科學教育學刊
2011, 第十九卷第四期, 309-333

Chinese Journal of Science Education
2011, 19(4), 309-333

建模教學對國小學童的模型認知及地質概念理解之影響

洪振方[1]　莊敏雄[1、*]　宋國城[2]

[1]國立高雄師範大學　科學教育研究所
[2]清雲科技大學　空間資訊與防災科技研究所

(投稿日期：民國99年8月25日，修訂日期：民國100年7月22日，接受日期：民國100年7月25日)

摘要：本研究在探討不同建模教學對學童的模型認知及地質概念理解的影響。採準實驗設計，研究對象為小六三個班級，分別為「建模序列教學組」(35人)、「模型製作教學組」(35人)、「圖像模型教學組」(34人)，進行六週的地質概念教學。在教學前、後施以模型認知量表(信度值Cronbach's α為 .85)及地質概念理解測驗(信度值Cronbach's α為 .83，試題平均難度為 .45，各題鑑別度皆在 .25以上)，以前測為共變項進行ANCOVA分析。其次，以學童在教學前、後繪製的地層結構模型做分析，以比較三組學童使用模型的能力。研究發現，在模型認知和地質概念理解的表現，「建模序列教學組」>「模型製作教學組」>「圖像模型教學組」($p < .050$)；在使用模型的能力上，「建模序列教學組」的表現優於其他兩組。

關鍵詞：地質概念理解、建模教學、模型認知

壹、前言

科學教學的活動在幫助學習者能夠理解科學概念，達成知識建構和知識的協商(Berland & Reiser, 2009)。而模型的角色是輔助學習者建構知識，亦幫助學習者對所學習到的概念進行協商，達成學習目標。模型用來幫助學生學習，在建構者進行學習的過程，模型是協助學習的工具，因為模型可以幫助學習者理解抽象、困難及不可即時觀察的的科學概念，透過模型容易讓學習者理解抽象的科學概念(Harrison & Treagust, 1996)。所以使用模型為基礎的科學教學是教師在教學上重要的策略。

很多科學概念的學習是抽象的，必須倚賴模型的操弄，以了解抽象概念的意義，模型可用來幫助學習者建立對抽象概念的理解。但是仍有許多抽象和不可觀察的現象不易理解，必須利用多元模型來進行描述和解釋以促進理解(Harrison & Treagust, 2000)。

*通訊作者：莊敏雄

04-莊敏雄.indd 309　2011/9/22 下午 08:23:00

根據 Harrison與Treagust指出，沒有單一的模型可以表達完整的科學概念，教師應鼓勵學生使用多元模型來理解科學概念的意義。即使目前課程強調建構主義的教學策略，但教師卻將模型以靜態科學事實的方式傳授給學生，極少讓學生主動建立模型或修正模型(Van Driel & Verloop, 1999)。因此，在科學課程中，學生如何建構和操弄模型並且透過模型來進行解釋和預測是相當重要的過程(Acher, Arcà, & Sanmartí, 2007; Harrison & Treagust)。

依據國內、外研究學者們的論述(林靜雯、邱美虹，2008；邱美虹、劉俊庚，2008；Harrison & Treagust, 2000; Wilensky & Reisman, 2006; Windschitl, Thompson, & Braaten, 2008)，我們不難發現，模型在科學課室中的教與學佔有重要的角色，科學教育應將建模的技能納入教學與學習中。然而在現行的教學或課程裡，很少發現到建模在其中扮演的角色。在地質科學概念的學習上，以建模為基礎的科學教學可以發揮促進學習的關鍵作用，一些研究曾以不同的建模教學方式進行地質科學概念的教學，例如以教學講解與示範為策略的模型製作教學(許民陽、王郁軒、梁添水，2004；Gibson, 2001; Hermann & Lewis, 2004)、以地質圖像講述與討論為策略的圖像模型教學(莊敏雄、洪振方、宋國城，2005；Ault, 1982; Wellner, 1997)、以建模序列的方式引導學習(Dolphin, 2009; Schwarz et al., 2009)等。由於上述的不同建模教學都具有不錯的教學成效，此引發研究者進一步比較三者在地質概念教學的成效。

基於上述，本研究的目的在比較實施建模序列教學、模型製作教學、圖像模型教學後，三組學童對模型認知、使用模型的能力、及地質概念理解的情形。因此本研究探討的問題如下：

(一) 不同建模教學組的學童對模型的認知是否有差異？

(二) 不同建模教學組的學童使用模型的能力是否不同？

(三) 不同建模教學組的學童對地質概念理解是否有差異？

貳、文獻探討

模型在科學探究過程中，對於科學現象的解釋與預測扮演很重要的角色(Harrison & Treagust, 2000; Schwarz et al., 2009)。在科學教學與學習的過程中，模型除了幫助教師解決抽象概念的教學外，也用來輔助學生建立抽象的和不可觀察概念的理解，進而解決問題。因此，模型在科學教育上有其重要性。然而，以學習者為中心的觀點而言，以建模為基礎的科學教學，藉由學生參與建構模型，使用模型預測或解釋現象的過程，更是在具有科學教與學的積極性與建設性。

一、建模在科學教育的重要性

Gilbert (1993)指出模型是科學思考與探究不可或缺的工具，模型既是科學產品、方法也是學習和教學的有效工具。Harrison與Treagust (2000)也認為模型能夠促進探究、瞭解和溝通，並且成為科學思考和活動的主要工具，在科學推論、溝通與預測的過程，必須透過模型來進行。

邱美虹(2008)則認為對科學教育而言，模型與建模是科學發展的重要元素，也是科學學習中不可或缺的認知與能力。Windschitl等(2008)主張在科學課室中，教師可以透過模型的輔助設計教學活動促進學生的概念理解和推理技能，而學生可以透過模型的幫助以掌握探究的方法、理解抽象的概念、和學習如何思考。因此，教學若要培養

學生學習科學家般的思考方式，就必須重視「模型」在科學教與學的角色。

然而，讓學習者思考與嘗試建構模型，比透過教師提供模型給學生來得重要(Schwarz et al., 2009; Windschitl et al., 2008)。Schwarz與Gwekwerere (2007)指出模型的建構應該是用來幫助學習者進行意義的建構，建立學習者對概念的理解。Schwarz等則強調模型的目的是建構知識的工具，也是傳達理解或知識的一種溝通工具，可以使用建模的過程幫助學習者發展新的理解，提升說明、解釋或預測現象的能力。但是一般科學課室中對模型在教與學上的認知，主要是藉由教師透過模型來傳達所待學習的知識和概念，而不是透過建模來建構意義的理解或幫助學習者發展想法。因此，教師應該使用建模來發展教學活動，使學生有機會參與形成、修正、評估模型等的建模歷程，以促進學生對科學概念的思考與理解。

綜上所述，模型具有描述、解釋、預測科學現象的重要功能。模型的確能夠幫助學生形成有意義的理解，然而存在值得注意的一個問題，就是學習是一個主動建構的過程，需要學生自行建構他們的心智模型，並將之具體化為模型以探索現象和理解新的概念。因而，模型不應只是做為成品而當作教學的工具而已，它必須由學生從現象的考察中嘗試建構出初始的模型，並經由學生與教師的共同討論，以修正不合宜的模型，逐漸形成對科學現象的合理解釋與新概念的理解。

二、以建模為基礎的科學教學與學習

科學就是建模的歷程，學習科學即是學習建模的歷程，唯有學習建模才能促進學生的科學素養與科學概念(Gilbert, 1991)。在科學課室中，學生如何建構和操弄模型，並且透過模型來進行解釋和預測，是相當重要的學習過程(Schwarz et al., 2009)。由Harrison與Treagust (2000)的研究發現，可知學生對建立與使用模型存在著問題，要求學生根據給予的情況去選擇適當的類比以形成模型是困難的，以致於學生並不能夠透過所建構的模型理解與應用新學習的科學概念。由此項研究結果可知，在進行教學前必須先規劃如何幫助學生建模以學習新概念的教學活動。

鑑於建模在科學教學中的重要性，在教學過程應明確指出科學模型適用的條件，透過科學建模來促進學生對科學知識的學習，使學生們能認識並運用模型所具有的功能。在相關的文獻中，Harrison與Treagust (1996, 2000)提出「FAR」之引導模型與類比的教學模式，此教學模式包括三個主要步驟：(1)聚焦(focus)：包含課程計劃的擬定，著重在困難的概念、學生的先備知識和能力、和學生對類比模型的熟悉度；(2)活動(action)：在課程中進行熟悉的類比或模型的呈現，並且強調教師和學生共同合作描繪出相似與不相似之處；(3)反省(reflection)：課後對類比或模型的成效作評鑑，以作為修改下次要使用類比或模型的依據。Clement (2000)則指出以模型為基礎的學習架構必須考量學生的先備概念和推理技能，其中先備概念包括與標的模型相衝突的另有概念和與科學模型相容的有用概念，有用概念是描述學生進入教室即有的傾向，一般稱為學生的概念生態(conceptual ecology)，也稱為定錨概念(anchoring conceptions)。學生由先備概念到形成標的模型的學習歷程，是透過一個或更多中介模型(模型M_n到模型M_{n+1})供作發展標的模型的局部模型。對科學學習產生影響的是在於教師指導學生從模型M_n到模型M_{n+1}的過程，而這樣的學習路徑會影響學生建構對模型目的及本質的認知(Clement; Schwarz et

al., 2009)。雖然前述的學者都是提出以模型為基礎的學習架構，但Clement提出著實具有以建模為基礎的學習特性。

再者，Buckley等(2004)從心智模型的觀點提出以模型為基礎的學習架構。他們指出，以模型為基礎的學習是藉由建構心智模型的一個動態循環的學習過程，包含形成、強化、修正和廢除不合適的心智模型，此學習架構，亦具有以建模為基礎的學習特性。而從建模的觀點言之，Schwarz與White (2005)認為建模的學習應包括模型的本質、建模的本質或過程、模型的評鑑、模型的目的或使用。Schwarz等(2009)依據前述的觀點，進一步提出師、生共同科學建模的學習序列，確立了教師指導學生從中介模型M_n到模型M_{n+1}的過程應該透過師、生共同的合作與討論，讓學生能夠經驗到從初始模型的建立到具有解釋及預測功能的模型是如何建構的歷程。Schwarz等所提出建模序列的步驟指標如表1所述，初始步驟為概念定錨，是指由教師引導建立一個必須使用模型來理解的概念現象，然後引導學生建構初始的模型，藉由初始模型的建構，和學生共同討論模型的目的與本質；然後透過建構的模型探討解釋和預測現象；再討論模型的品質以進行後續的評價與修改；檢驗模型是否可以類推至其他理論；修正模型以符合師、生共同討論所發現的新證據；利用共識模型進行預測或解釋等歷程。

從上述學者們(Buckley et al., 2004; Clement, 2000; Harrison & Treagust, 1996, 2000; Schwarz et al., 2009)的主張加以比較，如表2所示，Harrison與Treagust (2000)提出的FAR教學模式強調如何將模型帶入科學課室的教學、模型與科學概念之間的相似性、以及何時模型會失效，最後在反省的階段以教師為主體，對所提出的模型做檢視，以作為修改的依據，而得以在教學中使用學生可以容易理解的適當模型，幫助學生學習。而Clement所提出以模型為基礎的學習架構則是由定錨概念入手，說明老師要瞭解學生的先備概念，才能在適當處著手，透過模型M_n到模型M_{n+1}的學習路徑達到標的模型的目標。Buckley等則是提出以模型為基礎的學習架構中，認為學習是經由形成、強化、修改和精緻化、廢除等這樣一個循環的動態過程所建造的，學習者使用他們已知的與新訊息結合然後精練他們的心智模型。Schwarz等所提出建模序列的教學，與Clement所提出的建模之教學歷程是類似的，但是Schwarz等人加上利用修正後的模型進行預測或解釋，更能夠表現模型在科學學習上的功效；此即，模型除了幫助學習者建構知識之外，更讓學習者能夠使用模型進行解釋及

表1：建模序列的步驟

科學建模序列	描述
概念定錨	對特定概念建立引導性問題及現象。
建構模型	建立一個初始模型以表達想法或假設。
測試模型	透過建構的模型探討預測和解釋現象。
評價模型	將模型與經驗作比對。
檢驗模型	將模型類推至其他的理論或定律。
修正模型	改變模型以符合新的證據。比較競爭模型後，建構出共識模型。
使用模型預測或解釋	應用模型解釋和預測其他現象。

註：引自Schwarz et al., 2009, p. 638。

表2：以模型／建模為基礎的教學模式之比較

以模型為基礎的教學與學習	教學活動元素	評論
Harrison與Treagust (1996, 2000)	聚焦 活動 反省	著重在教師教學時使用的模型，教師使用模型於教學中，透過學生對教學時使用的模型之適當與否進行反思，以利教師教學時使用適當模型輔助學生對科學概念之理解。
Clement (2000)	先備概念、中介模型 標的模型、專家的共識模型	強調教師在學生的學習過程中，從學生的先備概念與標的模型的落差中，逐漸引導學生修正其心智模型，達到與標的模型相符合的概念之建構，進而形成專家共識之模型，建構完整的科學概念。
Buckley等(2004)	形成、強化 修正、廢除	強調在心智模型的建構。心智模型形成之後發展成為穩定模型，並透過學習歷程修正心智模型，將不符合的心智模型廢除。
Schwarz等(2009)	概念定錨、建構模型 測試模型、評價模型 檢驗模型、修正模型 使用模型預測或解釋	強調師、生共同討論的建模歷程，教師引導學生透過模型理解科學概念，並透過測試、修正及解釋與預測檢視模型的可用性與適當性，以完成一個符合共識的科學模型。

對自然現象進行預測。

綜觀上述各學者提出的教學取向，發現以建模為基礎的學習架構皆包含起始概念、然後教師引導讓學生建構模型、測試模型及修正模型，將模型精緻化，以利解釋與進行預測。此外，亦可以發現將建模帶入科學課室，以提升學生對科學概念的學習，具有其必要性與適切性，但前提是必須要能夠瞭解學生的先備概念作為學習的起點，並且透過形成、修正與使用模型進行解釋與預測，以促成學習。在其中，教師要能夠引導學生使用模型、引導學生共同討論模型的角色、共同討論模型的適用性等，因此，教師的引導與共同討論，是以建模為基礎的教與學的一個重要鷹架。

三、地質地層結構概念及地質時間概念之教學

認識地球環境，瞭解地表的作用，欣賞自然之美，進而維護人類與萬物賴以生存的地球，是國小階段自然科學與九年一貫課程自然與生活科技學習領域重要的理念。教育部(2010)自然與生活科技學習領域教材細目中指出關於地質部份在國小高年級階段的學習必須知道沉積作用及造成地表的變化，並能夠認識化石，知道它是古生物的遺骸。一般在地質科學的教學，最常見的是以戶外參觀教育的型態，設計參訪的行程與活動，讓學生可以在戶外的環境中學習科學概念及體會環境之美(蘇明俊，2004)，具有實質的成效。或是設計相關的教材，及配合課室的實驗操作，實際製作模型的建模過程，體會地層的結構(許民陽等，2004；Gibson, 2001)，幫助學童建構對地層結構及沉積沖刷的概念。學生除了可以戶外觀察之外，尚可以在實驗室中，以教導製作地層實驗之設計，用以體會沉積地層的原理及作用。

在中、小學地質科學概念學習研究的取向上，通常以透過可見的地質現象傳達並建立地質概念(Ault, 1982)、或以推理、探究的方式(Apedoe, 2008; Dodick & Orion, 2003)、或以模型製作的教方式(Gibson, 2001)、或以地質事件故事或圖像傳達(莊敏雄等，2005；Wellner, 1997)、或是戶外教學的方式(蘇明俊，2004)、或是以建模序列的方式引導學生學習地層結構(Dolphin, 2009)，上述相關研究的結果皆顯示，對學生在地質科學概念學習皆有其成效。然而，在一般教學中

要尋找相關特殊地質景觀進行教學有其困難，而對國小高年級具體操作期的學童而言，以純推理的方式學習抽象概念亦有其困難。再者，圖像的傳達、模型製作、以及建模的教學方式，雖然存在提升學生理解科學概念的效果，但是在使用模型輔助學生學習科學概念時，提升學生對模型的角色認知及使用模型的能力方面，卻未有相關的研究。

基於前述建模在科學教育的重要性，及對模型認知的重要性(邱美虹，2008；Acher et al., 2007; Harrison & Treagust, 2000; Schwarz et al., 2009)，以及模型可以幫助學習者進行意義的建構，建立學習者對科學知識、概念的理解(Schwarz & Gwekwerere, 2007)等的討論，以及上述探討的不同教學方式在對地層結構概念的學習都呈現不錯的成效，為更進一步瞭解哪一種教學方式在對地層結構及地質時間教學上更具成效，及建立學童對模型的認知，因此，本研究以不同的建模教學方式，將模型的認知融入教學中，以檢視不同的建模教學方式對學童在模型認知、使用模型的能力、及地層結構和地質時間等概念學習上的影響。

參、研究設計與實施

一、研究設計

本研究依據研究目的設計三組不同的建模教學環境，並探討在不同建模教學環境下，學童對模型的認知與地質概念理解的差異。依據研究目的，採用準實驗設計，將三個班級隨機分派至「建模序列教學組」、「模型製作教學組」、「圖像模型教學組」，進行六週的地質概念教學。以統計控制的方式，對三組學童五年級下學期自然科總成績進行變異數分析F檢定，結果顯示三組並無顯著差異($F = 0.36$, $p = .697 > .050$)，代表三組在實驗教學前自然科學習程度是一致的。再者，本研究使用模型認知量表、地質概念理解測驗為工具，對三組學童在實驗教學前、後進行前測與後測，目的在以前測為共變項進行共變數分析，將無法隨機取樣、隨機分派對後測所造成的影響予以排除，以減少內部效度的威脅(Fraenkel & Wallen, 2000)。經由這樣雙重的處理，以確認三組表現的不同，是由於教學處理的不同所造成的影響。其次，以學童在教學前、後繪製的地層結構模型做分析，以比較三組學童使用模型的能力。

二、研究對象

本研究以國小六年級學童為研究對象，實驗教學為考量學童受教權及行政安排，分組維持以原班級為單位，將之分配至不同實驗情境，建模序列教學組有35名學生，模型製作教學組有35名學生，圖像模型教學組34名學生。本研究先進行一節課的「沉積岩層的地層結構與地質時間」之概念定錨教學，然後對三組學童進行「模型認知量表」、「地質概念理解測驗」前測，然後進行實驗處理教學。三組的任課教師均為同一位自然科專任教師，該教師畢業於某國立大學科學教育研究所碩士班，曾修建模課程與科學課程活動設計等相關學分。

三、實驗組別與課程設計

課程教材參考教育部(2010)「自然與生活科技」領域教材細目，岩石經由風化作用後產生沉積現象、侵蝕及沉積作用等概念，是學童在國小階段必須學習的地質概念；並且還要認識化石，藉由沉積於岩石中的化石，可以使學童瞭解沉積作用是歷經長久的一段時間。三組學童以上述相同的主題進行為期六週，每週兩節課的教學，建模序列教

學組以師、生共同討論的建模序列為主要策略，使用建模的方式包含繪製圖像與製作模型方式；模型製作教學組以教師講解與示範為策略，使用建模的方式有繪製圖像與製作模型方式；而圖像模型教學組教師以地質圖像講述與討論為策略，使用建模的方式為繪製圖像模型。相關教學主題、教學時間及教學目的與內容如表3。

(一)建模序列教學組(G1)

建模序列教學組以Schwarz等(2009)提出的建模序列的教學理論為主要依據，設計相關的教學活動，以「沉積岩層的地層結構與地質時間」為學習單元進行教學。先對學習者實施「概念定錨」、然後引導學習者「建構初始模型」，透過師、生共同討論「測試」初始模型、對模型「評價」、「檢驗」模型，然後將模型不足或不符合之處「修正」，使用修正後的模型再「進行解釋和預測」等循環建模序列教學，最後使用修正後模型進行地層結構之解釋，以及預測生物化石在不同地層柱可能出現的位置。教學流程如表4。

(二)模型製作教學組(G2)

模型製作教學組之教學方式，參考Gibson (2001), Hermann與Lewis (2004)等人以模型製作為教學策略之表徵方式，由教師實施單元主題概念定錨教學，然後由學習者製作初始模型，接著「評價」與「檢驗」初始模型、「測試」初始模型作「解釋與預測」，產生衝突無法解釋時，由教師提供示範與講解，並對製作模型進行解釋，教導學童重新製作模型。透過教師直接教導製作的模型，學童以教師示範模型對自己製作的模型作修正，進行地層結構之解釋，以及預測生物化石在不同地層柱可能出現的位置。教學流程如表5。

(三)圖像模型教學組(G3)

圖像模型教學組之教學，主要是依據Wellner (1997)使用圖像進行教學之教學表徵方式，教學過程以教師使用地層結構圖像進行教學。教師以沉積岩層的結構圖像進行「沉積岩層的地層結構與地質時間」概念定錨教學，要求學童繪製初始模型，由教師使用地層結構圖像及沉積岩地層排列圖像進行教學，並討論繪製模型符不符合之處，再由

表3：教學主題、時間、目的與內容

教學主題：沉積岩層的地層結構與地質時間	**教學時間**：六週(每週兩節)
教學目的	1. 能理解地質沉積現象、地層結構層理概念及相對地質時間概念。 2. 能瞭解模型在學習上的目的、理解模型的角色與本質。 3. 能建構並使用模型解釋地層結構的層理概念。 4. 能使用地層結構模型或是化石在地層的相對位置模型解釋地層的相對時間序列。 5. 能建構模型預測沉積地層柱不同層理順序可能存在的化石。
主題內容	1. 沉積環境介紹：沉積岩的形成是是在常溫常壓下經過風化作用、生物作用產生的物質經過搬運、沉積和成岩作用而成為沉積岩。 2. 沉積岩的顆粒判斷：依據外觀顆粒大小分為：泥岩、沙岩和礫岩。 3. 沉積地層的排列規律：通常是水平狀排列，因為經過外力的作用如板塊運動後產生的抬昇作用或是隱沒作用而呈現非水平狀。 4. 沉積岩的重要構造之一就是層理，沉積後形成一層一層的地層排列，因為沉積環境及時間的不同而產生明顯的分界。並透過層理判斷沉積形成的相對地質時間。

表4：建模序列教學組的教學流程與相對應教學活動

教學流程	相對應模型的本質	相對應教學活動
概念定錨	利用模型表現不易觀察到的或不易理解的過程或特點。	教師使用電腦動畫讓學生觀賞沉積岩形成的過程及為何會在沉積地層中發現生物化石。
建構初始模型 (M_1～M_{n+1})	以多種模型方式呈現，如圖、表、模擬物等。	學習者以繪製地層結構圖的方式或是以紙黏土製作地層柱模擬物，呈現出其自己理解的地層結構模型。
測試模型	模型是建構知識的工具。	請學童分享所建構的模型之代表意義及優點。學習者繪製及製作的模型試著解釋沉積現象及判斷是否可以使用來預測化石的相對位置？
評價模型	模型的解釋有其侷限。 評價和修正模型的判準——模型是基於事物現象證據。	師、生共同討論繪製或製作的模型與學習的內容作比對，探討符合與不符合之處？討論如何修改模型？
檢驗模型	利用其他的理論、定律來測試模型。	師、生共同討論所繪製或製作模型是否能夠表示沉積岩層的基本結構？能否表示地層交錯定律？
修正模型	改變模型以符合新的證據。比較競爭模型後，建構出一個共識的模型。	從上述過程中發現模型不符合之處，透過師、生共同討論，並加以修正模型、反覆測試、評價、檢驗與修正，直到形成班級共識模型。
使用模型 預測或解釋	模型可用來說明、解釋、預測現象。模型用來發展新知和預測觀察事物的新方向。	學生使用共識模型解釋地層的結構之層理、及判斷地層的相對時間序列以及預測相同區域不同地層柱的化石位置。

表5：模型製作教學組的教學流程與相對應教學活動

教學流程	相對應模型的本質	相對應教學活動
概念定錨	利用模型表現不易觀察到的或不易理解的過程或特點。	以地層沉積的過程動畫引起學習者學習動機，並以實際地質景觀圖片引導建立初始概念。
製作初始模型	模型是一種替代物。	學習者以紙黏土製作地層柱模擬物，呈現自己理解的地層結構模型。
評價模型	模型的解釋有其侷限評價和修正模型的判準——模型是基於事物現象證據而來。	教師講解引導學童製作的模型與學習內容作比對，探討符合與不符合之處？討論如何修改模型？
檢驗模型	利用其他的理論、定律來測試模型。	教師提問所製作的模型是否能夠表示沉積岩層地層的結構？是否能表示地層交錯定律？
測試模型	模型是建構知識的工具。	學習者將製作的模型嘗試著解釋沉積現象及判斷是否可以使用來預測化石的相對位置？
示範修正模型	改變模型以符合新的證據。比較競爭模型後，建構出一個可接受的模型。	對上述教學過程中發現模型不足之處，透過教師講解及示範製作模型，讓學習者模仿以修正模型。
使用模型 預測或解釋	模型可用來說明、解釋、預測現象。模型用來發展新知和預測觀察事物的新方向。	使用修正後模型解釋地層的結構之層理概念、及判斷地層的相對時間序列以及預測相同區域不同地層結構的化石位置。

學童重新繪製地層結構模型，依據所繪製模型解釋沉積岩地層結構，以及預測相同地區不同地層柱中隱藏的化石所處的地層位置。教學流程如表6。

四、研究工具

(一)模型認知量表

本研究所使用的「模型認知量表」是依據Treagust, Chittleborough與Mamiala (2002)所建立的「the instrument Students' Understanding of Models in Science」(簡稱SUMS)工具，由研究者與英語教師共同翻譯與討論後，再請兩位科教專家審查與修定文稿，並且為有效區辨學生的作答，將之修正為四點計分方式。其次，挑選自然科成績低、中、高成就者各一位之六年級學童試行閱讀與作答，以修正成學童容易理解的語彙。量表包含五個因素，分別為：模型是一種多元的表徵(MR)、模型是真實的複製品(ER)、模型是一種解釋的工具(ET)、科學模型的使用(USM)、以及模型是可變的(CNM)。在本研究中分量表信度Cronbach's α值依序為 .76, .72, .71, .69, .72。總量表信度Cronbach's α值 .85，顯示工具在本研究中具有良好的內部一致性信度。

(二)地質概念理解測驗

研究者參考文獻(何春蓀，1996；陳培源，2006；Dodick & Orion, 2003)編製地質概念理解測驗。請自然科教專家教師、地質科學家進行審閱，修改其中題意不清或敘述不妥之處。研究者重複上述步驟修正題目，直到專家教師、地質科學家及學生共同認為試卷題目無任何疑義。以鄰近學校108名六年級學生進行預試，測驗內部一致性信度Cronbach's α值為 .83，具良好的內部一致性信度。試題難度、鑑別度、題目與總分之相

表6：圖像模型教學組的教學流程與相對應教學活動

教學流程	相對應模型的本質	相對應教學活動
概念定錨	利用模型表現不易觀察到的或不易理解的過程或特點。	以地層沉積的過程動畫引起學習者學習動機，並以實際地質景觀圖片引導建立初始概念。
↓		
繪製初始模型	圖像是模型的種類之一。	學習者以繪製圖像的方式，呈現自己理解的地層結構模型。
↓		
圖像模型教學	模型的解釋有其侷限評價和修正模型的判準——模型是基於事物現象證據而來。	教師講述引導學童比對繪製的模型與地質景觀圖像內容，探討符合與不符合的異同？討論如何修改模型？
↓		
討論教學 (檢驗模型) (測試模型)	利用其他的理論、定律來測試模型。 模型是建構知識的工具。	教師和學生討論繪製的模型能夠表示沉積岩層不同的疊置定律？表示地層交錯定律？ 學習者嘗試以繪製的模型解釋沉積現象及判斷是否可以使用來預測化石的相對位置？
↓		
修正繪製模型	改變模型以符合新的證據。比較競爭模型後，建構出一個共識的模型。	對上述討論教學過程中發現模型不足的地方，要求學習者修正模型。
↓		
使用模型 預測或解釋	模型可用來說明、解釋、預測現象。模型用來發展新知和預測觀察事物的新方向。	使用修正模型解釋地層的結構之層理、及判斷地層的相對時間序列以及預測相同區域不同地層結構的化石位置。

關分析如表7。

題目與總分的相關皆在 .300的理想標準之上，其中難度指標值(P)介於 .20～ .80之間，符合題目難度值最好介於 .20至 .80之間的條件，試題難度平均值為 .45。試題的鑑別度皆達 .25以上的數值，亦符合可接受的的最低標準值 .25以上，屬於良好或是優良的試題(吳明隆、涂金堂，2005，頁797)，顯示本測驗具良好的區別力，可辨別出學童對地質概念之理解。

五、資料蒐集與分析

依據研究目的蒐集「模型認知量表」及「地質概念理解測驗」前、後測資料，蒐集建模學習單及對學童訪談，以瞭解學童對模型的認知及使用模型的能力資料。Creswell與Plano Clark (2007)認為研究可以合併質性和量化兩組資料，從兩組資料發展出完整的圖像，透過三角校正的模式，對研究問題獲得更深入的理解。

在量的資料部份，對科學模型認知量表及地質概念理解測驗進行單因子共變數分析，以前測為共變項，將無法隨機取樣、隨機分派所可能造成的影響予以排除，以比較在不同的建模教學環境中，各組學童對模型的認知及對地質概念的理解情形。

在質性資料部份，參考Schwarz等(2009)研究的主張，研究者建立「使用模型能力檢核表」的標準(如表8及表9)，邀請兩位修過建模課程的自然科專家教師檢視學童在教學前、後繪製的地層結構模型，依據表8和表9進行評分(評分者一致性信度為 .89)，做為學童對使用模型的能力層級的參考依據，並與對學童訪談的結果進行三角校正，再將學童使用模型的能力層級區分為五個層級之人數進行比較分析。透過這種不同資料組中所獲得的證據，提供比單一量化或質性資料更完整的結果，產生有意義及正確的結果(Creswell & Plano Clar, 2007, p. 147)。

肆、研究結果與討論

一、學童對模型認知之表現

為探討不同建模教學對學童模型認知傾向差異，將模型認知量表得分以共變數分析。以模型認知量表前測當作共變數，探討不同建模教學方式是否造成三組學童在模型認知上有所差異。先進行組內迴歸係數同質

表7：地質概念理解測驗試題分析

題號	高分組答對率	低分組答對率	難度(P)	鑑別度(D)	與總分相關
1T	1.00	.56	.78	.44	.495
2T	.88	.50	.69	.38	.430
3S	.56	.06	.31	.50	.555
4S	.44	.06	.25	.38	.506
5S	.81	.13	.47	.68	.678
6T	.81	.44	.63	.37	.300
7T	.63	.19	.41	.44	.530
8S	.44	.06	.25	.38	.537
9T	.75	.19	.47	.56	.570
10S	.50	.06	.28	.44	.322

註：T：地質時間概念題；S：地層層理概念題。

表8：學童「使用可變的模型」能力層級檢核表

能力層級	概念性定義	操作性定義	範例
層級4	從現象證據來測試模型，並使用模型進行新的預測。	能夠藉由化石的位置預測地層的相對時間序列。或使用模型預測化石可能存在的沉積岩層位置。	G1_S06 因為甲地層柱的第三層和乙地層柱第二層含相同化石，而甲底層有鯊魚牙齒化石，且與乙第四層沉積顆粒相同，所以乙的第四層可能有鯊魚牙齒化石。(使用地層柱模型)
層級3	為了解釋力而修改模型。因為獲得新證據是原來模型無法解釋的。	能夠解釋沉積岩層受到外力地殼變動等而產生的皺褶現象。或是解釋不同沉積岩層的相對地質時間的序列。	G3_S16 沉積岩層形成時是水平狀排列的，因為受到地震等因素而變成歪斜排列的。 G2_S21 層理並沒有一條線，因為顆粒大小不同、沉積物質不同或是沉積時間產生明顯的分界。
層級2	學生基於權威的訊息而修正模型，而不是從新的證據及新的解釋機制。	聽從教師的建議或是同儕的意見而變更修正，讓模型更符合實際的地層結構。	G1_S23 我看到的圖片有顆粒大小的區別，所以我照圖片上第二層是礫岩層畫上去、最底層是泥岩。
層級1	學童並沒有因新的理解而改變模型。對模型只談論對或錯。	對於繪製或是製作的模型只以相似的外表表達。或是僅表達初始的地層堆疊層次。	G1_S31 用紙黏土製作的地層柱不好，因為顆粒大小都一樣。
層級0	無法解釋者。	建模學習單空白者，或是訪談緘默無法解釋者。	

註：G#：代表不同教學組；S#：代表該組學生座號。

表9：學童「使用模型預測和解釋」能力層級檢核表

能力層級	概念性定義	操作性定義	範例
層級4	學生在一個領域學科範圍內自主地建構和使用模型以幫助他們的思考。	能夠自主地建構模型解釋地質疊置定律或是預測沉積環境，及建構的模型解釋地層的變動(如板塊運動理論)。	學童用來解釋的模型是基於師、生討論、或是教師示範、或是教師引導，並未發現自主製作或是自主建構使用來解釋。
層級3	學生建構和使用複雜的模型來解釋和預測更多有關實際現象的觀點。	能夠使用所建構模型解釋及預測不同地層柱的相對時間序列，或是使用建構之模型解釋或預測某個地層可能出現的古代生物沉積化石。	G1_S09 相鄰近或是相同地區的沉積岩層，因為外力產生不同的排列，但是可以透過甲地層化石位在第三層的礫岩層中，判斷乙地層的第四層礫岩層可能有相同的化石存在。
層級2	學生依據符合現象證據來建構和使用模型，說明和解釋一個現象的發生。	符合沉積岩地層排列之現象證據，用繪製或是建構實體模型來解釋沉積岩的疊置現象。	G2_S13 地層呈現不是水平的排列，因為受到板塊的擠壓或是其他外力作用，形成地層歪斜的排列。並且因為不同時間產生的沉積，沉積的顆粒會不同。
層級1	學生建構和使用模型呈現對單一現象的說明。	繪製或建構的模型僅表現解釋單一地層結構的概念。	G3_S22 岩層一層一層堆疊，形成不同層，每一層即是一個層理。
層級0	無法解釋者。	建模學習單空白者，或是透過訪談仍緘默無法解釋者。	

註：G#：代表不同教學組；S#：代表該組學生座號。

性檢定，不同組別學童在模型認知量表之迴歸係數同質性檢定$F(2, 98) = 1.96$, $p = .146 > .050$，未達顯著水準。各分向度之迴歸係數同質性檢定，「模型是一種多元表徵」，$F(2, 98) = 0.45$, $p = .636 > .050$；「模型是真實的複製品」，$F(2, 98) = 0.74$, $p = .481 > .050$；「模型是一種解釋工具」$F(2, 98) = 1.20$, $p = .305 > .050$；「科學模型的使用」$F(2, 98) = 1.27$, $p = .285 > .050$；「模型是可變的」$F(2, 98) = 2.19$, $p = .118 > .050$。總表及分向度的迴歸係數同質性檢定差異未達顯著水準，表示共變項和依變項不會因自變項處理水準不同而有差異，符合組內迴歸係數同質的基本假定，可進行共變數分析(吳明隆、涂金堂，2005)。

不同建模教學組別學童在模型認知共變數分析結果如表10所示，組間效果檢定達顯著水準，$F(2, 100) = 18.92$, $p = .000 < .050$，效果量為 .275。依據Cohen (1988, p. 274)的定義，變異數分析之小、中、大效果量η^2值分別為 .01, .06, .14，因此分析結果表示進行不同建模教學方式對學童在模型認知有影響，平均數差異達顯著水準，在排除模型認知前測因素後，對模型的認知有差異，且達到大的效果量。

各分向度的共變數分析亦如表10所示，「MR」組間效果檢定達顯著水準，$F(2, 100) = 3.90$, $p = .023 < .050$，實驗效果量為 .072，為中偏大；「ER」方面，組間效果檢定達顯著水準，$F(2, 100) = 4.50$, $p = .013 < .050$，實驗效果量為 .083，為中偏大；在「ET」方面，組間效果檢定達顯著水準，$F(2, 100) = 11.96$, $p = .000 < .050$，效果量為 .193，實驗效果量為大；「USM」方面，組間效果檢定達顯著

表10：不同組別學童在「模型認知」總表及分向度的共變數分析

依變項	變異數來源	*SS'*	*df*	*MS'*	*F*	η^2	*Sig.*
總表(SUMS)	組別 × 前測	784.59	2	392.29	18.92***	.275	.000
	誤差	2073.28	100	20.73			
	校正後的全體	3749.22	103				
模型是一種多元表徵(MR)	組別 × 前測	38.08	2	19.04	3.90*	.072	.023
	誤差	487.70	100	4.88			
	校正後的全體	897.39	103				
模型是真實的複製品(ER)	組別 × 前測	82.99	2	41.49	4.50*	.083	.013
	誤差	922.46	100	9.23			
	校正後的全體	1259.38	103				
模型是一種解釋工具(ET)	組別 × 前測	61.68	2	30.84	11.96***	.193	.000
	誤差	257.92	100	2.58			
	校正後的全體	335.39	103				
科學模型的使用(USM)	組別 × 前測	11.19	2	5.59	3.97*	.074	.022
	誤差	140.92	100	1.41			
	校正後的全體	175.91	103				
模型是可變的(CNM)	組別 × 前測	15.66	2	7.83	5.60**	.101	.005
	誤差	139.70	100	1.40			
	校正後的全體	174.89	103				

*$p < .050$; ** $p < .010$; *** $p < .001$

水準，$F(2, 100) = 3.97, p = .022 < .050$，實驗效果量為 .074，為中偏大；在「CNM」認知傾向方面，組間效果檢定達顯著水準，$F(2, 100) = 5.60, p = .005 < .050$，實驗效果量為 .101，為中偏大。表示進行不同建模教學方式對學童在MR, ER, ET, USM以及CNM各分向有影響，平均數差異達顯著水準，不同建模教學組在排除模型認知各分向前測因素後，對MR, ER, ET, USM以及CNM各分向的認知理解有差異，且都達到中偏大以上的效果量。

事後比較分析摘要如表11所示，建模序列教學組學童在「模型認知」總表調整後的平均數為82.77，優於模型製作教學組調整後的平均數79.86，又優於圖像模型教學組調整後的平均數76.04，表示進行不同建模教學，對學童在模型認知的傾向有影響。

建模序列教學組在「MR」調整後平均數27.08，優於圖像模型教學組調整後平均數25.61。建模序列教學組在「ER」調整後平均數為18.38，優於模型製作教學組調整後的平均數16.55，且優於圖像模型教學組調整後平均數16.43。建模序列教學組在「ET」調整後平均數為17.17，模型製作教學組調整後的平均數為17.06，皆優於圖像模型教學組調整後平均數15.47。建模序列教學組在「USM」調整後平均數為10.10，模型製作教學組調整後的平均數9.90，皆優於圖像模型教學組調整後平均數9.32。在「CNM」部份，建模序列教學組調整後平均數10.14，模型製作教學組調整後的平均數9.69，圖像模型教學組調整後平均數9.18，建模序列教學組優於圖像模型教學組。表示進行不同建模教學，對學童在模型認知的各分向度有影響。

二、學童使用模型的能力層級

三組學童在概念定錨教學後，學童繪製初始地層結構的模型，經過兩位自然科專家教師依據「使用可變的模型」的能力分級評量表(表8)及「使用模型預測和解釋」的能力分級表(表9)，將學童繪製初始模型和教學後繪製模型進行能力層級的評量。「使用可變的模型」能力結果如表12，初始模型的表現中，「建模序列教學組」層級0有5位、層級1有18位、層級2有10位、層級3有2位、沒有學童達到層級4。「模型製作教學組」屬層級0有7位、層級1有19位、層級2有9位、沒有學童達到層級3、層級4。「圖像模型教學組」屬層級0有7位、層級1有18位、層級2有9位、沒有學童達到層級3、層級4。實驗教學後的表現，「建模序列教學組」屬層級0有3位、層級1有5位、層級2有16位、層級3有6位、達到層級4的學童有5位。在「模型

表11：三組學童對模型認知總表及各分向度事後比較摘要

依變項	實驗效果量	事後比較
總表(SUMS)	大	建模序列教學 > 模型製作教學 > 圖像模型教學
模型是一種多元表徵(MR)	中偏大	建模序列教學 > 圖像模型教學
模型是真實的複製品(ER)	中偏大	建模序列教學 > 模型製作教學 建模序列教學 > 圖像模型教學
模型是一種解釋工具(ET)	大	建模序列教學 > 圖像模型教學 模型製作教學 > 圖像模型教學
科學模型的使用(USM)	中偏大	建模序列教學 > 圖像模型教學 模型製作教學 > 圖像模型教學
模型是可變的(CNM)	中偏大	建模序列教學 > 圖像模型教學

表12：不同組別學童「使用可變的模型」能力層級表現

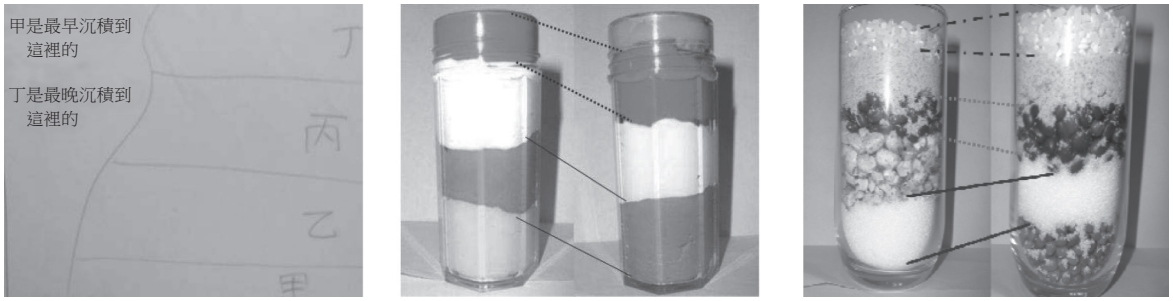
	組別	層級0	層級1	層級2	層級3	層級4
初始模型	建模序列教學(N = 35)	5	18	10	2	0
	模型製作教學(N = 35)	7	19	9	0	0
	圖像模型教學(N = 34)	7	18	9	0	0
最終模型	建模序列教學(N = 35)	3	5	16	6	5
	模型製作教學(N = 35)	4	15	13	2	1
	圖像模型教學(N = 34)	5	15	12	1	1

製作教學組」屬層級0有4位學童、層級1有15位、層級2有13位、達到層級3有2位、層級4有1位。在「圖像模型教學組」中屬層級0有5位學童、層級1有15位；層級2有12位、層級3有1位、達到層級4有1位。

學童在歷經建模序列的教學方式後，經過師生的討論，為了解釋地層的結構，會將模型作修正，才能夠對地層結構進行解釋，因而理解模型是可變的。如建模序列教學組G1_S08(建模序列教學組8號學童)原本繪製的地層結構圖呈現地層簡單的分層(圖1左)，在討論後修正以地層罐替代(圖1中)，雖然表現出地層結構的層理，但是還存在與實際沉積地層的顆粒不相符的地方，再經過修正後，尋找替代的材料，表現出地層不僅有明顯的沉積顆粒大小分層之層理，且透過兩個地層柱的結構不同，解釋了右邊地層柱年代較久遠的相對地質時間的概念(圖1右)。G1_S08使用可變模的能力從層級1躍升至層級4。

在「使用模型預測和解釋」之能力層級部份，結果如表13。初始模型的表現中，「建模序列教學組」屬層級0有4位、層級1有22位、層級2有8位、層級3有1位、沒有學童達到層級4層級。「模型製作教學組」屬層級0有4位、層級1有24位、層級2有7位、沒有學童達到層級3、層級4。「圖像模型教學組」屬層級0有5位、層級1有26位、層級2有3位、沒有學童達到層級3、層級4。在教學後，「建模序列教學組」屬層級0有2位、層級1有11位、層級2有16位、層級3有6位、沒有學童達到層級4層級。「模型製作教學組」屬層級0有3位、層級1有13位、層級2有15位、達到層級3有4位、層級4的0位。「圖像模型教學組」屬層級0有3位、層級1有21位、層級2有9位、層級3有1位、層級4有0位。

學童並無法完全自主建構解釋的模型，但是學童在歷經建模序列的教學可以進步到層級3，例如建模序列教學組中的G1_S24(建



初始模型　　修改模型　　最終模型

圖1：G1_S08教學前、後所繪及製作的地層結構模型

表13：不同組別學童「使用模型預測和解釋」能力層級表現

	組別	層級0	層級1	層級2	層級3	層級4
初始模型	建模序列教學(N = 35)	4	22	8	1	0
	模型製作教學(N = 35)	4	24	7	0	0
	圖像模型教學(N = 34)	5	26	3	0	0
最終模型	建模序列教學(N = 35)	2	11	16	6	0
	模型製作教學(N = 35)	3	13	15	4	0
	圖像模型教學(N = 34)	3	21	9	1	0

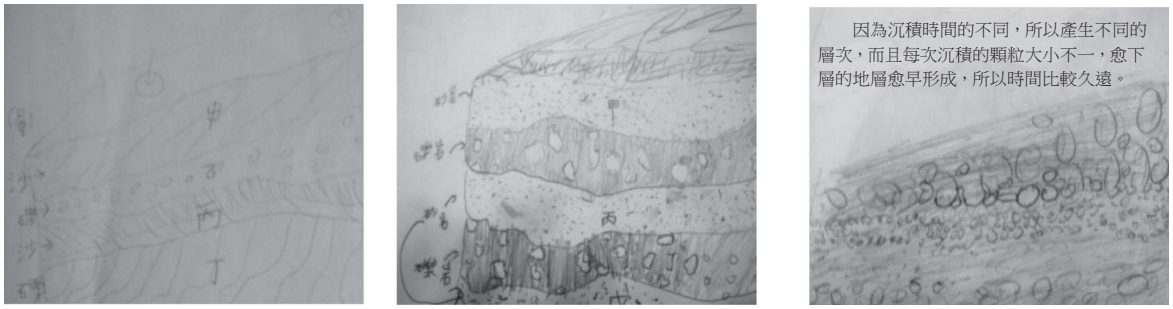
模序列教學組24號學童)在教學前、後所繪製的模型(圖2)，圖中初始模型中清楚表示地層結構的分層，但沒有表現地層顆粒的大小，也沒有說明出地層相對時間的順序(圖2左)，在經過師生討論修正後，更清楚表現地層結構的層理，且含蓋沉積顆粒的不同，但是在分層上以線條表示，這是與實際不符合的(圖2中)，最後修正的模型，說明了沉積時間的不同及像地震所造成的地層移動會形成不是水平的沉積，愈下層愈早沉積，所以年代比較久遠(圖2右)。G1_S24使用模型預測和解釋的能力從層級1進步至層級3。

將各組教學前與教學後模型層級表現評估的人數繪製成圖3，發現三組學童在教學後人數有右偏移的現象，顯示三組在經過教學後，「使用可變的模型」能力層級有提升的趨勢，從圖3發現，建模序列教學組提升的人數較多，此與先前模型的認知測驗呈現的結果相一致。將教學前與教學後在「使用模型預測和解釋」的能力評估之人數分配繪製成圖4，圖中可以看出，建模序列教學組和模型製作教學組產生右偏移，圖像模型教學組未明顯呈現右偏移。三組在教學前與教學後呈現的能力層級人數比較發現，建模序列教學組和模型製作教學組在「使用模型預測和解釋」的能力提升人數比「圖像模型教學組」為多，此與先前對模型認知量表中的「模型是一種解釋工具」的認知傾向結果相符。

三、學童對地質概念理解之表現

(一)從地質概念理解測驗分析學童對地質概念理解

為探討不同的建模教學對學童在地質概念學習上的影響，研究者以地質概念理解測



初始模型　　修改模型　　最終模型

圖2：G1_S24教學前、後所繪製的地層結構模型

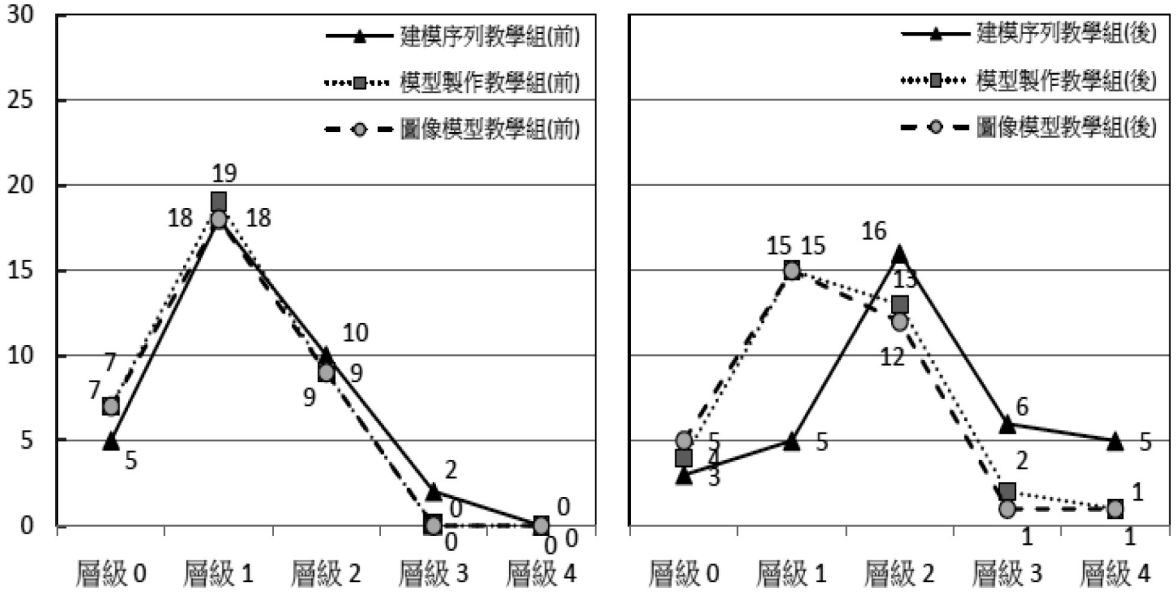


圖3：各組使用可變的模型能力層級人數比較

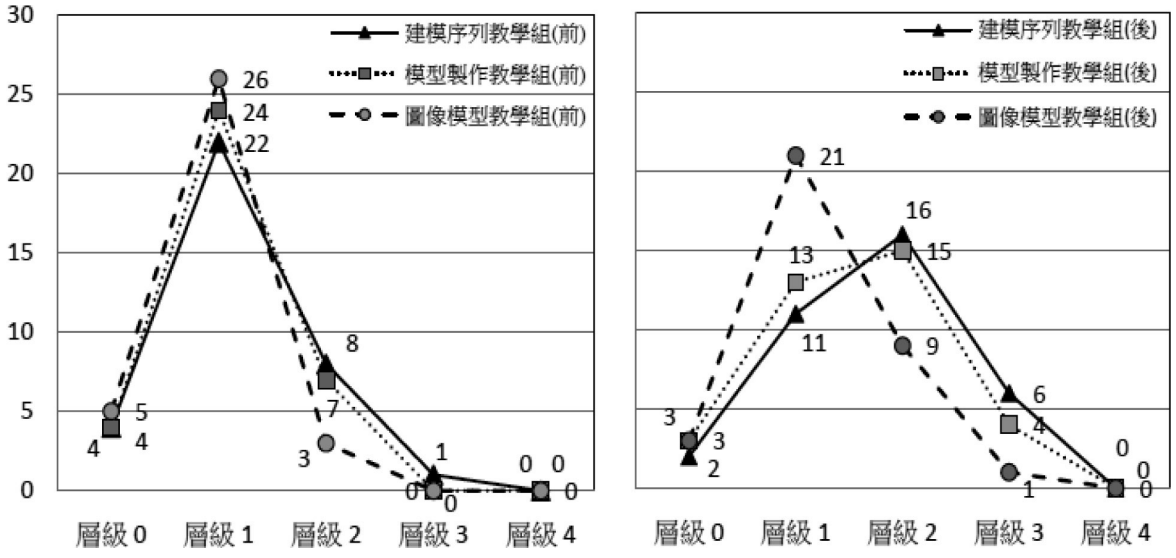


圖4：各組使用模型預測和解釋能力層級人數比較

驗之前測為共變項，教學分組為自變項，後測為依變項進行單因子共變數分析。不同組別學童在「地質概念理解測驗」前測迴歸係數同質性檢定所示，$F(2, 98) = 1.14$, $p = .323 > .050$，在「地層層理」概念的前測迴歸係數同質性檢定，$F(2, 98) = 0.44$, $p = .643 > .050$，「地質時間」概念前測的迴歸係數同質性檢定$F(2, 98) = 1.30$, $p = .277 > .050$，差異皆未達顯著水準，表示共變項和依變項不會因自變項處理水準不同而有差異，符合組內迴歸係數同質的基本假定，故可進行共變數分析。

不同組別學童在「地質概念理解測驗」共變數分析如表14所示，組間效果檢定達顯著水準，$F(2, 100) = 16.06$, $p = .000 < .050$，效果量為 .243，為大的實驗效果量，表示使用不同建模教學對學童建構地質概念理解有影響，對地質概念的理解成績平均數差異達顯著水準，且達大的效果量。在地層層理概念分項共變數分析結果，組間效果檢定達顯著水準，$F(2, 100) = 8.67$, $p = .000 < .050$，效果量為 .148，為中偏大的實驗效果量，表示進行不同建模教學方式，對地層層理概念的理解有影響。在地質時間概念理解方面，組間效果檢定達顯著水準，$F(2, 100) = 5.26$, $p = .007 < .050$，效果量為 .095，為中偏大的實驗效果量，表示進行不同建模教學對地質時間概念的理解有影響。

事後比較結果如表15，建模序列教學組學童對「地質概念的理解」調整後的平均數為7.65，優於模型製作教學組調整後的平均數6.84，又優於圖像模型教學組調整後的平均數6.20。「地層層理概念」上之表現，建模序列教學組調整後平均數為3.28，優於模型製作教學組調整後的平均數2.89，又優於圖像模型教學組調整後平均數2.48。「地質時間概念」之表現，建模序列教學組調整後平均數4.39，優於模型製作教學組調整後的平均數3.95，且優於圖像模型教學組調整後平均數3.69。此結果顯示，建模序列教學的方式在提升學童對地質概念的理解上比其他兩組好。

(二)從分向概念答題人數分析

研究者從分向概念的答題人數進行分析，在「地質時間」概念如圖5顯示，「建模序列教學組」在前、後測答對題數為五題者從4人增加至21人，而「模型製作教

表14：地質概念理解總表及分向度概念共變數分析

依變項	變異數來源	*SS'*	*df*	*MS'*	*F*	η^2	*Sig.*
總表	組別 × 前測	36.67	2	18.33	16.06***	.243	.000
	誤差	141.19	100	1.14			
	校正後的全體	179.04	103				
地層層理概念	組別 × 前測	10.96	2	5.48	8.67***	.148	.000
	誤差	63.22	100	.63			
	校正後的全體	80.62	103				
地質時間概念	組別 × 前測	8.66	2	4.33	5.26**	.095	.007
	誤差	82.37	100	.82			
	校正後的全體	98.99	103				

** $p < .010$; *** $p < .001$

表15：三組學童對地質概念理解總表及分向度事後比較摘要

依變項	實驗效果量	事後比較
總表	大	建模序列教學 > 模型製作教學 > 圖像模型教學
地層層理概念	中偏大	建模序列教學 > 模型製作教學 > 圖像模型教學
地質時間概念	中偏大	建模序列教學 > 模型製作教學 建模序列教學 > 圖像模型教學 建模序列教學 > 圖像模型教學

學組」從2人增加為11人，「圖像模型教學組」則從3人增加為7人，雖然三組顯示皆往右偏移現象，但是以建模序列教學組中進步幅度為最大。從前、後測人數比較，呈現建模序列教學組進步人數最多。

在「地層層理」概念答對人數統計如圖6，「建模序列教學組」、「模型製作教學組」、「圖像模型教學組」都產生右偏移現象，其中以「建模序列教學組」及「模型製作教學組」偏移幅度較大。再從三組的前、後測人數比較，「建模序列教學組」及「模型製作教學組」表現比「圖像模型教學組」為佳。

四、綜合討論

(一)學童對模型的認知之表現

將上述三組學童在模型認知的分析結果做比較，摘要如表11。從表中可以發現以Schwarz等(2009)所提出師、生共同建模序列

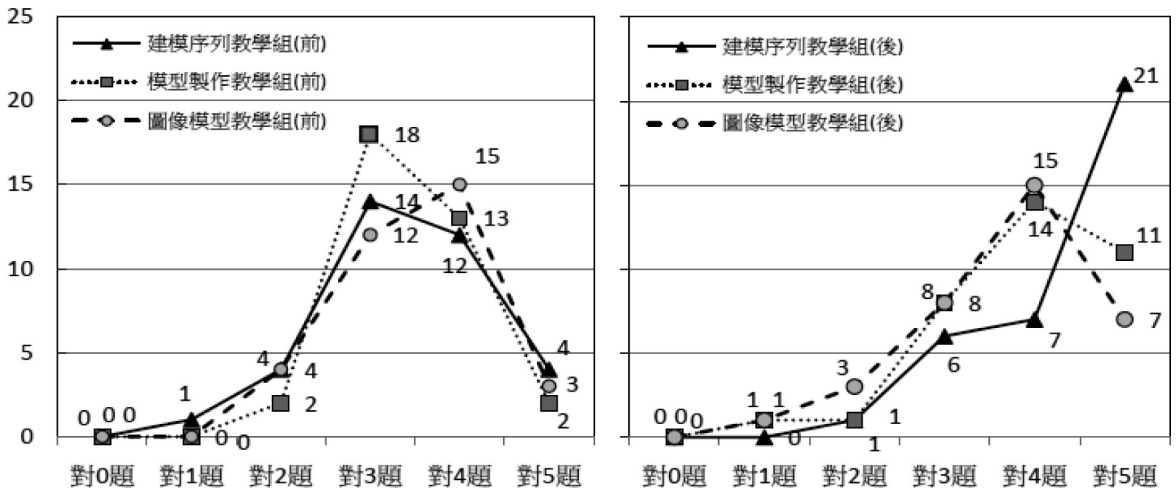


圖5：地質時間概念答題人數分布

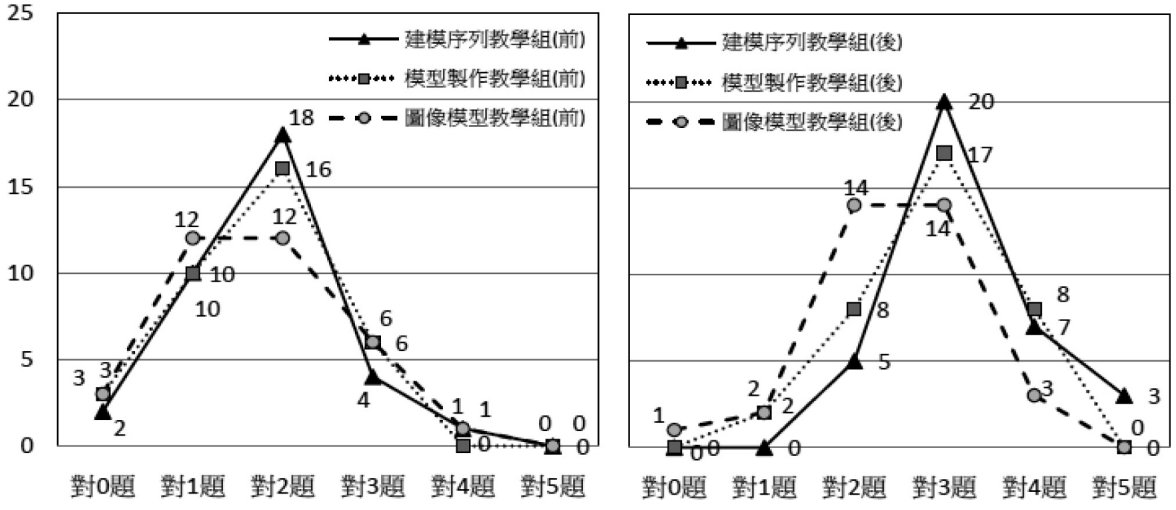


圖6：地層層理概念答題人數分佈圖

教學組，學童在模型認知的進步具大的效果量，且建模序列教學組的表現優於模型製作教學組，模型製作教學組又優於圖像模型教學組。

在本研究中，學生在建模序列教學前，對模型的認知是較薄弱的，大多數學童認為一種模型只能解釋一種狀況、模型必須是真實體的複製、模型只是用來說明課本中的知識或是表達所見到的、或用來說明自己學到什麼、不能隨便改變模型，此顯示大多數學童對如何使用模型來進行解釋有障礙。此結果和Justi與Gilbert (2003)、周金城(2008)的研究結果類似。Justi與Gilbert指出，6至14歲的學生認為模型是某事物的複製、是一個標準物、模型所表徵的實體並不包括想法、模型是獨特唯一的、或是不能改變的，雖然有的學生認為模型具有預測的能力，但他們相信對於模型存在的判斷是屬於個人化的。周金城研究指出，高中生認為模型要與對應物呈現不可扭曲對應的比例，模型要能夠對應事物的結構、性質與關係，符號不是模型等觀點。

教學後結果顯示建模序列教學組的學童歷經師、生共同建模序列教學活動，對模型認知的提升有大的效果量。此乃由於在建模序列教學活動中，都會透過測試、評價、檢驗及修正、解釋及預測的循環階段的支持，教師也會和學童一起討論代表模型的符合與不符合之處，讓學生瞭解到模型的本質與模型的目的。不僅在使用模型的過程，同時亦聚焦在如何使用模型表達思考及解釋，為了要建構一個「適當的模型」的目標活動，學童必須依據證據及對概念的理解建構、測試、檢驗及修正模型，然後藉由模型達成對科學概念的理解。

(二)學童使用模型能力之表現

另外從圖3和圖4中也發現，在「使用可變的模型」的能力及「使用模型預測和解釋」的能力往較高層級的人數有增多現象，且建模序列教學組增加的人數比較多。顯示建模序列教學對學童使用可變的模型能力及使用模型預測和解釋的能力有影響。先前研究(張志康、林靜雯、邱美虹，2009；Buckley et al., 2004; Clement, 2000; Harrison & Treagust, 2000; Justi & Gilbert, 2002; Schwarz et al., 2009)指出學生對模型的認知及建模的能力需要適當的教學，教師應提供學生適當使用模型的機會，透過認識與理解模型的本質，反覆練習建模的歷程，有助於學生發展建模與使用模型的能力。另外，還要適時提供適當的鷹架讓學生學習使用資料來發展與檢驗他們的模型，並能區辯個人與他人資料不同所產生的模型亦可能有不同的結果，以及提供學生示範以及練習的機會，才能提升學生的對模型的認知與建模之能力(邱美虹、劉俊庚，2008；Acher et al., 2007; Schwarz et al.)。

本研究「建模序列教學組」在概念定錨教學後，由教師引導學童「建構初始模型」、「測試模型」是否足以解釋欲解釋的現象、「評價模型」的可用性、「檢驗模型」的正確代表性與否、並加以「修正模型」不符合之處，然後重新進行解釋與預測，透過建模序列教學來輔助學童認識與理解模型的本質，讓學童透過建構模型的歷程成為知識汲取的主動思考者，而非知識被動的接受者。同時師、生共同建模更是學童從被動的接受者到主動的思考者的一個重要鷹架，透過鷹架的搭建，學童經由建模序列的學習歷程，產生並發展自己使用可變的模型的能力，與發展使用適當模型進行預測和解

釋的能力。這樣的結果與Dolphin (2009)及Schwarz等(2009)的研究結果類似。

研究結果還發現，在「使用可變的模型」能力(如圖3)，建模序列教學組比模型製作教學組及圖像模型教學組往高層次能力進步的人數多，此乃由於建模序列教學組在模型與現象發生不符或是衝突時，必須對模型進行修正，因此學童必須思考使用不同的模型解釋的範圍可能會有不同，因此在使用可變模型的能力進步表現較佳。在「使用模型預測和解釋」的能力之表現，建模序列教學組及模型製作教學組表現比圖像模型教學組佳(如圖4)，是因為兩組學童均接觸到模型製作的歷程，而所建構的模型要能表達自己對概念的理解，因此在使用模型預測和解釋的能力提升效果比圖像模型教學組佳，三組學童在教學後，在「使用模型預測和解釋」的能力表現，沒有學童能夠達到層級4等級，即自行建構模型解釋與預測的能力，此顯示學童尚無法完全自主的建構模型用來解釋與預測科學現象。

(三)對地質概念理解之表現

上述學童在地質概念理解的研究結果如表15，從表中發現，建模序列教學組對學童地質概念理解具有大的效果量，且建模序列教學組優於模型製作教學組，又優於圖像模型教學組。

先前文獻對地質概念中的地層層理概念及相對地質時間概念的研究是以邏輯推理的方式教導學生(Ault, 1982; Dodick & Orion, 2003; Trend, 2000)，引導學生建構的心智模型用以推理沉積地層的形成、以及形成地層層理的原因，並從沉積地層中的化石推理出相對的時間序列；然而，學生以推理方式進行地質概念的學習感到比較困難。依據Piaget (1968)的認知觀點，形式操作期的學生雖然可以嘗試對抽象的概念進行認知學習，但是對具體操作期的學童來說，藉助模擬實驗的方式或是透過模型製作進行個別化教學的方式，對地層概念的學習效果是好的(許民陽等，2004)。Hermann與Lewis (2004)的研究發現，學生仿照地質年代表模型製作一份地質年代表模型，發現對地質相對時間及絕對時間概念的學習有正向的提升。因此透過模型的鷹架，提供學童一個具體依據進行思考推理，可以活絡學生在科學概念的學習。

本研究中，「圖像模型教學組」以圖像模型的學習方式，雖然學童在沉積地層結構的「層理概念」的理解有進步，但是面對沉積地層結構的判斷卻無法分辨地層層理結構，且在藉由地層結構作推理的「地質時間概念」學習上，無法有效的推理出不同地層柱的相對時間序列，顯示使用圖像模型在學習上有它的限制。而「模型製作教學組」以製作地層結構模型的學習方式，大多數的學童在「層理概念」的理解有進步，面對沉積地層的層理判斷亦無法做有效的判斷；在「地質時間概念」的學習上，雖然製作了地層結構模型幫助理解不同沉積岩層相對時間的比較，但是在複雜的地層柱之相對時間的比較，使用模型解釋的能力比較弱。「建模序列教學組」歷經建構、測試、評價、檢驗、修正等步驟，在「層理概念」的理解進步大，對地層結構的層理能夠判斷地層分層的依據。透過研究者訪談，究其原因是因為在建模序列教學中，學生歷經師生討論修正模型的過程，讓他們可以逐漸釐清地層分層的判斷標準，以及瞭解沉積岩如何沉積形成地層的原因；在「地質時間概念」的學習表現，為了要理解不同沉積岩層相對時間的比較，學童會使用不同的地層柱模型進行比對，因此在複雜的地層柱之相對時間的比較

上，使用可變模型的能力比較強，藉此提升對地質時間概念的理解。這樣的結果，與Dolphin (2009)的研究使用建模的方式引導學生學習的結果類似。

研究結果發現，對模型的認知與使用模型的能力在學習科學概念的過程中扮演相當重要的角色，建模序列教學組在地質概念的學習上，不僅對地層結構的解釋能力較佳，且對化石在沉積岩的相對位置作預測，學童瞭解可以改變模型以解釋層理概念與相對地質時間概念。模型製作教學組雖然會製作模型對層理概念作解釋，但是在地質相對時間概念的理解比較薄弱。圖像模型教學組雖然在地質概念理解上一樣有進步，但是所傳達的理解是不足的。

伍、結論與建議

一、結論

(一)建模序列教學提升學童對模型的認知

本研究的量化分析結果發現，學童對模型的認知，「建模序列教學組」優於「模型製作教學組」及「圖像模型教學組」，「模型製作教學組」優於「圖像模型教學組」。在模型認知的各分項，「建模序列教學組」在模型是一種多元表徵、模型是真實的複製品、模型是一種解釋工具體、科學模型的使用、模型是可變的皆高於「圖像模型教學組」，在模型是真實的複製品、科學模型的使用、模型是可變的三個分項中，「建模序列教學組」優於「模型製作教學組」。此結果顯示，因為師、生共同建模序列的教學活動，透過測試、評價、檢驗及修正、解釋及預測的循環階段，並經由師、生的討論與互動，對不符合的模型加以修正，然後重新進行解釋與預測，透過建模序列教學來輔助學童認識與理解模型的本質，此有助於提升學生對模型的認知。

(二)建模序列教學促進學童使用模型的能力

本研究的質性分析結果發現，建模序列教學對提升學童的可變模型的能力和使用模型作解釋及預測的能力，有較佳的成效。此乃由於建模序列教學，在模型與現象發生不符或是衝突時，學童必須對模型進行修正，並且要能夠思考使用不同的模型其解釋的範圍可能有所不同，此促成其在使用可變模型的能力有較佳的表現。其次，由於建模序列教學透過師、生共同建模的鷹架，由教師引導學童「建構初始模型」、「測試模型」是否足以解釋現象、「評價模型」的可用性、進而「修正模型」，重新進行解釋與預測，此循環過程可以促使學童發展使用合適的模型進行解釋和預測的能力。

(三)建模序列教學增進學童對地質概念的理解

本研究的量化分析結果發現，建模序列教學對提升學童在地質概念理解上有較佳的成效。此乃因為在建模序列教學的過程中，學童與教師共同討論與反覆修正模型的過程，讓他們可以釐清地層分層的判斷標準，瞭解沉積岩如何沉積形成地層的原因，此有助於學童建構正確的地層結構之層理概念。再者，為了要理解不同沉積岩層相對時間的比較，學童會使用不同的地層柱模型進行比對，藉由比對的過程可以提升他們對地質時間概念的理解。

綜合以上的研究發現，可知以建模序列為基礎的教學對提升學童的模型認知、使用模型的能力、及地質概念的理解，均比模

型製作教學與圖像模型教學有較佳的成效。且在量化分析的結果，皆達統計上的顯著水準，具有中偏高以上的效果量。此外，由研究的結果亦發現，對模型的認知與使用模型的能力，在學習地質概念的過程中扮演相當重要的角色，而以建模序列為基礎的教學所提供的鷹架，正可以逐步提升學童對模型的認知與使用模型的能力，進而提升學童的科學概念理解。基於上述的結論，建模序列教學實具有在科學課室中實施與推廣的價值。

二、建議

本研究以建模為基礎的教學僅對於學生使用可變模型的能力和使用模型作解釋及預測的能力進行探討，但是相較於Sins, Savelsbergh與van Joolingen (2005)指出建模的推理過程包括分析、歸納、綜合、量化、解釋、評估等能力，以及使用模型進行推理之能力，本研究實仍有後繼研究發展的需求與必要性。再者，由於以建模序列為基礎的教學，對學生理解抽象的地質概念有所助益，但是否對其他抽象的科學概念的理解仍然具有較佳的成效，是否需要因不同學科特性的科學概念對鷹架作不同的細部調整，實有待進一步的探討。

參考文獻

1. 何春蓀(1996)。**普通地質學**。臺北市：五南。
2. 吳明隆、涂金堂(2005)。**SPSS與統計應用分析**。臺北市：五南。
3. 周金城(2008)。探究中學生對科學模型的分類與組成本質的理解。**科學教育月刊，306**，10-17。
4. 林靜雯、邱美虹(2008)。從認知／方法論之向度初探高中學生模型及建模歷程之知識。**科學教育月刊，307**，9-14。
5. 邱美虹(2008)。模型與建模能力之理論架構。**科學教育月刊，306**，2-9。
6. 邱美虹、劉俊庚(2008)。從科學學習的觀點探討模型與建模能力。**科學教育月刊，314**，2-20。
7. 張志康、林靜雯、邱美虹(2009)。從方法論向度探討中學生對模型與建模歷程之觀點。**科學教育研究與發展季刊，53**，24-42。
8. 教育部(2010)。**國民中小學九年一貫課程綱要**。臺北市：作者。
9. 莊敏雄、洪振方、宋國城(2005，12月)。**國小學童的地質時間概念之初探**。發表於中華民國第21屆科學教育學術研討會。彰化市：國立彰化師範大學。
10. 許民陽、王郁軒、梁添水(2004)。國小自然與生活科技領域個別化教學的研究——以「地層」概念教學為例。**科學教育研究與發展季刊，34**，41-65。
11. 陳培源(2006)。**台灣地質**。臺北市：科技圖書。
12. 蘇明俊(2004)。**野外探究教學模式之研究**。未出版之博士論文，國立高雄師範大學科學教育研究所，高雄市。
13. Acher, A., Arcà, M., & Sanmartí, N. (2007). Modeling as a teaching learning process for understanding materials: A case study in primary education. *Science Education*, *91*(3), 398-418.
14. Apedoe, X. S. (2008). Engaging students in inquiry: Tales from an undergraduate geology laboratory-based course. *Science Education*, *92*(4), 631-663.
15. Ault, C. R., Jr. (1982). Time in geological explanations as perceived by elementary-school students. *Journal of Geological Education*, *30*(5), 304-309.

16. Berland, L. K., & Reiser, B. J. (2009). Making sense of argumentation and explanation. *Science Education*, *93*(1), 26-55.
17. Buckley, B. C., Gobert, J. D., Kindfield, A. C. H., Horwitz, P., Tinker, R. F., Gerlits, B., et al. (2004). Model-based teaching and learning with BioLogica™: What do they learn? How do they learn? How do we know? *Journal of Science Education and Technology*, *13*(1), 23-41.
18. Clement, J. (2000). Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of Science Education*, *22*(9), 1041-1053.
19. Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
20. Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2007). *Designing and conducting mixed methods research*. Thousand Oaks, CA: Sage.
21. Dodick, J. T., & Orion, N. (2003). Geology as an historical science: Its perception within science and the education system. *Science & Education*, *12*(2), 197-211.
22. Dolphin, G. (2009). Evolution of the theory of the earth: A contextualized approach for teaching the history of the theory of plate tectonics to ninth grade students. *Science & Education*, *18*(3-4), 425-441.
23. Fraenkel, J. R., & Wallen, N. E. (2000). *How to design and evaluate research in education*. New York: McGraw-Hill.
24. Gibson, B. O. (2001). The building blocks of geology. *Science and Children*, *39*(1), 38-41.
25. Gilbert, J. K. (Ed.). (1993). *Models and modelling in science education*. Hatfield, UK: Association for Science Education.
26. Gilbert, S. W. (1991). Model building and a definition of science. *Journal of Research in Science Teaching*, *28*(1), 73-79.
27. Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry. *Science Education*, *80*(5), 509-534.
28. Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, *22*(9), 1011-1026.
29. Hermann, R., & Lewis, B. (2004). A formative assessment of geologic time for high school earth science students. *Journal of Geoscience Education*, *52*(3), 231-235.
30. Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, *24*(4), 369-387.
31. Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (2003). Teachers' views on the nature of models. *International Journal of Science Education*, *25*(11), 1369-1386.
32. Piaget, J. (1968). *The construction of reality in the child*. London: Routledge and Kegan Paul.
33. Schwarz, C. V., & Gwekwerere, Y. N. (2007). Using a guided inquire and modeling instructional framework (EIMA) to support preservice K-8 science teaching. *Science Education*, *91*(1), 158-186.
34. Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., et al.

(2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, *46*(6), 632-654.

35. Schwarz, C. V., & White, B. Y. (2005). Metamodeling knowledge: Developing students' understanding of scientific modeling. *Cognition and Instruction*, *23*(2), 165-205.
36. Sins, P. H. M., Savelsbergh, E. R., & van Joolingen, W. R. (2005). The difficult process of scientific modelling: An analysis of novices' reasoning during computer-based modelling. *International Journal of Science Education*, *27*(14), 1695-1721.
37. Treagust, D. F., Chittleborough, G., & Mamiala, T. L. (2002). Students' understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education*, *24*(4), 357-368.
38. Trend, R. (2000). Conceptions of geological time among primary teacher trainees, with reference to their engagement with geoscience, history, and science. *International Journal of Science Education*, *22*(5), 539-555.
39. Van Driel, J. H., & Verloop, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modelling in science. *International Journal of Science Education*, *21*(11), 1141-1153.
40. Wellner, K. (1997). Modeling geology formations. *Science Scope*, *20*(8), 34-36.
41. Wilensky, U., & Reisman, K. (2006). Thinking like a wolf, a sheep, or a firefly: Learning biology through constructing and testing computational theories – An embodied modeling approach. *Cognition and Instruction*, *24*(2), 171-209.
42. Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Mosel-based inquire as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*, *92*(5), 941-967.

04-莊敏雄.indd 332 2011/9/22 下午 08:23:03

科學教育學刊
2011, 第十九卷第四期, 309-333

Chinese Journal of Science Education
2011, 19(4), 309-333

The Effect of Modeling Instruction on Understanding of Models and Geologic Conceptions of Primary School Students

Jeng-Fung Hung[1], Min-Shiung Chuang[1,*] and Quo-Chen Sung[2]

[1]Graduate Institute of Science Education, National Kaohsiung Normal University
[2]Graduate Institute of Geoinformatics and Disaster Reduction Technology, Ching Yun University

Abstract

This study aimed to investigate the effect of modeling instructions on understanding of models and geologic conceptions of primary school students using a quasi-experimental design. A six-week geologic conception teaching sequence was conducted in three classes of sixth grade students. The classes were subjected to different modeling instructional approaches and were entitled: Modeling Sequences (Guiding students to construct models through teacher-student discussion), Model Making (Guiding students to construct models using teacher demonstration of model making) and Graphical Models (Guiding students to draw models through teacher illustration of graphic models). Pre- and post-teaching assessment was implemented using the SUMS (with a Cronbach's α value of .85) and a Geologic Conception Test (with a Cronbach's α value of .83, an average item difficulty of .45, and a discriminant validity of each question higher than .25). The pre-test data were used as the covariate for ANCOVA. The pre- and post-teaching ground plane structure models drawn by the students were used to analyze their model-using ability. The findings revealed that for understanding of models and for geologic conceptions, Modeling Sequence had the highest score, followed by Model Making and then Graphical Models ($p < .050$), and that Modeling Sequence had the best score for model-using ability.

Key words: Geologic Conceptions, Modeling Instruction, Understanding of Models

* Corresponding author: Min-Shiung Chuang

04-莊敏雄.indd 333 2011/9/22 下午 08:23:03