



中小學科學教育推展的挑戰與機會

文／郭重吉

中小學階段的科學教育，不論是對於學生的學習、升學、就業準備，乃至於全民科學素養、國民生活品質、科技人才培育和國家競爭力的提升等，都扮演相當重要的角色。當此世界各科學技術先進國家皆致力於科學教育改革之際，我們該如何留意中小學科學教育面臨的挑戰與機會，並進一步加以檢討與改進，實屬當務之急。

長久以來，臺灣在科學教育的表現是可以令人引以為傲的。比方說，我們培養出許多優秀的科學教師和科學與技術專業人才，我們的學生在國際奧林匹亞競賽和國際數理學習成就評量上，也都有相當亮麗的表現。但無可諱言地，國內中小學的科學教育也還是有一些問題存在。例如，在升學壓力下為了講求教學效率，教師普遍強調知識的傳授、灌輸，比較疏於態度、情意的培養，遑論心智的啟迪和創意的激發；學生只為應付考試、不求甚解，只注重背誦、反覆練習解題技巧；許多學生對數理科感到無趣、害怕、日後不願意從事和科學相關的行業；學生之間過度重

視競爭，忽視溝通、合作、人際關係的建立和領導能力的培養。

所幸，由於科學教育館、科學博物館、和科學工藝館等非制式科學教育機構的設立，為學生和社會大眾提供與制式教育互補、另類的設施和學習環境，多少可以彌補學校教育過於注重知識的教導和學業競爭等現象。適逢國立臺灣科學教育館慶祝成立 60 週年，這不但是見證科學教育在臺灣落地生根和成長茁壯的里程碑，更提醒我們宜如何強化制式和非制式科學教育的連結與互補，使能培養具備良好科學素養和 21 世紀核心能力的國民（圖 1）。



圖 1.「輔成學校科教，普及社會科教」是創館至今已 60 年的國立臺灣科學教育館的機關使命，凸顯制式和非制式科學教育連結與互補的重要性（左圖為南海學園舊館，右圖為臺北士林現址）

在探討我國中小學科學教育的未來發展之前，我們不妨從歐美等科學和技術先進的國家，近十餘年來在科學教育改革上面的思維和措施，來大致了解國際間科學教育思潮的主要趨勢，以及對於中小學科學教育目標的一些新的看法。

科學教育的理念

以美國為例，約從 2000 年以來，即有一系列有關中小學科學的學習與教學的研究陸續展開，積極地為推展新一波的科學課程和教學的革新做準備。從多年來許多相關的研究，彙整出自然科學教學的重要原理，作為教師應該如何營造有效學習環境的依據，進而確立新科學教育目標，並研擬新的科學教育參考架構，以及新世代的科學標準，作為編寫教科書和各州在推展中小學科學教育的參考，附帶地對於新的科學標準的評量、教師的培育和專業發展、非制式科學教育等等，也都有相關的專書介紹（圖 2）。

上述文獻指出自然科學教學與學習的原理包括：(1) 了解與善用學生原先持有的概念（preconceptions）—學生對世界究係如何運作在學校正式教學之前即有一些原有的體認、看法和構想，而這些會深深影響教學成果；(2) 強調以探究的方式來學習科學，並注重科學知識和探究過程的相輔相成；和 (3) 注重後設認知（metacognition）—強調教學方式要能幫助學生設定自己的學習目標、學會如何控制自己的學習步調，並監測自己在達成目標上的進展。相關的研究也指出學習環境的設計要特別注意到：(1) 以學習者為中心—有效的教學是從學習者對學習情境所帶來的原有知識開始，包括文化實踐和信念，以及對於教材

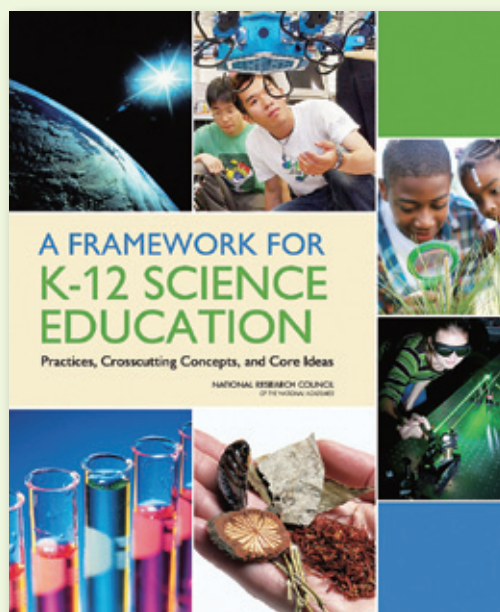


圖 2. 美國國家研究院（National Research Council, NRC）於 2011 年 7 月出版了《K-12 科學教育架構》，研擬出新世代的科學教育標準，與其他相關專書，作為各州推展中小學科學教育的參考（圖片來源：<http://www.nextgenscience.org/framework-k%E2%80%9312-science-education/>）

內容的知識；(2) 以知識為中心—易於提取和運用的知識，是思考和解決問題的能力所必須的；(3) 支持學習的評量—形成性的評量可提供機會讓學生修正和改變他們思考與了解的品質，而評量必須和學習目標相互呼應；以及 (4) 以社群為中心—家庭、社區和其他課外活動，都可對學生的學習有所影響。

科學教育的目標

針對新的科學教育目標，有報告指出，以往中小學自然科學相關學科的教學，常常是把概念、原理和理論等科學知識的教學，和實驗操作與探究活動分開獨



立進行，未能強調兩者之間的連結與相輔相成，也未能真實地反映出科學家進行科學研究和彼此互動的實況，導致許多學生對於科學缺乏興趣，甚至產生負面印象。因此，強調科學教學宜特別注重培養學生下列彼此緊密纏繞而非各自獨立的四股精熟科學的知能：(1) 知道、使用與詮釋對自然界的科學的解釋；(2) 提出並且評鑑科學的證據和解釋；(3) 理解科學知識的本質和發展；以及 (4) 積極而有成效地參與科學實務（practice 或譯為實踐）和對話（discourse）。

所謂科學實務強調的是科學家在進行科學探究時，所實際涉及的種種活動，不僅涉及個人的認知活動，更是在特定社會文化情境中進行的；科學探究過程中，一方面除了牽涉到知識和過程之間的緊密連結與互補之外，例如由資料收集到資料分析、結果詮釋、論證、建立模型和形成結論等，另一方面也牽涉到研究結果的發表、意見的溝通和分享等人際活動，乃至於和日常生活的關聯。另外，所謂的對話，強調的不僅是一般的交談，而是希望藉由彼此之間的言語互動，能表白雙方各自的立場、見解和信念，藉以充分了解對方的想法和意圖。

培養學生 21 世紀的素養或核心能力，也是晚近世界各國教育和科學教育改革的重要目標。以美國為例，有一個「21 世紀學習合作夥伴」(Partnership for 21st Century Learning, P21) 的組織，於 2007 年提出了一份報告《21 世紀學習架構》(Framework for 21st Century Learning)，做為培養學生適應 21 世紀生活所需具備的知識和能力的基準，並研訂整套的支持系統，包括標準、評量、課程與教學、教師專業發展和

學習環境等，以確保學生熟諳 21 世紀的素養，其具體內涵包括：(1) 關鍵學科（3Rs 和 21 世紀主題）—含英文、閱讀或語文、世界語言、藝術、數學、經濟學、科學、地理、歷史、政府與公民等基礎學科和全球知覺、財經與企創業素養、公民素養、健康素養和環境素養等科際整合主題；(2) 學習與創新能力—創造力與創新、批判思考與解決問題、溝通與協作；(3) 資訊、媒體與科技的能力—資訊素養、媒體素養、ICT（資訊與通信科技）素養；(4) 生活與職業能力—彈性和適應、主動和主導、社會和跨文化能力、生產力和績效責任、領導與負責。這個組織和美國科學教師協會合作，於 2010 年發表對於在科學課程中如何融入 21 世紀的能力藍圖，並積極進行教師專業發展等各項活動（圖 3）。

有關中小學科學課程的改革，美國在 2012 年出版一份新的中小學科學教育參考架構之後，旋即在 2013 頒定下一個世代新的科學標準，強調 21 世紀國民需要科學／技術／工程／數學（STEM）素養，並且針對以往學校科學教育常見的一些缺失，明顯地指出一個新的科學和工程教育的願景，希望所有的學生在多年中小學教育中，能循序漸進、積極參與一些科學和工程的實務，能夠應用跨越各個科學學科和工程與科技的一些大概念，來加深對自然科學中有關理化、生物和地科等這些學科領域的核心概念。透過這些科學和工程的實務所提供的學習經驗，讓學生不但接觸到有關自然界的一些基本問題，進而能如同科學家一樣涉入進行研究和尋找問題的答案等過程。

類似上述重視科學／工程實務的作法，澳大利亞科學課程在指導教師從事學

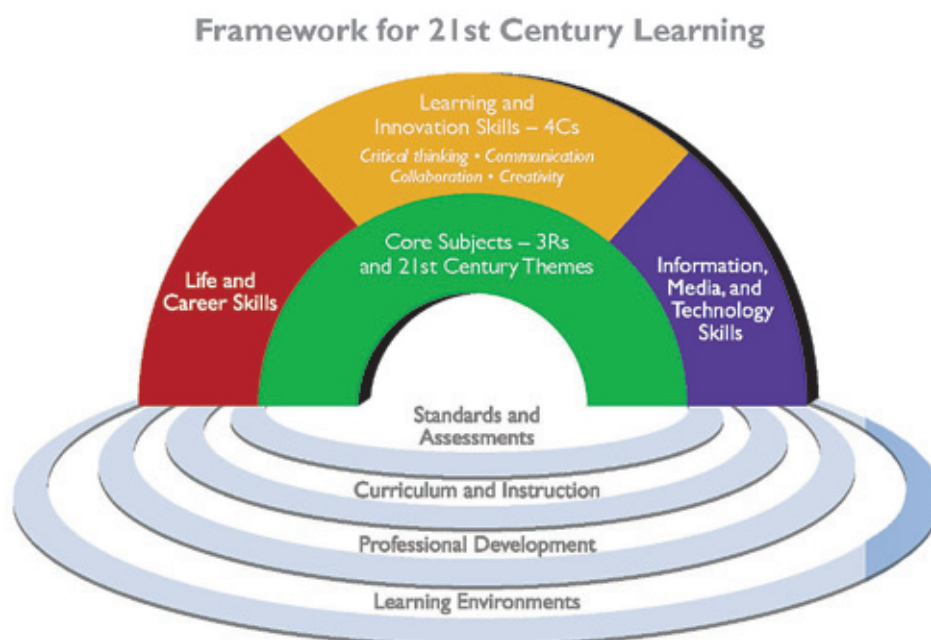


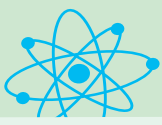
圖 3. P21 提出的 21 世紀學習架構（圖片來源：<http://www.p21.org/our-work/p21-framework>）

生發展一系列重要的科學概念和探究能力之外，另外添加一個向度，強調科學乃是人類長期努力的活動（*science as human endeavor*），為學生開啟一扇瞭解科學的本質和局限性的大門，和考慮到地球和人類對於科學和技術的一些意料之外的副作用可能需要付出的代價。這方面的進展其實是來自於整個澳大利亞課程設計的願景；澳大利亞課程包含兩大重要維度——一般性的能力和跨學科領域的重大議題。一般性的能力專注於培養學生發展一套高階的能力，包括批判性和創造性思維、個人和社會的能力、道德和跨文化的理解等，旨在培養未來的公民使其不但能適應快速變化的世界，而且能積極參與有助於建立更富有成效、可永續經營和公正的社會。跨學科領域的重大議題包括：可持續性、澳大利亞原住民族的歷史和文化、亞洲和澳大利亞在亞洲事務上的參與，這些議題提供有趣而令人關注的情境，讓學生理解其他

不同文化族群的世界觀，並培養合適的道德良心，體認這些不同文化族群的存在對人類社會之影響。

澳大利亞的課程對於地區性和跨文化方面的重視深具特色。事實上科學教育和其他相關的影響因素也都涉及在地區、本土和國際等不同層次的問題，而這些問題常常是密切的連結和交相影響。從全球化的觀點著眼，聯合國兒童基金會和教科文組織的相關文件即曾指出，各個不同層級的教育機構在追求新的願景和目標時，需要注意到終身學習、全球網絡、國際視野和資訊科技的運用等需求，以確保教育目標、內容、實務和成果等，對於現在和未來世代的人民而言，皆是相關而有用的。

由於社會變遷、全球化和科學和技術的快速進步，未來的國民越來越需要擁有能夠從許多可能性之中挑選出偏好的未來發展情景，然後朝著這方向努力以赴的能力。這種對未來發展的判斷和決策能力，



乃是所謂未來研究、未來學、和前瞻性研究的重要成分，它是源自於各國政府和大型企業的策略性規劃。雖然在科學教育中的應用尚未被廣為研究，但其潛在的重要性和可能扮演的角色，卻已逐漸出現在英美紐澳等國家的科學課程改革文獻之中。

挑戰與機會

綜上所述，可見在 21 世紀全球化的「知識社會」，我們的周遭環境是個錯綜複雜、快速變遷、難以預料和掌控的複雜系統。科學教育的推展不但涉及實務、研究與理論的密切聯繫，更需要長期持續、整體考量、各方動員共同努力。我們需要設法提供許多機會，藉以確保為所有學生提供高品質、有用的科學教育，能與日常生活和就業發展有密切關連，也有助於學生的終身學習和日後在社會中扮演更多健全公民應有的角色。國內最近十多年來的教育改革，也正是試圖回應這方面的需求。近年頒布的 12 國民教育課程綱要總綱和自然科領域的課程綱要中也都有一些新的願景、目標和規劃，例如重視培養學生使他們具有能夠適應當前社會的創新和創意的能力，能將學過的知識用以處理和解決與科學有關的社會議題等等。

未來中小學科學教育的推展仍充滿了挑戰，以往教師的角色注重傳遞固定知識、技能，以期學生能在可預料的職業和生活中加以應用，往後要轉變為利用資訊科技而與學生在新的知識經濟和學習社會所提供的廣泛學習經驗中，共同創造一致而有意義的學習成果。另外，學校教學也

從教師中心轉變為學生中心；學生從被動的吸收轉變為積極主動的建構；從強調學生的彼此競爭到合作學習。中小學科學教育未來的推展，牽涉到在整個理念、目標、體制、方法上的改變。在這樣的情境下，非制式科學教育機構的功能應有很大的發展空間，例如，可以和學校乃至於國際夥伴等加強合作，提供學生多元、有趣和生活密切連結的學習活動，加強教師科學教學專業能力的發展，和提供家長、社會大眾在與科學相關議題上參與、討論和終身學習的機會。🔗

郭重吉

國立彰化師範大學榮譽教授