科學教育學刊
2011, 第十九卷第二期, 143-168

Chinese Journal of Science Education
2011, 19(2), 143-168

探究教學的專業成長歷程——以十位國中科學教師的觀點為例

曾崇賢[1]　段曉林[1、*]　靳知勤[2]

[1]國立彰化師範大學　科學教育研究所
[2]國立臺中教育大學　科學應用與推廣學系

(投稿日期：民國99年7月8日，修訂日期：民國100年3月11日，接受日期：民國100年4月22日)

摘要：本研究主要目的在建構實施探究教學的國中科學教師其探究教學的專業成長歷程。研究對象爲10位具有兩年以上成功探究教學經驗的國中科學教師，資料蒐集包含科學探究教學效能問卷(ITEQ)及二次半結構式晤談，透過紮根理論研究法建構科學教師從傳統教學轉化爲探究教學的專業成長歷程。研究發現，教師經歷的專業成長歷程有知識論轉變及學科教學轉變等二個面向，教學反思及支持系統爲影響教師專業成長的關鍵因子，而信念的強化是專業成長的重要階段，它影響了教師的轉變且支持教師願意繼續進行探究教學。

關鍵詞：探究、探究教學、教師專業成長、紮根理論

壹、前言

教育部於2001年推動國民中小學九年一貫課程，頒布的課程綱要特別強調提升學生溝通表達與知識分享的知能、強化科技與資訊運用的能力、培養主動探索與研究的精神、增進獨立思考與問題解決能力等，冀望藉由新課程的施行以提升國民素質並增進國家競爭力(教育部，2003)。在教學過程中，探究活動的主要內涵如：引導學生參與主題研究、提供主動探索機會、培養資料蒐集與歸納能力、促進同儕溝通協商機會等，這類活動的進行能賦予學生多元能力並符合新課程的教學目標。因此，在許多國家課程改革的相關文件中，探究已成爲當代新課程的重要元素(教育部，2007；National Research Council [NRC], 1996)，而多數科學教育學者也極力倡導在科學課程中實施探究活動(蔡執仲、段曉林、靳知勤，2007；Luft, 2001; Wolf & Fraser, 2008)。然而，教

*通訊作者：段曉林

師的教學成效與學生的學習成果緊密聯結(Darling-Hammond, Wei, Andree, Richardson, & Orphanos, 2009)，教師對於科學及探究若沒有深刻理解、具備科學教學及科學探究的能力，他們將無法施行探究教學活動(Jeanpierre, Oberhauser, & Freeman, 2005)。在倡導賦與學生帶得走的能力以達成九年一貫新課程目標的同時，教師的教學取向必須轉變與成長。多數教育學者強調，教師的專業成長居於教育改革的關鍵地位，如何優質化教師課堂教學效能以回應教育變革，已成爲各國教育改革的重要課題(陳佩英，2008；van Driel, Beijaard, & verloop, 2001; Wallace & Kang, 2004)。

由於教師專業成長議題的重要性受到重視，因此，如何促進教師的教學能力(Conway, 2001; Schulz & Mandzuk, 2005)、如何增進教師的專業成長(Glazer & Hannafin, 2006; Hofstein, Carmeli, & Shore, 2004)等議題，廣爲學者深入探討。然而，Kazemi與Hubbard (2008)認爲，師資培育者大多聚焦於教師課室實務的改變作爲專業成長的成效，而教師在成長脈絡中的學習經驗才是專業成長的重要關鍵，卻疏於報導。Hanley, Maringe與Ratcliffe (2008)強調，一個持續性的專業成長，其歷程中隱含許多循環(cycle)，如何在專業成長歷程中強化(reinforce)與共同建構(co-construct)這些循環，這些歷程性的議題少有探討。Kim, Hannafin與Bryan (2007)也認爲，對於成功進行探究教學專業成長的教師，他們如何克服困難、使用何種策略等親身體驗的專業成長歷程，相關研究是較少的。

另一方面，教師進行教學時則深受其所持的學科教學知識、知識論與教學信念(李源順、林福來，1998；Bryan & Abell, 1999; Clark, 1988)等面向影響，進而影響其教學行爲及學生的學習成就(佘曉清，1999；Brickhouse, 1990)。因此，教師進行教學轉變的專業成長，其所持的學科教學知識與知識論必須轉換或更新，以促進教學實務的轉變。此外，相關研究也指出，教師進行教學反思(楊凱琳、林福來，2006；Bryan & Abell; Hanley et al., 2008)、教學鷹架的適切提供(周進洋、陳雪瑜，1997；van der Valk & de Jong, 2009)等，則爲影響教師專業成長成功與否的關鍵因子。

以上的說明可以理解，有關教師專業成長相關研究，除了成長歷程等議題的探討較少觸及外，在轉變歷程中，有關專業成長的重要內涵如：學科教學知識、知識論、教學信念等，相關影響因子如：反思及鷹架，這些面向該如何聯結以建構其專業成長歷程，亦缺乏探討。因此，本研究主要的目的在探討一群由傳統教學成功轉化到探究教學的科學教師，他們所親身經歷的探究教學專業成長歷程，而歷程的建構則聚焦於他們的學科教學知識、知識論、教學信念的轉變及相關影響因子的聯結。研究者提出的待答問題爲：科學教師進行探究教學專業成長的歷程爲何？

貳、文獻探討

一、探究與探究教學

建構主義者認爲知識並非是既有存在的實體，它是藉由人與人或人與環境的互動，由學習者建構產出，建構過程強調在學習者既有經驗的基礎下，對於新經驗的衝突、解釋與調適，進而產生新知識。建構主義者相信，知識與學習者的關係並非分離，而是緊密地與學習者的行爲與經驗有關(張世忠，2003)。顏弘志與段曉林(2006)指出，不同的建構主義派別對於建構主義所強調的面向或

有差異，但廣義解釋建構主義的知識論應該包含下列三點：(一)知識不是被動的接受，而是主動的建構。(二)新知識必須建立在原有知識的基礎上。(三)知識是個人與周遭環境互動所產生。建構主義者除了認爲知識是由學習者所建構，同時強調科學知識的暫時性與持續修改的特質，它會不斷的修正與成長(Cleminson, 1990; Novak, 1988)。

近年來，探究議題在科學教育的相關研究中普遍受到重視，Hodson與Hodson (1998)認爲，科學探究活動是以建構主義爲知識論基礎而發展。Driver, Asoko, Leach, Mortimer與Scott (1994)指出，藉由探索、資訊收集、討論與論證等活動的進行讓學生體驗知識形成的歷程，即爲探究活動的核心。Abd-Ei-Khalick等(2004)則認爲探究是動態的問題解決歷程，當中包含了用以判斷假設成立與否的科學知識、解決問題所採用的方法策略、實驗方法的選擇與數據資料的解釋、成立假設及最後形成知識等階段。而根據社會建構主義觀點，個人知識應包括學校或團體介入所建構的知識(Vygotsky, 1962)，此時強調的是社群的互動、磋商和形成共識(張世忠，2000)。因此，科學探究活動除了重視動手做等驗證科學知識的過程技能外，同時強調論證、協商、批判、邏輯思考等多元能力的運用。

Luft (2001)和Wolf與Fraser (2008)指出，探究教學是一種協助學習者探索科學現象、修正並增進科學思考與論證能力、培養與同儕合作工作能力的教學方式。NRC (1996)則強調科學探究教學必須著重對真實問題的探究，而Crawford (2000)及Trowbridge與Bybee (1986)也認爲，探究教學必須重視自由探究的精神及學習者主動建構學習的機會。段曉林(1996)指出，學習者的知識體系是依據原有知識架構詮釋或再建構而成，實施探究教學的教師必須理解學生的先備知識、掌握學習者建構新知識的脈絡、在學生既有知識架構下表徵學科內容概念，並能因應不同學習者需求營造不同的學習情境。

對於探究教學的實施，Cronin-Jones (1991)曾強調，教師若相信科學是事實知識的實體，他們將認爲沒有必要讓學生進行探究。Magnusson與Palincsar (1995)則指出，探究教學的進行極仰賴教師的學科教學知識，包含如何對學生提問、鼓勵學生發問、引導學生進行討論等，有足夠學科教學知識的教師能爲學生準備更多的經驗以發展其對概念的理解。而教師信念則是影響教師願不願意實施探究教學的主要因素(Keys & Bryan, 2001)。因此，教師能體認科學探究的內涵並進行探究教學，除了必須轉換其知識論及教學信念外，也必須擁有指導學生進行探索活動的學科教學知識。因此，本研究探討科學教師從傳統教學到探究教學的成長歷程，將著重探討其學科教學知識、知識論及教學信念的轉變。

二、探究教學的專業成長

(一)專業成長的意涵

英文「專業」(profession)，源自拉丁文，pro指「贊成」，fession指「前進」，是指個人持續不斷地終身學習、孜孜不倦(戴維揚，2004)。陳佩英(2008)認爲，教師專業發展是一種有目的、有意識、持續性的過程，個人在認知、情感與行動都能有所改變以增進工作效能。Jeanpierre等(2005)則認爲教師專業成長是指教師改進其教學實務、學科知識與教學態度的過程。李源順與林福來(1998)指出，增進教師的教學知識及信念是教師專業成長的主要內涵，而Melber與Cox-Petersen (2005)認爲，增進教師的學科教學知識(Pedagogical Content Knowledge, PCK)

及教學知識(Pedagogical Knowledge, PK)，並促進教師專業的增能(empowerment)與轉變(transformation)，是專業成長的目的。綜上所述，所謂教師專業成長乃指個人基於增進其教學效能的需求，持續進行學習並不斷吸取新知識與觀念的過程，其聚焦的面向主要有教學信念與教學實務等，前者強調在教學態度、精神等情意觀點的轉變，後者則爲學科教學知識或教學知識等實務面向的增能。

(二)傳統教學取向到探究教學取向的轉變

van der Valk與de Jong (2009)指出，實施傳統式實驗活動的教師，多進行以教師爲中心的食譜式情境，由教師引導學生完成已設定好的活動，而學生對於如何處理實驗、詮釋資料、得到結論等步驟極少擁有控制權。Brickhouse (1990)也認爲，持傳統教學觀點的教師強調學生必須完成既定的科學步驟以獲得正確答案。因此，傳統教學取向教師的教學實務，強調科學知識必須藉由教師的媒介傳遞給學生，忽略科學本質的特性與學習者主動建構知識的歷程。

Bhattacharyya, Volk與Lumpe (2009)指出，科學的教學與學習不應只是科學事實或知識概念的傳授，其積極目標應該是讓學生熟悉科學探究技能，並藉由實際作科學(doing science)的過程來發展探究能力。因此，在探究取向(inquiry-based approach)的影響下，對於學生的科學學習，從要求學生對學科知識的記憶轉移至強調學生能主動參與活動，並能以科學步驟及批判思考技能進行答案的搜尋(Zacharia, 2003)。爲了促進學生進行探究活動，全美科學教育標準針對教師的科學教學訂立標準，包括：科學教師必須爲學生設計探究爲本的科學課程、發展學生的學習社群、彰顯科學探究的價值及對於科學學習的重要性等(NRC, 1996)。美國國家科學教師協會(National Science Teachers Association [NSTA], 2010)也指出，有效的科學教學必須具備五種特徵，包括：引發學生學習科學的動機、誘導學生的先備概念、與學習策略聯結並進行有意義的學習活動、促進學生進行科學性思考、提供學生覺知(sense-making)的機會等。

由以上說明可以理解，教師進行探究教學，其強調的面向與聚焦的重點與傳統教學取向並不相同。全美科學教育標準也進一步指出，進行探究教學與傳統教學在相關面向有不同的強調(NRC, 1996)，各面向強調的轉變整理如表1。由表1可知，探究教學相對於傳統教學，除了重視學生的理解、依學生個別差異改編課程外，並能營造學習社群與學習環境，使學生透過環境的營造建構有意義的知識。

表1：教師進行探究教學在各教學面向強調的轉變

不強調	更強調
視學生爲相似的個體	理解學生個別差異：興趣、經驗等
依循課程	選擇並調整課程
聚焦在學生對知識的獲得	聚焦在學生對知識的理解與運用
透過文本的講解以展現科學知識	引導學生進行廣泛且活潑的科學探究
強調背誦以獲取知識	提供學生科學性的討論、論證機會
課程結束後檢測學生的真實性知識	持續針對學生的理解進行評量
堅守教師的責任與權力	學生必須分擔學習責任
鼓勵競爭	營造合作、責任分擔與尊重的社群
教師單獨作業	與其它教師協力合作

資料來源：*National science education standards*, by NRC, 1996, p. 52.

(三)教師的學科教學知識、知識論、教學信念

Shulman (1986)是第一個提出學科教學知識(PCK)觀點的學者，他指出了教學知識與學科知識爲PCK的二大內涵。van Driel, Verloop與de Vos (1998)也認爲，PCK是一種學科內容的表徵知識，它是教師獨特具有的一種混合著學科與教學的知識，能組織相關主題或議題並在教學上加以呈現。Grossman, Wilson與Shulman (1989)則認爲，PCK可以分爲「內容知識」(content knowledge)、「實質結構知識」(substantive structure knowledge)、「章法結構知識」(syntactic structure knowledge)及「科學內容信念」(beliefs about subject matter)等四種類型。由此可知，教師PCK的內涵，指的是教師針對學科內容知識及學生先備概念的認知、對於教學資源搜集與整合並能進行教導的教學技能，而教師信念亦包含其中。因此，Shulman (1987)認爲，PCK是教師教學專業能力的重要指標，Crawford (2000)也強調，探究爲本的教學需高階的PCK，包括對科學本質的理解、如何去指導、督導學生進行共同合作，因此對於探究教學的PCK須要更多的研究。

對科學教師而言，探究不僅是一種過程技能，也是一種教學模式，更是一種對知識的觀點。因此，進行探究教學的教師，除了具備相關的PCK外，也必須擁有對探究及探究教學的正確知識論。Buehl與Alexander (2001)指出，知識論是指個體所具備的知識(knowledge)及對知識的認識(knowing)。Tsai (2002)則將教師的知識論詮釋爲教師對於科學本質的看法，及針對科學教學與學習的信念。Hashweh (1996)曾將教師分爲建構主義教師(constructivists teachers)及實證主義教師(empiricist teachers)二類，前者相信科學家使用理論以理解觀察所得，教導學生透過理論來解釋研究發現，後者則認爲科學是事實的累積(accumulation of facts)、理論是真理，學生必須完成科學步驟以獲得正確答案。另有學者指出，持傳統取向觀點的教師，進行以教師爲中心的教學，教學過程以講解及知識傳授爲主；而持進步觀點的教師，則以學生爲中心，教學時重視學生的探索活動並協助學生進行系統思考(陳忠志、Taylor, & Aldridge, 1998；甄曉蘭、周立勳，1999)。由此可知，教師心中所持的知識論，能進而影響其課室實務的施行方式。

影響教師教學方式的因素，除了上述的學科教學知識、知識論外，教師的教學信念也是一個關鍵因素(佘曉清，1999；張淑玲、林福來，2001；Maor & Taylor, 1995)。李源順與林福來(1998)強調，教師信念是影響教師教學行爲的一種潛在因素，它是教師進行教學時對學科的認識及如何進行教學及學生應如何學習的看法(甄曉蘭、周立勳，1999)。學者也強調，教學信念及教學知識同時是教師專業發展的主要內涵及重要指標(李源順、林福來；NRC, 1996)。

在增進教師教學知識並促進其教學信念的相關的研究中，Fetters, Czerniak, Fish與Shawberry (2002)以系統改變方案讓教師模仿優良的探究教學範例，Shepardson與Harbor (2004)則以社會建構論爲基礎的專業發展方案，提供多種探究活動讓教師體驗探究歷程，這些成長方案的設計能強化教師的探究教學信念及學科教學知識。此外，獲得探究活動的替代性經驗(Ball & Cohen, 1999; Sunal & Sunal, 1992)、增進對於探究歷程的批判思考能力(Windschitl, 2003)、加強教師以探究爲本的態度(Supovitz, Mayer, & Kahle, 2000)、促進教學反思、建構支持的學習

環境等(陳均伊、張惠博，2008；Howitt, 2007)，都是促進教師探究教學專業成長的重要方式。

三、專業成長的歷程

李婉玲(2005)指出，教師專業發展是一種持續性(on-going)、長期(life-long)的歷程(process)，它提供機會給教師從前一個階段過渡到後一階段。黃富順(2000)曾指出，教師是成人學習者，教師的學習成長歷程並不同於兒童、青少年的學習發展歷程。學者Mezirow (1978)以轉化學習理論(transformative learning theory)描述成人的學習歷程，指出成人進行轉變時必須經歷迷失方向、自我檢視、批判評估、經驗與不協調情境的聯結、新行動的探索、建立信心、行動規劃、計畫執行、經驗新角色、重新融入社會等十個階段。成人學習者的學習歷程建立在不協調的經驗上，不協調的情境與學習者的因應措施形成經驗、異化與重建的學習環路(learning cycle; Jarvis, 1995／許雅惠譯，2002)。張景媛、呂玉琴、何縕琪、吳青蓉與林弈宏(2002)則認爲，教師專業成長的歷程有模式存在，教師必須經歷想像、挫折、習慣、激發到思考、試驗、修正及推廣等八個階段的專業成長歷程，以克服工作上的困擾，邁向專家教師境界。Glazer與Hannafin (2006)也指出，教師在合作師徒制模型(collaborative apprenticeship model)中的專業成長必須經歷：新教學技巧和策略的實施、模仿典範者的教學實務、在社群中貢獻新觀點及增進同儕間溝通交流等四個階段。曾志華與張靜嚞(2006)利用「專業成長互聯模式」(the Interconnected Model of Professional Growth, IMPG)來檢視個案數學教師的專業成長歷程，指出教師經歷了模仿理論、深層瞭解理論、建立自己教學實務理論、與他人分享等學習歷程。

由以上文獻探討可以理解，促進教師探究教學的專業成長，若能貼近教師的教學需求，包括增進其知識論、強化學科教學知識、提供教學資源與學習鷹架等，將能期待見到教師的專業成長。另一方面，考量教師專業成長歷程的階段性，如何配合教師的成長歷程提供他們所需的資源，是師資培育者應進一步思考的議題。因此，Conway (2001)及Schulz與Mandzuk (2005)指出，若能清楚理解教師探究教學的成長歷程並在歷程中介入關鍵因子，將能修正專業成長的意義，提供專業成長的新策略，進一步符合教育改革的呼聲。

參、研究方法

Schuck (2003)認爲，質性研究典範的研究目的並不在於搜尋證據以檢驗或證明理論，而是對研究的現象進行深刻的理解或探討(Strauss & Corbin, 1998)。紮根理論研究法是質性分析的一種方式，目的在發展概念(Strauss, 1987)，它強調在社會研究中經由系統化的資料蒐集與分析程序來發掘並發展出理論(Glaser & Strauss, 1967)。因此，在描述現象與觀點的研究過程中，紮根理論提供了一套明確有系統的策略，幫助研究者思考並分析整理資料，以發掘並建立理論(胡幼慧，1996)。本研究主要目的在於理解由傳統教學成功轉化到探究教學的國中科學教師，他們探究教學的專業成長歷程，而透過紮根理論的資料分析程序，可建構此歷程。本研究透過立意取樣，選取10位教學經驗豐富，並有2年以上成功探究教學經驗的科學教師進行晤談，並以紮根理論研究法進行資料分析。有關本研究的研究對象、資料搜集、資料分析、研究的信度與效度等，分述如下。

一、研究對象

本研究共選取10位科學教師參與，他們都任教於國中並教授科學相關課程，教學年資6-17年，探究教學年資2-9年。這10位教師中有6位畢業於中部某師資培育大學，研究群人員透過三年的觀察確認6位教師的探究教學成長是穩定的，已成功進行轉化並能持續進行探究教學。另有4位教師爲其它科學教師培育者推薦，他們也都長期施行探究教學並有相當成效。該10位科學教師的背景資料如表2。

二、資料搜集

爲回答待答問題，研究者以科學探究教學效能問卷(Inquiry Teaching Efficacy Questionnaire, ITEQ; Tuan & Wen, 2005)檢測教師的探究教學效能，並主要以半結構式晤談蒐集質性資料。分別說明如下：

(一)科學探究教學效能問卷

科學探究教學效能問卷(ITEQ)是一份李克特四等第量表，內容有「探究能力」(Inquiry Competency, IC；11題)，「對探究的理解」(Understanding of Inquiry, UI；8題)，「探究教學能力」(Inquiry Teaching Competency, ITC；10題)，「探究的引導暨評量」(Guiding and Assessing Inquiry, GAI；7題)及「對探究教學期望」(Expectation toward Inquiry Teaching Outcome, EITO；10題)等5個向度。ITEQ在建構過程中由兩位師資培育者審視以提供內容效度，並經因素分析提供建構效度。信度方面，ITEQ各向度的Cronbach's α值爲 .872至 .926，問卷整體Cronbach's α值爲 .938。在本研究中，受測教師在ITEQ各向度的表現之信度系數爲 .692至 .911。

ITEQ於教師實施課室探究教學階段施測，以量測科學教師的探究教學效能。10位科學教師在ITEQ的表現如表3，其平均分數爲 3.34到3.75，標準差範圍 .20至 .39，分數指出10位教師對於探究教學展現極佳效能，而範圍不大的標準差也顯示他們探究教學效能的一致性。本份問卷施測主要的目的是由問卷資料再一次確認本研究透過推薦所選擇的個案確實符合本研究的目標。

(二)深度晤談

本研究之半結構式晤談於教師進行專業成長歷程中進行，搜集的資料主要爲教師的教學轉變過程中，他們所持的學科教學知識、知識論、教學信念等，及影響專業成長的因子。晤談分二個階段進行，第一階段晤談重點爲：「教師對傳統教學的觀

表2：受晤談科學教師背景資料

教師代號	性別	教學年資	探究教學年資	學科專長
T1	女	15	4	理化
T2	女	6	2	生物
T3	女	9	3	理化
T4	女	7	3	理化
T5	男	13	4	理化
T6	男	15	6	理化
T7	男	17	9	理化
T8	男	12	5	地球科學
T9	男	8	8	理化
T10	女	12	4	理化

表3：科學教師在ITEQ的表現

教師代號	IC	UI	ITC	GAI	EITO
T1	3.43	4.00	3.80	4.00	3.80
T2	3.20	4.00	3.60	3.57	3.60
T3	3.80	3.75	3.60	3.86	2.80
T4	3.63	3.50	3.50	3.43	2.80
T5	3.82	3.75	3.60	3.29	3.60
T6	3.82	3.75	3.60	3.29	3.60
T7	3.47	3.25	3.10	3.00	3.00
T8	3.83	3.75	3.30	3.29	3.00
T9	3.65	4.00	4.00	3.71	3.90
T10	3.73	3.75	3.30	3.86	3.30
M/SD	3.64/.20	3.75/.22	3.54/.25	3.53/.31	3.34/.39

點？」、「教師對探究的觀點？」、「教師對探究教學的觀點？」、「教師的探究教學實務？」、「教師對施行探究教學所遭遇的困難與解決策略？」等。第二階段晤談重點爲：「您是在何種信念、想法影響下，讓你採用探究教學？」、「你覺得是何種因素或原因，造成你教學上的轉變？」、「從傳統教學趨向探究教學的學習過程，能否描述你的心路歷程？」、「你是在何種想法或支持下讓你願意持續進行探究教學？」、「如果有新進教師願意嘗試探究教學，你有何建議？」。每一階段晤談時間進行約90至120分鐘。

每位受晤談教師均徵詢其同意進行錄音。晤談結束後研究者將錄音資料繕寫爲逐字稿，以作爲文本分析之用。

三、資料分析

透過紮根理論資料分析策略，進行資料的分解、檢視、比較、概念化(conceptualizing)和範疇化(categorizing)等「開放編碼」(open coding)歷程，進一步藉由分析現象的條件、脈絡、行動／互動等「主軸編碼」(axial coding)程序，把各範疇間聯繫起來(Strauss & Corbin, 1990)。研究的開放編碼程序主要針對訪談資料中有意義的單元予以命名，找出屬性與面向並釐清各概念；而主軸編碼則將概念或範疇進行聯結。

研究中共得到136個開放編碼，由開放編碼所得之概念，進一步藉由類別的歸納程序，共得到9種類別。研究者藉由現象脈絡的分析並與資料進行互動，將各類別的關係加以比對、聯繫而完成主軸編碼程序，進而建構教師的探究教學專業成長歷程。

四、研究的信度與效度

本研究以研究的「確實性」(credibility)、「可遷移性」(transferability)、「可靠性」(dependability)及「確認性」(confirmability)等判準構念以反應質性研究典範的諸多預設(Abd Rahman & Scaife, 2006; Lincoln & Cuba, 1985)，分別說明如下：

(一)確實性(credibility)

指研究資料真實性程度。爲求資料能真實反應參與者經驗，並能真正觀察到所希望的內容，研究者的作法爲：1.除了晤談的質性資料外，並以ITEQ收集量化資料，以達研究資料的交叉檢視。2.晤談過程中向受訪者表明資料的保密性，鼓勵受訪教師能開放分享其經驗。3.晤談資料經一位師培者及一位博士生檢視，晤談資料確能反應教師的教學經驗。

(二)可遷移性(transferability)

研究者為使結論有更充份的論證依據，選取10位來自不同學校、不同教學經驗，並有2年以上探究教學經驗的教師，以ITEQ確認他們的探究教學效能後進行晤談，並依據資料的展開進行二階段晤談，在資料分析時進行深厚描述，使研究發現在未來遷移到不同人時，能加以比較與引用。

(三)可靠性(dependability)

可靠性可以取代信度。訪談結束後，研究者轉錄成逐字稿，逐字稿內容經受晤談者事後檢視能符合當初陳述。本研究對於資料收集與分析等研究過程亦詳細說明，使讀者能判別資料的可靠性。

(四)確認性(confirmability)

每次晤談結束，研究者記錄訪談觀感、反省訪談技巧與內容、撰寫反思日誌，除減少涉入研究者主觀性外，一方面透過文字與自身對話，以增加理論的敏覺性並證實普遍性的發現。

肆、研究發現與討論

一、探究教學前的實證主義觀

科學教師進行探究教學前，多不思考何謂「科學本質」問題，所持的知識觀為實證主義觀點，認為科學知識是真實存在的真理或實體，等待科學家去探索與發掘，認為物理、化學等學科名稱即是科學，對於「作科學」的認知也停留於實驗室進行食譜式實驗的操作流程。

T1：以前沒有認真想過甚麼是科學，覺得自然科，理化就叫做科學，也沒有想過甚麼樣的方法是科學方法(邏輯實證觀)。

T4：以前科學對我來說，就是理化加生物加地科……科學方法就是做實驗，就是有一套的流程(邏輯實證觀)。

二、探究教學前的教學模式：傳導式教學模式

在實證主義觀點的影響下，教師奉教科書內容為圭臬以進行教案設計，依教科書脈絡與進度進行教學安排。教師普遍認為將教科書內容巨細靡遺講解一遍就是好教學，不曾質疑教科書內容設計是否恰當或科學概念的教學安排是否考量學生先備概念的歧異性。另一方面，教師理解學生的學習動機能影響學習效果，因此，教學過程能展現活潑幽默的教學風格以增加趣味性並吸引學生目光，並讓學生動手操作。然而，此時教師採用的動機策略多以引發學生外在學習動機為主，對於學生內在學習動機的考量，如：藉由聯結學生日常相關科學知識以引起學生主動學習興趣，或是藉由論證過程以提升學生自我效能等，這些策略的使用並不多見。

T5：以前的教科書就像我的教學進度，是我的參考依據，就是我的教學主軸要放在甚麼地方(教科書為本)。

T3：……照著教科書上面的章節劃重點，把重點寫在黑板上，課本對我來說非常重要的，沒有課本的話我會沒辦法上課(教科書為本)。……會設計得很封閉，把內容寫得很詳細，有點像填充這樣子，這種形式讓學生照著我的思緒照著我的脈絡去找出我要的

答案(封閉式教案設計)。

T5：大部分上課時都是我在講，實驗也是我示範給學生看……會在黑板抄筆記，學生靜靜地聽，他們很少參與討論啦……以前我是教學主體，學生是單一學習的個體而已，他們都很少跟同學互動(傳統教學模式)。

T1：我以前會覺得老師上課要很活潑，很幽默然後吸引學生，這樣就是很好的教學……教室是老師的舞臺……我覺得我盡情地表演，吸引學生的目光(傳統動機策略)。

三、促動教師改變因素：透過成長經驗的體驗及學術課程教導認同探究教學

資料分析發現，觸動這些教師進行教學改變的因素爲教師的「成長學習經驗」及「學術課程教導」。部分教師在國中求學經驗中，經歷他們的科學老師以探索式活動進行教學，體驗此種模式的趣味性與多元性，深化其學習經驗，他們很喜歡這種教學模式。部分教師則在進入教學職涯後接觸探究教學，對於該模式的理念與教學過程產生認同，認爲此模式能帶給學生更多好處而願意嘗試採用。另一個因素則是學術課程影響，這些教師在大學或研究所階段，接觸學者專家的啓發、閱讀相關文獻，並被教授要求必須進行與傳統教學不同精神與模式的教學而開始接觸探究教學。

T8：自己在唸書過程，我的家裡、老師，不會給我很多壓力……我以前國中地科老師給我很多啟發，他帶我們到海邊去看潮汐……去那邊看看石頭長什麼樣子，多方面嘗試，我覺得這樣的學習好快樂(成長學習經驗)。

T10：我想應該是不想放棄任何一個學生吧……小時候我比較不會讀書的弟妹都是這樣子被拋棄……我弟妹的成長給我比較大的震撼，有機會成為老師，可以多關心一些學生，尤其一些低成就學生(成長學習經驗)。

T10：受到大學教材教法老師的影響……如果你上課就用傳統方式的話馬上被他批下來……有一組同學上課用傳統教學，馬上被他罵下來(學術課程教導)。

T2：剛開始為了作研究，參加國科會計畫，所以我想在課堂上實施……暑假上的教碩班，教授有很多門課都與探究教學有關(學術課程教導)。

T7：教師本身的心理有絕大因素……希望這樣的學習會長長久久，可以產生興趣，所以我比較期待、希望用探究教學模式，讓學生有種感覺……以後就算沒有人教你，你還是有辦法處理這些事情(對探究教學的認同)。

不論是受到學習成長經驗的影響或是來自於大學教授的啓發與教導，教師在體驗探究教學模式後，多能認同探究教學並引發其教學轉變動機，進而促使其進行教學轉變。

四、教師的改變：建構主義觀

科學教師在學習經驗體驗及學術課程

教導的影響下，對於科學本質的看法，漸漸由實證觀點轉變爲體認科學知識的暫時性、變動性與因觀察者而異的經驗性觀點。對於科學教學的理念，也不再拘泥於教科書的內容與進度，進一步體認學習環境營造的重要性，並理解在科學知識建構歷程中教師與學生各自應扮演的角色，教學理念趨向建構主義教學觀。

T4：我覺得探究教學的特色，相對於傳統教學，老師不只是在傳達一個東西，而是老師扮演的比較像是引導的過程，老師必須要去營造一個環境跟情境，讓學生能夠藉由老師營造的環境當中慢慢去建構他的科學知識(建構主義觀)。

T6：在教學課堂上，就是引導學生，引導學生對自然界去做瞭解。這個瞭解必須透過科學方法，或是有系統的一些方法，然後引導學生讓他對現象作觀察，或探索出一些結果，讓他去彙整這些知識(建構主義觀)。

T1：在道爾頓年代，大家都認為原子說是真理，很多人認為科學是真理，後來道爾頓學說被修正……我現在很強調這種科學的面向，他要有證據來回答，他們知道科學不是唯一不變的真理，它需要有證據(科學本質觀)。

T8：生物或地球科學的學說、理論，都不斷的在一、兩年之內就變了，像生物領域更是這樣……在傳統教學上，他覺得知識像聖旨般不容置疑，小孩子相信，甚至老師教學的態度也加深這種想法……應該讓學生對所得到的結論，牽涉很多想法的不同，同樣的數據得到不同的結論是很正常的(科學本質觀)。

五、教師的改變：彈性教案設計及多元教學模式的展現

(一)學生需求為本的教案設計

教師進行探究教學時理解「掌握學生背景」的重要性，包括考慮學生的素質、理解學生對於相關科學概念的先備概念或迷思概念。另外，教師設計的教案具備了「彈性調整教學目標與內涵」、「多元且彈性的教案設計」及「學習單多元功能」等三種特性。教師設計的學習單除了考慮將課程與學生的日常事務或舊經驗加以聯結，也會在學習單上呈現教學流程，並透過學習單對學生提問或進行評量。

T3：我以學生立場來設計教案，如果我是學生，我應該透過哪些活動可能會比較瞭解……學生可能會有的先備知識，他可能會有那些迷思概念，這些都要考慮(掌握學生背景)……可以把教案流程放在上面，也可以透過學習單發問問題，讓學生透過寫作的方式把他的理解表達出來……在學習單使用方面，我發現它具有類似評量的功能(學習單多元功能)。

T5：我會依照我需要的教學主軸做改變，因為課本會一直敘述下來，當然我教到這邊我是不是要把後面的資料捉過來(彈性調整教學目標與內涵)。……在設計教案時會考慮探究活動設計的彈性，可以

在不同的班級實施不同的問題與難度(多元且彈性的教案設計)。

T2：我會考慮大綱，不一定按照課本的來……作概念重組，如果先講到後面的也沒有關係，那講到前面時可以讓他連結起來(彈性調整教學目標與內涵)。

(二)運用多元策略實施探究教學

教師施行探究教學採用多種策略以引導學生進行探究，如引導、分組討論、合作學習、5E探究模式或資訊融入教學等「探究教學多元策略」。同時，教師也藉由學生的表徵、回應與提問等「覺知學生學習效果」策略來理解學生的想法並掌握學習成效。

T5：我會實施建構教學讓學生建構知識……以小組合作、小組討論、5E模式讓學生腦力激盪，辯論得到答案……用圖表、模型或是影片引導學生……現在社會發生甚麼現象，我們拿來與學生一起分享，解決他生活上的問題……也要做討論(探究教學多元策略)。

T1：讓學生將實驗寫在黑板上，講他們的想法，或者是讓他們立刻做……跟其他人討論……從他們講實驗的過程就知道他是不是真的理解這實驗是做什麼，這實驗的數據是什麼意義(覺知學生學習效果)。

(三)培養學生批判思考能力

探究教學進行中，教師也會藉由故事、問題、訊息或線索的提出來刺激學生思考，或是運用諸如給予學生科學性文章、藉由同儕的發表與討論來發現自己錯誤等「促進學生批判思考」策略。

T2：我用的策略是合作學習，分組討論，分組發表，然後學習單，然後讓他們去想，去統整搜尋到的資料(探究教學多元策略)，最主要過程是討論，討論發表，我的重點放在論辯的地方……讓他們去討論去思考並說出我們這一組結果為什跟別人不一樣(促進學生批判思考)。

T2：我慢慢地讓學生理解知識的獲得不一定是去查書，或是上網，他們可以自己去想，去做實驗去得到數據和證據後去解釋，他們可以自己去創造(促進學生批判思考)。

T5：我會利用故事或問題激起學生的思考，引導學生去探究問題的核心或問題內容的癥結在那個地方(促進學生批判思考)。

(四)引發內在學習動機

進行探究教學，教師引起學生科學學習動機的策略，已不再侷限以個人教學魅力展現來引發學生外在動機，取而代之，藉由學生解決生活問題等生活經驗的聯結、強調動手做、活動的趣味性等引發學生學習的內在動機。

T7：盡量引導他能夠解決他生活上可能遇到的問題，或是讓學生針對生活中遇到的話題進行討論，他們會比較有興趣(引發內在學習動機)。

T1：……讓學生感受到老師的支持和

同學信任，感受到有團體支持他會促進他的學習動機(引發內在學習動機)。

T2：學生會很想老師給他們自信……他的發表、展現的資料，我給他立即的鼓勵或是口語上讚美，他就很高興，他就會越想要往下做這件事(引發內在學習動機)。

(五)考量探究教學品質

教師施行探究教學時對於教學品質也多關心，他們強調建立班級常規並要求活動進行的順暢性。教師進行探究教學前，若能先建立班級常規並據以規範學生，能增進其學習效率。教師對於表現良好的小組加以口頭讚美或加分、利用小組力量糾正個人行為或是對表現不佳的同學加強課後輔導，以維持探究活動進行的順暢。另外，藉由小組成員的互動討論，不僅讓學生感受到同儕的支持與信任，有了團體力量的督促也能維持探究活動進行時的秩序。

T3：教室常規很重要，不要讓教室變得很亂，亂的話上不了課，效果會大打折扣……我覺得要設計自己熟悉的教案並用自己的教案教學，然後要把常規建立好，這兩點很重要(設立規範影響探究教學品質)。

T5：小組表現好的話，我就記點，加分，上課不守秩序的，利用扣分方式讓小組去糾正他，用小組力量……小組的探究學習單如果沒有交的，中午來我輔導你寫，或是第八節課後，我再輔導你來寫(維持探究順利進行)。

此階段教師進行的科學教學，不再只強調知識的傳遞，必須以學習者的先備概念為基礎進行知識的再建構。另外，當教師實施傳統教學時設計的教案，大多只是將教科書內容改編為條列式的教學步驟，缺乏考量學生先備概念或整合自身教學理念。此階段教師展現的教案不再完全依照教科書脈絡加以編排，已考量自身教學需求並針對課程內涵與教學目標加以彈性調整，並能在不同的班級實施不同的主題與難度的探究教學。另一方面，教師教學策略趨向多元，除了採用各種探究教學模式外，也採用多種方式促進學生內在學習動機、覺知並檢驗學習成效、促進批判思考能力等。同時強調班級秩序的維持對於探究學習成效的重要性。

六、壓力與成果的衝突

(一)感受探究教學的壓力

教師實施探究教學，必須花費更多時間編寫教案、設計學習單，並引導學生進行探索活動或小組討論等。此外，傳統教學的評量方式多為紙筆測驗，評鑑的重點是學生對於知識記憶或演練的精熟程度。而探究教學的評量重點，則強調對於學生討論或發表等知識建構歷程的評量，此種評量多為質性觀點而非量化分數。因此，學生、家長、行政人員或教師本身，若以傳統觀點檢視學生在探究教學中的學習成就，可能會產生相對的質疑或擔憂，進而對教師進行的教學造成壓力。相關「探究教學的壓力」主要為時間問題、備課負擔、探究教學成效等，其他憂慮還包括：「探究教學能力不足」、「學生無法適應探究活動」、「質疑學生的學習成效」等。

T4：備課方面，需要花的時間比較

長，在時間上沒辦法配合(探究教學壓力)。

T3：……我覺得學生的成績真的是一個壓力的來源……(探究教學壓力)。

T5：轉化為探究教學，內心真的很掙扎，我這樣子教是不是符合探究教學精神(探究教學能力不足)？學生真得能夠理解？學生的學習會更好嗎？……設計的學習單學生懂嗎？教學流程學生能夠接受嗎(學生無法適應探究活動)？……他們有沒有認真在討論，成績有沒有進步(質疑學生學習成效)？

T3：我覺得我的探究教學不夠開放，我的探究還是不是很不體面(探究教學能力不足)？

(二)體驗探究教學的成果

進行不同於傳統教學模式的探究教學，教師雖然感受了探究教學的壓力，卻也體驗了探究教學的成果。此階段教師不再完全聚焦於學生的考試成績或班級排名，逐漸感受到學生在量化課業成績以外的傑出學習表現，例如學習科學的動機、熱烈的小組討論、文件發表能力、同儕溝通協調能力、學習單寫作等「學生多元能力提升」，而學生也「更喜歡科學」。而這些學生除了上述表現外，有關紙筆測驗等傳統量化的「學生學習成就表現」，也不輸其它以傳統教學爲主的班級。另外，教師也感受到自己在探究教案設計、提問、時間掌控、引導學生進行發問等「探究教學能力」有所提升。

T3：進行探究教學，學生讓我覺得最顯著的不同就是發表能力……他們進行小組討論後，他們會發表、會熱烈討論……寫作方面……對於學科知識內容的理解，用寫作的方式表達出來是我進行探究教學後才發現(學生多元能力提升)。

T2：我發現他們在探究、實驗、討論的過程中，學到很多知識以外的東西，不是為了把成績考好而已(學生學習的成長)。

T8：我自己學生的學習成就，一般的調適而言不會比較差……相反的這幾年我教出的學生，他們的成績都還滿不錯的(學生學習成就良好)。……我發現進行探究教學的小孩，他們比較喜歡科學(學生喜歡科學)。

T1：我覺得探究教學……教案的設計能力與對學生提問問題的能力，這兩部分自己的進步比較明顯(探究教學能力提升)。

T2：我覺得我已經擁有引導學生的能力……引導他們討論，引導他們發問，引導他們思考，幫助他們把以前的資料跟現在連結在一起(探究教學能力提升)。

T4：我做探究兩年多了，這兩年多來看到孩子的成長是我意想不到的(學生學習的成長)。

T9：對學生來講，他有學習的成功經驗，學生看到自己成長，所以他們想繼續這樣的探究活動(學生學習的成長)。

七、教學反思

教師在探究教學施行歷程中，針對知識觀進行反思，不斷吸取經驗並進行教學修

正，教師的教學反思影響了他們的知識觀轉變及教學實務轉變。此外，教師進行教學轉變，一方面必須面對相關的憂慮與壓力，另一方面卻也感受到學生多元能力提升及自我探究教學能力提升的教學成果，面對此種教學衝突，教師的教學信念必須強化，而教學反思也影響了信念的強化，並進一步促進教師願意持續進行探究教學。

T2：這過程中思考身為一個老師，我到底要給學生什麼(教學反思)？

T2：我覺得責任不在我身上，我認為我已經重新想清楚(教學反思)……教師就是一個協助者、一個媒介吧(教學反思—知識論轉變)，透過我的引導讓他們學會如何去學習、如何吸收很多的知識……把潛能激發出來，而不是只有課本上(教學反思—學科教學轉變)。

T2：我覺得我感受了科學本質(教學反思)……科學的東西沒有一定的答案(教學反思—知識論轉變)，我明確地跟學生講，你可以質疑我說的、質疑課本上……只要你有足夠的證據(教學反思—學科教學轉變)。

T6：接觸探究教學，我覺得探究教學是很好的自然科教學模式(教學反思)……我覺得探究教學對我來說是另一種層次，在教學層次上的突破(教學反思—信念強化)。我很贊同探究教學的理念……我還是會繼續實施我的探究教學(教學反思—信念強化—持續探究教學)。

T4：我覺得自己在當中也成長很多，科學課已不再那麼乏味和無趣，那也是讓我想要不斷去做的動力(教學反思—信念強化—持續探究教學)。

T3：就是因為看到學生的收穫很多啊，他在自己探究的過程中他會有很多的收穫、他會有很多的發現，他會覺得這種發現很好，所以我還是會繼續進行探究教學(教學反思—信念強化—持續探究教學)。

T9：對於我本身來講，也因為我有這樣成功的教學經驗，所以會持續經營這樣的活動(教學反思—信念強化—持續探究教學)。

八、支持系統

教師施行探究教學，在教學實務或信念上遭遇的阻礙，若沒有教學回饋或支持系統的鷹架，可能迫於現實環境而無法持續施行探究教學。資料分析發現，支持系統影響了教師的知識觀轉變及教學實務轉變，也強化了他們的教學信念，且支持他們願意持續進行探究教學。本研究中教師的支持系統主要來自於他們參加的研究群所營造的學習環境。

T4：整個研究團隊，博士班學長姐，給我們不斷鼓勵及實施上的方向(支持系統—信念強化)，尤其是在職老師，會給我們一些實際上的實例(支持系統—學科教學轉變)。

T3：遇到挫折以後，我們的研究群會議是一個很好的支柱(支持系統—信念強化)，因為你有問題，回去開會時學長姐可以分

享，應該怎麼解決比較好……他們建議他們實際遇過的(支持系統—學科教學轉變)。

T3：設計教案的過程，我遭遇到困難是不夠開放，因為我想學生可能不會寫，所以一開始設計是像填充題的回答方式，後來參考了研究群其他人的教案，我的教案才變得比較開放(支持系統—學科教學轉變)。

T1：參加研究群後，看了一些文獻，比較能夠理解一些精髓，是一個關鍵點(支持系統—知識論轉變)。

T6：研究群有博士班、碩士班的學長，他們會提供很多的經驗……慢慢的，一步一步的對探究教學產生想法(支持系統—知識論轉變)……對探究教學的理念也越來越清晰、越來越肯定，然後從傳統教學轉變成探究教學(支持系統—信念強化)。

T4：要讓老師一直保持探究教學的理念，整個研究群定期的開會是相當重要的，因為它給予一個持續不斷往前的動力(支持系統—信念強化)。如果沒有持續回來開會的話……你可能就會放棄了。如果你有回來，有這樣的伙伴跟你一起努力，你就會不斷的繼續往前做(支持系統—信念強化—持續探究教學)。

九、教學信念

教學信念是教師教學時對學科的認識、如何進行教學及學生應如何學習的看法。進行探究教學前，教師認爲學生學習的重點是解題與記憶，而後轉而重視學生的探究能力及對科學概念的理解。在專業成長歷程中，教師教學信念對於教學實務及知識論轉變居於重要的影響角色。此外，教學信念也在教學反思及支持系統的影響下得到強化，教學信念的強化是教師專業成長歷程的一個重要階段，它促成了教師願意繼續進行探究教學。

T6：我覺得理念很重要……你覺得探究教學對學生到底重不重要……這些探究能力對學生到底有沒有幫助，我覺得這些都是信念的問題(信念)。

T5：傳統教學老師的信念是要學生學習很多的解題，記憶很多的科學知識、科學原理(信念—知識論轉變)。探究教學老師的信念可能就不是這方面，他著重於學生是不是能夠去探索科學、探究科學，然後從探究去增強探究能力，然後從這裡面得到他想要、得到一些科學概念，或者是科學知識(信念—知識論轉變)……老師的信念是如此，教學方向就會朝這個地方去進行，其他外在的壓力對你來講影響就會比較小(信念—衝突)。

T6：我覺得最重要的是老師的信念。老師的信念是正確的，或者是你對這樣的教學模式有很深的信念(信念)。……這個東西他都可以去克服的(信念—衝突)，因為你的信念決定學生要從哪個方向去學習科學，你的信念也決定學生要學習怎麼樣的內容(信念—學科教學轉變)。

探究教學專業成長的文獻指出了科學教師關於教學信念或概念的改變(如科學、學生、教學等；Kazempour, 2009)，或是關於學科知識、探究策略與技巧的變化(Lotter, Harwood, & Bonner, 2006)，這些研究結果提示了在探究教學專業成長的過程中，必須重視教師教學信念的轉變及教學實務的展現。而本研究發現也指出了教師的思考(信念、知識論等)及學科教學的變化。

在實施探究教學前，大多數的科學教師擁有邏輯實證主義觀點，視科學知識是真實存在的真理，教師的任務是傳導課本的學科知識，並以傳導式教學模式進行教學。當個案教師在課室中實施探究教學，他們的邏輯實證觀點漸漸轉換爲建構主義，體認科學本質的變動性並重視學生自行建構有意義知識的重要性。造成教師教學轉換的原因，源自於個案教師們從小到大的學習經驗以及專業學術課程的教導，使得個案教師認同探究教學。相關研究指出，課堂中的教導如：文獻閱讀與討論、同儕互動、教師示範有效的探究教學等，都能幫助教師建立探究教學的概念(Bhattacharyya et al., 2009; Kazempour, 2009)。但是有關教師過去的學習經驗能影響其探究教學概念的養成，則較少提及。

隨著教師思考(信念、知識論等)的改變，教師的學科教學漸能展現多元及彈性的特質，特別是在教案設計及教學模式方面。相關文獻指出，對於教師探究教學的專業成長，必須重視教案設計及多元探究教學策略的展現(Wee, Shepardson, Fast, & Harbor, 2007)，有了這些知能才能順利的在課室中進行探究教學。本研究個案教師都有豐富的教學經驗，當他們真正理解探究及探究教學的理念後，在他們原有教學經驗的基礎下運用多元方式並展現於探究教學中。在教師的成長過程中，我們也看到個案教師的教案設計能以學生的學習爲本，重視批判能力的養成與內在學習動機的引發，並能考量如何維持探究教學的品質。

研究結果亦顯示，許多教師在實施探究教學時面臨兩難的抉擇，這些困境包含：對於探究本質的不夠理解、對於各種探究教學策略的欠缺(Anderson, 2002)，Kazempour (2009)也指出，個案教師感覺欠缺支持，缺乏時間、資源及彈性。本研究的個案教師也同樣面對時間、備課負擔、承擔探究教學成效等壓力。另一方面，他們也體驗了透過探究教學，學生的學習表現超乎教師的想像。在兩難抉擇的情境下，爲何個案教師仍願意持續進行探究教學？研究者認爲，兩難情境的面對促進了教師運用自己的教學信念進行判斷，並決定了探究教學的實施是可再努力的方向。此外，這些教師有良好的反思能力及很好的支持系統(同儕或研究群夥伴的支持)，在這兩個重要因素影響下，讓教師能解決在探究教學進行中面臨的難題與挫折，也強化其教學信念而更願意實施探究教學。由此可見，教師信念的強化在歷程中居於關鍵的階段，它除了影響了知識論及學科教學的轉變，也進一步支持其繼續進行探究教學，此機制使得個案教師能由傳統教學成功的轉化到探究教學。

Wee等(2007)曾探討5位在職教師參與探究教學專業成長課程(重視探究與探究教學)後，其探究與探究教學的轉變。結果顯示，雖然該5位教師的探究教學設計能力增加，評量方式也較多元，但是其課室教學實務的展現並沒有特別符合探究教學的特質，他們的探究觀點也沒有太多的轉變。Bhattacharyya等(2009)指出，教師參與探究教學專業成長課程確實可增進其探究教學信念，但是唯有持續的在課室中實施探究教學，方能強化與固化教師的探究教學信念。

這些文獻支持了本研究發現，研究中的個案教師必須不斷的實施探究教學進而強化其教學信念，而教學信念的強化又支持了教師在面臨兩難抉擇時願意持續實施探究教學。本研究中10位個案科學教師能成功的進行教學轉化，在於其對探究教學的知識論、教學信念及學科教學展現等，彼此相互影響，並成爲一個好的轉換機制。這樣的研究發現也驗證了Crawford (2007)的研究結果，提出了教師的教學信念群(對探究、教學、學習、知識論等)影響其對探究的理解及是否願意落實探究教學於課室中。

本研究對於科學教師探究教學專業成長歷程的相關階段與影響因子，整理如圖1

伍、結論與建議

一、研究結論

(一)以往師資培育者在建構教師專業成長方案時，多以理論爲基礎並將促進教師成長的關鍵元素設計於方案中，如Shepardson與Harbor (2004)以建構論及社會建構論等學習原理爲基礎，強調教師進行討論、反思、詮釋學習意義的歷程以促進教師對探究教學的理解及實施探究教學的能力。Howe與Stubbs (1996)則以建構主義／社會文化模式爲基礎，建構科學教師、科教學者與科學家聯繫並分享知識的支持網絡，讓教師建構自己的學科教學知識以運用在課室中。本研究進行的重點，並非以理論或學習模式

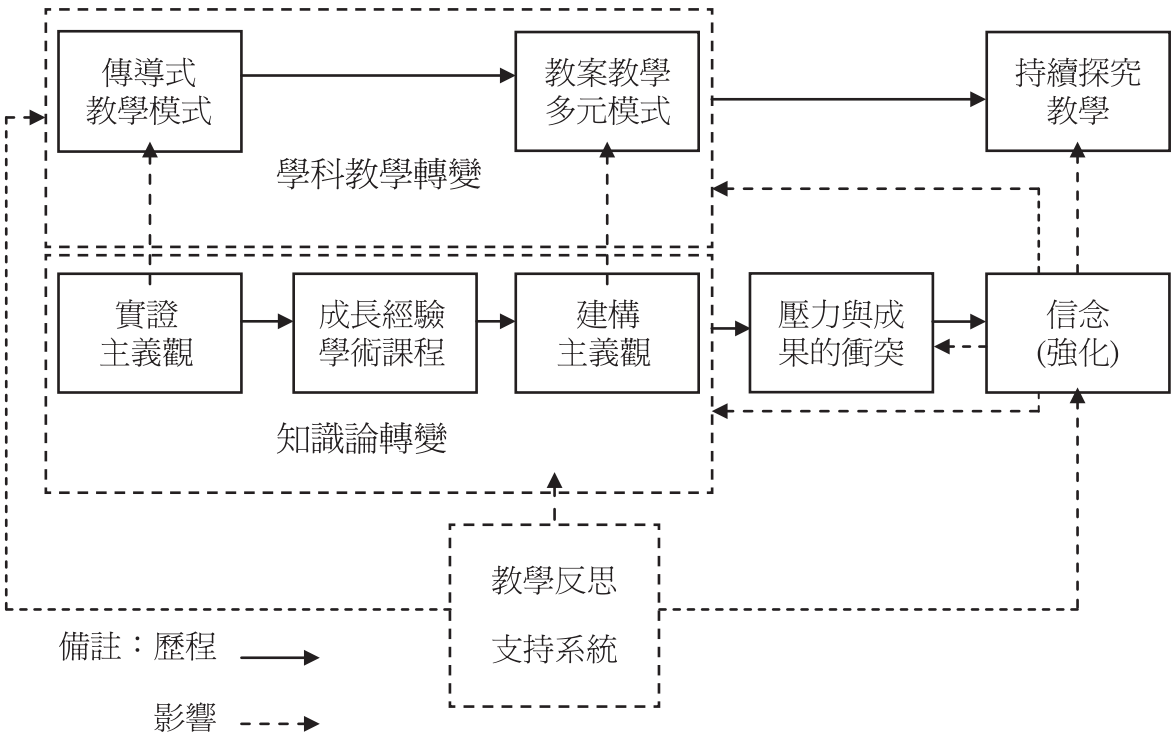

圖1：科學教師探究教學專業成長歷程

爲本以促進科學教師的專業成長，而是透過紮根分析，以資料歸納方式建構10位科學教師的探究教學專業成長歷程。

(二)我們的研究發現，科學教師探究教學的專業成長歷程中，教師的專業成長以二個面向同時進行。在學科教學方面，他們由傳導式教學模式轉變到能設計彈性的教案並展現多元模式的教學。在知識論方面，專業成長前個案教師對知識與教學多持實證主義觀，在體驗了成長經驗及學術課程教導的觸動下，漸漸轉向建構主義觀。且教師的知識論影響了他們的學科教學的轉變。在轉變過程中，教師雖然面對教學壓力，卻也體認探究教學的成果，而教師信念的強化在歷程中居於關鍵的階段，它不僅弭平了衝突、影響了知識論及學科教學的轉變，進一步支持他們持續進行探究教學。而整個專業成長歷程中，教學反思及支持系統則居於重要影響因子。

(三)本研究描繪的教師成長歷程，除了印證相關研究者(Howe & Stubbs, 1996; Shepardson & Harbor, 2004)在其設計之成長方案中提供的元素如：討論、反思、同儕互動、鷹架等對於教師專業成長的有效性外，本研究更強調在一個完整的專業成長歷程中，這些重要關鍵元素的設計與呈現缺一不可。

(四)本研究發現，教師教學反思、支持系統等因子，是科學教師由傳統教學到探究教學的轉變過程中，影響教師成功經歷探究教學專業成長的重要因素。相關的研究也強調，促進教師反思、強化教師信念、提供教師支持等因素影響教師專業成長的重要性(陳均伊、張惠博，2008；Mouza, 2002; Wlodkowski, 2003; Yager, 2005)。這些論點除了支持本研究發現外，本研究更清楚指出，教師反思及支持系統分別影響了歷程中的那些階段。

(五)本研究指出，科學教師探究教學的專業成長歷程有階段性。Mezirow (1978)的轉化學習理論指出的成人學習轉變的階段性支持了本研究觀點，而相關研究學者(張景媛等，2002；Mezirow)所闡述關於成人學習的幾個關鍵歷程，如：自我檢視、經驗聯結與審視、異化與重建、建立信心與經驗新角色等，也與本研究發現，如「成長經驗體驗及學術課程教導」、「壓力與成果的衝突」及「信念強化」等階段相呼應。

二、研究建議

關於促進教師專業成長方案的設計，研究學者強調在規劃的方案中整合有效的方法策略以促進教師成長。例如：黃凱旻與金鈴(2003)利用教案討論與課堂教學觀察來增進教師的教學反思，而Fetters等(2002)則透過模仿優良的探究教學來增強教師對於探究教學的信念與信心。但是，研究者認爲，相關學者所設計的成長方案，大多只注意到策略提供，並無考量教師成長歷程的階段性。研究者認爲，探究教學的專業成長必須依不同階段提供教師不同的學習經驗、內涵或素材。在探究教學的初學習階段，可由師資培育者針對知識論及教學信念進行討論及體認；嘗試進行探究教學階段，必須依教學實務的進行提供如探究教學教案、探究教學課室教學錄影、探究課室困難的實際解決建議等具體素材，以增進其學科教學能力；而專業成長後期，應提供機會讓他們在研究群中貢獻其所開發的素材與教學經驗，持續協助新進教師進行專業成長，以成就其專業成長的成就感。

本研究認爲科學教師的探究教學專業成長歷程有階段性，由圖1的圖示也指出了各階段的歷程與影響。然而，一個階段的不成功是否會影響下一階段的進行？成長階段是否可予以對調？這些問題須要設計相關研究加以探討。本研究發現，教學反思及支持系統是教師專業成長的重要因子，影響了他們的知識論及學科教學轉變，並強化了其教學信念。然而，是支持系統營造了教學反思的環境？或是教學反思促進支持系統的建立與維持？二者的關係須進一步探討。且支持系統如何促進了教師的專業成長，該議題也值得深入研究。

本研究所選取的樣本是成功達成探究教學轉變之科學教師，而此模式對於其他教師之適用性與應有的修正仍須進行後續的探討。另一方面，本研究無法針對10位科學教師的成長歷程逐一進行長時間的觀察與記錄以蒐集當下的資料，僅能於其成長過程中擇適當時機進行晤談，資料的獲得可能存有受測者的反思或回溯其成長經驗的成份，以此描繪教師的專業成長歷程，相關資料的蒐集方式是本研究的研究限制。

誌謝

本論文完成，感謝行政院國家科學委員會計畫(NSC 97-2511-S-018-008-MY3)經費的支助，特此致謝。

參考文獻

1. 佘曉清(1999)。生物教師的教學信念、教學、與師生互動——個案研究。**科學教育學刊**，**7**(1)，35-47。
2. 李婉玲(2005)。**教師發展——理論與實踐**。臺北市：五南。
3. 李源順、林福來(1998)。校內數學教師專業發展的互動模式。**師大學報：科學教育類**，**43**(2)，1-23。
4. 周進洋、陳雪瑜(1997)。教師專業成長的自覺：教學錄影帶在反省式思考的功能。**科學與教育學報**，**1**，259-282。
5. 段曉林(1996)。學科教學知識對未來師資培育上的啓示。**第一屆數理教學及師資培育學術研討會論文彙編**(頁118-143)。彰化市：國立彰化師範大學。
6. 胡幼慧(1996)。**質性研究：理論、方法及本土女性研究實例**。臺北市：巨流。
7. 張世忠(2000)。多元智慧與建構教學之統整及應用。**中等教育雙月刊**，**51**(6)，124-135。
8. 張世忠(2003)。**建構取向教學——數學與科學**。臺北市：五南。
9. 張淑玲、林福來(2001)。一位實習教師的專業社會化歷程。**師大學報：科學教育類**，**46**(1-2)，65-88。
10. 張景媛、呂玉琴、何縕琪、吳青蓉、林弈宏(2002)。多元思考教學策略對國小教師數學教學之影響暨教師專業成長模式之建構。**教育心理學報**，**33**(2)，1-22。
11. 教育部(2003)。**國民中小學九年一貫課程綱要**。臺北市：作者。
12. 教育部(2007)。**九年一貫課程標準：自然與生活科技學習領域**。臺北市：作者。
13. 陳均伊、張惠博(2008)。一位化學老師實施探究教學的歷程與省思之個案研究——以「火山爆發」教學活動爲例。**師大學報：科學教育類**，**53**(2)，91-123。
14. 陳忠志、Taylor, P. C., & 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。
15. 陳佩英(2008)。從培力的對話觀點探討教師的專業成長。**高雄師大學報**，**24**，21-48。

16. 曾志華、張靜嚞(2006)。一位高職數學教師的教學專業成長歷程。**師大學報：科學教育類**，**51**(1-2)，55-82。
17. 黃凱旻、金鈐(2003)。一個輔導中學數學實習教師教學概念轉變的行動研究。**師大學報：科學教育類**，**48**(1)，23-46。
18. 黃富順(2000)。**成人心理與學習**。臺北市：師大書苑。
19. 楊凱琳、林福來(2006)。探討高中數學教學融入建模活動的支撐策略及促進參與教師反思的潛在機制。**科學教育學刊**，**14**(5)，517-543。
20. 甄曉蘭、周立勳(1999)。國小教師數學教學信念及其相關因素之探討。**課程與教學季刊**，**2**(1)，49-68。
21. 蔡執仲、段曉林、靳知勤(2007)。巢狀探究教學模式對國二學生理化學習動機影響之探討。**科學教育學刊**，**15**(2)，119-144。
22. 戴維揚(2004)。教師專業成長與教育改革。收錄於中國教育學會、中華民國師範教育學會(編著)，**教育專業成長問題研究**(頁73-92)。臺北市：學富文化。
23. 顏弘志、段曉林(2006)。建構主義取向教學的實踐：一位國小自然科教師信念、教學實務的改變。**科學教育學刊**，**14**(5)，571-595。
24. Jarvis, P. (2002)。**成人及繼續教育：理論與實務**(*Adult and continuing education: Theory and practice*；許雅惠譯)。臺北市：五南。(原作出版於1995)
25. Abd Rahman, F., & Scaife, J. A. (2006). Assessing preservice teachers' pedagogical content knowledge using a 'bricolage' approach. *The International Journal of Learning*, *12*(10), 81-92.
26. Abd-Ei-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Manlok-Naaman, R., Hofstein, A., et al. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, *88*(3), 397-419.
27. Anderson, R. D. (2002). Reforming science teaching. What research says about inquiry? *Journal of Science Teacher Education*, *13*(1), 1-12.
28. Ball, D. L., & Cohen, D. K. (1999). Developing practice, developing practitioners: Toward a practice-based theory of professional education. In L. Darling-Hammond & G. Sykes (Eds.), *Teaching as the learning profession: Handbook of policy and practice* (pp. 3-32). San Francisco, CA: Jossey Bass.
29. Bhattacharyya, S., Volk, T., & Lumpe, A. (2009). The influence of an extensive inquiry-based field experience on pre-service elementary student teachers' science teaching beliefs. *Journal of Science Teacher Education*, *20*(3), 199-218.
30. 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.
31. Bryan, L. A., & Abell, S. K. (1999). Development of professional knowledge in learning to teach elementary science. *Journal of Research in Science Teaching*, *36*(2), 121-139.
32. Buehl, M. M., & Alexander, P. A. (2001). Beliefs about academic knowledge. *Educational Psychology Review*, *13*(4), 385-418.
33. Clark, C. M. (1988). Asking the right questions about teacher preparation: Contributions of research on teacher thinking. *Educational Researcher*, *17*(2), 5-12.
34. Cleminson, A. (1990). Establishing an epis-

temological base for science teaching in the light of contemporary notions of the nature of science and of how children learn science. *Journal of Research in Science Teaching*, *27*(5), 429-445.

35. Conway, P. F. (2001). Anticipatory reflection while learning to teach: From a temporally truncated to a temporally distributed model of reflection in teacher education. *Teaching and Teacher Education*, *17*(1), 89-106.
36. Crawford, B. A. (2000). Embracing the essence of inquiry: New roles of science teacher. *Journal of Research in Science Teaching*, *37*(9), 916-937.
37. Crawford, B. A. (2007). Learning to teach science as inquiry in the rough and tumble of practice. *Journal of Research in Science Teaching*, *44*(4), 613-642.
38. Cronin-Jones, L. L. (1991). Science teaching beliefs and their influence on curriculum implementation: Two case studies. *Journal of Research in Science Teaching*, *28*(3), 235-250.
39. Darling-Hammond, L., Wei, R. C., Andree, A., Richardson, N., & Orphanos, S. (2009). *Professional learning in the learning profession: A status report on teacher development in the United States and abroad*. Retrieved September 19, 2010, from http://www.nsdc.org/news/NSDCstudy2009.pdf
40. Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E., & Scott, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, *23*(7), 5-12.
41. Fetters, M. K., Czerniak, C. M., Fish, L., & Shawberry, J. (2002). Confronting challenging and changing teachers beliefs: Implications from a local systemic change professional development program. *Journal of Science Teacher Education*, *13*(2), 101-130.
42. Glaser, B. G., & Strauss, A. L. (1967). *The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research*. Chicago: Aldine.
43. Glazer, E. M., & Hannafin, M. J. (2006). The collaborative apprenticeship model: Situated professional development with in school settings. *Teaching and Teacher Education*, *22*(2), 179-193.
44. Grossman, P. L., Wilson, S. M., & Shulman, L. S. (1989). Teachers of substance: Subject matter knowledge for teaching. In M. C. Reynolds (Ed.), *Knowledge base for the beginning teacher* (pp. 22-36). New York: Pergamon.
45. Hanley, P., Maringe, F., & Ratcliffe, M. (2008). Evaluation of professional development: Deploying a process-focused model. *International Journal of Science Education*, *30*(5), 711-725.
46. Hashweh, M. Z. (1996). Effects of science teachers' epistemological beliefs in teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, *33*(1), 47-63.
47. Hodson, D., & Hodson, J. (1998). From constructivism to social constructivism: A Vygotskian perspective on teaching and learning science. *School Science Review*, *79*(289), 33-41.
48. Hofstein, A., Carmeli, M., & Shore, R. (2004). The professional development of high school chemistry coordinator. *Journal of Science Teacher Education*, *15*(1), 3-24.
49. Howe, A. C., & Stubbs, H. S. (1996). Empowering science teachers: A model for pro-

fessional development. *Journal of Science Teacher Education*, *8*(3), 167-182.

50. Howitt, C. (2007). Pre-service elementary teachers' perceptions of factors in an holistic method course influencing their confidence in teaching science. *Research in Science Education*, *37*(1), 41-58.
51. Jeanpierre, B., Oberhauser, K., & Freeman, C. (2005). Characteristics of professional development that effect change in secondary science teachers' classroom practices. *Journal of Research in Science Teaching*, *42*(6), 668-690.
52. Kazemi, E., & Hubbard, A. (2008). New directions for the design and study of professional development: Attending to the coevolution of teachers' participation across contexts. *Journal of Teacher Education*, *59*(5), 428-441.
53. Kazempour, M. (2009). Impact of inquiry-based professional development on core conceptions and teaching practices: A case study. *Science Educator*, *18*(2), 56-68.
54. Keys, C. W., & Bryan, L. A. (2001). Co-constructing inquiry-based science with teachers: Essential research for lasting reform. *Journal of Research in Science Teaching*, *38*(6), 631-645.
55. Kim, M. C., Hannafin, M. J., & Bryan, L. A. (2007). Technology-enhanced inquiry tools in science education: An emerging pedagogical framework for classroom practice. *Science Education*, *91*(6), 1010-1030.
56. Lincoln, Y. S., & Cuba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. Newbury Park, CA: Sage.
57. Lotter, C., Harwood, W. S., & Bonner, J. J. (2006). Overcoming a learning bottleneck: Inquiry professional development for secondary science teachers. *Journal of Science Teacher Education*, *17*(3), 185-216.
58. Luft, J. A. (2001). Changing inquiry practices and beliefs: The impact of an inquiry-based professional development programme on beginning and experienced secondary science teachers. *International Journal of Science Education*, *23*(5), 517-534.
59. Magnusson, S. J., & Palincsar, A. M. (1995). The learning environment as a site of science education reform. *Theory into Practice*, *34*(1), 43-50.
60. Maor, D., & Taylor, P. C. (1995). Teacher epistemology and scientific inquiry in computerized classroom environments. *Journal of Research in Science Teaching*, *32*(8), 839-854.
61. Melber, L. M., & Cox-Petersen, A. M. (2005). Teacher professional development and informal learning environments: Investigating partnerships and possibilities. *Journal of Science Teacher Education*, *16*(2), 103-120.
62. Mezirow, J. (1978). Perspective transformation. *Adult Education Quarterly*, *28*(2), 100-110.
63. Mouza, C. (2002). Learning to teach with new technology: Implications for professional development. *Journal of Research on Technology in Education*, *35*(2), 272-290.
64. National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
65. National Science Teachers Association. (2010). *Professional development committee on profes-*

sional development literature and resources. Retrieved September 19, 2010, from http://www.nsta.org/pd/

66. Novak, J. D. (1988). Learning science and the science of learning. *Studies in Science Education*, *15*(1), 77-101.
67. Schuck, S. (2003). The use of electronic question and answer forums in mathematics teacher education. *Mathematics Education Research Journal*, *5*, 19-31.
68. Schulz, R., & Mandzuk, D. (2005). Learning to teach, learning to inquire: A 3-year study of teachers' candidates' experiences. *Teaching and Teacher Education*, *21*(3), 315-331.
69. Shepardson, D. P., & Harbor, J. (2004). Envision: The effectiveness of a dual-level professional development model for changing teacher practice. *Environmental Education Research*, *10*(4), 471-492.
70. Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, *15*(2), 4-14.
71. Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Education Review*, *57*(1), 1-23.
72. Strauss, A. L. (1987). *Qualitative analysis for social scientists*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
73. Strauss, A. L., & Corbin, J. M. (1990). *Basics of qualitative research: Grounded theory procedures and techniques*. Thousand Oaks, CA: Sage.
74. Strauss, A. L., & Corbin, J. M. (1998). *Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded theory*. Thousand Oaks, CA: Sage.
75. Sunal, D. W., & Sunal, C. S. (1992). The impact of network communication technology on science teacher education. *Journal of Computers in Mathematics and Science Education*, *11*(2), 143-153.
76. Supovitz, J. A., Mayer, D. P., & Kahle, J. B. (2000). Promoting inquiry-based instructional practice: The longitudinal impact of professional development in the context of systemic reform. *Educational Policy*, *14* (3), 331-356.
77. Trowbridge, L. W., & Bybee, R. W. (1986). *Becoming a secondary school science teacher*. Columbus, OH: Merrill.
78. Tsai, C.-C. (2002). Nested epistemologies: Science teachers' beliefs of teaching, learning and science. *International Journal of Science Education*, *24*(8), 771-783.
79. Tuan, H. L., & Wen, M. C. (2005, November). *The development of an inquiry teaching efficacy questionnaire*. Paper presented at the International Conference of Authentic Science and Mathematics (Teacher) Education in the Netherlands and Taiwan. Hsinchu, Taiwan.
80. van der Valk, T., & de Jong, O. (2009). Scaffolding science teachers in open-inquiry teaching. *International Journal of Science Education*, *31*(6), 829-850.
81. van Driel, J. H., Beijaard, D., & Verloop, N. (2001). Professional development and reform in science education: The role of teachers' practical knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, *38*(2), 137-158.
82. van Driel, J. H., Verloop, N., & de Vos, W. (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of*

Research in Science Teaching, *35*(6), 673-695.

83. Vygotsky, L. S. (1962). *Thought and language*. Cambridge, MA: MIT Press.
84. Wallace, C. S., & Kang, N.-H. (2004). An investigation of experienced secondary science teachers' beliefs about inquiry: An examination of competing belief sets. *Journal of Research in Science Teaching*, *41*(9), 936-960.
85. Wee, B., Shepardson, D., Fast, J., & Harbor, J. (2007). Teaching and learning about inquiry: Insights and challenges in professional development. *Journal of Science Teacher Education*, *18*(1), 63-89.
86. Windschitl, M. (2003). Inquiry projects in science teacher education: What can investigative experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom practice? *Science Education*, *87*(1), 112-143.
87. Wlodkowski, R. J. (2003). Fostering motivation in professional development programs. *New Directions for Adult and Continuing Education*, *98*, 39-48.
88. Wolf, S. J., & Fraser, B. J. (2008). Learning environment, attitudes and achievement among middle-school science students using inquiry-based laboratory activities. *Research in Science Education*, *38*(3), 321-341.
89. Yager, R. E. (2005). Accomplishing the visions for professional development of teachers advocated in the national science education standards. *Journal of Science Teacher Education*, *16*(2), 95-102.
90. Zacharia, Z. (2003). Belief, attitudes, and intentions of science teachers regarding the educational use of computer simulations and inquiry-based experiments in physics. *Journal of Research in Science Teaching*, *40*(8), 792-823.

科學教育學刊
2011, 第十九卷第二期, 143-168

Chinese Journal of Science Education
2011, 19(2), 143-168

The Process of Teachers' Inquiry Teaching Professional Development – The Perceptions of 10 Experienced Junior-High Science Teachers

Chung-Hsien Tseng[1], Hsiao-Lin Tuan[1,*] and Chi-Chin Chin[2]

[1]Graduate Institute of Science Education, National Changhua University of Education
[2]Department of Science Application and Dissemination, National Taichung University

Abstract

The purpose of this study is to explore the perceptions of 10 experienced junior-high science teachers concerning their learning experiences with inquiry teaching, and the perceptions of their own professional development. An ITEQ questionnaire and semi-structured interview were used for data collection and a grounded theory method used for analysis. The findings indicate that there are two dimensions of the process of inquiry teaching professional development, including epistemology and teaching practice transformation. These case teachers changed their epistemology from positivism to constructivism based on their previous learning experience and their experience of the course. After the case teachers changed their epistemology, they increased their flexibility in designing inquiry lesson plans and in their inquiry teaching repertoire. While implementing inquiry lessons, these teachers still faced a dilemma concerning student learning outcomes vs. pressures from school, but their teaching beliefs, reflections and support systems were critical factors reinforcing their persistence in implementing inquiry teaching.

Key words: Inquiry, Inquiry Teaching, Teacher Professional Development, Grounded Theory

* Corresponding author: Hsiao-Lin Tuan