第十二章
生命與生物科技的發展與人物

生命與生物科技並非新興技術，長期以來人類已仰賴其作為食品及醫療之用，從早期利用微生物對有機物進行代謝分解（如製造醬油與啤酒），到醫療用的抗生素、疫苗，以及水果、花卉、農作物的改良育種等。只是近年來由於遺傳科學的突破，遺傳密碼逐漸為人所知，利用改變根本的遺傳特質達到改良的目的成為可能，生命與生物科技的潛力得以完全發揮。生物科技（Biotechnology）這個名詞最早是由匈牙利的科學家卡爾艾瑞克（Karl Ereky）於 1917 年所提出的，當時的定義是指利用生物將原料轉變為產品。因此，所謂生命與生物科技即是利用生物（動物、植物或微生物）或其產物來生產對人類醫學或農業有用的物質或產品。

12.1 何謂生命科技

生命科學解釋什麼是生命、生命的起源、人類演化的過程，即設法解釋生命存在的意義和生命的目的，尤其是人類生命在地球上的意義和目的。生命科技是科學家運用科學程序來探討、了解、解釋生命現象的學問。地球之外是否有其他生命存在？地球與人類在浩瀚的宇宙是否是唯一的？這類的問題，數千年來一直困擾著哲學家與科學家。但直到最近，人類才有足夠的生命科技能力，試著去回答這些問題。

12.2 生命科技的發展

由於近年種種基礎科學與技術的發展，生命科學的應用已產生革命性的轉變，極可能改變將來產業的結構。現將主要的生命科技發展簡述如下。

12.2.1 遺傳工程

將合成或來自生物的不同DNA片段連接上，再轉至另一細胞內的技術稱為遺傳工程

或基因重組技術（recombinant DNA technology）。

基因可以透過複製的過程，將遺傳信息傳遞給下一代，從而控制生物的個體性狀表現，除此之外，基因還可以製造出一些結構蛋白，直接或間接地影響生物的生理表現。而目前的基因工程技術，其發展乃建立在過去 40 多年分子生物學的成果上，可說是分子生物學的延伸應用。其基本原理是利用能切割特定DNA序列的限制酵素，將來自不同生物的DNA作切割，再以連接酵素連接帶有相同切口的DNA片段，如此，在應用上便可將一些特殊DNA片段與載體進行接合，形成重組DNA，如果再將這重組DNA，經轉形的作用送入宿主細胞中，經由宿主細胞的不斷分裂，便可持續的複製這DNA片段。整個基因工程技術實際上就是這些不同工具間的組合搭配，以期達到最好的基因表現或基因轉殖的目的。

由於經由遺傳工程可以改變原來的遺傳特性，一些原本經動物製造的物質，可轉至微生物體內高速生產。目前在醫藥品方面，如胰島素、干擾素、人體生長激素、B 型肝炎疫苗等；在其他工業上，如各種　、胺基酸、維生素、有機物質、單細胞蛋白質等都可經改良後大量生產；亦可改良現有的發酵生產菌株，以達到快速、完美、便宜的地步。將來的發展或許可改善高等生物如植物與動物的遺傳特性。在人類遺傳疾病的防治上，可在預先測知的情況下實施基因治療（gene therapy）。由於遺傳工程具有改變生物特性的能力，為善為惡全在一念之間，故此先進國家都訂有研究準則，例如基因接合菌株的限定，使其不至於在自然狀態或人的體內環境存活。

12.2.2 細胞融合與培養技術

生物體皆是由細胞所組成，而組織培養的目的，便是試著將細胞分離出來，然後在試管裡進行人工培養，讓細胞大量地合成有用的物質，而組織培養大抵可分為動物細胞培養與植物細胞培養兩類。然而，並不是所有細胞都適合作生物體外的培養，以植物細胞而言，通常較容易分離並培養於試管中，有時可再長成完整的植株，但對於動物細胞來說，組織培養的難度通常會較高。

改變生物的遺傳特性上，除了遺傳工程方法外，細胞融合技術亦是有效方法之一。例如將馬鈴薯（potato）和蕃茄（tomato）的細胞融合在一起，產生一種具有雙方的特色，可稱為馬鈴茄（pomato）的產物。將具有不同特性的植物組織培養，以分解酵素將細胞壁去掉後，將之融合，復培養分化出新的植物。因為植物本身可提供很多有用的物質，如香料、酵素、激素等，經由植物的組織培養，亦可以達到生產這些產物的目的，而不需寒暑經年地去栽種作物了。

在動物細胞上，將腫瘤細胞與其他具有製造生物活性物質的細胞融合，而達到快速增殖，大量生產的目的，我們稱為融合瘤（hybridoma）。例如在抗體的生產上，從動物體內所分離到的抗血清（antiserum），是混合各種抗體的混合物。但是當我們將產生抗體的淋巴球細胞與骨髓癌細胞融合後，經純化後便可以快速生產同一種抗體了，我們因此稱為單源抗體（monoclonal antibodies）。這些單源抗體可以很快地成為純疫苗，和高度特異性的診斷劑，因為抗體本身只與特異的抗原結合。如果利用癌細胞的單源抗體來攜帶抗癌藥物，將會如響尾蛇飛彈一樣，穩中目標了。

12.2.3 蛋白質工程技術

不管在動、植物體內，蛋白質是維持身體正常功能、消化食物及修復組織等必要物質。它們到處參與身體內的活動，儘管有足夠的維他命、礦物質及水分，如果少了蛋白質，仍是無法維持正常的生命現象，因此蛋白質的重要性可見一斑。蛋白質在細胞內，常扮演酵素的角色，催化各式各樣的反應，蛋白質由胺基酸（圖 12-1）連接而成，之後會折疊成一定的形狀以產生特殊的生物活性。因此，欲研究蛋白質，必須先了解胺基酸的結構。

圖 12-1　胺基酸的結構

蛋白質工程就是藉遺傳工程的手法，把該酵素的基因選殖出來，試著改變基因上面的特定核酸，就可影響改變所表現的蛋白質的胺基酸序列。以目前而言，蛋白質工程多用來提高酵素的穩定性，或修飾其催化的條件，以及改變酵素對不同受質的親和程度等。

許多自然存在的蛋白質很難直接地運用於工業、食品，及醫藥等領域上，最主要的

原因乃是大部分的蛋白質，都有其最適宜的作用條件，若這些條件與工業製程差距太多，很可能會嚴重地影響到蛋白質分子的利用價值。因此，若以蛋白質工程技術，配合分子結構模擬，能精確地決定出蛋白質分子中直接參與反應，或影響結構穩定性的重要胺基酸，如能加以改造，必能增加其應用的層次。

12.3 何謂生物科技

生物科技為 20 世紀末的新興名詞，凡利用生物系統之工業化程序均可稱之。生物科技是總合遺傳學、微生物學、動物學、植物學、細胞學、生物化學、免疫學、化學、物理學、工程學等科學與技術之成果而得之整合性學問。

生物科技是今日世界的新發明，其實我們的老祖先早就知道利用微生物來提升生活品質了。例如在公元前 6000 年時就有釀製啤酒的記載；公元前 4000 年，埃及人已經會用發酵的方法來製作麵包。然而生物科技的啟蒙，一般認為是始於法國科學家巴斯德（Louis Pasteur），他在 1857 年發現了發酵現象，之後微生物被大量運用，巴斯德也因此被稱為生物科技之父（圖 12-2）。

生物科技的產品應用可包含醫藥、特用化學品、食品、農業、環保和能源等領域，是人類追求健康與提昇生活品質的現代化捷徑。在近 20 年的積極開發，美、法、德、英、日等國家已經證明生物科技是繼石化、航空、核能、電腦、微電子與資訊科技後，人類最新一波的技術革命，開發國家無不將生物科技列為國家重點發展科技項目，無庸置疑的，生物科技相關產業將成為 21 世紀最具影響力的新興產業。

圖 12-2　巴斯德

12.4 生命科技與生物科技的關係

生命科技（Life technology）是把生物的現象作各種層次的分析，直到我們瞭解這個現象的原理，再從這個原理透過邏輯的推理解釋，或預言生命的各種現象。生命科技領域的包含範圍相當廣，所涉及的學門包括自然科學的動物學、植物學、微生物學、生理學、生化學、分類學、生態學、遺傳學、生物地理學，以及當今最熱門的基因體學與蛋白體學等；也包括農、林、漁、牧等應用科學，甚至也納入了社會學、法學、經濟學、管理學等，是一門整合性的綜合科學。生命科學是一門研究生命現象的科學，從生命科學的基礎知識衍生出的應用知識即是生物科技。由於近年種種基礎科學與技術的發展，生物科技的應用已產生革命性的轉變，極可能改變將來產業的結構。

12.5 生物科技的發展

現在生物科技領域有很重大的發展，它帶給醫學、農業以及社會的深遠影響是以前科學史中所無法想像的。生物科技的主要發展簡述如下。

12.5.1 人類基因體計畫

若要探索生命的奧秘，就必須解讀出人體的DNA密碼。解開人類所有DNA序列的構想，最早是由美國科學家杜爾貝科（Renato Dulbecco）在 1985 年時提出，美國政府在 1990 年正式地推行，預計耗資 30 億美元，透過國際實驗室的合作，以 15 年的時間，描繪出人類基因體的遺傳圖和物理圖，並且定出人類DNA的全部核 酸序列，以及替 10 萬個左右的基因定位，並對其它的生物進行類似的研究。

在各國的通力合作下，提前在 2000 年完成了人類基因的定序草圖，並將基因資訊公開在美國國家生物資訊中心（National Center for Biotechnology Information, NCBI）的基因資料庫裡，提供所有科學家查詢的服務。人類基因體計畫（Human Genome Project）與曼哈頓計畫、阿波羅登月計畫並稱為人類科學史上的三大工程，表示其具有重大科學意義以及社會效益。此外，基因體計畫的實施，也有助於促進一系列生命科學的發展，對於生命的起源、演化、細胞發育、分化及疾病發生等研究，提供了很好的參考資料。

基因體計畫完成之後，人類便邁入後基因時代。人們極欲探索的，不再只是基因密碼的

排列，更重要的是了解基因的功能。而基因的最終產物—蛋白質，更是在後基因時代扮演著重要的角色。藉著使用二維電泳分離技術、質譜儀分析、X 光繞射分析、核磁共振等其他先進的技術，來大量鑑定及確立蛋白質結構，將為新藥開發和疾病防治奠定穩固的基礎。

然而資訊的整合是目前所面對的最大課題，如果能使研究人員在眾多且複雜的資料中截取到有用的線索，那麼就能有效地降低研究的成本。而如果有一天，研究人員能在自 30 億的原始 DNA 序列中，快速且精準地發現基因的特定功能或致病的基因，就能帶領人類走向個人化醫療的時代。

12.5.2 基因晶片與生物醫學

基因晶片（圖 12-3）是基因體計畫衍生出來的產品，成本相當低，但效用無窮，是目前所有生物晶片中應用最廣的，也是最有成效的生物科技。

基因晶片依照材質可分為玻璃晶片及塑膠晶片，DNA 附著方式分為打點及光罩合成，mRNA 標定的方法則分為螢光、放射線，及免疫顯色。目前應用最廣泛的基因晶片，是把 DNA 以打點方式附著在玻璃晶片上，再用螢光偵測進行分析，此法稱為互補 DNA 微陣列（cDNA microarray）。

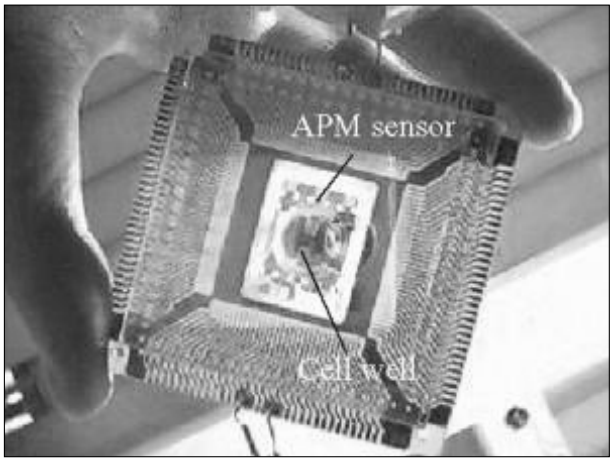

圖 12-3　基因晶片

在 80 年代以前，欲尋找和單一疾病相關的基因困難度相當高；如果需要研究基因活性變化時，也只能透過觀察方式推論出有限的基因。在生物醫學研究領域中，自從分子生物學注入醫學研究以後，對於疾病的研究，大致又分成診斷與治療兩個發展方向。

研究者早就知道，生了病的組織和正常組織，在基因表現的質或量上均有顯著差異。受到生病影響而表現增加的基因，蛋白質可能因為過度增加自組織釋出，進入血液、尿液，或藏在平常測不到的部位。此時利用特殊抗體，即可在實驗中快速地檢測出血液中或尿液中是否含有因病變而產生的蛋白質，進而達到早期診斷功效。

大部分重大疾病，如癌症，若能在早期癌細胞剛成形，且尚未轉移前即診斷出來的話，單純的手術移除，簡單的化學或放射線治療，加上適當的追蹤治療，就有可能治癒這個令人聞之色變的病痛。透過基因晶片，可在短時間內比較出哪些基因受到影響，作為早期診斷的目標。所以說，基因晶片可用來發展早期診斷的測試。

診斷之外，倘若能整理出眾多表現差異的基因，就能預知細胞中哪些功能正因為疾病的發生而產生變化。換句話說，藉著了解基因群功能的改變，我們可以詳細地描述細胞內的變化，找出受損傷的源頭基因。這時，就能利用藥物抵抗細胞內特定的生化反應，或選用外來的正常基因替代受傷病變的基因，以幫助細胞回復正常功能。

老年癡呆症是老化疾病的研究重點，尤其進入高齡化的西方工業國家的情況特別嚴重。以美國為例，每年必須花費至少 650 億美金的醫療成本來治療或照顧病患，這是嚴重的社會問題。應用基因晶片後，必能夠更有效率及快速地找出對策。

早在 70 年代，生物學家已開始懷疑，細胞內眾多的基因調控系統之間，可能具有某些密集而微妙的關係。這個想法可從經常發現基因調控有效的系統中獲得，只是不同系統之間又靠何種方法互相聯絡呢？這些問題都是傳統分子生物學無法解決，而寄望於基因晶片來突破的。

雙股 DNA 模型發表至今 50 年，全世界科學家已了解 7000 多個基因的功能。在 4 萬個基因中，目前尚有 3 萬多個基因的功能，或可能有的醫療用途，我們仍一無所知。透過基因晶片的應用，可快速探測這些基因在各類疾病或生物體變動中的功能，加速我們對人類所有基因的了解。

科學與技術是密不可分的。綜觀當今生物科技可發現，奈米技術將是基因晶片的下一個戰場。在奈米世界中，各種物質的物理性質隨著物質結構的大小而產生巨大改變，若能藉此科技把基因晶片縮小 1000 倍，而敏感度上升 1000 倍的話，則科幻電影中的情節就不再是虛幻了。我們期望下一代晶片能具有更小的體積，更靈敏的偵測能力，針對困擾人類已久的重大疾病，能夠找出更佳的解決之道。

12.5.3 奈米生物科技

奈米（nanometer）是尺度 10^{-9}m的概念，奈米生物科技結合了奈米材料科學、物理

學與生物科技，在化學與生物之奈米結構的構建，以及生物大分子結構與功能關係的研究等方面產生重要影響，從而把生物技術推向一個全新的發展階段。目前奈米生技研究領域主要方向，包括奈米載體材料與藥物傳輸技術、奈米醫療診斷和監測（如奈米醫學診斷、奈米影像技術、奈米生物感測器、生物晶片等），以及生醫材料等（如再生醫學、生物相容材料、仿生材料、人工器官等），另外包含奈米微粒的化粧保養品也是產業界投入的重點。

關於奈米載體材料與傳輸技術的發展，人類在抗癌上的努力，歷經了 50 年才在 2005 年初次看到因罹癌的死亡人數有一點下降的趨勢，許多研究認為數種標靶藥物的問市扮演了重要的角色之一；而在奈米尺寸下，結合被動標的（passive targeting）、主動標的（active targeting）與熱誘導釋放控制載體核心技術，開發具腫瘤高度專一的新穎性藥物包覆載體，可應用於抗癌、中樞神經相關疾病新劑型，有效提高治療耐受劑量及提升治療效果，並提供生技醫藥產業新用途。

至於奈米醫療診斷和監測方面，在許多疾病檢測上，醫學影像（medical research imaging, MRI）是成長最快的醫療服務項目，MRI影像因它的高解析度與不具輻射危險的特色，成長尤其最高，而因MRI顯影劑的發展，使MRI具有細胞影像（cell imaging）的可能性，若再結合幹細胞（stem cell）的治療發展，當可發展出具治療診斷（theranostic）功能的利器。在幹細胞治療的臨床應用上，顯影劑來標示細胞，在細胞移植入體內之後，應用MRI來追蹤細胞的分布，將可以讓醫師掌握細胞移植後之動向與安全性。另外在免疫疾病之應用上，待細胞被奈米微粒標識後，配合高解析的核磁影像儀追蹤體內細胞的遷移，將有助於疾病之診斷，並讓醫師在最適合的時間治療與用藥。

奈米生醫材料的發展，目前奈米技術在組織工程的領域，主要是在人造骨骼（bone implant）方面研究。科學家將奈米材料與現有的材料合成加工後，初步實驗顯示其合成品的物理性質包括耐壓性、耐震性、強度及韌性都有所改變。而其他研究例如肝臟、心血管、軟骨（cartilage）等，奈米合成物（nano-composites）的角色主要在培養使其細胞生成的生長支架（tissue engineering scafford）的設計與製造。

奈米化粧保養品產業是進展較快的產業，美國的食品藥物檢驗局（FDA）通過歐洲 L'ORÉAL 公司所提奈米防曬用化粧品的申請，是該產業的一個新的里程碑；目前台灣部分化學公司亦引入以二氧化鈦（titanium oxide）、氧化鋅（zinc oxide）等為主之奈米防曬原料，用於防曬化粧保養品的添加；惟國內因無相關法規，因此並無奈米化粧保養品產品正式上市。

至於奈米材料結合其他領域亦為各國發展的重點，例如我國的國家奈米元件實驗室（NDL）利用其矽基、電子元件、微機電系統等設計及製程能力，未來將發展生物型電

（光）子元件製程技術；另外如分子生物機械學（molecular biomechanics），美國康乃爾大學（Cornell University）的奈米生物科技學家成功的將有機和無機分子合成，研發出號稱全世界最小的功能機械（hybridal fuctional unit）。

12.6 生物科技的研究方法

生物科技的研究方法主要是基因體學、蛋白質體學，和生物資訊學方面的研究方法。這些方法是生物科技的研究人員所不可或缺的主要方法，簡述如下。

12.6.1 基因體學

所有生物的染色體均是由A、T、C、G四種含氮鹽基排列組合而成，這樣遺傳訊息看起來相當簡單，然而其所建構出的基因世界卻是變化無窮且難以了解，因此基因的解碼一直是研究人員努力的目標。而什麼是基因體學呢？這是指對於基因體的結構（圖12-4）、成分內容及演化關係等，所進行的一系列研究，其基礎多來自於分子生物學和生物化學，而近代在核酸定序及其他相關技術的驅使下，使得基因體的領域發展相當快速，基因體學不再只是決定基因序列而已，同時也包含基因的表現研究及蛋白質的功能分析等。

圖 12-4　基因體的結構

基因體的研究將促進生命科學領域一系列基礎研究的發展，闡明基因的階組與功能關係，生命的起源和進化，細胞發育、生產、分化的分子機制，疾病發生的機制等，為人類自身疾病的診斷和治療提供依據，可為醫藥產業帶來巨大的變化；此外，更可促進生命科學與訊息科學、材料科學與高新技術產業相結合，刺激相關技術的發展，帶動新興的高科技產業。

12.6.2 蛋白質體學

每個細胞身上都帶有成為完整個體的遺傳訊息，但是並非所有的基因都會在細胞中表現出來。一個蛋白質（圖 12-5）儘管只是單一基因的產物，也可能因細胞的不同而有著相異的形態，這是因為大部分的蛋白質在細胞內會經過不同的修飾，使得它們的結構、位置、功能，或分解速度有所改變。因此，以基因序列訊息的資料庫作為研究基礎，加上新一代質譜儀技術與高速電腦的運算下，跨領域地整合發展出蛋白質體學。蛋白質體學不但掀起了整個生命科學界對於蛋白質研究的新風潮，也成為了目前生物科技最主要的發展趨勢。

由於蛋白質體學是非常新的學門，且其研究範疇又相當廣泛，其應用價值在於利用此技術平台，直接且全面性篩選出具有高度潛在價值的新穎蛋白質標的物，此新發現標的物將可能成為未來學術研究的主流；而在製藥界方面，亦將能提供具有診斷價值或治療的標的性蛋白質。此外，蛋白質體研究成果亦需整合其他領域的發展成果，如基因體學與生物資訊學，可望找出相對應於基因的關聯性。

圖 12-5　蛋白質的結構

12.6.3 生物資訊學

生物資訊學是一門整合了生命科學、數理統計及資訊科學的跨領域應用科學，它聚集了分子生物學、生物物理學、統計數學、計算機科學等專家，投入基因解碼的工作。自從人類基因體計畫的完成，宣告了後基因時代的來臨，人們亟欲探索的，不再止於基因的排序，更想要知道的是基因的功能，而生物資訊學隨著基因研究的熱潮而崛起，今日伴隨大量的生物資訊湧現，如何應用電腦科技去搜尋統整出有用的生物訊息，以加速人類基因研究的腳步，便成為生物資訊學所應擔負的任務。

生物資訊最早開始於生物資料庫的建立，其中最有名的就是GenBank，GenBank現今是由美國國家衛生研究院（NCBI）所管理。這個資料庫也是世界最大的公共生物資料庫，收集來自不同物種的DNA序列。自從 1990 年人類基因體計畫開始運作以來，存入的資料更是以級數般速度累積，資料量已從當時每小時 1700 筆，快速成長至今日的每小時 83.3 萬筆。GenBank每天與生物科技資訊中心的資料庫進行同步交換，並由NCBI建構一個方便易用的檢索系統，以利研究人員調閱GenBank的資訊。生物資訊技術對基因序列作快速精確的分析，在短時間內處理大量資料，其效率遠遠超越了傳統實驗方法，而生物資訊所能提供的整體性探索方式，也是過去分子生物學家難以達成的夢想。

生物資訊可謂一門跨領域且具整合性之新興領域，其跨越的學科包括有遺傳學、細胞分子生物學、結構生物學、微晶片、生物晶片原理與應用、分子演化料結構、程式設計、網路程式規劃、生物資訊、生物分子模擬、演算法、影像處理、機器學習等。因此，對從事生物資訊的研究人員來說，各方面的領域知識缺一不可，甚至必須集結各領域的專業人才能共同開發。

12.7 生命與生物科技的應用

生命與生物科技是除資訊科技之外，研究發展進步最快的一個領域。這個名詞對於大多數的人而言，象徵的是可提供更先進的醫療技術，有更健康的食品，或者是更舒適的生活品質，這也是我們人類對於生物科技的期許。如同工業革命或綠色革命般地帶給人類衝擊，生物科技的進展也將其主要的服務對象—生命，提供更多的資訊及實質上的幫助。

生命與生物科技包括去氧核醣核酸（Deoxyribonucleic Acid, DNA）基本技術、核糖

核酸（Ribonucleic Acid, RNA）與轉錄相關技術、蛋白質及免疫技術、基因選殖、限制及其他核酸酵素、聚合鏈反應、基因轉殖及基因剔除技術、單株抗體及其應用、基因改良食品、基因轉殖動物的應用、複製動物、幹細胞、基因治療、生物晶片、基因體計畫、人類基因體計畫及後基因體學等。生命與生物科技的用途包含下列幾項：

健康醫療用途：生物科技在醫療方面的應用發展較為廣泛，除較符合眾人的期盼外，其實用價值也較高，有較多的生技公司投入研究與開發。主要有：1. 疾病診斷；2. 藥物發展；3. 疫苗新技術的發展；4. 基因治療；5. 癌症治療；6. 組織工程；7. 器官的醫療；8. 分子聚合物等。

農漁牧業方面：生物科技在農漁牧業上的主要應用價值在於改良這些農漁牧產品的品質、營養價值、產量或是降低生產成本等，亦是以對人類利用價值為目的，故食品加工方面的應用仍為最主要的方向。主要有：1. 農作物改良；2. 生物農藥；3. 改善禽畜的健康；4. 增加畜牧業的產量；5. 食品加工；6. 食品安全；7. 漁產品改良；8. 魚用疫苗等。

環境保護方面：人類目前生活在一個自然環境日益惡化的世界中，由於過度消耗能源，製造廢棄物，已經使得空氣、水源、甚至土壤都已嚴重污染，人類利用科技，更應運用科技的力量來減少污染，甚至去除污染。生物科技對於環境保護上具有相當之貢獻，主要有：1. 生物復育；2. 可分解性材料；3. 環境檢測等。

一些特別產品的生活應用方面：除應用在自然科技及人類健康之外，也提供人類在許多其他領域的應用。包括：1. DNA 鑑定；2. 生物鋼（Biosteel）；3. 生物晶片條碼；4. 造紙技術改進；5. 石化原料替代品等。

12.7.1 複製動物上的應用

複製人一直是古今中外科幻小說、電影不斷上演的題材，它充滿了致命的吸引力及爭議。

核移植（nuclear transfer, nuclear transplantation, NT）是已超過 50 年的技術，惟核移植哺乳動物進展緩慢。1997 年，利用改良的體細胞核移植術（somatic cell nuclear transfer, SCNT）所得到的桃莉羊（Dolly，2003 年 2 月 14 日已安樂死）（圖 12-6）將此幻想變成事實；隨後並引起全世界廣泛性的注意與討論，因為「人造複製人」似乎呼之欲出。

圖 12-6　複製的桃莉羊

複製動物的本質是在人為技術協助下，製造基因高度相似或相同的動物；理論上因為可以人工複製無限多具特殊性動物（稀少、性能、喜好、基因改變等），因此細胞分化機制、異種組織器官移植、基因改造動物、人工生殖技術等研發，都可以有效展開。惟複製動物技術及相關領域的研究，在未來都具有直接使用在人類的可能性，因此廣受注目與爭議。

人造複製人的觀念太顛覆既存事實，其可能產生的宗教、倫理及道德等問題必須嚴肅面對；惟人類社會目前並無法取得共識，因此隨即普遍性立法或規範「禁止複製人」。2002 年，我國衛生署「人工協助生殖技術管理辦法」第七條第六款明文禁止無性生殖，「胚胎幹細胞研究的倫理規範」亦禁止以複製人為目的的研究。

複製動物除了動物保護法及福利等間接法令，全世界目前普遍可以接受並核准「專利」。迄今，利用桃莉羊相類似的技術，不同種複製動物陸續被成功製造出來，這些包括牛（1998）、小鼠（1998）、山羊（1999）、豬（2000）、貓（2002）、兔（2002）、魚（2002）、騾（2003）、馬（2003）、大鼠（2003）等；其中騾是值得注意的動物。馬及驢雜交可得到兼俱兩者優點的騾，因此自古即被大量役用；不過會複製騾的主要原因和役用無關，反而與賽騾競技高額獎金有關，因為騾不具生殖能力，利用複製技術可以製造冠軍騾。

目前使用類似桃莉羊體細胞核移植術最普遍做法包括：去除未受精卵質染色體 DNA 及第一極體，供核細胞打入卵黃膜腔（perivitelline space）（或卵質），去核卵及細胞融合（fusion），激活（activation），體外培養，胚移置，分娩複製仔畜等步驟。利用體細胞核移植術可無限增殖個體，配合分子生物科技可有效加速基因改變。利用體細胞核移植術相關技術產製複製動物，應用範圍充滿想像空間，市場潛力無窮；例如純複製

優良家畜、寵物及野生動物，量產蛋白質、疾病模式、異種器官移植等。

然而，科學家們也開始對複製人類躍躍欲試了，他們對於複製人類的理由，有克服不孕、避免遺傳疾病、器官移植、重現已逝的親人等，這些立場都算是正當的。但是目前世界上許多國家，則是基於一些倫理道德的考量，已經明文禁止有關複製人的各種實驗，宗教界也提出了許多嚴正的呼籲，希望人類能放慢腳步，因為有誰能夠預料到這種科技文明的結果，是好還是壞呢？

12.7.2 水產養殖上的應用

隨著人類基因體的解密，生物科技的發展與應用逐漸蔚為風潮。然而，生技產業是一種高度知識密集的產業，必須結合獨特的技術、專業的人才與充裕的資金，搭配正確的生產標的及明確的市場需求，才能成就一個體質完善的生技產業。配合生技產業的發展，許多傳統的養殖場，已把產業的型態從原本的養殖和捕撈，轉變成為種苗生產、養殖管理改進、品種改良的技術提供者。

在水產養殖生物科技上，有幾種關鍵技術是值得開發的，包括繁殖力的改進，生長的促進，環境適應性的改良以及水產疫苗的研發。臺灣目前利用傳統生物科技在種魚飼養及魚苗取得方面，已具有相當成熟的技術及產能。至於在生長促進、環境適應及疾病預防方面，也經由先進生物科技的突破，運用到產業上了。以下介紹這三方面水產生物科技的新發展。

促進生長：魚類的生長受限於生理性的調控，種間大小差異性極大，某些特定魚種甚至連種內差異也很顯著。而在個體成長上，生長激素的調控扮演了關鍵性的角色，對於魚類成長的速度和成體的大小都有影響。

以類胰島素生長因子（IGF）的開發而言，目前所著重的研究包括生理機制的調控、基因的構造和表現，以及重組 IGF 的生物活性等。以吳郭魚為例，從其基因體中找到兩種 IGF，分別是 IGF-I 及 IGF-II。注射這兩種激素的吳郭魚，魚的體重及體長都可在 10 周內增加為未注射者的 1.5 倍。而利用餵食 IGF 方式進行吳郭魚的成長實驗，也已經由田間試驗證實有效，這類飼料的開發甚具上市潛力。

此外，可以利用生長激素的上游調控荷爾蒙作用，分離可能的腦下垂體激素，再強化其作用於 IGF 基因座的促進效果，可進一步刺激產生 IGF，使生長促進的效果更為完善。關於 IGF 進一步的應用，則是基因轉殖方法的建立，經 IGF 基因轉殖的吳郭魚，已確定在魚的肝臟表現出來，的確有助於吳郭魚的成長。因此經由基因轉殖方式，表現出不同的生長激素，可以有效地增進魚體生長，如能正確使用生長激素的作用，增進魚

體的成長，的確可以增加水產養殖的產量與價值。

提升環境適應能力：由於臺灣位於亞熱帶，所生產的魚種大多是亞熱帶的魚種，適合的溫度大多介於攝氏 15—30 度之間。也因此，在每年寒流來襲時，養殖漁業都遭受極大的傷害，造成漁民的損失。為了減少養殖業者因寒害所造成的損失，並研發足以適應溫帶氣候養殖環境的魚種，相關研究單位分別依據魚種的不同，採用不同的策略，進行魚類抗寒能力的研究和應用。

由研究發現，某些魚類在面對低溫時，自己會發展出完備的代謝補償機制。因此利用基因轉殖的方式，把具有抗寒能力的特定激　轉殖到其他魚種中，可以讓這些魚表現出原本不具備的抗寒能力。目前這種技術，已在斑馬魚的模式魚種上獲得成功，並且具有應用到吳郭魚，虱目魚、海鱺及石斑等其他經濟魚種上的潛力。

另一方面，在生物膜黏度穩定度改變的相關研究中指出，改變細胞膜上不飽和脂肪酸的比例，可以使其生理功能得到調控，以利魚類在低溫下的生存和成長。因此可利用調整飼料中飽和及不飽和脂肪酸的添加，使得魚類可以在低溫下，維持細胞膜的功能。這項研究在海鱺的飼料方面，已獲得初步的結果，可以降低海鱺最低耐受溫度約攝氏 2 度，多存活 24—48 小時。同時可利用基因選殖技術，把比目魚的抗凍蛋白基因轉殖到大腸桿菌內，進而大量生產抗凍蛋白添加於飼料中。採取飼料添加、基因轉殖等方式，應用於不同魚種上，發現確實可以增加其耐寒能力。

研發水產疫苗：在水產養殖上最常見的問題是病毒感染導致魚蝦大量死亡，因為密集式的養殖環境容易造成疾病的散布。常見的水產病毒包括鮭、鱒魚中的胰臟壞死病毒，石斑魚的神經壞死病毒，以及蝦類常見的白點病毒和桃拉症病毒，這些病毒大多長存於野生的魚種中，甚難防治。

隨著生物科技的發展，對於水產病毒的特性已有相當程度的了解，因此有足夠的背景資料來對抗這些高致病力的病毒。以胰臟壞死病毒為例，從病毒本身基因所找到的第五蛋白，具有抑制細胞死亡程序的功能，使得細胞可以避免壞死。所以利用轉殖基因的方式，把第五蛋白的基因轉殖到寄主體內，使其表現量增加，可使受到病毒感染的細胞，產生抵抗病毒所引發的細胞壞死機制，從而使病毒的複製和繁殖受到抑制，可以有效防止病毒的擴散，降低水產養殖物的損失。

12.7.3 基因轉殖上的應用

綜上所述，生物科技的進步，已經使得許多水產養殖上的難題獲得解決。這些解決之道中，基因轉殖技術是最主要的關鍵，許多應用的方法，都必須依賴基因轉殖技術來

進行基因的表現。

對於基因改造產品，人們最大的疑慮在於其食用的安全性和對環境的損害，然而這些基因改造產品，在完整且安全的檢查標準下，是可以管控而不至於造成損害的。在各國相繼推出基因改造產品的情況下，如果我國未能建立有效率的審核機制，對利用生物科技的產業，會是一項極大的傷害。

對於基因改造產品的管控，一樣也可以利用生物科技的方法，例如利用染色體三倍化技術，使基因改造生物形成不孕，來避免和其他野生魚種雜交，就可以有效地管制基因的流動，而不會對環境造成傷害。目前，在水產生物科技的研發上，如能克服基因轉殖產品田間試驗的開放和管理上的客觀限制因素，就可以在最短的時間內，把相關研究成果移轉至各產業機構，得到最直接的經濟效益。

12.7.4 環境上的應用

近年來，由於科技發展迅速，工商業界進步飛快，造就了進步的物質生活，也帶來環境的隱憂。環境品質是有目共睹的每況愈下，工業污染，家庭廢棄物排放，個人的任意丟棄垃圾都是環境惡化的主要原因。

針對廢棄物對土壤生態環境的污染，許多專家致力尋找解決的方法，發展出各類化學、物理以及生物的方法以去除環境中有害因子或降低其毒性。其中物理方法是將廢棄物做溢散的控制，如改變溫度將揮發性污染物予以氣化，或者以吸附方式而離開地下水等；化學方法則能改變廢棄物的有害化學物質分子結構，其結果可能因此降低毒性或完全分解，但有的情況下也有可能產生更具毒性的物質，而有二次污染的疑慮。

復育（remediation）屬污染防治技術之一，兼具回復大地原貌的特色，生物復育則是一利用天然微生物其分解者的角色降解或打斷有害物，使其形成低毒性或無毒產物的處理方法。微生物的作用就如人類吃食物消化有機物為營養及能量。某些微生物可消化對人類有害的有機物，如石化燃料及有機溶劑。這些微生物有能力將有機污染物分解，產生無害的二氧化碳和水。一旦污染物大部分分解完，受到食物來源的限制，微生物族群數就減低，而殘留死的微生物及殘留的污染物風險遠低於原污染物。

為了讓生物復育順利進行，必須保持微生物健康與活性，生物復育技術是與微生物的成長、增殖息息相關的，若要有最佳的去除污染物效果，就要提供微生物最適的環境條件。特定的生物復育技術決定於以下幾個因素，已存在的微生物相、微生物能分解的污染物種類，以及存活的環境狀況。土生菌指的是可在原地找到已存在的微生物，如控制合適的土壤溫度、氧氣、營養物等條件，可刺激土生菌的生長。而外來添加菌則是非

原地生長的微生物，經由測試知其對污染物具有降解能力者。可利用其生物活性降解特殊的污染物，不過新環境的土壤狀態，需要大幅調整才能確保外來菌在此生長旺盛。

生物復育技術可在好氧及厭氧狀態下進行，好氧下是微生物以空氣中的氧做反應，用足夠的氧供微生物將有機污染物轉換成二氧化碳及水；無氧狀態可提供厭氧微生物生存條件，微生物的作用主要以打斷化學物質鍵結以放出它們所需的能量加以生長利用。有時在好氧或厭氧下處理有機污染物，其產物的毒性，也有可能比原本的毒性還要高，這點應特別注意。

生物復育目前常用在水及土壤，至於生物復育的實際應用可分為現地復育及非現地復育兩種。現地生物復育處理污染土壤或地下水，是在其發現的所在地進行，非現地生物復育的處理方法則是在處理前需要先挖出污染土或抽出地下水，帶離所在地做處理。現地技術不需要將土壤挖出，所以比起非現地復育較為節省經費且造成較少塵污及污染物釋出。它可一次處理較大量的土壤，不過現地復育比非現地復育較為費時且技術較困難，處理通透性高的土壤則有較佳的效果。

現地復育之好氧法，需供給充足的氧及營養物予土壤，供氧的方法有生物通氧法（bioventing）和雙氧水注入法（injection of hydrogen peroxide）兩種。這兩種方法只能供給淺層土的好氧菌，至於深層土層或黏土則不適用好氧菌的現地復育。上述處理方法要達到完全清除污染物的目的需視污染的狀況而定，常需經年的時間。生物通氧法是在地上挖井，井的所在地、數目及深度視地理因子及工程狀況而定，該法利用井吹或吸大氣進入土壤，讓好氧菌有氧可用以達分解之效果，此方法也可同時添加氮和磷促進微生物生長。

地下水的生物復育範圍通常包括地表水、地面下的水、岩層間的水。若是地面下的水則兼具水與土壤的處理。一般是將水以水井抽出或在地表水中加入營養物及充足氧再重新送回處理過的水，此方法會受限於土層結構而影響水送回的難易，且有些地層是水不易通透。另一常用的通氣法（air sparging），方法是注入空氣於地下水沖洗出污染物，此法常與去除土壤中揮發性污染物的方法—土壤蒸發萃取法（soil vapor extraction）併用。

以上是現地復育法概況，非現地復育技術比現地復育技術有較快、較容易控制，且能處理更多種污染物及土壤種類之優點。可分為污泥相的生物復育及固相的生物復育。污泥相的生物復育是把土壤加水放在生物反應器的大槽內，混以微生物、營養物，以及氧，並保持在微生物降解的最佳環境作用一段時間，然後移除水做進一步處理。此法對以黏粒為主的土壤有較好的效果。至於固相的生物復育則要大空間和設備，並控制溫度、溼度、養分及氧，雖然較污泥相的生物復育費時，卻有易操作及可連續操作的特

性。

固相的生物復育包含地耕法（landfarming）、生物堆土法（soil biopiles）和堆肥（composting）。地耕法係將挖起的污泥以機器攪動混合空氣、養分於現地作簡易生物復育並收集滲出水及液體。若是在密閉系統，則可減少揮發性污染物揮發。生物堆土法係把污染的土壤堆高，並於底處通風供給養分、溼氣做生物復育。堆肥法則係將廢棄物混以稻稈、乾草、穀殼等物，並添加適度的水和空氣，以加速污染物分解之生物復育。

12.7.5 DNA鑑定上的應用

自從 1953 年英國物理學家法蘭西斯．克立克（Francis Crick）和美國生物學家詹姆士．華生（James Watson）在英國《自然》雜誌發表去氧核醣核酸（DNA）（圖 12-7）雙螺旋結構模型和複製機制後，相關的研究應用已在法醫辦案、血緣鑑定、基因病變治療、無性生殖技術……等生物化學領域快速發展。而以 DNA 進行的基因序列比對，在協助打擊犯罪，追蹤查緝工作上，亦已出現突破性進展。

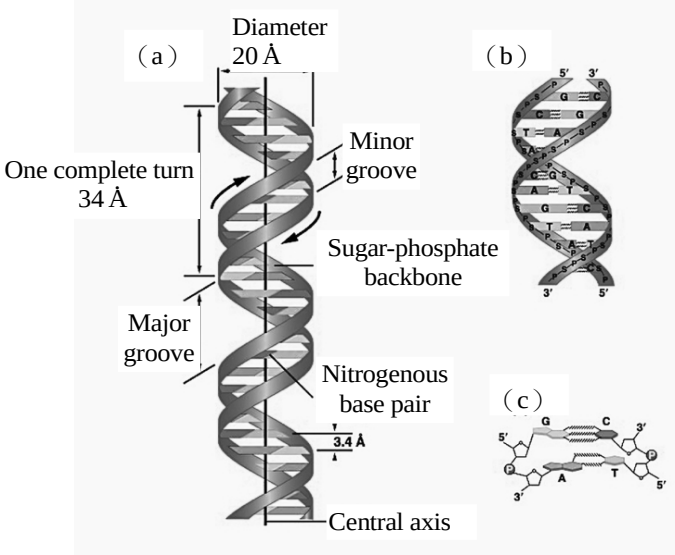

圖 12-7　去氧核醣核酸（DNA）雙螺旋結構模型

例如困擾人們幾千年「孩子父親究竟是誰？」的問題，現在透過DNA鑑定即可真相大白，甚至過世者的非婚生子女跑出來要求確認親子關係時，司法單位也有能力查明真相。到底這當中所具有的科學依據和方法又是些什麼呢？

無論活著或死亡的人，甚至過世久遠者，都有機會從他們身上取得 DNA。對於活

著的人，其唾液、血液、指屑、毛髮中均有 DNA；對於死亡的人，從死亡那刻起，身上細胞已開始遭到細菌破壞，DNA 分子也開始裂解，但是只要肉身不壞，仍可萃取到 DNA；萬一肉身已壞，如木乃伊，就必須從緻密骨裡萃取 DNA。

為何緻密骨裡有 DNA 呢？簡單來說，人體骨頭分為海綿骨組織（spongy bone）與緻密骨組織（compact bone）。海綿骨周圍有許多骨髓，在人活著的時候，這些骨髓會造血，DNA 也最多；但當生命結束時，這裡的細胞會很快地被細菌侵蝕，DNA 即遭破壞。緻密骨正好相反，當骨母細胞長出來時，會立刻被鈣化，而且包埋在緻密骨組織裡，只要沒有骨質疏鬆或流失現象，這些細胞與裡面的 DNA 就一直被堅固地保護著。

總結來說，人在活著的時候，緻密骨裡的 DNA 數量不如海綿骨多；但當生命結束時，除非將人體放在強酸強鹼等惡劣環境下，否則藏在緻密骨裡的 DNA 不會完全裂解。所以說，需要鑑定古人身分時，可從緻密骨裡萃取 DNA。

如此看來，以 DNA 鑑定古人身分確實比較複雜，倘若要為活人做 DNA 鑑定就簡單許多，利用聚合　連鎖反應原理放大多個短重複系列基因區之後，工作人員只需從孩子的基因中排除母親的，就是父親的。雖說發生基因突變的機率不大，但也不完全排除基因突變的可能性。

如果孩子基因與父親基因比對後，出現一個或兩個不完全相符的基因時又該如何呢？此時鑑定人員會再測試多個不同基因區以增加鑑定的準確率，或計算基因的突變機率後才做研判。然而有趣的是，萬一發生此現象時，一般人大都偏向可能是基因突變的想法，但在辦案人員眼中卻有另一個大膽推測，雖不排除基因突變的可能性，但是，這件事是不是被指為父親者的兄弟所做的呢？就母系方面來說，其中的道理也一樣，同一位母親所生後代，其粒線體基因序列應該完全一樣，但也不排除基因突變的可能性，只是發生機率也很低。

一般常用的 DNA 鑑定法有兩種，最簡單的是口腔黏膜鑑定法。由於正常人的口腔細胞與其剛出生時完全一樣，所以只要一根棉花棒即可在口腔中取得 DNA。但這方法不適合有嚼檳榔習慣的人，或已罹患口腔癌的人，因為這些人的口腔細胞有可能已經突變，必須改用血液鑑定法。

但是血液鑑定法也有盲點，此法對於接受過骨髓移植的人無效，因為這些人的血液已與捐贈者的血液相同。此外，此法對於剛接受過輸血的人在特定時間內亦無效，因為白血球需要 2 個星期，紅血球需要 120 天左右才能完成代謝，所以在這段時間內這些人不適合做血液 DNA 鑑定。

由於 DNA 鑑定可藉助聚合　連鎖反應原理放大樣品，因此只需要幾奈克（ng）微量 DNA 的檢體即可進行，凡學過分子生物學的專家，只要分析出 DNA 序列數據，即

可透過網際網路，免費且快速地從美國國家研究院的國家生物科技資訊中心（NCBI）取得比對資料予以判讀，這是 DNA 鑑定法被接受的原因。

目前檢警單位在偵查犯罪和鑑定身分、血緣、保育類動植物等工作上，均已採用 DNA 鑑定法。惟應注意的是，一旦握有 DNA 證據後，是不是就鐵證如山了呢？不見得，雖然科學鑑定符合科學精神，但在提出數據時，仍需針對所有可能原因，以及有可能誤判或產生缺失的地方仔細推敲。因為，科學證據只能證明 DNA 的存在，或其可能來自同一個人，至於是在何種情況下造成的，仍需綜合各種因素做整體研判。

12.7.6 基因改造食品上的應用

生物科技是一系列涵蓋古老又嶄新的技術，具有應用性廣，污染性低，能源依存度低，原料以再生性自然資源為主，需要高級科技人力，產品附加價值高等特性。近年來生物科技的迅速發展使其不但成為研究生命科學的利器，更具有廣泛的應用潛力，對醫藥、農業、食品、特化、能源、環保等產業皆產生巨大的衝擊，世界各國紛紛將生物科技列為國家重點科技，投入大量人力、物力積極開發，而由生物科技衍生的生物科技產業也被公認為 21 世紀最具發展潛力的新興產業。

食品工業為世界最大之工業，其牽涉之範圍廣泛，從農業原料之生產、加工，成品之儲存運輸、銷售，加工過程所產生之廢棄物處理等皆屬於食品工業之範疇。生物科技可用以改良食品之營養價值、風味，去除食品之不良特性，延長食品儲存期限，節省能源，降低食品加工過程對環境的影響，其中最主要的關鍵技術是基因工程技術。基因工程技術在醫藥工業上之應用已相當普遍且成功，首先被運用於蛋白質藥物的製造，如胰島素、人類生長激素、抗癌藥物等。這些藥物在基因重組技術發展前是由生物細胞中提取，例如生長激素以傳統方法製備，一毫克的人類生長激素需要從一萬公升的人類血液中提取，而一毫克的體制素荷爾蒙（somatostatin）需要從 10 萬頭綿羊的腦子中提取，量少且價格昂貴，若是以基因工程技術來生產，則只需要幾公升的菌液就可製備，不僅快速，而且容易作大規模量產，進而大幅降低價格。然而基因工程技術在食品工業上之應用可謂僅處於萌芽期，最近幾年才有基因改造食品問市，這可能與食品工業一般產品之價值較低，可創造之附加價值遠低於醫藥工業產品有關。雖然如此，目前已有許多基因改造食品相繼通過審核，獲准上市，尤其是多種抗病蟲害、抗殺草劑之基因轉殖作物已大量推廣於田間栽培，進行商業化生產。

12.7.6.1 基因改造食品的定義

基因改造食品大部分是基因改造生物體（genetically modified organism, GMO）產品，根據聯合國農糧組織 / 世界衛生組織（FAO/WHO）食品標準委員會（Codex）及歐盟法規之定義，基因改造生物體係指遺傳物質被改變的生物，其改變的方式是透過基因技術，而不是以自然增殖及 / 或自然重組的方式產生。此基因改造技術可包括： 載體系統重組 DNA 技術； 藉由顯微注射法（microinjection）、巨量注射法（macroinjection）及微膠囊法（microencapsulation）將生物體外製備之遺傳物質直接導入生物體內的技術； 可克服自然生理、生殖或重組障礙之細胞融合或雜交技術，此障礙係指進行融合或雜交的細胞，或原生質體在分類上並非屬於同一科的物種。此基因技術不包括體外受精、接合作用（conjugatioon）、傳導作用（transduction）、轉形作用（transformation）、多倍體誘發（polyploidy induction）、突變（mutagenesis）及分類學上同一科細胞之細胞融合。

基因改造食品與基因改造醫藥產品的主要差異在於基因改造食品大部分是基因改造生物體本身，而基因改造醫藥產品則是利用基因改造生物體所生產的成分，其最終產品不含基因改造生物體。由於從前沒有種植、養殖或食用基因改造生物體的經驗，因此目前國際間對基因改造生物體之食用安全性，及其對環境生態之影響仍有相當大的爭議。

基因改造食品是指利用「以基因改造技術處理的生物」所製造或生產的食品，此類生物具備某一或某些原來未經改造之生物所沒有的特性，或擁有較原有生物特性更佳之性狀，如對環境的抗性、營養成分改變、抗農藥等性質。基因改造食品可區分為基因改造微生物與其產物、基因改造作物與基因改造動物。基因改造微生物主要是用以生產食品用酵素，此類產品無論是生產、銷售或管理體系皆已相當成熟；至於直接用為食品之基因改造微生物，如發酵食品菌原，雖然早在 1980 年代末期就有公司申請，並獲准上市，但因顧慮消費者對基因改造發酵食品所持態度，目前市場上仍未有這類產品。基因改造作物的商業化生產為時不過數年，但此類產品是基因改造食品中發展最快速的領域，目前已有超過 25 種基因改造作物上市。基因改造動物之研發費用相當高，主要用於醫藥相關之研究，尚未有基因改造動物食品問世。

12.7.6.2 基因改造食品的安全性

基因改造食品可能是基因改造生物體本身，或者是基因改造生物之產物，作為食品佐劑。目前基因改造生物本身作為食用者爭議頗大，作為食品佐劑用者爭議性低。基因改造作物已廣泛上市，且多為本身作為食用者，是目前爭議之焦點。作物以基因工程技

術育種與傳統交配育種一個很大的差異在於傳統交配育種之基因來源只限於同一物種間，但是利用基因工程技術導入作物的基因則無物種界限，可以是微生物、植物或動物來源的基因，這可能是造成大眾對基因改造作物之安全性多所疑慮的一個重要因素。安全性問題包括二大類，一是基因改造生物對生態環境之影響，二為基因改造生物作為食品及飼料用之安全性。由於基因改造生物之安全性目前並無有效之評估方法，且其對人體或環境的影響可能需長時間才會顯現，因此現階段無法斷言基因改造生物之安全性，須俟完整且具科學根據之評估方法建立後，方能解決基因改造生物安全性之爭議。

12.7.6.3 基因改造食品的管理

世界各國非常重視基因改造生物之安全性問題，並訂定相關之評估辦法及管理規範。在基因改造生物安全性尚無定論前，各國政府的立場依其商業利益、環保勢力與消費者認知而異，美、加採積極鼓勵態度，歐洲多數國家、日本及紐澳則持較嚴謹之立場，從而衍生各種經貿糾紛。以基因改造作物而言，美、加認為作物以基因工程技術育種與傳統交配育種本質上並無差異，因此對於基因改造作物是以產品為基礎之管理模式；歐洲多數國家及日本則認為基因工程技術本身即具有未知潛在之危險性，因此是以技術為基礎之方式來管理基因改造作物。

新技術與產品之發展成功與否，消費者之接受性是最終之決定因素。一般消費者對基因改造食品的認識大多是經由大眾傳播媒體之介紹，往往一知半解，如何教育消費者並推廣有關基因改造食品之正確資訊，是發展基因改造食品過程中一個非常關鍵的課題。只有消費者能夠對基因改造食品之研發、安全性評估及相關資訊有充分的獲得與瞭解的管道，基因改造食品產業的建立方能有成。

基因改造作物的發展一日千里，1990 年才首次種植，至今為時不過 10 幾年，基因改造作物已大量問市，並引起相當大的爭議。贊成者謂基因改造作物可解決人類未來因人口增加所導致之糧食危機，提供較高營養、風味更佳的食品，具高產量並可減少化學農藥之施用，對環境有利；反對者則稱基因改造作物發展的歷史太短且未經充分的測試，可能對人類的健康有害，亦可能對生態環境造成巨大的災害。在基因改造作物種植階段其所攜轉殖基因尤其是抗生素抗性基因之移轉，以及基因改造作物作為飼料、食品使用時之安全性等問題未能有確定的答案前，基因改造食品之未來發展將遭遇許多障礙。目前消費者對食品安全之信心在經歷多次食品危機（如狂牛病、口蹄疫、禽流感）後已大受打擊，在面對新產品—基因改造食品時，消費者要求的是此類產品必須是安全無慮的。相關產業在開發基因改造食品時必須通盤考量未來之糧食危機、商業利益，對於生態環境之影響，以及作為飼料、食品使用時之安全性等關鍵因素，才能有所進展。

關鍵詞彙

遺傳工程	基因重組	核移植
DNA 密碼	基因晶片	轉殖技術
生物復育	雙螺旋結構	無性生殖
人類基因體計畫	基因剔除技術	

自我評量題目

[1]生物科技包括那些關鍵技術？

[2]研究生命與生物科技的目的是什麼？

[3]為什麼人類基因體計畫非常重要？

[4]一般常用的DNA鑑定法有幾種？其原理為何？

[5]何謂基因食品？其生產方式為何？

參考文獻

[1]鍾竺均、陳偉，《生物技術概論》，新文京開發出版股份有限公司，民國 92 年。

[2]趙大衛、許清玫、劉仲康、劉景煌，《生物學》，學富文化事業有限公司，民國 93 年。

[3]李寶健，《生命科學新知》，九州圖書文物有限公司，民國 89 年。

[4]劉仲康、邱華賢，《生物科技概論》，學富文化事業有限公司，民國 94 年。

[5]曲威光，《生物科技與新能源產業》，福懋出版社有限公司，民國 95 年。