科學教育學刊
2012, 第二十卷第五期, 413-433

Chinese Journal of Science Education
2012, 20(5), 413-433

國中科學教師的學科教學知識與科學教學導向之探討

張世忠*　蔡孟芳　陳鶴元

中原大學　教育研究所

(投稿日期：民國101年1月15日，修訂日期：民國101年6月21日，接受日期：民國101年6月28日)

摘要：科學教師的學科教學知識(PCK)發展被熱烈討論與研究，它是教師知識的核心，也是有效教學的基礎。本研究的目的是根據Magnusson, Krajcik與Borko (1999)發展的PCK模式，設計一套有效評量PCK的工具來評估目前臺灣現職國中科學老師的PCK樣貌，以及檢驗教師的科學教學導向和PCK組成因素之間的關聯。結果發現科學教師的最高平均值是科學課程知識，最低值為評量與科學素養知識。在性別上，只有在科學課程知識有顯著的差異，男性教師認為他們在科學課程知識是明顯的高於女性教師。依教學經驗不同，所得三個因素科學課程知識、學生理解科學知識、和評量與科學素養知識及PCK整體在統計上有顯著差異。而目前科學教師使用最頻繁的教學導向是講述方式，而講述式受試教師群當中，在教學策略知識和科學教學導向之間有統計上顯著性相關，然而其相關性為弱的並且是負相關；研究亦發現評量與科學素養知識和活動導向式教學有顯著相關性；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與教學導向的參考。

關鍵詞：國中教師知覺、科學教學導向、專業發展、學科教學知識

壹、緒論

Shulman (1986, 1987)認為學科教學知識(Pedagogical Content Knowledge, PCK)使教師知道如何針對學習者的能力與興趣來將特定的教學主題予以組織、表徵及轉化，以利教學之進行，它是教師知識的核心，也是有效教學的基礎。科學教師的PCK被視為科學師資培育的重要議題(連思漢、熊召弟，2010；簡頌沛、吳心楷，2010；De Jong, Van Driel, & Verloop, 2005; Friedrichsen et al., 2009; Jang & Chen, 2010; Van Driel, De Jong, & Verloop, 2002)，PCK不僅促進了科學教師教學的創新(Jang, 2006, 2009; Van Dijk & Kattmann, 2007)，亦有助於學生的學習(Hanuscin, Lee, & Akerson, 2011; Park & Oliver, 2008)。目前在科學教育的領域當中，近來有關PCK之相關研究已在科學領域

*通訊作者：張世忠

04-張世忠.indd 413　2012/10/29 上午 09:46:11

科目有顯著的成效(De Jong et al.; Friedrichsen et al.; Henze, Van Driel, & Verloop, 2008; Lee & Luft, 2008; Loughran, Mulhall, & Berry, 2008; Nilsson, 2008; Van Driel et al.)。針對中學階段相關之PCK研究(林美淑，2005；張世忠、羅慧英，2009；段曉林、王國華、張惠博，1998；Cohen & Yarden, 2009; Friedrichsen & Dana, 2005; Henze et al.; Lee & Luft; Loughran, Mulhall, & Berry, 2004; Park & Oliver)，已有相當豐富的研究成果。

在上述PCK研究中，很多研究者直接或間接運用了Magnusson等(1999)所提出自然科學教學的PCK的模式，他們指出其中一個組成因子為教師的科學教學導向(Orientations to Science Teaching, OST)。為了輔助中學科學老師具備整合課程的能力，與改善教學效能，需要瞭解目前臺灣國中自然領域教師PCK的樣貌。再者，我們想要瞭解在教學實務上，大部分科學老師最常使用的科學教學導向類型，還有這些科學教學導向如何影響老師的PCK。從文獻探討中可以看出許多研究與科學教學導向相關，而聚焦於探討Magnusson等所描述的科學教學導向類型(Friedrichsen et al., 2009; Park & Oliver, 2008; Schwarz & Gwekwerere, 2007; Volkmann, Abell, & Zgagacz, 2005)。其他一些研究則探討有關教學導向和其他PCK組成因子之間的關係，卻沒有明顯的結果呈現(Avraamidou & Zembal-Saul, 2005; Nilsson, 2008)，目前也少有研究指出這兩者之間的關聯。

Friedrichsen, Van Driel與Abell (2011)指出僅有少部分研究探討科學教學導向和PCK模式中其他的組成因子之間的模糊關係。Schwarz與Gwekwerere (2007)指出促進職前老師的教學技巧和教學導向的改變是極困難的，並且以改革取向的科學教學在這方面要獲得成功是具挑戰性的。Nilsson (2008)提出四個職前老師的科學教學導向和PCK組成成分之間產生關聯的例子，她指出運用教學經驗與反思方式可將職前老師的一些物理單元(例如電、光與熱等)的學科專業知識(subject matter knowledge)與教學法知識(pedagogical knowledge)形塑或改變他們的科學教學導向(OST)，進而轉化成這些職前教師的PCK，但並未說明是何種的科學教學導向。許多研究者採用了Magnusson等(1999)的PCK模式作為他們在自然學科教學的基礎，然而，對於科學教學導向和PCK模式的組成因子兩者之間的相關研究還是缺乏，加上大部分是採用質性資料分析方式，以觀察、晤談或檔案等資料方式來評估現職科學教學的PCK (Henze et al., 2008; Park & Oliver, 2008)，少有研究者依據理論基礎設計評量PCK的工具。所以，本研究的目的是根據Magnusson等的PCK模式，設計一套有效評量PCK的工具來評估目前臺灣現職國中自然科老師的PCK樣貌，以及檢驗教師的科學教學導向和PCK組成成分之間的關係。

貳、文獻探討

一、學科教學知識的概念和結構

PCK對於學生的學習是很重要的，對於師資培育也是基礎知識的一環(Shulman, 1986, 1987)。PCK的概念原由Shulman (1986)所提出，他反對教師專業的迷思；並指出過度的考試取向，造成學校教師僅重視教學內容。Shulman為倡導教師專業，他將教師知識細分為三大範疇，分別為：(一)學科內容知識(content knowledge)；(二)學科教學知識(PCK)；(三)課程知識(curricular knowledge)。之後，在Shulman (1987)的重要出版物，名為*Knowledge and Teaching:*

Foundations of the New Reform，教師知識是由七個種類組成的教學基礎知識。一般歸納為學科內容與普通教學法兩大項(Van Driel, Verloop, & De Vos, 1998)，其中三種與學科內容相關，例如：學科內容知識(content knowledge)，學科教學知識(PCK)，以及課程知識(curriculum knowledge)。另四種類別，則分別為普通教學法(general pedagogy)，學生及其特質知識(learners and their characteristics)，教育情境(educational contexts)，以及教育目的(educational purposes; Shulman, 1987)。在這七種知識範疇當中，PCK被視作最為重要之一範疇，因為PCK涵括了其他六種範疇的知識。

Shulman (1987, p. 8)描述「PCK是內容和教學法的混合物，在於瞭解某個特定主題、問題、或議題的統整、呈現、以及如何適合於各種不同興趣或不同能力的學習者、在教學中的呈現」。Carlsen (1999, p. 137)定義PCK為「內容知識的特定型式，這些內容包含了許多面向，與教學本身是密不可分的」。教育領域的研究者大部分都同意PCK本身是獨立的知識領域。學科教學知識涉及特定的主題，因此與一般知識和教學法不同，PCK是特定主題的教學，也與學科主題知識不同(Van Driel et al., 1998)。然而，PCK的影響擴及科學領域老師的學科知識、教學法及教學情境、背景(Gess-Newsome, 1999; Jang, 2011)。

有些研究指出PCK的獨特性在於特殊的知識領域，區別於傳統教學法和內容知識(Park & Oliver, 2008; Van Dijk & Kattmann, 2007)。所以，PCK是可以作為辨識老師是否為該領域專業亦或是教書匠的方式之一(Shulman, 1987)，它與其他類型知識的融合及轉換像是學科知識、教學法知識，以及教學背景知識有高度的相關性(Jang & Chen, 2010)。換言之，要進一步發展PCK應特別強調在實際教學上知識的獲得以及如何運用的重要性，例如Park與Oliver (2008, p. 278)指出「老師們不太可能一開始就先習得學科教學知識，接著運用它，然而學科知識的習得和運用應該是在實際的教學情境中交錯進行著」。Van Driel等(2002)指出關於科學老師PCK的文獻探討中，學科主題知識是PCK發展之先備知識，而PCK的發展是在老師實際教學中養成。教學經驗對於PCK的發展很重要，這暗示著新進老師通常極少或沒有PCK素養。張世忠與羅慧英(2009)認為教師能隨時藉由自我反思來調整教學或同儕互動，並建構或發展出適合自己所教學生程度的教學表徵與策略。PCK具有經驗性、反省性與情境性，教師從反省自己教學經驗中，累積許多教學的知識表徵與策略，以利教學的實施，而為了使教學流暢，教師往往以互動情境中最符合現場需求來處理教學實務。

也許是因為PCK特殊本質的關係，到目前為止，對其還沒有一個一致性的定義(Hashweh, 2005; Park & Oliver, 2008; Van Driel et al., 1998)。自從Shulman和其他學者提出教師知識的領域範疇後(Carlsen, 1999; Grossman, 1990; Magnusson et al., 1999; Tamir, 1988)，不同模式裡對於組成成分的定義也不同。Grossman嘗試調整這種情形，區分教師知識由四個一般領域因子所組成，如一般教學法知識、學科主題知識、PCK和教學背景知識，可被視為教師專業知識的標準，Grossman更進一步指出，PCK的四個主要組成因子包括學科知識、課程知識、教學策略知識與瞭解學生的知識。Van Driel等也提出大部分研究者同意Shulman的兩個教師知識因子：(一)學科內容呈現的知識；(二)理解特殊學習困難和學生概念。Magnusson等對於Grossman所提出的模式提

出兩處修改，其一，由於PCK中的關鍵角色是「評量」，故特定之科學教師PCK焦點之一，是增加一個新的PCK組成因子——評量與科學素養知識。再者，焦點之二對於Grossman所定義的教師科學教學目標、概念與信念，再一次重新定義為科學教學導向(Friedrichsen et al., 2011)。因此Magnusson等進一步提出科學教學的PCK模式(簡化)如圖1，應包含科學教學導向(Orientations to Science Teaching, OST)、科學課程知識(Knowledge of Science Curricula, KSC)、學生理解科學的知識(Knowledge of Students' Understanding of Science, KSUS)、教學策略知識(Knowledge of Instructional Strategies, KIS)和評量與科學素養知識(Knowledge of Assessment of Scientific Literacy, KASL)。為了避免關於PCK多重定義的混淆，本研究採用Magnusson等所言特定之科學領域PCK模式。

二、科學教學導向

根據Magnusson等(1999, p. 97)定義「科學教學導向為針對教授科學於特定年級與程度的目的、目標之知識與信念」。Nilsson (2008)補充說明科學教學與學習的知識與信念能引導一個老師所做的教學的決

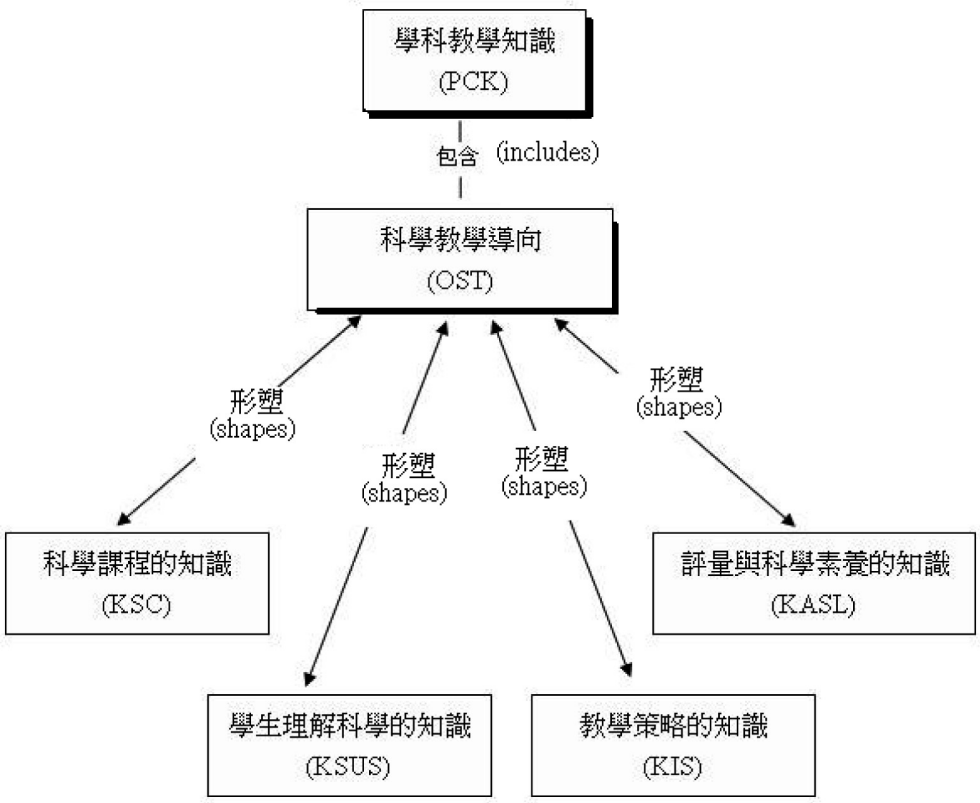

圖1：科學教學的PCK模式(簡易版)

資料來源：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: The construct and its implications for science education* (p. 99). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic.

定，例如在活動組織上、學生指派工作內容上、教科書使用及課程材料上和學生學習評量上。科學教學導向包含九種類型，講述式(didactic)、學術嚴謹(academic rigor)、歷程導向(process)、活動導向式(activity-driven)、發現式(discovery)、概念改變(conceptual change)、專題科學導向(project-based science)、探究式(inquiry)和引導探究式(guided inquiry)。首先，講述式教學主要目的是傳輸科學的事實與概念；而學術嚴謹教學取向是採用示範方式去呈現較抽象科學概念與知識。Friedrichsen (2002)重新審視自然學科的教學導向，並區分為以教師中心與改革基礎之學生中心導向。而講述式、學術嚴謹二種類型屬於教師中心導向，學生中心導向於1960年代被提出包含三種類型，分別是歷程導向、活動導向式和發現式教學(Friedrichsen et al., 2011)。歷程導向的目的在幫助學生發展歷程技巧，例如觀察、分類和測量等。活動導向式的目的在於讓學生易於熟悉學習內容，獲得親身參與的經驗，而發現式教學在提供學生自己發掘目標科學概念的機會(Magnusson et al., 1999)。

以美國現今教育改革與課程計畫觀點而言，包括有四種學生中心導向教學，如概念改變、專題科學導向、探究式和引導探究式教學。概念改變的目的在有益於科學知識的發展，提供學生探索的環境，挑戰他們先備的概念。專題科學導向之目標在讓學生參與探索真實科學的問題之答案。探究式在於以探索方式呈現科學；引導探究式的目的是組成一個學習者社團，學員共同分擔理解物理世界的責任，特別是關於使用科學工具的不同觀點(Magnusson et al., 1999)。因應不同教學情況下，一位科學教師在教學實務上可以具備一種或多重科學教學導向(Friedrichsen et al., 2011)。

三、科學教師PCK模式與成分

除了在科學教學導向九種類型之外，Magnusson等(1999)同時提出另四種PCK組成因子：包括科學課程知識(KSC)、學生理解科學的知識(KSUS)、教學策略知識(KIS)和評量與科學素養知識(KASL)。首先科學課程的知識有兩種，其一是教師對國家或縣市對特定科學課程所制定的課程和教導方法的規定之理解。其二是教師對特定的國內外科學課程之理解，例如美國最近的Project 2061，SS&C (Scope, Sequence and Coordination)，以及我國九年一貫課程，老師對這些課程的目標和教材都應該有所理解的。教師對於如何整合、組織科學教學教材與資源，轉化成可理解、邏輯性的方式。Park與Oliver (2008, p. 266)指出「該組成因子是教師理解相對於課程整理是重要主題的指標」。Hanuscin等(2011)指出儘管科學課程知識在科學教育中是具爭議性的，在教學實務上，科學課程知識的關鍵地位很少被注意，另指出自然科教學的有效性可能因科學課程知識的不適當與不足的而降低。

第二種組成因子是學生理解科學的知識，指的是老師對於學生學習型態的知識、先備知識和對於學科的學習能力，首先教師必須瞭解學習某一特定單元的必備認知能力和技能，面對不同能力和知識背景的學生，知道用什麼方法幫助他們。然後，教師必須知道學生學習的困難，通常太抽象和學生生活脫節的概念，學生無法有效思考解題，以及學生先備知識中存在的迷思概念，都是可能造成學生學習困難的原因。能夠知道有效的教學策略，如概念改變教學策略，來幫助學生克服困難。簡言之，老師對學生學習科學的瞭解，是老師所應該具備的知識。該知識不只被視為主要PCK組成因子，亦是與教

學成效與學生學習緊密連結(Stump, 2001)。

第三種組成因子是科學教學策略的知識，Magnusson等大致上分成學科教學策略(subject-specific teaching strategy)和特定主題的教學策略(topic-specific teaching strategy)兩種。學科教學策略是指在科學教學時，能夠突顯科學這個領域本質的教學模式。在科學教育領域，最為人所熟知的特定學科教學策略是「學習環」(learning cycle)，學習環已被應用於發現和探索導向的教學，而且也用於概念改變導向的教學。另外，特定主題的教學策略包括表徵和活動，此類PCK意指為了促進學生學習，教師表徵特定內容或原則之方法的知識，也包括一位教師創造表徵的能力去幫助學生發展特定概念或關係之理解。通常教師都能以圖示、例子、模型或類比來表徵。而特定主題活動指關於可以協助學生理解特定概念與關聯性的活動的知識。例如：問題、示範、調查或實驗。亦即關於特定概念或關聯性之活動表徵或被澄清之重要訊息，例如用以協助中學生瞭解溫度與熱量區別的活動。教學策略知識在之前的PCK研究中獲得許多關注，主因在於教師教學成效上的指引角色，進而影響學生的學習(Stump, 2001)。

最後，PCK的第四種組成因子是教學評量與科學素養的知識，是指老師能夠使用適當的評量方法，瞭解學生學習的過程和結果，以便作為教學改進的參考。目前科學學習結果的評量，大部分都以評量學生的科學素養為主，包括評量學生對科學概念的理解，評量學生對科學本質的理解，評量學生的科學探究能力，以及學生的科學推理能力等等。老師要評量學生的這些理解，必須熟悉各種不同的評量方法，並能透過這些方法，收集學生學習的訊息，以及分析評量的結果，以便瞭解自己教學的效益，並反省改進自己的教學。教師是否有足夠評量知識包括對教學目標的認識、多種評量的方法、評量的實施、評量的分析和解釋、對學生學習結果扮演重要角色(Hanuscin et al., 2011)。

四、評量科學教師的PCK與教學導向之相關研究

關於科學教師的PCK發展之相關研究，採用Magnusson等(1999)所提出科學教學的PCK的模式之相關研究雖不少，但在發展於中學階段科學教師的PCK之評估研究就不多(Henze et al., 2008; Park & Oliver, 2008)。

Henze等(2008)研究在荷蘭中學階段中九位有教學經驗的科學老師，使用他們在新進前幾年所教之科學課程來評估PCK的發展。他們主要是在釐清專業學科中課程大綱的學科知識的內容與架構。以「太陽系和地球的模型」模擬三年間自然環境的變化，並以Magnusson等(1999)所描述之PCK發展與評估四個教學因子之間的關係：教學策略知識、學生理解科學的知識、學生評量的知識、和對於課程目標與主題的知識。以半結構式晤談蒐集資料，資料分析的部分，出現A和B兩種不同類型的PCK，A型焦點在於模型的內容，B型焦點在於模型內容、產出和思考。研究結果亦顯示A型傾向視科學教學為已建立好之知識的主體，進一步發展教學策略的知識。關於B型PCK的發展較傾向視科學經驗為產出和使知識有效的一種方式。他們認為教學策略的知識有一些轉變，學生理解的知識和評量的知識是交互相關的。

Park與Oliver (2008)發展一個以Magnusson等(1999)所描述PCK成分的科學教學模式，評估國家委員會證書檢驗歷程，特別是科學教師教學檔案的建立如何影響他們PCK的發展。採用質性研究方法，參與人員來自三個中學科學教師，正接受國家委員

會證書檢驗歷程。資料蒐集包含課室觀察、晤談、教師省思和研究者實地筆記等。他們採用質性多元分析方法來評估三個中學科學教師的PCK。研究發現指出這檢驗歷程中，科學教師教學實務的五個向度皆與PCK的發展息息相關，包括(一)教學實務反思；(二)創新、或新式教學策略的應用；(三)探究導向式教學；(四)學生學習的評估；和(五)對學生的理解。

上述Henze等(2008)和Park與Oliver (2008)研究均採用質性研究方法來評量現職科學教學的PCK，以個案研究為主，採用觀察、晤談或檔案等資料方式。他們使用Magnusson等(1999)發展模式探討對少數科學教師PCK的評估發展有幫助，對大量目前科學教師PCK的評估與發展是一項限制，雖然張世忠與羅慧英(2009)曾採用段曉林等(1998)發展國中學生對教師PCK知覺問卷來瞭解協同教學前後，學生對教師之PCK知覺變化；然而目前並沒有發展從教師自己觀點的PCK評量問卷，因此，有必要發展一套以教師知覺有效評量PCK的工具來評估目前現職國中科學老師的PCK樣貌，及探討性別與教學經驗等因素是否影響科學老師的PCK。

另一方面，關於探討科學教師的教學導向和PCK成分關係，儘管Magnusson等(1999)提出九型科學教學導向和四類PCK組成因子，這些PCK因子之間的關係，不是模糊不清就是缺少相關研究(Friedrichsen et al., 2011)。舉例而言，Avraamidou與Zembal-Saul (2005)應用Magnusson等的PCK模式在教學實務和知識上作為研究架構，以國小一年級的科學教師為對象的調查研究，他們進行晤談以瞭解教師在科學教學的導向。關注於教師知識與實務之間的關係探討，然而，科學教學導向與其他教師知識組成分子之間的關係並不清楚。他們發現，教師們當中一位經常讓學生參與資料蒐集，就教師在科學上的特定教學導向方面，他們沒有做出結論，也沒有採用Magnusson等所提出的九個教學導向。另外，Volkmann與Zgagacz (2004)探討一位研究生(教學助理)使用探究法來教物理之研究，發現教授和研究生之間的科學教學的導向可能會引起一些衝突，他們兩者之間的互動情形，會導致在兩者的教學導向上產生轉變。綜合而言，雖然科學教學的導向被Magnusson等下了定義會形塑PCK的各個組成分子，但很少研究清楚描述科學教學導向和其他PCK的組成分子之間的關係。

在Magnusson等(1999)主張的科學教學PCK模式中，PCK包含了教師的科學教學的導向，而科學教學的導向與其他四個組成因子之間的關聯是雙向式的如圖1，其關係被描述成「形塑」(shapes)的關係。形塑的意義為何並沒有詳盡的說明。科學教師的教學導向如何形塑PCK組成因子或PCK組成因子形塑教師的科學教學導向，兩者都缺少實證研究經驗。因此，本研究欲瞭解大部分科學老師最常使用的科學教學導向類型為何以及檢驗教師的科學教學導向和PCK組成因子之間的形塑關係。

參、研究方法

一、研究設計

本研究主要發展一個根據Magnusson等(1999)於1999年提出的PCK模式之有效評量工具，來瞭解目前臺灣國中在職科學教師在科學教學上最常用之教學導向，及這些教師之PCK樣貌。研究者亦從所回收之問卷中，分析國中科學教師的性別及教學經驗在PCK的四個面向有無顯著差異，及國中科學教師最常用之科學教學導向與其PCK四個面向之

間的形塑關係。

二、問卷設計

本研究的問卷設計採用Magnusson等(1999)提出的PCK模式。包括了九個科學教學導向和其與四個組成因素之間的關係，四個組成因素包括科學課程知識(KSC)、學生理解科學的知識(KSUS)、教學策略知識(KIS)和評量與科學素養知識(KASL)。本問卷發展共包含三個部分，第一部分蒐集的資料包含教師性別及自然科教學經驗基本資料，因教師學科背景及年資並不是本研究的主要目的，因此問卷中沒有設計關於這方面的題項。第二部分，讓科學教師在九種教學導向中選擇一個最常使用的科學教學導向，並依據這九種教學導向逐項勾選五等量中與自己最適當的情況，由1從來沒有到5總是如此。第三部分包含33個題目，逐題勾選五等量表1完全不同意，到5完全同意。本研究中，四大組成因素包含科學課程知識(KSC)，A01-A07、學生理解科學的知識(KSUS)，A08-A14、教學策略知識(KIS)，A15-A25和評量與科學素養知識 (KASL)，A26-A33，如下說明。

Magnusson等(1999)提出九種教學導向與學科教學知識之間的相互關聯，然而，前三種教學導向對於學校教師而言可能較無法理解或分別，我們依據Magnusson等提出的特徵發展出九種教學導向，在設計問卷調查題目以教師易瞭解教學取向來命題。首先是講述式的教學方式(didactic)，教師採用此導向教學者，傾向於使用講解教學法將科學事實直接傳授給學生。學術嚴謹(academic rigor)指的是上課中以相關的展示和闡釋方式來將科學概念傳授給學生。歷程導向(process)指的是發展歷程技巧，因此，科學教師在教授科學時採用教學方法如觀察、分類和測量等，透過這些方式幫助學生科學概念的建構歷程發展。其餘六種教學導向，包括活動導向式(activity-driven)、發現式(discovery)、概念改變(conceptual change)、專題科學導向(project-based science)、探究式(inquiry)和引導探究式(guided inquiry)則容易瞭解其不同，題目參考如下：

1. 我主要採用講述方式進行這一門課程。
2. 我主要採用示範講解方式進行這一門課程。
3. 我讓學生採用觀察、分類與測量等方式進行這一門課程。
4. 我主要採用動手操作活動的方式進行這一門課程。
5. 我採用發現的教學方式進行這一門課程。
6. 我採用概念改變的方式或材料進行這一門課程。
7. 我採用專題導向的方式進行這一門課程。
8. 我採用探究方式進行這一門課程。
9. 我採用引導探究的方式進行這一門課程。

基於Magnusson等(1999)所提的學科教學知識模式，科學課程知識的因素包含7個題目，設計的目地在測量教師對於課程題材、課程特點、垂直與水平課程的知識。科學課程知識(KSC)包含科學目標和特定科學課程。本向度包含的題目有：

A1. 我知道我所要教授的科學課程。
A2. 我知道我所要教授的科學課程目標。
A3. 我對所教的課程內容很熟悉。
A4. 我熟悉所教授科學原理或理論發展的過程。
A5. 我能回答學生提問的科學問題。
A6. 我瞭解科學課程與科技之間的關聯。
A7. 我會解釋科學對社會的影響。

學生對理解科學的知識(KSUS)包含7個題目，主要是測量教師對於學生學習需求的知識，以及學生的困難，包括迷思的觀念、

學習困難、先備知識、需求、興趣、和動機。題目如下：

A8. 我瞭解學生對本科學課程的先備知識。
A9. 我知道學生學習本科學課程的必備條件。
A10. 我瞭解學生對本科學課程的迷思概念。
A11. 我瞭解學生對本科學課程的學習困難。
A12. 我知道學生有哪些學習本科學課程的方式。
A13. 我會依據學生的學習方式而調整教學方式。
A14. 我會依據學生先備知識而調整授課的內容。

教學策略的知識(KIS)的部分有11個項目，在於探究老師對於專業學科的教學策略和主題專業的教學策略，包括課堂的呈現表徵方式與活動。題目如下：

A15. 我會讓學生有表達自己想法的機會。
A16. 我所用的教學法能使學生認真思考。
A17. 我使用不同的教學活動提升學生的學習興趣。
A18. 我使用不同的教學方式教不同的單元。
A19. 我使用熟悉的生活例子來解釋科學概念。
A20. 我使用合適的圖表來解釋科學概念。
A21. 我會使用展示方式解說科學概念。
A22. 我使用真實事物幫助學生瞭解科學的概念。
A23. 我使用學生熟悉的類比或比喻來解釋科學概念。
A24. 我用學生能瞭解的語言來解釋科學的概念。
A25. 我解釋科學概念時會使用多媒體或電腦科技。

評量與科學素養知識(KASL)的部分有8個題目，目的在測量老師對於科學學習的素養與各種不同評量方法的知識。

A26. 我主要採用筆試方式評量學生的瞭解程度。
A27. 我所發問的方式可評量學生的瞭解程度。
A28. 我採用不同的評量取向評量學生的瞭解程度。
A29. 我所使用的評量方法，可測出學生科學素養的程度。
A30. 我所出的考題，可評量出學生主題概念的理解程度。
A31. 我所出的考題，可評量出學生跨主題知識的程度。
A32. 我所出的考題，可評量出學生推理或應用知識的程度
A33. 我所出的考題使學生能檢查自己對所學概念的理解程度。

三、研究樣本抽樣

本研究主要是以臺灣的國中教師為主(七年級到九年級)。根據教育部提供的資訊，此研究隨機抽樣選擇了北部、中部、南部、和東部共30所學校作為代表，包括了大型、中型與小型學校代表各十校，並同時間做資料的收集。結果有225位科學教師填寫問卷，大約回收率為50.0%，排除掉那些填寫不齊全的問卷，總共回收216份具有效度的問卷。依據Gorsuch (1983)，教師樣本數最少需要總數是問卷調查題數的五倍，依據這準則，本研究的總樣本數是足夠符合問卷調查有效題數。

四、研究資料分析

在發展問卷量表方面，研究者找來專家來建立問卷效度，並對回收且有效之問卷進行項目及因素分析。在職國中科學教師最常用之科學教學面向以百分比呈現。對於科學教師之性別在PCK之四個面向有無顯著差

異，則採用獨立樣本*t*檢定來分析。針對科學教師之教學經驗在PCK之四個面向有無顯著差異，則採用單因子變數分析法來做進一步的分析。國中科學教師最常用之科學教學導向與PCK之四個面向的關係則採用相關係數來分析。

(一)項目分析

為了建立內容和表面效度，找來兩位科學教育專家和十位國中科學教師審視題目敘述的清楚度。根據專家的意見修改後，研究者把這份修改過的問卷給國中科學教師做填寫，修正題目的敘述是否容易理解。

在所回收且有效之問卷中，各以百分之二十七的比例將這份教學學科知識問卷分成高分組、低分組兩組，再用*t*檢驗去取得關鍵比例的數據(critical ratio)，以及檢驗兩組中問卷的每個項目有無顯著的差異。問卷中第A26個項目「我主要採用筆試方式評量學生的瞭解程度」之數據值是低於最小值.300。其他項目則顯示出顯著的差異值α值.500。

在科學課程知識(KSC)中相關係數的數值介於 .432到 .642，學生對科學理解的知識(KSUS)為 .522至 .666，教學策略的知識(KIS)是 .275到 .654，而評鑑科學素養的知識(KASL)是 .170到 .600。其中有兩項(例如：在教學策略的知識A25項及評鑑的知識A26項)的相關係數值偏低，沒有超過標準值 .300。A25題目敘述為「我解釋科學概念時會使用多媒體或電腦科技」，其他的項目數值則超過 .400，也就是超過標準值 .300，此外，用克隆巴赫係數(Cronbach's α)來做分析，如果刪掉項目A25和A26兩項，則克隆巴赫係數的數值會提高，顯示出A25及A26無法像其他項目一樣呈現反映出測量結果，因此，項目A25及A26刪除，研究者於問卷中採用了剩餘31個項目去做因素的分析。

(二)因素分析

因素分析用於臺灣216位國中科學教師。控制因素量為四個因素萃取數，符合Magnusson等(1999)所提之PCK的四個因素。初步分析檢驗的題目有31題，因數分析中的相關性檢驗包含幾個標準。首先，31題中有30題與至少其他一題項的相關性達 .300，Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)值顯示樣本適合值為 .917，意思是樣本數足以作因素分析。Bartlett檢驗呈顯著性，$\chi^2(465) = 3{,}667.976$, $p < .001$指出矩陣中變異數之間有些相關性，在本論文中作呈現。對角反映像相關矩陣(anti-image correlation matrix)中的每一題項都在 .500以上，滿足> .500的要求。再者，共通值皆在 .300以上更進一步檢驗每一題項與其他題項之間是否有共變數。A15「我會讓學生有表達自己想法的機會」。該題項的因素負荷未超過 .400，所以該題項被刪除，因未達到因素負荷量大於 .400的最低標準要求。A28「我採用不同的評量取向評量學生的瞭解程度」。該題項與教學策略的知識(KIS)部分萃取出的其他題項不符合。A16「我所用的教學法能使學生認真思考」。該題項與KASL部分萃取出的其他題項不符合。故刪除以上兩題項，因未能測量出該被檢測的，刪除或不刪除以上題項並不影響KIS和KASL這兩部分的Cronbach's α值。A24「我用學生能瞭解的語言來解釋科學的概念」。原被設計為KIS的部分之一，被萃取出而置於KSUS的部分，考量面向歸類，因此予以刪除。其餘題項皆達因素負荷值 .400，故四大因素題向重新分配後，包含科學課程知識(KSC) 7題、學生理解科學的知識(KSUS) 7題、教學策略知識(KIS) 7題和評量與科學素養知識(KASL) 6題

04-張世忠.indd 422 2012/10/29 上午 09:46:12

共27題，過程中共6題(A15, A16, A24, A25, A26, A28)被刪除。

(三)最終版問卷的第二次因素分析

最初設計的問卷中總共刪除了6個題項，再重新做27題的因素分析，主成分分析指出四個因素部分解釋了59.0%變異數，初始特徵根呈現第一因素部分變異數為37.7%，第二因素部分6.6%，第三因素部分8.6%，第四因素部分6.2%。每一題項的因素負荷量都大於 .400以上。進行信度檢驗和Cronbach's α值檢驗，科學課程知識(KSC) .875、學生理解科學的知識(KSUS) .880、教學策略知識(KIS) .851、評量與科學素養知識(KASL) .849，以上顯示高度內部一致性。表1是最終版問卷所呈現之四大因素部分中每一題項的因素負荷值，最終問卷題目詳列於附錄中。

表1：問卷PCK成分中每一題項的因素負荷量

項目	學生理解科學知識(KSUS)	科學課程知識(KSC)	教學策略知識(KIS)	評量與科學素養知識(KASL)
A9	.725			
A11	.710			
A14	.706			
A10	.689			
A8	.682			
A12	.677			
A13	.676			
A3		.855		
A1		.822		
A2		.778		
A5		.594		
A4		.589		
A6		.534		
A7		.453		
A21			.692	
A17			.666	
A18			.652	
A20			.646	
A23			.641	
A22			.629	
A19			.605	
A32				.837
A31				.752
A33				.744
A30				.723
A27				.570
A29				.564

肆、研究結果

一、國中科學教師之PCK樣貌

表2顯示的數據包括學生對於PCK問卷中四個因素的填答之平均數和標準差。最高的平均值是落在科學課程知識(KSC; M = 4.356)，第二高是教學策略知識(KIS; M = 4.158)，第三是學生理解科學的知識(KSUS; M = 4.108)，最低為評量與科學素養知識(KASL; M = 3.920)。由以下表資料可以看出科學教師認為他們科學課程知識在四個因素向度中相對而言是較為豐富充足的，然而評量與科學素養知識這部分相較於其他因素還有改進的空間。

(一) PCK在科學教師性別上的差異

因少部分老師未填寫性別、教學經驗和教學面向的基本資料，研究者挑選了180位的教師作為深入探討他們在性別與教學經驗上的不同作為研究對象。在這些教師中，有98位的男教師和82位的女教師，教學經驗的範圍在少於5年至大於26年的範圍之間。研究者採用獨立樣本t檢定去檢視教師整體學科教學知識與其四種因素在性別上有無差異(見表3)。結果顯示出只有在科學課程知識(KSC)有顯著的性別差異，男性教師認為他們在科學課程知識是明顯的高於女性教師。

(二) PCK在科學教師教學經驗上的差異

採用單因子變數分析ANOVA檢測老師整體的PCK和四個因素，依教學經驗的變化而顯著不同，如表4所得三個因素科學課程知識(KSC)、學生理解科學的知識(KSUS)、和評量與科學素養知識(KASL)及PCK整體統計上有顯著。

二、科學教師的教學導向與PCK成分的關係

表5提供臺灣地區國中科學老師最常使用的九類科學教學導向之百分比的資料。在同一群受試者當中，科學老師使用最頻繁的

表2：PCK四大因素的平均數與標準差

因素	平均數	標準差
KSC	4.356	0.436
KSUS	4.108	0.427
KIS	4.158	0.444
KASL	3.920	0.446

表3：PCK四種因素在性別上的差異

因素／群組	男性(N = 98)		女性(N = 82)		
	M	$S.D.$	M	$S.D.$	t
KSC	4.440	0.429	4.256	0.426	2.880**
KSUS	4.145	0.438	4.065	0.412	1.253
KIS	4.160	0.477	4.155	0.403	0.078
KASL	3.954	0.471	3.880	0.413	1.105
PCK	4.176	0.357	4.091	0.336	1.645

**p < .010

表4：PCK四種因素在教學經驗上的差異

因素／群組	< 5 (*N* = 31)		6 ~ 15 (*N* = 74)		16 ~ 25 (*N* = 60)		> 26 (*N* = 15)		
	M	*S.D.*	*M*	*S.D.*	*M*	*S.D.*	*M*	*S.D.*	*F*
KSC	4.194	0.380	4.307	0.478	4.474	0.398	4.466	0.348	3.682*
KSUS	3.926	0.441	4.068	0.389	4.244	0.462	4.143	0.254	4.388**
KIS	4.046	0.424	4.122	0.413	4.226	0.486	4.294	0.420	1.790
KASL	3.839	0.505	3.827	0.427	4.005	0.393	4.210	0.461	4.520**
PCK	4.001	0.332	4.091	0.351	4.235	0.341	4.267	0.265	4.575**

*p < .050, **p < .010

表5：教師評比自我之教學導向最高使用頻率

科學教師教學導向	教師數量	百分比(%)
1. 講述式	122	67.8
2. 學術嚴謹式	20	11.1
3. 歷程式	7	3.9
4. 活動導向式	14	7.8
5. 發現式	2	1.1
6. 概念改變式	2	1.1
7. 專題科學導向	4	2.2
8. 探究式	2	1.1
9. 引導探究式	7	3.9

三種類型教學導向是講述式(67.8%)、學術嚴謹式(11.1%)和活動導向式(7.8%)。本研究選擇這三種類型測量其與PCK四組成元素之間的關係，其他科學教學導向因教師人數太少則不予考慮。表6為教學導向和PCK成分相關係數檢驗結果。結果顯示講述式受試老師群當中，在教學策略的知識(KIS)和教學導向之間有統計上顯著性相關，然而其相關性為弱的(r = .191)並且是負相關，表示教師們採用講述式教學方法的頻率愈高，老師們的教學策略知識愈低。然而在學術嚴謹式(academic rigor)導向教學和PCK四大因素之間沒有顯著相關性。研究發現評量與科學素養知識(KASL)與活動導向式教學(process)有顯著相關性。結果指出，教師在活動導向式教學方法上給予評比其應用頻率愈高，則教師評量與科學素養的知識愈高。若以學生為中心教學導向來分類，除了講述

表6：PCK成分與教學導向相關結果

教學導向／成分因素	KSC	KSUS	KIS	KASL
講述式	.075	-.032	-.191*	-.008
學術嚴謹式	.283	.206	.263	.087
活動導向式	.377	.233	.305	.540*
學生中心取向	.196	.100	.284	.344

*p < .050

式(67.8%)、學術嚴謹式(11.1%)之外，其他科學教學導向合併為以學生為中心教學導向(21.1%)，結果顯示學生中心取向和PCK四大因素之間沒有顯著相關性如表6。

伍、綜合討論

多數研究學者採用Magnusson等(1999)提出的PCK模式主要用於質性研究(Friedrichsen et al., 2009; Henze et al., 2008; Park & Oliver, 2008; Schwarz & Gwekwerere, 2007; Volkmann et al., 2005)，研究者採用其理論模式研究目前國中科學教師的PCK樣貌。本研究不同於先前的研究，在發展一個問卷以蒐集量化資料，測量臺灣地區國中科學教師的科學教學導向(OST)與PCK的四個因素(KSC、KSUS、KIS和KASL)之關係。研究發現講述式(didactic)為臺灣地區國中科學教師最常使用的教學導向(如表5占有67.8%)，這個發現並不令人訝異，因為國中學生仍然要通過高中入學考試才能繼續升學，對於國中科學老師而言面對升學考試所需教授的教材，選擇最容易達成目的的教學法即採用講述式教學。若是採用其他以學生中心的教學法，如發現式、專題科學導向和探究式等，他們就可能就面臨耗費大量時間與趕課之壓力。其他兩種臺灣國中科學老師最常用的教學導向為展示和解釋基礎之學術嚴謹導向(academic rigor)和活動導向式(activity-driven)各有11.1%和7.8%。說明臺灣多數教師採用教師中心教學法，少數採用學生中心教學法，臺灣的環境下科學教師在教學實務中最常用的三種類型是講述式、展示與解釋式及親手操作活動方式。

研究結果顯示講述式老師群當中，教學策略的知識(KIS)和教學導向之間有統計上相關性顯著差異。然而其關係薄弱且是負向的，指出老師在講述式教學上給自己的評比愈高，則老師的教學策略的知識愈弱。老師的教學策略的知識是科學老師的講述式教學導向的關鍵因素，意指科學老師採用講述式教學導向者，使用教學策略於教學方面的知識顯得不足的傾向。在展示和解釋基礎(學術嚴謹式)教學導向和學科教學知識四大因素之間沒有顯著的相關性。研究發現評量與科學素養知識(KASL)與活動導向式(activity-driven)有顯著相關性。當科學老師在教學中使用更多活動，他們在採用不同方式測量學生的科學學習方面似乎掌握更多知識，同樣地，教師需要設計不同的測量形式以檢測課堂中的不同活動。Hanuscin等(2011)提出的研究強調評量的知識對於老師的重要性，評量主題的有效使用與足夠的知識可作為一個管道以提供老師回饋，以繼續發展學生和教學策略方面的知識。評量的知識可提供學生在先備知識、迷思概念、掌握程度和學習困難的訊息，是評估學生理解力的關鍵。Henze等(2008)發現科學教師使用不同方式以測量學生的理解力，包含紙筆測驗、口語和海報展示、學生反思、課堂討論和學習檔案。未來的研究需要檢驗哪些類型的評量能有效地使用於哪些活動、與哪些科學教學與學習的特殊專題。

另一方面，從表二結果顯示看出科學教師認為他們科學課程知識(KSC)在四個因素向度中相對而言是較為豐富充足的，然而評量與科學素養知識(KASL)這部分相較於其他因素還有改進的空間。科學課程知識(KSC)在性別上有顯著差異，男性科學教師對於課程知識的評比高於女性科學教師。可作為未來PCK研究的焦點，不僅在科學課程知識與PCK的關係上，也在影響學生學習面上(Hanuscin et al., 2011; Park & Oliver, 2008)。科學教師需對於目標課程維持廣泛的瞭解基礎，教師可以邏輯地組織方式擷取

並教授課程內容。科學老師的科學課程知識代表對於學科縱向橫向的課程設計、分別核心和外圍概念並執行課程相關之活動。

教師的教學經驗被發現在三大因素如科學課程知識(KSC)、學生理解科學的知識(KSUS)、評量與科學素養知識(KASL)與整體學科教學知識(PCK)中呈現顯著不同。經驗教師傾向於給予自己評比在課程知識、教學策略知識和科學評量的知識上較新進教師為高。對於學科教學知識的研究指出教師在PCK的發展可被個人教學經驗所影響(Van Driel et al., 2002)。具備愈多教學經驗的老師傾向於掌握更多目標課程、學生對於科學理解力及如何評量學生對特定主題理解力的知識。科學教師需對於學生先備知識和特定教學主題之既有概念有充分的瞭解。依據該資訊，科學老師能評定學生在學習前是否已準備就緒，且為他的學生設定適當目標和教材。科學老師需要能夠知道學生學習困難所在，理解學生覺得最困難的主題和共同會犯的錯誤種類，讓他們為學生而調整教學呈現與策略。

在臺灣的環境，教師中心教學法的實行較學生中心教學法為容易，由於在學科教學知識整合與涉及教師為中心的教與學的環境較不複雜。因近年來學生中心導向受到的關注日益增加，科學教師具備足夠學科教學知識與否，成為教育領域內受爭議的議題(Van Driel et al., 1998)。在學生中心環境下，對於不具備足夠的學科教學知識的科學教師，是否可以有效地執行教學行為與學習計畫是一大挑戰。令人不滿意的教學表現會降低學生的學習(Hanuscin et al., 2011; Park & Oliver, 2008)。

一些研究者採用Magnusson等(1999)提出的模式，但忽略包羅萬象的科學教學導向因素，只關注PCK的其中一、二個因素(Davis, 2004)。其他研究比較並提出該模式的兩個因素，如學生對科學瞭解知識(KSUS)和教學策略知識(KIS)，而忽略了教學導向因素(Brown, Friedrichsen, & Abell, 2009; De Jong et al., 2005)。由於無法找到依據Magnusson等提出的模式而發展工具並檢驗包羅萬象的教學導向因素的相關實證研究，故本研究發展工具是根據其模式，用於更進一步檢驗科學老師的教學導向。這與先前PCK相關質性研究之少數參與對象，晤談與課程檔案資料來源不同(De Jong et al.; Park & Oliver, 2008; Van Driel et al., 2002)，本研究採用量化研究方法以檢驗老師的學科教學知識和他們的教學導向，可以補充先前PCK相關質性研究不足，這是本研究優勢之一。

整體而言，Magnusson等(1999)提出的模式包含九個教學導向和四個學科教學知識因素。臺灣國中科學教師在目前教學環境下執行項目分析、因素分析和實務研究，發現四個學科教學知識的因素有KSC、KSUS、KIS和KASL與原有Magnusson等理論架構相符合(Friedrichsen et al., 2011)。然而在美國情境下九種科學教學導向，並不完全適用於臺灣的教學情境。因此，在不同的環境下使用此問卷會產生不同的結果。例如國小科學教師可能採用學生中心教學策略，如活動導向式(activity-driven)、發現式(discovery)、概念改變(conceptual change)等，研究者未來可設計一個研究計畫，以開放式問題獲取學生想法，因小學教師不需考量學生進入中學升學考試的壓力。另外，在不同國家使用發展的問卷會產生不同結果，如環境和教育體系的不同，會影響教師選擇的科學教學導向和PCK如何被形成，這有待未來研究進一步探討。

最後，本研究發展一個以教師知覺的問卷蒐集大量科學教師的資料，為測量臺灣地

區國中科學教師的科學教學導向與PCK的四個因素之關係。這是本研究優勢，也是一個限制。教師在教室中是威權的代表，容易陷入自以為是的思維中，可能高估自己的PCK情形，而不容易呈現「真實」教師的PCK。因此，適當的應用其他教師互評或專家評估教師的PCK是需要的。

陸、結論與建議

雖然Magnusson等(1999)提出的PCK模式常出現於當前科學教育究中，先前的研究未曾設計一個工具以評量目前臺灣國中科學領域教師的教學導向和他們的學科教學知識。本研究的結果對於臺灣科學教育研究在評量科學教師教學導向和與學科教學知識因素之間的相關性作出貢獻。本研究不僅設計一套有效評量PCK的工具來評估目前臺灣現職國中自然科老師的PCK樣貌，及探討性別與教學經驗等因素是否影響科學老師的PCK，更進一步檢驗教師的科學教學導向和PCK組成成分之間的關聯。

而學生中心導向逐漸成為目前教育體系內主流教學和學習方法，我們發現臺灣國中科學教師仍然偏好使用教師為中心的教學導向。建議臺灣科學教育領域的實務研究者和專業人士能藉此研究發現的實用性，再進一步找到實證以幫助科學老師發展他們的教學導向與PCK，從教師中心朝向學生中心的教學導向。另外，一位科學教師在教學實務上可以具備一種或多重科學教學導向(Friedrichsen et al., 2011)。本研究為方便瞭解與統計臺灣大部分科學老師最常使用的科學教學導向類型，只限制他們選擇一項，建議將來可讓他們選擇多重科學教學導向，以瞭解我國多元真實科學教師的教學導向。

本研究使用問卷工具有其限制，雖可透過量化結果呈現各個教學導向和各學科教學知識因素之間的關係，但無法深入瞭解其原因。例如，為何科學教師沒有適當、足夠的教學策略知識(KIS)會傾向於偏好講述式教學法。因此建議未來研究除了使用問卷之外，研究者可選擇幾個個案教師多方面蒐集質性資料，如晤談、觀察、教學檔案，以呈現其科學教學導向和PCK的成分關係。

參考文獻

1. 林美淑(2005)。**國中自然科教師學科教學知識成長之行動研究**。未出版之碩士論文，國立彰化師範大學科學教育研究所，彰化市。
2. 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。
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. 連思漢、熊召弟(2010)。師資培育機構及小學現場對職前教師科學學科教學知識發展之影響研究。**科學教育研究與發展季刊**，**57**，21-54。
5. 簡頌沛、吳心楷(2010)。探討教學歷程中信念、知識與實務的相互影響——一位高中實習教師的個案研究。**科學教育研究與發展季刊**，**56**，75-104。
6. Avraamidou, L., & Zembal-Saul, C. (2005). Giving priority to evidence in science teaching: A first-year elementary teacher's specialized practices and knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, *42*(9), 965-986.
7. Brown, P., Friedrichsen, P., & Abell, S. (2009, April). *Teachers' knowledge of learners and instructional sequencing in an alternative certification program*. Pa-

per presented at the annual meeting of the American Educational Research Association. San Diego, CA.

8. Carlsen, W. S. (1999). Domains of teacher knowledge. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 133-144). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic.
9. 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.
10. Davis, E. A. (2004). Knowledge integration in science teaching: Analysing teachers' knowledge development. *Research in Science Education*, *34*(1), 21-53.
11. 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.
12. Friedrichsen, P. J. (2002). *A substantive-level theory of highly-regarded secondary biology teachers' science teaching orientations*. Unpublished doctoral dissertation, The Pennsylvania State University, University Park, PA.
13. Friedrichsen, P. J., Abell, S. K., Pareja, E. M., Brown, P. L., Lankford, D. M., & Volkmann, M. J. (2009). Does teaching experience matter? Examining biology teachers' prior knowledge for teaching in an alternative certification program. *Journal of Research in Science Teaching*, *46*(4), 357-383.
14. Friedrichsen, P. M., & Dana, T. M. (2005). Substantive-level theory of highly regarded secondary biology teachers' science teaching orientations. *Journal of Research in Science Teaching*, *42*(2), 218-244.
15. Friedrichsen, P., Van Driel, J. H., & Abell, S. K. (2011). Taking a closer look at science teaching orientations. *Science Education*, *95*(2), 358-376.
16. Gess-Newsome, J. (1999). Pedagogical content knowledge: An introduction and orientation. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 3-17). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic.
17. Gorsuch, R. L. (1983). *Factor analysis* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
18. Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers College Press.
19. 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.
20. Hashweh, M. Z. (2005). Teacher pedagogical constructions: A reconfiguration of pedagogical content knowledge. *Teachers and Teaching: Theory and Practice*, *11*(3), 273-292.
21. 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.
22. Jang, S. J. (2006). The effects of incor-

porating web-assisted learning with team teaching in seventh-grade science classes. *International Journal of Science Education*, *28*(6), 615-632.

23. Jang, S. J. (2009). *PCK and teaching innovations*. New York: Nova Science.
24. 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.
25. 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.
26. Lee, E., & Luft, J. A. (2008). Experienced secondary science teachers' representation of pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Education*, *30*(10), 1343-1363.
27. Loughran, 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.
28. Loughran, J., Mulhall, P., & Berry, A. (2008). Exploring pedagogical content knowledge in science teacher education. *International Journal of Science Education*, *30*(10), 1301-1320.
29. 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: The construct and its implications for science education* (pp. 95-132). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic.
30. Nilsson, P. (2008). Teaching for understanding: The complex nature of pedagogical content knowledge in pre-service education. *International Journal of Science Education*, *30*(10), 1281-1299.
31. Park, S., & Oliver, J. S. (2008). Revisiting the conceptualization of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in Science Education*, *38*(3), 261-284.
32. Schwarz, C. V., & Gwekwerere, Y. N. (2007). Using a guided inquiry and modeling instructional framework (EIMA) to support preservice K-8 science teaching. *Science Education*, *91*(1), 158-186.
33. Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, *15*(2), 4-14.
34. Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, *57*(1), 1-22.
35. Stump, S. L. (2001). Developing preservice teachers' pedagogical content knowledge of slope. *The Journal of Mathematical Behavior*, *20*(2), 207-227.
36. Tamir, P. (1988). Subject matter and related pedagogical knowledge in teacher education. *Teaching and Teacher Education*, *4*(2), 99-110.
37. Van Dijk, E. M., & Kattmann, U. (2007). A research model for the study of science teachers' PCK and improving teacher edu-

cation. *Teaching and Teacher Education*, *23*(6), 885-897.

38. 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.
39. Van Driel, J. H., De Jong, O., &Verloop, N. (2002). The development of preservice chemistry teachers' pedagogical content knowledge. *Science Education*, *86*(4), 572-590.
40. Volkmann, M. J., Abell, S. K., & Zgagacz, M. (2005). The challenges of teaching physics to preservice elementary teachers: Orientations of the professor, teaching assistant, and students. *Science Education*, *89*(5), 847-869.
41. Volkmann, M. J., & Zgagacz, M. (2004). Learning to teach physics through inquiry: The lived experience of a graduate teaching assistant. *Journal of Research in Science Teaching*, *41*(6), 584-602.

附錄：國中「自然與生活科技領域」教師PCK之問卷調查題目

一、科學課程知識(KSC)

・我知道我所要教授的科學課程。
・我知道我所要教授的科學課程目標。
・我對所教的課程內容很熟悉。
・我熟悉所教授科學原理或理論發展的過程。
・我能回答學生提問的科學問題。
・我瞭解科學課程與科技之間的關聯。
・我會解釋科學對社會的影響。

二、學生理解科學的知識(KSUS)

・我瞭解學生對本科學課程的先備知識。
・我知道學生學習本科學課程的必備條件。
・我瞭解學生對本科學課程的迷思概念。
・我瞭解學生對本科學課程的學習困難。
・我知道學生有哪些學習本科學課程的方式。
・我會依據學生的學習方式而調整教學方式。
・我會依據學生先備知識而調整授課的內容。

三、教學策略知識(KIS)

・我使用不同的教學活動提升學生的學習興趣。
・我使用不同的教學方式教不同的單元。
・我使用熟悉的生活例子來解釋科學概念。
・我使用合適的圖表來解釋科學概念。
・我會使用展示方式解說科學概念。
・我使用真實事物幫助學生瞭解科學的概念。
・我使用學生熟悉的類比或比喻來解釋科學概念。

四、評量與科學素養知識(KASL)

・我所發問的方式可評量學生的瞭解程度。
・我所使用的評量方法，可測出學生科學素養的程度。
・我所出的考題，可評量出學生主題概念的理解程度。
・我所出的考題，可評量出學生跨主題知識的程度。
・我所出的考題，可評量出學生推理或應用知識的程度
・我所出的考題使學生能檢查自己對所學概念的理解程度。

04-張世忠.indd 432 2012/10/29 上午 09:46:14

科學教育學刊
2012, 第二十卷第五期, 413-433

Chinese Journal of Science Education
2012, 20(5), 413-433

Exploring the Middle Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge and Science Teaching Orientations

Syh-Jong Jang*, Meng-Fang Tsai and Ho-Yuan Chen

Graduate School of Education, Chung-Yuan Christian University

Abstract

Science teachers' Pedagogical Content Knowledge (PCK) has gathered great importance in recent years. PCK is the core of teacher knowledge and the base of effective teaching. Following the model of Magnusson, Krajcik, and Borko (1999), an instrument was developed with satisfactory content and construct validity in this study. The purpose of this study was to examine the relationship exists between all orientations to science teaching and PCK components, and explore whether the PCK of middle science teachers differ significantly according gender, and teaching experience in Taiwan. We found the highest mean score regarding PCK of science teachers is the Knowledge of Science Curricula (KSC), whereas, the lowest mean score is the Knowledge of Assessment of Scientific Literacy (KASL). The results indicated that KSC was found to be significantly different by gender, and science teachers' overall PCK and three components (i.e., KSC, KSUS and KASL) were significantly different according to teaching experiences. On the other hand, the didactic orientation was the most commonly used method of science teaching in Taiwanese middle schools. According to the Pearson correlation analysis, it was found the didactic orientation was negatively related to KIS. We also found KASL was significantly correlated to activity-driven orientation. Research implications of this study are provided along with suggestions for future research.

Key words: Middle Teachers' Perception, Orientations to Science Teaching, Professional Development, Pedagogical Content Knowledge

* Corresponding author: Syh-Jong Jang

04-張世忠.indd 433 2012/10/29 上午 09:46:14