

國小奈米科技教學策略

羅美惠^{1,*} 張美玉² 葉孟考³

¹桃園市瑞梅國民小學

²國立新竹教育大學 教育與學習科技學系

³國立清華大學 動力機械工程學系

摘要

本研究旨在探究國小教師奈米科技教學所使用的教學策略。研究者收集並分析國小奈米科技共78份教案，以及質性訪談10位、來自五區參與奈米科技人才培育計畫的國小種子教師。研究發現，奈米科技的教學資源豐富，教學科技策略使用最多；由於奈米科技的抽象性質，教師重視操作的教學策略；且探究教學策略在近幾年的教案中有增加的趨勢。而在教師決定教學策略時，會視奈米科技概念性質而選擇教學策略、學習社群的建立與種子教師培訓課程也會支持教師變化教學策略、課後奈米科學營與社團教學更常運用探究策略與操作策略，讓學生深入探究。此外，隨著種子教師奈米科技內容知識的增進，會促進教師運用多元的教學策略。研究者建議必須有系統的介紹奈米科技以及多元的教學策略，才能有效的促進教師教學策略觀點的改變，以學生為中心的教學策略來進行奈米科技教學。

關鍵詞：奈米科技、科學教育、教學策略、教師專業成長、教師專業社群

壹、緒論

奈米科技是21世紀新興的科技議題，世界各國莫不積極將奈米科技引入中小學課程，主要的目的就是為了提高參與科學與科技研發的人力資源以維持國家的競爭力，同時也提高下一代公民的科學與科技素養以及「科學－科技－社會」議題的思考(蔡信行、孫光中，2009；Lane & Kalil, 2005)。然而，在奈米科技引入中小學課程的同時，教師也必須做好準備：瞭解新知識的學習目標、體認到學生可能遭到的困難及可能會產生的迷

思概念，並運用適當的教學策略以進行新概念的教學，特別是奈米科技具備跨學科的性質，因此學習奈米相關的學科知識以及發展學科教學知識都會是教師面臨的挑戰(Stevens, Sutherland, & Krajcik, 2009)。因此，研究者從分析種子教師所選用的教學策略開始，透過教師在實施奈米科技教學時對教學策略的思考與觀點來探討教師的成長與改變，同時也討論奈米科技人才培育歷程，對教師教學策略選用觀點的影響，以提供未來奈米科技人才培育在科學教師專業成長培

*通訊作者：羅美惠，lomeihuei@yahoo.com.tw

(投稿日期：民國104年12月19日，修訂日期：民國105年8月31日，接受日期：民國105年9月6日)

訓課程與教學策略選用的建議。以下將從奈米科技的發展與教學策略的相關文獻進行探討。

一、奈米科技與奈米科技人才培育

知名物理學家——費曼先生(Richard Feynman)，於1959年提出了奈米尺度的科學與技術方面的問題與研究方向時，向科學界提出奈米科技的夢想：「在微小的部分我們還有許多空間……」(Lane & Kalil, 2005)，因此被稱之為「奈米之父」，引發後人對奈米尺度的探索。奈米事實上就是一種長度單位，一奈米相當是十億分之一米，由於物質與材料，在奈米化的過程中其結構產生新奇的物理、化學與生物的特性與現象，而這樣的特性，可以用來創造新產品與技術，所以工業界領導者甚至認為奈米科技的發展將引起「第四次的工業革命」(Committee on Technology National Science and Technology Council, 2000)，因此凡是牽涉到奈米尺度下、跨科學和工程學門對物質的研究、控制與製造，都是奈米科技的範圍，所以美國國家奈米教學與學習中心，以奈米尺度的科學與工程(nanoscale science and engineering)簡稱NSE來代表(Stevens et al., 2009)。

Hingant與Albe (2010)收集了美國近年來在中學教育階段引入奈米科學(nanosciences)與奈米技術(nanotechnologies)的相關研究，認為奈米科學與技術的焦點很明顯的是關於奈米尺度物質的研究，因此研究者們大多會以「奈米尺度下的科學與工程」(nanoscale science and engineering)這樣的名詞，表示研究者們所處理的概念是科學更普遍性的概念，所以NSE在本質上是跨學門的(intrinsically interdisciplinary)。

事實上，奈米科技雖然對整體的社會經

濟、醫療技術、環保議題等發展非常有益，但是正如「水能載舟亦能覆舟」，正在進行式中的奈米科技在物質奈米化了之後，其所產生的小尺寸效應或許會造成其他料想未及的傷害，因此Stevens等(2009)認為雖然提高參與科學與科技研發的人力資源是維持國家競爭力的關鍵，但是科學教育所培育的新一代的公民更必須具備面對科學與科技所可能造成的社會、環境、健康等安全性問題的思辯能力，所以對於發展奈米科技而言，投入奈米研究與發明應用奈米技術的人力資源固然是重點，但是奈米科技教育更要重視未來公民的科學素養以及「科學—科技—社會」的議題的思考，由此可見奈米科技人才培育的重要性。

在奈米科技的全球風潮之下，我國政府也積極規劃奈米科技發展，行政院國家科學委員會於2002年開始了第一期「奈米國家型科技計畫」，在2003年「全國奈米科技人才培育計畫」則由教育部顧問室督導設立人才培育中心，培訓國小、國中、高中(K-12)的種子教師團隊、發展教案與教材，並集結各區域的大學夥伴學校，整合各校資源、各領域的專家學者，開設奈米學程，培育大學以上的奈米科技人才。所以相關研究主要以奈米科技的教學研究為主，發展生活化、動手做的、融入課程的教學活動，並探究學生的學習效果，以及教師對進行奈米科技的心得與感想(吳文龍、徐愛鈞、黃萬居，2012；曾國鴻、陳沅，2005；張政義，2008；溫明正，2005；蔡明容、黃萬居，2006)。

2008年的第二期計畫並設立了「奈米科技教師學科教學知能(PCK)中心」、「奈米科技教師交流網」，並致力於推動奈米科技教育方面的研究、提升課程與教材的品質(國科會科教處，2009)，所以開始進行奈米科技核

心概念的發展與課程指標的訂定(黃佳媛、許良榮、陳欣琦, 2011; 趙毓圻、熊召弟、于曉平, 2011; 潘文福、游可如, 2011)。

由此看來,我國奈米科技人才培育的基礎目標就是透過學校教育來提升國民的奈米科技核心素養,而在這個過程中「教師」將扮演一個很重要的關鍵。正如同美國國家奈米教學與學習中心為達成奈米科技人才培育針對科學教育提出:面對奈米科技教學,教師也必須做好準備。也就是,教師必須發展出相應的課程知識——瞭解新知識的學習目標、體認到學生可能遭到的困難,並運用適當的教學策略以進行新概念的教學,特別是奈米科技具備跨學科的性質,因此學習奈米相關的學科知識以及發展學科教學知識都會是教師面臨的挑戰,而這也會是影響奈米科技教學的重要挑戰(Stevens et al., 2009)。

事實上,對教師來說,奈米科技也是一個新的科技課題,不論小學或中學、數理背景或非數理背景的教師而言,這都是從未在職前師資培育階段所接受過的學習內容,都必須透過培訓課程學習奈米科技概念;特別是奈米科技具備跨學科的性質,更需要教師運用各種教學策略、教學活動,並且體認到學生可能會遭遇到的困難、迷思概念或先有概念。這樣的歷程與直接從各出版商取得課程計畫、依據教科書取得教學內容、將過去的教學方法直接移植到新課程中有很大的不同,所以奈米科技人才培育計畫讓教師們的專業產生了的挑戰。因此,本研究將探討種子教師所使用的教學策略,並透過教學策略的分析與種子教師對教學策略選用的深入探討,來瞭解種子教師在培訓過程中教學能力的成長,以提供奈米科技人才培育的建議與參考。

二、科學的教學策略

隨著時代變遷、社會的要求,科學教育已有了不同的任務與目標,而要能有效達成目標,其重要的方法之一就是有賴教學方法與策略的調整,同樣的,為了使我國在科技方面提升國際競爭力,奈米科技的推廣、融入學校教育也是如此。教學策略(instructional strategies),也就是教學方法,由於受到認知心理學強調問題解決策略的影響,特別以教學策略來含括自然科學教學時教師所使用的如:討論、媒體、探究等教學方法和策略(鍾聖校, 2002)。

Treagust (2007)認為在科學教室中教學策略的評估、使用,甚至教學的內容都是近二十年來科學教育研究的重點。綜合Dick, Carey與Carey (2005)、Gagne, Wager, Golas與Keller (2005)、Schroeder, Scott, Tolson, Huang與Lee (2007)的看法,教學策略是教學者為達成教學目標,根據教學內容、學科性質、學生背景等,於教學活動中所採用的教學方法。而開發或決定教學策略是教學設計中很重要的部分,因為此過程反映了教學者對學習的看法、信念,以及教學者對學科教學相關的知識。

美國國家研究審議會(National Research Council)制訂了國家科學教育標準(National Science Education Standards)將「探究」(inquiry)視為科學的內容與學習科學的方法(National Research Council, 2000);Schwab (1962)認為學校的科學教育要鼓勵學生提問、觀察、記錄、轉換資料、發展暫時性的結論(Mintzes & Wandersee, 1998);從認知心理學的觀點來看,強調「發問策略」能幫助學生在學習科學時產生有意義的概念改變(王財印、吳百祿、周新富, 2009;張玉成, 1999; Bruning, Schraw, & Norby, 2011);

「小組討論策略」可以協助學生藉由學生小群體的社會互動，有效促進學生科學學習與概念改變的過程(王美芬、熊召弟，2006；Bransford, Brown, & Cocking, 1999; Jones & Carter, 1998)；此外，在資訊時代中，「教學科技策略」也可以促進學生的科技素養、資訊素養等，讓學生學習詮釋訊息、瞭解訊息、增進溝通能力；對教師而言，教學科技不僅可以迅速的透過文書軟體、繪圖、網路抓取資訊等方式來提高教師教學準備的效率與豐富性或者提供新的學習情境，還能支援新的教學方法，例如透過遠距教學與他校學生進行溝通或交流、透過資料庫連線方式來創作與合作學習等(莊福泰、許瑛珪，2006；Roblyer, 2003)。

Schroeder等(2007)收集了1980年到2004年間、K-12個別的科學教學策略與學生成就的相關研究，進行後設研究的分析，以瞭解各個教學策略的成效，由於此後設分析的研究嚴謹的選取美國的研究文獻，且文獻都經過標準化的處理，最後能達到後設分析標準的文獻共61份，而這些文獻的科學教學策略分別是以下八類：發問策略(questioning strategies)、操作策略(manipulation strategies)、增加教材策略(enhanced material strategies)、評量策略(assessment strategies)、探究策略(inquiry strategies)、增進情境策略(enhanced context strategies)、教學科技策略(instructional technology strategies)、合作學習策略(collaborative learning strategies)等，這些科學的教學策略對教學目標的達成、學生科學素養與科學概念的學習都有很大的影響。

不過，在該研究中「評量策略」是教師根據學習狀況彈性調整評量的方式與頻率、是教學中很重要的過程，但本研究的教學策略分析主要是透過教案的文件分析，無法判

定此策略之使用，所以將之捨棄。因此，最後本研究分析教案與教學計劃的教學策略則是依據「發問策略」、「操作策略」、「探究策略」、「增加教材策略」、「增進情境策略」、「教學科技策略」、「合作學習策略」等7種為主要的分析向度。

三、科學教師專業成長歷程

不同於過去以教師為中心、強調大班教學、有效率的傳遞知識、機械式學習的時代，這是一個以學習者為中心的時代。Hewson (2007)認為，教師是教育改革的重要因子，當教育的大環境有所變化時，教師既存的信念與教學實踐事務都可能無法與調整後的改革趨勢相符合，所以教師專業發展就顯得重要。因此許多學者透過實徵性研究，發現教師個人的主動性、對教學實務成長的需求，是教師專業成長的關鍵(Clarke & Hollingsworth, 2002; Clement & Vandenberghe, 2000; Feldman, 2000; Jenlink & Kinnucan-Welsch, 2001)，所以教師專業成長必須立基於教師個人主動性的立場、強調教學的實踐與個人對教學的省思、重視持續性的改變歷程。

不過，Clarke與Hollingsworth (2002)總結過去文獻中對教師專業成長活動的批評，傳統上教育學者一直都相當關注教師的專業成長，可惜的是其立基於「訓練」的觀點，來補足教師知識與能力上的不足(如圖1)，因而短期的、政令式的教師的工作坊或研習活動很難收到良好的成效。但是Guskey (1986)則認為，教師知識與信念的改變只有在看見學生學習結果有明顯的改變才會發生(如圖2)，不過這些教師改變的歷程與模式仍受到許多的挑戰與反駁，尤其這兩個教師專業成長的歷程圖是屬於線性發展，許多學者建議採用循環或多元路徑的成長模式會更

有意義，因此在實徵研究的基礎下，教師專業成長互連模式(Interconnected Model of Professional Growth, IMPG)由此而生(Clarke & Hollingsworth)，如圖3。

IMPG模式中，教師處於改變的環境底下，由「外在領域」(External Stimuli，簡稱E)、「個人領域」(Knowledge, Belief and Attitude，簡稱K)、「實務領域」(Personal

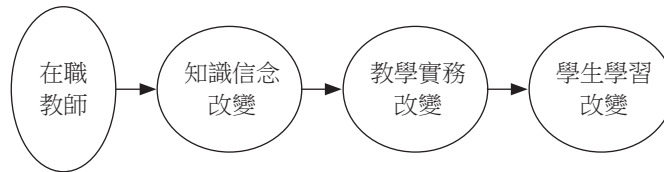


圖1：傳統的教師專業成長模式

資料來源：修改自“Elaborating a Model of Teacher Professional Growth” by D. Clarke & H. Hollingsworth, 2002, *Teaching and Teacher Education*, 18(8), 949.

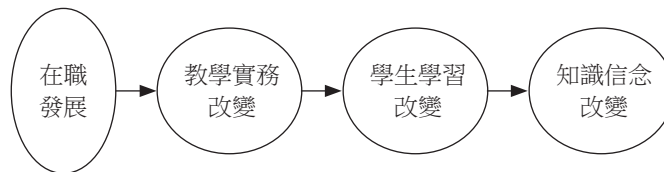


圖2：Guskey的教師改變過程模式

資料來源：修改自“Staff Development and the Process of Teacher Change” by T. R. Guskey, 1986, *Educational Researcher*, 15(5), 7.

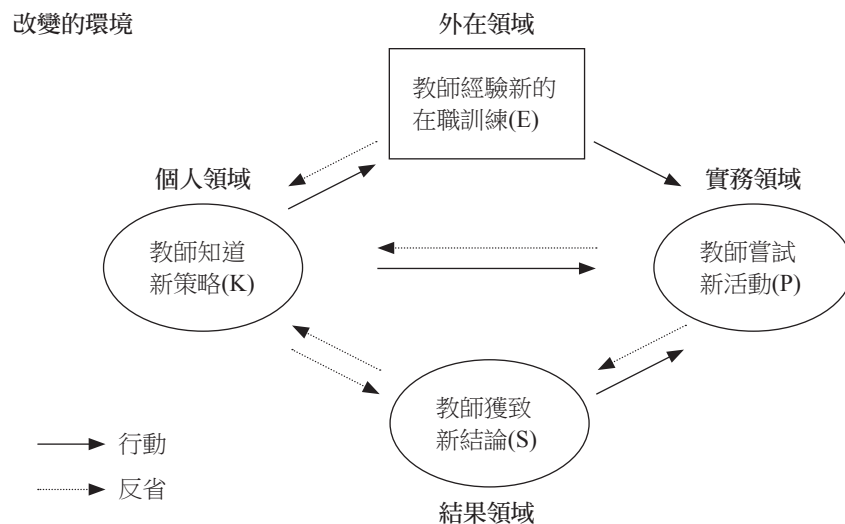


圖3：IMPG模式

資料來源：修改自“Elaborating a Model of Teacher Professional Growth” by D. Clarke & H. Hollingsworth, 2002, *Teaching and Teacher Education*, 18(8), 957.

Experimentation，簡稱P)、「結果領域」(Salient Outcomes，簡稱S)等四個領域之間的行動(enactment)和反省(reflection)組合而成。在這彼此互連且非線性的結構中，表徵教師專業成長的類型有「改變序列」(change sequences)和「成長網絡」(growth network)。如果只是一個領域的改變，且沒有後續的省思、發展，則只是改變序列而已，例如：教師從外在領域學習到一個新的教學策略，在實務領域中實驗、行動而已而沒有其他後續的省思，那麼就只是一種「改變序列」而已。基於「成長是一種持續的改變」的原則，如果教師在行動後，透過反省、思考讓教學更有趣、有效率的方法，並持續改進教學，或者進而調整個人的信念、知識，那麼就會形成「成長網絡」。

研究者認為，教師專業成長IMPG模式融合了理論與實徵性研究的資料，強調「反省」與「行動」的重要性，不只注意到影響教師專業成長的各項因子，且能很彈性的表達各種專業成長的歷程路徑。本研究的問題之一在瞭解教師參與奈米科技人才培訓以及進行奈米科技教學時，在運用教學策略方面的成長與改變，而且每位種子教師外在環境因素、個人的信念、實務的教學情形、學生的學習等可能都會有很大的差異，因此，研究者借助IMPG模式，以表徵並深入探討種子教師在進行奈米科技教學時其教學策略方面的成長。

貳、研究問題

本研究的目的是透過教師所設計的奈米科技教學的教案，分析其所使用的教學策略，以探究教師如何因應奈米科技課程而選擇教學策略。研究者認為透過教學策略的分析不僅可以瞭解教師的教學設計取向，也可

以瞭解我國奈米科技人才培育計畫在多年的培育種子教師的努力下，教師在多元教學策略運用的能力與省思。而種子教師們進行奈米科技教學的過程中，其所使用的教學策略、以及教師在發展課程時，其所做的教學決定也將會影響奈米科技融入課程的成效。因此，本研究問題如下：

- 一、國小種子教師進行奈米科技教學時，所選用的教學策略為何？
- 二、影響國小種子教師決定教學策略的因素為何？
- 三、參與奈米科技人才培育的教師，其在奈米科技教學策略的改變、成長情形為何？

參、研究設計與實施

一、研究流程

本研究主要以文件分析和質性訪談的方式來進行教學策略的探究，也就是先透過文獻收集對奈米科技人才培育進行初步的瞭解，再分析奈米科技融入國小自然與生活科技領域的教案，並輔以種子教師訪談等方式，深入探討教師在教案中所使用的教學策略，以及教師選用教學策略所考慮的因素，針對奈米科技融入國小科學課程時提出教學策略方面的建議。

二、資料收集與分析

(一)教案及教學計畫之文件分析

研究者透過「奈米教學資源庫」來收集過去發展的教學計畫。此資料庫來自網路，由「國立清華大學奈米工程與微系統研究所」管理，此資料庫收集了從2004年到2008年「全國奈米科技 K-12教師教學研討會」種

子教師與學校所發表的奈米科技融入教學的教案、教學計畫及教學資源。此網站所公布的資料都已經徵求作者同意，而公開分享於網路上，只要登入會員皆可使用，國小的教材、教學設計、參考教材共有90筆資料，再加上研究者參與了「2010奈米科技教育研究成果推廣嘉年華會」、「2010臺灣國際奈米週——臺灣奈米科技展」等活動所發表18筆教案，研究者總計共收集到國小教案108筆。

研究者共收集到國小的教學資料共108筆，扣除各區推廣成果說明、重複的資料(教學簡報與教案分屬不同項目者)、各區所發展的奈米科技教育推廣刊物之說明等等，剩餘可分析的教案共86筆教案資料。此外，由於本研究主要目的為探討我國的科學教育，因此有8筆教案將奈米科技議題融入到其他如語文領域、綜合活動、健康與體育等領域的教學，本研究將不做其教學策略的分析，因此，最後本研究所分析的教案共78筆。為深入分析資料，研究者將上述的78筆教案，依照其教學目標及主要的奈米科技概念分成以下五類：

- 1.大自然的奈米現象：奈米科技概念融入國小自然與生活科技領域的教學以大自然的奈米現象為最多，最常提到的概念有蓮葉效應、自潔／疏水作用、壁虎的凡得瓦力、彩蝶效應、蛾眼效應、生物磁導航(如海龜、飛鴿傳書)等，共44筆教學方案。
- 2.小尺寸效應／表面積效應：共24筆教學方案。
- 3.奈米光觸媒：共8筆教學方案。
- 4.巴克球：主要教學目標大多是瞭解巴克球的命名、歷史，以及分析其結構與動手做做巴克球等，共6筆教學方案。
- 5.其他：共11筆資料，其教學目標皆無法分

屬於上述四類。這些教案的教學目標不但沒有重複性且較有深度，分別是以雷射光照射觀察奈米顆粒、QX3電腦顯微鏡觀察奈米級蓮葉絨毛、特殊的奈米數位相紙、製作奈米鐵處理污染廢水、觀察奈米材料的先進顯微鏡、奈米磁顆粒的應用、過濾水的活性碳、神奇的波與光碟片的儲存原理……等主題。

研究者將所收集的教案與文件資料進行初步整理後便著手分析每一份教案所使用的教學策略。依據文獻探討科學的教學策略對教學目標的達成、學生科學素養與科學概念的學習都有很大的影響，而本研究綜合了學者們對科學的教學策略的看法，在科學教育中教師常用的教學策略有七種：增進情境策略、合作學習策略、發問策略、探究策略、操作策略、教學科技策略、增加教材策略等，這些都是有效增進學習效果的教學策略。為提高研究的信度，研究者將各個教學策略的分類、修改與說明如下：

- 1.增進情境策略：教師運用觀察、鼓勵學生省思等以學生的先備知識或學習經驗、生活環境為基礎，來發展教學內容、提升學生學習興趣。
- 2.小組討論策略：取代合作學習策略。由於合作學習有其特定的規準，因本研究僅就文件分析教學策略，因此以教案中常提及的「小組討論」取代合作學習策略。
- 3.發問策略：教師透過提問引導學生學習，以及學生的回答、發表等。
- 4.探究策略：特別強調以學生為中心，讓學生透過探究活動、實驗等過程收集並分析資料，以解決科學研究問題者。
- 5.操作策略：教師安排動手操作的活動或實驗，促進學生學習。

- 6.教學科技策略：教師運用科技來強化教學，包含教學簡報、教學影片、教學動畫等皆為教學科技的教學策略。
- 7.增加教材策略：教師修正、增加教學材料。由於奈米科技融入本身就是一種增加教學材料，因此在本研究中特指教師提供延伸閱讀或活動的策略。

為提高文件分析的效度，本研究採用專家效度的方式來處理，研究者請兩位課程與教學專長的大學教授共同討論並確定上述每一項教學策略的定義，作為分析教案中所使用教學策略的基礎；在文件分析的信度方面，本研究採用「評分者一致性」信度。也就是說，研究中每一份教案中所採用的教學策略為何，是由兩位受過訓練的研究生來評定，在評定每個教學活動所採用的教學策略之前先進行評定訓練：兩位研究生必須清楚瞭解研究所分類的教學策略，並隨機抽取教案，依據其主要活動的陳述來紀錄該教案所選用教學策略的類別，若有差異時，要先經過討論、達成共識。在評定訓練結束後，抽取10份教案由兩位研究者來評定教案中所採用的教學策略並記錄下來，進行一致性統計分析。但是本研究有7種教學策略、屬於多變量，而且所評定的教學策略屬於類別變項，無法採用Cronbach's α 評分者一致性檢定，或者Kappa一致性係數，因此研究者將兩位研

究者所評定的每一份資料，透過斯皮爾曼相關係數求取兩位研究者所評定各教學策略的數量之相關；也就是說，兩位研究者分別對10份教案分析其所使用的教學策略，會獲得各教學策略的數量，並求取兩位研究者所評定結果的相關係數。如果達到.70以上的相關後，表示兩位研究者對教案的評定具有一致性，本研究的評定訓練才告完成。表1即為兩位研究者各項評定結果的相關係數。

如表1所示，A研究者與B研究者評定此10份教案，其結果顯示各教學策略的數量都有達到.70以上的相關，而由於兩位研究者都發現此10份教案皆未使用「補充教材策略」，所以呈現無數據的情況。因此，A研究者與B研究者評定此10份教案的教學策略，其結果顯示具有很高的一致性，所以兩位研究生教學策略的評定訓練完成，並開始由此兩位研究生進行本研究中所有奈米教案的教學策略評定。

(二)種子教師訪談

本研究在參與奈米科技人才培育的種子教師中分別選取五區願意接受訪談的教師進行訪談，邀約結果共有10位教師願意加入訪談，其中9位自2003年即加入奈米科技人才培育的種子教師，至今仍不斷發表、創新奈米科技概念的教學計畫、甚至是將奈米科

表1：A研究者與B研究者評定個別教學策略數量的相關係數

	A增進情境	A小組討論	A發問	A探究	A操作	A教學科技	A補充教材
B增進情境	0.905						
B小組討論		0.895					
B發問			1.000				
B探究				0.816			
B操作					1.000		
B教學科技						1.000	
B補充教材							--

技教育帶入校園、發展為學校本位課程的領頭羊，其所發表的教案也在本研究所分析的教案之中，同時也有一位新加入、同意接受訪談的種子教師。該10位種子教師的背景資料如表2，他們目前的教學領域雖然並非都是自然科任老師，但是他們都曾經在自然領域課程中進行奈米科技的教學，或者在科學社團、科學營中進行奈米科技教學的相關經驗。

根據文獻探討，教師個人的教學理念、實務經驗、教學實施的方式、學生學習結果的回饋等都會影響教師在進行教學設計時的教學策略選用。因此，本研究為瞭解種子教師在將奈米科技概念融入教學時所採用的教學策略；其決定教學策略的思考過程是否與教師的教學經驗、受訓過程等有關；以及參與奈米教育推廣活動如何促進教師教學能力。因此，研究者運用半結構式訪談，根據研究問題訂定提綱，並採用專家效度，由兩位課程與教學專長的大學教授依據研究問題與目的檢視提綱，再依據提綱訪談種子教師，並收集資料。

本研究的訪談分兩個階段進行，第一個階段的訪談重點是：「教師進行奈米科技教

學時選用的教學策略及其緣由？」、「教師進行奈米科技教學時選用的教學策略與自然科教學的是否有所異同？」等。第二階段的訪談重點則為：「參與奈米科技人才培育計畫的種子教師訓練課程、各項研習與展覽活動，對教學策略的選擇有甚麼影響、或者轉變、心得、感想？」、「在教師所參與的培訓團隊中可以獲得那些資源或協助？對教學有甚麼助益？」。每一階段訪談進行約60至90分鐘。

本研究希望透過教案分析以及種子教師深入訪談，來探討奈米科技融入教學時教師選擇教學策略的決定，因此，研究者所訪談的種子教師其學校團隊所發展的教案也會在分析之列，藉由種子教師的教案成果與正負面訪談資料並陳的多元驗證方法，提高本研究的「內在效度」。此外，在將訪談資料轉錄為逐字稿後，研究者依據「教學策略、教師專業成長」為主要的類別向度，把訪談資料與教案等文件反覆閱讀和比對，將逐字稿分段、切割、檢視、概念化並編碼，歸納為10種類別：教學資源、教師專長、教學經驗、教學時機、教學內容、學生的學習、教師的內容知識、學科教學知識、學習社群，

表2：接受訪談種子教師背景資料

種子教師	教學領域	性別	區域	專業學科背景	備註
I01	自然科任老師	女	中北區	國小師資班	新加入者
I02	級任導師	女	中北區	幼兒教育	
I03	自然科任老師	女	南區	數學專長	課程與教學
I04	自然科任老師	女	東區	課程與教學	
I05	教師兼主任	男	東區	科學教育	國小師資班
I06	自然科任老師	女	東區	國小師資班	
I07	教師兼主任	男	中區	科學教育	語文專長
I08	自然科任老師	女	北區	語文專長	
I09	自然科任老師	女	北區	語文專長	科學教育
I10	自然科任老師	女	北區	科學教育	

以及教師專業成長的自我需求等。最後，由兩位研究生反覆審閱編碼資料，並就資料的分析與解釋反覆比對，在顧及「外在效度」與研究倫理的同時，研究者將會把分析的觀點和結果給參與訪談的種子教師進行查證。

肆、研究結果與討論

本研究旨在透過教案的文件分析與種子教師訪談，探究奈米科技融入國小自然與生活科技領域的教學策略，因此，將研究結果與討論分為教案分析與種子教師訪談等兩個部分。

一、國小自然與生活領域奈米科技教學策略之分析

研究者先依教學目標分類教案，再評定每一份教案之教學活動設計所選用的教學策略，並針對每一份教案所出現的教學策略次數進行加總做成如表3。

根據表3，研究者將國小奈米科技教學策略歸納為下列幾個要點：

(一)教學科技策略運用最多

教學科技策略在教案中共出現121次，共佔全數之27.7%，其中包括有教學簡報(91

次)、教學影片(24次)、教學動畫(6次)等三種，這表示：

1. 奈米抽象的性質，影響教學策略的選擇

奈米事實上就是一種長度單位，一奈米相當是十億分之一米，為了讓國小學生能對奈米有初步的認識，教師會運用教學影片和動畫，讓學生認識奈米、奈米的發現等，如教案編號6「奈米世界真神奇」、15「認識奈米科技」、編號17「奈米時代來臨了」……等引發學生的興趣；而在進行操作策略後也會提供簡報、動畫等教學科技策略，促進學生理解肉眼所看不見的奈米結構，如教案編號20、21、22等的奈米實驗。

2. 奈米科技教學資源豐富

國科會從2003年推動奈米國家型科技計畫至今，由於奈米科技在國小課程來說是新的科學概念、對國小學生來說既陌生又抽象，各參與大學不僅致力於種子教師的培訓，更共同發展許多教學資源，特別是奈米知識的卡通影片，如「小奈小米驚奇之旅」、「大自然中神奇的奈米現象」、「小小世界大不同」、「奈米超人」……等，都是教師經常用來引起動機或者作歸納總結的教材，生動活潑的引導學生認識奈米科技。當然，許多圖檔、簡報材料的取得、教師奈

表3：教案中所出現教學策略的次數總表

奈米科技概念	增進情境	小組討論	發問	探究	操作	教學科技	補充教材
1.大自然奈米現象	19	17	40	9	58	73	3
2.小尺寸效應	11	16	25	5	26	25	2
3.奈米光觸媒	3	5	5	0	5	7	0
4.巴克球	4	4	6	0	7	6	0
5.其他	7	10	11	3	13	10	2
總數	44	52	87	17	109	121	7
比例	10.1%	11.9%	19.9%	3.9%	24.9%	27.7%	1.6%
排名	5	4	3	6	2	1	7

米知識的提升，都是奈米國家型科技計畫教材發展的成果。同時也代表著，未來若能於國小課綱中將奈米科技融入，那麼教師們便有許多教學資源可運用，而且不虞匱乏。

3. 教師資訊素養的重視

教學科技的運用可以有效提升學生的學習興趣以及效果，在學校中許多教師都能使用電子書、網路資訊、電子白板等教學科技來充實教學，而奈米的種子教師們也能自行製作簡報、Flash動畫、建置網頁來融入教學，充分顯示出在這數位時代中對教師資訊素養的重視與提升。

從文獻探討中Schroeder等(2007)的各個科學教學策略對學生學習效果影響力的後設分析所示，教學科技策略的成效是八個教學策略之中的第七名；Gagne等(2005)也認為教師將科技運用於教學時，也要特別注意考慮學生的特性、學習的目標來決定要運用何種教學科技。從本研究的教案分析中，教學科技策略之教學簡報佔最多數，透過簡報教學雖然仍為教師講述，但是教師卻必須有充分的教學準備：收集奈米圖片、構思學生學習各概念的順序、確實規劃教學活動等，這與純粹的直接講述或者教學影片的觀賞有很大的差別，其效果往往也不盡相同。

因此，研究者認為教學科技策略在教學中確實可以有效的引起學生學習的動機，當然在科學的教學過程、多元策略的強調下，再加上奈米科技概念又無法用肉眼見到，透過教學科技策略常常可以進行生動的解釋、說明科學概念，但是教學科技並不是萬靈丹，教師永遠是設計課程與教學的靈魂人物，教師必須時時提升自己的資訊能力，並且更專業的考慮課程整合的問題，有效的將教學科技策略與同儕互動、討論、實驗驗證結合，將更能發揮教學科技策略的效果。

(二)操作策略方面

美國國家奈米教學與學習中心將奈米科技融入於學校科學教育，其所強調的教學方法與策略，除了以探究的提問來驅動教學之外，學生的操作活動也很重要，因為奈米尺度是肉眼所看不見，所以必須透過模型類推或者操作的方式來指出主要的概念，一方面教師可以從活動或者實驗結果來強化學生的概念；一方面學生也能依據所收集到的資料解釋並深入瞭解概念(Orgill & Crippen, 2009)。曾國鴻與陳沅(2005)對國小師生對奈米科技融入課程的研究也顯示，生活化的題材能提高學生的學習興趣。

在教案分析的教學策略計量總表中，操作策略的運用頻率僅次於教學科技策略，而研究者所參加過的K-12奈米科技教育論壇、教育研究成果嘉年華會等會議中，總少不了「動手做」的體驗活動。在教案中更有許多生活DIY的動手做活動，例如：奈米布、奈米雨傘、光觸媒除臭襪等生活應用，不僅能將抽象的奈米科技概念變得生活化、促進學生的理解，同時也能促進科技與生活的連結，有助於達成我國的科學教育目標「使每位國民能夠樂於學習科學，並瞭解科學之用」(教育部，2003)。

(三)發問與小組討論方面

繼操作與教學簡報之後，使用非常多的就是發問策略與小組討論策略。曾國鴻與陳沅(2005)的研究透過對師生訪談，肯定科技新知落實於國小課程是可行的，而且學生肯定科技新知課程對自我科學能力的提升，只是教學方法與內容需能具體與生活連結，並增加討論與互動的多元經營方式。蔡明容與黃萬居(2006)探討奈米科技融入五年級自然與生活科技領域的教學模組與實驗教材，其研究

也建議，對學生與教師來說奈米科技都是新的科技，為避免學生迷思概念的產生，必須透過討論、釐清問題、設計實驗等過程來建構正確的奈米科技概念。

因此，研究者認為在教案分析中，發現教師採用發問策略與小組討論策略，對奈米科技概念的建立是很重要的過程，特別是奈米科技仍屬於一個新的科技議題，對學生來說是全然陌生的學習內容，雖然本研究並無實際於教學現場作深入的科學對話研究，但是相當肯定種子教師所使用的這兩種策略，讓學生能對科學概念的建立很有幫助。

(四)探究策略方面

「探究」教學策略是相對於直接／講述的教學策略，但是因教學過程的某些重點的差異、教學活動目的不同，以及其所強調的內涵不同，而有許多的教學方法，例如：STS導向教學、問題解決教學法、5E學習環教學、發現教學、過程技能探究……等等，雖然如此，這些教學方法或策略都是屬於「探究」策略的範疇(王美芬、熊召弟，2006)。

科學教育的目標因為時代的變化與社會的要求歷經了變革，從科學知識的累積，轉變為強調探究的科學過程技能，除了獲得科學內容，還希望學生能發展出批判思考、推理等較高的認知能力，因此美國國家研究審議會制訂了國家科學教育標準將「探究」視為科學的內容與學習科學的方法，探究的概念出現在科學教育標準中，它不僅是學習的目標也是教學的方法(National Research Council, 2000)。同樣的，我國九年一貫的自然與生活科技領域的課程目標從九年一貫的課程綱要看來，科學教育已有許多的別於以往的目標：從重視科學完整概念與知識的

學習，轉為強調科學過程技能的學習與基本生活能力的培養，也就是透過探究的教學策略、重視知識／概念產生過程的教學；從教師本位的講述式、驗證式／食譜式的教學方式，轉變為以學生為中心的探究式活動，並兼採合作學習的教學理念(鄭湧涇，2005)。

探究是相當重要的科學教學策略，而根據本研究的教案分析結果，探究教學策略雖然只有佔3.9%，但是研究卻發現資料發表時間自2004年開始至2010年，使用探究策略者都集中在2006年之後，以2008、2010年者為最多。由此可見探究策略的比例並不高，但是卻都集中在近年的教案，這顯示了奈米科技種子教師培訓的一項成就。或許種子教師們在剛開始學習奈米科技概念之時，採用平時教學最熟悉的策略，而培訓過程中的科學教學方法的訓練中，提供了探究教學的訊息，而開始嘗試運用之，所以這部分值得在訪談時與種子教師做確認。而在教案中所採用的探究教學策略有問題導向學習、STS教學、建構取向等探究策略，讓學生透過探究的方法來發展科學方法與科學態度。

二、種子教師訪談結果

本研究除了探討教師將奈米科技融入國小自然與生活科技教學時，其所常用的教學策略之外，教師將奈米科技概念轉化為教學內容時，其方法、歷程、所選用的教學策略，以及種子教師對教學策略觀點的改變亦為本研究之重點。因此，本節將分成幾個部分來探討：(一)影響教師決定教學策略的因素；(二)種子教師對教學策略觀點的改變。

(一)影響教師決定教學策略的因素

正如同本研究在教案方面的分析結果顯示，愈是後期的教案，其選用的策略會更

強調以學生為中心的探究或者概念的建構方式。從訪談資料看來，種子教師在選用教學策略時會考慮下列的因素：

1. 視概念性質選用教學策略，並強調動手做的教學策略

由於奈米是肉眼不可見、甚至是抽象的尺度概念，因此種子教師為提升學生的學習興趣，會強調多用動手做的操作實驗，I03老師說：「盡量把課程內容可以用輕鬆簡單的方式，因為我的部分有很多實驗操作的東西，我當然會採納些讓他們更瞭解蓮葉效應的內容。學生比較喜歡有動起來的感覺，就把這個放進課程裡面」(I03TS-L)。

I02老師為了讓學生理解抽象的概念，強調動手做是最能引發學生學習興趣的策略，他說：

舉奈米科學微觀概念的教學為例，通常我們會使用投影片來告知學生一奈米與實物(地球和彈珠)之間的比較來讓學生體會其大小，然而有一個迷思在此發生：有哪個學生知道地球有多大？畢竟我們都沒有去過外太空，所以我們是用一個抽象的概念教導另一個抽象概念，對小學生而言，真的很難想像。為此，我們會準備一般的放大鏡(約5倍)、鏡筒式放大鏡(10倍、15倍)、顯微鏡……等教學，讓孩子們觀察同一個東西，並就顯微鏡所示之物再推演至奈米層極微結構，這樣孩子比較能想像。(I02TS-L)

I09老師也說：「一定要動手做，因為他們不動手做他不會親眼看到，所以我覺得奈米這個東西，我一定是說讓他們動手做，我才設計這個課程，否則我在這邊講了老半天

他們不懂」(I09TS-L)。

事實上，在教案分析時研究者也發現，通常在講到較知識性如奈米的尺度、巴克求的由來、奈米的由來、奈米之父等，較偏重知識性、科學史方面的主題時，教師則通常是採用簡報並搭配影片的方式；而在自然界的奈米現象、小尺寸效應等概念建構的部分，就會採用探究、操作與小組討論等方式，正如，在教案分析中所得到的結果，探究教學策略多用於自然界的奈米現象、小尺寸效應，以及其他類別中有關於奈米相紙、顯微鏡主題時，也會採用探究取向的方式。例如：在「其他」類編號5的教案中提到，從分享生活照過程中，教師展示三種材質的相紙，並說明奈米相紙的特性後，由學生討論實驗方法、設計實驗來驗證。所以，在種子教師更能掌握奈米科技的知識，以及將奈米科技融入教學更有經驗之後，就比較能夠依據概念的性質來決定教學策略。

2. 推廣形式以奈米科學營、社團教學較能引導學生探究學習

為了推廣奈米科技，種子教師將奈米相關概念融入課程，但受限於課程進度與課程時數，會特別以奈米科學營及社團教學讓學生進行探究活動，而師生共同透過探究還會有驚人的發現，甚至在科展中拿到了好成績，I01老師說：

我們有科學社團去年都做奈米的部分，原則就是讓她們自己去發現。因為那時候有SARS 要噴那個消毒水，我們做奈米課程時就是要噴那個蓮葉。想說奇怪，拿著那個噴頭噴，通通塌下去，我們就很訝異，怎麼可能！照理蓮葉應該有水珠阿，然後老師們都急了，想說怎麼辦！

後來下課之後，拿了瓶子看，才發現那個是拿來裝酒精的。(I01TS-L)

I01老師的學校團隊還在連續四周的週休二日，辦理奈米科技的推廣教育，讓非社團、有興趣的同學，一起來探究學習。I02老師、I04老師、I05老師、I06老師也會透過週休二日或寒暑假科學營的方式來進行完整的奈米科學教學和推廣，I05老師表示：

過去的教學法比較是告訴孩子一個現象，讓去操作跟實驗，但是現在的科技我們在講奈米科技的課程設計是要關心奈米跟未來人類社會這很重要。我們在探究的過程。它比較花時間，所以有兩個方法，一個就是科學營隊用寒暑假的時間去探究，第二個就是在現有的基礎上加廣一點，因為在課程時間的壓力下，要探究我相信是有困難的。(I05TS-T)

目前國小自然與生活科技領域有既定的教學內容、授課時間，如果要加入奈米科技的教學內容，在教學策略的選擇上確實會比課後或假日的奈米科學營或社團還要受限。教師在奈米科學營與社團中確實會使用較多元的教學策略，特別是種子教師於培訓後身負推廣奈米科技的責任、引起學生對奈米的興趣，再加上經費的挹注，教師們基於「教學相長」、辦理科學營隊，引導學生探究學習，並培養學生的科學能力，因此教學策略的選用就會偏向探究策略、操作等，並能深入的探討奈米科技。而在課程內融入奈米概念時，畢竟奈米只是科學的一部分，受限於既定的授課節數與課程內容，必須以課本的教學目標為主，並加入奈米的概念，因此教學策略的運用較有限制。所以，研究者認為，由於奈米科技人才培育計畫，一方面培

育種子教師，一方面還能透過經費補助奈米科學營的活動、以多元的教學策略深入探究奈米科技，這對奈米科技的推廣與學生科學探究能力的培養有很大的助益。

3. 參與學習社群能支持教師勇於變化教學策略

奈米是新的科技議題，對國小教師而言更是新的內容知識，然而我國奈米科技人才培育計畫培育種子教師不僅在提升科學教育，還要能推廣奈米科技，因此除了發展課程外，還要辦理推廣的教師研習課程、以及假期科學營，「人力資源」將是很重要的助力。

本研究訪談的種子教師都提到了需要有志同道合的同事共同推動奈米科技的教學活動，事實上，「教師專業社群」是近年來重要的教師專業成長的方式，Roberts與Pruitt (2003)基於學習型組織的觀點，認為如果學校的成員可以組成專業的學習社群，那麼將對教師的專業發展產生很大的影響。這樣的學習社群具有學校本位的性質，教師成為專業的學習者，可以分享教學策略、尋求改善教學成果的方法；同時教師本身也具有領導者的角色，主導著他們的專業學習，共同充實他們所需要的能力、知識。如此一來，教師不僅增進了專業的對話，改善了孤立、個人主義的教師文化，當然也能在與同事的合作過程中，反省個人的教學實踐，將有助於提升學生的學習、達成學校教育目標的責任感。所以I02老師說：「專業社群的學習較無壓力，且人數不用太多，時間也比較好安排，要帶同仁們到xx大學的實驗室操作也比較方便……」(I02PG-LC)。

I05老師則認為他個人在科學教學從知識導向到探究教學策略的轉變，同儕佔了最

大的因素，I05老師說：「我們學校裡的老師大部分對教學部分很引以為樂的，所以在教學這個部分平常就有討論的習慣，那我們學校有一個TEAM，主要是x老師(本研究的I06老師)，過去在科學教育探索，探索教育這一塊，應該說科學探究這是他的專門」(I05PG-LC)。

I05老師與F老師是同事，I06老師說：「我們學校推動已經五六年了，剛開始大家還在摸索時，就會比較知識導向，但是一輪下來會發現孩子學習的層次和內涵不夠，因為奈米有許多東西仍待探索」(I06TS-L)。

所以，在教師團隊討論奈米科技融入教學的檢討與省思之後，I06老師說：

我們現在就會轉向希望培養孩子成為奈米探索家，孩子本身就是奈米研究者，雖然年紀很小，但是如果有一些學習的習慣、探索的習慣，他會從現象去觀察、去發現問題，從孩子的角度去發現、去小組協商、去建構解決問題的策略，這就是我們要給予孩子去思考、解決問題的能力。(I06PG-PCK)

而I04老師的學校也將奈米融入課程並發展學校本位課程，他也說：

我們學校的老師都很棒，大家的配合度很高，應該大家都是很努力拉，只要妳告訴我們發現奈米相關的概念，妳要來告訴大家他有什麼特性，我們就會準備獎品送給他，再來我們設計的部分絕大部分都是自然科裡面教的，還有數學阿，還有國語，有些科任老師也要去教，有90%的老師都可以去。(I04PG-LC)

此外，對剛加入的老師來說，教師專業社群尤其重要，I02老師說：「我們上完一次就會討論說彼此上完怎麼樣，時間太多或時間太少我們會修正，之後可以加入甚麼活動或甚麼延伸」(I02PG-PCK)。

因此，郭重吉(2006)認為建立數理教師的學習社群，會是科學師資培育的一項重要的方式。由於科學教育的目標、教學策略取向的轉變，科學教師必須充實內容知識與學科教學知識，如果能組成數理教師學習社群，將會對教師知識的促進有所幫助。奈米科技自從2003年開始進行人才培育工作，也吸引了許多對科學教育有興趣的教師參與，在最初參與時對奈米科技仍相當陌生，但在摸索階段有許多志同道合的同事共同檢討教學活動、研發教材，不僅增進了對奈米概念的瞭解，還能促進對所選用的教學策略的省思、確實對教學結果檢討教學方式、調整個人對科學教育的理念，這些對教學是最重要的，也是與學生的學習最迫切關係的重點。因此，研究者認為透過奈米科技人才培育計畫而形成的種子教師社群，不論校內或校際間的專業學習社群，對教師調整或試驗不同多元教學策略是個很大的支持力量。

4. 各區人才培育中心的培訓課程支持教師嘗試多元的教學策略

對教師而言，奈米也是全新的內容知識，2003年「全國奈米科技人才培育計畫」，也在由教育部顧問室督導設立了五區(北區、桃竹苗區、中區、南區、東區)的人才培育中心培訓國小、國中、高中(K-12)的種子教師團隊(國科會科教處，2009)。除了剛加入的I02老師，其他教師都認為大學的培訓課程提供很多教學策略、資源與協助，I01老師說：

有些我不知道要用什麼方式來做，上了課以後，像我們彩蝶效應也是阿，才知道有那些活動，彩蝶效應就是用偏光片，因為我們蝴蝶不是翅膀有變色嗎，我們以前有解釋說他為物理色化學變化，所以後來才知道他裡面很多光柵。(I01PG-PCK)

I07老師也認為：

參加奈米培訓知識性當然更進階，然後你會讓孩子更認定你是一個個不跟時代脫節的老師……我認識了好多好重要科教界的人，然後這些人都很願意提供給我們教學的資源。(I07PG-PCK)

因此，郭重吉(2006)認為除了專業學習社群，對在職科學教師來說，近年來教育大學、科學家、中小學教師的跨領域合作，不僅提升數理教育品質，還能研發與規劃新的科技課程，讓新的科學或科技議題也能融入於教學之中，不僅讓學生直接的體驗到科技的進步、提升學生的學習興趣，更能提高教師對學科內容知識的更新與掌握程度。研究者認為這樣的合作形式，一方面對科學家而言，他們具有專業的科學內容知識，可以提供種子教師正確且深入的內容知識；另一方面對種子教師而言，在研發科學教學活動時，若發現問題就可以隨時向科學家進行諮詢，可以強化學科教學知識與內容知識的結合，同時由於教師充實了內容知識，也可以避免教師科學課時出現逃避的策略，並且可以提高學生討論、探究教學策略的效果。

(二)種子教師對教學策略觀點改變

在研究者所訪談的國小種子教師中，有一位從未參加過培訓課程，而是99學年度剛加入、跟隨學校同年段的老師推廣奈米科

技教學，I02老師說：「我分配到的是蓮葉效應，我就上網去找，我們也要瞭解奈米的一些知識，我也有打奈米去些網站看些人的學術研究論文，或別人上過課的教案，好像清大也有搜尋到一個資源庫的東西」(I02TS-R)。

由於I02老師才剛加入，他模仿其他教案在蓮葉效應的教學時運用動手做的操作策略，同時也獲得了學生熱烈參與的回應，他說：「就自己設計一個教學活動，那個過程還蠻辛苦的。在我上蓮葉效應的他們還蠻高興的，因為可以實驗就覺得很好玩、可以碰水阿」(I02TS-L)。

針對所選擇的教學策略，I02老師說：「我們因為都不懂，只能用以往的教學方式，上課方式都用講述阿、或是帶些影片、或是做些活動，只是內容不熟悉，在教之前要查很多資料，不然講起來感覺很不紮實或是沒有話可以講」(I02PG-CK)。

對於進行奈米科技教學的教學策略運用方面，I02老師希望還可以再加強，他說：「我們是希望看完整的課程能怎麼上，一方面是提升我們對奈米課程的教學」(I02PG-TN)。不過，由於I02老師後續並沒有再針對奈米科技教學進行更深入的探究，而他的改變也僅只於表面上的模仿其他的教案，對於奈米科技教學策略的使用也仍停留在以往常用的教學策略，所以他在教學策略方面的專業成長模式只能屬於短暫的「改變序列」(change sequence)，呈現如圖4。

除了I02老師之外，其他的國小種子教師在奈米科技人才培育第一期計畫就已經加入培訓，在奈米科技教學策略的專業發展方面，他們認為不論是奈米科技內容知識的培訓課程或者教學學習理論的應用課程，都對

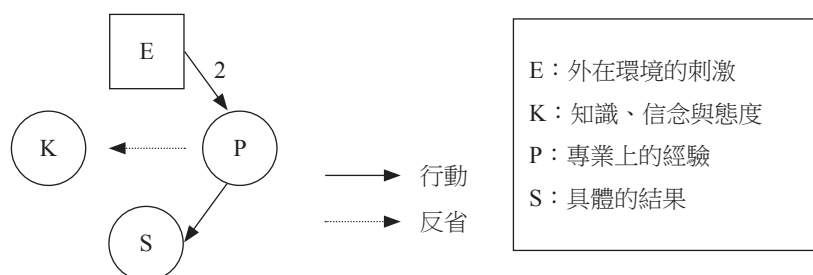


圖4：I02教師的改變序列

教師的教學知識有許多的增進(1K)，而種子教師們都表示，隨著每一次的奈米科技嘉年華會的教學分享與交流，他們就會在教學中嘗試新的教學策略並且發展新的奈米科技教學(2P)，而學生的學習成果與回饋訊息(3S)不僅是他們調整教學的依據，同時也是教師成就感與後續努力的動機(4K)。所以國小的種子教師們會透過教學活動的省思(5K)與學生的回饋不斷的調整教案、再教學(6P)，甚至會在奈米科技嘉年華會等的教學成果發表會中發表教學成果與教學策略的多元運用(7E)，其教學策略的專業成長模式如圖5。

尤其，I07、I08老師除了透過培訓課程與學習社群增進了奈米科技的相關知識與教學模組、教學策略的應用，可是比其他教師更明確的是，他們在培訓過程中針對教學策略進行了行動研究，I07老師說：「是利用兩個同質的營隊進行教學法效果的探討，一是從『理論、實例、動手做、驗證』著手；

另一是從『動手做、實例、理論、統整』著手，最後比較前後測資料後發現：後者的學生知識概念的改變比較顯著」(I07PG-PCK)。

I04、I05老師則是在奈米科技教學剛開始的摸索階段比較傾向以知識導向的教學，但是推廣了一段時間後，發現學生的學習層次與深度不夠，再加上奈米科技仍處於發展中的特性，所以經過教學團隊的反省後決定轉向為以探究的教學策略，教科學知識不如讓學生學習透過探究而獲得知識的過程，I05老師說：

我們現在就會轉向希望培養孩子成為奈米探索家，孩子本身就是奈米研究者，雖然年紀很小，但是如果有一些學習的習慣、探索的習慣，他會從現象去觀察、去發現問題，從孩子的角度去發現、去小組協商、去建構解決問題的策略，這

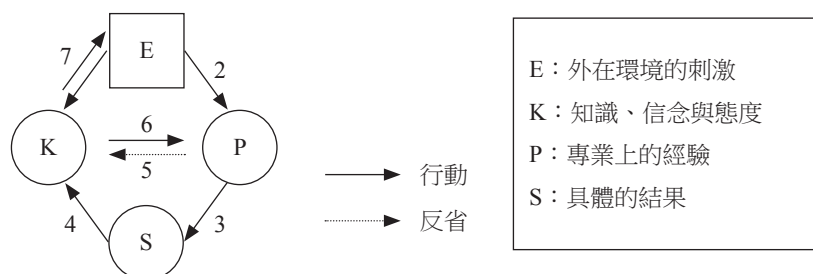


圖5：國小種子教師的成長網絡

就是我們要給予孩子去思考、解決問題的能力。(I05PG-PCK)

所以，I04、I05、I07、I08老師的專業成長模式在圖5的5K透過教學活動的省思與學生的回饋不斷的調整教案地方會更加明確。

事實上，種子教師們在參與奈米科技人才培育計畫過程中的「成長網絡」對於自然與生活科技領域的教學策略運用也會有所影響。I04老師說：「我們還沒有接觸之前可能是偏傳統的，但是我們踏入這個研究以後，如果有時間上的自由度，我們會走的非常的開放，但是實際我們在教的時候會回來，我會帶入那個精神，我會看實際的狀況，發揮到什麼程度」(I04PG-PCK)。所以，在教學策略的專業成長影響I04老師的信念，並且會在其他的科學教學中視課程時間與內容可以有更多的可能性。

在奈米科技人才培育的多年與多元的培訓課程中，I10老師認為這對於他的教學策略的運用，以及對於引導學生更深入的思考相當有幫助，他說：

在我們教學上我們會聯想到我們教學上可以怎麼樣去運用，這是對我的幫助，然後怎麼去引導學生再更深入的去觀察或是去聯想，在他生活中去聯想。而不是只有很表面上的說什麼顏色，那顏色會講到光子晶體的那些什麼的，可是我們以前課程安排只是紅黃藍，就是那些顏色可以運用到什麼紅綠燈啦，還有晚上穿的衣服要亮一點阿避免車禍，可能就這種表淺的常識。可是現在我們會探討到一些科技的議題，還有一些電腦資訊的一些運用，我們可以運用的東西，那小朋

友就會去蒐尋那些東西。(I10PG-PCK)

I01老師也認為，他在經驗了奈米科技的教學與培訓後在師生互動方面與教學資源方面都產生了一些變化，他說：「我覺得上課和之前比起來不太一樣，在教材部分就可以拿奈米來舉例來講……。自然課就是一個啟發，讓他們有一些習慣，觀察啦、記錄或是一些探究的，我們上課都一直討論，和以前不太一樣」(I01PG-PCK)。所以I01老師在平時的自然領域教學除了可以把許多奈米科技的概念作為延伸教學的題材，同時他在教學時與學生的互動也非常強調發問與討論，並且透過多元教學策略的實踐讓學生養成正確的科學學習習慣。由此可見，在多位種子教師的反映下可以發現，他們在奈米科技教學策略的專業成長，影響了他們對科學教學的信念與教學實務、師生互動的品質，因此他們的專業成長也會影響著他們的科學教學。

不過，雖然種子教師們都提到參加奈米科技團隊對教師的專業成長有很大的幫助，也非常希望有更多教師能加入奈米科技推廣的行列，而且奈米科技教學的團隊需要有新血輪的加入，激盪出更多元的奈米科技教學可能性，所以I06老師提到由於自己看到教學目標的達成、學生的學習興趣提升，曾經邀請其他教師來加入團隊，但是對於陌生的教學內容、教學策略，其他教師還是會採取保守的態度，I06老師說：

同事會告訴你，會很麻煩耶，可是這樣做的效果會很好，在孩子身上的效果會很好，那我會問他說那你覺得怎樣做會不麻煩，我會把麻煩的部分幫你去掉，你只要做不麻煩的部分。後來就有會，比如說，前置作業，你也不用準備材料，可是

我會覺得這個就會失去了那種老師自己在裡面的主動性。(I06PG-PCK)

而I09老師也遇到了相同的情況，校內同事看到了奈米科技教學的教學活動與成果，有一些老師也想加入一起來推廣奈米科技的教學，他說：「像我之前有些老師也有來講過，進來聽過之後，他就覺得他不知道如何下手」(I09PG-PCK)。所以，其他教師也認同奈米科技教學，可是想加入的教師卻因為陌生的教學內容與策略、與現行的教學與很大的不同，不知從何下而作罷。

I08老師也經歷過這樣的困難情境，由於校內奈米科技的教學團隊都陸續退休，為使推廣教學持續運作，也邀請校內教師參加，但是校內同事會裹足不前，他說：「這個東西本來就比較自主性，我們想做就做，那甚至他講到時候我們教自然我們要不要作報告？放心！不用！任何報告都是我們來作，你們不用怕，那還是不願意阿！我認為是比較害怕自然課，第二個是會怕工作分量很重，工作分量會加重」(I08PG-PCK)。

研究者認為，上述種子教師在奈米科技人才培育計畫中有很多方面的專業成長，更獲得了學生學習效果與興趣提升的成就感，很希望能讓更多的教師加入，可是由於國小教師很多都是非理工專長背景，對於科學的教學、科學過程能力的培養可能無法具備完善的學科教學知識，再加上奈米科技是全新的教學內容，內容知識不足也是很大的問題，所以教師一方面會害怕教科學、進行奈米科技教學；另一方面，從IMPG教師專業成長模式來看，教師要學習更以學生為中心的教學策略來進行奈米科技教學，則必須經歷培訓課程增進內容知識與奈米科技的教學知識、個人的教學實踐、從學生的學習結果來省思教學等。因此難怪教師們會不知從何下

手，而且個人在學習方面的工作分量一定會增加許多，除非有很大的動機，否則真的很難開始第一步。

綜上所述，研究者認為種子教師在進行奈米科技教學時的教學策略的專業成長，教師除了具備主動性，還必須經過有系統的培訓、行動、教學試驗、反省等過程，才能形成很穩固的專業「成長網絡」(growth network)，因此，如果只是偶爾辦理推廣的研習活動，雖然奈米科技已經發展出許多的教學資源、動手做與探究教學模組，教師們一樣會採取保守的態度，或者只是強調奈米科技知識的傳遞，這對於教師運用多元的科學教學策略方面較難產生更進一步的影響力。所以研究者認為，要促進奈米科技教學時的教學策略更以學生為中心，甚至能影響國小自然與生活科技領域教師的教學，那麼就必須有系統的介紹奈米科技以及多元的教學策略、引導教師的教學實踐與反省，才能有效的促進教師教學策略的專業成長。

伍、結論與建議

一、結論

本研究透過教案的文件分析與質性訪談，以瞭解國小奈米科技的教學策略，以及影響教師決定教學策略的因素。基於前面的研究結果與討論，奈米科技人才培育計畫從2003年到2010年期間，教師在教學策略的選用上，以教學科技策略運用得最多，教師也經常使用動手做的操作策略、發問策略、討論策略等，而探究教學策略更有逐年增加的趨勢。

從種子教師訪談與文件分析中發現，教師會視奈米科技本身概念性質來選用教學策略，而不同形式的教學活動如科學營，會影

響教師運用不同的策略來提升學生的學習興趣與科學能力；而且基於校內或校際間的專業社群與教育學者、科學家的跨領域互動，支持種子教師調整教學策略與發展多元策略的教學活動。這些都是影響教師選擇教學策略的主要因素。

種子教師奈米科技內容知識的增進，也會影響教師運用多元的教學策略，而國小教師很多都是非理工專長背景，對於新興議題科學教學、科學過程能力的培養可能缺乏信心，也會影響他們選擇適當的教學策略，所以種子教師在面對奈米科技等新興議題的科學教學時除了必須具備主動性，還必須經過有系統的培訓、行動、教學試驗、反省等過程，才能形成很穩固的專業「成長網絡」，有效促進教師教學策略的專業成長。

二、建議

奈米科技不僅是新興的科技，而其本身跨領域、跨學科的性質，對於從未在師資培

訓階段學習過奈米科技的國小教師而言確實是一項挑戰，而科技與科學知識的日新月異也是科學教師必定會面臨的現實，因此奈米科技人才培育計畫提供了在職教師、教育學者、科學家三方面的跨領域專業社群，這對在職科學教師是非常好的專業成長方式，可以廣泛運用於科學教師的專業成長活動。此外，雖然在近幾年的教案中較有探究教學策略，但是教學策略的運用與發展還是應為奈米科技人才培育計畫中教師培訓需繼續努力的方向，因此建議必須有系統的介紹奈米科技以及多元的教學策略、引導教師的教學實踐與反省，才能有效的促進教師教學策略的專業成長。

誌謝

本研究感謝國家科學委員會專題研究計畫經費支持(NSC100-2120-S-007-001-MN)與教授的指導，同時感謝接受本研究訪談的奈米科技種子教師。

參考文獻

1. 王美芬、熊召弟(2006)。國小階段自然與生活科技教材教法。臺北市：心理。
2. 王財印、吳百祿、周新富(2009)。教學原理。臺北市：心理。
3. 吳文龍、徐愛鈞、黃萬居(2012)。偏遠地區國小教師奈米科技課程設計與教學之行動研究。物理教育學刊，13(1)，11-24。
4. 國科會科教處(2009)。奈米國家型科技人才培育計畫專刊。臺中市：國立中興大學。
5. 張玉成(1999)。教師發問技巧。臺北市：心理。
6. 張政義(2008)。奈米科技融入國小自然與生活科技課程之教學研究。物理教育學刊，9(1)，109-122。
7. 教育部(2003)。科學教育白皮書。臺北市：作者。
8. 莊福泰、許瑛珪(2006)。科學教師應用資訊科技於教學的回顧與展望。教育研究，152，64-74。
9. 郭重吉(2006)。科學師資的培育。教育研究，152，5-11。

10. 曾國鴻、陳沅(2005)。國小師生對奈米科技之熟悉度、學習需求及其融入課程研究。《科學教育學刊》，**13**(1)，101-120。
11. 黃佳媛、許良榮、陳欣琦(2011)。小學奈米科技核心概念之研究。《臺中教育大學學報：數理科技類》，**25**(1)，1-22。
12. 趙毓圻、熊召弟、于曉平(2011)。臺灣中小學奈米科技實驗教材之內容分析。《教育科學研究期刊》，**56**(4)，1-42。
13. 潘文福、游可如(2011)。奈米專家對奈米相關議題實施於國小教學適切性之研究。《科學教育研究與發展季刊》，**61**，1-24。
14. 蔡明容、黃萬居(2006)。探討奈米科技融入國小五年級自然與生活科技領域教學研究。《科學教育研究與發展季刊》，**45**，39-64。
15. 蔡信行、孫光中(2009)。《奈米科技導論：基礎原理及應用(二版)》。臺北縣：新文京。
16. 鄭湧涇(2005)。我國科學教育改革的回顧與展望。《科學教育月刊》，**284**，2-22。
17. 鍾聖校(2002)。《自然與科技課程教材教法》。臺北市：五南。
18. Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (Eds.). (1999). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. Washington, DC: National Academy Press.
19. Bruning, R. H., Schraw, G. J., & Norby, M. M. (2011). *Cognitive psychology and instruction* (5th ed.). Boston, MA: Allyn & Bacon/Pearson.
20. Clarke, D., & Hollingsworth, H. (2002). Elaborating a model of teacher professional growth. *Teaching and Teacher Education*, **18**(8), 947-967.
21. Clement, M., & Vandenberghe, R. (2000). Teachers' professional development: A solitary or collegial (ad)venture? *Teaching and Teacher Education*, **16**(1), 81-101.
22. Dick, W., Carey, L., & Carey, J. O. (2005). *The systematic design of instruction* (6th ed.). Boston, MA: Pearson/Allyn & Bacon.
23. Feldman, A. (2000). Decision making in the practical domain: A model of practical conceptual change. *Science Education*, **84**, 606-623.
24. Gagne, R. M., & Wager, W. W., Golas, K. C., & Keller, J. M. (2005). *Principles of instructional design* (5th ed.). New York, NY: Wadsworth.
25. Guskey, T. R. (1986). Staff development and the process of teacher change. *Educational Researcher*, **15**(5), 5-12.
26. Hewson, P. W. (2007). Teacher professional development in science. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research in science education* (pp. 1179-1203). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
27. Hingant, B., & Albe, V. (2010). Nanosciences and nanotechnologies learning and teaching in secondary education: A review of literature. *Studies in Science Education*, **46**(2), 121-152.

28. Jenlink, P. M., & Kinnucan-Welsch, K. (2001). Case stories of facilitating professional development. *Teaching and Teacher Education*, 17(6), 705-724.
29. Lane, N., & Kalil, T. (2005). The national nanotechnology initiative: Present at the creation. *Issues in Science and Technology*, 21(4), 49-54.
30. Mintzes, J. J., & Wandersee, J. H. (1998). Reform and innovation in science teaching: A human constructivist view. In J. J. Mintzes, J. H. Wandersee, & J. D. Novak (Eds.), *Teaching science for understanding: A human constructivist view* (pp. 29-58). San Diego, CA: Academy Press.
31. National Research Council. (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. Washington, DC: National Academy Press.
32. Orgill, M. K., & Crippen, K. J. (2009). What's so big about being small? The interdisciplinary opportunities of nanoscience. *The Science Teacher*, 76(2), 41-48.
33. Schroeder, C. M., Scott, T. P., Tolson, H., Huang, T. Y., & Lee, Y. H. (2007). A meta-analysis of national research: Affects of teaching strategies on student achievement in science in the United States. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(10), 1436-1460.
34. Schwab, J. (1962). The teaching of science as enquiry. In J. Schwab & P. Brandwein (Eds.), *The teaching of science* (pp. 1-103). Cambridge, MA: Harvard University Press.
35. Stevens, S. Y., Sutherland, L. M., & Krajcik, J. S. (2009). *The big ideas of nanoscale science and engineering: A guidebook for secondary teachers*. Arlington, VA: NSTA Press.
36. Treagust, D. F. (2007). General instructional methods and strategies. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research in science education* (pp. 373-391). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Nanotechnology Teaching Strategies in Elementary School

Mei-Hui Luo^{1,*}, Mei-Yu Zhang² and Meng-Kao Ye³

¹Taoyuan Ruei-Mei Elementary School

²Department of Education and Learning Technology, National Hsinchu University of Education

³Department of Power Mechanical Engineering, National Tsing Hua University

Abstract

The purpose of this study was to investigate the nanotechnology instructional strategies in elementary school by analyzing the instructional strategies of 78 teaching plans and interviewing 10 teachers from five districts of the K-12 Nanotechnology Education Program. The findings indicated that there were rich teaching resources for teachers to teach nanotechnology; teachers used instructional technology strategies the most in teaching nanotechnology; besides, because of some abstract concepts of nanotechnology, teachers emphasized on manipulation strategies; and inquiry strategies increased in recent years. However, the selection of instructional strategies depended on the implementation of teaching nanotechnology concepts. Furthermore, the teachers' professional learning community and interactions with scientists and professors of education supported the teachers' adjustment of instructional strategies. In order to have students investigate deeply, teachers selected inquiry and manipulation strategies more in nanotechnology science camps and science clubs. Besides, the more content knowledge on Nanotechnology developed by teachers, the more multiple instructional strategies they used. Finally, the researcher suggests that in order to help teachers transform their ideas of instructional strategies and teach Nanotechnology with student-centered instructional strategies, Nanotechnology and multiple instructional strategies should be systematically introduced.

Key words: Nanotechnology, Science Education, Instructional Strategies, Teacher Professional Growth, Teacher Professional Learning Community

* Corresponding author: Mei-Hui Luo, lomeihuei@yahoo.com.tw

