科學教育學刊
2005, 第十三卷第二期, 169-190

Chinese Journal of Science Education
2005, 13(2), 169-190

國小自然科教師科學本質觀與教學之個案研究

鄭淑妃[1]　劉聖忠[2]　段曉林[1]
[1]國立彰化師範大學科學教育研究所
[2]國立花蓮師範學院科學教育研究所

（投稿日期：民國 92 年 12 月 8 日，修訂日期：93 年 9 月 14 日，接受日期：93 年 11 月 4 日）

摘要：本研究主要目的是探究一位具當代科學本質觀點的國小自然科教師的教學與他科學本質觀之間的關係。研究資料的收集，除了利用了解科學測驗問卷（Test on Understanding Science，簡稱 TOUS）收集個案教師在科學本質議題上的基本面貌外，主要透過訪談、現場觀察、錄影、錄音以及其他文件資料的收集等方式進行。研究發現，在一個學期的研究期間，個案教師在其教學實務中並未反映出他所持有的科學本質觀點。限制或阻礙個案教師傳達其科學本質觀的內、外在因素有：教師個人教學目標的限制、教師本身的信心不足、教學時間的限制、現有教材的限制、以及沒有現成可用的教學成效檢核工具。文末亦根據研究結果對當前的師資培育、後續研究以及教材提出具體建議。

關鍵詞：自然科教學、科學本質、個案研究、國小教師。

壹、緒論

一、研究的背景與重要性

「對科學本質有充分的瞭解」被國內外科學教育界認為是具有科學素養的重要表徵（教育部, 2003; American Association for the Advancement of Science, [AAAS], 1989; National Research Council, [NRC], 1996），自從國民中小學九年一貫自然與生活科技領域之課程綱要中將科學本質列為能力指標之一後，科學本質在國內這一波教育改革中已經躍升為正式課程。因此，有越來越多的科學教育學者投注在改進課程、師資培育以及在職教師進修等議題上，期望藉此得以增進教師們對科學本質的瞭解，進而透過教師們的實際教學活動去影響、增進學生們對科學本質的瞭解。然而，Lederman（1992）在回顧過去三十年來有關科學本質的相關研究後指出，教師的科學本質觀與學生的科學本質觀並沒有明顯的正相關。從許多實徵性的研究中也發現，教師在實際教學活動中傳達科學

本質的教學行為容易受到課程、環境、教學經驗和班級經營等因素的干擾（Abd-El-Khalick & Lederman, 2000; Lederman, 1995; Lederman & Zeidler, 1987）。因此，研究教師的科學本質觀與其教學實務之關係遂成為當前科學教育學者研究科學本質的主流。而這一類研究若以未接受過正式科學本質課程訓練的一般教師為對象，由於他們對科學本質議題較陌生，往往不容易在教學中表現出科學本質。而如果以行動研究的方式進行，則教師本身即研究者，具有傳達科學本質教學的強烈意圖，又不容易突顯出科學本質觀點在一般自然科課室中施行時所面臨的內、外在環境之阻力。

為了能更深入去瞭解國小教師的科學本質觀點內涵，以及國小教師的科學本質觀與教學的關係，研究者乃透過問卷調查及深入晤談，選定一位具當代科學本質觀點之教師為研究對象，再以詮釋性研究的方式，從訪談、教學活動的觀察、錄影、配合其他文件資料的蒐集等各個方面，來探究此位國小自然科教師的科學本質觀內涵以及他的自然科教學所呈現的各種風貌，做實際而且深入的瞭解，希望研究結果能對教育改革中的師資培育與課程改革有所幫助，同時，研究的結果也可以做為後續研究及教師們在傳授科學本質觀念時的參考。

二、研究目的

基於上述原因，本研究擬探討以下問題

(一)個案國小教師的科學本質觀點內涵為何？

(二)個案國小教師之課室教學特色，其課室教學與科學本質觀之間的關係為何？

(三)阻礙個案教師從事科學本質教學的因素為何？

貳、文獻探討

一、科學本質的內涵

科學本質的界定並無一套準則（Alters, 1997; Lederman, Wade & Bell, 2000; McComas, Clough & Almazroa, 2000; Meichtry, 1999），不同的學者或機構對科學本質範疇的界定至今仍有所差異。早期學者們比較著重在科學知識本質的探討（郭鴻銘和沈清嵩, 1976; Rubba & Anderson, 1978; Welch, 1966），晚近有關科學本質內涵的論述，除了科學知識的本質之外，也將科學的目的、科學方法、科學過程、科學事業、科學家、科學理論與定律等議題納入（翁秀玉和段曉林, 1997; AAAS, 1989; Aikenhead, Fleming & Ryan, 1987; Collette & Chiapetta, 1994; National Assessment of Educational Progress, [NAEP], 1989; Palmquist, 1993），雖然本研究之主要目的並非為釐清科學本質的內涵，但為了使研究的進行有脈絡可循，並凝聚研究進行的焦點，綜合上述各個學者或機構對科學本質觀內涵的看法，發現各學者或機構對科學本質的界定大致不脫美國科學促進會所界定的科學本質範疇，因此，本研究採用 AAAS 所定義，並參考 Cooley 和 Klopfer（1961）所編制的了解科學測驗（Test on Understanding Science，簡稱 TOUS）問卷，將科學本質界定為對科學事業、對科學家、以及對科學知識和方法等三個層面所提出的看法而言，以此做為研究進行的過程當中釐清個案教師的科學本質觀點內涵以及其自然科教學的基準，並且採用 Nussbaun（1989）的分類，將 1950 年代以前的邏輯實證主義視為傳統的觀點，自 1950 年代以後的視為當代觀點，以下就本文對科學本質三個層面的當代觀點簡要敘述如下。

科學家在從事科學活動時並非是一個價值中立、客觀的研究者，他就像你我一樣，也是一個活生生的人（real people），故面對研究結果時，會因為所持的派典不同而有不同的解釋。在從事科學研究工作時，科學家並非僅是遵循科學方法的技術人員，他們與藝術家從事藝術創作一樣，是必須要發揮創造力的。而且科學的領域相當廣泛，每一位科學家的文化背景、工作情境必有所不同，因為從事科學研究的環境是無法相同的，故無法定義出對所有情況都適用的唯一科學方法，並且不可能有絕對客觀，毫無成見的觀察。不同的觀察者即使在相同地點、觀察相同現象，所得到的觀察結果都可能會不同。感官所察覺到的訊息決定權在於觀察者已有的知識、信念和理論，故觀察的結果不可能是價值中立的，應是理論蘊含（theory laden）的。在科學知識方面，定律與理論是不同型態的觀念，科學家用它們來解釋自然現象，但科學知識可能會因為觀察工具的進步或出現反例而受到質疑，所以它僅是一個「暫時成立」的假說，隨時可能被修改，或被更好的假說所取代，故科學知識是具有暫時性及持續修改的特質，一個新的科學理論的產生，必須由科學社群來共同決定其價值。而科學與科技（science 和 technology）兩者的關係是互為因果、相輔相成的。

二、科學本質相關研究

自 1950 年代迄今，以科學本質為主題的科學教育研究已經發展出多種不同的研究取向，早期的研究重點在於探討師生對科學本質的瞭解程度並做各種變項的比較，其所採用的工具多是客觀、評鑑式的量表，研究結果發現不管研究所採用的工具為何，教科學的教師普遍未持有適當的科學本質觀；而且教師的學術背景變因（主修、教學科目、教學經驗等）與其所持的科學本質觀兩者間並無顯著相關（Lederman, 1992）。除此之外，Abell 和 Smith（1994）以開放式的問卷調查職前國小科學本質觀，研究結果亦不離以上的結論；Blakely（1987）以中學教師為樣本所做的研究雖然發現科學教師的科學本質觀優於非科學教師，但許多科學教師對科學本質仍缺乏瞭解。

國內科學本質的研究早期亦多傾向以自行設計或翻譯的量表去調查教師的科學本質觀點（丁嘉琦, 1999; 林千青, 1996; 林陳涌, 1995、1996; 許玫理, 1992; 張鳳琴, 1994; 鄭湧涇、周美雪和張麗珠, 1989），但由於至今仍未發展出一套公認有效的科學本質觀量表，因此，這一類的研究依其所採用的工具、設定的變項的不同，所呈現出的研究結果並不一致。近來，國內外開始有學者以不同於純量化取向的研究方式進行有關教師科學本質觀的研究，如國內學者林陳涌和楊榮祥（1998）修訂及應用凱利方格技術（Kelly's repertory grid technique）晤談法探討個案國中生物教師的科學本質觀，不過像這一類純粹探討教師科學本質觀點而不涉及教學實務的研究近來已不多見。

基於上述對教師的科學本質觀之研究結果，教師對科學本質的瞭解並不理想，據此，許多科教學者開始致力於研究「如何增加科學教師對科學本質的瞭解」，此類研究多採透過課程等中介媒體的設計的方式，希望使教師對科學本質有較多瞭解。研究發現有關科學方法的課程，可以增加教師對科學本質的瞭解（Carey & Stauss, 1968, 1970; Palmquist, 1993; Palmquist & Finley, 1997）、採用科學史和科學哲學的課程會有助於增進教師對科學本質的瞭解（江維信, 2000; 陳育瑛, 1999; 陳富君, 2002; Abd-El-Khalick, Bell & Lederman, 1998; Kimball, 1968; King, 1991），以及，教

師的研究經驗會影響其對科學本質的認知(鄭淑妃, 1999; Chen, 2001; Schwartz, Lederman, et al., 2002; Visava-teeranon, 1992)。

雖然上述科學教育學者對「增進教師對科學本質瞭解」做了許多努力，但卻仍無法明確定義出那些影響教師科學本質觀的因素究竟為何？況且，研究者在進行這類研究前多已心存假定，即：增進教師對科學本質的瞭解可以幫助學生改善其科學本質觀，兩者似乎被賦予因果的關係，但是這種直覺式的假設事實上是未經檢定的(Lederman, 1992)，因此將本研究的焦點逐漸轉向教師的科學本質觀與教學實務間的關係，這一類研究的研究結果相當分歧，茲分述如下：

(一)研究結果顯示教師科學本質觀與教學實務兩者無顯著相關的研究

這一類研究有 Lederman 和 Zeidler（1987）、Duschl 和 Wright(1989)、Cronin-jones（1991）、Hodson(1993)、Lederman(1995)、Abd-El-Khalick，Bell 和 Lederman（1998）、王靜如（2001）；上述研究除國內學者王靜如（2001）的研究是以國小教師為對象外，其餘皆是以中學科學教師為樣本，用質性研究的方式或輔以科學本質量表的施測進行探索，無論研究焦點是放在教師科學本質觀與教學思考、教學計畫上（Abd-El-Khalick, Bell & Lederman, 1998; Cronin-jones, 1991; Du-schl & Wright, 1989; Hodson, 1993; Lederman, 1995)，或者是以科學本質觀與教學行為為觀察重點（Lederman & Zeidler, 1987)，結果均顯示教師科學本質觀對教學並未造成影響。

(二)研究結果發現教師的科學本質觀與教學實務兩者有相關的研究

Zeidler 和 Lederman（1989）以科學知識本質量表（Nature of Scientific Knowledge Scale，簡稱 NSKS）與課室觀察分析 18 位高中生物教師，發現教師的語言表達方式會影響學生的科學本質觀。Wang（1995）以科學技學與社會的觀點問卷（Views on Science-Technology-Society，簡稱 VOSTS）及課室觀察、訪談等方式研究兩位國小教師，發現教師的科學本質觀與科學教學及學習、教學實務之間有相關。Lieu(1997)以 TOUS、VOSTS 問卷研究 8 位教師和 535 位學生，發現教師對科學本質的瞭解以及 STS/建構式的學習情境可能有助於學生瞭解科學本質。Hashweh（1996）對 35 位科學教師實施開放式問卷的施測，發現有符合建構式知識信念的教師較容易發現學生的另類概念並且具較豐富且有效的教學策略。Helms（1996）以合作行動研究的方式發現科學教師的科學本質觀會影響他教學的思考及重點。

另外，Brickhouse（1990）以三位不同資歷的中學科學教師為對象進行深入的研究發現，專家教師的科學本質觀與教學實務表現一致，一位初任教師的科學本質觀與其教學實務的呈現不一致。

雖然教師的科學本質觀是否影響其教學實務仍存在一些爭議，但教師並不會將他所不知道的東西傳授給學生（Abd-El-Khalick, Bell & Lederman, 1998)，若教師擁有適當的科學本質觀，卻無法在其教學行為中傳達給學生，則教學情境中必定存在一些複雜的因素，使得教師的科學本質觀無法落實到課室教學中。根據 Abd-El-Khalick 和 Lederman（2000）的歸納整理，這些因素包括：教授既行課程內容的壓力（the preasure to cover content)、班級經營管理（classroom management and organization principles)、學校機構的限制（institutional constraints)、以及教學經驗（teaching experience)。而跨國性的研究則突顯出整體的教育體制和社會對教師期望，也是導致教師科學本質觀與教學實務不一致的原因（陳忠志, 1998)。

近年來國內對科學本質相關議題的研究有日益增加之趨勢，研究的方式多是以行動研究或合作行動研究的方式為主，研究者多半兼具教師的身份，其目的均是在教學中企圖做科學本質觀傳達的教學（邱明富, 2002; 陳育瑛, 1999; 陳富君, 2002; 翁秀玉, 1997; 劉錫忠, 2002）。

教師的科學本質觀與科學教學實務的研究著眼於國小師生的研究較少，而國小階段是科學教育的啟蒙期，國小師生的科學本質觀將可能影響後續有關科學的學習，究竟具備當代科學本質觀點的國小教師的科學本質觀內涵為何？其科學本質觀與課室教學之間的關係怎樣？影響個案教師從事科學本質觀教學的因素有哪些？這些都是本研究欲深入探討的。

叁、研究方法

一、研究對象與情境

本研究欲瞭解具有當代觀點的教師之科學本質觀點內涵及其教學實務間的關係，在研究對象的選擇上，首要考量的因素是研究對象所持的科學本質觀點類型，其次是必須擔任自然科教學工作。個案教師於本研究進行期間在研究所進修，曾經修習過科學史、科學本質概論等相關課程，並且，他本身對科學本質相關議題的研究也相當有興趣，自己也曾進行相關議題的研究。研究者經過問卷（TOUS）施測與深度訪談瞭解了個案教師的科學本質觀點內涵，並確定其在研究進行期間的確擔任自然科教學的工作，徵得其同意後開始進行本研究。

本研究個案教師陳老師擔任教學的實際年資（不含兵役期間）是兩年半，這是他第三次任教自然科。不過這是他第一次擔任五年級自然科的教學，前兩次他都是擔任六年級的自然科教學工作。在所任教國小的教師族群中，陳老師是屬於年輕又高學歷的一類。該校校長形容陳老師：

> 陳老師是一個很傑出的老師，他人緣也很好，雖然很年輕，很多老師都很肯定他，肯定他的原因當然是因為他自己很敬業，在自然科方面、資訊方面，的確他有獨到的地方，而且他自己也滿認真的，又很上進，當然就會被人家看中、也看重啦。（訪#吳，4-5）

與眾人對他的評價一樣，陳老師對自己的要求亦相當的高。在教學工作上，陳老師自我期許身為數理系科班出身，雖然年資較淺，對自己的教學仍相當的自信，自認本身自然科的學科內容知識是比較完備的，在自然科的教學上能應付自如，同時，也有義務將自己專長所學提供給其他需要幫助的老師。

長安國小（化名）是位於市區的一所大型國民小學，校內有針對高年級學童所開設的科學研習性社團，在歷年地區與全國性的科學展覽中也一直都有獲獎。個案班級的學生是暑假過後剛剛重新編班組合過的，班上共有 36 位小朋友，其中男生 21 人，女生 15 人，該班學童家長以公教人員與從商者佔大多數，36 位學童之中有 21 人在課後均有參加坊間的課輔班，根據該班級任蔡老師表示：

> 這一班學生蠻活潑的，同學之間彼此的感情都不錯，然後唸書的時候也都會唸書，還滿認真的，小孩子裡面沒有那一種特別不好帶的，比方說常常打架或者說是比較嚴重、無法處理的；家長情形大概都是中上（指教育水準），也都還會盯他們功課，言行什麼都還不會說很離譜，功課我是覺得也還不錯。（訪#蔡，1）

另外，根據蔡老師的瞭解，該班學生上起自然課來並不覺得有壓力，而且學生的自然科平均成績都在八十分以上。不過，根據該班學生上自然課的表現，個案教師認為這

一班學生有一點不容易控制，是屬於自由派類型，同時，跟以往六年級學生的教學經驗相比較之下，陳老師認為五年級學生的成熟度比較不夠，跟他們談科學本質的議題，可能學生並沒有辦法理解其內涵。但是在這一班學生眼中，上自然課是相當有趣的一件事情。學生們表示，他們很喜歡上自然課，因為可以做實驗，老師會放科學錄影帶，而且老師不兇。若是拿自然老師與代課的老師比較（陳老師曾因研習請假一周），受訪問學生們一致都說他們喜歡陳老師上課，因為代課老師講的會聽不懂。

二、問卷

由於研究進行時間有限和為了在較短時間內能對個案教師的科學本質觀點先有一初步認識，本研究採用 Cooley 和 Klopfer（1961）所編制的了解科學測驗（TOUS）問卷對個案教師施測，以初步瞭解個案教師的科學本質觀。TOUS 問卷中將科學本質分成科學事業、科學家、科學方法與目標（即本研究中科學知識和方法層面）等三個層面，信度係數 0.76，內容包括 60 題選擇題，其中每一個問題都有 4 個選項，而且每個選項都是一段與科學本質相關的陳述，對本研究而言，在諸多詮釋科學本質的向度中，選定一特定的角度切入將有助於釐清研究的方向，並且可以據此做為瞭解個案教師科學本質觀點的一個基本架構。但一般科學本質問卷多是以五點量表或同意/不同意為答題方式，這種答題設計僅能由問卷獲得受測者對某項陳述的態度，無法滿足本研究欲探知個案教師科學本質觀內涵的需求，因此本研究選擇以 TOUS 作為施測的工具。

三、研究者的背景與經驗

研究者本身即是一名國小自然科教師，曾任教國小三至六年級自然科教學總計九年，對國小的自然科教學情境可說是相當熟悉，這種研究者與被觀察對象的相似經歷可以使雙方產生認同感，研究者也比較容易進入情境。同時，研究者在研究所曾經修習過科學哲學、科學史、質性研究等與本研究相關的課程，對於科學本質相關議題的研究也相當有興趣。

另外，在研究進行的過程中，研究者也不斷透過與指導老師、同學們討論的機會，反省並分享個人從事本研究之經驗；透過與師長、同學們的討論與回饋，再加上個人研究日誌的撰寫；研究者不斷經由上述各種不同的方式、從各個不同的角度，持續且反覆的思考本研究進行的方向、所使用的方法、研究發現以及研究者所持的態度等，希望透過這種持續比較的方式，建立一種所謂的「同理的中立」（empathic neutrality）的觀點（吳芝儀和李奉儒譯, 1995），並使其貫穿於整個研究之中。

四、資料收集

(一)問卷調查

本研究使用 TOUS 問卷來收集個案教師對科學本質的看法。問卷調查的結果被用來當成半結構式訪談的依據。與訪談不同的是，問卷收集到的是對個案教師對科學本質的初步看法，至於個案教師更深層的科學本質觀點則是以該問卷內容為架構，與個案進行互動（訪談、觀察）所得的資料為依據。

(二)半結構式訪談

Aikenhead（1988）曾針對學生的信念，分析在四種不同答題方式的設計下學生信念的模糊程度，結果顯示半結構式訪談的研究設計所得到的信念模糊程度最低。因此，本研究對個案教師採用半結構式訪談法，以期獲得對研究問題最深入的瞭解。研究者與個

案教師的前、後測訪談是以挑選過的 TOUS 問卷中的題目做為訪談的依據（關於前後測訪談的選題原則是針對個案對 TOUS 問卷的作答情形，參考問卷所附之理想解答，選定個案與理想解答不同之題目以及前後測答題不一致者，再與科學本質領域的專家教授討論，從問卷中挑選具代表性的題目，前測分兩次（作成複本式的問卷結構，每一次 15 題）後測一次 18 題，與個案進行深入的訪談）；其餘幾次關於現場錄影、錄音資料的訪談則是研究者在訪談前重複看過錄影帶與聽過錄音帶，並將影帶中個案的語言行為轉錄成文字，再參照這些觀察記錄和摘錄過的錄影、錄音內容，與專家討論後擬定訪談大綱，然後進行訪談，並且為使個案教師對現場的記憶鮮明，有利於做較深刻的反省，因此，選擇每一單元結束、下一單元還未開始時進行訪談，訪談的內容著重在個案的教學計畫和教學反思中是否呈現出與其科學本質觀相符的思考與行為。

(三)教學觀察與錄影

研究者在獲得個案服務學校之主管同意、並取得個案教師的認同後進入現場觀察。為使現場保持最原始自然的情境，研究者以不主動影響干涉現場情境為原則進行觀察記錄與錄影。也因為研究者長期的參與，其對個案教師教學與學生學習的干擾可望降到最低的程度。本研究進行期間總計對四個單元進行現場的觀察與錄影，其餘的四個單元是以錄音方式進行。

在現場觀察的過程中，除了一般課室教學外，研究者主要將焦點放在個案教師的課室教學是否呈現其科學本質觀，對整個教學的現場，研究者是採取不主動參與的策略，但若遇有與本研究相關的事件發生，研究者在不影響整個事件、並配合現場的情境脈絡的考量之下主動參與事件，待該事件結束之後，研究者便再次恢復完全觀察者的角色。

(四)刺激回憶法

研究者使用錄影和錄音記錄個案教師的教學行為和現場事件後，讓個案教師觀看或聆聽由研究者摘錄的錄影和錄音的片斷，以激發其回憶和敘述自己在教學行為中的心理活動，並談談自己在影片的教學活動或事件中，想傳達什麼、心裡在想些什麼、顧慮些什麼、或在意些什麼、以及在當下如何做決定等，做一反省式的訪談，以深入瞭解個案教師的教學思考及策略（黃瑞琴, 1996）。

五、資料分析

研究的資料收集與分析並不是一種直線式的過程，在本研究進行中，資料的收集與分析是以一種同時並行且循環交替的方式進行，甚至，在循環交替之中仍有回溯重疊的可能。對所蒐集的所有資料，研究者稟持下列原則分析處理：

在資料的來源方面，基於三角檢定的原理（靜態的三角檢定），本研究採用問卷、觀察、錄影、訪談、相關文件資料等多種不同方法蒐集多方面的資料，希望藉由多元管道得來的資料，降低研究者的偏見，提高本研究的信度和效度。在研究方法上（動態的的三角檢定），從描述式的（descriptive）→焦點式的（focused）→選擇性的（selective）變焦觀察中，研究者透過觀察、分析、集中焦點、再觀察、再分析的過程，這種過程在本研究中一再的重複，期使研究者的觀察視野最廣也最深（Duschl & Wright, 1989）。

為避免曲解個案教師的問卷答題反應、談話內容及教學行為，研究者在訪談過程中，以不同的方式重複的問個案教師相同的事件、經驗或看法，藉以檢核個案在不同的情境下所談到的相同話題，檢驗其談話內容的一致性。最後，也會要求個案教師對訪談

的記錄與筆者的總結做一正確性的檢核。

六、資料的引用方式

研究者根據上述原則將收集的諸多資料整理之後，於本文呈現時研究對象是以個案或陳老師的方式稱呼，引用文中之「師」字一律指個案教師，「研」則指研究者。文中括弧內列出原始資料出處，原始資料的編碼與引用方式有以下四種：(訪#第幾次訪談，轉錄稿頁碼)、(訪#訪談對象，轉錄稿頁碼)、(影#第幾次錄影，錄影日期)、(音#第幾單元錄音，錄音日期)。

肆、研究結果

一、個案陳老師的科學本質觀

經兩次配合問卷的深度訪談後，陳老師所持科學本質觀在 TOUS 各層面的總體表現如下圖。

由問卷中的作答可以初步了解陳老師所持的科學本質觀點，但由於在兩次訪談中均發現陳老師對題意的理解與原意有一點出入，因此，由問卷作答初步了解陳老師的科學本質觀後，再經過與陳老師的深度訪談，對他所持的科學本質觀有了更清楚的認識。陳老師的科學本質觀整體表現良好（答對 83.33%），若就問卷的三個層面互相比較，陳老師在科學的知識和方法這一層面的了解（答對 75%），是屬三個層面中表現稍弱的。

在科學事業這一個層面，陳老師在提到有關科學社群的各項功能時，將科學社群界定為國際性的組織，它的運作是國際性的，沒有種族、國界之分。陳老師認為整個科學社群是由科學家所組織起來的，科學社群是以提昇科學發展為目標，透過科學社群的運作，科學家們可以相互溝通、建立一些專業術語、並從中發現新的研究題材。而且，科學社群有檢證功能，對科學家們提出的理論模型做檢證的工作，雖說科學家並非是完全的客觀與理性，但是，透過科學社群這一種公開的交互檢證，科學家們可以嘗試找出並且避免偏見。

（當研究者針對 TOUS 問卷第十三題，科學研究報告是否準確和誠實？請個案教師說明他為何認為科學研究報告是準確和誠實的，陳老師的解釋如下）

研：好，那接下來是十三題

（個案專心讀題、思考）

師：這個應該是 C 啦！現在目前一些理論和一些報告，它真的是有經過檢驗，就是會...科學

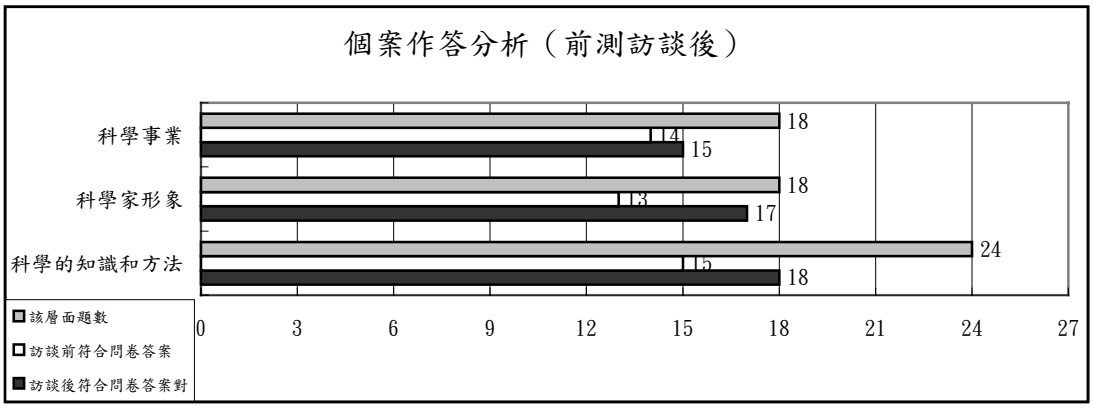


圖 1：陳老師對 TOUS 的作答分析

社群會對它的報告或理論做驗證

研：做驗證的意思（師：嘿）是說有人...會去...

師：就是...會去檢查它的結果，或是他所做的方法有沒有問題，然後...也有可能有一些科學家他做的跟他很相似，然後就說他支持他的理論，就是說在科學社群的功能來講，應該是在科學上是很明顯的啦，會互相的檢查。（訪#1，8）

另外，陳老師相當肯定創造力在科學活動中所扮演的角色，他認為從事科學研究最需要的便是創造力，至於其他的因素都是其次，因此在教學中培養學生的創造力是相當重要的教學目標。教師應當避免讓學生產生一種錯覺，認為科學知識是只有來自一些事實的收集，事實上，一些有創意的想法才是科學進步的原動力。

在陳老師的眼中，科學家並不是一個完全理性、價值中立、沒有私人情緒的研究者，他就像你我一般，也是生活在社會之中的凡人，科學家也有情緒、價值觀、或者不理性的一面，跟各行各業的從業者一樣，並沒有因為從事哪一行業就會比較理性，只有在做科學研究時，科學家們才會表現出比一般人理性、客觀、求證據等所謂的科學態度。

（個案教師對研究者說明問卷第三十四題，有關科學家特質的問題）

師：...科學家他假如說本身人格特質就是比較衝動的人、比較暴怒的，那他不會因為受過科學訓練就會有很大的改變，或甚至於變得非常非常的理性，其實不是這樣，他還是一般人。（訪#1，22-23）

而今日社會大眾對科學家的刻板印象是一定要有特殊、很好的條件才可以成為科學家，陳老師認為這種對科學家的刻板印象的塑造，媒體的報導方式扮演著一個重要的角色。其實，科學家並沒有特別聰明，但他會比一般人努力。

關於科學方法，陳老師認為可以交叉使用、也可以創新，只要可以順利進行研究的都可以是科學方法的一種。對一般教科書中所列的「發現問題」、「提出假設」等，這一套科學研究的法則，陳老師的看法是：

那個可能算是基本的過程哪，那個只是基本的方法，但是你不可能用這一套方法去適用所有的問題吧，它只是算其中一項方法，但是，它不能歸類所有的科學方法就是這樣，不是啊

///

這個步驟當然是有...，就是等於說對初學者或者是...就像你打空手道一樣，你一定是一招一式的這樣練，那，真正在打架的時候，不可能還在那邊用這個招數。（訪#2，20-21）

研究者由教學觀察中發現，當陳老師在跟學生們討論星座的由來時曾表示：「這些星座都是外國人創的，所以都是用外國的神話故事，你覺得這個幾個星星連起來像什麼，你可以自己去創啊！」（音#2，1006）。而且當後來學生們提出月亮上的陰影到底像什麼的疑問時，陳老師的說明則提到，我們中國人看它就會像嫦娥、像玉兔。可見陳老師認為觀察是受文化經驗影響的，中國人看星座跟月亮上的陰影就會以中國人的文化去做闡釋。

在提到科學目標時，陳老師直覺便認為科學的目標應直指人與生活，陳老師在訪談內容提到，不管人類今天從事任何活動，其最終目標無他，所有的活動都是人類為改善生活而做的，科學活動當然也不例外。

研：所以，科學的最終目標可能是對著...

師：科學應該是幫助人類生活得更好，而不是在解釋一大堆現象，然後這個現象跟你一點關係都沒有；科學其實只是生活的一部份，然後，今天科學可能會給你一些答案、給你一些...解釋，但是呢，最終目的還是需要靠科學來過生活。（訪#1，7-8）

當研究者與陳老師討論到科學與科技兩者間的關係時，陳老師並不會刻意去區分科學和科技的差別，他在談到科學的目的時會將科技含括在內。但是提到所謂的「科學家」時卻往往指的又是「純」科學家。至於科學與科技如何區分，他認為所謂的科學是純理論的，而科技則是將科學建立的理論和知識應用到實際生活中。若是將科學與科技兩者之間的關係用一個簡單的關係式來表示，在他的看法中應該是「科學→科技」，雖然稱不上依賴，不過科技是要應用科學輸出的原理原則，兩者之間的關係是單向的，也就是說，陳老師並不認為科技會提供給科學發展什麼助力。

師：它（TOUS 問卷第 41 題的 B 選項，科學依賴科技）…好像角色顛倒了，它是說技學所發展的一些定律和原則，會被科學來使用，我覺得角色是顛倒的

研：所以你覺得應該是科技去用科學的…而不是…

師：科技來發現原則原理，然後讓科學來運用；不是，它這個顛倒了。（訪#2，38）

不同於邏輯實證主義的主張，陳老師將科學知識定義為暫時性的真理，在他的觀念中知識本身不是絕對的真實，只是我們接受它的時候，我們會把它認定是絕對真實的，當我們接受科學知識的時候會將它視為真理，不過，當把時間拉長，從整個科學史來看時就會發現，真理（科學知識）並非是永恆不變的，所以當他談到自然科教學時表示：

不要死記死背，因為有些知識可能會改變，不是永久性的，最重要是要了解這個知識怎麼來的、這知識怎麼形成的，你不要說喔，可能這樣就是（固定不變的），把它背下來就可以了，因為你背的這個東西可能十年以後又變了。（訪#9，13）

不過，依陳老師的觀點，科學定律的位階是高於科學理論的。

師：他們（定律和理論）的工作是一樣的，但是他們的層次是不一樣的，理論必須建立之後，然後…等於說…經過一些過程之後定律才會出現，定律是在理論之上啦

研：所以…

師：所以說它（定律）的現象關係的話，會更精確

研：你覺得定律、law、可能是比較…

師：理論的話…還是在受質疑的階段，那定律的話是說現在目前科學社群彼此認為這一個部分已經可以接受，就是所有的試驗都…目前這個情況下是能夠接受的，就可以變成定律。（訪#1，28）

也就是說，陳老師的想法是：在科學理論中仍包含所謂的不確定性，先有不確定的理論產生，再經過科學社群的認同後，才會發展成精確的定律。

根據一些量化研究結果顯示，一般教師的科學本質觀在以 TOUS 問卷施測的結果平均對題數在 36 至 50 之間（Blakely, 1987; Miller, 1963; Schmide, 1967; Welch & Walberg, 1968），本研究個案陳老師的前測問卷答題（答對 50 題）與上述研究相對照，其表現是在平均水準之上。由於個案本身對有關科學本質相關議題的研究相當有興趣，本身又曾在研究所修習與科學本質相關的課程，因此，接觸到科學本質相關研究之資料的機會自然比一般教師為多。從訪談之中也發現，與國內一般教師所持的科學本質觀點多屬傳統、邏輯實證主義的觀點相比較（林陳涌和楊榮祥, 1998; 許玫理, 1992），個案在前測中所展現出來的科學本質觀點符合研究者所設定之研究對象的條件。

二、陳老師的課室教學

(一)陳老師的課室教學理念

在幾次訪談中，陳老師常提及他心目中理想的教學模式應該是生動、有趣的，而且

他也認為學生不該只是被動的接受者，應該要成為課堂上主動的思考、學習者。不過，在實際的課堂教學觀察中，發現陳老師的教學多是依現行的教科書、指引的流程進行，學生在課堂中的活動基本上是依循老師的指示來進行。其中，講述法是陳老師主要的教學策略，他會在一開始上課便先講述科學專門術語的定義，然後指導學生依照課本的步驟進行實驗。例如，先說明「催化劑」一詞的意義，然後指導學生利用催化劑收集氧氣和二氧化碳；又如先說明力臂的定義和槓桿原理公式後後才開始進行槓桿單元的教學。

在學期結束時陳老師反省自己的教學，他說：「就是讓教學再活潑一點，因為我現在第一次（教學）等於說是摸索階段，現在還是以能夠傳達出去為主啦，就是說我知識上比較去…知識的部份喔、然後當然啦，我是希望教學技巧上面能夠活潑一點，就是變化一下。」（訪#9，10），由此可見，知識的傳達是陳老師課室教學的重點，在訪談中陳老師也會主動出示學生的月考成績，並且他也陸續提過幾次與月考成績相關的話題。雖然他表示他對學生月考成績的要求是：達到常態分配便可；學校方面也不會以月考成績去評判老師的教學。但是，陳老師會將自己班的成績與別的班做一比較，比較的結果可以做為他教學的參考，拿來當作他反省教學的依據，可見，他對教學後學生的成績表現還是在意的。在某種程度上，陳老師認為學生的成績表現是反映他的教學成果，所以，他教學的目標會企圖使學生考試考好，行有餘力，才會談到其他。因此，他沒有餘力和心思去考慮其他現行課程架構之外的東西，譬如說，有沒有教科學本質。

(二)陳老師的課堂教學與科學本質觀的關係

王靜如（2003）將科學本質的教學策略區分為低層次的科學本質教學、建構主義教學方法、融合 STS 課程與建構主義教學方法以及科學史融入式教學法，雖然目前已有研究發現，教師的科學本質觀會對他的教學思考及教學策略的選用等方面產生影響（Brickhouse, 1990; Hashweh, 1996; Helms, 1996），但是在本研究中發現，當研究者提出有關於科學本質觀點的教學策略或教學思考等相關問題時，陳老師的回答當中並沒有展現出符合上述教學策略與教學思考的表現，當研究者與陳老師談到如何將科學本質觀傳達給學生時，陳老師說：

> 我覺得這個部份可以...，我這個部份我很瞭解，我很清楚的地方，我就會告訴學生，在言語上告訴學生，但是我也不會特別強調這是科學的本質，大家一定要瞭解什麼的，不用，我只是把我的觀念告訴學生（訪#3，2）。

換句話說，在陳老師的想法和教學中，科學本質的教學主要是以「講述」的方式呈現，在課室觀察中發現陳老師曾有一次是以下面的方式來講述科學本質，但是單純的講述並不能使學生完全體會科學的本質。

> （個案在星座觀察的教學中，向學生介紹星座名稱及其由來）
>
> 師：有誰知到天上有哪些星座？
>
> 生：仙后座、大熊座、獅子座...
>
> 師：星座不是天生就有的，而是人類去創造出來的（音#2，1006）

依照當代科學本質觀點，科學知識的價值是由科學社群的成員來決定，根據這樣的觀點，若教室中的科學活動可以模擬科學社群的運作模式，讓學生們在實驗結果的討論時也扮演一個角色，這樣應該可以讓學生有機會去體會科學社群和科學知識的本質。在本研究進行期間發現，個案老師在教學中有主導整個學習活動的權威，老師在教學中似乎是扮演著實驗結果正確與否的仲裁者角

色，並且當學生的觀察與理想的實驗結果不符時，學生的感官經驗往往被教師忽視，然後直接被告知所謂「正確」的觀察結果應該是什麼，這樣的教學過程並沒有反映出個案老師科學本質觀中對科學社群以及對觀察活動的看法。

（在收集氧氣的課室教學活動中，當學生將雙氧水加入紅蘿蔔後，陳老師先維持常規、學生暫停並坐下，然後開始討論操作的結果）

師：你現在摸一摸放紅蘿蔔那個錐形瓶，溫溫燙燙的對不對（停、學生試摸），有沒有？（停頓）

生：沒有啊

師：沒有嗎（走下來摸），有啦，有一點溫啦，沒有那麼溫啦，你們那個已經冷掉了，好...，我我們也可以發現喔，這是額外的發現，它會同時放出熱量，這是化學反應常見的一種現象

生：冰冰的

師：冰冰的？你要不要摸摸看那個...（指著別組），你那個可能已經冷掉了懂不懂，有一些組他們剛剛做的時候有摸摸看、熱的；來，給他們摸摸看（學生去摸），有沒有？（影#6，0924）

實驗活動在國民小學自然科的教學中具有相當重要的功能，它同時也是國小學童最喜愛的學習方式。藉由實驗的結果可以學習到相關的科學概念，除此之外，更可以讓學生在整個實驗探索的過程中親身體驗科學家從事科學活動的歷程。在研究進行期間，個案老師指導學生進行實驗的方式是在學生實驗前先由老師做示範性的演示：

（在介紹氧氣的製造法時，陳老師先介紹二氧化錳（板書）的特性後，然後開始在講桌前示範雙氧水加二氧化錳的實驗，此時，學生圍上前去看實驗的反應結果再一一回座，陳老師維持常規，請學生安靜並坐下，然後開始講述實驗的結果）

師：所以，不是只有豬肝與水果可以當催化劑，化學藥品也可以當催化劑.....翻開課本第 20 頁，開始說明並示範實驗過程與注意事項，其間：

師：你不注意聽我說，等一下做錯，我器材只有一份喔

///

師：你哪一組表現不好，不注意聽，老師都記在腦子裡，扣分

///（繼續說明）

講述完畢後請一學童復述實驗步驟，之後，請另一位不專心的學童再復述一次

陳師再一次說明後分組上前領雙氧水、塑膠袋（影#7，0925）

在整個示範的活動中，個案教師的角色就像傳統對科學家的看法一樣（崇高、理性），至於請學生復述實驗步驟的作法是否意味著存在有一套按步就班的科學方法？這與個案老師在科學本質問卷和訪談中所表達的有所差異。

若示範性的實驗失敗了，重新示範的作法將很容易使學生產生「科學知識有唯一正確的解答」的想法。

///

（示範實驗：將雙氧水加二氧化錳以收集氧氣）

生：沒有氣體啊

師：我只有放一些啦，氣體不太夠

（收集到氣體後用點燃的線香放入）

師：這我不知道會不會燒起來喔，因為收集到的氧氣沒有很多

（線香插入，將錐形瓶舉高給學生看）

生：沒有啊

（示範失敗，線香沒有明顯反應。此時學生紛紛站起來看老師手上的錐形瓶）

師：沒有、沒有，等一下等一下，老師把它弄多一點喔，坐下來，坐下...

（再一次示範，這一次用的二氧化錳比較多）（線香放入後變亮，不過沒有燒起來）

師：（將錐形瓶舉高）有沒有？有沒有亮？有沒有變亮？

生：……

師：沒有亮喔？沒有比較亮喔？（疑問的語氣）

生：沒有著火啊

師：氧氣還不夠啊，剛才第四組的有啊，第七組、第七組的有喔，（停頓）ㄟ也就是說你的氧氣一定要收集多一點喔，要夠、要足夠才行

（陳師測試學生收集到的氣體，結果線香沒有明顯反應，陳師說：你們的氧氣不夠，不過有一點變亮）。（影#7，0925）

近來一些有關教師如何進行實際教學的研究報告指出，教師會視教學當時的特定情境（context）以決定如何去進行教學（Duffee & Aikenhead, 1992; Roberts, 1980; Shulman, 1987）。也就是說，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。本研究從個案教師的科學本質信念切入，探討教師科學本質觀與教學間的關係，研究結果呼應上述研究，即：教師科學本質觀與教學間並不存在有線性的因果關係，具有當代科學本質觀的教師未必能在他的教學思考及課室教學中展現出對等的教學。

三、阻礙科學本質教學的因素

(一)教師主觀因素

像陳老師這樣一位具有當代科學本質觀的教師在其教學實務中卻無法進行傳達科學本質的教學，主要原因有：

1. 個人教學目標的限制

當訪談中研究者明白提出這樣的問題：如果現在我們把自然科教學想辦法拉到跟科學本質做一關聯的話？陳老師含蓄的回答：

這個並不是說...（停頓），像科學本質的話，變成說是老師額外強調的...。（訪#4，5-6）

（教學目標之外）剩下的東西我就不必去煩惱這一些東西啦，所以，嗯...假如說課本教材沒有配合（科學本質觀教學）的話喔，是會造成老師在教學之外額外的負擔啦。（訪#6，4）

他（學生）連這一些基本的科學知識都不太清楚的情況下，你要他了解科學本質，我想，可能是有點...不太...（適合）（訪#3，10）。

科學本質之所以不被教師們視為教學的重點，除了教學目標不夠明確之外，還有一個重要的原因是─月考不考。尤其陳老師所任教的學校學區的家長對學童的成績（分數）相當的重視，家長的意見在現今國民小學教育中佔有一席之地，對教師的教學亦有其影響力，若家長是以學生考試的分數來評判教師的教學，那麼很容易使得教師們在教學時忽略掉真正重要的、卻不容易以分數來呈顯的「情意教學」的部份。雖然，陳老師表示他是科任老師，跟級任老師比起來，他所受到的家長方面的壓力比較小，不過，家長會要求成績的這一種態度，對他的教學也的確造成了影響。

從教師在單元教學之後的反思也可以一窺他教學的理念，從本研究中發現，陳老師並未將「傳達科學本質觀」當成是他教學中的一項重要工作，在教學後的檢查與思考當中，陳老師所著重的是有沒有抓到學科知識的重點以及教學的流暢性。

我覺得上第二次跟上第一次，差別就在它的流暢性，因為，有的時候...一個東西上久了，你會覺得重點都抓得住，然後...它的呈現你會重新安排，那第一次上的話，有時候會感覺重點還沒辦法抓住，所以前後有時候會不一致

///

但是，像六年級教材我上課就比較不會不流暢，上第二年第三年之後，就是...它的重點都能

抓得住，還有它的順序就會流暢很多。（訪#4，9）

明訂的教學目標的確為教學提供一項檢核的基準，但是如果從另一個角度來看的話，它似乎也限制了教師們的教學。對教師們來說，不管在他心裡「教科學本質觀」是多麼的重要，但更重要的是：它是一項額外的工作。尤其，在升學主義掛帥的社會中，即使有多餘的時間、空間給教師自由支配教學內容，大多數教師們的選擇往往會是---讓學生學習多一點知識，為將來升學做準備。

2. 教師本身對科學本質教學的信心不足

目前，科學本質這個議題對一般教師而言仍是非常的陌生，即使是對此一議題已經有所涉獵的陳老師，他仍然對將這樣的議題帶入教學中可能對學生帶來的影響存疑，所以，陳老師便不敢大膽的去嘗試做當代科學本質觀的教學，他對將科學本質納入正式課程的作法仍存有一些疑慮：

師：會帶來一些好處啦，但是...（停頓）它的負面的我們是不曉得說會不會有一些...產生一些負面的效應，這是不清楚啦

研：所以說，如果我們要明訂在課程標準裡面傳達科學本質的話，你是覺得說，以後可能會有負面的一些影響

師：對對對，因為現在有一些方面並沒有說哪一種觀念一定是最好的，我們說傳統的觀念到現在已經、也是...很久了啊，對不對，這個...其實它一直跟著科學哲學的觀點在變嘛，所以...很難、很難有一個定論啦。（訪#9，15-16）

而且，陳老師本身對科學本質相關議題的研究也很有興趣，對目前相關研究的成果也相當清楚，對他而言，傳達的最大障礙可能是他對科學本質的教學沒有信心。

師：不會，我目前是發現到是說...假如說傳遞科學、傳達這個科學本質喔

研：嗯

師：比較有困難的是說，第一個就是說..，因為我們沒有受過這樣的訓練啦（訪#6，3）

師：傳達這一個工作是最重要的，因為很多...我看到很多研究是說老師們對科學本質很瞭解，但是，不見得傳達得出來喔，不見得學生就會因此而獲益呀，所以他們研究了之後發現這個關鍵點還是在於老師傳達科學本質的這種教學能力，所以我想，關鍵真的是在這一個部份（訪#3，2）

陳老師談到他並不希望他的教學是食譜式的，不過，假如他想不出比課本、指引更好的方法的話，他會依課本的安排進行教學，因為那些都是專家的結晶，此外，陳老師形容他教學的方式是由老師將流程一步一步講清楚，但是，結果他是不會對學生講的。然而，仔細思考卻發現這種教學模式會發現這樣容易塑造出「科學」、「專家」的權威形象，這些權威形象與當代科學本質觀所強調的，存在有相當大的差異。

師：也不是說完全按照課本不好，我沒有說食譜式的就不好，因為，這個至少是專家的東西，就是說，能夠加一些東西稍做改變的話那更好啦，不必完全的，老師教學一定要參考這個，或者是一定要照著這個做，這就沒有這個必要啦

研：對，可是，加的東西是、老師..自己加

師：自己額外加，對

研：那...上課的時候學生可能要...follow 老師的...一個想法

師：對。（訪#6，23）

(二)[illegible]

本研究發現，個案教師在他的教學思考和行為中也並未表現出符合他科學本質觀點的特質，在教師的科學本質觀點與教學之間仍存在許多外在的變因，這些因素使得一位具有當代科學本質觀點的教師，在教學的實務工作中無法呈顯出符合其科學本質觀點的教學思考和行為。

1. 現有教材的限制

教材是專家設計的結晶，它可以提供教

師們在教學時的一項重要參考，同時，它也是情境營造的基本因子。

師：必須要有一個那種情境哪，你知道嗎

研：所以你覺得教材可以提供一個情境

師：對，要有一個情境

研：不然你會覺得說你如果去跟學生這樣說，就很突然莫名其妙

師：很突然就出來啦，我上課上一上、上到生物，怎麼突然講那個科學本質，就會覺得很奇怪啊對不對，我怎麼想我就怎麼傳達，但是，我們不會說去想到那一個東西，然後去告訴他們，必須要教材剛好遇到，我才會去把這個觀念再提一下。（訪#9，12）

如果說當初教材在設計時就沒有考慮到要呈現適當的科學本質觀，那麼，教師們為了要教科學本質觀，就可能必須對教材做一番重整與設計，但是，對一向依賴教材甚鉅的教師們，要自行設計教材將會是一項很大的考驗。

師：教材的設計並不是配合這個教材要傳達什麼（科學本質的）概念，所以變成老師在準備教學之餘，除非他還有心去特別去想一下，這個地方可以怎麼樣傳達，否則的話，我只要盡到我該盡的責任就好啦，我把我該教的科學知識或者是科學應該要的東西教給學生，這樣就好啦。（訪#6，3-4）

況且，國民小學的教育採包班制，教師可能必須同時任教多個學科，對一個教師來說，要熟悉各科教材可能已經是一項龐大的負擔，而科學本質觀的教學所帶來的，更是一種額外的壓力。

師：我們傳達的這一種方式，教材並沒有配合你，並不是配合這個地方要傳達什麼概念，所以變成說，老師在準備教學之餘，除非他還有心去特別去想一下，這個地方可以怎麼樣傳達，否則的話，我只要盡到我該盡的責任就好啦，我把我該教的科學知識或者是科學應該要的東西教給學生，這樣就好啦，剩下的東西我就不必去煩惱啦，所以，嗯...假如說課本教材沒有配合的話，是會造成老師在教學之外喔額外的負擔啦。（訪#6，3-4）

2. 教學時間的限制

科學本質觀的教學並不是要學生去記住一些教條式的內容，它應該屬於「情意」教學的一種，所需要的時間可能會比較長：

（陳老師談他對五年級和六年級自然科教學的經驗和看法）

師：因為六年級的部份比較會談到我們的生活啦，還有一些...科學的應用啦，所以...我覺得那個部份會比較好，而且時間充裕，嘿，六年級單元少，時間充裕，那我們這個（指五年級教學）的話，不行。（訪#3，10）

確實，在有限的教學時間內要求教師們做科學本質觀的教學，的確顯得窘迫。尤其五年級的課程是陳老師第一次接觸，他覺得授課時間比較緊迫，再加上五年級的單元就是都要做實驗，還要複習、考試，所以根本沒有其他什麼多餘的時間去想教科書內容以外的教學。

3. 沒有現成可用的教學成效檢核工具

當談到要對學生的科學本質觀點做一檢測的時候，陳老師認為像科學本質觀這種觀點性的東西並沒有正確的答案，所以它不適合出題，一般對學生的評量仍應該是以科學知識為主，不過，如果可以發展出一種有效的工具去檢測學生學習科學本質的成果，有成果可以作為教學的回饋，陳老師將會更樂意去教科學本質。

師：還有就是，科學本質傳達有效或者是沒有效，這個必須要有一種方式去檢核，那，我在傳達喔，我不曉得說學生到底能不能聽得懂或者是能不能接受，檢核也是一個很重要的事

研：你是說，你的檢核是說...我不知道...

師：學生到底有沒有這個觀念，這個、必須

要透過檢核啊，你必須、譬如說用問卷、或者是用測驗的方式，我們沒有（現成的）這個東西

研：去知道他..的科學本質觀有沒有進步是不是

師：對，有沒有改變，否則的話我們傳達歸傳達，有沒有效這就不一定哪。（訪#6，5）

若可以找到一份現成的科學本質問卷或測驗，可以直接採用，以檢核教學的成效，那麼陳老師便會樂意在教學中去進行科學本質的傳達，又因為陳老師對科學本質的相關研究涉獵頗多，因此他深知目前欲進行國小學生科學本質觀的相關研究者，均面臨無一份信效度均佳，廣為本領域專家學者認同的評測工具的問題（沈慧芬, 2002），而他又沒有自己發展適合自己課室中使用的科學本質檢測工具的意圖，在這種現成的資源不足、自己又無動機創造資源的情況下，使得科學本質教學成效的檢測不易，阻礙了個案老師從事科學本質教學的意願。

師：然後...然後現在就是有專門就是針對問卷喔，去...幾份問卷去...就是問卷怎麼樣怎麼樣

研：其實，好像，這幾份測科學本質觀，科學哲學觀的問卷，其實...都還是（師：大同小異）都有受到這、一些...

師：爭議，對（訪#1，42）

伍、結語與建議

一、結語

從問卷及深入訪談發現，本研究之個案教師具備符合當代思潮的科學本質觀，這些觀點包括有：在科學社群方面，認為科學社群是國際性的組織並且對科學知識有檢證的功能，科學家們可以藉科學社群的運作來嘗試找出並且避免個人偏見；在科學家的角色認定上，視科學家如同凡人，他們也有自己個人的情緒與價值觀，科學家並非全然的價值中立和理性；在科學知識和科學方法的層面上，個案教師不認為存在有一套所謂的的科學方法和步驟，只要可以順利進行研究的都可以是科學方法的一種，而且科學知識不是永恆的真理等。

雖然具備有上述符合當代思潮的科學本質觀，但是在本研究進行期間，並未在個案的課室教學中發現有呈現出與上述當代科學本質觀相對等的教學思考及行為。換言之，個案教師的當代科學本質觀尚屬於一封閉的知識體，還未活化為會影響其教學思考與行為的信念。究其原因，發現在個案教師的科學本質觀與課室教學之間，有一些主、客觀因素影響了他教學策略的選用以及實際教學行為的呈現，這些因素包括教師並未將傳達科學本質設定為其教學目標，對科學本質的教學沒有信心，教科書中沒有融入科學本質的教學活動，需要教師做額外的課程設計，教學時間不足的趕課壓力，沒有現成可用的科學本質教學成效檢核工具，乃至於社會文化中家長對考試成績的重視等，這種種的困難橫阻於前，乃至於個案雖持有所謂「當代的科學本質觀」，卻無法在實際教學行為當中展現。

Abd-El-Khalick 和 Lederman（2000）歸納出一些會影響了教師科學本質觀是否得以展現在教學實務中的因素，這些因素包括：教授既行課程內容的壓力、班級經營管理、學校機構的限制、以及教學經驗；陳忠志（1998）的跨國研究也發現，學習環境的營造與教師的科學本質信念沒有一致性，台灣特殊的考試文化中對分數的要求，使教師傾向採客觀主義取向的教學。翁秀玉（1997）的行動研究指出，學生因襲「講光抄」的學習方式、學生原有的科學信念、教師的學科教學知識不足、教科書的編排設計等都會阻礙傳達科學本質的教學。上述研究之結果與

本研究大致相符，但是，除卻以上外在因素，本研究發現，存在於教師本身的主觀因素，例如教師個人是否將科學本質納入其主要教學之目標之一，以及對科學本質融入教學的信心，都是影響教師實行科學本質教學的重要因素。

二、建議

(一)關於師資培育的建議

研究中發現個案教師雖持有符合當代理念的科學本質觀點，卻依舊照一般傳統的教學模式進行自然科教學，當然，這其間是受許多外在因素阻礙所致。不過，相對於外在因素的排除，更值得注意的恐怕是那一些橫阻於教師科學本質觀與教學策略構思之間的種種內在的阻力，如果老師們對科學本質有深入的認知，卻但卻無法轉換為教學策略將科學本質傳達給學生，那麼科學本質將無法落實在學童身上。因此，在提昇教師科學本質觀的同時，我們也應當提升教師們實行科學本質觀教學的意願和信心，並且，不管是對職前教師或是在職教師，科學本質相關課程的設計除了要將目標放在培養教師們適當的科學本質觀點外，讓教師們學習如何轉換科學本質於教學思考和行動將會是更重要的一個目標。

(二)對於後續研究的建議

本研究主要在自然情境下探查國小自然科教師科學本質觀與教學實務間的關係，並未提供研究的個案教師科學本質教學的活動設計。但是在研究後個案表示：如果研究者可以直接提供實行科學本質觀教學的方案或計畫，以個案本身對科學本質觀的瞭解，他會很樂意去落實這樣方案或計畫於他的教學中（訪#9，17-18）。因此，未來科學本質議題的研究應多與教師們合作，朝結合理論與實務的方向進行。尤其九年一貫課程實施後，在職教師們對科學本質的能力指標可能尚不熟悉，建議未來研究的方向可著重於如何透過各種管道引導在職教師提昇對能力指標的了解，甚至轉換符合當代的科學本質觀於教學行為中。

個案陳老師具備適當的科學本質觀，雖然不是初次任教自然科，但是在本研究進行期間他是第一次任教五年級的自然，因此對教材的不熟悉，造成他實行科學本質教學的阻礙之一，建議後續研究可以與有豐富自然科教學經驗的當代科學本質觀教師合作，如此便可以排除因為教材不熟悉所造成的阻礙。而對與陳老師一樣比較欠缺教學經驗的老師，若進行長期的觀察研究，則可以追蹤在其教學經驗累積後，是否將科學本質知識內化為足以影響其教學的信念，從而在課室教學中表現出符合其科學本質觀的教學行為。

(三)對教材的建議

教材對教師教學的影響很大，本研究進行期間個案教師所任教的年級並非實施九年一貫課程，因此課程設計中尚未考量到課程綱要中所列的科學本質能力指標。雖然目前九年一貫課程已經全面實施，各版本自然與生活科技的教科書中也已經增加科學小故事的設計，但是卻沒有在教學指引中提示該如何運用這樣的素材去進行科學本質的教學，建議教材中有關科學本質的教學應該有更明確的定位。

致　　謝

感謝個案陳老師參與本研究並且在研究進行期間給予多方協助。

參考文獻

1. 丁嘉琦（1999）：花蓮縣國小教師科學本質

觀點之研究。花蓮：國立花蓮師範學院國民教育研究所碩士論文（未出版）。
2. 王靜如（2001）：小學教師科學本質概念及教學之研究。科學教育學刊, **9**(2), 197-217。
3. 王靜如（2003）：科學本質教學與教學知能。屏師科學教育, **17**, 3-11。
4. 江維信（2000）：科學本質課程對師院研究生科學本質觀影響之研究。花蓮：國立花蓮師範學院國小科學教育研究所碩士論文（未出版）。
5. 沈慧芬（2002）：國小高年級學生科學本質相關問卷之內容分析。花蓮：國立花蓮師範學院科學教育研究所碩士論文（未出版）。
6. 邱明富（2002）：融入科學史於國小「自然與生活科技」領域的教學之行動研究。論文發表於中華民國第十八屆科學教育學術研討會。彰化：國立彰化師範大學。
7. 吳芝儀和李奉儒譯（1995）：質的評鑑與研究。台北：桂冠圖書公司。
8. 林千青（1996）：國小職前教師與在職教師對科學知識本質了解之研究。屏東：國立屏東師範學院初等教育研究所碩士論文（未出版）。
9. 林陳涌（1995）：高中學生對科學本質瞭解之研究。國科會專題研究成果報告（NSC 84-2511-S-003-083）。台北：行政院國家科學委員會。
10. 林陳涌（1996）：「了解科學本質量表」之發展與效化。科學教育學刊, **4**(1), 31-58。
11. 林陳涌和楊榮祥（1998）：利用凱利方格晤談法探討教師對科學本質的觀點一個案研究。科學教育學刊, **6**(2), 113-128。
12. 翁秀玉（1997）：國小自然科教師傳達科學本質之行動研究。彰化：國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文（未出版）。
13. 翁秀玉和段曉林（1997）：科學本質在科學教育上的啟示與作法。科學教育月刊, **201**, 2-15。
14. 教育部（2003）：國民中小學九年一貫課程綱要自然與生活科技學習領域。台北市：教育部。
15. 郭鴻銘和沈清嵩（1976）：科學素養之涵義。科學教育月刊, **1**, 9-16。
16. 陳忠志（1998）：國中教師科學本質及科學教學信念對理化教室環境的影響。科學教育學刊, **6**(4), 383-402。
17. 陳富君（2002）：培養教師發展符合科學本質的教學模式之研究。論文發表於中華民國第十八屆科學教育學術研討會。彰化：國立彰化師範大學。
18. 陳育瑛（1999）：科學史、哲學融入生命科學通識教育之研究。高雄：國立高雄師範大學科學教育研究所碩士論文（未出版）。
19. 劉錫忠（2002）：提升國中生對當代科學本質觀點理解之研究。論文發表於中華民國第十八屆科學教育學術研討會。彰化：國立彰化師範大學。
20. 許玫理（1992）：我國國民中學自然科學教師科學哲學觀點之調查研究。彰化：國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文（未出版）。
21. 黃瑞琴（1996）：質的教育研究法。台北：心理出版社。
22. 張鳳琴（1994）：高雄地區公立高中學生對科學知識本質之看法。高雄：國立高雄師範大學科學教育研究所碩士論文（未出版）。
23. 鄭淑妃（1999）：國小自然科教師科學本質觀之詮釋性研究。花蓮：國立花蓮師範學院國小科學教育研究所碩士論文（未出版）。
24. 鄭湧涇、周美雪和張麗珠（1989）：職前與在職生物教師對科學的本質的了解。論文發表於中華民國第四屆科學教育學術研討會。台北：國立台灣師範大學生物系。
25. Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Lederman, N.

G. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural. *Science Education, 82*(1), 417-436.

26. 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*(7), 665-701.
27. Abell, S. K., & Smith, D. C. (1994). What is science? Preservice elementary teachers' conceptions of the nature of science. *International Journal of Science Education, 16*(4), 475-487.
28. Aikenhead, G. S. (1988). An analysis of four ways of assessing student beliefs about STS topics. *Journal of Research in Science Teaching, 25*(8), 607-629.
29. Aikenhead, G. S., Fleming, R. W., & Ryan, A. G. (1987). High school graduates' beliefs about science-technology-society(I): Methods and issues in monitoring student views. *Science Education, 71*(2), 145-161.
30. Alters, B. J. (1997). Whose nature of science? *Journal of Research in Science Teaching, 34*(1), 39-55.
31. American Association for the Advancement of Science, [AAAS] (1989). *Project 2061: Science for all Americans*. Washington, D. C.: Author.
32. Blakely, R. E. (1987). A comparative study of Georgia middle school teachers' understanding of the nature of science. Unpublished doctoral dissertation, Georgia State University.
33. Brickhouse, N. W. (1990). Teachers' beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice. *Journal of Teacher Education, 41*(3), 53-62.
34. Carey, R. L., & Stauss, N. G. (1968). An analysis of the understanding of the nature of science by prospective secondary science teachers. *Science Education, 58*(4), 358-363.
35. Carey, R. L., & Stauss, N. G. (1970). An analysis of the relationship between prospective science teachers' understanding of the nature of science and certain variables. *Georgia Academy of Science,* 148-158.
36. Chen, S. (2001). *Prospective teachers' views on the nature of science and science teaching*, Unpublished doctoral dissertation, Indiana University.
37. Collette, A. T., & Chiappeta, E. L. (1994). *Science instruction in the middle and secondary school* (3rd). Columbus, Ohio: Merrill
38. Cooley, W. W., & Klopfer, L. E. (1961). *Test on understanding science manual*. Princeton: Educational Testing Service.
39. Cronin-jones, L. L. (1991). Science teacher beliefs and their influence on curriculum implementation: Two case studies. *Journal of Research in Science Teaching*, *28*(3), 235-250.
40. Duffee, L., & Aikenhead, G. (1992). Curriculum change, student evaluation, and teacher practical knowledge. *Science Education, 76*(5), 493-506.
41. Duschl, R. A., & Wright, E. (1989). A case study of high school teachers' decision making models for planning and teaching science. *Journal of Research in Science Teaching, 26*(6), 467-501.
42. Hashweh, M. Z. (1996). Effect of science teachers' epistemological beliefs in teaching. *Journal of Research in Science Teaching, 33*(1), 47-63.
43. Helm, J. V. (1996). Speaking of the subject: Science teachers reflect on the nature of science, science teaching, and themselves (profession

identity). [CD-ROM]. Abstract from: ProQuest: Dissertation Abstracts Item: 9620489.

44. Hodson, D. (1993). Philosophical stance of secondary school science teachers, curriculum experience, and children's understanding of science: Some preliminary findings. *Interchange*, *24*, 41-52.
45. Kimball, M. E. (1968). Understanding the nature of science: A comparison of scientists and science teachers. *Journal of Research in Science Teaching, 5*, 110-120.
46. King, B. B. (1991). Beginning teachers' knowledge of and attitude toward history and philosophy of science. *Science Education, 75*(1), 135-141.
47. Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching, 29*(4), 331-359.
48. Lederman, N. G. (1995). Translation and transformation of teachers' understanding of the nature of science into classroom practice. (ERIC Document Reproduction Service No. ED382 474)
49. Lederman, N. G., Wade, P., & Bell, R. L. (2000). Assessing understanding of nature of science: A historical perspective. In W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies* (pp. 331-350). Boston: Kluwer.
50. Lederman, N. G., & Zeidler, D. L. (1987). Science teachers' conceptions of the nature of science: Do they really influence teaching behavior? *Science Education, 71*(5), 721-734.
51. Lieu, S. C. (1997). Teacher understanding of the nature of science and it's impact on student learning about the nature of science in STS/Constructivist classroom. Unpublished doctoral dissertation, University of Iowa.
52. McComas, W. F., Clough, M. P., & Almazroa, H. (2000). The role and character of the nature of science in science education. In W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies* (pp. 3-40). Boston: Kluwer.
53. Miller, P. E. (1963). A comparison of the abilities of secondary teachers and students of biology to understand science. *Iowa Academy of Science, 70*, 510-513.
54. National Assessment of Educational Progress [NAEP]. (1989). *National Assessment Science Objectives-1990 assessment.*
55. National Research Council. [NRC] (1996). *National Science Education Standards*. Washington, D.C.: National Academy Press.
56. Nussbaun, J. (1989). Classroom conceptual change: philosophical perspectives. *International Journal of Science Education, 11*, 530-540.
57. Palmquist, B. C. (1993). Preservice teachers' views of the nature of science during a postbaccalaureate science teaching program. Unpublished doctoral dissertation, University of Minnesota.
58. Palmquist, B. C., & Finley, F. N. (1997). Preservice teachers' views of the nature of science during a postbaccalaureate science teaching program. *Journal of Research in Science Teaching, 34*(6), 595-615.
59. Roberts, D. A. (1980). Theory, curriculum development, and the unique events of practice. In G. Munby, G. Orpwood, & T. Russell (Ed.), *Seeing curriculum in a new light: Essays from science education*. (pp. 65-87). Toronto: OSIE.
60. Rubba, P. A., & Anderson, H. O. (1978). De-

velopment of an instrument to assess secondary school students' understanding of the nature of scientific knowledge. *Science Education, 62*(4), 449-458.

61. Schmide, D. J. (1967). Test on understanding science: A comparison among several groups. *Journal of Research in Science Teaching, 5*, 365-366.
62. Schwartz, R. S., & Lederman, N. G. et al. (2002). Explicit/reflective instructional attention to nature of science and scientific inquiry: Impact on student learning. Retrieved December 10, 2002, from: *www.ed.psu.edu./CI/Journals/2002aets/f5_schwartz_lederman_k.rtf.*
63. Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review, 57*(1), 1-22.
64. Visavateeranon, S. (1992). *Effect of research experiences on teachers' perceptions of the nature of science*. Unpublished doctoral dissertation, University of Minnesota.
65. Wang, J. R. (1995). A case study: An investigation of teachers' conceptions of the nature of science, science teaching and learning, classroom practice and other contextual matters. Unpublished doctoral dissertation, University of Northern Colorado.
66. Welch, W. W. (1966). *Welch science process inventory, form D*. Minneapolis, MN: Minnesota Research and Evaluation Center, University of Minnesota.
67. Welch, W. W., & Walberg, H. J. (1968). A design for curriculum evaluation. *Science Education*, 52(1), 10-16.
68. Zeidler, D. L., & Lederman, N. G. (1989). The effect of teachers' language on students' conceptions of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching, 26*(9), 771-783.

Science Teacher Understanding of the Nature of Science and His Teaching Practice: A Case Study of An Elementary School Teacher

Shwu-Fei Cheng[1], Sang-Chong Lieu[2] and Hsiao-Lin Tuan[1]

[1]Graduate Institute of Science Education, National Changhua University of Education

[2]Graduate Institute of Science Education, National Hualien Teachers College

Abstract

The purpose of this study was to explore the relationships between a case teacher's understanding of the nature of science (NOS) and his teaching practices. In order to collect data thoroughly, a questionnaire (Test on Understanding Science, TOUS) was used at the beginning of a semester to probe the status of the case teacher's understanding about the nature of science; semi-structured interviews followed after collecting the questionnaire results. In addition, classroom observations, interviews, videotaping, audio-taping and the collection of related documents such as handouts, lab sheets, and students' test results took place. The results of this study indicate that the case teacher, with appropriate understanding of NOS, did not bring his understanding of NOS into his classroom teaching. Factors influencing the teacher to not include NOS in his teaching included: NOS teaching is not the goal for the teacher's teaching, the teacher did not have confidence in applying NOS in his teaching, NOS is not embedded in textbooks, no sources such as valid teaching strategies were available for supporting NOS teaching. Given these constraints it is not surprising that the case teacher chose to skip or ignore teaching his students understanding about the nature of science. Recommendations for teacher education, textbook companies and future research directions are discussed in the paper.

Key words: Science Teaching, Nature of Science, Case Study, Elementary Teacher.