

醫生！我的小孩死了， 您能爲我複製她嗎？

如果有朝一日人類無性生殖技術的發展已經成熟，
可以安全無虞地複製出新人類，
基於什麼道德的理由我們必須禁止這個科技的使用？

蔡甫昌



小雲今年五歲，聰明活潑可愛，是陳先生夫婦唯一的女兒，陳太太生完小雲之後便停經。但一場意外奪去了小雲的生命，陳先生夫婦萬般不捨、悲痛欲絕，抓住一絲希望，向醫學中心婦產科求助：「醫生！我的小孩死了，您能為我複製她嗎？」

葉先生今年25歲，因為癌症經歷了放射線及化學治療，雖幸運地保住性命，卻喪失了生育能力。葉先生與妻子十分恩愛，他們希望擁有自己的小孩，但不希望使用其他男人的精子，夫婦倆打算求助於醫學中心婦產科，使用「人類無性生殖技術」。

如果「人類無性生殖技術」可以幫助上述兩個不幸的案例：為陳先生夫婦帶來一個與小雲神似的「雙胞胎」妹妹、給葉先生夫婦帶來血緣相連的兒女，基於什麼道德的理由，我們可以禁止他們使用這個科技？

背景介紹

1997年2月英國愛丁堡羅沙琳機構 (Rosalin Institute) 的伊安-威穆特 (Ian Wilmut) 教授等人在《自然》(Nature) 雜誌上向世界宣布了他們藉由無性生殖技術成功繁殖的複製羊桃麗 (Dolly)。這個複製技術，簡單地說就是：從甲羊的乳腺細胞取出細胞核，植入從乙羊身上取出、已經除去細胞核的卵子細胞，(威穆特首稱此技術為「體細胞核轉殖, somatic cell nuclear transfer, SCNT」)，在經過適當的電流刺激後，這個卵子以為自己已經受精，於是開始分裂長成胚胎，再把這個胚胎放到

丙羊 (代理孕母羊，事實上也可以是甲羊或乙羊) 的子宮中孕育誕生成桃麗。桃麗的遺傳物質幾乎完全來自甲羊，除了乙羊卵子細胞質中的粒線體DNA可能對遺傳有些影響，牠不折不扣是甲羊的「全錄」(Xerox)。儘管威穆特的初衷是為了製藥工業可以大量生產具醫療效用的羊奶，但這項生物醫學的成就影響深遠、撼動全球，是生殖科技的新里程。同年7月，該中心又創造了人類基因轉殖羊波麗 (Polly)，其羊乳含凝血蛋白，可用來治療血友病。

桃麗羊複製成功後不久，美國奧瑞岡州海狸市的靈長類研究中心 (Oregon Regional Primate Research Center) 亦發布了獼猴體細胞核移植成功的消息；1998年7月夏威夷大學宣布完成老鼠的複製；12月日本近畿 (Kinki) 大學發表了牛的複製；韓國慶熙 (Keyonghee) 大學也宣稱他們進行了人類體細胞核的轉殖、並成功分裂發育成胚胎，但隨後由於倫理的考量而將它摧毀；2001年8月台灣的農委會也有複製牛「畜寶」的誕生，不幸早夭。如果成熟的哺乳類能夠複製，那麼藉由相同的過程複製成熟的人類，可能也只是時間早晚的問題了。

倫理譴責與法律禁止

大部分科學上及政治上的領袖，對於複製人的回應是直接而強烈的譴責，就連威穆特也是如此。美國柯林頓總統在桃麗羊報告刊登後的幾天，立刻凍結聯邦政府對於研究複製人所提供的資金，並且要求私人研究機構的科學家停止相關的研究，同時要求新上任的國家生命倫理諮詢委員會 (National Bioethics Advisory Commission, NBAC) 成員對複製人牽涉到的相關倫理及法律議題進行審查，並在九十天內發表聲明。NBAC在經過各界專家公開討論後作出以下宣示：「不論是在公家或是私人機構中，是研究或臨床上，嘗試以體細胞核轉殖技術來複製小孩是道德上所不容許的。專業和科學組織應聲明，任何由體細胞核轉殖技術來複製小孩，並將之置入女性體內的嘗試在此時是不負責、不道德與不專業的行為。國家應制定法令，防止任何人嘗試，無論在研究或臨床上

以體細胞核轉殖技術來複製小孩。但是這個法令應包含一個落日條款，以使國會在具體時間（三到五年）後，重新檢討這個法令是否繼續沿用。」

除了NBAC以外，世界衛生組織（WHO）、聯合國教科文組織（UNESCO）也都聲明認定複製人是「不道德的」。世界人類基因組及人權宣言（Universal Declaration on the Human Genome and Human Rights）第十一條指出：「複製人類等違反人性尊嚴的活動是不准許的」，1997年聯合國教科文組織的所有會員國均同意遵守，1998年聯合國所有會員國亦都簽署同意遵守。歐洲生物醫學及人權大會之委員會則宣告：「對人類進行複製為非法之行為」。日本文部科學省科學委員會之生命倫理委員會中的複製組，則於1999年11月建議立法禁止複製人。包括紐西蘭、以色列在內，一些國家已明令禁止複製人。

然而也有少數的聲音質疑對於複製人的禁止是否太快了，並認為在有限制的環境下複製人有可能帶來某些好處。考量到人類向來對無限疆界及自我能力極限探索的好奇心、複製人類及其器官可能帶來的福祉（或災禍）及廣大市場商機，的確很難令人相信因為有法令的禁止，複製人的實驗已經停止進行了。事實上，已有少數科學家宣稱，已著手進行人類複製，例如美國一家與教派組織「雷爾運動」（Raelian）有關的複製人公司「複製協助」（Clonaid）表示，一名罹患不治之症的五十九歲男士正尋求他們協助，以進行自我複製。義大利熱衷研究複製人的不孕症專家安蒂諾醫師，近日宣稱他已使用複製技術在阿拉伯聯合大公國成功地讓一名婦女懷孕八週，如果一切順利，今年底或明年初首位複製寶寶將在杜拜誕生。

複製科技的應用和人類基因體組織的複製宣言

體細胞核轉殖術的用途不僅僅限於複製動物和人類，根據複製的目的可以再分為：基礎研究、治療性複製及生殖性複製。基礎研究指的是藉SCNT和其他複製技術對人類和動物進行包括基因表現、老化及細胞「自殺」之研究等等，以探究無數的科學問題。治

療性複製指的是運用複製科技以製造像皮膚、神經、骨骼或肌肉等類的特殊細胞及組織，以供應治療性移植所需，這個過程自然也涉及幹細胞的培養與研究的問題。生殖性複製指的是運用體細胞核轉殖的技術，創造與成熟的人或動物一樣基因組合的複製人或動物。

這些不同的複製科技應用都有它的目的及可能帶來的人類福祉，然而它們是否都是倫理上可容許的？可以全面開放或必須全面禁止？還是可以有條件地容許某些應用？人類基因體組織（Human Genetic Organization, HUGO）之倫理委員會（HUGO Ethics Committee）在1999年3月發表了「複製宣言」：

動物的複製：動物複製和其他動物實驗一樣，都應該遵守動物福利的法則；它的目的應該要明確，施行的步驟也應合乎、通過倫理審查程序；同時應該考慮在生物多樣性方面可能帶來的影響。

人類的複製：（1）基礎研究：藉體細胞核轉殖術和其他複製技術對人類和動物進行基礎研究，都應獲得允許，以探究無數的科學問題。而這些基礎研究也應該遵守「基因研究行為規範宣言」中的倫理規定。

（2）治療性複製：如研究旨在運用複製科技製造像皮膚、神經或肌肉一類的特殊細胞及組織，以供應治療性移植所需，則應獲允許。（3）生殖性複製：假設複製人在技術上是可行的，但是由於人們對於「能由一既存個人之體細胞核所帶的基因來繁衍出另一個體」的可能性，仍感到相當不安；利用複製技術所造出的孩子可能活在「既存個人」的陰影下；複製人在親子關係與手足關係上可能產生衝擊；對於由成熟體細胞造出孩子可能產生的結果等，我們應該非常小心謹慎。

因此不該利用體細胞核轉殖術，試圖由既存個體複製出另一基因相同的個體。

但是若能確定一疾病為粒線體DNA、而非細胞核DNA出錯所引致，又若藉由體細胞核轉殖術能避免該疾病，我們可以允許這種做法。

反對人類複製的論點

反對人類複製科技的發展並指其為不倫理、不道



動物複製和其他動物實驗一樣需要遵守動物福利的法則。

德的理由主要如下：

- (1) 將人工具化，因此毀壞了人性尊嚴。世界衛生組織的秘書長Horoshi Nakajima博士曾表示，複製人將違背指導醫療協助生殖、尊重人性尊嚴及保護人類基因物質安全的基本原則。歐洲議會亦發表聲明指出，複製人由於將容許為了優生主義及種族主義的目的去創造人種，將嚴重違反基本人權及人類平等，因此侵犯了人性尊嚴。聯合國教科文組織指出，人類基因必須被當作人類共有的遺產來保存，人類是不應該在任何情況下被複製的。
- (2) 複製人由於未經兩性基因的重新組合，僅是一組基因的複製，將減少人類基因的多樣性，對全體人類不利。
- (3) 歐洲議會指出，「每個人應該對其本身之基因身分有權利」，這是附屬於每個人的個別性之上，人類的無性生殖將違反人們「擁有一個獨一無二、不被重複的基因組之權利」，並因此使複製人遭遇基因認同或基因身分的問題。
- (4) 人類對自己的未來或者說是對一個「開放的未來」應保有無知的權利，「複製人」生在「原型人」

之後，很容易因目睹原型人生活的種種、因而知道或相信他知道太多關於自己本身的事物。因為在這個世界上，已經存在著另一個在起始點上與他擁有相同基因的人，此人似乎已經在他之先過他的生活、決定他的命運，以致於使他無法自由地開創屬於自己的未來，甚至於對被複製人造成心理上的痛苦和傷害。例如，如果「原型人」是位傑出人士，那麼複製人將會承受過度的壓力，因為他必須達成如同「本尊」般高標準的成就和能力。

或者第一個或前幾個複製出來

的人，可能會受盛名所累，他的誕生與一舉一動都受到大眾的關注，造成特殊的心理傷害。這便是違反漢斯-喬納斯（Hans Jonas）所提出的「無知的權利」或喬-芬柏（Joel Feinberg）所提出的「擁有一個開放未來的權利」。

- (5) 複製人沒有雙親，而每個人都應該有權擁有父親及母親，甚至有權享有來自兩個個體之基因組合，因此複製人的基本人權受到危害。
- (6) 複製人將破壞家庭倫理，一旦複製人可行，女性可以複製自己、自行孕育，完全不需要精子配合及男女情愛關係，更不用談婚姻及家庭之維繫。另外，複製人單純為父方或母方遺傳的複製，並不同時具備父母雙方的特質，這個「孩子」將怎麼定義？以他的基因成分而言，複製人應該要算是原型人遲來的「雙胞胎」，而不是兒女，縱然年齡差距可大可小。理論上，複製人基因上的父母應該是原型人的父母而不是他的原型人或代理孕母。然而，為他懷胎十月的生母理所當然可以是複製人的媽媽，但這個生母卻也可能、可以是複製人基因上的雙胞胎胞姊。如果當初的代理孕母是原型人的媽媽來擔任，為原型人生下神似的胞

弟或胞妹（基因上的雙胞胎），那是否人倫關係之錯亂可以減少呢？

- (7) 複製人違反自然、扮演上帝。不經由男女正常受孕過程而生育下一代，反藉由無性生殖來拷貝人類，違背了自然法則，將導致什麼樣的後果無法想像。複製人的作為超越了上帝所賦予人類看管地球及其上生物的權限，違背了上帝對人類的計畫，其結果將是人類自取滅亡。
- (8) 複製技術若被野心家、獨裁者利用，則可能用在優生主義或人種改良的目的上，加深種族歧視，或遂行其侵略野心。複製人同時也可能被用作賺錢的商業用途，想像一個胚胎超市，販賣各種具備特殊能力、特質或偶像如麥可·喬丹、老虎伍茲、克勞蒂雪佛、松島菜菜子、水果奶奶、阿妹或馬英九的胚胎。複製技術也最有可能被有錢人掌握，為了長生不死，以複製技術為自己儲備器官（複製幾個自己但把他們弄成植物人養著，當這位「原型富人」需要心、肝、腎、肺等臟器時就不虞匱乏了），也可以用來培養超人子嗣。如此一來，社會正義及人性尊嚴必受到重大挑戰。
- (9) 複製程序會為複製人帶來不能接受的風險，無法滿足倫理上安全性和有效性的標準。以威穆特團隊的經驗而言，成功地複製出桃麗羊之前總共有276次的失敗。複製人過程中必然也可能會造成胚

胎的死亡、損傷或其他預料以外的差錯，如提早老化、癌症傾向、發育障礙或早夭。這些醫源性的傷害若發生在人類胚胎或嬰兒身上，是無法被接受的。

對反對人類複製論點的反駁

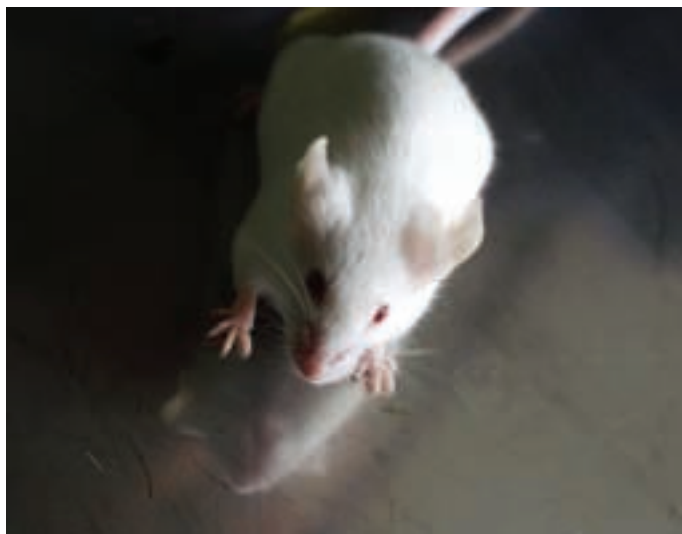
儘管「複製人」的想法受到種種反對，再加上許多科幻電影、小說誇張聳動的渲染，使得複製人聽起來、感覺起來就很不道德。但是，仔細分析上述的反對理由，則不難發現其概念含混或說理不足之處。

即使複製技術可行，真正複製創造出的人數比起全球人口必然僅是極少數，自然方法生育的每一個人都是新的基因組合，其增加的速度必然遠超過複製人的增長，因此複製人對於人類基因多樣性的影響非常有限。

此外，基因身分認同及基因權利的問題也顯得含糊，到底是誰的認同或權利受到威脅？我們只要思考一下自然界每二百七十次懷孕就有一次機會產生同卵雙胞胎現象，許多問題就有解答。同卵雙胞胎基因相似程度更勝於複製人與原型人間的程度，但經過後天環境及教養的影響，有的雖依然神似，但更多的雙胞胎則顯出彼此在個性、喜好、特質上的差異，我們從不會把他們當作是同一個個體，他們是個別獨立自主而特殊的人，也沒有基因認同或基因權利被侵犯的問題。

有些反對是基於一個不清楚的、錯誤的「基因決定論」假設，也就是一個人的基因完全決定了一個人會成為什麼人、從事什麼行為和達成什麼成就。但是，使得莫札特、愛因斯坦、甘地

成為偉人的原因，真的是因為他們的基因嗎？還是他們獨特的天賦加上他們成長的環境，以及他們在歷史上以不同的方式所掌握到的時機匯合而成的？即使我們能複製出擁有和他們相同基因的個人，我們也不可能透過複製或任何其他方式，去複製他們所處的環境或歷史脈絡。我們不知道先天性和後天的培育在他們的偉大成就上所占的比重有多少，但是我們確實知道在所有的情形中都要依賴這兩者的交互作用。因此，複製人



國科會亦有資助複製鼠的研究進行，預計明年將可以問世。

的技術不可能複製出那些如莫札特、愛因斯坦、甘地的偉大成就。同樣的，獨裁者想藉此技術創造出一個邪惡的帝國、或者宗教狂熱分子想複製他們的教主，恐怕會事倍功半，根本得不到他們想要的。

若說複製人生在原型人之後，原型人有些基因疾病後來發作了，複製人對自己將來會發生該病狀或對該「基因訊息」因而沒有保持無知的權利，或謂沒有基因隱私權，對他不公平，但是對於很多有家族性遺傳疾病的子女而言，他們也同樣無法擁有保持無知的天真。更何況這些基因資訊的獲得對於很多人來說，算是個好處，預先知道自己手上握有甚麼牌，可以先做打算，不見得對他們是不公平的。

也有學者主張使用複製人的生殖方法是屬於「生殖自由的權利」，生殖自由不只包括選擇不要生殖的權利，例如透過避孕和墮胎，更包括了生殖的權利、包含積極使用各種人工生殖技術，例如試管受精與卵細胞的捐贈等。而使用複製人技術進行生殖的權利是一種「消極的權利」，亦即是參與者出於自願而去使用協助生殖技術時，不應該被政府或其他人干預的權利。當某種生殖方法對某個特定個人而言，是使得他能夠生殖的「必要」方法時，允許使用此種生殖方法的理由是最強的。

因此，複製人技術最可能合乎倫理地被接納應用的時機，應該是「當它是唯一可行的方法，可以使不孕的夫婦擁有與他們基因相關的子女時」，也就是除非靠複製，他們不可能擁有與他們遺傳相連的小孩，而這樣的「基因相連」對很多社會的文化傳統都是意義重大的。在這種情況下，選擇複製才會有複製人並連帶產生他或她所能擁有的生命、自主、權利及利益問題；拒絕複製則是虛無、什麼都沒有。相較之下，對於這些未來複製族群而言，「存在」必須優先於其他任何條件，權利、尊嚴的計較似乎也必須在「存在」以後吧！

在傳統人倫家庭關係所將受到的衝擊方面，當代



複製人的技術不可能複製出那些如莫札特、愛因斯坦、甘地的偉大成就。

人工協助生殖及遺傳科技的進步，一方面造福了許多不孕的夫婦、男女，減少了遺傳疾病的發生，另一方面也帶來各種新奇的家庭關係。例如，南非有一位婦女出借子宮為生來無子宮的女兒生下外孫（還是兒子？），堅信傳統家庭制度的人或者會認為這多麼不倫不類；而能從其他角度考量的人則會覺得這是多麼溫馨圓滿，女兒生理上的生育缺憾，母親用愛為她彌補（高齡產婦十月懷胎很不容易），而一個新生命帶給一個家庭的滿足與希望是豐富的，旁人的批評責難也許就微不足道了。在過去，離婚的單親家庭常會受到社會的歧視，今日在某些社會，這樣的單親家庭已被視為正常。有些國家，同性戀者甚至可以合法地結婚、生育小孩；代理孕母在許多西方國家是法律許可的。

儘管哲學上我們常說「實然」不代表「應然」，但是理論上自由民主的社會，應該傾向保障、尊重公民最大的自由，只要這樣的自由不妨礙他人及社會整體的利益。複製科技必會帶來新的家庭倫理問題，但從1978年第一個試管嬰兒露易絲·布朗（Louise Joy Brown）誕生以來，人類的家庭及社會制度似乎一直有它的包容力，去適應新科技帶來的挑戰，試管嬰兒最初被視為離經叛道，今日卻已是稀鬆平常。畢竟家庭倫理制度關切的是在其中的人們的福祉，複製科技

的應用也不能違背這樣的關切。

至於違反自然、扮演上帝的疑慮，必須從釐清自然的定義談起，醫學與科學本質上就是人類了解自然、應用自然法則以介入自然的過程，要緊的是目的與結果會是什麼？人類是否能夠或樂於承受？複製技術如果成熟，將是一種強大有用的工具。任何工具都可能被善用或誤用，評價一個工具不能只拿它可能被誤用的情境去批評它，因而禁制了它被善用的原始目的與機會，妥善的立法規範管理似乎才是較理性的做法。也許有人會提出 slippery slope，就是說一旦複製人技術發展成功，必然會被誤用，進而產生無法挽回的重大災難，因此必須一開始就禁止。對於持此觀點者，恐怕要先提出證明。

最後回到複製人將人工具化、違反人性尊嚴的觀點，學者基本上訴諸康德有關人性尊嚴的觀念，其「定言律令」(categorical imperative) 要求：「個人(理性的存有)不能永遠只被當作一種手段，也應當作一種目的」。把人當作人看待、當作一種目的而非僅當作一種手段或工具是義務論倫理學的基本要求，用無性生殖的方式製造孩子，把孩子當作一種商品、物品、工具來操控或利用來取得組織或器官，當然是違背人性尊嚴的，但是自然生育的小孩也可能被如此對待，而經由無性生殖生下的小孩卻不必然會被如此對待(就如許多所謂試管嬰兒一樣)。複製出來的小孩，假使他的父母視他如至寶般地愛護，對待他如家庭的一分子，儘管複製人可能是拯救生命的一個手段(如提供救命的組織給原型人或親人)，卻並不會排除他被當作目的而受到愛護與珍視的可能性。



不經由男女正常受孕過程而生育下一代，反藉由無性生殖來拷貝人類，違背了自然法則，將導致什麼樣的後果無法想像。

然而人性尊嚴的觀念及此「定言律令」有關工具化的套用也並非沒有困難，例如為了傳宗接代、繼承祖業而生個兒子算不算把孩子工具化？因為魚水之歡而意外懷孕的小孩呢(小孩一開始就不是交歡男女的「目的」)？進行人工協助生殖、體外受精(In vitro fertilization, IVF)時總是會多製作幾個胚胎供植入之用，但不是全部都植入，那些沒有植入最後被棄置的胚胎是不是也被工具化了？別忘了他們也是人類胚胎哦！

雖然已有許多對「人類無性生殖」的道德譴責及法令禁止，但是正如日本的一個民間組織生命與生物思索團體(Life and Bio Thinking Group)在經過四次的討論後，於2000年7月所發表的複製聲明中表示的：「若將來複製人的技術穩定成熟，可作為人工生殖的技術，或許能為不想借助捐贈精子而想孕育自己血緣的不孕夫婦帶來一線生機。與會

人員對『此用法是否合乎道德』仍無共識。」

參與美國NBAC的生命倫理學者丹-布洛克(Dan Brock)，在評價了人類複製倫理議題的正反主張後做出以下的結論：「在倫理上對於複製人的正反立場，就目前來看是相抗衡的，我們並不確定是否存在著一個在倫理上具決定性的例子，能夠用來支持或反對複製人的實行。生殖自由的道德權利可以為複製人提供合理的途徑，但是目前顯示出，使用複製人能夠帶來重大好處的情形，是很稀少的，並且複製人也無法滿足主要的、或急迫的個人或社會需求。另一方面，複製人似乎沒有危害道德權利，但它的確有著使個人或社會遭受重大傷害的風險，雖然大部分的傷害是基於一般大眾關於基因決定論、身分和複製人會造成哪些影響的困惑。由於大部分反對複製人的道德理由仍然

是假設性的，所以目前這些理由並不足以作為在法律上完全禁止研究或施行複製人的充分理由。然而，對於複製人的使用和影響所做的道德考量，指出了我們需要對複製人發展的研究做謹慎的公共監督，同時也需在複製技術使用於人類之前，進行更廣泛的公共辯論和評估。」

我們回顧本文開始所提出的案例，如果有朝一日「人類無性生殖技術」已經成熟、安全、可行，可以幫助絕望的陳先生夫婦擁有一個與小雲神似的「雙胞胎」妹妹、帶給歷劫餘生的葉先生夫婦血緣相連的兒女，我們不禁要問：「基於什麼道德理由，我們必須禁止他們使用這個科技？」上述反對人類複製的理由夠強烈、夠充分嗎？

每一種新醫療科技的發展都是為了可能會嘉惠某一群不幸的病患，但同時也會對社會帶來不同程度的衝擊，基因科技的發展更是可能影響深遠，不可不慎。然而討論基因科技相關的倫理、法律、社會意涵時，僅訴諸直覺、個人喜好、社會傳統是不可靠的，冷靜理性的思辯是基本的要求，必須秉持批判思考的態度並避免囫圇吞棗。人們渴望建立家庭並擁有與自己基因相連的、健康的子女是正當、合理的企盼，當醫療科

技的進展能為這一群不幸的人帶來希望時，我們必須有適當、嚴肅而沉重的理由方能對他們說「不」。

深度閱讀資料

蔡甫昌 (2000), 從轉殖豬談複製人, 台灣醫學會會訊, 19, 2-7.

Harris, J. (1997) Goodbye Dolly?. The ethics of human cloning, *Journal of Medical Ethics*, 23, 353-360.

Brock, D. (1997) Cloning Human Being-An Assessment of Ethical Issues Pro and Con, Commission Paper, National Bioethics Advisory Committee. (<http://bioethics.georgetown.edu/nbac/pubs/cloning2/cc5.pdf>)

HUGO Ethics Committee (1999) Statement on cloning, *Eubios Journal of Asian and International Bioethics*, 9, 70.

蔡甫昌
台大醫學院

科技消息

位於芝加哥西郊的美國阿岡國家實驗室，最近與國家衛生研究院簽署合作協議，進行蛋白質結構學研究，這項研究將由國衛院一般醫學研究所及癌症研究所執行。預定在阿岡國家實驗室質子加速器興建三條光源，用於研究結構基因體學，利用質子加速器強大光源了解蛋白質傳遞如何影響癌症，此項研究將有助於揭開蛋白質結構及其他分子之謎。阿岡國家實驗室內同步輻射加速器提供強大的X光光源，有助於進行結構生物學研究，從而揭開人類健康及疾病之奧秘。新的同步輻射光源將可用於癌症、免疫學、病毒學及生化、細胞生物學、分子生物學及生物物理學等五項研究。阿岡國家實驗室為美國第一座也是目前最大的國家實驗室，現由芝加哥大學管理運作，新的光源將於三年內完成。（駐芝加哥科學組提供）

朗訊公司 (Lucent) 旗下的研發部門 貝爾實驗室，日前成功開發出剖視半導體的方法，能在矽晶中呈現單一雜質原子。這項突破發展有助於科學家了解雜質原子如何影響半導體的材質。（駐芝加哥科學組提供）