科學教育學刊
2012, 第二十卷第四期, 367-392

Chinese Journal of Science Education
2012, 20(4), 367-392

運用明示和暗示科學本質文本對七年級學生學習演化單元的效益

林淑楞[1、*]　葉辰楨[2]　張文華[3]　陳素芬[4]

[1]國立彰化師範大學　科學教育研究所
[2]新北市立三峽國民中學
[3]國立臺灣師範大學　科學教育研究所
[4]國立臺灣科技大學　數位學習與教育研究所

(投稿日期：民國101年2月1日，修訂日期：民國101年6月7日，接受日期：民國101年6月28日)

摘要：本研究旨在探討將明示或暗示科學本質的文本的學習活動融入原來演化單元的教學，對學生科學本質觀、學習成就和對科學的態度之影響。一位個案教師選擇三個國一班級共105位學生，分別在演化單元實施三種不同的教學策略(閱讀和小組討論明示科學本質文本、閱讀暗示科學本質文本融入一般教學、一般教學)。多元研究資料來源包括學生在科學與教育觀點問卷中科學本質的觀點、兩題開放式科學本質問題、對科學的態度問卷、演化單元的成就測驗和學生的半結構式訪談。量化問卷資料採用*t*檢定和共變數分析。質性問卷資料和半結構性訪談資料則經過編碼和敘述性統計，前者還採用卡方檢定，最後提出詮釋性主張。研究結果顯示，使用科學本質文本的兩組學生在科學知識的確認議題上，均朝向當代的科學本質觀。尤其，他們也瞭解到參考文獻在形成科學知識上的重要性。當學生面對專家所提出的說法時，這兩組學生也較能利用證據、解釋或驗證的方式作為判斷的標準。但是，兩組在科學方法、想像力和主觀性的議題上不易改變。反之，控制組學生可能因觀看影片，在想像力的議題上有顯著地改變。三組學生對科學的態度和學業成就均有顯著提升，但三組之間無顯著差異。然而，因學生關注與課本相關的知識甚於科學本質的概念，加上低成就學生感受到部分討論問題較難，以及其習慣閱讀短篇幅文本，使得文本閱讀在科學本質的學習成效上受到限制。

關鍵詞：科學文本、科學本質、演化、閱讀

壹、前言

長久以來，不少科學教育學者鼓吹將科學史融入科學教學中，以培養中小學生科學素養。因為科學史富含真實的科學情境與知識，本身蘊含豐富的資料可當作科學教學的素材(Matthews, 1994)。尤其，有些科教學者認為科學教學應明示出科學家如何發展

*通訊作者：林淑楞

07-林淑楞.indd 367　2012/9/5 上午 11:29:41

出科學知識，科學知識又是如何演變，這樣才能幫助學生類化至他們的科學探究與概念學習，並知道如何在往後的生活中應用知識(Driver, Leach, Millar, & Scott, 1996)。這些都是科教學者在科學本質中所關注的議題。不少實徵性研究也已發現科學史的確可促進學生對科學本質的瞭解(林陳涌、鄭榮輝、張永達，2009；Abd-El-Khalick & Lederman, 2000; C.-Y. Lin, Cheng, & Chang, 2010; H.-S. Lin & Chen, 2002)，提升學生科學概念的理解(陳麗鴻，2005；Monk & Osborne, 1997)，以及學生對科學的態度(林陳涌等；Lin et al.)。

2006年國際學生評量計畫(Programme for International Student Assessment, PISA)研究報告顯示我國十五歲學生在科學知識的表現上比科學本質知識的表現為佳。然而，鄰近韓國、香港和日本在這兩部分上幾乎沒有差距(劉聖忠，2008)。因此，我國的科學教育應加強科學本質的部分。由於2006年PISA評量閱讀素養的題目，使用了許多科學領域的資料。因此，學生在閱讀素養上的表現也部分暗示著我國學生的科學閱讀能力。相對於在科學素養的表現，我國學生在閱讀素養上的表現有待加強(2006年名列16，2009年名列23；林煥祥，2008；教育部，2010)。尤其，2006年我國閱讀的測驗結果(496分)嚴重落後第一名的南韓(556分)和第三名的香港(536分)，促使我國開始重視學生閱讀能力的培養。特別是在注重國語文能力培養的小學階段，大力推行閱讀活動。

然而，閱讀能力不應只在小學的語文課程中推動，也應在中學的科學課程中推動。主要原因有三：第一，中學的科學課程比小學增加了許多抽象的科學術語和科學概念，這些科學知識都應該以不同的陳述方式和表徵呈現，幫助學生學習。然而，我國教科書長期以來以精簡的文字呈現這些科學知識，使得學生的科學學習大多仰賴「聽」教師的解說，「讀」科學的機會十分有限，很難培養學生讀科學的能力。第二，歐美伶(2010)發現我國學生常因國中升學壓力，而中斷科普閱讀的行為。第三，市面上的科普讀物因專有名詞或無法親身體會現象，造成學生有閱讀困難。因此，學校應將科學閱讀融入課程，成為學習活動。

PISA閱讀素養主要評量學生「擷取與檢索」、「統整與解釋」和「省思與評鑑」三種能力(林煥祥，2008)。在科學史的文本中富含許多科學家形成理論前的證據和相關文獻，透過教材設計及閱讀和討論活動的安排，應可培養學生在科學史資料中檢索出形成科學理論的種種證據，並統整這些證據資料，產生符合邏輯的解釋。尤其，科學史料中所蘊含的科學本質概念亦需要學生省思文本中所提供的情境資訊，在科學探究與歷史脈絡中理解其間的科學本質概念。許多科學教育者認為演化理論是在歷史情境中呈現科學知識如何形成的極佳範例(Rudolph & Stewart, 1998)。因此，本研究選擇演化單元的科學史資料，發展科學史的閱讀教材。

雖然過去研究發現科學史融入教學有不少的學習成效，但是在中小學教育現場中將科學史融入科學教學的教師仍十分有限。原因之一可能是教科書中的科學史常以單一科學事件或簡介科學家的方式呈現(呂紹海、巫俊明，2008)。這種去情境化的科學史無法提供科學史中真實的科學情境和豐富的知識，很難讓教師有足夠的資訊和學生討論科學史中所蘊含的科學本質。先前學者曾利用歷史事件圖發展富科學情境的科學史教材，研究結果顯示科學史教學的確可提升國、高中學生科學本質的理解，以及對科學的態度(林陳涌等，2009；Lin et al., 2010)。然而，

先前研究很難確認學生在科學本質的學習成效是由學習教材，抑或教師教學所造成的結果。對於科學本質知識不足的一般教師，提供機會讓學生學習科學史教材，是否也能促進學生對科學本質的理解呢？這是本研究欲探討的問題。

Abd-El-Khalick, Waters與Le (2008)指出發展明示科學本質的科學史教材，促進教師和學生理解內含的科學本質，應是一種解決之道。到底融入科學史的教材應該如何設計，才能提供學生豐富的資訊和有效的學習呢？Arons (1989)和Stinner (1995)建議應在一個科學單元中組織重要的科學發現與事件，提供詳細的情境脈絡，並與科學教學目標(如科學概念或科學本質概念)產生連結。Stinner認為科學史文本中需闡釋理論的狀態，提供支持理論的證據資料，釐清實驗與解釋的關係，並與科學史產生連結。Clough與Olson (2008)則認為清楚地寫出科學本質的關鍵概念(tenet)是引導教師建立探究和科學本質學習目標，並有效進行科學本質教學最好的方法。此外，教材設計者需提供豐富的情境資訊，讓教師與學習者產生討論，深刻地對這些關鍵概念產生共識。過去的研究指出科學本質的教學應採用明示取向(explicit approach)而非暗示取向(implicit approach)，以促進學生理解科學本質(Khishfe & Abd-El Khalick, 2002)。所謂明示取向的教學意指教師將科學本質概念當成學習目標，有目的地設計教學活動達成目標。並且，透過討論，讓學生反思這些活動所蘊含的科學本質概念(Clough, 2006; Schwartz, Lederman, & Crawford, 2004)。因此，本研究將一般未清楚標示科學本質的關鍵概念、也沒有設計討論問題的科學文本稱為「暗示科學本質文本」(簡稱暗示版文本)；而明示出科學本質概念，並設計討論問題的文本稱為「明示科學本質文本」(簡稱明示版文本)。這兩份文本當作本研究探討兩種取向的科學史教材對學生學習科學本質之影響的工具。

基於上述的理念，本研究選擇具有豐富科學史資料且適合傳達科學本質的演化科學史教材(亦即暗示版文本)。另外，研究者改寫此教材成為明示版文本。藉由學生閱讀不同文本的學習活動，探討教師融入不同文本的學習活動，是否有助於提升學生科學本質的理解。另外，以學生學習為主的閱讀活動屬於靜態的教學，是否會降低學生對科學的態度？以及，閱讀文本和小組討論將壓縮教師的講解時間，是否會造成學生的學習成就降低？這些都應是探究閱讀活動融入教學所應關注的問題。再者，一般科學課室中甚少使用科學閱讀活動，加上這兩種科學史文本的呈現方式差異甚大，學生閱讀文本的感受和習慣，可能也會影響他們的學習成效。因此，本研究擬探討學生閱讀兩種文本的感受與習慣，作為未來發展合適的文本教材之參考。具體的待答問題如下：

一、運用明示或暗示科學本質文本學習能否增進學生對科學本質的瞭解？兩種文本學習融入教學和一般教材教學對學生科學本質的學習是否有差異？
二、運用明示或暗示科學本質文本學習融入教學能否增進學生演化單元的學習成就，以及對科學的態度？三種教學策略對學生學習成就和對科學的態度是否有差異？
三、學生閱讀兩種文本的感受及閱讀習慣為何？

貳、文獻探討

一、科學本質、演化和科學閱讀

一般而言科學本質意旨科學的認識論、

科學即求知的方法、或科學知識和其發展所存在的特性(Lederman, 2006)。中小學的學生應該要瞭解科學推理和發展科學知識的歷程(Ford, 2006; National Research Council, 1996)。Smith與Scharmann (1999)認為在歷史情境中，學生特別容易被教導何謂科學、注重證據對科學想法的決定性、展現由科學家們對實徵的證據有不同的詮釋所引起的爭議、或介紹科學的想法與當時社會情境的接受度等。針對上述科學本質的重要議題，科教研究者建議運用科學史富含提出問題、方法、實驗和歷史等各種情境的特質(Stinner, 1995)，利用歷史的案例研究協助學生瞭解科學知識的建立過程(Irwin, 2000)，或是發展教材呈現科學家的想法，和支持或反駁想法的證據(Osborne & Ratcliffe, 2002)。因此，閱讀蘊含科學本質的科學史文本，是促進學生瞭解科學本質的主要學習歷程。

閱讀是讀者與文本互動，建構意義的過程(Yore, Bisanz, & Hand, 2003)。科學閱讀被視為是讀者將已知的知識、同時發生的感官經驗、以及文本所呈現特定社會文化情境的相關資訊，三者間互動所建構的意義(Ruddell & Unrau, 1994; Yore et al.)。Van Dijk與Kintsch (1983)認為閱讀是一個衝突解決的過程(conflict resolution process)，也就是讀者在閱讀中需不斷地解決從文本所延伸出來有意義的問題。這些問題常常和讀者腦中既有的科學知識、信念、語彙、社會文化情境等有關。因此，讀者對文本所建構的意義，乃是解決衝突後的詮釋。

演化單元包含許多科學家的想法與研究證據，以及想法與證據相互影響的資訊，很容易呈現科學知識發展的動態歷程。將演化與科學本質結合的教學，特別能傳達許多核心的科學本質議題(Nelson, Nickels, & Beard, 1998; Scharmann & Harris, 1992)。尤其，演化科學史中的資訊常常和學生先前的知識互相衝突。學生閱讀這些資訊，將經歷不少衝突解決的過程，有助於改變他們既有的科學本質觀。例如可以將學生存有科學就是真理的、科學方法就是標準化步驟之刻板印象，轉移至強調科學知識具有不確定性、科學方法具有多元性或非固定的流程。Blackwell, Powell與Dukes (2003)認為演化理論不應該只被教成「只是一個理論」，因為達爾文的理論是由許多的假定所構成的，例如有限的資源、變異性和自然選擇說等。這些都值得作為發展演化文本的資料，描述科學知識如何在科學的溝通中被產生和被接受。

二、課程教材與明示科學本質教學

Meichtry (1992)分析Biological Sciences Curriculum Study (BSCS)教材和教師使用此教材教學的研究，證據指出教材中或教師若沒有直接指出學生所做的學習活動與內含的科學本質概念有何關係，學生是無法將兩者產生連結的。例如學生設計許多實驗會運用想像力。然而，教師或教材若未提及科學家和他們的實驗過程類似，學生很難認為科學知識的形成是需要想像力的。Abd-El-Khalick等(2008)針對美國四十年間的科學教科書進行分析，發現教科書中科學本質的表徵沒有什麼進步。大部分教科書將科學描述成事實的收集，而非產生和測試不同解釋的動態過程。另外，科學家常被表徵為發現事實的求知者，卻鮮少呈現科學知識演變的過程，及科學家與社群互動或外在情境等的影響(Ford, 2006; Irez, 2008; Leite, 2002)。潘菁瑩(2010)分析我國國中自然與生活科技教科書(南一、翰林、康軒版)中科學史的內容，發現目前這類的教科書已比過去國編版教科書增加不少科學史的資料。但是內容仍和國編版相似，大多介紹科學家的生平和個人特

質，鮮少描述科學知識的真實發展過程，或過於簡化且線性地呈現科學知識演進的過程(呂紹海、巫俊明，2008；潘菁瑩)。這樣呈現科學的方式可能就是導致學生科學本質的迷思概念的主要原因 (Clough, 2006; Lederman, 2006)。再者，科學史內容大多被定位為學生自行選讀的補充角色，未融入於正式教材中，較難受到教師和學生的重視。總之，目前鮮少有教科書傳達或表徵重要的科學本質概念，協助學生理解科學本質。

一般認為學生可經由探究的實作，理解科學知識是從可測試的想法中進行探究而形成。但是，過去不少研究也指出探究若未經明示取向，讓學生反思探究過程中所蘊含的科學本質概念，很難提升學生對科學本質的理解(Abd-El-Khalick & Lederman, 2000)。明示方式並非意味著教師講述科學本質的概念，而是將特定的科學本質概念當作學習目標進行課程設計，幫助學生將活動中的經驗與特定的科學本質概念產生連結，促進學生理解科學本質概念(Clough, 2006)。相反地，若教學中未明白地指出活動中所涉及的科學本質，此類教學則視為暗示取向的教學。

英國課程委員會注意到探究課程不易明示出科學本質。因此，他們在1999年改寫課程，增加「想法與證據」，使其與「科學探究」並列，期望學生能利用歷史和當代的例子認識實徵性的問題、證據和科學解釋之間的關係，實驗、證據和創造性的想法三者在科學想法的發展中扮演的角色，科學想法如何被呈現、評鑑和傳播，以及科學爭論如何從不同的實徵證據而有不同的詮釋等等(Department for Education and Employment, & Qualifications and Curriculum Authority, 1999)。Taber (2008)認為科學本質可經由「科學探究」(scientific investigation)及「想法和證據」(ideas and evidence)兩種方式進行教學。基本上，「科學探究」較能著重於科學本質中科學方法的面向，而「想法與證據」則注重科學史、科學社會學等面向(Taber)。

儘管英國課程委員會在課程規劃中增設「想法與證據」的學習目標，期望教師能更有效地教科學本質。但是，許多教師卻要求「這部分應有更多的引導與支持，尤其應有好的教材，提供真實世界或歷史的一系列範例」(Taber, 2008)。現場教師的聲音再次凸顯目前仍缺乏提供「想法與證據」的科學本質教材。

三、運用科學文本的撰寫原則明示科學本質

科學文本的目的是作者有目的地透過特殊的文本結構(如描述、比較／對照和因果關係的陳述等)傳達訊息，幫助讀者對特定的概念和想法建構意義(Duke, 2004; Maatta, Dobb, & Ostlund, 2006; Yore, Shymansky, Henriques, Chidsey, & Lewis, 1997)。因此，作者在撰寫或修改文本時，需確定文本的學習目標，瞭解讀者的需求，並使用後設認知的技能，以決定放入哪些資訊，產生可讀性高的文本(Duke; Englert, Raphael, Fear, & Anderson, 1988)。科學史文本提供豐富的想法、證據和情境等資訊，透過概念圖系統化的呈現，可達到特定的教學目標(如科學概念或科學本質概念；Arons, 1989; Stinner, 1995)。一般文本常會清楚地說明科學概念，卻鮮少提及科學本質概念。Clough與Olson (2008)認為清楚地寫出科學本質的關鍵概念(tenet)是引導教師建立探究和科學本質學習目標，並有效進行科學本質教學最好的方法。

一般的文本大概可為事實性、小說類、和詩詞類三種型態的文本(Fountas & Pinnell,

2006)。科學史料屬於事實性文本(factual text)。Fountas與Pinnell指出事實性文本應利用下列幾種方式呈現資訊：(一)用標題和次標題組織內容；(二)利用圖、表增添文本的意義；(三)利用不同的字體強調特殊概念；(四)透過描述、比較／對照、因果關係、年表、問與答等的呈現資料，反映資料的組織性；(五)呈現科學事實，藉此改變讀者的信念。上述都已成為科學性教科書發展者常用的撰寫原則(Hartley, 2003)。許多學者也建議文本應該利用標題、粗體字、書頁邊空白的註解、圖畫、內文的問題、主題情境和排版等的特色清楚地表現出主要的想法(Hartley; Maatta et al., 2006; Yore et al., 1997)。標題乃用來呈現出文本最主要傳達的想法，尤其是具體卻不簡要的標題，最有助於學生回憶、理解，甚至感興趣(Sadoski, Goetz, & Rodriguez, 2000)。因此，文本欲傳達的關鍵概念應成為標題。而且，關鍵概念應有層次地展現出各個概念間的關係(Unsworth, 2006)。在文本中應藉著次標題和粗體字等方式，依序呈現出與關鍵概念相關的次概念。

實徵研究上也證實圖、文並用比單純使用圖或文字更有助於學習(Cook, 2006)。另外，問題是增進學習者在閱讀活動中產生「互動式建構」的過程(Fountas & Pinnell, 2006; Yore et al., 1997)。尤其，在明示科學本質教學中，教師需利用問題引導學生反思學習活動中所蘊含的科學本質概念。因此，問題的設計亦是促進學生理解科學本質的要素。呂紹海與巫俊明(2008)針對我國國小自然與生活科技領域教材進行分析，發現雖有不少科學史的內容，但因缺少問題引導與討論，無法達到課程大綱的重要目標「使學生得以藉助科學發展過程之瞭解，體會科學本質及科學探究的方法和精神」。目前國中教材也有類似的情況(潘菁瑩，2010)。

參、研究方法

一、兩種文本的備製

本研究選用教育部六大科學教育學習網(science.edu.tw)中的演化單元作為文本的素材，從中挑選多元證據支持演化概念，以及達爾文和拉馬克兩大學說的形成與發展。在此學習網頁中擷取彙整的資料製成暗示版文本(如圖1)。另外，我們依據事實性文本的編寫原則(Fountas & Pinnell, 2006)和呈現科學本質關鍵概念的建議(Clough & Olson, 2008)，重新編輯暗示版文本的內容，以明示出隱含的(embedded)的科學本質，製成明示版文本(如圖2)。明示版文本依據四個主要原則進行編輯：1. 陳述科學本質的關鍵概念；2. 利用標題、粗體等文字排版強調科學本質的關鍵詞；3. 利用圖、表加強科學本質

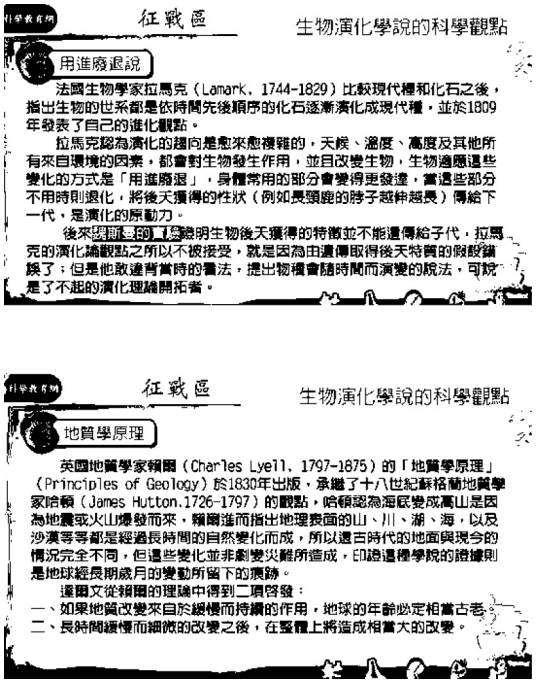

圖1：暗示版文本的範例

的表徵；4. 增加科學本質的問題，以供小組討論(圖2)。

為了確認七年級學生能理解明示版文本的內容和問題，初稿完成後，先交由個案教師審查，由研究者與個案教師共同討論修正文本的內容與問題。文本中七項科學本質關鍵概念如下所示：

1. 演化概念是根基於各種證據，包括從化石、歷史事件、生物地理學、胚胎學、以及解剖學等各種生物領域研究發現所做的推論。
2. 科學研究並不一定要遵循固定的程序，但其中通常包括幾個基本的研究過程，例如提出問題、建立假設、進行調查或實驗以收集相關的數據，和發揮想像力解釋數據、甚至構思假說的過程。
3. 理論能針對事實、現象提出一套合乎邏輯的說法，但此說法未必正確。
4. 科學家提出理論時，未必是透過實驗直接驗證其正確性，但是，仔細的觀察、收集各種證據進行比較、分析，可產生較佳的理論。
5. 一個理論的形成除了科學家的創意的想法外，也受到當時社會上其他觀點所影響。
6. 好的實驗設計所獲得的研究結果，常可作為判斷理論優劣的工具。
7. 一個理論有越多的證據支持，越易被科學社群所接受，成為主流的理論。

為了建立科學文本撰寫的基準，研究者根據先前的文獻(Fountas & Pinnell, 2006; Maatta et al., 2006; Unsworth, 2006; Yore et al., 1997)發展一份「科學文本撰寫檢核表」(附錄一)。此檢核表包含二十四項，檢核文本的三大向度：(一)明顯呈現出學習目標；

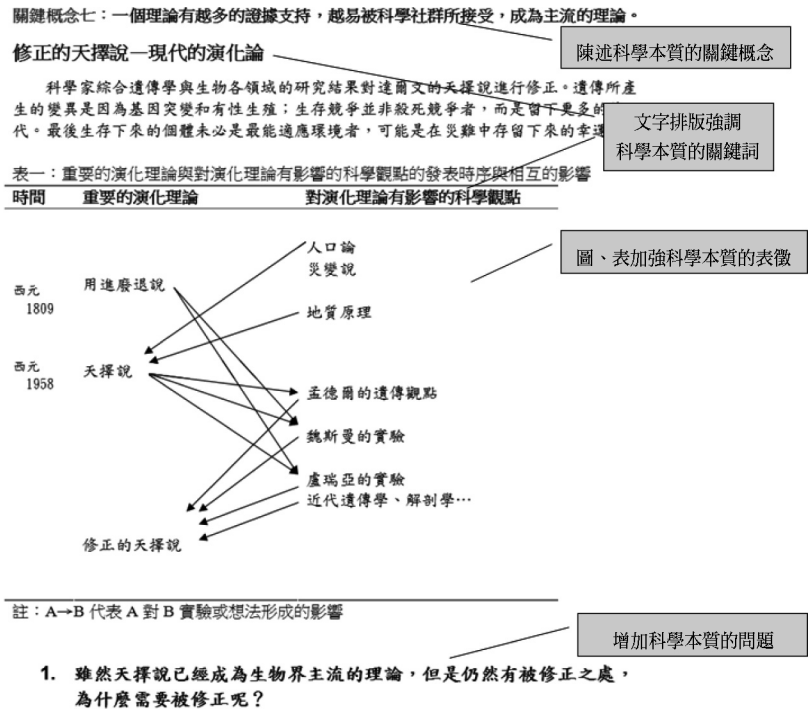

圖2：明示版文本的範例

註：在明示版文本中，乃將圖1中各種與演化理論有關的觀點，以年表方式呈現。另外，再增加理論與科學觀點的關係性。

(二)注重科學學習的要項；(三)留意文本與圖表的撰寫與編排。除此之外，研究者還發展「演化單元文本之科學本質內涵檢核表」(附錄二)，檢視文本內容能否達到預定的科學本質教學目標。檢核表經四位科教研究者會議審查符合研究目的，達到內部效度和專家效度。此兩個檢核表不僅作為研究者改寫暗示版文本的自我檢核表，亦提供給兩位在科學本質與科學文本研究領域專長的科教學者，審查明示版文本。審查專家可針對不適合的審查項目提供修改意見，並提供整體的評論與建議。研究者依據審查意見修訂明示科學本質文本，包括增加科學本質的討論問題、加強明示關鍵概念、和修改文句等，以力求用詞精確。暗示版文本內文共4,850字，明示版共5,721字。兩文本的難易度一致。

二、研究設計與參與對象

本研究採準實驗研究法進行研究，比較明示版文本、暗示版文本融入教學和一般教學對科學學習的影響。此研究在北部一所中型國中進行，一位生物教學經驗豐富且欲增強學生科學閱讀能力的王老師參與本研究。研究前由王老師選擇常態分班的三個七年級班級進行研究，共105名學生。由於科學知識對學生閱讀理解能力的影響，更甚於國語文知識的影響(陳雅玲，2011)。因此，我們收集學生在實施研究前的自然與生活科技領域段考成績作比較。經變異數分析結果顯示，三班學生的程度相當($M_{明示}$ = 73.60, SD = 20.70; $M_{暗示}$ = 79.47, SD = 16.13; $M_{控制}$ = 74.11, SD = 18.96)，並無顯著差異(F = 1.04, p = .360)。

演化單元的教學共經歷十二節課，本研究於「化石」和「演化學說」次單元的八節課在兩個班級融入文本學習活動，其主題為化石的證據、胡椒蛾事件、生物地理學的證據、胚胎學與解剖學的證據、長頸鹿的脖子與兩大演化理論、影響兩大演化理論的當時重要觀點、決定兩大理論優劣的兩大實驗和修正的天擇說。三個班級中一個班級為控制組，另兩個班級分別使用明示版文本(明示組)和暗示版文本(暗示組)。由於明示版文本中除了豐富的演化資料，也以各種表徵和小組討論的問題明示科學本質概念，可主導學生的學習。因此，明示組學生閱讀明示版文本，小組討論文本中所附內容知識和科學本質問題。而暗示版文本並未明示科學本質概念、也未提供討論問題，僅包含和明示版一樣的演化資料。暗示組學生閱讀暗示版文本後，王老師搭配與閱讀內容相關的自製學習單進行小組討論與教學。控制組乃維持王老師在演化單元的一般教學，利用課本、投影片、影片(約22分鐘演化相關的影片)和提問的互動方式協助學生建構演化的內容知識，在教學中未涉及科學本質的內容。暗示組和控制組的小組討論內容均是教師慣用於此單元的內容知識問題。教師在每次小組討論後大約花5 ~ 10分鐘統整該堂課學習活動和小組討論所獲得的知識。基於探討學生使用學習兩份科學本質文本之成效，三個班級每一節課的學習活動安排如表1所示。教師在三個班級的教學模式相同，均包含教師提供學習活動、小組討論和教師統整學習內容三個部分。個案教師的教學著重於學科內容知識，而非科學本質知識，以凸顯兩種科學本質學習教材對學生學習的影響。三組中王老師在控制組的主導性最大、其次是暗示組，明示組最小。因此，兩個實驗組在科學本質的學習結果，可被視為其學習教材之成效。

表1：三組學生在研究期間每一節課的學習活動

	教師提供學習活動(15～20分鐘)	小組討論(12～15分鐘)	教師統整學習內容(5～10分鐘)
明示組	閱讀明示版文本	文本中所附科學本質和內容知識問題	閱讀和小組討論所獲得的知識
暗示組	閱讀暗示版文本	教師自製演化單元內容知識問題	閱讀和小組討論所獲得的知識
控制組	運用該校原教材(含影片觀賞)講述教學，填寫學習單	教師自製演化單元內容知識問題	教學和小組討論所獲得的知識

三、研究工具

(一)科學本質問卷

本研究選用科學與教育觀點(Views on Science and Education, VOSE)問卷，作為評量學生在不同教學策略下科學本質觀變化的工具，主要原因為此問卷中對科學知識的確認與其發展的特性是本研究所關切的議題，這些是其他科學本質問卷較為缺乏的。原VOSE問卷包含兩部分，一部分為評量受試者科學本質概念的觀點，另一部分評量受試者對教科學本質概念的態度(Chen, 2006)。基於本研究目的，研究者僅使用第一部分的題目。這部分的題目由8個題組組成，每個題組分別有各種不同觀點的回答，共有40個觀點。此問卷採五等第Likert量表，受試者需針對每一觀點表達他們的同意程度。VOSE問卷評量的科學本質議題包括暫時性、觀察的本質等八個議題。每一個議題分別由3～13個觀點檢視受試者對此議題的看法。

原VOSE問卷設計為測試高中生或大學生的科學本質觀。為了增進VOSE問卷對國一學生的可讀性，研究者與個案教師依照教學單元的概念內涵，調整語句敘述，共同修訂VOSE中文版問卷的文字，修訂後的版本再與問卷發展者進行確認，避免題意失真。Chen (2006)指出研究者可依照研究的目的，自行選用特定的面向。基於明示版文本內容涉及科學方法(與關鍵概念2, 4有關)、想像力的運用(與關鍵概念5有關)、科學知識的確認(與關鍵概念1, 3, 4, 6, 7有關)和主觀性(與關鍵概念2, 3, 5, 7有關)四個科學本質議題，本研究僅探討學生在這四個科學本質議題上觀點的改變。

Chen (2006)指出大學生施測原VOSE問卷時，在這四個面向上的內部一致性信度(Cronbach's α值)介於 .44～.71。本研究中學生前測在這些面向的Cronbach's α值介於 .41～.52，與原問卷的信度差異在可接受的範圍內。後測的信度介於 .23～.48，稍有偏低。這很可能是科學本質教學影響某些觀點的改變，使得學生的概念不穩定，甚至互相矛盾所致(Abd-El-Khalick & BouJaoude, 1997; Mellado, 1997)。而且，國中生年紀較少，對科學的瞭解有限，也會使問卷的信度降低(Meichtry, 1992)。VOSE問卷中每一個議題大多包含兩極甚至多元的地位(position；以「科學知識的確認」為例，如表2所示)，內部一致性的信度不易太高。加上，明示版文本中在上述四個議題中僅強調某些的地位，可能信度不易太高。Chen指出VOSE問卷發展者著重於試題的品質與意義性，而非追求高內部一致性。由於此問卷中部分觀點較符合本研究的目的，是其他NOS問卷所無法提供的意義。因此，我們利用此問卷瞭解學生學習前後科學本質觀的轉變。

雖然VOSE問卷可幫助研究者瞭解學生學習前後在四個向度上科學本質觀的改變，但是其選擇題的模式迫使學生選擇其中一個

表2：VOSE問卷中的「科學知識的確認」議題所含括的地位與相關的觀點

議題(issue)	地位(position)	觀點
科學知識的確認	實徵證據 (empirical evidence)	2-1. 當科學家們還不能客觀區分兩套理論的優劣時，會暫時都接受。 2-8. 科學家們不會在以實驗證據分出高下之前先接受其中一個。
	典範(paradigm)	2-3. 科學家們通常會接受他們比較熟悉的理論。 2-6. 不違背現存重要科學理論的新理論，比較會被科學家們採用。
	簡約(parsimony)	2-4. 科學家們會選擇接受比較簡單明瞭的理論。
	權威(authority)	2-5. 科學家們比較會選擇學術地位較高的人所提的理論。
	直覺(intuition)	2-7. 科學家們會以直覺判斷。

選項的方式，可能未必能反映學生真正的理解。開放式的問題可能較能解決這個問題(Lederman, Abd-El-Khalick, Bell, & Schwartz, 2002)。為了探究學生對科學理論的特徵與判準(與關鍵概念4, 6, 7有關)，以及科學知識的形成(與關鍵概念1, 2, 3, 5有關)兩大主題之理解，研究者自行發展兩題開放式的問題。兩個問題如下：

1. 在網路上時常針對日常生活中的科學問題，有不同的看法。例如A專家指出葡萄應該用鹽水清洗，可去除農藥，因為長久以來人們都是這樣子做，一定有它的道理。另有B專家反對這種說法，他認為農藥分子是大分子，需用大分子的澱粉(如麵粉)才能吸附表皮的農藥，將農藥去除。你如何判斷哪一位專家的說法是好的理論？請說明你如何下判斷。
2. 你覺得科學家如何產生知識呢？你可以利用演化或其他章節的例子，說明你的想法。

(二)對科學的態度問卷

一般量測學生對科學的態度可能含括對科學課的態度、對科學生涯的態度、對科學家的態度等面向(林陳涌等，2009)，而本研究較關切學生在不同教學策略下對科學的態度有何變化。因此，本研究採用Germann (1988)所發展學校課堂上對科學的態度(Attitude Toward Science in School Assessment, ATSSA)問卷，該問卷共14題，研究者採用林世娟與何小曼(2002)中文版的ATSSA問卷進行施測。他們針對國小六年級學生所測得的Cronbach's α值為 .93，而本研究前後測的Cronbach's α值分別為 .93和 .94，信度達理想範圍。

(三)演化單元學業成就測驗

個案教師編製演化單元的成就測驗是以國一康軒版自然與生活科技第二冊「演化」單元為範圍，評量學生在教學前後演化概念的理解。測驗採選擇題形式，共19題。題目內容以理解和應用層面的題目居多，記憶和分析層面的題目較少。在施測前經由研究者和一位科學教育專家共同檢驗，建立專家效度。整體試卷前測和後測的信度Kuder-Richardson Formula 20 (KR-20)係數分別為 .66和 .83。由此可知此份成就測驗的信度達理想範圍。

三、資料收集與分析

本研究資料收集時間為期八週，演化單元的教學共經歷四週，十二堂課。研究者錄影三個班級的教學，並現場觀察。另外，在演化單元教學前兩週，三組學生進行前測，包括修正版的VOSE問卷，ATSSA問卷，和演化單元成就測驗。在教學後兩週進行後

測，除了包含前測的三份研究工具，還包括兩題開放式科學本質問題。教學後，研究者與實驗組學生進行半結構式訪談，探討學生體驗閱讀活動後的感受和他們閱讀的習慣。訪談題目包括課堂中增加閱讀文本的活動，對你的學習有沒有幫助？幫助為何？對於文本中的討論題目，小組能否回答得出來？哪些問題困難？通常你會怎麼閱讀一份科學文本(提供明示版文本)？翻閱兩種文本後，你比較喜歡閱讀明示版或暗示版文本？請說明原因。各組分別訪談十二位學生，每組分別有四位學業成績高、中、低成就的學生。訪談資料的編碼分別以Explicit, Implicit代表明示組和暗示組，H, M, L分別代表高、中、低成就的學生。研究者建立每一題的訪談轉錄稿的編碼系統，由另一位研究者依此系統重新編碼，建立信度。爾後統計學生各類的回應，並提出重要主張。

本研究回收的問卷資料經逐一查核，剔除無效問卷後再進行分析，量化資料利用SPSS套裝軟體程式(10.0版)進行統計分析。質性資料則經過編碼後，依據類別進行統計分析。本研究所使用的統計方法臚列說明如下：

(一) 以描述性統計呈現三組學生在經不同教學策略前後在VOSE問卷和ATSSA問卷的平均和標準差。利用*t*檢定分析三組學生在教學前後，在VOSE問卷和ATSSA問卷之差異。另外，將學生在兩個問卷中的前測分數當作共變數，利用單因子共變量分析比較不同教學策略在學生科學本質的觀點和對科學的態度之差異。

(二) 針對兩題開放性的科學本質問題，研究者先依據學生的回答進行開放性編碼，之後建立編碼類別。從學生在「科學知識的形成」問題的應答上，共有觀察、設計實驗尋求證據、參考文獻／與他人互動、想像力、發現問題、解釋／推論、假設和其他等八類編碼。例如一學生回應為「就如長頸鹿的脖子怎樣演化而來的一樣，第一步應該事先想像吧(想像力)！再來就可以去觀察(觀察)，並去找其他的理論來支持自己的觀點(參考文獻)。在去找一些資料來對照(設計實驗尋求證據)，看看自己的理論是否合理，不合理處再加以更正(解釋／推論)」。上述涉及五類編碼。另外，在「判斷理論優劣的基準」問題上共獲得五類編碼，如表3所示。由第一作者和另一位受訓練的研究人員依據此編碼類別進行編碼。兩位編碼者在這兩題編碼的一致性分別為98.3%和96.4%，顯示信度頗

表3：「判斷理論優劣的基準」科學本質問題的編碼表

編碼	說明	範例
自己的想法	專家的理論與自己的想法一致	A專家，因為澱粉反而會堵塞表皮使農藥無法排出。
習以為常的知識	大家習慣的作法	A專家，因為家中也是使用這種方法，而且長久以來人們也都是如此。
認為另一個觀點是錯的	選擇某專家的原因，是認為另一位專家的觀點是錯誤的	B專家，鹽水只能消毒，應該無法去除農藥。
基於個人經驗或驗證	依據個人經驗或驗證的結果	我會利用他們兩個的作法都做過一次再下定論。
基於證據或解釋	依據專家是否有證據或合理的解釋	A沒有經過證實，不一定長久人們都這麼做就是對的！

高。之後，研究者依據各類別的編碼統計數量，再利用卡方檢定比較三組學生學習後，在「科學知識的形成」與「判斷理論優劣的基準」兩題的應答表現是否有差異。

肆、研究結果

一、三種教學策略對科學本質學習成果的影響

為了比較不同教學策略對學生科學本質觀的影響，採用VOSE問卷和開放性問卷進行檢測。使用文本後，三組學生在VOSE問卷前、後測平均值的*t*檢定結果(表4)，顯示明示組和暗示組使用文本後，在「科學知識的確認」議題上($t_{明示}$ = 2.12, p < .050; $t_{暗示}$ = 2.04, p < .050)朝向較當代的觀點。這顯示兩種文本提供支持兩種演化理論的實驗證據，的確有助於學生在科學知識的確認上有更深入的理解。尤其，明示組在四個VOSE議題的後測分數均高於前測，而其他兩組並沒有這個趨勢。這表示明示組的學習在幫助學生朝向科學本質的當代觀點是有潛力的，但文本中以證據確認科學知識資料的內容較多，而與想像力、科學方法、和主觀性觀點的內容著墨較少，所以，學生可能在後三個議題上無法明顯提升。

控制組在教學後則在「想像力的運用」議題上有顯著地改觀($t_{控制}$ = 2.35, p < .050)，表示學生在一般教材教學後瞭解想像力是形成科學知識的要素。但是，使用文本的兩組卻在想像力的面向上沒有顯著的影響。進一步以學生在VOSE問卷的前測分數當作共變量，進行單因子共變數分析三種教學策略對學生科學本質觀的影響。結果發現在不同教學策略下，學生僅在「想像力的運用」議題上有顯著差異，其他議題的改變並不顯著(表5)。控制組學生對「想像力的運用」觀點的轉變顯著高於使用文本的兩組。這可能是控制組學生觀看演化影片造成的影響。由於演化影片常以動畫呈現科學家從生物化石的觀察，想像生物長期下來外觀的改變，而形成科學家的演化想法。這顯示演化影片以動畫表徵科學家想像的內容，可能比文字更能

表4：VOSE問卷中四個科學本質議題的描述性統計與*t*檢定

議題／面向	教學策略	前測		後測		*t*	效果值	*p*
		M	*SD*	*M*	*SD*			
科學方法	明示組(n = 37)	1.78	0.53	1.84	0.50	0.53	0.12	.600
	暗示組(n = 33)	2.00	0.43	1.80	0.39	-1.90	0.48	.070
	控制組(n = 35)	1.94	0.64	1.90	0.53	-0.38	0.07	.710
想像力	明示組(n = 37)	2.54	0.61	2.64	0.51	1.90	0.18	.390
	暗示組(n = 33)	2.70	0.59	2.59	0.54	-0.38	0.20	.410
	控制組(n = 35)	2.68	0.73	2.99	0.51	2.35*	0.49	.030
科學知識的確認	明示組(n = 37)	1.90	0.54	2.11	0.38	2.12*	0.46	.040
	暗示組(n = 33)	1.81	0.43	1.99	0.43	2.04*	0.42	.050
	控制組(n = 35)	1.73	0.64	1.87	0.58	1.26	0.23	.220
主觀性	明示組(n = 37)	2.22	0.37	2.33	0.34	1.67	0.31	.100
	暗示組(n = 33)	2.19	0.35	2.19	0.37	0.07	0.00	.940
	控制組(n = 35)	2.10	0.47	2.13	0.41	0.35	0.07	.730

*p < .050

表5：三種教學策略對學生在VOSE問卷之單因子共變數分析

議題／面向	Sum of squares	*df*	Mean square	$F_{(2, 101)}$	*p*	Post-hoc
科學方法	0.20	2	0.10	0.46	.640	
想像力	3.14	2	1.57	6.05	.000	控制組 > 明示組 控制組 > 暗示組
科學知識的確認	0.62	2	0.31	1.55	.220	
主觀性	0.53	2	0.27	2.14	.120	

使學生對想像力在形成知識上的重要性留下深刻印象。

其次，藉由分析三組學生回答「科學知識的形成」與「判斷理論優劣的基準」兩題開放性問題之結果，瞭解三種教學策略對學生科學本質學習成果的影響。圖3顯示當學生在判斷專家所提之理論時，明示組和暗示組有較多的學生會「基於證據或解釋」和「基於個人經驗或驗證」為判斷的依據。而控制組則有較高比例以「自己的想法」與專家意見相符，或是「習以為常的知識」當作判斷的依據。這結果與學生在VOSE問卷「科學知識的確認」的反應一致，亦即兩個實驗組在學習後以「實徵證據」作為理論判斷的依據，而控制組則採用「直覺」或「典範」的觀點為依據。卡方檢定的結果顯示使用文本的兩組學生與控制組學生在判斷理論的依據上有顯著差異($\chi^2_{明示_控制} = 23.09$, $p < .001$, $df = 3$; $\chi^2_{暗示_控制} = 18.45$, $p < .001$, $df = 3$)。而使用文本的兩組學生在判斷理論的依據上則無顯著差異($\chi^2_{明示_暗示} = 4.62$, $p = .202$, $df = 3$)。這些結果顯示明示組和暗示組的文本學習使學生較控制組重視以證據、邏輯的解釋和個人的驗證等，傾向以科學實徵的方式作為判斷專家的言論為依據，此乃本教材科學本質教學的目的之一。

表6顯示學生在三種教學策略下，在形成科學知識之要素的認知上也有顯著的不同。卡方檢定的結果發現不僅使用文本的兩組學生與控制組的學生在認知上有顯著的差異($\chi^2_{明示_控制} = 60.09$, $p < .001$, $df = 7$; $\chi^2_{暗示_控制} = 46.33$, $p < .001$, $df = 7$)，明示組和暗示組

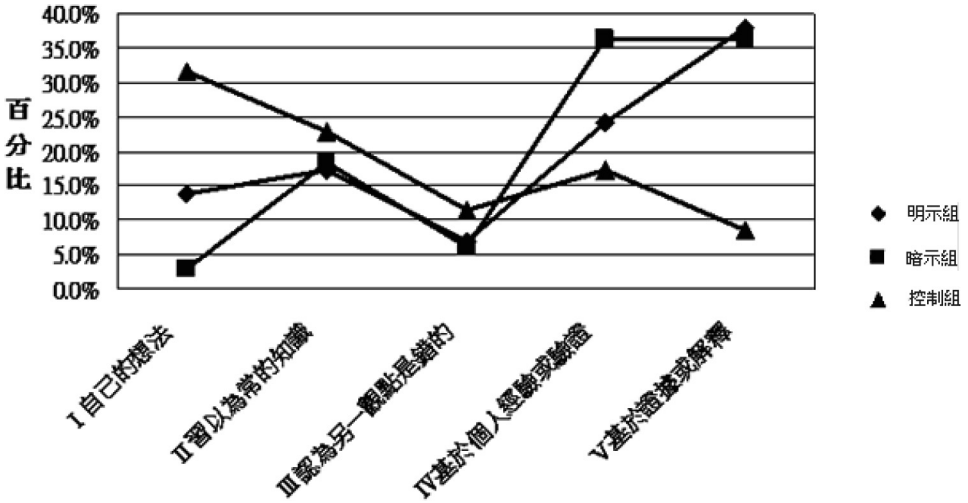

圖3：三組學生在全班中判斷專家所提出理論之依據的比例

表6：三組學生在全班中認知到形成科學知識的要素之比例

形成知識的要素	教學策略			$\chi^2_{明示_控制}$	$\chi^2_{暗示_控制}$	$\chi^2_{明示_暗示}$
	明示組 (n = 28) 人數／全班(%)	暗示組 (n = 33) 人數／全班(%)	控制組 (n = 34) 人數／全班(%)	df = 7	df = 7	df = 7
1. 觀察	60.7	57.6	52.9	60.09***	46.33***	25.72***
2. 設計實驗尋求證據	53.6	45.5	50.0			
3. 參考文獻／與他人互動	42.9	30.3	17.6			
4. 想像力	21.4	21.2	38.2			
5. 發現問題	10.7	3.0	29.4			
6. 解釋／推論	21.4	27.3	26.5			
7. 假設	21.4	12.1	20.6			
8. 其他	21.4	18.2	23.5			

***p < .001

亦有顯著差異($\chi^2_{明示_暗示}$ = 25.72, p < .001, df = 7)。三組學生大多均能瞭解「觀察」和「設計實驗尋求證據」是形成科學知識的要素，而使用文本的兩組學生有較多人提及「參考文獻／與他人互動」的重要性。尤其明示組有接近一半的學生提及此要素，而控制組卻幾乎很少學生認知到這個要素。另外，控制組卻有近三成的學生瞭解到發現問題亦是形成科學知識的要素之一。這可能是因為控制組觀看的影片常以科學家根據問題進行科學探究。因此，控制組學生在此要素的比例比兩個文本組的學生為高。由此可知，不同教學策略與內容的確可影響學生對科學本質的認識。

綜合上述結果發現暗示組和明示組學生在科學本質的學習成果頗為相似。由於兩組學生在科學本質上的學習主要仰賴於文本的閱讀，科學本質學習結果相似的原因可能就像英國課程委員會將「想法與證據」納入課程的理由：科學史料本身具有明示某些科學本質概念的功能。也就是說，學生可能已能從暗示版文本理解證據和實驗驗證科學想法的重要性，以及不同科學家想法間互相影響的關係，無須再明示這類科學本質的概念。而對於某些科學本質的關鍵概念(例如科學家發揮想像力解釋數據、甚至構思假說等過程)，透過文字明示仍難以幫助學生理解科學家為何在這些探究過程運用了想像力。這可能造成使用文本的兩組學生在科學本質的表現相似。

二、三種教學策略對科學的態度與學業成就的影響

一般教師不習慣在課堂上進行靜態的閱讀活動，包括個案教師在內。加上，大多數教師認為學生應該不喜歡科學閱讀。因此，明示組的閱讀科學文本和小組討論文本的學習活動，是否會降低學生對科學的態度值得探討。表7結果顯示三種教學策略均可顯著地提升學生對科學的態度。控制組和暗示組在教學後，學生對科學的態度似乎略高於明示組。但是，經由單因子共變數分析結果顯示三種教學策略對學生科學態度的影響並沒有顯著差異($F_{(2, 101)}$ = 1.53, p = .221)。這些結果表示在演化單元中使用文本閱讀或一般教材教學，均可使學生對科學的態度有正面的影響。

許多教師認為學生在課堂上閱讀科學文

表7：學生在ATSSA問卷中的描述性統計與*t*檢定

教學策略	前測		後測		*t*	效果值	*p*
	M	*SD*	*M*	*SD*			
明示組(n = 37)	2.03	0.44	2.40	0.81	3.90***	0.57	.000
暗示組(n = 33)	2.12	0.33	2.74	0.74	4.09***	1.08	.000
控制組(n = 35)	2.14	0.43	2.78	0.74	5.25***	1.05	.000

***p < .001

表8：演化單元學業成就前後測的描述性統計

教學策略	前測		後測		*t*	效果值	*p*
	M	*SD*	*M*	*SD*			
明示組(n = 37)	60.68	19.83	67.57	24.77	2.44*	0.31	.020
暗示組(n = 33)	61.97	11.32	69.85	20.67	2.08*	0.47	.045
控制組(n = 33)	61.14	16.09	73.94	17.58	4.89***	0.76	.000

*p < .050, ***p < .001

本將壓縮到教師的教學，可能降低學生的學業成就。因此，有必要檢視這三種教學策略對學生學業成就的影響。表8結果顯示三組學生在演化單元的學業成就上均有顯著地提升。其中，控制組學業成就進步最多，其次才是暗示組和明示組。若將學生在演化單元成就測驗的前測分數當共變數，透過單因子共變數分析，結果顯示學生在三種教學策略下的學業成就並無顯著差異($F_{(2, 101)}$ = 0.99, p = .380)。由此可知，明示和暗示文本的閱讀不僅不會降低學生的學業成就，還能促進他們科學本質的理解，值得教師將科學文本的閱讀納為課堂的學習活動。

三、學生閱讀科學文本的感受和閱讀習慣

(一)學生閱讀文本時關注和教科書有關的內容知識，認為這些資訊有助於理解課本的內容，反而易忽略科學本質的概念

透過訪談明示組和暗示組中不同學業成就的學生，發現約九成(21/24)的學生認為閱讀文本有助於他們學科學。主要原因為「科學文本中有較多的解釋和圖片，能促進我們理解演化單元。……教科書中的敘述太簡略而難以理解」(05072007-Explicit M1-Inv)。尤其，兩組中有八成(19/24)學生較喜歡明示版文本。他們的主要理由為「這種文本(明示版)會寫出重點(關鍵概念)」(05082007-Implicit L1, H2, M2-Inv)，「那些關鍵概念的陳述能幫助我們掌握主要概念」(05072007-Explicit L3-Inv)，「如果沒有寫出這些關鍵概念，我不知道文本內容有這個重點。但是，看完文本內容，就能理解這些關鍵概念的意思」(05072007-Explicit H3-Inv)。然而，學生學習後有記憶的關鍵概念仍是與課本主題相關的內容或是教師強調的概念，如化石和演化學說。例如文本中第一個關鍵概念為「演化概念是根基於各種證據，包括從化石、歷史事件、生物地理學、胚胎學、以及解剖學等各種生物領域研究發現所做的推論」。他們也在文本中閱讀到各個領域所提出的證據。但是，當明示組的

學生被問到「有哪些證據能支持演化的概念？」九成學生的回答都是「化石」。課本中的主要概念(化石是生物演化的證據)和相關內容，常是王老師教學的主要內容，很可能成為他們辨識閱讀資訊是否為重要的依據。這些重要的資訊較容易儲存在學生的記憶中。

相對地，課本中鮮少強調科學本質的概念，儘管明示版的文本以關鍵概念強調科學本質概念的重要性。但是，這些概念與課本的內容知識不甚相關，倘若教師的教學未強調這些科學本質概念，學生仍容易忽略它們。從訪談結果發現幾乎所有學生表示他們「看得懂這些科學本質概念」。但是，從研究結果顯示，他們被改變的科學本質觀仍然有限。顯然，主要以學生小組討論，而非教師主導討論科學本質問題，可能較難讓學生真正地利用文本資訊進行反思，「理解」科學本質概念。換句話說，學生「看得懂」和「理解」科學本質之間仍有一段差距。

(二)低成就學生認為有些科學本質的討論問題較難、文本的認知負荷量較大、以及習慣短篇幅的文本，以致他們難以參與小組討論

研究者讓明示組和暗示組學生審閱兩種文本的編排。不少學生喜歡明示版文本的理由是「它會將幾個段落的原版內容整合成一頁」(05082007-Implicit L1, H2, M2-Inv)。然而，有5位學生(4位是低成就學生)表示「這種(暗示版)比明示版容易閱讀。因為這種文本是網頁中擷取的文本區塊，每一個區塊只有一、兩個段落的文字，內容較少，加上彩色背景，閱讀起來較有成就感」(05082007-Implicit L1, L3)。由此可知，長篇內容對低成就學生有較大的認知負荷，甚至使他們較難參與小組討論。

明示組中某些中、低成就的學生則認為「有關科學本質的討論題目對我而言較困難」(05082007-Explicit L2, M1-Inv)。研究者從課室觀察中亦發現，「小組討論時有些低成就的學生尚未能分辨討論問題(例如現象和推論之關係)，亟需教師的協助」(05012007_fieldnote)。尤其，明示版文本已利用時間序列和圖表標示演化理論受當時各學說的影響。但是，部分低成就學生反映「這個文本(明示版)對拉馬克和達爾文演化理論的發展，內容太長、太複雜了」(05082007-Explicit L1-Inv)，甚至「我還是不瞭解人口理論和演化理論到底有何關係」(05082007-Explicit L2-Inv)。由此可見，對低成就的學生而言，明示版文本的知識負荷量較大，他們無法單純地從文章結構或表格的閱讀中獲得理解，需要教師重點的提示與說明。從圖4可看出使用文本的兩組低成就學生，其學業成就的平均值似乎較控制組的低成就學生低。而且，使用文本篇幅較長的明示組又低於使用文本篇幅較短的暗示組($M_{低_明示}$ = 47.39, SD = 4.79; $M_{低_暗示}$ = 53.30, SD

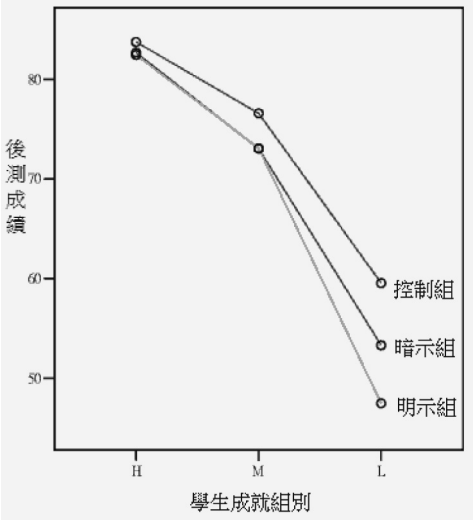

圖4：高、中、低成就學生在三種教學策略下學習成就後測的平均值分布圖

= 4.29; $M_{低_控制}$ = 59.55, *SD* = 4.57)。相較之下，中、高成就的學生似乎較不受文本篇幅長短的差異影響他們的學業成就。

訪談學生的結果發現一些學生閱讀文本的習慣是直接閱讀主文內容，鮮少注意到標題、文本結構、以及關鍵概念與文本之間的關係。學生不良的閱讀習慣也可能是明示版文本的成效未能有效發揮的原因之一，以致兩種文本的學習成效相似。由此可知，閱讀文本前，教師需先指導學生閱讀的策略。王老師反映：「在這次教學中，對於如何促進學生科學閱讀理解能力，我沒有關心或接觸過相關的教學策略」(05202007-T-Inv)。長久以來，閱讀科學教科書被視為是學生自己的事，未受到科學教育所重視。豈知不少學生可能未能透過閱讀理解科學，教師亦未曾學過如何教導學生閱讀科學文本。

伍、結論與建議

雖然不少科教學者呼籲應發展科學本質的教材，以提升學生對科學本質的認識 (Hipkins, Barker, & Bolstad, 2005; Lederman, 2006)。但是，目前發展科學本質教材的相關研究仍相當稀少。本研究探討兩種科學本質文本的學習融入教學對學生科學學習的影響。根據上述的研究結果，提出以下的結論和建議。

一、結論

(一)明示和暗示科學本質文本的學習活動在提升學生科學本質理解的成效相似；和一般教學比起來，他們更能有效促進學生瞭解參考文獻、提出證據和解釋等為形成科學知識的要素

研究結果發現使用文本的兩組學生均較控制組能瞭解如何確認科學知識，並認知到參考文獻或科學社群互動為形成科學知識的要素之一。並且，當學生面對專家所提出的說法時，這兩組學生也較會利用證據、解釋或驗證的方式作為判斷的標準。換言之，學生經由科學文本的閱讀後，能將科學的判斷應用於日常生活中。本研究結果也呼應Lederman與O'Malley (1990)的研究結果，科學本質的概念在學生日常生活的決定上扮演著重要角色。這方面的成效較難在傳統科學教學中達成。因此，教師值得運用科學文本的閱讀活動，增進學生科學本質的理解。

本研究中明示組和暗示組在科學本質的學習成效頗為一致，這可能是兩種版本均包含相同的科學史資料，也就是均呈現證據和實驗驗證科學想法的重要性，以及達爾文受到不同科學家想法的影響。對學生而言，科學史資料呈現「想法與證據」，可能已清楚地幫助學生理解某些科學本質的概念，無須明示這些概念。這也是英國課程委員會將「想法與證據」納入課程的理由 (Taber, 2008)。另外，明示組缺乏教師引導閱讀與小組討論，可能也是明示版本無法比暗示版本有效幫助學生學習的另一個因素。此因素將於後詳細討論。

雖然本研究與先前研究(林陳涌等，2009；Lin et al., 2010)結果一致，科學史教學有助於提升學生科學本質的理解。但是，本研究更進一步地發現科學文本表徵科學本質的概念可能有其限制性。除了上述指出兩實驗組與控制組在科學本質學習成效的差異外，研究結果還發現一般教材教學後，控制組學生在想像力的議題上顯著地傾向當代科學本質觀，而明示和暗示兩組卻不顯著。顯然，本研究的文本在傳達想像力在科學上的運用效果不及影片動畫方式有效。

(二)科學史文本的閱讀活動不僅可促進學生科學本質的理解，還可和個案教師的一般教學一樣提升學生學業成就和對科學的態度

研究結果發現使用文本的兩個實驗組和一般教學的控制組均能有效提升對科學的態度，三組間提升的成效沒有顯著差異。此結果與先前科學史融入教學的研究結果有所不同(林陳涌等，2009；Lin et al., 2010)。先前研究顯示科學史融入教學比傳統教學更能提升學生對科學的態度。其間的差異在於個案教師並非如僅採用傳統講述式教學，而會善用教學影片和設計學習單協助學生學習。再者，先前研究是由教師主導討論的科學史教學，而本研究乃以學生閱讀為主的科學史學習活動。以學生學習為主的閱讀活動融入科學教學(明示和暗示組)，能和以教師主導的科學教學(控制組)同樣地提升學生對科學的態度，代表學生對於閱讀活動融入教學是感興趣的，值得鼓勵教師在課堂中實施。

在學業成就方面，使用文本的兩組和控制組均能有效提升學生的學業成就，並且三組間提升的成效沒有顯著差異。先前融入科學史教學的研究也有類似的結果(林陳涌等，2009；Lin et al., 2010)。然而，以學生閱讀和討論為主的明示組，能與教師教學為主的控制組(教師教學機會較多)獲得相似的學業成就，代表文本有助於促進高、中成就學生解抽象的演化概念(圖4)。然而，文本閱讀活動對低成就學生的學習可能較有限。

(三)在缺乏教師引導的閱讀活動中，學生較關注與教科書有關的內容知識，忽略明示版中科學本質的概念，造成科學本質的學習成效受限

由於學生的閱讀活動缺乏教師的介入引導、強調科學本質的概念與文本的連結性；加上文本包含許多科學內容知識的資訊，使得學生將文本當成促進他們理解教科書內容的補充教材，關注的仍是內容知識的部分。這顯示出學生學習主要仍依據教師的教學和教科書的內容。雖然學生表示閱讀明示版文本後，他們看得懂關鍵概念的意義，小組討論後可能還是沒有深刻地理解，以致學生的科學本質觀的改變仍相當有限。這結果與Tao (2003)的研究結果一致。Tao發現學生的小組討論可能只是增強他們原來的科學本質觀或發展另有的觀點，而非教師所預期的科學本質觀。Clough (2006)認為學生的科學本質觀不易改變，需要課程中的科學情境，幫助學生理解科學知識發展的歷程。雖然科學史文本已提供富有歷史和探究過程的科學情境，但是一般學生因科學素養不足，較難辨識出在情境中科學本質的意涵，亟需教師介入引導，才容易達到明示科學本質教學的成效。

(四)明示版長篇幅的文本可能造成低成就學生的認知負荷，影響其學業成就

對低成就的學生而言，明示版文本的內容認知負荷量較大，部分討論的問題較難，以致低成就學生在參與小組討論時參與度低。雖然文本比教科書說明詳細，學生較易理解抽象的概念。但是，低成就的學生仍需教師和討論問題的引導，得以連結各概念之間的關係。另外，訪談得知大多數低成就學生喜歡閱讀暗示版中有顏色為背景的短篇文本，因其可提升他們閱讀的成就感。低成就學生對兩種文本的感受似乎也與他們在學業成就的表現上一致(參考圖4)。這結果值得教材發展者未來在設計閱讀文本時納入考量。

二、建議

(一)教科書中應增加科學家形成知識歷程之科學史文本，或教師應善用此類文本，促進學生科學學習；文本的長度最好以中、短篇為宜

研究結果顯示一般科學史的文本(即暗示版文本)，在促進學生科學本質的理解上已具相當的成效。因此，我們建議教科書發展者在教材中應多設計科學史文本，提供教師可利用課堂上進行閱讀和討論活動。在教科書尚未增修前，教師亦可配合特定的教學目標，搜尋合適的科學史文本，利用附錄一檢核或改寫資料，以增進學生科學本質和內容知識的理解。教師也可將文本閱讀作為課後學習的作業，將討論活動留在課堂上進行，以爭取時間與學生深入討論文本資料中所內含的科學本質概念。

為了顧及低成就學生的學習，我們建議教材發展者應在教科書中增加中篇和短篇幅的科學史文本，並善用彩色背景區隔文本，在視覺上減輕閱讀的負擔，以促進他們發展科學閱讀能力。

(二)教材發展者應發展教學指引，協助教師如何運用文本教導內涵的科學本質概念，以及如何指導學生科學閱讀

本研究結果啟示我們科學本質的教材雖然有助於提升學生各方面的學習成效，但仍有進步的空間，需教師介入教學補足。然而，善用文本資料、引導學生反思相關的科學本質問題，則需要教師具備科學本質的知識和教學知識。本研究基於研究設計的限制，未提供個案教師這方面的支持。但是，在科學本質教師手冊的研究發現，在手冊中提供科學本質的討論問題、支持教師科學本質學科知識與教學知識的教學指引、以及清楚標示學習活動／情境中與科學本質概念的相關性等方式，的確有助於教師成功地進行科學本質教學(Lin, Lieu, Chen, Huang, & Chang, 2012)。另外，部分學生缺乏正確的閱讀策略，可能亦是讓明示版文本無法發揮功效的因素之一。因此，建議未來教材發展者發展閱讀文本教材時，亦應搭配教師手冊的設計，提供教師學習明示科學本質教學的相關知識、文本內容(如標題、圖表、排版的設計等)與科學本質關鍵概念的關連性，並指導閱讀文本的策略。

誌謝

本研究的完成要感謝國科會專題研究計畫的經費補助(NSC 95-2522-S-003-015-MY3, NSC 98-2628-S-003-001-MY3)，審稿委員的詳細審閱與建議，以及兩位專家審查文本和3C課程區塊計畫助理曹雅雯、江香樺小姐資料分析的協助。

參考文獻

1. 呂紹海、巫俊明(2008)。國小「自然與生活科技」教科書中科學史內容之分析。**新竹教育大學教育學報**，**25**(2)，1-31。
2. 林世娟、何小曼(2002)。國小學童「科學態度」及「對科學的態度」之研究——以植物的生長教學活動為例。**國立臺北師範學院學報(數理科技教育類)**，**15**，157-196。
3. 林陳涌、鄭榮輝、張永達(2009)。融入科學史教學對高中學生的科學本質觀、對科學的態度以及學習成就的影響。**科學教育學刊**，**17**(2)，93-109。
4. 林煥祥編(2008)。**臺灣參加PISA 2006成**

果報告。花蓮市：國立花蓮教育大學。

5. 教育部(2010年12月7日)。**我國參與國際學生能力評量計畫(PISA)2009結果**。查詢日期：2011年2月20日，檢自http://www.edu.tw/news.aspx?news_sn=4113。
6. 陳雅玲(2011)。**影響國小學童科學閱讀理解能力因素之研究**。未出版之碩士論文，國立屏東教育大學數理教育研究所，屏東市。
7. 陳麗鴻(2005)。**科學史融入國小自然科教學對學生學習成效的影響之研究——以電磁鐵為例**。未出版之碩士論文，國立高雄師範大學物理學系，高雄市。
8. 歐美伶(2010)。**國中生科普讀物閱讀行為之研究**。未出版之碩士論文，國立臺灣師範大學圖書資訊學研究所，臺北市。
9. 潘菁瑩(2010)。**國中自然與生活科技教科書中科學史內容分析之研究**。未出版之碩士論文，國立新竹教育大學數理教育研究所，新竹市。
10. 劉聖忠(2008)。臺灣學生科學素養的表現。收錄於林煥祥(編著)，**臺灣參加PISA 2006成果報告**(頁44-129)。花蓮市：國立花蓮教育大學。
11. Abd-El-Khalick, F., & BouJaoude, S. (1997). An exploratory study of the knowledge base for science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, *34*(7), 673-699.
12. Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000). The influence of history of science courses on students' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, *37*(10), 1057-1095.
13. Abd-El-Khalick, F., Waters, M., & Le, A.-P. (2008). Representations of nature of science in high school chemistry textbooks over the past four decades. *Journal of Research in Science Teaching*, *45*(7), 835-855.
14. Arons, A. B. (1989). Historical and philosophical perspectives attainable in introductory physics courses. *Educational Philosophy and Theory*, *20*(2), 13-23.
15. Blackwell, W. H., Powell, M. J., & Dukes, G. H. (2003). The problem of student acceptance of evolution. *Journal of Biological Education*, *37*(2), 58-67.
16. Chen, S. (2006). Development of an instrument to assess views on nature of science and attitudes toward teaching science. *Science Education*, *90*(5), 803-819.
17. Clough, M. P. (2006). Learners' responses to the demands of conceptual change: Considerations for effective nature of science instruction. *Science & Education*, *15*(5), 463-494.
18. Clough, M. P., & Olson, J. K. (2008). Teaching and assessing the nature of science: An introduction. *Science & Education*, *17*(2-3), 143-145.
19. Cook, M. P. (2006). Visual representations in science education: The influence of prior knowledge and cognitive load theory on instructional design principles. *Science Education*, *90*(6), 1073-1091.
20. Department for Education and Employment, & Qualifications and Curriculum Authority. (1999). *The National Curriculum for England. Science: Key Stages 1-4*. London: Author.
21. Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Bristol, PA: Open University Press.

22. Duke, N. K. (2004). The case for informational text. *Educational Leadership*, *61*(6), 40-44.
23. Englert, C. S., Raphael, T. E., Fear, K. L., & Anderson, L. M. (1988). Students' metacognitive knowledge about how to write informational texts. *Learning Disability Quarterly*, *11*(1), 18-46.
24. Ford, D. J. (2006). Representations of science within children's trade books. *Journal of Research in Science Teaching*, *43*(2), 214-235.
25. Fountas, I. C., & Pinnell, G. S. (2006). *Teaching for comprehending and fluency: Thinking, talking, and writing about reading, K-8*. Portsmouth, NH: Heinemann.
26. Germann, P. J. (1988). Development of the attitude toward science in school assessment and its use to investigate the relationship between science achievement and attitude toward science in school. *Journal of Research in Science Teaching*, *25*(8), 689-703.
27. Hartley, J. (2003) Designing instructional and informational text. In D. H. Jonassen (Ed.), *Handbook of research for educational communications and technology* (2nd ed., pp. 917-947). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
28. Hipkins, R., Barker, M., & Bolstad, R. (2005). Teaching the "nature of science": Modest adaptations or radical reconceptions? *International Journal of Science Education*, *27*(2), 243-254.
29. Irez, S. (2008). Nature of science as depicted in Turkish biology textbooks. *Science Education*, *93*(3), 422-447.
30. Irwin, A. R. (2000). Historical case studies: Teaching the nature of science in context. *Science Education*, *84*(1), 5-26.
31. Khishfe, R., & Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, *39*(7), 551-578.
32. Lederman, N. G. (2006). Research on nature of science: Reflections on the past, anticipations of the future. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, *7*(1). Retrieved May 23, 2009, from http://www.ied.edu.hk/apfslt/v7_issue1/foreword/index.htm
33. Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, *39*(6), 497-521.
34. Lederman, N. G., & O'Malley, M. (1990). Students' perceptions of tentativeness in science: Development, use, and sources of change. *Science Education*, *74*(2), 225-239.
35. Leite, L. (2002). History of science in science education: Development and validation of a checklist for analyzing the historical content of science textbooks. *Science & Education*, *11*(4), 333-359.
36. Lin, C.-Y., Cheng, J.-H., & Chang, W.-H. (2010). Making science vivid: Using a historical episodes map. *International Journal of Science Education*, *32*(18), 2521-2531.
37. Lin, H.-S., & Chen, C.-C. (2002). Promot-

ing preservice chemistry teachers' understanding about the nature of science through history. *Journal of Research in Science Teaching*, *39*(9), 773-792.

38. Lin, S.-F., Lieu, S.-C., Chen, S., Huang, M.-T., & Chang, W.-H. (2012). Affording explicit-reflective science teaching by using an educative teachers' guide. *International Journal of Science Education*, *34*(7), 999-1026.
39. Maatta, D., Dobb, F., & Ostlund, K. (2006). Strategies for teaching science to English learners. In A. K. Fathman & D. T. Crowther (Eds.), *Science for English language learners: K-12 classroom strategies* (pp. 37-60). Arlington, VA: National Science Teachers Association.
40. Matthews, M. R. (1994). *Science teaching: The role of history and philosophy of science*. New York: Routledge.
41. Meichtry, Y. J. (1992). Influencing student understanding of the nature of science: Data from a case of curriculum development. *Journal of Research in Science Teaching*, *29*(4), 389-407.
42. Mellado, V. (1997). Preservice teachers' classroom practice and their conceptions of the nature of science. *Science & Education*, *6*(4), 331-354.
43. Monk, M., & Osborne, J. (1997). Placing the history and philosophy of science on the curriculum: A model for the development of pedagogy. *Science Education*, *81*(4), 405-424.
44. National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
45. Nelson, C. E., Nickels, M. K., & Beard, J. (1998). The nature of science as a foundation for teaching science: Evolution as a case study. In W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies* (pp. 315-328). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic.
46. Osborne, J., & Ratcliffe, M. (2002). Developing effective methods of assessing ideas and evidence. *School Science Review*, *83*(305), 113-123.
47. Ruddell, R. B., & Unrau, N. J. (1994). Reading as a meaning-construction process: the reader, the text, and the teacher. In R. B. Ruddell, M. R. Ruddell, & H. Singer (Eds.), *Theoretical models and processes of reading* (pp. 996-1056). Newark, DE: International Reading Association.
48. Rudolph, J. L., & Stewart, J. (1998). Evolution and the nature of science: On the historical discord and its implications for education. *Journal of Research in Science Teaching*, *35*(10), 1069-1089.
49. Sadoski, M., Goetz, E. T., & Rodriguez, M. (2000). Engaging texts: Effects of concreteness on comprehensibility, interest, and recall in four text types. *Journal of Educational Psychology*, *92*(1), 85-95.
50. Scharmann, L. C., & Harris, W. M., Jr. (1992). Teaching evolution: Understanding and applying the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, *29*(4), 375-388.
51. Schwartz, R. S., Lederman, N. G., & Crawford, B. A. (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap

07-林淑楞.indd 388 2012/9/5 上午 11:29:44

between nature of science and scientific inquiry. *Science Education*, *88*(4), 610-645.

52. Smith, M. U., & Scharmann, L. C. (1999). Defining versus describing the nature of science: A pragmatic analysis for classroom teachers and science educators. *Science Education*, *83*(4), 493-509.
53. Stinner, A. (1995). Contextual settings, science stories, and large context problems: Toward a more humanistic science education. *Science Education*, *79*(5), 555-581.
54. Taber, K. S. (2008). Towards a curricular model of the nature of science. *Science & Education*, *17*(2-3), 179-218.
55. Tao, P.-K. (2003). Eliciting and developing junior secondary students' understanding of the nature of science through a peer collaboration instruction in science stories. *International Journal of Science Education*, *25*(2), 147-171.
56. Unsworth, L. (2006, December). *Images and image/text relations in students' reading of multimodal school science texts*. Paper presented at the Annual Conference of the Association in Science Education. Taipei, Taiwan.
57. Van Dijk, T. A., & Kintsch, W. (1983). *Strategies of discourse comprehension*. New York: Academic Press.
58. Yore, L. D., Bisanz, G. L., & Hand, B. M. (2003). Examining the literacy component of science literacy: 25 years of language arts and science research. *International Journal of Science Education*, *25*(6), 689-725.
59. Yore, L. D., Shymansky, J. A., Henriques, J., Chidsey, J. L., & Lewis, J. O. (1997, January). *Reading-to-learn and writing-to-learn science activities for the elementary school classroom*. Paper presented at the Annual International Conference of the Association for the Education of Teachers in Science. Cincinnati, OH. (Eric Document Reproduction Service No. ED 405 200)

附錄一：科學文本撰寫檢核表

目標	項目	Yes	No	意見欄
明顯呈現出學習目標的關鍵概念*	1. 關鍵概念是文本內容的主要觀點。	□	□	
	2. 關鍵概念能展現在標題上。	□	□	
	3. 文本中的標題與次標題合宜。	□	□	
	4. 文本內容所傳達的概念組織完整。	□	□	
	5. 文本中概念組織編排順序合宜。	□	□	
	6. 文本內容能協助學生相關概念的發展。	□	□	
注重科學學習的要項	7. 文本內容資料正確。	□	□	
	8. 文本內容對有能力的學生具挑戰性。	□	□	
	9. 文本內容對能力較差的學生也合宜。	□	□	
	10. 文本內容善用科學用語，包括字彙與句型。	□	□	
	11. 文本中的問題合宜。	□	□	
	12. 文本內容能提供學生邏輯思考。	□	□	
	13. 文本內容能提供學生反思科學的本質。	□	□	
	14. 文本內容能提供學生科學解釋的模式。	□	□	
	15. 文本內容能提供學生瞭解科學的判準。	□	□	
	16. 文本內容能提供學生學習科學用語的機會。	□	□	
	17. 文本中字彙、片語、句子與符號或公式的描述相符合。	□	□	
	18. 文本與教材相關，可成為教材的擴展，如教學的補充教材或課後參考。	□	□	
留意文本與圖、表的撰寫	19. 文本中圖、表描述正確得宜。	□	□	
	20. 圖、表可提供文本敘述一致性、彌補性、或增強性的功能。	□	□	
	21. 文字編寫具吸引力。	□	□	
	22. 文字編校正確無誤、語句、詞彙編寫流暢可讀。	□	□	
	23. 圖、表呈現位置與內文相近。	□	□	
	24. 版面編排適切美觀。	□	□	

註：*「關鍵概念」意指採用科學文本為教材所欲達到的學習目標。以本研究為例，此文本的學習目標為瞭解演化理論的形成過程。

附錄二：演化單元文本之科學本質內涵檢核表

目標	項目	Yes	No	意見欄
演化理論的形成過程	1. 文本內容能傳達科學知識的暫時性。	□	□	
	2. 文本內容能傳達出科學知識是基於證據所發展的。	□	□	
	3. 文本內容能傳達科學的方法。	□	□	
	4. 文本內容能傳達科學的可驗證性。	□	□	
	5. 文本內容能傳達觀察的重要性。	□	□	
	6. 文本內容能傳達科學知識受其他觀點所影響。	□	□	
	7. 文本內容能傳達科學知識具有個人創造性。	□	□	
	8. 文本內容能傳達理論與定律的特質。	□	□	

綜合評論與建議：

07-林淑楞.indd 391 2012/9/5 上午 11:29:44

科學教育學刊
2012, 第二十卷第四期, 367-392

Chinese Journal of Science Education
2012, 20(4), 367-392

The Learning Effect of Using Different Science Texts Regarding Nature of Science (Explicit or Implicit) in the Unit of Evolution for the 7th Graders

Shu-Fen Lin[1,*], Chen-Chen Yeh[2], Wen-Hua Chang[3] and Sufen Chen[4]

[1]Graduate Institute of Science Education, National Changhua University of Education
[2]Sansia Junior High School, New Taipei City
[3]Graduate Institute of Science Education, National Taiwan Normal University
[4]Graduate Institute of Digital Learning and Education, National Taiwan University of Science and Technology

Abstract

The purpose of this study was to investigate the learning effect of using the explicit and the implicit Nature Of Science (NOS) texts as a reading activity for improvement of students' understanding of NOS, academic achievement, and attitudes toward science. One teacher used 3 kinds of teaching strategies (reading an explicit NOS text with group discussion, integrating the implicit NOS text reading activity into the general teaching, general teaching) to 3 similar classes (105 students) in the unit of evolution. Multiple data resources included students' responses of the Views On Science and Education (VOSE) questionnaire, an open-ended questionnaire, the Attitude Toward Science in School Assessment (ATSSA) questionnaire, and an academic test regarding evolution, and students' semi-structured interviews. Quantitative analysis methods included *t*-test and analysis of covariance. Qualitative data were coded and analyzed through descriptive statistics and chi-square test. It was found that the two experimental groups using the texts had more understanding than the control group on the issues of validation of scientific knowledge and on the importance of references on the process of knowledge formation. Moreover, the two experimental groups were able to use evidence, explanation or verification to judge the diverse theories derived from experts better than the control group. However, their views on the issues of scientific method, imagination, and subjectivity were changed little. By contrast, the control group's views might be influenced by watching an evolution video tape to make significant change on the issue of imagination. Three groups had significant improvement on academic achievement, and attitudes toward science. However, the NOS learning effect of reading explicit NOS texts is limited, because students' concern on textbook-related knowledge was more than on the NOS concepts and low achievers perceived that some discussion questions were difficult and preferred short texts to long texts.

Key words: Scientific Text, Nature of Science, Evolution, Reading

* Corresponding author: Shu-Fen Lin

07-林淑楞.indd 392 2012/9/5 上午 11:29:44