
國小教師地質專業發展之敘事探究

賴慶三

國立臺北教育大學 自然科學教育學系

摘要

本研究之目的，在探討國小教師之地質專業發展。研究對象，某教育大學教學碩士班的國小教師；本在職進修地質課程為 2 學分，修課研究生 29 位。在職進修地質教學活動內容，主要包括：地球系統概述、礦物與實作探究、岩石及岩石循環與實作探究、地質作用與成因、礦物與岩石鑑定測驗、國土資源參觀教學、戶外地質考察與礦物採集等。本研究採用敘事探究法，國小教師的學習回饋意見與學習歷程表現，成為本研究資料分析之現場文本的主要來源；其他資料來源，還包括：國小教師的標本鑑定測驗得分、礦物岩石作業報告、及其他學習歷程資料等。研究主要結果，包括：(1)國小教師對地質學習態度變得積極，(2)國小教師增進了對礦物、岩石及地質作用與成因等地質概念的發展，(3)國小教師對地質教學自信心的增強。

關鍵詞：地球科學、地質教育、地質學、科學師資培育、教師專業發展

壹、前言

依據教師生涯發展理論，教師生涯歷經「職前(pre-service)師資培育」、「導入(induction)教育實習」、「在職(in-service)進修教育」等三個階段的師資教育。針對教師在職進修教育而言，孫志麟(2004)指出，教師的專業發展是一種專業學習，教師的教育專業知能必須經由教師自我的學習、反思、管理與成長，才能增進教育專業發展的廣度、深度與厚度。National Research Council(1996)針對科學教師專業化發展的標準指出，科學教師在專業發展過程必須達到下列要求，包括(1)教師必須發展出充實的科學知識，並以探究式作為

探討科學活動的主要策略；(2)教師必須具備統整的學科教學知識，包括科學內容、課程內容、學習原理、教學原理、和學生特性等要項的理解與知能，並將其運用於科學教學上；(3)教師必須發展生涯學習的能力，具備生涯學習的知識和學習技能。

有關國小現職教師的在職進修課程與學習的現況，在以往較少探討；然而國小現職教師的在職進修的需求，隨著國內教育改革的蓬勃發展，其在職進修需求實際是有增無減的。台灣目前有越來越多的國小教師返回大學研究所，繼續在職進修並攻讀碩士學位。基於當前世界環境變遷快速，國小教師不斷遭遇新的衝擊與挑

戰，所以我們必須更加關注國小教師的教育專業發展，透過理論與實務的結合，提供國小教師更好的專業生涯發展基礎。本研究之目的，在探討國小教師之地質專業發展。本研究之待答問題，透過在職進修地質教學活動之實施，探討：(1)國小教師的地質學習態度，(2)國小教師的地質概念發展，(3)國小教師的地質教學自信心。

貳、地質教育與教師專業發展

一、地質教育

地質學的課程與教學，在大學教育階段通常稱為地質科學教育 (geoscience education，簡稱為地質教育)，主要的探究範疇為地球系統中的地圈。King(2008)指出，地質教育 (geoscience education) 主要在培養學習者對地球物質、地球活動作用、地球構造等的瞭解。其次，地質學的課程與教學，在中小學教育階段通常是包含在地球系統科學 (earth system science) 教育的內涵之中；地球系統科學主要在探討地球系統及其子系統間的交互作用、運作與發展；地球系統的子系統，包括：地圈、大氣圈、水圈和生物圈 (賴慶三，1999；Skinner, Porter, & Botkin, 1999)。羅珮華 (1998) 指出，地球科學課程包含整個地球及其環境，其學科知識與人類生活周遭事物的關係非常密切，而推展地球科學課程的目的，是要應用科學知識關心周遭的一切事物。Hoffman & Barstow (2007) 針對 21 世紀的地球系統科學教育 (earth system

science education) 的探討範疇指出，地球系統科學教育應包括：(1) 地球是一個動態系統，(2) 太空時代的觀點，(3) 21 世紀的科技，(4) 科學探究本位的取向，(5) 海洋素養，(6) 大氣、天氣、氣候，(7) 環境素養。Dal (2009) 進一步指出，地球科學教育應探討下列四大主題，包括：(1) 地球的構造，(2) 地球各層圈的演化機制，(3) 地球在行星體系中的角色與運動，(4) 地球上的有機體。

其次，國小階段自然與生活科技領域之教材內容要項中，有關地質方面的次主題，包括：組成地球的物質、地表與地殼的變動、地層與化石等 (教育部，2003)，有關地質方面的次主題與教材內容細目之摘要表，如表 1。

由表 1 可知，國小階段地質方面的學習內容，主要以礦物、岩石、地表地殼變動的觀察探究及欣賞為主；而這些地質內容，也是國小教師進行自然與生活科技領域教學時，應具備的基本知能。

二、地質單元活動的學習策略

國小階段地質方面的學習內容，經由前一小節的歸納可知，主要係以礦物、岩石、地表地殼變動的觀察探究及欣賞為主。然而對國小學生而言，地質學習活動的學習策略，卻不能只是運用記憶和背誦，而必須是透過科學探究來進行學習 (教育部，2003；Apedoe, 2008；National Research Council, 2000)。

表 1、國小階段自然與生活科技領域之教材內容要項中，有關地質方面的次主題與教材內容細目之摘要表

次主題	教材內容細目
110 組成地球的物質	1a.察覺環境中有水、空氣、土地的存在。 1b.察覺地表各處有石頭、砂與土壤等，他們各具特徵，可以分辨。 3d.觀察並知道岩石主要是由各種不同礦物組合而成。 3e.知道不同礦物各具有明顯特性。 3f.知道不同岩石可利用來做不同的用途(例如做建材、煉取材料等)。
210 地表與地殼的變動	2a.藉由觀察及經驗，察覺土壤、砂石會發生變化，例如堆積或流失。 2b.察覺生物的活動也會改變環境(例如樹根崩裂圍牆、有機肥)。 3a.知道土壤是由岩石風化後和動植物遺留的有機質等所組合的微粒。 3b.知道地表變化主要是由各風化、侵蝕、和沉積等作用所造成。 3c.認識當流水之流速與流量不同時，對地表所產生的影響不同。
320 地層與化石	3a.認識一些常見的化石，並知道它是古代生物的遺骸及遺跡。
420 天然災害與防治	3a.認識颱風與地震。 3b.認識如何防颱和防震。
512 資源的保育與利用	2a.能知道地球只有一個。 3a.認識各種自然資源(例如土、岩石、石油、煤、淡水、空氣、陽光、各種動植物)、其用途及資源之有限性，進而了解「地球村」的理念。 3c.體認自然景觀、水土等自然資源一旦破壞，極難恢復。
513 能源的開發與利用	3a.知道煤、天然氣、石油、核能、水力與太陽能為重要能源。
521 科學之美	2a.由觀察欣賞生活中動物、植物、石頭、山川的變化。 3a.由觀察欣賞生命成長、天象、地質、海洋、天候變化的奧妙。 3b.觀察並體會化學結晶之美與礦物之美。

科學探究是科學(包含地質學)學習的重要方法，有關科學探究與科學過程技能的培養，郭方瑞(1992)指出，科學的觀察與實驗，其實是把概念形成的過程加以濃縮，使它能夠在短時間內更有效的被吸收，對學習者的概念形成及思考力的發展是非常重要的方法。蕭英勵(1999)進一步說明，科學探究可以訓練學習者的思考邏輯，藉操作實驗引發學習動機與學習興趣，教師並可運用機會訓練學習者自我思

考，當學習者思考方式多元化後，教師便不再是訊息或想法的唯一來源，教學相長下，師生間的思考互動將更緊密，而學習過程亦將更活潑與多元。

李秀晟、楊棠皓、鍾崇燊(2009)指出，科學探究過程，科學家由於好奇，他們會不斷地提出問題，再用科學方法解決這些問題，而在解決問題的過程中，發展出各種巧妙的思考方式。科學探究過程，包括 4 個重要步驟：(1)觀察：觀察是借助一種

或多種感官和儀器從環境中獲得資訊的歷程。各種問題都來自觀察，觀察的結果可能是定性的或定量的，定性的觀察不包含數字，定量的觀察則包含數字與單位。(2) 假設與推論：假設是科學家對觀察結果提出的解釋。一個觀察到的現象可能有很多不同的假設，它們可能是正確的，也可能是錯誤的。推論是指以現有的資訊為基礎，運用邏輯思考推導出的結論，他們可能是正確的，也可能是錯誤的。(3) 預測：科學家根據假設與推論，再運用想像力對可能發展的結果做出猜測，稱為預測。預測可能是正確的，也可能是錯誤的。(4) 實驗與驗證：科學家用觀察或進行實驗來蒐集新的訊息，以決定假設是否恰當，預測是否正確。換言之，科學家從觀察或實驗得到的新訊息，來判斷假設與預測的正確性。

針對地質探究能力的培養，Apedoe(2008) 和 National Research Council(2000)均強調，要加強下列五個探究歷程的體驗與學習，包括：(1)運用科學關鍵問題；(2)尋找與提出證據；(3)由證據形成解釋，來回答科學關鍵問題；(4)評量解釋；(5)針對解釋進行溝通和辯護。Apedoe(2008)透過上述地質實驗探究學習方案，及運用教師與助教的支持性引導策略，研究結果發現，確實有助於學生的實驗探究技能與地質概念的發展，學生的學習成效優於傳統的學習方式。

所以國小學生的地質學習策略，必須運用地質探究能力，來進行學習。因此，

國小教師在引導國小學生進行地質學習的歷程，不僅要關注學生對地質概念內容的學習，更要重視學生在地質探究能力的發展。

三、地質單元活動的教學策略

針對地質單元主題概念的教學，有許多研究提出相當多元的教學策略。Constantopoulos(1994)研究發現，利用小組合作學習策略(Jigsaw cooperative learning approach)來引導學生學習礦物，能增進學生的礦物學成績、課堂參與、學習動機、和學習熱情。針對礦物的辨識與鑑定，Allison(2005)指出，採用最佳與次佳辨識特徵的探究學習模式，會優於死記硬背礦物七大特徵的學習；研究結果顯示，透過最佳與次佳辨識特徵的探究學習模式的學生，其學習成效與學習興趣都有顯著的提昇。

Gibson(2001)運用模型製作學習活動，引導學生進行岩石與礦物的探究學習，研究結果發現，透過礦物晶體與岩石模型的具體操作探究，能增進學生對岩石與礦物的認識與瞭解，並能增進學生對岩石與礦物不同特徵的區別辨識。Wellner(1997)利用地形圖立體模型教學活動，來進行地層形成之教學，研究結果顯示，該教學活動有助於學生對地層概念與地層形成歷程的理解。

Bereki(2000)運用沉積岩、變質岩、火成岩等標本，進行岩石循環實作探究活動，研究結果顯示，學生透過實作觀察探

究體驗，能有效發展對岩石循環概念的理解。Kali, Orion, & Eylon(2003)研究發現，透過知識與思考整合學習活動(knowledge integration activity)的進行，能有效增進學生對岩石循環的學習成效。

Veal & Chandler(2008)也指出，透過科學分站學習的方式，有助於學生對岩石循環的理解，並且透過分站科學探究活動的訓練，能強化學生對岩石探究的科學過程技能。針對不同的地質學習主題，Veal & Chandler(2008)建議，應指導學生分別加強不同科學過程技能的練習，例如：(1)岩石中的礦物，可加強練習「觀察、適當運用工具、分析資料、傳達結果」；(2)砂形成砂岩，可加強練習「觀察、形成假設、測量」；(3)火成岩的形成，可加強練習「預測、形成推論」；(4)變質岩的形成，可加強練習「製作模型、觀察」；(5)岩石鑑定，可加強練習「觀察、搜集與組織資料、推測和發展分類檢索的指標項目」等。

另外，許多針對地質教學方法的改進與創新教學活動設計，也產生了若干教學成效(沈進發、劉道德、易諳峙、陳宇虹、林坤隆、趙國勝、劉秀華，2005；許民陽、王郁軒、梁添水，2004；蘇明俊、江新合，2004；譚柏雄、劉玉春、毛松霖、楊冠政，1992；Birnbaum, Morris, & McDavid, 1990；Semken & Freeman, 2008)。

由上述的教學案例顯示，國小教師實施地質教學的策略，可以採取多元的策略與媒體，教學重點除了提供學生親身的體驗與探索，透過知識與思考整合學習之

外，更要激發學生的學習動機和學習熱情，讓學生在發展地質概念與探究能力的同時，也能達成培養欣賞地質之美的情意目標。

四、地質野外考察對地質單元學習的影響

地質野外考察實習是地質學之良好傳統，國內外均十分重視野外地質訓練，其在地質教育上的功能，是獲取地質知識之捷徑，在教學理論上也是一種直接的、有目的的經驗獲取的教學方法(李春生、陳培源，1987；Cooray, 1992；Lonergan & Andresen, 1988；Semken & Freeman, 2008；the Geological Society, 1996)。有不少研究指出，地質野外考察探究可以幫助學生對地質的學習動機、觀察能力、與對地質概念發展完整的理解(Folkmer, 1981；Huntoon, Bluth, & Kennedy, 2001；Kern & Carpenter, 1984, 1986；McKenzie, Utgard, & Lisowski, 1986；Wiley & Humphreys, 1985)。

Lonergan & Andresen(1988)闡述，地質野外考察探究活動學習的功能，包括：(1)瞭解並尊重地質尺度，(2)發展地質智能的應用，(3)瞭解並尊重地質的複雜度，(4)發展統整地質資訊的能力，和(5)建立評估地質環境的能力。

然而許多研究也發現，地質野外考察不僅只是把學生帶到戶外進行活動，教學規劃宜作審慎安排，唯有如此才能真正發揮地質野外考察的教學功能(Hawley, 1996；Orion & Hofstein, 1991；Rudmann, 1994；

Semken & Freeman, 2008; Thompson, 1982)。Orion & Hofstein(1991)強調，地質野外考察實習的成效，取決於地質野外考察實習的結構、學習材料、教學策略、及如何在地質現場進行互動探究。針對地質野外考察的實施，Orion(1993)進一步指出，地質野外考察實習過程應重視下列事項，包括：(1)強調動手實作活動與體驗，(2)重視科學過程技能取向的訓練，(3)深化學生野外考察實習前的準備和參與，(4)野外考察實習應融入教學，提供學生完成有意義的學習。

Rudmann (1994)強調，在地質野外考察實習現場，應提供學生足夠的時間，進行動手實作與體驗，感受大自然的神奇奧妙與野外現場探究的感動，返校回到教室後，並應進行後續的延伸探討學習，以強化地質野外考察實習的學習成果。除了上述項目之外，Semken & Freeman(2008)與Thompson(1982)還強調，地質野外考察探究活動的學習，必須培養學生對地質現場場域的感受與覺知，同時陶冶地質學習應有的興趣與態度。

Hawley(1996)針對教師在實施地質野外考察實習的教學準備事項提出建議，包括：(1)教師應確認地質野外考察實習的目標；(2)教師應詳實告知學生地質野外考察實習的重點；(3)教師應確認學生在進行地質野外考察實習前，已具備本次地質野外考察實習的探究知能；(4)教師應建構學生必要的學習經驗，以利在野外考察現場進行地質探究與調查；(5)教師應鼓舞學生對地質

探究的熱情和參與。Hawley(1996)進一步強調，教師應作好地質野外考察實習前的完整準備，透過結構化適切的地質野外考察探究，來培養學生的地質概念與實務技能，因為缺乏準備的地質野外考察實習，則可能會淪為傳統的戶外參觀活動而已。

蘇明俊、江新合(2004)指出，創造思考的教學，可以促進學生解決問題的能力，藉由野外探究教學環境的妥善安排，及發散思考與收斂思考交互運用的教學技巧與策略，研究結果顯示，野外地質探究教學的實施成效良好。

Birnbaum, Morris, & McDavid(1990)透過課堂講授、實驗活動、和野外地質探究教學的實施，研究結果顯示，在職教師獲得很好的地質學習成效。Birnbaum(2004)利用KNG 問題導向學習策略(K 為 "What do I Know?"，學生已學會什麼；N 為 "What do I Need to know?"，學生將要學習什麼；G 為 "How or where do I Get this information?"，學生如何在地質現場蒐集何種資訊，以探究或解決地質待答問題)，引導學生進行野外地質探究，研究結果顯示，透過 KNG 發問策略確實有助於啟發學生對地質探究的興趣，並增進學生對地質現場的觀察能力和地質特徵的探究與瞭解。

由上述歸納可知，地質野外考察有助於學生對地質現象的觀察探究與理解，提供學生達成有意義的學習；尤其國小地質的重要學習內容是礦物、岩石、地層等項目，如能透過親身的體驗與觀察，將更能協助學生對地質概念的發展。上述的分析同時發現，地

質野外考察的功能和成效，不僅對學生有幫助，同樣對在職教師也非常具有啓發的功效，Birnbbaum et al.(1990)的研究顯示，透過課堂講授、實驗活動、和野外地質探究教學的實施，在職教師獲得很好的地質學習成效；由此可以確認野外地質探究教學對地質單元學習的正面影響。

五、地質的迷思概念

許多研究發現，學生對地質概念存有若干迷思概念，包括：(1)對礦物、岩石、化石的迷思概念(Dal, 2009; Dove, 1997, 1998; Ford, 2005; Happs, 1982, 1985; Kusnick, 2002; Russell, Bell, Longden, & McGigan, 1993; Sharp, Mackintosh, & Seedhouse, 1995)，(2)對地質活動與地質時間的迷思概念(Dal, 2005, 2007, 2009; Trend, 1998, 2000, 2001; Zen, 2001)，(3)對地震、板塊構造、與地球構造的迷思概念(Barrow & Haskins, 1996; Kali & Orion, 1996; Lillo, 1994; Marques & Thompson, 1997; Rutin & Sofer, 2007; Sneider & Ohadi, 1998)，(4)對水循環的迷思概念(Asarraf & Orion, 2009; Bar, 1989; Kali, Orion, & Eylon, 2003)。

Schoon(1995)針對職前科學教師的科學概念進行探討，發現就像許多中小學生對天文和地質具有迷思概念，不少職前科學教師也和中小學生一樣，對地質和天文具有相似的迷思概念；Schoon 進一步推測，未來這些職前科學教師成為正式教師之後，他們的學生將可能也會產生類似的

迷思概念。

其次，有研究指出，學生的迷思概念的來源之一，其實是來自教師(Abraham, Williamson, & Westbrook, 1994; Schoon, 1995; Trumper & Gorsky, 1996; Tsaparlis, 2003)。King(2000)研究發現，若干中小學教師對地球構造也存有迷思概念，誤認為地函的物理狀態是固體，並且對板塊構造的特性缺乏完整的理解。從這些研究結果，可以充分說明小學科學教師在地質教學專業發展的必要性與迫切性。

經由上述迷思概念的探討可知，不少學生對地質概念存有若干迷思概念，而有待教師加強引導與改善，以協助學生發展正確的地質概念。上述的研究甚至發現，有些學生地質迷思概念的來源之一是教師，所以我們需要強化小學科學教師的地質教學專業發展，以確保國小教師不再存有地質迷思概念，並具備應有的地質教學知能，以協助國小學生發展正確的地質概念。

六、國小教師地質教學的專業發展

針對中小學科學教師的地質教學專業發展，Feazel & Aram(1990)研究發現，透過教師研習、地質學家到教室探訪、專題演講、和學校科學展覽活動等的綜合辦理，能促進中小學科學教師的教學專業成長，並促進學校、產業界、教師、與社區居民對科學教育的共同關注。

Kean & Enochs(2001)指出，美國威斯康辛大學密爾瓦基分校的科學教育中心與地質系，共同針對當地 K-8 教師發展一項

野外地質課程，透過小組合作學習 (Teaming Up) 策略，及野外地質活動策略 (包含行前探討、現場地質探究、和後續探討學習活動)，研習主題包括：岩石鑑定、傾斜儀實作測量、地質圖判讀、地形地質測勘、和氣候測量等等，研究結果發現，參與研習的 K-8 教師表示，課程所提供的地質概念與野外地質測勘技能，不緊充實他們的地質學科知識，同時增進他們使用戶外地質資源來進行 K-8 課程與教學的能力，並且激發參與的教師，進一步對地質相關研習活動的熱愛與學習。

Marques, Praia, & Kempa(2003)研究發現，在職教師接受 2 個月的小組合作探究與實地調查探究活動的野外地質教育訓練，在職教師結訓後的實務教學結果，不僅有助於學生印證地質教材內容，更能促進學生發展地質概念。

然而不少研究指出，單次的教師研習或工作坊，是不足於對教師專業成長產生重大影響(Birnbaum, Morris, & McDavid, 1990, Darling-Hammond, 1996; Dass, 1999; Kyle, 1995; Little, 1993; Loucks-Horsley, Hewson, Love, & Stiles, 1998; Miles, 1995)。Gibson, Ortiz, Gibson, & Teeter (1992)也發現非持續或常態的教師進修活動，常會因計畫經費用完便造成教師進修活動的停辦，而無法再發揮教師專業發展的功能。

針對長期的中小學科學教師的教學專業發展活動，Repine, Hemler, & Behling(2004)探討美國西維吉尼亞(West

Virginia)州中小學科學教師在職進修方案發現，西維吉尼亞州中小學科學在職進修方案提供中小學(K-12)科學教師一項地質學在職進修課程 RockCamp，以促進科學教師的地質學專業發展；該地質學在職進修課程於 1992 年由美國國家科學基金會(National Science Foundation, 簡稱 NSF)和西維吉尼亞州教育局(the West Virginia Department of Education, 簡稱 WVDE)聯合資助設立；但 NSF 於 1996 年中止資助，改由西維吉尼亞州地質經濟調查所(the State of West Virginia through the West Virginia Geological and Economic Survey, 簡稱 WVGES)接手資助，RockCamp 的講師來源並新增了 WVGES 的地質科學家和二所州立大學的地質學教授，使得 RockCamp 的運作更加順暢，促進更多的 K-12 科學教師的地質學專業發展。RockCamp 的課程內容分為五級，初級(RockCamp I)的研習內容，包括 12 天的駐地研習活動，學習活動包含岩石、礦物、化石、板塊構造、構造地質學、地層學、和經濟地質學等內容。第二級(RockCamp II)的研習內容，包括 5 天的專題研討和為期半年的地質專題研究作業，以野外地質探究取向為主。RockCamp I 和 RockCamp II 的教學策略，強調在職科學教師的 4C 學習策略，重點包括：參與研習科學教師對地質學學科知識與野外實地經驗的建構(construct)、比較(comparing)、對比(contrasting)、和聯結(connecting)。第三級(RockCamp III)的研習內容，主要為維吉尼

亞區域地質和西維吉尼亞新河地質探究；第四級(RockCamp IV)的研習內容，主要為新英格蘭地區變質岩與西維吉尼亞州沉積岩的比較與探究；第五級(RockCamp V)的研習內容，主要為西維吉尼亞州的煤礦與威斯康辛州和明尼蘇達州鐵礦的地質、歷史、與社會影響的比較與探究。Repine, Hemler, & Behling(2004) 訪談參與 RockCamp 研習的科學教師發現，完成研習的科學教師對 RockCamp 有極高的滿意度，覺得 RockCamp 是個友善具支持性的學習環境，研習過程確實獲得地質學有效且有意義的專業成長，學員間並發展成具有深厚友誼的學習成長團體，建構出紮實的地質學概念與野外地質探究技能，並獲得情境教學與學習的實務體驗。

Pombo & Costa(2009)最近指出，中小學科學教師進行碩士學位任職進修，不僅能強化教師的學科知識與教育實務的結合，更能提昇中小學科學教師的高度科學專業發展；研究中調查了 81 位於 2001-2005 年間完成碩士學位的中小學生物科和地質科的科學教師，研究結果發現，八成左右的受訪教師認為碩士學位任職進修的專業發展成效，主要包括：(1)能強化自己對教學與學習的批判態度，(2)能運用更多元的教學策略，(3)能深化自己的專業知能，和(4)在與同儕討論時具有更強的自信心；然而也有二成左右的教師表示，專業發展成效不大，因為若干進修課程和中小學科學教學實務沒有直接關聯。

綜合上述，如何建立良好的教師專業

發展機制，提供國小教師強化地質學的學科知識與學科教學知識，俾使國小科學教師能透過多元的地質教學資源與教學策略，引領學生進行豐富有意義的地質探究學習，並提昇學生的科學素養與培養終身學習的興趣，是推展地質教育的重要方向。

參、研究方法

隨著科技資訊的快速進步與知識經濟的蓬勃發展，國小教師的專業發展日益受到重視，目前有越來越多的國小教師返回大學研究所，繼續在職進修並攻讀碩士學位。本在職進修地質教學活動，係某教育大學自然科學系教學碩士班的一門課程，研究生皆為國小的現職教師；研究生的背景有兩大類型，(1)大學為自然科學系的畢業生，(2)現職為國小自然領域的教師(但約有一半為非自然科學相關科系的畢業生，例如因為年資久積分高，所以能夠擔任自然領域的教學)。研究生年齡分布 28~50 歲，國小任教年資分布 3~24 年。本地質任職進修課程為 2 學分(星期六授課)，修課研究生 29 位。

根據前面文獻探討中的發現，由於國小階段地質方面的內容，主要以礦物、岩石、地表地殼變動等地質概念為主，所以本地質專業發展課程的規劃，就以礦物、岩石、地質作用與成因等項目的探討為主。其次，文獻探討中也發現，地質教學活動不僅要關注地質概念的學習，更要重視地質探究能力的發展，所以本地質專業發展課程的規劃，便加強礦物與岩石的觀

察、辨識與鑑定等實作探究活動的進行。另外，由 Birnbaum et al.(1990)、Kean & Enochs(2001)、Pombo & Costa(2009)、Repine et al. (2004)等地質專業發展課程案例的啓示，所以本地質專業發展課程的規劃，在課程安排上，統合了課堂講授、實驗探究活動，並提供野外地質探究教學的體驗與學習，希望在有限的教學時間(一學期 2 學分的課程)中，能發揮促進國小教師地質專業成長的最大功效。

綜合上述因素的考慮，本項國小教師地質專業發展課程的內容，主要包括：地球系統科學概述、礦物與實作探究、岩石及岩石循環與實作探究、地質活動與成因、礦物與岩石鑑定測驗、國土資源參觀教學、戶外地質考察與礦物採集等。

其次，國小教師地質專業發展課程的進行方式，除了課堂內容講授與討論外，地質探究實作活動有 5 次，包括：礦物寶果、礦物實作、火成岩實作、沉積岩實作、和變質岩實作，後 4 項實作活動(每一項有 12~18 種標本)，均利用美國 Carolina 儀器供應公司(www.carolina.com)的標本與學習單進行；有關標本鑑定測驗共 4 次(每次均由 12~18 種標本中，挑選 10 種進行施測，以分站跑檯方式實施)，包括：礦物標本鑑定測驗、火成岩標本鑑定測驗、沉積岩標本鑑定測驗、和變質岩標本鑑定測驗；另外，校外教學有 2 次，包括：國土資源參觀教學，和戶外地質考察與礦物採集。

本研究採用敘事探究法(narrative inquiry)，根據 Clandinin & Connelly(2000)

對敘事探究文本的來源指出，包括教師的故事、自傳性的書寫、書寫日記、現場筆記、信件、對話、研究訪談、家族故事和家人的故事、文件、照片/記憶盒/人工製品、生活經驗等，均可以作為現場文本的來源。所以本研究嘗試選擇國小教師的學習回饋意見，作為主要的文本的來源。本研究於課程完成並送交成績二週後(以避免研究生因擔心成績，而導致學習回饋意見失真)，以 email 請修習本課程的研究生(國小教師)繳交學習回饋意見，計回收 20 份(回收率，69.0%)。學習回饋意見與學習歷程表現，成為本研究之資料分析(敘事分析)的主要來源；本研究資料蒐集與分析的來源，還包括：標本鑑定測驗、礦物岩石作業報告、及學習歷程資料等。學習回饋意見的呈現，資料編碼以標楷體字型顯示。搜集所得資料，包括：學習回饋意見、礦物岩石作業報告、及學習歷程資料等，經由三位科學教育研究人員實施三角校正和交叉個案歸納分析(Bogdan & Biklen, 1982; Guba & Lincoln, 1999; Patton, 1999; Silverman, 1993, 2000)，完成專家效度考驗，以確認資料分析與發現的可靠性與一致性。

肆、國小教師地質專業發展之敘事分析

有關國小教師在職進修地質專業發展的敘事分析，以下以二位教師阿康(男生)和阿萍(女生)的學習回饋意見為主要代表，再輔以其他教師的回饋意見及其他質

性資料，對國小教師在職進修地質專業發展進行敘事分析與陳述；透過對阿康和阿萍的完整敘事分析後，再將其歸納而針對 3 個待答問題(地質學習態度、地質概念發展、地質教學自信心)來進行陳述。

一、阿康的回饋意見

「經過一個學期的課程後，對於認識的礦物有石墨、方鉛礦、磁鐵礦、黃鐵礦、角閃石、黑雲母、石英、赤鐵礦、褐鐵礦、正長石、石膏、白雲母、岩鹽、方解石、螢石、滑石與高嶺土等十七種。然而要鑑別這些礦物的方法，首先可以先從外觀的顏色深淺來分，然後分別從硬度、解理、是否具有金屬光澤等來做判斷。不過令我印象最為深刻的還是礦物、岩石的期中考試，事前大家都非常的認真，想盡辦法來了解與掌握各種岩石、礦物的特徵，考試時緊張刺激的感覺，到現在都還感受的到呢！不過話又說回來，就是因為這樣從實作、經歷考試、發現，才能讓我對於這門課收穫更多。

在這學期的課程裡，剛開始覺得有點不太習慣，因為在星期六上課，原本兩天的假日可以利用，卻因為上課而少了半天。之後習慣了，卻也覺得很好。

對於上課的內容，個人覺得很喜歡，尤其礦物與岩石的部份，真的讓我把零碎的概念，組織起來弄清楚了。加上老師給我們的作業，不但不會讓我們覺得有負擔，反而讓我對課程的內容，進一步的瞭解與認識。

另外兩次的校外教學，也令我覺得很興奮，除了額外的課程學習外，也讓班上的同

學培養更好的感情，彼此熟悉了許多，這或許是因為我們平常是晚上上課，大家來匆匆去匆匆，忙上忙下根本沒有時間認識。藉由這兩次的時間，大家一起搭公車及遊覽車，在車上暢談不止，感覺就像鬆了線的馬，自由自在的狂奔與玩樂。」(阿康的回饋意見)

大家常說學生怕考試，即便是擔任國小教師的研究生，當面臨考試(礦物岩石標本鑑定測驗)時，仍然會顯露緊張焦慮的情緒，阿康在學期結束二週後回想課程，仍然表示：

「令我印象最為深刻的還是礦物、岩石的期中考試，事前大家都非常的認真，想盡辦法來了解與掌握各種岩石、礦物的特徵，考試時緊張刺激的感覺，到現在都還感受的到呢」(阿康的回饋意見)。

其次，對考試感到緊張焦慮的，還有不少人，例如：

「辨識礦物和岩石的考試，讓人覺得既緊張又刺激，為了能在短短的一分鐘內判斷出正確的名稱，同學個個卯足了勁，仔細觀察標本，記憶老師教過礦物和岩石的特性及辨別的方法。」(阿聲的回饋意見)

「因為『跑堂測驗』的關係，班上同學不只在考試前討論，在其他門課時，也會拿出各組的岩石與礦物交互練習辨識，我們都開玩笑的說，比自己教的學生還認真！」(阿吟的回饋意見)

「以跑臺的方式做標本測驗相當有趣，令人畢生難忘，人生會有幾回這種測驗呢？看到同學們匆匆忙忙、驚惶失措的樣子真的挺有趣的。」(阿萍的回饋意見)

「在課程中讓我印象深刻的還有跑檯，考試的跑檯方式最為刺激，雖然大家都已事前預作準備，但是考試當天面對可能出現的礦物、岩石卻是既期待又怕受傷害。」(阿壬的回饋意見)

可喜的是，經過一個學期的努力，大家普遍覺得學習歷程很有收獲和成就感，阿康表示：「這學期的課程裡，剛開始覺得有點不太習慣，因為在星期六上課，原本兩天的假日可以利用，卻因為上課而少了半天。之後習慣了，卻也覺得很好。對於上課的內容，個人覺得很喜歡，尤其礦物與岩石的部份，真的讓我把零碎的概念，組織起來弄清楚了。加上老師給我們的作業，不但不會讓我們覺得有負擔，反而讓我對課程的內容，進一步的瞭解與認識(阿康的回饋意見)」。

由阿康的回饋意見顯示，透過礦物岩石的實作的不斷演練及標本鑑定測驗的動力，終於讓他能把零碎的概念組織起來，進而對礦物岩石有正確完整的理解，甚至不再覺得星期六上課是被剝奪休憩時間，而獲得學習的喜悅與成就感。其次，由阿康的回饋意見發現，他對礦物的內容，包括顏色、硬度、解理、光澤等特徵要項，都已能夠有效掌握，對礦物特徵的辨認鑑定，已具備充足的知能；而阿康的四次礦物岩石標本鑑定測驗的總得分為 36 分(40 件標本，每件 1 分，滿分 40 分)，表現十分出色，顯示阿康的地質在職進修過程，確實獲得充分的地質學科知能的專業成長。其他的國小教師也有相同的回饋，包括：

「在這整個學期的課程中，最喜歡的是

岩石和礦物的部份，可能是因為有辨識考試的緣故吧。每次小組同學都會利用下課時間，拿出老師發給各組的小袋岩石或礦物，一起來練習(我們還會互相交換，也練習別組的標本喔，果真，都有些許的不同)。從一開始的一兩顆，到最後幾乎都能認出來了，這種喜悅，真的是筆墨難以形容耶！」(阿琦的回饋意見)

「礦物和岩石對我來說，本來是非常陌生的，因在未上老師的課之前，我的生活是不會出現這兩樣東西，更別說地質考察了。但現在的我不一樣了，不會排斥認識礦物和岩石，尤其是礦物。我覺得礦物很有趣，以前國中讀地科時，會背前十大硬度的礦物，但並未看過他們的廬山真面目。這次上完地科礦物，前十大硬度礦物的倩影已深深的烙印在我腦海。」(阿篷的回饋意見)

從他們的回饋中可以發現，不論國小教師在職前教育的學科背景是理工科系或文法科系，透過科學實作探究與標本鑑定測驗活動的交互進行，讓他們對岩石礦物由陌生害怕，轉變為熟悉喜歡，並能進一步掌握觀察與辨識的要領，同時獲得學習的喜悅與成就感，這項結果和 Allison(2005)、Apedoe(2008)、Veal & Chandler(2008)等人的發現一致。由阿篷的回饋意見也顯示，台灣中小學地質單元的教學困境，常因為中小學教學設備的不足或教學時間的限制，學生通常無法真正動手接觸礦物岩石，無法進行地質實作探究學習活動，只能藉由記憶或背誦來應付考試，所以學生對地質的印象總是零星片段

的知識，無法對它產生學習的興趣與樂趣。因此，由阿蓬等人的回饋意見可以知道，科學的探究活動過程，積極的運用動手操作和動腦思考，確實是使學習者達成有意義的學習的重要關鍵。

其次，在礦物岩石標本觀察與辨識的過程，可以看出除了個人的努力之外，他們也漸漸的發展成小組成長團體，小組一起練習一起合作，共同探討礦物岩石標本的特徵與鑑定技巧。由阿琦的回饋意見可以發現，小組合作學習確實有助於降低學習焦慮感，並能提昇小組的學習情緒與學習成效，此結果和 Constantopoulos (1994)、Veal & Chandler(2008)等人的發現一致。

二、阿萍的回饋意見

「首先就礦物開始談起，礦物與我們生活關係密不可分，老師在課堂上教導我們何謂造岩礦物？化學成分是什麼？依據什麼性質及特徵辨別與分類？對於生活中的重要性為何？學習這些多層面的知識不僅令我增廣見聞，讓我對礦物有更深入的了解，跳脫了門外漢的腳色，整個人好像脫胎換骨似的，相信在小學—岩石與礦物這個單元一定可以更加得心應手。

再者就是岩石，從國中及高中的記憶中發現，我們對於火成岩、深成岩與變質岩的形成與種類都有約略的概念，但岩石一擺在眼前我就眼花撩亂了，我不認識它、它也不認識我，不過這整個學習下來，我認識了一些岩石真的很開心！日後在野外看到岩石

還可以為學生做介紹呢！但僅限於我認識的種類而已唷！

最後地質考察，我最喜歡跑野外了，大學在花蓮師院唸書時，頻頻跑野外，我認為實地考察是個很好的教學方式，比紙上談兵生動有趣，活生生的地質擺在眼前讓我們觀察它的特徵，欣賞大自然的鬼斧神工，體驗大自然的力量，這真的是最好不過的，而且很感謝老師帶我們到河邊尋找角閃石，這是個令人刻骨銘心的回憶。

從這門課讓我有「溫故知新」的體會，我喜歡老師上課的方式，讓我在沒有任何壓力的狀態下學習許多關於地球科學的知識，不但加深也加廣了國中與高中的地球科學的學習，並且可以讓我學以致用，應用於小學的教學活動中，我很慶幸自己身為自然科學教育系的學生。

每回的上課內容都相當的充實，同時老師也非常認真的教學，似乎有教不完的課程似的，每次上課都令我驚聲連連，覺得很新奇。除此之外，以跑臺的方式做標本測驗相當有趣，令人畢生難忘，人生會有幾回這種測驗呢？看到同學們匆匆忙忙、驚惶失措的樣子真的挺有趣的。

感謝老師的教導讓我滿載而歸，讓我可以摸摸陽明山上的安山岩，與小油坑做親密的接觸，每走過必拉紅布條拍照...等等有趣的體驗，他日若有機會，希望還可以跟著老師一起學習，在此也許下一個願望—老師能夠帶我們多跑野外。」(阿萍的回饋意見)

National Research Council(1996)對科學教師專業化發展強調，教師的科學知識

是教學成功的基礎。阿萍的回饋意見顯示，透過地質在職進修課程的陶冶，強化她在礦物岩石方面的學習成果，讓她從門外漢的角色，成功充實了地質學科知識內容與地質探究技能，阿萍的四次礦物岩石標本鑑定測驗的總得分為 35 分(40 件標本，每件 1 分，滿分 40 分)，表現令人滿意，並充分增強了她的教學自信心，阿萍表示：

「學習這些多層面的知識不僅令我增廣見聞，讓我對礦物有更深入的了解，跳脫了門外漢的腳色，整個人好像脫胎換骨似的，相信在小學--岩石與礦物這個單元一定可以更加得心應手。.....日後在野外看到岩石還可以為學生做介紹呢！.....從這門課讓我有「溫故知新」的體會，我喜歡老師上課的方式，讓我在沒有任何壓力的狀態下學習許多關於地球科學的知識，不但加深也加廣了國中與高中的地球科學的學習，並且可以讓我學以致用，應用於小學的教學活動中。」

顯示隨著阿萍的礦物岩石概念與地質探究技能的拓展，不僅讓她敢於進行教學，並且樂於教學，更願意將她所發展的地質學科知能，提供給她的學生進行更優質的教學與學習。其他人也有相同的經驗，包括：

「雖然是從高中開始就是選讀理科，但看到老師在課堂上從地球科學課程的緣起、包含的範圍、各種型態的礦物、一直到有時十分相似的岩石時，心裡還是惶恐不安的，.....真正再度接觸這些東西，就從自己必須擔任自然科任教師開始，我還

記得為了教五年級「岩石與礦物」的單元，把自然教室內的岩石和礦物分批整理一次，才對這方面有些許的熟悉感，...經歷這門課的磨練，相信我們對地球科學的內涵有另一番的認識與見解，對於未來在教學上也有不小的幫助。」(阿吟的回饋意見)

「這門課讓我們獲得許多知識，也學會辨識礦物和岩石的技巧，更引起大家探索礦物和岩石的興趣，相信自己日後對自然與生活科技領域，礦物和岩石的教學有很大信心。」(阿聲的回饋意見)

「有時候我覺得很簡單的概念，轉換成教學概念要讓學生瞭解時，並不是我們想像中容易，如何講解或是運用教具，是需要基本知識與經驗累積而來的。這學期的課程中，我覺得在礦物、岩石的基礎上老師給我們很多基礎的概念，雖然在小學的課程上不需要認識那麼深入，但是在跑台的壓力下，也硬逼我們認識很多的礦物與岩石，這些基本功相信在未來，我們自然與生活科技科目中教導學生或是戶外教學上一定會有助益的。」(阿娟的回饋意見)

從阿吟、阿聲、和阿娟的回饋意見顯示，他們也和阿萍一樣獲得充足的礦物岩石概念與技能(他們三人的 4 次礦物岩石標本鑑定測驗的總得分，分別為 35、34、35 分，滿分 40 分)，並藉由學科知識為基礎發展出更堅實的學科教學知識和科學探究教學的信念，所以他們都深感這些學習，對他們未來在國小的科學教學有幫助、有信心。其中，阿娟的回饋意見也顯示，學科知識轉化成學科教學知識的重

要，所以阿娟強調：「如何講解或是運用教具，是需要基本知識與經驗累積而來的」。因此，阿娟經由這些省思與體會，相信對她未來的教學會大有幫助。

其次，校外教學的進行，也提供國小教師很好的學習體驗。雖然地質野外考察是費時費力的活動，但是現場的學習體驗卻是其他教學媒體所難以取代的。阿萍的回饋意見就充分顯示，「我最喜歡跑野外了，大學在花蓮師院唸書時，頻頻跑野外，我認為實地考察是個很好的教學方式，比紙上談兵生動有趣，活生生的地質擺在眼前讓我們觀察它的特徵，欣賞大自然的鬼斧神工，體驗大自然的力量，這真的是最好不過的，……讓我滿載而歸，讓我可以摸摸陽明山上的安山岩，與小油坑做親密的接觸(阿萍的回饋意見)」。

阿萍的回饋意見，也印證了李春生、陳培源(1987)、Huntoon, Bluth, & Kennedy(2001)、Kern & Carpenter(1986)、Orion(1993)、Rudmann (1994)等人的見解。其他國小教師也有相同的感受，包括：

「陽明山的地質考察，老師帶我們走訪小油坑，觀察爆裂口、噴氣口、火山角礫岩、換質後的安山岩、硫黃結晶等，又帶大家到河裡採集角閃石和輝石，雖然因為路不好走，有些同學因而跌倒，大家還是興緻勃勃，採集到許多標本。」(阿聲的回饋意見)

「經由這樣的實地考察，也讓我什麼地方會有那些的礦物、岩石、與地質，以後如果有機會帶學生到這些地方的時候，也可以適時的向學生講解地質學的知識，讓

我的學生也能夠學到初步的地質學知識概念。……經由二次的校外參觀後，我覺得上課先讓學生了解初步的科學知識，然後再帶學生去實際的觀察與探索，這樣會使得學生的學習效果變的更好。」(阿哲的回饋意見)

「地質考察更是難得的經驗，從沒想過那麼不起眼的地方，裡頭竟有如桃花源。那是我的第一次地質考察，因以前的求學歷程是不須地質考察的，地質考察的經驗也更讓我體會到「讀萬卷書，不如行萬里路」，親身體驗對於學生的學習真的很重要。」(阿篷的回饋意見)

「這學期最讓我開心的就是地質考察了，老師帶著我們到處走走看看，雖然頂著大太陽，不過實際在路邊認出岩石或礦物的感覺真的很不一樣，希望自己以後也能秉持著這樣的精神在教導小朋友。」(阿琦的回饋意見)

「尤其地質野外考察，把理論、實務互相結合，彼此驗證，不禁讓人感佩『行萬里路，勝讀萬卷書』的說法。」(阿珠的回饋意見)

此外，校外教學的進行對全班的學習氣氛也有正面的影響，他們在校外教學過程，表現的也像小朋友一樣，充滿興奮和好奇，營造出成長團體的活絡氣氛。阿康表示：「兩次的校外教學，也令我覺得很興奮，除了額外的課程學習外，也讓班上的同學培養更好的感情，彼此熟悉了許多，這或許是因為我們平常是晚上上課，大家來匆匆去匆匆，忙上忙下根本沒有時間認識。藉由這兩次的時間，大家一起搭公車及遊覽車，

在車上暢談不止(阿康的回饋意見)」。

從這些回饋顯示，透過這些活動的接觸與交流，將使國小教師在教育專業發展方面，獲得更多的協助與砥礪，將來課程結束之後，教師們還可以繼續進行教育專業發展交流，繼續分享大家的教學經驗與成果，此結果和 Repine, Hemler, & Behling(2004)的發現一致。

三、敘事探究結果

根據以上對阿康和阿萍的學習歷程的觀察與分析，以下針對 3 個待答問題(國小教師的地質學習態度、地質概念發展、地質教學自信心)進行歸納，敘事探究結果包括如下。

(一) 國小教師對地質學習態度變得積極：

由阿康、阿聲、阿琦、阿蓬、和阿壬的回饋發現，在地質教學活動實施之前，大多數人對地質、礦物、岩石等都只存留著從前升學與考試歷程的背誦與記憶，阿蓬甚至表示礦物和岩石對她而言，本來是非常陌生的，在未上地質教學活動之前，她的生活是不會出現這兩樣東西的；因此，當國小教師進入教學碩士班，發現地質教學活動是必修課程時，大家普遍懷著既期待(學會了有助於國小自然科的教學)又怕受傷害(學不會則會被當而需要重修)的心情。可喜的是，實施地質教學活動之後，她們的地質學習態度有明確的提昇，地質學習態度變得積極，不再出現焦慮，由陌生轉變為熟悉喜歡，顯現出樂於接觸地質、探究地質，尤其是樂於進行野外地

質考察學習活動。

(二) 國小教師增進了對礦物、岩石及地質作用與成因等地質概念的發展：

由阿蓬的回饋，十足反應出傳統制式學校中的知識概念教學的困境，常會因為中小學教學設備的不足或教學時間的限制，學生通常無法真正動手接觸礦物岩石，無法進行科學實作探究學習活動，只能藉由記憶或背誦來應付考試，所以學生對地質的印象總是零星片段的知識，無法對它產生學習的興趣與樂趣。可喜的是，實施本地質教學活動之後，由阿康、阿萍、和阿蓬等人的回饋意見發現，他們對礦物的內容，包括顏色、硬度、解理、光澤等特徵要項，都已能夠有效掌握，對礦物特徵的辨認鑑定，已具備充足的知能，並表現在礦物岩石標本鑑定測驗上(29 個人的標本鑑定平均數為 34.09 分，滿分 40 分)，充分顯示出他們對礦物與岩石等地質概念的成長與喜悅。另外，由阿蓬等人的回饋意見可以知道，科學的探究活動過程，積極的運用動手操作和動腦思考，確實是使學習者達成有意義的學習的重要關鍵。

(三) 國小教師對地質教學自信心的增強：

透過地質教學活動的實施之後，由阿萍、阿吟、阿聲、和阿娟的回饋意見顯示，透過地質在職進修課程的陶冶，強化他們在礦物岩石方面的學習成果，讓他們從門外漢的角色，成功充實了地質學科知識內容與地質探究技能，並充分增強了他們的教學自信心，顯示隨著他們的礦物岩石概念的拓展，及科學探究教學信念的強化，

不僅讓他們敢於進行教學，並且樂於教學，更願意將他們所發展的地質學科知識，提供給他們的學生進行更優質的學習，以提昇學生的科學素養。

伍、結語

國小教師在本地質在職進修專業發展課程的學習，透過課堂內容講授與討論、地質探究實作活動、和戶外地質考察探究學習後，國小教師普遍表示收獲良多，有助於他們對地質概念的理解與對未來國小地質單元的教學。重要的研究結果，包括：(1)國小教師對地質學習態度變得積極，由害怕焦慮轉變為熟悉喜歡；(2)國小教師增進了對礦物、岩石及地質作用與成因等地質概念的發展，已能充分掌握礦物岩石的特徵，並能辨識不同的礦物岩石，及相關的地質作用與成因；(3)國小教師對地質教學自信心的增強，並樂於指導學生探究礦物岩石，並表示願意帶領學生到野外一起探索礦物岩石與地質地貌。整體而言，本地質在職進修專業發展課程(尤其是地質的科學探究實作活動)，對國小教師未來的教學，具有正面的啟發與幫助。最後，對於地質野外考察學習活動的實施而言，雖然費時費力且需要車資經費，但經由國小教師的學習回饋反應發現，國小教師的學習情緒高昂，戶外探究體驗成果豐碩，不僅強化國小教師對地質的學習，並啟發國小教師對地球和大自然的態度，所以建議地質野外考察教學活動，不論在

科學師資培育的職前教育或在職教育階段，都值得繼續加強推動。

陸、參考文獻

- 李秀晟、楊棠皓、鍾崇燊(2009)：科學家的巧思。**科學發展**，**437**，64 - 67。
- 李春生、陳培源(1987)：地質野外考察實習在地球科學教育上的功能。**中等教育**，**38(1)**，18-20。
- 沈進發、劉道德、易諳峙、陳宇虹、林坤隆、趙國勝、劉秀華(2005)：大同山地質、岩石探究與課程教材發展。**科學教育月刊**，**280**，20-35。
- 孫志麟(2004)：開啓專業學習的新視窗：教師的知識管理。**教育研究月刊**，**126**，5-18。
- 教育部(2003)：國民中小學九年一貫課程綱要重大議題。台北市：教育部。
- 許民陽、王郁軒、梁添水(2004)：國小自然與生活科技領域個別化教學的研究：以「地層」概念教學為例。**科學教育研究與發展**，**34**，41-65。
- 郭方瑞(1992)：漫談如何觀察、實驗、飼養與種植。**國教月刊**，**38(5、6)**，8-13。
- 蕭英勵(1999)：科學實驗引導學生進行思考。**師友**，**381**，90-92。
- 賴慶三(1999)：二十世紀的地球科學。**國民教育**，**39(4)**，26-30。
- 羅珮華(1998)：地球科學教育與 STS 課程潮流。**臺灣教育**，**575**，39-44。
- 譚柏雄、劉玉春、毛松霖、楊冠政(1992)：地球科學戶外教學活動設計。**環境教育**，**14**，26-41。
- 蘇明俊、江新合(2004)：創造思考在野外探究教學上的應用。**科學教育研究與發展**，**35**，1-19。
- Abraham, M. R., Williamson, V. M., & Westbrook, S. L. (1994). A cross-age study of the understanding five concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 147-165.
- Allison, D. (2005). Identification of minerals. *Science Scope*, 29(2), 24-29.
- Apedoe, X. S. (2008). Engaging students in

- inquiry: Tales from an undergraduate geology laboratory-based course. *Science Education*, 92(4), 631-663.
- Asarraf, O. B., & Orion, N. (2009). A design based research of an earth systems based environmental curriculum. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 5(1), 47-62.
- Bar, V. (1989). Children's views about the water cycle. *Science Education*, 73, 481-500.
- Barrow, L., & Haskins, S. (1996). Earthquake knowledge and experiences of introductory geology students. *Journal of College Science Teaching*, 26(2), 143-146.
- Bereki, D. (2000). Teaching the rock cycle with ease. *CSTA Journal*, Winter, 32-34.
- Birnbaum, S. J. (2004). Overcoming the limitations of an urban setting through field-based earth systems inquiry. *Journal of Geological Education*, 52(5), 407-410.
- Birnbaum, S. J., Morris, A. P., & McDavid, D. A. (1990). Improving earth science education through teacher enhancement programs. *Journal of Geological Education*, 38(3), 213-215.
- Bogdan, R. C. L. & Biklen, S. K. (1982). *Qualitative research for education: An introduction to theory and methods*. Newton, MA: Allyn & Bacon.
- Clandinin, D. J., & Connelly, F. M. (2000). *Narrative inquiry: Experience and story in qualitative research*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Constantopoulos, T. L. (1994). A cooperative approach to teaching mineral identification. *Journal of Geological Education*, 42(3), 261-63.
- Coorey, P. G. (1992). Fieldwork: An essential component of geoscience education and training. *Episodes*, 14(2), 337-340.
- Dal, B. (2005). The initial concept of fifth graduate Turkish's students related to earthquakes. *European Journal of Geography*, 326, 1-17.
- Dal, B. (2007). How do we help students build beliefs that allow them to avoid critical learning barriers. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3(4), 251-269.
- Dal, B. (2009). An investigation into the understanding of earth sciences among students teachers. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 9(2), 597-606.
- Darling-Hammond, L. (1996). The quiet revolution: Rethinking teacher development. *Educational Leadership*, 53, 4-10.
- Dass, P. M. (1999). Evaluation of a district-wide inservice professional development program for teaching science: Challenges faced and lessons learned. *Electronic Journal of Science Education*, v. 4.
- Dove, J. E. (1997). Student ideas about weathering and erosion. *International Journal of Science Education*, 19(8), 971-980.
- Dove, J. E. (1998). Students' alternative conceptions in earth science: A review of research and implications for teaching and learning. *Research Papers in Education*, 13, 183-201.
- Feazel, C. T., & Aram, R. B. (1990). Teaching the teachers - A regional approach to nationwide problems in pre-college science education. *Journal of Geological Education*, 38(3), 219-222.
- Folkmer, T. H. (1981). Comparison of three methods of teaching geology in junior high school. *Journal of Geological Education*, 29, 74-75.
- Ford, D. (2005). The challenges of observing geologically: Third graders' descriptions of rock and mineral properties. *Science Education*, 89, 276-295.
- Geological Society (1996). *Accreditation scheme for first degree courses in geoscience*. London: The Geological Society.
- Gibson, B. O. (2001). The building blocks of geology. *Science and Children*,

- 39(1), 38-41.
- Gibson, G. G., Ortiz, A., Gibson, B. O., & Teeter, S. A. (1992). Inservice field-oriented earth science programs for the precollege teacher that make a difference. *Journal of Geological Education*, 40, 228-232.
- Guba, E. G. & Lincoln, Y. S. (1999). Establishing trustworthiness. In A. Bryman & R. G. Burgess (Eds.) *Qualitative research*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Happs, J. C. (1982). *Some aspects of student understanding of rocks and minerals*. Science education research unit working paper (No: 204). New Zealand: Waikato University.
- Happs, J. C. (1985). Regression on learning outcomes: some examples from the earth sciences. *European Journal of Science Education*, 7(4), 431-443.
- Hawley, D. (1996). Changing approaches to teaching earth-science fieldwork. In D. A. V. Stow and G. H. J. McCall(eds.), *Geoscience education and training: In schools, universities, for industry and public awareness*(pp.243-253). Rotterdam: A.A. Balkema.
- Hoffman, M., & Barstow, D. (2007). *Revolutionizing earth system science education for the 21st century: Report and recommendations from a 50-state analysis of earth science education standard*. Washington, DC: National Oceanic and Atmospheric Administration.
- Huntoon, J. E., Bluth, G. J. S., & Kennedy, W. A. (2001). Measuring the effects of a research-based field experience on undergraduates and K-12 teachers. *Journal of Geoscience Education*, 49(3), 235-248.
- Kali, Y., & Orion, N. (1996). Spatial abilities of high-school students in the perception of geologic structures. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 369-391.
- Kali, Y., Orion, N., & Eylon, B. S. (2003). The effect of knowledge integration activities on students' perceptions of the earth's crust as a cyclic system. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(6), 545-565.
- Kean, W. F., & Enochs, L. G. (2001). Urban field geology for K-8 teachers. *Journal of Geoscience Education*, 49(4), 358-363.
- Kern, E. L., & Carpenter, J. R. (1984). Enhancement of student values, interests, and attitudes in earth-science laboratory through a field-oriented approach. *Journal of Geological Education*, 32, 299-305.
- Kern, E.L., & Carpenter, J. R. (1986). Effect of field activities on student learning. *Journal of Geological Education*, 34(3), 180-183.
- King, C. (2000). The earth mantle is solid: Teachers' misconceptions about the earth and plate tectonics. *School Science Review*, 82(298), 57-64.
- King, C. (2008). Geoscience education: An overview. *Studies in Science Education*, 44(2), 187-222.
- Kusnick, J. (2002). Growing pebbles and conceptual prisms - Understanding the source of student misconceptions about rock formation. *Journal of Geoscience Education*, 50(1), 31-39.
- Kyle, W. (1995). Professional development: The growth and learning of teachers as professionals over time. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 679-681.
- Lillo, J. (1994). An analysis of the annotated drawings of the internal structure of the earth made by students aged 10-15 from primary and secondary schools in Spain. *Teaching Earth Sciences*, 19(3), 83-87.
- Little, J. W. (1993). Teachers' professional development in a climate of education reform. *Education Evaluation and Policy Analysis*, 15, 129-151.
- Lonergan, N., & Andresen, L. W. (1988). Field-based education: Some theoretical considerations. *Higher Education Research and Development*, 7(1), 63-77.
- Loucks-Horsley, S., Hewson, P. W., Love, N., and Stiles, K. E. (1998).

- Designing professional development for teachers of science and mathematics*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.
- Marques, L., & Thompson, D. (1997). Misconceptions and conceptual changes concerning continental drift and plate tectonics among Portuguese students aged 16-17. *Research in Science and Technological Education*, 15, 195-222.
- Marques, L., Praia, J., & Kempa, R. (2003). A study of students' perceptions of the organization and effectiveness of fieldwork in earth science education. *Research in Science and Technological Education*, 61(2), 265-278.
- McKenzie, D. G., Utgard, R. O., & Lisowski, M. (1986). The importance of field trips : A geological example. *Journal of College Science Teaching*, September, 17-21.
- Miles, M. (1995). Forward. In T. Guskey and M. Huberman (eds.), *Professional development in education: New paradigms and practices*(p. vii-ix). New York: Teacher College Press.
- National Research Council. (1996). *The national science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A guide for teaching and learning*. Washington, DC: National Academy Press.
- Orion, N. (1993). A model for the development and implementation of field trips as an integral part of the science curriculum. *School Science and Mathematics*, 93(6), 325-331.
- Orion, N., & Hofstein, A. (1991). Factors that influence learning during a scientific fieldtrip in a natural environment. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 1097-1119.
- Patton, M. Q. (1999). The nature of qualitative inquiry. In A. Bryman & R. G. Burgess (Eds.) *Qualitative research*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Pombo, L., & Costa, N. (2009). The impact of biology/geology school teachers masters courses on the improvement of science education quality in Portugal. *Research in Science & Technological Education*, 27(1), 31-44.
- Repine Jr, T. E., Hemler, D. A., & Behling, R. E. (2004). Sustaining K-12 professional development in geology: Recurrent participation in RockCamp. *Journal of Geoscience Education*, 52(2), 161-171.
- Rudmann, C. L. (1994). A review of the use and implementation of science field trips. *School Science and Mathematics*, 94(3), 138-141.
- Russell, T., Bell, D., Longden, K., & McGigan, L. (1993). *Primary SPACE research report: Rocks, soil and weather*. Liverpool: Liverpool University Press.
- Rutin, J., & Sofer, S. (2007). Israeli students' awareness of earthquakes and their expected behaviour in the event of an earthquake. *School Science Review*, 88, 57-62.
- Schoon, K. J. (1995). The origin and extent of alternative conceptions in the earth and space sciences: A survey of pre-service elementary teachers. *Journal of Elementary Science Education*, 7(2), 27-46.
- Semken, S. & Freeman, C. B. (2008). Sense of place in the practice and assessment of place-based science teaching. *Science Education*, 92, 1042-1057.
- Sharp, J. G., Mackintosh, M. A. P., & Seedhouse, P. (1995). Some comments on children's ideas about earth structure, volcanoes, earthquakes and plates. *Teaching Earth Sciences*, 20(1), 28-30.
- Silverman, D. (1993). *Interpreting qualitative data*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Silverman, D. (2000). *Doing qualitative research*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Skinner, B. J., Porter, S. C., & Botkin, D. B. (1999). *The blue planet*. (2nd ed.) New York: John Wiley & Sons.
- Sneider, C. I., & Ohadi, M. (1998).

- Unraveling students' misconceptions about the Earth's shape and gravity. *Science Education*, 82, 265-284.
- Thompson, D. B. (1982). On discerning the purposes of geological fieldwork. *Geology Teaching*, 7(2), 59-65.
- Trend, R. D. (1998). An investigation into understanding of geological time among 10 and 11 years old children. *International Journal of Science Education*, 20(8), 973-988.
- Trend, R. D. (2000). Conceptions of geological time among primary teacher trainees, with reference to their engagement with geoscience, history and science. *International Journal of Science Education*, 22(5), 539-555.
- Trend, R. D. (2001). Deep time framework: A preliminary study of U.K. primary teachers' conceptions of geological time and perceptions of geoscience. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(2), 191-221.
- Trumper, R., & Gorsky, P. (1996). A cross-college age study about physics students' conceptions of force in pre-service training for high school teachers. *Physics Education*, 31, 227-36.
- Tsaparlis, G. (2003). Chemical phenomena versus chemical reactions: Do students make connections? *Chemistry Education Research and Practice*, 4(1), 31-43.
- Veal, W. R., & Chandler, A. T. (2008). Science sampler: The use of stations to develop Inquiry skills and content for rock hounds. *Science Scope*, 32(1), 54-57.
- Wellner, K. (1997). Modeling Geology Formations. *Science Scope*, 20(8), 34-35.
- Wiley, D., & Humphreys, D. W. (1985). The geology field trip in ninth-grade earth science. *Journal of Geoscience Education*, 33, 126-127.
- Zen, E. (2001). What is deep time and why should anyone care? *International Journal of Science Education*, 49(2), 5-9.
- 投稿日期：98 年 11 月 27 日
接受日期：99 年 01 月 09 日

A Narrative Inquiry of In-service Teachers' Professional Development on Geology

Ching-San Lai

National Taipei University of Education, Department of Science Education

Abstract

The major purpose of this narrative inquiry is to explore in-service teacher's professional development on geology. This in-service science course is 2 credit hours, and 29 graduate students were in this course. Topics in this course include: earth science system, mineral and its identification, rock and its identification, geological processes, hand specimen identification, and field trips. In-service teachers' learning outcomes and feedbacks were collected and analyzed. Major findings were include: (1) teacher's learning attitudes on geology has changed toward more positive, (2) teacher's geology concepts have improved, (3) teacher's confidence on science teaching has increased.

Keywords: earth science, geology, geoscience education, professional development, science teacher education