
促進以閱讀理解為基礎的科學教學

—美國密西根大學的參訪紀實與省思

黃俊儒

國立中正大學 通識教育中心

壹、前言

「...2006 年促進國際閱讀素養研究 (PIRLS)，台灣排名 22，原本落後的香港急起直追，已經超越台灣，為教育界投下一顆震撼彈。教育部積極投入閱讀扎根的工作，目前初步規畫中，把減少國際指標進入低分組人數比率列為目標之一，希望在民國 100 年，能把低分人數比率從 3% 減少至 1%...」

(聯合報，2009/1/25，C3 版/教育)

前述的報導是政府為了全面推動國人閱讀素養的提升，教育部有意在未來 3 年內投入 20 億的經費推動終身閱讀計畫。關於這項政策規劃的原委，其實與過去台灣參與幾項國際間大型評比的調查結果相關。相較於台灣在其他基礎能力上的表現，這些結果似乎都顯示出，國民整體閱讀的習慣並不出色。

例如在 2001 年首次舉辦的 PIRLS (Progress in International Reading Literacy Study) 跨國研究計畫中，台灣參加了第二次的計畫，從結果中顯示，台灣小四學生的閱讀表現在全球四十五個國家中名列二十二。依據國際四級指標分數，台灣 7%

學生成績超過最高指標的 625 分，與國際平均相同，但遠不及香港 15% 和新加坡 19%，36% 達 550 分的高指標，41% 達 475 分的中指標，13% 位於 400 分的最低指標，3% 連最低指標都不到。這也是為什麼政府這一次希望在民國 100 年，能把低分人數比率從 3% 減少至 1% 的原因。此外，在 2006 年經濟合作暨發展組織 (OECD) 所公布的「國際學生評量計畫」(Programme for International Student Assessment, PISA) 報告中，台灣學生在科學素養的表現上，雖然有很好的理解力，但是在論證以及形成議題的向度上，卻是表現不理想。在有關閱讀素養的部分，台灣在五十七個國家中排名第十六，優於平均值，卻不如南韓和日本，並明顯地不及在科學與數學上的表現。

從這些國際評比的結果中可以發現，台灣學生在看似優異的科學及數學表現下，卻也透顯著一些隱憂，就是向來「重理解，輕思辯」的教育氛圍。如果再加上我們顯然落後的「閱讀素養」表現，則幾乎說明了我們這種「代工式」教育的缺失。因為我們的學生可以準確地完成教師或教科書所「交代」的事，但是如果在這個既

定範疇之外，就難以自行發現問題與解決問題，更不用談創新了。所以難怪我們有很好的科技代工廠，卻難以有出色的品牌。如果再加上閱讀素養的弱勢，則意味著我們的學生在離開校園後，難以繼續透過文本閱讀來吸收新知與成長。這種狀況對於全民素養的提升及公民社會的成熟，均是很不利的因素。

由於美國的閱讀理解和閱讀教學研究，已有百年以上的歷史（Venezky, 1984），相關的推動方式與作法十分均值得我們借鏡。2008年9月，透過國科會人文處與科教處所籌畫及經費補助的「美國多元文化閱讀研究參訪計畫」，筆者得以有機會參訪包括佛羅里達閱讀研究中心（The Florida Center for Reading Research, Florida State University）、密西根大學教育研究中心（Educational Studies, University of Michigan）、哈佛大學教育學院（Graduate School of Education, Harvard University）、喬治城大學兒童數位媒體中心（Children's Digital Media Center, Georgetown University）以及美國教育部 IES（Institute of Educational Science, U.S. Department of Education）等單位。其中，密西根大學 Dr.Palincsar 的研究團隊長久以來專注在科學文本的閱讀學習上，特別值得國內科學教育研究的參考。因此本文將先說明閱讀理解在科學學習或教學上的意義，輔以密西根大學的實際作法及經驗，並探討國內科學教育可能的相關作法。

貳、閱讀理解與科學學習

在台灣，學生習慣透過教師對於相關科學概念的解說以及演練來達到理解科學概念的目的。但是在 PISA 的測驗中，學生必須閱讀短篇故事、網路信件、雜誌報導、及統計圖表等各種形式的資訊，然後回答問題。因此 PISA 是從三個層面來衡量學生的閱讀能力，這些層面包括：擷取資訊的能力，就是能否從所閱讀的文字資料中，找到所需資訊；解讀資訊的能力，即閱讀後，能否正確解讀資訊的意義；思考和判斷力，就是能否將所讀內容與自己原有的知識、想法和經驗相連結，綜合判斷後，提出自己的觀點。而且，在 PISA 的報告中亦明確地指出，一個青少年不可能在學校裡學習到成人以後所需要的一切知識和技能，因此，學校教育必須為終身學習奠定穩固的知識基礎，而良善的語言基礎正是這些問題背後最主要的根本條件。可見一種永續的科學教育觀點，勢必需要建立在良善的閱讀理解能力上，畢竟在現代社會中，學生有太多機會可以接觸到各式各樣的文本，而這些形形色色的文本都是傳遞科學概念的重要媒介。

如果再根據 PISA（2006）的定義來看，閱讀能力愈強的人，愈有能力蒐集、理解、判斷資訊，以達成個人目標、增進知識、開發潛能，並運用資訊，有效參與現代社會的複雜運作。更根本的說，能夠永續地進行「溝通」與「探究」，必然需要建立在良好的閱讀理解能力上，而這也是為何「閱讀素養」常常是評鑑一個國家國

民水平的一項重要指標（詳參 PISA, 2006; PIRLS, 2006）。在我們此次也有參訪的哈佛教育學院中，主要接待的 Catherine Snow 教授曾經將閱讀理解的定義為，一個同時在提取（extracting）與建構（constructing）意義的過程（Snow & Sweet, 2003）。她們也進一步地將閱讀理解區分成三個最主要的元素，包括進行理解的閱讀者（reader）、被理解的文本（text）以及理解所發生的活動（activity）等。

對於閱讀者而言，一個閱讀理解的過程需要考慮個體的接受度、能力、知識及經驗等（Snow & Sweet, 2003）。例如 Osborne 與 Wittrock (1983)曾指出，知識建構的過程是當學習者選擇性地（selectively）注意到新訊息，並且與儲存於長期記憶（LTM）中的知識進行比較，之後才會基於已知對新的訊息產生出新的意義。可見在解讀外在訊息時，是一個不斷調變、不斷形成與創造的過程，所以先備知識（prior knowledge）也扮演一個十分重要的角色。

對於文本的角色而言，在閱讀理解的研究中，包括任何被閱讀的訊息都需要被加以考量，不論是印刷的或是電子的文本型態。因為在閱讀理解的過程中，閱讀者會建構許多不同的文本表徵，例如字面編碼（surface code，文本中的措辭或用語）、文本基礎（表徵意義的概念單位）、隱含在文本中之心智模式的表徵等（Snow & Sweet, 2003）。誠如許多科學教育學者所認為的，語言並不只是描述或是反映既存的

概念架構，語言還會主動地創造那些架構（Lemke, 1990；Roth & Roychoudhury, 1992）。因此確認好閱讀理解的文本體裁特質，確立適當的語言溝通基礎，會是對於閱讀者極有幫助的一項工作。

對於閱讀理解之教學活動的設計而言，Snow & Sweet（2003）指出常常需要加以考慮的三種面向，包括：目的（為何閱讀者要讀？）、過程（閱讀時有哪些心智活動？）、結果（閱讀者學習或經驗的閱讀成果為何？）。在一個閱讀文本的過程中，常會經歷解碼（decoding）、高階的語言及語意（semantic）過程、監控（monitoring）等。而好的閱讀活動常會獲致的成果則包括獲得知識（knowledge），學會應用（application）及投入（engagement）等（Snow & Sweet, 2003）。

如果我們要去推動或改善目前學生在閱讀理解上不佳的表現，如何透過同時統整閱讀者特質、文本結構、教學策略等三種向度，實乃推動科學文本學習成功與否的主要關鍵。以 Palincsar & Brown (1984) 所共同發展為促進閱讀理解的交互教學（Reciprocal Teaching, RT）策略為例，正可以清楚地看出在這個教學活動設計的過程中，研究者已經清楚地界定好前述三個向度間的關係。在這個教學過程中，主要建構在四個環環相扣的閱讀策略上，包括：提問（question generating）、進行總結（summarizing）、澄清（clarifying）及預測（predicting）等。透過這四個階段的演練，教師與學生不斷的對話與詮釋，共同地來

建構文本的意義 (Palincsar, 2003)。在這個互動教學的過程中，大家彼此將意義帶進文字中，並監控自己從文本中的思考及學習。而這樣的學習策略，也在許多場合中被認為對於科學學習有所幫助 (Glynn & Muth, 1994)。在這一次的參訪行程中，我們也嘗試去觀察是否有什麼具體的實務經驗是從書本中看不見的東西。

參、密西根大學教育研究中心-Dr. Palincsar 研究團隊為例

在密西根大學的參訪行程中，Dr. Palincsar 的研究團隊是主要的參訪重點。過去在八〇年代時，A. S. Palincsar 與 A. Brown 參考 Vygotsky 的理論，發展出交互教學法 (Reciprocal Teaching, RT)，對於在教室中促進學生的閱讀理解具有重要的貢獻。在近幾年的研究中，Palincsar 的團隊

更聚焦在科學文本的教學與數位文本的應用，尤其是孩童在閱讀訊息量較大的科學說明文時，所可能遭遇的問題及因應作法。在參訪的過程中，我們首先針對台灣的相關概況向 Palincsar 進行簡要的說明，特別是針對日前台灣在 PISA (2006) 及 PIRLS (2006) 兩項評比中，學生的表現交換意見，以增進彼此對於相關背景的認識。此外，並且請教他們如何將該團隊一系列研究的發現落實在教學的實務工作中，以及如何運用資訊科技的協助讓效果更加的彰顯，最後並希望能分享他們在推廣工作上的經驗及作法。

之後，Palincsar 就針對這些提問，分別展演了以她所發展之閱讀教學理論為基礎所建構的兩個主要教學系統給予我們參考。包括超媒體工具 EASE-C (in TTMM website, Teaching Text Making Meaning) 以



圖一：EASE 介面中所展示的交互教學示範

及與 CAST (Center for Applied Special Technology) 合作的 Thinking Reader 協助閱讀工具，其間並分享她對於我們所提出之問題的想法。

一、教育研究與教學演示

在 Palincsar 的報告中，她透過 EASE System 這個資訊介面，將自己過去廣為人知的 RT 研究成果用很清晰的方式進行演示 (詳參 <http://edr1.educ.msu.edu/CompStrat/login.asp>，以 demo 登入)。

在 EASE 系統的建置過程中，該團隊接受美國 NSF 的補助，有系統地將學術研究在教學場合中的實踐場景，按照每一個理論基礎及意義屬性，編輯成一段一段的教學影片。並且在技術上克服網路頻寬及收音的限制，讓所有有興趣的研究者及教學人員，均能夠輕易與清楚地從這些片段中瞭解有關 RT 及 QtA (與 Pittsburgh 大學的合作) 的具體作法；在 CAST' s Thinking Reader 系統的運用中，則結合許多資訊科技的輔助，透過教材的數位化及線上學習來促進學生的科學閱讀理解。

前述的作法兼顧理論與實務的平衡，在良好的學術研究基礎上，並顧及了適當之教學演示平台的建構。善用資訊科技的輔助來增加教學研究的實踐及附加價值，這是 Palincsar 團隊令人印象深刻的地方。這樣的作法讓有興趣的參與者可以容易地將理論與概念依據自己所面臨的情境，遷移至實務的場域中，可以更加活絡教學研究的價值及實用性。

相對地，台灣在相關教育研究的作法上，常常忽略了後端演示工作的重要性，也低估了結合資訊科技無遠弗屆的影響力。甚至在整體制度的設計上似乎亦不鼓勵這種實務工作的投入，導致教育研究未能夠有規模並具體地在教學現場上發酵。因此台灣教育的研究成果常常在做完研究報告後就被束之高閣，感覺上僅提供了半套的服務，造成推廣及應用上極大的受限。由於這種演示技術與資訊科技的輔助均是極為專業的部份，需要統合許多不同的角色、資源及人力，不能僅仰賴部分研究者義務或是個人熱忱的付出。因此如果能在相關研究計畫的補助上，能夠適度地鼓勵研究成果的演示及相關資源平台的建置，對於科學閱讀的教學應能有極為立即的幫助。

二、教學環境與師資培育

在 Palincsar 的報告中指出，RT 的教學，小組的規模大約是 8 人；QtA 的教學規模適用於整個班級，大約為 15 人。除此之外，在這些教學的任務中，均是以教導學生對於整體科學文本的閱讀理解為主要的前提，而不是僅止於某些個別科學概念的引介。有別於對於科學教科書進行講述式的教學，這對於學生養成閱讀習慣及永續的自我學習 (self-regulation) 是極有幫助的訓練。

就目前台灣的教學實務來看，若要是能推廣閱讀理解的教學，則至少有兩個層面的問題需要克服。一方面是需要降低班級

的學生數目，否則教師實難以在現有的教學環境中顧及文本閱讀的訓練；另一方面，在目前中小學的科學教學中，仍多以科學概念的學習為主要的重點，過程中多是以「教師」作為主要的訊息源，鮮少有機會讓學生透過「閱讀」來推敲科學文本中的意義。當然，長期以來國內科學師資的培訓過程中，並未特別地強調有關科學文本閱讀的訓練。為因應國內閱讀素養的低落以及科學閱讀對於永續教育的重要性，應可以鼓勵在科學教育中加強對於閱讀的相關研究，並期能具體落實閱讀教育於科學師資的培育。

三、教育成果的推廣模式

在 Palincsar 所演示的閱讀學習輔助工具中，Thinking Reader 這個學習程式除功能令人印象深刻外，其背後組織生產的方式亦值得借鏡。基本上這一個科學文本輔助學習程式的開發是結合了非營利教育研發機構（CAST）、學界、官方以及出版公司四者力量下的產物。計畫之初是先由 CAST 與 University of Michigan 共同提出 Reading to Learning: Investigating General and Domain-Specific Supports in a Technology-Rich Environment with Diverse Readers Learning from Informational Text 計畫案，並爭取到 IES(U. S. Department of Education, Institute of Educational Sciences) 三年共 1,499,281 美元的補助，之後的成果再交由 Tom Snyder Productions 公司出版推廣 (<http://www.tomsnyder.com/products/product.asp?sku=TH>

ITHI)。

這個成果推廣的模式結合了非營利研究機構、研究單位、政府、書商，涵蓋了產、官、學、研等不同的體系及角度，這樣的結合與推廣不僅是極為專業的分工過程，其中更需涉及許多學術研究單位所鮮少涉及的事情（例如研究者還需要花時間跟程式設計師、美編人員、銷售人員等進行密切的溝通及配合）。但是透過這些密切的合作，卻能從上游到下游共同構築出可以實際運用及推廣的產出，其永續的影響力極具價值。在目前台灣的教育體系中，這樣的教育合作及生產模式仍不多見，可以作為國內教育推廣工作的參考。

肆、他山之石

OECD 從七〇年代之後就陸續提出回流教育（recurrent education）、全民終身學習（lifelong learning for all）、知識經濟（knowledge economy）、知識管理（knowledge management）、學習經濟（learning economy）與數位落差（digital divide）等概念，對於全球知識社會形成的發展影響深遠。從這裡面可以看出，一個國家是否擁有多數樂於永續與終身學習的公民，某種程度也就決定了這個國家知識經濟的實力，而「閱讀」正是其中最為關鍵的一項能力。

在這一趟美國科學教育的參訪行程中，我們可以發覺台灣與美國的問題是有所不同的。例如在台灣的教育體制中，教育除了求知與啟蒙之外，卻也扮演了一個

極為顯著的社會篩選功能。因此，我們花了許多的精神促進學生對於既有科學概念的理解，但卻也相對地忽略了將科學作為一種語言的功能，一種作為持續吸收新知並且足以參與外在社會的功能。因此我們比較不會注重讓學生自行透過語言及文字來習得科學（因此常常跟隨名師往往比選用好的教科書來得重要），也因此我們科學教育的「續航力」往往表現地較差。如果再輔以台灣社會中，屢屢因為困在許多科學或技術發展所引發的社會爭議（socio-scientific issue）中，而付出極為慘痛社會代價。不禁令人懷疑，我們所投注的科學教育資源，究竟如何地服務或回饋

給台灣社會？因為台灣的科學教育成果，相對地似乎較無力於協助我們面對類似的問題。因為這些問題不會出現在考題中，一般民眾也沒有習慣在離開校園之後，仍能持續地閱讀科學、談論科學。這種「校園科學」與「非校園科學」間的斷裂（黃俊儒，2008），台灣其實更甚於美國。

在這一次的參訪活動中，我們見識到美國整體國家對於閱讀教育的投入與重視（例如圖二）。這過程中除了深覺在台灣科學教育的場域中，從上游到下游應該更加一貫地鼓勵科學閱讀理解的相關措施之外，更宜著重於相關的基礎研究工作。尤其是對於「中文」科學文本的閱讀而言更



圖二：佛羅里達州立大學建築物上就寫著”Just Read, Florida!”，在很遠就看得見

是有其特殊意義，原因是有多數的「科學」內容原本就習慣以英文語彙作為表述。例如 Unsworth (1999, 2001) 認為，科學的學習應該包含教導學生對於科學文本中運用之各種語法資源的認知，藉以得以促進學生對文本的語意理解以及批判文本的能力；Lemke (1990) 也曾指出連接科學詞彙間關係之主題類型 (thematic pattern) 的重要性，因為主題類型是一種有關科學情境的語意關係，是從語意的角度來看科學概念之間的關係網路，當學生可以掌握這些主題類型的時候，閱讀與傾聽科學才會變得較容易；而 Halliday (1995) 則更清楚地指出，當我們學習語言時，同時我們也使用語言來學習，語言與學習間的密切關係由此可見。

Norris 與 Phillips (2003) 曾指出，所謂「識讀能力」(literate ability) 指的不單單是對文章的「解碼」和「尋找訊息」的能力(一般所認為的閱讀能力)，應該還要包括「詮釋」能力。因此當我們試著對於外界進行溝通與探究時，事實上就是進入了一種識讀的過程。Yore, Bisanz 與 Hand (2003) 也指出，文章需要詮釋的原因之一，就是因為文句的意義不單單是符號字面意義的組合，還涉及讀者的背景知識以及溝通當下的社會情境。科學與數學一樣，也是一種語言，因此科學的學習可以說是用我們熟悉的日常生活語言來學習另一種語言。只是這個學習科學語言的過程並不容易，因為「學習就像置身在一個陌生的國度，或是嘗試以一種未知的語言來溝通」(Solomon, 1994)。因此每種

語言背後有特殊結構，是十分值得進一步探討的議題。

在這個背景之下，近來國內亦有一些研究開始專注在探討科學漢語的特質與科學教學間的關係，以及如何透過合適的科學漢語來描述科學以提升學習成效(李哲迪, 2006; 楊文金、陳世文, 2008; 林文杰、楊文金, 2008); 也有相關研究嘗試地透過科學文本的閱讀及寫作來提升學生的科學素養或是對於科技議題的參與(楊惟程、靳知勤, 2006; 黃俊儒, 2006)。這一系列的研究進程，除了體現提升科學漢語可讀性的重要性之外，更為進一步聯繫科學世界與日常生活世界的可能性提供一個可能的切入點。如果在許多實務推動的作法上，能夠參考美國在閱讀計畫上的一些經驗，那麼對於促進台灣學生在科學閱讀上的能力而言，應該會有更為根本與正向的助益。

伍、後記與誌謝

本文改寫自 2009 年物理教育年會題為「促進以閱讀理解為基礎的科學教學：美國密西根大學的參訪紀實與省思」之短篇論文，企盼透過較為生活化的報導紀實及反思，能夠與各階層之科學教育工作者分享此次美國閱讀研究參訪的心得。此外，特別感謝國科會計畫 NSC-97-2517-S-343-001 補助，及此次參訪團團長柯華威教授的帶領，以及黃秀霜校長、曾世杰教授、曾玉村教授、劉美慧教授、李俊仁教授及楊李榮研究員的同行及心得分享。

陸、參考資料

- 李哲迪，(2006)。高中物理教科書與學生關於力的話語與合法化的語言策略。國立台灣師範大學科學教育研究所博士論文，未出版，台北市。
- 林文杰、楊文金，(2008)。高一學生對物理文本過程詞隱含之連接關係的理解。物理教育學刊，9(1)，1-18。
- 楊文金、陳世文，(2008)。科學漢語與科學英語論述特質的比較-以「觀念物理」文本為例。師大學報，53(1)，113-137。
- 楊惟程、靳知勤，(2006)。國小六年級學童對讀寫活動融入自然科學教學之知覺研究。科學教育學刊，14(1)，29-53。
- 黃俊儒，(2006)。以科學新聞讀寫為基礎之通識課程設計初探-「科學、新聞與生活」課程為例。南華通識教育研究，3(1)，67-88。
- 黃俊儒，(2008)。構思科技社會中的即時學習：以學生及專家對於科學新聞文本之理解差異為例。科學教育學刊，16(1)，105-124。
- Glynn, S. M., & Muth, K. D. (1994). Reading and writing to learn science: Achieving scientific literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(9), 1057-1073.
- Halliday, M. A. K. (1995). Language and the reshaping of human experience. Paper presented at The Fourth International Symposium on Critical Discourse Analysis, Athen.
- Lemke, J. L. (1990). *Talking science: Language, learning, and values*. New York: Ablex Publishing.
- Norris, S. P., & Phillips, L. M. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science Education*, 87, 224-240.
- Osborne, R., & Wittrock, M. (1983). Learning science: a generative process. *Science Education*, 67, 489-508.
- Palincsar, A. S. & Brown, A. L. (1984). Reciprocal teaching of comprehension fostering and comprehension monitoring activities. *Cognition and Instruction*, 1, 117-175.
- Palincsar, A. S. (2003). Collaborative approaches to comprehension instruction. A. P. Sweet & C. E. Snow(eds.). *Rethinking Reading Comprehension*(p. 1-11). New York: The Guilford Press.
- Roth, W., & Roychoudhury, A. (1992). The social construct of scientific concepts or the concept map as conscription device and tool fro social thinking in high school science. *Science Education*, 76, 531-557.
- Snow, C. E. & Sweet, A. P. (2003). Reading for comprehension. A. P. Sweet & C. E. Snow(eds.). *rethinking reading comprehension*(p. 1-11). New York: The Guilford Press.
- Unsworth, L. (1999). Developing critical understanding of the specialized language of school science and history texts: a functional grammatical perspective. *Journal of Adolescent & Adult Literacy*, 42(7), 508-521.
- Unsworth, L. (2001). *Teaching multiliteracies across the curriculum*. Philadelphia: Open University Press.
- Venezky, R.L. (1984). The history of reading research. In P.D. Pearson, R. Barr, M.L. Kamil, & P. Mosenthal (Eds.), *Handbook of Reading Research* (pp. 3-38). New York Longman.
- Yore, L. D., Bisanz, G. L., & Hand, B. M. (2003). Examining the literacy component of science literacy: 25 years of language arts and science research. *International Journal of Science Education*, 25(6), 689-725.
- Solomon, J. (1994). Group discussions in the classroom. In R. Levinson(Ed.). *Teaching Science*. London: Routledge.