

非本科系畢業教師的學科教學知識之內涵及其發展的影響因素之個案研究：以一位國小自然科專家教師為例

陳國泰

文藻外語學院 師資培育中心

(投稿日期：民國99年5月3日，修訂日期：99年7月9日，接受日期：99年8月28日)

摘要：本研究旨在探討一位非自然科學本科系畢業的國小自然科專家教師的學科教學知識(PCK)之內涵，以及影響其發展的相關因素。為達成此目的，本研究採質化研究取向，蒐集資料以教室觀察與深度訪談為主，文件分析為輔。研究發現有二：(1)個案教師歷經一番自我成長後，已擁有豐富的PCK，包括教學目標知識、學科知識、學習者知識、課程知識、一般教學法知識及情境知識，且個案教師在充實學科知識後，再配合原有的非本科系專長(語文表達)及相關知識，使其PCK內涵具有本科系畢業專家教師所沒有的特色；(2)影響個案教師PCK發展的因素包括受教經驗的省思、自覺學科知識不足而閱讀科普叢書、同事的建議、教學體會、參加研習或成長團體、非本科系之專長背景等六項。

關鍵詞：非本科系畢業之自然科教師、專家教師、教師專業發展、教師學科教學知識發展的相關因素、學科教學知識

壹、緒論

一、研究動機

在屬於包班制教學型態的國小校園中，教師同時擔任多個不同學科領域的教學是一種常態。然而，這種常態卻可能隱藏一些問題，因為教師在師資養成階段中，大都僅主修一個學科領域，其他學科領域不是未嘗接觸，便是如蜻蜓點水般地概略學習而已，其

學科知識相對薄弱許多；在學科知識較為薄弱的情況下擔任教學，其教學效果便是一個頗值得憂慮的問題。以自然科教學為例，許多探討自然科教學困境的相關研究已發現，由於自然科所牽涉的學科內容既深又廣，且課程又須融入各項議題，加上學校相關教學設備與器材常有不足現象，致使教師不易展現活潑有趣之教學，而學科知識較缺乏的非本科系畢業教師(以下簡稱非本科系教師)，更常有教學困擾的情形產生

(李明杉, 2004; 陳振綱、陳旭能, 2009)。近來, 許多研究者(如: Andoni, Silvia, Florencia, & Rufino, 2007; Cochran, DeRuiter, & King, 1993; Shulman, 1986, 1987)所強調的「學科教學知識」(Pedagogical Content Knowledge, 以下簡寫成PCK), 即是以學科知識為基礎, 融合一般教學法知識而成的知識, 以使教師知道如何針對學習者的能力與興趣, 而將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。因此, 教師一旦擔任非其本科系之領域教學, 若要勝任教學, 勢必要在學科知識及其他相關教學法知識上有所增長, 以進一步轉化成PCK, 而使其教學順利進行。問題是: 這類教師要如何增長學科知識與其他相關教學法知識, 以融合成PCK? 影響他們發展或增進PCK的相關因素又有哪些? 在甚多非本科系的教師從事國小各領域教學的今天, 此議題顯得格外重要, 尤其擔任自然領域教學的教師, 非本科系者已多於本科系者(簡嘉伶, 2006), 更顯示出本議題之重要性。然而, 截至目前為止, 國內外尚未有研究者針對國小自然科教師「非本科系」此一背景特性, 深入探討相關議題, 更顯示出本議題之迫切性。據此, 本研究即要從這類教師中, 選取一位目前已被公認為專家之教師, 探討其具有哪些PCK, 以及其在發展PCK的過程中, 受到哪些重要因素的影響, 據以做為其他非本科系教師發展PCK之借鏡, 以及師資培育與進修機構辦理相關活動之參考。

二、研究目的

根據前述, 本研究之研究目的有二:

- (一) 探討非本科系的國小自然科專家個案教師的PCK之內涵;
- (二) 分析非本科系的國小自然科專家個案教師在其PCK的發展過程中, 受到哪些因素之影響。

貳、文獻探討

一、PCK的意義與內涵

PCK最初是由Shulman (1986)所提出, 其認為PCK並不單純屬於學科知識或教學知識的哪一方, 而是一種融合此二種知識的統整性知識, 亦即在考量學科的內涵與性質之前提下, 如何將相關的教學知識融入於教學過程中, 而使學習者最有效吸收的一種統整性教學知識。在Shulman提出前述觀點後, 許多研究者亦陸續提出類似的見解, 而歸納多位研究者的觀點, 所謂PCK, 是指教師在教學情境脈絡中, 在整體考量該學科的教學目標、學科性質、課程架構、學生學習時的先備知識及學習特性與困難之處、相關的教學方法, 甚至學校的特殊文化與家長期待等因素之後, 決定以某種學生較能理解的方法來教授學科內容的一種統整性教學知識(段曉林, 1995; 張靜儀, 1997; Andoni et al., 2007; Cochran et al., 1993; Cohen & Yarden, 2009; Lin & Yang, 1998)。針對前述定義, 研究者進一步繪出其運作歷程(如圖1), 以彰顯PCK的意義。

相關研究發現, 當教師具備豐富的PCK時, 的確有助於學生的學習(王國華、段曉林、張惠博, 1998; 張靜儀, 2006; 謝甫佩、洪振方, 2005; Rohaan, Taconis, & Jochems, 2010)。例如, Rohaan等探討國小技學教師的PCK與學生學習態度的關係, 發現二者呈現高度正相關, 亦即PCK愈豐富之教師, 愈能引發學生的學習動機及興趣。又如, 張靜儀發現PCK愈豐富之教師, 愈能了解學生的學習特性, 而運用各種較能讓學生有效吸收的教學表徵(例如: 類比、舉例、圖解、示範、解釋), 使學生對學習事務感到興趣, 以及易於理解與吸收學習內容, 因

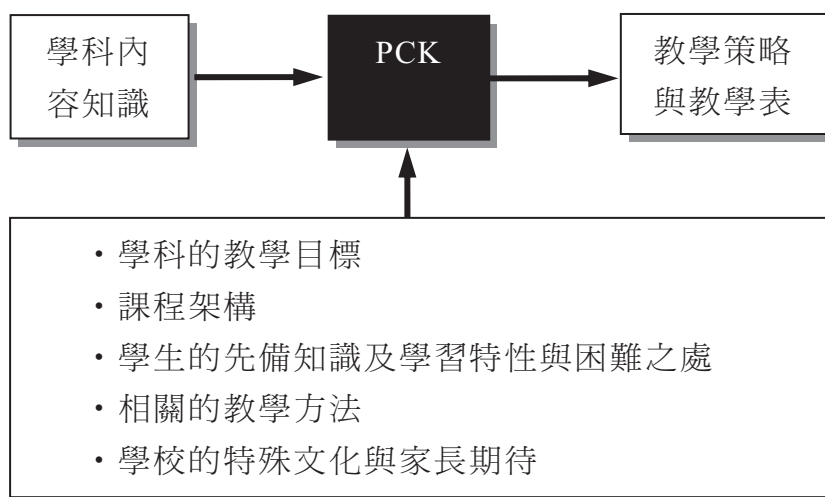


圖1：PCK的運作歷程(資料來源：研究者自行繪製)

而有更好的學習成效。

至於PCK的內涵，從前述PCK的意義闡述中，事實上已隱含PCK的內涵了；因為教師在決定以某種學生較能理解的方法來教授學科內容時，須先將相關因素進行統整性地整體考量，之後方能決定採取何種教學方法，而此時所納進考量的相關因素，即為PCK的內涵。綜觀近年來國內外針對PCK內涵分類的相關研究，發現教師在決定以某種學生較能理解的方法進行教學時，其所考量的相關因素，不外乎其所秉持的教學目標知識(knowledge of teaching objectives；陳國泰，2006；張靜儀，1997；Andoni et al., 2007; Lin & Yang, 1998)、學科知識(knowledge of content；段曉林，1995；Shulman, 1986)、學習者知識(knowledge of learners；陳筱雯，2004；Cochran et al., 1993)、課程知識(knowledge of curriculum；段曉林；Grossman, 1990; Magnu-sson, Krajcik, & Borke, 1999)、一般教學法知識(knowledge of general pedagogy；陳國泰；Lin & Yang; Shulman)及情境知識(knowledge of contexts；蔡添財，2003；Cohen & Yarden, 2009)，而

這一些知識內涵，即是PCK的內涵。本研究欲探究非本科系個案教師的PCK內涵，即可從這些面向探究起；之後，再進一步探討影響各個面向／內涵發展的因素，即可統整出影響其PCK發展的相關因素。

二、PCK的發展

根據相關研究的觀點，PCK的發展其實是在PCK的運作歷程中，經由不斷反省與修正的過程而發展(Cochran et al., 1993; Shulman, 1987)。例如，Shulman曾提出「教學推理模式」(a model of pedagogical reasoning and action；參見圖2)。在該模式中，教師首先對教學目的、學科架構及學科內容與學科間之概念進行「理解」，然後欲使學生了解學科內容，乃將學科內容「轉換」成學生能接受的型態(例如類推、隱喻、舉例、示範、模擬或解釋等表徵策略)；前述二階段，可謂PCK的運作歷程。之後，教師乃根據前述運作歷程開始進行「教學」活動，並「評量」學習者是否理解學習內容；此二階段，乃由PCK運作後所發展出來的具體教學策略。在此之後，教師「反省」整個教

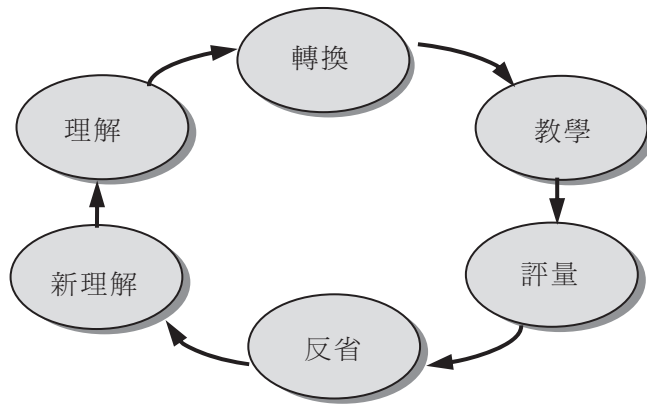


圖2：Shulman (1987)提出之教學推理過程

與學的過程與師生表現，並對前述經驗產生「新的理解」；最後的這二個階段，乃是PCK的發展部份。如此週而復始，教師的PCK乃不斷成長與發展。又如，Cochran等所提出的「學科教學知曉模式」(pedagogical content knowing；參見圖3)，亦認為教師在運作「學習者、學科內容、教學、教學情境」等知識歷程中，因為不斷對教學相關經驗進行省思，而使其PCK不斷修正與發展。事實上，這些觀點與成人教育領域中頗受重視的「經驗學習」(experiential learning)之觀點是相一致的。「經驗學習」強調個人若能對過去的具體經驗進行觀察與省思，則能獲

得概括化的抽象概念，並在之後的新情境中檢視概念的正確性，因而產生實際可行的新經驗(Fenwick, 2000; Merriam & Caffarella, 1999)。近年來，在國內外研究學科教學知識成長的相關研究中(陳國泰，2007；Watzke, 2007)，亦皆發現「省思」對於PCK成長的重要性。據此，吾人若要探討影響非本科系教師PCK發展的相關因素，即可聚焦在個案教師的教學相關經驗內容(即所涉及的相關人事物)，並探討促進其進行教學省思的相關因素，當可釐清影響其PCK發展的相關因素。

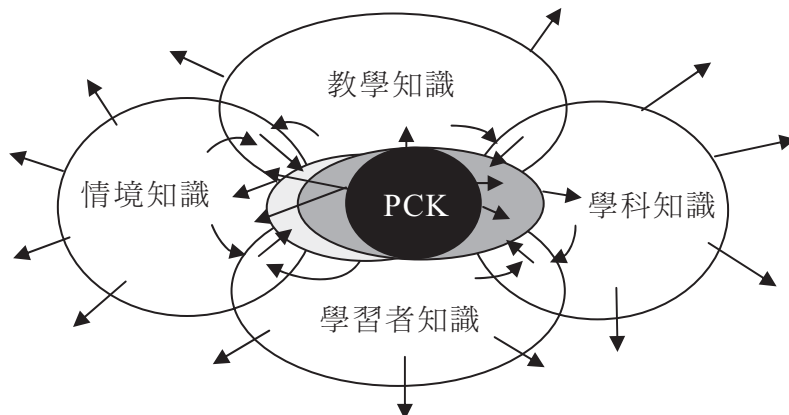


圖3：Cochran等(1993)的學科教學知曉模式

三、自然科專家教師的PCK內涵及其發展的影響因素之相關研究探討

近二十年來，國內外已累積不少關於科學專家教師的教學研究，而在這類研究中，因為涉及教師的內隱知識(tacit knowledge)，因此，許多研究者(如：Gallagher, 2000; Tobin, 1992)乃主張以較能揭露教師內在思維的詮釋研究取向作為探究方式。影響所及，近年來有關自然科專家教師PCK的相關研究，大多採詮釋取向的質性研究方法，亦即先透過觀察專家教師的課室教學，之後再針對觀察所見進行深度訪談，並輔以各種相關文件，以對教師的PCK內涵進行深入了解。研究結果顯示，在教學目標知識方面，專家教師較強調學生對於整體科學概念的融會貫通，以及思考與問題解決能力的培養，而非僅注重科學概念的記憶背誦(張靜儀, 1997; 蔡美娟、黃世傑、王國華, 2000; 蔡添財, 2003; Andoni et al., 2007; Cohen & Yarden, 2009); 在學科知識方面，專家教師通常具備豐富的學科內容知識，且相當熟悉學科相關範疇之知識(吳季玲, 2003; 鄧鈴冠, 2006; 潘靜儀, 2007; Appleton & Harrison, 2001; Bucat, 2004; Lee & Luft, 2008); 在學習者知識方面，專家教師不僅了解學生的先備知識、學習特性與常有的迷思概念，甚至對於學生產生迷思概念的原因亦相當清楚(張靜儀, 2001; 潘靜儀; Drechsler & Van Driel, 2008; Lee & Luft); 在課程知識方面，專家教師對於課程間的關聯性相當熟悉(李佳慧, 2004; 張靜儀, 1997; Cohen & Yarden; Lee & Luft); 在一般教學法知識方面，專家教師所採用的教學策略相當多元，且能以學生的舊經驗為基礎，引導學生進入教學主題(蔡美娟等；

鄧鈴冠; Andoni et al.; Cohen & Yarden); 至於情境知識方面，專家教師會因應其任教的學校、班級及家長等情境因素，而採取相對應的措施，以使教學更順利或減少教學困擾(張靜儀, 1997; 潘靜儀)。

在前述研究中，許多研究更進一步以敘說故事的方式，讓自然科專家教師闡述其PCK的發展由來或影響發展的相關因素；而整合這些研究後發現，影響自然科專家教師PCK發展的相關因素包括教師的早年受教經驗(施互琴, 2004; Andoni et al., 2007)、師資養成教育階段中的教育專業課程和專門課程(施互琴)、教學經驗(Andoni et al.; Nilsson & Van Driel, 2007)、專業進修(Lee & Luft, 2008)、同事的影響(陳筱雯, 2004; 張靜儀, 1997)及個人自覺與省思(Nilsson & Van Driel)。質言之，自然科專家教師早在進入師資培育機構前，以至師資養成教育階段，及至正式任教階段，皆有相關因素影響其PCK的發展；本研究在探究影響非本科系教師的PCK發展之相關因素時，即可從此三個教育階段去探索。

值得一提的是，在前述關於自然科專家教師PCK的相關研究中，大都以自然科學本科系教師為研究對象所進行的研究，並未有以「非本科系教師」為標題所進行的研究；少部分研究(蔡添財, 2003; 鄧鈴冠, 2006; Appleton & Harrison, 2001; Nilsson & Van Driel, 2007)雖曾以非本科系教師為(部分)研究對象，但僅統整分析所有個案教師的PCK內涵或影響PCK發展的相關因素，而未針對非本科系專家教師的此種背景特性，去單獨分析其PCK內涵與影響因素，以及進一步探討相關議題(例如：非本科系和本科系專家教師的PCK是否有所不同？若有不同，差異何在？造成差異的原因又是為何？非本科系專家教師究竟受到哪些因素的

影響，而使其突破教學困境，進而豐富其PCK？影響非本科系與本科系專家教師PCK發展的因素是否相同？若不同，原因又何在？)。例如，蔡添財與鄧鈴冠的研究雖包含本科系及非本科系之個案教師，然其僅著重於統整所有個案教師的PCK內涵，並未特別分析非本科系專家教師的PCK，更遑論進一步分析二者在PCK內涵與影響因素之差異與原因，誠屬可惜。

綜上所述，目前雖然已有諸多關於自然科專家教師的PCK之相關研究，惟皆尚未針對「非本科系教師」此一背景特性去深入探討相關議題，有待進一步深究。至於探究的方法，由於PCK係屬內隱知識，若要探討其內涵與影響發展的相關因素，應採詮釋取向的質性研究方法，並輔以深度訪談的方式，讓個案教師敘說其從進入師資培育機構前，以至師資養成教育階段，及至正式任教階段的PCK發展情形，藉以作為分析的基礎。

參、研究方法與步驟

一、研究對象與研究情境

劉老師從小熱愛閱讀，就讀師專期間，即選擇語文組，並曾獲全校講故事比賽第一名。1974年自師專畢業後，劉老師便一直在南部某都會區的青山國小(化名)擔任級任導師，而由於在學期間練就一身講故事的好本領，所以在擔任導師之教學期間，便常在課堂中以講故事自娛娛人。1990年，因為家裡進行園藝栽培之故，而深深感受到花草之美與植物構造之奧祕，便看了許多關於植物的科普叢書，「我愈看，愈被迷住！」(I-2006/09/04)，就毅然決然轉任自然科教師；至本研究開始時(2006年)，劉老師已連續從事自然科學教學工作超過16年，且曾擔任國民教育輔導團自然科輔導員多年，是校內外

公認的專家教師，每年常有教育大學教授帶領師資生至其課堂中觀摩。另外，劉老師更曾榮獲「Super教師」之殊榮。

至於劉老師目前任教的青山國小，則是一所頗有歷史的大型學校，全校共有50幾班，每班人數都約33人。校內教師在強調人文關懷的校長帶領下，氣氛頗為融洽；劉老師即在這樣的氣氛下，邀請校內同好組成自然科教學研究團隊，定期分享讀書與教學心得。

另外，劉老師於本研究開始時是擔任四年級課程，次年回到三年級授課；而不管任教哪一年級，其教學流程主要是循著「以故事開講或搶答遊戲的方式引起學習動機→製造有趣且具有挑戰性的問題情境，以開啓學生合作探究之門→以各種教學表徵策略解說抽象概念→採取多元方式進行鑲嵌式評量」之模式進行。

二、蒐集資料的方法

本研究以一年半時間進行資料蒐集，並以教室觀察與深度訪談為主，文件分析為輔的質性研究方法進行。

(一)教室觀察

研究者自2006年9月開始進入劉老師的教室中進行教室觀察，直到2007年12月止，為期近一年半；而為配合劉老師與研究者的作息時間，本研究在進行教室觀察時，僅抽取劉老師所有任教班級中的一個班級，進行每週二至三小時的非參與觀察(共觀察18次)，且經個案教師同意後進行錄影。另外，由於PCK係屬內隱知識，因此，只有透過觀察教師在教學相關流程與相關教學事件的處理，再透過訪談其想法，方能得知PCK的各項內涵。是故，本研究進行教室觀察時，焦點除集中在劉老師引起動機的方法、

發展活動的方法、教學表徵的方法、學習評量的方法及綜合活動等教學相關流程以外，亦注意其如何處理教學事件，並待訪談時，再探討其背後所持有的PCK內涵。

(二)深度訪談

本研究採取深度訪談的時機，主要是在教室觀察之後，利用劉老師空堂或假日時，就觀察所得與其當面訪談或電話訪談(共訪談18次)。深度訪談時，焦點大多關注於劉老師教學行為背後的PCK之相關內涵，及其歷經「進入師資培育機構前」、「師資養成教育階段」及「正式任教階段」等三階段的發展情形(以敘說故事的方式讓其闡述相關經驗)。此外，每次訪談時，皆徵得劉老師的同意後再進行錄音。

(三)文件分析

本研究亦蒐集與劉老師教學相關的其他文件資料，例如劉老師的教學設計或評量試卷等。

三、資料的整理與分析

(一)分析個案教師的PCK內涵及影響各個知識內涵發展的相關因素

1. 本研究參採Erickson (1998)對於質性資料整理與分析步驟之建議，進行本研究相關資料的整理與分析。首先，研究者先將經由教室觀察和深度訪談所得之資料轉為逐字稿，並請劉老師就逐字稿進行檢閱，以進行參與者查核；之後，研究者再配合各種文件資料，反覆閱讀所有相關資料的內容。閱讀過程中，研究者採用「分析歸納法」(analytic induction)，亦即依據文獻探討所得之PCK的內涵分類為參考架構，將文本資料予以適切分類及編碼；之後，再

針對前述各項知識內涵的文本資料，依據「各項知識內涵在實際教學中的具體做法、理由或目的」與「各項知識內涵的發展過程及影響其發展的相關因素」等二個層面，進行次類別的編碼；最後，再將次類別的文本資料，依據「各項知識內涵的相關具體做法」、「形成各個知識內涵的理由或目的之說明」、「個案教師對於形成各個知識內涵的過程說明」與「個案教師形成各項知識內涵的過程中，所受到的影響因素之說明」等四個層面進行編碼。

2. 在文本資料完成編碼之後，研究者再將相同編碼之文本資料予以歸納統整，並依時間順序加以排列，而形成初步架構與文稿。在此同時，研究者亦根據Guba與Lincoln (1989)對於質性資料處理的建議，針對不同方法與時間所獲得之資料進行三角校正(triangulation)。另外，本研究也請另一位科學教育研究者及二位具有教育碩士背景的研究助理，針對前述方法所形成的初稿給予相關意見，以使本研究之歸納與詮釋更臻適切。
3. 在完成初稿後，本研究再將其交予劉老師進行檢閱，並根據其修訂意見進行修改，修改之後方定稿。另外，在研究結果中，將以代號呈現資料的形式(O代表觀察資料；I代表訪談資料；D代表文件資料)。例如，(O-2006/09/04)示在2006/09/04觀察個案教師的資料。

(二)綜合分析以及與相關研究進行比較與討論

在以前述方法分析劉老師的PCK內涵及影響各個知識內涵發展的相關因素後，研究者再進一步針對其PCK內涵的特色及影響PCK發展的相關因素進行綜合分析，並與相關研究作討論。

四、研究者的角色

在研究過程中，研究者最主要的角色，即是扮演觀看劉老師教學的「客觀觀眾」與聽取其分享教學故事的「忠實聽眾」，然偶爾亦會針對一些教學議題進行討論，而與其成為Aksal (2009)所謂的「教學經驗分享者」。

五、提高本研究信效度之方法

在量化研究中，研究者在意的是內外信效度問題，但在質性研究中，研究者關切的卻是可信性(credibility)、可靠性(dependability)、驗證性(conformability)及遷移性(transferability)等問題。首先，本研究透過長達一年半的時間蒐集相關資料，且資料整理後之文稿皆經由個案進行參與者查核，並針對不同方法與時間所獲得之資料，及不同研究者所持之觀點進行三角校正，這些皆符合提高研究可信性之相關方法(Guba & Lincoln, 1989; Patton, 1990)。其次，本研究除以教室觀察、深度訪談及文件分析等多重方法蒐集資料與相互比對資料外，亦完整保留相關資料，以供檢驗，此亦能提高研究之可靠性(Guba & Lincoln)。再者，研究者除說明自身立場與角色外，更常在研究過程中反思，以免讓個人的偏好影響研究結果的客觀性，此將能提高研究之驗證性(Behar, 1996)。最後，本研究除詳實說明劉老師的背景、邀請其參與本研究的原因及其情境脈絡外，在研究結果中，亦僅進行低推論之描述，此將能提高研究之遷移性(Merriam, 1988)。

肆、結果與討論

一、劉老師的PCK內涵及影響各個知識內涵發展的相關因素

以下除呈現劉老師的PCK內涵外，亦在每項內涵說明之文末，歸納影響該項PCK內涵發展的因素。

(一)教學目標知識

劉老師認為自然科最主要的教學目標，乃在思考智能的培養，因此，在其教學過程中，便處處顯露出這種考量。例如，她總在製造有趣且具挑戰性的問題情境後，便讓學生以合作探究的方法充分討論、提出實驗計畫及實際驗證等，目的就是要培養學生的思考智能(詳見後文有關「一般教學法知識」中之說明)。劉老師的這個教學目標，剛開始是從實際教學體會及求學經驗的省思而來。她說：

在教學中，我就發現學生缺乏思考的能力，就像我們以前讀書一樣，老師怎麼教，我們就怎麼學；日子久了，就不會主動思考問題了，當然思考能力就不好了。(I-2006/09/04)

後來，劉老師此一想法又受到知心同事——小娟老師的影響，她豎起大拇指說道：

小娟是一位非常優秀的科教博士，她常常和我分享許多觀念，讓我更相信培養學生的思考智能是最重要的教學目標。(I-2006/09/18)

之後，小娟老師轉至大學任教，劉老師頓覺心靈空虛，且深深感受到研究社群的

重要性，乃在1997年加入國民教育輔導團。進入輔導團之後，因為聽到許多關於建構教學和培養思考智能的演講，「也看了許多這方面的書籍，所以進一步加深這個想法」(I-2006/09/18)。近年來，劉老師復因參與教育大學教授所進行的思考教學之行動研究，更讓她深覺培養學生思考智能的重要性。

在研究過程中，讓我深深覺得思考的重要性。由於我自己本身也往這方面在成長，所以我也希望學生能主動，運用自己的想法去積極探索。(I-2007/09/03)

簡言之，劉老師的教學目標知識實受到受教經驗的省思、教學體會、同事的建議，以及參與國教輔導團及行動研究之一連串因素的影響。

(二)學科知識

觀諸劉老師一年半的教學，發現她對於「動植物的構造和功能」與「地球科學」方面特別感興趣，亦有豐富的學科知識。例如，她在進行「水中的生物」、「植物的身體」之教學時，對於水生動植物的特殊構造和運動方式，以及陸上植物的構造和成長過程不僅知之甚詳、講解清晰，而且上起課來神采奕奕，甚至常拿許多科普叢書到校與學生分享(O-2006/10/02、O-2006/11/06、O-2007/09/03、O-2007/09/10)。又如，在進行「一起來賞月」與「空氣和風」之教學時，對於月相的變化和空氣的性質與流動，不僅概念清晰、解說完整，而且以powerpoint軟體自繪甚為漂亮之月亮盈虧變化圖和空氣流動原理圖，甚至補充許多相關知識給學生，讓學生都甚感興趣(O-2006/09/04、O-2006/09/18、O-2007/11/27)。

劉老師之所以在學科知識上有所發展，主要是從閱讀科普叢書而來，而之所以會大量閱讀科普叢書，是因為之前未擔任自然科教師時，曾從科普叢書獲得許多植物的知識。因此，在擔任自然科教師後，考量自己並非本科系，擔心學科知識較為不足，乃再藉此管道吸收自然科學的相關知識。她笑著說道：

我發現這些知識在教學上蠻好用的，因為有許多都蠻有趣的，小朋友都很喜歡聽，就愈買愈多，也愈讀愈有趣！(I-2006/09/04)

由上可見，劉老師在學科知識方面的發展，深受閱讀科普叢書的影響。

(三)學習者知識

1. 學生就是喜歡玩

劉老師認為「學生的天性就是喜歡玩，不喜歡玩遊戲的學生才奇怪！」(I-2006/11/06)因此，在劉老師的教學模式中，主要是以讓學生「玩」為策略，來引導學生學習。例如，她常以「搶答遊戲」的方式來引起學生的學習動機，以及製造有趣且具挑戰性的問題情境，以開啓學生合作探究之門(詳參後面之「一般教學法知識」中之敘述)，便是在如此考量下的教學設計。

劉老師之所以發展出此知識，剛開始乃從早年受教經驗中省思而來。她回憶說：

以前我們那個年代，上課的時候，真的夠嚴肅，有夠無聊，坐在下面的學生，真的一點都不好玩。那麼小的年紀，就是想玩，實在不想整天都在聽課。(I-2006/11/06)

後來，劉老師又從教學經驗中發現學生的確喜歡玩。她說：

這真的是人的天性！我教過那麼多學生，不管什麼科目、什麼單元，如果在進入課程之前能讓他們玩一下，他們就會精神百倍，很有活力！
(I-2006/11/06)

2. 學生就是喜歡聽故事

劉老師認為學生就是喜歡聽故事，此從她常說的「學生就是喜歡聽故事！」(I-2006/11/06)即可看出，而反應在其教學上，便是常看到她以講述科學史或科學相關故事來引起學習動機(詳參後面之「一般教學法知識」中之敘述)。

劉老師之所以發展出此知識，剛開始亦從過去受教經驗中省思而來。「我小時候最喜歡聽老師講故事，所以當了老師，就喜歡講故事給小朋友聽」(I-2006/11/06)。後來，實際教學時，發現學生的確喜歡聽故事。「學生真的非常喜歡聽故事，幾乎沒有例外的！」(I-2006/11/06)

3. 學生在一些抽象概念上常產生迷思概念

劉老師對於學生在哪些單元的哪些抽象概念容易產生迷思概念，已頗為清楚，例如，在進行「燈泡亮了」單元教學時，她知道學生常常搞混燈泡串聯與並聯時，哪些燈泡會亮的原理。

劉老師之所以清楚學生在某些概念容易產生迷思概念，剛開始是從自己過去的學習經驗中同理而來。她說：

我在教學的時候，很多時候都會回想我以前是怎麼學的，或遇到什麼地方轉不過來，然後就會同理學生的情況，再盡量用他們的想法去突破他們

的問題。像我以前就常常分不清楚並聯和串聯，後來知道分辨的訣竅在哪裡，現在就會把我當時的訣竅教給他們。(I-2006/12/11)

後來，劉老師大量閱讀科普叢書，在此方面乃更為精進。她說，讀了科普叢書以後，讓她對相關科學概念有更徹底的理解，「也對於學生容易產生哪些迷思概念有更清楚的認識」(I-2007/08/15)。再者，由於教學經驗的累積，劉老師便逐漸了解到學生在哪些單元的哪些概念不易學習，甚至會產生迷思概念。

簡言之，劉老師在學習者知識的發展，主要是受到過去受教經驗、實際教學經驗與閱讀科普書籍等因素的影響。

(四)課程知識

劉老師在課程方面的知識，以課程銜接的知識最為明顯，此從她在正式進入教學主題之前，為引起學生學習動機所設計出的「搶答遊戲」題目中，即可輕易看出。例如，她在進行「水中的生物」教學時，在上課的一開始，便讓學生玩「X檔案」的搶答遊戲。當時，劉老師拿一張圖卡，並將圖卡遮起來，然後由每組學生提問一個問題，而劉老師只對學生的提問答說是或不是。在所有組別皆提問之後，劉老師開始讓學生猜圖卡上的圖片究竟是何種生物；在結束此搶答遊戲之後，劉老師才開始引領學生進入教學主題(O-2006/10/02)。

劉老師表示，她在進行四年級「水中的生物」之教學前，便已知道學生在過去已經學過「校園植物」和「昆蟲世界」等二個單元，而讓她知道如何設計教材：

知道學生已經學過這些陸生的動植

物，那我們要學水中生物的話，其實換的只是一個環境，其他方面都差不多。到了五年級，就進一步學到植物的繁殖和動物的生活。因為前面已經知道水生和陸生動物，那之後再教植物的繁殖和動物的生活，其實也是會產生一個連結。(I-2006/12/04)

接著，她提高語氣說道：

這就是了解教材地位的重要性！當我們知道教材前後的關聯時，才知道學生已經學過什麼、還沒學過什麼，這樣才能設計出讓學生覺得好玩、又有點難度的搶答遊戲題目。(I-2006/12/04)

從上可知，劉老師之所以對教材的先後順序(課程銜接)相當清楚，乃在不斷設計搶答遊戲的過程中，經常對教材進行了解，因而累積許多關於教材先後順序與前後脈絡的知識。進一步言之，劉老師在此方面的發展，主要是受到自我不斷研究教材的影響。

(五)一般教學法知識

1. 引起動機的策略

(1)利用「故事開講」

由於劉老師樂於以「講故事」自娛娛人，因此，對於一些有科學史或相關故事的單元，皆會忍不住與學生分享故事，藉以引起學習動機；劉老師戲稱該段時間為「故事開講時間」。例如，在進行「一起來賞月」單元教學時，她神采奕奕並配合肢體動作，向學生說了許多關於月亮的中外故事，學生皆聽得相當入神，而且隨著劉老師抑揚頓挫的語調，時而驚呼，時而大笑，令研究者甚感驚嘆(O-2006/09/04)。又如，在進行「燈

泡亮了」單元教學時，她亦眉飛色舞地向學生說了一個關於燈泡發明和演進的科學史故事，學生亦沉醉於其中(O-2006/12/11)。

對於利用「故事開講」來引起動機的作法，劉老師多次提到類似的話語：「理由很簡單，就是學生喜歡聽，而我喜歡講！自娛娛人啦！」(I-2006/11/06、I-2006/12/11、I-2007/04/24)至於其豐富的「故事庫」與技巧，則與其語文學科背景有關：

我是學語文出身的，也喜歡閱讀，所以看了不少各類書籍，這些都是故事的來源。……我以前念語文組的時候，就上過說故事的技巧，我本身也很感興趣，所以就打了不錯的基礎，後來愈講就愈隨心所欲了。(I-2006/12/11)

(2)運用「搶答遊戲」

劉老師用來引起學生學習動機的另一種策略，乃是在正式進入新單元教學主題之前，先分析該單元「之前」與「之後」所銜接的課程，然後將該單元的教學內容製成「搶答遊戲」讓學生猜，以引起學生的學習動機。例如，在前述課程知識中所述之「X檔案」的搶答遊戲，即屬一例。又如，在進行「一起來賞月」單元教學時，她便播放自己以powerpoint軟體所繪製的月亮形狀改變連續圖讓學生猜，且在第一次與第二次播放時，呈現相反的月亮盈虧改變方向，讓學生猜測何者為對(O-2006/09/04)。

劉老師之所以用搶答遊戲的方式來引起學生的學習動機，剛開始乃從不愉快的求學經驗中省思而來，「我真的希望能讓學生快樂學習」(I-2006/11/06)。之後，她在擔任導師的那幾年中，更體會到學習動機的重要性，「如果是外在壓力逼他學的，根本就是虛的，因為學生不會內化」(I-2006/09/04)。

因此，幾年後，在她初任自然科教師時，便希望給學生不一樣的教學，以激發學生的內在學習動力。然而，教學初期，劉老師只是按照教學指引的方法去做，「大都只是問一下問題，根本引不起學生的興趣」(I-2006/09/04)。於是，她便開始閱讀科普叢書，希望在課堂上分享一些有趣的知識，以引起學生的學習動機，「效果的確不錯，學生都蠻喜歡聽的！」(I-2006/09/04)後來，其摯友小娟老師建議她，在把科普叢書上的有趣知識傳達給學生時，應該仍要促進學生對單元主題的思考，同時她也從求學經驗中深切體驗到「學生的天性就是喜歡玩」(I-2006/09/04)，便把引起動機的方式做了一些修正：

我就以結合遊戲和問問題的方式，把教學內容和科普叢書上有興趣的課外知識結合，讓學生進行猜測遊戲。當我看到學生的笑容和發光的眼神，就覺得好有成就感！(I-2006/12/04)

幾年後，劉老師在擔任輔導員期間，因為聽到某位教授講到關於「認知衝突」的一席話，而讓她的搶答遊戲又做了局部修正：

教授說要常讓學生認知產生衝突，他才會有動機去學，我覺得很有道理，所以就把原來只是讓學生猜答案的遊戲，加入讓學生產生認知衝突這個元素。(I-2006/12/11)

例如，在進行「鹽到哪裡去了？」的教學時，劉老師事先在比較大杯的清水中加入鹽巴，使之飽和，然後讓學生產生「小杯的清水竟能溶解比大杯的清水較多鹽巴」的認知衝突感，而使學生產生想要一探究竟的動機(O-2006/11/06)。

由上可知，劉老師前述二種引起動機策略的發展，不外乎是受到求學經驗的省思、非本科系之學科背景、教學經驗體會、閱讀科普叢書、同事建議及研習心得等因素之影響。

2. 引導學生樂於探究的方法

劉老師引導學生樂於探究的方法，乃在「故事開講」或以「搶答遊戲」啟動學生的學習興趣後，便將教學內容設計成一個有趣且具挑戰性的問題情境，並由學生採合作學習的方式進行探究。例如，在進行月亮形狀改變的主題教學時，她先讓學生畫出前一天夜晚看到的月亮，然後當學生對於彼此所畫的月亮形狀相異而議論紛紛時，便鼓勵各組討論何者為對，並請學生提出驗證計畫，以證明所提之答案為正確(O-2006/09/04)。在小組討論結束後，劉老師會讓各組代表上臺報告討論結果，而在學生發表過程中，即使學生有錯誤，她並不會立即指正，而是讓各組將再次討論與修正後的答案記於小白板，再由全班學生討論。

對於這種作法的發展，劉老師自認與其早年所受的填鴨式教育有關；而由於曾經有過這樣的求學經驗，故當她初任自然科教學時，便希望給學生不一樣的教學。然而，由於以前欠缺相關專業知識，所以無法有較大的突破；直到閱讀了科普叢書，以及體會到前述引起動機方式的妙處，她在這方面的作法才有了突破。她回憶道：

讀了科普叢書以後，我發現如果沒有把關鍵性的概念搞懂，就很容易誤解概念，而產生迷思概念。所以後來我就把比較關鍵性的概念，設計成一個有趣、又具挑戰性的問題情境，來引導學生探究。(I-2007/08/15)

後來，劉老師因為參加不少研習，所以聽了許多演講，也讀了不少書，「還參加成長團體和師院教授的思考教學行動研究，讓我在這方面的技巧又更純熟。」(I-2007/09/03)

由上不難發現，劉老師在此方面的發展，主要是受到早年求學經驗的省思、閱讀科普叢書及參加相關研習(研究)等因素的影響。

3. 解釋抽象概念的教學表徵策略

在學生上臺報告合作探究的結果後，劉老師對於一些較抽象的概念，會再予以歸納與解說；她除了運用板書、口頭解釋、教具示範與影片模擬等方法外，更擅長使用類比的方式解釋抽象概念。例如，在「燈泡亮了」單元教學中，由於部分學生常常搞不清楚燈泡串聯時，只要其中一個燈泡壞掉，其他燈泡也就不會亮，而燈泡並聯時，雖然其中一個燈泡壞掉，其他燈泡還是會亮的原理，因此，她使用類比的方式來說明：

T：小朋友～，你們知道什麼叫做同歸於盡嗎？

SS：知道！

S1：就是要死大家一起死啊！

T：沒錯！老師跟你們說，燈泡串聯的時候，就像掉下山崖的很多人，同時拉一根繩子一樣，繩子斷了，大家就一起掉下去了，就是同歸於盡。

SS：(狂笑)。

T：那並聯呢，就像掉下山崖的人，每個人都各自拉一根繩子，看哪一根繩子斷掉，就只有拉那根繩子的人會掉下去、死翹翹，這就是你死我活啦。(O-2006/12/18)

(T代表劉老師；S1代表某位學生；

SS代表眾多學生)

劉老師解釋抽象概念的類比策略，「是因為進入輔導團之後，接受很多相關研習，就知道使用這個方法來破解學生的迷思概念」(I-2006/09/18)。易言之，劉老師在此方面的發展，主要是受到參加相關研習之影響。

4. 學習評量的方法

劉老師的學習評量方法乃屬於「鑲嵌式的多元評量」，亦即評量方法多樣化，而評量方式鑲嵌化(即評量與教學合而為一)。在評量方法多樣化方面，劉老師的評量方法除了有定期評量的紙筆測驗外，還包括平時的口頭問答、隨堂考、學習單、畫概念圖、小組發表、實作，甚至自評及同儕互評；在評量方式鑲嵌化方面，她在每個教學環節幾乎皆進行評量，並將學生的表現記載於簿冊中，然後再針對學生的表現進行修正或補救教學。她舉例說道：

有一次，我用一個天空平面圖來測驗學生對於星座運行的了解程度，結果答對的人很少。後來我發現，原來是因為學生無法從平面的東西去想像三度空間的關係才會出錯，所以之後我就改變教學策略，直接讓學生操作，結果效果就明顯改善了。

(I-2006/12/04)

關於劉老師所使用的鑲嵌式多元評量，研究者後來在她提供的文件(D-2007/03/13)中，發現她曾經與校內同好共同發表於網路上。談起評量方式的發展，劉老師說道：

教書教久了，就會體會到學生的思考能力不是紙筆就能測出來的，就會想去改變。在參加研習和一些行動研究之後，因為不斷接觸到這樣的評量

理念，而且和我的實際經驗蠻吻合的，所以就慢慢變成目前這個方式。
(I-2007/03/26)

由上可知，劉老師在此方面的發展，主要是受到教學經驗的體會及參加相關研習和研究等因素的影響。

(六)情境知識

劉老師的情境知識，充分反應在她善用校內外教學資源的作法上。例如，她在寒暑假期間，即針對下學期的課程，調查學校有哪些教具和實驗器材；不充足的部分，即於寒暑假期間向學校申請，「因為學校的採購流程需要一段時間，如果不及時申請，到時候可能會開天窗」(I-2006/10/02)。另外，她在調查校內教具時，亦會清查有哪些國語文和社會領域的教具，「因為有些國語或社會的資料，我覺得很適合用於『故事開講時間』，所以當然不會放過」(I-2006/10/02)。此外，劉老師為了更豐富教學資源，亦會向校外有關單位索取相關資料：

例如有關環保的單元，我就請學校行文給環保局，向他們索取一些宣傳單或已經不用的東西，來豐富上課內容。(I-2007/01/31)

值得一提的是，劉老師盡量不讓學生自備實驗物品，以免麻煩家長，而產生不必要的困擾。她說道：

九年一貫課程因為希望家長參與孩子的學習，所以常給家長不少事情做，久之之後，家長會覺得很煩。再來，這裡的家長大都是雙薪家庭，生活已經很忙了，所以我不想讓他們為這

些學校可以做的事再傷腦筋，以免對老師起反感，而不支持老師的教學。
(I-2007/01/31)

談起前述相關做法的由來，劉老師直覺反應：「就是經驗啊！熟習這裡的人事物之後，就知道怎麼做事情了」(I-2007/01/31)。可見劉老師在此方面的發展，主要是受到教學及人際互動經驗的影響。

二、綜合分析與討論

(一)劉老師的PCK內涵之特色

劉老師的PCK內涵與自然科學本科系專家教師的PCK內涵相比較，有一些相當具特色之處——由於劉老師為語文背景出身，不僅擅長講故事，更熱愛在課堂中以講故事自娛娛人，因此，當其從科普叢書獲得充足之學科知識後，乃將其語文方面的專長背景融入自然科學教學中，而使其PCK內涵深具特色；此在本科系教師的教學中(陳國泰，2006；張靜儀，2001)，尚屬難得一見。

非本科系教師若能充實原本較缺乏的學科知識，並搭配其原有專長知能，或許比本科系教師更能創造出有利的教學契機。Wilson, Shulman與Richert (1987)即曾發現，在小學中，最能把自然科學教得生動有趣者，並不是科學知識背景最豐富的教師，而是那些兼具科學知識及藝術或戲劇等才能的教師。道理何在？可能的原因是科學背景厚實的教師在教學中，過於強調科學的嚴謹性，忽略了學習事務本應有趣且具創意的本質；而兼具藝術／戲劇知識與科學知識的教師，因為懂得運用戲劇／藝術的知識來豐富教學歷程，所以教學較生動有趣(Wilson et al.)。本研究中的劉老師，便似乎把握了Wilson等所述的條件，即在充實學科知識

後，便使其非本科系之語文背景從劣勢轉為優勢，而使其PCK內涵深具本科系教師所沒有的特色。

劉老師的PCK內涵除具前述特色外，若與自然科學本科系專家教師的PCK內涵相比較，實有許多相似點；若與本科系、且教學年資相當的一般教師之PCK內涵相比較，則更能凸顯其特色。在教學目標知識方面，劉老師的「培養學生的思考智能」之教學目標，在張靜儀(1997)及Andoni等(2007)針對本科系專家教師的研究結果中，亦曾發現。至於本科系的一般教師，雖然亦認同培養學生思考智能的重要性，但在教學時，卻常將讓學生充分理解教學內容與知識概念設為最重要的教學目標(黃鈺婷，2008；Fitzsimmons & Kerpelman, 1994)。至於為何會有這樣的差異？相關研究指出，一般教師的教學目標，在剛開始可能亦與專家教師一樣，皆希望培養學生具備主動探究與解決問題的態度與能力，但因未能從其他PCK內涵獲得支持其原始教學目標的知識，以至於在受到其他因素的影響下而改變初衷(陳國泰，2007；Borko, Livingston, McCaleb, & Mauro, 1988)。

在學科知識方面，劉老師雖是非本科系教師，但經由不斷閱讀科普叢書，其自然學科知識乃日益豐富，並能統整相關知識。在針對本科系專家教師的研究結果中，亦發現專家教師對於其所任教之學科有非常豐富的理解，且能加以延伸與統整(吳季玲，2003；Bucat, 2004; Lee & Luft, 2008)。反觀本科系的一般教師，雖然亦具備相關學科知識，但因其較為零碎與不夠統整性，所以教學較不易呈現緊密的觀念連接關係，而無法有效提升學生的學習興趣與成效(Goodnough & Nolan, 2008)。

在學習者知識方面，劉老師不僅知悉

學生喜歡從遊玩與聽故事中學習的特性，更清楚學生在哪些抽象概念會產生迷思概念，其對於學習者的知識可謂相當豐富。相關研究亦發現，本科系專家教師的學習者知識十分豐富，不僅了解學習者喜歡玩的天性(潘靜儀，2007)，更知道學生容易產生哪些迷思概念及產生迷思概念的原因(張靜儀，2001；Drechsler & Van Driel, 2008; Lee & Luft, 2008)。相較於下，一般教師在這方面的知識便相對不明顯(王淑慧、林子堯，2008；Mulholland & Wallace, 2005)。至於專家教師比一般教師更清楚學習者知識的原因，從劉老師的例子來看，似乎是同理心所引發的一連串效應。在相關研究中，即發現專家教師因較能同理學生的學習狀況，乃設計較多以學生為中心的教學活動，而在收到良好教學成效後，便進一步對學習者有更深刻的理解(陳國泰，2006；陳筱雯，2004)。

在課程知識方面，劉老師在課程銜接知識的情形，與國內外探究專家教師的相關研究發現(李佳慧，2004；張靜儀，1997；Cohen & Yarden, 2009; Lee & Luft, 2008)頗為相似，皆發現專家教師對於課程的連貫性具有深入地理解。反觀本科系的一般教師，在此方面則較為不足，常不知如何延伸及連結相關課程(Goodnough & Nolan, 2008)。二者差異的原因，從劉老師的例子觀之，可能是專家教師在備課過程中，不斷思索與推演課程前後脈絡的邏輯性，以致累積許多課程發展與組織的相關知識。

在一般教學法知識方面，劉老師引起學生學習動機的方式之一「搶答遊戲」，乃應用認知失調的原理，以讓學生為了達到認知平衡而激起探究之心的做法，實頗具特色。在李佳慧(2004)的研究中，亦發現本科系的專家教師有類似的做法。另外，劉老師引導學生樂於探究的方法，正反應她亟欲培養學

生思考智能的教學目標。相關研究即發現，專家教師較能根據教學目標與學生特性去選擇合適的教學方法，且會以較多元的方式協助學生學習；至於一般教師，則因學習者知識及教學法知識較為不足，使其傾向使用以教師為中心的教學模式(王國華等，1998；Goodnough & Nolan, 2008)。此外，劉老師運用多元的教學表徵策略來解釋抽象概念，與許多針對專家教師進行的研究結果(劉麗玲、郭重吉，2001；Andoni et al., 2007; Bucat, 2004; Cohen & Yarden, 2009)頗為吻合。至於一般教師，則因對學習者知識與教學知識較為不足，因此缺乏多樣化的教學表徵策略，而傾向以傳統或單一的方式進行教學(Appleton, 2008; Mulholland & Wallace, 2005)。最後，劉老師使用鑲嵌式的多元評量進行學習評量，亦與許多研究(李佳慧；陳國泰，2006；張靜儀；2001)發現專家教師較傾向使用多元化的動態評量方式之做法相同；至於一般教師，則較傾向僅採紙筆測驗，作為唯一的評量策略(王國華等)。二者差異的原因，可能導源於他們的教學目標不同。誠如劉老師亟欲培養學生的思考智能，而她認為學生的思考能力往往不是紙筆就能測出來的，因此，乃藉助於鑲嵌式的多元評量；至於一般教師，則大都以讓學生獲得知識概念為主要教學目標(Fitzsimmons & Kerpelman, 1994)，故認為紙筆測驗乃是最便利的方式。

在情境知識方面，劉老師知道校內外教學資源的相關資訊及取得的行政措施，並深知在當今九年一貫課程生態下，讓家長為學生準備實驗物品所可能引發的問題。相關研究即發現，專家教師會因應學校或家長等情境因素，而採取相對應措施，以使教學更順利或減少教學困擾(施互琴，2004；潘靜儀，2007)。在這方面，本科系的一般教師亦與專家教師有相同的認知(王淑慧、林子

堯，2008)。

綜合言之，非本科系的劉老師在充實本科系教師較豐富之學科知識後，再配合原有的非本科系專長(語文專長)及相關知識，除使其PCK內涵與本科系專家教師的PCK內涵多處雷同外(且明顯比一般教師精進)，更具有本科系專家教師所沒有的特色。

(二)影響劉老師PCK發展的相關因素

從研究結果的第一部分，可發現影響非本科系的劉老師突破教學困境，使其PCK獲得發展的主要因素包括受教經驗的省思、自覺學科知識不足而閱讀科普叢書、同事的建議、實際教學體會、參加相關研習或成長團體，以及非本科系之專長背景等六項。這六項因素，在劉老師的PCK發展脈絡中，分別扮演不同的影響角色：劉老師在擔任自然科教學之初，雖即從過去學習經驗及擔任導師時期的教學經驗中，省思出一些關於學習者知識與一般教學法知識的內涵，但由於缺乏豐富的學科知識與自然科教學知識，因此尚無法運用自如；之後，在不斷從科普叢書充實相關學科知識後，又參考同事建議、參與國教輔導團與相關研習或成長團體，以及不斷從實際教學經驗中修正教學，致使其PCK獲得發展；而當獲得充足之PCK之後，又將其非本科系之專長背景發揮得淋漓盡致，致使其PCK內涵深具本科系教師所沒有的特色。

在前述六項因素中，「自覺學科知識不足而閱讀科普叢書」可謂扮演最關鍵角色，因為劉老師經由此途徑獲得原本較欠乏之學科知識後，再配合其他因素之影響，而使其PCK獲得較突破性之發展。此情形，在相關研究中(Belfort & Guimaraes, 2002; Rollnick, Bennett, Rhemtula, Dharsey, & Ndlovu, 2008)亦曾發現。例如，Belfort與Guimaraes即發現，教師的學科知識一旦豐富之後，其學科

的「實質結構」(substantive structure)知識乃更爲充足，而進一步增進其課程知識，且讓其有更充裕的決策空間可以因應教學情境所需的各種教學表徵策略，進而增進其PCK。

當劉老師從科普叢書中獲得充足之學科知識後，如何再引進適當的教學知識，而將所獲得的學科知識與教學知識統整，進而成爲可行的PCK，便是接下來的重點。此時，「同事的建議」和「參與國教輔導團及相關研習與成長團體」等二個因素便扮演相當重要的角色。例如，劉老師從同事那裡所獲得的建議，進一步強化其以培養學生思考智能爲教學目標之信念；從輔導團那裡，則精進其引起動機的策略及獲得類比教學表徵策略。「同事的建議」對劉老師PCK發展的重要性，即如Jenkins與Veal (2002)所指出的：教師在面臨教學瓶頸時，如果發現身處類似情境，教學卻能勝任愉快的同事，自然會引起好奇之心；此時，如果向同事請益，其PCK便可能獲得成長。另外，劉老師參與相關研習活動之所以能促進PCK發展，實受到教學理論知識的影響，因爲相關研習活動常是新教學理論或觀念的探討與推廣。非本科系的劉老師過去鮮少接受自然科學教學的相關理論，而在任教多年之後接觸時，卻頗能理解與接受，此與本科系的初任教師常抱怨教學理論不切實際的情形(郭玉霞，1997；Mohr & Townsend, 2001)形成強烈的對比。劉老師之所以能接受教學新知，可能是因多年的實務經驗，已累積不少關於學習者、教學情境與教學法等實務知識，又加上從科普叢書中汲取豐富的學科知識，此時再接觸到教學新知，其知識體系已較爲寬廣與充足，因而較能理解教學理論知識之含意。

劉老師在透過科普叢書獲得學科知識，又從同事和相關研習活動中獲得教學相關知識後，接下來的重要課題，便是如何結合自

己的實務觀點，而將前述所學予以轉化成爲可資運用的PCK。此時，「實際教學的體會」以及「受教經驗的省思」乃成爲重要因素。誠如劉老師的「引起動機的策略」及「引導學生樂於探究的方法」，即是從科普叢書中獲得許多學科知識後，再透過求學經驗的省思與實際教學的體會，而深深體會到「學生就是喜歡玩」的特性，進而採取遊戲式的教學方法。關於受教經驗影響教師PCK發展的情形，許多研究亦曾發現(陳國泰，2006；Calderhead & Miller, 1986; Mishra & Koehler, 2006)，而受教經驗之所以對教師的PCK發展產生影響，主要是同理心的作用，因爲教師會從受教經驗中同理學生的學習情況(Calderhead & Miller)。另外，實際教學體驗對教師的PCK發展亦佔有舉足輕重之地位，此情形如Shulman (1987)所提之「教學推理模式」或Cochran等(1993)所提之「學科教學知曉模式」一般：教師的PCK在教學推理的循環過程中，或是在組織與運作「學生、學科內容、教學及教學情境」過程中，因爲教學經驗的不斷累積，而促使其逐漸擴展。教學經驗之所以能促使PCK不斷成長，主要是它能提供教師反省與修正教學的重要線索(Hsien & Spodek, 1995)。至於教師如何透過教學經驗去反省與修正教學策略？相關研究指出，教師因從教學經驗中省思學生的學習情形與策略，因而增進對學生的理解，並據此強化或修正原有的教學策略(Jenkins & Veal, 2000; Viiri, 2000)。

經由前述因素的影響，劉老師實已擁有豐富的PCK。然而，此時的她又進一步受到其非本科系專長背景(語文表達)的影響，而使其PCK發展出本科系專家教師所沒有的特色。

值得注意的是，影響非本科系的劉老師之PCK發展的相關因素，與相關研究(施互

琴，2004；陳筱雯，2004；張靜儀，1997，2001；劉麗玲、郭重吉，2001；Andoni et al., 2007; Lee & Luft, 2008)發現影響本科系教師PCK發展的相關因素之差異雖不大，但其中的關鍵因素卻大為不同。在許多以本科系教師為探討對象的研究中(如：邱憶惠、高忠增，2003；Grossman, Schoenfeld, & Lee, 2005)，發現影響教師PCK發展的最關鍵因素，乃是教師從教學經驗中對學習者知識理解的增進，但在本研究中，卻發現劉老師透過閱讀科普叢書以補足學科知識，乃是影響PCK發展的最關鍵因素。之所以有此差異，可能是本科系教師較不缺乏學科知識，因為在師資養成教育階段修過不少專門課程，已獲得不少學科知識(簡紅珠，1996)，但較缺乏對學習者知識的理解。至於本研究中的非本科系教師劉老師，因為在擔任自然科教學之前，已累積不少關於學習者的知識，所以在這方面較不缺乏；但相對地，其因為在師資養成教育階段較少接觸專門課程，學科知識較為匱乏，因此，透過閱讀科普叢書以補足學科知識，便成為影響其PCK發展的最關鍵因素。

伍、結論與建議

一、結論

(一)非本科系的國小自然科專家個案教師的PCK內涵

非本科系的個案教師在任教之初，因自覺缺乏本科系學科知識而感到心虛，乃歷經一番自我成長歷程，使其擁有豐富的PCK，包括教學目標知識、學科知識、學習者知識、課程知識、一般教學法知識及情境知識。另外，個案教師在充實本科系教師較豐富之學科知識後，再配合原有的非本科系專

長(語文表達)及相關知識，使其PCK內涵具有本科系專家教師所沒有的特色。

(二)影響非本科系的國小自然科專家個案教師PCK發展之相關因素

從本研究中發現，影響個案教師PCK發展的相關因素包括受教經驗的省思、自覺學科知識不足而閱讀科普叢書、同事的建議、教學體會、參加相關研習或成長團體，以及非本科系專長背景等六項。其中，「自覺學科知識不足而閱讀科普叢書」乃其PCK發展的最關鍵因素，與本科系教師從教學經驗中對學習者知識理解的增進，為影響PCK發展的最關鍵因素有所不同。

二、建議

(一)對非本科系的國小自然科教師之建議

1. 參考本研究中個案教師的PCK內涵

從本研究中發現，非本科系的個案教師的確有一些可行的PCK內涵，值得其他非本科系之國小自然科教師參考。

2. 不斷充實學科知識

從本研究中發現，非本科系個案教師在學科知識方面的增進，似乎是其PCK發展的最關鍵因素，故建議非本科系教師應不斷從各種管道(例如閱讀科普叢書)充實學科知識，以促進PCK的全面發展。

3. 向同事請益並參與相關研習活動

本研究發現，當個案教師獲得充足的學科知識後，又從同事和相關研習活動中引進適當的教學知識，而將所獲得的學科知識與教學知識統整，進而成為可行的PCK。因此，建議教師可多向校內有經驗的同事請益，並參與相關研習活動，以促進PCK發展。

4. 從過去學習經驗及教學經驗中省思學生的學習情形及策略，以增進對學習者知識的理解

本研究發現個案教師在學科知識增進後，又配合其對學習者知識的理解，便足以影響其對其他PCK內涵的理解。因此，建議非本科系教師除增進學科知識外，亦應對學習者知識進行深入理解。

(二)對未來研究之建議

綜合影響個案教師PCK發展的六項因素，本研究發現「反省與主動學習的人格特質」應為其背後的核心要素；另外，本研究亦發現具有語文表達專長背景的非本科系畢業個案教師，在充實自然學科知識後，其教學可能比本科系畢業教師更加靈活與具有特色。然而，目前僅是根據一位個案教師所建立起來的結論，未來應再累積更多的相關研究，以進一步驗證前述人格特質與跨領域專長對於科學教學的影響；若能獲得更多充足的個案資料，將來應可作為科學師資(生)遴聘(選)的重要參考。

參考文獻

- 王國華、段曉林、張惠博(1998)。國中學生對科學教師學科教學之知覺。《科學教育學刊》，6(4)，363-381。
- 王淑慧、林子堯(2008)。國中生活科技教師教學表徵個案研究。《工業科技教育學刊》，1，11-18。
- 吳季玲(2003)。兩位科學教師概念傳遞與師生互動情形之分析比較研究：以國小「生物的繁殖」單元為例。臺北師範學院數理教育研究所碩士論文，未出版，臺北市。
- 李明杉(2004)。國小自然與生活科技教師教學障礙因素與需求之個案研究。《生活科技教育月刊》，37(2)，11-19。
- 李佳慧(2004)。國小自然與生活科技領域資深教師運作課程之個案研究。高雄師範大學科學教育研究所碩士論文，未出版，高雄市。
- 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。《臺中師院學報》，17(2)，91-112。
- 施互琴(2004)。教師教學實務知識之研究——以國小四年級自然與生活科技教師為例。臺中師範學院自然科學教育學系碩士論文，未出版，臺中市。
- 段曉林(1995)。探究職前化學教師學科知識、教學知識與學科教學知識發展之個案研究。國家科學委員會專題研究計畫成果(NSC83-0111-S-018-004)。彰化市：國立彰化師範大學科學教育研究所。
- 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。載於花蓮師範學院主編，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)。花蓮縣：編者。
- 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》，14，899-931。
- 張靜儀(2006)。學科教學知識(PCK)應用於課程設計之研究。《國立編譯館館刊》，34(1)，85-95。
- 郭玉霞(1997)。教師的實務知識。高雄市：復文。
- 陳振綱、陳旭能(2009)。自然與生活科技學習領域課程問題探討。《生活科技教育月刊》，42(6)，26-34。
- 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。
15. 陳國泰(2007)。知名數學補習班名師的學科教學知識之個案研究。高雄師大學報，22，43-67。
 16. 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，屏東市。
 17. 黃鈺婷(2008)。國小自然與生活科技教師對教科書的詮釋與其教學表徵間的關聯。國立臺南大學材料科學系碩士論文，未出版，臺南市。
 18. 劉麗玲、郭重吉(2001)。國中資深理化教師教學表徵之個案研究。科學教育，11，144-159。
 19. 潘靜儀(2007)。國小自然與生活科技領域專家教師學科教學知識與教學決策之詮釋性研究。國立臺北教育大學自然科學教育學系碩士班碩士論文，未出版，臺北市。
 20. 蔡美娟、黃世傑、王國華(2000)。國中資深與初任生物教師運用生活事例於教學之個案比較。科學教育，10，297-313。
 21. 蔡添財(2003)。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，臺中市。
 22. 鄧鈴冠(2006)。國小資深教師以科學故事為基礎之科學本質教學研究。嘉義大學科學教育研究所碩士論文，未出版，嘉義市。
 23. 謝甫佩、洪振方(2005)。國小學童對自然科教師學科教學之知覺調查研究。科學教育研究與發展季刊，38，1-16。
 24. 簡紅珠(1996)。國小專家與新手教師的班級管理實作與決定之研究。教育研究資訊雙月刊，4(4)，36-48。
 25. 簡嘉伶(2006)。國小科學教師專業能力之調查研究。國立花蓮教育大學科學教育研究所碩士論文，未出版，花蓮縣。
 26. Aksal, F. A. (2009). Action plan on communication practices: Roles of tutors at EMU distance education institute to overcome social barriers in construction knowledge. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 8(2), 33-47.
 27. Andoni, G., Silvia, P., Florencia, M. R., & Rufino, T. (2007). Latin-American teachers' pedagogical content knowledge of the particulate nature of matter. *Journal of Science Education*, 8(2), 79-84.
 28. Appleton, K. (2008). Developing science pedagogical content knowledge through mentoring elementary teachers. *Journal of Science Teacher Education*, 19(6), 523-545.
 29. Appleton, K., & Harrison, A. (2001, December). *Outcomes-based science units that enhance primary and secondary science teachers' PCK*. Paper presented at the Annual Meeting of the Australian Association for Research in Education, Fremantle, WA, AU.
 30. Behar, R. (1996). *The vulnerable observer: Anthropology that breaks your heart*. Boston: Beacon Press.
 31. Belfort, E., & Guimaraes, L. C. (2002, July). *The influence of subject matter on teachers' practices: Two case studies*. Paper presented at the Annual Meeting of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, Norwich, UK.
 32. Borko, H., Livingston, C., McCaleb, J., & Mauro, C. (1988). Student teachers' plan-

- ning and post-lesson reflections: Patterns and implications for teacher preparation. In J. Calderhead (Ed.), *Teachers' professional learning* (pp. 65-83). London: Falmer Press.
33. Bucat, R. (2004). Pedagogical content knowledge as a way forward: Applied research in chemistry education. *Chemistry Education: Research and Practice*, 5(3), 215-228.
34. Calderhead, J., & Miller, E. (1986). *The integration of subject matter knowledge in student teachers' classroom practice* (Research Monograph series paper 1). Lancaster: School of Education, University of Lancaster, UK. (ERIC Document Reproduction Service No. ED277 677)
35. 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.
36. Cohen, R., & Yarden, A. (2009). Experienced junior-high-school teachers' PCK in light of a curriculum change: The cell is to be studied longitudinally. *Research in Science Education*, 39(1), 131-155.
37. Drechsler, M., & Van Driel, J. (2008). Experienced teachers' pedagogical content knowledge of teaching acid-base chemistry. *Research in Science Education*, 38(5), 611-631.
38. Erickson, F. (1998). Qualitative research methods for science education. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International handbook of science education* (pp. 1155-1173). Dordrecht, Netherlands: Kluwer.
39. Fenwick, T. J. (2000). Expanding conceptions of experiential learning: A review of the five contemporary perspectives on cognition. *Adult Education Quarterly*, 50(4), 243-272.
40. Fitzsimmons, S. J., & Kerpelman, L. C. (Eds.). (1994). *Teacher enhancement for elementary and secondary science and mathematics: Status, issues, and problems*. Washington, DC: Directorate for Education and Human Resources. (ERIC Document Reproduction Service No. ED372 963)
41. Gallagher, J. J. (2000). Teaching for understanding and application of science knowledge. *School Science and Mathematics*, 100(6), 310-318.
42. Goodnough, K., & Nolan, B. (2008). Engaging elementary teachers' pedagogical content knowledge: Adopting problem-based learning in the context of science teaching and learning. *Canadian Journal of Science, Mathematics, and Technology Education*, 8(3), 197-216.
43. Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York: Teacher College Press.
44. Grossman, P., Schoenfeld, A., & Lee, C. (2005). Teaching subject matter. In L. Darling-Hammon & J. Bransford (Eds.), *Preparing teachers for a changing world: What teachers should learn and be able to do* (pp. 201-231). San Francisco: Jossey-Bass.
45. Guba, E. G., & Lincoln, Y. S. (1989). *Fourth generation evaluation*. Newbury Park, CA: Sage.
46. Hsien, Y., & Spodek, B. (1995, April). *Educational principles underlying the class-*

- room decision-making of two kindergarten teachers. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, San Francisco.
47. Jenkins, J. M., & Veal, M. L. (2002). Pre-service teachers' PCK development during peer coaching. *Journal of Teaching in Physical Education, 22*(1), 49-68.
 48. Lee, E., & Luft, J. A. (2008). Experienced secondary science teachers' representation of pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Education, 30*(10), 1343-1363.
 49. Lin, S. W., & Yang, J. H. (1998). Biology teachers' knowledge base of instructional representations. *Proceedings of the NSC, Part D: Mathematics, Science and Technology Education, 8*(1), 22-32.
 50. Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 95-132). Dordrecht, Netherlands: Kluwer.
 51. Merriam, S. B. (1988). *Case study research in education*. Thousand Oaks, CA: Jossey-Bass.
 52. Merriam, S. B., & Caffarella, R. S. (1999). *Learning in adulthood: A comprehensive guide* (2nd ed.). San Francisco: Jossey-Bass.
 53. Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record, 108*(6), 1017-1054.
 54. Mohr, D. J., & Townsend, J. S. (2001). In the beginning: New physical education teachers' quest for success. *Teaching Elementary Physical Education, 12*(4), 9-11.
 55. Mulholland, J., & Wallace, J. (2005). Growing the tree of teacher knowledge: Ten years of learning to teach elementary science. *Journal of Research in Science Teaching, 42*(7), 767-790.
 56. Nilsson, P., & Van Driel, J. (2007, July). *Experienced primary teachers' and primary science student teachers' collaborative learning through reflection on their science teaching*. Paper presented at ISATT Conference, Toronto, Canada.
 57. Patton, M. Q. (1990). *Qualitative evaluation and research methods* (2nd ed.). Newbury Park, CA: Sage.
 58. Rohaan, E. J., Taconis, R., & Jochems, W. M. G. (2010). Reviewing the relations between teachers' knowledge and pupils' attitude in the field of primary technology education. *International Journal of Technology and Design Education, 20*(1), 15-26.
 59. Rollnick, M., Bennett, J., Rhemtula, M., Dharsey, N., & Ndlovu, T. (2008). The place of subject matter knowledge in pedagogical content knowledge: A case study of South African teachers teaching the amount of substance and chemical equilibrium. *International Journal of Science Education, 30*(10), 1365-1387.
 60. Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher, 15*(2), 4-14.
 61. Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundation of the new reform. *Harvard Educational Review, 57*(1), 1-22.

62. Tobin, K. (1992, July). *Interpretive research in science classroom: A beacon of light in a forest of darkness*. Paper presented at the International Conference of Mathematics and Science Learning and Instruction, Changhua, Taiwan.
63. Viiri, J. (2000). Students' understanding of tides. *Physics Education*, 35(2), 105-110.
64. Watzke, J. L. (2007). Foreign language pedagogical knowledge: Toward a developmental theory of beginning teacher practices. *Modern Language Journal*, 91(1), 63-82.
65. Wilson, S. M., Shulman, L. S., & Richert, A. E. (1987). 150 different ways' of knowledge: Representations of knowledge in teaching. In J. Calderhead (Ed.), *Exploring teachers' thinking* (pp. 104-124). London: Cassell Educational Limited.

A Case Study of a Non-Science Major Teacher's Pedagogical Content Knowledge and the Factors Related to its Development: An Example of an Expert Teacher of Science and Living Technology in Elementary School

Kuo-Tai Chen

Center of Teacher Education, Wenzao Ursuline College of Languages

Abstract

The main purpose of this study is to investigate a non-science major teacher's pedagogical content knowledge (PCK) and the factors related to its development. Qualitative research methods were used for this case study. Data were collected through naturalistic observations, interviews, and documentary analysis. The results are as follows: 1. After the case teacher's self-development, she possessed rich PCK, including knowledge of teaching goals, subject knowledge, knowledge of learners, knowledge of curriculum, knowledge of general pedagogy, and knowledge of contexts. The process involved absorbing related content knowledge, which then interacted with her non-science professional ability and related knowledge to develop a PCK distinct from experienced science major teachers' PCK. 2. The factors effecting the development of the case teacher's PCK include reflection from learning experiences, reading a series of science books after becoming aware of a deficiency in content knowledge, advice from colleagues, reflecting on teaching experiences, attendance at related research conferences or professional learning groups and having a non-science background.

Key words: Non-Science Major Teacher, Expert Teacher, Teacher Professional Development, Factors Affecting Teacher's PCK Development, Pedagogical Content Knowledge (PCK)