

建構國小自然科學課程之科學本質要項

謝州恩^{1、2} 劉湘瑤^{2、*}

¹新北市立永平國民小學

²國立臺灣師範大學科學教育研究所

摘要

有鑑於我國正值十二年國教課程綱要研修時期，本研究欲提出國小中、高年段自然科學課程中可涵蓋的科學本質內涵之建議，故從實證哲學、科學史、科學心理與科學社會學領域的文獻及若干國家科學本質課程內容，歸納出重要的科學本質項目23項，並依其內涵區分成實證、調和與後實證觀點。分別以大慧法(Delphi technique)，收集專家學者與專門教師兩群對科學本質項目以及對國小學生學習的適合程度所持有的看法和共識。從結果分析之Kendall和諧係數可知，對科學本質觀點與科學本質在國小課程的重要性，各群內兩回問卷皆達顯著的一致性，且專家學者與專門教師在兩回合大慧法問卷，也達成顯著的一致性。相較於其他同樣以大慧法進行的研究，發現本研究達共識的科學本質項目較傾向後實證的觀點。根據研究結果，本研究提出科學本質學習項目，如：科學目的之一在解決問題、有些科學知識具有持久性而有些曾被修正、科學知識帶給人們啟示、科學家需要創造力與想像力、科學由科學社群建構而成等共10項，適合納入國小自然科學課程與教學。

關鍵詞：大慧法、科學本質、課程綱要

壹、緒論

一、研究背景

20世紀初，美國教育開始將科學納入教學科目，科學本質(Nature Of Science, NOS)一詞在1907年就出現在科學教育的文件中，至今有百年以上(Lederman, 2007)。1952年哈佛大學Holton教授編寫了一本具有科學哲學(以下簡稱科哲)與科學史內涵的教科書，以教導文科學生瞭解NOS，可謂自1950年代

起，NOS一直以來都是科學教育的重要目標之一(Rubba, Horner, & Smith, 1981)。1989年起，英國開始在中學課程中要求學生和教師瞭解NOS；同年美國科學促進會提出2061計畫中，也出現NOS的教育。我國自然科學課程直至九年一貫課程綱要受到美國科學—技術—社會(Science-Technology-Society, STS)課程，以及科學教育學者提倡NOS學習重要性的影響，而將NOS納入國民中小學的課程綱要中(劉俊庚、邱美虹，2012)。美國國

*通訊作者：劉湘瑤，liusy@ntnu.edu.tw

(投稿日期：民國105年9月25日，修訂日期：民國105年12月14日，接受日期：民國105年12月21日)

家研究院(National Research Council [NRC], 1996)提到NOS是科學素養的重要成分，從知名的國際科學測驗(Trends in International Mathematics and Science Study, TIMSS)將NOS融入試題可知(Martin et al., 2000)，國際間科學教育對NOS的重要性已經有相當的共識。然而，學界對NOS內涵和哲學觀點卻各有不同，對於各階段學校課程中應呈現的或學生應學習的NOS內涵，並無一致的看法(Alters, 1997; Billeh & Hasan, 1975; Osborne, Collins, Ratcliffe, Miller, & Duschl, 2003; Pomeroy, 1993)。以Abell與Smith (1994)的研究為例，他們評量出職前國小教師持有素樸的實在論與實證論觀點，而將持有實證觀的教師與學生視為具有迷思概念，Abell與Smith在文中並未說明為何持有實證論觀點與持有迷思概念可劃上等號。Palmquist與Finley (1997)以實證論和後實證論將教師NOS觀點區分為傳統與當代的兩個極端，在他們的研究裡似乎也意味著傳統的NOS觀是過時與錯誤的。常在科教重要期刊發表NOS教學研究的Lederman團隊，近年也飽受非議，如Matthews (2012)提及Lederman團隊主張的七項NOS是歸納他人學術的觀點，只是部分的NOS項目，未盡囊括NOS所有的特色。此外，Matthews也批判Lederman的七項NOS觀傾向後實證觀點，無法代表科學知識是如何產生，以及科學是如何產生使人信賴的知識，故又針對Lederman的科學知識暫時性觀點加以批判。van Dijk (2013)也認為科學應該不是像Lederman團隊主張的，被視為主觀的，科學知識產製過程仍具有客觀性，以此來批判後實證論者所主張的科學是主觀的論點。由此可見，科教學界對於課程中應建立的NOS概念，應基於實證論或後實證論的科哲觀點，並無共識。

回顧歷史，在 1、200 年以前，強調實

證科學的年代，實在論和實證論的觀點充斥著當時的科學教學，如19世紀末，Thomas Huxley提倡學校教育應納入科學課程，當時所呈現的NOS意象即為實證主義和工具主義(Ronan, 1983)。若如前述Abell與Smith (1994)以及Palmquist與Finley (1997)的研究主張，則過去科學家與科哲學者持有的實證觀點將被否定。研究者認為在評量學習者的NOS概念時，不應直接評斷NOS觀的對錯，而是討論NOS項目內涵適不適合某教育階段(如：國民小學中、高年級)作為學生學習的題材。此外，NOS教學目前根本的問題，即NOS各項的來源，可能都源自於科教領域的文獻分析，較少從更原始的科哲源頭找出較廣闊的NOS面向。因此本研究重點在於探討哪些NOS項目內涵符合當代思潮，且是否為國小中、高年級學生可學習的內容。

我國從民國89年頒布《九年一貫課程暫行綱要》開始訂出NOS的學習能力指標，至今十多年，並沒有實質的檢討與修正。謝州恩與劉湘瑤(2013)分析發現，雖然世界各國中小學課程綱要中的NOS觀點也沒有一致性，其項目內涵與強調的觀點確實與我國九年一貫課程綱要中的NOS主題差異頗大，而九年一貫課程綱要中所提及的NOS項目較傾向於實證論觀點。當今正值十二年國教課程綱要研修時期，正是NOS能力指標有待集思廣益，重新檢視與調整的契機。研究者從事國小自然科教學多年，特別關心國小科學課程應如何納入NOS教學，以及哪些NOS內涵適合此學習階段的學生學習。

二、研究目的與問題

目前自然科學課程是從國小中年級開始，雖然低年級的生活領域也有部分自然科學的內容，但學生尚未接觸以自然科學為名

的學科。雖然國內九年一貫NOS能力指標(教育部, 2008)與美國NRC (2013)皆有針對低年級提出應學習的NOS項目, 但參考英國教育部Department for Education (2013)頒布的NOS學習內容以及國內許良榮與蕭培玉(2007)的NOS項目, 並未包含低年級的學習。可知低年級是否適合學習NOS又是另一個爭議處。受限於研究範圍, 本研究希望能聚焦於確定需要學習的中、高年級學習階段為主要探討對象。有鑑於前述NOS哲學觀點以及在教學重要性的爭議, 本研究有必要先從理論論述NOS多元的觀點, 又必須要考量國小學生的心智成熟度與課程內容, 以擬出可能適合國小中、高年段學習的若干NOS觀點。

本研究以大慧法歸納相關領域專家們對NOS項目內涵的共識, 此外, 收集專家學者與國小專門教師們對於適合國小學生學習的重要NOS項目所做的評估, 並區分出各項目適合國小學生學習的年段。最後將本研究獲得共識的NOS學習項目與其他文獻的NOS項目進行比較。以上所衍生的研究問題如下:

- (一)經大慧法調查後, 專家學者與專門教師們對本研究經歸納文獻所得的23項NOS哲學觀點的共識為何?
- (二)專家學者與專門教師們針對適合國小中、高年級的重要NOS項目之共識為何?

貳、文獻探討

一、科學本質與科學哲學

陳瑞麟(2010)認為科哲有兩個歷史源頭, 一個是源自柏拉圖(Plato)與亞里斯多德(Aristotle)的知識論, 以及培根(Francis Bacon)歸納法與笛卡兒(René Descartes)的假設演繹法, 以及休謨(David Hume)經驗主義與康德

(Immanuel Kant)的概念架構等。另一個源頭是19世紀的科哲歷史學派, 包含Herschel的發現脈絡(context of discovery)與證成脈絡(context of justification)的區分, 以及Mill的歸納法等。這兩個源頭影響了20世紀初的科哲, 如當時主流邏輯實證論者的觀點, 偏愛探討科學的知識和方法上的問題, 以此代表科學的所有特性, 提出了當時人們對科學的實證形象, 故在20世紀中以前的科哲主流, 本文歸類為實證科哲領域。20世紀末, 科哲開始關注知識和方法之外的科學實踐活動發生的心理和社會環境, 及彼此之間互動產生的問題和方法, 如從科學史、科學社會學與科學心理學看待科學尋求和回答有關自然世界問題的方法。陳瑞麟認為, 這四個領域與科學有關之處, 即屬於廣義的科哲範疇。在科教界, McComas與Olson (1998)認為NOS是實證科哲、科學史、科學社會學與科學心理學四大面向的交集, 不但顯示了NOS所屬的領域多樣性, 也同時可知NOS與當代科哲所探討的領域息息相關。

Lakatos (1978)從歷史的觀點區分科哲, 將傳統科學的邏輯、實證、推理與內部演進, 視為科學的內部史; 將科學家社會、心理的領域, 與上述科學的演變發展、科學與社會的關係和互動領域近似者, 視為是科學外部因素, 即外部史。其中強調內部史觀的, 多傾向於將科學模式統一化, 如: 邏輯實證論、重視科學經驗與邏輯等實證觀點, 黃光國(2003)則認為實證論者認為人們透過感官所感知的外在世界, 才是真實的、可被理解的; 主張二元論, 欲獲得客觀的真理, 常以假設進行實驗的量化方法, 來驗證知識, 以獲得規律性的知識。近40年來, 科學外部史的研究如雨後春筍般地增加, 主要源自Kuhn (1970)的《科學革命的結構》掀起科哲

新興的思維，以及英國愛丁堡與法國Latour等科學知識社會學派的崛起，使科學社會學受到更多關注(劉兵，2009)。之後，近二、三十年科哲也開始注意到如Giere (1988)的科學家的心理觀點，也是科學發展的重要因素。這些強調科學外部史的門派繁多，黃光國將這些歸類為後實證觀點，其特色是批判實證主義的缺失，認為透過批判能接近近似的真理，強調以多元化的概念來建構科學理論，以Kuhn與Feyerabend等人的觀點為代表。如Feyerabend (1978)認為科學知識有如童話故事一般，其知識也常更替，沒有定論，重點在於有創造力，其觀點被視為後實證論的極端(Giere, 1988; Loving, 1991)。

科學教育界引入科哲的觀點於科學的教學與評量，但部分研究過度強調，區分非實證即後實證的二元觀點，因而引來另一方的撻伐。觀察美國科學促進會(American Association for the Advancement of Science [AAAS], 1989, 1993)與美國國家科學教師聯盟(National Science Teacher Association [NSTA], 2000)等所提出有關科學課程中的NOS觀，雖受後實證觀點影響，但同時兼容了部分傳統NOS觀。如：AAAS (1989)認為科學家重視邏輯推理，但是也承認可能會有人為偏見；證據可供解釋與預測，但非絕對。AAAS (1993)與NSTA認同NOS的內涵包括：科學知識與方法是多元的，但是也需要透過證據與考驗達成若干共識。又如NSTA的NOS觀強調科學與人的關係、重視科學的創造性本質，也重視實證傳統NOS觀的推理、觀察與客觀性等。

謝州恩與劉湘瑤(2013)認為上述文獻中的NOS內容，具有調和的意涵，如：科學源自於個人努力還是科學社群，調和觀點即為兩者兼有。又調和觀認為科學知識有的持

久，有的被修正，是指不同知識有其不同演進歷程。上述兩種調和的意涵雖有不同，但是融合傳統實證論與後實證之間的觀點，而非強調兩極端的觀點。又如社科領域的研究早期是以量化研究為主，也是受實證論影響，之後質性研究崛起，之間也爭議過許多年，質性研究的地位才得以確立。而近年的研究方法主流以質性與量化相輔相成的，是故調和觀點目前已經普遍反映在方法論上。同樣的在知識論上，只要實證與後實證觀點彼此不衝突，也可能有調和的空間。如Kuhn (1970)曾在《科學革命的結構》補充其論述，認為科學發展並非只有革命的成分，其實仍有符合傳統典範的特徵，也可視為調和的觀點。

由於科哲學者對科學的立場與闡述也有歧見，表1整理了本研究所引用的NOS觀點及對應學者的哲學主張，與其對應於McComas與Olson (1998)所提出的四大領域(實證科哲、科學史、科學心理學與科學社會學)。

二、各國課程綱要中的科學本質內涵

McComas與Olson (1998)分析了1990年代後美國(包含：1993年AAAS的標準、1990年AAAS大學生科普標準、1990年美國加州標準、1996年美國National Science Education Standards等4篇)、英國威爾斯、加拿大、澳洲、紐西蘭等國共8篇科學課程理念或綱要的文獻，McComas與Olson的研究所整理出的項目，仍有少數未在前段論述中提到，如：科學仰賴實徵的證據、科學家總是據實報告研究發現、科學家需要在該社群答辯、科學新知必須清楚且公開的報導、科學對全人類有啟示等，這些項目出現在6篇以上的課程綱要文件中，可視為認同度高的NOS項目，值得本研究借鏡，詳列於表2。

表1：科哲學者的NOS觀點整理表

領域	NOS	支持學者舉例
實證科哲	科學目的之一在解釋與預測現象	Lakatos (1978)
	科學目的之一在解決問題	Laudan (1977)
	科學是合乎理／理性的	Laudan (1977)
	科學是進步的	Lakatos (1978)
	有些科學知識具有持久性而有些曾被修正	Kuhn (1970)
	科學知識是一元也可能多元	Laudan (1977)
	研究傳統內的人與物(理論、方法)會影響科學家的研究效能	Kuhn (1970)
	科學知識是漸進也有革命的	Kuhn (1970)
科學史	科學方法與工具有傳統也可創新	Shapin (1996)
	倫理道德與宗教會影響科學發展的方向與速率	Shapin (1996)
科學心理學	科學家需要創造力、想像力	Feyerabend (1978)
	科學家的興趣會影響科學發展的方向與速率	李國秀(2000) Giere (1988)
科學社會學	獎賞(名利)對科學家是很重要的	李國秀(2000) Shapin (1996)
	社會會影響科學發展的方向與速率	Chalmers (1999)
	科學需要社會、國家、經費、倫理道德等配合好，才能生根發芽	劉兵(2009)
		Kuhn (1977)

近20年來，Lederman及其追隨者所強調的NOS面向，在1990年代後的科教界具有主導性，他們的研究方法和研究成果常發表在幾個科教重要刊物上。Lederman, Abd-El-Khalick, Bell與Schwartz (2002)所提出的七個NOS面向包含：區分推理和觀察、區分科學定律和理論、科學實踐活動蘊含創造力與想像力、科學知識是主觀且理論負載的、經驗和觀察是科學知識形成的重要根據、科學知識是暫時性的、科學與社會文化息息相關等。

Lederman (1992)強調的NOS面向受到1970～80年代後實證主義的影響，他甚至提到自己是反實證論的(Lederman, 2007)，例如：他認為學生應認識觀察和推理是不同的，觀察是對大自然的描述，而推理是用來解釋現象；他也強調觀察不等於實驗，且觀察和實驗未必是最重要的科學方法，例如

Maxwell是以推導公式，奠定電磁學的理論。至於Lederman團隊強調的區分科學理論與科學定律，依研究者觀察，目前國小課程教材中尚未正式介紹科學的理論或定律，學生缺乏對科學定律與理論的認識、經驗與理解能力，故此項目暫不列在本研究的NOS項目中。

將上述Lederman (2007)與McComas與Olson (1998)的各國NOS教學要項歸納如表2，若加上之前表1的15項，合計共23項，總整成為科哲與科教學者所重視的NOS項目。

三、運用大慧法的科學本質相關研究

Osborne等(2003)曾以大慧法請20位英國的專家學者找出適合國小學生學習的NOS項目共9項，所調查的各NOS項目的重要性，是以三分之二以上專家學者達4分(滿分5分)為標

表2：各國NOS教學綱要與Lederman (2007)的NOS

領域	NOS	相關學者
實證科哲	科學知識是由實徵和理論交互形成	McComas與Olson (1998)
	科學的觀察和推理關係未必密切	Lederman (2007)
	觀察和實驗未必是最重要的科學方法	Lederman (2007)
科學史	科學知識帶給人們啟示	McComas與Olson (1998)
科學	科學家的研究與報告未必真實	McComas與Olson (1998)
心理學	科學家的理性與想像力重要	McComas與Olson (1998)
		Lederman (2007)
社會學	科學由科學家個人或團體建構成	McComas與Olson (1998)
	科學知識傳播的公開性	McComas與Olson (1998)

準。國內學者許良榮與蕭培玉(2007)也是以大慧法探討重要的NOS學習內容，他們諮詢20位專家學者，適合教學的NOS重要性是取4分以上，且標準差小於1的項目作為適合學生學習的NOS觀。然而此二者研究皆採取一次大慧法調查，以專家學者為主要的諮詢對象，且著重在某些既定的NOS項目是否為國小階段的重點學習內容，並未調查專家學者對NOS哲學內涵的共識度。

參考許籐繼(2011)以大慧法建構國小教師海洋教育能力指標，所諮詢的5名海洋專家、教育學者與六名推動海洋教育實務者，人數各約一半，使得建構的各項能力指標更貼近實務經驗。同樣透過大慧法，本研究希望能進一步整理出專家學者與專門教師(教育實務者)對小學生有共識的NOS學習要項，故本研究除了徵詢與NOS教學相關的學者作為第一群調查對象外，也邀請國小專門教師作為第二群大慧法諮詢對象，各採行兩次的大慧法調查，欲瞭解專家學者與專門教師對國小NOS學習看法之異同，再整合出有共識的項目。本研究結果與其他大慧法研究結果交互比對，將呈現於後方討論段落。

參、研究設計與實施

由上述文獻分析可知，NOS在科學教育具有重要性，但NOS內涵在哲學上有實證與後實證觀點的爭議，因此具有不確定性。又學者對不同NOS項目的重要性，也具有不同的觀點與排序。因而，本研究希望藉由大慧法以集思廣益，使得符合當代觀點且重要的NOS內涵能在科學教育中落實。大慧法源自美國RAND公司1960年代發展的技術，即請一群專家與學者針對某一特定議題，透過文件(問卷)表達對該議題的看法。大慧法可提供團體溝通的管道，使團體中的個別意見可以反應出來，又可透過閱讀他人回饋的訊息達到溝通知識觀點的效果，過程中有些個人會在比較自己與他人的觀點後而修正觀點，以趨近共識的方式來解決複雜的問題，因此研究者或決策者可透過此方法獲得團體的決策(Linstone & Turoff, 2002)。目前大慧法已廣泛運用在社會科學與教育領域，以解決不確定的、複雜的、有爭議的議題。除了紙本文件往返外，也可以透過網路、個別訪談記錄、電話訪談記錄等模式進行。在此過程中，不得透露其他諮詢對象，以免諮詢的結果受到影響(Linstone & Turoff, 2002)。

大慧法的問卷往返通常介於二到四回合，以確保獲得專家意見的共識，然若於第一回問卷已形成結構化的封閉問卷，在第二回達信度收斂的效果時，則實施兩回合問卷調查即可(李隆盛，1988)。大慧法的實施應把握三項要素：資訊流程結構化、給參與者回饋以及參與者匿名(Linstone & Turoff, 2002)。大慧法問卷調查資料分析時是將數據化為次序變項或等距變項分析，可採用四分位數、中數、平均與標準差等作為評斷的依據，李隆盛的研究建議以四分位數呈現，可以提供讀者更明確的訊息。Linstone與Turoff則建議不論是何種統計方式，最後的標準仍取決於研究者對整體的批判思考與綜合判斷，相較於統計分析方法的選擇，大慧法實施過程應更重視研究初期調查對象的選取，若能獲得專業的、有興趣於該議題的專家參與，才能填寫出有效度的問卷，否則容易流於盲目與不耐煩的圈選，使研究結果造成偏差。

一、研究對象的選取

大慧法需要有一群專家作為諮詢的對象，本研究大慧法諮詢對象分為兩群，第一群是與NOS相關的專家學者，尋找的專家學者對象應具備以下特徵：

- (一)分別是具有博士學位的科學史哲、STS社群、科學家或科教學者。
- (二)熟悉科學理論或曾做過NOS研究，有相關的論述，可從其發表的論文或作品確認其對NOS有相當程度的涉獵之學者。
- (三)關注學校課程和科學教育推動的議題，且對國小學童的學習有一定程度的瞭解。

經尋找後，有意願參與之學者如表3。其中科哲專家雖未實際參與學校課程與教學，但對本研究所探討的主題和國小學童的學習表現出高度的關切和興趣。本研究需要有科學家對NOS與學習的觀點，傳統科學領域至少包含：物理、化學、生物與地球科學等領域，可惜未能聯繫到有意願參與之化學領域學者。至於有些科哲學者任教於生物系或歷史系，但實際專長為科學心理或科學史。

另一群為國小科學專門教師(以下簡稱專門教師)，其背景應同時符合以下資格：

- (一)具備與科學或科學教育碩士以上的學歷，確認曾經進行過研究工作。
- (二)需曾經擔任國小自然與生活領域教學兩年以上，確認具有科學教學的實務經驗。

表3：專家學者與專門教師背景與專長

區分	背景	專長	人數
專家學者	科學博士，其中3人於師範院校任教，也曾進行科教相關研究	2名物理、2名生物與1名地科背景	5
	科教博士，7位任職於師範院校科教相關系所，一名於通識中心	6名曾進行NOS研究，另兩名熟悉科學教育理論	8
	科哲博士，哲學系4名、通識中心3名、生物系1名與歷史系1名	科學史2名、科學邏輯實證3名、科學社會學3名與科學心理學1名	9
專門教師	科教博士或碩士，皆服務於國小，至少曾擔任自然科教學兩年以上	皆曾進行NOS研究，其中8名曾參與過NOS課程計畫編撰	21

(三)曾經參與NOS的相關研究，如碩士或博士論文或曾在期刊發表與NOS學習有關的論文著作。

經搜尋後，在國內曾經研究過國小NOS教學的教師近百人，能聯繫上的約50人，但有意願參與的教師只剩約30人，同時具有實際任教經驗的教師則又更少些，參與本研究的專門教師資料如表3。

二、研究流程

本研究大慧法分兩群諮詢對象，研究流程詳如圖1。NOS各項先由科哲理論與各國NOS綱要與科教NOS文獻歸納後，整理出條列化的問題，在調查問卷中留有開放處，讓諮詢對象補充其認為重要的內容。專家學者與專門教師的第一回合皆採相同問卷，如圖2。尋找專家學者與專門教師填寫此問卷後，於第二回問卷中提供第一回的平均數、

眾數、標準差與意見。原本預計進行三回問卷，但因前兩回的結果已達統計上的一致性，達信度收斂效果，亦即獲得諮詢對象的意見共識，故不再進行第三回合。最後，將結果分析與討論，歸納出適合國小學習階段的NOS項目。

三、調查問卷

根據上述文獻結果，表1和表2中所列23項的NOS項目是源自科哲和科教領域，又參考黃光國(2003)、Giere (1988)與Loving (1991)等文獻將科哲觀點區分為實證論、調和觀點和後實證論觀點區分，但各項的科哲觀點未必等同於該領域隱含的意義。例如探討科學知識是一元還是多元，是實證科哲領域所關心的，而若是邏輯實證者，欲將科學統一其方法模式，會認同科學知識應傾向一元化，但實用論者Laudan (1977)則提出科學知識可

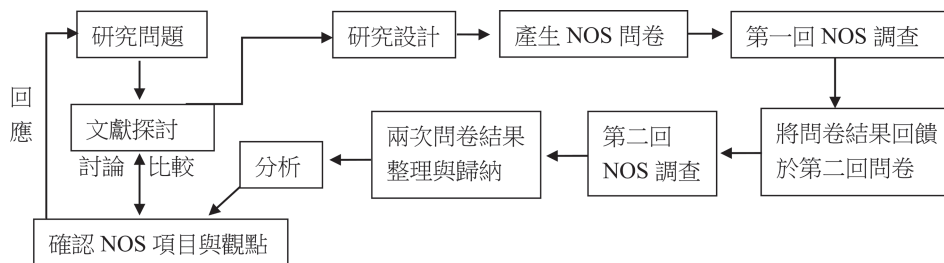


圖1：二回合大慧法調查流程圖

項目	科學知識的發展兼具漸進的和革命般的轉變				
說明	約 1960 年代以前認為科學知識是累積的，有定律高於理論的觀點。 T. Kuhn 認為科學知識轉變有如革命般的、格式塔轉換般的。				
認同	科學知識發展是：				
	漸進	偏漸進	各半	偏革命	革命
課程	此項目可融入國小幾年級的科學課程？ <input type="checkbox"/> 3-4 年級 <input checked="" type="checkbox"/> 5-6 年級 <input type="checkbox"/> 其他				
重要	很不重要	不太重要	可有可無	有些重要	很重要
意見	科學知識發展轉變觀念仍無定論，小學生難以體會				

圖2：問卷填寫形式與範例

能是一元也可能是多元的調和觀點。有鑑於各領域在科哲觀點上具有差異，故再將各項的科哲觀點列於表4。

如Feyerabend (1978)重視科學家要有想像力與創造力，為後實證的觀點。Kuhn (1970)的科學不是只有革命，也同時重視各領域內的典範，即有些科學知識具有持久性，有些曾被修正，歸類為調和觀點。再如Feyerabend認為科學知識常在錯誤中修正，並沒比其他領域能帶給人們更多啟發，此觀點與「科學知識帶給人們啟示」不同，也沒有調和的空間，故將科學知識帶給人們啟示歸

為實證。表4的23項NOS敘述雖已帶有不同科哲觀點，但諮詢對象可以依據自己的想法，在問卷中填寫自己的科哲觀點。

表4的項次編號左邊數字1代表為實證科哲領域、2代表科學史、3代表科學心理、4代表科學社會學領域；項次右方的數字是流水號。以表4的23項NOS項目所設計的大慧法問卷，針對各項內容有進一步說明，並請參與者圈勾回應三個問題(如圖2)，包含：判斷該項NOS的哲學觀點、認為該項適合教學的年限，以及該項目在國小課程中的重要性。並於各項下方提供意見欄，收集參與者對該項

表4：NOS各項觀點

理論觀點	項次	NOS
實證	1-1	科學目的之一在解釋與預測現象
	1-2	科學目的之一在解決問題
	1-3	科學是合乎理／理性的
	1-4	科學是進步的
	1-8	科學知識是由實徵和理論交互形成
	2-4	科學知識帶給人們啟示
調和	1-5	有些科學知識具有持久性而有些曾被修正
	1-6	科學知識是一元也可能多元
	2-1	科學知識是漸進也有革命的
	2-2	科學方法與工具有傳統也可創新
	3-4	科學家的理性與想像力重要
	4-4	科學由科學家個人或團體建構成
後實證	1-7	研究傳統內的人與物(理論、方法)會影響科學家的研究效能
	1-9	科學的觀察和推理關係未必密切
	1-10	觀察和實驗未必是最重要的科學方法
	2-3	倫理道德與宗教會影響科學發展的方向與速率
	3-1	科學家需要創造力、想像力
	3-2	科學家的興趣會影響科學發展的方向與速率
	3-3	科學家的研究與報告未必真實
	4-1	獎賞(名利)對科學家是重要的
	4-2	社會會影響科學發展的方向與速率
	4-3	科學需要社會、國家、經費、倫理道德等配合好，才能生根發芽
	4-5	科學知識傳播的公開性

科學本質內容之意見，以作為下一回合問卷溝通交流之用。

四、資料分析

本研究兩次大慧法共四回問卷可以測得兩類訊息，一則瞭解專家學者與專門教師對NOS的觀點，另一則是收集他們對NOS運用在教學上的觀點(即對學生的重要性與教學年段)。參考靳知勤(2009)以大慧法建構科學素養的分析方法，將平均數排序，以Kendell和諧係數 W ，可以分析出本研究專家學者與專門教師兩回的NOS觀點與NOS重要性是否相似，即本研究兩次大慧法之信度分析。在NOS教學重要性上，透過23項重要性的平均予以排序後，再以Kendell和諧係數 W 區分出專家學者與專門教師、前後兩回問卷調查結果是否相似。宋曜廷與潘佩妤(2010)提出同一量化資料的多重檢核，也是混合研究的一種方法，將使資料得以有互補、闡明與奠基的效果。故可以四分位差、標準差、平均數等進行比對與分析，將重要的NOS項目，以及適合的教學年段區分出來。

肆、研究結果與討論

兩回合大慧法問卷往返在三個月期間完成，期間研究對象專家學者22人、專門教師21人皆沒有流失。以下依NOS觀點、NOS的重要性與教學年段分別說明問卷調查的結果分析。

一、科學本質觀點

專家學者的兩回合調查結果，有6個項目前後排序沒有改變，所有項目中沒有任何一項的排序變動超過2名。專門教師更高達9項NOS觀點排序不變，其餘各項排序變動皆在2名以下。由此觀察，專家學者與專門教師前後的NOS觀點是相當穩定的。兩群觀點一致性，以Kendall和諧係數分析(如表5)，其中個數是指兩群體或前後回合，自由度 $df = N - 1$ ， N 是題目數。從表5發現無論專家或專門教師兩回合填答結果皆達到漸進顯著性，代表意見一致性很高。

從專家學者與教師的NOS哲學觀點的一致性，本研究使用專家學者與專門教師第二回問卷的平均值，作為本研究NOS項目的分類。由於研究對象所圈選的5個NOS觀點的選項，最左方傾向實證觀點，代表1分；最右方傾向後實證觀點，代表5分，若以等分的區段分成上述實證、調和與後實證三種NOS哲學觀點，即以 $(5-1)/3 = 1.33$ 為區間，若將NOS觀點計分位於1至2.33區間時，代表傾向實證觀點；於2.34至3.66代表傾向調和觀點；於3.67至5分時代表傾向後實證觀點，詳如表6。

從表6各項看來，科哲面向的10項中有7項是實證觀點；科學史的4項中調和觀點占2項。科學心理的項目後實證觀點占一半。科學社會學領域以後實證觀點占多數。整體而言，傾向實證觀點占23項中的9項，調和占5項，後實證觀點占9項，此份問卷實證與後實證的NOS哲學觀點似乎是均衡的。

表5：NOS觀點專家學者與專門教師兩回合之Kendall和諧係數($df = 22$)

比較	學者前後兩回	教師前後兩回	第一回學者與教師	第二回學者與教師
Kendall's W 檢定	.99	.99	.96	.98
卡方	43.57	43.61	42.31	42.97
漸近顯著性 p	< .01	< .01	< .01	< .01

表6：學者與教師在各項NOS觀點的平均值與標準差

NOS項次	專家學者 第二回 平均	專家學者 第一回 SD	專家學者 第二回 SD	專門教師 第二回 平均	專門教師 第一回 SD	專門教師 第二回 SD	觀點
1-1	1.89	0.63	0.70	3.05	1.07	0.92	實證
1-2	1.91	0.58	0.56	1.45	0.60	0.51	實證
1-3	2.08	0.73	0.56	3.85	0.68	0.59	實證
1-4	2.07	0.77	0.56	2.85	0.44	0.49	實證
1-5	3.21	1.22	0.61	2.00	0.63	0.54	調和
1-6	3.79	1.03	0.68	2.05	0.45	0.50	後實證
1-7	4.30	0.72	0.50	2.10	0.51	0.45	後實證
1-8	1.62	0.95	0.73	1.95	0.37	0.38	實證
1-9	1.98	1.00	0.92	3.19	1.15	0.75	實證
1-10	1.98	0.89	0.60	4.10	0.97	0.83	實證
2-1	2.89	1.12	0.80	3.76	0.48	0.54	調和
2-2	3.00	0.51	0.51	1.81	0.73	0.60	調和
2-3	4.00	0.77	0.61	2.05	0.74	0.59	後實證
2-4	1.37	0.54	0.53	2.05	0.57	0.59	實證
3-1	4.21	0.58	0.49	2.19	0.41	0.40	後實證
3-2	4.03	0.81	0.85	4.05	0.89	0.67	後實證
3-3	2.28	0.72	0.64	2.67	0.73	0.58	實證
3-4	2.77	0.58	0.44	4.05	0.83	0.59	調和
4-1	3.47	0.61	0.48	3.62	0.86	0.80	調和
4-2	4.26	0.70	0.65	4.19	1.04	0.81	後實證
4-3	4.30	0.94	0.66	4.05	0.88	0.60	後實證
4-4	3.91	0.60	0.50	3.95	0.56	0.39	後實證
4-5	3.93	0.58	0.55	4.33	0.73	0.73	後實證

又從表6標準差比較可得知，在第二回合時，專家學者只有在1-1項，專門教師在1-4、1-6、1-8與2-1項差異性些微擴大。專家學者NOS觀點23項中有22項在第二回合的變異性降低或維持。專門教師則是23項有19項第二回合變異性降低或維持。當有80%以上的題項於第二回合的標準差小於或等於第一回合的標準差，即表示專家意見的一致性已達成(Linstone & Turoff, 2002)。

二、各科學本質項目的重要程度

參考表7的Kendall和諧係數的漸進顯著性，可以發現學者和教師在NOS項目重要性的作答結果，各群兩回合的和諧性皆達顯著。但專家學者與專門教師之間的檢定結果雖也在顯著範圍內，但和諧性較各群內的低。整體而言，NOS重要程度的排序並沒有太大的變動。

從表8標準差比較可得知，在第二回合時，專家學者只有在1-6與2-3項，專門教師在

表7：NOS重要程度專家學者與專門教師兩回合之Kendall和諧係數($df=22$)

比較	學者前後兩回	教師前後兩回	第一回學者與教師	第二回學者與教師
Kendall's W 檢定	.97	.93	.88	.88
卡方	42.78	41.02	38.53	38.80
漸近顯著性 p	< .01	< .01	.02	.02

表8：學者與教師評定NOS重要的平均值與標準差

NOS項次	專家學者 第二回 平均	專家學者 第一回 SD	專家學者 第二回 SD	專門教師 第二回 平均	專門教師 第一回 SD	專門教師 第二回 SD
1-1	2.95	1.30	1.13	3.48	1.03	0.74
1-2	4.33	0.88	0.85	4.05	0.74	0.50
1-3	3.62	1.17	0.86	3.70	0.90	0.57
1-4	3.95	0.93	0.74	3.80	0.73	0.52
1-5	4.18	1.38	0.80	3.90	1.19	0.77
1-6	4.10	0.81	0.99	4.10	0.79	0.54
1-7	3.50	1.25	1.22	3.40	0.97	0.82
1-8	3.23	1.25	1.02	3.43	1.02	0.75
1-9	3.91	0.91	0.81	3.86	0.75	0.73
1-10	3.55	1.32	1.01	3.62	1.21	1.07
2-1	3.32	1.40	0.89	3.81	0.54	0.51
2-2	3.59	1.24	0.91	3.71	0.77	0.72
2-3	4.05	0.83	0.84	4.05	0.91	0.67
2-4	4.62	0.82	0.49	4.52	0.57	0.60
3-1	3.41	1.24	1.05	4.10	1.08	0.62
3-2	4.14	1.01	0.94	4.05	0.81	0.50
3-3	3.45	1.22	1.14	3.62	0.80	0.74
3-4	3.36	1.18	1.05	3.62	0.88	0.80
4-1	2.86	1.42	0.94	3.10	1.08	0.94
4-2	4.09	0.81	0.61	4.29	0.85	0.64
4-3	4.09	1.36	0.97	4.15	0.75	0.67
4-4	3.62	1.09	0.97	3.65	0.89	0.67
4-5	3.82	1.23	1.10	3.62	1.19	1.07

1-4、2-4項差異性些微擴大。專家學者對於各項NOS重要性的觀點有21項在第二回合變異性降低或維持；專門教師則是在第二回合中有22項的變異性降低或維持，即於第二回合專家學者與專門教師的意見一致性提升。

參考林信志(2014)的大慧法研究，曾以標準差與四分位差作為各項重要性的區分。Osborne等(2003)NOS重要性以三分之二以上(67%)專家學者達4分為標準。四分位差適合用在排序的量尺，以減少受到兩極端分數

影響(林清山, 1992)。四分位差Q (quartiles)指的是將資料依數值大小排序後, 分成四等分, Q3為第三個分割點, 表示高分組。本研究若取重要性的Q3要達到4分為標準, 表示該項目的重要性達到群體裡75%以上的人認同。從表9可知, 有10項Q3達到4, Q3達4分以上的項目, 標準差皆小於1, 平均皆大於3.88。雖然1-5與2-2兩項的平均無法皆達到4, 但本研究也發現該兩項的標準差數值較低, 顯示43位學者與教師意見集中。又平均低於3.88以下的其他各項皆無Q3達到4, 且低於3.88的其他項目其平均離3.88仍有一段差距。基於以上幾點考量, 將重要性的平均值3.88以上的10項, 視為適合國小學生學習的重要NOS項目。

又專家學者於第一回共提出385項意見, 第二回提出97項意見。專門教師於第一回共提出287項意見, 第二回針對九年一貫NOS各項共提出95項意見。四回共計864項意見, 平均每位參與者提出20項意見。這些意見主要是在問卷第一回時提出的, 大多是針對某些項目NOS是否適合小學生提出看法, 或提

出對該項目的看法。如: 國小科學知識偏重基本且穩定的內容, 不需涉及科學革命或典範的議題。又如: 科學知識能否對人們有啟示, 端看這知識是否對人有意義。研究者將這些意見都呈現於第二回合, 藉由這樣的意見呈現與溝通, 使專家學者們或專門教師們能看見彼此的想法, 填寫第二回合問卷。結果發現, 從表5與表7的一、二回間的一致性達顯著, 可見得雖然大家在第一回合時意見很多, 可是並未明顯改變專家學者或專門教師對NOS科哲觀與哪些NOS重要性的看法。也因兩回間的一致性已經達顯著, 故不再進行第三回合的調查。

將上述適合小學生的NOS項目與專家學者NOS觀點, 並附上專家學者與專門教師圈選出的適合教學年段, 整理於表10。從表10可以發現, 專家學者與專門教師所認同的10項重要的NOS項目, 有5項是屬於實證科哲面向, 有2項是科學史領域, 1項是科學心理, 還有2項是科學社會領域。中年級先認識實證科哲面向的NOS, 高年級認識的NOS有些可以擴展到科學史、科學心理與科學社會等

表9：學者與教師第二回問卷23項NOS的重要性四分位數Q3、平均與標準差

項次	領域	觀點	Q3	平均	標準差	項次	領域	觀點	Q3	平均	標準差
1-1	實證	實證	4	4.05	0.79	2-3		後實證	3	3.66	0.73
1-2	科哲	實證	4	4.10	0.79	2-4		實證	4	4.19	0.71
1-3		實證	3	3.45	1.04	3-1	科學心理學	後實證	4	4.09	0.75
1-4		實證	3	3.33	0.89	3-2		後實證	3	3.49	0.94
1-5		調和	4	3.88	0.76	3-3		實證	3	3.74	0.93
1-6		後實證	3	3.56	0.77	3-4		調和	3	3.53	0.96
1-7		後實證	3	3.58	1.03	4-1	科學社會學	調和	2	2.98	0.94
1-8		實證	3	3.65	0.81	4-2		後實證	4	4.19	0.62
1-9		實證	4	4.05	0.75	4-3		後實證	3	3.72	1.08
1-10		實證	4	4.57	0.55	4-4		後實證	4	4.14	0.83
2-1	科學	調和	3	3.21	0.99	4-5		後實證	3.25	3.67	0.85
2-2	史	調和	4	3.88	0.64						

表10：適合國小NOS的項目與教學年段

項次	領域	觀點	項目	圈選年段比例	適合年段
1-1	實證科哲	實證	科學目的之一在解釋與預測現象	中：63%；高：37%	中
1-2		實證	科學目的之一在解決問題	中：64%；高：36%	中
1-5		調和	有些科學知識具有持久性，有些曾被修正	中：3%；高：97%	高
1-9		實證	科學的觀察和推理關係密切	中：47%；高：53%	高
1-10		實證	觀察和實驗是重要的科學方法	中：87%；高：13%	中
2-2	科學史	調和	科學方法與工具有傳統也可創新	中：13%；高：87%	高
2-4		實證	科學知識帶給人們啟示	中：13%；高：87%	高
3-1	心理學	後實證	科學家需要創造力、想像力	中：38%；高：62%	高
4-2	科學	後實證	社會會影響科學發展的方向與速率	中：10%；高：90%	高
4-4	社會學	後實證	科學由科學社群建構而成	中：14%；高：86%	高

領域。又10項中，實證觀點的5項，調和的2項，後實證觀點的3項。顯示專家與專門教師們認為，適合國小中年級學生學習的NOS項目較集中於實證科哲面向領域內，科哲觀點也較傾向於實證觀點，至高年級再增加對若干調和與後實證的NOS觀認識，亦即，實證科哲領域與實證觀點仍受到本研究專家學者與專門教師的重視。

伍、討論

一、與國內外文獻的比較

國內同樣採大慧法研究NOS教學項目的許良榮與蕭培玉(2007)的研究，共列出32項NOS觀點，其中只有9項經調查呈現適合國小學生，與本研究的項目比對如表11所示。如「讓學生瞭解研究的過程應包含問問題和解決問題的過程」、「讓學生瞭解科學的目標之一是對於自然現象提出解釋」、「讓學生瞭解科學知識的可驗證性」、「讓學生瞭解科學知識的實驗性」，這些項目皆著重於實證的觀點，強調科學解釋、檢證與實驗等面向。佔了全部9項中的4項。又如「讓學生瞭解科學知識的產生與發展有賴於人類的想像力和創造力」與「讓學生瞭解不同文化背景

與行業的人們對於科學都有貢獻」等，重視科學與其他領域的關聯，以及心理學層面，傾向於重視後實證學者提出的觀點，佔全部9項裡的3項。「讓學生瞭解新的科學知識應該經由公開、清楚的發表，並接受檢驗」以及「讓學生瞭解科學家需要正確的保存紀錄，並讓同儕檢驗」其中包含後實證的科學知識公開性，以及實證的正確性、檢驗性，分類為調和觀點。佔了全部9項中的2項。可知許良榮與蕭培玉的NOS項目對應的科哲觀點，與本研究的項目接近。

本研究提出的10項適合國小學習階段的NOS項目，與許良榮與蕭培玉(2007)研究的9個項目中，內容有精確關係的有5項，其他4項的內涵也有部分相關。例如：許良榮與蕭培玉的A2-5「讓學生瞭解新的科學知識應該經由公開、清楚的發表，並接受檢驗」，可視為一種科學知識社會化的過程，透過同領域的專家，來檢驗新發表的知識，故與本研究4-4「科學由科學社群建構而成」有關。又如「讓學生瞭解科學知識的產生與發展有賴於人類的想像力和創造力」與本研究的「科學家需要創造力、想像力」吻合，屬於精確的相關。

表11：許良榮與蕭培玉(2007)國小的NOS各項與本研究結果比對

編號	許良榮與蕭培玉(2007)的國小NOS項目	科哲觀	與本研究對應項目	
			精確	相關
A1-1 ^a	讓學生瞭解「做科學或科學探究」並非只有單一的方法	後實證	2-2	
A1-4 ^a	讓學生瞭解研究的過程應包含問問題和解決問題的過程	實證	1-2	
A2-3 ^a	讓學生瞭解科學的目標之一是對於自然現象提出解釋	實證	1-1	
A2-5 ^a	讓學生瞭解新的科學知識應該經由公開、清楚的發表，並接受檢驗	調和		4-4
A2-6 ^a	讓學生瞭解科學知識的產生與發展有賴於人類的想像力和創造力	後實證	3-1	
A2-10 ^a	讓學生瞭解科學知識的「可驗證性」	實證		1-10
A2-11 ^a	讓學生瞭解科學知識的「實驗性」	實證	1-10	
A3-3 ^a	讓學生瞭解不同文化背景與行業的人們對於科學都有貢獻	後實證		4-2
A3-4 ^a	讓學生瞭解科學家需要正確的保存紀錄，並讓同儕檢驗	調和		4-4

註：^a為許良榮與蕭培玉NOS能力指標編碼。

Osborne等(2003)也曾請20位英國的專家學者，以大慧法找出適合國小學生的NOS觀點共9項。許良榮與蕭培玉(2007)也曾與Osborne等的各項進行比對，本研究再與這兩個研究的NOS項目做一比較(詳如表12)。表12所列Osborne等整理出的NOS科哲觀，顯示出比本研究具有更多實證觀的項目。

Osborne等(2003)進行NOS大慧法的目的在於呈現出科學課程中應有的NOS特色，意圖反駁如Alters等(1997)認為NOS難有定論的

觀點，故刻意將結果以比較簡短和概略的字詞呈現。而許良榮與蕭培玉(2007)和本研究則採較完整的NOS命題陳述，以符合我國課程綱要能力指標的呈現方式。

就詞意而言，Osborne等(2003)大慧法後的NOS項目，其語詞意義，傾向實證的觀點，如「科學和確定性」，該詞與邏輯實證主義者將經驗事實對理論的支持程度稱為「確認程度」(degree of confirmation)，對應關係密切，是實證論的觀點。這類與實證論有

表12：Osborne等(2003)國小的NOS各項、許良榮與蕭培玉(2007)與本研究結果比對

Osborne等(2003)國小NOS各項	科哲觀	許良榮與蕭培玉(2007) NOS編號	本研究對應項目	
			精確	相關
1. 科學和確定性	實證			1-9、1-10
2. 資料的分析與詮釋	實證			1-9
3. 科學方法和批判的試驗	實證	A2-5 ^a 、A2-10 ^a 、A2-11 ^a	1-9、2-2	
4. 假說和預測	實證	A2-3 ^a	1-1	
5. 創造性	後實證	A2-6 ^a	3-1	
6. 科學和發問	實證	A1-4 ^a		3-1、4-4
7. 科學知識發展中的合作	後實證	A3-4 ^a	4-4	
8. 科學知識的歷史發展	調和			1-5、2-4
9. 科學想法的多樣性	後實證	A1-1 ^a	1-5、2-2	3-1

註：^a為許良榮與蕭培玉NOS能力指標編碼。

關的項目佔全部9項中的5項，顯示英國學者較重視實證的觀點。Osborne等原本列出的科學知識暫時性等後實證觀點並未獲青睞，但如重視「創造性」與「科學想法的多樣性」等，重視多元觀點，與近幾十年後實證論者觀點相近，這類與後實證論者觀點相近的佔全部9項中的3項。「科學知識的歷史發展」Kuhn是傾向後實證的與Lakatos傾向實證的觀點不同，科學發展有不同的科哲觀，歸類為調和。此外，雖然Osborne等在大慧法初期選項有社會與科學關係的項目，但結果顯示他的研究對象，即英國學者，較不重視社會對科學的影響這類的觀點。

本研究提出的10項適合國內小學的NOS項目，與Osborne等(2003)的9項有精確關係者有5項。如「假說和預測」和本研究的「科學目的之一在解釋與預測現象」相近。又Osborne等提出國小課程常強調透過觀察、實驗與推理，以獲得較明確的結果，故判斷Osborne等的「科學和確定性」與本研究的1-9、1-10，認為實驗是重要的，以及觀察、推理等方法有間接的相關。Osborne等的項目

雖有4項未與本研究10項直接相關，主要因為Osborne等的NOS項目敘述簡短，只呈現NOS特色，未若許良榮與蕭培玉(2007)的NOS項目敘述明確。故整體而言，本研究歸納出的NOS項目與許良榮與蕭培玉之結果相符程度較高，較適合我國課程特性，且納入更多偏向調和與後實證論的NOS項目。

二、與九年一貫科學本質能力指標的比較

從表13可發現教育部九年一貫國小階段中、高年段的8項NOS能力指標，缺乏社會對科學影響的項目，且忽視了科學家的心理層面，且敘述多傾向實證的觀點(謝州恩、劉湘瑤，2013)。有2項如「知道有些事件(如飛碟)因採證困難，無法做科學性實驗」與「察覺有時實驗情況雖然相同，也可能因存在著未能控制的因素之影響，使得產生的結果有差異」中，對科學的不確定性帶有後實證的意涵，但也限於敘述中提到的「有時」，也是一種折衷與調和的意涵。另外在「察覺在『以新觀點看舊資料』或『以新資料檢視舊

表13：教育部(2008)九年一貫課程綱要中高學習階段NOS能力指標、許良榮與蕭培玉(2007)與本研究結果比對

教育部(2008)九年一貫NOS中、高年段能力指標	科哲觀點	許良榮與蕭培玉 (2007)	本研究 對應項	
			精確	相關
3-2-0-1 ^a 知道可用驗證或試驗的方法來查核想法	實證		1-10	
3-2-0-2 ^a 察覺只要實驗的情況相同，產生的結果會很相近	實證	A2-11		1-1
3-2-0-3 ^a 相信現象的變化，都是由某些變因的改變所促成的	實證			1-2
3-3-0-1 ^a 能由科學性的探究活動中，瞭解科學知識是經過考驗的	實證	A2-10		1-9
3-3-0-2 ^a 知道有些事件(如飛碟)因採證困難，無法做科學性實驗	調和			
3-3-0-3 ^a 發現運用科學知識來作推論，可推測一些事並獲得證實	實證		1-1	
3-3-0-4 ^a 察覺在「以新觀點看舊資料」或「以新資料檢視舊理論」時，常可發現出新問題	後實證		1-5	
3-3-0-5a 察覺有時實驗情況雖然相同，也可能因存在著未能控制的因素之影響，使得產生的結果有差異	調和			

註：^a九年一貫能力指標編碼。

理論』時，常可發現出新問題」項目，意謂著科學知識的替代是很常發生的，與科學知識是堆砌的實證觀點對立，分類為後實證觀點。

從表13可知，九年一貫的NOS能力指標中、高年段項目與許良榮與蕭培玉(2007)相對應的程度比本研究的10項還低。再比較表10、11、12，可知本研究10項NOS與Osborne等(2003)、許良榮與蕭培玉研究中的關聯度較與九年一貫NOS能力指標高些。此外，李哲迪(2009)從2007年TIMSS與2006年PISA施測結果，曾經建議國內九年一貫NOS應該調整，包含：

- (一)應結合科學家、科哲學者、教育心理學家、科學課程專家來發展中小學生NOS課程目標。
- (二)建議刪除NOS課綱裡兩個的帶有科學學習信念的標準(表12中3-1-0-2與3-2-0-3)，乃因該兩個信念是一般常識，且課綱沒有豐富其內涵，故不需陳列於課綱。
- (三)課綱應補充探究的目的、起源、實驗應對等能力指標。

李哲迪(2009)建議應增加課綱所涵蓋的NOS面向，且應加強培養學生對科學探究的

觀點，並將NOS視為認知目標，而非情意目標，如：項目中包含了若干「相信」這種與信念有關的字眼。即國內課綱的NOS能力指標敘述，多傾向於技能與信念。

近年美國科學NRC (2013)課程標準列出8項NOS項目，如表14所列，從分類可知，他們較缺乏科學心理學的領域項目，但科哲觀點是傾向後實證的。與本研究結果有6項是有精確的關聯性。如「科學假定了一套自然系統中的序列與一致性」指的是科學提供一套具有可預測性的知識假說，原屬於實證科哲的領域，但因暗指科學仍有被修正與推翻的可能，故歸類為調和的觀點。該項與本研究的1-1項「科學目的之一在解釋與預測現象」接近。又「科學是人類努力成果」認同科學與人類社會的關聯，是後實證的觀點，即與本研究的4-2項「社會會影響科學發展的方向與速率」與4-4項「科學由科學社群建構而成」有密切關聯。即本研究的10項NOS與美國NRC新的8項NOS較與許良榮與蕭培玉(2007)的NOS項目更高的關聯性。反之，表14美國NRC (2013)的NOS與表12的國內課綱NOS，經比對其中各項敘述，可發現兩者差異甚大。不論與前述國外文獻和國內學者的架構比對，國內課綱不但在取材領域上有所

表14：美國NRC (2013)新科學課程NOS項目與本研究結果之比對

領域	項目	科哲觀	本研究對應項	
			精確	相關
實證科哲	科學提出的問題是有關自然與物質世界的	實證		
	科學知識基於實徵的證據	實證	1-10	1-9
	科學假定了一套自然系統中的序列與一致性	調和	1-1	
	科學模式、定律、機制與理論解釋自然現象	實證	1-1	
科學史	以多元方法進行科學探究	後實證	2-2	
	科學是一種求知的方法	後實證		2-4
科學社會學	科學知識在發現新證據後公開修正	調和	1-5	4-4
	科學是人類努力成果	後實證	4-2、4-4	

欠缺，也缺乏與當代科哲潮流與時俱進的觀點，甚至各項也與上述文獻差異甚大，因此有調整的必要。

表11到表14，4份文獻中提到的哲學觀與本研究結果對應項目，研究者邀請曾經於國內重要期刊發表過NOS相關研究的博士協助文獻信度評審，將有關的文獻之哲學觀區分為實證、調和與後實證三項，經核對後與本研究的信度達 .82。與本研究結果對應項目區分成精確、相關與無關三項，並列出有哪些項目相關，經核對後與本研究間信度達 .74。

國內學者曾將NOS分為科學知識、科學探究／方法及科學事業(林陳涌，1996；邱明富、高慧蓮，2006)，許綺婷(2015)沿襲此NOS架構，列出了若干NOS項目以分析學生的NOS觀點，其中的科學事業層面，即是科學與社會的關聯。本研究進一步參考實證科哲、科學史、科學心理與科學家社會等面向論述、比對數國NOS教學項目、區分科哲觀點等整理出多項NOS觀點。本研究諮詢的對象包含前述李哲迪(2009)所建議的課綱編寫群的專長領域，最後彙整出10項NOS學習要項。該10項也囊括了科學的目的、起源與實驗等項目，與美國NRC (2013)新的NOS項目接近，應為國小學生學習的重要NOS項目。

陸、結論與建議

一、結論

謝州恩與劉湘瑤(2013)發現國內九年一貫課程NOS中、高年段能力指標與其他文獻差距甚大，且已多年未調整。本研究從科哲、科學史、科學心理與科學社會學等文獻，並參考數國綱要、Lederman團隊的NOS觀點，形成23個NOS理論項目。除了想瞭解這23個項目對國小中、高年段學生學習的重

要性之外，又基於科哲觀點的歧異，將NOS分類成實證、調和與後實證觀點，透過大慧法收集學者與教師的觀點，以決定適合國小中、高年段學生認識的NOS項目。

本研究請益國內科哲和科教領域的學者作為第一群的諮詢者，獲得他們對NOS項目之科哲觀點的共識，也請實務領域的國小專門教師參與諮詢，以減少研究結果是否傾向理論觀點的疑慮。由兩群資料蒐集分析顯示，專家學者與國小專門教師間對23項NOS哲學觀點看法趨向一致。

學者和專門教師認為對小學中、高年段學生重要的NOS項目，調查結果以四分位差Q3達4分、標準差 < 1.0為標準，區分出專家與教師共同認為適合國小中、高年段學生學習的重要NOS項目，共有10個項目，詳如表10，不再贅述。

以各項的科哲觀點而言，本研究結果的10項中雖有5項趨向於實證觀點，然而，較之Osborne等(2003)和九年一貫課綱NOS能力指標，仍相對傾向於調和與後實證的觀點，不同科哲觀點的比例與許良榮與蕭培玉(2007)較近似。此外，本研究結果的10項NOS項目與美國NRC (2013)的8項NOS的相關度比上述其他文獻更為密切。本研究從更多領域，如科學史、科學心理與科學社會學借鏡，找出專家和教師皆認為適合國小中、高年段學生學習的NOS，可供國內科學教育課程NOS教學與研究之參考。

二、建議

九年一貫課程NOS能力指標多年未有調整，而在十二年國教課綱即將形成的前夕，應考量此調整的契機。NOS的基礎應該追溯實證科哲、科學史、科學心理與科學社會學等領域的觀點，不應局限於科教領域內

的文獻。在研究方法上，應慎思大慧法調查對象的背景與專長，才能使研究結果具有效度，本研究已盡可能諮詢對本議題有興趣且具相關經驗的科學家、哲學家、科教學者和專門教師等。又以大慧法決定對學生重要的NOS項目，除了以平均數為判斷標準外，可同時納入四分差與標準差等資料，經多重分析結果之比較，綜合判斷學者和教師對NOS項目重要性之共識程度。最後，國小自然科學課程綱要所列之NOS項目內涵，除了傳統實證觀之外，也應重視調和與後實證的科哲

觀點，以符合NOS哲學觀的潮流與學生後續NOS學習接軌。

誌謝

本研究進行期間承蒙科技部專題研究計畫(計畫編號：NSC100-2511-S-003-029-MY3、MOST 103-2511-S-003-052-MY3)經費支持，使本研究得以順利完成。研究者特別感謝所有參與的專家學者和老師們的協助，以及審查委員對本文提出的寶貴意見。

參考文獻

1. 宋曜廷、潘佩妤(2010)。混合研究在教育研究的應用。**教育科學研究期刊**，**55**(4)，97-130。
2. 李哲迪(2009)。臺灣國中學生在TIMSS及PISA的科學學習成果表現及其啟示。**研習資訊**，**26**(6)，73-88。
3. 李國秀編(2000)。**科學的社會視角**。合肥市：安徽人民。
4. 李隆盛(1988)。德爾菲預測術在技職教育上的應用。**工業職業教育**，**7**(1)，37-41。
5. 林信志(2014)。高級中學教科書性別偏見檢視規準之建構：德懷術與層級分析法之應用。**課程與教學**，**17**(3)，119-146。
6. 林清山(1992)。**心理與教育統計**。臺北市：東華。
7. 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)，31-58。
8. 邱明富、高慧蓮(2006)。科學史融入教學對國小學童科學本質觀影響之探究。**科學教育學刊**，**14**(2)，163-187。
9. 教育部(2008)。**97年度國民中小學九年一貫課程綱要**。臺北市：作者。
10. 許良榮、蕭培玉(2007)。中小學之科學本質與科學史的教學需求之研究。**科學教育學刊**，**15**(1)，1-23。
11. 許綺婷(2015)。個案都市原住民學生之西方科學本質觀探討。**課程與教學**，**18**(2)，125-167。
12. 許籐繼(2011)。國民小學教師海洋教育能力指標及權重體系建構之研究。**教育科學研究期刊**，**56**(3)，61-90。
13. 陳瑞麟(2010)。**科學哲學：理論與歷史**。臺北市：群學。
14. 黃光國(2003)。**社會科學的理路**(第二版)。臺北市：心理。

15. 靳知勤(2009)。中等師資培育機構評鑑指標之發展研究。《科學教與學刊》，17(4)，275-292。
16. 劉兵(2009)。克麗奧眼中的科學——科學編史學初探。上海市：上海科技教育。
17. 劉俊庚、邱美虹(2012)。我國百年國中科學課程發展回顧與展望。《科學教育月刊》，347，2-20。
18. 謝州恩、劉湘瑤(2013)。省思九年一貫自然與生活科技課程綱要中的科學本質內涵。《科學教育研究與發展季刊》，66，53-76。
19. Abell, S. K., & Smith, D. C. (1994). What is science? Preservice elementary teachers' conceptions of the nature of science. *International Journal of Science Education*, 16(4), 475-487.
20. Alters, B. J. (1997). Whose nature of science? *Journal of Research in Science Teaching*, 34(1), 39-55.
21. American Association for the Advancement of Science. (1989). *Science for all Americans: A project 2061 report on literacy goals in science, mathematics, and technology*. Washington, DC: Author.
22. American Association for the Advancement of Science. (1993). *Project 2061: Benchmarks for science literacy*. New York: Oxford University Press.
23. Billeh, V. Y., & Hasan, O. E. (1975). Factors affecting teachers' gain in understanding the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 12(3), 209-219.
24. Chalmers, A. F. (1999). *What is this thing called science?* (3rd ed.). Brisbane, Australia: University of Queensland Press.
25. Department for Education. (2013). *National Curriculum in England: Science programmes of study*. Retrieved June 5, 2016, from <https://www.gov.uk/government/publications/national-curriculum-in-england-science-programmes-of-study>
26. Feyerabend, P. (1978). *Science in a free society*. London: Lowe & Brydone.
27. Giere, R. N. (1988). *Explaining science: A cognitive approach*. Chicago, IL: University of Chicago Press.
28. Kuhn, T. S. (1970). *The structure of scientific revolutions*. Chicago, IL: Chicago University Press.
29. Kuhn, T. S. (1977). *The essential tension: Selected studies in scientific tradition and change*. Chicago, IL: University of Chicago Press.
30. Lakatos, I. (1978). *The methodology of scientific research program*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
31. Laudan, L. (1977). *Progress and its problems: Toward a theory of scientific growth*. Berkeley, CA: University of California Press.

32. Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.
33. Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831-880). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
34. Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521.
35. Linstone, H. A., & Turoff, M. (Eds.). (2002). *The Delphi method: Techniques and applications*. Reading, MA: Addison-Wesley.
36. Loving, C. C. (1991). The scientific theory profile: A philosophy of science models for science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 823-838.
37. Martin, M. O., Mullis, I. V. S., Gonzalez, E. J., Gregory, K. D., Smith, T. A., Chrostowski, S. J., et al. (2000). *TIMSS 1999 international science report: Findings from IEA's repeat of the third international mathematics and science study at the eighth grade*. Chestnut Hill, MA: Boston College.
38. Matthews, M. R. (2012). Changing the focus: From nature of science (NOS) to features of science (FOS). In M. S. Khine (Ed.), *Advances in nature of science research: Concepts and methodologies* (pp. 3-26). New York: Springer.
39. McComas, W. F., & Olson, J. K. (1998). The nature of science in international science education standards documents. In W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education* (pp. 41-52). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
40. National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academic Press.
41. National Research Council. (2013). *Developing assessments for the next generation science standards*. Washington, DC: The National Academies Press.
42. National Science Teachers Association. (2000). *NSTA position statement: The nature of science*. Retrieved July 12, 2011, from <http://www.nsta.org/about/positions/natureofscience.aspx>
43. Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., & Duschl, R. (2003). What "ideas-about-science" should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692-720.
44. Palmquist, B. C., & Finley, F. N. (1997). Preservice teachers' views of the nature of science during a postbaccalaureate science teaching program. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(6), 595-615.

45. Pomeroy, D. (1993). Implications of teachers' beliefs about nature of science: Comparison of the beliefs of scientists, secondary science teachers, and elementary teachers. *Science Education*, 77(3), 261-278.
46. Ronan, C. A. (1983). *The Cambridge illustrated history of the world's science*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
47. Rubba, P. A., Horner, J. K., & Smith, J. M. (1981). A study of two misconceptions about the nature of science among junior high school students. *School Science and Mathematics*, 81(3), 221-226.
48. Shapin, S. (1996). *The scientific revolution*. Chicago, IL: The University of Chicago.
49. van Dijk, E. M. (2013). Book review: Myint Swe Khine (Ed): Advances in nature of science research: Concepts and methodologies. *Science & Education*, 22(4), 881-886.

Constructing Essential Content Items of Nature of Science for Elementary Science Curriculum

Chou-En Hsieh^{1,2} and Shiang-Yao Liu^{2,*}

¹New Taipei Municipal Yong Ping Elementary School

²Graduate Institute of Science Education, National Taiwan Normal University

Abstract

This study reviewed the literature regarding positivist philosophy of science, history of science, psychology of science, sociology of science, curricular benchmarks of some countries, and articles published by Lederman and colleagues, and then generated 23 items of aspects of nature of science (NOS). Three categories representing different philosophical perspectives including positivism, post-positivism, and eclecticism were determined. By using the Delphi technique, the 23 NOS content items were inspected by scholars and teachers. Those who possessed a masters in science, science education, and science philosophy participated in the expert group, and professional elementary science teachers joined in the teacher group. There were no significant differences between experts' and teachers' views on the categories of philosophical perspectives and also no difference on the ranking of the importance of the NOS items according to the results of Kendall's coefficient of concordances. As compared to other Delphi studies, the NOS aspects generated from this study comprise more post-positivist views. This study proposed 10 essential NOS aspects, such as "the purpose of science is to solve problems," "scientific knowledge aims to be enduring but sometimes is subject to change," "science inspires people," "scientists use creativity and imagination," "science is constructed by the scientific community," etc. These NOS items could fit into the elementary science curriculum and elementary science teaching.

Key words: Delphi Technique, Nature of Science, Curricular Benchmark

* Corresponding author: Shiang-Yao Liu, liusy@ntnu.edu.tw