

小兵立大功-微小細菌妙用多

傅如輝（中研院生醫所博士後研究員）

王羽淇（美國 BioTechPlex 生技公司研究員）

細菌的研究歷史

細菌是非常古老的生物，大約出現在 37 億年前，也是目前所有生物中數量最多的一類，且絕大部份體積非常小。人類利用細菌來從事醃漬及釀造工作已有悠久的歷史，但直到 1683 年，荷蘭商人兼科學家李文虎克 (Antony van Leeuwenhoek) 首先使用自己設計的顯微鏡觀察到了細菌，人類才第一次知道細菌的存在。而德國科學家艾倫勃格 (Christian Gottfried Ehrenberg) 在 1828 年提出細菌 (Bacteria) 這個名詞，主要是以觀察到的細菌外形來命名，源於希臘語，意為「小棍子」。十九世紀末路易·巴斯德 (Louis Pasteur) 和羅伯特·科赫 (Robert Koch) 則指出細菌會導致各種疾病的發生。到了一九七二年，美國史丹佛大學史丹利·可翰 (Stanley Cohen) 發現質體 DNA 能送到大腸桿菌中進行大量培養；以及加州大學赫伯特·波易爾 (Herbert Boyer) 發現限制酶的功能，利用此能將質體 DNA 的特定片段切割下來，從此開啟了分子生物學上基因操作的時代，奠定現代生物技術發展的基礎。

細菌的結構和形態

細菌一般是單細胞，目前已知最小的細菌只有 0.2 微米長，最大的則有 0.75 厘米，其結構簡單，缺乏細胞核膜以及膜狀胞器 (如粒線體和葉綠體) (請參考圖一)，導致染色體 DNA 裸露在細胞質，其所散布的區域稱做核區 (nucleoid)。基於這些特徵，細菌屬於原核生物 (Prokaryota)。細菌有細胞壁，但成份和植物

不同，由肽聚糖(peptidoglycan) 構成，結構堅固，其功能為維持外型及保護細胞。根據細胞壁的組成差異，丹麥細菌學家革蘭(Hans Christian Gram)，將細菌分為革蘭氏陽性菌和革蘭氏陰性菌。細胞壁內層有細胞膜，其主要功能為控制細胞內外物質的選擇性交通及訊息傳遞。而在細胞質中則散佈著各種分子，主要是可溶性酵素與核糖體等，進行各種生理反應。核糖體 (ribosome)會根據染色體上基因的序列合成蛋白質供細胞利用。間體則為細胞膜向內凹陷皺折而成的似膜構造，位於細菌的側邊與核區連接，主要功用在於合成細胞壁、染色體複製、形成芽孢以及呼吸作用等，其相當於粒腺體，因此又稱類粒腺體。有些細菌細胞壁外還有莢膜，形成一層遮蓋保護物，幫助細菌度過惡烈環境。有些則另含有小型的環形雙股 DNA 片段稱為質體，能進行複製，帶有一些非生命必須的基因，可協助細菌快速適應環境。此外，部份細菌體外有鞭毛 (flagella) 可行運動。而線毛或纖毛(fimbriae or pili)可行吸附及感知之功能，有時也為細菌接合傳遞質體的管道。細菌具有不同的形狀，桿菌是棒狀；球菌是圓球形；螺旋菌是螺旋形；弧菌，是眉形。

細菌的營養和繁殖

細菌的營養方式有自營及異營，凡以陽光、空氣中的二氧化碳、土壤和水中的無機鹽為能量來源的稱為自營細菌。另外一些依靠有機物形式的碳源，稱為異營細菌。大部分細菌可以依其對氧氣的反應分為需氧菌、厭氧菌和兼性厭氧菌。而在繁殖上，細菌主要是以二分裂法行無性生殖：細胞壁橫向分裂，形成兩個子代細胞。但是突變（染色體基因序列發生取代、刪除、或增加的隨機改變），轉形（遺傳物質從一個細菌透過液態介質轉移到另一個細菌中），轉染（病毒或細菌的遺傳物質，透過噬菌體轉移到另一個細菌中）及接合（一個細菌的質體通過線毛或纖毛，轉移到另一個細菌）造就細菌遺傳物質的差異性。

細菌的運動與分布

部份細菌可以依靠宿主、風力、水流、自身的鞭毛、滑行或改變浮力來四處移動。比較奇特的是螺旋體，具有似鞭毛的結構，稱為軸絲，當他們移動時，身體呈現扭曲的螺旋形和螺旋菌用鞭毛運動的方式不同。細菌廣泛分佈於土壤和水中，或與其他生物共生。人體身上特別是腸道也帶有相當多的細菌。部分細菌分佈在極端的環境中，例如溫泉，南極甚至是放射性廢棄物中。此外，細菌可以被特定刺激吸引或排斥，這個行為稱作趨性，例如趨光性，趨化性等。處於有利環境中時，細菌可以形成肉眼可見的集合體，互相溝通，稱為菌膜(biofilms)，可執行特殊的生理功能。

細菌的危害

細菌跟我們的生活息息相關。一方面，細菌是許多疾病的病原體，包括蛀牙、肺結核、破傷風、傷寒、肺炎、炭疽病、砂眼、消化性潰瘍等疾病都是由細菌所引發。在植物中，細菌則會導致火疫病、葉枯病和萎蔫等。此外，一些特殊細菌的氧化及代謝反應也可能造成日常生活上金屬及天然材料的腐朽，導致使用上的不便及危險。

細菌的用處

部份細菌雖然會危害人的健康，但也有許多細菌對人類的生活有重大貢獻。在傳統農業上，例如酒、醋、醬油、乳酪、優酪乳、泡菜、巧克力及一些保健食品的製作都須要細菌的參與。這種醃漬、釀造及發酵的方法，可增加益菌，抑制壞菌造成的食物腐敗，並可增添食物的美味及提升營養價值。在土壤中的腐生細菌在生態系中扮演重要的分解者角色，分解地面上各種動植物殘體，把礦物質及有機物質重新送回大自然，再次提供其他生物循環利用。而與植物共生的固氮

菌，能固定大氣中的氮元素，提供植物合成胺基酸，可增加作物收穫量並減少肥料使用。另外，枯草桿菌分泌的特殊化學物質，可以抑制土壤中病原菌的生長，增強植物抵抗力，降低農藥的使用量。而使用硝化菌、芽孢桿菌、光合菌等，除可分解水族箱中殘餘的魚飼料及排泄物，解決水質污染的問題外，也可以抑制水產養殖業病原菌的生長，提高養殖漁獲量。值得一提的是，牛胃中的共生細菌，可以分解青草的纖維質，大大的幫助牛胃的消化效率並可產生脂肪酸供牛吸收。

我們在工業及醫療上也常用到細菌。細菌可當作一個微小精細的加工廠，生產我們所要的產品。具備有便宜、效率快、回收易、濃度高、品質穩定等優點。例如味精、殺蟲劑、澱粉、纖維及蛋白質分解酵素，還有化妝品及和保養品的生產等都可利用細菌發酵技術達成。在醫藥方面，一些抗生素是細菌的二次代謝物，例如鏈黴素即是由鏈黴菌產生。此外，利用重組 DNA 技術可讓細菌快速大量的生產人類所需的荷爾蒙、胰島素、抗體、降血脂藥及對抗一些癌症與病毒性感染所使用的干擾素等。而目前生質能源的取得也可利用細菌發酵工廠所達成。

在環保方面，目前細菌最常應用於石油、農田農藥或地下水污染的整治上。這是因為細菌具有降解多種有機與金屬化合物的能力，可減少污染地區污染物的濃度，或降低其毒性，這種方式稱做生物復育（bioremediation）或稱生態復育、生物整治。最大的特點是可以面對大面積的環境污染進行整治復原，

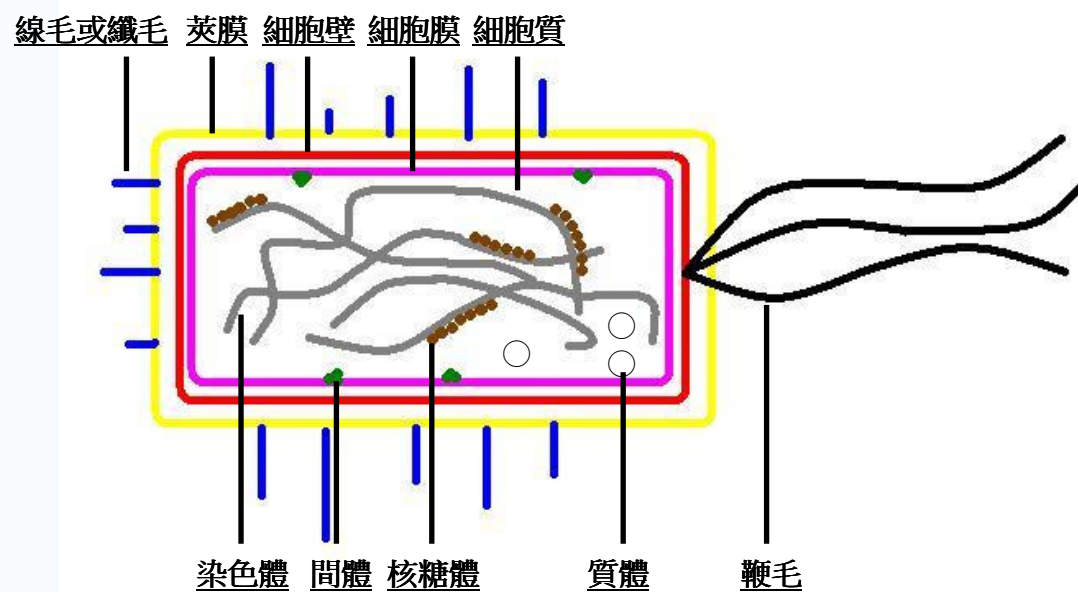
在生物科技領域上，細菌由於構造簡單，不僅是許多基礎研究的重心，提供生命運作法則和生化代謝上的中心模型。也提供許多分子生物學及生化科技的研究工具。以溫泉中發現的嗜熱細菌為例，其 DNA 聚合酶因能耐高溫，可在試管內大量合成特定基因，而造就了分子生物學中一項非常重大的革命，即 DNA 聚合酶連鎖反應技術（polymerase chain reaction, PCR）。加速了生物科技發展的步伐。其它如限制酶，接合酶及各種基因選殖及表現載體都來自細菌。

綜合上述的介紹，人類和細菌的關係自古以來就唇齒相依密不可分，它不僅在人類生存的環境中無所不在，且遍布於各種產業中。小兵立大功，誰說不是呢？

參考資料

THOMAS D. BROCK, JOHN M. MARTINKO, and MICHAEL T. MADIGAN, Biology of Microorganisms, 11th ed. (2006)

作者：蓋爾格許恩 譯者：李中文 書名：：細菌之謎 (Bakterien : dei Welt der kleinsten Lebewesen) 出版社：晨星 (2006)



圖一、細菌結構的簡圖。