
論證教學相關實證性研究之回顧與省思

黃柏鴻¹ 林樹聲^{2*}

¹嘉義縣立太保國民小學

²國立嘉義大學 科學教育研究所

摘 要

近年來，學生的論證能力逐漸受到國內外科學教育界的重視，因此許多論證教學的研究紛紛以探討如何提升學生論證能力為目的，發展教學策略與活動。本文針對論證的意涵、教學策略、論證教學的成效等相關研究進行文獻探討和分析。結果發現：一、論證教學應用的題材可分為社會性科學議題與科學理論，其中採用社會性科學議題之論證教學常使用角色扮演、辯論、論證寫作等教學策略，而針對科學理論之論證教學則較常使用實驗設計、實驗操作與公開說明等教學策略；二、適當的論證教學不僅可提升學生的論證能力，對於學生建構科學知識、了解科學本質以及學習從倫理和道德層面考量問題皆有助益；三、教學者若能先藉由適當的情境鋪陳及提供蒐集證據的活動，幫助學生建構先備的知識，則學生不僅能做出充分的討論，也能表現較佳的論證；四、目前的論證教學研究對象多著重於中學生，忽略國小學生也能藉助適當的策略，協助其發展此項高層次的思考能力；五、論證教學研究因實驗設計、取樣的方法與數量、樣本特質的不同，而導致教學成效的分歧。最後本文針對論證教學實務提出一些具體的建議。

關鍵字：論證能力、論證教學、社會性科學議題、科學教育

壹、前言

在科學發展的歷程中，科學家用證據檢驗科學的推測，以產生可信賴且被接受的知識(Siegel, 1989)。當科學家面對不同來源的證據時，經由論證確認證據是否值得採信，以決定是否接受此科學主張。

Driver, Newton 和 Osborne(2000)指出科學家提出的假設或推論需經歷自我的論證、說服其他科學家接受自己的看法、

於公開領域發表研究成果、呈現於大眾面前等四個論證層次，才能成為眾人接受的科學知識。換言之，科學家提出的理論是不斷的受到挑戰或反駁，而科學的進步是科學家之間不斷對理論進行爭論所促成(Niaz, Aguilera, Maza & Liendo, 2002)。因此，論證是科學發展的重要基礎和過程。

對學生而言，論證是一項亟待培養的能力。因為培養學生成為未來負責任的公民是現今科學教育的重要目標之一，而未來公民常需運用溝通和協調能力來解決問

* 為本文通訊作者

題。Siegel(1995)主張論證是人們解決問題及爭論的一種方法，因此論證能力對於學生未來參與公民活動是重要的(Nussbaum, 2002)。以九年一貫課程而言，論證能力是「表達、溝通與分享」及「獨立思考與解決問題」等能力的具體表現(黃翎斐、胡瑞萍，2006)。

另外，在科學教育中論證教學的實施，帶來的價值不僅止於提升學生的論證能力。更可促進學生主動學習、科學探究、推理和批判思考等能力(Duschl & Osborne, 2002)。然而，教師欲於教學中訓練學生論證能力，必須先了解和熟悉論證的本質及其在教學上的應用。

本文的重點在闡釋論證的意涵、論證對學生學習的重要性、論證教學的策略與原則，並藉由論證教學實證性研究之回顧，從中獲得有關教師規劃和進行論證教學之重要啓示。

貳、論證與科學教育

一、論證的意涵和重要性

關於論證的意義有許多不同說法。Binkley(1995)認為論證是一種推理的行為，為了解決問題與爭論而發展出的方法。另外，Van Eemeren(1995)也主張論證是一種社會性活動，論證者在爭論的情境中運用理智及語言去表達意見，最後採取群體認同的主張以解決問題。Toulmin(1958)也認為論證與情境息息相關，在不同的人類活動中，因情境的差異而有不同的論證產生。例如，人們面對墮胎的爭議時，因「法律規範、宗教信仰」等條件的不同，往往會有不同的論證內容產生。

不同學者曾提出不同的論證架構，其中以 Toulmin(1958)的論證結構(Toulmin's Argument Pattern, 簡稱 TAP)最具代表性，許多相關研究均以此為基礎。Toulmin 認為一個明確的論證可由資料推論而產生

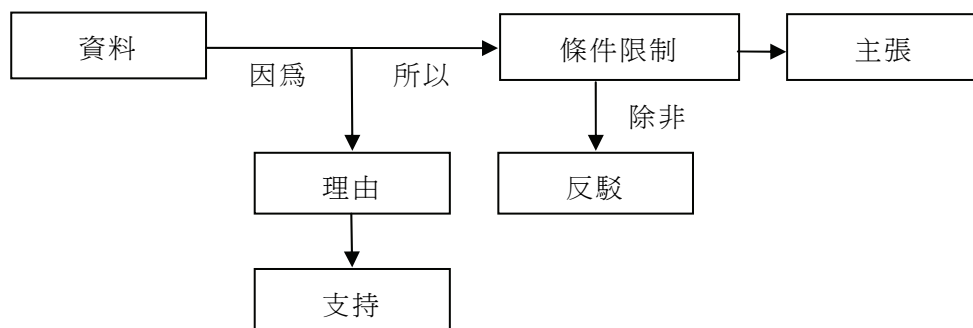


圖 1. Toulmin 的論證架構圖(引自 Toulmin, 1958)

主張，同時說明此推論的理由，在 TAP 的架構中各組成因子的關係，如圖 1 所示。

Toulmin 的論證架構圖中，各因子代表的意涵如下：

- (一) 資料(data)：可支持主張的事實。
- (二) 主張(claim)：論證過程中形成的結論，論證者根據一些資料，試著建立合理的說法以說服他人。
- (三) 理由(warrant)：說明資料如何推論至主張，提供所需的規則及證據。
- (四) 支持(backings)：眾人能接受之通則，用以證明提出的理由。
- (五) 條件限制(qualifiers)：在特定限制下，主張才能成立。
- (六) 反駁(rebuttal)：在某些情況下，主張並不成立，因為反例存在。

由圖 2 可知，Toulmin 利用日常生活中的事件來說明論證中每個因子的關係。例子中，Toulmin(1958)以「哈利出生於百慕達」為論證架構的「資料」，並在「哈利的父母並非外國人」的「條件限制」之下，運用推理能力提出了「哈利是一個英國人」之「主張」，其「理由」為「一個出生於百慕達的人即為英國人」，而「支持」的通則為「英國法令規定出生於英國殖民地之人民即賦有英國公民的權力」，但是若出現「哈利的父母親不是英國人」的狀況，則主張無法成立。

二、論證對學生學習的重要性

論證對科學教育的重要性，基本上包含了幾個面向：首先，當學生參與科學主題的論證活動時，針對問題情境設計適當的研究方法，蒐集評估所需的資訊，然後提出合理的主張，並與同儕進行多次的討

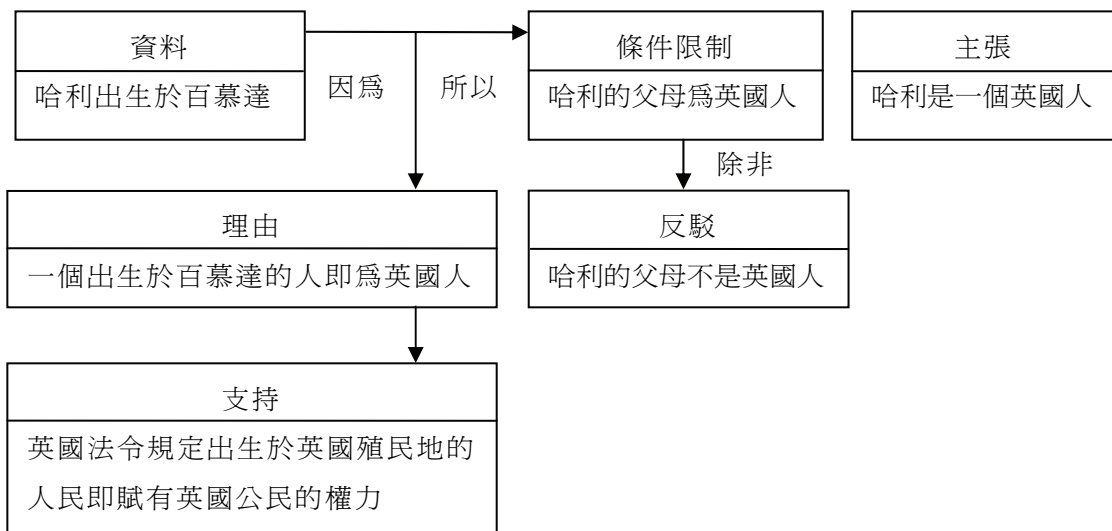


圖 2. Toulmin 所提出的論證架構實例(引自 Toulmin, 1958)

論協商及相互辯駁，可從中發展科學探究的能力 (Mason, 2001 ; Solomon, 1992)。

再者，學生在論證的過程中，需運用推理、組織等思考能力，將內隱的想法精緻化及具體化，形成外顯的主張 (Jiménez-aleixandre, Rodríguez & Duschl, 2000)。學生在面對各種不同的主張、理由和證據時，必需運用批判能力來判斷主張是否合理、理由能否支持主張、證據能否支持理由、證據來源是否可靠等 (Giddens, 1990)。所以，論證教學活動的進行能培育學生許多高層次的思考能力。

三、論證教學的策略和應注意的事項

實施論證教學時，適當教學策略及遵循一些注意事項是相當重要的。一些相關研究提出各種教學策略 (Osborne, Erduran & Simon, 2004; Simonneaux, 2001)，包括：

(一)論證因子寫作

學生針對論證主題填寫「資料、主張、理由、反駁、理由再加強、證據」等因子。教師可提供引導性的文字來進行說明，例如「你的想法是什麼(主張)? 支持想法的理由是什麼(理由)? 可能出現什麼說法來批評你所提出的理由(反駁)?」 (Wray & Lewis, 1997)。

(二)兩難情境

呈現兩難的情境，讓學生形成自己的想法，並進行討論或辯論活動。例如，

可問學生：「當父母知道自己患有膽囊纖維化的遺傳疾病，而他們三個月大的胎兒罹患此疾病的機率是 25%，試問他們是否可以採取墮胎？」此一問題涉及了「道德」和「健康」之間的衝突，因而可讓學生討論基因療法是否可運用於實際醫療中 (Zohar & Nemet, 2002)。

(三)角色扮演

學生跳脫自己，以扮演的角色及其立場為立足點，為此角色提出主張、理由、支持及證據。例如在「設立基因改造養魚場」的議題中，學生分別扮演「開設基因改造養魚場的養魚老闆、環境保育協會的領導人，專精於魚生理學方面的研究人員、當地的市長」等角色，學生必須為所扮演的角色發聲，說出他們支持或反對設立基因改造養魚場的理由 (Simonneaux, 2001)。

(四)競爭理論

教師選擇的論證主題應具有多種競爭的解釋，以激發學生不同的想法，提供可論辯的素材。例如教師先呈現兩個解釋「光的傳遞」之競爭理論「光是由我們的眼睛傳遞到物體，所以我們可以看到物體；光是由光源所產生，經由物體反射到我們的眼睛，所以我們可以看到物體」，之後教師可提供幾個證據，讓學生經由討論來選擇哪些證據可支持理論一或理論二 (Osborne, Erduran & Simon, 2004)。

(五)辯論

教師呈現學生一個具爭議性的議題，並將學生分為對立兩方，學生必須以自己原本的觀點或被指派的立場出發，提出想法、反駁對方的理由、為自己的主張辯護。例如教師將辯論的情境模擬為法國的市民會議，說明辯論的主題為基因改造食品所涉及的政治、經濟、生態及人類健康面向之爭議。辯論的過程中教師維持中立，讓學生自發性的提出不同觀點，例如：增加家畜生產力，改造科技去解決饑荒、瓦解生態平衡等。如果其中可討論的觀點被學生所遺忘，則教師再行提示，引導學生辯論 (Simonneaux, 2001)。

(六)科學探究與發表

除了上述的教學策略外，學生在進行論證時需要應用許多資料，蒐集的資料可以經由網路、書本或報章雜誌而取得，有些部份也可經由學生親自進行實驗設計、實驗操作等方法蒐集直接的證據。接著，教師可要求學生把蒐集得到的資料進行整理，撰寫研究報告，或者公開說明他們的立場。

另外，一些論證教學研究建議教師必須注意的事項有下列三項：(一)故事情境應具備新穎及有趣的特性，若學生對於課程主題感到好奇及興趣，則會更樂意參與論證活動 (Petit & Soto, 2002)；(二)對學生而言論證確實存在著一定難度，教師應多給予學生鼓勵，同時也給予學生足夠的時間去思考與討

論，讓學生能形塑心中的想法。若時間過於緊迫，必定減少學生論證的意願 (Lawson, 2003)；(三)學生往往會對於不同主張的證據顯現刻意忽視的情況，或者學生常無法舉出適當的證據及提出合理的推理 (Brem & Rips, 2000；Lawson, 2002)，這表示論證的學習並非一蹴可幾，必須藉由教師循序漸進的指導和協助，並透過不斷的練習才能駕輕就熟。

綜合來說，論證教學的策略各有不同的進行方式與特性，教師應針對不同的教學對象、目的或情境來彈性運用。而上述的教學原則適合於普遍的論證教學，教師在設計教學或實際教學時，應將這些原則納入考量，以獲得更好的教學成效。

參、論證教學之實證性研究回顧

研究者利用關鍵字「argument、argumentation、instruction、science education」等，以 ERIC 電子資料庫 (<http://search.ebscohost.com>) 進行搜尋 (年份 1999~2006)，共獲得十篇有關論證教學的實證性研究。透過文獻回顧，以清楚論證教學的研究對實務的貢獻，並從中省思其研究結果對教學的啟示。依論證的題材來分，可將論證教學的實證性研究分為應用「社會性科學議題」(socio-scientific issues, 簡稱「SSI」) 與應用「科學理論」(scientific theory) 兩類。茲分段敘述如下：

一、應用社會性科學議題於論證教學之實證性研究

Patronis、Potari 與 Spiliotopoulou (1999)探討學生在面對社區道路設計議題時進行決策所使用的論點，對象為希臘 14 歲中學生(未說明學生的人數)。教學第一階段，教師要求學生寫下有關「拓寬通往學校的道路」之看法。第二階段，將學生分成數小組，而小組的成員合作扮演委員會中的居民或專家。他們需思考「如何建造這條道路」的問題，之後讓每一組繪製出地圖，展現小組的構想，並討論所有的意見。研究以教室觀察和訪談等方法進行資料蒐集，結果發現學生面對真實情境時，會進行論證及做決定。同時，學生的論證常以個人經驗做出發，並考量經濟及生態等觀點，作為主張的基礎。

Simonneaux(2001)採用「基因改造鮭魚養殖場的設立」議題於論證教學，探討「角色扮演及辯論」對此學習的影響。研究對象為法國中學生 35 人。學生首先面對一虛構情境——「設立巨型基因改造鮭魚養殖場」，學生藉由論證過程決定是否興建養殖場。過程中，學生需收集相關訊息，並推測自己的決定對社區的影響。研究以教室觀察及問卷調查等方法蒐集資料。結果發現學生經過角色扮演及辯論活動後，其論點變得更精緻且具說服力，表示角色扮演與辯論有助學生發展論證能力。

Zohar 與 Nemet(2002)運用「基因療法」之兩難情境提升學生論證技巧。研究對象為以色列九年級學生 (186 人)，

學生參與研究之前皆學過遺傳學的基本概念。實驗組透過「當一對夫妻發現其三個月大的胎兒罹患膽囊纖維化，可採取墮胎嗎」的兩難情境進行論證教學，對照組採傳統方法學習遺傳學概念。研究以討論過程之觀察記錄及論證技能之間卷調查等方法蒐集資料。研究結果為：接受兩難情境教學之學生在概念測驗及論證表現上優於接受一般教學之學生，且學生在討論及發表時，提出證明的次數增加了，學生對事物的考量也變得更多元。另外，學生在教學前已有一定程度的論證能力，而論證教學能進一步加強學生既有能力。

Jiménez-Aleixandr(2002)採用「環境保護」議題探討學生進行論證及決策所需的知識及技能。研究對象為西班牙 11 年級中學生 38 位。首先，學生分組評估下水道對沼澤的影響，例如，對動植物的影響等；然後，各組報告前一階段討論的內容；最後，學生針對「在濕地設立下水道」進行論證。研究以田野札記、學習檔案及訪談等方法蒐集資料。發現學生在論證過程中，需使用高層次的知識，並比較不同理由與主張之間的關係；同時，學生對議題的態度及價值判斷將影響其決策。

Osborne 等人(2004)藉由「動物園設立」議題促進學生論證能力，對象為倫敦 12~13 歲中學生及 12 名中學科學教師。首先，科學老師組成的小組進行教學研究，發展提升論證的教材與策略；

然後，教師將 SSI 加入課程中，做為論證的主題。研究以訪談及教室觀察等方法進行資料蒐集。結果發現教師提供正確的引導與訓練可提升學生的論證能力。另外，發展學生高層次思考能力需較長時間才能獲得顯著的成效。

二、應用科學理論於論證教學之實證性研究

Bell 與 Linn(2000)利用知識整合環境(Knowledge Integration Environment)課程促進學生知識的理解，並評估學生學習「光的傳播」所建構的論證。研究對象為 172 位中學生，進行此計畫前，學生需設計實驗，並蒐集證據，探討光的來源、視覺、反射等現象。此外，學生需檢視證據和建構論點，並向同學報告。研究以學生論證的錄音為分析資料。教學後發現(1)學生論證的內容包含更多的證據，且學生會使用教材外的資料當證據。(2)學生對證據產生更多解釋，且學生使用的證據與既有經驗產生連結。(3) 學生對科學本質的認識轉為動態觀點，能了解科學理論或知識並非固定不變，它們是科學家們藉由論證過程，對彼此主張展開論辯，相互檢視論證強弱等過程所產生，進而促進科學的發展。

Bloom(2001)藉由學生學習密度概念的過程，檢視學生的論證表現。研究對象為加拿大一所中學之混齡班級，共 10 位學生。教學為期九週，首先，師生

共同討論科學家如何進行研究，過程包含了「討論、解釋、證明、預測、試驗、確認」等。接著教師引導學生運用這些方法探討密度與浮力，並針對自己提出的主張進行論證。研究以教室觀察、田野札記、學生訪談等方法蒐集資料。結果指出開放與鼓勵的氣氛有利於學生論證。教師應營造可促進學生進行論證的情境，讓學生從論證過程中了解科學知識需經過科學家們的論辯之科學本質，將有助於論證活動的進行。並且學生在論證時提出的論點與學生的先備知識、既有經驗有關。另外，學生進行論證時，可產生新的思考途徑，促進更多元的思考面向。

Lawson(2002)藉由「假說－預測」(hypothetico-predictive)教學模式，提供職前教師使用論證及證據檢測每個假說，以提升教師使用此教學模式的技能。研究對象為 22 位中學生物職前教師，他們首先面對一自然現象——「將一玻璃瓶子翻轉並蓋住附著於水盆的蠟燭，當火熄滅時，水會上升」，然後針對 Lawson 提供的六個假說進行試驗，以回答「火焰為什麼會熄滅？水為什麼上升？」等問題。職前教師使用假說－預測過程檢測每個假說，最後以實驗報告描述此過程。研究以 Likerts 量表及實驗報告等方法蒐集資料，結果發現職前教師進行「假說－測試」的論證過程時，常無法分辨假說、預測、結果與結論的差異。並且，職前教師論證時常出現三

種缺失：(1)遺漏或混淆論證因子，(2)提出的預測與原假說不符，(3)提出的預測無法顧及多個假說。另外，教師若運用探究方式進行教學，則需發展足夠的假說－測試技能及具備正確的科學本質觀。

Niaz 等人(2002)將歷史及哲學的科學觀加入化學課程中，探討論證與反駁過程對學生認識原子結構之影響。研究對象為 160 位化學課程大學生，學習主題是原子內部結構。學生實際操作湯木生、拉塞福與波爾所發展之原子模型，使用這些科學家的方法進行實驗，然後針對 3 種原子模型進行討論及論證，並將自己的想法以書面呈現，再重新選擇自己認同的模型。研究以問卷蒐集資料，結果發現原子結構的歷史、認識論與哲學觀有助於學生的概念學習。另外，融入科學家論證及辯論的歷程於實驗中，可使學生更了解科學的進展。

Yerrick(2000)藉由生活中科學現象的引導與教學，檢視低學業成就中學生進行探究式論證教學後之學習成效。研究對象為密西根州某中學普通科學班級學生 5 位，這些學生學業上長期表現不佳。研究者藉由生活中的自然現象（例如，燈泡外層玻璃破裂時，什麼讓燈泡燒壞），引導學生進行探究，提出假說，蒐集證據，然後設計並試驗他們的主張。實驗後，各組輪流發表與論證提出的理論與主張。研究以上課錄音、學生訪談及學生記錄的文字圖像蒐集資料，結果發現低成就學生經過論證教學後，科學本質觀獲得改善。同

時，知道使用反例、證據及科學方法來檢驗主張。

肆、實證性研究的討論與啟示

本節進一步將十篇論證教學實證性研究的內容做綜合性的探討，重點聚焦於各篇研究的目的和使用之論證題材、研究對象、教學策略及研究結果(如表 1)。

一、綜合分析

(一) 論證題材

此十篇研究的目的皆藉由論證教學促進學生對知識的建構、論證能力的培養、科學本質的了解等。所應用的論證題材可分為兩類，其中五篇為 SSI，其中三篇以學生生活周遭所發生的特殊社會爭議當成教學主題，如下水道工程對濕地的影響(Jiménez-Aleixandr, 2002)、社區道路設計(Patronis, Potari & Spiliotopoulou, 1999)及巨型基因改造鮭魚養殖場之設立(Simonneaux, 2001)；另二篇研究的議題則非專屬於特殊情境，如動物園的設立(Osborne, Erduran & Simon, 2004)及基因療法(Zohar & Nemet, 2002)。應用科學理論為題材的五篇研究中有四篇分別探討密度與浮力(Bloom, 2001)、光的傳遞(Bell & Linn, 2000)、原子的內部結構(Niaz, Aguilera, Maza & Liendo, 2002)及燃燒與空氣壓力(Lawson, 2002)。而 Yerrick(2000)的研究並非針對單一主題，主要是教師引導學生對日常生活中的科學現象做較廣泛的探討，例如：燈泡發光的原理、電池提供電器運作能量的原理、雲的組成成分等。

類別 作者	論證 題材		研究對象			使用的論證教學策略								顯著提升 之成效			
	社會 性	科學 議題	科學 理論	中學生	大學生	教師	角色 扮演	辯論	論證 寫作	實地 觀察	小組 討論	實驗 設計	實驗 操作	公開 說明	科學 本質	科學 知識	論證 能力
Jiménez-Aleixandr (2002)	✓	-	✓ 18歲	-	-	-	-	-	-	✓	✓	-	-	-	--	↑	↑
Osborne 等人 (2004)	✓	-	✓ 12~ 13歲	-	✓ 在職	-	-	✓	-	-	✓	-	-	-	--	↑	↑
Patronis 等人 (1999)	✓	-	✓ 14歲	-	-	✓	-	✓	-	-	✓	-	-	-	--	↑	↑
Simonneaux (2001)	✓	-	✓ 17歲	-	-	✓	✓	-	-	-	-	-	-	-	--	↑	↑
Zohar & Nemet (2002)	✓	-	✓ 16歲	-	-	-	-	-	-	-	✓	-	-	-	--	↑	↑
Bell & Linn (2000)	-	✓	✓ 14歲	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	↑	↑	↑
Bloom (2001)	-	✓	✓ 12~ 14歲	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓	✓	-	↑	↑	↑
Lawson (2002)	-	✓	-	-	✓ 職前	-	-	-	-	-	-	✓	✓	✓	↑	--	↑
Niaz等人 (2002)	-	✓	-	✓ 19歲	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-	↑	↑	↑
Yerrick (2000)	-	✓	✓ 16歲	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓	✓	-	↑	↑	↑

(二) 研究對象

此類研究的對象主要以中學生為主，其次為大學生(Niaz, Aguilera, Maza & Liendo, 2002)及職前與在職中學教師(Lawson, 2002; Osborne, Erduran & Simon, 2004)。

(三) 研究收集的資料

這些研究所蒐集的資料包含了教室錄音逐字稿、田野札記、學生訪談錄音逐字稿、學生問卷、學習檔案、研究報告等質性資料。另外，也使用 Likerts 量表(Lawson, 2002)，或針對特定主題(例如遺傳學)設計概念測驗收集量化的資料(Zohar & Nemet, 2002)。

(四) 教學策略

這十篇研究所採用的教學策略因應用的論證題材不同而有所差異。以 SSI 為題材的研究較常採用辯論(Simonneaux, 2001)、角色扮演(Patronis, Potari & Spiliotopoulou, 1999; Simonneaux, 2001)、論證寫作(Osborne, Erduran & Simon, 2004; Patronis, Potari & Spiliotopoulou, 1999)與實地觀察記錄(Jiménez-Aleixandr, 2002)等策略。而應用科學理論之研究所採用之教學策略則偏重於實驗設計(Bell & Linn, 2000; Bloom, 2001; Lawson, 2002; Yerrick, 2000)和實驗操作(Bell & Linn, 2000; Bloom, 2001; Lawson, 2002; Niaz, Aguilera, Maza & Liendo, 2002; Yerrick, 2000)與公開說明(Bell & Linn, 2000; Lawson, 2002)。

(五) 研究結果

這些研究皆發現學生在論證教學後，其論證能力普遍獲得提升。同時，促進了學生科學知識的學習，唯有 Lawson (2002) 未針對受試者的科學知識做探討。此外，應用科學理論之研究皆發現論證教學有助於學生對科學本質的了解(Bell & Linn, 2000; Bloom, 2001; Lawson, 2002; Niaz, Aguilera, Maza & Liendo, 2002; Yerrick, 2000)。而部份研究指出學生在進行論證活動時，既有的知識與經驗會影響到論證的表現(Bell & Linn, 2000; Bloom, 2001; Patronis, Potari & Spiliotopoulou, 1999)，亦有研究指出學生在進行論證活動時，對論證主題的態度及價值觀扮演著重要的角色(Bloom, 2001; Jiménez-Aleixandr, 2002; Patronis, Potari & Spiliotopoulou, 1999)。另外，有些研究則指出論證能力的提升需要長時間的培養，且教師適當的引導將可促進學生參與論證活動的討論(Bloom, 2001; Osborne, Erduran & Simon, 2004)。

二、討論

(一) 論證題材與教學策略

綜合上述研究，當論證教學以 SSI 為論證題材時，因 SSI 常牽涉到不同面向，例如科技、經濟、政治、宗教、倫理與道德等，需要人們對這些面向做權衡與判斷(Barrow & Germann, 1987)，所以教學者可採用角色扮演及辯論的教學策略訓練學生多元思考、價值判斷、反省批判的能力，並從中發展學生之非形式推理(informal

reasoning)能力及論證能力(Zohar & Nemet, 2002)。同時，教學者亦可藉論證寫作的策略形塑學生對 SSI 的想法，及對論證架構的認識。若 SSI 取材自學生周遭環境中，可藉由實地觀察來蒐集資料，提高學生對此議題的興趣。另外，Zohar 與 Nemet(2002)強調倫理與道德面向的討論，此一主張呼應了 Sadler 與 Donnelly(2006)指出 SSI 本身含有多元的價值觀點，其中倫理與道德方面的考量應予以重視的說法。同時，加強思索科技應用之於「人類自己、整體社會、自然生態與環境」的影響，回歸「真、善、美」的層面反省人類行為的適切性，這些理念正是討論爭議性的 SSI 議題時，學生應學習的面向（林樹聲，2004）。

當以科學理論為論證題材，則偏重解釋此一現象之理論(theory)，及為理論找尋合理支持的證據。教師提供學生理論，或由學生自己提出假說，進行科學實驗的探究活動找尋證據，並透過小組公開的發表及同儕間的辯駁以發展論證的能力。因此，此類教學多採行實驗設計、實驗操作、公開說明等教學策略，讓學生的論證能力在找證據的過程中獲得提升。

此外，此兩類的論證題材皆可採用小組討論的教學策略，藉由組員彼此的互動與協商，以激發學生產生新的想法，促使主張更為精緻(Alexopoulou & Driver, 1996)。

(二) 論證教學與對象

本文回顧之論證教學研究對象以中學生為主，可能因為中學生具有較為豐富

之科學知識，所以他們在進行論證活動時，能做出更充分的討論(Lewis & Leach, 2006)。儘管小學生的論證能力普遍不足，但是論證能力的發展並非一蹴可幾，而是需要循序漸進的訓練才能獲得提升(Erduran, Ardac & Yakmaci-Guzel, 2006)。只要論證教學的題材配合小學生的程度，為學生鋪陳適當的論證情境及補充其所需的知識，小學生也能展現論證的能力（林樹聲，2008；黃柏鴻，2007）。Zohar 與 Nemet(2002)即指出學生在教學前已具有一定程度的論證能力，論證教學則可進一步加強學生既有的能力。因此，若從小學開始培養，則學生的論證能力應可逐步的發展。

(三) 論證的教學成效

教學成效反映在學生的論證能力、科學知識及科學本質的改變。論證能力方面，這些研究結果皆顯示學生經歷不同的論證教學，論證能力皆獲得提升，但隨著研究進行的論證活動之不同，提升學生的論證能力也有差異，例如 Bell 與 Linn(2000)及 Yerrick(2000)的研究中，學生需藉由科學探究的過程蒐集所需的證據，所以，學生在證據的使用上有大幅度的進步。另外，Jiménez-Aleixandr(2002)的研究中，學生需確認他們的理由、所使用的知識與做出的決定之關聯，所以，學生更加了解理由與主張之間的關係，因而提出更正確的理由支持自己的主張。

科學知識方面，學生進行論證活動時，科學知識將影響到學生的推理及評估

(Lewis & Leach, 2006)，因此教學者必須補充學生論證所需的背景知識。同時，學生爲了提出合理的主張及理由，常需進一步蒐集證據及資料，而在此過程中，學生無形中學到相關的科學知識。

至於科學本質方面，應用科學理論之論證教學中，學生需設計實驗及找尋證據，所得到的學習歷程如同科學家從事的科學探究，學生可體驗到科學知識如何經過論證而產生(Driver, Newton & Osborne, 2000)，因此學生在科學知識和方法的本質上，皆能有更深入的了解。然而，應用 SSI 爲論證題材之研究雖未探討學生的科學本質，但學生亦可藉由 SSI 的討論，進一步了解「科學、科技與社會」三者的關係、了解科學社群找尋證據或依據證據相互辯駁的運作，甚至科技進步與社會福祉之間的關係等屬於科學的社會本質之面向。

雖然這十篇研究提出學生在經過論證教學後，於學習成效上皆有正向的成長，但也有其他的研究顯示沒有明顯的效果。根據 Sadler(2004)針對 13 篇 SSI 相關研究之分析結果，其中 Zohar 與 Nemet(2002)主張應用 SSI 之論證教學有助於提升論證能力；而 Kortland(1996)則提出應用 SSI 之論證教學無助於提升學生論證能力的結果，而此二篇研究的結果有如此分歧的主要原因可能爲研究對象有對育程度之差異，因此面對 SSI 進行非形式推理時有不同的表現。另外，Zeidle、Walker、Ackett 與 Simmons(2002)指出學生對科學本質的理解會影響其非形式的推

理，而 Bell 與 Ledeman(2003)的研究正好相反，他們發現學生對科學本質的理解不會影響其非形式推理，導致此差異的主要原因可能爲研究採用不同的分析方法。另外使此些研究產生不同結果的原因尙有四者：其一，各研究採用不同實驗設計或評量方法，蒐集到不同的資料，因而可能導致不同的研究結果；其二，研究的對象皆非大樣本或隨機選取，因此影響到結果能否外推，所以無法進一步判斷研究樣本以外的學生是否具有成效；其三，各研究的對象之教育程度有相當大的差異，對於非形式推理的表現有所不同；第四，各研究對於非形式推理之評量方式亦不相同，可能影響到研究的結果。也因此，未來有待更多的研究投入以 SSI 或科學理論爲題材之論證教學研究，才能獲得更普遍的發現。

至於論證教學是否需顧及學生的特殊性？上述研究的樣本除了 Yerrick(2000)選擇低學業成就之中學生、Osborne 等人(2004)選擇在職教師以及 Niaz 等人(2002)選擇職前教師外，其他皆針對一般中學生，並未選擇特別的樣本，因此並沒有限定於特定的學生才可實施論證教學。

伍、教學實務的啟示與建議

綜合回顧論證教學之實證性研究後，研究者針對論證教學提出下列幾點建議：

一、彈性應用論證題材和教學策略
不同論證題材具有不同的問題情境與考量面向，教學者需針對應用的題材，彈性選擇

適合的教學策略，讓學生可以在論證活動中對 SSI 和科學理論做充份的討論與探究。

二、重視小組討論於論證教學的運用

在論證的過程中，教學者可利用小組討論的方式，讓學生藉由小組內的合作學習，提升組內成員對論證的了解，降低論證活動的困難度。同時，藉由小組之間對彼此主張和理由的質疑與批判，可促進學生為自己的論點做出更多的辯護或提出更有力的證據。

三、安排國小學生進行論證活動

林樹聲（2008）表示國小階段之學生可進行論證教學，雖然心智能力或背景知識較為不足，但仍具有基本的論證能力，只是所能論證的內容較為淺顯，因此教學者可在論證教學中針對學生的程度，鋪陳適當的論證情境及建立相關的背景知識，或者藉由查資料的過程充實學生對議題的了解，接著再進行論證活動。另外，黃柏鴻（2007）強調教師可提供學生多次類似的論證活動，如學習單的填寫或辯論，並與學生討論論證過程中所出現的缺失，以尋求改進的方法，如此一來學生的論證能力將可獲得更充足的發展。

四、注重倫理與道德的考量

以 SSI 為論證題材時，教學者應針對 SSI 的內容引導學生對倫理與道德的問題進行討論，藉此刺激學生思考議題所引發的社會衝突，以及科技發展對人或其他生物與環境的影響，以促進大家能更審慎評估任何科技的運用。

陸、結語

現今的九年一貫課程中，知識的獲得已不再是課程的主要目標，取而代之的是「帶得走的能力」的培養。而學生在進行論證活動時，需運用到多種心智能力，例如推理、批判或溝通等，因此頗符合九年一貫課程倡導的理念。同時，就科學教育的目標而言，擁有論證能力正是培養學生具備科學素養的重要指標之一，因此，論證能力對於具備科學素養的公民是不可或缺的一項能力。然而，學生論證能力的提升仰賴成效良好的論證教學，所以本研究的分析可提供未來有志進行論證教學之教師做參考。

參考文獻

- 林樹聲(2004)：通識素養的培育與爭議性科技議題的教學。南華通識教育研究—科學教育專題，1(2)，25-37。
- 林樹聲(2008)：應用社會性科學議題教學模組的設計與實踐促進科學教師專業成長及學生論證能力之研究。行政院國家科學委員會計畫成果報告(NSC95-2522-S-415-001-MY3(2/3))。
- 黃柏鴻（2007）：提升國小六年級學生論證能力之行動研究－以社會性科學議題為例。未出版之碩士論文，國立嘉義大學科學教育研究所，嘉義。
- 黃翎斐、胡瑞萍(2006)：論證與科學教育的理論和實務。科學教育，292，15-28。
- Alexopoulou, E., & Driver, R. (1996). Small-group discussion in physics: Peer interaction model in pairs and fours. *Journal of Research Science Teaching*, 33(10), 1099-1114.
- Barrow, L. H. & Germann, Paul. (1987). Acid Rain Education and Its Implications for Curricular Development: A Teacher Survey.

- Science Education*, 71(1), 15-20.
- 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.
- Bell, R. L., & Lederman, N. G. Understandings of the nature of science and decision making on science and technology based issues. *Science Education*, 87(3), 352-377.
- Billig, M. (1987). *Arguing and thinking: A rhetorical approach to social psychology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Binkley, R. W. (1995). Argumentation, education and reasoning. *Informal Logic*, 17(2), 127-143.
- 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.
- Brem, S. K., & Rips, L. J. (2000). Explanation and Evidence in Informal Argument. *Cognitive Science*, 24(4), 573-604.
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(33), 287-312.
- Duschl, R. A., & Osborne, J. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse in science education. *Studies in Science Education*, 38, 39-72.
- Erduran, S., Ardac, D., & Yakmaci-Guzel, B. (2006). Learning to teach argumentation: case studies of preservice secondary science teachers. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 2(2), 1-14.
- Giddens, A. (1990). *The consequences of modernity*. Cambridge: Polity Press.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (2002). Knowledge producers or knowledge consumers? Argumentation and decision making about environmental management. *International Journal of Science Education*, 24(11), 1171-1190.
- Jiménez-Aleixandre, M. P., Rodríguez, A. B., & Duschl, R. A. (2000). "Doing the lesson" or "doing science": Argument in high school genetics. *Science Education*, 84(6), 757-792.
- Kortland, K. (1996). An STS case study about students' decision making on the waste issue. *Science Education*, 80(6), 673-689.
- 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(33), 237-252.
- Lawson, A. E. (2003). The nature and development of hypothetico-predictive argumentation with implications for science teaching. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1387-1408.
- Lewis, J., & Leach, J. (2006). Discussion of socio-scientific issues: The role of science knowledge. *International Journal of Science Education*, 28(11), 1267-1288.
- Mason, L. (2001). Responses to anomalous data on controversial topics and theory change. *Journal of Learning and Instruction*, 11(6), 453-483.
- Niaz, M., Aguilera, D., Maza, A., & Liendo, G. (2002). Arguments, Contradictions, Resistances, and Conceptual Change in Students' Understanding of Atomic Structure. *Science Education*, 86(4), 505-525.
- Nussbaum, EM. (2002). Scaffolding Argumentation in the Social Studies Classroom. *Social Studies*, 93(3), 79-85.
- Osborne, J. F., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994-1020.
- 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.
- Petit, A., & Soto, E. (2002). Already Experts: Showing students how much they know about writing and reading arguments. *Journal of Adolescent & Adult Literacy*, 45(8), 674-682.
- Sadler, T. D. (2004). Informal Reasoning Regarding Socioscientific Issues: A Critical Review of Research. *Journal of research in science teaching*, 41(5), 513-536.
- Sadler, T. D., & Donnelly, L. A. (2006). Socioscientific Argumentation: The effects of content knowledge and morality. *International Journal of Science Education*, 28(12), 1463-1488.
- Siegel, H. (1989). The rationality of science, critical thinking and science education. *Synthese*, 80(1), 9-42.
- Siegel, H. (1995). Why should educators care about argumentation. *Informal Logic*, 17(2), 159-176.
- 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.
- Solomon, J. (1992). The classroom discussion of science-based social issues presented on television: knowledge, attitudes and values. *International Journal of Science Education*, 14(4), 431-444.
- Toulmin, S. E. (1958). *The uses of argument*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Van Eemeren, F. H. (1995). A world of difference: The rich state of argumentation theory. *Informal Logic*, 17(2), 144-158.
- Wray, R. & Lewis, M. (1997). *Extending literacy: children reading and writing non-fiction*. London: Routledge.
- Yerrick, R. K. (2000). Lower track science students' argumentation and open inquiry instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(8), 807-838.
- 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.
- 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.
- 投稿日期：96 年 06 月 01 日
- 接受日期：96 年 06 月 15 日

Literature Review and Reflection on the Research about Argumentation Instruction

Po-Huang Huang¹ Shu-Sheng Lin²

¹Taipao Primary School in Chiayi County

²Graduate Institute of Science Education, National Chiayi University

Abstract

The students' argumentation skills are placed importance on science education in a decade. Therefore, many studies are to explore the argumentation instruction in order to improve the students' argumentation skills. In this paper, we reviewed and analyzed the papers about the meaning of argumentation, the teaching strategies of argumentation instruction, and the empirical studies on argumentation instruction in science education. The results showed that: (1) the researchers usually adopted the teaching strategies, such as role play, debate, argument writing in the instruction of socioscientific argumentation. On the other hand, they asked students to design an experiment and collect evidence to justify a theory when they learned scientific argumentation. (2) A good argumentation instruction could not only improve students' argumentation skills and understanding of nature of science, but also fostered their knowledge construction and thinking over socioscientific issues from ethical and moral aspects. (3) Most studies pointed out a suitable context or an evidence-collecting activity can help students to build their prior knowledge and discuss thoughtfully before they make an argument. (4) Most studies chose high school students as their sample instead of elementary school students. It is worth of exploring teaching strategies to help elementary school students to improve their argumentation skills. (5) Due to different experimental design and sampling, the results of most studies on argumentation instruction are divergent. Some showed the learning results of the students became better after they experienced the argumentation instruction, and some still remained unchangeable. The implications for classroom practice are discussed in the end of this article.

Key words: argumentation skills, argumentation instruction, socioscientific issues