科學教育學刊
1997, 第五卷第三期， 295-320

EJ51-1997-295

中學數理教師在職進修課程設計之行動研究(I)—教師轉變與課程調整

郭重吉[1]　江武雄[2]　張文華[3]
[1,3]國立彰化師範大學　科學教育研究所
[2]國立彰化師範大學　化學系

（投稿日期：85年10月22日，接受日期：86年3月22日）

摘要：本研究旨在利用行動研究的方式，致力於中學數理教師暑期在職進修課程的改進。此項課程修訂目標在於：提供在職進修教師合適的理論上的瞭解以及實作的經驗，使其有更多的時間和機會，對於數理教學的目標與方法，建構出合適的觀點與理解，以致於能有正確的態度和能力，來改進中學的數理教學。

爲達成此一目標，在進修課程的結構、教學內容和實施方式上有一個重要做法乃是：配合暑期進修上課所提供的理念、方法和範例，教師們在返回原任教學校教學授課期間，必須以行動研究的方式，針對其任教班級數理教學的改進加以研究。

本文中報導第一年實施情形的檢討與改進，重點包括瞭解進修教師對數理教學的看法，結果顯示出三個不同程度的轉變：心態上的察覺、理念的轉變和將採取改進教學的行動等。此外，由所得資料顯示，在暑期上課時間有限且課業緊湊的壓力下，進修教師對於一些新的教學理念和教學策略，不易有深入的了解和充分的體驗；需在返回原任教學校授課期間，從實際教學工作中慢慢加以省思和試驗。由於學員人數衆多，現場訪視不易，爲達更佳進修效果，建議對進修教師返校授課期間應輔行教學檔案的建立，並從旁協助促成進修教師與同儕、同僚的合作。

關鍵詞：數理教學、在職進修、行動研究、建構主義、概念改變。

壹、緒言

一、研究背景

健全的數理師資培育是落實中小學科學教育的關鍵之所在，而數理教師的在職進修更是數理師資培育的重要一環。是以，國立彰化師範大學自民國七十六年成立以來，每年即利用暑期辦理研究所四十學分班，提供中部地區中學數理教師在職進修的機會。雖然原先的課程設計即已著重介紹影響科學教育發展的一些新理念，和有助於改進數理教學的教學方法，以提供在職進修教師在教學上實際應用，但由於在作法上局限於在暑期上課期間課堂上的講授、討論或練習，尚缺乏有系統的鼓勵、引導和協助學員們把新學得的理論應用於教學中，並將經驗與實施成果與其他教師分享，因此，一些有心嘗試改進數理教學的老師，常反應希望暑期進修的課程中能介紹更多相關的教學策略和教學方法，並且希望能在教授的指導之下，與幾位中學教師組成一個研究小組共同商討、相互切磋，研究如何改進自己的教學。

許多晚近科學教育的研究顯示，學生在數理科的學習扮演著主動積極的角色。學生並非被動的接受知識，而是以原先所具有的知識、經驗、信念、態度與目的等等做爲處理外來資訊的參考，並利用這些爲基礎，以建構外來資訊的意義。而學生在數理科的學習也深受其學習策略、後設認知能力以及在班上與老師及同學間之互動的影響（郭重吉，1992）。這些研究結果對於數理課程的改革和老師的教導，帶來極其重大的衝擊 (Shymansky, 1992)，影響之所及，不但使數理師資培育的問題再受到重視，甚且由建構主義的理念出發，對於如何落實數理師資的培育，亦已發展出許多可資借鏡的模式，例如以實際教學表現作爲考核實習教師和檢定初任教師的基準 (Brunkhorst, Yager, Brunkhorst, Apple, & Andrews, 1993)，以及對於在職進修的計畫中，利用合作式的行動研究，以提昇教師改進教學的知能等 (Baird, Fensham, Gunstone, & White, 1991; Taylor, 1993)。

除了上述因素之外，由於全球政經環境的演變、科技的發展以及科學教育思潮和科學教育目標的變遷，在邁入二十一世紀之際，世界各國對於教育的改革無不格外重視 (Linn, 1992)，認爲想要改革成功，就必須全面配合，由各方面來進

行改革，而非單由課程、行政等方面著手。在國內教育界亦掀起一片改革的聲浪（教育部， 1995 ），並且引發許多令人關切的實際問題。比方說，由於國內師資培育管道的多元化，教學實習成爲師資培育及檢定的重要一環，但如何培養一些資深的數理教師，使其具有輔導與考評這些實習教師在實際教學情境中表現出來的能力，顯然是一項亟待加強的工作，而四十學分班的在職進修，應是達成此目標的一個重要方法。

有鑑於上述種種因素，對於本所原已設立的研究所暑期四十學分的在職進修課程，顯然面臨了改弦更張、求新求變的時刻，而我們業已直接間接的累積了許多可資運用的研究成果，可以在建構主義理念的引導下，迎接這樣的挑戰（郭重吉、江武雄， 1992 ； 1993 ）。

二、研究目的

本研究長程的目的乃是透過在職進修課程的重新規劃，強調科學教育理論與實務工作結合的重要性 (Russell, 1993)，使得在職進修四十學分的中學數理教師們，在具有合適引導、鼓勵及支持的情境中，對於數理教學的改善能建構出合適的觀點與瞭解，並具有將其付諸實現的經驗和能力，期能進而影響其他教師，因此形成推動改進國內中學數理教學的一股力量。換句話說，在本研究中是希望經由科學教育的研究，促成中學科學教育實務的改進，另一方面則由行動研究著眼，發展數理教師在職進修的模式，期能建立大學與中學的合作關係 (Colhoun, 1993; Ellis, 1990)。

本文的主要目的在於報導第一年試行新課程的成果與檢討，其重點是：

1. 瞭解新課程對進修教師在第一年進修後的進修成效。
2. 根據進修教師的反應及建議，如何對進修課程加以調整與改進。

三、名詞釋義

1. **在職進修教師或進修教師**：指自八十三學年度起，在國立彰化師範大學科學教育研究所進修暑期四十學分班的中學數理教師。
2. **行動研究**：在教育研究領域中，行動研究一般被接受的定義是「嘗試改變及改善教育實務的系統化研究」。在本研究中，包含兩個不同層次的行動研究，其一是由參與進修的在職教師，運用其在進修課程中所學得的理

論，以改善教學爲目的而進行的探究活動。另一是本校科學教育研究所對暑期進修課程加以重新規劃，並藉由探討進修教師的整個進修過程，來評鑑、修正、試用的探究活動。

3. **在職進修**：在本研究中，在職進修的意義與固有的只限於暑期上課的方式有所不同。除了於四年的暑假期間，在彰化師大上課之外，各進修教師於學期內返回原任教學校授課的期間，爲暑期課程自然的延伸，在職進修教師基於下一年度暑期進修課程要求，應於授課期間對於自己的教學進行蒐集資料、評估、確立研究題目，及進行改進教學的行動研究等活動。

貳、文獻探討

一、建構主義與中學數理師資培育

關於建構主義的知識論及達成概念學習、概念改變的過程，郭重吉、江武雄 (1992; 1993) 在先前的研究及其它論文中已詳加評述（郭重吉，1988；1992；1993；郭重吉、許玫理，1992），在此僅針對建構主義知識論影響之下，科教研究者在數理師資培育部份的努力，做一介紹。

在師資培育方面，由於認爲教師學習教學法的過程和學生學習科學概念時一樣 (Dana & Davis, 1993; Shymansky, 1992)，會將他們的先有概念帶進學習過程中，因此建議將教師亦視爲學習者，協助教師們由建構主義的觀點來瞭解學習過程。並主張應提供職前和在職教師充分的時間和機會，讓他們體驗建構科學概念的過程。教師在經過親身體驗概念改變過程後，於日後當更能誘導學生產生合適的概念改變。

Etchborger 和 Shaw (1992) 研究一位小學數學教師對知識本質的看法，並探討這看法如何影響其所採用的教學方法。他們整理出教師產生概念改變的過程如下：教師先處於一種混亂狀態，而感覺到需要有所改變，並決定要採取行動，做些改變。之後，教師擬想可能採取的行動，並在課室中實施。經由不斷反省，教師理解應再做某些進一步的改變。作者並認爲，在合作學習中，學習者與同儕合作，共同蒐集資訊、對所得資訊加以省思，並將這些資訊與自己已有的知識相連結，其中經歷的小組協商、產生共識及分享所學，是很適合學習者建構知識的學習情境。

Gallagher (1993) 也提出教師概念改變的模式，與 Etchborger 和 Shaw (1992) 不同的是， Gallagher 比較著重於如何協助教師由行爲主義轉化至建構主義的教學觀點。這種轉變是很耗時間的，若有研究者協助，即使耗費四年的時間，也尚未達到能使所有教師皆產生概念轉變的成果；如果缺乏研究者的協助，想轉變爲建構主義的教學觀點，所費的時間將更長。

Huibregtse, Korthagen 和 Wubbels (1994) 研究物理教師的學習經驗對其教學方法、目標的影響。他們認爲教師們會以自己在學科上的學習經驗來建構其對教學的概念，有時會因而導致形成過度強調合乎自己學習風格、方法的教學方法。他們認爲教師的專業成長關鍵點，在於教師自己有意圖想改變和其省思的能力。除非教師自己依著自己體驗到的需要和興趣想有所改變，否則誰也無法讓他們改變。他們建議，想改變教師的教學行爲，需先瞭解教師對教與學的概念，並由改變教師的態度、價值、信念著手，才能調整其專業的實務，否則，課室中的教學實務難以產生改變。另外，作者還提出應製造機會，讓教師體驗不同的學習方式，如此才能對教師產生持久的影響。

Stofflett (1994) 依據 Posner 等人所主張在學習科學概念時，可能產生概念改變的條件 IPDF (I, intelligibility; P, plausibility; D, dissatisfaction; F, fruitfulness) 來設計師資培育的課程。他想探討這是不是一種合適的課程設計模式，且在這樣的課程模式下，小學職前教師是否能改變其原先持有的講述教學法概念。結果研究者發覺，職前教師在起初會抗拒這種概念改變教學策略，但在課程結束時，則都表示對新教學策略的正面評價，而且顯示出不滿意自己原先的教學策略。 Stofflett 認爲職前教師原有的傳統的教學概念，是影響其有效同化、或完全排拒新教學法的因素，要重建職前教師的教學概念，就必須考慮他們的先有教學概念，並讓它他們親身體驗概念改變的過程。這種看法乃是希望教師用什麼方法教學，就需先以那樣的方法教他們，而不是只用傳統的講述法，介紹新的教學策略的理念。

二、行動研究與數理師資培育

White 和 Tisher (1986) 在針對 1970 年代以來的科學教育研究做一相當廣泛而深入的探討之後指出，雖然以往的科學教育研究爲數甚多，但對實務產生的影響都極其有限，他們對未來科學教育研究方向的一個建議是讓教師成爲研究小組

中之成員，而非研究觀察的對象。

Shymansky 和 Kyle (1991) 基於建構主義的觀點力倡合作式的行動研究模式在科學教育研究上的應用，認爲經由教師與研究者對於切合教學實際需求的研究之構思、規畫、執行、和詮釋，可以增加我們對於科學的教與學的瞭解。

Berlin 和 White (1992) 指出行動研究的優點包括有：

⑴利用不同觀點和專家所帶來的好處。

⑵研究成果可供教學實務之參考。

⑶經由教師參加研究，打破傳統上教師對研究者的敵意。

⑷提供教師學習與成長的機會。

⑸能由身歷其境的人自行解決自己面臨的問題。

對於多方人員相互合作的行動研究，其限制及可能有的困難， Berlin 和 White (1992) 認爲包含如何加強溝通、研究結果難以通則化、研究設計及資料分析不夠嚴謹、教師欠缺研究的知識和經驗、人際間的關係、以及到底過程和成果孰輕孰重等。

Clift, Veal, Johnson 和 Holland (1991) 認爲教師與教師或教師與研究者之間的合作，有助於學習者如何去教的過程，這種理念應可在師資培育課程中予以展現。 Johnson (1993) 和 Bennett (1993) 認爲教師若試著進行課室中的研究，不但有助於教師的個人成長，更可由此改進其教學實務及藉以促進同僚間的合作關係。 Feldman (1994) 則建議，如果師資培育課程中的行動研究要有明顯且持續的效果，所進行的行動研究，就必須在設計研究過程時，考慮如何能使參與的所有成員不斷成長。他提出如果希望教師進行的研究能有持久的效果，對所謂的研究應採用一個不同的概念——監督和調整實務的探究活動。如果讓教師仍採用傳統的教育研究派典，以教師爲研究者的改革運動，將對專業實務產生不了持久的效果。

在近年來，行動研究已逐漸成爲美國各大學師資培育中不可或缺的一部份 (Crawley, 1995; Cross, 1995) 。職前或在職教師的課程中，都要求職前或在職教師從事某種形式的研究。對在職進修的教師而言，除了自我的成長之外，行動研究也成了重組學校的工具。行動研究的地位是越來越重要了！ Feldman (1994) 提出教師進行之研究的本質與傳統教育研究有兩點重要差別：

⑴這樣的研究是出自教師的生活及教學經驗，且由於教師想深入瞭解其課室

內各事件間的互動性而起。

⑵這樣的研究不像以往，是由「外人」來進行的，而是教師以身處情境中的身份來進行。

Feldman 也指出在行動研究中比較常見的研究問題比如像：

⑴我如何更了解我的教學實務？

⑵我如何更求改進？

⑶我的行動如何影響學生的學習？

⑷我的學科知識如何影響我的教學知識？

研究成果因此就多著重於教師對其角色形成新的知識或瞭解，學習做得更好，並更瞭解他們自己在做什麼及自己所處的情況。

由前面整理出的相關文獻，我們可以知道，教師學習如何教的過程絕對不能與其實際教學情境脫離，教師的學習結果也應以改善自己的教學實務爲目標。教學的原理與策略日新月異，鼓勵在職教師再回師資培育機構進修，原就是爲了讓在職教師們能不斷再學習，以運用新教學原理、策略來協助學生更有效率的進行學習，即達到改進教學的目的。然而教師來進修前即已形成的對教學及學生學習的看法，常成爲他們學習新教學原理與策略的阻力，因此，在規劃進修課程時，即應依據前人研究的成果，設計能促成進修教師概念轉變，且具有持久效果的課程內容、順序，如此才能達到鼓勵在職教師進修的目的。本研究的主旨，即在進行一個將進修課程與進修教師教學實務相結合的嚐試，並由試行過程中來尋求調整進修內容的依據，最終目的則在培養教師瞭解自己教學實況，及試著改善自己教學實務的能力。

參、研究方法

本研究乃是針對改進中學數理教師研究所教育學分班的在職進修課程而提出的一項行動研究。參與研究者除計劃主持教授二人、協同研究者二人、博士後研究一人及兼任助理三人外，尚有於民國八十三年起，到彰化師範大學科學教育研究所進修暑期四十學分班的在職教師。八十三年暑期加入進修教師有 44 名，後有四名教師退出進修。在本研究中涉及兩個不同層次的行動研究。其一是由進修的數理教師，運用其在進修課程中所學得的理論，進行行動研究，如此轉化教學理論爲教學實務，以改進自己的數理教學。其二是本校科學教育研究所對暑期進

修課程的重新規劃、試用及修正。由於進修教師衆多，在暑期上課結束之後對其教學情形無法一一追蹤報導，因此在八十三年暑期，特從該班進修學員中選取九位中部中學數理教師做爲種子教師加入第一年的研究。

底下先將由研究小組的立場所進行的研究流程，依據行動研究的一般模式——規畫、行動、觀察及反省的螺旋式過程 (Berlin & White, 1992) 列於圖 1 ，其次再對逐年的核心課程說明如下。

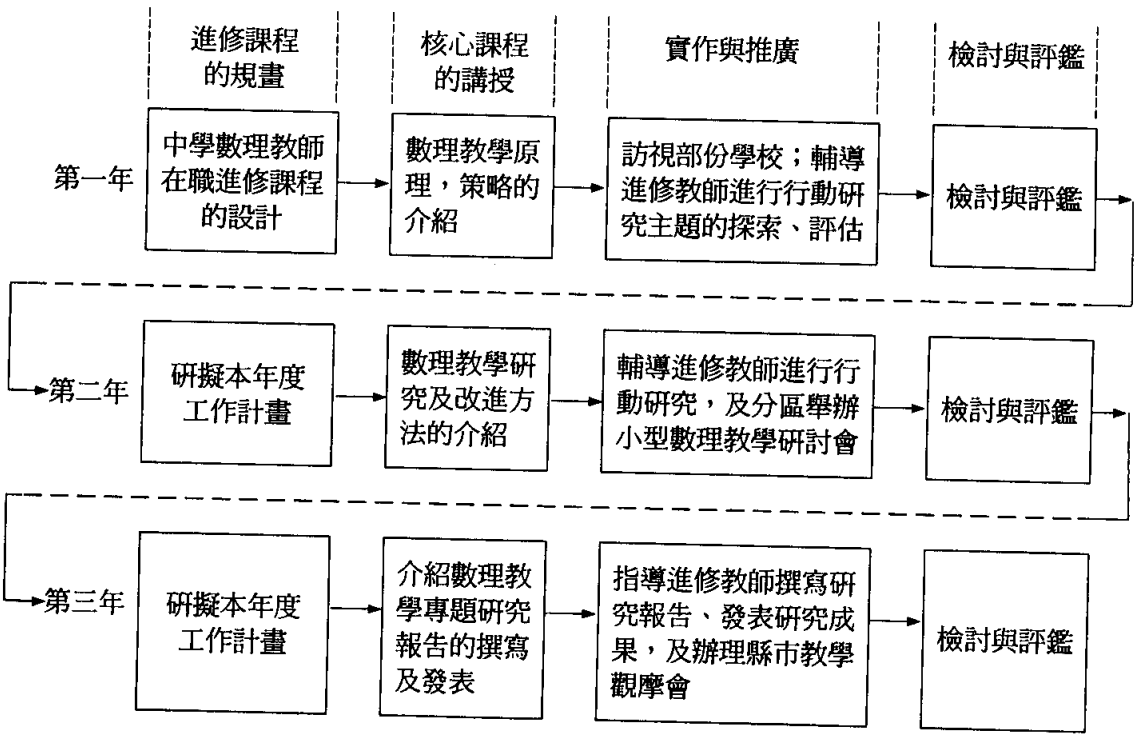


圖 1 研究流程。

第一年進修課程的核心爲數理教學原理及教學策略的介紹，其重要內容包括：

⑴科學的本質、科學教育的目標。

⑵從認知的觀點瞭解學生對數理學科的學習。

⑶基於建構主義的教學理念和教學策略。

第二年在職進修核心課程著重在協助學員從事改進數理教學研究，主要的內容包括：

⑴教育研究法（包括詮釋性研究、行動研究）。

⑵測驗與評量（包括評量學生的概念學習與解題能力）。

⑶教學媒體的設計與製作。

⑷數理科的教學法及教室的經營（包括教學設計及指導學生合作學習）。

第三年的核心課程係針對指導學員撰寫及發表研究成果，因此內容包括：

⑴數理教學專題研究：由進修的學員報告他們執行的行動研究的成果，讓其他學員分享與討論。

⑵介紹資料分析的方法（包括定量與定性的資料）。

⑶介紹研究報告的撰寫與評鑑。

在本研究中對於有關資料的蒐集包括八十三年暑假科研一授課教授提出的授課綱要及成果報告（內容包括教學目標、教學內容、教學實施情形（包括學員反應）、檢討與建議、其它共五大項），種子教師們的暑期心得報告，以及進修教師之報告（共四十一人繳交）、小組討論報告、作業、問卷……等由上課中取得的相關書面資料；另外，在八十四年暑期進修期間（七月底），並以問卷調查的方式，針對進修教師對數理教學的想法、對進修課程之科目、內容連貫性以及進修課程對其教學的影響等方面，蒐集八十三年加入進修之教師對進修課程的了解，問卷計發出 40 份，回收 39 份（回收率 97.5% ）。爲了解八十三年暑期加入的進修教師在學期中返校任教時在進行實作部份的困難，並能及時與予以協助，研究小組除定期開會之外，並排定時間到各種子教師任教學校進行訪視、舉辦教學觀摩。在每次教學觀摩後亦立即舉辦研究小組會議，與種子教師溝通其改進教學時遭遇的困難，由參與研究的教授、講師等提供適當的協助。在此部份蒐集得的資料則包括有教學及小組會議的錄影帶及教案、晤談紀錄、現場紀錄等書面資料。

前述所有蒐集得的資料，依據質的研究之分析方法 (Cornett, Yeotis, & Terwilliger, 1990; Lincoln & Guba, 1985)，經多次閱讀、比較、彙整，將整體所得研究結果加以報導。由於本研究之主要目的在對中學數理教師在職進修課程之改進，兼以進修教師人數多達四十餘人，實難先對個別教師的各種數據詳加呈現、分析與整理，然後再把所得結果加以彙整。因此，在本研究中基本上是以整班作爲資料分析的單元（亦即所謂的 Grain size ），綜觀整體比較明顯的特性，而在下節中所呈現的結果，除了少部分引述教師的話語係原始的數據之外，大部分係從衆多原始資料中，經多次閱讀、比較、彙整而來的陳述。

肆、結果與討論

如上所述，在第一年的研究過程中，主要研究工作著重於暑期課程的規劃、試行、與瞭解種子教師及全體進修教師們如何將在暑期進修中所學得的理論，試行於所任教的班級中。經由相關資料的蒐集、分析，所得研究結果內容包括：第一年進修課程的實施成效；進修教師對進修課程的反應和研究所對課程的調整；以及參與研究教授對第二年新進修課程的建議。以下僅擇其要者加以報導，詳請參閱國科會專題研究成果報告（郭重吉、江武雄，1995）。

一、新進修課程的實施成效

㈠暑期核心課程

依據圖 1 所示流程，除了先前的規畫之外，第一年的主要工作爲暑假期間核心課程的授課，和進修教師在返回任教學校期間的實作與推廣。第一年暑期核心課程包括科學教育專論、科學教育心理學原理、數理教學原理與策略、統整科學以及電算機在教育上的應用等五門課。經由事先的溝通、協調，這五門課多能遵守本研究旨趣之所在，不再以講授方式爲主要的教學方法，而是設計各種上課方式，讓進修教師有機會體驗符合建構主義的教學方式，希望由此讓進修教師更深刻的感受與領悟，並深切瞭解符合建構主義理念之教學的一些模式，以能更有效的將所習得的理論，轉化爲實際教學。雖然我們一開始並未針對所有課程蒐集學員的心得資料，但由學員在某些課的心得報告及晤談資料中，可以對各教授上課的方式及內容有所了解，並確知其中科學教育專論、數理教學原理與策略及統整科學三門課，在教學方法上有相當的改變。數理教學原理與策略一門課，是以「以問題爲中心的合作學習」教學模式來進行教學。除了介紹何謂「以問題爲中心的合作學習」，並讓進修教師在此模式下學習，讓進修教師在運用此方式進行教學前，先有體會這樣被教的機會與經驗。另外，例如統整科學一門課是由四位教授合作授課，每位教授各針對數學、物理、化學或生物部份，上九小時課。每位教師的教學內容是將九小時分成三個單元，每一單元三小時。第一單元爲理論介紹，包括小概念或小範圍（學科內）之統整，及大概念或大範圍（學科間）之統整。統整概念主要以概念間的連結與概念應用來說明，以增進學習者對科學概念的瞭解和應用，並能因而喜歡及重視科學。第二單元是舉例說明何謂統整科學

及如何進行統整科學式的教學，讓教師們能體會統整科學的好處及樂趣，學到眞實有趣又有用的科學。第三單元是由學員上台舉例說明。作業則是要求學員們各舉出一個大小統整的例子，並繳交日誌。學員們在日誌中的反應是：

> 「一次很新鮮的經驗：上課方式是以看錄影帶的方式開始，之後分組討論，最後全班討論及分享。這種上課方式感覺蠻好的；不但親自參與課程且針對課程內容用心去思考，有別於傳統的上課方式，感覺在課程內容上很有收穫，且在教學方法和方式上亦有很大示範及啓發作用。」
>
> 「……上次上課在看完錄影帶和一篇有關音樂樂理與數學兩者間統整的文章，且讓我們思考兩個問題：以例子說明小統整（學科本身）及大統整（學科之間），並把大、小統整能運用到自己的教學上。這都促使我去思考。回想自己過去的教學，從未注意到能改進教學策略，這對自己日後的教學眞的很有啓發性及幫助。」

底下再以科學教育專論這門課爲例，說明其上課方式及學員的反應。

科學教育專論一門課旨在介紹建構主義的基本理念及教學原理，此外，並對整個進修課程的規畫加以介紹。授課教授是由本文第一位作者擔任。除了發給六篇相關論文（王淑琴，1991；郭重吉，1987；1988；1992；1993；郭重吉、許玫理，1992）以供學員閱讀、討論之外，並在上課期間穿插著投影片，徵詢學員的感受與意見，讓學員在課堂上立即體驗不同參考架構所造成的認知差異。整體而言，在這門課中對建構主義的引介不是單純的講述，而是儘量讓進修教師能親身體驗到建構主義的教學理念與教學原理。經整理小組討論心得報告後發現，這樣的上課方式，確能讓學員身歷其境，經驗到每個人對學生的學習、教師的教學及科學本質的認知是如此不同的衝擊。再經提示由教師的教導與學生的學習方面來思考時，學員試著將新的體驗，與自己曾學過的教學理論，及自己的教學實務互相驗證，因而在暑期課程結束前，由相關資料顯示進修教師對教學以及學生學習的看法已有相當程度的改變。

在八十三年暑期進修之初，當問及進修教師們目前國內中學階段的數理教育之重大缺失是什麼時，他們多著眼於教材內容太多、班級人數過高、設備不足、進度問題、聯考壓力等等非直接相關於教師教學方法和學生學習理論的因素上。

大多數的教師來參加進修，並不完全是因爲認爲自己需要充電、更新理念，他們都頗習於自己的教學模式，和自己的教學模式背後隱含的、受導於傳統邏輯實證主義的知識論。他們本來認爲教師教得多、講得細，學生就應該學得好；學生若學不好，就是學生不夠用功。在這樣的因果思考下，學生的學習風格及學習時主動建構的過程，完全被忽略了，但經過了科學教育專論這一門課，大部份進修教師們都有所領悟。

> 「自己教學多年來，已習慣自己一套的教學模式，有時學生成績好，就自認教學成功；但若學生學習成績不佳，就以爲學生不用功、程度差，因爲有些班級可以學得很好呀！從來沒有考慮到學生的認知、學習風格、人文背景……等問題。」
>
> 「……在過去的九年教學過程中，很多很重要的學理，長久以來一直被我所忽略，（例如：學生的學習風格，學生原來的認知程度，培養科學的態度，以及建構主義……等）……在過去的教學中，若學生有聽不懂的地方，我會一而再、再而三反覆講解，……」
>
> 「學生學習要在快樂的氣氛下，主動的氣氛下……學生若沒有建立自己的概念，則教師教再多次，講再多遍也沒有用……讓學生自己去思考後，去了解後，才是眞會、眞懂。」

以上節錄的看法，顯示出學員們在暑假期間接觸過建構主義的教學理念後，確實在理念上有了相當的衝擊。不少進修教師在課堂上或期末報告中陳述自己受到新教學理念衝擊的感想，也有進修教師陳述自己躍躍欲試的心情，由進修教師的報告及非正式晤談資料來詳細探究進修教師們在課堂中的感觸，可進一步分出下列不同層次的轉變。

1. 心態上的察覺

有的教師（十位，約 25% ）只是感受到自己心中理念受到衝擊，雖然感覺自己對教學的看法似乎不甚妥當，但並未能明確整理出自己理念上受衝擊的地方，加以反省，而只是在討論報告或期末報告中，整理引述一些閱讀論文而得到的書面知識，及授課教授的評述、引導。此一部份由於蒐集到的資料多只是上課內容的重複敘述，因此在此不加以引述。

2. 進修教師理念上的轉變

有些進修教師似乎已經能接受新的教學理念（十九位，約 46%）。他們同意學生有不同的學習風格及知識是由主動建構而來的理念，也強調先有概念、另有架構等對學習效果的影響重大。常可見到他們將在暑期的學習經驗和閱讀之相關論文的內容，拿來與自己過去的實際經驗做比較，要不就是引出更多的疑問，對如何將理論化爲實際行動，感到疑難重重。

「我們都是在傳統教育下滋長，雖了解建構主義的觀點，亦表贊同，但實際施行上會遭遇到許多預期的困難，例如評估學生認知結構的技巧，以及引導學生達成概念轉變的方法等……」

「首先發現第一個問題：學生竟會有這麼多的學習風格， 這麼多的類型，這麼多的不同喜好，一個老師如何察覺每一位學生是屬於那一種學習風格？進而選擇教學方法給予恰當的輔導呢？……選擇適當的評量方式，協助老師了解學生的學習風格，再配合多變化的上課方式，引導學生擁有富變化，富智慧的學習風格。看似容易，但從何處著手？」

3.進修教師將採取改進教學的行動

有些教師已更進一步，釐清自己理念轉變後下一步應採取的步驟－改善教學的方法（十二位，約 30%）。這些進修教師陳述自己躍躍欲試的心情，但是他們在描述自己將採取的行動上，仍有所不同。這約略可分爲下列三種情形。

⑴只提及構想但步驟不夠明確（七位，17%）。

「當然我會把學生的認知架構、世界觀及其他學校行政配合的因素考慮進去，這些考慮會使自己在改進教學的過程中，遇到的阻礙減少不少。而其他暑修科目則是提供自己更多的教學策略，有助於使自己的教學方式做更有彈性與更寬廣的改進。」

⑵沿用其他授課教授所提供以問題爲中心的教學策略（三位，7%）。

「擬以在此課程中所得到的啓示，配合“以問題爲中心”的教學活動設計，應用在自己的教學上，期能突破教學上的困境。」

「我很贊同×××教授採用的分組教學法，亦即由學生分組討論，藉由師生的互動，同學發表其想法，讓全部的同學在多方的思考中

建構他們的想法，最好是能建構出老師所要教給同學的概念，如此完全由學生自行建構的概念就不易被遺忘了，而達到最好的學習效果。」

(3)整體考慮了自己的教學現況、學校情境、學生程度等因素，整理出自己的推行步驟（二位，5%）。

「……這種“親身體驗建構”的歷程，眞是個美好的經驗，因此確立了對“建構主義的教學模式”的信心。回校後預計在“橢圓之二次方程式”這個單元，嘗試使用此模式來上課；猜想效果該是不錯的。我會把實施過程及結果記錄下來，做爲檢討及改進的依據。」

「在學校推行建構主義，我認爲孤掌難鳴，首先應該找一些志同道合的同事，……由於學生已經接受傳統的教學模式，可能開始時無法適應，我想如果先從無壓力的課程開始，例如班會時間，先給一個情境由小組討論，再經由分享去建構其概念，經由幾次的過程，讓學生能熟悉此種教學模式。」

由上所述可見在同樣的上課內容下，各學員的轉變程度有所不同，若能尋出在各課程內容安排裡，影響進修教師們學習成果的因素，在授課過程中稍做調整，針對進修教師的不同需要，提供更多樣化的教學活動，或如在提供閱讀的文章及同儕間的影響這兩方面多下工夫，也許也能達到協助進修教師學習的成效(Etchborger & Shaw, 1992)。但至少能肯定的是，在目前的課程安排、授課方式，有百分之七十五的教師能在第一年進修後，顯示出理念上的轉變甚或準備採取改進教學的行動。此外，在進修中，進修教師們都很努力的在建構自己對建構主義、學習風格及其他新教學策略的理解，也大多顯示出對試用不同教學策略的意圖。只是從蒐集得的資料中，可以看出進修教師們所建構對上述新概念的瞭解，仍有待進一步的精緻化。例如，有的進修教師仍不自覺的採用邏輯實證主義的思考方式，認爲有某一種新教學方法是最好的教學方法，能改革教學，達到極佳的成效，或者認爲瞭解了學生的學習風格，就能改善學生成績。他們似乎忽略了建構主義的理念中，那種重視發掘問題後逐漸調整、改變之過程的精神所在。甚至有進修教師會誤以爲有一種建構主義的教學法，建議授課教授直截了當的告訴他們應該怎麼做，他們就照著做就是了。他們覺得有必要也願意去找出自己教

學中的問題，並謀求改善的方法，可是在學校當局配合不足、教學進度、學生成績的壓力等因素下，他們只希望有步驟可循，以減少他們摸索、猜測教授用意的時間，及在建構過程中的焦慮感。這一部份和 Stofflett (1994) 運用 IPDF 模式來設計教材教法課程的研究結果一致。在該研究中，教師們在體驗「建構」的過程時，會有急於想知道“正確”答案的焦慮感，但是在一段時間後，教師們對建構的教學方式會越來越能接受，最後並能達成概念改變的效果。

另外， Shymansky (1992) 也提到：在職教師們來進修，他們學習新的教學理念、策略的過程，和學生在學習科學概念的過程相似。教師們帶著他們對教學的信念、教學多年的經驗、和其個人的目標等等來參加進修，這些都是影響他們學習新理念的因素。給與教師們充分的時間，讓他們摸索體驗建構的過程，教師們才能眞正明白學生的建構過程可能是如何，學生何以對某些解釋就是不能領會。如此，教師們有了同理心，才更能依循學生所走的路徑來給與協助、指引。這正是符合建構主義的數理師資培育中，強調「若期望進修教師以某種方式來教學，必需先讓他們有那樣被教的經驗」此一精神的體現。因此，雖然在本研究中進修教師顯現出想知道“正確答案”的焦慮，在經過所有研究成員溝通之後，研究小組仍依據原先計劃，儘量提供教師們體驗摸索的機會，而不強制或建議其遵循某一種教學策略。

㈡進修教師在學期中的實作與推廣

在第一年的研究中，除了暑期上課之外，接下來的學年期間（八十三學年度，九月一日起訖六月三十日），進修教師應配合其第二年的課程，致力於行動研究主題的探索、評估和確立。由於進修教師任教地點遍佈全省，因此在這段時間，研究小組的成員只定期到參與研究之種子教師任教的學校隨堂參觀其教學情形，並和校長、教務主任及其他教師溝通觀念。由開放式問卷得知教師們自己認爲在這一年的教學中，逐漸懂得如何採用較開放的問題來引發學生的想法，並提供學生較多討論及上台報告的機會，讓學生能成爲教學中的主角。由分析教室觀察及小組會議資料則發現，試行符合建構主義之教學策略的種子教師們，在一學年的嘗試中無論是在發問的技巧、設計討論問題或運用概念改變教學策略等方面，都有長足的進步。有的種子教師會自行設計教具，讓學生由操作中思考、討論、辯論，有的班級的學生甚至編輯學習成果出刊（郭重吉、江武雄， 1995 ）。不過由於進修教師絕大部份欠缺進行研究的經驗，因此對於尋找行動研究的主題

一直感到迷惑。

由錄影資料、教學觀摩記錄、問卷、非正式晤談、及種子教師們自行蒐集以做爲尋找行動研究主題之參考資料中，處處可見學生不同於過往教學方式下的反應。這些資料雖尚未經正式分析，探討學生之受益，是否和進修教師的看法相符合，但在新的教學模式下，學生們較能積極參與、主動建構知識、獨立思考，上課中學生發言的機會、時間倍增，則是明顯可見的。學生的學習不再只是在上課中、教室中發生，他們會主動分工合作、蒐集更多參考資料。我們極爲希望能將學生方面如此豐富的資料作一彙整分析，相信這是極具價值的研究成果。由於這一方面的資料是在職進修教師其本身應進行的行動研究的一部份，也是他們在第二年暑期上課所應提出報告的。可預見的，將來必會累積相當多的學生資料，可對此項資料詳加縱向分析、橫向比較，以深入探討本研究的成果。

二、進修教師對進修課程的反應與課程調整

在 84 年暑期時，以開放式問卷調查的方式調查八十三年七月入學的進修教師對他們第一年新進修課程的看法。這些進修教師大都能明瞭新進修課程是以建構主義的教學理念爲核心，也認爲在進修課程中習得的知識，與其教學實務能夠連結起來，但是對他們在第一年（八十三年）與第二年（八十四年）進修課程的關連，大部份的進修教師只指出兩年課程間的接續特性，及以建構主義縱貫橫連各科的精神，但未能指出課程的機動性及課程安排是爲培養進修教師研究自己的教學、培養改進教學能力的目標。由此可知進修教師並未能完全掌握新課程的目標、精神。而根據進修教師的反應，進修教師回到任教學校授課期間，有太多外來或出自自己的阻力，因此建議我們必須要想些其它更能督促、引導進修教師的聯繫方式，以讓所有教師都能更爲有效的將所學得理論轉化至教學實務上。

進修教師人數衆多，奢望在學期間靠研究小組微薄的人力資源，與所有進修教師保持充份連繫，是不切實際的想法，更何況改進教學是要持續不斷進行的，教授們不可能經常在旁指導協助，本計畫目標原就著眼於培養教師自發改進教學的能力，因此，較爲實際可行的方式，應是鼓勵進修教師間的合作及進修教師與其同僚的合作 (Etchborger & Shaw, 1992)。因此本計畫的另一個重要工作，即在訓練進修教師在自己的任教學校舉辦教學研討會的能力，讓進修教師由試著推動自己的教學理念的過程中，給自己更新自我的機會和建造適合自己的學習環

境。

另外，進修教師們也提出其他在實行過程中遭遇到的困難，希望在進修課程中：

⑴能更深入學習如何設計上課內容及供給學生討論的問題。

⑵能更深入瞭解如何處理學生的反應及問題。

⑶能學習如何由蒐集得之資料中，釐出關鍵問題所在，並進而針對問題，擬出研究方法，進行行動研究。

⑷能學習以不同的方式和內容來評量學生的學習成效。

根據進修教師的意見，我們調整了第二年進修課程各科的授課內容，並以信函通知授課教授及進修教師（郭重吉、江武雄， 1995 ）。除了提醒各科授課教授應著重的教學內容，也鼓勵各科教授機動調整授課內容，協助進修教師達到各授課教授的要求。例如，在八十四年暑期進修開始時，有授課教授要求進修教師到圖書館或上網路查詢資料，進修教師因缺乏此方面的訓練，在六週密集進修課程中，又難有時間自己去摸索，因此就在另一門課中，抽一堂課的時間，帶進修教師到圖書館去學習如何查資料。進修教師在經講解後，就依著事先設計的活動記錄單（郭重吉、江武雄， 1995 ），逐步進行，同時熟悉圖書館的期刊擺設方式和期刊內容、編輯方式。這樣的現場講評與實作，使進修教師很快就能掌握運用圖書館的訣竅，對隨後查資料、寫報告的作業有很大的助益。

三、參與研究教授對新進修課程的建議

本研究的主要目的原本是希望教師能有更充分的動機、知識和能力來檢討與改進其教學，而非推行某種特定的教學策略，但在第一年進修過程中難免有些教師對進修課程設計的原意有所扭曲，誤以爲是逼他們一定要接受並推行某種新的教學法，因此教授們建議在八十四年的暑期進修課程中，⑴特別再強調中學階段數理教育的目標及建構主義的精神所在，讓老師們能瞭解自己以往教學的優點並予以肯定，另一方面則設法找出需要改進的地方，期能設法加以改進。⑵試著介紹更多符合建構主義的教學策略 / 模式，也提供機會給老師們分享彼此經驗，以刺激教師採用多樣化的教學策略。

前面曾討論到，進修教師在目前的新進修課程設計下，需要較多的時間與其他人溝通，釐清自己對新進修課程的瞭解。另外，即使有人能加以引導或有同僚

可互相討論、合作，時間仍是其中的關鍵因素。在緊湊的六週進修課程中，教師缺乏時間是可想而知，部份進修教師與少數教授們在這方面也有相同的看法，認爲全由進修教師主動建構緩不濟急，在關鍵之處不妨明講，另輔以一些示範的例子讓教師模仿。只是，若爲了時間因素就又回到以教授講述或示範爲主的上課方式，減少給予進修教師主動建構的機會，又違背了本研究的本意，因此雖然在這一點上研究小組最後仍決定依照原課程設計精神而進行，但也再度向進修教師及教授說明：主動建構需要時間，不必急在一時。這是本計畫施行至今，一直存在著的兩難情境。由於各種行政上及進修教師個人的因素，進修時間可以調整的彈性不大，要解決這個難題，似乎應由試著更加瞭解進修教師的原有對教學的想法和其教學經驗 (Peterman, 1993)，並探討如何由理論、目標、方法三方面並進，在暑期課程中培養進修教師更積極嘗試的心態做起，再配合著在返校授課期間，逐步在授課學校裡營造出適合教師主動建構學習的環境。因此，在第二年暑期進修後，進修教師應在各校舉辦教學研討會，尋求同僚的瞭解和支持的工作就更顯出其重要性了。有教授建議進修教師亦可以合作的方式舉辦教學研討會。

伍、結論與建議

本研究是藉由一前後持續三年的行動研究，改進彰化師大暑期在職進修課程，期能提昇前來本所在職進修教師的教學理念和能力，並使其具有在原任教班級內進行改進數理教學之行動研究的知能和經驗。由於數理教師的教學深受其對數理教學、學生學習及學科本質等等所持的看法之影響，因此第一年進修課程主要的目的在於介紹建構主義的教學理念，盼進修教師能在實際教學工作中逐漸建構、親身體驗，而在此一年本研究的重點乃是瞭解進修教師對數理教學在理念上的轉變，以及對進修課程在試行之後的檢討與改進，茲將結論及建議述之如下。

一、實施新進修課程的成效、限制與困難

由於本校研究所學分班的暑期進修，進修時間密集、短促，在第一年研究中，進修教師們雖接觸了建構主義的教學理念，以及符合建構主義的教學策略，進而在數理教學理念上帶來了某種程度的衝擊，但並未能全面達到深層的體驗和理念的改變。然而在第一年暑期的進修中，仍有多數在職進修教師表示，來參加進修有部分原因是因面臨著教學上難再突破的困境，進修對他們而言是個「充電

再出發」的好機會，此次進修，除了接觸到新的教學理念，和反省自己過往教學模式上的不適之處外，進修的益處還包括和其他進修教師交換教學心得、切磋教學方法，以及領受授課教授身教的潛移默化。這種潛在課程的影響，常常被人忽略，但其效果實非表面可見的課程內容所能比擬。這些課程以外的因素，對鼓勵進修教師們願意努力嘗試將所習理論化爲實務的進修成效，顯然也扮演著重要的角色。如何製造一個有益的在職進修的教學環境，實在是非常的重要。

在暑期上課中，研究者曾再三提示，在第一年暑期進修後，進修教師們返回原任教學校教學的期間，即應多方設法了解教學成效、發覺原先教學不足的地方，以便找出下一學年可以進行教學改進的行動研究之主題，當然，在下個暑期進修課程中將會開設合適科目以提供其進行改進教學研究所需的協助與指導。除此之外，在學期進行中亦曾數次去信提醒，但是在進修教師返回原任教學校授課期間，教授們鞭長莫及，其他阻礙進修教師繼續努力的力量又那麼多。在第二年暑期進修時，就有在職教師反應，學期間以書信報導種子教師的進行成果、並提醒大家應進行工作的方式，並無法達到激勵的效果，通常他們會在收到信件時緊張一下，警惕到自己該做些準備工作，但是學校事務接踵而來，他們就又把自己該做的事忘了，或者無法做得完善些。因此，如何在暑期進修期間，就讓進修教師做好心理建設，蓄有足夠的動機，並在學期當中，繼續給予必要的引導、協助，實在是尚需要多加努力的地方。

產生概念改變的過程是相當費時的，然而由於暑期進修的課程，在六週內密集進行，每週的三十堂課，排在四天內上完。這樣的時間安排，實難讓進修教師對新的教學理念加以同化或調適，也可能對進修教師學習的成果造成負面影響，學員們很可能因而無法深入思考所學的內容，不自覺的改以記憶的方式來接受知識。此外，基於在短時間內期望進修教師能主動建構並達到概念改變的成果確有困難，有些參與研究的教授們曾一度因而想調整方式，由讓進修教師主動建構改爲以講述方式引導建構，雖然在本研究中最後仍是維持原方式，但這個可能造成教學困擾及改變研究進行的重要因素，是我們必須提出來加以討論的。在本研究中，就發現：進修教師們埋怨授課教授「任他們」處於混亂、不知所從之中，然後卻又怪他們自己捉不到精髓，做不到主動建構學習。事實上，詳加推敲就發覺，教者和學習者都有些操之過急的情況，這是後續研究所必須引以爲戒的。

二、對改進進修課程的建議

如前所述，進修教師希望在進修課程中能學到如何設計上課內容及供給學生討論的問題、如何處理學生的反應及問題、如何擬定研究主題、如何評量學生的學習成果等等技術層面的能力。這些建議都不難予以採行。但針對以上所提到如何在學期中繼續給進修教師必要的引導與協助，一個可行的建議是鼓勵進修教師建立自己的教學檔案 (Corrigan & Longhran, 1993)。進修教師可以在固定時候繳交自己的教學檔案，一方面教授們可確定進修教師的進度，另一方面可培養進修教師對自己的教學與學習負責任的心。對於在第一年的教學檔案中要放入哪些資料，基本上，在第一年的檔案中，只要是教授可由進修教師各自蒐集的資料，來判斷進修教師對教學理念、蒐集資料能力及對自己的教學實況瞭解程度的資料均可，進修教師可依此原則全權決定蒐集的項目。當然，在暑假上課期間宜對如何建立教學檔案有所說明。

另外，就如在前面研究結果與討論一節中討論的，教師們在進修期間，受到的影響程度有所不同，有的只是心態上受到衝擊而有所察覺，但未及於理念改變的層次；有的理念有轉變的跡象，但對採取行動的程度，又有深淺的不同，這可能也是在職教師們無法在學期間貫徹實行自己應進行之活動的原因之一。要改進前述的現象，除了多樣化的教學策略、及增強同儕、同僚間的互動、合作外，鼓勵進修教師建立自己的檔案應也可達到促成的效果 (Barton & Collins, 1993; Corrigan & Longhran, 1993)。建立教學檔案的方式，可以讓進修教師由建立教學檔案的過程中，釐清自己的目標，不時回顧自己的學習過程，不斷求更新、改進，又可讓進修教師彼此觀摩成長過程，學習到別人的優點，互通有無，增加教學策略的多樣化。而對於進行研究的人員，教學檔案也實是最好的資料庫，可以提供更豐富且有系統的參考資料，更是對掌握進修教師返校任教時期應進行活動的進度，適時給予建言的最佳互動途徑。

Feldman (1994) 曾提到，教師對行動研究的研究法會有不信任的感覺。因爲行動研究與教師在科學學科裡所受的訓練不同，行動研究數據的蒐集是來自非正式的觀察與省思，在受過科學學科訓練的教師們的眼中看來，其效度並不足，應不能基於這些數據建立有效的命題。 Crawley (1995) 介紹如何將大學中的研究所課程與中學教師進行行動研究這兩項事務加以連結的方法。進行方法是讓研

究生協助中學教師尋找出自己想做的改變，並共同擬出探討的問題、規劃進行探討活動的方式及付諸實行。文中也同樣提到，應讓教師們更瞭解行動研究背後非實證主義的知識論根基，且讓教師們明白，若想使自己進行的研究能更長久的影響自己的專業生命，必需有不同的建構，將所進行的研究視爲其教學的一部份，而非只是附加物。這一點在後續研究中應特別加以注意，甚至必要時，應在進修內容中增加介紹此類研究的理論背景。

謝　辭

本研究承蒙行政院國家科學委員會資助（編號 NSC84-2513-S-018-004），特此致謝。

陸、參考文獻

1. 王淑琴（ 1991 ）：科學、數學、和科技的本質。《物理教育季刊》，*2*、*3*，1-7。
2. 郭重吉（ 1987 ）：學生學習風格的研究及其在科學教育上的應用。《七十五學年度科學教育學術研討會論文彙編》，187-202。
3. 郭重吉（ 1988 ）：從認知觀點探討自然科學的學習。《教育學院學報》，*13*，335-363。
4. 郭重吉（ 1992 ）：從建構主義的觀點探討中小學數理教學的改進。《科學發展月刊》，*20*(5)，548-570。
5. 郭重吉（ 1993 ）：建構主義與數理課程發展。《1993 中華民國物理教育學術研討會論文彙編》。
6. 郭重吉、江武雄（ 1992 ）：《從協助學生建構意義的觀點探討國中理化教學的改進（ I ）(NSC81-0111-S-018-01)》。國科會專題研究成果報告。彰化市：彰化師大。
7. 郭重吉、江武雄（ 1993 ）：《從協助學生建構意義的觀點探討國中理化教學的改進（ II ）(NSC-82-0111-S-018-01)》。國科會專題研究成果報告。彰化市：彰化師大。
8. 郭重吉、江武雄（ 1995 ）：《中學數理教師在職進修課程設計之行動研究（ I ）(NSC-84-2513-S-018-004)》。國科會專題研究成果報告。彰化市：彰化師大。

9. 郭重吉、許玫理（ 1992 ）：從科學哲學觀點的演變探討科學教育的過去與未來。《彰化師範大學學報》，*3*，532-560。
10. 教育部（ 1995 ）：《中華民國教育報告書：邁向二十一世紀的教育遠景》。台北：教育部。
11. Aksamit, D. L., Hall, S. P., & Ryan, L. (1990). Naturalistic Inquiry Applied to the Evaluation of a Teacher Education Program. *Teaching and Teacher Education, 6*(3), 215-226.
12. Baird, J. R., Fensham, P. J., Gunstone, R. F., & White, R. T. (13). The Importance of Reflection in Improving Science Teaching and Learning. *Journal of Research in Science Teaching, 28*(2), 163-182.
13. Barton, J., & Collins, A. (1993). Portfolios in Teacher Education. *Journal of Teacher Education, 44*(3), 200-210.
14. Bennett, C. K. (1993). Teacher-Researchers : All Dressed Up and No Place to Go? *Educational Leadership, 51*(2), 69-70.
15. Berlin, D. F., & White, A. L. (1992). Classroom-Based Action Research by Teachers, National Center for Science Teaching and Learning, Columbus, Ohio.
16. Brunkhorst, H. K., Yager, R. E., Brunkhorst, B. J., Apple, M. A., & Andrews, D. M. (1993). The Salish Consortium for the Improvement of Science Teaching Preparation and Development. *Journal of Science Teacher Education, 4*(2), 51-53.
17. Clift, R., Veal, M. L., Johnson, M., & Holland, P. (1991). Restructuring Teacher Education Through Collaborative Action Research. *Journal of Teacher Education, 42*(2), 52-62.
18. Colhoun, E. F. (1993). Action Research : Three Approaches. *Educational Leadership, 51*(2), 62-65.
19. Cornett, J. W., Yeotis, C., & Terwilliger, L. (1990). Teacher Personal Practical Theories and Their Influence Upon Teacher Curricular and Instructional Actions : A Case Study of a Secondary Science Teacher. *Science Education, 75*(5), 517-529.
20. Corrigan, D., & Loughran, J. (1993). An Integrated Science Pre-service

Teacher Training Course : A Focus on Assessment. *Research in Science Education, 23*, 345-346.

21. Crawley, F. E. (1995). Collaborative Action Research in Two High Schools : The Story of SS&C Reform in North Carolina. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, San Francisco, CA.
22. Cross, B. E. (1995). Personal theorizing through action research : Toward an emerging epistemology of practical curriculum inquiry. Paper presented at the annual meeting of the 1995 American Educational Research Association, San Francisco, CA.
23. Dana, T. M., & Davis, N. T. (1993). On Considering Constructivism for Improving Mathematics and Science Teaching and Learning. In K. Tobin (Ed.), *The Practice of Constructivism in Science Education.* Washington, DC : AAAS.
24. Driver, R. (1988). Theory into Practice II : A Constructivist Approach to Curriculum Development. In P. Fensham (Ed.), *Development and Delimmas in Science Education.* London : Falmer Press.
25. Ellis, N. E. (1990). Collaborative Interaction for Improvement of Teaching. *Teaching and Teacher Education, 6*(3), 267-277.
26. Etchborger, M. L., & Shaw, K. L. (1992). Teacher Change as a Progression of Transitional Images : A Chronology of a Developing Constructivit Teacher. *School Science and Mathematics, 92*(8), 411-417.
27. Feldman, A. (1994). Erzberger's Dillemma : Validity in Action Research and Science Teachers' Need to Know. *Science Education, 78*(1), 83-101.
28. Gallagher, J. J. (1993). Secondary Science Teachers and Constructivist Practice. In K. Tobin (Ed.), *The Practice of Constructivism in Science Education.* Washington, DC : AAAS.
29. Huibregtse, I., Korthagen, F., & Wubbels, T. (1994). Physics Teachers' Conceptions of Learning, Teaching, and Professional development. *International Journal of Science Education, 16*(5), 539-561.
30. Johnson, R. W. (1993). Where Can Teacher Research Lead? One

Teacher's Daydream. *Educational Leadership, 51*(2), 66-68.

31. King, J. A., & Lonnquist, M. P. (1995). A Review of Writing on Action Research (1944-present). Unpublished manuscript.
32. Linn, M. C. (1992). Science Education Reform : Building on the Research Base. *Journal of Research in Science Teaching, 29*(8), 821-840.
33. Lincoln, Y. S., & Guba. E. G. (1985). *Naturalistic Inquiry.* Newbury Park, CA : SAGE.
34. Peterman, F. P. (1993). Staff Development and the Process of Changing : A Teacher's Emerging Constructivist Beliefs about Learning and Teaching. In K. Tobin (Ed.), *The Practice of Constructivism in Science Education.* Washington, DC : AAAS.
35. Russell, T. (1993). Learning to Teach Science : Constructivism, Reflection, and Learning from Experience. In K. Tobin (Ed.), *The Practice of Constructivism in Science Education.* Washington, DC : AAAS.
36. Shymansky, J. A. (1992). Using Constructivist Ideas to Teach Science Teachers About Constructivist Ideas, Or Teachers Are Students Too! *Journal of Science Teacher Education, 3*(2), 53-57.
37. Shymansky, J. A., & Kyle, Jr. W. C. (1991, March). Establishing a research agenda : The Critical Issues of Science Curriculum Reform. Report of a Conference held April 8, 1990. Sponsored by the National Association for Research in Science Teaching and funded by the National Science Foundation. Atlanta, GA.
38. Stofflett, R. T. (1994). The Accommodation of Science Pedagogical Knowledge : The Application of Conceptual Change Constructs to Teacher Education. *Journal of Research in Science Teaching, 31*(8), 787-810.
39. Taylor, P. C. S. (1993). Collaborating to Reconstruct Teaching : The Influence of Researcher Beliefs. In K. Tobin (Ed.), *The Practice of Constructivism in Science Education.* Washington, DC : AAAS.
40. White, R. T., & Tisher, R. P. (1986). Research on Natural Science. In M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of Research on Teaching,* Third Edition, pp.874-905. New York, NY : Macmillan.

An Action Research Study of the Development of an In-service Teacher Education Program for High School Science and Mathematics Teachers —Teachers' Change and Curriculum Adjustment

Chorng-Jee Guo[1], Wu-Hsiung Chiang[2], Wen-Hua Chang[3]

[1,3]Graduate Institute of Science Education,
National Changhua University of Education

[2]Chemistry Department National, Changhua University of Education

This action research study was focused on improving the curricula design of in-service for science and mathematics teachers enrolling in the summer school. The goal of the revised in-service program was to enhance teachers' theoretical understandings and practical insights regarding the teaching of mathematics and science. The redesigned program provide sufficient time and opportunities for teachers to construct suitable perspectives and understandings for the teaching, and thereby, enabling them to improve science and mathematics teaching.

In order to reach such a goal, it was necessary to modify the existing course structures, contents, and instructional methods. One of the important steps taken was that the in-service teachers were required to conduct action research studies of their own teaching when they returned to their regular schools. The action research examined their implementation of the ideas, methods, and examples presented in the in-service program.

Findings from the first year of this study indicated that some teachers gained increased awareness of what constitute good science teaching, some showed changes in their theoretical perspectives, and there were a few who actually took actions toward improving their own teaching. The stress of time and an overwhelming amount of summer session course work appeared to limit

participating teachers' depth of understanding and personal experience with the new instructional principles and teaching strategies. They needed to gradually reflect on these ideas and put into practice what they had studied in the summer. The large number of teachers participating made it impractical for the researchers to have regular on-site visits and to provide necessary guidance and counseling. It was therefore suggested that in the future participating teachers prepare teaching portfolios, and that they be encouraged to establish collaborative action research studies with their peers located in the same region.

Key words: Mathematics and science teaching, In-service training, Action research, Constructivism, Conceptual change.