

1-動植物基因改造的限度



陳定信

▶ 台大醫科畢業

現任 臺大醫院院長、中央研究院院士

主要專長 內科學、肝臟學

重要經歷 台大醫學院臨床醫學研究所所長
美國國立衛生研究所客座研究員



楊寧蓀

▶ 美國密西根大學生化遺傳學博士

現任 中央研究院生物農業科學研究所籌備處特聘研究員兼主任

主要專長 生化遺傳、遺傳工程、生物技術

重要經歷

Director and Distinguished Research Fellow, Inst. of BioAgricultural Sciences, Academia Sinica

Principal Investigator, UW-Comprehensive Cancer Center, UW-Madison School of Medicine, Wisconsin USA



戴華

▶ 美國康乃爾大學哲學博士

現任 中央研究院中山人文社會科學研究所研究員

主要專長 康德哲學、倫理學、政治哲學

代表著作

<羅爾斯論政治層面上的個人與社群>，收錄於《政治社群》，江宜樺、陳秀容主編，中央研究院中山人文社會科學研究所印行，1995年

《教育鬆綁》，朱敬一、戴華合著，遠流出版社，1996年。

<洛克人的人格同一論>，收錄於《哲學論文集》，錢永祥、戴華主編，國科會人文處、中央研究院中山人文社會科學研究所印行，1999年

重要經歷 中央研究院秘書主任、中正大學哲學系主任

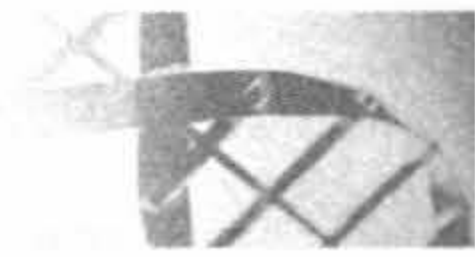
致詞貴賓

魏哲和主任委員：

時報文教基金會及國科會共同舉辦基因科技的人文議題系列講座，能將人文及科技進行相當好的融合，國科會對於人文社會科學方面的研究或活動一直相當重視，科技本身的發展也是國科會支持學術研究最主要的目標工作，這次的系列演講非常值得我們支持。



▲國科會魏主委（中）期許科技與人文能有最佳的融合，並對時報文教基金會與國科會人文處及中研院合辦這次系列講座，表達支持之意。（王英豪攝）



吳茂昆副主委：

今天很高興也很榮幸，能來主持「打開潘朵拉的盒子？—基因科技的人文議題」系列講座的第一場演講。首先要感謝本會人文處的王處長及時報文教基金會的余執行長，由於他們的費心，演講才得以呈現，接下來的一、二個月，相信能提供各位一場豐盛的饗宴。同時也要感謝史丹佛學術基金會、中華電視公司華視文教基金會、中正農業科技社會公益基金會的鼎力協助，更重要的是感謝各位的捧場，你們的參與才是我們的成功。



▲國科會吳茂昆副主委很高興能主持系列講座的首場演講，並感謝大家共襄盛舉。（王英豪攝）

余範英執行長：

前幾天和幾位學者談到這次講座，大家對於「打開潘朵拉的盒子」這個名稱有相當大的疑義。在科學領域裡，對知識無止盡的追求是一種動力，也是「大膽假設、小心求證」的過程，所以我們打開的不見得是潘朵拉的盒子，或許打開的是無限寬廣的可能。不過，在人文領域裡，我們接觸到許多科技文明帶來的



▲時報文教基金會余範英執行長期勉大家能勇敢面對科學的無止盡追求，也希望未來十年能在人文議題上，多作貢獻。（王英豪攝）

衝激，人們在這當中所感受到的衝擊，又何嘗沒有打開潘朵拉盒子的感觸？

科技和人文的對話為我們帶來勇氣，國科會人文處和時報文教基金會在這裡展開對話，希望我們能勇敢面對科學的無止盡追求，以及在這過程中所帶來的問題。

時報文教基金會前十年的重點工作是



環保，如種樹、疏通下水道或汙染區等，未來十年則希望能在人文議題上多做努力。為達成這項任務，我們需要專業知識學者的貢獻，以及更多致力人文研究的朋友參與，扮演橋樑的溝通角色。

這一系列的座談只是一個開始、一個嘗試，在這裡謹代表時報文教基金會，感謝各位的參與，今天是系列講座的第一場，希望這九場都能圓滿成功，而且還能有第二個九場，謝謝各位。



▲「基因科技的人文議題」吸引爆滿的聽眾，顯見這門學問廣獲各界熱烈的關注。（王英豪攝）



陳定信 院士

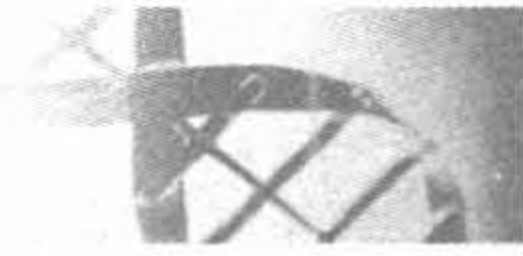
想要探究基因科技與人文之間的關聯及衝突，有些問題目前可能還沒有答案，有賴人類智慧去思考。

「國科會及衛生署基因醫藥衛生尖端計畫」日前舉行成果發表會，其中一個人文議題曾介紹丹麥對基因科技的發展，已組成一種全民參與的「共識會議」；於是有人問起，台灣何時才能發展出共識會議？我認為，想要進一步談共識的前提是：我們必須了解何謂基因科技？基因科技目前面臨哪些問題？其未來進展又是如何？我想利用今天的演講，介紹基因科技在醫學的研究狀況，以及對於未來的預測。具備這些知識後，我們才能運用智慧，尋求解決問題的最適當方案。

從傳統醫學到基因醫學

基因是生物最基本的遺傳物質、生命現象最基本的信號，幾乎所有的生命現象都是基因功能的表現。生命現象豐富多樣，聽到同一句話，每個人心裡所想的、所感覺的都不一樣，人的複雜性可想而知。

在醫學上談到基因，多與人的健康和疾病有關。一般來說，醫學分成「基礎醫學」（如解剖學，研究人體各部位的結構、功能等），之後演變為「臨床醫學」（疾病產生後，如何解決問題，如開刀、使用藥物等），更



進一步希望達成「預防疾病」。目前這三者彼此關聯，緊密整合分不開。

醫學的蓬勃發展並非一蹴可及，最初從中世紀的「圖書醫學」開始，醫學是到圖書館收集資訊，以判斷病因；之後慢慢演變成「醫護科學」，到病人床邊進行觀察及醫學診治，漢醫也有類似的例子。後來，醫界發覺，僅從人體觀察很難完整判斷病因，所以開始走入實驗室，將人類的問題複製到動物身上，這稱為「實驗醫學」，也是目前最廣泛採用的研究方式。

20世紀初期，各式醫學蓬勃發展，並開始出現特殊學門。這些學科包括「組織學」，它是探討細胞構成組織、組織再構成器官的醫學概念；「病理學」則集中討論疾病發生的原因；「生理學」則是探討身體正常功能的運作，例如動作本身如何經由中樞神經系統的指揮；若用藥物去影響生理功能運作，則屬「藥理學」。

在這段過程中，有幾個重要的發展值得注意。比如說：長在動物或人身上的組織、細胞，一旦離開人體後，能否像細菌、植物一樣地培養呢？這就是所謂的「組織培養」，或稱「細胞培養」。另外，電子顯微鏡的應用，讓我們得以看到細胞內更小的結構。至於診斷方面，放射性同位素可以與分子或蛋白結合，用來進行診斷，比如肝臟發生病變，就可利用放射性同位素照射肝

臟，判斷是否需要移植，這在移植醫學運用很廣。還有一項很重要的進展，就是「分子醫學」的出現，它讓我們了解，身體現象是源於細胞內更小分子本身的作用。

1953年揭開DNA的神祕面紗

上述學問的發展，形成了20世紀在基因學上的重要推演。其中有關遺傳學的研究，可以近代遺傳學始祖孟德爾為代表，他以豌豆的特徵及互相交配後所產生的結果，來研究遺傳的表現。然而，這方面的研究一直都有困難，雖然大家都知道遺傳，了解「龍生龍、鳳生鳳、老鼠生的兒子會打洞」的道理，但究竟是什麼原因造成遺傳現象？卻一直讓人迷惑，連科學家也想不透。

直到1953年，兩位相當有天分的英國科學家華生（Wasons）和克里克（Crick），終於將遺傳物質DNA（去氧核糖核酸）的結構分解出來，發現它是一種雙股螺旋結構。這是遺傳信號第一次被以化學結構分析出來，也是上一世紀生命科學研究最偉大的進步，這項成就和化學等其他學門結合，也創造出更多的新學問。

DNA要有功能表現，必須先要變成蛋白質。利用遺傳學或分子生物學的技術，可以將蛋白質做切割，將某段DNA切下，接到一個適當的載體上，利用載體將這段



DNA送到適當的細胞上，這個細胞就能表現出該段DNA的特性。假設有一個工廠正努力生產某種產品，每個產品上都帶有一個黑色標記，如果這時有人將藍色標記接在黑色標記的旁邊，再將樣品放進工廠繼續生產，則出來的產品都會同時帶有黑色和藍色標記，藍色或黑色標記就是基因概念的比喻。

基因科技幫助人類找到病原

像這樣利用分子生物學技術，從核酸來改變DNA，已有幾十年的技術。這個技術聽起好像沒什麼特別，但對醫學影響非常大。舉例而言，過去人們發現有一種肝炎病毒既非A型、也非B型，當時還沒有定義它為C型，這是因為若有一種動物不是牛，也不是馬，你不能斷定牠是狗或其他動物一樣，只能說牠非牛非馬，所以當時醫界稱呼這個病毒為「非A非B肝炎病毒」。學界經過研究，發現感染非A非B型肝炎病毒的生物體，若和其他生物體有某種程度接觸後，該生物體也會生病。美國華裔科學家CHU進一步針對感染此一病毒的患者，將他的血漿注射到黑猩猩，等牠同樣生病後，再為牠抽血測試。這項研究假設有一病原同時存在患者和受試者血液中，研究比對兩者血液，用分子生物學的方法選殖，終於找

到非A非B型肝炎病毒裡的核酸，並定義它屬於RNA的一種核酸，稱之為RNA病毒。這個例子讓人們了解，科技可以幫助人類找到病原，幫助診斷病因，還可以篩檢對健康有影響的傳染病。

基因體解碼改變醫療型態

DNA是由4個鹼基A、T、G、C排列而成，就好像錄音帶上布滿密密麻麻、經過磁場引導的磁粉一樣，是一種能夠延續的排列。其中A、T、G、C不同序列的組合，會構成DNA中一段段的基因。基因要產生功能，必須從DNA轉變為一種訊息RNA，再變成蛋白質，經由這種過程，基因才能產生功能。因此，有關蛋白質的構造，以及蛋白質結構改變對基因功能的影響，將是後基因時代必須研究的學問。

最近人類基因體解碼，學界已經了解人類基因體的序列，這對我們有何影響？根據Collines的報告，針對基因變化導致的疾病，找出基因體中有問題的地方，將那段基因加以選殖複製，可以用作診斷，這會是未來醫學的研究趨勢。如果某些基因需要其他因素共同作用才會致病，那我們可以使用藥物或改變基因來治療，這還能幫助我們了解基因的功能。換言之，將來的基因研究



不但可以用於治病，還可以幫助我們了解自己的身體，並協助藥物的使用，讓疾病得到更好的治療。

基因科技讓我們知道各種不同疾病的病因可能是哪個基因出問題，這是經過長久的遺傳學研究才能得知。不過，對於疾病和基因的關係，有的是單一基因致病，有的是很多基因配合在一起，才會發生問題。單一基因疾病比較簡單，但複雜的基因問題，如糖尿病、癌症等慢性病，都還有待研究突破。

基因科技帶來更好的明天？

如果基因科技如此厲害，可以將人類所有病因都計算出來，那對我們會造成什麼影響？比如說：某個人接受基因篩檢，得知哪個年紀時會罹患癌症，這種訊息可能會造成他重複受檢，試圖否定前次檢驗的結果；他也可能因此懷憂喪志，選擇以自殺來結束生命。反過來說，如果基因篩檢顯示某人健康良好，沒有致病基因，那這個人可能會陶醉於自己的優良基因，導致他輕忽身體的保養，以致菸、酒不拒，反而讓身體變差。基因科技發展到後來，可能只要以一個細胞，就可以準確預期身體的未來狀況。但也有人提出反思，覺得事情沒有那麼簡單，基因固然重要，但環境因素也很重要，基因和

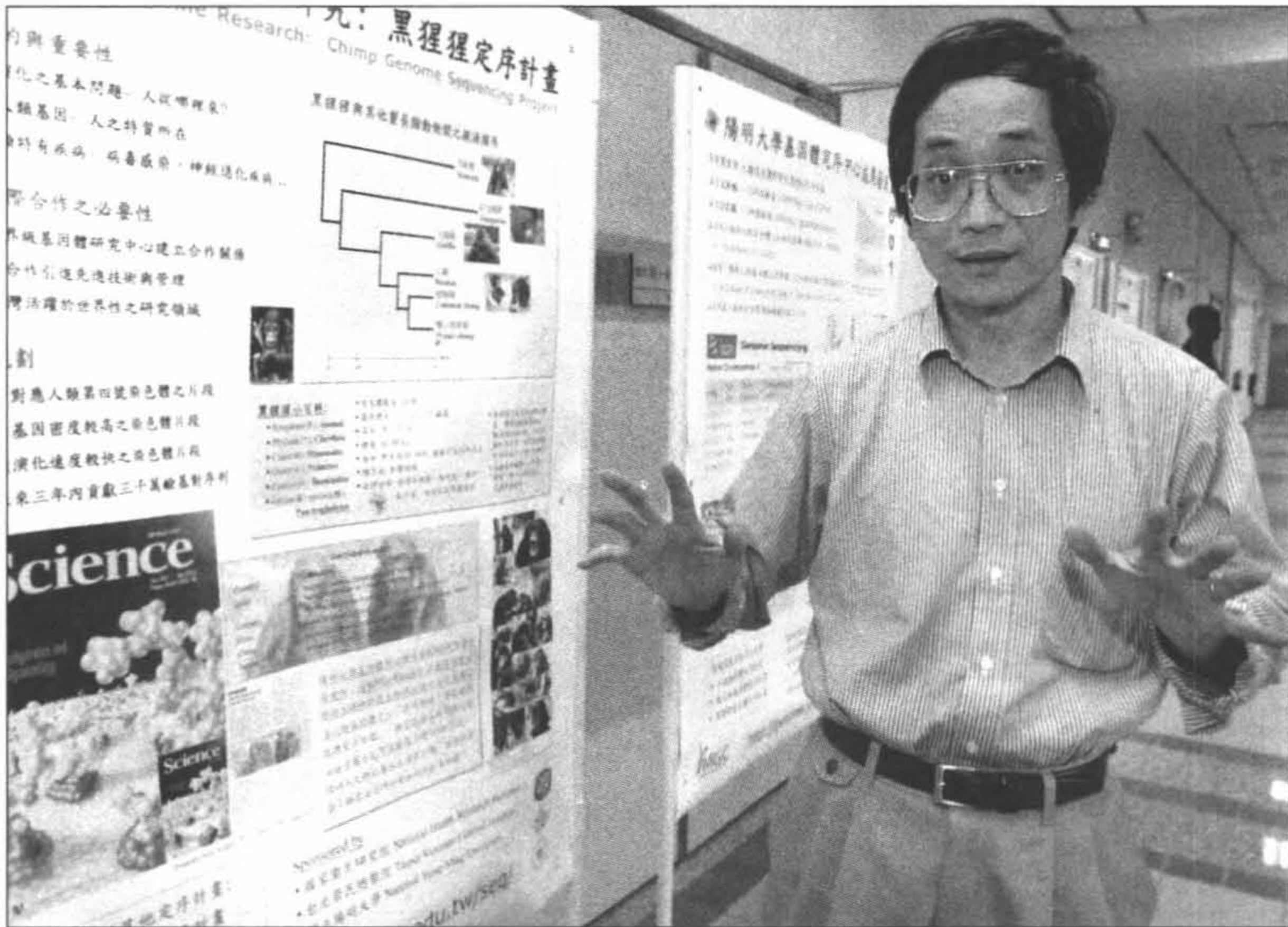
環境之間的互動也變成重要的研究課題。

最近複製人話題非常熱門，義大利已經有學者開始這方面的研究。試想如果人被複製出一個一模一樣的人，這個社會會變成什麼樣子？家庭組織又會變成何種樣子？比如說：太太取出先生一個細胞的細胞核，複製出一個小先生，她要稱呼他什麼？這些問題都會令我們困擾。

科技弱國的悲歌？

此外，目前基因科技大都掌握在強國，尤其是英、美。一個國家的科技若由公眾掌握，大家可以共有、共享，如此科技絕對可以用來解決人類共有的問題，提升人類的素質。但如果科技掌握在政府，有些不肖政府可能用來控制人民，專門找一些基因比較聽話的人來當官，或者要製造敵對政府的麻煩，找比較反骨的人去作他的官員，或者說與別的國家打仗時，研究敵人跟我方不同的基因，製造一個對敵方有害、對我方無害的物質。

這讓我們不禁警覺到，如果我們沒有基因科技，一切都要聽從擁有科技的強國時，將來會面臨怎樣的局面？更進一步來說，處於科技完全落後的非洲國家又該



▲台北榮民總醫院與陽明大學合作之榮陽團隊以及國家衛生研究院，參與國際黑猩猩基因體研究計畫，榮陽團隊的負責人之一，陽明大學生命科學系教授周成功，與會前就目前榮陽的研究成果—靈長類基因體研究——黑猩猩定序計畫作講解說明。(王爵璋攝)

如何才能生存下去？反過來說，將來強權國家對於弱勢的人類或主權，需要有更多的反省。

基因科技的進展對社會帶來極大的衝擊，目前各國的基因研究計畫中，有關基因科技對倫理價值、法律執行、社會衝擊等人文層面的研究，都佔有相當的比例。我們可以預測，基因科技的日新月異，將會衍生許多問題，甚至改變我們對人生的看法，這會是一場全面性的革命。



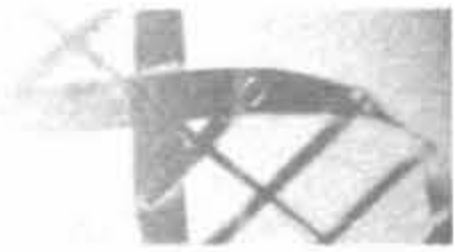
楊寧蓀 教授

我1982年就開始參與基因研究工作，說是這個領域的「老兵」，一點都不為過！不過老兵有些奇怪的經驗和感觸，那就是我所參與的基因革命產品和技術系統都還沒開始替大眾服務的時候，社會各界就已經吵的不可開交了…，那就是這幾年吵的很兇的GMO（或稱為GEO，genetically engineer organism，基因改造食品）議題。我可能是全球第一個寫GMO議題的人，但寫了13年，最近幾年大家才開始討論，我覺得有些寂寞。我參加過很多GMO討論會，最近好像GMO的風潮又變了，究竟現在流行的風潮是如何？又是從哪裡吹來的？在世界風潮中，我們該如何從自己的土地上站出來？站出來以後，又該如何在未來世界新科技的道路上行走？

基改食品和本土文化的思考

我們不能從網際網路上學習其他國家的發展方向，因為各國發展得很快，也跌得很慘，我們必須以自己的意願及經營自己的角度來走下去。這是一個非常重要的議題，這不只是涉及第三世界被壓迫的問題，甚至有關主體性的認同和全球人類的發展。

GMO議題有很多新的討論，譬如：我們要不要吃可能有點奇怪的玉米？還是要吃很不奇怪的蕃薯？航空母艦上月球，我們或許還能學習別國的做法，另外造一個



類似的太空船，應該也可以上得了月球。但是GMO涉及飲食問題和生活習慣，這總該保有自己的文化吧！

從科學話題到真實生活

1982年的一場國際科學會議上，大家都在談一件事：那就是DNA重組！當時沒有人知道會發生什麼事，就好像潘朵拉的盒子打開了，卻不知道原來它就叫做潘朵拉一樣。2、3年之後，《科學》雜誌開始報導：新的遺傳工程將對農業帶來很大的改變，例如：蕃茄可以抗蟲害、草莓能防凍霜、牛和豬的瘦肉比例會提高（改變荷爾蒙基因）、蝴蝶類的昆蟲不會去吃農作物（改變其基因造成一種防制機轉）等等。

1989年開始有學者認為這種願景被過度美化，農業科技不會進步的如此迅速，實際情形應該比想像中還要慢。不過，從1982年到1994年，歷經十多年時間，這項技術終於被研發成功，GMO已經被帶到真實世界，但也引發有關GMO的社會議題辯論。

在這項技術的研發過程中，科學家發現製造特殊品種的蕃茄，和製造特殊品種的蘭花或芭樂的方法是不一樣的，每種生物都有其特性，這點和工業電子不太一樣。所以，在利用這項科技的時候，我們必須做選擇，

決定哪些是需求性高的作物？哪些作物和我們的飲食生活文化相符？換句話說，這項技術其實具有相當高的爭議性。

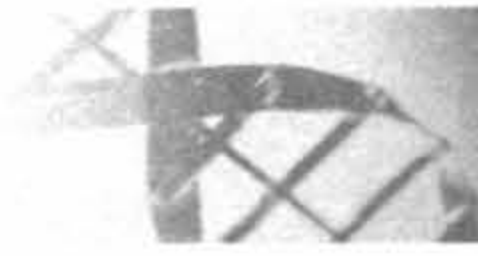
基因轉殖——生命現象的重組

人類、動物、植物、細菌的基本單位是細胞，所謂「基因轉殖」，就是窮盡物理、化學、生物、有機等方式，將外面的基因放到目標細胞上去，希望將它改造成具有我們想要的功能。這其實是一件很簡單的工作，例如膿桿菌是一種天生的細菌，本來就具有感染性，如果把基因放到膿桿菌中，它自然就透過感染，將基因帶到目標細胞。膿桿菌是運送基因的自然界載體，愛滋病毒本身是一種反轉錄病毒，也是一種自然載體。

基因改造最主要的3個元素就是：外緣DNA、母體細胞（host cell，即目標細胞）以及載體。

在基因轉殖過程中，如果沒有細菌或病毒等生物性載體，將基因帶入目標細胞時，那該怎麼辦？1982年我參與了一項很有趣的研究，那就是靠物理方法，利用粒子技術，用基因槍將外緣基因打到目標細胞內。這本來只是一個理想，現在卻變成一項技術、一門學問。

遺傳物質有共通性、細胞有共通性、外緣基因打到



細胞裡面也有共通性，這麼高度的共通性是很有力的，能量和潛能都很大，它的好處很多，相對壞處也可能很多。這就是為何我們今天齊聚這裡，談基因科技影響社會的原因。

複雜的生命 簡單的定律

之前所談的都是一個細胞，但現實世界中只有細菌才是單細胞生物，人類至少是由數以百萬、千萬、兆計的細胞所組成。不過，其實人類也可說是由一個細胞而來，那就是受精卵。1989年基因科技尚不如現在進步之時，當時學界普遍認為只有植物可以從一個細胞長出來，變成比較豐化的細胞，形成稍有組織的樣子，若再改變它的荷爾蒙，還可以發展出小芽，再長成小株，然後變成植物。

從一個細胞長成一個完整的生物，我以前認為只有植物可循此模式成長，動物則不可能。但10年不到，動物已經完全可以進行細胞增殖的實驗，這也就是我們所說的複製動物。才10年時間，我的說法就被推翻，所以我今天在此所說的，可能過了10年，有一半都是錯的。正因為這樣，我們理解到複雜的生命現象，竟可以由幾個簡單的定律操控，這種認知開發了許多新希望。

比如說，有種美國環保署頒獎第一名的農藥，它含有磷和其他有機物，它的使用必須配合將特殊基因打到大豆裡，如此一來，噴灑農藥後，農藥不會傷害到大豆，但沒有特殊基因的雜草就會死掉。這個農藥不會製造汙染，對環保貢獻很大。

改造作物、藥品… 基因轉殖猶如仙女棒

這個農藥的生產是有很好的善意，因為當時有太多的化學肥料汙染環境，我當初也參與了這項工作，心情就像投入聖戰一樣，很欣慰終於可以用遺傳工程的方法，來減少環境汙染。但沒想到這個原本善意的工作，到後來卻人人喊打。

試想一下，如果你是喜歡園藝的朋友，你養了一株玫瑰，眼見蟲子把花吃光，這種感覺不是沒有養花的人可以體會的。這其實就是千千萬萬的農夫們，他們天天要面對的困境。對農夫和醫生來說，要他們眼見作物凋亡、病人死去，但卻一籌莫展，那是很艱苦的。

另一方面，1990年的製藥業也開始利用基因轉殖技術。過去的製藥都靠化學合成，後來發現植物也可拿來做藥，史丹佛大學過去1、2年就發現有些特別有用的藥物可用細菌來合成。現在有不少人想用植物來製造各式



各樣的藥物，像是疫苗、抗癌的單克隆抗體等。中草藥的最新研究也是結合這類的基因轉殖技術，像是雲南白苦瓜據說可用來治療愛滋病，人參、白果也可望透過基因轉殖，成爲有潛力的藥物。

目前連大豆的基因轉殖都受到這麼大的爭議，還有人願意去做這些植物嗎？有，我就是其中之一，至於這樣做對不對，我們可以談，這是我們的態度。我們之前講的都是植物，至於動物的基因轉殖，最有名的生物體載體就是精子，它把23個染色體帶到卵子裡，等於轉殖一半的基因到另一個細胞。

目前學界正在積極找出有用的基因，建立功能性基因圖譜。不過，建立起來之後，要想辦法傳遞（deliver）這些基因。我曾在美國一家小公司，和一群團隊研發出基因槍，在4、5年內，將大豆、玉米、棉花、水稻這些過去不容易基因轉殖的作物，用基因槍這種物理方法傳遞成功。這項技術後來被GMO大公司「孟山多」（Monsanto）買去，廣泛運用在他們的產品上。

我們也將基因槍技術應用到動物身上，像是建立起老鼠的疾病模式，以基因槍打入有用基因IO12到病鼠身上，這項研究還進展到人體，美國國家衛生研究就做過這項臨床實驗。這項技術也用於製造腫瘤疫苗，將病狗的腫瘤組織取出，把有用基因打進去組織內，再放回身

體就有治療效果。這些技術聽起來雖然複雜，但其實很簡單，只不過是使用基因和傳遞這兩個法寶罷了！

基因一旦被載體放到目標細胞後，會產生一種很有趣的現象，就是特定基因的功能只會在特定組織表達。譬如眼睛組織有一種重要的蛋白質，只會在眼睛表達，不會在皮膚表達，所以眼睛和皮膚不一樣；或說是蘭花，為何它的花瓣有的地方有白點，有的地方卻是黃點？生物體的每個基因不會在每個細胞都表達，一種名為啓動子（promoter）的開關會告訴各個細胞，該表達哪些基因的功能。這是生物體功能高度分化的表現，也是很有意思的發展生物學和組織生物學。

孟山多做錯了什麼？

爲什麼GMO會變成爭議話題？美國GMO大公司「孟山多」（Monsanto）執行長Bob Shapiro集結2、3百個博士，網羅了基因科技各相關學門的菁英，利用五、六年時間，改造很多作物的基因，把很多基因放到它該放的位置去。他所做的事情本來是出於善意，從科技的眼光來看，也是非常了不起的研究，但可惜他做錯了一件事，就是忘了世界上還有一個叫做社會大眾的機制。

儘管Bob Shapiro自己不認爲GMO有什麼問題，但他



忘了告訴大眾，忘了大眾應該知道有關GMO所有的資訊。於是GMO變成可怕的東西，造成社會的排斥，Bob Shapiro也從一個智者、有遠見的人，變成一個壞蛋。

重組DNA像勞作一樣簡單

GMO真的有那麼可怕嗎？什麼是GMO？它就是將1種到3種有用的基因，送到植物或動物體內，目的不是要造怪人或讓桃莉羊老化，而是要改進糧食、幫助環境和改善醫療，這些都對社會公益有幫助。我相信當然有人想做複製人等奇怪的事，但那些科學家畢竟是極少數，我們不能一概而論。

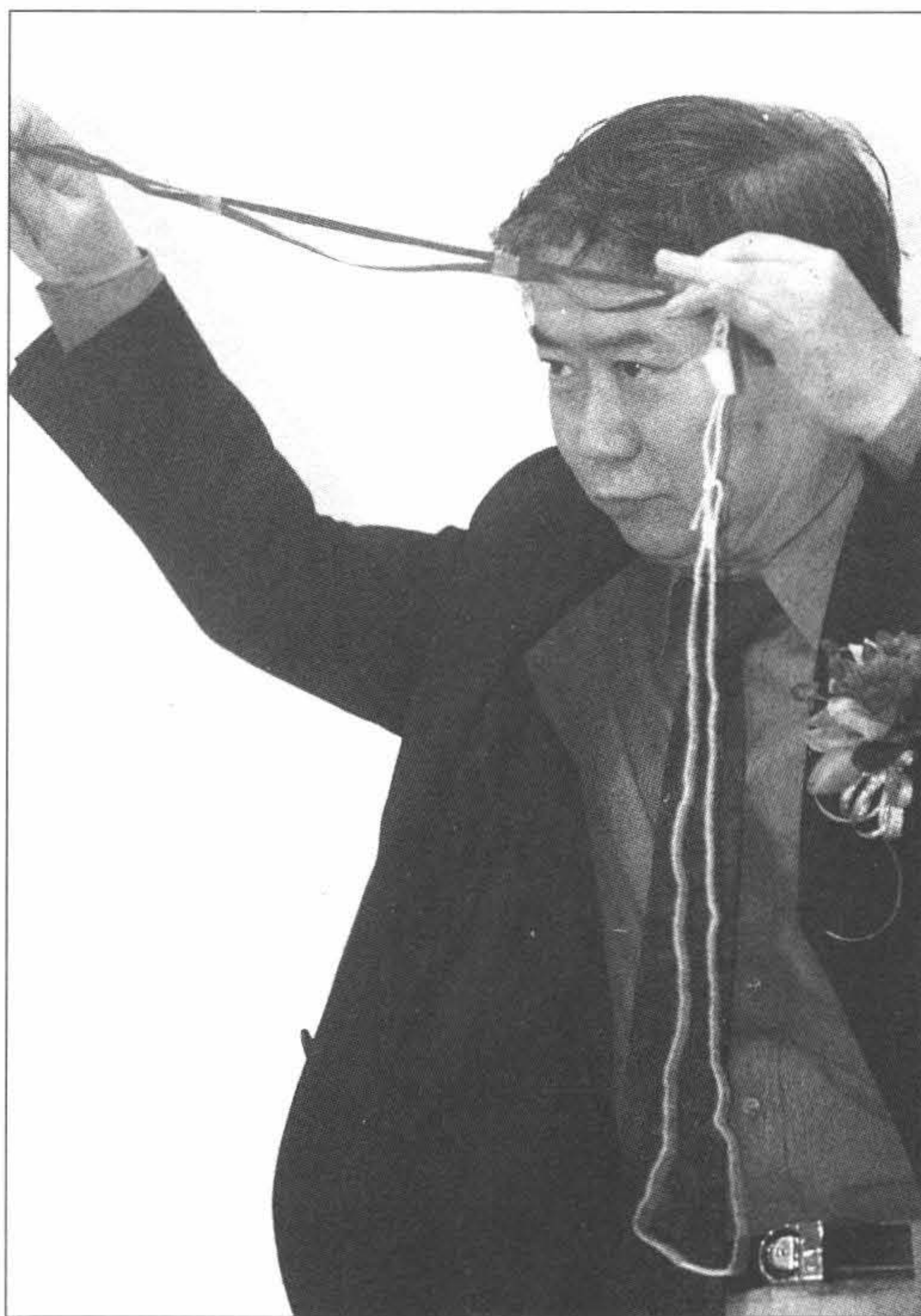
我想說的是，重組DNA其實不像一般人想像的那麼恐怖或複雜。事實上，自然的DNA重組天天都在所有生物體內發生，像這一分鐘內，大家體內都在進行DNA重組。只要我們身上有細胞分裂、細胞受傷，就有變遷的可能，這些都是自然發生的。而且，自然發生的也不見得就是源於物競天擇，因為被選擇留下的基因，不見得都是好的。

我想示範一下，重組DNA有多簡單，它就像作勞作一樣。我們用幾團不同顏色的毛線代表不同的DNA，用剪刀剪下幾段不同的毛線，再用漿糊重新黏起來，這就

是DNA重組；只不過，我們用的剪刀是化學剪刀，它是一種酵素，漿糊也是特殊物質。

這個技術本身並不危險，因為它不是病毒，它本身不會感染；它也不像核能或化學劇毒，沒有什麼毒害。

我今天早上做了一個簡單的計算，我從1982年開始做基因研究以來，透過呼吸、觸摸或任何形式接觸到的某種特定基因遺傳物質的分子數量，大概有 10^{12} 那麼多，總計約一百微克。美國國家衛生研究院以前嚴格管制這項基因，因為怕它有危害，甚至還限制只有P3實驗室才能操作；但過了20年，上萬個工作人員至今沒有人出事。現在談到GMO，很多人以為吃到一個基因就完蛋了，這實在存在很奇



▲楊寧蓀教授用不同顏色的毛線，模擬DNA的重組，說明這項技術既簡單又安全。（王英豪攝）



怪的鴻溝。DNA重組不像搞電子一樣複雜，任何小實驗室都有能力做這項技術，我認為這項技術不危險，但並非絕對，因為基因被放到什麼位置，對安全絕對有影響。

基改食品尚無被證實的傷害案例

GMO的食用安全性常遭到質疑。事實上，GMO常使用的基因有兩種，一個是Bt. toxin，具有殺蟲的功效；另一種是NPT-II，是一種解毒抗生素。過去曾發現有人吃了NPT-II基因馬鈴薯後，身體出現狀況，但後來發現這項研究並沒有做控制組的實驗，在做控制組實驗對照後，科學家發現這種基因改造的馬鈴薯並不會影響食用安全。

也有人擔心GMO會對環境產生危害，擔心它長期會對生態及物種造成影響。針對這類討論，國際間有三個非常重要的報告：第一是美國科學院有一個七人小組，他們在今年年初提出；第二是北大西洋公約有個商業發展促進的組織叫做OECD的報告；第三是去年12月《科學》雜誌的報告。

這些報告是針對GMO對環境、生態和物種的長期影響，提出高度專業化的看法，他們提供的是具體的意見，而不是空泛的討論。這些報告認為，GMO所有的風

險都可以接受，就人類文化來說，GMO也行得通，但時機可能不是現在，所以人們必須更有耐心來看待GMO。

去年在英國愛丁堡的一項會議中，對這些看法有一般性的結論，非常值得大眾參考。會議結論認為，GMO資訊必須對社會更開放，相關資訊必須好壞都說，不要盡說別人不對。

還有一點很重要，那就是在座各位每個人都吃過GMO，但截至目前為止，還沒有任何一件疑似GMO造成的危害被證實。這不代表GMO沒有危害，而是還沒有被測到。

我在1988年寫過一篇評論，重點是：基因轉殖會產製怪物嗎？如何才會得到怪物？殺雜草基因放到煙草或大豆裡，會不會改變植物特性？會不會產生怪物？會不會影響環境？這些問題我們都可以算頻率，或許是億分之一，然而我們怎樣去看待這種機率？

黃金米（基因改造生產的稻米，富含維生素A，可用以解決營養不良）被研發成功之後，大家對GMO的看法，至少有點人道主義的正面印象，它可以拯救幾百萬人，這件事情絕對不能小看。許多人開始注意到，GMO原來也有這麼多好處，它可以防止汙染，減少農藥、化肥的使用量。所以我們應該可以開始蒐集資料，仔細分析GMO的風險和效益。



自然和人為可以相互融合

我一直認為，自然和人工可以互補，甚至是一體的兩面，可以融合並提升人類生活。傳統農耕創造了人類早期的文明，今日還持續在供應人類的生活需求。醫療減少人類許多疾病，改善人類生活困境，而且日益創新、豐富人類的生活。從自然、人文的角度來看，愛護和善用科學的人，應該有智慧來回饋自然。

我們可以針對這些新科技，思考一些規範。雖然科技的上限很不好訂，但目前在人文上，絕對可以規範。像是現階段對複製人，或許可以限制只能複製在256個細胞數量之內；再來就是限制GMO的改造基因不能隨便放進細菌，汙染河川或土壤；所有GMO都必須清楚標示含有的基因改造成份，否則不能上市販售等。

此外，國內應該有一個團體，由社會不同階層人士組成，像是農夫、醫療人員、消費者、技術人員、倫理學家、媒體工作者等，共同討論出新科技的倫理規範。

對於基因科技，社會大眾擔心之餘，總會說：「幹嘛急著做？等到沒有問題再做也不遲！」但我要說的是，醫生看到病人正在死去、農人看到作物正在凋亡…，他們的感受絕對不是一般人所能理解。



戴華教授

根據美國《紐約時報》去年12月的一則報導，當美國消費者被詢問是否同意將「生物科技」(biotechnology)應用於農業生產和食品製造時，將近70%的受訪者表示「同意」；可是，當被詢及能否接受「基因改造食品」(genetically modified foods)時，相同的受訪者中，卻有2/3表示「無法接受」。

基因改造 成了負面字眼

撰寫這篇報導的記者指出，這兩個問題其實本質上毫無差別，受訪者對於同一問題兩種表述方式的兩極化反應，顯示去年9月以來美國媒體一再披露「星聯」(StarLink)玉米及其後續事件的結果，已使「基因改造」一詞在許多美國人民心目中，成為引發高度憂慮和反感的字眼了。

此一情形不禁讓人聯想起目前在醫學檢驗中廣泛使用的「磁共振顯像」(magnetic resonance imaging)技術。這項檢驗技術的英文簡稱是MRI，一度稱為NMR (nuclear magnetic resonance)，即「核磁共振」，但因其中使用的「nuclear」一字容易讓人心生恐懼，因



此才改爲MRI。由於受到當前美國社會不利輿情的影響，「基因工程」、「基改食品」似乎也 and 「核能」一樣，變成「危險」的代名詞了。在此情況下，若要讓基改食品明確標示其內容，無異於強制這類食品接受「死亡之吻」。「基改食品」所面臨的困境，是否和過去的NMR（現稱MRI）一樣，只要換個名稱就可迎刃而解？

兩極辯論與同席對話

這個問題假定「基改食品」、「基改作物」或者任何利用基因工程製造出來的產品，都和MRI一樣，其安全性不需要消費者過度憂慮。研發基因改造的生物科技公司以及許多科學家都認爲，只要通過現行的嚴格測試，基改食品與作物都不致於造成健康或環境上值得憂慮的風險。畢竟，「星聯」玉米原本就因爲可能導致人體過敏，而只獲得美國政府核准讓牲畜食用，只是在運輸過程中出了差錯，才混入墨西哥薯餅製造廠的原料中，因而釀成軒然大波。

不過，儘管「基改食品與作物是否對人體和環境潛藏不可忽視的風險」，本身乃科學問題，但是，即使科學家和生技公司本身對此問題有了明確的答案，且可提出證據來支持他們的答案，這並不意味他們可藉此立刻

說服社會大眾安心接受基改食品與作物，也不意味社會大眾如果不接受基改食品與作物，就自暴其非理性甚或愚昧無知。

1999年，在一場由反對基改食品與作物不遺餘力的「綠色和平組織」(Greenpeace)主辦的研討會上，跨國生技公司「孟山多」(Monsanto)的董事長謝皮洛(Robert Shapiro)「深入虎穴」發表演說。他在會中坦承孟山多的嚴重失策：該公司過去自以為只要盡力根據他們深信的科學證據來說服社會大眾，就可順利推廣其產品。然而，在採取此一策略時，該公司無形中將反對者看成「兩極辯論」的對象，而非「同席對話」的夥伴。孟山多忘了他們應該仔細傾聽反對者的想法，試著從反對者的角度來說服他們。謝皮洛指出：「我們學得的教訓是，在科學的信心和公司的傲慢之間，其實只有一線之差。」

忘了誰是頭家

孟山多在一九八〇年代原本考慮採行所謂「緩進政策」。當時的董事長哈比蓀(Harbison)在今年初接受《紐約時報》訪問時說道：「我們一開始即體認到，如



果推出濟世救人的藥品，公司會得到群眾的掌聲，可是若和植物、食品瞎搞一通(monkey around)，只會遭到民衆的質疑。」

1986年，孟山多的策略委員會提出一套生物科技推廣計畫，試圖「積極遊說公益、環保、消費者團體支持生物科技，並邀請這些團體的代表擔任孟山多的常任顧問」。當時，該公司高層深知，他們「雖然對於基改食品的安全有把握，但基因工程確實讓人憂慮是否可能產生過敏原、未知的毒素或生態的影響；此外，對於人類應否以此方式改造自然而抱持哲學疑慮的，也大有人在」。

然而，哈比蓀在一九九〇年代初期退休，謝皮洛接任，孟山多從此改變過去向外尋求諮商溝通的緩進政策，轉而直接透過該公司對政府的影響力，設法將產品大量引進市場。結果，布希政府在1992年宣布放鬆與簡化對基改食品的管制。這類食品的測試悉由生產公司自行負責，也不需要強制加上產品標示。

瑞夫金(Jeremy Rifkin)，基改食品的「頭號敵人」之一，他認為美國政府採取如此寬鬆的措施，是促使基改食品反對運動迅速壯大的轉捩點。在沒有明確標示的情況下進入市場，基改食品只會造成一般民衆的疑慮和反感。即使是生物科技產業界人士，在回顧這套措施時

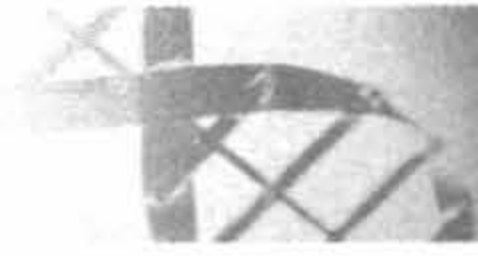
也不禁搖頭嘆息。

有人指出：「孟山多忘了誰是他們的『頭家』。如果他們了解消費者才是真正的『頭家』，就會擁抱『產品標示』。他們會向民衆說：『我們也贊成標示，…我們和消費者是站在同一邊的。』加上標示的基改產品當然有行銷風險，但總比沒有標示的風險低得太多。」

產品標示與消費者的自主性

產品標示爲何那麼重要？基改食品若有標示，不但可以維護消費者「知的權利」，更重要的是，消費者的「自主性」（或者選擇的權利）也可獲得尊重。畢竟，在一個民主多元的社會中，只要不侵犯到別人，每個人都有權利根據自己的價值觀，來追求理想的人生，因此也都有權利根據自己的價值觀，來決定是否接受基因科技所提供的產品或服務；對於自己的社會是否應該發展基因科技，或者應該朝哪些方向去發展，當然也都有權利表達自己的見解。

孟山多公司在一九八〇年代的緩進政策，正好符合此一民主社會的基本價值，而謝皮洛後來的錯誤，也就在於忽視了此一價值，儘管這是他出於「科學的信心」而犯下的無心之過。



在一個民主多元的社會中，政府也可從孟山多的錯誤中學得教訓。基改食品加上適當的標示，只是尊重個人自主性的一個範例而已，其他該做的還包括：形成生物科技發展政策的整個過程必須透明化，且須透過各種可靠的管道與機制，廣泛考量民衆的憂慮；建立周全的管制架構，以確保基改產品不致對健康或環境造成值得憂慮的風險，而且對於基改產品所造成的傷害，也可追究法律責任，以確保消費者權益；提供深入淺出、普及化的基因改造相關資訊，以協助民衆在基改和非基改產品之間做出真正自主的選擇。

民衆的憂慮

就基因科技在微生物、動植物等方面的應用而言，一般民衆究竟會有哪些憂慮？而這些憂慮之間的權重又如何？此一問題有待實證研究來回答。一項在1995年對美國民衆與媒體進行的調查可供參考：

基改微生物方面：

大量釋出後，是否危害人類健康？（5.5） 長期而言，是否會造成環境生態的負面影響？（4.0） 釋出後，是否就無法控制？（3.5）

基改植物方面：

基改作物是否會變成蔓生遍野的莠草？(4.0) 新的基因是否會轉移到這些作物的野生近親？(2.5)

基改動物方面：

是否會危害人類健康？(8.0) 道德上可以接受動物的基因改造嗎？(6.5) 是否考慮到動物的福祉？(6.0)

基改食品方面：

是否應加標示？(9.0) 比較便宜或者更有營養？(7.0) 是否安全？(6.5) 某些基改食品是否在道德上可被某些消費者接受？(3.5)

社會和法律方面：

最可能直接受影響的人，能否參與決策過程？(8.5) 對於基改生物，可能有哪些道德疑慮？(7.5) 為什麼基改生物可獲專利？這類專利可能對科學資訊的傳布造成什麼樣的衝擊？(6.0)

風險評估與管制方面：

現行體制如何能確保公共安全？(8.5) 民衆如何能在風險評估程序中表達意見？(7.5) 我們可以接受何種程度



的風險？由誰來說明風險，才能獲得民衆信賴？(7.0)

教育方面：

對於生物科技有了更多知識後，是否就足以消除恐懼？
(8.0) 電視和其他大眾媒體是否正確描述各項有關生物科技的議題？(7.5) 生物科技研究得自產業界的支助與日俱增，在此情況下，學術界的社會責任如何維繫？
(4.5)

理性與自然

英國查爾斯王子也曾對基因食品提出10大問題。他特別質疑：人類在使用基因科技時，是否在扮演上帝的角色？的確，人類因為基因知識與科技的進步而更能主宰自然。可是，這並不意味人類可以為所欲為。西方18世紀啓蒙運動時期的思想家早已警覺到，透過理性來追求科學知識，固然可以提升人類福祉，但也不可避免地帶來許多苦果與罪惡。

有些思想家認為，人類這時只有兩種選擇：一是享受科學與物質文明的諸多利益，同時忍受其不幸後果，一是放棄科學和理性的發展，回歸以往簡樸但「完美」的生活方式。但是，我們還有第三種選擇，那就是：以

使用更多的理性，來防範或糾正理性可能犯下的錯誤。

在進行基因改造時，如果不準確評估其對人體可能造成的風險，當然違背理性；畢竟，基因改造的目的在於提升人類福祉。如果枉顧基因改造對於自然生態、對於物種多元可能造成的長期負面影響，也同樣違背理性，因為自然生態的失衡，也會威脅到人類的生存。此外，也有論者指出，由於農作物的基因改造可以減少殺蟲劑的使用、降低生產殺蟲劑所造成的環境成本、增加土地的有效利用，因此反而有助於促進生態永續發展。

最後，我們還須考慮有關基改動物的道德疑慮。即使人類福祉高於（其他）動物的福祉，這並不使得我們在進行動物基因改造時可以完全不理會其痛苦。一個民主多元的社會是否能正常運作，乃取決於人們是否彼此尊重他人的自主性；後者又取決於人們是否具備同情心、同理心等德性。再者，同情心和同理心應該是沒有物種界線的。對於一個真正有此德性的人而言，任何痛苦，無論是發生在人的身上還是動物身上，都是我們應該投注關切的對象。

當一個社會有計畫地進行動物基因改造時，如果完全不去理會被改造的動物是否蒙受原本可以避免的痛苦，甚至動物基因改造的目的也不包括增進動物的福祉，則這樣一個社會必然無法提供培養同情心、同理心



的良好條件。果真如此，這種基因改造也可以說是間接地和民主多元社會的基本價值背道而馳。

理性讓人有別於地球上任何其他事物，但是並未讓人可以恣意使用自然資源，或者在自然世界「瞎搞一通」。人類仍然需要以合乎理性的方式來對待自然。唯有配以適當的人文反思，基因科技做為民主多元社會所展現的一種理性成果，才不致於讓人類自毀其理想社會的道德秩序，或者斷絕其與自然的共存關係。

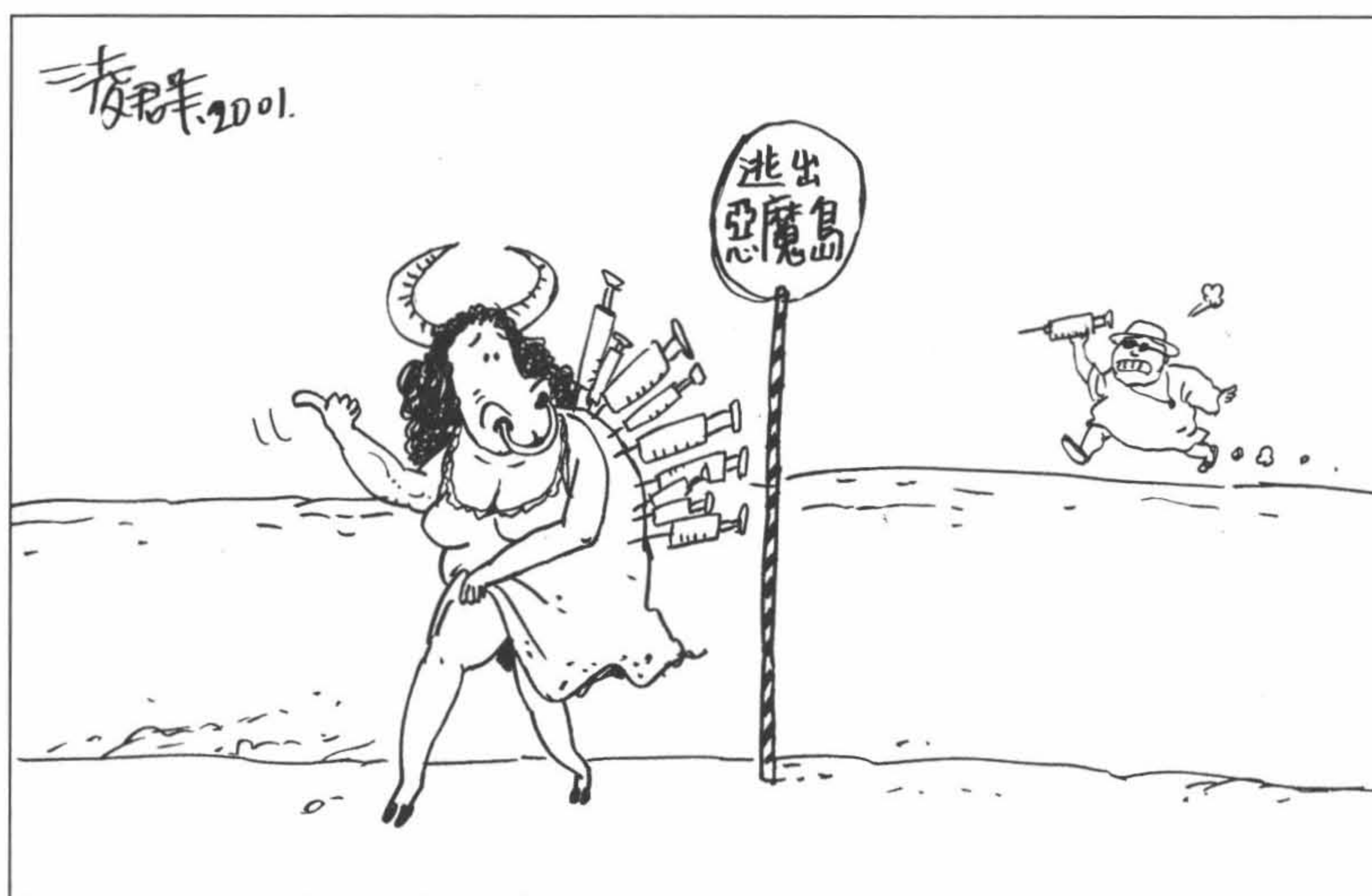
問題與回答

陳定信— 曾經有一位老先生問我：「如果把人類的基因移植到黑猩猩身上，能不能讓黑猩猩講人話？」我用另一個例子解釋給他聽，把汽車的引擎裝到馬車上面，是否就能讓馬車變成汽車呢？這兩個是一樣的道理，只有單一的基因改造是不行的，還要有其他的條件來配合，才能進行這樣的動作。

Q：剛才提到有關複製人的問題，如果說取一個成年人的細胞來複製，所造出的細胞也是一個較成熟的細胞，那相對的它的成長發育速度也會受到影響嗎？

會老化得比較快嗎？

- A：陳定信**——基本上，因為複製人的細胞取自本尊身上的細胞，所以如果複製成功的話，這個個體絕大部分和原來的人一樣，多少會造成一些老化。
- A：楊寧蓀**——生物多樣性是非常豐富的，桃莉羊只是其中一個例子，後來的桃莉猴、桃莉鼠就沒有皮膚老化的現象出現，所以說桃莉羊可能只是特例，目前就我們所知，複製猴或複製牛就不會老化得快。





結語

吳茂昆：

很高興今天能在一個開放、自由的氣氛下，展開科學和人文的對話，我們從陳院士的演講得知，基因科技的革命確實已經開始了，21世紀必然是生物科技的世紀，我們絕對不能忽視它的存在。

我本身是學物理的，在今天的討論中覺得很驕傲，因為發現DNA結構的克里克也是物理學家，如果沒有他，就沒有今天基因科技的成就。剛才提到許多物理、化學學家，許多在做科學工程的人已經有能力和基因科學配合，將無生命的東西慢慢變成有生命的元件，這也是我們下一個世紀可以看到的突破。各位可能不太清楚，我們現在談半導體，但10年以後，矽半導體可能會被分子來取代。

今天的演講提供一個很好的機制，讓大家更了解科學。科學家有很偉大的胸懷，也很可愛，他們看的是全人類的永續發展，科學有很多東西需要被了解，而不是被當成科學怪人。這個了解的機制必須被建立，讓大家了解科學有其功效，對人類的永續發展有其正面功能。

這類對談也提供另外一個機制，那就是批判。批判

才會產生進步，像今天戴華教授提出很多基因改造食品的問題，科學家們必須去回答這些問題、找到解決問題的方法。

另一方面，我們必須告訴大家，不要給科學太多的限制，社會大眾對科學的認知不夠，會造成科學發展的限制，如果這個限制不能去除，科學將永遠無法進步，這也是台灣、或者說中國這二、三百年來科學不能發展的重要原因之一。

我曾與李政道院士聊到，中國科學在三、四百年前是很先進的，像鄭和下西洋的時代，中國的海洋科學是世界第一流。據我所知，現在美國海軍大學所教授的戰艦技術課程，都會提到鄭和的船艦組織，當時他可以指揮幾千艘船艦一起出海，現在沒有一個艦隊可以如此，十艘船就無法管理了，可見當時的技術相當不簡單。

但是，爲什麼到了今天，我們的科技輸給西方國家？因爲宋明時代中國人在研究竹子的勁節，談情操、談人類；然而西方人當時研究的是天象，他們看星球如何移動，所以就出現了牛頓力學。宋明理學與西方的科學發展是截然不同的內涵，我們關心什麼事情，對後來的科學發展都會有重大影響。

很高興國科會人文處與時報文教基金會提供這樣一個科學與人文對話的機會，下禮拜我們繼續再來討論。