科學教育學刊
2012, 第二十卷第二期, 145-170

Chinese Journal of Science Education
2012, 20(2), 145-170

以論證活動探討國小學童論證能力和科學本質之表現

楊桂瓊[1、*] **林煥祥**[2] **洪瑞兒**[1]

[1]國立中山大學 教育研究所
[2]國立中山大學 通識教育中心

(投稿日期：民國100年9月9日，修訂日期：民國101年2月29日，接受日期：民國101年3月23日)

摘要：本研究旨在探討學童透過論證學習活動後，學童論證能力的表現；並分析持有傳統與現代科學本質觀的學童在論證能力成長的差異。研究採前後測準實驗設計，使用「論證文本測驗」和「科學本質量表」為工具，以高雄市某國小五年級一個班級為實驗組進行八週實驗教學，另擇一個班級為對照組，共計51位學童。以描述性統計、單因子共變數分析和相依樣本*t*考驗等統計方法分析資料。研究發現：(1)實驗組學童在論證文本測驗表現優於對照組(F = 13.65**, p = .00)，具高效果量(.58)，但在論證教學活動後，學童的科學本質並無顯著性提升。(2)持有傳統科學本質觀的學童在論證文本測驗表現優於持有現代科學本質觀的學童(t = -3.44, p < .05)。三、學童的論證能力成長模式由簡到繁，逐漸成熟。

關鍵詞：科學本質、論證能力、論證教學

壹、研究動機與研究問題

論證是指「對於任何爭議、爭論或定義不清的問題，在資訊不足的情況下給予具體的理由(Boulter & Gilbert, 1995; Kuhn, 1993)和給予合理的解答(Siegel, 1995)；而在對話式(dialogical)或多重意見(multivoiced)的議題，則需納入多重觀點，以驗證主張或結論(Driver, Newton, & Osborne, 2000)」。將論證融入科學理論中，讓學童體驗論證歷程，在英國已極力推廣，如Osborne, Erduran與Simon (2004)已編輯*IDeas, Evidence & Argument in Science*論證推廣教材。至於，有關學童學習論證的學習成效，國內外學者亦累積豐碩的研究成果，包括：可以促進科學概念的發展與理解(Duschl & Osborne, 2002; Kuhn)、協助學童發展探究能力(Driver et al.)、提升科學知識論的瞭解(Driver et al.)、覺察科學是社會常規(social practice; Driver et al.)、提升批判思考能力(黃翎斐、胡瑞萍，2006)和高層次的思考能力(黃柏鴻、林樹聲，2007)。論證在科學教育的重要性已

*通訊作者：楊桂瓊

06-楊桂瓊.indd 145 2012/5/17 下午 04:04:37

無庸質疑，目前多個國家其科學教育的重要任務係將「論證」納入學校課程(McDonald & McRobbie, 2010)。如：英國將「想法和證據」(ideas and evidence)設定為教育目標(The National Curriculum for England, 2004)；西班牙將「論證技能」(skill of argumentation)擬定為國中學童必須具備的基本能力(引自Erduran & Jiménez-Aleixandre, 2007, p. 17)。雖然臺灣九年一貫課程綱要自然與生活科技學習領域並無明確的將「論證」設為能力指標，在十大基本能力的「表達、溝通與分享」中亦說明學童需能用明確的方式傳述訊息，能由各種管道獲得訊息並加以篩選(教育部，1998)。因此，若能在培養此能力的歷程中，同時強調提出證據導向的論述，亦是培養學童的論證能力。

同時，根據國際間有關學童論證或推理等科學素養的評比，就經濟合作暨發展組織(Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD])所推動的學童能力國際評量計劃(Programme for International Student Assessment, PISA)與數學和科學教育成就趨勢調查(Trends in International Mathematics and Science Study, TIMSS)，分析結果顯示臺灣學童在PISA的科學素養表現上逐漸下降，PISA 2006科學素養排名第四，而在PISA 2009則退到第十二；TIMSS 2003與2006年的分析結果顯示八年級學童在科學知識得分都優於應用與推理。PISA對科學素養的定義及評量重點，係指學童除了能運用科學知識辨認問題、獲得新知和解釋科學現象外，更重要的是能針對相關的科學議題舉證及推論。由此可見，促進學童習得論證能力是科學教育學者重要的任務之一。而且，若從國小開始培育論證能力，亦與九年一貫新課程綱要目的，培育學童具備可以帶著走的能力相符。

歷年研究結果顯示(e.g., Bell & Linn, 2000; Bloom, 2001; Lawson, 2002; Osborne et al., 2004; Patronis, Potari, & Spiliotopoulou, 1999; Simonneaux, 2001)，透過科學理論或社會性科學議題(Socio-Scientific Issue, SSI)的討論後，學童的論證能力都有提升。然而，McDonald與McRobbie (2010)彙整出影響學童論證學習的因素，包括論證的內容、論證班級的課室文化和學童的個人特質。學童持有的科學本質觀(Nussbaum, Sinatra, & Poliquin, 2008; Sandoval & Millwood, 2007)亦會影響論證學習。若教師能根據該班級學童的個人特質而設定不同的教學目標，在學童認知負荷內，更有利於論證教學，如Zohar (2007)的研究是透過論證教學的個案教師所寫的教學反思日誌，該教師指出在論證教學過程中須擬訂明確的目標(clear goal)。

McDonald與McRobbie (2010)提及論證與科學本質的研究類型可分成兩方面，包括學童的科學本質觀對論證學習的影響，另一方面是學童論證學習對學童科學本質觀的影響。雖然，相關的研究結果都支持學童論證學習可引領學童提升科學本質，但大多數的研究都是外顯的論證教學同時納入外顯的科學本質教學，而僅有兩篇研究(Bell & Linn, 2000; Yerrick, 2000)是單純的進行外顯的論證教學，僅這兩篇研究實徵結果支持僅論證學習可提升學童的科學本質觀略為不足(McDonald & McRobbie)，而且Bell與Linn和Yerrick的研究對象都是非國小學童。因此，本研究藉由探討國小學童在論證學習前後，其科學本質觀的改變情形為何？並探討不同科學本質觀的學童，其在論證學習的進步情形為何，試圖協助教師針對學童的個人特質訂定相關的教學目標。

論證教學活動融入傳統課程中，教師不再是扮演知識傳授者的角色，一味地提

供學童正確答案(Simon, Erduran, & Osborne, 2006)，而是扮演學習促進者(facilitator)的角色，在教學過程中須不斷地鼓勵每位學童盡可能提出個人主張，並進行公開討論，進而瞭解學童論證學習時所遭遇之困難。Driver等(2000)的研究已有提出國中學童在論證學習上可能面對的困難，然而國小與國中學童的學習能力不盡相同，若能就目前臺灣現今社會文化脈絡下，對國小學童學習論證所面對的困難先行瞭解，更有助於協助教師設計論證教材、運用特定的教學技能和設定相關的教學目標。

基於以上的理由，本研究擬探討的研究問題如後：一、論證教學後，國小學童論證能力提升概況及科學本質的改變情形為何？二、論證教學後，持有傳統與現代科學本質觀的學童在論證能力的成長情形有何不同？三、全班相互論證過程中的具體成效及學習困難為何？

貳、文獻探討

一、論證內容和論證評量架構

評量論證內容的方式多以Osborne等(2004)提出的五個論證層次最為常見，此論證層次係依據Toulmin (1958)的論證因子與論證因子之間組合而成的內容架構(如圖1所示)，依序從層次一遞增到層次五，這五種論證因子包括證據(data)、論述(warrant)、依據(backing)、反證(rebuttal)和結論(claim)，以下將逐一描述論證因子之內涵。(一)「證據」是外顯的訊息，是可以直接取得的資料、數據或研究結果等，此資料訊息與結論有直接的關係。(二)「論述」是內隱的，屬於一些大原則、約定成俗之常規。(三)「依據」包括了法律規定、定律或原理等。(四)「結論」是論證者認為對的，正確的結論，通常是論述者會依據資料與論述而形成自己的結論。(五)「反證」則是利用資料、數據或研究結果直接推翻不同的主張。而層次一至層次五所涵蓋的論證因子如表1所示。

而林煥祥、洪振方與洪瑞兒(2007)根據Toulmin (1958)的論證內容略為修正，在論證因子之間加上關係詞(如圖2所示)，可讓學童更容易瞭解論證因子之間的關係。學童可透過因子之間的關係詞連結各個論證因子，利於重組成具有說服力的結論，提高論述的完整性。因此，本研究運用此模型讓學童學習論證。

二、支持與促進科學教室進行論證之架構

大多數論證能力的文獻是以社會性科學議題和科學理論佈題，藉由合適的情境脈絡讓學童進行口語或書寫論證。Osborne等(2004)亦發展九種適合教室內進行論證的教

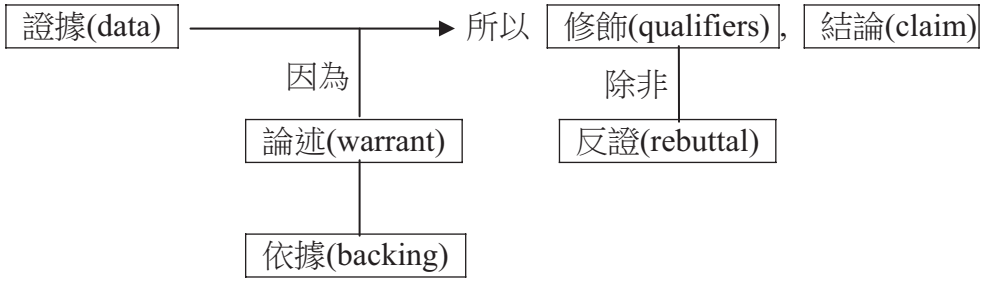


圖1：Toulmin的論證架構圖(Toulmin, 1958)

表1：論證層次及所涵蓋的論證因子

層次	論證因子及內涵
層次一	論證內容含簡單的結論(主張)或對抗的結論(主張)。
層次二	論證內容含資料、論述或依據，但不具有反證。
層次三	論證內容含多個資料、論述或依據，並具有薄弱的反證。
層次四	論證內容中有明確的反證。
層次五	屬於結構完整的論證，論證內容中包括了資料、論述等，而且具有一個的以上的反證。

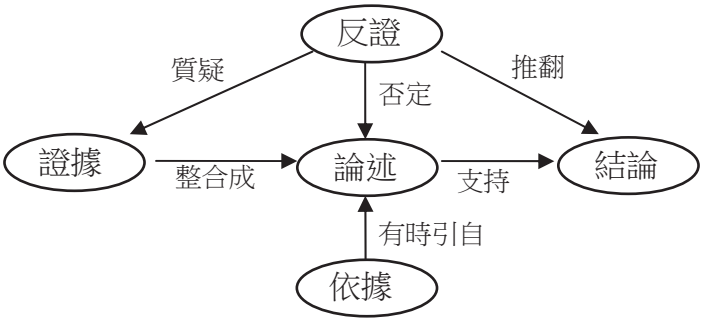


圖2：Toulmin分析論證的內容之詮釋

材架構，包括陳述表格內容、學童思考的概念圖、學童的實驗報告、競爭理論—卡通圖、競爭理論—故事、競爭理論—想法和證據、建構一個論述、預測—觀察—解說(Prediction-Observation-Explanation, P-O-E)、設計實驗。因應不同的佈題方式會影響學童論證表現(黃翎斐、張文華、林陳涌，2008)，為了讓學童能經歷多元的練習，是以，本研究以競爭理論、P-O-E和建構一個論述佈題，藉此橫跨多種教材架構，並以主張式、選擇式及開放式題型佈題，提供多元開放式環境讓學童學習論證。

三、科學本質與論證能力

(一)國小學童科學本質觀

雖然提升學童理解科學本質已是各國，如加拿大、美國、英國等教育改革的目標，因科學本質的指標是動態的(moving target; Lederman, 2007)，至今科學教育學者對科學本質定義都不盡相同。而不同年齡層的學童應具有或能瞭解怎樣的科學本質，尤其是針對本研究所欲教學的年齡，十一歲的五年級學童。他或她已從具體操作期(concrete operation period)漸漸邁入形式操作期(formal operation period)。McComas, Clough與Almazroa (2000, pp. 6-7)根據八個國際性科學本質教育標準文件，彙整出中小學生(K-12)，即幼兒園到十二年級學生能瞭解的十四個一致的科學本質觀，包括：1. 科學知識具有一段時間的持久性，但卻有暫時性的特性。2. 科學的知識是依賴但不完全依據觀察、實驗證據、合理的爭論及懷疑的態度。3. 科學沒有固定的方法。4. 科學是企圖解釋自然現象。5. 定律及學說在科學中扮演不同的角色，因此學生應該覺察到即使有不同的證據，學說是不會變成定律的。6. 科學是由不同的文化組成的。7. 新的知識必須被清楚記錄和公開。8. 科學家需準確的記錄報告、同儕檢閱及可複製性。9. 觀察是理論蘊

涵的。10. 科學家是有創意的。11. 科學史同時展現出進化性及革命性的特性。12. 科學是社會和傳統文化的一部分。13. 科學及技學互相影響。14. 科學的想法被社會和歷史環境所影響。

而美國《國家科學教育標準》(*National Science Education Standards*)中擬訂科學素養的內涵，包括科學本質、科學事業和科學在社會中個人與生活所扮演的角色，*National Science Education Standards*書內列出K-4、5-8、9-12三個年級階段學生持有的科學本質觀。當中，5-8階段所欲具備的科學本質觀包括：1. 科學家利用觀察、實驗、理論和數學模式來形成及檢驗他們對自然界現象所提出來的解釋。雖然所有的科學想法是暫時性的，可以被改變，但大部分的想法是經由多次的實驗與觀察所產生的，所以這些想法在未來是不容易被推翻的，但若具有新證據時，想法會改變。2. 科學家對同一個科學現象、數據資料進行解說時，不同的科學家會提出不同結論，處理這樣的情況中最好的方法是提出該爭議並一起尋求出證據以解決不一致的意見。3. 探究的工作包括了評估其他科學家探究的結果，並針對該成果進行探究、觀察、理論模型和解說進行評鑑(引自National Research Council, 1996, p. 171)。

而我國，臺灣教育部(2008，頁10)在九年一貫課程綱要「自然與生活科技學習領域」依據年齡層區分為四個階段，分別為K-2、3-4、5-6、7-9，第三階段(5-6)的能力指標包括：1. 能由科學性的探究活動中，瞭解科學知識是經過考驗的。2. 知道有些事件(如飛碟)因採證困難，無法做科學性實驗。3. 發現運用科學知識來作推論，可推測一些事並獲得證實。4. 察覺在「以新觀點看舊資料」或「以新資料檢視舊理論」時，常可發現新問題。5. 察覺有時實驗情況雖然相同，也可能因存在著未能控制的因素之影響，使得產生的結果有差異。由以上各國針對五年級學童應具備的科學本質觀發現，學童似乎應能瞭解科學知識的實證性、可重複性和經驗性；科學是有所限制的；科學知識是具有邏輯推理性的；科學是理論蘊含的；科學為非絕對客觀的；科學是有所限制的。

針對國小學童的科學本質量表，大部分以國高中為主，如Rubba與Anderson (1978)所發展的Nature of Scientific Knowledge Scale (NSKS)是以國中生為主；Aikenhead, Fleming與Ryan (1987)所發展的Views On Science-Technology-Society (VOSTS)亦是以高中生為對象；Lederman (2007)的研究團體所發展出的Views of Nature Of Science-A, B, C, D, E (VNOS-A, B, C, D, E)，這一系列的量表是源之於VNOS-A (Lederman & O'Malley, 1990)，最主要是依據不同的對象與年齡層的學生進行修正。基本上，這些量表都屬於開放式的問題(open-ended)，VNOS-B, C的題型較多，需要比較長的時間回答，而且是以老師為目標。而VNOS-D則是以國中生為目標，VNOS-E是以國小學生為目標。因此，VNOS-E比較適合做為本研究所需的研究工具。然而，由於此量表屬於開放式的題型，因此，本研究將此量表作為個案學生科學本質的訪談大綱。至於，國內針對國小科學本質的量表發展，邱明富與高慧蓮(2006)的研究團依據相關文獻針對科學本質分成三大層面，包括知識的本質、探究的本質和科學事業的本質。當中，科學知識的本質包括累積性、暫時性、可複製性、公開性和創造性。科學探究的本質包括實證性、非單一性、非固定性、理論蘊涵和非絕對客觀。科學事業的本質包括理論與道德、科學與技學、科學與社會、科學家的身分和科學社群。由此可見，此問卷與國內外五年級的科學本質具有

一定的重疊性的項目。因此，本研究借用此量表為研究工具。

(二)論證與科學本質相關研究

論證學習與科學本質相關的研究可分成兩方面，包括學習者的科學本質觀對論證學習的影響和論證學習對學習者科學本質觀的影響。

1. 學習者的科學本質觀對論證學習的影響

基本上，大部分的研究都支持學童所持有的科學本質會影響學童的論證學習，除了Bell與Lederman (2003)的研究顯示21位大學教授所持有的科學本質對教授群在社會性科學議題決策上並無影響。其他的研究，包括以社會性科學議題佈題(e.g., Sadler, Chambers, & Zeidler, 2004; Walker & Zeidler, 2004; Zeidler, Walker, Ackett, & Simmons, 2002)或是以科學理論佈題(e.g., Kenyon & Reiser, 2006; Nussbaum et al., 2008; Sandoval & Millwood, 2005, 2007)，這兩類的研究結果支持學童所持有的的科學本質觀會影響學童的論證學習。包括學習者持有傳統科學本質觀(i.e., naive epistemological)較不能為結論提出論述(Sandoval & Millwood, 2007)，而且會限制學習者融入論證(Sandoval & Millwood, 2005)。而Nussbaum等的研究將學童分為絕對觀點(absolutist)、多重觀點(multiplist)和評鑑的觀點(evaluativists)，研究發現持有不同科學本質觀的學童，如持有多重觀點的學童比其他兩群學童較少的參於論證。以上所有的研究對象都屬於國中以上，尚無針對國小學童。

2. 論證學習對學習者科學本質觀的影響

探討論證學習對學習者科學本質觀的影響，包括僅外顯的論證學習(e.g., Bell & Linn, 2000; Yerrick, 2000)和外顯的論證學習同時融入外顯的科學本質(e.g., McDonald, 2010; Ogunniyi, 2006)。第一類型的研究結果都支持學習者論證學習後學習者的科學本質逐漸提升。如Yerrick選取五位低學習成就的高中學生，透過十八個月的探究式論證教學，課程著重於提出問題、設計實驗和建構論點，而且並無外顯的科學本質教學，此研究目的是探討學生的論證能力，透過訪談轉錄分析發現，學生經論證教學後，學生能提出反證和證據，而且學生亦能利用科學的方法驗證結論。另一方面，學生在科學本質的改變情形，包括學生能察覺科學知識暫時性、學生對證據使用上的認知和學生對科學權威者的觀點等都有成長。Bell與Linn則選取172位的中學學生以電腦輔助教學，在知識整合環境(knowledge integration environment)內進行實驗教學，且無融入外顯的科學本質教學，此研究是探討學生的科學本質觀與論證能力的關係，該研究假設學生的論述會對應學生的科學本質觀，而研究發現，過程信念(process belief)愈高的學生，亦趨向動態觀點的現代科學本質觀(informed view)的學生愈能提出較多的論述，但卻較少提出依據。

另一方面，Ogunniyi (2006)的研究是選取3位在職教師，探討在論證為基礎的課程及融入外顯的科學本質課程，此研究目的是探討學習者的科學本質觀。研究發現學習者的科學本質從傳統的觀點(naive view)提升至動態的觀點。而McDonald (2010)則選取5位國小職前教師，透過科學理論和社會性科學議題課程，教師的科學本質觀都有提升。然而，這兩篇研究都認為學習者的科學本質之所以可以提升是因為融入外顯的科學本質觀於論證歷程中。

針對以上兩方面的研究，可發現研究依然未往下至國小學童。而且，僅外顯的論證學習是否可以提升學習者的科學本質觀？回

顧國內學者，在近幾年紛紛投入論證相關的研究議題，但所探討的議題都侷限在使用不同的教學策略、教學方式以探討學童論證能力的成效，但並沒有探討論證能力與科學本質之間的相關性。如：蔡俊彥、黃台珠與楊錦潭(2008)是以該團體所發展的Toulmin論證系統(Toulmin Argumentation System, TAS)藉由國小五年級115位學童為樣本在該平臺進行論證活動，以探討學童的論證能力和科學概念的學習成效；黃翎斐等(2008)的研究則是探討不同佈題方式對學童論證品質的表現。而林樹聲與黃柏鴻(2009)的研究則是探討不同學習成就學童在論證能力的表現。因此，本研究藉由探討國小學童在學習論證活動前後科學本質的改變情形，分析學童在論證學習前的科學本質是否會對論證表現有所牽制，以提供教師對學童所持有的科學本質觀點不同在學習論證的差異能進一步的瞭解。

參、研究方法

一、研究流程與對象

本實驗主要藉由論證教材教學提升學童論證能力，並藉由分析「傳統」科學本質與「現代」科學本質組別學童在論證能力的提升概況，進一步探討這兩組學童在論證能力提升上是否有差異、並進一步探討學童在班級內全班相互論證的過程中的具體成效及困難。目前，國小是以常態分班的模式，每班學童的學業表現相近，因此，本研究以立意選取高雄市一所國小五年級的兩班學童，一班作為實驗組，另一班作為對照組，分別進行如表2所示的準實驗教學設計。

兩個班級皆採準實驗前後測設計，共歷時八週。實驗組A班有11名男生與14名女生，共計25名，對照組B班有9名男生與17名女生，共計26名。在實驗教學前，兩組學童皆進行論證文本測驗前測和科學本質量表前測，並以前測作為共變數，可調整二組學童起點行為不同而干擾混淆實驗效果，並在八週後實施論證文本測驗後測和科學本質量表後測，測驗結果作為學童論證能力表現及學童的科學本質觀。

二、研究工具

(一)科學本質量表

本研究藉由邱明富與高慧蓮(2006)針對國小四年級學童所編制的國小科學本質量表作為評量工具。此科學本質量表為李克氏四點量表，包括科學知識的本質、科學探究的本質和科學事業的本質三個分項，每個分項都各含8題，包括4題正向題和4題反向題，共計30題。在內容效度上，該研究團隊已透過科學教育和科學哲學專家等確認，各分項量表的內部一致性Cronbach's α為 .71 (邱明富、高慧蓮)。而後，在本次研究中，研究者要求每位學童在每題選項後呈現信心程度，包括「非常確定」或「非常不確定」兩種信心程度，學童對整份量表所表示的信心

表2：實驗設計

	前測	操弄	後測
A 實驗組(論證式教學)	O_1	X_1	O_2
B 對照組(一般課室教學)	O_3	X_2	O_4

註：X_1：表示實驗組接受論證教學；X_2：表示對照組接受一般自然課。
O_1、O_3：表示學童接受論證文本測驗前測、科學本質量表前測。
O_2、O_4：表示學童接受論證文本測驗後測、科學本質量表後測。

程度中有2/3的題數的選擇是「非常確定」，即表示學童對該問卷的回答是有信心的，方納入統計。本研究兩班學童問卷經篩選後，有效問卷為44份，總量表的內部一致性(Cronbach's α)為 .80，而各分量表的內部一致性介於 .51至 .64。計分的方式分為正向題：學童選擇「非常同意」者計4.00分，「同意」者計3.00分，「不同意」者計2.00分和「非常不同意」者計算1.00分；負向題則採取反向計分，也就是學童選擇「非常同意」者計1.00分，「同意」者計2.00分，「不同意」者計3.00分和「非常不同意」者計算4.00分，得分最高為120.00分，最低為30.00分。

(二)論證文本測驗

筆者依據Osborne等(2004)的評量架構，擬定本論證文本測量要項，每一活動有四小題，每一小題所欲測量要項及所欲達到論證層次分別為：1. 提出主張(結論)的能力(層次一)；2. 提出資料、數據或依據等支持結論的能力(層次二)，提出薄弱反證的能力(層次三)；3. 提出明確的反證的能力(層次四)；4. 提出一個以上反證的能力(層次五)。論證文本四個活動主題內容依序為水珠的出現、溫室效應、高速公路興建與否和長短蠟燭何者先熄滅(工具詳例如附錄一)。題型均為開放性問題，學童可自行陳述，施測時間為40分鐘。

本測驗透過某國小五年級學童共30人進行預試，學童在作答過成程若遇到題意不清均加以註記，並由該班導師協助挑選班級內自然與國文程度高、中和低三位學童分別對此問卷進行放聲朗讀，研究者在旁詢問每一題的題意，以確認學童能夠理解題意，以作為修訂試題之參考。以下將逐一描述本測驗題的試題鑑別力(D)、難度(P)和內部一致性。試題鑑別力：活動一至活動三鑑別指數D介於 .40至 .63，依據郭生玉(2003，頁267)引用Ebel在1979所提出的鑑別力標準，此三個活動鑑別力尚屬「非常優良」。唯獨活動四「長短蠟燭」的鑑別力指數D = .17 (< .19)，本應淘汰或修正，但因應此試題確實符合本測驗的目的，且此題屬於競爭理論的重要題型，如Lawson (2002)在研究內容上亦以長短蠟燭為題作為主要的探究活動，因題意明確而決定留用。難度(P)：此四個活動的難度介於 .25 ~ .38。內部一致性(Cronbach's α)係 .53 (介於 .50 ~ .70)，是「可信」範圍，屬於常見的信度範圍(吳統雄，1985)。每一活動的難度(P)與鑑別力(D)如表3所示。

三、論證教學程序與教材

筆者在設計教材上模式係依據Osborne等(2004)所編輯*IDeas, Evidence & Argument in Science*論證教學訓練手冊及學習單範例

表3：論證文本測驗每一活動之鑑別力與難度值

活動	鑑別力(D)	難度(P)
活動一　(水滴的出現)	.40	.38
活動二　(溫室效應)	.50	.25
活動三　(高速公路興建之環保專家)	.63	.32
活動三　(高速公路興建之花蓮居民)	.54	.40
活動四　(蠟燭熄滅)	.17	.38

注：鑑別力(D) = $(S_h - S_l) / N(X_{max} - X_{min})$；難度(P) = $[S_h + S_l - (2NX_{min})] / 2N(X_{max} - X_{min})$，$S_h$：高分組總分、$S_l$：低分組總分、N：高低分組人數總和、$X_{min}$：低分組平均數、$X_{max}$：高分組平均數。

為模本，另建立合適的情境脈絡供國小五年級學童進行論證。課程內容經由研究者與科學教育學者討論後，於2008年10月起至12月止，研究者利用實驗班級每週五的彈性課程，依據所設計的教學情境進行發問，讓學童利用40分鐘的時間進行論證活動。研究者曾擔任國中自然科教師約一年，且曾參加大學部有關論證的課程。在教學流程上和教學技能上，因應：(一)建立合適的情境脈絡：如Duschl與Osborne (2002, p. 56)研究指出，在幫助學童論證學習時，教師必須建立有效的情境脈絡讓學童進行討論，並營造學童與學童之間的互動情境以促進學童之間的論證；(二)循序漸進的方式讓學童學習論證(Erduran, Ardac, & Yakmaci-Guzel, 2006)；(三)鷹架輔助學童學習：如Herrenkohl, Palincsar, DeWater與Kawasaki (1999)指出提供鷹架輔助(引導與支持)將有利於國小高年級的學童進行理論的建構與資料的統整，更有利於寫出論述。因此，本研究依序以研究所述，遵循Osborne等的教學模式，建立合適的情境脈絡並以循序漸進進行教學，且適時提供給學習單、證據卡(evidence card)、網路補充資料等輔助學童提出具體的證據，逐一編寫八週的課程，教學流程如圖3所示，而每週的課程規劃如表4所示。

肆、資料分析

一、質性分析

論證能力採內容分析，是以Osborne等(2004)依據Toulmin (1958)提出的論證因子：證據、論述、依據、反證和結論，對學童的回答進行編碼，並依據內涵等及化成層次一至層次五(如表1所示)，而評分方式則略為修正(表5)。

依據表5的評分標準，最高分可得35.00分，最低分為0.00分，以此測驗前後測作為

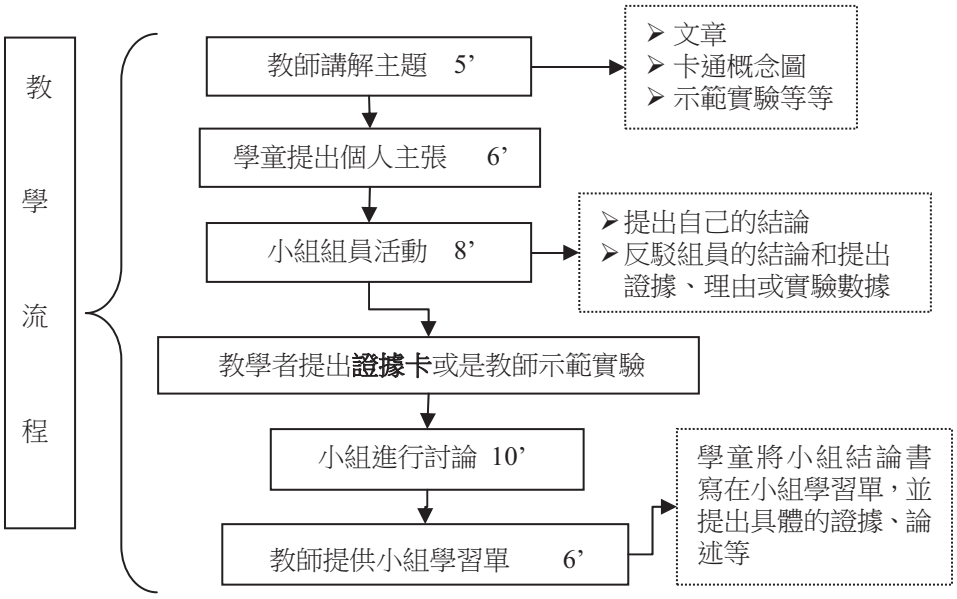


圖3：教學流程

註：證據卡係指與該論證議題相關的一系列論述，小組討論過程時提供每一小組此證據卡，讓學生能從多元的觀點思考。

表4：課程規劃與教學目標

週次	主題	該主題所對應的科學概念及學習此概念的年級(以南一版為例)	教材架構
1	哪一家蛋糕比較好吃「介紹何謂論證」	認識論證因子及論證架構	建構一個論點
2	我們是如何看的見？「光的世界」	光的直線前進(四上)	競爭理論
3	空氣和風「空氣占有空間」	空氣占有空間、沒有固定性狀及可被壓縮(三上)	P-O-E
4	水和大氣壓力「空氣」	空氣占有空間、沒有固定性狀及可被壓縮(三上)	P-O-E
5	蠟燭燃燒「空氣與燃燒」	燃燒需要氧氣、空氣占有空間(三上)	競爭理論
6	雪人「熱的傳播」	熱的傳播包括輻射、傳導和對流(五下)	競爭理論
7	高鐵興建與否「社會性科學議題」	無需特定科學概念	競爭理論
8	聲音的產生與傳播	聲音和樂器(五下)	建構一個論點

表5：論證層次的編碼方式並以活動一作為實際評分例子

論證層次	所包含之論證因子	實際例子	得分
層次一	c	小美。(c)	1.00分
層次二	c, w_w	因為杯內的水滲不出來。(w_w)	2.00分
	c, w_s	小美，因為杯內的水滲出來會有水的顏色，水珠是來自空氣中的水蒸氣。(w_s)	3.00分
層次三	c, w, r_w	杯內的水滲出來就會有水的顏色，空氣遇冷凝結成水珠。(r_w)	4.00分
層次四	c, w, r_s	杯內的水滲出來就會有水的顏色，空氣遇冷凝結成水珠，杯外雖然有水珠的產生，但水量並沒有減少。(r_w)	5.00分
層次五	c, w, r_s, r_w	杯內的水滲出來就會有水的顏色，杯外雖然有水珠的產生，但水量並沒有減少。(r_w)	6.00分
	c, w, $2r_s$	水量的檢驗，如果水是流出來則水量會減少。杯外雖然有水珠的產生，但水量並沒有減少，而且水珠也沒杯內飲料的成分(顏色、甜度)。($2r_s$)	7.00分

註：w：論述、c：結論、r：反證。(X_w：薄弱X的論證因子、X_s：明確X的論證因子；X可以是以上任何一種論證因子)。

學童論證能力表現的進步情形。評分者信度上，此問卷由研究者及另一位研究助理人員分開評閱，當中不一致的問卷則透過兩位評分者與科學教育學者討論及修正，最終兩位評分者信度Pearson相關係數介於 .91至 .97之間(皆達顯著相關，$p < .05$)。

二、量化分析

本研究的量化分析包括下列四項：

(一) 以組別為自變項，論證文本測驗前測為共變數，後測為依變項進行單因子共變數分析(ANCOVA)以檢測實驗組學童與對照組學童在科學本質及論證能力的後測成績是否有顯著差異。

(二) 在效果量(effect size)的計算公式：$f = \sqrt{\frac{\eta^2}{1-\eta^2}}$ (Cohen, 1988), f = .10, .25, .40 將分別歸類為低、中、高三種效果程度。

(三) 本研究係以學童在科學本質量表得分前27%的學童歸類為持現代科學本質觀組，與得分後27%的學童歸類為持傳統科學本質觀組，是因為Kelly

(1939)指出以前後27%將學生分組可以獲得該量表鑑別力的最大可靠性，再以組別為自變項、論證能力為依變項進行獨立樣本*t*檢定，以瞭解這兩組學童在論證能力進步情形是否有差異。

(四) 根據學童的個人和小組學習單及小組錄音轉錄，以瞭解學童在小組論證過程中所面對的問題為何。

伍、研究結果與討論

一、論證教材教學後對國小學童論證能力提升概況及科學本質的改變情形

(一)兩組學童在論證文本後測的表現

以論證能力前測當共變數，進行單因子共變數分析，結果顯示實驗組論證能力優於對照組。表6顯示兩組學童論證能力前後測平均數、標準差及調整後後測的平均數，表7則顯示共變數分析結果。

實驗組論證能力平均數從前測的6.23分提升至後測的10.27分(滿分35.00分)，而對照組的論證能力平均數則從前測的5.45分略為提升至6.50分(滿分35.00分)。因組內回歸係數同質性考驗(組間 × 前測) $F = .12$, $p = .73 > .05$，未達顯著水準，亦表示共變數(前測分數)與後測分數(依變項)之間的關係不會因自變項各處理水準不同而有所不同，符合自變項組內回歸係數同質性假設，可繼續進行共變數分析。因此，以論證前測當共變數，以排除共變數影響，分析結果如表7所示，兩組學童論證能力表現有顯著差異($F = 13.65$, $p < .01$)，亦在.01的顯著水準下，接受論證教學實驗處理實驗組學童的論證能力優於對照組學童的論證能力。若檢視其Cohen's *f* 值，在論證能力分數是高效果量($f = .58$)。若將學童的論證後測平均數轉換成論證層次，實驗組學童僅從層次1.25 (6.23 ÷ 5)提升到層次2.05 (10.27 ÷ 5)。可見本研究五年級學童論證能力進步緩慢，但大部分外顯的論證教學的研究成果(如Osborne et al., 2004)顯示，學童僅適度地習得論證能力，學童在應用時仍然會有困難。McDonald與McRobbie (2010)指出論證式教學的第一步是讓學童習得論證技能。第二步則著重於發展學童個人的論證能力。最後，則是確保每一位學童都能參與論證。所以，本研究目前已達成第一

表6：論證能力前、後測之平均數、標準差和調整後平均數

組別	前測	後測	調整後後測
實驗組	6.23(2.84)	10.27(3.89)	10.05(0.63)
對照組	5.45(2.94)	6.50(2.73)	6.12(0.63)

註：圓括號內為標準差。

表7：論證能力文本測驗前後測之共變數分析摘要表

變異來源	*SS*	*df*	*MS*	*F*值	*p*
共變數(前測)	116.88	1	116.88	13.35**	.00
組間(教學方法)	119.52	1	119.52	13.65**	.00
組間 × 前測	1.06	1	1.06	.12 n.s.	.73
組內(誤差)	358.99	41	8.76	358.99	

**$p < .01$; n.s. $p > .05$

步的培養，續之，則需加強學童發展個人的論證能力。

(二)兩組學童的科學本質改變情形

以科學本質前測當共變數，進行單因子共變數分析，依據兩組的前測當共變數對後測進行調整後，實驗組調整後的科學本質平均數高於對照組。表8顯示兩組學童在前後測的平均數、標準差和調整後的平均數，表9則顯示共變異數分析結果。

實驗組的平均數分別從前測的97.64分提升至後測的101.45分(滿分120.00)，而對照組的平均數則從前測的93.68分略為提升至後測的95.86分。因組間與前測交互作用並沒有達顯著$F = .01$ ($p = .93 > .05$)，因此以前測當共變數是合理的。而以前測當共變後，在排除共變的影響後，兩組學童並沒有因實驗處理而在科學本質總量表表現有達到顯著水準($F = 1.35$, $p = .25 > .05$)，亦即在.05的顯著水準下，接受論證教學後，實驗組學童的科學本質並沒有優於對照組學童。

然而，就實驗組學童在論證教材教學前後其論證能力與科學本質相關性分析發現，學童從前測的中度顯著性相關($r = .44$, $p < .05$)至後測的無顯著性相關($r = .04$, $p > .05$)。而且在前測時，學童在科學探究的本質，以實證性、非固定性和理論蘊含與論證能力皆達中度顯著性相關，相關性依序為實證性($r = .47$, $p < .05$)、非固定性($r = .60$, $p < .01$)和理論蘊含($r = .50$, $p < .05$)；學童在科學事業的本質，僅科學社群與論證能力達中度顯著性相關($r = .51$, $p < .01$)；然而，學童在科學知識的本質與論證能力皆無顯著相關。爾後，經八週的論證教材教學後，科學探究的本質與科學事業的本質與論證能力皆無顯著相關，唯獨科學知識的本質，以累積性和暫時性與論證能力皆達中度的顯著性相關，相關性依序為累積性($r = .47$, $p < .05$)和暫時性($r = .59$, $p < .01$)。

由以上的分析結果可知，雖然實驗組學童在論證教材教學後科學本質無顯著性優於對照組。不過，學童的科學本質觀與論證能力在未接受論證教材教學前，呈中度顯著性正相關，即學童愈認為科學探究是基於觀察的經驗基礎的實證性、科學的觀察是理論蘊含的、科學的方法與過程是非固定的和科學研究是受科學社群的影響，這四種科學本質內涵，學童的論證文本測驗得分愈高。但經

表8：科學本質前、後測之平均數、標準差和調整後平均數

組別	*n*	前測	後測	調整後後測
實驗組	22	97.64(9.91)	101.45(10.04)	99.90(1.50)
對照組	22	93.68(9.73)	95.86(10.58)	97.41(1.50)

註：圓括號內為標準差。

表9：科學本質前後測之共變數分析摘要表

變異來源	*SS*	*df*	*MS*	*F*值	*p*
共變數(前測)	2,487.40	1	2,487.40	51.33**	.00
組間(教學方法)	65.55	1	65.55	1.35 n.s.	.25
組間 × 前測	.38	1	.39	.01 n.s.	.93
組內(誤差)	1,986.64	41	48.45		

**$p < .01$; n.s. $p > .05$

過八週的論證學習後，這四種科學本質內涵與論證能力都無顯著相關。反之，科學本質之暫時性或累積性得分愈高的學童，論證文本測驗得分愈高，亦呈正相關。筆者認為，論證教材教學過程中，因每一個論證主題都要求學童提出自己的主張，同時要求學童思考該小組組員中出現不同的主張時，該主張的合理性等論證歷程，可協助學童覺察科學知識暫時性的科學本質、科學知識是經由時間累積而得的科學本質。所以，論證教材對五年級學童而言，有協助學童提升有關科學知識的科學本質。

二、持有傳統科學本質及持有現代科學本質學童在論證能力之提升情形

分析持有傳統科學本質及持有現代科學本質觀學童前後測相依樣本*t*檢定，如表10所示，結果顯示持有傳統科學本質的學童在論證能力前後測有顯著性的差異(t = -3.44, p < .05)，而持有現代科學本質的學童並沒有顯著的提升(t = -2.12, p >.05)。

研究結果顯示持有傳統科學本質學童比持有現代科學本質學童在接受論證的活動課程後其論證能力進步速度略快，學童在論證能力後測得分上，傳統科學本質觀的平均得分從前測的4.86分提升至10.50分(滿分為35.00分)，而現代科學本質觀學童的平均得分則從前測7.86分提升至10.86分(滿分為35.00分)。由此可見，兩組學童的論證能力都僅從層次一提升到層次二。透過後測訪談轉錄分析發現，持有傳統科學本質的學童透過八週的論證教材教學後，學童較能以多元觀點進行思考。如小美(持傳統科學本質觀)在教學前期，她比較無法接納與聽從其他組員的意見，但在教學後，她較能接受多元觀點，也較願意傾聽其他組員的意見並進行提問。小美指出在論證教學第一週和第二週(前期)，她在書寫學習單上都以個人的意見直接書寫。但在中間幾週(中期)，她在討論時會提出個人想法，針對其他組員提出不同的結論的證據反思，從而提出最後的結論。以下係小美後測訪談對話內容：

研究者：在論證學習的過程中，你在提出自己的結論時，你在八週的學習中有甚麼樣的不同？

小美：恩……。[學童在思考]

研究者：在前面的那幾週，哪一家蛋糕比較好吃、光線從哪裡來等，你提結論的理由是……。

小美：我提出自己的想法，然後就寫在學習……。[學童以個人的想法直接書寫]

研究者：那在上有關「空氣」的活動，例如吹飲料杯的吸管……，你有提出自己的結論嗎？

表10：實驗組持傳統與現代科學本質觀學童在論證能力前後測之*t*檢定

科學本質觀	Pre-post	人數	平均數*M*	標準差*SD*	*t*值	*p*
傳統	前測	6	4.83	(3.48)	-3.44*	.02
	後測	6	10.50	(4.76)		
現代	前測	7	7.86	(2.54)	-2.12	.08
	後測	7	10.86	(4.14)		

*p < .05

小美：我提出自己的想法，但是其他組員的答案不一樣，我們就看哪一個答案比較多組員同意。[學童經由小組討論後，針對組員的意見進行反思……]

研究者：那在「雪人」、「聲音」哪幾週呢，你有提出個人的想法嗎？

小美：我認為我的答案是對的，就提出理由告訴他們，進行討論。[學童會提出自己的想法，並提出具體的理由說服其他組員]

然而，持有現代科學本質的學童在學習初期，就已能從多面向的觀點思考，如自主的揣摩其他組員所提出的結論，並納入考量。因此，在八週的學習過程中，持有現代科學本質的學童論證表現差異不大，透過學童學習單分析和後測訪談得知，學童想提出「反證」質疑對方的證據與推翻對方的結論，但學童所提出的論點不具有依據等……，不能作為強的反證(r_s)。因此，持有現代科學本質觀的學童的論證層次無法有效的由論證層次二往上提升。

由此可見，持有傳統科學本質觀學童在論證文本測驗表現優於現代科學本質觀學童，主要是因為透過論證活動歷程，持有傳統科學本質觀的學童能漸漸針對其他組員提出不同的結論的證據反思，從而提出最後的結論，提升論證層次。

三、探討個案班級學童在班級內全班相互論證過程中的具體成效及困難

本節藉由學童在八週教學的小組學習單、個人學習單及後測訪談資料蒐集以瞭解學童在提出論述的具體成效及困難，經分析彙整學童論證的成長模式及論證學習的困難。

(一)論證能力的成長模式

本研究之實驗教學流程為圖3所示，起始於教師先講解論證主題，續之學童在個人學習單寫出主張，再透過小組討論，組員之間可提出個別的結論並選擇支持或反對另一方結論，且提出具體的理由。最末，讓全班學童藉由討論、分享與決策。分析活動一到活動八，可歸納出學童前期、中期到後期的論證的成長模式。

1. 前期

學童僅能提出表面的論述。學童將直接觀察到的現象或直接抄襲論證文本的內容作為提出結論的論述，在論證層次上僅能到達層次一。

以下是第一組學童在第二週的對話內容，筆者嘗試瞭解學童提出論述的方式：

小馬：在黑暗中又看不到東西……。[其中一位學童直接提出所觀察到的現象]

小湘：**小惠**。[學童就直接納小馬的想法，提出結論]

小湘：因為我們的眼睛……我們的眼睛哪會發光Y……很可笑。[學童提出所觀察到的現象]

小馬：因為我們的眼睛在黑暗的時候看不到，在有光的時候才看得到……所以我支持小惠。[學童提出所觀察到的現象]

小婷：我比較支持**小惠**……因為光線會照……然後我們才能看得到哪個物體……所以我比較支持小惠……。[學童直接抄襲文

中的內容，並沒有提出具體的理由]

因此，學童在學習前期，僅能簡單的提出所觀察到的現象等實例，加以整合成論述以支持其結論，如圖4所示，尚屬論證層次一到二。

2. 中期

從學童小組討論的轉錄分析發現，學童提出結論時，在相互討論的過程中漸漸提出相關的科學知識，如提出「輻射」或「對流」等科學用詞，以下是第一組學童和第三組學童的對話：

(1) 第一組學童的對話

小湘：我覺得是小叮噹，因為兩個都有太陽晒，然後因為小叮噹有穿衣服會保溫，所以他比較會融化。[學童提出「保溫」]

小駿：我覺得是同時融化，一個是……，一個是保溫，應該是同時融化。

……

小鴻：太陽有輻射啦……[學童提出「輻射」]

小鴻：我覺得是小叮噹先溶化，因為太陽有輻射，他的體溫會最高，因為他有穿衣服，可是小丸子沒有穿衣服，阿他維持體溫，體溫最高，他就最先溶化。

……

老師：你們形成二對二，哪我想聽聽小鴻，你為甚麼覺得小叮噹先溶化？

小鴻：因為小叮噹他穿了一大堆……一大堆衣服，然後小丸子沒穿，太陽照射下來，體溫越來越高，然後小丸子穿比較少，結果小叮噹就會最先溶化。

老師：那你們兩個答案一樣嗎？[小湘和小鴻]……小駿那你呢？

小駿：因為太陽東升西落，如果往西邊的話，可能會照到他(小丸子)，比較不會照到他(小叮噹)

小婷：我是小丸子，不過我和他的不一樣，小丸子有太陽照射到他身上，小叮噹也是有太陽照射到他身上，不過，他因為有外套會保溫，像我們保溫瓶一樣會有那個裝置，會把外面的空氣排掉，所以小丸子會先溶化。[學童將保溫瓶的保溫原理應用於此]

(2) 第三組學童的對話

老師：那你們想想看，你們支持小丸子先溶化，那為什麼小叮噹不會先溶化？

小渝、俊良：因為衣服。

小渝：因為衣服會阻擋輻射。[學童

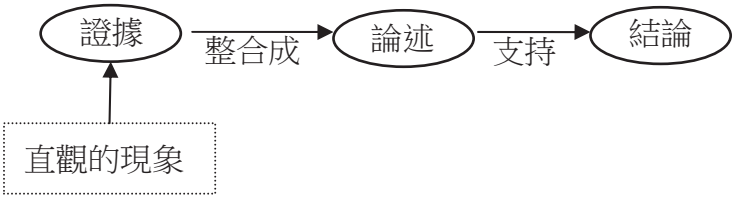


圖4：學童論證前期的論述模式

提出「輻射」]

……

小良：因為小叮噹的輻射量。

小渝：因為小叮噹的輻射量比較不大。

小良：衣服會阻擋輻射。

小渝：然後再來我再講……你先講。

小渝：因為小叮噹的衣服……[學童提出衣服阻擋輻射]

小良：會阻擋輻射。

小渝：答對了，會阻擋輻射。

小良：所以，我覺得小叮噹。

小渝：是小丸子比較會融化，小叮噹比較不會溶化……或許是這樣。

因此，由第二組和第三組學童討論轉錄分析顯示學童在學習中期，漸漸提出相關的科學概念，如提出「輻射」等科學概念或「保溫瓶」等實例加以彙整論述，但學童的論述並不完整，論述模式如圖5所示，僅屬論證層次二到三。

3. 後期

學童提出主張的學習歷程，能漸漸納入簡單的實驗操弄，以驗證實驗結果，以下是第八次論證活動「聲音的傳播」，藉由全班討論的轉錄分析，可瞭解學童提出主張的歷程中漸漸納入反證因子，論證模式逐漸完整，如圖6所示，以下則是擷取全班學童討論轉錄分析：

小宏：空氣先傳到阿，如果是水的話距離很遠的話，就傳不到……。

小偉：水中有阻力。

老師：還有誰要進行反駁？

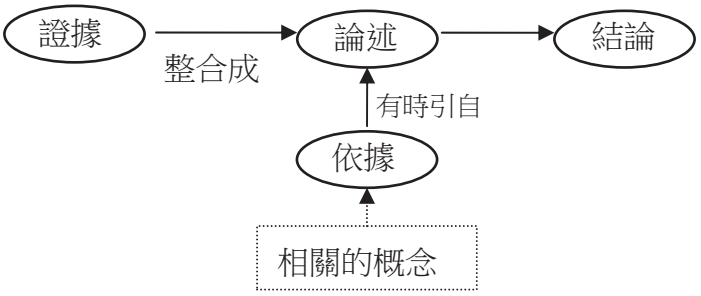


圖5：學童論證中期的論述模式

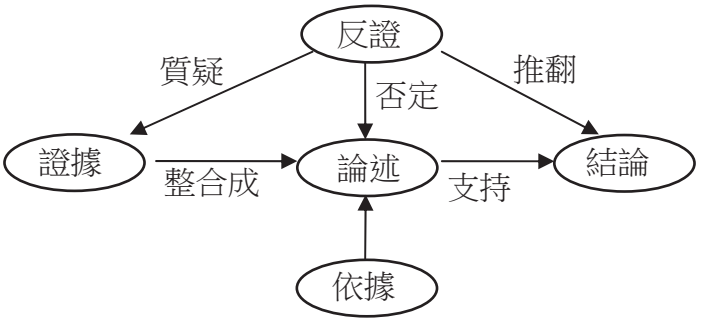


圖6：學童論證後期的所涵蓋的論證因子

小婷：水還是會震動阿，不代表空氣一定會先阿。
小莉：水有阻力。
小美：空氣有大氣壓力啊。
老師：小鴻和小偉的想法不一樣，有誰可以提出一個證明「誰」是對的，有誰可以設計一個實驗證明那一個想法是對的？
小良：我可以把防水的錄音筆放在水裡面，把沒防水的方在外面，你先敲一個東西，然後把聲音錄起來，然後聽聽看那一個先聽到。
老師：這是一個很好的實驗，一個可以操控的實驗。
小偉：兩個錄音筆，也不知道那一個先？
老師：先錄到，就先聽到。
小宏：誰要負責按？
老師：誰可以提出想法？
小婷：錄音筆可以設定。
老師：(講解聲音傳播……)

因此，學童在學習後期，學生能提出相關的科學概念，如阻力、大氣壓力、震動等科學用詞支持其結論。相較於論證前期，學童比較能提出反證，如在全班對話中，學童能反駁在水中不會比較快是因為水有阻力(雖然水的阻力不是聲音傳播速率的因素)，更重要的是，學童能設計一個可操弄的實驗驗證實驗結論，如小良提及可利用錄音筆錄音，以判斷水裡還是船上先聽到敲擊聲。

(二)學童在論證學習所面臨的困難

1. 學習初期，學生的論述都傾向於多數者的學法；學習後期，學童漸漸重視自己的論述

在八週的學習中，在論證學習的前期，學童在提出結論或論述會傾向於多數者的說法，但在論證的學習過程中會此現象漸漸削弱。若將八週區分為前、中和後三期，在前期，當組員中超過半數的學童提出結論後，其他同學都會支持該結論；在中期，學童提出結論後，其他組員會詢問該學童提出該結論的理由為何；在後期，學童會考量及評估該理由之合理性及正確性，若該理由並不具有說服力，學童選擇不認同該結論。

以下分別以第二週、第六週及第八週的學習單視為前、中和後期，分析每一位學童在該週的論述，表11係學童在前、中和後期學習單所選擇的主張及其人數和百分比。

從表11可知，在論證學習前期，支持小廷和小惠分別是23%、77%；論證學習中期，支持小叮噹和小丸子分別是73%、27%；在論證學習後期，支持小安和大熊分別是47%、53%。透過轉錄學童小組討論過程，發現若成員提出主張後，其他的組員就會循著該學員的想法繼續提出相關結論或直

表11：學童在前期、中期和後期個人學習單所選擇的主張人數和百分比

	週次和活動	主張	人數	百分比
前期	光的傳播	支持小廷	5	23
		支持小惠	17	77
中期	雪人	支持小叮噹	16	73
		支持小丸子	6	27
後期	聲音的傳播	支持小安	10	47
		支持大熊	11	53

接抄襲教師所提供的情境內容，而其他組員更被動的接受且不考慮其他結論。以下擷取第一組組員在「光的傳播」小組討論的對話：

老師：在論證學習前期，哪一家蛋糕比較好吃、我們是怎樣看得見光線的，你是怎樣提出自己的結論的。

小峰：我們在小組中就先想一想，然後就寫出自己的結論。

老師：哪小組最後的結論呢？

小峰：就大家講出答案後，再選出一個結論。

在論證中期，「雪人」論證主題中，當學童認為沒有穿衣服的雪人會先融化，小緯提出：「那個有包衛生紙的比較慢融化」，全班同學就大笑，小緯無繼續提出結論。

在論證後期，學童在小組學習單的結論中幾乎無法產生共識，且全班六組的結論分成兩派，如表11，學童提出支持小安和大熊比約50比50。

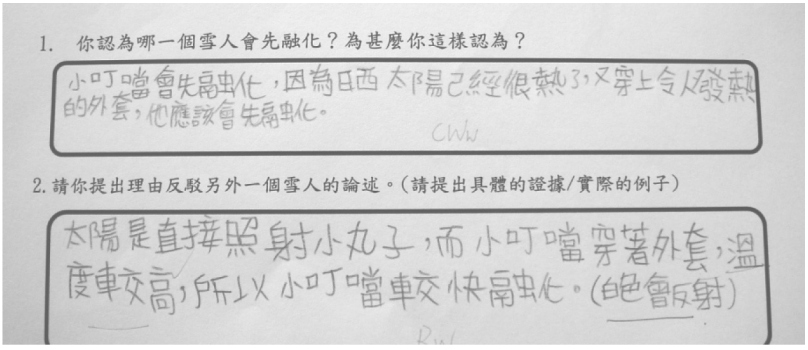
由學生個人學習單及小組討論轉錄分析結果，可瞭解學童在學習初期，學童的論述都傾向於多數者的結論；學習後期，學生漸漸重視自己的論述。

2. 學童應用與置入科學概念在相關的科學議題或活動上略顯不足

以國小五年級所學習過的科學概念，已包括熱可透過對流、傳導和輻射傳遞，然而在學童的回答中，以「雪人」這主題，可發現學童並沒有將對流、傳導和輻射等科學概念作為論述。如圖7為擷取小峰學童的學習單，學童僅提出白色和黑色對光吸收和反射的差異。

研究者在課後，針對學習單的內容與小峰進行非正式的訪談，詢問學童：「你認為哪一個雪人先溶化？」小峰回答：「小叮噹，因為小叮噹有穿衣服，他跟我們一樣，穿了衣服又一直晒太陽，更何況他們是雪人，雪人會怕熱，穿衣服會熱當然會啊！」從學童學習單的內容及對話中，可瞭解學童認為雪人怕熱，但卻沒有運用自然科學習的相關概念，熱的傳導方式包括對流、傳導和輻射，亦沒有從雪人的角度思考，如雪人起始溫度等，學童單純的認為「穿衣服即可保溫」，而忽略衣服為一層保護層阻擋太陽的輻射熱。

在「大氣壓力」的主題中，老師要求學童預測老師在甲吸管處吹氣時，會有怎樣的現象(如圖8所示)。學童的回答包括：水會凹進去、水會旋轉或水會波動等，但卻忽略空氣占有空間，具有壓力的科學概念，可見學


1. 你認為哪一個雪人會先融化？為甚麼你這樣認為？

小叮噹會先融化，因為日西太陽已經很熱了，又穿上令人發熱的外套，他應該會先融化。

2. 請你提出理由反駁另外一個雪人的論述。(請提出具體的證據/實際的例子)

太陽是直接照射小丸子，而小叮噹穿著外套，溫度更交高，所以小叮噹更交快融化。(絕會反射)

圖7：雪人學習單

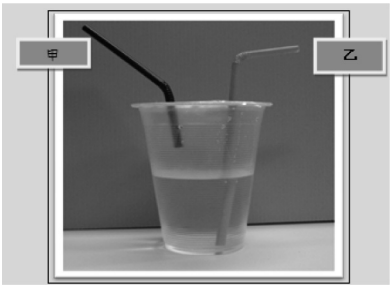


圖8：在甲吸管吹氣

童在新的情境中應用所學過的科學概念尚需加強。

陸、結論與建議

提升國小學童論證能力和科學本質是目前科學教育學者所關心的議題，瞭解學童的論證學習歷程和學習困難為何，將有助於教師設定明確的教學目標，以下分別描述研究發現及研究限制。

一、研究發現

(一) 透過八週的論證活動，實驗組學童在論證文本測驗得分具高度效果量(f = .58)，學童論證能力適度的提升到論證層次二。因此，可嘗試在延續性的研究協助學童提出反證，將有助於學童論證能力的提升。

(二) 雖然學童的科學本質並無顯著性改變，但透過論證學習活動後，學童科學知識的本質，包括暫時性和累積性的科學本質與學童的論證能力達中度顯著相關。

(三) 持有傳統科學本質的學童比持有現代科學本質的學童在八週的學習後，在後測有顯著性差異(t = -3.44, p < .05)，且透過後測訪談，發現傳統科學本質觀在論證文本測驗的得分顯著得分是因為透過論證活動後，學童比較能從多元的觀點思考，並提出具體理由說服組員而得分。而現代科學本質學童論證學習初期，就已經能從多元的觀點思考，而其學習瓶頸則是無法提出反證因子。因此，持不同科學本質觀的學童，在論證的進步表現上亦不相同。

(四) 學童在論證學習歷程是循序漸進的，從論證學習的前期到後期，學童論述的論證因子從簡到繁，學童思考模式從單面到多面，逐漸成熟。因此，教學者可嘗試分別在學習階段前、中和後三期設定該階段學生能達成的目標，即能讓學生在認知負荷內學習論證。

二、研究建議

(一) 學童論證學習歷程可輔助教師進行論證教學時設定明確的教學目標，嘗試由簡到繁，盡可能在學童的認知負荷內進行教學。如學習初期，僅要求學童提出簡單的理由；學習中期，可逐漸要求學童提出薄弱的反證，逐漸增長論述，或適時的引導學童聯想到該科學概念。最後再要求學童提出推翻另一結論的依據。

(二) 研究亦指出持有傳統科學本質的學童在論證學習活動後能從多面向的觀點進行思考，教師在教學過程中，可先嘗試要求學童聽取不同的意見；而現代科學本質觀學童則必須突破學習瓶頸，教師盡可能協助學童提出反證。

(三) 研究亦發現學童無法有效的連結相關的科學概念，自然教師可嘗試在科學課程每一教學單元後，融入一個科學理論或社會性科學議題論證內容，讓學童學習該相關科學概念後，立即進

行討論與思考，期待學童在記憶猶新的情境下，能直接連接所學的概念，藉此提升學童提出依據於論述中，從而提升論證層次。

參考文獻

1. 吳統雄(1985)。態度與行為研究的信度與效度：理論、反應、反省(網路更新版)。**民意學術專刊，夏季號**，29-53。查詢日期：2012年3月16日，檢自http://tx.liberal.ntu.edu.tw/jx/methodology/Analy-Reliability_Validity.pdf。
2. 林煥祥、洪振方、洪瑞兒(2007)。智育理念與實踐。收錄於張瀞文、賴彥君、張巧娟(編著)，**德智體群美五育理念與實踐**(頁57-104)。臺北市：教育部。
3. 林樹聲、黃柏鴻(2009)。國小六年級學生在社會性科學議題教學中之論證能力研究——不同學業成就學生間之比較。**科學教育學刊**，**17**(2)，111-133。
4. 邱明富、高慧蓮(2006)。科學史融入教學對國小學童科學本質觀影響之探究。**科學教育學刊**，**14**(2)，163-187。
5. 教育部(1998)。**國民教育階段九年一貫課程總綱綱要**。臺北市：作者。
6. 教育部(2008)。**97年國民中小學九年一貫課程綱要(100學年度實施)**。查詢日期：2009年3月29日，檢自http://teach.eje.edu.tw/9CC2/9cc_97.php。
7. 郭生玉(2003)。**心理與教育測驗**。臺北市：精華書局。
8. 黃柏鴻、林樹聲(2007)。論證教學相關實證性研究之回顧與省思。**科學教育月刊**，**302**，5-20。
9. 黃翎斐、胡瑞萍(2006)。論證與科學教育的理論和實務。**科學教育月刊**，**292**，15-28。
10. 黃翎斐、張文華、林陳涌(2008)。不同佈題模式對學生論證表現的影響。**科學教育學刊**，**16**(4)，375-393。
11. 蔡俊彥、黃台珠、楊錦潭(2008)。國小學童網路論證能力及科學概念學習之研究。**科學教育學刊**，**16**(2)，171-192。
12. Aikenhead, G. S., Fleming, R. W., & Ryan, A. G. (1987). High-school graduates' beliefs about science-technology-society. I. Methods and issues in monitoring student views. *Science Education*, *71*(2), 145-161.
13. Bell, P., & Linn, M. C. (2000). Scientific arguments as learning artifacts: Designing for learning from the web with KIE. *International Journal of Science Education*, *22*(8), 797-817.
14. Bell, R. L., & Lederman, N. G. (2003). Understandings of the nature of science and decision making on science and technology based issues. *Science Education*, *87*(3), 352-377.
15. Bloom, J. W. (2001). Discourse, cognition, and chaotic systems: An examination of students' argument about density. *Journal of the Learning Sciences*, *10*(4), 447-492.
16. Boulter, C. J., & Gilbert, J. K. (1995). Argument and science education. In P. J. M. Costello & S. Mitchell (Eds.), *Competing & consensual voices: The theory & practice of argument* (pp. 84-98). Clevedon, UK: Multilingual Matters.
17. Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
18. Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Edu-*

cation, *84*(3), 287-312.

19. Duschl, R. A., & Osborne, J. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse in science education. *Studies in Science Education*, *38*(1), 39-72.
20. Erduran, S., Ardac, D., & Yakmaci-Guzel, B. (2006). Learning to teach argumentation: Case studies of pre-service secondary science teachers. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *2*(2), 1-14.
21. Erduran, S., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2007). Argumentation in science education: An overview. In S. Erduran & M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research* (pp. 3-27). New York: Springer.
22. Herrenkohl, L. R., Palincsar, A. S., DeWater, L. S., & Kawasaki, K. (1999). Developing scientific communities in classrooms: A sociocognitive approach. *Journal of the Learning Sciences*, *8*(3-4), 451-493.
23. Kelly, T. L. (1939). The selection of upper and lower groups for the validation of test items. *Journal of Education Psychology*, *30*(1), 17-24.
24. Kenyon, L., & Reiser, B. J. (2006, April). *A functional approach to nature of science: Using epistemological understandings to construct and evaluate explanations*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association. San Francisco, CA.
25. Kuhn, D. (1993). Science as argument: Implications for teaching and learning scientific thinking. *Science Education*, *77*(3), 319-337.
26. Lawson, A. E. (2002). Sound and faulty arguments generated by preservice biology teachers when testing hypotheses involving unobservable entities. *Journal of Research in Science Teaching*, *39*(3), 237-252.
27. Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831-879). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
28. Lederman, N. G., & O'Malley, M. (1990). Students' perceptions of tentativeness in science: Development, use, and sources of change. *Science Education*, *74*(2), 225-239.
29. McComas, W. F., Clough, M. P., & Almazroa, H. (2000). The role and character of the nature of science in science education. In W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies* (pp. 3-39). Boston, MA: Kluwer Academic.
30. McDonald, C. V. (2010). The influence of explicit nature of science and argumentation instruction on preservice primary teachers' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, *47*(9), 1137-1164.
31. McDonald, C. V., & McRobbie, C. J. (2010). Utilising argumentation to teach nature of science. In B. J. Fraser, K. G. Tobin, & C. J. McRobbie (Eds.), *Second international handbook of science education* (pp. 969-985). New York: Springer.
32. National Research Council. (1996). *National science education standards*. Wash-

ington, DC: National Academy Press.
33. Nussbaum, E. M., Sinatra, G. M., & Poliquin, A. (2008). Role of epistemic beliefs and scientific argumentation in science learning. *International Journal of Science Education*, *30*(15), 1977-1999.
34. Ogunniyi, M. B. (2006, April). *Using an argumentation-instrumental reasoning discourse to facilitate teachers' understanding of the nature of science*. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching. San Francisco, CA.
35. 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.
36. Patronis, T., Potari, D., & Spiliotopoulou, V. (1999). Students' argumentation in decision-making on a socio-scientific issue: Implications for teaching. *International Journal of Science Education*, *21*(7), 745-754.
37. Rubba, P. A., & Anderson, H. O. (1978). Development of an instrument to assess secondary school students' understanding of the nature of scientific knowledge. *Science Education*, *62*(4), 449-458.
38. Sadler, T. D., Chambers, F. W., & Zeidler, D. L. (2004). Student conceptualizations of the nature of science in response to a socioscientific issue. *International Journal of Science Education*, *26*(4), 387-409.
39. Sandoval, W. A., & Millwood, K. A. (2005). The quality of students' use of evidence in written scientific explanations. *Cognition and Instruction*, *23*(1), 23-55.
40. Sandoval, W. A., & Millwood, K. A. (2007). What can argumentation tell us about epistemology? In S. Erduran & M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research* (pp. 71-88). New York: Springer.
41. Siegel, H. (1995). Why should educators care about argumentation? *Informal Logic*, *17*(2), 159-176.
42. Simon, S., Erduran, S., & Osborne, J. (2006). Learning to teach argumentation: Research and development in the science classroom. *International Journal of Science Education*, *28*(2-3), 235-260.
43. Simonneaux, L. (2001). Role-play or debate to promote students' argumentation and justification on an issue in animal transgenesis. *International Journal of Science Education*, *23*(9), 903-927.
44. The National Curriculum for England. (2004). *Science*. London: Department for Education and Skills and Qualifications and Curriculum Authority.
45. Toulmin, S. E. (1958). *The uses of argument*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
46. Walker, K. A., & Zeidler, D. L. (2004, April). *The role of students' understanding of the nature of science in a debate activity: Is there one?* Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Vancouver, Canada.
47. Yerrick, R. K. (2000). Lower track science students' argumentation and open inquiry

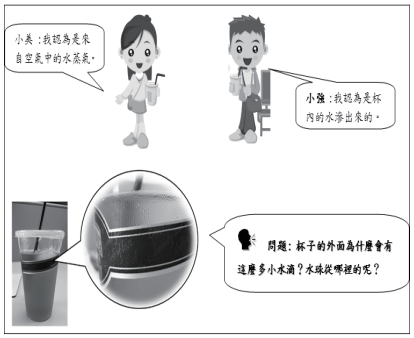
instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, *37*(8), 807-838.

48. Zeidler, D. L., Walker, K. A., Ackett, W. A., & Simmons, M. L. (2002). Tangled up in views: Beliefs in the nature of science and responses to socioscientific dilemmas. *Science Education*, *86*(3), 343-367.
49. Zohar, A. (2007). Science teacher education and professional development in argumentation. In S. Erduran & M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research* (pp. 245-268). New York: Springer.

附錄一

論證紙筆測驗

活動一：水珠的出現？



在一個炎熱的下午，**小強**和**小美**都買冰飲料來喝，在還沒喝飲料之前，他們發現飲料杯子的外面有一層小水珠。好奇的小強就問小美……

小強：小美，你看看杯子的外面為什麼會有這麼多小水珠？

小美：……讓我想想看……。

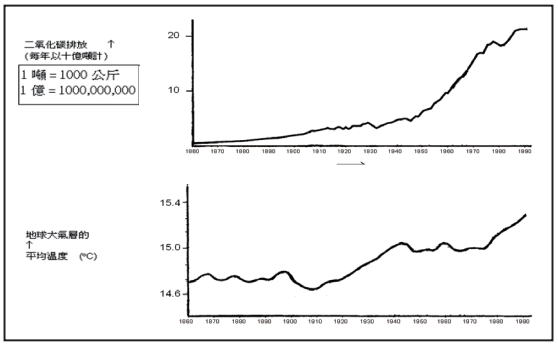
小強：我知道了。一定是杯內的水滲出來的。

小美：我認為是來自空氣中的水蒸氣。他們兩個都覺得自己的想法是正確的。

小朋友，現在你要做一個決定，並回答問題。

1. 你覺得誰說的是對的？
2. 為什麼你支持他/她，請說明你的理由。
3. 你為什麼<u>不</u>支持另外一個說法？請說明你**反對**的理由。
4. 請提出其他更有說服力的**證據**來支持你的結論。

活動二：二氧化碳是溫室效應的元兇嗎？



小德從報章和雜誌中得知，地球的平均溫度漸漸增加。而且文章中還聲稱溫度上升的主要是因為二氧化碳排放量的增加。小德對於地球的**平均溫度**和**二氧化碳排放量**之間的關係很感興趣，所以他在圖書館找到下列兩幅曲線圖。

小德和小妮看了這兩幅圖的得出結論：

小德：地球平均溫度的增加**是**因為二氧化碳排放量的增加所造成。

小妮：<u>地球平均溫度的增加**不完全是因為**二氧化碳排放量的增加所造成。</u>

1. 你覺得誰說的是對的？
2. 為什麼你支持他／她，請說明你的理由。
3. 你為什麼**不**支持另外一個說法？請說明你反對的理由。
4. 請提出其他更有說服力的**證據**來支持你的結論。

活動三：蘇澳到花蓮的高速公路興建與否？



蘇澳到花蓮的高速公路是否應該興建，已經被討論了很久。各個不同立場的團體分別會有不同的看法。

高速公路興建之環保專家

小朋友，現在你要站在**環境保護專家**的立場，也就是說**假如你是一位環保專家人員**，對於這一個議題，你會有什麼樣的決定，請你回答下列的問題。

1. 如果你是**環境保護的專家**，你將會贊成或反對興建？並你具體列出三個最具有說服力的理由。

2 .請提出其他更有說服力的**證據**來支持你的結論。

高速公路興建之花蓮居民

現在你是**住在花蓮的居民**，對於這一個議題，你又會有什麼想法，請回答下列的問題。

1. 如果你是，你將會贊成興建或反對？並請你具體列出三個最具有說服力的理由。
2. 請提出其他更有說服力的**證據**來支持你的結論。

活動四：誰先熄滅？



老師在課堂上要演示左圖的實驗，圖中的燒杯內裝有直徑相同的一根**長**蠟燭和**短**蠟燭，同時將其點著後，再用一玻璃片蓋住燒杯與大氣隔絕。在還沒進行實驗之前，老師問:有誰知道哪一根蠟燭會先熄滅？



小華：我認為是長蠟燭先熄。

欣怡：我認為是**短**的蠟燭先熄。



1. 你覺得誰說的是對的？
2. 為什麼你支持他／她的看法，請說明你的理由。
3. 你為什麼**不**支持另外一個說法？請說明你反對的理由。
4. 請提出其他更有說服力的證據來支持你的結論。

科學教育學刊
2012, 第二十卷第二期, 145-170

Chinese Journal of Science Education
2012, 20(2), 145-170

Exploring the Impact of Argumentation Ability on Elementary School Students' Understanding of the Nature of Science

Kuay-keng Yang[1,*], Huann-shyang Lin[2] and Zuway-R Hong[1]

[1]Institute of Education, National SunYat-sen University
[2]Center for General Education, National SunYat-sen University

Abstract

This study was designed to explore pupils' argumentation ability, and understanding about the nature of science flowing from the argumentation activities. A quasi-experimental method with equivalent group pretest-posttest design was employed. One class of 5th graders (N = 22) was selected as the experimental group with 8-week argumentation instruction, and the other class (N = 22) with the similar backgrounds taught with traditional instruction served as the control group. Two instruments: the Argumentation Ability test and the Nature Of Science (NOS) questionnaire were used in pre- and post-tests. The result indicated that the experimental group students outperform their counterparts in argumentation ability. However, there was no significant difference between the two groups on their understanding about the nature of science. Further analysis reveals that the experimental students with a contemporary view of NOS make progress differently from those holding a traditional view of NOS.

Key words: Nature of Science, Argumentation Ability, Argumentation Instruction

* Corresponding author: Kuay-keng Yang

06-楊桂瓊.indd 170 2012/5/17 下午 04:04:42