

# 奈米科技融入國小 3-6 年級自然與生活科技課程 核心能力與指標之研究－奈米專家觀點

潘文福<sup>1</sup> 周裕欽<sup>2</sup>

<sup>1</sup>國立東華大學 教育行政與管理學系

<sup>2</sup>國立東華大學附屬實驗小學 研究處

(投稿日期：民國 100 年 09 月 06 日，修訂日期：101 年 04 月 17 日，接受日期：101 年 12 月 13 日)

**摘要：**本研究採德懷術，針對我國 20 位奈米專家，就國小 3-6 年級適合奈米融入自然教學的核心能力與指標，表示其看法，前後三回合有效回收問卷分別為 20、20 和 18 份；問卷以國小中（高）年級自然與生活科技的 7(8)項核心能力和 42(69)項能力指標為依據，回收後計算每項核心能力與能力指標的平均數，接著轉化為排序，並用 Kendall's  $\omega$  檢驗專家前後三次看法的一致性。結果顯示專家看法達.01 水準的一致性，89%專家認為有必要將奈米融入 3-6 年級的自然教學，50%以上認為適合奈米融入自然教學的核心能力依序為科學態度、科學技術認知、思考智能、科學應用，中年級最適合融入的是思考智能，高年級最適合融入的是科學應用；本文並就後續應用提出建議。

**關鍵詞：**奈米科技、科學教育、核心能力、能力指標、德懷術

## 壹、研究動機與目的

關於奈米的特性，有許多研究結果顯示，物體在小的尺度下，其特性與常態下所觀測的結果非常不同，例如銅可以被穿透、炭可以導電、鋁可以燃燒、黃金是紅色的..等，奈米科技產業之所以被重視，其主要原因正是因為物質在 100 奈米尺度(nanometers)以下具有許多特殊的屬性(Orgill & Crippen,

2009)。奈米科技已成為各國爭相較勁的尖端科技領域，奈米科技看起來像是強烈而多樣態的一陣風暴，即將引起下一場工業革命(Holley, 2009)，哪一國家能先掌握奈米先進技術，便能主導未來奈米產業的競爭優勢，甚至為國家社會帶來的更多發展潛能與產業經濟。奈米科技的發展是攸關國家安全、經濟繁榮和提升生活品質的重要關鍵，也可能是引領社會變遷的重要因素，奈米科技的發

展必須仰賴專業人才的知能培訓，然而當今學校教育也應該為公民具備未來新興知識的教育而作準備，善用具體圖像、模型、視覺化的各種資訊網路技術來強化奈米概念的學習(Ernst, 2009)。

從奈米人才培育的角度來看，奈米的特性開啓了知識體系的全新視野，尤其對自然科學的學習領域而言影響更大，這種趨勢勢必形成一股重新檢視當前科學知識的潮流，並將現有的科學現象與知識加以重新定義與詮釋，自然科學教師需透過奈米知能的進修研習，以掌握奈米相關概念而在教學中作出正確的詮釋。另一方面，學生以其主體經驗，可以從逐漸成形的奈米社會中建構奈米生活經驗，再從具有生活經驗背景的奈米融入學習活動中，去操作、體驗與發展奈米科學學習的認知架構，甚至從詮釋、體悟與感受中，深化認知架構成為關心奈米議題的社會責任價值觀。不管是教學或學習，發展奈米產業科技仍然必須兼顧奈米科技人才的培育，包括對師資的培訓與課程教材的開發，同時也不要忽略如何以融入正式課程的方式，在適當的時機以學生能理解的生活經驗，將奈米相關概念融入教學活動之中。

重視學生的認知發展階段與生活經驗是推展奈米融入科學教育的重要原則，根據教育部國教司官網上現行的自然與生活科技領域課程綱要文件第四項，提及自然與生活科技學習領域所培養之國民科學與技術的基本能力，依其屬性和層次分成八個要項，並依階段訂定分段能力指標，以作為選編教材、實施教學與學習評鑑之依據(教育部國教司，2008)。前述提及八項基本能力，本文將之稱為自然與生活科技領域的核心能力(Core Competencies)，在實施奈米科技融入自然與生活科技領域教學之前，實在有必要先釐清不同年級階段所適合融入的核心能力與

能力指標之內涵，因此本研究即希望透過德懷術(Delphi)方式，由台灣之奈米相關領域學者對於奈米融入國小3-6年級自然與生活科技領域課程的適切性提出其專業看法，以作為未來規劃奈米融入國小3-6年級自然領域教學之參考。具體而言，本研究之主要目的如下所述。

- (一)瞭解國小 3-6 年級奈米融入自然教學的必要性與適合融入的核心能力。
- (二)比較分析國小中年級適合奈米融入自然領域教學的能力指標。
- (三)比較分析國小高年級適合奈米融入自然領域教學的能力指標。
- (四)提供分析結果用於規劃奈米融入國小 3-6 年級自然領域教學之參考。

## 貳、文獻探討

### 一、奈米科技是各國爭相發展的重點產業之一

由於科學研究發現，物質在100奈米以下的尺度規模或排組，會造成材料、設備或系統產生新穎的特性和功能，不管在物理、化學、電學，機械、磁力或光學領域，奈米尺度規模下的確被發現新穎的現象和特性，例如銅可以被穿透、炭可以導電、鋁可以燃燒、黃金是紅色的..等，因此奈米科技被當作二十一世紀的新興領域技術(Foley & Hersam, 2006; Orgill & Crippen, 2009)。早在2000年，美國國家科學基金會 (National Science Foundation [NSF])即已開始透過競爭經費補助的方式，補助奈米科技的基礎研究和應用研究，以及各類奈米研究中心的設立(Meyyappan, 2004)；在2001年，美國柯林頓總統宣布在聯邦政府下成立奈米科技國家先導計畫(National Nanotechnology Initiative,

NNI)，由國家科學技術委員會(National Science and Technology Council [NSTC])奈米科學工程科技小組(Nanoscale Science, Engineering and Technology [NSET])負責推動。主要的目標是發展奈米教育資源、專業技術人力、基礎設施和工具儀器，並將奈米科技(nanotechnology)定義為科學、工程和科技等奈米相關物質的瞭解與控制(the science, engineering, and technology related to the understanding and control of matter) (Foley & Hersam, 2006)。

奈米科技的發展與過去其他技術上的革命相比較，它的影響將更深遠，同時也影響全球各國的投資發展策略，尤其是日本和歐盟國家也有與美國相當的經費投資，日本自2000年起，將奈米科技/材料定為四大優先產業之一，往後奈米研發的支出逐年增加(李濬、李沛鎔、蘇信寧，2008)。德國與丹麥同時在2004年起規劃實行生活奈米前瞻計畫(Nanoscience and Nanotechnology Foresight Project, NNFP)，重點在於發展奈米生醫系統、奈米電子/光電、奈米材料等前瞻產業(Luther, 2004)。而南韓、台灣、中國、新加坡和瑞士也有不少的投資與努力(Foley & Hersam, 2006)，在1988到2002年之間，美國的奈米相關專利產出提升6.3倍，而日本的專利產出提升到11倍，南韓、荷蘭、愛爾蘭和中國都有進步，以奈米碳管顯示器的應用專利為例，根據2005年2月的調查，南韓有31%，日本有29%，美國有17%，而台灣則有21%，Foley與Hersam(2006)研究指出，美國投資大筆經費在奈米儀器設備與研究發展，同時也無形中幫忙許多未投資發展奈米產業的國家培養了許多留學人才，這些人才返國後的貢獻研發，卻對美國的奈米產業造成無比的競爭壓力；該研究同時指出，美國的競爭壓力主要來自東亞地區，中國的龐大內需

市場與廉價勞工是奈米產業投資者的最愛，日本的研發投資與專利產出一直成長，南韓和台灣集中在奈米電子產業研發，而新加坡則著重在奈米生醫科技的發展。過去20年，美國的大學一直是全球創新的生態體系核心，並且在奈米科技的創新發展基礎中作為全球領頭先驅，但是也有學者(Foley & Hersam, 2006; Healy, 2009)意識到美國的K-12奈米科技教育並未同時跟上奈米科技發展的脚步。

## 二、美國奈米科技教育人才培育的推展

美國工科背景畢業的大學生只有大約6%，明顯低於東亞地區的國家，此將影響K-12的奈米教育人才培育品質，21世紀全球經濟繁榮委員會(Committee on Prospering in the Global Economy of the 21st Century [CPGEC])曾經建議，為了彌補K-12數理本科專業教師之不足，美國各州應招募、培訓或留住優秀的數理本科教師，以維持未來國家整體競爭優勢；而在美國的NNI策略計畫裡也揭示，奈米科學、奈米工程和奈米科技教育能培育下一代奈米研發人員和產業人力，奈米科技計畫成功與否，需仰賴科學教育來推動公民在科技社會中所需的知能素養，尤其在競爭越來越激烈的環境下，美國K-16的整體科學教育都需要大幅改革(Foley & Hersam, 2006; Healy, 2009)；美國國科會是大學以外之奈米人才培育的主要機構，有鑑於其他國家都將奈米科技視為21世紀的重點發展產業，為了維持領先地位，美國於是透過國科會補助各大學設立奈米中心，希望也能將奈米人才培育納入為發展重點之一(Foley & Hersam, 2006; Meyyappan, 2004)。美國西北大學接受NSF補助，於2004年10月成立國家奈米科學工程教與學中心(National Center for Learning

and Teaching of nanoscale science and engineering education [NCLT])，該中心致力於發展奈米科技教育的教材教法，以及作為中學階段的科學教育交流中心，並希望提升7-16年級（從國中到大學階段）科學、科技、工程和數學(STEM)的科學教育品質(Foley & Hersam, 2006)。

在全球化的世代下，奈米科技從業人員需具備跨學科與跨文化進行學習、溝通與適應的能力，因此，美國國科會補助的奈米非官方科學教育計畫(Nanoscale Informal Science Education, NISE)鼓勵學生走出教室，透過網路連結科學博物館和其他非官方科學教育組織進行交流與學習(Foley & Hersam, 2006)。整體而言，美國的NNI計畫、國科會與奈米科技研究大學，在奈米教育的發展中扮演示範領導的角色，大學教授、博士後研究生、碩士生、大學生、K-12師生、博物館和非官方中心等也會共同合作，運用整合且跨領域的方法，發展學生中心之探索導向問題解決活動，讓美國持續在奈米科技人才培育方面，一直維持領先的地位。

### 三、台灣的 K-12 奈米科技人才培育計畫

台灣在K-12奈米教育方面也不落人後，2003年政府在國科會以及相關部會（經濟部、工研院、中研院、教育部科技顧問室等）合力推動的奈米國家型科技計畫正式成立，其中也包括了人才培育計畫，並分為北區、中北區、中南區、南區和東區等五個區域中心與聯盟學校一起合作發展奈米課程教材，人才培育計畫第一期（2003-2009年）由教育部顧問室奈米科技K-12人才培育計畫推動小組與審議委員會負責推動，到了2009年第二期則改由國科會負責奈米科技K-12人才培育，第二期仍延續原先第一期奈米國家型科

技計畫之奈米科技K-12人才培育計畫的執行成果，更有系統地全面落實奈米科技教育推動之成效(Science and Technology Yearbook, 2009)。K-12奈米科技人才培育計畫能培養先進科學和工程教育的師資人才，這些人才則可以在融入領域課程或奈米主題教育活動中，著手開始規劃推動奈米科技的學習活動(Lee, Wu, Liu & Hsu, 2006)。在計畫的開始，大多數教師感到他們對奈米科技一無所知，奈米尖端科技對於K-12教師相當陌生，如何從零開始，激發中小學老師對新科技之興趣與學習，乃是此計畫成功與否之要素，缺乏自信和知識是參與計畫之教師普遍的現象，但是在參與研習工作坊6個月之後，很多教師從參與計畫的學習過程增加了信心，開始以同儕能聽懂的方式提出奈米主題發展課程，並且解釋關於奈米科技的概念，不再是等待專家教授給答案的角色，他們變得更有自信並且積極探索關於奈米科技的知識訊息(Lee, Wu, Liu & Hsu, 2006)。

### 四、奈米科技課程的內涵規劃

美國NSF資深顧問M. C. Roco預估到2015年在奈米科學裡將有大約200萬名奈米科學家和研究人員的人力需求，因此奈米科技的競爭力關鍵挑戰是奈米教育和訓練，我們必須培育奈米科技的新世代人才(Greenberg, 2009)。Arora(2009)也預言奈米生物醫學工程、奈米資訊運算和奈米小機器人將支配人類的未來，因此對這些新興科技有關的人力資源需要有效的教育和管理。在許多提供奈米專業知能研習的機構當中，尤其以美國的NCLT最為知名(Greenberg, 2009)。美國的奈米教育仍然居於世界上的領導地位，其NSF補助成立的NCLT更是挑起教育訓練的重任，NCLT分成5個核心任務領域：1.

學習研究; 2.奈米概念、課程和學習技術開發; 3.專業訓練; 4.資源傳播、建立網絡和社群; 5.評鑑和評估。其主要工作在幫助建構和指導奈米科學教師社群，特別是在第7-16年級範圍（國中到大學階段）的教師，透過整年的工作坊、每週的專題討論，或是專業發展學程，已經建構一套中學以及大學奈米科技教育的課程發展目標架構。

NCLT 規劃 7-12 年級（相當國內的國高中階段）奈米科學學習的目標概念為 (Greenberg, 2009)：1.大小與尺度(size and scale); 2.物質的特性(properties of matter); 3.主導力量(dominant forces); 4.物質的粒子性質(particulate nature of matter); 5.工具(tools); 6. 建立模型 (modeling); 7. 科技與社會 (technology and society); 8. 自組裝現象 (self-assembly)。另外，NCLT 規劃 13-16 年級（相當國內的大學階段）奈米科學學習的目標概念則為 (Greenberg, 2009)：1.大小與尺度(size and scale); 2.表面對體積的比例 (surface-to-volume ratio); 3.奈米尺寸下的特性(size-dependent properties); 4.主導表面的行為(surface-dominated behaviors); 5.量子力學(quantum mechanics); 6.工具/儀器/表徵 (tools/instrumentation/characterization); 7.模型和模擬 (models and simulations); 8.社會影響/公共教育 (societal impact/ public education); 9.自組裝現象(self-assembly)。

7-12 年級與 13-16 年級奈米學習的目標概念，有彼此的關連性，7-12 年級的物質特性分化為 13-16 年級的表面對體積的比例、奈米尺寸下的特性、主導表面的行為等三項，而 13-16 年級的主導表面的行為則源自於 7-12 年級的物質特性、主導力量和物質粒子性質等三項。7-12 年級的 5-8 項目目標概念分別一對一延伸到 13-16 年級的 6-9 項目目標概念，顯示其介紹內涵具有前後連貫

的一致性 (Wansom, Mason, Drane, Light, 2007)。Wansom 等(2007)引用波音與 SRI 的奈米能力需求調查的四個層面，包括流程 (processing)、奈米結構(nanostructure)、特性 (properties) 和應用 (applications) 等簡稱 P-N-P-A 的四項層面，提出奈米課程規劃時應該注意以下五項原則：1.應兼顧 P-N-P-A 的奈米課程內容; 2.應加強學科之間的整合; 3.增加結合先進儀器操作的實驗課; 4.課程應兼顧理論與產業需求; 5.應闡述社會影響、公共安全、倫理議題等相關內容。由前述描述可知，美國規劃的奈米教育課程是從 7 年級開始，因而幾乎找不到有關小學階段的奈米課程規劃之論述，然而我國國小階段是否需要規劃並實施奈米教育課程呢？此問題值得探討。

## 五、奈米科技融入自然領域教學之探討

奈米科技教育是科學教育的新主題之一，要將之融入科學教育，可能有老師會認為自然科學課程的內容已經過度擁擠，怎麼容納得了奈米科技的內容 (Healy, 2009)，而且對一位自然科學教師來說，在教室營造具有學習樂趣的奈米活動並不是可以輕鬆上手的，這過程中仍需要透過專業社群研討的協助，才能設計出寓教於樂的奈米教學活動 (Greenberg, 2009)。A. Greenberg (2009) 認為，奈米科學應該考慮獨立成為一門學科，或者是在跨學科整合下融入自然領域的科學教育課程，研究者也同意 Greenberg 的看法，而且傾向將奈米科技教育融入到科學本質概念來教學。根據美國國家研究委員會 (National Research Council [NRC]) 所規劃的 K-12 科學教育核心知識能力包含以下三項主軸：1.能說明特定科學學科的概念；2.能適當統整運用跨學科的相關元素；3.能描述科學工程的

實務經驗(NRC, 2010)；然而在台灣，自然與生活科技的九年一貫課程綱要中，也都有不同階段的科學本質概念，諸如：過程技能、科學技術認知、科學技術本質、科技的發展、科學態度、思考智能、科學應用、設計與製作等，這些科學本質概念可以作為奈米科技融入自然教學的核心能力。而其他國家也有針對學校應該教導的科學本質概念做過討論，McComas 與 Olson 早在 1998 年即已經分析美國、英國、加拿大、紐西蘭和澳洲等國應該被教的科學本質內涵，歸納出的本質內涵包括：科學知識是試驗性的、科學倚賴實證證據、科學家需要可複製和真實的報告、科學是解釋現象的嘗試、科學家有創造性、科學是社會傳統的一部分、科學在科技中扮演重要的角色、科學概念一直被社會和歷史環境所影響、科學的變化逐漸發生、科學有全球的啓示、新知識必須是被清楚而公開報告的。後來 Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar 與 Duschl (2003)則改以德懷術進行研究，參與對象是美國科學教育社群的 23 位各領域專家，這些專家對科學本質比較有共識的歸納結果為科學和確信、數據的分析和解釋、科學方法和關鍵的測試、假說和預言、創造性、科學和詢問、科學知識發展過程的合作、科學和科技、科學的歷史發展、知識、科學思惟的多樣性等幾項科學教育本質。比較前兩者發現各國科學教育之部分概念其實是重疊的，但是 Osborne 等(2003)認為，沒有一個研究方法能完全掌握當代全球科學教育本質課程應該介紹哪些內容，因此 Osborne 等(2003)建議利用新興科技作為整合科學本質教育目標的主題，就其適當的內容加以融合，而非全部完全地與主題融合。

葉連祺(2002)曾指出，台灣的正式課程能力指標，可以運用不同策略轉化為實際的教學活動，其所提出的轉化策略也可以作為

奈米科技融入能力指標後再轉化為教學時的參考，這些策略包括：1. 替代(replace)－利用一對一的對應轉化關係，以某主題物替換原有能力指標內的關鍵詞，形成教學目標；2. 拆解(decompose)－使用一對多的對應轉化關係，將能力指標拆解成互有關聯的細項能力指標，以作為教學目標；3. 組合(group)－運用多對一的對應轉化關係，以一個主題結合多個能力指標，形成一個課程內容；4. 聚焦(focus)－由多個一對一關鍵性的對應轉化關係所構成，係選取某能力指標的某部份或全部為主軸，以其為教學重點，逐次擴大發展其他活動，例如運用認知層次的觀察、紀錄、敘述、比較、分析等，作為擴展活動的參考；5. 聯結(related)－聯結多組一對一的對應轉化關係，先以某個能力指標和主題成為發展活動的起點，再不斷聯結其他不同學習領域或思考層面(如：人、事、時、地、物)構成一個課程內容；6. 複合(mix)－適度擇取前述五項策略的某幾種或全部，形成複雜的轉化關係，進而發展出一個或多個教學活動。總而言之，奈米科技融入自然領域教學時，可以運用前述 6 種轉化的方式，將能力指標轉換形成教學目標，接著再延伸成為課程內容以及後續發展的小單元活動。

國內關於奈米融入小學自然課程的教學實踐研究尚未多見，僅發現張政義(2008)、曾國鴻與陳沅(2005)的研究較為相關，其中張政義的研究主要著眼在如何有系統的規劃奈米科技融入國小3-6年級自然與生活科技課程之教學，研究中結合學校自然與生活科技學習領域老師與行政人員共同組成教學研究群，成立奈米科技教師工作坊定期開會，共同分析文獻與相關檔案資料，透過持續蒐集和實地觀察的場記、非正式晤談和師生對話的錄音轉譯，以及學生的札記、奈米設計作品等文件之整理歸納，獲

得構築融入教學活動之架構基礎。該研究以實證的行動研究探討現有融入媒材之教學型態，使學生經由認識、體驗、應用奈米科技之不同學習階層，銜接奈米科技融入3-6年級之教育內涵，透過漸進分化之融入教學發現，奈米科技融入教學可以運用簡化、導向、啟發、預測、組織統合與程序法則的系統思維，以學習者為中心進行教學，從產生基本概念出發，進而達成發展想像力之深化教學。此外，曾國鴻與陳沅（2005）的研究較為偏向融入自然課程的意願調查，該研究以台灣南部的台南、高雄4縣市共1984位教師與1852位國小高年級學生為研究對象，透過問卷調查以瞭解老師與學生對奈米科技的熟悉程度、學習需求與融入課程的意願。研究結果發現，科技新知落實在國小自然課程的教育是可行的，然而根據調查，教師能清楚界定奈米科技的卻少於20%，但調查也發現老師們願意透過適當的學習來認識奈米科技，並將奈米概念融入相關的課程與教學；相對而言，該調查指出學生對奈米科技的學習需求比教師群體還高，而且隨著接觸奈米課程時間的增長，學生的奈米科技學習需求也越顯增加，但是學生希望奈米科技的內容應該有所取捨與簡化。此結果顯示奈米科技以融入自然課程的方式推廣，的確具有其必要性與向下紮根的利基，但應該在符合學生認知發展的前提下，選擇適性的教學策略、教材與時機來實施。

Laherto(2010)認為奈米科技的快速發展，使得其重要性也發展至教育領域了，包括如何將奈米科技相關議題融入目標相符的課程當中，融入過程尤其更應該重視關於奈米科技演進，以及奈米科技對社會產生哪些的影響。國內關於小學階段奈米概念課程的研究，主要以奈米科技國家型計畫所推展的產出結果為主，吳宗明(2011)主持的台灣中

區奈米人才培育計畫中指出，小學階段的奈米核心概念應該以奈米定義、奈米科技發展、奈米材料、奈米特性與奈米的自然現象等作為架構主題；葉孟考(2011)主持的中小學奈米科技教育發展及科普教育推廣研究當中，也指出小學階段的奈米核心概念應該以定義、自然現象、生活應用、可能危害與奈米標章等為主軸；前兩個計畫在奈米定義與奈米自然現象方面看法相同，其他主軸也頗為相似。而黃台珠(2011)參與的奈米科學教育整合計畫研究當中，則是以2006年NCLT的架構為基礎所發展而成，小學適合的概念主軸包括有奈米與社會、大小與尺度、模式與模擬等三項。Chao和Hsiung曾於2010年分析台灣在2003-2008年第一期奈米科技計畫期間所產出的各種奈米教材，發現六年期間發展之奈米科技主題教材在大小與尺度、物質的奈米結構和物質的奈米特性等三個目標概念呈現高出現頻率，以及較高的關連性，但是對於奈米科技對社會影響性的目標概念，出現的教材反而較少，該研究也建議應該多發展關於奈米對於社會各層面造成正負影響的反省思考教材(Chao & Hsiung, 2010)。研究者反思前述國內所推動的奈米人才培育計畫之相關研究，吳宗明與葉孟考的研究比較像是奈米教材設計架構，黃台珠的研究較能符合奈米概念的精神，而且黃台珠(2011)、Chao和Hsiung(2010)、Laherto(2010)的研究則共同指出奈米與社會的反思課程則是培養學生奈米科學態度的首要重點，值得發展奈米課程與教學之參考。

若從學習主體的認知觀點來看，以人為本的奈米課程設計，必須強調受教者主體經驗的轉化歷程，以學生經驗為起點，將學習素材加以具像化，以符應學生之認知發展程度。換句話說，國小3-6年級階段生活經驗

導向的奈米課程設計，將致力於去除學科專家所認定的學科中心，而改以學生經驗為中心的方式來組織學習知識內容。此外，從社會建構的角度來看，學校教育是為了學生進入社會而作準備，學生也在社會互動中詮釋與建構意義，此觀點的國小 3-6 年級奈米課程設計，應該包含將學生所學習的奈米知識置於所處時空脈絡環境中，透過其價值判斷的理解與詮釋，進而應用其所習得的奈米相關知識。而這樣的課程設計理念，將使奈米科技融入自然教學更貼近於學生的生活經驗。

若從奈米課程應培養的核心能力來看，以 2006 年 NCLT 的中學奈米課程主題概念為基礎，從而歸納前述文獻的建議指出，奈米科技課程適合在小學階段發展「奈米大小與尺度」、「奈米大小不同屬性與特性」、「模式與模擬」，以及「奈米與社會」等奈米的核心概念，從這些概念可以融入自然課程，設計成為核心概念有關的奈米認知活動、奈米技能操作活動，或是奈米現象、奈米產品的驗證批判與評價活動，進而在潛移默化中達成科學態度、科學技術認知、思考智能、科學應用…等不同之自然科學課程的核心能力。

從前面相關文獻的歸納論述來看，奈米科技教育看起來似乎前景光明，但是仍須仰賴自然科學教師來設計適性的奈米教材或實務活動，才能深化學生的學習概念，因此未來仍有一些挑戰亟待克服，奈米融入自然教學的挑戰之一是要做好自然科學領域教師的奈米專業成長研習教育，或是在師資培育階段先行加強奈米科技的素養教育，以致於讓教育現場的老師能夠有十足的把握將奈米知能融入自然領域教學；除此之外，由於奈米科學的新發現極為快速，教材的正確性與時效性可能隨著技術發展而落伍過

時，身為奈米科技的融入教育工作者，必須隨時能掌握奈米科技的脈動，持續發展能夠吸引學生參與實務體驗或操作的課程活動，以培養足以適應未來奈米世代的新一代公民。

## 參、研究方法

### 一、德懷術專家調查對象的選定

本研究採德懷術(Delphi)方法，專家諮詢名單乃從國科會的人才資料庫隨機選出各大學奈米相關領域學者共 20 位，從人才庫隨機選擇諮詢對象的理由在於希望從奈米高科技的理解觀點來檢視奈米教育的重要性，以及從小培養學童認識奈米科技素養的必要性，名單經聯繫後同意作為三次專家諮詢的對象，表 2 呈現本研究諮詢的奈米學者所屬之區域、學校與人數；表 1 則呈現諮詢的奈米學者所屬專業領域與服務學校，這些諮詢意見可以提供屬於學者觀點的小學奈米課程規劃建議。

### 二、德懷術調查問卷編製

本研究之研究工具以研究者自行編製之「國小 3-6 年級奈米融入自然課程核心能力與能力指標之調查問卷」，作為德懷術第一次問卷；第二、三次問卷則根據前次調查結果修正而成，第一次問卷內容分為研究說明函、填答方式及問卷題目內容等三部分。

#### (一) 研究說明函

第一回合的研究說明函旨在向德懷術專家諮詢之對象成員說明本研究相關事宜，內容包含本研究目的、德懷術的實施方法、程序進度、相關名詞說明與諮詢成員的任務等；第二、三回合的研究說明函則是根據前一回合之間卷處理情形為主要內容，包括資



表 1：諮詢的奈米學者所屬專業領域

奈米專業領域	諮詢教授	諮詢教授服務學校	所屬區域
奈米物理	1 何○○	中興大學	中區
	2 李○○	中興大學	中區
	3 蔡○○	中山大學	南區
	4 張○○	東華大學	東區
奈米化學	5 呂○○	交通大學	北區
	6 蔡○○	中興大學	中區
	7 梁○○	中山大學	南區
奈米生醫	8 周○○	中正大學	中區
	9 許○○	南台科技大學	南區
	10 劉○○	慈濟大學	東區
奈米材料工程	11 黃○○	清華大學	北區
	12 黃○○	中山大學	南區
	13 曾○○	中山大學	南區
	14 周○○	中山大學	南區
	15 邱○○	台東大學	東區
奈米機電工程	16 李○○	台灣大學	北區
	17 李○○	成功大學	南區
	18 林○○	中山大學	南區
	19 潘○○	中山大學	南區
	20 張○○	東華大學	東區

表 2：諮詢的奈米學者所屬之區域、學校與人數

區域	人數	所屬學校
北區	3 位	台大、清大、交大
中區	4 位	中興、中正
南區	9 位	成大、中山、南台科大
東區	4 位	東華、台東大、慈濟
4 區	20 位	11 所學校

料的統計結果、意見歸納統整及相關配合事項。

## (二) 填答方式

本研究之填答方式分為奈米融入的必要性、奈米融入自然的核心能力、奈米融入 3-6 年級自然能力指標等三個主要問題來說明；第一題是奈米融入的必要性，此題為單選題，分為有必要融入、符合認知發展原則下可以融入、不反對、不需要等四個程度的選項；第二題是奈米融入自然的核心能力評選，此題是請專家就八個核心能力勾選三項（不排序）適合奈米融入之核心能力，第三

題是奈米融入 3-6 年級自然能力指標的評選，此題是請專家就每項指標逐一判斷奈米適合融入之能力指標，每項指標都有極推薦、勉予推薦和不推薦等三點式量尺，而且分別代表 2 分、1 分和 0 分，加總得分作為名次排序的依據。

### (三) 問卷題目內容

本問卷的主要問題共分為三部分，第一題是要先釐清小學實施奈米教育的必要性，若無必要則需參考奈米專家的建議，調整現有國家政策之融入小學教育規劃；本研究假設奈米專家會認為小學實施奈米教育是有必要的，而且它的屬性較適合融入自然與生活科技領域，因此規劃第二個問題，以瞭解實施奈米教育培養自然科學核心能力時，應該著力的重點是在哪些向度；然而光只有瞭解奈米與核心能力的關連性仍不足以提供教師融入參考，所以需要進一步瞭解有哪些能力指標與奈米融入自然領域教學比較有關連性

，因此第三大題調查的結果，才能提供第一線自然教師使其有更為具體的融入依據。問卷題目內容的第一題是「您認為國小 3-6 年級階段需要在自然與生活科技領域融入奈米科技的教學嗎?」，此題單選題有以下四個選項：1.需要融入；2.符合認知發展原則下可以融入；3.不反對；4.不需要。第二題的內容是「您認為奈米融入自然教學當中，哪些核心能力最為重要?」，此題可複選，最多三個，答案有以下八個選項：1.過程技能；2.科學與技術認知；3.科學與技術本質；4.科技的發展；5.科學態度；6.思考智能；7.科學應用；8.設計與製作。除此之外，在奈米融入 3-6 年級自然能力指標的指標當中，中年級（3-4 年級）有 42 項，高年級（5-6 年級）有 69 項，由於第三題內容共有 111 項指標，礙於篇幅，僅將部分問卷題目內容示意如下表 3 以供瞭解。

表 3：奈米融入 3-6 年級自然能力指標問卷題目內容簡要示意表

適合 年級	第一核心能力：過程技能 (在增進兒童科學探究過程之心智運作能力)	奈米適合融入下方 左列哪些指標？		
		極 推薦	勉予 推薦	不 推薦
三四 年級	1-2-1-1 察覺事物具有可辨識的特徵和屬性。 (略) ..	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
五六 年級	1-3-1-1 能依規劃的實驗步驟來執行操作。 (略) ..	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
適用年級 (略)	第二核心能力：科學與技術認知 (在培養與訓練兒童俱備科學概念與技術) (略) ..	極 推薦	勉予 推薦	不 推薦
(略)	第○核心能力：○○(略) ..	極..	勉..	不..

表 4：評分者一致性信度歸納表

問題	一致性信度值(Kendall's $\omega$ )	顯著性
1.融入 3-6 年級自然領域必要性之看法	1.000**	.007
2.對奈米融入核心能力之看法	.995**	.004
3.對奈米融入中年級能力指標之看法	.837**	.000
4.對奈米融入高年級能力指標之看法	.651**	.008

\*\* $p < .01$

奈米專家將依據指標適合奈米融入的程度，在三個方格中選擇打勾。本研究德懷術的後兩次問卷均會附上前一次問卷的次數分配或平均數統計結果，以方便填答者對照參考；另外為了使填答者填答方便，研究者會於新一回合的問卷寄出前，先以螢光筆標示個別填答者前次勾選之選項。德懷術屬於傳統問卷調查法的一種，資料回收之統計方法只採用較為簡易的描述性統計量，如平均數、排序百分比、眾數等作為歸納資料的方法(吳明隆，2011)，本研究由於資料較多，而且前後三次的調查具有評分者一致性，因此呈現三次排序後並以加總排序值作為評估結果的代表依據。

至於本研究問卷的信效度方面，由於題目內容完全取自九年一貫自然與生活科技領域課程的核心能力與能力指標，因此具有完整的專家建構效度與發展歷程；而本研究的信度採取評分者一致性信度，透過肯德爾和諧係數 (Kendall's  $\omega$ )，以瞭解奈米領域專家學者對於奈米科技融入 3-6 年級自然領域核心能力與能力指標之前後三次看法，是否達到.01 顯著水準之一致性與穩定性。評分者一致性信度歸納如表 4 所示。

從表 4 可以發現，本研究的 3 個主要問題（此 4 個子題中，題 3 和題 4 同屬第 3 大題）所呈現的評分者一致性信度都達到.01 的顯著水準，顯示奈米專家在前後三次的諮詢調查中，前後三次的看法都頗為一致，因此本研究設計的諮詢問卷具有評分者信度。

### 三、德懷術專家調查的實施

本研究德懷術之實施分為三次，於 2009 年 9 月開始實施，而於 2010 年 1 月底完成，從編製到前後三次調查，約費時 5 個月，過程分為四個步驟：1.問卷編製與諮詢名單確

定；2.進行第一回合德懷術調查問卷寄送與回收；3.進行第二回合德懷術調查問卷寄送與回收；4.進行第三回合德懷術調查問卷寄送與回收。

第一次的諮詢問卷於 2009 年 9 月 9 日發出 20 份，回收至同年 10 月 7 日止，一共回收問卷 20 份，有效問卷有 20 份（100%），第二次的諮詢問卷於 2009 年 10 月 21 日發出 20 份，回收時間至同年 11 月 30 日止，一共回收問卷 20 份，有效問卷 20 份（100%）；第三次諮詢問卷於 2009 年 12 月 05 日發出 20 份，回收時間至 2010 年 1 月 31 日止，有效問卷 18 份（90%）。

### 四、德懷術專家調查資料分析

本研究德懷術調查問卷主要以 SPSS 軟體作為統計分析工具，統計方法有次數分佈、百分比、評分者信度。

#### （一）次數分佈與百分比

本研究問卷主要有三大題，第一題是奈米融入的必要性，此題為單選題，有四個程度選項，調查結果以次數分佈和百分比來處理；第二題是奈米融入自然的核心能力評選，此題是請諮詢專家就八個核心能力選項勾選三項而且不排序，調查結果也是以次數分佈和百分比來處理。第三大題是奈米融入 3-6 年級自然能力指標的評選，每項指標都有極推薦、勉予推薦和不推薦等三點式量尺，而且分別代表 2 分、1 分和 0 分，調查結果依其得分平均數作為排序依據，用 SPSS 軟體轉化為每回合調查的指標排序值，最後加總三次排序值後，再歸納為總順序名次，並從中選出奈米融入 3-6 年級自然領域之中較為合適的前 20 項能力指標。

#### （二）評分者信度

本研究的信度採用評分者一致性信度，

透過 SPSS 軟體以肯德爾和諧係數(Kendall's  $\omega$ )來求取信度值，以瞭解奈米領域專家學者對於奈米科技融入 3-6 年級自然領域核心能力與能力指標之前後三次看法是否達到.01 顯著水準之一致性。

除了上述三項量化資料蒐集統計之外，德懷術問卷最後都有一個開放式文字意見回饋欄位，奈米專家可就其觀點，提供奈米融入自然領域教學的建議，資料蒐集後以諮詢日期(如 980101)與教授代碼(如 NP1)，作為歸納呈現之依據。

## 肆、研究發現與啟示

### 一、奈米融入國小教學的必要性與融入自然領域的核心能力分析

#### (一) 奈米融入國小教學的必要性分析

本研究透過德懷術問卷，瞭解國內奈米領域專家對於國小 3-6 年級階段，是否適合將奈米科技的內容融入自然與生活科技學習領域，結果如下表 5 所示，表中顯示三次調查的結果，以及加總後的平均次數與百分比，其中專家們認為有需要融入自然領域者佔 17.54%，而支持在符合認知發展原則下可以融入者佔 71.93%，持較為中立而不反對之看法者佔 10.53%，持反對意見者僅佔 1.75%；換言之，我們若將前兩者百分比相加，則顯示贊成奈米科技融入自然領域學習者總共有 89.47%，顯示奈米領域專家學者對於國小 3-6 年級將奈米科技融入自然領域教學的看法是頗具有共識的，而且多數奈米專家學者希望奈米科技融入教學時，能夠優先考量符合學生認知發展程度的原則下來進行。

雖然美國 NCLT(2006)規劃的奈米課程是 7-16 年級階段才進行，並未將小學階段考

慮進去，但是我國奈米專家卻覺得有必要融入小學 3-6 年級，因此在配合國家重點科技發展的前提下，研究者認為有必要遵循此次諮詢專家的結果，落實小學的奈米教育，並更進一步釐清九年一貫課程之自然與生活科技學習領域當中，有哪些核心能力與能力指標是最適合融入奈米學習內容的概念或指標，而所整理產出的對照資訊，可以提供作為教科書業者進一步編寫奈米融入課程，或是提供作為第一線國小自然教師融入教學之參考。

#### (二) 奈米融入自然領域的核心能力分析

根據前述結果，奈米專家學者大都贊成奈米科技可以融入自然領域來教學，然而在自然與生活科技學習領域的核心能力當中，他們會認為哪些核心能力應該是奈米科技適合融入自然教學的優先考量呢？本研究透過三次德懷術調查的歸納結果發現（參見表 6）。

以國小 3-6 年級自然領域課程涵蓋的八個核心能力來看，核心能力 2-科學技術認知、5-科學態度、6-思考智能、7-科學應用等四個核心能力都是奈米專家過半數贊成（50%以上）奈米科技融入自然教學的核心能力。若依照專家們的贊成比率由高至低進行排序，結果依序為：科學態度（87.72%）、科學技術認知（75.44%）、科學應用（61.40%）、思考智能（57.89%）、科技的發展（35.09%）、科學技術本質（28.07%）、過程技能（7.02%）、設計與製作（1.75%）。科學態度最適合奈米教學融入，其次是科學技術認知，最不適合的是設計與製作核心能力。以上八個核心能力的適合度優先順序，可以提供給課程發展規劃者，或是國小 3-6 年級的自然領域教學者，依這些核心能力之優先順序適合度來參考規劃與應用。根據 Chao 和 Hsiung 的研究(2010)，我國奈米人才

表 5：奈米科技融入國小 3-6 年級自然學習領域之必要性調查

統計類型	意見選項	需要融入	符合認知發展原則下可以融入	不反對	不需要
第一次 (N=20)		3	14	2	1
第二次 (N=20)		3	15	2	0
第三次 (N=18)		4	12	2	0
平均次數		3	14	2	0
平均百分比		17.54%	71.93%	10.53%	1.75%

表 6：奈米科技融入自然領域八項核心能力之優先順序適合度歸納

3-6 年級自然領域 8 項核心能力	第一次調查 (N=20)		第二次調查 (N=20)		第三次調查 (N=18)		三次平均值 (N=19)		
	次數	排序	次數	排序	次數	排序	均次	百分比	總排序
1.過程技能	2	7	2	7	0	7	1.3	7.02%	7
2.科學技術認知	11	2	17	2	15	2	14.3	75.44%	2*
3.科學技術本質	4	6	8	6	4	6	5.3	28.07%	6
4.科技的發展	5	5	10	5	5	5	6.7	35.09%	5
5.科學態度	13	1	19	1	18	1	16.7	87.72%	1*
6.思考智能	8	4	15	3	10	4	11.0	57.89%	4*
7.科學應用	9	3	15	3	11	3	11.7	61.40%	3*
8.設計與製作	0	8	1	8	0	7	0.3	1.75%	8

註：\*為過半數（50%）專家所建議的教學重點核心能力；「設計與製作」為 5-6 年級的核心能力，3-4 年級沒有此核心能力。

培育計畫所發展的教材當中以關於「奈米科技對社會影響」的教材出現最少，但是根據黃台珠(2011)和 Laherto(2010)的研究卻發現「奈米與社會」議題是國小階段奈米教育的最重要的核心概念，而本研究諮詢調查結果亦指出科學態度的養成，是奈米科技融入自然領域最應該優先實施的核心能力，因此本研究發現可以建議教科書編輯者與自然教師，應該多往奈米科學態度養成的方向來發展奈米課程與教學。

### （三）奈米專家前後三次看法的一致性分析

本研究為了確定奈米領域專家學者在三次調查中的看法是否前後一致，因此以肯德爾和諧係數（Kendall's  $\omega$ ）進行三次看法的一致性考驗，結果如表 7 所示，表中之肯德爾和諧係數為.995，達到.01 的顯著水準，顯

示奈米領域專家學者對奈米融入自然領域八項核心能力教學的優先順序看法上，前後三次所表達的看法都相當具有一致性。換言之，奈米專家的三次評估具有相當一致的穩定性。

### （四）奈米專家對八項核心能力贊成比例差異之顯著性分析

從上表可知專家的評估相當一致，此外為了瞭解奈米專家學者對八個核心能力的贊成融入比例是否具有明顯差異，若無差異則應該將八項核心能力的贊成融入比例視為相同，因此本研究以卡方考驗檢驗三次調查的平均次數分佈，結果如表 8 所示，卡方值為 38.766，達到.01 的顯著水準，顯示奈米專家對核心能力的意見分佈比例，的確有分佈比例上的高低存在；換言之，奈米科技適合融

表 7：專家對奈米融入核心能力之看法一致性考驗

項目	數值
個數	3
肯德爾和諧係數 Kendall's $\omega$	.995**
卡方	20.888
自由度	7
漸進顯著性	.004

\*\* $p < .01$ 

表 8：奈米專家對八項核心能力贊成比例差異之顯著性考驗

項目	數值
卡方	38.766**
自由度	7
漸進顯著性	.000

\*\* $p < .01$ 

入的八項自然核心能力，的確具有先後順序考量的實質意義存在，而其中最被贊成融入的是「科學態度」，最不被贊成融入的是「設計與製作」。

## 二、奈米融入國小中年級自然領域教學的優先參考能力指標

### (一) 奈米融入國小中年級自然領域教學優先參考的前 20 項能力指標

本研究接著以國小 3-4 年級和 5-6 年級為區隔，深入分析自然與生活科技學習領域的能力指標當中，哪些是在奈米融入自然教學時適合融入的能力指標，首先以國小中年級來看，經過三次德懷術的意見調查後，利用加總計算後的總排序，整理出適合優先融入的國小中年級自然領域前 20 項能力指標，這些指標依序呈現如表 9 所述，其中指標 6-2-1-1「能由這是什麼？怎麼會這樣？等角度詢問，提出可探討的問題。」屬於最為優先考慮的融入指標，這項指標是屬於思考

智能核心能力。下表當中適合 3-4 年級融入的前 20 項自然領域能力指標，應該可以提供作為發展奈米融入國小中年級自然課程規劃與教學時的參考。

研究者認為，表 9 的結果具有自然領域課程編輯與融入教學的意義，因為教科書編輯者與融入自然教學的教師，都以省去奈米融入課程編輯或融入正式課程教學的諮詢調查工作，可以讓應用者更方便取得中年級核心能力與指標的融入重點，如思考智能之核心能力，與指標 6-2-1-1「能由這是什麼？怎麼會這樣？等角度詢問，提出可探討的問題」，讓教科書編輯者與融入自然教學的教師更容易完成奈米教育融入中年級自然領域教學的設計。黃台珠(2011)、Chao 和 Hsiung(2010)、Laherto(2010)的研究都共同指出，奈米與社會的反省思考課程應該是培養學生奈米科學態度的首要重點，而本研究諮詢調查的結果也發現提問探究之思考智能的培養，是奈米融入課程編輯與自然教師融入教學時值得發展的方向。

### (二) 奈米融入中年級自然教學適合指標之專家看法一致性分析

本研究為了確定奈米領域專家學者在三次調查中的看法是否前後一致，因此以肯德爾和諧係數 (Kendall's  $\omega$ ) 進行三次看法的一致性考驗，結果如表 10 所示，表中之肯德爾和諧係數為 .837，達到 .01 的顯著水準，顯示奈米領域專家學者對奈米融入自然教學最適合的前 20 項能力指標看法上，前後三次所表達的看法都相當具有一致性。換言之，奈米專家共同一致推薦表 9 的 20 項能力指標，可以在奈米融入中年級自然教學時來參考運用。

### (三) 奈米融入中年級自然領域教學之核心能力與指標的歸納分析

研究者接著將前面歸納的奈米科技適合

表 9：奈米融入國小中年級自然領域教學優先參考的前 20 項能力指標

指標編號	自然與生活科技學習領域 3-4 年級能力指標內容	三次調查排序			歸納	
		一	二	三	加總	順位
6-2-1-1	能由「這是什麼？」「怎麼會這樣？」等角度詢問，提出可探討的問題。	1	1	1	3	1
1-2-1-1	察覺事物具有可辨識的特徵和屬性。	3	2	1	6	2
5-2-1-2	能由探討活動獲得發現和新知，培養出信心及樂趣。	2	2	3	7	3
5-2-1-1	相信細心觀察和多一層詢問，常會有許多的新發現。	3	2	3	8	4
7-2-0-3	能安全妥善的使用日常生活中的器具。	5	7	3	15	5
6-2-3-1	養成主動參與工作的習慣。	7	10	3	20	6
2-2-1-1	對自然現象作有目的的偵測。運用現成的工具如溫度計、放大鏡、鏡子來幫助觀察，進行引發變因改變的探究活動，並學習安排觀測的工作流程。	5	7	8	20	6
5-2-1-3	對科學及科學學習的價值，持正向態度。	13	5	3	21	8
4-2-1-1	瞭解科技在生活中的重要性。	7	10	9	26	9
4-2-2-1	體會個人生活與科技的互動關係。	7	10	9	26	9
2-2-2-1	實地種植一種植物，飼養一種小動物，並彼此交換經驗。藉此栽種知道植物各有其特殊的構造，學習安排日照、提供水分、溶製肥料、選擇土壤等種植的技術。	11	7	9	27	11
2-2-3-2	認識水的性質與其重要性。	16	5	9	30	12
4-2-2-2	認識家庭常用的產品。	7	14	15	36	13
3-2-0-3	相信現象的變化，都是由某些變因的改變所促成的。	18	10	9	37	14
4-2-2-3	體會科技與家庭生活的互動關係。	13	16	9	38	15
7-2-0-1	利用科學知識處理問題(如由氣溫高低來考慮穿衣)。	15	16	15	46	16
7-2-0-2	做事時，能運用科學探究的精神和方法。	17	16	15	48	17
2-2-2-2	知道陸生(或水生)動物外型特徵、運動方式，注意到如何去改善生活環境、調節飲食，來維護牠的健康。	18	16	15	49	18
6-2-2-1	能常自問「怎麼做？」，遇事先自行思考解決的辦法。	11	21	20	52	19
1-2-3-1	對資料呈現的通則性做描述(例如同質料的物體，體積愈大則愈重...)。	23	15	15	53	20

表 10：專家對奈米融入中年級能力指標之看法一致性考驗

項目	數值
個數	3
肯德爾和諧係數 Kendall's $\omega$	.837**
卡方	47.721
自由度	19
漸進顯著性	.000

\*\* $p < .01$

融入自然領域核心能力和適合融入之自然領域前 20 項能力指標加以重新整理，產出提供奈米科技融入國小中年級自然與生活科技領域教學的重要核心能力與能力指標建議表，詳如表 11 所示。

表 11 中依奈米科技適合融入自然領域核心能力的優先順序來呈現，接著將能力指標依所屬的核心能力分類歸納，以清楚呈現核心能力與能力指標適合融入的關連性，國小中年級自然領域教師可以參考表 11 核心能力與能力指標的優先順序與比例，選擇在與核心能力指標相關的自然課程內，適時地將奈米科技議題融入到原有的自然教學活動中。

此外，表 11 內末三項斜體字核心能力部分為奈米專家未過半數贊成奈米融入的自然領域核心能力（中年級自然領域只有七個領域核心能力，高年級增加的第八項核心能力為設計與製作），但這些未過半數贊成的核心能力仍有七項能力指標也屬於奈米適合融入指標的前 20 項，包括 4-2-1-1、4-2-2-1、4-2-2-2、4-2-2-3、3-2-0-3、1-2-1-1、1-2-3-1 等七項指標，若我們只參考專家過半數贊成奈米融入的自然領域核心能力，則可能遺漏一些適合奈米融入自然教學的重要能力指標；因此，不管奈米課程規劃或是實際融入

自然教學，建議應掌握參考建議表的整體資訊，以作為規劃或發展更加符合學生認知發展之奈米融入中年級階段的自然教學。

NCLT(2006)致力於發展 7-16 年級（從國中到大學階段）奈米科技教育的教材教法，希望提升科學、科技、工程和數學(STEM)的科學教育品質(Foley & Hersam, 2006)；然而美國規劃的奈米教育課程是從 7 年級開始，因而幾乎找不到有關小學階段規劃實施奈米課程之論述，但是根據本研究對奈米專家的諮詢結果，他們認為我國國小階段是可以規劃並實施奈米教育課程的，此結果雖然與美國作法不同，但是專家們認為在優先培養科學態度、技術認知、應用與反省思考的前提下，可以在符合各年級的認知下發展上述核心能力之養成，研究者認為我國此方向的奈米教育發展是正確的。

### 三、奈米融入國小高年級自然領域教學的優先參考能力指標

#### （一）奈米融入國小高年級自然領域教學優先參考的前 20 項能力指標

本研究接著分析 5-6 年級自然與生活科技學習領域的能力指標當中，哪些是在奈米融入自然教學時適合融入的能力指標，經過

表 11：奈米科技融入國小中年級自然與生活科技領域教學的參考建議表

核心能力（適合融入排序）	中年級自然領域能力指標編號（適合融入之排序）	融入個數比例
5.科學態度（1）	5-2-1-2（3），5-2-1-1（4），5-2-1-3（8）	3（3/3）
2.科學技術認知（2）	2-2-1-1（6），2-2-2-1（11），2-2-3-2（12），2-2-2-2（18）	4（4/10）
7.科學應用（3）	7-2-0-3（5），7-2-0-1（16），7-2-0-2（17）	3（3/3）
6.思考智能（4）	6-2-1-1（1），6-2-3-1（6），6-2-2-1（19）	3（3/5）
4.科技的發展（5）	4-2-1-1（9），4-2-2-1（9），4-2-2-2（13），4-2-2-3（15）	4（4/5）
3.科學技術本質（6）	3-2-0-3（14）	1（1/3）
1.過程技能（7）	1-2-1-1（2），1-2-3-1（20）	2（2/13）

註：上表右方末欄呈現各核心能力內適合融入指標所佔的個數比例，比例的分母為各核心能力下的指標總數。



三次德懷術的意見調查後，利用加總計算後的總排序，整理出適合優先融入的國小高年級自然領域前 20 項能力指標，這些指標依序呈現如下表 12 所述，其中指標 7-3-0-4「察覺許多巧妙的工具常是簡單科學原理的應用。」屬於高年級最為優先考慮的融入指標，這項指標是屬於科學應用之核心能力。下表 12 當中適合 5-6 年級融入的前 20 項自然領域能力指標，應該可以提供作為發展奈米融

入國小高年級自然課程規劃與教學時的參考。

研究者認為，表 12 的結果具有自然領域課程編輯與融入教學的意義，因為教科書編輯者與融入自然教學的教師，都以省去奈米融入課程編輯或融入正式課程教學的諮詢調查工作，可以讓應用者更方便取得高年級核心能力與指標的融入重點，如科學應用之核心能力，與指標 7-3-0-4「察覺許多巧妙的工

表 12：奈米融入國小高年級自然領域教學優先參考的前 20 項能力指標

指標編號	自然與生活科技學習領域 5-6 年級能力指標內容	三次調查排序			歸納	
		一	二	三	加總	順位
7-3-0-4	察覺許多巧妙的工具常是簡單科學原理的應用。	1	1	1	3	1
3-3-0-1	能由科學性的探究活動中，瞭解科學知識須經過考驗。	6	1	1	8	2
7-3-0-2	把學習到的科學知識和技能應用於生活中。	1	6	1	8	2
2-3-6-1	認識日常用品的製造材料(如木材、金屬、塑膠)。	9	1	1	11	4
5-3-1-2	知道經由細心、切實的探討，獲得的資料才可信。	6	1	6	13	5
1-3-5-5	傾聽別人的報告，並做適當的回應。	4	1	11	16	6
6-3-2-3	面對問題時，能做多方思考，提出解決方法。	4	6	6	16	6
2-3-3-1	認識物質的性質，探討光、溫度、和空氣對物質性質變化的影響。	6	6	6	18	8
1-3-5-4	願意與同儕相互溝通，共享活動的樂趣。	3	6	11	20	9
4-3-1-2	瞭解機具、材料、能源。	10	18	6	34	10
1-3-1-2	察覺一個問題或事件，常可由不同的角度來觀察而看出不同的特徵。	20	15	1	36	11
7-3-0-1	察覺運用實驗或科學的知識，可推測可能發生的事。	10	15	11	36	11
4-3-2-3	認識資訊時代的科技。	16	11	11	38	13
6-3-2-1	察覺不同的辦法，常也能做出相同的結果。	16	11	11	38	13
6-3-2-2	相信自己常能想出好主意來完成一件事。	10	18	11	39	15
5-3-1-1	能依據自己所理解的知識，做最佳抉擇。	14	15	11	40	16
2-3-3-3	探討物質的溶解性質、水溶液的導電性、酸鹼性、蒸發、擴散、脹縮、軟硬等。	30	6	6	42	17
8-3-0-1	能運用聯想、腦力激盪、概念圖等程序發展創意及表現自己對產品改變的想法。	14	11	21	46	18
6-3-1-1	對他人的資訊或報告提出合理的求證和質疑。	18	18	11	47	19
3-3-0-3	發現運用科學知識作推論，可推測一些事並獲得證實。	26	11	11	48	20

具常是簡單科學原理的應用」，讓教科書編輯者與融入自然教學的教師更容易完成奈米教育融入高年級自然領域教學的設計。美國 NCLT 將奈米科技定義為科學、工程和科技等奈米相關物質的瞭解與控制(Foley & Hersam, 2006)，而 Ernst (2009)曾提到，應該善用具體圖像、模型、視覺化的各種資訊網路技術來強化奈米概念的學習，使公民具備未來新興科技知識的教育而作準備；前述觀點亦即在強調奈米科技的應用需從觀察、操作與瞭解，才能進入科學控制與應用之能力養成，而善用資訊媒體可以幫助前述能力之養成；在本研究的諮詢結果當中，優先融入的知能亦有與前述觀點相符之處，專家所建議之優先融入的能力指標，大致也都屬於觀察、探究、認識、應用的知能，基本上都遵循著由簡入繁、從易到難的學習發展基本原則。

### (二) 奈米融入高年級自然教學適合指標之專家看法一致性分析

本研究為了確定奈米領域專家學者在三次調查中的看法是否前後一致，因此以肯德爾和諧係數 (Kendall's  $\omega$ ) 進行三次看法的一致性考驗，結果如表 13 所示，表中之肯德爾和諧係數為.651，達到.01 的顯著水準，顯示奈米領域專家學者對奈米融入高年級自然教學最適合的前 20 項能力指標看法上，前後三次所表達的看法都相當具有一致性。換言

表 13：專家對奈米融入高年級能力指標之看法一致性考驗

項目	數值
個數	3
肯德爾和諧係數 Kendall's $\omega$	.651**
卡方	37.116
自由度	19
漸進顯著性	.008

\*\* $p < .01$

之，奈米專家共同一致推薦表 12 的 20 項能力指標，可以在奈米融入高年級自然教學時來參考運用。

### (三) 奈米融入高年級自然領域教學之核心能力與指標的歸納分析

研究者接著將前面歸納的奈米科技適合融入高年級自然領域核心能力和適合融入之高年級自然領域前 20 項能力指標加以重新整理，產出提供奈米科技融入國小高年級自然與生活科技領域教學的重要核心能力與指標建議表，詳如表 14 所示。

表 14 中依奈米科技適合融入高年級自然領域核心能力的優先順序來呈現，接著將能力指標依所屬的核心能力分類歸納，以清楚呈現核心能力與能力指標適合融入的關連性，國小高年級自然領域教師可以參考表 14 核心能力與能力指標的優先順序與比例，選擇在與核心能力指標相關的自然課程內，適時地將奈米科技議題融入到原有的自然教學活動中。

根據曾國鴻與陳沅 (2005) 的奈米融入自然課程意願調查結果顯示，自然教師很少 (少於 20 %) 能清楚界定奈米科技的意涵，但老師們願意透過適當的學習來認識奈米科技，並願意將奈米概念融入相關的課程與教學，而本研究歸納的結果照好可以提供作為教師進修研習的重要教材，讓老師瞭解可以優先融入教學的核心能力與指標。

此外，表 14 內末三項斜體字核心能力部分為奈米專家未過半數贊成奈米融入的自然領域核心能力 (中年級有七個領域核心能力，高年級有八個領域核心能力，增加了設計與製作核心能力)，但這些未過半數贊成的核心能力仍有八項能力指標也屬於奈米融入的前 20 項指標，包括 4-3-1-2、4-3-2-3、3-3-0-1、3-3-0-3、1-3-5-5、1-3-5-4、1-3-1-2、8-3-0-1 等八項指標，若我們只參考專家過半

表 14：奈米科技融入國小高年級自然與生活科技領域教學的參考建議表

核心能力（適合融入排序）	高年級自然領域能力指標編號（適合融入之排序）	融入個數比例
5.科學態度（1）	5-3-1-2（5），5-3-1-1（16）	2（2/3）
2.科學技術認知（2）	2-3-6-1（4），2-3-3-1（8），2-3-3-3（17）	3（3/21）
7.科學應用（3）	7-3-0-4（1），7-3-0-2（2），7-3-0-1（11）	3（3/4）
6.思考智能（4）	6-3-2-3（6），6-3-2-1（13），6-3-2-2（15），6-3-1-1（19）	4（4/6）
4.科技的發展（5）	4-3-1-2（10），4-3-2-3（13）	2（2/7）
3.科學技術本質（6）	3-3-0-1（2），3-3-0-3（20）	2（2/5）
1.過程技能（7）	1-3-5-5（6），1-3-5-4（9），1-3-1-2（11）	3（3/18）
8.設計與製作（8）	8-3-0-1（18）	1（1/4）

註：上表右方末欄呈現各核心能力內適合融入指標所佔的個數比例，比例的分母為各核心能力下的指標總數。

數贊成奈米融入的自然領域核心能力，則可能遺漏一些適合奈米融入自然教學的重要能力指標；因此，不管奈米課程規劃或是實際融入自然教學，建議應掌握參考建議表的整體資訊，以作為規劃或發展更加符合學生認知發展之奈米融入高年級階段的自然教學。

#### 四、研究發現對融入課程編輯與融入教學的啟示

在德懷術第二與第三回合諮詢時，也請奈米專家針對他們在第一回合選出之「奈米大小與尺度、大小屬性的特性、奈米與社會」等三項適合小學 3-6 年級的奈米核心概念，進行 NCLT(2006)原始命題的中文詮釋與修正，最後詮釋修正的結果如下三點所述（修正定稿日期：民國 99 年 1 月 31 日）。

##### （一）「大小與尺度」之命題敘述

在大小與尺度的學習主題當中，經諮詢的結果包含了大小、結構、物理性質、化學性質等重要概念，最終的命題敘述為「當物體的大小與結構改變時，其物理、化學性質亦可能隨之而改變」。

##### （二）「大小屬性的特性」之命題敘述

在大小屬性之特性的學習主題當中，經諮詢的結果包含了物質特性、大小規模、結構、特性、奈米尺寸等重要概念，最終的命題敘述為「物質結構改變可能會改變物質特性，特別是大小規模趨近於奈米尺寸時，可能會展現不同的屬性及功能」。

##### （三）「奈米與社會」之命題敘述

在奈米與社會的學習主題當中，經諮詢的結果包含了奈米科技、社會衝擊、正向、負向、面對、關心等重要概念，最終的命題敘述為「奈米科技進展，導引出許多社會問題與衝擊，不論正、負向的衝擊，均值得我們一同去面對與關心」。

其他關於專家諮詢時所回覆的文字意見，也以諮詢日期(如 980101)和教授的代碼(如 NP1)歸納描述穿插於後。

Greenberg(2009)認為，奈米科學應該考慮成爲一門獨立的學科，或者是在跨學科整合下融入自然領域的科學教育課程，研究者也同意 Greenberg 的看法，而且傾向將奈米科技教育融入到科學教育課程來規劃與融入教學；而奈米科技計畫成功與否，需仰賴科學教育來推動公民在科技社會中所需的知能

素養(Healy, 2009)。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，學校可透過奈米課程規劃來達成推廣目標。諮詢時有奈米專家認為應該及早建立小學生對奈米科技的觀念：「..對國小小朋友及早建立正確之科學及邏輯觀念，對國家整體未來科技之發展會有正面之效益..」(981007NP11)。在九年一貫課程總綱的綱要中強調，學校教育應以學生為主體，以生活經驗為重心，培養國民基本能力為目標。與此類似的奈米專家觀點則指出，小學的奈米教育應重視生活化的奈米科技應用：「..目前奈米科學與技術在日常生活中的應用相當多，如與蓮花效應有關的奈米馬桶..」(981007NP1)，而且應該結合開放性的生活經驗：

*Scale* 於此並非刻度之意，而是物體等比例放大縮小後造成之力學化學等特性之改變。科學思維的養成需有紮實的科學「知識」作為根基，日常生活的經驗（如氣溫 VS 穿衣）往往不需教導便可獲得「解決方式」，宜慎選為教材。反之，開放性之經驗（如肥皂泡為何為彩色？無色？）從國小以致於研究所均有不同回答，此類問題非常適合導引科學思維(981007NP18)。

但是奈米融入教學時，應該將難以理解的內涵，用淺顯易懂的生活經驗來說明：

很多指標內涵立意相當好，但有些恐怕會超出國小學童的理解能力，因此在執行時須調整內容的難易程度，用淺顯的說明與從周遭生活的經驗，讓學童了解奈米科技，

*培養對科學的興趣(981007NP6)。*

根據 Chao 與 Hsiung (2010)的調查研究指出，國內的奈米課程多以達成奈米概念認知的教材居多，培養奈米態度素養的教材發展最少，此顯示奈米態度能力養成的課程值得發展；從本文的德懷術調查，國內奈米專家也強調應該藉由自然課程當中的奈米融入教材，來培養學生的科學態度核心能力。若進一步來看，中年級的科學態度當中，適合讓老師融入教案設計之能力指標有：

*5-2-1-3 對科學及科學學習的價值，持正向態度。*

*5-2-1-2 能由探討活動獲得發現和新知，培養出信心及樂趣。*

*5-2-1-1 相信細心觀察和多一層詢問，常會有許多的新發現。*

高年級的科學態度當中，適合讓老師融入教案設計之能力指標有：

*5-3-1-2 知道經由細心、切實的探討，獲得的資料才可信。*

*5-3-1-1 能依據自己所理解的知識，做最佳抉擇。*

由於一般自然教師進行奈米教學融入設計時，大多集中在發展奈米認知居多，可是從 Chao 與 Hsiung (2010)的調查與本研究的調查結果都建議，小學階段應以培養奈米科技的科學態度為優先，因此上述 5 項中高年級的科學態度能力指標，可作為教師發展奈米融入自然教學的教案設計參考，以避免教師盲目一窩蜂發展重複的奈米認知教材。為了培養學生對奈米科技的知能、興趣動機與探究能力，教師在教學規劃方面，可依據適

合學童之奈米概念主題循序漸進。具體言之，奈米專家有人指出，大小與尺度是指物體的大小與規模等物理屬性，當物體的結構改變時，物體的大小、規模及其物理屬性亦會隨之改變(981130NP8)；教學時應建立物質之性質與其尺寸大小有具體關聯之概念(981130NP4)；例如飛機為 100M、汽車為 3 M-5M、手指 10 公分、血球 10 微米，病毒 50 奈米，原子 0.1 奈米等尺度(981130NP9)；1 奈米=10A<sup>0</sup>，如果把它放大成 1 公分的話，原先的 1 公分就變成地球的直徑，即南北極的距離(981130NP2)；先前科學無法觀察到少數原子與分子的排列行為，奈米科技發展提供可觀察的機會(981130NP13)；原子力顯微鏡(AFM)、掃描式穿隧顯微鏡(STM)的發明，讓我們得以有觀察奈米尺度之物質與某些性質(981130NP16)。

除此之外，在撰寫奈米融入自然教學的教案時，不能事先想好所欲發展的活動，才回頭來挑選合適的能力指標，這種目標導向的課程設計，是九年一貫課程國定課綱的發展基礎，奈米融入自然課程的教案設計，也應該遵循這種原則，從自然領域所欲養成的核心概念與能力指標，去整合小學適合整合的三項奈米核心概念(奈米大小與尺度、大小屬性的特性、奈米與社會)。因此，通常一個完整的單元教學，其學習目標的撰寫都會包含認知、技能與情意態度等三個層面，此時教師必須決定奈米融入教學的目標重點應該加重科學態度養成的活動安排比重，教學時所設定的具體行為目標，也必須以上述 5 項優先參考的能力指標，來與現有合適的自然課程單元進行整合設計。

本研究的發現對融入課程編輯與融入教學的啓示可以分爲兩方面來說明，一是對教科書編輯者的課程編輯啓示，以及對自然領域相關教師的融入教學啓示，在對於自然領

域教科書編輯者的啓示方面有三點說明如下：1.自然領域教科書的內容需與新興科技結合，而奈米科技產品已經出現在學生的生活四周，在正式課程中應該也要有這方面的介紹，才能貼近學生生活經驗；2.本研究的調查發現是編輯自然教科書的重要依據，在適當章節編入適當教材，如此才能符合學生的認知發展程度；3.科學態度、科學技術認知、科學應用和思考智能等四種核心能力應該是編輯者應該優先編入的奈米知識介紹所蘊含的核心能力。除了對教科書編輯者的啓示外，本研究的發現對於自然領域教師融入教學時，也有一些啓示，說明如下：1.自然領域教師需熟悉生活中的奈米科技應用實例，上課時要評估現場即時提及奈米科技產品的適當時機，讓正式課程也能貼近學生的生活經驗；2.本研究的調查發現是自然教師自編奈米教材的重要依據，融入自然正式課程或奈米主題的非正式課程都可參考，如此才能符合學生的認知發展程度；3.科學態度、科學技術認知、科學應用和思考智能等四種核心能力應該是自然領域教師應該優先融入正式課程或非正式課程的主要核心能力，而調查發現的奈米相關能力指標，也可以提供老師作為發展奈米教學設計的具體參考。

奈米科技既然是未來舉世矚目的尖端科技，因此在培養此方面人才或推動全民普及教育時，實有必要在九年一貫正式課程當中加以融合，介紹奈米科技時，教師可就其概念之難易程度，分佈融入在合適的各個學習階段中，依學生的認知發展做有層次的安排，以設計適性合理的教學活動。

## 伍、研究結論與建議

經研究者將德懷術問卷歸納分析後，獲

得以下結論與建議。首先，贊成奈米科技融入國小 3-6 年級自然領域教學者總共有 89%，顯示奈米領域專家對於將奈米科技融入自然領域教學的看法頗具有共識，而且大多數奈米專家希望奈米科技融入教學時，要能夠優先考量符合學生認知發展程度的原則來進行。其次，奈米專家過半數同意（50% 以上）適合奈米科技融入自然教學的核心能力依序為科學態度、科學技術認知、思考智能、科學應用等四個核心能力，這些核心能力適合優先來參考應用。

第三項結論是從 Kendall's  $\omega$  分析顯示，奈米領域專家對於奈米科技融入 3-6 年級自然領域核心能力與能力指標之優先順序看法上，都相當具有一致性，皆達到.01 的顯著水準，顯示奈米專家的前後三次評估都具有評分者信度。最後，奈米專家也排序了奈米科技適合融入自然教學的中年級和高年級能力指標，本研究從排序值選出 3-6 年級各 20 項奈米科技適合融入的自然領域能力指標，這些指標可供課程規劃或教學之參考，而中年級最適合融入的是「指標 6-2-1-1：能由這是什麼？怎麼會這樣？等角度詢問，提出可探討的問題」；高年級最適合融入的是「指標 7-3-0-4：察覺許多巧妙的工具常是簡單科學原理的應用」。

在建議方面，本研究所歸納的奈米科技融入國小 3-6 年級自然與生活科技領域教學的參考建議表，希望奈米融入課程規劃單位，或是國小 3-6 年級的自然與生活科技教科書研發業者，能夠參考該表歸納的優先融入順序，在自然課程規劃研發過程當中，掌握奈米相關核心能力與指標的最佳融入時機點，編寫納入成為教科書的內容，以利於奈米科技融入教育的全面普及。

此外，研究者也建議國小 3-6 年級的自然領域教師能夠利用奈米科技融入 3-6 年級

自然領域教學的核心能力與能力指標建議表，並參考前述文獻提及張政義（2008）、曾國鴻與陳沅（2005）、葉連祺（2002）的奈米教學建議，以及從多年累積的教學經驗，以直觀理解經驗與符合學生認知程度的方式，將建議表中的核心能力與能力指標融入到相關的課程單元，以利於奈米科技教育的向下紮根。

## 致謝

本研究係由行政院國家科學委員會經費補助(NSC 98-2120-S-259-001-NM)，在此特致謝忱，亦同時感謝審稿委員的悉心指正。

## 參考文獻

1. 吳宗明(2011, 1 月)。國小階段應具有奈米科技核心概念。論文發表於奈米國家型科技人才培育計畫之自由整合型計畫期中諮詢會議。台北市：國科會奈米國家型科技人才培育計畫辦公室。
2. 吳明隆(2011)。論文寫作與量化研究。台北市：五南圖書出版公司。
3. 李濬、李沛錚、蘇信寧（2008）：奈米科技發展之國家策略願景—日本、德國、丹麥奈米科技前瞻施行概況。科技發展政策報導，2，75-79。
4. 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。
5. 教育部國教司(2008)。97 年國民中小學九年一貫課程綱要(100 學年度實施)。取自 [http://www.edu.tw/eje/content.aspx?site\\_content\\_sn=15326](http://www.edu.tw/eje/content.aspx?site_content_sn=15326)
6. 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。

7. 黃台珠(2011, 1 月)。K-12 奈米科技融入式教材概念圖。論文發表於奈米國家型科技人才培育計畫之自由整合型計畫期中諮詢會議。台北市：國科會奈米國家型科技人才培育計畫辦公室。
8. 葉孟考(2011, 1 月)。國小階段奈米科技概念。論文發表於奈米國家型科技人才培育計畫之自由整合型計畫期中諮詢會議。台北市：國科會奈米國家型科技人才培育計畫辦公室。
9. 葉連祺 (2002)：九年一貫課程與基本能力轉化。教育研究月刊，96，49-63。
10. Arora, V. K. (2009) Engineering the soul of management in the nano era. *Chinese Management Studies*, 3(3), 213-234.
11. Chao, Y. C., & Hsiung, C. T. (2010, January). *A Content Analysis of K-12 Nano Education Teaching Materials in Taiwan*. Paper presented at the 6th International Conference on Science, Mathematics and Technology Education, Hualien, Taiwan.
12. Ernst, J. V. (2009) Nanotechnology education: Contemporary content and approaches. *The Journal of Technology Studies*, 35(1), 3-8.
13. Foley, E. T., & Hersam, M. C. (2006) Assessing the need for nanotechnology education reform in the United States. *Nanotechnology Law & Business*, 3(4), 467-484.
14. Greenberg, A. (2009) Integrating nanoscience into the classroom: Perspectives on nanoscience education projects. *acsNANO*, 3(4), 762-769.
15. Healy, N.(2009) Why nano education? *Journal of Nano Education*, 1(1), 6-7.
16. Holley, S. E. (2009) Nano revolution - Big impact: How emerging nanotechnologies will change the future of education and industry in America (and more specifically in Oklahoma) an abbreviated account. *Journal of Technology Studies*, 35(1), 9-19.
17. Laherto, A. (2010). An analysis of the educational significance of nanoscience and nanotechnology in scientific and technological literacy. *Science Education International*, 21(3), 160-175.
18. Lee, Chih-Kuan, Wu, Tsung-Tsong, Liu, Pei-Ling, & Hsu, Shih-kuan(2006) Establishing a K-12 nanotechnology program for teacher professional development. *IEEE transactions on education*, 49(1), 141-146.
19. Luther, W. (2004) *International strategy and foresight report on nanoscience and nanotechnology*. Düsseldorf: VDI Technologiezentrum.
20. McComas, W. F., & Olson, J. K. (1998) The nature of science in international science education standards documents. In W. F. McComas (Ed.), *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies* (pp. 41-52). Dordrecht: Kluwer.
21. Meyyappan, M.(2004) Nanotechnology education and training. *Journal of Materials Education*, 26(3-4), 311-320.
22. National Research Council (2010). *Framework for Science Education*. Retrieved from <http://www.aapt.org/Resources/upload/Draft-Framework-Science-Education.pdf>
23. Orgill, M., & Crippen, K. J.(2009) What's

- so big about being small? *The science Teacher*, 76(2), 41-48.
24. Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., & Duschl, R.(2003) What "ideas-about-science" should be taught in school science? A delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692-720.
  25. Science and Technology Yearbook. (2009) Nano technology program in Taiwan (Chap3-1-7). Retrieved Nov 3, 2010, from <http://yearbook.stpi.org.tw/pdf/2009/99-C-1-7.PDF>
  26. Throne-holst, H., & Strandbakken, P. (2009) Nobody told me I was a nano-consumer: How nanotechnologies might challenge the notion of consumer rights. *Journal of Consumer Policy*, 32(4), 393-402.
  27. Wansom, S., Mason, T.O., Drane, D.L., & Light, G. (2007) *Recommended features for an nse degree program: Common features identified from three studies*. Retrieved Nov 4, 2010, from <http://www.nclt.us/grg/30830.pdf>



## **Research from Experts' Viewpoints on Core Competencies and Indicators for Incorporating Nanotechnology into the Natural Science and Living Technology Courses for 3<sup>rd</sup> to 6<sup>th</sup> Graders**

Wen-Fu Pan<sup>1</sup> Yu-Chin Chou<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dong Hwa Univerisity

<sup>2</sup>Experimental Primary School of Dong Hwa Univerisity

### **Abstract**

The research adopts the Delphi Technique to investigate the opinions from 20 Nanotechnology experts in Taiwan upon what core competencies emphasized by the natural science courses for 3<sup>rd</sup> to 6<sup>th</sup> graders are suitable for incorporating Nanotechnology, and what the possible indicators are. Three questionnaire surveys were conducted with 20, 20, and 18 valid questionnaires returned respectively. The questionnaire features the 7(8) core competencies as well as the 42(69) indicators emphasized by the “Natural Science & Living Technology” courses targeting 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> (5<sup>th</sup> and 6<sup>th</sup>) graders, the average of which was computed and prioritized; the Kendall's  $\omega$  was then adopted to investigate whether or not the three surveys were consistent. The finding of the investigation shows consistence among the subjects' opinions, in which 89% find the incorporation of Nanotechnology into the natural science courses for 3<sup>rd</sup> to 6<sup>th</sup> graders necessary, and over 50% specify the preferable core competencies for the incorporation are “Attitude toward Science”, “Understanding of Science and Technology”, “Thinking Skills”, and “Scientific Applications”. As far as 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> graders are concerned, the most suitable core competence is “Thinking Skills”; 5<sup>th</sup> and 6<sup>th</sup> graders, “Scientific Applications”. The Research also gives suggestions for follow-up applications.

**Key words:** Nanotechnology, Science education; Core competencies, Competence indicators, Delphi

