

科學教師學科教學知識融合機制 之個案研究

蘇禹銘* 黃台珠**

摘 要

本研究探討兩位國小科學教師學科教學知識 (PCK) 之融合機制 (Mechanism)。結果顯示 PCK 之融合是以教師的學科信念為核心概念 (Basic Concept)，將學科知識與領域相關知識融合形成。融合過程分別是：學科內容知識與真實情境結合產生實質結構知識 (Substantive Structure) 的執行 (Manipulation) 階段；新知識運用在探究與實驗獲得新的章法結構知識 (Subsyntactic Structure) 的科學能力 (Scientific Ability) 階段；最後科學教師對學科領域知識有了個人專屬的情意與評鑑，產生新的學科信念進入轉化 (Transformation) 階段。本研究得知：以學科信念為核心概念 (Basic Concept) 有助於新進科學教師建構屬於自己的「B.M.S.T 學科教學知識融合模式」。最後針對科學教育提出檢討和建議。

關鍵詞：科學教師、學科教學知識、生命系統、課程模體

* 本文第一作者 (通訊作者) 為高雄縣興達國小校長

** 本文第二作者為國立中山大學教育研究所教授

E-mail: suym3742@ms22.hinet.net

壹、研究動機與研究問題

一、研究動機

國小的科學教學活動基本上是科學教師一連串的課程決策機制，而這決策機制必須是具有符合科學本質的「目的性」特徵，即學童能否體會課程的精神與重要科學概念知識，進而形成科學本質態度與信念等？其中所蘊含的課程因素來自科學教師的課程認知信念、學科專業知識、學校文化及經營風格（school folklore）、學生學習與教師的教學經驗及判斷等。當科學教師在教學中或進行教學準備時，心智中不斷的將數種領域知識融合，並以全方位的角度思考學科教學時，學科教學知識（pedagogical content knowledge, 簡稱 PCK）即已形成（段曉林，1995），因之教師對學科的信念影響其選擇教授的內容，以及如何選擇教授此學科內容（Grossman, Wilson, & Shulman, 1989）。總之，科學教師勢必精進學科專業與教學知識，以增益學科教學知識，做為教學前的準備、教學中的引領、與教學後的反思，進而培養出充滿創意與探究能力的學生。

根據研究指出：一位好的科學教師不但要具備有關課程、教學與學生等相關知識，更需具備充份的學科專業知識，才能得心應手，引學童學習興趣（Langer, 1993）。近年

國內、外有關國小科學課程發展涉及學科教學知識之相關研究，有：自然教師之課程能力與教學能力之研究（蔡月瑛，2001；王瑞芬，2001；蔡英姝，2001）；有研究結果涉及課程內容與能力指標轉化能力之研究（Ogborn, 2005；秦嗣輝，2002；許麗伶，2005）及科學知識的實踐能力（Handson, 2003）；張惠博（1996）針對職前科學教師學科教學知識發展研究發現：對於與教學有關的知識之獲得仍習於被動接受，缺少主動的追求。至於結合科學教學知識融合與科學課程發展進行探究，尚屬少見。由於學科教學知識不易與其他領域之知識，如學科知識、課程知識、教學知識等做明顯的劃分，個人認為應以動態的架構重組過去所學的各種知識。基於上述緣由，本研究企圖以人之生物體的永續成長的生命系統（Living Systems）之動態課程觀點，從教師信念、課程設計與教學、學童學習等全方位的課程模體發展過程中，探討科學教師學科教學知識的融合及發展歷程。

二、研究目的與待答問題

本研究之目的在了解個案國小科學教師在課程的設計發展中，如何將其學科專業知識與課程信念、教學、學習等相關知識融合，成為能增進學生學習成效的有效教學法與教學技巧，並試圖找出科學教師學科教學知識的融合機制。研究採詮釋性研究法，

以兩位不同教學資歷的國小科學輔導教師為研究對象，「月世界泥岩惡地景觀」教學模組為研究範圍，回答以下問題：

- 1.個案教師對國小科學課程認知與學科信念面向為何？
- 2.個案教師之國小科學課程學科教學知識融合機制為何？

貳、文獻探討

本研究是以生命系統 (Living Systems) 的觀點，探討科學教師學科教學知識的融合。文獻探討從學科教學知識之意涵、影響教師學科教學知識決定因素、生命系統觀點的課程發展、與學科教學知識融合等四個向度加以評述。

一、學科教學知識之意涵與相關研究

學科教學知識源於美國教師的檢證制度。檢證標準早期以學科知識為主，19 世紀後偏向準備教案與評量、確認學生的個別差異、教室管理與教育政策等教學知識能力為要項，以致看不到學科的影子，於是 Shulman 提出迷思的派典 (Missing Paradigm)，企圖在師資檢證制度中重新重視學科知識在教學中的重要性，開始倡導學科教學知識的概念。學科教學知識的範疇包括：教師的學科知識、一般教學知識、課程知識、評

量知識、學生知識、學校情境與文化之知識等領域知識之融合，當教師在教學中或準備本科教學時，心智中不斷的將數種領域知識融合，並以全方位的角度思考學科教學時，學科教學知識即已形成（段曉林，1995）。

教師教學的表徵深受其思維與學科專業素養影響，王靜如（2003）認為科學教師必須具備豐富的科學教學知識，才能把科學內容知識轉換為學生可接受的知識讓學生學習。Gness-Newsome 從探討教師學科知識與教室教學之關係研究中，發現有六個主要因素影響教師轉換學科知識於實際教學中，包括有：教師的意圖、學科知識、教學知識、學生因素、教師的習慣和時間（溫家男，2002）。Serianz 對科學本質的研究提出建議：認為科學教師教學時要能兼顧到科學本質、學生角色與學習方式間的一致性，才能將科學知識轉換為學生可接受的架構。另外從建構主義的觀點認為個人在建構知識及意義化的過程中，必須與伙伴協商才能取得共同認可的意義，這時提供協商的環境是課程發展必考慮的主要因素（陳忠志，1998）。

二、影響教師學科教學知識融合決定因素與相關研究

教學是一種複雜、隨情境與事件而調整的歷程（Clark & Peterson, 1986）Shavelson 與 Stern（1981）從相關文獻歸納出四種因素影響教師教學行為判斷，其中來自學生的

訊習有：先備知識、參與度及學習能力；教師的個別特質有：教學信念、學科概念及概念的複雜性；教學工作的本質有：教學活動、分組、教材內容；教學情境則會受制於環境狀況。Shulman (1987) 認為科學教師應具備的專業知識包括：學科內容知識 (content knowledge, 簡稱 CK) 與學科教學知識 (pedagogical content knowledge, 簡稱 PCK)。以下針對科學教師課程發展決定與教學信念分別做評述。

(一) 課程發展決定影響：

課程的發展都有其背後的哲學觀與理論支撐。本研究將國小科學課程內涵定義成三個發展面向：1.視課程設計為一種開放、互動與相互作用的生命系統，因此視課程為「計劃」；2.科學課程要能使科學素養轉換為科學能力，所以視課程為「目標」；3.科學課程要與生活需要及興趣結合，故課程是一種「經驗」(黃政傑，1999)。為實現上述課程內涵，國小科學課程的發展必是一連串的課程選擇。課程選擇是一種做決定的機制，是決定者在課程的分析、計劃、執行評鑑上進行最佳的選擇的過程。Goodlad(1979) 認為課程決定是不同的個人或團體對相關的教育目地與手段所做的決定，除了瞭解教師做了那些決策外，更重要的看出教師決策的整體走向及其所顯現的教學組型 (李松濤，2005)。本研究之課程設計是校本課程的延伸，內容著重社會性科學議題的探討，

教學設計主要營造學童互動學習的氛圍，過程中提供參與的衝突情境，讓學童進行團隊探索與討論，建構學童自我的倫理觀與道德價值判斷，因此教學流程引用美國生物科學課程研究 BSCS (Biological Science Curriculum Study) 發展的建構理論模式的教學模式的五個階段：投入 (engagement)、探索 (exploration)、解釋 (explanation)、經緻化 (elaboration)、評量 (evaluation) 進行設計 (Bybee & Landes, 1988)，透過這五個階段的互動學釐清科學知識概念，及建構屬於自己的道德倫理。

(二) 教學信念的影響：

信念是引導個體思想與行為的準則 (Pajares, 1992)。Grossman, Wilson 與 Shulman (1989) 研究指出教學信念是指教師常對學科領域的知識有其強烈的個人情意與評鑑。Hancock 與 Gallard 研究指出教師的教學信念是教師對學習與教學的觀點或方法(簡頌沛、吳心楷, 2006)，同時教師的教學知識要透過教學信念才能落實在教學實務上(王靜如, 2003)。因此教學信念是一種教學行動的意向，包括一連串的理性思維與抉擇。方吉正 (1998) 針對教師信念對教學行為的影響之相關研究文獻做回顧與彙整，發現：教師信念影響教學行為、教師信念與教學行為相互影響、教師信念與其它外在環境因素交互影響教學行為。

Clark 與 Peterson (1986) 就認為教師的信念與看法會影響教師教學，甚至影響學生學習；余曉清 (1999) 針對生物教師的教學信念、教學、與師生互動之個案研究指出，教師教學信念深刻表現在教師教學以及其與學生的互動上；(王恭志，2000) 也認為深入探討教師教學信念，俾有助於瞭解教師教學時的思考，及釐清自己教學時的想
法。

三、生命系統觀點課程發展的範疇與相關研究

從建構主義的觀點認為個人在建構知識及意義化的過程中，必須與伙伴協商才能取得共同認可的意義，這時提供協商的環境是課程發展必考慮的主要因素 (陳忠志，1998)。生命系統觀點的科學課程強調學習者與學習情境的互動，將課程視為一種學習過程，所以課程具有「可轉變的」與「過程為導向」的特徵，同時促使學習成為認知、理解與不斷洞察 (insight) 的歷程 (Lonergan, 1993 ; Marroum, 2004)，因此學習與理解是一種不斷對話與反思的形成性發展。Doll (1993) 認為這種課程發展是有疆界的，因此主張「可轉變的」與「過程為導向」的科學課程設計必須具備有：豐富性、回歸性、關聯性與嚴密性等判準來界定它的範疇：

豐富性：豐富性是指課程的設計發展應具有適量的開放性與暫時性，以期達到既有創

造性又不失去原有課程的形式或形態。

回歸性：回歸性是指調適與重建的一種反思的作用，課程沒有固定的起點和終點，每

一個終點就是一個機會，這機會就是另一個新的起點，誠如 Bruner (1960)

之螺旋型課程 (spiral curriculum) 的模體 (Doll, 1993)。

關聯性：關聯性是指在原有基礎上尋求相關性，包括有教育與文化兩個面向，教育面

向是指課程內部的結構，可透過回歸性發展來豐富課程的深度；文化面是指

教師與學生經由描述與對話過程。

嚴密性：嚴密性指的是要不斷的批判，同時還要找出更好的，在過程中防止轉變性的

課程落入蔓延性的相對主義與感情用事，目的是在原有基礎上擴展學習領域

(Doll, 1993)。

其次，生命系統觀點之科學課程發展是強調真實的情境，是藉由設計、執行、分

析及再設計的連續性循環產生。(Cobb, 2001; Collins, 1992) 認為：這種設計、執行、

分析及再設計的連續性循環模式，是屬設計研究 (design research) 或發展性研究

(developmental research)。Pilot, Bulte, Westbroek, and de Jong (2005) 等人研究指出，

使用設計研究法 (design study)，可清楚呈現「發展性研究」的數個研究循環，從這些

循環中發現「教學-學習程序」設計與驗證交織的發展過程，他們並聲稱，經由這些過程，可以縮小 Akker (1998) 的六個課程表徵中的差距。

四、科學教師課程發展與學科教學知識融合

科學教師除了要具備學科知識外，同時也要具有課程、教學與學生等全方位相關知識。Schubert(1986)描繪課程的範疇時，提出下列課程意象(images of curriculum)，認為課程就像：(1) 內容或主題之呈現；(2) 已規劃好的活動之程序；(3) 有預期效果之學習成果的呈現；(4) 文化的重現；(5) 一種體驗；(6) 具分割的任務和概念；(7) 社會重建的議程；(8) 課程像是跑馬道(Curriculum as “Currere”)等，其中課程像似用以跑步的跑馬道，是一種既有生活經驗的詮釋(interpretation of lived experience)。Schroeder (2005)認為課程是一種動態與不斷演變的學習進程，這個進程沒有起點也沒有終點，可視為一個循環。Shulman (1987)主張理想的教學(idea of teaching)應強調理(Comprehension) 推理(Reasoning) 轉化(Transformation)與反省(Reflection)的系統階層。基於以上的評述，本研究強調學習者與學習情境的互動模式來探究科學教師的學科教學知識融合，其中教師對科學課程的認知，以及學童對學習的感受等都牽涉到推理的論證行為，與後設語意的詮釋。Paglieri(2006)對 Toulmin(1958 & 2003)

論證架構的主張,認為 Toulmin's (1958 & 2003)的論證架構具有另外一層意義(reading between the lines of Toulmin's model), 即整個架構是一個完整的組織與具層次的論證, 第一個層次是主張, 第二個層次是理由的部分, Paglieri (2006) 以後設概念 (meta-cognitive concept) 來詮釋 Toulmin's 的論證模式, 說明這兩個層次 (order) 具有相關性, 雖然論證的論述是隱藏式的, 但蘊含有後設的意涵, 不但具有邏輯性的論證與有說服力, 亦可清楚的看出, 從資料推論到主張的陳述, 與理由間所呈現的相互交流 (mutual interaction) 關係。

本研究主張發展生命系統觀的科學課程, 主要強調階層間的相互作用, 為了解決其如何教才有效 (How teaching is to be understood?) 的目標, 在每一階段都融入“全方位的課程觀點”來考量, 使每個階段的學科知識與教學知識融合成一種有交互且次序性 (sequence) 的動態過程。

參、研究方法與過程

茲將研究對象、研究方法與步驟、研究工具、與資料分析方法及研究信賴度分述如下：

一、研究對象

本研究僅以兩位資歷不同之國小自然科學輔導教師為研究對象，個案都畢業於國立師院自然科學或數理教育研究所：

(一) 楊老師的背景：楊(Y)老師師專畢業，進修完成自然科學研究所，喜好生態與資訊融入自然科學教學，班級經營及教學都獲學生肯定與家長稱讚，多年的教學經驗與學科專業導向，形塑成自然科學典範教師風格，面對課程改革浪潮，極力主張科學教師的體驗學習與傾聽學生的反省教學。

(二) 莊老師的背景：莊(J)老師師院自然科學系畢業，主修的是化學，具有豐富的學科專業知識，教學中特別注重創意，教室管理最讓研究者感到窩心，對處理實驗藥品的回收，學童都能按回收步驟說出，使整個教學活動井然有序。由於畢業後大部份期間都在山區或海邊任教，對弱勢地區學童科學學習的不利，如：教學資源不足、父母社經地位、課後照顧等問題特別關注。

二、研究方法與步驟

(一) 研究課程與教學活動設計：

教學單元引用研究者參與「教育部92年環境教育計畫」所發展之議題導向科學課

程：「月世界泥岩惡地形景觀教學模組」為主(教育部, 2003), 另增加科學議題解決之「高峰會議」及「泥岩惡地景觀戶外體驗」教學計十二節, 教學活動活動流程引用美國生物科學課程研究(BSCS)發展的5E建構理論模式進行設計(Bybee & Landes, 1988)。課程階段分別是：「投入」階段一節；探索階段及解釋階段的體驗學習計七節(課堂1節、戶外教學6節)；精緻化階段二節；評鑑反思教學二節, 每個階段的流程與內容分配, 呈系統性關係如圖1說明：

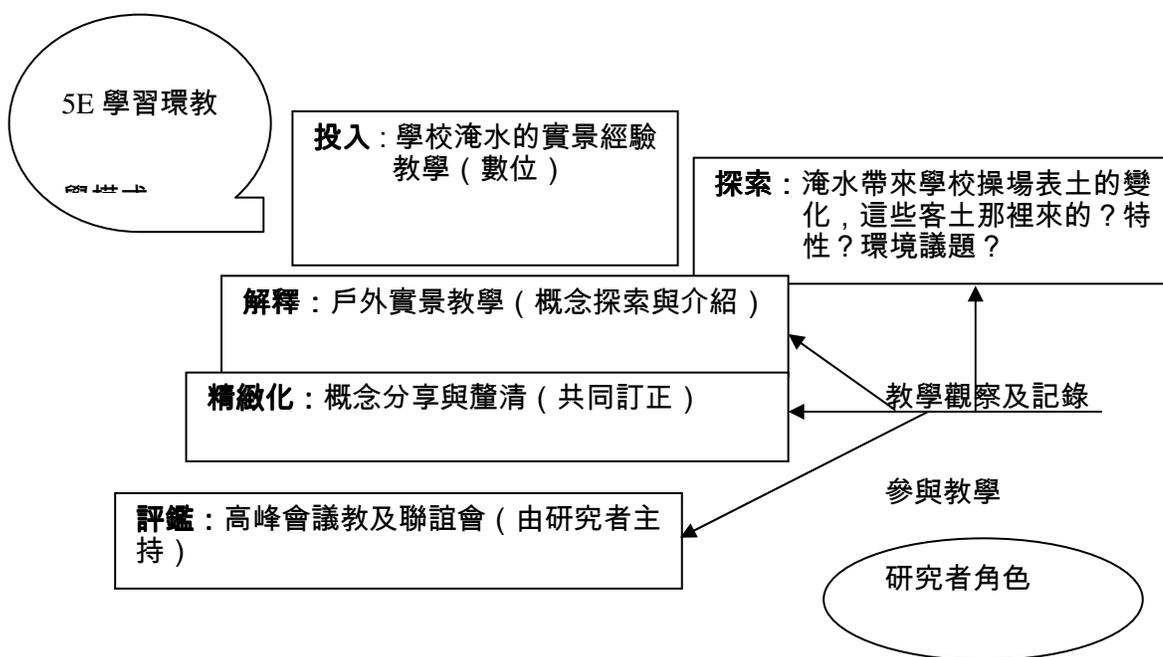


圖1. 「月世界泥岩惡地景觀與二仁溪」5E 教學流程圖

(二) 研究步驟與工具分配

本研究實施程序、工具與資料分析，如圖 2 說明。

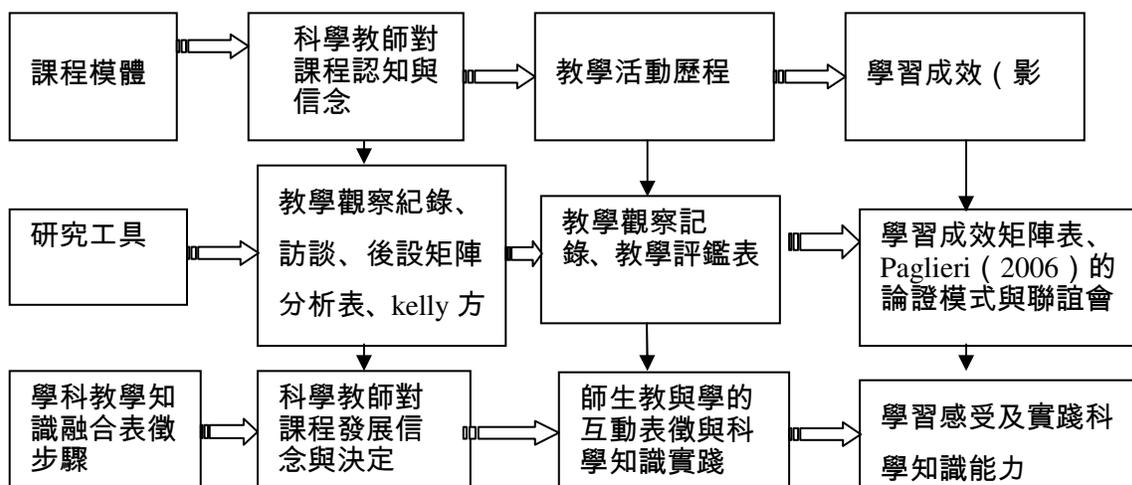


圖 2. 科學教師學科教學知識融合發展之研究架構圖

三、研究工具

(一) 凱利庫存方格技術 (Kelly Repertory Grid Techniques)

本研究引用 Kelly 方格技術主要用在探究教師的教學信念的方法，研究過程中個案教師可主動參與並對研究存有控制的影響 (Munby, 1984)，探究主題有教學實務的信念與決定，研究分析共分兩階段：第一階段是前導性研究部分，第二階段是正式研究部分，主要目的在做為解釋 Shulman (1987) 的教學推理模式應用在教學程序的可行性與看法，也提供研究信效度分析。

(二) 學科知識融合觀察記錄表

此工具是引用 Doll(1993)生命系統觀點的課程判準：豐富性、回歸性、關聯性、嚴密性等的分項註解自編完成，(如附錄一)，專家效度是經由四位國小自然科教學領域輔導團之專家老師進行對話協商完成，再請兩位科學教育教授修正後採用之。資料是來自教學現場的直接觀察記錄，在不影響教學的品質下，請四位輔導教師進行參與觀察，根據教師學科知識與教學情境教互作用評定給分，給分級距分為：5、4、3、2、1 五個等級，5 代表「非常同意」、4 代表「同意」、3 代表「沒意見」、2 代表「不同意」、1 代表「極不同意」，並利用備註記錄教學表徵。

(三) Paglieri (2006) 的論證模式

Paglieri (2006) 以後設概念 (meta-cognitive concept) 來詮釋 Toulmin's 的論證模式，論證架構如圖 3。

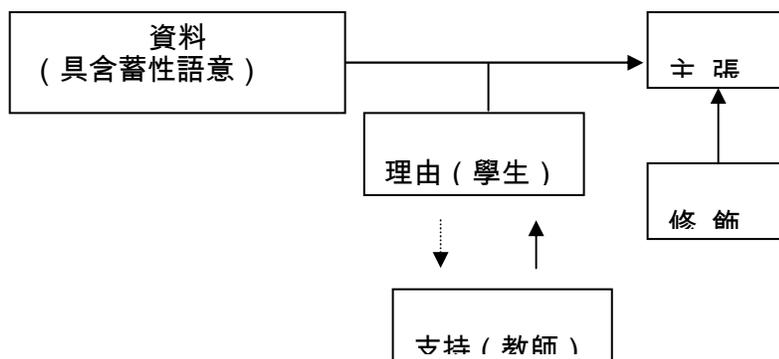


圖3. Paglieri (2006) 的 TAP 論證架構圖

Paglieri (2006) 的論證過程元素的意涵：

主張 (claim) : 教師或學生加入推理的修飾所建立的論點。

資料 (date) : 指支持主張的事實與訊息的意涵。

理由 (warrant) : 教師或學生會將資料推論到主張的連接性陳述，做合理可能的論述，

根據 Paglieri (2006) 的論證過程說明指出，教師所做支持的背後考

慮的因素是來自學生所陳述的理由，因此以虛線表徵師、生共學的

互動關係。

支援 (backing) : 教師根據與學童晤談互動的論述，提出確保理由的正確性陳訴 (充

實可推論的)。虛線代表老師依據學生所陳述的部分提出支持性

(backing) 的推理。

(四) 資料收集

以下根據課程模體發展探究學科教學知識融合，分別就個案教師之課程成分決定

及教學實踐，進行資料收集與分析：

1. 個案教師之生命系統觀的教學信念：

課程發展信念引用凱利庫存方格技術 (Kelly Repertory Grid Techniques) 探究教師的教學信念與實務的研究。研究分成兩階段進行，第一階段請個案在特定的情境下描述其教學行為 (要素)，並將要素依個案自己觀點分類，分類依據與教學行為的背後意義形成構念，再將個案教師的教學行為與構念，由教師認定其相關程度進行因素分析，再請個案就第二階段分析結果訪談，取得每一群組 (因素) 的信念意義及形成因素 (Munby, 1984 ; 溫家男, 2002)。

2.課程信念與課程覺知深度訪談：

(1) 教師訪談：為瞭解個案教師之課程信念及對國小科學課程的覺知，首先進行半結構性 (semi-structured) 訪談，訪談題目參考 Hancock 與 Gallard (2004) 對學習與教學信念觀點。為了豐富受訪教師的思考，與對國小科學課程的覺知，以及科學性社會議題內容牽涉到倫理 (ethical) 與價值 (evaluation) 層面選擇的問題 (Zeider, Sadler & Howes, 2005), 因此訪談模式是將問題系統化為三個覺知層次，分別是：內部 (interior) 外部 (exterior) 與後設層次 (meta-level) 等問題(黃俊儒，2008)。訪談題目分別為：
a. 您對現階段國小科學課程與能力指標的觀點 (內部)； b. 就您所知現階段國小科學課程與能力指標之教學現況？ (外部)； c. 針對現今國小科學課程發展來說您認為要加強

科學教師學科教學知識融合機制之個案研究

什麼？理由是？（後設層次）。訪談步驟及內容如表 1 所示，此訪談架構可牽引出個案教師對國小科學課程的覺知，是本研究的重要輔助資料。

表 1 科學教師課程信念與課程覺知訪談模式

步驟	訪談問題
(1) 研究流程說明及相關文獻閱讀及分享	研究者說明研究流程及文獻閱讀
(2) 文獻分享	分享學科教學知識文獻內容及心得
(3) 確認課程教學發展的基本概念	國小科學課程重視的能力指標的看法？ 國小科學課程希望呈現的課程特色是什麼？ 一般傳統的課程所重視的學科教學知識是什麼？
(4) 確認對生命系統觀科學課程之學科教學知識的覺知	
內部覺知	你對生命系統觀科學課程感受最深的是什麼？
外部覺知	您對當前國小科學課程或教學那些看法可以提昇協助？
後設層次覺知	因此您對當前國小科學課程來評析的話。您認為要強化重點是什麼？

3.科學教師學科教學知識實踐分析：

學科教學知識實踐資料建置是在不影響教學的品質下，請原四位輔導教師進行參與觀察，每個判準包括四個評量向度依五分量表評定給分，5 代表「非常同意」、4 代表「同意」、3 代表「沒意見」、2 代表「不同意」、1 代表「極不同意」。將評量向度得

分加總求出平均數為判準得分，再利用統計圖表分析，備註欄記錄有意義教學表徵，做為論證推論參考要素。

4. 參與觀察及文件資料蒐集：

參與觀察是進入教學現場，觀察記錄教師進行教學的用語、技巧、師生互動以及教學省思等，除做訪談的依據外，亦提供教師回饋其課程決定的參考，現場並配以錄影與札記，所蒐集資料做三角校正依據。文件資料包括：逐字稿、學生作業、學生作品與心得、論文或發表著作、教學檔案、教學網頁平台設計、命題試卷等以作為論證的佐證。

五、資料分析

資料分析包括：收集的資料與資料的分析，分述如下：

(一) 收集的資料：

本研究資料收集種類共分為：訪談類、教學錄影記錄類、教學設計類及田野觀察記錄類等。

1. 訪談類：

半結構式後設信念訪談：分別在課前及教學後利用研究目的所探究的議題，對個

科學教師學科教學知識融合機制之個案研究

案教師進行半結構式課程認知訪談。訪談問題主要參考 Paglieri(2006)對 Tuolmin(1958 & 2003)論證的主張，以後設概念來詮釋 Tuolmin 論證層次的相關性為考量編製而成，初稿先請四位輔導教師進行討論確定，再請科教所教授進行專家效度審查，題目為：對現階段國小科學課程與能力指標的認知？對現階段國小科學課程與能力指標之詮釋？

師生小組聯誼對話晤談：訪談方式由個案學童提出，以錄音收集資料，主要收集個案教師學科教學知識融合脈絡，例如：老師的教學特質或方式，所得資料提供論證參考。

- 2.教學錄影記錄類：拍攝兩個案教師教學情形，再透過編碼呈現課程的實踐方式特質。
- 3.教學設計類：包括：教學創意課程設計以及部落格、電子報等延伸閱讀教材。
- 4.田野觀察記錄類：參與觀查記錄、班級經營札記、學童筆記等，做為深入訪談的方向。

(二) 資料分析：

由於本研究所蒐集教學實務資料較為豐富，為了導引所收集資料的正確引述與歸類，對個案教師之國小科學課程能力指標的認知訪談所收集的資料，引用多個案後設矩陣表 (meta-matrices) (Miles & Huberman, 1994) 做編碼，形成初步的課程認知主

張，再根據深層訪談與學童感受等資料做三角校正來精緻主張；個案教師之課程信念的決定，是引用 Kelly 方格技術因素分析，主要在探究個案教師的教學信念與教學實務的研究；課程信念之教學實踐的評析，是將收集到的資料轉為逐字稿，再進行編碼，編碼涵蓋課程成分信念、課程成分實踐信念、學童感受等三部分，再根據編碼向度進行個案教師教學推理之論證，進行效度之三角校正，形成本研究的發現。

六、研究信賴度

為了提昇研究的信、效度，將初步分析資料交個案教師對內容做成員檢核(member check)進行檢討修正，以了解是否曲解個案教師之意，同時做為研究者做反思與觀察、訪談的品質考驗，並將個案教師之課程成分決定、實踐與學習成效，做回饋循環檢視校正，再以三角校正法(triangulation)將多元化資料交叉檢驗以強化資料的真實性。Guba 與 Lincoln (1989) 研究指出評估信賴度的四個規準：可信度(Credibility)、可轉移度(Transferability)、可靠度(Dependability)、(Confirmability)及提高這四個規準的技術，做為評斷詮釋性研究的研究品質，本研究參考 Guba 與 Lincoln 所提技術，藉以提昇本研究之品質，其做法如下：

(一) 系統性收集：教學觀察記錄、參與教學觀察記錄、教師訪談、錄影、教學觀察、

延伸課程設計、其它文件收集。

(二) 從教師、課程與學生等全方位考量課程模體發展，並不斷的以真實資料

與師、生反思資料做比對。

(三) 撰寫研究報告時，詳實描述教學情境、個案教師背景，及研究者在研究

過程中的角色。

肆、結果與討論

將半結構性訪談、晤談、教學觀察記錄、課程信念實踐評鑑記錄與小組聯誼會記錄等相關資料加以分析與討論。分別從：個案教師之國小科學課程認知與信念決定、個案教師學科教學知識融合機制分析、與個案教師學科教學知識融合模式等三部分探究個案教師之學科知識與教學知識的融合機制。

一、個案教師之國小科學課程認知與信念決定因素

Goodlad (1979) 認為課程決定是要看出教師決策的整體走向，及其所顯現的教學組型，因此探究教師的學科教學知識融合，首先就表 2 訪談模式進行課程認知地位進行瞭解，再據以做為探究個案教師之課程信念與實踐之後設監控機制，以下就個案之

科學課程的認知地位，與科學課程融合分析如下：

(一) 個案教師對國小科學課程的認知：

1. 楊老師：科學課程的發展要以課本為中心，延伸到鄉土資源與生活週遭議題，才

能讓學童感受到，教師要透過體驗課程來精進教學。

「目前國中、小學科學課程將地震課程安排在國中範圍有欠妥，例如：921 災區的小學就無法納入課程施教，太可惜了」(20060621IV)。「主題教學要以課本內容為主做延伸，因為概念與情境都已規劃完成」(20060621IV)。(S2)：「自然老師會在部落格裡放新文章」(20070529ITV)。

2. 莊老師：國小科學課程設計發展要重視學童的多元能力與創造力，如情意與科技

能力要透過活動或實驗達成，並從體驗學習中提昇學童科學能力，以及早將科學與科

技的發展史融入國小科學課程。

「科學應用設計與製作」這一部分，課本中出現的頻率較少，以致學生少有創造力以及科學應用的能力。「古文明的科技智慧，我想這部份的課程也有討論以及改進的空間」(20060918ITV)。

(二) 個案老師之科學課程信念與學科教學知識融合分析

科學教師課程與教學信念是運用 Kelly 技術進行分析，再根據信念與個案進行晤

談，探究其學科知識與教學知識在教學實踐上的後設信念，結果如下：

1. 楊老師科學課程信念與實踐分析

本研究之課程成分決定分析，根據個案教學表徵記錄進行半結構性訪談，請個案

科學教師學科教學知識融合機制之個案研究

教師依個人的理念加以修正或補充，修正後的教學行為成為因素製作成卡片，然後請個案進行分類，再進行對話晤談建構出個案教師的課程構念，再完成要素 (component) 構念 (construct) 矩陣分析表，運用 Kelly 技術加以分析，結果如表 2。

表 2 楊老師「泥岩惡地形景觀」教學模組之課程信念矩陣因素分析

構念	因素	因素二	因素三	因素四
教師專業知識	.91			
統整性知識	.91			
教學信養與目標的達成	.89			
教學檔案	.69			
引發學習動機		.87		
激勵學生學習		.76		
家長的參與		.62		
與課本教材的連接		.57		
教學理念			.85	
學生發表意見			.76	
發問			.62	
體驗學習				.74
流暢的教學				.73
對環境的知覺				.71

根據分析的結果，請楊老師將課程成分決定因素群組分別命名，依序為：教師的專業知識、激勵學習、評量與反省、樂趣的學習。再請楊老師分別給予群組構念說明其意涵，成為楊老師之科學課程信念，如下：

(1) 教師的專業知識：教師專業知識會影響課程發展與學生的學習效果。「老師對課

程內容精熟，設計的課程就很有系統，會吸引學生興趣，所以規劃設計前教師要體驗課程內容」。

Y 老師：「教師對教材的精熟度是科學教師的基本教學素養與信心，也才能做好課程銜接與延伸閱讀的設計」。「要自己跑一趟戶外教學現場才能實際體驗感受教材，才能發展出更適合學生的學習課程與延伸閱讀」(20051120ITV)。

(2) 激勵學習：激勵學習目的在啟發學生的學習動機。能激勵學童的學習是一種樂趣的教學，學生有樂趣才會參與學習。

「激勵學習的方式包括：課程的設計要符合學生的能力，學習動機才會強，在教學互動中學生自然能回饋，教學自然就流暢，這就是一種具有樂趣的學習啦」(20051120ITV)。

(3) 評量與反省：評量與反省是提供學生回饋的管道。Shulman (1987) 認為評量是學生自評與自我調整的的機制，楊老師一再強調真實評量在課程發展的重要性，認為形成性評量的動態機制是給學生最佳的回饋管道。

「真實評量可激勵學生，過程中老師的發問技巧很重要，問得好學生才會發表意見，也可修正學生迷思概念」(20051120ITV)。

(4) 樂趣的學習：樂趣的學習是指一種引發學生學習動機的教學。「流暢的教學可能引發學生學習動機，要達成流暢的教學，課程設計的內容與實施必需學生感興趣的」。

「學生學習動機強，在教學互動中學生就能回饋，教學自然就流暢，這就是一種樂趣的學習」(941120ITV)。

小結：楊老師認為教師的專業知識影響學習效果，主張教師要不斷的體驗課程，

而教學知識則透過激勵學習，評量與反省的回饋，樂趣的學習等引發學生學習的習動機。

2.莊老師科學課程信念決定與實踐分析

莊老師科學課程成分決定分析，根據觀察記錄及晤談完成要素(component)及構念(construct)矩陣分析表運用 Kelly 技術加以分析，結果如表 3 的六個向度群組。

表 3 莊老師「泥岩惡地形景觀」教學模組中課程信念矩陣因素分析

構念	因素一	因素二	因素三	因素四	因素五	因素六
教材分析與選擇	.87					
教專長與能力	.84					
教師學科教學能力	.83					
延伸閱讀能設計	.70					
學生個別差異	.65					
課程的聯結性	.62					
科學應用能力		.88				

創造力	.85	
實驗設計	.72	
科學過程技能	.60	
校園規劃與設備	.94	
學校教教學資源	.84	
科學本質	.51	
教學評量	.86	
學習成效	.73	
補救教學	.68	
討論與歸納	.79	
發問技巧	.73	
分享學習心得	.82	
科學思考能力	.59	

根據 Kelly 技術分析的群組，請莊師對各組命名並做說明命名依據，分別為：教師

專業素養、過程技能的訓練、教學資源、教學評量與補救教學、引起動機、有意義的學習。

請莊師分別就群組構念說明其意涵，成為莊老師之科學課程成分向度的後設課程發展之信念，如下：

(1) 教師專業素養：莊老師認為教師專業所指的有二：一是科學教師能否勝任教學工作；二是體驗課程與延伸設計補充教材的能力。

「國小科學教師專業素養是指師資培育的非學科專業之教師的對科學本質的素養包括：探討教材的內容、實驗後對課程的瞭解、延伸設計相似實驗與科學玩具能力」(2006.12.12ITV)。

「體驗的方式是課前的內容與實驗操作體驗，課中的師生共學的體驗」(20061212ITV)。

(2) 過程技能的訓練：目的在擴大學習範圍增加學童科學知識的行動力，所以主張鼓勵學童從自行設計的實驗中去探究科學知識。

「包括：編製適性教材、引發學童的舊經驗、教學技術、實驗設計與教學演示等都要列為課程發展與教學活動設計的影響因素」(2006.12.12ITV)

(3) 教學資源：是指學校能提供支援教學的資源、文化與規模以及家長對子女的期待與教養方式、家庭社經地位等都會影響教學實驗過程及科學本質的教學。

「學校規模是指學校特色、傳統風格(社區資源與校友回饋參與)、師生互動、學生紀律、及課後安親會影響延伸學習與補救教學設計」(20061212ITV)。

(4) 教學評量與補救教學：莊老師認為評量要重視後設的心得，例如：學習單與實作

評量設計要引發學童主動參與。教學反思：「這學期期望無法達成，用抽籤不是辦法，下學期想用發表次數做為評定評量的參考，目的在鼓勵主動參與」(20061212ITV)。

(5) 引起動機：引起動機是起承轉合的工作要考慮學童的先備知識，包括：舊經驗與適性教材，以及發問技巧、發問問題的設計以及教學演示來整合。

「將學童的先備知識引發起動，要靠教師的發問技巧以及發問問題的設計，過程中結合討論與歸納來接合新知識，透過教學演示進入新奇的學習情境」(20061212ITV)

(6) 有意義的學習：有意義的學習是指學童的學習成效，包括有：分享學習心得與科學思考兩種能力，尤其延伸實驗的設計成果的分享。

「包括：學童能設計相似實驗與同學做分享，因為透過發表不但可分享他的科學過程技能，而且也說出科學思考信念」(20061212ITV)。

小結：莊老師以教師具有學科知識為核心，教學知識則透過過程技能的訓練、教學資源、教學評量與補救教學、引起動機、有意義的學習做全方位的課程考量，將學科知識與教學知識融入在教學過程之中。

二、個案教師學科教學知識融合機制分析

學科教學知識實踐分析是根據參與觀察記錄、教學後晤談、錄影逐字稿與學童聯誼會晤談記錄所得資料，再與 Kelly 方格技術所得因素進行融合分析，探究教師學科知

識與教學知識在課程模體發展過程的融合機制。

(一) 楊老師國小學科知識與教學知識融合機制分析

1. 楊老師學科教學知識融合機制之後設分析

(1) 學科專業知識：楊老師認為具備學科專業知識才能發展出符合學童需要的教材。

「科學概念知識要與教材融合，才能發展出更適合學生學習的教材（含實驗設計），更可對課程的覺知，最重要的還是老師要事先體驗課程」（20060629ITV）

(2) 鼓勵參與：鼓勵參與是尊重與民主的教學歷程，是滿足感的教學法。

「教學要有效就要有引起小朋友的學習動機，小朋友學習動機如果強的話，那我們在教學過程之中，就是可以獲得小朋友正面的一個的回饋，回饋之後你的教學就會很流暢許多，對啊！」（20060629ITV 逐字稿）

(3) 評量與省思：評量設計要重視過程的真實性與系統思維，將科學核心概

念轉移到關心生活問題，並提出解決辦法。

「評量的主題要明確，評量與反省是學生回饋的管道，因此要透過思考，尤其真實性的評量必須重視學習過程的一種系統的思維(20060629ITV)」。

(4) 樂趣的學習：教學要讓學童看得到、摸得到，才有興趣與體驗學習的感受。

「樂趣的學習的要素包括：體驗學習與流暢的教學，才能引起學生做回饋，越回饋教學就越流暢。」(20060629ITV)

綜合上述，發現楊老師的學科教學知識融合是以學科專業知識為中心，最後在表

徵在「學童的學習感受」上，對學科專業知識的覺知是不斷的體驗課程：「我總覺得是專業知識這部份，是教師的學科專業知識，至於體驗課程除了專業知識本身之外，你還要實際去驗證這個知識，才能擴大學習範圍」。至於融合方式：「應該是老師自己去

體驗學習之後，要跟專業知識互相對照，覺得這專業知識可以經由體驗產生新的知識，再把這個體驗的過程教給學生」。學童也認為：「教師精熟教學內容上課才不會打結，示範實驗操作時才能得心應手 20070601ITV」。此新的主張將形成以下一議題，進行論證分析。

論證議題：「體驗課程」是科學教師學科教學知識融合的關鍵？

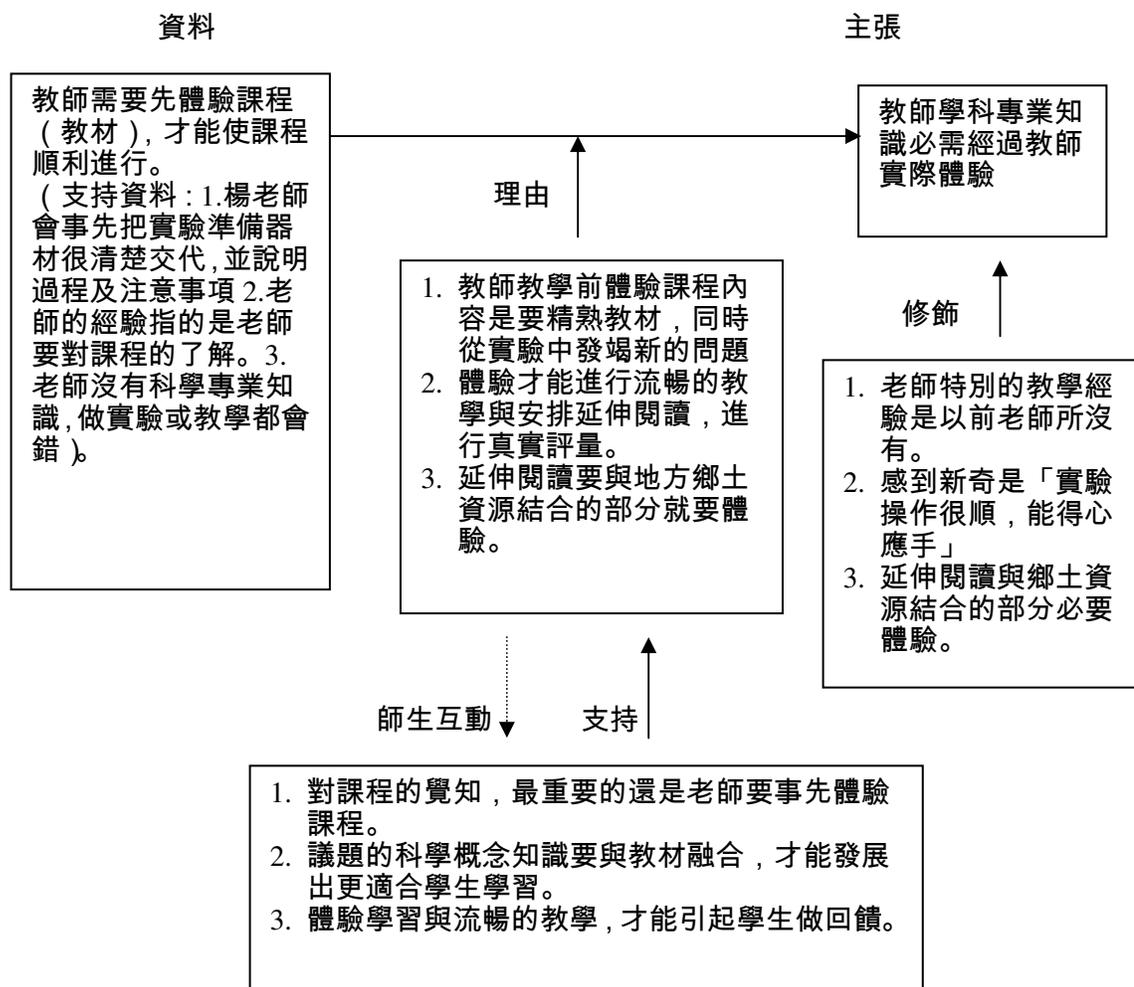


圖 4. 楊老師體驗課程之論證架構

綜之，圖 4 楊老師之體驗課程內容論證架構所隱喻 (implicit) 的是教師需要先體驗課程 (教材)，並以全方位的角度思考學科教學，學科教學知識即已融合，誠如：蘇懿生與黃台珠 (1999) 研究指出：學童對於學習環境的知覺才能有效的預測其學習成就和瞭解教學的過程。

2. 楊老師學科教學知識融合表徵分析

根據研究工具(二)進行教學觀察，做為詮釋楊老師學科知識與教學情境交互作用，將四位輔導教師觀察記錄判準內的每一向度所得分數加總求出平均數與課程融合的四個判準進行統計圖表分析，X 軸為學科知識融合表徵，Y 軸為自然領域輔導教師針對楊老師學科教學知識融合教學表徵符合生命系統課程判準的認同程度，分析結果如下圖 5 所示。

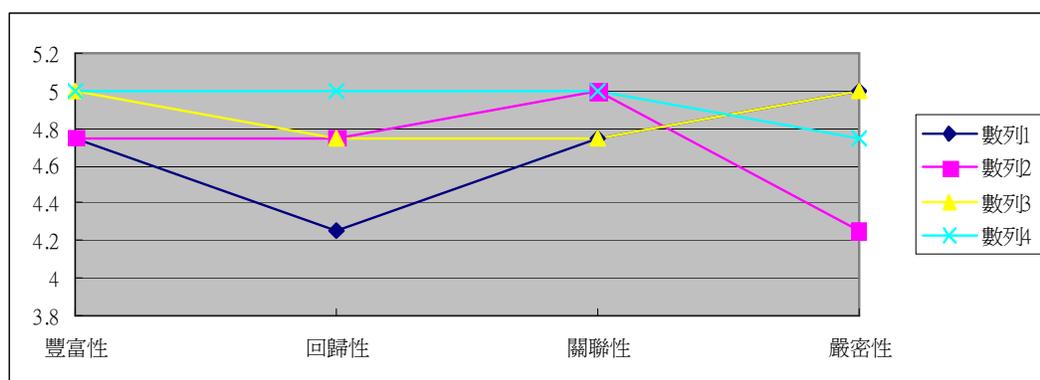


圖 5. 楊老師學科知識與教學情境交互作用分析圖

段曉林 (1995) 認為學科教學知識是，教師在教學情境中與情境內之學生、教室文化等相互作用，再將其學科知識以教師個人認為最符合所面對的對象 (學生) 的方式表徵出，以便做有意義的溝通。從圖 5 分析，楊老師的課程發展較偏向豐富性與關聯性的向度，回歸性與嚴密性居次，系統性及發展性都有獨特的主張。研究者再次與楊老師進行晤談，得知楊老師的主張：「豐富性在提供學童豐富的體驗學習情境與驗證自己的想法，從溝通分享中鞏固正確的科學概念；關聯性主要關注延伸擴展學習及對自然現象的敏於感受」(20071204ITV)。

探討楊老師之學科教學知識的融合，得知楊老師學科教學知識融合著重於教師的專業知識、樂趣的教學活動與體驗課程等的後設信念，在科學課程發展的意義上，具有科學哲學的思考性、教學操弄的意義性與科學學習的價值性。綜合楊老師對學科教學知識的融合機制，從課程的認知、課程信念、學科知識融合之後設分析與教學表徵

等都顯示學科教學知識的融合機制是以學科專業知識為核心，全方位的角度思考學科教學，學科教學知識自然形成，從上述分析顯示楊老師在參與本研究時不斷思考建構學科知識融合領域之教學機制特質：(1) 以動態的體驗課程為核心概念 (Basic Concept)。例如：他認為：「國小科學教師在教學上要先體驗課程，才能建構學生系統化的科學概念知識，與發展出符合好奇與充滿樂趣的課程」；(2) 教師在課程實踐中不斷的進行調整之機制的執行 (Manipulation)，例如：教師專業知識成長、教學省思、激勵學習、延伸學習、補救教學的設計安排」；(3) 科學教師學科教學知識融合之科學能力 (Scientific Ability)，如：學科、課程、教材、教室文化等之知識能力；(4) 學科知識縱、橫向聯結能力提升，即學科教學知識形成的轉化 (Transformation)，例如：「楊老師從真實性評量中發現，學童為贏得老師的讚賞或分數，做答時會迎合老師喜歡或思考模式來回答，楊老師認為減少學童這種同理心的表徵，就要修正或潤飾教學方式，所以透過「體驗課程」的轉換機制來修正每階段的運作」。

(二) 莊老師國小學科知識與教學知識融合機制分析

1. 莊老師學科教學知識融合機制之後設分析

(1) 教師專業素養：教師專業素養是指對教學工作的勝任問題，因此強調學科本位的

師資訓練與在職進修以及課程聯結能力，也就是提昇教師延伸閱讀之補充教材的設計能力。「教材的選擇與分析，主要適應學生的差異例，課程聯結如：環境問題、鄉土資源文化的結合；至於非本領域專長教師需用心、積極投入與透過師生共學來完成」(20060511ITV)

(2) 過程技能的訓練：莊老師認為科學學習在培養學童的科學知識行動力與創造力，目的在使學生擴大學習範圍。「不同地點的泥岩地形地質上有那些差異？」(20070517OT)。

(3) 教學資源：教學資源是指學校能提供支援教學的資源、學校文化與規模等。「學校特色、規模及家庭社經地位影響學童學習，主張教師透過編製補充教材來支援教學，所以教師要體驗學習，尤其鄉土教學資源的體驗。」(20070517ITV)。

(4) 教學評量與補救教學：莊老師的教學評量著重在學習單與實作評量，主要在引發學童主動參與的興趣。「補救教學的重點在延伸設計相似的實驗或科學玩具，擴大學習內容目的在鼓勵主動參與」(20061212ITV)。

(5) 引起動機：莊老師認為引起動機是國小科學教學的課程成分之一，因此要從起承轉合的角度，考慮學童的素質問題，關鍵在發問技巧。「引起動機是起承轉合的工作，要考慮：舊經驗與適性教材；老師方面要考慮：發問技巧、發問問題的設計以及教學演示來整合」(20061212ITV)。

(6) 有意義的學習：莊老師認為有意義的學習是指學童能分享學習心得，並科學思考能力應用在設計相似的實驗或科學玩具等。「課後作業要求設計相似的實驗，主要在激發學生的科學思考，製作科學玩具也相同」(20070517ITV)。

科學教師學科教學知識融合機制之個案研究

綜合上述莊老師之課程信念與學科教學知識融合分析，得知莊老師認為教師學科專業知識與課程設計能力是教學重要的決定成分，也是學科教學知識融合的核心，因此此主張與學童進行共學體驗成長，主要聚焦在學童的科學能力的培養，也就是能力指標的達成部分，至於教學實踐方面除了教學前的內容體驗外也主張教學中的動態體驗，因此 針對科學教師專業知識的觀點，形成以下議題再次訪談莊老師，提供莊老師論證分析。

論證議題：「師生共學體驗成長」是科學教師學科教學知識融合的關鍵？

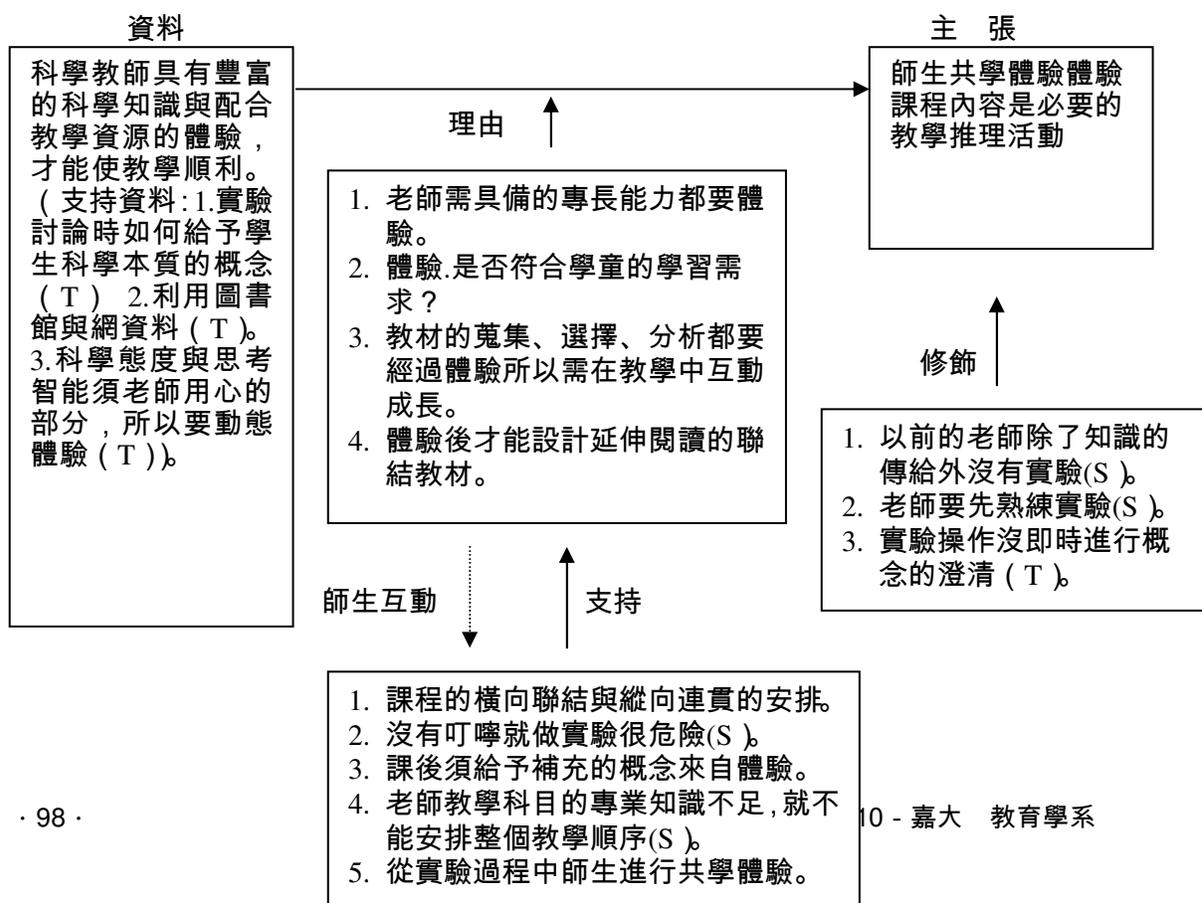


圖6 莊老師師生共學體驗成長之論證架構

綜之，圖 6 莊老師之論證架構所隱喻 (implicit) 的是教師具有豐富的科學知識與配合教學資源的體驗，形成學科知識與教學知識的融合使教學順利，是著眼於國小科學教師對教學工作的勝任，所以主張教師的「在職進修」及「教學中師、生共學的動態體驗」模式。

2.莊老師學科教學知識融合表徵分析

根據研究工具(二)進行教學觀察，做為詮釋莊老師學科知識與教學情境內、外因素交互作用，將四位輔導教師觀察記錄中，根據每一向度所得分數加總求出平均數與課程融合的四個判準進行統計圖表分析，X 軸為學科知識融合表徵，Y 軸為自然領域輔導教師針對楊老師學科教學知識融合教學表徵符合生命系統課程判準的認同程度，分析結果如下圖 7 所示。

科學教師學科教學知識融合機制之個案研究

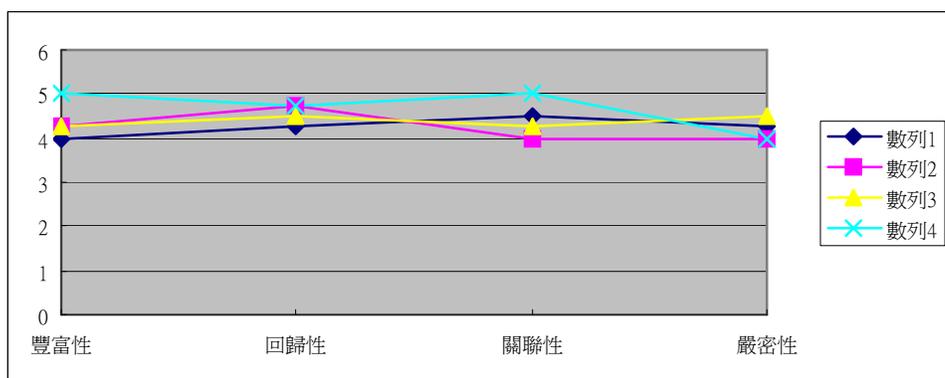


圖 7. 莊老師實踐國小科學課程成分之分析圖

從整體學科知識融合的關係分析發現：莊老師的教學活動偏向「豐富性」、「回歸性」與「關聯性」的向度發展。根據分析結果再次與莊老師進行晤談，晤談的內容是以這三個判準為主，莊老師認為能從實驗探究中學習到：「論證技巧、鼓勵發表激盪分享、對話中要釐清學生的概念」等，其他則特別重視課程設計的延展性，例如：「從實驗操作中的變因控制培養正確科學態度與關注環保議題」(20071219ITV)。

綜合莊老師對學科教學知識的融合的概念，是教師能否勝任教學的學科專業知識為核心，結合教學內外情境從全方位的角度思考學科教學，形成自己的教學模式使學科教學知識自然形成，參與本研究後不斷思考建構學科知識融合機制，所建構之教學法具有以下主張：(一) 以學科本位的專業知識為學科教學知識融合的核心概念 (Basic Concept)，他認為：「對教學工作的勝任問題，是指教師對教材的選擇與分析，要能適

應學生的差異例以及課程聯結能力」；(二)教師在教學中不斷的進行調整的執行 (Manipulation)，例如：「共學體驗與教學資源的運用」；(三)學科教學知識融合的科學能力(Scientific Ability)，包括：教室文化、課程的聯結、科學應用與創造的體驗；(四)科學教師學科知識縱、橫向聯結，使 PCK 產生新陳代謝的轉化 (Transformation)，例如：不同的教學能力與實驗創作擴展能力的提昇，使課程成為一種的帶狀循環 (Schroeder, 2005)。

三、個案教師學科教學知識融合機制

從兩位個案教師之學科教學知識的融合機制顯示，個案教師之學科教學知識的融合是以學科專業知識主軸，再由個人的課程認知與教學經驗，選擇適當的教學策略將學科信念、學科概念和原理與其實事情境知識結合，形成具有結構性的實質知識，使學科教學知識的融合，架構成具有：課程發展哲學的思考性、教學操弄的意義性與科學學習的價值性，這機制透過內在自我專屬的認知體驗活動來達成。研究者根據上述分析，再次針對學科教學知識與課程實踐的融合分別與楊老師 (20071204ITV)，及莊老師 (20071219ITV) 進行晤談，兩位個案教師對國小科學課程發展實踐之詮釋，都有一致性的看法，認為：「國小科學課程模體的發展應從全方位考量，開放、多元、溝通

及參與的將學科專業知識與教學情境融合，所以教師要不斷的體驗課程，才能將學科專業知識以最符合所面對的學童的需要表徵出來」。彙整個案教師的課程認知、信念、學科教學知識的融合機制與教學表徵教的分析中發現學：個案教師學科教學知識融合模式是以教師的學科專業知識為核心概念，再配合具有教學操弄的意義性與科學學習的價值性的教學技術（知識），達成學科教學知識融合的動態過程，符合生命系統永續成長的觀點。綜觀兩位個案教師的學科教學知識的融合機制，是以教師學科信念與課程信念所架構的核心概念（Basic Concept）為主，過程中教師將其學科內容知識與真實情境結合產生實質結構知識（Substantive Structure）的執行（Manipulation）階段，同時將新知識運用在探究與實驗獲得新章法結構知識（Syntactic Structure）的科學能力（Scientific Ability）（Grossman, Wilson, & Shulman, 1989），最後科學教師常對學科領域的知識有了個人專屬的情意與評鑑，產生新的學科信念進入轉化（Transformation）階段。綜合上述個案教師提出隨課程內容進行體驗課程，或教學中師、生的共伴體驗學習，促使學科教學知識的融合機制架構成具永續成長的動態機制，因此研究者提出「核心概念（Basic Concept）--「執行（Manipulation）」--「科學能力（Scientific Ability）」--「轉化（Transformation）」的 BMST 模式做為科學教師的學科教學知識融合機制（如

圖 8)。

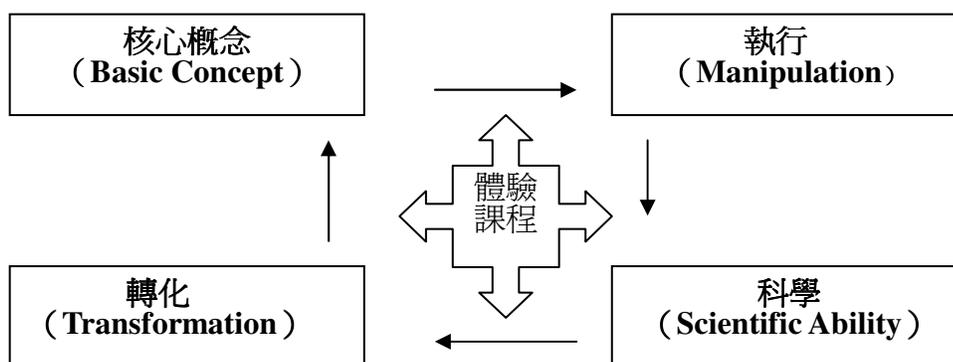


圖 8 「B M S T」科學教師學科教學知識融合模式

「B M S T」模式運作架構的特色：

「B M S T」學科教學知識融合模式是以生命系統的動態課程觀建構而成，以學科內容知識與教學信念為核心，與教學情境內、外知識交互作用，同時每一融合階段的聯結經由體驗課程的潤飾減少階段的脫節現象。教師進行體驗課程學習以真正了解學科知識的獲得過程，再將體驗心得用來精緻化教學信念，不但提昇科學教師精進教學能力，連帶提昇學童的學習績效。

伍、結論與建議

一、研究結論

綜合前述研究發現個案教師的學科教學知識的融合受課程認知、學科信念與學科專業知識影響，其意義與融合機制分別探討如下：

(一) 科學教師的課程認知：

1、重視延伸學習課程：科學課程的發展要以課本為中心，延伸到鄉土資源與生活週遭議題，才能讓學童感受得到（楊師）；重視學童的多元能力與創造力，應及早將科學與科技的發展史融入國小科學課程（莊師）。

2、課程要經體驗：教師要透過體驗學習來精熟教材，才能設計出感動學童學習的課程（楊師）；情意與科技能力要透過活動或實驗達成，並主張從體驗學習中提昇教師課程的聯結設計能力與學童科學能力（莊師）。

綜觀兩位個案教師對國小科學課程發展的認知都強調真實情境的體驗學習，也就是學童必透過實驗操作才能建構科學知識，或擴大知識領域。故教師對課程的認知有其強烈的自我專屬情意與評鑑，這種對學科的信念影響會影響其學科教學知識的決擇。

(二) 科學教師的學科信念：

Grossman, Wilson, 與 Shulman (1989) 認為學科信念是指教師對學科領域的知識有強烈的個人情意與評鑑，教師對學科的信念影響其所選擇教授的內容與他們如何選擇教授此學科內容。兩位個案教師對學科的信念均以教師的學科領域知識「教師的學科專業知識或素養」為核心，選擇合適的教學技術（知識）進行教學設計，選擇的標準因個別的課程認知、信念、教師教學經驗、情境文化、學童狀況等因素選擇合適的教學策略。

（三）科學教師學科教學知識融合機制：

根據前述科學教師的課程認知、課程信念及文獻分析得知個案教師學科教學知識融合的教學型態，是個案教師對課程的覺知與教學行動選擇的連續過程，從融合運作模式比較，楊老師由學科知識開始啟動學科教學融合的機制，莊老師則由教師學科知識能力與教學目標開始啟動學科教學知識融合的機制，因而兩位個案的學科教學知識融合的運作機制不同，楊老師的融合模式以學生的學習感受為核心，莊老師的融合以學童的科學設計與創造力為主軸。綜合上述研究者針對兩位個案老師的學科教學知識融合機制提出「BMST」模式，所表達的是國小科學課程的發展應從課程模體做考量，師、生同時進行動態歷程的成長模式，因此科學教師的學科教學知識的融合機制是一

種系統性的思考過程，透過「核心概念→執行→科學能力→轉化」的模式，可發現教師教學過程是一種動態的教學序列，融合過程中包含教師對課程的覺知與教學知識，來顯示教師課程模體發展的目的性與主動性。

二、建議

「BMST」模式不僅可看出科學教師學科教學知識融合機制特色，也可看出科學教師對課程的價值觀、認知地位與教學型態，對今日精進教學策略的提昇具有相當的意義，從「BMST」教學運作模式研究中，發現科學教師的課程認知地位與教學信念影響教學活動的設計與內涵，因此提出以下建議：

(一) 科學教師培育方面：

研究中發現，科學教師學科教學知識融合機制是結合教師的學科專業知識與教學信念來啟動，所以在師培教育與在職教師教育上，應加強科學教師的學科知識與議題性的延伸課程設計能力培養，才能增進教師對學科知識本質的理解與融合技術的運用，因此建議科學師資的培育與在職教育應與其它領域分流。

(二) 國小科學教學方面：

本研究提出的「BMST」模式，是教師融合學科知識與教學知識的教學思考過程，

教學的運作可清楚的透過「BMST」模式來理解，也可以縮小Akker(1998)的六個課程表徵中的差距(Pilot, Bulte, Estbroek, & DeJong, 2005)，在課程改革上，亦可提供科學教師發展課程參考與檢視教學的協助。

參考文獻

中文部分

王靜如(2003)。科學本質的理論、教學知識與課程設計。論文發表於自然與生活科技學習領域課程研討會。台北：行政院國家科學委員會。

王瑞芬(2001)。以螞蟻為主題之統整課程設計與實務教學之研究。未出版之碩士論文，國立台灣大學，台北。

方吉正 (1998)。教師信念研究之回顧與整合 - 六種研究取向。《教育資料與研究》，20，36-44。

余曉清 (1999)。生物教師的教學信念、教學、與師生互動之個案研究。《科學教育學刊》，7 (1)，35-47。

李松濤 (2005)。科學教師教學決策機制之研究。未出版之碩士論文，國立高雄師範大

科學教師學科教學知識融合機制之個案研究

學，高雄。

段曉林 (1995) 。 *學科教學知識對未來科教師資培育上的啟示*。論文發表於中華民國

第一屆數理教學與師資培育學術研討會，彰化。

張惠博 (1996) 。 *職前科學教師學科教學知識發展之研究*。 *科學教育學刊*, 4 (1), 59-92。

陳忠志、Taylor,P.,Aldridge,J.M (1998) 。 *國中教師科學本質及科學教學信念對理化教室*

環境的影響。 *科學教育學刊*, 6 (4), 383-402。

許麗伶 (2005) 。 *國民中學自然與生活科技學習領域實施與九年一貫課程之檢討*。未出

版之碩士論文，國立台灣師範大學，台北。

黃政傑 (1999) 。 *課程改革 (三版)*。台北：漢文。

教育部 (2003) 。 *國民中小學九年一貫課程暫行綱要*。台北：教育部。

教育部 (2003) 。 *月世界泥岩惡地生態景觀之旅，環境教育系列，91 年計畫*。屏東：國

立屏東教育大學。

秦嗣輝 (2002) 。 *九年一貫課程自然與生活科技學習領域能力指標轉化之個案究*。未出版

之碩士論文，國立台北師範學院，台北。

溫家男 (2002) 。 *高中生物科資深與實習教師發問策略之個案研究*。未出版之碩士論文，

國立高雄師範大學，高雄。

蔡月瑛 (2001)。課程轉變之規劃與實施—小學自然科學教師的行動研究。未出版之碩士論文，國立台北師範學院，台北。

蔡英姝 (2001)。九年一貫課程教師專業能力之相關研究。未出版之碩士論文，國立成功大學，台南。

簡頌沛、吳心楷(2006)。從情境認知的觀點，來探討實習教師之教學信念與教學實務的轉變歷程。論文發表於中華民國第二十二屆科學教育學術研討會。台北市：國立台灣師範大學科學教育所。

蘇懿生、黃台珠 (1999)。實驗室氣氛與學生對科學的態度之關係研究。科學教育學刊，7 (4)，393-410。

外文部分

Bruner, J.(1960).*The process of education*. Cambridge,MA : Harvard University Press.

Clark, C. M., & Peterson, P. L.(1986). Teacher thought process. In M.Wittrock.(Ed.),
Handbook of Research on Teaching(pp255-296). NY : Macmillan.

Cobb, P. (2001). Supporting the improvement of learning and teaching in social and institutional context. In S. M. Carver & D. Klahr (Eds.), *Cognition and instruction: Twenty-five years of progress* (pp. 455—478). Mahwah, NJ: Erlbaum.

科學教師學科教學知識融合機制之個案研究

- Collins, A . (1992) Toward a design science of education. In E. Scanlon & T.O'Shea (Eds.) *New Directions in Educational Technology*. Berlin:Springer-Verlag, 1992.
- Doll, W .E., Jr.(1993).*A Post-Modern Perspective on Curriculum*. Teacher College, Columbia University.
- Goodlad, J .I. (1979):*Curriculum Inquiry*. New York : Mcgraw-Hill.
- Grossman, P. L.,Wilson, S. M., & Shulman,L. S. (1989). *Teachers of substance:Subject matter knowledge for teaching*. In M.C. Reynolds(Ed.), Knowledge base for the beginning teacher(pp.23-36). New-York: Pergamon Press.
- Guba, E. G., & Linclon, Y. S. (1989). *Fourth Generation Evaluation*.Thousand Oaks, CA: Sage.
- Hashweh, M. Z.(1987).Effect of subject matter knowledge in the teaching of biology and physics. *Teaching and Teacher Education*, 3(2),109-120.
- Handson, D. (2003). The Time for Action : Science education for an alternative. *Journal of Research in Science Teaching*, 25 (6), 645-670.
- Langer, E .(1993).A mindful education. *Education Psychologist*, 28 (1) ,43-50.
- Marroum, R, M.(2004).The role of science education : An introduction to the cognitional theory of Bernard Lonergan. *Science & Education*, 13 : 519-540.
- Miles, M. B., & Huberman, A .M.(1994).*Qualitative Date Analysis: An Expanded Sourcebook*(2nd ed). Newbury Park,CA: Sage Publications. 張芬芬 (譯) 質性研究資料分析。台北 : 雙葉書廊有限公司。
- Mintzes, J. J., Wandersee, J. H. , & Novak, J. D. (1998). *Teaching Science Understanding : A*

Human Constructivist View. London : Academic Press Limited.黃台珠等 (譯) 促進理

解之科學教學：人本建構取向的觀點。台北：心理出版社。

Mintzes, J . J., Wandersee, J . H., & Novak, J . D.(1999).*Assessing Science Understanding :A*

Human Constructivist View. London : Academic Press Limited. 洪振方等(校譯)：促進

理解之教學評量：人本建構取向觀點。台北：心理出版社。

Munby, H .(1984).A qualitative approach to the study of a teacher's beliefs. *Journal of research in science teaching*, 24 (1) ,27-38.

National Research Council(1996).*The National Science Education Standards*.Washing D C. National Academy Press.

Ogborn, J .(2005).40 year of curriculum development. K. Boersma et al(eds.)*Research and the Quality of Science Education*,57-65.Printed in thenetherlands.

Paglieri. F.(2006).*Coding between the Lines: On the implicit structure of arguments and its import for science education*.Working Paper, ISTC-CNR Roma/University of Italy.

Pilot, A., Bulte, A., Westbroek, H. & De Jong, O.(2005). *Using authentic practices as contexts, an approach to design chemistry education*. Paper Presented at he Netherlands-Taiwan Seminar, National Hsinchu University of education, Taiwan.

Roscoe, K .(2004).Lonergan's theory of cognition, construction and science education. *Science & Education*, 13 : 541-551.

Schubert, W. H. (1986). *Curriculum : Perspective, paradigm and possibility*. New York : MacMillan Publishing Company.

Schroeder, B.(2005).Currere : Reconceptualizing curriculum.April 20, 2005,from <http://currerepaper.blogspot.com/>.

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(1), 4-14.

Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching : Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22.

Shavelson, R. J., & Stern, P.(1981).Research on teachers' pedagogical judgement: decision, and behavior. *Research of Educational Research*, Winter, 51(4)455-498.

Toulmin, S .E.(1958). *The use of argument*. Cambridge UK : Cambridge.University Press.

Van den Akker, J .(1998). The science curriculum :Between ideals and outcomes. *International Handbook of Science Education*, 421-447.

文稿收件：2009年04月28日

文稿修改：2010年08月20日

接受刊登：2010年09月20日

A Case Study of the Integrated Mechanism of Science Teachers'

Pedagogical Content Knowledge

Yu-Ming Su * Tai-chu Huang **

Abstract

The purpose of this study is to investigate the integrated mechanism of two elementary science teachers' pedagogical content knowledge (PCK). The results indicated that the basic concepts in the integration of PCK were teachers' beliefs in curriculum, combined with content and domain related knowledge. The integration processes were threefold. The first was the "manipulation" phase in which the substantive structure was produced after the combinations of content knowledge and real contexts. Secondly was the "scientific ability" phase in which the new subsyntactic structure was generated due to the applications of novel knowledge in inquiry and experiments. The third was the "transformation" phase in which personal affections and evaluations about content knowledge were emerged and new beliefs in curriculum were evolved. This study concluded that using curriculum as the basic concept is helpful for novice science teachers to construct their own "B.M.S.T. Model" of integrated pedagogical content knowledge. Finally, some implications and suggestions about science education were raised.

Keywords: science teachers, pedagogical content knowledge, living systems, curriculum matrix.

* First Author (Corresponding Author): Headmaster, Hsin-Dah Elementary School, Kaohsiung County

** Second Author: Professor, Graduate Institute of Education, National Sun Yat-sen University
E-mail: suym3742@ms22.hinet.net