

中部地區國小學童「奈米科技」核心概念 調查研究

許良榮¹、陳欣琦²、黃鈺心³

¹國立台中教育大學科學應用與推廣學系教授

^{2,3}國立台中教育大學科學應用與推廣學系研究生

摘要

本研究旨在調查中部地區國小高年級學童的奈米科技核心概念的認知，研究工具為自編的問卷，內容包括：「奈米的意義」、「奈米的特性」、「自然界的奈米現象」與「奈米材料和奈米科技的發展」等四個向度。調查對象為中部地區國小五、六年級學童（N=1188 人）。研究結果顯示：1.學童的整體答對率為 49.8%，顯示中部地區國小高年級學童之奈米科技核心概念仍有待加強。2.三因子 ANOVA 分析結果顯示：（1）「性別」方面：在四個向度的主要效果均未達顯著差異。（2）「年級」方面：六年級學童在四個向度的平均得分均顯著高於五年級學童（ $p < .05$ ）。（3）「縣市」方面：只有在「奈米的意義」向度，達到顯著差異，且臺中市學童顯著高於南投縣學童。（4）在「奈米的意義」向度中，年級與縣市之間交互作用達顯著差異；南投縣、臺中縣的六年級學童都顯著高於五年級學童。（5）在「奈米材料與奈米科技的發展」向度中，年級與性別之間的交互作用達顯著差異，六年級女生顯著高於五年級女生。

關鍵字：奈米科技、核心概念、國小高年級學生

壹、研究動機與目的

奈米科技的快速發展，已成為二十一世紀科學研究之主流，除了是科學與技術的突破外，還提供龐大的經濟利益，創造工作機會，是全球國家競爭力的重要指標。身處知識經濟為主體的新世代，奈米科技教育亦是當代重要的科學教育議題，溫明正（2005）認為提早讓學生接觸奈米科技，能使國家未來孕育出更多人才，故奈米科技教育有向下扎根的必要。

我國 K-12 奈米科技推廣教育雖然已經執行多年，雖有不錯的成果，但在九年一貫課程綱要尚未在國小階段正式納入奈米科技專門課程。熊召弟、宋家驥、李賢哲、徐式寬與趙毓圻（2010）也指出過去奈米科技相關的教材，多由現職教師或相關議題的研究者自行研發，因而整體概念的發展與研究較為缺乏。由此顯示國小奈米科技教育在課程設計上欠缺可依據的完整課程指標。對多數缺乏奈米科技專業知識與額外授課時間的小學教師而言，若有可依據的能力指標，不僅能針對教學目標與學習者的特性設計適合的教學活動，亦能在實際教學後，發展評量試卷檢視學童的認知程度，以針對不足之處加強改善，提升奈米科技教學的成效。

目前奈米科技是尚處於變動中的新興科技，其教育本質即為科技教育，李堅萍（1998）認為當今科技教育的內容著重在學生科技概念的學習。所謂概念是學生在學習過程中獲得各種知識的重要工具之一，擁有足夠的概念可快速學習新事物。從奈米相關文獻中顯示（曾國鴻、陳沅，2005；陳淑思，2006；陳鳳好，2007；蔡鳳娥，2006；蔡元福、吳佳瑾、胡焯淳，2004），國小學童和教師之奈米概念皆有待提升。由林武賢（2008）、張政義（2008）及潘文福（2004）的研究發現，藉著適當的教學設計，能有效的提升學生在奈米科技概念的學習。而 Healy（2009）提到美國的「國家奈米科技基礎結構網路計畫」（National Nanotechnology Infrastructure Network; NNIN）調查 K-12 的教師發現，許多教師在教學課程中不知道應該教導學生什麼樣的奈米概念，因此我們需要提供學生的奈米科技之概念的現況，讓課程、教學以及教師作為奈米教育課程的參考依據。

另一方面，在國內相關文獻顯示，國小學童對於奈米科技有不少的迷

思概念。例如蔡元福等人（2004）的研究發現國小中高年級的學童僅有 23% 認為奈米是一種單位，卻有 12% 的學童認為奈米是一種食物。陳鳳好（2007）的研究中發現國小六年級學童在奈米教學前有 39.9% 的比例認為奈米是體積的單位。由上述研究中顯示奈米科技尚未能在國小的教育中普及，導致國小學童對於奈米科技的基本認知不足。

因此，若能進一步藉由奈米科技核心概念的調查，讓小學教師更了解學生的需求，更能針對教學目標與學習者的特性，設計安排適合的教學內容與活動，將有助於學生學習完整的奈米科技概念。本研究鑑於奈米科技核心概念對於小學奈米科技教育的重要性，期望透過奈米科技核心概念之調查，探索當前學生奈米科技的認知，以瞭解學生奈米科技概念不足與欠缺之處，以作為未來奈米科技課程與教學的參考。

貳、文獻探討

一、奈米科技核心概念

核心概念則是指支持學童認知的中心概念，是由最基本的理論所構成，具有強固、不易改變且難以反駁之特性（陳蕙菁，2002）。換言之，核心概念是學生必須習得的基本能力，推動奈米科技教育，應訂定核心概念，例如美國國際科技教育學會（International Technology Education Association, ITEA）2000 年出版的「科技素養的標準」（Standards for Technological Literacy, STL），則發展出二十條 K-12 科技教育內容標準，其中在科技的本質之第二條標準提到：「學生應發展對科技核心概念的理解」（ITEA, 2000；賴南宏，2006）。

推動第一期奈米 K-12 計畫之負責人吳政忠（2004）指出，除了培育奈米科技人才之外，若能從小學階段開始扎根，未來大多數國民都具備相關概念，就能從事相關的工作或使用其產品。在訂定奈米科技核心概念的相關研究中，黃佳媛、許良榮與陳欣琦（2011）採用大慧調查法諮詢國內 28 位參與過奈米計畫之相關領域專家（包含大專院校之理工科教授、科學教育學者及國小科學教師）的意見，透過三回合的問卷諮詢後，建立起小學各學級應具備的「奈米科技」之核心概念。其研究結果顯示，國小學

童應具備的奈米科技概念共有 33 個細項，在各階段應學習的奈米科技項目為：「高年級」有三十三項、「中年級」有十五項、「低年級」只有一項。最後據此分析結果，完成小學奈米科技概念圖。

黃佳媛等人（2011）的研究結果，歸納國小學生之各階段的連貫性，兼顧低、中、高等三個不同學級學生應具備的核心概念。因此本研究據以發展「國小高年級奈米科技核心概念調查問卷」的研究工具。

二、奈米科技核心概念之影響因素

目前國內外文獻中，針對學童的奈米科技進行評量的研究並不多見。而在許多科技素養研究中可發現，探討的影響因素包括了：性別、年齡、地區、學業成績、學校類別等等。本研究選擇性別、年級、縣市等因素作為研究變項，分別說明如下。

（一）性別

國內外不少文獻研究指出，性別對於科學與數學教育具有多面向的影響力（林曉芳，2009），故想要了解影響學生科學學習成就之因素，性別差異亦是需要考慮的指標之一（Mullis, Martin, Fierros, Goldberg & Stemler, 2000；李濟國，2004）。例如黃幸美（1995）的研究發現男生在數理科學專業領域成就優於女生，但是兩性能力的差異程度有逐漸縮小之趨勢。楊龍立（1990）則指出大樣本的標準化測驗結果來看，無論達到顯著差異與否，大多研究結果仍顯示男生的表現比較好。

就國際性調查研究，張謝玲（2004）分析全球 38 個國家共同參與的 TIMSS-R 測驗結果，其中 16 個國家的男生平均分數顯著高於女生；以 TIMSS 2003 的測驗結果來看，國際上男生的平均表現優於女生，但男女學生的整體科學成就相當接近（余民寧、趙珮晴，2010；邱美虹，2005）。

由國內奈米科技教育相關研究探討因素與結果亦可發現，大多數研究都將性別列為探討的變項之一。邱文正（2008）、陳鳳好（2007）、曾雅慧（2008）、蔡鳳娥（2006）等的研究指出，男女生的奈米科技素養並無顯著差異；陳銘鐘（2007）及廖湘瑄（2008）的研究結果則顯示，女生的

奈米科技素養顯著高於男生。由上所述，性別因素對於國小學童奈米科技概念認知的影響並無定論。

（二）年級

目前國內外尚無針對國小高年級學生進行奈米科技素養調查的研究，而「科技素養」方面，蘇錦頓（1995）對高雄地區國小五、六年級學生（N=2,023）所做的科技素養（傳播科技、運輸科技、營建科技、製造科技）調查，研究結果發現六年級學生顯著優於五年級學生。廖湘瑄（2008）的研究結果則發現高年級學童的奈米科技概念表現顯著高於中年級學童，顯示不同年級學生的奈米科技核心概念之認知有所差異。

（三）縣市

我國目前教育資源分配仍存在著城鄉間地域差異，往往直轄市的資源比一般縣市豐富多元，而不同縣市間又有所差異，使得臺灣不同縣市在教育發展的均衡性上仍有差距（游佳穎，2010）。許多研究結果指出，不同居住地區（如直轄市、縣轄市及一般鄉鎮）學生的學業成就有顯著差異，都市化程度越高的地區，有利於教育成就的表現，因而該地區之學生的學業成就也有越高的趨勢（吳悅如，2009；巫有鎰，2005；洪希勇，2004；Parcel & Geschwender, 1995）。

在奈米科技概念認知方面，陳銘鐘（2007）的研究結果發現，臺南市與臺南縣六年級學童在奈米科技領域概念的認知顯著高於高雄市與高雄縣六年級學童，顯示地區因素會影響南部地區國小學童的奈米科技概念。因此中部地區不同縣市學童之奈米科技概念是否有差異，是值得關切的面向之一。

參、研究方法

一、研究對象

本研究採分層隨機抽樣方式進行調查，以中部地區四縣市（南投縣、彰化縣、臺中縣、臺中市）之國小高年級學童為研究對象。依學生人數比

例以叢集取樣共寄發 1,330 份問卷，共收回 1,200 份，剔除無效問卷 12 份後，有效問卷共計 1,188 份，有效回收率為 89.32%，信賴水準為 95%，抽樣誤差為 3%。

為提供未來國小實施奈米科技教育之參考，了解國小高年級學童應加強的奈米科技核心概念，因此本研究之調查為普查性質，而非針對已經實施奈米科技教育的學校。

二、研究工具

本研究工具係以黃佳媛等人（2011）所建立的小學應具備的「奈米科技核心概念」做為發展問卷試題的基礎。該研究建立了共 33 項國小高年級學童應具備的「奈米科技核心概念」。本問卷試題以此 33 項核心概念為基礎，設計四選一選擇題方式的評量試題共 37 題，內容分為「奈米的意義」、「奈米的特性」、「自然界的奈米現象」與「奈米材料和奈米科技的發展」四個向度。

評量問卷初稿設計後，邀請二位專家（包括科學教育教授及國小自然與生活科技資深教師各一名，且都曾經執行過奈米科技教育計畫），針對問卷內容設計之適切性，進行審查與修正，以建立專家效度。另一方面，問卷預試結果（N=83）之 Cronbach's α 信度分析，整體試題的 α 值為 0.842，顯示工具的內部一致性頗為良好。

肆、研究結果與討論

一、國小高年級學童奈米科技核心概念之結果分析

中部地區國小高年級學童在整體奈米科技核心概念及各向度的平均得分的統計結果如表 1 所示，分析如下。

1. 本研究所編製之奈米科技核心概念問卷包含「奈米的意義」、「奈米的特性」、「自然界的奈米現象」及「奈米材料與奈米科技的發展」等四個向度、37 題單選題，滿分為 37 分。全體受試者在整體奈米科技核心概念方面，平均得分為 18.42（SD=5.14），換算答對率為 49.8%，未達 50%；顯示出中部地區國小高年級學童之奈米科技核心概念，以大慧調

查結果應具備的奈米科技概念而言，仍有待加強。

表 1 「奈米科技核心概念」各向度得分摘要表

向度類別	題數	平均數	標準差	答對率(%)
A.奈米的意義	11	7.08	2.23	64.4
B.奈米的特性	6	2.85	1.27	47.5
C.自然界的奈米現象	12	5.46	2.30	45.5
D.奈米材料與奈米科技的發展	8	3.04	1.55	38.0
總 計	37	18.42	5.14	49.8

2.本研究的調查結果中，答對率高於 60%之試題共有 12 題，答對率在 40%~60%間的試題共有 11 題，答對率低於 40%之試題共有 14 題。

表2 通過率低於50%之奈米科技核心概念

向度	教學目標	通過率
A.奈米的定義	知道「一奈米」是十億分之一米；等於 $\frac{1}{1000000000}$ 公尺。	45.0
	知道「奈米標章」是經由經濟部對於奈米產品驗證，確認符合規定之奈米產品，所核給之標誌。	34.3
B.奈米的特性	知道物質奈米化後，熱學性質會改變，例如金屬奈米化後，熔點會降低。	38.9
	知道物質奈米化後，光學性質會改變，例如黃金或銀變成奈米尺寸時，會失去原有光澤，顏色會發生變化。	30.5
	知道物質奈米化後，力學性質會改變，例如一般陶瓷易碎，而奈米粉末製成的陶瓷有較佳的韌性。	
	知道奈米化後有「表面積效應」（總表面積增加）。	34.5
	瞭解蓮花效應是因為蓮葉表面的奈米尺寸結構所造成，所以又稱「蓮葉效應」。	40.6
	知道蓮花效應是指蓮葉表面具有「疏水性質」與「自潔功能」。	32.8
C.自然界的奈米現象	知道蓮花、芋頭、水芙蓉等特定的植物葉面能產生蓮花效應。	19.4
	知道有些生物體內存有奈米磁體，具導航功能。例如：候鳥、海龜、蜜蜂、鴿子、鮭魚等。	36.7
	知道牙齒及貝殼具有奈米尺寸的層狀結構，使產生堅硬的質地。	46.1
	知道海豚、鯨魚皮膚極為光滑，但是表面佈滿了奈米尺寸的微小突物，具有減少摩擦力、自潔之功能。	35.3

D.奈米材料與奈米科技的發展	知道昆蟲的翅膀表面有奈米尺寸結構，具有自潔防水功能。	33.5
	知道以奈米碳管製作的顯示器，具有「輕、薄、短、小」等特性。	28.0
	知道讓物品的某些成分或構造的尺寸在100奈米以下，呈現出奈米的特定功能，才能稱為奈米科技產。	37.1
	知道利用奈米級技術，應用於硬碟或光碟片的製作，能增加儲存容量。	26.1
	知道奈米光觸媒（例如二氧化鈦），具有消毒、殺菌、除臭的功用。	45.3
	知道運用奈米科技，可做出更輕、更省燃料的飛機或其他機具等。	45.7
	了解奈米科技可能被誤用（例如當品牌行銷）。讓學生探討奈米科技對環境災害的隱憂，包括環境、醫學、法律等之衝突。	34.4
	知道奈米科技可能的缺點，例如對人類健康和環境可能產生的不良影響。	36.6

3.在四個向度中，以「奈米的意義」向度之答對率最高為 64.4%（ $M=7.08$ 、 $SD=2.23$ ），其它向度都低於 50%。顯示中部地區國小高年級學童對於奈米定義相關的基本概念雖然有較高的認知程度，但其他向度極待思考如何提升學生的認知。

4.進一步分析通過率（答對率）低於 50%的核心概念，整理如表 2。由表 2 可知總計有 21 項的核心概念的通過率未達 50%，換言之，原 33 項的核心概念，學生的通過率高於 50%的只有 12 項。這些低通過率的核心概念，是未來國小奈米科技教學亟需思考如何改進的概念。

二、不同背景學生「奈米科技核心概念」之差異分析

本研究進一步針對不同背景學童在奈米科技核心概念四個向度的表現上是否有所差異進行探討。茲以學童之「性別」、「年級」、「縣市」為自變項，四向度個別總分為依變項，分別進行三因子變異數分析，分析結果整理為表 3、4 以及圖 1、2，分別說明如下。

表3 不同背景學生「奈米科技核心概念」各向度得分摘要表

	奈米的意義		奈米的特性		自然界的奈米現象		奈米材料與奈米科技的發展		合計	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
男生	7.04	2.31	2.78	1.26	5.50	2.36	2.98	1.57	18.30	5.41
女生	7.12	4.83	2.93	1.28	5.41	2.24	3.10	1.53	18.56	4.83
五年級	6.53	2.20	2.70	1.26	5.15	2.22	2.83	1.44	17.21	4.79
六年級	7.63	2.11	3.00	1.26	5.76	2.35	3.24	1.63	19.63	5.19
南投縣	6.53	2.42	2.83	1.38	5.06	2.23	2.83	1.36	17.25	5.35
彰化縣	7.09	2.13	2.83	1.21	5.64	2.37	3.02	1.48	18.57	4.69
臺中縣	7.02	2.22	2.80	1.26	5.40	2.24	3.08	1.59	18.29	5.04
臺中市	7.45	2.18	2.97	1.28	5.55	2.34	3.09	1.65	19.06	5.55
合計	7.08	2.23	2.85	1.27	5.46	2.30	3.04	1.55	18.42	5.14

註：男生：613 人、女生：575 人；五年級：593 人、六年級：595 人；
南投縣：139 人、彰化縣：304 人、台中縣：464 人、台中市：281 人

表4 各向度三因子變異數分析摘要表

變異來源	向度/F 值	奈米的意義	奈米的特性	自然界的奈米現象	奈米材料與奈米科技的發展
		F	F	F	F
年級		78.38*	16.35*	20.36*	18.70*
縣市		5.97*	1.00	2.15	.94
性別		.00	1.68	1.00	.39
年級*縣市		5.71*	1.10	1.78	.42
年級*性別		1.31	1.60	.01	3.90*
縣市*性別		1.71	.92	1.50	.87
年級*縣市*性別		.77	.74	.24	.60

* $P < .05$

(一) 各變項的主要效果

1.在「性別」方面，全體學生在「奈米的意義」、「奈米的特性」、「奈

米材料與奈米科技的發展」三個向度的表現上，女生整體平均得分均略高於男生，進一步考驗其差異的顯著性，皆未達顯著水準。在「自然界的奈米現象」向度上，男生平均得分（ $M=5.50$ ）略高於女生（ $M=5.41$ ），亦無顯著差異。

- 2.在「年級」方面，六年級學生在四個向度的平均得分均高於五年級學生，且其主要效果皆達到顯著差異（ $p < .05$ ）。
- 3.在「縣市」方面，其主要效果只有在「奈米的意義」向度上達到顯著水準（ $F=78.38$ ， $p < .05$ ），組間差異以 Scheffe 法進行事後多重比較，發現僅臺中市學生在此向度的平均得分（ $M=7.45$ ）顯著高於南投縣學生（ $M=6.53$ ），其餘縣市之間則未達顯著差異。

（二）各變項間的交互作用

- 1.在「奈米的意義」向度中，「年級」×「縣市」兩因子間之交互作用達顯著水準（ $F=5.71$ ， $p < .05$ ），進一步考驗其單純主要效果（如圖 1），南投縣的六年級學生（ $M=7.61$ ）顯著高於五年級學生（ $M=5.42$ ）；而臺中縣六年級學生（ $M=7.70$ ）也顯著高於五年級學生（ $M=6.37$ ）。彰化縣與臺中市在不同年級間的得分皆無顯著差異。此外，不同縣市的五年級學生之得分亦達顯著水準，經事後比較發現，五年級學生中臺中市（ $M=7.04$ ）>臺中縣（ $M=6.37$ ）>南投縣（ $M=5.42$ ）；彰化縣（ $M=6.82$ ）>南投縣（ $M=5.42$ ）。
- 2.在「奈米材料與奈米科技的發展」向度中，「年級」×「性別」兩因子間之交互作用達顯著水準（ $F=3.90$ ， $p < .05$ ），進一步考驗其單純主要效果（如圖 2），六年級女生（ $M=7.61$ ）顯著高於五年級女生（ $M=5.42$ ）；其他組別間則無顯著差異。

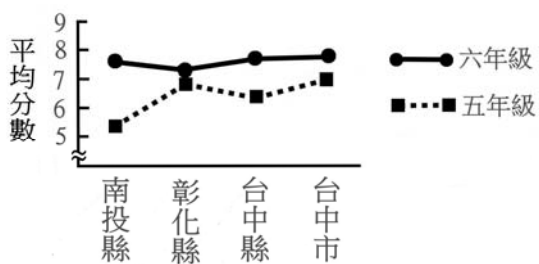


圖1 年級與縣市之交互作用

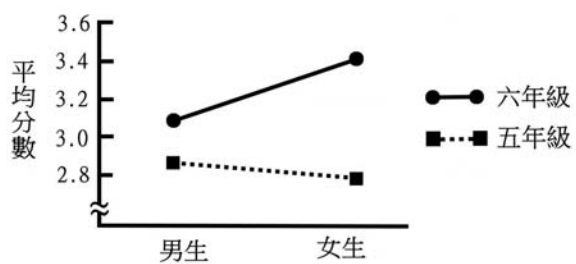


圖2 年級與性別之交互作用

伍、結論與建議

一、結論

全體學生的奈米科技核心概念低於 50%，由於本研究乃依據黃佳媛等人（2011）的大慧調查結果設計問卷內容，該研究以專家的意見彙整了國小學生應具備的奈米科技核心概念。準此而言，答對率低於 50% 令人感到憂心，未來必須思考如何提升國小學生的奈米科技概念知識。尤其「奈米材料與奈米科技的發展」向度，答對率僅有 38.0%，亟待加強。

在不同的背景變項中，「年級」的主要效果顯示六年級顯著高於五年級學生，但有趣的是由單純主要效果顯示，只有南投縣與臺中縣的六年級顯著高於五年級學生。顯示「年級」變項的主要效果，在不同縣市有不同的差異性。加以事後比較發現五年級學生中，臺中市顯著高於臺中縣及南投縣；彰化縣顯著高於南投縣。這些結果反應了雖然「縣市」的主要效果未達顯著，但是透露了目前不同縣市的奈米科技教育，在實施成果上有值得注意的差異性。

「性別」變項在所有向度皆未達顯著差異，顯示在奈米科技核心概念上，性別差異不是重要因子。此與文獻研究經常指出科學學習成就，性別具有顯著差異有所不同。此現象是否由於學生的奈米科技概念，無論男女生都屬於低學習成就（答對率低於 50%），降低了差異性。或是奈米科技概念的學習，為性別中立的屬性，尚有待未來研究的確認。

二、建議

- 1.自 2002 年奈米國家型科技計畫啟動推行以來，至今年已邁入第十年，由本研究結果顯示，未來仍應加強小學奈米科技核心概念課程的融入與安排，增加學生學習奈米科技相關概念的機遇，以提高學生的奈米科技認知。
- 2.未來應針對本研究結果表 2 答對率低的概念，編製教學教材，發展教學活動，以提升學生的奈米科技核心概念的學習成效。
- 3.性別差異、縣市差異，是值得未來研究應持續關心的面向，思考如何縮小性別與地區的差異性。

誌謝：本研究承國科會補助研究經費，特此致謝。（NSC 99-2120-S-005-001-NM）

參考文獻

- 李堅萍（1998）。科技概念的傳達—談小學科技教育。生活科技教育月刊，31（1），15-17。
- 李濟國（2004）。影響高中學生物理學習成就原因之探討。科學教育，240，21-30。
- 余民寧、趙珮晴（2010）。選擇科學職業意圖的性別差異分析—以TIMSS 2003 台灣八年級學生為例。諮商輔導學報，22，1-29。
- 巫有鑑（2005）。學校與非學校因素對台東縣國小學生學業成就的影響：結合教育機會均等與學校校能研究的分析模式。國立屏東師範學院教育行政研究所博士論文，未出版，屏東市。
- 林武賢（2008）。國小五年級教師以實驗操作實施奈米科技教學之研究。東南科技大學機電整合研究所碩士論文（未出版）。
- 林曉芳（2009）。影響中學生科學素養差異之探討：以臺灣、日本、南韓和香港在 PISA2006 資料為例。教育研究與發展期刊，5（4），77~108。
- 邱文正（2008）。動機模式融入國小奈米科技教學之研究。國立屏東教育大學應用化學暨生命科學系碩士論文，未出版，屏東市。
- 邱美虹（2005）。TIMSS 2003 臺灣國中二年級學生的科學成就及其相關因素之探討。科學教育月刊，282，2-4。
- 吳悅如（2009）。文化資本對國小學童的學習態度與學業成就之影響-以宜蘭地區六年級國小學童為例。佛光大學社會教育學研究所碩士論文，未出版，宜蘭縣。
- 吳政忠（2004）。奈米科技 K-12 人才培育總計畫簡介。2011 年 1 月 20 日取自 <http://tmw5.tmps.tp.edu.tw/nano/plan.htm>。
- 洪希勇（2004）。族群、地區與家庭背景對台東國小學童成績之影響機制。國立台東大學教育研究所碩士論文，未出版，臺東縣。
- 教育部（2002）。國民中小學九年一貫課程綱要。臺北市：教育部。
- 黃幸美（1995）。數理與科學教育的性別差異之探討。婦女與兩性學刊

，6，95-135。

黃佳媛、許良榮、陳欣琦（2011）。小學奈米科技核心概念之研究。國立臺中教育大學學報：數理科技類，25（1），1-22。

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），1-16。

張謝玲（2004）。宜蘭區某國中國二學生科學成效影響因子之探討-引用國際調查報告 TIMSS—R 之研究方法。國立臺灣師範大學物理研究所碩士論文，未出版，臺北市。

陳銘鐘（2007）。南部地區國小六年級學生九年一貫科技素養之研究。國立臺南大學材料科學系自然科學教育碩士班碩士論文，未出版，臺南市。

陳蕙菁（2002）。以概念圖探究國小三年級學童溫度概念的概念學習。國立台北師範學院碩士論文，未出版，臺北市。

陳淑思（2006）。國民小學教師奈米科技概念之現況研究。國立臺中教育大學自然科學教育學系碩士班碩士論文，未出版，臺中市。

陳鳳好（2007）。國小奈米科技教學的設計與成效－以臺中市某國小為例。國立臺中教育大學自然科學教育學系碩士班碩士論文，未出版，臺中市。

曾雅慧（2008）。科學寫作活動融入國小高年級「奈米科技」教學之研究。國立屏東教育大學應用化學暨生命科學研究所碩士論文，未出版，屏東。

游佳穎（2010）。從教育機會均等觀點談台灣偏遠地區教育問題。網路社會學通訊期刊，89。2011年2月20日取自
<http://society.nhu.edu.tw/e-j/89/A4.htm>

楊龍立（1990）。科學教育中性別差異的解釋。師大教育研究所集刊，34，115-141。

曾國鴻、陳沅（2005）。國小師生對奈米科技之熟悉度、學習需求及融入其課程之研究。科學教育學刊，13（1），101-120。

溫明正（2005）。奈米科技融入教學之應用。師友月刊，451，8-15。

廖湘瑄（2008）。偏遠地區國小、中高年級學生奈米科技學習成效之研究-以台中縣平地及南投縣山區為例。國立臺中教育大學科學應用與推廣研究所碩士論文，未出版，臺中市。

- 熊召弟、宋家驥、李賢哲、徐式寬、趙毓圻（2010）。**K-12 奈米科技課程指標及學習階層建構之研究**。中華民國第 26 屆科學教育學術研討會論文彙編（頁 47-50）。花蓮：國立東華大學。
- 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。
- 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**，35，39-50。
- 蔡鳳娥（2006）。資訊科技融入國小奈米科技教學之研究。國立臺中教育大學自然科學教育碩士論文，未出版，臺中市。
- 賴南宏（2006）。九年一貫課程自然與生活科技領域之科技核心概念研究。國立高雄師範大學工業科技教育學系碩士論文，未出版，高雄市。
- 蘇錦頓（1995）。高雄地區國小高年級學生科技素養之研究。國立高雄師範大學工藝教育研究所碩士論文，未出版，高雄市。
- Healy, N. (2009). Why nano education? *Journal of Nano Education*, 1, 6-7. International Technology Education Association (ITEA). (2000). *Standards for technological literacy: Content for the study of technology*. Reston, VI: ITEA.
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Fierros, E. G., Goldberg, A. L., & Stemler, S. E. (2000). *Gender differences in achievement: IEA's third international mathematics and science study*. International Study Center, Lynch School of Education, Boston College.
- Parcel, T. L., & Geschwender, L. E. (1995). Explaining southern disadvantage in verbal facility among young children. *Social Force*, 73(3), 841-872.