

國科會自然科學及永續研究發展處

羅夢凡 處長



科學更多的時候是你如何想，而不是你看到什麼

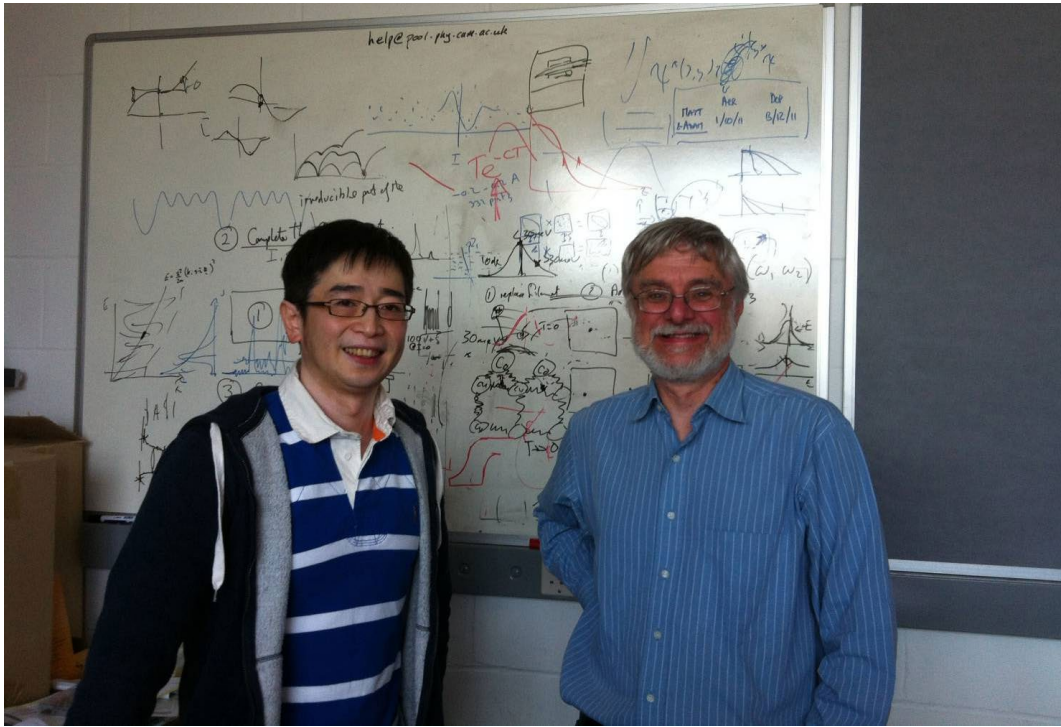
The Important Thing in Science Is Not So Much to Obtain New Facts As to Discover New Ways of Thinking About Them

撰文：林麗娥

《科儀新知》233 期再度走訪國科會，邀請自然科學及永續研究發展處 (以下簡稱自然處) 羅夢凡處長，擔任人物專訪嘉賓。羅處長對於台灣發展有高度的使命感，特別是談到台灣科學發展環境、人才培育等議題時，也著重推廣台灣客家語言文化，經常透過客語來講科學。處長在規劃推動自然處政策時，深受其於英國留學時的養成教育，期望台灣可以多支持基礎科學的發展，累積知識資本、發展新興科技、驅動產業創新，進而帶動國家社會進步。

成功的實驗物理學家來自於扎根的基礎訓練

羅處長為具有諾貝爾獎搖籃之稱—英國劍橋大學卡文迪許實驗室 (Cavendish Laboratory) 的物理博士。他憶起剛到英國念書時，做的是電子能量損失譜研究 (electron energy loss spectroscopy)，原先的儀器設備非常老舊，還是「286 電腦」，後來換成比較快的中央處理器 (CPU) 486 之後，儀器就當機了。於是，指導教授 William Allison 給處長到英國念書的第一個任務就是 troubleshooting (問題排除)，把這個問題解決。從 10 月初入學到了 12 月中，花了超過兩個月的時間，盤點了所有的可能性，學長、老師都下來幫忙，也不見其解。就在山窮水盡，覺得剛入學就畢不了業時，突然靈光乍現：「也許事情沒有這麼難。原先數據送出與存取就是很簡單的概念，現在是一邊處理速度慢一邊處理速度快，送出與存取之間就出現時間差，久了就會當機。」於是處長就在電腦程式上加了一個設定：delay by 0.1 second，問題就迎刃而解了。劍橋大學非常注重基礎的訓練以及獨立研究的能力，學院裡的學長曾經與處長這樣比喻：「在劍橋做研究就是如同在荒島上求生，老師只會告訴你目的地在哪裡」，你必須逢山開路、遇河架橋，遇到困難就要想辦法解決。



羅處長與指導教授 William Allison 於劍橋大學實驗室的合影

處長也表示，一開始他的學習觀念停留在快速廣泛累積知識，彷彿把武林秘笈學完就會瞬間成為科學強人。一有什麼量測結果就會去找指導教授討論，指導教授笑稱表示：「你不是做什麼諾貝爾獎級的題目，不用這麼急於發表。」處長在劍橋大學四年的求學期間，有一年半都在修理儀器。指導教授讓他瞭解到要成為一個實驗物理學家，不是一蹴可幾，必須懂得 troubleshooting，要發展新的技術，這些科學能力養成的訓練都是必然的。指導教授並非傳授「劍招」，而是傳你「劍意」，讓學生可以依其個人的特質成長為獨立成熟的科學家，創造屬於自己的「劍招」。

科學文化與創新需要時間養成

羅處長之所以認為發展技術非常重要，在於卡文迪許實驗室有段時間在物理領域的發展可以領先全球，很大的原因來自於發展新實驗技術，實現 (realization) 的能力非常強，其中又以學生須自製實驗儀器與親自動手設計實驗並行的制度最為著稱，準確量測和可靠的實驗奠定了卡文迪許在促進科學思想與教學發展上的重要影響。很多開創性的研究，都是由於觀測技術的進步。像是羅處長實驗室的學弟，做的是 Helium-3 spin echo spectroscopy 的技術開發，用來研究表面原子分子等級的動態過程。這樣的構想最早來自於法國，但是想得到卻做不出來。由於沒有前例可循，都必須自己設計和製作儀器。學弟的技術發展出來，就是世界領先，開創一個新的研究領域。立基在創新研究成果上所展開的應用與發展，就十分多樣，可以加速各領域的推展與進步。許多驚人的科學、工程和醫學發展，都是從基礎科學導向應用科學研究而發展的。

而在劍橋大學物理系，有很多這樣優秀的團隊，創新的量測技術與儀器設備都是自己開發，一旦技術開發出來他們就是領先全球，因此卡文迪許實驗室 workshop 的技師就多達 50 位。只是基礎科學能力與技術的養成，必須仰賴時間的累積，他們長久發展下的科學文化特色在於求品質不求快。處長在博士畢業口試時，其中一個英國皇家學院的院士問到：「你在博士班的研究發展了哪些東西，是一項儀器設備，還是技術精進了？」即表示卡文迪許注重的是扎根訓練，不是簡單地做實驗取得數據發表期刊。英國的學生受到長久發展下的科學文化影響，認為發展新技術即是研究的一部分，這確實是台灣的教育與科學文化值得借鏡的地方。天才型偉大物理學家的故事雖被人們傳頌和讚嘆，卻難為學習和發展科學的模板。

鼓勵多年期計畫、創造關鍵技術、培育基礎科學與跨域研究人才

在台灣，願意做深度基礎科學，關鍵技術開發和跨領域研究的學者不多，主要在於科學研究資源投入的模式以及鼓勵不足。時間上過短的研究補助形塑講求功利、速成的研究方式，往往忽略了重要但困難的議題。這樣的研究工作並沒有辦法有效培養學生的「科學能力」，更遑論可以質量並重的創新研究。國科會近年來開始鼓勵做長程、具挑戰性的題目，並提高多年期計畫比例予以支持。羅處長表示，關鍵技術開發不僅涉及研究補助的時間，也和台灣科學人才的培養有關。除了針對具備儀器設備 (instrumentation) 開發能力和興趣的學生、年輕學者要有更多的培育規劃和支持，在科學評價上也應予合理的肯定。科學的進展除了由科學家的好奇心驅動，也部分來自於解決社會或經濟所面對的問題和需求。用科學來解決問題對歐美社會來說是共同的歷史經驗，也是很多人的生命經驗，並非雲端上的神話。台灣在運用科學或以知識為基礎解決社會問題的共同體驗並不足夠，因此整個社會對大力投資基礎研究並未有全然的共識，很多人對科學的想像僅止於諾貝爾獎。羅處長認為我們一部分的基礎研究應該要有社會影響力，讓科學研究回應社會需求。因為社會問題和需求的複雜度，例如永續、減碳相關議題，常常需要跨領域的合作，國科會針對這樣的目標，除了鼓勵跨域研究，並建立了回應社會需求跨領域計畫來支持相關研究，培育跨域研究人才。

研讀科學史、領略科學之美

卡文迪許實驗室的博物館展示了從 20 世紀初到現在歷來的重大突破，圖書館也豐藏了科學家的傳記。羅處長在英國念書時，經常翻閱過去偉大科學家的傳記，認識到歷任實

驗室主任是如何帶領同儕開拓新的領域，其中最推崇的是第五任卡文迪許主任—小布拉格 (William Lawrence Bragg)。1915 年小布拉格與其父親利用簡單的幾何學，假設晶體中每個平面上的原子都會散射 X 射線，用以解析晶體結構。後來這個物理定律被稱為布拉格繞射 (Bragg diffraction)。由於 X 射線晶體學方面的貢獻，布拉格父子於 1915 年獲得諾貝爾獎。拉塞福 (Ernest Rutherford) 主任於 1937 年過世後，小布拉格接替他擔任卡文迪許實驗室主任。在他的研究帶領下，首度將繞射應用在生物研究上，使得華生 (James Watson) 和克里克 (Francis Crick)、威爾金斯 (Maurice Wilkins) 在 1953 年因共同解開了 DNA 雙螺旋結構的奧秘，開啟了分子生物學及遺傳學的大門 (1962 年諾貝爾生理醫學獎)。

小布拉格除了開創將繞射應用到研究生物、DNA、蛋白質，也引進了電波天文學、凝態物理學，帶領卡文迪許實驗室科學發展到達另一個高峰。小布拉格傳記中提到一句話：「科學更多的時候是你如何想，而不是你看到什麼。」台灣學生在科學知識上，不遜於歐美學生，可是在科學探索、解決問題、冒險創新、承擔挫敗的能力上，與歐美學生相比，確實有成長的空間。這些台灣教育長期較被忽略的部分，反而是歐美國家能在科學上持續創新的主因。真正的科學比較像是個「動詞」，永無止境地好奇，勇敢地創造與探索，而非停留在理解學科的知識。

掌握充足基礎知識、建構問題解決途徑

台灣是一個中小型國家，更需要策略性規劃國家發展政策。為了讓整體科技效益發揮出來，國科會必需強化跨部會協調合作，讓有限的科技預算產生最大效益。像是國科會今 (2022) 年攜手中央研究院及經濟部進行跨部會合作，引導產學研界共同發展的量子科技。有別以往的執行方式，這次量子國家隊是整合上中下游同時進行，例如做好量子位元之後，後面的低溫電子電路、放大器，甚至更之後的界面和軟體，都要能夠對接和系統整合。透過這樣的計畫，讓不同領域的人進行對話，共同協力整合系統，而不僅是執行完自己的部分就好。另一方面，也同步將國內廠商拉進來，進行公私部門協力市場應用。

經濟部水利署過去一直針對地層下陷防治議題進行相關的研究，儘管有所改善，然而地層下陷成因複雜、涉及水文地質特性及地下水使用時空變化，無法精準掌握地層下陷機制。加上過去基礎知識不足，跨縣市間對於整治方案沒有統合出皆認同可行的方案。為此，國科會 (當時為科技部) 與經濟部水利署於 2019 年共同簽署「尖端地層下陷防治技術研發」合作協議。羅處長表示，學界對於問題的瞭解程度還是比較細緻，透過科學研究及新科技的導入，輔助相關防治政策擬定與推動。希望藉由國科會與學研界厚實的研發能量，結合水利署多年地層下陷防治的實務經驗，跨域進行合作，探索問題的關鍵成因，激發創新的解決方案，以解決台灣長期地層下陷的問題。

給予想去英國留學的學生一些建議

提到英國，我們經常會聯想到英國人說英語「腔」就是特別優雅好聽。羅處長笑說他有個學長是英國人，到美國工作後經常被稱讚口音好聽，這位學長回應美國同事說：「I am an Englishman. I have no accent.」除了語言表達差異，英國與美國的教育系統不太相同。英國的訓練非常注重側面效益，像是英國劍橋大學、牛津大學和杜倫大學是採學院制 (Collegiate System)，如著名的三一學院 (Trinity College)、國王學院 (King's College)，有些學院只招收

研究生及以上學歷的學生。學院主要負責生活的大小事，如住宿、吃飯、健康、社交、始業與畢業典禮等，而非工學院、醫學院專業學科分類的學院。因此，在同一學院裡面，你會遇到讀不同科系的院友們。而相同的，在同一科系裡面，你也會遇到來自不同學院的同學們。因此，你一入學，就必須學習如何跟你旁邊的同學聊天，認識院友們，從他們身上學到東西。

處長也分享在英國念書通常上午跟下午各有一次 **tea time**，這對英國人來說是一個很重要的社交活動，即便是系上的技師也會一起參加，很多創新的想法與研究都是透過這樣的交流對談而產生的。有興趣到英國念書的學生，到了英國就是要把自己當一個成人看，必須非常周延 (**considerate**) 和獨立，並且可以花時間去感受英國深厚的科學文化底氣。一如指導教授 **William Allison** 的諄諄教誨，羅處長也鼓勵大家，不要因為在研究上急於求成，而窄化了自己的思路。如果研究遇到瓶頸的時候，不妨聽聽別人的想法和建議，或嘗試其他題目，也許峰迴路轉處，有可能讓你從 **A** 到 **B** 的直線途徑中創造更多條道路。