

科學教育學科性的再省思

林曉雯

國立臺灣師範大學科學教育研究所

一、前言

自古以來人類在大自然求生存的歷程中，累積創造了無數的知識，其中最豐富的知識要算科學了，科學也是當今影響社會發展的最大力量之一。在這種科學活動與社會變遷的脈動下，科學教育亦隨著時代的演變，扮演著不同的角色。

西方正式而有系統的科學教育始於二次世界大戰以後，而我國正式的科學教育則從民國 40 年代開始推動，其推動的目標及內涵大部份承襲了西方科學教育的目標及內涵，其重點在於擷取歐美所發展的科學課程，以達到培養科學家及厚植國力的目的。而近十年來我國科學教育的發展重點已轉而投注於以學生為中心的教與學，同時，科學教育目的亦以培養具有科學素養公民為目標，而在建立本土化的科學教育研究上，亦有可觀的成就。

然而，自 1980 年代初期開始，科學教育學術界卻也提出一連串有關科學教育的定義、理念以及是否為一門「成熟學科」的討論（Yager, 1983, 1985；Watson, 1983；Westmeyer, 1983；Good *et al.*, 1985）。這些有關科學教育學科性的論述，大都以外塑的或實然的學科判準，例如，從學科之目的、研究之問題、使用之技術、主要之概念、溝通的方法及美學特性等判準，來討論科學教育的學科性，而忽略了從科學教育之學科整合特性及內造判準或應然層面之討論。本文擬從科學教育之重要性及獨特性等應然層面來闡述此一議題，以使本議題之論述有更多元且豐富的詮釋。

二、科學教育的重要性

科學在人類求生存的奮鬥歷程中，無疑地扮演了關鍵性的地位，亦是人類文明中最重要知識資產；因此，科學的傳承與實踐，自然成為人類求生存的基本課題之一。然而，人類社會環境之演變，有急劇變動的特性，無論是人口數量、自然資源、環境生態、資訊科技……等，其變化之速度，往往給人有無所適從的感覺。古魯恩華德（Gruen-

wald, 1991) 曾將人類主要技術發明加以整理, 發現從人類發明鑽木取火到西元元年的 75 萬年間, 共有 12 項影響人類生活的重要發明; 西元元年到 16 世紀, 只有 8 項(如中國的火藥); 17 世紀又發明了 5 項(如蒸汽機); 18 世紀有 12 項(如電話、汽車); 而 19 世紀到 1976 年為止, 就有 15 項重要發明(如電視、電腦)。換句話說, 人類 75 萬餘年歷史中的 52 項重大發明中的 27 項(超過一半)發生於近兩世紀。由於科學技術之急劇發展帶動了經濟及社會的轉變, 人類生存之型態也產生巨大的改變, 而社會也產生新的目的及問題以引導科學的探討活動; 因此, 科學對社會, 或社會對科學的相互影響可說是密不可分。這不僅是一個知識科技爆炸的時代, 同時, 也是人類必須適應高科技、多元、複雜化衝擊的時代。

科學教育隨著各個時代的社會環境成長變化, 皆有其不同的使命與特色。美國在 1957 年鑑於蘇聯發射第一枚太空衛星成功, 所引發的科學教育的反省與改革; 以至於現今爲了要重振其經濟的競爭力量, 以適應未來的社會, 而有各種振興強化方案的出現, 例如 2061 計劃, 可說科學教育隨著社會環境及時代的不同而有不同的目的與使命。然而, 其共同的特點, 在於使人能適應社會環境的變化以求取生存, 並創造人類社會更美好的生活。

然而, 科學技術的發達, 除了創造人類進步的文明之外, 卻也帶來了潛在的巨大危機, 如環境公害、核爆威脅、臭氧層破壞、疾病增加……等。因此, 科學技術的發展與教育理念, 必須有道德和倫理的考量, 亦即需有其人文的目標, 如此方能確保能夠達成科學和技術發展的最終目的, 就是要對社會有所貢獻(Knanzberg, 1991)。如果科學技術沒有倫常、道德等人文目標的制約, 將會給人類社會帶來無比的災難與衝突, 顯然, 這並非發展科學技術的原始目標。因此, 如何調適科學所帶來的衝擊, 並且能與人文生態達成圓滿平衡的狀態, 實是科學教育重要的使命。所以, 科學教育是一門以求取人類生存以及爲人類因應未來不可知時、空、事物變化預作準備等兩項爲目的的學科; 同時, 科學教育是迎接高科技、複雜、多元、變動劇烈的未來時代, 所不可或缺的重要教育資源(趙金祁, 民 81)。

三、科學教育的獨特性

然而, 科學教育是否爲一門學科的問題, 由於科學教育較之於化學、物理、教育……等學科之建立與發展較晚, 因此若單純以外塑的判準來衡量及檢視其學術性理論, 則較爲薄弱。惟, 科學課程的目的、目標、內容、素材、方法及評量過程都和科學本質、科

學方法的假設有密不可分的关系，若以現代科學哲學的內涵為基礎，必能建立科學教育對科學知識、科學方法、科學態度、與倫常規範的獨特教育理念（Duschl, 1990；Hodson, 1985；郭重吉、許玫理，民81；許榮富，民81；趙金祁，民82）。JRST（*Journal of Research in Science Teaching*）94年4月份的編者在徵求研究論文中也指出，未來三年的重要主題之一是以哲學的、歷史的、社會學的基礎進行科學教育之認識論與本體論的研究，可見科學哲學與科學教育發展之關係密切。底下筆者將由現代科學哲學的內涵，提取科學教育的中心理念、建立科學教育的目標，進而發展科學課程，以引導科學的教與學之實施的連貫過程，來簡要的說明科學教育的獨特性。

近代科學哲學：科學知識的發展與變化，受到科學哲學的影響與支配。早期以經驗與理性思維為主的前實證主義，認為科學知識是從可觀察的日常生活經驗裡經由組織化、系統化等過程以形成科學知識；而在邏輯實證論的階段則是以理論或模型為主體，使科學知識從直接觀察進入到經由儀器、技術等非直接觀察過程以建立知識；發展至現代的後實證主義，由孔恩（Kuhn）提出社團典範的主義，使科學真理進入一種倫常規範；同時拉卡托斯（Lakatos）則主張科學知識包括不變的真理與多樣性架構的部份，使真理經由保護帶的多樣性架構的調整功能，不再是唯一的；此外，勞登（Laudan）則以科學家個人與目的、方法學及公理間的一種平衡關係說明科學知識的發展，使整個科學真理進入到信仰階段（趙金祁、許榮富、黃芳裕，民81）。因此，由科學哲學的發展演變，使我們對自然界之真理從經驗、邏輯，進而深入到倫常規範與信仰的內在層面，使科學知識的結構從零碎、分散到完整、系統，進而深入到如何去選擇和判斷，以至於深層結構的省思。這些改變對於科學教育的中心理念有很大的影響與啓示。同時，對於傳統偏重於將科學教育僅視為技術性的科學知識傳授的理念有所修正，進而倡導科學教育應重視倫常規範的形成，亦即導引人們消弭「科學」與「人文」兩種文化的對立性。

科學教育中心理念：科學教育的中心理念受到近代科學哲學的影響，已由傳統側重於科學知識的培養與科學真理的探索，進而，發展至以「科學—技學—社會」（AAAS, 1989）及「科學」與「人文」平衡的中心理念（趙金祁，民81）；因此，我們應培養科學家，尊重其執著於研究、專注於科學發展；但同時亦應創造人文與科學的平衡機制，以保障不受污染、飢餓、戰爭、貧富對峙與背棄人性等種種災變威脅的和諧社會。亦即科學教育並非僅是傳授追求科學技術功利的教育手段，而是兼顧人文層面的信仰、價值觀的培養，使科學教育成為現在與未來人類追求生存、進步發展之最重要的教育資源（趙金祁，民81）。

科學教育目標：科學教育的目標必須因應社會的需要而改變，許多的科學教育學者主張：學校科學教育目標並非培育未來的科學家，而是塑造具科學素養的公民，致使他們能進行理性思考並解決問題，以及決定如何運用科學來改變社會。例如，在美國全國科學教師協會支持的研究計畫—Project Synthesis 中，主張科學教育目標需兼顧四個重點：個人需要、社會議題、生涯規劃、學術性學習的準備（Kahl & Harms, 1981）；同時，在美國 2061 計畫中則提出：「培養所有學生的科學素養」為科學教育的目標（AAAS, 1989）。由於，我們強調科學教育今日及未來的中心理念在於「科學—技學—社會」以及求取「科學」與「人文」的平衡；因此，科學教育目標，除了上述以培養具有科學素養的公民，能了解科學、技術及社會如何相互影響，並能解決所面臨的問題，同時更應兼顧倫常、道德及價值觀等層面之培養，以適應社會及環境的衝擊，俾在理性思考及倫常規範之指導下，作出最佳的決策，以克服問題與挑戰。

科學教育課程內涵：科學教育的課程內涵的建構：受到科學教育目標的指導，故其課程設計的理念受到最新之科學—技學—社會理念的影響。耶格（Yager, 1989）指出：一個高品質的科學教育課程，必須包含下列要素：(1)與社區的關連性，(2)科學的應用性，(3)社會性議題，(4)決策練習，(5)生涯規劃，(6)綜合性知識以解決問題，(7)多層面的科學，(8)資訊的取得及運用以作為評鑑的參考。因而，如何以科學—技學—社會之課程設計理念與架構，以改革現有之課程內涵架構，使科學知識素材能與倫常規範相結合，同時，能將科學知識素材如物理、化學、生物、地球科學等學科知識融合進行科際整合，並輔以倫常、道德之價值判斷及理性決策思考訓練；例如，設計一「核能運用」之主題為教材，革除傳統以學科知識概念分割，並依序呈現之設計，以作為科學教育新課程內涵，誠為當前亟待努力的課題。

科學教育的教與學：科學教育的教與學乃是決定科學教育能否依其中心理念、教育目標加以具體落實的手段，亦是決定教學成效的關鍵。科學教育的教與學的內涵如前所述，包括：科學知識、科學方法、科學態度及倫常規範；而為了有效達成其目的，我們對於現有之相關的學術理論諸如：認知科學、心理學、評量理論、教學理論及改進科學教學的研究方法……等，必須加以綜合運用，進而發展出創新的理論或研究方法，以配合上述傳授重點的教學與研究。目前，國內已有學者試圖在科學教育學術研究的理論建構上提出綜合性的架構，如「認知光譜分析法」（許榮富，民81）；同時，國科會亦積極倡導的各項大型研究計畫之進行，如運用質的研究方法來研究科學教育的教與學（楊榮祥，民79、民83）等，這些具體的行動與計畫，將促使科學教育的「教」與「學」，

產生重大的影響，並且爲本土化的科學教育教學研究注入了一股新的力量。

四、結 語

在即將邁進公元2000年的今天，科學技術的改變無疑地將帶給人類社會無比的衝擊，自然人類適應社會環境以求取生存的問題將益形凸顯；科學教育所扮演的角色，也將更爲艱鉅與重要，並成爲人類最重要的教育資源。

雖然，截至目前爲止，中外學者對於科學教育的學科性的探討，仍有紛歧的現象。然而，如果我們不以習用的外塑判準來檢視科學教育的學科性，而能就內造判準亦即針對此一學門在現在及未來的重要性、獨特性加以探討，我們將可體會追求「內造判準」比尋求「外塑判準」，在建立科學教育的學科性上更具有實質的意義；而科學教育「外塑判準」各項指標的具體呈現，將是「科學教育社群」群策群力的最終必然之結果罷了。

科學與人文的平衡發展，將確保人類社會的和諧與進步，作爲人類社會最重要的教育資源—科學教育，宜秉持此一中心理念，積極建立其應有之學術地位與扮演之角色。

本文之提出僅試圖從另一層面來探討科學教育的學科性問題，在內容、概念上之疏忽及謬誤，勢難避免，尙祈學者專家不吝指正。

五、參考資料

郭重吉、許玫理（民國81年），從科學哲學觀點的演變探討科學教育的過去與未來。彰化師範大學學報，第三期，第531—561頁。

許榮富（民國81年），科學教育的科學與認知科學，中華民國第八屆科學教育學術研討會。

楊榮祥（民國79年）：自然科教學個案研究計畫簡介。科學發展月刊，第18卷，第2期，第158—164頁。

楊榮祥（民國83年）：1993國際科學教育詮釋性研究研討會紀要與檢討。科學教育月刊，第169期，第48—63頁。

趙金祁（民國81年），人文與科技平衡中科學教育扮演的角色，中華民國世界和平教授學會學術研討會。

趙金祁（民國82年），科學理念衝擊下科學教育再出發芻議，科學教育月刊，第158期，第2—16頁。

趙金祁、許榮富、黃芳裕（民國81年），科學哲學對科學知識主體主張的演變，科學教育月刊，第154期，第2—17頁。

- AAAS(1989). Science for All Americans-Project 2061. American Association for the Advancement of Science.
- Duschl, R. A. (1990). Restructuring Science Education. New York: Teacher College, Columbia University.
- Good, R., Herron, J. D., Lawson, A., & Renner, J. (1985). The domain of science education. Science Education, 69(2), 139-141.
- Gruenwald, G. (1991). New Product Development Checklist. NTC Business Books.
- Hodson, D. (1985). Philosophy of science, science and science education. Studies in Science Education, 12, 25-57.
- Kahl, S. & Harms, N. (1981). Project synthesis: purpose, organization and procedures. In N. C. Harms & R. E. Yager (Eds). What Research Says to the Science Teacher. Washington, DC: National Science Teachers Association.
- Kranzberg, M. (1991). Science-technology-society: It's as simple as xyz! Theory into Practice, 30, 234-241.
- Watson, F. G. (1983). Science education: A discipline? Journal of Research in Science Teaching, 20(3), 263-264.
- Westmeyer, P. (1983). The nature of discipline. Journal of Research in Science Teaching, 20(3), 265-270.
- Yager, R. E. (1983). Defining science education as a discipline. Journal of Research in Science Teaching, 20(3), 261-262.
- Yager, R. E. (1985). In defense of defining science education as the science/society interface. Science Education, 69(2), 43-144.
- Yager, R. E. (1989). A rationale for using personal relevance as a science curriculum focus in schools. School Science and Mathematics, 89(2), 144-156.