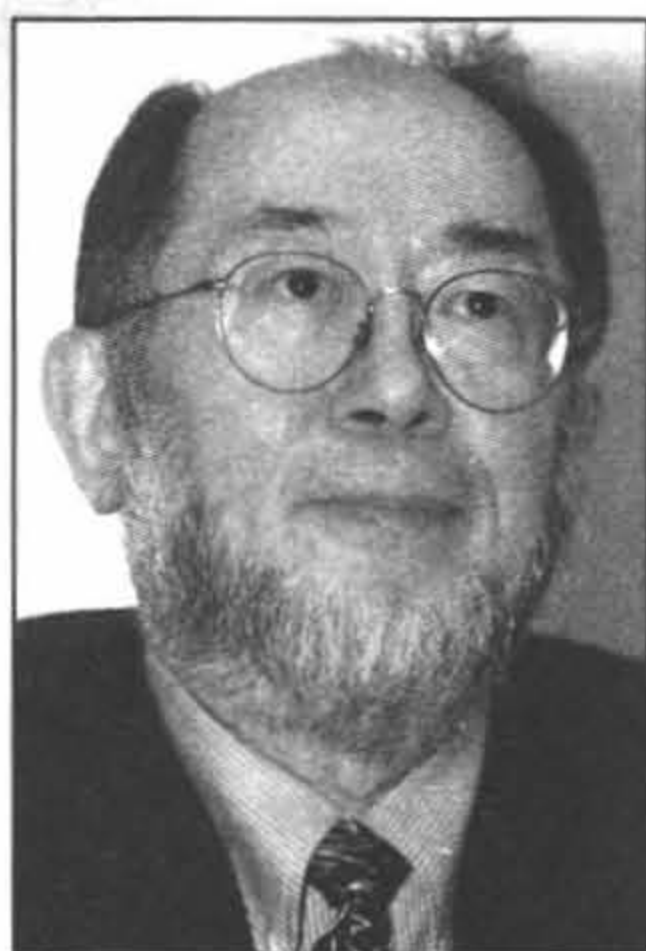


9-基因 基因 天書猶待尋問取



黃秉乾

▶ 美國俄亥俄州立大學博士、美國加州理工學院研究員

現任 中央研究院院士、
美國約翰霍普金斯大學生物化學及分子生物系教授

專業領域 分子遺傳學、生物化學、生物物理

代表著作

Tseng C, Hui C, Shen S & Huang PC (1992) The complete nucleotide sequence of the *Crossostoma lacustre* mitochondrial genome: conversion and variation among vertebrates. *Nucleic Acids Res.* 20:4853-4858.

Hsieh HM, Liu WK & Huang PC (1995) A novel stress-inducible metallothionein-like gene from rice. *Plant Mol. Biol.* 28:381-389.

Chang CC & Huang PC (1998) Cysteine contributions to metal binding preference for Zn/Cd in the beta-domain of metallothionein. *Protein Engineering* 11:41-46.

Pan PKY, Zheng ZF, Lyu PC & Huang PC (1999) Why reversing the sequence of the alpha-domain of human metallothionein-2 does not change its metal-binding and folding characteristics. *Eur. J. Biochemistry* 266: 1-8.

Huang PC (2000) The integrative nature of Biochemistry. *Biochemical Education* 27:64-70

重要經歷

英國劍橋分子生物研究室山奈實驗室訪問學者

清華大學生命科學院教授，系主任，創院院長

美國國科會分子生物化學及分子生物物理學門召集人

美國國家衛生院基因體研究評審小組召集人

引言人

余範英 執行長：

諸位老朋友、新朋友，還有許多從第一場演講就開始參與、每場不缺席的朋友們，我今天非常榮幸來介紹黃秉乾院士為諸位做這場演講。在這之前，我想提一下我跟黃院士認識的經過，有很多事情就是這樣，一剎那的時間就成就了一個機緣。



▲黃秉乾院士打開了「潘朵拉的盒子」的兩種說法，希望大家以較正面的角度來接受它的意涵。（王英豪攝）



大約5年前，當時的社會氣氛也如同現在一樣吵吵鬧鬧、動盪不安，中國時報當時的總編輯黃肇松、現任總編輯林聖芬和我，我們3個人找了3位先生，想談談所謂的第六倫，以及我們社會該重視哪些倫理價值。我們邀請的3位先生分別是中央大學校長劉兆漢、清華大學教授沈君山和黃秉乾院士，黃院士是由前兩位先生極力推薦邀請。

當時黃院士帶給我們最大的震撼，就是我們還不知道未來科學會對我們的生活帶來衝擊，黃院士談到這個問題時，在座的我們，包括上知天文、下知地理、無所不知的沈君山教授也非常惶然。針對基因科技對社會的衝擊，國科會和時報文教基金會結合不同學科、不同研究領域的專家，以接納和「陪它走一段路」的態度，嘗試要翻開這本天書。但我想今天是不會有結論的，因為我們對這本書的了解還太粗淺。

黃院士今天的演講題目是「基因，基因，天書猶待尋問取」。黃院士長年旅居國外，有30多年是在約翰霍普金斯大學從事研究，他和夫人周汝吉院士都是生物分子學的專家，在世界上佔有舉足輕重的地位。今天有很多年輕朋友來聽演講，我們非常高興見到你們尚在求學階段時，就能夠接觸到真正的大師，並由他為各位引進門。



▲黃秉乾（右）與夫人周汝吉（左）皆為中央研究院院士，也是著名的美國約翰霍普金斯大學生化暨分子生物系教授。



黃秉乾 院士

今天的演講是從生物科學資訊的角度來談基因，演講一開始，我會為各位介紹一片CD，然後再做大約50分鐘的討論，讓諸位看看現在的資訊進展到什麼地步，我們該怎麼樣去利用這些已有的、公開的、很即時的新知識。我想，當我們談基因科技的倫理或隱憂時，如果能多知道一點再談，那會更有意義。

生物資訊 提供對話基礎

國科會人文處和時報文教基金會今年舉辦的人文與科學講座「集合了台灣頂尖的學者」以「打開潘朵拉的盒子？— 基因科技的人文議題」為主題，舉行了4場演講，每場演講之後又各有一場討論。所涵蓋的題目包括了動植物基因改造，人類價值和自然世界，人類基因組解密後的倫理問題，以及基因治療帶來的新希望和人文隱憂，每個人都有獨到的高見，立論又多中肯，對人文社會的關懷，洋溢於言，至深感佩。

由這些討論中，可以看出若干的共識和交集。體認到科學和人文有更進一步加強對話和合作的必要，讓相互間的無知，成為互動的智慧。大家所談的：人類價值，社會正義，希望和隱憂，權利和義務，的確是學科

學，從事科學者應該有文化的修養和對社會的責任感。

今天，我想試從生物資訊的角度來探討基因科技對社會的衝擊：

生物資訊在科技人文對話中可以扮演的角色。

生物資訊在生物科技發展中已有和潛在的貢獻。

生物資訊在倫理和法律的互動。

諸位也許都知道生物的基因密碼，由4種核苷酸經不同的排列順序組合而成。每一個人體細胞含有3.4億個核苷酸單元分布在24對染色體之中。令人興奮的是，這些核苷酸排列的定序工作經兩大團隊多年來的努力，（其一Celera由私人斥資獨立投入，另者由美國國家衛生院人類基因體研究所協調集合多個實驗室跨國合作。）初步成果報告，已經同時在今年2月分別在美國的「科學」(Science Volume 291, Number 5507, February 16, 2001)，和英國的「自然」(Nature Volume 409, Number 6822, February 15, 2001)，兩大科學周刊上發表，為生命科學立下新的重大里程碑。美國總統府還為此在白宮舉行了盛大的慶祝。這分曠世的文獻蘊藏著無限的資訊，稱之為天書，實不為過。個中奧秘尚有待我們去尋找和問取。



知道的愈多 討論的愈好

我先介紹一片光碟，然後由一些網路的訊息來看看現在的生物資訊進展到什麼地步，我們該怎麼樣去利用這些已有的、公開的、很即時的新知識。我想，當我們談基因科技的倫理或隱憂時，如果能多知道一點再談，那會更有意義。

這片CD就附在今年2月號「自然」周刊那篇基因天書的報告中，這片「自然」(Nature)雜誌的CD，有兩大部分，第一部分是用動畫展示在時光流轉之下，科學進步的軌跡，尤其是跟基因相關的科學進展；第二部分是靜態的畫面，探討許多與倫理相關的問題。這張CD有584Mb，它是為美國中學程度以上的大眾而製作的，讓他們可以透過這張CD，了解基因科技和相關人文討論。

這片CD的第一部分讓時光倒流或前進，可以隨意停在任何一個時間。譬如，1995年這年我們對基因已經有很多了解，但是有些基因訊息由於了解不夠深入，會被誤用，產生社會的歧視問題，具有好基因的人可能受到好的待遇，擁有不好基因者就會受到不好的待遇，這是一個時代的無知問題。再看看1994年，這時候我們已經解開很多微菌的基因，知道微菌的基因，才進一步的認

識高等生物的遺傳組成。

這些討論其實只是CD裡的一小部分，相關的資訊實在很多。目前人類基因體計畫已經大致完成，但事實上還沒有完成，還有許多細節需要我們去找尋，基因天書裡有很多的資訊有待我們去問，更有待我們去用，我們必須去「尋問取」。

我們常常看到報章雜誌說，基因改良植物有危險，基因治療也是危險的，我們往往朝負面方向去看事情，我並不是說這負面事務不值得討論，而是我們在討論負面事務的時候，假如知道的很多，會討論的更好。事實上，我們身處在一個浩瀚的知識海洋，目前所知道的部分，還是太少了。

我今天要和各位談的是基因天書，我要講的不是人的基因天書，而是講自然界、生物界的基因天書，探討他們之間有什麼樣的關係，以及我們如何從自然界來學習。「打開潘朵拉的盒子？——基因科技與人文的對話」，這個對話事實上已經非常普遍了。

潘朵拉的盒子 一個典故兩說

這次演講 / 討論系列的主題是打開潘朵拉盒子，這是一個非常有趣的暗喻，嫉妒心重的古希臘神Zeus，



爲了Prometheus 偷取了可以照耀知識的火炬，賜給Hephaestus 所造妖艷美女叫做Pandora的盒子。

「潘朵拉的盒子」的典故，事實上不只一種說法。當你翻開大英百科全書第11卷，你會發現這兩種說法：

第一種說法是它充滿了罪惡、哀怨和貪婪，當盒蓋一旦被打開，這些壞東西便充滿了人間，盒子中原來要有一份希望，而希望尚未散出，盒蓋又被關上了，所以希望還留在盒子裡。

另一種說法大家比較不熟悉，就是潘朵拉的盒子裡其實是充滿了敬仰、感謝、保佑和祈福，是很多好的事物，可是人們好奇心太強，忍不住去把它打開，結果盒蓋掀起，這些好東西四散無蹤，留待人們去找尋。

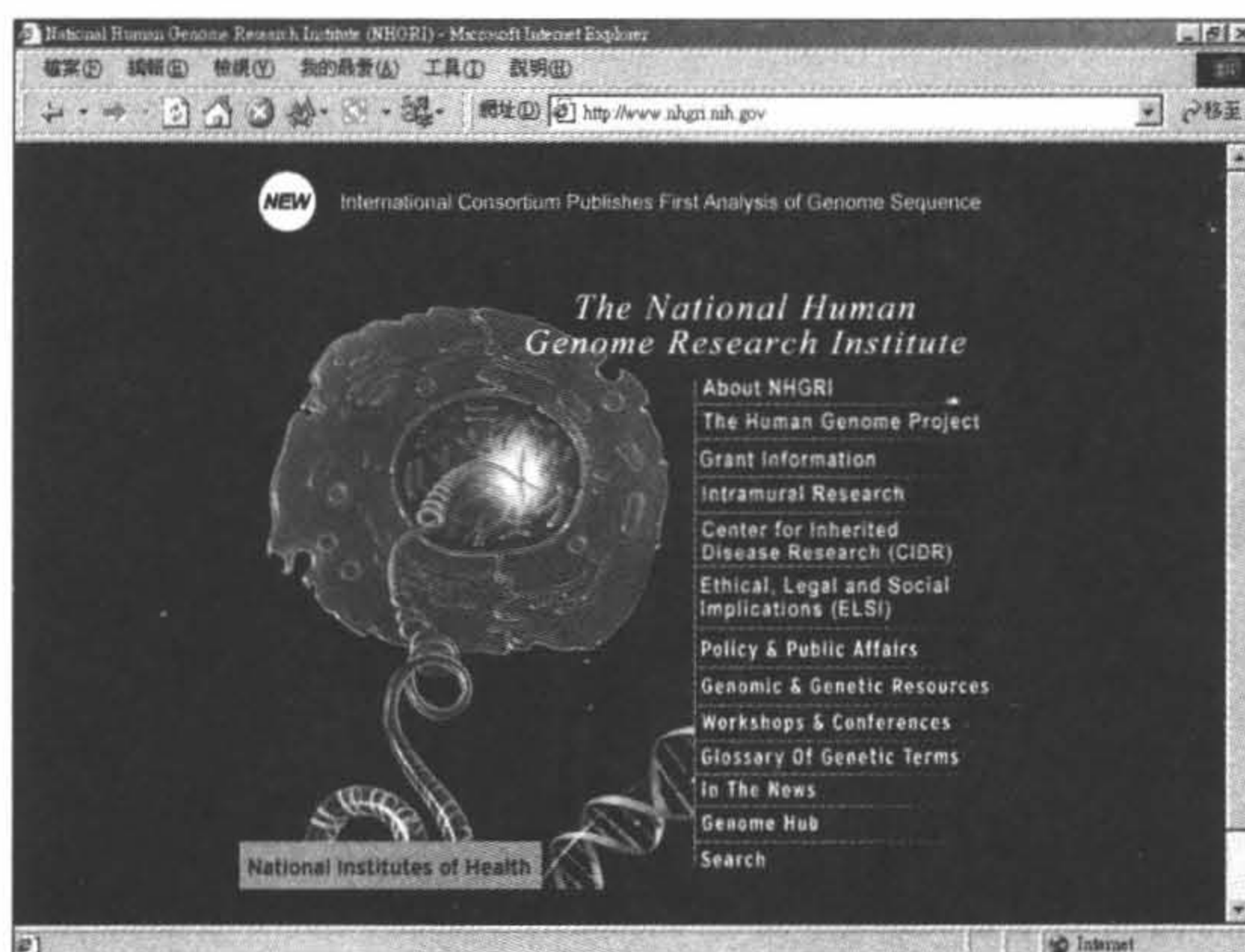
一個故事，尤其是傳說，往往有它的兩面，看你要從何種角度來問取這個傳說的含意。今天我們談基因，同樣可以用比較正面的角度來看待。

我等一下會介紹很多資訊，我希望包括國科會、時報或社會各界多多去發展這方面的資訊，讓我們隨時可以接觸到最新的科技，而不是只看一個新聞大標題，就草率的下定論或做決策。我也會在這些資訊裡，選一些好玩的題目跟大家談談。

網路資訊多 豐富又好用

我們今天談論的天書，其實是要我們自己去找，它還沒有完成，裡面有很多奧祕讓我們去問，讓我們去用。生物資訊在這當中扮演的角色，可說是太重要了！比方用「生命的奧祕」(the secrets of our lives)為題，在網路上搜尋資料，我們可以找得到「美國國家人類基因研究所」(NHGRI)的網頁：www.nhgri.nih.gov/educationkit/，這個教育網頁提供任何人下載，只要有Real player 程式就可以辦到。對老師來說，這個網頁足供一個學期的教材，這是非常有用的資訊。

現在有許多機構提供這類資訊，它是針對一般大眾設計，只要受過一般教育就能看懂。剛剛所提NHGRI的網頁就是這樣，它包含的資料非常豐富，不僅介紹人類基因，還探討倫理、道德、法律、社會的問題。我希望我們在談



NHGRI的網站，是生物資訊的無盡藏寶庫。



論這些問題的時候，必須要先問問自己，你有沒有上網去看過這些資料，然後我們再來深入討論。

如果我們在剛剛的網頁上點選倫理這個項目，它會提供倫理、社會、法律等相關問題的定義、內涵，以及如何找到更多資訊。它還會提供最新資料，包括美國立法院、國會的相關決策，還有許多可以供作上課的教材。不單如此，網站上還顯示所有內外相關研究、教育計畫和獎學金，還設計許多可以連結到相關機構的網站，像是能源部、國家生物倫理資訊委員會、疾病管制中心、環保署等。

一指神功 暢遊基因知識瀚海

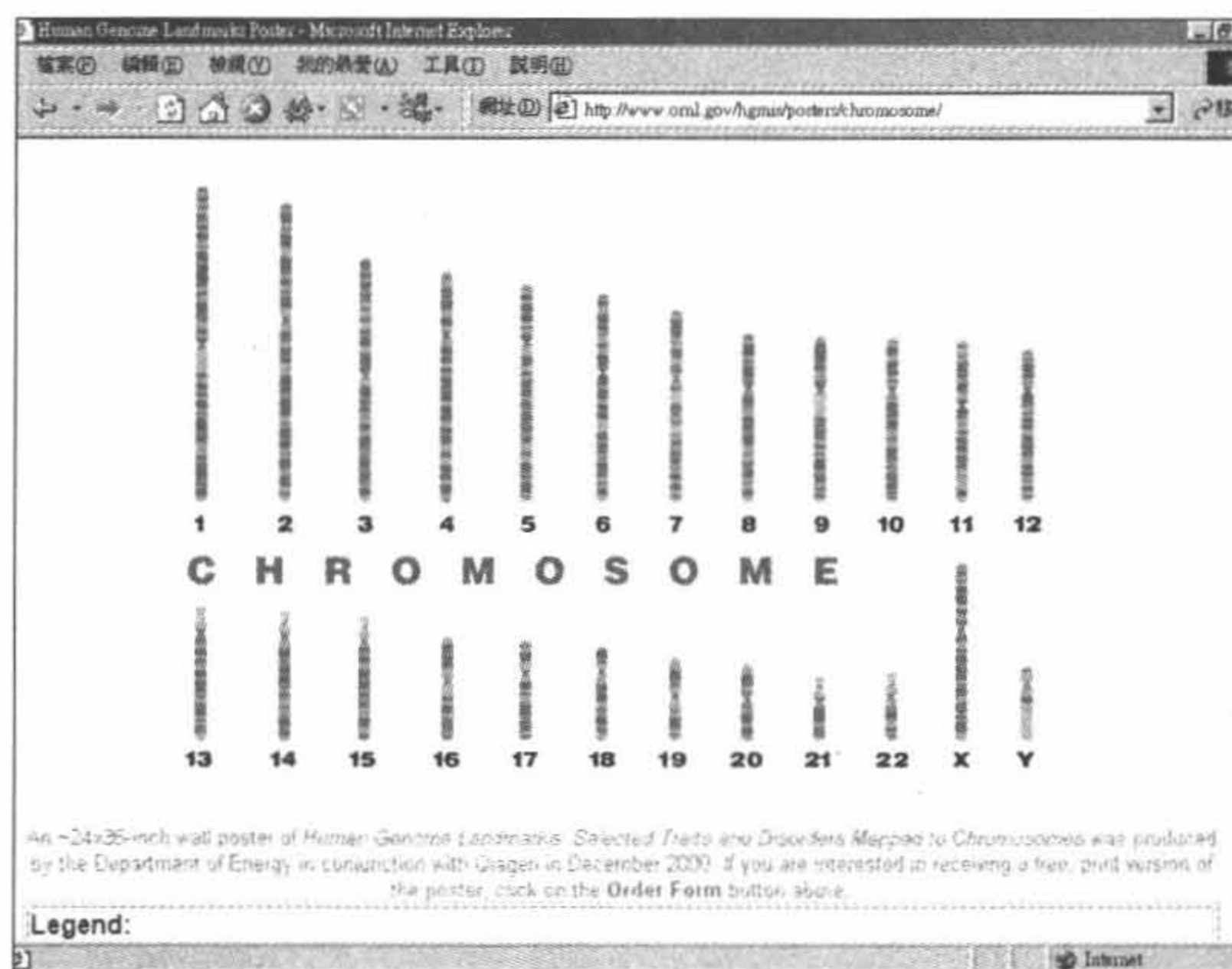
上面這麼多資料只是來自一個研究單位，還有更多研究單位提供更多資訊。美國「國家生物資訊研究所」(NCBI)的網站 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/> 會告訴你什麼是生物資訊，生物資訊分很多單元，你去點選每個單元，都會有成堆的資訊跑出來，比如說基因定序，現在大概有630幾億的基因數字在上面，相關論文也在上面，你只要點選就能看到。

我說的這些網站不完全是為科學家設計，許多內容都是專供一般大眾使用，有很多內容是你只要上網點

選，就立刻會用，而且可以很快找到與自己切身相關的資訊。以人類基因體（Human Genome）為例，剛才余女士說我們人有23對染色體，

所以天書有23章，在進入NCBI這個網站時，你隨便按1、2、3、4……，就可以直接把染色體打開，打開後會有很多小網站，你可以一直追溯到你要的基因，知道這個基因的長相和所有相關訊息。

NCBI有個「Interactive Tour of the Genome」（基因體的互動之旅）項目，它會帶你導覽基因天書，一頁頁幫你翻開來，你要在哪裡停就在哪裡停，什麼時候要發問都可以。這是一個非常好的資源，它還告訴你基因跟疾病的關係，只要你點選基因，就會出現相關疾病，以及疾病本身是先天或後天造成等資料。



別出心裁的「染色體」網頁，點選每一對染色體的圖案，就開啓一個豐富的知識世界。



權威科學家接中學生的CALL IN

NCBI設在「美國國家衛生研究院」(NIH)下，是國家圖書館的一部分，這裡有一百多個具有博士學歷的工作人員，負責將龐大資訊整理成大眾可使用的資料。NCBI網站還提供OMIM這個程式，它是由我在約翰霍普金斯大學的同事Victor McKusick 在60年代開始的一項很有意義的工作，他將人類遺傳性的疾病，逐一加以分類和整理，每一兩年出一新版，用平易的文字，但詳盡的知識，敘述各種疾病的成因、病徵和已有的治療方法，並附上最新的文獻，提供醫師參考，這份資料稱之為孟德爾氏的人類遺傳疾病，Mendelian Inheritance of Men，(MIM)，近年來全部上網，改名為Online MIM (OMIM)，全世界都可以經由電腦連線<<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/OMIM/>>，上網使用。這個網站介紹5千多種疾病，每個疾病都詳細介紹它是後天或先天造成、是染色體哪個部分損壞所致、已經用過哪些藥物治療、有哪些相關研究、研究進展如何等等，它還提供民眾常問的問題解答，只要你點選，就可以得到這麼多的資訊。

OMIM是一個非常好的網站，建議大家不妨上網去看看，其中有些英文也許不太熟悉，可是當你想了解一個

疾病，你就會漸漸熟悉這些文字，知識也會提升。現在是2001年，我想說不定不出2004到2005年，病人看病前大都會先上網找資料，不會醫生說什麼就是什麼。你可能知道的比醫生還多，所不同的是，醫師有專業訓練和經驗，儘管你和他同時獲取知識，但他的判斷會比你準一點。但假如你不作準備就去看醫生，你大概就不是一個現代公民。

我在美國科學基金會時，曾經借調3年去主持「分子生物化學」和「分子生物物理」，擔任這兩個學門的召集人。當時我們有個任務，就是負責解答老百姓常問的問題，每年我都參加一個計畫，負責接聽全美的國中生來電，和這些小朋友聊天、回答他們的問題、告訴他們最新的資訊，同時也聽聽他們的想法，這是非常有意義的工作。

台灣的生物科學資訊上網要加把勁

就提供生物科學資訊這點來說，台灣實在要急起直追！我們看看國內的「國家衛生研究院」(NHRI)的網站<<http://www.nhri.org.tw/>>吧，它有最新消息、學術活動、徵才快訊、採購公告、研究資源、研究計畫，但我找了很久，就是沒有找到「榮陽計畫」，榮陽



團隊完成第4號染色體1千萬個鹼基的定序，這麼重要的成就和研究團隊，在國內最主要的衛生研究單位卻找不到。

我又回頭去看「國家衛生研究院論壇」的首頁，預期可能會有基因科技相關的倫理、社會、法律的探討，但這個網站有論壇簡介、人才培育、醫療健保委員會、疾病預防、長期照護、論壇成果發表，但還是找不到基因相關的討論。

那國科會呢？國科會網站<<http://www.nsc.gov.tw/>>有全國科技會議內容、相關新聞、研究獎勵補助、專案、出版品、法規等，還是沒看到基因相關的內容。在法規部分，有一個名為學術倫理違反處理原則，但這裡所談的學術倫理並沒有涉及基因倫理。聽說基因科技法即將出爐，我拭目以待。

我要強調的是，很多資訊是很容易取得的，尤其美國網站的資訊非常豐富，你不上網看看是很可惜的。國內學生的英文程度愈來愈好，我想至少從中學開始，應該練習上國際網路尋找新資訊。

細菌抗藥性 從基因看得出

人類的基因天書假如用DNA含量來比，應該是比細

菌複雜了一千倍。人類基因體有3400個單位（百萬）的核苷酸，但細菌只有1、2百萬，一下子就可以定序完成。已經完成定序的細菌很多，包括女孩子經常感染的Chlamydia（披衣菌）、造成腸炎的E.coli（大腸桿菌）、引起發燒的Hemophilus Influenza（流行性感冒嗜血桿菌）、引起胃潰瘍的Halobacter pyroli（幽門螺旋桿菌）以及Rickettsiae（立克次體）等。<<http://www.tigr.org/>>

這些都是常見的人類致病菌，了解它們的基因，可以告訴我們很多的資訊。像是我們經常聽到細菌產生抗藥性，許多抗生素對細菌漸漸束手無策，像是許多細菌都對盤尼西林產生抗藥性，這種情況我們可以從基因圖譜上，看到細菌基因的突變。

痲瘋菌的基因衰微 顯示它快被淘汰

我們來分析細菌的天書，會發現其實有很多道理在裡面。結核菌M. tuberculosis 和痲瘋菌M. leprae，同是一個屬，兩者的基因體大小分別是結核菌有4.4個單位（百萬）的核苷酸，痲瘋菌只有3.2個單位。進一步分析它們基因體內的基因，發現結核菌的有效基因達3959個，無效基因僅有6個，其有效基因比率達90%以上；痲瘋菌的有效基因有1604個，無效基因也有1116，



有效基因只佔50%。

我們可以看到，結核菌絕大多數基因都是真真實實會發揮力量的，但麻瘋菌卻有不少基因根本是假的，沒辦法發揮什麼功能。這些數據告訴我們什麼？它向我們顯示，麻瘋菌已經漸漸衰微，逐漸自動淘汰了，許多研究都顯示，麻瘋菌的確在減少當中，這是非常好的消息。

基因晶片 清楚看見基因的沉淪和提升

現在有許多新科技幫助我們觀察大量的基因變化。過去我們研究基因是一個個分析，現在有一種「DNA微陣列」方法，可以把10萬個基因同時放在一個小小的晶片上，晶片分析顯示，顯色呈現綠色是正常，紅色則代表不正常，我們只要看一個小小的晶片，就可以知道整體基因表現如何，看到哪些基因正在往上提升，哪些在往下沈淪，一下就看出來了。<http://www.affymetrix.com>

這是我們在了解很多基因之後，發展出來的新診斷、新研究和新了解。我們看晶片上面密密麻麻的點，其實每個點跟其他很多點都有關係，一個基因產製的蛋白經常要跟很多其他蛋白互相作用，才能發揮最大的功能，所以我們會看到很多蛋白都成團聚集，彼此交互作

用。

因此，我們對基因的知識必須更新，要知道很多事情不是單一基因在做決定，而是很多基因共同決定。比如說，細胞分裂時，有成群的基因在某個階段會提高，某個階段則減少，所以研究基因必須成群成群的研究。



▲中央大學資訊工程系資料庫實驗室洪炯宗副教授發表「重覆序列尋找」成果，未來將有五百萬筆重覆序列基因，利用資料庫建檔，提供國內外基因晶片研發與生物資訊整合。（黃文杰攝）



ELSI討論 網站上百家爭鳴

接下來我想將主題拉回到基因科技對社會、倫理、法律的衝擊，這是此一系列座談不斷在討論的問題。過去的討論包括基改食物是否有危害、要不要有標誌？天擇跟人造如何求取平衡？生命自主跟社會正義如何並進而不互相違反，兼得而又不相悖？基因診斷和基因治療該如何選擇？生命保護和父母選擇的對立該如何化解？

這些問題還不夠多，我們可以提更多問題，比如基因資訊應該屬於誰？物種的基因又該屬於誰？台灣人民特殊基因應該屬於台灣，還是屬於世界？殘缺的基因有沒有留存的價值？到底人類要的是什麼？

我要回到網路，給諸位看看其他國家，尤其是美國，對這些問題有哪些研究。這類研究統稱ELSI，E是ethics（倫理）、L是legal（法律）、S是society（社會）、I是implications（衝擊）。美國有很多網站討論這些問題，包括官方 <<http://www.nih.gov/ELSI>> <http://bioethics.gov/cgi-bin/bioeth_counter.pl/> 和非官方<<http://www.uphs.upenn.edu/~bioethic/center/>>，這些網站各自從不同的角度出發，代表這個領域非常公開，大家可以公開討論。

像是美國的藥劑公會網站就公開反對複製技術，有

些網站則對生物技術持比較正面的看法。這類網站在國內還不怎麼多見，美國若干大學已經開始設立生物倫理的專門網站，賓州大學是第一個提供這類網站的大學；另一個比較好的網站是由Georgetown大學提供，名為「Kennedy Institute of Ethics」的網站，這個網站<<http://www.georgetown.edu/research/kie/>>特別好，因為它不單包括倫理、社會、法律的探討，還以很濃厚的宗教立場來了解及分析基因科技。

求真 法律和科學共同點

我很樂意多介紹一些網站給大家，包括法律與科學相關的網站，因為法律和科學有一個共同點，就是求真。科學求大自然的真，法律也是求真，我們不是常常聽說，「在法庭上只准講真話」嗎？

但這兩種求真又不太一樣，科學上看到很多資料、看到很多DNA，這些都是真，對科學家來說，發現真只是研究的開始，我們必須大膽假設、小心求證，不斷建立理論或推翻理論，當所有證據擺在你前面時，往往是推翻了以前的理論，又創造出更新更好的理論。法律就不一樣了！就法律來說，真相出現時，代表案情大白，那是必須做決定的時刻，該不該判死刑？要判什麼刑？



有罪還是無罪？對法律來說，超過51%就算是真，但科學卻是要100%。

我希望台大法學院能開設生物倫理的課程，如果沒有這樣的課，那真的很落後。目前包括哈佛、柏克萊、史丹佛都有這樣的課，法學院必須要重視這項問題。

美國很多政府單位都很重視倫理的相關討論，從白宮到農業部、能源部、環保署、食品藥物檢驗局、太空總署、國家衛生研究院、國家科學基金會、能源會等等，對這個主題都相當重視。

假如諸位對反基因研究有興趣，那麼要介紹大家一個代表性網站，名為「Council for Responsive Genome」，這是一個反科學的網站，它有獨特的見解，我們也該去看看。

翻開基因天書 人應該更謙虛

我想，談倫理或談科學事實上並不限於生物，生物跟其他領域也有相關，尤其是物理和生命科學，這兩個領域你可以認定它是在問大自然的真，用古話來說，就是「問天」。不過問天的同時，卻也可能「變天」。比如學物理的人發現原子可以分裂，於是研發氫彈、原子彈；現在也有人憂慮，擔心生物科學家搞變天，怕他們

在充分了解基因後，會想扮演上帝的角色。

這些問題的討論非常多，網路呈現的討論資料也相當有系統。我想提出一點讓諸位安心，其實物理學家跟生命科學家很關懷人文，當原子彈爆炸時，就是製造原子彈的科學家要求把原子能變成世界上最安全的一件事；當基因再造開始時，加州一群分子生物學家就聚在一起，討論如何自我約束。

愛因斯坦就是一個很好的例子。他說：「Concern for man himself and his fate must always form the chief interest of all technical endeavors...in order that the creations of our minds shall be a blessing and not a curse to mankind. Never forget this in the midst of your diagram and equation.」。很多科學家其實都有相同的感受。

我們翻開基因天書，了解人在大自然中的地位，應該要變得更謙虛，假如沒有周遭的生物，人是不可能存在的。我們現在做科學研究，事實上是在接受一個人本主義的考驗，我們真的可以從很多其他的生物來學習。

盲眼錫赫斯 未卜先知的「痛苦」啓示

我想用一則希臘傳說「Blind Seer of Thebes」



(盲眼錫赫斯的預知能力)來結束演講。這則傳說的大意是：古希臘女神雅典娜非常美，有個名叫Thebes的男子忍不住偷看她洗澡，雅典娜發現後很不高興，便詛咒讓Thebes失明。但雅典娜隨即就懊悔，心想別人為自己的美麗吸引並不為過，為了補償Thebes，她便賜給他未卜先知的能力(Seer就是未卜先知的意思)。沒想到Thebes有了這項能力後卻更痛苦，他訴諸 Oedipus 說：

「It is but sorrow to be wise, when wisdom profits not」(當智慧使不上力量的時候，只是徒然帶來悲傷)。

我們現在學科學，發掘很多知識，我想我們有力量使得上力，因為如果使不上力，科學研究等於白作。我今天不厭其詳的跟諸位介紹很多網址，是希望大家能多接觸新的資訊，但這只是第一步，你如何在浩瀚的資訊大洋中找到知識，又如何從知識的瀚海裡找到智慧，這是我們的挑戰。

我要特別感謝國科會人文處王汎森處長、時報文教基金會余範英執行長，以及基金會的嚴曼麗女士。嚴女士是學中文的年輕人，她負責在每場演講和座談結束後跟我聯繫，她總是用很美麗的詞藻來告訴我，演講和座談會是多麼熱烈、多麼興奮，我想這個題材能夠讓一個念中文系的人都這麼興奮，其實已經非常成功了。

如果各位有任何問題想與我聯絡或討論，可以寫信給我，我的電子郵件地址是：<pchuang@jhsp.h.edu>，歡迎大家給我寫e-mail，中英文都可以，我會盡我所能回信。

問題與回答

Q：您是否可以談一談心性的思維活動與基因的序列和變化的關係？

A：這是我幾十年前考博士學位時被問到的問題。這個問題我要想一想，我必須揣摩什麼是心性的思維？您能不能幫我下定義？

Q：心性的思維活動是指我們心裡的活動，就是說我們在想些什麼，幾乎每個人對事情的想法都不一樣，但人類個別的基因差別好像很小很小，所以我好奇思維活動跟基因的關係是如何？

A：這是一個很好的問題，也是一個非常重要的問題，它的重點是人的思考能力和直覺反應是不是天生的？人的思維能力的確人人不同，以前對這類問題



的思考典範一直深受孟德爾影響，認為基因決定很多事情；而後華生和克里克發現DNA結構，再度加強遺傳決定一切的想法。但最近幾年又有一種新的思維正在醞釀，認為有其他因素超越遺傳對人類思維的影響。講的通俗一點就是說，一個人的思維能力受到周遭環境、教育和他個人的修養而改變，有一部分是可以訓練的。所以說，基因決定一個人思維一般的水平，但往後如何發展，跟後天非常有關係。

Q：您相信複製人現在已經存在了嗎？為什麼有那麼多有關複製人的電影？如果政府對複製人有所限制的話，瘋狂的科學家會遵守嗎？

A：加拿大已經有一個研究所公開宣布要做複製人，那是由義大利和美國的科學家共同合作。這種工作是不是一種瘋狂的行為呢？他能做到怎樣的地步呢？大家對這些問題有不同的意見。就專業技術來說，複製人和複製動物一樣，是可能成功的，但一般科學家大概都不想做這樣的事情，因為未知數非常多，對做研究的人來說，未知數太多的研究是不會

去做的。

那我們要不要訂法律來控制這些事情呢？我想法律恐怕也只能做到某種程度，因為愈有法律的約束，可能愈不能約束，所謂道高一尺、魔高一丈，過份約束的結果，反而更有人會去挑戰。我想的確有人會想做複製人，但我想他們很快就會面臨困難而放棄，我相信自然的約束會比法律的約束更有效。

Q：基因工程只是硬體工程，教育的軟體工程不應忽視。在這個一日千里的科技時代，不久的將來，人類社會會出現各種人體器官的專業製造工廠，這種商業行為您如何看待它？您覺得多久會出現？

A：科學界大概在5、6年前就開始注意複製人的問題，科學家之所以要做複製，其實有林林總總的目的，也有很多意義在裡面。賓州大學有位教授曾提出很具體的分析，他說人之所以要複製人，一方面是好奇，另一方面則是基於需求。

大家試想，你想要複製你自己嗎？我想在座絕大多數人都會說不要，多數人會認為，想要孩子的話，結婚生子就好了，孩子不一定要完全像我，只要是爸爸媽媽的基因組合，就已經很滿意了。



可是有一些人有特別的理由，他需要複製的技術或是需要一個跟自己一樣的後代。最普通的案例就是病人，像是先天性腎衰弱患者，他們需要移植腎臟，假如能複製一個腎臟給他，會比一般異體移植來得安全，排斥性比較小，這是一種備胎的觀念，而且是爲了求生存，你能說他不對嗎？

此外就是同性戀者，他們希望繁殖後代，因此可能提出這個震撼社會的要求。因爲他們沒有其他方法繁殖後代，目前知道複製技術是個方法，你能剝削他的權力嗎？或許有人會說同性戀者不是一般人，但不是一般人就代表不正常嗎？不正常就該被剝削權利嗎？在思考這些問題時，我們會陷入兩難，道德就是讓我們在其中作出決策和理性的分析，我想我先不要驟然論定是非。

Q：請問台灣目前是否有條件或環境或其他優勢可以發展基因科技？

A：其實台灣已經在發展基因科技，而且已經實際在做了，包括中研院、陽明大學、台大、清華、交大…很多的單位都在從事基因相關的工作，成效也相當好。



Q：我兒子是僵直性脊椎炎，聽說是遺傳的。但我們夫妻及上一代都沒有這種病，請問這會不會再遺傳下去？是否可以用基因治療？

A：我不熟悉這個病，假如是一個遺傳疾病，患者的父母親沒有發病，那可能是屬於隱性因子，父母親都是帶因者，但他們的基因都屬隱性，所以沒有表現出病症，不過兩個隱性帶因者的結合，有可能會產下罹病的下一代。

我建議你可以查一下這個疾病的英文名稱，上



OMIM網站去找資料，會有非常詳細和最新的資料，這個網站每天晚上更新一次，提供的是非常即時的資訊。找不到的話，你再找我，我幫你去找。

Q：當細菌對藥物的抗性愈來愈高的時候，我們將怎麼樣去面對這個事實？

A：我們在約翰霍普金斯大學所做的研究發現，細菌抗藥的機轉和原先的想法並不相同，有一種新的觀念正在誕生。以前我們認為細菌對藥產生抗拒，是因為單一基因的突變，但新的研究發現，這種突變是整段、整段的基因在變，而且是細菌之間傳遞而來，我們稱它「橫向轉移」。

有些細菌會把人體內其他細菌的一段DNA拿過來，放在自己的DNA上，而且放的位置非常精確，就是原本會和治療藥物結合的那段DNA。藥物殺菌的原理是靠藥物確認細菌某段DNA的基因序列，與之結合後，就能抑制細菌生長。研究發現，細菌找來別的DNA放在原本藥物確認的位置，正好造成藥物無法辨識，以致治療失效。

這是一個非常新的原理，也是觀念上的突破，我們的研究小組目前正進一步研究，想要了解不同種類的細菌之間如何交換DNA，以及如何抑制DNA從

一個細菌進入另一個細菌，這也是抗藥研究的新方法。

Q：為什麼植物的基因體反而比人和狗還大？

A：這是很有意思、很好的問題，顯見在座各位對基因體大小還是很在意的。為什麼？我想我們現在也沒辦法解釋，因為很多基因我們尚未破解。但我可以說明一個現象，人的基因體這麼大，有3.4億個核苷酸，但總共才組成3萬個基因，事實上，1千個核苷酸就足以構成一個基因，即便是1萬個核苷酸組成一個基因，也用不了這麼多核苷酸，所以有很多DNA，我們都不知道它到底在幹什麼？

科學家興起這類疑問已經有好幾年了，在加入一些人文社會學者的研究後，好像慢慢開始有些頭緒，有一種新的研究典範正在醞釀。我們知道，基因也是一種語言，是一種生命的語言，以人類基因體3萬個基因來說，這些基因是一種語言，但DNA內其他核苷酸（非組成基因部份）也是一種新的語言，所以IBM出動六十幾個人來破解這部份的語言密碼，希望找出新的語言，說明這些沒有用的DNA或許是在掌管某些事情。

目前已經有專家看到這些非基因的DNA，具有



相當高的規則性。舉例來說，假如你不懂英文，你看到密密麻麻的蟹行文字，該怎麼判斷它是不是語文呢？語言學是這麼處理的，他們會將常出現的符號歸類，發現某些符號出現的機率非常高，而且之後經常接著某些符號，他們透過這些歸納，可能發現了名詞、動詞，雖然看不懂這些符號的意思，可是會從它的規律性，得知它是種語文。

現在研究基因的很多語言學家，也是用這種方法來研究許多尚未破解的基因，而且已經開始看出一點苗頭來。

我認為，植物的基因體之所以比人類大，應該有兩個道理。第一就是上述的道理；第二是植物的進化過程是經過染色體的加倍、加倍、再加倍，所以很多植物都是多倍體，人類是2倍體，只有兩條的DNA，但甘蔗是8倍體，它有8倍的DNA，先天就比人類多了4倍，為何會這樣？或許植物是爲了生存或其他種種原因，所以需要這麼多DNA。

Q：為什麼犯罪鑑定常用第8號染色體做為鑑定目標？

A：當初英國科學家無意間在第8號染色體上發現一種肌肉蛋白的基因，而且它的樣子長長短短的，好像每個人都不一樣，而且這段DNA有一小段的序列，

它重複的數字因人而異。所謂因人而異，並不是說世界上每一個人都不一樣，而是說它可以用來做人與人之間的區別。

有個名叫蘭克夏的地方曾發生一起姦殺案，當時嫌犯被認定犯案，他也認了，但在他判死刑同時，突然發現有這個辦法可以鑑定身分。鑑定結果發現，樣本和嫌犯根本不是同一人，嫌犯也因此得以平反。事實上，第8號染色體並非唯一的鑑定目標，台灣常用的有12個基因。

Q：希望請黃院士更仔細介紹DNA微陣的原理跟技術。

A：這我可以講一整個學期的課。晶片可以用在DNA的分析，在一個1平方公分面積的晶片上，可以點1萬個基因的序列在上面，這就叫做「微」，「陣」就是一排排的把這些基因排列起來，所以叫微陣。

微陣無非就是將很多基因放在一個很小的晶片上，再將研究對象的樣本拿來測試，看看它的基因和晶片上的基因是否相關，如果相關會結合，不相關就不會結合。這個結果的呈現，當然是要借助很多影像處理的方法，這是一個很先進的技術。

Q：台灣發展基因科技與過去發展電腦科技的主客觀條



件有何不同？過去發展電腦的經驗模式複製目前所發展的基因工程是不是可行？您認為目前的政府是否有能力規畫出基因工程發展的正確方向，而不致於虛耗國力？

A：把這兩個領域拿來做比較，其實滿有意思。國內電腦產業的發展主要是當年加州和史丹佛大學有一批菁英回台貢獻，加上我們原有的基礎很好，所以做的非常好。台灣只能夠做這麼高科技的東西，因為我們的教育程度非常高，九年國民教育把基礎打得非常好，台灣的工人素質恐怕是全球最高的，但後來生活水準提高後，很多人不願意做工，便開始引進外勞。

中國人手巧、腦筋好，這不是隨便亂講的，而是真的！我們做電腦、計算、精密儀器等，都可以做得非常好。基因工程和這些事情有點大同小異，但也有很多的不同。

目前基因科技大都在國外發展出成果，我們跟在後面，必須要大幅創新，才能跳脫出智慧財產權的問題，如何創新就是個很大的挑戰。另一方面，生物科技面臨的問題跟電子科技是很不一樣的，一個電腦靈不靈、好不好、快不快，社會接受程度滿大的，所以研發創造者所冒的風險很小；但基因科

技牽涉到人或人吃的東西，社會接受程度會有很大的考驗，包括藥品的審查管制和要求的條件又多又雜。生物科技的風險大，所以回收慢。它的挑戰性高，但可能性也大。

Q：魚類迴游習性是不是受基因控制的？基因工程有沒有辦法可以使魚類從魚塭放到大海，然後再迴游到原放的魚塭裡面去？

A：魚的迴游其實不完全是方向性的問題，和海水的鹹淡也有關係。像鯉魚一定要回歸到上游，倒不是因為它的天性，像是烏龜一定要回到什麼地方去下蛋一樣，兩者是不一樣的。我不知道有沒有人找到過迴游基因，影響魚類迴游比較常為人熟知的因素是賀爾蒙，這是很好的研究機會。

Q：能不能進一步闡述讓國內民衆去看病之前，先上網了解自身問題的相關訊息？

A：這就是我今天演講的目標之一。網路到目前為止都是免費的，少數網路雖然要收費，但我剛剛提過的網站都是免費的。所以只要家裡有架設網路，將來大家上網找資訊的趨勢會愈來愈風行。所以說，將來上網後再去看病會是很普遍的現象，甚至上了網



得到解答，不看病都有可能。

Q：台灣相關決策教育機構有沒有意識到編制中文教育計畫內容的必要？要人民自行上網去看英文的東西是否太侷限呢？如此一來，只有懂英文且家裡有電腦的人才可以吸收最新資訊？

A：國科會人文處處長王汎森：國內的確需要一些中文網站，教育部恐怕是直接相關的單位。國科會人文處正籌畫在基因計畫的倫理法律社會研究小組之下，設立一個網站；人文處也補助台大法律系生物法律研究室，成立網頁及發行「生物法律研究通訊」，目前已經出刊六、七期。我們會持續努力！

余範英女士：

我本身是「國家通信與資訊基本建設」(NII)內容小組的召集人，所以我知道國內的「資訊公開法」目前還沒有完成立法，政府相關單位的數據化也還沒有完成，這牽涉到經費和預算的問題。資訊建設是一個相當龐大的工程，在這個青黃不接的時期，我比較主張個人自力救濟，也就是說，看得懂的人先自己吸收資訊；看不懂的人可以借助翻譯，然後再消化整理。如果大家有志這樣做的話，其實也是個很好的起步。

此外，在「資訊公開法」尚未立法之前，大家也可以先思考一項問題，那就是法制化之後，您是不是願意在智慧財產權的保護之下，將自己擁有的資料與大家分享？

黃院士：

我也有一點小意見。很多人一直覺得科學要母語化，一個國家的科學要講他這一國的話，我現在多少還是這麼想。但現代社會是非常國際化的，尤其台灣一定要跟世界接軌，而語言是一件最好的工具，我們很幸運，因為全球主要語文就是英文和中文，我們已經會了一半了，為什麼不把另外一半也學會呢？

我個人是從小學三年級開始念英文，在中文和英文一起念的情形下，我現在講中文你們都聽得懂，我講英文外國人也聽的懂。所以大家沒有理由不努力把英文學會，你想想，將來你發展事業時，你懂對方的話，對方不懂你的話，這有多厲害！

結語

余範英女士：



每一次這樣的演講，背後大概需要花100個小時做準備，在座有許多年輕的朋友們，您的一生當中，如果聽了一次這樣的演講，它會是一種深刻的通識教育，也會是一種影響深遠的啟蒙，一生很難得碰到一次。

我們的社會之所以能夠穩健走下去，並持續發展成熟，需要的是一股沈潛、冷靜的力量，它讓我們知道努力的方向，了解目標的大致輪廓。然而，這股力量其實並不好找，也不容易接觸到。

時報文教基金會這次和國科會舉辦此一系列活動，算是一個機遇，可以接觸到社會的推手。這次活動在國科會人文處王汎森處長為推手之下，結合戴華教授等人，才得以策畫出這些題目，這個過程是非常多學識、綜合判斷和鍥而不捨的努力，才得以達成。

前一陣子，中央研究院資訊科學研究所謝清俊教授為我們策畫資訊素養系列座談，將資訊社會來臨可能引發的問題，逐一披露給社會大眾。科學月刊的林孝信先生去國多年，但他鍥而不捨在做許多扎根工作，從學運、社運到社會建設都相當努力的投入。這些社會推手在目前紛擾、喧鬧的時代，將可以發揮沈潛冷靜的力量。

媒體有其正面的力量，時報文教基金會是中國時報

的相關機構，我們希望發揮媒體正面的力量，努力將推手的力量帶到我們的社會。在這個渾沌不明的時代，我們並不懼怕，所有危機都可以轉化為生機，希望大家共同努力，也謝謝大家的參與。