

中場加映



活生生的小熊軟糖

先生小姐們，歡迎觀賞我們的熊熊秀，牠們可不是普通的熊喔！牠們是水熊，請掌聲歡迎牠們！

嚴格說來，這些行動緩慢的生物並非微生物——牠們實際上是動物，是多細胞動物而且擁有器官，還是蟲子與蠕的遠親。但是基於以下兩點，我還是在本書中向各位介紹牠們：第一，牠們非常非常小；第二，牠們很奇妙。

這個小生命的大家族已經在地球上存在數億年，而人類是從 1773 年開始知道這種生物的。不過，也因為牠們沒有什麼害處，大多數人都沒聽過這種生物，也辨認不出牠們。

牠們的暱稱叫做「水熊」，是因為外觀長得像熊，行動起來也跟熊一樣搖搖擺擺的（只是牠們以四對腳走路）。牠們就跟熊一樣有爪子、眼睛、肌肉與神經，而且用爪子抓東西來移動身體，就好像迷你的登山家一樣；而夢幻的顏色再加上黏滑的皮膚表面，使牠們有時候看起來更像是小熊軟糖。

生物學家目前可以辨識出一千種以上的水熊，其餘還有上千種等待確認。根據物種不同，牠們的大小介於

0.1至1.2公釐之間；也就是說如果幸運的話，最大型的水熊可以用肉眼看到。問題是牠們通常是透明無色的，不容易看見。

水熊跟熊不一樣的地方，在於牠們透過皮膚呼吸，因此牠們的皮膚經常保持濕潤狀態（這也是為什麼要叫牠們「水熊」）。只要有水的地方，幾乎都有牠們的蹤影，包括高山的極高處、大海中、南極洲和熱帶雨林，不過通常在苔蘚或地衣上就能找得到。所以，不管你是哪兒讀這本書，水熊很有可能就在你身邊。

水熊對食物的胃口很多元，有些可以吃細菌、有些以細小的尖牙利齒吸取植物或動物細胞裡頭的汁液。當然啦，牠們也會被其他生物吃掉，包括變形蟲⁹、其他種類的水熊等。

水熊跟熊一樣會進行冬眠，而且在這方面，水熊更勝一籌。每到冬季，熊會進入漫長的冬眠期，在這段期間未免消耗太多能量，新陳代謝的速率會下降；當環境惡化或變得不適合行動緩慢的動物，特別是當環境變得太過乾燥時，水熊便會進入「隱生狀態」(cryptobiosis)；也就是說，牠們會進入一種代謝幾乎完全停止的狀態——就像是死了一樣，就這樣維持一段漫長的時間，

9 我還第一次聽到動物會被單細胞生物吃掉，聽起來還滿可怕的吧！



要活就要動！

你曾經到過鬼域嗎——環顧四周，只見一片荒蕪，然而這裡過去曾是人們辛勤工作、養兒育女、安居樂業的地方；只是到後來，大家都離開了。為什麼那些人走了？而他們當初為什麼又會到這兒來？

答案總是跟資源脫不了關係。比方說，當某個地點開採到金礦，當地就會發展出繁榮的市鎮；其他珍貴或有用的資源（通常是金屬、石油或木材）也會吸引人們從四面八方跋山涉水聚集到某地，在資源耗盡之前想辦法分一杯羹。

肥沃的農地與充沛的水源是最基本的資源。甚至一個好的據點本身就是一種資源，像是具有戰略防禦功能的山嶺，或是可形成天然屏障的海灣。很顯然的，某個人前往某個地方而不去另一個地方背後的原因相當複雜；但若是從宏觀的角度來看，長時間下來，人群的遷移其實蘊含著某種模式。

微生物呢？它們其實跟我們一樣，追求水源、可用的能源與物資，因此它們棲息的動態跟我們很像也就不足為奇了——它們同樣會聚集在某樣資源上頭、盡情使用，等資源耗盡時便去尋找下一個資源；或者是在找到（或希望找到）更好的資源時離開。

不過，有一點值得玩味——假如一切都沒問題，它們為什麼要

花力氣搬家呢？微生物發展出異常複雜而且代價高昂的移動機制，背後的演化原理到底是什麼？答案或許很清楚，但不是憑直覺就可以得到解答。不好意思，讓我先用個最不科學的字眼來概括這些理由，那就是：希望。



懷抱希望走四方

在人類身上，很難分析什麼叫「希望」，但我們可以試著用投資理財的例子來理解。

假設我有一筆閒錢（純粹是個假設），我希望能保有這筆錢，可能的話，再來錢滾錢；因此，我需要的便是那些西裝筆挺的理財專員所稱的投資策略。我可以選擇高風險或低風險的投資；風險愈高，將來獲得高報酬的機會就愈大。投資股票的風險通常比投資債券或定期存款來得高，拿所有的錢來買同一支股票的風險則又更大。極端保守的投資策略或許是購買一堆黃金或貴重金屬，荷槍實彈守著這份金銀財寶，直到老死（一意孤行派的做法）；不過有人告訴我，別期待這麼做會獲得多大的報酬。

另一種同樣極端卻廣受歡迎的做法是購買樂透彩券（「願財神爺眷顧我」的典範），一點點投資就可能獲取龐大的利潤，但奉勸你也別對這個方式太過於認真¹。

你可以藉由分散投資標的來分散風險，當然也可以只投資某一種資產。每個理財專員都會建議長期投資的客戶不要將雞蛋放在同一個籃子裡，因此生物——包括微生物，也採取同樣的行為模式，

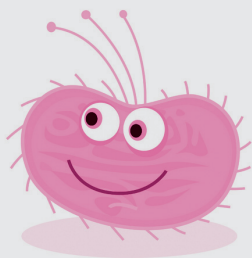
● 1 有些人說這種類似賭博的行為是在「繳傻瓜稅」，我完全同意。不過每年我還是會買一次
● 樂透彩券做做美夢，反正人類本來就挺傻氣的。

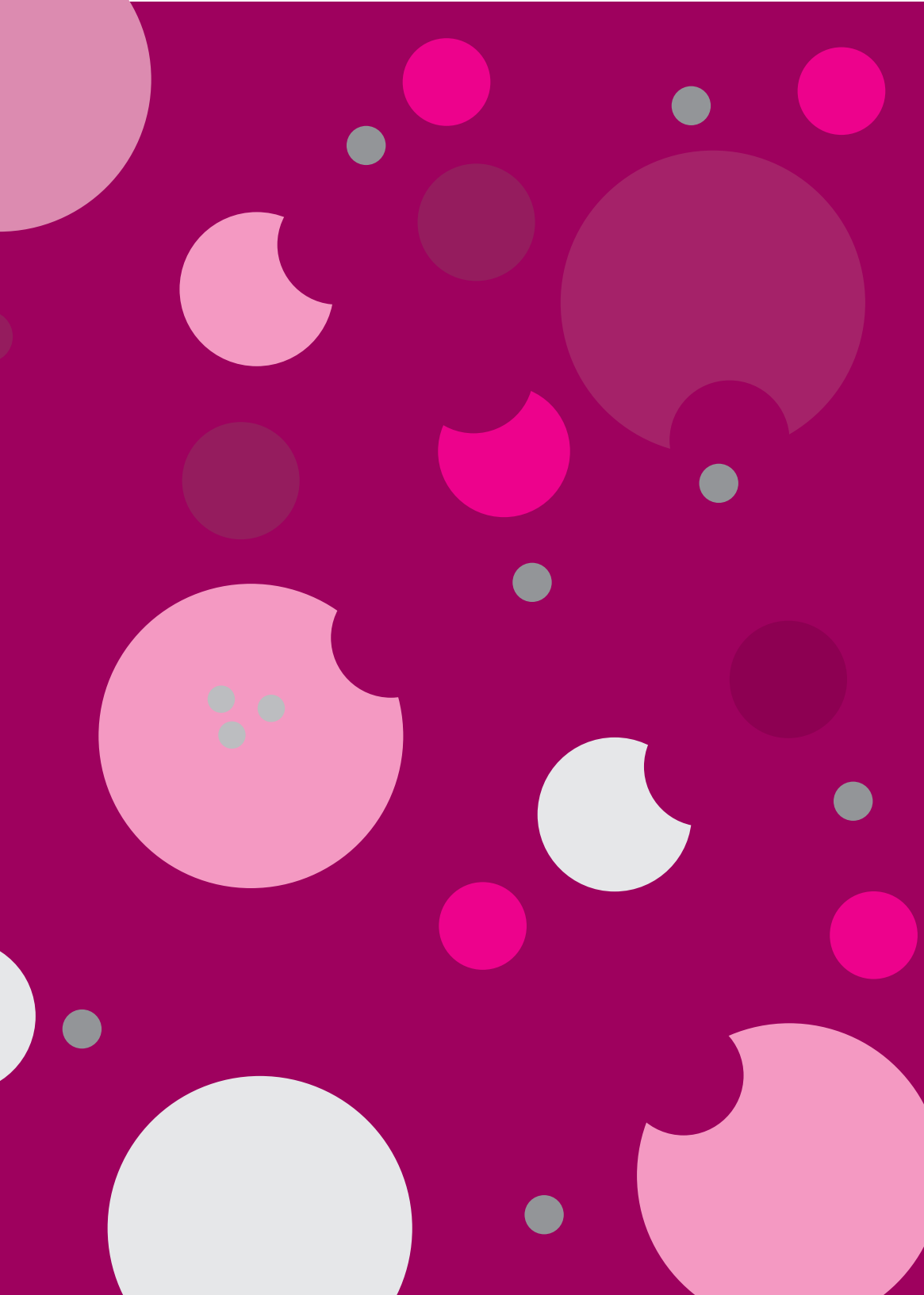
第4幕

爾虞我詐

——微生物的搞怪生存伎倆

病毒入侵細菌的攻防戰，雙方各運用什麼戰略？
想躲過人體免疫系統的病菌，又有什麼特殊法寶？
不管是一招半式闖天下、還是百變求生存，
微生物的各種花招，保證你看了拍手叫好！







節能環保炸彈客



生物在自然界生存與繁衍需要十八般武藝，微生物基本上擁有一身高超的伎倆。當初我就是因為這一點才來念微生物學——我對於那些微生物辦得到、但是人類辦不到的事情，還有人類不認為微生物辦得到、後來卻發現有的微生物能辦到的事，特別感興趣；像是互相利用、集體下毒、古怪的性交方式、爆破宿主、誘導自殺、為敵人貼標籤來保護自己、原始而野蠻的遺傳資訊處理戰……這些手段全都在細菌的生存與繁殖戰場上屢見不鮮。



一切都跟氮有關

想像一下你意外吞了一顆威力強大的小型炸彈，若是移動太快就會在你胃裡引爆。先記著這一點，接下來我們先從氮循環談起。

人類呼吸的空氣中，大約含有20%的氧氣（我們需要的成分），另外還有不到1%，包含一切可能的物質（二氧化碳、有臭味的氣體、汙染源及其他各種奇怪的東西）。其餘大約80%則是氮氣；也就是說，我們周遭幾乎都是氮氣。

氮氣是一種惰性氣體，意思是說氮氣（幾乎）沒什麼化學活

性——空氣中的氮分子只是自顧自的飄浮在那兒，不與其他分子發生反應。另一方面，氧氣則是一種具有高化學活性的氣體，無論起火燃燒，鐵生鏽，都需要氧的參與。

人類呼吸的時候，肺部吸收氧氣供身體使用，氮氣則原封不動的排出體外。你以為人體會使用氮氣？錯了，氮氣難用得很；因為氮分子是由兩個氮原子緊密結合而成，非常不容易分開。然而儘管如此，所有生物仍需依賴氮氣——DNA、蛋白質、一切事物的重要成分都含有氮。那麼，該怎麼將氮氣轉化成能夠利用的化合物呢？有的微生物自然而然就辦到了。

自然界有一種細菌稱為固氮細菌，能將大氣中的氮轉化成其他更容易使用的分子形式——特別是以氨的形式存在¹。固氮細菌生活在土壤中，與植物的樹根共生，並從植物身上獲得所需的營養。植物從固氮細菌獲得能使用的氮化合物，動物則從植物和其他動物身上攝取可用的氮化合物。動物消化食物後，排出的尿液、糞便裡頭含有氮化合物；或者當動物死亡，屍體腐爛，身上所有的氮化合物便回歸到土地，故事圓滿落幕。

如果事情真有那麼簡單，那麼早在很久以前，空氣中的氮就已經消耗殆盡了。幸好，有一群微生物（脫氮細菌）會利用氮化合物進行呼吸作用，產生氮氣²，補充上一段說的氮循環所消耗掉的氮氣。

我們原本以為，故事的全貌就是如此。然而，大約十年前，科學家發現了一種能以厭氧氨氧化（anaerobic ammonium oxidation, anammox）³的方式，從氨製造氮氣的細菌。對科學家來說，這是個

- 1 不過這不是本章的重點。
- 2 這些也不是本章的重點，請耐心等待。
- 3 本章的重點終於出現了。

驚奇的發現，就跟突然發現家裡一直以來都住著一位叔叔的感覺一樣。自從發現了行厭氧氨氧化作用的細菌之後，微生物學家發現這種細菌其實無所不在⁴，而且在各種領域都非常有用處，特別是廢水處理廠——這種細菌不僅能將有毒的氨轉化為無害的氮，而且不需要消耗氧氣或能量。因此，使用這種細菌的新式廢水處理廠能夠節省許多能源與機械裝置。

這種特殊的細菌能以環保節能的方式處理人類的大小號，讓人深感佩服。但那又怎麼樣呢？更厲害的是，**這種微生物進行化學反應時會製造聯氨**（hydrazine）。聯氨這個詞聽起來不痛不癢，但要是你知道聯氨是火箭燃料，那就不一樣了——我們的生活周遭要是有一家製造火藥的化工廠，大家肯定提心吊膽；這種微生物體內居然有這麼危險的東西？

聯氨非常不穩定，一不小心便會引爆，而且容易擴散，能滲透大部分的容器。製造火箭的科學家為了儲存聯氨傷透腦筋，而這種微生物處理聯氨的方式非常巧妙：它將聯氨儲存在一種由碳環連結形成的、緻密複雜的內膜構造裡。我們還不曉得細菌是怎麼製造出這種薄膜的，但是它們活得很好，我們從沒看過細菌爆炸，或是像體內有顆炸彈般小心翼翼的移動。

● 4 假如你不曉得一種生物的模樣、功用，甚至是它的存在，便很難發現這種生物——尤其是像微生物這麼渺小的東西。



病毒細菌諜對諜



你曉得嗎，細菌也會生病，而且一打噴嚏，就爆炸破裂！這種由噬菌體（bacteriophages，或phages）主導，不斷發生的現象，也許是世界上最小型的生物戰場。

噬菌體（也就是「吃細菌的生物」）**是一種會感染細菌的病毒**（你可能已經猜到了）。基本上噬菌體就像大部分的病毒一樣，有個蛋白質做成的外殼，裡頭有一些遺傳物質（DNA）；而且你可能也已經猜到了：噬菌體非常微小。

噬菌體有很多種類，每一種通常只感染一種（或是數種）微生物。噬菌體可能是這個世界上族群數目最多的生物（當然，沒有人確實數過）。只要有宿主的地方就有噬菌體，也就是說，噬菌體無所不在。

噬菌體主要透過以下兩種方式感染細菌：首先，在「裂解期」（lytic cycle）中，噬菌體掌控細菌的體內機制，複製出上百個自己；然後噬菌體（通常）會衝破這隻可憐的細菌，開始四處散布，尋找其他細菌、感染下一個宿主。

第二種（暗著來的）方式，稱為「潛溶期」（lysogenic cycle），噬菌體會將自己的DNA植入細菌的DNA中。當噬菌體剪開細菌DNA的某一處，便將自己的DNA塞入空隙中，留在宿主的DNA