

開放式與結構式探究實驗活動對國小學生教室環境感知的影響

陳淑苾¹ 張文華^{2,*} 陳素芬³

¹國立臺灣師範大學生命科學系

²國立臺灣師範大學科學教育研究所

³國立臺灣科技大學數位學習與教育研究所

摘要

學生對教室環境的感知常會影響學生的參與情形，也可能因而影響其學習成果。本研究比較在開放式及結構式的探究實驗教學後，學生對教室環境感知的異同。研究採混合研究方法收集量化及質性資料，資料的內容包括：教室環境量表(What Is Happening In this Class, WIHIC)及學生對結構式和開放式探究學習看法的回饋寫作。教學實驗的實施是為期共10週的自然與生活科技課程，研究對象為國小五年級學生四個班級共106人，其中兩個班($N = 52$)為實驗組進行開放式探究，兩個班($N = 54$)為對照組進行結構式探究。量化資料分析的內容包括：關係層面的同學親和、教師支持及學生參與；個人發展層面的探究、任務取向及合作；系統維持的平等三個層面七個向度的環境感知。分析結果顯示，實驗組學生經過開放式探究的學習後，在WIHIC的七個向度中，會在同學親和和探究兩向度上有顯著提升，但對照組在結構式探究的學習後則全部都沒有顯著的改變。以ANCOVA比較兩組，實驗組在探究向度上有顯著較高的教室環境感知。此外，回饋寫作顯示多數的實驗組學生喜歡開放式探究學習，其喜歡的原因同樣集中在同學親和及探究向度上。學生認為在開放式探究課程中有較多的思考及挑戰，也是以學生為中心的學習，不僅有益於小組合作，且能培養探究能力。本研究對上述的發現，提出對學生學習、課程教學設計與研究相關的建議。

關鍵詞：小學科學教育、探究學習、教室環境、實驗活動

壹、前言

一、研究背景與重要性

探究學習能提升學生的學習成就、動機及科學過程技能(Bevins & Price, 2016;

Marshall, Smart, & Alston, 2017)，以探究方式進行科學學習是備受世界各國所重視(教育部，2000；National Research Council [NRC], 2012)。小學階段的科學課程主要是以實驗活動進行探究學習(王美芬、熊召弟，1995)，實

*通訊作者：張文華，sujudy@ntnu.edu.tw

(投稿日期：民國106年4月20日，修訂日期：民國106年7月19日，接受日期：民國106年7月21日)

驗活動可以促進學生對科學的正向態度、興趣和技能(Luketic & Dolan, 2013)。在教學現場上多數探究教學的實驗活動是以驗證式或結構式探究教學進行，提供學生「動手做」的經驗以提升學習動機及興趣。Rath與Brown (1996)發現學生在較開放的探究實驗活動中，會選擇較有趣或有效的方式來進行研究。研究指出不同型態的探究教學對學生學習有不同的成效(Arslan, 2014; Kang & Keinonen, 2017)，探討探究教學的型態對學生學習的影響可以提供教師實施探究教學的參考。

林陳涌(1995)主張好的實驗活動教學樣貌是老師尊重並給予學生展現其現存知識，鼓勵學生設計實驗，在實驗活動過程中多提供學生協商、討論及建構經驗證據意義的機會。實施較開放的實驗活動相較於傳統的結構式教學上是一種變革，Fraser (1998)指出課程變革所產生的影響會反應在教室環境的測量上，反而有時不一定能以標準化的成就測驗評量出來。Fraser (2012)認為學生長期在教室中進行學習，對於教室環境能形成較明確的感知，故較能反應出教室環境的真實情況。學生對教室環境的感知會影響其對科學的態度(莊雪芳、鄭湧涇，2003；Aldridge, 2012)與學習動機(Velayutham & Aldridge, 2013)，也對學習成就有重要的影響(吳坤璋、黃臺珠、吳裕益，2005)。研究發現即使學生對整體課程評價是正面的，但是學生間仍因為興趣與需要的不同而對教室環境的感知存有差異(陳鴻明、張文華、張惠博，2002；Suárez, Surez, Pas, Membiela, & Dapa, 1998)。因此探討學生對於探究教室環境的感知除了可作為協助學生進行探究學習的參考，陳鴻明等認為也可作為瞭解課程實施的過程以及課程的精神與內涵。

在臺灣，有關探究學習教室環境感知的

研究，主要是以中學生為對象(白佩宜、許瑛珪，2011；陳鴻明等，2002；蔡執仲、段曉林、靳知勤，2009)，與研究者所欲探討的國小學生在身心發展上差異甚大。此外，有關探究教學成效的研究多與傳統教學比較，較少探討不同探究教學模式間的差異(白佩宜、許瑛珪；Fang et al., 2016)。十二年國教自然科學領域課程的理念是希望能引導學生從既有的經驗出發，使學生能基於好奇、求知或需要，形成可解決或測試的問題並進行探究活動，以培養學生思考智能與問題解決的能力(國家教育研究院，2016)。因此，本研究設計一開放式探究課程以探討國小學生在開放式與結構式探究課程的教室環境感知，期望研究結果能作為小學階段探究課程設計的實務與研究參考。

二、研究目的與研究問題

為瞭解國小學生對於探究教學實驗活動的教室環境感知，本研究以國小五年級學生為研究對象，比較開放式(實驗組)和結構式(對照組)探究實驗活動對學生教室環境感知的影響，以作為課程設計及改進的參考。具體研究問題為：

- (一)兩組學生在經過十週的探究學習後，其教室環境感知前後測上有何改變？
- (二)比較實驗組和對照組學生的教室環境感知有何差異？
- (三)實驗組學生對於開放式與結構式探究實驗活動學習的看法為何？

貳、文獻探討

一、探究式實驗活動

十二年國教的科學學習強調「探究與實作」，重視能提供學生統整學習的經驗，而

將探究的歷程分為發現問題、規劃與研究、論證與建模及表達和分享，其內容為可實際進行操作的科學活動，例如測量與解釋等。以實驗活動進行探究學習可以提升學生的科學推理技能、實驗技巧及團隊合作的能力(NRC, 1996)。依據教師介入與學生自主程度的不同，探究取向的實驗教學而會有不同的樣貌(NRC, 2000)。Abrams, Southerland與Evans (2007)依照探究問題的來源、資料收集的方法及結果的解釋與詮釋三部分區分探究的層次(表1)。

研究指出教學現場多是以結構式探究方式進行教學(Furtak, 2006)。結構式探究為第一級的探究類型，其方式為老師將問題、實驗步驟皆提供給學生，學生只需要按照步驟去做實驗即可找到答案。此類型的探究活動可以培養學生的基礎能力，協助學生學習科學內容及精熟科學技能，例如：觀察、提出假設、收集分析資料和下結論等(Blanchard et al., 2010)。但結構式探究是教師高度主導的探究活動(Martin-Hansen, 2002)，學生在做實驗時是線性的探索且思考較為被動，並無法提升學生的高階思考(Ural, 2016)，學生對科學本質的理解也不足夠(Zion & Mendelovici, 2012)。因此，許多研究希望能引導學生進行更開放的探究學習(Arslan, 2014; Marshall et al., 2017; Zion & Mendelovici)。

開放式探究為第三級的探究類型，是指學生在老師引導的知識架構下，提出自己的實驗問題並設計實驗以解決問題(Zion & Mendelovici, 2012)。在開放式的實驗中，學生會運用較多的思考及策略去解決遇到的狀況，因此可以提升學生的主動性與責任感，同時學生也會有較高的動機及興趣(Berry, Mulhall, Gunstone, & Loughran, 1999; Jordan, Ruibal-Villasenor, Hmelo-Silver, & Etkina, 2011)。Berg, Bergendahl, Lundberg與Tibell (2003)主張開放式探究能使學生發展出較多的科學技能及實務經驗，使學生進行高階思考及瞭解科學本質(Krystyniak & Heikkinen, 2007)。雖然開放式探究教學對於學生學習雖然有許多正面的成效，但是相較於結構式探究，學生在學習時會面臨更多的挑戰，例如：提出探究問題、變因的控制及進行科學推理方面等困難(吳百興、張耀云、吳心楷，2010)。此外學生也會對學習模式的習慣改變產生抗拒(Gormally, Brickman, Armstrong, & Hallar, 2009)，遇到無法解決的困難則興趣會很快耗損(Trautmann, MaKinster, & Avery, 2004)，所以，教師應該要適時的給予學生協助，使其能順利的進行探究學習。

Cousin, Dembrow與Molldrem-Shamel (1997)主張進行探究教學時，教師要從學生的興趣開始並找出教學中最關鍵的項目去改變。在開放探究中學生的提問是學生興趣所

表1：探究學習的開放層次

等級類型	問題來源	資料搜集方法	結果
0級：驗證式	老師給予	老師給予	老師給予
1級：結構式	老師給予	老師給予	開放給學生
2級：引導式	老師給予	開放給學生	開放給學生
3級：開放式	開放給學生	開放給學生	開放給學生

資料來源：Abrams, E., Southerland, S. A., & Evans, C. (2007). Inquiry in the classroom: Necessary components of a useful definition. In E. Abrams, S. A. Southerland, & P. Silva (Eds.), *Inquiry in the classroom: Realities and opportunities* (pp. ix-xi). Greenwich, CT: Information Age.

在也是探究的始點，但是學生的提問多為封閉性的問題，需要老師的協助才能發展出具有探索性的問題(李明昆、洪振方，2010；Chin & Chia, 2006)。此外，Lawson (1995)認為進行探究教學時也需要考量教學現場的實際限制，例如在許多研究中最常提到的時間不足及實驗資源的限制等教學實務困境(Bevins & Price, 2016)。因此，開放式探究雖然有許多正面的成效，但是因為實施時的挑戰，相較於結構式探究而言在實際教學上是較少實施的(Wilson, Taylor, Kowalski, & Carlson, 2010)。Furtak (2006)認為探究教學在教學現場的應用與限制取決於教師的時間規劃、對課程內容的理解與符合探究理念的教學技能等。因此教師可依據探究的理念以教學限制等考量設計學校課程內容，讓學生能在其能力範圍內進行較開放式的探究課程，以提升學生的科學學習。

白佩宜與許瑛珩(2011)的研究中探討高一學生在結構式、引導式及開放式三種不同探究學習方式對教室環境的觀感。研究顯示多數學生是喜歡探究學習，進行結構式探究的學生有90%的人認為教師引導的情形是適當的，但是也有28%的學生認為可以再多給予探索的空間。而在開放式探究中則有24%的學生希望老師能增加提示與協助，是三種方式中比例最高的。顯示開放式探究對於學生而言是較困難且有挑戰性。Saunders-Stewart, Gyles, Shore與Bracewell (2015)探討9到12年級學生在不同開放程度的探究教學成效，研究發現學生在最開放的探究型態中，其動機最高且對學習也最有自發性與責任感，而開放程度最低的學生最重視教師角色的影響。從上述研究發現學生對於不同開放程度的探究學習對是有不同的感知。但是上述研究的對象與為高中學生，而本研究是以

既有的研究為基礎，探討開放式和結構式探究課程對國小學生在探究學習上的影響。

二、探究學習的教室環境感知

探究學習過程中，教師要營造適合學生的學習環境，使學生能在師生與同學間的正向互動中積極的參與學習活動，以共同建構科學知識與技能(楊榮祥、Fraser, 1998)。在知識建構的過程中，學生除了面對學習的壓力外，也面臨人際關係互動的調適(蔡執仲等，2009；Jin, Wei, Duan, Guo, & Wang, 2016)，教師在進行探究教學時除了考量學科知識外，也需要考量教室環境的社會因素(Wallace & Kang, 2004)。學生進行探究活動時共同建構知識的主要學習場域是教室，研究指出學生對實驗室環境感知與學習態度有高度相關(蘇懿生、黃臺珠，1999；Luketic & Dolan, 2013; Wolf & Fraser, 2008)，探究學習強調學生學習的主動性，而學生對於教室環境的感知會形塑其教室經驗並影響其學習動機(Spearman & Watt, 2013)，因此從學習環境方面探討探究教學實施的成效是重要的(蔡執仲等，2009；Straits & Wilke, 2002)。

Moos (1979)主張人類的環境可分為關係(人際關係本質和強度)、個人發展(個人成長及自我提升)及系統維持(對秩序和目標的掌控以及對改變的反應)三種基本層面。依據此三層面探討結構式與開放式探究的教室環境面貌分述如下。

(一)關係層面

Crawford (2000)指出在探究學習中，教師要高度的參與並覺察學生的問題以引導學生做探究，教師與學生間的關係是動態的(Gillies & Nichols, 2015)，而探究學習多是以小組的方式進行，學生間的互動是頻繁的

(Gilles & Haynes, 2011)。學生在開放式探究中要互相協商出實驗問題並設計及進行實驗，老師是協助者的角色。而在結構式探究中，學生是依循老師的指示進行實驗活動，因此，是由老師主導探究活動的進行，學生共同完成學習任務。因此，在關係層面上結構式和開放式探究活動並不相同。

(二)個人發展層面

探究學習重視學生的問題解決、對學習的投入情況及與同學共同建構知識的情形(Minner, Levy, & Century, 2010)。開放式探究學習過程中，學生要透過主動思考而與同學共同解決問題與建構知識，學生要負起學習的責任；而結構式探究是由老師指導學生進行實驗步驟及討論，學生是以較被動方式進行學習。因此，學生在結構式與開放式探究學習中的個人發展層面上其參與問題解決情形是有差異的。

(三)系統維持層面

在探究的教室環境中，教師需要能掌握學生的參與狀況及評量學生的知識建構情形(Zion & Slezak, 2005)，同時也要讓每個學生都能參與學習活動並有發表想法的機會(Hand, Treagust, & Vance, 1997)。在開放式探究中由學生主導的程度高，老師對於小組間的活動介入較少；在結構式探究中則是老師的主導程度較高，對於小組間的活動管控度也較高。所以學生在結構式與開放式探究學習在系統維持層面上的機制並不相似。

學生對教室環境的感知會受到教師、學生間的互動及所進行的課程等許多因素影響(黃臺珠、Aldridge & Fraser, 1998)。許多研究指出以教室環境量表工具評估學生對於學習情形、教育革新或教師教學改變的感知是有效的(黃臺珠等；Fraser, 2012)。目前在研究上

所使用的學習環境量表很多，例如：學生對教師學科教學知覺問卷(Students' Perception of Teachers' Knowledge, SPOTK)、建構式教室環境量表(Constructivist Learning Environment Survey, CLES)及教室環境量表(What Is Happening In this Class, WIHIC)等。在臺灣，李旻憲與張俊彥(2004)也研發出地球科學教室環境問卷。

Dorman (2008)指出WIHIC是由Fraser, Fisher與McRobbie (1996)整合多個教室環境量表，挑選最重要的相關量測面向所發展出的科學教室環境量表。此外，還增加當今教育上所重視的平等及建構等議題，是合乎當代潮流。同時WIHIC也是現今最廣泛使用的教室環境工具，在許多國家以此工具進行教室環境的研究，例如：澳洲、紐西蘭、美國、加拿大、新加坡、印尼及韓國等。在臺灣的WIHIC版本是由臺澳跨國效化(黃臺珠等，1998)。其內容依據Moos的三個環境層面分別是關係層面的同學親和、教師支持及學生參與三個向度；個人發展層面的探究、工作取向及合作三向度；及系統維持層面的公平向度(Fraser, 2012)。

以WIHIC為研究工具探討科學探究情境中的相關研究有很多。陳鴻明等(2002)及蔡執仲等(2009)的研究都指出中學生在探究課程前後，對於教室環境的感知是正向的，但是在提升的向度上並不一致。此外，WIHIC也被重新效化並運用於小學的研究上(吳坤璋、黃臺珠、吳裕益，2005，2006；游淑媚、林淑芳，2005)。在國小的探究教學上，賀振坤(2013)結合行動裝置與5E教學策略發現學生在教室環境感知上是正向的。綜合各研究可以發現，實施探究課程可以提升學生對教室環境的感知，但是，提升的向度上是有差異的。推測其原因是因為各研究所進行的探究

課程內容與方式並不同，而學生的教室環境感知會受到課程等許多因素的影響(黃臺珠等，1998)，因此以WIHIC可以測量出不同探究課程對學生的教室環境感知的差異情形。本研究也以WIHIC量表作為研究工具，探討不同型態的結構式和開放式探究學習對學生的教室環境感知所產生的影響。

參、研究方法

本研究採混合研究法，是以量的方法為主而質性方法為輔。量的方法上以WIHIC工具收集學生的教室環境感知進行分析研究，而質性方法則是以學生的回饋寫作資料進行編碼與詮釋。

一、研究對象

本研究以國小五年級學生四個班級學生人數共106人為研究對象。實驗組為二個班級有52名學生是以開放式探究課程進行學習，是由學生自己形成實驗問題並進行探究。對照組為另外兩個班級的54名學生，進行的課程是結構式探究，是由老師給予學生實驗問題，學生依循老師設計的實驗步驟進行實驗。在探究學習的過程中兩組都是採用異質分組學習方式，每組學生人數約為4～5人，並依據班級男、女生人數平均分配到各組。

二、研究情境與研究設計

(一)教學研究前

在進行教學實驗前，兩組學生皆已進行過包含2個單元的10週結構式探究教學。其中在第一單元「太陽觀測」中，由老師給予探究問題，以「光源和影子的關係」，學生依循老師所設計的實驗步驟進行實驗，而老師則指導學生理解有關「實驗變因」及「建立

模型」等過程技能。第二單元「水溶液」仍是由老師給予實驗活動的操作步驟，並指導學生在實驗操作過後，能對實驗下操作型定義等過程技能。教學實驗課程是在第二單元課程結束後1週才開始進行，以減少學生對於教學方式的混淆。

(二)實驗設計

本研究以準實驗方式進行。實驗組進行開放式探究教學，對照組則為結構式探究教學。本教學實驗進行的時間為五年級的第一學期的後半部共10週。課程進行內容為「植物世界面面觀」及「力與運動」共二單元，每單元教學時間約為五週。無論是在結構式或開放式的探究教學單元中，研究者進行每個單元教學時，皆會先與學生討論單元的主要概念，讓學生瞭解在該單元所要學習的內容及方向。實驗組與對照組僅在實驗進行的開放程度上有差異，本研究的研究設計與教學流程如圖1，不同探究課程的特徵與差異如表2。

此外，本研究的研究者亦為教師角色，這樣安排的優點是教師較具有解決問題的決心和接受對學生有幫助的教學，也對教室環境及學生狀況最能掌握(Keating, Diaz-Greenberg, Baldwin, & Thousand, 1988)。但研究者在兩角色間不斷切換，必須經常與專家討論教學情況，進行反思與調整以確保研究品質。

三、教學活動設計

本研究的實驗組開放式探究教學是將學校課程的教材內容的進行方式設計成開放式探究取向的模式，以解決開放式探究教學所面臨的時間與資源上的限制。而對照組的結構式教學則是學生依照老師設計的實驗步驟

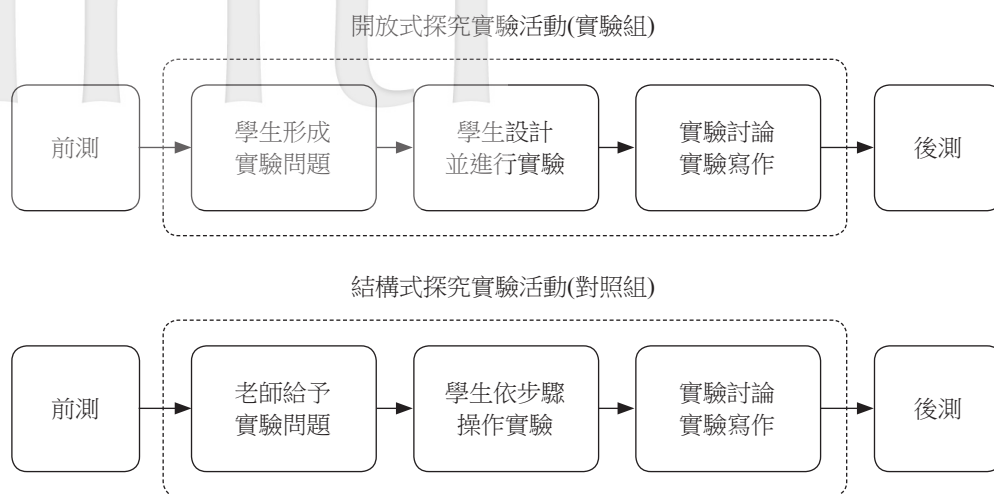


圖1：結構式探究與開放式探究研究與教學流程圖

表2：結構式與開放式的探究課程特徵及差異

探究類型	開放式實驗	結構式實驗
學習問題	由學生自訂探究問題	由老師給予問題
設計及執行實驗	學生依據自己的探究問題規劃實驗及執行	學生依據老師規劃實驗步驟執行
記錄與分析	學生自己決定記錄及分析方式	老師提供表格供學生記錄及分析
討論與結論	進行小組及全班討論，以獲得結論	老師提問並引導學生統整結果

進行學校課程教材內容的探究學習。今將實驗組與對照組的探究課程進行步驟及方式說明如下。

(一)界定單元學習的大概念(big idea)

大概念是指可遷移的概念、原理或理論，是課程、教學以及評量的焦點，有助於連結個別的事實和技能(Norton-Meier, Hand, Hockenberry, & Wise, 2008)。大概念是由教學者根據課綱所產生，而教學與學習的內容都是依照大概念所發展。在第三單元「植物世界面面觀」單元的大概念是「植物的構造與功能配合是和環境適應有關。」；而第四單元「力與運動」的單元大概念是「力能使物體產生形狀及運動狀態改變」。在對照組及實驗組上課時老師都會以學習單幫學生建立單元的大概念以引導學生學習的方向。

(二)老師提出核心問題(essential question)

核心問題是沒有單一正確答案的開放式問題，也是能刺激更進一步探究或辯論的問題，通常是反映學習領域中較重要的議題、問題或辯論。核心問題的設計要能激發學生思考，使學生能聚焦並持續探究，累積有意義的實作表現，因此可做為學生思考的問題空間，使學生比較不容易偏離學習主題。在實驗組的教學上，老師在植物單元所提出的核心問題是「哪些因素會影響種子的發芽？」；而在力與運動單元的核心問題則是「影響物體在斜坡上運動的因素有什麼？」。而老師在對照組教學時則是直接提問實驗問題，在植物單元是「陽光會不會影響綠豆的發芽呢？」；力與運動單元為「接觸面的材質會影響物體在斜坡上移動的距離

嗎？」。因此，老師在實驗組的教學是提出核心問題以刺激學生思考，而在對照組的教學則是直接提出實驗問題協助學生進行實驗。

(三)學生進行發想寫作

此步驟主要目的是希望學生能從現存的科學知識中找出實驗的相關變因。實驗組學生進行曼陀羅的擴散性思考(許素甘，2004)，以解決思考上的侷限性。其作法是在曼陀羅的中心位置寫上研究主題(圖2)，再讓學生分組以此主題進行關鍵因素的發想，並將所想到的實驗變因，填寫在外圍的八個空格中，儘量將其填滿為止。舉例而言：學生會認為影響種子發芽的原因有種子種類、空氣、陽光、水、溫度、種植的深度、營養、水質及泥土種類等因素。

採用曼陀羅思考策略的原因是因為曼陀羅兼具結構化與擴散思考的特性，可以容易組織並刺激學生的思考，將學生想法視覺化可以使老師或學生捕捉到學生的想法而能做進一步的討論。相較於其他擴散性思考的工具(如心智圖)，學生並不需要經過特別的訓練就能瞭解並操作，所以，教師對於課程的進行是較流暢且容易掌控。而對照組學生

因為不需形成自己的實驗問題，所以並沒有進行此步驟的教學。

(四)學生界定問題及設計實驗

此步驟的目的是希望學生能從自己的想法中找出操縱變因，並以此界定出實驗問題。進行的方式是老師會在實驗組學生寫完曼陀羅後隨即說明老師所準備的相關實驗資源，而學生也可以徵詢老師是否能提供其他材料以利其實驗的進行。學生會向全班同學報告該組所選定的操縱變因，然後學生就可依照小組所欲探討的變因形成探討的實驗問題並進行實驗設計。之後小組還需對全班報告其實驗設計及接受老師和同學對實驗設計的提問及回饋後，才能從老師所提供的實驗材料中自行挑選以進行實驗。例如：學生會提問「水溶液的種類會影響種子的發芽嗎？」、「斜坡斜度會和小黃車移動的距離有什麼關係呢？」。而對照組學生因為不需要形成自己的實驗問題，因此是直接進行老師界定清楚的實驗問題，並依照規劃好的實驗步驟及材料進行實驗。

(五)學生執行實驗並討論

實驗組因為各組所欲探討的實驗變因需

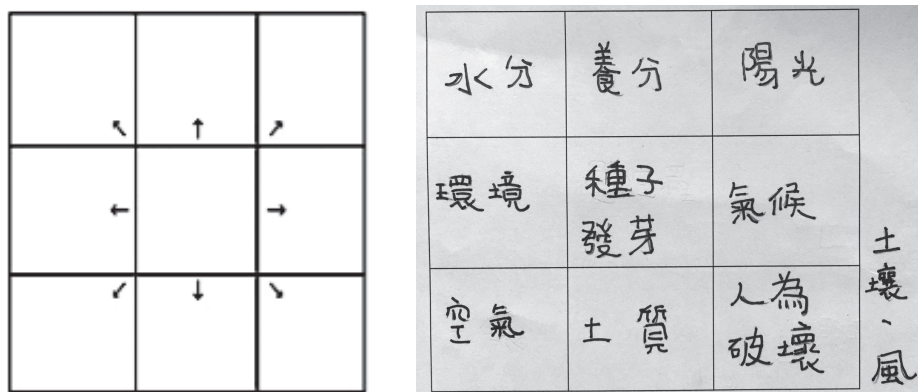


圖2：曼陀羅思考示意圖及學生寫作作品例子

向全班說明，學生通常不願意和其他組的同學進行相同變因的實驗，因此每一組的實驗內容並不相同，實驗記錄及分析方式也是由各組自行設計及決定。此外，學生需要將結果與全班同學進行討論，因此實驗組的學生有較多元的學習。而對照組學生每組的實驗內容是相同的，因此是由老師或教材提供實驗記錄表格給予學生實驗時使用。在實驗活動結束後則由全班同學進行與實驗結果的討論及比對以形成實驗的結論。

(六)學生進行反思寫作

引導實驗組與對照組兩組學生寫出自己小組實驗的過程與結果，並將班級討論所得的想法進行筆記整理和寫作。

四、研究工具

(一)科學教室環境量表(WIHIC)

在教室環境感知的量測上，本研究採用的科學教室環境量表是由臺澳跨國效化的WIHIC量表(黃臺珠等，1998)。WIHIC內容分成七個向度：同學親和、教師支持、學生參與、探究、任務取向、合作、平等。每個向度皆包含有8個試題，每個題目均為Likert Scale五點式量表計分，總量表最高得分是280分，最低得分是56分，得分越高代表所持的感知愈正向。WIHIC的內容為：

- 1.同學親和(Student Cohesiveness, SC)：同學間建立友誼、信賴與幫助的狀況。
- 2.教師支持(Teacher Support, TS)：教師在課堂中對學生的友善、協助等情形。
- 3.學生參與(Student Involvement, IN)：學生參與學習活動時與他人的互動的情形。
- 4.探究(Investigation, IV)：探究過程技能學習，並將之應用於解決問題的情況。

5.工作取向(Task Orientation, TO)：學生對於課業及學習活動的用心專注情形。

6.合作(Cooperation, CO)：在課堂中與同學共同合作完成學習目標的狀況。

7.平等(Equity, E)：在溝通想法與工作上所受到的待遇公平性。

WIHIC量表原初是用來探測國中學生對於科學教室環境的感知，而游淑媚與林淑芳(2005)將原量表的「理化、生物課」一詞更改為「自然課」，再以國小學生四到六年級416人進行工具的信、效度考驗。結果發現，國小部分的各分量表的內部一致性信度為.87 ~ .92，分量表間的區別效度介於.56 ~ .67，考驗的結果理想(游淑媚、林淑芳)，因此，此工具也適用於國小學生的施測，而在本研究的信度Cronbach's α 值為.89。研究中共施測兩次，分別在研究課程的前一週與結束後一週內進行。

(二)寫作回饋

實驗組的學生在進行開放式實驗課程前，是以結構式探究方式進行學習。在研究課程結束後隨即針對該組學生進行「結構式教學」和「開放式教學」兩種不同課程比較的回饋寫作。回饋寫作內容是由老師提供引導問題，讓學生針對本學期的兩種探究課程方式給予評價：第一種是老師提供研究問題、材料、步驟等，如第一單元的太陽觀測及第二單元的水溶液實驗時的情形。第二種是老師提供學生可以選用的實驗材料，但是研究問題和方法要學生自己去想，並設計及執行相關實驗，例如種子發芽和斜坡實驗。學生在回饋寫作分為兩部分，第一部分是對於結構與開放類型的上課方式給予偏好的類型評分，給分範圍是1 ~ 10分，1分代表很不喜歡，10分代表很喜歡。第二部分是要針對

給分的高低寫出相對應的理由。

五、資料收集與分析

在量化資料的收集及分析，是以「植物世界面面觀」及「力與運動」兩個單元教學前後一週後所施測的WIHIC量表結果，希望瞭解學生在結構式及開放式探究課程中，其教室環境感知在教學前後的轉變及不同教學方式間的差異情形。質性資料部分是以開放式探究組學生的回饋寫作分析，進行資料的歸納及尋找彼此間關聯與交錯的部分，由此瞭解學生對於開放式和結構式的探究課程看法，並做為量化資料的輔助證據。

本研究使用Microsoft Office Excel軟體及SPSS for Windows 20.0版軟體進行量化及質性資料的整理與分析，所使用的資料分析方法與研究問題的關係如下：

- (一)瞭解學生在教學實驗進行前後，實驗組與對照組學生在探究學習中環境感知的改變，是將WIHIC總分及其各層面和分量表向度的前測與後測分數進行相依樣本t考驗分析。
- (二)探討實驗組和對照組的探究學習中，兩組學生對教室環境感知的差異，是以WIHIC總分、三個層面及七個分量表向度的前測分數作為共變項，而以後測分數作為依變項，進行多變量共變數分析。
- (三)本研究分析實驗組學生對實驗課程看法的回饋寫作，分為三個部分進行內容分析。第一部分是比較實驗組學生對於不同上課方式的給分高低，依據學生給分較高的學習型態視為學生的偏好學習型態，因此將學生對於實驗課程的看法分為「偏好結構式」及「偏好開放式」二

組，而對於給予兩種探究模式同分者則不予分組，並計算各組所占的比例。

第二部分依照實驗組學生的回饋寫作內容進行編碼分析。初步編碼是由第一作者閱讀所有學生回饋寫作的內容，再以WIHIC的三個層面作為焦點，產生類別及分析碼。經與專家教授討論及試編後進行修改。再經反覆討論以確認編碼表可以用來描述學生的教室環境感知。最後編碼表仍是分為關係、個人發展及系統維持三個層面，並依學生的寫作內容進行編碼。在關係層面上，依據學生的寫作內容要將參與的互動情形與對象間的關係區隔開是相當複雜，因此，最後是以「生生」代表學生間的互動及關係；「師生」表示老師和學生間的互動及關係，因此，「關係」的次級編碼是「生生」和「師生」兩個向度。在個人發展層面上，學生的寫作內容集中在「思考」與「挑戰」，對於WIHIC中的「探究」、「工作取向」及「合作」向度並沒有具體寫出，為避免過度詮釋學生的想法，因此是以「思考」和「挑戰」作為編碼向度。此外，學生也會以情感用字的方式表達其想法，最後是以「思考」、「挑戰」及「情感」三向度進行「個人發展」的次級編碼。在系統層次上，學生除了提及WIHIC的「平等」向度外，也提到「自由」，因此，以此二向度作為「系統維持」的次級編碼。編碼表如表3。編碼表完成後，由第一作者與一位經過訓練的研究生依據編碼表，將20位學生的寫作內容進行分類，再將兩人的分類結果進行皮爾森(Pearson)積差相關分析，統計結果評分者信度達0.92，表示一致性很高。之後再將所有學生的分類的結果做進一步分析，以學生對於開放式與結構式探究課程的觀點進行詮釋。

第三部分分析不同偏好探究型態學生在

表3：學生寫作內容分析編碼表

一級編碼	二級編碼	寫作內容分類標準	舉例
關係(R)	師生(ts)	老師的協助或指導	做老師提供的問題比較好
	生生(ss)	同學間的相處情形	能培養同學之間的感情
個人發展(D)	思考(t)	學習過程中的思考	有更多機會去思考
	挑戰(c)	學習上的提升	可以讓自己挑戰設計實驗
	情感(o)	情感性的用字	比較有趣
系統維持(S)	自由(f)	學習空間的發揮彈性	每個人都做一樣的事，缺乏彈性
	平等(e)	公平的對待	我想到的組員都說不好

WIHIC分數情形的前、後測改變情形。「偏好結構式」的學生人數為16人，所以是以其WIHIC總分及各層面和分量表向度的前測與後測分數進行無母數的Wilcoxon符號等級考驗進行檢驗。而「偏好開放式」的學生人數為34人，因此是將「偏好開放式」學生的WIHIC總分及其各層面和分量表向度的前測與後測分數進行相依樣本 t 考驗分析。

肆、研究結果與討論

本研究分析在開放式和結構式探究的學習中學生對教室環境的感知與觀點，結果如下。

一、兩組學生在教室環境感知前後測的變化

為瞭解學生在開放式與結構式教學前後教室環境感知的變化，是以WIHIC量表分數進行相依樣本 t 檢定分析。結果顯示實驗組(表4)在整體和關係、個人發展及系統維持三個層面的改變上都沒有顯著的變化，但是在關係層面當中的同學親和(SC) ($t = -2.50, p = .016$)以及個人發展層面的探究(IV) ($t = -3.65, p = .001$)兩個向度有顯著差異。

實驗組學生在同學親和(SC)向度的後測分數($M = 30.73 \pm 6.02$)高於前測分數($M = 29.19 \pm 6.74$)， $E.S.$ 是0.24，實驗組學生在進

表4：實驗組學生教學前後的教室環境感知改變情形

層面	向度	前測($N = 52$)		後測($N = 52$)		t	p	$E.S.$
		M	SD	M	SD			
關係	SC	29.19	6.74	30.73	6.02	-2.50	.016	0.24
	TS	27.08	7.70	27.71	7.22	-0.64	.525	0.09
	IN	26.35	7.03	26.89	6.86	-0.60	.549	0.08
	總分	82.62	17.38	85.33	16.20	-1.45	.153	0.16
個人發展	IV	24.14	6.89	27.77	7.81	-3.65	.001	0.49
	TO	31.21	6.60	30.65	7.29	0.65	.517	-0.08
	CO	28.81	6.88	28.21	7.01	0.61	.542	-0.09
	總分	84.15	16.73	86.63	19.76	-1.06	.294	0.14
系統	E	28.85	7.77	29.65	7.98	-0.69	.494	0.10
整體		195.62	37.26	201.62	40.65	-1.30	.198	0.15

註：SC：同學親和；TS：教師支持；IN：學生參與；IV：探究；TO：工作取向；CO：合作；E：平等。

行開放式探究教學後在同學親和(SC)的感知上是有小效果量的提升。推測其差異原因可能是因為在開放式的探究學習中學生必須要一起討論出實驗問題並進行設計，同時也要共同執行實驗和討論實驗結果，因此學生在學習過程間的互動是密切的。相較於學生在開放式探究前所進行的結構式探究學習，雖然學生也需要和同學合作完成實驗並對實驗結果進行討論，但是其互動不像開放式探究型態的頻繁，所以在開放式探究型態的學生會在關係層面的同學親和(SC)向度的感知會有小效果量的正向提升。而在個人發展層面的探究(IV)向度上，實驗組的後測分數($M = 27.77 \pm 7.81$)高於前測分數($M = 24.14 \pm 6.89$)， $E.S.$ 是0.49，實驗組學生在開放式探究教學後在探究(IV)的感知是有中效果量的提升。推測探究向度提升的原因是因為在開放式型態中，學生必須依照自己的實驗問題進行探究活動的設計及執行，過程中必須要不斷的思考及解決問題。相較於學生之前所進行的結構式探究型態，學生只要依循老師設計的實驗步驟進行實驗情形是有較大的不同，所以學生會在個人發展層面的探究向

度感知上達中效果量的提升。在系統維持層面上，實驗組的前後測並無差異($p = .494 > .05$)。推測原因可能是在開放式探究活動中，是由學生自己分配工作，老師是隨機指定小組學生進行報告，對學生學習的機會上是均等的，因此實驗組學生在系統維持層面的平等向度上的感知變化上差異不顯著。

對照組學生在教學前後的WIHIC量表分數變化情形如表5。從結果顯示學生在教室環境的感知上在各層面及各向度上都沒有改變。其原因為對照組在教學研究前也是以結構式探究型態進行學習，教室環境的改變並不大，學生對於教室環境的感知差異也就沒有顯著的變化。

二、兩組學生對教室環境感知的差異

比較實驗組及對照組學生的教室環境感知差異，以WIHIC前測成績為共變項，後測成績為依變項，進行多變量共變數分析。分析結果顯示多變量Wilks's λ 值為.84， $F_{(1, 105)} = 2.41$ ， $p = .03 < .05$ ，達顯著水準。因此，進一

表5：對照組學生在教學前後的改變情形

層面	向度	前測(N = 54)		後測(N = 54)		<i>t</i>	<i>p</i>	<i>E.S.</i>
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>			
關係	SC	30.96	6.68	30.59	7.04	0.53	.601	-0.05
	TS	25.57	8.37	27.02	7.97	-1.64	.107	0.18
	IN	25.19	7.64	26.32	7.71	-1.48	.145	0.15
	總分	81.72	19.02	83.93	19.50	-1.23	.225	0.11
個人發展	IV	23.52	8.63	25.09	8.41	-1.49	.141	0.18
	TO	30.98	6.63	30.63	7.88	0.39	.697	-0.05
	CO	29.09	6.99	29.63	7.18	-0.74	.463	0.08
	總分	83.59	18.72	84.44	20.32	-0.41	.682	0.04
系統	E	29.59	7.54	31.39	8.17	-1.71	.093	0.23
整體		194.91	41.87	200.67	44.62	-1.41	.164	0.13

註：SC：同學親和；TS：教師支持；IN：學生參與；IV：探究；TO：工作取向；CO：合作；E：平等。

步進行單因子共變量變異數分析。在單因子變異數同質性檢定上 F 值顯著性皆大於.05，表示皆為同質可繼續進行共變數分析，分析結果如表6。比較實驗組和對照組學生的教室環境感知，只有在個人發展層面的探究(IV)向度($F_{(1, 105)} = 48.34, p = .02$)上有顯著差異， $\eta^2 = .06$ 。開放式探究的學生($M = 27.77 \pm 7.81$)在此向度的感知顯著高於結構式探究的學生($M = 25.09 \pm 8.41$)。推究其原因可能是因為開放式探究型態中，學生要形成自己的問題並以實驗的方式來找答案，本研究所有實驗組的學生皆順利形成小組的實驗問題進行探究，並獲得相關的實驗結論，所以學生在開放式的探究學習後，會對於問題解決的探究(IV)向度有較正向的感知。而在結構式探究的學生因為是依循老師提供的實驗問題及步驟進行實驗，所以，學生雖然獲得實驗問題的結論但是並非是解決學生自己的問題。因此，開放式探究較結構式探究對於學生在個人發展層面的探究(IV)向度上會有小效果量的差異。

此外，在關係層面的教師支持(TS)向度

感知上，從分析結果可以發現實驗組和對照組學生並無差異。推測其原因可能是因為在實驗組的學習過程中，問題是以寫作鷹架的方式形成，在確立小組實驗問題則是在全班討論的過程中進行。由於實驗組學生與老師的互動並非是小組和老師的個別私下互動，而是和對照組的全班共同討論模式是相似的，因此學生在教師支持的向度上並無顯著差異。而此研究結果也顯示研究者並沒有因為身兼研究執行與教學實施雙重角色，而有自我應驗預言(self-fulfilling prophecy)的情形發生。

三、實驗組學生對於結構式與開放式探究實驗活動的看法

為瞭解學生在探究課程中對於結構式與開放式探究實驗課程的看法，是以同時具有開放式及結構式兩種學習型態實驗組學生為對象進行探討。依實驗組學生在回饋寫作中對於不同上課模式的給分高低進行探究型態喜好的統計分析(表7)。結果顯示65%的學生給予開放式探究的分數高於結構式探究模式，偏好開放式探究的學生人數較多。學生

表6：學生在開放式與結構式的探究教學中的WIHIC分數的各分項向度單變量共變數分析摘要表

層面	向度	開放式($N = 52$)		結構式($N = 54$)		單變量 F	p	df	η^2
		M	SD	M	SD				
關係	SC	30.73	6.02	30.59	7.04	2.60	.110	1	.03
	TS	27.71	7.22	27.02	7.97	0.03	.870	1	.00
	IN	26.89	6.86	26.32	7.71	0.03	.857	1	.00
	總分	85.33	16.20	83.93	19.50	.009	.927	1	.00
個人發展	IV	27.77	7.81	25.09	8.41	6.18	.015	1	.06
	TO	30.65	7.29	30.63	7.88	0.01	.909	1	.00
	CO	28.21	7.01	29.63	7.18	1.27	.262	1	.01
	總分	86.63	19.76	84.44	20.32	0.75	.388	1	.01
系統	E	29.65	7.98	31.39	8.17	0.96	.330	1	.01
整體		201.62	40.65	200.67	44.62	0.11	.743	1	.00

註：SC：同學親和；TS：教師支持；IN：學生參與；IV：探究；TO：工作取向；CO：合作；E：平等。

對於不同開放程度的探究實驗課程偏好的看法，是以學生的回饋寫作內容依據WIHIC的三個層面進行編碼及分析(表8)，結果顯示實驗組學生對於兩種探究型態的看法表達上，是以個人發展層面的思考及挑戰兩個向度最多，分別是60.8%和52.9%。推究其原因可能是在開放式探究學習時，學生要主動的思考以提出並解決問題，與被動地依循老師的指示所進行的結構式探究有很大的不同，所以學生會在個人發展層面上會有較強烈的感受，因此也較容易表達其看法上。相反的，學生對於系統維持層面的想法的表達最少，只有9.8%，顯示在系統維持層面上，兩種探究型態的差異對學生的感知上產生的影響較小，所以，學生對於此層面的意見表達也就會相對較少，與第一節和第二節的量化研究結果是一致的。

從實驗組學生的寫作回饋內容分析(表8)，可以發現偏好結構式與偏好開放式探究的學生在各層面上有不同的差異：

在關係層面上，偏好結構式的學生沒有人提及與同學間的互動，有6人提到師生關係，視老師為學習的主導者。例如偏好結構式的學生認為「因為老師提供很多東西，讓我們能把實驗做到最好」(50525)。而偏好開放式學生有4人會提及與同學的關係，將學生視為學習的主角，而12人提到的師生關係，其寫作內容則是將老師視為學生學習的協助者。例如偏好開放式探究的學生提及在開放式探究活動中「……還可以跟同學討論，參

考不同的想法」(50527)，也表示「……如果有問題，還可以找老師幫忙」(50608)。偏好開放式探究學生較偏好結構式探究學生在關係層面上較重視與同學間的互動，與老師的互動情況上也有差異。

在個人發展層面的思考向度，偏好結構式學生有6人提到此向度，在態度上較為被動，認為「我不善思考直接做對我比較好」(50511)。而偏好開放式探究的學生有25人提到，在表達上則顯得較主動，認為「可以自己思考、動腦，印象更深刻」(50627)。在挑戰向度上，8位偏好結構式學生對於此向度表達出「自己做有點難」(50525)的觀點，而19位偏好開放式的學生則較喜歡創新與接受挑戰，認為「可以在實驗中創新」(50501)。而在情感向度上，2位偏好結構式探究的學生認為開放式探究「很麻煩」(50502)，而10位偏好開放式的學生則顯得較為正向，認為開放式探究「比較有趣」(50523)。因此，偏好開放式探究的學生對難度較高且較具挑戰性的開放式探究是有較正向的感知。

在系統的維持上，偏好結構式探究的學生沒有人提及此層次，但4位偏好開放式探究的學生認為開放式探究中有較大的自由發揮空間，受到老師的限制與約束較少。此外，也有一位偏好開放式探究學習學生(50622)表示在開放式實驗中組員並不採納他的想法，但是他也同時提到自己並沒有好想法所以只能聽別人的。因此，在開放式的探究中雖然學生都有表達想法的機會，但是會因學生能

表7：實驗組學生對於探究實驗活動開放程度的偏好情形

偏好型態	人數	百分比
結構式	16	31%
開放式	34	65%
沒有差異	2	4%

表8：實驗組學生對於探究實驗活動開放程度的回饋寫作分析情形

層次	編碼	偏好結構式的觀點	人數	偏好開放式的觀點	人數	比例
關係	生生	無人提及	0	……還可以跟同學討論，參考不同的想法。(50527) 有更多時間可以和同學討論，有更多可以選擇的事項。(50522)	4	7.8%
	師生	老師提供的實驗問題都很有趣。(50508) 因為老師會先解說。(50629) 因為老師提供很多東西，讓我們能把實驗做到最好。(50525) 因為老師可以幫我想，我不用想。(50503) 我喜歡由大人決定事情。(50621)	6	老師設計的實驗比較普通，因為大家的興趣都不一樣。(50527) 我不喜歡老師做我的事。(50603) ……如果有問題，還可以找老師幫忙。(50608)。	12	35.3%
	思考	我不善思考直接做對我比較好。(50511) 我不喜歡動頭腦。(50605) 因為自己想問題設計實驗如果錯了，實驗就要重做。(50504)	6	可以自己思考、動腦，印象更深刻。(50627) 有更多機會去思考。(50630) 我們可以自己學習做實驗。(50524)	25	60.8%
	個人發展	挑戰 自己做有點難。(50525) 我喜歡按部就班。(50604) 這樣比較不容易出錯。(50504)	8	可以在實驗中創新。(50501) 可以自己挑戰設計實驗。(50628) 因為有時用自己的問題可以得到不同的答案。(50606)	19	52.9%
系統	情感	很麻煩。(50502) 我喜歡自己亂做。(50607)	2	比較有趣。(50523) 很有趣。(50512)	10	23.5%
	自由	無人提及	0	比較自由。(50505)(50531) ……不用受老師約束。(50611)	4	7.8%
	平等	無人提及	0	我想到的組員都說不好。(50622)	1	2.0%

力的不同而受到不同程度的重視。

由上述分析顯示：學生認為結構式探究是比較偏向老師中心、較簡單且不需太多思考；而開放式探究則是較學生中心、需要思考且具挑戰性，較為有趣及較有彈性與自由，但同學間的互動情形較為複雜，所以會發生想法被他人忽略的情形。

進一步比較不同偏好的學生在教學前後對教室環境感知的變化。偏好開放式探究學生組是以其WIHIC教室環境量表分數進行相依樣本 t 檢定分析。分析結果(表9)顯示在關係層面上是有顯著差異($t = -2.11, p = .042$)，

$E.S.$ 是0.23。後測分數($M = 85.29 \pm 17.87$)比前測高($M = 81.18 \pm 17.58$)，偏好開放式探究學生在開放式探究教學後會在關係層面上的感知有小效果量的提升。分析結果也發現偏好開放式探究的學生在關係層面上的同學親和(SC) ($t = -2.65, p = .012$)及個人發展層面上的探究(IV) ($t = -3.45, p = .002$)兩個向度上有顯著的改變。偏好開放式探究的學生在同學親和(SC)向度的後測分數($M = 30.32 \pm 6.55$)比前測高($M = 28.32 \pm 7.26$)， $E.S.$ 為0.29，偏好開放式探究教學的學生在同學親和(SC)的感知有小效果量的正向提升。探究(IV)向度的後測分數($M = 29.32 \pm 8.12$)也比前測高($M =$

表9：實驗組偏好開放式探究的學生在WIHIC各分項向度上的改變情形

層面	向度	前測(N = 34)		後測(N = 34)		t	p	E.S.
		M	SD	M	SD			
關係	SC	28.32	7.26	30.32	6.55	-2.65	.012	0.29
	TS	26.53	7.15	27.50	6.85	-1.07	.292	0.14
	IN	26.32	7.18	27.47	7.44	-1.12	.271	0.16
	總分	81.18	17.58	85.29	17.87	-2.11	.042	0.23
個人發展	IV	24.97	6.78	29.32	8.12	-3.45	.002	0.58
	TO	31.85	6.12	31.21	6.80	0.64	.524	-0.10
	CO	28.56	7.39	29.06	6.79	-0.47	.639	0.07
	總分	85.38	17.82	89.59	19.64	-1.49	.146	0.22
系統	E	29.35	7.55	29.38	7.75	-0.02	.985	0.00
整體		195.91	38.54	204.26	42.52	-1.56	.129	0.21

註：SC：同學親和；TS：教師支持；IN：學生參與；IV：探究；TO：工作取向；CO：合作；E：平等。

24.97 ± 6.78)，*E.S.*為0.58，偏好開放式探究學生在開放式探究教學後在探究(IV)的感知有中效果量的提升。從質性資料的分析中可以發現偏好開放式探究的學生是較喜歡與同學互動，因此在關係層面的同學親和(SC)向度的感知會有顯著提升。在質性資料分析時同時也顯示偏好開放式探究學習的學生較喜歡接受挑戰，在開放式探究學習過程中願意主動解決問題，因此在探究向度上的感知有顯著的正向提升。

偏好結構式學生在開放式探究學習後對於教室環境的感知的差異，人數僅有16人是以無母數的Wilcoxon符號等級考驗進行檢驗(表10)。結果發現偏好結構式探究的學生在前後測上的*p*值皆大於.05並沒有顯著差異，顯示偏好結構式的學生在進行開放式探究教學後對教室環境的感知並沒有改變。質性資料分析顯示偏好結構式探究學生較不喜歡思考與接受挑戰，推測學生在開放式探究型態學習過程中雖然沒有老師主導，但是可能會由其他同學所主導，態度仍是較為被動，因此對於教室環境的感知上沒有產生改變。

伍、結論與建議

本研究的開放式探究模式是學生在核心問題的情境下，在鷹架輔助下發揮高階思考的能力以提出實驗問題並解決問題，學習過程中同時也要與同學協商以進行學習。而結構式探究則為學生依循老師的實驗步驟及設計進行探究，相較於開放式探究而言，學生學習的難度是較低的。從研究結果可以發現，學生在開放式與結構式探究學習的教室環境感知雖然在關係、個人發展及系統維持三個層面上並無顯著差異，但開放式較結構式探究的學生在教室環境的同學親和(SC)及探究(IV)感知上有顯著的提升。因此，建議教師在實施探究式教學時，可以適時的給予學生更多的自主彈性空間，讓學生有提出問題並進行探究的機會，如此可以提升學生的小組學習與探究的教室環境感知，也可以增加學生的學習動機。

蔡執仲等(2009)主張探究學習中，除了分工外更重要的是與同儕分享想法，要讓學生成為彼此的支持力量，在不斷的互動中整合不同的想法形成共識。而學生在本研究的

表10：實驗組偏好結構式探究的學生WIHIC的改變情形

層面	向度	N=16	等級平均數	等級總和	Z檢定	p
關係	SC	負等級	5	6.10	-1.06	.289
		正等級	8	7.56		
		等值結	3			
	TS	負等級	9	7.33	-0.34	.733
		正等級	6	9.00		
		等值結	1			
	IN	負等級	10	6.95	-0.54	.588
		正等級	5	10.10		
		等值結	1			
	總分	負等級	8	7.88	-0.17	.865
		正等級	7	8.14		
		等值結	1			
個人發展	IV	負等級	5	7.30	-1.34	.181
		正等級	10	8.35		
		等值結	1			
	TO	負等級	8	7.88	-0.66	.508
		正等級	6	7.00		
		等值結	2			
	CO	負等級	10	7.25	-1.89	.059
		正等級	3	6.17		
		等值結	3			
	總分	負等級	9	8.56	-0.47	.641
		正等級	7	8.43		
		等值結	0			
系統	E	負等級	8	6.19	-0.60	.550
		正等級	7	10.07		
		等值結	1			
整體		負等級	8	9.00	-0.21	.836
		正等級	8	8.00		
		等值結	0			

註：SC：同學親和；TS：教師支持；IN：學生參與；IV：探究；TO：工作取向；CO：合作；E：平等。

開放式模式中較結構式探究學習要共同面對較多學習的挑戰，學生有更多的想法交流及分享，因為可由同儕鷹架減輕學習負擔，所以能建立較友善的同學關係。Jordan等(2011)研究指出學生在較有挑戰性的探究學習環境

中，會促使其進行思考，而Etkina等(2010)認為以適當的鷹架所設計的學習活動可以提升學生在進行科學實驗時的思考。本研究中的開放式是較結構式探究的過程要更多的思考且具有挑戰性，而實驗組每一小組皆順利

的完成探究任務，顯示雖然老師沒有主導學習，學生仍能可在鷹架的協助下發揮自己的能力完成學習任務。從研究結果也發現多數實驗組學生是較喜歡開放式探究，所以如果課程設計是符合學生的程度，學生並不會因為課程難度較高而感到沮喪或害怕(Trautmann et al., 2004)，而是會對自我效能有較佳的感知。而在系統維持上，雖然開放式與結構式探究學習時的分別是由學生和老師主導，但是學生均能獲得公平的學習機會，因此在感知上並無差異。

進一步瞭解實驗組學生對於結構式探究和開放式探究課程的看法，可以發現雖然多數的學生認為實驗活動是要思考的，郭文禎與張文華(2000)研究中發現學生在驗證式實驗教學時認為做實驗是不需要思考的情形，學生在探究教學中會對實驗活動有較正確的看法，但是不同偏好的學生對實驗活動看法是有差異的。Gormally等(2009)的研究中發現有些學生會抗拒改變，不喜歡花時間去思考如何解決問題，並希望能用他們所熟悉的傳統教學方式進行學習。本研究偏好結構式探究的學生與其研究結果相似，認為學習要由老師主導，對於探究學習是採較消極或負向的態度，且對實驗活動的看法保守較害怕出錯。為使學生能因為對於實驗活動本質的認知而減少其對沒有標準答案的不安，因此，除了以較開放的探究方式進行教學外，也建議教師教學時可以增加和學生討論科學實驗價值及本質的機會(Lederman, 1992)，如此能提升學生對教室環境的感知，也能進一步提升學生的學習成效。

此外，研究中實驗組學生仍有部分學

生認為開放式探究是有難度的。Germann, Haskins與Auls (1996)認為學生需有足夠的知識和技能，才能進行開放的探究學習，因此建議未來研究可以探討學生科學技能的發展情形與開放式探究學習間的關係，以找出學生認為無法勝任的原因並加以協助。也可以設計引導式探究課程，讓學生能有過渡的學習，也許能減輕部分學生的挫折感(Kang & Keinonen, 2017)。此外，也依照課程內容再給予學生多次的開放式探究學習機會，使其能因為熟悉而不會產生陌生恐懼，而能成就每一個孩子。

十二年國民教育自然科學的核心素養內涵中強調要提供學生探究學習的機會，並協助學生瞭解科學知識產生的本質及養成科學思考與探究的科學態度，也要引導學生學習科學知識的核心概念。Saunders-Stewart等(2015)主張在開放式探究中學生會較有主動性並為自己的學習負起責任。由本研究的結果顯示有系統地設計探究教學，掌握單元的大概念與核心問題，支持學生界定研究問題及設計實驗，並給予學生機會思考及挑戰，是可以使學生順利的由結構式轉換為開放式探究學習，並且有較佳的同學親和和探究的教室環境感知。因此，期望本研究的開放式探究教學模式能有助於未來探究教學實務上的參考，使學生的探究學習能更加的落實。

誌謝

本研究承蒙科技部經費補助(MOST 103-2511-S-003 -056 -MY3)及審查委員精闢的建議，特此誌謝。

參考文獻

1. 王美芬、熊召弟(1995)。國民小學自然科教材教法。臺北市：心理。
2. 白佩宜、許瑛珪(2011)。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。課程與教學季刊，14(3)，123-156。
3. 吳百興、張耀云、吳心楷(2010)。科學探究活動中的科學推理。科學教育研究與發展季刊，56，53-74。
4. 吳坤璋、黃臺珠、吳裕益(2005)。影響中小學學生科學學習成就的因素之比較研究。教育心理學報，37(2)，147-171。
5. 吳坤璋、黃臺珠、吳裕益(2006)。以結構方程模式檢驗影響國小學生對科學的態度之理論模式。師大學報：科學教育類，51(1-2)，83-106。
6. 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。
7. 李明昆、洪振方(2010)。國三學生對探究性科學問題提問之研究。臺北市立教育大學學報，41(2)，111-148。
8. 林陳涌(1995)。從經驗證據和科學理論之間的關係來探討自然科實驗教學的意義。科學教育月刊，184，2-16。
9. 國家教育研究院(2016年2月)。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(草案)。查詢日期：2017年7月1日，檢自https://www.naer.edu.tw/ezfiles/0/1000/attach/90/pta_10118_2261414_00571.pdf。
10. 教育部(2000)。國民中小學九年一貫課程總綱。臺北市：教育部。
11. 莊雪芳、鄭湧涇(2003)。國中學生對生物學的態度與學習環境之研究。科學教育學刊，11(2)，171-194。
12. 許素甘(2004)。展出你的創意：曼陀羅與心智繪圖的運用與教學。臺北市：心理。
13. 郭文禎、張文華(2000)。六年級學生投入實驗活動的方式。科學教育月刊，226，2-14。
14. 陳鴻明、張文華、張惠博(2002)。試行自然與生活科技教學模組下學生知覺的教室社會心理環境之研究。師大學報：科學教育類，47(2)，83-103。
15. 游淑媚、林淑芳(2005)。國小學生的生物腐化想法與科學教室環境知覺關係之研究。科學教育學刊，13(3)，241-262。
16. 賀振坤(2013)。基於5E教學策略的電子行動學習單對國小自然科學教室環境的影響：以水中生物為例。未出版之碩士論文，國立中央大學資訊工程學系研究所，桃園市。
17. 黃臺珠、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。
18. 楊榮祥、Fraser, B. J. (1998)。台灣和西澳科學教室環境的合作研究-研究架構方法及對台灣科學教育的啟思。科學教育學刊，6(4)，325-342。

19. 蔡執仲、段曉林、靳知勤(2009)。進行巢狀探究教學模式對國二學生學習環境感知之影響。屏東教育大學學報：理工類，29，79-112。
20. 蘇懿生、黃臺珠(1999)。實驗室氣氛與學生對科學的態度之關係研究。科學教育學刊，7(4)，393-410。
21. Abrams, E., Southerland, S. A., & Evans, C. (2007). Inquiry in the classroom: Necessary components of a useful definition. In E. Abrams, S. A. Southerland, & P. Silva (Eds.), *Inquiry in the classroom: Realities and opportunities* (pp. ix-xi). Greenwich, CT: Information Age.
22. Aldridge, J. M. (2012). Outcomes-focused learning environments. In J. B. Fraser, K. Tobin, & J. C. McRobbie (Eds.), *Second international handbook of science education* (pp. 1257-1276). Dordrecht, The Netherlands: Springer.
23. Arslan, A. (2014). Transition between open and guided inquiry instruction. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 141, 407-412.
24. Berg, A., Bergendahl, C., Lundberg, B., & Tibell, L. (2003). Benefiting from an open-ended experiment? A comparison of attitudes to, and outcomes of, an expository versus an open-inquiry version of the same experiment. *International Journal of Science Education*, 25(3), 351-372.
25. Berry, A., Mulhall, P., Gunstone, R., & Loughran, J. (1999). Helping students learn from laboratory work. *Australian Science Teachers Journal*, 45(1), 27-31.
26. Bevins, S., & Price, G. (2016). Reconceptualising inquiry in science education. *International Journal of Science Education*, 38(1), 17-29.
27. Blanchard, M. R., Southerland, S. A., Osborne, J. W., Sampson, V. D., Annetta, L. A., & Granger, E. M. (2010). Is inquiry possible in light of accountability? A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction. *Science Education*, 94(4), 577-616.
28. Chin, C., & Chia, L. G. (2006). Problem-based learning: Using ill-structured problems in biology project work. *Science Education*, 90(1), 44-67.
29. Cousin, P. T., Dembrow, M. P., & Molldrem-Shamel, J. (1997). Inquiry about learners and learning: Thinking about teaching through inquiry, *Reading Teacher*, 51(2), 162-164.
30. Crawford, B. A. (2000). Embracing the essence of inquiry: New roles for science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(9), 916-937.
31. Dorman, J. P. (2008). Use of multitrait-multimethod modeling to validate actual and preferred forms of the what is happening in this class? (wihic) questionnaire. *Learning Environments Research*, 11(3), 179-193.
32. Etkina, E., Karelina, A., Ruibal-Villasenor, M., Rosengrant, D., Jordan, R., & Hmelo-Silver, C. E. (2010). Design and reflection help students develop scientific abilities: Learning in introduc-

- tory physics laboratories. *The Journal of the Learning Sciences*, 19(1), 54-98.
33. Fang, S. C., Hsu, Y. S., Chang, H. Y., Chang, W. H., Wu, H. K., & Chen, C. M. (2016). Investigating the effects of structured and guided inquiry on students' development of conceptual knowledge and inquiry abilities: A case study in Taiwan. *International Journal of Science Education*, 38(12), 1945-1971.
 34. Fraser, B. J. (1998). Classroom environment instruments: Development, validity and applications. *Learning Environments Research*, 1(1), 7-34.
 35. Fraser, B. J. (2012). Classroom learning environments: Retrospect, context and prospect. In J. B. Fraser, K. Tobin, & J. C. McRobbie (Eds.), *Second international handbook of science education* (pp. 1191-1239). Dordrecht, The Netherlands: Springer.
 36. Fraser, B. J., Fisher, D. L., & McRobbie, C. J. (1996, April). *Development, validation and use of personal and class forms of a new classroom environment instrument*. Paper presented at Annual Meeting of the American Educational Research Association. New York, NY.
 37. Furtak, E. M. (2006). The problem with answers: An exploration of guided scientific inquiry teaching. *Science Education*, 90(3), 453-467.
 38. Germann, P. J., Haskins, S., & Auls, S. (1996). Analysis of nine high school biology laboratory manuals: Promoting scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(5), 475-499.
 39. Gillies, R. M., & Haynes, M. (2011). Increasing explanatory behaviour, problem-solving, and reasoning within classes using cooperative group work. *Instructional Science*, 39(3), 349-366.
 40. Gillies, R. M., & Nichols, K. (2015). How to support primary teachers implementation of inquiry: Teachers' reflections on teaching cooperative inquiry-based science. *Research in Science Education*, 45(2), 171-191.
 41. Gormally, C., Brickman, P., Armstrong, N., & Hallar, B. (2009). Effects of inquiry-based learning on students' science literacy skills and confidence. *International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, 3(2), 1-22.
 42. Hand, B., Treagust, D., & Vance, K. (1997). Student perceptions of the social constructivist classroom. *Science Education*, 81(5), 561-575.
 43. Jin, H., Wei, X., Duan, P., Guo, Y., & Wang, W. (2016). Promoting cognitive and social aspects of inquiry through classroom discourse. *International Journal of Science Education*, 38(2), 319- 343.
 44. Jordan, R. C., Ruibal-Villasenor, M., Hmelo-Silver, C. E., & Etkina, E. (2011). Laboratory materials: Affordances or constraints? *Journal of Research in Science Teaching*, 48(9), 1010-1025.

45. Kang, J., & Keinonen, T. (2017). The effect of student-centered approaches on students' interest and achievement in science: Relevant topic-based, open and guided inquiry-based, and discussion-based approaches. *Research in Science Education*, 1-21.
46. Keating, J., Diaz-Greenberg, R., Baldwin, M., & Thousand, J. (1998). A collaborative action research model for teacher preparation programs. *Journal of Teacher Education*, 49(5), 381-390.
47. Krystyniak, R. A., & Heikkinen, H. W. (2007). Analysis of verbal interactions during an extended, open-inquiry general chemistry laboratory investigation. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(8), 1160-1186.
48. Lawson, A. E. (1995). *Science teaching and the development of thinking*. Belmont, CA: Wadsworth.
49. Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.
50. Luketic, C. D., & Dolan, E. L. (2013). Factors influencing student perceptions of high-school science laboratory environments. *Learning Environments Research*, 16(1), 37-47.
51. Marshall, J. C., Smart, J. B., & Alston, D. M. (2017). Inquiry-based instruction: A possible solution to improving student learning of both science concepts and scientific practices. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(5), 777-796.
52. Martin-Hansen, L. (2002). Defining inquiry. *The Science Teacher*, 69(2), 34-37.
53. Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction-What is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474-496.
54. Moos, R. H. (1979). *Evaluating educational environments*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
55. National Research Council. (1996). *National science education standards: Observe, interact, change, learn*. Washington, DC: National Academy Press.
56. National Research Council. (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. Washington, DC: National Academy Press.
57. National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, cross-cutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academy Press.
58. Norton-Meier, L., Hand, B., Hockenberry, L., & Wise, K. (2008). *Questions, claims, and evidence: The important place of argument in children's science writing*. Portsmouth, NH: Heinemann.
59. Rath, A., & Brown, D. E. (1996). Modes of engagement in science inquiry: A microanalysis of elementary students' orientations toward phenomena at a summer science camp. *Journal of Research in Science teaching*, 33(10), 1083-1097.

60. Saunders-Stewart, K. S., Gyles, P. D. T., Shore, B. M., & Bracewell, R. J. (2015). Student outcomes in inquiry: Students' perspectives. *Learning Environments Research*, 18(2), 289-311.
61. Spearman, J., & Watt, H. M. (2013). Perception shapes experience: The influence of actual and perceived classroom environment dimensions on girls' motivations for science. *Learning Environments Research*, 16(2), 217-238.
62. Straits, W. J., & Wilke, R. R. (2002). Practical considerations for assessing inquiry-based instruction. *Journal of College Science Teaching*, 31(7), 432-435.
63. Suárez, M., Surez, M., Pas, R., Membiela, P., & Dapa, D. (1998). Classroom environment in the implementation of an innovative curriculum project in science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 655-671.
64. Trautmann, N., MaKinster, J., & Avery, L. (2004, April). *What makes inquiry so hard? (and why is it worth it?)*. Paper presented at the National Association for Research in Science Teaching. Vancouver, Canada.
65. Ural, E. (2016). The effect of guided-inquiry laboratory experiments on science education students' chemistry laboratory attitudes, anxiety and achievement. *Journal of Education and Training Studies*, 4(4), 217-227.
66. Velayutham, S., & Aldridge, J. M. (2013). Influence of psychosocial classroom environment on students' motivation and self-regulation in science learning: A structural equation modeling approach. *Research in Science Education*, 43(2), 507-527.
67. Wallace, C. S., & Kang, N. H. (2004). An investigation of experienced secondary science teachers' beliefs about inquiry: An examination of competing belief sets. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(9), 936-960.
68. Wilson, C. D., Taylor, J. A., Kowalski, S. M., & Carlson, J. (2010). The relative effects and equity of inquiry-based and commonplace science teaching on students' knowledge, reasoning, and argumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(3), 276-301.
69. Wolf, S. J., & Fraser, B. J. (2008). Learning environment, attitudes and achievement among middle-school science students using inquiry-based laboratory activities. *Research in Science Education*, 38(3), 321-341.
70. Zion, M., & Mendelovici, R. (2012). Moving from structured to open inquiry: Challenges and limits. *Science Education International*, 23(4), 383-399.
71. Zion, M., & Slezak, M. (2005). It takes two to tango: In dynamic inquiry, the self-directed student acts in association with the facilitating teacher. *Teaching and Teacher Education*, 21(7), 875-894.

Influence of Open and Structured Inquiry Instructions on Elementary School Students Perceptions of Classroom Environment

Shu-Bi Chen¹, Wen-Hua Chang^{2,*} and Sufen Chen³

¹Department of Life Science, National Taiwan Normal University

²Graduate Institute of Science Education, National Taiwan Normal University

³Graduate Institute of Digital Learning and Education, National Taiwan University of Science and Technology

Abstract

Students' perceptions of classroom environment often affect their participation and learning achievement. This study examined students' perceptions of classroom environment in open inquiry versus structured inquiry instructions. Mixed methods were employed to collect quantitative and qualitative data, including What Is Happening in This Class (WIHIC) and students' written feedback. WIHIC measured seven aspects of classroom environment, including Student Cohesiveness, Teacher Support, Student Involvement, Investigation, Task Orientation, Cooperation and Equity. Fifth graders in the experimental group ($N = 52$) carried out open inquiry activities. Their peer students in the comparison group ($N = 54$) conducted structured inquiry activities. The intervention lasted for 10 weeks. Findings suggested that the experimental group demonstrated significantly better perceptions of classroom environment on Student Cohesiveness and Investigation from the pre- to post- surveys; however, there was no significant change in the comparison group in all aspects. Moreover, the experimental group showed significantly higher perceptions than their compared peers on Investigation through ANCOVA. The written feedback showed that a majority of students in the experimental group preferred open inquiry. Students who prefer open inquiry showed keener perceptions than those who prefer structured inquiry on Student Cohesiveness and Investigation. The students made explicit that open inquiry provoked more thinking and challenges. Open inquiry is student-centered learning; it can not only benefit group cooperation but also cultivate inquiry ability. Finally, the implications of these findings on student learning, curriculum design, and future research are presented.

Key words: Elementary Science, Inquiry, Classroom Environment, Laboratory Activity

* Corresponding author: Wen-Hua Chang, sujudy@ntnu.edu.tw