

我國科學教育發展回顧與展望

邱美虹、劉俊庚

國立臺灣師範大學科學教育研究所教授/

臺北市立中崙高級中學教師

壹、前言

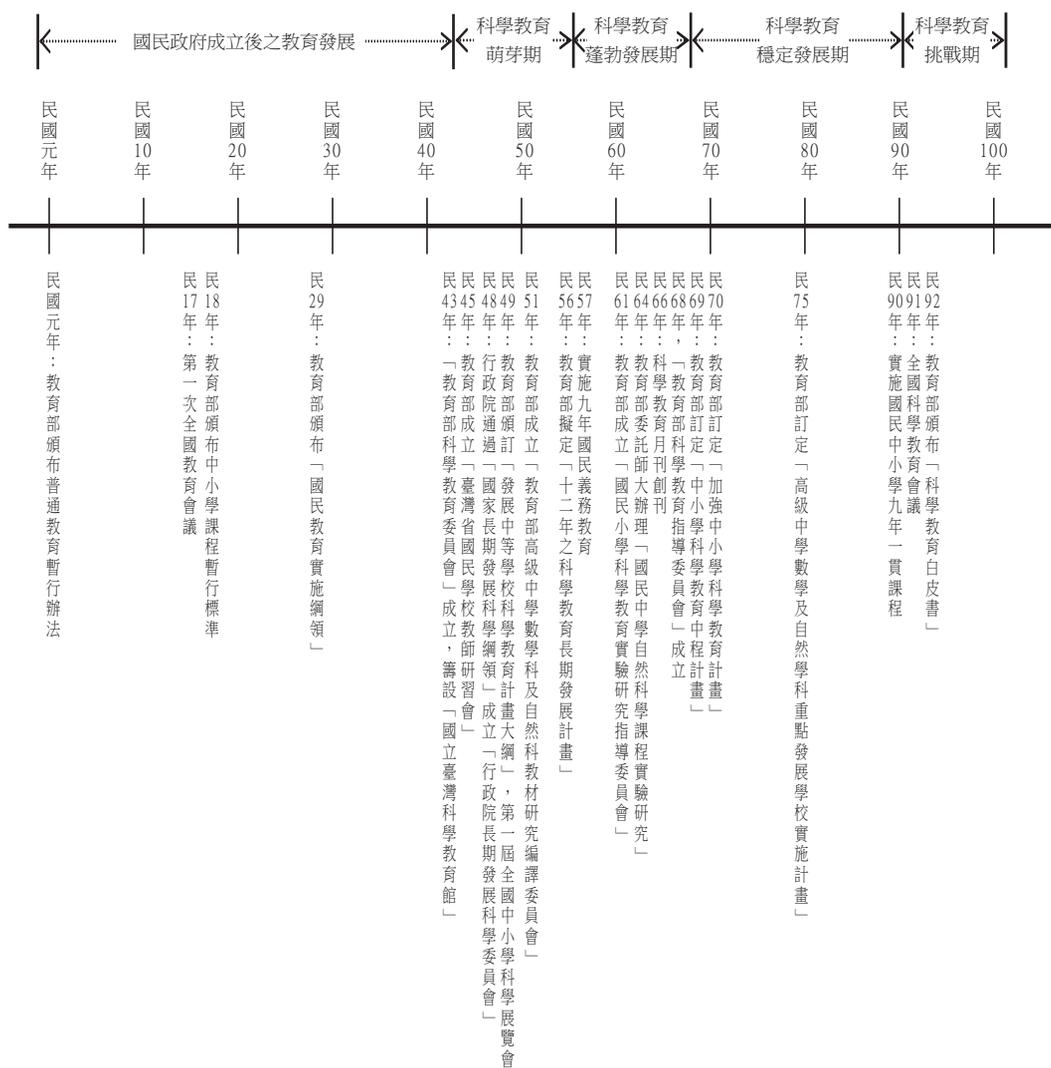
科學教育的主要目的在提高全民科學素養，培養科學人才，奠定科學與科技發展，以及社會、經濟建設的基礎。2010年，《天下雜誌》教育特刊即以「科學教育，決勝未來」作為探討之主題，文中提及科學教育對於經濟、社會發展之影響，以及強調做為世界的公民需具備科學的態度與科學素養。而由經濟合作發展組織（Organization For Economic Cooperation and Development, OECD）最新公布的2009年國際科學素養計畫（The Programme for International Student Assessment, PISA）指出，臺灣此次各項表現（閱讀、數學、科學）皆落後上海、新加坡和香港。正值建國百年，本文嘗試從回顧中華民國教育年鑑，企圖勾勒出我國科學教育發展歷程，針對清末民初到現今我國科學教育演進進行探討，並以重要事件作為本文各階段討論之分界點，藉以了解我國科學教育發展之狀況。

回顧我國科學教育演進之演變，從臺灣光復遷臺後以富國強兵為目的，著重於科學知識的傳授與教學、培養科學人才、配合國家建設需要的科學教育，至現今邁入二十一世紀強調以培養全民科學素養、永續與環境保育之科學教育目標，均反映出不同時期我國科學教育所關注之重點，隨時空的改變而異。環顧世界各國教育改革，我國亦能隨著社會變遷及時代需要修訂目標，以及擬訂各項計畫，以符合社會之需求。本文將針對科學教育現況、問題與對策等議題進行探討，從而了解我國科學教育之發展脈絡與變革。

貳、我國科學教育發展回顧與變革

我國科學教育發展根據重要事件的發生可分成五個階段（如圖1所示）。第一階段（1911年—1953年）為科學教育渾沌期，國民政府成立後，一切教育制度仍屬草創時期，財政困難、教育經費有限，對科學教育發展的影響有限；第二階段（1954年—1967年）為科學教育萌芽期，時值政府遷臺，欲以科學發展達成建國與復國之目的，先總統 蔣公中正將1954年訂為「發展科學年」，我國科學教育正式起步，爾後「長期發展科學委員會」與「科學發展指導委員會」先後成立，不但領導我國科學教育發展與研究，更奠定我國科學教育之基礎；第三階段（1968年—1978年）可謂我國科學教育蓬勃發展時期，從1968年九年國民義務教育的實施，訂定12年「科學教育長期發展計畫」，有系統的推展與研究科學教育；第四階段（1979年—1990年）為穩定發展期，全面提升科學教育素質，延續先前科學教育計畫，著重於各年段之教學實驗研究與修訂課程標準，以因應社會快速變遷與變革；第五階段（2001年—2010年）為教育改革後的科學教育與挑戰，近年來，世界各國無不竭盡所能地進行教育改革，擬定計畫（如美國的「2061計畫」），我國則於2001年實施九年一貫課程，2002年舉行第一次全國科學教育會議，會議結論強調「帶好每一個孩子」與「終身學習」的教育目標，亦希望能達成「全民的科學教育」之共識（教育部，2003）。面對世界各國嚴峻的挑戰，我們科學教育發展如何因應，回顧歷史，鑑往知來，以下分就各階段作說明。

圖1 我國百年科學教育發展史



一、第一階段（清末民初—1953年）——國民政府成立後之教育發展

我國新制小學的創始，源於清光緒23（1897）年上海南洋公學之外院。清光緒24（1898）年設立京師大學堂，規定學校分為大學、中學、小學，此乃小學成為正式學制的開始。清光緒28（1902）年中學分為4年制（15—19歲），第三、四學年得設實業科，開中學分科之先例，此課程係直接仿效日本，惟頒布後未及實施即行廢止，但在教育史上仍不失為我國中學正式教育學制之濫觴（教育部，1994）。清光緒29（1903）年，中學修業年限改為5年，文實不分科。宣統元（1908）年，為符合學生資質與興趣，課程採分流，並將中學堂課程再次區分為文（升學為主）、實（實用為主）兩科，實科主修為科學課程（博物與理化）。

民國元（1911）年，中學堂改為「中學校」，修業年限縮短（5年改為4年），廢止文實分科，小學則分為高等（修業3年）和初等（修業4年），此為小學制度上的一大變遷。1922年公布新學制，採行6—3—3—4學制，中學開始有初級（修業4年）和高等（修業2年）之區分。此外，教育部亦公布學校系統改革，強調新學制男女入學機會均等。

1928年，第一次全國教育會議決議推動全國義務教育，此次會議科學教育部分，強調實驗，獎勵科學研究、發明與著作，並在經濟較為困難的地區設立公共實驗場所，使學生能輪流進行實驗，各大學亦設立科學講座（教育部，1934）。自清末民初以來，雖有科目與節數，但各科課程仍缺乏具體標準，迨1929年教育部頒行《中小學課程暫行標準》，為我國正式頒訂完整規劃的課程標準。

1949年，國民政府遷臺，檢討過去教育失敗之因素，發現過去學校教育偏重升學主義、形式主義和孤立主義，對於科學教育而言，大學所教導科學內容脫離實際社會生活，中小學科學也僅是為進入大學做準備，課程內容與社會生活缺乏連結（教育部，1948）。1951年5月6日，中國自然科學促進會（Chinese Association for the Advancement of Natural Science, CAANS）成立，主要推動大眾科學教育活動和改進中小學科學教育，期能針對科學教育所面臨的問題提出具體的方案與討論（傅麗玉，2006）。

整體而言，分析《中國教育年鑑》（第1次和第2次）內容，我國科學教育在此階段仍未能有極大之影響，對於科學教育著墨甚少。綜合上述討論，此階段科學教育特色整理如下：

(一) 清末民初我國科學教育較少建樹。

(二) 1949年政府遷臺，強調科學、課程與生活必須作結合，重視提倡科學研究以促進生產能力，培養科學精神，講求科學方法。學校教育亦配合政治和經濟、文化和社會政策，期能鍛練學生使其成為革命建國的人才（教育部，1957）。

二、第二階段（1954年到1967年）—科學教育萌芽期

1949年政府遷臺，由於時勢環境之限制，國家需要大量科學與技術人才，也引發政府對於科學教育的重視（傅麗玉，2006），科學教育目標乃注重科學與國家生存之密切關係。1954年政府訂為「發展科學年」，隨後「科學教育委員會」、「國家長期發展科學委員會」和「科學發展指導委員會」等委員會先後成立，不但開展我國科學教育與科學研究，亦奠定未來科學教育與研究發展之基礎，此階段可謂為科學教育的萌芽期。

(一) 1954年「發展科學年」——科學教育發展之濫觴

1954年七月教育部為響應總統訂定「發展科學年」之提示，成立「科學教育委員會」，以策劃科學教育的發展，改進中小學科學教育為主要目的，編訂中小學科學設備標準，出版英文科學季刊，舉行科學演講，普及科學教育，籌創國立臺灣科學館，推廣大眾科學教育（教育部，1957）。1956年起，聯合國文教組織派遣科學教育顧問，協助我國進行科學教育之發展。同年，為提升教師素質與辦理教師在職訓練，臺灣省國民學校教師研習會（板橋教師研習中心）成立，此為負責國小教師在職進修的機構，對於日後小學師資培育工作影響甚巨。此外，教育部設立國立臺灣科學館，負責輔導中學以下學校師資在職訓練，推展社會科學教育等事宜。

(二) 國家長期發展科學委員會

1959年，政府意識到科技發展的重要性，行政院通過《國家長期發展科學計畫綱領》，成立「國家長期發展科學委員會」（長科會），開啟我國科學發展之先河，並由吳大猷（1907-2000）博士擔任主任委員，其工作要點為增強各研究機構的設備及人才，安定部分優秀的學人生活為重點，經濟主要來自於政府、美援、中美基金會及亞洲協會的捐贈（教育部，1974），1967年，行政院將「國家長期發展委員會」改組為「行政院國家科學委員會」（簡稱國科會），為常設科學發展主管機關，規劃並推動科學技術的研究發展，協助科學教育的發展，設立「自然科學與數學」、「人文、社會」、

「生物、醫學、農學」、「工程與應用科學」及「科學教育」¹等五組。

（三）世界各國課程改革之影響

1957年，前蘇聯發射史波尼克（Sputnik）人造衛星，震驚美國朝野，美國檢討科學教育，同時在教育界也掀起中小學科學教育的全面改革。美國通過《國防教育法案》，全力發展科學課程與實驗研究，這些課程不但對美國科學教育發展產生極大轉變，亦對世界各國科學課程產生巨大的衝擊與影響。1962年，教育部為改進我國高級中學科學教育，以配合科學發展之需要，成立「教育部高級中學數學科及自然科教材研究編譯委員會」，蒐集美國出版的生物（Biological Sciences Curriculum Study, BSCS）、化學（Chemical Education Material Study, CHEM）、物理（Physical Sciences Study Committee, PSSC）和數學（School Mathematics Study Group, SMSG）等教材，研究實驗與編訂教材大綱，作為課程標準之補充，教育部亦為提高學生科學程度，趕上世界科學水準，將此教材納入高級中學的課程及教材。此外，由於新教材較現行教材程度為深，亦同時辦理師資進修班。惟該教材優點雖然很多，但仍有許多窒礙難行之處與缺點，綜合如下（吳大猷，1977；趙金祁、李田英、楊文金，1988）：

- 1.新教材過度重視學科知識體系，使教材內容與社會缺乏關聯性。
- 2.教材抽象度偏高，一般學生難以接受，特別是數學最為顯著。
- 3.教材偏重學科本位，缺乏科際間相互配合與銜接，學科課程標準缺乏縱的聯貫與橫的聯繫。
- 4.教材內容著重於結構、層次、程序，忽略學生的個別差異。
- 5.評量方面著重智育範圍，對於影響學生學習興趣、價值觀念和態度的培養則較少提及。

（四）科學發展指導委員會

1967年，政府於國家安全會議中成立「科學發展指導委員會」，其主要任務為訂定全國科學技術發展的政策，規劃並推動科學技術的研究發展。整體而言，「科學發展指導委員會」對於我國科學教育人才的培育，以及改善各級科學教育產生極大的影響。

1 1991年，行政院國家科學委員會正式成立科學教育發展處，並設置科學教育諮議委員會，作為推動科學教育的專責機構。

（五）階段特色

1954年後，我國各級學校科學教育與科學研究均有相當大程度的進展，綜合此階段之科學教育特色，彙整如下：

1.科學課程符合世界潮流，參考美國課程加以比較，提供課程標準修訂之參考資料。

2.重視教師培育與在職訓練：臺灣省國民學校教師研習會（板橋教師研習中心）與國立臺灣科學館先後成立，負責國中小教師在職進修，提升教師的教學知能。

3.成立各種科學教育委員會：如成立「科學教育委員會」、「國家長期發展科學委員會」和「科學發展指導委員會」，不但使我國科學教育與科學研究萌芽，更領導科學教育之發展。

三、第三階段（1968年—1978年）——科學教育蓬勃發展

1968年到1978年可謂我國科學教育蓬勃發展時期，我國科學教育之推行，在組織上亦有專職機構負責。1968年，我國實施九年國民義務教育，教育部訂定12年「科學教育長期發展計畫」，開始有計畫的推展我國科學教育，對我國科學教育發展影響至鉅。

（一）科學教育長期發展計畫

1967年起，政府為加速建設現代化國家，以及積極加強反攻大陸，對於科學與技術人員之需求日增，教育部擬定12年「科學教育長期發展計畫」（1969年—1980年）。推行重點為培育人才、充實設備、研究課程教材之改進、修訂中小學課程標準。計畫目標如下：1.配合建設需要，發展科學教育，培養科學人才；2.對於中小學課程標準與教材、教法與成績考查辦法等，加以實驗研究與評量，作為繼續改進之參考；3.加強中小學科學師資培育，積極舉辦科學教師在職訓練，以提高師資素質；4.充實各級學校教學儀器設備；5.編譯優良科學圖書期刊，鼓勵師生研究，訓練科學方法與科學精神；6.傳播現代科學觀念與科學常識，推廣通俗科學教育，提高國民科學知識水準；7.促進企業界與學術界充分合作，利用所有人力設備研究，加速工業生產與經濟發展（教育部，1974）。

小學科學教育部分，訂定「12年國民小學科學教育發展計畫」，其內容著重於提高小學科學教師之素質、充實師範專科學校的教學與實驗設備、辦理科學教師進修與研習、改進課程教材與教學方法，並供應各小學之科學實

驗儀器、書刊，藉以啟發兒童對於科學的興趣；中學科學教育部分，配合國家長期發展科學計畫，訂定「發展中等學校科學計畫大綱」，著重於提高中學科學教師水準、辦理教師在職進修，並指定科學教育示範學校、研究改進教材、修建科學館增設實驗室、充實科學實驗設備，以推動高中自然科學教育（教育部，1974）。

（二）九年國民義務教育的實施

1967年6月27日，先總統 蔣公（1887-1975）在國父紀念日宣示：「我們要繼續耕者有其田政策推行成功之後，加速推行九年義務教育計畫。」同（1967）年，8月12日於國家安全會議，總統作出決定實施九年國民教育的決定，1968年8月，全面實施九年國民義務教育，課程採九年一貫之精神²（教育部，1968，1974）。

（三）《科學教育月刊》創刊

1976年，教育部召開六十五年度科學教育計劃會議，會議決定編印科學教育月刊，藉以促進科學教育學術研究，提供科學課程，報導政府科教法令和介紹國內外科學教育的現況（楊冠政，1976）。《科學教育月刊》的發行，對於課程發展和科教研究等方面均提供教師教學與交流的一個平臺，提升我國科學教育有相當大的助益。

（四）階段特色

綜合此階段之科學教育特色，彙整如下：

- 1.擬定各項科學教育計畫，有系統且全面地推動我國科學教育。
- 2.此階段科學教育目標仍與第二階段類似，皆以富國強兵，發揚學生民族精神，以及培養科學家與工程師為主。

四、第四階段（1979年—2001年）——穩定發展期，全面提升學生科學素養

1979年到2001年我國科學教育之推行，除延續先前已建立之科學教育制度，亦著重於普及科學教育，並配合國家經濟、國防和社會建設需要，培育科學與技術人才外，同時亦培養具有科學素養之公民。整體而言，此階段科學教育發展為立基於先前科學教育之發展，主要為成立「科學教育指導委員

2 雖然日後亦有所謂國民中小學九年一貫課程，然九年一貫課程的理念早已鑑於此時。

會」，訂定「中小學科學教育中程計畫」和參與國際學習成就調查研究等。

（一）「科學教育指導委員會」成立

1954年，教育部成立「科學教育委員會」，其任務為策畫科學教育之發展，1978年，教育部為加強分工，基於精簡予以裁撤，改由中等教育司負責。1979年9月12日，教育部為加強各級學校科學教育全盤性改進工作，成立「科學教育指導委員會」（簡稱科指會）（教育部，1984），吳大猷先生擔任主任委員，負責擬訂我國科學教育的發展計畫，並進行中學科學課程的改進計畫。³

（二）訂定「中小學科學教育中程計畫」

1980年，教育部為發展科學教育，培植科學人才，訂定「中小學科學教育中程計畫」（自民國70會計年度—民國75會計年度），主要目標與項目有：1.師資訓練：除繼續辦理研習課程提供教師進修外，並遴選優良科學教師出國考察，以增進教師教學知能；2.充實儀器設備：興建科學專用教室，加強各示範中心學校的功能，充實重要儀器設備；3.教學方法改進：鼓勵教師研究改進教學方法，辦理中小學科學教師研究獎助，舉辦教學研討會；4.科學活動之舉辦與資料提供：鼓勵學生參與室外科學研習活動，參加科學展覽；5.課程教材研究發展：對於科學課程之實驗改進，教育部訂定發展計畫，各省市亦針對課程教材之實施，採取配合措施；6.科學教育評鑑：定期進行中小學科學教育評鑑（教育部，1984）。

（三）參與國際學習成就調查研究（The International Association for the Evaluation of Education Achievement, IEA）

為了解我國學生科學成就，以及科學學習成就與家庭背景、學習環境和教師因素等因子之相關性，並做國際比較研究，我國於1987—1990年參與國際科學學習成就調查研究，結果我國在國小五年級學生在科學測驗表現為世界第1名；國中三年級學生在科學測驗表現為世界第4名（教育部，1996）。日後我國亦持續參與各項國際性評比計畫，成績斐然。

（四）階段特色

綜觀此階段我國科學教育的發展，各項制度皆已完備，科學教育委員會於1978年因精簡而裁撤，但1979年，教育部又成立「科學教育指導委員會」，並運用各種教育資料統計來擬定科學教育政策，此乃階段特色之一。

3 2007年，教育部又因「科學教育指導委員會」功能不彰而予以裁撤。

此外，我國參與國際學習成就調查表現非常優異，更可看出我國各項科學教育計畫實施之成效。整體而言，此階段科學教育發展有以下的特色（趙金祁、李田英、楊文金，1989）：

1.技術教育漸受到重視，並為社會大眾接受，如科學展覽中，應用科技研究的專題大量增加。

2.科學教育的追蹤活動已普受注意，如科學資優生的追蹤輔導、國立臺灣科學教育館科學展覽得獎學生的追蹤輔導。

3.科學教師進修的意願大增。

4.科學教育基礎研究風氣的形成。

五、第五階段（2001年至2010年）——教育改革後的科學教育與挑戰。

（一）訂定《科學教育白皮書》

受到科技發展與環境的快速變遷影響，許多國外先進國家（如美國、英國、日本、澳洲、香港等）均陸續於教育政策上推動科學教育的革新。以我國為例，教育部為凝聚各界看法及共識，制訂合宜且具前瞻性的科學教育政策之依據，2002年，教育部與國科會舉行「第一次全國科學教育會議」，會議以「全民科學、創意教學、活化學習、追求卓越」為主軸，在「帶好每一個孩子」與「終身學習」的教育目標下，針對課程、教學、師資等面向進行討論，並據以擬定我國第一部的《科學教育白皮書》，揭櫫我國科學教育目標為：使每位國民能樂於學習，並了解科學之用，喜歡科學之奇，欣賞科學之美（教育部，2003）。惟近年來雖陸續推動教育制度的改革，但對於科學教育之落實仍需建立更明確、更全面性、更具系統性的政策，以作為提供教師與科學教育學者致力的參考方針。

（二）課綱修訂時程縮短

除此之外，過去我國科學課程大綱約每10年修定乙次，唯近年來因應社會需求與教育理念的快速變革，改革的時程較短（如國中為1994年、2001年、2008年；高中則為1995年，2006年，2010年），這些政策的改變對教材編制與學習評量的穩定性影響較大。

（三）國際評比的表現

在這階段，我國參加過2003年和2007年的四年級和八年級學生的國際數學與科學成就趨勢調查計畫（Trends of International Mathematics and Science

Study, TIMSS) 以及2006年15歲學生的國際學生能力評量計畫 (Program for International Student Assessment, PISA) 調查都表現相當優異, 直到2009年的PISA我國在閱讀、數學和科學的表現上大大落後亞洲國家後, 政府一向重視國際排名, 較少嚴肅檢視這些國際大型評比所帶來的意義, 對於這些重要的資料, 也未做進一步的深入分析, 甚為可惜。此次是否會有所反思、在政策上能有所因應, 還需假以時日的觀察方可得知。

(四) 階段特色

1. 提倡全民終身學習與提升科學素養。
2. 訂定《科學教育政策白皮書》, 以期落實科學教育理念。
3. 積極參與各項國際評比, 表現優異; 唯仍有待改進的空間。

六、小結

環顧世界各國教育改革, 均是國家面臨較大挫折後, 以課程改革來克服所面臨的危機 (魏明通, 1997)。我國是否亦會如此呢? 無可諱言, 我國科學教育發展在安定中不斷地成長, 大部分為因應世界潮流皆採取政府推動的方式來改進我國科學教育制度與發展, 同時許多中小學科學課程的研製與推動亦透過教育部等行政單位給予行政與經費上的支援, 使我國科學教育得以於變革中逐漸成長與茁壯。然在此階段教材開放、課程彈性化、學習快樂化, 使得學生素質的提升面臨新的挑戰。除此之外, 無可否認的, 我們的教育體系長久以來受到升學制度的影響, 使得科學教育在研究與實務中有落差, 以及科學核心的實驗課程在各級學校不受重視, 再加上過度高調的教育口號, 都未能落實科學教育的內涵, 這些問題才是我們此刻需要面對的挑戰。

參、我國科學教育對策與成效

從1998年, 我國參加許多國際教育成就調查與國際科學競賽, 如「第三次國際數學與科學教育成就研究後續調查 (TIMSS-R)、2003國際數學與科學教育成就趨勢調查、國際學生能力評量計畫, 以及國際數理奧林匹亞競賽, 我國學生表現均極為突出, 這亦顯示我國多年來提升數學及科學教育的成效。根據Heyneman和Loxley (1982, 1983) 的研究指出, 學生學業成就和國家經濟發展之間有顯著的正相關。江芳盛 (2006) 利用他們的理論對第

次國際數學與科學教育成就研究後續調查（TIMSS-Repeat）的資料進行分析，研究結果顯示各國八年級學生在數學和科學上的表現，和國家的經濟發展程度具有顯著的正相關，此一結果亦顯示我國科學教育政策之成效對我國經濟發展有具體的貢獻。但值得一提的是評比結果亦顯示我國學生對於科學的興趣與信心不高，以及閱讀方面表現不佳（行政院國家科學委員會，2005；林煥祥，2009）。然而我國學生在2009年PISA評比結果顯示（陳智華，2010），我國在各方面表現均較2006年表現大幅度落後，閱讀總平均排名為第23名、數學為第5名、科學為第12名，這幾年我國教育改革究竟出了什麼問題呢？如此評比結果透露出什麼訊息？我們要如何挫折中學習其他國家？我國科學教育正面臨何種危機與挑戰呢？那我們又如何因應呢？以下扼要介紹幾項科教計畫與政策。

一、提升全民科學素養——大眾科學教育之推廣

《科學教育白皮書》提及科學教育以達成全民科學教育為目標（教育部，2003），國科會亦積極投入教育推廣的工作，藉以呼應白皮書內對於全民科學素養的提升，以及社會大眾對於科學的認識與興趣。近幾年國科會均將「大眾科學教育」列為研究重點，國科會2005—2008年對於科學教育經費預算的分配情形，大眾科學教育預算由2005年的12%提升到31%（行政院國家科學委員會，2009）。2007年更開始推動「臺灣科普傳播事業催生計畫」，著重於促進我國科學傳播事業的發展，並期望能結合各地區的科學社教機構推廣科學活動，建立教育推廣系統，使科學能更貼近民眾，引起對於科學的興趣與素養，關心國家的科學發展，當然亦期許能增進全民科學素養（行政院國家科學委員會，2008）。但如何持續提升全民科學素養仍是我國科學教育未來努力的方向之一。

二、科學教育研究之影響

有關科學教育學術研究之發展，大多著重於課程教材、學生學習、教師教學、評量、師資培育、資優教育等方向。回顧50年來，從科學發展指導委員會到成立行政院國家科學委員會，其間推動之科學教學研究，對於發展我國科學教育本土研究模式、改善教學品質，培養科學與技術人才等，均有相當大的影響。

從1970年代以後，有關學生對於特定科學概念學習和理解的研究與結果，引起世界各國科學教育社群的關注，我國科學教育研究也無法置身其外。國家科學委員會科學教育發展處（簡稱科教處）自1983年即以「認知」與「學習」作為重點項目，研究取向偏重於科學概念發展與推理能力，迷思概念之診斷等。1986年，國科會人文處與科教處共同推動「認知與學習基礎研究」合作計畫（郭允文，1989）。2000—2005年國科會科教處規畫大型跨學科的整合型計畫，以3至6年為期透過系統化且縱貫性的方式，探討學生在物理、化學、生物等三學科重要科學概念上迷思概念的類型、發展及其形成的原因，藉以建立學生科學學習資料庫，並根據所獲得之資料，發展適當的概念改變教學策略、開發教學模組以促進我國學生科學學習。整體實驗結果，並獲得《科學教育國際期刊》（*International Journal of Science Education*）（2007）發表專刊。研究顯示，中小學生在科學概念的學習上受文字、符號、媒體、與教學的影響，仍存在有不同類型的迷思概念，有些即使到了高中仍有素樸（naive）的想法（Chiu, 2007; Chiu, Guo, & Treagust, 2007）。

三、追求卓越的師資培育

我國幾次課程改革或科學教育計劃的要項中，均提及科學師資的培育與在職訓練，教育單位亦以朝著「提升教師素質」的方向努力，顯示我國科學教育對於師資培育的重視，以及課程修訂均能配合師資培育與訓練，更有利於新課程的實施。1990年代開始，許多科學教育研究亦延伸到教師教學策略的發展，並且，開始討論教師專業成長，此時，影響科學教育教師研究取向最為重要即屬Shulman（1986，1987）所提出的學科教學知識（pedagogical content knowledge, PCK）理念，其認為對於科學教師的素質不應只考量科學專業素養，更需同時考量科學教師是否了解學生學習前所擁有的科學知識、教師對於教學情境的理解，以及其他教學相關的知識（引自邱美虹、周金城，2005）。自2007年起，國科會與教育部合作規劃「中小學數理師資培育」整合型研究試辦計畫，研發規劃「中小學數理師資教育學程」（行政院國家科學委員會，2008），相關研究有郭重吉（2009）「以學習者為中心的數理教師專業成長之研究」，以及張惠博（2009）的研究「我們必須做的：邁向卓越數理師資培育」等。然小學自然科學教師大多非本科系學生任教的現象（周麗蘭，2011），已嚴重影響我國科學教育的基礎訓練，主政者不得

不正視此問題。試觀芬蘭就以優質的教師產生優質的學生為例，即可知我們對於科學教師的專業要求，應建立科學教師認證系統，以確保學子有優質的教師於職場上任教。

四、改變學校教與學的文化——高瞻計畫（High-Scope Program）

為協助與提升高中職科學與科技教育的品質、縮短科學教育理論與實務之間的鴻溝、以及強調新興科技融入課程，國科會與教育部自2006年開始規劃「高瞻計畫」。此計畫結合研究與實務的特色，直接影響高中職學校環境與教學，為近年課程改革提供實質的推動。而為達成目標，在規劃的基本理念與策略乃採取下列方法（行政院國家科學委員會，2009）：

（一）由下而上的發展策略：以高中職為主體的課程實驗計畫。

（二）縮短研究與實務之間的落差：配合大學同步進行之課程發展模式的輔導。

（三）強調學生科學探究能力的培養：經由課程創新之發展引導學生學習模式的改變。

（四）國科會與教育部共同規劃與推動：以國科會的基礎研究強項，經由教育部協助推展至各中學的實際課程中。

此計劃帶動至少5,200名學生、900名種子教師、300名學者的參與（Chen, 2009），參與學校以不同形式推動科學教育（如開設新興科技與議題的選修課程），學校行政人員與大學研究人員共同參與，藉由彼此之間的互動，改變了學校中教與學的文化，以及學者與第一線教師的關係，更促進我國科學教育理論與實務之間的結合。

五、小結

過去我國科學素養主要意涵在於提升學生科學知識的認識，此現象反映在我國的升學制度上，學校與教師教學著重於科學概念的傳授，儘管課程綱要提及科學態度和科學方法的培養，但在我國傳統的升學制度下長期被忽略，即使我國在歷次的國際性數理評比與國際科學競賽均有亮麗的表現，但評比結果仍指出我國學生在科學議題的提出與論證是較為薄弱的能力，如何使學生能感受到學習科學的意義與提高對於科學的興趣，我國學生又如

何在這全球化競爭中脫穎而出？我國現在的科學教育能夠應付如此的挑戰嗎？一個甲子之前的科學教育問題——學校教育偏重升學主義、大學所教導科學內容脫離實際生活、中小學科學僅為升學做準備、課程內容與社會生活缺乏連結（教育部，1948），我們至今仍在面對相同的問題，究竟我們應朝何方向努力？政府是否能重視科學教育對國家競爭力的影響？面對世界各國的競爭，我國科學教育已經面臨不得不做改變的時候了。美國總統歐巴馬（Barack Obama，1961-）曾於2009年特別指出強化科學教育以面對世界的挑戰，並使美國學生在國際評比中從表現平平到傑出，進而提升救經濟是應該努力的方向（Rhee, 2009）。此外，歐巴馬再度於2011年指出，重視科學（science, S）、技學（technology, T）、工程（engineering, E）和數學（mathematics, M）（簡稱為STEM）是當務之急，他擬培養10萬名在STEM領域的教師（National Institute of Building Sciences, 2011），可見其認同科學教育以及優質教師對社會與經濟的影響。

肆、展望與建言——我國科學教育未來之挑戰

科學教育的成敗關係全民科學素養，以及國家發展所需的科學技術人才的培養與提升。百年來，由於科學發展快速與造成的問題，人們對於科學的價值觀也產生極大轉變。二次世界大戰後，世界各國對於科學發展均持科學對於人類生活的重要性，八〇年代之後，科學與科技發展所引發的污染性問題，更使人類了解人與自然和諧共存的重要性，當然這些影響與價值觀的改變亦反映到課程改革與科學教育目標的轉變。過去科學教育以知識體系為中心，企圖培養更多的科學家，藉以提升國家競爭力，現在已轉變為「以探究為中心的科學教育」，培養學生具有創造力、以及理性思考的能力，並已獲得世界各國的高度評價和認同，換言之，提升學生科學素養正成為國際科學教育改革的主流與發展趨勢。回顧過去，除了解百年來我國科學教育發展的脈絡外，更擘畫我國未來科學教育發展之方向，時值建國百年，我國科學教育未來走向，或許可透過文獻的回顧提供借鏡。

根據文獻回顧，本文作者對於科學教育改革有幾點建議：第一，積極建立我國科學學習資料庫，作為教材編寫與教師專業成長的重要參考資源；第二，發展與建立良好的評量系統，以便追蹤記錄教與學的成效；第三，持

續發展優良品質的教材並結合新興科技，以提供教學現場豐富可資運用之資源；第四，建立教師專業知能指標與評鑑制度，並針對科學教師之師資培育課程進行檢討，確保科學教師的品質，以及訂定在職教師專業成長與認證的機制，使教師得以終身學習與成長；第五，發展與建立系統化的學校教學評鑑機制與準則；第六，課程綱要應能展現科學教育素養的目標與宗旨，並能落實於實際的教學中；第七，透過國際性教育評比的結果，了解我國科學教學現況與問題，並能依據科學教育研究成果制定重要的政策，以提升學生學習與全民素養；第八，制定《全民科學素養教育法》，對我國科學教育施行進行整體的評估，透過立法積極推動科學教育；第九，持續推廣大眾科學教育活動，提供家長及社會人士更多元的科學學習機會，讓社會大眾有更多的選擇來接觸科學、了解科學無所不在、並認識科學與生活的密切關係，藉此提升全民科學素養，促進國家競爭力與經濟的繁榮。

參考文獻

- 江芳盛（2006）。學生學業成就和國家經濟發展：Heyneman-Loxley效應的再檢驗。**教育政策論壇**，9（3），161-176。
- 行政院國家科學委員會（2005）。**中華民國科學技術年鑑**。臺北市：作者。
- 行政院國家科學委員會（2008）。**中華民國科學技術年鑑**。臺北市：作者。
- 行政院國家科學委員會（2009）。**中華民國科學技術年鑑**。臺北市：作者。
- 吳大猷（1977）。我國科學教育的檢討與改進。**科學教育月刊**，1，6-8。
- 邱美虹、周金城（2005）。美國百年科學教育的發展。**教育資料與研究**，64，19-40。
- 林煥祥（2009）。臺灣參加Program for International Student Assessment（PISA）2006 計畫（3/3）甲。行政院國家科學委員會研究計畫成果報告（計畫編號：NSC 95-2522-S-110-001）。高雄市：國立中山大學通識教育中心。
- 周麗蘭（2011年4月5日）。國小自然教師荒 僅15%專科出身。**中國時報**，A2。
- 郭允文（1989）。科學教育學術研究的規劃與推展。**科學資料集刊**，14，57-90。
- 教育部（1934）。**第一次中國教育年鑑**。臺北市：作者。
- 教育部（1948）。**第二次中國教育年鑑**。上海市：商務。
- 教育部（1957）。**第三次中國教育年鑑**。臺北市：正中。
- 教育部（1968）。**國民中學暫行課程標準**。臺北市：正中。
- 教育部（1974）。**第四次中華民國教育年鑑**。臺北市：正中。
- 教育部（1984）。**第五次中華民國教育年鑑**。臺北市：正中。
- 教育部（1996）。**第六次中華民國教育年鑑**。臺北市：正中。
- 教育部（2003）。**科學教育白皮書**。臺北市：作者。
- 郭重吉（2009）。**區塊研究——以學習者為中心的數理教師專業成長之研究（運作計畫）**（2/3）。行政院國家科學委員會研究計畫成果報告。彰化市：國立彰化師範大學科學教育研究所。
- 陳智華（2010年12月8日）。閱讀、數學、科學 上海三冠 台灣退步PISA評量 上海首次參加 當成「國家考試」一舉登峰 台灣「未積極讓自己進步」 閱讀表現最差。**聯合報**，A7版。

- 張惠博 (2009)。我們必須做的：邁向卓越數理師資培育 (2/3)。行政院國家科學委員會研究計畫成果報告 (計畫編號：NSC 97-2522-S-018-001)。彰化市：國立彰化師範大學科學教育研究所。
- 傅麗玉 (2006)。美援時期臺灣中等科學教育發展 (1951-1965)。科學教育學刊，14 (3)，333-380。
- 楊冠政 (1976)。開拓科學教育的新境界 (發刊詞)。科學教育月刊，1，4-5。
- 趙金祁、李田英、楊文金 (1989)。中國民國科學教育發展實況與展望。科學教育月刊，116，2-28。
- 魏明通 (1997)。我國科學教育廿年之演進。科學教育月刊，204，2-6。
- Chen, J. T. (2009, September). *High-Scope Program in Taiwan—A NSC 5-year campaign for the advancement of science education toward high-school level*. Paper presented at the 13th Asian Chemical Congress, Shanghai, China.
- Chiu, M. H. (2007). A national survey of students' conceptions of chemistry in Taiwan. *International Journal of Science Education*, 29(4), 421-452.
- Chiu, M. H., Guo, C. J., & Treagust, D. F. (2007). Assessing students' conceptual understanding in science: An introduction about a national project in Taiwan. *International Journal of Science Education*, 29(4), 379-390.
- Heyneman, S. P., & Loxley, W. A (1982). Influences on academic achievement across high and low income countries: A re-analysis of IEA data. *Sociology of Education*, 55(1), 13-21.
- Heyneman, S. P., & Loxley, W. A (1983). The effect of primary-school quality on academic achievement across twenty-nine high- and low-income countries, *American Journal of Sociology*, 88(6), 1162-1194.
- National Institute of Building Sciences (2011). *President Obama highlights infrastructure, STEM and BIM*. Retrieved from <http://www.nibs.org/index.php/betec/news/Entry/obamahighlights>
- Rhee, F. (2009). *Obama highlights science education*. Retrieved from http://www.boston.com/news/politics/politicalintelligence/2009/11/obama_highlight_4.html
- Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15 (2), 4-14.
- Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57 (1), 1-22.