科學之美內涵及其教學意見初探

林樹聲
國立嘉義大學科學教育所
lin-s-s@mail.ncyu.edu.tw

摘　要

本研究旨在探討「小學、中學和大學教師」三群樣本對科學之美的內涵及其教學之意見，而本文呈現的是小學教師初探的部分。研究以焦點訪談收集資料，參與的小學教師共六位。結果發現：(一) 能引起內心感動和喜悅之自然本身、科學探究過程或產物即是科學之美。而科學之美可反映在物體或現象的外觀、性質與數學內涵上，也涵蓋科學家探究過程的人文層面；(二) 科學之美的教學目標雖以情意層次為主，但也包括認知和技能層面；(三) 科學之美教學可從自然本身、科學發展、科學家的故事、科技爭議等內容取材，或經由實驗、觀察、論理等過程經歷，強調手到和心到的體會；(四) 評量方法強調多元進向，例如觀察、實作、口頭報告、製作學習檔案、撰寫學習日誌皆是策略，反對選擇或填充題式的紙筆測驗；(五) 除了科學知識、教學知識外，教師若能具備美學知識則具科學之美教學的加分作用，而更重要的是教師本身的意願和熱誠；(六) 家長反對、不具選擇教材的自主權、缺乏教材等皆是科學之美教學上的外在困難；如何讓學生發現科學之美、教師本身缺乏美學概念、主動編輯教材的意願等則是內在困難。

關鍵字：科學之美、教學、焦點團體訪談

一、前言

科學在今日眾人的意象上大致可反映在三個方面上 (AAAS，1989)：(1) 作為科學產物的「科學知識」體系；(2) 科學探究的「過程和方法」，科學家運用這些找出證據，解釋自然；(3) 促進科學運作的「科學家」，以及由其組成的「科學社群」。所以，科學的內涵既包括「知識」，也有「方法」，亦是一種「社會事業」。

然而，科學發展在二十世紀中期卻引發「兩種文化」的省思。Snow (1959) 指出科學與人文領域因學術的分化而各自發展，結果卻形成彼此缺乏交流的局面，若任憑這樣發展，將危害人類整體文化。於是一些學者就提出運用人文面向來認識科學的主張。

提及科學的人文面向，除了已被科學教育研究突顯的科學「歷史、哲學、社會」等方面外，「美學」當然也屬於可討論的面向。早在 1970 年，Hurd 就主張可以從科學的人文面向「美學」來擴大學生接觸科學的視野。而民國九十一年召開的「第一次全國科學教育會議」，其中擬訂的《科學教育白皮書》就揭櫫我國的科學教育目標為：「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，2002）。所以培養學生欣賞和體會科學之美，積極創造科學之於他們的美感經驗，這正是幫助學生定位科學之於他們生活的重要意義（林樹聲，1999）。此外，國民教育九年一貫課程綱要自然與生活科技學習領域裡，也已強調出「科學之美」的主題，同時教材中也指出「自然之美、時序之美、結構之美、變化之美」等內涵。然而，環顧當今教科書，有關科學之美的教材並不多見。再加上，國內科學教育研究對這方面的探究幾乎付諸闕如，這突顯了若要在中小學推廣科學之美的依據極為不足的問題。而本文即立基在前述的動機下，以焦點團體訪談的方式，探究小學教師、中學教師及大學教師三群樣本對於「科學之美內涵及其教學」的意見，以作為後續發展問卷，進行大規模意見調查的基礎。

二、研究目的和問題

本研究旨在探討小學、中學和大學教師三群樣本對科學之美的內涵及其教學之意見，而本文呈現的是小學教師焦點訪談的部分。引導探究的問題包括：(1)科學之美的定義和範圍為何？(2)科學之美的教學目標、內容和方法，以及評量的意見各是什麼？(3)從事科學之美的教學需要哪些專業知識？(4)落實的困難又為何？

三、文獻探討

（一）美與認知主體

朱光潛（2000）在其著作《談美》中就指出：「脫淨了意志和抽象思考的心理活動叫做『直覺』。……美就是事物呈現形相於直覺時的特質。（頁 18）」。同時，美是一種引起人們感官和理智愉快的感性形式，與想像力和理解力是相互協調的（周憲，2002）。所以，「美」是認知主體心裡層面呼應外在事物或現象的一種情感效應。當個體因為認知對象本身或其顯現的特性，產生愉悅和舒服的情感，即是一種「美」的覺知，一種「美感經驗」。正因為美的價值在於它豐富我們的生活，提升我們的精神層面，讓生活可以過得更完善（Moore，1994）。所以，「學習欣賞美」是重要的教育目標就不言可喻。

（二）科學之美

就「本體論」而言，本體論關心「究竟是什麼」的問題，所以科學勢必存在著「美」的成份，才足以讓科學家或大眾感受到其中的「美」。由於科學是探究自然界的一門學問，主旨之一即在解釋自然、發現潛藏在自然背後的原理和原則。所以，科學美就在於「自然界客觀存在的有序性或規律性，亦即宇宙自然所固有的秩序與和諧（汪信硯，1994，頁 8）」。也就是說，「科學美是通過揭示自然界的內在規律來反映自然美」（汪信硯，1994，頁 17）。Flannery（1991）也指出科學美可以表現在「秩序、簡單、複雜、統一、模式(pattern)、律動(rhythm)、對稱」等特質上，不論是外顯或內隱於自然界。

另一方面，「認識論」則著重「從哪裡獲得、什麼是知識範疇」等問題的探討。無疑地，美感的獲得多來自「經驗」，尤其是與促進我們產生美感經驗的對象有所互動之下，美感才會在內心因應而生。而自然既作為科學探究的對象，因此自然界中的組成(不管是生命或無生命)、組成之間的關係、相互之間的作用和影響……等等，都是科學探究的內容。所以科學探究涉及了「對象、過程、成果」三個部分，汪信硯（1994）就將科學之美的內容分為「科研對象的美、科學實驗的美、科學理論的美」三個部分。

其中，「對象美」和「理論美」是一般人較常接觸、也較能想像的部分。以微觀來看，各種物質都由原子組成，原子和原子之間的排列不僅反映了原子的「排列之美、結構之美」，而構成的分子也散發著「分子之美」（Hoffman, 1990）。若探究這分子世界的運作，每一種原子或分子皆因碰撞而產生了鍵結，此一結果表現了化學反應的「變化之美」；或者一系列的化學反應造就了一個生命的活動，進而讓我們看到了「生命之美」。

若以巨觀來看，星體與星體之間因引力而相互牽引，每一顆星體都遵循著一定的軌道運行，在宇宙裡畫出了一個個橢圓形的絕美軌跡。這裡表張著星體運作的「秩序之美」，更潛藏著牛頓發現的「萬有引力定律」；同時，星體運行也反映刻卜勒指出的「行星運動定律」。而伽俐略看到擺動中鐘擺的規律，繼而洞察出「鐘擺原理」。不論是哪一個理論，若能簡單地以數學呈現出其中的奧秘，那麼它就反映了科學的「簡約之美」。

至於「實驗美」則涉及到科學實驗的面向，眾人因較少接觸，可能較難體會來自實驗的這份美感。而科學家真正設計和執行的實驗，不論是「實作實驗」，亦或只是動腦的「思想實驗」（thought experiments），這些實驗反映的科學之美則是科學家的「巧思」和「創意」。而這份巧思和創意可能是邏輯思維的過程，也可能是豁然貫通後的靈感。總之，科學家從中找出支持理論的證據，或是因此締造理論上的突破，甚至解決了前人的問題。

然而，上述的論述似乎都是以「科學家」為主體來說明其眼光裡的科學之美，並未考量作為科學運作主體的「科學家本身」，其在從事科學探究時所展現的精神、態度，事實上亦是一種科學的「人文之美」。趙金祁（1986）就指出科學教育無論就「科學」或就「教育」的內涵來說，不但不應該忽視「人」的因素，而且也必須把握科學的人文本質。同時，1980 年代以來，強調科學教育培育全民科學素養的論述裡也提及，學生不僅應學習「科學本身」的內容，還應包括「有關科學」的部分，而科學的人文面向即是其中之一（Bybee, Powell & Ellis, 1991）。正因為科學家是科學的一部分，所以他們探究自然時表現的專注、投入，以及解決問題的決心與毅力，就屬於有關科學的人文之美。

（三）科學之美的教學

Sprague 和 Bryan（2001）提及人類的心靈會主動找尋「美」，透過教育活動可以改善和提升大家對美感的評鑑與追求。同時，生活經驗是一切美感經驗的來源（Dewey，1938/1980），科學作為學生學校生活經驗的一部分，所以教師運用科學、從科學教學中創造讓學生體驗的美感經驗就顯得格外重要。

而科學之美若要作為教學的內容，那麼進一步就涉及到該運用什麼教材和什麼教學方法去教科學之美？甚至什麼樣的評量方式去評量學生的學習成效？Tyler（1949）「目標導向」的模式，是當今課程設計的重要依歸之一。他認為課程設計時必須面對四個基本的問題：「要達成什麼教學目標？為達成這些教學目標，應該提供學生什麼學習經驗？又如何組織這些學習經驗？如何確定達成目標？」換句話說，「目標、教材、教法、評量」即是課程設計的核心內容，缺一不可。

（四）焦點團體訪談

Krueger & Casey（2000）就指出焦點團體訪談（focus group interview）是指由 4 至 12 人組成的小團體，依一特定主題進行有系統的團體討論，而討論過程中，研究者通常擔任中介者（mediator）的角色，由他帶領大家做互動。所以，焦點團體訪談基本上是

藉由參與成員的腦力激盪，探索個人對議題的觀點，是一收集資料的方法。適用在探索新的研究方向，同時也作為發展調查問卷和試題的基礎（Morgan，1997）。

四、研究方法

（一）研究受訪者

由於「科學之美內涵及其教學」的研究在國內外科學教育界皆屬萌芽階段，所以本研究採用焦點團體訪談的方式收集資料。研究者主動邀請嘉義地區的國小在職教師共六位，其中男女教師各半（如表一）。這些教師皆具碩士學歷、教學年資 2-18 年，都曾任教過自然科至少一年。而為顧及意見的多元，研究者也考量受邀對象主修背景的差異，計有教育、輔導、管理、外文、科學教育、化學等。

表 1　受訪者的主修背景與年資

受訪者代號	主修背景	教學年資 (自然科教學年資)	性別
T1	教育	3(1)	男
T2	輔導	2(1)	男
T3	資訊管理	6(3)	女
T4	外文	10(4)	女
T5	科學教育	5(2)	女
T6	化學	18(10)	男

（二）訪談時間和內容

焦點訪談的時間安排在民國九十五年二月 18 日上午，歷時 2.5 小時。訪談開始前，研究者先說明訪談的目的和內容，並就訪談中提及的「科學」一詞做解釋。在本研究中的科學是指「自然科學」而言，並非泛指所有「有系統有組織」的任何領域。

（三）研究工具

引領焦點團體訪談進行的工具為「科學之美及其教學問卷」和研究者本身。其中科學之美及其教學問卷具結構性，其內容主要包括三大向度：(1)科學之美的本體；(2)科學之美的教學與評量；(3)科學之美的師資和執行困難。由此衍生的題目如表二所示。

表 2　焦點團體訪談提問的向度與部分問題

向度	問題
科學之美的本體	•什麼是科學之美？ •科學之美表現在哪些方面？為什麼？
科學之美的教學與評量	•您覺得「科學之美」的教學目標是什麼？ •您準備教什麼「科學之美」的內容給學生呢？為什麼？ •您準備用什麼教學方法或策略來教學生「科學之美」呢？為什麼？ •您準備用什麼方法或策略來評量學生「科學之美」的學習成效呢？為什麼？
科學之美的師資與執行困難	•您覺得教師若想從事科學之美的教學，他或她必須事先具備什麼專業知識和能力？為什麼？ •您覺得在台灣情境下，推廣科學之美的教學會不會有困難？若會，請問會遭遇哪些困難？為什麼？若不會，又為什麼不會呢？

而焦點團體訪談的主持人為研究者本人。研究者從事科學教育研究已有五年的時間

，過去也曾使用焦點團體訪談作為收集資料的方法，所以熟知此法的運作。

（四）資料處理與分析

將焦點團體訪談的錄音結果謄寫成逐字稿，再以研究問題為依歸，逐題整理和歸納受訪者的意見。

五、重要研究結果與討論

（一）科學之美的定義和範圍

對科學之美的定義，受訪者皆認為不論是自然本身，或是科學探究的過程或產物，只要能引起人內心的感動和喜悅，就可稱之「科學之美」。所以，科學之美可以反映在物體或現象的「外觀、比例、顏色、排列、應用」等，甚至科學家的「想像、精神、包容心、論理」等層面。基本上，受訪者指出的多屬自然界表象之美的部分，較少深層的層面（例如反映科學理論或定律的簡約之美）。此外，受訪者也指出科學家展現的「探究行為和精神」等，也屬於科學之美的內涵，是科學的人文面向。

T1：若將美界定在內心的感動，那麼舉凡感動人心的科學發現與發明，都是科學之美。像幹細胞的研究若應用出來，讓人的生命延續、免除痛苦，就會感動人心，就是一種科學美。

T2：我覺得表現在探索、研究的過程及結果。科學的探究過程須經多次錯誤的試煉，而不斷修正，彷彿是從黑暗逐步邁向光明，見到曙光那一刻，美感立現。例如我之前對製作彩虹並無概念，但經過幾次試驗，當彩虹的七彩展現時，內心湧現成功的感動，就是「美」啊！

T3：我認為科學美可出現在各層面：追求過程中的執著、到歸納出去繁化簡的成果，甚至衍生到人類生活的改善，都是令人雀躍的感動與喜悅，「美」應該就會出現在這吧！像電腦的散熱、噪音處理與插孔位置，都有精準的設計，這是科技產物在人因介面上的體貼表現，應該也算是一種美囉。

T4：大自然界中有許多的動物、植物的色彩和形狀，甚至呈現黃金比例皆是。

T5：研究探索去發現一件新事物或新觀點，是多麼讓人歡欣，這裡面有科學的想像之美。……曾經有科學家缺乏包容，因為無法證實而棄之如敝屣甚至抨擊，所以就否認一個新觀點，我認為科學之美需要加入包容之美，對不同觀點質疑但也想辦法證實，對科學進步才幫助。

T6：科學之美是自然界中的美麗景象、研究科學的過程以及追求真理的精神。我覺得論「理」之美，唯真論，是講道理的。視覺之美，例如物體顯微放大影像有排列之美，極光現象是色彩之美。還有歷代科學家們為了追求真相，所經歷的事蹟，亦是值得我們欣賞的精神之美。

（二）科學之美的教學目標

就教學目標來看，受訪者一方面強調「情意」面向，包括欣賞、體會、讚嘆等，另一方面也強調「認知」和「技能」面向，例如判斷、分析、創造、發覺、論述和應用等。基本上，每位受訪者皆提及情意目標，顯見情意層次在科學之美教學中是被突顯的，但也非獨厚情意層面。

T5：目標可以是能發自內心讚嘆科學、能從有系統的科學觀察中找到美的事物、能創造新的美麗科學。……達到目標，表示他懂科學，也著迷於科學之美中。

T4：就是欣賞科學的奧妙，會判斷和分析科學之美。

T2：因科學之美著重於個人感受性，必須有所體驗，方能領略美之所在，所以欣賞科學、體會科學的美可以是教學目標。

T6：基本上，能欣賞自然之美、科學之美，能論述科學之美，能應用科學之美的精神於生活之中。

（三）科學之美的教學內容

從「科學發展、大自然本身、科學家的故事、科技爭議」等內容，或是經由「實驗探究、觀察、論理」的過程，都能讓學生體會到科學之美。

T1：讓學生從科學的發展脈絡去探討每個時代背景所追求的科學之美的情形與差異。

T5：萬物取材於大自然，即使是藝術家也會讚嘆日落、海浪及跨越穹蒼的星辰，而當我們研究這些事物時，即使只是觀察，也可以得到許許多多美感的愉悅；倘若更深層的研究，大自然的形形色色都隱藏著某種美的律動與模式，科學腳步正一步步揭示著自然，這就是我要給學生學習的部分。

T4：以鐵生鏽為例，引導學生探究鐵生鏽的原因，直到找到空氣和水這兩個主因，最後分析解決生鏽的方法之一就是噴漆。整個探究和學習的過程，可以讓學生體驗到發覺和找出原因的科學之美。

T6：論理之美，是追求真理的精神、講道理，所以可準備歷代科學家追求真理的故事，亦可辯論科技爭議之議題。

（四）科學之美的教學方法或策略

教學方法上，受訪者皆強調親自體驗和操作，所以實作、觀察、收集資料和辯論，都是進行科學之美的教學方法。而受訪者認為正是因為讓學生經歷了科學的探索過程，因此能激發學生內心的感動、促進其產生發現答案的喜悅，或者直接體會到論理之美。

T4：我覺得在發現探索的過程，學生會主動思考，而不是被動的吸收。更重要的是發現的過程所帶給學生經驗上的累積，以及發現答案的喜悅和美感。

T5：親身體驗、觀察和實作。從做中學中去欣賞科學家的人文美，進而才能深入談科學美。

T2：所以從做中學，從實際體驗中最能激發內心深處的感動。

T6：另外搜尋資料、彙整發表資料、辯論……都能讓學生體會到論「理」之美。

值得注意的是，受訪者重視「手到和心到」帶給學生的科學之美，並未提及「討論、分享」等策略，也沒有談到運用科技、媒體作為教學的輔助。這可能與受訪者個人科學學習經驗中，往往強調實驗操作有關。

（五）科學之美的教學評量

至於教學評量上，受訪者皆表示出多元評量的理念，所以每個人都提出了至少兩種的評量策略，例如觀察、製作學習檔案、撰寫日誌、實作、報告，即使是紙筆測驗也不會採用選擇或填充的出題方式，而是請學生寫出心得、繪出科學之美等。

T1：觀察學生是否能欣賞科學之美，或請學生寫出自己認為的科學之美，並說明理由。

T4：我會採用多元評量的方式來評估學生的學習成效，例如製作學習檔案、撰寫學習日誌等，老師可從中去檢視學生對於整個科學發現過程的感想，看看是否學生有體會到科學之美的地方或感受。

T5：看看學生能從科學學習中發現多少美麗的事物，或者繪畫出科學之美的地方。

T6：不會用選擇、填充，而是實作評量，要學生以科學為內容，創作與科學有關的實務作品，或做科學之美的專題報告、發表自己對科學之美的見解和想法等等。

（六）教師所需之專業知識

而欲教導科學之美的教師，必須具備的專業知識方面，除了科學知識、教學知識外，受訪者提出美學知識的需求具加分作用，但非必要。T6 則指出美學概念不可缺少，因為談科學之美並不等同於談科學知識。而更重要的是，教師本身要有意願和熱誠，同時懂得欣賞科學。

T6：需有科學知識及美學概念。我所謂的美學概念是指色彩學、構圖、鑑賞力。有美學概念的人，

才來指導科學之美的教學應該比較適合，畢竟不是只有談科學知識而已。

T5：除了需具備一般科學教師該有的能力，還必須懂得欣賞美的事物。……但不需要那麼深入美學方面的知識，其實就是懂得欣賞，能說出自己的體會即可。

T2：教師具備科學知識和教學知識都很重要，但興趣、態度、熱誠更不可或缺，至於對美學有所了解當然好，但可有可無，畢竟審美觀因人而異，強調的是一種感受。

T4：我想每一種知識之間都是有交集地帶，很難劃分的清清楚楚，懂愈多愈好，而且能從人文的面向學科學，很好啊！只是我覺得教師要有自主權，有意願和興趣的教師就可以自己邊選教材。

（七）執行上的困難

就外在困難而言，受訪者提及了「家長意見、選擇教材的自主權、缺乏教材」等；而內在困難則包括「如何讓學生發現科學之美、教師本身缺乏美學概念、編輯教材的意願」等，這些是教學者自己必須面對的問題。此外，T4 和 T5 皆認為沒有困難，其中 T4 指出「美在於體驗生活」，符合杜威「美即是經驗」的理念；T5 則認為成之於己，熟能生巧，在經驗中求發展。

T2：困難的地方在於如何讓學生真正發現學習科學之美的喜悅，畢竟美因人而異也！

T3：請學生說說為什麼美，並沒有問題，但若要談到美學的部分，我想我是欠缺的，必須再加強。

T1：升學壓力下，即使是小學，家長也有意見，除非先溝通。

T4：我不覺得教科學之美有困難，因為我想帶給學生的就是體驗生活吧！只是教師有沒有真正自選教材的自主權，這才是問題。

T5：不會困難，根據經驗再修正教學，自己的意願最重要，一定能讓學生進入欣賞科學的世界。

T6：教學者需具備編輯教材的意願，但教材若方便取得，更能提升教師教授科學之美的意願。

六、結論

從歸納的結果可以發現受訪者對於科學之美的「定義和範圍、教學目標、內容、方法和評量」，以及「教師的專業需求、實踐上的困難」等面向，皆有自己的主張和看法，意見不但多元，也有許多共通之處，顯見六位小學教師對於科學之美的議題並不排斥，且樂見從人文面向引導學生學習科學。然而，此次研究畢竟是初探研究，參與者的代表性和數目不足是必須再補強的。所以，研究者擬繼續探究小學、中學教師和大學教師三大樣本群的意見，再以此為基礎發展量化問卷，進行大規模的調查研究。

重要參考文獻

朱光潛(2000)：談美。台北市：國際少年村。

汪信硯(1994)：科學美學。台北：淑馨。

林樹聲(1999)：科學素養的省思，科學教育月刊。第 222 期，頁 16-26。

Dewey, J. (1934/1984). *Art as experience*. New York: Berkley.

Flannery, M. C. (1991). Science and aesthetics: A partnership for science education. *Science Education, 75*(5), 577-593.