科學教育學刊
2001, 第九卷第二期, 197-217

Chinese Journal of Science Education
2001, 9(2), 197-217

小學教師科學本質概念及教學之研究

王靜如
國立屏東師範學院 自然科學教育學系

（投稿日期：民國89年7月25日，修訂日期：90年6月20日，接受日期：90年7月24日）

摘要：本研究目的在建構國小教師對科學本質概念的瞭解，並且探討教師如何轉換科學本質於教學實務中。本研究以質性研究法，如開放問卷、教室觀察記錄、課後晤談及刺激回憶晤談等方式，針對兩位國小自然科教師之教學，探究其科學本質概念、教學實務和教學思維，以及三者之間的關係。調查結果發現本研究教師持有適當的科學本質概念，雖然教師的教學思維沒有含蓋教科學本質的意圖，資料進一步分析卻發現教師教學思維潛在的科學觀與教學實務之間有相關性。基於兩位個案教師之研究發現，本研究提出科學師資培育課程及後續研究之改進意見，期能改進科學教育之成效。

關鍵詞：科學本質、教學思維、教學實務

壹、緒論

一、研究緣起與重要性

人類自古以來，就不曾間斷科學活動，同樣的，也就必然存在著某種形式的科學教育行為，然而每個時代的科學教育在不同的科學哲學引導下，也勾勒出不同的科學教育目標，近年來培養學生發展對科學本質的瞭解，已成為科學教育界一致認同的重要目標之一，美國科學促進會（American Association for the Advancement of Science, [AAAS], 1989）及美國國家科學教師協會（National Science Teachers Association, [NSTA], 1982）更將了解科學的本質列為有科學素養公民的重要特徵，並呼籲科學教育學者及教師應注重培養學生對科學本質的了解。

由於對科學本質的充份理解，有助於我們對科學的全面性了解，提高對科學理想與道德的信心，對科技社會發展有正面的影響，不致於因為對科學的誤解，扭曲科學的真實面貌，而影響對科學與科技發展的觀念和態度（American Association for the Advancement of Science, [AAAS], 1993; Polanyi,1975; Smith & Scharmann, 1999）。中、小學教師對科學本質的理解在科學教育中扮演十分關鍵性的角色，因為教師的科學觀可能影響教師的教學行為，進而影響學生對科學的印象（Proper, Wideen & Ivany,1988）。學者（李章瑋, 1995; 黃惠信, 1998; Trempe, 1987）指出許多小學教師秉持的科學

信念與現代的科學觀完全不同，小學教師的科學本質概念有待提昇，已是不容置疑之事。然而，協助小學教師建構科學本質概念，必須先瞭解教師的科學觀傾向、科學本質概念與教學實務的偏差，再據此研擬課程，協助教師建構合理的科學本質與教學概念。

二、研究目的

本研究擬調查兩位國小教師的科學本質概念、教學思維以及教學實務反映的科學觀與科學本質之情況，並進一步探討教師的教學思維是否包含教科學本質的概念。

三、名詞定義

(一)科學觀

本研究所指的科學觀即科學世界觀，亦即個人對科學知識的詮釋、看法與反應所形成的一套自成邏輯的心智架構或圖像。此圖像決定個人對科學知識的思維與外在顯現行為的傾向。在科學哲學歷史上，常見的科學觀包含實在論、經驗論、實證論、後經驗論（或後現代論）、演化實在論等。文獻中科學觀與科學本質觀常互為引用。

(二)科學本質概念

科學本質的概念因時代不同而有不同的詮釋，本研究所指科學本質概念是現代科學教育學者認同的科學知識論（epistemology of science）、求知的方法、或科學知識發展過程中潛在的價值與信念。亦即判斷科學性的準則（criteria）或信條（tenets），如科學知識的暫時性、經驗性、主觀性、創造性和社會性等。

貳、文獻探討

一、科學本質的哲學淵源

早期實在主義（realism）認為理論（theory）與實體（reality）存在對應的關係，理論獨立於主體而存在，而且能夠精確表示某個存在的實體。換言之，科學確實反映了「實在」，因此有具體的方法通達真理的表徵（苑舉正, 1999; Eflin, Glennan & Reisch, 1999; von Glasersfeld, 1989）；理性主義認為知識來自理性。一切知識，無須外求，均自先天觀念中演繹而出，只有理性的知識才能默思萬物的真實，瞭解其必然的關係，認識其永恆的形式，這種直觀的、固有而清晰明白（intrinsic clarity）的知識才是真正的知識。數學，特別是歐氏幾何，被認為是理性知識的典範；經驗主義對知識來源的主張與理性主義正好相對，經驗主義認為任何形式的知識，不論分析的或綜合的知識不可能先天存在，即使數學的定理也是從許多經驗中抽離而得。知識有理性的成份，但理性本身不能產生知識，一切知識均從經驗中歸納而得（高廣孚, 1989; 劉宏文, 1996）。劉宏文（1996）比較理性主義與經驗主義的不同，指出兩者對於獲得知識的方法有不同的看法，理性主義基於人類有先天（innate）分析與綜合知識的信念，主張以演繹法為推論的依據，演繹出神與物理世界的存在，認為只有透過嚴密推論演繹而得的知識才是真理；相反的，經驗主義認為人類綜合性或分析性的知識不可能先天存在，主張歸納法（induction）才是知識建立的方法。人類累積了許多經驗，歸納出我們未曾經驗過的知識，所以歸納推理是根據少數經驗事實而推得普遍結論的邏輯過程。

自文藝復興運動（14-16 世紀）以後，西方社會呈現兩個巨大改變，其一是對歐洲中世紀黑暗時期宗教與神學的揭露與批判；另外則是實驗自然科學的興起。基於自然科學的興起與成就，如哥白尼（Copernicus）的日心說、伽利略（Glileo）的慣性與落體運動及牛頓（Newton）的第一、第二運動定律，十九世紀四十年代的實證主義（positivism）在西方蔚成一種廣泛的思潮。實證主義繼承傳統經驗主

義的流派，自稱為自然科學發展的產物，要以自然科學的實證精神建立知識的典範。後來的邏輯經驗主義（logical empiricism）除了延續實證主義的精神，還把數理邏輯當作知識的方法，實證哲學認為知識應以經驗為基礎，不相信認識經驗以外實在（物質或精神）的可能性（劉放桐, 1991）。舒煒光（1994）從科學理論與科學證明方法分析實證主義的知識理論，並將其化約成如下兩點：

1. 科學由觀察經驗開始，從觀察和實驗收集經驗事實，然後對事實加以分類和整理，再推出定律與理論，也就是說觀察先於理論。
2. 理論的可靠基礎在於觀察和實驗的檢驗，凡是能被實驗或觀察檢驗的理論即是真理，或至少包含了真理。

苑舉正（1999）引述孔德（Comte）的主張，認為科學所做的事情就是找出現象與現象之間的關係，然後再將這個關係化約成為自然法則（natural laws），在「法則」基礎上，可以「預測」現象與現象之間的關係，並且藉此法則，判斷現象的真假。苑舉正（1999）進一步說明實證論科學觀原本與傳統亞理斯多德（Aristotle）的科學觀沒有多大的差別，兩者都是經由「歸納」與「演繹」兩種方法來描述現象之間的關係，以及預測尚未發生的現象，但是孔德仍然有一點與亞理斯多德很不相同的，就是他不去討論現象發生的原因，以牛頓理論為例，他只滿足於該理論的精確預測與清楚的法則，將類似「吸引力是什麼？」、「重力是什麼？」等問題置於一旁不顧，認為它們都是沒有答案的問題，應當是屬於「神學」與「形上學」的問題，不是「實證科學」中應當處理的問題。他不相信該理論所指涉的理論體（theoretical entities）與「實在」有任何對應的關係，也不認為「它們」有被討論的必要。

後經驗主義（postempericism）又稱為科學後現代主義（postmodern view of science），後經驗主義的興起，在於對傳統知識論的批判，十八世紀初義大利哲學家維柯（Giambattista Vico）將知識分成兩大類：第一種是理性的知識（rational knowledge），諸如科學知識、日常生活經驗或由經驗中抽離而出的理性知識；另一種知識稱為感性的智慧（poetic wisdom），包含所有經驗無法觸及的知識。von Glasersfeld（1995）認為維柯的認識論觀點是後來建構主義認識論的重要來源之一。此外，康德（Kant, 1933）的哲學理論也透露了建構主義的知識觀，康德在“純理性批判”一書中以「酒」的例子說明事物的內在本質是不可知的，他否定理性的能力，認為純理性根本不能抵達事物的本體（thing-in-itself），亦即以純理性的知識論方式，根本無法到達本體論（ontology）。另一方面，康德不在乎知識的內容問題，而是問主體“能否知道”的問題，此問題不是感官經驗所能認知的領域，只能透過先天的形式，即我們天生就有的認識能力，才能把握住它（苑舉正，1999; 許良榮，1993; von Glasersfeld, 1989）。

二十世紀初物理學家對於科學的絕對性有了批判性的思考，Kuhn、Popper、Toulmin 對於「知識」的可驗證性、客觀性提出質疑，更揭櫫了「知識」是由人類自行建構的觀點。Popper（1959）的否證論（falsifiability）認為科學理論的發展源自問題，理論形成之後經過觀察、驗證、否證後再產生新的問題。所以 Popper 認為所有的觀察都是以理論為基礎，沒有不帶有理論的純粹觀察。Kuhn（1970）則從科學發展史的角度分析科學知識，因此社會因素、科學家的心理因素、科學社群的集體信念，都成為影響科學知識發展的因素。受到 Darwin 演化論的影響，Toulmin（1972, 1982）引用進化模式（evolutionary model）描述科學理論的傳播、改變和演變的一般原則。

綜合上述科學知識論的演變，從傳統的實在主義、理性主義、經驗主義、實證主義，以至於對傳統知識論的質疑與批判，出現了後現代主義，顯示不同時代學者對於知識發展存在不同的觀點。前四者泛稱為客觀主義（objectivism），主張知識是外在客觀的實體，科學探討的過程不包含人的價值觀；後現代主義則認為知識不是外在客觀的實體，知識是個人內在經驗的自我處理與組織，科學探討過程是在人類的價值觀之下形成的。陳忠志、Taylor 和 Aldridge（1998）基於客觀主義的理念，指出客觀主義式的教學可以看成是利用導管（conduit）傳輸知識的方式（transmission model），教師是發送者，學生是被動的接收者（receiver）。傳統的教學法便是奠定在客觀知識主義論，教學過程以教師為中心，傳授科學知識，學生則被動地接受知識。

在科學教育的改革聲浪中，科學本質適用在中、小學教育的範圍，仍有一些爭議（Alters, 1997; Smith & Scharmann, 1999），但也有一些共通的看法。Smith 和 Scharmann（1999）歸納近二十年來科學哲學與科學教育文獻中關於科學本質的陳述，將科學家與哲學家共識的科學本質內容劃分為兩方面：科學研究的目的與過程和科學理論的價值判斷標準。在科學研究的目的與過程方面包括五點特質：(1)經驗性（以直接或間接的觀察為基礎），(2)可測試性（有事實根據的），(3)重複性（可重複檢驗的），(4)暫時性（新的證據可以推翻舊的理論），(5)自我修正性（排除錯誤）；在科學理論的價值評斷方面有以下七個準則：(1)解釋力（the largest explanatory power），(2)預測力（predictive power），(3)創造力（fecundity），(4)包容性（open-minded），(5)簡明性（parsimony），(6)邏輯一貫性（logical coherence），(7)質疑性（skepticism）。科教學者認為中、小學階段應該教授一些比較沒有爭議的科學本質特性，例如：科學知識具有暫時性的特徵；科學知識基於觀察的經驗基礎；科學觀察是理論負載的(theory-laden)；科學知識包含人類的推論、想像力和創造力、以及科學知識受到社會的影響（McComas, Almazroa & Clough, 1998, 2000）。

二、教師的科學本質概念與教學實務

科學本質是科學教師必備的專業知識之一。Shulman（1987）指出教師的專業知識包含學科內容知識（content knowledge, CK）與學科教學知識（pedagogical content knowledge, PCK），學科內容知識又劃分為實質知識（substantive knowledge）與章法知識（syntactic knowledge）。以自然科學為例，實質知識指的是科學的事實、概念、原理、原則等；章法知識指的是科學知識發展歷史層面與哲學層面，相當於科學本質知識。科學教師必須具備豐富的科學教學知識，才能把科學內容知識與科學本質知識轉換為學生可以接受的形式，呈現給學生學習。Anderson（1987）針對 Shulman 的科學知識基礎，進一步闡明教師要具備學科知識（disciplinary scientific knowledge），才能將科學知識轉換為學生可以接受的知識，其所指的學科知識包含三個要素：知識的結構、知識的功能與知識的發展。為了瞭解知識的結構，教師要先組織學科概念、事實與過程的關係，知識的結構可以做為了解學科概念的整體性與經驗性的基礎；知識的功能指的是知識與個人生活和社會活動的關係，因此把學生的日常生活經驗與學科知識串連起來，同時也蘊含了學科的社會性；知識發展的概念有二，其一是學科知識發展的動態演變，其次是個人知識的發展。因此學科知識的發展與學科知識的暫時性、歷史性、個人主觀創思及社會價值有關，同時也含蓋了學生對學科的另有概念或表徵。由此觀之，一位稱職的科學教師，必須對科學知識的結構、功能、發展、和科學本質有充份

的瞭解，教學時才不會扭曲科學知識的本質。針對科學本質概念的轉換，Serianz（1999）建議教師教學時，要考慮到科學本質、兒童本質和學習本質之間的和諧一致性，才能將科學知識轉換為學生可以接受的形式，再呈現給學生學習。

近二十年來，許多研究從過程到成果的觀點，探討教師的科學本質觀與教學實務的關係（Cotham & Smith, 1981; Duschl, 1990; Lederman, 1992; Nott & Wellington, 1996）。Abd-El-Khalick, Bell 和 Lederman（1998）指出引導上述研究的基本假設有三：(1)教師的概念與學生的概念存在相關性，(2)教師的概念必然會在教室中轉變成某種教學實務，(3)學生可以經由科學探討活動中潛在的學到科學本質。事實上，研究顯示教師的科學本質觀與教學實務之間的關係比前述假設還要複雜。陳忠志等人（1998）的研究發現教師科學本質信念與其營造的建構式教室環境之間沒有一致性。教師之所以傾向客觀主義取向的教學，除了深受教師的信念影響之外，也受到外界強烈的束縛，其中包括升學聯考的壓力、課程標準僵硬的規定等因素。楊榮祥（1998）的跨國研究進一步發現台灣與西澳的中學教師對於「科學本質」的看法相近，都屬於「後現代客觀主義連續傳統」的中層，但是台灣的教師很少在教學中強調科學知識的演化性、暫時性及偶發性的本質，而西澳的教師則較能表現「後現代觀主義的特點」，重視學生在教室中體驗科學探究的歷程。影響台灣教師重視科學教室環境的主要因素係來自社會和家長對學校教師的角色偏向期望，並導出三項主要缺失：(1)教師忽視科學知識暫時性的本質，忽略演繹性思考能力之培養，(2)視教室為一整體，忽略個別學生的自我和自尊，以及不同的能力、興趣和需要，(3)將教室孤立於社會生態環境之外，使教學和現實生活脫節。由此觀之，導致教師科學本質觀與教學實務不一致的背後，亦涉及整體教育體制與社會對教師的期望。

以上有關教師科學本質觀與教學實務的研究，均以中學在職教師或職前教師為對象，研究顯示中學教師科學本質觀與教學實務之間存在錯綜複雜的關係。小學階段有關教師科學本質的研究比較少，Trempe（1987）的研究指出國小階段的科學教育幾乎是一種烏托邦現象，因為許多國小教師秉持的科學信念與現代的科學觀完全不同。Abell 和 Smith（1994）針對 140 位國小職前教師的調查，發現職前教師普遍持有實在論與實證論之科學觀，忽視科學教學的社會性與創造性的層面。國內黃惠信（1998）調查國小教師的科學觀，亦發現大部份的教師持實在論的觀點，認為科學是追求真理的活動，科學理論與外在實體存在對應的關係，而且資深教師持有實在論觀點比年輕教師普遍。李章瑋（1995）的研究進一步指出國小教師上課時，師生對話的內容存在著傳統科學圖像的觀點，無法反映科學的本質，可能會對學生造成誤導。與中學階段教師科學本質研究比較，小學階段教師科學本質概念與教學實務之研究，尚待充實，基於此，本研究擬探討國小教師科學本質概念、科學觀傾向，以及教學實務是否含蓋科學本質之教學，研究發現可以作為發展師資培育課程時，考慮如何提昇教師對科學本質概念與教科學本質的知識背景。

叁、研究方法與設計

一、研究對象

本研究對象的兩位國小教師分別為曉翠（女性教師）與孝忠（男性教師），兩位教師均為國小五年級自然科科任教師。曉翠任教於屏東縣某鄉鎮縣立小學，該校有 24 班，大多數學生家長以務農為生；孝忠任教於高雄市區一所市立小學，學校有 99 班，學生家長職業

以工商業居多。

本研究兩位教師的學經歷背景相似，兩者年齡一樣，均為 32 歲，學歷一樣，均為國民教育研究所畢業。曉翠教學年資八年，有五年的國科會研究助理經驗，孝忠教學年資八年，並有三年的國科會研究助理經驗。兩位教師參與本研究的動機是期望透過系統化資料分析，了解自己的教學實務，做為改進教學之基礎。

二、研究方法

(一)科學本質問卷工具（NOS）

本研究採用 Abd-El-Khalick 等人（1998）及 Lederman（1995）研究所用的科學本質問卷工具（NOS），NOS 共計七題開放式問答題，評量的項目包括科學知識是暫時性的（會改變）、經驗基礎性的（基於對自然世界的觀察）、科學的創造和主觀性、科學社群扮演的角色、理論的建構（從觀察到推論的過程）、理論與定律的功能與關係。由於科學本質概念之下各特性彼此相互關連，因此有些問卷題目同時涉及幾個科學本質特性（NOS 問卷題目與說明見附錄一）。如第 2 題關於原子結構學說是科學家根據實驗觀察做的推論，推論與思考有關，因此亦包含科學的創造性。又如第 7 題關於宇宙的學說，同時受個人的主觀看法與科學社群的社會性的影響。NOS 問卷為英文版本，研究者將其譯為中文，再請兩位英文教師將其翻譯為英文，並與英文原版比對，最後研究者與英文教師再針對中文稿與英文版意思有差異處，修改中文稿，直到兩者語意一致才定稿。

(二) 教學實務分析工具與分析方法

教學實務分析工具有二：第一個工具是反映科學本質教學行為檢核表，本研究根據學者認定中、小學應教授較無爭議之科學本質內容（McComas *et al.*, 1998）編寫科學本質教學內涵與教學方式，科學本質的教學內涵分五個特性：暫時性、經驗性、理論的建構、個人主觀與創造性、社會性，每個特性之下又分五種不同教學方式：(1)沒有教，(2)直接說明，(3)提供學生經驗，但是沒有澄清科學知識本質概念，(4)藉由歷史故事說明，(5)提供學生經驗，再澄清科學知識本質概念。教學方式的描述係參考建構主義教學原理與原則（張靜譽，1995），及科學本質教學實務之相關文獻（Boujaoude, 1995; Ramsey, 1993; Vincent, 1993）編寫，並經過三位專家審查修定後定稿（附錄二）。教學行為的分析是以學習活動為單位，依學習活動之內容，先判斷科學本質的特性，每一個特性之下再勾選相對應的教學行為。最後累計一個單元中所有學習活動，包含此特性之次數。除了「沒有教」之外，其他直接或間接的教學方式都算是有教科學本質的某一特性。

第二個教學實務分析工具是教學流程檢核表，在教學流程上，本研究係參考知識論的教學隱喻（陳忠志等人, 1998）與本文文獻分析編寫，判斷標準如下：若是先說明理論，再做實驗證明理論，其教學流程反映實證論傾向；反之，若是先做實驗觀察，再根據觀察資料做說明，則是反映經驗論傾向之教學；如果教學讓學生先探討自己的想法，其次進行實驗、觀察，最後再整合、比較不同的觀察資料做說明，這種概念改變之教學，則是隱含後經驗主義論傾向之教學（表 1）。教學實務隱含之科學觀的計算，以每一個學習活動為單位，如一個單元有四個學習活動，每個學習活動都是先做實驗觀察，再根據觀察資料做說明，則該單元教學有 4 次反映經驗論傾向，其他科學觀都是 0 次。

(三)教學實務

教師教學實務資料來自教室觀察、現場筆錄與錄影，本研究為了比較兩位教師的教學實務，因此請兩位教師提供一個相同的教學單元，供研究者現場觀察、記錄以獲得第一手資

表 1：教學流程檢核表

教學流程	隱含的科學觀
E→A 或 E→A→E	實證論傾向
A→E	經驗論傾向
P→A→E	後經驗論傾向

註：P 代表學生探討個人先存的想法； E 代表說明原理； A 代表實驗觀察活動

料與印象，研究者現場觀察有不明之處，如某種教學方式使用的目的、或課程的安排、或學習作業單的目的等問題，於課後與教師晤談 5 至 10 分鐘，澄清研究者疑問。此外該單元教學全程錄影，供研究者日後反覆觀看教學錄影帶，深入了解教學實況，並將教師上課用語轉錄成文字資料。教室觀察記錄、教學轉錄資料、教師教學計畫與教師設計之學習活動單均為研究分析之依據。

(四)刺激回憶晤談

刺激回憶晤談（retrospective interview）（Fetterman, 1989）的進行是請教師觀看自己的教學轉錄分析（教學流程、教學檢核分析）與自己填寫的 NOS 開放問卷，回憶當時教學行動並說明為何如此教學，晤談時間大約一小時。晤談全程錄音並轉錄，本研究從晤談轉錄資料歸納，分析教師的教學思維是否含蓋科學本質的教學。

三、資料收集與分析

本研究分析之資料主要來自兩位教師的教室記錄、課後晤談、教學轉錄資料、科學本質觀問卷、個別刺激回憶晤談。因為科學本質問卷填答需要時間思索，因此請教師答題後一星期內交回，教室觀察是以“水溶液的酸鹼性質”之教學單元為主，供研究觀察與課後晤談，最後再進行深入晤談，資料蒐集齊全之後，才進行分析。教師科學本質概念分析主要是依據教師在科學本質問卷上的反應及晤談中有關科學的定義，進行分析。科學本質問卷與科學本質晤談分析係引用歸納分析法（analytic induction）（Goetz & LeCompte, 1984），由兩位研究者分別閱讀教師 NOS 問卷的反應內容，再佐以晤談轉錄資料，進行歸類、分析，兩位研究者再將分析之資料比對、討論、協商、確認，共同建立教師科學概念與科學觀的傾向。

教師教學實務部份亦由兩位研究者利用本研究發展之「教師科學本質教學行為檢核表」及「科學教學流程檢核表」，各自針對教室觀察記錄、教學錄影帶內容、教學計畫與學習活動單進行檢核、分析，再逐案進行比對、討論、協商、確認。教師科學本質問卷、教學實務轉錄分析資料與個別刺激晤談合併實施，目的在促進教師深入反思其科學本質概念與教學實務之間的關係，在個別刺激回憶晤談的過程中，讓教師說出教學的重點、教學關注以及教學目標等教學思考相關之問題，再閱讀其科學本質觀問卷與教學轉錄分析，請教師澄清其個人的科學本質概念，並且指出如何教學生科學本質的過程，以上教師個人所有的資料交叉比對，進行三角校正，綜合分析教師教學思維是否包含教科學的本質。

四、研究範圍與限制

1. 「科學本質」的定義沒有定論，本文研究結果不宜推論至本文文獻討論之外不同定義的科學本質。
2. 本研究之對象為方便取樣之國小自然科科任教師，屬於個案調查，由於教師個人學經歷背景不同，不宜推論至其他範圍。
3. 研究期間，研究教師提供一個完整單元的教學活動，供教學實務之分析，因此教學實務之分析結果不宜推論至其他單元之教學。
4. 為了探究教師的科學本質概念，本研究

採用 NOS 開放問卷，由於開放問卷是建立在事先預設的建構觀點上，有些評測議題可能不在受試者認識範圍內，故本研究再實施晤談，探究教師的科學觀傾向，以彌補問卷資料之不足。

肆、結果與分析

一、教師的科學本質概念

由晤談資料、問卷第 2 題、第 4 題、第 6 題綜合分析，獲知兩位研究教師都持有實證主義的科學觀，在此觀念之下，教師持有符合現代科學本質觀的概念包括科學知識的經驗基礎性，理論的建構包含推論的過程，以下教師對科學的陳述可以佐證教師的科學觀傾實證論：

「科學它有時候必須根據某些步驟，有一定的程序要去做，科學有時候我們必須給他一些事實的東西，…..科學是有個根據去想。」

(曉翠　晤談)

「科學是有邏輯，也有理論，有一定的步驟，科學探討的對象是自然現象，可以看得到、取得到的。」

(孝忠　晤談)

雖然以上分析顯示研究教師持有實證主義科學觀，但是其他問卷題目顯示教師亦持有後經驗主義的科學觀，如科學理論的暫時性（問卷第 1 題），科學知識的產生需要人類的創造思考(問卷第 5 題)及主觀判斷(問卷第 7 題)。教師對於科學理論的暫時性的說明如下：

「科學理論在本質上是“暫時性”的，可以不斷地再加以修正或捨棄，所以發展後仍然會改變。」

(曉翠　NOS 問卷第 1 題)

「科學理論會改變，科學理論是目前能夠解釋所觀察現象最完備的。雖然科學理論會改變，仍要學習。因為能夠對我們所觀察到的現象，提供合理的解釋，並做適切的判斷。例如，板塊理論雖然仍是會改變的理論，但是它能對我們地殼的運動，提供較完整的了解。」

(孝忠　NOS 問卷第 1 題)

對於人類創思、主觀對科學理論的影響，兩位教師均以科學實例詮釋如下：

「豐富的想像力和創思應該是科學家們共同的特徵，有些科學上的概念是非常抽象的，無法用具體的事實或實驗數據來說明，這時就必須運用科學家的想像力和創思來解決問題，以「原子模型」來說，物質是由數百萬以上的原子所組成，這讓人很難想像，可是科學家的想像力與創思卻把這些概念用原子模型來說明，使得一般人比較能接受。」

(曉翠　NOS 問卷第 5 題)

「如 Rutherford 的原子模型，以α粒子來撞擊原子，發現大多數的α粒子是穿越原子的，只有少部分偏折與反彈，因此他提出的原子模型，說明原子大部分的空間是空無一物的，只有一些集中在中心區域，稱為原子核。這些原子模型的提出都是需要想像力與創思的。」

(孝忠　NOS 問卷第 5 題)

顯然的，兩位教師均認同後經驗論部份的科學觀。對於問卷題目第 4 題與第 7 題，教師沒有反應社會因素對科學知識的影響，研究者推斷教師可能忽視社會因素對科學知識建構的影響。

以上分析顯示兩位教師的科學本質概念相似，均為混合經驗主義與後經驗主義的科學本質概念，此與楊榮祥（1998）研究中學教師的科學本質觀屬於「後現代主義連續傳統」的中層類似。Abd-El-Khalick 等人（1998）以同樣的工具調查 14 位美國職前中等學校教師的科學觀，該研究教師持有的科學本質概念與本研

究教師大致相近，不過，本研究教師比較忽略科學知識的社會性。

二、教師的教學思維

(一)曉翠認為科學教學中自然就隱含了科學本質的教學

有關科學本質教學轉換，曉翠認為科學學習過程中，學生自然就學到科學本質，曉翠特別引用“...過程對，結果可以不一樣...，這個才是科學本質”，說明科學本質的暫時性如何影響她的教學。

> 「我教給學生的是科學的東西，除了方法、過程以外，還有一些態度，你學科學時，當中已含有科學本質了，比如我們在求一個實驗結果的時候，每一個學生做出來的東西，我們都可以認為他是對的，只要過程對，結果可以不一樣，因為科學是不定的，是暫時性的，它沒有一定就是這樣，這個才是科學本質，然後我教給他們的不只是知識，我覺得科學本質觀念比較多。」
>
> (曉翠　晤談)

另一方面，曉翠注重學生主觀的想法，間接反映後經驗主義的主觀性。

> 「我不注重他們的結果，因為每一組不一樣，我不會很重視他的結果，只要你找出結果，“為什麼跟別人不一樣？”，這個已經是在教科學本質的東西了，...我是尊重小孩子的想法，就是根據他的看法說出來，不在意那個結果。其實在你的方法、實驗、態度裏面、或者你的各種在做的活動裏面，慢慢的已經把科學本質的東西納進去了，這時候已經在教他了。」
>
> (曉翠　晤談)

上述晤談資料，顯示曉翠對科學本質教學轉換的看法，她自認為在教學中就隱含了科學本質的教學，包括以探討活動和發表的方式，間接讓學生經驗科學探討的實証性、邏輯推理，以及科學知識的暫時性與主觀性。

(二)曉翠的教學思維隱含經驗主義觀

曉翠自認為教學時最強調科學的方法與態度，因為有科學方法才能發現事實，再搭配正向的工作態度就能找出更好的科學知識。在晤談有關實驗活動的目的時，曉翠指出她如何應用學生的經驗，引導學生學習科學方法：

> 「我覺得我比較重視學生的實驗設計，針對一個問題，他有沒有那個能力去設計實驗、解決問題，然後那個結果，我不是很重視，...我從第一單元就教小朋友一個模式，那個模式叫做“柯南模式”，就是名偵探柯南模式，因為小朋友都有看柯南，我也有看，所以我會截取裏面的經驗，柯南模式第一個要先發現問題，有了問題之後，你要追尋多樣的線索，步驟就是你要根據這些多樣線索之後提出你的假設，第四個就是假設，你要去設計實驗，設計實驗的時候，你就會考慮到變因，...第五個就是進行實驗，第六個是根據實驗結果來下結論，...我從第一單元，就一直訓練他們，...我講得蠻久的，要讓他們懂，所以這裏都是他們自己設計的。」
>
> (曉翠　晤談)

曉翠的教學思維清楚的說明她深信學生學習科學方法的重要性勝過科學內容，也呈現曉翠重視學生生活經驗的教學信念。曉翠常常思考學生的生活經驗，以水溶液的酸鹼性教學單元為例，曉翠說明她為什麼會在課堂上引用電視廣告 Extra 口香糖的例子教學：

> 「我用小朋友他本身已經有的經驗去帶他們認識這個概念，...用小孩子本身的經驗來讓他了解這個概念，所以我們上到“水溶液的酸鹼性質”的時候，就

舉了電視上的那個廣告，那個口香糖，那小朋友他印象會比較深刻，為什麼要嚼 Extra 口香糖，可以使他們注意那個廣告的內容，他說多嚼這個，然後就會刺激你的唾液中和酸性，喔！這個廣告詞就可以用上。」

(曉翠　晤談)

以上兩個例子說明曉翠時時思考學生的生活經驗，曉翠花很多心思、精力思考學生的經驗，希望能引起學生的學習興趣，證明曉翠傾向經驗主義觀的教學信念。

(三)孝忠認為科學本質的教學是附加的

關於科學本質的教學，孝忠認為科學本質概念是從科學史中分析獲得的，在教學過程中附帶說明即可。

「不要單獨去教給他們，它只是一種附帶的。當初被分析出有這種現象，也是從歷史觀來看，所以我們當然是從歷史面慢慢給他加進去，否則跟他們講這些東西，他很難體會。」

(孝忠　晤談)

孝忠進一步說明學生如何學習科學知識的複製性與累積性：

「科學本身可以複製，複製性，. . . 學生拿同樣的東西去做，用石蕊試紙去測的時候，結果應該會一樣，它會有一種複製性，這邊學生可以學到科學的複製性。」

(孝忠　晤談)

「科學知識是不斷累積的，這個學生比較容易理解，像遺傳那部份，孟德爾怎麼樣？後來又怎麼樣？然後後面的再加進去，大概碰到相關的知識會適時的補充進去，就是在教學過程當中，剛好碰到可以套上這樣的情境，可以解說本質的時候，我會加進去，讓學生了解是有這樣的情形，那不會很特別的去強調怎麼教啦！」

(孝忠　晤談)

上述資料顯示，孝忠的教學信念中，科學本質不是教學重點，只是附帶的教學。

(四)孝忠的教學思維潛在科學應用價值觀

孝忠的自然科教學最強調學習投入，孝忠認為學生要主動投入學習，才能提高學習成效；在教學上，為了養成學生正向的學習態度，孝忠採用「給分」的方式，加強學生的學習態度。至於晤談時，談到科學教學的目的與科學實驗的目的時，孝忠認為科學教學的目的在養成學生解決日常生活上的問題，實驗的目的則在培養探討問題的技能與思考能力：

研究者：那您覺得科學的教學目的是什麼？

孝　忠：解決問題，解決學生日常生活會碰到的一些問題，讓他們有能力去解決。. . . . . .

研究者：那您覺得科學實驗的目的是什麼？

孝　忠：目的是養成一些普遍性的探究問題的技能與思考能力，就是普遍化的一些技能，這些技能對於他們日後解決一些日常生活的問題會有幫助，就是提供他們以後解決日常生活中遭遇到的一些問題、一些自然現象，他能夠去思考、能夠簡易的去分辨一些現象，或者一些講法是不是合理。」

(孝忠　晤談)

孝忠認為科學與實驗的目的在解決日常生活的問題，顯示其科學教學信念偏向科學應用價值觀，同時也隱約透露其忽視科學與科技的分野。根據 Bybee, Buchwald, Crissman, Heil, Kuerbis, Matsumoto 和 McInerney (1989)的定義：科學源自人類對自然世界的問題，基於

理性的探討方法，提出解釋；科技則是人類面對適應環境的問題，應用問題解決的策略，提出解決的方法。學者（Dusehl, 1990; Eflin *et al.*, 1999; Kimball, 1967）綜合科學教育界對於科學目的的共識，指示科學活動的目的在獲得可以瞭解自然世界的理論。Kimball（1967）亦指出科學活動的基本動力是對自然界的好奇，與產生知識之外的成果與應用沒有關係。顯然的，孝忠對於科學與社會的關係，重視科學知識應用在人類生活上的單向思維，忽視社會因素對科學知識建構的影響。

(五)小　結

以上分析發現兩位教師都不重視科學本質教學，曉翠認為科學本質隱含在教學活動中，學生可以在探討活動的經驗中，學到科學的本質，孝忠認為不必特別強調科學本質的教學，在適當情境中附帶說明即可。曉翠的教學思維隱含經驗主義觀，孝忠的教學思維傾向生活應用的學習。

三、教師的教學實務

(一)曉翠的教學實務傾向經驗主義觀

曉翠的教學流程反映了經驗論的傾向，其教學流程都先以生活小故事引起學習動機，切入主題，然後正式說明實驗操作方法，學生進行實驗操作，最後再進行概念討論與說明。以下為曉翠“認識水溶液的酸鹼性”教學觀察記錄：

#1.曉翠先用一則被硫酸潑到而導致燒傷的新聞來切入主題。

【曉翠問學生,很多人碰到了硫酸後，都會怎樣？那為什麼會這樣？這就是我們今天要講的水溶液的酸鹼性】。

#2.曉翠說明這單元的實驗操作規則。

【曉翠以大家吃飯或刷牙不可以共同使用同一雙碗筷與牙刷，類比說明吸管不可以調包，然後連結到課本上有關石蕊試紙與實驗注意事項與規則】。

#3.學生做實驗，學生把各種溶液滴在石蕊試紙上，每種溶液都要滴在二種試紙上，記錄反應結果，學生做實驗時，曉翠會至各組巡視指導。

#4.曉翠請學生根據實驗結果來分類這六種溶液，要求學生說明是根據什麼準則來分，如根據石蕊試紙顏色的變化，並寫在白板上，然後請學生把所寫的答案貼在黑板上，並指派每組的一位學生上台報告小組的觀察記錄。

#5.曉翠依據學生的報告做說明與歸納。

【歸納出水溶液分為三種，變紅為酸性溶液，變藍為鹼性，不變色為中性】。

#6.曉翠把紅色比喻為女生，藍色比喻為男生，講到中性時，學生則回答人妖、太監，進行酸鹼水溶液的類比說明。

(曉翠“水溶液的酸鹼性”教學觀察記錄)

曉翠引用“潑硫酸事件”做為引起學生的學習動機，用“吃飯不可以使用同一雙筷子，刷牙不可以共用牙刷”教吸管的使用規則，顯示曉翠重視學習者的生活經驗，也透露出教師經驗主義觀傾向的信念。從曉翠對實驗操作的詳細說明，可以證明曉翠對於科學方法的重視，根據教學行為檢核表（附錄二）分析，曉翠的教學讓學生做實驗、觀察、使用觀察做記錄、體驗科學知識需要以觀察為基礎，曉翠的教學行為反映科學理論的建構需要根據實驗資料做推論（#3, #4），同時亦反映科學的經驗性。

(二)曉翠的師生交互作用隱含經驗論與後經驗論的混合傾向

從教室中師生對話轉錄分析，發現曉翠給

予學生充份時間表達實驗的觀察與推論，以下是“酸鹼中和”活動討論時，師生的對話：

曉翠：哪組還沒做完實驗的請舉手，做完的請先看前面，好，看到這裡，...剛剛我們把5毫升的酸性溶液加到這裡，然後5毫升的鹼性溶液加到這裡，請問第一組測出來的是什麼性的？...第二組？...第三組？...第四組？...第五組？.....

【前五組學生回答鹼性，最後一組回答酸性。】

曉翠：酸性，這沒有標準答案，你不要說「啊，他們都是鹼性，我也跟他們一樣，我做的實驗錯誤」，好，這一個第六組的是什麼性？

學生：酸性。

曉翠：酸性，誰可以告訴我，為什麼第一組做出來是鹼性？...它加5cc耶，這個也加5毫升耶，奇怪了，為什麼會是鹼性呢？

學生2：濃度強。

曉翠：誰的濃度比較強？

(曉翠 “水溶液的酸鹼性”教學轉錄)

曉翠要學生根據實驗觀察報告結果，並且容許學生有不同的觀察結果與推論，當學生觀察結果不一致時，曉翠沒有做對與錯的判決，只要求學生根據觀察結果，據實報告。至於曉翠沒有讓學生進一步探究實驗結果不同的原因，晤談時曉翠說明這是時間上的限制：

曉翠：我如果再讓他們去想為什麼會有不同的結果？造成不同結果的原因是什麼？可能又要花兩節課，因為我讓小朋友要去想，小組要討論，又要每一組出來發表。

研究者：你為什麼要每一組都出來發表？

曉翠：那是很重要的，他要講得出來，才表示他有去想，他才知道經驗科學探討的步驟，...我原來就希望八節課完成這個單元的教學，我已經刪去兩個我覺得不重要的活動，集中時間在重要的概念探討上，給學生充份的時間去探討、討論和發表。

(曉翠 課後晤談)

曉翠的教學注重學生的學習過程，學生必須經驗整個探討與發表的過程，但是限於時間因素，必需刪去教師認為不重要的活動，該單元最後一節課，曉翠舉出生活上的酸、鹼中和例子，結束本單元的學習。

曉翠：剛剛有一組加，啊！一下鹼性加太多，變成鹼性了，又酸性加太多，又變成酸性了，這樣一直加到變成中性這種過程我們叫做？

【曉翠在黑板上寫酸鹼中和，學生也跟著唸】這種過程我們稱為酸鹼中和。

學生：酸鹼中和。

曉翠：這種過程叫做酸鹼中和，..我們的生活上有很多酸鹼中和的例子，前不久我們在電視上面看到有人被潑了什麼？

【曉翠說明被硫酸潑到後所造成的傷害不能為了酸鹼中和而喝鹼性溶液、電視上的EXTRA口香糖、測自己的唾液是鹼性的，表示沒有吃酸性的食物...，被蜜蜂虻了以後，護士幫他擦了什麼？、流汗之後，身上會有什麼味道，然後再說有位學生測自己的汗後，石蕊試紙是呈紅色的，問學生汗水是什麼性？洗澡的肥皂是什麼性？曉翠說明因為要洗你身上的酸性，所以用鹼性肥皂洗澡就會酸鹼中和。】

(曉翠“水溶液的酸鹼性”教學觀察記錄)

以上曉翠主導的師生對話內容，再度顯示曉翠強調學生「生活經驗」的教學信念，也顯示曉翠忽視科學本質議題的討論。

(三)孝忠的教學實務傾向科學應用價值觀與後經驗主義觀

“水溶液的酸鹼性”的最後一個活動是孝忠自己設計的，目的在讓學生應用所學技能解決日常生活的問題，以下是“酸鹼中和生活應用”的教學流程：

#1.孝忠說明酸鹼中和的概念。

#2.孝忠問學生要如何測出胃片是什麼性？

#3.孝忠請學生自己想”要如何測”，然後各組學生按照自己的方法操作。

#4.孝忠請學生發表實驗結果，然後引導全班同學比較各種胃片產品的酸鹼性質。

(孝忠“水溶液的酸鹼性”教學觀察記錄)

以上孝忠要求學生用自己的方法去做實驗(#2, #3)，顯示孝忠的教學流程傾向科學的後經驗主義觀，同時也反映孝忠的教學信念強調科學的生活應用價值。

(四)孝忠的師生交互作用流露科學應用價值觀

孝忠教學的師生對話，顯示孝忠引導學生由認識水溶液的酸鹼中和到日常生活中相同的問題。

孝忠：. . . 不斷的使酸性溶液和鹼性溶液進行交互作用，直到所產生的溶液不會使紅色或藍色的石蕊試紙變色，也就是變成了中性溶液，這個過程就叫做什麼？

學生：酸鹼中和。

孝忠：對，好好的認識它，以後還會再見面，這是第一次見面嘛！而且在廣告中也常聽到“中和”這兩個字，像什麼“健胃仙”啊，說什麼幾秒之內可以？

學生：中和胃酸。

孝忠：就是中和嘛，以後長大還會再聽到，先認識一下，那我們也做了好久，最後中和以後，有沒有看到酸跟鹼產生什麼？小蘇打跟檸檬有沒有什麼新的現象發生？什麼氣泡啦，有沒有？

【學生點頭】

孝忠：喔，有新的東西產生了，中和以後，原來溶液的酸鹼性質消失了，已經變成中性了，好，就講到這邊，現在老師要說的，回想日常生活中，我們吃東西要先到嘴巴對不對，嘴巴一直嚼. . . 然後送到哪裡去？

學生：胃裡。

孝忠：胃的功能是先把吃的東西消化掉，靠什麼分解？

學生：胃酸。

孝忠：很好，那胃酸是酸的還是鹼的？

學生：酸。

孝忠：那如果我們吃很多東西呢，胃酸就怎樣？

學生：更多。

孝忠：就分泌更多啊，愈多的時候我們人就會？

學生：愈不舒服。

(孝忠 “水溶液的酸鹼性”教學轉錄)

孝忠以提問題的方式引導學生說出胃酸的性質及胃片的功能，然後再請學生應用學過的方法，檢驗市面上胃藥的酸鹼性質，這時候孝忠以比較開放的方式讓學生用自己的想法去解決問題。

孝忠：胃酸過多時，我們胃就會很不舒服，會很漲、會打隔，很難過，

所以就常常會有人買一些胃藥來吃，我們胃酸過多時，醫生常常會給我們吃一些胃片或胃乳，現在問題來了，挑戰題來了，我們要來測試胃片的性質，怎麼做？我們這個單元是水溶液的酸鹼性對不對？那胃片是水溶液嗎？

學生：不是。

孝忠：那怎麼讓它變成水溶液？

學生 1：.... 攪拌....

孝忠：那可能要等到明天囉！一直攪拌可能要到下午才會溶解，還有沒有？

學生 2：把胃片放到熱水裡。

孝忠：放到熱水裡比較快，不錯，有學過喔，溶解，熱水會比較快溶解，.....

學生 3：把它磨碎。

孝忠：怎麼磨？

學生：用這個（指研缽）。

孝忠：這個比較快，磨成粉末，這答案不錯（孝忠請學生自己上去加分），還有沒有？注意喔，現在時間要交給同學了，這次腦筋要完全由你們動，這次組長要發揮你的大智慧，如果組長沒有，其他組員就要提供更大的智慧，這次我們的目標很簡單，就是要測出胃片到底是什麼性質？

【少數學生回答中性，大部份學生回答鹼性。】

孝忠：我們是測試，測試完後再跟老師講答案，重要的是同學怎麼做？老師這邊有提供材料，請你們不要全部拿，你要拿的剛剛好，不可多拿或少拿...，能夠很準確的，拿的都是有用的是一個圈，多拿的那個圈就沒有了...，再講一次喔，聽清楚，這一次老師是把問題丟給同學，東西不要多拿，自己動腦筋怎麼解決，目標就只有一個，就是：測試胃片的酸鹼性，老師只講這一句話，第二句話就是東西在那邊，多拿者圈就少掉了，拿過來的一定都要很準確的使用。

【學生操作測試胃片實驗時，孝忠會到各組巡示，然後評分各組操作情形，在黑板上各組的記分欄打圈，操作時間約 10 分。】

（孝忠 “水溶液的酸鹼性”教學轉錄）

孝忠要求學生用自己想的方法去做實驗，卻沒有要求各組學生說明選擇某一方法的理由，或比較為何各組會想出不同的方法等與科學本質有關的議題，顯示孝忠老師沒有掌握教學情境教學生科學本質的議題。最後討論時，孝忠把議題延伸到水質污染的問題與解決辦法。

孝忠：現在各位看黑板，我們在做做看之後，發現胃片是？

學生：弱鹼。

孝忠：弱鹼，不過有幾片變得稍微強一點，那一定很有效，一粒健胃仙可吸收一百倍的胃酸..，好，接下來，在我們的實驗室會流出一些酸跟鹼的溶液，對我們的大自然好不好？

學生：不好。

孝忠：那比較好的是？

學生：中性。

孝忠：中性，我們實驗室都是使用一些酸跟鹼的溶液，我們在清洗時，要怎樣讓它的傷害減到低一點？

學生：用水把它稀釋。

孝忠：很好，我們在沖水時，我們就是在做？

學生 6：稀釋。

孝忠：稀釋，那工廠常常會排出一些酸跟鹼的廢水或溶液，那我們還有哪些方法可以減低它的危害？

學生 7：中和。

孝忠：你怎麼樣中和？

【學生提出自已父母工廠廢水處理方式，老師再舉一些廢水污染河川的問題，提醒學生對水質污染的覺醒。】

(孝忠 "水溶液的酸鹼性"教學轉錄)

上述孝忠的師生對話，顯示兩項孝忠的教學信念，第一，孝忠認為科學本質是附加的，在教學中不必刻意去教；第二，孝忠強調科學的學習在解決日常生活的問題，包括把酸鹼中和的概念應用在胃片的酸鹼性質的檢驗、實驗室及工廠酸性或鹼性廢水的處理。其次，孝忠以開放探討的方式，請學生自行想辦法去測試胃片的酸鹼性質，呈現孝忠的教學傾向後經驗主義觀。開放式的探討也是挑戰學生創造性的活動，這一點孝忠在晤談時，並沒有加以說明。

(五)小 結

兩位研究教師的教學實務並沒有刻意設計教科學本質，兩者的教學流程與教學行為都是先請學生實驗、觀察、再歸納觀察結果、做推論，呈現經驗論傾向之教學，同時也反映科學的實證性。兩位教師雖然學、經歷背景相似，教學特色卻大不相同，曉翠以學生生活經驗相關的事件連結學習的概念，做為學生學習的起點與終點，顯示曉翠經驗論傾向的教學思維；孝忠在學生學會科學概念之後，請學生應用科學概念解決生活上的問題，反映孝忠強調科學應用價值觀的教學思維，由此可見教師教學思維潛在的科學觀與教學實務之間的關連性。

上課時，兩位教師師生交互作用的共同特性是教師提問題，學生回答，教師協助學生澄清概念，發展對概念的理解。由於教師主導問題的方向，沒有引導學生對不同的實驗方法或實驗結果提出個人的價值判斷，例如對科學性的質疑或批判，思索不同結果的原因。據此，研究者推論教師在教學進行中，忽視掌握教學情境，教學生科學本質的概念。

伍、結語與建議

一、結語

發展科學本質概念是現今中、小學科學課程改革的主要重點之一，科學師資教育也強調教師應有適當的科學本質概念。本研究以 NOS 開放問卷與晤談方式探討兩位學、經歷背景相似的個案教師，結果發現兩位教師均持有後經驗主義的部份科學本質概念，例如科學理論的暫時性、人類創造思考、主觀判斷對科學知識產生扮演的角色，但是對於科學與社會的關係，僅持有單向的思維，即應用科學技能，對人類社會的影響，忽視社群認同或社群規範對科學知識產生的影響。本研究個案教師亦持有實證主義的部份概念，在實證主義觀念之下，教師有符合現代科學本質觀的概念，包括科學知識的經驗基礎性，理論的建構包含推論的過程。

其次，本研究綜合 NOS 開放問卷、刺激回憶晤談及教室觀察等多種方法探討教師的教學思維、教學實務與科學觀三者之間關係，結果發現兩位個案教師之教學思維不包含科學本質的教學，教師認為科學本質隱含在教學中，教師在各自的教學模式中，自然就教了科學的本質。本研究再就教師的教學思維進行分析，判斷教師的教學思維隱含何種科學觀，進而推論教師教學思維潛在的科學觀與教學實務之間的關係。結果發現教師教學思維潛在的科學觀與教學實務之間存在一致性的關係，例如教學

思維潛在經驗主義觀者，教學時關注學生的生活經驗與學習的連結；教學思維傾向科學應用價值觀者，教學時關注科學概念的生活應用。

二、建　議

綜合研究結果，本研究個案教師具備足夠的科學本質概念，但是忽視科學本質教學之轉換。基於此，研究者建議職前或在職科學師資培育的科學課程與教材教法課程需加強引導教師將科學觀與教學實務做一合理的連結，包括教學前的規劃或教學進行中適時地引導探討科學本質的議題，例如本研究的曉翠在教學過程中，學生有不同的觀察結果，或是像孝忠的開放探討活動中，學生提出不同的探討方法時，教師宜把握情境，適時地引導學生進行科學本質議題的討論，諸如你怎麼知道的？好的科學知識需要實證資料？或是教師的權威仲裁？科學知識的探討方法是不是只有一種？為什麼？假如你是科學家，當實驗結果不一致時，要如何進行推論與分析？藉著這些問題的討論，澄清科學本質的概念。其次，本研究個案教師教學缺少科學本質教學的思維，可能與教師缺少科學本質教學實例有關，因此小學師資培育的科學課程宜考慮在相關課程中，適時地介入科學本質議題之教學，同時藉實例指導教師如何在教學設計或教學偶發事件中教導科學本質。

致　謝

本論文之完成承蒙國科會經費補助（計畫編號 NSC88-2511-S-153-001）及審查委員細心指正，特此致謝。

參考文獻

1. 李章瑋（1995）：國民小學自然科學潛在課程之研究－以自然科教師及教學中的科學圖像為例。台北市：台北市立師範學院初等教育研究所碩士論文。
2. 苑舉正（1999）：實在主義與實證主義之間的對話。國立台東師範學院科學教育學術研討會手冊（pp. 2-35）。台東市：國立台東師範學院。
3. 高廣孚（1989）：哲學概論。台北市：五南出版社。
4. 許良榮（1993）：談建構主義之理論觀點與教學的爭論。國教輔導, **33**(2), 7-12。
5. 張靜譽（1995）：何謂建構主義。建構與教學, **3**, 1-4。 http://www.bio.ncue.edu.tw/c&t/issuel-8/v3-1.htm.
6. 陳忠志、Taylor, P.,& Aldridge, J.M.（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。
7. 舒煒光（1994）：科學哲學導論。台北市：五南出版社。
8. 黃惠信（1998）：台東地區中小學教師對科學本質的瞭解研究。行政院國家科學委員會題研究計畫成果報告（NSC-87-2511-S-143-008）。台北市：行政院國家科學委員會。
9. 楊榮祥（1998）：中學科學教學環境之研究（III）。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告（NSC-87-2511-S-003-011）。台北市：行政院國家科學委員會。
10. 劉放桐（1991）：現代西方哲學。上海：人民出版社。
11. 劉宏文（1996）：建構主義的認識論觀點及其在科學教育上的意義。科學教育月刊, **193**, 8-24。
12. 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*, 417-436.
13. Abell, S. K., & Smith, D. C. (1994). What is science? : Preservice elementary teachers

conceptions about the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, *29*, 331-359.

29. 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).
30. McComas, W. F., Almazroa, H., & Clough, M. P. (1998). The nature of science in science education: An introduction. *Science and Education*, *7*(6), 511-532.
31. McComas, W. F., Almazroa, H., & Clough, M. P. (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). Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
32. National Science Teachers Association. (1982). *Science-technology-society: Science education of the 1980's* (a National Science Teachers Association position statement). Washington,

DC: NSTA.

33. Nott, M., & Wellington, J. (1996). Probing teachers' views of the nature of science: How should we do it and where should we be looking. In F. Finley, D. Allchian, D. Rheef, & S. Fifield (Eds.), *Proceedings of the third international history, philosophy, and science teaching conference* (pp. 684-872). Minneapolis: University of Minnesota.
34. Polanyi, M. (1975). *Meaning*. Chicago & London: The University of Chicago press.
35. Popper, K. R. (1959). *The logic of scientific discovery*. London: Hutchinson.
36. Proper, H., Wideen M. F., & Ivany, G. (1988). World view projected by science teachers: a study of classroom dialogue. *Science Education*, *72*(5), 547-560.
37. Ramsey, J. (1993). Science and the scientific enterprise. *Science Teacher*, *60*(5), 33-37.
38. Serianz, D. R. (1999). Opening session: Philosophy of science, nature of science, science education. **國立台東師範學院科學教育學術研討會手冊**（pp. 49-57）。**台東市：國立台東師範學院**。
39. Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57, 1-22.
40. Smith, M. U., & Scharmann, L. C. (1999). Defining versus describing the nature of science: A pragmatic analysis of classroom teachers and science education. *Science Education*, *83*, 493-509.
41. Toulmin, S. (1972). *Human understanding*. Princeton, N.J.: Princeton University Press.
42. Toulmin, S. (1982). The construal of reality: Criticism in modern and postmodern science. *Critical Inquiry*, *9*, 93-111.
43. Trempe, P. L. (1987). Achieving scientific literacy in schools: An utopia? *Proceedings of Congres de recherche et progres en education* (pp. 369-374). Montreal, QC: ACFCAS.
44. Vincent, F. C. (1993). What if ….?. *Science Teacher*, *60*(5), 30-32.
45. von Glasersfeld, E. (1989). *Knowing without metaphysics*: Aspects of the radical constructivism. (ERIC Document Reproduction Service No. ED304 344).
46. von Glasersfeld, E. (1995). Radical constructivism: A way of knowing and learning. London: The Falmer Press.

附錄一　科學本質(NOS)問卷題目與說明

1.科學理論（例如原子理論）發展出來之後會改變嗎？如果您認為科學理論還會改變，為什麼自然科學還要教科學理論呢？舉例說明您的看法。
（該題目的在評量對科學理論暫時性的了解。）

2.原子看起來像什麼？科學家對原子結構的確定程度如何？您認為科學家如何決定原子的結構？
（該題目的在評量對人類在科學上的推論與創思扮演的角色、以及科學模型功能的了解。）

3.科學理論與科學定律不同嗎？舉例說明。
（該題目的在評量對科學成果的迷思，多數人相信如果證據累積足夠，理論可以變成定律。）

4.科學與藝術有何相似處？有何不同？
（該題目的在評量創思與想像在科學上扮演角色，科學知識的產生是基於經驗事實，而且受到文化、社會的影響。）

5.科學家為了解決問題，進行實驗調查時，除了設計實驗外，在資料收集過程中及收集後還需要想像力與創思嗎？舉例說明之。
（該題在評量對人類創思與想像在科學上扮演角色的了解。）

6.科學知識與意見（opinion）有何不同？舉例說明您的看法。
（該題目的在評量對科學知識是基於經驗事實的了解。）

7.有些天文學家認為宇宙不斷地擴張，有些則認為宇宙不斷地縮小，也有些天文學家認為宇宙在穩定狀況下，不擴張也不縮小，如果這些科學家觀察的實証資料一樣，怎麼會有不同的結論？
（該題目的在評量對個人偏見、不同的理論觀點、文化與社會因素對科學知識的影響。）

附錄二　科學本質教學行為檢核表

單元名稱：	活動名稱：	觀 察 員： 任課教師： 日　　期：
反映科學本質的項目	怎麼教學	教學摘要說明
1. 暫時性	□沒有教 □直接說明 □藉由歷史故事向學生說明 □老師引導學生親自感受到想法的改變 □學生親自感受到想法改變後，老師再加以澄清知識的暫時性	
2. 經驗性	□沒有教 □直接說明 □老師引用實例、事實或實證資料來向學生說明 □藉由歷史故事向學生說明 □教師提供學生觀察、實驗活動，使用觀察記錄做分析說明 □學生從觀察經驗到知識建構後，老師再加以澄清科學知識需以觀察經驗為基礎	
3. 理論的建構 （從觀察到推論的思考過程）	□沒有教 □直接說明 □藉由歷史故事向學生說明 □學生親自體驗從實驗資料、推理到理論的形成 □教師讓學生親自建構理論後，老師再澄清科學知識建構的過程是依據觀察來做推論的，包括個人觀念、創思與群體的共識	
4. 個人想法 （包含個人主觀的想法與創思）	□沒有教 □直接說明 □藉由歷史故事向學生說明 □教師提供情境或問學生問題，讓學生親自體驗對自然現象的說明、設計實驗到推論，都需要主動去創造思考 □教師讓學生創造思考後，再澄清科學知識的創造性	
5. 社會性	□沒有教 □直接說明 □藉由歷史故事向學生說明 □學生親自體驗到科學知識的建構必須透過社群(同學與老師或同學與同學）的認同 □老師讓學生體認到知識的建構須得到社群的認同後，再澄清科學知識的社會性	

Elementary Science Teachers' Conceptions of the Nature of Science and Instructional Practice

Wang, Jing-Ru

Department of Science Education, National Pingtung Teachers College, Pingtung, Taiwan

Abstract

The purposes of this study were to construct an understanding of two elementary teachers' conceptions of the nature of science (NOS) and the ways teachers translated their conceptions of the NOS into instructional practices. The two teachers were investigated through qualitative methods including an open-ended questionnaire, classroom observations, field notes, interviews, and vedio-taping. The findings revealed that the participant teachers hold proper understandings of part of the NOS. However, the teachers' pedagogical thinking did not involve teaching the NOS. The interview data showed that the teachers' pedagogical thinking reflected some science views which did impact their classroom practices. The results of the current research provided some suggestions for improving science education.

Key words : The nature of science; Pedagogical thinking; Teaching practice.