

學科教學知識的內涵與發展歷程： 以三位國小自然與生活科技資深專家教師為例

陳國泰*

摘要

本研究針對三位國小自然與生活科技資深專家教師，深入探討其學科教學知識的內涵與發展歷程。研究方法採質化研究取向，蒐集資料的方式包括自然觀察、深度訪談及文件分析。經過一年半的探究，本研究獲得幾個主要的研究發現：一、國小自然與生活科技資深專家教師學科教學知識的內涵包括「教學信念」、「教學目標知識」、「學科知識」、「學生知識」、「課程知識」及「一般教學法知識」；二、國小自然與生活科技資深專家教師的學科教學知識之發展歷程：（一）國小自然與生活科技資深專家教師的學科教學知識內涵間之相互理解歷程，即為其學科教學知識發展的歷程；（二）國小自然與生活科技資深專家教師深受早年受教經驗之影響，許多學科教學知識皆從省思過往經驗中發展而來；（三）國小自然與生活科技資深專家教師從省思受教經驗中發展而來的學科教學知識，在經由學生的正面回饋後而進一步受到強化；（四）國小自然與生活科技資深專家教師的學科教學知識不斷從在職進修、擔任師院教授的國科會研究助理與國教輔導團輔導員，以及教師成長團體中獲得發展。

關鍵字：國小自然與生活科技、資深專家教師、學科教學知識、發展

責任編輯：林志成

投稿日期：2006年5月13日，2006年12月18日修改完畢，2006年12月20日通過採用

* 陳國泰，文藻外語學院師資培育中心副教授兼教務長，E-mail: 93040@mail.wtuc.edu.tw

學科教學知識的內涵與發展歷程： 以三位國小自然與生活科技資深專家教師為例

壹、緒論

一、研究緣起

西元一九八三年，筆者開始接受師專五年的教育，其間對於自然科學尤感興趣，乃於師專後兩年選讀自然科學組，繼續鑽研較高深的自然科學理論。結業後，帶著興奮的心情進入小學，希望能與學生分享與探討有趣的自然科學知識。可是，令筆者頗感詫異的是，學生除了對於筆者講授的內容難以理解外，對於學習自然科學亦似乎顯得興趣缺缺；而當自己試圖運用過去所學的教學理論與教材教法知識去突破困境時，竟只知道一些教學的普遍性原理原則，而不知道如何應用有效的策略去改善情況，令自己深感挫折。

在困頓之際，筆者深深體會到：光有學科知識，而沒有轉化這些學科知識讓學生容易吸收的能力，的確是無法有效進行教學的。另外，由於受到上述「現實震撼」(reality shock)的衝擊，強烈感受到過去所學的教學理論與教材教法知識不切實際，因此對學院派的相關教育學理均極為鄙視，而寧願相信自己能從教學現場找出因應的對策。然而，開學之後的七個月時間，雖然自己試圖改變原有的教學模式，但筆者的自然科教學卻一直陷入在沒有效率而無趣的泥淖當中。直到當學年度的「教師自強活動」(按：即教師的校外參觀旅遊)，有機會與校內一位擔任自然科教學的資深教師長談，而讓筆者的自然科教學有了轉機。該位資深教師建議筆者不妨先了解學生之前學習該科的方式，並且「盡量用學生可以理解的比喻方式來代替科學的術語或概念」。就這樣，筆者開始調整自己的教學方式，並接受該位資深教師的建議，亦即盡量將課本中的重要科學概念，以學生在日常生活中接觸過的人事物作比喻來進行教學。幾次上課下來，雖然筆者仍然無法確切得知學生是否已有效理解教學內容，但至少發現上課的氣氛變得比之前輕鬆，學生的學習興趣亦明顯提升，而師生間的互動也變得更加友好而頻繁。由於這個小小的改變而帶來如此豐盛的收穫，著實令筆者受到莫大的鼓舞，於是讓筆者在往後幾年的教學過程中，都不斷從自己的教學現場中思考如何改進教學，以讓學生和自己都能從教與學的過程中獲得精神上的滿足。

事實上，從國內外許多文獻中發現，新手（初任）教師在剛面對全新的教學情境時，大都和筆者一樣有「現實震撼」的情形產生（如：林生傳，1993；張芬芬，1984；Hammerness, 2003; Smyth, 1992; Veenman, 1987），且往往大嘆「理論無用論」，此時，若能參考有經驗的資深專家教師之教學知識，其教學知識與技巧或許能有效與快速地發展。再者，許多研究亦已指出，有經驗的專家教師的確具備較好的轉化學科知識之能力（張靜儀，1997，2001；陳國泰、曾佳珍，

2005；O'Byrne, Clark, & Malakuti, 1997; Clermont, Borko, & Krajcik, 1994），且這種轉化學科知識的能力足以融合學科知識與一般教學知識，使教師知道如何針對學生的能力與興趣而對學科特定的主題或問題予以組織、呈現及調整，以利教學之進行。這種知識，Shulman（1986）首先稱之為「學科教學知識」（pedagogical content knowledge，簡寫為 PCK），而之後的 McDiarmid、Ball 及 Anderson（1989）與 Marks（1990）則分別稱之為「特定學科教學知識」（subject-specific cognitional knowledge）與「特定內容教學知識」（content-specific pedagogical knowledge）；惟不論是「特定學科教學知識」或是「特定內容教學知識」，其意旨皆與「學科教學知識」相同，皆指教師能將自己的學科知識轉換成學生能吸收理解與瞭解學科本質的一種知識。是故，有經驗的自然與生活科技專家教師除了具備充足的學科知識外，亦深知各種有效的教材教法知識，更知道如何在真實的教學情境中將這些教材教法知識轉化成具體的教學策略，而使學生易於理解學科內容與瞭解學科本質。據此，吾人若能一窺有經驗的國小自然與生活科技專家教師之學科教學知識內涵及其發展歷程，將得以協助新手教師發展其學科教學知識；此念頭，多年來不斷牽掛於心中。

二、研究目的

根據前述，本研究試圖針對三位教學經驗豐富的國小自然與生活科技專家教師的教學進行分析，以探討其具有哪些學科教學知識內涵，同時探討該學科教學知識的發展歷程。

貳、相關文獻的探討

一、學科教學知識的意義與內涵

（一）學科教學知識的意義

Shulman（1986）乃第一位提出「學科教學知識」觀點的研究者，其認為學科教學知識係指教師針對某學科的特定主題，在配合學生的學習能力與興趣之條件下，將該問題用學生最有效吸收的方式來傳達給學生的一種知識。其後，雖然亦有多位研究者提出論述，惟觀點皆大同小異。歸納多位研究者的觀點（Cochran, King, & DeRuiter, 1991; Grossman, Wilson, & Shulman, 1989; Gudmundsdottir, 1991; Marks, 1990; Reynolds, 1992; Shulman, 1986），所謂學科教學知識，是指教師為有效將特定學科內容傳授給學生，讓學生輕易理解學科內容，而融合學科內容知識、課程知識、教學法知識、學生知識、情境知識和其他相關知識，以將該特定學科內容予以組織及調整，並透過解釋、示範、比喻、舉例等教學策略來呈現給學生學習的一種教學知識。

（二）學科教學知識的內涵

Shulman（1986）不僅是第一位提出「學科教學知識」觀點的研究者，其更指出學科教學知識的二大內涵：學科知識與教學法知識。在 Shulman（1986）提出學科教學知識的二大內涵後，許多研究者亦提出自己之觀點，惟各家所提之學科教學知識內涵，雖彼此有所差異，但皆以「學科知識」與「教學法知識」為主軸，並將「教學法知識」再加以分解與擴充，例

如增加學科或教學信念（李曉萱，2001；張靜儀，2001；劉怡亭，2000；Loughran, Gunstone, Berry, Milroy, & Mulhall, 2000）、教學目標知識（陳桂蘭，2002；謝建國，2001；Grossman & Richert, 1988）、學生知識（林靜萍，2004；段曉林，1996；孫敏芝，2006；蔡添財，2004；Loughran, Gunstone, Berry, Milroy, & Mulhall, 2000；Marks, 1990）、課程知識（邱憶惠，1996；段曉林，1996；Magnusson, Krajcik, & Borko, 1999；Wilson, Shulman, & Richert, 1987）及教學情境知識（孫敏芝，2006；張靜儀、戴翠華，2003；蔡添財，2004；陳曉雯，2004；Cochran, DeRuiter, & King, 1993；Grossman & Richert, 1988；Loughran, Gunstone, Berry, Milroy, & Mulhall, 2000）等，而使教師的學科教學知識之內涵包括教師的學科或教學信念、教學目標知識、學科知識、一般教學法知識、學生知識、課程知識及情境知識等。

既然教師的學科教學知識包含上述多種類別知識，在研究過程中，筆者即可從這些層面逐一探究其發展歷程；統整分析之後，即可描繪出其學科教學知識發展的輪廓。

二、學科教學知識的特性與研究方法

從上述有關學科教學知識的意義及內涵之探討中，事實上已或多或少顯現出學科教學知識的特性；而綜合國內外許多有關教師知識的研究（陳美玉，1996；陳國泰，2000；Carter, 1992；Elbaz, 1983；Grossman, Wilson, & Shulman, 1989；Reynolds, 1992；Shulman, 1986），發現教師知識具有下列幾點特性，而這些特性，亦可視為學科教學知識的特性：（一）呈現個人化的特性；（二）具有經驗性與反省性的特性；（三）具有實用性的特性；（四）是從許多具體教學事件中建構而來。

了解學科教學知識的特性之後，有助於吾人在研究學科教學知識時之取向與方法的選擇。例如，教師的學科教學知識既然呈現個人化的特徵，那麼在從事研究時，就應該多由教師敘說其教學的理想、信念與價值觀；又如教師的學科教學知識不但具有經驗性與反省性的特徵，而且會從許多具體教學事件去進行教學思考，那麼研究者若要把握學科教學知識的這種特性，研究方法應採讓研究對象有充分機會敘述及反省其教學經驗（教學事件）的詮釋取向（陳國泰，2006）。圖 1 是筆者由教師知識的性質所導引出的學科教學知識之適切研究方法/取向。

三、學科教學知識的發展

關於教師的學科教學知識之發展，Shulman（1987）曾提出「教學推理模式」（A model of pedagogical and action）（參見圖 2）。其中，「理解、轉換」階段其實即為學科教學知識的運作歷程（教師首先將其對學科知識的理解加以轉換成學生可以理解的形式，並運用適當的教學策略來進行教學），而「教學、評量」階段，乃由學科教學知識運作後所發展出來的具體教學策略（教師運用適當的教學策略來進行教學，之後在教學中及教學後進行評量）；至於「反省、新理解」階段，則是與學科教學知識的發展有關（亦即教師根據學生的表現與反應來反省教學的適切性，最後得到關於教學目標、學科內容、學生特質等的新理解，然後再繼續進行下一次的教學（陳國泰，2006；陳筱雯，2004）。透過此歷程，教師把其對學科知識的理解轉換成學生可理

解的方式，而其學科教學知識便在這教學推理的過程中不斷修正與發展。

之後，Cochran、DeRuiter 和 King(1993)修正 Shulman(1987)的 PCK 觀點，除了以「knowing」取代「knowledge」之外，更認為教師的學科教學知識在組織與運作「學生、學科內容、教學及教學情境」等四種知識過程中，因為經驗的不斷累積與反省修正，而促使其逐漸擴展，因而提出「學科教學知曉模式」(pedagogical content knowing，簡寫成 PCKg)。

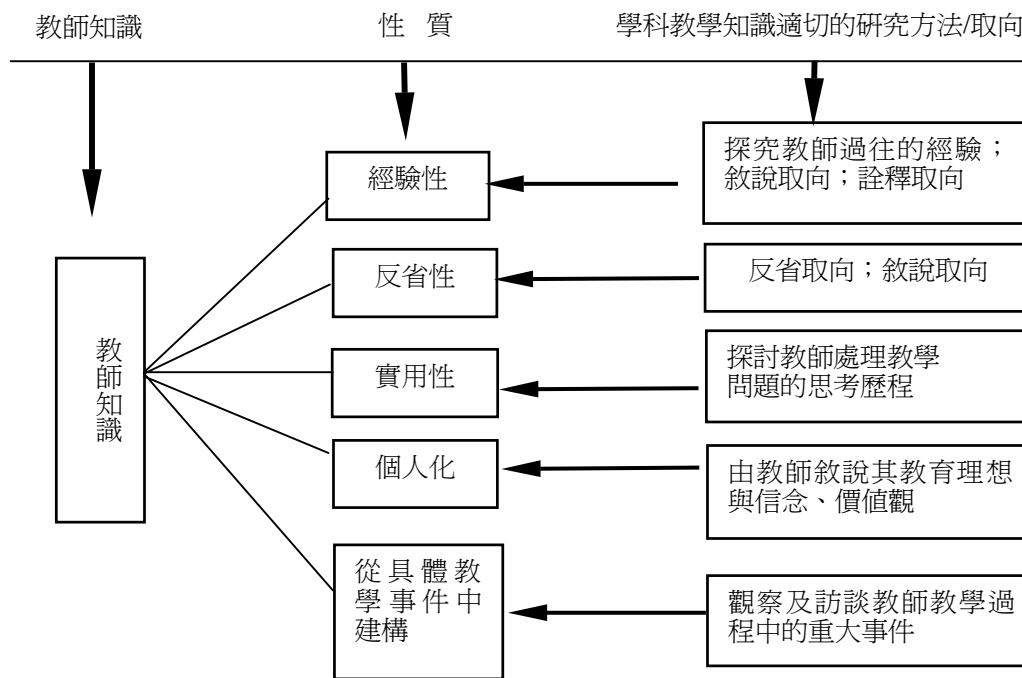


圖1 由教學知識的性質所導引出的學科教學知識適切研究方法／取向
(資料來源：研究者整理)

綜合言之，不論是根據 Shulman(1987)所提出之「教學推理模式」，或是 Cochran et al.(1993)所提出之「學科教學知曉模式」，本研究在探討國小自然與生活科技資深專家教師的學科教學知識之發展歷程時，皆可把握其在改變教學知識與方法過程中之想法或「新的理解」，從而得知其發展歷程的前後脈絡。

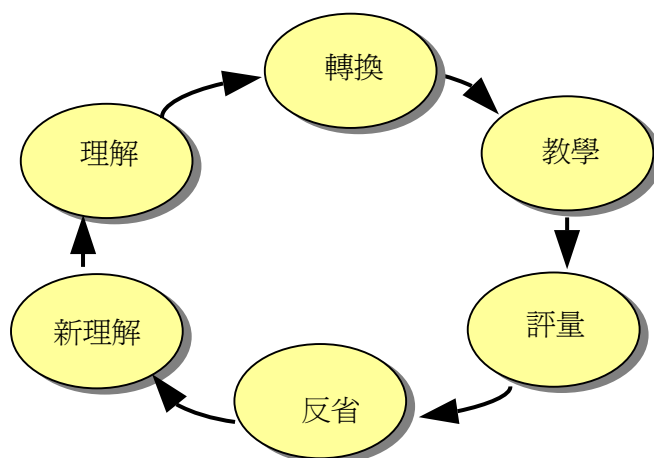


圖2 Shulman提出之教學推理過程

資料來源：Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundation of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22.

四、國內相關研究之探討

有關學科教學知識的研究，國內從十多年前便有許多研究者開始著手探究。然而，多數研究是以中學各科教師的學科教學知識之內涵與影響因素為重點，少數則探討國小各科教師的學科教學知識內涵及教學呈現方式，至於觸及國小自然與生活科技資深專家教師的學科教學知識之發展歷程者，目前僅有張靜儀（1997）的「國小自然科專家教師學科教學知識與發展之個案研究」與筆者（陳國泰，2006）的「國小自然與生活科技資深專家教師學科教學知識的發展之個案研究」二篇研究。然而，張靜儀（1997）該篇研究所探討的「發展」，僅是針對影響學科教學知識發展的「因素」而言，並未呈現學科教學知識發展的「歷程」，誠屬可惜；至於筆者（陳國泰，2006）之前所進行的研究，則僅探討一位研究個案，在研究個案的數量上亦有所侷限。因此，本研究擴增研究個案數量至三位，且除了探究國小自然與生活科技資深專家教師的學科教學知識內涵外，亦將仔細探究這些資深專家教師的學科教學知識之發展歷程。

參、研究方法與步驟

從文獻探討中得知，欲把握學科教學知識的性質，進而探究其發展的歷程，適切的研究取向應採讓研究對象有充分機會敘述及反省其教學的研究取向。基於這種觀點，本研究乃採取質化研究取向，盡量讓研究個案有敘說及反省其教學的機會。以下分四部份來說明本研究方法與步驟。

一、研究對象的選取

由於本研究之目的在探討國小自然與生活科技資深專家教師學科教學知識的內涵、發展歷程與影響因素，因此，如何選取所謂的「資深專家教師」，乃是首要之務。植基於相關研究（林

進材，1999；吳青蓉、張景媛，1997；賴秀芬，2003；Berliner, 1986; O’Byrne, Clark, & Malakuti, 1997; Sternberg & Horvath, 1995）之觀點，認為專家教師的條件除了必須是學生及同事（或學校行政主管）眼中的優良教師外，亦必須曾任縣市國民教育輔導團輔導員或當選優良教師。因此，本研究在選取資深專家教師時，乃根據此資格條件，挑選從師範校院、教育學程或學士後教育學分班完成學業，並在國小擔任「自然與生活科技」（或在九年一貫課程實施前擔任「自然科學」）時間長達十年以上，且教學獲得學生及同事（或學校行政主管）肯定，同時曾經擔任縣市國民教育輔導團自然與生活科技（自然科學）領域之輔導員為研究對象，分別是戴老師、陸老師與黃老師。表1是她們的相關資料表。

表1 三位個案教師的基本資料表

姓名	性別	年齡	教學年資	學歷	學校情境	其他相關資料
戴老師	女	35	15	師專數理組、師院暑期進修部數理教育系學士、師院國民教育研究所碩士。	該縣市一所號稱實施開放教育的大型學校，創校時間僅約十年，每班人數都將近四十人。	●是一位個性開朗，又對教學相當有自信的一位老師。 ●從1998年開始擔任該縣市國民教育輔導團國小自然與生活科技領域之輔導員。 ●1993年始擔任師院教授之國科會研究助理至今，是校內外公認的優秀自然與生活科技領域專家教師，且與該教授及一些同好組成教學研究團隊。 ●93與94學年度皆任教六年級，使用的教科書皆為康軒版的教科書。
陸老師	女	40	20	師專自然組、師院暑期進修部數理教育系學士、師院數理教育研究所碩士。	一所市區的大型學校，創校時間僅約十五年，目前全校近四十班，每班人數約三十五人，全校約一四〇〇位學生，教職員約七十人。	●是一位個性相當溫和的老師。 ●國中時期是唸自然科學實驗班，當時的課程著重實驗及探究，並不強調公式或知識的背誦，因而使她養成對自然科學實驗的濃厚興趣，並且喜歡親自動手操作、解決問題。 ●1993年始擔任師院教授之國科會研究助理至今，且與該教授及一些校內外同好組成教學研究團隊。 ●93學年度教授六年級課程，九十四學年度教授四年級課程，所用的教材皆為南一版的教科書。
黃老師	女	53	30	師專語文組、師院暑期進修部語文教育系學士。	市區一所頗有歷史的大型學校，全校共有五十幾班，每班人數都約三十五人。	●是一位謙虛、好學，又深富慈悲心的老師。 ●1988年，因為對於植物感到興趣，便看了許多植物的書籍，乃興起擔任自然科學科任的念頭。 ●93學年度擔任四年級課程，使用的教科書是牛頓版的教科書，94學年度擔任三年級課程，使用的教科書則是康軒版的教科書。

二、蒐集資料的方法

本研究蒐集資料的方法主要為自然觀察、深度訪談及文件分析，分別說明如下：

(一)教室觀察

筆者自二〇〇四年九月開始進入個案教師的教室中進行教室觀察，直到二〇〇五年十二月止，為期一年半。

教室觀察時，筆者是以非參與的方式進行，而觀察的重點，則置於個案教師的教學模式與流程、引起動機的方法、教學表徵的策略、學習評量及其他教學事件的處理方法，並待訪談時再深究其背後的想法。觀察時，當場記錄所見所聞，並於每頁的右邊留一些空白，作為分析與研究歸類之用。左邊描述的部份，乃具體、詳實地描述被觀察者的言行、物質環境、觀察的行為，盡量引用對話原句，說明活動或事件的人物、言行及順序。若當場記錄不及，則靠記憶方式，於事後迅速補記。記錄後，筆者將所記內容詢問研究對象的看法，進行參與者查核。表 2 是觀察三位個案教師的日期與單元。

(二)深度訪談

從文獻探討中得知，若欲把握學科教學知識的特性，應多讓研究對象有充分敘述的機會。關於「敘說」，Connlly 與 Clandinin（1988）認為其是一種表達的方式，「故事」則是敘說時的內容，而這種藉由敘說故事的探究方法，即為「敘說探究」（narrative inquiry）。近來許多教育研究者（例如：Cole & Knowles, 1992; Clandinin & Connelly, 1988; Elbaz, 1983; Grossman, 1987; Gudmundsdottir, 1991）便主張敘說探究是用來分析教師教學知識的適切方法。再者，敘說故事的方式有非常多種，而讓研究對象有充分敘說的「深度訪談」便是頗為可行的蒐集資料方法（Clandinin & Connelly, 1994; Connlly & Clandinin, 1988）。是故，本研究為充分發揮「敘說探究」的功能，乃高度應用「深度訪談」此一蒐方法。

表2 觀察三位個案教師的日期與單元

次數	戴老師		陸老師		黃老師	
	觀察日期	觀察單元	觀察日期	觀察單元	觀察日期	觀察單元
1	2004/09/01	六上：大地的雕刻	2004/08/31	六上：天氣的變化	2004/09/03	四上：一起來賞月
2	2004/09/08	六上：大地的雕刻師	2004/09/07	六上：天氣的變化	2004/09/17	四上：一起來賞月
3	2004/09/29	六上：物質變身術	2004/09/21	六上：天氣的變化	2004/09/24	四上：一起來賞月
4	2004/10/27	六上：物質變身術	2004/10/05	六上：氧氣和二氧化碳	2004/10/01	四上：一起來賞月（複習）
5	2004/11/03	六上：物質變身術	2004/10/12	六上：氧氣和二氧化碳	2004/11/05	四上：水中的生物（複習）
6	2004/11/10	六上：電磁作用	2004/11/30	六上：聲音的探討	2004/11/26	四上：鹽到哪裡去了
7	2005/02/16	六下：水溶液	2005/03/22	六下：奇妙的電磁世界	2004/12/10	四上：鹽到哪裡去了？（複習）
8	2005/02/23	六下：水溶液	2005/03/29	六下：奇妙的電磁世界	2004/12/17	四上：燈泡亮了
9	2005/03/02	六下：水溶液	2005/04/12	六下：二、奇妙的電磁世界	2005/03/25	四下：能源與食物（複習）
10	2005/03/09	六下：水溶液	2005/04/26	六下：防鏽和防腐	2005/06/03	四下：空氣的祕密
11	2005/03/16	六下：簡單機械	2005/05/24	六下：永續家園	2005/09/02	三上：植物的身體
12	2005/05/04	（代課：五下生物的繁殖）	2005/09/06	四上：善變的月姑娘	2005/09/09	三上：植物的身體
13	2005/05/18	六下：顯微鏡	2005/11/15	四上：池水的深淺看得準嗎？	2005/10/07	三上：磁力玩具
14	2005/08/31	六上：變因加強篇	2005/12/20	四上：時間的主人	2005/10/14	三上：磁力玩具
15	2005/09/28	六上：電磁作用			2005/10/28	三上：磁力玩具
16	2005/10/26	六上：物質的變化			2005/12/02	三上：空氣和風（複習）
17	2005/11/02	六上：物質的變化				
18	2005/12/21	六上：天氣的變化				
19	2005/12/28	六上：天氣的變化				

本研究採取深度訪談的時機之一，乃在教室觀察之後。筆者就教室觀察時所得的資料，與個案教師進一步訪談，而為避免影響個案教師的正常教學，以及讓個案教師有充分的下課休息時間，筆者總是利用個案教師空堂或假日時再與其訪談，有時甚至利用電話和其訪談。本研究採取深度訪談的時機之二，乃是每隔一段時間（約二個月至三個月），筆者以事先擬定的訪談大綱與個案教師所進行的訪談，以補第一種訪談方式之不足。而無論是採取上述哪一種方式的深度訪談，其焦點大皆關注於下列幾項：教學信念與目標、教學流程與模式、引起動機的方法、教學表徵的方法、學習評量的方法、作教學決定的想法與來源、教學過程中遇到的困境及其解決之道、教學過程中的重要他人或重要經驗。

值得一提的是，不管是採取上述哪一種方式的深度訪談，筆者在與個案教師深度訪談時，每次皆先花十至二十分鐘的時間（甚至更久）與她們閒話家常，然後再逐漸聚焦於筆者所關

心的議題。經由這樣的暖身動作，每次的訪談氣氛總是相當順利而融洽，有時甚至欲罷不能。而在訪談過程中，為讓個案教師有充分機會敘說其教學的想法與過去所發生過的故事，訪談的問題幾乎都是開放式的，而且讓她們暢所欲言，筆者則傾聽她們敘說過往的教學故事。

筆者與三位個案教師深度訪談的時間，自二〇〇四年七月開始，至二〇〇五年十二月止，為期一年半。有關筆者深度訪談的時間，請詳見表 3。

表3 與三位個案訪談時間表

	戴老師	陸老師	黃老師
次數	訪談日期	訪談日期	訪談日期
1	2004/07/23	2004/08/21	2004/08/20
2	2004/09/04	2004/09/02	2004/09/03
3	2004/10/02	2004/09/21	2004/09/17
4	2004/11/10	2004/10/05	2004/10/01
5	2005/02/01	2004/10/12	2004/11/05
6	2005/02/16	2004/11/30	2004/12/04
7	2005/02/23	2004/12/10	2004/12/10
8	2005/03/02	2005/02/08	2004/12/17
9	2005/03/09	2005/03/06	2004/12/17
10	2005/03/16	2005/03/22	2005/01/31
11	2005/05/04	2005/04/12	2005/03/25
12	2005/05/18	2005/04/26	2005/04/24
13	2005/07/19	2005/05/21	2005/06/03
14	2005/08/31	2005/08/12	2005/08/15
15	2005/10/19	2005/09/25	2005/09/02
16	2005/11/02	2005/10/22	2005/10/28
17	2005/12/28	2005/11/12	2005/11/27
18	2005/12/31	2005/12/18	2005/12/02

(三)文件分析

本研究除利用前述二種方法蒐集資料外，亦蒐集與個案教師教學相關的其他文件資料，包括她們的平日教學設計、學習單、發表的文章及教學手札等，以做為教室觀察與深度訪談的焦點。

三、資料的整理與分析

關於本研究的資料整理與分析，以下分三點做說明：

(一)資料的三角校正

本研究進行資料的三角校正包括二種方式：第一種方式是比較從教室觀察、深度訪談與文件分析所得資料的一致性，第二種方式是比較不同時間以上述方法所得資料的一致性，藉以提高資料的可信賴度。當發現以不同方式所蒐集的資料或不同時間所蒐集的資料彼此不相吻合時，筆者便從其間的矛盾點再去探究，以進一步釐清真相。這種情形，即如黃瑞琴（1996）所提及的：「在現場觀察和記錄後，接著進行資料分析可能引發新的問題，因而再到現場蒐

集更多的相關資料，接著再做更多的記錄和分析，如此循環地進行研究，直到研究接近完成；是故在質化研究中，資料的蒐集和分析是同時持續進行的」。本研究的資料校正與分析，便是秉持此種方式進行。

（二）分析整理個案教師的學科教學知識內涵及其發展歷程

在進行資料的校正後，筆者針對三位個案教師的資料進行分析與歸納，以整理出個案教師的學科教學知識之內涵及其發展歷程。值得一提的是，筆者歸納個案教師的學科教學知識內涵之方法，並非根據既成的分類架構去分類，而視現有的資料的內容與性質再去進行歸納，如此方較符合紮根理論（grounded theory）的精神。

（三）綜合分析以及與相關研究進行比較與討論

在以前述方法分析整理個案教師的學科教學知識內涵及其發展歷程後，筆者乃進一步統整各學科教學知識內涵的發展歷程，以釐清其學科教學知識發展的脈絡，並與相關研究進行比較與討論。

肆、結果與討論

一、三位個案教師的學科教學知識內涵及其發展歷程

綜觀三位資深專家教師的學科教學知識內涵，發現她們具有「教學信念」、「教學目標知識」、「學科知識」、「學生知識」、「課程知識」及「一般教學法知識」等知識，以下即針對各項內涵及發展歷程加以說明。

（一）教學信念

本研究中的三位個案教師之教學信念有一共同點，即皆堅信建構教學理念，例如，戴老師認為透過自我建構與社會建構交互進行，乃是科學學習的一個重要途徑，因此，在其製造有趣的開場白以引起學生的學習動機後，緊接著便讓學生親自實驗，或是引導小組進行討論活動，以探討科學概念。陸老師亦認為只有讓學生歷經實作的歷程，學生才有可能獲得知識，所以她非常強調讓學生動手做實驗——在筆者長達一年半的教室觀察期間，陸老師幾乎每一個可進行實驗的單元皆讓學生實際操作，而且如果該單元是比較沒有危險性的，她就會馬上發下學習單，連講解也沒講解就開始讓學生根據學習單上的指示開始做實驗。至於黃老師，則認為只有經由學生自己建構出來的知識，才會是屬於自己的，而且「人生歷練愈多愈久，這種感覺就愈強烈！」。因為秉持建構教學信念，所以黃老師在教學的時候，堅持要給學生時間與機會以形成假設、規劃實驗與解決問題；即使在學生發表不完整或有錯誤時亦不立即指正，而要「讓學生自己去發表、判斷，哪些是有道理的，哪些是沒有道理的...希望我在課堂上的時間不要佔太多，因為學生才是學習的主體，應該讓他們多發聲，有問題也要由他們自己去發現、去討論、去思考、去請教別人，這樣才能主動建構出知識。」

三位個案教師的教學信念之所以堅信建構教學理念，起初皆是從自己求學經驗的反思而

來。例如，戴老師回憶說：

國小的時候，幾乎是沒有做過實驗，（老師）又一味地講述課程，然後例子又舉得不好，你就會覺得自然（科）這個東西太難、太抽象了，完全無法跟生活結合。...在過去的求學歷程中，我就是缺乏這樣的經驗，所以我才想要突破這些缺陷，就盡量想出一些比較好玩的實驗課程，讓學生親自去體驗，讓他們自己建構知識。（2004/07/23 訪談）

另外，陸老師回頭檢視自己的學習過程時，發現自己從小學到大學的自然科學課，都是以實驗操作的方式進行，所以學得很有效率。相反地，如果不是自己建構出來的，就很難內化。她說道：

背誦的東西背完之後就什麼都忘記了，像以前學數學的時候背過什麼拋物線公式啦、最大值和最小值等等的公式，但是考試完之後就忘得差不多了。像這些知識都是老師教我們的，並不是我們自己建構發現的，所以無法內化到腦海中。（2005/03/06 訪談）

三位個案教師將從自己求學經驗反思而來的建構教學理念落實到教學之後，的確發現學生對課程較感興趣，因而愈來愈深信建構主義的教學理論。

值得探究的是，本研究中三位資深專家教師為何皆秉持建構主義的教學信念？這可能與她們的人格特質有密切關係。許多研究指出（林清財，1990；湯仁燕，1993；翁崑泉，2002；鍾任琴，1994；Bauch, 1982; Tabachnick & Zeichner, 1984），教師的人格特質對於其教學信念的發展具有決定性的影響力，人格特質愈偏向傳統、控制型的教師，其教學信念的發展也亦趨保守，認為學校教育的目的是在提供相同的課程、相同的行為標準以使兒童社會化；反之，人格特質愈偏民主、人本的教師，其教學信念的發展愈趨開放，他們會盡量調整課程以適應學生的個別差異。本研究中的三位個案教師，其人格特質大都具有人本精神，且皆深富同理心，以致於其教學信念的發展愈趨開放，而更容易接受以學生為中心、讓學生主動探究的建構主義。

（二）教學目標知識

在三位個案教師中，陸老師和黃老師的教學目標是以培養學生具備思考智能或主動思考以解決問題的能力為主，而戴老師的教學目標則主要在讓學生將上課所學的一些科學概念應用於日常生活上，使學生了解到課程內容是可以活用的，而感受到學習的實用性。對照於當今九年一貫課程自然與生活科技領域的六項課程目標與八大能力指標，三位資深專家教師的教學目標主要是集中在課程目標的第五項（培養獨立思考、解決問題的能力，並激發開展潛）與能力指標的第六項與第七項（思考智能、科學應用）。這樣的研究發現，與國內張靜儀（1997）及劉蕙鈺（2003）的研究發現頗為一致。

個案教師所發展出的此一教學目標，乃在她們進入師專時，即從過往的學習經驗中省思出來。例如，戴老師即曾反省道：

你不覺得我們以前唸書的時候，往往學了一堆東西，但是都不知道它要做什麼嗎？我在唸師專的時候，就覺得這這樣的學習方式是不對的，因為根本和生活脫節，而且我也不知道我學這個東西到底要怎麼應用到我們的日常生活上去，好像只是為了應付考試，我非常不喜歡這樣！（2005/11/02 電話訪談）

陸老師之所以要培養學生具備思考智能或主動思考以解決問題的能力，亦始於對自己求學經驗的省思，誠如她所說：

我國中是唸實驗班，老師沒有一直叫我們背，都是讓我們去思考、討論和做實驗，之後再根據實驗去想。這樣的求學經驗我會覺得學習很有趣，沒有挫折，所以我會覺得這樣的孩子學習才會有主動性。」（2005/04/26 電話訪談）

相反地，國中時候的社會科教師因為要陸老師將上課內容「硬背」，以應付考試，致使她對社會科缺乏主動思考的習慣，而造成「雖然社會科一直是我們班上第一名，考試都很高分，可是我對社會並沒有興趣」。至於黃老師，亦是從省思自己的求學經驗中發展出此一教學目標，誠如她所說的：「學生之所以會欠缺思考與探索的能力，乃是長期以來受食譜式教學的影響，因為我們自己在求學的過程中，常常是老師教什麼，我們就接受什麼，久了之後，難免就會缺乏主動思考以及解決問題的習慣和能力。」

任教之後，三位個案教師因為進修、擔任師院教授的國科會研究助理，以及擔任國教輔導團輔導員，所聽到的皆與其教學目標相互一致，而且學生也都頗為喜歡這種能夠讓他們主動思考與活用知識的教學方式，乃更加强此教學目標知識。

值得一提的是，三位個案教師之所以會特別著重這些教學目標，事實上，此正反應出其教學信念，因為他們的教學信念皆秉持建構主義的教學理念，所以在教學目標的設定上，當然希望學生能具備主動探究、思索解決策略，進而解決問題與擴展應用的態度與能力。在陳國泰、曾佳珍（2005）、郭義章（1997）、Nespor（1987）、Pajares（1992）及 Schwartz 與 Riedesel（1994）的研究中即發現，教師教學目標的由來，乃在教師個人教學信念的影響下所生成。

（三）學科知識

三位個案教師的學科知識，皆以「實質結構」（substantive structure）最為明顯，亦即對於自然與生活科技領域所涉及概念的主要架構（概念的發展脈絡）頗為清楚。例如，她們為了讓課程的安排順序更符合科學概念的發展脈絡，總會適度調整單元順序或進行統整教學。例如，戴老師在進行「水溶液」時，便把該單元主題定為「飲食男女」（試圖以「男、女」

的概念來類比「酸、鹼」)，並在此主題之下進行五個主活動，分別是「吃喝玩樂時間」、「性不性由你」、「馬蓋仙時間」、「操作型定義時間」及「非常男女時間」，以此五個主活動來讓學生達到「引起動機」、「認識石蕊試紙，並根據石蕊試紙顏色的變化將水溶液分成酸性、鹼性、中性三類」、「能利用身邊隨手可得的食材來檢驗水溶液」、「能根據實驗來下操作型定義」及「了解酸鹼中和的定義並能應用在實際生活中」等五個目的（005/02/16，2005/02/23，2005/03/02，2005/03/09 教室觀察）。

三位個案教師之所以對自然與生活科技領域所涉及概念的「實質結構」頗為清楚，有的是來自於其個性，有的則來自過去的學習經驗與經驗。例如，戴老師認為她「不是那種不求甚解的人，我在學一個原理的時候，一定會想這個原理為什麼會這樣，和過去學過的其他原理有什麼關聯；我會一直去推（理），推到徹底搞懂為止。所以我現在教小孩子的時候，也一定要自己弄清楚課程的脈絡之後再去教小孩子。」另外，由於她從一年級到六年級的課程皆曾教授過，「備課時，也一定要非常清楚哪一個單元要先教，哪一個單元要後教」，所以對於課程中的主要概念架構非常了解。在陸老師方面，她從學生時代學習自然科學開始，就一定要釐清科學概念的先後脈絡，「像以前讀書的時候就會想知道原理或公式的由來，或是目前所學的到底是從哪裡延伸過來的，這樣學起來才會比較知道原理原則的由來，而不會沒頭沒尾」，及至今日才對於這些相關概念如此敏感。至於黃老師，因為在引起動機時皆會設計有點難、又有點不難的「猜猜樂」題目讓學生猜，因而不斷參考教學指引與相關書籍，從中了解概念的前後關係與脈絡。

在本研究中，戴老師與陸老師具有數理與自然科學的學科背景，而或許就是因為這種學科背景的關係，以致於她們在自然與生活科技領域所涉及概念的「實質結構」知識頗為豐富。這樣的研究發現與國內張靜儀（1997）的研究發現頗為一致。許多研究早已指出，具有紮實學科知識的教師，其學科的「實質結構」知識亦較充足（林俊宏，1997；邱憶惠，1996；張靜儀，1997；郭銘哲，2004；劉怡亭，2000；蔡添財，2004；Ball & Bass, 2000；Belfort & Guimaraes, 2002；Halim & Meerah, 2002），對於轉換學科知識為學童所容易理解之知識較為有利。MaDiamid、Ball 和 Anderson 在 1989 年的研究中便指出，教師的學科知識不但影響自身對教材內容的詮釋，同時在教師選擇教學策略和教學表徵時，學科知識架構較好的教師，亦有較充裕的決策空間可以因應教學情境所需的各種方式表徵，因此教師的學科知識直接影響學生的學習機會（引自蔡添財，2004）。

(四)學生知識

三位個案教師對於學生的理解有一些共同點。首先，他們皆知道學生在何種情況下較樂意學習，例如戴老師認為「學生在生活化、趣味化和具邏輯性編排的課程與教材下，方能有效學習」，而陸老師認為「學生只要能動手操作就會覺得有趣」；至於黃老師，則認為「學生

就是喜歡玩」，「如果在課前用一些有趣又能和教學主題相關的事情來讓學生玩一玩，他們就會比較有起勁，也比較有興趣」。綜合而論，三位個案教師大都認為學生喜歡在生活化、趣味化，且得以從動手做實驗的過程中學習。因為對學生有這樣的認識，所以三位個案教師皆會根據學生的這些特性去設計一些相對應的課程與教學活動，以增加學生的學習效果。

個案教師之所以會對學生有這些認識，剛開始皆從自己的求學經驗中所同理出來，後經實際教學的體驗而更加確知。例如，戴老師便說道：

只要回想起自己的求學歷程，我就覺得非要上得精彩一點不可！因為我國小時候的自然老師上課實在有夠爛，一味地講述課程，又和日常生活脫節，真的讓人覺得很無趣，所以當我今天在教課的時候，我不可能再把那些失敗的教學模式來教我的學生。
（2005/03/02 電話訪談）

陸老師也有相似的情況，例如，她在說明為何偏愛讓學生動手做實驗時，便有感而發地說道：

應該這麼說，在我的求學過程中，因為自己感受到實驗的好處和有趣，所以當我當老師以後，我也希望能讓學生多做實驗，相信他們也能從做實驗中獲得不少樂趣。（2005/02/08 訪談）

黃老師的情況也類似，此從其常所說的「學生嘛，都是喜歡玩啦，你、我小時候不都是一樣嗎？」即可看出。資深專家教師剛開始從自己過去的學習經驗中去同理學生的學習情況，與筆者（陳國泰，2003a，2003b，2005，2006）等諸多研究發現一致，即資深專家教師在教學過程中常會用同理心去設想學生的學習問題。再者，資深專家教師初步以同理心獲知學生可能產生迷思概念的地方，後經實際教學的體驗而更加確知的情形，實與研究者綜合國內外許多關於教師知識的研究（陳美玉，1996；陳國泰，2000；Carter, 1992；Elbaz, 1983; Grossman, Wilson, & Shulman, 1989; Reynolds, 1992; Shulman, 1986）所指出的「教師知識具有經驗性與反省性的特性」頗為吻合；蓋「經實際教學的體驗而得知學生容易產生迷思概念的地方」乃屬於經驗性，而用「同理心」去理解學生，即具備「反省性」的性質。

再者，個案教師除了從自己的求學經驗中同理出學生知識外，亦透過查閱學生已經學過的課程、和學生的互動，以及親自體驗學生的生活而從中了解學生。例如，戴老師從一開始教書，就會查閱學生已經學過哪些課程而從中了解學生的程度，「我記得在師專的時候，很多老師都這樣強調。」後來，她發現只憑自己小時候的經驗及查閱學生已經學過的課程此二方式去了解學生的程度仍有所不足，「因為我發現這一代的小朋友的确和我們當時有點不一樣了」，所以她便觀察學生喜歡的事物，然後自己也去了解（例如：觀看學生喜歡看的 YoYo 卡

通台和影視節目），之後再以此和學生互動，而從互動過程中深入去了解學生的思考與程度。

其次，三位個案教師對於學生較不易理解、甚至容易產生迷思概念的抽象概念，不僅頗為清楚，而且皆會用一些額外的教學表徵策略以增進學生的瞭解。例如，戴老師認為學生對於無法具象的抽象概念較不容易理解，且容易產生迷思概念，因此常用「類比」與「教具示範」等教學表徵策略來說明抽象概念；黃老師對於學生在哪些單元的哪些概念會產生迷思概念亦頗為清楚，而她用來解釋容易讓學生產生迷思概念的抽象概念之教學表徵策略則主要包括「教具示範」、「影片模擬」及「類比」等。在張靜儀（1997）的研究中，其探究一位國小自然科專家教師的學科教學知識之情形，亦發現自然科專家教師能輕易指出學生不易學習之處並提出解決的教學策略，與本研究的發現雷同。至於本研究中的個案教師獲知學生在哪些單元的哪些概念不容易理解或容易產生迷思概念的方法，剛開始亦是從自己過去的學習經驗中同理而來，正如戴老師所說的，她以前（求學時候）第一次接觸到抽象名詞的時候，也是頗感困難（所以現在便知道學生也可能有此情況），而黃老師更明白表示說「因為我會用自己以前學習的經驗來看學生的學習情況，像這種並聯和串連的問題，我以前也不時會搞混，所以我就會特別去想用什麼方法可以讓學生聽得懂一點，不會感覺那麼抽象」。之後，因為教學經驗的累積，他們更從實際觀察中了解到學生容易產生迷思概念的地方在哪裡。反觀初任教師的情形，他們之所以常抓不到學生問題的重心，且無法運用適當的類比教學表徵策略將某些概念（尤其是學生易產生迷思概念的科學概念）轉換成學生容易理解的教學方式，主要的原因即在於他們缺乏足夠的教學經驗，且對於學生所散發出來的訊息未必能將之有效地意義化，所以對於學生的學習困難所在也就比較缺乏洞察力（吳宜玲，1993；張靜儀，1997）。

綜合言之，三位個案教師剛開始皆透過同理心去了解學生，之後發現不足時，再以前述其他方法去了解學生，因為效果不錯，乃一直使用至今。

（五）課程知識

三位個案教師的課程知識有許多相同之處。首先，她們皆認為課程設計須以學生的生活經驗為基礎去設計，亦即課程應與學生的生活經驗結合，此乃從她們的教學信念或從學生知識的理解中發展而來，例如戴老師在學生知識中便認為「學生在生活化、趣味化和具邏輯性編排的課程與教材下，方能有效學習」，而陸老師因為堅信建構式教學，所以她除了希望讓學生自己動手做實驗外，亦希望學生所操作的是能與生活經驗結合的，「因為只有在課程設計上以學生為中心，讓學生對教材有興趣，也願意去操作和實驗，才能達成建構教學的目標」。簡言之，個案教師之所以認為課程設計須以學生的生活經驗為基礎去設計，乃是認為這樣的課程較能讓學生覺得親切而吸引他們的興趣，從而引發主動思考與主動學習的精神，而此課程知識乃從她們的教學信念或從學生知識的理解中發展而來。

本研究中的個案教師認為課程設計應與學生的生活經驗相結合的觀點，與李佳慧

（2004）、陸美靜（2002）、陳國泰（2005）、劉蕙鈺（2003）、戴翠華（1998）、Mbajorgu 與 Ali（2003）、Edens（2000）及 Jiunde（1999）的研究發現極為吻合，皆是以孩子本身生活領域當中體驗過的經驗來設計學習事務。許多研究指出，利用學生的生活經驗去設計課程，除了可以讓課程成為「真實的學習情境」（authentic learning contexts）而增進學生的學習遷移能力外（Achilles & Hoover, 1996; Brown, Collins, & Duguid, 1989），更重要的是較能引發學生的學習動機與興趣（Neil, 2002; Williams, 2001）。而 Visser 與 Keller（1990）亦指出，當吾人以學生生活領域當中體驗過的經驗來設計學習事務時，則課程將能結合學生的先前經驗，使學生提高對課程的熟悉度及增進其學習動機。戴翠華（2000）、戴翠華與張靜儀（2001）等研究進一步指出，如此的課程設計，將有助於學生對概念的同化；尤其以學生熟悉的例子做為類比教學表徵的教材，更能將許多抽象概念同化與類比成學生已經歷過的具體事實，而提高其切身度，進而提升其學習興趣與動機。

其次，個案教師在課程知識中的第二個相同點，即皆認為課程內容須前後相互銜接。他們的理由，都是認為如此安排課程方能增進學生對於概念的理解。例如，戴老師覺得理科的東西就是要能讓學生理解，「並且要有上下銜接的關係，而且要讓學生很清楚為什麼會這樣、它是怎麼來的。老師的工作，就是要去了解學科知識，然後去思考要怎麼串、怎麼組織、怎樣呈現課程，才會讓學生有概念的銜接」。另外，陸老師亦認為只有如此安排課程，「才能幫助他們理解，學起來才不會覺得怪怪的」。至於她們的做法，都是當發現教科書的編排順序不合乎邏輯性時，便將教科書的單元順序進行調整，使安排在前課程能將之後課程所介紹的概念加以涵括（亦即安排在前課程是屬於範圍較大的概念），而使課程達到暨銜接又分化的功效。進一步來看，個案教師之所以認為課程內容須前後相互銜接，事實上亦與他們對學科知識及學生知識的理解有關。例如，戴老師對於自然與生活科技領域的主要架構與概念架構（實質結構）頗為清楚，又認為學生在生活化、趣味化和具邏輯性編排的課程與教材下，方能有效學習，所以她對於課程的前後順序自然十分要求，以減少學生學習的困擾及避免發生「單元設計都不太連貫，結構太過鬆散...每個獨立的部份雖然都好像有很仔細的探討和說明，但是你仔細去思考它各個部份的安排，你就會覺得彼此之間好像沒什麼關連；如果我是小朋友，我會覺得學得很痛苦」的情形。這樣的研究發現與張靜儀（1997，2001）、劉蕙鈺（2003）及李佳慧（2004）的研究結果相同，皆發現有經驗的國小自然與生活科技專家教師會調整單元順序，以使課程內容能前後相互銜接。

最後，個案教師在課程知識中的第三個相同點，即皆認為課程內容須進行統整。他們的理由，都認為唯有課程統整，方能讓學生更容易學習，且學得更有興趣。例如，戴老師認為自然與生活科技課程的編排非常需要以某一概念為核心，然後再向外延伸出相關的概念，而目前的教科書在這方面卻比較薄弱，所以她在每年的暑假就會針對整學年的課程進行順序的調整；同時，她在進行單元課程設計時，也是本著課程統整的原則進行設計。至於陸老師，

亦認為只有採取課程統整的方法，才能將相關的單元予以整合，並以學生切身的主題及生活經驗設計成大單元主題課程，而讓學生學起來更容易、更有興趣。

進一步言之，個案教師之所以會發展出這種知識，實與她們的教學信念及對學生與學科的理解有關。例如，她們的教學信念皆偏向於建構教學的理念，而且也認識到課程的編排「非常需要以某一概念為核心，然後再向外延伸出相關的概念」或「採取課程統整的方法，才能將相關的單元予以整合，而讓學生學起來更容易、更有興趣」，並且也頗為清楚學生喜歡在遊戲化、生活化、趣味化與可動手操作的情況下學習，因此，「以學生切身的主題及生活經驗設計成大單元主題課程」自然符合這樣的要求。

許多研究指出(李子建、黃顯華, 1996; 張民杰, 2001; Beane, 1997; Fogarty & Stoebr, 1995; Walker, 1996), 統整課程可以讓學生在同一時間學到完整的知識, 得到一個比較清晰的概念, 而且方式較為活潑, 也較易引發學生學習的樂趣, 而收到較好的教學成效。是故, 當今的「九年一貫課程」乃設計一套生活化的課程, 以樂趣的方式回歸, 並透過良好的課程設計方式讓學生在快樂中學到能力(教育部, 2001)。資深的國小自然與生活科技教師在九年一貫課程實施之前, 已體會到實施統整課程的重要性, 可以說是從他們的教學信念及對學生與學科和情境的理解之中所發展出來的。

(六)一般教學法知識

1.教學模式

個案教師的教學模式大都遵循「投入(engagement)→探索(exploration)→解釋(explanation)→精緻化(elaboration)→評量(evaluation)」等所謂「五 E 學習環教學模式」的方式在進行教學, 亦即她們都會先引導學生在心智上能投入課程的主要概念, 再引導學生探索該主要概念, 之後再由他們引介對概念、過程或行為正式的註解與定義, 使學生在概念衝突而困惑時能得到合理的解釋與觀念澄清; 接著, 他們再協助學生將所學的概念應用到日常生活中, 使學生感受課程內容是可以活用與具實用性; 最後, 再進行評量活動。至於個案教師之所以發展出此教學模式, 乃在她們建構教學的教學信念之下, 並透過對昔日學習經驗的反省, 加上擔任師院教授的國科會研究助理以及進入研究所進修, 甚至擔任國教輔導團輔導員而反覆聽聞所謂的五 E 教學模式, 且實施後的成效相當令她們滿意, 乃一直使用至今。

2.引起學生學習動機的策略

個案教師用來引起學生學習動機的策略包括: (1) 反問學生有關日常生活中科學現象的發生原因: 個案教師常呈現一些日常生活中的科學現象(以反問或播放影片來呈現), 然後詢問學生對於該科學現象發生的原因, 以引起學生的學習動機; (2) 設計一個和學生原來想法相衝突的問題情境來引起學生的學習興趣: 個案教師總會製造一些令學生感到

既驚奇又好奇、且和學生原來想法相衝突的問題情境讓學生產生認知上的衝突，以引起他們的學習興趣，然後才引導學生進入該單元主題；（3）變魔術：少部份個案教師為了引起學生的學習動機，會以變魔術的方式來進行；（4）善用視聽媒體：個案教師常在課前播放自然現象的影片，或是將課本內容以 powerpoint 簡報的方式亮麗呈現，甚至播放與單元內容相關的歌曲讓學生聆聽，並舉行有獎徵答活動等方式來引起學生的學習興致；（5）講述科學史：個案教師為了引起學生的學習動機，亦常採取講述科學史的策略。

個案教師之所以發展出以上策略，起初是從省思早年的學習經驗而來，並從學生知識中理解到學生喜歡生活化與趣味化的學習方式，且在擔任師院教授國科會研究助理與國教輔導團輔導員、研究所進修時，不斷加深這方面的知識，而實際教學的效果又頗為有趣及有效，乃使她們一直沿用這些策略。

3.引導學生主動探索的方法

個案教師在引導學生主動探索的方法上，有非常明顯的共同點，即她們大都有感於傳統所謂「食譜式教學」的弊病，而將教學內容設計成一個有趣且具挑戰性的問題情境（這種有趣且具挑戰性的問題情境有時亦配合學習單或結合遊戲來實施），並由學生採合作學習的方式（包括合作實驗、小組討論、實地調查等）進行探究。她們的目的，都是希望透過趣味化、生活化和真實化的問題情境，讓學生覺得學習自然科學是很有趣且具挑戰性的，同時感受到學習是自己的事務，而非教師的事情，以此培養學生主動思考與主動學習的精神，進而達到提昇學生的思考智能之教學目標。簡言之，個案教師之所以發展出這種教學策略以引導學生主動探究，實是在她們建構主義的教學信念下，透過對學生知識、學科知識、課程知識的整全理解，深刻體認到唯有如此進行教學，方能讓學生在快樂的情境中，主動而有效地去學習自然科學，最後達成主動建構知識之目標及提昇思考智能之目的。

4.解釋抽象概念的教學表徵策略

個案教師用來解釋抽象概念的教學表徵策略，在以教師為中心的教學表徵方面包括：類比、教具示範、影片模擬示範、板畫、觀看錄影帶及口頭解說等。其中，黃老師和戴老師比較擅長於類比教學表徵（因為她認為只是用口頭解釋給學生聽，學生會覺得很抽象，比較不容易理解，而若用類比的方式解釋，則學生就會覺得比較具體且覺得有趣），而陸老師則認為只要能增進學生理解的方法都會使用，因此，除常使用教具示範、板畫、觀看錄影帶、講述外，還開發出一些較特別的以學生為中心的教學表徵策略，例如讓學生閱讀與上網查資料等。

個案教師之所以發展出以上教學表徵策略，起初是從反省自己的求學經驗與生活經驗及師資培育課程而來，之後進入國教輔導團而學習到更多這方面的知識，且實際教學時令她們頗有成就感，乃一直使用至今。

5.學習評量的方法

個案教師的學習評量方法皆屬於所謂「嵌入式的多元評量」，亦即評量方法多樣化、評量方式嵌入化。第一、在評量方法多樣化方面，個案教師的學習評量方法包括：學生的學習態度、合作學習的情況、參與實驗與討論的情形、小組實驗或討論的結果、發表的情形、學習單、紙筆測驗、學生收集的資料、推廣的實驗作業、實作測驗、實作測驗、小組競賽的結果、過關評量、平時的口頭問答、隨堂考、學習單及畫概念圖等方式；至於她們之所以認為評量方法應多樣化，乃是基於多元智能與個別差異的觀念。第二、在評量方式嵌入化方面，個案教師認為教學與評量應同時進行，亦即評量活動包含在教學活動中；至於她們之所以認為評量方式應嵌入化，乃是認為評量應具有診斷的功能，可以讓學生在評量過程中知道哪裡尚未學會，而再度學習，亦即讓評量結果去加強與補救教學，而形成一種教學與評量相輔相成的情況。

個案教師之所以發展出「嵌入式的多元評量方法」，最初的想法來自其師資培育階段所受的「過程重於結果」的理念，後來由於受到實際的教學感受（發現有些學生其實不是不懂，但就是考試會寫錯）、過往求學經驗的省思與同事啟發，進而進入輔導團，甚至組成教師成長團體及參與師院教授的教學行動研究，而使她們更加清楚嵌入式多元評量的相關知識；實施後，學生和家長皆感滿意（雖然自己較辛苦），乃不斷使用至今。

二、三位個案教師學科教學知識的發展歷程

以下統觀前述三位個案教師的學科教學知識之內涵及其發展歷程，而對其學科教學知識發展的脈絡進行描繪，並與相關研究進行討論。

(一)三位個案教師的學科教學知識內涵間之相互理解歷程，即為其學科教學知識發展的歷程

從三位個案教師的學科教學知識內涵之發展歷程中可以發現，許多學科教學知識的生成語發展，都是從她們的教學信念及對學生、學科和課程的理解之中所發展出來的。事實上，此即 Shulman（1987）所提出「教學推理模式」中的「新的理解」，或是 Cochran et al.（1993）所提出「學科教學知曉模式」（PCKg）中的「知曉」（knowing）的概念，亦即個案教師在不斷運作「教學信念、教學目標、學生、學科、課程、一般教學法」等知識過程中，因為經驗的不斷累積與反省修正，而使其學科教學知識內涵不斷獲得新的理解與擴展（陳國泰，2006）。此現象，和國內外許多研究者的研究發現頗為一致。例如吳宜玲（1993）、高榮成（1994）、陳國泰（2000）、鍾任琴（1994）以及 Courtney、Booth、Emerson 和 Kuzmich（1987）等研究皆發現，當教師對學生的認知及相關知識增加之後，會逐漸調整自己的教學方式，使其更加符合學生的程度。

事實上，三位個案教師在其各個學科教學知識內涵間的相互理解所構成的橫向發展，筆者認為這是必然的現象。因為每個教師在教學過程當中，其教學思考應該都不只是單一層面，而是涉及多個層面的；試想，是否有教師在考慮採取某種教學法時，而能不考慮其自己的想

法（教學信念、教學目標知識）、學生的程度與特質、課程及其他因素？是故，個案教師在教學過程中，其所考量的因素是多元且複雜的，而就在這多元複雜且相互理解的過程中，方始得個案教師的各個學科教學知識內涵得以不斷累積與反省修正，而獲得新的理解與擴展。

值得注意的是，三位個案教師的學科教學知識內涵間之相互理解，許多皆源自於對學生知識的理解，例如三位個案教師的課程知識與一般教學法知識，許多便是在理解學生知識之後而發展出來的；此與邱憶惠、高忠增（2003）及陳國泰（2006）的研究發現不謀而合：有經驗的國小教師之知識是以學習者知識為中心，學習者知識成為其他知識類別的依據。

(二)三位個案教師深受早年受教經驗之影響，許多學科教學知識皆從省思過往經驗中發展而來

從三位個案教師的學科教學知識內涵之發展歷程中不難發現，許多學科教學知識皆從省思過往經驗中發展而來，例如教學信念、教學目標知識、學生知識、課程知識與一般教學法知識中的許多內涵，都是在此種情況下生成與發展。

三位個案教師這種從早年受教經驗中省思出學科教學知識的情況，在國內外許多研究中皆有類似的發現，例如陳國泰（2003a, 2003b, 2006）、陳曉雯（2004）、謝建國（2001）、Duffee 與 Aikenhead（1992）、Lee、Meadows 與 Lee（2003）、Mills（1997）的研究中等人即發現，教師的教學知識的確受到過往受教經驗的深遠影響，其影響力甚至勝過師資教育。

三位個案教師的學科教學知識發展之所以深受早年受教經驗的影響，可能原因有二：第一、個案教師以自己當年的學習歷程去設身處地與同理學生的學習情況。誠如 Calderhead 與 Miller（1986）所指出的，教師在對昔日受教經驗省思的歷程中，常常會發展出許多教學知識，因為他知道學習者在學習這些要項時可能有的想法及容易犯錯之處；而他之所以知道這些，是因為他之前也有這方面的受教經驗。這種從反省自己學習事物的歷程而獲得的教學知識，比理論性知識更切身實際的一點是，教學者不僅從他人處學習到事理，更從別人教導他學習的過程中，真正感受到教學過程中所必須注意到的「受教者心理感受」。第二、個案教師對過往正面受教經驗的模仿與對負面受教經驗的警惕。在王鳳仙（2001）、何秋蘭（1997）、Johnston（1992）與 Goodson（1994）的研究中，便發現教師會模仿或省思昔日教師之教學行為而形成自己的教學知識。

(三)三位個案教師從省思受教經驗中發展而來的學科教學知識，在經由學生的正面回饋後而進一步受到強化

從前一部份之分析中得知，當三位個案教師以從早年受教經驗省思而來的學科教學知識進行教學而得到學生的正面回饋時，便會一直沿用此教學知識與策略。此理甚明，因為個案教師理解到學生喜歡這樣的教學方式，亦即省思到其教學策略頗為可行，亦頗受學生歡迎，而使從早年受教經驗省思而來的初步學科教學知識進一步受到強化。許多研究早已指出，教師因為省思學生的學習情形與策略，因而增進對學生理解（即了解到學生知識），同時也因應學生的學習情形與策略而強化或修正了原有的教學策略（DeRuiter, 1991;

Jenkins & Veal, 2002; van Driel & De, 2001; Viiri, 2003)。

(四)三位個案教師的學科教學知識不斷從在職進修、擔任師院教授的國科會研究助理與國教輔導團輔導員，以及教師成長團體中獲得發展

從前文之分析中發現，三位個案教師的學科教學知識，因為在職進修、擔任師院教授的國科會研究助理與國教輔導團輔導員，以及參與教師成長團體的關係，而不斷獲得發展。觀諸相關研究，亦可發現教師因為參加短期的研習或進入學校修習正式的學位課程，或擔任國民教育輔導團的輔導員，或參與師院教授的研究，而使其學科教學知識獲得成長的機會（李佳慧，2004；李曉萱，2001；張靜儀，1997；陸美靜，2002；劉怡亭，2000；劉蕙鈺，2003；Becker, 2000; Pligge, Kent, & Spence, 2000; van Driel & De, 2001）。個案教師在累積多年的實務經驗之後再度接受理論的洗禮，之所以對她們的學科教學知識之發展具正面作用，即如許多研究所指出的：教師乃在「實際」與「理論」交織成的專業實際中，建立起自己的專業認知與能力，逐步發展教師的知能；進一步言之，由於個案教師在累積多年的實務經驗之後，已累積不少關於學生、學科、課程、教學法等實務知識，此時再接觸到理論知識時，其知識體系已較為寬廣與充足，因而較能理解理論之涵意。

伍、結論與建議

一、結論

(一)國小自然與生活科技資深專家教師學科教學知識的內涵

國小自然與生活科技資深專家教師學科教學知識的內涵包括「教學信念」、「教學目標知識」、「學科知識」、「學生知識」、「課程知識」及「一般教學法知識」。

(二)國小自然與生活科技資深專家教師學科教學知識的發展歷程

- 1.國小自然與生活科技資深專家教師的學科教學知識內涵間之相互理解歷程，即為其學科教學知識發展的歷程。
- 2.國小自然與生活科技資深專家教師深受早年受教經驗之影響，許多學科教學知識皆從省思過往經驗中發展而來。
- 3.國小自然與生活科技資深專家教師從省思受教經驗中發展而來的學科教學知識，在經由學生的正面回饋後而進一步受到強化。
- 4.國小自然與生活科技資深專家教師的學科教學知識不斷從在職進修、擔任師院教授的國科會研究助理與國教輔導團輔導員，以及教師成長團體中獲得發展。

二、建議

根據上述的研究結論，以下分別針對教師（尤其是初任教師，此乃回應研究緣起之所述）及師資培育提出幾點建議：

(一)對教師的建議

1.參考資深專家教師的學科教學知識之內涵及促進學科教學知識發展的策略

從本研究發現，資深的國小自然與生活科技專家教師的確有一些頗為可行的學科教學知識之內涵，以及許多增進學科教學知識發展的策略。是故，建議（初任）教師分別掌握前述資深專家教師的學科教學知識之內涵及許多促進學科教學知識發展的策略。

2.加強對學生知識的理解

本研究發現國小自然與生活科技資深專家教師之課程知識與一般教學法知識深受學生知識的影響，亦即這些有經驗的國小資深專家教師之知識是以學習者知識為中心，學習者知識成為其他知識類別的依據。因此，建議（初任）教師若欲增進學科教學知識的發展，應先對學生知識進行深入理解；而從本研究得知，資深專家教師會透過和學生的日常互動、體驗學生的生活經驗、觀察學生的行為表現、查閱學生過去的相關資料，甚至從自己過去的學習經驗中去同理學生的學習情況，因此，建議（初任）教師亦可從這些方面去理解學生。

3.建議（初任）教師反覆擔任一年級至六年級課程的教學，且在備課過程中不斷思考與推演概念的前後關係，以增進對學科內容中「實質結構」的認識

本研究發現國小自然與生活科技資深專家教師之所以對於教材內容的「實質結構」頗為清楚，原因之一是她們反覆擔任一年級至六年級（或三年級至六年級）課程的教學，且在備課過程中不斷思考與推演。是故，建議（初任）教師若欲清楚國小階段的自然與生活科技學科內容之「實質結構」（課程架構與脈絡），則不妨反覆擔任一年級至六年級（或某年段）課程的教學，且在備課過程中不斷思考與推演概念的前後關係。

4.不斷參與各種在職進修與教師成長團體

從本研究發現，國小自然與生活科技資深專家教師因為不斷在職進修、擔任師院教授的國科會研究助理與國教輔導團輔導員，以及參與教師成長團體，而使其學科教學知識獲得發展。據此，建議（初任）教師儘可能把握各種在職進修的機會，同時參與教師成長團體。

(二)對師資培育的建議

1.建議師資職前教育應培養準教師具備可行的學科教學知識之內涵

從本研究中所發現的國小自然與生活科技資深專家教師的學科教學知識之各種內涵，師資職前教育者可透過課程設計將其傳授給準教師，使準教師知悉有經驗的國小自然與生活科技資深專家教師如何將學科知識轉化成學生得以吸收理解的方式，以習得較為可行的學科教學知識，並減少日後教學時的摸索時間。

2.師資培育課程應多培養（準）教師對學生知識的認識

本研究發現國小自然與生活科技資深專家教師的學科教學知識是以學習者知識為中心，學習者知識成為其他知識類別的依據，因此，建議師資培育者應多多培養（準）教師對學生知識的認識。例如，本研究發現專家教師會透過和學生的日常互動、體驗學生的生活經驗、

觀察學生的行為表現、查閱學生過去的相關資料，甚至從自己過去的學習經驗中去同理學生的學習情況，師資培育者即可針對這些方面去指導（準）教師對學生知識進行理解（若是職前教育教育階段的實習課程，即可指導準教師針對這些方法去獲知學生知識）。

3.建議師資培育者針對（準）教師受早年經驗影響而形成的學科教學知識進行澄清與反省

由本研究中發現，國小自然與生活科技資深專家教師早在進入師資培育機構、接受師資培育課程時，即從早年受教經驗中，初步省思出許多學科教學知識；亦即對於其認同之教師（行為），可能會模仿其教學行為，而對於其認為負面的教師（行為），則避免重蹈那些老師的覆轍，顯見早年受教經驗對其學科教學知識的發展影響甚鉅。惟並非所有教師經此管道而形成的學科教學知識皆能絕對合乎教育學上的規準，仍須加以檢視與澄清，因此建議師資培育者將（準）教師反思習慣與能力的培養納入師資培育課程中，以協助其能針對受早年經驗影響而形成的學科教學知識進行澄清與反省，從中檢視已有的教學知識之合理性。至於具體的做法，則可參考饒見維（1996）所提出四種省思方法中的「省思自己的思考與學習方式」或 Korthagen（1988）所建議的「協助（準）教師針對自己獲取教學知識的取向加以省思」進行，如此不但能讓（準）教師了解自己如何學習、如何省思、如何獲得學科教學知識，更能了解自己的省思活動和專業發展的關係。據此，筆者建議師資培育者可以多安排一些小團體討論的時間，讓（準）教師針對自己受早年經驗影響而形成的學科教學知識與同儕及教師討論、分析與批判，從而對此獲得學科教學知識之管道形成一個「後設認知」機制，以確保經此管道而獲得之教學知識之合理性與合教育目的性。

參考文獻

- 王鳳仙（2001）。國小教師道德科教學實踐知識之個案研究。國立台北師範學院課程與研究研究所碩士論文，未出版，台北。
- 何秋蘭（1997）。師院生在集中實習期間實際知識運作之個案研究。國立屏東師範學院學報，**10**，37-62。
- 吳宜玲（1993）。初任生物教師專業知能成長之詮釋性研究。國立台灣師範大學生物教育研究所碩士論文，未出版，台北。
- 吳青蓉、張景媛（1997）。英語科專家/新手教師課堂教學之研究。師大學報，**42**，17-33。
- 李子建、黃顯華（1996）。課程：範式、取向和設計。台北：五南。
- 李佳慧（2004）。國小自然與生活科技領域資深教運作課程之個案研究。國立高雄師範大學科學教育研究所碩士論文，未出版，高雄。
- 李曉萱（2001）。華語文教師教學專業知能之探究。國立臺灣師範大學華語文教學研究所碩士論文，未出版，台北。
- 林生傳（1993）。實習教師的困擾問題與輔導研究。教育學刊，**10**，33-103。
- 林俊宏（1997）。國中生物實習教師學科教學知識之探究。國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文，未出版，彰化。
- 林清財（1990）。我國國民小學教師教育信念之相關研究。國立台灣師範大學教育研究所博士論文，未出版，台北。
- 林進材（1999）。國小專家教師與新手教師教學理論建構之研究。國立台南師範學院國民教育研究集刊，**5**，185-218。
- 林靜萍（2004）。國小自然科教師科學本質學科教學知識之研究。國立屏東師範學院數理教育研究所碩士論文，未出版，屏東。
- 邱憶惠（1996）。國小音樂教師學科教學知識之個案研究。國立台中師範學院國民教育研究所碩士論文，未出版，台中。
- 邱憶惠、高忠增（2003）。教師知識之個案研究：以兩位國小級任教師為例。台中師院學報，**17(2)**，91-112。
- 段曉林（1996）。探究職前化學教師學科知識、教學知識與學科教學知識的本質與發展。科學教育，**6(2)**，101-112。
- 翁崑泉（2002）。國小教師社會科教學信念之研究：以二位低年級教師為例。國立台東師範學院教育研究所碩士論文，未出版，台東。
- 孫敏芝（2006）。實習教師學科教學知識之探討：教學設計與教學實踐。教育研究與發展期刊，**2(2)**，67-92。
- 高榮成（1994）。化學實習教師學科教學知識發展之探究。國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文，未出版，彰化。

- 張民杰（2001）。統整課程與教學創新的有效方案：問題基礎學習在中小學之應用。載於高雄師範大學主辦國民中學九年一貫課程下教學創新研討會論文集（頁156-185）。高雄：國立高雄師範大學。
- 張芬芬（1984）。師大結業生分發實習前後教學態度與任教意願之比較研究。國立臺灣師範大學教育研究所碩士論文，未出版，台北。
- 張靜儀（1997）。國小自然科專家教師學科教學知識與發展之個案研究。八十六學年度師範學院教育學術論文發表會論文集（頁567-587）。
- 張靜儀（2001）。國小自然科教師教學個案研究－教師背景與教學之探討。屏東師院學報，14，699-932。
- 張靜儀、戴翠華（2003）。「國小學童感知自然老師PCK量表」之效化研究。國立臺北師範學院學報，16(2)，187-212。
- 教育部（2001）。國民中小學九年一貫課程試辦工作輔導手冊－理念、配套措施與行政篇。台北：教育部。
- 郭義章（1997）。國中初任理化教師思考與呈現其學科教學知識之個案研究。國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文，未出版，彰化。
- 郭銘哲（2004）。高中生活科技教師教學表徵之個案研究。國立高雄師範大學工業科技教育研究所碩士論文，未出版，高雄。
- 陳美玉（1996）。教師專業實踐理論及其應用之研究。教育研究資訊雙月刊，4(3)，120-147。
- 陳桂蘭（2002）。一位資深環境教育教師專業發展歷程之探索。國立台北師範學院課程與教學研究所碩士論文，未出版，台北。
- 陳國泰（2000）。國小初任教師實際知識的發展之研究。國立高雄師範大學教育研究所博士學位論文，未出版，高雄。
- 陳國泰（2003a）。幼兒園所經驗教師實際知識的發展之研究。美和技術學院學報，22(1)，85-112。
- 陳國泰（2003b）。幼兒經驗教師班級經營知識的發展之研究。美和技術學院學報，22(2)，129-159。
- 陳國泰（2006）。國小自然與生活科技資深專家教師學科教學知識的發展之個案研究。國立屏東教育大學學報，25，117-156。
- 陳國泰、曾佳珍（2005）。國小自然與生活科技專家教師引發學生學習動機策略之研究。國民教育學報，2，203-240。
- 陳筱雯（2004）。國小自然科教師科學本質學科教學知識之研究。屏東師範學院數理教育研究所碩士論文，未出版，屏東。
- 陸美靜（2002）。一位國小三年級自然老師實施建構教學的歷程與反思。國立屏東師範學院數理教育研究所碩士論文，未出版，屏東。
- 湯仁燕（1993）。國小教師教學信念與教學行為關係之研究。國立台灣師範大學教育研所碩士

- 論文，未出版，台北。
- 黃瑞琴（1996）。*質的教育研究方法*。台北：心理出版社。
- 劉怡亭（2000）。*國中歷史科教師的學科教學知識之探究*。國立嘉義大學國民教育研究所碩士論文，未出版，嘉義。
- 劉蕙鈺（2003）。*自然科教師激發國小學童學習動機策略之個案研究*。國立屏東師範學院數理教育研究所碩士論文，未出版，屏東。
- 蔡添財（2004）。*國小高年級自然科教師學科教學知識之個案研究*。臺中師範學院自然科學教育學系碩士論文，未出版，台中。
- 賴秀芬（2003）。*國中英語專家教師實務知識之探究*。國立中正大學教育研究所碩士論文，未出版，嘉義。
- 戴翠華（1998）。*國小教師對學生關於「地球的運動」知識的瞭解與實際教學情形之個案研究*。國立屏東師範學院國民教育研究所碩士論文，未出版，屏東。
- 戴翠華（2000）。運用「檔案評量」在自然科實際教學之研究。收於2000行動研究~展望本土教育改革學術論文集（頁441-457）。國立台東師範學院主編。
- 戴翠華、張靜儀（2001）。應用「類比」教學表徵在國小自然科教學之研究：以酸鹼概念為例。載於國立台東師範學院主編之教學行動研究與教學創新下冊（頁793-808）。台北：揚智文化。
- 謝建國（2001）。*國小實習教師國語科學科教學知識之個案研究*。國立台北師範學院國民教育研究所碩士論文，未出版，台北。
- 鍾任琴（1994）。*國小實習教師教育專業信念發展之研究*。國立政治大學教育研究所博士論文，未出版，台北。
- Achilles, C. M., & Hoover, S. P. (1996). *Transforming administrative praxis: The potential of problem-based learning (PBL) as a school-improvement vehicle for middle and high schools*. (ERIC Document Reproduction Service NO. ED 397471)
- Ball, D., & Bass, H. (2000). Interweaving content and pedagogy in teaching and learning to teach: Knowing and using mathematics. In J. Boaler (Ed.), *Multiple perspectives on mathematics teaching and learning* (pp.83-104). Westport, CT: ABLEx Publishing.
- Bauch, P. A. (1982). *Predicting elementary classroom teaching practices from teachers' educational beliefs*. (ERIC Document Reproduction Service NO. ED 226437)
- Beane, J. A. (1997). *Curriculum integration: Designing the core of democratic education*. New York: Teachers College.
- Becker, J. R. (2000). *Classroom coaching: An emerging method of professional development*. (ERIC Document Reproduction Service NO. ED. 476637)
- Belfort, E., & Guimaraes, L. C. (2002). *The Influence of subject matter on teachers' practices: Two case studies*. (ERIC Document Reproduction Service NO. ED. 476090)

- Berliner, D. (1986). In pursuit of the expert pedagogue. *Educational Research*, 15(7), 5-13.
- Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Research*, 18(2), 32-42.
- Calderhead, J., & Miller, E. (1986). *The integration of subject matter knowledge in student teachers classroom practice*. Research Monograph, School of Education, University of Lancaster.
- Carter, K. (1992). Creating cases for the development of teacher knowledge. In T. Russell and H. Munby (Eds.), *Teachers and teaching: From classroom to reflection* (pp.87-93). London: Falmer Press.
- Clandinin, D. J., & Connelly, F. M. (1994). Personal experience methods. In N. Denzin and Y. Lincoln (Eds.), *Handbook of qualitative research* (pp. 413-427). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Clermont, C. P., Borko, H., & Krajcik, J. S. (1994). Comparative study of pedagogical content knowledge of experienced and novice chemical demonstrators. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(4), 419-441.
- Cochran, K. F., DeRuiter, J. A., & King, R. A. (1993). Pedagogical content knowledge: An integrative model for teacher preparation. *Journal of Teacher Education*, 44(4), 263-272.
- Cochran, K. F., King, R. A., & DeRuiter, J. A. (1991). *Pedagogical content knowledge: A tentative model for teacher preparation*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, Chicago, IL.
- Cole, A., & Knowles, G. (1992, April). *Extending boundaries: Narratives on exchange*. Paper presented at the annual meeting of the American Education Research Association, San Francisco.
- Connelly, F. M., & Clandinin, D. J. (1988). *Teachers as curriculum planners: Narratives of experiences*. New York: Teachers College Press.
- Courtney, R., Booth, D., Emerson, J., & Kuzmich, N. (1987). *No one way of being: A study of the practical knowledge of elementary art teachers*. (ERIC Document Reproduction Service NO. ED 305296)
- DeRuiter, J. A. (1991). *The development of teachers' pedagogical content knowledge*. (ERIC Document Reproduction Service NO. ED 331807)
- Duffee, L., & Aikenhead, G. G. (1992). Curriculum change, student evaluation, and teacher practical knowledge. *Science Education*, 76(5), 493-506.
- Edens, K. M. (2000). Preparing problem solvers for the 21 century through Problem-based Learning. *College Teaching*, 48(2), 55-60.
- Elbaz, F. (1983). *Teacher Thinking: A study of practical knowledge*. N.Y.: Nichols.
- Fogarty, R., & Stoehr, J. (1995). *Integrating curricula with multiple intelligences-teams, themes, and threads*. Arlington Heights, IL: IRI/Skylight Training and Publishing.

- Goodson, I. F. (1994). *The story so far: Personal knowledge and the political*. (ERIC Document Reproduction Service NO. ED272 466)
- Grossman, P. L. (1987). *A tale of two teachers: The role of subject matter orientation in teaching*. Paper presented at the annual meeting of the American Education Research Association, Washington, D.C.
- Grossman, P. L., & Richert, A. E. (1988). Unacknowledged knowledge growth: A reexamination of the effects of teacher education. *Teacher & Teacher Education*, 4(1), 53-62.
- Grossman, P. L., & Wilson, S. M., & Shulman, L. S. (1989). Teacher of substance: Subject matter knowledge for teaching. In M. C. Reynolds (Ed.), *Knowledge base for the beginning teacher* (pp. 23-36). Oxford: Pergamon.
- Gudmundsdottir, S. (1991). *The narrative nature of pedagogical content knowledge*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, Chicago, IL.
- Halim, L., & Meerah, S. M. (2002). Science trainee teachers' pedagogical content knowledge and its influence on physics teaching. *Research in Science & Technological Education*, 20(2), 215-225.
- Hammerness, K. (2003). *Learning to hope, or hoping to learn? The role of vision in the early professional lives of teachers*. (ERIC Document Reproduction Service NO. ED 472394)
- Jenkins, J. M., & Veal, M. L. (2002). Preservice teachers' PCK development during peer coaching. *Journal of Teaching in Physical Education*, 22(1), 49-68.
- Jiunde, L. (1999). *Problem-based learning: A decision model for problem selection*. (ERIC Document Reproduction Service No. ED436162)
- Johnston, S. (1992). Images: A way of understanding the practical knowledge of student teachers. *Teaching & Teacher Education*, 8(2), 123-136.
- Lee, J., Meadows, M., & Lee, J. O. (2003). *What causes teachers to implement high-quality mathematics education more frequently: Focusing on teachers' pedagogical content knowledge*. (ERIC Document Reproduction Service NO. ED472327)
- Loughran, J., Gunstone, R., Berry, A., Milroy, P., & Mulhall, P. (2000). *Science cases in Action: Developing an understanding of science teachers' pedagogical content knowledge*. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, New Orleans, LA.
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science. In J. Gess-Newsome and N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge* (pp.95-132). Dordrecht, Netherlands: Kluwer.
- Marks, R. (1990). Pedagogical content knowledge: From a methemathical case to a modify conception. *Journal of Teacher Education*, 41(3), 3-11.
- Mbajorgu, N. M., & Ali, A. (2003). Relationship between STS approach, scientific literacy, and

- achievement in biology. *Science Education*, 87(1), 31-39.
- McDiarmid, G. W., Ball, D. L., & Anderson, C.W. (1989). Why staying one chapter ahead doesn't really work: Subject-specific pedagogy. In M. C. Reynolds (Ed.), *Knowledge Base for the Beginning Teacher* (pp.173-191). Oxford: Pergamon Press.
- Mills, R. A. (1997). Teachers' voices shaping transformation: A multiple case study of personal practical knowledge among middle level teachers. *Education Quarterly*, 20(3), 57-84.
- Neil, P. A. (2002). Small-group work and assessment in a PBL curriculum: A qualitative and quantitative evaluation of student perceptions of the process of working in small groups and its assessment. *Medical Teacher*, 24(5), 495-502.
- Nespor, J. (1987). The role of beliefs in practice of teaching. *Journal of curriculum Studies*, 19(4), 317-328.
- O'Byrne, K., Clark, R. E., & Malakuti, R. (1997). Expert and novice performance: Implications for clinical training. *Educational Psychology Review*, 9(4), 321-332
- Pajares, M. F. (1992). Teachers' belief and educational research: Cleaning up a messy construct. *Review of Educational Research*, 62(3), 307-332.
- Pligge, M. A., Kent, L. B., & Spence, M. S. (2000). *Examining teacher change within the context of mathematics curriculum reform: Views from middle school teachers*. (ERIC Document Reproduction Service NO. ED 443726)
- Reynolds, A. (1992). What is competent beginning teaching? A review of the literature. *Review of Educational Research*, 62(1), 1-35.
- Schwartz, J. E., & Riedesel, C. A. (1994). *The relationship between teachers' knowledge and beliefs and the teaching of elementary mathematics*. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 366 585)
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundation of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22.
- Smyth, D. M. (1992). *The kids just love him: A first year teacher's perceptions of how the workplace has affected his teaching*. (ERIC Document Reproduction Service NO. 355177)
- Sternberg, R. J., & Horvath, J. A. (1995). A prototype view of expert teaching. *Educational Researcher*, 24(6), 9-17.
- Tabachnic, B. R., & Zeichner, K. M. (1985). *The development of teacher perspectives: Final report*. (ERIC Document Reproduction Service No. ED266 099)
- van, Driel, J. H., & De, J. O. (2001). *Investigating the development of preservice teachers' pedagogical*

- content knowledge*. (ERIC Document Reproduction Service NO. ED 458146)
- Veenman, S. (1987). *On becoming a teacher: An analysis of initial training*. (ERIC Document Reproduction Service NO. ED 312231)
- Viiri, J. (2003). Students' understanding of tides. *Physics Education*, 35(2), 105-110.
- Williams, B. (2001). The theoretical links between problem-based learning and self-directed learning for continuing professional nursing education. *Teaching in Higher Education*, 6(1), 75-82.
- Wilson, S. M., Shulman, L. S., & Richart, A. E. (1987). 150 different ways of knowing: Representations of knowledge in teaching. In J. Calderhead (Ed.), *Exploring teachers' thinking* (pp.104-124). London: Cassell.

Contents and Development of Pedagogical Content Knowledge: A Case Study on Three Elementary School Experienced Expert Natural Science and Living Technology Teachers

Kuo-Tai Chen *

Abstract

The study investigated three elementary school experienced expert natural science and living technology teachers on their pedagogical content knowledge and the development of this knowledge. Qualitative research method was used for case study. Data were collected by naturalistic observations, interviews, and documentary analysis. Following results were found: 1. The contents of pedagogical content knowledge of the cases included primarily following: teaching belief, knowledge of teaching goals, subject knowledge, learners' knowledge, curriculum knowledge, and knowledge of general pedagogy. 2. The development of the pedagogical content knowledge of cases were elaborated in terms of 4 points as follows: (1) The development of the pedagogical content knowledge of the cases is lateral. (2) The cases forms most of the pedagogical content knowledge from the reflection of early learning experiences. (3) The pedagogical content knowledge of cases reflect from the early educational experiences is developed more steadily After receiving the feedback of students. (4) The pedagogical content knowledge of the cases is continued developing from the in-service education program, acting as the instructor of the "Compulsory Education Advisory Group", participating in academic research, and participating teachers developmental group.

Key words: elementary school, experienced expert natural science and living technology teacher, pedagogical content knowledge, development

Section Editor: Chih-Cheng Lin

Received: May 13, 2006, Modified: December, 18, 2006, Accepted: December 20, 2006

* Kuo-Tai Chen, Associate Professor, Center for Teacher Education and Dean of Academic Affairs,
Wenzao Ursuline College of Language

E-mail: 93040@mail.wtuc.edu.tw