科學教育學刊
2010, 第十八卷第五期, 417-442

Chinese Journal of Science Education
2010, 18(5), 417-442

探討教師角色在促進國小學童論證表現的改變——以啟發式科學寫作(SWH)教學為情境的四年個案研究

陳穎志[1]　**曾敬梅**[1]　**張文華**[2]

[1]美國愛荷華大學　科學教育研究所
[2]國立臺灣師範大學　科學教育研究所

(投稿日期：民國99年2月23日；修訂日期：99年4月21日；接受日期：99年7月21日)

摘要：教師角色類型與運用是學生論證表現的關鍵因素。本研究以SWH教學爲情境，概念化支持學生進行論證的教師角色——主導者、主持人、教練和參與者，並分析三位美國教師四年的SWH教學影帶，探討教師運用這四類角色的情形及對學生論證的衝擊。首先以修改之改革式教學觀察評量表(m-RTOP)分析影帶，結果發現在教師支持、教師提問、學生意見與科學論證有明顯轉變，且四個領域間有高度相關(r = .83 ~ .96, p < .01)。接續分析教師角色與學生論證，結果顯示在四年間，教師逐漸頻繁地應用四個角色，展現出豐富性，並在不同的教學活動與教室情境中使用不同角色，展現出靈活度。同時，學生的意見增加，且更能善用論證元素。最後，本研究建議對於教師專業發展課程應以長期且有系統的方向設計。

關鍵詞：科學論證、教師角色、教師專業成長、啓發式科學寫作

壹、緒論

世界各國科學教育改革的浪潮強調教師必須鼓勵學生從事探究式學習，主動建立自己的知識主張(教育部，2008；National Research Council [NRC], 1996; Twenty First Century Science, 2006)。我國教育部的中小學九年一貫課程綱要明訂學生學習科學應藉由探究活動，以「運用觀察、蒐集資料、比較、分類、統整、歸納、研判、推理等科學方法以獲得知識」(教育部，頁23)，亦即，學生必須在課堂上充分表達自己的意見與知識主張，並尋求證據以支持自己的主張。這樣的改革反應了科學教育不再是讓學生做實驗以驗證課本上的知識，而是協助學生以合理的主張與證據進行科學論證，闡述自

然現象並建立自己的知識架構(Zembal-Saul, 2009)。因此，科學論證是探究式學習中一個非常重要的成分。

Driver, Newton與Osborne (2000)認爲論證可以是藉由思考與寫作發生在個人的活動，也可以是發生在特定團體的社會協商行動(negotiated social act)。Duschl (2008)更進一步強調在社會協商行動的論證中，學生可藉由老師與同儕之間的討論，發展、修正、澄清並重新建構自己的知識主張。然而，傳統教室中，教師的聲音與意見控制了課堂的談話與發展方向，課堂的對話模式經常是以教師啓動(initiate)一個問題，學生回應(respond)，教師評估(evaluate)學生回應是否正確的模式進行(簡稱IRE)，這樣的對話模式主要是從學生回應中獲得正確答案，教師是課堂中唯一的知識權威者(佘曉清，1999；Ford, 2008; Lemke, 1990; McNeill & Pimentel, 2010; Polman, 2004; Scott, Mortimer, & Aguiar, 2006)。這樣的對話模式下，學生鮮少表達自己的意見，難以觀察到學生與學生間互動，也與當前的科學教育改革方向不一致。

假若現今的科學教育目標是鼓勵學生建構自己的知識主張並發展自己的科學概念架構，教師必須協助學生在課堂上充分表達意見並主動參與團體協商，那麼，課堂對話模式就不再只是教師傳遞課本上的知識或簡單的IRE模式，而是讓學生能提出意見主導課堂對話的方向。然而，這樣的對話模式轉變，教師應該扮演何種角色以幫助學生更積極地參與課堂上的論證，成爲目前重要的研究課題。

本研究以探究式教學爲基礎的啓發式科學寫作(Science Writing Heuristic, SWH)教學爲情境，追蹤三位美國國小科學教師在參與SWH專業成長活動並使用SWH教學的四年間，課堂整體論證表現是否漸漸符合現今的科學改革浪潮，並探討教師在學生論證過程中的角色與轉變，這樣的轉變是否促進學生的論證表現。本研究的研究問題如下：

一、三位教師在參與SWH教學計畫的四年間，整體課堂論證表現是否漸漸符合探究式教學取向？

二、三位教師於學生論證過程中扮演何種角色？這四年間教師角色運用情況的轉變爲何？

三、三位教師角色運用情況的轉變及與學生論證表現的關係？

貳、理論背景

一、科學教育的教學改革

各國科學教育正進行一連串改革，強調科學學習不再只是「專家發現，教師講述，學生牢記事實、理論或過程」(Lapadat, 2000, p. 1)，而是學生主動建構自己的論點，以不同的角度並結合過去的經驗與知識，推理並闡述自然現象。這樣的學習方式，正是各國科學教育改革努力的方向——探究式科學學習(顏弘志、段曉林，2006；Abd-El-Khalick et al., 2004)。雖然，各國的科學教育改革文件中指出，探究式學習是符合當前教育思想的教學，但卻沒有明確描述課堂上教師的定義與角色。Crawford (2000)指出，許多科學教師不知道自己在探究式教學中的角色定位與該如何設計教學；Newman等(2004)以國小科學教師進行研究，發現他們雖然被要求進行探究式教學，但對於「探究」只存在表面的認識，仍使用傳統式的講述教學；同樣的情形也發生在McNeill (2009)的研究，即便教師們使用探究式課程，教師的教學表現卻有很大的差異，主要原因之一是教師不知自己該扮演何

種角色，以幫助學生進行探究式學習。國內學者劉宏文與張惠博(2001)指出教師在使用探究式教學時，面臨不知該如何有效地引導學生進行活動，而常保持被動消極的態度或是捨棄他們身爲專家的角色。因此，身爲科學教育研究者，對於如何幫助科學教師瞭解並使用探究式教學策略，以及促進教師們在使用探究式教學時的角色定位與運用，成了急迫的問題。

Martin與Hand (2009)認爲學生於探究式課堂中，必須統整過去經驗知識，和現今科學知識比較，並且於課堂中以主張與證據的形式發表自己的想法，他們進一步建議於探究式課堂中，學生主動參與活動、互動對話、以及與同儕的合作是非常重要的特徵；Polman (2004)提出探究式教室環境應該以學生間互動對話爲基本架構，而不是以教師爲中心的對話模式；Lemke (1990)認爲當學生與同儕間產生互動時，學生可以流暢地使用科學語言，並建立自己的科學概念。然而，許多的研究指出，科學課室中，學生鮮少有機會充分發表自己的想法，也難以在科學教室中觀察到學生間對話(McNeill & Pimentel, 2010; Mercer, 2008)。Scott等(2006)指出，教室環境若非以學生爲中心，教師將無法有效使用探究式教學，學生也無法提升自己的科學推理能力，進一步建立自己的知識主張。

Wallace (2004)建議學生於探究式活動中大量使用科學社群的語言、學習科學家的思考方式與行動模式、把自己定位成科學社群的一份子、像科學家一樣，提出自己的論點並以合理的證據與同儕或老師辯駁及協商，學生可以有充分的機會比較不同的論點，並以科學方法推理判斷。Hand (2008)稱這樣的對話過程是科學論證的架構，並主張這樣的架構應該是探究式學習的核心活動，亦即發展探究式教學的同時，應該著重於營造科學論證的教室環境，以促進學生的科學學習。

二、科學教室中的論證

科學教育改革要從過去的記誦與累積知識，轉移到以探究方式學習科學，科學論證是其中一個很重要的元素(McNeill, 2009)。因此，教學策略應著重鼓勵學生建構及闡述自己所認知的世界，教室的環境應該漸漸成爲以學生爲主的科學社群，社群可以是以班級爲單位，也可以是一個小組。Hand (2008)支持這樣的論點，學生在參與這樣的社群時，必須提出自己的主張，以合理與足夠的證據支持提出的主張，並接受別人的挑戰，這樣的過程，被視爲最根本的論證架構(洪振方，1994；黃翎斐、張文華、林陳涌，2008；Toulmin, 1958)，教師在這樣的過程中，扮演著促進學生進行對話論述的角色，正如McGinn與Roth (1999)的建議，透過參與這樣的論述過程，學生建立知識的模式會愈來愈像科學家。

Yore, Bisanz與Hand (2003)認爲主張、證據、理由、反主張以及反例是科學社群中論證的主要元素，若要將這些元素導入科學教室中，Driver等(2000)建議教師必須有系統地並且直接地教導學生使用這樣的元素在論證過程中，多元的意見與對話可以讓學生有不同的思考，並促進論證的品質。Osborne, Erduran與Simon (2004)進一步指出，單純提供學生爭議性社會科學議題(social-scientific issues)於課堂討論，並不能有效地提升學生論證的品質，也就是說，學生必須透過有系統的教學策略和活動，直接學習如何使用論證語言與元素，並於每天的課堂上使用這樣的架構。這樣的科學論證環境，教師的角色變得極爲重要。

三、教師角色與科學論證

當課堂論述的模式改變，教師的角色也必須從過去以教師爲中心的知識傳遞者，轉變成以學生爲中心並鼓勵學生主動進行科學論證的角色，單一角色扮演似乎無法在這樣的論證過程中，促進學生的科學學習(林樹聲，2006；Crawford, 2000)。教師不僅扮演著鼓勵學生進行對話的角色(Norton-Meier, Hand, Hockenberry, & Wise, 2008)；當學生提出各種不同意見時，教師須同時扮演著整合並挑戰學生想法的角色(Ford, 2008)；當學生不是很瞭解論述的架構與元素使用，教師須扮演引導者的角色，協助學生更有效地使用論證的語言(McNeill & Pimentel, 2010)。因此，爲了轉移課堂對話或論述的模式，教師不只是扮演唯一的知識權威者或傳遞者的角色，而必須扮演著多元的角色，而這些多元的角色可能有別於傳統教師的角色。

Treagust (2007)指出，教師的角色會直接影響學生對話的品質，而教師角色常常展現於提問策略上；此論點呼應了國內學者佘曉清(1999)的研究結果，當教師定位自己爲主導者時，課堂上的提問目的經常是爲了獲得正確答案，而當教師轉換自己的角色爲促進學生思考時，其問題模式經常是爲了幫助學生澄清觀念並連結到生活經驗。Martin與Hand (2009)於一個爲期兩年的個案研究，指出教師的提問策略會影響學生在課堂上提出意見的次數與課堂的參與度，當教師使用較開放性的提問策略，學生表達意見的次數明顯的比封閉式的提問策略多，學生更有效地在論述過程中使用論證的語言，這也回應Chin (2007)的主張，教師的提問策略對於學生的論證品質與學生是否主動參與此過程具有重大影響。

雖然許多研究指出教師角色在論證過程中的重要性，但少有實徵研究直接指出教師該在這過程中扮演何種角色與該如何應用，而這樣的角色扮演又會對課堂整體論證表現與學生論證有何影響，因此本研究將以SWH教學爲情境，探究在科學論證過程中教師的角色。

四、啟發式科學寫作教學

SWH教學是以探究式學習爲基礎的教學策略，此教學建議學生提出自己的研究問題進行探究，藉由聆聽別人的意見(listening)、表達自己的主張(talking)、融合主張與證據進行科學推理與論證並進行科學寫作的活動(writing)，以及閱讀並比較科學專家的說法(reading)，最後建構自己的科學知識(Hand, 2008; Keys, Hand, Prain, & Collins, 1999; Norton-Meier et al., 2008)。這樣的教學策略常被應用在提升學生的概念學習(Hohenshell & Hand, 2006)、認知發展(Hand, Wallace, & Yang, 2004)以及提升學生科學推理與論證品質(Hand)。

SWH教學的課堂應用由兩個教學模版構成，分別爲教師與學生的模版，見表1。教師的模版由一系列的探究活動所組成，模版並非固定不變的程序，不同的教師依據不同的學生特質、教學單元或教師個人教學風格，經常會調整模版順序或增加不同的活動，以因應不同的教室情境，目的是讓學生對於科學概念進行有意義的協商或論證。

首先，SWH教學中經常讓學生以個人或小組的形式繪製概念圖(concept map)，引出學生的先備知識，並讓學生對於將要學習的科學單元有適當的情境瞭解。接著，教師會以腦力激盪等策略，引導學生發展出實驗問題並進行實驗，學生常以分組方式，藉由實驗的過程收集資料，找出實驗結果的模式，並形成證據以支持他們的主張。之後，

表1：SWH教學之教師與學生模版

教師模版
1. 透過前置教學，以個人概念圖或小組概念圖的方式，瞭解學生的想法。
2. 前置的實驗活動，包含非正式的寫作、觀察、腦力激盪、以及提出實驗問題。
3. 參與實驗活動。
4. 第一階段協商：寫下個人對於實驗活動的想法與意義(如：寫作日誌)。
5. 第二階段協商：以小組方式分享與比較資料的詮釋(如：小組圖表)。
6. 第三階段協商：比較課本上或其他資料的科學概念(如：聚焦在小組的筆記與研究問題)。
7. 第四階段協商：個人的反思與寫作(如：撰寫報告、或詮釋課本概念)
8. 透過後設教學，以概念圖的方式，瞭解學生的想法。
學生模版
1. 初始概念—我的問題是甚麼？
2. 測試—我做了甚麼？
3. 觀察—我看到甚麼？
4. 主張—我的主張是甚麼？
5. 證據—我如何知道的？爲什麼我提出這樣的主張？
6. 閱讀—我如何比較我的想法與其他的想法？
7. 反思—我的想法如何改變的？

教師會要求學生以論述的方式，根據不同的單元與教學設定，進行不同形式的科學寫作；學生以小組的形式進行討論其主張與證據的合理性，並以小組爲單位進行口語的科學論證活動。在與同儕互動後，學生或許會改變其主張與修改他們的證據，並和課本、百科全書、網路資訊等所謂的專家知識進行比較，建立全班的知識共識。最後，教師常會以概念圖的策略讓學生反思整個活動的知識改變。

學生的模版主要是引導學生進行協商的論證活動，此模版可以應用在小組討論或個人寫作活動。首先，學生會反思他們所產生的研究問題是否緊扣即將進行的實驗。接著，學生會回顧實驗過程並檢視所獲得的實驗資料，從而產生主張，並尋求合理證據支持；以小組爲單位進行口語辯證時，這樣的模版引導學生產生問題或提出反證以幫助自己或同儕進行科學解釋與論證活動。在這些活動後，學生必須整合自己的主張與證據與科學專家的知識進行比較。最後，進行反思活動，檢視整個探究過程知識的成長。

由於SWH教學是以探究式教學策略爲基礎，教師的提問與對學生論證的支持是教師模版中很重要的元素，而學生的意見與科學論證成了學生模版中重要的元素。

因此，在本研究的理論架構下，SWH教學中有四個元素是本研究所關切的：(1)教師支持、(2)教師提問、(3)學生意見、(4)科學論證。本研究以這四個元素爲出發點，探究三位美國國小科學教師，在使用SWH教學的四年間，課堂上整體論證表現的轉變，以及三位教師在論證過程所扮演的角色與四年間角色運用的轉變，同時，亦對教師角色運用的轉變對學生論證表現的影響作分析。

參、研究設計

本研究爲長期之個案研究，並整合質與量的方法學，以論述分析法(discourse analysis)聚焦在課堂對話形式的轉變，藉由分析課室對話以詮釋教師在使用SWH教學的四年間，課堂整體論證情形、教師角色運用以及學生論證對話在課堂教室中的轉變。

一、情境與研究對象

本研究源起於一個輔導科學教師應用SWH教學於課堂的專業成長方案，此方案爲期四年，每年暑假舉辦一個星期左右的工作坊，學期間則提供分區輔導。工作坊中，主要是提供教師體驗SWH教學的機會、引導教師聚焦於教學單元的核心概念來設計教學、協助教師由討論中釐清對科學學習的觀點、檢視教學影帶及進行反省討論或寫作等等。參加者是來自美國愛荷華州的七所小學科學教師，約爲30人。每位教師被要求在每一個學期至少選擇1 ~ 2個單元，應用SWH教學於課堂上，並於最後一學年應用SWH教學於整學年的教學。一位參與本工作坊前置作業的退休教師，在每位教師使用SWH教學時，到每位教師的課室進行觀察，並對每位教師在教學法上提供意見，以改進下一堂課或下一單元的SWH教學。

本研究聚焦在三位具有超過20年科學教學經驗的女性小學教師——貝琪、潔西與凱蒂老師(本文所有人名與校名均爲代稱)；參加此工作坊之前，其教學以傳統的講述教學法爲主。選擇她們爲觀察對象的原因爲：願意持續參加SWH教師專業工作坊、願意持續使用SWH教學於課堂上、願意配合本研究的資料蒐集。

貝琪老師任職於磨坊小學三年級，潔西與凱蒂任職於河邊小學二年級與三年級，她們的班級人數約爲20人。這兩所學校位於美國的鄉村，磨坊小學學生人數約220人，有45%學生家庭經濟背景屬於低社經地位(學校補助或減免營養午餐的費用)；河邊小學學生人數約160人，有27%學生家庭經濟背景屬於低社經地位，對於美國而言，這樣的家庭經濟背景是低於美國平均狀況。

二、資料蒐集

研究資料包括三位教師在四年間應用SWH教學的15卷教學影帶，每一卷影帶約爲40 ~ 80分鐘，代表一個教學單元，內含許多堂課的片段。此15卷教學影帶是由此專業成長工作坊專案的三位教師影帶資料庫挑選出來，挑選標準爲：每一學年至少挑選一卷SWH教學影帶分析、盡可能涵蓋SWH教學的每個階段以及涵蓋師生之間的對話。每一個教學單元均獲得教師同意後拍攝記錄，單元內容包含聲音傳播、力與運動或水的三態等，涵蓋於美國小學的課程標準。

三、評量工具

本研究參酌運用改革式教學觀察評量表(the Reformed Teaching Observation Pro-tocol, RTOP)爲評量工具，初步探討這三位教師整體課堂的情形，並進而分析教師角色運用情形與學生論證轉變。RTOP是由亞利桑那卓越師資合作計畫的評鑑促進小組(Sawada et al., 2002)發展，藉由課堂觀察以分析教師的教學策略、學生的參與度以及教師與學生互動情形是否符合改革式教學的準則。RTOP已被許多研究者應用在改革式教學的量測(例如：Martin & Hand, 2009; Park, Jang, Chen, & Jung, in press)，且與學生在數理成就表現有相當高的關聯(Roehrig & Garrow, 2007)。因此，本研究參用RTOP作爲初步分析工具，以分析三位教師在四年期間使用SWH教學的課堂情形與轉變。

RTOP的量測項目大致上分爲五類，共25個觀察項目，分別爲：教師課程設計與執行、教師課程知識、教師教學知識、學生與教師的互動、學生與學生的互動。每一類的Cronbach's α爲 .80 ~ .93。

由於RTOP中有關教師學科知識或課程

設計等量測項目並不是本研究所關切的，且SWH教學策略著重在教師角色的扮演、提問技巧以及學生的論證表現，故本研究僅採用其中13個觀察項目，在本文以m-RTOP稱之。表2呈現本研究挑選的13個項目，每一項目呼應SWH教學的理論架構，如學習理論、知識的關聯、教室互動對話與科學論證(詳細SWH教學理論請參閱Hand, 2008; Norton-Meier et al., 2008)。表2亦說明RTOP的13個項目呼應SWH教學策略的四個主要元素，如RTOP下的21、22、24、25項目爲教師的支持，17爲教師的提問，1、5、16、

表2：13個RTOP項目和SWH的比較

	RTOP	SWH
教師的支持	21. 鼓勵主動參與且視之爲有價值的	科學的論證：老師要求學生連結主張與證據，協助學生提出問題、主張、證據和反思，強調連結重要概念與辨證概念。
	22. 鼓勵學生提出不同的策略和方法來闡釋他們的證據	科學的論證：老師對學生的問題、主張、證據和反思提供鷹架，促進學生反思重要概念與辨證概念。
	24. 老師是學習資源，從旁協助和強化學生的學習探索活動	著重在學習本身：老師有效地計畫合適而且符合學生與教師需求的教學策略。
	25.「教師是聆聽者」的比喻是這個教室情境的特點	互動的對話：老師以提問了解學生的想法，對學生的答案的回饋可以更進一步探索、連結與延伸。
教師的提問	17. 老師的提問可激發多元的思維模式	互動的對話：要求學生解釋並挑戰彼此的回答而不只是接受老師對回答的評價。老師提出不同層次的問題，不執著於提供正確答案，而是著重於不同層次的提問，並依據不同學生而調整。
學生的意見	1. 教學策略以學生的先備知識爲依歸	關聯：老師的教學計畫是以學生的知識爲中心。
	5. 學生的意見決定課程的焦點和方向	關聯：老師幫助學生建立或啓發他們的先備知識並以此決定教學計劃。
	16. 學生溝通他們的意見	著重在學習本身：學生與小組中的成員或與其他小組分享論證與證據的關聯性。 關聯：以語言爲主的活動自然而然透過SWH而產生 科學的論證：老師強調連結重要概念與辨證概念。
	18. 大部分學生的發言在學生與學生之間	著重在學習本身：學生與小組中的成員或與其他小組分享論證與證據的關聯性。 互動的對話：學生與學生之間或學生與老師之間的有效的溝通依情境有所不同。
	19. 學生的問題和意見決定教室中的對話重點和方向	關聯：老師有效地啓發學生的先備知識並以此決定教學計劃。 互動的對話：老師不執著於提供正確答案，而是著重於不同層次的提問，並依據不同學生而調整。
科學論證	13. 學生主動參與挑戰他們思考的活動，並且對過程有建設性的思考	關聯：學生主動提出重要概念以延伸學習，概念的連結產生在整個學習過程中並由學習主導。
	14. 學生能夠對學習進行反思	科學的論證：老師對問題、主張、證據和反思進行連結。
	15. 知識的精密性，建設性的批評，和對不同意見的挑戰被視爲是有價值的	著重在學習本身：學生與小組中的成員或與其他小組分享論證與證據的關聯性。 科學的論證：老師強調連結重要概念與辨證概念。

18、19爲學生的意見，13、14、15爲科學論證。

由於本研究僅選用RTOP部分的量測項目，所以內部一致性信度需要以這13個項目重新計算，結果顯示m-RTOP具有高內部一致性信度Cronbach's α (教師支持：.91，學生意見：.88，課堂的論證：.92)，其中教師提問僅有一個量測項目，故無法計算內部一致性信度。

四、資料分析

分析的首要工作先將15卷影帶逐字轉錄爲文字稿，每一份文字稿再以言論(utterance)爲單位細分，每一個言論僅包含一個概念或一個想法。單一個人的講話可以包含一個言論或多個言論，完全依據在這一段話語中有多少個概念或想法。以語言學的角度而言，每一個言論代表當時情境下的單一想法與意義，經常單一言論只有一二句話，有時單一言論包含數十句話，完全依照話語的意義決定言論單位(Halliday & Martin, 1993)。這樣的分析方法已被廣泛應用在科學教育領域的言語資料分析(Basir et al., 2009; Keys et al., 1999; McNeill & Pimentel, 2010)。

接著由五位具有科學教育背景的博士生，逐一檢視每一份文字稿，做初步言論分類，分析過程中若有相左的意見，即反覆討論，直到所有的人能接受。這15卷影帶中，貝琪的影帶時間總共229分鐘，言論總數(包含老師與學生)共1,171則；潔西的影帶時間總共166分鐘，言論總數爲1,166則；凱蒂的影帶時間總共264分鐘，言論總數共2,407則。

分析過程分爲三個層次：

(一)m-RTOP評量課堂教學情形

每一卷影帶以m-RTOP做初步評量工具，每一項目的評量分成0 ~ 4分，0分代表此項目所描述行爲從未於影帶中發生，4分代表此項目所描述的行爲經常於影帶中被觀察到。m-RTOP總分爲52分。三位具有科學教育背景的博士生參加訓練課程，以確認他們對於本研究採用的13個項目有相當程度上的瞭解，每一卷影帶由這三位中的任兩位獨自進行評量，再隨機抽樣10堂課室觀察的錄影帶，內部信度以積差相關計算爲 .99。

(二)教師角色分析

m-RTOP中的教師支持與教師提問反映了教師於課堂論證中的教學表現，但爲更瞭解教師扮演何種角色與運用情況的轉變情形，研究者瀏覽這15卷影帶，並根據研究問題，以內容分析法的編碼方式(Strauss & Corbin, 1990)，先產生開放性的編碼，分別爲講述、引導、澄清、整合、比較、引發意見、挑戰、參與、交換意見等編碼，再依據這些編碼歸納分類，產生四個主軸編碼，如講述與引導歸類成主導者(director)；澄清、整合與比較歸類成主持人(moderator)；引發意見與挑戰歸類成教練(coach)；參與以及交換意見歸類成參與者(participant)。

由於本研究的教師角色分析編碼產生完全是依據此15卷影帶，所以在編碼活動開始前，並沒有預定的理論架構，但在主軸編碼的分類與歸納過程，本研究進而延伸出教師角色的理論架構，以下說明此理論架構的產生。

由於本研究認爲在論證的過程，教師角色須幫助學生發展自己對於論證的想法，並幫助學生主動地設計與從事探究式活動，而不是按照課本上或老師提供的實驗或活動步驟，重複驗證課本上的知識。因此在論證過程，教師角色必須至少涵蓋兩個元素：想法(idea)與活動(activity; Basir et al., 2009)，至

於是誰的想法與活動(教師或學生)，就會依照不同教師角色而有所不同。圖1概念化本研究對教師角色的理論架構(編碼系統)，將教師的論述依此系統歸類爲四種角色之一，當教師是主導者，教師控制論證的想法與活動的方向；當教師是主持人，教師雖然控制了論證活動，但論證想法是由學生所主導；當教師是教練，學生則主導活動，但活動的想法是經由老師所引導；當教師是參與者，學生充分主導活動與論證想法。

表3說明本研究對於教師角色的編碼系統與定義，並從課堂觀察的文字稿提供例子以說明四個教師角色。因爲此分析著重於教師於論證過程中角色的扮演，故只對教師的言論進行編碼，但每一個編碼都必須考慮當時的情境脈絡，所以同時也必須考慮到當下

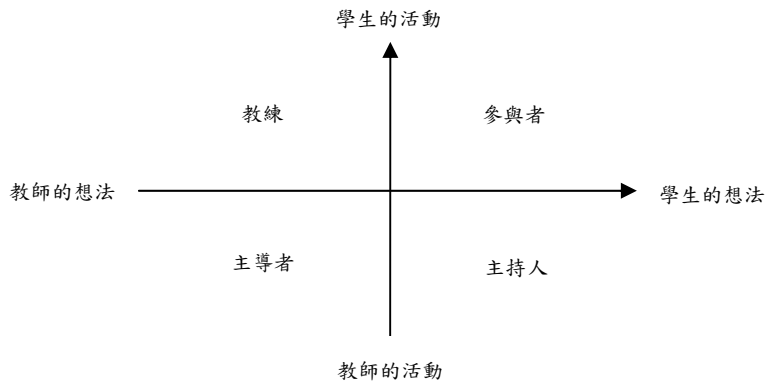


圖1：以想法與活動兩個元素概念化教師在論證過程中扮演的角色

表3：教師角色的編碼系統與例子說明

教師角色	說明	例子
主導者	教師引領學生並幫助他們發展論證的想法和策略。	• 這個磁鐵不應該在這裡，你必須把這個分開然後放在這邊…… • 告訴我上一堂課的實驗，我們得到甚麼結果？
主持人	教師透過引導式的交談，鼓勵學生發展出自己的意見，並從旁協助，透過確認、比較、及整合學生意見的方式以求達成共識。教師控制活動的進行，但對話的方向則是以學生的想法爲依歸。	• 小娜說聽不到聲音是因爲耳膜閉合了，你同意她的說法嗎，小傑？ • 所以你覺得崎嶇不平的路面讓這個小車子停下來？
教練	教師讓學生負責活動的進行，透過提問的方式挑戰學生的想法和引導他們解決過程中所遭遇到的困難。教師在活動過程中需引導學生的思路。	• 爲什麼你覺得植物的根就像人類的心臟，小安？那麼你覺得人的心臟有甚麼作用？ • 假若你把高度增加到四本書高，車子到達地面的速度還會一樣嗎？
參與者	雙方藉由以學生爲主導的論述，互相交流彼此的意見並協同進行活動。學生學習如何控制自己的思考和行動。	• 哇！好大的貓頭鷹！我不知道貓頭鷹棲息在哪，你找的那本書有說嗎？ • 你說水杯上凝結的水珠現象就像你洗澡時看到的霧氣，真有趣的想法！我以前沒有想過，可以多說一點嗎？

學生的對話，如此才能充分詮釋當下教師角色的扮演(Scott et al., 2006)。五位具有科學教育背景的博士生，逐一檢視每一份文字稿，分析過程中若意見相左，即反覆討論，直到所有的人能接受。

研究者分別編碼D、M、C和P代表主導者、主持人、教練和參與者，貝琪、傑西、凱蒂編碼爲01、02和03，並加註使用SWH教學的學期、學科與年代。如D-01-01-01-2005，代表主導者-貝琪-第一學期使用SWH教學-生物- 2005年。

(三)學生對話分析

m-RTOP中的學生意見與科學論證可以部分顯示學生在課堂論證的表現，但爲進一步瞭解學生於課堂上發表言論多寡與學生使用論證語言的情形，本研究分析每卷影帶學生言論的次數，以及學生在論證過程中使用證據推理的種類。

表4爲本研究對於證據推理種類的編碼系統，並從文字稿提供例子。證據推理的種類編碼初步分爲兩類，分別爲個人經驗與科學根據。

肆、研究結果與討論

本研究結果將回答前文所提出的三個問題：一、教師在參與SWH教學計畫的四年間，課堂論證表現是否有漸漸符合改革式教育標準的趨勢？二、教師在這四年間課堂論證角色扮演與運用情形的變化？三、三位教師角色運用情況的轉變及與學生論證表現的關係？本文中系統性地整合量化與質化分析結果並詮釋之。

一、m-RTOP評量課堂教學情形

(一)教師的m-RTOP分數漸增

m-RTOP結果顯示三位教師在使用SWH教學這四年間，分數呈現逐年增長趨勢。表5顯示三位教師於四年間的分數，圖2呈現三位教師的m-RTOP趨勢圖，她們的分數從第一年到第四年有大幅度的成長(貝琪：18.00→42.50；潔西：17.00→36.00；凱蒂：25.50→37.25)。因此，當教師使用SWH教學的次數愈多，她們的m-RTOP分數有愈高的趨勢，也代表著她們的課堂教室情形愈趨向改革式教學模式，以學生爲中心的探究式教學愈能夠在課堂上被觀察到。

但是，若只比較第一年到第二年的m-RTOP分數，整體成長幅度是有限的(貝琪：18.00→24.00；潔西：17.00→22.00；凱蒂：25.50→29.00)。此結果呼應Davis (2003)以及Dori與Herscovitz (2005)的研究主張，教師要從傳統教學轉變成以學生爲中心的教學導向，是需要長時間的使用探究式教學策略，短期或僅僅數週的使用改革式教學策

表4：學生證據推理的編碼系統與例子

種類	說明	例子
個人經驗	證據來源是個人的生活經驗，也或許是從別人(家人、朋友或老師等)聽來的，並沒有任何科學根據。	• 地心引力好像是藏在地球下面的某個東西，我好像聽別人說過。 • 我到佛羅里達的海邊看到許多沙子還有一些大石頭和類似珊瑚的東西，所以石頭是由很小的沙子所組成的。
科學根據	證據來源是根據實驗過程、書本或專業人士得來，學生能清楚說明證據的起源並推理，雖然推理結果不一定符合現在科學的概念。	• 空氣帶走水杯中的水，因爲第一天水杯的水有60.5cm，隔一天降到50.0cm，再隔一天又降到40.0cm。

表5：三位教師四年的m-RTOP分數

	第一年	第二年	第三年	第四年
貝琪(三年級)	18.00 (2.00, 1.00, 7.00, 8.00)	24.00 (4.00, 2.00, 10.00, 8.00)	40.00 (7.00, 3.00, 15.00, 15.00)	42.50 (7.00, 3.50, 16.00, 16.00)
潔西(二年級)	17.00 (2.00, 1.00, 6.00, 8.00)	22.00 (3.00, 2.00, 8.00, 9.00)	29.00 (4.00, 2.00, 12.00, 11.00)	36.00 (5.00, 3.00, 13.50, 14.50)
凱蒂(三年級)	25.50 (3.50, 2.00, 10.00, 10.00)	29.00 (4.00, 2.00, 12.00, 11.00)	35.00 (4.00, 3.00, 14.00, 14.00)	37.25 (5.00, 3.00, 14.25, 15.00)

註：括弧內的數字分別代表教師支持、教師提問、學生意見、科學論證的分數。

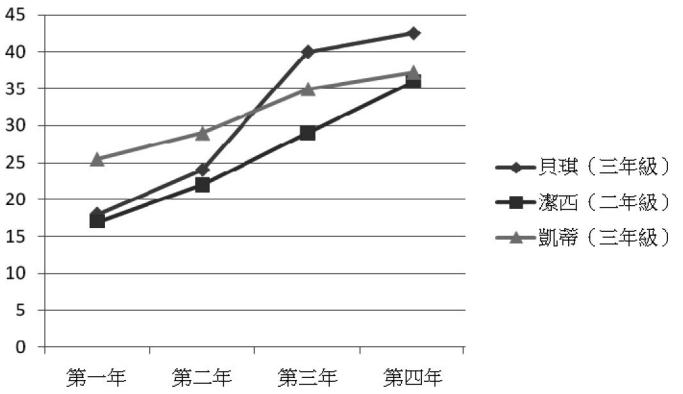


圖2：三位教師的m-RTOP分數於四年間的趨勢圖

略，對於教師或課堂的轉變是非常有限的。

(二)四個元素呈現高度相關

教師支持與教師提問代表教師在課堂上的角色扮演情況，而學生意見與科學論證反映學生的科學論證表現，若此四個元素呈現高度相關，代表著教師角色的改變與學生論證的品質存在著高度相關。因此，本研究進行相關檢定，檢驗是否教師角色與學生論證存在統計上的相關。此檢定法並無法說明是否教師角色的轉變影響學生論證品質，還是學生論證品質影響教師轉變，因此不做因果推論。

表6呈現教師支持、教師提問、學生意見、以及科學論證的相關檢定結果，結果顯示這四個元素間具有高度相關。本文分三部分闡釋此結果，分別爲教師、學生以及教師與學生的互動。

教師支持是著重於鼓勵學生主動進行論證活動，而教師提問強調老師的問題是否能夠啓發學生多元的思維模式(Sawada et al., 2002)，因此，教師支持與教師提問的高度

表6：教師支持、教師提問、科學論證、學生意見的關聯

	科學論證	學生意見	教師提問
教師支持	.86*	.96*	.90*
科學論證		.89*	.83*
學生意見			.91*

* $p < .01$

相關(r = .90)，代表著當教師的提問愈能夠引發學生多元的思考，教師對學生在課堂上進行論證的支持度也相對愈高，反之亦然。

學生意見與科學論證亦具有高度相關(r = .89)，這意味著當學生愈能夠在課堂上充分表達自己的意見，愈能主動參與課堂上的科學論證。相反地，若學生無法在課堂上展現自己的想法，此課堂的論證品質就相對的不好。

在教師與學生互動部分，教師支持與學生意見和科學論證具有高度相關，這表示當教師的支持度愈高，學生也愈能夠充分表達自己的意見(r = .96)，並且進行科學上的論證(r = .86)，反之亦然。同時，教師提問與學生意見和科學論證也具有高度相關，這代表著當教師的提問技巧與問題形式愈能夠啓發學生多元的思考，學生也展現出更能夠表達意見(r = .91)，而且更能主動進行科學上的論證(r = .83)。此結果支持McNeill與Pimentel (2010)的研究發現，教師若能夠在論證的過程中，給予學生愈多的支持與回饋，學生在課堂上愈能夠充分表達自己的意見，與主動進行論證活動。同時，也呼應Chin (2007)的主張，教師對課堂上的提問技巧會直接影響到學生對論證過程的參與度。因此，教師的角色與學生論證品質存在著高度相關。

二、教師角色

m-RTOP初步顯示教師的角色(包含教師支持與教師提問)與學生的論證與意見具有高度相關，因此，本研究進一步分析四年間教師角色運用情況的變化。本文以兩個層面探討，分別爲教師角色的豐富性與靈活度。

(一)教師角色的豐富性：當教師多次使用SWH教學，教師角色漸漸從主導者轉變成主持人、教練與參與者

三位教師在第一年的角色大部分侷限於單一角色的扮演，如主導者，但到了第三、四年，主持人、教練和參與者的角色漸漸頻繁地出現在她們的論證過程中。此部分結果的呈現將依據教師的四個角色逐一探討。

1. 主導者

表7呈現貝琪、潔西與凱蒂於這四年間，四個角色的言論總數，圖3 ~ 圖5分別呈現這四年間角色的比例變化。這三位教師在第一年使用SWH教學策略時，以主導者爲主要角色，貝琪在第一年主導者角色佔該年度所有言論總數的76%，潔西佔96%，凱蒂佔55%；然而，貝琪於第四年的主導者角色減少爲17%，潔西減少爲31%，凱蒂減少爲8%。這三位教師在第一年著重於課本上知識的傳遞，對於課堂的教學活動都按照原本的教學計畫進行，學生的意見不是課堂的焦點，雖然教師使用探究式教學策略，三位教師嚴格地按照SWH教學的模版進行教學活動，如「我把每一個步驟都寫在黑板上，誰可以唸一下黑板上的研究問題」、「你有照著實驗步驟嗎？」(D-03-01-01-2005)

這個例子顯示出課堂是由老師所主導，雖然學生在進行探究式活動，老師還是期望學生要依照她的想法與步驟進行活動，課堂的方向並不是以學生意見或想法爲依歸。

即使老師進行提問，第一年的教室對話模式經常是以IRE模式進行，教師與學生的對話是單向，並非雙向的。教師的提問是想要獲得預期中的答案，並非以學生的想法爲導向。以下是凱蒂在第一年時進行「水的三態討論活動」教室中的對話。

凱蒂：現在這個物質被加熱，所以這個物質是不是會從某個狀態轉變成另一個狀態？

學生：是。

凱蒂：物質的三態是甚麼？我昨天有告訴你們喔。

全體學生：氣態、液態和固態。

凱蒂：那什麼是氣態？

小安：看不見的就是氣態。

凱蒂：我昨天這麼說嗎？(D-02-01-02-2005)

這些例子描述了教師在第一年的角色多以主導者爲主，教學與提問的重點是期望學生能夠正確回應教師的問題，牢記書本上或老師曾經傳授的知識。雖然教師們使用的是

表7：三位教師四年間的四個角色言論次數

	角色	第一年	第二年	第三年	第四年
貝琪	主導者	97.0	137.0	25.0	57.0
	主持人	22.0	47.0	81.0	154.0
	教練	5.0	5.0	4.0	27.0
	參與者	3.0	6.0	10.0	17.0
潔西	主導者	123.0	89.0	89.0	58.0
	主持人	5.0	45.0	56.0	96.0
	教練	0.0	7.5	15.0	7.0
	參與者	0.0	0.0	6.0	26.0
凱蒂	主導者	136.0	49.0	81.0	12.0
	主持人	84.0	42.0	214.0	90.0
	教練	11.0	18.0	217.0	43.0
	參與者	15.0	6.0	30.0	11.0

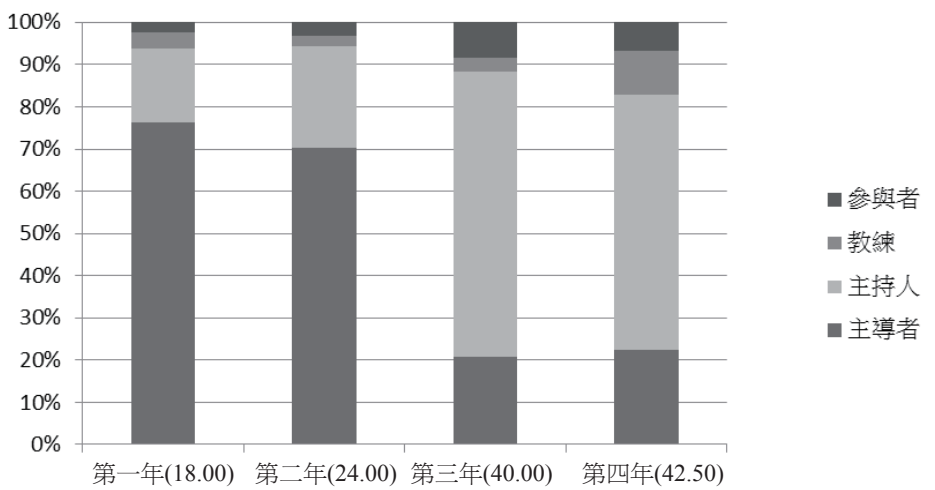


圖3：貝琪角色言論比例的變化與m-RTOP分數

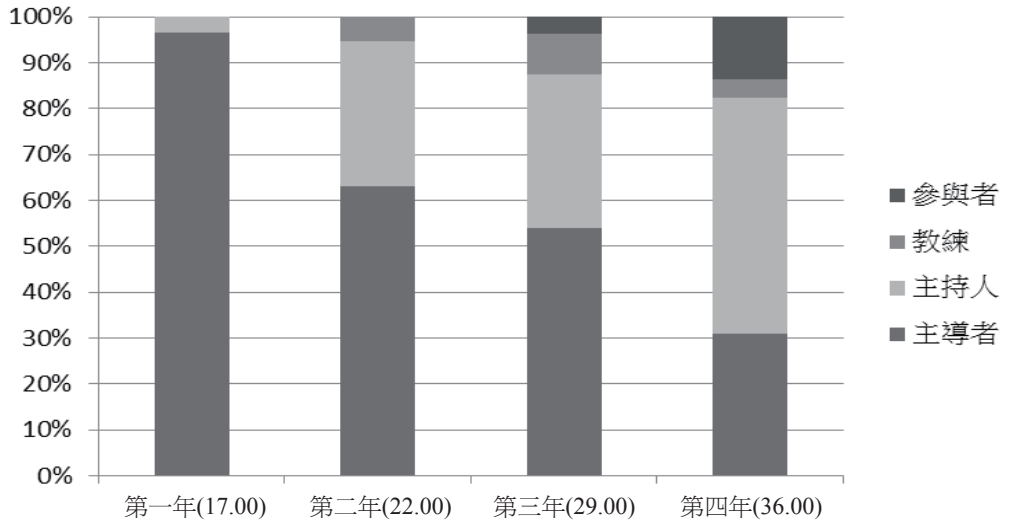


圖4：潔西角色言論比例的變化與m-RTOP分數

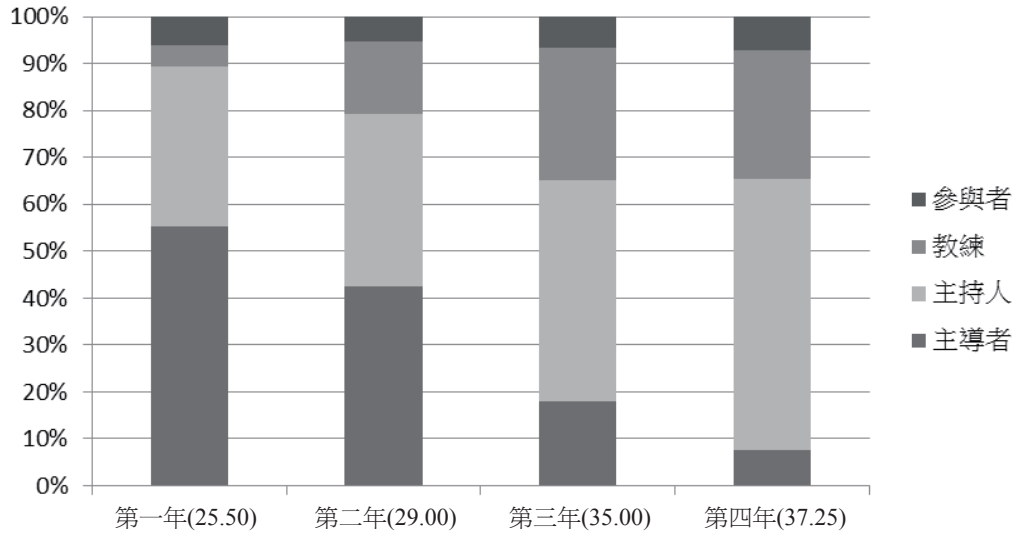


圖5：凱蒂角色言論比例的變化與m-RTOP分數

探究式教學策略，教師的表達方式仍然是以教師爲中心的傳統導向，教師角色的扮演以單一角色爲主，主導者的角色經常在此情況出現。

2. 主持人

當教師增加使用SWH教學的次數，教師角色漸漸從主導者轉變成主持人的角色，貝琪主持人的角色比例從第一年17%增加到

第四年45%，潔西更從3%增加到51%，凱蒂從34%增加到58%。教師不再完全主導學生的論證活動，而轉變成一位活動的主持人，主要在澄清學生的想法、比較課堂上不同的意見、與促進學生進行論證活動。

主持人的角色比例在課堂上漸漸增加，代表著教師的提問模式跟著改變，教師的問題著重於引導學生進行深度對話；邀請不同觀點，如：「你同意這個主張嗎？」；延伸學生的想法，如：「你剛剛說的光合作用是甚麼意思？」；或綜合學生的意見並歸納出共識，如：「你的主張好像和小宇不太一樣……爲什麼你覺得溫度對植物成長很重要？」(M-02-05-01-2007)。以下例子是貝琪在第三年執行SWH教學時，學生在進行聲音的分類，扮演主持人角色的例子。

貝琪：你怎麼歸類這些聲音？
小莉：耳膜和空氣的分子在一起。因為空氣的分子會進入耳朵，並且進入到耳膜。
小楷：我不同意你的想法，因為你的耳膜是完全閉合的，空氣進不去。
貝琪：小娜，你覺得呢？你贊成誰的想法？
小娜：我不覺得耳膜是閉合的，我有點不同意小楷的說法，因為假若耳膜完全閉合，那我們就聽不到任何聲音。
小楷：我有點迷惑了……
貝琪：OK！就我所聽到小娜的說法是……小娜，是嗎？(M-01-06-01-2007)

貝琪在這段對話反覆地扮演主持人的角色，其目的是在協助學生進行論證的活動，她並不主導學生論證的想法，而是由學生充分發言，從而比較並歸納出課堂上的共識，雖然論證過程由貝琪所主導，但整個討論方向是以學生的意見爲中心。

3. 教練

教師扮演教練的角色也有增加的趨勢，貝琪從第一年的4%增加到第四年的8%，潔西在第一年並沒有被發現有教練的言論，但是第四年增加爲5%，凱蒂從第一年的4%增加到28%。由於教練的角色著重於挑戰學生的想法，因此教師的提問模式漸漸從第一年的想要得到預期中的答案模式，轉變成以挑戰學生想法爲主的提問方式。因此，學生主導的論證活動中，學生被要求必須接受老師的挑戰，以更澄清自己的想法。教練與主持人的角色差異在於主持人的角色雖然控制了論證的活動，但論證的方向卻是依據學生的想法；而教練的角色剛好相反，學生控制論證的活動，但論證的想法主要是由老師所導引。以下例子是發生在潔西在第四年的課堂對話中，此對話情境描述學生分組探討植物的成長，她與學生之間的對話。

凱蒂：植物根的目的是什麼？
小安：植物的根是它的心臟。因為植物沒有根就不能夠存活，就像我們沒有心臟就沒辦法存活。所以植物需要根，就像我們需要心臟。
凱蒂：那我們心臟的目的是什麼？
小安：心臟的目的是讓血液流到我們全身。
凱蒂：假若你說植物的根像我們的心臟，那我們的心臟是很重要的，那植物的根對植物就很重要，植物需要根就像我們需要心臟，那植物的根的目的是

什麼？

小安：喔！植物的根是讓植物繼續存活。就像我們的心臟一樣。

凱蒂：還有呢？

小安：它讓植物存活……

蘿思：因為它可以吸收水分……(C-03-08-01-2008)

以上的例子顯示凱蒂在這對話過程，反覆地扮演教練的角色，她提出了自己的問題，並從學生的回答中，以挑戰學生想法的方式去幫助學生釐清觀念，學生藉由被挑戰的過程，發現自己對某些概念模糊的地方，並進而澄清。教練的角色並不像主持人以延伸或比較學生的想法爲依歸，教練角色的目的是挑戰學生想法，以促進學生的論證。

4. 參與者

參與者的角色於這四年中，比例增加的趨勢並不如其他角色明顯，但仍可以被觀察到的。貝琪從第一年的2%增加到5%，潔西在第一年並沒有被發現使用參與者的角色，但第四年增加到14%，凱蒂在參與者的角色變化不大，從第一年的6%轉變成7%。參與者的角色著重於教師和學生交換意見，並一起合作發展論證的想法與活動，學生在這個過程，完全掌控了論證的活動與想法。以下例子是潔西在第四年課堂上扮演參與者的角色，她和學生一起探討植物的構造。

小卡：我覺得植物應該有肺，所以它才會呼吸。

潔西：喔！好像有幾組都說植物有肺，那我們今天的研究問題就是……

小梅：植物有肺嗎？植物怎麼呼吸？

潔西：不同意植物有肺的組，你們可以接受這樣的研究問題？

小特：我覺得當種子放進土裡兩天，種子會長出根，然後長出葉子，它是靠葉子呼吸的。

小梅：假若你看一個種子，它埋進土裡……另一個問題是種子怎麼呼吸？

潔西：恩……我沒想過這個問題，蠻有趣的問題！(P-02-08-01-2008)

在這個討論的過程，潔西讓學生充分討論他們的想法，她和學生一起發展活動的問題，學生主動參與活動的過程與決定論證的想法。

綜觀這三位教師四年間角色運用情形的變化，發現主導者的比例漸漸減少，而主持人、教練以及參與者逐漸增加，教師角色愈具有豐富性，不只應用一個教師角色於課堂論證。這意味著教師的提問方式從尋求特定答案轉變成多元且開放性的問題模式。

若比較這三位教師的m-RTOP變化，當教師的角色愈具豐富性，m-RTOP的整體分數也愈高。這暗示著，在以探究論證爲基礎的科學教室，教師對於促進學生論證，扮演著重要的角色(黃翎斐等，2008；Zembal-Saul, 2009)，而且，教師必須多元地扮演各種角色(林樹聲，2006；Crawford, 2000)，以學生爲中心，幫助學生建構他們的論證與知識。因爲不同的角色在不同的教學情境中會有不同的功能，教師就必須要適時地轉換角色，以下將闡述三位教師在四年間，不同教學情境中角色轉換的改變。

(二)角色的靈活度：教師依據不一樣的學習活動或教室情境，適時地變換角色

本研究發現三位教師在這四年間學會適

當地運用這四種角色在不一樣的活動與不一樣情境，這即是角色的靈活度。

1. 教師依據不一樣的SWH活動適時的變化角色

SWH教學可分爲七個主要活動，分別爲初始概念形成、測試、觀察、主張、證據、閱讀以及反思。在第一年時，三位教師不論在任何活動，反覆地使用主導者的角色。然而，到了第四年，這三位教師會靈活運用不同角色於不一樣的活動中，本文將以貝琪爲例闡述。

圖6呈現出貝琪在第一年與第四年使用SWH教學於每個活動中角色扮演的比例，貝琪在第一年大量運用主導者角色於每一個活動(初始概念形成：85%，測試、觀察、主張、證據：73%，閱讀：70%)，然而在第四年，貝琪瞭解SWH每一個活動的特質，並運用不同角色於每一個活動，以促進學生的論證。

在初始概念形成的活動，由於活動注重誘發學生的先備知識，並連結老師所設計的活動，主導者的角色經常出現於此類活動中，比例高達69%。

其他活動，如測試、觀察、主張、證據或反思，發現貝琪在第四年經常運用主持人或教練的角色，主持人的角色爲81%，教練角色爲14%。當貝琪運用主持人的角色，主要是幫助學生延伸其主張以及比較不同的想法；當貝琪運用教練角色時，主要是挑戰學生並澄清他們的主張與證據。

在閱讀的活動中，貝琪較常扮演參與者的角色，比例爲53%。在此活動中，教師與學生一起探究書本上的知識，看看科學專家的說法並比較他們在課堂做出的共識，教師的言論不再聚焦於主導學生的想法或活動，而是與學生共同探討與比對書本的知識與課堂討論後的共識。

2. 教師依據不一樣的教室情境適時地變化角色

教師除了在不一樣的活動有不一樣的角色運用，教師在第四年亦能依據不一樣的教室情境與學生的回應，適當與適時地轉換角

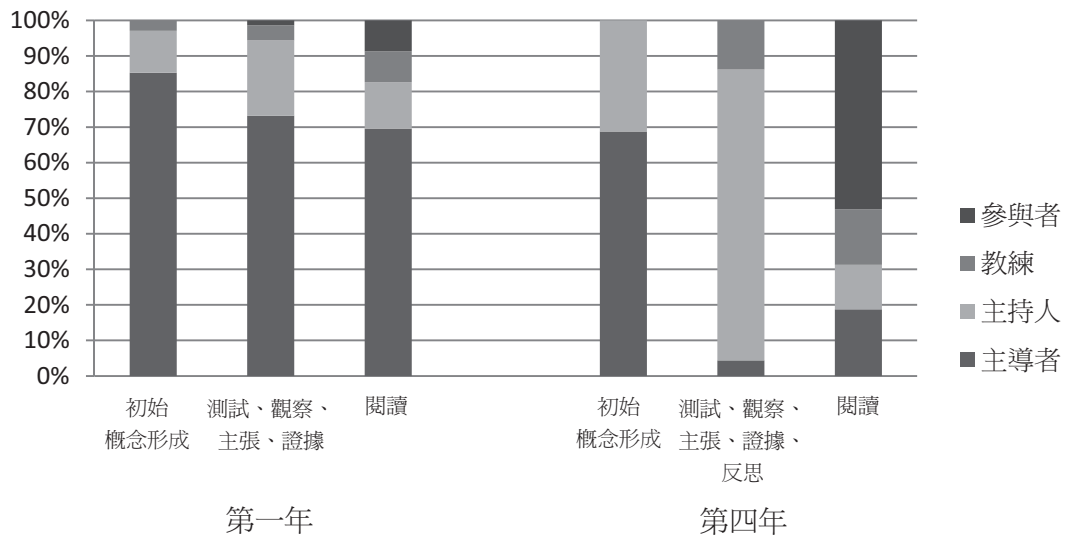


圖6：貝琪於第一年與第四年不同活動中角色扮演的比例

註：反思的活動並沒有在貝琪第一年的影帶被觀察到。

色。這個轉變，在第一、二年是沒辦法於本研究所蒐集的影帶中觀察到。本文以凱蒂爲例子說明。

在第一年，凱蒂著重於傳遞書本上的知識，學生的問題並不被注重，因此，凱蒂急於從學生的回應中獲得正確答案，以下是凱蒂於第一年的課堂上回應學生的言論。「我們沒有太多時間，趕快確認你能否完成今天的實驗」、「我們今天沒有要討論這個」、「你的回答與今天的主題有關嗎？」(D-03-01-01-2005)凱蒂經常扮演主導者角色，而不能靈活地運用不同的角色，回應學生突如其來的想法與回答。

然而，在第四年，凱蒂能依據不同地情境，適時地轉換不同角色，雖然學生的回應並不是她所設想的，但她轉換不同角色以引導學生更主動地參與論證過程。以下例子說明凱蒂在第四年使用SWH教學，學生以分組形式，在分類岩石的活動中，她依據當時情境適時地切換角色。

凱蒂看到學生分類岩石的方法，很好奇學生如何分類岩石，她先以參與者的身分提出問題，她說：「可以告訴我，你們怎麼分類嗎？好像很有趣。」(P-03-08-03-2008)學生對於如何分類還沒有一致的意見，有人說：「它們看起來差不多，有的像雞蛋，有的長長的……」，也有人說：「這一堆看起來都不一樣，所以我放在一起」。

她發現學生似乎對於如何分類岩石很迷惑，她漸漸轉換成主持人的角色，想要多瞭解學生的想法，她說：「你說你很迷惑，可以告訴我你對於什麼迷惑？或許其他人也有跟你同樣迷惑的地方。」(M-03-08-03-2008)

學生的回應似乎還是沒有聚焦，她的問題開始主導學生的想法：「你想要把類似的岩石放在一起還是分開？」(D-03-08-03-2008)此時，一位學生回答：「我正在想這個問題，我覺得應該把同樣形狀的放在一起，因爲它們可能是同一種岩石。」凱蒂接著使用教練的角色想要引導學生的岩石分類活動：

> 所以你要把同一類放在一起嗎？想想看當你分類你的玩具，是不是把填充玩具放一堆，模型玩具放一堆，然後又分類模型玩具，汽車放一堆，飛機又放一堆，因為它們是同一種類的，對嗎？(C-03-08-03-2008)

學生的回應似乎有了一些較明確的想法：「對！所以我要把這些小石頭放一堆，那些大的放一起」，另一位學生又回應：「然後我們可以再來分類小石頭。」

以上例子闡述凱蒂雖然在同一個SWH活動中，她適時地切換四種不同角色，目的是幫助學生以自己的方式分類岩石，她並未在一開始直接告訴學生如何分類，先讓學生進行他們的活動，並在適當的時機，以不同的角色幫助學生進行活動。

總結來說，分析結果指出在第三、四年SWH教學中，觀察到這三位教師的角色靈活度，表示教師們瞭解探究式活動中，不一樣的SWH活動特質，應運用不同的角色，幫助學生進行論證與探究；同時，她們也會依據不一樣的情境與學生反應，切換不同角色。

三、學生對話

當教師角色漸具豐富性與靈活度，教師提問模式漸漸轉變成以學生爲中心，並企圖引起學生對論證議題的想法，學生因此有更深入的論證對話。由於前文已探討教師角色與運用情況的轉變，爲了支持此論點，本段落從學生的言論進行分析與詮釋。

由於本文研究目的之一在探討教師角色運用的轉變與學生論證的情形，因此本文並不聚焦在同一群體學生於四年間的轉變，而是聚焦在當教師對角色運用漸趨豐富性與靈活度時，學生的科學論證表現如何。因每位教師在每一年所教導的學生都不一樣，所以學生成長學習的累積因素自然地被排除，再者，學生在進入三位教師班級前，均是接受傳統式的講述教學。這樣的研究情境，讓我們可以探討教師角色運用情形的轉變與學生的科學論證表現的關係。

(一)學生的言論增加

表8呈現這三位教師在四年間，她們的學生每小時平均言論的次數，圖7呈現此結果的趨勢。貝琪的學生從第一年每小時發表140.1個言論增加到第四年每小時表達301.1個言論，潔西與凱蒂的學生也有相同的增長趨勢；同時，m-RTOP中學生意見的分數也支持這項結果(貝琪：7.00, 10.00, 15.00, 16.00；潔西：6.00, 8.00, 12.00, 13.50；凱蒂：10.00, 12.00, 14.00, 14.25)。此結果顯示，當教師角色轉變時，學生漸漸能夠充分表達自己的想法，並且更主動地參與正在進行的論證議題。如同美國國家科學教育規範(NRC, 1996)的建議，教師必須在探究式活動中，提供學生機會發表言論，這樣會促進學生參與並建立自己知識主張(Davis, 2003)。

(二)學生善用論證的元素

隨著教師角色、提問模式的轉變，以及學生的言論增加，本研究亦探討學生使用的證據類型是否有所不同。表9呈現學生使用個人經驗或科學根據的次數比例並沒有特殊的改變趨勢。

然而，本研究發現，三位教師在第一年時，鮮少將此兩種類型的證據作連結，但在第三、四年，她們會連結學生的個人經驗與課堂的實驗結果。如潔西在第一、二年時，

表8：三位教師的學生每小時平均的言論次數

	第一年	第二年	第三年	第四年
貝琪的學生	140.1	248.6	290.3	301.1
潔西的學生	177.6	230.8	281.4	295.0
凱蒂的學生	199.8	238.8	298.3	321.1

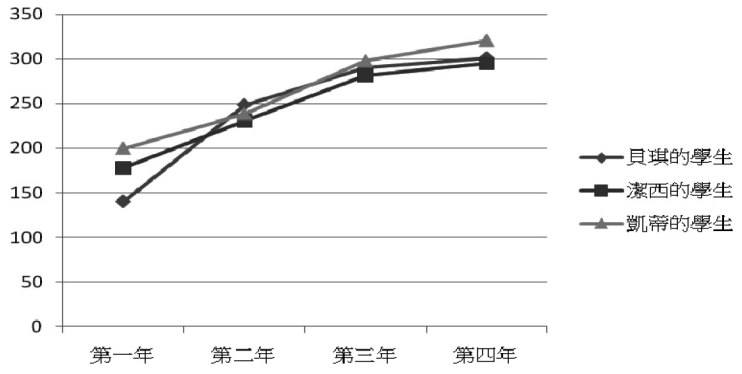


圖7：三位教師的學生言論總數趨勢圖

學生在證據與主張的活動，她的問題聚焦在學生的證據是如何從實驗中產生，並沒有企圖將學生先前活動所提出的個人經驗作連結。但在第三、四年，她的提問嘗試幫助學生連結這兩種類型的證據以進行論證對話。以下例子是潔西於第四年，學生完成有關水的凝結實驗，正進行主張與證據的討論。

小科：昨天的實驗，水杯上有水珠是因為將冰塊放入水杯，結果水變的很冷，所以水杯上有水珠。就像很冷的時候，窗戶外有會有霧，然後有水珠。

潔西：剛剛很多人的報告提到霧，那霧到底是甚麼？氣體還是液體？

全體學生：是氣體！不，是液體！

小莉：霧就好像我在家裡洗熱水澡，會有霧氣。我可以擦掉它，所以是液體。

潔西：喔！那應該是蒸汽，或熱氣。嗯……有一個新問題產生，蒸汽和霧是一樣的東西嗎？(M-02-07-02-2008)

以上的對話，顯示潔西在此活動中，企圖將學生從實驗活動中所得到的證據，連結學生的個人經驗，雖然此活動是由學生報告實驗所觀察到的證據，但潔西企圖將此兩種證據作連結，也就是將學生在學校所學的科學知識和他們的經驗作連結，這在第一年的影帶中沒辦法觀察到。這也呼應Yore與Treguest (2006)的主張，論證過程中，簡單地使用證據或主張的活動是不夠的，必須明確地整合學生個人經驗與科學知識，才能夠有效地提升學生的科學論證。

此外，本研究發現學生在第一年的論證形式雖然運用論證的元素，如主張、證據或理由，但論證形式是很表面。如：

小威：我們的主張是植物是活的，種子也是活的。證據是我看到有一些根在種子裡面。

小悌：種子是活的？

小威：對！我把種子放在土裡，它可以長出根，我放在水裡，它也可以長出根。

小福：喔！我沒試過放在水裡，原來種子在水裡也可以長出根。

凱蒂：誰還有問題？(M-03-01-01-2005)

在第三、四年，學生們開始會進行深度辯證，並質疑同學的證據是否足夠與合適以支持他們的主張。

小丁：我們的主張是水會蒸發到空氣中。證據是水變成空氣了。

小森：我有一個問題，你怎麼知道水蒸發到空氣中？

小麗：對啊！我同意你的主張，但你的證據沒辦法說明你的主張。

凱蒂：你們同意小丁這一組的證

表9：學生使用證據類型的次數比例

	第一年	第二年	第三年	第四年
貝琪的學生	0.70(19/27)	0.78(28/36)	0.76(26/34)	0.79(31/39)
潔西的學生	0.67(20/30)	1.03(34/33)	1.04(29/28)	0.88(21/24)
凱蒂的學生	0.78(31/40)	0.73(35/48)	0.89(32/36)	0.78(40/51)

註：(/)代表(個人經驗／科學根據)

據嗎？

小柏：你們應該要蒐集多一點證據，像是水杯的水變少了，你要有多一點證據。

凱蒂：小森，你覺得呢？

小森：我也這麼覺得。你們的圖，可以說明水變少，但你還是沒辦法說水蒸發到空氣中。(M-03-06-02-2007)

同時，學生的善用論證元素，呼應三位教師從第一年到第四年m-RTOP中科學論證的分數(貝琪：8.00, 8.00, 15.00, 16.00；潔西：8.00, 9.00, 11.00, 14.50；凱蒂：10.00, 11.00, 14.00, 14.50)。因此，當教師角色漸具豐富性與靈活度，學生的言論也隨著增加，課堂論證環境更符合探究式取向，論證的對話不再侷限表面地使用論證元素，學生能夠更深入應用論證元素，並以反例或推論的方式，給予同儕建議。

伍、結論

一、教師多次運用SWH教學，其教師角色會呈現豐富性與靈活度

本研究結果顯示當三位教師們經過四年應用SWH的探究式教學，其教師角色漸具豐富性。第一年時，主導者的角色佔了大部分的比例，潔西在第一年主導者角色的言論比例更高達96%；但在第四年，三位教師不再只大量使用單一角色於課堂上，主持人與教練的角色漸漸頻繁出現在課堂論證中，參與者的角色也可以被觀察到。

本研究並非強調探究式教學的教師角色要捨去主導者的角色，只聚焦在參與者、教練或主持人的角色；也不是強調教師在探究式教學要採取相對被動的角色(劉宏文、張惠博，2001)，如參與者。教師僅扮演單一角色是沒辦法有效地提升學生的論證品質，必須適時地使用不同角色在不同的情境中，此即教師角色的靈活度。

教師角色的豐富性與靈活度也代表著教師提問策略漸趨多元與適時地提供學生的回應(Crawford, 2000; McNeill & Pimentel, 2010)，而不是僅應用傳統的IRE模式對話於論證課堂上。這樣的轉變也顯示在m-RTOP中教師支持與教師提問兩個元素的分數，這兩項分數有逐年提高趨勢。

本研究概念化論證過程中的教師角色，僅以四種角色作實證分析，但在論證過程還有其他重要的角色，可以幫助學生更主動地參與科學論證，但本研究認爲這四種角色(主導者、主持人、教練、與參與者)在論證過程中是不可或缺的角色。

二、教師角色的豐富性與靈活度能提升學生論證品質

本研究的量化分析顯示，教師角色在課堂上的扮演與學生科學論證的品質存在著重要相關，也就是當教師對學生的支持度與提問技巧提升時，學生也能夠充分發表意見，且論證品質也有改善的趨勢；相對地，當學生無法充分表達意見與論證的元素無法在課堂上充分被觀察到時，教師對學生參與活動的支持與提問技巧也有下降趨勢。

質化分析結果顯示，當教師角色漸具豐富性與靈活度時，教師更懂得鼓勵學生進行論證，幫助學生連結不同類型的證據以支持個人主張；此外，學生表達意見的次數也增加，並且更瞭解如何善用論證元素，開始會挑戰同儕的主張與證據，並提出反主張與反證據的論證模式。因此，教師角色在提升課堂論證的品質是重要且不可忽略的(林樹聲，2006；黃翎斐等，2008；Driver

et al., 2000; Martine & Hand, 2009; McNeill, 2009; Norton-Meier et al., 2008; Zembal-Saul, 2009)。這也呼應Osborne等(2004)的主張，課堂論證的模式與品質是取決於教師個人，教師若在論證過程中扮演合適的角色，可以協助學生闡述自然現象，挑戰學生的主張，延伸學生想法並尋求其他可能性的解釋，讓學生更能有效使用論證元素於課堂上。

三、教師的轉變需要長期教學經驗的累積與支持

從m-RTOP的分數與教師角色的轉變，發現教師的轉變是需要時間與教學經驗的累積，並非短短數週或數月可以觀察到，本研究爲期四年的教師專業工作坊，才漸漸觀察到教師們在整體課堂與教師角色的轉變。此外，本研究並非強調教師的轉變是自然而然發生的，教師的轉變是需要教師們主動學習，並經由頻繁地使用探究論證教學，瞭解科學學習必須以學生爲中心，應用不同的角色幫助學生進行論證。

此結果呼應Dori與Herscovitz (2005)的論點，教學改革經常面臨失敗的原因是忽略了在職教師扮演著關鍵因素，過去經常認爲舉辦爲期數天的教師專業發展方案或工作坊，就可以讓在職教師自然地改變他們的教學，但這樣政策的實施結果發現，教師雖然參加了教師專業發展活動，但在教學策略上並沒有明顯改變，原因之一是教師不願意放棄既有、且他們認爲可以成功讓學生取得好成績的傳統教學策略(Martin & Hand, 2009)，這樣的改變是需要教師們改變他們的教學目標與信念(佘曉清，1999；顏弘志、段曉林，2006)並且落實在他們日常的教學上。

教師的轉變是需要支持的，如同Davis (2003)的主張，傳統教師的教學要轉變成具探究式取向的教學，需要許多外在以及內在資源支持(政策、學校、學術單位、同儕等)。本研究並沒有對教師的教學策略轉變成探究式取向所需要的支持與因素加以探討，但這樣的研究問題可以是未來的方向。最後，本研究提供一個在美國的教師專業發展方案的經驗，並建議未來臺灣類似的教師專業發展課程，應該朝規劃長期且有系統的方向努力。

誌謝

本研究承蒙Dr. Brian Hand (University of Iowa)及Dr. Lori Norton-Meier (University of Louisville)的計畫(State of Iowa Math-Science Partnership Grant)支持，特此誌謝。感謝Niphon Chanlen, Mohammad Basir與Brian Penny在資料分析上的幫忙。感謝兩位匿名審查委員提供的寶貴意見。

參考文獻

1. 佘曉清(1999)。生物教師的教學信念、教學、與師生互動——個案研究。**科學教育學刊**，**7**(1)，35-47。
2. 林樹聲(2006)。從爭議性科技議題的教學設計和實踐中詮釋科學教師的角色——個案研究。**科學教育學刊**，**14**(3)，237-255。
3. 洪振方(1994)。**從孔恩異例的認知與論證探討科學知識的重建**。國立臺灣師範大學科學教育研究所博士論文，未出版，臺北市。
4. 教育部(2008)。**國民中小學九年一貫課程綱要：自然與生活科技學習領域**。臺北市：教育部。
5. 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。
6. 劉宏文、張惠博(2001)。高中學生進行

開放式探究活動之個案研究——問題的形成與解決。**科學教育學刊**，**9**(2)，169-196。

7. 顏弘志、段曉林(2006)。建構主義取向教學的實踐——一位國小自然科教師信念、教學實務的改變。**科學教育學刊**，**14**(5)，571-595。
8. Abd-El-Khalick, F., BouJaoude, S, Duschl, R, Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R, Hofstein, A, et al. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, *88*(3), 397-419.
9. Basir, M., Pinny, B., Chen, Y. -C., Chanlen, N., & Tseng, C., Hand, B., et al. (2009, December). *The role of teaching practice in transformation of teachers in inquiry-based environment*. Paper presented at annual the Iowa Educational Research and Evaluation Association conference, Ames, IA.
10. Chin, C. (2007). Teacher questioning in science classrooms: Approaches that stimulate productive thinking. *Journal of Research in Science Teaching*, *44*(6), 815-843.
11. Crawford, B. A. (2000). Embracing the essence of inquiry: New roles for science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, *37*(9), 916-937.
12. Davis, K. S. (2003). "Change is hard": What science teachers are telling us about reform and teacher learning of innovative practices. *Science Education*, *87*(1), 3-30.
13. Dori, Y. J., & Herscovitz, O. (2005). Case-based long-term professional development of science teachers. *International Journal of Science Education*, *27*(12), 1413-1446.
14. Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, *84*(3), 287-312.
15. Duschl, R. A. (2008). Quality argumentation and epistemic criteria. In S. Erduran & M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education* (pp. 159-175). Dordrecht, Netherlands: Springer.
16. Ford, M. (2008). Disciplinary authority and accountability in scientific practice and learning. *Science Education*, *92*(3), 404-423.
17. Halliday, M. A. K., & Martin, J. R. (1993). *Writing science: Literacy and discursive power*. Pittsburgh, PA: University of Pittsburgh Press.
18. Hand, B. M. (2008). Introducing the science writing heuristic approach. In B. M. Hand (Ed.), *Science inquiry, argument and language: A case for the science writing heuristic* (pp. 1-11). Rotterdam, Netherlands: Sense.
19. Hand, B. M., Wallace, C. W., & Yang, E. -M. (2004). Using a Science Writing Heuristic to enhance learning outcomes from laboratory activities in seventh-grade science: Quantitative and qualitative aspects. *International Journal of Science Education*, *26*(2), 131-149.
20. Hohenshell, L. M., & Hand, B. (2006). Writing-to-learn strategies in secondary school cell biology: A mixed method study. *International Journal of Science Education*, *28*(2-3), 261-289.
21. Keys, C. W., Hand, B., Prain, V., & Collins, S. (1999). Using the Science Writing Heuristic as a tool for learning from laboratory investigations in secondary science. *Journal*

of Research in Science Teaching, *36*(10), 1065-1084.
22. Lapadat, J. (2000). Construction of science knowledge: Scaffolding conceptual change through discourse. *Journal of Classroom Interaction*, *35*(2), 1-14.
23. Lemke, J. L. (1990). *Talking science: Language*, *learning*, *and values*. Norwood, NJ: Ablex.
24. Martin, A. M., & Hand, B. (2009). Factors affecting the implementation of argument in the elementary science classroom. A longitudinal case study. *Research in Science Education*, *39*(1), 17-38.
25. McGinn, M. K., & Roth, W. -M. (1999). Preparing students for competent scientific practice: Implications of recent research in science and technology studies. *Educational Researcher*, *28*(3), 14-24.
26. McNeill, K. L. (2009). Teachers' use of curriculum to support students in writing scientific arguments to explain phenomena. *Science Education*, *93*(2), 233-268.
27. McNeill, K. L., & Pimentel, D. S. (2010). Scientific discourse in three urban classrooms: The role of the teacher in engaging high school students in argumentation. *Science Education*, *94*(2), 203-229.
28. Mercer, N. (2008). The seeds of time: Why classroom dialogue needs a temporal analysis. *Journal of the Learning Sciences*, *17*(1), 33-59.
29. National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
30. Newman, W. J., Abell, S. K., Hubbard, P. D., McDonald, J., Otaala, J., & Martini, M. (2004). Dilemmas of teaching inquiry in elementary science methods. *Journal of Science Teacher Education*, *15*(4), 257-279.
31. Norton-Meier, L., Hand, B., Hockenberry, L., & Wise, K. (2008). *Questions, claims, and evidence: The important place of argument in children's science writing*. Portsmouth, NH: Heinemann.
32. 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.
33. Park, S., Jang, J. -Y., Chen, Y. -C., & Jung, J. (in press). Is pedagogical content knowledge (PCK) necessary for reformed science teaching?: Evidence from an empirical study. *Research in Science Education*.
34. Polman, J. L. (2004). Dialogic activity structures for project-based learning environments. *Cognition and Instruction*, *22*(4), 431-466.
35. Roehrig, G., & Garrow, S. (2007). The impact of teacher classroom practices on student achievement during the implementation of a reform-based chemistry curriculum. *International Journal of Science Education*, *29*(14), 1789-1811.
36. Sawada, D., Piburn, M. D., Judson, E., Turley, J., Falconer, K., Benford, R., et al. (2002). Measuring reform practices in science and mathematics classrooms: The reformed teaching observation protocol. *School Science and Mathematics*, *102*(6), 245-253.
37. Scott, P. H., Mortimer, E. F., & Aguiar, O. G. (2006). The tension between authorita-

tive and dialogic discourse: A fundamental characteristic of meaning making interactions in high school science lessons. *Science Education*, *90*(4), 605-631.

38. Strauss, A. L., & Corbin, J. M. (1990). *Basics of qualitative research: Grounded theory procedures and techniques*. Newbury Park, CA: Sage.
39. Toulmin, S. E. (1958). *The uses of argument*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
40. Treagust, D. F. (2007). General instructional methods and strategies. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 373-391). Mahwah, NJ: Erlbaum.
41. Twenty First Century Science. (2006). *Twenty First Century Science. GCSE science. Higher and foundation textbooks; teacher and technician guide; ICT resources*. Oxford: Oxford University Press.
42. Wallace, C. S. (2004). Framing new research in science literacy and language use: Authenticity, multiple discourses, and the "third space". *Science Education*, *88*(6), 901-914.
43. Yore, L. D., Bisanz, G. L., & Hand, B. M. (2003). Examining the literacy component of science literacy: 25 years of language arts and science research. *International Journal of Science Education*, *25*(6), 689-725.
44. Yore, L. D., & Treagust, D. F. (2006). Current realities and future possibilities: Language and science literacy-empowering research and informing instruction. *International Journal of Science Education*, *28*(2-3), 291-314.
45. Zembal-Saul, C. (2009). Learning to teach elementary school science as argument. *Science Education*, *93*(4), 687-719.

科學教育學刊
2010, 第十八卷第五期, 417-442

Chinese Journal of Science Education
2010, 18(5), 417-442

The Role of the Teacher in Engaging Elementary School Students in Argumentation Utilizing the Science Writing Heuristic: Four-Year Case Studies

Ying-Chih Chen[1], Ching-Mei Tseng[1] and Wen-Hua Chang[2]

[1]Graduate Institute of Science Education, The University of Iowa, Iowa, USA
[2]Graduate Institute of Science Education, National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan

Abstract

The way a teacher uses different roles impacts on students' successful engagement in argumentative practice. This study conceptualized four critical roles for teachers -- director, moderator, coach, participant -- to support students in the construction of scientific argument, and explored the way three teachers used different roles in implementing the Science Writing Heuristic (SWH) approach in elementary school classrooms. Research data was accumulated over 4 years through video recordings of science classes. The Modified Reformed Teacher Observation Protocol (m-RTOP) was used to analyze videotaped science lessons. Analysis of the data indicated that there was a shift in the areas of teacher support, teacher questioning, student voice, and science argument, and the correlations among the four areas are significant (r = .83 ~ .96, p < .01). Several levels of subsequent analysis were completed related to teacher role and student argumentation. Results indicate that the teachers increasingly played all four roles during the four years of the study, which is referred to as *richness* of teacher role, instead of only using the director role as they did in the first year. The results also show that these teachers learned to appropriately implement the roles in different activities and contexts, which is *flexibility* of teacher role. As teacher roles shifted, student voice increased and the elements of argument were practiced and more successfully represented. Finally, this study suggests that teacher professional development should be designed systematically and should consist of ongoing training rather than a one-time event.

Key words: Scientific Argumentation, Science Writing Heuristic (SWH), Teacher Role, Teacher Professional Development