中學生的科學知識觀與探究能力相關性之研究

蔡執仲[1]、段曉林[1]、林珮君[2]
國立彰化師範大學科學教育所[1]
台中縣立長億高中[2]

摘　要

本研究探討中學生(7 至 10 年級)其「科學知識觀」的觀點以及該觀點對於「過程技能」以及「後設認知能力」的表現以及兩者之間的相關性進行探討。研究所使用的問卷為自行研發的「科學知識觀與探究能力問卷」，在本問卷中共分為兩個部分，第一部份為對「科學知識的看法」其中包含有科學知識的「創造性」、「應用性」、「暫時性」以及「規範性」等四個向度，第二部分則為「科學探究能力」，其中包含「過程技能」以及「後設認知能力」等兩個向度。本研究以多元線性迴歸法進行分析，研究結果顯示，中學生對於科學知識的觀點受到科學本質中的「暫時性」影響最大，其次則為「創造性」以及「規範性」，而對於科學本質中的「應用性」方面，其影響最小；而「過程技能」主要是以「規範性」的影響最大，另外在「後設認知能力」方面則以「暫時性」的影響最大。

前言

Hofer 和 Pintrich(1997)以及 Hofer(2001)指出對於認知心理學以及科學學習而言，個人對於知識以及求知的信念是被組織到個人的理論之中，成為具有相互關係的命題(propositions)結構並且之間是有所關連(interconnect)以及整合的(coherent)，個人知識論被視為是收集或是網絡(network) 的知識論資源(epistemological resources)，被視為是更為特定領域的。Hogan(2000)所指出在科學本質的知識論觀點中包含遠端(Distal)以及近側(proximal)等兩個類型，其中在遠端的部分則是包括學生對於科學的陳述性知識其中包含了科學本質以及科學家的知識論觀點；而在近端的部分則包含學生個人的理解、信念以及對於科學學習以及自己所創造出來的知識的評判標準，而對這些知識論的理解，在學習中的知識論的以及後設認知知識中是非常重要的，因此對於現今強調以科學探究為導向的教與學，應重視在學生科學知識觀的改變以及成長，是目前最重要的課題，Schommer(1990)指出現今對於知識論的信念，並非是從單一的面向來探討，而是需將其概念化成一個信念的系統，因為學生的所抱持的是在不同的面向中，有不同的信念，因此在對於教學情境必須瞭解對學生知識論的影響。而這些信念會影響到學生採取不同的學習策略、概念改變以及不同的學科表現。

文獻探討

文獻探討總共分為對「科學知識論」、「科學本質與知識論的關係」以及「科學知識論中的情境因素」等來進行討論。

一、科學知識論

Carey 和 Smith(1993)指出在科學教育中，其中一個重要的目標就是讓學生能夠對於科學的本質能夠有所理解。因此如 Hofer 和 Pintrich(1997)指出必需重視個人知識論的發展以及對於知識論的信念，而這些相關的探討包含了個人如何去進行求知，以及在求知的過程中學生所抱持的理論及信念；而在其中包含了個人對於在認知過程的思考、對於知識上的反省、以及理解到科學是求知的一種方式以及對於知識論上的認知(後設認知)。此外 Hogan(1999)亦指出影響學生學習科學的因素很多，包括受到個人架構(personal frameworks)的影響，這些架構包含了動機以及知識論的架構，即學生詮釋其學習任務時，因為個人的差異其需求有所不同，自身對於學習有不同的意義，因而會影響學生對學習的投入，包含的因素有：(1)與自我相關的覺知(self-referenced perspectives)，所討論的包含學生個人的目標、自我效能、自我歸因、對於學習的投入是以表現或以精熟做為導向、對學習任務的興趣以及對學習環境的感受；(2)與學習相關的覺知(learning-referenced perspective)，則包含了學生以何種學習策略幫助自己進行概念的深層學習以及將新舊經驗加以連結的學習策略；(3)與學科相關的覺知(discipline-referenced perspectives)，包含了對於科學本質的認識以及對於科學知識與技能形成的認識。而本研究所著重的是與學科相關的覺知，因為 Alexander(1992)指出在知識論中是具有領域特定性的，因為不同的知識體系其對於知識的形成過程也不盡相同，因此在科學教育的研究中，應該重視學科本身的特殊性，並且將這些特殊性從不同科學學科中加以整合，形成屬於科學的知識觀點。此外 Hofer 和 Pintrich(1997)所提出以往的知識論受到 Piaget 的發展階段論的影響，而現今對於知識論的相關研究應該重視的是以社會建構主義為導向的趨勢，因此如 Sandoval(2005)、Sandoval 和 Reiser(2004)指出探究必需在課室中建立一個如同科學家的實務社群(community of practice)，將學生投入於「真實的(authentic)」的科學探究活動之中，強調的是讓學生進行類似於科學家所進行的實際活動，經歷知識的建構以及知識合法化的歷程。

二、科學本質與知識論的關係

NRC(1996)、Sandoval 和 Reiser (2004)、Schwartz, Lederman 和 Crawford(2004) 、White 和 Frederiksen(1998)均指出科學的知識論與科學本質的關係十分密切，尤其是在科學知識發展的過程中屬於方法以及活動的部分，Welch, Klopfer, Aikenhend 和 Robinson (1981)指出學生對於科學本質的質樸想法，是因為學習者缺乏探究的經驗也就是缺乏對於知識論的認知部分。因此探討科學認識論方面必須包含對於科學本質某些面向的探討。

Sandoval(2005)以及 Schwartz, Lederman 和 Crawford(2004)指出科學本質是一個複雜並且與許多知識領域有所關連，因此而 Schwartz, Lederman 和 Crawford 綜合許多學者的一致看法，認為科學本質包含了幾個部分，文本中僅列出本研究所著重的面向來加以敘述：1.暫時性:科學的知識會因為觀察而產生改變以及因為新的觀察而重新加以詮釋。2.經驗基礎(empirical basis):科學知識是基於及源自於對自然界的觀察。3.主觀性:科學因現今被接受的科學理論與定律而受到影響以及源自於這些理論與定律。個人的價值、工作以及先前經驗指引科學家為何以及如何從事他們的研究。4.創造性:科學知識由人類的想像以及邏輯推理所產生的。而這些創造是基於觀察以及對自然界的推論。5.觀察以及推

論(observation and inference):科學是同時植基於觀察以及推論。觀察的結果是透過人類的感官或是這些感官的延伸。6.面向的相互依存性:任一個面向都無法與其它分開來加以思考。例如科學知識的暫時性是源於科學知識的創造是透過實證的觀察以及推論所產生。每一個科學的活動受到文化與社會影響，在其中科學的操作如同理論架構以及如同科學家的主體性一般。當新的資料被加以考慮以及現行的資料被重新加以審視，推論(在特定的情境中)可能導致現行科學知識的改變。

三、科學知識論中的情境因素

Brown, Collins 和 Duguid(1989,1996)宣稱知識本身具有透過真實活動而逐漸發展的情境特性。知識就如工具一樣，如果不使用它，那知識所代表只是一種物質的儲存，惟有使用它，才能夠發揮其原本設計的功能，甚而再創造出新的衍生功能。Roth(1995)則指出真實的科學探究過程，除了過程技能之外就是必須如同科學家在每天生活中所進行的工作一般。Sandoval(2005)指出能夠透過探究的方式瞭解學生在知識論上的看法，在文中指出藉由探究能夠讓學生瞭解到科學知識的本質以及能夠形成以及評鑑知識的方法；而且藉由探究能夠讓學生在知識論上瞭解到 1.科學知識是被建構而來的，2.有許多的不同的科學方法，3.科學知識的類型，4.科學知識的不同是必然的。此外如 Polman 和 Pea(2001)以及 Sandoval 和 Reiser(2004)均指出進行探究學習，應該是以讓學生能夠進行解釋為導向的，而這些必須經由教師以發問的方式來引導學生進行學習，而問題的脈絡是以日常生活中的現象為主，如此才能連結學生的先前經驗促進學生的概念轉變，將知識在不同情境中進行轉移。Hofer 和 Pintrich(1997)指出藉由融入情境的因素方能夠促進學生在知識論的發展達到跨領域的具統整性結構的產生。

研究方法

本研究所使用的問卷在樣本方面共有 936 人(分屬 7 至 10 年級)以因素分析的變異數最大轉軸法進行因素的挑選，因素的選擇是以其特徵值大於 1 者為選擇的依據，在形成的各因子則是以其負荷度大於 0.3 做為判斷依據，並以信度分析獲知因素的一致性。問卷的內容主要是分為兩個部分，第一個部分為「科學知識的觀點」，乃參考林陳涌(1996)、劉錫忠(2002)、田炯良(2003) 以及 Tsai 和 Liu(2005)的相關研究形成原始問卷 27 題，在選取後剩下 20 題共分為 4 個向度，每個向度內包含 5 題，向度分別為「創造性」、「應用性」、「暫時性」以及「規範性」等四個部分。而各向度所代表的意義在於「創造性」方面（例題：科學家的『直覺』在科學知識發展的過程中，扮演重要的角色。）：所強調的是在科學知識的形成歷程中，科學家的直覺以及想像力對於知識形成的影響；「應用性」方面(例題：科學知識應該能夠預測某些自然現象的發生。）：所強調的是科學知識在解釋日常生活現象時的功能性及侷限性；「暫時性」方面 (例題：不同年代的科學家會用不同的理論來探究相同的自然現象）：所強調的是科學知識會因為時空的不同而有不同的解釋；「規範性」方面（例題：科學家對研究成果進行討論與彼此分享才能讓研究發現具可靠性。）：所強調的是科學知識的形成規則是必須獲得社群中大部分人的認可方能夠獲得合法性的地位。第二部分則是探討學習科學的相關技能，其中包含了兩個向度，在「過程技能方面」則是依照 NRC（2000）所提出學生在進行科學探究活動時，所應包含的相關探究能力，其中包含了 23 題；而另一部分則為「後設認知

能力」，乃參考黃台珠、Aldridge 和 Fraser(1998)以及 She 和 Fisher (2000)所發展問卷中，教師與學生互動中有關發問策略的部分，其中共包含了 9 題。在研究中所使用的分析方法依其目的不同進行相關分析以及多元線性迴歸法來探討向度的關係。

研究結果

本研究首先針對問卷以因素分析的最大變異法以及信度分析建立本研究的理論基礎，除此之外在學生對於科學知識的觀點的各個向度進行相關分析與多元線性迴歸法來探討。對於「科學知識的觀點」主要影響向度以及對於「過程技能」以及「後設認知能力」的影響，其分析結果如下：

一、對「科學知識的觀點」分析

本研究所進行的問卷，其共可分為四個向度，問卷的整體變異解釋度為 43.83%，α 值為 0.75。而其中包含「創造性」(α 值為 0.57)其特徵值為 1.94、「應用性」(α 值為 0.46) 其特徵值 1.59、「暫時性」(α 值為 0.68) 其特徵值為 3.48 以及「規範性」(α 值為 0.65) 其特徵值為 2.20 等四個向度，而「應用性」其信度低於 0.55，如 Tsai 和 Liu(2005)所指出在社會科學的研究中，是能被合理接受的。針對向度之間的相關性分析中，在向度與整體之間的相關程度均達 0.60 並且達到相關的顯著性，向度之間的關係皆達到顯著。

表 1、「科學知識的看法」向度相關分析

	創造性	*應用性*	*暫時性*	*規範性*	**整體觀點**
創造性					
應用性	0.26^{***}				
暫時性	0.25^{***}	0.43^{***}			
規範性	0.18^{***}	0.25^{***}	0.33^{***}		
整體觀點	0.63^{***}	0.70^{***}	0.73^{***}	0.66^{***}	

註:***, $p<0.001$

藉由表 1 的研究成果，本研究針對現今學生對於科學知識的觀點進行分析(見表 2)，所呈現的是中學生對於科學知識的觀點，均傾向於建構主義的觀點(單題平均>3)，其中學生能夠充分感受到科學知識並非是完全不變的，而是會因為方法的不同或是有新的證據產生後而發生變動的。但對學生整體的知識觀的表現而言，以多元線性迴歸法進行分析的結果顯示，對問卷而言是以「創造性」的影響最大，能夠解釋整體觀點的變異程度為 54%，其次為在科學的「應用性」方面為 21%，而對於科學知識成立的規範標準，其解釋度最低為 9%，但是其影響均達到統計的顯著性。

表 2、「科學知識的看法」分析

	平均數/標準差	單題平均	變異解釋度(%)
創造性	18.37/2.97	3.67	54%
應用性	17.63/2.74	3.53	21%
暫時性	20.60/2.85	4.12	16%
規範性	18.16/3.07	3.63	9%
整體觀點	74.76/7.89	3.73	

二、「科學知識的看法」對「過程技能」的影響

對於學生在進行科學實驗時，所必須擁有對於「過程技能」的認識上，從問卷在「過程技能」的面向中，其整體的α值為0.91，過程技能的整體分數的表現其平均值81.20，標準差為12.81，單題平均為3.53，共包含23題。所顯示的是學生對於進行科學探究時所應該具備的「過程技能」有正向的認知。以多元線性迴歸探討「學生對知識的觀點」對於「學生對『過程技能』感知」上的影響，是以「規範性」的影響最大，對變異的解釋程度達10%，而「創造性」方面則有5%，但在整個知識論對於過程技能的整體解釋，僅能解釋整體變異量的15%，並且其中在科學知識觀中的「應用性」其解釋度未達5% ，並且在「暫時性」方面對於「過程技能」並無任何的影響。從上述的結果中我們可以發現，因為在現今的教學中，培養學生的過程技能方面，還是強調以邏輯實證主義為導向的線性觀點來進行培養，此外對於學生而言，從在進行研究設計時能夠覺知到科學在日常生活中的實用性以及在學生認為其研究成果謹代表是一種暫時性的知識，並無太大的關係，這可能與科學知識的知解(knowing)本質，在現今的教學仍是以直線性與實證性的觀點有所相關。

三、「科學知識的看法」對「後設認知能力」的影響

在本向度的分析中，其整體的α值為0.81，其平均值為33.34，標準差為5.19，單題平均值為3.70，共包含9題。在本研究中對於學生後設認知能力的探討，主要是以學生是否能夠從教師所提出的問題，檢視自己所探究出來對於現象的解釋是否具有正確性以及能夠運用並修正結果。結果顯示學生能夠覺知到在回答教師問題時，能夠基於證據加以回答，並且在對結果的解釋過程中。因此本研究的目的以多元線性迴歸法，探討科學知識論的各面向對於學生後設認知的影響，從結果中顯示學生的科學知識觀點對於其後設認知變異的解釋度僅有16%，其中對於本向度解釋度達5%者僅有「暫時性」一項，其它向度雖有影響但其解釋度不高。從結果中所呈現的是，對於學生後設認知能力的影響是能夠讓學生在回應的過程中，察覺到知識並不是恆久不變的，而是會在討論以及論證的過程中產生新的知識，其它向度的影響依序分別是「創造性」、「規範性」以及「應用性」。

四、整體結果分析

從關於學生對於科學知識論的觀點之分析以及對「過程技能」與「後設認知能力」影響的討論中，我們可以發現學生受到現今的教學的影響，以「科學知識論的觀點」其變異程度較大，但是在形成知識的「過程技能」方面則呈現較為一致的結果，推測這與長久以來教科書的內容編排或是在教師所受到學科訓練強調實驗技能的重要性，有相當程度的關連；而在「後設認知能力」的部分，本問卷所探討的面向是以「發問」讓學生進行解釋為導向，而發問為現今課室中最常見的師生互動以及檢核學生學習成效的普遍方式，因此學生呈現具有相當一致的覺知，但是在目前的傳統教學以及探究教學的教學改革的衝擊中，學生並無法對於知識論的信念完全轉移到對於科學知識的形成過程以及進行對於自己認知的過程的調整。

結論與建議

從學生對於科學知識的想法的探究中所呈現的是，在現今的教學之中學生對於科學

的認識主要是集中於對於知識的可變動性、知識是由人類所創造的、知識合法性的建立以及在於科學知識用於解決日常生活生活方面，有傾向於現今之建構主義為理念的觀點，但本研究的原本問卷設計尚包含 Schwartz, Lederman 和 Crawford(2004)所提出的科學本質中的「主觀性」以及面向之間的相關性與 Tsai 和 Liu(2005)所涵蓋的理論蘊含的部分，在學生的知識觀點中並沒有呈現出來，因此學生所呈現的知識觀的向度所呈現的是部分相互獨立的現象，學生並無較為統整的知識論觀點，因而在對於獲取知識的本質中有關「過程技能」方面受到「規範性」的影響最大，而在「後設認知能力」的部分則受到「暫時性」的影響最大，而其他向度對這些層面的影響，所顯示的代表在現今的教學改革中，學生在對於知識的形成過程以及對於監控自己學習的策略上，大部分仍受到傳統實證主義的影響，因此在未來的研究方向將以建構主義為理念的探究教學方式，來探討是否能對學生科學知識觀點上能夠具有較為統整的觀點影響以及這些統整性的觀點是否能夠能在對於獲取科學知識的過程以及在後設認知能力上有所影響及其影響程度。

參考文獻

林陳涌（1996）:『了解科學本質量表』之發展與效化。*科學教育學刊*,*4*(1), 1-58。

劉錫忠(2002)：**提昇國中生對科學本質理解之行動研究**。國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文。未出版。

田炯良(2003)：**融入科學本質之教學對八年級學生科學本質觀及學習動機之影響**。國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文。未出版。

黃台珠、Aldridge J. M. ＆ Fraser B. J. (1998)：台灣和西澳科學教室環境的跨國研究：結合質性與量的研究方法。*科學教育學刊*,*6*(4)，343-362。

Carey, S., & Smith, C.(1993). On understanding the Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher, 8*(1), 32-41.

Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1996). *Situated cognition and the culture of learning: Situated learning perspectives.* New Jersey: Educational Technology Publication, Inc.nature of scientific knowledge. *Educational Psychologist, 28*(3),235-251.

Hofer, B. K., & Pintrich, P. R.(1997). The development of epistemological theories: Beliefs about knowledge and knowing and their relation to learning. *Review of Educational Research, 67*(1), 88-140.

Hogan, K. (1999). Relating students' personal frameworks for science learning to their cognition in collaborative contexts. *Science education, 83*, 1-32.

National Research Council (1996). *National science education standards*. Washington DC: National Academy Press.

National Research Council (2000). *Inquiry and national science education standards*. Washington DC: National Academy Press.

Polman, J.L., & Pea R.D.(2001). Transformative communication as a culture tool for guiding inquiry science. *Science Education*, 85,223-238.

Roth, W. –M. (1995). *Authentic school science*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.

She, H. C., ＆ Fisher D. (2000). The development of a questionnaire to describe science teacher communication behavior in Taiwan and Australia. *International Journal of Science Education, 84,* 706-726.

Sandoval, W.A. (2005). Understanding students' practical epistemologies and their influence on learning through inquiry. *Science Education, 89,* 634-656.

Sandoval, W. A., & Reiser, B. J.(2004). Explanation-driven inquiry: integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. *Science Education, 88,* 342-375.

Sandoval, W.A. (2005). Understanding students' practical epistemologies and their influence on learning through inquiry. *Science Education, 89,* 634-656.

Schwartz, R. S., Lederman, B. A., & Crawford, B. A. (2004).Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Science Education, 88,* 610-645.

Tsai, C.-C. & Liu, S.-Y.(2005).Developing a multi-dimensional instrument for assessing students' epistemological views toward science. *International Journal of Science Education, 27*(13), 1621-1638.

White B. Y., & Frederiksen, J. R. (1998). Inquiry, modeling, and metacognition: making science accessible to all students. *Cognition and Instruction, 16*(1), 3-118.