科學教育學刊
2010, 第十八卷第三期, 177-203

Chinese Journal of Science Education
2010, 18(3), 177-203

探究式教學對學童科學論證能力影響之探究

李松濤 [1]　**林煥祥** [2]　**洪振方** [3]

[1] 海軍軍官學校　應用科學系
[2] 國立中山大學　通識教育中心
[3] 國立高雄師範大學　科學教育研究所

（投稿日期：民國 98 年 06 月 29 日，修訂日期：99 年 03 月 03 日，接受日期：99 年 03 月 19 日）

摘要：本研究的目的是以「探究式教學」作爲實驗處理來探討國小學童科學論證能力的變化情形。研究設計以準實驗研究法進行，邀請南部某國小二班共六十一位五年級學童參與。研究工具以自行發展之科學論證能力測驗爲主。研究結果顯示，探究式的教學效果對於學生科學論證能力表現的影響是緩慢而漸進的，其影響在一學期後就可以在迴歸分析的結果中被發現。其次，雖然二班學生的科學論證能力在一學年期間都有顯著的成長，但是實驗組的幅度大於控制組，表示除了生理發展因素之外，「探究式教學」可以有效地影響學生的科學論證能力表現。最後，就能力表現的內容來看，「探究式教學」可以在「推理題」與「控制變因題」上讓學童有比較好的能力成長。

關鍵詞：科學論證能力、探究式教學、控制變因、推理

壹、緒論

一、研究動機

爲了人力素質的提升，世界各國近年來都在教育改革上投注了相當多的心力，我國的九年一貫課程改革設計理念就明文規定了七大學習領域，十項基本能力以及三項課程目標（教育部，1998；National Research Council [NRC], 1996），其目的就是希望透過新的課程理念，讓學生具備有可以帶著走的能力，進而培養出身心充分發展的健全國民。在前述十項國民教育基本能力當中，「表達、溝通與分享」、「主動探索與研究」以及「獨立思考與解決問題」等三項可以說是「自然與科技」這個學習領域當中特別重

視的內容；根據這樣的課程設計理念，「自然與科技」領域學習的主要目標就在於提升學生的「科學與科技素養」，其基本能力的培養則應該表現在「過程技能」、「科學與技術認知」、「科學本質」、「科技的發展」、「科學態度」、「思考智能」、「科學應用」以及「設計與製作」等八個向度。美國國家科學教育標準也在 1996 年指出（NRC, 1996），學校科學教育的目標應該是在培養一個全民都具備科學素養的社會，因此學生在經過學校的科學教育之後，可以「體會到明瞭和理解自然世界後所帶來的豐富感受和興奮心情」、能夠「運用適當的科學過程和原則做出個人的決定」、更可以有能力「智慧地投入有關科學與技術事物的公開論述和辯論」，最後，進而可以「運用以科學素養所帶來的知識、理解和技能來增加經濟的產出力」。

仔細檢視前述二項重要文件所敘述的內容後不難發現，其背後主要的想法就是在於希望學生可以真正成爲所有學習活動的主角，藉由學習過程的主動參與和類似科學家社群活動的情境模擬，希望培養出學生真正可以隨時隨地應用的能力。也因此，科學的探究活動便成了科學教育社群中大力呼籲的一種重要的教學方式。根據文獻分析指出，探究活動之所以受到重視，主要是因爲這種學習過程可以展現出一些科學活動的重要特徵。首先，學生會藉由科學導向的問題而投入專注的思考；其次，在探究的過程中，學生必須重視「證據」的品質，以便可以發展或評估能夠回答問題的相關「解釋」；然後，學生會從證據當中形成合理的解釋來設法回答問題；接著，學生可以藉由不同的解釋，特別是可以反映出「科學理解」的相關解釋，來評估自己的解釋是否合理；最後，學生彼此之間可以互相「溝通」看法，甚至也可以爲自己所提出的解釋來加以「辯護」，這整個探究活動的歷程也可以藉由課室教師的安排與決定，來選擇在探究活動中提供不同程度的指導，而呈現出「引導式探究」或是「開放式探究」等不同形式的探究教學型態（NRC, 2000）。也正因爲探究活動特別強調主動學習的過程，因此這種教學方式的運用經常可以看到一些正向的學習效果（Anderson, 2002）。例如可以增進學生對於科學本質的理解（Cartier & Stewart, 2000）；可以提升學生問題解決的能力（Stewart & Rudolph, 2001）；或是可以幫助學生學習如何去進行現象的觀察、資料的詮釋以及假設的提出（Tomkins & Tunnicliffe, 2001）等。

研究者也認爲，若從我國九年一貫課程當中「自然與科技」領域所強調的「思考智能」基本能力的培養來看，整個探究活動當中存在有許多可以培育學習者思考能力的切入面向。例如一些科學現象的發現與解釋，個人理論的表達與溝通，科學實驗的設計與安排，他人理論的檢驗與批判，甚至是自己主張的論證與辯護等，都是訓練學生「思考智能」的絕佳機會，而這些表達、溝通、批判與論證等過程，正是科學活動當中最精采的部份，也是現今科學教育所希望達到的重要目標，因爲前述這些理性思維的心智習慣，不僅是任何教育過程都希望達到的目的（NRC, 1996），也是身爲二十一世紀公民所不能或缺的基本能力，更是近年來世界各國的科學教育學者所提倡的科學素養當中的重要元素，因爲只有具備科學素養的人，才會對週遭的自然世界感到興趣而且願意去理解它；也才能投入與科學概念或科學活動相關的論述；然後才可能對科學事物的不同主張提出質疑或問題，接著才會試著

去確認問題和探索問題，得到有證據的結論，最後再針對個人的環境、健康或福祉等議題做出明智的決定（Rennie, 2005）。前述這種理性思考的心智過程，其實就是「思考智能」所要強調的重點，換言之，除了科學概念以外，「思考」的能力也應該是各級學校的科學教育所必須重視的主要教學目標之一。

廣泛地說，「思考」包括了一切智能的認知活動，具體地說，也可以專指一些具備複雜形式的認知活動，例如「問題解決」或是「決策」等過程（Holyoak & Spellman, 1993），不論其外顯的名稱有何不同，「思考」就是一個尋找答案的心理歷程，正如同 Ericsson 與 Hastie（1994）所點出的，思考就是「一連串內在符號的活動」（internal symbolic activities），而透過這個活動過程，我們可以得到一些新穎的或是有成果的（productive）想法或結論。因此，若就「思考」的本質而言，我們可以說，思考就是一種推理的歷程。根據 Galotti（1989）的說法，「推理」的過程可以分成形式推理以及非形式推理二大類，前者是指「問題定義清楚、資訊備齊」狀況下的推理，而後者則是指「問題定義不清楚、資訊不全」狀況下的推理。雖然這二種推理歷程在科學知識的建立過程中都扮演了非常重要的角色，但是因爲後者的推理形式比較符合日常生活當中的思維型態，而且也是科學社群當中意見溝通的重要元素，所以近年來特別受到科學教育界的重視（Driver, Newton, & Osborne, 2000; Osborne, Erduran, & Simon, 2004）。

在前述這些研究當中，針對「非形式推理」過程最常被使用的分析工具就是 Toulmin 所提出的論證組型（Toulmin's Argumentation Pattern [TAP]; Toulmin, 1958），因爲「論證」本身就屬於一種非形式的推理型態，它不僅可以同時表現出推理者在思考議題時所考量的資料（data）、依據（warrant）、理論支持（backing）以及主張（claim），甚至也可以表現出狀況條件（qualifier）或是反駁的意見（rebuttal），因此「論證」本身也已經成爲表徵非形式推理歷程的一項重要工具，科教學者們也常常運用這項工具來探究學生對於社會性科學議題的想法或主張（Sadler, 2004; Zohar & Nemet, 2002）。既然「思考」就是一種推理，而推理歷程又可以用「論證」的型態來表徵，所以要瞭解學生的「思考智能」程度，就應該先診斷學生的「論證能力」，而要提升學生的「思考智能」，就應該強化學生的「論證能力」。雖然有關探究活動的國內外研究很多，可是並未曾見過探討「探究式教學」與國小學童科學論證能力變化關係的相關研究，因此本研究的主要目的就是希望以「探究式教學」作爲實驗處理，然後利用 Toulmin（1958）所提出的論證組型（TAP）爲分析架構，來進一步探討學童科學論證能力的變化情形，具體的研究問題如後：(1) 國小學童的科學論證能力是否會因爲教師教學取向的不同（探究 v.s. 傳統）而產生差異？(2) 國小學童的科學論證能力在不同的教學取向中（探究 v.s. 傳統）變化的情形爲何？是否可以看到增進？增進的幅度又爲何？

貳、文獻探討

在科學教育的改革思潮中，「探究」與「論證」已經逐漸成爲最重要的面向之一，主要原因就是因爲這二項能力都和學生「思考能力」的培養與訓練息息相關。「科學」不僅是一個完整的知識體系，更是一種「致知」的方式與途徑，因此「科學教育」的內涵自然也應該適當地反映出這二個元素。以

下分別針對「思考與推理」、「思考與論證」、「論證與教育」以及「探究活動」等相關文獻進行探討。

一、思考與推理

哲人歌德曾經說過：「如何思考比思考什麼來的更重要」。Adey, Robertson 與 Venville（2001）就曾經針對「思考」的重要性提出看法，他們指出，「思考」是我們解決問題時必須要做的事情，「思考」的過程牽涉到我們對於外在世界與內在記憶的資訊處理，得以建立新的理解方式。Swartz（2001）也曾經建議在我們的教學當中應該引入一些重要的「思考」類型介紹給學生，其中包括了如何產生想法（ideas）（例如類比或隱喻）、如何澄清想法（例如分類、對照或分析論證）、如何評估想法的合理性（例如使用證據或推論）以及如何進行複雜的思考任務（例如決策或問題解決）等，以便讓學生能更進一步認識思考。科學思考可以被定義爲是將科學探究的原理或方法運用在推理或問題解決情境的一種應用（Kuhn & Franklin, 2006; Wilkening & Sodian, 2005）。廣義來說，「科學思考」的過程包含了許多心智技能，可以應用在科學探究、實驗設計、證據評估以及科學推論等各種科學活動當中，而其成效則可以表現在概念改變或是科學理解等二方面（Zimmerman, 2007）。

就本質上而言，「思考」就是一個「推理」的過程，雖然在類型上可以分成形式推理與非形式推理二種類型，而且形式推理一直是許多思考研究的重點（Johnson-Laird & Byrne, 1991; Manktelow, 1999），但是就實用性來說，非形式推理才是人們在日常生活當中所慣用的思考歷程（Klaczynski, Gordon, & Fauth, 1997），也是科學社群當中對話的主要型態（Perkins, Farady, & Bushey, 1991; Sadler, 2004），更在科學知識建立的過程中扮演了不可或缺的角色（Tweney, 1991）。近年來，「非形式推理」在各個領域當中都受到高度的重視，也已經成爲教育學者希望學生能夠擁有的重要心智能力之一（Voss, Perkins, & Segal, 1991），主要就是因爲在「非形式推理」的過程中，透過適當的表徵方法，可以讓我們看出推理者或是思考者在處理一些特定命題與決策選項時，所考量的原因與結果、優點與缺點或是贊成與反對等重要的因素，幫助我們更進一步瞭解思考的歷程（Zohar & Nemet, 2002）。

二、思考與論證

Kuhn（1989, 2002）特別強調「科學思考」的特徵就是一種可以區辨及調和理論與證據的能力，例如學生可以透過證據的型態來進行推論就屬於一種重要的歸納因果的推論能力。在科學社群的活動當中，科學家對於自然世界嘗試著提出自己的說明與理解，所有研究結果的主張無論是在個人層次的「產生」與「精鍊」，或是在社群層次的「溝通」與「說服」等過程，都必須透過非形式推理的歷程來達到目的。根據文獻指出，非形式推理的表徵能力就在於「論證」，因此科學家們的核心活動自然也就是論證（Fuller, 1997; Sadler, 2004; Taylor, 1996; Zohar & Nemet, 2002）。其實思考與論證之間的關係本來就非常密切，例如 Billig（1987）就曾經提出思考即是論證的觀念，他指出，我們個人內在的深思熟慮（inner deliberations）就是在單一自我（single self）中進行的沉默論證，而思維的過程就是模仿公開的辯論（modeled upon public debate）。Kuhn（1991）也曾針對前述的看法提出詮釋，她指出，我們對於認爲重要的事情，大部分的思考都是自己和自

己在進行沉默的爭論（silently arguing with ourselves），也就是針對贊成或是反對某種行動、某種觀點或是問題的解答等看法，形成不同的論點而加以權重比較的過程。Kuhn（1992）隨後又提到，這種「思考即是論證」的觀點，其實也是瞭解真實世界智慧（real-world intelligence）的方法之一，因爲透過「論證」可以讓我們看到高層次思考以及推理的過程，只要透過適當地表徵方式，這些歷程都可以表現在人們所持有的信念、所做的判斷以及所提出的主張或結論當中。

三、論證與教育

許多學者都曾經主張論證能力必須視爲是教育的重要目標之一。例如 Siegel（1995）就曾經針對教育的基本目標作出說明，他認爲教育的理想目的在於培養學生的理性（rationality），因此所有教育活動的設計與執行都必須包括二項重要的特徵：其一是重視學生推理的技巧和能力，其二則是重視學生批判思考的精神，而基於論證就是在面對不同想法的爭議時，能夠透過溝通而得到理性解決方案的重要過程，因此他認爲，在以理性爲目的的基本前提要求下，教育和論證之間的關係形成了有效的連結，也成了教育學者們在教育過程中必須重視學生論證能力的重要理由。

另一方面，近年來在科學教育的研究社群中，「論證」已經開始受到相當的注意，也成爲一個新興的重要研究領域（Driver et al., 2000; Osborne et al., 2004），因爲它不僅是一個非常重要的研究主題，也可以是一種研究的取徑（Sadler & Fowler, 2006），因此不論是學生的科學思考或是科學教師的教學思考，都已經開始有許多學者嘗試著運用論證作爲研究主題或是作爲研究方法（Lee & Lin, 2005; Sadler, 2004; Zohar & Nemet, 2002）。仔細思考「論證」之所以受到科學教育學者的重視，其主要原因可以反映在科學的本質以及科學的學習等二方面。在科學的本質方面，Driver 等就曾經呼籲應該在科學教室中建立起「科學論證的規範」（norms of scientific argumentation），因爲學生在科學教育的過程中應該學會分辨什麼是自然世界的實體（reality of the natural world），以及什麼是我們對於這個實體所建構出來的知識，同時也應該理解科學家們是如何地經過「想像的猜測」（imaginative conjecture）、「可用的證據」以及「推理與論證」等過程來形成知識主張的歷程。而在「科學的學習」方面，Lemke（1990）也曾經指出，學習科學就是學習如何說科學，也就是要懂得如何運用科學當中一些特別的語言來進行閱讀、寫作、推理以及溝通；而 Duschl 與 Osborne（2002）也強調在科學的學習當中，除了要讓學生學到我們知道的東西以外，站在科學也是一種致知方式的角度，我們更應該教育我們的學生另外二件重要的事情，其一就是「我們如何致知」，其二則是「我們爲何相信」，前述這種結合「科學解釋」與「證據品質」的理想要求，其實也是學生科學學習的一項重要成果，也說明了「論證」可以在科學教學中所扮演的角色。正如同 Jiménez-Aleixandre, Rodriguez 與 Duschl（2000）所強調的：

> 論證與科學教育特別有關係，因為科學探究的目的就是先要產生理解自然世界的一些知識主張、信念與行動，然後再針對這些知識主張、信念與行動進行辯護。

因此我們可以知道，「論證能力」不僅是科學教育的重要教育目標之一，也是科學素養的重要元素，更因爲它同時也是可以幫

助我們瞭解「思考」的一扇窗口，所以在強調「思考智能」成效的教育改革前提下，我們相信有關學童「科學論證能力」的研究應該有其必要性。

四、探究活動

在科學教育的改革潮流中，「探究」（inquiry）已經成爲一個最重要的主題，例如我國九年一貫課程當中所勾勒的十項國民教育基本能力指標當中，其中「運用科技與資訊」、「主動探索與研究」以及「獨立思考與解決問題」等三項指標就是「探究」能力的具體表現，也可以說是「自然與科技」領域當中的重要教育目標（教育部，1998）。而在美國國家科學教育標準當中，開宗明義強調的科學教育目標就是「科學素養」，而結合「動手活動」（hands-on activities）與「動腦經驗」（minds-on experiences）的主動探究學習方式就是培育科學素養的重要手段，因爲「科學學習是學生做的事情，而不是別人做給他們看的事情」（Learning science is something that students do, not something that is done to them; NRC, 1996, p. 20）。根據 Anderson（2002）的分析指出，美國國家科學教育標準當中所謂的探究其實包括了三種意義：其一是科學家們在研究自然世界時，根據所得到的證據而提出解釋的各種不同方式；其二是學生在科學教室當中的一種主動學習歷程；其三則是教師在教室當中讓學生可以從自己的經驗產生問題，而後進行探索的一種教學策略或評量方式。整體而言，這三種「探究」的意義分別代表了不同的可能研究方向，也反應在近年來科學教育的研究成果當中。例如第一種意義代表的是一種完整的研究歷程，屬於科學社群當中解決問題的主要方式（Chinn & Malhotra, 2002; Hmelo-Silver, Nagarajan, & Day, 2002）；第二種意義代表的是一種理想的學習方式或是實驗技巧，因爲學生可以在這種活動過程當中建構知識、理解概念，甚至瞭解真實科學活動的本質（Chin, Brown, & Bruce, 2002; Flick, 2000; Van Zee, 2000）；而第三種意義代表的則是一種教學手段的運用，有可能可以提升學生在科學學習過程中認知、情意或技能等不同向度的表現能力（Abd-El-Khalick et al., 2004; Gibson & Chase, 2002）。

但是在文獻的分析中卻不難發現，雖然「探究」在學習或教學的研究領域中已經可以看到一些具體的成效，但是也有部分的研究結果指出一些可能存在的限制。例如 Tretter 與 Jones（2003）的研究結果指出，長達二年的探究式教學實驗處理對於高中學生在標準化成就測驗的表現上並沒有看到顯著的進步；Schwartz, Lederman 與 Crawford（2004）的研究結果也主張，光是靠著探究活動並不能提升職前教師的科學本質觀點；Pine 等（2006）的研究也顯示，對於小學五年級的學生來說，接受動手式（hands-on）的課程或是教科書式的課程對於他們探究能力的操作表現並無顯著的影響，前述這些研究結果不禁讓人開始省思：到底「探究教學」或「探究學習」的成效會表現在哪裡？是否有某些向度的可能成效仍然有待探索？ Jiménez-Aleixandre 與 Erduran（2008）就曾經指出，在科學教育的範疇中，「論證」可以被視爲是一種說服，也可以是一種辯護的歷程，而其可能的貢獻包括有：在科學素養中增進「說科學」與「寫科學」的能力；在高層次認知過程中訓練「公開推理」的能力；在科學文化浸淫中培養發展認識判準的能力；以及在批判思考中促進對自身和世界反思的能力。有鑑於前述這些能力與一些文獻

當中所提及「探究」學習或教學的成效非常相近（Chinn & Malhotra, 2002; Duschl & Osborne, 2002; Gibson & Chase, 2002; NRC, 1996, 2000），因此研究者預期「探究」與「論證能力」之間可能有一定的相關性。既然「論證能力」是當今科學教育中的重要目標之一，而且以「探究式活動」作爲實驗處理來檢驗國小學童「科學論證能力」發展變化的國內外相關研究並未曾見過，因此本研究以「探究式教學」作爲實驗處理，來進一步探討國小學童科學論證能力的變化情形。

參、研究方法

爲了配合國小教學班級安排的完整性，同時考量個案教師的方便配合程度，本研究採用準實驗研究法之研究設計，運用完整的國小班級受試者團體參與研究；同時爲了瞭解「探究式教學」的實驗處理對於國小學童科學論證能力的影響，本研究同時採用多組時間系列設計法進行研究（Wiersma, 1995）。以下分別就個案教師的選擇與研究對象、研究工具、資料收集與分析等部分加以說明。

一、個案教師選擇與研究對象

因爲本研究的目的是要以「探究式教學」作爲實驗處理，來進一步探討國小學童科學論證能力的變化情形，因此邀請了南部國民教育輔導團的資深專業國小教師（具有十年以上教學經驗、數理教育碩士學位以及探究教學取向）參與研究，作爲實驗處理班級的個案教師。有關此個案教師的相關教學信念與其探究取向的完整教學實踐內容，可以參考李松濤、林煥祥與洪振方（2007）的研究發現。至於控制組的教師人選則邀請與前述實驗處理組個案教師同校的資淺教師（具有二年的教學經驗、正式代課教師資格、非自然科碩士學位以及教學熱忱）參與研究，作爲控制組的個案教師。整體來說，實驗組個案教師的教學方式是以學習單爲主，其主要教學信念是希望在國小階段培養出學生具備觀摩學習、回饋反思以及自我評量與基本探究的能力，而且他也期待學生可以像科學家一樣運用探究的方式來學習科學，所以，「問題－討論－評量－探索」是他習慣於在探究教學中運用的教學模式。例如教師在拋出適當的問題之後，會讓學生開始小組討論，然後將想法整理在小白板上，最後依序放在黑板上供全班參考，再進行全班的討論或評量，設法聚焦出可行的想法或做法。在學生討論的時候，個案教師會在各組之間引導，設法和學生之間溝通想法或挑戰學生的思考，然後個案教師會請學生上臺來進行報告，向全班分享自己或是組上同學的想法或看法，提供全班形成共識的機會。而且他所問的問題大多屬於「爲何」與「如何」的開放式問題，有助於學生進行深度的思考，和一般教師慣用的「引出－回答－回饋」型式的問題（Gribble, Briggs, Black, & Abell, 2002; Shapiro, 1998）有明顯的不同。根據文獻分析，探究式的教學模式具有一些共同的特徵或階段，例如先讓學生投入一個問題或現象、繼而藉由動手做的活動來測試假設，形成解釋、然後分析與詮釋所收集的資料，建立模式，形成新知識，最後再回顧甚至評量整個的學習過程（NRC, 2000, p. 35），有鑑於這些歷程與實驗組個案教師的教學流程十分相似，因此本研究將其視爲探究式教學的一種取向。至於控制組個案教師的教學方式則以學校規定的教材、習作與進度爲主，舉凡相關的習作或是出版商提供的教具和錄影帶等輔助教學設備都會按照進

度分配使用，而且課本上有提到的概念，教師都會透過問答與習作的方式來確認學生的學習狀況，只是相較於實驗組教師而言，控制組教師的教學焦點比較放在課程內容，而實驗組教師的教學焦點則比較聚焦在學生。實驗班級就以這二位個案教師所負責教授「自然與生活科技」的五年級學生爲主，共計六十一位學童。二個班級學生在前一學期四年級的「國語」、「數學」以及「自然生活與科技」的期末成績獨立性 *t* 考驗顯示，二班學生的程度並無顯著差異（*t* 值介於 -1.06 和 -0.27 之間，*p* 值皆大於 0.05），而且實驗組班級學生的三科平均成績皆低於控制組班級。

二、研究工具

因爲本研究的目的是要以「探究式教學」作爲實驗處理來探討國小學童科學論證能力的變化情形，因此主要研究工具就是研究者自行發展的「學童科學論證能力測驗」。研究者運用三至六個月的時間參考國內、外相關文獻後，自行進行發展與效化六份相關工具（工具範例詳如附錄），用以檢驗學童科學論證能力在研究期程一年半當中所發生的變化情形。每份工具都包含四種類型的題目，分別是概念題、推理題、控制變因題以及統計數字題，題目的發展過程分別經過科學教育領域的教授與國小資深自然科教師加以審查，施測後也以實驗組與控制組二班五年級學生在其四年級的自然與生活科技學期末成績的高分群與低分群爲對象，進行獨立性 *t* 考驗，所得結果 *t* 值介於 2.12 至 4.43 之間（皆達顯著，$p < .05$），表示相關測驗工具具有適當的專家效度與效化歷程。測驗中四種題目的形式都是針對某種情境設計出二位角色的對話與主張，然後請受試學生先勾選贊成的一方說法或主張，或另行提出自己的說法或主張，然後再說明理由。

三、資料收集與分析

本研究的資料收集時間爲期十五個月，自 2006 年 9 月起至 2008 年 1 月止。研究者針對二個參與研究的小五教室班級分別於上、下學期各選定康軒版的二個教學單元（上學期爲「太陽與四季」以及「視力矯正」；下學期爲「水溶液」以及「聲音的探討」）做爲教學觀察的目標。實驗組（A 班）進行偏向「探究式」的教學，上學期二個單元分別使用 20 與 12 節課（共 32 節課），下學期二個單元分別使用 16 與 9 節課（共 25 節課）；控制組（B 班）則進行「傳統式」的教學，上學期二個單元分別使用 16 與 14 節課（共 30 節課）；下學期二個單元分別使用 16 與 8 節課（共 24 節課）。「科學論證能力」測驗時程皆配合個案教師方便運用的時間，前測於五年級上學期開學後一至二週內實施，其餘測驗則於各教學單元段考後一至二週內實施，每次測驗時間爲 45 分鐘，最後二次測驗則在二個班級都升上六年級後施測，以做爲後續追蹤。

測驗評分的標準以 Toulmin（1958）所提出「論證組型」（TAP）當中的主要元素爲主，包括資料、依據、理論支持以及主張等，凡是在學生回答的內容中出現相關的敘述就算得 1 分，每題得分最高爲 4 分，最低爲 0 分。評分過程由研究者與助理研究人員分開進行，評分者相關係數介於 0.81 至 0.94 之間（皆達顯著相關，$p < .05$）。又因爲二班學生六次的測驗得分都與其四年級的「國語」、「數學」、「自然生活與科技」學期末成績以及五年級「前測」成績顯著相關，（*r* 值介於 0.27 至 0.50 之間，$p < .05$），整體來看，其中又以「數學」成績的相關最高（*r* 值介於 0.32 至 0.50 之間，$p < .05$）。所

以選用學生四年級「數學」的學期末成績做爲共變數，進行後續的共變數分析。此外，爲了要瞭解前述各項學科成績因素與教師教學的差異能否預測學童在科學論證能力上的表現，研究者再將學生四年級學期末的「國語」、「數學」與「自然生活與科技」等三項分數以及「教師教學取向」等四項因素當作預測變項，分別以六次的學童科學論證能力施測結果作爲依變項，利用逐步多元迴歸分析法來探討。

肆、結果與討論

本節依據前述二項研究問題以及資料分析之結果，分別提出以下二項主張與相關討論如後。

一、國小學童的科學論證能力會因為教師教學取向的不同而產生差異

本研究期間總共六次的國小學童科學論證能力施測結果與六次測驗得分的共變數分析結果整理如表 1 與圖 1（A 班爲探究式教學，B 班爲傳統式教學）。整體來看，從表 1 與圖 1 的得分結果可以看出二班學童的科學論證思考能力在一學年的正常上課當中（第一次到第四次測驗）都有出現成長的趨勢，A 班學生的得分從 4.63 分增加到 9.38 分，而 B 班學生的得分也從 4.38 分提升到 7.34 分，表示除了教師教學的可能影響之外，學童生理狀況的成熟對於其科學論證思考能力的成長可能也有助益。另外，雖然二班學生在第五次與第六次的後續追蹤測驗當中都出現了分數降低的情形，但是 A 班的分數落差（二次皆爲 0.57 分）要比 B 班的分數落差（分別是 2.65 分和 1.58 分）來得較小，同時整體來看，A 班學生的二次後續追蹤得分都比 B 班學生的得分要高，表示二個班級雖然同時升上六年級，在生理成熟發展狀況類似的狀況下，其五年級「探究式教學」對於學童的科學論證能力的影響比較具有延宕的效果。而從表 1 的共變數分析結果也可以看出，二位教師不同取向的教學方式對於國小學童科學論證能力的表現發生了影響，F 值由第一次的 0.48 逐漸上升至第四次的 8.63，而在後續追蹤的二次測驗中也達到 38.5 與 15.64，p 值更是從第三次的測驗開始就達到顯著差異的水準，A 班的實驗效果量（effect size）也從第三次測驗開始出現，Cohen's d 值分別是 0.47、0.56、1.35 以及 0.82，表示不同教師的教學效果對於學生科學論證能力表現的影響是屬於緩慢漸進式的一種變化形式，會隨著時間拉長而漸漸呈現，經過教師一學期探究教學取向的引導就可以出現顯著的差異。

其次，研究者以二班學生四年級學期末的「國語」、「數學」與「自然生活與科技」等三項分數以及「教師教學取向」等四項因素當作預測變項，分別以六次的學童科學論證能力施測結果爲依變項，所得到的逐步多元迴歸分析結果詳如表 2 所示。從表 2 可以看出，國語成績並非有效預測變項，在五年級整個一學年的教學過程中，從第一次測驗到第三次測驗之間，分別是學生四年級的數學成績或是自然生活與科技的成績可以有效的預測其科學論證能力的表現，其解釋量的範圍在 9% 到 24% 之間（$p < .01$）；但是到了第四次測驗開始，除了數學和自然生活與科技的成績之外，二位教師教學的差異影響就開始出現，一直到六年級最後的二次後續追蹤測驗，整個學生科學論證能力的表現差異當中，教師教學影響可以解釋的比例範圍也有 10% 到 29% 之間（$p < .01$），表示二班教師的教學取向差異在大約經過一個半學期，也就是約九個月之後，會在學生科學論證思考能力的表現上看到影響。雖

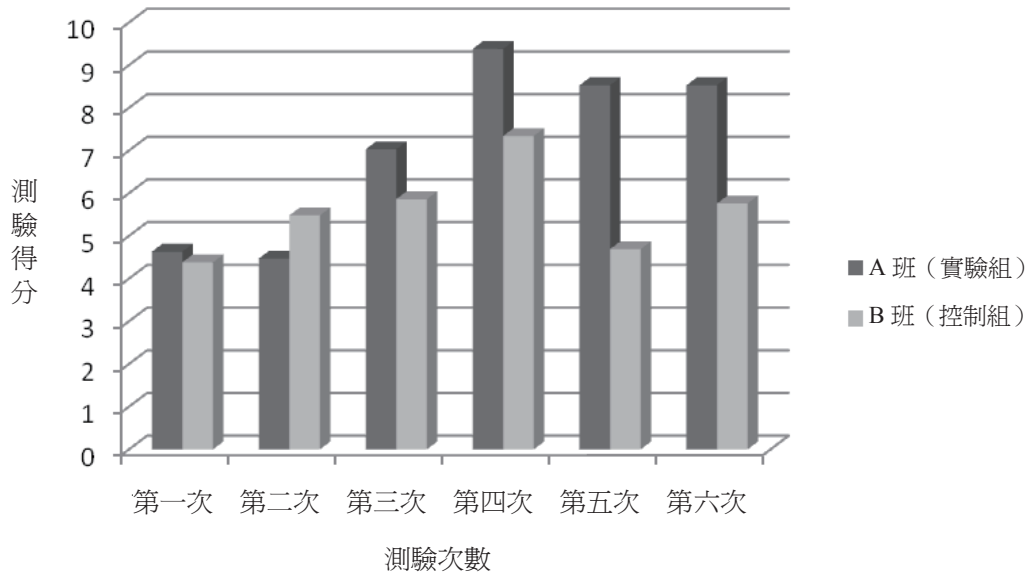


圖 1：二個班級六次測驗得分的比較圖

表 1：二個班級六次測驗分數的平均值、標準差（括號內）與共變數考驗結果

題數	班級	第一次測驗	第二次測驗	第三次測驗	第四次測驗	第五次測驗	第六次測驗
第一題	A 班	1.59(1.88)	2.13(1.07)	2.06(1.24)	2.59(1.34)	2.31(1.09)	2.72(1.35)
（概念題）	B 班	1.17(1.69)	2.48(1.06)	1.79(0.82)	2.24(1.27)	2.03(1.09)	1.66(1.23)
第二題	A 班	0.59(1.04)	0.72(0.99)	1.37(1.13)	1.75(1.50)	2.00(1.44)	1.66(1.43)
（推理題）	B 班	0.97(1.15)	1.03(1.12)	1.28(0.96)	1.45(1.43)	0.90(1.08)	0.79(0.73)
第三題	A 班	0.59(0.80)	0.78(1.01)	1.31(1.03)	2.63(1.50)	1.88(1.36)	1.97(1.64)
（控制變因）	B 班	0.72(1.07)	1.00(1.31)	1.07(0.96)	1.52(1.62)	0.72(1.10)	1.59(1.52)
第四題	A 班	1.84(1.61)	0.84(1.05)	2.28(1.44)	2.41(1.46)	2.34(1.52)	2.19(1.20)
（統計數字）	B 班	1.52(1.55)	0.97(1.48)	1.72(1.00)	2.14(1.22)	1.03(1.35)	1.72(1.36)
總計	A 班	4.63(3.45)	4.47(2.55)	7.03(2.79)	9.38(3.13)	8.53(3.28)	8.53(3.77)
	B 班	4.38(3.49)	5.48(3.42)	5.86(2.45)	7.34(3.64)	4.69(2.84)	5.76(3.39)
F 值		0.48	1.34	4.22	8.63	38.50	15.64
p 值		0.49	0.25	0.04*	0.005**	0.000***	0.000***

註：A 班（實驗組）32 人，B 班（控制組）29 人。

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

表 2：二班學生六次測驗的逐步多元迴歸分析結果

依變項	自然成績影響（四年級）	數學成績影響（四年級）	教師教學影響（探究 v.s. 傳統）
第一次測驗成績		24.0%***	
第二次測驗成績		10.6%**	
第三次測驗成績	9.5%**		
第四次測驗成績		17.2%***	10.7%**
第五次測驗成績		22.1%***	28.6%***
第六次測驗成績	23.0%***		14.6%***

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

然文獻上對於「探究式教學」的成果不一定出現一致的結論，例如 Tretter 與 Jones（2003）的研究結果就指出，長達二年的探究式教學實驗處理對於高中學生在標準化成就測驗的表現上並沒有看到顯著的進步，Pine 等（2006）也提出，小學五年級學生的探究操作表現並不會因爲接受「動手做」的課程而和「教科書式」的課程出現顯著的差異，但是本研究的結果則發現，雖然生理狀況的成熟對於學童科學論證能力的成長可能也有助益，但是國小五年級學童的科學論證能力表現會因爲教師上課方式傾向的不同而產生差異，而偏向「探究式」的教學方式比較可以幫助學生提升科學論證能力的表現。

二、國小學童的科學論證能力在不同的教學取向環境中會隨著時間而產生緩慢漸進的變化，雖然二班學生的科學論證能力在一學年期間都有顯著的成長，但是實驗組的幅度大於控制組，若就能力表現內容來看，「探究式教學」可以在「推理題」與「控制變因題」上讓學童有比較好的能力成長

A 班與 B 班六次測驗的重複量數分析結果整理如表 3 與表 4。由表 3 可以看出，A 班在五年級整個一學年的正常教學過程中，學生科學論證能力的表現呈現穩定的成長，從下學期的第三次測驗開始，就已經和上學期的第一、二次測驗之間出現顯著差異（$p < .001$），到了第四次的測驗，更是分別與第一、二、三次的成績之間出現顯著差異（$p < .001$），即使到了學生升上了六年級之後的第五次和第六次的後續追蹤測驗，雖然成績表現有一些下滑的現象，但是仍然和第一、二、三次的測驗之間保持著顯著差異。這個結果顯示，國小學童的科學論證思考能力可以在科學教師所營造的探究式教學學習環境中出現穩定而顯著地成長，只要經過大約一個學期左右就可以看出初步的成效，甚至在經過了一學年的學習之後，這種能力仍然具有延宕的效果，表示「探究式教學」可以有效地培養國小學生思考的能力。

其次，從表 4 的結果可以看出，B 班在經過五年級整個一學年的正常教學過程後，學生科學論證思考能力在下學期的第四次測驗結果也與前面的三次測驗之間出現了顯著差異（p 值在 .001 至 .05 之間），但是這個差異表現並不穩定，到了學生們升上六年級之後的第五次和第六次的後續追蹤測驗時，反而出現了得分下降的情形。這個結果的可

表 3：A 班學生論證能力的重複量數分析結果

測驗次數	平均分數	標準差	*F* 值	事後考驗結果
第一次	4.63	3.45	26.33***	
第二次	4.47	2.55		
第三次	7.03	2.79		3rd > 2nd***, 3rd > 1st***
第四次	9.37	3.13		4th > 1st***, 4th > 2nd***, 4th > 3rd***
第五次	8.53	3.28		5th > 1st***, 5th > 2nd***, 5th > 3rd**
第六次	8.53	3.77		6th > 1st***, 6th > 2nd***, 6th > 3rd*

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

表 4：B 班學生論證能力的重複量數分析結果

測驗次數	平均分數	標準差	*F* 值	事後考驗結果
第一次	4.38	3.49	6.20***	
第二次	5.48	3.42		
第三次	5.86	2.45		3rd > 1st**, 3rd > 5th*
第四次	7.34	3.64		4th > 1st***, 4th > 2nd**, 4th > 3rd* 4th > 5th***, 4th > 6th***
第五次	4.69	2.84		
第六次	5.76	3.39		

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

能意義是，雖然控制組的教學環境比較偏向傳統式的情境，但是在教師的教學與學生生理逐漸發展成熟的雙重影響下，學生們在前面四次的測驗當中也能夠呈現出一些成長的趨勢，但是其成長的幅度與穩定性仍然不如 A 班學生的表現理想，而在圖 1 當中也能看到有關前述二個班級學生科學論證思考能力表現的發展趨勢比較，從其中的趨勢可以看出，A 班學生的表現相較於 B 班的學生而言，整體上可以看出比較好的延宕效果。

另外，因爲本研究的測驗工具當中包括了概念題、推理題、控制變因題以及統計數字題等四種類型的題目，如果將表 1 當中二個班級學生在六次測驗當中的表現分成前述四種類型的題目來加以分析，所得到的圖形詳如圖 2 至圖 5 所示。從這些圖形可以看出，大體而言，雖然在第一、二次的測驗當中，二組學生的得分表現互有高低，但是從第三次測驗開始，A 班學生的科學論證能力在四種類型題目當中的表現都超越了 B 班的學生。這個現象可以再次地說明，就國小高年級的學童而言，「探究式教學」的學習環境對於學生科學論證能力的影響成果可以漸進地反映在科學學習的不同向度上，例如概念的學習、推理的運用、控制變因的理解以及明瞭統計數字的意義等，只要科學教師有心嘗試，大約一個學期可能就可以看出成效。

最後，前述的分析結果也顯示，實驗組與控制組的平均得分差異在第三次測驗開始就已經達到顯著差異，因此研究者將二班學生在一學年之間四次測驗的各題得

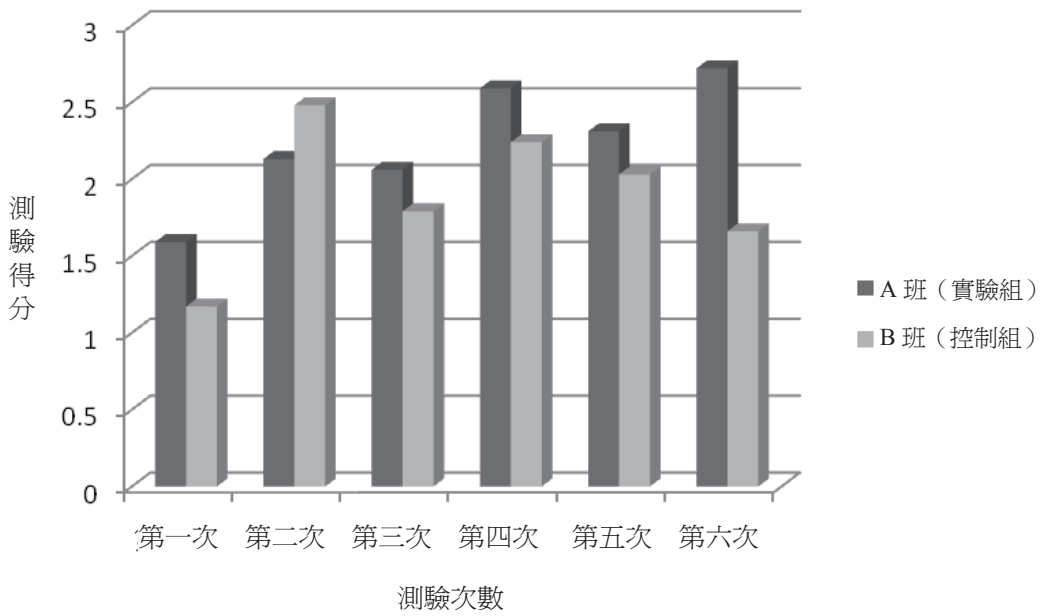


圖 2：二個班級六次「概念題」得分的比較圖

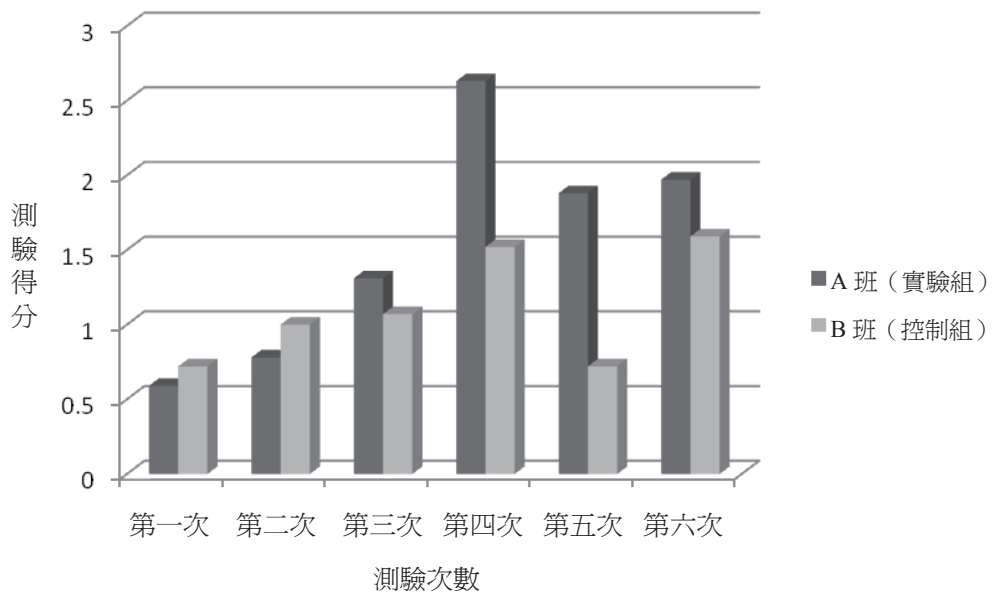


圖 3：二個班級六次「推理題」得分的比較圖

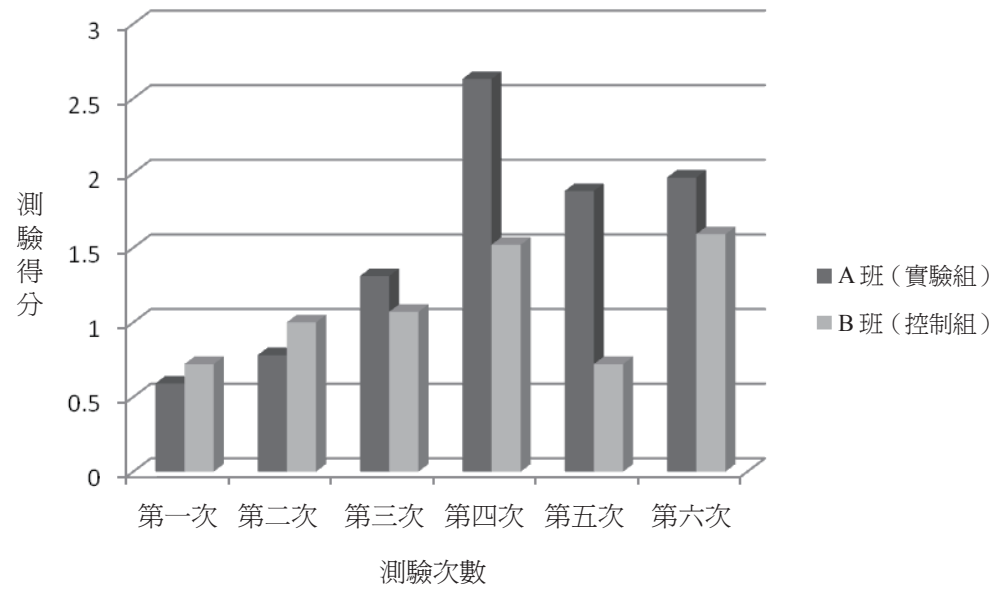


圖 4：二個班級六次「控制變因題」得分的比較圖

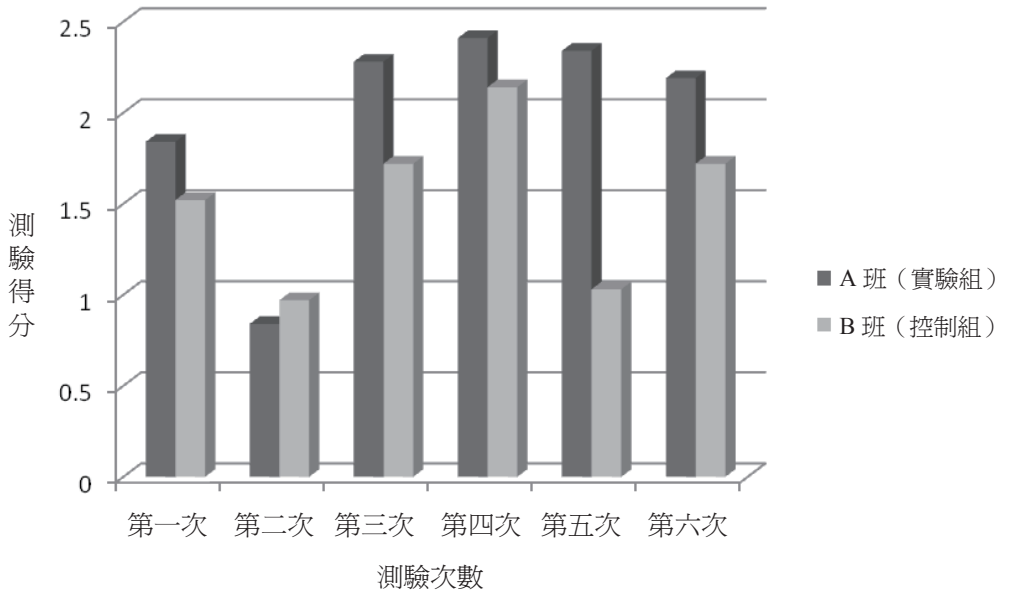


圖 5：二個班級六次「統計數字題」得分的比較圖

分百分率變化整理如表 5 至表 8 所示，因爲評分標準是以 Toulmin（1958）所提出「論證組型」（TAP）當中的主要元素爲主，凡是在學生回答的內容中出現資料、依據、理論支持以及主張等相關的敘述就算得 1 分，而分析過程中也發現，論證能力較差的學生可能會得到 0 分或是 1 分（只會提出主張或資料，或是只說出依據），而論證能力較好的學生可能會得到 3 分或是 4 分（會同時提出論證組型中的重要元素），因此以下的討論，研究者將聚焦在此二種類型學生（0 分或 1 分爲低分群，3 分或 4 分爲高分群）在第一次與第四次測驗得分的變化上，做進一步的探討。

首先從表 5 可以看出，概念題第一次測驗的得分中低分群的學生比例在 A 班約有 59.4%，在 B 班約有 72.5%，而高分群的學生比例在 A 班約有 37.5%，在 B 班約有 24.1%。到了第四次測驗，A 班的低分群的學生比例已經下降到 18.8%，B 班也下降到 20.7%；至於高分群的學生比例在 A 班則是上升到 59.4%，B 班也上升到 48.3%。由前述比較可以發現，二組學生在經歷過一學年的教學實驗後，A 班的低分群學生比例降低了約 40.6%，高分群學生比例上升了約 21.9%；而 B 班的低分群學生比例下降約 51.8%，高分群學生比例上升約 24.2%。這個結果顯示，A 班的探究式教學與 B 班的傳統式教學對於學生概念的學習影響差異並不大，主要的原因可能是因爲概念學習的成果比較多元，而本測驗工具內只有一題屬於概念性的問題，而且各次測驗分別是配合不同的教學主題概念出題，所以比較看不出直接的影響，但是整體而言，經過一學年的教學實驗後仍然是以 A 班學生的表現較好。

其次從表 6 可以看出，推理題第一次測驗的得分中低分群的學生比例在 A 班約有 87.5%，在 B 班約有 79.3%，而高分群的學生比例在 A 班只有約 9.4%，在 B 班約有 20.7%。可是到了第四次測驗時，A 班低分群的學生比例已經下降到 40.7%，B 班也下降到 62.1%；至於高分群的學生比例在 A 班則是上升到 34.3%，B 班也上升到 31%。由前述比較可以發現，二組學生在經歷過一學年的教學實驗後，A 班的低分群學生比例降低了約 46.8%，高分群學生比例則上升了約 24.9%；相較於 B 班的低分群學生比例下降只有 17.2%，高分群學生比例上升只有 10.3%，顯然二者的教學實驗影響出現了

表 5：二班學生「概念題」四次測驗成績的學生得分百分率

班別	得分	第一次	第二次	第三次	第四次
A 班	0 分	53.1	9.4	9.4	12.5
	1 分	6.3	18.8	31.3	6.3
	2 分	3.1	25.0	15.5	21.8
	3 分	3.1	43.8	31.3	28.1
	4 分	34.4	3.0	12.5	31.3
B 班	0 分	58.7	7.0	3.4	17.3
	1 分	13.8	10.3	31.0	3.4
	2 分	3.4	20.7	51.8	31.0
	3 分	0	51.7	10.4	34.5
	4 分	24.1	10.3	3.4	13.8

表 6：二班學生「推理題」四次測驗成績的學生得分百分率

班別	得分	第一次	第二次	第三次	第四次
A 班	0 分	65.6	56.3	31.3	34.4
	1 分	21.9	21.8	18.7	6.3
	2 分	3.1	18.8	31.3	25.0
	3 分	6.3	0	18.7	18.7
	4 分	3.1	3.1	0	15.6
B 班	0 分	44.8	44.9	24.2	34.5
	1 分	34.5	17.3	34.5	27.6
	2 分	0	31.0	31.0	6.9
	3 分	20.7	3.4	10.3	20.7
	4 分	0	3.4	0	10.3

表 7：二班學生「控制變因題」四次測驗成績的學生得分百分率

班別	得分	第一次	第二次	第三次	第四次
A 班	0 分	50.0	46.9	28.1	12.5
	1 分	46.9	40.6	21.9	15.6
	2 分	0	3.1	43.8	12.5
	3 分	0	6.3	3.1	15.6
	4 分	3.1	3.1	3.1	43.8
B 班	0 分	55.3	41.4	34.5	44.8
	1 分	31.0	44.8	31.0	6.9
	2 分	3.4	0	27.6	20.7
	3 分	6.9	0	6.9	6.9
	4 分	3.4	13.8	0	20.7

表 8：二班學生「統計數字題」四次測驗成績的學生得分百分率

班別	得分	第一次	第二次	第三次	第四次
A 班	0 分	28.1	50.0	15.6	21.8
	1 分	21.9	25.0	18.8	3.1
	2 分	15.6	18.8	12.5	9.4
	3 分	6.3	3.1	28.1	43.8
	4 分	28.1	3.1	25.0	21.9
B 班	0 分	31.0	62.1	0	13.8
	1 分	34.6	10.3	58.6	20.7
	2 分	10.3	10.3	17.2	6.9
	3 分	0	3.4	17.2	55.2
	4 分	24.1	13.9	7.0	3.4

差異。這個結果顯示，A 班的探究式教學與 B 班的傳統式教學對於學生推理能力的學習有相當程度的影響，主要的原因可能是因爲在探究式教學中，學生們必須同時學著「動手」與「動腦」，而且必須學習如何根據所得到的證據來提出各種不同的解釋方式（Anderson, 2002; Chin et al., 2002），因此可以養成一種獨立思考與解決問題的心智習性。

另外從表 7 則可以看出，控制變因題第一次測驗的得分中低分群的學生比例在 A 班高達約 96.9%，在 B 班也有約 86.3%，而高分群的學生比例在 A 班僅有約 3.1%，在 B 班約有 10.3%。可是到了第四次測驗時，A 班的低分群的學生比例已經大幅下降到約 28.1%，B 班只下降到 51.7%；至於高分群的學生比例在 A 班則是大幅上升到 59.4%，B 班卻只上升到 27.6%。由前述比較可以發現，二組學生在經歷過一學年的教學實驗後，A 班的低分群學生從 96.9% 下降到 28.1%，高分群學生從 3.1% 大幅上升到 59.4%，相較於 B 班學生而言，呈現出相當大的變化幅度，表示有許多學生從幾乎完全不熟悉控制變因的狀態轉化爲瞭解控制變因的意義，這點顯示出 A 班的探究式教學對於學生控制變因概念的學習有很正向的幫助，主要的原因可能是因爲在探究式教學中，學生們必須學習像科學家在真實的科學問題解決情境中去設計實驗來檢驗假設一樣，所以對於可能影響實驗結果的因素就可以有比較完整的控制想法或概念（Zimmerman, 2007）。

最後從表 8 可以看出，統計數字題第一次測驗的得分中低分群的學生比例在 A 班約有 50%，在 B 班也有約 65.6%，而高分群的學生比例在 A 班約有 34.4%，在 B 班約有 24.1%。到了第四次測驗，A 班的低分群的學生比例已經下降到 24.9%，B 班也下降到 34.5%；至於高分群的學生比例在 A 班則是上升到 65.7%，B 班也上升到 58.6%。由前述比較可以發現，二組學生在經歷過一學年的教學實驗後，A 班的低分群學生比例降低了約 25.1%，高分群學生比例則上升了約 31.3%；相較於 B 班的低分群學生比例下降有 31.1%，高分群學生比例上升有 34.5%。這個結果顯示，A 班的探究式教學與 B 班的傳統式教學對於學生由統計數字看出意義的學習影響差異並不大，主要原因可能是統計數字題的測驗方式是以表格呈現，學生們必須從表格中的數字看出意義才能夠透過論證來表達出自己的看法，而這個部份在二班的教學過程當中都未曾在相關的課程內容中出現過，所以二班學生的表現差異並不大。

伍、結論與建議

一、結論

根據前述的結果與討論，本研究提出以下三點結論：

(一) 國小學童的科學論證能力會因為教師上課方式的不同取向而產生發展上的差異

本研究結果發現，雖然生理狀況的成熟對於學童科學論證能力的成長也有助益，但是「探究式」取向的教學比較可以幫助學生提升科學論證能力的表現，而且比較具有延宕的效果。此外不同教師的教學效果對於學生科學論證能力表現的影響呈現緩慢漸進的變化，學習效果會隨著時間拉長而漸漸出現，教師經過約一學期的持續引導就可以出現顯著的差異。

(二) 國小學童科學論證能力表現同時受到學科成績與教師教學取向等二項因素的影響

本研究的逐步多元迴歸結果發現，在五年級上學期的教學過程中，學生們四年級的數學成績可以解釋其科學論證能力表現 10.6% 到 24% 之間（$p < .01$）的變異，而到了下學期，二位教師教學的差異影響就開始出現，其可以解釋的比例範圍也在 10% 到 29% 之間（$p < .01$），表示教師教學取向差異的影響可能需要一些時間的醞釀，才會在學生科學論證能力的表現上看到變化。

(三) 實驗組的教學處理對於國小學童科學論證能力的表現以推理題和控制變因題的影響較大

在推理題部分，一學期持續的教師引導可以降低低分群學生約 46.8%，提升高分群學生約 24.9% 的比例，而在控制變因題部分，則可以降低低分群學生約 68.8%，提升高分群學生約 56.3% 的比例，相對於控制組的教學而言，顯然「探究式」取向的教學可以有效地大幅提升國小學童科學論證能力在推理與控制變因這二個範疇的表現。

二、建議

根據前述的研究結論，本研究提出以下幾點建議：

(一) 應該重視科學師資培育的重要性

科學師資的培育一直是科學教育中最重要的議題之一，因爲學生「科學思考」的運作以及「科學論證」的展現都牽涉到一些重要的心智技能，而且其中一些技能對學童而言並不會自行規律性地發展（routinely develop），所以絕對有必要透過教學的介入來幫助學生（Kuhn & Franklin, 2006）。本研究中控制組的教師人選特意地邀請具備非自然科碩士學位以及具教學熱忱且與實驗組教師同校的資淺教師參與研究，就是希望突顯科學教師的本質在科學教育中的重要性。雖然二位個案教師教學信念與教學方式或有差異，但是本研究將這些差異視爲探究教學能力之差異，期望以此來表達實驗操弄之設計，在變因之考量上仍有精進之空間，建議爾後可以進一步尋找具有相同熱忱之教師參與後續的比較研究。以本研究結論而言，控制組班級學生與實驗組班級學生的科學論證能力表現在正常教學中都會獲得成長，但是顯然地，學生在專業資深的科學教師所營造的探究教學取向環境中比較能夠得到更好的學習效果。因此，在師資培育日漸開放多元的前提下，研究者建議，爲了能有效地培育出具備「科學素養」的下一代，科學師資的專業培育應該是刻不容緩的事情。

(二) 應該重視科學學習成果的評量方式

Tretter 與 Jones（2003）的研究結果曾指出，探究式教學的實驗處理對於高中學生的標準化成就測驗表現並沒有顯著的影響，但是本研究的結論卻發現，探究式教學的實驗處理對於國小學童的科學論證能力有顯著的影響，二者之間的結論差異可能原因就在評量的方式不同。近年來，我國學生在國際上的科學評量表現屢屢獲得佳績，但是仍有精進的空間，例如「形成科學議題」的能力或是「科學論證」的能力。但是顯然地，如果在科學教育改革的規劃中，缺乏應該配合的評量方式推行，則不但有心改革的教師看

不到成效，整個社會也會質疑改革的必要性。其實，科學思考與科學知識一直是科學教育者所關心的重要科學學習成效，除了基本的科學概念學習之外，科學思考的教育與訓練更是強調科學素養時所不能忽略的一項重要範疇（Kuhn, 2002; Kuhn & Franklin, 2006; Wilkening & Sodian, 2005）。如何設計出可以評量科學思考教育成效的測驗工具以利後續的學習或教學成效追蹤，可能是科學教育者必須關心的議題之一，而本研究的研究工具設計方向或許可以提供有興趣的科學教育研究者一些參考。

誌謝

本論文承蒙行政院國家科學委員會補助相關研究經費（計畫編號 NSC96-2511-S-012-001），謹在此致謝。另投稿過程中，感激多位審查委員撥冗審閱並惠予指導，在此特致謝忱。

參考文獻

1. 李松濤、林煥祥、洪振方（2007）。運用視覺敘事法探討科學教師的教學決策——一位自然領域國教輔導員的個案研究。**高雄師大學報，23**，77-98。
2. 教育部（1998）。**國民教育階段九年一貫課程總綱綱要**。臺北市：教育部。
3. Abd-El-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Hofstein, A., Mamlok-Naaman, R., et al. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, *88*(3), 397-419.
4. Adey, P., Robertson, A., & Venville, G. (2001). *Let's think! A programme for developing thinking in five and six years olds*. London: NFER Nelson.
5. Anderson, R. D. (2002). Reforming science teaching: What research says about inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, *13*(1), 1-12.
6. Billig, M. (1987). *Arguing and thinking: A rhetorical approach to social psychology*. New York: Cambridge University Press.
7. Cartier, J. L., & Stewart, J. (2000). Teaching the nature of inquiry: Further developments in a high school genetics curriculum. *Science and Education*, *9*(3), 247-267.
8. Chin, C., Brown, D. E., & Bruce, B. C. (2002). Student-generated questions: A meaningful aspect of learning in science. *International Journal of Science Education, 24*(5), 521-549.
9. Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, *86*(2), 175-218.
10. Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, *84*(3), 287-312.
11. Duschl, R. A., & Osborne, J. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse in science education. *Studies in Science Education*, *38*(1), 39-72.
12. Ericsson, K. A., & Hastie, R. (1994). Contemporary approaches to the study of thinking and problem solving. In R. J. Sternberg (Ed.), *Thinking and problem solving* (pp. 37-82). New York: Academic Press.
13. Flick, L. B. (2000). Cognitive scaffolding that fosters scientific inquiry in middle

level science. *Journal of Science Teacher Education*, *11*(2), 109-129.
14. Fuller, S. (1997). *Science*. Buckingham, UK: Open University Press.
15. Galotti, K. M. (1989). Approaches to studying formal and everyday reasoning. *Psychological Bulletin*, *105*(3), 331-351.
16. Gibson, H. L., & Chase, C. (2002). Longitudinal impact of an inquiry-based science program on middle school students' attitude toward science. *Science Education*, *86*(5), 693-705.
17. Gribble, J., Briggs, S., Black, P., & Abell, S. K. (2002). Questioning. In J. Wallace & W. Louden (Eds.), *Dilemmas of science teaching* (pp. 143-157). London: Routledge.
18. Hmelo-Silver, C. E., Nagarajan, A., & Day, R. S. (2002). "It's harder than we thought it would be": A comparative case study of expert-novice experimentation strategies. *Science Education*, *86*(2), 219-243.
19. Holyoak, K. J., & Spellman, B. A. (1993). Thinking. *Annual Review of Psychology*, *44*, 265-315.
20. Jiménez-Aleixandre, M. P., & Erduran, S. (2008). Argumentation in science education: An overview. In S. Erduran & M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research* (pp. 3-25). London: Springer.
21. Jiménez-Aleixandre, M. P., Rodriguez, A. B., & Duschl, R. A. (2000). "Doing the lesson" or "doing science": Argument in high school genetics. *Science Education*, *84*(6), 757-792.
22. Johnson-Laird, P. N., & Byrne, R. M. J. (1991). *Deduction*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
23. Klaczynski, P. A., Gordon, D. H., & Fauth, J. (1997). Goal-oriented critical reasoning and individual differences in critical reasoning biases. *Journal of Educational Psychology*, *89*(3), 470-485.
24. Kuhn, D. (1989). Children and adults as intuitive scientists. *Psychological Review, 96*(4), 674-689.
25. Kuhn, D. (1991). *The skills of argument*. New York: Cambridge University Press.
26. Kuhn, D. (1992). Thinking as argument. *Harvard Educational Review*, *62*(2), 155-178.
27. Kuhn, D. (2002). What is scientific thinking and how does it develop? In U. Goswami (Ed.), *Blackwell handbook of childhood cognitive development* (pp. 371-393). Oxford: Blackwell Publishing.
28. Kuhn, D., & Franklin, S. (2006). The second decade: What develops (and how). In W. Damon, R. M. Lerner (Series Eds.), D. Kuhn, & R. S. Siegler (Vol. Eds.), *Handbook of child psychology: Vol. 2. Cognition, perception and language* (6th ed., pp. 953-993). Hoboken, NJ: Wiley.
29. Lee, S. T., & Lin, H. S. (2005). Using argumentation to investigate science teachers' teaching practices: The perspective of instructional decisions and justifications. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *3*(3), 429-461.
30. Lemke, J. L. (1990). *Talking science: Language, learning, and values*. Norwood, NJ: Ablex.
31. Manktelow, K. I. (1999). *Reasoning and thinking*. Hove, UK: Psychology Press.
32. National Research Council. (1996). *The Na-*

tional science education standards. Washington, DC: National Academy Press.
33. National Research Council. (2000). *Inquiry and the national science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
34. Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, *41*(10), 994-1020.
35. Perkins, D. N., Farady, M., & Bushey, B. (1991). Everyday reasoning and the roots of intelligence. In J. F. Voss, D. N. Perkins, & J. W. Segal (Eds.), *Informal reasoning and education* (pp. 83-106). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
36. Pine, J., Aschbacher, P., Roth, E., Jones, M., McPhee, C., Martin, C., et al. (2006). Fifth graders' science inquiry abilities: A comparative study of students in hands-on and textbook curricula. *Journal of Research in Science Teaching*, *43*(5), 467-484.
37. Rennie, L. J. (2005). Science awareness and scientific literacy. *Teaching Science*, *51*(1), 10-14.
38. Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, *41*(5), 513-536.
39. Sadler, T. D., & Fowler, S. R. (2006). A threshold model of content knowledge transfer for socioscientific argumentation. *Science Education*, *90*(6), 986-1004.
40. Schwartz, R., Lederman, N. G., & Crawford, B. A. (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Science Education*, *88*(4), 610-645.
41. Shapiro, B. (1998). Reading the furniture: The semiotic interpretation of science learning environments. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International handbook of science education* (pp. 609-621). Dordrecht, NL: Kluwer Academic Publishers.
42. Siegel, H. (1995). Why should educators care about argumentation. *Informal Logic*, *17*(2), 159-176.
43. Stewart, J., & Rudolph, J. L. (2001). Considering the nature of scientific problems when designing science curricula. *Science Education*, *85*(3), 207-222.
44. Swartz, R. (2001). Infusing critical and creative thinking into content instruction. In A. Costa (Ed.), *Developing minds: A resource book for teaching thinking* (3rd ed., pp. 266-274). Alexandria, VA: Association of Supervisors and Curriculum Development.
45. Taylor, C. (1996). *Defining science*. Madison, WI: University of Wisconsin.
46. Tomkins, S. P., & Tunnicliffe, S. D. (2001). Looking for ideas: Observation, interpretation and hypothesis-making by 12-year-old pupils undertaking science investigations. *International Journal of Science Education*, *23*(8), 791-813.
47. Toulmin, S. E. (1958). *The uses of argument*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
48. Tretter, T. R., & Jones, M. G. (2003). Relationships between inquiry-based teaching and physical science standardized test scores. *School Science and Mathe-matics*, *103*, 345-350.
49. Tweney, R. D. (1991). Informal reasoning

in science. In J. F. Voss, D. N. Perkins, & J. W. Segal (Eds.), *Informal reasoning and education* (pp. 3-16). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

50. Van Zee, E. H. (2000). Analysis of a student-generated inquiry discussion. *International Journal of Science Education*, *22*(2), 115-142.
51. Voss, J. F., Perkins, D. N., & Segal, J. W. (Eds.). (1991). *Informal reasoning and education*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
52. Wiersma, W. (1995). *Research methods in education: An introduction*. Boston: Allyn and Bacon.
53. Wilkening, F., & Sodian, B. (2005). Scientific reasoning in young children: Introduction. *Swiss Journal of Psychology*, *64*(3), 137-139.
54. Zimmerman, C. (2007). The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. *Developmental Review*, *27*(2), 172-223.
55. Zohar, A., & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, *39*(1), 35-62.

附　錄

國小學童論證能力測驗例題

班級：＿＿＿＿＿＿＿＿　　座號：＿＿＿＿＿＿＿＿　　姓名：＿＿＿＿＿＿＿＿

（考卷背面還有試題喔，寫完請翻面）

◎（概念題）暑假又要到了，小明的父母爲了獎勵小明平時的用功表現，就帶著小明和弟弟到游泳池玩水。到了游泳池換上游泳褲之後，很會游泳的小明立刻帶上蛙鏡，跳下游泳池潛到水裡面，連暖身操都不做，媽媽看見嚇了一跳，生氣地站在池邊大聲叫喊：「小明！趕快上來做一下暖身操再下水！不然下次不帶你來游泳池玩了！」。可是小明還是在水面下愈游愈遠，連頭都沒有抬起來一下。以下是媽媽和爸爸這時候在游泳池邊的對話。

媽媽說：「眞氣人！人潛到水裡面，空氣被隔絕以後，就什麼都聽不見了，我再怎麼叫他，他都聽不到了！」

爸爸卻說：「媽媽！你錯了！人潛到水裡面以後，只要不是太深，還是可以聽見游泳池邊的說話聲音，小明只是裝作沒聽到！」

請問你認為，媽媽和爸爸對於聲音傳播的說法到底誰對誰錯呢？（請先勾選，再說明理由）

□我贊成媽媽的說法　□我贊成爸爸的說法　□都不贊成，因爲我有自己的想法

我的理由是：（請盡量說明）

國小學童論證能力測驗例題（續）

◎（推理題）金曲獎歌后蔡依林上週六到高雄漢來百貨公司舉辦南部歌迷簽名會，許多屏東與高雄的歌迷都到飯店來幫她加油打氣，工作人員把當天歌迷的個人資料，整理成下面的表格：

表一 蔡依林簽名會歌迷個人資料統計表

性別 / 從哪裡來	女生（共 200 人）	男生（共 120 人）
從高雄縣市來	180 人	12 人
從屏東縣市來	20 人	108 人

然後工作人員大明與阿雄之間有以下的一段對話：

大明說：「你看到了沒有？來參加簽名會的女生和男生人數，和他們從什麼地方來之間好像有一些關係耶？」

阿雄卻說：「有關係？我只是覺得女生來的比男生多，但是我並不覺得這些人數和他們從哪裡來會有什麼關係耶！」

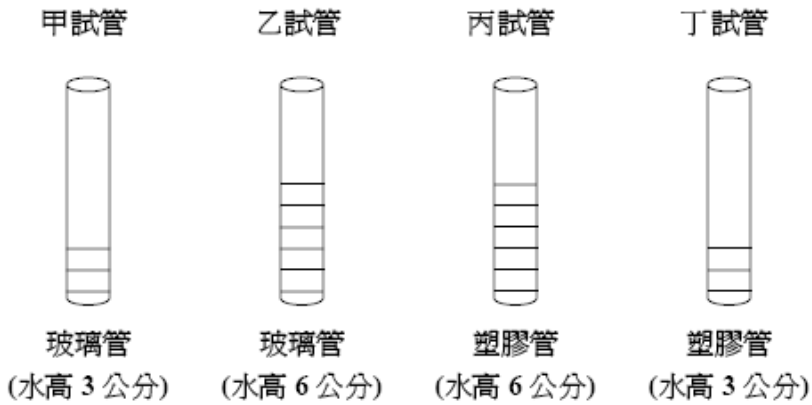
請問你自己認為，上面表格中男、女生人數和從哪裡來之間到底有沒有關係？（請先勾選，再說明理由）

□我贊成大明的說法 □我贊成阿雄的說法 □都不贊成，因爲我有自己的想法

我的理由是：（請盡量說明）

國小學童論證能力測驗例題（續）

◎（控制變因題）老師曾經說過，試管的材料和裡面裝水的多少都會影響到用嘴吹試管所發出的聲音高低。如果老師想要知道「試管材料」和「裝水高低」這二個因素到底會怎麼影響用嘴吹試管所發出的聲音，就準備了下面甲、乙二支玻璃試管和丙、丁二支塑膠試管要來做實驗。以下是小娟和阿勇分別提出的二種看法。



小娟說：「如果要看「試管材料」的影響，就應該用甲，丙二支試管來吹吹看，然後比較聲音的差別，因爲甲試管是玻璃管，丙試管是塑膠管。」

阿勇說：「如果要看「裝水多少」的影響，也應該用甲，丙二支試管來吹吹看，然後比較聲音的差別，因爲甲試管裝水 3 公分高，而丙試管裝水 6 公分高。」

請問你自己比較贊成小娟的實驗設計還是阿勇的實驗設計？（請先勾選，再說明理由）

□我贊成小娟的想法　□我贊成阿勇的想法　□都不贊成，因爲我有自己的想法

我的理由是：（請盡量說明）

國小學童論證能力測驗例題（續）

◎（統計數字題）老師說過，分貝是比較聲音強弱的數值單位，一般上課時全班同學說話的聲音大約是 70-90 分貝，一般路上汽車的聲音大約是 75-80 分貝，而飛機場附近聽到的飛機起降聲音大約是 100-140 分貝。下面這個表是高雄市環保局在民國 95 年針對高雄市甲、乙二地區的環境噪音所做的監測結果與環境音量標準。

95 年高雄市噪音管制區環境音量監測結果表（單位：分貝）

時段	早上（5:00-7:00）		日間（7:00-20:00）		晚上（20:00-22:00）	
監測點	甲地	乙地	甲地	乙地	甲地	乙地
1-3 月	65. 2	55. 8	68. 1	64. 2	65. 9	61. 7
4-6 月	67. 4	59. 7	67. 3	63. 8	65. 9	63. 3
7-9 月	66. 8	60. 8	66. 6	64. 8	65. 2	64. 6
10-12 月	68. 7	58. 7	68. 7	63. 7	68. 7	64. 9
環境音量標準	70		74		70	

五年級某班的男生小明和女生小華看到這個監測表的數字以後，分別發表了不同的看法。以下是他們的對話：

小明說：「看了這些數字，我覺得住在乙地的人比較幸福，都沒有噪音污染！」

小華說：「可是我覺得甲、乙二個地區的狀況都差不多耶！」

請問你自己認為，關於上表中高雄甲、乙二地區的噪音狀況，你比較贊成誰的說法？
（請先勾選，再說明理由）

□我贊成小明的想法　□我贊成小華的想法　□都贊成　□都不贊成

我的理由是：（請盡量說明）

An Investigation of the Influences of Inquiry Teaching towards Children's Science Argumentation Abilities

Sung-Tao Lee[1], Huann-Shyang Lin[2] and Jeng-Fung Hung[3]

[1]Department of Applied Science, Naval Academy, Taiwan
[2]General Education Center, National Sun Yat-sen University, Taiwan
[3]Graduate Institute of Science Education, National Kaohsiung Normal University, Taiwan

Abstract

The purpose of this study was to explore the development of children's science argumentation abilities under the treatment of inquiry teaching. A quasi-experimental design was used and sixty-one elementary students were invited to participate. The effects of inquiry teaching compared to a traditional science teaching approach were assessed using self-developed science argumentation tests. The results indicated that the two teachers' influences on children's science argumentation ability were gradual and the net impacts of their teaching were identified in the regression analysis after six months. In addition, although both classes exhibited significant growth in their science argumentation abilities, the experimental group outperformed their counterparts. It was implied that inquiry teaching can gradually influence children's argumentation performances. Lastly, the test items showed that inquiry teaching can be most helpful for children's reasoning and learning about variable control.

Key words: Science Argumentation Ability, Inquiry Teaching, Control of Variables, Reasoning