

運用 PISA 科學素養評量架構探討 國中生物教科書中問題的特徵

仰威融 林淑榜

本研究旨在利用 PISA 2015 科學素養評量架構中情境、知識和能力三部分，探討我國三個版本國中生物教科書問題具有的特徵，並比較三個版本之間的差異。內容分析的結果顯示三個版本九成以上的問題在培養「解釋科學現象」的能力，而在「評估與設計科學探究」和「詮釋科學數據和舉證」能力的問題相對稀少。在知識部分，「內容知識」題目接近九成，而「程序性知識」和「認識論知識」的問題相對稀少。教科書中近七成的問題屬於去情境，主要分布於單元末的評量。個人化情境問題僅占一至兩成，地區和全球情境的問題則十分罕見。此結果顯示出教科書以傳輸、理解和驗證內容知識為主要的教育目的。建議未來生物教科書減少應用內容知識的問題，多設計情境問題，應用各種知識和發展全面的科學能力。

關鍵詞：內容分析、科學素養、教科書問題、PISA

收件：2019年7月3日；修改：2019年12月19日；接受：2020年3月20日

Features of Grade 7 Biology Textbook Questions Explored Using the Framework for PISA Scientific Literacy Assessment

Wei-Rong Yang Shu-Fen Lin

This study used the framework for Programme for International Student Assessment (PISA) 2015 scientific literacy assessment, which analyzed parts of context, knowledge, and competence in each textbook question to investigate the features of questions in the seventh-grade biology textbooks and compare the differences among the three textbook versions. The results indicated that more than 90% of the textbook questions in all three versions assessed the competence of explaining scientific phenomena; however, few assessed the competences of evaluating and designing scientific enquiry and interpreting data and evidence scientifically. Moreover, approximately 90% of the questions in all three versions were designed to test students' content knowledge, and only a few tested their procedural and epistemic knowledge. Decontextualized questions accounted for 70% and mainly appeared in the assessment sections. The questions with personal context accounted for merely 10%-20%, and those with local and global contexts were rare. The results revealed that the main purposes of these textbooks were transmission, understanding, and verification of content knowledge rather than development of scientific competences. Textbook developers should design fewer questions requiring application of content knowledge, and instead, design more contextualized questions that make learners apply diverse knowledge and develop multiple competences.

Keywords: content analysis, scientific literacy, textbook questions, PISA

Received: July 3, 2019; Revised: December 19, 2019; Accepted: March 20, 2020

Wei-Rong Yang, Master, Graduate Institute of Science Education, National Changhua University of Education.

Shu-Fen Lin, Associate Professor, Graduate Institute of Science Education, National Changhua University of Education, E-mail: sflin@cc.ncue.edu.tw

壹、前言

教科書常被視為傳達正式課程的教育媒介，尤其在課程改革之際，課程改革者更期待教科書能傳達出課程改革的精神，以影響教師的教學與學生學習的內涵和方式（Van Den Akker, 1998）。雖然鼓勵教師自行發展課程，但一直以來教科書對國內外數理教師教學與學生的學習仍相當重要（楊德清、鄭婷芸，2015；劉昭宏、郭重吉，1995；McDonald, 2016）。其中，教科書問題常傳達出學習此學科有價值的知識，以及學習和此學科有關的事物（Mishra, 2015）。因此，教科書問題可以有效提升師生對於課程內容的關注。設計良好的問題除了可檢視與評量學生所學之外，更可以讓學生聚焦於學習目標之上（賴麗珍譯，2016；Lustick, 2010）。而且，相較於歐美國家，我國教科書篇幅十分有限，在此現實狀況下，教科書的問題將影響學生學習有價值的知識或能力（Mishra, 2015），也是激發學生好奇心，以進行探索、推理思考、批判舉證等探究能力培養的引擎（Lustick, 2010）。因此，分析教科書問題可檢視教材發展者提供哪些學習機會，培養學生此學科重要的知識與能力。分析結果可提供教材發展者和教師修改教材和教學內容，補強教材缺乏的學習機會，使學生的知識和能力得以均衡發展。

不論是九年一貫自然與生活科技領域課程綱要，或是十二年國教自然科學領綱，均以培養學生具備基本的科學知識，以及探究與實作的能力，以建構未來公民的科學素養為當代科學課程的目標之一。這些目標與國際上經濟合作發展組織（Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD）所舉辦的國際學生評量（Programme for International Student Assessment, PISA）中評量學生對科學知識的應用，以及展現有探究能力的科學素養目標一致。

PISA 2015 科學素養評量架構為 OECD（2013）為了發展試題，評測

15 歲學生科學素養所建置，以發展試題情境，以評量學生應用科學知識和抱持的科學態度，而展現出來的科學能力。此架構與我國十二年國教自然科學領域課程綱要中，以核心概念的學習內容和科學探究能力的學習表現，作為培養科學素養的課程架構十分相似。而且，PISA 旨在評量學生在各種生活情境中應用科學知識的能力。此目標與九年一貫課程期望培育學生帶著走的能力一致。因此，利用 PISA 科學素養評量架構分析我國生物教科書在培養學生科學能力的問題，比較三個版本的差異，可系統化地了解目前我國教科書中問題的特徵，檢驗教科書在引導教師教學與學生學習的方向上是否有所偏頗，而影響教育目標的達成。雖然 PISA 科學問題旨在評量學生應用科學知識的能力，屬於總結性評量，而教科書中的科學問題具有引起學生學習動機、引導學生學習、評量學生學習結果等不同的教育功能。著重於引導學習的功能而非評量功能。但是，PISA 評量架構的目標與教科書的教育目標一致，仍值得參考使用。

在學術上，此研究具有示範的價值，可供教育研究者分析其他科學學科的教科書；在實務上，具有應用的價值，教材發展者可參考缺漏的特徵，作為修改教科書的依據，並學習某些版本展現優點特徵的設計；教科書審查者亦可參考這些特徵是否出現在新教科書中，提供修改的建議；教師亦可留意不同版本的差異，作為選擇教科書和調整教學內容的參考。因此，本研究目的乃藉由 PISA 2015 的科學素養評量架構，發展出分析類目表，比較我國三個不同版本國中七年級生物教科書中的科學問題，給予學生展現知識和能力的機會有何差異。因此，本研究的待答問題如下：

一、依據 PISA 科學素養評量架構，檢視三個版本的國中生物教科書中有多少比例的科學問題在培養學生的科學能力（含面向、項目）？呈現出什麼共同特徵？有何明顯差異？

二、依據 PISA 科學素養評量架構，檢視三個版本的國中生物教科書中有多少比例的科學問題應用科學知識（含面向、項目）？呈現出

什麼共同特徵？有何明顯差異？

三、依據 PISA 科學素養評量架構，檢視三個版本的國中生物教科書中的科學問題有不同類型情境與去情境的比例為何？呈現出什麼共同特徵？有何明顯差異？

貳、文獻探討

一、科學素養的評量架構

科學素養為生活在現代科技社會中不可或缺的知識與能力（competences），也是許多國家科學教育的主要目標。目前國際上最重要評量科學素養的測驗為 OECD 所籌劃的 PISA。PISA 科學素養的評量建立在與學生生活的世界息息相關的情境之中，這些概念包含科學在日常生活、健康、環境和科技方面的應用（OECD, 2013）。

PISA 重視知識與生活情境相互連結，所以試題呈現著重於情境化以及生活化，期望試題情境營造為符合學生生活環境，藉此來檢視學生是否有能力在生活中應用所學。受試學生需要能夠靈活運用資訊理解、統整歸納、邏輯分析與推理預測等能力，才能正確回答出情境中的問題。PISA 2015 的科學素養是依據與生活相關的「情境」（contexts）中，學生運用自身具有的科學「知識」（knowledge）和科學「態度」（attitudes），所展現出來的「能力」。運用這四個相互關聯的部分發展評量題目，各個部分所包含的面向與四者之間的關係如圖 1 所示。其中「態度」屬於情意面向，對科學「能力」展現的影響較小，但是科學「知識」對科學「能力」的展現影響較大。因此，本研究所關注的科學素養評量架構主要著重於「情境」、「知識」和「能力」三個部分。各部分詳細內涵如下：

（一）情境：PISA 2015 的試題融入了各種不同的生活情境，分為個人情境、地區／國家情境和全球情境三類。例如，在健康方面的個人情境可能是健康維持的選擇；環境方面的地區情境可能有垃圾控制的處

理；災害方面所出現的全球情境可能是氣候變遷所遭遇的困境等。

(二) 科學能力：科學素養應被視為在科學領域中普遍存在的社會認知與實踐的綜合表徵，這些科學能力應當可透過各種行為而觀察得到。故 PISA 2015 的科學素養評量重視學生三種科學能力的表現，包括解釋科學現象、評估與設計科學探究，以及詮釋科學數據和舉證。各面向定義如下：

1. 解釋科學現象：針對自然與科技性現象做出確認、辨別、提供與評估解釋的能力。2. 評估與設計科學探究：描述與評估科學調查活動，並提出可解決問題的科學方法的能力。3. 詮釋科學數據和舉證：利用各種不同的表徵分析和評估科學數據、主張與論點，並產生合適結論的能力。

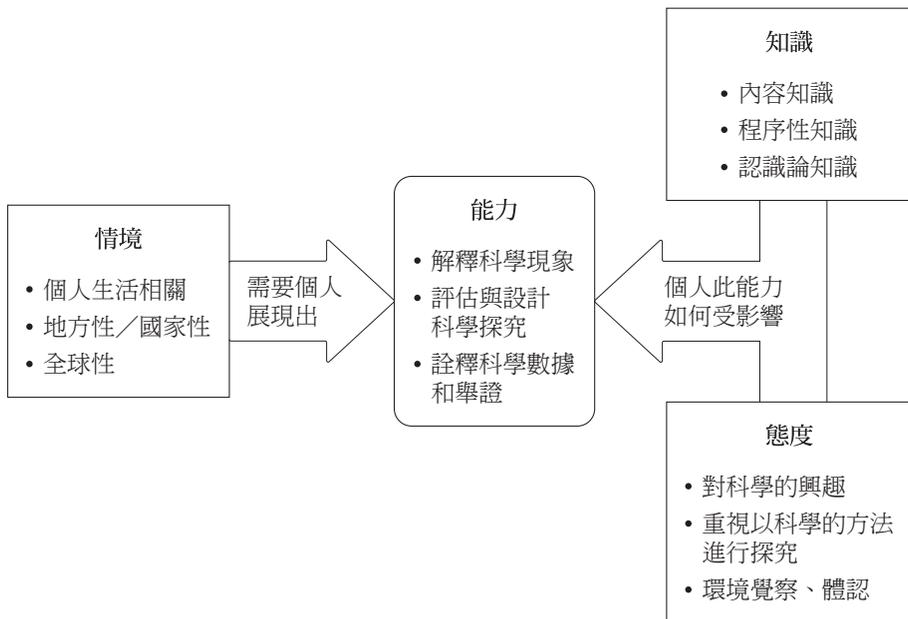


圖 1 PISA 2015 科學素養評量架構圖

資料來源：OECD (2013, p. 12)。

(三) 科學知識：學生展現科學能力時需要運用到三種不同類型的知識，包括內容知識、程序性知識與認識論知識。內容知識包含物質科學、生命科學、地球和太空系統的知識。程序性知識為科學家在科學探究中，為了取得有效數據的運作程序與過程中所採取的策略等知識，例如變因、測量、減少誤差的方法等。認識論知識包含科學特徵的定義與架構，以及判斷是由科學所產生知識的特徵與角色，例如合作與批判的角色，以及同儕審查如何幫助科學主張的可信度 (OECD, 2013)。

在十二年國教自然領綱中指出本領域的學習重點有三：

(一) 提供學生探究學習、問題解決的機會，並養成相關知能的科學探究能力；(二) 協助學生了解科學知識產生方式，養成應用科學思考與探究習慣的科學的態度與本質；(三) 引導學生學習科學知識的核心概念。(十二年國民基本教育課程綱要國民中小學暨普通型高級中等學校——自然科學領域，2018，頁 8)

這三個學習重點與 PISA 2015 科學素養評量架構中運用科學知識，以展現與科學探究的三種科學能力的理念一致。而且，PISA 2015 科學素養評量架構主要用來發展素養導向的試題，適合用來分析教科書中的問題，了解教材發展者主要發展學生哪些科學能力、運用哪些科學知識，是否提供有意義的情境，檢視教科書中科學問題的特徵。

二、教科書問題

教科書問題 (textbook questions) 常具有介紹主題、激發學習動機、複習內容和測驗練習的功能 (Davis & Hunkins, 1966)，因此，教師常利用教科書問題進行提問或發展其他問題。對課程發展者而言，教科書問題主要在傳達「什麼是此學科／領域有價值的知識」及「學習和此學科／領域有關的事物」之訊息 (Mishra, 2015)。也就是教科書問題可幫助教師設計教學活動和評量工具。因此，教科書問題在培養學生的核心素

養上扮演著重要角色。過去分析教科書問題的研究中，曾利用不同的分析架構進行分析。首先，大多數教科書問題利用 Bloom 認知領域六大教育目標，將問題分為知識、理解、應用、分析、綜合和評鑑認知需求的評量 (Davila & Talanquet, 2010; Davis & Hunkins, 1966)。然而，有學者認為六個認知需求的分類無法傳達問題具有認識論的意義或教學的影響力 (Mishra, 2015)。因此，有些研究者會依據其所關注教科書問題在學生學習或教師教學上的功能，建立問題的分析架構。第二，依據學科特質進行分類，例如，Mishra 在分析地理教科書中的問題時，針對地理學科的特質，發展出四種空間概念、三種推理過程，以及是否需表徵工具三大面向，將教科書問題分為 24 類 ($4 \times 3 \times 2$)，分別呈現各面向中各種問題所占的比例。第三，依據提供學生學習機會或引導教師進行活動來分類 (Elisenman & Wagner, 2007; Roberts, 1996)。這類的教科書問題常出現在學習活動，引導學生實作和思考。如 Roberts (1996) 將教科書問題分為引發師生「封閉式」、「鷹架式」或「協商式」對話三類。

「讓學生想要持續不斷地探究和理解科學現象是評估科學學習環境是否有效的面向」(National Research Council [NRC], 1996, p. 43)。^oLustick (2010) 認為教育工作者具有提出焦點問題 (focus question) 能力，將有助於培養學生進行科學探究和問題解決。因此，他透過文獻探討建立一個有助於科學教師發展和評鑑焦點問題的概念架構，建議教科書發展者在教科書中設計焦點問題。焦點問題以各種形式存在，包括在字典、百科全書、教科書中的問題、Google 問題及前瞻問題。其中，在教科書中存在焦點問題，不僅可教育學生，也可教育教師思索如何設計學習活動，發展學生的知識與能力。Lustick (2010) 將焦點問題依據 (與科學現象有關的) 內容、(與學生生活經驗有關的) 情境、(與課綱有關知識和能力的) 課程，和 (不同需求層級的) 認知四個面向，每個面向評定 0、1、2 分，建立焦點問題的品質。以下兩個問題可呈現 Lustick 如何依據此分析架構評定焦點問題：

問題 1：蜜蜂已經從許多州消失了，包括佛羅里達。蜜蜂在柑橘作物中的授粉扮演重要的角色。如果蜜蜂無法授粉柑橘花，將無法產生水果。柑橘樹社區農民擔心蜜蜂數量正快速地減少。為何蜜蜂會從我們的鄉鎮中消失呢？

問題 2：何謂授粉？（Lustick, 2010, p. 508）

Lustick（2010）認為問題 1 有豐富的內容（蜜蜂、植物、授粉、生態）、與課程相關（植物學、環境科學）、與情境相關（社區農民），且對中學生的認知合適（具體運思和形式運思期），可得到 7~8 分的總分。然而，問題 2 在內容、課程和認知面向都僅含一些，卻沒有情境，所以僅得到 3 分的總分。由這兩個問題案例可知，情境化的問題敘述，有助於學習者喚起大腦中的舊資訊，產生學習者與認知內容、課程、生活相關情境產生有意義的連結。這四個面向也顯示高品質的問題不僅著重與課程有關的學習，和高階思考能力的培養，也需考量學生有生活經驗的情境和現象，使學生能理解問題，吸引其進行探究。

Mishra（2015）分析印度高中兩個版本地理教科書每一章中的問題，研究發現教科書中大部分的問題是沒有使用工具的問題，以致教科書問題有利於傳達知識權威性的功能，幫助學習者將他們的知識與已發展好的去情境知識產生連結。然而，地理學科應該與社會科學學科有很強的關聯性，但是教科書中的問題卻不注重社會關係、社會認同和社會不平等議題。因此，Mishra（2015）建議教科書問題應提供認識論的知識給學生，讓他們有機會發展自己的學習。並且，教科書中應發展複雜的社會空間問題，以發展學生使用表徵工具（如地圖）和高階思考技能。

PISA 評量學生科學素養的試題主要以學生生活經驗有關的情境進行設計，評量學生應用三種科學知識，以展現三種科學能力。此架構不僅掌握教科書問題的內容、課程、情境的面向，而且也與十二年國教自然領綱所著重的學習內容與學習表現兩大主軸相關。可用來檢視目前教科書在提供我國學生學習機會，以培養科學素養的目標上是否有偏頗之

處。上述教科書問題的研究，大多以建立分析教科書問題的架構為主，鮮少系統化地比較教科書中的問題提供學生哪些知識、能力和情境的學習機會，本文似乎為第一個針對生物教科書問題進行系統化比較的研究。

三、生物科教科書內容研究回顧

近十幾年國內外有關生物教科書的研究大致可分為四大類，第一類為圖像及視覺表徵的研究：由於圖像等視覺表徵有助於學生理解生物學家所建立的概念，因此，此類研究在生物教科書研究中數量不少，包括檢視教科書中圖像功能及其與文本內容關係（如 Lemoni et al., 2011），學生對圖像的理解（如許美香，2019），比較不同國家教科書的圖像表徵（如 Ge et al., 2018），以及比較教科書與 PISA 科學素養評量中視覺表徵的差異（如 Anagnostopoulou et al., 2012）。第二類研究是針對教科書內容進行概念分析或迷思概念，例如，分析生物教科書中特定主題的科學概念與學習（如李明玲、溫嫻純，2017；黃靖惠等人，2012）。第三類研究為語句分析，如陳建立（2010）以漢文中關聯詞語衍生的因果類複句角度分析七年級自然科教科書文本。第四類分析生物教科書中科學教育重要觀點或意識型態的表達，例如，科學本質的表徵（呂紹海、巫俊明，2008），西方生物教科書對演化論與遺傳學的傳達（Skoog, 2005），以及道德觀的表達（Bazzul, 2015）等。綜合上述實徵性研究發現，國內外生物教科書研究中多半分析教科書中文本的圖像、概念、語句或生物教育重要觀點的內容，鮮少分析教科書中的科學問題。

由於生物教科書的內容大多以資料文本（informational text）居多，Smith 等人（2010）為了促進學生理解文本內容，在教科書中的文本增加 21 個「為什麼」的問題，成為「以問題為本（question-based）的閱讀策略」。研究結果顯示在教科書中增加問題，有助於學生反思先前所學和所閱讀的內容，精緻化他們對生物領域知識的理解。這似乎即在促進學生

「學科領域閱讀素養」(disciplinary literacy) (Bransford et al., 2000)，也就是教科書的問題，有助於學生投入於高度的心智活動，使教科書成爲學生與教科書知識產生「我—汝」的對話關係，促進學生與教科書互爲主體的交互關係(陳麗華，2008)。另外，教科書設計不僅需傳達領域專家的觀點，也需要支持學生中心的教學，關注到學生的認知和情意面向(陳麗華，2008)，促使教學中平衡「以學生爲中心」、「以知識爲中心」、「以社群爲中心」和「以評量爲中心」四個部分，以塑造成功的教育環境(唐淑華，2017；Bransford et al., 2000)。教科書中的問題便可在教學與學習中扮演平衡這四部分的關鍵角色。因此，研究當前教科書中問題的特徵是改進教科書的重要工作。

參、研究方法

一、研究設計與研究對象

內容分析法是教科書研究中最常見的研究方法。此方法以一套類目爲研究工具，藉由類目表來對明顯內容或是潛在內容進行編碼(呂紹海、巫俊明，2008；周珮儀、鄭明長，2008)。本研究採內容分析法，藉由 PISA 2015 科學素養評量架構發展分析類目表，對我國三個不同版本國中七年級生物教科書中科學問題進行分析與比較，以了解我國國中生物教科書中的科學問題在情境、科學能力和科學知識類別的分布特徵與差異，檢視教科書在培養學生生物領域素養的機會上是否有所偏頗。本研究中所提及的科學問題爲國中七年級生物單元中所出現的具有誘答性質之問題。其中，科學問題包括實驗活動中的「問題與討論」或示範實驗的「小活動」、課文中穿插的小區塊，如「頭腦體操」、「例題」、「知識補給站」、「想想看」、或生活情境有關的「問題解決」、每章最後補充的「科普閱讀」和「小試身手」提供學生自我評量的科學問題。

目前臺灣國中普遍選用三個出版商所編撰的教科書，本研究以 A、B、C 版匿名表示出版商。本研究選擇根據 2008 年國民中小學九年一貫課程綱要所編撰與審核通過，2016 年度出版的 7 年級上、下冊自然與生活科技領域課本，三個版本上、下冊，共六冊課本。然而，七年級自然與生活科技領域課本中除了生物領域外，還包含生活科技領域的單元，例如，B 版本上冊第七單元科技與文明、第八單元解決問題與資源運用，這些單元不列入分析範圍。因此，每一版本每一冊均有六個單元，共 36 單元的生物內容為研究對象。

二、研究資料編碼與分析

本研究教科書問題的編碼架構表，主要參考 PISA 2015 科學素養評量架構中科學能力（表 1）、科學知識（表 2）、情境（表 3）三個部分的項目所建立的。另外，在分析教科書後發現有些問題不容易歸類，則增列一些項目。例如某個問題的內含知識不屬於生物領域，因此在內容知識面向中增加「跨領域」的項目。另外，有些問題缺乏情境，因此在情境部分中增加「去情境」項目。

內容分析聚焦於教科書中的科學問題，以單獨有意義且具有誘答性的科學問題為一分析單位。若是出現題組形式的問題，也會將其細分為各個單位。進行分析時，會將原本題幹加上問題所設定的情境組合成該單位的情境。資料來源的編碼第一碼代表教科書版本和出版年，第二碼代表年級序和學期序（7a：7 年級上學期），第三碼為頁碼，第四碼為該頁問題序號。例如，B 版本其中一個「問題與討論」的問題如下：

1. 轉動複式顯微鏡的粗、細調節輪時，何者可使鏡筒與載物臺之間的距離有較明顯的變化？若使用複式顯微鏡時，視野呈現太亮或太暗的情形時，可調整顯微鏡的哪些部位，以得到適宜的視野亮度？（B 版 2016-7a-p28-q1~2）

此問題中有兩個問號存在，將分為兩個分析單位。但是，均保留原題組的問題情境（即活動目的）。表 4 呈現四個問題的分析，舉例說明每一個科學問題均依據三個分析架構表進行編碼。其中第一、二列即是實驗活動的兩個科學問題的編碼。以回答第一列問題為例，需運用呼吸運動的內容知識，以氣球模型類比人體各個呼吸器官，解釋人體的呼吸運動。因人體與個人有關，編碼為個人情境、內容知識的人類項目，和解釋科學現象中的模型項目。表 4 中第三列的科學問題即是課文中穿插「頭腦體操」的問題，而第四列為「小試身手」中自我評量的題目。通常此區問題多為去情境的問題。

表 1 科學能力分析架構表

面向	項目	編碼
解釋科學現象	<ol style="list-style-type: none"> 1. 回應並應用適當的科學知識 2. 辨別、運用及提出解釋性的模型與圖像 3. 做出並確認適當的預測 4. 提出解釋性假設 5. 解釋科學對社會的潛在影響 	知識 模型 預測 假設 社會影響
評估與設計科學探究	<ol style="list-style-type: none"> 1. 識別特定科學研究中所探究的問題 2. 區分可用科學方式進行研究的問題 3. 提出科學方法去探索特定的問題 4. 評估特定問題的科學方法 5. 描述與評估科學家們用來確認數據可靠性及解釋客觀性、普遍性的研究方法 	辨別問題 可行性 提出方法 評估方法 公認方法
詮釋科學數據和舉證	<ol style="list-style-type: none"> 1. 用不同的表示方法解釋數據 2. 分析及詮釋數據，並提出適當的結論 3. 能辨識科學相關的文本中之假說、證據及推理 4. 能區別以科學證據、理論和其他原因為基礎的論點間之差異性 5. 對不同來源的科學論點與證據做評價 	解釋數據 提出結論 辨識證據 區別論點 評價證據

表 2 科學知識分析架構表

面向	項目	編碼	
內容知識	<ol style="list-style-type: none"> 1. 細胞 2. 有機體的概念 3. 人類 4. 族群 5. 生態 6. 生命科學圈 7. 跨領域* 	細胞 有機體的概念 人類 族群 生態 生命科學圈 跨領域	
程序性知識	<ol style="list-style-type: none"> 1. 變因的概念 2. 測量的概念 3. 評估和縮小不確定性的方式 4. 確保可複製性和數據的準確性的機制 5. 適當的使用圖、表等常見的方法來詮釋數據 6. 在實驗設計中加入適當的變因控制策略，或使用隨機對照實驗，避免結果混淆或找出可能的因果機制 7. 了解針對科學問題提出適當設計 	變因概念 測量概念 降低不確定性 可複製性 運用圖表 控制變因 提出設計	
認識論知識	定義科學的特徵	<ol style="list-style-type: none"> 1. 科學觀察、事實、假說、模型與理論的本質 2. 科學和科技其目的間的差異，構成科學或科技問題與合適證據的知識 3. 科學的價值，例如：對發表（出版）的承諾、客觀性、消除偏見 4. 科學推理的本質，例如：演繹、歸納、推論出最好的解釋、類比、以模型為基礎的推理 	科學本質 科學與科技的差異 科學價值 推理的本質
	科學的構念與特徵	<ol style="list-style-type: none"> 5. 科學主張為科學的資料與推理相互支持而產生 6. 利用不同實徵的調查來建立知識、目標和設計 7. 測量誤差如何影響科學知識的信度 8. 物質、系統和抽象模型的使用及其所扮演的角色與限制 9. 合作、批判以及同儕審查有助於建立科學主張與提高信度 10. 科學知識與其他知識一般，可辨識並解決社會與科技的議題 	主張產生 建立知識 誤差影響 模型的用處與限制 同儕審查 辨識與解決社會議題

*跨領域為研究者增加之項目，目的在於檢視其他科目內容知識出現之狀況。

表 3 情境分析架構表

類目	說明
個人	回答範疇與答題者本身息息相關
地區性（國家）	回答範疇牽涉到答題者周遭，乃至於一個區域性的範疇
全球性	回答範疇屬於全球性議題
去情境*	問題本身並無設定情境，無法與生活連結

*去情境為研究者增加之類目。

表 4 科學問題的分析例子

教科書中科學問題	分析類目一次類目		
	能力	知識	情境
<p>活動目的：利用簡易材料製作呼吸模型，以了解氣體進出肺部的原理。</p> <p>1.活動中，寶特瓶內的氣球及寶特瓶切口處的氣球膜，分別相當於人體的哪些構造？</p>	解釋科學現象—模型	內容知識—人類	個人
<p>活動目的：藉由計算松樹林和樺樹林中深色蛾和淺色蛾的數量及比例，了解天擇對生物演化的影響。</p> <p>1.西元 1930 年~1960 年間，松樹林和樺樹林中兩種蛾的比例有何變化？</p>	解讀科學證據並舉證—提出結論	程序性知識—運用圖表	地區
<p>根據你對生物複製技術的了解，你認為科學家有沒有可能成功複製出人類。目前有些國家（如加拿大）已經立法禁止「複製人」，請蒐集資料，並提出你的看法。</p>	解讀科學證據並舉證—辨識證據	科學認識論知識—科學的價值	全球
<p>細胞進行生理活動時，物質會進出細胞，下列相關的敘述何者錯誤？</p> <p>(A) 細胞可藉由滲透作用以獲得水或失去水，細胞體積也會因此而改變</p> <p>(B) 葡萄糖可藉由膜上特殊蛋白質的協助進入細胞，供細胞利用</p> <p>(C) 蛋白質不能直接進出細胞，但可透過膜上的特殊蛋白質進出細胞</p> <p>(D) 氧氣藉由擴散作用直接進入細胞，二氧化碳也可藉此作用離開細胞</p>	解釋科學現象—知識	內容知識—細胞	去情境

另外，研究者會進一步判斷該科學問題是否有明確的評量目的。尤其，許多單元會以引起學習動機的問題吸引學生進入課程主題，例如，有些版本在單元開始的首頁或 Warm Up（暖身）區塊，設計引起學生興趣的問題，例如：

小蘭把鬆軟可口的饅頭切開後，發現許多小洞，她很好奇這些小洞是怎麼來的，請問：她可以透過什麼方法得到答案？在探究的過程中，需要注意什麼，結果才會具有說服力呢？（A版 2016-1a-p14-q1）

這類問題的功能為引起學生學習動機，而非評量學生相關的科學能力。因此，此類問題將不列入分析範圍。依照這些原則，A、B、C 三個版本篩選出的科學問題分別有 295、205 和 214 題。為了探究三個版本教科書內容中科學問題的特徵有無差異，本研究彙整每個版本中各項編碼的數量和百分比。再者，為了了解科學問題呈現在課本內文、實驗或評量中，在分析科學問題的特徵時，同時統計這些問題位於課本中位置的數量和百分比。三個版本中僅有 A 版本每一單元後方設計「小試身手」，具有課後學生自我評量的功能。

三、內容分析之信效度

PISA 科學素養評量架構為本研究的主要分析架構，研究團隊透過研讀各項目定義，編碼練習和討論增進團隊對分析架構的共識。為了提高內容分析的信效度，第一作者依據三個分析架構表分析兩個單元的課本內容後，與一位科教專家和三位科學教育研究者討論內容分析的結果，四位中有三位具有生物領域專長，以確保本研究的內容效度。經過一個單元的初步分析與討論後，確認本研究科學問題的定義和範圍，以及增加編碼項目，完成本研究正式的分析架構表。另外，為了提升信度，由兩位受過訓練的評分者，和第一作者獨立編碼兩個單元的教科書內容。評分者與第一作者的編碼結果一致性的計算公式為〔（相同主類目且相同

次類目的問題數) $\times 1 +$ (相同主類目但不同次類目的問題數) $\times 0.5$] \div 總問題數 (林淑榜等人, 2008)。第一研究者與兩位評分者的評分者一致性分別為 94% 與 95%，顯示研究者與兩位評分者分析結果的一致性相當高。

肆、研究結果

一、生物科教科書中科學問題評量科學能力的特徵

由表 5 數據顯示，A 版本的科學問題總數是三個版本中最多的，幾乎是其他兩個版本的 1.5 倍。然而，三版本皆有超過 90% 的科學問題是培養學生「解釋科學現象」的能力，「評估與設計科學探究」的問題約 5%，「詮釋科學數據和舉證」的問題最少，僅占 1~2%。此結果反映出目前三個版本的生物教科書，問題主要都偏重於培養學生解釋科學現象的能力，忽視「評估與設計科學探究」和「詮釋科學數據和舉證」能力的培養，三個版本在這三類能力的分布極為相似。

進一步分析三個版本在培養各種能力項目的差異，表 5 最右欄呈現各項能力問題所占的百分比，結果顯示六成五以上的問題分布於「知識」項目上，近兩成的問題培養「假設」項目，其他項目均低於 5%。很顯然地，生物教科書的問題幾乎用於評量「回應並應用適當的科學知識」的能力，在實驗活動中會設計一些問題培養學生「提出解釋性假設」的能力，其他項目的能力幾乎很少被重視。

比較三個版本在解釋科學面向中的問題項目分布，有頗明顯的差異：C 版本的問題項目分布較其他兩個版本多元，C 版本主要分布在「知識」(54.21%) 和「假設」(27.57%) 項目上，而 A 版本則絕大多數在「知識」(75.93%) 項目上，B 版本的項目分布介於兩個版本中間。顯然，A 版本的問題能培養學生「回應並應用適當的科學知識」的能力，但是 C 版本除了培養此能力，也會設計一些問題培養學生「提出解釋性假設」的能力。然而，三個版本在「辨別、運用即提出解釋性的模型與圖像」

能力低於 10%，在「社會影響」所占比例都很少。

另外，A 版本的科學問題有一半位於課文末的評量，而 B、C 兩個版本的問題大概平均分布於課本內容和實驗活動中。實驗中的科學問題

表 5 三版本中科學問題的能力分類（含面向、項目）百分比表

面向	項目／位置		A 版本	B 版本	C 版本	平均 (%)
解釋 科學 現象	項目	知識	75.93% (224) ^a	69.27% (142)	54.21% (116)	66.47
		模型	4.07% (12)	3.90% (8)	6.54% (14)	4.84
		預測	3.05% (9)	3.90% (8)	1.40% (3)	2.78
		假設	9.83% (29)	14.15% (29)	27.57% (59)	17.18
		社會影響	0.68% (2)	0.00% (0)	2.80% (6)	1.16
	位置	課文	16.61% (49)	53.66% (110)	50.93% (109)	-
實驗	26.44% (78)	37.56% (77)	41.59% (89)			
評量	50.51% (149)	-	-			
總和			93.56% (276)	91.22% (187)	92.52% (198)	-
評估 與設 計科 學探 究	項目	辨別問題	0.34% (1)	0.00% (0)	0.00% (0)	0.11
		可行性	0.00% (0)	0.00% (0)	0.00% (0)	0.00
		提出方法	2.03% (6)	1.95% (4)	0.47% (1)	1.48
		評估方法	1.36% (4)	3.90% (8)	4.21% (9)	3.16
		公認方法	1.69% (5)	0.98% (2)	0.47% (1)	1.05
	位置	課文	0.00% (0)	0.98% (2)	0.47% (1)	-
實驗	5.08% (15)	5.85% (12)	4.67% (10)			
評量	0.34% (1)	-	-			
總和			5.42% (16)	6.83% (14)	5.14% (11)	-
詮釋 科學 數據 和舉 證	項目	解釋數據	0.00% (0)	0.00% (0)	0.00% (0)	0.00
		提出結論	0.68% (2)	1.95% (4)	2.34% (5)	1.66
		辨識證據	0.34% (1)	0.00% (0)	0.00% (0)	0.11
		區別論點	0.00% (0)	0.00% (0)	0.00% (0)	0.00
		評估證據	0.00% (0)	0.00% (0)	0.00% (0)	0.00
	位置	課文	0.00% (0)	1.46% (3)	1.40% (3)	-
實驗	1.02% (3)	0.49% (1)	0.93% (2)			
評量	0.00% (0)	-	-			
總和			1.02% (3)	1.95% (4)	2.34% (5)	-
總和 (題數)			100% (295)	100% (205)	100% (214)	-

^a 括號內為問題題數。

幾乎都在培養學生解釋科學現象的能力，以提出假設、應用課本內容知識為主，培養設計探究、詮釋數據兩種能力的機會甚為缺乏。

九年一貫課程雖然提倡能力導向的教學，但是教科書中科學問題展現出培養不同科學能力的題目比例差異很大。其中，「評估與設計科學探究」與「詮釋科學數據和舉證」兩能力的問題非常少。審視生物領域的學習活動內容，實驗活動大多以食譜式實驗為主，以觀察現象，理解相關概念為主。生物實驗大多以定性研究，觀察並紀錄質性資料為主，較少收集量化數據，所以，三個版本生物教科書中「詮釋科學數據和舉證」面向的問題十分缺乏。「討論與問題」中與實驗有關的現象解釋，仍占大多數，以增加學生對概念的理解。另外，在「解釋科學現象」能力之中科學問題分布，也傾向於「回應並應用適當的科學知識」，而其他項目的問題則是相對稀少。

二、生物科教科書中科學問題評量科學知識的特徵

表 6 呈現三版本教科書在運用「內容知識」、「程序性知識」和「認識論知識」三類知識問題的比例。很顯然，三個版本都具有高比例的內容知識問題，皆接近 90%，而程序性知識的問題比例僅占 10% 左右，認識論知識的問題幾乎沒有。顯示三個版本的教科書的問題偏重增進學生內容知識，十分忽視程序性知識和認識論知識的了解。而且，三個版本內容知識問題皆接近 90%，與表 5 三個版本培養解釋科學現象能力的問題比例亦是 90% 以上十分相似。這兩個結果呼應學習者常以內容知識解釋科學現象的狀況。

有關教科書問題中主要需運用的知識類型，發現 A 版本有一半以上的問題為單元末幾頁的評量，B 和 C 版本則有一半以上的問題在課文內容中。在三個版本中的實驗問題，絕大多數都與內容知識有關，僅有少數屬於程序性知識，幾乎鮮少與認識論知識有關。

表 6 三版本中科學問題的知識分類（含面向、項目）百分比

面向	項目／位置		A 版本	B 版本	C 版本	平均 (%)
內容知識	項目	細胞	16.61% (49) ^a	17.56% (36)	11.68% (25)	15.28
		有機體的概念	11.86% (35)	9.27% (19)	11.21% (24)	10.78
		人類	18.64% (55)	12.68% (26)	16.82% (36)	16.05
		族群	22.71% (67)	25.37% (52)	29.91% (64)	26.00
		生態	5.08% (15)	7.32% (15)	11.68% (25)	8.03
		生命科學圈	6.44% (19)	4.39% (9)	4.67% (10)	5.17
		跨領域	8.14% (24)	10.24% (21)	3.74% (8)	7.37
	位置	課文	16.61% (49)	52.20% (107)	54.67% (117)	-
		實驗	20.68% (61)	34.63% (71)	35.05% (75)	
		評量	52.20% (154)	-	-	
總和			89.49% (264)	86.83% (178)	89.72% (192)	-
程序性知識	項目	變因概念	0.34% (1)	0.00% (0)	0.93% (2)	0.42
		測量概念	4.41% (13)	4.88% (10)	0.93% (2)	3.41
		降低不確定性	1.02% (3)	1.46% (3)	0.93% (2)	1.14
		可複製性	1.69% (5)	3.90% (8)	1.40% (3)	2.33
		運用圖表	0.00% (0)	0.98% (2)	0.00% (0)	0.33
		控制變因	0.68% (2)	0.49% (1)	0.47% (1)	0.55
		提出設計	1.02% (3)	0.98% (2)	3.74% (8)	1.91
	位置	課文	0.00% (0)	1.46% (3)	0.93% (2)	-
		實驗	8.47% (25)	11.22% (23)	7.48% (16)	
		評量	0.68% (2)	-	-	
總和			9.15% (27)	12.68% (26)	8.41% (18)	-
科學認識論知識	項目	科學本質	0.34% (1)	0.00% (0)	0.00% (0)	0.11
		科學與科技差異	0.00% (0)	0.00% (0)	0.00% (0)	0.00
		科學價值	1.02% (3)	0.00% (0)	0.47% (1)	0.50
		推理的本質	0.00% (0)	0.00% (0)	0.47% (1)	0.16
		主張產生	0.00% (0)	0.49% (1)	0.00% (0)	0.16
		建立知識	0.00% (0)	0.00% (0)	0.00% (0)	0.00
		誤差影響	0.00% (0)	0.00% (0)	0.00% (0)	0.00
		模型用處與限制	0.00% (0)	0.00% (0)	0.00% (0)	0.00
		同儕審查	0.00% (0)	0.00% (0)	0.93% (2)	0.31
	辨識與解決社會議題	0.00% (0)	0.00% (0)	0.00% (0)	0.00	
位置	課文	0.00% (0)	0.49% (1)	1.40% (3)	-	
	實驗	1.02% (3)	0.00% (0)	0.47% (1)		
	評量	0.34% (1)	-	-		
總和			1.36% (4)	0.49% (1)	1.87% (4)	-
總和 (題數)			100% (295)	100% (205)	100% (214)	-

^a括號內為原始題數。

進一步分析各種知識項目的問題比例，表 6 最右欄呈現各項知識所占的百分比，結果顯示「族群」項目的比例皆為最高，其次為「人類」、「細胞」和「有機體的概念」項目的問題，超過 10%的問題均屬於內容知識面向。然而，解釋科學現象能力的題目比例和內容知識的題目比例均為九成，但是，七個內容知識項目問題比例差異較小（介於 5%~27%），不像五個解釋能力項目問題比例差異極大（介於為 1%~66%）。很顯然地，此特徵應該是教科書發展者會重視各章節內容知識，卻很少關注各種能力的培養。

進一步比較三個版本在各種知識項目的問題比例，有趣的是，表 6 呈現三版本在各種知識項目的題目比例十分相似，僅有少數幾項知識有較大的差異，如跨領域知識，此項目中 C 版本最少，B 版本最多（近 10%）。可見三個版本在內容知識的問題上的分布有些許差異。總之，三個版本在科學知識問題類型的分布十分相似。研究者認為此現象與目前臺灣大型考試（如國中教育會考），主要仍以內容知識為主體，鮮少評量程序性知識和認識論知識的現況有關。在考試領導教學的文化下，三個版本的教科書均較少編撰這兩類知識的問題。

基本上，教科書中運用程序性知識的問題主要出現在實驗活動後方的問題與討論中，讓學生留意實驗步驟中一些重要操作，學生是否理解其中的程序性知識。例如，「活動中乙瓶作為對照組，你可以說明設計乙瓶的真正意義嗎？」（A 版 2016-1a-p142-q2），此問題乃為培養學生評估與設計科學探究的能力。由於驗證性的實驗活動，並未開放學生設計實驗的機會，因此，三個版本的問題鮮少培養學生應用程序性知識和認識論知識的機會（表 6），培養評估與設計探究的能力機會也少（表 5），這也是合理的。有趣的是，表 6 中程序性知識的百分比略高於表 5 評估與設計科學探究的能力。研究者發現，此結果乃因三個版本的實驗主要以驗證性實驗為主所致。例如，一個活動問題為「就活動中的七種性狀表現而言，假設最後沒有同學和班長一起站立，代表什麼意義？」（B

版 2017-1b-p49-q1)，此活動須運用程序性知識的測量概念，利用七種性狀做分類，但是，欲回答此問題展現的是解釋科學現象的能力。很可能是因為驗證性實驗後的問題以驗證核心概念為主，有時即使回答問題使用程序性知識，但最終仍需展現解釋性假設的能力所致。不過，這類問題數量極少。

比較三個版本在程序性知識面向的問題分布，表 6 顯示 B 版本的科學問題出現比例最高（12.68%）；C 版本最少（8.41%）。仔細比較程序性知識面向，發現 A、B 兩版本皆著重於「測量的概念」項目（4.41%、4.88%），而 C 版本著重於「提出設計」項目（3.74%），三個版本在此面向的問題分布有些許差異。

三、生物教科書中科學問題情境呈現的特徵

表 7 呈現三版本中科學問題的情境比例分布，結果顯示三個版本大約有 60~75%的科學問題是去情境化，顯示生物科教科書中大多數的科學問題未提供情境設計。三種情境中以個人化情境的問題比例最高，約 10~20%，其次為地區性的問題，約 10%左右。三版本幾乎都沒有全球性情境的問題，僅有問題總數最多的 A 版本，占有 2%的全球性問題。此結果顯現出教科書中大多數的科學問題並未將科學知識與人類生活情境產生連結。

比較三版本在情境面向上的科學問題分布的差異，發現三個版本中，A 和 B 版情境化的問題未達三成，C 版本情境化問題比例最多，接近四成的問題。A 和 C 版本都有較高比例的個人情境問題，而 B 版本個人情境的問題與地區情境問題比例相當。這些情境化問題大多數出現在課文中特別設計的區塊，如問題解決、頭腦體操、動腦時間、例題等，發展內容知識與生活情境產生連結的問題，較少出現在實驗活動中。

表 7 三版本中科學問題中情境分類百分比

面向	A 版本	B 版本	C 版本
個人	13.90% (41) ^a	18.54% (38)	18.22% (39)
地區	7.80% (23)	9.27% (19)	7.94% (17)
全球	1.36% (4)	0.00% (0)	0.00% (0)
去情境	76.95% (227)	72.20% (148)	73.83% (158)
總和	100% (295)	100% (205)	100% (214)

^a括號內為原始題數。

A 版本生物教科書中去情境化問題主要分布於單元後方，提供學生自我評量記憶和應用知識的選擇題和填充題（占 43.05%），其次為實驗觀察活動後設計的「問題與討論」（占 25.76%），課文去情境題比例最低（8.14%）。B、C 版本在內文（B：39.02%、C：31.31%）和實驗（B：33.17%、C：42.52%）都有相當高比例的去情境問題。由於許多實驗活動目的主要為讓學生透過專家設計的實驗流程，觀察現象，驗證活動前課本中的知識。也就是這類實施食譜式或驗證性的活動屬於去情境。例如，活動目的：探討植物體內水分的散失與運輸情形。描述一連串的實驗步驟與觀察紀錄後，提出數個問題，如下：

1. 步驟一中，為何要在水中切芹菜？【解釋 C，內容 K】
2. 為何以稀釋的紅墨水做實驗，而不是用透明的清水？【設計 C，程序 K】
3. 若甲、乙量筒液面高度不同，與何種器官最有關？【解釋 C，內容 K】
4. 本活動中，植物哪一個構造會被染上紅色？這和它的功能有關嗎？【解釋 C，內容 K】（A 版 2016-1a-p87-q1~4）

問題後方括號表示科學知識與科學能力的編碼。顯然上述四個問題主要培養學生解釋科學現象的能力，僅有一個問題在培養評估與設計科學探究的能力。然而，在課本內文中一個「頭腦體操」，以地區情境鋪陳問題：

葉可行光合作用製造養分，但在移植樹木時，卻要將部分枝葉剪除，想一想，為何要這樣做呢？（A 版 2012-1a-p82-q1）

情境式問題有助於學習者喚起大腦的舊資訊，將所學知識與生活情境產生有意義的連結（Lustick, 2010），有助於學習。從上述的兩個例子可看出課本中大部分實驗活動採驗證式探究，所以以去情境問題呈現，缺乏與生活連結，恐降低學習者的學習興趣。倘若將上述實驗活動改編為學生日常生活之情境，並設計為探究取向的活動，應能吸引學生注意到生活中不少現象值得探究，也可利用科學知識解決問題。表 8 為上述的實驗所修改的探究活動。

透過焦點問題引導學生進行實驗設計，能吸引學生注意到生活中不少現象值得探究，同樣地也達到原本驗證式實驗的活動目的。而且增加了學生自行設計實驗和思考研究假設的機會，全面培養三種面向的能力，比原本驗證性活動四個問題培養的科學能力更多元，使活動更有意義。

表 8 將上述食譜式實驗修改為情境式探究活動

項目	說明
探究情境	曉華有一次和媽媽去花店買花，老闆提醒媽媽回家時將花莖泡在水中，再依據花瓶深度，在水中切花莖。於是，曉華利用莖部透明的芹菜，探究兩個問題： 1. 葉子與植物體內水分的散失有何關係？ 2. 如何確認運送水分的部位於莖部何處？
假設	（有葉子）的芹菜莖會比（沒有葉子）的芹菜莖會較快將水運送至同樣高度。【解釋 C，內容 K】
探究過程	根據兩個研究問題，請利用兩根狀況和長度相當的芹菜設計實驗，收集數據，回答問題。【設計 C，程序性 K】
問題與討論	1. 透過上述實驗，你認為為何需在水中切花莖呢？ 【解釋 C，內容 K】 2. 哪些實驗證據可以驗證你的假設正確呢？【詮釋 C，認識論 K】

註：假設中的括號為參考答案。

很顯然地，應用內容知識解釋科學現象是驗證性探究活動的教育目的與特徵。教科書一直以來呈現驗證性探究活動可能認為學生缺乏設計實驗的能力，而且，課本的實驗包含不少科學家發現關鍵概念所進行的探究活動，內含重要的程序知識與技能，的確值得提供學生模仿與學習。倘若課本未提供食譜式的實驗步驟，則需教師有更好的鷹架與指導，才能引導學生完成實驗。

伍、結論與建議

教科書在教師教學和學生學習上扮演著重要角色。尤其許多教師並未閱讀課程綱要，教科書便成為轉化或傳達課程綱要重要的媒介（周珮儀等人，2015）。十二年國教自然領域課綱以科學核心概念為學習內容，並以探究能力為展現科學素養的主要學習表現，勾勒出培育未來公民科學素養的學習重點（十二年國民基本教育課程綱要國民中小學暨普通型高級中等學校——自然科學領域，2018）。教科書能否設計緊扣學習內容和學習表現的教材，將影響教師能否將教學轉化為素養導向教學的契機（周珮儀等人，2015）。PISA 2015 科學素養評量架構乃以三種科學知識和三個科學能力，發展評量國際上 15 歲學生科學素養的試題。此評量架構與我國自然領綱中以學習內容與學習表現的教育重點相似。因此，本研究採用 PISA 2015 科學素養評量架構，分析國中生物教科書的問題，檢視目前教科書在培養學生科學素養的學習機會是否有所偏頗，以提供十二年國教教材發展者在設計素養導向教科書之參考。

一、國中生物教科書問題的特徵與設計建議

研究結果顯示我國國中生物領域教科書中絕大多數的問題是去情境化（近七成），三個版本九成以上的問題都是在培養「解釋科學現象」的能力，而在「評估與設計科學探究」和「詮釋科學數據和舉證」兩個

面向的問題相對稀少。應用「內容知識」的問題都接近九成，而應用「程序性知識」的約占一成，幾乎沒有應用「科學認識論知識」的問題。「內容知識」和「解釋科學現象」能力的問題比例相似，顯示國中生物教科書中絕大多數的問題以運用所學的內容知識，解釋科學現象。從三種知識比例差異之大的狀況可知，國中生物教科書很少讓學生體驗經由探究歷程產生生物知識的過程，以致教科書中缺乏應用程序性和認識論知識，其他兩種能力鮮少有展現的機會。三個版本的教科書在展現三種科學能力的問題分布十分一致。PISA 2015 的研究揭示我國八成的科學教師甚少提供學生進行探究活動的機會，學生鮮少針對科學問題形成假設、找出變因或進行實驗設計（余曉清、林煥祥，2017）。劉昭宏與郭重吉（1995）研究顯示教科書中的實驗是教師使用率最高，也是最被教師認同的部分之一。本研究審視三個版本的教科書的內容發現實驗活動幾乎以驗證式課本知識的方式讓學生透過觀察與記錄方式，加深內容知識的印象，而非體驗如何經由探究產生生物知識。實驗活動常驗證科學家產生重要的概念的過程（如「光合作用的探討」實驗），須呈現科學社群常用的科學知識（如利用碘液檢驗澱粉、利用沸水軟化葉片角質層、利用酒精萃取出葉綠素），不得不以食譜式實驗呈現，幫助師生驗證科學概念。實驗中涉及許多細節的科學知識，便以活動後的問題呈現，幫助教師傳達這些知識。因此，在本研究中這些問題被歸類為去情境。另外，生物學科的實驗活動大多以現象觀察的質性資料，鮮少收集量化數據，因此，活動中鮮少提供機會設計實驗，培養詮釋數據和舉證的能力。反而，教科書內容仍以傳輸科學社群所建立的知識組織為主，知識內容豐富，三個版本產生情境化的問題大多出現在課文內容中插曲式設計的思考區塊（如問題解決、頭腦體操等）中，也穿插不少示範活動或科普文章等，促進學生理解。簡而言之，目前生物教科書的編輯方式似乎以傳輸、理解和驗證知識為主，應用知識為輔，缺乏探究能力的培養。研究結果啓示教材發展者和教師應重視去情境問題或活動恐造成學生的

學習困難，感受到科學與他們的生活無關等問題，建議教材發展者和教師增加科學家探究問題的情境說明，以及加強這些知識在生活上的應用。

二、情境問題的設計建議

缺少情境的科學問題，會讓學生較難了解科學知識與現實生活如何連結（余曉清、林煥祥，2017；OECD, 2013），使得科學學習缺乏價值與意義，而減少學習動機。學生在生活中遇到問題也較難聯想到所學的知識，將其運用於解決問題上，甚至阻礙他們科學素養的發展（Calado et al., 2015）。先前研究指出學生在情境化的問題中所回憶的知識，以及展現的能力，顯著多於非情境化問題中的表現（Lustick, 2010）。儘管如此，非情境化的問題可有效地指出教科書中的核心概念，簡易有效地評量出學生的理解，兩種問題均有存在的意義。其中，研究者認為教科書的實驗活動應設計與生活情境有關的探究問題，引起學生執行探究的動機。Lustick 建議教科書中應提出的「焦點問題」，培養學生科學能力和產生有意義的學習。他所指的「焦點問題」不僅富含與學生生活經驗有關的「情境」，也涉及有科學現象的「內容」、與課綱有關的知識和能力的學科「課程」，和不同需求層級的「認知」共四個面向。顯然 Lustick 對「焦點問題」的分析架構與 PISA 科學素養評量架構關注的要點十分相似。本研究分析我國發展的生物教科書，鮮少看到這類型的「焦點問題」。值得注意的是，C 版本在情境化問題的比例是三個版本中最高的，解釋科學現象的問題發展上也是三個版本中最多元的，不僅限於回憶所學知識，也發展較多提出假設、建立模型等問題（表 5）。因此，研究者認為教材中提供較多情境，可能有利於發展多元的問題，培養不同的能力。目前我國國中生物教科書仍以傳達科學家所發展的知識為主，但是三個版本以不同方式的設計呈現情境化問題，已較過去教材增添不少創意，包括科學史或科學資料文本的科普閱讀、生活情境中的問題解決和動腦

時間等。這些設計很可能受到先前各種情境式教材或教學研究（黃郁雯，2005；Lin et al., 2010; Perin, 2011）所影響。

另外，PISA 科學素養評量試題的目的旨在評量學生應用三種科學知識的能力，但是教科書中的問題具有增進教師與學生互動、鷹架學生學習、聚焦學習目標或自我評量等多重的功能。其中以增進教師與學生互動的功能最受重視，所以 Robert（1996）將教科書問題分為引發「封閉式」、「鷹架式」或「協商式」三類對話。目前我國生物教科書中的科學問題主要以封閉式對話的類型最多，這類型的問題都有正確答案，需要教師多聆聽、認識學生的回答，了解學生的迷思概念，才能有解除迷思概念的對話機會。十二年國教著重探究與實作精神，教科書中若增加探究取向的活動，將可設計一些問題引導學生進行科學探究的設計與評估，或詮釋數據和舉證的歷程，教師須視學生的表現給予協助，此時鷹架式的對話將有助於學生思考與執行。學生在合作解決問題的過程，需要分工與合作，甚至資料的分享與溝通的過程需要協商對話。因此，在教科書中增加促進師生鷹架式或協商式對話的問題，將有助於擴展學生發展科學溝通和合作解決問題的能力。本研究建議教育研究者發展焦點問題為探究取向的實驗性教材，以及促進師生對話的鷹架式與協商式問題，設計多元情境、探究和思考的情境活動。透過實徵性研究結果，提供給教材發展者發展情境化和探究取向的教科書。

三、實驗活動情境問題的設計建議

十二年國教自然科學領域課綱中強調各階段均應在課程中融入探究與實作的活動。自然領域教科書中的實驗活動須優先呈現出培養學生探究能力的特徵。一些教科書審定者擔心在我國教科書價格低廉的文化下，在有限的頁數下編寫培養探究能力的實驗活動，對教材發展者是一大挑戰（黃茂在、吳敏而，2016；周珮儀等人，2015）。研究者建議教材發展者在教科書中並存驗證式實驗和探究取向活動，在驗證式實驗中鋪

陳科學家探究重要概念的情境，以便教師運用教科書問題引導學生能從驗證式實驗學習中了解科學社群在探究中慣用的知識與技能，讓學生有機會在探究取向活動中應用驗證式實驗中的知識與技能，以展現三種科學能力；並且運用問題，增進師生對話，反思模擬科學家探究自然現象過程中所蘊含的科學本質，增進科學本質的了解。尤其可設計部分探究（partial inquiry）活動（NRC, 1996），一個探究活動僅培養幾項能力，而非全部的能力。例如僅提供實驗數據的活動，培養學生如何將數據轉換成不同表徵，以展現研究資料的型態，詮釋數據與舉證的能力。一學期課程中一至兩個探究活動設計更開放的引導式探究或完整探究（full inquiry），讓學生能運用部分探究所裝備的能力，執行完整的探究活動。教師可視學生的探究能力，依據教學目標，將驗證式實驗改編為探究取向的活動。

四、研究限制與未來研究建議

本研究聚焦於教科書中的科學問題，詮釋教科書培養學生科學能力的機會可能有些侷限性。因為教科書若提供一些數據、圖表等，期望幫助教師培養學生詮釋數據和舉證的能力，卻未發展問題；或者，課文文字內容或圖片中有涉及生活情境的敘述，可能有助於教師發展與生活產生連結的聯想，發展情境式的問題，培養某些科學能力，這些有助於教師培養科學能力的內容，並未納入本研究分析中，此為本研究的限制。另外，本研究實施時為 OECD 公布 PISA 2015 科學素養評量架構，藉此分析當時九年一貫的教材。研究結果可供發展新教科書之參考，但不宜推論至目前依據 2019 年課綱所發展的新教材，此乃本研究的另一個限制。因此，建議未來教育研究者和教材審查者運用十二年國教自然領綱中所建立的學習表現，建立分析架構，檢視新、舊教材的差異，以及新教材能否設計合適的活動和問題，增進學生應用科學知識和理解科學知識產生的歷程，作為改進新教材的依據。

參考文獻

- 十二年國民基本教育課程綱要國民中小學暨普通型高級中等學校——自然科學領域 (2018)。
- 余曉清、林煥祥 (主編) (2017)。PISA 2015 臺灣學生的表現。心理。
- 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。
- 李明玲、溫嫻純 (2017)。教科書中科學知識架構之內容分析——以生殖與遺傳單元為例。科學教育學刊, 25 (3), 219-243。
- 周珮儀、林慶隆、范信賢、秦葆琦、蔡清田、鄭章華、鄭圓鈴 (2015)。論壇：十二年國民基本教育教材。教科書研究, 8 (3), 155-180。
- 周珮儀、鄭明長 (2008)。教科書研究方法論之探究。課程與教學季刊, 11 (1), 193-222。
- 林淑楞、張惠博、段曉林 (2008)。科學實習教師個人實務理論實踐之探究。師大學報：科學教育類, 53 (2), 1-30。
- 唐淑華 (2017)。培養閱讀素養，何必遠求？從設計一本「以學生為主體」的中學課本開始。教科書研究, 10 (2), 1-31。
- 許美香 (2019)。八年級學生對生物教科書插圖之讀圖理解研究 (未出版之碩士論文)。國立臺中教育大學教育學系。
- 陳建立 (2010)。國中生物教科書因果類複句分析與學生閱讀理解之研究 (未出版之碩士論文)。國立臺灣師範大學生命科學系。
- 陳麗華 (2008)。書評：評介「為學習而設計的教科書」及其對我國中小學教科書設計與研究的啓示。教科書研究, 1 (2), 137-159。
- 黃茂在、吳敏而 (2016)。探索十二年國教自然科學教科書的設計原則——以「熱傳播」單元為例。教科書研究, 9 (2), 69-100。
- 黃郁雯 (2005)。情境式問題導向融入教學對國小六年級學童科學概念及科學態度之影響 (未出版之碩士論文)。國立臺北教育大學自然科學教育研究所。
- 黃靖惠、洪志誠、許瑛珺 (2012)。九年一貫教科書「全球暖化概念」內容分析。教科書研究, 5 (3), 27-57。
- 楊德清、鄭婷芸 (2015)。臺灣、美國與新加坡國中階段幾何教材內容之分析比較。教育科學研究期刊, 60 (1), 33-72。
- 劉昭宏、郭重吉 (1995)。教科書在國中理化教學中的應用之個案研究。科學教育, 6, 89-112。
- 賴麗珍 (譯) (2016)。G. Wiggins & J. McTighe 著。重理解的課程設計 (Understanding by design)。心理。
- Anagnostopoulou, K., Hatzinikita, V., & Christidou, V. (2012). PISA and biology school textbooks: The role of visual material. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 46, 1839-1845.

- Bazzul, J. (2015). Tracing “ethical subjectivities” in science education: How biology textbooks can frame ethico-political choices for students. *Research in Science Education*, 45(1), 23-40.
- Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (2000). *How people learn* (Vol. 11). National academy press.
- Calado, F., Scharfenberg, F. J., & Bogner, F. (2015). To what extent do biology textbooks contribute to scientific literacy? Criteria for analysing science-technology-society-environment issues. *Education Sciences*, 5(4), 255-280.
- Davila, K., & Talanquet, V. (2010). Classifying end-of-chapter questions and problems for selected general chemistry textbooks used in the United States. *Journal of Chemical Education*, 87(1), 97-102.
- Davis, O. L., & Hunkins, F. P. (1966). Textbook questions: What thinking processes do they foster? *Peabody Journal of Education*, 43(5), 285-292.
- Elisenman, H. B., & Wagner, D. (2007). A framework for uncovering the way a textbook may position the mathematics learner. *For the Learning of Mathematics*, 27(2), 8-14.
- Ge, Y. P., Unsworth, L., Wang, K. H., & Chang, H. P. (2018). What images reveal: A comparative study of science images between Australian and Taiwanese junior high school textbooks. *Research in Science Education*, 48(6), 1409-1431.
- Lemoni, R., Stamou, A. G., & Stamou, G. P. (2011). “Romantic”, “classic” and “baroque” views of nature: An analysis of pictures about the environment in Greek primary school textbooks: Diachronic considerations. *Research in Science Education*, 41(5), 811-832.
- 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), 2521-2530.
- Lustick, D. (2010). The priority of the question: Focus questions for sustained reasoning in science. *Journal of Science Teacher Education*, 21(5), 495-511.
- McDonald, C. V. (2016). Evaluating junior secondary science textbook usage in Australian schools. *Research in Science Education*, 46(4), 481-509.
- Mishra, R. K. (2015). Mapping the knowledge topography: A critical appraisal of geography textbook questions. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 24(2), 118-130.
- National Research Council. (1996). *National science education standards*. National Academic Press.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2013). *Science framework*. <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft%20PISA%202015%20Science%20Framework%20.pdf>
- Perin, D. (2011). Facilitating student learning through contextualization: A review of evidence. *Community College Review*, 39(3), 268-295.
- Roberts, M. (1996). Teaching styles and strategies. In W. A. Kent, D. Lambert, M. Naish, & F. Slater (Eds.), *Geography education: Viewpoints on teaching and learning*. Cambridge University Press.
- Smith, B. L., Holliday, W. G., & Austin, H. W. (2010). Students’ comprehension of science textbooks using a question-based reading strategy. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 363-379.

- Skoog, G. (2005). The coverage of human evolution in high school biology textbooks in the 20th century and in current state science standards. *Science & Education, 14*, 395-422.
- Van Den Akker, J. (1998). The science curriculum: Between ideals and outcomes. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International handbook of science education* (Vol. 1, pp. 421-447). Kluwer.