

美國科學教育的改革—回顧、前瞻與借鏡

蘇宏仁

新竹師範學院數理教育系

摘要

科學課程的結構、內容，及教學策略的運用，往往取決於科學教育的目標。

縱觀美國各時期科學教育的發展與改革，各有其時代背景及社會需求。本文分別探討了1960,70,80年代美國科學課程的特色及得失，並闡述近年來在科學教育改革運動之下所產生的新課程模式—Project 2061、SS&C、STS等，以作為國內科教改革的借鏡。

文末結論對國內教改提出一些思考問題及建議，並指出教育改革必須是全面性的方得以為功。

關鍵字：科教改革運動、課程、Project 2061、SS&C、科學、技學、社會（STS）。

一、前言

就教育而言，教學的內容、方法與評量方式的選擇常以目標為準繩。同樣的，在科教的領域中亦是如此。科學教育的目標往往就決定了自然科學的課程結構、課程內容、教學策略及成就評量等（黃達三，民78）。多年以來，國內的政府官員及教育學者們所持的教育理念與政策，一向深受美、日等國的影響，其中尤以美國為甚。故而本文將由美國科學教育的歷史變革著手，進而探討近年來在教育改革運動之下所產生的新課程模式—STS (Science / Technology / Society)、SS&C (Scope, Sequence and Coordination)、Project 2061，期能由其中獲得一些啟示，以作為國內自然科學課程改革的一項借鏡。

二、科教改革運動

(一)1960年代

縱觀美國科學教育的發展過程，其方向及目標已經過多次的改變，其中要以1950～60年代的變革最為重大。1957年，蘇聯發射首座人造衛星成功，激起了美國全國上下的震撼、檢討，矢志迎頭趕上，因而致力於改善中小學的科學及數學教育（Collette & Chiappetta, 1989）。由於社會的需求、期盼，遂在美國國家科學基金會（NSF）之資助下發展出許多新的科學課程，如：PSSC, BSCS, ESCP, IPS, CHEM STUDY, HPP, ISCS I、II、III, ISIS等。

這種以學科為中心的改革運動，乃秉持布魯納（Bruner）教育過程（The Process of Education）所揭櫫的理念，並以嚴密完整的學科結構為控制課程的新準繩（Hlebowitsh & Wraga, 1989）。新課程的基本假設是，「如果學生了解科學的方式一如科學家了解科學的方式，則科學自然具有趣味性」。因而學生都被視為小小學者或科學家，而整個課程則強調教師教導學生如何像個科學家來思考及操作。於是形成物理學家為未來的物理學家寫教科書，而生物學家為未來的生物學家寫教科書...等現象。Hurd（1985）指出這些新課程乃是用以描述理論結構及一些重要的學科概念，縱然偶有一些實驗設計，也只是用以證實一些科學概念或原理罷了。

這些新課程、新教材的主要目的，乃是為學生進入大學作準備，並為學生將來從事科學有關的生涯提供必要的基礎。到了1970年代，一些60年代的目標業已達成，美國在許多太空研究計劃上已凌駕蘇聯，並搶先於1969年代表人類首次登陸月球。然而這套看似成功的新科學課程，卻被批評為過於艱難、與現實的社會科技脫節、只適合少數聰明優秀的學生，而不適合多數一般的學生（Hurd, 1985）。

(二) 1970年代

1970年代，社會及社會價值、態度等發生了重大的改變。許多的事件與現象，諸如越戰、環境破壞、人口爆炸、能源危機等，使許多人警覺到60年代的新課程無法解決70年代的社會問題。因而，一些社會改革者便大聲疾呼，要求改變學校及科學課程，期能解決社會問題並符合社會需求。

結果再次的，另一新課程及一些以問題為中心的短期課程（mini-course），如雨後春筍般的加入了傳統的科學課程中。環境及太空科學、能源探究、人類遺傳學、應用物理學、海洋地質學、藥物、及性教育等，都是當時的一些小課程。對於此，Hurd（1985）批評說只要民衆要求，或有現成師資，或地區狀況不同時，新課程便被加入既有的課程中，整個過程中似乎缺乏一個具體完整的概念架構，也沒有整合一致的主題，實不足以稱之為一教育改革運動。

儘管此附加上去的課程，比1960年代以學科為中心的課程，更契合個人及社會的需求，然而它們仍被批評為：過度簡化了科學課程、無法為學生進入大學做適當的準備、導致學生不願修習傳統科學－生物、物理、化學、地科，及造成了大學入學考試的成績低落 (Hurd, 1985)。

(三)1980年代

面對二十一世紀的來臨，卓越教育全國委員會 (National Commission on Excellence in Education) 於1983年評量美國公立學校的狀況後，提出了「我們國家面臨危機」(our nation is at risk) 的警告。更甚者，Kunisawa (1988) 指稱，當百分之二十五的學生輟學，一千四百多萬高中畢業生素養不足時，美國不只是「面臨危機」(a nation at risk)，而是「處在危急中」(a nation in crisis)。此一聯串的報告、警語引發了有關教育的質與量的辯論，也使中央至地方一致的倡導「回歸基本」(back to the basic) 的教育改革運動。

美國科學委員會 (National Science Board, 1983) 提出了一篇報告－「教育美國人以適應二十一世紀」(Educating americans for the 21st century)，指出我們必須回歸到「基本」。然而二十一世紀的所謂「基本」並不只是讀、寫、算，它仍然包括溝通、高層次的思考、問題解決、科學及技學素養等。這些新的基本能力，對所有學生而言都是必要的；所有學生都須具備數學、科學及技學的堅實基礎。

從「卓越」到「基本」觀點上的改變，從對「教育品質」的要求延伸到對「科學素養」的重視，對科學教育而言，社會的要求改變了。社會的需求、學生在各項國際競賽成績的日益低落，及來自日本、歐洲及其他開發中國家的經濟競爭壓力，凡此種種，都是造成此次教育改革的原因之一 (House, 1988)。為了導正國人對於科學的態度，提升學生對於科學的興趣，培養具有科學素養的現代公民，以重建國家的經濟競爭能力，並重拾國人的自信心與自尊心，美國全國各地分州、分區積極推動不同的科教改革方案，譬如：Project 2061，SS&C, STS 等。儘管目前的科教改革運動在概念架構上仍未有一致的共識，然而大家都一致同意，科學與技學應是核心課程，對所有學生而言應是必修的，必須要以包含個人及社會的內涵來加以教導，而科學及技學的素養應是科學教育的主要目標。

三、新科教課程模式

(一)Project 2061

人類生存的環境與空間，可預期的，在不久的將來必會有巨大的改變。而科學、數學及科技將會是改變的重心。因此，它們應是現代小孩所接受的教育所必備的。然而此種教育究應是何模樣呢？為了解答此一問題，美國科學促進會（AAAS）於1985年開始了一個專案計劃－Project 2061。

為培養未來世界人類之科學素養，且又鑑於現今即將入學的孩童將有幸於有生之年再次目睹彗星－哈雷的到來，Project 2061因以得名。Project 2061有宏遠的計劃及整合各個不同學科的企圖心，並強調以所有的學生為對象。其所持的四個中心理念分別是：以目標為導向、重質不重量、全盤的改革、及以教師為中心（邱美虹，民83：Ahlgren & Rutherford, 1993）。在此計劃下，AAAS先後召集了一群科學家、教育學者、老師，共同為達成科學素養之總體目標而努力。Project 2061本身乃是一個包括三個階段的計劃，意圖對遭受嚴厲批評的科學、數學、技學教育的重建工作有所貢獻。其中三個階段分別是：階段一，著重在科學素養的實質探討，並為改革運動建立概念基礎。1989年出版Science for all Americans (SFAA)，明白指出高中畢業生在科學、數學及科技上所應具備的基本技能及認知；階段二，組織教育學者、科學家、老師研擬出科學素養的里程碑（Benchmarks for scientific literacy, 1993）。科學素養的里程碑不是一種課程，也不是課程架構，更不是課程計劃，它只是一種工具，各學區、學校、老師可因環境及需要之不同，擇取當中適宜的部份，據以設計適合各種不同環境、不同需求的科學課程；階段三，是一個推廣合作的時期。一方面許多參與教育革新的團體，將使用前二階段的成果及資源，設計各具特色的課程，以培養學生的科學素養。另一方面，有鑒於從理想目標的擬定至實際課程的設計完成，最需要的就是各項配合計劃以引導課程建構的過程，同時也為了使全國迅速走向具有素養的方向，Project 2061小組目前正積極發展另外三種課程輔佐工具：1. Resources for science literacy – 將與專業發展及教材有關之資料收錄於電腦軟體中；2. Blueprint for reform – 收錄與Project 2061之教改目標相符合之各類立論文章；3. Design for science literacy – 本書乃是用以協助教師採取有系統的、目標導向的方式，以設計課程的一本手冊（American Association for the Advancement of Science, 1989; Southwest Educational Development Lab., 1994; Rutherford, 1996）。

(二)SS&C Project

Aldridge（1989, 1991）指出，我們從未給學生有了解科學的機會；物理、化學、生物、地球與太空科學等課程的基本問題在於：它們彼此不配合、不均等；它們都高度

抽象且偏重理論；我們沒有足夠的時間教授每一個主題，也沒有使用正確的教學策略及方法。有鑒於此，美國科學教育改進中心（The National Center for Improving Science Education）於1989年出版了小學的科學與技學教育：課程與教學之架構（Science and technology education for the elementary years: frameworks for curriculum and instruction）一書。在此小冊中其強調，課程應該是一系列的操作活動及與真實世界有關的教材；對於教學，則主張建構式的教學法，並認為學生應是自動自主的學習者，必須在個人及社會的內涵之下，發展其科學及技學的概念及技能，而教師扮演一個輔導者的新角色。

為了改善公立中學的科學教學品質，遂在教育部及美國國家科學基金會的贊助下，由全國科學教師協會（NSTA）籌畫，提出了SS&C（Scope, Sequence, and Coordination）的科學課程計劃（Crow & Aldridge, 1993）。此計劃之主要用意在於激起學生對於科學的興趣，而且深信學生經此課程必能繼續對科學抱持恆久的興趣。基於「實際具體的經驗應先於抽象、理論的概念」、「概念應源自於經驗」的理念，及「時空效應」（spacing effect）的原理（Dempster, 1988），SS&C project揭櫫了三項重要的課程原則：Scope, Sequence, Coordination，並依據此三原則於1992年出版了The content core: A guide for curriculum developers一書。SS&C課程主張，學生應以能夠了解及應用科學的方式來接受科學教學：在Scope的原則下SS&C具有一螺旋式的課程架構，為各自然科學提供了六年一貫的學習時間。此種方式將教學活動分散在較長的時期上，同時也分別為初中及高中的科學教學活動增加了百分之四十及百分之六十的教學時間。在Sequence的考量下強調教學的序列性，課程的內容由早期具體的、現象的、記述性的內容開始，最後達到晚期理論、抽象的內容。同時，在學生的學習上也兼顧個別學生不同的學習方式。在Coordination的主張下則認為科學既具有相同的過程及共通的主題，則教學上必須強調各學科的整合。

（三）STS

科學不僅僅是人類智慧活動的自我實現，同時也是影響大眾及世界的一股龐大力量。科學的進步及科技的發展固然改善了人類的生活，增進了全球的福祉，然而也由於人們的不當使用（譬如：核武、化學藥劑等），給人們造成莫大的劫難，有鑒於此，科學家、教育學者們紛紛呼籲，該從社會的內涵層面重新定位科學、科技的研究發展，並審慎思考科學、科技對社會造成的衝擊及他們三者之間交互作用的關係，因而大力倡導科學、技學、社會教育（STS）。STS教育改革運動由歐洲傳播至美國、由大學拓展至

中小學，目前STS運動已成爲一世界性風潮，更是教育改革的一個大趨勢（蘇，民85；Cutcliffe, 1989）。

民主時代中，社會上的許多事務都取決於公投民意，因而教育目標也特別強調所謂「具有科學素養的現代公民」的培養（NSTA, 1982; NSB, 1983）。中小學STS教育的總目標，乃是在培養未來公民當面對STS議題時，能夠作出明智抉擇，並採取適切行動以解決該一問題所需的知識、技能及情意三方面的素養。Rubba及Wiesenmayer（1988）認爲如果STS教育是要指導學習者發展知識、技能、情意三方面之能力，使其面對STS議題時，能以負責任的態度，作出正確的決定並採取適切的行爲，則現在及將來，STS教育都該直接強調這些能力的培養。因此從課程及教學的觀點，對STS教育提出了四個目標階層：STS的基礎階層、STS議題的覺知階層、STS議題的調查階層、及STS的行動技能發展階層。

在這些目標階層的導引下，STS教育以問（議）題爲架構中心，強調個人及社會目標的交互作用，並著眼於培養適合現代社會、具有科學素養的現代公民。STS課程由真實世界中的一些議題，或人們關心的事情爲起點，藉由公民角色的扮演，提供學生應用科學的機會。經由對地方性、區域性及國際性問題的調查覺知，以培養具有涵養的公民，使能對公眾問題作出明智的抉擇，並採取適切的個人行動，以解決問題。

NSTA（1991）在一篇名爲「STS：爲全民提供適切科學的一項新嘗試」（Science / Technology / Society: A new effort for providing appropriate science for all）的文章中，將STS定義爲在人類經驗範疇內的科學教學。STS教育有自己的概念、特殊的過程、及獨特的教學策略，既重視科學知識的培養，也注重科學過程技能的學習與運用，更關心問題的解決。Yager（1991）指出STS首先提供一種環境或背景，使學生對問題產生興趣；其次讓學生對此一問題加以探討、處理；最後，延伸探討層次，設法讓學生對所遭遇的問題，提出解決方案，並加以測試。STS實包括了科學的三個基本組成：（1）學生提出問題，（2）形成假設、解釋，（3）設計實驗以驗證假設、解釋等，然而這也正是我們多數的學校科學教學中所常遺漏的。

四、結論與建議

在多數人的觀念中一般都認爲所謂的科學就是一些分立的主要學科如生物、物理、化學、地球科學，而所謂的科學教學就是教導教科書內一些特殊的主題：例如活的事物、星球與行星、個體與系統、物質及能量等。由於此一狹隘偏頗的錯誤觀念使然，多

數學生對於科學的態度與興趣，往往隨著年級歲月的增長而消逝，故而高中畢業後，只有不到百分之一的學生繼續選擇從事科學有關的工作或研究。然而奇怪的是，從以前到現在，此不到百分之一的少數往往便決定了多數人的課程標準及重點（Yager & Martha, 1995）。面對此種只注重到百分之一的少數，而忽略了百分之九十九的多數的科學課程，身為一個科教工作者或課程發展者在倡導全民科教以提升全民科學素養之時，能不戒慎小心而引以為鑑嗎？

任何一種課程，不管其多好，總必須隨著環境及社會需求而改變。當社會狀況及科學發展改變時，科學議題將隨之改變，故而科學課程亦必須改變。1987年，Yager主張全民的科學課程必須強調科學的本質、科學的應用、科學的歷史及與科學有關的生涯。Vetter & Tobin (1989) 在BSCS的三十週年研討會中也強調，課程應該與真實世界相結合，並且以科學知識為根本，反應社會的變遷及對社會的關切。故而科學課程應該建立在真實的問題之上，著重於科學的實用性、文化性、多元性的價值上。

「科學基本上乃是人類的活動」（Issac, 1983）。故而，要了解現代世界的運作，成為一個真正受過教育的人，我們必須從社會的層次及內涵上來了解科學與技學。因此，理想的中小學科學教學應具備以下各項特徵（Harms & Yager, 1981）；

1. 科學必須能夠在社會環境中呈現出來或體驗到。
2. 科學必須以應用為重心；學生們經由對科學的運用來接近科學。
3. 科學必須與社區相結合；教學的內容、綱要及教材務必與地方相關連。
4. 科學有其多元性，必須面面俱到，以符合人類本質。
5. 科學教學必須以議題為經緯、為重心；當此議題被研究時，有關的價值及倫理將被慮及。
6. 科學知識來自於經驗；只有將來用得著的，非常有用的知識，才是最重要的。

觀諸國內近況，來自各界教育鬆綁的呼聲，此起彼落，政府推動的各項教改方案也方興未艾。大學法、師資培育法的通過，新課程標準的公佈實施，審訂本教科書的開放等，都充分說明了政府從事教改的決心，值得大家為其鼓勵喝采。只是在一片鬆綁、教改聲中，筆者以為有些問題大家必須加以深思：美國的科教改革有其特有的背景因素及社會訴求，所推行的各項課程方案也有其理論架構及配合的教學方法，而我們國內呢？師資培育法通過，師資來源多元化，除了順應多元、開放的潮流外，是否也能滿足師資專業素養的社會期許呢？我們的新課程標準，是否符合社會現況與未來的要求？是否迎合國際教育趨勢？還是只是一味隨著歐美脈動而走？審訂本教科書開放，是否尊重編著

者的理念？還是仍用統一固定的模式框框加以限制呢？又教師在職進修是否包括新的教學法與策略呢？否則，空有新的課程、教材，而無適合的教學法，也恐怕是換湯不換藥，無法充分發揮新課程的精神。

改革絕不是為改革而改革，也不能是因反對或單純的不滿現況而改革，必須有理想、有方法。所謂的真正的教育改革，筆者以為橫向來論應是指教育資源的平均分配、教育機會的均等，而縱的來看則是指經由教育目標、課程、教學方法與策略、及評量方式的改變，因而導致學生學習及教師教學上的重大改進因而達到至善至美的理想。此從教育政策、目標的釐定，到教學活動的實施，教育改革必須是全面性的，不但由上及下，更必須由下而上，全面配合，方得以為功。

參考文獻

- 邱美虹（民，83）科學課程革新－評介 Project 2061, SS&C 和 STS 理念，科學教育月刊 . 174, 2-14。
- 黃達三（民，78）科學、技學、社會－未來科學教育的新方向。國教之聲. 23(2), 4-13。
- 蘇宏仁（民，85）科教課程模式－科學、技學、社會（STS）之探討研究。科學教育月刊. 190, 2-12。
- Ahlgren, A. & Rutherford, F. J. (1993) Where is project 2061 today? Educational Leadership. 50(8), 19-22.
- Aldridge, B.G. (1989) Essential changes in secondary school science: Scope, sequence, and coordination. National Science Teachers Association. NSTA Reports. May, 112.
- Aldridge, B.G., & Yager, R.E. (1991) Basic science or STS: Which is better for science learning. National Science Teachers Association. NSTA Reports. May. 8-9, 32-33.
- American Association for the Advancement of Science (1989) Project 2061 - Science for All Americans. AAAS. Washington D.C.
- American Association for the Advancement of Science (1993) Benchmarks for Science Literacy. AAAS. Washington D.C.
- Biological Science Curriculum Study (1989) Curriculum development for the year 2000. A BSCS Thirtieth Anniversary Symposium. 61pp.
- Collette, A.T., & Chiappetta, E.L. (1989) Directions and goals for science teaching. In

- Science instruction in the middle and secondary school (p.3-25). Merrill Publishing Company. Columbus, Ohio.
- Crow, L.W. & Aldridge, B.G. (1993) The national project on Scope, Sequence and coordination of secondary school science. ED.370771.
- Cutcliffe, S.H. (1989) The emergence of STS as an academic program. Research in Philosophy and Technology. 9, 287-301.
- Dempster, F. (1988) The spacing effect: A case history in the failure to apply the results of psychological research. American Psychologist. 43, 627.
- Harms, N.C., & Yager, R.E. (1981) What research say to the science teacher. v3. Washington D. C. National Science Teachers Association.
- Hlebowitsh, P.S., & Wraga, W.G. (1989) The reemergence of the National Science Foundation in American education: Perspective and problem. Science Education. 73(4), 405-418.
- House, P.A. (1988) Components of science in mathematics and science. School Science and Mathematics. 88(8), 632-641.
- Hurd, P.D. (1985) Science education for a new age: the reform movement. NASSP Bulletin. 69, 83-92.
- Issac, O.A. (1983) The relevance of the new philosophy of science for the science curriculum. School Science and Mathematics. 83(3), 181-193.
- Kunisawa, B.N. (1988) A nation in crisis: The drop out dilemma. In Schultz, F. (Ed.) Education 90/91, Annual editions. 22-26.
- National Science Board Commission on Precollege Education in Mathematics, Science, and Technology (1983) Educating Americans for the 21st century. Washington D.C. National Science Foundation.
- National Science Teachers Association (1982) Science-Technology-Society: Science education for the 1980s. A position statement.
- National Science Teachers Association (1991) Science/Technology/Society: A new effort for providing appropriate science for all. A position statement.
- Rubba, P.A., & Wiesenmayer, R.L. (1988) Goals and competencies for precollege STS education: Recommendation based upon recent literature in environmental education.

Journal of Environmental Education. 19(4),38-44.

Rutherford, F.J. (1996) A perspective on reform in mathematics and science education by Project 2061. For the Eisenhower National Clearing House for mathematics and science education. Monograph #2 ED.393670.

Southwest Educational Development Lab. (1994) Guide to reform in mathematics and science education: The big players. Southwest consortium for the improvement of mathematics and science teaching. Austin, TX. ED.387359.

Yager, R.E. (1987) Who will define science for all. Education Week. May,28,3pp.

Yager, R.E. & Martha, V.L. (1995) STS to enhance total curriculum. School Science and Mathematics. 95(1),28-35.

The American Science Education Reform: A Retrospect、Outlook and Modeling

Hung-Jen Su

Department of Mathematics and Science Education
Hsin-Chu Teachers College

Abstract

Science curricula and science teaching strategies were largely determined by the goals of science education.

Over the course of science education in America, the directions and goals of science teaching have undergone many changes for different situations and demands. The features and flaws of American science curricula in 1960s, 1970s, and 1980s were reviewed, respectively. Besides, the new science curricular projects/programs - programs - Project 2061, SS&C, and STS, that were developed during this decade, were also discussed. Some considerations and suggestions about the science education reform in Taiwan were made in the conclusion section.

Key word :science education reform, curriculum, Project 2061, SS&C,

STS (science / technology / society)

