科學教育學刊
2013, 第二十一卷第一期, 1-24
DOI: 10.6173/CJSE.2013.2101.01

Chinese Journal of Science Education
2013, 21(1), 1-24

一個同儕教練為基礎之發展模式對國中科學教師PCK之影響：以〈熱與溫度〉單元為例

張世忠* 李俊毅 謝幸芬
中原大學 教育研究所

摘要

科學教師PCK是教師專業發展的核心。本研究選擇〈熱與溫度〉為單元內容，主要的目的在於探討一個發展的同儕教練為基礎模式，對科學教師的PCK之影響。三位中學科學教師和他們教授8年級學生參與本研究，資料蒐集包含學生對教師學科教學知覺問卷前後測試，每位科學老師針對模式中指派的問題和作業、同儕教練會議、科學教師所作的反思日記、和科學老師的晤談。採用質性、量化分析研究法。研究發現學生對老師的PCK知覺在整體的得分上沒有達到顯著差異水準，在四個向度中，只有教學表徵達顯著差異水準；為了更加清楚教師之PCK改變的情境和狀況，研究者加以描述各向度內單題之變化情形。有關同儕教練對教師之「教學表徵」之改變內涵說明，則可以由以下四方面：「運用熱對流與幅射的模型」、「熱脹冷縮的示範活動」、「以量筒粗細比喻比熱的大小」和「增加圖片解說海陸風形成的原因」等。本研究的發現與建議可作為未來在職教師發展科學教師之PCK的參考。

關鍵詞：同儕教練、專業發展、學生知覺、學科教學知識

壹、緒論

許多研究顯示，班級中的教師是影響學生成就的首要因素(National Research Council, 2001)。事實上，在最近的一項國家評量報告中指出，優良教師比率對於學生之總體表現具有很強的預測力(National Commission on Mathematics and Science Teaching for the 21st Century, 2000)。因此，如何培育優良且專業的教師是當務之急。其中，影響教師專業發展的核心是科學教師的學科教學知識(Pedagogical Content Knowledge, PCK；張世忠、羅慧英，2009；Park & Oliver, 2008)，是故，如何提升科學教師的PCK之議題，受到愈來越多的重視。

研究PCK有兩個核心概念，一個是學科知識表徵和教學策略，另一個是對學生特定概念和學習困難的瞭解(Grossman, 1990; Van Driel, De Jong, & Verloop, 2002)。教師很難單從教科書或一個短期的課程中學得PCK，因

*通訊作者：張世忠
(投稿日期：民國101年4月5日，修訂日期：民國101年8月26日，接受日期：民國101年8月29日)

04-張世忠.indd 1 2013/4/11 下午 12:20:32

此若要發展PCK，教師必須經由教學活動之實務中探究特定主題的教學策略(張惠博、劉宏文，2000；De Jong, Van Driel, & Verloop, 2005)。相當多的研究探討學生的學習困難或迷思概念，然而，若要使教學具有效能，我們不能不針對教師能否精確瞭解學生的學習困難加以探討，是否能使用適當有效的教學策略來進行教學？Grossman認為PCK的發展有四個主要來源：一、學科專業與教育知識，為組成主要學科內容知識的基礎，包括如何呈現教學的知識基礎(例如：類比和例子)；二、教室觀察，可以提升教師對於中學生學習困難的了解；三、教學經驗，如教學展示、試教等可以具體提升主題之教學活動的先備知識；四、可藉著特別課程或研習提升或影響他們的PCK，如此增強教師教學呈現的知識，或是了解學生學習困難之處。因為研究顯示，教師發展PCK模型的建構是從傳統傳授模式轉移到社會和文化知識的過程中而來(林劭仁，2006；Jenlink & Kinnucan-Welsch, 1999)。

同儕教練是指教師在一起，形成伙伴關係，透過共同閱讀、討論、指導、示範教學進而提升教師專業知能；它是一種有系統的教室觀察與回饋方式，彼此學習新的教學模式或者改進既有教學策略，進而提升學生學習成效、達成教學目標的歷程(張德銳，2001)。Huston與Weaver (2008)則認為同儕教練是藉由兩位(教職)成員自願性地共同合作，以改進或拓展其教學方法的社群化歷程。Bowman與McCormick (2000)建議：透過社會互動的方式，主動學習能獲得開展，而且每一位參與者能詮釋、轉化並將新的知識加以內化。在同儕教練的架構之下，這種合作討論的方式允許個人發展他們自己的觀點並向他人展現其力量。Jenkins, Garn與Jenkins (2005)將同儕教練視為發展PCK的一種方法，那是因為其處於教學和學習發生之真實生活的脈絡中。同儕教練能夠增進反思，有助於教學模式和教學策略的實行，並能強化課室管理與PCK的發展(Jang & Chen, 2010; Jenkins & Veal, 2002; McAllister & Neubert, 1995)。Murray, Ma與Mazur (2009)指出儘管同儕教練與教師合作式互動，兩者之間有正向相關，同儕教練的成效並未直接導致學生學習的進步。一些研究進一步指出，教師的專業知識可成為對於學生學習有正面影響效力的主要關鍵因素之一(張世忠、蔡孟芳、陳鶴元，2012；Kanter & Konstantopoulos, 2010; Major & Palmer, 2002; Mansor, Halim, & Osman, 2010)。例如，教師內容知識和PCK的成長與學生學習有正向相關性(Kanter & Konstantopoulos)。PCK與教師之科學教學導向亦有關連(張世忠等)。另一個研究呈現教師知識對於協助學生的概念理解扮演正向的角色(Mansor et al.)。然而，同儕教練對科學教師PCK的發展仍未被充分檢驗過。

近年來，一些研究投入學生對於「熱與溫度」概念的探討(Harrison, Grayson, & Treagust, 1999; Niaz, 2000; Paik, Cho, & Go, 2007)，研究發現學生無法辨別熱和溫度的不同，許多情形下，他們的概念與科學家不一致(Paik et al.)。因此，本研究選擇〈熱與溫度〉為單元內容，主要的目的在於發展一個同儕教練為基礎模式，以及檢驗這個發展的同儕教練為基礎模式，對科學教師的PCK之影響。主要研究問題如下：

一、應用同儕教練為基礎發展模式前後，國中學生所知覺科學教師之PCK變化為何？

二、同儕教練為基礎發展模式對科學教師PCK影響之內涵為何？

貳、文獻探討

這文獻分三部分探討，首先描述關於科學教師PCK的內涵與研究文獻。其次，描述同儕教練的優點和模式。最後，發展一個同儕教練為基礎模式，加上對於發展科學教師PCK內容和歷程的描述。

一、PCK的內涵與研究

學科教學知識一詞，最早起源於學者們對於「教師在教學上所應具備的專業知識」所進行之探討。其中最為重要的，當推Shulman於1986年首先提出PCK概念，並針對教師所應具備的知識，區分成以下三大類別：(一)學科內容知識；(二)一般教學法知識；以及(三)學科教學知識(PCK)。在以上三種知識當中，又以PCK最為重要，並認為PCK是針對學科內容知識在教學過程中進行轉化之歷程(Shulman)。

及至1987年，Shulman在一篇名為〈知識與教學：革新的根基〉“Knowledge and teaching: Foundations of the new reform”文章中，進一步地將教師知識細分成以下七種基礎知識，分別為：(一)學科內容知識；(二)一般教學法知識；(三)課程知識；(四)學科教學知識(PCK)；(五)學習者及其特性的知識；(六)教育情境脈絡知識；(七)教育目標、目的、價值及其哲學和歷史基礎的知識。根據Shulman的見解，PCK乃是以上七種知識的綜合運用，並將PCK定義為「一種特別的學科內容與教學法的混合物，它是有關教師的一個獨特的領域，也是其自身專業理解的特殊類型」。也因此開啟了後續學者對於教師PCK之相關研究。Grossman (1990)的研究嘗試去區別出四種一般教師知識領域與情境(包括一般的教學法知識、主題學科知識、PCK、教育情境脈絡的知識)，並將PCK視為教師專業知識的新興基礎。

Cochran, DeRuiter與King (1993)從建構主義的觀點定義PCK是一種統整教師知識的理解。由於建構主義著重先備經驗(previous experience)在知識建構過程中所扮演的角色。PCK並非是一種靜態的知識，相對地，它具有動態的性質。為了強調此種動態的特性，學科教學知曉(Pedagogical Content Knowing, PCKg)一詞於是產生。他們對PCKg之意涵描述如下：它包含了四種成分的教師理解，分別為教學法、學科內容、PCK和學習的情境脈絡。Magnusson, Krajcik與Borko (1999)對於PCK是知識領域獨立與唯一的存在提出強而有力的理論；Magnusson等針對科學教師的PCK，列出了PCK的五個組成成分，分別為：(一)科學教學的導向；(二)科學課程的知識；(三)學生針對特定科學主題理解之知識；(四)科學評量的知識；(五)教學策略的知識。然而有部分學者指出，PCK和主要學科內容知識之間不太可能存在著一種明顯的區別(Marks,1990; Tobin, Tippins, & Gallard, 1994)。因此，針對PCK的本質、成分或組成要素，不同的學者有不同的定義及見解。

到目前為止，PCK仍未被研究學者作出統一概念的定義和解釋(Van Driel, Verloop, & De Vos, 1998)。然而Van Driel等提議所有學者同意Shulman (1987) 的兩個知識組成PCK核心成分，分別是：(一)學科知識之表徵和教學策略的知識；(二)對學習困難和學生概念的理解。關於對「學習困難和學生概念的理解」向度，我們採用Magnusson等(1999)修正為「評估學生理解之知識」取代，這向度包括了學生針對特定科學主題理解之知識與科學評量的知識；除了這兩種外，在此我們發現Shulman、Grossman (1990)和Cochran等

(1993)主張的另一個較常被引用的知識組成分子為：(三)學科專業知識。因此，以上三種知識組成分子為本研究中組成PCK的核心。在臺灣的環境下，本研究將教授特定主題之教學策略與表徵的知識，分成教學表徵、和教學策略知識二個向度，因此分為四類：(一)學科專業知識(Subject Matter Knowledge, SMK)；(二)教學表徵的知識(Knowledge of Instructional Representation, KIR)；(三)教學策略的知識(Knowledge of Instructional Strategies, KIS)；和(四)評估學生理解的知識(Knowledge of assess Students' Understanding, KSU)。這四個類別知識構成本研究評估現職科學教師PCK之發展內容向度，分別說明如下：

(一)學科專業知識

學科專業知識是指「教師心中的知識總體的涵義和組織之本質」(Shulman, 1986, p. 9)。學科專業知識包含事實和觀念，以及其結構和規則。教師必須維持對於主題內容清楚的知識基礎，使他們易於檢索，以符合邏輯與有組織系統的方式教授課程內容。教師的學科專業知識除了傳達對某一學科之垂直、平行性的課程設計(Grossman, 1990)，也使他們可以區分核心和外圍觀念，並執行課程相關活動。在教學實務上，學科專業知識讓教師能選擇適合學生的課程單元，整併關鍵概念和他們之間的關係，並正確地回答學生的問題。本質上，學科專業知識提供教學呈現與策略一個基礎。然而，學科專業知識本身暗示教師的內容知識與主題專家或學者的知識，其間並無基本的不同(Deng, 2007)。教師和主題專家的不同，事實上在於老師對於學科專業知識的轉化能力，將其轉化為可教授、可理解的形式(Shulman, 1986, 1987)。

(二)教學表徵知識

就主題內容而言，以教師腦中存留之原始形式而被教授的情形並不常見。反而透過教學表徵與策略加強理解內容(Chen & Ennis, 1995; Jang, 2011)，老師必須轉化所知(內容知識)轉成可教授的內容。在轉化歷程中，老師在組成分子和對主題內容知識的關鍵想法上用心，辨認出概念、課程設計和教學活動之多樣化表徵呈現，科學教師常用教學表徵，例如圖表、例子、解釋、故事、類比或比喻、實物或模型等(Shulman, 1987)。

(三)教學策略知識

Magnusson等(1999)區分特定學科教學策略(subject-specific strategy)和主題教學策略(topic-specific strategy)之不同，前者指以一般的方式傳授教學如科學學科課程或訓練之科學探究、或問題導向合作學習(Davis & Krajcik, 2005)；後者關注特定單元主題如何轉化和被教授，例如，隱形眼鏡和視網膜，與相機和鏡頭之間的類推關係。

(四)評估學生理解知識

科學老師必須具備對評估學生理解的知識，其與以下知識相關連：1. 學生的先備知識；2. 學生的性格和喜好；3. 學生學習困難；4. 評量知識。首先，老師需要知道關於學生的先備知識和對於即將教授的主題之既存的觀念。據此資訊，教師能辨別學生是否準備好去學習，並為學生設定適當目標和教材。

學生理解的知識關注於學生的性格和感情，如動機、天資、學習風格、興趣和發展程度(Park & Oliver, 2008)。此知識類別幫助教師能夠分辨他的學生的一般喜好，以及班級中的個別喜好。再者，教師必須能區分學

生學習困難所在，Magnusson等(1999)區分與科學學習相關的三個困難之源頭，包含：1. 抽象觀念和／或缺少與學生個人經驗的關連；2. 學生缺少思考和計畫策略以解決問題；3. 先備知識和科學目標概念之間，不一致的觀念引起學生認知不一致。針對學習困難提供協助，科學老師對於學生感到困難的主題、學生常犯的錯誤類型必須有些見識，促使他們為學生調整教學呈現與策略。

最後，評量的知識在學生理解方面是關鍵角色，它提供有關學生之先備知識、迷思概念、熟習程度和學習困難的資訊。Henze, Van Driel與Verloop (2008)發現教師使用多樣化方式評量學生的理解，包含書寫測驗、口語和海報呈現、學生反思、教室辯論和學習檔案。

與其他早期出版論文相比較，更多近期研究專注於科學教師PCK發展的研究(張世忠、羅慧英，2009；Avraamidou & Zembal-Saul, 2010; Hanuscin, Lee, & Akerson, 2011; Justi & Van Driel, 2006; Park & Oliver, 2008; Richmond & Manokore, 2011)。其中，Richmond與Manokore運用專業學習社群(Professional Learning Community, PLC)發展四位科學教師的PCK，他們檢視並分析教師在會議中的談話內容所產出的五個因素：教師學習與合作、社群形成、內容知識、引導式探究、與責任制，這些因素對教師教與學的影響，及所產生持續性的變革。研究發現責任制對於科學教學有顯著的影響時，參與教師也能使用PLC為基礎的經驗發展PCK，並使用教學策略以應付外在的限制。因此，專業學習社群會影響科學教師的PCK，本研究將發展一個同儕教練的輔助模式促進科學教師的PCK。

二、同儕教練的內涵與模式

同儕教練在本質上是社會建構主義，因學習依賴個人對教學的知識建構，透過在一個實務上社群中的社會互動(Jang, 2007, 2010; Vygotsky, 1978)。這科學教師之間的思考和對話模式結合反思和實務。談話的角色影響在科學社群中，知識建構之關鍵因素。因此，瞭解科學是如何被建構，某種層面而言該問題為去瞭解知識在社會環境內如何被協調或共同建構(co-constructions)而成。共同建構是指共同建立瞭解共識的歷程(Kittleson & Southerland, 2004)。換言之，同儕科學教師被鼓勵在教室中多採用談話的形式，以協調產出一種理解的方式。互為主體(inter-subjectivity)的觀念讓兩個心靈的交會……「雙方在對方思想上運作，在討論的往來之間促進他／她的發展」(Rogoff, 1990, p. 149)。同步進行共同思考、問題解決和做決策的歷程，在老師們認可下創造出新知識(Newman, Griffin, & Cole, 1989)。

同儕教練的方式，提供了一個學習的社群，學者們將該社群定義成一群彼此分享一些共同性(commonalities)的個體，例如：興趣、知識、資源、經驗、觀點、行為、語言和習慣等(Barab & Duffy, 2000; Lave & Wenger, 1991; Lu, 2010)。Pierce與Hunsaker (1996)指出，同儕教練不僅增加了共同性，也同樣強化了每位教師對概念和教學策略的理解，並藉由促進現有的改變來維持活動的進行，進而對評估、重建傳統注入心力。Jenkins等(2005)提議同儕教練作為發展學科教學知識的方式，由於它真實生活的情境在其中發生教學和學習行為。同儕教練是指與同儕夥伴之間知識分享，常使用於教育研究中的同儕視導、學習者中心督導、同儕督導和認知教練，與以上詞組為可互換的(Britton &

Anderson, 2010)。同儕教練在師資培育的主要優勢在於提供教師合作之道與學習社群以互相分享教學知識(Britton & Anderson; Jang & Chen, 2010)。例如Goker (2006)表示同儕教練與教師自我效率、教學技巧的成長有正向的關連。Bakkenes, Vermunt與Wubbels (2010)指出同儕教練對於PCK的促進有正面的影響。

在各種已發展出來的同儕教練方法之中，普遍包括了以下三種特性。(一)同儕教練是一個形成性的歷程，能夠在教學前、中、後促進反思及自我意識的形成與發展。教師共同地進行教學並有系統性地討論他們的教學。他們會在教學前預先描繪出預期成效的輪廓，然後將反思的結果融入後來實際的教學經驗。他們透過不斷地舉行聚會，並主動地進行對話，企圖透過一種非脅迫式(non-threatening)的對話，在其中建立彼此的經驗(Goker, 2006)；(二)同儕教練模式運用了「臨床視導循環期」(clinical supervision cycle)的要素。Joyce與Showers (1982)發展出最廣為人知的同儕教練模式，主要是由以下四個要素所組成：1. 研究理論基礎與教學法之基本原理；2. 觀察教學法專家之教學示範；3. 在相對受到保護的情境中練習與回饋；4. 相互指導以促進教師能將新的教學法融入每日的教學風格之中。在他們早期的研究中，同儕教練先是包括了客觀教室觀察，而後是針對新教學技巧之使用情形作出準確的回饋。然而在他們較近期的研究中，Joyce與Showers (1995)解釋他們對於同儕教練的觀點，強調透過計畫、發展和教學觀察來進行學習。他們強調一種在同儕間合作並共同學習的非層級式關係，來改進他們的教學；(三)同儕教練模式的目的在改進班級實務。一般而言，教師在其班級的教學活動中和對學生的教學成效上能獲得較多的體認，教師們發展出他們自身的評量標準，以改進教學實務，雖然形成性的評量方式並不直接與教學決定有關，但其目的卻是創造出正面的改變，最終達到改進教學實務(Goker, 2006)。本研究將融入這同儕教練方法之特性於研究模式中將有助於現職科學教師PCK之發展。

三、發展一個同儕教練為基礎之發展模式以促進教師PCK

從上述文獻探討說明，運用專業學習社群可以發展科學教師的PCK (Richmond & Manokore, 2011)。在本研究中，同儕教練是透過在一個教學實務上社群中的社會互動(Jang, 2007, 2010; Vygotsky, 1978)，讓科學教師之間的思考和對話模式結合反思和實務，目的在整合新的教學技巧和策略至教室實務中(Joyce & Showers, 1995)。我們發展了一個完整同儕教練基礎之PCK發展模式(如圖1)包含兩部分，右邊同儕教練執行模式和左邊PCK發展內容。

同儕教練執行模式是修正Joyce與Showers (1982)主要四個要素，發展為目前的同儕教練執行RIER模式：研究(research)、教學(instruction)、評量(evaluation)和反思(reflection)。說明細節如下，首先，本執行模式始於特定內容教學方法之理論基礎的研究。本研究涉及教科書專題研究與討論和PCK文章研讀。PCK相關文章的分析與同儕之間的討論有助於科學教師PCK之成長，發展有用的教學策略以因應國中學生學習困難(Van Driel et al., 2002)。第二，原Joyce與Showers模式中，觀察教學法專家之教學示範，因部分教師已具備教學經驗，研究者應用於教學、執行於教室中，並以教學錄影方式代替觀察專家教師之教學觀察。許多相關研究指出與教學經驗相關之教學模式對於

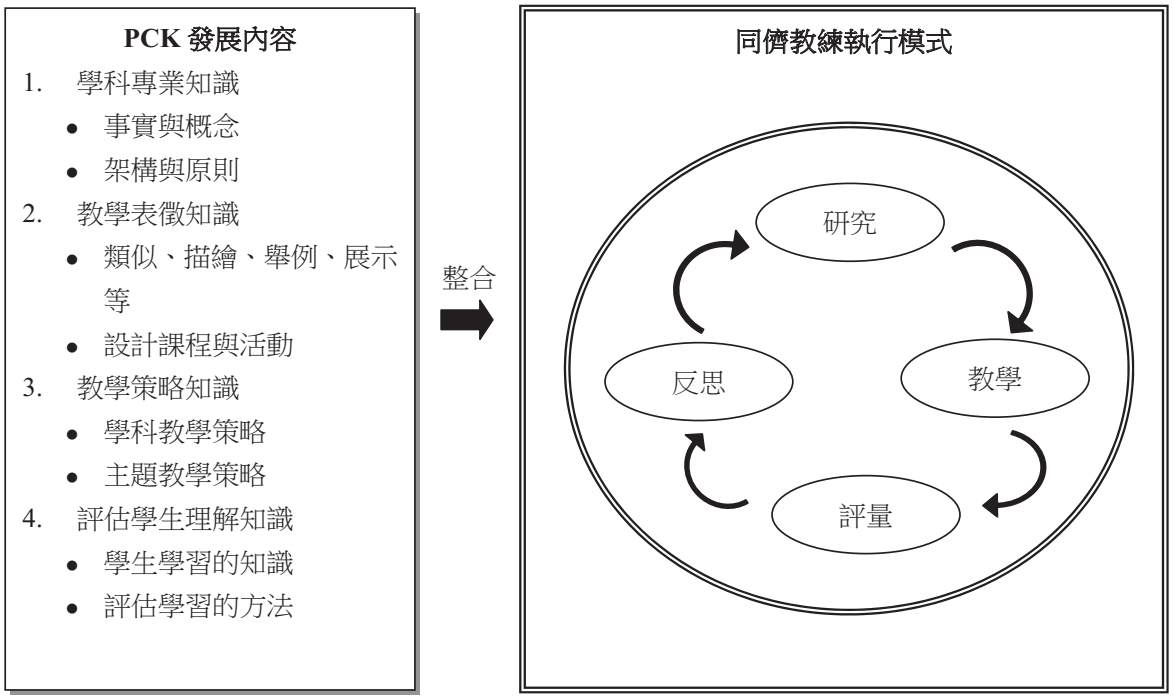

圖1：一個同儕教練為基礎的PCK發展模式

教師的PCK發展很重要(De Jong et al., 2005; Gess-Newsome & Lederman, 1993; Loughran, Mulhall, & Berry, 2004)。

第三，同儕教師依據學生學習成果受到評量。大部分研究工作在於蒐集教師晤談或作業以討論科學教師的PCK成長(Loughran et al., 2004; Van Driel et al., 2002)。然而，一些研究發現教師專業發展可由學生學習成果與意見回饋作為評量依據(Park & Oliver, 2008)。DuFour (2005)以三大想法定義專業學習社群的基礎：確認學生學習，建立合作文化、和關注學習成果。DuFour認為不僅同儕合作有益於專業學習，且學生學習成果也可反映教師專業發展。最後，學生學習成果導致教師反思，每一位科學教師應展示他的教學錄影並與他人分享教學經驗，同儕之間互相指導與評論。該教學實務可刺激其他教師的自我反思。運用反省式思考讓曾做過的或發生過的使過往經驗得以清晰呈現。反思式評量、作決策、對教學實務更深理解的基礎。反思的行為主要關注在發展洞察力和發掘困難的解決方式，或是可被更正確描述如重新檢視下一個教學策略主題的學習機會(Vidmar, 2006)。

另一方面，PCK發展內容包含上述文獻所列四個類別知識，構成本研究評估現職科學教師PCK之發展向度，分別是：(一)學科專業知識；(二)教學表徵的知識；(三)教學策略的知識；和(四)評估學生理解的知識。上述左邊所列四種PCK知識成分內容將整合於右邊同儕教練執行模式中，作為本研究在執行同儕教練模式，同時探討科學教師PCK主要面向，而在執行過程中，科學教師PCK逐漸得著發展，因此，構成本研究一個完整同儕教練為基礎的PCK發展模式。而四種PCK知識成分亦符合段曉林、

王國華與張惠博(1998)發展之「學生對教師學科教學知覺問卷」(Student Perceptions Of Teacher's Knowledge questionnaire, SPOTK; Tuan, Chang, Wang, & Treagust, 2000)之四個分量表，其PCK內容包括教學策略知識(Instructional Repertoire, IR)、教學表徵知識(Representational Repertoire, RR)、學科專業知識(Subject Matter Knowledge, SMK)、評估學生理解知識(Knowledge of how to assess Students' Understanding, KSU)等四個分量表，以作為本研究探討科學教師PCK呈現的輔助工具。

參、研究方法

一、參加人員

(一)教師

為避免誤解或無效的溝通所產生偏差的結果，本研究找到一位參與教師，她熱衷嘗試教學創新，她是在職碩專班研究生，修過主要研究者有關同儕教練理論與模式等相關課程，與主要執行研究的研究者容易溝通，由該參與研究者找尋其他老師為參與人士，是她可信任的同儕教練夥伴。該研究參與者成立同儕教練小組，包含3位科學教師，任教於臺灣桃園縣某國中教授八年級學生，這3位科學領域老師都具備教學熱情，樂於獲取新知並迎接挑戰與改變。T1老師主修生物，具有12年教學經驗。很注意學生對她教學的反應，具有學習新教學方法的企圖心，也瞭解學生的學習表現；T2老師主修化學，具備八年教學經驗，樂於透過自我反思和糾正錯誤來提升自我。對於教學和創新教學法有興趣。她喜歡發掘和討論學生所面臨的學習困難；T3老師主修地球科學，曾修過科技課程。他具備五年教學經驗，喜歡發掘與討論可促進學生學習成就的任何可行性。這個同儕教練小組三位教師平時就有溝通與互相學習之經驗，可讓本研究焦點集中在同儕教練對科學老師的PCK發展，而不是教師間彼此適應與溝通。

(二)學生

參與研究之學校位於桃園縣一市中心，是一所大型學校有81個班，其中三個八年級科學班級是歸類為實驗班級，由參與同儕教練三位教師自己各選擇一班，參加教師的班級學生人數分別是T1老師班34人，T2老師班32人與T3老師班31人，參與學生總人數97人。班級呈常態編班，家長社經背景中等，以勞工階級居多，這三班的學生樂於表達意見與提問關於教學內容的問題。

二、研究設計與執行

因參與研究的三位科學老師都來自同一所中學，他們遵循同樣的課程內容安排。本研究採用同儕教練(RIER)執行模式如圖1，以研究(research)、教學(instruction)、評量(evaluation)和反思(reflection)歷程執行研究。本研究實施同儕教練至少有一學期，包括了許多單元，但為聚焦〈熱與溫度〉單元，同儕教練活動約歷經至少六次會議，每週一次，每次約一至二小時，在正式實施同儕教練活動之前研究者已召集過幾次會議，邀請所有參與教師明白該研究目的，與實施同儕教練的方式。執行本模式關注的重點在於依循以下四個步驟。

(一)研究

在本研究前二週，研究者提供同儕教練方式相關文獻，好讓本研究成員研讀，他們能更進入狀況。教學前為了瞭解學生知覺

教師PCK之情形，進行學生對實驗教師學科教學知覺問卷之前測。同時為了蒐集教師的PCK有助教師更理解個人PCK的情形，科學教師被要求回答以下作業問題並記錄於寫作作業中。「作業1：從您先前的教與學經驗中，身為國中學生時或您先前的教學經驗，您在學習〈熱與溫度〉單元時曾有那些迷思概念或遇到哪些困難？」科學老師寫下個別想法。經過討論後，科學老師在省思日記中記錄學生的理解和針對這些單元主題的先備觀念。然後，研究者指派一個主題單元，例如單元〈熱與溫度〉讓老師蒐集和閱讀PCK相關研究文獻與書籍。

(二)教學

每位教師參考PCK研究相關文獻與書籍之後，選擇適合的教學策略或教學呈現以整合入單元教學設計中。在進行同儕討論該單元前，教師將透過做作業，並記錄其個別的反應。「作業2：針對這主題〈熱與溫度〉單元之理解，您會採用什麼樣的教學技巧或策略？請給予一些教學策略的實際例子，好讓您可以用來提升學生對這主題之理解。」教學設計完成之後，教師需在自己課堂上執行單元教學活動並實施教學錄影，這單元約進行二週(第三和四週)。例如，T1老師教授基礎「熱」的觀念，她運用熱對流的模型，以兩個小瓶子，分別裝熱水與冷水，並滴入紅墨水，然後同時置入水槽底部，可讓學生觀察到裝熱水的會慢慢上升情形，以刺激學生的學習動機與加強理解，整個教學段落被錄影下來作為同儕教練互相觀察、學習與反思的參考資料。

(三)評量

在本研究第五週，於單元教學後，運用5 ~ 10分鐘評量教師PCK情形，安排學生對實驗組的教師學科教學知覺問卷之後測。研究者蒐集的評量結果，比較學生意見調查結果，作為教師反思的參考依據，同時使他們能適當地調整教學策略。

(四)反思

在本研究第六週，科學老師和研究者觀察每位教師的教學錄影並分析學生問卷結果，以提供作為教學反思參考依據。其他同儕科學老師和研究者分別提出教學建議，以提升每位教師的PCK，並回答以下作業問題。「作業3：同儕教練RIER模式對於您在本課程單元的教學影響有哪些？未來再遇到教授相同單元時，您會做哪些改變？」所有指派作業的回覆在被蒐集後，經討論被記錄於日誌中。反思階段可進一步幫助他們檢視自我在目前的課程設計和教學實務，為了修正未來的教學實務。同時，研究者與個別教師進行個別晤談以瞭解每位教師的PCK發展。

三、資料蒐集

為監測本模式中老師的PCK發展情形，資料蒐集依據上述同儕教練模式的設計與實施步驟緊密相連。歸納本研究之資料蒐集包含：(一)學生對教師學科教學知覺問卷；(二)同儕會議記錄；(三)每位科學老師針對模式中指派的問題和作業之書寫資料；(四)模式執行歷程和課程中，科學教師所作的反思日記；(五)科學老師的晤談記錄，譯成逐字稿。

(一)學生對教師學科教學知覺問卷

本研究問卷調查主要採用段曉林等(1998)發展之SPOTK問卷，評量內容包括其中IR、RR、SMK與KSU等四個類別所編成之四個分量表以作為本研究探知PCK呈現的工具，各分量信度之α值分布於 .94至 .97之間，因素分析結果也支持四個因子的結果。而這

四個分量表的主要概念為：IR分量表在探知學生對老師所用之教學策略與方法之感受；RR分量表在探知學生對老師所用之學科內容之表徵方式，如用比喻、示範、解說、媒體及活動等之理解；SMK分量表在探知學生對老師之學科知識的感受，如老師知識是否豐富、統整、容易瞭解；KSU分量表在探知學生對老師實施評量的感受。每個分量表各有九個子題，合計36題。本問卷採Likert量表的方式，希望學生按各種題意對教師教學呈現之感受，以「從來沒有」、「很少發生」、「偶爾發生」、「經常發生」和「總是如此」五分法予於表示意見。

學生對教師學科教學知覺問卷實施共二次，第一次時間於三位教師進行同儕教練前與單元教學前實施研究之前測，由同儕教師對八年級97位學生實施，第二次是於同儕教練後與單元教學後再進行研究之後測。

(二)同儕教練會議記錄

同儕教練會議，每週一次，每次約一至二小時。在同儕會議上，每位科學教師先提出教學單元之設計與構想，而教師們可彼此討論，交換意見，進行經驗交流，並對每位教師提出單元之設計與構想，提供回饋與建議。

(三)科學老師寫作作業

本研究共有三個寫作問題，前二個問題分別是依據Shulman (1987)的PCK兩個知識組成核心，分別是：1. 對學習困難和學生先備概念的理解；2. 教學表徵和教學策略的知識。於上述研究執行間分別所分派之作業，每次作業大約書寫分30鐘。另一題是整體評估同儕教練模式之效果；3. 依前述整體評估本研究同儕教練模式之效果，於上述研究執行結束後分派之作業，大約書寫分45鐘。此時需要提供更多具體的實例與經驗說明。

(四)科學老師省思日誌

教師在每次進行教學過程中觀察學生之學習情況，並於教學活動後立刻記錄學生的學習反應與回饋，研究中觀察是針對運用同儕教練以發展國中科學教師PCK作資料的蒐集，以此作為學生對科學教師PCK是否轉變的一項重要依據。另外針對教學課程中所發生的特殊狀況、困難、瓶頸等問題，或採用的解決方法，加以觀察與記錄於省思日誌中。此日誌也可當成教師在教學時反思與檢討的工具，亦可作為對教學、課程進行之反省改進之依據。

(五)教師之晤談記錄

晤談共二次，一次是在剛開始執行同儕教練第一週，另一次是於單元範圍結束後實施，每位教師每次約30分鐘；主要目的在瞭解學生學習的困難、對教學活動實施的意見及學習感受。本研究採用半結構式的晤談方式，於晤談前先行以問卷內容為綱要的方式列出問題，在晤談過程中，根據晤談對象、情境及氣氛決定晤談的內容及順序。

晤談的架構包含所設計之問卷的問題得以對科學教師概念深入理解。晤談進行於同儕教練RIER模式執行之後，以瞭解科學教師PCK轉化的程度。包含學科主題知識的進步，教學策略與技巧和對於學生先備知識的理解。依據晤談所蒐集的資料，研究者希望能達成：1. 確認回答與問卷結果相符；2. 辨別老師們書寫作業、會議記錄、與反思日記中他們的觀點可能出現的差異。

四、資料分析

本研究採用質性、量化分析研究法，量化分析上，採用問卷統計分析資料，本研究量化之工具SPOTK問卷內容分為四個分量

表，評量方式採用Likert量表的方式，希望學生按各題意表示對教師教學呈現之感受，以五分法予於表示意見。故其計分方式乃依學生之勾選不同，分別給予1至5不等的分數，若為反向題則予反轉計分。本研究以IR、RR、SMK、KSU四個分量表之計分，由各分量表之各題得分之合計而得。最後所獲得數據，利用SPSS統計套裝軟體進行描述性統計及*t*檢驗等分析。

質性分析採用質性架構允許研究者建立資料意義模式(McMillan & Schumacher, 2001)。McMillan與Schumacher所指之四個層面被用於資料的分析：(一)整個研究進行中持續發掘；(二)分類與整理資料；(三)透過定義可信的資料趨向精緻化；(四)產生目錄。本研究採用持續比較分析法用於比較透過問卷所蒐集之資料，及其他方式如寫作、會議記錄、省思日記和晤談等(Strauss, 1987)，資料先被蒐集後，由兩位科教學者與一位具碩士學位且有五年資深研究助理分別編碼，並分別對二個研究主軸進行主軸式編碼，(一)教師之PCK四個向度：學科專業、教學表徵、教學策略和學生知識的理解；(二)整體評估同儕教練模式之效果；三位編碼者先個別獨立作業，互不討論，然後主要研究者邀請三位共同討論，將編碼結果不一致、有爭議的或有衝突地方彙集討論，以達到共識，以確立詮釋的一致性，並比較並組織成不同類別。最後，依研究問題與發現的類型，進行資料間交叉比對，而透過這些資料相比對並經過三角檢證(triangulation)，分析歸納形成研究發現和目錄。

肆、研究結果

根據本研究擬探討的研究問題，第一部分說明同儕教練發展模式前後，國中學生對教師之PCK知覺改變情形；第二部分說明同儕教練發展模式對科學教師PCK影響之內涵。

一、學生對教師之PCK知覺改變情形

根據SPOTK問卷前測與後測在四各項度的得分作一比較，得到表1 SPOTK問卷前後測比較分析，以呈現出在同儕教練前後教師之PCK詳細面貌。由表1的數據中，我們可以發現，其中在同儕教練之前測，以各向度九題總分平均計算，科學教師的SMK得分最高(M = 37.35, SD = 4.76)，其次是KSU (M = 35.28, SD = 5.81)，第三為RR (M = 34.20, SD = 4.85)，而IR最低(M = 31.59, SD = 5.48)。然而在同儕教練後，由表1的資料呈現出，學生對老師的PCK知覺在整體的得分上沒有達到顯著差異水準。在四個向度中，只有RR達顯

表1：SPOTK問卷前後測之比較分析

向度	前測(N = 97)		後測(N = 97)		t
	平均值(M)	標準差(SD)	平均值(M)	標準差(SD)	
IR	31.59	5.48	33.03	5.34	1.22
RR	34.20	4.85	36.90	3.91	2.59*
SMK	37.35	4.76	38.25	4.75	0.90
KSU	35.28	5.81	36.54	4.97	1.05
整體(PCK)	138.24	12.42	144.72	11.74	1.25

*p < .05

著差異水準($p < .05$)，而SMK、IR與KSU未達到顯著差異水準。但無論在哪一個向度其總得分皆有增加的趨勢，為了更加清楚教師之PCK改變的情境和狀況，故分述各向度內單題變化情形並描述於下。

(一) 學生對科學教師「教學策略」之知覺的改變情形

教學策略(IR)在學生問卷PCK四面向中是最差的。這點顯示科學教師的教學策略較無法吸引學生學習興趣。由表2可知，「第1題，我的老師在上課時進行分組教學活動」、「第3題，我的老師讓我有表達自己想法的機會」在統計上未達顯著差異水準($p > .05$)，其前後測之平均值比較是降低的，顯示科學教師在此次教學之研究過程中較少採用分組教學與讓學生發問機會。

由質性資料輔助呈現出，科學教師之教學活動設計主要是為了學生在測驗中表現更佳，因此教師為中心的教學策略被認為是達成此目標的最有效方式：「為了在考試時要取得好成績，講述被認為是最有效和最便捷的方式。」(T3老師晤談記錄)。相反地，對較不習慣問問題和參與討論學生而言，其他教學方法如討論和詢問等方式較不受學生歡迎：「我喜歡喜歡使用單向傳遞的解釋來形容『熱』和『熱平衡』的概念的定義，較少使用討論的方式。」(T1老師晤談記錄)；「讓學生提問是不容易的，我知道他們沒有辦法把問題準確地提出來。」(T2老師反思日誌)。

(二) 學生對科學教師「教學表徵」之知覺的改變情形

對於教學表徵(RR)，由表3可知，「第10題，我的老師使用熟悉的例子解釋的概念」、「第11題，我的老師使用適當的圖解和圖表來解釋科學概念」、「第12題，我的老師在解說科學概念時使用示範活動」、「第13題，我的老師使用真實事物幫助我們了解科學的概念」、「第15題，我的老師使用我熟悉的類比或比喻來解釋科學的概念」、「第16題，我的老師使用熟悉的事件描述科學的概念」、與「第17題，我的老師用我能瞭解的語言來解釋科學的概念」都達到顯著差異水準($p < .05$)，其餘各項目雖未達到顯著差異水準，但是得分均有增加。可見在學生的角度認為在實施同儕教練過程中老師在「教學表徵」的向度中均有進步。

表2：學生在教學策略(IR)各題之前後測平均分數

題號	前測		後測		t
	平均值	標準差	平均值	標準差	
1	3.69	0.70	3.42	0.73	-1.96
2	3.78	0.88	3.91	0.77	1.10
3	3.74	1.08	3.59	0.98	-1.20
4	3.64	0.79	3.80	0.68	1.42
5	3.41	1.09	3.61	0.80	1.39
6	3.48	0.87	3.67	0.84	1.10
7	3.72	0.81	3.92	0.87	1.31
8	3.37	1.00	3.41	0.71	0.76
9	3.45	1.03	3.61	1.10	0.66

04-張世忠.indd 12 2013/4/11 下午 12:20:33

表3：學生在教學表徵(RR)各題之前後測平均分數

題號	前測		後測		*t*
	平均值	標準差	平均值	標準差	
10	3.06	0.58	3.67	0.81	2.70*
11	3.11	0.78	3.75	0.77	2.78*
12	3.15	1.11	3.74	0.79	2.65*
13	3.36	0.99	3.94	0.99	2.64*
14	3.24	1.05	3.42	0.91	1.17
15	3.38	0.87	4.00	0.86	3.03*
16	3.36	0.93	4.01	0.67	3.13*
17	3.28	0.77	4.02	0.73	3.09*
18	3.04	1.01	3.16	0.72	0.84

* $p < .05$

由質性資料呈現出，科學教師寫下並針對他們認為可能有實用性的教學表徵作討論，以提升學生的理解〈作業2〉。研究結果顯示科學教師使用於解釋概念的方式有圖表、類比、示範和黑板書寫等方式：「『比熱』概念對學生來說是個新的觀念，當我第一次解釋時，會以比喻的方式來講解。」(T1老師反思日誌)；「學生會不太瞭解『比熱』概念時，我會以類似的例子來說明——以溫度去解釋水的比熱。當相同的水量倒進一個較小的杯子時，水上升的較快。這例子就好比溫度的上升。」(T3老師書寫作業)。他們比較沒有準備故事或影音科技為補充教學工具：「我教授這課程是整學期讓學生都參與課堂並抄筆記的方式，並不會去準備故事或影片作為額外的教學工具。」(T2老師晤談記錄)。學生被要求出席講述課、作筆記並練習問題解決，師生之間互動式溝通相對減少。

(三) 學生對科學教師「學科專業知識」之知覺的改變情形

對於學科專業知識(SMK)，由表4可知，在本向度中，第25、26題前測分數偏低，內容為「第25題，我的老師知道科學發現的歷史」、「第26題，我的老師解釋科學對社會的影響」。說明科學教師較少將科學概念內容與社會(日常生活)做聯結。然而經過同儕教練後，雖未達到顯著差異水準，但得分皆有增加的趨勢，可見在此向度中，學生認為同儕教練後教師之學科專業知識方面是有增長的。

由質性資料呈現出，科學教師經常關注於學科內容和概念的傳遞，然而，他們較少關心學科內容是否與日常生活有關連，或科學概念如何應用於日常生活的各種情況中。科學教師發現他們最大的問題是沒有時間：「我比較偏向以公式來解釋『熱與溫度』的概念。因為時間不足，我很少提供日常生活上的例子。」(T1老師晤談記錄)。

從學生之問卷調查較少提到有關學生的先備知識；因此，從質性資料發現，在第一個指派作業中，科學老師認為學生可能有些對於主題先入為主的迷思概念：「在大學時，我所學習到的『熱』是比較後的結果而非絕對的值，熱對流是熱能由高溫處往低溫處傳送，不是高熱能傳往低熱能。」(T2老師書寫作業)。科學教師從之前的教學實務經驗

表4：學生在學科專業知識(SMK)各題之前後測平均分數

題號	前測		後測		*t*
	平均值	標準差	平均值	標準差	
19	4.31	0.76	4.35	0.55	0.52
20	4.16	0.85	4.31	0.60	1.75
21	4.21	0.75	4.47	0.61	1.66
22	4.11	0.82	4.26	0.64	0.90
23	4.12	0.77	4.38	0.69	1.84
24	4.04	0.75	4.15	0.63	0.58
25	3.74	0.84	3.89	1.07	0.76
26	3.67	0.92	3.82	1.14	0.90
27	4.29	0.85	4.42	0.82	0.87

中發現他們的科學知識來自大學教育的部分就足以應付國中學生的課程。教師顯出對自己的PCK之自信，但T3老師表示他並不瞭解學生對於熱單元某些部分的先備概念，需要更多補充資訊作為參考以提升對於學生的理解：「我不知道為什麼學生有『熱』是經由輻射，而不是通過媒介物傳播的概念。怎麼會在傳輸過程中不需要介質的概念？」(T3老師書寫作業)。

(四)學生對科學教師「學生知識與評量」之知覺的改變情形

對於學生知識與評量(KSU)方面，由表5可知，此向度中僅「第34題，我的老師用考試來檢驗我的理解程度」達到顯著差異水準($p < .50$)，不過其他項目雖未達到顯著差異，但其得分均達到「經常發生」之頻率，顯見學生對於老師在「學生知識與評量」方面，認為教師經常性在評量學生。在此向度中，值得注意的是「第31題，我的老師使用不同的評量取向(如發問或討論等)以測知我是否了解」的得分有降低的趨勢，顯見學生有感受到老師較少採用多元化的評量方法。

從其他質性資料得知，科學教師經常使用評量以得知學生的學習成效，他們認為學校強調成績和入學考試，所以大多數科學教師在教完畢某一單元章節後，採用考試測驗以評量學生的學習成效，他們實行考試的目的在於讓學生透過重覆地練習，思考和理解學科主題內容：「我講授課程主要的途徑是講解概念，在主題的教學完後，學生應該要在家複習。然後我會安排考試以獲得更好的學習成果。」(T2老師晤談記錄)。更進一步，實行考試是敦促學生學習和準備入學考試的方法，以獲得好成績為目的：「考試是讓學生學習思考的一種方法，紙筆測驗是最常用的。其他測驗的方法則較少用包括報告或學生學習檔案。」(T1老師晤談記錄)；「入學考試是學期評量的重點。考試越多，學生成績就越好。」(T3老師反思日誌)。大部分老師的評量方法採用紙筆測驗，較少採用多元化的評量方法，例如報告和學生學習檔案等。

二、同儕教練之發展模式對科學教師PCK影響之內涵

除了學生進行SPOTK問卷的實施前後測外，為了進一步瞭解同儕教練如何對科學教

表5：學生在學生知識與評量(KSU)各題之前後測平均分數

題號	前測		後測		*t*
	平均值	標準差	平均值	標準差	
28	3.75	0.87	4.08	0.87	1.97
29	3.88	0.85	4.08	1.00	0.94
30	3.67	0.95	3.92	1.01	1.09
31	3.94	0.86	3.67	0.74	-1.49
32	3.93	0.81	4.04	1.04	0.76
33	3.74	0.81	3.93	0.68	1.58
34	3.86	0.76	4.23	0.97	2.66*
35	4.07	0.77	4.18	0.79	0.85
36	4.01	0.72	4.08	0.77	0.57

* $p < .05$

師PCK之影響，以質性資料分析來輔助。由表1的資料呈現出，在四個向度中，只有教學表徵(RR)在實施同儕教練後達顯著差異水準($p < .05$)，因此本研究過程中，同儕教練是本模式發展科學教師PCK的關鍵因素，特別聚焦科學教師在「教學表徵」面向之改變情形。有關同儕教練對教師之「教學表徵」之改變說明，則可以由以下四方面：「運用熱對流與幅射的模型」、「熱脹冷縮的示範活動」、「以量筒粗細比喻比熱的大小」和「增加圖片解說海陸風形成的原因」等，以質性資料加以佐證：

(一)運用熱對流與幅射的模型

在同儕教練會議上，T1教師建議熱對流的模型，可用兩個小瓶子，分別裝熱水與冷水，並滴入紅墨水，然後同時置入水槽底部，可讓學生觀察到裝熱水的會慢慢上升，裝冷水的則不會。另一方面，在康軒版的課本中並沒有模型或其他活動解釋熱輻射，在同儕會議中，T2教師建議可用鋁箔和白紙製作紙人的模型，並將紙人放在點燃的酒精燈旁，紙人會因熱輻射而產生不一樣的動作，這個模型引起了教師們的興趣，所以在T2教師的帶領下，與會的同儕教師們一起動手製作這個紙人模型。因鋁箔紙的熱膨脹大而白紙的熱膨脹小，如果鋁箔紙的一邊靠向酒精燈，則紙人的雙手會慢慢張開，但如果白紙的一邊靠向酒精燈，則紙人的雙手會慢慢閉合。

T2：我以前教南一版內容時，曾經做過一個模型給學生看，你們等一下，我把它拿出來。

T1：這是什麼？

T2：這是我自己做的紙人，一邊用鋁箔一邊用白紙，把這兩種材質剪成一樣的紙人後黏在一起，然後把酒精燈放在紙人中間，點燃酒精燈後，白紙和鋁箔都會同時受到熱輻射的作用，但是因為鋁箔受熱後膨脹比較大，而白紙膨脹比較小，如果把紙人的白紙那邊靠近點燃酒精燈，慢慢紙人手腳就會靠向酒精燈。

T3：真的耶，紙人好像要去抱酒精燈的感覺，好好玩，我也想做一個。

T2：可以阿，我今天有帶一些鋁箔，再拿幾張白紙就可以做啦。

T3：那好阿，我們大家現在開始動手做了。

T1：好阿，這個主意不錯，我也要做一個。(同儕教練會議)

藉由製作複合材料(紙與鋁箔)之紙人，說明熱輻射傳播的模型示範，學生在課程中表現出興趣高昂，他們應可理解熱輻射的傳熱方式。(T2教師晤談記錄)

使用鋁箔紙與白紙的熱幅射的模型，可讓學生具體看到紙人的雙手會動，亦覺有興趣。(T3教師晤談記錄)

做這個紙人的模型並不困難，或許不用教師來做示範，可以安排學生親自動手做，這樣學生的學習印象應該會更深刻。(T1老師反思日誌)

(二)熱脹冷縮的示範活動

為了讓學生瞭解熱脹冷縮的概念，在同儕教練會議上，除了舉鐵軌上預留的空隙及橋樑上的接縫等日常生活實例外，T2科學教師建議用兩顆大小相同的氣球放入裝有熱水與冷水的杯中，觀察一段時間後，兩顆氣球的體積會產生變化，可以增加學生的學習動機。

T1：課本第136頁有兩張照片，說明把氣球放在冰水與熱水裡時，會因熱脹冷縮的關係，致使氣球的體積發生變化。

T2：一般來說熱脹冷縮，氣體會大於液體大於固體，像水和水蒸氣的體積會相差1,800倍，所以用把氣球放在冰中和熱水中，的確會產生明顯的體積變化。

T1：靜態的照片很難引起學生的興趣，我想用氣球來做熱脹冷縮的實驗示範給學生看。

T2：那你最好用兩個大小相同的氣球同時去做，讓學生能做對照，免得學生會忘記之前球的大小；而且最好找圓形的氣球，不要找長形的氣球，因為長形的氣球變數太多，學生可能不易看到體積的改變。(同儕教練會議)

親眼觀測到熱漲冷縮現象，令學生印象深刻，但若能讓學生親自動手做，學習效果應會更好。(T3教師晤談記錄)

氣球在熱水和冰水中的體積變化很明顯，誠如T2教師的建議，下次應該安排分組活動，讓學生親自動手做，以培養學生主動的學習態度。(T1老師反思日誌)

(三)以量筒粗細比喻比熱的大小

熱量與比熱對學生來說是個很抽象的概念，再加上學生以前並未學過相關的概念，所以如何向學生說明比熱所代表的意義，一直是老師們頭痛的問題，為了讓學生能透過真實的事物或恰當的類比來解釋比熱，T3教師想出了用紅墨水和兩個粗細不同的量筒來解釋熱量、比熱和溫度變化三者的關係，紅墨水代表熱量，而粗量筒代表比熱大的物質，等量的紅墨水(熱量)倒入底面積大的量筒

中，粗量筒內水面上升的高度(溫度變化)會比較小，而倒入底面積小的量筒中，細量筒內水面上升的高度(溫度變化)會比較大，這獲得了同儕教師們的讚賞。

T1：學生覺得熱量公式比較難算，主要是由於卡在比熱的觀念，學生不了解比熱。

T2：我在教熱量公式時，都先從關於水的題目開始說起，因為水的比熱為1卡／克-℃，學生計算會比較簡單，然後再慢慢進到其他物質不同的比熱，計算久了，學生就會慢慢就會對比熱有概念了。

T3：比熱的觀念是比較抽象，學生的確不容易了解，我是用量筒來比喻比熱，量筒截面積愈大，代表比熱愈大，而量筒截面積愈小，代表比熱愈小，而水量多少就代表熱量的多少，相同的水量加入不同截面積的量筒，會造成水位高低的不同，而水位高低不同就代表上升溫度的不同。希望用這種真實事物示範的方式來幫助學生建立比熱的抽象概念。

T2：你這個方法很不錯喔，簡單易懂，尤其你還加上紅墨水比喻熱量，這讓學生更容易接受，我想我下次都到這個單元時也會用你這種方式來說明。(同儕教練會議)

(四)增加圖片解說海陸風形成的原因

以往教師在解釋海風和陸風形成的原因時，都是用粉筆在黑板畫圖並解說，海風與陸風的形成與空氣對流有關，原因很簡單，但說起來比較複雜，所以T1科學教師採用康軒版教學光碟所附的彩色掛圖加以說明。

T1：海風和陸風是很生活化的例子，而形成的原因就是熱對流的效應，過去考試常考，但就是有學生不懂，我想用康軒電子書上的彩色圖片來說明，希望能加深學生的印象。

T2：用彩色的圖片輔助教學通常都能讓學生印象深刻。

T3：這個圖片不錯，畫得很好，學生應該都會印象深刻的。(同儕教練會議)

在實施同儕教練之前，科學教師認為他們不常使用具體真實的物品或示範活動於教學呈現中，主因是採用具體表徵教學的備課較費時。為符合課程進度的壓力下，他們抱怨所要教的內容太多，而剩餘時間用於展示以解釋科學概念的時間非常少。然而，科學同儕教師之間是最合適的合作與反思教練，因為他們能真誠地反應所在教學實務中所觀察到的。「我採用T2教師建議，並且我們合作產生兩顆圓形的氣球，其看到體積的改變效果非常良好，因為長形的氣球變數太多，學生可能不易看到體積的改變。」(T1老師反思日誌)。「同儕教練需要老師能夠同時接受別人給你正面和負面的評價。正面的評價是可以加強老師的教學技巧，而反面則是讓老師可以去修改他們教學的方式。」(T3老師反思日誌)。

科學教師應以更開放心胸面對有益於進步的批評與建議。再者，傳統教學上知識的傳遞以教科書內容為主要依據，被視為基礎的工作，教學進度中還包含測驗，通常占據

教師不少的教學時間。但他們在本研究同儕教練會議中，學習到了對方的觀點與優點，當老師互相提供回饋意見，他們不僅給予建議，同時是正向的建議以促進同儕教學技巧和表徵，讓科學教師呈現多元之教學表徵。「我認為小組討論在教學上是很不實際的。舉例來說，為了加強教學中對『熱幅射』的概念，我會準備實際的物體如紙人而不只是像先前畫圖在黑板上。」(T2老師晤談記錄)。「我以前都是用粉筆在黑板畫圖並解說海風與陸風的形成原因，經過同儕會議後，採用康軒版教學光碟所附的彩色掛圖加以說明。」(T1老師晤談記錄)。

伍、討論與結論

一般而言，在職科學教師的PCK發展的研究，主要收集晤談、檔案或觀察等資料，並執行質性分析以探討科學教師的PCK成長情形(Henze et al., 2008; Loughran et al., 2004; Van Driel et al., 1998)。本研究採混合式分析法，包含量化、質性取向。研究者首先發展了一個同儕教練基礎模式，應用段曉林等(1998)發展SPOTK問卷之優點，主要的考量為教師在教室中是威權的代表，容易陷入自以為是的思維中，為了能更客觀的看待教學現場，應以學生的觀點出發，將能瞭解教師的PCK發展的狀況。尤其學生本身更是全程在教學現場中，由學生的認知更能明白教師是否達到預設的教學目標，而學生在累積較多的學習經驗後回答，且由全體的學生判斷並非僅是少數的觀察者(張世忠、羅慧英，2009)。然而使用量表，其限制是量化呈現方式，無法深入瞭解個案科學教師的PCK成長因素。本研究收集多方面教師方面的質性資料，除了量表外，增加如晤談、同儕會議、省思札記、和指派作業等質性輔助資料，以深入探討同儕教練對教師的PCK是否有成長。

類似其他研究，學生認為老師經常對學生理解的知識(Tuan et al., 2000)進行評量且科學老師擁有豐富學科內容知識(王國華、段曉林、張惠博，1998；Clark, 1987)。本研究顯示在入學考試壓力下，學生認為科學教師強調考試成績，在科學老師教授〈熱與溫度〉單元後，他們用測驗方式評量學生學習成效。在前測，學生常常認為科學老師在應用日常生活教學呈現表徵和教學策略上有困難。老師常常用測驗學生的方式刺激學生，在重覆演練中增進對於內容的思考與理解，而傳統教師中心教學法被認為是達成此目標的最佳方式，較沒有使用其他的教學法，如互動或分組討論。大部分臺灣的老師經由大專院校之師資培育中心培訓，學習到各種不同的教學策略和方法，研究亦指出教師因而擁有優良教學方法基礎知識(Jang & Chen, 2010)。然而，在真實教學情境中，入學考試的壓力下，科學老師經常使用傳統教學方式，視其為最有效率的教學法。在傳統的教學策略上，科學教師鮮少注意學生學習的弱點和困難，所以教師也不會去修正他們的教學方式和策略。而本研究之學生的知覺問卷調查表發揮功用，除了幫助老師去瞭解他們教學不足的地方，同時可做為一種師生間溝通的工具。因此，在前測之後，教師表示會運用一些日常生活中實際的物品以解釋重要的概念，或者是設計一些示範活動，給學生機會去練習和加強他們的實務經驗。

由研究結果呈現出，學生對老師的PCK知覺在整體的得分上沒有達到顯著差異水準，在四個向度中，只有RR達顯著差異水準。在教學表徵(RR)方面，學生知覺到科學老師的表徵方式更多元化，熱對流與熱幅射是屬於非常抽象，看不見的概念，教師們運

用熱對流與幅射的模型，不僅讓學生可以觀察熱對流，更動手操作紙人來理解熱幅射概念。課本靜態圖片較難引起學生的興趣，科學教師使用氣球熱脹冷縮的示範活動，學生較容易看到氣球體積的變化。另外，以量筒粗細比喻比熱的大小，比熱屬於較抽象概念，一般學生不太認識與理解比熱真正意義，只是將它應用在公式中計算，透過紅墨水倒入粗細不同的量筒中，所產生的水位不同，即代表上升的溫度不同，學生更容易理解比熱。最後，配合課程內容較無法以真實事物在課堂上呈現，但是增加運用動畫圖片的方式，讓學生能身歷其境，例如增加圖片解說海陸風形成的原因，讓學生更能理解科學概念。本研究限於篇幅與時間因素，並沒有深入探討SMK、IR與KSU等面向質性資料之內涵，例如科學教師為什麼在教學之研究過程中較少採用分組教學與讓學生發問機會；而教師經常性用紙筆評量學生，學生卻感受到老師較少採用多元化的評量方法，這有待未來研究者進一步探討。

本研究中的科學教師擔任不同類型角色——合作教練和反思型教練。合作教練的教師要去觀察和分析教師的教學實務，在同儕會議中，科學教師們從他人身上學習如何設計更生動有趣的教學內容，提升本身教學技巧(Bowman & McCormick, 2000; Murray et al., 2009)。另一方面，科學教師也是反思型教練，是給予其他教師回饋最適當的人選(Vidmar, 2006)。所以，當科學教師給予他人回饋時，不僅提供建議，也是一種正面的鼓勵可促進同儕間教學技巧及策略的進步。教師們須具備開放的態度去接受其他教師給予之批判性的建議，以利PCK的提升和改變。

本研究結果增加了同儕教練發展模式對教師PCK教育領域方面的知識。雖然本研究算是小型個案研究，本研究不僅探討了同儕教練與科學教師的PCK發展之間的關聯，為了研究聚焦採用一個單元，故不適宜太多推論，但研究資料同時顯示同儕教練模式對整體科學教師PCK的發展有助益，尤其在教學表徵方面。實際上同儕教練模式針對不同的個別教師也會有所不同，而大部分被侷限在某種特定單元的PCK主題上，這有待未來進一步分析和研究。建議未來的實證研究需要去檢視是否模式的設計也符合其他的科學主題單元，並可延長研究的時間，將會對科學教師的PCK發展更有幫助。另外，是否同儕教練發展模式對於學生學習成效有影響，有待未來研究者運用更嚴謹之設計去檢驗。

參考文獻

1. 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。
2. 林劭仁(2006)。專業學習社群運用於師資培育自我評鑑之探究。**中正教育研究**，**5**(2)，79-111。
3. 段曉林、王國華、張惠博(1998)。學生對教師之學科教學知覺問卷之發展。**科學教育學刊**，**6**(2)，129-147。
4. 張世忠、蔡孟芳、陳鶴元(2012)。國中科學教師的學科教學知識與科學教學導向之探討。**科學教育學刊**，**20**(5)，413-433。

5. 張世忠、羅慧英(2009)。協同教學對國中學生所知覺的科學教師PCK之影響。**科學教育學刊**，**17**(1)，49-68。
6. 張惠博、劉宏文(2000)。師資培育與實習教師教學能力研究與問題的評述。**臺灣教育**，**591**，28-40。
7. 張德銳(2001)。共譜教師專業成長的新樂章——談同儕教練。**中等教育**，**52**(2)，134-143。
8. Avraamidou, L., & Zembal-Saul, C. (2010). In search of well-started beginning science teachers: Insights from two first-year elementary teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, *47*(6), 661-686.
9. Bakkenes, I., Vermunt, J. D., & Wubbels, T. (2010). Teacher learning in the context of educational innovation: Learning activities and learning outcomes of experienced teachers. *Learning and Instruction*, *20*(6), 533-548.
10. Barab, S. A., & Duffy, T. M. (2000). From practice fields to communities of practice. In D. H. Jonassen & S. M. Land (Eds.), *Theoretical foundations of learning environments* (pp. 25-55). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
11. Bowman, C. L., & McCormick, S. (2000). Comparison of peer coaching versus traditional supervision effects. *The Journal of Educational Research*, *93*(4), 256-261.
12. Britton, L. R., & Anderson, K. A. (2010). Peer coaching and pre-service teachers: Examining an underutilised concept. *Teaching and Teacher Education*, *26*(2), 306-314.
13. Chen, A., & Ennis, C. D. (1995). Content knowledge transformation: An examination of the relationship between content knowledge and curricula. *Teaching and Teacher Education*, *11*(4), 389-401.
14. Clark, D. L. (1987). High school seniors react to their teachers and their schools. *The Phi Delta Kappan*, *68*(7), 503-509.
15. Cochran, K. F., DeRuiter, J. A., & King, R. A. (1993). Pedagogical content knowing: An integrative model for teacher preparation. *Journal of Teacher Education*, *44*(4), 263-272.
16. Davis, E. A., & Krajcik, J. S. (2005). Designing educative curriculum materials to promote teacher learning. *Educational Researcher*, *34*(3), 3-14.
17. De Jong, O., Van Driel, J. H., & Verloop, N. (2005). Preservice teachers' pedagogical content knowledge of using particle models in teaching chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, *42*(8), 947-964.
18. Deng, Z. (2007). Transforming the subject matter: Examining the intellectual roots of pedagogical content knowledge. *Curriculum Inquiry*, *37*(3), 279-295.
19. DuFour, R. (2005). What is a professional learning community? In R. DuFour, R. Eaker, & R. DuFour (Eds.), *On common ground: The power of professional learning communities* (pp. 31-43). Bloomington, IN: Solution Tree.

20. Gess-Newsome, J., & Lederman, N. G. (1993). Preservice biological teachers' knowledge structures as a function of professional teacher education: A year-long assessment. *Science Education*, *77*(1), 25-45.
21. Goker, S. D. (2006). Impact of peer coaching on self-efficacy and instructional skills in TEFL teacher education. *System*, *34*(2), 239-254.
22. Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers College Press.
23. Hanuscin, D. L., Lee, M. H., & Akerson, V. L. (2011). Elementary teachers' pedagogical content knowledge for teaching the nature of science. *Science Education*, *95*(1), 145-167.
24. Harrison, A. G., Grayson, D. J., & Treagust, D. F. (1999). Investigating a grade 11 student's evolving conceptions of heat and temperature. *Journal of Research in Science Teaching*, *36*(1), 55-87.
25. Henze, I., Van Driel, J. H., & Verloop, N. (2008). Development of experienced science teachers' pedagogical content knowledge of models of the solar system and the universe. *International Journal of Science Education*, *30*(10), 1321-1342.
26. Huston, T., & Weaver, C. L. (2008). Peer coaching: Professional development for experienced faculty. *Innovative Higher Education*, *33*(1), 5-20.
27. Jang, S. J. (2007). A study of the students' construction of science knowledge: Talk and writing in a collaborative group. *Educational Research*, *49*(1), 65-81.
28. Jang, S. J. (2010). Integrating the interactive whiteboard and peer coaching to develop the TPACK of secondary science teachers. *Computers & Education*, *55*(4), 1744-1751.
29. Jang, S. J. (2011). Assessing college students' perceptions of a case teacher's pedagogical content knowledge using a newly developed instrument. *Higher Education*, *61*(6), 663-678.
30. Jang, S. J., & Chen, K. C. (2010). From PCK to TPACK: Developing a transformative model for pre-service science teachers. *Journal of Science Education and Technology*, *19*(6), 553-564.
31. Jenkins, J. M., & Veal, M. L. (2002). Preservice teachers' PCK development during peer coaching. *Journal of Teaching in Physical Education*, *22*(1), 49-68.
32. Jenkins, J. M., Garn, A., & Jenkins, P. (2005). Preservice teacher observations in peer coaching. *Journal of Teaching in Physical Education*, *24*(1), 2-23.
33. Jenlink, P. M., & Kinnucan-Welsch, K. (1999). Learning ways of caring, learning ways of knowing through communities of professional development. *Journal for a Just and Caring Education*, *5*(4), 367-385.
34. Joyce, B. R., & Showers, B. (1982). The coaching of teaching. *Educational Leadership*, *40*(1), 4-10.
35. Joyce, B. R., & Showers, B. (1995). *Student achievement through staff development: Fundamentals of school renewal* (2nd ed.). White Plains, NY: Longman.

36. Justi, R., & Van Driel, J. H. (2006). The use of the interconnected model of teacher professional growth for understanding the development of science teachers' knowledge on models and modelling. *Teaching and Teacher Education*, *22*(4), 437-450.

37. Kanter, D. E., & Konstantopoulos, S. (2010). The impact of a project-based science curriculum on minority student achievement, attitudes, and careers: The effects of teacher content and pedagogical content knowledge and inquiry-based practices. *Science Education*, *94*(5), 855-887.

38. Kittleson, J. M., & Southerland, S. A. (2004). The role of discourse in group knowledge construction: A case study of engineering students. *Journal of Research in Science Teaching*, *41*(3), 267-293.

39. Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

40. Loughran, J. J., Mulhall, P., & Berry, A. (2004). In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting professional practice. *Journal of Research in Science Teaching*, *41*(4), 370-391.

41. Lu, H. L. (2010). Research on peer coaching in preservice teacher education – A review of literature. *Teaching and Teacher Education*, *26*(4), 748-753.

42. Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 95-132). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic.

43. Major, C., & Palmer, B. (2002). Faculty knowledge of influences on student learning. *Peabody Journal of Education*, *77*(3), 138-162.

44. Mansor, R., Halim, L., & Osman, K. (2010). Teachers' knowledge that promote students' conceptual understanding. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, *9*, 1835-1839.

45. Marks, R. (1990). Pedagogical content knowledge: From a mathematical case to a modified conception. *Journal of Teacher Education*, *41*(3), 3-11.

46. McAllister, E. A., & Neubert, G. A., (1995). *New teachers helping new teachers: Preservice peer coaching*. Bloomington, IN: ERIC/EDINFO Press.

47. McMillan, J. H., & Schumacher, S. (2001). *Research in education: A conceptual introduction* (5th ed.). New York: Addison Wesley Longman.

48. Murray, S., Ma, X., & Mazur, J. (2009). Effects of peer coaching on teachers' collaborative interactions and students' mathematics achievement. *Journal of Educational Research*, *102*(3), 203-212.

49. National Commission on Mathematics and Science Teaching for the 21st Century. (2000). *Before it's too late: A report to the nation from the National Commission on Mathematics and Science Teaching for the 21st Century*. Washington, DC: U.S. Department of Education.

50. National Research Council. (2001). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
51. Newman, D., Griffin, P., & Cole, M. (1989). The construction zone: Working for cognitive change in school. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
52. Niaz, M. (2000). A framework to understand students' differentiation between heat energy and temperature and its educational implication. *Interchange*, *31*(1), 1-20.
53. Paik, S. H., Cho, B. K., & Go, Y. M. (2007). Korean 4- to 11-year-old student conceptions of heat and temperature. *Journal of Research in Science Teaching*, *44*(2), 284-302.
54. Park, S., & Oliver, J. S. (2008). Revisiting the conceptualization of pedagogical content knowledge: PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in Science Education*, *38*(3), 261-284.
55. Pierce, D., & Hunsaker, T. W. (1996). Professional development for the teacher, of the teacher, and by the teacher. *Education*, *117*(1), 101-105.
56. Richmond, G., & Manokore, V. (2011). Identifying elements critical for functional and sustainable professional learning communities. *Science Education*, *95*(3), 543-570.
57. Rogoff, B. (1990). *Apprenticeship in thinking: Cognitive development in social context*. New York: Oxford University Press.
58. Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, *15*(2), 4-14.
59. Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, *57*(1), 1-22.
60. Strauss, A. L. (1987). *Qualitative analysis for social scientists*. New York: Cambridge University Press.
61. Tobin, K. G., Tippins, D. J., & Gallard, A. J. (1994). Research on instructional strategies for teaching science. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 45-93). New York: Macmillan.
62. Tuan, H. L., Chang, H. P., Wang, K. H., & Treagust, D. F. (2000). The development of an instrument for assessing students' perceptions of teachers' knowledge. *International Journal of Science Education*, *22*(4), 385-398.
63. Van Driel, J. H., De Jong, O., & Verloop, N. (2002). The development of preservice chemistry teachers' PCK. *Science Education*, *86*(4), 572-590.
64. 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.
65. Vidmar, D. J. (2006). Reflective peer coaching: Crafting collaborative self-assessment in teaching. *Research Strategies*, *20*(3), 135-148.
66. Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

04-張世忠.indd 23 2013/4/11 下午 12:20:35

科學教育學刊
2013, 第二十一卷第一期, 1-24
DOI: 10.6173/CJSE.2013.2101.01

Chinese Journal of Science Education
2013, 21(1), 1-24

Exploring the Peer Coaching-Based Developmental Model on PCK of Middle Science Teachers: An Example of "Heat and Temperature"

Syh-Jong Jang*, Jun-Yi Lee and Hsin-Fen Hsieh
Graduate School of Education, Chung Yuan Christian University

Abstract

Pedagogical Content Knowledge (PCK) of in-service teachers is an important issue for current teacher education in Taiwan. The purpose of this study was to examine the current PCK of science teachers, and explore peer coaching to affect the PCK development of science teachers. The topic of heat and temperature was chosen, and a peer coaching-based model was developed in this study. Three certified science teachers and three classes of eighth graders participated in this study. We used a mixed methods design, incorporating both quantitative and qualitative techniques. The main data included peer coaching meeting, questionnaires of students' perception of teacher's PCK, written assignments, reflective journals and interviews. The findings of this study showed students' overall perception of their teacher's PCK from the pretest to the posttest did not attain the significant difference level; In four dimensions of questionnaire, the only one with significant difference is the representational repertoire (RR) dimension. In order to understand more about the change of teachers' PCK based on contexts and situations, we further describe the change of each item within each dimension. The change of science teachers' RR influenced by peer coaching can be explained through the following four aspects: "Apply the thermal convection and radiation model," "demonstrate the examples of heat expansion and contraction," "use the size of cylinder to explain specific heat capacity" and "use some pictures to illustrate the reasons cause land-sea breeze." The research implications of this study are provided along with suggestions.

Key words: Peer Coaching, Professional Development, Students' Perceptions, Pedagogical Content Knowledge

* Corresponding author: Syh-Jong Jang

04-張世忠.indd 24 2013/4/11 下午 12:20:35