

探究教學對國中資優學生科學推理類型 轉變之影響

王翠妃

臺中市
居仁國中教師

余忠潔

彰化師範大學
科學教育學系博士生

段曉林*

彰化師範大學
科學教育研究所教授

學生以探究的方式學習科學，不但能發展出各種推理類型，並能增進推理能力，尤其是資優生，更適宜採探究教學來引導，以增進其推理能力。本研究目的在探討實施巢狀探究教學模式對於國中資優生的推理類型發展之影響，並分析其影響的因素。研究者選取中部某公立國中資優班（28 名學生），由該班科學教師在八年級至九年級上學期（一年半）於理化課程中進行巢狀探究教學。研究者選取九位同學課堂錄影轉錄的文字稿，以質性研究法分析課室中的對話內涵，探討學生科學推理類型在研究歷程中的轉變，並與其他資料（學習單、反思心得、研究者的教案設計、觀察札記、訪談紀錄）進行分析與比較之三角校正。研究發現，在探究教學情境下，資優生在第一階段只展現分析式與推論式的推理類型，在第二階段則展現分析式、推論式與對話式等較多推理類型，到了第三階段，更發展出分析式、推論式、對話式、評價式、統整式的多元推理類型。不但如此，個案學生亦能活用各種推理類型於探究活動中。其中，對話式推理一直占有相當比例，此類型的推理扮演促使學生發展各種類型推理基礎。對話與討論提供給資優生驗證自己想法、批判與思考他人意見的機會，這能增進學習者本身論證的信心，進而到達更高階推理的層次。本研究建議，教師應長期針對資優生進行探究教學，且應不斷地與學生對話並引導學生討論，如此，才能促進資優生運用推理進行科學探究。

關鍵詞：科學推理、探究教學、資優教育

* 本文以段曉林為通訊作者（suhl Tuan@cc.ncue.edu.tw）。

誌謝：本研究部分資料取自行政院國家科學委員會專案研究（計畫編號 NSC97-2511-S-018-008-MY3），特此致謝。

前言

近來，教育部在科學教育上強調以「科學探究」為學習活動，以「問題解決」為學習核心（洪振方，2003；教育部，2000，2002a，2002b）。亦即，教師要讓學生以探究的方式學習科學，教師要引導學生分析科學問題、論證和解釋科學知識，交流彼此間的想法、發展推理能力，進而解決問題。而學生在科學探究的過程中，必須運用科學推理才能解決問題（Treffinger, Isaksen, & Stead-Dorval, 2006）。Bransford、Brown 和 Cocking（2000）指出，探究教學對學生有多方面的影響，能讓學生深入了解課程內容知識，也能提升學生的學習動機、探究能力，以及科學概念（蔡執仲、段曉林、靳知勤，2007）；能讓學生自發性地對科學問題提出假設、評估與修正（Khan, 2007），可以發展學生對科學實務的知識觀（Sandoval & Reiser, 2004），也可以提升學生對科學的解釋能力（謝州恩、吳心楷，2005）。但這些研究雖指出探究教學對學生的正面影響，卻少有研究討論探究教學對學生發展推理的影響。由於探究教學是以引導學生形成假說、設計實驗、控制變因、進行推論、統整理論、分析數據、如何思考與進行研究為內容，以幫助學生發展科學推理的能力（Gerber, Cavallo, & Marek, 2001; Waters, Siegal, & Slaughter, 2000），由此可見，探究教學與提升學生科學推理能力關係非常密切（National Research Council, 1996; Songer, Lee, & Kam, 2002）。

另一方面，臺灣資優教育的課程受到升學主義的影響，大多以學科知識和理性發展導向為主（潘裕豐，2006），但資優教育的目的是要激發資賦優異學生的潛能，培養資賦優異的特質（思考技能、創造力、領導力與藝術）（VanTassel-Baska & Feldhusn, 1994）與解決

問題的能力（Sousa, 2003），若使用傳統講授知識的教學方法，並無法訓練資優生有關的研究方法，使其發揮推理能力和培養高層次思考的能力，讓資優生由知識接收者的角色轉變為知識生產者之角色（潘裕豐，2006）。因此，資賦優異學生課程的安排，應重視試探、啟發、多樣性及加廣課程，啟發高層次學習及研究的興趣（蔡典謨，1998）。而探究教學在促進學生高層次方面的思考，相較於傳統教學，其學習結果更好（Lott, 1983; Shymansky, 1984），所以，探究教學非常符合資優生教育促進其科學推理能力的需要。然而，過去此領域的研究對象是針對一般的學生（McDonald & Songer, 2008; Waight & Abd-El-Khalick, 2007; Wu & Krajcik, 2006），鮮少討論探究教學與資優生的科學推理間的關係。有鑑於此，本研究目的聚焦在探究教學的歷程中資優生的推理類型轉變情形，並探討促進學生推理發展的原因。本研究的具體待答問題為：

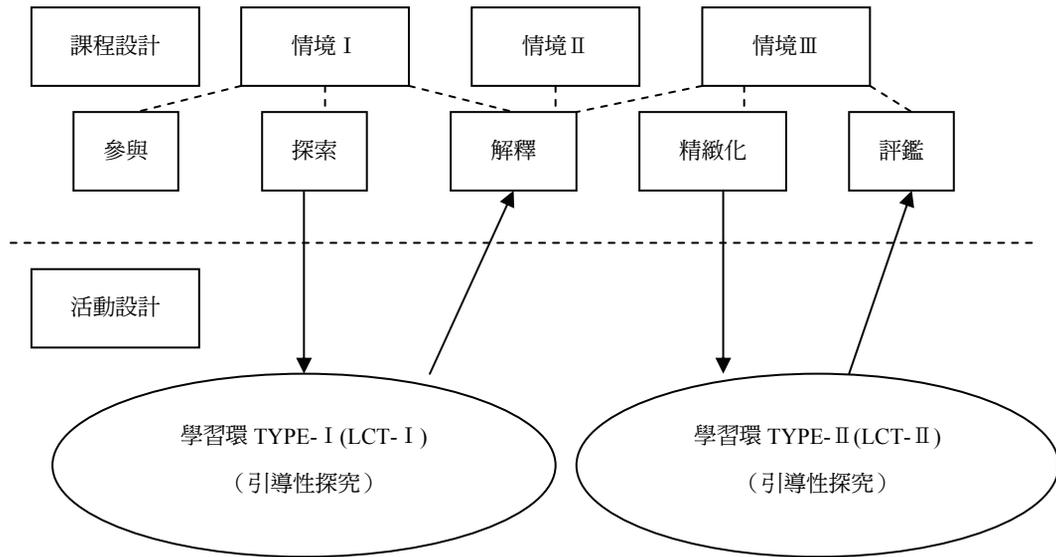
一、實施探究教學對於個案資優生科學推理類型的轉變為何？

二、實施探究教學對於個案資優生科學推理類型轉變的原因為何？

文獻探討

一、巢狀式探究教學

本研究中探究教學的設計是採蔡執仲等人（2007）所提出的巢狀探究教學模式，而此模式是依據 Bybee 和 Landes（1988）、Bybee（1997）的「建構教學模式」所設計發展，包含參與（engagement）、探索（exploration）、解釋（explanation）、精緻化（elaboration）及評鑑（evaluation）五個階段，整個教學模式可分為三個情境實施，如圖一。



圖一 巢狀探究教學模式

資料來源：蔡執仲等人（2007）。

（一）情境 I：主要為引導性探究層次，其內容主要包括確定探究的方向、引導出學生的想法、學生想法的重組、應用新的想法及回顧想法的改變。

（二）情境 II：屬於建構教學模式中的「解釋」階段，進行活動的目的是要達到知識的共同建構，讓學生經由情境 I 小組內所形成的結論，在情境 II 中互相展現成果，透過各組間的論證過程達成共識，讓學生經歷知識的產生及合法性確立的歷程，並進一步形成後續探究的議題，教師即可據此組織、設計新的情境 III 探究活動。

（三）情境 III：屬於建構教學模式中的「精緻化」及「評鑑」階段，內容是以學生在情境 I、II 培養的知識及技能為基礎，讓學生自行設計方法、進行問題解決，最後再藉由所獲得的結果，進行小組內以及小組間討論，並公開展示各組的研究設計流程及結果，使學生們能夠自我與彼此檢核其所建構的新知識是否合宜、能否解決生活上的議題。透過這些方

式，可以幫助學生評估自己的理解和探究能力，讓學生回顧探究前後想法的改變，使學生能注意其學習歷程，並培養後設認知的學習能力。另一方面，這些過程亦能提供老師機會去評鑑學生在學習過程中的表現，作為之後教學改進的參考，達成「評鑑」階段的目標。

在巢狀式探究教學的實徵研究上，蔡執仲、段曉林和靳知勤（2009）發現，此教學模式促進國中二年級學生對於學習環境的感知、師生互動的知覺，且在學習動機上均有顯著的成長。黃介仁和段曉林（2007）則指出，此教學模式能提升學生的科學概念。丁素雯和段曉林（2007）的研究也發現，巢狀式探究教學可以增進學生的探究能力。林珮君和段曉林（2007）則指出，可以增進學生的科學知識觀與學習動機。由這些實證性研究結果可以知道，巢狀式的探究教學模式對於學生科學的學習，例如：學習環境、學習動機、科學概念、科學探究能力等面向，都有正向的影響，其本質上是以建構主義的觀點來進行教學，讓學生

在探究的過程中建構起對科學的各種素養。

二、資優生學習需求與探究教學

資優生和同年齡的學生比較起來，在認知上、情意上與社會關係的特質上有不同的差異 (Karnes & Bean, 2001)。其中，資優生具追求真理、不受拘束、獨立思考及高的好奇心與創造力 (Renzulli, 1977) 等特質，需要有較為獨特的教育方式與學習情境，方能協助資優生進行學習 (Colangelo & Davis, 1997)。McGinnis 和 Stefanich (2007) 指出，對於資優生的教學要減少記憶性的資訊，增加學生問題解決與問題探究的機會。Ferrell、Kress 和 Croft (1988) 認為，資優生需要教師能以聚焦、創新、任務導向等方式進行教學，這和巢狀探究教學中的情境 I 相符，旨在引導學生想法的重組、應用新的想法及回顧想法的改變。Dalzell (1998) 則指出，教師要在知識上、創意上以及領導力上能促進資優生的發展，此與情境 II 中要學生透過小組間的論證過程達成共識，讓學生經歷知識產生的歷程相符。最後，Baldwin (1994) 提出，教師要能考量多元智慧的面向來評量資優生，這也是和情境 III 中所強調的，要學生公開展示各組的研究設計流程及結果，以使學生們能夠自我檢核與彼此檢核其所建構的新知識是否合宜、能否解決生活上的議題，給予教師機會去評鑑學生在學習過程中的表現相符。

探究教學的目的是希望學生能在真實情境中發現問題，能夠對於問題設計研究方法，蒐集與分析資料，並對資料進行解釋說明，最後提出結論及研究發現，亦即在這過程中，培養學生具備探究與問題解決的能力 (Crawford, 2000; Marx et al., 2004)。周家卉 (2006) 指出，探究教學能促進學生發展各種推理；Klahr 和 Dunbar (1988) 認為，探究教學能增進學生設計形成與檢驗的能力；Schauble

(1996) 則認為，科學探究能加強學生的實驗操作能力；這些研究均直接或間接指出探究教學對學生推理能力的重大影響，但是否也能促進資優生多元推理能力的發展，則是本研究所聚焦之處。

三、科學推理

推理是指將原有的科學理論與新發現的事實互相協調的過程 (Kuhn, Amsel, & O'Loughlin, 1988)，而科學推理則是解決科學上的問題，對各種事實進行推論、評估與關聯 (Halpern, 1996)。一般科學推理的過程會歷經形成概念、形成準則、理解、問題解決、決策、研究、統整、口頭講述等步驟 (Marzano, 1998)，而在學生科學推理的心智模式上，其步驟則含括理解階段、進入發展階段及最後的驗證階段 (Johnson-Laird & Byrne, 1991)。換言之，科學推理是從對科學概念的理解開始，分階段逐步發展為高層次的思考，亦即學生由基本的推論 (inference)，發展為思考 (thinking)，進而運作推理 (reasoning) 的過程 (Moshman, 1997)。而且學生推理能力的高低層次與類型，常與學習者本身所具備的知識和當時的學習情境 (例如科學探究教學) 息息相關。

關於學生科學的推理類別與評量的研究相當地多，在科學推理類別方面，Driver、Leach、Millar 和 Scott (1995) 以知識論的觀點來分析學生推理活動的表徵，將推理歸納為三類：現象推理、關係推理、模型推理，並認為學生建構科學理論的方法和科學家十分類似。Tytler 和 Peterson (2005) 則提出了本質的探索、知識處理過程的深度、回應競爭知識宣稱的能力及處理變數四個向度來探討國小學童的科學推理能力。Kuhn (1993) 是以論證的角度來看科學推理，以證據、另有理論、反詰、反證來了解學生推理的運作。Hogan 和

Fisherker (1999) 則依據科學推理的歷程與階層的特性，考慮學生獨自或與他人進行推理時能被檢驗出的科學推理思考要素，整理出以下科學推理類型：(一) 分析式推理 (analytical reasoning)：推理的方式是檢查事情整體的組成，以及他們的功能是怎麼結合起來的，包括分析個體的推理成分，例如：假定、主張及解釋。(二) 推論式推理 (inferential reasoning)：推理的方式是連結兩個情況後而得到的結論，能解釋因為某事如何導致此事如何。推論式思考又可分成兩種形式：一為歸納思考是由特定的事例 (instances) 或證據而得到結論及通則；另一為演繹思考是利用一般的原理 (general principle) 或前提 (premises) 而形成結論或解釋事例。(三) 對話式推理 (dialogical reasoning)：推理的方式是考量不同的觀點或在多元參考架構中思考。對話式推理的另一種形式是辯證式推理 (dialectical reasoning)，也就是測試對立觀點的強弱。(四) 評價式推理 (evaluative reasoning)：推理的方式是根據一些外在判準評斷想法、論點或知識主張的價值或品質。(五) 統整式推理 (integrative reasoning)：推理的方式是把不同的資訊或知識來源組合成一個整體。雖然以上這些學者對於推理的分類不同，但基本上，這些學者均將推理是區分為低層次與高層次的推理 (例如現象推理是屬於較低層次、模型推理是屬於較高層次)。

在科學推理的評量方面，一般的科學推理能力測驗是採用 Lawson (1978) 的科學推理測驗來測量學生一般的科學推理能力，包括解釋、假設與驗證等科學推理技巧。Shavelson、Solano-Flores 和 Ruiz-Primo (1998) 主張設計不同類型的工作，包括比較性的探索、組成確認式探索、分類探索與觀察探索，以這些工作類型來評量學生的推理能力。依據 Loving (1997) 所提出的四個活動階段的科學探究

(形成問題和假說、設計調查和蒐集資料、詮釋資料和統整資訊、建立與交流論證) 與上述的推理類型所形成的矩陣，Hogan 和 Fisherker (1999) 編製出「科學推理檢核表」，主張在自然狀態下與學生互動，藉此來評量學生的推理，經由耐心的觀察與測量，以及重複的修正，得到正確且可信的證據。李光烈、劉嘉茹和江新合 (2010) 利用模型化活動模組促進國小學童科學推理能力，並以自編的水溶液科學推理測驗和一般科學推理測驗來評量學生的科學推能力。李錦坤 (2005) 則以概念改變與科學推理的理論架設燃燒主題的學習網站，探討國小學生在網站學習後的推理能力改變，並以 Lawson 的推理測驗進行評量。而在國際數學與科學教育成就趨勢調查 (Trends in International Mathematics and Science Study, TIMSS) 的科學測驗中，對於學生科學推理的評量，則是讓學生在不熟悉的背景下，利用科學推理來解決問題、發展解釋來評量。由以上對於科學推理評量的相關理論與實徵研究發現，以單一的科學推理量表來評量學生的推理能力會顯得不足，尤其是對於資優生而言，其推理的過程是結合了非常複雜的思考過程，既可以從不同的面向 (例如社會建構、知識觀) 來切入，也可以採用不同的教學策略來處理 (例如寫作、觀察、比較)，亦能針對不同的內容 (例如水溶液、圓周運動) 來觀察。所以，本研究拉長研究的時間 (一年半)，讓學生的學習內容跨越不同單元，並以巢狀探究教學為課程設計架構，綜合了各種以建構主義為基礎的教學策略，以促進學生科學推理的發展。在這歷程中，使用質性方法詳細地檢視學生在過程中的對話、操作及作品，從中提出學生的推理類型改變的主張與證據，並解釋其發展的原因。

Hogan 和 Fisherker (1999) 對於學生科學推理的評量，是採用探究歷程的四個階段，

其所使用的標準為不同層次的推理類別，其所重視的原則是反覆不斷地檢視學生推理的證據，諸如此類的特色均與我們的研究切合，亦即需要長期地處於探究學習情境中，觀察學生科學推理類型的變化，並以多元的資料進行判別這方面的需求。因此，本研究將採用 Hogan 和 Fisherkeller 的方式進行學生科學推理的評量。

研究方法

一、參與者與研究設計

研究對象為臺灣中部某公立國中（大型學校，90 個班級）一班資優生中的九位學生，該班為學校甄選出的一般資賦優異的學生，學生的團體智力測驗在平均數正 1.5 個標準差以上或百分等級 93 以上，人數有 28 人（男生 18 人、女生 10 人）。在教學過程中，教師為進行探究活動，以異質性原則將學生分為六組，每組四至五人，並從中選取願意接受教師近距離攝影、收音者，再以立意取樣的方式選取二組（四、五位同學）為個案學生（分別編碼為 CS1~CS4，DS1~DS5），深入分析其科學推理類型的發展。這九位學生與其他組的成員背景類似，學習成就分布有高、中、低，對於學習都採正向積極的態度，雖然在成績上彼此競爭，但成員間願意討論並彼此分享意見。

個案教師任教個案班級之理化課程且擔任導師工作，具有八年國中理化課程以及四年資優班的授課經驗，不僅對於教學具有熱忱，也願意以開放的態度接受與嘗試各種教學方法。個案教師除了修讀過相關的探究教學理論與實務課程外，並在一群以探究教學為主題的研究群支持下，嘗試為期一年半的設計探究教學活動且應用於資優班教學。此研究群是由一位科

學教育專家、五位碩博士生、四位中學自然科教師所組成，每兩個星期開會一次，以分享設計探究教學教案、討論教師實際探究教學錄影、閱讀探究教學相關文獻的方式進行。本研究中的巢狀探究教學教案會先在研究群中討論確認其專家效度，而教學後的錄影也會進行檢討，以利教師改進下一次的教學。

本研究於該班八年級上學期至九年級上學期，每學期依理化科的課本章節主題，設計四至六個單元的巢狀探究教學，每個單元約需花費三至四節課。為了研究上的一致性，每學期依適當的時間間隔（大約一個月）選取兩單元（共六個單元）進行資料分析。其中，第一階段（八年級上學期）進行「聲波」、「元素的判別」單元；第二階段（八年級下學期）進行「反應速率」、「酸鹼鹽的概念診斷」單元；九年級上學期進行「圓周運動」、「功與能」單元。在教案設計上，主要是以巢狀探究教學的概念為基礎，但在情境 II 中，我們聚焦在學生對於探究問題的分析與研究方法的設計，在情境 III 中則著重在學生對於研究結果的反思解釋與回應同儕及教師的挑戰評量。以圓周運動單元的課程設計為例，如表一。

本研究是一位學習如何進行探究教學的科學老師，運用巢狀探究教學的模式設計探究教學活動，讓資優生自然、熟悉與長期沉浸於探究學習，習慣於動手操作、體驗、討論、分析資料、發表，進而使資優生建構出科學知識並發展出各種推理能力。由於研究對象是資優生，在評量他們科學推理的能力時，為了避免產生天花板效應（ceiling effect），也為了詳細檢視學生的推理類型與發展原因，所以不採用問卷的量化研究方法，而改採質性的研究方法來分析。

表一 圓周運動教學設計

情境	教學目標	活動內容	學生活動
情境 I	科學概念引入	教師課前預備一乒乓球及細繩，詢問學生如何讓乒乓球做等速率圓周運動，且要符合等速率+圓周運動兩項定義，讓學生自由挑戰看看。	觀察教師示範、思考推論原因、發表看法、練習操作
	切線初速、向心力與圓周運動的關係	利用上述活動，使學生親自操作，並思考如何使乒乓球做圓周運動，使學生體會如何施力（體會力的方向與物體運動方向），才能使乒乓球做圓周運動。 教學過程節錄： 學生：可以用細繩將乒乓球綁起來，再轉它。 教師：你覺得要用手不斷繞圈圈轉動嗎？ 學生：嗯～只要一開始先用它，後來就不用一直繞了。 教師：先想想甩的方向跟你繩子方向有何關係？ 學生：好像呈垂直，所以這應該是切線方向。 教師：所以我們一開始要給它切線方向的初速。那麼它轉動後，你的手再做哪些動作？哪個位置呢？ 學生：手一直待在中間，偶爾拉一下，乒乓球就會轉了。 教師：感覺一下拉的方向是在哪了？ 學生：嗯～往中間拉。 教師：是向著圓心的方向。那就是向心力。所以你發現等速率圓周運動需要兩個條件：第一、切線方向的初速；第二、向心力！	進行操作體驗、小組討論發表
	向心力的產生	讓學生思考並提出生活中有哪些情況是做圓周運動的（如特技中的傘上轉球、腳踏車轉彎等）？並從這些實例中討論是哪些力量提供物體運動的向心力。	小組討論發表
	影響物體所需向心力大小的因素	以繩子綁住七七巧克力（物體），並依序改變以下變因：運動速率、物體質量、運動半徑，用手體會施力大小與各變因的關係。	操作體驗、小組討論發表
情境 II	瞭解、應用、精練圓周運動的概念	各組設計可以轉動最久的氣球，每組分發相同氣球三個，其餘器材由各組決定。 各組需說明設計原理、讓氣球轉動的切線初速來源，並說明若讓氣球維持轉動，如何提供足夠的向心力，才可進行比賽，依照原理說明、小組合作、發表、比賽成績作為評分依據。 教學過程節錄： 教師：你們打算如何給予氣球的切線方向速度？ 學生：上次有和老師討論過，氣球會轉的原因是因為汽球的橡膠彈力不平均，所以，當它收縮時，彈力的不平均會造成切線方向的初速。	小組討論決定變因、設計實驗流程、進行實驗、分析資料、修正實驗、形成論證

表一 圓周運動教學設計（續）

情境	教學目標	活動內容	學生活動
		教師：那如果你希望氣球轉得久，那氣球的初速應該怎樣？ 學生：初速要快！ 教師：那你要怎麼知道這球的初速快不快呢？ 學生：我們剛剛已經測試過，將所有氣球吹得差不多大時，往同方向放開，看哪一個偏移角度最大，就可以提供較大初速。就像這一個氣球！	
情境 III	精鍊圓周運動的概念，並加以整合有關的運動定律，提升其思考能力	各組將精緻化實驗進行討論，達到共識後公開發表，並經由其他各組與教師的提問與審核，在說明與辯駁的過程中重組其概念體系，並再次反省思考，將自己想法寫於個人的學習單。 教學過程節錄： 學生學習單的撰寫內容：「做的成品有點傾斜，所以無法提供氣球足夠的切線初速。不過，若能延長排氣的時間，應該可以增加旋轉的秒速。所以，若能將出氣孔縮小，應該可以達到這個效果。真是一個鬥智的實驗啊！	小組討論、小組接受質詢提問並提出論證反駁、教師提出問題挑戰與評量

二、資料蒐集與分析

研究在教學歷程中，蒐集到多元的資料，其中，學生的資料來源有：每節課現場錄影與紀錄、每節課後對個案小組進行訪談的晤談資料、學生的學習單、反思心得、教師的教案設計與活動觀察札記、學生進行實驗考試的錄影及作答文件。蒐集完資料後，研究者再將課室錄影與晤談錄音的資料轉換為逐字稿，並依序進行編號。根據 Halpern (1996) 所提，合理的科學推理過程需具備有論證的品質，論證品質的評判應包含以下三項特質：(一) 前提是否可被接受與具有一致性；(二) 前提是否與結論相關，同時可以提供足夠的證據支持；(三) 是否缺少必要的前提。因此，本研究對於學生在探究學習過程中推理能力的分析，主要是利用課室錄影的逐字稿，針對個案學生在每節課堂上活動的對話來分析。為確保研究信度，評分由個案教師以及同一所國中另一位年

資 12 年的國中理化課程的教師分別分析學生的資料。二位教師先各自重複閱讀這些逐字稿，剔除掉不符合科學推理的對話（例如學生一些日常生活問候性對話）後，再正式進行推理類型分析。分析時，若對話不符合 Halpern (1996) 的論證品質原則分類為不具推理類型，對於其他推理類型的分析，則使用 Hogan 和 Fisherkeller (1999) 的推理類型分類與檢核表（如附件一），其分析的原則如表二。一旦出現分類不一致的情形，再輔以晤談錄音的逐字稿、學生的學習單、反思心得與活動觀察札記等資料進行三角校正 (Denzin & Lincoln, 1994)（例如對於學生的對話分類不明確時，可參考其學習單或教師的活動觀察札記來確認當時的情境），以分析個案學生在探究教學中的科學推理類型，再進行協商並取得共識為止 (Erickson, 1986)。若仍有疑慮，則提出至研究群請求專家協助仲裁。

表二 學生科學推理的判別類型

推理類型	定義	範例	左邊範例對應 Hogan 和 Fisher Keller 檢核表中的項目
分析式推理 (analytical reasoning)	檢查整體的組成，及其功能是如何結合的，包括分析個體的推理成分，例如：假定、主張及解釋。	<p>情境：當一未知銀白色的金屬，學生測定其密度為 7.3g/cm^3，但鋅的密度為 7.1g/cm^3、鐵的密度 7.8g/cm^3，如何判定此金屬的種類呢？</p> <p>教師：這代表只測量密度，並無法判斷物體種類，所以思考一下，還有什麼方式？可以判別你的東西是鋅或是鐵？</p> <p>學生：鋅和鐵活性不大一樣，鋅的活性是比鐵大的。</p> <p>教師：那你可以用什麼方法判別它的活性？而且你沒有另一個金屬可以比較。</p> <p>學生：判別活性的最好方法就是拿去燒。對了！鋅和鐵的氧化物顏色不相同，鐵的氧化物為暗紅色，而鋅的氧化物為白色，所以我可以用這個方法來分辨。</p>	將主題與現象形成許多分立或相關聯的問題（屬於分析式推理設計調查及蒐集資料）。
推論式推理 (inferential reasoning)	連結兩個情況後而得到的結論，說是因為某事如何導致此事如何，有兩種形式：歸納思考是由特定的事例或證據而得到結論及通則；演繹思考是利用普遍的原理或前提形成結論或解釋事例。	<p>情境：利用已知濃度的鹽酸來滴定未知濃度的氫氧化鈉。</p> <p>學生：老師，為什麼滴了那麼久都還沒有變色？</p> <p>教師：滴了多久？</p> <p>學生：大概 100mL。</p> <p>教師：你們覺得該怎麼辦？</p> <p>學生：我們擔心填裝過程有做錯，有再重滴，可是還是一樣。</p> <p>教師：如果用那麼多的鹽酸仍然沒辦法滴定完成，你們覺得可能的原因是什麼？</p> <p>學生：嗯～有可能我們盛裝太多氫氧化鈉，氫氧化鈉的量太多，鹽酸濃度又太低，才會這樣。</p>	能推論研究方法是否合適有效（屬於推論式推理中的設計調查及蒐集資料）。
對話式推理 (dialogical reasoning)	考量不同的觀點或在多元參考架構中思考，另一種形式是辯證式推理，是測試對立觀點的強弱。	<p>情境：將尺以繩子懸掛，嘗試將尺以晃動方式輕敲各種物品，聆聽由繩子傳來聲音的音調變化。</p> <p>教師：當你尺敲燒杯和敲桌子，音調有何差別？</p> <p>學生：聽不大出來。</p> <p>教師：你覺得是什麼因素讓你聽不大出來？</p>	能思考自己研究方法的優缺點（屬於對話式推理設計調查及蒐集資料），

表二 學生科學推理的判別類型（續）

推理類型	定義	範例	左邊範例對應 Hogan 和 Fisherkeller 檢核表中的項目
		<p>學生：因為敲燒杯聲音很清脆，可是這好像是燒杯的聲音。</p> <p>教師：那你覺得有什麼方法可以解決這個問題？</p> <p>學生：我再用別的方法敲擊燒杯的聲音，來確定燒杯的聲音。然後，再用尺敲敲看，去除燒杯的聲音，再仔細聽聽看。</p> <p>教師：你發現什麼？</p> <p>學生：聲音都差不多。</p> <p>教師：所以你覺得？</p> <p>學生：應該敲擊物品種類不影響音調的高低。</p>	
評價式推理 (evaluative reasoning)	評價式推理則是根據一些外在判準評斷想法、論點或知識主張的價值或品質。	<p>情境：需設計一投石器，此投石器可調整投石目標物的距離，如何進行設計？</p> <p>教師：你們以何者作操作變因，才可控制射目標物的遠近？</p> <p>學生：我們有想到用槓桿原理，改變施力臂和抗力臂的比例，還有改變投石器的角度，和使用不同的彈性繩。</p> <p>教師：那你們決定用哪一種方式做你們的操作變因？</p> <p>學生：因改變施力臂與抗力臂的距離，要拆繩子又要重綁的，怕投石器會壞掉，改變繩子種類又覺得沒數據做預測，所以，我們應該會改變投石的角度。</p>	能評價這些方法是否恰當且能足夠嚴密蒐集完整資料（屬於評價式推理設計調查及蒐集資料）
統整式推理 (integrative reasoning)	把不同的資訊或知識來源組合成一個整體	<p>情境：需設計一投石器，此投石器可調整投石目標物的距離，如何進行設計？</p> <p>教師：你們以何者作操作變因，才可控制射目標物的遠近？</p> <p>學生：我們將昨天上網查的投石器資料整理討論，發現以正方形的底部來製作最穩定，再加上昨天晚上我用竹筷試做，發現以垂直的三角形做底部上方的支架最穩定。</p>	能結合多種技術蒐集資料以強化研究（屬於統整式推理設計調查及蒐集資料）。

為了確保此質性研究的嚴謹 (Lincoln & Guba, 1985)，於蒐集學生學習資料時，在確實

性 (credibility) 上，與學生進行良好的互動，建立互信基礎，降低觀察者效應的威脅，以具

體明確口語話的方式溝通，利用不同的語句確定學生的意思，隨時反省避免對學生產生干擾；在可轉換性上（transferability），儘量將學生所陳述的感受與認知經驗有效地描述與轉換成文字，除了學生語言的描述外，也要注意非語言方面的察覺，讓資料有完整的脈絡；在可靠性上（dependability），於上課或晤談前應徵求學生同意錄音、錄影，於轉錄引用資料時，亦應儘量以原始資料少以推論的方式來陳述，避免主觀意識介入，並隨時與另一位教師進行分析資料的校正。

研究發現

為了解學生在巢狀探究教學情境下發展出的推理類型與轉變，並探討其原因，我們採取縱向與橫向的方式呈現研究發現。在縱向方式上，以各階段為情境敘述，依單元順序，描述學生的推理類型、出現次數（頻率）以及出現在巢狀探究教學中的情境（情境 I、II、III）。其中，出現頻率的計算為各種推理類型出現的次數除以總推理次數，若同一筆資料出現二種

以上的推理類型，因為學生確實表現出二種以上的類型推理，所以，分別計入各類型的次數；接著進一步提出我們對於個案學生發展出各種推理類型的主張（粗體字）及證據。在橫向方式上，則同時比較三個階段各種推理的轉變情形、遭遇的困難及其出現在巢狀探究教學中時間點的變化，藉此提出我們對於個案學生產生推理類型變化原因的主張及證據。

一、各階段的推理類型

第一階段

在此階段，學生各種推理類型出現的次數比例如表三。其中，比例最高的是分析式推理，依次是推論式推理、不具推理與對話式推理，評價式及統整式推理則未出現。在此階段，學生在探究活動中只能以單一推理方式為主。

在單元一探究活動開始時，大部分的個案學生均聚焦於研究結果的分析，常有不完整的推理，且無法提供充分、完整的證據說明研究結果，但巢狀探究教學所提供的情境 III，讓教師提出問題挑戰，讓學生對於研究結果進行

表三 第一階段個案學生各種推理類型

單元	推理類型	不具推理	分析式	推論式	對話式	評價式	統整式
單元一	情境 I	0	0	0	0	0	0
	情境 II	0	1	0	0	0	0
	情境 III	2	4	0	0	0	0
	次數（比例）	2（29%）	5（71%）	0（0%）	0（0%）	0（0%）	0（0%）
單元二	情境 I	0	0	0	2	0	0
	情境 II	0	9	0	0	0	0
	情境 III	3	0	9	0	0	0
	次數（比例）	3（13%）	9（39%）	9（39%）	2（9%）	0（0%）	0（0%）
合計	次數（比例）	5（17%）	14（47%）	9（30%）	2（6%）	0（0%）	0（0%）

主張：學生開始接觸科學探究學習時，在尋求研究方法（情境 II）與解釋研究結果（情境 III）的過程中，會先出現分析式推理（47%），接著出現推論式推理（30%），並伴隨著部分不具推理（17%）。而當探究教學進入到此階段後期，學生在教師引入科學概念之初（情境 I），其與教師和同儕的對話已出現對話式推理。

解釋、辯證與反思，這促進了學生發展出分析式類型的推理。當教師的探究教學進入到單元二後，學生的分析式推理即提前出現在情境 II，而在情境 III 中，學生開始發展出推論式推理，學生在找尋最佳策略時，即會運用分析式推理，而在統整與檢核研究的結果時，則會使用推論式推理。由此可見，巢狀探究教學中的情境 II 要求學生對研究問題進行分析和情境 III 要求學生對研究結果提出解釋、反思與接受教師的檢驗，促進了學生的分析式推理與推論式推理。在單元二的情境 I 中，學生也出現了對話式推理，教師在引導學生觀察、分析及比較各種科學現象過程中與學生不斷的對話，促進了學生開始發展出對話式推理。

在學生不具科學推理的情形上，主要是學生所提出之論點不具有一致性，與結論無關，因為研究方法未具嚴謹，造成判斷錯誤，因而無法提供完整證據說明。

CS01：第二個實驗，我們拿相同長度的鐵尺和塑膠尺，敲擊桌腳，發現塑膠尺音調最低，照前面所說，音調愈低愈難震動，代表塑膠因為密度較小，不易震動。(單元 1 課室錄影)

在學生的推論式推理類型方面，學生能夠藉由研究現象與研究主題中得到的結果形成結論，並能推論研究方法是否合適有效。

DS03：第三個實驗，我們拿同一把鐵尺敲擊音叉、原子筆殼、竹子，發現音調都相同，這應該是因為都是相同的發音體，所以頻率一樣、音調一樣，而我們實驗會感覺音調不同，是因為我們聽到的是敲擊物品振動的聲音，而不是鐵尺所發出的聲音。(單元 1 課室錄影)

在學生的對話式推理類型方面，學生在對話中的論辯過程，能以多種資料來解釋，並能

從對話中確定研究方法的優、缺點和可行性。

DS02：老師拿來的元素，上面大多有氧化物，所以，只有量密度不準。

T：那你會怎麼做？

DS02：我們會刮乾淨以後再測量。

T：你確定你會刮的乾淨？

DS04：我們還會再輔以其他特性來證明。(單元 2 課室錄影)

學生除了個別出現各種推理類型外，也同時出現分析式推理合併推論式推理情形。學生將實驗現象分立並能有效地決定步驟以回應假設，並能在建立論證時，綜合各種觀點，如同分析式推理一般；而學生的推論式推理則能由各種研究可行方法中推論出可行且有效的研究方法，並能透過研究現象與結果形成結論。

CS04：編號二的元素應該是鋁，除了密度測出來差不多是 3，最接近鋁以外，我們還有丟入鹽酸和氫氧化鈉中，發現二號會溶解，代表它有兩性元素的特性。

CS04：編號三號的元素切面呈現黑色，不具延展性，而且可以導電，所以我們判別是石墨。

CS01：編號四號為鋅，跟鹽酸反應時，冒泡比五號慢，活性較小，密度測出近似於 7，氧化速度快，氧化物是白色的。

CS01：五號是鎂，跟鹽酸反應非常劇烈，代表活性很大，燃燒時有白色火焰，氧化物是白色的。

CS01：測出來密度為 11.3，最接近鉛，且燃燒以後的氧化物為紅色的。我們昨天有查過，那是四氧化三鉛。(單元 2 課室錄影)

第二階段

在此階段，學生各種推理類型出現的比例如表四。其中，出現比例最高的是分析式和推理推論式，其次是對話式推理與評價式推理，而學生不具推理的情形已經消失，並已逐漸發展出各種不同的推理類型。

學生在實驗研究結果的判斷上能綜合多方資料進行分析後，再推論出最合理的結果，也能採多元的資料來強化論證過程，所以，在情境 II 與情境 III 依然出現大量的分析式推理與推論式推理。而教師與同儕的對話式推理仍持續出現，整個巢狀探究的情境是不斷地在對話，教師以對話引導思考建構知識，學生之間以對話進行討論解釋。而且最後也開始出現評價式推理，也就是學生的能力已精熟發展至能由研究結果評價先前假設的正確性，情境 III 要求學生檢視所習得的知識，促進反思研究歷程中所有的細節，產生評價作為下次再修正的基礎。

學生在分析式推理合併推論式推理的現象上，能將複雜的主題分解形成各自獨立的子問

題，再決定步驟加以整合，以回應假設，並能綜合各種觀點建立論證，具分析式推理的特質。另外，也能由研究主題中推導出主要問題與可行方法，具推論式推理特質。

DS04：我們先利用石蕊試紙將 A 和 C 分為酸性、B 和 F 為中性、D 和 E 為鹼性，然後將 AC 溶液與氯化鋇溶液混合，發現 A 會產生白色沉澱，所以，A 為硫酸，C 應為鹽酸。為了再確認，我們在 C 中丟入鎂帶，發現產生的氣體點火會有爆鳴聲，代表是鹽酸和鎂帶產生的氫氣，且溶液不呈混濁，代表為鹽酸。B 和 F 則以本氏液判斷，加熱後發現 B 會變成黃綠色，代表 B 為葡萄糖，F 不是，然後為了確定 F 為食鹽，我們再將水溶液通電，確定可以導電。D 為氫氧化鈉，除了鹼性外且會潮解，E 為氧化鈣，溶於水後對它吹氣會產生白色混濁。(單元 4 課室錄影)

表四 第二階段個案學生各種推理類型

單元	推理類型	不具推理	分析式	推論式	對話式	評價式	統整式
單元三	情境 I	0	0	0	0	0	0
	情境 II	0	11	0	3	0	0
	情境 III	0	0	11	0	2	0
	次數 (比例)	0 (0%)	11 (41%)	11 (41%)	3 (11%)	2 (7%)	0 (0%)
單元四	情境 I	0	0	0	0	0	0
	情境 II	0	12	0	1	0	0
	情境 III	0	0	12	2	0	0
	次數 (比例)	0 (0%)	12 (44%)	12 (44%)	3 (11%)	0 (0%)	0 (0%)
合計	次數 (比例)	0 (0%)	23 (43%)	23 (43%)	6 (11%)	2 (3%)	0 (0%)

主張：學生進入科學探究學習的第二階段後，不具推理的類型消失，在分析研究方法 (情境 II) 與解釋研究結果時 (情境 III)，均分別出現分析式推理 (43%) 與推論式推理 (43%)，對話式推理也在這兩個情境中持續增加 (11%)。此外，在情境 III 中也開始出現評價式推理。

在學生的對話式推理方面，能由對話中的論辯過程，綜合多方觀點並強化研究方法的可行性。

CS03：我們為了判別 A 和 C 哪一個是硫酸，所以，將 A、C 兩溶液加熱，將溶液濃縮後，分別滴在 B 葡萄糖上，發現 A 滴上去後會讓葡萄糖變黃、變黑，所以，我們判定 A 具有脫水性是硫酸。

FS01 (F 組的同學)：你們怎麼知道可以用 B 物質檢驗 A、C 溶液。

CS03：因為我們先檢驗出 B 是葡萄糖後才拿來檢驗 A、C 溶液。

BS04 (B 組的同學)：你們加熱多久？為什麼鹽酸可以聞到味道？硫酸又可以把葡萄糖脫水？那應該要很濃才行，我們也有做，也加熱很久，可是就看不到。

CS03：我們加熱很久，而且量很少，而且就我們查到的資料，鹽酸只要濃度到 30%，就會有氯化氫的氣體。

T：我想第二組也有嘗試過，我看他們也加熱很久，你可不可以說清楚你們花多少時間？

CS03：大概十幾分鐘。

T：你再想想除了加熱比較久之外，你們這組還有多做什麼，所以比較能夠成功？

CS03：我們量很少，而且加熱時用比較大的燒杯。

T：為什麼你們要這麼做？

CS03：因為燒杯比較大，跟空氣的接觸面積也比較大，所以水蒸發的速

度會比較快，所以像硫酸濃度就比較容易提高。(單元 4 課室錄影)

在學生的評價式推理類型方面，能由實驗結果來評斷原先主張的品質。

CS01：這次實驗蠻失敗的，原因有兩個：第一是因為碳酸鈣裝的太緊，使鹽酸無法完全反應，第二是因為原本封好的氣球孔裂開，讓氣體漏出來，所以氣球無法膨脹。

CS04：我們除了漏氣外，其實還包括我們決定用電解，因為為了增加碳酸鈣和鹽酸碰撞需搖晃瓶子，但這樣會使電極無法完全浸在溶液中，電解效果有限。(單元 3 課室錄影)

第三階段

在此階段，學生採分析式推理與推論式推理的比例雖然還是最高(如表五)，但相較於第二階段的比例已減少，且已逐漸發展出對話式推理、評價式推理與統整式推理。

在此階段，學生的對話式推理愈來愈成熟，在對話論證過程，其採用的敘述相較於以往，也變得更加仔細與完整，尤其是情境 II 要求學生對於研究問題提出方法分析與討論，學生需要藉由不斷的對話來提出自己的意見與提供他人自己的想法，在這過程中，促進了學生對話推理類型的發展。評價式推理的次數也在此階段逐漸增加，除了評價先前假設的價值性外，還能綜合各組研究結果，評述他組想法與成品的價值性，最後還能出現統整式的推理，能綜合研究結果與資料，再結合所學的科學知識，進行統整分析。至於情境 III，除了要求學生解釋自己的研究結果，評價自己與他人的研究歷程外，教師也提出問題與挑戰，讓學生在過程中需要結合各種知識才能做出統整性的說明，這歷程一直在促進學生評價與統整類型的推理。

表五 第三階段個案學生各種推理類型

單元	推理類型	不具推理	分析式	推論式	對話式	評價式	統整式
單元五	情境 I	0	0	0	0	0	0
	情境 II	0	6	0	7	1	0
	情境 III	0	1	6	0	2	2
	次數 (比例)	0 (0%)	7 (28%)	6 (24%)	7 (28%)	3 (12%)	2 (8%)
單元六	情境 I	0	0	0	0	0	0
	情境 II	0	6	0	2	0	0
	情境 III	0	0	6	0	1	1
	次數 (比例)	0 (0%)	6 (38%)	6 (38%)	2 (12%)	1 (6%)	1 (6%)
合計	次數 (比例)	0 (0%)	13 (32%)	12 (29%)	9 (22%)	4 (10%)	3 (7%)

主張：學生進入科學探究學習的第三階段後，已沒有不具推理的類型，在分析研究方法時（情境 II），主要是分析式推理（32%）其次是對話式推理（22%），在解釋研究結果時（情境 III），則出現推論式推理（29%）、評價式推理（10%），也開始出現統整式推理（7%）。

學生的分析式推理，能將主題形成關聯的問題，並能決定步驟以回應假設，進而綜合各種觀點建立論證。

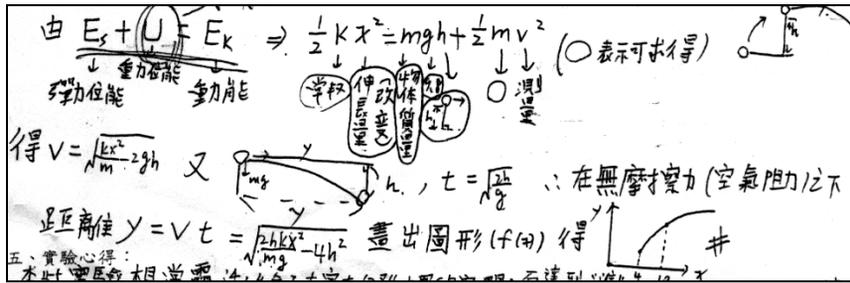
CS05：本組本來預定的規劃是利用吸管開口的斜角以及覆蓋的透明膠帶，使其氣體方向更不均勻，便能增大力矩，雖然兩邊的吸管應是越長越好，但為了不使支點負荷過大，依然是適可而止，但要力求兩邊重量達到平衡。另外，開口小、氣球大、吸管細便可延長轉動時間。（單元 5 課室錄影）

在學生的分析式推理合併推論式推理表現上，對於各種子主題能綜合各種觀點建立論證及發現相互關聯之處，並決定接下來採取的步驟以回應假設，具分析式推理特質。此外，也能由分析出來的可行方法中推論出有效的方法進行研究，得到結果和形成結論，具推論式推理特質。

DS01：我們這組的設計為了使實驗簡單化，只考慮一種操作變因，就是彈性繩的伸長量，其長度的測量以書

架上的格子來做決定，控制變因為彈性繩的數目、槓桿長度的比例、投擲的物品。實驗結果是，當彈性繩拉到第一格時，投擲的距離約 135 公分，第二格時距離約 113 公分，第三格時距離約為 81 公分，第四格約為 30 公分、第五格約為 15 公分。每個實驗七次，去頭去尾，取平均值，由能量守恆的觀點可以發現，重錘所獲得的動能是由彈性繩的彈力位能和槓桿到最高點的重力位能所轉換而來的，所以，若無摩擦力的情況，經換算投擲的距離（Y）與彈性繩的伸長量（X）為的關係圖（如圖二）。（單元 6 課室錄影）。

學生在推論式推理合併統整式推理方面，可以由各種可行方法中推論出有效且可行的研究方法，並由研究結果形成結論，具推論式推理特質；而且能同時將摩擦力、牛頓定律、力矩、圓周運動、空氣阻力等科學知識加以結合，除能綜合知識主體外，亦能切實地操作。



圖二 學生學習單的討論

DS02：藉由氣球噴氣時，會產生一個離開裝置的力，而其反作用力即為此裝置拉回氣球的力，即為向心力。再將氣球吹大不致下垂，使排氣不順，並在氣球上黏膠帶以使氣球整體彈性更不均勻，增加整體的切線速度。再使用質量較輕的竹叉做支架，並在下端黏上圖釘，以減少正向力，減少摩擦力加上粗吸管固定支架，避免增加和試管壁間的正向力，也避免東倒西歪。

DS02：氣球會愈轉愈快，主要是因為氣球飽滿時，有較大的空氣阻力，隨著它變小，阻力也變小，但因氣球排氣速率始終不變，所以，向心力大小不變，阻力變小，加速度就跟著變大。(單元5課室錄影)

學生在對話式推理方面，可以從對話中確定研究方法得優、缺點與可行性。

T：你們用大頭針在裝置下方的目的是什麼？

DS01：因為我們想要減少摩擦力，針的摩擦力最小。

AS03 (A 組的同學)：你們為什麼要在氣球上黏膠帶？

DS04：因為剛開始，我們有先試看

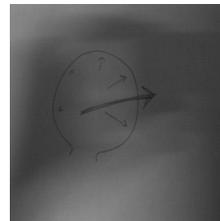
看當氣球不黏膠帶時，它會使系統往哪裡偏轉，來判斷這科氣球可以提供哪一個方向的初速。

BS03 (B 組的同學)：你怎麼解釋氣球可以提供切線初速？

DS03：因為氣球本身厚薄不均，有些地方彈性好，有些地方差，所以可以造成初速。

T：你畫圖來解釋看看。

DS03：就像這樣(如圖三)，因為氣球厚薄不均、彈力不同，所以，氣體對氣球的合力就會偏向某個方向。所以，我們先確定這顆氣球的彈力，再黏膠帶，使它彈性相差更大。



圖三 學生畫出理解的概念

DS04：在整個裝置中，我們不要讓氣球太大，讓整個裝置輕一點。

BS05 (B 組的同學)：氣球不是愈大愈好嗎？

DS04：因為氣球愈大，整體質量如果愈重，向心力就要更大才能轉動。
(單元5課室錄影)

T：你們怎麼這麼快就把模型做好了？

CS05：因為昨天晚上，我想試著用老師的模型做做看，結果發現好像不夠穩，所以就調調筷子的位置，結果就變成這樣。

T：妳要不要試著分析一下你跟老師結構的差別。

CS05：老師的模型都以四方形為主體，我發現底部使用四方形的確穩定，但上方支架若還是四方形，就容易晃動，應該跟數學的道理一樣，有四個點，就比較容易改變形狀，所以我就改用三角形的形狀。(單元6課室錄影)

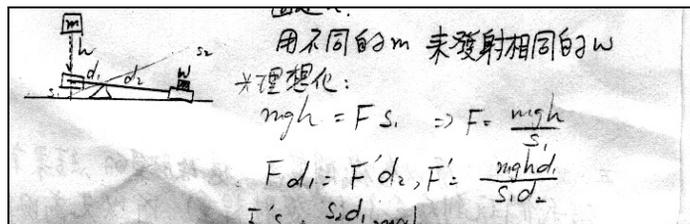
學生在評價式推理方面，可以根據實驗結果與科學知識來評斷原先想法的品質和他組的想法與成品的價值，並能思考出符合邏輯的可行方法。

DS04：原本以為機關算盡，穩操勝算的，結果就是沒有天時、地利、人和，橡皮筋似乎被我們玩到疲乏了，所以，先前測的的數據跟比賽的結果無法吻合，誤差率不小。我想可以克

服橡皮筋疲乏的方法有兩個(現在想到的)：第一、大量尋找K彈性係數相近的橡皮筋以供替換；第二、改變設計，固定h，用不同的m來發射相同的W，理想化 $mgh = FS_1$, $F = mgh/s_1$; $Fd_1 = F'd_2$, $F' = mghd_1/S_1d_2$; $F'S_2 = (S_2d_1/S_1d_2) mgh$ ，可推出相同的結果(如圖四)。(單元6課室錄影)。

學生在統整式推理方面，能將所蒐集的資料與觀察組合來發現及分析問題，並能將研究結果擴展其理論依據。

DS04：本組將其他組與之前考慮的操作變因做一分析：第一、改變橡皮筋數，很難控制橡皮筋的彈性係數，很難採用；第二、改變槓桿比例，若需系統穩定，槓桿重複地拆裝，肯定會影響系統，故難採用；第三、改變投擲物體的質量，此方法可行，但本組未能找到足夠可供比較與分析的物體，所以只好放棄；第四、改變角度，本組之前有考慮過，但無法固定投擲出去的位置，故不採用；第五、改變彈性繩的伸長量，控制變因較易掌握，所以本組採用。(單元6課室錄影)



圖四 學生學習單

二、推理類型的轉變

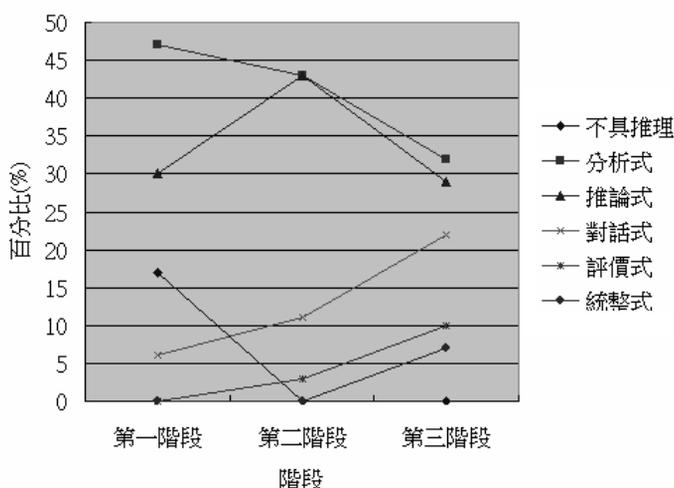
綜合上述每個階段的各種推理形式所占比例，可以得到圖五的發展曲線圖。

開始時，學生因不熟悉探究教學，導致準備不夠、時間不足、分工不良及不了解研究問題的各種方法，因而無法在研究問題分析上展現推論能力，直到有研究結果出現後，再藉由他人提問檢視與自己的反思改良，才能根據結論回頭分析原來的問題。所以，不具推理的形式在第一階段後消失，學生的分析推理類型也跟著出現。當學生探究科學解決問題時，大部分的時間均須對問題進行分析，以找出各項因素和推論出可行的解決策略與步驟。因此，在所有階段中，分析式推理與推論式推理是學生主要展現的推理類型，再加上在巢狀探究教學的過程中，需要不斷地向他人提問、檢視問題、刺激反思、進行分析並推論出問題的重要性與方法的有效性，故分析式推理與推論式推

理常同時並且大量的出現。

DS04：這次實驗可能因實驗前的準備不夠，雖然有簡單決定判別元素的方法，但對於實驗的詳細流程和研究的方法仍一頭霧水，使得很多實驗結果是猜出來的而不是測出來的，大多只能求範圍，因為對研究方法的了解不夠多，加上時間不足、分工不良等都使得實驗效率不佳。(開放式問卷 1230)

DS03：剛開始，我有點不知所措要怎麼做，因為雖然知道判別元素的方法有很多種，但實際會用的只有像測密度這種，後來發現測密度的誤差還挺大的，可能是來自我們的操作，還是老師拿出來的元素已經有點氧化，我們應該再多花點心思了解每個物質的特性，才可以明確地決定步驟。在



圖五 學生各種推理形式在三個階段的曲線圖

主張：學生不具推理的形式在第一階段後消失。分析式推理與推論式推理在三個階段中是最主要的推理形式。而對話式推理則是學生成長速度最快的推理。在最後階段，學生的評價式與統整式推理也逐漸出現。

發問時，我無法捉到他們疏忽的地方、或漏洞，往往都是別人問了，我才知道哪裡出現問題。(開放式問卷 1230)

而學生的對話式推理持續不斷地快速成長，且分布在巢狀探究教學中不同的情境。開始時，學生對自己設計的實驗信心不足，不論在研究問題和研究方法的分析上，或是在實驗結果的討論評量上，他們都需要藉由與教師或同儕的對話，不斷地確認自己的想法。但是，隨著時間的成長，學生逐漸增強信心，也學習了如何與他人一起進行研究、溝通及討論科學。在討論的過程中，整合自己的知識概念和清楚地說明自己論點，並從別人的想法中得到更多的科學理解，所以，對話推理除了肯定學生的理解外，對於促進其他的推理發展也扮演了重要的角色。

CS01：這次實驗，同學都出現了許多創意，而我原本想的可彎曲吸管似乎行不通，因氣體出去時會有不少阻力，再加上作用力和反作用力的影響，所以，可能因為如此轉動效果不佳。(開放式問卷 1103)

CS05：其實理化課這樣子的討論、發表，對我而言，真的是幫助很大，我發現不只是單方面的想法，還能練習用自己的話將心中的想法完整闡述出來，因此，不但能彼此腦力激盪，也可產生更細微、精闢的見解。(開放式問卷 1103)

至中、後時期，學生已逐漸能找到研究的關鍵點與資料解決問題，代表學生愈來愈能找到探究的脈絡，也開始能評價實驗研究方法的合宜性與研究結果的正確性。同時，教師也會提出問題檢核，學生則開始能由詮釋資料中將不同的科學知識進行統整，也會針對他組的研

究結果與自己組別的研究結果進行統整比較，回答教師的問題與挑戰。

DS02：以前做實驗總是不知道從哪裡下手，整組手忙腳亂的，有時還會偷查資料，但現在我們都可以仔細一個步驟、一個步驟的設計和完成，這真的是很大的收穫。(開放式問卷 1103)

CS05：回想起二上剛開始做實驗時，完全不曉得要從哪裡下手，整組人馬忙得不可開交，弄了兩節課都全是失敗，只能到處找資料，再用別人的想法一成不變地做實驗，絲毫不用大腦；如今，實驗不再是難搞的事情，每個步驟都能經過討論、整理、改良，愈來愈懂得注意一些細節，也更能融會貫通，也不再是分章分冊了。(開放式問卷 1103)

討論

由以上發現可知，教師長期使用巢狀探究教學方法運用於國中自然科學教學，可以促進資優生各種科學推理類型的發展。研究中，個案學生在開始以探究方法學習科學時，因為不熟悉這種新的方式，而在討論與解釋研究結果、接受教師的挑戰評量時（情境 III），出現了不具推理的類型。但巢狀探究教學營造導引出學生的想法的情境 I，以及讓學生討論設計研究方法的情境 II，再加上身為資優生有較佳的學習成就背景，雖然在形成問題與設計實驗的過程不具備推論能力，但在詮釋資料時，學生卻也能呈現出單一的分析式推理類型。

其後，隨著探究學習歷程的拉長，學生的科學推理能力與類型呈現愈來愈豐富且多元形式的變化。因為學習科學時，巢狀探究教學情

境 II 要求學生討論、決定變因、設計實驗流程，在情境 III 時要求學生討論、質詢、解釋，學生對於科學現象分析推論出其因果關係，這是最容易做到的。而學生具備了基本的分析推論能力後，便有能力進一步對科學現象提出解釋 (Lipton, 1991)，進而發展出其他的推理能力，所以，學生的分析式推理與推論式推理一直占最高的比例。

在研究中，學生隨著探究經驗的累積，逐漸發展出對話式推理、評價式推理、統整式推理等不同的推理能力。在探究情境下的教學與學習活動，教師引導學生在面對各種科學問題時，需試圖提出合理的解釋、再精緻化及評鑑自己解釋。尤其是巢狀探究教學所營造的情境 II、情境 III，小組成員間彼此討論修正對科學現象所提出的推理主張，教師提出問題與任務評量學生的學習，更深化這方面的學習歷程。所以，學生在長期的探究過程中，藉由不斷地精進本身的分析、評價能力，逐漸提升自己的心智成熟與經驗，而最後發展出評鑑、解釋的能力 (Sandoval & Reiser, 2004)，而且對於科學的問題能以多元和跨領域的知識和解決的策略來統整式進行推理。在探究教學目標中，要求學生需能評鑑自己所探究的成果，並能解決新的問題，這需要學生具備各種探究能力後才能進行，所以，巢狀探究教學由開始的參與，即不斷地架構學生的思考，培養學生觀察、動手做、假設、論證等各方面的科學探究能力，讓學生發展出各種推理的類型，直到學生發展出統整式的推理後，更為精熟地混合運用各種推理來進行科學探究 (Tytler & Peterson, 2005)。

此外，我們也觀察到，學生的對話式推理一直以穩定成長的比率存在於整個探究教學歷程中。在巢狀探究教學中，對話是一直存在且被強調的活動，不論是在情境 I 的學生觀察、思考，情境 II 的設計實驗，情境 III 的討論解

釋研究結果，除了教師要不斷地引導學生觀察、刺激思考外，學生同儕間也持續討論、質詢、辯證，這指出對話性推理對學生在各階段的科學探究學習中扮演了不可或缺的角色。DeVries、Edmiaston、Zan 和 Hildebrandt (2002) 也提出，學生在學習科學時，解釋與論證是表達概念的有效途徑的觀點。Sandoval 和 Reiser (2004) 同樣指出，在探究教學歷程中，無論是參與、解釋、精緻化或評鑑的階段，重視的均是師生與同儕間不斷的對話，鼓勵同儕進行討論論證。在本研究中，教師一步步地由對話中引導學生論證，鷹架學生進行推理的思考，使學生逐漸發展出評價式與統整式的推理。

雖然學生在研究過程中遇到了信心不足、準備不夠、時間不足、不熟悉研究方法、無法掌握研究的情境脈絡等困難，但巢狀探究教學中的小組合作，讓學生可確認自己的想法，增強信心，同學彼此間的支援與對話解決了準備不夠、時間不足的困難，加上不斷的討論發表集思廣益，讓學生愈來愈能評價統整自己的研究，抓到研究上的重要關鍵。

在研究中，雖然每個階段所進行的探究活動主題不同 (例如第一階段的聲波與第二階段的酸鹼鹽)，但對學生而言，其所呈現的難易度均會因為學生所具備的先備知識不同，而表現出來不同的科學推理。由於本研究是長時間地觀察學生的學習，隨著探究歷程的演進，學生依然發展出豐富多元的科學推理類型，這指出了巢狀探究教學對學生科學推理能力的影響，是一直朝正面的方向發展的。

結論與建議

本研究的目的是要了解探究教學對資優生的科學推理類型發展的影響，結果發現，探究教學活動的情境能促進資優生的各種推理的表

現。而在學生發展出多元推理類型的過程中，對話式推理一直發生在師生與同儕間的互動之中，這表示學生藉由這種對話論證，學習自我反思與自我評價的能力（Duschl & Osborne, 2002），並逐漸發展出高層次的推理類型。學生在過程中所遭遇到的困難，也能藉由巢狀探究教學的特色：對話、討論、發表、回饋、分工，增進信心，進而解決實務上的困難。

本研究的結果顯示，長期實施探究教學活動對於資優生的推理能力有實質的幫助，因此，建議未來在數理資優課程中，教師可長期採用探究教學，營造探究教學的環境，如此，將有助於學生推理能力的提升。另外，教師與學生之間的對話引導科學探究，能促進學生的科學推理能力，所以，建議教師在進行科學探究教學時，應不斷地與學生對話，引導學生建構科學知識。

在未來研究部分，由於在研究中不同階段的探究教學課程與活動，因為課程活動內容的特性差異（較具體、或較抽象，較容易進行探究、或不容易進行探究），對學生的推理能力可能產生不同的影響，此面向在本研究中並未涉及，建議日後的研究可針對探究課程的面向進行深入的探討。此外，透過長期的探究教學，個案學生的推理能力的深度與廣度均獲得提升，只不過，這些推理能力是否已固化在資優生身上並能轉換到其他的探究情境，則是日後可探討的方向。

參考文獻

- 丁素雯、段曉林（2007）：巢狀探究教學模式對國二學生探究能力影響之探討。發表於第二十三屆科學教育學術研討會。高雄：國立高雄師範大學。[Ding, Su-Wen, & Tuan, Hsiao-Lin (2007). *Investigation of the nested-inquiry instruction model on the 8th graders' inquiry competence*. Paper presented at the 23rd Annual Conference of Science Education, National Kaohsiung Normal University, Taiwan.]
- 李光烈、劉嘉茹、江新合（2010）：模型化活動模組對國小學童科學推理能力之促進效果。《教育心理學報》，41（4），751-772。[Li, Guang-Lie, Liu, Jia-Ru, & Jiang, Xin-He (2010). Effects of fostering elementary student's scientific reasoning ability through module of modeling activities. *Bulletin of Educational Psychology*, 41(4), 751-772.]
- 李錦坤（2005）：網路化科學推理學習對國小學生燃燒概念重建與推理能力提升之影響。國立交通大學理學院網路學習碩士在職專班碩士論文（未出版）。[Lee, Jin-Kun (2005). *The effects of web-based scientific reasoning on elementary students' conceptual reconstruction of combustion and reasoning*. Unpublished master's thesis, National Chiao Tung University.]
- 林珮君、段曉林（2007）：探究教學對國中生知識觀與學習動機之影響。發表於第二十三屆科學教育學術研討會。高雄：國立高雄師範大學。[Lin, Pei-Jun, & Tuan, Hsiao-Lin (2007). *The impact of inquiry-based teaching on junior-high students' epistemology and motivation*. Paper presented at the 23rd Annual Conference of Science Education, National Kaohsiung Normal University, Taiwan.]
- 周家卉（2006）：國小學童科學推理類型之研究。國立臺南大學自然科學教育學系碩士論文（未出版），臺南。[Zhou, Gu-Hui (2006). *Types of the students' scientific reasoning in elementary school*. Unpublished master's thesis, National University of

- Tainan, Tainan, Taiwan.]
- 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。[Hong, Zhen-Fang (2003). The historical review of inquiry teaching and preliminary exploration of creative inquiry model. *Research Journal of National Kaohsiung Normal University*, 15, 641-662.]
- 黃介仁、段曉林 (2007): 巢狀式探究教學提升國中生科學概念學習成效之行動研究。發表於第二十三屆科學教育學術研討會。高雄: 國立高雄師範大學。[Huang, Jie-Ren, & Tuan, Hsiao-Lin (2007). *An action research investigation the enhancement junior high school student's science learning through inquiry instruction*. Paper presented at the 23rd Annual Conference of Science Education, National Kaohsiung Normal University, Taiwan.]
- 教育部 (2000): 國民中小學九年一貫課程總綱。臺北: 作者。[Ministry of Education (2000). *Taiwan 1-9 curriculum*. Taipei, Taiwan: Ministry of Education.]
- 教育部 (2002a): 創造力教育白皮書。臺北: 作者。[Ministry of Education (2002a). *White paper on creative education*. Taipei, Taiwan: Ministry of Education.]
- 教育部 (2002b): 全國第一次科學教育會議資料。臺北: 作者。[Ministry of Education (2002b). *Documents of the first national conference on education*. Taipei, Taiwan: Ministry of Education.]
- 潘裕豐 (2006): 為何及如何進行創造思考教學。生活科技教育月刊, 39 (2), 38-55。[Pan, Yu-Feng (2006). Why and how creative thinking teaching. *Living Technology Education*, 39(2), 38-55.]
- 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習動機之影響。科學教育學刊, 13, 289-315。[Tsai, Chih-Chung, Tuan, Hsiao-Lin, & Chin, Chi-Chin (2007). Investigation of the nested-inquiry instruction model on the 8th graders' motivation toward learning physical science. *Chinese Journal of Science Education*, 13, 289-315.]
- 蔡執仲、段曉林、靳知勤 (2009): 巢狀探究教學對國二學生覺知教師溝通行為改變之探討。課程與教學季刊, 12 (3), 129-152。[Tsai, Chih-Chung, Tuan, Hsiao-Lin, & Chin, Chi-Chin (2009). Investigating the 8th graders' changes of perception of teachers' communication behavior of nested-inquiry-based instruction. *Curriculum & Instruction Quarterly*, 12(3), 129-152.]
- 蔡典謨 (1998): 資優學生充實課程彙編。高雄: 國立高雄師範大學特殊教育中心。[Tsai, Dian-Mo (1998). *Systems and models for developing programs for the gifted and talented*. Kaohsiung: National Kaohsiung Normal University Special Education Center.]
- 謝州恩、吳心楷 (2005): 探究情境中國小學生科學解釋能力成長之研究。師大學報, 50 (2), 55-84。[Hsieh, Zhou-En, & Wu, Hsin-Kai (2005). Developing the skills sixth graders needs for constructing scientific explanations in inquiry-based learning environments. *Journal of Taiwan Normal University: Mathematics & Science Education*, 50(2), 55-84.]
- Baldwin, V. (1994). The seven plus story: Developing hidden talents among students in socioeconomically disadvantaged environ-

- ments. *Gifted Child Quarterly*, 38, 80-84.
- Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. (2000). *How people learn: Brain, mind experience and school*. Washington, DC: National Academy Press.
- Bybee, R. W. (1997). *Achieving scientific literacy*. Heinemann, NH: Portsmouth.
- Bybee, R. W., & Landes, N. M. (1988). The biological sciences curriculum study (BSCS). *Science and Children*, 25(8), 36-37.
- Colangelo, N., & Davis, G. A. (1997). Introduction and overview. In N. Colangelo, & G. A. Davis (Eds.), *Handbook of gifted education* (2nd ed., pp. 3-23). Boston, MA: Allyn & Bacon.
- Crawford, B. A. (2000). Embracing the essence of inquiry: New roles of science teacher. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(9), 916-937.
- Dalzell, H. J. (1998). Giftedness: Infancy to adolescence-A developmental perspective. *Roeper Review*, 20, 259-265.
- Denzin, N. K., & Lincoln, Y. S. (1994). Introduction: Entering the field of qualitative research. In N. K. Denzin, & T. S. Lincoln (Eds.), *Handbook of qualitative research*. Thousand (pp. 1-18). Thousand Oaks, CA: Sage.
- DeVries, R., Edmiaston, R., Zan, B., & Hildebrandt, C. (2002). *Developing constructivist early childhood curriculum: Practical principles and activities*. New York: Teachers College Press.
- Duschl, R. A., & Osborne, J. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse in science education. *Studies in Science Education*, 38, 39-72.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R. & Scott, P. (1995). *Young Peoples' images of science*. Milton, KE: Open University Press..
- Erickson, F. (1986). Qualitative methods in research on teaching. In M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of reach on teaching* (3rd ed., pp. 119-161). New York: MacMillan Press.
- Ferrell, B., Kress, M., & Croft, J. (1988). Characteristics of teachers in a full day gifted program. *Roeper Review*, 10, 136-139.
- Gerber, B. L., Cavallo, A. M. L., & Marek, E. A. (2001). Relationships among informal learning environments, teaching procedures and scientific reasoning ability. *International Journal of Science Education*, 23, 535-549.
- Halpern, D. F. (1996). *Thought and knowledge: An introduction to critical thinking* (3rd ed.). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Hogan, K., & Fisherkeller, J. (1999). Dialogue as data: Assessing students' scientific reasoning with interactive protocols. In J. J. Mintzes, J. D. Novak, & J. W. Wandersee (Eds.), *Assessing science understanding: A human constructivist view* (pp. 96-124). San Diego, CA: Academic Press.
- Johnson-Laird, P. N., & Byrne, R. M. J. (1991). *Deduction*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Karnes, F. A., & Bean, S. M. (Eds.). (2001). *Methods and materials for teaching the gifted*. Waco, TX: Prufrock Press.
- Khan, S. (2007). Model-based inquiries in chemistry. *Science Education*, 91(6), 877-905.
- Klahr, D., & Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science*, 12, 1-48.
- Kuhn, D., Amsel, E., & O'Loughlin, M. (1988). *The development of scientific thinking skills*.

- New York: Academic Press.
- Kuhn, D. (1993). Science argument: Implications for teaching and learning scientific thinking. *Science Education*, 77(3), 319-337.
- Lawson, A. E. (1978). Development and validation of the classroom test of formal reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 15(1), 11-24.
- Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic Inquiry*. Beverly Hills, CA: Sage Publications.
- Lipton, P. (1991). *Inference to the best explanation*. New York: Routledge press.
- Lott, G. W. (1983). The effect of inquiry teaching and advance organizations upon student outcomes in science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(5), 437-446.
- Loving, C. C. (1997). From the summit of truth to its slippery slopes: Science education's journey through positivist-postmodern territory. *American Educational Research Journal*, 34(3), 421-452.
- Marx, R. W., Blumenfeld, P. C., Krajcik, J. S., Fishman, B., Soloway, E., Geier, R., & Tal, R. T. (2004). Inquiry-based science in middle grades: Assessment of learning in urban systemic reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 1063-1080.
- Marzano, R. J. (1998). *Dimensions of learning-Teacher's manual*. Alexandria, VA: ASCD.
- McDonald, S., & Songer, N. B. (2008). Enacting classroom inquiry: Theorizing teachers' conceptions of science teaching. *Science Education*, 92(6), 973-993.
- McGinnis, J. R., & Stefanich, G. P. (2007). Special needs and talents in science learning. In S. Abell, & N. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 287-317). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Moshman, D. (1997). Cognitive development beyond childhood. In W. Damon (Ed.), *Handbook of Child psychology* (5th ed., pp. 947-978). New York: Wiley.
- National Research Council (1996). *National science education standards*. Washington, DC: Author.
- Renzulli, J., S. (1977). *The enrichment triad model: A guide for developing defensible programs for the gifted and talented*. Mansfield, CT: Creative Learning Press.
- Sandoval, W. A., & Reiser, B. J. (2004). Explanation-driven inquiry: Integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. *Science Education*, 88, 345-372.
- Schauble, L. (1996). The development of scientific reasoning in knowledge-rich contexts. *Developmental Psychology*, 32(1), 102-119.
- Shavelson, R. J., Solano-Flores, G., & Ruiz-Primo, M. A. (1998). Towards performance assessment technology. *Evaluation and Program Planning*, 21, 171-184.
- Shymansky, J. (1984). BSCS programs: Just how effective were they? *The American Biology Teacher*, 46(1), 54-57.
- Songer, N. B., Lee, H. S., & Kam, R. (2002). Technology-rich inquiry science in urban classrooms: What are the barriers to inquiry pedagogy? *Journal of Research in Science Teaching*, 39(2), 128-150.
- Sousa, D. A. (2003). *How the gifted brain learns*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.
- Treffinger, D. J., Isaksen, S. G., & Stead-Dorval, K. B. (2006). *Creative problem solving: An introduction* (4th ed.). Waco, TX: Prufrock

- Press.
- Tytler, R., & Peterson, S. (2005). A longitudinal study of children's developing knowledge and reasoning in science. *Research in Science Education, 35*(1), 63-98.
- VanTassel-Baska, J., & Feldhusn, J. (1994). *Comprehensive curriculum for gifted learners*. Boston, MA: Allyn and Bacon.
- Waight, N., & Abd-El-Khalick, F. (2007). The impact of technology on the enactment of "inquiry" in a technology enthusiast's sixth grade science classroom. *Journal of Research in Science Teaching, 44*(1), 154-182.
- Waters, L. J., Siegal, M., & Slaughter, V. (2000). Development of reasoning and the tension between scientific and conversational inference. *Social Development, 9*, 383-396.
- Wu, H. K., & Krajcik, J. S. (2006). Inscriptional practices in two inquiry-based classrooms: A case study of seventh graders' use of data tables and graphs. *Journal of Research in Science Teaching, 43*(1), 63-95.

收稿日期：2011.11.09

接受日期：2012.05.04

附件一 推理類型檢核表

探究階段	推理類型				
	分析式	推論式	對話式	評價式	統整式
形成問題與假說	<input type="checkbox"/> 將主題與現象以形成許多分立或相關聯的問題	<input type="checkbox"/> 經由主題能推論出重要的研究問題	<input type="checkbox"/> 有考慮另類假說	<input type="checkbox"/> 能評價此研究問題是否重要且值得研究	<input type="checkbox"/> 能將觀察資料與相關文獻資料組合，以發現問題
設計調查及蒐集資料	<input type="checkbox"/> 採取步驟來回應問題	<input type="checkbox"/> 能推論研究方法是否合適有效	<input type="checkbox"/> 能思考自己研究方法的優、缺點	<input type="checkbox"/> 能評價這些方法是否恰當且嚴謹地蒐集完整資料	<input type="checkbox"/> 能結合多種技術蒐集資料以強化研究
詮釋資料與統整資訊	<input type="checkbox"/> 研究結果與另一結果有意義連結	<input type="checkbox"/> 由研究結果，能形成結論	<input type="checkbox"/> 有超過一種以上的方式來解釋資料	<input type="checkbox"/> 能評價研究結果的明確性	<input type="checkbox"/> 能利用研究結果來擴展及吻合自己的理論架構
建立與交流論證	<input type="checkbox"/> 建立論證時，能考量所有觀點	<input type="checkbox"/> 能利用更多證據作為結論建構有利論證	<input type="checkbox"/> 當別人提出對立論證，能為自己的論點辯護	<input type="checkbox"/> 能評價結論與前提是否合乎邏輯	<input type="checkbox"/> 能利用其他研究結果來確認本身的研究成果

資料來源：Hogan & Fisherkeller (1999: 101)。

The Influence of Inquiry-based Instruction on the Changes of Junior-high Gifted Students' Science Reasoning

Cui-Fei Wang Teacher, Taichung Municipal Chu-Jen Junior High School	Chung-Chieh Yu Doctoral student, Graduate Institute of Science Education, National Changhua University of Education	Hsiao-Lin Tuan Professor, Graduate Institute of Science Education, National Changhua University of Education
--	---	--

ABSTRACT

Purpose: Inquiry-based teaching can improve the cognitive skills, learning motivation, and scientific achievements of students. However, few studies explore inquiry-based teaching's influence on gifted students, especially their scientific reasoning. Therefore, this study examines the effects of inquiry-based teaching on the development of scientific reasoning in gifted students from a junior high school. **Methods:** A gifted science class (28 gifted students) from a government school in central Taiwan was selected for this study. The first author who was also the science teacher for this class, applied Nest-Inquiry teaching model (Tsai, Tuan & Chin, 2007) to this gifted science class from the first semester of eighth grade to the first semester of the ninth grade. Several topics from the science textbook were modified to fit the Nested-Inquiry teaching model: sound waves, distinguishing elements, reaction rates, acids, bases and salts, circular motion, work, and energy. The case teacher used inquiry-based teaching to help students familiarize themselves with science inquiry, conduct experiments, group discussion, data analysis, and communicate their findings. Nine gifted students were selected in this study to analyze their findings. There were various sources of data: classroom observation, videotaping of all the inquiry-based teaching, interviews of student groups after each inquiry-based teaching, students' worksheets, students' reflections, and case teachers' lesson plans and reflection notes, videotaping of students' lab experiment skills test, and so on. We employed Halpern's (1996) argumentation criteria and Hogan and Fisherkeller's (1999) categories of scientific reasoning to analyze 9 students' data for the entire duration

of the study period. Two researchers independently analyzed data and discussed their findings to reach a consensus (Erickson, 1986). **Findings:** This study revealed that the various types of students' reasoning (analytical, inferential, dialogical, evaluative, and integrative reasoning) gradually transformed during 3 stages of the study period. Students' reasoning patterns during inquiry activities possessed the following pattern during the first stage: analytic reasoning (47%), inferential reasoning (30%), and no reasoning (17%). Students' reasoning pattern during the second stage: no reasoning disappeared, analytic reasoning (43%), inferential reasoning (43%), and their dialogical reasoning (11%). Students' reasoning pattern during the third stage: analytic reasoning (32%), dialogical reasoning (22%), inferential reasoning (29%), evaluative reasoning (10%), and integrated reasoning (7%). Moreover, students also simultaneously displayed diverse reasoning forms. Dialogical reasoning was the underlying component that facilitated the competency of students' scientific reasoning. **Conclusions/Implications:** Investigating the impact of inquiry-based teaching on the development of scientific reasoning in gifted students from a junior high school was the purpose of this study. Findings indicate that long-term inquiry-based teaching can enhance gifted students' various reasoning performances. Dialogical reasoning can manifest during student-student interactions and teacher-student interactions. Students can develop higher-order reasoning abilities with dialogical reasoning. This study suggests that future science teachers implement long-term inquiry-based teaching to gifted classes to enhance the development of students' reasoning abilities.

Keywords: scientific reasoning, inquiry-based teaching, gifted students