

國小教師的科學本質觀 及其教學實踐個案研究

劉振中、熊召弟*

摘 要

本研究之目的，主要係透過一位任教國小六年級自然科的李老師教學信念及教學實務，來瞭解以科學本質為基礎的課程設計及教學成效。本研究運用教室觀察、訪談、凱利方格技術、文件分析等方式，配合問卷調查蒐集資料，藉多元資料描述教師的科學本質觀及以科學本質為基礎的教學實務。研究結果說明了李老師的科學本質觀較傾向於當代的科學本質觀，在科學方法本質向度上，認為科學研究始於問題的產生、研究方法具多元性、探究重視假設的形成、解決問題及減少誤差，而對科學知識的本質上，認為具實證性、暫時性、可複製性及公開性，最後在科學事業本質向度上，強調科學與生活相關，同時重視群體的合作與討

* 劉振中：台北縣秀朗國小教師

熊召弟：國立台北師範學院數理教育研究所教授

論，李老師亦試圖將此理念應用在其教學方案中，並實踐之。根據發現與結果，本研究對於課程與教學、教育行政等分別提出建議，可作為科學教育研究與教學實務的參考。

關鍵字：科學本質、教學信念、教學實務

國小教師的科學本質觀 及其教學實踐個案研究

劉振中、熊召弟^{*}

壹、緒論

二十一世紀是個資訊爆炸、科技發達、社會快速變遷、國際關係日益密切的新時代，全世界興起教育改革的風潮，不論課程或教學，在哲學觀的演進下，都有截然不同的風貌。科學教育的目標與發展趨勢，因應時代、文化、社會的演變也有所調適，以適應個人與社會的需要，由早期培養菁英科學家，轉為注重科學素養全民化。如何提升全民科學素養，其首要之務在於「科學的本質」的瞭解（洪文東，民 85）。

McComas 和 Almazroa（1998）綜合一些教育學者的研究，認為對科學本質的理解，能進一步促進學習者對科學內容的習得、增進對科學的了解、提高對科

^{*} 劉振中：台北縣秀朗國小教師

熊召弟：國立台北師範學院數理教育研究所教授

學的興趣、改善做決定的觀點，同時能夠促進教學的多元化，以呈現科學本質在科學教學上的重要性。

九年一貫課程「自然與生活科技」領域的課程綱要中，明確的指出「自然與生活科技的學習應該培養國民的科學與技術的精神及素養。」，而要達成科學素養的八項分段能力指標，分別是過程技能、科學與技術認知、科學本質、科技的發展、科學態度、思考智能、科學應用及設計與製作（教育部，民 89）。這是首次在國內的課程綱要中，明列出「科學本質」，這與當今科學教育重視科學本質的世界潮流相互一致，更充分顯示了我國在提昇科學素養的趨向能與世界接軌。

為因應未來科技主導的世界以及地球永續發展的期盼，科學本質的重新體認和全民科學素養的加強充實，是當今學校科學教育應重視的教學目標（熊召弟，民 85）。因此，如何在九年一貫課程的教育改革中，落實對科學本質的認識，並進一步提升全民的科學素養，就成了科學教育的當務之急。本研究之目的，係藉由一位國小自然科教師的科學本質觀，其教案規劃以及教學實施，學生及家長之反應，來呈現以科學本質理念為基礎的教學風貌。

貳、文獻回顧

一、科學本質觀的演變

科學哲學觀點的演進使得科學教育學者對科學本質的看法也有所改變，亦即科學本質的觀點會受到科學哲學觀點的影響。根據 Nussbaum (1989) 的分類，將經驗實證主義、邏輯實證主義視為傳統觀點，而將 Popper、Kuhn 等人的哲學觀，視為當代的觀點。

(一)傳統科學哲學觀點對科學本質的看法

國內學者 (丁嘉琦，民 88；翁秀玉，民 86；林陳涌，民 85；許玫理，民 81) 認為傳統科學哲學觀點的科學本質的看法如下：

1.科學方法本質

(1)觀察與實驗是科學家去探討存在於宇宙中的自然律的科學方法，觀察是先於理論的，不受理論的影響。

(2)科學方法是客觀與理性的，沒有遵循科學探究模式的觀察、分析比較與歸類、提出普遍性原理、檢驗假說等過程的方法，就不被視為科學方法。

2.科學知識本質

(1)沒有遵循科學探究過程所得的結果都是無效的，都不被視為科學知識。

(2)科學知識被視為絕對客觀的真理，而且是極不容易改變的。

(3)科學知識的成長以一種線性累加的方式增長。

3.科學事業本質

科學家的任務在於發現自然界已存在的真理，其特質是公正、客觀的態度。

所以在整個科學的過程中，個人是可以被忽略的。

(二)當代科學哲學觀點對科學本質的看法

至於當代科學哲學觀點對科學本質的看法，國內學者（丁嘉琦，民 88；翁秀玉，民 86；林陳涌，民 85；許玫理，民 81）提出如下的重點：

1.科學方法本質

(1)科學家所具備的知識、理念和學說會很大程度的影響觀察結果，因此觀察的本身是理論蘊涵（theory-laden）的。

(2)科學的觀察過程與實驗設計受科學家所服膺的典範影響，客觀與理性的方法是不存在的。

2.科學知識本質

(1)科學的核心在於不斷的研究與批判，不是在於被接受的知識。

(2)科學知識具有暫時性，科學知識不等於真理，它隨時可能被修改或放棄。

(3)科學知識的追求是過程取向，是動態的、進行的活動；而不是靜態的累積

資訊。換言之，科學知識是被發明的，而不是被發現的。

3.科學事業本質

(1)科學家類似藝術家，具有創造力與想像力。因此科學家的任務是「發明」，應具有懷疑、批判的態度。科學家選擇研究主題與方法時，會受到社會文化、科學團體的影響。

(2)科學社群在科學知識取捨的過程中具有相當重要的地位，其所接受的典範或信念，是指導科學活動的準則。

總之，傳統的邏輯實證主義的觀點在強調絕對客觀與理性的存在，觀察是先於理論的，認為科學知識的發展是以一種靜態的、單一理論傳承的線性方式逐漸累積而成，並強調應以科學實驗檢驗的方法驗證科學理論，使其成為絕對的真理，而個人在整個科學的過程中是可以被忽略的。當代的科學本質觀點在強調觀察是理論蘊涵的，會受個人主觀意識的影響，客觀與理性的方法是不存在的。認為科學知識的追求是過程取向，是動態的、進行的活動，而不是靜態的累積資訊。且認為科學的核心在於不斷的研究與批判，不是在於被接受的知識。同時並無一種單一、固定的科學方法與評判標準。科學家類似藝術家，具有創造力與想像力，科學知識僅是科學家的世界觀，並非真理。而科學社群在科學知識取捨的過程中

具有相當重要的地位，其所接受的典範或信念，是指導科學活動的準則。

二、科學本質的內涵

影響我國科學教育課程內涵中科學本質觀較深遠的是美國科學促進協會 (American Association for the Advancement of Science, 簡稱 AAAS)在 1989 年所出版 2061 計劃 (Project 2061) 的研究報告中所提出的科學本質，並將科學本質分為三個領域：

(一)科學世界觀 (scientific world view)

- 1.自然界是可理解的。
- 2.科學知識並非絕對的真理，是可改變的。
- 3.科學知識並非很容易就可推翻，具有穩定性。
- 4.科學並非萬靈丹能解決所有問題。

(二)科學探究活動 (scientific inquiry)

- 1.科學重視證據，藉由觀察及測量所獲得的證據來支持科學知識。
- 2.科學是邏輯與想像的結合體。
- 3.科學知識除了能說明自然界的現象也具有預測的功能。
- 4.科學家會試著驗證理論與盡量避免誤差。

5.既定的科學知識並不具有永久的權威地位，常態科學會影響科學的研究方向，但必要時仍會產生革命。

(三)科學事業 (scientific enterprise)

- 1.科學是許多不同領域的集合。
- 2.科學的事業由許多機構來進行，如大學、工業界、政府。
- 3.各種領域的科學家在世界各地活動。
- 4.科學活動是複雜的社會活動，外界的社會價值觀也可能影響研究方向。

林陳涌 (民 85) 所發展的「了解科學本質量表」，計分三個分量表：其一為「科學方法的本質分量表」，包括：(1)科學方法的獨特性與適用性；(2)科學方法的客觀性；(3)科學方法的理性。其二為「科學知識的本質分量表」，包括：(1)科學知識的種類與角色；(2)科學知識的本體地位；(3)科學知識的知識建立。其三為「科學事業的本質分量表」，包括：(1)科學家的基本假設、地位及目的；(2)科學家及科學社群；(3)科學與社會。其內容與 2061 計劃的研究報告中所提出的科學本質相互呼應。

綜合上述對科學本質的看法，可以得知，雖然不同研究對科學本質的觀點有所歧異，但是均明顯有別於傳統強調絕對客觀與理性，視科學知識為真理的觀點。

三、探討學生及教師有關科學本質的研究

林陳涌 (民 85) 所發展之「了解科學本質量表」，調查台北地區 1670 位高中學生對科學本質的了解。研究中發現，學生對科學本質的看法主要受到邏輯實證主義的影響，對科學本質有相當的了解。其中，女生對科學本質的了解明顯高於男生，修習科學科目較多的組別 (第二、三類組) 對科學本質的了解優於修習科學科目較少的組別 (第一類組)，而年級方面，學生對科學本質的了解並沒有隨著年級增加而顯著的增強。

丁嘉琦 (民 88) 探討花蓮縣國民小學 303 位教師科學本質觀點，研究結果發現：(1)花蓮縣國小教師整體科學本質觀點介於現代觀點與傳統觀點之間；(2)不同任教科目(自然科學或非自然科學)之國民小學教師，其科學本質觀點類型無顯著差異；(3)主修數理的教師在整體科學本質觀點上均較非主修數理的教師更傾向現代觀點；(4)不同性別之國民小學教師，其科學本質觀點類型無顯著差異；(5)教學年資 15 年以內的各組教師在科學世界觀與整體科學本質觀點上，較教學年資 16 年以上的教師傾向現代觀點。

柯玉婷 (民 88) 針對台中地區國小職前與在職教師對科學本質之理解所作的研究，研究結果發現：(1)職前教師與在職教師在科學本質的理解以及科學方法、

知識、事業本質之理解程度皆沒有顯著差異；(2)數理背景之職前與在職教師對科學本質的理解以及科學知識本質理解顯著高於非數理背景者。

以上研究主要是利用問卷調查的方式，可以快速獲得教師及學生的科學本質觀，採用此類量化的研究，基本上假設科學本質觀點可以量化，然而丁嘉琦（民 88）研究花蓮縣國小教師科學本質觀點時，認為如此的假設是將科學本質觀點的複雜性過於單純化，亦即純粹只靠量化研究所得的數據，可能無法深入了解教師的科學本質觀點。因此，研究個案是個別或少數教師時，半結構式晤談就深受研究者所重視。

林陳涌、楊榮祥（民 87）將凱利方格技術加以修訂，透過晤談的方式，深入了解教師內心深層的信念和觀點，清楚的描述出教師的科學本質觀。不僅避免文字敘述問卷所可能產生語意模糊的缺失，也更清晰、準確的呈現教師個人的觀點，對於研究教師的科學本質觀，提供另一種值得參考的方法。

四、教師科學本質觀與教學實務之相關研究

科學本質的了解對於科學教育是相當重要的，然而對於教師科學本質觀與教學實務之相關研究，結果卻相當的分歧。有些研究顯示，兩者之間無顯著相關，如 Lederman（1995）用開放式問卷、教師觀察、師生晤談等方式研究五位生物教

師，發現教師的科學本質觀未必會影響其教學實務；Abd-El- Khalick, Bell & Lederman (1998) 研究十四位中學科學教師，發現參與研究的職前教師對科學本質的重要部份有足夠的了解，但是在他們的教學計畫中卻很少出現與科學本質相關的內容。也有些研究顯示，兩者之間有相關，如 Wang (1995) 針對兩位國小教師，透過問卷、觀察、晤談進行研究，發現教師科學本質觀與教學實務之間有關，而且教師對科學本質的了解及建構式的學習環境，有助於學生了解科學本質。

翁秀玉 (民 86) 針對設計傳達科學本質的教學，提出三點看法：(1)配合課程單元以科學史來傳達科學本質；(2)營造出建構科學知識課程的學習環境；(3)教師主動連結科學內容與科學本質，並據此進行行動研究。在研究中，研究者以發問刺激學生討論、設計活動單刺激學生思考，鼓勵學生設計實驗操作實驗，進而撰寫實驗報告，上台發表實驗結果，並提供科學家故事、要求學生查閱課外相關資料，寫出簡短心得。在研究者設計蘊含科學本質的教學情境下，學生在科學知識本質、科學探究過程及科學與生活的關係上，都有明顯進展，並獲得較完整的面貌。然而，在研究中也發現一些阻礙科學本質的教學因素，如：學生因襲過去「講光抄」的學習方式、學生持有的信念，教師的學科知識不足、教學經驗不夠，教科書明列出教學步驟、題材過於抽象等，都可能影響傳達科學本質的教學。

鄭淑妃 (民 88) 針對一位國小自然科教師進行詮釋性研究，發現個案教師雖然是數理背景，又在研究所進修，持有符合當代理念的科學本質觀點，但是由於教學目標的限制、教材的影響、對科學本質教學信心不足，以及缺乏回饋機制，阻礙了傳達科學本質的教學。若教師又未對阻礙傳達科學本質教學的諸多因素積極因應，自然影響整個傳達科學本質教學的效果。

綜合以上所述，促進學生科學本質的了解，必須是「全方位」的改革，包括教師、學生、課程教材，應該將各個變項加以統整做全方位的改進。

參、研究方法

在本研究中，第一作者擔任國小六年級某班的級任老師，對於學生如何發展適切的科學本質觀相當關心，在獲得學校同意後，和一位自然科教師—李老師成為合作夥伴，試圖在一般常態的自然科教學中，以較符合現代觀點的科學本質觀為核心，給予學生適當的啟發。

本研究除了關心教師如何在自己所認知的科學本質觀的基礎上，設計較符合當代科學本質觀的教學活動，同時試圖去瞭解學生經過以科學本質觀為核心的自然科教學後，對科學本質的看法，及學習科學的態度。並進一步反省整個教學活

動中，教師、學生、家長不同角度對教學的評價及探討可能的影響因素。

在研究法上，本研究以質性研究法為主，透過長時間的教室觀察、錄影、錄音、晤談、文件分析等方式，廣泛的蒐集資料，目的在深入瞭解科學本質傳達與建構的過程。

研究過程中並利用研究者編置的訪問試卷的方式，對個案教師及學生所持有之科學本質觀，做一初步的概略性瞭解，以作為進一步晤談的參考依據。惟問卷的實施並無法深入瞭解受試者的真實想法，因此，利用問卷的便利性，先做初步廣泛的資料蒐集，同時為了避免受到問卷題目的限制，進一步採取半結構式的訪談，讓受試者有較開放的思考空間，表達最真實的想法。

具體而言，本研究的架構分為四個主軸：（一）瞭解個案教師的教學信念與科學本質觀；（二）瞭解個案教師如何設計以科學本質觀為基礎的教學活動；（三）實際參與觀察個案教師實施科學本質觀的教學活動；（四）探討個案教師的教學省思、學生的成長與家長的回饋。研究的架構如圖 1。

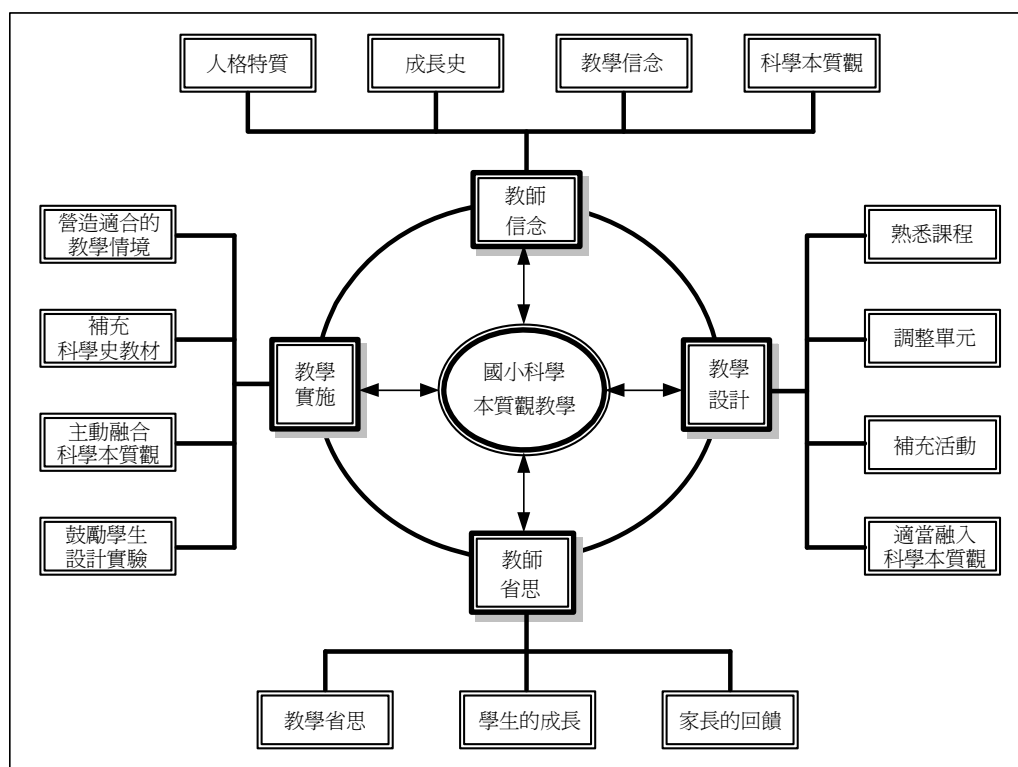


圖 1 研究設計架構圖

肆、研究結果

根據研究架構的四個主軸，本研究獲致的結果如下：

一、教師的教學信念與科學本質觀

長久以來，對於「教學」的意義，有各種不同角度的詮釋。「教學」除了可解釋成「施教者傳授知識與技能給受教者的活動」之外，還應該是一種「使人成功學習的活動」、「有意向的引導學習的活動」，更應該是「符合真理、認知、意義或各種價值性的活動」（張霄亭，民 86；黃光雄，民 79；歐陽教，民 77）。

透過晤談與教室觀察，李老師的「教學」觀點是重視師生間的雙向互動、教學過程以學生為中心、認為老師的角色是引路人、重視鼓勵、彈性包容學生的錯誤、重視學生的主動建構、重視教學評量。李老師在自然科的教學，重視學生的積極參與、採用合作學習的方式、重視學生的實際經驗，激發學生自動自發學習的主動意願；鼓勵學生蒐集相關資料、鼓勵學生自己設計實驗，以引起學生興趣，提高學習動機，所獲得知識的過程，更符合學生主動建構知識的教育趨勢；並讓科學增添人文關懷的情意教學。

在「科學本質觀」方面，研究者透過問卷、晤談、參考文獻、教師自我省思，及利用修訂的凱利方格技術晤談，對李老師的科學本質觀進行多面向的瞭解。

首先藉以丁嘉琦(民88)探討花蓮縣國民小學教師科學本質觀點所發展的「科學本質問卷」，請李老師作答。在問卷的回答中可以看出李老師的科學本質觀傾向於現代觀點，在問卷得分上也高於花蓮縣教師的表現。然而教師的教學信念，主要受到過去所接受的教育、教學經驗、生活經驗以及教師目前所處的教學環境相互影響下所形成的思考方式、信念系統與價值觀，並不是那麼容易調整與改變。因此，不論是對於科學知識、科學方法、科學事業、科學家的角色或是對科學整體的意義，李老師仍然保有一些傳統的看法。

在教師自陳的科學本質觀中可以看出，在「科學知識」、「科學探究活動」與「科學事業」三個領域中，李老師參考許多文獻對科學本質不同的範疇與內涵，

經過思考後，提出個人認同的科學本質觀。並據此設計教學活動，期望能於教學活動中適當的融入，傳達符合現代觀點的科學本質觀。

透過凱利方格技術晤談的過程，李老師將研究者在晤談過程中分析出的 23 個科學本質信念的構念，加以檢視並同意後區分成四組，並分別命名為「科學的中心思想」、「科學態度」、「科學方法」、與「科學在生活上的應用」。這種思考方向與目前國民小學自然科課程標準中強調「科學知識」、「科學態度」、「科學方法」三個領域的內涵頗為相似。

綜合以上所述，研究者整理出李老師的科學本質觀（表 1），並以此作為研究者進一步進行教室觀察的依據。

表 1 李老師的科學本質觀

科學方法本質	1.科學研究始於問題
	2.科學研究方法具有多元性
	3.科學探究重視形成假設
	4.科學探究重視解決問題
	5.科學探究重視減少誤差
科學知識本質	1.科學知識具有實證性
	2.科學知識具有暫時性
	3.科學知識具有可複製性
	4.科學知識具有公開性
科學事業本質	1.科學與生活相關
	2.科學研究重視合作與討論

二、教師以科學本質為基礎的自然科教學設計

學期初，學校自然科全體教師對於整學期的進度與課程安排，會作全盤的計畫與考量，本學期就在教學單元的順序上做了一些調整。在教學活動方面，除了整個六年級共同討論的進度與教學活動外，李老師補充了一些活動。除了教學指引中提示的教學目標之外，李老師研究教材之後設計了一些融入科學本質的教學目標。為了進一步說明李老師將科學本質觀融入教學活動的情形，以下舉「四輪車與小山坡」單元為例（表 2），說明如下：

表 2 李老師科學本質觀教學活動舉例

單元名稱：四輪車與小山坡	
一般教學目標	
1.概念：運動的物體重量愈大，速度愈快，愈難使它停止。 2.方法：實驗。 3.態度：細心。	
強調科學本質的教學目標	
1.科學知識是可以驗證的。 2.培養發現問題、提出假設、設計實驗、進行實驗、分析資料並作成結論的能力。 3.假設是有理論根據的，實驗也不是盲目的試驗，是為了印證心中的想法。 4.科學探究過程中，必須尋找影響結果的原因，並避免誤差。 5.科學家之間會互相討論，提出證據，並公開發表。 6.根據實驗的結果，可以應用到生活中，提高行車的安全。	

活動四：探討影響停車難易的其他因素				
教學活動	教學目標	教學流程	教學內容	科學本質觀
全班討論		討論除了車速、重量外，其他影響停車難易的因素。	問學生： 除了車速、重量外，還有哪些因素會影響車子停止的難易？（發問時，照顧到較少發言的學生）	◎ 科學家會共同討論 ◎ 科學家會互相合作
分組討論	4-1 能選定一個變因，提出可能影響停止難易的假設。 4-2 能根據假設，設計實驗。	各組選定一個因素，擬定假設，設計實驗。	(1)各組討論。 (2)教師提供適當的器材。 (3)各組分工合作，實驗操作者、觀察者、測量者、記錄者，組員輪流擔任。	◎ 發現問題 ◎ 提出假設 ◎ 假設是有理論根據的 ◎ 設計實驗
教師提示		各組提出實驗計畫，共同討論實驗的可行性。	(1)提醒注意事項。	
分組討論	4-3 能區分實驗的操縱變因、應變變因與保持不變的變因。	各組分別進行實驗、記錄實驗結果。	請各組報告： (1)各組確定的操縱變因與保持不變的變因。 (2)操縱變因的設計。	◎ 科學家會共同討論，互相合作 ◎ 探究各種變因
操作實驗	4-4 能根據實驗結果，提出適當結論。	解釋資料，驗證假設，提出結論。	(1)實驗中確實分工合作，避免產生誤差。 (2)針對實驗結果加以分析，並驗證假設，提出結論。	◎ 減少誤差 ◎ 實驗是在驗證假設
公開發表	4-5 能公開發表實驗結果。	公開報告實驗結果。	(1)各組上台報告實驗結果。 (2)其他組聆聽，並提出討論。	◎ 公開性
全班討論	4-6 能將實驗所得結論，應用到日常生活中。	根據實驗結果，討論生活中如何注意行車安全。	自由發表： (1)日常生活中如何注意行車安全。 (2)採合作學習方式，照顧到較少表現的學生。	◎ 科學與生活相關 ◎ 科學家會互相合作

教學的成功與否，有關的因素很多，教學前的規劃設計，無疑的，佔了相當重要的地位。李老師教學前對教材的掌握與瞭解，讓她在做教學設計時，顯得相當得心應手。尤其她個人的教學理念，重視以生活化、自然的方式來教學，以學生興趣為出發，配合提供學生獲得實際經驗的參觀、觀察、實驗操作，再輔以運用視聽媒體、鼓勵學生自己設計實驗等活動，讓學習本身就具有相當大的吸引力。這樣的教學設計，對於教師來說，是相當用心且值得肯定的；對於學生而言，不但容易引起興趣，也能夠因此達到較佳的教學成果。

三、教師以科學本質為基礎的自然科教學

研究者透過教室觀察及與教師和學生的晤談，深入探討李老師在教學過程中如何與學生進行以「科學本質觀」基礎的自然科教學。

(一)傳達科學本質觀的教學活動

研究者將李老師在教學過程中所呈現的科學知識實證性、科學知識可複製性、科學知識暫時性、科學並非萬能、科學探究方法多元性、重視科學過程技能、科學知識與方法的公開性、科學家的角色與地位、科學與生活息息相關、科學必須遵守一些倫理信條等向度進行探討。以下舉「科學知識實證性」及「科學探究方法多元性」為例，加以說明：

1.科學知識實證性

科學知識是科學家針對現象，透過觀察、實驗、解釋、歸納等過程，所獲得可以實證的知識。不能只靠想像、臆測，必須提出合理的證據，才能夠通過科學界的檢驗，成為被人接受的科學知識。

在教學的過程中，李老師試圖引導學生從臆測到建立假設，並進一步透過實驗，尋求證據來驗證假設。以下情境具體說明李老師引導學生「科學實證性」的情形：

情境一：在「種子的構造與發芽」單元，李老師問學生，種子發芽需要哪些條件配合。學生各自發表不同的看法，包括：水分、陽光、空氣、土壤、溫度等，李老師針對第一組所作的假設：「種子發芽需要水分。」提出質疑。

T：為什麼你們這組認為種子發芽需要水分？

S：因為我們種花都要澆水啊！

T：經驗中好像是這樣子的，可是如果你是科學家，你會怎麼樣讓別人相信你們的假設呢？

S：做實驗！

T：對！如果只是猜測，別人很難相信，如果有實驗證明，有真實的證據，別人就比較能夠接受。所以，我們應該親自做實驗，這樣比較有說服力。

(錄影—890915)

楊龍立(民 89)指出，科學研究活動在形式上被認為與人文研究有所分別，最大的差距就在於數量化和實驗。李老師透過與學生的對話，自然而然的引導學生具備「科學知識實證性」的觀念。此外，李老師認為，在學生具備「實證性」

的觀念下，學生比較懂得發揮想像力去進行探究、實驗，以及觀察現象、搜集資料，她說：「實驗是最容易聯想到驗證假設的方法，其他像觀察現象做推理，也可以驗證許多自然現象。」（晤談 900112T）。

情境二：李老師問學生，地球自轉的方向。學生根據過去所學，回答是由西向東轉。李老師針對學生所作的假設提出質疑。

T：為什麼你認為地球有在自轉？

S5：因為有白天和晚上啊！

T：你怎麼知道是因為地球在自轉而不是太陽繞著地球轉？

S5：因為現在科技很發達，已經有衛星可以觀測出來了！

T：為什麼地球自轉的方向是由西向東轉？有什麼證據可以證明？

S6：因為我們每天看到太陽升起是在東邊。地球由西向東轉，這樣才可以解釋得通！

S15：老師說過的哥白尼的故事，可以證明以前一直認為以地球為中心的想法是錯誤的。實際上是地球以太陽為中心在運轉。

（錄影六891222）

李老師在協助學生具備「科學知識實證性」的教學上，透過引起動機階段的提問，適時的質疑，鼓勵學生彼此討論、辯論，提供學生較多的思考機會，也讓學生在整個學習活動中，更具有主動性，更積極參與，並且由積極主動的參與中，實際體會「科學知識具有實證性」。

除了教師適時的提出質疑，引導學生思考外，李老師也讓學生有機會彼此互動，針對同學的觀點進行討論。以下是同學間提出問題並互相質疑的對話：

情境三：對於種子發芽需要哪些條件配合，經過學生分組討論，各組上台報告假設及實驗設計過程，並由同學提出問題，互相質疑。

S5：請問你們這組為什麼認為種子發芽需要空氣？

S27：因為我們認為植物會行光合作用！

S18：請問你們要怎樣設計沒有空氣的環境呢？

S27：我們這組討論的結果，我們可以利用針筒透過軟木塞將空氣抽出，讓種子在沒有空氣的瓶子中發芽！

S18：可是要怎麼澆水呢？

S27：我們還是可以利用針筒透過軟木塞澆水啊！

S10：這樣澆水會不會也把空氣弄進去了？

.....

T：你們這個實驗，比較需要精密的儀器，不是我們在課堂上就可以做得出來的，不過你們能有這樣的設計，懂得設計實驗來驗證，真的相當不錯！

(錄影—890915)

李老師認為：「其實很多時候要教導學生一些觀念，用說的方式最簡單，又最省事。不過，這是對老師而言。」(晤談 890915 T)。所以，李老師常常提供機會，讓學生透過共同討論，互相質疑的過程，增加學生的思考、判斷，因為「學生經過自己思考，所學到的經驗最深刻，也最真實。」(晤談 890915 T)。

事實上，由學生的反應中，可以更清楚的印證這一點。學生晴晴說：「以前(六年級以前) 上自然課，感覺好像大部分都是老師在教我們，告訴我們一些知識，教我們怎麼做實驗。這學期還是做了很多實驗，但是實驗前老師會給我們討論，這樣我們會更知道，我們為什麼要做這個實驗，這樣做起實驗比較像是我們自己在做。」(晤談 900216，S27)。換言之，晴晴表示六年級以前她就已經具備「科學知識實證性」的觀點，認為對於有興趣探究的問題，可以進一步去觀察、

實驗。只是以前所做的實驗，比較像是食譜式的實驗，照著老師、課本上的說法，按部就班的依樣畫葫蘆。這樣的教學活動，雖然仍有一定的收穫，卻不如六年級在李老師引導下，透過同學間共同討論、互相質疑的過程，對整個實驗的情境、假設、實驗設計、實驗結果等的瞭解，來得深刻而有意義。在這樣的過程中，「科學知識具有實證性」的觀點，學生也才能夠更具體明確的體會。

2.科學探究方法多元性

從事科學研究時，並不存在放諸四海皆準而必須步步遵循的科學方法。因此，科學方法與學生的思考方式均如同科學進展的方法一樣，並非一成不變。教師教學時宜採多元的教學方式，鼓勵學生交換彼此想法，使思考多元化。學生在學習科學時，因為教師容許有不同的想法、不同的解題方式，所以學生也比較能接納別人不同的想法，而不會只認為自己的想法是最好的（黃寶蓉，民 89）。

李老師在「科學探究方法多元性」的觀點上，很有當代的看法，落實在教學實施中，科學探究方法也顯得相當多元。

情境一：李老師在進行「斜面斜度不同，車速有什麼不同」的實驗時，提供各組學生從鄰近班級借來的百科全書，將厚度相同的書分給各組，進行實驗。學生針對課本上所敘述的 10° 、 20° 、 30° 三種斜面角度與老師對話。

S 15：老師，課本上說是 10° 、 20° 、 30° 呢！

T：對啊！可是我們因為時間關係，採用變通的方式，用一本書、兩本書、三本書的方式來代替，一樣可以知道斜面的斜度不同，和車速有什麼關係！

S 15：這樣會不會不夠準確？

T：實驗是越精確越好，有很精確的數據當然最好，我們用一本書的厚度來當單位，只是比較簡便的做法。好，S 15提出的問題很好，大家認為怎樣？

S 18：可以啊！我們只要書本的厚度一樣就可以了！

S s：對啊！這樣也可以啊！

S 10：我們以前觀察月亮的時候，也用過拳頭來量高度！

.....

T：實驗講究證據，而證據是越精確越好，所以我們的變因一定要控制得很好。剛剛S15所提問題真的很好，大家想一想，是不是課本上的方法就是唯一的方法？我們做實驗一定要照課本，或是照老師教的去做嗎？

S s：不是！

S 10：課本上的方法是提供我們參考的。

S 5：對啊！我們也可以自己設計實驗，不一定要照課本上的步驟。

T：.....，可是，一定要注意，要想辦法把誤差降到最低，如果能夠注意到這些，每一個人都可以自己針對問題提出自己的假設、設計實驗。

(錄影八 891205)

兒童階段的學生是最好奇的，對各種情境、方法常常都表現出高度的興趣。

雖然受限於能力，或許無法有完整的實驗設計，但是教師適當的引導，卻可能激

發學生的好奇心、想像力，在教師引導與學生思考之間，激發出科學探究的火花，

讓科學探究是新奇的探險之旅，而不是死板板的依樣畫葫蘆而已。

情境二：李老師在教學「地球的運動」單元時，與學生之間關於科學方法的對話。

S 1：老師，這課不用實驗喔！

T：你很喜歡實驗嗎？

S 1：對啊！實驗很有趣啊！

T：實驗是很有趣，可是實驗並不是唯一的方法啊！像我們以前上的「族群和群落」就不是用實驗的方法啊！你們還記得我們用什麼方法嗎？

S 24：校外教學！我們到植物園校外教學！

S 33：我們都在觀察，觀察植物園裡草地群落、池塘群落。

S 10：還有討論不同的生物之間會互相影響。

T：對啊！我們就用到觀察、解釋資料啊！……，像「地層」那課，雖然我們有做簡單的流水的實驗，但是，我們現在所看到的地層的形成，都是幾千、幾萬年前流水搬運作用，加上地殼運動所造成的，我們也沒辦法做實驗啊！

S 13：所以我們還是用觀察的方法，上次我們去貴子坑，還有聖人瀑布，就有觀察到不同的地層。

T：除了觀察，還要用到什麼，……要去推理啊！我們可以透過觀察到的現象，去推想可能發生的情形，這樣是不是就可以解釋很多大自然的現象啊！

(錄影六 891219)

研究者透過問卷與晤談，瞭解學生對於「科學家形象」的自我認知情形時發現，全班 39 位學生中共有 20 位佔全班 51% 的學生提到自己「像個科學家」或「有時候像個科學家」，其中又有 17 位佔全班 44% 的學生，被問到會有這種感覺的原因，全部都提到「做實驗」(問卷 900125)。由此可見，在學生的心目中，「做實驗」幾乎是「科學家」的同義詞。「科學家」給學生的印象，也幾乎就是「做實驗的人」。僅有少數三人提到「觀察」、「研究」、「討論」，學生康康表示，自己在自然課中像個科學家，是「因為自己做實驗，並且觀察、記錄結果。」(問卷四 900125，S 19)。

針對這個現象，李老師認為：「在課堂上我也試圖讓學生知道，我們對於科學探究的方法不只是實驗而已，事實上不同單元所採用的方法也不同。我想，可能是大部分的學生對實驗最有興趣，也因為實驗常常佔我們教學活動中相當大的

比重，或是學生把很多的活動當作是廣義的實驗來看待吧！」(晤談 900112 T)。

由此可知，在教學的過程中，李老師透過科學本質的教學，無形中也希望能增長學生「批判思考」的能力，不要把「實驗」當成研究科學的唯一方法。

研究者針對這學期八個單元做進一步的分析也發現，除了「族群與群落」單元重視解釋資料，「地層」單元重視推理，「體積與重量」單元重視測量，「地球的運動」單元重視形成假設，其他的單元如「種子的構造與發芽」、「水溶液的酸鹼性質」、「硫酸銅的沈澱」、「四輪車與小山坡」等，都和「實驗」的方法有很密切的關係，甚至於「地層」單元中，也有進行流水沖刷沙土的實驗，「地球的運動」單元中，學生也認為透過燈光照射地球的模型瞭解造成日夜情形的活動為實驗，由此就不難看出，學生在回答自己像個科學家的理由時，會回答：「因為在做實驗」的原因了。

李老師教學經驗豐富，在自然課有限的教學時間中，除了教科書的內容外，李老師還根據教學單元提供了許多教學活動，例如：分組討論、設計實驗、上台報告、校外教學、蒐集課外資料、觀賞教學錄影帶等方式，豐富了自然課的內涵，也在教學過程中將科學本質觀適當的融入。

經由教室觀察、晤談後，整理出李老師在教學中傳達科學本質的教學活動，

摘要敘述如下（表3）：

表3 傳達科學本質觀的教學活動

方 法	內 容	目 標
● 教師強調假設只是一種臆測	● 問學生：科學家要講求證據，我們最好親自做一次實驗，看看結果怎樣？	● 科學知識實證性
● 刻意質疑學生	● 問學生：依照你的經驗，你判斷是這樣子，可是真的是這樣子嗎？	● 科學知識實證性
● 科學史故事的講述	● 托勒密的地心說→哥白尼的地動說。 ● 阿基米德解決皇冠是否純金問題。	● 科學知識實證性 ● 科學知識暫時性 ● 科學研究題材始於問題 ● 科學研究題材受社會大眾影響
● 教師主動聯結 ● 提問刺激思考	● 實驗後各組結果相同，說明相同實驗由不同人做，結果仍會相同。 ● 實驗後各組結果不相同→討論後重作實驗。	● 科學知識可複製性
● 鼓勵學生發表生活經驗	● 實驗前先回憶生活上的經驗→說明這些現象是科學可以探討的題目→進行實驗。	● 科學研究題材始於問題
● 讓學生自己挑選喜歡實驗的題目 ● 讓學生自己設計實驗	● 例如：四輪車與小山坡或水溶液的酸鹼性讓學生自行設計實驗。	● 科學研究題材可依科學家個人的興趣 ● 並沒有單一的科學方法 ● 多種科學方法中選擇最佳的方法 ● 科學探究過程類似解決問題的過程 ● 實驗過程遇到困難，科學家會設法解決

● 提供情境讓學生在實驗前提出自己的解釋 ● 提問刺激思考	● 問學生：體積大小和重量有什麼關係？根據你的經驗請提出假設。 ● 問學生：你為什麼會這樣想？	● 形成假設的能力 ● 假設可引導實驗的設計及進行方向，不是盲目的試驗。
● 引導學生互相批評、討論 ● 引導學生修正錯誤	● 問學生：我們來看看他們的假設有沒有根據題目來提？ ● 問學生：你們覺得哪裡不合適？	● 形成假設的能力 ● 形成假設的能力
● 鼓勵學生想出實驗方法	● 學生設計的方法不恰當時，提出討論但是不批判。 ● 實驗結束後才討論遭遇的困難及解決策略。	● 激發解決問題的能力
● 注意控制變因	● 實驗前討論並寫出保持不變變因，實驗中注意變因是否控制好。 ● 實驗後上台報告結果時，同學可以互相質疑誤差的存在。 ● 老師安排討論，例如，實驗的次數多少次才恰當？ ● 提醒學生有些誤差是尚未想到的。	● 減少誤差
● 上台報告實驗過程與結果	● 請各組報告實驗過程與結果，並由台下同學提問題，台上同學解釋。 ● 向學生說明科學家會公開發表研究成果。 ● 科學家發表時要表達清楚，並要回答其他科學家的疑問，結果必須被其他科學家認可。	● 科學知識公開性 ● 科學家會互相討論 ● 科學知識需要科學社群認可
● 查閱課外相關資料	● 鼓勵學生查閱相關資料，例如，胃酸過多時，可以吃弱鹼性的食物或胃片。	● 科學與生活相關
● 延伸課本中的	● 除了測試酸鹼性的實驗，進一步拿鹼	● 科學與生活相關

實驗	性的肥皂水養魚，觀察魚生長的情形。	
● 閱讀科學家的故事	● 例如：討論原子彈的發明，對人類的影響。	● 科學與生活相關 ● 從事科學活動必須遵從一些倫理信條
● 合作學習分組競賽	● 實驗時，輪流擔任操作者、測量者、觀察者、記錄者、發表者等角色。	● 科學家會互相合作

李老師在教學中，提出生活化的問題，引發學生學習的興趣；透過與學生之間的討論、質疑，刺激學生思考；藉由科學家的故事，讓學生瞭解科學知識形成過程的轉變；鼓勵學生根據觀察結果提出假設、設計實驗，發展學生在實驗中的主體性；實施「合作學習」，讓學生在學習過程中學會合作、尊重；要求學生上台報告實驗過程與結果，讓學生在公開發表的過程中，統整學習的結果。這些教學中與學生的互動，都是基於學生是「主動的建構者」，而不只是「被動的接收器」這樣的理念。

(二)各單元傳達科學本質觀的教學內涵

在教科書中並沒有科學本質的相關資料，但是在教學過程中，李老師卻能配合教學單元，適當的融入「科學本質觀」。

李老師在現有的教材中，將符合當代的科學本質觀適當的融入在實際教學中。然而，在教室觀察的過程中也發現，並不是所有的單元都能夠進行科學本質

觀的教學。有些單元在教學中能夠傳達較多的科學本質觀，例如「四輪車與小山坡」這個單元，與日常生活密切相關，相當適合學生從學習中建構當代的科學本質觀；而有些科學本質觀並不太容易設計教學活動，例如「科學知識的暫時性」，本學期的單元並不是那麼適合傳達，所以就需要教師透過科學故事、科學史的引導，主動聯結當代的科學本質觀來進行教學活動了。

四、學生與家長對教學的回饋

教學的對象是學生，在學習的過程中，學生的成長是基本的前提。認知、技能、情意是教學活動中三個重要的部份，根據學生的表現與回饋，可以評鑑教學的成效，並作為教學改進的參考。此外，家長與教師之間的配合，共同關心學生的學習，將有助於教學活動的進行。因此，親、師、生之間意見充分的溝通，將是教學活動成功的重要關鍵。

(一)學生在教學中的成長

由於學校行政方面的安排，升上六年級之後研究班級的自然科老師換成了李老師。李老師生動多變化的教學方式，以及配合本研究實施以科學本質為基礎的教學活動，使得學生耳目一新。從上課講解說明的語氣、師生間互動的方式、強調合作學習、重視同儕間合作的默契、提供學生較多自主設計實驗操作的空間、

增加課外學習機會、兼顧教學內容與學習興趣的校外教學等，都得到學生很大的迴響。

1. 自然科所學知識在日常生活中的應用

知識有助於解決問題，但唯有智慧能真正的解決問題。自然科所學到的知識也是如此，如果僅僅是資訊的堆砌，而沒有落實到生活中的應用，那只能說是死的知識。換言之，學習的過程，若能在實際生活的情境中發展知識，才容易引起學生的興趣，引發學習的動機，這樣的學習也才有意義。

由問卷中得知，學生對於自然課所學到的知識，是否與生活相關，上了六年級後有一些改變，認為六年級以前自然課所學到的知識，與日常生活有相關的學生合計 26 人，佔全班人數的 66%。但是，曾經將自然課所學到的知識，應用在日常生活中的學生，卻只有 7 人，只佔全班人數的 18%。學生綺綺說：「我的自然成績一直都不錯，……，以前四年級的時候，常常有實驗都是老師在前面做給我們看，然後把結果抄在黑板上，我們就把結果抄在習作上，……，我覺得這樣子好無聊喔，可是考試前老師會幫我們複習，媽媽也會逼我唸書，所以我的成績一直都不錯。」（晤談 900214，S23）。由此可以得知，學生學習自然科的方式，著重在記憶知識，這些知識即使與日常生活有相關，但是一般學生是採用

比較消極的方式，將學習當作是被動的吸收，當作是盡學生的本分，甚至是為了老師、父母而唸書，並不覺得在生活中應用所學，應該是學習的重要目的之一。

認為升上六年級以後，自然課所學到的知識，與日常生活「相關性很大」及「有一些相關」的學生合計 33 人，佔全班人數的 84%。而曾經將自然課所學到的知識，應用在日常生活中的學生，也上升到 24 人，佔全班人數的 62%。對於這樣的改變，學生們有一些看法。學生奕奕說：「這學期李老師常常用詰問的方法，用生活中的例子來問我們，讓我們很有興趣的去做實驗，所以實驗的結果，我們也比較會應用到日常生活中。」（晤談 900216，S15）；學生揚揚說：「我們做完實驗以後，老師常常要我們整組做報告，也常常會問我們要怎麼樣應用在生活中。所以啊，我們就比較有機會去想想，我們所學到的東西，到底要怎麼樣應用。」（晤談 900213，S05）。由學生的反應可知，學生的學習成果良好與否，教師的引導佔有非常大的關鍵地位。培養學生能自動自發的學習，具有獨立思考、解決問題的能力，是教育的目標之一，但是在追求教育的目標的過程中，教師是否能提供良好的學習情境，在良好的學習氣氛中做適當的引導，就成為學生學習成敗，舉足輕重的影響因素。

2. 學生對於「科學家形象」的自我認知

由問卷中得知，覺得自己「像個科學家」及「有時候像個科學家」的學生合計 20 人，佔全班學生的 52%，覺得自己「不像個科學家」的學生有 19 人，佔全班學生的 48%。若參考自然科的學期成績，則發現在全班 39 人的前 20 名中，有 13 人佔 65% 的學生認為自己「像個科學家」及「有時候像個科學家」，只有 7 人佔 35% 的學生認為自己「不像個科學家」。反之，在全班 39 人的後 19 名中，有 7 人佔 37% 的學生認為自己「像個科學家」及「有時候像個科學家」，有 12 人佔 63% 的學生認為自己「不像個科學家」。

其中在 20 位提到自己「像個科學家」或「有時候像個科學家」的學生中，有 17 位佔 85% 的學生，被問到會有這種感覺的原因，全部都提到「做實驗」，僅有少數三人提到「觀察」、「研究」、「討論」等方法。(問卷四 900125)。

學生綺綺表示，覺得自己在自然課中像個科學家，因為「做實驗的時候，要求沒有誤差，所以必須很小心、專注，感覺很像科學家。」(問卷四 900125，S23)。

此外，19 位覺得自己「不像個科學家」的學生，認為自己不像的原因，則大多是認為自己「不聰明」、「常出錯」、「沒有想像力」、「沒有恆心」，或認為「教室的環境太吵」。學生正正的自然科成績在班上名列前茅，他就認為自己「不像個科學家」的原因，是因為「教室的環境太吵，使得心沒辦法靜下來。」

(問卷四 900125 , S 18) 。

至於本學期的八個單元中，讓學生認為自己「像個科學家」的單元，首推「水溶液的酸鹼性」、「四輪車與小山坡」及「硫酸銅的沈澱」，在可複選的情況之下，分別有 51%、44%、38% 的學生勾選。分析原因，最大的因素還是在「實驗」。學生揚揚勾選「水溶液的酸鹼性」及「硫酸銅的沈澱」，他說：「因為做化學實驗會有許多意想不到的結果。」(問卷四 900125 , S 05)。學生穎穎特別提到「四輪車與小山坡」單元，她說：「我們有控制變因，針對各種假設去做實驗驗證，感覺起來就像是科學家一樣。」(晤談 900215 , S 30)。

(二)家長對科學本質教學的反應

教學活動多元、豐富，是提高學生學習動機的重要因素。家長對於本研究以科學本質觀為核心的自然科學教學，給予高度的肯定。

由問卷中得知，本學期的教學活動對於提高「學習興趣」，有 44% 的家長認為「幫助很大」，56% 的家長認為「有一些幫助」。認為本學期教學活動對提高學生「學習能力」的影響，49% 的家長認為「幫助很大」，51% 的家長認為「有一些幫助」。廣義的「學習成績」指的是學習過程中的整體表現，包括紙筆與非紙筆測驗的結果，科學概念、方法及態度的表現。家長對於本學期教學活動能否

提高學生的「學習成績」，同樣給予高度的肯定，有 38% 的家長認為「幫助很大」，62% 的家長認為「有一些幫助」。

認為這學期上課方式與以往不同的學生比例很高，高達 95%。經過一整學期的教學後，家長對子女在「學習態度」的改變情形，也都給予正面的評價。38% 的家長認為孩子的學習「變得更積極」，62% 的家長認為孩子的學習比以前「有一些進步」。換言之，所有的家長對於學生在「學習態度」的表現上，都抱持肯定的態度。

學生揚揚的媽媽表示：「雖然我並沒有全程參與這許多的教學活動，很難評估這些教學活動對孩子真正的影響力。但是從家長的角度，我絕對肯定老師的用心，因為多變化的教學方式，對孩子的學習，絕對比單從課本上學習，要能獲益更多，也更能提升學習興趣。」（問卷 900127，S05 家長）。

學生奕奕的媽媽表示：「很欣賞如此多元的教學方式，相信對不同的孩子會有不同的收穫，並能提高興趣、擴大視野。不過，老師，辛苦了！」（問卷 900127，S15 家長）。

學生綺綺是學習表現優異的學生，綺綺的媽媽表示：「綺綺這學期在自然科學領域中成長不少，懂得上網查資料，將資料分門別類，也提升了組織能力。」（問

卷五 900127，S23 家長）。另一位學生婷婷的媽媽表示：「婷婷在學習方面一直有些落後，雖然考試成績還是不太理想，但是看到她努力學習觀察，和同學一起分析、討論，我真的非常感恩老師。」（問卷 900127，S25 家長）。

綜合上述研究結果可以發現，「教學的重心在學生」是李老師設計教學活動的主要考量，學生也在實際教學活動中體認到自身角色的轉變，進而在學習活動中更積極、更具有自主性。因為這種轉變，表現於學習興趣、學習能力，乃至於學習成績都有明顯的增進，因此家長也對教學活動抱持相當正面、肯定的評價，進而形成親、師、生三者共同合作，互相成長的良性發展。

伍、結論

個案教師的科學本質觀具有多面向的觀點，在科學知識、科學探究活動與科學事業三個領域中，大多傾向於當代的科學本質觀。但是對於科學知識的看法，仍保有部份邏輯實證主義的觀點，認為科學知識是發現的、科學研究是追求真理的過程；而對於科學探究的觀點，則傾向於建構主義的學習觀，認為小學自然科學的學習應重視學生本身的觀察和經驗；對於科學事業的看法，強調科學不是個人能夠獨立完成，因此重視師生之間、同儕之間的互動與合作，也重視學生具備

公開發表實驗結果的能力。這些符合當代科學本質觀的多元觀點，提供學生宏觀、多面向的學習。

個案教師對於國小自然科學的教學能夠融入科學本質觀抱持正面肯定的態度。因此，在教學設計與教學實施的過程當中，配合單元實際情況，在教學過程中適時的引導，並透過發現問題、思考問題、解決問題的過程，讓學生居於主動的地位，培養學生具備科學過程技能及當代的科學本質觀，進而對科學具有正向、積極的認識。教師於教學中若能摒除傳統科學教育強調背誦記憶、偏重食譜式實驗教學的弊端，引導學生由生活中瞭解科學、認識科學，對科學產生興趣，並積極的應用科學，達成九年一貫課程「自然與生活科技」學習領域「培養國民的科學與技術的精神及素養」的目標。個案教師以學生為學習主體，選擇與學生生活接近的內容材料，從議題進行學科的統整，善用社會資源及尋求家長配合，允許多元探究活動方式等作法，頗為接近九年一貫課程「自然與生活科技」學習領域課程設計的理念。教師在教學中，若能善用教學方法，依單元需要採取講述與討論方式、小組實驗實作方式、個別專題探究方式、戶外參觀與觀察方式、植栽或飼養的長期實驗方式，配合教學媒體及電腦網路資源的運用，及針對課程作學科內、學科間的統整，課程與個人經驗、與生活環境的統整，使學生在學習的

過程中，不但獲得科學認知、技能、態度的培養，也進一步對科學本質有更正面的體認。

陸、建議

一、在課程與教學上的建議

(一)教學指引及教科書中應增加科學本質的內容

現行國民小學自然科學教學指引及課程標準中曾提及部份科學本質的內涵，但是學生的教科書中幾乎沒有介紹科學本質的文字敘述（翁秀玉，民 86；黃瓊瑱，民 85；林顯輝，民 80）。九年一貫課程由九十學年度已經從一年級開始實施，接下來的幾年將是新課程最有挑戰的一段時間。其中「自然與生活科技」學習領域的課程綱要提到，「自然科學的學習，在於提昇國民的科學素養」，而要達成之國民科學素養的八項分段能力指標中，已明列「科學本質」一項，因此，教學指引及教科書中應增加科學本質的內容，讓這項長久在教師教學中被忽略的部份能被重視，也讓教師教學時能有參考依據。

(二)教學指引及教科書中應提供科學史的相關內容

翁秀玉（民 86）研究指出，科學史題材可以讓學生提升對科學本質的瞭解。

本研究也發現，學生透過科學史相關的科學故事或科學家的故事，對科學的演進容易產生興趣，也容易獲得科學知識具有實證性、暫時性、可複製性、公開性等科學本質的內涵。因此，若能於教學指引及教科書中提供科學史的相關內容，作為學生學習的參考，除了容易引起學生的學習興趣外，對於教師在科學本質的教學，也有相當大的助益。

(三)教師教學時應多設計以科學本質為基礎的教學活動

Abd-El-Khalick 等 (1998) 對十四位職前教師所作的研究顯示，即使這些職前教師具有當代科學本質觀，但是在他們教學中關於科學本質的部份卻很少呈現。國內鄭淑妃 (民 88) 研究指出，即使個案教師持有符合當代的科學本質觀，仍有可能受限於諸如教學目標的限制、教材本身缺乏科學本質內涵、缺乏教學的回饋機制等外在因素，以及教師本身對科學本質的認識、對科學本質的教學沒有信心、缺乏將教學策略與科學本質觀之間作聯結的能力等內在因素的影響，未能落實科學本質觀的教學。因此，提升教師設計傳達科學本質的教學活動的能力，是一件刻不容緩的重要工作。

二、在教育行政上的建議

(一)師資培育機構應培養教師具備當代科學本質觀的教學能力

教學成功與否，教師是關鍵的靈魂人物，而師資培育機構肩負培育未來教師之重責。因此，本研究建議在職前師資培育的課程中，科學本質、科學史、科學哲學之相關課程，應該要有明確的定位。同時師資培育機構的教學過程，若能因應科學本質觀動態發展與演變的特質作課程設計，將提供職前教師對科學本質有更完整的認識。同時若能培養職前教師將科學本質融入教學中的技巧，將進一步使職前教師能獲得科學本質觀的教學能力。

(二)教師在職進修應提供教師傳達當代科學本質觀的進修管道

二十一世紀是終身學習的世紀，在日新月異的學習環境中，教師的在職進修是絕對必要且勢在必行的。黃寶蓉（民 89）研究指出，在進修研究所四十學分班所開設的科學史、科學哲學之相關課程，對於教師的科學本質觀是有助益的。本研究的個案教師也對於有關科學本質觀的進修，表達出高度的意願。然而一般學校的教師，受限於主客觀因素的限制，有意願回到師資培育機構進修及能獲得進修機會的教師仍然相對有限。在這種情況下，學校所辦的教師進修及教師自發的進修活動，就益發顯得重要。因此，本研究建議教師在職進修的機會與管道應該要質量並重，讓教師有機會先獲得當代的科學本質觀，並進而透過討論、研習、示範、觀摩等方式，能獲得將科學本質觀落實於教學活動中的能力。

參考文獻

- 丁嘉琦 (民 88) 。**花蓮縣國小教師科學本質觀點之研究**。國立花蓮師範學院國民教育研究所碩士論文。未出版。
- 李暉 (民 82) 。**國中理化教師試行建構主義教學之個案研究**。國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文。未出版。
- 林千青 (民 85) 。**國小職前教師與在職教師對科學知識本質了解之研究**。國立屏東師範學院初等教育研究所碩士論文。未出版。
- 林陳涌 (民 85) 。「瞭解科學本質量表」之發展與效化。**科學教育學刊**，4 (1)，1-58。
- 林陳涌、楊榮祥 (民 87) 。利用凱利方格晤談法探究教師對科學本質的觀點——個案研究。**科學教育學刊**，6 (2)，113-128。
- 林顯輝 (民 80) 。我國國中地球科學及國小自然科學教科書科學本質含量之分析。載於國立新竹師範學院主編：**台灣省第二屆教育學術論文發表會數理教育** (頁 233-255)。
- 柯玉婷 (民 89) 。**台中地區國小職前與在職教師對科學本質之理解及其教學態度的研究**。國立台中師範學院自然科學教育研究所碩士論文。未出版。
- 洪文東 (民 85) 。科學的本質。**屏師科學教育**，3，2-9。
- 翁秀玉 (民 86) 。**國小自然科教師傳達科學本質之行動研究**。國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文。未出版。
- 高強華 (民 81) 。教師信念研究及其在學校教育革新上的意義。**國立台灣師範大學教育研究所集刊**，34，85-113。
- 張霄亭等編著 (民 86) 。**教學原理**。台北：空大。
- 教育部編印 (民 89) 。**國民中小學九年一貫課程 (第一學習階段) 暫行綱要**。教育部。
- 張春興 (民 81) 。**教育心理學：三化取向的理論與實際**。台北：東華。
- 許玫理 (民 81) 。**我國國民中學自然科學教師科學哲學觀點之調查研究**。國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文。未出版。
- 黃瓊瑱 (民 85) 。**我國國小自然科學教科書之分析研究**。國立屏東師範學院國民教育研究所碩士論文。未出版。
- 黃寶蓉 (民 89) 。**科學本質在教與學的意涵之研究**。國立高雄師範大學科學教育研究所碩士論文。未出版。
- 熊召弟 (民 85) 。建構者觀的自然科教學。**科學教育研究與發展**，3，3-11。
- 熊召弟、王美芬、段曉林、熊同鑫譯 (民 85) 。**科學學習心理學**。台北：心理。
- 鄭湧涇 (民 78) 。職前與在職生物教師對科學本質的了解。**中華民國第四屆科學教育學術研討會彙編** (頁 257-283)。
- 鄭淑妃 (民 88) 。**國小自然科教師科學本質觀之詮釋性研究**。國立花蓮師範學院國小科學教育研究所碩士論文。未出版。
- 歐陽教 (民 77) 。教育的觀念分析。載於黃光雄主編：**教學原理**。台北：師大書苑。

- 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(4), 417-436.
- American Association for the Advancement of Science (AAAS). (1989). *Project 2061: Science for all Americans*. Washington, DC: Author.
- Cornett, J. W., Yeotis, C., & Terwilliger, L. (1990). Teacher personal practical theories and their influence upon teacher curricular and instructional actions: A case study of a secondary science teacher. *Science Education*, 74(5), 517-529.
- Lederman, N. G., & Zeidler, D. L. (1987). Science teachers' conceptions of the nature of science: Do they really influence teacher behavior? *Science Education*, 70(5), 721-734.
- Lederman, N. G. (1995). *Translation and transformation of teachers' understanding of the nature of science into classroom practice*. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 382474)
- McComas, W. F., & Almazroa, H. (1998). The nature of science in science education: An introduction. *Science & Education*, 7, 511-532.
- McComas, W. F., & Olson, J. K. (1998). The nature of science in science education: Rationales and strategies. *Science & Technology Education Library*, 5, 41-52.
- Nussbaun, J. (1989). Classroom conceptual change: philosophical perspectives. *International Journal of Science Education*, 11, 530-540.
- Tuan, H. (1991). The influence of preservice secondary science teachers' beliefs about science and pedagogy on their planning and teaching. Paper presented at *annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, Lake Geneva, WI, 1991. (ERIC Document Reproduction Service No. ED332871)
- Wang, J. R. (1995). *A case study: an investigation of teachers' conceptions of the nature of science, science teaching and learning, classroom practices, and other contextual matters* [CD-ROM]. Abstract from: ProQuest: Dissertation Abstracts Item: 9542109.

A Case Study of an Elementary Teacher's Conceptions of the Nature of Science into Practical Teaching

Jan-jong Liou & Chao-ti Hsiung*

ABSTRACT

The purpose of this study, mainly through an elementary science teacher's (Mrs. Lee) conceptions and practical teaching, explored the effectiveness of the self-designed curriculum based on the nature of science. Techniques such as classroom observations, interviews, Kelly's repertoire grid, and document analysis, were widely applied in this study, as well as the questionnaires needed for collecting more data. Results showed that the Mrs. Lee's conceptions of the nature of science inclined to constructivist's perspective. Firstly, regarding to the dimension of the nature of science methods, she indicated that (1) the beginning of science research was initiated from raising questions, (2) multi-ways to solve problems, (3) emphasis on hypothesis formulation, (4) decreasing the errors from each experiment. Secondly, as the nature of science knowledge, she described it as experimental, temporary, replicable, and as becoming public knowledge. Thirdly, for the dimension of the nature of science enterprise, she believed that there was close relationship between science and life, and focused on the cooperative discussion among community. Mrs. Lee put all three conceptions into the science planning and classroom instruction. The study also provides the conclusions and suggestions for curriculum and instruction, educational administration and further research, and also functions as a valuable reference for the study on science education reform.

* Jen-jong Liou: Teacher, Hsow Lang Elementary School, Taipei County.

Chao-ti Hsiung: Professor, Graduate School of Mathematics and Science Education, National Taipei Teachers College.

Key words: the nature of science, elementary science teaching