

巢狀探究教學對國二學生覺知教師 溝通行為改變之探討

蔡執仲* 段曉林** 靳知勤***

本研究主要在探討國二「自然與生活科技領域」課室中實施「巢狀探究教學模式」後，學生對師生互動知覺上的改變與對社會心理層面的影響。研究採雙組前後測設計，以五班實驗組（155 人）與五班對照組（140 人）共 295 人為研究樣本；其中實驗組實施探究教學；對照組則進行以教科書教學；資料收集方面採用「教師溝通行為量表（TCBQ）」，並以 T 檢定進行分析。

實驗組在「挑戰性問題」、「鼓勵與稱讚」、「非語言支持」、「掌控與管理」等向度有顯著的成長（ $p < .05$ ），並對社會心理層面的產生影響；其中「挑戰性問題」提升「個人發展」層面；「鼓勵與稱讚」與「非語言支持」提升「關係」層面，而「掌控與管理」則提升「系統維持與改變」層面。

關鍵字：探究教學、探究學習、溝通行為、巢狀探究教學

* 作者現職：國立臺中教育大學數理暨資訊學院科學應用與推廣學系博士後研究員

**作者現職：國立彰化師範大學科學教育研究所教授

***作者現職：國立臺中教育大學數理暨資訊學院院長、科學應用與推廣學系教授

壹、前言

Ford 和 Wargo(2007)、Tyack 和 Tobin(1994)與 Yerrick、Pedersen 和 Arnason (1998)均強調在課室中教師所重視的是學習活動、何時進行活動以及為何要有這些活動等，因此教師設計的活動在教學中扮演重要的角色，呈現的是課室中能運作的知識 (working knowledge)；這些由實際教學後所產生的實務知識，其具體展現是從教師以何種互動方式進行教學來加以展現。此外 She 和 Fisher (2000、2002)指出教師的教學行為會影響到學生對於科學的態度與在認知上的成就。因此如 Marx 等人 (1994)指出營造一個支持的合作學習的環境對於教師在經營管理的能力上是一大挑戰，而這些學習環境的改變需要教師進行引導，所能明顯感受到的改變是外在溝通行為上產生的變化。

當前科學教育的發展與改革，強調在「教」與「學」的關係中同時融入探究理念，此種課程走向可將學生的學習由以往著重對記憶表層事實的學習，轉為對學科知識與技能進行深層理解並加以應用於生活之中 (教育部，2000；American Association for the Advancement of Science (AAAS)，1993；National Research Council (NRC)，1996, 2000)。Kass、Burke、Blevis 和 Williamson (1993/1994)指出，「探究」不僅是用以幫助學生理解學科知識的教學方法，同時也是一種值得學生學習的精神，以探究為理念的課程能協助學生經歷科學家探究自然及形成知識的過程，從其中習得一連串社會技巧。上述探究課程的學習成效，並非僅透過個人的學習就能達成，而須透過教師營造一個問題解決的環境，提供機會給學生進行討論與分享，所以探究理念是用以連結課室中的科學與實際生活的橋樑。因此 Crawford、Krajcik 和 Marx (1999)與 Magnusson 和 Palincsar (1995)指出，以小組合作的方式建立一個學習環境來進行探究教學是非常重要的，而情境的建立是依賴師生間互動與議題的引導所產生，而此種情境的建立亦會造成師生互動方式的改變。Lidar、Lundqvist 和 östman (2006)指出學生在學習時，如果在教學時能夠聚焦於幫助學生將原本的形式知識論轉化為藉由實際歷經知識形成歷程後所產生的實務知識論，所呈現出是符合實際狀況的學習成效，而其中的轉移策略之一就是藉由教師來加以引導師生與學生之間的溝通，因此營造能夠進行發言和討論的學習環境對於探究教學成效而言是非常重要的。

誠如 Crawford 等人 (1999)與 Ford 和 Wargo (2007)指出，為瞭解教師在教學實務上的改變與經驗上的獲得，必須從學生的感知上得知才較為真確。有鑒於此，本研究欲探討教師進行探究教學前後，師生的溝通行為上是否有所改變。在探究教學部分，本研究採用「開放引導性探究」理念為主的「巢狀探究教學模式 (Nested inquiry-based instruction model)」(蔡執仲、段曉林、靳知

勤，2007)。而學生對於教師在實務上的知覺則以 She 和 Fisher (2000) 所研發之「教師溝通行為量表 (TCBQ)」為主。待答問題為：(1)學生對於教師進行傳統與探究教學模式下，覺知到師生在溝通行為上差異；(2)進行探究教學後對於環境中社會心理層面影響的探討。

貳、文獻探討

為回答上述問題，以下的文獻探討將分別針對教師在建立實務社群應扮演的角色，以及因師生的溝通互動對社會心理環境方面所造成的影響，與本研究所強調的巢狀探究教學理論加以敘述。

一、探究的實務社群

Roth (1995)、Sandoval (2005) 與 Sandoval 和 Reiser (2004) 指出進行探究時，必須在課室中建立如同科學家的實務社群 (Community of practice)，將學生投入於類似科學家所從事的活動，經歷知識的建構以及合法化的歷程。因此在課室中進行「真實的」科學探究，除了探究的議題是與學生日常生活有關之外，最重要的是情境的營造。此外活動的類型，雖然一般學者傾向於採用完全開放性探究，並認為此種方式最能夠讓學生主動進行知識的探索，但 Rogoff (1994) 指出在完全開放的探究中，教師常持有被動的態度或是捨棄身為專家的角色，失去了在學習過程中所應扮演搭鷹架的角色，因此開放性探究並不符合 Vygotsky (1978) 所提出「潛在發展區 (Zone of proximal development, ZPD)」的理論；換言之教師除了原有的職責外，在進行探究教學時還必須扮演具經驗的引導者與協助者，建立以建構主義為理念的實務社群。此外探究教學所涵蓋的各個活動並非是簡單的線性關係，而應如 Herron (1971) 指出各活動應是不斷進行回饋的動態系統，過程中包含可用來做為判別假設是否成立或正確與否的知識、用來解決問題的可能方法、針對學科概念所產生特定問題的內涵、問題的形成過程、實驗方法的選擇、數據 (資料) 的收集與詮釋、假設的成立與最後形成知識等階段。而這些在進行探究教學的初期，都必須藉由教師的協助，建立學生共同的規範使其能在一定的軌道上進行學習。在知識形成的過程中，教師能以歸納和演繹的邏輯推理方式幫助思考，並在引導的過程中重視知識的情境因素，朝向多重策略的教學，使知識在情境間進行轉移，讓學生覺知到所學的知識是有用的。並且由小組合作的方式進行問題解決，在過程中學生不會覺得學習是無助、孤單的。並能從互動中體會知識產出的過程，如此能夠提升學生科學的學習動機，使其能自動自發、自主且持續性的學習，對自己的學習負責並不斷精練探究的能力與技巧 (蔡執仲、段曉林、靳知勤，2007)。因此進行探究教學應考慮學生的認知發展層次，藉由互動所產生的認知改變，以及在

知識建構過程中造成概念改變的多面向社會情意因素 (Tyson, Venville, Harrison & Treagust, 1997)。由上可知, 加強「教」與「學」的相互合併的歷程, 呈現是一序列動態且相互回饋的分屬不同認知層次的活動。

教師在建立探究的實務社群, 如 Ford 和 Wargo (2007) 所指出在營造上必須重視 3 個原則 (3Rs), (1)常規 (Routines): 在教學的過程中, 必須讓學生重視在知識產製與合法化的過程所應符合的科學標準, 如此才能真正體驗真實的科學, 除此之外還必須透過社會的互動過程來獲得知識與培養技能; (2)角色 (Roles): 強調個人在社群中會被期望去從事一些工作, 而這些是在探究活動中所應從事的, 因此學生所扮演的如同在真實社會情境中的不同角色。其中所產生的社會關係是相當複雜, 教師必須能在不同類型的活動與互動中維持課室的秩序, 若控制得宜則學生能在短時間達到學習的目標; (3)責任 (Responsibilities): 在達成共識的過程中, 學生對於所提出的觀點、想法與論述必須負起責任, 也就是說其論點必須是基於證據而來; 並在探究的過程中, 對於資料的收集、分析與做決定的過程都必須在社會與個人層面上負起責任。而 3Rs 的建立與養成, 是需要由教師在課室中進行引導, 因此實務社群的建立, 是在具有合宜規範的軌道上進行發展, 因此藉由教師引導建立課室常規, 並持續其發展性是非常重要的。希冀由本研究的結果獲知教師在進行探究教學時, 溝通互動行為上的重要改變對於社群建立的影響。

二、課室的社會心理層面

教師在溝通行為上的改變, 對於環境的影響在本研究中所探討的是著重於社會心理的層面, Polman 和 Pea (2001) 指出, 課室中呈現的是複雜文化系統, 教師無法獨力進行對於教學環境或課室文化上的改變, 而是必須與學生合作並形成共同價值觀。Walberg (1981, 1991) 指出課室所呈現的是社會性的系統, 可藉由小組互動後對環境的覺知檢核社會關係的真實面貌。如 Achtenhagen (2001) 指出營造以建構主義為理念的學習環境, 除建立近乎真實的情境外, 學生在其中能進行論辯, 讓進行「用心想」的活動, 藉此培養學生具有後設認知 (Meta-cognitive abilities) 以及培養後設動機的能力 (Meta-motivational abilities)。此外課室建立起複雜的「教」與「學」關係, 涵蓋許多的議題, 其中包含了許多的面向, 而這些面向會因為教學策略的應用, 呈現不同的消長與複雜的因果關係, 所以必須從整體的角度來加以探討, 方能清楚勾勒出真實面貌。

在探究教學中營造讓學生進行學習的環境, 除了硬體設備外, 構成課室的組成份子包含教師與學生, 其中教師所扮演的角色是引導以及搭鷹架的角色 (Crawford et al., 1999), 其目的是建立如科學家般的實務社群, 在社群中學生

是知識建構的主體。Polman 和 Pea (2001)、Sandoval 和 Reiser (2004)、Savinainen、Scott 和 Viiri (2005) 以及 Watson、Swain 和 McRobbie (2004) 指出在進行探究學習時，學生透過實務操作進行知識論的轉化，體驗到類似於科學家所歷經的求知、知識建構以及合法化的歷程，因此是進行以解釋為導向 (Explanation-driven) 的教學。在歷程中所運用的教學策略，由教師以發問的方式來引導學生進行學習，而問題的情境是以日常生活中的現象為主，如此才能連結先前經驗並促進概念的轉變，將知識在不同情境中進行轉移，過程中必須透過小組對談的方式來加以進行並幫助學生形成結論或加以表徵出來，從互動中顯現出許多社會文化的關係。而這些互動關係對教師或學生而言，在處理上是具有壓力的，因此營造不具競爭的氣氛能充分表達想法是非常重要的。因而所產生的學習成果不僅是教科書中既定的解釋或是內容，更是具多元與不確定的觀點，並且在論辯的過程形成屬於個人的知識體系，如此學習者成為建構與分享知識的主體，並從中呈現出創造力。

在學習環境中的氣氛營造，如 Sandoval (2005) 與 Sandoval 和 Reiser (2004) 指出，教師應以社會建構主義為理念來落實，使學生有充分的機會發揮學習潛能，並形成符合課室文化的組織與結構，建構出共同的規範 (Norms)。在規範下讓學習成果能符合科學社群對於智能以及態度上的要求，培養相關的社會和科學價值，並對自己以及同儕的學習負責。當學生對學習環境呈現正面的感受時，除能讓學生有正向的學習態度之外，也能提升學習成就。Anderson、Hamilton 和 Hattie (2004) 指出，對相關環境的研究從以往行為主義導向，轉為社會學習理論導向，並且探討的向度朝向以生態模式 (Ecological model) 為主，強調的是多元關係。探究教學是一個動態的過程，因此所營造的學習環境會不斷的進行變遷，教師著重的層面也會有所改變，因此互動溝通模式也會有所不同，其中的相關影響面向是複雜的。所涵蓋的師生互動方面，如 Sandoval 和 Reiser (2004) 與 White 和 Frederiksen (1998) 指出，探究學習需要對於知識進行不斷評價以及論證的過程，而這都需要支持學生進行主動與有效溝通互動方能達成。而有效的互動模式，如 Lampert (1990)、Solomon (1989) 與 Wubbels 和 Levy (1993) 指出在進行合作學習時，許多社會技巧並未發展或到達成熟，需要教師進行導引並且建立實務社群的溝通準則，而這些都必須教師在開始階段就進行。

黃台珠、Aldridge 和 Fraser (1998)、游淑媚和林淑芳 (2005) 與 Dorman (2003) 依 Moos (1974, 1979) 所提出的社會心理層面，認為在課室中教師與學生以及學生與學生之間互動，可分為「個人關係」、「個人發展」以及「社會關係」等三種不同的層次，在「個人關係」面向所強調的是人與人之間的溝通互動關係，在「個人發展」面向所強調的是社會認知對於個人學習成效的影響，而在「社會關係」的面向，則是強調在互動的過程中對於整體學習環境中所形

成社會文化的樣貌。

本研究以 She 和 Fisher (2000) 所提出的「教師溝通行為量表 (Teacher Communication Behavior Questionnaire, TCBQ)」來得知學生的感知, 限於問卷的原始設計, 探討是以教師為主導下, 對於課室氣氛的影響。量表共分為五個向度, 面向包含 Moos (1974, 1979) 提出課室環境中所含的有三個社會心理層面, 其一為「關係」層面, 主要是確認環境中人類關係的本質和強度 (Intensity), 以及評估在環境中對於他人的支持及幫助的程度; 其二為「個人發展」層面, 在整個學習環境的評估中, 屬於基本面向, 強調個人成長以及自我提升; 其三為「系統的維持與改變」的層面, 這個向度延伸至對於環境的秩序、期望的確定、維持的控制以及對於改變的回應。藉由 Moos 的分類, 可以包括三種不同的社會心理層次。依據問卷內容, 對於社會心理面向的歸類進行分析, 其中「鼓勵與稱讚」、「非語言的支持」以及「瞭解與友善」等三個向度屬於 Moos 的「關係」面向, 「挑戰性問題」則屬於 Moos 的「個人發展」面向, 「掌控與管理」則屬於 Moos 的「系統的維持與改變」的面向, 向度內容敘述如下: (1) 「挑戰性問題 (Challenging Questioning, CQ)」: 教師使用思考性的問題挑戰學生促進思考與學習, 問題種類包含有整合性、應用性以及分析性的類型; (2) 「鼓勵與稱讚 (Encouragement and Praise, EP)」: 教師以鼓勵和誇獎的方式促進學生參與課程的回應與討論; (3) 「非語言的支持 (Non-Verbal Supportive, NVS)」: 教師使用非語言行為表達對於學生參與課程所做出回應的支持以及鼓勵; (4) 「瞭解與友善 (Understanding and Friendly, UF)」: 教師關心以及瞭解學生的學習狀況與困難, 並給予友善的協助與關心; (5) 「掌控與管理 (Controlling and Management, CM)」: 教師對於學生進行活動時, 對於學生的行為表現、參與情形以及對其學習的期望與要求。從這些向度中, 可以得知師生關係的改變可由多重策略來進行, 對於學生的學習的影響, 是學生是否能夠整合所學來回應教師或同儕所提出的問題, 並且具有效能的教學或學習是在穩定環境中才能獲得發展。因此本研究藉由所含不同社會心理的面向來探討, 學生對探究教學所營造的環境與以往環境在感知上的差異, 做為教師在教學實務上的參考。

三、巢狀探究教學設計理念

本研究的設計理念為了兼顧概念體系的完整性以及學校既定的教學進度, 同時考量到各單元概念的差異, 是以「單元」做為「巢狀探究教學模式」的設計單位 (蔡執仲、段曉林、靳知勤, 2007)。教師進行探究理念為主的教學時必須針對特定的學科主題進行設計, 以先前的教學經驗作為教案設計的考量, 並藉由實際參與者 (教師與學生) 讓課程成為具有生命的有機體, 能進行自我組織與調節, 使整體的「教」與「學」能符合實際課室的需求。

本研究採用 Staer、Goodrum 和 Hacking (1998) 所提出 Level 2b (開放引導性探究) 為設計探究活動的依歸, 並且在整個課程設計上採用 Martin-Hansen (2002) 所提出的「合併式探究 (Coupled inquiry)」的理念, 在實施流程上考慮到學生認知層次上的差異, 以一系列的活動強調連結學生的先前知識。以建構主義作為知識建構的理念, 藉由增加生生互動以及動手操作的機會, 發展出同儕之間相互支援的體系, 並突顯情境學習的重要性。Dart 等人 (1999) 指出科學教學除強調建構主義外, 教師必須提供適切的學習經驗, 讓學生主動建構其意義, 在合適的情境中, 讓學生進行問題解決並形成個人的認知策略。

在整個課程設計中, 依目的不同共分三個情境, 「情境 I」共包含「參與」與「探索」兩個階段, 目的是建立學生的基本科學知識以及技能。在國中課程所接觸到的科學知識相較學生以往的學習經驗, 是較為抽象的概念, 因此需要教師進行鷹架引導。在「參與」階段其實施的場景主要為教室, 讓學生對以後所要進行的活動有所認識, 並對所含的學科知識有初步的理解, 對初始概念結構進行挑戰。在「探索」階段的情境主要是發生在實驗室, 讓學生進行動手做的活動, 此階段的活動是教師依據教科書中既定的實驗單元, 以引導式探究的精神重新設計活動, 將原本教科書內分立的實驗單元, 依照其相關性融合成數個探究活動, 其目的是讓學生熟悉實驗的操作技能, 並在小組內對結果進行初步分析與討論。

「情境 II」中包含的是「解釋」階段, 本情境目的在於讓學生在經由「情境 I」的「探索」階段中, 藉由合作的方式所獲得的結論, 提出報告以及討論, 體驗科學社群共同形成知識的歷程, 並從中形成共識與建立判別的規準。教師藉由討論與提問, 能夠獲知新形成的概念是否有需要再重新澄清之處, 並依討論成果設計「情境 III」的挑戰題, 幫助學生進行概念的再次澄清與重組, 並能夠應用問題解決能力於新的議題之中。

「情境 III」涵蓋「精緻化」與「評鑑」兩個階段, 「精緻化」階段主要在實驗室中進行, 學生以小組合作的方式進行教師所設計的挑戰活動, 而這探究活動類型其開放程度比「情境 I」的「探索」階段中的活動高, 但仍屬於「開放引導性探究」, 議題是在「情境 II」中討論時所產生可供進一步探究議題, 因此活動的性質是具有概念上與探究能力的整合; 「評鑑」階段則是在課室之中, 讓學生針對挑戰性問題所提出的解決方式在小組間進行討論, 選擇出最佳的方案, 如此學生能夠體會到不是只有一種方法與想法來解決問題, 而且所提出的解決方案不是絕對的完善, 而這種不完美之處, 正是學生能夠進行下一步探討的議題來源。

本研究所提出的「巢狀探究教學模式」, 是將教科書中原有的活動, 考慮學

生概念在認知上的不同層次，有組織的重新加以編排形成具連續性的教學模組，並藉由形成探究的實務社群，減低因進度所產生的教學與學習壓力，並且讓學生進行以問題解決為主的延伸探究活動。

叁、研究方法

一、研究對象及情境

本研究個案教師共有五位，均就讀於中部某國立師範大學教學碩士班。並加入共同研究群進行有關探究教學的專業成長計畫，因此個案學校為其任教學校，共選取中部三縣市五所學校，學校分別位於臺中市（1所）、臺中縣（3所）以及彰化縣（1所），各取一個班級共五個個案班級（155人）做為實驗組進行探究教學（以下稱為探究教學組），另外在相同的學校同一年級選擇與個案教師具相同教學資歷以傳統教學為主的教師，且學生一年級時的自然與生活科技的學習表現相當之常態編班的班級，共五個班級（140人）做為對照組（以下稱為教科書教學組），樣本的選取原則，是在「前測」、「後測」時對問卷有詳實填答的學生。

實驗組的個案教師以「巢狀探究教學模式」進行為期一個學期的教學改變。研究進行的過程中，個案教師每兩周參與研究群會議，報告教案實施進度與分享教學心得。研究群亦協助個案教師設計符合「巢狀探究教學模式」的教案，並進行每週課室教學攝影及記錄，確認教師落實探究教學。而「教科書教學組」的教師並未參與研究計畫，其教學方式則是以教科書中既定的教案以及實驗活動進行教學。

二、資料收集與分析

(一)資料收集

本研究在實驗組實施「巢狀探究教學模式」前，對兩組（實驗組與對照組）同時進行施測（前測），時間點為國二第一學期開學後一個月（第一次段考前）實施。實驗組進行三個月的巢狀探究教學模式後，兩組同學再同時進行施測（後測），其時間點為期末考前一週。

(二)研究工具

本研究所使用的工具為「教師溝通行為量表（Teacher Communication Behavior Questionnaire, TCBQ）」，本問卷為 She 和 Fisher（2000）透過科學課室

觀察所研發出影響學生學習的教師溝通行為量表，其計分方式為李克特式五分等第，計分為「總是如此(5)」、「經常發生(4)」、「偶而發生(3)」、「很少發生(2)」、「從來沒有(1)」，問卷各向度的信度為「鼓勵與稱讚」($\alpha=0.90$)、「非語言的支持」($\alpha=0.93$)、「瞭解與友善」($\alpha=0.91$)、「挑戰性問題」($\alpha=0.88$)以及「掌控與管理」($\alpha=0.86$)。在本研究中其整體 α 值為 0.94；各向度的信度分別為：「鼓勵與稱讚」($\alpha=0.88$)、「非語言的支持」($\alpha=0.91$)、「瞭解與友善」($\alpha=0.87$)、「挑戰性問題」($\alpha=0.85$)以及「掌控與管理」($\alpha=0.86$)。

(三)資料分析

以 SPSS 進行 T 檢定對資料進行分析，在組內的改變上是以相依樣本 T 檢定來進行分析，而在組間差異則是以獨立樣本 T 檢定的方式來進行。此外為了瞭解本研究的實際效果量 (Effect Size)，以 Cohen (1988) 所提出以前、後測的平均值與標準差進行計算。在實驗效果量 (Cohen's d) 的判斷上，若其值小於 0.2 表示實際顯著性為低，介於 0.2 至 0.5 表示實際顯著性為低至中等，而 0.5 至 0.8 表示實際顯著性為中至高等，高於 0.8 表示具有相當大的實際顯著差異(李旻憲、張俊彥, 2004)。此外並針對兩組的向度的成長幅度進行 Pearson 相關分析在相關係數的判斷， $0 < |r| < 0.3$ 為低度相關， $0.3 < |r| < 0.7$ 為中度相關， $0.7 < |r| < 1$ 為高度相關 (邱皓政, 2007)。

肆、研究結果

本研究藉由「探究教學組」(實驗組)與「教科書教學組」(對照組)兩組的學生所知覺教師在溝通與互動行為上的改變，除判斷本探究教學模式的實施成效外，並針對兩種教學方法所造成的差異以及其在社會心理層面上的改變。

一、不同教學方法對教師溝通行為的影響

本研究針對問卷前、後測分數以及其改變量以 T 檢定獲知其顯著性，並進行效果量分析。從表 1 的結果可知，在「探究教學組 (IT)」除了「瞭解與友善」向度外，其它的向度獲顯著的提升 ($p < .01$)。其效果量顯示，「探究教學組」在「鼓勵與稱讚」與「非語言支持」有相當大的實際差異，而「挑戰性問題」與「掌控與管理」則有中度的實際差異。由此可知，進行探究教學時主要的改變是在教師所表現出對學生有更多的支持，其次則為引導方式轉為以問題為導向以及加強課室秩序的控制與常規的建立。而「教科書教學組 (TT)」在「鼓勵與稱讚」與「非語言支持」於統計上呈現顯著的差異 ($p < .01$) 並有中度的實際差異，在「瞭解與友善」向度則呈現下降的趨勢。

由結果可知，在進行探究教學時，教師必須以挑戰性的問題幫助學生進行思考，經由刺激後產生新的想法與探究的方向，在討論的過程中以口頭或是肢體語言表達對學生的支持，這些會提升課室中師生參與討論的程度。但由於探究活動不同於教科書既定的活動設計，需要提供更多的時間與空間讓學生進行探索，但是教師在意達成課程所預設的學習目標以及確認符合教學的要求，因此在進行教學改變時，會擔心進度的落後，會重視對於秩序的維持。在探究的課室中，並非是具壓力與競爭的，而是營造一個支持，友善，溫暖但具有紀律的環境。

表 1 不同教學法對教師溝通行為的影響 (T 檢定)

		CQ	EP	NVS	UF	CM
IT	前測	26.54/6.07	22.50/7.49	21.92/7.78	25.17/6.38	23.38/6.84
	後測	28.02/5.90	26.53/6.69	25.72/7.28	25.99/5.87	25.23/6.20
	T 值	3.14**	7.65***	7.20***	1.92	3.20***
	<i>d</i>	0.46	1.11	1.05	0.28	0.47
TT	前測	24.30/6.60	18.66/6.82	18.80/7.11	22.28/5.97	21.46/6.88
	後測	24.30/6.21	20.05/6.63	20.18/6.70	21.52/5.83	22.09/6.32
	T 值	0.00	2.50**	2.61**	1.49	1.15
	<i>d</i>	0.00	0.40	0.42	0.24	0.18
IT	前測	3.29***	4.94***	3.86***	4.32***	2.59**
vs. TT	後測	5.71***	9.01***	7.32***	7.09***	4.55***

註：*d*：Cohen's *d* (效果量：effect size)；.IT：探究教學組；TT：教科書教學組；CQ：挑戰性問題；EP：鼓勵與稱讚；NVS：非語言支持；UF：瞭解與友善；CM：掌控與管理；* $p < 0.05$ ，** $p < 0.01$ ，*** $p < 0.001$

在表 1 中「探究教學組」在所有向度的前、後測分數皆顯著高於「教科書教學組」，為深入探討其中的差異，本研究針對不同教學方法的成長幅度進行 T 檢定並探討其效果量 (如表 2)。結果指出「探究教學組」在「挑戰性問題」、「鼓勵與稱讚」與「非語言支持」等三個向度的成長幅度獲得統計上顯著的改變，而「掌控與管理」雖然在表 1 呈現顯著的改變，但因「教科書教學組」也有所

成長，因此針對變化的分析並未達顯著的改變（如表 2）。而「鼓勵與稱讚」的向度，在表 1 中「探究教學組」雖有所成長，但未達統計上的顯著性，而「教科書教學組」則呈現下降的趨勢。因此在表 2 所呈現顯著差異，其差異的來源除了藉由教學所造成的成長之外，還有相對於「教科書教學組」造成下降所產生的顯著差異。

從研究成果所顯示的訊息，「探究教學組」在起始狀態顯著高於「教科書教學組」，然而此種現象乃因參與本研究的個案老師就讀於教學碩士班，必須進行論文的研究，因此在學期開始後即著手進行課室環境的改變，而前測是在學期開始後一個月時實施，因此實驗組與對照組有顯著不同。但是綜觀表 1 與表 2 的結果，實施探究教學仍能獲得統計上顯著的改變，並且其改變差異仍達到顯著。

而從社會心理的層面來看，學生的感知主要是在「個人發展」與「關係」兩個面向有所成長。在「個人發展」發展上，本研究進行探究教學的過程中，教師是先讓學生歷經由探究所獲得的證據進行回應，因此其問題的產生要與真實情境結合，如此藉由小組的方式讓學生形成解釋，而整個課室對話是以 IRE 的序列（Initiation-Reply-Evaluation）做為主要的類型，做為評鑑學生是否理解探究教學所要傳達的科學知識以及技能（Lemke, 1990），因此學生能夠回顧之前所學的還能培養其後設認知的形成，而非進行單純的對問題的回應，並且在問題的延伸上，是由學生的回應所產生。

此外從「探究教學組」與「教科書教學組」在「關係」層面的差異可知，在探究教學中為了讓學生能夠勇於表達自己的意見，需要由老師搭鷹架支持學生進行對話，以集體的共識來做出回應。從表 1 中顯示雖然「探究教學組」在「個人發展」層面雖未達到統計上顯著的成長，但是在「教科書教學組」的學生認為教師對他們的友善與瞭解的程度是下降的，因此在差異上與「探究教學組」相較下達到顯著的差異（見表 2）。而在「系統維持與改變」的層面，「探究教學組」獲得顯著的差異，因而為達到有效的教學，教師必須對學生有所瞭解與友善面對其學習狀況與需求是相當重要的。因此，在社會心理的影響，主要是彼此互動關係更加的密切。以下將針對不同教學方式在社會心理層面的相關性進行討論。

表 2 不同教學法對教師溝通行為的成長差異分析 (T 檢定)

	CQ	EP	NVS	UF	CM
IT	1.48/6.46	4.03/7.24	3.81/7.28	0.82/5.87	1.85/7.96
TT	0.00/5.92	1.39/6.97	1.38/6.64	-0.76/6.44	0.62/6.83
T 值	2.20*	3.44***	3.21***	2.39*	1.52
Cohen' s d	0.24	0.36	0.35	0.26	0.16
面向	個人發展	關係	關係	關係	系統維持與改變

註：Cohen' s d：效果量 (effect size)；IT：探究教學組；TT：教科書教學組；CQ：挑戰性問題；EP：鼓勵與稱讚；NVS：非語言支持；UF：瞭解與友善；CM：掌控與管理；* $p < 0.05$ ，** $p < 0.01$ ，*** $p < 0.001$

二、不同教學在溝通行為的相關性

本研究以相關分析 (如表 3) 來探討面向的關係，從表 3 可知在「探究教學組」中各向度達統計上顯著的相關，除了「掌控與管理」與「挑戰性問題」和「瞭解與友善」為低度顯著相關外，其他向度具中度顯著相關性。而「教科書教學組」在「掌控與管理」與其他向度的相關性較低，對「瞭解與友善」呈現則是無顯著相關。因此不論是何種取向的教學方式，「掌控與管理」與其他向度的相關性較低。此種相關的趨勢顯示，不論何種教學法，教師在教學進度以及成績的壓力之下，會提升對學習成效與進度的要求，但是探究教學則能讓學生瞭解到，學習必須奠基於良好的課室規範與行為，且學生必須負起對於學習的責任並扮演好自己的角色。

表 3 各向度相關分析 (探究教學組在上\教科書教學組在下)

	CQ	EP	NVS	UF	CM
CQ		0.52**	0.48*	0.53**	0.25**
EP	0.48**		0.72**	0.67**	0.33**
NVS	0.44**	0.75**		0.68**	0.30**
UF	0.40**	0.53**	0.62**		0.17**
CM	0.33**	0.29**	0.22**	0.10	

註：CQ：挑戰性問題；EP：鼓勵與稱讚；NVS：非語言支持；UF：瞭解與友善；CM：掌控與管理；* $p < 0.05$ ，** $p < 0.01$ ，*** $p < 0.001$

本研究另針對「探究教學組」的成長幅度以多元線性迴歸法進行分析（如表 4），從結果可知進行探究教學時其影響程度達 5% 者有 4 個向度（「鼓勵與稱讚」、「非語言支持」、「挑戰性問題」、「掌控與管理」），可知為有效進行探究教學，教師的溝通行為在「鼓勵與稱讚」改變最大，佔所有變化解釋量的 75%，此外從表 1 可知該向度其效果量達 1.11，為所有向度中最高，其次為「非語言支持」其解釋量為 11%，再者為「挑戰性問題」為 7% 以及「掌控與管理」為 5%。

表 4 探究教學中溝通互動行為的改變（多元線性迴歸分析）

	個別解釋量 (R2)	累積解釋量 (R2)	F 值	顯著性
EP	0.75	0.75	1158.20	0.000***
NVS	0.11	0.86	321.25	0.000***
CQ	0.07	0.93	347.73	0.000***
CM	0.05	0.98	745.70	0.000***
UF	0.02	1.00		

註：CQ：挑戰性問題；EP：鼓勵與稱讚；NVS：非語言支持；UF：瞭解與友善；CM：掌控與管理；* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

綜合上述結果顯示，對於整體研究而言，雖然受限於原本問卷設計的結構，但是針對個別向度的分析，仍以「關係」面向的影響最高。在「關係」面向組成（組成向度為 EP、NVS、UF）的改變最大（88%），其次為「個人發展」面向（組成向度為 CQ）為 7% 以及「系統維持與改變」面向（組成向度為 CM）為 5%，下段將針對各層面的影響敘述如下。

三、探究教學對不同心理層向的影響

針對教師的溝通互動行為對社會心理的影響，分為「關係」、「個人發展」以及「系統維持與改變」等三個層面進行討論。

(一) 探究教學對「關係」層向的影響

在 TCBQ 問卷中「關係」層向共包含有「鼓勵與稱讚」、「非語言支持」以

及「瞭解與友善」等 3 個向度，本層面對「巢狀探究教學模式」的重要性在於強調課程整體的變革是由本質上所產生，是由系統內部所產生的動力，是由教學現場的實際參與者所產生。其原動力是藉由師生之間的互動後所形成，學生扮演回饋者的角色，教師必須藉由實際的行動，建立支持學習與討論的環境，因此具有自發性與持續性的特徵。

1.對「鼓勵與稱讚（EP）」向度的影響

從表 1 中顯示，不論是「探究教學組」或「教科書教學組」，在起始階段所感受到的學習經驗，教師並不會進行提問或是鼓勵學生回答問題，因此本向度呈現負向分數（單題平均分數 <3 ）。但經由探究教學後，「探究教學組」在本向度從負面感受轉為正面的感受（平均分數大於 3）。而「教科書教學組」所呈現的分數為負向的感受。此外從成長幅度的方向來看（如表 2），以探究理念為主的教學與以教科書為主的教學有統計上顯著的差異。

構成本向度的內容是探討教師會鼓勵學生發問與討論，並且對所提出的問題或是結論會加以尊重，並進而做為問題的衍伸來源。此外為促進課室的教學氣氛，教師對於學生的反應是以口頭的方式立即產生回饋，其內容應以實質表現的例子來進行。由此可知進行探究教學，教師在對談時若能讓學生感受到被尊重，就能提升學生對探究議題的參與感。此外教師希望學生所提出的解釋是透過與其他同學討論後所產生的，而不是課本的既定答案或僅為個人的想法。因此本研究中的教師將學生視為是課程的共同參與者，在活動的規劃上漸朝向以學生的想法為主。

本探究模式是採引導式探究，教師為活動設計的主角，但為提升探究的層次，在課程中必須讓學生成為共同的參與者，並可從鼓勵學生的發言中尋找探究的議題，如此在教學中則能融入學生的想法及需求，讓學生有更多的主導以及設計權，教師應扮演的是引導者的角色，能同時兼顧整體課程進度以及個人需求差異，縮短理念與實務的距離。因此本研究所營造的課室氣氛，是師生密切的雙向溝通，而非由上而下的單向傳輸，藉由實務社群的組織架構來鼓勵進行交流，促進師生的互動。

2.對「非口語支持（NVS）」向度的影響

從表 1 結果顯示，本向度雖與教科書為主的教學同樣的獲得統計上顯著的成長，但在教學後探究教學呈現的是正向的感受（單題平均分數 >3 ），而以教科書為主的教學則仍維持負面的感受，此外從表 2 中顯示，雖然在起始時有顯著的差異，但以探究為主的教學其提升程度仍較教科書教學為高，並達顯著差異。

從本向度的內容可知，教師為了讓學生能夠主動進行意見發表，在課堂上除以口頭鼓勵的方式之外，在行為上也可增加肢體語言表達對於學生的支持，因為學生回答問題時，常會對自己的想法沒有信心，並擔心其解釋是否欠缺深度或是不正確，會有所遲疑而無法主動分享。因此教師必須呈現對學生學習的支持，此作法除顯示出教師對於問題感到興趣，更能讓學生勇於表現出自己的想法，提高提問頻率以及參與程度。因此探究學習時，在教師在引導的歷程，除了進行認知上的鷹架外，在情意上也需要相同的鷹架過程，而在肢體動作上的支持更能達成這些效果。

本研究強調藉由教師在溝通行為上的改變來營造知識建構的情境，在情境中教師降低仲裁者與評論者的色彩，藉此學生能放心的進行發表與討論。並從過程中，讓學生能確知教師對其學習的支持與對其學習成效的瞭解。

3. 「瞭解與友善 (UF)」

從表 1 所呈現「探究教學組」雖在統計上並無顯著的提升，但與「教科書教學組」相較之下（如表 2），學生感受到在探究教學的過程中，教師對學生的態度更加友善，並且有意願傾聽學生的聲音，因此保持正面的感受（平均分數 >3），而以教科書為主的教學除了有下降的趨勢外，並且感受是傾向於負面的。從成長幅度上來看，兩組則有顯著的差異，顯示雖然因為學科內容的難度加深，但藉由探究教學的進行，以「單元」為單位，對於教材中所涵蓋的概念，進行橫向與縱向之間的重新連結，對活動的進行重新設計，經過有組織的重新編排，將教科書中的相關活動加以整合，節省時間成本而不會因進度的壓力而顯現緊張的氣氛。

因此在進行探究教學時將教材與活動重新設計，能提升學生的內在學習動機，並會促進主動學習進而培養其後設認知的能力（蔡執仲、段曉林、靳知勤，2007）。因減低監控教學與學習進度的壓力，教師所呈現出來的態度將是友善的，會認真傾聽問題並重視其想法，如此教師能更瞭解學生的學習狀態，培養相互信任的關係，成為支持學習的力量，必須對學習困難做出立即且有效的回饋。

(二)探究教學對「個人成長」層面的影響

在 TCBQ 問卷中「個人成長」層面所包含為「挑戰性問題」向度。本層面所呈現的改變，是教師藉由開放的問題來挑戰學生，發展後設認知的能力。

從表 1 中可知在進行探究教學後，本向度獲得統計上顯著的提升，而以教科書為主的教學則持平且無顯著的變化。在成長的幅度上（如表 2），以探究為

主的教學其提升幅度遠高於以教科書為主的教學。本向度的內容在於強調引導性探究是藉由教師或是同儕的提問增加議題的多元性，並從所做出的解釋增加意義的歧異性，在衝擊的過程中創造出「教」與「學」相互依存的互動關係。學生在過程中，可培養其後設認知的能力，而這些能力除了藉由個人所得到的成長之外，最重要的是在解決問題的過程中，經由社會的建構歷程加快其學習速度。

而要獲得這些成果，教師對於學生的回應所抱持的態度是讓學生用自己的話來進行詮釋，因此答案的呈現是與學生自身的概念架構所結合，促進學生概念架構的重組，所形成的並不是個別分立的知識，而是融合的知識體系。當學生應用所學習到的成果來回答與課程有相關的問題時，教師從回應中便能得知教學設計是否回應學習的基本要求。所以進行探究教學，教師的提問層次並不能僅限於記憶性的問題，而是以開放性問題來刺激學生進行思考，在回答過程中讓學生瞭解解釋成立的評判標準。並且從所收集到的資料中，學生要釐清其中的因果關係，有助於推理能力的培養。此外教師利用提問方式可診斷學習困難，在過程中不斷修正其教學行為。

教師可藉由提問的方式，讓學生以自己的話語來回答問題，從中瞭解其理解程度並探知存在的另有概念，同時導入新的概念，讓學生回顧所學的並加深其記憶，並藉由問題解決的過程讓知識能進行轉移並加以應用，並且將學生的回應做為下一步教學改進的依據與活動設計的材料。

(三)探究教學對「系統的維持以及改變」層面的影響

在TCBQ問卷中「系統的維持以及改變」層面有「掌控與管理」向度。呈現的是在進行探究教學時，所營造的學習氣氛雖是自由的但並非是放任的，而且強調形成實務社群的規範，依此為出發點並深植於社群之中。

本向度從表1中顯示，以探究或是教科書為主的教學，教師對於課室環境的掌控程度有顯著性的提升，「探究教學組」提升的幅度與「教科書教學組」相較下並無顯著的差異（如表2），但進行探究教學的課室對於學生的掌控程度較高。從結果可知在教學過程中，如果課室秩序是雜亂無章的，整個教學流程常無法及時完成達到既定的教學目的，無論是何種教學策略，教師都是重視課室秩序的維持。適度的控制對於教學進度的規劃是必要的，但是若其控制的程度太過會造成拘束的學習環境，若控制不足則無法依循既定的流程進行活動，如此會導致課程結構鬆散。此外在「掌控與管理」向度所呈現的是在平均分數3上下，顯示本研究的個案教師對於課室的控制是可被接受的。

結果顯示本研究所實施的探究教學，教師要求學生依照所設計的學習單來

達成學習目標，而依照學習單來詳實記錄，除成為教師判斷學習成就的來源之一，並可供為之後提問與回應的資料來源。此外因為探究活動是要求學生解決問題，而問題解決的過程是屬於高層次的認知活動，相對而言遭遇挫折的機會較高，所以教師必須鼓勵學生對目標有所堅持，並確認學生能確實達成教師的要求。因此 Ford 和 Wargo (2007) 的 3Rs (常規、角色和責任)，並非僅在以記憶為主的講述教學所強調，在探究教學中也必須同時加重視，才能確保學習的品質。但是值得注意的是教師增加對於學習流程的控制，但其程度並不能太過嚴苛，否則將會限制在過程中自由學習與降低表達想法的意願。

伍、結論與建議

在「巢狀探究教學模式」的教學情境中，在社會心理上的影響為「關係」、「個人發展」與「系統維持與改變」等三個層面，顯示本研究所設立的情境，能夠改善師生的關係，並且能在穩定的環境中，幫助學生將學習的成果加以內化。在「關係」層面，包含「鼓勵與稱讚」、「非語言支持」、「瞭解與友善」等三個向度，在本層面的影響，顯示教師重視的是轉移課室的社會文化因素，與以往不同的是建立形成知識共構的實務社群，而這些都必須仰賴教師進行引導與參與 (Crawford, et al., 1999; Ford & Wargo, 2007; Magnusson & Palincsar, 1995)。教師讓學生能夠體會到整個情境是充滿安全感的，在其中表現不必是完美的，犯錯是可被原諒的，教師在態度上是鼓勵的而非強迫的。教師以欣賞代替責罵來引導學習，如此學生會勇敢呈現自己的想法，並且能以更開放的態度來進行學習。而展現友善的方式，除以口頭稱讚學生之外，如能以肢體語言的方式表達，更能夠呈現出對學習的支持。

在「個人發展」層面中，教師在面對探究議題的態度，是以學生為主並以活動為起點，以發問做為引導學習的策略，而問題的回應與產生，並非限定於特定的個人，而是經由討論後形成共識所產生的。由於教師並非僅是單純的問答方式進行提問，而是以開放性的問題刺激學生思考並加以回應。藉由回應來瞭解是否對學習成果有所整合與後設認知能力的發展，對評鑑學生是否真正理解所傳達的科學概念，以及能否在生活中加以應用是相當重要的。

在「系統維持與改變」的層面，與一般課室相較之下，進行探究教學對於課室常規的要求較高。如 Ford 和 Wargo (2007) 所言，有既定的規範才能夠以原本知識論為基礎，學習並培養出新的科學探究實務。本研究的探究教學雖是開放的，但是在教師的引導之下讓學生依循既定的軌道學習，才能獲得更多知識建構的機會。因此探究教學的目的，除培養學生有自己的想法之外，還必須要遵守課室秩序與在知識判準上的準則，在相互尊重的前提下，由教師與學生

專論

所組成的探究實務社群，才有更密切的溝通與互動，而這正是探究教學成功與否的重要關鍵。

本研究認為以探究所強調的「真實性」，必須以複雜的認知過程以及多元的方法來解決問題，無法藉由單一的活動呈現出真實情境中複雜的因果關係，Chinn 和 Malhotra (2002) 指出目前所進行的探究活動大多是改編課本中既有的單元，活動是由簡單的實驗、觀察以及詮釋所構成，針對固定因果關係的探討，因此常流於「食譜式」的驗證性活動，而這種「簡單的」探究活動對學生的知識論養成上是以邏輯實證主義為主。

「巢狀探究教學模式」的探究議題是開放、多元並無既定方向，在教學設計上是以多重的活動呈現探究歷程，設計時考慮不同的面向，在活動中融入互動歷程中所形成的議題，鼓勵學生參與的課程設計，學習成果是在實地探索後所形成的實務理論。而多元情境營造的成功與否，必須藉由教師的引導建立能夠充分溝通的環境，才能在不同的教學情境與學習需求中，為了適應變遷進行自我調適。此外可以由提問對於學生的直接產生刺激。因此探究教學的成功與否，除了讓學生感受到問題的數量與品質的改變外，學生對於回應最直接的感受方式是教師以口頭方式或從肢體行為所傳達的支持 (She & Fisher, 2000, 2002)，並且問題的挑戰性，能夠提升學習動機與興趣 (蔡執仲等人, 2007)。此外除了培養學生有自己的想法之外，還必須要培養應具有課室秩序與知識判準的規範，而本研究的成果所顯現的正是讓學生依循既定的軌道學習，從中獲得更多知識探究的機會，教師對教學流程的掌控與開放的程度是不相違背的。

本研究同時重視教師與學生對實務社群的面貌所產生的影響，但因研究工具的限制，本文僅能針對教師所主導的教學策略進行討論。未來的研究方向，將同時由教師與學生的角度，於方法上將採質量合併的方式，探討進行「巢狀探究教學模式」的教學情境中，因相互影響所產生的變動與關係。

參考文獻

- 李旻憲、張俊彥 (2004)。地球科學教室學習環境問卷之研發與初探。**科學教育學刊**，12，421-443。
- 邱皓政 (2007)。**量化統計與分析**。臺北市：五南。
- 教育部 (2000)。**國民中小學課程綱要-自然與生活科技學習領域**。臺北市：行

政院教育部。

- 黃台珠、Aldridge, J.M.和 Fraser, B. J. (1998)。台灣與西澳科學教室環境的跨國研究：結合質性與量的研究方法。 *科學教育學刊*， **6**(4)， 343-362。
- 游淑媚、林淑芳 (2005)。國小學生的生物腐化想法與科學教室環境知覺關係之研究。 *科學教育學刊*， **13**(3)， 241-262。
- 蔡執仲、段曉林和靳知勤 (2007)。巢狀探究教學模式對國二學生理化學習動機影響之探討。 *科學教育學刊*， **15**(2)， 119-144。
- Achtenhagen, F. (2001). Criteria for the development of complex teaching-learning environments. *Instructional Science*, *29*, 361-380.
- American Association for the Advancement of Science (1993). *Benchmarks for science literacy*. New York: Oxford University Press.
- Anderson, A., Hamilton, R. J., & Hattie, J. (2004). Classroom climate and motivated behavior in secondary schools. *Learning Environments Research*, *7*, 211-225.
- Chinn, C. A., & Malhotra, A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, *86*, 175-218.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral science* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associate.
- Crawford, B. A., Krajcik, J. S., & Marx, R. W. (1999). Elements of a community of learners in a middle school science classroom. *Science Education*, *83*, 701-723.
- Dart, B., Burnett, P., Boulton-Lewis, G., Campbell, J., Smith, D., & McCrindle, A. (1999). Classroom learning environments and students' approaches to learning. *Learning Environments Research*, *2*, 137-156.
- Dorman, J. P. (2003). Cross-national validation of the What Is Happening In This Class? (WIHIC) questionnaire using confirmatory factor analysis. *Learning Environments Research*, *6*, 231-245.
- Ford, M. J., & Wargo B. M. (2007). Routines, roles, and responsibilities for aligning scientific and classroom practices. *Science Education*, *91*, 133-157.

- Herron, M. D. (1971). The nature of science enquiry. *School Review*, 79, 171-212.
- Kass, A., Burke, R., Bleviss, E., & Williamson, M. (1993/1994). Constructing learning environments for complex social skills. *The Journal of the Learning Sciences*, 3(4), 387-427.
- Lampert, M. (1990). When the problem is not the question and the solution is not the answer: Mathematical knowing and teaching. *American Educational Research Journal*, 27, 29-63.
- Lemke, J. L. (1990). *Talking Science: Language, learning, and values*. Norwood, NJ: Ablex.
- Lidar, M., Lundqvist, E., & östman, L. (2006). Teaching and learning in the science classroom: The interplay between teachers' epistemological move and students' practical epistemology. *Science Education*, 90, 148-163.
- Martin-Hansen, L. (2002). Defining inquiry. *The Science Teacher*, 69(2), 34-37.
- Marx, R., Blumenfeld, P., Krajcik, J., Blunk, M., Crawford, B., Kelly, B., & Meyer, K. (1994). Enacting project-based science: Experiences of four middle grade teachers. *Elementary School Journal*, 94(5), 517-538.
- Magnusson, S. J., & Palincsar, A. S. (1995). The learning environment as a site of science education reform. *Theory into Practice*, 34(1), 43-50.
- Moos, R. H. (1974). *The social climate scales: An overview*. Palo Alto, CA: Consulting Psychologist Press.
- Moos, R. H. (1979). *Evaluating educational environments: Procedures, measures, findings and policy implications*. San Francisco: Jossey Bass.
- National Research Council (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council (2000). *Inquiry and national science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Polman, J. L., & Pea, R. D. (2001). Transformative communication as a cultural tool for guiding inquiry science. *Science Education*, 85, 223-238.

- Rogoff, B. (1994). Developing understanding of the idea of communities of learners. *Mind, Culture, and Activity, 1*, 209-229.
- Roth, W. –M. (1995). *Authentic school science*. Dordrecht, Netherlands: Kluwer.
- Sandoval, W. A. (2005). Understanding students' practical epistemologies and their influence on learning through inquiry. *Science Education, 89*, 634-656.
- Sandoval, W. A., & Reiser, B. J. (2004). Explanation-driven inquiry: Integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. *Science Education, 88*, 342-375.
- Savinainen, A., Scott, P., & Viiri, J. (2005). Using a bridging representation and social interactions to foster conceptual change: Designing and evaluating an instructional sequence for Newton's Third Law. *Science Education, 89*, 175-195.
- She, H. C., & Fisher, D. L. (2000). The development of a questionnaire to describe science teacher communication behavior in Taiwan and Australia. *Science Education, 84*, 706-726.
- She, H. C., & Fisher, D. L. (2002). Teacher communication behavior and its association with students' cognitive and attitudinal outcomes in Taiwan and Australia. *Journal of Research in Science Teaching, 39*(1), 63-78.
- Staer, H., Goodrum, D., & Hacking, M. (1998). High school laboratory work in Western Australia: Openness to inquiry. *Research in Science Education, 28*(2), 219-228.
- Solomon, J. (1989). The social construction of school science. In R. Millar (Ed.), *Doing science*. London: Falmer Press.
- Tyack, D., & Tobin, W. (1994). The "grammar" of schooling: Why has it been so hard to change? *American Educational Research Journal, 31*(3), 453-479.
- Tyson, L. M., Venville, G. J., Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1997). A multidimensional framework for interpreting conceptual change events in the classroom. *Science Education, 81*, 387-404.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

- Watson, J. R., Swain, F. R. L., & McRobbie, C. (2004). Students' discussions in practical scientific inquiries. *International Journal of Science Education*, 26, 25-45.
- Walberg, H. J. (1981). A psychological theory of educational productivity. In F. Farley & N. J. Gordon (Eds.), *Psychology and education: the state of the union*. Berkeley, CA: McCutchan.
- Walberg, H. J. (1991). Improving school science in advanced and developing countries. *Review of Educational Research*, 61, 25-29.
- White, B. Y., & Frederiksen, J. R. (1998). Inquiry, modeling, and metacognition: making science accessible to all students. *Cognition and Instruction*, 16(1), 3-118.
- Wubbels, T., & Levy, J. (Eds.). (1993). *Do you know what you look like? Interpersonal relationships in education*. London: Flamer Press.
- Yerrick, R., Pedersen, J., & Arnason, J. (1998). "We're just spectator": An interaction of science epistemologies and teaching. *Science Education*, 82, 619-648.

Investigating the 8th Graders' Changes of Perception of Teachers' Communication Behavior of Nested Inquiry-Based Instruction

Chih-Chung Tsai* Hsiao-Lin Tuan
Chi-Chin Chin*****

The purpose of this study was to investigate the effect of inquiry-based instruction on 8th graders' perceptions of their teachers' communication behavior in the physical science classes. A total of 295 8th graders participated in the study. The experimental group included five classes (n=155) who were taught with three units of nested-based inquiry instruction for three months. In the control group, teachers used the textbook to teach five classes of students (n=140). The "Teacher Communication Behavior Questionnaire" was implemented in both groups before the study and again three months later to collect students' perceptions about the climate of classroom environments.

Results showed, the nested-based inquiry instruction could significantly increase students' perceptions of teachers' communication behaviors ($p < .001$). However, the nested-based inquiry instruction showed significantly higher gain scores ($p < .001$) than textbook-based instruction, especially in the scales of "Challenging Questioning (CQ)," "Encouragement and Praise (EP)," "Non-verbal Supportive (NVS)," and "Controlling and Management (CM)." However, the scales of "Understanding and Friendly (UF)" showed no difference. Four scales dominated students' perceptions of the classroom climate about inquiry-based instruction; these were EP, CM, HQ, and NVS (explained the variances over 5 %). Among four scales, the HQ scale related to the Personal Development Dimension; EP and NVS scales related the Relationship Dimension and CM scale related the System Management and Change Dimension. Finally, it was found that personal development, relationships, and system management and change of the psychosocial factors have been improved by nested inquiry-based instruction.

Keywords: inquiry teaching, inquiry learning, communication behavior, nested inquiry-based instruction

* Chih-Chung Tsai, Postdoctoral Researcher, Department of Science Application and Dissemination, National Taichung University

** Hsiao-Lin Tuan, Professor, Graduate Institute of Science Education, National Chunghua University of Education

*** Chi-Chin Chin, Professor, Department of Science Application and Dissemination; Dean, Collage of Science, National Taichung University