論自然科學課程綱要中的「素養」內涵

劉湘瑤 張俊彥*

國立臺灣師範大學 科學教育研究所

摘　要

本文欲釐清課綱基本理念中「素養」一詞與幾個相關英文字詞的關係，進而闡述該詞的內涵定義。透過中文文獻典籍裡使用「素養」的中文字義，與國際教育文件使用字詞的比對後，作者認為素養具有知識觀念的內在涵養以及面對周遭事物的心智習性，對應的英文字以 literacy 較 competence 或 competency 更為適合。本文繼而論述科學教育界所熟悉的科學素養及其多元意涵的演進，最後以十二年國教課綱文件中對於科學素養的定義，提出科學課室教學題材的建議。

前言

十二年國民基本教育課程發展以「核心素養」為主軸，用以指導各領域課程綱要的規劃方向。國家教育研究院已公布了多項與新課綱有關的文件，即以三大面向九個項目（簡稱三面九項）作為課程發展的理論依據，透過各學習階段和各領域課程的規劃，落實於教學與評量中，以期培養學生成為具有素養的未來公民。有關核心素養的定義與內涵，在蔡清田（2011b、2011c、2012）的多篇著作中亦有許多說明，他特別強調「素養」為本次課程改革的特色，不同於前一階段九年一貫課綱以基本能力為課程目標，以素養為名更能代表知識、能力和態度的綜合表現。然而對科學教育者而言，科學素養早已是熟悉的名詞，九年一貫課程自然與生活科技學習領域課綱文件中，針對素養和科學素養皆有明確的定義，沿用至十二年國教自然科學領域課綱，更強調以科學素養作為自然科學課程發展的目標。於課綱審查時期，曾聽聞部分審閱者認為既已有總綱的核心素養，各學習領域的課程綱要則不應另外出現學科素養，甚至意圖刪除自然科學課綱有關科學素養的名詞。由此現象可見，各方權益關係人（如：學校老師、教材編寫者、課綱文件撰寫和審閱者）對素養導向課程的認知仍莫衷一是。科學素養一詞早在五十幾年前即出現於國際文獻中，引進我國科學教育也有二十多年的歷史，其內涵定義確實會隨著時間演變而有層次上的差異。作者基於參與自然科學領域綱要研修工作的經驗，欲藉此文陳述我們如何從文獻閱

* 為本文通訊作者

讀和字詞對譯的角度，詮釋課綱中素養一詞的定義，進而闡述科學素養作為自然科學課程目標的意義，以供課程發展與教學實踐之參考。

「素養」的詞義

此次課程改革特別以「素養」作為教育的整體目標，蔡清田（2011a）取用該詞具有東方「成人之學」的修養之意涵，且能對應西方國家由歐盟和經濟合作與發展組織（OECD）等提出的全人教育之理念，因此，我們嘗試追溯素養這個語詞的來源和本義。一項研究計畫《資訊科技對人文、社會的衝擊與影響》（中央研究院資訊科學研究所，1997）曾引用《辭海》的解析，為該詞下了「平素（時）的修養」這樣的定義，並指出該詞最早出現在東漢 班固所著的《漢書》和南朝 范曄的《後漢書》。於是我們實際閱讀《漢書・李尋傳》的這段文字：「馬不伏櫪，不可以趨道；士不素養，不可以重國」及其前後文，發現此處乃是李尋向君王提出治國的建言，即平時需要餵食馬匹，否則馬無法行走，平時若不栽培人才，則無法厚植國力。再找出《後漢書・劉表傳》：「越有所素養者，使人示之以利，必持眾來」，從語境上看來，意指君王平時應招納賢士為國所用。這兩段在史書上記載的內容皆有招賢納士、培育人才之意。我們進一步利用線上開放電子圖書館，搜尋具有此字詞的古典文獻，認為直到宋朝 陸游《上殿箚子》:「雖得賢厚篤實之士，氣不素養，臨事惶遽，心動色變，則其舉措豈不誤陛下事耶。」這段文字中，素養一詞才得以解讀為平素之修習涵養，我們可解讀這段古文為：讀書人應養成高尚的氣節和品格（即指處世態度與行為規範），才能達到遇事臨危不亂之境界。古書中的素養皆與士（讀書人）同時出現，強調除了有知識之外，也要具有品德操守的內在涵養，同時隱含著平時應養成面對世事的心智習性；另以國家培育人才的角度而言，培養有素養的士人才能為國所用。此處提及心智習性一詞，是譯自於英文 habits of mind，該詞包含態度、價值觀、思考方式和技能等涵義（邱美虹、周金城，2005），後文將進一步介紹。

另從新課綱發展的理論背景和相關文獻（參閱蔡清田， 2012）可發現，核心素養擬定過程主要參考歐盟的教育政策論述，這些文件標題出現的名詞為 competencies（competency 的複數）或 competences，用以對譯為素養一詞。就英文的字根字義看來，competency 或 competence 其實有競爭的意涵，企業界常以這個詞代表能協調各方面資源的知識和技能，因此，人才培育的目標在於培養人們面對未來嚴峻的環境，能覺知環境變化所帶來的威脅和機會，並瞭解自身擁有的優勢資源，以建構個人的競爭力（楊國賜，2013）。嚴格說來，這兩個英文字原始用法也有些差別，competence 是可依據所設定的標準而觀察或評量的基本能力，competency 則有因應

某需求（例如：社會情境、職場、變遷的環境）所應具備的能力和承諾（commitment），承諾即包含了自信、態度、責任感等內在涵養（Teodorescu, 2006）。根據國家教育研究院《教育大辭書》的定義，「核心素養是指一組最重要的能力，使個人得以過著成功與負責任的生活。」由此看來，competency 似乎較接近素養的中文定義，而 competence 較適合作為課程和評量標準設定之用。參閱九年一貫課程綱要中英對照版（教育部暨國立台灣師範大學，2006），描述分段能力指標所用的英文字詞即為後者，代表前階段的課綱已納入素養（關鍵能力）的構面，只是當時未以跨科技和全方位的全人教育理論陳述核心素養的內涵。

綜合上述的探討，中文名詞「素養」代表個人面對生活情境的內在涵養和外顯能力，以素養作為教育目標，即透過課程、教學和學習情境的設計，讓學習者具備因應其未來生活的知識、技能與態度。國際上不論是聯合國、歐盟或 OECD 等組織所提出的教育改革計畫，皆強調應培養公民因應當代社會和環境變遷所需的關鍵能力。本文作者不贊同蔡清田（2011a）一文針對素養對譯的英文字所做的比較，他使用狹義的定義將 literacy 翻譯為知能。事實上，若從英文詞義詮釋，歐盟組織慣用 competence 或 competency，較著重外顯的能力表現；而 literacy 雖源起於知識觀念的內在涵養，但演進至今的延伸義，更為強調溝通參與和處理生活問題的綜合能力表現，科學教育領域所稱的科學素養，即以此為依據。

科學素養的來源與演進

在科學教育領域的文獻，科學素養（science literacy）這個詞早在 1958 年美國史丹佛大學 Paul DeH. Hurd 教授的期刊文章標題中出現，那是在蘇聯成功發射第一個人造衛星的美俄冷戰時期，對美國科學教育課程改革所提出的重要論述。然而當時使用科學素養一詞，乃泛指大眾對科學的理解，並能運用科學於社會之中，也帶有培養科學科技人才以提升國力的濃厚色彩。1980 年代之後的美國科學教育進入另一波的改革，將科學教學目標從原本著重在正統科學知識和方法的理解與應用，進而導入 STS（科學-技術-社會）主題於課程中，使學生瞭解科學與社會的交互關係，體認科學和科技的價值與限制，並能善用科學於處理日常生活事務和做決定。美國科學促進會自 1985 年進行的 2061 計畫，即規劃培養中小學生面對二十一世紀所需的科學素養， 1993 年出版《科學素養的標竿》所指的科學素養即包括科學的心智習性（scientific habits of mind）和科學知識；該書第 12 章羅列科學教育應培養學生的心智習性，包括態度與價值觀、基本數字估算能力、觀察與操作能力、溝通技能和批判論述能力(AAAS, 1993)，可統稱為科學的思考特質和行為模式。1996 年的美國國家科學課程標準，將科學素養的科學

一詞從原本的名詞改為形容詞（scientific literacy），更進一步強調科學應視為一種人類活動的產物，是社會文化的一部份，此文件中定義科學素養為「個人在從事決策、參與公共及文化事務與經濟生產活動時，所應具備的科學概念和對科學知識產製過程的認識」。

科學素養這個名詞是美國科學教育學界提出的，但在 1980 到 1990 年代擬定 2061 計畫過程中，對於字詞組成所代表的意涵似乎產生了不同的見解。將科學視為名詞的科學素養，所呈現的教育內涵較著重於學習正統的科學知識和方法。近期的學者則較傾向使用形容詞「科學的」素養，科學課程的內容範疇不受限於傳統的科目或單元，可取材任何與科學相關的情境，目的是讓公眾認識科學並運用科學於生活中(Roberts, 2007)。學界針對這個名詞的定義並沒有共識，有學者認為不應該有標準的定義，否則會限制科學課程發展和教學多樣性(Deboer, 2000)。這個名詞引入英國、加拿大和其他歐洲國家的科學課程與評量中，也呈現出不同的重點。相較之下，美國的 2061 計畫和 1996 年的國家科學課程標準中所主張的科學素養，仍著重在科學家觀點的科學，強調特定的科學事實、概念和探究形式的學習體驗。加拿大的課綱則描述科學的素養是指「學生在發展探究、解決問題和抉擇判斷能力，成為終身學習者以及維持對周遭世界的好奇心，所需要的科學相關態度、技能和知識之綜合表現」（引自 Roberts, 2007, p. 758），課程中大量使用科學-技學-社會-環境（STSE）的綜合性題材，培養學生練習做決定、參與解決問題和提出決策方案。後者所呈現的科學學習，除了應用科學知識和過程技能，更需要瞭解科學的本質及其與社會和環境的互動關係。

若從科學素養評量的角度來看其定義，則可見學者們提出科學素養的各種類型或層次。早期研究如 1975 年 Benjamin Shen 以公眾對科學的認識為題，所設定的科學素養類型分別為實用的、公民的和文化的；Jon Miller 自 1980 年前後開始進行美國全國民眾科學素養調查二十多年，其調查內容大致包括對科學（技）的態度、科學知識的認知以及覺知科學（技）對社會的影響等三大面向；Morris Shamos 的 1995 年著作以科學家觀點看科學教育的角度，區分科學素養的層次從最簡單的文化性科學素養，到功能性科學素養，而最高層次「真正的」科學素養則是指僅有從事科學研究者才能對科學事業有全面的瞭解；參與 PISA 評量研究的 Rodger Bybee 所提出的架構，將科學素養的層次由低至高依序為名義性、功能性、概念和程序性、多元性（引自 Roberts, 2007, pp. 739-741）。PISA 為目前認為最具代表性的科學素養評量，Bybee (2008)進一步說明科學素養的具體表現包括：(1) 知道生活情境中的科學與科技；(2) 瞭解自然世界和生活科技中的科學知識以及科學本質；(3) 辨識科學問

題、科學地解釋現象以及運用科學證據提出論點、結論和決定；(4) 展現出對科學的興趣、願意從事科學探究且對自然資源與環境做出負責的行動。

從以上的文獻整理可看出，關於科學素養應包含的能力範疇或可分成哪些類別和層次，學界並無共識，且在不同時期、不同國家或文化背景對該詞的詮釋重點也有所差異。藉由 Robert (2007)回顧性文章所做的分析比較，我們認為科學素養的內涵演變至今，愈來愈強調培養學生認識科學的本質和科學知識的應用性（如：做決定、解決問題和社會參與），因此在課程規劃、教材選擇和教學法上勢必需要改變。我國自然科學課程綱要的研發理念，是與國際科教研究趨勢同步，尤其是受到美國科學課程相關文獻影響甚劇，因此在前一階段的九年一貫課綱裡，早已揭示科學素養為科學教育的目標。

我國自然科學領綱以科學素養為目標

在九年一貫自然與生活科技課綱的分段指標概說，有一段敘述：「『素養』蘊含於內，即為知識、見解與觀念；表現於外，即為能力、技術與態度。」為這個名詞做了簡潔的定義，不僅以內在涵養和外在表現的一體兩面來表達素養的詞義，也指出認知、技能和情意三者的綜合性。課綱文件接續闡述教育目標即是學生應具備科學與科技素養，課程的規劃是讓學生經由科學探究學習活動獲得相關的知識與技能，進而運用科學知識與技能解決問題，養成重視證據和講道理的處事習慣，在面對和處理問題時，能持以好奇和積極探討、理解並設法解決的態度。整體而言，科學與科技素養就是以上這些知識、見解、能力、態度與應用的統稱。針對科學素養的定義與內涵，陳文典教授等人在 2004 年接受教育部的委託，出版《科學素養的內涵與解析》一書中（教育部暨國立臺灣師範大學編印，2006），說明「科學素養」是九年一貫自然科課程的總體目標，也就是「科學過程技能」、「科學與技術認知」、「科學本質的體認」、「對科技發展的瞭解」、「科學態度」、「思考智能」、「科學應用」及「設計與製作」等八項能力的聯集。該書也進一步介紹科學課程發展與教學設計所需要知道的幾個重要的概念名詞，包含：科學知識認知、科學過程技能、傳達溝通、問題解決、協同合作、批判思考、創造思考、綜合統整、推理論證、科學本質、科學態度等，而這些概念名詞仍沿用至十二年國教自然科學領綱。

十二年國教自然科學領綱開宗明義以培養具有科學素養的未來公民為目標，所設定之科學素養的特徵為：「能善用科學知識與方法，知道科學的貢獻與限制，並能以理性積極的態度與創新的思維，面對和解決日常生活中各種與科學有關的問題」。依據上述的目標，自然科學課程綱要擬定架構是由科學核心概念、探究能力、

科學的態度與本質等三個面向所組成。科學核心概念是依照各學習階段及各學科知識脈絡，發展成學習內容，並歸納在三大課題七個跨科概念之下，用以建構知識、見解與觀念的內在涵養。學習表現則分別以探究能力和科學態度與本質兩大項呈現。科學探究過程不外乎是思考(thinking)和實做 (doing)，因此，在探究能力項目下再分成想像創造、 推理論證、批判思辨、建立模型等思考智能，以及觀察與定題、計劃與執行、分析與發現和討論與傳達等問題解決歷程。科學素養中的情意面向包括了培養科學探究的興趣和養成應用科學思考與探究的習慣等兩項，而認識科學的本質更是科學素養不可或缺的一部份。

自九年一貫到十二年國教的課程綱要，皆以「跨科統整」為課程發展的考量，不論是尋找科目間共通的題材，或使用跨越學科藩籬的主題，在課程規劃和教材設計上都建議應從日常生活經驗中取材。若從歷史的角度看人類知識的起源，初始時期並無明確的學科分野，而從處理現實生活問題的角度看來，應該也很難有僅運用某單一學科知識可處理的問題。以跨科統整為理想，又要兼顧各學科本身的系統性知識，因此，自然科學領域的學習內容是以三大課題和七個跨科概念，將生物、物理、化學、地球科學的學科主題組織在一起，但仍以分科方式規劃學習內容。讓學生透過分科學習建立各學科完整的知識架構固然重要，但要能善用知識於問題的處理和解決上，達到科學素養的表現，則需要在課程與教學上費些心思。若教學內容仍以介紹科學專有名詞（或稱為科學語言）、確定的科學知識（或稱為科學探究的最終產物）為主，期望學生習得正統的科學讀寫算和思考能力，缺乏將科學知識置於真實的生活情境中，很難引起學生自主學習的動機和興趣，更遑論社會參與的可能性。

此次自然科學領綱基本理念特別提及，課程教材組織與選擇應透過跨科概念與社會性科學議題，讓學生獲得深度學習，以培養公民應有的科學素養。學習內容七項跨科概念中的「科學與生活」和「資源與永續性」，若能就其內涵實質規劃教學內容，如借鏡前述的加拿大 STSE 主題，或 Bybee (2008)所建議的以環境議題為脈絡，將可引導學生認識生活情境中的科學與科技，知道科學知識如何應用，體會科學、技術與社會、環境的互動關係，並培養對自然資源與環境永續的責任感。值得注意的是，社會性科學議題一詞在課綱文件中僅出現一次，且未有進一步的介紹，以前述 Roberts (2007)的觀點，運用社會性科學議題(socio-scientific issues)教學是最有可能讓學生在真實情境中認識科學，達成培養科學素養的目標。社會性科學議題是指有涉及科學概念或程序方法的社會爭議事件，這些事件或議題往往正在進行中，沒有明確的結論或最佳的解方，但可透過科學探究活動讓學生瞭解議題的癥結和進行抉擇推理。此外，透過此類議題，將科學

置於真實的社會事件中，課堂教學極容易帶入科學知識發展和探究特徵(科學本質)的對話討論。然而，礙於議題的特性，這類題材是很難編寫進入各學科的教科書中，僅能期待教師願意開發跨科或跨領域的教學主題，並訴諸實踐。

參考文獻

中央研究院資訊科學研究所(1997)。資訊科技對人文、社會的衝擊與影響期末研究報告。行政院經濟建設委員會委託研究計畫編號-(86)023-602。http://cdp.sinica.edu.tw/article/origin36.htm

邱美弘、周金城(2006)。美國百年科學教育的發展。教育資料與研究雙月刊，64，19-40。

教育部暨國立臺灣師範大學編印(2006)。科學素養的內涵與解析。取自 http://teach.eje.edu.tw/data/files/edushare/SIG00005/C2/1215065312.pdf

楊國賜(2013)。培養新世紀大學生的關鍵能力。臺灣教育，680，10-16。

蔡清田(2011a)。課程改革中的「素養」(competence)與「知能」(literacy)之差異。教育研究月刊，203，84-96。

蔡清田(2011b)。課程改革中的「素養」與「核心素養」。教育研究月刊，206，119-130。

蔡清田(2011c)。課程改革中核心素養之特質。教育研究月刊，212，106-116。

蔡清田(2012)。課程發展與設計的關鍵DNA：核心素養。臺北市：五南。

AAAS (1993). Project 2061: Benchmarks for science literacy. New York: Oxford University Press.

Bybee, R. W. (2008). Scientific literacy, environmental issues, and PISA 2006: the 2008 Paul F-Brandwein lecture. Journal of Science Education and Technology, 17(6), 566-585.

DeBoer, G. E. (2000). Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. Journal of Research in Science Teaching, 37(6), 582-601.

Roberts, D. A. (2007). Scientific literacy/science literacy. In S. K. Abell & N. G. Lederman (eds.), Handbook of research on science education. London: Lawrence Erlbaum Associates.

Teodorescu, T. (2006). Competence versus competency: What is the difference?. Performance Improvement, 45(10), 27-30.

UNESCO (2004). The United Nations Literacy Decade (2003-2012). Retrieved from http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001354/135400e.pdf

投稿日期：107 年 07 月 19 日

接受日期：107 年 09 月 26 日

Connotation of Scientific Literacy in Science Curriculum Guidelines

Shiang-Yao Liu and Chun-Yen Chang*

Graduate Institute of Science Education, National Taiwan Normal University

Abstract

In this article, we intend to clarify the translation issue on the terms: "competency," "competence" and "literacy," corresponding to the core educational goals in our national curriculum guidelines. We review classics in Chinese literature to delineate the meanings of the term "Su-Yang" (素養) and search international education documents for comprehending the usage of the term. By referring to the etymology of the stated English terms, we assume that "literacy," embracing both subject matter knowledge and habits of mind, is a better word in the context of curriculum development. Developing scientific literacy has been the ultimate goal of science curriculum, which is explicitly addressed in the new 12-year Basic Education Curricula. This is followed by discussing the evolving patterns of scientific literacy, as well, suggestions on science classroom teachings are proposed.

* corresponding author