

探討不同探究式教學法對高一生 科學探究能力與學習環境觀感之影響

白佩宜* 許瑛珺**

本研究採準實驗研究法，以「校園氣象觀測」為主題，針對某國立高級中學 3 班高一生，分別進行結構式(43 人)、引導式(43 人)及開放式(41 人)3 種探究教學。經分析學生科學探究能力測驗、學習單、地球科學教室學習環境量表等資料，探討不同探究教學法對高一生探究能力與對學習環境觀感的影響。結果顯示：(1)於探究課程前後，全體學生的整體科學探究能力沒有明顯進步，但在「提出問題與假說」上有明顯進步 ($t = 3.56, p < 0.0001, E.S.=0.81$)。(2)低探究能力學生於課程後的探究能力進步顯著多於中、高探究能力者。(3)結構式探究對學生的「提出問題與假說」能力最有幫助，也能增進低探究能力學生的「實驗與資料蒐集分析」能力。(4)引導式探究對中、低探究能力學生的「提出問題與假說」有所助益。(5)開放式探究能增進高探究能力學生的「計畫」能力。(6)半數以上學生認為探究課程所營造的學習環境較符合他們的理想。建議科學教師應考量學生的探究能力，採行合適的探究式教學法以增進學習成效。

關鍵字：科學探究、探究教學法、學習環境觀感、地球科學教育

* 作者現職：國立新店高級中學地球科學教師

** 作者現職：國立台灣師範大學科學教育研究所及地球科學研究所

通訊作者：許瑛珺，e-mail: yshsu@ntnu.edu.tw

壹、緒論

高級中學 95 暫行課程中地球科學綱要目標的其一目標提到：「使學生在日常生活中能夠活用地球科學的知識和方法，並發展解決問題的能力。」(教育部，2004，p.159)。其提及的活用地球科學的知識和方法以及發展解決問題的能力，即為培養學生科學探究能力。在 2008 年 1 月 24 日發布的普通高級中學必修科目「基礎地球科學」課程綱要之實施要點中，建議教師廣泛運用各種教學策略及選用適當的教學方法進行教學。除課堂講授與演示外，教師應配合不同教學主題，適度採用不同之教學方法，如引導學生進行觀測、調查、探究、小組討論、上台報告、問題解決等 (教育部，2008a)。同時，在 2008 年公佈的普通高級中學必修科目「基礎地球科學」課程綱要中，強調教師應多多提供適當的資料或觀測數據，來引導學生進行討論和思考，使學生能經由主動參與分析歸納資料的過程而形成基本概念。在地球科學高二選修的課程綱要更明訂「學生能運用分析和探究的能力，找出問題並試著解答」為核心能力之一(教育部，2008b，p.271)。

為了發展學生的科學探究能力，教師應當發展科學探究教學活動，引導學生於課堂上進行探究活動。探究課程設計時可秉持「學生即是科學家」的信念，要求學生解決科學家試圖要回答的真實世界相關問題，為了解決這些問題，學生需具備能使用一系列的計畫去收集資料、分析資料和解釋結果 (Mintzes, Wandersee & Novak, 1998)。科學探究有多種面貌及方式，主要取決於教師的角色和學生主動學習的自主權，探究在課室的形貌可以從教師主導到教師從旁輔導到學生自主進行探究。例如：學生參加科學展覽，即為開放式的探究過程，其他不同形式的探究教學有引導式、結構式、食譜式等 (Colburn, 2000; Tamir & Zohar, 1991)。

探究式教學法有助於提升教學成效，也能培養探究能力。然而哪一種探究教學法對高中生的探究能力成長影響最大？目前缺乏針對國內現行教育制度下，高中生探究能力成長與探究教學法之相關研究，尤其是在現行高一地球科學課程中，安排探究活動後的成效分析並不多見。鑒於現行地球科學課程列為大學學科能力測驗的自然考科內容，要在升學及課程進度壓力下，兼顧學科知識教授及科學探究能力培養是高中地球科學教師須面對的兩難問題。

在此研究中，安排一個配合課程延伸的探究活動單元，對學生探究能力的增長有無幫助？哪一種探究方式最能幫助學生提升科學探究能力？在學生的理想中希望怎樣的學習環境呢？本研究貼近實務，結果可供第一線高中教師做為教學設計時的參考。因此，本研究選取同校同一年級的 3 個班級，分別進行不同類型的探究活動，期能提供探究教學和學習相關研究的參考，進而研發更多可以有效提升學生探究能力的教學策略。具體的研究問題，如下：

- 一、課程前後學生的科學探究能力改變情形為何？
- 二、不同探究教學法對學生科學探究能力的影響有何不同？
- 三、不同探究程度學生在課程前後，其探究能力的變化情形有何差異？
- 四、課程前後學生的學習環境觀感變化情形為何？
- 五、學生對於本次探究式教學課程的觀感為何？建議為何？

貳、文獻評析

近年來，教育不斷改革，漸由封閉走向開放的趨勢，漸由傳統以教師為中心的教學方式而轉變為以學生為中心。過去以訓練、記憶、背誦為主的教學，已轉變為啟發思考、創意及潛能開發(高強華, 1998)。Abd-El-Khalick 等人(2004)提出，從科學中探究(inquiry as mean; inquiry in science)的角度而言，探究是一種教學的方法及過程，幫助學生發展科學概念。進行探究的學生能夠經歷像科學家般的活動和思考過程(CSMEE & NRC, 2000)。若以科學探究中「探究為目標(inquiry as end)」和「探究科學本質(inquiry about science)」的兩個角度來看，學生學習探究科學內容時，可發展出對科學本質和科學知識的理解、以及增進探究技能。劉宏文、張惠博(2001)提到，雖然學生所從事的科學活動時所經驗的情境，可能與科學家進行的科學工作有些差距，然而卻是極富啟發意義的探究經驗，是抽離情境下的科學教學難以比擬的。

在學校內運用探究學習還不到一世紀 (Bybee & DeBoer, 1993; DeBoer, 1991)，在西元 1900 年之前，大多數的教育工作者注重學生透過直接教導來學習科學且大多強調知識的累積。之後，Dewey (1910)認為科學不僅是知識，科學亦是一種思維模式和態度。因此，探究除了是從做中學(CSMEE & NRC, 2000)，而且若新的證據導致更合理的解釋則科學的概念架構是可以被修正的(Schwab, 1960, 1966)。學生透過探究的過程學習科學，這個過程要求學生在獲得科學概念前須先研究現象。這些觀點影響了課程材料的發展，強調科學學習的過程與獲得科學概念同樣重要，因此，提供更多的機會讓學生在實驗室或者動手做活動中探索，進而促進他們的科學概念理解，而非片段知識或事實的記憶。因此，科學教育應強調如何透過探究學習來幫助學生發展探究技巧及科學理解，亦即以探究導向的活動來幫助學生發展認知能力(例如：批判思考和推理)及促進科學內容的理解(CSMEE & NRC, 2000)。才可能達成美國國家科學教育標準(2000)界定 9-12 年級學生科學探究能力培養的重點：(1) 能夠依據新的證據和邏輯分析來形成或修正科學解釋；(2) 能夠了解為何科學改變和科學如何改變。

在探究過程中，須應用到「觀察、分類、測量、預測、推論、編寫假設、溝通、辨別變因、設計實驗」等過程技能。所謂的觀察包含了定性觀察與定量觀察；分類即是找出相同與相異點；測量是適當地運用工具進行量度，利用熟悉事物作量度標準顯示結果；預測為預期所將觀測到的事物；推論即是根據事實做合理猜測；假設是預測變數之間的相互關係；溝通是為表達意見及情感。而科學探究主要步驟包括選取變因(操縱、控制及應變)、假設及預測、設計實驗、記錄、用圖表找出關係、結論、實驗的準確性及可信性。設計實驗是進行探究時很重要的一種技能，實驗時改變一些因素，繼而量度這個改變對結果的影響(香港教育學院超媒體自學中心，1998)。

當學生在從事探究時，會經歷提問、計畫、分析、詮釋、溝通等流程，每個階段的型態都可能不同，但若教師主導的程度越多，學生主導的程度就越少；反之，學生主導的程度越多，教師主導的程度越少，探究型式就越開放，整理如表 1。Herron (1971)依據探究時教師提供探究問題、操作程序以及解答的與否，將探究分成四個層次，分別為驗證層次、引導式探究層次、開放引導式探究層次以及開放性探究層次。詳述如下：(1)第 0 層次為驗證層次 (confirmation/verification)：由教師提供學生問題、操作方法、操作步驟以及結果，學生只需依步驟進行操作和驗證已知結果。(2)第 1 層次為結構式探究 (structured inquiry)層次：教師提供學生問題、操作的方法及步驟，學生只需依步驟去進行操作，就可以得到結果。(3)第 2 層次為引導式探究(guided inquiry)層次：由教師給予問題，學生自己設計步驟來解決問題。(4)第 3 層次為開放性探究(open inquiry)層次：由學生自行提出與主題相關的問題後，設計步驟來完成探究。

在實際教學過程中，探究式教學可依「學生導向與教師導向」的程度不同，區分為不同類型。洪振方(2003)以探究的「學生導向與教師導向」、「開放式與封閉式」、及「非結構式與結構式」3 個向度，區別出探究的類型(如圖 1 所示)。例如：當結構式向度程度越高，指的是給予學生越多的引導，在探究活動的計畫、設計、實施和評量上也是越具組織性。

綜上所述，大抵可將探究教學類型區分為以下幾種，作為本研究設計探究教學活動的參考。

一、食譜式探究(cookbook inquiry)

食譜式探究中學生依循教師提供的問題、操作方法、操作步驟以及結果，來完成探究和驗證已知結果。由教師或課程主導學生的科學探究。

二、結構式探究(structured inquiry)

結構式探究中學生依循教師所提供的問題、操作的方法及步驟，來獲得探究的結果。學生不需要自行設計探究步驟和資料分析方法，只需依著步驟完成操作，即可得到結果。

三、引導式探究(guided inquiry)

引導式探究中教師只提供學生任務或問題，讓學生自行選用實驗器材進行實驗設計、操作，並提出解答。學生探索教師所提供的問題時，必須自己設計解決問題的計畫，以學得相關的科學知識。教師可用生活上的問題來引導學生發現重要的概念，這種引導式的教學比傳統教學活動更活潑，可使學生更積極地參與學習，教師角色轉變為教學過程中的協調者，主要任務為營造熟悉的生活情境，讓學生從中培養獨立思考的能力(翁榮源、陳定威、施信宏，2006)。

四、開放式探究 (open inquiry)

開放式探究指的是，學生自己形成研究問題、設計研究方法、選取所需器材、收集與詮釋資料、以及形成解釋和結論。開放式探究是動態的學習過程，在探究過程中學生須不斷改變與修正學習策略，以達到解決問題的目標。如此才能讓學生習得高階科學過程技能和統整的科學知識。

五、並行式探究(coupled inquiry)

由教師綜合兩種類型以上的探究教學於課程設計中，例如：結合引導式探究與開放式探究在特定議題下，由教師引導學生逐漸形成學生自主的探究(Martin-Hansen, 2002)。

綜觀以上五種探究教學類型，食譜式探究教學法為目前教科書的學生實習手冊慣用的活動設計，為能進一步提升學生的自主探究的能力，本研究選取結構式、引導式和開放式三種探究教學類型，針對同一教學主題作不同活動設計，以了解不同探究教學類型的學習成效差異所在，進而提供具體建議於課室中進行探究教學的活動設計，亦能做為未來結合多種探究教學類型於並行式探究課程之可能性的探索。

表 1 探究的基本特徵和探究型態的變異(翻譯自 NRC, 2000, p.29)

基本特徵	面向	探究型態的變異			
		學生主導的程度			
		較多	←←←←←	→→→→→	較少
教師或教材主導的程度					
較少	←←←←←	→→→→→	較多		
1.學生從事科學性問題的探究	提出問題與假說	學生自己提出問題	學生從現有問題中作出選擇,據以提出新問題	由教師或教材或其他來源提供學生問題,但仍需學生自己去洞察或澄清問題的意義	由教師或教材或其他來源提供學生探究的問題
2.學生根據問題來蒐集有關的證據	計畫實驗與資料蒐集分析	學生自己決定哪些可做為證據並進行蒐集	學生在指導下蒐集某些數據	給予學生數據並要求學生進行分析	提供學生數據並告知如何分析
3.學生由證據形成解釋	詮釋與結論	學生在統整證據後形成解釋	學生在指導下由證據形成解釋	給予學生使用證據形成解釋的可能途徑	提供學生證據
4.學生將解釋連結到科學知識	詮釋與結論	學生檢視其他訊息來源並與解釋形成連結	學生在指導下朝向科學知識的領域和來源	給予學生可能的連結	
5.學生為他們的解釋作交流及辯護	表達評估回應	學生形成合理的及邏輯的論證以交流解釋	學生在指導下發展交流的方法	給予學生廣泛的指導以學習如何交流	給予學生交流的步驟和程序

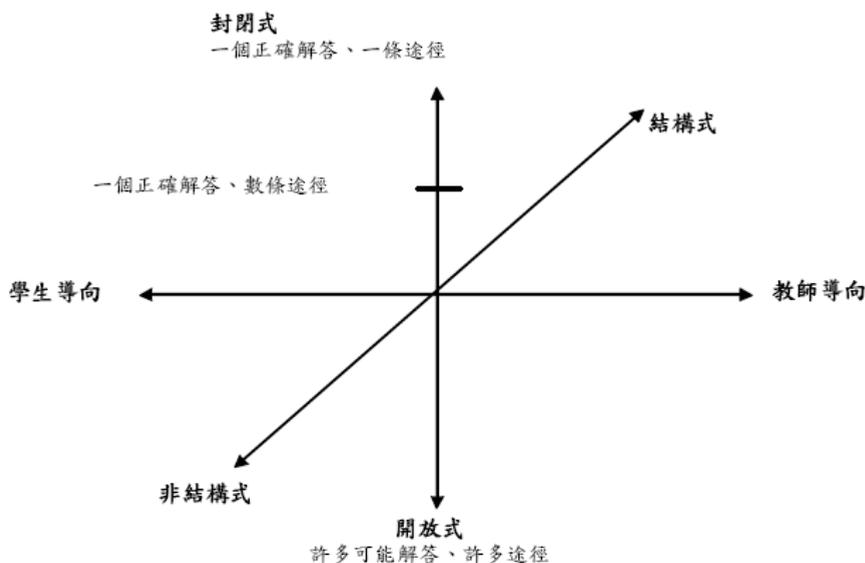


圖 1 探究活動的向度(引自洪振方，2003；p.659)

實徵研究發現科學探究課程能有效提升學生科學探究能力(Moje, Collazo, Carrilo, & Marx, 2001; Mason, 2001；劉宏文、張惠博，2001)、分析數據的能力(黃宰龍，2002)、科學解釋能力(吳佳蓮與吳心楷，2006)與同儕溝通能力(Sandoval & Millwood, 2003)。也有研究指出學生進行科學探究後，其對學習科學興趣的提升成效優於傳統式課程(蔡執仲、段曉林與靳知勤，2007)。有些研究甚至比較進行探究課程的學生和傳統課程學生在 NAEP (National Assessment of Educational Progress)的表現，來凸顯探究課程的實施不會讓學生在全國性測驗上的科學成就表現較差(Lee, et al., 2005; Schneider, Krajcik, Marx & Soloway, 2002)。或者在依據國家科學課程綱要編製的測驗上也表現優異(Marx, Blumenfeld, Krajcik, Fishman, Soloway, Geier & Tal, 2004)。然而，有部分學者發現學生進行探究時過於仰賴個人經驗而非證據來形成解釋和結論(Kelly & Chen, 1999)。因此，本研究為能了解探究教學法於現行教學環境的可行性，選定以「校園氣象觀測」主題讓學生於校園中進行探究實驗，以收集資料，經歸納分析來形成科學解釋和結論，以促進證據導向的推理，期能將此課程融入學校的基礎地球科學教學中。

然而，學生對於學習環境的感知也是影響學生學習的因素之一(蕭建華，2005)，關於早期對於學習環境的研究大都探討班級氣氛(王素香，1995)，之後，

較著重於學生感知到的心理層面，包括：教師支持、學生參與、自主性等 (Fraser, Fisher, & McRobbie, 1996；黃台珠, Aldridge & Fraser, 1998)。有些學者進一步將教室學習環境分為：社會建構、先備知識、主動學習、和學生中心等構念 (Tsai, 2000)，試圖從建構論的角度剖析學生對學習環境的感知；或是以教學與學習間的關聯來探討學生對學習環境的感知，將學生對教室學習環境中的教學方法、教學內容和教學評量的感知，作為量表發展的依據 (李旻憲與張俊彥, 2004)。本研究參考李旻憲與張俊彥 (2004)所研發的「地球科學教室學習環境量表」，檢視探究教學方法如何影響學生對教室學習環境的感知。期能了解不同類型探究教學與學生學習環境感知間可能存在的關聯性，進而對未來相關研究提出具體建議。

參、研究方法

本研究採用準實驗研究法，於台北縣某國立高級中學進行探究教學，運用教學工具與評量工具取得資料進行量與質的分析。研究對象為該校的 3 班高一學生。該校為社區高中，在大台北地區並非前 3 志願，採男女合班的常態編班，學生的地球科學概念程度約可代表一般高中生。

本研究中，研究者即教學者，研究者有 12 年教授地球科學的經驗，並針對探究教學法作文獻評析後於課程設計上做清楚區隔，故在 3 個班級進行教學時，可以清楚遵照各種探究(結構式探究、引導式探究、開放式探究)的特性進行教學。由研究者掌控教師主導程度及探究進行方式，以符合 3 個教學法的課程設計精神。3 種不同探究教學法是依據文獻回顧，將傳統的食譜式探究排除後，依教師主導程度漸減依次為結構式探究、引導式探究、以及開放式探究，期能探討此 3 種探究教學對學生探究能力和學習環境偏好的影響。擬先了解不同類型探究教學對學習的影響，再為並行式課程的設計提出建議，以達到最佳成效。

各探究類別則隨機選取實施班級，各班資訊如表 2 所示。所收集各項資料之有效樣本數不同，是因為前、後測題目相同，導致進行後測時，部分同學沒有認真作答。扣除前、後測未填答或空白題過多的受試者，故 3 個實驗組在「科學探究能力試題」和「地球科學教室學習環境問卷」的有效樣本數減少。

表 2 不同探究教學法的班級人數及有效樣本數

實驗組別		結構式探究組 總人數：43 (男 22、女 21)	引導式探究 總人數：43 (男 22、女 21)	開放式探究 總人數：41 (男 21、女 20)
有效 樣 本	科學探究能力試題 (後測、前測)	26 (男 16、女 10)	33 (男 15、女 18)	33 (男 14、女 19)
	地球科學教室學習 環境量表(後測、前 測)	40 (男 20、女 20)	39 (男 19、女 20)	37 (男 19、女 18)

一、研究設計與流程

本研究設計如圖 2，對影響實驗結果的變項(學生年齡、教學主題、教學時數、教師風格、教室硬體設備、上課週別和小組人數等)加以控制，並以不同探究教學法為自變項，以科學探究能力改變的情形、學習環境觀感學生和對於探究課程的觀感作為依變項，來探討探究教學類型對學生科學探究能力與學習環境觀感的影響。

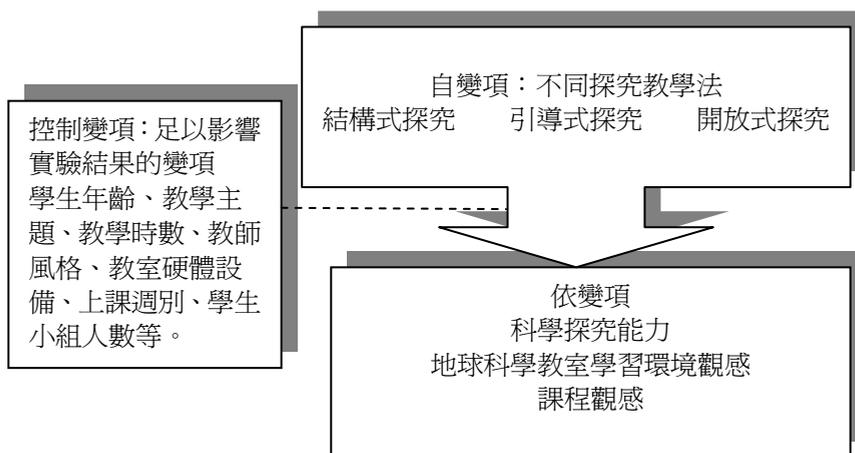


圖 2 研究設計

二、研究工具

(一) 探究式教學課程設計原則

依據 95 地球科學暫綱建議的實習活動--「分組從事地面氣象觀測，並與中央氣象局網站上之氣象資料，進行分析、比較。(pp. 163)」，研發以「校園氣象觀測」為主題的探究課程，經資深教師及專家審查後，由研究者進行試教，以練習掌握 3 種探究教學之特性。3 種探究活動的設計原則比較如表 3，詳細教學流程比較如附錄一所示。在 3 種探究活動進行的流程順序或時間分配皆不同，若考量探究過程中的教學活動方式可區分為以教師中心為主(多為講述式，師生互動較少)或學生為中心(學生自主學習且教師為協助者)，則不同探究教學法中教師主導教學所佔時間比例不同，結構式探究活動的學習環境兼具了教師中心與學生中心，且時間比例各為 50%。引導式探究課程中，將整體課程時間的四分之三留給學生進行學生中心的探究，教師的引導僅佔了四分之一的時間。開放式探究課程僅保留 21%的時間做引導及講述，其餘為學生中心的探究活動。

表 3 不同探究式教學課程設計原則比較表

項目	結構式探究 (教師結構化地 主導學生探究)	引導式探究 (教師適時提供提示 引導學生探究)	開放式探究 (由學生主導探究， 教師從旁輔助)
提出研究 問題	訂研究問題為：校 園氣溫(或相對溼 度)最高與最低之處 為何?	研究問題訂為校園 氣象之最，由學生 自己選定欲探討的 氣象因子	學生自訂與校園氣 象有關主題的研究 問題
設計實驗	依據日照、高度、 風速等因素，規劃 探究的步驟，讓學 生依步驟完成	引導學生依探究步 驟，完成形成假 設、選定測量儀器 和地點、規劃路線 等	教師提醒學生設計 實驗的注意事項 後，交由學生自行 設計實驗
記錄與分析 資料	提供設計好的表 格，讓學生填寫、 記錄與分析數據	提供提示，引導學 生記錄與分析數據	學生自行決定記錄 與分析數據的方式
問題討論與 結論	提供討論問題讓學 生統整結果	提供引導式提示讓 學生進行討論和形 成結論	無提示
撰寫總結論	無提示	無提示	無提示

(二) 評量工具

1. 科學探究能力試題

本研究採用研發科學探究能力試題過程如下：參考謝莉文(2006) 所研發的開放式科學探究能力試題，研究者研發一份選擇題型式的科學探究能力試題，並經過資深教師及專家審查修改(命題架構如表 4)。於台北縣某國立高中進行預試，所得 Cronbach's α 為 0.90，經分析各題的難度(F)及鑑別度(D)，若鑑別度低於 0.19 屬不良試題將刪除或修題，本研究中的計分刪去鑑別率呈現負值之不當試題(第 5 題的 $D = -0.11$ ，第 28 題的 $D = -0.03$)以及鑑別率偏低的試題(第 16 題的 $D = 0.00$ ，第 19 題的 $D = 0.01$ ，第 33 題的 $D = 0.07$)，共計 5 題。整題試題平均難度為 0.48，鑑別率為 0.35，表示整體平均為優良試題。正式施測所得資料亦再次進行信度分析，獲得內部一致性 Cronbach's α 為 0.83。

2. 地球科學教室學習環境量表

本量表延用李旻憲與張俊彥(2004)研發之「地球科學教室學習環境問卷(Earth Science Classroom Learning Environment Instrument, ESCLEI)」。該問卷適用於中等學校學生，包含「學生中心」和「教師中心」兩部份的量表。問卷採李克氏五分量表式，請學生分別就「理想中的學習環境」與「實際中經歷的狀況」來勾選發生的頻率，包含「很經常」、「經常」、「有時」、「很少」、「從來沒有」五選項。問卷共有 32 題。本研究所得學生中心(1~8 題)量表內部一致性的統計值(Cronbach's α 係數)達 0.82；教師中心(9~16 題) 的量表內部一致性為 0.82。

三、資料分析

本研究運用 SPSS for Windows 11.0 版以及 Microsoft Office Excel 軟體進行量化資料分析。除量化資料外，也進行學生學習單的質性分析，期望提供教師實務上的參考。本研究所使用的資料分析方法與研究問題間的對應，詳述如下：(1) 為能了解科學探究能力是否在課程後顯著成長，所以將前測、後測資料進行相依樣本成對 t 檢定。(2) 為了探討不同探究方式對學生探究能力的影響，以前測、後測(相依樣本)為自變數 1，以及 3 個探究教學法(獨立樣本)為自變數 2，進行「二因子混合式 ANOVA 分析」。(3) 為了解不同探究程度學生在不同探究教學法下的探究能力表現差異，以效果量作為比較的依據。(4) 經分析學生在學習環境問卷的填答情形，來評估探究課程對學生學習觀感的影響。(5) 將以內容分析法分析學生學習單和問卷中開放式問題的填答內容，以了解學生對於本次探究式教學課程的觀感。

本研究樣本數不大，為能了解操弄變項的效應程度，分別計算探究能力試題總分和各分項能力得分於前、後測的效果量(Effect size, E.S.)。效果量以Cohen's d表示，E.S.值越大，表示效應程度越高，若E.S.值達0.2，為輕度效應，E.S.值達0.5為中度效應，E.S.值達0.8為高度效應 (Cohan, 1988)。其算式如下：

$$ES = \frac{\text{後測平均值} - \text{前測平均值}}{\sqrt{\frac{(\text{後測標準差})^2 + (\text{前測標準差})^2}{2}}}$$

表 4 科學探究能力試題命題架構

分項能力	指標	試題題號
提出問題與假說	Q1. 能對環境中的物體、生物、事件，提出問題	
	Q2. 能形成一個可測試的假說 (確認可引導科學調查的問題及概念並且能夠提出科學假說)	題組一(第 1、2、3 題)
	Q3. 能說明假說的科學觀念與實驗設計間的邏輯關係	
計畫	P1. 能設計並執行一個系統性的科學調查 (能澄清問題、方法、操作及變因)	題組二(第 4、5 題)
	P2. 在設計並執行科學調查時，有能力修正科學調查的方法及流程	
	P3. 能設計並執行較多變數相關的科學調查	題組三(第 19、20、21、22、23、24、25、26、27 題)
實驗與資料蒐集分析	A1. 能有意義的歸納資料	題組二(第 11、12、13 題) 題組四(第 29、30 題)
	A2. 能檢驗所有合理的假說	
	A3. 能避免誤差和偏見	題組二(第 6、10 題)
詮釋與結論	I1. 能依據資料形成解釋 (或模式)	題組二(第 7、8、9、17、18 題)以及題組四(第 28、31 題)
	I2. 能依據證據與邏輯推理，形成或修正科學解釋 (或模式)	題組五(第 34、35、36 題) 題組六(第 37、38、

		39、40 題)
	I3. 能辨識並分析另有解釋或做預測	〔第四大題〕 Q.33
	I4. 能綜合結果下結論	題組二(第 14、15、16 題) 題組四(第 32 題)

肆、研究結果

一、課程前後，學生探究能力的變化情形

爲了解學生在課程前後科學探究能力的表現是否有顯著改變，將學生科學探究能力前測與後測試題所測各分項能力(提出問題與假說、計畫、實驗與資料蒐集分析、詮釋與結論)的得分及整份試題總分進行成對樣本 t 檢定，分析結果如表 5。結果顯示，全體學生探究能力測驗後測得分的平均分數僅高於前測 0.21 分，未達顯著差異。比較探究能力試題前、後測中各分項能力的得分差異，僅有「提出問題與假說」的前、後測表現存在顯著差異。爲進一步了解課程造成的效應程度，分別計算各分項能力和總分的效果量，發現所有學生於課程前後的探究能力試題總分的 E.S. 值爲 0.051，屬相當輕度的效應。而在「提出問題與假說」分項能力的 E.S. 值爲 0.419，介於輕度到中度效應間。其他分項能力的效果量皆低於 0.2，爲輕度效應。

表 5 全體學生課程前後科學探究能力相依樣本 t 檢定摘要表

N=92 (配分)	前測		後測		t	p	E.S.
	平均值	標準差	平均值	標準差			
提問 (5)	3.3986	0.7258	3.7028	0.7267	3.856	.000*	0.419
計畫 (5)	4.0799	0.6123	4.0211	0.7341	-0.761	.449	-0.087
分析 (5)	3.7795	1.1495	3.8487	1.1600	0.681	.498	0.060
詮釋 (5)	3.4571	0.8401	3.2851	0.8848	-1.516	.133	-0.199
總分 (20)	14.7127	2.6305	14.8561	2.9088	0.759	.450	0.051

二、不同探究類型課程前後，學生探究能力的變化情形

由於 ANCOVA 的基本假定是依變項與共變項爲直線相關，且組內迴歸係數應相同(組內迴歸係數同質性考驗)，但因 3 種探究教學法的組內迴歸係數不

同，表示自變項與共變數間有交互作用，故以前測、後測(相依樣本)及 3 種探究教學法(獨立樣本)為兩項自變數，進行「二因子混合設計變異數分析」。兩個自變項中，以前測、後測為相依樣本，不同探究教學法為獨立樣本。結果如表 6，顯示不同探究教學法並未造成學生探究能力前、後測有顯著差異。進一步檢視學生在不同探究類型課程前後的科學探究能力各分項能力的 E.S. 值(如圖 3)，發現接受「結構式探究」教學的學生在「提出問題與假說」及「實驗與資料蒐集分析」分項能力上的 E.S. 值為 3 種探究教學法中較高的，顯示「結構式探究」教學法讓學生在此兩個探究分項能力進步較多。進行「引導式探究」教學法後，學生在「提出問題與假說」及「計畫」分項能力上皆呈現進步，其中「計畫」是 3 種探究類型中唯一呈現進步的分項能力；而引導式探究教學下學生的「實驗與資料蒐集分析」與「詮釋與結論」則呈現些微負成長，尤其是「實驗與資料蒐集分析」分項能力，是 3 種探究類型中唯一呈現負成長。進行「開放式探究」教學法後，學生在「提出問題與假說」及「實驗與資料蒐集分析」分項能力上也呈現成長，效果次於「結構式探究」教學法；但在「計畫」的分項能力上呈現些微負成長。

表 6 二因子混合設計變異數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	<i>F</i>	<i>p</i>
組間	18.34	5	3.628		
探究方式(獨立因子)	15.046	2	7.523	0.620	0.540
探究能力前後測(相依因子)	2.135	1	2.135	0.612	0.436
探究方式*前後測	1.154	2	0.577	0.169	0.845
組內	1383.411	178	15.544		
受試者間	1079.131	89	12.125		
殘差	304.28	89	3.419		
全體	1401.746	183			

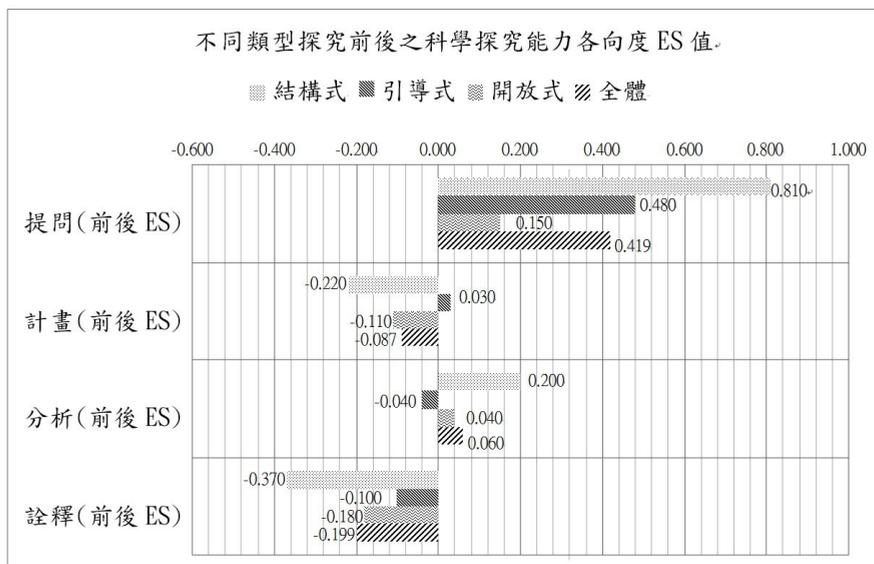


圖 3 不同探究教學法前後之科學探究分項能力之 E.S. 值

三、不同探究程度的學生在課程前後，科學探究能力的變化情形

為了解不同探究程度的學生經歷不同類型探究教學後，其科學探究能力的表現是否有顯著差異，故將學生分組(依全體探究能力測驗前測得分，分高分組、中分組、低分組三組，分別實施結構式探究、引導式探究、開放式探究等教學，經計算各不同探究程度分組之平均值與標準差以及其效果量 (E.S.) (如圖 4 所示)。結果顯示，在探究前測低分組 (得分排序為後 27%) 的同學，其探究性課程前後的每一個分項能力皆達輕度到中度效應。其中，以「實驗與資料蒐集分析」效應最為明顯，E.S. 值達 0.65，介於中度效應至高度效應間。總分 E.S. 值也達 0.51。在探究前測中分組 (得分排序為中間 46%) 的同學，其探究性課程前後的能力進步效應僅在「提出問題與假說」分項能力達到高度效應(平均 E.S. 值達 0.87)，其餘則未呈現進步或輕微負成長。在探究前測高分組(得分排序為前 27%) 的同學，在「計畫」和「實驗與資料蒐集分析」分項能力皆顯示低度負成長，而在「詮釋與結論」探究分項能力上呈現中度負成長的效應。

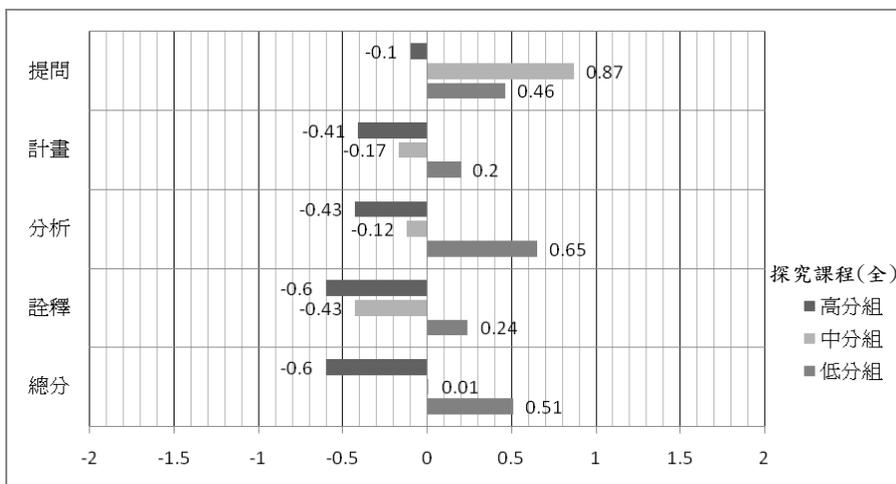


圖 4 不同探究程度學生於探究式課程前後探究能力 E.S.值

進行「結構式探究」的班級在整體的探究能力成長以「低分組」最佳、「中分組」次之、「高分組」最差。「低分組」在各分項能力皆呈現中度甚至到高度效果量的進步，唯有「詮釋與結論」分項能力未見效應。在「提出問題與假說」分項能力中，卻是「中分組」的效應最明顯，E.S.值達 1.62(高度效應)。但是高分組在「計畫」、「實驗與資料蒐集分析」和「詮釋與結論」分項能力上皆呈現高度負成長(如圖 5 所示)。

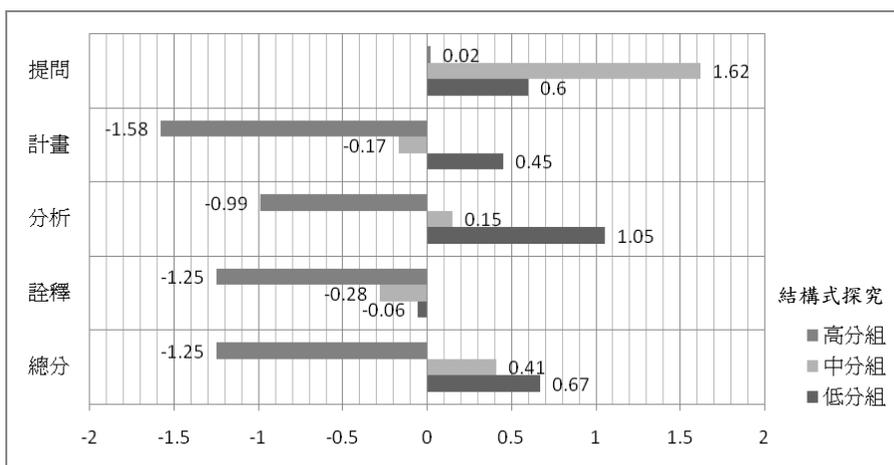


圖 5 不同探究程度學生於結構式探究教學前後的探究能力 E.S.值

探討不同探究式教學法對高一學生科學探究能力與學習環境觀感之影響

進行「引導式探究」的班級中，「低分組」在「提出問題與假說」達到中度效果量，但在「計畫」與「實驗與資料蒐集分析」呈相當小的效應。對於中分組學生在「提出問題與假說」分項能力的效應最明顯，E.S.值達 1.09 的高度效應。高分組在各分項能力呈現輕微的負成長效應(如圖 6 所示)。

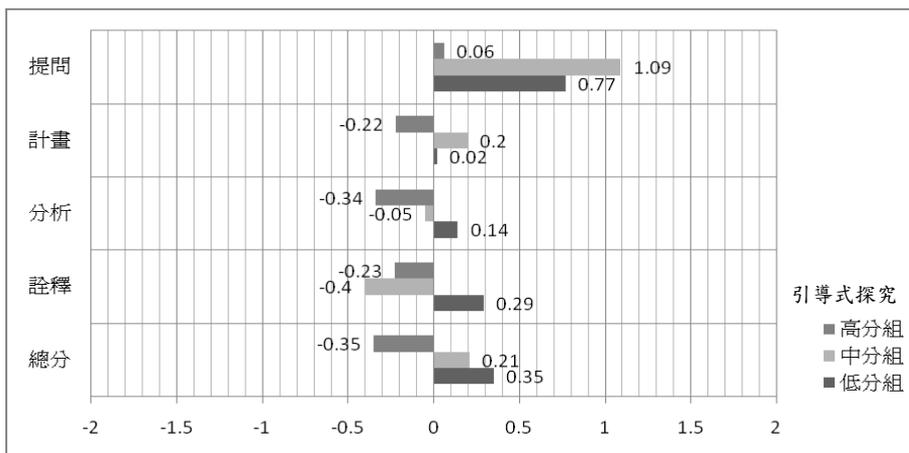


圖 6 不同探究程度學生於引導式探究教學前後的探究能力 E.S.值

進行「開放式探究」的班級中，「低分組」學生在「實驗與資料蒐集分析」分項能力的效應最為明顯，E.S.值達 0.81 的高度效應。「中分組」學生在「提出問題與假說」分項能力的效應最明顯，E.S.值達 0.93 的高度效應。在「提出問題與假說」分項能力中，「中分組」與「低分組」效應皆達輕度效應。但在「計畫」分項能力中，「開放式探究」的高分組學生進步最為明顯，E.S.值達 0.61 的中度效應 (如圖 7 所示)。

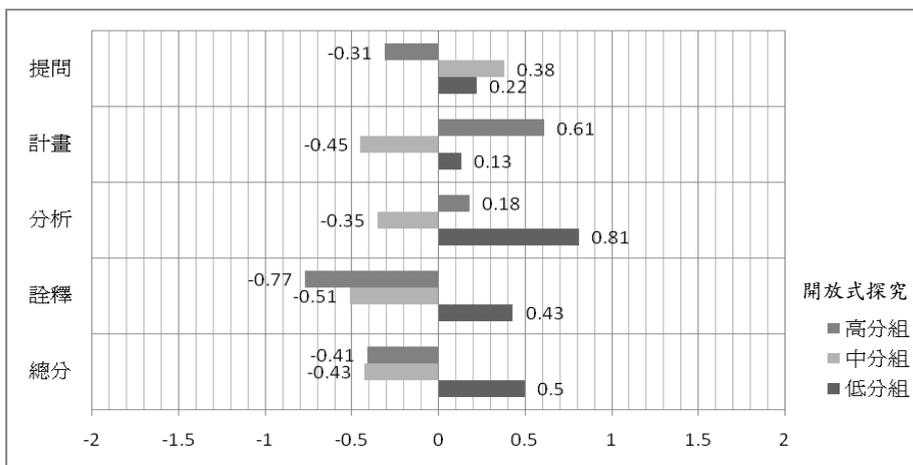


圖 7 不同探究程度學生於開放式探究教學前後的探究能力 E.S.值

四、課程前後學生的學習環境觀感變化情形

學生於探究課程進行前後，分別填答地球科學教室學習環境量表，經分析學生所填的量表資料，探討課程前後學生對地球科學教室學習環境觀感的變化。分別計算各探究類型的學生對於「學生中心」、「教師中心」的平均分數差值和前後測差值的結果，經比較學生填答理想學習環境中「教師中心」與「學生中心」得分可發現，學生平均的理想狀態較偏好「教師中心」，3 個班級的「教師中心-學生中心」值分別為 0.40、0.17、0.54，全體平均為 0.37。全體學生於探究課程後的學習環境觀感，在「學生中心」的平均分數增加了，但是平均的「教師中心」分數仍比「學生中心」中心分數高，3 個班級的「教師中心-學生中心」值分別為 0.77、0.73、0.73，全體平均為 0.75，整體來說，在探究課程前，對教學環境的觀感離理想情形較遠，相較之下，學生對探究課程的觀感較為趨近理想值。不同探究方式的觀感有微小差異，其中，學生中心及教師中心之增加值皆以「引導式探究」最多。

實際情形與進行探究時所得學生中心、教師中心指數和探究課程前後學生認為學習環境的改變幅度整理如表 7。結果顯示：結構式探究、引導式探究、開放式探究的前後改變幅度分別為 54%、58%、64%，平均為 59%。整體來說，進行探究式活動使學習環境觀感的教師中心指數、學生中心指數皆向理想值移動，改變幅度皆在 50%以上，這也表示探究式活動較以往實施的教學方式更符合學生的期望。3 種探究教學所造成學習環境的改變幅度僅有微小的差別。三者比較下，開放式探究平均改變幅度較其他兩者大，也就是說，進行開放式探究的學生比進行另兩種探究方式的學生，認為學習環境的改變幅度更趨近他們心目中的理想值。

探討不同探究式教學法對高一學生科學探究能力與學習環境觀感之影響

在本次探究課程設計中，所有 3 種探究教學法皆安排 50% 以上的時間進行以學生為中心的活動。其中開放式探究活動學生中心的活動只佔 79%，引導式探究活動則佔 75%，而結構式探究的學生中心比例最少，約佔 50%。教師給予的引導與協助以開放式探究最少，引導式次之，結構式最多。進行了探究課程之後，學生認為在探究活動中學習環境較為貼近理想值，分析改變幅度平均達 59%，其中，以開放式探究改變的幅度最大(64%)，引導式次之(58%)，結構式再次之(54%)。

表 7 探究課程前後學生學習環境觀感改變幅度(與理想情形的差距)

項目	實際情形(施測前)			實際情形(探究課程)			前後改變幅度
	學生中心指數	教師中心指數	與理想點距離	學生中心指數	教師中心指數	與理想點距離	
結構式(N=38)	-0.85	-0.09	0.85	-0.39	-0.02	0.39	54%
引導式(N=36)	-1.15	-0.15	1.16	-0.48	0.08	0.49	58%
開放式(N=33)	-0.74	-0.23	0.77	-0.27	-0.08	0.28	64%
全體(N=107)	-0.91	-0.16	0.92	-0.38	-0.01	0.38	59%

五、學生對探究課程的觀感

為了解學生對於探究課程的看法，請學生於課程結束後填寫問卷，其中關於教師在探究課程中的引導、合作學習及實驗活動的觀感係屬開放式問題，由學生自由填寫。由於學生們未體驗其他探究方式，也無法比較不同探究方式的喜歡程度，問卷結果僅表示學生進行該探究活動時的感受。有 78% 學生認為教師的提示、協助及指導剛剛好、15% 認為需要增加提示、協助及指導。學生進行不同類型探究活動，其反應也有所不同。當學生回答「這個實驗活動中，我對於老師給予的提示、協助及指導感到～」這個問題時，不同探究活動的反應有所差異。比較 3 種探究下，進行結構式探究方式的班級有較高比例的學生認為教師的引導剛剛好(90%)；進行引導式探究方式相對其他探究方式的學生有 13% 學生希望教師減少提示與協助，較其他 2 種探究教學法有較高比例；進行開放式探究方式相對其他探究方式的學生有較高的比例希望教師增加提示與協助(24%)。

關於教師的提示的問題也請學生自由陳述原因，分析學生陳述造成如此感受的原因，可歸為 9 類。進行開放式探究學生認為需要增加提示的原因為：(a) 很害怕失敗，希望老師能在旁指導，怕沒有老師指導會錯過需要改進的地方 (13%)、(b) 不知所措，無法完成研究，需要老師更多的指導與協助(13%)，但也有 35% 的同學認為(d)老師及學習單的引導已經足夠且夠詳盡。雖然 90% 進行結構式探究的學生感到老師的引導恰到好處，但還是有 38% 的學生認為(h)多給予探索的空間，會進步更多或期望藉此學習更多。進行引導式探究的學生相對其他探究方式有較高的比例提出(i)想練習獨立思考或想自己完成研究或不想依賴老師(18%) (如表 8 所示)。

分析學生對於實驗活動的感受顯示，大部分學生陳述喜歡進行實驗，但進行「結構式探究」的學生有較高比例表示沒有那麼喜歡實驗(23%)，原因為(k)很麻煩或很辛苦(13%)、(m)不滿意成果或與理想有出入(3%)、(n)實驗已設計好，無法自由發揮(3%)。表 9 為學生陳述的理由分析，「結構式探究」及「開放式探究」的學生表示(k)很麻煩或很辛苦的學生，推測原因為結構式探究必須遵循既有規定，因為實驗設計的嚴謹度，需遵守的規定可能讓學生感到進行實驗的麻煩。至於開放式探究又必須依靠自己小組的討論，學生的負擔較大，引導式探究中，學生可以依據提示來選擇自己想要的研究問題及步驟，負擔較小。

表 8 學生對教師在探究課程提供提示的看法內容分析結果

陳述類型(a)~(i)	結構式探究	引導式探究	開放式探究
(a)很害怕失敗，希望老師能在旁指導/怕沒有老師指導會錯過需要改進的地方	0 (0%)	0 (0%)	5 (13%)
(b)不知所措，無法完成研究，需要老師更多的指導與協助	2 (5%)	5 (13%)	5 (13%)
(c)多一些引導會更有效率(快速)完成作業	0 (0%)	2 (5%)	0 (0%)
(d)老師及學習單的引導已經足夠/已經夠詳盡	11 (28%)	10 (26%)	14 (35%)
(e)不需要協助，過程很順利/沒有遇到自己無法解決的問題	4 (10%)	3 (8%)	2 (5%)

探討不同探究式教學法對高一學生科學探究能力與學習環境觀感之影響

(f)有需要的話才(再)找老師	1 (3%)	1 (3%)	1 (3%)
(g)現實中老師無法顧及所有學生	0 (0%)	1 (3%)	0 (0%)
(h)有探索的空間，會進步更多/ 期望藉此學習更多	15 (38%)	7 (18%)	10 (25%)
(i)想練習獨立思考/想自己完成研究/ 不想依賴老師	3 (8%)	7 (18%)	4 (10%)

表 9 學生對實驗活動的看法的內容分析結果

陳述類型(a)~(n)	結構式探究	引導式探究	開放式探究
(a)實際操作可加深印象	16 (40%)	16 (42%)	15 (39%)
(b)比較有趣/不會枯燥無聊	12 (30%)	14 (37%)	12 (32%)
(c)可以發現新問題/可以學到新東西/ 學會解決問題	0 (0%)	1 (3%)	8 (21%)
(d)自己主導，有成就感	12 (30%)	15 (39%)	16 (42%)
(e)可以到處晃(不用待在教室裡)	3 (8%)	5 (13%)	0 (0%)
(f)以團隊合作的方式，可多討論	2 (5%)	2 (5%)	4 (11%)
(g)驗證及應用所學，加深理解	16 (40%)	16 (42%)	7 (18%)
(h)經驗新鮮、創新的做法/從未有過	3 (8%)	4 (11%)	1 (3%)
(i)增加學習動力	1 (3%)	0 (0%)	0 (0%)
(j)看情況/視難度高低而定	1 (3%)	1 (3%)	1 (3%)
(k)很麻煩/很辛苦	5 (13%)	1 (3%)	4 (11%)
(l)不容易專心/學習效果差	0 (0%)	1 (3%)	0 (0%)
(m)不滿意成果/與理想有出入	1 (3%)	0 (0%)	0 (0%)
(n)實驗已設計好，無法自由發揮	1 (3%)	0 (0%)	0 (0%)

伍、討論與結論

彙整研究結果中學生探究能力的變化情形(表 10)，發現學生進行不同探究類型課程前後之探究能力並無顯著差異，但若依四個分項能力分別討論，則結構式探究教學後學生在提出問題與假說、實驗與資料蒐集分析的進步較其他兩種探究教學法為佳。而比較不同探究程度的學生在課程前後科學探究能力的變化情形(表 11)，發現低探究能力學生於課程後探究能力進步的情形為 3 組中最多、而高探究能力者進步最少。

探究教學對於原先低探究能力的同學有明顯的助益，能夠幫助各探究分項能力的提升。但不同探究教學法(結構式探究、引導式探究、開放式探究)對學生科學探究能力的影響有所不同：(1)結構式探究對於「提出問題與假說」的能力增長最有幫助，尤其對原先低探究能力的學生，可明顯增長其「實驗與資料蒐集分析」及「計畫」的能力，但在「詮釋與結論」分項能力無明顯助益。(2)引導式探究可幫助原先中、低探究能力的學生增長其「提出問題與假說」的能力，也對低探究能力學生在「詮釋與結論」分項能力有所助益，但對「計畫」及「實驗與資料蒐集分析」沒有明顯幫助。原先中探究能力學生歷經引導式探究後，「計畫」能力也有所提升。(3)開放式探究可幫助原先高探究能力的學生增長其「計畫」能力，但對原先低探究能力的「計畫」能力幫助不顯著，甚至對原先中探究能力學生的「計畫」能力有負效應。然而，對原先低探究能力學生的「實驗與資料蒐集分析」能力可達到高度效應。

本研究所收集的資料，顯示不同探究類型對於高、中、低探究能力的學生有不同的效果。建議實際上教學時，教師可針對不同能力的學生予以不同程度的指導，有些學生適合給予適度的自主性進行開放式探究，有些學生則需要更詳盡的引導或提供範例供其依循。如果教師能了解不同探究程度學生較適合的探究類型，進而量身設計或於教學實務上做應變及調整，將能有效地提升科學探究的教學成效。

本研究中，針對不同探究程度及不同探究教學類型，分析教學後學生在探究分項能力的表現，結果發現不同探究式教學類型對不同探究程度學生的影響有所差異。表 12 將研究結果歸納出各個探究步驟中針對不同探究能力學生合適採行哪些探究式教學法，以呈現最佳效果。對於低分組同學，以結構式的效果最佳，但可以在訂定研究題目時加以引導，使其依循步驟擬出適合研究的問題。在進行問題討論與結論，可以給予開放或引導，不需提供既有問題進行限制性的討論。對於中分組同學，以引導式的效果最佳，但可以限定研究主題，或在進行問題與討論時，給予更多的鷹架，以提升詮釋及下結論的能力。對於高分組同學，由於其探究能力較強，可嘗試給予較高級的探究-開放式探究，但研究問題部分以限定為佳。完全開放式探究時，學生在詮釋與下結論時，常常會因

為缺乏鷹架，而出現深度不夠、忽略另有解釋等，本研究所收錄的小組學習單上也發現了這些情形。因此，若能在一連串開放的研究過程後，給予足夠的鷹架，協助學生歸納，引導其找出符合或不符合假說的證據進行討論、解釋，將有助於高分組提升詮釋及下結論的能力。

由於一般學生過去較少進行探究活動，即使有機會在課堂上進行，也多以食譜式實驗或結構式探究為主，因此提出研究問題的機會很少，意即學生過去接受「提出問題與假說」的訓練較少。本研究課程中，對於 3 個班級皆實施相同的「提出問題準則」教材訓練，唯在進行探究實驗時，結構式探究的班級直接接受既定研究主題的任務及假說，引導式探究則是可在多個氣象因子中選擇研究問題，並接受教師及學習單的引導提出假說。開放式則在教師進行提出問題準則說明後，完全開放式地提出與校園氣象觀測有關的研究問題，而且研究不限在課堂中進行，學生也可以選擇測量氣象因子在時間上的變化。

在本研究的開放式探究課程中，學生僅選擇能力所及的主題進行研究，較少挑戰未知答案的問題。推測是因為大多數的學生們仍以完成任務為主要目的，所以選擇較為可行且沒有爭議的研究問題，也把自己的探究定位成「驗證所學」。反觀，若是開放由學生自訂問題，也可能訂出超出研究能力範圍的主題，加上不良的研究問題可能導致錯誤或無法下結論，使得學生在探究過程中遭受較大的挫折，因此在課堂上進行的探究主題仍以限定為佳，或是由教師提供數個良好且可行的研究問題，再由小組討論後決定。

引導式探究在計畫能力的提升上效果不彰，推測主要是因為學生對於控制變因、操縱變因、應變變因三者的概念仍有待複習與提醒。開放式探究在一開始的擬定計畫注意事項中有提及「考慮研究主題所需的控制變因及操縱變因，找出至少 6 個觀測地點，標示在校園平面簡圖上。」因此學生得到提醒，尤其是高分組學生應該能藉此得到啟發、成長。引導式探究則未提醒學生注意這些變因，僅引導訂出測量地點、步驟與器材等。結構式探究則呈現了整個實驗計畫的設計(測站、步驟等制式表格)，對低分組學生提升計畫能力的效果也很明顯。引導式探究活動中，對於數據的處理較少著墨，僅提示學生可以將數據標示在校園平面圖上，藉以看出空間上的關聯。但實際上，學生難以因此看出其中關係，若是先前的實驗設計有誤，學生對於疊加了各種變因的測站資訊，更是無法一一抽絲剝繭來進行分析。在結構式探究活動中，學生被提醒要測量 3 次以上取得平均值，知道分析時要避免偏差。在開放式探究中，雖然未有提示，但提供機會讓學生經由小組討論找到較佳的分析方法，因此結構式、開放式對於低分組學生提升分析能力的效果很明顯。本研究提出的三種類型的探究教學對於學生「詮釋與結論」的成效不明顯，尤其結構式探究所提供的制式問題討論對於低分組學生「詮釋與結論」的成長沒有明顯的助益，建議對於低分組學生施以引導式與開放式的活動可以提供學生練習詮釋與下結論的機會。

學生的理想學習環境為「學生中心」與「教師中心」兼具，然而實際環境卻是以教師中心為主。探究式課程比傳統教學有較多時間安排以學生中心的學習活動，但實際進行探究課程時，會因為課程進度、課堂時間、上課地點、實驗器材的等因素限制，而無法進行，造成學生理想與現實有差距。在 3 種探究課程中，開放式探究安排最多時間比例進行以學生為中心的活動，引導式探究次之，結構式探究最少。因此開放式探究將是最符合學生原先的理想的學習活動。雖然開放式探究對中、低探究能力學生並非最佳的探究方式，但對高探究能力學生卻是不錯的方式。教師可以循序漸進，避免貿然進行開放式探究，否則可能造成中、低探究能力學生不安的挫折感，徒增打擊與困擾。

不同的探究類型對不同探究程度的學生造成不同的成效。因此，要找尋一種最佳的探究方式，還是要考量學生個別差異。最佳的教學成效仍需因材施教，由教師選取最適合的探究模式，但在常態編班的大班級教學環境中，實施不同探究能力分組教學是有困難的。教師可以考慮以機動性的方式進行彈性調整，小組可以依意願或依教師建議領取不同的學習單，在允許的時間內進行探究。教師可以準備一些做為科學探究的鷹架措施(如實驗步驟說明書、開放查詢資料、小組分享交流或予以小組個別指導)，分別提供給低、中、高探究能力學生適合的學習引導，以增進學生的科學探究能力。在研發探究融入的課程時，對於長期接受講述教學以及具備不同探究能力的學生而言，究竟何種探究教學法較為適用比較不確定。本研究利用實驗研究法探討不同類型的探究教學法在課室實施情形和對不同探究程度學生的影響差異，期能提供未來研究規劃相關探究教學的參考，尤其可作為循序使用不同層次教學法的並行式探究課程等實徵研究的依據。

表 10 不同探究類型課程對學生探究能力影響的比較表

	提出問題與假說	計畫	實驗與資料 蒐集分析	詮釋與結論	前後測 E.S.
結構式 探究	○三者中最佳	未成長	○三者中最佳	未成長	0.12
引導式 探究	成長	○三者中 唯一成長	×三者中唯 一負成長	未成長	0.09
開放式 探究	成長	未成長	成長	未成長	-0.02

探討不同探究式教學法對高一學生科學探究能力與學習環境觀感之影響

表 11 探究教學類型和不同探究程度對科學探究能力影響摘要表

探究分組	程度分組	提出問題與假說 (Q)	計畫 (P)	實驗與資料蒐集分析 (A)	詮釋與結論 (I)	科學探究測驗總分 (Q+P+A+I)
結構式探究	高					
	中	高度效應 (1.62)				輕度效應 (0.41)
	低	中度效應 (0.60)	輕度效應 (0.45)	高度效應 (1.05)		中度效應 (0.67)
	全	高度效應 (0.81)		輕度效應 (0.20)		
引導式探究	高					
	中	高度效應 (1.09)	輕度效應 (0.20)			
	低	中度效應 (0.77)			輕度效應 (0.29)	輕度效應 (0.35)
	全	輕度效應 (0.48)				
開放式探究	高		中度效應 (0.61)			
	中	輕度效應 (0.38)				
	低	輕度效應 (0.22)		高度效應 (0.81)	輕度效應 (0.43)	中度效應 (0.50)
	全					
全體	高					
	中	高度效應 (0.87)				
	低	輕度效應 (0.46)	輕度效應 (0.20)	中度效應 (0.65)	輕度效應 (0.24)	中度效應 (0.51)
	全	輕度效應 (0.42)				

說明：E.S.值>0.2 為輕度效應；E.S.值>0.5 為中度效應；E.S.值>0.8 為高度效應。

表 12 對不同探究程度學生最有助益的探究類型組合的綜合表

探究流程	探究分項能力	科學探究能力分組		
		低分組	中分組	高分組
1.擬定研究主題 ↓	Q 提出問題與假說 ↓	引導式** 或 結構式** ↓	結構式*** 或 引導式*** ↓	引導式 或 結構式 ↓
2.實驗設計(含各變因的控制與操縱、實驗器材、實驗步驟等) ↓	P 計畫 ↓	結構式** ↓	引導式*	開放式** ↓
3.執行計畫與實測 (其中的教師角色) ↓	P 計畫 A 實驗與資料蒐集分析 ↓	結構式*** ↓	引導式* 或 結構式 ↓	開放式** ↓
4.記錄與分析資料 ↓	A 實驗與資料蒐集分析 ↓	結構式*** 或 開放式*** ↓	引導式 ↓	開放式 ↓
5.問題討論與結論	I 詮釋與結論	開放式* 或 引導式*	結構式	引導式

***表示在本實驗中，探究能力成長呈高度效應。

**表示在本實驗中，探究能力成長呈中度效應。

*表示在本實驗中，探究能力成長呈輕度效應。

未標示表示在本實驗中，探究能力成長未達顯著，但為 3 種探究類型中效果最佳。

參考文獻

- 王素香 (1995)。一位國小自然科教師班級氣氛形成因素之個案研究。國立高雄師範大學科學教育研究所博士論文，未出版，高雄。
- 吳佳蓮、吳心楷 (2006)。科學探究活動中國小五年級兒童科學解釋能力及實務認識論之研究。論文發表於中華民國第22屆科學教育學術研討會。臺北市：國立臺灣師範大學科學教育研究所。
- 李旻憲、張俊彥 (2004)。地球科學教室學習環境問卷之研發與初探。科學教育學刊，12(4)，421-443。
- 洪振方 (2003)。探究式教學的歷史回顧與創造性探究模式之初探。國立高雄師範大學高雄師大學報，15，641-662。
- 香港教育學院超媒體自學中心(1998)。科學探究技巧。2008年2月10日取自：香港教育學院 (HKIEd)，超媒體自學中心網址 <http://www.ied.edu.hk/has/sci/sps/index.htm>
- 翁榮源、陳定威、施信宏 (2006)。引導發現式學習在「環境化學」網站之應用與研究。科學教育月刊，292，39-54。
- 高強華 (1998)。教師新思維論文選輯。臺北市：國立臺灣師範大學。
- 教育部 (2004)。普通高級中學必修科目「基礎地球科學」課程綱要。臺北市。
- 教育部 (2008 a)。普通高級中學必修科目「基礎地球科學」課程綱要。臺北市。
- 教育部 (2008 b)。普通高級中學選修科目「基礎地球科學」課程綱要。臺北市。
- 黃台珠, Aldridge, J. M. & Fraser, B. J. (1998)。臺灣和西澳科學教室環境的跨國研究：結合質性與量的研究方法。科學教育學刊，6(4)，343-362。
- 黃宰龍 (2002)。探討 STS 教學模組對學生學習氧化還原概念的影響—以防鏽與防腐單元為例。國立台中師範學院科學應用與推廣系碩士論文，未出版，臺中。
- 劉宏文、張惠博 (2001)。高中學生進行開放式探究活動之個案研究—問題的形成與解決。科學教育學刊，9(2)，169-196。
- 蔡執仲、段曉林、靳知勤 (2007)。巢狀探究教學模式對國二學生理化學學習動機影響之探討。科學教育學刊，15(2)，119-144。

專論

- 蕭建華 (2005)。初探不同學習環境對高一學生地球科學學習成效之影響。國立臺灣師範大學地球科學研究所碩士論文，未出版，臺北市。
- 謝莉文 (2006)。鷹架式科學探究課程研發與實踐的個案研究。國立臺灣師範大學地球科學研究所碩士論文，未出版，臺北市。
- Abd-El-Khalick, F., et. al. (2004). Inquiry in science education: *International perspectives. Science Education*, 88(3), 397-419
- Bybee, R. W., & DeBoer, G. (1993). *Goals for the science curriculum. In Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. Washington, D.C.: National Science Teachers Association.
- Bybee, R. W., & DeBoer, G. (1993). *Goals for the Science Curriculum. In Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. Washington, DC:National Science Teachers Association.
- Colburn,A.(2000).An inquiry primer. *Science Scope*, 23(6),42-44.
- CSMEE & NRC, (2000). *Inquiry and the national Science Education Standards: A guide for teaching and learning*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- DeBoer, G. E. (1991). *A history of Ideas in Science Education*. New York: Teachers College Press.
- Dewey, J., [1933(1910)]. *How we think*. Lexington, MA: D. C. Health.
- Fraser, B. J., Fisher, D. L. & McRobbie, C. J. (1996), *Development, validation and use of personal and class forms of a new classroom environment instrument*. The Annual Meeting of the American Educational Research Association, New York, NY, April.
- Herron, M. (1971). The nature of scientific enquiry. *School Review*, 79, 171-212.
- Kelly, G. J., & Chen, C. (1999). The sound of music: Constructing science as sociocultural practices through oral and written discourse. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(8), 883-915.
- Lee, O. Deaktor, R. A. Hart, J., Cuevas, P., & Enders, C. (2005). An instructional intervention's impact on the science and literacy achievement of culturally and linguistically diverse elementary students. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 857-887.
- Martin-Hansen, L. (2002). Defining inquiry: Exploring the many types of inquiry in

the science classroom. *The Science Teacher*, 69(2), 34-37.

- Marx, R. W., Blumenfeld, P. C., Krajcik, J. S., Fishman, B., Soloway, E. Geier, R., & Tal, R. T. (2004). Inquiry-based science in the middle grades: assessment of learning in urban systemic reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 1063-1080.
- Mason, L. (2001). Introducing talk and writing for conceptual change: a classroom study. *Learning and Instruction*, 11, 305-329.
- Mintzes, J. J., Wandersee, J. H., & Novak, J. D. (1998). *Teaching science for understanding—A human constructivist view*. New York: Academic Press.
- Moje, E. B., Collazo, T., Carrilo, R., & Marx, R. W. (2001). “Maestro, what is “quality”?”: language, literacy, and discourse in project-based science. *Journal of Research in Science Teaching*, 38, 469-498.
- National Research Council. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards*. (No.00-008103) Washington, DC, USA: National Academic Press.
- Sandoval, W. A., & Millwood, K. A. (2003). High school students' ideas about theories and theory change after a biological inquiry unit. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(4), 369-392.
- Schneider, R. M., Krajcik, J., Marx, R. W., & Soloway, E. (2002). Performance of students in project-based science classrooms on a national measure of science achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 410-422.
- Schwab, J. (1960). What do scientists do? *Behavioral Science*, 5(1), 1-27.
- Schwab, J. (1966). *The Teaching of Science*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Tsai, C. C. (2000). Relationships between student scientific epistemological beliefs and perceptions of constructivist learning environments, *Educational Research*, 42, 193-205.
- Tamir, P. and Zohar, A. (1991), Anthropomorphism and teleology in reasoning about biological phenomena. *Science Education*, 75(1), 57-67.

附錄一：不同探究式教學流程比較

類別		結構式探究		引導式探究		開放式探究		科學探究能力指標
活動流程		時間	指導技巧	時間	指導技巧	時間	指導技巧	
第一節課擬定實驗計畫	實驗目的	20'	介紹擬定研究問題。 說明校園各處氣溫(溼度)不同。 說明實驗目的為找出影響氣溫(溼度)分布的因素。	25'	舉例介紹擬定研究問題 引導同學根據經驗,找出適合研究的主題—校園氣象之「最」。	20'	介紹提出問題準則。 請同學分享對氣象因子的感官經驗。 簡介活動流程後由同學自訂研究主題。	Q1 能對環境中的物體、生物、事件,提出問題 Q2 能形成一個可測試的假說(確認可引導科學調查的問題及概念並且能夠提出科學假說)
	實驗器材	5'	由教師提供、準備溫度計(溼度計),每組1~2支。	5'	教師主動詢問同學所需器材及使用方法,並提供協助。	5'	請同學與教師確認器材及使用方法。有必要時,教師可提供諮詢。	P1 能設計並執行一個系統性的科學調查(能澄清問題、方法、操作及變因)
	實驗設計與步驟	20'	由教師依步驟口頭解說,請小組依步驟討論及填寫。 介紹控制、操縱、應變3種變因的定義。	15'	由教師引導小組依步驟討論及填寫。 介紹控制變因、操縱變因、應變變因的定義。	20'	由教師介紹研究計畫所需規劃的內容(研究主題、小組分工、實驗	

探討不同探究式教學法對高一學生科學探究能力與學習環境觀感之影響

類別		結構式探究		引導式探究		開放式探究		科學探究能力指標
活動流程		時間	指導技巧	時間	指導技巧	時間	指導技巧	
			選擇測站的用意。 測量氣溫(溼度)注意事項。		引導選擇測站,寫出選擇原因。		地點、實驗器材、實驗步驟、觀測結果、分析歸納與討論、檢討),由小組自行討論及填寫。教師巡視各組,必要時予以協助,但須把握開放式指導的原則。	
	實驗紀錄及其他	5'	帶領同學填寫小組分工表。 以電子投影片示範校園平面簡圖。 帶領同學認識校園平面簡圖(學生亦可在校園平面簡圖上明確標示測站所在地)。	5'	引導小組討論小組分工表。 畫出校園平面圖,在校園平面圖上標示測站位址。 引導小組規劃出觀測時的最佳路線(空間考量)。	5'	小組討論小組分工表。 畫出校園平面圖,在校園平面圖上標示測站位址。 教師巡視各組,必要時予以協助,但	

專論

類別		結構式探究		引導式探究		開放式探究		科學探究能力指標
活動	流程	時間	指導技巧	時間	指導技巧	時間	指導技巧	
							須把握開放式指導的原則。	
第二節課	校園實測、實驗紀錄 進行實測與數據分析	15'	分配各組負責一個測站的測量，以便於同一時間進行測量。帶領同學一起校正溫度計。複習測量溫度(溼度)注意事項。	10'	引導同學說出測量時所需注意事項。	10'	提醒同學測量時需避免和但明說未應該做些什麼。	A3能避免誤差和偏見
		25'	以小組為單位，進行校園實測。	30'	以小組為單位，進行校園實測。	30'	以小組為單位，進行校園實測。	P1能設計並執行一個系統性的科學調查(能澄清問題、方法、操作及變因) A3能避免誤差和偏見
		10'	學生回教室。記錄測量數據。進行資料登錄及分析(教師巡視各組，予以協助，給予明	10'	學生回教室。記錄測量數據。進行資料登錄及分析(教師巡視各組，予以協助，但	10'	學生回教室。記錄測量數據。進行資料分析(教師巡視各組，必要	A1能有意義的歸納資料

探討不同探究式教學法對高一學生科學探究能力與學習環境觀感之影響

類別		結構式探究		引導式探究		開放式探究		科學探究能力指標
活動	流程	時間	指導技巧	時間	指導技巧	時間	指導技巧	
			確指示)。		須把握以引導式指導的原則)。		時予以協助,但須把握開放式指導的原則)。	
第3節課	實驗紀錄、討論 討論與撰寫報告	15'	教師逐一講解學習單上的討論問題。	5'	教師說明觀測結果與分析參考步驟及可能用到的方法。	5'	教師說明觀測結果與分析參考步驟及可能用到的方法。	A1 能有意義的歸納資料 A2 能檢驗所有合理的假說 A3 能避免誤差和偏見 I1 能依據資料形成解釋(或模式) I2 能依據證據與邏輯推理,形成或修正科學解釋(或模式) I4 能綜合結果下結論
		25'	進行資料分析與詮釋(教師巡視各組,予以協助,給予明確指示)。小組討論、填寫學習單。	35'	進行資料分析與詮釋(教師巡視各組,予以協助,但須把握以引導式指導的原則)。小組討論、填寫學習單。	35'	進行資料分析與詮釋(教師巡視各組,予以協助,但須把握以開放式指導的原則)。小組討論、填寫學習單。	
		10'	撰寫個人結論	10'	撰寫個人結論	10'	撰寫個人結論	

The Impact of Different Inquiry-Based Instructions on Tenth Graders' Inquiry Ability and Perspectives about Learning Environment

Pai, Pei-Yi* Hsu, Ying-Shao**

This study examines the influences of three inquiry-based instructions (structured inquiry, guided inquiry and open inquiry) on tenth graders' scientific inquiry abilities, including posing questions and hypothesis, planning, experimenting, collecting and analyzing data, and interpreting and concluding. The three inquiry-based instructions used in this study are based on the different amount of teacher guidance in a topic related to weather observation. The participants in this quasi-experimental research were three classes of tenth graders (43 students in structured inquiry, 43 students in guided inquiry, and 41 students in open inquiry) in Taipei County. Here are the results. (1) Students' overall scientific inquiry abilities had no significant difference before and after the inquiry-based lesson, but their performances were improved obviously in posing questions and hypothesis ($t = 3.56$, $p < 0.0001$, $E.S. = 0.81$). (2) The low-inquiry-ability students made more significant improvement than the medium-inquiry-ability and high-inquiry-ability students in the overall inquiry ability after the inquiry-based lesson. (3) The structured-inquiry instruction was the most helpful to improve the ability in posing questions and hypothesis; especially, it helped the low-inquiry-ability students improve their abilities in experimenting, collecting and analyzing data. (4) The guided-inquiry instruction helped the low-inquiry-ability and medium-inquiry-ability students improve their ability in posing questions and hypothesis. Also, the guided-inquiry instruction improved the medium-inquiry-ability students' ability in planning, and the low-inquiry-ability students' ability in interpreting and concluding. (5) The open-inquiry instruction improved the high-inquiry-ability students' ability in planning. (6) More than half of the students perceived the classroom learning environment closer to their expectation after the inquiry-based instructions. In present science classroom, most students have few chances to undertake student-centered inquiry. It is suggested that teachers adopt suitable methods of inquiry-based instruction in order to promote students' inquiry abilities.

Keywords : Scientific Inquiry, Inquiry-Based Instruction, Perspective about Learning Environment, Earth Science Education

* Pai, Pei-Yi, Teacher, HsinTien Senior High School

** Hsu, Ying-Shao, Graduate Institute of Science Education & Department of Earth Sciences, National Taiwan Normal University