

篇名：

**複製動物的隱憂**

作者：

林葆妮。台中縣私立立人高級中學。高二 13 班

鍾月榕。台中縣私立立人高級中學。高二 2 班

林蓁璿。台中縣私立立人高級中學。高二 2 班

指導老師：賀金生老師

## 壹●前言

「你願意複製自己嗎？」當被問到這問題時，除了開始思考「複製」是什麼樣的一個技術之外，也開始有了「可行嗎？」、「這麼作合法嗎？」、「複製成功的『我』，從裡到外都跟我一模一樣、分毫不差嗎？」……等之類的問題，然而，這些諸如此類的問題並沒有一個明確的解答。每個人的想法都不一樣，尤其是對於「道德的標準」。

德國生物學家、胚胎學家漢斯·施佩曼（**Hans Spemann**）（圖一）於1938年提出「奇異實驗」的構想。他開創了細胞核移植技術的研究——複製技術中最關鍵的一環，堪稱「複製之父」。（註一）



圖一：漢斯·施佩曼

（出處：<http://www.nobelpreis.org/traditional-chinese/medizin/spemann.htm>）

由於一項成功的實驗而使得複製技術發揚光大，並成為社會上的熱門話題，那就是由蘇格蘭科學家威爾穆特博士、坎貝爾（**Keith Campbell**）以及羅斯林研究院（**Roslin Institute**）的研究隊伍，在1996年的實驗研究成果——「複製羊桃莉（**Dolly**）」（註二）。桃莉由一只年長母羊的乳腺細胞培養複製而成的。但在人們為了這項成功的結果感到欣喜之際，許多憂慮與爭執也跟著油然而生。

以下，我們將更進一步的探討並於「技術的發展與應用」和「道德倫理」之中找出一個平衡點。

## 貳●正文

### 一、複製的演進

#### 1、1885 Weismann' s 的理論：

**Freiberg** 大學的一位動物學與解剖學教授**August Weismann** 提出一個理論，表示細胞的遺傳訊息會隨著細胞的分裂而減少。**Weismann** 的推論解釋了為何有機體的所有細胞均來自同一受精卵，最後卻會發育成具有特化功能的不同細胞。

## 2、1902 Spemann 分離胚胎：

德國胚胎學家Hans Spemann 將二細胞期的蝾螈胚胎細胞分開，其後每個細胞均長成蝾螈的成體，證明了早期的蝾螈細胞確實攜帶了能夠長成完整有機體的所有遺傳訊息。這些結果也再次推翻了1885年Weismann's的假說，他認為每個細胞所攜帶的遺傳訊息數量會隨著每次細胞分裂而逐漸減少。

Spemann 重複了自己的實驗，試著將多細胞的胚胎分離，但結果並不像其最初的實驗一般，被分離出的胚胎細胞中，只有半數能夠生長成功。由此發現，Spemann 做出了結論，即在某一時期，胚胎即已決定其細胞的特化方向，他稱之為決定期(determination)。依據他的發現，也只有在這個時期之前，胚胎中被分離出的細胞才能夠長成完整且獨立的個體。

## 3、1902 Sutton 在染色體上的成就：

同年，Walter Sutton 發表了論文「On the Morphology of the Chromosome Group in *Brachyotola magna*」，其中他建立了「染色體攜帶了細胞的遺傳單位，在細胞核內以明確配對發生作用；性細胞分裂時，染色體的行為乃以虛德爾遺傳定律為基礎。」的假說。Sutton 的發現是他在蚱蜢細胞研究所得的結果。1903年，Sutton 發表了「The Chromosomes in Heredity」，其中描述了染色體含有基因，且染色體在減數分裂時的行為是隨機的。這些概念形成了後來「染色體遺傳理論」的基礎，並且證明了這是人類對基因學瞭解上的一重要里程碑。

## 4、1928 Spemann 的細胞核轉移：

Spemann 將蝾螈細胞核置入另一無核的細胞中，而這個細胞發育成正常的個體。這個實驗證明早期胚胎的細胞核能夠完全引導一細胞發育成完整的蝾螈個體。Spemann 可以說創造了第一個複製生物。1938年他又提出複製的構想，此實驗下一個合理之複製生物的步驟，即是將已分化細胞的細胞核萃取出，置於去核的受精卵中。然而，Spemann 至臨終前都未能提出這些實驗在技術上可行的辦法。

## 5、1944 Avery 定位了細胞的基因訊息：

Oswald Avery 定位出細胞的基因訊息是攜帶於核酸DNA中，並非細胞的蛋白質中，推翻了當時一般大眾錯誤的推測。這些基因成分經他分析後，確定為DNA也奠定了後人廣泛研究DNA的基礎。

## 6、1952 美國生物學家布里格斯 (Robert Birggs) 與金 (Thoms J. King) 複製蝌蚪：

Robert Birggs 與Thoms J. King 發明了用玻璃吸管把一個發育後期的蛙胚胎細胞核取出，植入另一蛙卵中進行複製的技術，可惜未獲成功。他們發現，隨著胚胎的發育，要成功的複製出蝌蚪也越困難。自己分化細胞複製出的蝌蚪雖然有少數存活，但卻都有缺陷。這些結果使他們相信，基因的潛力隨著細胞的分化而逐漸消失，也因此要從成體細胞複製出生物是不可能的。

#### 7、1955 DNA 結構的發現：

Crick 與Watson 利用之前科學家的研究結果幫助自己決定DNA 的結構。當時已經知道DNA 是由核苷酸構成，而核苷酸又是由醣、磷酸、與四個鹼基中(Adenine, Guanine, Thymine, 與Cytosine)的其中之一所共同組成。另外，當時也已經知道每個DNA 分子有相同數目的adenine 與thymine，也有相同數量的guanine 與cytosine。Maurice Wilkins 與 Rosalin Franklin 的X-ray 繞射實驗顯示DNA 分子的形狀是由兩股彎曲鍊所構成；於是他們兩人利用了以上所得的所有資訊，進行3D 結構的模擬，終於讓他們發現了DNA 的正確結構。

#### 8、1958 F.E. Steward 種植紅蘿蔔：

工作於康乃爾大學細胞生理、生長與發育實驗室的生物學家 F. E. Steward成功地種植了一株來自於另一株已充分分化的紅蘿蔔根細胞的紅蘿蔔。他的發現讓當時的科學家大感意外，因為那時大家公認已分化的細胞不會分裂且發育成完整的有機體。在Robert Briggs 與 Thomas J. King 及其他科學相繼失敗之後，Steward 的結果又使科學家們相信，要從已分化細胞複製出生物來並非是不可能的事。

#### 9、1964 Haldane 正式使用「1965 clone」1966 這個字：

英國生物學家 J. B. S. Haldane 才在他的演說「Biological Possibilities for the Human Species of the Next Ten-Thousand Years.」中正式將這樣的實驗行為命名為「cloning」。

10、1970年英國生物學家格登(J.Gurdon)用同樣的方法，首次實現了施佩曼的「奇異實驗」。青蛙卵發育成了小蝌蚪，但不幸的是，這隻小蝌蚪在進食後不久便死了。

11、1973年美國生物學家伯格(Bergh)將兩種來源的DNA片段合成新的雜種分子，宣告遺傳工程誕生。但他本人對這項技術的應用深感憂慮，第二年，他便聯合一些科學家要求立法規範DNA重組實驗。

#### 12、1977 單親老鼠：

德國生物發育學家 Karl Illmensee 與Peter Hoppe 在緬因州的Jackson 實驗室創造了單親老鼠，他們成功地養出了從一隻公鼠繁衍出的老鼠與從一隻母鼠繁衍出的老鼠。受精卵只帶有父方或母方的基因。

13、1978年7月25日深夜11時47分，世界上第一力試管嬰兒在英國奧德姆地區綜合醫院呱呱墜地。這位名叫路易絲的嬰兒來到人間時，體重2608.2克，非常健康可愛。全世界的報刊都以醒目標題歡迎她的降臨，說這是醫學史上的一大奇蹟。美國《時代》週刊甚至認為這是「基督降生以來最令人急切期待的一次分娩」。反對的聲音主要來自宗教界和醫學界，前者反對任何人工輔助生育和生育控制，後者則主要擔心優生問題，但一年後

都偃旗息鼓了。

14、1979年，英國劍橋大學的維拉德森，首次採用胚胎分割技術將已分化至8個細胞的綿羊胚胎一分為四，分別培育出4隻小羊。《今日美國》9月號迅速發表評論：〈複製技術：承諾與威脅〉。

15、1983 Solter 與McGrath 的失敗：

Davor Solter 與David McGrath 嘗試用自己的核轉移方法複製老鼠，以確定是否當細胞特化後，DNA 也隨之特化。他們兩人用二細胞期老鼠胚胎的一個核，取代了被Sendai 病毒鍵結的鼠卵細胞，而這個被取代的細胞在數次分裂後即死亡。所以他們在1984 年發表的論文中，他們認為生物科技無法用核轉移達到複製的目的。

16、1985 Willadsen 複製哺乳類：

丹麥科學家 Steen Willadsen 成功地從羊胚胎完成複製，這是第一個受肯定的哺乳動物核轉移複製實驗。Willadsen 發現，使用未受精的卵細胞更容易讓細胞本身認為自己已受精，進而誘發它發育。在他的實驗中，有兩隻羊出生時即已死亡，另一隻則為成爲第一隻被複製的哺乳動物。1987 Steen Willadsen 爲Grenada Genetics 生物科技公司，複製上等的得獎乳牛，而這些用分化一週的胚胎所複製成的乳牛也證明了「已特化的細胞確實能夠被帶回原始狀態」。雖然Willadsen從未正式發表這項成就，但這個技術給了Ian Wilmut 用成體細胞來複製動物的啓發，也造就了1996年的桃莉羊。

17、1988 第二種複製牛：

威斯康辛大學的 Neal First、Randal Prather 與Willard Eyestone 在這年從早期的胚胎成功做出複製牛。雖然他們的成果較晚展現，但其實計畫的提出幾乎與Willadsen 同時。

18、截至1990年，全世界的試管嬰兒已有近1萬名。這項先進技術無疑爲複製生命和複製人解決一大難題。在小路易絲出生前一個月，美國《基督教科學箴言報》登載文章〈複製技術：甚麼是人？〉，憂心忡忡地指出，試管人是複製人的前奏曲。

19、1993年10月，在加拿大蒙特婁召開的世界生育科學會議上，美國華盛頓大學的傑里·豪（Jelley How）宣佈，他們利用被遺棄的人體胚胎進行發育實驗，胚胎在體外存活了一段時間。消息一出，舉世嘩然。僅在第二天，華盛頓大學就接到250通譴責電話，有人指責這將導致販賣複製嬰兒的市場出現。法國總統密特朗說：「我感到毛骨悚然。」迫於輿論壓力，這項實驗只得停止。

20、1994年，弗斯特（N.First）第一次用分化至120個細胞的晚期胚胎培育成功4頭複製



牛。其中的關鍵技術，竟得益於一次錯誤操作帶來的機遇：由於研究人員忘了及時餵食，胚胎因飢餓而進入休眠狀態，想不到反而活化遺傳基因。1994年9月，美國生殖倫理學委員會發表題為《透過胚胎分裂的人類複製技術》的長篇報告，對弗斯特的複製牛技術有可能用於複製人而深表不安。（註一）

#### 21、1995 桃莉羊的先驅：

蘇格蘭 Roslin 機構的 Ian Wilmut 與 Keith Campbell 在這年成功地自己分化胚胎複製了兩隻羊，分別叫做 Megan 與 Morag。這個複製羊的概念來自於 Ian Wilmut 對於基因插入計畫的研究結果。在當時，將基因插入胚胎細胞是一項艱鉅與繁瑣的過程，很少有細胞能夠存活下來，更少有人能將基因插入遺傳密碼（genetic code）中，當然也就更少有機體能夠運用其細胞內的所有基因安然地發育。他知道較老的細胞較容易在實驗室中被操作，如果從已分化細胞從事複製是可能的，那麼他便能夠在實驗室內操控這些已分化的細胞，並且複製出無限個胚胎。於是1990年他與細胞週期生物學家 Keith Campbell 開始從事複製研究。

他們認為進行核轉移實驗時，已分化的胚胎與卵細胞的細胞週期必須被同步化，否則做出的複製胚胎會失敗，因此他們在細胞複製時也進行了一系列的檢查步驟。Campbell 也相信卵細胞在受精後會進入G0階段，將兩組DNA整合，所以他認為這個用來做材料的已分化胚胎細胞也應該要處於G0階段。為了解決這個問題，他想出了一個聰明的方法，讓細胞處於飢餓狀態，進而進入G0階段。

同化細胞週期後，他們兩人使用電流將已分化胚胎與去核的卵細胞融合，成功地做出了兩隻山綿羊。

#### 22、1997 桃莉羊誕生：



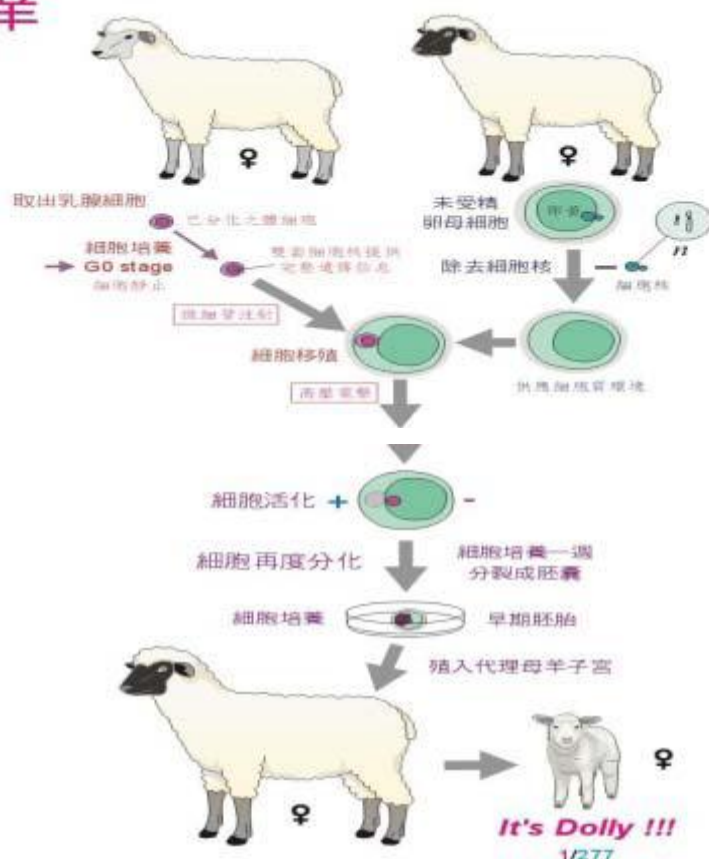
（出處：[http://www.cgu.edu.tw/GE/nature\\_plan/biology/class/B3-4.pdf](http://www.cgu.edu.tw/GE/nature_plan/biology/class/B3-4.pdf)）

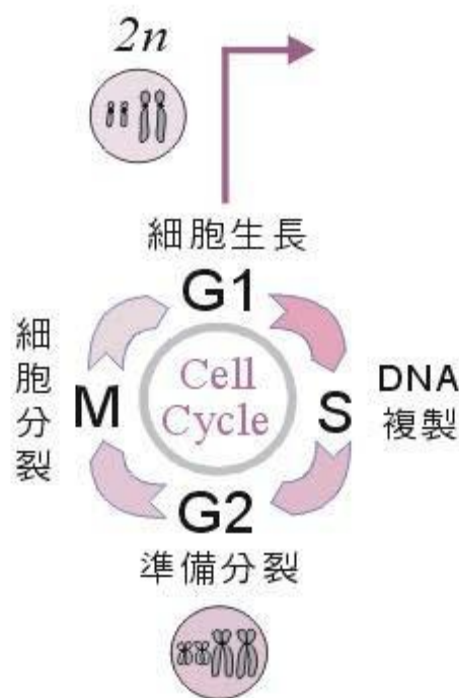
七月，根據第一隻複製自成體細胞的複製羊 Dolly 之模式，Ian Wilmut 與 Keith Campbell 創造了桃莉羊，複製培養於實驗室內的上皮細胞，也帶有部分的人類基因，因此它的誕

生意謂著將複製技術應用於產品製造方面，已經踏出了成功的第一步。大部分的科學家認為複製動物最有利的應用，應該在於製造出對人類有用的蛋白質或器官，而桃莉羊誕生正是讓科學界感嘆科技進步神速的地方。自桃莉（Dolly）的誕生被揭露以來，引起了全球一連串的震驚與不安：兩個禮拜內，世界衛生組織（WHO）就首先發表聲明反對人類的複製、世界經濟高峰會上，柯林頓為首的八國領袖破天荒的達成反對的決議複製人、天主教教宗約見魏爾米特（Ian Wilmut）表達強烈關切、聯合國教科文組織（UNESCO）草擬禁止複製人的宣言……自複製技術成功以來，反對的聲浪一直大過給予的掌聲。1998年四月，桃莉順利產下自己的小孩，取名為邦妮（Bonnie），但是，桃莉並非從此就過著幸福快樂的生活。2002年一月初，Ian Wilmut 教授承認，僅僅五歲的桃莉確實罹患了關節炎，然而，這是因為複製過程中產生基因傷害所造成，還是僅僅是巧合呢？Ian Wilmut 教授認為仍有待更深入的探討。不過愈來愈多的科學家陸續發現，在其他的複製動物身上有未老先衰的現象發生。

不幸地，2003年二月十四日，羅斯林研究所所長 Harry Griffin 博士表示，由於在桃莉身上發現嚴重肺部感染跡象，因此已於當天對牠處以安樂死，桃莉享年六歲。Harry Griffin 博士進一步指出，綿羊通常能活 11-12 歲，而肺部感染對於高齡綿羊而言，是一種很典型的疾病。Ian Wilmut 教授也認為，目前生命複製技術仍十分不成熟，仍需更多的努力。羅斯林研究所的研究人員將對桃莉作更仔細的檢查，進而尋找出複製技術中所暗藏的潛在危機。未來，桃莉將被製作成標本後，存放於蘇格蘭國家博物館。

## 複製羊





(註三)

## 二、歐洲的法律規範

### 1、歐洲生物倫理公約的簽訂：

1997 年 11 月聯合國教科文組織 (UNESCO) 還是通過「世界人類基因組暨人權宣言 (UNIVERSAL DECLARATION ON THE HUMAN GENOME AND HUMAN RIGHTS; ALLGEMEINE ERKLÄRUNG ÜBER DAS MENSCHLICHE GENOM UND MENSCHENRECHTE)」，宣言第一條明言：「人類基因組為所有人類社會成員根本結合，以及承認個個成員內在價值與發展的基礎。它並具有人類遺產 (the heritage of humanity, Erbe der Menschheit) 的象徵意義」，已經點出人類基因組的基本價值所在。不過該聲明只有原則宣示的作用，頂多使各國立法者在訂立一個學術或社會的倫理方針時，可以做為指引的標準，其重要性並不如在法律上具拘束效力並經各國批准的公約。

### 2、歐洲生物倫理公約的問題點：

#### A、公約簽訂的必要性：

在公約簽署之前，生物醫學的研究其實並非完全處於無規範的化外之境。至少在國際法上早有世界醫師聯盟聲明，如同此公約一般，主要的客體是針對人類的醫學與研究問題。此外還有像是 1995 年里斯本關於病患權利的修正聲明，以及 1996 年赫爾辛基關於人類生物醫學研究的修正聲明亦屬之。然而，這樣的擔憂實屬多餘。因為歐洲生物倫理公約乃是國際法上的條約，對簽約國而言，其有義務經公約的規範轉換為內國直



接有拘束性的法。對公約批准國而言，公約在內國具有直接的法律效力。至少在德國，公約可以與其他專業領域中已經存在的法規，例如藥劑法、醫療產品法、器官移植法與胚胎保護法等同視之。相反地，關於世界醫師聯盟的聲明就不像公約法律的那麼具有強大的拘束效力，那僅是醫師團體的自律規範。前述諸多聲明直接規範了病患的權利與保障，事實上已經對於醫師以外的第三人發生外部效力。同時公約的制訂，對於社會以及社會秩序亦具有相當之意義。

#### B、歐洲生物倫理公約內容的欠缺明確：

既然公約之訂定有其必要，為何會員國的簽署或批准的態度並不積極？尤其例如德國對於公約的參與如此保守？事實上，歐洲生物倫理公約僅僅宣示一個最低的保護標準，它並不排斥會員國在內國法中提供一個更嚴謹的規範秩序，原有已有較嚴謹的規範並不因公約生效而受影響。

公約雖然一方面要求充分的對於胚胎加以保護，但是另一方面卻事實上有條件地允許胚胎的研究，1995年11月草案則採三案並呈方式：1.允許試管中與母體中的胚胎研究，但必須在內國適用前生命階段之既有與文化的價值基礎上始得為之、2.禁止研究目的的胚胎製造、3.允許試管與母體中的胚胎研究，但是法規必須確保胚胎的適當保護。公約目前的規範現然僅擷取1995年草案中的單一選擇性，對於像英國這樣原本就不嚴格禁止胚胎研究的國家（英國實務上同意生殖細胞分裂後十四天內的胚胎研究），事實上也並沒有太多作用。德國醫界雖然現在被嚴格禁止，但是將來卻有可能使用其他國家研究所得的成果。公約鬆散的規定，對於人類胚胎形成的介入未予嚴格限制，更令宗教界無法去除因為公約訂定而有允許優生（Eugenik）與人類生殖操作的疑慮。

目前透過簽署議定書形式補充規範的，主要有1998年1月12日關於禁止人類生命複製的附加議定書；不過簽署附加議定書的形式也並非全無問題。因此造成像德國雖願意簽署禁止人類生命複製的附加議定書，但卻因未簽署公約，而不得其門而入的窘態。

#### C、歐洲生物倫理公約與人類胚胎幹細胞研究：

與胚胎研究關係緊密的幹細胞研究，近來已經成為人類許多不治或難癒疾病的期待。其發展潛力，已見之於黃敏銓於本期所載之專業論述。而關於幹細胞來源的問題，根據該文所述，除取自成人體系胞外（較無倫理爭議性，但是發展性以及量上均極有限），可能源自：1.人類流產胎兒、2.人工受精的人類胚胎 - 不孕症治療剩餘的胚胎、3. 人工受精的人類胚胎 - 為研究目的所創造的胚胎、4. 細胞核轉殖所創造的人類胚胎、5. 細胞核轉殖所創造的人類 - 動物混合胚胎。目前世界各國對於這個領域的規範可說是微乎其微。

#### D、「實驗立法」的可行性？

「實驗法律」在生命技術的領域是否也同樣適合運用？德國聯邦憲法法院及部份學者對於涉及人類生命或人性尊嚴的領域（主要是針對墮胎問題），基本上反對「實驗立法」，並認為這是屬於「實驗不適之領域（**Experimentierfeindlichkeit von Sachbereichen**）」。聯邦憲法法院的論據在於以下的區分。司法者在此區分為使政策實行符合標準的技術性「情況法」以及作為社會倫理基礎並且使之成為永續地公共生活特徵的「繼續法」。在墮胎的問題上，聯邦憲法法院反對「實驗立法」，因為法律必須做為人類行為倫理價值評價的永續性表現。但是，在幹細胞的研究上，如果並不是完全對於「未知」在作規範，是否也同樣絕對禁止採用「實驗立法」的形式，則有必要再作進一步討論。

E、「人權暨生物醫學公約」：

我們可單單從其前言中就可看出歐盟對於複製技術倫理所制定的法律制度是相當完善地，部分內容如下：

a、聯合國大會 1948 年 12 月 10 日簽署之「世界人權宣言（the Universal Declaration of Human Rights; Allgemeine Erklärung der Menschenrechte）」；

b、1950 年 11 月 4 日簽署之「人權與基本自由保護公約（Konvention zum Schutze der Menschenrechte und Grundfreiheiten）」；

c、考慮歐洲理事會的目標在於致力各會員國間之緊密結合；其中一個達成此目的的手段在於人權與基本自由之保障暨持續發展；

d、意識到生物學與醫學的飛速發展；

e、確信重視人的生命在個體上以及作為整體人之一部的重要性；同時承認保障人之尊嚴的重要；

f、意識到生物學與醫學的濫用可能導致人性尊嚴的危害；

g、確認生物學與醫學的發展應在於增進現今與未來世代之福祉；

h、強調國際合作排除人作為生物學與醫學之用的重要性；

i、承認獎助有關生物學與醫學應用之問題暨其解答之公開討論的意義；

j、期望能引起社會成員對其權利與責任的注意；

k、注意歐洲議會在此領域的成果，包括 1991 年關於草擬生物倫理公約的 1160 號建議；

l、決定在生物學與醫學的應用中保障人性尊嚴以及人的基本權利與基本自由。

（註四）

### 三、生物倫理學：

倫理學提供方法來使我們衡量道德的價值，研究其所遵循的邏輯、原則和基礎，這也是我們必須了解的。

研究生物學就代表行動，就對生命有所干預。舉例來說，科學家已經可以利用一些方式，讓人體的器官在實驗室中製造出來，並使器官於老鼠的背上生長地更完全。過程首先是製造可自然代謝分解的支架，再來使組織細胞在這種特殊的人工支架上生長，經過一段

時間的培養後，想要的組織就會慢慢地成形。



#### 利用老鼠的組織再生的器官實驗

(出處：<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1405121807771>)

這技術雖然對於組織器官受損的病患有幫助，但是對於老鼠的健康狀況無非有一定程度的影響。

人類的生存條件就包括了改變大自然，利用大自然以及改變現有的生態平衡。生物倫理學必須將此先決條件納入考量，才有可能實現。針對生物科技的倫理學，其任務在於在此既定的條件做正確的事，不做錯誤的事。

(註五)

#### 參●結論

綜合以上資料，我們可以知道「複製」是一個非常吸引人的、「尚未準備完成的」技術，我們認為其前途可以說是「無可限量」，但是對於技術的應用尚存在著非常大的爭議，我們同時認為「複製技術」是必須要被理性的訂定有強大約束力的「世界公約」。不管是任何科技技術的使用，必定都要先將其本質設定在「理性」、「合理」、「合法」、和「道德」上，然而最大的問題也因此產生了：

- 一、每個人都有一個「獨立」的頭腦——思想觀念的不同
- 二、個體生長環境的差異性——道德觀念的不同
- 三、對於「理性」和「對錯、好壞」的界定不同

因此，我們認為最好的方法就是不分國籍種族等任何差異的，每個人對各自國家政府提出自己的看法，再由政府統計彙整資料並由全世界召開世界會議，已訂定出大家所接受的複製技術的使用規範，並訂定出世界公約。

#### 肆●引註資料

(註一) 李嘯虎。20 世紀未了的科學之爭。(台灣：世茂出版社，2003 年)。頁 35 - 37

(註二)《專欄》張文光。智慧新世界(二)。<http://www.bridge.org.my/gospel/1-13.htm>。(檢索日期 2009/10/15)

(註三) 生命複製。[http://www.cgu.edu.tw/GE/nature\\_plan/biology/class/B3-4.pdf](http://www.cgu.edu.tw/GE/nature_plan/biology/class/B3-4.pdf)。(檢索日期 2009/10/15)

(註四) 程明修。歐洲「關於生物暨醫學應用之人權與人性尊嚴保護公約：人權暨

生物醫學公約」簡介。[http://www.geocities.com/issue5\\_ms/cherng-p26](http://www.geocities.com/issue5_ms/cherng-p26)。(檢索日期 2009/10/22)

(註五) 萊哈德·任能博 (Reinhard Rennenberg)、顏斯·賴希 (Jens Reich)。複製一個我 – 從啤酒、番茄到桃麗羊，所有你該知道的生物科技。頁 278 – 280