# 以教師論證探究科學教學思考之差異 －二位國小自然教師的對比研究－

李松濤
海軍軍官學校應用科學系 sungtao@mail.cna.edu.tw
林煥祥
國立花蓮教育大學科學教育研究所 t1666@mail.nhlue.edu.tw
洪振方
國立高雄師範大學科學教育研究所 t1873@nknucc.nknu.edu.tw

## 摘 要

本研究的主要目的是要運用「教師論證」作為切入點，以一種整體的觀點來探究在現今科學教育改革的呼聲中不同發展階段（資深 v.s.資淺）的國小科學教師教學實務表現背後的思考運作要素。文中首先分析教師思考研究的重要性與歷史演進過程，接著論述以「教師論證」探究教師思考的合理性，最後介紹其實際應用的過程。研究結果顯示，透過「教師論證」的過程與適當的分析方法，可以完整呈現出教師教學思考的主要因素。在本研究中，二位個案教師的教學思考因素同時包括了「教學信念」、「個人經驗」以及「價值觀」，但是資深教師的教學思考另外包括了「科學本質觀」，使得二者教學實務的表現出現了差異性。另外「教師論證」的內容也顯示，資深教師的主要教學目標是希望學生可以透過探究活動來學到「科學知識形成的歷程」，而資淺教師的主要教學目標則是希望學生可以透過「對於科學文本和語言的互動來熟悉課程的內容」。

關鍵詞：教師論證，教學思考，科學本質觀

## 一、研究動機與目的

在目前的制式教育環境中，「教師」仍然扮演著「課程」與「學習者」之間的橋樑角色，任何課程的實施或革新，都必須透過「教師」的教學行動，才可能使得「學習者」發生學習。Bybee（1993）曾經針對科學教育的執行面向提出「目的（purpose）－政策（policy）－計畫（programs）－實務（practices）」等四個不同教育階層所關注的 4P 模式來說明科學教學實務由上而下的連貫性；在提到科學教師教學實務的重要性時，他特別指出，所謂的「實務」是指科學教師將「政策」轉化為教學實務應用（practical application）的責任承擔，在任何教育改革的過程中，這個過程的品質優劣，可以直接決定改革的成功與否。近年來，國內外科學教育界的教育改革持續不斷地在進行（教育部，1998；National Research Council, 1996, 2000），在教學實務方面，其主要的訴求就在於「教師應該對於『科學』、『學習』以及『科學教學』等向度同時具有『理論』與『實務』的知識和能力」（National Research Council, 1996, p.28）。然而，科學教師不應被視為是任何改革政策的「當然執行者」，因為每一位教師都是在不同教學情境中工作的獨立有機個體，他（她）們在教室中的教學行為不僅不可能完全相同，甚至還有可能出現相當大的差異；

因此，直接影響教師教學行為的「教師思考」（teachers' thoughts）過程便成了科學教師教學實務研究的重要切入點之一（Calderhead, 1996）。

從教師思考研究的歷史發展來看，由於 1970 年代開始認知心理學逐漸的興起，許多有關教師心理活動層面的研究也開始成為教學研究的重點，例如教師計畫、教師互動思考與決策以及教師理論等（Clark & Peterson, 1986）；1980 年代以後，許多「信念」（belief）的研究開始成為教學研究的重要方向，Shulman（1987）也在此時提出了以「知識基礎」的觀點來看待教師的教學，他特別提出了所謂「學科教學知識」（pedagogical content knowledge, PCK）的觀點來做為區別學科專家與學科教育者的重要標準；1990 年代開始，Yinger 和 Hendricks-Lee（1993）則提出了「工作知識」（working knowledge）和「生態智慧」（ecological intelligence）的概念來主張教師的教學行動實際上是教師的知識系統與其週遭的文化、物質、社會以及歷史等系統交互作用後的產物。此外，O'Loughlin（1990）也提醒研究者應該注意，「教師的信念不應該被看成是一個與教師行動之間存有因果關係的單純結合系統」（引自 Tobin, Tippins, & Gallard, 1994）；2000 年以後，也開始有研究提到，科學教師的教學信念其實是一種複雜甚至互相衝突的系統（Bryan, 2003；Wallace & Kang, 2004）。綜上所述，我們應該理解到「信念」或是「知識」都只能看成是教學實務的某種必要條件，而非充分條件，單一的「知識」背景並不能預測教師的教學實務表現，而教師「信念」也可能只是影響教師教學實務的因素之一。

就本質而言，「思考」其實就是一個「推理」的過程（Galotti, 1989），雖然在形式上可以分成「形式推理」與「非形式推理」二種類型，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）。近年來「非形式推理」在科學教育的研究領域中漸漸開始受到重視，尤其是以 Toulmin（1958）所提出的「論證架構」（argumentation pattern）來分析「非形式推理」的過程，更是出現在許多有關學生科學思考的研究當中（Duschl & Osborne, 2002; Sadler, 2004; Zohar & Nemet, 2002），這種「思考即是論證」的觀點，其實正是了解真實智慧的方法之一，因為透過「論證」，我們可以同時看到人們高層次思考以及推理的相關過程（Kuhn, 1993）。

就理論上而言，在教師教學實務的情境當中，透過「教師論證」，我們應該也可以看到科學教師在教學推理過程中所考慮的因素有哪些？行為理論的依據或經驗又是哪些？透過這種非形式推理過程的分析，我們應該也可以知道真正影響教師教學實務的因素以及教師在教學推理思考中真正運作的信念或是知識為何？然而實際上類似的相關研究卻非常有限（Lee & Lin, 2005），因此本研究的主要目的就是想要在現今科學教育改革的風潮中，運用「教師論證」作為切入點，以一種整體的觀點來探究不同發展階段（資深 v.s.資淺）的科學教師教學實務表現背後的教學思考運作要素。

## 二、研究問題

引導本研究的二個主要研究問題如下：

（一）教育改革政策下，國小資深與資淺科學教師的教學實務表現各為何？有何差異？

（二）教育改革政策下，國小資深與資淺科學教師的教學實務論證架構中所呈現的思考要素各為何？有何差異？

## 三、研究方法

（一）研究個案

本研究邀請了南部某縣市的二位國小自然科教師－林老師與陳老師參與研究，分別屬於資淺進階初學（advanced beginner）教師以及資深精熟執行（proficient performer）教師（Berliner, 1994）。其中林老師的教學年資有三年，在本研究進行期間，他正在攻讀科學教育的碩士學位，為人積極進取，好學不倦，不僅曾於各類公開的學術研討會中發表科學教育研究成果，更曾榮獲模範研究生的殊榮，可說是一位極具潛力的國小自然科教師。另外一位陳老師的教學年資已經超過十年，他本身具有數理教育研究所的碩士學位，不僅長期地參與國科會與教育部所支持的各項科學教育相關研究計畫，本身更擔任南部某縣市國教輔導員的工作，同時也曾擔任各類科學教育相關講座與甄試評審等重要的任務，屬於一位具有多年教學研究經驗與專業知識的國小自然科教師。

（二）研究工具

為了要形成「晤談議題」作為「教師論證」的主題以提供二位教師針對其教學實務的表現加以辯護或說明，研究者運用 Lee 和 Lin（2005）所發展的「科學教學觀察編碼紀錄表」（Science Teaching Observation Coding Schedule, STOCS）作為本研究的主要研究工具，其目的在於透過教學錄影帶的觀察分析找出二位教師的教學活動型態分布狀況以形成「晤談議題」。在晤談方面，研究者運用 Toulmin（1958）所提出的「論證架構」（Toulmin's argumentation pattern, TAP）以及 Osmo 和 Landau（2001）所提出的建議，將前述「論證架構」中的元素（element）轉化為晤談題綱，然後與二位教師針對「晤談議題」進行半結構式晤談（semi-structured interview），建立個別的「教師論證」內容。

（三）研究過程

研究者針對二位個案教師總共進行了四個單元的小五自然科課室教學觀察，本文選擇其中二個相同單元（星星與太陽），不同版本（康軒版與牛頓版）的觀察內容進行報告。研究者先在教室進行為期大約六週的教學觀察後，然後針對教學錄影帶進行量化分析。研究者以每分鐘為分析單位，根據教師在教室當中所進行的教學行動進行編碼註記，編碼向度包括教師主導事件（teacher dominated incidents，TDI），小組學生活動（group student activity，GSA），個人學生活動（individual student activity，ISA），師生互動（teacher-student interaction，TSI），教室中評量（assessment in classroom，AIC）與臨時事件（temporary incidents，TI）等六個向度。研究者將六十秒除以註記編碼數目，得到教師在每一節課，每一分鐘內不同教學行動類別的分配時間，加總之後得到教學單元中全部上課時間的教學活動型態分佈狀況。之後根據量化分析結果形成不同的「晤談議題」，再依據晤談題綱請個案教師針對「晤談議題」加以說明，進行「教師論證」。

（三）資料分析

教學影帶的分析工作由研究者與另一位助理研究人員分開進行，在進行分析之前，雙方先以前述研究工具「科學教學觀察編碼紀錄表」（STOCS）各自分析四至六節課的教學影帶，然後一起討論分析結果的相似性與差異性，經過討論形成編碼的共識看法之後，再繼續各自的編碼工作。在二個單元的教學影帶分析結果當中，二位編碼者之間的編碼結果相關係數分別是 0.8 和 0.88（皆達顯著相關，$p<0.01$）。得到編碼結果以後，研究者將二位編碼者的統計結果加以平均即得到二位個案教師在二個教學單元中的教學活動型態分佈狀況，接著根據圖形中所顯現的特徵，研究者進一步歸納出相關的議

題，然後請個案教師進行「教師論證」，最後再依據 Toulmin（1958）所提出的「論證架構」整理出個案教師對於相關議題的教學思考要素。

## 四、研究結果

（一）教育改革政策下，國小資深與資淺科學教師的教學實務表現各為何？有何差異？

二位個案教師在「星星與太陽」單元的不同教學活動型態分佈狀況如圖一所示。在教學實務的整體表現上，資深教師是以小組學生活動與師生互動為主要教學方式，而資淺教師則是以教師主導事件、師生互動以及個別學生活動為主。

（二）教育改革政策下，國小資深與資淺科學教師論證架構中所呈現的思考要素各為何？有何差異？

二位個案教師在「論證架構」中所呈現的思考要素分別如表一與表二所示。整體而言，二位教師教學思考的要素分別包括了教學信念、個人經驗與價值觀等，但是「科學本質觀」這個思考要素卻只出現在資深教師的教學思考過程當中。

## 五、結論

由圖一可知，資深陳老師運用最多時間的教學行動是「小組學生活動（GSA）」（佔 23.9%），其次是「師生互動（TSI）」（佔 21.8%），再來是「臨時事件（TI）」（佔 20.8%）和「教師主導事件（TDI）」（佔 17.5%）。而圖中陳老師「臨時事件（TI）」的上升情形主要是因為他運用了「行動天文教室」，而這項活動在「科學教學觀察編碼紀錄表」當中被歸類為「教室外活動」，因而造成「臨時事件（TI）」的上升。此外，如果依據上課天數加以分析，結果發現在八天的上課過程中，有三天的「小組學生活動」所佔時間比例最高，有二天是次高；而「師生互動」所佔的時間比例也有三天是最高，有三天是次高。而根據教室觀察的紀錄也顯示，陳老師在這個單元的「師生互動」，非常喜歡運用開放式的問題（why 和 how）來引導學生思考與進行討論，而且也會運用板書來幫助學生整理討論或是想法的結果，希望營造一個探究的學習環境。另一方面，資淺林老師運用最多時間的教學行動是「教師主導事件（TDI）」（佔 29.4%），其次是「師生互動（TSI）」（佔 25%）與「個別學生活動（ISA）」（佔 24.1%），接著則是「小組學生活動（GSA）」（佔 8.9%）。此外，如果依據上課天數加以分析，可以發現在十天的上課過程中，有二天的「教師主導事件」所佔時間比例最高，有六天是次高；而「師生互動」所佔的時間比例也有五天是最高，有三天是次高。根據教室觀察紀錄顯示，「教師主導事件」除了包含影帶收視之外，主要是集中在林老師的「講述解釋」，而「個別學生活動」的內容則是集中在「完成習作」與「閱讀教材」這二個部分，而「師生互動」的部分是以林老師直接和學生進行與課程相關問題的互動為主，大多是屬於「簡單問答互動」。

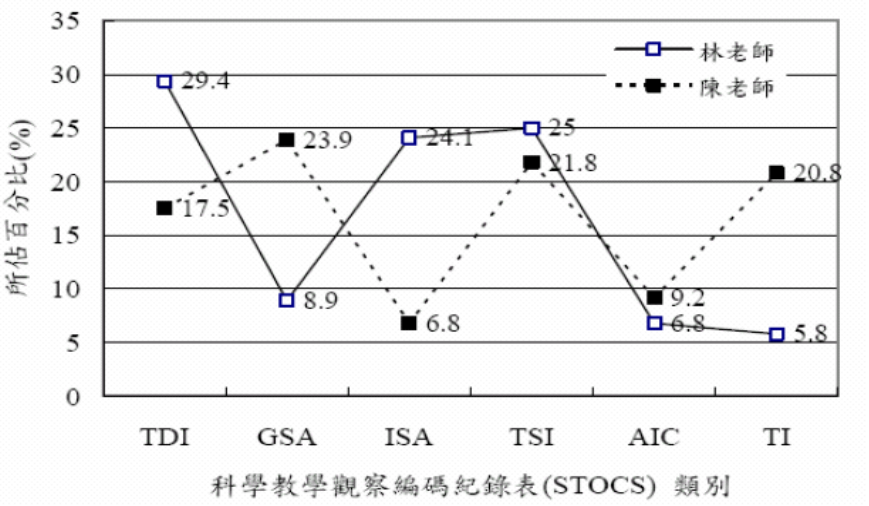
由表一及表二的「教師論證」內容可以看出二位教師的教學思考因素同時都包含了「教學信念」、「個人經驗」以及「價值觀」，而唯一不同的是資深陳老師的教學思考因素另外多了「科學本質觀」。文獻分析指出，在中、小學的階段，「科學本質觀」在科學教師的教學當中扮演了很重要的角色，因為教師的「科學本質觀」有可能會影響到教師的教學行為，而這種教學行為與過程又有可能更進一步會影響到學生對於科學的印象與科學素養（王靜如, 2001；Abd-El-Khalick, Bell, & Lederman, 1998；National Research

Council, 1996)，但是也有研究指出，教師科學本質觀與其教學實務之間的關係其實是「必要」而非「充分」的，也就是說，具有當代科學本質觀的教師在教學中並不一定會表現出來相同的觀點；但是如果要表現出具有當代科學本質觀的教學過程，老師就一定要有適合的「科學本質觀」(Abd-El-Khalick, & Lederman, 2000；Lederman, 1992)。本研究也發現，因為這項特殊的教學思考因素，所以使得二位教師的教學實務表現出現了差異，而透過「教師論證」，我們也看到「科學本質觀」確實是陳老師教學思考的元素之一。

此外，根據 Rich 和 Almozlino（1999）的文獻分析指出，小學教師心目中的教學目標大致可以分成「學術的」，「認知的」，「社會的」以及「個人的」等四個向度，就本研究的二位個案教師而言，透過「教師論證」可以看出陳老師的主要教學目標是希望學生可以透過探究活動來學到「科學知識形成的歷程」，而林老師的主要教學目標則是希望學生可以透過「對於科學文本和語言的互動來熟悉課程的內容」，雖然這二項主要教學目標(促進思考與知識精熟)都屬於「學術的」教學目標，但是就科學教育的領域而言，陳老師「特別重視探究」的目標想法比較接近現在科學教育社群的主流看法（National Research Council, 1996, 2000)。

## 六、主要參考文獻

1. 王靜如 (2001)：小學教師科學本質概念及教學之研究。**科學教育學刊**, 9(2), 197-217。
2. Bryan, L.A. (2003). Nestedness of beliefs: Examining a prospective elementary teacher's belief system about science teaching and learning. *Journal of Research in Science Teaching, 40*(9), 835–868.
3. Duschl, R. A., & Osborne, J. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse in science education. *Studies in Science Education*, 38, 39-72.
4. Lee, S.T. & Lin, H.S. (2005). Using argumentation to investigate science teachers'
5. teaching practices: the perspective of instructional decisions and justifications. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 3, 429-461.
6. Sadler, T.D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of the literature. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 513-536.
7. Wallace, C.S. & Kang, N.H. (2004). An investigation of experienced secondary science teachers' beliefs about inquiry: An examination of competing belief sets. *Journal of Research in Science Teaching, 41*(9), 936–960.




圖一　二位老師在「星星與太陽」單元中的教學活動型態分佈狀況

表一　陳老師在「教師論證」中所顯現出的科學教學思考要素

| 要素 / 議題 | 教學信念 | 科學本質觀 | 個人經驗 | 價值觀 |
|---|---|---|---|---|
| 小組學生活動是否應該是科學教室中的主要活動？（是） | 孩子們的能力可以透過社群中的分享與論證來培養 | 科學史裡面的知識的變革歷程可以看到社群力量的影響 | 輔導團的工作發現每個人都有不同的專長跟思考角度 | 可以讓同學彼此觀摩學習，能力好的人去帶能力差的 |
| 小組討論是否應該是科學教室中的必要活動？（是） | 小組討論可以幫助學生形成想法與設計實驗 | 探究歷程中的解釋形成一定要經過社群認可 | 過去的教學經驗都是如此，在前面先培養小組討論能力 | 小組討論屬於探究活動基本能力，所以必須先培養出來 |
| 是否個人學習單應該在科學教室中被科學教師加以重視？（是） | 孩子應在適當的判準下，了解自己的學習狀況，從他人或自己獲得有意義的回饋，而後得到反思 | 無資料 | 以前看小朋友學習單的經驗和自己寫論文的經驗 | 老師可以看到學生內在的思考與想法 |
| 「為何」與「如何」等開放式問題是否有必要運用於科學教室之中？（是） | 我必須運用各種方式讓學生投入，所以必須利用開放式問題來設計情境 | 我想要學生模擬人類透過探究活動而發明知識和概念的歷程 | 建構主義、創造思考以及新的評量概念都強調「開放式」的問題 | 我不是要教學生別人發現或發明出來的知識概念，而是要教給他發現知識的歷程 |
| 解釋與板書是否應在科學教室中被運用？（是） | 學生的溝通與理解能力上未成熟，所以需要老師來協助澄清彼此的想法以及活動的進行方向 | 無資料 | 閱讀經驗與工作經驗都顯示，請人做事必須先告知原因、理由與最終目標才能有好的效果 | 教室活動是學生的自主學習活動，所以他自己必須清楚要做什麼？怎麼做？ |

表二　林老師在「教師論證」中所顯現出的科學教學思考要素

| 要素 / 議題 | 教學信念 | 個人經驗 | 價值觀 |
|---|---|---|---|
| 師生互動是否應該是科學教室中的主要活動？（是） | 學生應該透過對於科學文本和語言的互動來理解科學陳述的方式，同時學習到科學的概念 | 我的經驗認為，有問題提出來的時候，如果能夠得到立即的修正與回饋，那才是最有效的學習方式 | 學習科學就是學習科學的語言，而且語言蘊藏了概念 |
| 小組學生活動是否應該是科學教室中的主要活動？（是） | 學生應該透過小組共同合作的方式來學習，包括了互相要求完成作業、了解彼此想法以及建立師生溝通的橋樑 | 閱讀經驗與大學學習經驗都顯示「小組合作學習」重要性 | 小組合作可以彼此討論溝通，幫助知識的共同建構或者是分工後互相協助 |
| 小組報告或意見表達是否應在科學教室中被運用？（是） | 學生對於自己的學習狀況應該要有適當的了解，老師也應該透過這種回饋來理解自己的教學成效，藉此評量是否有達到目標 | 個人的經驗覺得，站在台上如果有同學支援與鞏固著你，好像可以保護著你的那種感覺不錯 | 小組上台的時候是一種團隊依附的感覺，這個時候學生比較敢講，而且呈現想法的時候，其他同學也可以學習或加以評論 |
| 板書（圖示）是否應在科學教室中被運用？（是） | 二元編碼理論曾提到文字或圖像的記憶方式，所以老師應該根據學生的學習方式來引導或幫助學生聚焦在課程上以提升教學的效率 | 過去的經驗顯示，圖像化的學習印象比較深刻，對我自己來說，能夠形成圖像，而且比較具體化的時候，我比較能夠根據那個去思考，而且記憶的比較清楚 | 圖片具體化的表現方式比較容易形成心像，可以幫助相關課程的講述與解釋 |
| 習作與探討是否應在科學教室中被運用？（是） | 我應該運用一些策略或方法來教學生如何去學科學，所以應該設法幫助學生掌握科學語言與科學文本在科學教材當中表徵的方式 | 我自己的經驗是很重要的，就是我常常覺得，我明明懂這個概念，可是我覺得課本上寫的那些，卻好像跟我原本想的想法不太一樣 | 習作與探討有助於課程資料的整理以及總結複習，而且可以提供學生運用科學名詞的練習機會 |