

奈米科普教育推廣種子教師培訓成效 及學習滿意度之研究

吳銘達¹ 楊屹沛² 張章堂³ 蔡國忠⁴ 賴森茂⁵ 卓雅怡⁶ 陳輝煌^{7*}

¹ 真理大學工業管理與經營資訊學系

² 國立宜蘭大學生物機電學系

³ 國立宜蘭大學環境工程學系學系

⁴ 國立宜蘭大學機械與機電工程學系

⁵ 國立宜蘭大學化學工程與材料工程

⁶ 國立宜蘭大學奈米科技中心

⁷ 國立宜蘭大學食品科學系

摘要

本研究針對由國立宜蘭大學奈米科技中心舉辦之奈米科普教育推廣種子教師 (Popular Science Education Promotion Teacher, NPSEPT) 培訓課程，分析培訓前後學習表現，探討培訓成效，以提升 NPSEPT 推廣蘭陽地區奈米科普教育之能力。研究對象為本培訓課程學員共 37 人，包括 22 位宜蘭縣中小學教師及 15 位國立宜蘭大學參與服務學習課程之研究生或大專生。研究工具為自行發展具專家效度、內容效度的奈米素養調查問卷，透過描述性統計、單因子變異數分析以及事後分析比較培訓前後的學習成效。結果發現學員於培訓後，在奈米概論、奈米科技與環境、奈米分析與量測技術、奈米醫學健康及奈米材料等奈米素養五大層面的學習認知上都有顯著的提升。三種單因子(性別、學歷或具備教師資格)中對各奈米科技層面學習成效的影響，是以有無教師資格有最多的顯著性差異，但是在經過培訓後，有顯著性差異的題項由 15 項縮減為 3 項，顯示培訓課程有顯著的成效，瞭解度皆有效提高，減少有無教師資格學員間對各層面題項的瞭解程度的差異。整體而言，NPSEPT 經培訓後對五大層面與各項目之瞭解程度，均有非常顯著的進步。

關鍵詞：奈米科技、科普、師資、培訓成效、學習滿意度

*通訊作者。E-mail: hhchen@niu.edu.tw

The Training Effectiveness and Learning Satisfaction of the Incubation Course for Nanotechnology Popular Science Education Promotion Teacher

Ming-Ta Wu¹ Yih-Pey Yang² Gwo-Chung Tsai³

Chang-Tang Chang⁴ Sun-Mou Lai⁵ Ya-I Cho⁶ Hui-Huang Chen^{7*}

¹ Department of Industrial Management and Enterprise Information, Aletheia University

² Department of Biomechatronic Engineering, National Ilan University

³ Department of Environmental Engineering, National Ilan University

⁴ Department of Mechanical and Electro-Mechanical Engineering, National Ilan University

⁵ Department of Chemical and Materials Engineering, National Ilan University

⁶ Center for Nanotechnology, National Ilan University

⁷ Department of Food Science , National Ilan University

Abstract

The objective of this study was to evaluate the training effectiveness of the incubation course of Nanotechnology Popular Science Education Promotion Teacher (NPSEPT) that was implemented in the Center for Nanotechnology of National Ilan University. These NPSEPTs were trained to promote the nanotechnology popular science in I-Lan County. There were 37 trainees, including 22 teachers in primary or secondary schools as well as 15 students of National Ilan University, participated the training course. A nanotechnology literacy survey was designed specifically for this study, and approved by experts, who evaluated the content and face validity of the tool. The effectiveness of training for NPSEPTs was analyzed using descriptive statistics and ANOVA test. The results revealed that cognitive learning of NPSEPTs on five aspects of nanotechnology (introduction in nanotechnology, nanotechnology and environment, nano-analysis and inspection technology, nano-medical and health, and nano-materials) was significantly progressive after the training course. Among three items in single factor analysis (gender, education and qualified teachers), most items showed significant differences in learning outcome for the trainees who are qualified teacher or not. The items with significant differences decreased from 15 to 3 after training, which reflected the significant learning effectiveness in nanotechnology was obtained from the

training course. Overall, the understanding on the five nanotechnology aspects were significantly advanced for the NPSEPTs completed the incubation course.

Keywords: Nanotechnology; Popular science; Teacher, Training Effectiveness, Learning satisfaction

*Corresponding author. E-mail: hhchen@niu.edu.tw

前 言

著名的諾貝爾物理獎得主費曼博士(Richard P. Feynman)，於1959年在加州理工學院舉辦的物理學會演講「寬廣的底層」(There's plenty of room at the bottom)時，提到操縱與控制微小物體是可能的，當物體被縮小後，在微小世界仍有許多的空間。這些概念引發了許多科學家投入奈米領域微細世界的研究。但是奈米科技直到1990年才逐漸成為眾所周知的科技領域，這幾十年來，全世界先進國家無不全力發展奈米科技、研發奈米材料。

奈米科技是目前科技發展中炙手可熱的議題，也是二十一世紀的經濟新希望(李等，2008)，這是因為奈米科技把物質微小化的結果，使之帶來更快、更實用、更輕薄短小、更節能減碳的效應，其不僅會改變產業結構，更將影響人類的生活方式，故被喻為第四次工業革命(馬，2002；European Commission, 2004)。因此，藉由奈米科技教育培育奈米科技人才，藉以因應奈米科技相關產業的快速發展已成為各國教育的當務之急(Stevens et al., 2009)。但是奈米科技的範圍寬廣，針對各級學校及普羅大眾必須給予適當的教育以串連科技教育及人才養成(Wu, 2004; Lakhtakia, 2006)。因此，為了要增進全民對於奈米科技的瞭解，有必要在國內各級學校課程中將奈米相關的概念融入教學活動(潘，2004)。尤其在國民教育階段的學校教育，是推廣國民對奈米科技認識的最佳場所與學習階段(李，1993)。國內自2009年起推動第二階段「奈米國家型人才培育計畫」，即是期盼培育奈米科技種子師資，進而對各層級學校進行奈米科普推廣教育，達成奈米科技人才培育及知識普及的目標。

研究目的

Roco (2006) 估計2015年以後是奈米產業快速成長期，現在的中小學生正是未來我國尖端科技研究工作的主力。科技與學術研究的根本在於教育，提早讓學生接觸奈米科技教育、往下紮根，是提升我國未來全球競爭力不可或缺的工作，可孕育出更多人才，

使我國奈米科技研究人力不虞匱乏(李等, 2003; 溫, 2005)。因此科學教育的觸角, 應延伸至如何培養學生具備良好的科學、科技和數學素養以應付新科技世界(郭, 2001)。

教學目標大致可分為認知(cognitive)、情意(affective)及技能(psychomotor)三大類, 一門課程的教學目標應盡量兼顧此三種教學目標, 才不會過於窄化教學活動, 而能在一門課程中帶出學習興趣、智能發展等更多的附加價值(Bloom et al., 1956; Krathwohl, 2002)。科學教育課程大多是屬於理論認知的課程, 因此, 本研究的目的是建構奈米科普教育推廣種子教師(Popular Science Education Promotion Teacher, NPSEPT)的培訓課程並評估其效益, 且 NPSEPT 培訓課程的教學目標除了瞭解奈米科技相關理論外, 還應培養種子師資對奈米科技的興趣, 以及正確價值觀的建立。種子師資瞭解奈米科技的相關理論是認知的學習, 而對奈米科技的興趣及價值觀的建立則屬於情意的學習, 培訓課程的設計是以動手做實驗的教學簡報、影片以及實作訓練, 期能達到融入技能的教學目標。

研究設計

一、研究參與者

有鑑於本研究目的為對蘭陽地區培訓 NPSEPT 之成效, 參與的學員為宜蘭縣中小學教師(22 位)及國立宜蘭大學參與服務學習課程之研究生及大專生(15 位), 合計有 37 人參與並完成 NPSEPT 培訓課程。

二、研究工具

研究工具為自行發展具專家效度、內容效度的「奈米素養問卷調查表」(陳, 2012), 透過 5 分制評量結果、應用單因子變異數分析以及配對分析比較進行檢測。奈米素養的問卷內容包括奈米概論(20 個題項)、奈米科技與環境(5 個題項)、奈米分析與量測技術(6 個題項)、奈米醫學健康(3 個題項)及奈米材料(9 個題項)等五個層面, 問卷調查的結果以平均數呈列學員瞭解程度, 依平均數判定學員學習成效之程度, 並運用配對 t 考驗(t-test)以考驗前後測學生學習成效之差異性。學員學習成效之程度判別採平均數等級, 依重要性程度以 5 分制加權計分, 非常瞭解 5 分, 瞭解 4 分, 普通 3 分, 不瞭解 2 分, 非常不瞭解 1 分, 並假定反應意見呈常態分配下界定五等分間分界點(馮, 2004)。本研究即依此將各項能力項目重要性(瞭解或滿意程度)之判定標準分為下列五類: 非常重要(4.19-5.00 分), 重要(3.35-4.19 分), 普通(2.65-3.35 分), 不重要(1.81-2.65 分), 非常不重要(1.00-1.81 分)。藉此統計分析結果, 研究 NPSEPT 培訓課程與學習成效間之關係, 以及學員性別、學歷及是否具教師資格, 分析不同背景的學員之學習成效。

三、研究流程

NPSEPT 培訓課程以研習方式培訓奈米科普教育推廣志工，研習內容含括認知、情意及技能三大面相。認知面課程包括奈米科技簡介、奈米檢測技術、奈米材料、奈米科技與環境、奈米效應與特性等內容；情意面課程包括參訪宜蘭大學奈米生活館、台大微奈米中心及工研院奈米中心等知性之旅；技能面課程包括蓮葉及花瓣效應、紙黏土與鉛塊尺寸效應、奈米光觸媒除臭除色實驗、自我修復等推廣活動實驗之實做練習。經過 24 小時之奈米推廣教育研習營訓練，評量及格後，發給奈米科普推廣種子教師證書。參與培訓課程的 37 位學員，均在培訓前進行問卷調查(前測)，包括學員基本資料表、奈米素養調查表；培訓結束後亦進行奈米素養、課程滿意度問卷調查(後測)。再由參與學員們的學習表現差異，探討本研究設計之 NPSEPT 培訓成效，以作為日後改善培訓課程之參考。

結果與討論

一、NPSEPT 培訓實施成效之探討

1. 第一階段(前測)回收學員基本資料問卷資料分析及敘述性統計

參與培訓學員的基本資料如表 1。其中，男性有 12 人(32.4%)，女性有 25 人(67.6%)，男性學員只有女性學員的一半。學歷則以擁有大學學位者最多(75.7%)，其次為碩士(24.3%)。而具有教師資格者較多(59.5%)。學員參加研習營的動機 (複選)依序為：為了自我充實(24 人次)、為了提升自我的授課知識與專業度(20 人次)、認為課程內容吸引人(19 人次)、為因應現今資訊科技之潮流(18 人次)、希望能進一步接觸擁有相關知識的專業人士(12 人次)、受到他人口碑影響(4 人次)，顯示學員參與此培訓的動力主要是希望充實奈米科技知識。

表 1 學員資料統計

Table 1 The statistic information of trainee backgrounds

| 項目 | 類別 | 人數 | 百分比 |
|----|----|----|-------|
| 性別 | 男 | 12 | 32.4% |
| | 女 | 25 | 67.6% |
| 學歷 | 博士 | 0 | 0% |
| | 碩士 | 9 | 24.3% |

續下頁

續表 1

| 項目 | 類別 | 人數 | 百分比 |
|------------|---------------------|----|-------|
| 學歷 | 大學 | 28 | 75.7% |
| | 專科 | 0 | 0% |
| 具有教師資格 | 是 | 22 | 59.5% |
| | 否 | 15 | 40.5% |
| 參加研習營的動機原因 | 課程內容吸引人 | 19 | 51.4% |
| | 爲了自我充實 | 24 | 64.9% |
| | 爲因應現今資訊科技之潮流 | 18 | 48.6% |
| | 希望能進一步接觸擁有相關知識的專業人士 | 12 | 32.4% |
| | 受到他人口碑影響 | 4 | 10.8% |
| | 爲了提升自我的授課知識與專業度 | 20 | 54.1% |

2. 培訓前後奈米素養分析

第二階段學員基本資料與第一階段同，以下就各個奈米科技層面之前後測素養調查詳細分析：

(1) 奈米概論層面

如表 2 所示，培訓前學員的奈米概論層面整體平均數 2.71，落於平均數判定爲「普通」的區段內，表中各項目平均數落於 2.27 至 3.14 之間，由此得知的學員對於奈米概論層面的學習認知多屬「普通」。其中，項目類別「瞭解奈米材料的基本性質(如光學、力學、磁學性質)」(M=2.43)、「瞭解奈米量測技術的種類(如穿透式電子顯微鏡等)」(M=2.27)、「瞭解奈米科技包含之範疇」(M=2.59)、「瞭解模仿自然界奈米現象的仿生工程」(M=2.54)、「瞭解奈米標章是對奈米產品的認證」(M=2.54)、「瞭解奈米科技如何運用在醫學醫藥」(M=2.46)、「瞭解奈米科技如何運用在光電技術」(M=2.30)、「瞭解奈米科技如何運用在農業生產」(M=2.35)、「瞭解奈米科技如何運用在民生產品」(M=2.57)的學習認知爲「不了解」。其餘的學習認知爲「普通」，顯示學員對奈米科技概念仍屬陌生。

培訓後，學員奈米概論層面整體平均數 4.47，落於平均數判定爲「非常了解」的區段內，表中各項目平均數落於 4.17 至 4.75 之間，其中只有項目類別「瞭解奈米科技如何運用在農業生產」(M=4.17)的學習認知爲「了解」，其餘的學習認知爲「非常了解」(表 2)。

奈米概論層面的題項裡，前測與後測平均數差的 P 值皆小於 0.05，都具有顯著的差

異，顯示培訓前後在瞭解程度上表現有顯著差異，亦即學員可經由培訓課程，大幅提升對奈米概論層面的瞭解。

表 2 奈米概論層面素養平均數及配對 t 考驗表

Table 2 Average of understanding and paired t-test analysis of introduction in nanotechnology aspects before and after training

| 編號及項目 | 項目平均 | | 前測與後測平均差異 | P值 |
|------------------------------|------|------|-----------|-------|
| | 前測 | 後測 | | |
| 1-1 瞭解光學顯微鏡的作用 | 3.14 | 4.25 | 1.11 | .000* |
| 1-2 瞭解奈米的尺度定義 | 3.03 | 4.75 | 1.72 | .000* |
| 1-3 瞭解奈米尺度材料有異於材料固體的特性 | 2.89 | 4.61 | 1.72 | .000* |
| 1-4 瞭解奈米材料的基本性質(如光學、力學、磁學性質) | 2.43 | 4.36 | 1.93 | .000* |
| 1-5 瞭解奈米量測技術的種類(如穿透式電子顯微鏡等) | 2.27 | 4.44 | 2.17 | .000* |
| 1-6 瞭解奈米科技對工業革命的重要性 | 3.00 | 4.33 | 1.33 | .000* |
| 1-7 瞭解奈米科技包含之範疇 | 2.59 | 4.67 | 2.08 | .000* |
| 1-8 瞭解微小化對人類發展的重要性 | 2.95 | 4.69 | 1.74 | .000* |
| 1-9 瞭解未來產業發展主流 | 2.92 | 4.64 | 1.72 | .000* |
| 1-10 瞭解奈米科技對環境的影響程度 | 2.70 | 4.58 | 1.88 | .000* |
| 1-11 瞭解科技進步與生活品質的關係 | 2.86 | 4.67 | 1.81 | .000* |
| 1-12 瞭解文明發展的意義 | 2.81 | 4.25 | 1.44 | .000* |
| 1-13 瞭解工業革命的過程及意義 | 2.92 | 4.33 | 1.41 | .000* |
| 1-14 瞭解自然界也有奈米現象 | 3.03 | 4.67 | 1.64 | .000* |
| 1-15 瞭解模仿自然界奈米現象的仿生工程 | 2.54 | 4.53 | 1.99 | .000* |
| 1-16 瞭解奈米標章是對奈米產品的認證 | 2.54 | 4.44 | 1.90 | .000* |
| 1-17 瞭解奈米科技如何運用在醫學醫藥 | 2.46 | 4.39 | 1.93 | .000* |
| 1-18 瞭解奈米科技如何運用在光電技術 | 2.30 | 4.25 | 1.95 | .000* |
| 1-19 瞭解奈米科技如何運用在農業生產 | 2.35 | 4.17 | 1.82 | .000* |
| 1-20 瞭解奈米科技如何運用在民生產品 | 2.57 | 4.44 | 1.87 | .000* |
| 整體平均數 | 2.71 | 4.47 | 1.76 | .000* |

註：不了解(1.81-2.65)、普通(2.65-3.35)、了解(3.35-4.19)、非常了解(4.19-5.00)

* P<0.05 代表有顯著性差異

(2) 奈米科技與環境層面

培訓前，學員奈米科技與環境層面整體平均數 2.34，落於平均數判定為「不了解」的區段內，表中各項目平均數落於 2.16 至 2.51 之間，即學員對於奈米科技與環境層面的學習認知皆屬「不了解」(表 3)。

培訓後，學員奈米科技與環境層面整體平均數 4.31，落於平均數判定為「非常了解」的區段內，表中各項目平均數落於 4.14 至 4.42 之間，其中只有項目類別「瞭解奈米催化劑的種類(如金屬、化合物、襯底金屬)」(M=4.14) 的學習認知為「了解」，其餘的學習認知為「非常了解」(表 3)。

奈米科技與環境層面的題項裡，前測與後測平均數差的 P 值皆小於 0.05，都具有顯著的差異，顯示培訓前後在瞭解程度上表現有顯著差異，亦即學員可經由培訓課程，大幅提升對奈米科技與環境層面的瞭解。

表 3 奈米科技與環境層面素養平均數及配對 t 考驗表

Table 3 Average of understanding and paired t-test analysis of nanotechnology and environment aspects before and after training

| 編號及項目 | 項目平均 | | 前測與後測平均差異 | P值 |
|--|------|------|-----------|-------|
| | 前測 | 後測 | | |
| 2-1 瞭解奈米催化劑的種類(如金屬、化合物、襯底金屬) | 2.16 | 4.14 | 1.98 | .000* |
| 2-2 瞭解常見奈米催化劑的用途(如合成甲醇、提升燃燒) | 2.41 | 4.42 | 2.01 | .000* |
| 2-3 瞭解無害物質縮減至奈米尺度，會產生無法預測的特性危害 | 2.24 | 4.28 | 2.04 | .000* |
| 2-4 瞭解空氣汙染物中超細微粒比相同質量粗粒子對健康影響較為嚴重 | 2.35 | 4.36 | 2.01 | .000* |
| 2-5 瞭解在面對有關奈米科技產品須同時考量生產、使用及廢棄與健康風險等問題 | 2.51 | 4.36 | 1.85 | .000* |
| 整體平均數 | 2.34 | 4.31 | 1.97 | .000* |

註：不了解(1.81-2.65)、普通(2.65-3.35)、了解(3.35-4.19)、非常了解(4.19-5.00)

* P<0.05 代表有顯著性差異

(3) 奈米分析與量測技術層面

培訓前，學員奈米分析與量測技術層面整體平均數 2.00，落於平均數判定為「不了解」的區段內，表中各項目平均數落於 1.89 至 2.16 之間，即學員對於奈米分析與量測技術層面的學習認知皆屬「不了解」(表 4)。

培訓後，學員奈米分析與量測技術層面整體平均數 4.03，落於平均數判定為「了解」的區段內，表中各項目平均數落於 3.92 至 4.17 之間，由此得知學員對於奈米分析與量測技術層面的學習認知皆屬「了解」(表 4)。

奈米分析與量測技術層面的題項裡，前測與後測平均數差的 P 值皆小於 0.05，都具有顯著的差異，顯示培訓前後在瞭解程度上表現有顯著差異，亦即學員可經由培訓課程，大幅提升對奈米分析與量測技術層面的瞭解。

表 4 奈米分析與量測技術層面素養平均數及配對 t 考驗表
Table 4 Average of understanding and paired t-test analysis of nano-analysis and inspection aspects before and after training

| 編號及項目 | 項目平均 | | 前測與後測平均差異 | P值 |
|--|------|------|-----------|-------|
| | 前測 | 後測 | | |
| 3-1 瞭解奈米等級分析觀測技術種類 | 2.05 | 4.14 | 2.09 | .000* |
| 3-2 瞭解奈米等級觀測技術對奈米科技發展的重要性 | 2.16 | 4.17 | 2.01 | .000* |
| 3-3 瞭解 SPM 是利用細微探針對試片進行探測，進而得到原子等級解析度的特性 | 1.97 | 4.06 | 2.09 | .000* |
| 3-4 瞭解 SPM 系統需利用感測器檢測距離及高度配合二為掃描系統勾畫表面形貌 | 1.89 | 3.97 | 2.08 | .000* |
| 3-5 瞭解 AFM 是利用感光二極體偵測器量測雷射光反射角度變化產生三維影像 | 2.00 | 3.92 | 1.92 | .000* |
| 3-6 瞭解 AFM 三維成像效果可以用以觀察細胞情形 | 1.95 | 3.92 | 1.97 | .000* |
| 整體平均數 | 2.00 | 4.03 | 2.03 | .000* |

註：不了解(1.81-2.65)、普通(2.65-3.35)、了解(3.35-4.19)、非常了解(4.19-5.00)

* P<0.05 代表有顯著性差異

(4) 奈米醫學健康層面

培訓前，學員奈米醫學健康層面整體平均數 2.25，落於平均數判定為「不了解」的區段內，表中各項目平均數落於 2.14 至 2.32 之間，即學員對於奈米醫學健康的學習認知皆屬「不了解」(表 5)。

表 5 奈米醫學健康層面素養平均數及配對 t 考驗表
Table 5 Average of understanding and paired t-test analysis of nano-medical and health aspects before and after training

| 編號及項目 | 項目平均 | | 前測與後測平均差異 | P值 |
|------------------------|------|------|-----------|-------|
| | 前測 | 後測 | | |
| 4-1 瞭解奈米之健康危害與保護 | 2.32 | 4.25 | 1.93 | .000* |
| 4-2 瞭解奈米可應用在癌症醫學及幹細胞研究 | 2.30 | 4.42 | 2.12 | .000* |
| 4-3 瞭解奈米磁顆粒在標靶治療的應用 | 2.14 | 4.47 | 2.33 | .000* |
| 整體平均數 | 2.25 | 4.38 | 2.13 | .000* |

註：不了解(1.81-2.65)、普通(2.65-3.35)、了解(3.35-4.19)、非常了解(4.19-5.00)

* P<0.05 代表有顯著性差異

培訓後，學員奈米醫學健康層面整體平均數 4.38，落於平均數判定為「非常了解」的區段內，表中各項目平均數落於 4.25 至 4.47 之間，由此得知學員對於奈米醫學健康

層面的學習認知皆屬「非常了解」(表 5)。

奈米醫學健康層面的題項裡，前測與後測平均數差的 P 值，都具有顯著的差異，顯示培訓前後在瞭解程度上表現有顯著差異，亦即學員可經由培訓課程，大幅提升對奈米醫學健康層面的瞭解。

(5) 奈米材料層面

培訓前，學員奈米材料層面整體平均數 2.14，落於平均數判定為「不了解」的區段內，表中各項目平均數落於 1.86 至 2.65 之間，由此得知學員對於奈米材料層面的學習認知皆屬「不了解」(表 6)。

表6 奈米材料層面素養平均數及配對t考驗表

Table 6 Average of understanding and paired t-test analysis of nano-materials aspects before and after training

| 編號及項目 | 項目平均 | | 前測與後測平均差異 | P值 |
|---|------|------|-----------|-------|
| | 前測 | 後測 | | |
| 5-1 瞭解奈米材料是指固體顆粒小到奈米(1 奈米=10 ⁻⁹ 米)尺度的奈米微粒子(也稱之為奈米粉)和晶粒尺寸小到奈米量級的固體和薄膜 | 2.65 | 4.47 | 1.82 | .000* |
| 5-2 瞭解奈米微粒之製造條件之控制、品質均勻穩定之控制，為奈米材料開發之首要重點 | 2.32 | 4.19 | 1.87 | .000* |
| 5-3 瞭解奈米粒子別名為超微顆粒，處在原子簇和宏觀物體交界的過渡區域，具有表面效應、小尺寸效應和宏觀量子隧道效應 | 2.14 | 4.25 | 2.11 | .000* |
| 5-4 瞭解奈米材料在結構上可以分為三種形式(如顆粒狀、柱狀、線狀以及層狀) | 2.08 | 3.94 | 1.86 | .000* |
| 5-5 瞭解奈米化技術包括”Top down”及”Bottom up”兩種方式 | 1.86 | 4.58 | 2.72 | .000* |
| 5-6 瞭解奈米級複合材料，是介於宏觀與微觀兩個世界之間的一種尺度之中，可混成兩種或兩種以上的材料所形成的新材料，具有許多獨特的高功能性質 | 2.03 | 4.28 | 2.25 | .000* |
| 5-7 瞭解奈米級複合材料當中也會表現出特殊的電性、磁性、化學、物理、量子和光學等其他機能特性，在開發應用上極具潛力 | 2.05 | 4.22 | 2.17 | .000* |
| 5-8 瞭解奈米碳管的結構與應用 | 2.08 | 4.33 | 2.25 | .000* |
| 5-9 瞭解巴克球組裝的原理及應用 | 2.08 | 4.39 | 2.31 | .000* |
| 整體平均數 | 2.14 | 4.30 | 2.16 | .000* |

註：不了解(1.81-2.65)、普通(2.65-3.35)、了解(3.35-4.19)、非常了解(4.19-5.00)

* P<0.05 代表有顯著性差異

培訓後，學員奈米材料層面整體平均數 4.30，落於平均數判定為「非常了解」的區段內，表中各項目平均數落於 3.94 至 4.58 之間，由此得知學員對於奈米材料層面的學習認知多屬「非常了解」。其中，只有項目類別「瞭解奈米材料在結構上可以分為三種形式(如顆粒狀、柱狀、線狀以及層狀)」(M=3.94) 的學習認知為「了解」，其餘的學習認知為「非常了解」(表 6)。

奈米材料層面的題項裡，前測與後測平均數差的 P 值皆小於 0.05，都具有顯著的差異，顯示培訓前後在瞭解程度上表現有顯著差異，亦即學員可經由培訓課程，大幅提升對奈米材料層面的瞭解。

二、問卷(前後測)單因子分析

1. 奈米概論層面(表 7)

由於群體間變異數據同質性的檢測結果 P 值皆大於 0.05，顯示學員性別間、學歷間及是否為教師，在培訓前後對奈米概論層面了解的變化並無明顯不一致。

表 7 培訓前後奈米概論層面的單因子分析表

Table 7 ANOVA analysis of introduction in nanotechnology aspects before and after training according to gender, education and qualified teachers

| 項目編號 | 性別因子 | 項目平均 | | 學歷因子 | 項目平均 | | 是否教師因子 | 項目平均 | |
|------|------|-------|------|------|-------|-------|--------|-------|-------|
| | | 前測 | 後測 | | 前測 | 後測 | | 前測 | 後測 |
| 1-1 | 男 | 3.33 | 4.23 | 碩士 | 3.11 | 4.33 | 是 | 2.77 | 4.15 |
| | 女 | 3.04 | 4.26 | 大學 | 3.14 | 4.22 | 否 | 3.67 | 4.38 |
| | P值 | .438 | .865 | P值 | .939 | .571 | P值 | .010* | .183 |
| 1-2 | 男 | 3.08 | 4.62 | 碩士 | 2.67 | 4.89 | 是 | 2.55 | 4.75 |
| | 女 | 3.00 | 4.83 | 大學 | 3.14 | 4.70 | 否 | 3.73 | 4.75 |
| | P值 | .828 | .170 | P值 | .250 | .280 | P值 | .000* | 1.000 |
| 1-3 | 男 | 3.17 | 4.54 | 碩士 | 2.44 | 4.67 | 是 | 2.73 | 4.55 |
| | 女 | 2.76 | 4.65 | 大學 | 3.04 | 4.59 | 否 | 3.13 | 4.69 |
| | P值 | .263 | .515 | P值 | .133 | .703 | P值 | .240 | .415 |
| 1-4 | 男 | 2.42 | 4.38 | 碩士 | 2.11 | 4.44 | 是 | 2.14 | 4.20 |
| | 女 | 2.44 | 4.35 | 大學 | 2.54 | 4.33 | 否 | 2.87 | 4.56 |
| | P值 | .942 | .861 | P值 | .222 | .633 | P值 | .013* | .068 |
| 1-5 | 男 | 2.33 | 4.46 | 碩士 | 2.11 | 4.56 | 是 | 1.95 | 4.40 |
| | 女 | 2.24 | 4.43 | 大學 | 2.32 | 4.41 | 否 | 2.73 | 4.50 |
| | P值 | .780 | .892 | P值 | .563 | .498 | P值 | .010* | .600 |
| 1-6 | 男 | 3.00 | 4.38 | 碩士 | 3.00 | 4.33 | 是 | 2.95 | 4.30 |
| | 女 | 3.00 | 4.30 | 大學 | 3.00 | 4.33 | 否 | 3.07 | 4.38 |
| | P值 | 1.000 | .672 | P值 | 1.000 | 1.000 | P值 | .699 | .682 |

續下頁

續表7

| 項目編號 | 性別因子 | 前測 | 後測 | 學歷因子 | 前測 | 後測 | 是否教師因子 | 前測 | 後測 |
|------|------|------|-------|------|------|-------|--------|-------|-------|
| 1-7 | 男 | 2.67 | 4.46 | 碩士 | 2.44 | 4.67 | 是 | 2.32 | 4.60 |
| | 女 | 2.56 | 4.78 | 大學 | 2.64 | 4.67 | 否 | 3.00 | 4.75 |
| | P值 | .763 | .051 | P值 | .606 | 1.000 | P值 | .037* | .357 |
| 1-8 | 男 | 2.75 | 4.54 | 碩士 | 2.78 | 4.67 | 是 | 2.77 | 4.60 |
| | 女 | 3.04 | 4.78 | 大學 | 3.00 | 4.70 | 否 | 3.20 | 4.81 |
| | P值 | .429 | .134 | P值 | .579 | .840 | P值 | .218 | .179 |
| 1-9 | 男 | 2.83 | 4.46 | 碩士 | 2.67 | 4.67 | 是 | 2.77 | 4.55 |
| | 女 | 2.96 | 4.74 | 大學 | 3.00 | 4.63 | 否 | 3.13 | 4.75 |
| | P值 | .740 | .101 | P值 | .421 | .847 | P值 | .318 | .226 |
| 1-10 | 男 | 2.75 | 4.38 | 碩士 | 2.56 | 4.56 | 是 | 2.55 | 4.55 |
| | 女 | 2.68 | 4.70 | 大學 | 2.75 | 4.59 | 否 | 2.93 | 4.63 |
| | P值 | .824 | .072 | P值 | .570 | .851 | P值 | .191 | .661 |
| 1-11 | 男 | 3.00 | 4.46 | 碩士 | 3.00 | 4.56 | 是 | 2.82 | 4.60 |
| | 女 | 2.80 | 4.78 | 大學 | 2.82 | 4.70 | 否 | 2.93 | 4.75 |
| | P值 | .513 | .051 | P值 | .593 | .429 | P值 | .693 | .357 |
| 1-12 | 男 | 3.08 | 4.08 | 碩士 | 2.89 | 4.22 | 是 | 2.77 | 4.25 |
| | 女 | 2.68 | 4.35 | 大學 | 2.79 | 4.26 | 否 | 2.87 | 4.25 |
| | P值 | .177 | .162 | P值 | .755 | .865 | P值 | .745 | 1.000 |
| 1-13 | 男 | 3.33 | 4.31 | 碩士 | 2.89 | 4.22 | 是 | 3.00 | 4.25 |
| | 女 | 2.72 | 4.35 | 大學 | 2.93 | 4.37 | 否 | 2.80 | 4.44 |
| | P值 | .075 | .858 | P值 | .918 | .550 | P值 | .551 | .384 |
| 1-14 | 男 | 3.25 | 4.46 | 碩士 | 3.22 | 4.67 | 是 | 2.82 | 4.60 |
| | 女 | 2.92 | 4.78 | 大學 | 2.96 | 4.67 | 否 | 3.33 | 4.75 |
| | P值 | .374 | .051 | P值 | .525 | 1.000 | P值 | .141 | .357 |
| 1-15 | 男 | 2.83 | 4.54 | 碩士 | 2.33 | 4.67 | 是 | 2.50 | 4.45 |
| | 女 | 2.40 | 4.52 | 大學 | 2.61 | 4.48 | 否 | 2.60 | 4.63 |
| | P值 | .203 | .933 | P值 | .465 | .398 | P值 | .761 | .359 |
| 1-16 | 男 | 2.42 | 4.15 | 碩士 | 2.44 | 4.33 | 是 | 2.36 | 4.35 |
| | 女 | 2.60 | 4.61 | 大學 | 2.57 | 4.48 | 否 | 2.80 | 4.56 |
| | P值 | .555 | .016* | P值 | .709 | .498 | P值 | .136 | .262 |
| 1-17 | 男 | 2.42 | 4.31 | 碩士 | 2.33 | 4.44 | 是 | 2.32 | 4.40 |
| | 女 | 2.48 | 4.43 | 大學 | 2.50 | 4.37 | 否 | 2.67 | 4.38 |
| | P值 | .866 | .549 | P值 | .683 | .753 | P值 | .325 | .903 |
| 1-18 | 男 | 2.17 | 4.31 | 碩士 | 2.11 | 4.44 | 是 | 2.09 | 4.30 |
| | 女 | 2.36 | 4.22 | 大學 | 2.36 | 4.19 | 否 | 2.60 | 4.19 |
| | P值 | .565 | .610 | P值 | .502 | .182 | P值 | .106 | .510 |

續下頁

續表7

| 項目編號 | 性別因子 | 前測 | 後測 | 學歷因子 | 前測 | 後測 | 是否教師因子 | 前測 | 後測 |
|------|------|------|------|------|------|-------|--------|-------|------|
| 1-19 | 男 | 2.08 | 4.08 | 碩士 | 2.22 | 4.00 | 是 | 2.09 | 4.15 |
| | 女 | 2.48 | 4.22 | 大學 | 2.39 | 4.22 | 否 | 2.73 | 4.19 |
| | P值 | .174 | .514 | P值 | .596 | .351 | P值 | .018* | .858 |
| 1-20 | 男 | 2.58 | 4.38 | 碩士 | 2.78 | 4.44 | 是 | 2.36 | 4.40 |
| | 女 | 2.56 | 4.48 | 大學 | 2.50 | 4.44 | 否 | 2.87 | 4.50 |
| | P值 | .946 | .635 | P值 | .457 | 1.000 | P值 | .118 | .600 |
| 群體 | 男 | 2.78 | 4.38 | 碩士 | 2.61 | 4.49 | 是 | 2.53 | 4.42 |
| | 女 | 2.69 | 4.53 | 大學 | 2.75 | 4.46 | 否 | 2.98 | 4.54 |
| | P值 | .733 | .229 | P值 | .511 | .648 | P值 | .063 | .323 |

註：項目編號與表 2 同

* $P < 0.05$ 代表有顯著性差異

(1) 不同性別部分

培訓前性別因子在奈米概論層面的題項裡的 P 值皆大於 0.05，都不具有顯著的差異，顯示男性與女性在瞭解程度上的差距並不大。

培訓後性別因子在奈米概論層面的題項裡大部分的 P 值都大於 0.05，多屬不具有顯著的差異。其中只有項目類別「瞭解奈米標章是對奈米產品的認證」($P=0.016$)的 P 值小於 0.05 具有顯著性的差異，其餘的皆不具有顯著性的差異。顯示「瞭解奈米標章是對奈米產品的認證」的學習上，女生比男生瞭解度高。

(2) 不同學歷部分

培訓前後學歷因子在奈米概論層面的題項裡的 P 值皆都大於 0.05，都不具有顯著的差異，顯示碩士與大學學歷在奈米概論層面的瞭解程度上並沒有差距甚大的表現。

(3) 是否具有教師資格部分

培訓前教師資格因子在奈米概論層面的題項裡大多數的 P 值都大於 0.05，其中有 6 個項目類別：1-1 ($P=0.010$)、1-2 ($P=0.000$)、1-4 ($P=0.013$)、1-5 ($P=0.010$)、1-7 ($P=0.037$) 及 1-19 ($P=0.018$)的 P 值小於 0.05，具有顯著性的差異，其餘的皆不具有顯著性的差異。顯示不具有教師資格比具有教師資格瞭解度高出甚多的類別有「瞭解光學顯微鏡的作用」、「瞭解奈米的尺度定義」、「瞭解奈米材料的基本性質(如光學、力學、磁學性質)」、「瞭解奈米量測技術的種類(如穿透式電子顯微鏡等)」、「瞭解奈米科技包含之範疇」、「瞭解奈米科技如何運用在農業生產」。由於未具教師資格的學員為國立宜蘭大學之學生，有 7 位同學在學校中已修讀過奈米科技相關課程(奈米科技導論、食品奈

米科技導論)或參與相關奈米科技活動(奈米科普推廣營隊)(Chen, 2013),所以在奈米概念先備知識上的瞭解程度優於尚未接觸過奈米科技的中小學教師。

培訓後奈米概論層面的題項裡的 P 值皆都大於 0.05, 都不具有顯著的差異, 顯示是否具有教師資格在瞭解程度上並沒有差距甚大表現, 亦即培訓後具教師資個的學員也可充分瞭解基本的奈米概論。

2. 奈米科技與環境層面(表 8)

表 8 培訓前後奈米科技與環境層面的單因子分析表

Table 8 ANOVA analysis of nanotechnology and environment aspects before and after training according to gender, education and qualified teachers

| 項目編號 | 性別因子 | 項目平均 | | 學歷因子 | 項目平均 | | 是否教師因子 | 項目平均 | |
|------|------|------|-------|------|------|-------|--------|-------|-------|
| | | 前測 | 後測 | | 前測 | 後測 | | 前測 | 後測 |
| 2-1 | 男 | 1.92 | 4.15 | 碩士 | 1.89 | 4.15 | 是 | 1.82 | 4.05 |
| | 女 | 2.28 | 4.13 | 大學 | 2.25 | 4.13 | 否 | 2.67 | 4.25 |
| | P值 | .286 | .918 | P值 | .332 | .918 | P值 | .006* | .278 |
| 2-2 | 男 | 2.25 | 4.38 | 碩士 | 2.11 | 4.38 | 是 | 2.14 | 4.15 |
| | 女 | 2.48 | 4.43 | 大學 | 2.50 | 4.43 | 否 | 2.80 | 4.19 |
| | P值 | .565 | .798 | P值 | .371 | .798 | P值 | .076 | .867 |
| 2-3 | 男 | 2.17 | 4.08 | 碩士 | 2.00 | 4.08 | 是 | 2.09 | 3.95 |
| | 女 | 2.28 | 4.39 | 大學 | 2.32 | 4.39 | 否 | 2.47 | 4.19 |
| | P值 | .733 | .173 | P值 | .372 | .173 | P值 | .230 | .267 |
| 2-4 | 男 | 2.17 | 4.31 | 碩士 | 1.89 | 4.31 | 是 | 2.14 | 3.90 |
| | 女 | 2.44 | 4.39 | 大學 | 2.50 | 4.39 | 否 | 2.67 | 4.06 |
| | P值 | .371 | .691 | P值 | .062 | .691 | P值 | .064 | .467 |
| 2-5 | 男 | 2.33 | 4.08 | 碩士 | 2.11 | 4.08 | 是 | 2.27 | 3.70 |
| | 女 | 2.60 | 4.52 | 大學 | 2.64 | 4.52 | 否 | 2.87 | 4.19 |
| | P值 | .423 | .028* | P值 | .138 | .028* | P值 | .056 | .034* |
| 群體 | 男 | 2.17 | 4.20 | 碩士 | 2.00 | 4.31 | 是 | 2.09 | 4.28 |
| | 女 | 2.42 | 4.37 | 大學 | 2.42 | 4.28 | 否 | 2.69 | 4.35 |
| | P值 | .418 | .330 | P值 | .219 | .395 | P值 | .035* | .687 |

註：項目編號與表 3 同

* P<0.05 代表有顯著性差異

由於群體間變異數據的同質性檢測結果, 只有「是否具教師資格」的群體間, 在前測的 P 值小於 0.05, 顯示學員是否為教師, 在培訓前對奈米科技與環境層面了解的變化具明顯不一致。

(1) 不同性別部分

培訓前性別因子在奈米科技與環境層面的題項裡的 P 值皆大於 0.05，都不具有顯著的差異，顯示男性與女性在奈米科技與環境層面瞭解程度上並沒有差距甚大表現。

培訓後性別因子在奈米科技與環境層面的題項裡大部分的 P 值大於 0.05，多屬不具有顯著的差異，只有項目類別 2-5 的 P 值小於 0.05(P=0.028)，具有顯著性的差異，其餘的皆不具有顯著性的差異。顯示培訓後女生比男生瞭解度高出甚多的類別有「瞭解在面對有關奈米科技產品須同時考量生產、使用及廢棄與健康風險等問題」。

(2) 不同學歷部分

培訓前學歷因子在奈米科技與環境層面的題項裡的 P 值皆都大於 0.05，都不具有顯著的差異，顯示碩士與大學學歷學員在瞭解程度上並沒有差距甚大表現。

培訓後學歷因子在奈米科技與環境層面的題項裡大部分的 P 值皆大於 0.05，只有項目類別 2-5 的 P 值小於 0.05(P=0.028)，具有顯著性的差異，顯示碩士與大學學歷學員培訓後，除了「瞭解在面對有關奈米科技產品須同時考量生產、使用及廢棄與健康風險等問題」外，在瞭解程度上並沒有差距甚大表現。

(3) 是否具有教師資格部分

培訓前教師資格因子在奈米科技與環境層面的題項裡大部分的 P 值都大於 0.05，不具有顯著的差異。其中只有項目類別 2-1 的 P 值小於 0.05(P=0.006)，具有顯著性的差異，其餘的項目類別皆不具有顯著性的差異。顯示不具有教師資格比具有教師資格瞭解度高出甚多的類別有「瞭解奈米催化劑的種類(如金屬、化合物、襯底金屬)」。

培訓後教師資格因子在奈米科技與環境層面的題項裡的 P 值大部分大於 0.05，只有項目類別 2-5 的 P 值小於 0.05(P=0.028)，具有顯著性的差異。

由性別、學歷及是否為教師等三種單因子分析結果，發現培訓後在「瞭解在面對有關奈米科技產品須同時考量生產、使用及廢棄與健康風險等問題」的議題在瞭解程度上三種因子內都有顯著差異，推論本次學員中的女性、大學畢業生及未具教師資格者，更瞭解奈米科技可能帶來的負面效應。

3. 奈米分析與量測技術層面(表 9)

由於群體間變異數據的同質性檢測結果，只有「是否具教師資格」的群體間，在前測的 P 值小於 0.05，顯示學員是否為教師，在培訓前對奈米分析與量測技術層面了解的變化具明顯不一致。

(1) 不同性別部分

培訓前及培訓後，性別因子在奈米分析與量測技術層面的題項裡的 P 值皆大於

表 9 培訓前後奈米分析與量測技術層面的單因子分析表
Table 9 ANOVA analysis of nano-analysis and inspection aspects before and after training according to gender, education and qualified teachers

| 項目編號 | 性別因子 | 項目平均 | | 學歷因子 | 項目平均 | | 是否教師因子 | 項目平均 | |
|------|------|------|------|------|------|------|--------|-------|-------|
| | | 前測 | 後測 | | 前測 | 後測 | | 前測 | 後測 |
| 3-1 | 男 | 1.92 | 4.15 | 碩士 | 1.67 | 4.22 | 是 | 1.86 | 4.05 |
| | 女 | 2.12 | 4.13 | 大學 | 2.18 | 4.11 | 否 | 2.33 | 4.25 |
| | P值 | .503 | .903 | P值 | .116 | .602 | P值 | .099 | .278 |
| 3-2 | 男 | 2.08 | 4.08 | 碩士 | 1.78 | 4.33 | 是 | 1.95 | 4.15 |
| | 女 | 2.20 | 4.22 | 大學 | 2.29 | 4.11 | 否 | 2.47 | 4.19 |
| | P值 | .696 | .544 | P值 | .113 | .386 | P值 | .066 | .867 |
| 3-3 | 男 | 1.83 | 4.15 | 碩士 | 1.67 | 4.11 | 是 | 1.73 | 3.95 |
| | 女 | 2.04 | 4.00 | 大學 | 2.07 | 4.04 | 否 | 2.33 | 4.19 |
| | P值 | .469 | .490 | P值 | .190 | .765 | P值 | .021* | .267 |
| 3-4 | 男 | 1.83 | 4.15 | 碩士 | 1.67 | 4.22 | 是 | 1.73 | 3.90 |
| | 女 | 1.92 | 3.87 | 大學 | 1.96 | 3.89 | 否 | 2.13 | 4.06 |
| | P值 | .473 | .215 | P值 | .299 | .189 | P值 | .101 | .467 |
| 3-5 | 男 | 1.92 | 4.00 | 碩士 | 1.78 | 3.89 | 是 | 1.73 | 3.70 |
| | 女 | 2.04 | 3.87 | 大學 | 2.07 | 3.93 | 否 | 2.40 | 4.19 |
| | P值 | .696 | .594 | P值 | .392 | .892 | P值 | .020* | .034* |
| 3-6 | 男 | 1.83 | 4.00 | 碩士 | 1.78 | 4.00 | 是 | 1.73 | 3.75 |
| | 女 | 2.00 | 3.87 | 大學 | 2.00 | 3.89 | 否 | 2.27 | 4.13 |
| | P值 | .583 | .615 | P值 | .502 | .699 | P值 | .056 | .128 |
| 群體 | 男 | 1.90 | 4.09 | 碩士 | 1.72 | 4.13 | 是 | 1.79 | 3.92 |
| | 女 | 2.05 | 3.99 | 大學 | 2.06 | 3.96 | 否 | 2.32 | 4.17 |
| | P值 | .585 | .634 | P值 | .233 | .171 | P值 | .036* | .199 |

註：項目編號與表 4 同

* P<0.05 代表有顯著性差異

0.05，都不具有顯著的差異，顯示男性與女性在培訓前後對奈米分析與量測技術層面的瞭解程度上，都沒有差距甚大表現。

(2) 不同學歷部分

培訓前及培訓後，學歷因子在奈米分析與量測技術層面的題項裡的 P 值皆都大於 0.05，都不具有顯著的差異。顯示碩士與大學學歷的學員，在培訓前後對奈米分析與量測技術層面的瞭解程度上，都沒有差距甚大表現。

(3) 是否具有教師資格部分

培訓前教師資格因子在奈米分析與量測技術層面的題項裡，項目類別 3-3 (P=0.021)、3-5 (P=0.020)的 P 值小於 0.05，具有顯著性的差異，其餘的題項皆不具有顯

著性差異。顯示不具有教師資格比具有教師資格瞭解度高出甚多的類別有「瞭解 SPM 是利用細微探針對試片進行探測，進而得到原子等級解析度的特性」、「瞭解 AFM 是利用感光二極體偵測器量測雷射光反射角度變化產生三維影像」，原因應與奈米概論層面同。

培訓後教師資格因子在奈米分析與量測技術層面的題項裡大部分的 P 值都大於 0.05，多屬不具有顯著的差異，只有項目類別 3-5 的 P 值小於 0.05(P=0.034)，具有顯著性的差異。顯示不具有教師資格比具有教師資格瞭解度高出甚多的類別只有「瞭解 AFM 是利用感光二極體偵測器量測雷射光反射角度變化產生三維影像」。

項目類別 3-5 在培訓前後都有顯著差異，推論是 AFM(原子力顯微鏡)的原理是較不易在短時間學習即可充分瞭解，而在學學生因有較多機會接觸此設備，因此在培訓前後都是以未具備教師資格的學員瞭解程度高於中小學老師。

4. 奈米醫學健康層面(表 10)

群體間變異數據的同質性檢測結果 P 值皆大於 0.05，顯示學員性別間、學歷間及是否為教師，在培訓前後對奈米醫學健康層面了解的變化並無明顯不一致。

表 10 培訓前後奈米醫學健康層面的單因子分析表

Table 10 ANOVA analysis of nano-medical and health aspects before and after training according to gender, education and qualified teachers

| 項目編號 | 性別因子 | 項目平均 | | 學歷因子 | 項目平均 | | 是否教師因子 | 項目平均 | |
|------|------|------|------|------|------|------|--------|-------|-------|
| | | 前測 | 後測 | | 前測 | 後測 | | 前測 | 後測 |
| 4-1 | 男 | 2.17 | 4.15 | 碩士 | 2.17 | 4.11 | 是 | 2.05 | 4.05 |
| | 女 | 2.40 | 4.30 | 大學 | 2.40 | 4.30 | 否 | 2.73 | 4.50 |
| | P值 | .475 | .480 | P值 | .475 | .433 | P值 | .022* | .024* |
| 4-2 | 男 | 2.17 | 4.23 | 碩士 | 2.17 | 4.33 | 是 | 2.18 | 4.45 |
| | 女 | 2.36 | 4.52 | 大學 | 2.36 | 4.44 | 否 | 2.47 | 4.38 |
| | P值 | .552 | .168 | P值 | .552 | .639 | P值 | .356 | .717 |
| 4-3 | 男 | 2.00 | 4.31 | 碩士 | 2.00 | 4.44 | 是 | 2.05 | 4.40 |
| | 女 | 2.20 | 4.57 | 大學 | 2.20 | 4.48 | 否 | 2.27 | 4.56 |
| | P值 | .567 | .189 | P值 | .567 | .866 | P值 | .506 | .395 |
| 群體 | 男 | 2.11 | 4.23 | 碩士 | 1.93 | 4.49 | 是 | 2.09 | 4.30 |
| | 女 | 3.32 | 4.46 | 大學 | 2.30 | 4.46 | 否 | 2.49 | 4.48 |
| | P值 | .507 | .215 | P值 | .072 | .648 | P值 | .180 | .326 |

註：項目編號與表 5 同

* P<0.05 代表有顯著性差異

(1) 不同性別部分

培訓前及培訓後，性別因子在奈米醫學健康層面的題項裡的 P 值皆大於 0.05，都不具有顯著的差異，顯示男性與女性在培訓前後對奈米醫學健康層面瞭解程度上，都沒有差距甚大表現。

(2)不同學歷部分

培訓前及培訓後，學歷因子在奈米醫學健康層面的題項裡的 P 值皆大於 0.05，都不具有顯著的差異，顯示碩士與大學學歷在培訓前後對奈米醫學健康層面瞭解程度上都沒有差距甚大表現。

(3)是否具有教師資格部分

培訓前及培訓後，教師資格因子在奈米醫學健康層面的題項裡，都只有項目類別 4-1 的 P 值小於 0.05，分別為 0.022 及 0.024，具有顯著性的差異，其餘的項目類別皆不具有顯著性的差異。顯示大部分都是第一次接觸奈米科技的中小學教師，較不易在短時間內非常瞭解「奈米之健康危害與保護」。

5. 奈米材料層面(表 11)

群體間變異數據的同質性檢測結果，只有「是否具教師資格」的群體間，在前測的 P 值小於 0.05，顯示學員是否為教師，在培訓前對奈米材料層面了解的變化具明顯不一致。

(1) 不同性別部分

培訓前性別因子在奈米材料層面的題項裡的 P 值皆大於 0.05，都不具有顯著的差異，顯示男性與女性在瞭解程度上並沒有差距甚大表現。培訓後，大部分題項的 P 值大於 0.05，只有項目類別 5-5 的 P 值小於 0.05 ($P=0.012$)，其餘的項目類別皆不具有顯著性的差異。顯示男生比女生瞭解度高出甚多的類別只有「瞭解奈米化技術包括”Top down”及”Bottom up”兩種方式」。

(2) 不同學歷部分

培訓前及培訓後，學歷因子在奈米材料層面的題項裡的 P 值皆大於 0.05，都不具有顯著的差異，顯示碩士與大學學歷在培訓前後對奈米材料層面瞭解程度上並沒有差距甚大表現。

(3) 是否具有教師資格部分

培訓前教師資格因子在奈米材料層面的題項裡，項目類別 5-5 ($P=0.039$)、5-6 ($P=0.015$)、5-7 ($P=0.025$)、5-8 ($P=0.015$)及 5-9 ($P=0.012$)的 P 值小於 0.05，具有顯著性的

差異。顯示不具有教師資格比具有教師資格瞭解度高出甚多的類別有「瞭解奈米化技術包括”Top down”及”Bottom up”兩種方式」、「瞭解奈米級複合材料，是介於宏觀與微觀

表 11 培訓前後奈米材料層面的單因子分析表

Table 11 ANOVA analysis of nano-materials aspects before and after training according to gender, education and qualified teachers

| 項目 編號 | 性別 因子 | 項目平均 | | 學歷 因子 | 項目平均 | | 是否教 師因子 | 項目平均 | |
|----------|----------|------|-------|----------|------|------|------------|-------|------|
| | | 前測 | 後測 | | 前測 | 後測 | | 前測 | 後測 |
| 5-1 | 男 | 2.67 | 4.23 | 碩士 | 2.56 | 4.44 | 是 | 2.41 | 4.40 |
| | 女 | 2.64 | 4.61 | 大學 | 2.68 | 4.48 | 否 | 3.00 | 4.56 |
| | P值 | .943 | .050 | P值 | .761 | .866 | P值 | .088 | .395 |
| 5-2 | 男 | 2.17 | 4.00 | 碩士 | 1.78 | 4.00 | 是 | 2.05 | 4.10 |
| | 女 | 2.40 | 4.30 | 大學 | 2.50 | 4.26 | 否 | 2.73 | 4.31 |
| | P值 | .537 | .194 | P值 | .074 | .321 | P值 | .050 | .351 |
| 5-3 | 男 | 2.00 | 4.23 | 碩士 | 1.67 | 4.22 | 是 | 2.00 | 4.20 |
| | 女 | 2.20 | 4.26 | 大學 | 2.29 | 4.26 | 否 | 2.33 | 4.31 |
| | P值 | .578 | .888 | P值 | .109 | .876 | P值 | .329 | .586 |
| 5-4 | 男 | 1.92 | 4.00 | 碩士 | 1.67 | 4.22 | 是 | 1.91 | 3.80 |
| | 女 | 2.16 | 3.91 | 大學 | 2.21 | 3.85 | 否 | 2.33 | 4.13 |
| | P值 | .446 | .731 | P值 | .111 | .182 | P值 | .159 | .179 |
| 5-5 | 男 | 1.67 | 4.23 | 碩士 | 1.67 | 4.56 | 是 | 1.64 | 4.50 |
| | 女 | 1.96 | 4.78 | 大學 | 1.93 | 4.59 | 否 | 2.20 | 4.69 |
| | P值 | .316 | .012* | P值 | .413 | .885 | P值 | .039* | .397 |
| 5-6 | 男 | 2.00 | 4.08 | 碩士 | 1.89 | 4.22 | 是 | 1.73 | 4.15 |
| | 女 | 2.04 | 4.39 | 大學 | 2.07 | 4.30 | 否 | 2.47 | 4.44 |
| | P值 | .904 | .143 | P值 | .614 | .759 | P值 | .015* | .166 |
| 5-7 | 男 | 1.92 | 4.23 | 碩士 | 1.78 | 4.44 | 是 | 1.77 | 4.20 |
| | 女 | 2.12 | 4.22 | 大學 | 2.14 | 4.15 | 否 | 2.47 | 4.25 |
| | P值 | .546 | .949 | P值 | .318 | .197 | P值 | .025* | .805 |
| 5-8 | 男 | 2.00 | 4.23 | 碩士 | 1.89 | 4.44 | 是 | 1.77 | 4.30 |
| | 女 | 2.12 | 4.39 | 大學 | 2.14 | 4.30 | 否 | 2.53 | 4.38 |
| | P值 | .726 | .437 | P值 | .495 | .519 | P值 | .015* | .708 |
| 5-9 | 男 | 2.25 | 4.31 | 碩士 | 1.89 | 4.33 | 是 | 1.73 | 4.35 |
| | 女 | 2.00 | 4.43 | 大學 | 2.14 | 4.41 | 否 | 2.60 | 4.44 |
| | P值 | .511 | .549 | P值 | .541 | .753 | P值 | .012* | .670 |
| 群體 | 男 | 2.06 | 4.17 | 碩士 | 1.86 | 4.32 | 是 | 1.89 | 4.22 |
| | 女 | 2.18 | 4.37 | 大學 | 2.21 | 4.29 | 否 | 2.52 | 4.39 |
| | P值 | .706 | .239 | P值 | .375 | .920 | P值 | .028* | .302 |

註：項目編號與表 6 同

* P<0.05 代表有顯著性差異

兩個世界之間的一種尺度之中，可混成兩種或兩種以上的材料所形成的新材料，具有許多獨特的高功能性質」、「瞭解奈米級複合材料當中也會表現出特殊的電性、磁性、化學、物理、量子 and 光學等其他機能特性，在開發應用上極具潛力」、「瞭解奈米碳管的結構與應用」、「瞭解巴克球組裝的原理及應用」等，對於未接觸過奈米材料的中小學教師較為陌生。但是在培訓後，奈米材料層面的題項裡的 P 值皆都大於 0.05，都不具有顯著的差異，顯示是否具有教師資格在瞭解程度上已沒有差距甚大表現。

整體而言，由群體同質性檢測分析結果，發現只有「是否具教師資格」的群體，在培訓前，對奈米科技與環境、奈米分析與量測技術及奈米材料等三個層面有瞭解程度上的差異，但是在培訓後已無顯著差異。

6. 前後測單因子敘述性分析

不同性別學員在各奈米科技層面的顯著性差異題項在培訓前為 0 項、培訓後為 3 項；不同學歷學員在培訓前及培訓後的顯著性差異題項都是 0 項；不論有無教師資格，學員經過培訓後則有顯著性差異的題項縮減，由培訓前的 15 項減少為培訓後的 3 項，表示無論具不具有教師資格的學員上完課後都有成長，瞭解度提高，只是還有部分題項是沒有教師資格的學員比有教師資格的瞭解程度高。比較三種因子對各奈米科技層面學習成效的影響，是以有無教師資格有最多的顯著性差異，推論是由於未具教師資格的學員為國立宜蘭大學之在學學生，部分同學在已修讀過奈米科技相關課程或參與相關奈米科技活動，所以在奈米概念先備知識上的瞭解程度優於尚未接觸過奈米科技的中小學教師，但是在經過培訓後，有顯著性差異的題項縮減，顯示培訓課程有顯著的成效，瞭解度皆有效提高，減少有無教師資格學員間對各層面題項的瞭解程度的差異。

四、培訓課程教學實施學員學習滿意度之探討

對「奈米科普教育」課程之態度層面整體平均數 4.47，落於平均數判定為非常滿意的區段內，各項目平均數落於 4.25 至 4.67 之間皆屬於非常滿意；對參加「奈米科普教育」授課老師之態度層面整體平均數 4.54，落於平均數判定為非常滿意的區段內，各項目平均數落於 4.47 至 4.61 之間皆屬於非常滿意；對參加「奈米科普教育」研習學校環境之態度層面整體平均數 4.41，落於平均數判定為非常滿意的區段內，各項目平均數落於 4.19 至 4.56 之間皆屬於非常滿意；教學設備層面整體平均數 4.58，落於平均數判定為非常滿意的區段內，各項目平均數落於 4.50 至 4.64 之間皆屬於非常滿意；展場環境設備層面整體平均數 4.41，落於平均數判定為非常滿意的區段內，各項目平均數落於 4.39 至 4.44 之間皆屬於非常滿意；DIY 學習內容層面整體平均數 4.44，落於平均數判定為非

的分析下，本研究得知學員對於層面一「奈米概論層面」的學習認知是由前測的「普通」，轉化為後測的「非常了解」狀態。

(2) 學習二階段期間的學習狀態為：「不了解－非常了解」。經過奈米素養調查五大層面的分析下，本研究得知學員對於層面二「奈米科技與環境層面」、層面四「奈米醫學健康層面」、層面五「奈米材料層面」的學習認知是由前測的「不了解」，提升為後測的「非常了解」狀態。

(3) 學習二階段期間的學習狀態為：「不了解－了解」。經過奈米素養調查五大層面的分析下，本研究得知學員對於層面三「奈米分析與量測技術層面」的學習認知，是由前測的「不了解」，提升為後測的「了解」狀態。

4. 第一階段(前測)問卷分析結果顯示：(1)不同性別、學歷對奈米概論、奈米科技與環境、奈米分析與量測技術、奈米醫學健康及奈米材料等層面之瞭解程度，並沒有顯著差異。(2)至於是否具備教師資格對奈米概論層面(瞭解光學顯微鏡的作用；瞭解奈米的尺度定義；瞭解奈米材料的基本性質；瞭解奈米測量技術的種類；瞭解奈米科技包含之範疇；瞭解奈米科技如何運用在農業生產等 6 個項目)、奈米科技與環境層面(瞭解奈米催化劑的種類 1 個項目)、奈米分析與量測技術層面(瞭解 SPM 是利用細微探針對試片進行探測進而得到原子等及解釋度的特性；瞭解 AFM 是利用感光二極體偵測器量測雷射光反射角度變化產生三維影像等 2 個項目)、奈米醫學健康層面(瞭解奈米之健康危害與保護 1 個項目)、奈米材料層面(瞭解奈米化技術包括”Top down”及”Bottom up”兩種方式；瞭解奈米級複合材料是介於宏觀與微觀兩個世界之間的一種尺度之中，可混成兩種或兩種以上的材料所形成的新材料，具有許多獨特的高功能性質；瞭解奈米級複合材料當中也會表現出特殊的電性、磁性、化學、物理、量子 and 光學等其他機能特性，在開發應用上極具潛力；瞭解奈米碳管的結構與應用；瞭解巴克球組裝的原理及應用等 5 個項目)之瞭解程度有顯著差異，非教師資格者的瞭解程度較高於教師資格者；其餘個項目則無顯著差異。推論是國立宜蘭大學之學生(未具教師資格的學員)，已在學校相關奈米科技課程或奈米科技活動中學習過部分奈米科技相關知識。

5. 第二階段(後測)回收問卷資料分析結果顯示：(1)不同性別對奈米概論(瞭解奈米標章是對奈米產品的認證 1 個項目)、奈米科技與環境(瞭解在面對有關奈米科技產品須同時考量生產、使用及廢棄與健康風險等問題 1 個項目)、奈米材料等層面之瞭解程度(瞭解奈米化技術包括”Top down”及”Bottom up”兩種方式 1 個項目)有顯著差異，女性的

瞭解程度高於男性；其餘並沒有顯著差異。(2)不同學歷僅對奈米科技與環境(瞭解在面對有關奈米科技產品須同時考量生產、使用及廢棄與健康風險等問題 1 個項目)之瞭解程度有顯著差異，大學學歷者的瞭解程度較高於碩士學歷者；其餘並沒有顯著差異。(3)是否具備教師資格對奈米科技與環境(瞭解在面對有關奈米科技產品須同時考量生產、使用及廢棄與健康風險等問題 1 個項目)、奈米分析與量測技術(瞭解 AFM 是利用感光二極體偵測器量測雷射光反射角度變化產生三維影像 1 個項目)及奈米醫學健康(瞭解奈米之健康危害與保護 1 個項目)之瞭解程度有顯著差異，非教師資格者的瞭解程度較高於教師資格者；其餘個項目則無顯著差異。部分較為專業的奈米科技(如奈米材料安全性、檢測技術等項目)，縱使經過短時間培訓後，對這些項目的瞭解程度，仍不及在學校經正式課程訓練的學生。

6. 針對二階段(前後測)回收問卷資料比較分析結果顯示：不同性別、不同學歷或是否具備教師資格，對奈米概論、奈米科技與環境、奈米分析與量測技術、奈米醫學健康及奈米材料等層面與各項目之瞭解程度，均有顯著差異。顯示經過 NPSEPT 培訓與教導後，所有學員對奈米知能瞭解程度均有非常顯著的進步。
7. 學員對於整體的教學滿意度及學習環境皆為非常滿意：種子師資學員對於課堂的整體的教學滿意度及學習成效的結果，如對「奈米科普教育」課程之態度、參加「奈米科普教育」授課老師之態度、參加「奈米科普教育」研習學校環境之態度、教學設備、展場環境設備、DIY 學習內容皆非常滿意。

二、建議

1. 持續審慎遴選 NPSEPT 學員，及邀請專業且認真優質教師。從研究結果發現：本研究執行一開始就審慎挑選種子教師，及透過遴聘優質教師授課以培育種子教師，藉此發現學員學習動機就越正面；學員基於肯自我充實、提升授課知識專業度及被研習課程的內容吸引的學習態度情況，經由研究調查前測及後測發現學員的學習成效顯著，證實可提升培育 NPSEPT 學員的學習效果。
2. 繼續推動辦理 NPSEPT 培訓活動，落實奈米科普教育推廣之功能。依研究結果發現：NPSEPT 培訓課程教學實施成效，透過第二階段後測回收問卷資料分析確知種子師資獲知學習之認知，均表示非常了解，顯示 NPSEPT 培訓課程教學實施頗有成效，值得繼續推動。
3. 開拓不同領域之學員加以培訓成為 NPSEPT。從研究結果發現：種子教師第一階段前測結果：無論是不同性別、不同學歷或是否教師之前測成績普通大致不佳；但第二

階段不同性別、不同學歷或是否教師的後測成績均甚優異。顯示持續招募不同領域之學員加以培訓，於培訓種子師資成員中遴選優秀 NPSEPT 之措施是相當有必要推動的。

4. 充分運用本研究計畫研究團隊及教學環境功能。本研究結果發現：以參與計畫之奈米專業成員，發揮其專長妥善辦好研習會培育種子師資學員，對於奈米科普教育課程的整體的教學滿意度及學習成效的結果有很大的幫助。對奈米科普教育課程內容、授課教師教學態度、奈米科普教育研習學校環境、教學設備、展場環境設備、DIY 學習內容皆感到非常滿意。也顯示若能充分運用本研究計畫研究團隊及教學環境功能，對學員的學習成效有很大的幫助。
5. 未來研究方向及機會。由 NPSEPT 教學實施頗有成效，將持續調查這些 NPSEPT 在回到學校後，參與推動或輔導學童奈米科普教育的情形，與遭遇到的困難，作為日後改善課程的依據。

誌 謝

本研究感謝宜蘭縣教育處合作辦理培訓及頒與證書，國中自然與生活科技學習領域輔導小組、國小自然與生活科技學習領域輔導小組協助聯繫宜蘭地區中小學教師參與培訓，宜蘭大學參與服務學習課程志工的參與和協助，以及國科會(NSC 101-2120-S-197-001) 的經費支持。

參考文獻

- 李世光、吳政忠、蔡雅雯、林宜靜、黃圓婷。2003。奈米科技人才培育計畫之推動規劃與展望：從K-12奈米人才培育試行計劃談起。物理雙月刊 25(3):435-443。
- 李宗薇。1993。師院「社會科教學研究」課程應用教學設計之實驗研究。師大書苑。台北。
- 李賢哲、吳信輝、樊琳。2008。以奈米科技教學初探學生建模能力之發展。科學教育月刊 309:2-4。
- 馬遠榮。2002。奈米科技。pp.100-103。商周出版。台北。
- 郭重吉。2001。建構與教學。中部地區科學教育簡訊 10:1-10。
- 陳輝煌。2012。蘭陽地區奈米科技人才培育及科普教育之推廣計畫。國科會 98-101 年度專題研究計畫成果報告(NSC 100-2120-S-197-001-NM)。

- 溫明正。2005。奈米科技融入教學之應用。師友月刊 451:8-15。
- 馮丹白。2014。科技大學與技術學院畢業生應具備的能力之研究。國科會92-93年度專題研究計畫成果報告(NSC92-2413-H003-033)。
- 潘文福。2004。奈米科技融入九年一貫課程之領域主題規劃。生活科技教育月刊 37(2):20-25。
- Bloom, B. S., M. D. Engelhart, E. J. Furst, W. H. Hill, and D. R. Krathwohl. 1956. Taxonomy of educational objectives: the classification of educational goals; Handbook I: Cognitive Domain, Longmans, Green, New York.
- Chen, H. H. 2013. Nanotechnology education in bio-resource science - a case study of College of Bioresources in Ilan University. AETMS 2013 Proceedings, pp.15-21. DEStech Publications, Lancaster, PA, USA..
- European Commission. 2004. Nanotechnology-Innovation for Tomorrow's World. <http://www.bioethics.gov/reports/reproductionandresponsibility/index.html>.
- Krathwohl, D. R. 2002. A revision of bloom's taxonomy: An overview. Theory into Practice 41(4):212-218.
- Lakhtakia, A. 2006. Priming pre-university education for nanotechnology. Current Science 90(1):34-40.
- Roco, M. C. 2003. Converging science and technology at the nanoscale: opportunities for education and training. Nature Biotechnology 21(10):1247-1249.
- Stevens, S. Y., L. M. Sutherland, and J. S. Krajcik. 2009. The Big Ideals of Nanoscale Science and Engineering: A Guidebook for Secondary Teachers. pp.3-4. NSTA press, Arlington, VA, U.S.A.
- Wu, C. 2004. Sweating the small stuff. ASEE Prism October (1):22-27.

103 年 1 月 4 日投稿
103 年 9 月 3 日接受