一位教師落實科學本質能力指標之教學行動與反思 —以能力指標 3-2-0-1 為例

陳文玲、劉聖忠*
台東縣關山鎮德高國民小學 9303015@stu.nhlue.edu.tw
國立花蓮教育大學科學教育研究所 sclieu@mail.nhlue.edu.tw*

摘 要

本研究為探討研究者以現行教材設計並實施符合科學本質能力指標之教學，透過行動研究深入反省，蒐集教學日誌、學生學習與晤談紀錄、教學錄音、錄影等資料進行分析，瞭解教師科學本質學科教學知識的轉變歷程；研究結果發現，教師欲落實科學本質能力指標 3-2-0-1 之教學，初期可使用 POE 教學策略提供學生反映其真實想法，再運用學習環之教學歷程營造豐富的科學探究情境，最後採明示(explicit)進一步討論的方式，引導學生回溯自己的學習經驗，使其連結指標當中所蘊藏的科學本質內涵，始能深層彰顯其教學意涵。

關鍵字：科學本質、科學本質能力指標、學科教學知識

一、研究背景與目的

長久以來培養具有科學素養的公民一直是科學教育努力的主要目標（AAAS, 1989；NRC, 1996），美國科學教育改革計畫(project 2061)與國家科學教育標準(National Science Education Standards)均在科學素養中明列增進學生對科學本質的瞭解，即是強調科學本質對學生學習的重要。教育部（2003）亦於九年一貫課程綱要自然與生活科技領域中指出應該培養國民科學與技術的精神及素養，而科學本質則列為科學素養內涵中分項指標之第三大項；由此可知，培養具有科學素養的國民是必須重視學生對科學本質之瞭解。

而培養學生具備科學本質素養，教師扮演著相當重要且關鍵的角色(王靜如，2001；Proper, Wideen & Ivany, 1988; Lederman, 1992)；然實徵研究顯示，教師雖具有豐富之教學經驗且多傾向當代科學本質觀，但對於科學本質之教學內涵卻無法達到深層理解並予以轉化，而探討其阻礙因素為教師教學知識不足、學生原有科學信念不適、教學目標的限制、缺乏回饋的機制、教學準備及教學時間不足等；其中以教師科學本質學科教學知識之不足所造成的影響最為普遍（例如翁秀玉、段曉林，1998；鄭淑妃、劉聖忠，2000；王靜如，2001；陳曉雯，2004；Abd-El-Khalick, Bell & Lederman, 1998; Lederman, 1995）。

而審視自然與生活科技領域科學本質能力指標，當中期望學生的科學學習是經由探究的過程獲得，強調依據科學理論作推測，及運用想像力構思及解釋自然現象（高慧蓮，2002）；因此，研究者認為教師如能落實符合能力指標之教學應能使科學本質內涵得以轉

換，且兼具實務工作者的教學實踐，將使教育當局所強調之課程發展不致淪為口號，而學生於達到指標能力之際，亦能培養科學探究之態度；是故，教師對各階段能力指標內涵之瞭解、轉化與實踐，是當前實施科學本質教學之重要課題。

是故，本研究目的為研究者企圖綜合國內外文獻與自身科學本質信念，藉由詮釋國小中年級科學本質能力指標，以現行教材設計並實施符合指標內涵之教學；並依據真實教學情境尋求適切的教學策略，藉以提昇自身學科教學知識；最後希冀能提供教師轉換科學本質內涵之教學模式，鼓勵教師共同落實科學本質之教學，以達拋磚引玉之效應。

二、文獻探討

具備當代科學本質觀是現今科學教師必備的專業知識之一；許多研究顯示，教師對科學本質的看法是會影響其教學表現(王靜如，2000；Lederman, 1992, 1995; Brickhouse, 1990)，且教師的科學本質觀與教學實務之間的關係是相當複雜的（王靜如，2001）。因此，Marble(1992)建議教師需營造一個類似科學家工作的環境，提供學生進行概念遷移並澄清想法，建構個人與科學知識間關係，如此方能增進學生對科學本質的瞭解。

Lederman(1995)更進一步建議，教師除應該增加科學本質的內涵外，亦應加強「傳達」科學本質的能力與信念；畢竟，如果教師無法將科學本質轉換成教學策略或模式，僅流於科學本質的知識傳授，是容易忽略科學本質對教師教學與學生學習的重要意義。因此 Schwartz 和 Lederman（2002）即指出教師在教授科學本質的同時也必須發展科學本質學科教學知識(如圖 1)，且兼顧科學本質與學生的本質、學習的本質間的和諧一致，才能將科學知識加以轉化，再呈現給學生學習。

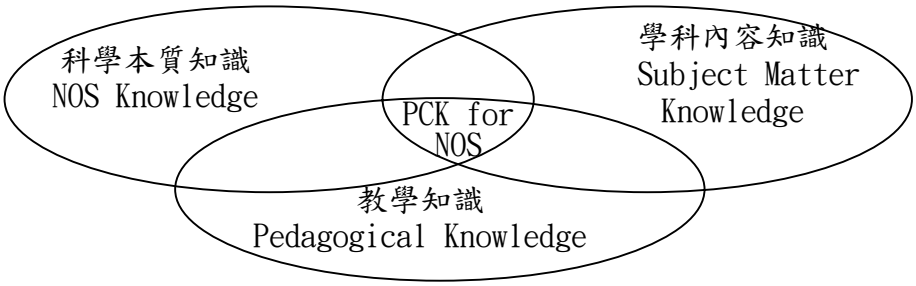

圖 1　科學本質學科教學知識（NOS PCK）（Schwartz & Lederman, 2002）

Shulman（1987）曾提出教學知識的形成是經由理解（comprehension）、轉換（transformation）、教學（instruction）、評鑑（evaluation）、反思（reflection）、新的理解（new comprehension）等歷程而漸至完備，所呈現的是一種動態的發展，而教師的知識才能隨之成長。故本研究即是於實際教學現場擬定行動方案，藉由教學者對自我行動進行觀察與反省，輔以評估學生的學習表現及參與研究者建議，歷經評鑑與分析、修正等不斷循環步驟中，以期能有效反應教學的缺失，進而提昇自我之科學本質學科教學知識。

三、研究方法

本研究乃藉由探討教師實施符合科學本質能力指標之教學行動與反省，經由資料蒐集、綜合與分析，瞭解教師教學之真實情形、科學本質學科教學知識轉變歷程，進而提

出落實能力指標教學之具體方案。因此，在研究對象選取上是以研究者任教之三年級班級進行教學，學生人數共十四人，分別為八位男生及六位女生；採分組座位安排，以有利於進行討論及合作學習。而為協助觀察、訪談及評鑑資料的可靠性，於研究歷程中邀請三年級導師從旁協助觀察；而論文指導教授及同為國科會科學本質研究團隊之教師則扮演批判諍友的角色，引導本研究方向及對課程設計、教學策略等提供建議與批判。

而於教學內容選取上主要以康軒版自然領域教材為主，輔以南一版及翰林版之相關單元加以規劃與設計；且因考量指標 3-2-0-1 強調科學探究之範疇，因此研究者選擇三年級第一冊教材中「好玩的磁鐵」及「廚房裡的科學」進行正式研究。然至目前為止，國內於科學本質研究之量化工具均僅止於調查教師或學生之科學本質觀，對於將科學本質內涵轉換於教學或學習態度上之研究，卻未具相關量表可供評鑑；且研究者認為實施科學本質教學以培養學生之學習態度，是無法以單一問卷所能深層探求，實需長期觀察方屬可信；故本研究僅以質性取向之資料蒐集，分別採教學反省日誌、學生學習文件、晤談紀錄、參與研究教師訪談紀錄及教學錄音、錄影等資料，以提高本研究的可信度。

本研究自九十四年六月至九十五年四月進入研究現場，而資料的蒐集與分析是利用三角檢證(triangulation)的原則，透過不同的資料、方法與人員，進行交叉相互檢核，嚴密監控研究過程，以期能真實且週延的呈現研究結果。因此，在依據蔡清田（2000）考驗行動研究信效度的方法中，本研究即採自我效化（self validation）、同儕效化(peer validation)及學習者效化(learner validation)之具體策略，透過參與研究者、學生及研究者自身的回饋，定期於各階段進行反省、確認及多方檢證之工作，在持續不斷的循環歷程中，厚實的描述（thick description）研究資料以期完整呈現研究結果。

四、實施科學本質能力指標 3-2-0-1 之教學歷程

【階段一】融入「好玩的磁鐵」之教學活動

（一）應用符合科學本質能力指標內涵的教學策略

教育部（2003）於九年一貫課程綱要自然領域中明訂科學本質能力指標，使得科學本質之教學於科學教育發展中由原來的潛在課程轉為正式課程；因此研究者為落實指標 3-2-0-1 之教學，其流程（如圖 2）乃依循行動研究之循環歷程，予以修正及改善。

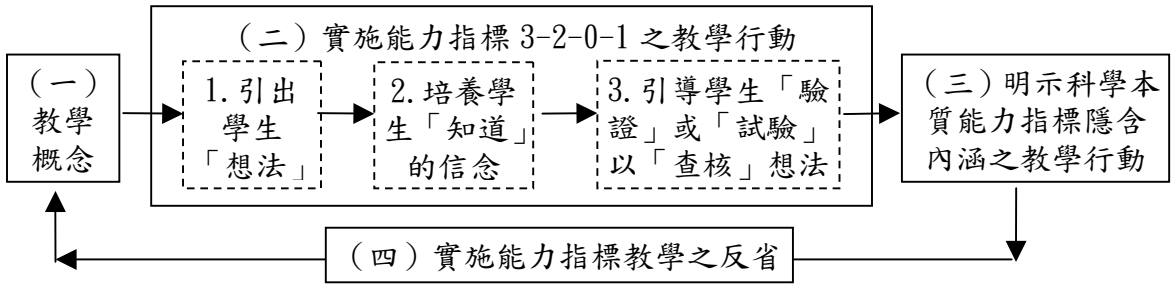

圖 2 科學本質能力指標 3-2-0-1 之教學流程

然由於能力指標 3-2-0-1 的首要目的即是希望**讓學生瞭解一個想法是否成立可以靠驗證或試驗的方法來確認（3-2-0-1 詮釋文）**，而奠基於觀察是理論蘊含的原理下，研究者認為**每個人都依循自己的理論對現象進行描述與解釋，而為了驗證其觀點成立與否，教師需引導學生利用試驗或驗證的方法來進行檢視（940908 省誌）**。而站在教育功能上，

如果能引導學生提出自己解釋現象的理論，而不是依賴課本或教師的答案，或許能幫助教師瞭解學生的先備知識，且能針對學生缺乏的概念設計適當的教學活動（940908 省誌）。因此，研究者認為使用 POE 教學策略可呈現學習者對真實世界問題的想法，反映出他們所具有的零碎知識或迷思概念，對實施科學本質教學應具有一定的內涵與成效。

（二）實施科學本質能力指標之教學行動

1. 利用 POE 教學之預測階段引出學生「想法」

透過自然領域現行教材中「好玩的磁鐵」課程單元內，研究者嘗試運用 POE 教學策略，企圖讓學生預測及比較不同磁鐵中磁力強弱的部位，並利用小組討論的方式營造科學社群間辯證的氛圍，提供學生證明支持預測的理由。而在活動過程中學生均能提出對磁力強弱部位的預測，且大部份是以平日的使用習慣和生活經驗來做解釋，而有學生卻提出磁力強弱的判斷是以磁鐵面積大小為取向；這些結果皆顯示每個人對事情的觀察都會有一套自成邏輯的理由，亦代表著指標當中所敘述的「想法」各有不同：

S11：因爲我們平常弄磁鐵來吸，都是弄那邊在吸（指馬蹄形磁鐵前端）；所以這邊磁力比較強。…
S02：因爲我們曾經看過，把磁鐵丟到迴紋針裡面再拿起來，發現兩邊黏的迴紋針最多。
S07：我們覺得磁鐵比較寬的比較有磁力，比較沒有那麼寬的比較沒有磁力。　（941007 教觀）

2.培養學生產生「知道」的覺知

在落實指標 3-2-0-1 教學之際，除培養學生具備查核想法的能力外，引領學生產生「知道」的覺知是科學本質教學領域中實應重視的一環；**畢竟能力指標是以過程技能（process skill）的形式呈現，而科學本質是一種信念（belief），兩者之間最後以能力的形式去傳達信念的達成，是必須重視指標敘述前對「察覺」、「相信」、「知道」等能力的培養，如此才足以彰顯科學本質的教學內涵（941030 師訪）。**因此爲讓學生覺知需採用驗證或試驗來查核想法，在教學中針對學生所提出的理論或解釋，研究者大多會採取質疑、詰問的方式來挑戰學生的想法，企圖引出學生後續欲證明、實驗的檢視階段。

3.運用觀察、解釋階段引導學生「查核」想法

教師應如何引導學生判斷自己的理論正確與否，或甚是利用學生的先備知識引發主動驗證而改變先前想法的教學目標，是研究者後續欲引導學生進行探討的教學活動；畢竟科學本質是一種信念，一種態度的培養(AAAS, 1989)，因此研究者引導學生歷經各組討論、發表實驗設計與驗證想法的過程，培養學生主動驗證科學知識的態度。

T：好，那我們一起來看，你們做出來的結果馬蹄形磁鐵是哪一邊比較強？
S：兩邊尖尖的地方。
T：可是你們是怎麼知道的呢？也要告訴大家你做的方法啊？
S01：我們用迴紋針去測，結果（磁鐵）前面這兩邊可以吸 9 個，後面這一大片只能吸一個迴紋針。
T：哦，因爲前面的力量比較大才會吸比較多的迴紋針，後面力量很少只能吸一點點；所以第二組的方法可不可以證明？跟他們之前的預測一樣嗎？
S：可以。一樣。　（941007 教觀）

（三）明示科學本質能力指標隱含內涵之教學行動

奠基於指標 3-2-0-1 中隱含科學知識具有可驗證性的內涵，因此在透過不同部位的磁

鐵所吸引迴紋針數量的多寡來判斷各部位磁力強弱的教學後，研究者引導學生藉由觀察鐵粉排列疏密的不同程度，再次確認磁鐵不同部位磁力強弱的概念，且藉此延伸討論透過不同的方法以驗證同一科學概念，如此蘊藏著科學知識具有可驗證性的本質內涵。

T：從剛剛的討論我們知道，在比較一個磁鐵裡不同部位的磁力大小，我們可以怎麼知道？
S07：用迴紋針吸。
S11：用鐵粉，用鐵粉吸吸看。
T：不管上次我們用迴紋針，或是這次用鐵粉，我們都可以測出磁力比較強的部位，而且結果怎樣？
S11：（馬蹄形磁鐵）都是前面比較強，所有鐵粉都會往這邊跑。
T：所以一個科學知識要成立，它必須經過別人不斷的再去實驗，再去驗證，而且只要你的方法是對的，你用不同的方法去檢驗科學知識，它做出來的結果會怎樣？
S：相同。一樣。　（941017 教觀）

Lederman(1998)曾提出隱含式(implicit)的方法對增進學生科學本質的瞭解無效，而建議以明示(explicit)的方法傳達科學本質概念；且 Schwartz & Lederman（2002）亦指出可透過討論(discussion)、引導發表(guided reflection)和具體詢問(specific questioning)來呈現科學本質內涵。因此，研究者透過營造科學活動的豐富情境，配合現行教材的發展延伸本質領域的教學，採用明示的教學模式進一步與學生探討其內涵。

（四）實施科學本質能力指標教學之反省

仔細深究落實能力指標 3-2-0-1 的教學歷程，應用 POE 教學策略不但能有效提供教師瞭解學生的前置概念，幫助教師設計適當的課程，引導學生建構正確的科學知識，更可協助學生察覺自己的迷思概念，經過認知衝突的歷程，進而達到認知平衡的有效學習；唯此教學策略因著重於預測現象以瞭解學生的先備知識，對豐富學生歷經科學探究、設計、驗證實驗的學習經驗，是在後續教學中需額外加強的地方。

【階段二】融入「調味小廚師」之教學活動

（一）尋求解決教學疏失的方案

為解決前一階段的教學需培養學生科學探究的能力，因此研究者在閱讀相關文獻後認為**採用學習循環(Learning cycle)的探究式教學，透過聚焦在澄清學生對探索主題中所產生的概念，以探索活動幫助學生參與實作的科學學習，鼓勵學生反思其觀察所得並調整自己的概念，引導學生進行實驗設計與操作，將有助於改善前次教學的缺失（941014 省誌）**。而 Colburn 和 Bianchini(2000)曾探討十五位國小職前教師以學習環模式進行探究式教學之實施成效，研究結果發現可幫助學生提昇其科學本質觀；因此研究者選擇利用調味小廚師之教學內容，企圖引導學生於學習溶解概念之際並能瞭解科學本質之內涵。

（二）實施科學本質能力指標之教學行動

1.運用探索階段引出學生「想法」

爲引導學生探索糖溶解到水中的情形，研究者提供學生觀察裝有糖的紗布袋懸掛在水中溶解的情形；而大部份學生都能清楚看到糖呈游絲狀的擴散現象，且能利用視覺、嗅覺、味覺等五官經驗去推論溶解水中的物質為砂糖。張靜儀（1995）認為探究學習是從尋求問題的解答開始，而探究式教學則是最接近實際的科學活動；因此研究者在提供學生歷經一段探索階段後，繼而請各組提出驗證假設的方法。而大部份學生能利用再把

糖倒入水中觀察來獲得相同的實驗結果，以驗證溶解水中的物質為砂糖的假設，即是學生能應用科學知識具有可複製性的內涵進行實驗設計；或利用水溶液呈黃色、嚐起來甜甜的等不同實驗方法來檢視自己的假設正確與否，如此與可驗證性的本質內涵是相符的。

2.引導學生產生「知道」的科學本質信念

在帶領學生歷經一段探索階段，後續研究者利用名詞引介階段建構學生溶解的概念；然而 Lawson et al. (1989)指出學生一旦確信他們學習的資料是形成科學知識探究的基礎，就會產生學習的動機並參與其中；因此引起學生對能力指標 3-2-0-1 中「知道」的求知動機，即是強調科學本質信念的培養。而教學的重點不是在讓學生增加該學科知識，而是在使學生能像數學家一樣的學習，像歷史學家一樣的思考，以參與獲得知識的過程（楊榮祥，1983）；因此，當學生能依據對現象觀察的結果提出驗證假設的實驗設計，研究者再次利用詰問的誘導技巧，提醒學生實際操作的重要。

T：其實你們想出來的方法有很多種，而且每一種都很棒，但是只要想一想就好了嗎？

S08：還要做做看。

S07：做做看我們想的對不對。

T：對啊！如果只是想，卻沒有動手去做，你永遠都不知道自己想的到底對不對，可是，只要你去做，做對了，就應證了你的想法，你就學到了啊！即使做錯，你也學到了啊！你就會知道你這個想法是不對的。（941205 教觀）

3.運用概念應用階段引導學生「查核」想法

學生在經歷一段科學探究的活動之後，對於溶解的概念似乎已有所瞭解，但為確認學生能否連結概念和語詞的使用，教師在進行概念引介階段後，是有必要提供學生新的問題情境藉此加以檢核；因此運用概念應用的階段，研究者引導學生探討味精、太白粉、番薯粉是否能產生溶解現象；而學生在透過觀察太白粉懸浮在水中靜置一段時間後沉澱的情形，瞭解此為非溶解現象，進而對溶解概念而建構更至完備。

（三）明示科學本質能力指標隱含內涵之教學行動

1.明示科學知識具有可複製性的教學行動

在概念應用的階段，針對每一組學生嘗試驗證太白粉能否溶解的實驗過程中，曾發現各組學生在觀察同一現象卻出現不同的解釋結果，因此研究者透過與學生討論科學知識具有可複製性的特性，希望能培養學生概念應用的能力：

T：在剛剛的實驗，你怎麼知道你說的哪些可以溶解，或哪些不能溶解是對的？

S08：要做做看。

T：只要做做看就可以了嗎？剛剛大家也都有做啊？

S10：要跟大家一樣，才知道你做的是不是錯的…。

T：什麼意思？為什麼？

S01：如果你沒有很多很多人來實驗看看，證明看看它到底是不是一個成立的話，如果沒有人證明出來跟你一樣的話，那他就不是…它就不是一個成立的東西。

T：對，如果沒有很多人證明跟你的結果是一樣的話，大家就不會認同這個科學知識。（941212 教觀）

（四）實施科學本質能力指標教學之反省

透過行動研究之教學歷程，研究者認為落實能力指標 3-2-0-1 之教學，初期需利用

POE 教學引起學生「想法」,再運用學習環中探索(exploration)、名詞引介(term-introduction)和概念應用(concept-application)的階段，營造豐富探究的情境，最後透過討論將學生的學習經驗投射到科學知識產生的歷程。因此，實施科學本質能力指標的教學在教學策略上並非採單一的教學方法即能完整呈現，而是需針對不同的教學活動，運用適當的教學策略，輔以討論及回溯經驗的方式，明示指標當中所蘊藏的科學本質內涵，始能深層彰顯能力指標 3-2-0-1 之教學意涵。

五、研究建議

影響教師學科教學知識的發展因素相當多元且複雜，且彼此間是相互關聯及融合的；然而培養教師科學本質學科教學知識之方法，Akerson, Abd-El-Khalick 和 Tina (2002)即曾指出教師可藉由觀摩專家的教學演示而增進其教授科學本質的能力。因此，研究者認為欲使現職教師落實科學本質教學除實際參與行動研究之歷程外，亦可透過參與科學本質教學工作坊（working shop）之課程培訓，接受專家教師之教學建議與指導，或許是可有效提昇教師之科學本質能力指標之教學成效。

六、參考文獻

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。

Schwartz, R. S., & Lederman, N. G. (2002). "It's the Nature of the BEAST" : The Influence of Knowledge and Intentions on Learning and Teaching Nature of Science. Journal of Research in Science Teaching, 39(3), 205-236.

Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. Harvard Educational Review, 57, 1-22.