

初任與資深國中地球科學教師 學科教學知識之比較

邱美虹¹ 江玉婷²

¹ 國立台灣師範大學 科學教育研究所

² 台北市立成淵高中

(投稿日期：85 年 10 月 19 日，接受日期：86 年 11 月 20 日)

摘要：本研究主要是應用 Shulman (1986) 學科教學知識 (Pedagogical content knowledge, PCK) 的理念，再配合 Cochran, DeRuiter，和 King (1991) 所提出的學科教學知識之知曉 (Pedagogical content knowing, PCKg)，探討地球科學科初任教師與資深教師在轉換自己的學科知識成為可教給學生的知識時所呈現的學科教學知識。

研究結果顯示：教學策略與教學目標的知識：四位教師的教學策略與教學目標的知識並無明顯的差異，很難以絕對的標準來區分初任教師與資深教師之不同。學科的知識：四位教師的學科知識架構都呈現清楚的邏輯先後次序，且資深教師在知識架構上較為完整。但資深教師與初任教師都擁有一些迷思概念，前者出現在補充資料上，而後者除了出現在補充資料外，有些還是課本上的基本概念。教學情境的知識：初任教師與資深教師教室管理的表現並無顯著的差異。惟資深教師似乎比初任教師更能利用社區的資源。課程的知識：四位教師都很重視地球科學課程與日常生活相結合的重要性，並肯定「地球系統」(Earth Systems, ES) 及「科學、技術、社會」(Science, Technology, Society, STS) 的課程設計理念有助於地球科學的學習。(5)學生的知識：資深教師基於多年的教學經驗，能預知學生學習上可能會遭遇到的困難，並做適當的解釋。

關鍵詞：學科教學知識、地球科學、初任教師、資深教師

壹、前言

直覺的，我們總認為一個教師的教學是否有效，取決於教師對所教學科知識的了解。然而對教學而言，這個條件並不足夠，教師除了要對所教的學科有深入的了解之外，還要知道如何幫助學生了解學科知識。教師必須要有能力選擇適當的教學內容、適當的教學表徵形式，有順序、有組織的將這些教學材料傳遞給學生，才算是有效的教學。換句話說，教師除了須具備學科知識 (Subject matter knowledge) 之外，還要具備學科教學知識 (Pedagogical content knowledge, PCK) (Wilson, Shulman, & Richert, 1987)。

在師範教育中，「學科」與「教育」經常是分開的，被視為是獨立的，很少將兩者連結在一起 (Wilson, Shulman, & Richert, 1987)。根據 Shulman (1986) 的研究，過去的師範教育過分強調學科知識的重要性，很少考慮到教學的層面，而最近的師範教育則是太重視教育的專業知識（像是作計劃、評量、教室管理…等等），忽略了學科知識 (Gagne, Yekovich, & Yekovich, 1993)。Ball 和 Mcdiarmid (1990) 的研究也指出，近幾十年來，很多師範教育的研究都是以研究教學方法對教學成效的影響為主，將一般教學知識與學科知識分開，像是教師如何問問題、如何設計課程及家庭作業、如何評量學生的表現、等候的時間 (Wait time)、如何使用具體的實例和動手操作…等等，而忽略了教師的學科知識 (Cochran, *et al.*, 1993)。事實上，教師的教學知識與學科知識對有效的教學而言是同等重要的。

Wilson, *et al.* (1987) 根據前人的研究提出了下面三項教師專業知識的基礎架構：

1. 一般教學知識 (General pedagogical knowledge)：教學與學習的理論及原理、有關學習者的知識、教室管理的原理與技巧。
2. 學科知識 (Subject matter knowledge)：學科領域中的概念及其架構。
3. 學科教學知識 (Pedagogical content knowledge)：教授特定知識的原理與技巧，包含教師如何教學、學生如何學習、有那些常見的迷思概念、如何組織課程材料…等等。以教學為目的，將學科知識轉變成可教給學生的知識。

Wilson 等人認為學科教學知識與一般教學知識及學科知識有著密不可分的

關係，教師的學科教學知識會受到本身的一般教學知識和學科知識雙方面的影響。Shulman (1987) 的研究也指出，在教師教學所需要的各種知識中以「學科教學知識」為最重要，因為這正是區別具有專業知識的專家與會教這門知識的教師最明顯的不同之處。

學科教學知識具有獨特性，不同學科的教師所須具備的學科教學知識不同，所使用的教學方法也不一樣。目前有關教師學科教學知識的研究主要是以數學 (Marks, 1990)、英文 (Grossman, 1988; 1989)、物理 (Hashweh, 1987; Lynn, 1989；張惠博，1994)、化學 (Geddis, Onslow, Beynon, & Oesch, 1993; Clermont, Krajcik, & Borko, 1993；段曉林，1995a; 1995b；楊永華、邱文純，1994)、生物 (Hashweh, 1987；林曉雯，1994)、社會 (Gudmundsdottir, 1987; Gudmundsdottir, & Shulman, 1987) 及一般科學 (Peters, 1990; Smith, 1989; Sanders, Borko, & Lockard, 1993) 為主，尚未有專門以地球科學為主，探討教師的學科教學知識。所以本研究嘗試以四位國中地球科學教師為對象，探討初任教師與資深教師在轉換自己的學科知識成為可教給學生的知識時所呈現的學科教學知識。

貳、研究目的

本研究根據學者們對學科教學知識的看法 (e.g., Cochran, DeRuiter, & King, 1991; Geddis, *et al.*, 1993; Grossman, 1988, 1989; Marks, 1990; Wilson, *et al.*, 1987)，再配合本研究所觀察到的結果，認為學科教學知識是由五種知識互動產生的，包括：教學策略與教學目標的知識、學科的知識、教學情境的知識、課程的知識與學習者的知識。因此，本研究的研究目的是探討初任教師與資深教師在轉換自己的學科知識成為可教給學生的知識時，在這五種知識上所呈現的學科教學知識之異同。

參、研究問題

本研究主要是探討初任地球科學教師與資深地球科學教師在學科教學知識上之異同。本研究之研究問題如下：

1. 初任地球科學教師與資深地球科學教師在教學策略與教學目標的知識上之異同。

2. 初任地球科學教師與資深地球科學教師在學科知識上之異同。
3. 初任地球科學教師與資深地球科學教師在教學情境知識上之異同。
4. 初任地球科學教師與資深地球科學教師在課程的知識上之異同。
5. 初任地球科學教師與資深地球科學教師在學習者的知識上之異同。

肆、文獻探討

本研究主要是以國中地球科學課程中板塊構造運動學說為題材，探討四位教師的學科教學知識，以下將分別探討學科教學知識的意義、學科教學知識的結構、學科教學知識的相關研究及板塊構造運動學說的相關研究。

一、學科教學知識的意義

學科教學知識這個名詞最早是由 Shulman (1986) 所提出的，他認為教師在準備實際教學之前，會發展一個新的、由不同形式知識（如：學習者的知識、課程知識、學習環境的知識及教學知識）所組成的知識結構，稱之為學科教學知識。

…學科教學知識必須能將所教授的內容在教學中具體的表現出來。學科教學知識應包含在某一領域中最常被教授的主題、對這些主題最有效的表徵形式，最有力的類比、闡述、範例、解釋和說明。一言以蔽之，就是教師用來陳述、表達學科內容使別人能理解的方法。學科教學知識同時還包含對特定概念學習難易的了解，以及對不同年齡和背景的學生的概念及先前概念的理解… (Shulman, 1986)

Dewey (1902) 在解釋科學家所了解的學科內容與教學時所需了解的學科內容的不同點時曾提到，科學家關心的是事實、是研究問題的真相，而教師所關心的是學科內容與個人發展及生活經驗的關係 (Wilson, et al., 1987)。

Cochran, DeRuiter，和 King (1991) 也指出，一個有經驗的科學教師，他的科學知識是以「教學」的觀點所組織的，是用來幫助學生了解科學的概念；而科學家的知識是以「研究」的觀點所組織的，是用來發展及建構那個領域的新知識，所以學科教學知識是教師之所以成為教師而非學科專家的關鍵因素。

誠如 Clermont, Krajcik，和 Borko (1993) 而言：學科教學知識是一個整合

性的知識，它幫助教師了解學科知識的主題、如何組織問題以及課程內容呈現的方法，並不斷的加以調整以適應不同興趣、能力的學習者的需要，然後將它表現在教學計劃或實際的教學上面，象徵著教師的專業知識背景。

根據 Wilson, Shulman, 和 Richert (1987) 對教師所提出的 PCK 理念，Cochran, DeRuiter, 和 King (1993) 則從學習的建構主義觀點出發並兼顧在教學與師資培育上的應用修正 PCK 後，進而對師資培育提出整合型模式「學科教學知識之知曉」(Pedagogical content knowing, PCKg)。他們強調的是教師必須扮演主動學習的角色來了解學生在教學中的角色，以幫助其在教學上的表現。而這觀點在 Shulman 的 PCK 中並未被清楚的闡述 (McEwan & Bull, 1991)。但 Shulman (1987) 曾提出 PCK 的發展須經由理解 (Comprehension)、轉換 (Transformation)、教學 (Instruction)、評量 (Evaluation)、反思 (Reflection)、新的理解 (Newcomprehension) 的過程，才能將教學內容完整的表徵出來且才能再作適當修正。因此事實上 Shulman 的 PCK 模式也已包含了所謂動態的層面以及教師不斷自我成長的因子，故二者在本質上實無差異。但本文先針對各知識表徵加以分析，至於動態層面的分析則於他處再為文討論之。

二、學科教學知識的結構

學科教學知識的結構包含那些成分？是由那些知識互動所產生的？各方學者的看法不一，各有強調的重點（附錄一），學者所強調的重點基本上可分為六種：

1. 教學的知識：包括教學目標、教學策略、不同教學表徵形式及教學過程的知識（如 Wilson, *et al.*, 1987; Grossman, 1988; Tamir, 1988; Marks, 1990; Cochran, DeRuiter, & King, 1991; Geddis, *et al.*, 1993）
2. 學科知識：如對其所任教的學科所持有的知識 (Marks, 1990; Cochran, *et al.*, 1991)。
3. 教學情境的知識：如教學資源的應用、教室管理與教學環境的規劃等 (Wilson, Shulman, , Richert, 1987; Cochran, DeRuiter, 和 King, 1991)
4. 課程的知識：如對概念學習先後次序的理解、課程（含實驗）設計的內容及其理念 (Wilson, Shulman, & Richert, 1987; Grossman, 1988; Tamir, 1988; Geddis, *et al.*, 1993)

5. 學習者的知識：如 Tamir (1988) 指出此知識為教師了解學生對該主題常有的概念和迷思概念；又如 Grossman (1988) 認為是教師對學生如何學習知識的知識；其他亦有學者如 Wilson, Shulman 和 Richert, (1987) ; Marks, (1990); Cochran, DeRuiter 和 King, (1991); Geddis, *et al.* (1993) 提及其重要性。

6. 其他：Marks (1990) 強調教學媒體知識的重要性。Tamir (1988) 除了強調評量的知識之外，還特別指出每一項要素都具有知識與技術兩個層面。

由此可見，教師的學科教學知識是由多種知識互動所產生的整合性知識，這些知識都會影響教師在實際教學情境中的表現。其中，Cochran 等人 (1991) 更強調學科教學知識在發展過程的動態特質，因此將知識 (Knowledge) 改以知曉 (Knowing) 取代，而成為學科教學知識之知曉 (Pedagogical content knowing, PCKg)。

四、學科教學知識的相關研究

目前有關學科教學知識的相關研究大致可分為三方面：專家教師與生手教師學科教學知識的比較、學科教學知識與教學、學科教學知識與學習等，以下將分別探討這三個主題。

(一)專家教師與生手教師學科教學知識的比較

目前有關這方面的研究，主要是以史丹福大學的教學知識成長計劃 (Stanford project: Knowledge growth in teaching) 為主，研究結果顯示：

1. 生手教師的學科教學知識較不完整，且限於表面的層次 (Carpenter, *et al.*, 1988; Feiman-Nemser, & Parker, 1990; Gudmundsdottir, & Shulman, 1987; Shulman, 1987)。
2. 生手教師依賴從教科書中獲得的學科知識，常表現出較無連貫性的架構，而且常在尚未評量學生的先備知識、能力或學習策略之前就作教學的決定 (Carpenter *et al.*, 1988)。
3. 生手教師對如何轉換及陳述概念使學生了解感到很困擾 (Feiman-Nemser, & Parker, 1990; Wilson, Shulman, & Richert, 1987)。

除此之外，Clermont, Borko 和 Krajcik (1994) 在研究七名初任化學教師與五名資深化學教師（小學到高中都有）的學科教學知識時也發現，資深

教師表現出較佳的表達及適應能力，討論較多與課程相關的概念，能運用多樣的方法演示同一個概念，能舉出較多的例子，而初任教師有時甚至還會有錯誤的示範。

Hashweh (1987) 和 Sanders, Borko, 和 Lockard (1993) 做了與前面類似的研究，不過他們不是比較初任教師與專家教師，而是研究資深教師在教自己專長與不專長的科目時的教學表現。結果發現，教師在教自己專長的科目時，可以很清楚的了解課程的主旨，並且能根據自己的經驗，修正課程的內容，運用正確的、相關的類比與範例來說明教材的內容，並且能有效的處理學生的迷思概念。但是在教自己不專長的學科時，這些有經驗的教師有時會表現的如同生手教師一樣，出現一些迷思概念，或是不能很好的組織教學計劃及教學內容。

國內方面，張惠博 (1994) 以五位初任教師為對象，利用問卷、晤談及教室觀察進行研究。研究結果指出，初任教師的關切與困擾，多屬可以預期的問題。初任科學教師學科內容與教學知識的結構常是簡單的層次展現或僅是各學科名詞的羅列，他們的課室教學策略仍有窄化及慣性的傾向，同時對於教學欠缺深度的反省與實踐，並經常面臨現實與理想的選擇與掙扎。楊永華與邱文純 (1994) 針對兩名（資深與初任）理化教師，作實驗教學的教學模式與師生互動狀況的比較研究。研究結果發現，資深教師有良好的教室經營策略，能夠有效的控制學生的秩序及課程的進度，故上課的形態多樣化；而初任教師因缺乏經驗，常忙於控制學生的秩序而無法有效的運用各種教學策略。段曉林 (1995a) 是對一位職前化學教師在上實習課期間，其教學前、教學中、教學後之思考進行研究。研究結果指出，職前化學教師的思考著重於課程概念的組織化，因此在教學後的反省，也以自我教學的適應性為考量的範疇。

(二)學科教學知識與教學

在研究初任教師學科教學知識成長方面，Grossman (1989) 曾以六名中學英語教師（三名接受過師範教育學程的訓練、三名未接受過師範教育學程的訓練）為對象，進行五次的結構性晤談及教室觀察。結果發現，三位未受過師範教育訓練的教師以學科導向來教學，其中兩位教師特別注重課文的寫作分析；而受過師範教育訓練的教師則比較注重讀物與學生經驗的連結，並

將課文當作是學習溝通與自我表達的工具。在教材內容選擇上，受過師範教育訓練的教師會考慮學生的興趣也會針對學生的需要作不同的調整。Clermont, Krajcik，和 Borko (1993) 以八名化學教師為對象，進行研習會前後的晤談，探討研習會（內容主要包括了理論、模仿、練習與回饋等）對初任教師學科教學知識發展的影響。結果顯示，短期的研習會可以增進初任教師學科教學知識的成長。Mason (1988) 與 Geddis, *et al.* (1993) 對初任教師的研究顯示，經由共同合作的方式，有助於初任教師發展學科教學知識。他們同時也指出初任教師非常重視學科知識，經常忽略了教學的思考，在組織科學知識與運用有效教學策略上遇到很大的困難，作者認為學科教學知識對初任教師轉換教學內容成為學生可理解的知識是非常重要的，應該要在師範教育課程中教導初任教師如何應用教學課程中所得到的資料與學科知識相結合。

其他有關學科教學知識對教學的影響指出，教師的學科教學知識會影響教師執行教學計劃的能力及教學技能 (Lynn, 1989; Smith, 1989)。教師對學科的價值取向也會影響取材內容、教學策略與課本的選擇及對學生需要的了解 (Gudmundsdottir, 1990)。

(三)學科教學知識與學習

在學科教學知識與學習方面，Magnusson, *et al.* (1992) 認為學生的知識與教師的知識及陳述機會的多寡有關：教師知識很紮實，但陳述機會很少時，學生知識沒有改變；教師知識很紮實，陳述機會很多時，學生知識增加；而教師知識不紮實，陳述機會很多時，學生知識沒有增加。Bellamy, Borko 和 Lockard (1992) 也做了類似的研究，結果發現教師的遺傳學知識並不能促進學生對遺傳概念的理解，作者認為教師的教學知識與學科教學知識對提升學生對科學概念的理解是必要的 (Tobin, Tippins, & Gallard, 1994)。

由以上的相關研究可以看出，資深教師與初任教師的學科教學知識不同，這些學科教學知識會影響他們執行教學計劃的能力以及教學時所使用的教學策略。不同領域的教師他們所具備的學科教學知識不同，即使是有經驗的教師，在教授自己不熟悉的科目時，也會表現的如同生手教師一般。教師的學科教學知識可經由師範教育的訓練、參加研習會及合作努力的方式成長。另外，教師單有學科知識是不夠的，必須配合教師的教學知識及學科教

學知識才能有效的提升學生對科學概念的理解，這點與 Wilson, Shulman, & Richert (1987) 所持的觀點一致。

五、板塊構造運動學說的相關研究

板塊構造運動學說是由一連串的學說與理論不斷演變發展而成的，包括大陸漂移學說、海底擴張學說、地磁學及磁極的漂移、轉型斷層、深海鑽探及海洋地質資料的證實等等。整個學說的提出是科學上的大革命，因為它可以把地球上以前認為無法解釋或相互無關係的很多地質現象連貫起來，如地震、火山活動、岩漿侵入、變質作用與造山運動等等，全部用一個綜合的學說來解釋（何春蓀，1987）。

選擇板塊構造運動學說作為研究的主題，主要是基於時間與學科內容性質的考量。對國中學生而言，「板塊構造運動」的概念是比較複雜和抽象的，教師在教授這個單元內容時必須比同一冊其他的單元內容作更多教學上的轉換，來幫助學生學習這個概念。所以選擇這個單元內容可以比較清楚的了解資深教師與初任教師在轉換自己的學科知識成為可教給學生的知識時所使用的學科教學知識，以及這些學科教學知識發展的動態過程。

過去有關板塊構造運動的研究，主要都是以大學生為對象，探討課程中可使用的教學活動及練習作業 (Bates, 1990; Bykerk-Kauffman, 1989; Shea, 1988a; 1988b; 1988c; 1989)，比較少針對中學以下的學生作相關的研究。由於本研究是以國中學生為對象，所以文獻中將只探討這一部分。

Hanif (1990) 在他的研究中探討了一些與地震相關的主題，如震波、板塊的移動及地震規模等，並且藉兩個很簡單的活動來幫助學生理解聚合性、張裂性及錯動性的板塊界線。這兩個活動分別是以兩手操作及以筆記本操作來模擬板塊移動的情形。

Lary 和 Krockover (1987) 以設計活動來幫助學生了解火山岩的種類與板塊運動形式之間的關係。活動分成兩個部分，第一部分：要求學生將火山位置標示在世界地圖上，接著問學生火山的分布是否在同一個區域？然後將火山分布圖與板塊分布圖作對照，看學生能不能以板塊運動來解釋火山的分布。第二部分：討論岩石的來源和噴出形式與那些特性有關？給學生各地岩石的 SiO_2 含量分析表，教學生根據表上的資料，將太平洋上的火山，依照不同的含量標示出來（

如： SiO_2 含量超過 66% 的塗上紅色），接著討論五個問題（如：高 SiO_2 含量的岩石來自那裡？為什麼？伴隨什麼形式的板塊運動？）除了上述兩個部分之外，作者還建議教師可增加地震分布圖與板塊分布圖的對照，幫助學生學習板塊界線與其他伴隨的特性。

Monks, *et al.* (1985) 利用密集的時間序列設計，研究認知層次、性別及智商與板塊構造運動概念學習的關係。結果顯示，「具體」認知傾向組的學生，學習狀況沒有顯著的不同；而「形式」認知傾向組的學生，學習狀況有顯著的不同；高智商學生的學習成就優於低智商的學生，性別與成就之間無顯著的關係存在。

從以上的相關研究可以看出，板塊構造運動是比較抽象和難以理解的概念，學生的認知層次會影響他在學習此概念的表現，教師在教學時必須透過不同的活動來幫助學生了解這個概念。

伍、研究方法

本研究採用個案研究法，利用教室觀察及教師晤談來了解資深教師與初任教師的學科教學知識以及學科教學知識發展的動態過程。本章將分成六個部分說明研究架構、研究對象、資料收集方法、實施程序、資料處理及研究的信度與效度。

一、研究架構

研究者根據前面文獻探討的結果並修改 Cochran, DeRuiter 和 King (1991; 1993) 所提出的 PCKg 模式，提出教師的學科教學知識的結構是一種由五項知識互動而產生的整合性知識，其中包括：教學策略與教學目標的知識、學科的知識、教學情境的知識、課程的知識與學生的知識，如圖一個示（箭頭代表知識成長的方向）。因此本研究的設計不論是在問卷的設計或觀察項目的選擇，都是根據這五個向度採取由上而下 (Top-down) 的方式來進行。而研究結果也將從這五方面來探討初任教師與資深教師學科教學知識的異同處。

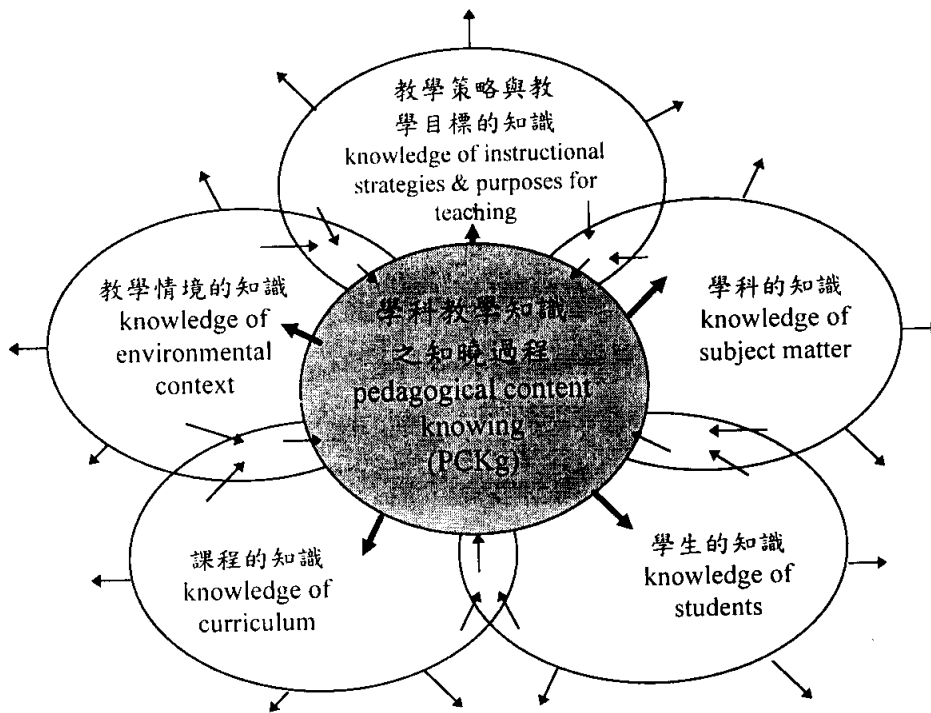


圖 1 學科教學知識的結構

二、研究對象

我們現行的國中地球科學課程是從民國 75 年開始實施的，至今只有十年的時間，所以研究者根據研究的目的，將教學經驗超過五年以上的教師當作資深教師，所以第一年分發實習的教師當作初任教師。研究者先向教師說明研究的目的與研究者的角色，然後探詢教師參與研究的意願，最後為方便長期觀察，選擇任教於台北縣市的四位教師（兩名初任教師、兩名資深教師）作為研究的對象。根據參與意願，四位教師恰好都是女性，分別在四所不同的國中任教。為了保護四位參與者的身份，本研究將採匿名的方式來作相關的敘述。四位教師的特性如表 1 所示：

表 1：四位教師的特性

教師代號	B1	B2	E1	E2
任教年資	0.4	0.4	5.4	7.4
學 歷	大學：地球科學	大學：地球科學	大學：地球科學 碩士：地球科學	大學：地球科學
職 務	副組長	導師	專任教師	專任教師
任教科目	地球科學(8班)	地球科學(4班) 健康教育(3班)	地球科學(11班)	地球科學(11班)
觀察班級性質	男女合班(38人)	男女合班(35人)	女生班(43人)	男女合班(44人)
得獎記錄			參加兩屆教具展， 榮獲優等獎與佳作 獎	指導學生參加科 學展覽榮獲佳作 獎

註：B1,B2代表初任教師(Beginning teachers)，E1,E2代表資深教師(Experienced teachers)

三、資料收集方法

有關本研究所探討的五個向度，作者顧及觀察並未能完全說明其所持有之知識部分，故也同時進行晤談使彼此能相互驗證。在這五個向度中，可考慮其他資料收集方式的有學科知識，然為尊重所參與的教師，本研究並未以紙筆方式進行評量，而從其教學過程所呈現的進行評估其知識之正確與否。因此，本研究的資料收集方法主要以教室觀察及教師晤談為主。以下分別敘述。

(一)教室觀察

為了了解教師實際的教學表現，採用教室觀察的方式，觀察教師教授國中地球科學課程第六章「地殼變動(二)板塊構造運動」及第七章「地球歷史和地質年代」的情形。在觀察之前，向四位教師解釋觀察的目的是希望了解教師上課的情形，研究者以不影響上課為原則，在教室後面進行教學的觀察。由於現場的筆記很難完整的記錄上課的詳細情形，所以必須進行全程的錄影，研究者在教室前後各安置一部攝影機，同時記錄教師的教學及學生的反應情形，以便做事後的分

析。爲了使教師及學生熟悉整個觀察及錄影的過程，並且減低教師與學生因爲被觀察而與平常表現不同所可能產生的偏誤，在正式觀察之前，先以第五章做練習，一方面讓教師及學生熟悉有觀察者的情況，一方面研究者也熟悉整個錄影的流程，儘可能將錯誤減到最低。每位教師的正式觀察時間約爲七～九節課（每節 50 分鐘，合計 350-450 分鐘）。

(二)教師晤談

本研究採用結構性晤談的方式，了解四位教師的背景、準備教材的過程、教學評量的方式、對學生學習困難的理解及對課程的看法…等等，在晤談之前先向四位教師解釋晤談的目的並說明錄音的必要性。教師晤談共進行三次（詳見實施程序部分）。由於我們現行的教材是統一的版本，很難從教師所選用的教材中了解教師的課程理念，所以除了晤談之外，研究者還準備了四份不同版本的教材供教師閱讀及提出個人的見解。爲顧及教師有足夠時間仔細閱讀四份教材，故未立即晤談，而改以問卷的方式讓教師填寫意見。這四份不同版本的教材每一份有三頁，內容所以溫室效應及臭氧層破洞爲主，只是編寫的方式與課程的活動不同，茲簡單說明如下：

A 教材是傳統式的教材並配合圖表及數據說明之。B 教材與 A 教材十分類似，但改以示意圖的方式說明之（圖片摘自牛頓雜誌，1984；劉迪譯，1988，1989）。C 教材爲 STS 教材，摘錄自 Science Plus (1989) 地球科學部分的第三章第二課，教材的內容是從學生平常就可接觸到的經驗談起（季良玉，1994）。D 教材也是 STS 教材，取材自日本丹治一義等所編的 STS 教材模組（魏明通，1994），透過各種不同的情境與活動，讓學生了解環境問題與自己本身的關係（內文部分摘自環保署，1991）。

除了上述兩個主要資料的收集方式之外，研究者也隨時收集教師在教學時所使用的講義、練習卷、試卷及家庭作業等，並且儘可能的將教師的自發性反省記錄下來。

四、實施程序

研究者根據教師參與研究的意願，選擇在台北縣市任教的四位（兩位初任、兩位資深）教師作爲研究對象，四位教師的班級都是屬於常態編班，因此選擇任何一個班級都不會有太大的差異，所以基於觀察時間上的需要（四位教師的觀察

時間需錯開)，研究者依據教師的課表，各選定其中一個班級作為觀察的對象。為了使觀察工作能順利進行，研究者先在 83 年 11 月中旬進行第五章「地質構造」的試驗性觀察及錄影（約 3-4 節課），然後利用教師課餘的時間，與教師進行第一次結構性晤談，了解教師準備第六章教材的情況及對學生學習第六章的理解等等。接著在 12 月初，進行第六章「板塊構造運動」的正式觀察及錄影，觀察結束之後，與教師進行第二次結構性晤談，了解教師準備第七章教材的過程及對學生學習第七章的理解，然後進行第七章「地球歷史和地質時代」的正式觀察及錄影。正式觀察的時間前後共 7-9 節課（每節 50 分鐘），合計 350-450 分鐘。正式觀察結束之後，與教師進行第三次結構性晤談，了解教師對教學、課程及學生的看法，並且發給每位教師四份教材及一份教師對教材的意見問卷，請教師填寫，整個資料收集的工作到 84 年 1 月底全部完成。

五、資料處理

本研究資料處理的方式如下：

(一)教室觀察

1. 將教室觀察的錄影帶資料逐字轉成文字資料。
2. 在文字資料旁邊加註教師的板書、圖表、教具的使用情形、教師的行為、教學內容的正確性及其他相關的評註。
3. 根據資料繪製教師的知識架構圖（詳見江玉婷，1995）。圖中每一個方格代表一個陳述，可能是一個名詞或是一個概念，黑色實線是用來表示每一個陳述之間彼此的邏輯關係，方格與黑色實線合起來，代表教師的知識架構。註明紅色箭頭的實線是用來表示教師在教學時，跨越不同層級概念所做的連結。如果有兩所以上的概念使用同一個教學表徵，就用虛線方格將它們圈在一起。
4. 比較四位教師的知識架構與教學表現。

(二)教師晤談

1. 將四位教師晤談的錄音帶逐字轉成文字資料。
2. 整理晤談資料與教師填寫的對教材意見的問卷。
3. 根據資料繪製四位教師的比較表。

六、信度與效度

本研究根據 Muralidhar (1993) 與 Merriam (1988) 所提出的參與者檢驗、同儕檢驗 (Peer examination) 來增加研究的內在效度 (Internal validity)，而利用多重資料來源、研究者的定位、查核追蹤 (Audit trail) 來增加研究的信度 (Reliability)。本研究所採取的方式如下：

(一)研究的內在效度

1. 參與者檢驗：為減低研究者本身的誤差及確認研究的真實性，本研究在分析完成之後，請參與的四位教師根據錄影帶的內容及分類的標準，重新檢視分析結果的適切性。此步驟可視為本研究的特色之一。
2. 同儕檢驗：本研究在分析過程中，兩位作者除彼此不斷檢驗所依據分類的標準是否一致，並對不一致的部分進行討論，作為重新修改的依據外，同時亦請熟悉該研究進行的地科教師針對分類提出意見。

(二)研究的信度

1. 三角資料對照法：本研究採用多重資料收集及分析的方式來提高研究之可信度及內在效度 (Internal validity) (Merriam, 1988, p. 172)。
2. 研究者的定位：本論文之作者將本研究的假設及理論基礎、研究者在研究中的定位、選擇受訪者的基準和對受訪者的描述、以及資料收集的情境詳加說明如前，以提高本研究的信度 (Goets & LeCompte, 1984, pp. 214-215; 引自 Merriam, 1988, p. 172)。
3. 查核追蹤：本研究之作者盡量將研究架構、個案選擇、資料收集與分析方法於文中詳細交代，供讀者進行查核追蹤以了解本研究之進行，作為提高本研究在取樣及分析上信度之參考。

陸、結果與討論

研究者根據前面的研究架構，將教師的學科教學知識分成教學策略與教學目標的知識、學科的知識、教學情境的知識、課程的知識及學生的知識五方面，分別探討初任教師與資深教師學科教學知識的不同點。以下將分別加以討論。

一、教學策略與教學目標的知識

科學教室中會遇到各式各樣的學生，學生之間有個別差異，例如：每位學生的認知階段不同、學習概念的速度不一樣、學習的技巧有別…等，所以教師必須將教學方法做一番調整，來適應學生的需要。

四位教師對學生的個別差異採取不盡相同的策略，B2 教師根據是否為升學導向的學生進行些許的調整，E2 教師以大多數學生的學習為主，但對能力較佳者，給予適時回饋，此點與 E1 相同。至於 B1 則強調反覆說明的教學策略。推測其原因，面對班級人數較多時，實難兼顧個別需要，故教師多以目前的教學方式為主，不太願意進行改變。

對於補救教學的方法，四位教師中僅有 B1 和 E1 兩位教師進行補救教學，兩位教師補救教學的方法不同，B1 教師是以教師為中心，重複講教學生困難的部分，E1 教師則是以學生為中心，透過多次的練習，幫助學生找出自己的問題所在，並鼓勵學生主動與教師討論。

至於教師在引起學生學習動機與興趣時，四位教師的想法與教學表現十分吻合。如：

B1 教師表示應經常變換不同的方式來引起學生學習的興趣（如掛圖、影片、化石），B2、E1 兩位教師都是以與生活關係相關的問題或內容來引起學生學習的興趣，而 E2 教師則是偏好使用幻燈片及標本（如礦物、岩石）引起學生的學習興趣。觀察四位教師的教學，B1 教師在教第六章時使用掛圖和兩部影片來輔助口語的說明，在教第七章時提供許多化石標本讓學生觀賞，並且使用一個耳熟能詳的電視廣告，引入教學的主題。

B1: 有一個很有名的電視廣告，它是軟片，他說有人用筆來寫日記，有人用歲月寫日記，把日記寫在臉上，滿臉的皺紋，有人用他們的軟片寫日記，那你們寫不寫日記？

S：不寫。

B1: 為什麼不寫？

S：我們用歲月寫日記。哈哈...

B1: 有沒有人有寫的？有沒有人寫日記？（沒有人舉手）好，你們雖然不寫日記，可是這個地球它每天在寫日記，那這個地球把日記寫在

那裡？

S：地殼。

B1: 可以這麼說，地球每天把它的日記記錄在地球的岩層裡面…地層記錄了地球曾經發生過的事，可是我們真正能夠看到地球寫日記的地方，也就是說岩層有出露的地方其實很少，幾乎都有的岩石圈，有3/4都被水所淹沒，而陸地上只有被河流切割或者是某個地方發生了山崩，它表面的岩層夾帶那個它的植被崩下，才會露出，露出，這地球的日記才會露出一點點，讓人類看到。所以其實我們要去研究地球的歷史，是蠻困難的工作，雖然它的日記本這麼厚可是我們能看到的只是片段，好，可是現在呢，我們就要藉由這些片段，把地球的歷史一件一件的說清楚。(B1,1/5/95)

B2 教師在教第六章時與學生共同討論如何從資料中建立學說。E1 教師在教學時利用學生已有的生活經驗來說明課程內容的相關概念，例如用燒開水來說明地函的熱對流；在第七章的部分，E1 教師提出個人野外採集標本的經驗與學生分享引起學生學習的興趣。E2 教師播放影片、幻燈片，幫助學生了解課本所學的許多現象在自然界中的真實面貌，並提供個人收藏的化石標本讓學生觀賞。

四位教師對國中地球科學教學目標的看法是 B1、B2、E1 三位教師的看法比較偏向情意方面，B1 教師認為地球科學的教學目標是培養學生學習地球科學的興趣，B2 教師與 E2 教師則認為是培養學生愛護自然環境的態度，而 E1 教師與前面三位教師的看法不同，比較偏向技能方面，他認為地球科學的教學目標是將所學的應用到實際的日常生活當中。如：

B1: 我覺得讓學生覺得有興趣去學最重要。

B2: 對地球上的現象有一點概念，它是怎麼發生的能講出來，然後對地球上面的資源有愛惜的心理，能保護地球。

E1: 跟他們的生活有關，讓他們在生活中可以運用，然後能看的懂報上的資訊。

E2: 會欣賞自然、愛自然。

而對於學生的地球科學素養，四位教師認為：

B1: 我覺得不是零碎的，而是整體性的概念可能比較重要，譬如說像第八章把整個水資源作一個整合。

B2: 我對我教的學生的要求沒有很高，只要他們對學過的東西有印象，不覺得很排斥，對它有興趣就好了。

E1: 我覺得最重要的是他們能了解地球科學知識在應用在他們生活上有什麼關係，比如說今天發生地震的時候，他知道為什麼會發生地震，他應該怎麼處理，我覺得這就是最重要的。

E2: 會隨時注意周遭的環境，然後去觀察。

從以上的研究結果顯示，四位教師的教學策略與教學目標的知識並無明顯的差異，很難以絕對的方式或標準來區分初任教師與資深教師的不同，此結果與進行專家與生手教師的研究結果（如 Grossman, 1989）有不同的看法。

二、學科的知識

四位教師學科知識可從教師的知識架構與教學內容的正確性兩方面來探討。

(一)教師的知識架構

研究者根據教師上課的內容及組織教學內容的順序，繪製每位教師的知識架構圖（如附錄二～五所示，詳見江玉婷，1995），從教師的知識架構圖中可以看出，四位教師的知識架構大多能呈現清楚的邏輯先後次序，以第六章「板塊構造運動」單元來看，四位教師中有三位教師（B1、E1、E2）重新組織課程教材的順序，將六之三地震的部分抽出來，先談大陸漂移學說、海底擴張學說、板塊構造運動學說及板塊交界帶的重要地質作用，最後再談地震的部分；只有 B2 教師完全接受課本安排的順序，按照大陸漂移學說、海底擴張學說、板塊構造運動學說、地震、板塊交界帶的重要地質作用的順序來作說明。

四位教師都很強調大陸漂移學說證據的重要性，不過初任教師與資深教師對這些證據的理解不同，初任教師沒有區分出那些證據是韋格納當時提出大陸漂移學說時所使用的證據，那些是後來發現可以用來支持大陸漂移學說的證據，而把這些證據全部都當作是韋格納所提出的。反之，兩位資深教師都能很清楚的區分出何者是韋格納的證據，何者是韋格納之後才提出來的證據，此結果反應出資深教師對該學說的原委有較為完整的認識。

在海底擴張學說方面，E1 與 B1 兩位教師的知識架構中都顯示海底擴張學說所帶來的疑問，認為海底不斷的擴張，地球的表面積不變，所以一定要有地方變小或消滅，然而這並不是海底擴張學說不能解釋的部分。

資深教師 E2 的知識架構有一個特別與眾不同的地方，就是在大陸漂移學說與海底擴張學說之中都特別指出每一個學說的缺點，不完美之處，而這個缺點正是下一個學說所要解決的問題。

在板塊構造運動學說方面，除了 B2 教師之外，其餘三位教師都是將板塊的分布、板塊的運動、板塊與岩石圈及板塊交界帶等四個相關概念連結在一起，雖然次序上不盡相同，但所涵蓋的概念大致是一樣的，而 B2 教師則是將板塊分布、板塊與岩石圈兩個概念連結在一起，板塊的界線與板塊運動兩個概念連結在一起。

第六章主要是以科學史的方式來探討學說的演變，教學內容比較富有彈性，所以四位教師的表現差異性很大。基本上，資深教師的知識架構較初任教師完整。

(二)學科知識的正確性

研究結果顯示，初任教師與資深教師都有一些迷思概念，但迷思概念出現的地方不一樣，資深教師的迷思概念主要是出現在補充資料上面，例如 E1 教師在說明中龍的化石如何證明大陸漂移學說時提到：

E1: 我們找到了以前有一種叫什麼中龍的化石，就是類似恐龍的化石，所以發現，那種東西只能在陸地上生長，可是竟然我們在歐洲曾經找到，非洲曾經找到，而且甚至我們在北美洲也找到，南美洲也找到，那這樣子的話呢，很可能表示說那它們是曾經併在一起過，它們曾經是同樣生活在某一塊陸地上，而現在的話呢，因為分開來了，那它們已經本來就已經生長在這地方，分開來之後死亡，死在這個地方，所以我們可以在這邊找到同樣的化石。(E1,12/9/94)

而事實上，中龍只在南邊的岡瓦納大陸（現在的南美洲及非洲）可以被找到，在北美洲及歐洲是沒有的（何春蓀，1987）。初任教師的迷思概念除了補充資料之外（如證據的部分），有些是課本的基本概念。例如 B2 教師在說明七大板塊時提到：

B2: …我們來看一下課本八十二頁的這一張圖你就了解了，八十二頁那一張圖，八十二頁它是畫出一些全球幾個大板塊怎麼樣的分布，幾個？一共有幾個？

S：七。

B2: 對，七個。我們來數數看喔，第一個歐亞板塊，在上面寫個一，一會不會寫？一不會寫啊？第二個，北美洲板塊，寫個二，第三個，南美洲板塊寫個三，第四個，非洲，第五個，印澳板塊，印度澳洲我們叫做印澳板塊，第六個，最下面的一個是…各位，南極板塊，這一到六都是都是大陸板塊，還有最後一個，卻是海洋板塊，是那一一個，對，第七個，太平洋板塊，它也是…它也是整個…整個地球上面板塊面積最大的一個，最大的板塊是太平洋板塊。(B2,12/16/94)

又如 B2 教師在說明地震規模時提到：

B2: 如果說這個地震的規模是 6.4 級的話，那算是什麼樣的地震？

S：中度地震。(B2,12/20/94)

板塊並沒有分成大陸板塊與海洋板塊兩種，事實上，除了太平洋板塊和一些小板塊是完全由海洋地殼所覆蓋之外，絕大部分的板塊都是同時兼具有大陸地殼及海洋地殼。地震規模是一個數字，只有地震強度才有分級，所以教師無意之間，傳遞給學生錯誤的訊息。

綜合上述，四位教師的知識架構都呈現清楚的邏輯先後次序，但知識架構的組織不盡相同，第六章的差異性較第七章大。初任教師與資深教師都有一些迷思概念，但迷思概念出現的地方不一樣，資深教師的迷思概念主要是出現在補充資料上；而初任教師的迷思概念除了補充資料之外，有些是課本上的基本概念。

三、教學情境的知識

四位教師的教學情境知識，將從上課地點的選擇、教室管理與教學資源的應用三方面來探討。

就上課地點的選擇而言，初任教師與資深教師並沒有很大的不同，各有一位教師分組上課，一位教師在原教室上課。學生的秩序會影響初任教師對教學地點

的選擇（B1 教師從地科教室搬回原教室，B2 教師除非必要不帶學生到實驗室），但是對資深教師卻沒有影響。

在教室管理方面，B2 與 E1 兩位教師比較少花時間在管理秩序上面，但 B2 教師每次上課都要花少許的時間等學生漱洗完畢，B2 與 E1 教師比較常因為學生秩序的干擾，而打斷原有的上課程序。所以就這點而言，初任教師與資深教師並沒有太大的不同。

在教學資源的使用上面，初任教師與資深教師都能使用各種教學資源，如掛圖、模型、標本、影片等等，也能自己製作所需要的投影片；但資深教師似乎比初任教師更能利用社區的資源，如帶領學生參觀台北市植物園中的岩石教室、使用教育資料館的教學資源等。

四、課程的知識

以下將從四位教師對不同課程（包括 1. 對目前地球科學課程的看法，2. 對理想地球科學課程的看法，3. 對地球系統（Earth Systems, ES）與「科學、技術、社會」（Science, Technology, Society, STS）課程理念的看法）的看法，加以分析和比較。

1. 對目前地球科學課程的看法

四位教師當中有三位教師（B1、B2、E1）表示不滿意，教師普遍的認為現行的國中課程內容太多，與日常生活的關係不密切，不能引起學生的學習興趣。初任教師與資深教師的看法頗為一致。

2. 對理想地球科學課程的看法

B1、B2、E1 三位教師不約而同的表示，課程的安排應從日常生活中可接觸的現象開始，然後再逐漸引入學科知識的部分。

B1: 我覺得課程的安排應該是從日常生活中的現象開始，因為實際上地球就是跟我們這麼息息相關，

B2: 我覺得他可以編成一個一個的單元，例如像上冊它大部分都是介紹地質方面，課本可以編的比較本土化、生活化，譬如說今天我們來介紹我們的台北盆地，台北盆地有那幾條河流啊，那介紹河流的時候就可以介紹它的侵蝕、沈積、搬運的作用。然後台北盆地有那些火山啊，像七星山、大屯山啊，就可以介紹一下火山的噴發啊什麼

的，然後台北盆地如果介紹完了，可以介紹什麼我們的中央山脈是怎麼來的，就可以牽涉到一些什麼變質岩啊，三大岩類，變質岩、沈積岩、火成岩，中央山脈介紹完了可以介紹墾丁國家公園的地形啊，甚至有機會帶他們出去看看，這樣子他們，就是說以我們台灣當成一個教材，然後以某一個地方的重點為主，然後那個地方的重點提到地球上面有那些知識的時候再把它牽涉進來牽涉進來。

E1: 很生活化的東西，能夠信手拈來，立刻用到生活上面，像氣象報告，應該要讓他們多接觸一點，了解人家實際的一個作業，這樣會比較有趣，最好他們能夠有多一點的經驗，以板塊來講的話，我希望有好一點的教學錄影帶，我覺得課程最好是跟生活連在一起，這樣會比較能引起他們的興趣。

E2 教師與其他三位教師的觀點不同，他認為：

E2: 國中如果要上地科的話，我覺得純粹觀測，知識性的東西留到高中去教，先給他們這些經驗。

3. 對 ES 與 STS 課程理念的看法

地球系統的課程理念是強調地球的美學價值就如同音樂及藝術一樣，讓學生從欣賞地球的角度自然而然的思考資源保護、管理、利用及分配的問題，了解地球系統的運作 (Mayer, 1992)。四位教師當中只有 E1 教師曾經聽過這個課程。B1 教師認為這樣的課程設計有實際執行上的困難，B2 教師表示，在還沒有看到課程之前很難提出具體的看法，E1 和 E2 兩位教師都肯定這樣的課程設計。比較 B1 教師與 E2 教師的看法可以發現，E2 教師對教學時遇到的困難有比較妥善的解決方式，很快就聯想到可以應用媒體的方式來解決戶外教學時，時間、人力上的分配問題，而 B1 教師則沒有解決的替代方案，可能是由於 E2 教師經常使用媒體輔助教學，對媒體的應用非常熟悉的緣故。

而 STS 課程是將科學、科技和社會連結在一起，以日常生活的題材來設計課程，讓學生了解學科內容與日常生活的關係。兩位資深教師都聽過這個課程理念，四位教師對它的看法是：

B1: 其實我覺得這兩個 [ES 和 STS] 都很好啊，但是接下來的問題就是說那這個內容要怎麼樣編排，每一個現象 [如天氣現象、地震…] 到底要講到什麼樣子的程度，不過，比較起來我覺得第二個 [STS] 的可行性可能比第一個 [ES] 高。因為第一個要能夠先去欣賞，那你就必須要充分的跟這個自然有接觸的時間，可是我們現在大概是絕對沒有辦法做到這一點。

B2: 我比較傾向這個 [STS]，我比較喜歡這個 [STS]。我覺得可行性也蠻高的，其實只要生活上多花一點心就會發現說課本上的東西跟我們日常生活很有關係，只是我們課本太死板，沒有把沒有把日常生活寫進來而已，譬如說除溼機為什麼可以除溼，那既然我們要用除溼機的話，空氣中就有很多很多很多水汽，然後我們就可以講到空氣中的水汽怎麼樣啊，然後成雲致雨或者是說空氣中它的濕度潮濕度怎麼樣，我們都可以把這個東西寫到我們的課程裡面來。

E1: 我覺得很好啊，只是現在怎麼落實，STS 很可能要做到科際整合，還跟很多人文方面有關係，我希望以後能朝這個方面發展，能多關心自己的周遭的生活跟社會環境，而不是在課本上鑽研。高中現在沒有聯考，所以我覺得高中部分可能可以實行。教師的話可能要再經過訓練。

E2: 這樣當然是最好的，我的想法現在還是比較偏向引導學生去欣賞，我覺得生活經驗的推廣，找題材不太容易，因為我們的接觸面不廣，所以我不曉得這個東西運用的層面在那裡？可行性我是覺得高，但是有一個問題，學生可能也是跟我一樣沒有碰過，那這個問題，可以先看錄影帶，內容少一點就可以辦到了。

四位教師對這樣的課程設計的理念都持肯定的態度，而且認為可行性高。唯教師應接受相關理念的培訓以落實該理念。

四位教師對不同課程的看法，可以歸納成下面四點：

1. 對目前地球科學課程的看法：內容太多，與生活的關係不密切，不能引起學生的學習興趣。
2. 對理想地球科學課程的看法：課程的安排應從日常生活可接觸到的現象開

始。

3.對地球系統課程理念的看法：資深教師肯定這樣的教材設計。

4.對 STS 課程的看法：四位教師都持肯定的態度，認為可行性高。

五、學生的知識

教師對學生的知識可以從教師對學生學習困難的理解及教師對學生的理解如何影響教師實際的教學表現兩方面來探討。

(一)教師對學生學習困難的理解

教師對學生學習困難的理解可以從章節及整體課程兩方面來看，在章節的部分，以第六章而言，初任教師 B1 認為板塊的分層與板塊邊界的地質作用是最困難的，學生不容易想像板塊真正的樣子，B2 教師認為板塊的觀念、板塊在那裡以及板塊與大陸之間的關係最難以理解，E1 教師認為最困難的部分應該是機制 (Mechanism) 的問題，限於空間能力的關係，學生很難將板塊構造運動的模型，連結到他所生活的地球上；E2 教師則認為板塊如何運動最困難。B1、B2 兩位初任教師都認為板塊的構造比較困難，相對於 B1、B2 兩位教師的看法，E1、E2 兩位資深教師卻認為板塊的運動方式是最困難的，初任教師與資深教師在這方面的見解有很大的差異。

在整體課程方面，B1 教師與 B2 教師都表示，在還未教下冊之前，無法預知學生的學習困難所在，但若只以上冊的課程內容來看，最困難的部分應該是板塊構造運動，E1 和 E2 兩位資深教師都認為天文的部分是所有單元中最困難的，學生的空間能力會影響他們對天體運動概念的學習。由此可見，教師的教學經驗有助於教師了解學生學習困難之所在。

(二)教師實際的教學表現

教師對學生的理解會影響教師的實際教學表現，以全球七大主要板塊分布為例（見圖二），初任教師與資深教師在解釋「太平洋板塊是全球最大的板塊」這個概念時的教學表現不同。

以 B1 與 B2 教師為例，很明顯的可以發現，兩位初任教師都沒有察覺學生學習困難之所在，而直接告訴學生，太平洋板塊是最大的板塊。如

B1: 全球最大的板塊是什麼？

S: 歐亞。

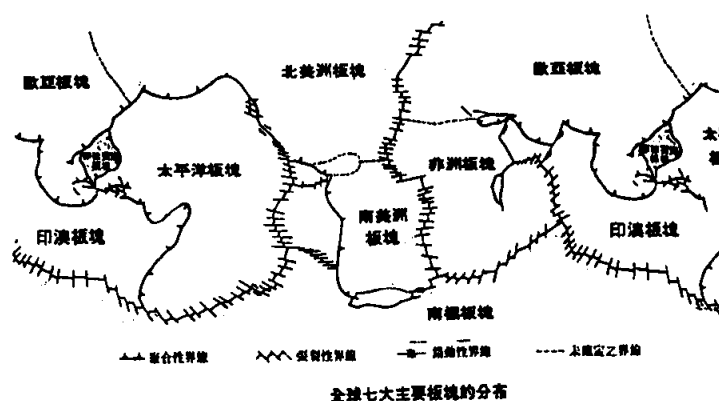


圖 2：國中課本中全球七大主要板塊的分布圖

B1: 歐亞板塊？看一下課本，是歐亞嗎？全球最大的板塊是那一個？
 （學生看課本的文字）

S：太平洋。

B1: O.K. 坐下，這七大板塊裡面呢，太平洋板塊是最大的。(B1,12/20/94)

而 B2 的解釋如下：

B2: 整個地球上，面積最大的板塊是太平洋板塊。(B2,12/16/94)

相較於於初任教師的表現，資深教師對學生的反應較能掌握，能點出學生學習困難之所在。如

E1: 七個大型的板塊，那在這裡的話呢你可以看到，在這七個大板塊裡面，請問那一個是最大的？

S：南極。

E1: 是北美洲還是南極呢？

S：南極。

E1: 不對，答案是太平洋。

S：...

E1: 看一下，看一下太平洋板塊是最大的，為什麼呢？看不出來啊？

S：對啊。

E1: 課本上說，太平洋板塊占全球表面積的五分之一，五分之一，可是看不出來，你不覺得北美洲好像比較大，或者是南美洲比較大，為什麼這個樣子呢？因為這一張圖有一點點的誤差，在什麼地方？因為我們地球是什麼形狀的？

S：圓形。

E1: 圓的，對不對？那這一張圖是什麼形狀的？

S：長方形。

E1: 長方形的？那今天你要把一個圓形的變成長方形的，你要把一個圓形的地球把它變成長方形，你會怎麼做？你要把一個圓形的地球把它變成長方形，你會怎麼做？它是一個立體的東西，你要把它拉成這樣平的，你是不是要把上面怎麼樣？拉開來，再把底下怎麼樣？拉開來，所以呢變成在上面北極的地方，在下面南極的地方，那個地方的板塊會被誇張，會拉開來，所以呢它的地就變得特別的大，事實上南極洲沒有那麼大，南極板塊也沒有那麼大，這只是誇張之後的一個結果，所以呢不要相信這個圖上的，你們看一下，課本上告訴你說，太平洋板塊是這裡面板塊最大的，它占全球表面積的五分之一左右。(E1,12/15/94)

E2: 課本 82 頁那一張圖，可能有同學會懷疑，教師，我看圖，我覺得南極板塊或是歐亞板塊或是北美洲板塊都比太平洋板塊大好多，可是你怎麼說太平洋板塊是最大？或是課本怎麼說太平洋板塊是比較大，我們這張圖實際上是一種投影法的畫法，他會把南邊的跟北邊的面積會有放大的效果，有放大的效果，所以實際上你現在看到的南極板塊、歐亞板塊跟北美洲板塊的面積都不是它真正的面積，就是說在這一張圖裡面，它的比例不是它原來的，跟實際上不一樣，在這裡你們以課本的答案為主，太平洋板塊最大。(E2,1/7/95)

資深教師基於多年的教學經驗，能預先得知學生可能會遇到的困難而先做適當的解釋，初任教師可能沒有察覺學生有這方面的問題，所以都沒有加以解釋。根據上述的分析，四位教師的學科教學知識分析如圖 3 所示。由該圖可知，初任

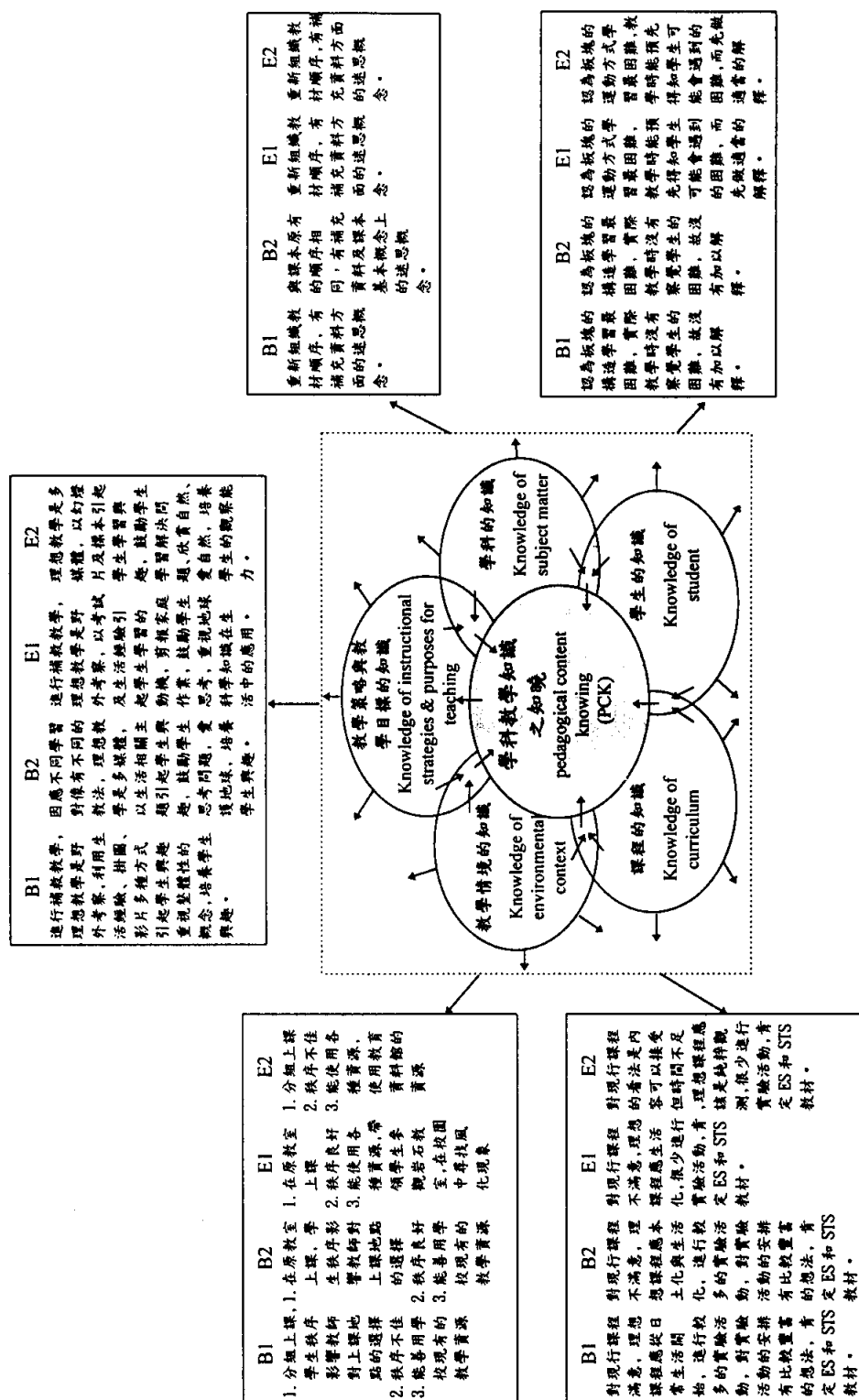


圖 3 四位教師的學科教學知識分析

教師與資深教師在五個向度的分析上各有其特色，有些資深教師表現較優異（如對學生的知識），有些則與初任教師未必有明顯的差異（如教學目標的知識），若從 Cochran, DeRuiter，和 King (1991) 的架構觀之，可將資深教師在表現優異的向度中視為具有較向外成長的特質。

柒、結論與建議

根據文獻指出，過去的研究都是以數學、英文、物理、化學、生物、社會及一般科學為主，尚未有專門以地球科學為主，探討教師的學科教學知識，本研究首次以地球科學教師為對象，且嘗試以繪圖的方式，將複雜的知識架構以簡單的圖示法所呈現，使讀者能一目了然。同時，研究者統整歸納各方學者對學科教學知識內涵的看法，將學科教學知識分成教學策略與教學目標的知識、學科的知識、教學情境的知識、課程的知識與學生的知識五種知識，並以這五種知識為基礎進行由上而下 (Top-down) 的研究晤談及觀察內容規劃，以作為比較初任教師與資深教師之異同的根據，此種嘗試將學者們 (e.g., Cochran, DeRuiter, & King, 1991; Shulman, 1986) 的論點落實在研究方法上，亦可算是本研究的一項特色。

茲將研究結果整理如下：

研究結果顯示：1. 教學策略與教學目標的知識：四位教師的教學策略與教學目標的知識並無明顯的差異，很難以絕對的標準來區分初任教師與資深教師之不同。2. 學科的知識：四位教師的學科知識架構都呈現清楚的邏輯先後次序，資深教師在知識架構上較為完整，但初任教師與資深教師都有一些迷思概念，資深教師的迷思概念出現在補充資料上，而初任教師的迷思概念除了出現在補充資料外，有些還是課本上的基本概念。3. 教學情境的知識：初任教師與資深教師教室管理的表現並無顯著的差異。且初任教師與資深教師都能使用各種教學資源，惟資深教師似乎比初任教師更能利用社區的資源。4. 課程的知識：四位教師都很重視地球科學課程與日常生活相結合的重要性，並肯定「地球系統」及「科學、技術、社會」的課程設計理念有助於地球科學的學習。5. 學生的知識：資深教師基於多年的教學經驗，能預知學生學習上可能會遭遇到的困難而做適當的解釋。

根據上述研究結果顯示，地球科學科資深教師與初任教師最大的不同在於他們對學科知識的表現。本研究發現資深教師對大陸漂移學說的証據提供較完整的

說明，同時資深教師能逐一將學說發展的歷程作邏輯性的介紹；而初任教師對此處的教學，則相對的顯得較無章法、模糊不清。這是兩組教師中較為明顯的差異性。此項研究結果除與 Clermont 等人 (1994) 的研究結果有一致性，同時也呼應 Carpenter, *et al.* (1988) 及 Feiman-Nemser, 和 Parker (1990) 對於初任教師學科知識之不足的見地。

最後，與大部分研究結果一致的便是初任教師與資深教師對學生的理解不同，資深教師基於多年的教學經驗，能預知學生可能會遇到的困難而做適當的解釋；相對的初任教師則較缺乏此方面的知識，因此對於初任教師在職前訓練中應加強此方面的知識。而對資深教師而言，此方面的知識也不容忽視。Gallagher (1996) 曾指出提供資深教師參與在職訓練的方案（如支援教師，Support Teachers），也能促使資深教師更加注意學生對科學的概念，並重新思考教師自己的教學和學生的學習障礙。因此，若從本研究所提出的學科教學知識之架構觀之，資深教師的專業成長使其表現與初任教師不同，在這架構中各向度皆有不斷進行專業成長的特質與空間，而每個向度的成長速率亦將隨教師個人背景知識、教學經驗、教學風格、及省思能力等特質而有所異，這正符合 Cochran, DeRuiter 和 King (1991; 1993) 所提 PCKg 所具有的動態之意涵。Shulman 和 Sykes (1986) 和 Shulman (1987) 也曾指出教師的知識架構並非是固定、最終的形式，教師必須透過不斷的教學推理 (Pedagogical reasoning) 過程（含理解、轉換、教學、評量、反思、新的理解），才得以使學科教學知識不斷的成長，而更加豐富。而在這些可能造成資深教師與初任教師不同的因素中，自我反思 (Self-reflection) 的能力應是一項不容忽視的教師特質。

研究者根據研究的結果提出下面兩點建議：

1. 對課程的建議：未來的教材設計，可以考慮將教材內容的順序作重新調整，依照大陸漂移學說、海底擴張學說、板塊構造運動學說、板塊交界帶的重要地質作用和地震與板塊構造運動的關係的順序來編排，並且簡要說明各個證據所代表的意義、重視學說與學說之間的連結。在教學時，可使用以教師與學生互動的教學表徵，經由問題引導與問題討論的方式，幫助學生體會科學理論建立與發展的過程。
2. 對教師工作內容的建議：從教師晤談與教室觀察中發現，初任教師一直不斷的在嘗試錯誤、摸索、尋找比較好的教學方式。研究者本身也從研究的

過程當中，體會到觀察不同教師的教學有助於提升自己的教學品質。因此研究者建議不要給初任教師太多的教學責任，讓他們有足夠的時間，專心致力於發展他們的學科教學知識，多給他們一些觀察其他教師教學的機會，幫助他們縮短摸索尋找的過程。

綜上所述，教師要進行教學活動其個人不僅要擁有豐富的學科專業知識，同時亦應了解如何將複雜的科學知識深入淺出的教給學生、如何透過不同的方式了解學生學習上的困難、以及如何於教學中有效的傳遞學生在該學科中所應培養的科學素養。除此之外，Kempa 和 Diaz (1990) 也指出，學生對於不同的教學策略有不同的偏好，因此教師在設計課程與教學上應使用多樣化的教學方式（如探索式、開放式、合作式、問題解決方式）來提供一個較佳的學習環境。教師是教學活動的靈魂人物，也是實現教學理念的掌門人，因此不斷的進行專業成長與教學反思是有其必要性的。本研究發現資深教師確有其長處值得學習，因此在教學過程或師資培育過程中如何有效的讓資深教師輔導或協助初任教師成長，行政單位應有適切的安排。

參考文獻

1. 牛頓雜誌社編輯部（1984）：地球真的越來越熱嗎？《牛頓雜誌》，第11期，頁130-131。
2. 江玉婷（1995）：《國中地球科學教師學科教學知識之研究》，國立台灣師範大學碩士論文。
3. 行政院環境保護署編（1991）：《環境保護ㄅㄆㄇ》。台北市：行政院環境保護署。
4. 何春蓀編著（1987）：《普通地質學》。台北市：五南圖書出版公司。
5. 季良玉（1994.7.25）：溫室效應：台灣的雨水越來越少。《聯合報》，第五版。
6. 季良玉（1994.7.25）：台北市每百年熱4.2℃。《聯合報》，第五版。
7. 林曉雯（1994）：《國中生物教師教學表徵的詮釋性研究》。國立台灣師範大學博士論文。
8. 段曉林（1995a）：職前中學化學教師之科學與化學概念探究－個案研究，《科學教育學刊》，第二卷，第一期，頁39-53。

9. 段曉林 (1995b) : 職前化學教師教學思考之個案研究, 《科學教育學刊》, 第二卷, 第二期, 頁 115-157。
10. 張惠博 (1994) : 《初任科學教師認知與專業的成長》。國科會專題研究報告, NSC83-011-S-018-020F。
11. 楊永華、邱文純 (1994) : 實習教師與資深教師在實驗教學上的異同。《教育研究資訊》, 第二卷, 第五期, 頁 90-110。
12. 劉迪譯 (1988) : 臭氧洞之謎。《牛頓雜誌》, 第 62 期, 頁 24-35。
13. 劉迪譯 (1989) : 臭氧洞最新動態。《牛頓雜誌》, 第 72 期, 頁 84-97。
14. 魏明通 (1994) : 各國 STS 課程教材評介(三): 日本的科學－技術－社會 STS 教育。《科學教育月刊》, 第 170 期, 頁 11-22。
15. Ball, D. L., & McDiarmid, G. W. (1990). The subject matter preparation of teachers. In W. R. Houston, & J. Sikula (Eds.). *Handbook of research on teacher education*. (pp.437-449). New York: Macmillan.
16. Bates, D. E. (1990). A simple class exercise on plate tectonic motion. *Journal of Geological Education*, 38(2), 112-115.
17. Bellamy, M., Borko, H., & Lockard, D. (1992). The roles of three types of teacher knowledge-content knowledge, pedagogical knowledge, and pedagogical content knowledge-in the teaching of high school mendelian genetics. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Boston.
18. Bykerk-Kauffman, A. (1989). A hand-on approach to teaching the terrane concept in historical geology. *Journal of Geological Education*, 37(2), 83-89.
19. Carpenter, T. P., Fennema, E., Petersen, P., & Carey, D. (1988). Teachers' pedagogical content knowledge of students' problem solving in elementary arithmetic. *Journal of Research in Mathematics Education*, 19, 385-401.
20. Clerment, C. P., Borko, H., & Krajcik, J. S. (1994). Comparative study of the pedagogical content knowledge of experienced and novice chemical demonstrators. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(4), 419-441.

21. Clerment, C. P., Krajcik, J. S., & Borko, H. (1993). The influence of an intensive inservice workshop on pedagogical content knowledge growth among novice chemical demonstrators. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(1), 21-43.
22. Cochran, K. F., DeRuiter, J. A., & King, R. A. (1991). *Pedagogical content knowledge: A tentative model for teacher preparation*. (ERIC document reproduction service No. ED 340 683)
23. Cochran, K. F., DeRuiter, J. A., & King, R. A. (1993). Pedagogical content knowing: An integrative model for teacher preparation. *Journal of Teacher Education*, 44(4), 263-272.
24. Dewey, J. (1902). The relation of theory to practice in education. In McMurry, C. A. (Ed.). *The relation of theory to practice in education of teachers, third handbook of the national society for the scientific study of education, part 1*. Bloomington, IL: Public School Publishing.
25. Feiman-Nemser, S., & Parker, M. B. (1990). Making subject matter part of the conversation in learning to teach. *Journal of Teacher Education*, 41(3), 32-43.
26. Gagne, E. D., Yekovich, C. W., & Yekovich, F. R. (1993). *The Cognitive Psychology of School Learning*. New York, NY: Harper Collins College Publishers.
27. Gallagher, J. J. (1996). Implementing teacher change at the school level. In D. F. Treagust, Duit, R., & Fraser, B. J., *Improving Teaching and Learning in Science and Mathematics*. Teachers College, Columbia University, pp.222-231.
28. Geddis, A. N., Onslow, B., Beynon, C., & Oesch, J. (1993). Transforming content knowledge: Learning to teach about isotopes. *Science Education*, 77(6), 575-591.
29. Grossman, P. L. (1988). *A Study in Contrast: Sources of Pedagogical Content Knowledge for Secondary English*. Unpublished doctoral dissertation, Stanford University.

30. Grossman, P. L. (1989). A study in contrast: Sources of pedagogical content knowledge for secondary english. *Journal of Teacher Education*, 40(5), 24-31.
31. Gudmundsdottir, S. (1987). *Learning to teach social studies: Case studies of chris and cathy*. (ERIC document reproduction service No. ED 290 700)
32. Gudmundsdottir, S., & Shulman, L. (1987). Pedagogical content knowledge in social Studies. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 31, 59-70.
33. Gudmundsdottir, S. (1990). Values in Pedagogical Content Knowledge. *Journal of Teacher Education*, 41(3), 44-52.
34. Hanif, M. (1990). As the earth quakes...what happens? *Science & Children*, 27(4), 36-39.
35. Hashweh, M. Z. (1987). Effects of subject matter knowledge in the teaching of biology, and physics. *Teacher and Teacher Education*, 3, 109-120.
36. Kempa, R. F. & Diaz, M. M. (1990). Motivational traits and preferences for different instructional modes in science education: PartI, *International Journal of Science Education*, 12, 195-205.
37. Lary, B. E., & Krockover, G. H. (1987). Maps, plates, and mount saint helens. *Science Teacher*, 54(5), 59-61.
38. Lynn, S. K. (1989). *The Relation of Content Knowledge to Instructional Performance in Physical Education*. Unpublished doctoral dissertation, South Carolina University.
39. Magnusson, S., Borko, H., Krajcik, J., & Layman, J. (1992). *The relationship between teacher content and pedagogical content knowledge and student content knowledge of heat energy and temperature*. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Boston.
40. Marks, R. (1990). Pedagogical content knowlege: From a mathematical case to a modified conception. *Journal of Teacher Education*, 41(3), 3-11.

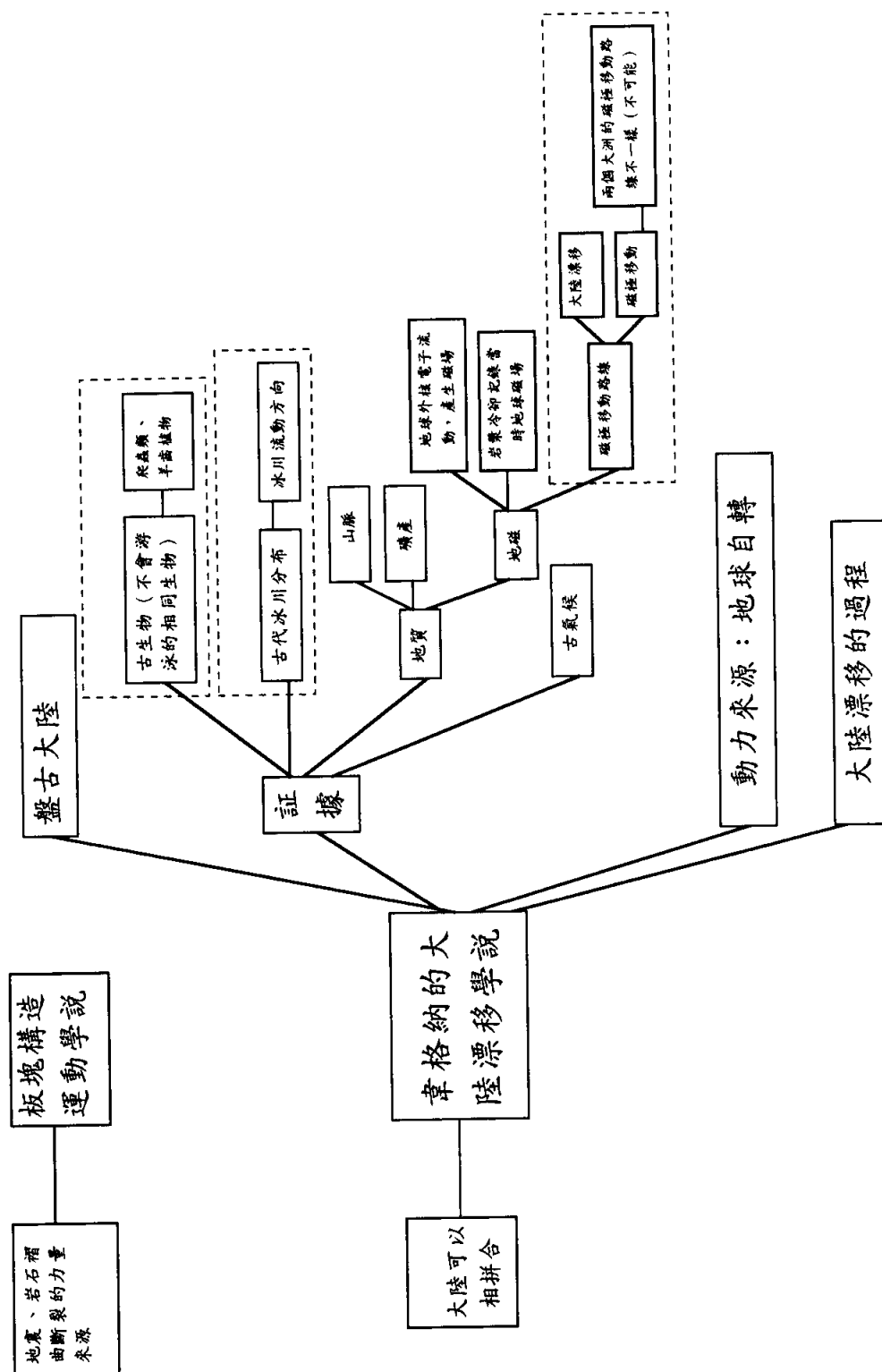
41. Mason, C. (1988). *A collaborative effort to effectively evolve pedagogical content knowledge in preservice teachers*. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Lake of the Ozarks, MO.
42. Mayer, V. J. (1992). *Earth Systems Education*. Earth Systems Education Program, The Ohio State University, Columbus, Ohio.
43. McEwan, H., & Bull, B. (1991). The pedagogic nature of subject matter knowledge. *American Educational Research Journal*, 28, 316-334.
44. Merriam, S. B. (1988). *Case Study Research in Education: A Qualitative Approach*. California: Jossey-Base Publisher.
45. Monks, J.S., & Others. (1985). *Examination of achievement differences due to cognitive tendency, sex, and IQ using intensive time-series design*. (ERIC document reproduction service No. ED 259 003)
46. Muralidhar, S. (1993). The role of multiple data sources in interpretive science education research. *International Journal of science Education*, 15 (4), 445-455.
47. Peters, J. M. (1990). *A Study of Subject Matter Knowledge in the Teaching of Science*. Unpublished doctoral dissertation, Pittsburgh University.
48. Sanders, L. R., Borko, H., & Lockard, J. D. (1993). Secondary science teachers' knowledge base when teaching science courses in and at out of their area of certification. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(7), 723-736.
49. SciencePlus. (1989). Unit 3 Ocean and Climates. Lesson 2. The Green house effect. 134-140.
50. Shea, J. H. (1988a). An exercise in paleobiogeographic similarity for undergraduate stratigraphy and paleontology courses. *Journal of Geological Education*, 35(4), 222-225.
51. Shea, J. H. (1988b). An exercise on magnetic-anomaly profiles and the geomagnetic polar-reversal time scale. *Journal of Geological Education*, 36(5), 290-297.

52. Shea, J. H. (1988c). Understanding magnetic anomalies and their significance. *Journal of Geological Education*, 36(5), 298-305.
53. Shea, J. H. (1989). An new test of plate tectonics. *Journal of Geological Education*, 37(5), 306, 358.
54. Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowing growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
55. Shulman, L. S. (1987). Knowledge and Teaching: Foundation of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22.
56. Shulman, L. S. & Sykes, G. (1986). *A National Board for Teaching? In Search of a Board Standard*. Paper commissioned for the Task Force on Teaching as a Profession, Carnegie Forum on Education and the Economy, March.
57. Smith, D. C. (1989). *The Role of Teacher Knowledge in Teaching Conceptual Change Science Lessons*. Unpublished doctoral dissertation, Delaware University.
58. Tamir, P. (1988). Subject matter and related pedagogical knowledge in teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 4, 99-110.
59. Tobin, K., Tippins, D. J., & Gallard, A. J. (1994). Research on instructional strategies for teaching science. In D. L. Gabel, *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. Macmillan Publishing Company.
60. Veenman, S. (1984). Perceived problems of beginning teachers, *Review of Educational Research*, 54, 2, 143-178.
61. Wilson, S. M. Shulman, L. S., Richert, A. E. (1987). '150 different ways' of knowing: Representation of knowledge in teaching. In J. Calderhead (Ed.). *Exploring teachers thinking* (pp.104-124). London: Cassell.

附錄一 學科教學知識的結構

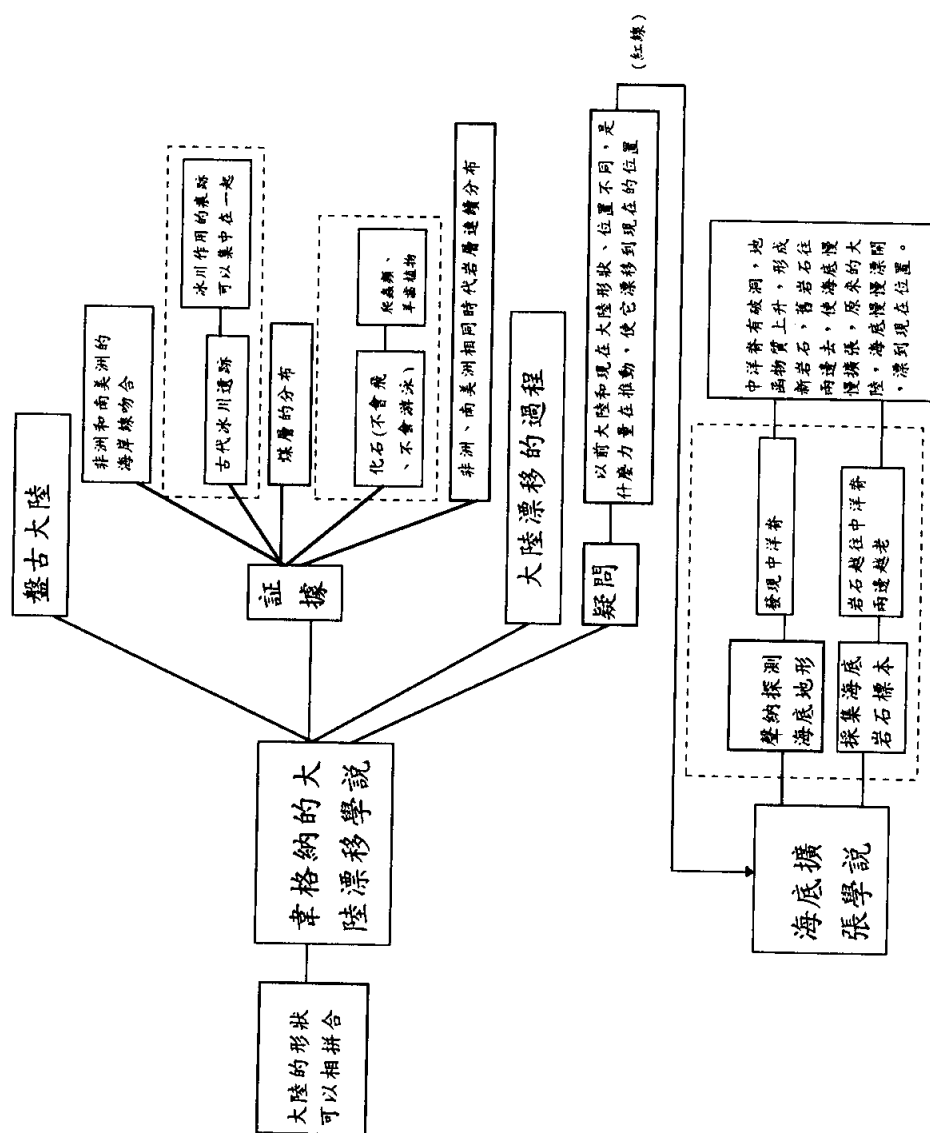
作 者	學科教學知識的結構
Wilson, Shulman, & Richert (1987)	1.學習者的知識 (knowledge of the learner) 2.課程的知識 (knowledge of the curriculum) 3.教學情境的知識 (knowledge of context) 4.教學的知識 (knowledge of pedagogy) 此外，學科知識與一般教學知識也會影響學科教學知識。
Grossman (1988)	1.學生如何學習知識的知識 (knowledge of students' understanding) 2.課程的知識 (knowledge of the curriculum) 3.教學策略的知識 (knowledge of instructional strategies) 4.教學目標的知識 (knowledge of purposes for teaching)
Tamir (1988)	1.學生 (student) <ul style="list-style-type: none"> a.知識 (knowledge)：了解學生對此主題常有的概念與迷思概念。 b.技術 (skills)：診斷學生學習困難的原因。 2.課程 (curriculum) <ul style="list-style-type: none"> a.知識 (knowledge)：了解概念學習的先後次序。 b.技術 (skills)：能設計課程的內容。 3.教學 (instruction) <ul style="list-style-type: none"> a.知識 (knowledge)：實驗課程包含三個階段：實驗前的討論、執行、實驗後的討論。 b.技術 (skills)：能操作實驗的儀器。 4.評量 (evaluation) <ul style="list-style-type: none"> a.知識 (knowledge)：了解測驗的內容與特性。 b.技術 (skills)：能評量學生的實驗操作過程技能。
Marks (1990)	1.學生的理解 (students' understanding) 2.教學媒體 (media for instruction) 3.學科知識 (subject matter) 4.教學過程 (instructional processes)
Cochran, DeRuiter, & King (1991)	1.學生的知識 (knowledge of students) 2.學科的知識 (knowledge of the subject matter) 3.教學情境的知識 (knowledge of environmental context) 4.教學的知識 (knowledge of pedagogy)
Geddis, Onslow, Beynon, & Oesch (1993)	1.學習者的先前知識 (learners prior knowledge) 2.有效的教學策略 (effective teaching strategies) 3.不同表徵形式 (alternative representation) 4.課程的特點 (curricular saliency)

附錄二 B1 教師的知識架構與教學表徵



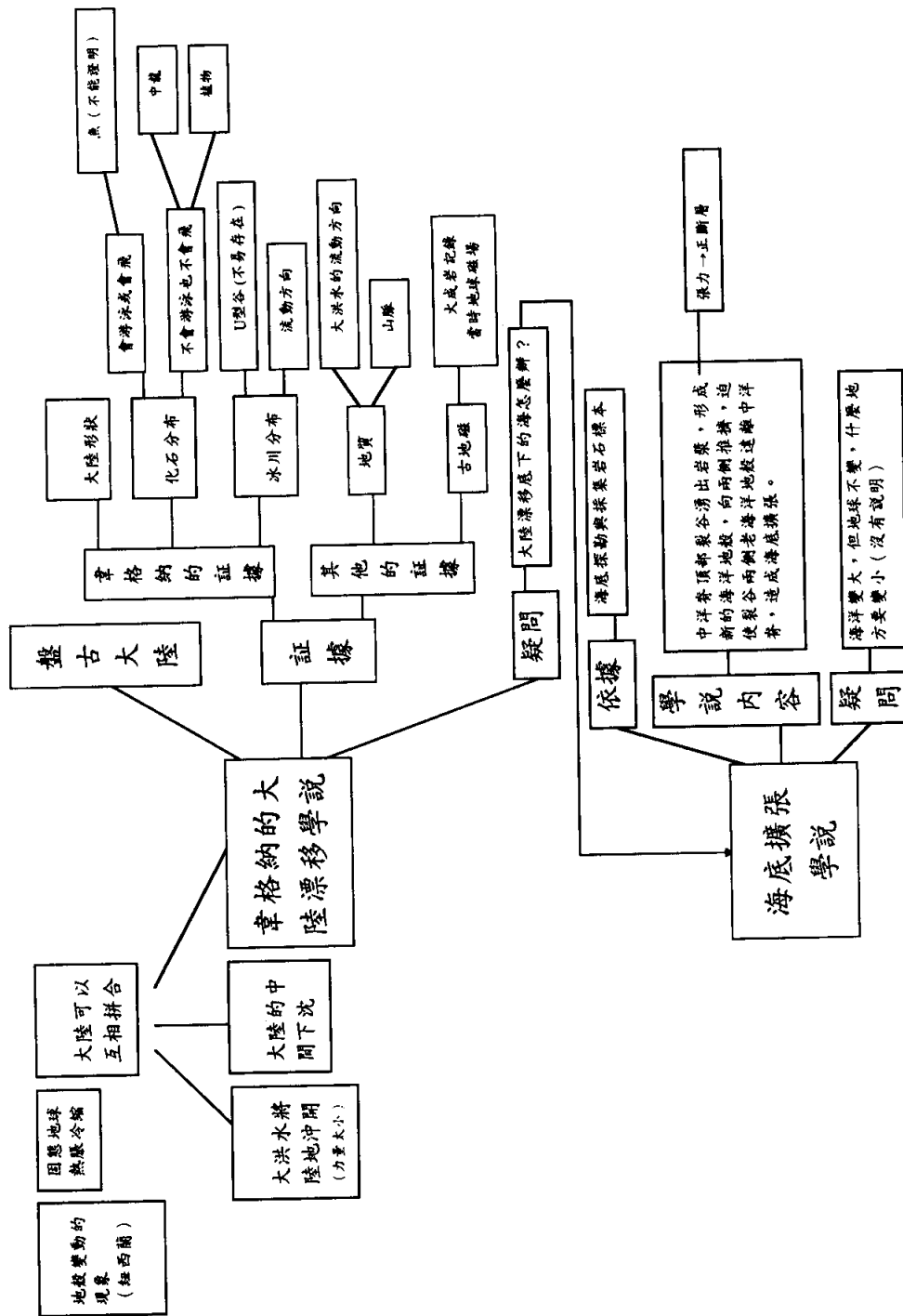
方格：代表陳述
黑色實線：表示陳述之間彼此的邏輯關係
虛線：若有兩個以上的概念使用同一個教學表徵，就用虛線將他們圈在一起。

附錄三 B2 教師的知識架構與教學表徵

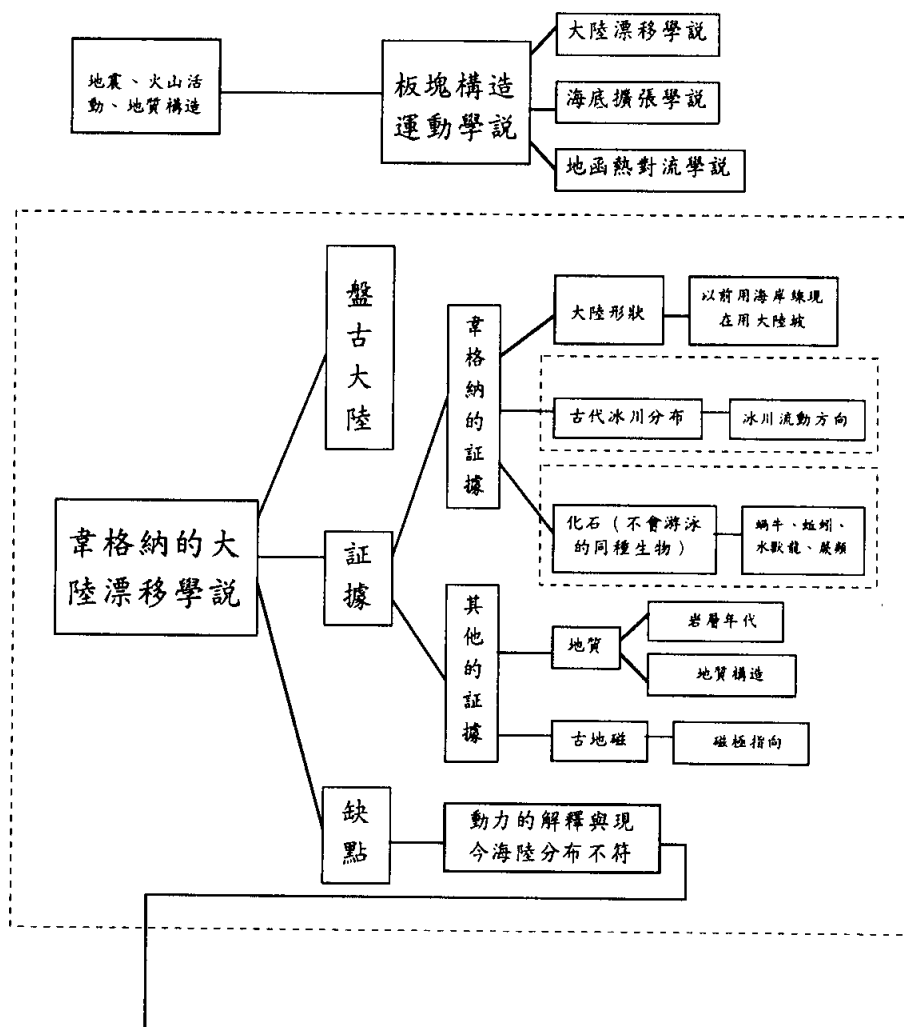


方格：代表陳述
 紅色有箭頭的實線：表示教師在教學時，跨越不同層級概念所做的連結。
 虛線：若有兩個以上的概念使用同一個教學表徵，就用虛線將他們圈在一起。

附錄四 E1 教師的知識架構與教學表徵



附錄五 E2 教師的知識架構與教學表徵



方格：代表陳述

黑色實線：表示陳述之間彼此的邏輯關係

虛線：若有兩個以上的概念使用同一個教學表徵，就用虛線將他們圈在一起。

A Study of Pedagogical Content Knowledge Held by Earth Science Teachers in Junior High Schools

Mei-Hung Chiu¹, Yu-Ting Chiang²

¹National Taiwan Normal University

²Taipei Municipal Chang-Yuan High School

Abstract

The study utilized an integration of Shulman's (1986) pedagogical content knowledge (PCK) and Cochran, DeRuiter, and King's (1991) pedagogical content knowing (PCKg) as the theoretical framework to investigate how beginning and experienced earth science teachers transformed their knowledge of teaching earth science. The teachers involved in this study were two beginning teachers (in their first year teaching) and two experienced teachers (with over five years experience) from Taipei city. The methods for data collection were classroom investigations, three structured interviews, and a questionnaire about their preferences on four different versions of texts.

The results were analyzed into five areas based upon the integrated framework designed by the authors. (1) Knowledge of pedagogy: The results indicated that no explicit differences in teaching strategies and instructional goals were apparent between the beginning teachers and the experienced teachers. (2) Knowledge of subject matter: The experienced teachers had more complete knowledge of science contained in the teaching materials than the beginning teachers. (3) Knowledge of context: The experienced teachers tended to use community resources more effectively than the beginning teachers. (4) Knowledge of the curriculum: All the teachers considered that activities related to daily life (e.g., curriculum like Earth Science and Science-Technology-Society) were important in earth science teaching. (5) Knowledge of learners: The experienced teachers were able to predict what difficulties student would have learning earth science and they were able to provide appropriate explanations for these students.

Keywords: pedagogical content knowledge, experienced teacher, beginning teacher, teacher education.