

科學本質教學之個案研究 -以達成「觀察是理論蘊含的」主軸概念為例

李宜鴻、劉聖忠*

國立花蓮教育大學科學教育研究所

s9203008@stu.nhlue.edu.tw、sclieu@ms9.hinet.net*

摘要

本研究屬個案研究，主要研究目的在探討某一研究所「科學本質」課程的教學設計、課程內容與教學實務。研究者歸結資料分析與研究結果，詮釋個案教師在科學本質課程中進行討論教學其角色是「論證教學指揮家」。研究結果顯示：一、科學本質課程採取「信念改變」之設計理念。二、本質課程內容是達成「觀察是理論蘊含」之教學目標，並且使之成為貫穿本質課程的主軸概念。三、個案教師採取符合「科學論證(argumentation)」精神之「論證式」討論教學法。研究者詮釋個案教師與學生在科學本質課程的教學互動歷程，進而建構出以教室互動為基礎的「科學討論平台」。

關鍵字：科學本質、論證、觀察是理論蘊含的（觀察背負理論）

一、研究背景與重要性

當前科學教育的終極目標就是要培養具有科學素養的公民，科學素養包含很多的內涵，而「科學本質」是科學素養中一個很重要的內涵。在國內，九年一貫「自然與生活科技」學習領域中也明列「科學本質」能力指標這個項目。

近年來國內對科學本質相關議題的研究有日益增加的趨勢，研究者多半兼具教師的身份，其目的是在教學實務中傳達當代的科學本質觀給學生。鄭淑妃、劉聖忠和段曉林（2005）的研究中提出兩點該注意的地方：

- （一）、具有當代科學本質觀的教師要如何在課堂上傳達其科學本質觀給學生，需要思考的關鍵是：教師並不會將他所不知道的東西傳授給學生。
- （二）、在一個特定的情境下，教師的信念、學科內容知識、對教學法的知識、以及對學習者的認知等會結合在一起，形成一個特有的知識體系，用來決定教師在教室中的行為表現，從而影響學生的學習。

由於，數理教師的教學常由其本身的信仰與理念所引導，而其所持信念則是由他們本身所接受的教育模式及教師訓練等逐漸建構累積而成。因此，教師的當代科學本質觀需要活化為會影響其教學思考與行為的教學信念。強調教師的教學知識要透過教學信念，才能呈現在教室實務上，因此應協助教師提昇教學知識、改變教師對知識應用信念，並且提高教學實務的成效（王靜如，2003）。然而，當前自然科教師對九年一貫科學本質能力指標的理解反映出來的圖像則是：職前教師與在職教師未必理解科學本質能力指標之內涵（郭博嵐，2005）。因此，無怪乎許多科學本質的相關研究總是建議：在師資

培育機構加強職前與在職教師科學本質課程並提升教師的科學本質觀。

上述科學本質教學實務的研究仍未解決的問題在：(一)在師資培育過程中是否確實提升了教師的科學本質觀？(二)這些培育出來的教師是否能在教學現場中確實提升學生的科學本質觀。研究者主張這兩個問題的關鍵在於：如何在師資培育過程中使職前或在職教師能夠學到適當的科學本質觀，並且活化為教學信念之後轉換至教學實務中。因此，研究者期望探究一個科學本質教學個案，來理解個案教師如何以討論教學法來提升學員教師（研究生）的科學本質觀以及其教學信念。

二、文獻探討

研究者綜合了科學本質相關研究之回顧性文獻，及近年來國內、外相關文獻，將科學本質相關的研究分成四個脈絡：(一)評量學生的科學本質觀。(二)發展增進學生科學本質觀的課程設計。(三)教師科學本質觀之增進與評量。(四)教師科學本質觀與在教室中的實務及學生科學本質觀之間的關係。在此架構下，本研究應隸屬於第二大類發展增進學生科學本質觀的課程設計。

因為本個案教師強調以「觀察是理論蘊含的」主張貫穿其整學期的教學，研究者認為有必要在此稍稍的陳述「觀察」在科學知識形成的過程中所可能扮演的角色與其在教學上可能隱含的意義。Popper 在《客觀的知識》一書提出：“包括觀察在內的所有知識都滲透了理論”...在感覺器官中，預期的理論都是遺傳地體現。也就是說：包括觀察在內的所有知識都滲透有理論，觀察者總是在一定的理論、經驗指導下做觀察。這正是科學哲學的領域所謂的「觀察滲透理論(theory-laden)」。Theory-laden 亦可譯為：理論蘊含的。在某種意義上來說，如同 Hanson (1958) 所強調：「看見的要比眼球接觸的更多」。其主要意旨有三：(一)當兩個正常的觀察者從同一個地方在同一物理環境下觀看同一個物體時，即使他們各自視網膜上的映射實際上是相同的，但他們的視覺經驗或觀察結論卻並不一定相同。(二)當觀看物體時，觀察者得到的視覺經驗並非取決於物體以光線的形式進入觀察者眼睛的資訊，因為他們的視覺經驗或觀察結論會受到他們的精神或大腦內在狀態的影響，也會受到他們的文化教養或知識背景影響。因此，如果一個人已有的知識背景或經驗是錯誤的，那麼他的觀察結果就可能是錯誤的。(三)觀察陳述 (observational statements)，不管這理論是多麼模糊，都必須用某種理論的語言構成。也就是說，觀察陳述利用的理論或概念框架有多精確，其觀察陳述就有多精確 (Chalmers, 1982)。觀諸個案教師之教學歷程，其一半以上的教學可以說都著力在衝擊並改變學生對「觀察」在科學知識產生的過程中所可能扮演的角色。

另外一塊與本研究息息相關的文獻在於國內外科學本質的教學取徑上。國內外科學本質的教學取徑，大致上可以分為明示(explicit)與暗示(implicit)兩種取徑(Abd-El-Khalick & Lederman, 2000)：

- (一)、明示取徑：將科學本質內容列為「直接的」教學目標者。這個過程可以是利用科學史、科學哲學、甚或融入在學科知識教學或實驗操作的過程中等多面向角度去詮釋科學本質，並透過課堂討論、閱讀相關資料等方式直接傳達科學本質

的訊息給學習者，藉以達到科學本質教學目標。

- (二)、暗示取徑：將科學本質內容列為「間接的」教學目標者。這個過程可能也如同上述利用科學史或其他教學活動，例如藉科學探究活動、科學過程技能、做科學 (doing science) 等方式，將科學本質的觀念嵌入在教學中，不直接的向學生陳述或教授科學本質內容，即強調以間接的方式讓學習者體會科學本質。

綜觀過去至今的研究結果，歸結出明示教學取徑是讓學生直接對所涉及的科學本質內涵加以討論、省思，來增進學生對科學本質的認識；所以，明示教學取徑被視為培養培養學生科學本質較具體而有效的方法。Duschl (2000)也提出科學本質的明示教學取徑是學生能探究、討論和對證據的論證以及能在不同觀點的解釋中做出決定。Bell (2001)更提出明示的教學取徑沒有「白吃的午餐」，要確實傳達有關科學本質的議題給學習者做反思討論，就必須將科學本質內容列為直接的教學目標。必須注意的是，明白的引導學生理解科學本質容易導致講述式的傳達，故需融合建構主義或所謂探究式的教學法來培養科學本質觀。其中建構主義又主張教師在教學時應以學生的先備知識與經驗為起始點，協助其主動建構自我的知識 (王靜如，2003)。

三、研究方法

本研究是以個案研究的方式收集質性資料來呈現個案教師所進行之科學本質課程 (簡稱本質課程) 以及其教室內的互動情形。研究者透過每週觀察本質課程時進行錄影、並將訪談師生的錄音轉錄成轉錄稿、輔以收集教師的講義、學生的作業...等，探察師生互動的意義與內涵。限於研究許可的時間、人力與物力，本研究係選定該課程之個案教師以及學員教師(研究生)作為觀察對象。觀察時間從九十三學年度九月開始，至十二月底止歷時 18 週。

參與研究的個案教師為該課程之教學者，教學經驗超過七年。在國外修讀博士學位期間，接受「科學本質」相關領域的專業養成。參與研究的研究生(學員教師)，男性 13 名、女性 11 名共 24 名；其中在職生 14 名、一般生 10 名(進修國小教育學程)，選修本課程的學生大多對科學本質課程相當有興趣。上課的方式採取小組合作學習，課程主要依據討論題綱來進行，但是，討論議題會因學生上課的反應而做調整，基本上每一組學生都要依據討論題綱進行小組討論凝聚共識，再輪流向全班同學發表該組的討論結果，個案教師則隨時參與學生的討論。

研究者本身即為研究工具，研究者抱持著參與學習者的局內人(insider)身份來詮釋教學互動的事件。觀察與訪談是質性研究重要的方法 (吳芝儀和李奉儒譯，1995)，隨著研究的進行以及對研究對象的了解，會不斷地產生新的研究問題，因此，現場資料的收集與研究結果的形成呈現一種動態的調整。

研究者長期觀察與參與課程的進行，研究的歷程採循環的方式，不斷的吸納每週課程的觀察、訪談所得的新資料，透過建立編碼系統逐步歸結出研究結果，形成個案研究的理論。資料分析的過程中，持續檢核研究結果是否與本質課程教學脈絡一致，並透過教室中的討論社群 (教師與研究生) 作三角檢證(triangulation)，確認個案研究形成的理

論是否能解釋教學現場的現象，整個歷程直到研究結束為止。

四、研究結果與討論

(一)、本質課程採取「信念改變」之設計理念

個案教師對本質課程採取「信念改變」之設計理念並考量下列三個階段：1.改變學員教師的科學本質概念；2.培養學員教師當代的科學本質觀；3.影響學員教師的科學本質教學信念。個案教師強調：執行「信念改變」的設計理念時，須佈置出適合「信念改變」的教學情境，藉由【師—生】與【同儕—同儕】的投入共同營造出友善的氛圍，一種使學生心理上感覺是安全、舒適、支持的社會建構學習環境。由於科學本質的學習不僅是概念認知的學習，也是一種信念的學習。因此，要「關懷」學生；要打破學生與教師的藩籬；要讓學生對個案教師有信心，才能逐步引導學生科學本質「信念」的改變，最後影響「教學信念」的層次。

(二)、以「觀察是理論蘊含的」作為貫穿科學本質課程的主軸概念

個案教師將「觀察是理論蘊含的」主軸概念貫穿在本質課程的教學脈絡中。採取多階多元鷹架式課程：研究者根據個案教師的教學內容與教學實務，區分出四個教學階段：1.先定義與討論科學教育上的基本的名詞，例如：何謂「科學」？何謂「技學」？科學的特性：大自然現象有其重複出現的一致性；科學知識不是真理；科學知識追求最大的普遍性為原則；科學知識的暫時性與持久性；科學的價值。2.深入科學哲學的名詞做定義與討論，例如：何謂「客觀」、「事實」、「觀察」、「觀察是理論蘊含的」(theory-laden)？眼見不足為憑；以及文獻的導讀 (The theory dependence of observation)。3.討論科學方法中的歸納法、否證論。討論科學史上的案例：熱質說和運動說的演變；以及「實驗」在科學知識發展中所扮演的角色。4.引導學生對本質課程「觀察是理論蘊含的」主軸概念產生體會，以及如何應用在九年一貫自然與生活科技領域「科學本質」能力指標的教學啟示上。研究者整理其教學流程大致上呈現以下幾個面貌：1.首先擬定「討論題綱」，2.在討論中，藉由對科哲名詞的「定義」來進行討論活動，3.再結合電影情節中的情境與生活經驗作為討論的例證，4.也利用科學史的矛盾挑戰學生既有科學哲學的迷思，5.最後再統整前面所學的種種概念透過教學實例的討論，不斷地印證「觀察是理論蘊含的」主軸概念。過程中，個案教師透過螺旋式不斷的教學強化學生的本質概念，讓學生一步一步的對「觀察是理論蘊含的」主軸概念產生個人的體會，再慢慢地將這些體會內化成科學本質「信念」與「教學信念」。

(三)、個案教師採取「論證式」討論教學法

教師根據「觀察是理論蘊含的」主軸概念，事先擬定討論題綱再進行討論教學，有目標的凝聚教室討論社群的共識。討論的歷程可區分為小組討論以及全班討論兩個階段。在小組討論階段：教師會適時進入某些小組參與討論，各小組成員要針對題綱提出個人想法；能傾聽其他組員的觀點並且省思與自己想法不同之處，最後統整出該小組的討論共識。在全班討論階段：每一小組派代表發言，教師鼓勵全體學生提出不同觀點的質疑。討論過程中，教師運用複述、回應、解釋、挑戰、提問、詰問、淡化、強化…等

「回聲擴大」討論策略，引導學生進行「論證式」的討論。教師聆聽學生的討論對話，協助討論議題的對焦，進而澄清學生的觀念。若從論證（argumentation）的觀點來看討論時，教師與學生皆不斷投入對立的意見（多元聲音），只要不偏離該次科學本質討論題綱的教學目標，個案教師並不會拘泥在事先設定的討論題綱上，反而會順勢的納入學生在討論中產生的新議題，適性與彈性的修正新議題成為科學本質討論教學的素材，積極提昇「正反意見」以及「多元聲音」的論證品質。其中最重要的關鍵點就是：讓學生親身經驗「論證式」的討論歷程，體會科學社群是如何形成共識（科學知識）的機制。

（四）、科學本質教學之譬喻

個案教師佈置安適的討論平台引導學生參與討論活動，經由師生與同儕之間的社會磋商與共識的歷程，逐漸體會科學知識如何被建構的本質內涵。學員教師再將本質課程中參與討論的親身經驗內化為教學的信念，使得這些學員教師將來擔任科學教師時，能模仿與複製「論證式」討論教學法，以明示教學取徑的方式傳達當代的科學本質觀給他們的學生。其實個案教師是透過學徒制(apprenticeship)的默會使學員教師深刻的體會本質教學之可能機制。因此，在傳承科學本質的教學實務上，個案教師以「蘋果樹」作為教學譬喻：

師：我看到蘋果了，可是我沒有辦法幫你摘！

…透過心靈上的互動，讓學生認同我的看法進而願意嘗試，想盡辦法走到蘋果樹下，然後開始想：我要怎樣才能吃得到那顆蘋果？不會爬樹的學爬樹、有的會去找梯子、找石頭…。只要你努力了，摘到蘋果了，就覺得：哇！老師說得沒有錯！

…學習的歷程不只這樣，還有下一個目的地，…老師離開了以後，學生還願意絞盡腦汁去摘最好吃的蘋果。

…再譬喻的話，學生不要去摘別人的蘋果，你自己要去種一棵蘋果樹，然後長出果實，當你摘下來吃的時候，又可以讓別人吃得很快樂。(931119-M)

研究者根據個案教師與學生在科學本質課程的討論互動，並統攝上述研究結果，詮釋個案教師之教學法為：以教室互動為基礎的（簡稱 classroom-based）論證式討論教學法。個案教師以「觀察是理論蘊含的」作為本質課程主軸概念，設計出多階多元鷹架式的課程，其根本理念就在於：科學教師如何建構一個友善無害的「科學討論平台」，引導不同位階的個別學生能順利地加入討論平台，理解「觀察是理論蘊含的」主軸概念，達成科學本質課程的教學目標。在科學討論平台上，個案教師的角色是「論證教學指揮家」指揮著教室討論的節奏與變奏（蔡敏玲，2002），使得教室中的討論活動呈顯出共鳴、共振、共識的論證樂章。

五、研究建議

（一）、對師資培育相關機構之建議

建議師資培育機構開設職前教師與在職教師進修詮釋科學本質能力指標的相關課程，並且提供多階多元鷹架式的「科學本質」課程培育學員教師具備當代的科學本質觀。除了之外，還要活化學員教師的科學本質觀並影響其教學信念，如此才有師資培育上的

積極意義。因此，建議培育學員教師學習運用「明示」教學取徑來進行科學本質的教學。所謂「明示」教學取徑是將科學本質能力指標列為直接的教學目標，在教學過程中明示科學本質的議題給學生做反思討論，使學生在教師營造的討論平台上進行反思、論證、體會科學知識形成的過程，進而影響學生的科學本質觀。

(二)、對科學本質「論證式」討論教學法之建議

Zeidler 和 Lederman(1989)的研究曾指出教師的語言表達方式，會影響學生的科學本質觀。科學教室應提供一個開放溫馨的環境來進行討論教學，當學生來上課時對於週遭世界已有自己的看法，教學時應該鼓勵學生互相說出彼此的想法必且判斷誰的想法比較好。在科學教室裡，對話討論是概念改變的一個很重要的方法，科學課程不斷地尋找學生的想法，澄清學生的想法，必須擺脫傳統講述式的教學方式，改以教師引導，學生經由發表、討論、辯證，逐漸建構的教學型態（王靜如，2002）。因此，科學本質的學習應該將科學的建構和再建構的過程融入科學教學中，科學教師應善巧的運用複述、回應、解釋、挑戰、提問、詰問、淡化、強化…等「回聲擴大」討論策略，在討論的過程中，讓學生說出內心真實的看法，而教師可在複述學生的看法的過程中，置入教師與同儕的看法（是指符合當前科學社群的共識），不但「回聲擴大」了學生的看法，也引導了學生當代科學本質的概念與信念。換言之：當科學教師能夠理解「論證式」討論教學法與「回聲擴大」討論策略在科學本質教學上的意涵後，教師可以在學校既定的科學課程教學目標中，善巧地融入科學本質相關討論議題，進而引導學生進行「論證式」的討論，反應出符合科學本質的教學實務。

六、參考文獻

- 王靜如（2002）。科學思維與科學教學。屏師科學教育，16：2-17。
- 王靜如（2003）。科學本質的理論、教學知識與課程設計。載於自然與生活科技學習領域課程研討會資料。
- 吳芝儀和李奉儒譯（1995）。質的評鑑與研究(Patton, 1990; Qualitative evaluation and research methods)。台北：桂冠。
- 郭博嵐（2005）。國小在職教師對九年一貫科學本質能力指標了解之詮釋性研究。國立花蓮教育大學科學教育研究所碩士論文，未出版，花蓮。
- 蔡敏玲（2002）。教育質性研究歷程的展現：尋找教室團體互動的節奏與變奏。台北：心理。
- 鄭淑妃、劉聖忠和段曉林（2005）。國小自然科教師科學本質觀與教學之個案研究。科學教育學刊。2005，13(2)，169-190
- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000) Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22, 665-701
- Bell, R. (2001). Implicit instruction in technology integration and the nature of science: There's no such thing as a free lunch. *Contemporary Issues in Technology and Teacher*

Education [Online serial], 1(4). Available:

<http://www.citejournal.org/vol1/iss4/currentissues/science/article2.htm>

- Chalmers, A. F. (1982). *What is this things called science?* University of Queensland Press.
- Duschl, R. A. (2000). Making the nature of science explicit. In R. Millar, J. Leach & J. Osborne (Eds.), *Improving science education: The contribution of research* (pp. 187-206). Buckingham, UK: Open University Press.
- Hanson N. R. (1958). *Pattern of Discovery*. Cambridge University Press.
- Zeidler, D., & Lederman, N. G. (1989). The effects of teachers' language on students conceptions of the nature of science. *Journal of research in Science Teaching*, 26(9), 771-783.