

非科學主修國小職前教師對於奈米科技的 另有概念之研究

陳均伊

嘉義大學 數理教育研究所

(投稿日期：民國 102 年 03 月 09 日，修訂日期：102 年 05 月 28 日，接受日期：102 年 06 月 06 日)

摘要：將奈米科技融入中小學校的科學課程，已成為科學教育的重要議題之一，國小職前教師是否具備奈米科技學科知識，將影響其教學實務與國小學生的學習成效。本研究旨在探討非科學主修的國小職前教師，對於奈米的定義，以及與奈米科技相關自然現象的另有概念。研究對象為 31 位大學二年級修習國小教育學程的職前教師，其主修科目是非科學與科技相關的學科。採用開放式問卷與晤談等方式，針對奈米的定義，以及蓮花效應、生物羅盤、壁虎效應等自然現象，探討職前教師對於奈米科技概念的另有概念。依據職前教師的作答進行資料分析，經編碼、分類與整理後，形成另有概念類別。研究發現多數職前教師不瞭解奈米的基本定義，認為奈米是一種粒子或產品，且無法使用奈米科技概念說明相關自然現象，他們較常以生活經驗或已知知識為基礎建構另有概念，少數職前教師會使用奈米一詞，卻不知其原理，而有些職前教師的另有概念則與科學史的發展平行。

關鍵詞：另有概念、奈米科技

壹、前言

1959 年，物理大師費曼提出奈米科技的概念，並預測科學研究將進入微小尺寸的範疇。奈米 (nanometer, nm) 是尺度單位，奈米科技係指奈米的科學與技術。近年來，無論是物理、化學、材料、生物、醫學等領域，皆受奈米科技所影響。奈米科技領域的相關

研究正蓬勃發展，被應用於創造新的產品與技術，生活中經常可見食物、衣服、汽車、化妝品、醫療或電子產品等，標榜採用奈米技術或材料，甚且，一些常見的自然現象亦與奈米科技有關，像是蓮葉表面、海龜和鮭魚等動物的定向，以及壁虎腳的結構等。

我國行政院國家科學委員會於 2003 年開始推動的「奈米國家型科技人才培育計

畫」，強調向下紮根，將奈米科技知識推廣到 K-12 的教育，以培養學生奈米科技的基礎素養（盧秀琴、宋家驥，2010）。在國小教育階段，教師是將奈米科技融入教學的關鍵，倘教師缺乏足夠的學科知識，則會不願意進行相關的教學（Dobey & Schafer, 1984）。目前，國小教師資格的認證未特別加註自然科專長，科學主修與非科學主修的國小職前教師皆可能教授自然與生活科技領域。其中，非科學主修的國小職前教師在求學階段，甚少有學習奈米科技相關概念的機遇，再加上「奈米」一詞已充斥在日常生活中，透過與環境的互動，他們會建構其對於奈米科技的想法，這些想法可能有別於科學社群所認同的科學概念（M. G. Hewson & P. W. Hewson, 1981; Shepardson & Moje, 1994），並影響其教學規劃與實施（Shulman, 1986），甚至將另有概念教授給學生（蘇育任，1999）。據此，本研究旨在探討非科學主修的國小職前教師對於奈米科技的另有概念，其中，奈米科技概念聚焦於奈米的定義，以及與奈米科技相關的自然現象，包括：蓮花效應、生物羅盤和壁虎效應，期能提供師資培育課程規劃的參考。具體的研究問題為：

- (一) 非科學主修國小職前教師對於奈米定義的另有概念為何？
- (二) 非科學主修國小職前教師對於蓮花效應的另有概念為何？
- (三) 非科學主修國小職前教師對於生物羅盤的另有概念為何？

非科學主修國小職前教師對於壁虎效應的另有概念為何？

貳、文獻探討

隨著奈米科技的興起，對於各項產業已產生衝擊，亦影響民生的應用與發展，人們

在生活環境中，會經常接觸到奈米科技，藉由不斷的探索建構其對於環境的認識（Vosniadou & Brewer, 1987）。國小職前教師在生活中，會建立許多與奈米科技相關的想法，他們的另有概念將影響其教學內容規劃與教材選擇（Grossman, Wilson & Shulman, 1989）。依據本文的研究旨趣，針對奈米科技概念與另有概念等二個部分進行文獻探討。

一、奈米科技概念

18 世紀中葉，工業革命在西方展開，機器逐漸取代人力，對當時的農業、紡織業等皆造成不小的衝擊，各種機械的發明，使得科學與技術亦隨之快速發展，同時亦提昇了人民的生活水準。隨後，電氣化、電子計算機等改變人們的生活，在近年來，蓬勃發展的奈米科技，足以稱為第四波的產業革命。1959 年，費曼在其演說中提出「plenty of room at the bottom」，被認為是奈米觀念的始祖。1974 年，日本東京理科大學的谷口紀男教授第一次使用奈米科技這個名詞。1980 年代，掃描式穿隧電流顯微鏡、原子力顯微鏡、近場光學顯微鏡等相繼問世後，使奈米科技產業潛力無限。

奈米科技探討的範疇比人類感官可直接觀察的巨觀世界小，卻比量子力學所探討的微觀世界大。其中，奈米的定義為長度單位，相當於十億分之一公尺。當分子結構的尺寸介於 1 至 100 奈米之間，其許多物理、化學性質會發生改變，這些結構的製造、操縱、量測等相關的研究或研發，皆可稱為奈米科技（羅吉宗、戴明鳳、林鴻明、鄭振宗、蘇程裕、吳裕民，2008）。除了奈米科學與技術的發展，在自然界中，已存在許多與奈米科技相關的生物和現象，蓮葉表面的自潔現象、鴨和鵝的防水羽毛、鯨魚和海豚的光滑

皮膚、蝴蝶的繽紛翅膀、蜜蜂和海龜的定位本領、壁虎的爬行、蜘蛛絲的結構等，皆屬於奈米科技的範疇。這些只是自然界蘊藏有奈米科技概念的部份實例，未來，還有許多尚待科學家揭露的現象。

奈米科技概念的範圍相當廣泛，涉及物質科學、生命科學、資訊技術、生化科技、醫療、環保、能源等領域。在本研究中，奈米科技概念係指奈米的定義與自然界中的奈米現象，其中，奈米現象選擇與學生生活經驗較貼近的部分，包括：蓮花效應、生物羅盤與壁虎效應。

二、另有概念

早期行為學派認為概念的形成是個體以條件刺激、嘗試錯誤的方式認識世界，當所產生的反應能與刺激相符時，新的概念就會形成，學習者所扮演的是被動的角色（Hassard, 1992）。然而，目前認知心理學的觀點則認為在概念形成的過程中，個體是主動的參與者，學習者會運用其已知的概念選擇、組織與統整訊息，以建立自己的理解（Mayer, 1989）。然而，對許多的學生來說，學習科學並形成符合科學社群的科學概念是相當不容易的，因為學生在進入學校學習科學概念之前，會基於其個人經驗和知識，發展其對於日常生活中現象的想法（Driver, 1981）。這些想法常和所公認的科學概念有所差異，可稱為另有概念（Wandersee, Mintzes, & Novak, 1994）。

學生在課室中正式學習科學之前或之後，皆會透過與環境的互動，對於自然界中的各種事物或現象產生另有概念。在 Berg 與 Brouwer（1991）、Erickson 與 Tiberghien（1985）、Galili 與 Hazan（2000）、Stepans（1994）、Viennot（2001）等人的研究皆曾

發現，學生對於光的反射與折射、電流的流動方向與形式、熱的傳遞與溫度、力的作用與運動、聲音的傳遞等所建構的想法，有時會與科學社群所認同的科學概念不符。同樣的，在現代社會中，學生對於奈米一詞並不陌生，透過報章雜誌、廣告媒體能獲得相關的訊息，在學校教學中也或多或少會提及奈米，甚且，在生活當中，曾接觸過相關的自然界奈米現象，有看過蓮葉、海龜、壁虎的經驗，對於蓮葉表面自潔、海龜洄游與壁虎爬行等的機制，勢必會產生個人的想法與詮釋，形成其對於奈米科技的另有概念。陳欣琦（2012）、蔡鳳娥（2005）、Lu（2009）等人曾指出多數學生聽過奈米，但不熟悉其意涵。在邱文正（2007）的研究中則發現，學生擁有奈米是小物體、奈米碳球可以製作球類產品等另有概念。

國內國小在職教師普遍認為將奈米科技融入教學，協助學生認識科學新知與科技潮流，但教師對於奈米科技議題的認識有限（謝慶昌，2010），其對於奈米科技概念大多是只聽過該名詞，卻不知其意涵（陳淑思，2005）。教師對於其所要教授的學科架構、學科內容、理論和概念等，須有一定程度的認識與理解（Morine-Dersheimer & Kent, 1999），Hashweh（1987）曾指出，教師的學科知識必須充足，至少得具備科學概念，且不能擁有和學生相同的另有概念。倘教師的科學知識不足，會對其教學產生侷限，避免教授自己不熟悉的教學內容，或限制學生討論，以防超出教師的認知範圍（Dobey & Schafer, 1984; Grossman et al., 1989）。Grossman 等人（1989）進一步指出，教師應具備獲得新知識的能力，如果教師不知道學科中的新知識，會影響其教學表現。奈米科技是新興的科學主題，與常見的自然現象有關，在生活中亦不乏其應用。在推動奈米科技教育時，

教師是否已具備相關的奈米科技概念是落實奈米科技教育的關鍵，如果教師具備充足的奈米科技知識，將有助於實施奈米科技相關的教學。相反的，如果教師擁有奈米科技另有概念，則可能導致學生建立錯誤概念，或直接避免教授奈米科技概念。倘能在職前階段，先瞭解職前教師對於奈米科技的理解，針對其另有概念進行教學，協助職前教師發展奈米科技知識，應有助於國小奈米科技教學的推動。因此，本研究旨在探討國小職前教師對於奈米科技的另有概念，以提供師資培育者作為教學參考。

參、研究方法

一、研究對象

以便利取樣，選取一所大學教育學院的31位大二學生為研究對象，他們皆有修習國民小學師資培育學程，屬於國小職前教師。這些職前教師的主修科目為非科學或科技相關，未曾修過奈米科技相關課程。在高中階段，曾修過基礎的科學課程，包括：基礎物理、基礎化學和基礎生物，這些基礎科學的課程內容有奈米定義的說明，並針對奈米科技的發展、自然界的奈米現象、奈米科技在生活中的應用等做概略的介紹。

二、研究工具

為探討職前教師對於奈米科技的另有概念，發展「自然界奈米現象」問卷，內容共有四題，採開放式的問答題，詢問職前教師對於奈米定義和奈米相關自然界現象的想法。各試題內容涉及的主要概念與命題陳述如表1，第一題是詢問對於奈米定義的理解。第二題與蓮花效應有關，需說明蓮葉表面不易沾染髒污的原因。第三題與生物羅盤有關，呈現海龜洄游的敘述，請職前教師說明海龜在洄游過程中，如何判斷方向。第四題與壁虎效應有關，請職前教師說明壁虎在天花板爬行時不會掉落的原因。

「自然界奈米現象」問卷編製完成後，請2位物理系教授和2位具物理背景的科學教育學者，檢視問卷內容。依據審查意見修改後，「自然界奈米現象」問卷內容呈現於附錄一。問卷施測時間為50分鐘，在問卷施測後，利用職前教師課餘時間與其進行個別訪談，每位職前教師的訪談時間約10分鐘。訪談問題係依據職前教師問卷填寫的內容，請其針對敘述不完整或不清楚的地方進行澄清與說明，以確認職前教師對於自然界奈米現象的想法。

表1：「自然界奈米現象」問卷的主要概念與命題陳述

主要概念	命題陳述	題號
奈米的定義	奈米為長度單位，一奈米是十億分之一公尺（ $1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$ ）。	一
蓮花效應	蓮葉表面有奈米尺寸的微小突起，能使滴落到葉面的水珠呈圓珠狀，容易從葉面滾落，達到自潔的效果。	二
生物羅盤	海龜體內具有奈米磁粒子，使其在地磁導航下能辨識方向。	三
壁虎效應	利用凡得瓦力，壁虎皮瓣下的剛毛可以吸附在材質表面。	四

表 2：另有概念的編碼項目與填答實例

另有概念	編碼項目	職前教師填答實例
奈米是微小的萬用單位	微小單位	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 微小單位，肉眼看不到。 ➢ 測量小東西的單位，是微小單位。
	奈米等於 10 的負九次方，是極微小單位	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 10 的-9 次方，可以拿來當作單位，很小的單位。 ➢ 很小很小的單位，大概是 10 的-9 次方。
奈米是微小粒子	小粒子	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 奈米是微小粒子，簡單來說，就是非常小的東西，跟電子一樣。 ➢ 極細小的東西，是很小的粒子。
	小分子	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 極微小的分子。 ➢ 目前最小的分子，可以用於很多地方，像是可以防臭的鞋子。
奈米是高科技產品	高科技產品	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 體積小的科技產品。 ➢ 很先進、很高科技的東西。

三、資料分析

採用以開放編碼 (open coding) (Strauss & Corbin, 1998) 的方式，針對職前教師在「自然界奈米現象」問卷填答與晤談的內容進行編碼，給予合適的編碼項目，再檢視與統整各個編碼項目，形成另有概念類別，以「奈米的定義」為例呈現其另有概念類型的編碼項目與職前教師填答實例如表 2。呈現職前教師的另有概念時，除計算擁有該項另有概念的人數百分比，並使用與職前教師晤談的資料，作為其想法的確認與補充。資料代碼共 12 碼，第 1 碼為資料類別，Q 表示「自然界奈米現象」問卷、I 表示晤談，第 2 至 4 碼為職前教師編號，由 S01 編至 S31，第 5-12

碼為施測日期，例如：IS1320111009 表示與 S13 在 2011 年 10 月 9 日進行晤談的資料。而所引述的晤談對話以 R 表示研究者，S 表示職前教師。

肆、研究發現

本研究透過「自然界奈米現象」問卷與晤談，探討職前教師對於奈米意涵，以及與其相關自然界現象的認識。主要的發現如下：

一、奈米的定義

對於多數人而言，「奈米」這個名詞並不陌生，經常在商品廣告或是新聞中聽到。接

表 3：職前教師對於奈米定義的另有概念

另有概念	人數 (%)
奈米是微小的萬用單位	9 (29.0)
奈米是微小粒子	11 (35.5)
奈米是高科技產品	7 (22.6)

受測驗的 31 位職前教師，皆曾聽過「奈米」，但他們對於奈米的定義，卻有不同的看法。其中，僅有 4 位（12.9%）職前教師清楚指出奈米為長度單位，並知道其為 10 的負九次方公尺，在問卷中，也會使用科學記號作表示。表 3 為職前教師對於奈米意涵的另有概念，各項概念內容討論如下：

（一）奈米是微小的單位，可用於量測物體的長度、大小。

有 9 位（29.0%）職前教師表示奈米是一種單位，且知道該單位適合用於度量較小的範圍。在這些職前教師當中，有 6 位（19.3%）將奈米稱為微小單位，有 3 位（9.7%）除了提到奈米是微小的單位之外，更表示其數量大小為 10 的負九次方。進一步與這 9 位職前教師進行訪談，他們皆表示奈米適用於所有的度量，是萬用的單位。職前教師在晤談時提到：

S13：奈米是一種很微小的單位。

R：是屬於量測什麼的單位？

S13：都可以，體重、身高都可以，什麼都可以用。

R：這個單位多大呢？

S13：就很小、很小，很微小啦。
(IS1320111009)

（二）奈米是一種微小的粒子。

35.5%（11 位）職前教師將奈米視為一種物質，類似原子、電子，是相當微小的一種粒子。他們在問卷中提到：

奈米是微小粒子，簡單來說，就是非常小的東西，跟電子一樣。
(QS0320110930)

極細小的東西，是很小的粒子。
(QS1020110930)

其中，有 2 位（6.5%）職前教師更提到奈米是目前科學研究範疇中，所發現的最小分子。這些職前教師對於奈米的想法大致相同，皆認為它是實體，具有體積、質量，是尺寸相當小的粒子。

（三）奈米是一種高科技的產品。

7 位（22.6%）職前教師表示，奈米是高科技的產物，屬於很先進、很精密、很微小的科技產品，電子商品廣告中常提到的奈米科技，是他們形成此想法的主要依據。職前教師的訪談對話如下：

R：你在問卷中寫奈米是最新產品，是指什麼？

S20：高科技的東西啊，它是一種科技產品，很新、很小，像手機、電腦的廣告都會提到「它們是最新奈米科技」，所以，奈米應該就是一種新的科技產品吧！

在黃子洋（2012）的研究中曾發現，多數大學生對於奈米科技的意象為高科技，甚且，奈米科技產品會優於其他同類型產品。在本研究中，近四分之一職前教師提到奈米時，不僅直接聯想到高科技技術，更直接將奈米視為一種科技產品。

二、蓮花效應

學生在中學時期，皆閱讀過北宋理學家周敦頤所撰寫的「愛蓮說」，知道蓮葉具有出淤泥而不染的特性。所以，參與本研究的 31 位職前教師皆表示，蓮葉有其特殊性，並非所有植物的葉子都具有不易髒的特性。但是，進一步探討為何蓮葉表面不易弄髒時，職前教師的想法不一，其另有概念整理如表 4，內容分述如下：

表 4：職前教師對於蓮花效應的另有概念

另有概念	人數 (%)
蓮葉表面具有細毛	13 (41.9)
蓮葉表面光滑	13 (41.9)
蓮葉表面有奈米單位的物質	3 (9.7)
其它	2 (6.5)

(一) 蓮葉表面具有細毛，使髒污不易附著。

在 31 位職前教師中，有 13 位 (41.9%) 職前教師表示他們知道蓮花效應，當髒污落到蓮葉表面時，蓮葉表面的細毛會隔絕髒污，使其不易附著而掉落。職前教師說明蓮葉表面不容易髒的時候指出：

表面有細微的毛。(QS1620110930)

蓮花葉上有細毛。(QS2820110930)

進一步透過晤談探討其想法，職前教師皆表示曾觸摸過蓮葉，觸感是表面有毛，類似手臂上的寒毛，遍佈在蓮葉的表面。這些職前教師僅指出蓮葉表面具有細毛，不清楚具有細毛的蓮葉表面如何使髒污容易掉落，以及細毛的尺寸範圍，亦未提及「奈米」一詞。

S27：葉子上面有細毛，我摸過，表面毛毛的。

R：為什麼有細毛就不會弄髒？

S27：不知道耶，印象中有聽過跟細毛有關。

R：細毛有多細呢？

S27：就跟頭髮差不多，可以看到有一層細毛在葉子上。

(IS2720111007)

其中，有 5 位 (16.1%) 職前教師有提到細毛的功能，例如：疏水、排水、防水等，至於，形成這些功能的機制，則沒有職前教師能提出解釋。

因為葉子上有毛，所以不容易有淤泥在葉子上，有排水性。

(QS1720110930)

葉子上有毛，可以疏水，以前有聽過，應該是這樣。我自己也摸過，就毛毛的。(QS1420110930)

這 13 位職前教師約略知道蓮花效應與蓮葉表面的細毛有關，但不清楚正確的概念內容。解釋蓮葉自潔情況時，職前教師依據已知的概念，認為表面有毛的物體，其細毛可以達到防污的效果，為使自己的想法與觸摸蓮葉的經驗相符，職前教師皆表示蓮葉表面有絨毛觸感。事實上，蓮葉表面的疏水性纖毛結構，尺寸約 100 奈米，經由雨水沖刷可以保持表面的潔淨，但這些纖毛結構無法以肉眼觀察。學生在建構概念時，可能對於其生活經驗未深入觀察，或以個人思考賦予現象意義 (作者, 2004; Chang, Lee, & Yen, 2010)，進而產生錯誤的經驗連結，並試圖以個人經驗支持其想法。

(二) 蓮葉表面光滑，沒有縫隙讓髒污停留。

13 位 (41.9%) 職前教師以生活經驗指

出，他們曾經看過或摸過蓮葉，認為葉面是光滑的，髒污或灰塵等物質沒有辦法停留在光滑面上，很容易就會掉落。

葉子很光滑，能使蓮葉不被沾上淤泥。(QS0520110930)

蓮花是水生植物，它的葉子是光滑的，可以防止水分流失及髒物附著。(QS0220110930)

S26：葉子表面是滑的。

R：為什麼滑的就不會髒？

S26：跟溜滑梯一樣，越滑就越容易溜，髒東西都溜走了 (IS2620111009)

Scott, Asoko 與 Leach (2007) 曾指出學生會以其對於日常生活的經驗，建構相關的概念。光滑的表面通常給人潔淨、平滑的感覺，將物體置於光滑表面較容易滑落。所以，職前教師認為光滑的蓮葉表面是使其維持潔淨的主要原因。

(三) 蓮葉表面覆有一層奈米物質，使髒污無法停留。

關於蓮花效應的說明中，僅 3 位 (9.7%) 職前教師提到其與奈米有關，但他們認為在蓮葉表面附著一層奈米大小的物質，非蓮葉表面本身的結構，這層奈米物質是使髒污不會停留在蓮葉表面的關鍵。

因為蓮花的葉子上有許多奈米單位的物質，這些物質的排列很緊密，髒東西很容易就掉了。(QS2420110930)

蓮葉上有一種物質，約只有奈米單位大，水分子及灰塵等物質難以停在表面，所以不容易髒。

(QS0820110930)

這 3 位職前教師表示他們曾聽過蓮花效應和奈米有關，認為蓮葉表面有奈米單位的物質，但他們不清楚這些物質是什麼，也無法解釋這些奈米物質如何使蓮葉表面潔淨。

S11：以前有聽過，蓮花效應是奈米現象。應該是葉子表面有奈米單位的東西吧，這樣髒污就不會停在上

R：為什麼？

S11：一定是神奇的東西，只要髒東西上去都會掉下來，不過，我不知道為什麼會這樣。(IS1120111012)

三、生物羅盤

鮭魚、海龜等動物具有洄游的特性，能定向識途，不會迷失在茫茫大海中，並可回到出生地產卵。職前教師對於海龜洄游尋找出生地的想法，呈現於表 5，各項想法的討論如下：

(一) 海龜隨著海流在海中行進，即能回到出生地。

不同的區域、天候狀況，海流的大小會隨之不同，有 9 位 (29.0%) 職前教師認為海龜只要隨著海流游動，海流會帶著海龜離開出生地，當牠們長大，需回到出生地產卵、繁殖時，海流會再次將海龜帶回牠們的出生地。他們知道海流和海中生物之間的關係，再加上動畫電影中有海龜乘著洋流在海中移動的片段，所以，職前教師將其與海龜洄游連結，認為海龜只要隨著海流游動，就能被帶回出生地。

表 5：職前教師對於生物羅盤的另有概念

另有概念	人數 (%)
海龜依靠海流回到出生地	9 (29.0)
海龜依據周遭景物辨別方向	8 (25.8)
海龜利用氣味尋找方向	6 (19.4)
海龜體內的羅盤或鐵性物質受磁場吸引	5 (16.1)
其它	3 (9.7)

海龜本來就會照著海流走，所以跟著海流就會游回原來的出生地。
(QS1720110930)

S30：跟著海流，就可以回去。電影有演過，一群海龜被洋流帶著，可以游很快。所以，海流可以帶牠們回家。(IS3020111009)

(二)海龜具有依據周遭景物辨別方向的本能。

動物接受內部或外界環境刺激後，在神經系統和內分泌系統的調控下，其肌肉、骨骼或腺體會產生反應，稱為動物行為。動物行為大致可分為兩種類型，若為與生俱來、有固定型式，則屬於本能行為，例如：反射、求偶等。有 8 位 (25.8%) 職前教師指出，海龜能辨別方向，從大海中回到出生地產卵，是依靠其天生的動物本能。

是本能。(QS0120110930)
是天性，生下來就會了。
(QS1220110930)

至於，海龜在本能的驅使下，如何辨識方向，職前教師從經驗出發，認為海龜和人們一樣，會依據周遭環境的景象，找到自己的出生地。

S28：是動物的天性，海龜都有這種本能。

R：牠們是如何找到回家的路呢？
S28：牠們會記得旁邊的東西，就跟我認路一樣，會記一些大樓和招牌。(IS2820111012)

(三)海龜依據自己留下的氣味，尋找出生地。

許多動物會依賴嗅覺，尋找食物的氣味，利用氣味吸引異性，或是留下自己的氣味來劃分地盤。有 6 位 (19.4%) 職前教師表示，海龜是利用氣味來辨別方向，當海龜離開出生地到大海時，會沿途留下自己的氣味，直到牠們成為成龜進入繁殖期，可憑藉著嗅覺，在大海中尋找自己的氣味，再回到出生地產卵。職前教師在問卷中寫到：

因為牠們走過的地方會留下氣息，只要牠們隨著那些氣息就可以回到同樣的地方。(QS1320110930)

其中，有 1 位 (3.2%) 職前教師進一步提出海龜留下的氣味稱為費洛蒙，和螞蟻一樣，利用費洛蒙標示自我領域。另有 2 位 (6.5%) 職前教師，在描述海龜利用氣味尋找出生地之後，將此行為稱為生物羅盤。顯示這兩位職前教師對於生物羅盤，只知該名詞，卻不清楚其意涵。以 S18 為例，他的問卷與晤談

紀錄如下：

海龜一開始就會埋藏一些認家的物質，利用味道來幫助牠找到牠的家，簡稱生物羅盤。(QS1820110930)

S18：跟小狗一樣，會沿路把味道留下來，要回家的時候，聞味道就知道路了。

R：這邊你有寫生物羅盤，是指什麼呢？

S18：就是利用味道認路的方式，就叫生物羅盤，印象中有聽過，應該是這樣。(IS1820111012)

(四)海龜有羅盤或鐵性物質，受磁場吸引回到自己的出生地。

有 5 位 (16.1%) 職前教師提到海龜能辨別方向，回到自己的出生地產卵，是依靠磁場。關於如何依靠磁場尋找方向，3 位 (9.7%) 職前教師提到「生物羅盤」一詞，但是，他們對於生物羅盤與海龜如何受磁場吸引之間的關係，無法提出清楚的解釋，直接認為海龜體內有羅盤幫助其判斷方向。在晤談中，職前教師 S15 提到：

S15：海龜的體內有生物羅盤，牠會被磁場吸到牠出生的地方。

R：什麼是生物羅盤呢？

S15：海龜身體裡面有一個羅盤，會指向北方。它的身體被吸過去的時候，都會一直指向北方。(IS1520111009)

另外 2 位 (6.5%) 職前教師表示，當海龜進入繁殖期，體內會產生鐵性物質，類似迴紋針一般，受到地磁磁場的吸引，引領牠

們回到自己的出生地。職前教師 S06 指出：

S06：磁場吸引的關係，海龜長大之後，就會被磁場慢慢地吸回來，回到牠原來出生的地方生蛋。

R：為什麼會被吸引？

S06：跟拿磁鐵吸迴紋針一樣，牠身體裡面會慢慢長出鐵的東西，就會被吸過去了 (IS0620111007)。

四、壁虎行走

壁虎是生活中常見的爬蟲動物，其攀爬的能力使人類感到好奇。本研究中，職前教師對於壁虎為何能行走在牆壁、天花板等地方，皆有其想法，大致可分為二種類型，呈現於表 6，內容討論如下：

(一)壁虎腳上有吸盤，能吸住其行走的接觸面，而不會掉落。

1884 年，西蒙馬克爾曾提出真空吸引力的假設，指出壁虎腳上具有許多類似吸盤的微小結構，能吸附在物體表面 (沈瑞文、林芳宇、李旺龍，2008；Sohn，2003)。此項假設在 20 世紀中期，透過實驗的探索，已遭到否定。雖然，此假設無法獲得實驗證實，但是，卻有不少學生持有同樣的想法。在參與研究的 31 位職前教師中，有 21 位 (67.7%) 表示壁虎能在牆面上行走，是依靠其腳上的吸盤，將牆面牢牢吸住，使其不會因重力而掉落。

其中，更有 2 位 (6.5%) 職前教師表示，其他同樣具有攀爬能力的爬蟲類，或是，在水面上行走的水生昆蟲等，同樣具有吸盤，藉此提出更多的例子來支持其想法，顯示職前教師的另有概念。職前教師在問卷中寫到：

表 6：職前教師對於壁虎行走的另有概念

另有概念	人數 (%)
壁虎腳上有吸盤	21 (67.7)
壁虎腳上有黏液	6 (19.4)
其它	4 (12.9)

壁虎手上有類似吸盤的特徵，就像是水蠅一樣可以在水面上行走的道理一樣。(QS0220110930)

壁虎本身有吸盤，爬蟲類動物也是，可以在任何地方附著，都是靠吸盤。(QS1320110930)

(二)壁虎腳上有黏液，可以幫助其行走

有 6 位 (19.4%) 職前教師指出，壁虎的腳上會分泌特殊的黏液，當他們需要在牆面、天花板上行走時，會自己分泌黏液，將腳黏在牆面或天花板。晤談時，職前教師提到：

S05：腳的地方有黏膠，可以幫助壁虎在牆上爬行。

R：黏膠怎麼來的？

S05：牠會自己分泌，在腳上有腺體，需要用的時候就可以自己產生，這樣就可以在牆上爬來爬去。

R：黏住了怎麼爬？

S05：壁虎可以自己控制黏不黏，那是牠分泌的，可以自己控制。(IS0520111011)

S22：壁虎會黏在牆上，牠的腳會分泌一些黏黏的東西，像膠水那樣，就可以到處爬囉。(IS2220111007)

有些昆蟲和蛙類會分泌特殊的黏液產生附著力，以往，科學家也曾抱持同樣的觀點詮釋壁虎行走的機制。但是，經過動物學家的解剖後，已排除此想法，他們在壁虎的腳上找不到分泌黏液的腺體，亦未在壁虎走過的面找到任何黏液的殘留（沈瑞文等人，2008；Sohn，2003）。

伍、結論與建議

小學的科學課程中尚未正式介紹奈米相關概念，國、高中的科學課程則多呈現奈米科技的應用與產品。奈米科技概念在正式課程中出現的篇幅有限，但是，奈米一詞充斥在生活中，學生已建立許多對於奈米的想法，P. J. Garnett, P. J. Garnett 與 Hackling (1995)、Scott 等人 (2007)、Stepans (2003) 等人曾指出，學生對於日常生活中的自然現象，會建立其自己的想法，採用個人的概念架構作詮釋。在本研究中，職前教師皆聽過奈米，但瞭解其意涵的人不多，亦未能正確使用奈米科技概念解釋相關的自然現象。針對職前教師的另有概念大致可分為下列五種類型：

一、將奈米意涵具體化，認為奈米是一種實體：

多數職前教師能將奈米與微小的概念連結在一起，但對於其意涵有不同的詮釋。職

前教師將奈米視為一種實體，賦予具體的形象，認為奈米是一種粒子或科技產品。在蔡元福、吳佳瑾和胡焯淳（2004）的研究中則發現，學生認為奈米是一種食物。學習者對於抽象、肉眼難以觀察到的概念，經常會將其具體化、視為一種物質，例如：熱是物質可以在物體間移動（Erickson & Tiberghien, 1985）、光是一條條的線條在空間中穿梭（Osborne & Black, 1993）等。Chi（1992）曾以本體論探討概念改變，指出若將概念置於錯誤的本體類別，會使概念改變更為困難。因此，為促使將奈米視為實體的職前教師發生概念改變，應更加重視奈米的本體類別。

二、曾聽過奈米意涵或相關現象的介紹，略知一二，卻無法提出完整說明：

奈米一詞對於職前教師而言，並不生疏，有些職前教師曾閱讀或聆聽過相關的文章、演講等，對於奈米的定義與相關自然現象，已有一些認識，但其理解多侷限在專有名詞的使用，難以說明其原理。例如：職前教師知道奈米是一種單位，卻無法說明屬於何種單位，陳鳳好（2006）亦曾發現部分學生認為奈米是體積單位。或者，職前教師解釋蓮花效應時，會使用奈米物質、疏水等詞彙，並提到葉面有細毛等，進一步詢問後，職前教師則不知其所以然。甚且，職前教師說明海龜磁導航現象時會提到生物羅盤，但其建構的理解是海龜體內確實有一個羅盤，幫助其判斷方向。學習者隨著年級的增加，會學習到越來越多的科學概念與科學專有名詞，有時他們對於這些專有名詞一知半解未能有通盤的理解，導致其產生錯誤的推論（周進洋、邱美虹，2008），當職前教師對於奈米科技只知其然不知其所以然時，則易產生另

有概念。為促進概念改變，除了專有名詞的學習，應對於其蘊含的概念、原理有概略性的理解。

三、對於壁虎利用吸盤或黏液在天花板上行走的想法，與科學史的發展相似：

長期以來，人們對於壁虎可以在天花板上行走感到非常好奇，亞里斯多德亦曾對此提出疑問。早期，科學家認為壁虎的腳上有腺體，能分泌黏液幫助其行走。後來，則有科學家提出壁虎腳上有吸盤，能吸附在天花板上，或者，利用靜電力的方式爬行（Sohn, 2003）。這些說法經實驗後已被反駁，但是，學生的另有概念有時與科學史的發展平行（Gunstone & Watts, 1985），本研究中的職前教師抱持與科學史相同的觀點，採用吸盤或黏液的說法，解釋壁虎行走的機制，這類與科學史發展平行的另有概念，可以透過科學史的引介提供概念衝突的情境，幫助其知覺到自己的另有概念 Schecker（1992）。

四、運用已知的概念進行過度推論，解釋海龜辨識方向的機制：

海龜在大海中，有時會順著洋流而行，以節省體力和方便覓食（程一駿，2013）。本研究中有些職前教師在中小學時期學過類似的概念，再加上他們曾在動畫片中看過海龜乘坐洋流的情節，所以，職前教師以此為基礎，推論海龜同樣是運用海流進行洄游。此外，有些職前教師主張海龜是利用自己留下的氣味尋找出生地，這樣的想法類似狗、獅子、螞蟻等動物會利用氣味傳達訊息和劃分領域，職前教師奠基於此先備概念，自行過度推論海龜洄游辨別方向的機制。推論是科學方式之一，運用已知的概念推測新的現象或原理，然而過度的推論則可能導致另有概

念，因此，已知概念適用範圍的評估、已知概念適用情境與新情境的異同比較等，皆是促進概念改變的重要因素。

五、依據實際或模糊的生活經驗，說明自然界中奈米現象：

學生在生活中，會依據其觀察、與環境的互動等，建立許多生活經驗。這些生活經驗經常被學生用來解釋新的現象，形成與科學概念不一致、卻難以被教學改變的另有概念 (Head, 1986)。在本研究中，部分職前教師以自己平時認路的經驗，說明海龜如何透過記憶周遭的景物尋找出生地。有些職前教師則以物體在越光滑的表面，越不容易停留的經驗，說明灰塵、髒汗等不會停留在光滑的蓮葉表面。此外，略知蓮花效應與蓮葉表面細毛有關的職前教師，為使自己的認知與經驗一致，大腦會依據個人認知創造相符的經驗印象 (Bransford, Brown, & Cocking, 2000)，開始填補觸摸蓮葉表面的模糊經驗，誤認為自己觸摸蓮葉時有毛毛的觸感。

身為一位現代社會的公民，需理解奈米科學與技術的發展，並具備對於相關議題的決策能力 (教育部, 2010; National Research Council, [NRC], 2000)。為達到有效的科學教學，教師需具備相關的專業知識 (Osborne, 1998; Shulman, 1987)，國小教師未必需要對於奈米意涵和自然界奈米現象提出完整的解釋，但是，仍須有基礎的認識才能將奈米科技融入教學。在台灣，非科學主修的國小職前教師少有機會學習奈米科技相關概念，由本研究發現可以知道，這些非科學主修的國小職前教師對於奈米的定義與自然界的奈米現象，抱持不同的另有概念。另有概念雖然有別於科學社群認同的科學概念，但並不表示另有概念一定會抑制學習的發展

(Vosniadou, 1999)。教學時，教師可以運用學生的另有概念來預測其想法，設計合適的內容使學生產生認知衝突，站在學生角度與觀點規劃教學內容，促使其發生概念改變，以修正、精緻其概念架構。在國小師資培育課程中可以針對這些另有概念進行教學設計，以協助其認識奈米科技概念。未來，亦可以發展相關的概念診斷工具，針對較大的樣本進行施測，並比較科學主修與非科學主修職前教師奈米科技另有概念的異同。

致謝

本研究係由行政院國家科學委員會經費補助(NSC 101-2120-S-415 -001)

參考文獻

1. 作者 (2004)。科學教育學刊。
2. 沈瑞文、林芳宇、李旺龍 (2008)。仿生天地的壁虎遊蹤-抽絲剝繭誰來揭密？查詢日期：2012 年 5 月 18 日，檢自 http://science.nchc.org.tw/old_science/science_people/course/c20080729_4.pdf
3. 邱文正 (2007)。動機模式融入國小奈米科技教學之研究。未出版碩士論文，國立屏東教育大學應用化學暨生命科學系，屏東。
4. 周進洋、邱美虹 (2008)。化學概念學習。查詢日期：2013 年 5 月 27 日，檢自 http://www.dorise.info/DER/04_SLS_html/SLS_05_science-03.html
5. 教育部 (2010)。國民中小學九年一貫課程總綱綱要。查詢日期：2011 年 7 月 27 日，檢自 <http://teach.eje.edu.tw/9CC/index.php>
6. 陳欣琦 (2012)。中部地區國小學童奈米科技核心概念素養調查。未出版碩士論

- 文，國立臺中教育大學科學應用與推廣學系，臺中。
7. 陳淑思 (2005)。國民小學教師奈米科技概念之現況研究。未出版碩士論文，國立臺中師範學院自然科學教育系，臺中。
 8. 陳鳳好 (2006)。國小奈米科技教學的設計與成效－以臺中市某國小為例。未出版碩士論文，國立臺中教育大學自然科學教育系，臺中。
 9. 程一駿 (2013)。一本古老的航海日誌：海龜如何在海洋中航行。查詢日期：2013年2月25日，檢自 <http://content.teldap.tw/index/blog/?p=4180>
 10. 黃子洋 (2012)。大學生新興科技中奈米科技社會意象之研究-以東部某大學為例。未出版碩士論文，國立東華大學課程設計與潛能開發學系，臺東。
 11. 謝慶昌 (2010)。台北縣國小自然科教師對奈米科技議題了解之研究。未出版碩士論文，臺北市立教育大學自然科學系，臺北。
 12. 蔡元福、吳佳瑾、胡焯淳 (2004)。奈米科技融入自然與生活科技領域教學之初探。科學教育研究與發展季刊，35，39-52。
 13. 蔡鳳娥 (2005)。資訊科技融入國小奈米科技教學之研究。未出版碩士論文，國立臺中教育大學自然科學教育系，臺中。
 14. 盧秀琴、宋家驥 (2010)。高中奈米科技課程的專家概念與情境式問卷之建構。教育實踐與研究，23 (1)，85-114。
 15. 羅吉宗、戴明鳳、林鴻明、鄭振宗、蘇程裕、吳裕民 (2008)。奈米科技導論。臺北，全華。
 16. 蘇育任 (1999)。職前及在職國民小學教師的天氣概念及其相關迷思概念之探究。科學教育學刊，7 (2)，157-176。
 17. Berg, T. & Brouwer, W. (1991). Teacher awareness of student alternate conceptions about rotational motion and gravity. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 3-18.
 18. Bransford, J., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. Washington, DC: National Academies Press.
 19. Chang, J. M., Lee, H., & Yen, C. F. (2010). Alternative conceptions about burning held by atayal indigene students in Taiwan. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(5), 911-935.
 20. Chi, M. T. H. (1992). Conceptual change within and across ontological categories: Implications for learning and discovery in sciences. In R. Giere (Ed.), *Cognitive models of science: Minnesota studies in the philosophy of science* (pp.129-186). Minneapolis: University of Minnesota Press.
 21. Dobey, D. C. & Schafer, L. E. (1984). The effect of knowledge on elementary science inquiry teaching. *Science Education*, 68(1), 39-51.
 22. Driver, R. (1981). Pupils' alternative frameworks in science. *European Journal of Science Education*, 3(1), 93-101.
 23. Erickson, G. & Tiberghien, A. (1985). Heat and Temperature. In R. Driver, E. Guesne & T. Tiberghien, (Eds.), *Children's ideas in science* (pp. 52-84). Philadelphia : Open University Press.
 24. Galili, I. & Hazan, A. (2000). Learners' knowledge in optics: Interpretation,

- structure and analysis. *International Journal of Science Education*, 22(1), 57-88.
25. Garnett, P. J., Garnett, P. J., & Hackling M. W. (1995). Students' alternative conceptions in chemistry: A review of research and implications for teaching and learning. *Studies in Science Education*, 25, 69-95.
26. Grossman, P. L., Wilson, S. M., & Shulman, L. S. (1989). Teachers of substance: Subject matter knowledge for teaching. In M. Reynolds (Ed.), *Knowledge base for the beginning teacher* (pp.23-36). New York: Falmer.
27. Gunstone, R. & Watts, M. (1985). Force and motion. In R. Driver, E. Guesne & T. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science* (pp. 85-104). Philadelphia : Open University Press.
28. Hashweh, M. Z. (1987). Effects of subject matter knowledge in the teaching of biology and physics. *Teaching and Teacher Education*, 3, 109-120.
29. Hassard, J. (1992). *Minds on science: Middle and secondary school methods*. New York, Harper Collins Publishers Inc.
30. Head, J. (1986). Research into alternative frameworks: Promise and problems. *Research in Science and Technological Education*, 4(2), 203-211.
31. Hewson, M. G., & Hewson, P. W. (1981). *Effect of instruction using students' prior knowledge and conceptual change strategies on science learning*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, New York.
32. Lu, K. (2009). A study of engineering freshmen regarding nanotechnology understanding. *Journal of STEM Education*, 10(1), 7-16.
33. Schecker, H.P. (1992). The paradigmatic change in mechanics: Implication of historical processes for physics education. *Science and Education*, 1(1), 71-76.
34. Stepan, J. (1994). *Targeting students' science misconceptions: Physical science activities using the conceptual change model*. Riverview: Idea Factory Inc.
35. Mayer, R. E. (1989). Models for understanding. *Review of Educational Research*, 59(1), 43-64.
36. Morine-Dershimer, G. & Kent, T. (1999). The complex nature and sources of teachers' pedagogical knowledge. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Ed.), *Examining pedagogical content knowledge: The construct and its implications for science education* (pp.21-50). Dordrecht: Kluwer.
37. National Research Council. (2000). *Inquiry and the national science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
38. Osborne, J. F., & Black, P. (1993). Youngchildren's (7-11) ideas about light and their development. *International Journal of Science Education*, 15(1), 83-93.
39. Osborne, M. D. (1998). Teacher as knower and learner: Reflections on situated knowledge in science teaching.

- Journal of Research in Science Teaching*, 35(4), 427-439.
40. Scott, P., Asoko, H., & Leach, J. (2007). Student conceptions and conceptual learning in science. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp.31-56). Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
 41. Shepardson, D. P. & Moje, E. B. (1994). The nature of fourth graders' understandings of electric circuits. *Science Education*, 78(5), 489-514.
 42. Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
 43. Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-23.
 44. Sohn, E. (2003). *How a Gecko Defies Gravity*. Retrieved December 20, 2012, from <http://www.sciencenewsforkids.org/2003/11/how-a-gecko-defies-gravity-2/>
 45. Strauss, A. L., & Corbin, J. M. (1998). *Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded theory*. Thousand Oaks, CA: Sage.
 46. Viennot, L. (2001). *Reasoning in physics: The part of common sense*. London: Kluwer.
 47. Vosniadou, S. (1999). Conceptual change research: State of the art and future directions. In W. Schnotz, S. Vosniadou & M. Carretero (Eds.), *New perspectives on conceptual change* (pp. 3-13). New York: Pergamon.
 48. Vosniadou, S. & Brewer, W. F. (1987). Theories of knowledge restructuring in development. *Review of Education Research*, 57(1), 51-67.
 49. Wandersee, J. H., Mintzes, J. J., & Novak, J. D. (1994). Research on alternative conceptions in science. In D. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning*. New York: Macmillan.

附錄一

- 一、生活中，有越來越多的奈米產品，你知道奈米是什麼嗎？請詳細說明你的想法。
- 二、在周敦頤的「愛蓮說」中提到：「予獨愛蓮之出淤泥而不染」，是指蓮花生長在汙泥中，它的葉子卻不容易髒。為什麼蓮葉不容易髒呢？請詳細說明你的想法。
- 三、海龜在沙灘孵化後，會到大海中生活，到了繁殖期，再從數千公里以外的棲息地，回到出生的沙灘上產卵。在茫茫大海中，海龜是如何找到回家的路，而不會迷失呢？請詳細說明你的想法。
- 四、在居家中，有時會看到壁虎，它通常是在夜間出沒，會在牆壁、天花板等位置爬行。為什麼壁虎可以在這些地方爬，而不會掉落呢？請詳細說明你的想法。

Investigations on the Alternative Conceptions of Non-science Pre-service teachers about Nanoscale Science

Jun-Yi Chen

National Chiayi University

Abstract

One of the significant issues of science education is to integrate nanoscale science into elementary school scientific curriculum. Elementary school pre-service teachers' knowledge about nanoscale science is crucial to nanoscale science education. The purpose of this article is to investigate the alternative conceptions of non-science pre-service teachers about nanoscale science. The objects are 31 sophomores from a college of education. They are non-science majors. The open-ended questionnaire is developed to ask them describe what nanometer means and explain the common phenomena about lotus effect, gecko's foot and sea turtle's migration. All pre-service teachers are also interviewed to illustrate their ideas. Open coding is adopted to form categories and assertions. It is found that a large number of pre-service teachers hold alternative conceptions of nanoscale science. They do not know the definition of nanometer and regarded nanometer as a particle or a product. They cannot explain the phenomena about nanoscale science and lacked qualitative understanding even if they use the terminology. They usually construct their alternative conceptions based on their daily life experience or fragmental knowledge. Some of their alternative conceptions are parallel with scientific history.

Key words: Alternative conception; Nanoscale science

