

科學課室教學之教師提問模式分析： 以地球科學課室為例

鄭嘉惠^{1,*} 楊芳瑩¹ 連筱萍¹ 洪逸文²

¹國立臺灣師範大學 科學教育研究所

²國立臺灣師範大學附屬高級中學

摘要

本研究目的為分析教師於地球科學課室中的提問模式，Carlsen (1991)指出教師的提問行為與課程進行、課程內容及學生回應有關。然而，過去的研究者並沒有深入探討教師問題的內容與連結性。本研究中，作者欲探討教師在特定學科，即地球科學課室內教師的提問行為與問題模式。研究對象為資深的地球科學高中教師，將其上課內容錄影並且製作成逐字稿予以分析。根據科學素養的相關內容，將教師提問根據其目的分為以下四種類別，分別為：學習科學概念、學習科學方法與過程、培養科學態度與價值及其他。不同的問題目的再根據其相關的功能及概念內容進行分類。研究結果發現專家教師在不同的時間序列中皆會穿插不同目的的問題，亦會搭配不同的問題功能，協助學生的概念學習。此外，概念內容分析的結果指出，專家教師會將新的科學知識內容建構在學生的舊概念之上，並且嘗試概念改變。未來應將此研究拓展至不同的教學單元，對於專家教師的發問模式有綜觀性的認識，提供給生手教師值得參考的教學內容與進程。

關鍵詞：地球科學教育、教師提問

壹、前言

十二年國民基本教育課程(後述以108課綱表示)的教育改革目前正在臺灣的教育現場進行，而在自然科學領域課程中，教育部訂定的課程目標涵括：啟發學生對於科學探究的熱忱與潛能、建構學生的科學素養、奠定學生學習科學與運用科技的基石、培養學生對於社會與自然的情感關懷與行動，以及為學生之生涯發展作準備(教育部，2018)。然

而，在自然科學的教學過程中，如何有效地在課程中融入這些課程目標對於生手教師而言為一大挑戰。過去的研究指出，課堂中的教師提問能夠使學生學習新知識、產生概念改變、培養其科學精神與態度，進而達到前述的課程目標與要求。因此，若生手教師對於專家教師的提問模式有全面性的認識與理解，將能使其達到更好的教學成效。基於上述的研究動機，本研究目的為分析專家教師於地球科學課室中的提問模式。

*通訊作者：鄭嘉惠，eemily_1201@hotmail.com.tw

(投稿日期：民國108年8月1日，修訂日期：民國108年9月24日，接受日期：民國108年9月24日)

Carlsen (1991)指出教師的提問行為與課程進行、課程內容及學生回應有關，例如：其中一項教師提問的目的為評估學生對於其學習的知識是否有足夠的理解，以利繼續進行課程教學。過去針對教師提問行為的分析大多為探討何種類型的問題可以引發學生的思考及回應(Chin, 2007)；另有研究檢驗教師的提問行為和學生反映的回饋(Chin, 2006)。然而，先前的研究者並沒有深入探討教師問題的內容與連結性，例如：問題目的對應課程時間序列之安排、問題功能對應問題目的之比重及概念內容對應問題目的與功能。此外，近年對於教師提問的相關研究以特定的科學課室內容為主(Benedict-Chambers, Kademian, Davis, & Palincsar, 2017)，課程的參與者通常為小學生，而課程的進行方式通常是以概括講述的模式針對科學內容進行教學。鮮少有研究探討特定科學領域的教師提問行為，亦少有研究針對108課綱的其他實施對象(即7至9年級的國中生及10至12年級的高中生)的科學課程進行研究。因此，本研究中，作者欲探討專家教師在教學10至11年級學生特定學科，即地球科學課室內教師的提問目的、問題功能與概念內容。

貳、文獻探討

一、教師提問之形式與影響

課堂中，教師提問的目的為促使學生尋找知識與資訊，而教師提問同時也與其教學品質相關(Carlsen, 1993; Smith, Blakeslee, & Anderson, 1993)。Russell (1983)指出，教師提問屬於教學活動的重要環節之一，透過課堂中的教師提問，教師能夠控制其課程內容的討論方向及掌握課程時間，同時亦能夠維持學生的注意力及課堂秩序，因此研究者

應該著重於不同的問題形式及目的於教學活動中所扮演的角色。過去的研究指出教師的提問頻繁出現於課堂上，出現頻率大約為每個小時有30至120個問題(Graesser & Person, 1994)。另外有研究指出，教師提問的問題目的及問題內容通常會與教師的專業知識有關。當教師對於課程內容有越多的專業知識時，將會提問較高層次的問題，例如：請學生整合課本提供的內容並闡述其想法。而當教師對於課程內容不熟悉時，僅會提問與課本內容直接相關的記憶型問題(Carlsen, 1988, 1991; Hashweh, 1987)。

教師的提問在課堂中提供不同的功能。為了於課堂中引發學生概念改變，教師通常會以問題引導學生解釋其想法、並且重新詮釋先前的答案及概念，或是使學生的學科概念與其先備知識產生矛盾。過去的研究者指出一個好的問題是能夠根據學生的經驗引發其對於此一問題的想法，並且對於此問題產生創造性的思考與詮釋(King, 1994)。另外，亦有作者檢驗教師在課堂中提問的問題品質和教學行為。研究結果指出，教師提問的問題可以促進學生對於科學內容及特定科學用語的理解(Ernst-Slavit & Pratt, 2017)。此外，教師的提問不僅能使學生產生概念、學習學科概念，亦能培養學生的學習科學方法與過程(knowing in science)。Kawalkar與Vijapurkar (2013)建議教師可以使用不同功能類型的問題使學生投入科學思考與論證的過程，呈現其看法與假設並提出證據佐證其論述。另有研究者指出，當教師提出開放性的問題時，學生將會有更高的動機投入科學課堂的討論(Palmer, 2009)。由上述得知，教師在課室的提問行為不僅促進學生的思考、形塑和引導學生的想法、使學生參與科學方法與過程，亦能夠培養學生對於科學學習的動機與態度。

相關研究將教師提問的問題以不同的架構進行分類。例如：在探究教學的過程中，學者將教師問題分為四種類型：開放性、描述性、挑戰性及連結性的問題。其中，開放性問題鼓勵學生採取不同的方法尋找答案(Erdogan & Campbell, 2008)、描述性的問題引導學生描述相關知識、挑戰性的問題鼓勵學生回答，而連結性的問題幫助學生能夠連結先前所學的先備知識。另外一種問題分類為探索性問題(probing questions)及重新導向問題(redirecting questions)，前者要求學生延伸及闡釋其提供的答案；後者則是要求學生延伸及闡釋其他同學提供的答案(Chiappetta & Koballa, 2002)。然而，上述的分類架構無法完全對應教育部所訂定108課綱的課程目標與學習內容。因此本研究採用修訂後的Bloom分類架構及經濟合作暨發展組織(Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD])提出學生所需具備科學素養的相關內容，將教師提問的問題予以分類。分類依據的相關說明將於下一個小節「教師提問問題之目的與功能」詳述。

另外則有研究針對不同的問題類型瞭解教師的提問行為與提問策略。Roth (1996)於開放式的探究機械課程中，探討專家教師的提問策略。研究結果指出，問題的複雜性會與課程內容及學生對於問題的回應有關。同時，教師的提問能力與其對於自身專業領域的表達能力有關。教師的提問行為極其複雜，因此需要在師資培訓的過程中給予相關訓練。另外亦有研究指出，透過序列性的分析可以瞭解教師在探究式課堂中問題的發展，有助於教師在課堂中執行建構式的教學活動(Kawalkar & Vijapurkar, 2013)。

綜合上述，瞭解教師的提問不僅能夠促進學生的思考亦能夠影響課程的進行，且透

過不同的問題目的與形式，能夠使學生有更好的學習成效及培養其學習動機。此外，由於教師提問行為極為複雜，若生手教師能夠精進提問與表達能力，將會使其更容易執行探究式、建構式的教學。因此，本研究以4位專家教師為研究對象，分析其教學活動中的提問目的，再以其中1位專家教師為例，深入探討其提問問題的功能及概念內容，使生手教師能夠以不同角度瞭解複雜的教師提問行為。

二、教師提問問題之目的與功能

本研究將地球科學課室中教師提問之問題，根據問題目的、功能與概念內容進行分類。首先先根據提問的目的進行分析，再根據每一目的涵括的功能詳細分類。由於科學教育以培養科學素養為主要目的，因此提問目的之分類以科學素養的內涵為分類標準。由OECD (2006)國際組織下的Programme for International Student Assessment (PISA)提出科學素養相關的4個特點：(一)以科學知識辨識問題、得到新的知識、解釋科學現象、以證據為基礎提出科學相關議題的結論；(二)瞭解科學為人類知識和探究的模式之一；(三)瞭解科學及科技是如何形塑人類的物質與文化的環境；(四)公民願意投入科學相關的議題。其後，〈OECD 2012文件〉發展的OECD (2018a)針對科學素養的定義為公民參與科學相關事務及對於科學的想法。一個具有科學素養的公民應具備以下的能力：(一)針對現象提出科學性的解釋；(二)從科學的角度執行探究活動並提出解決問題的方法；(三)以科學方式詮釋及闡釋數據以及證據。由上述得知，藉由科學問題與科學議題的結合，可以促進學生的思考與想法，對於科學有進一步的瞭解，此外，學習科學也須瞭解

科學知的過程，包含科學知識發展過程、科學思考論證等(Duschl, 2008; Osborne, Erduran, & Simon, 2004)，都是科學學習者在課室中需深刻體會的面向與技能。根據最新由OECD (2018b)提出的學習框架〈OECD 2030〉相關的科學素養內涵，除了涵蓋過去的知識與技能層面外，更強調學生須具備能夠對自身的環境有正面影響、影響未來、瞭解他人的意向行動與感受，並能預測短期與長期行動結果的「勝任力」(competencies)，這樣的勝任力必須表現於將知識、技能、態度與價值整合動員起來，運用於複雜的情境中。因此，本研究根據科學素養的定義與科學本質內涵將提問目的分為以下四種類別：學習科學概念(conceptual knowledge)、學習科學方法與過程、培養科學的價值與態度(value and attitudes in science)及其他。每一項目提問目的的分類中，涵蓋不同問題功能。問題目的一為學習科學概念，功能的分類依據是參考Bloom的認知活動架構(例如：教師的提問是否將學生的概念或程序應用於新情境及是否可以提供學生根據某些標準，檢查或評斷事實或訊息的好壞)；問題目的二為學習科學方法與過程，教師為使學生瞭解科學的過程之目的及科學推理和論證架構(例如：教師的提問是否呈現其看法，並且用已知概念詮釋看法、並提出相關證據)為其主要的問題功能之分類依據；問題目的三為培養學生的科學價值與態度，以是否提升學生科學探究歷程的活動(例如：教師的提問是否鼓勵學生產生科學問題並且尋找解決辦法)來定義問題功能。在此說明本研究提問目的之一之分析面向採用修訂後的Bloom分類架構(Anderson et al., 2001)，將知識分為知識向度及認知歷程向度，知識向度指的是各種學習面向內容的知識，包括：內容知識(content knowledge)、程序性知識(procedural knowledge)及知識本質知

識(epistemic knowledge)，而認知歷程向度則為記憶、理解、應用、分析、評鑑、綜合／創造。提問目的二之分析面向與OECD (2006, 2018a)對於科學素養的定義互相對應。提問目的三對應OECD (2018b)對於學生應具備的勝任力連結。此外，上述的目的皆與108課綱的目標相關。無法歸類於上述三種類別的問題則屬於「其他」。本研究的問題分類標準將於研究工具中詳列。

三、教師提問之內容分析

在生手教師的培訓過程中，瞭解專家教師的課室提問行為與教學策略並未完全包含在內。由於缺少實際使生手教師運用在其課堂教學中的教學策略與技巧，使其對於培訓的相關課程並無特別的概念與想法。若是能夠針對教師與學生對話的行為有實際的引導與分析，將會有助於生手教師培養並精進其教學能力(Viiri & Saari, 2006)。

針對國小教師於探究課程中其提問行為之研究指出，暑期研習課程能够使生手教師瞭解探究模式的提問問題，例如：使生手教師分析課室活動的影像等，可以使其有意識的發展提問的行為。透過此一培訓過程，發現生手教師於研習活動結束後，會在課程中提出推論性問題(即鼓勵學生闡述其意見、經驗等)的數量為研習前的兩倍；此外，教師的提問行為更以學生為中心。研究者指出從事教師教育的相關人員可以透過此一方式使生手教師具備在探究教學的科學課堂中提問的能力(Oliveira, 2010)。Eshach, Dor-Ziderman與Yefroimsky (2014)的另一研究則是同時檢驗國小、國中及高中課室中的認知和情感面向，例如：教師對於教師提問和學生回應、師資培訓等的看法。透過實際的觀察瞭解教師的教學行為、教師和學生相互問答的數量及教

師對於學生問題的回應。研究指出，教育學者和現場教師對於提問行為的看法有所差異，教育者強調的是問題的認知面向，而教師通常強調的則是情感面向。

針對教師提問的內容已有為數甚多的研究，然而，卻鮮少針對課程的整體內容進行時間性的序列分析，因此近年來開始有以時間為基礎進行課程內容分析的相關研究。Lehesvuori, Viiri, Rasku-Puttonen, Moate與Helaakoski (2013)指出過去大部分的研究都是分析課室中不同的對話類型，但並沒有針對課室的提問進行宏觀及全面的分析，包括教師提問的目的、問題的功能與問題的概念內容等。在師資培訓中，瞭解專家教師如何在每一課程時間段落進行不同目的、功能的提問對於生手教師而言將能使其有可依循的教學模式。

由上述研究得知，過去研究者僅針對教師與學生之間的對話行為進行時間性的分析，卻沒有分析特定課程內容中的問題目的與功能。因此，本研究區分不同的課程時間段落，針對特定的科學課程內容探討問題目的與功能，期待能透過教學提問模式分析，使生手教師掌握課堂教學提問的模式與瞭解問題的目的、形式與功能。

參、研究方法

一、研究對象

本研究對象為4位地球科學的高中教師，每位教師教學年資皆達10年以上，是每個參與學校都認定的地科專家教師。針對每位教師的授課情況各別錄製5到10堂課的內容，並且將課堂錄影內容製成逐字稿，再逐一分析教師提問問題的目的、功能與概念內容。分析4位教師的提問行為後發現，在不同的教

學單元中，教師提問目的與功能皆為相似。考慮授課單元的完整性(涵蓋所有分析的天文與地質單元)及欲呈現不同單元的提問模式供生手教師參考，因此僅取一位教師作後續的內容分析。此位教師已有20年以上的教學經驗，在不同概念主題上，授課風格相當一致，尤其經常以提問來刺激學生進行思考連結，而非直接灌輸概念知識，此位老師的教學風格廣受學生接受及好評，也是許多生手老師學習的對象。

二、研究工具

本研究根據108課綱及OECD (2006, 2018a, 2018b)對於科學素養的定義，將教師提問的問題根據目的分為以下四種類別，分別為：學習科學概念、學習科學方法與過程、培養科學態度與價值及其他。不同的問題目的再根據相關的功能分為不同的子項目，目的的一問題根據Bloom認知架構分為六種問題功能，依序是：記憶、理解、應用、分析、評鑑及綜合與創造。參考OECD (2006, 2018a, 2018b)提出的科學素養相關定義，將目的二及目的三的問題則再依照問題功能進行分類。與目的二問題的相關問題功能為：進行科學評量或實驗設計、呈現科學思考或論證及探索科學本質；與目的三問題的相關問題功能為：培養科學精神、對科學與科技之興趣及對環境議題的覺醒。目的二與目的三的功能分類亦與108課綱的課程目標互相呼應。若無法將教師問題歸類於上述三種目的，則是歸類於其他。符合每一目的與功能的問題範例將於資料分析的段落逐一舉例說明。分析面向及其相關定義如表1～3所示。

此外，在學生學習的過程中，不同階段的學習會有不同的概念產生，表4為本篇文章

表1：學習科學概念之分類面向與相關定義

問題功能	定義
記憶	辨識或回憶相關資訊。
理解	理解概念，用自己的話陳述(解釋、舉例、說明，或總結概念的意義)。
應用	將概念或程序應用於新情境。
分析	在問題解決的情境中分解事實或概念，為了透澈理解概念，透過辨別、組織或因果推論進行分析。
評鑑	根據某些標準，進行檢查、批評或判斷事實或訊息的好壞。
綜合／創造	組合片段以產生新的概念、假設或事物，或完成創造任務(技巧包括產生、計畫和製作)。

表2：學習科學方法與過程之分類面向與相關定義

問題功能	定義
進行科學評量或實驗設計	提出問題、假設、變項，設計實驗驗證假設。
呈現科學思考或論證	呈現看法或假設，用已知概念或訊息解釋看法或假設、並提出相關證據。
探索科學本質	分析討論：證據的意義、科學方法的意義、科學知識的起源與發展、知識的確定性與價值，以及科學知識對人類文明發展的角色等。

表3：培養科學態度與價值之分類面向與相關定義

問題功能	定義
培養科學精神	要求或鼓勵學生提科學問題、訂定問題解決計畫、自我學習與資料搜尋。
對科學與科技之興趣	使學生認為學習科學與科技相關內容是有趣的，並進而產生興趣。
對環境議題得覺醒	知道區域、臺灣、全球發生的環境相關問題。

表4：概念內容的分類與定義

概念內容	定義
新概念	在日常生活中常聽見、不陌生但對實際內容不清楚且未學習過的領域或概念。
舊概念	舊有概念或既有知識。
應用舊有概念(延伸)	將舊有概念應用於新情境。
概念改變	對迷思概念或是既有概念產生新的理解。

對這些概念內容的定義。其中，新概念、舊概念及應用舊有概念與地球科學課程的教學內容互相對應，而概念改變則是使學生對於其迷思概念或另有概念產生新的理解。概念改變的教學可以使學生對於科學知識有更深入的理解與認識(McComas, 2013)。

三、資料收集與分析

(一)研究單元

在本研究中，與課程錄影相關的地球

科學教學領域為天文與地質領域。天文領域包含高中基礎地球科學上冊的天球概念、周日運動、周年運動三個單元，而地質領域包含高中基礎地球科學下冊的人造衛星(satellite)、地殼均衡(isostasy)、全球衛星定位系統(Global Positioning System, GPS)三個單元。

高中地球科學上冊之課程目標旨在培養具備「地球科學」基本素養(包括知識、思維和技能、態度)的現代公民；下冊在地質、

天文、大氣、海洋等各大領域主要教學內容則著重於觀測與應用，期望學生瞭解地球及其他星體的組成、構造、運動及其演變的原因與歷史，進而珍惜地球資源，培養永續發展的理念。「人造衛星」單元主要的學習內容為介紹太空遙測的基本原理，瞭解各種人造衛星可依運轉的方式與軌道高度做分類，是學生平日有機會耳聞或是接觸到其相關儀器，但是對實際內容較陌生的領域；「地殼均衡」單元則由19、20世紀初，相關學者提出了不同的模型來解釋地殼的組成與構造為課程主軸，讓學生將所學知識與新概念做結合；而「GPS」單元內容著重在介紹地表觀測的遙測工具及方法，也為學生可能有聽過但對實際內容較陌生的範疇，因此在教學上會建議先讓學生瞭解這些觀測方法的意義與價值，以建立學習動機並加強學習成效。

(二)資料收集

錄影課程分為高一天文及高二地質領域，每個領域各有三個單元，在教學過程中，因學習天文領域時，在運用不同概念時會應用到不同的單元，因此一堂課可能同時包含天球、周日運動、周年運動等單元。研究者在分析時將這些單元問題個別抽出並按照出現時間依序統計。天文領域共有5堂課，內容包含天球(約55分鐘)、周日運動(約40分鐘)及周年運動(約50分鐘)。地質領域則有4堂課，內容為地殼均衡(約40分鐘)、GPS (約30分鐘，扣除教師講其他遙測儀器的時間)及人造衛星(約55分鐘，扣除教師講其他遙測儀器的時間)。

(三)資料分析

在地質及天文兩個領域中各取三個單元課程，將每個單元根據授課的起始時間(高中1堂課授課時間約為50分鐘，因此每一時段約

為10分鐘)平均分配為5個時段，在課程第一段(0 ~ 10分鐘)通常是作為教師開場並引導學生進入課程主軸，中間10 ~ 40分鐘平均分配為3段，希望能更精確地看出在每段課程中，教師提問的問題目的是否有所差異，最後一段(40 ~ 50分鐘)則是教師對於整體課程收尾的時段。有部分的課程錄影因教師在課堂中宣布其他與地科課程內容無關的事情，因此錄製時間不滿50分鐘，或是因為概念較複雜而有跨堂的情形，錄製時間最後加總稍微超過50分鐘。根據課程的起始時間在最後選取的單元中每一時段的時間約為8 ~ 10分鐘。將課程時間序列分為5個時段(the sequence of questions)，統計每個問題目的(question purpose)在各時段的分布情形及問題目的功能(question function)在各單元所占的比例。將所有的提問問題運用到的概念內容做分布圖，統計每個目的之問題功能所運用到概念內容並加以分析。

屬於目的一的教師提問分為六種問題功能：記憶(例如：太陽從東邊升起，怎麼升起？太陽的軌跡是怎麼樣？)、理解(例如：那請問你太陽在夏至點的意義是什麼？)、應用(例如：因為地球由西向東轉，星座會往哪個地方移動？)、分析(例如：若我退遠一點，退到建國南路，中間都沒有建築物，我看他們三個人成一條線，為什麼？)、評鑑(例如：你覺得他的球形對還是不對？[詢問某個學生對於同學提出的概念是否正確])，以及綜合與創造(例如：我怎麼把這個蛋殼變平的？[教師藉由課程前段的討論希望引導學生透過天球概念自行推敲出各緯度星座盤的設計與概念])。

目的二的教師提問分為三種問題功能：進行科學評量或實驗設計(無範例)、呈現科學思考或論證(例如：請問你真的投影幕的形狀是什麼樣子？)及探索科學本質(例如：那我們

為什麼把他看成一個星座？)。目的三的教師提問亦分為三種功能：培養科學精神(例如：那怎麼證明這件事？(教師留下讓學生證明北極星夾角與緯度關係的作業)、對科學與科技之興趣(無範例)及對環境議題的覺醒(無範例)。屬於「其他」此一類別的提問，通常為教師確認學生是否可以充分理解教師的上課內容，因此教師通常會用「可以嗎？」、「ok嗎？」或是「這個觀念有沒有問題？」的問句以確認學生的學習進度。

此外，在概念內容的分析方面，總共分為四種類別：新概念(例如：為什麼會有黑帶？[此處為詢問學生為何衛星影像有黑帶])、舊概念(例如：冬天夏天太陽升起的位置不一樣？)、應用舊有概念(例如：我已經告訴你衛星可以做這麼多事情，那請問你，我們現在可以利用哪些波段來做觀測？)及概念改變(例如：利用以下三個連續問題最後引導學生改變原有對於天球投影的概念：請問你真的投影幕的形狀是什麼樣子？請問你，投影幕長什麼形狀？你為什麼覺得他是平面？)。

肆、研究結果

一、問題目的對應課程時間之分析

本研究分析4位資深教師在不同課程單元之提問目的，每段課程的總時長約40～55分鐘，綜合比較4位教師在不同單元的問題目的個數後，可發現目的一的問題在全部課程中所占比例較高(圖1)，而目的二次之。由於4位老師的問題目的分布情形與個別單元所分析出來的各問題目的分布類似，加上考量課程單元的完整性與多元化，故其後的分析僅取一位教師作為代表。

在目的一的地質領域中，人造衛星、地殼均衡及GPS的問題個數分別為47、23、21個，而由人造衛星、地殼均衡及GPS問題目的分析圖(圖2)中的趨勢線可看出這三個單元在目的一：學習科學概念隨著課程時間越久而呈現增加的趨勢；在天文領域中周日運動、周年運動及天球概念的問題個數分別為76、50、40個，周日運動、周年運動的問題目的分析圖中在目的一也有時間越久比例增加的趨勢，但是天球單元卻與其他幾個單元呈現相反的趨勢。

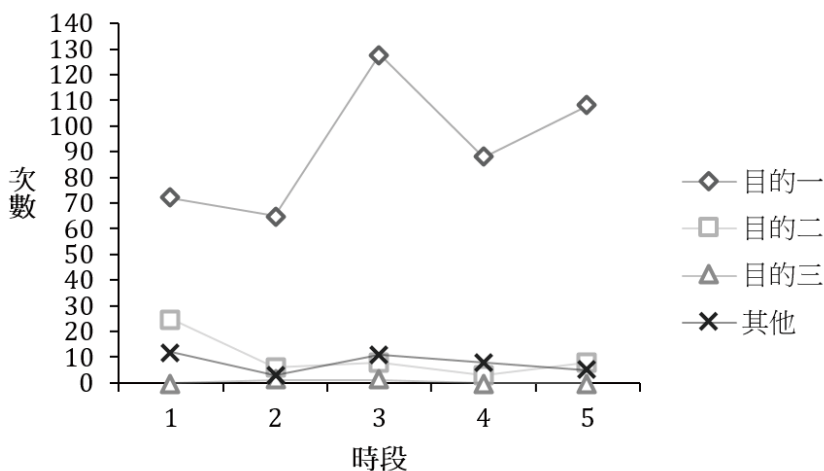


圖1：問題目的分析圖

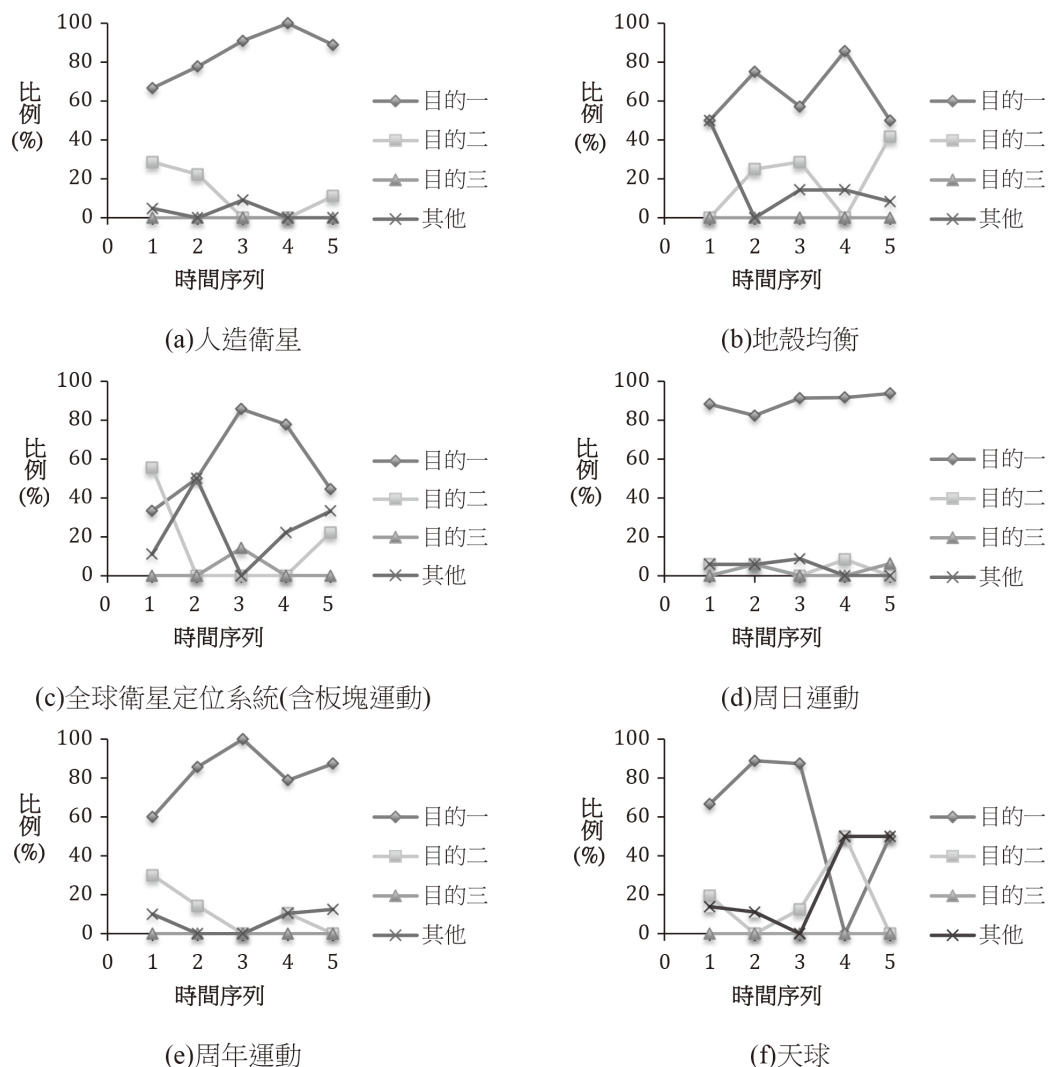


圖2：各單元問題目的分析圖

目的的一旨在瞭解學生學習科學的概念時所運用到的認知歷程，因地球科學並非一門艱深難懂的學科，在各大領域都與學生的日常生活息息相關，多數課程內容學生都能利用舊有概念建構新知識，並非單獨偏重在科學實驗或是探索課程上，所以目的的一所占比重會較高。然而，時間序列的分析結果可以發現唯獨天球單元在目的的一的比重並非隨時間增加(如圖2所示)，原因為教師在時序4～

5花較多時間在引導學生思考天球概念與應用(目的二的比重可由圖看出在時序4所占最多)，因此目的的一的問題沒有出現隨時間推進而增加的趨勢。

二、問題功能對應問題目的比重分析

此一分析的重點是為瞭解教師在教學中所提出的問題功能為何，統計結果如表5～7所示，茲分別探討如下。

表5：各單元在目的的一的問題功能比例

單元	記憶 <i>n</i> (%)	理解 <i>n</i> (%)	應用 <i>n</i> (%)	分析 <i>n</i> (%)	評鑑 <i>n</i> (%)	綜合／創造 <i>n</i> (%)
地殼均衡	8 (35)	4 (17)	5 (22)	4 (17)	1 (4)	1 (4)
人造衛星	15 (32)	7 (15)	6 (13)	18 (38)	1 (2)	—
全球衛星定位系統	11 (52)	3 (14)	1 (5)	4 (19)	2 (10)	—
天球	16 (40)	13 (33)	—	7 (18)	2 (5)	2 (5)
周日運動	34 (45)	10 (13)	16 (21)	11 (14)	5 (7)	—
周年運動	22 (44)	9 (18)	3 (6)	12 (24)	3 (6)	1 (2)

表6：各單元在目的二的問題功能比例

單元	進行科學評量或實驗設計 <i>n</i> (%)	呈現科學思考或論證 <i>n</i> (%)	探索科學本質 <i>n</i> (%)
地殼均衡	—	9 (100)	—
人造衛星	—	7 (78)	2 (22)
全球衛星定位系統	—	6 (86)	1 (14)
天球	—	8 (89)	1 (11)
周日運動	—	3 (100)	—
周年運動	—	5 (71)	2 (29)

表7：各單元在目的三的問題功能比例

單元	培養科學精神 <i>n</i> (%)	對科學與科技之興趣 <i>n</i> (%)	對環境議題的覺醒 <i>n</i> (%)
地殼均衡	—	—	—
人造衛星	—	—	—
全球衛星定位系統	1 (100)	—	—
天球	—	—	—
周日運動	3 (100)	—	—
周年運動	—	—	—

由表5得知，在目的的一的6項問題功能中，除了人造衛星單元的問題占「分析」此一功能的比例最高(38%)，其餘皆為「記憶」功能占多數。原因是這些單元對學生來說並非全然陌生的領域，在教學過程中常會需要提取學生舊概念加以延伸。而在人造衛星單元的教學過程中，教師會先利用衛星雲圖、衛星影像、蘇聯首發衛星等資料喚起學生的先備知識與學習動機，再藉由與學生討論引導學生思考達到教學目標，因而在此單元除了分析功能，記憶功能比例也不低(占32%)。

由表6得知，呈現科學思考或論證的問題

比例最高(70%以上)，探索科學本質次之(30%以下)，而進行科學評量或實驗則為0%。其中人造衛星、GPS、天球及周年運動單元之課程問題皆有達到兩個功能面向，表示教師在教授這些單元時較注重科學知識的起源與發展和新概念與先備知識的連結。

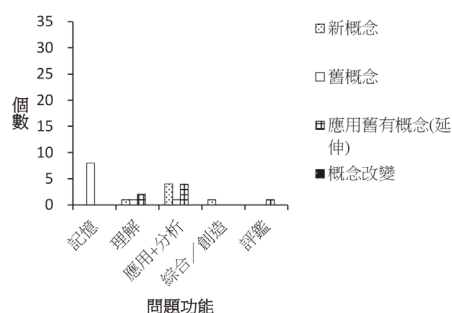
由表7得知，目的三的問題功能在這6個單元中只有GPS與周日運動有涵括科學精神的培養，而問題個數在整個課程中只有1至3個，主要著重於使學生在課後對於課程內容加深加廣的探索或是問題解決。

三、問題內容對應問題目的與功能之分析

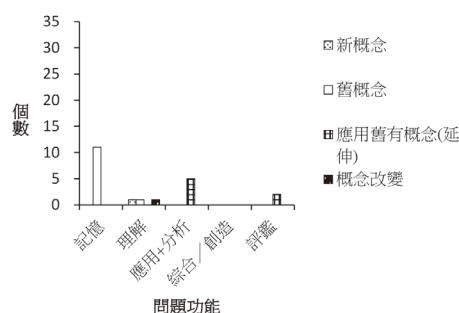
為進一步瞭解學生學習時所運用到的概念內容為何，此部分分別統計4種概念類別在各目的功能中所占的次數，因應用與分析功能的概念內容皆為較高階的概念，故將其合

併分析，分別探討如下。

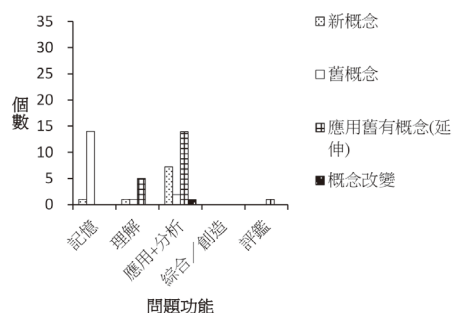
由圖3可看出舊概念的運用大多出現在記憶、理解、應用及分析四個功能中，其中當記憶類型問題出現時學生所需運用到的以舊概念為主，表示教師在教授基本概念知識時，會運用學生既有概念作為引導。



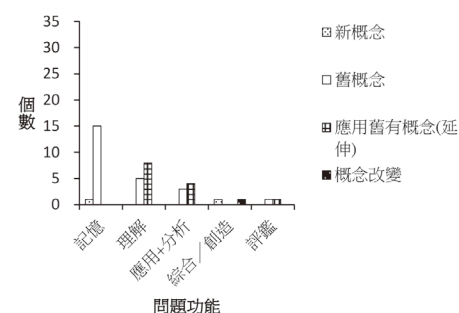
(a)目的一：地殼均衡(應用、分析合併)



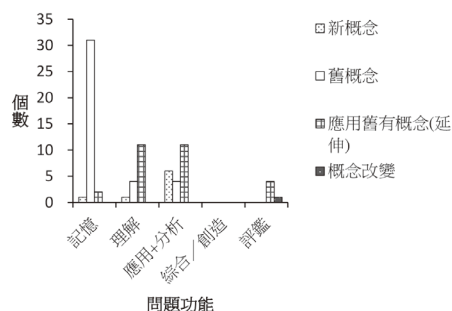
(b)目的一：全球衛星定位系統(應用、分析合併)



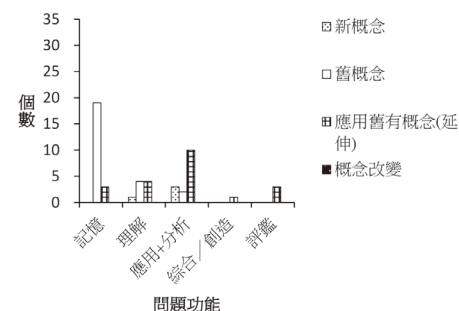
(c)目的一：人造衛星(應用、分析合併)



(d)目的一：天球(應用、分析合併)



(e)目的一：周日運動(應用、分析合併)



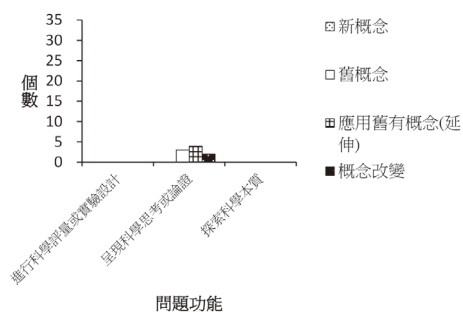
(f)目的一：周年運動(應用、分析合併)

圖3：各單元概念內容在問題目的一的問題功能個數

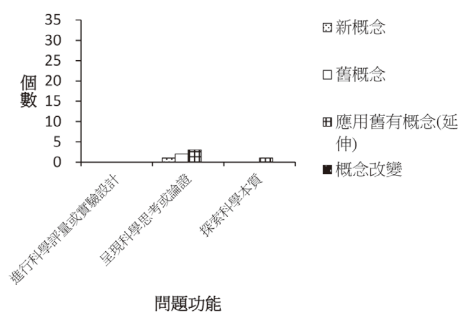
而從表5來看，若將應用與分析合併計算，發現在地殼均衡與人造衛星單元所占問題比重在目的二中最為多，且學生在面對這些問題時主要使用新概念和應用舊有概念作回答。

由圖4得知概念改變在目的二皆出現在呈

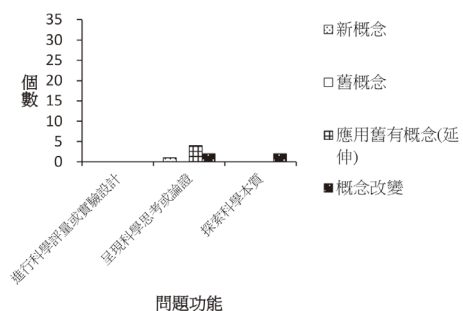
現科學思考與論證功能，而唯一沒有出現概念改變的單元是GPS跟周日運動，表示當學生在對課程內容有一定瞭解後，能藉由習得的概念提出相關證據來支持觀察到的現象或論點。然而，GPS與周日運動卻是唯一有發展到目的三培養科學精神功能的單元(圖5)，



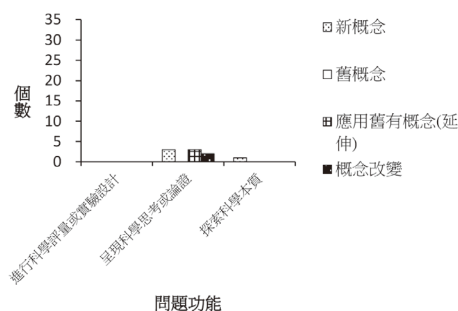
(a)目的二：地殼均衡



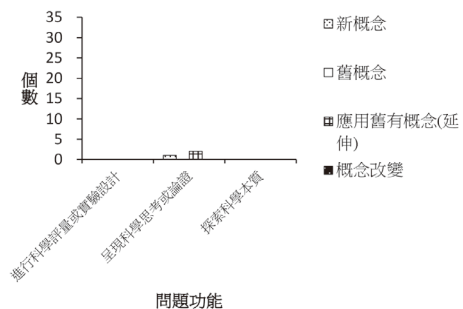
(b)目的二：全球衛星定位系統



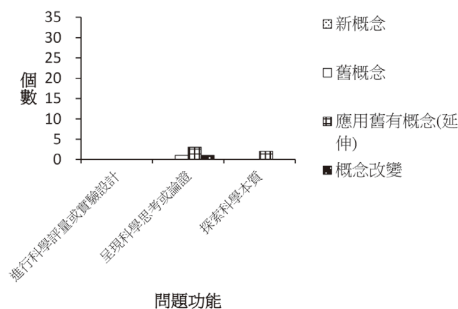
(c)目的二：人造衛星



(d)目的二：天球



(e)目的二：周日運動



(f)目的二：周年運動

圖4：各單元概念內容在問題目的二的問題功能個數

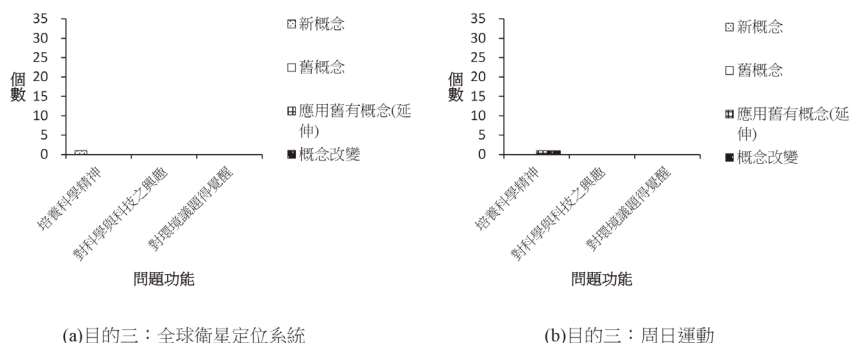


圖5：各單元概念內容在問題目的三的問題功能個數

在周日運動單元中，也可看出教師教學時的問題導向為引導學生產生概念改變。

伍、討論

Chen, Hand與Norton-Meier (2017)的研究指出，瞭解教師提問在課堂中所扮演的角色對於師資培育的課程而言是必要的。本研究中，藉由分析專家教師在地球科學課堂中提問問題的目的、功能及概念內容等面向，使生手教師對於不同單元中，提問問題的模式有所認識。由問題目的對應課程時間之分析的結果發現，本研究的專家教師在進行各個單元的教學時，在不同的時間序列中皆會穿插不同目的的問題，同時亦會在不同的時間序列中確認學生是否有跟上課程進度並且充分的瞭解概念(屬於「其他」此一類別的問題)。而在天球單元中，其問題比重的分配趨勢與其他單元相反，原因為在此段課程教學中，天球內容比較偏向讓學生瞭解及認識地球與太陽軌道運行的基本架構，在課程進行到中後段時，本研究的教師並不會讓學生單純的反覆記憶這些基本架構概念，而會將其融入在周日、周年運動概念中，因此天球單元的問題比重分配與其他單元並不一致，這個結果也反映出專家教師會視概念內容調整

提問與授課方式。

以問題功能對應問題目的比重的分析結果發現，在各個單元的教學中，屬於目的一的問題占有最大比例，而在目的一的問題功能中，大多是屬於記憶層面的問題。值得關注的是，在目的一的問題中，除了比例較高的記憶問題以外，資深教師亦會搭配不同的問題功能，例如：理解、分析等，協助學生的概念建構與學習。此一研究結果與先前的發現不一致，例如：McNeil與Pimentel (2010)觀察到高中教師會使用較多封閉的、記憶型的問題在論證的課程中；而Banilower等(2013)所作的調查結果發現，在科學課堂中，較低層次的問題(填鴨式問題)在課堂中存在的比例超過90%。然而，由本研究的專家教師的提問功能分析結果發現，即使目的一中，記憶功能的問題仍占多數，但比例幾乎未超過50%。專家教師的提問問題能對應不同功能，以完整建構學生的科學概念學習。在目的二的问题功能中，發現進行科學評量或實驗設計功能皆沒有出現在問題中，原因為此部分課程屬於較抽象的天文概念及不易接觸到真實教學材料的衛星系統，在首次教學時教師傾向讓學生先瞭解並熟悉基本概念，而以呈現科學思考或論證及探索科學本質等問題功能協助學生對於學習科學的方法與過程

有更多的理解。在接下來108課綱的自然科探究與實作課程中，教師將有機會在這些單元中加入實驗設計與評量的教學元素，因此對於如何讓學生呈現科學思考或論證及探索科學本質是新手老師需儘快瞭解的教學問題，我們從專家教師的教學可知論證思考及探索科學本質或許更適合在較抽象的單元中實施。在目的三的問題中，發現此類問題出現在各單元教學中的比例皆偏低，且皆出現在第二或第三的課程時間序列，這可能是由於此類問題功能皆屬於培養科學精神，建立學生對於科學的態度與價值，因此經常是在建立內容觀念之後被提出討論。

最後，問題內容對應問題目的與功能之分析的結果發現，本研究大多數的教師提問是將新的科學知識內容建構在學生的舊概念之上，並且嘗試概念改變。舉例來說，在周日運動的課程中，內容為國三地球科學太陽日軌跡相關課程之延伸，但根據專家教師的教學經驗，學生在國三課程結束後往往會產生許多迷思概念甚至是錯誤觀念，因此專家教師會期望在高中課程中讓學生瞭解正確的

知識。這個研究結果也顯現出專家教師瞭解學生先備知識對建構知識的重要性。

Oliveria (2010)的研究指出，教師對於如何在課堂中提出適合課程內容且品質較高的問題有其困難之處。然而，本研究分析結果可以使生手教師對於教師提問的目的對應時間的安排、不同目的中涵括的功能與概念內容有更詳細的理解與認識。由上述得知，專家教師對於地球科學不同主題的提問安排，有一定的準則，然後配合各個單元的內容特性，針對不同的教學內容發展不同的提問模式並搭配不同問題功能進行提問。由此可知，要成為專家教師，需先對教學內容的本質有深刻的認識。未來應將此研究拓展至不同的教學單元，對於專家教師的發問模式有綜觀性的認識，提供給生手教師值得參考的教學內容與進程。

誌謝

本研究獲教育部高等教育深耕計畫之特色領域研究中心經費補助，由「國立臺灣師範大學學習科學跨國頂尖研究中心」支應。

參考文獻

1. 教育部(2018)。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。臺北市：作者。
2. Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., Airasian, P. W., Cruikshank, K. A., Mayer, R. E., Pintrich, P. R., et al. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives* (Abr. ed.). New York, NY: Longman.
3. Banilower, E. R., Smith, P. S., Weiss, I. R., Malzahn, K. A., Campbell, K. M., & Weis, A. M. (2013). *Report of the 2012 national survey of science and mathematics education*. Chapel Hill, NC: Horizon Research.
4. Benedict-Chambers, A., Kademian, S. M., Davis, E. A., & Palincsar, A. S. (2017). Guiding students towards sensemaking: Teacher questions focused on integrating scientific practices with

- science content. *International Journal of Science Education*, 39(15), 1977-2001. doi:10.1080/09500693.2017.1366674
5. Carlsen, W. S. (1988). *The effects of science teacher subject-matter knowledge on teacher questioning and classroom discourse*. Unpublished doctoral dissertation, Stanford University, Stanford, CA.
 6. Carlsen, W. S. (1991). Questioning in classrooms: A sociolinguistic perspective. *Review of Educational Research*, 61(2), 157-178. doi:10.3102/00346543061002157
 7. Carlsen, W. S. (1993). Teacher knowledge and discourse control: Quantitative evidence from novice biology teachers' classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(5), 471-481. doi:10.1002/tea.3660300506
 8. Chen, Y. C., Hand, B., & Norton-Meier, L. (2017). Teacher roles of questioning in early elementary science classrooms: A framework promoting student cognitive complexities in argumentation. *Research in Science Education*, 47(2), 373-405. doi:10.1007/s11165-015-9506-6
 9. Chiappetta, E. L., & Koballa, T. R. (2002). *Science instruction in the middle and secondary schools* (5th ed.). Upper Saddle River, NJ: Merrill Prentice Hall.
 10. Chin, C. (2006). Classroom interaction in science: Teacher questioning and feedback to students' responses. *International Journal of Science Education*, 28(11), 1315-1346. doi:10.1080/09500690600621100
 11. Chin, C. (2007). Teacher questioning in science classrooms: Approaches that stimulate productive thinking. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(6), 815-843. doi:10.1002/tea.20171
 12. Duschl, R. (2008). Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic, and social learning goals. *Review of Research in Education*, 32(1), 268-291. doi:10.3102/0091732X07309371
 13. Erdogan, I., & Campbell, T. (2008). Teacher questioning and interaction patterns in classrooms facilitated with differing levels of constructivist teaching practices. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1891-1914. doi:10.1080/09500690701587028
 14. Ernst-Slavit, G., & Pratt, K. L. (2017). Teacher questions: Learning the discourse of science in a linguistically diverse elementary classroom. *Linguistics and Education*, 40, 1-10. doi:10.1016/j.linged.2017.05.005
 15. Eshach, H., Dor-Zideman, Y., & Yefroimsky, Y. (2014). Question asking in the science classroom: Teacher attitudes and practices. *Journal of Science Education and Technology*, 23(1), 67-81. doi:10.1007/s10956-013-9451-y
 16. Graesser, A. C., & Person, N. K. (1994). Question asking during tutoring. *American Educational Research Journal*, 31(1), 104-137. doi:10.2307/1163269
 17. Hashweh, M. Z. (1987). Effects of subject-matter knowledge in the teaching of biology and

- physics. *Teaching and Teacher Education*, 3(2), 109-120. doi:10.1016/0742-051X(87)90012-6
18. Kawalkar, A., & Vijapurkar, J. (2013). Scaffolding science talk: The role of teachers' questions in the inquiry classroom. *International Journal of Science Education*, 35(12), 2004-2027. doi:10.1080/09500693.2011.604684
 19. King, A. (1994). Guiding knowledge construction in the classroom: Effects of teaching children how to question and how to explain. *American Educational Research Journal*, 31(2), 338-368. doi:10.2307/1163313
 20. Lehesvuori, S., Viiri, J., Rasku-Puttonen, H., Moate, J., & Helaakoski, J. (2013). Visualizing communication structures in science classrooms: Tracing cumulativity in teacher-led whole class discussions. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(8), 912-939. doi:10.1002/tea.21100
 21. McComas, W. F. (Ed.). (2013). *The language of science education: An expanded glossary of key terms and concepts in science teaching and learning*. Rotterdam, The Netherlands: Sense.
 22. McNeill, K. L., & Pimentel, D. S. (2010). Scientific discourse in three urban classrooms: The role of the teacher in engaging high school students in argumentation. *Science Education*, 94(2), 203-229. doi:10.1002/sce.20364
 23. Oliveira, A. W. (2010). Improving teacher questioning in science inquiry discussions through professional development. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 422-453. doi:10.1002/tea.20345
 24. Organisation for Economic Co-operation and Development. (2006). *Assessing scientific, reading and mathematical literacy: A framework for PISA 2006*. Paris, France: Author.
 25. Organisation for Economic Co-operation and Development. (2018a). *PISA: Preparing Our Youth for an Inclusive and Sustainable World: The OECD PISA Global Competence Framework*. Paris, France: Author.
 26. Organisation for Economic Co-operation and Development. (2018b). *The future of education and skills: Education 2030: The future we want*. Paris, France: Author.
 27. Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994-1020. doi:10.1002/tea.20035
 28. Palmer, D. H. (2009). Student interest generated during an inquiry skills lesson. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(2), 147-165. doi:10.1002/tea.20263
 29. Roth, W.-M. (1996). Teacher questioning in an open-inquiry learning environment: Interactions of context, content, and student responses. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(7), 709-736. doi:10.1002/(SICI)1098-2736(199609)33:7<709::AID-TEA2>3.0.CO;2-R
 30. Russell, T. L. (1983). Analyzing arguments in science classroom discourse: Can teachers' questions distort scientific authority? *Journal of Research in Science Teaching*, 20(1), 27-45.

doi:10.1002/tea.3660200104

31. Smith, E. L., Blakeslee, T. D., & Anderson, C. W. (1993). Teaching strategies associated with conceptual change learning in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(2), 111-126. doi:10.1002/tea.3660300202
32. Viiri, J., & Saari, H. (2006). Teacher talk patterns in science lessons: Use in teacher education. *Journal of Science Teacher Education*, 17(4), 347-365. doi:10.1007/s10972-006-9028-1

Analyzing Teacher Questioning Behaviors in the Earth Science Classrooms

Chia-Hui Cheng^{1,*}, Fang-Ying Yang¹, Hsiao-Ping Lien¹ and Yi-Wen Hung²

¹Graduate Institute of Science Education, National Taiwan Normal University

²Affiliated Senior High School of National Taiwan Normal University

Abstract

The main purpose of this study was to investigate teacher questioning behaviors in earth science classrooms. Carlsen (1991) pointed out that teachers' questions were related to context, content and reaction to responses. In literatures, studies analyzing teacher questioning behaviors paid most attention to question types that would inspire students' fruitful thinking and responses. It seems that the context and contents of questions have not been emphasized enough. In this study, questions given by experienced teachers in the earth science classrooms were analyzed with respect to the purpose and function of each question. Questions were first categorized according to the purpose and then further subdivided to indicate how the questions were used. Four categories according to the purpose of questions were identified and reflected the main components of scientific literacy. The four categories are (1) learning of science concepts (content knowledge), (2) understanding of the process of the science (procedural knowledge), (3) scientific values and attitudes (epistemic knowledge), and (4) others (which can't be classified into aforementioned three categories). The various functions of the questions in each category were defined. Bloom's Taxonomy, the structure of scientific reasoning and argumentation, and the nature of science to define functions of questions were taken into account. Results showed that experienced teachers arranged questions with different purposes in each time sequence. Though the questions related to function of memorization appeared most frequently, experienced teachers tried to arrange questions with different functions to promote students' conceptual learning. Furthermore, experienced teachers mostly helped students to construct new scientific concepts based on their prior knowledge. The findings of this study could offer novice teachers a comprehensive understanding of questioning behaviors in science classrooms.

Key words: Earth Science Education, Teacher Questioning

* Corresponding author: Chia-Hui Cheng, eemily_1201@hotmail.com.tw