

# 是誰住在深海的大火爐裡？

## 找尋深埋地底的生命訊號

適用國中自然【七上】生命世界與科學方法

地底能量從裂縫裡跑出來，可以在海底熱泉區附近養活一大群細菌和動物。那如果這個計畫開始往地心方向前進往下挖，會找到什麼樣的新世界呢？老實說，我也不知道，但是充滿期待。我們對地底下的世界知道得太少，更何況這裡的“地”還得先穿過數千公尺的海水才能碰得到。

在 IODP Expedition 360 計畫裡有 8 個預期要完成的科學目標，其中第 7 項便是瞭解在這麼深的地方到底有沒有微生物在這裡生活，它們是誰及為什麼它們在這種地方還活得下來。在有海底熱泉的地方，細菌把地底來的能量轉化成養份來供養龐大的海底動物族群。在過去我們早就知道

原核生物們（細菌和古菌）無所不在，海底熱泉裡也有菌，那再往下鑽，應該還是會有細菌存在吧？

## 住在石頭裡，你是桃太郎嗎？

第一個問題。

從海底往下鑽，鑽沒多遠就撞上石頭了。除了桃太郎傳說之外，生物真的  
有辦法住在石頭裡嗎？

答案是，**有的**。近十年來已經有相當多研究發現微生物可以在石頭裡生長。  
像在智利的阿他加馬沙漠，整年無雨，是全球在極地以外最乾燥的地區了。

## 【科學怎麼搞】楔子之科學方法與態度的老生不常談

在這種環境，只有住在石頭裡才有機會封住一點水份來生活。在石塊接近表層的地方還能透光，藍綠菌搶在這層吸收光能行光合作用，產生氧氣及養份，來養活石頭裡的其它微生物，一切都在這石頭城裡進行。

最近一篇研究發現在智利的阿他加馬沙漠（Atacama Desert）的石鹽（halite）裡有不少微生物，可以利用由空氣裡凝結的那一點點水來生存。石頭裡的藍綠菌在有水可用時，會開始進行光合作用。石頭裡也發現有細菌能進行氨氧化反應得到能量來存活。有水氣的時候這些反應可以持續好多天，直到再次因為水份不足而進入休眠，跟在石頭外其它沙漠裡等待

## 【科學怎麼搞】楔子之科學方法與態度的老生不常談

雨季雨水，短短時間內快轉生活史完成生長生殖後休眠的動植物一模一樣。因此，雖然要動植物在緻密的石頭裡生長繁衍是不可能的，但對微生物來說，確實是個可以達成的目標。

### 直搗封存在爛泥岩石裡的暗黑世界

這個深埋在地底的神秘世界被稱做深層生物圈（deep biosphere），學術界早就想要知道到底是什麼三頭六臂的傢伙有本事住在這種地方。有人從礦場往地底鑽，有人從海底往下繼續鑽，都發現地底石頭裡的确有不少微生物存在。

我們來看這篇 2015 年 7 月發表的研究論文。這個研究團隊利用地球號這艘世界最大深海鑽探船，在日本下北半島（[Shimokita Peninsula](#)）附近的太平洋海域從海底往下鑽了 1.5-2.5 公里。他們在每個深度的樣本裡都能找到完整的細菌菌體，顯示在每個深度可能都有好好活著的細菌，每立方公分裡的菌量最多還能有 10000 隻。對住在這裡的微生物來說，深度 1.5 公里處是條區隔兩個不同環境的界線。在海底表層到 1.5 公里深主要是海洋沉積物，在這段區域裡養份少，菌量從表層開始一路快速下降。在 1.5 公里以下的地層裡，則是出現一層沿岸沉積物一層褐煤層交替出現的

## 【科學怎麼搞】楔子之科學方法與態度的老生不常談

組成。有趣的是，原本在海洋沉積物層裡細菌數量持續下降，但是到了褐煤層，菌量會突然大增。在細菌的組成上，他們發現淺層樣本（深度在 365 公尺內）裡出現的菌種是典型的海洋底泥住民，但是在深度超過 1.5 公里的樣本裡，出現的居然是會在陸地森林土壤裡出現的常客們。或許當年原本在岸邊植物土壤裡的細菌，在被埋入海中後，設法一代一代活過了這麼長的時間，撐到了現在。

經過化學成分分析，科學家發現這地層裡的氫氣含量高，足以支持生物生長。而 DNA 序列指出這裡出現的古菌是能利用氫氣做為能源，並且產生

## 【科學怎麼搞】楔子之科學方法與態度的老生不常談

甲烷的菌種，做的事跟它們在地面上水田裡的甲烷菌親戚很像。而住在褐煤層裡的細菌可能是利用氫氣及煤層裡的有機物來當做養份生長，才會出現數量大增的現象。

### 生命，到底有沒有極限？

生命當然有極限，只是我們目前知道的極限到底是不是真正的極限，會不會很快又被新發現的生物給打破的問題。在目前探勘深層生物圈（deep biosphere）的熱潮中，已經產生了一些來自地底的研究成果，顯示在往地底鑽個幾千公尺後，我們還是可以看到微生物的存在。在那個環境裡有

## 【科學怎麼搞】楔子之科學方法與態度的老生不常談

沒有足夠的養份可以給細菌使用，顯然是個重要的決定因子。在前述日本團隊的例子裡可以看到地底下 2.5 公里處已經看不到細菌了，在印度洋西南洋脊的探鑽會下挖 5 到 6 公里，會不會讓我們看到微生物分佈的下限，這是個讓我很期待的結果。

除了養份以外，另一個主要的限制因素是溫度。高溫對細菌來說是個很大的考驗，除了細胞裡的 DNA 和蛋白質這些大分子會因為溫度上升而結構改變，這些分子在高溫下也比較容易損壞掉而需要被修復，平白增加維生時的能量需求。在日本團隊研究的那個地點，溫度在 60 度左右，還在

微生物可以適應的範圍裡。在地面上溫泉裡，以台灣自己的例子來看，在安通溫泉 60 度以上的水裡有很多細菌，在大屯火山區超過 90 度的溫泉裡也有細菌（古菌）。全球高溫菌排行榜裡有不少厲害的古菌，像是生長最適溫在 100 度的 *Pyrococcus furiosus*，分離自海底熱泉的 *Pyrolobus fumarii* 生長最適溫在 103 度，而同樣來自海底熱泉的 *Geogemma barossii* 則被證實可以在實驗室用來滅菌的 121 度下可以繼續生長繁殖，連把它放在 130 度下 2 小時也沒辦法消滅它。這 130 度，已經是目前已知生物能好好活著的最高溫度極限了。

## 【科學怎麼搞】楔子之科學方法與態度的老生不常談

在 Expedition 360 計畫裡，如果一路往下到 5 公里深，溫度或許可以到達攝氏 500 度。以現在已知的微生物知識來看，已經遠遠超過細菌能存活的溫度上限。這次探勘應該可以找到目前生物能往下攻佔地點的下限，幫生物圈畫出明確的範圍，也能讓我們瞭解這些游走在生物世界邊緣勇者的身份及絕技。