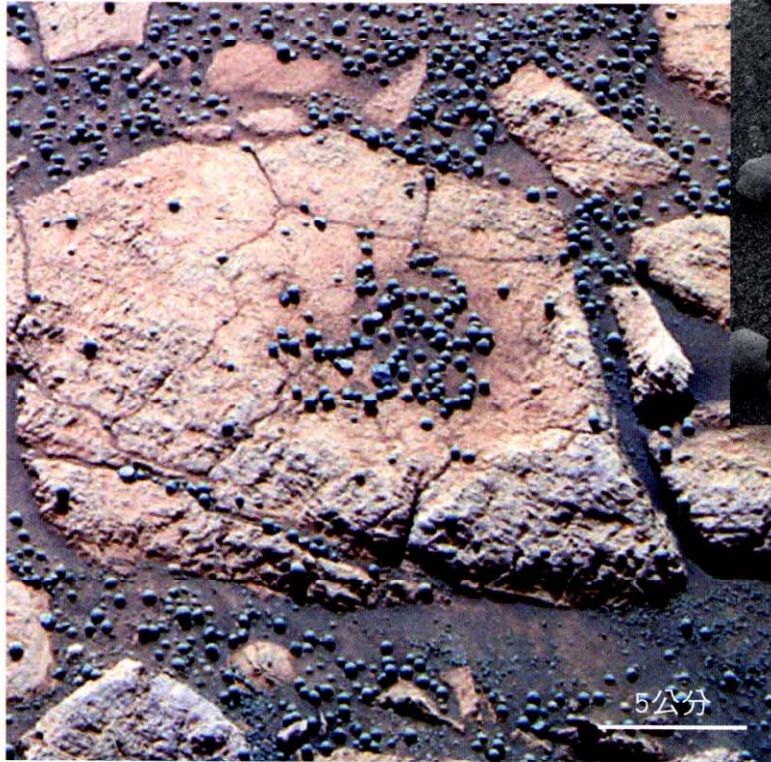


顯微影像顯示出在土壤中（左圖）和鑲嵌在名為「上戴爾斯」的石塊（上圖）中的藍莓。石塊上還有數公釐厚的層次，其形狀暗示，這是由流動的水所沉積出來的。

阿拉姆裂地是一個撞擊隕石坑；如同機會號的登陸點，這裡也充斥著赤鐵礦。火星奧德賽號軌道船觀測夜間溫度，揭露這裡的物質質地：暖處（紅色）代表岩石，冷處（藍色）代表塵埃與沙粒。在隕石坑中央的平坦岩石（橘色）似乎是湖床沉積物。南方破碎的地形顯示地表突然塌陷，也許是地下水湧出時造成的。

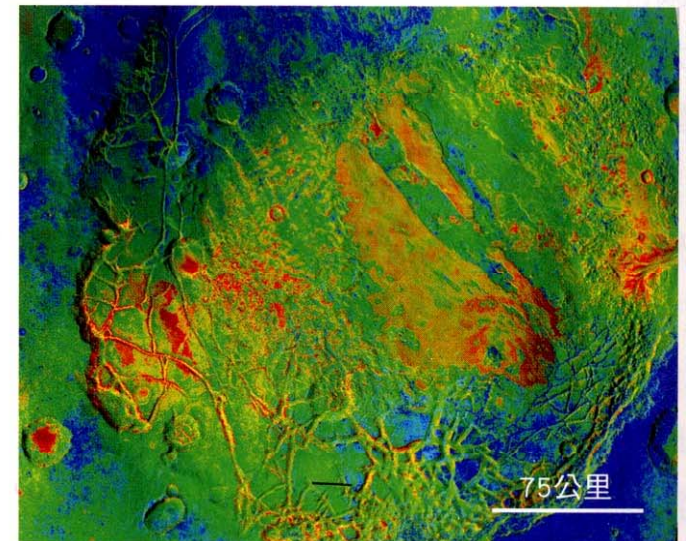


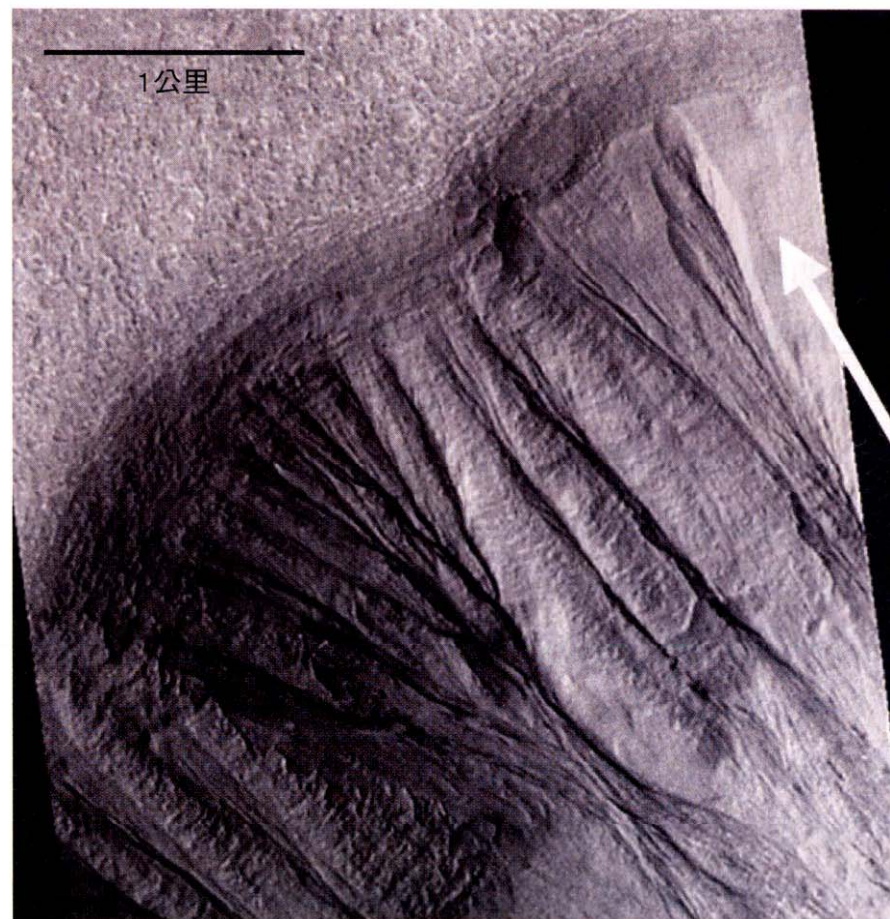
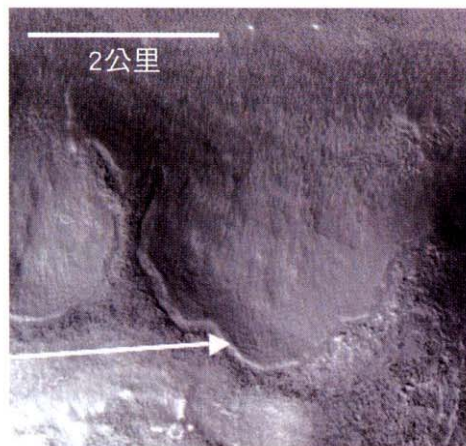
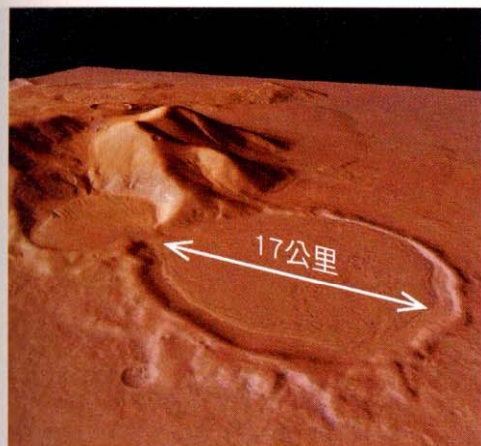
「藍莓」是散佈在著陸點附近，大小如BB彈般的球型顆粒。在這塊岩石上，稱為「藍莓盆」的藍莓分佈密集處（此圖經假色處理），讓探測車可獲得關於成份的極佳資料：這是赤鐵礦，大概是水在湖床的沉積岩空隙中沉澱形成的。



顯微影像顯示出在土壤中（左圖）和鑲嵌在名為「上戴爾斯」的石塊（上圖）中的藍莓。石塊上還有數公釐厚的層次，其形狀暗示，這是由流動的水所沉積出來的。

阿拉姆裂地是一個撞擊隕石坑；如同機會號的登陸點，這裡也充斥著赤鐵礦。火星奧德賽號軌道船觀測夜間溫度，揭露這裡的物質質地：暖處（紅色）代表岩石，冷處（藍色）代表塵埃與沙粒。在隕石坑中央的平坦岩石（橘色）似乎是湖床沉積物。南方破碎的地形顯示地表突然塌陷，也許是地下水湧出時造成的。





下雪吧：火星也許不再像過去那麼活躍，但這顆行星仍有生命力。火星快遞軌道衛星觀察到地質時間看來相當晚近的冰川，曾流經山區與隕石坑（左圖）。火星奧德賽號軌道船在朝向極區的坡面上偵測到積雪（中圖與右圖箭頭）。雪可能是造成新溝渠的水的來源（右圖）。如果微生物能在現今火星的任何地方存活，這些雪堆是最可能的地點之一。

火星

曾是水世界

探測車與軌道船
傳回了新的觀測結果，顯示
液態水不僅曾經存在火星上，
甚至覆蓋大部份地表
有10億年之久。

火星的表面環境，在不同地點、不同時間所呈現出的多樣性，是火星生物學最令人懷抱希望的一點：它提供了一連串豐富的環境條件，生命或許曾經掌權。水雖然可能只是間歇性的存在湖泊裡，但時間仍是相當的長。或許時間已久到足以讓無生命物質萌發生機。生命體可能仍未死去，而是在冷期冬眠，等氣候條件改善時復甦。類似殘留雪塊、溝渠等的區域，將是未來的自動機械任務尋找生命的絕佳地點。

SCIENTIFIC AMERICAN

中文版

NO. 89
2009年7月號

科學人

磷礦耗竭，
預告農業浩劫 p.98



sa.ylib.com

太空探險下一站 火星



上火星找生命，可能遭遇哪些狀況？
40年前的阿波羅任務，能否做為借鏡？
史上唯一登月的科學家現身說法。

野貓何時變家貓？ p.38

IBM賽道記憶體開跑，
台灣站上起點 p.48, 54

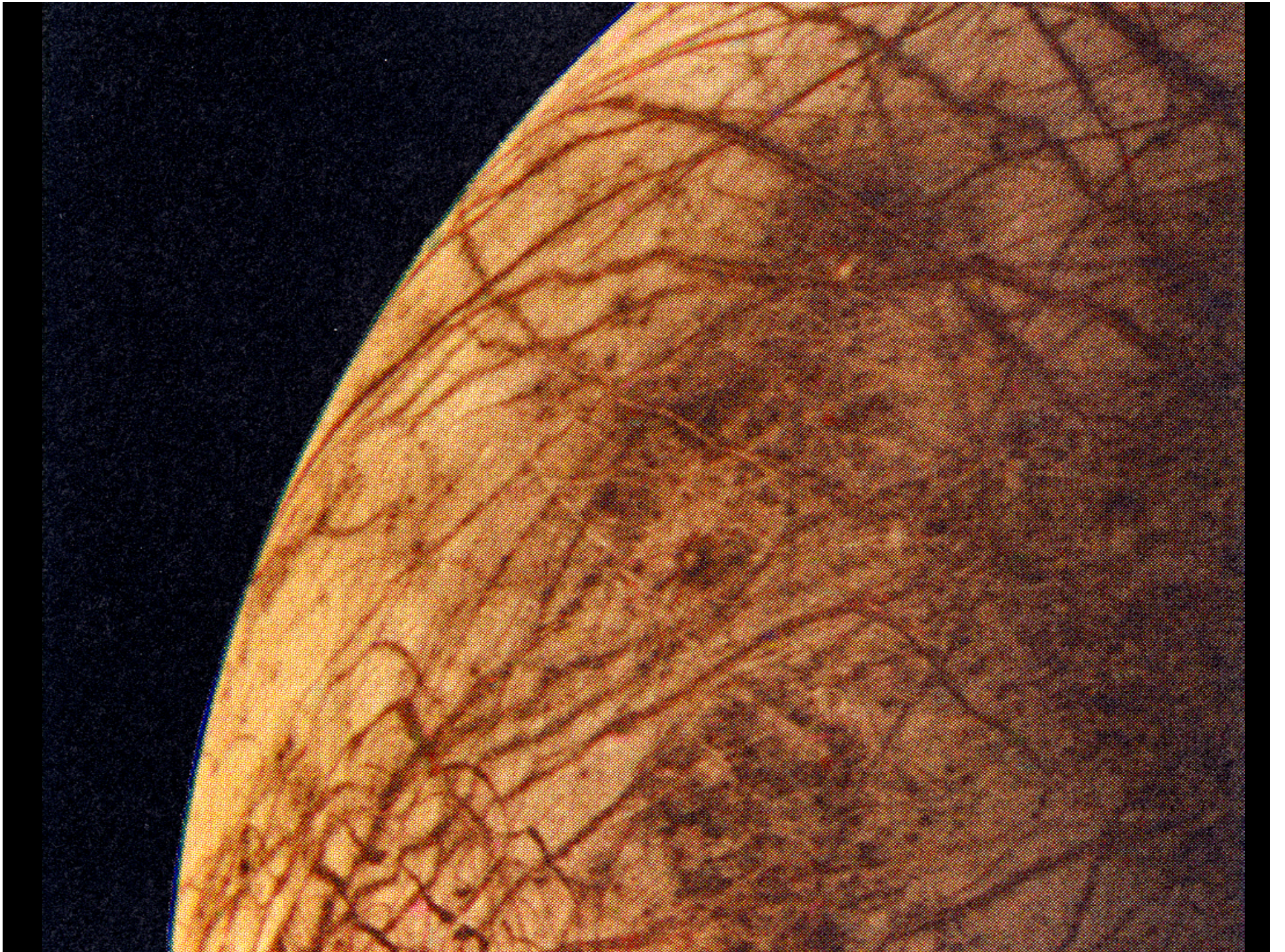
碳權交易是一場買空賣空 p.22

池邊天籟——豎琴蛙 p.120



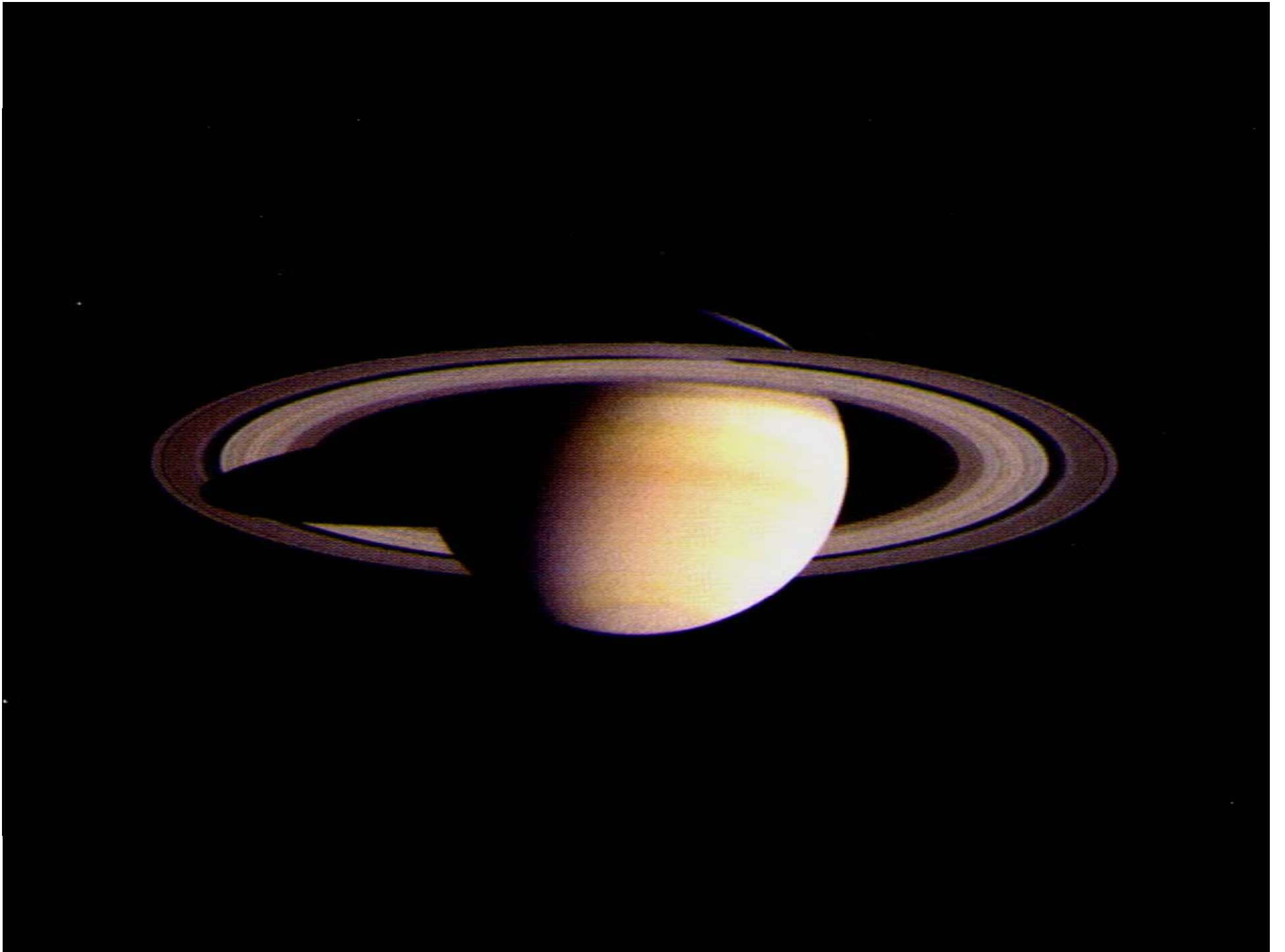
六度蟬聯雜誌出版金鼎獎

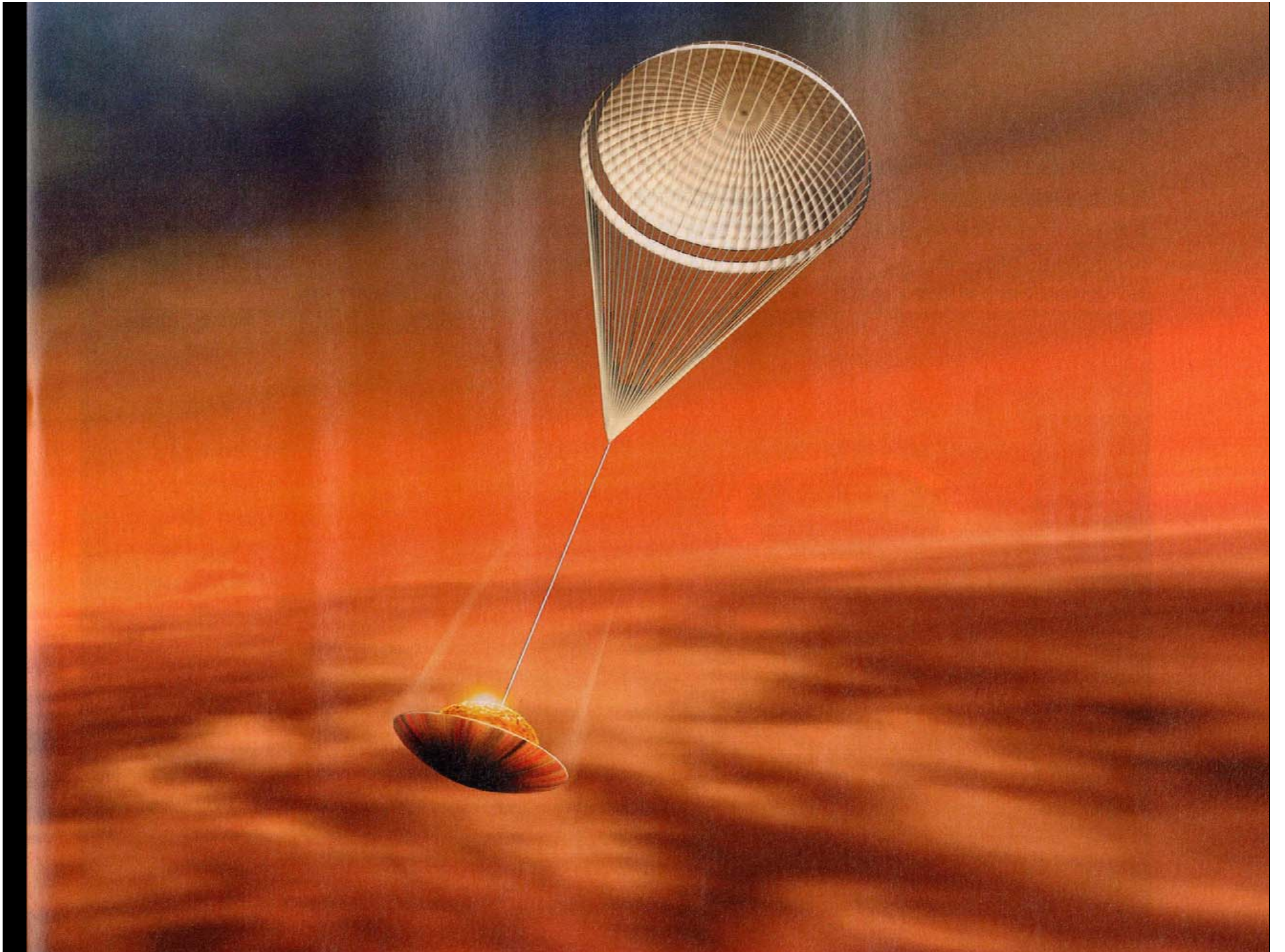
ISSN 1682-2811
47190251000594 07



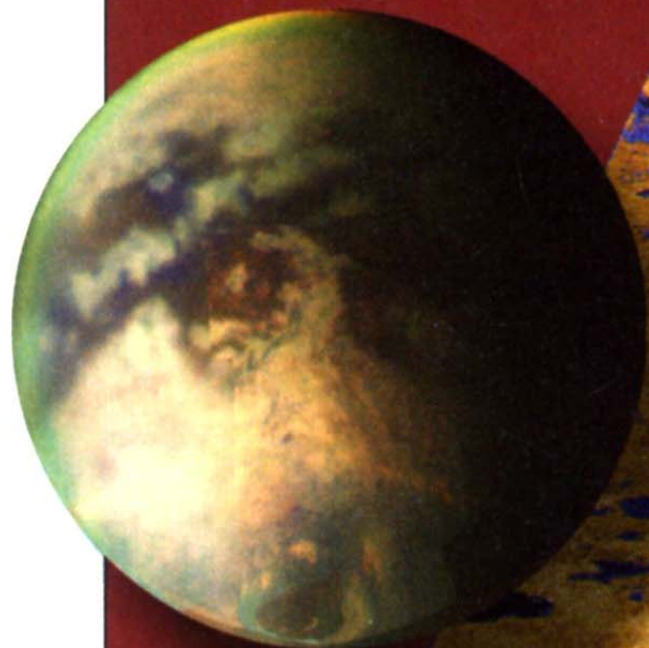


木衛二探測示意圖。水中機器人以核能加熱穿過數公里厚的冰層，潛入海中，繪製海底地形圖，並在火山口附近尋找生命。

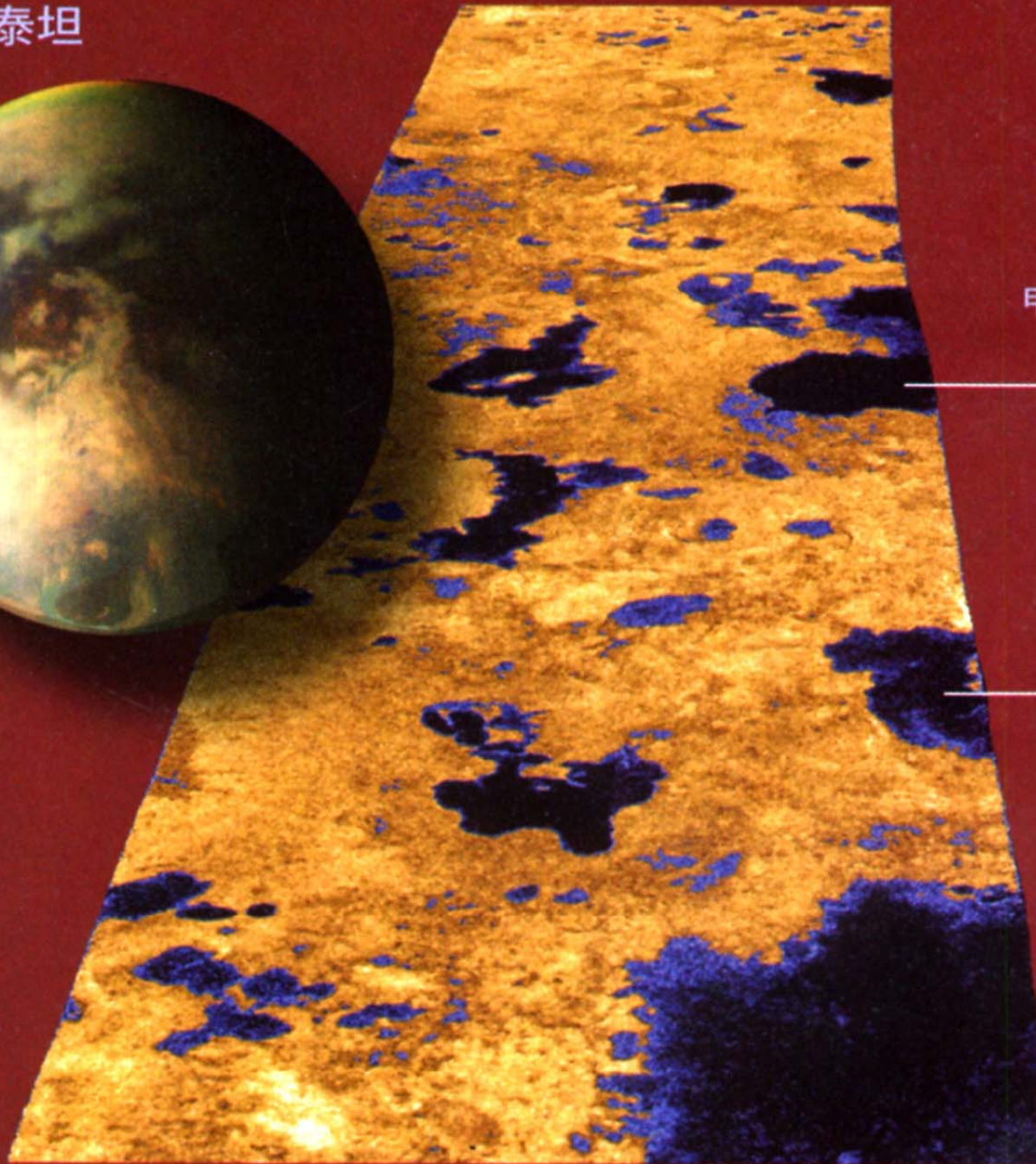




泰坦



甲烷湖



140公里

甲烷謎霧

火星與泰坦上有生命嗎？



甲烷可能暗示了生命的存在，也可能是異常地質活動的象徵；但無論如何，在火星與泰坦的大氣中偵測到甲烷，是太陽系最引人入勝的謎團。



常見的甲烷來源

隕石塵埃

帶來的甲烷量過少，
可忽略

彗星撞擊

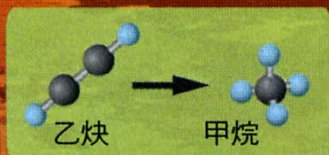
帶來的甲烷量過少，
可忽略

風
應會使甲烷在大氣中
均勻混合，因此所觀
測到的不均勻情形依
舊是個謎。

甲烷的可能來源

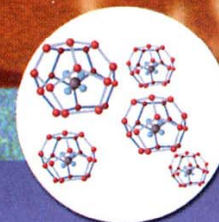


— 甲烷河



微生物
可能產生甲烷，但量少
得可以忽略

低溫火山
噴出顆粒狀的氨水
冰並且會排出甲烷



甲烷晶籠化合物
可以儲存泰坦曾經產生的
甲烷，並且經由裂縫逐漸
釋放到地表。

深海熱泉
在遙遠的從前可能曾經
活躍，當時海洋範圍延
伸至岩質核心。



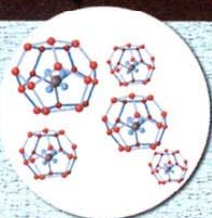
火山

在噴發時會排出甲烷，但現在是休眠或熄滅的狀態。



探測車

甲烷的可能來源



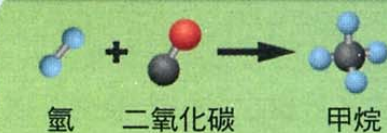
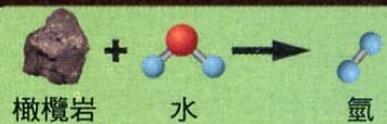
甲烷晶籠化合物

可以儲存由微生物或是黑煙窗所產生的甲烷，並且會經由裂縫，將甲烷逐漸釋放至地表上。



微生物

可能藉由使水與含碳分子結合而產生甲烷。



深海熱泉

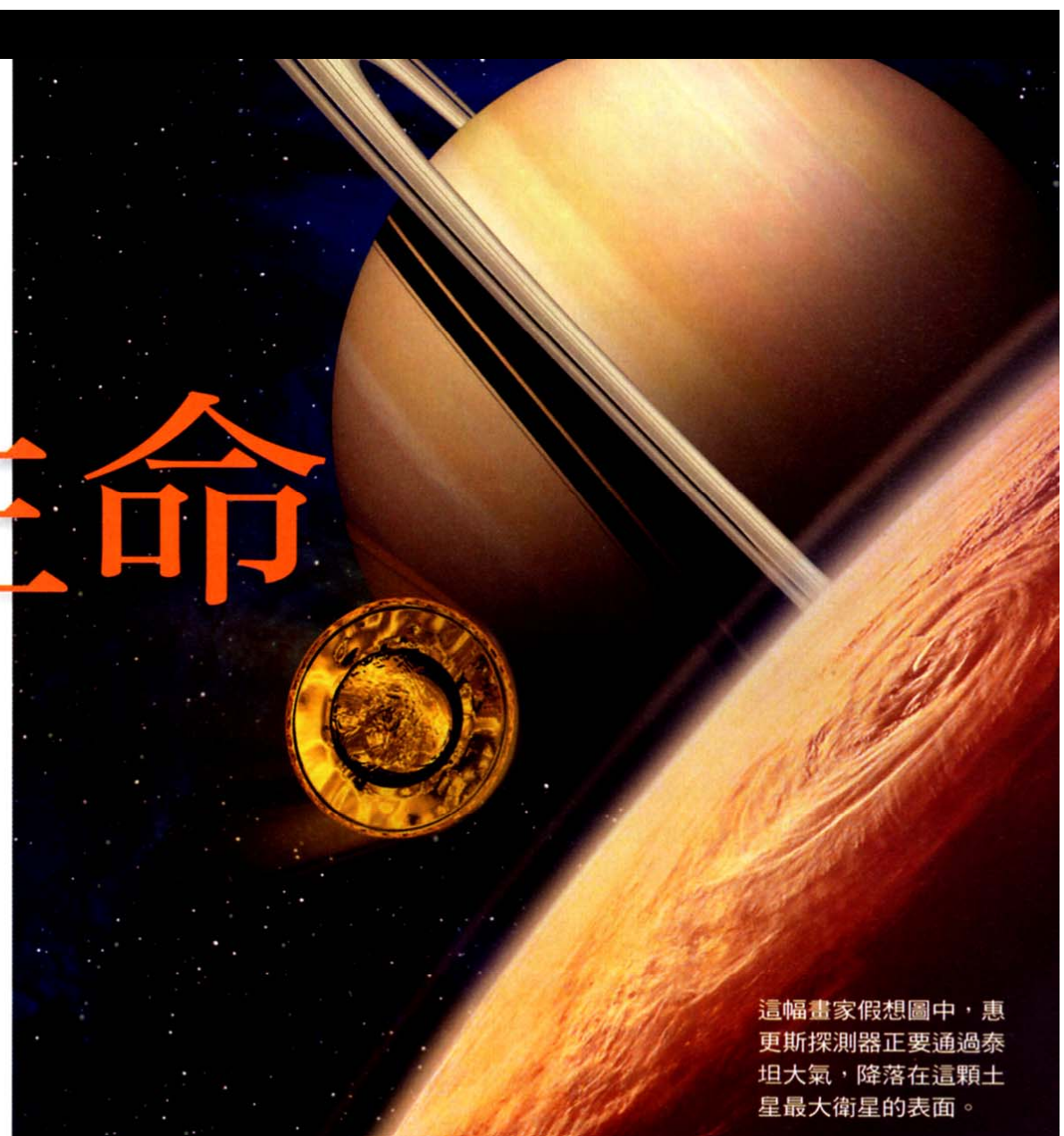
在水與岩石的兩階段反應中，可能產生甲烷。

泰坦 和生命

越研究泰坦，就有越多
神秘難解的謎題：大氣
中的甲烷是怎麼回事？
泰坦上真的有生命嗎？

撰文 葉永烜

這幅畫家假想圖中，惠更斯探測器正要通過泰坦大氣，降落在這顆土星最大衛星的面。



寫到這邊，便想起在1980年代初期，我為了推動卡西尼計畫，常常必須奔走巴黎的歐洲太空總署總部，有時候會覺得氣餒，那邊的一位秘書便鼓勵我說：「年輕人要多點雄心壯志。」這句話至今仍是言猶在耳，她說得很對，我們的世界有多壯闊，全在於我們有多大的企圖心和想像力。生命的起源和演化亦是如此。 SA

葉永烜 中央大學副校長，天文所暨太空所教授。

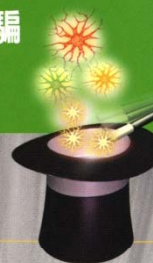
SCIENTIFIC AMERICAN

中文版

NO. 83
2009年1月號

科學人

魔術如何欺騙
你的腦？ p.40



sa.ylib.com

卡西尼號大發現：

土星世界的極地噴泉

直徑僅500公里的土衛二正發生激烈的
板塊運動，地底藏的是什麼？

蝙蝠展翼

與回聲定位探秘 p.68

未來車必備：

人性化防撞系統 p.82

惱人的偏頭痛

有藥可治？ p.90

專訪美國國家科學院院長西塞朗

科學家能為人類做什麼？ p.106



定價 新台幣220元 / 港幣45元

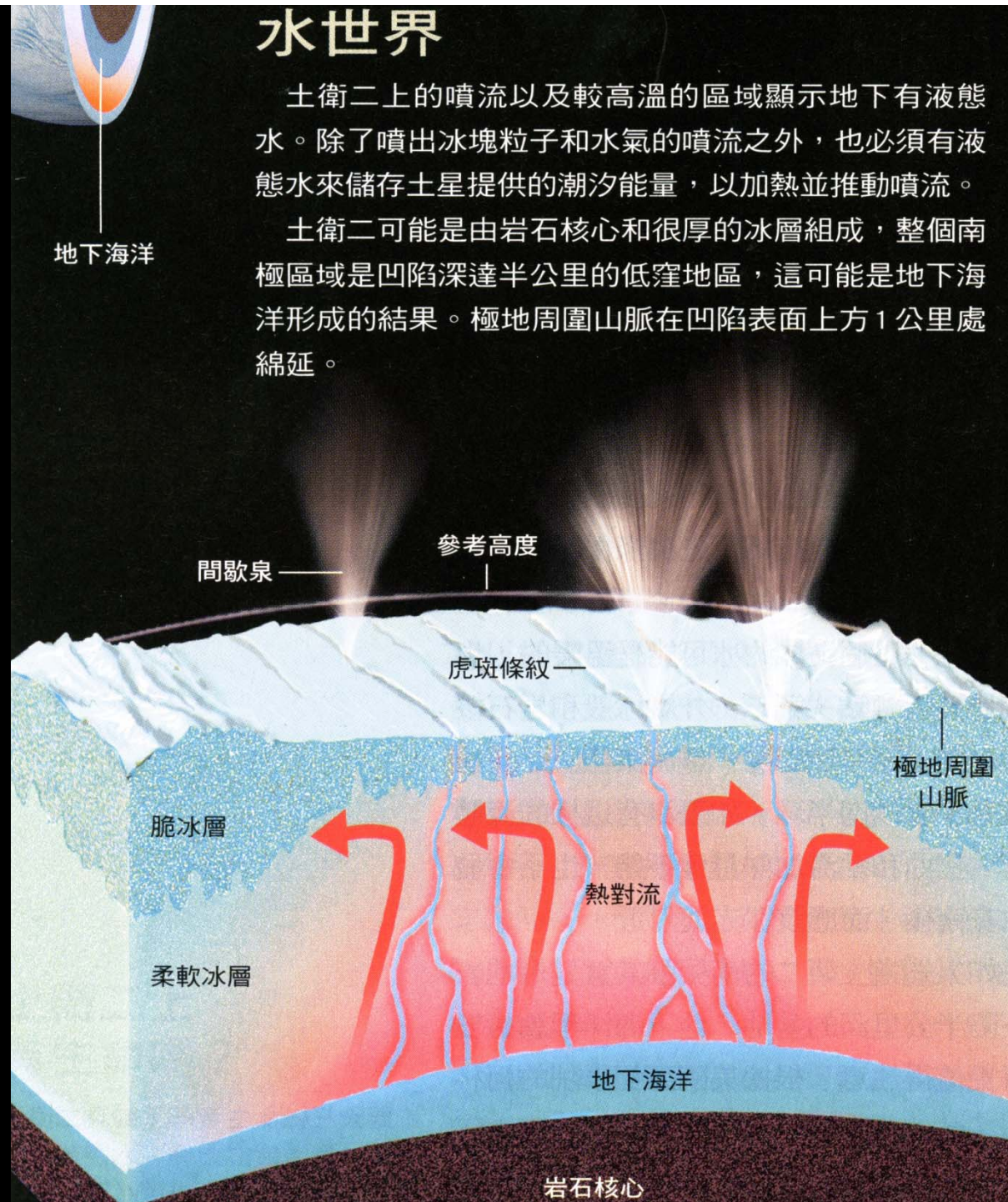


六度經緯雜誌出版金鼎獎

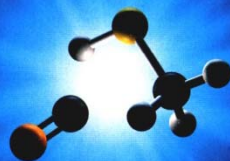
水世界

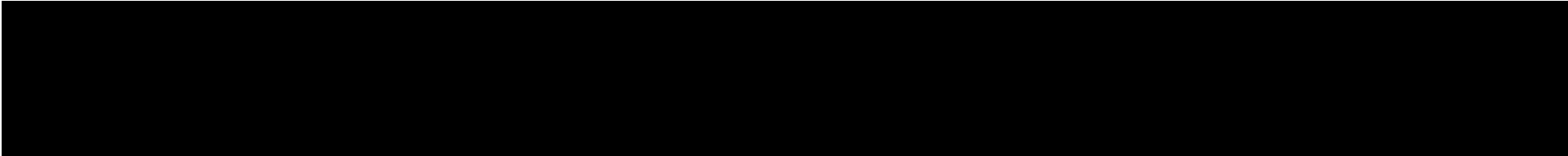
土衛二上的噴流以及較高溫的區域顯示地下有液態水。除了噴出冰塊粒子和水氣的噴流之外，也必須有液態水來儲存土星提供的潮汐能量，以加熱並推動噴流。

土衛二可能是由岩石核心和很厚的冰層組成，整個南極區域是凹陷深達半公里的低窪地區，這可能是地下海洋形成的結果。極地周圍山脈在凹陷表面上方1公里處綿延。

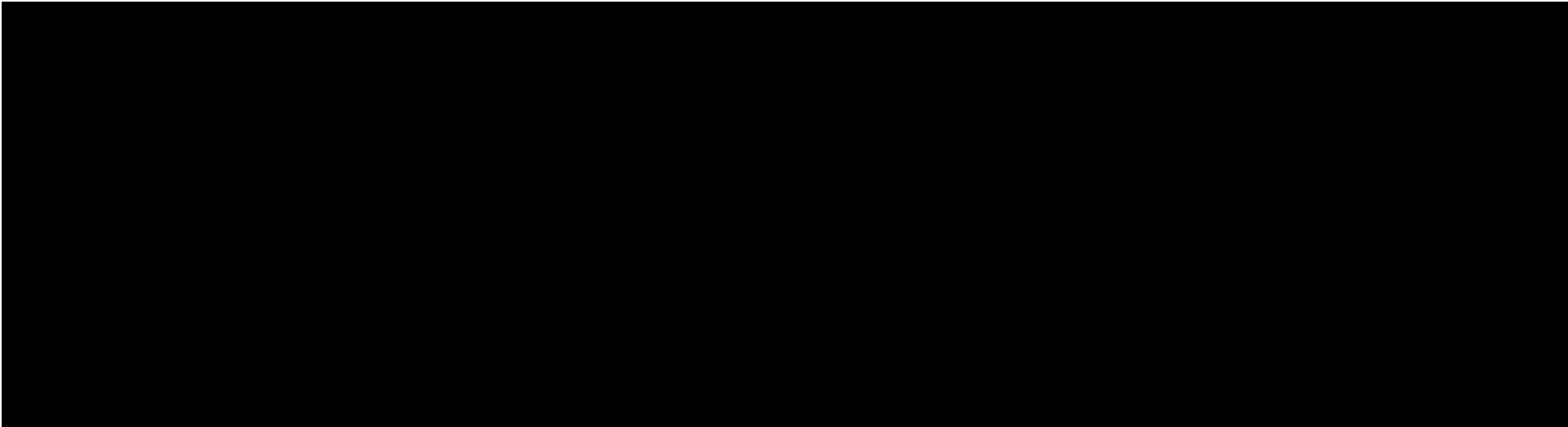


生命起源
比你想的
更簡單





地球上突然出現RNA之類能自我複製的大分子，
可能性微乎其微；但是由能量驅動的
小分子反應循環，反而比較可能是生命的開始。



生命起源的兩種理論

- 生命如何從無生命物質產生的理論，可分成兩大類。第一類是複製子為始，無生命物質偶然形成了能夠進行複製的大分子（像是RNA）；第二類是代謝為始，一些小分子構成了能夠利用能量驅動反應、並可進行演化的網絡。
- 複製子為始的理論必須解釋，如此複雜的分子如何在演化過程發生之前形成。
- 代謝為始理論的支持者則必須證明，在地球初期形成的反應網絡如何能夠成長以及演化。

複製子和代謝，孰先孰後？

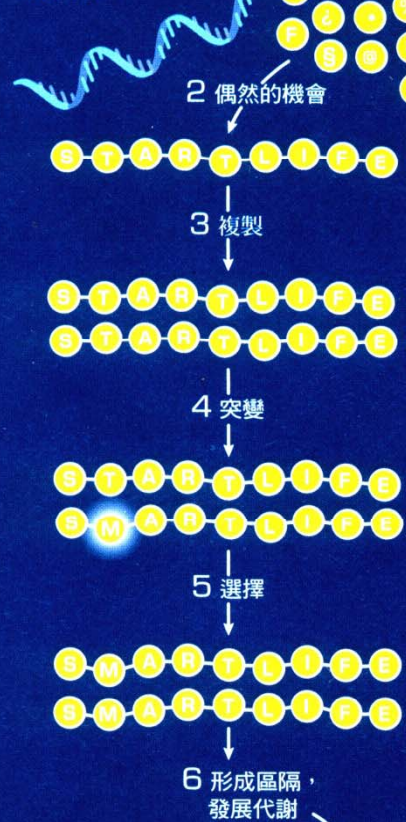
生命起源的科學理論大致分為兩大陣營：複製子為始和代謝為始。兩種模型都必須從非生物性化學反應形成的分子開始，在下圖中，這些分子以含有英文字母的圓圈來表示（1）。

在複製子為始的模型中，有些化合物會串接形成長鏈，偶然形成像RNA之類可複製自己的分子（2）；這個分子製造了許多和自己相同的分子（3），偶爾會出現同樣能夠複製的突變分子（4），更能適應環境的突變複製子取代了原先的複製子（5）。演化過程最後必定導致分隔區間（像是細胞）和代謝（小分子利用能量執行有用的反應）的發展。

代謝為始的模型則是一開始即有自然形成的區隔（7），有些區隔中含有進行反應循環所需的初始化合物（8），反應循環演變得越來越複雜（9），到最後，這個系統必定躍升為可將資訊儲存於聚合物的系統（10）。

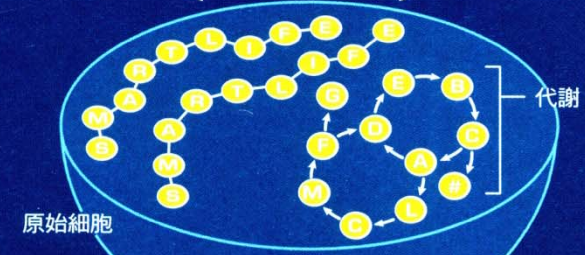
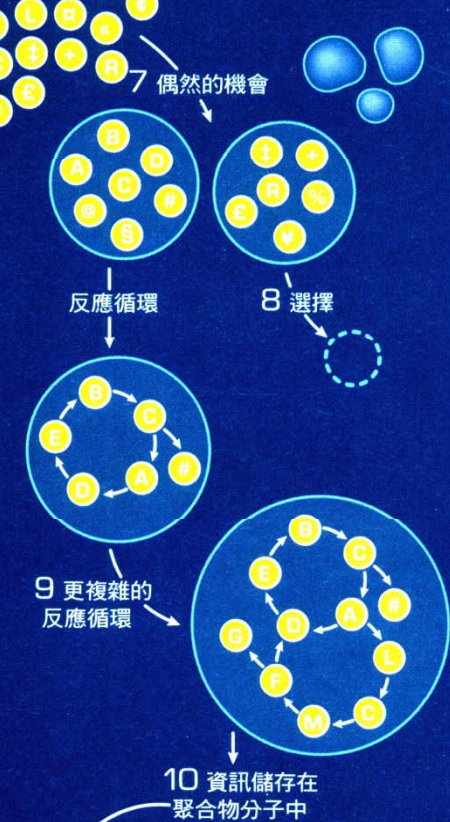
複製子為始

複製子分子



代謝為始

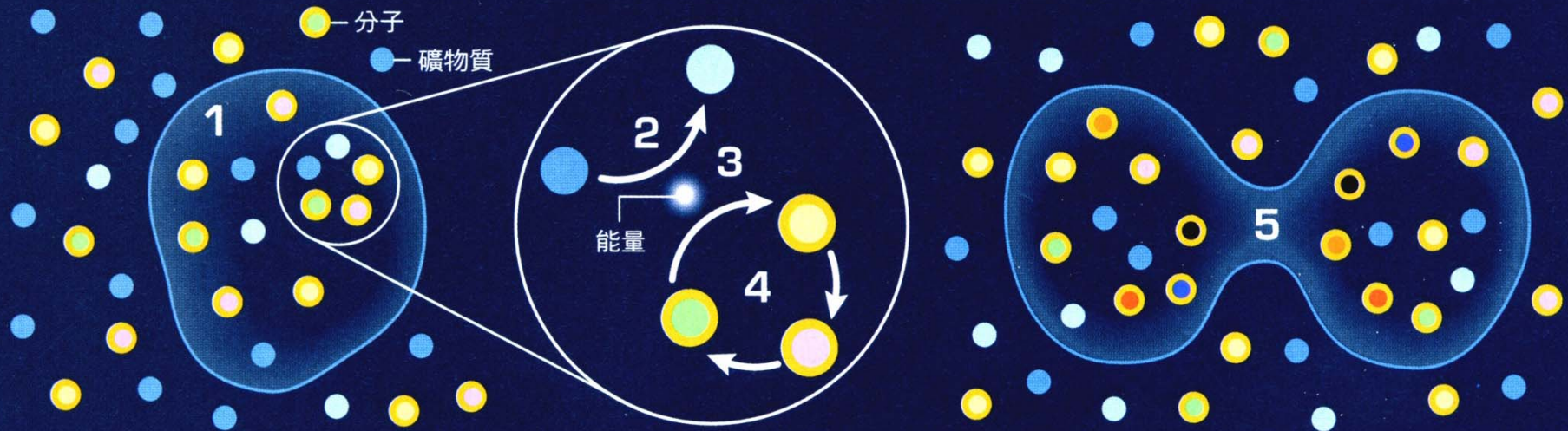
區隔



代謝為始理論的五個必要條件

小分子要發展出某種型態的生命（在此生命的定義是：在局部區域內形成可由能量驅動的化學反應循環），必須經歷至少五個過程。第一，必須要有某種分界隔開有生命的區域和無生命的環境（1）。其次要有可用的能量來源，圖中描繪的為礦物質（藍色）進行產熱反應（2）。

反應釋出的能量必須用來驅動化學反應（3）。化學反應形成一套網絡，增加了系統複雜度，使得適應和演化得以進行（4）。最後，它不需要DNA或RNA之類儲存資訊的分子；網絡內的物質成份和濃度，就是系統本身所具有的複製資訊。







地球生命 彗星送來的

2006.3.7

星塵號拋回樣本 富含有機物質 生命源自太空獲證實

【編譯朱邦賢／報導】倫敦「星期泰晤士報」五日報導，科學家檢驗從「維爾特二號」彗星蒐集到的第一批塵土樣本，發現含有複雜的碳分子，地球上生命源自太空的理論從而進一步獲得證實。

兩年前美國探測太空船「星塵號」穿越彗星「維爾特二號」塵尾，蒐集到許多塵粒，於七星期前送回地球，科學家檢驗這些樣本後，發現有機物質（複雜的碳分子集結）。在生命進化過程中，碳分子不可或缺。

華盛頓大學天文學教授布朗利說：

「這顆彗星大約百分之十是有機物質形成的，這些物質確實是什麼不得而知，但已夠我們興奮的了。」

布朗利是美國航空暨太空總署「星塵號」計畫的首席調查研究員。

太空總署一九九九年二月發射「星塵號」升空，先繞太陽兩圈，將速度調整到與「維爾特二號」相等。

二〇〇四年一月，「星塵號」大約在火星和木星軌道之間溜進「維爾特二號」由塵粒與外太空氣體組成的尾部，距離「維爾特二號」彗

核僅兩百廿九公里。

「星塵號」用一個狀似網球拍的蒐集器蒐集一些分子，今年一月十五日，「星塵號」用降落傘拋下一個罐子，裡面裝有珍貴的彗星星塵。

太空總署詹森太空中心將這些分子送給世界各地研究人員，下週世界各地研究人員將在德州休士頓集會。

這些樣本珍藏有機物質，裡面可能含有氨基酸。氨基酸是製造蛋白質的原料。

SCIENTIFIC AMERICAN

中文版

NO. 71
2008年1月號

科學人

一噸CO₂
賣多少? p.56



sa.ylib.com

異形就在你身邊?

地球上還有多少怪生物? 生命的形式, 也許早已超乎想像.....



GLAST望遠鏡升空:
窺探宇宙終極機密 p.44

子宮頸癌疫苗上市
專訪發明者弗雷塞 p.72

新一代顯示器IMOD
陽光越強, 螢幕越亮 p.78

基因檢測
決定你該吃什麼? p.84

多重宇宙論之父
艾弗雷特的異想世界 p.108



五度蟬聯雜誌出版金鼎獎

ISSN 1682-2811

01



4 719025 000594

異形就在你身邊？

宛若外星生物的異形生命就在我們周遭，只是我們視而不見？

撰文／戴維斯 (Paul Davies)

翻譯／姚若潔



異形微生物可能就躲藏在我們視線所及之處。雖然看起來或許與普通細菌並無不同，它們的生物化學卻有可能包含奇特的胺基酸，或是特殊的基本構成單位。

重點提要

- 許多科學家相信，只要有正確的環境條件，生命便可能誕生，那麼在地球上生命可能已經起源了不只一次。研究者正在尋找第二次生命誕生的證據，方法是尋找生物化學上與已知生物不同的奇特微生物。
- 尋找另類生命形式的最佳場所之一，是生態上沒有已知生命存在的地區，例如海底火山口或南極的乾谷。
- 異形微生物也可能就潛伏在我們身邊。科學家探索這種可能性的方法，是搜尋另類生物化學的痕跡。

生命之森

長久以來，科學家分類生物的方法是把它們排列於一株生命之樹，以顯示共同的起源以及後來分出的物種。如果生命起源不只一次，研究者便必須修訂原來的分類模式，以納入不同的生命樹，形成生命的森林。



我們的生命樹

所有已知的生物都共一套生物化學，也用DNA分子記載遺傳訊息。我們的生命樹有三個主要的分枝：細菌、古生菌（和細菌一樣沒有細胞核的單細胞生物）、以及擁有較複雜細胞的真核生物；真核生物包括動物、植物與真菌。

鏡像生命樹

大型生物分子可以有兩種互為鏡像的排列方式：左旋或右旋。在所有已知的生命形式中，胺基酸都是左旋、DNA則是右旋的雙螺旋。不過如果生命又重頭來過，胺基酸有可能是右旋，DNA也可能是左旋。

特殊胺基酸的生命樹

所有熟悉的生物，除了少數例外，都使用同樣的20種胺基酸來建造蛋白質，不過科學家還可以合成很多其他的胺基酸。異形微生物可能採用不尋常的胺基酸，如異纒胺酸 (isovaline) 與偽白胺酸 (pseudoleucine)；這兩種胺基酸曾在隕石中發現。

砷的生命樹

研究者假設，在異形生物體內，砷有可能成功取代磷在已知生命形式的生物化學角色。砷對我們是有毒的，因為它與磷太過相似；同樣的，對以砷為基礎的生物來說，磷也是有毒的。

矽的生命樹

有最大差異的異形生物，恐怕要屬以矽為基礎、而不是以碳為基礎的生物。矽與碳一樣，原子價的數量都是四（這是指原子最外圍的軌道有四個電子）；矽原子可以組合成環狀或長鏈狀，形成生物分子的骨幹。

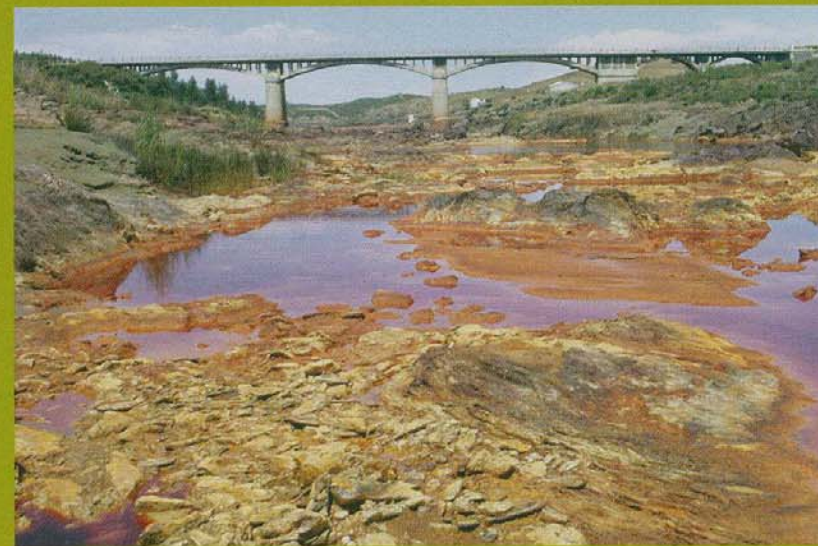
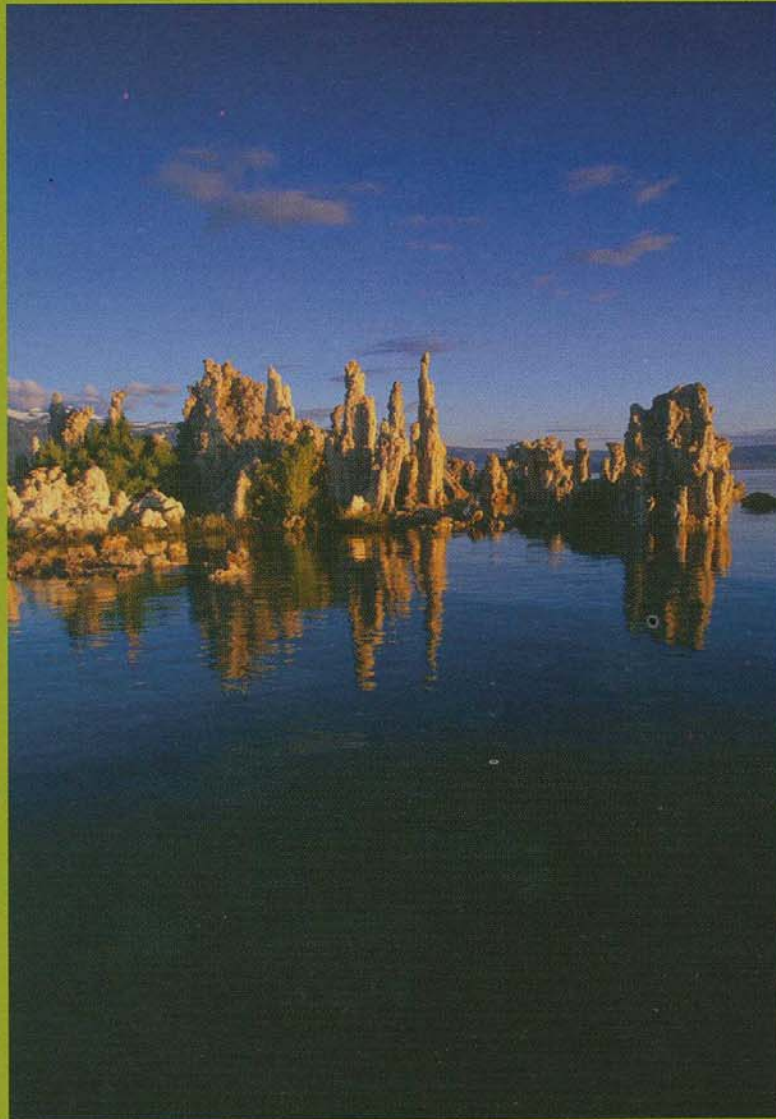


生命 一定需要水嗎？

研究者一向認為生命誕生不能沒有液態水的存在，不過有些天文生物學家認為其他的液體也有可能當成生物化學反應的溶劑，其中兩種可能是乙烷與甲烷，這兩種物質只在非常冷的地方才是液態，如土星最大的衛星土衛六的表面。

異形生物何處尋？

為了尋找異形微生物，有些科學家把焦點放在隔絕的生態區位中，這些生態區位的環境嚴酷，普通生物無法存活，包括極端鹼性與鹽濃度極高的水體，如美國加州的莫諾湖（左圖）、南極的乾谷（右上圖），還有污染的河川，如西班牙受重金屬污染的丁朵河（Rio Tinto）（右下圖）。



尺寸限制

迷你異形

最小的細菌直徑大約200奈米。在我們的生命樹上能獨立生存的生物，沒辦法比這個尺寸更小，因為它們體內必須要有建造蛋白質的核糖體，其大小約為20~30奈米。不過如果異形微生物可以不用核糖體，它們的大小或許可與最小的病毒媲美，寬度只有20奈米。（病毒不需要核糖體的理由，是它們盜用受感染細胞的裝置來繁殖。）

核糖體

病毒



細菌



封面故事

從地底深處看 外星生命

如果我們想要探索異星環境中是否有生命，
可能要從地球上類似異星的環境中找線索。
對於這些地方，人類的探索才剛開始。

文／龐中培



而奇異的星球上，是否也有生命？科學家也不例外。許多探測船進入太空、靠近其他的星球、甚至是登陸，目的之一就是探查生命的跡象。美國航太總署（NASA）就有計畫地探測其他星球（主要是火星）是否有生命，在這個目標之下，成立了許多分支機構，其中包括「印第安那 - 普林斯頓 - 田納西太空生物研究所」（IPTAI），不過這個研究所的目標並不是研發新的觀測儀器，或設計能在外星地表上行走的探測機器人，而是發展能在地層深處找尋生命的方法，應用在探測火星的生命上。火星曾經有水，但是目前火星地表乾燥、大氣稀薄、放射線強烈、日夜溫差非常劇烈，對於生命而言，實在過於嚴苛，不過地底還有水存在，如果火星曾經發展出生命，說不定有

深入地下世界， 找尋獨特的生命形式

台灣大學地質系助理教授林立虹在普林斯頓大學攻讀博士學位時，參與了IPTAI的計畫，深入南非的Mponeng金礦，在地下2.8公里、50°C以上的水脈中，找尋到了生命的線索，到台灣大學任教之後，這個計畫也帶回國，繼續研究。由於這項計畫同時要進行物理、化學、地質與生物等領域的研究，因此團隊非常龐大，集合了台、美、加、德、南非等國共10個研究單位的人員，林立虹是主要的研究人員，花費三個多月，深入地底採取樣本；台灣大學海洋研究所助理教授王珮玲則負責水中硫化物同位素的分析。

林立虹指出，當初選擇這個金礦，是

海洋之下也很廣大

要探究地底深處的生命世界，通常是直接鑽孔或是探勘適合的礦坑。直接鑽孔的優點是可以挑選特定的岩層與地質構造地區，同時探查不同深度的變化，這可以在陸地上進行，也可以在海洋上從事。國際整合海洋鑽探計畫（IODP）的科學探勘船「地球號」就可以達成這個目的，可以鑽入海床底下7000公尺深處。地球號於2006年開始鑽探海床，目前已經有初步的成果，不過由於之前開鑿的地區位於斷層帶，研究集中在地質學上，生物學的分析可能還要等一陣子。

因為該金礦所在的地層形成於太古代（25億年前），而所處地區除了在元生代（Proterozoic，約25億~5.4億年前）中期曾歷經岩漿活動之外，沒有經過其他劇烈的地質作用擾動，因此比較容易發現古老的地下微生物系統。此外，該處地層組成主要是變玄武岩（metabasalt），幾乎不含有機化合物（來自生物作用形成的含碳化合物）。

封存地底2000萬年， 以氫氣維生的生物群

研究團隊分析地下水樣品後發現，其中的微生物數量雖然很少，但並沒有隨著深度的增加而遞減。如果這些生物的能量來自於光合作用，那麼距離地表越遠，光合作用的產物越少，生物的數量也應該跟著減少。研究團隊分析水脈樣本中非常少量的有機化合物，很可能並不是光合作用的

產物，因此這些微生物另外有其他的能量來源。

林立虹說：「在各種無機物質中，氫氣被認為是最佳的能量來源。因為地殼中進行的各種無機作用，能夠源源不斷的供應氫氣，而且氫氣的氧化還原電位與有機物質類似，能夠產生相當的代謝能量。」IPTAI團隊以水脈與周遭地層的化學組成為基礎，推算出水脈中的氫氣來源是礦物中放射性元素（例如鈾）在衰變時發出的放射線，將水裂解而產生的（輻射水解離）。同時也計算出輻射水解離作用所能產生的氫氣總量，實際分析發現水脈中的氫氣含量低於估算值，表示可能有消耗氫氣的微生物存在。

生物的代謝產能作用屬於氧化還原反應，雖然這些地底微生物有氫氣為燃料，但地底深處並沒有氧氣當氧化劑，它們採用的是硫酸鹽類：氫氣將硫酸鹽還原，產

地底可能如同古老的地球， 或是另一個星球

Mponeng金礦的岩層非常古老，這樣無氧高溫的環境，有可能出現在火星的地底深處，也可能出現於地球早期。美國普林斯頓大學地球科學研究所的昂斯考特（Tullis Onstott）是這個計畫的領導人，他指出，該處發現的細菌可能在演化過程中，很早就和其他的細菌分道揚鑣，研究團隊將會把Mponeng金礦中的微生物與熱泉與海底火山發現的厚壁菌加以比較，來釐清這個問題。

這些細菌與地表隔絕了數千萬年，如果地表生物圈毀滅了，它們仍然能夠生存下去，那麼即使是貌似死寂的外星地表下，也可能有生命。

外太空

天文學家電腦模擬行星演化

發現還有很多星球

如地球般溫暖潮濕

應有不少適居帶

【編譯王先棠／報導】美國天文學家用電腦模擬行星形成的過程，發現宇宙中溫暖潮濕如地球的星球應該很多。

在此之前的研究都指出，太陽系之外的行星，大部分是不適合生物居住的巨大氣態星體。天文學家認為，太陽系以外，環繞其他恆星運行的行星約有兩百個，這些行星中約有四成是軌道很靠近其母星的「熱木星」，溫度過高，不宜生物居住。

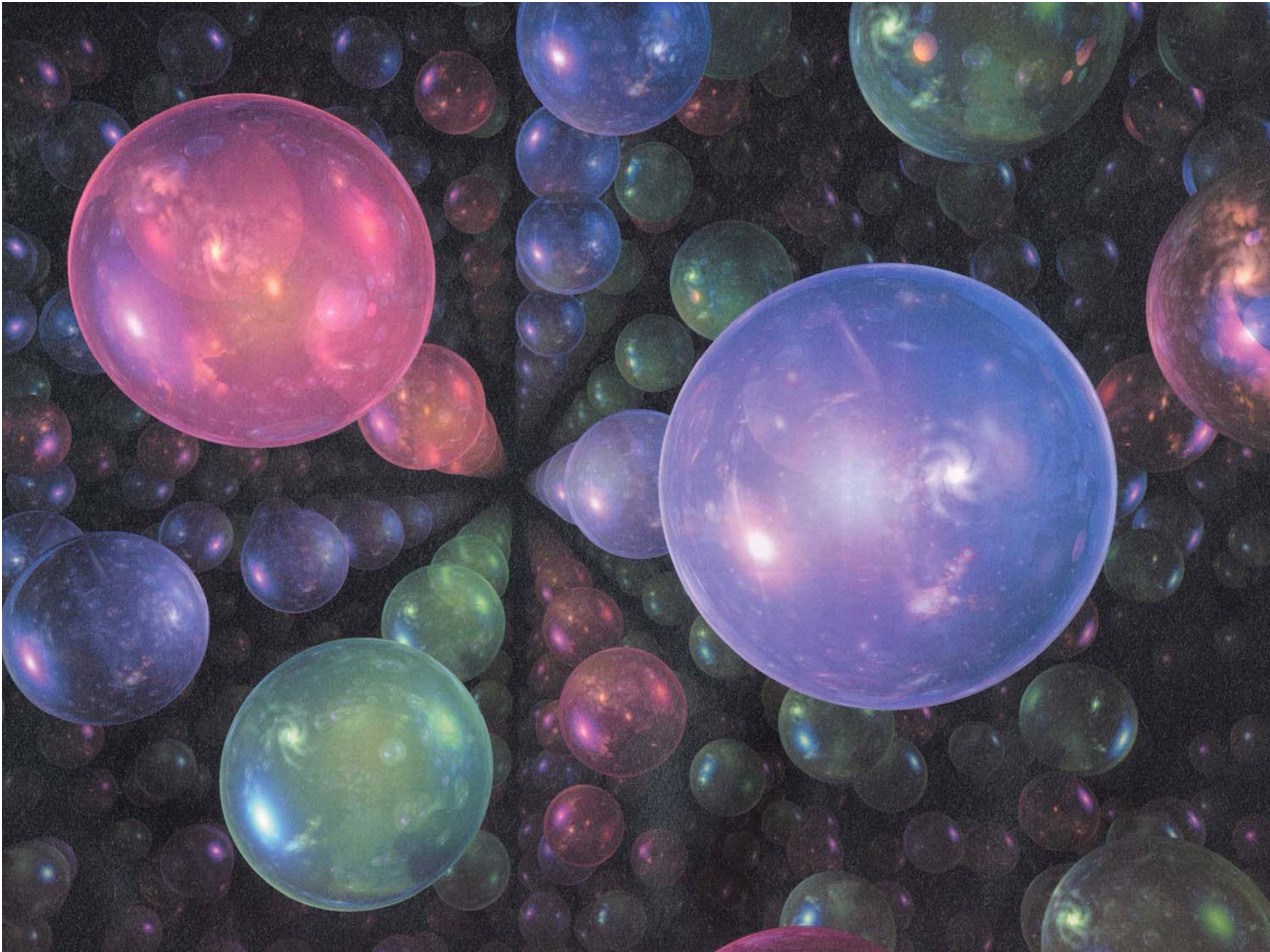
賓州州大天文物理學家曼得爾說，除非有更強大的天文望遠鏡，學界對於遙遠行星的觀測資料難免會有偏差。

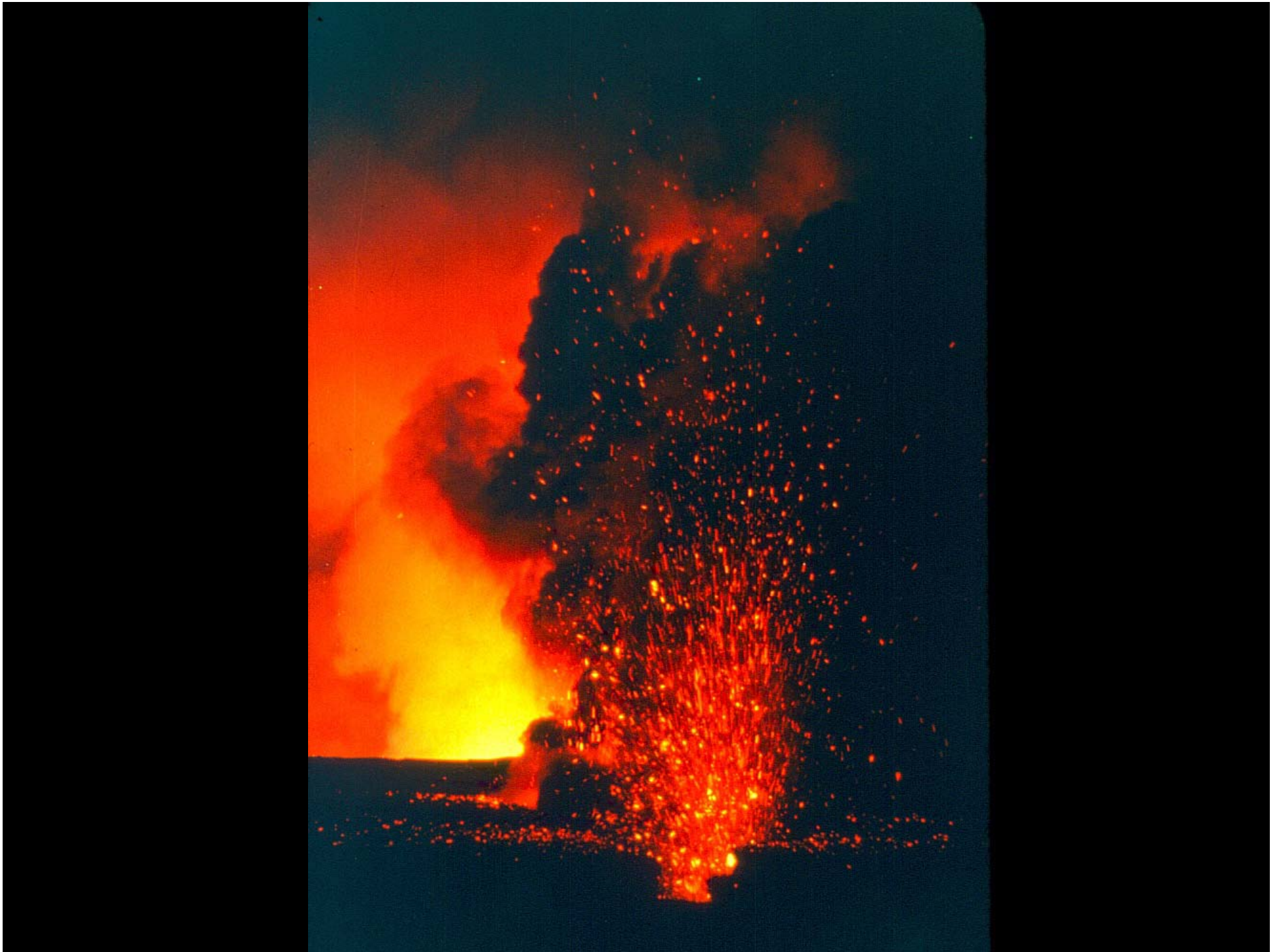
學者大都認為，氣態的「熱木星」應該是在離恆星較遠處形成，後來才逐漸向恆星靠攏。這些逐漸向恆星靠攏的「熱木星」，會攪動包圍恆星的物質，破壞其他行星的形成。

但是科羅拉多大學和賓州州立大學的學者費時八個多月，用幾十個桌上型電腦模擬了歷時約兩億年的行星演化過程，得出嶄新結論，他們在九月八日一期的「科學」期刊發表研究成果。

根據學者的電腦模擬，「熱木星」逐漸靠近恆星時，會將途中碰到的岩塊破片往外拋出，而這些岩塊會聚合成類似地球的行星。同時，小型的結冰物體也呈螺旋狀向內聚合，成為新形成的行星上的水分。水分不斷增加，又會形成海洋與適合生物居住的「適居帶」。

理論上，「適居帶」是一個距離熾熱的恆星不遠也不近的區域，溫度剛好能夠維持生物的生存。科羅拉多大學研究員雷蒙表示，外太空絕對有適合生物居住的行星，「但是那些星球上的生物，和我們的差別恐怕很大。」







地球最老的 時間膠囊

教科書中說，地球在誕生的最初五億年是浸在岩漿裡的，這個觀點很可能錯了。地表冷卻的速率可能比科學家所認為的還要快，因此，海洋、初始大陸以及生命的搖籃，可能都是在更早之前形成。

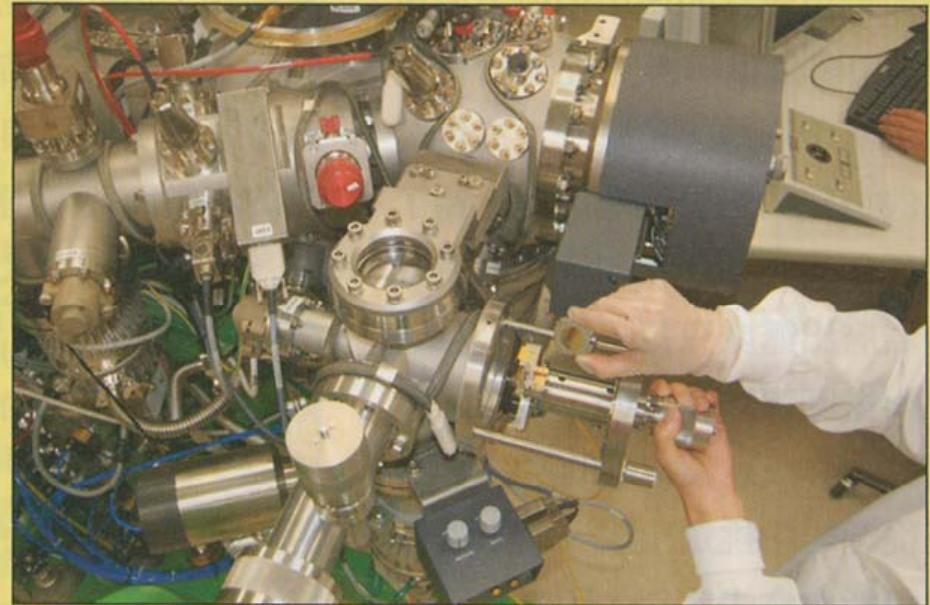
撰文 瓦雷 (John W. Valley) 翻譯 王季蘭

44億年的鋯石時間膠囊

- 長久以來，地質學家認為地球在45億年前剛形成時，是一團燃燒的火球，直到38億年前左右，地球上的氣候才變得較為涼爽。
- 今日，一顆顆微小的鋯石結晶，保存了關於它們的形成時間與機制的明顯證據，暗示著地球冷卻的速率更快，可能早在44億年前便已經冷卻。
- 一些古鋯石甚至蘊含了某些化學成份，可說明它們曾經處在潮濕、涼爽且適合生命演化的環境中。

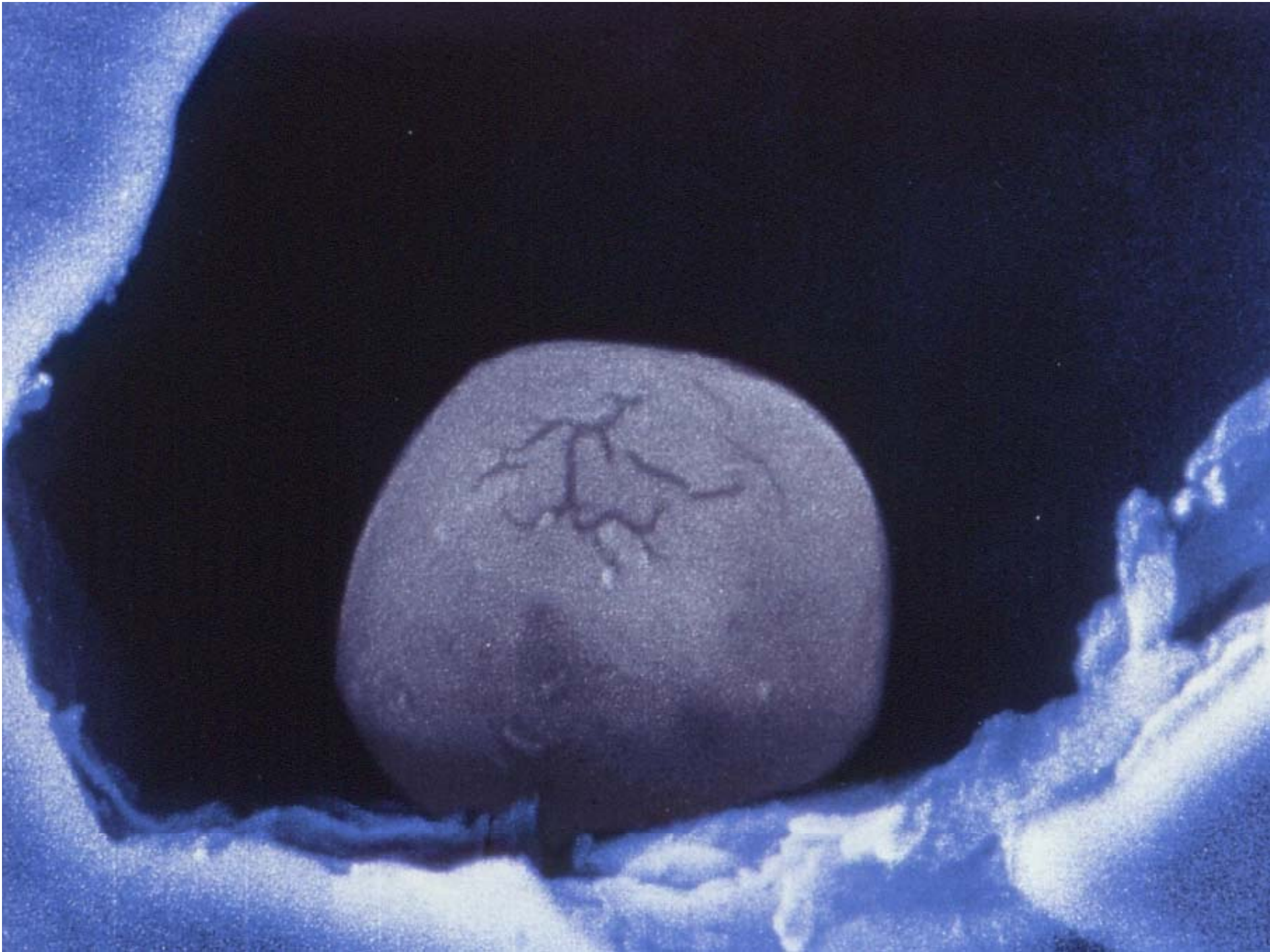
湊近瞧瞧

以10美分的硬幣做為比例尺，在羅斯福鼻子旁邊的是紅色的鋯石（右圖），這些結晶皆源自於同一個岩石樣本，定年結果顯示它們是地球上最古老的結晶。離子微探針（最右圖），位於作者在威斯康辛大學麥迪遜分校的實驗室內，可以用來分析同位素比或微量元素，取樣點最小可至結晶本身直徑的1/15。





在格陵蘭南端一個叫做阿基利亞的小島上，這塊岩石露頭中的白色岩帶藏有一些碳的斑點，原先被認為是比 38 億年還要古遠的生命痕跡。

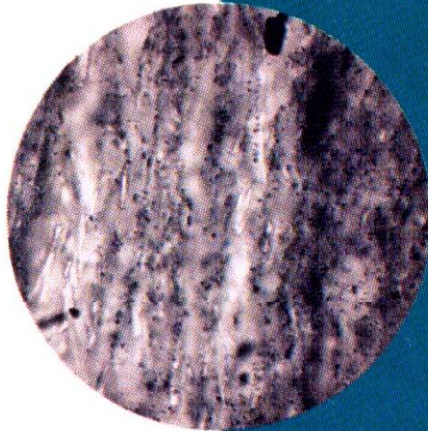


這些都是生物印記

在動物與植物崛起前，生活在地球上的是單細胞的微生物。科學家蒐集這些原始生物具體線索的方法，是在古老岩石中仔細搜尋它們留存的微小痕跡，即所謂的「生物印記」。但是如果這些痕跡也可以用非生物過程來解釋，那麼找到的線索就可能受到質疑，如下面所述的各項爭議。

輕碳

定義：碳 12 相對於碳 13 的比例，要比非生物物質的比例來得高；這個較高的比例顯示，生物把二氧化碳轉為細胞構造時，偏好使用碳 12。

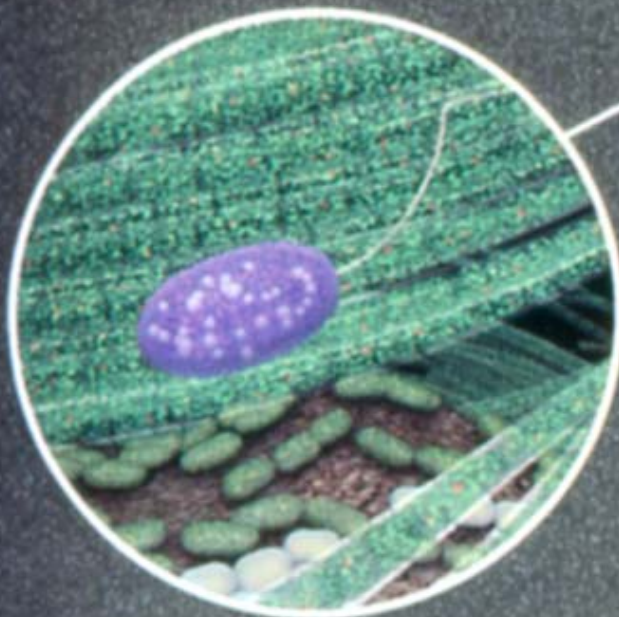
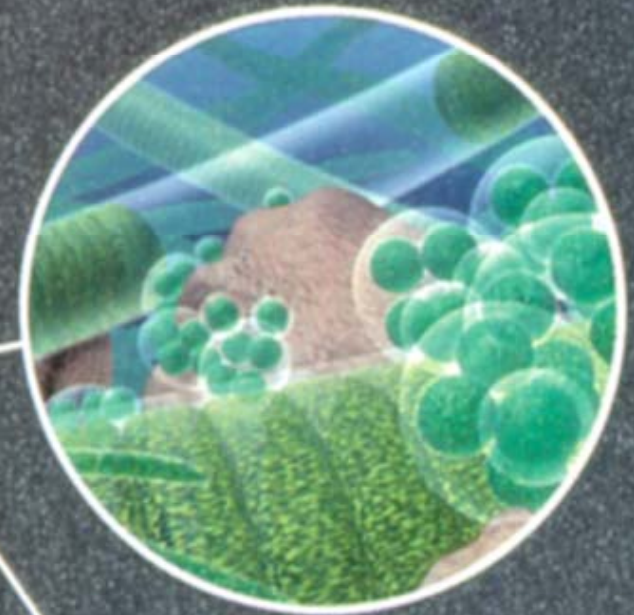


最古老的證據：在格陵蘭的阿基利亞發現的微小碳斑，位於超過 38 億年的岩石內。最近有研究提出質疑，認為其母岩形成的環境無法支持生命生存。因此，目前沒有疑義的最古老生命遺跡，是在格陵蘭的伊蘇瓦所發現的碳（左圖中的黑點），位於 37 億年前形成的岩石中。





Where light is plentiful, oxygen-producing photosynthetic cyanobacteria coexist with oxygen-dependent microbes.



These microbes use oxygen that seeps from the surface or, when it is unavailable, switch to fermentation.



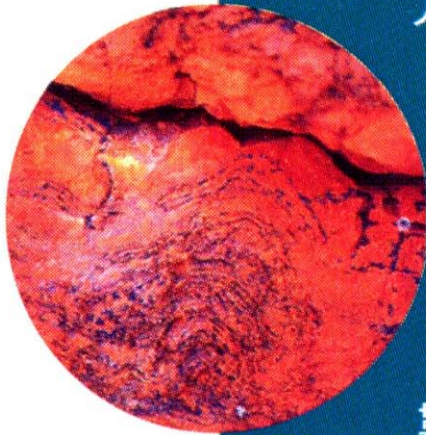
In the absence of oxygen, the only microbes that survive are those powered by fermentation.



疊層石

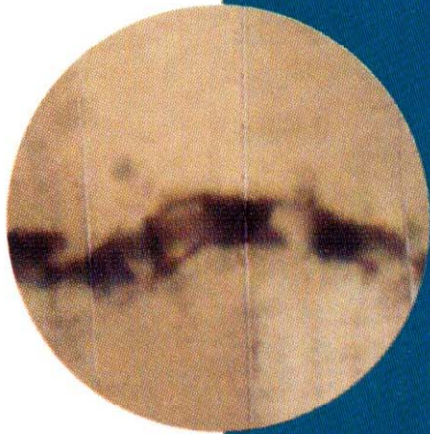
定義：一層層的圓丘狀結構，由微生物群體構成。

最古老的證據：在澳洲西北部發現，為形成化石的小丘，估計約 35 億年前形成。這是目前所知地球上最古老而肉眼可見的生命遺跡（如左圖）。多數其他同樣年代的疊層石是否為生命證據則尚有爭議，因為它們的構造較為簡單，很像是由非生物過程製造出來的礦物層。

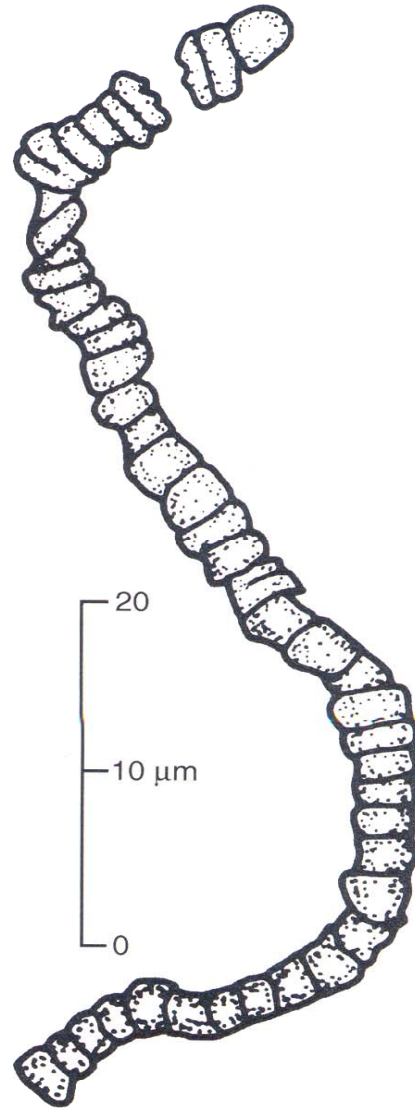
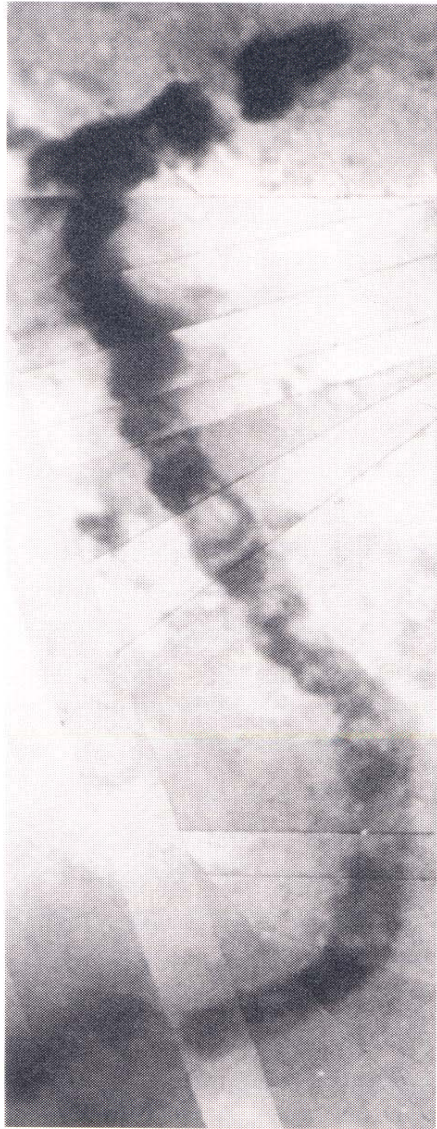


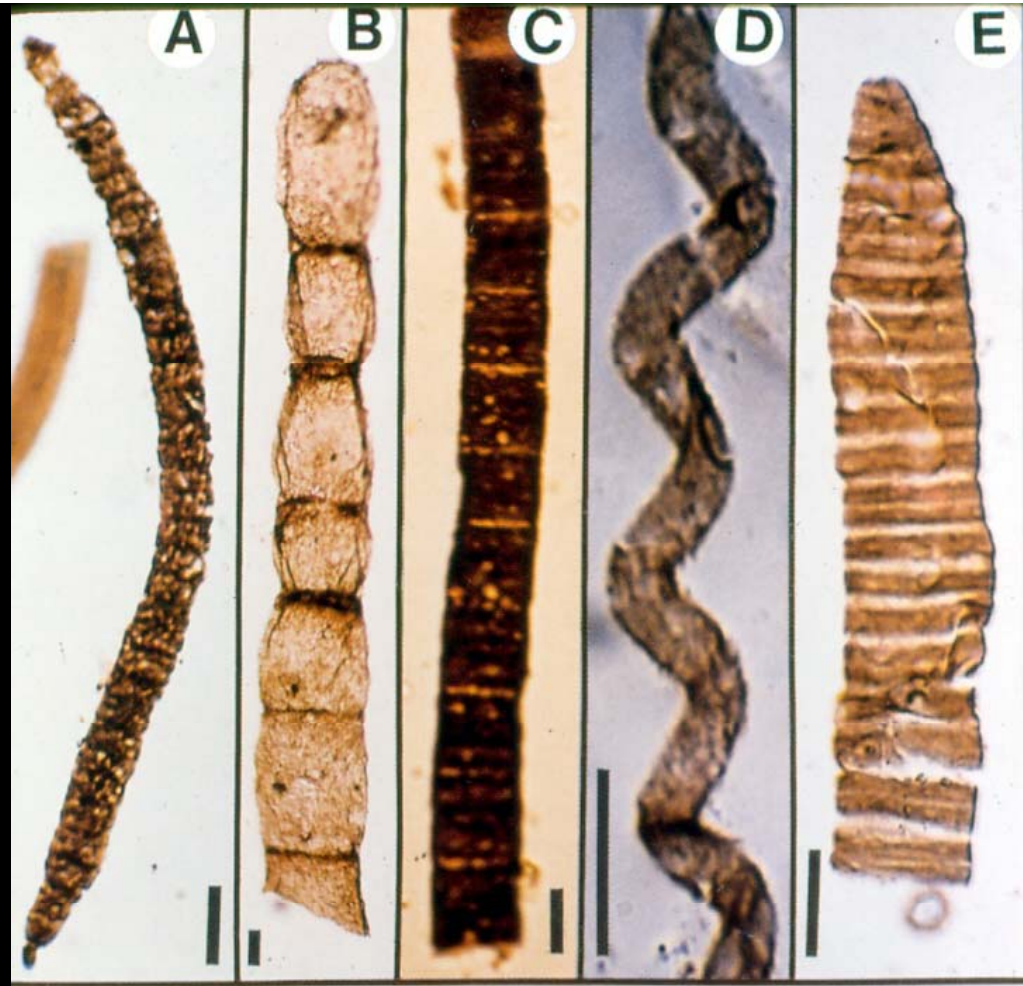
微體化石

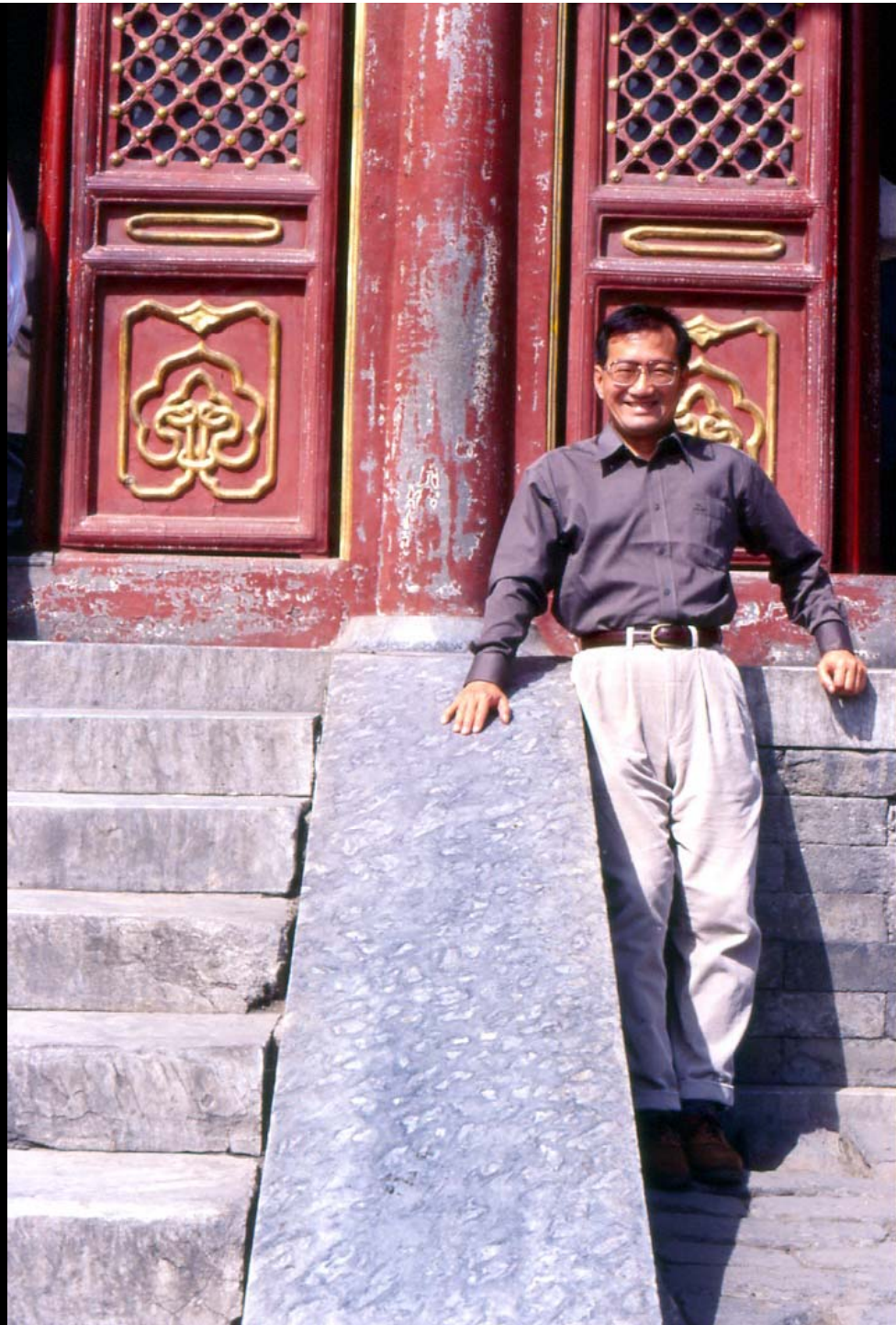
定義：遠古活細胞的殘餘部份。



最古老的證據：顯微鏡下可見、含碳豐富的絲狀構造（如左圖），在澳洲西北部 35 億年前的岩石中發現。最初這些構造被解釋為古老微生物的遺留物，但最近的研究認為，它們也可能由無生命的化學反應而產生。年代較近的微體化石，包括在加拿大發現的 20 億年前的藍綠藻，則被普遍接受。



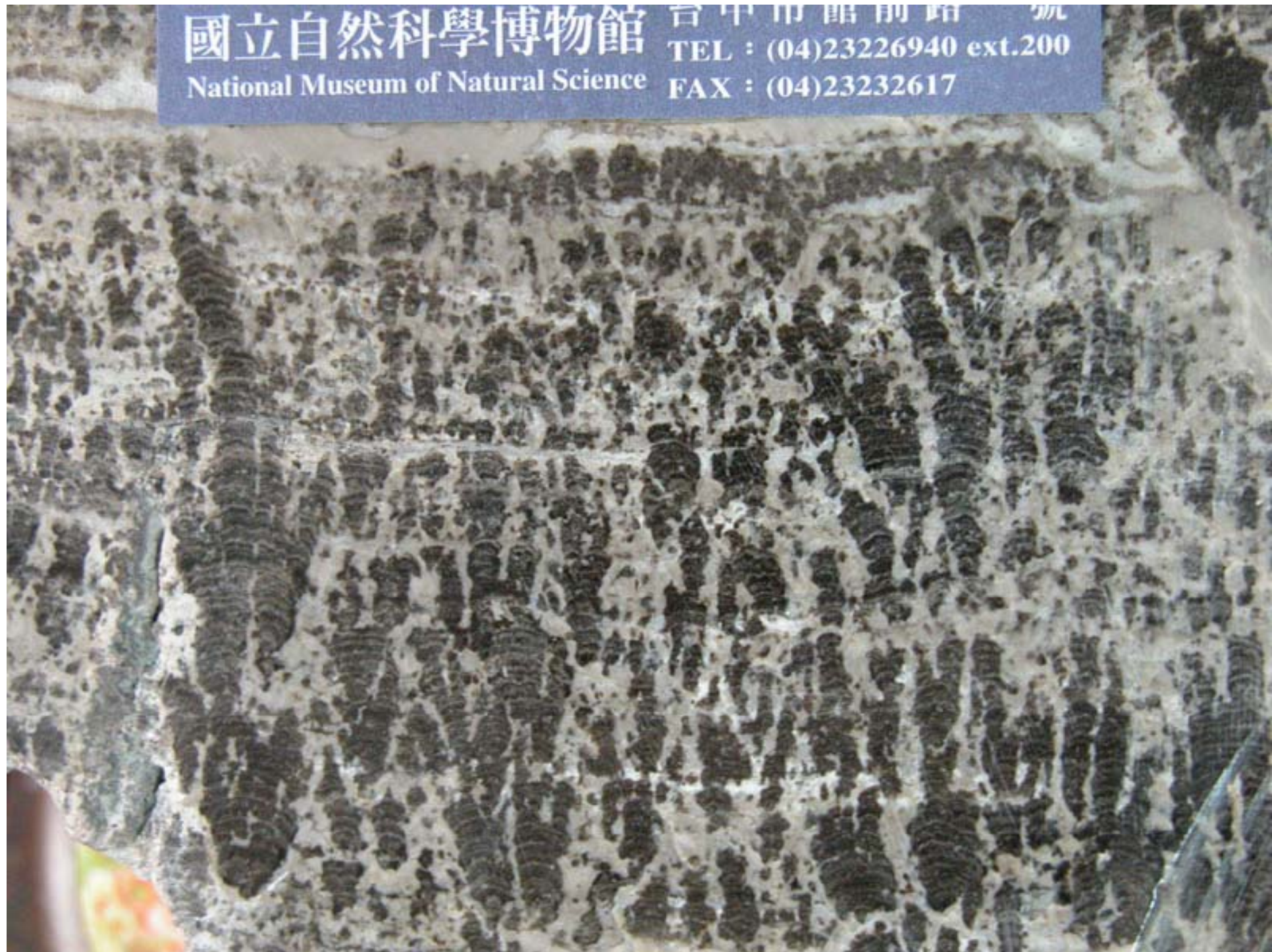


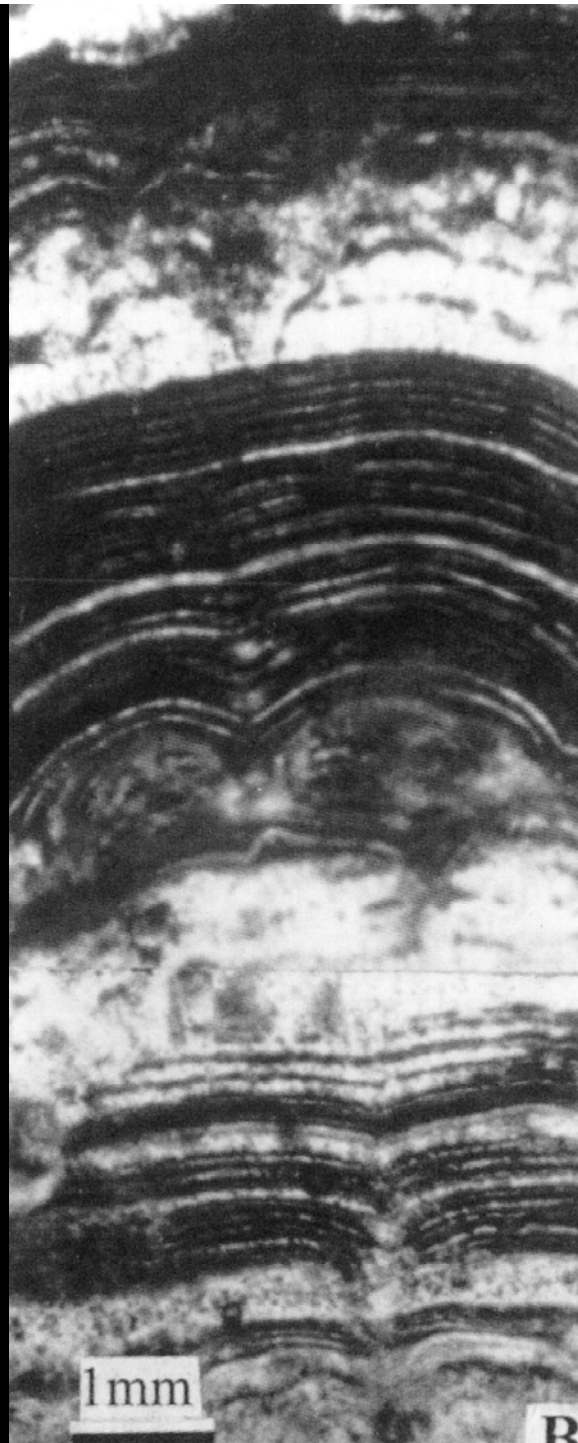




國立自然科學博物館
National Museum of Natural Science

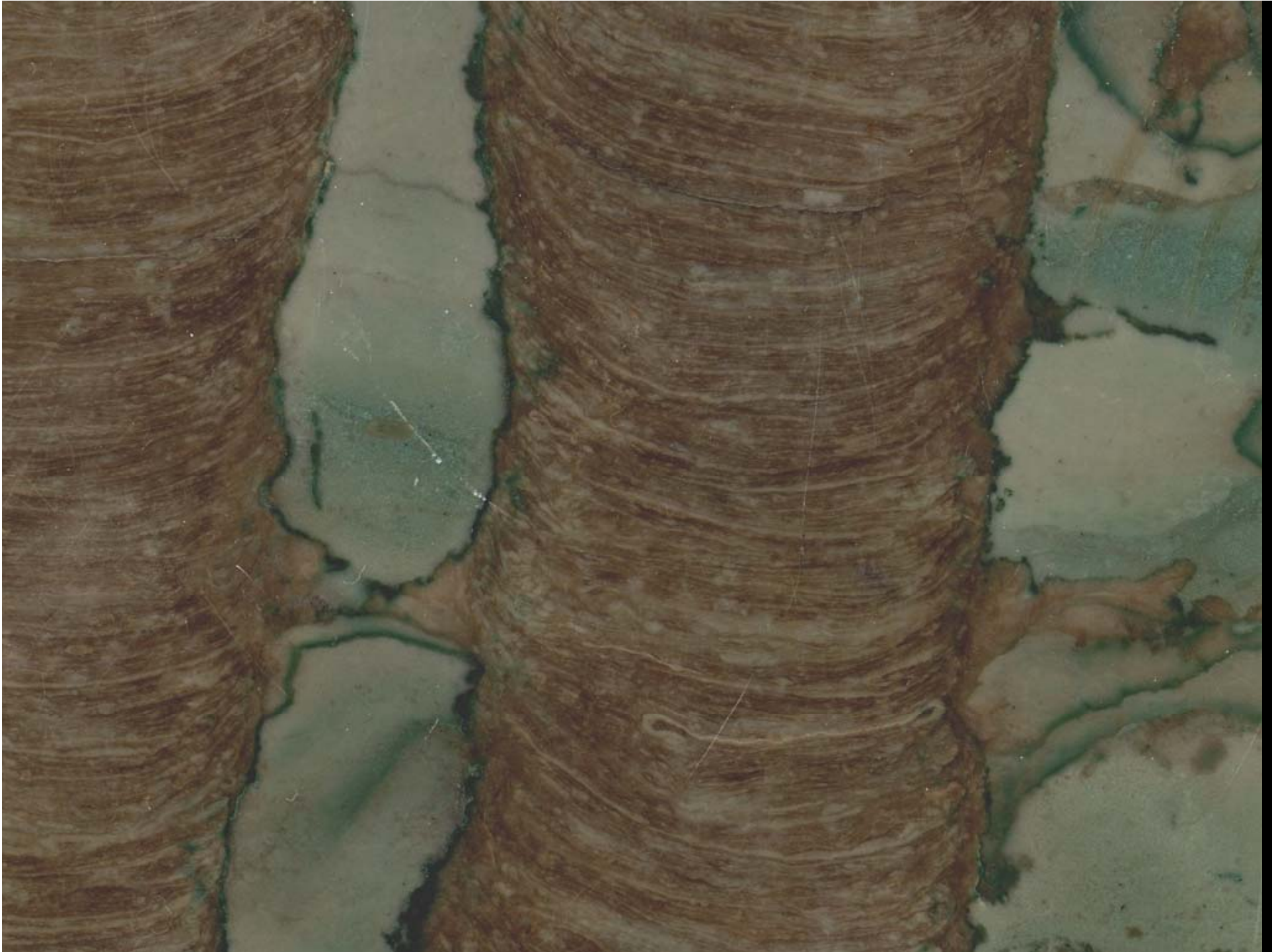
台中市館前路 90 號
TEL : (04)23226940 ext.200
FAX : (04)23232617

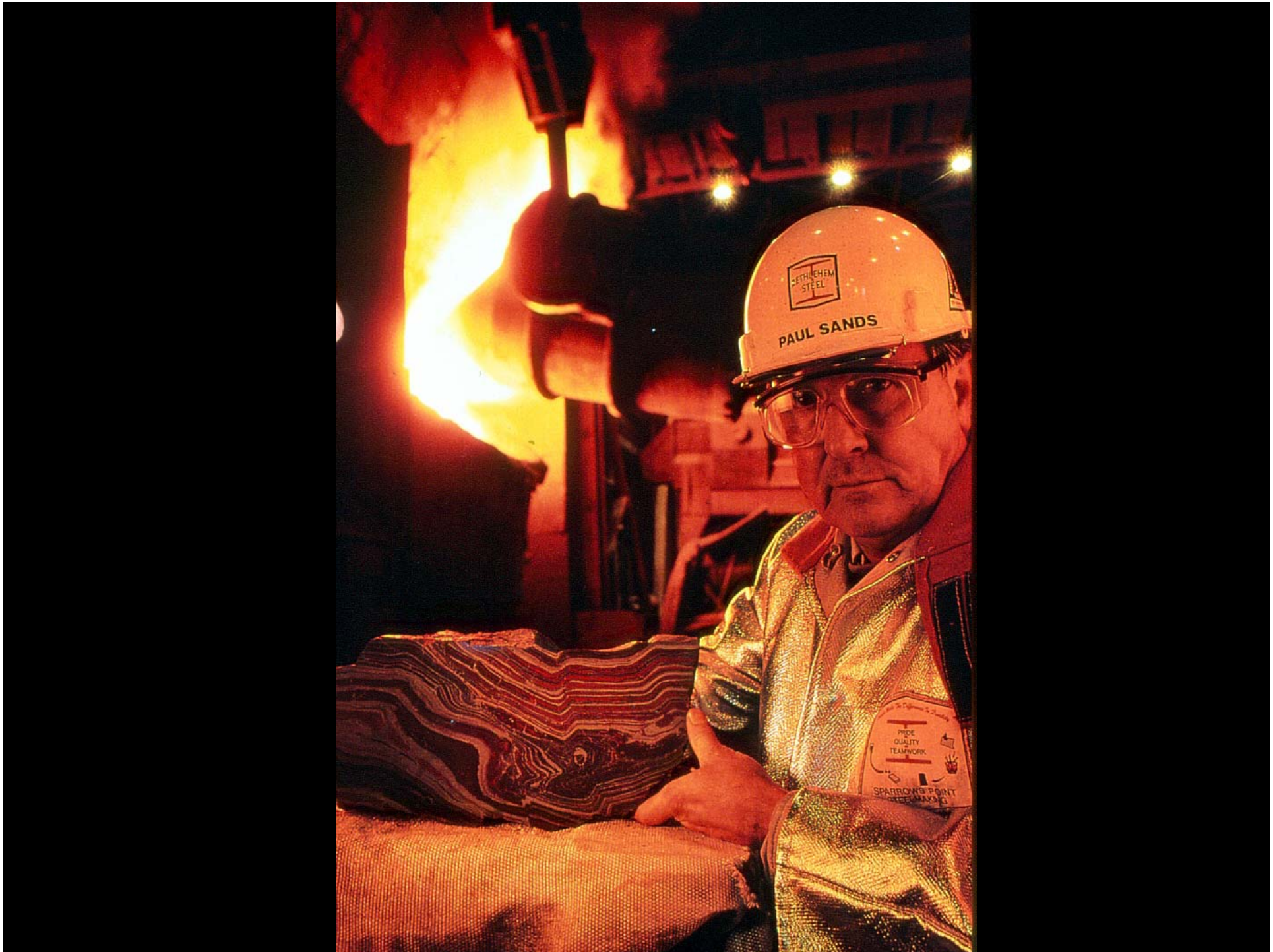


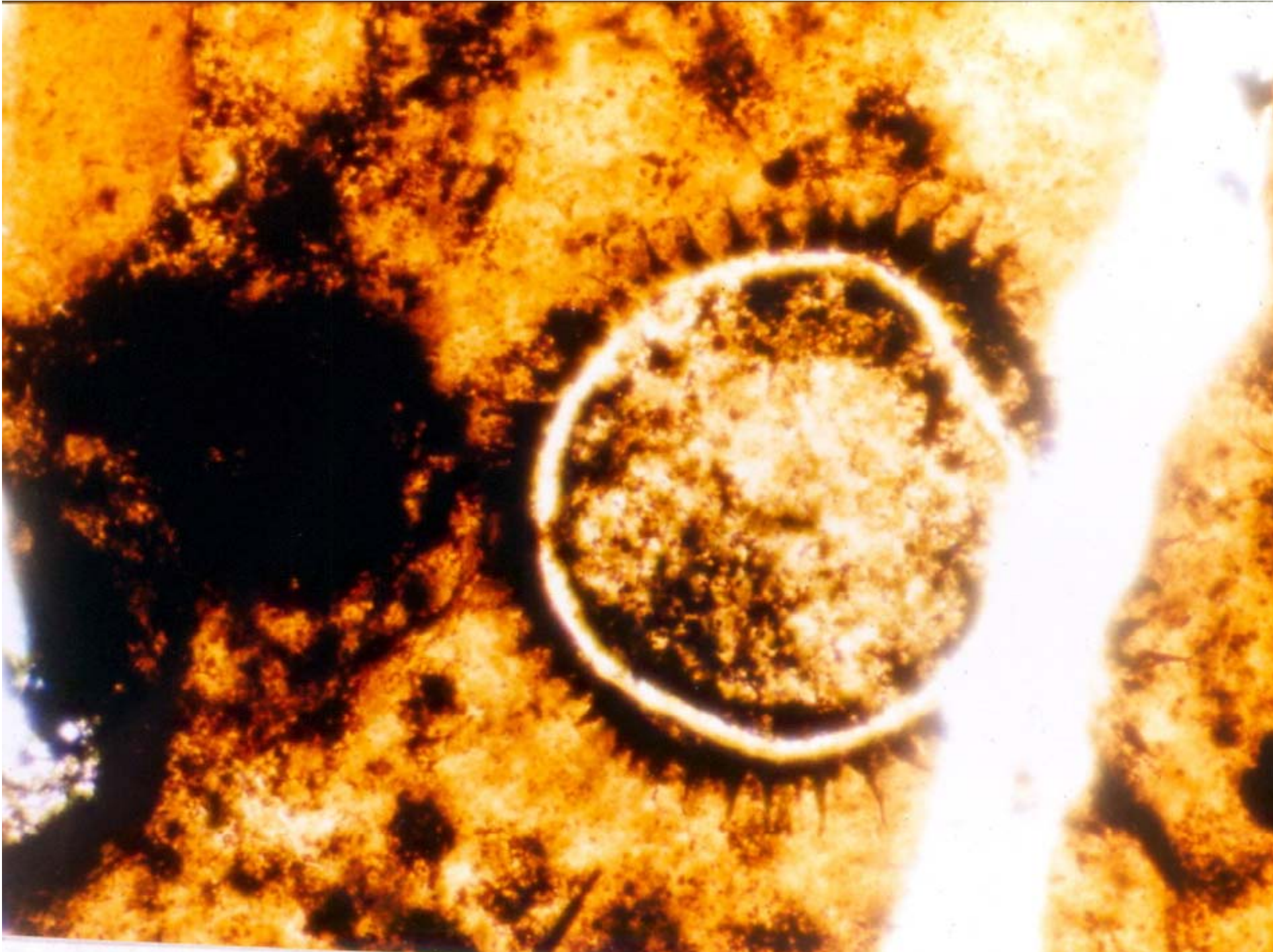








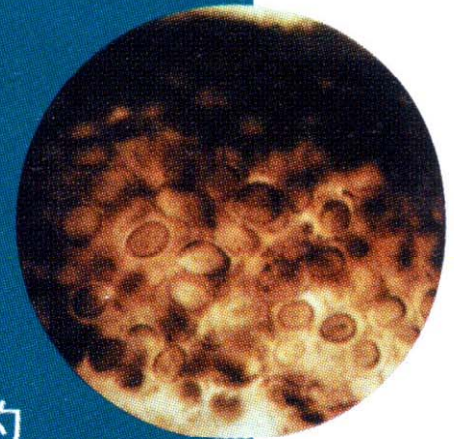




分子化石

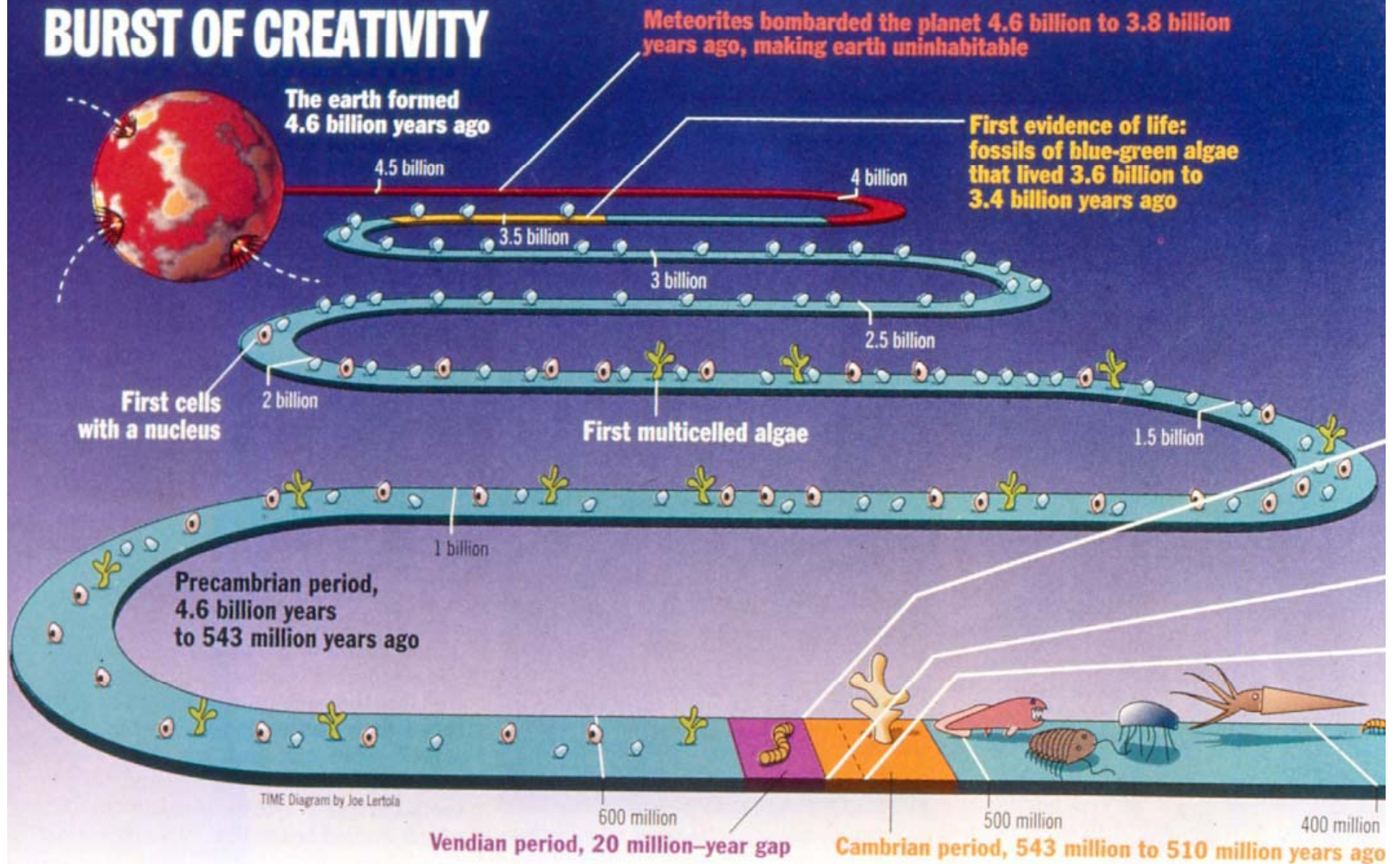
定義：與現今的活細胞相似的複雜有機分子。

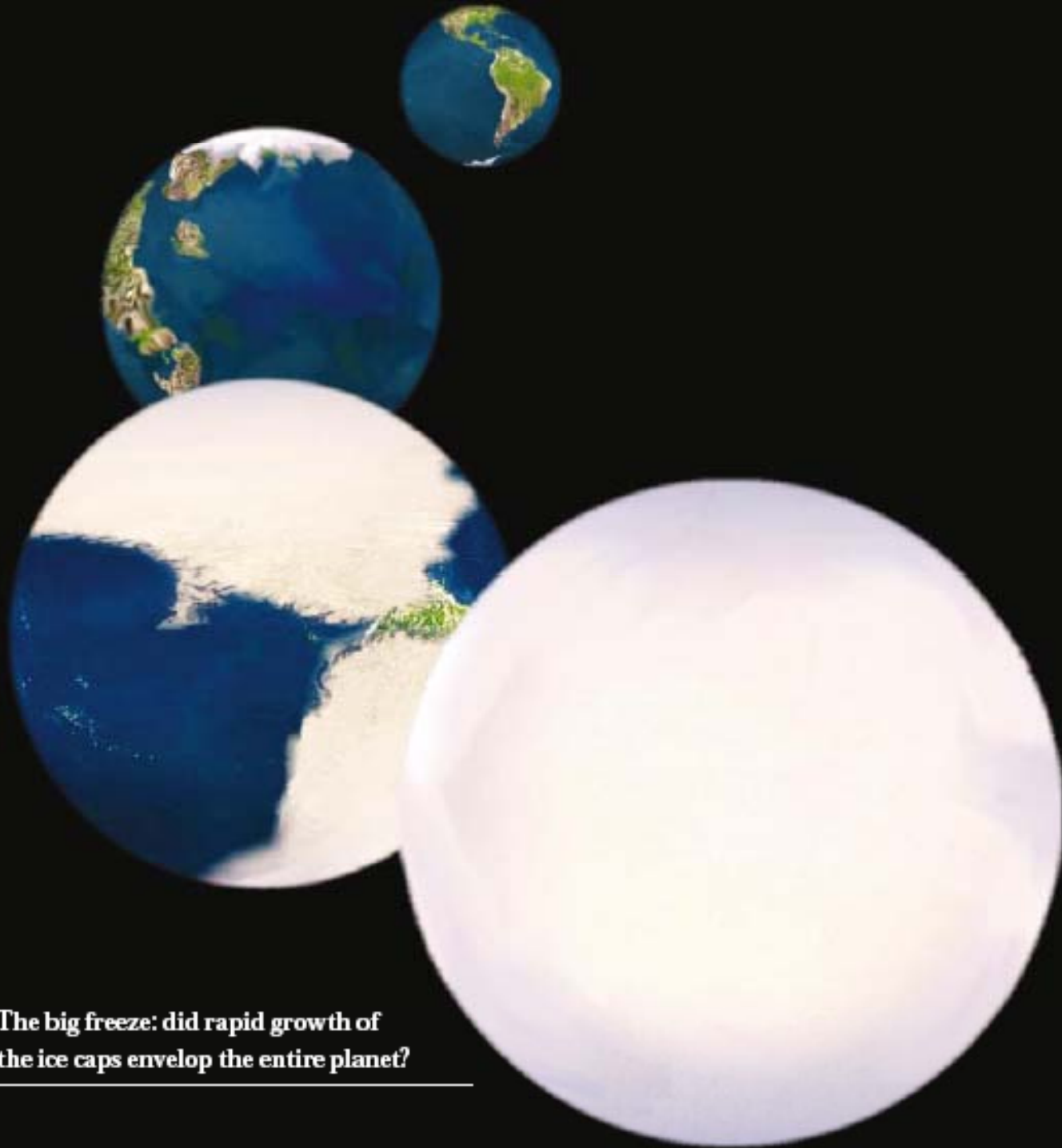
最古老的證據：澳洲 27 億年前的岩石中發現的碳水化合物。這些分子源於形成化石的細胞膜，是最古老真核細胞（具有真正的細胞核）及產氧藍綠藻的證據，已毫無疑義。過了七億年後出現的一種藍綠藻 *Eoentophysalis*（見右圖），也許便是從這種藍綠藻演變而來的。





BURST OF CREATIVITY

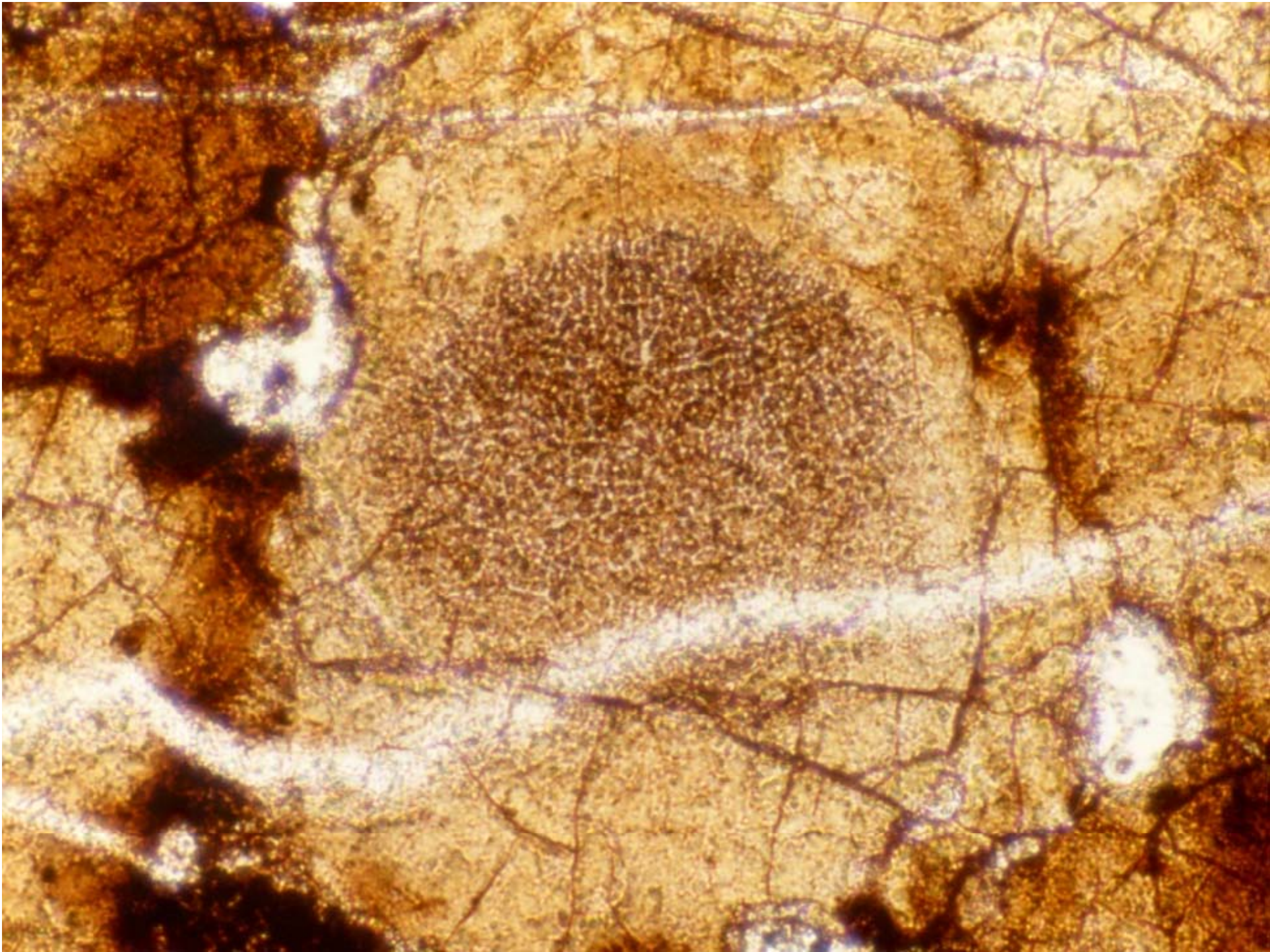


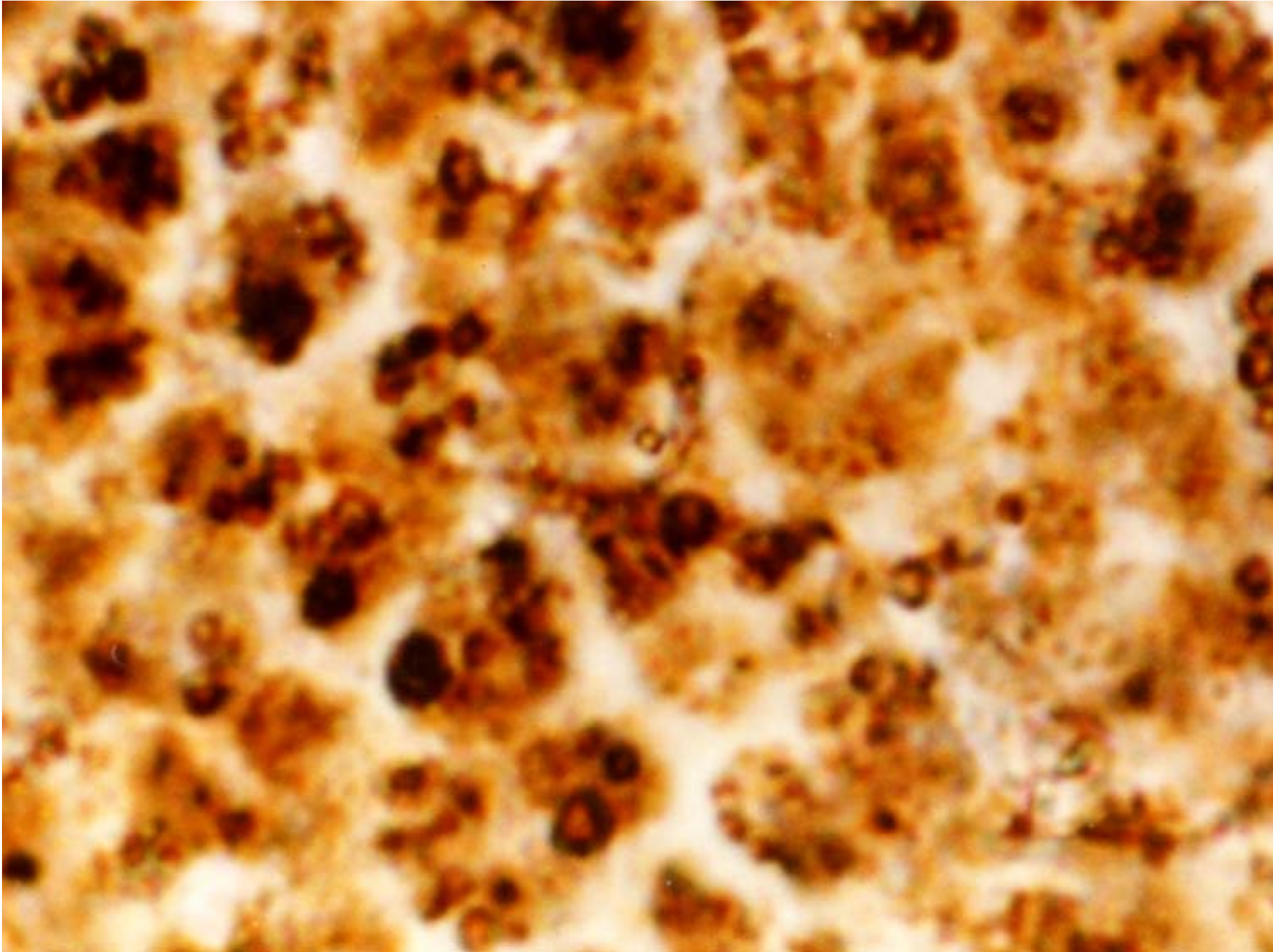


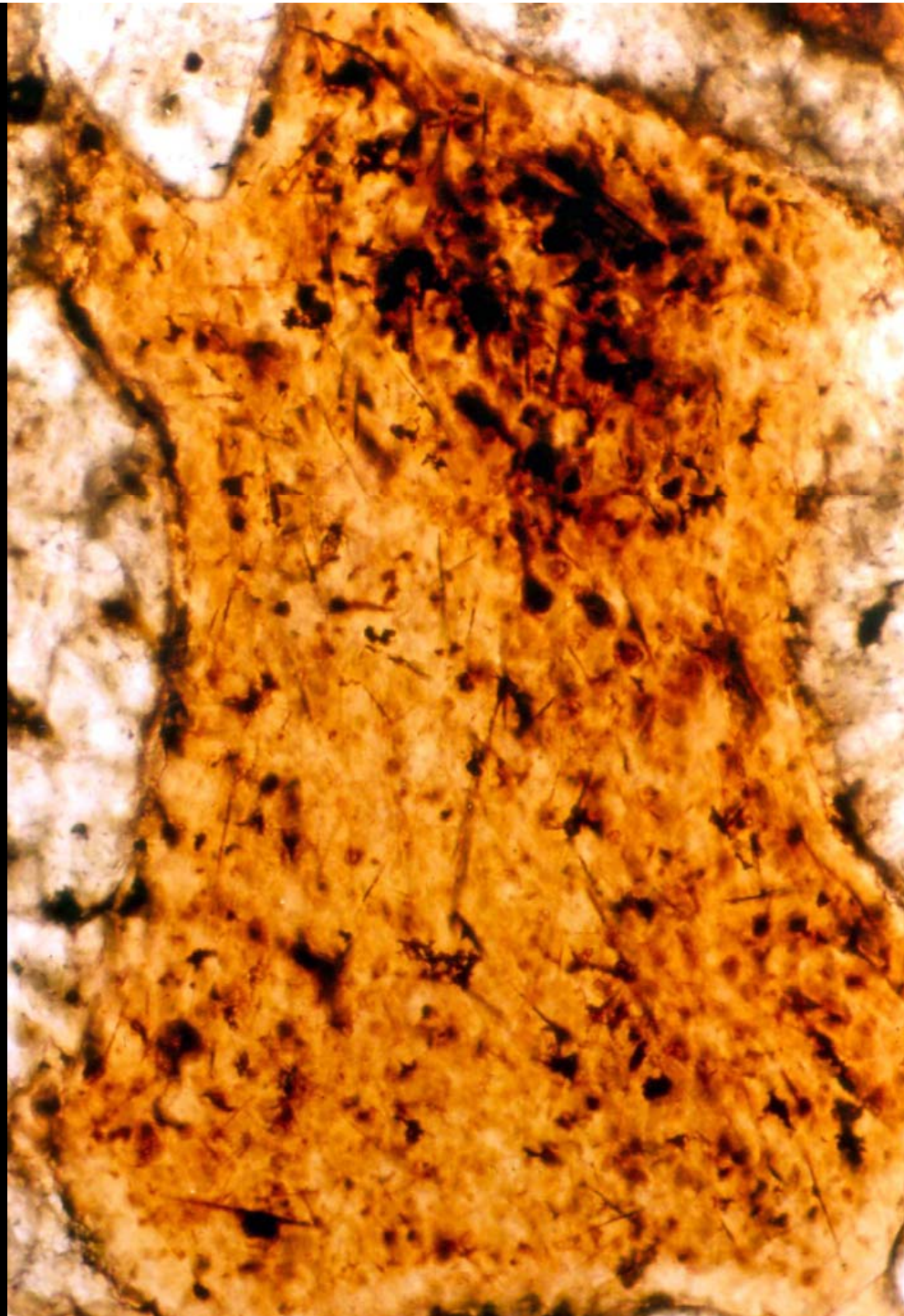
**The big freeze: did rapid growth of
the ice caps envelop the entire planet?**

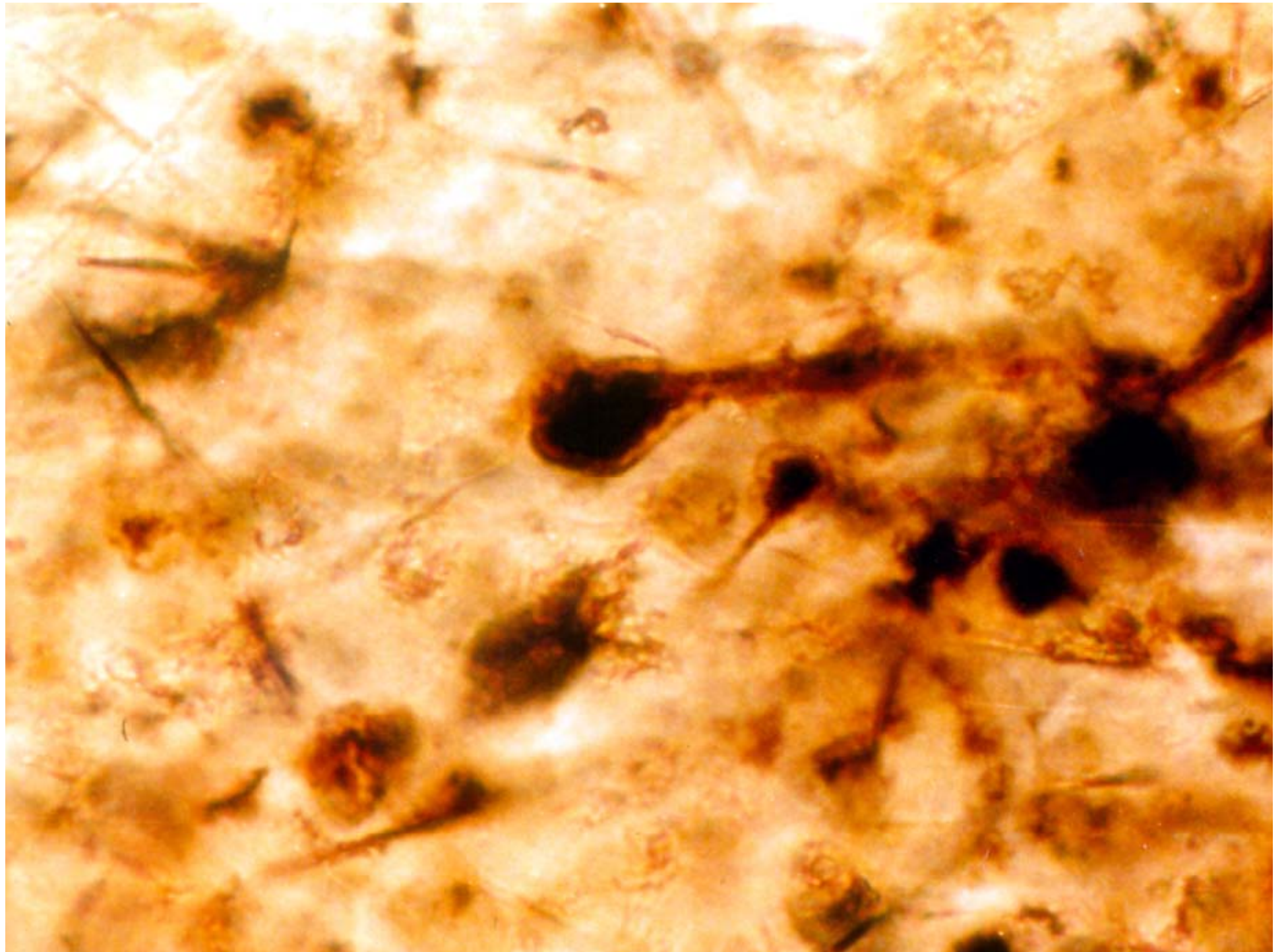






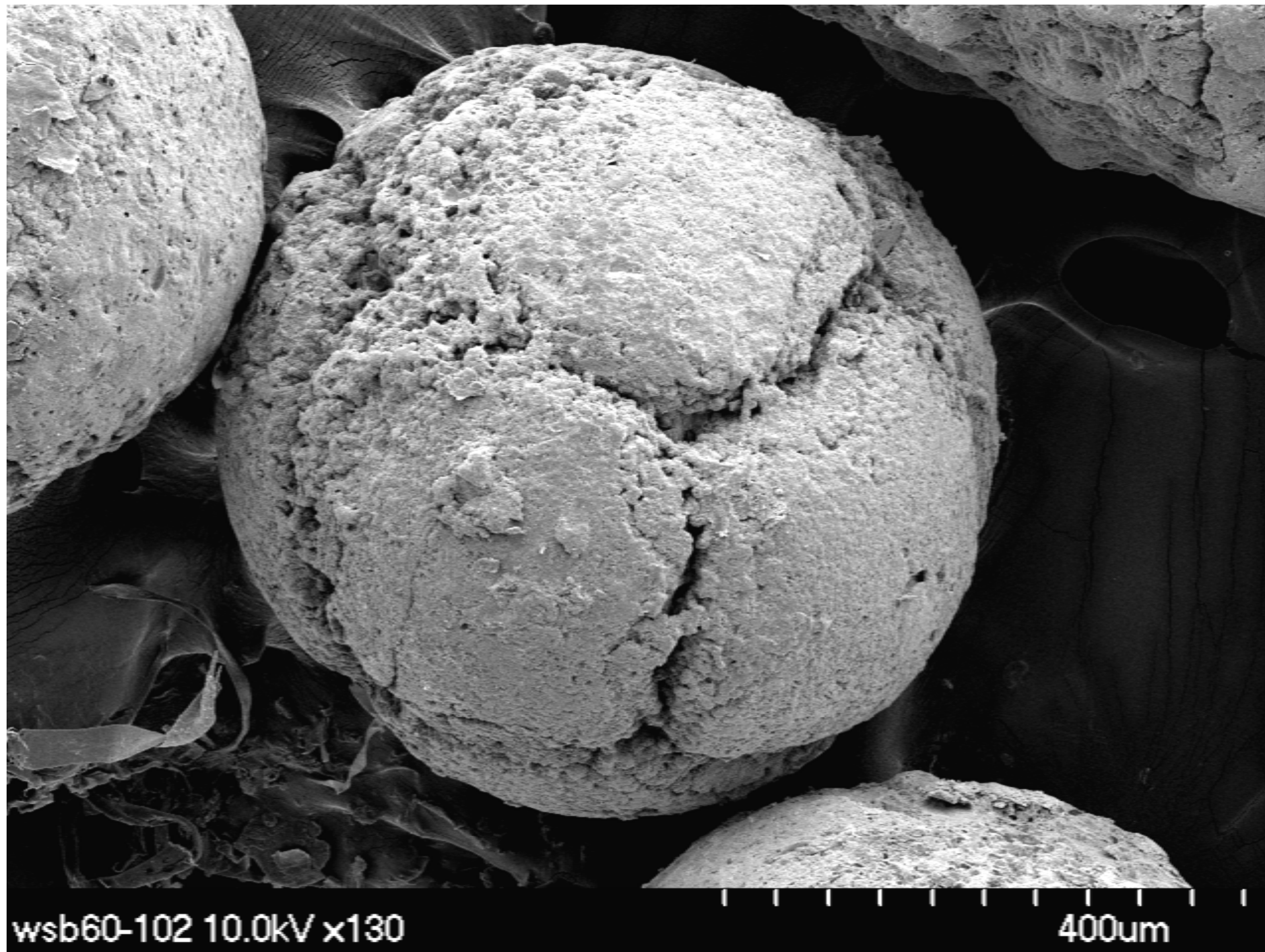












wsb60-102 10.0kV x130

400um





Science 2004

SCIENTIFIC
AMERICAN

中文版

NO.43

2005年9月號

科學人



【特別報導】p.46

專訪張子文：

台灣生技產業，需要跨領域人才

sa.ylib.com

貴州小春蟲 改寫動物演化史

中國瓮安磷礦裡發現的微小化石，
揭露六億年前動物演化關鍵！



























澄江生物群

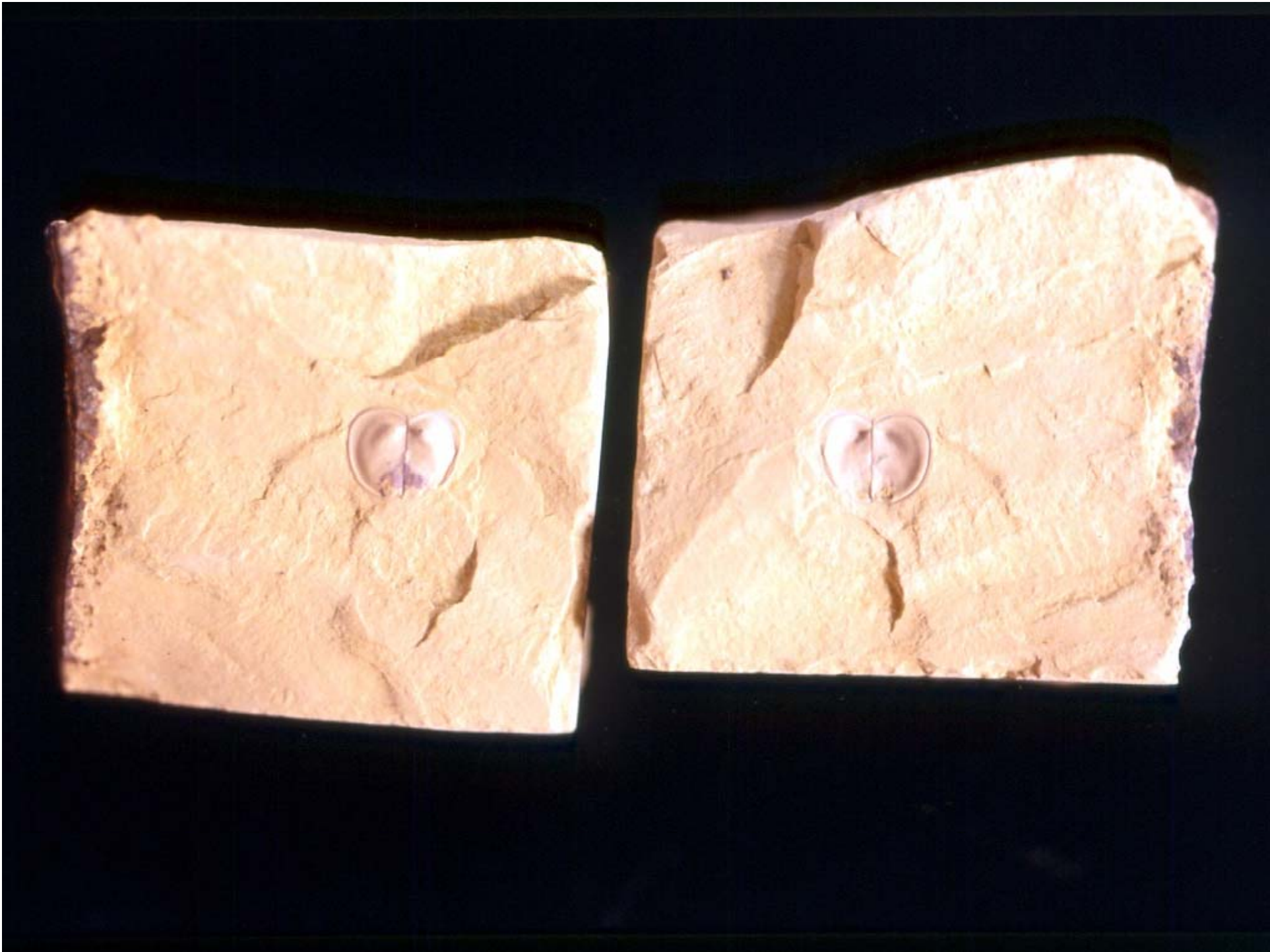
寒武紀大爆發的見證



陳均遠 周桂琴 朱茂炎 葉貴玉













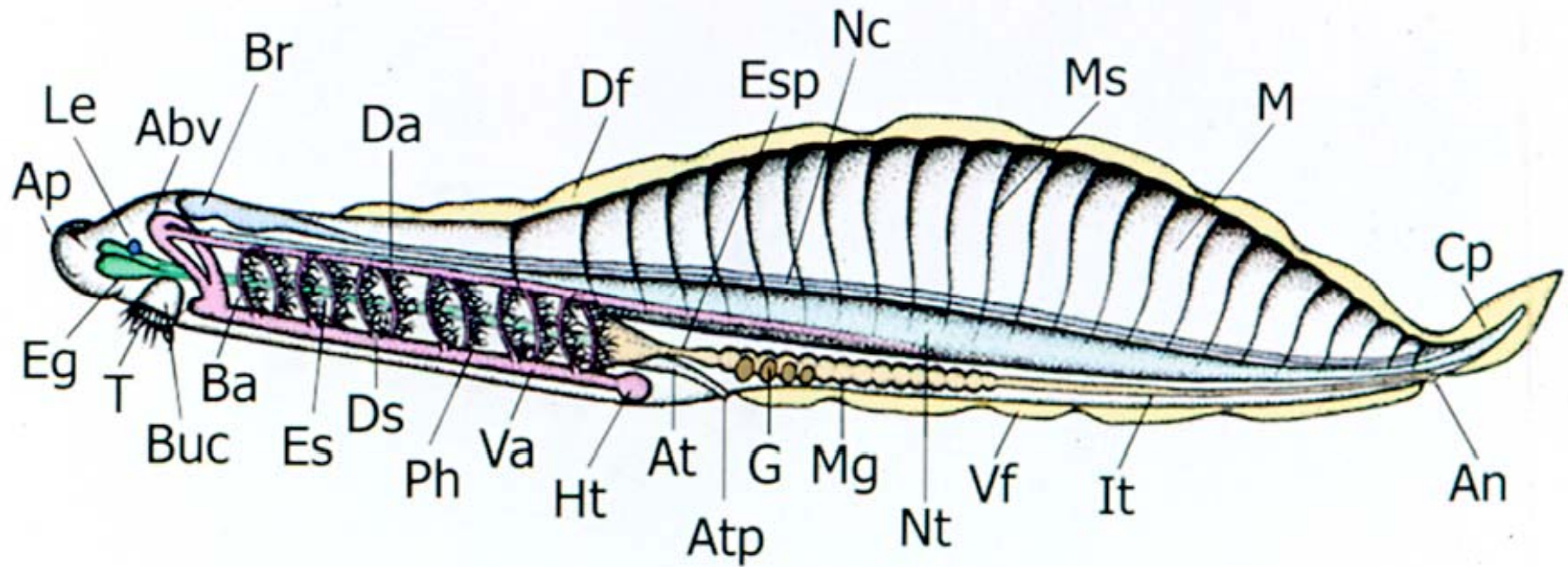








Haikouella lanceolata



海口蟲

雲南 海口

