

# 生物物理研究的個人心路歷程(一)

## - 與蒲慕明、葉公杼及詹裕農的訪談紀錄

吳文桂

國立清華大學生命科學院院長

E-mail: wgwu@life.nthu.edu.tw

1993年，我到美國維吉尼亞大學，針對離子通道，進行為期一年的進修研究，深深感受到神經科學進展的快速。鑑於當時國內相關領域仍在起步階段，神經科學的研究，即使在大力推展生物醫學的中央研究院內，似乎仍採取相當古典的態度，因此很想邀請幾位在國際已享盛名，但當時在國內卻仍默默無名的少壯派學者，如紐約哥倫比亞大學的蒲慕明及加州大學舊金山分校的詹裕農、葉公杼夫婦，抽空返國，一方面介紹神經科學的最新發展，另一方面也讓更多的國內學生注意到真正有前瞻及國際觀的科學家，不要僅從報章雜誌閱讀過度渲染的不成熟研究成果，而對科學有不正確的了解。

雖然，我的想法，因為各種因素並沒有很成功，但是努力與這些科學家接觸的結果，倒使我更加地佩服他們解決重要生物問題的科學態度。如今不到十年的光陰，這幾位我心目中，由物理踏入生物領域相當成功的科學家，已順利地先後受到肯定，獲選為中央研究院院士。只是基於默默工作的個性，他們很少在公開場合發表看法，以致不僅報章雜誌很少報導，就連國內學界也沒有多加注意，這對於年輕學子，尤其是物理系的學生，實在是個相當大的損失。

兩年前，我一時興起，曾經錄下與他們針對研究的心路歷程的一些訪談，討論的內容相當廣泛，我想對生物物理有興趣的同學，如能有所接觸，應能獲益。在清華大學生命科學研究所畢業生，王心瑩同學，的協助整理後，底下就部分內容披露給雙月刊的讀者，分享他們智慧的結晶。

### 蒲慕明訪談紀錄

知道蒲慕明這個人，是我在清華大學物理系唸書（1973~1976）的事，但是真正認識，並且彼此開始有所互動，則是1993年我到美國維吉尼亞大學針對蛇毒細胞膜離子通道作用，進行為期一年研究的時候。

蒲慕明，1947年生。在清華大學讀書期間，曾在李怡嚴老師的鼓舞下，翻譯G. Gamow「湯普金夢遊記 - 近代物理探奇」交由徐氏基金會出版。這本書，一直到三十年後的今天仍出版，而且幾乎每個書店都可在書架上找到。有趣的是，慕明告訴我，他曾數度希望於再版時，針對所發現的錯誤，加以訂正，但是出版商似乎不感興趣。不僅如此，1999年，劍橋出版社邀請R. Stannard，將這本Gamow的名著，補寫近代物理的最新進展，全新

出版，我想這是個最佳時機，一方面進行錯誤更正，另一方面也可讓中文讀者能夠有機會閱讀此書的新版。在設法與出版社聯絡的結果，才知道徐氏基金會亦擁有 1999 年新版的中文翻譯出版權，但是，事隔三年，我們在書架上看到的，卻是標明由 1970 年代，清華大學物理系「學士」蒲慕明所譯，1993 年仍再版，並且「版權所有，不許翻印」的新書。國內出版社的現況，可見一般。

我們現在知道，這位 1970 年畢業於清華物理系的學士，現任中央研究院院士，美國加州大學柏克萊分校生物系的講座教授，並兼任中國上海的神經科學研究所主任。1974 年獲美國約翰霍普金斯大學博士後，曾經先後任教於加州大學爾灣分校，耶魯，哥倫比亞以及加州大學聖地牙哥分校。他的研究專長為生物物理與神經生物學，底下，就是慕明與我在 2000 年針對研究的心路歷程，生命科學的哲學理念，如何推動科學研究，科學教育，以及對台灣科學發展的觀察與建言。

#### (一)科學研究的心路歷程

吳：請你聊聊你自己的研究工作。早期你研究細胞膜上脂質及蛋白質的擴散與流動性質，是第一個成功做出細胞膜光漂白(photo-bleaching)實驗的人，由於蛋白質在二度空間細胞膜的運動性質，首度因你的實驗得以定量，並且可用類似布朗運動的熱統計原理來分析蛋白質的分子性質，在當時是生命科學的一大突破，因此，現在許多教科書都會提到這個實驗。完成那個研究之後，你轉向神經生物學領域，是不是可以請你介紹後來幾個重大的研究方向，以及你如何思考其他更深刻的問題？

蒲：我本來學物理，這個背景對我有很大的影響，讓我在觀察生物系統時，跟一般學生物的人有不一樣的思考角度。除了實驗技術之外，由於我的數學、物理背景比較好，剛好研究膜上分子的擴散方式要用到一點數學，我可以處理得比較好，所以剛開始便選擇做「分子擴散」這個題目。那時候我對生物學的了解非常少，不過很有興趣，在做膜的擴散實驗時，看到表面的物理現象，就很想了解背後所隱藏的生物意義，想知道膜分子的擴散到底有什麼樣的生物功能，後來便往生物方面發展了。

我本來只在單一細胞上做實驗，後來慢慢開始做細胞與細胞間的交互作用研究，進展到多細胞層次，實驗系統越來越複雜。舉例來說，我研究突觸(synapse)形成的機制，這是一個討論多細胞之間交互作用的問題，也等於是研究複雜的神經網絡到底如何形成。從研究脈絡來看，我從細胞層次研究得到基礎現象的描述，而為了研究這現象在生物體中到底有何意義，因此轉而以多細胞系統為研究對象，最後希望能用來解釋神經線路到底如何形成。

現在看來，我的研究歷程似乎有脈絡可循，但事實上我在選擇研究途徑時，大多是靠著「機遇」。好幾次轉做另一個領域研究，基本上肇因於一些偶然的因素，例如隔壁實驗室做的題目吸引我的注意、對我所引導等等。每個人走的道路都是獨一無二的，沒有哪一條路必定比較好。生涯常常是不能規劃的，最多只能想像大概的方向，很難事先作詳細的計畫。尤其是科學研究這條路，我覺得很大程度是靠機遇，看看當時你的手上有著什麼樣的工具。你

必須仔細觀察四周環境，判斷哪些問題是你可以著手解決的，而解決後常會引出下一步的問題。

不過，雖然說過去的經驗和環境很重要，但是我不否認個人因素也有很重要的主導力量，這是指自己是不是有很強烈的內在動機，每個會成功的人，一定要有內在想成功的動力。我個人認為，成功的內在因素，是不斷要求自己做出更好的成果。我的一些博士班同學，其實能力不見得比我差，但是後來發展有很大的差別，主要原因在於我有很強的成功動機，而且我相信我比大多數人還努力，促使我做了很多別人不會做的事。另外，在選擇生涯道路時，個性也是重要因素，這是從小養成的。在科學領域中，要成功一定要「膽大」，需要冒險犯難的精神。要做具有創新性的事情，必須嚐試許多途徑，由於很多途徑的失敗機率很高，這時就需要冒險精神，勇於選擇值得嚐試的途徑，而不是只選擇安全的實驗來做。我選的路跟別人不一樣，期間所歷經的中間階段，反映出從小個性養成的過程等各種因素，造成我在某些特殊情況下會做特殊的選擇。

吳：你現在研究的題目：用人為方式控制神經細胞生長錐 ( growth cone ) 的生長，進而研究生長錐的生長模式，相當有意思。或許正可和你前面提到的「經驗與環境」以及「機遇」在研究方向所扮演的角色，相互呼應。例如，當細胞處於不同的生長階段，或是在細胞內有不同的生化狀態，生長錐會對同樣的訊號有不同的反應。似乎人和細胞對其未來的走向，會因內在狀態而選擇截然相反的方向。

蒲：是的，生長錐生長發育過程會受到各種環境因素的影響，使胞內狀態有隨機的變化，例如 cyclic AMP 濃度不同，會造成生長錐對某一引導性分子(guidance factor)產生不同的反應。

吳：你對中國大陸、或可說華人的生命科學及生物物理研究領域作過很大的努力，也花費不少時間參與，是否也可談談你參與台灣科學活動的心路歷程，以及參與的過程。

蒲：我最早由清華物理系畢業，對清華很有感情。拿到博士學位後，本來想申請回到那時清華剛成立的分子生物研究所，但因故沒有回來。後來有機會參與吳春放教授帶領的一個研討會 ( workshop )，當時是 1985 年膜箝制 ( patch clamp ) 技術剛被開發出來，逐漸受到廣泛應用，我和吳春放覺得，也許可以辦一個討論「細胞神經生物學」的研討會，把一些最新最好的技術帶回台灣。研討會的內容包括電學方面的知識，以及實驗技術的課程與研習。

生醫所剛成立時，吳成文和羅浩在紐約的一家餐廳，邀集一群在海外從事神經科學相關研究的科學家，希望大家能回台灣，幫忙生醫所發展神經科學研究計畫，那時我也參加討論。大家本來希望能像細胞生物學一樣，建立一個像接力賽般的研究計劃，當時參與討論的很多人，後來陸陸續續回到生醫所。我回生醫所則大多是發表演講或參加會議。1994 年寒假我曾經在清華開了一門神經生物學的小講座 ( mini course )。

## (二)對生物學研究科學基礎的看法

吳：過去你在生命科學領域的研究工作，大多是關

於膜的研究。細胞膜是決定細胞成為生物最基本功能單位的必要結構，細胞藉著外膜，與外界作用。但如果只有膜沒有基因卻也不能複製，因此兩者在細胞的生老病死上，扮演著同等重要的角色。只是，現在社會上提到生物學，幾乎只討論基因層次的問題。請問在這個背景下，如果基因體的研究已經完全解決，那麼下一個問題會是什麼？

蒲：這是一個非常重要的問題。現在生物學可以說是「基因決定論」(genetic determinism)的天下，由於在過去幾十年裡，分子生物學研究獲致很大的成功，因而造成這種現象。「人類基因體計畫」(Human Genome Project)的完成，更加強了產生「基因中心觀點」(Gene-centric view)，這種觀點認為只要將基因圖譜解讀出來，就可以解決所有問題，似乎細胞所有的功能全都記載在基因上。

舉例來說，大部分人認為，生命發育的步驟完全記載在基因上，但事實上，從基因表現開始，直到發育成一大堆器官的組合，不只靠基因來指揮所有事件的發生，過程中一定受到許多外來因素影響。而外來因素不只是被動作用，它們會在許多情況下扮演積極介入的角色，甚至可能同時有許多外來因素影響，這些多重因素彼此交互作用，產生最後的發育結果。生命這麼複雜，絕對不只「基因組」這個單一的中央程式操控機制。

大腦的發育是個很好的例子，大腦是由 100 億個神經細胞所組成的網絡系統，細胞之間的聯結網路是天文數字，訊息數量遠超過基因所能承載的程度。而且，神經細胞之間連結的專一

性非常高，各式各樣的連結方式代表了各種訊息意義，而且連結方式大多數是三度空間構造，複雜的程度顯然不可能只記載在一度空間的基因組裡。研究基因記載的訊息，頂多只能知道細胞間有哪幾類連結方式、哪幾類細胞之間可以形成連結等，而發育過程中包含更多的環境因素，特定環境影響下造成某些特定細胞群的電活動，對特定的神經細胞網路形成有關鍵性的作用。

人的大腦包含了太多的訊息在內，比黑猩猩的大腦不知複雜多少倍，然而人和黑猩猩基因序列的差別小於百分之二，顯然大腦的發育絕不只是靠基因訊息來決定。我認為基因載錄的訊息很可能只影響發育時間的長短，只要在控制發育時間的基因部份，使人類出生後的發育成熟時間拉長，各種複雜構造就有足夠的時間發展，可以比黑猩猩精密許多。拿人和黑猩猩的嬰兒來比較，出生時差別不是很大，但到了一歲，黑猩猩就已經大致發育成熟了，人類小孩則還要很長的時間緩慢成長，便有很多機會接受環境外來訊息的影響，慢慢塑造出精細的構造與功能。腦是最複雜的系統，必定接受許多外來訊息、不斷重塑及調整各種構造，光靠基因絕對沒辦法構成這麼複雜的結構。

吳：簡而言之，基因僅決定生物分子作用的形態，原則，及發育的時段，但是要形成生物體的複雜結構，則有賴外來因素的積極與消極的介入。最近，一些生物學家，想探討到底生物體所需最少的基因，到底有多少，就如物理學家追問，到底需要有多少基本粒子就可以建構我們的物理世界，我想他們思考的基礎都是基於

強調過度的化約主義(Strong Reductionism)，同時也相信只要找到生物的基本元件，就可以了解生命的錯誤觀念的影響。又加上很多人喜歡討論哪些基因是好的、哪些又是不好的，事實上基因沒有好壞，不同的外在環境，而使其有不同的表現。也就是說，基因所載錄的訊息可能只與「表現過程」的控制有關，並未載錄詳細資訊，而資訊的來源便是外在環境！這就是「膜」之所以佔有重要地位的原因，因為膜是溝通細胞內外訊息的媒介，或可說是外來訊息的收集站。

蒲：我想從神經科學的角度看這個問題，例如一個神經網絡要形成時，兩個細胞彼此間要形成突觸才能傳遞訊息，但是在哪裡形成則完全是隨機發生，細胞間軸突藉樹突生長時，作隨機的接觸，接觸點便成為「突觸點」(synaptic site)。接下來，訊息往細胞質傳遞，細胞質裡的物質便架構出三度空間的特定構造與特定分布。再接下來，細胞構造重組的行動更進入細胞核中，引發某種基因的表現，如此一來，突觸點便算是定義完全了。此處所指的「定義」，並不是基因告訴細胞要如何或在哪裡形成突觸，相反的，是外來訊息告訴基因要把表現出來的蛋白質送到哪裡去使用。在這裡，細胞膜所扮演的角色才是最重要的關鍵所在，膜接受了外來訊息，之後與基因再產生交互作用，扮演了「中間者」(mediator)的角色，顯示出膜和基因間的交互作用是非常重要的。

吳：膜和細胞核之間如何通訊，以及外面環境如何與膜溝通信息，將是未來最重要的研究方向。因此，從膜的觀點來看生物研究這個議題，是

非常有意義的。

蒲：從更大的角度來看這個問題，從細胞層次放大到生物體層次，環境是如何與生物體間進行交互作用呢？未來更應從這種「交互作用」的觀點來討論生物、有機體的作用機制，並非所有生物現象都像寫程式一樣準確地規定好了。

### (三)對生物科技發展的看法

吳：科學對社會透過「科技」，產生了經濟層面的影響。例如張忠謀早期原本是一位科學家，現在轉而從事科技產業，這些科技產業深深影響台灣的股市，也改變了人們對經濟的評估與看法，甚至牽涉到財產重新分配。關於科技所造成的影響，我舉個最明顯的例子，在國會中，預算審查委員要求科學家不要談論很久以後才會有結果的問題，眼前的問題要先解決。這種爭論是很難解決的。科學研究和科技發展到底要如何平衡？

蒲：的確，科學有其實際應用的一面。一般人看待科學並不是從文化層面來看，而是著眼於經濟面，關於這點，其實全世界皆然。例如談到科技，以前是船堅砲利，現在則是計算機、網路等，多著重在應用層面。

現在這個資訊時代裡，如果要討論如何在科學與科技間兩相平衡，就生物科學來說，其實並不會遇到太大的問題。如果談到理論物理、天文物理等完全基礎科學研究的領域，的確沒辦法非常直接影響到實際經濟、應用層面，因為像這樣的領域，其研究動力僅來自於追求真理的決心與好奇心。但是在生物領域，很多科學發現很快就有直接應用的機會，因此生物科學

和生物科技間的界限漸趨模糊，兩者間並無太大差別。近年來，生物科學來自經濟層面的研究驅動力越來越大，很多學生選擇修讀生物科學的動機，並不純粹源自於對生物的興趣，而是看準生物科學的應用層面。

吳：你提出一個很好的關鍵問題，也是事實所在：生物學的基礎研究的確可以直接導致應用，甚至可以直接應用在人體上。這應該是生物科學在二十一世紀被視為重要科學發展的原因。特別是近五十年來，人們的平均壽命增長，人類非常注意自己的身體健康。

蒲：沒錯，舉例來說，像是環境、生物圈等問題便直接與生物學有關。另外，所有基礎的發生學、基因表現、分子遺傳等領域的研究，透過分子生物技術，已經有了很大的進展。舉例來說，現在知道癌症關鍵問題在於基因遺傳層面，例如致癌基因(oncogene)的發現，便屬於基礎生物學研究，加上細胞分化及成長的細節仍然不清楚，因此癌症也還沒辦法完全解決，一些應用上的瓶頸仍有待基礎研究上過關。

吳：其實在討論生物科技時，政策決定者應該要更了解，基礎研究對生物科技發展具有非常重要的直接影響，所佔的成份遠比其他領域高得多。

蒲：就生物學來說，基礎研究和應用沒有太大的差別，不應分開來詳細評斷，如果基礎研究不好，就會形成應用研究發展的瓶頸，這是生物領域很大的「特性」，也許在其他基礎研究沒有如此明顯。

(四)介紹伍茲霍爾(Woods Hole)研討會，討論研討

會在推動科學研究上扮演的角色

吳：你曾經在清華開了一個神經生物學小講座(mini course)，該課對學生的影響非常大，我聽當時的生科院院長黃秉乾說，那時幾乎所有來聽講的大學生都說以後想進入神經生物領域！但是可惜國內的行政作業有些問題，由於行政人員的變動，使得科學研究推動產生斷層，效果不太好。你在美國也參與了很多類似的科學研究推動工作，有什麼樣的感想？

蒲：同樣的人、同樣的事情必須持續一直做下去，這樣才會有意義，例如可以每年舉辦各種主題的研討會。舉例來說，在美國，各種生物學科的講習班，在伍茲霍爾舉辦的(Summer Courses, Marine Biological Laboratory, MBL)，冷泉港實驗室(Cold Spring Harbor Laboratory)也有許多類似的課程。冷泉港曾是推動美國分子生物研究的重鎮，對科學研究有很大貢獻。同樣的，很多當今極為傑出的神經生物學家，都出身於伍茲霍爾的訓練課程。

吳：我與黃敬先教授閒聊時，他也提到，每次參加Golden Conference之後都會引發許多靈感，甚至可以寫出一篇論文，接受這樣的刺激很重要。可否請您簡單介紹伍茲霍爾？在國內要推動這樣的研討會十分困難，希望能有一些經驗可資參考。

蒲：在伍茲霍爾，最重要的是參加人員之間的交流。到這裡主要的目的不是工作，當然也有人在這兒租下實驗室，搬一些儀器去做實驗，但是大多數人其實沒有做出什麼重要的成果，多半時間反而是和周圍其他人聊天、討論，這才是最大的收穫。夏天去 MBL 有兩種人，一種

是整個夏天都待在這兒，租間房子做實驗或讀書；另一種人則是到這裡開各式各樣的會議，每年都有很多會議在此召開。

另外，伍茲霍爾為學生設有十幾個夏季課程，課程長短不一，有的 3 到 6 週，有的包含實驗課程，時間長達兩個月到兩個半月，老師們則是到此上短期的課，每個老師約上一到二週。這裡學生收得很少，篩選非常嚴格，每個課程不到 20 個學生，也因此老師和學生都打成一片。通常上午為課堂講座，下午和晚上做實驗，一週上課 7 天，很多學生常常做實驗做到半夜，實在很辛苦，一直到這幾年才改成星期天週休一天。大家非常認真，也因此伍茲霍爾氣氛總是非常熱絡，人來來往往，有演講、課程等，走到哪裡都會碰到同行，甚至同時間聚集了 10 多位諾貝爾生理醫學獎得主。

吳：學生做實驗的內容是什麼？是學新的技術嗎？  
實驗設備要如何設置？

蒲：以我曾參與的一門“神經系統與行為”(Neural Systems and Behavior)的課為例，實驗是包含在課程裡的，例如 20 個學生分成 4 個組，課程共兩個月，實驗課包含四個部份。前二部份是所有學生都參加，包括一些基本實驗技術。後二部份是由學生依興趣分組，可以選擇分子生物或生理學等方面內容，試著做一個小的計劃，算是加強訓練。其實伍茲霍爾只有一些常用、基本的簡單設備，像是電腦、顯微鏡之類，其他特殊的實驗器材，例如膜箝制技術操作設備，就請廠商提供。通常學生學了這樣的實驗技術，如果很有需要，回到學校就會請老師買儀器，這樣等於是累積主要客戶，所以廠商都

很願意提供設備。不過，由於老師上課必須跟學生有很多互動，要花許多時間，也很辛苦，所以教了 4 年就覺得做不下去了。

吳：雖然你說很辛苦，但還是有很多科學家喜歡到伍茲霍爾去，這研討會是如何維持動力？有什麼吸引人的地方？

蒲：去教課的人所得到的最大收穫，就是可以發掘優秀的人才，這裡收的學生都是很好的學生，有些是研究生、有些是博士後研究員，如果在這裡合作順利，課程結束後，很多人就到授課老師的研究室做博士後研究。另外，有些人喜歡到這裡的教課，還可以帶家人到這裡過暑假，這點很吸引人。不過如果要在這裡租實驗室，費用是很高的，有些人則會事先把到伍茲霍爾所需的費用列在實驗補助計劃中。

伍茲霍爾還有另外一個吸引人的地方，距離這裡 10 分鐘路程就有一個海灘，叫做 Stony Beach，做實驗做累了可以到海灘上散步。海灘上有許多科學家在聊天，光是在這裡上聽「科學家們的對話」，就可以得到許多科學上的收穫。有一本書叫做《伍茲霍爾清唱劇：科學與社會對話的雜記》(The Woods Hole Cantata: Essays on Science and Society)，由 Gerald Weissmann 所寫，便是寫伍茲霍爾的人事物、發展過程，最早是刊登在「醫院實務」(Hospital Practice)雜誌上，後來集結成書。

吳：我很希望國內未來能介紹一些著名的研究機構，例如「霍華休斯醫學研究中心」(Howard Hughes Medical Institute)如何運作等，可當為台灣的借鏡。所以可否請你多談談伍茲霍爾的發展、源起與特色？

蒲：伍茲霍爾已經成立 100 多年了，有一本他們自己發行的小冊子《100 Years Exploring Life, 1888-1988》，就是敘述伍茲霍爾第一個 100 年的歷史。加上剛剛提的那本書，都是講述伍茲霍爾如何成為美國生物學的研究重鎮。伍茲霍爾是美國胚胎學 (Embryology) 的誕生地，19 世紀末幾位胚胎學大師，例如 Loeb、Lily 等人，都在這裡完成他們最重要的工作、建立科學上的聲譽。這裡也是許多神經生物學家的誕生之地，他們都是神經生物學講習班的學生，這個講習班是哈佛大學庫夫勒 (Stephen W. Kuffler) 所開創。分子生物學重鎮冷泉港也大約創立 100 年，兩者相當類似。

吳：順便提一件事，我曾經到拉荷雅 (La Jolla, 加州大學聖地牙哥分校所在地) 一年，你那時好像捐了一些錢，成立了庫夫勒講座。能否談談這個講座的性質，成果如何，未來有什麼計畫？

蒲：設這個講座主要的目的，是想把大師帶到校園裡給一系列的演講，主要是希望能反應出他在科學生涯中的心路歷程，如何做出自己最重要的工作。我設立這個講座是因為加州大學聖地牙哥分校 (UCSD) 給我一個 endowed chair (講座教授) 有些經費，我希望能夠回饋給學校，有助於 UCSD 的科學發展。講座中邀請大師進行一週的活動，其中包括與學校老師的交流，並安排分別與學生和博士後研究員共進午餐，這樣安排是因為，學生和博士後研究員很少有機會跟諾貝爾獎級的大師面對面，通常時間都被老師們佔據了，而難得請到這麼著名的大人物來，學生會希望能夠親

炙大師風采。另外安排了晚宴，邀請全校神經科學領域的老師們一同參加。活動每年都辦，到現在已經辦了三次，今年邀請 Sydney Brenner 來，前兩次則分別為 Hubel 和 Crick，都非常受歡迎，所有活動都大爆滿。

聽講人最大的收穫，應該是聽大師年輕時對問題的思考。Brenner 主要講他年輕時的工作與思考，例如當年他為何選擇線蟲 (C elegans) 作為研究系統等，並且站在比較大的視野與角度來看整個領域的發展。一般科學性演講通常講比較實際的內容，而這個講座則著眼整個研究發展的歷史，這種演講對年輕人是很重要的啟發。

(五)對科學、科學教育的看法，以及科學在社會中所代表的意義

吳：在台灣，科學教育實在很失敗，大家談科學只談論研究的結果，也就是最末端的「事實」部分，而且視為理所當然；然而你認為科學的「態度」才是最重要的，重視「態度」與重視「科學研究的結果」，基本上是兩個相反的方向。舉例來說，台灣常有些所謂的「大師」，喜歡開記者會宣稱找到治癌藥物，這樣的態度是可議的。

蒲：所謂的「科學態度」是指「為了真理必須打破砂鍋問到底」，這是科學最重要的態度和精神，也是現代社會裡一種重要的態度。一個好的科學家，他所擁有的科學精神也會反映在為人處事的態度上，以及對社會事務的判斷，也就是可以反映在他的社會行為上。例如說，我相信李遠哲在總統大選上所作的決定，我可以

信賴他的判斷，因為我知道他真的是一個好的科學家，當然我對他個人有一些認識，可以幫助我作判斷，但基本上我認為，他身為一個好的科學家，在關鍵時刻做那樣的事，一定有他的道理，我可以相信他對這件事的判斷。

吳：我想提出一個較哲學的問題，這也是我回台灣多年來的一些感覺。你剛剛提到，「打破砂鍋問到底」是重要的科學態度之一，換句話說，也就是要「隨時懷疑」的態度。但在中國和台灣，政治局勢等於向民眾明白表示，民主進程必須要慢慢來，甚至灌輸民眾「東方的民主比西方好」這樣的觀念，這是否使得人們對事情的判斷形成一種根本上的盲目，包括對科學的判斷在內，例如中醫、西醫等知識全部混在一起；而這似乎也是社會上普遍的現象。

蒲：當然在某些情況下，事實並非一成不變的，真正重要的是，必須具備判斷的能力。例如所謂的特異功能，一位好的科學家，在掌握真正的證據前，不應該對這種不明確的議題隨便發表言論。又例如剛剛提到的癌症研究，任意宣稱找到致癌藥物，表示這樣的人不是好的科學家，或表示他在「科學」與「社會行為」上分成截然不同的兩個層面。

吳：這樣的人是否可稱為「科學領域裡的政治家」（Scientific politician）？

蒲：這種人是「兩面派」，不是好的科學家。科學家也許會遇到很多必須解決的困難，此時他會追根究底，便可能跟社會的現實面有所衝突，而這時他所採取的態度，便是評斷他是否為「好的科學家」的重要指標。

吳：因此你認為，科學家對社會最大的影響在於他

的「社會人的態度」，是否如此？

蒲：科學是社會、文化中的重要元素，對文化進展有非常大的貢獻，擁有「科學」這個元素較多或較少的社會，發展情形必然有所差別。

吳：回到教育問題的討論。在教育一個學生的過程中，養成學生的成功動機顯然是很重要的，在企業界，這種動機應該稱為企圖心。那麼要如何激發他們的動機呢？在科學領域要如何做？或是說，學生是否在某些階段會比較有動力？而以老師的角度來看，應該要設法選一些動機較強的學生，教育成功的機率比較高，還是廣納學生再設法引發他們的動機？

蒲：恐怕兩者情形都有。做老師最棒的地方，就是可以發揮影響力。在科學教育裡，中學老師的影響力應該是最大的，那時學生剛開始接觸真正的科學，應該好好研究如何激起學生的興趣。學習動力的來源常是自信心，如果你很有信心、相信自己的做法會有結果，這樣才容易成功，不會老覺得自己的想法是錯的。身為老師，最大的功能不是為學生引導方向、不是給予資訊、不是傳道、不是授業，也許有部分是解惑，但最重要的應該是「努力增長學生學習的主動性」，建立學習的自信心，並建立追求知識的主動性。

我們所受的教育，老是教我們要念這個念那個，太多的指導只會打擊學生的自信心，雖然花了很多功夫，卻沒有真正的效果。庫夫勒的特點便是如此，他善於激發學生的能力是很有名的。他常上課時如果有學生提出意見，他一開始總是先稱讚：「這真是個很棒的想法！」每個學生的意見都是「很棒的想法」，學生聽

了當然很高興，上課氣氛就會很熱絡。當然，他還是會告訴學生，並不是每個好的想法都是可行的，並且會針對不同的問題給予不同的意見。基本上，教學生的重點是要先鼓勵再批評，但是台灣老師聽到學生問題大多不會馬上讚美；現在社會風氣比較開明，狀況也許好一些。

我的研究生剛進我的實驗室，問我要看什麼書、如何準備進入科學生涯，基本上我要他們念念關於科學史方面的書，多了解過去科學史上的一些重大成就，例如盧瑞亞(Salvador Luria)的書(《吃角子老虎與破試管：一個科學家的理性與感性》(A Slot Machine, a Broken Test Tube)或《記憶大師的心靈》(The Mind of a Mnemonist: A Little Book about a Vast Memory))華生(J. Watson)的《雙螺旋—DNA結構發現者的青春告白》(The Double Helix)或克里克(Crick)《狂熱的追求》(What Mad Pursuit)這類好的科學傳記。這類書籍已出版相當多的數量，閱讀這些書可以瞭解真正的大問題是如何解決的。

吳：你提到的這幾本書，台灣也都有譯本。閱讀這方面的書，才能知道整個科學發展洪流的方向，也才能知道自己的定位在哪裡，不至於只是鑽進自己實驗室的小技術、小領域中。我也希望我的學生讀這些書，但我只是放在我的實驗室裡，由學生自行取閱，沒有指定學生閱讀。

蒲：讀這些書比讀論文或教科書更重要。另外還有一本很好的書，《Advice to a Young Scientist》，由諾貝爾獎得主 Peter Brian

Medawar 所寫，這本書文字比較深奧，主要是對年輕科學家的忠告。我在十多年前翻譯了一章，並把書交給中國的科學出版社，似乎沒有出版。

吳：然而對台灣學生來說，這些書畢竟都是外國人寫的，要如何讓台灣學生意識到自己的位置、讓他們意識到自己也是世界主流中的一群呢？這牽涉到科學是否有國界的問題，以及科學與社會間的關係等，上次你回來時也特別強調科學在社會中所扮演的角色，是否可以請你談談這方面的問題？你的參與又是如何？

蒲：現代科學發展是進步社會的要素。科學基本上是一種「態度」，即如何看問題的態度；整個社會對科學的瞭解程度，反映出一個社會的文化水準，與文化、藝術的地位是一樣的。基本的科學訓練，能夠培養一個人思考問題、判斷是非的能力。

吳：你提到庫夫勒，讓我想到詹裕農，他並不很喜歡哈佛的環境，覺得那兒的人作風太強勢，他們在哈佛做博士後研究時，在庫夫勒底下工作，並不能做自己想做的東西，加上庫夫勒本身的研究能力並不是很強，導致哈佛的聲譽有點下降。

蒲：雖然如此，庫夫勒很知道如何抓到問題的重點，我覺得葉公杼和詹裕農還是從他身上學到這方面的經驗。他們兩人在加州理工受到戴爾布魯克(Max Delbruck，一作 Delbrück，1969年諾貝爾生醫獎得主)影響很大，戴爾布魯克的確有很崇高的地位，但是他發表的論文很少，早期與盧瑞亞(Salvador E. Luria)合作有過重要成果，後來幾十年的工作都沒有重要的

發現。戴爾布魯克的貢獻在於他對整個分子生物領域的推動，尤其集中以簡單生物體(phage)為模型來解決分子遺傳學得基本問題。他的特長是總是能夠準確判斷問題核心所在，知道重點在哪裡，而且對於問題的判斷有很高的標準。葉公杼和詹裕農在學生時代就表現出流的能力，經過班瑟(Seymour Benzer)戴爾布魯克和庫夫勒的訓練後，浸潤在大師們的環境下，自然培養出判斷重要問題的能力。除了要有判斷重要問題的能力，大科學家還有能判斷最佳解決問題的途徑。實驗室的設備、建築結構都很不好，但可以訓練出能夠判斷重要問題的科學家。其實大家都知道最需要馬上解決的大問題是哪些，譬如腦中神經系統主要的結構與性質、如何研究神經細胞間，大家都知道大問題是什麼，然而優秀的科學家要能夠判斷何時何處可突破這些，科學是「解決問題的藝術」，能夠掌握這門藝術，才能達成最後的目標、解決大問題的目標。

#### (六)對台灣科學發展的觀察與建言

吳：促進科學發展的重要力量，似乎與好的研討會有很大的關係。顯然負責推動的領導人必須具備科學上的領導魅力，這會是相當重要的關鍵，好的領導者能夠喚起領域內的討論風氣。我也嘗試在台灣推動生物物理領域的討論氣氛，希望能透過比較輕鬆的方式，但是在東方文化的背景下，要推動實在很困難。

蒲：不光是台灣，在中國也是這樣，主要因為長年戰亂，沒有建立科學傳統。而以日本為例，明治維新後，社會狀況保持了相當長一段時間的

安定，這有利於科學發展。日本有一些留學德國的留學生，回到日本之後，在東京大學、京都大學成立許多研究小組，後來一代傳一代，建立了科學研究的環境和傳統；當然最初的幾代是沒有大師的，要慢慢發展，建立傳統很重要。日本出現的第一個大師是湯川秀樹，到了他那個時代，日本已建立了相當好的科學研究環境，已經能夠孕育出像他這樣非常傑出的科學家。

吳：顯然好的內部結構非常重要。台灣的學術制度很有趣，日治時代為日本系統，當時傳承了幾個世代，但是民國 38 年戰後則全部改為美式，特色是每個實驗室獨立運作，表面上看起來似乎沒什麼問題，但是深入來看，傳承全都不見了。在美國，學術界的競爭雖然很激烈，淘汰得很厲害，但是每個領域總有大師級人物，多多少少可穩住領域裡的規範與傳承，使各個獨立實驗室的發展不致散亂。而在台灣，由於沒有大師級人物，各實驗室間顯然難以統合。這是我的看法。

蒲：其實如果內部結構能保持活動力，並維持很長一段時間，就不會因為一個人的變化而中斷發展。例如台大藥理學科李鎮源的蛇毒研究小組，就是一個很好的例子，在這個小組裡有大師院士建立的有傳統，有好的學生，產生像張傳炯這樣優秀的科學家，便是一代代傳承下來的好例子。

我今年在上海接受文匯報記者的訪問，記者提到，目前中國人拿諾貝爾獎都是在海外作研究的科學家，他提出的第一個問題便是，中國人要何時才能拿諾貝爾獎。我覺得，重點是要能

夠建立傳統，並要能維持很長一段時間，如果沒有這樣好的環境，即使擁有科學天才，也不能在自己的環境裡生根、發芽，人才只好都跑到國外去了，所以先建立起好的環境很重要。科學研究一個世代大約 10 到 20 年，大概要累積幾個世代後，累積個幾十年後，才会有好的傳統。不過當然不只是靠內部自己累積、培養，也要從國外延攬好的人才，產生新的刺激，逐漸形成一些領導者，再培養出下一代人才。

舉例來說，哈佛大學神經生物系的庫夫勒就做

到傳承，他自己雖然沒有拿到諾貝爾獎，但創造出非常好的研究環境和風氣，使得他創辦的系裡研究的 Hubel 和 Wiesel 拿到諾貝爾生理醫學獎。Hubel 與 Wiesel 事實上是延續了庫夫勒在視覺系統研究上的傳統，並且發揚光大。

[附註]

本期僅登載蒲慕明教授的訪談紀錄，另外葉公杼及詹裕農教授的訪談紀錄，將在下幾期物理雙月刊中刊出。