

第肆章 研究結果與討論

本章將研究結果與討論分成四節，第一節探討科展績優教師應用社團指導學生進行科學探究活動的策略，主要以Collins et al. (1989)所提出的認知師徒制教學模式中，理想的學習環境特徵之四個面向，來加以討論。第二節探討科展績優教師建構多組學生同時進行科展實作的互動歷程，並以認知師徒制六個教學方法之運用進行分析。第三節探討教師應用社團指導學生進行科學探究活動的成效，包括學生在科學本質、對生物學態度上的表現、學生對於社團作為科學探究環境的感受以及社團教師與學生參與科展活動回饋問卷的分析結果。第四節為綜合討論。

第一節 教師應用社團指導學生進行科學探究活動的策略

教師應用科學社團來指導學生進行科學探究活動，可以提供學生經歷與學校正規科學課程截然不同的學習過程。因為社團的課程活動內容是由指導教師主導，指導教師可以根據自己的教育哲學觀以及教學理念進行相關的教學內容，並營造出以研究科學為主的社會情境，提供猶如科學社群的社團學生，充分達到相關真實科學知識以及技能的熟練。個案教師指導學生科展研究達10年，能夠持續維持指導學生的熱情，甚至有計畫的成立科學社團來指導多組學生進行科學研究，因此，個案教師的信念、動機、經營科學社團的進程以及應用社團指導學生進行科學探究的教學策略是研究者想要進一步去探討瞭解的。科學社團提供了學生在一般正規科學課程以外的學習環境，而指導教師是科學社團的核心人物，負責課程活動內容的規劃設計、教學以及社團環境氛圍的總體營造。以下將透過摘錄訪談教師的資料，歸納分析出個案教師的信念、動機、經營科學社團的進程以及應用社團指導學生進行科學探究教學策略。

一、教師對於指導學生進行科展研究的信念

研究者根據自身的經驗以及對於一般科學教師的觀察，通常大多數的教師在

學校既有的課程時間完成教學後，很少有教師願意付出額外的時間與精力去經營正規課程外的社團，尤其在國中階段以科學探究活動內容為主的科學性社團更是少見。而個案教師能夠持續不輟地指導學生進行科展研究，其背後的信念分析如下：

（一）參加科展是提供自我實現的機會

個案教師從小就投入科展研究，從中體認到科學研究的樂趣及成就感。因此，科展活動本身對於個案教師而言是極富意義且正向的學習歷程。也因為這樣的科展研究經驗，使個案教師在指導學生進行科展研究的作為有強烈的內在動機支持，即使辛苦卻仍充滿教育的熱誠，希望協助學生透過科展研究的學習歷程有實現自我的機會。

T：其實我從小就期望自己是科學家，也立定志向要當科學家。透過參展，每年可以發表自己的研究成果，結交科學研究的同好，滿足成就感。在製作科展作品過程中，享受自行研究的樂趣，並得到同儕羨慕與尊敬，證明自己與別人之差異，可以說參加科展是一種自我的實現。我希望我的學生也能有這樣的學習體驗。[inttl.2007.3.24]

（二）傳承科展的學習經驗

個案教師藉由指導學生參加科展活動，延續對科學研究的熱情，並協助對於有科學興趣或性向的學生有良好的學習環境進行科學研究，培養未來的科學家。

T：擔任老師之後，我已經喪失了參加比賽的身分。我轉向指導者的角色，延續我對科學研究的熱愛，我希望有更多人能經歷我以前參加科展的歷程與感動，也衷心期望我的努力能使得與我小時後一樣懷抱科學夢想的學生能夠實現願望。

T：科學相關學科其實是很需要實作驗證的，科學知識的內涵更包括操作本身。參加科展科學有莫大的幫助，它可以讓學生熟知科學知識形成的過程。養成正確的科學態度，使未來從事科學研究的可能性大增。

T：因為作科展的過程可以讓學生體會解決科學問題的樂趣，認識作研究的辛苦，及早確定科學性向，提早建立科學態度及獨立研究能力。

[inttl.2007.3.24]

（三）營造心中理想的科學學習環境

個案教師回憶當年自己從事科展研究的經驗，其實常常是從錯誤中累積經驗。在國小、國中以及高中階段的科展經驗其實大多是自我摸索的科學研究。

T：我的科展經歷其實苦不堪言。我一直都在試誤學習，指導老師通常只是掛名，實際的幫助應該是協助出借儀器與精神上的支持。當時缺乏資訊，實驗土法煉鋼，科學報告規格錯誤百出，至今回想起來，評審給我大獎大概都是緣自我的研究精神可佳吧。至於現在我營造給孩子們的研究環境，可以說勝過我當年的環境百倍，實驗器材精良、正版統計軟體、指導教師的用心投入、研究前的先備知識訓練、電腦資訊設備先進，喜愛研究的小孩浸淫其中左右逢源，差別太多了，這是我內心理想學習世界的一種投射。

T：我的科學啟蒙恩師是…國小李…老師。他用開放式的探究方式教導我們追尋自然的真理，在介紹火箭時要我們交出美俄太空競賽的報告，上蕨類課程時，教我們採集各式蕨類的密訣，他要我們研究科學時得「大膽假設、小心求證」，給我的自然課成績超過100分，最高分曾有學期成績113分的紀錄（當時成績全是手抄本），是給我自然科學習最大的鼓舞。[inttl.2007.3.24]

由以上的分析，我們可以發現個案教師因為從小熱愛科學，也受到國小自然老師的啟蒙與激勵，一直持續對於科學研究的熱情。除了自己在學術領域不斷進修外，在科學教育的道路上，更是充滿理想與使命感。而個案教師對於指導學生進行科展研究的信念，主要可以歸納為三點：1. 提供學生自我實現的機會；2. 傳承科展的學習經驗；3. 營造心中理想的科學學習環境。

二、個案教師成立科學社團指導學生進行科學探究的動機

基於個案教師對於指導學生進行科展研究的前述信念，以及自己本身一直沒有離開學術領域，對於個案教師而言，有一種責無旁貸的使命感驅使他持續指導學生進行科展研究。在九年前是個案教師剛由研究所畢業後的第一年，當時仍是以傳統科展模式指導學生，但是同時有六組的學生個自進行專題研究。在此時期個案教師面臨了以下的幾個問題，使個案教師開始有成立科學社團來指導學生進行科學研究的動機。個案教師面臨的主要問題說明如下：

（一）個別分組指導學生在時間無法達成最大效益

個案教師一方面兼行政工作，一方面又有教學壓力，僅有的下課時間又被不同組別分別佔去，因此，如何達成有限時間內同時指導多組學生進行科學研究的想法應運而生。

T：一般科學教師都是一人指導一組學生，進行科學探究活動。九年前，我剛從研究所修畢碩士學位返校服務，當時有多組學生同時向我尋求協助，為了一圓學生的研究之夢，通通都答應擔任指導工作。答應後才發現，各組常常在不同時間詢問類似的研究相關問題，或者各組常常犯同樣的錯誤。指導六組學生，感覺時間壓力很大，因為不同的組都會來問相同的問題例如：圖表如何製作、如何查資料，覺得很浪費時間，事倍功半。學生熱誠有餘，研究的基礎能力不足。每一次教導，每一次說明，都要重複多次，等於指導六組要比指導一組多出五倍的時間，所以才想到用經營科學社團的方式，先做研究能力的基礎訓練，再讓不同分組進行實驗以節省時間與體力的付出。[inttl. 2007. 3. 24]

(二) 科展小組學生的團隊合作是暫時性的，無法持續科學研究

參加科展比賽後的學生，通常就回歸一般學校環境的學習，為升學考試作準備。因此，科學研究的動力不易維持。

T：組內的四人只是為了科展在一起，好像缺乏一種長期團隊合作的感覺，就像是臨時的編組，做完科展後團體就不復存在了，這樣的團體缺乏遠大的目標（當科學家）。 [inttl. 2007. 3. 24]

(三) 各組因應實驗所購買的資源無法有效持續利用及管理

由於各組都會採買各自需要的軟硬體設備，一但科展結束，這些資源就無法有效的繼續被運用或妥善的管理，甚為可惜也不符經濟效益。

T：在管理上，不同組別的實驗各自進行，在實驗的軟、硬體的調度上，無法有效的管理。 [inttl. 2007. 3. 24]

因此，個案教師開始有了以科學社團方式指導學生進行科學研究的想法，希望藉由科學社團的運作達成以下的目標，包括：1. 提供多組學生有從事科展研究的機會；2. 訓練學生在科學社團的課程中先培養基礎的科學研究能力，再各自分組進行科展實驗，可以減少時間及體力耗費在不同學生但持有相同錯誤的教導上；3. 建立不同組別之間既競爭又合作的互動關係。4. 師生共同建構科學知識，滿足科展績優教師的求知慾。5. 可以持續使用所採買的實驗儀器、設備及耗材，避免浪費資源。6. 使具有延續性的研究每年都有人接手，研究內容可以更加深加廣。

三、個案教師成立科學社團指導學生進行科學探究的進程

個案教師設立科學社團已長達 8 年，從醞釀建立社團的想法，歷經社團草創的時期、擴張的階段、成熟的時期，而逐漸進入精鍊的階段。根據指導教師針對不同時期各階段的社團特色或問題的訪談結果，分析說明如下：

(一) 草創期

個案教師將為社團成立的一、二年稱為草創期。社團成員每屆約十到十五人，師生感情極好，科展團隊還未進行複試編組之安排。此期的特色如下：

1. 建置社團發展所需的基本軟硬體資源

在草創的階段，社團首要的工作就是建立協助學生進行科展研究的基本設備，例如電腦、相機、錄影機以及書籍等。

T：我將社團成立之初的前兩年稱為草創期。在這個時期，有一匿名家長，不斷提供經費補助，使得社服、社團電腦、社團數位相機、社團錄影機、社團專書等等設備在這個時期逐一湊齊，奠定社團發展基礎。[intt2.2007.4.7]

T：在當時，我運用當設備組長的機會，成立社團。因此成立社團之初，就能基於管理實驗室的權責，方便各項研究所需資源的管理或增購。[intt2.2007.4.7]

2. 社團課程以趣味科學活動為主

除了科學研究的基礎訓練以及科展實驗的實作以外，個案教師希望藉由生活化的趣味科學遊戲，使學生能夠從「玩」科學的過程，增進科學學習的樂趣及動機的強化。趣味科學活動內容詳如附錄十五。

T：在這個時期，社團常玩的是水火箭和風箏等組裝玩具。我的想法是先從現有的熱門題材著手，吸引學生喜愛科學，透過「玩」科學的經驗，留住學生對於社團的熱情。[intt2.2007.4.7]

(二) 擴張期：

個案教師將社團成立的第三、四年稱之為擴張期。此期社團的每屆成員突破二十人。社團組織上，個案教師將社團學生實施各種不同任務的編派分組。每個人除了以往科展小組的角色外，還在不同的社團活動中負責不同的工作內容。此期的特色如下：

1. 社團組織擴編，實施初步的複式編組合作學習

在社團組織上，個案教師為了凝聚社員間的向心力、增加不同年級社員之間的聯繫及增加對社員學習情形的瞭解，發展出初步的複式編組（僅有科展編組、實驗編組、行政編組以及值日編組）合作學習模式。

T：社團組織增設副社長及各年級聯絡人，開始有校友返校幫忙帶社團，也開始複式編組。我的想法是如果只有科展編組會缺乏橫向連繫。複式編組增加了社員之間的緊密程度，也讓指導教師容易掌握社員狀況。因為對於社員的瞭解可以有方面的資訊來源。當學生有各種不同的角色時，我可以更清楚知道學生的人格特質或能力所在。此期因為尚未有寒暑訓、戶外教學等活動，所以並沒有寒暑訓編組以及活動組等編組 [intt2.2007.4.7]

2. 科學活動趨向多元化

在社團活動的內容上，個案師持續增辦各種項目，增加社團活動時間，使學生在科學社團中的學習活動有更多樣化的內涵。

T：這個時期開始辦理寒、暑訓，社團活動除了社課和午休外，再加上每星期二和五早自習都是我可以運用的社團時間。 [intt2.2007.4.7]

3. 社團札記格式化

個案教師為了有效瞭解學生的學習狀況，並與學生及家長保持良好的聯繫與互動，開始規定學生必須每週交出社團札記一篇。在札記的內容設計上，有多樣化的欄位設計，提供學生針對參與社團各種活動後的省思記錄，也幫助了學生瞭解自己在社團中的學習情形。

T：社團成立到了第三年，社團札記格式開始定型，我嚴格要求學生每週書寫。在最早期的時候，社團作業都是一份一份交，很雜亂，不容易統整，後來我就仿照聯絡簿的做法，規定社員將一週訓練及科展進度詳實記錄，而且我為了掌握學生學習動力及心境變化特增設心情剖析一欄。札記填畢需家長簽章以做為親師生溝通平台。 [intt2.2007.4.7]

4. 社團辦公室成立

個案教師努力向校方爭取社團辦公室的設立，使學生從原有以生物實驗室為主的社團活動地點，可以進一步擁有社員專屬利用的場所。社團辦公室的成立也代表著學校對於教師經營科學社團提供具體的支持與重視。

T：在社團成立的3年後，終於學校願意空出地下室的空教室，作為科學研究社的專屬辦公室，可以提供九年級進行深度閱讀使用以外，社團財產及日用品也有了固定的放置點。 [intt2.2007.4.7]

5. 同校自然科教師進行協同教學

在課程的教學上，除了個案教師自己進行授課外，也會邀請其他自然科教師進行社團課程的教學。使學生能加強物理、化學的基礎，藉由不同的教師提供學生具有更多樣化的學習刺激。

T：除了我本身指導學生進行各種科學探究活動以外，在星期二、五的早自習開始有自然科老師協助授課，增加社員課程豐富度。例如物理及化學課程都有邀請理化老師來上有關物理或化學的課程。 [intt2.2007.4.7]

（三）成熟期：

個案教師將社團成立的第五、六年稱之為社團的成熟期。此期的每屆成員到達二十八人。此期的特色說明如下：

1. 社團課程定型化

在科學社團邁入成熟期的階段，整體的課程活動都已經逐漸例行化。學生在科學社團中的學習活動都有一定的時間安排。

T：星期二、五早自習、星期三整個下午的社團課、每天中午的科學影片欣賞、週六上午的科學研習，每學期的戶外生態踏察、不定期舉行的專題演講等已是社團活動的例行安排。 [intt2.2007.4.7]

2. 建置社團資訊交流管道

在社團活動的場域上，學生除了在生物實驗室、社團辦公室學習互動交流之外，個案教師開始指導學生進行社刊的編輯以及建立了社團專屬網頁模組及教師個人的網頁。在增進整體社團資訊的交流上，個案教師融入科技的運用，也使得學生學習的面向更為多元，包括瞭解社刊的製作意義、方法以及運用電腦網路的傳播方式。

T：這個時期社團開始辦社刊，也有了社團專屬網頁模組。社刊提供平面文字的交流而社團專屬網頁模組以及教師個人網頁主要是為了增加社員之間以及指導教師與社員之間的互動交流機會。平日社團專屬網頁由社網組維護，而教師網頁模組則由我自行維護管理。 [intt2.2007.4.7]

3. 科展小組成員採混齡編組

個案教師發展的複式編組的合作學習模式中，科展小組是跨年級的編組，科展小組中的成員有不同年級的組合，高年級的學生學習經驗最豐富，可以對於低年級的學弟妹提供小老師式的指導與協助，每一組的科展主力是八年級，七年級則相當於見習生。

T：為了科學研究的精神和基本技能有較具體的傳承，我將科展組別盡量採取九、八、七年級混齡編組。在人數的組合上九、八、七年級的比例可能是1:2:1、2:1:1或1:1:2等，但因為各年級人數不一，所以也有2:2:0的組。[intt2.2007.4.7]

4. 寒暑訓精緻化

寒假及暑假是學生學校正規課程告一段落的休息時間。對於社團學生而言，正是能在既有課業壓力卸除的片刻，更能積極投入科學研究的時刻。個案教師為了讓社團學生有效利用假期時間，還結合校友設計了寒訓及暑訓活動，藉由這樣的相處機會，社團學生得以建立來自校友層面的互動管道，不論是升學或生活上的問題，都可以請教校友，獲取更多諮詢的機會。寒、暑訓課程表詳如附錄十六。

T：平日學期中的學習非常正規、嚴謹，社員與校友互動少，寒暑假校友藉舉辦寒暑訓可以重新聚集在一起規劃包括科學闖關、實驗、團康、野炊、晚會及社內科展競賽等活動，在校生可以近距離與校友學習，建立校友與社員關係，結訓後校友各自返回高中或大學，社員能夠透過網路或電話等方式持續請教校友問題。寒暑訓的活動編組打破年級與男女限制，各項活動均由校友計分評比，結訓時基分累積高的組別可以獲得指導老師之獎勵（通常是減免寒暑假作業的優惠條件），因此寒、暑訓是社員喜愛的活動之一。[intt2.2007.4.7]

5. 增購基礎硬體設備

科展書面報告或看板製作也都是學生在個案社團活動中的重要學習項目之一，因此，在學校及家長會的支持下，個案教師持續投入花費在社團資源的建置上，添購各種有助於學生完成科展作品的相關器材或設備，建立更完善的社團資源（附錄十七）。

T：在我經營社團的第六年，社團專屬的電腦已增加到五台，科展需要的大圖輸出機、膠裝機、護貝機、自動定書機、裁紙機、油印機、掃描機等等都一應俱全。經費來源是來自家長會及學校的預算。[intt2.2007.4.7]

(四) 精鍊期

個案教師將社團成立的第七、八年稱之為精鍊期。將此階段的特色歸納說明如下：

1. 運作模式以社團幹部為中心

個案教師在此時期發展出以社團幹部為中心的運作模式。教師逐漸從直接指導學生的角色逐漸轉為顧問諮詢的角色。社團組織表詳如附錄十八。

T：進入第七屆和第八屆的訓練，我稱之為精鍊期，因為社團人數再降至每屆二十人以下，這一個時期，社團組織終於完備，以社團幹部為中心的運作模式使得社團活動推動順利成功，社團幹部以八年級學生為主，學生基於七年級的社團經驗通常都能明確瞭解社團各項活動的實施方式，而帶領學弟妹執行指導教師所規劃設計的各项社團活動。[intt2.2007.4]

2. 發展社團科展小組的研究訓練模式

在指導學生進行科展研究的歷程上，個案教師發展出更多的研究訓練方法。例如指導老師要求學生針對有興趣的研究題綱，撰寫研究計畫書，再由老師評比決定是否適合該組學生進行研究。指導教師引進校友資源以提供社團學生多一個諮詢管道。個案教師於此時期更增加口說預講的練習，訓練學生能將所研究的成果，進行公開發表的論述能力。

T：進入這個時期，我要求學生選擇科展題目要寫企畫書，各研究組別有校友認養監督照顧。我發展出一套完整的監控研究進度的方法，引進預講練習。[intt2.2007.4.7]

3. 推動鄉科展的辦理

通常學生參與科展會先在校內進行比賽，通過學校科學教師審核選拔後，才能有機會進一步參加縣級的比賽，乃至於全國科展的參賽機會。個案教師認為鄉展對於學生而言等於提供了更多發表科學研究的機會。因此，個案教師除了積極協助學校辦理科展活動，並積極尋求社會以及地方的資源以推動鄉展的辦理。

T：我順利推動辦理鄉科展，至今已經邁入第三年。我認為鄉科展使得社員多了一次磨練的機會。而鄉公所以及相關的教育基金會是主辦的單位。

[intt2.2007.4.7]

4. 增購專業軟、硬體設備

個案社團在成立的第七年，指導教師在既有的基礎設備下，仍積極增加各種有助於學生進行科學學習的資源。例如社團集合教室、科學參考書庫、科學統計軟體以及數位化偵測儀器等更高深的專業儀器。

T：在近一、二年來，社團增加了社團集合教室，同時我建置了步入式昆蟲生長室，並且購置科學統計軟體、購置十幾項數位化偵測儀器、建置科學參考書庫。希望在科學社團中，學生能享有豐富的資源，持續地維持科學研究的熱情。
[intt2. 2007. 4. 7]

5. 社團課程多元化

個案教師用心規劃科學社團的各項活動，以營造社團整體的向心力，包括新生訓練、跨校交流活動（附錄十九）等，並持續吸收科學教育相關的知識並化為具體的實踐行動，在課程內容的設計上，不斷嘗試加入多元的學習課程以培養學生進行科學探究活動的能力例如「治學之道」課程（附錄二十）的實施。

T：除了以往例行活動如常舉行外，更增加新生訓練、社慶、送舊及跨校社團交流活動（至今已與包括積穗國中、江翠國中、永和國中及義學國中等校資優班，進行一天至兩天的研習）。由於持續接收到科學教育的相關知識，我在社團課程加入學習歷程檔案、概念圖、綠生活地圖、問題解決模式、治學之道等訓練課程，希望能有助於學生得到更多元化的學習刺激。[intt2. 2007. 4. 7]

6. 成立社團家長後援會

家長的實質支持，其實也是提供學生及指導教師順利進行科展研究的因素之一。由於社團各項的活動都有一定的支出開銷，而家長後援會的成立能提供一定的經費來源，有助於社團活動的運作。

T：這個時期，家長後援會成立，對社團經費支出增添更多的助力。
[intt2. 2007. 4. 7]

小結

對於個案教師應用科學社團指導學生進行科學探究的教學行為上，目前學校及家長都能提供實質的支持，包括社團經費的挹注以及社團活動場地的規劃安

排。社團在不同時期所具有的特色及主要活動內容比較如表 4-1-1。

表 4-1-1 個案科學社團在不同時期的比較

分期	草創期	擴張期	成熟期	精鍊期
涵蓋時間	一、二屆	三、四屆	五、六屆	七、八屆
社團組織	每屆 10~15 人，一般分組，僅有社長	每屆超過 20 人，複式編組設有社長、副社長	每屆達 28 人，複式編組設有社長副社長、學術組、社刊組、社網組、活動組等	每屆 20 人以下，複式編組，同左再加上大隊長以及副社長增為三人
社團課程	科學研究基礎訓練、科展實驗	科學研究基礎訓練、科展實驗、	科學研究基礎訓練、科展實驗、	科學研究基礎訓練、科展實驗、科學寫作。
社團活動	水火箭、創意風箏	寒訓、暑訓	寒訓、暑訓、踏察、專題演講、社刊。	寒訓、暑訓、踏察、專題演講、社刊、新生訓練、社慶、迎新送舊、跨校研習交流。
社團時間	週三社團課 午休、假日各組自行約定	週三社團課 午休、週二及週五早修	週三社團課 午休、週二及週五早修	週三社團課 午休、週二及週五早修、週六上午科學研習
社團活動場域	生物實驗室	生物實驗室、社團辦公室	生物實驗室、社團辦公室、戶外、社團專屬網頁模組	生物實驗室、社團辦公室、戶外、社團專屬網頁模組、社團集合教室、步入式昆蟲生長室
社團資源	電腦、書、相機、錄影機、社服	筆記型電腦、專書、恆溫培養箱、昆蟲標本盒	5 台電腦、大圖輸出機、膠裝機、掃描機、電動訂書機等	增購數位化偵測儀器、建立科學參考書庫
校友協進會	尚未設立	僅有高中校友，假日留校照顧學弟妹	僅有高中校友，假日留校照顧學弟妹並協助科展	高中、大學校友舉辦幹部訓練，認養科展組別，協助假日科學研習。
行政支援	學務處訓育組協助設立自科社	教務處配合個案教師給予課程調整，總務處協助社團辦公室設置	總務處協助購買大型機具、教務處協助申請獎學金	輔導處協助辦理區域資優方案、資訊組支援購買統計軟體、特教組協助跨校活動、學務處協助公假統一登錄
家長支援	有一位匿名捐款者	有一位匿名捐款者	多名家長捐款家長會指定補助自科社	家長後援會成立

從個案教師成立科學社團指導學生進行科學探究的不同時期，我們可以發現在社團的組織上，個案教師在擴張期的階段由傳統一般的科展小組發展出複式編組的小組合作學習模式，強化了社員之間多元化的互動關係，合作與競爭的關係可以並存在相同的兩人之間；在精鍊期的階段，社團課程從原有科學研究的基礎訓練、科展實驗再增加了科學寫作的內容；社團活動由早期草創期生活化的趣味

科學實作體驗為主，持續增加各種多元化的學習活動，在精鍊期的階段個案教師已經規劃出十四項的活動內容。整體言之，從表 4-1-1 中，可以發現個案教師在經營科學社團的發展歷程上，呈現如下的發展趨勢：在人員的數量上由少漸多；社團組織由單一化逐漸複雜化；課程活動由簡單到多元化；學校給予的行政支援由少漸多；社團活動時間由短漸長；社團活動的場域由小漸大；社團資源由基本到專業；家長提供的支援由少漸多；校友協助的活動由少漸多。由上述可知，在社團學習的環境上，個案教師積極努力營造激勵學生進行科學研究的情境。

四、教師應用科學社團指導學生進行科學探究的策略分析

從個案教師信念、動機與社團發展之進程，可以發現個案教師正在以實際行動建構其科學教育的理念，使科學社團成為提供學習情境的場域，使社員在合作學習又競爭的情境下建構科學研究的知識。學生進入科學社團是因為他想要學習如何研究，教師規劃設計的課程則是因應學生的需求，整體言之，研究者發現個案教師在科學社團學習環境營造的策略以及在指導學生進行科學探究活動的教學方法等與 Collins et al. (1989) 所提出的認知師徒制之理想的學習環境架構具有相呼應的想法。因此，研究者嘗試以認知師徒制中理想的學習環境的內容 (Content)、方法 (Methods)、順序 (Sequence) 及社會學 (Sociology) 四個面向作為分析架構，針對個案教師在社團精鍊期應用科學社團指導學生進行科學探究的策略，進行分析與討論。

(一) 指導教師在社團課程內容的規劃策略

1. 社團課程活動中的領域知識

根據訪談個案教師的結果、社團活動紀錄以及檔案文件等資料，研究者發現社團活動在精鍊期的階段內容豐富而多元化，個案教師在社團活動設計的規劃上，共有 14 項主要的內容，包括開學之初的新生訓練活動，在上學期所實施的既定課程項目有每週二早自修的創意研習課程、每週三下午的科展實驗分組活動及趣味科學實驗活動、每週五早自修的由九年級社員主講，自選主題的反芻課程 (附錄二十一)。下學期社團既定課程項目有每週二早自修的科展個

組進度報告、每週三下午的科展實驗分組活動、每週五早自修的反芻課程、週六上午針對投入科展研究的七年級學生提供一系列的完整課程：「治學之道」。在寒、暑假有寒、暑訓活動辦理以及寒、暑假作業；平日中午討論室有科學影片欣賞；社團一年共發刊社刊六期；社內舉辦主題式辯論比賽；野外踏察一學期一次以及長期的科展專題研究等。指導教師在社團課程內容的策略，分析如下：

(1) 發展培養創造力的創意研習課程

創造力與科學研究密切相關。基於個案教師認為進行科學專題研究，學生需要一定的創造力，才能在遇到問題時，有創新的想法，去面對問題解決問題。所以，在課程上個案教師設計了以發展學生創造力為目標的創意研習課程，包括用一條線畫迷宮、練習發現小船推理遊戲、改裝水火箭、改歌詞比賽、殘骸密碼等內容。

T：我覺得學生在進行專題研究的時候，其實已經進入所謂的創造力問題解決模式，尤其在面臨實驗瓶頸時，有沒有創造力是很重要的。全國科展資深評審之一的全任重教授曾經說過：「任何類型的科學活動都重視其中具有創意的成分。科展評審的潛意識裡，極有可能將作品創意的比重由官方規定的30%提升到90%。」因此，我認為有必要進行創意研習課程。這個課程想達到的目標是希望學生運用創造力作出令人耳目一新的研究。[Intt3.2007.5]



圖 4-1-1 創意研習之「殘骸密碼」單元



圖 4-1-2 趣味科學「動力飛機」單元

(2) 設計提高學習動機的趣味科學課程

提供「玩」科學的學習過程，可以提高社員學習科學的樂趣，增加學習的動機。而藉由趣味科學課程的實施配合社團札記的書寫，有助於學生進一步去分析相關的科學原理。

T：嗯，這是社團最早進行也實施最久的課程，主要是讓社員透過玩科學的過程喜愛科學。讓社員得到學習科學的樂趣，經過趣味科學課程洗禮，也可判別社員對不同類別科學之喜好。趣味科學課程的成果及心得必須寫在社團札記內，書寫時必須針對趣味科學的原理進行分析，不可敷衍帶過。
[Intt3.2007.5]

(3) 規劃傳承經驗的寒、暑訓活動

個案教師讓校友群負責寒暑訓的活動，建立校友回饋提供學弟妹各類問題諮詢的管道。這樣的校友與社團學生的關係其實也隱含著認知師徒制的精神。校友藉由各項社團經驗的傳承，可以分擔指導教師一人同時要指導多組學生進行科學探究活動的辛勞。

T：寒暑訓是由校友群策劃主辦，寒訓以趣味科學、大地遊戲及科展發表訓練也就是社內科展為主要內容，科展分組為主要團隊；暑訓則以科學實驗活動、團康活動、野外知識及專題演講為主要內容，暑訓團隊由校友重新編組(附錄二十二)，採競賽制，績優隊伍通常能獲得指導老師實質獎勵，使參與暑訓社員能全力以赴，進而學習到更多技能。[Intt3.2007.5]



圖 4-1-3 寒訓社內科展



圖 4-1-4 寒訓校友返校評分



圖 4-1-5 暑訓專題演講



圖 4-1-6 暑訓實驗活動

(4) 實施新生訓練

在入社之初，社團成員彼此都是陌生的，而且新進的成員需要熟悉社團運作的規則、認識社團成員、了解社團指導老師、熟悉社團環境的各種資源以及進行

社團網頁使用的訓練。因此，個案教師在社團組織日益健全的階段，在學期初進行社團的新生訓練，有助於社團新生及早融入社團科學社群的各種學習活動。

T:自科社從第七屆開始有所謂的新生訓練，目的在協助新社員提早熟悉社團運作。

由校友組成的輔導團會分項介紹社團組織、社團法規、社團常用場地、社團課程、社團網頁模組、以及社團精神，協助新進社員彼此認識，協助介紹指導老師。透過新生訓練，新進社員必須認識彼此，以便完成社員資料登錄。

[Intt3.2007.5]



圖 4-1-7 新生訓練小組活動



圖 4-1-8 新生訓練校友擔任輔導員

(5) 因材施教的適性教學（個別化寒、暑假作業）

寒、暑假有超過二星期以上的空白時程，個案教師規劃一系列作業供社員磨練。個案教師指派的作業項目十分多元化。例如科展各小組必須完成部分的研究並於寒暑假結束後繳交報告；每人得於假期間至指導老師指定場館參觀並書寫心得；每個人需完成科學新知剪報；在假期間，社員被規定必須寫一封電子郵件給指導老師報告近況；在假期中要完成指定科學書目的閱讀並書寫心得等。在這個社團，不同的人作業量和作業種類都不相同，這是指導老師所謂的個別化作業模式，由此可知，這是個案教師針對學生個別差異因材施教的策略，而寒暑假成為社團學生成長最多的時機，作業內容詳如附錄二十三。

T:寒、暑假時間長，規劃特別的寒暑假作業可以督促社員利用較長的空白時間完成

一些平常在短暫社團課無法完成或表達的訓練。寒、暑假作業通常包括自然景點的觀摩心得、科學相關展覽的參與、科學新知的簡報、網頁模組的留言、給指導老師的一封信、創造力訓練作業、違規社員社規的抄寫、校友專訪等等，有些作業等於強迫社員以及其家長進行家庭休閒活動，可以說一舉數得。根據成員的特質或學習表現，不同的社員必須執行的作業種類以及作業量上會有所差異。寒暑假作業於開學後第一次社團集合時繳交，未繳交的按件記點。（記點是社規規定，一學期累計滿五點會受退社處分）

[Intt3.2007.5]

(6) 大量多媒體的科學學習

這個科學社團擁有自己的各種財產，包括上百片的科學實驗或大自然知識相關光碟片，為了讓這些自然知識快速且大量的讓社團成員吸收，指導老師要求管理討論室的副社長每日中午於討論室播放科學影片，供社員欣賞並吸收學習。並要求學生進行反思，將觀賞影片的心得寫在社團札記中。

T：我們社團前後購買了上百片的科學相關影片，而且有鑒於社團時間有限，於是設計這種方法，由副社長每日中午播放科學影帶，讓社員自由參加觀賞。其實，中學生學習的科學概念相當多，學校正規課程根本無法進行所有的實驗，利用科學影片欣賞可以彌補為親自操作的缺憾。科學影片欣賞後，可以紀錄在社團札記，描述觀後感。 [Intt3. 2007. 5]

(7) 訓練學生製作『科學走廊』海報

學校提供一段走道公佈欄，設為科學走廊，提供個案社團管理，主要張貼內容為科學新知、社團榮譽榜、校友訊息科學競賽海報及該社團發表刊物。

T：設立科學走廊，使社員承擔提供科學新知給全校的責任，並透過平日科學海報的製作，累積海報呈現的技巧。科學新知要搜尋、篩選，也從而累積了科學知識，更新科學概念。我要求社員科學海報製作採輪班制，由科展分組輪流製作，分組表由社團學術組組長更新安排。與輪值值日生一樣，做得不好的組別將重複輪一次。 [Intt3. 2007. 5]

(8) 指導學生發行之社刊（一年六期）

個案社團的行政組織設有社刊組，組員約十名，學生經由社刊的製作可以增加對科學知識的涉獵、對於學校科學教師有更深入的了解，由於刊物中的社團園地提供社團活動的相關訊息例如指導老師的叮嚀、校友近況、社員優秀作品賞析及讀者投書等。因此，學生將因為社刊發行的訓練，培養文字編輯收集以及統整相關資料的能力。而對整體社團而言，社刊也是凝聚社團向心力以及發揮資訊交流、傳遞功能的媒介。社刊內容詳如附錄二十四。

T：當自科社發展成每一屆都有二十幾人的時候，可以說是已經達到一個中型社團的規模，班級的經營中，班刊的製作都可以被落實了，一個中型的團體更應該有自己的刊物，發表包括社團近況、榮譽榜、科學教師專訪、科學新知介紹、社員意見交流、指導老師的勉勵等等內容。於是，社團內成立了社刊組，組員還得接受刊物編輯訓練，行政分組的各組亦應支援社刊組完成刊物製作。目前本社刊已經出刊十六期，未來仍會繼續經營下去。 [Intt3. 2007. 5]

(9) 舉辦主題式辯論比賽

科學研究的完成必須要有公開發表的過程，而發表的形式包括口頭報告以及書面的論文，相對於科學展覽活動，學生除了呈現完整的書面說明之外，能夠在參展的現場將科學探究的過程及結果清楚的對評審教授進行說明，更需要良好的口說能力。因此，個案教師以適當的科學議題，將社員分正反意見兩組，給予兩組適當時機收集資料及討論，並推出代表於社團活動課時進行正規的辯論比賽。例如以林口溪建造淡水溪流的人工溼地為題材，個案社團完成人工溼地的踏察後，學生就針對「是否應設置淡水溪流人工溼地」進行辯論。

T：辯論比賽可以訓練社員口才。科學競賽尤其是科展，臨場口試是很重要的評分依據，社員訓練好口才，有利於科學研究的發表。社員分組進行辯論，採奧瑞岡制辯論賽，社員從蒐集資料、整理意見、沙盤推演到臨場的機智反應等經驗，都有利於社員培養口才。尤其所辯論的主題，例如「林口溪是否適合設立人工溼地？」或「蘇厝的樹蕨林是不是原始林？」等自然環境相關問題，本身就有教育意涵且正反兩面意義兼備，辯論贏的組別可以獲得指導老師的獎勵。

[Intt3.2007.5]

(10) 安排自然的觀察體驗

一個好的科學研究者必須具有敏銳的觀察，才能進一步提出好的科學問題。同樣的學生要能順利完成科展研究，也必須仰賴細膩的觀察。大自然是學生進行各種觀察最好的資源，也是個案教師熟悉的場域。個案社團指導老師規劃每學期進行一次野外踏察，並且針對野外踏察會進行任務編組。(附錄二十五)。

T：一學期一次的野外踏查課程是三年前開始的，在每一次的踏查中，我們會將社團分成植物組、賞鳥組、昆蟲組、兩爬組、安全組等等，每一次出遊都是綜合的學術活動。每次活動後，指導老師會購買當地紀念明信片、書籍、徽章、地圖等禮物，作為有獎徵答的獎勵。完成踏查後，每人都要繳交心得報告與學習單。我們這三年來踏查的地點包括：動物園、七星山、大屯山、滿月圓、新林步道以及林口溪溼地等等。野外踏察通常有一完整的生態學研究主題，且隨行的教師和大學校友能提供足夠的諮詢與安全支援 [Intt3.2007.5]



圖 4-1-9 溼地踏察



圖 4-1-10 七星山地質考察

(11) 科學專題研究能力的培養

科展專題研究提供學生進行開放式的科學探究活動，有助於科學知識的建立、科學態度的培養以及科學過程技能的提升。經由跨年級的編組合作學習可以傳承經驗，增進社團向心力，建立深厚情感。根據觀察以及研究者收集個案教師的檔案資料，可以發現個案教師擅長針對全社進行統一的訓練，在多年的嘗試及經驗累積後，寫出準備科展的講義及文章若干篇，內容可視為該社團的教戰手冊，詳如附錄二十六。

T：本社團最重要的活動就是輔導所有社員參加科學展覽，所有社員在入社不久即有所隸屬的科展團隊。科展專題研究的時間佔所有社團活動時間超過50%以上。科展專題研究同組的學長學弟往往在以後也將是最熟識最有默契的一組人，而這種緊密的跨年紀的組合是社團凝聚的原因之一。 [Intt3.2007.5]

(12) 提升學生科學寫作的技能

科學寫作所需的技能，包括文獻查詢及探討的能力、實驗設計及描述的能力、統計分析的能力和討論的能力等。在國中科學的正規課程中，並沒有提供這方面能力的培養。所以，科學寫作對於學生而言，是困難而生疏的學習內容。個案教師規劃治學之道的周六延伸課程，提供學生建立科學研究的相關概念、分析資料以及解釋數據的技能。

T：根據指導學生多年的經驗，我發現科學寫作其實是學生最弱的一環。所以我希望透過「治學之道」十二週的課程能夠達成有系統的訓練，結訓之前人人能提出一份研究企劃書，以此作為成效的總結。「治學之道」課程大量採用外師，尤其是我們聘請大學教授來授課，使學生視野更開闊，用接力式的方法，讓學生體驗不同專長教師教學之精華，在「治學之道」課程實施階段，我本人擔任營隊導師，持續監控社員在研習課程之學習。本階段評量除了各授課教師發下之回家作業或回饋單之外，我則是以「學習歷程檔案」之製作、出席率、課堂發言及網路專屬留言版回應等指標評量社員十二週的學習成效。 [Intt3.2007.5]



4-1-11 「治學之道」開訓典禮



圖 4-1-12 「治學之道」受訓活動

(13) 反芻課程設計

九年級的國中生基本上已經面臨極大的升學壓力，在社團中的活動時間自然需要減少比重，但是科學學習經驗的傳承仍有一定的責任。個案教師巧妙的設計反芻課程，讓九年級學生將自我認知的科學概念向七、八年級學生說明，有助於九年級學生深化所認知的科學概念，並協助七八年級在未上正式課堂科學課程前先有相關的先備知識，如此有利於進一步的科學學習。而在這樣的課程活動中，高年級與低年級產生了更多的互動，形成了科學社群合作雙贏的結果。

T：基本上，我設計的反芻課程是由九年級社員向七、八年級社員授課，所謂反芻是指九年級可將學過的科學概念在社團內向學弟妹有系統的轉述，對九年級而言反芻課程能夠使她們教學相長，一個科學概念能夠講出來讓學弟妹懂表示自己已將此科學概念內化。而對於七八年級的社員而言，反芻課程讓他們提早接觸科學基礎知識，提早建立應有的背景知識，可謂一舉兩得。反芻課程實施後學長姐通常會發學習單讓學弟妹帶回練習，透過反芻課程社員彼此距離會拉近，尤其是高年級與低年級之間。[Intt3. 2007. 5]

(14) 實施外校交流活動

個案教師希望藉由與外校交流的活動，與他校進行經驗交流與分享。同時也增加學生與不同社群學生的接觸，開拓視野。藉由全社上下一心的社團活動在讓外校觀摩的同時有更增進了社員對自己所屬社團的向心力與歸屬感。

T：我希望社團的孩子們知道外面的世界，可以多跟人接觸。這兩年我們陸續與永和國中資優班、積穗國中資優班、江翠國中資優班以及義學國中資優班接觸，前兩個學校我們以研習營的方式交流，江翠國中我們以夏令營的方式交流，義學國中則是以經驗分享與教師專訪的方式交流。透過這類型的活動，可以建立本社社員的信心，增強他們的信念，更重要的是分享我們社團訓練的成果。為了迎接友校資優班的到來，社團幹部必須動員全社安排流程、學習接待、分組報告以及負責表演，這個活動讓社員感受團體的存在。 [Intt3. 2007. 5]

小結

本研究中的科學社團以科學探究為主要課程活動，指導教師將涵蓋科學概念、科學態度、科學方法的內容，藉由各種不同階段、不同性質的學習過程，達成建構科學社團學生科學素養的目標，其中科展專題研究的課程是科學教師與學生投注最多時間心力的活動內容。師生在概念性知識、程序性知識以及真實知識

的學習量最深也最廣，其次是指導教師針對科展研究所規劃「治學之道」的課程。

將個案教師規劃科學社團活動以認知師徒制之領域知識類別比較如表 4-1-2。

表 4-1-2、教師規劃科學社團活動、目標與認知師徒制領域知識面向之對應

科學社團活動內容	認知師徒制之領域知識面向	指導教師教學目標
創意研習課程	概念性知識、程序性知識	創造力、科學概念、科學過程技能
趣味科學課程	概念性知識、真實知識	真實任務、科學概念
科展專題研究	概念性知識程、程序性知識、 真實知識	真實任務、科學知識、科學過程技能、創造力
反芻課程	概念性知識、真實知識	真實任務、科學概念
治學之道	概念性知識程、程序性知識、 真實知識	真實任務、科學知識、 科學過程技能
寒、暑訓活動	概念性知識、程序性知識、 真實知識	真實任務、科學知識、 科學過程技能
新生訓練	程序性知識、真實知識	真實任務、科學過程技能
寒、暑假作業	概念性知識、程序性知識、 真實知識	真實任務、科學知識、 科學過程技能
中午討論室 科學影片欣賞	概念性知識、程序性知識、 真實知識	真實任務、科學知識、 科學過程技能
『科學走廊』海報訓練	概念性知識、真實知識	真實任務、科學概念
社內主題式辯論比賽	概念性知識、真實知識	真實任務、科學概念
發行社刊	概念性知識、真實知識	真實任務、科學概念
野外踏察	概念性知識、程序性知識、 真實知識	真實任務、科學知識、 科學過程技能
交流活動 (外校觀摩)	概念性知識、程序性知識、 真實知識	真實任務、科學知識、 科學過程技能

2、社團活動中的捷思策略

捷思策略是指教師需教導學生學習有效達成任務的技術和方法；協助學生能在未來的問題解決過程中，可應用過去處理同類問題的經驗，有效迅速的解決問題 (Collins et al., 1989)。研究者根據訪談以及相關檔案文件資料發現本研究中的個案教師以下列方式培養學生達成捷思的能力。說明如下：

(1) 多重競賽 (社內、校內、鄉展、縣展)

藉由社內寒訓，學生開始進行科展研究成果的初次發表闡明後，經由校友、指導教師提供回饋、提示、建議，學生進行反思、修正，接著3月校內科展、4月

鄉展、5月縣展的比賽訓練，都能不斷提供學生持續反思、修正、精緻化的學習歷程。

T：我用「增加社內科展」、「說服鄉公所舉辦鄉科展」以及督促學校落實校內科展，使得社團學生能夠在我和校友的協助下，通過層層的考驗，增加研究作品的水準。我覺得科學研究的學習沒有捷徑，多一次比賽就多一次歷練與成長。
[Intt3.2007.5]

(2) 以戰養戰（鼓勵並指導社員積極參與科學競賽）

個案教師認為學生經由各項競賽的參與經驗，能增加科學研究的能力。而學生只要參加就能獲得指導教師的額外指導，同時又不需增加個人任何的花費。對於學生而言，參賽的動機相對提升不少。因此，個案教師指導學生參與相關科學競賽如發明展、智慧鐵人創意競賽、小論文競賽、精英盃數學競賽、AMC 數學競賽、慧燈盃數學競賽等，學生藉著科學競賽得以累積問題解決的經驗。個案教師稱之為「以戰養戰的策略」。

T：雖然小論文競賽缺乏實驗，但可以訓練科學寫作；雖然發明展缺乏重複性，但訓練了創意；雖然智慧鐵人賽缺乏理論，但可以訓練學生的臨場反應，所以我希望我的學生不只針對科展，在數學競賽、小論文、智慧鐵人賽、青少年發明展等相關競賽都能積極參與，這樣以戰養戰的方式，可以厚植學生科學的研究實力。因此，我仍會給予學生指導並且由社團的經費支出學生參賽所必須繳交的報名費，以及提供添購參賽工具的費用。希望藉由這樣的支援，幫助學生有更多的參賽經驗。 [intt2.2007.5]

(3) 外放訓練

個案教師藉由鼓勵學生多參與科學相關營隊，希望能協助學生發展所長；並且積極指定學生帶回競賽相關資訊，以作為社團活動或課程日後參考的依據。

T：其實在科學社團中，每個成員還是有喜好上的差異。統一的訓練無法滿足學生對於個別科目特別喜好的需求，因此，我會收集並提供各種科學營隊的資訊，鼓勵學生按照個別喜好參加並指定攜回活動手冊或營對訓練內容，以供校友在辦理寒暑假活動安排課程的參考。 [Intt3.2007.5]

3、社團活動內容中的控制策略

控制策略 (Control strategies) 是指在許多可能的問題解決策略中，該如何選擇，以及如何決定何時改變策略等等，含有監控、診斷和改善的成分。在問

題解決的過程中，經由控制策略的反省思考才能做決定，完成任務（Collins et al., 1989）。研究者發現個案教師運用社團札記、科展分組進度表、科展實驗日誌、課程學習單、網路線上各組討論區、師生不定期約以及談學習歷程檔案等方式作為監控、診斷、修正學生個別的學習情形。而學生當然也從中習得各種控制策略的內涵。個案教師運用上述方式進行控制策略的教學，實施情形說明如下：

(1) 社團札記

個案教師運用社團札記的批閱，瞭解學生在一週社團課程中的各種學習情形，適時提供教學的回饋；在書寫的過程，提供學生學會自我監控、反思的能力。

T：我會要求學生每週書寫札記，針對一週所學的實驗課程、觀賞的影片、作科展的心情點滴，疑難雜症進行自我的心得記錄，也從中幫助學生瞭解自我的學習情形。

[Intt3.2007.5]

(2) 科展分組進度表

個案教師要求學生針對科展實作的每週進度加以記錄，使個案老師及家長能確知學生進行科展研究的分工情形、實驗進度，適時給予協助或提示。

T：後來我設計科展分組進度表，希望能更清楚瞭解小組分工作的情形以及學生進行實驗的進度或需要的協助。[Intt3.2007.5]

(3) 科展實驗日誌

個案教師要求學生必須撰寫實驗日誌，學習將實驗過程作成記錄，而個案教師藉由批閱的過程中，對於一些學生實驗方法的細節會提供相關的指導。

T：針對每一次的實驗次主題，我會規定學生將目的、實驗步驟、材料、結果與討論作成紀錄。請教專家的問題與專家的解答也都必須詳實紀錄。從實驗日誌我可以發現學生進行實驗的思路，給於一些需要的提示或訓練。[Intt3.2007.5]

(4) 課程學習單

個案教師會針對課程內容設計學習單，以進行相關概念或技能的評量。

T：例如影片觀賞後，我會讓學生進行討論並書寫學習單，以了解學生的吸收情形。
[Intt3.2007.5]

(5) 網路線上各組討論區

個案教師開闢網頁模組，提供各種不同性質的討論區。讓學生以及校友們可以在平日非學校上課的時間進行互動交流。

T：我在教師個人網頁上開闢各組專題討論區，各組學生及校友、學長姐都可以針對實驗相關議題表達意見或提出建議。[Intt3.2007.5]

(6) 師生不定期約談

社團學生有任何疑問時，都可以主動再找個案老師約定討論時間。

T：學生在學校若有任何問題都可以利用下課時間，主動到總務處找我討論問題。[Intt3.2007.5]

(7) 學習歷程檔案

個案教師運用學習歷程檔案作為「治學之道」課程的評量方式，讓學生在學習課程相關知識的同時，學會運用資料檔案的建立以及對於所學內容進行自我省思，也讓老師瞭解學生學習的狀況，提供具體的建議。

T：在下學期周六實施的「治學之道」課程，我會在一開始先介紹學習歷程檔案的製作方法及目的，使學生能將課程所習得的內容進行記錄及反思，在批閱學習歷程檔案時，可以瞭解學生的學習狀況並作即時的回饋。[Intt3.2007.5]

除了以上述的多元方式進行學生控制策略的學習，研究者近距離長期觀察發現個案教師最特殊的控制策略是運用校友協助監控並診斷在校社團學生的研究。最具體的實例是寒訓舉行的社內科展評審一律由校友組成，而且後續依專長仍能分工認養輔導個別科展小組的學弟妹（寒訓社內科展評分表詳如附錄二十七）。

4、社團活動內容中的學習策略

學習策略（Learning strategies）是指學習其他內容包括領域知識、控制策略及捷思策略等知識的策略。個案教師在學習策略上所應用的方式如下：

(1) 資訊融入

個案教師建構學生喜愛的網路平台與學生積極互動討論相關科學探究的問題，例如架設社網「斑馬之馬廐」，提供各種不同性質的討論區，積極鼓勵學生表達意見或提出問題。（附錄二十八）

(2) 複式編組合作學習

從檔案資料及訪談教師的結果，在此科學社團中有多樣的複式編組，充分提供了學生各式各樣學習合作的情境。個案教師進行複式編組的做法如下：

◎行政編組

每組10人按下列方式編排：行政組負責社團辦公室、實驗室、指導教師辦公室管理及一般行政業務；學術組負責收集科學競賽資訊、發掘研究題目、準備實驗器材、收集科學新知；社刊組負責每月出刊一次邀稿、採訪、編輯印刷；聯絡組負責製作通訊錄、聯繫校友、對外宣傳；資料組負責彙整所有報告資料；社網組負責建立及維護社團網站。

◎值日編組：每組4人（實驗室值日組、討論室值日組）

◎科展編組：每組4人（混齡按個人特質『每組皆編有領導型、服從型、創意型、表演型』興趣編排）

◎實驗編組：每組8人（混齡、混性別）

◎年級編組：按七、八、九年及分成三個年級大隊

◎活動編組：分成安全組、紀錄組、採集組、賞鳥組等。

因此，社團中的學生經由複式編組的過程，建立了多元化的合作與競爭關係，形成一個關係緊密的科學社群。

(二) 社團教師指導學生的教學方法

根據Collins, et al. (1989) 理想的學習環境特質中，教學的方法 (Methods) 包含了示範 (Modelling)、訓練 (Coaching)、提供鷹架並逐漸撤除 (Scaffolding and fading)、闡明 (Articulation)、反思 (Reflection)、探索 (Exploration) 六種。根據訪談教師及檔案資料的分析，將指導老師的教學方法舉例說明如下：

1. 示範 (Modelling)

示範是指教師將內在的過程具體化，使學生可以明確了解所要學習的內容。實際上，教師本身從事科學研究就是學生在科學學習上最有效的示範。個案教師在示範的教學上所使用的策略上說明如下：

(1) 運用概念圖呈現思考的方向

個案教師會以概念圖的方式舉例說明研究題目可以發展的研究方向，完整呈現構思研究方向之思維，幫助學生瞭解思考的過程。

T:我會選取社團其中一組之題目，親自進行概念圖製作，也會要求學生分析自己的研究，教他們畫概念圖，最後報告上的實驗流程圖就可經由概念圖轉換而來。
[Intt3. 2007. 5]



圖 4-1-13 科展稜蝗組學生繪製的概念圖

(2) 親自操作儀器的使用方法

個案老師會先讓學生仔細觀察老師操作儀器的過程，而老師在示範後也會觀察學生是否學會儀器的操作。

T: 我會親自操作度量衡測量儀器，按照說明書程序完成測量，學生圍繞在旁作近距離觀察。每次社團購買一種新儀器，例如照度計，我會先教學生使用，確定學生會操作後，才讓他們自由出借儀器。第一次實驗，第一次分析都是需要老師示範的，經由示範可以建立學生使用儀器的信心。[Intt3. 2007. 5]

(3) 親自示範統計軟體的應用

個案老師會利用本身在博士班的研究數據為範本，以電腦連結液晶投影機輸出，親自示範統計軟體操作過程並說明原理。

T: 我會使用我博士班的研究數據輸入電腦，示範原始資料如何以 Excel 作統計，也有利用學校經費購買教育版之 Sigma plot 統計軟體，示範操作給學生看。從數據的輸入、統計圖表的製作、統計學意義的解讀，都會親自舉例說明。
[Intt3. 2007. 5]

(4) 示範正確的寫作方法

個案教師透過批改學生的書寫內容，給予學生正確寫法的範例或教學生如何以適當的圖表呈現內容或表達想法。

T:我會批改研究報告、進度報告或社團札記，手繪各種圖表或示意圖，書寫正確科學報告句，批改原稿。[Intt3.2007.5]

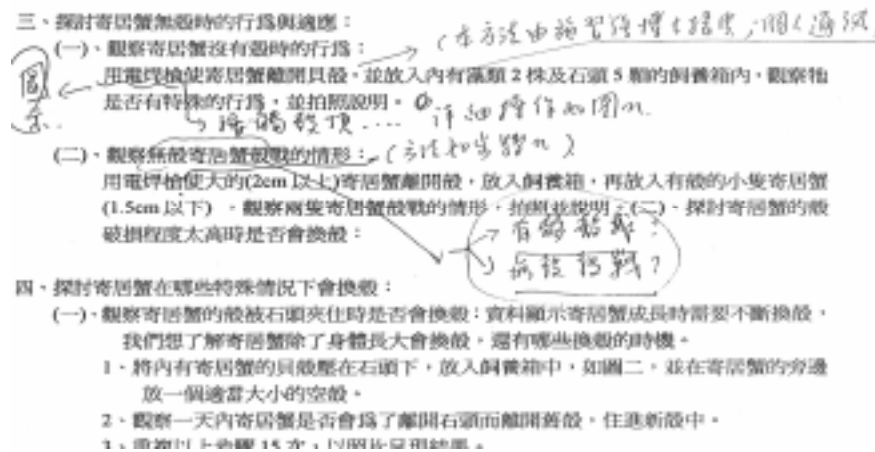


圖 4-1-14 個案教師批改科展寄居蟹小組研究報告的情形

2、訓練 (Coaching)

訓練是指觀察學生在實作過程的需要，給與提示、鷹架、回饋、示範、提醒及新工作的分配。個案教師訓練學生的策略如下：

(1) 進行寫作訓練

個案教師藉由撰寫文章摘要、心得或簡介來訓練學生熟悉文獻引用的方法以及歸納統整參考資料。

T:我會讓社團學生閱讀科學研究期刊並撰寫摘要；閱讀科普書籍並撰寫心得；收視科學相關頻道並撰寫簡介，藉此訓練學生精練參考資料及正確引用文獻的能力。[Intt3.2007.5]

(2) 提供口頭發表機會

個案教師規劃社內公開發表的機會，讓學生增加口語的表達訓練。

T:我會舉行社團科學研究大綱發表競賽，委託社團畢業校友進行評審，訓練口語表達能力。[Intt3.2007.5]

(3) 適時給予提示

個案教師會觀察學生，針對學生的問題提出意見或建議，幫助學生學會進行

科學專題研究的方法。

T: 社團學生進行科學研究時，我會觀察並指出可量化而未量化的項目，提醒學生該尋找的專家，建議學生可用的測量工具，並引導學生注意到先前沒有留意的研究內容。科學教師不一定要熟知學生研究的內容，但一定要能確認學生的研究方法是科學的結果是科學的。[Intt3.2007.5]

3、提供鷹架並逐漸撤除 (Scaffolding and fading)

鷹架是指教師對學生實做中提供幫助。建立鷹架後，淡出的時機則經過正確的診斷，儘快讓學生獨立。根據訪談教師及檔案資料的紀錄，個案教師提供鷹架的策略包括：

(1) 提供學生優良的參考範本

個案教師會提供歷屆科展優秀作品作為藍本，讓學生實作時模仿格式及科學寫作的風格。

T: 我會要求學生到國立台灣科學教育館的網站查詢優秀科展作品全文，看看別人的作品，想想自己的報告該補強哪些地方。另外，我也會對學生作優秀作品的導讀。 [Intt3.2007.5]

(2) 協助學生建構實驗大綱

個案教師認為國中階段的學生因為背景知識有限，在實驗的執行能力上，仍需給予實驗方向上的指引，因此，個案教師會參與小組討論共同建構實驗大綱。

T: 國中的孩子其實還是很嫩，你沒在旁邊，他們會把實驗想的天馬行空，到最後都窒礙難行，我會提醒他們，什麼是能力所及的方向。在參與小組討論時，我會協助學生架構實驗大綱。當我認為學生架構好研究大綱，我就會淡出實驗架構之協助工作。[Intt3.2007.5]

(3) 協助學生建立專家諮詢管道

個案教師會負責串聯專家與學生，協助研究小組與專家接觸，使學生日後在所研究的主題上有可靠而專業的諮詢對象。

T: 因為對學術界有一定的瞭解，我也會提供專家名單，讓學生自行去聯繫，通常我不會出面。當學生開始進行正確的實驗，就讓學生開始獨立運作。我會鼓勵學生自行與領域專家聯繫與溝通，讓學生獨立與專家互動。[Intt3.2007.5]

4、闡明 (Articulation)

闡明的意義是使學生連結其知識、理解及解題的程序。個案教師在闡明的教學上，所運用的策略如下：

(1) 運用網路進行討論

個案教師運用社網的網頁模組討論或網路即時通，讓學生在學校課堂以外的時間，也能與老師保持密切聯繫，不受時空的限制。

T：社網的網頁模組討論區以及網路即時通之會客室等，都是學生針對研究內容進行說明解釋的管道之一，放學後，學生也能與我進行線上溝通。[Intt3. 2007. 5]

(2) 實施小組進度報告

個案教師利用學生進度報告的方式，幫助學生澄清對研究主題或問題解決的理解程度。

T：我會運用社團之進度報告時間訓練學生連結其研究片段、透過進度報告的發表使學生理解研究主題及釐清解決問題的正確程序。[Intt3. 2007. 5]

5、反思 (Reflection)

反思是指讓學生對自己的解題過程和專家及同學做比較。個案教師採取的策略，說明如下：

(1) 共同指導策略

個案教師鼓勵學生尋找共同指導老師，以提供學生不同的批判思考，幫助學生形成更大的反思空間。

T：我鼓勵每組學生尋求其他自然領域老師擔任共同指導的老師，該教師或許會以更批判的角度給予意見，讓學生對自己的解決問題的過程有更大的省思。
[Intt3. 2007. 5]

(2) 優秀作品賞析

個案教師提供學生閱讀歷屆優良的科展得獎作品並與自己的作品進行比較，幫助學生了解自己的作品有哪些需要改進的地方。

T：我會提供經篩選的歷屆得獎作品說明書，讓學生經由閱讀歷屆優良作品，比較出自己 and 該作品的差異，以得到省思。[Intt3. 2007. 5]

(3) 與專家對話

個案教師鼓勵學生透過各種管道和專家對話討論，使研究小組成員針對研究

主題得到更大的省思。

T：我訓練學生要夠勇敢能與教授對話！其實很多成功的組就是都有找到教授協助指導，例如盲蛇組學生找到杜銘章教授，而寄居蟹組找到施習德教授，都是很好的例子。[Intt3.2007.5]

6、探索 (Exploration)

探索是指推動學生自己進入問題解決模式。個案中指導教師協助學生進入科學探究的問題解決階段所採用的策略如下：

(1) 提出多樣的研究主題

個案教師會先給社團學生許多研究主題，再由學生選擇自己有興趣的主題開始尋找資料，形成學生想要研究的次主題，因為國中階段的學生科學知識背景仍有限，所以指導教師給學生選擇的主題可以說是老師有興趣而學生也有興趣的研究方向，這樣是很好的科展專題發展方式。

T：我認為大多數的國中學生不太能想出好的研究主題，而我想出的眾多主題是學生可以選擇的，而不是直接指派。我會讓學生挑選喜歡的題目作，事實上，主題給了，次主題學生還是有很大的發揮空間，我認為形成次主題比較符合他們的能力。[Intt3.2007.5]

(2) 不直接給答案

個案教師不會直接針對學生的問題，給學生答案，而是透過提示的方法指導學生自行思考解決的辦法。

T：社員有問題時我不會立即回答，不養成他們的依賴性，多次詢問後若我有回答也只會提示而已。我常跟學生講，來找我問問題要先做功課，而我通常不會直接回答，我會引導給提示、給管道，讓學生可以繼續下去。我也常說如果問我就可以解決，那這個問題就不值得研究了。[Intt3.2007.5]

(3) 約定期限

個案教師會限期要學生完成任務，使學生在時間的壓力下，積極思考解決問題的辦法。

T：或許我比較嚴厲的地方是常常規定期限，以時間壓迫社員，用社規要求限期完成到某一程度，這是他們壓力最大的地方，其實也正好可以激發他們的潛能，推動他們進入問題解決模式。[Intt3.2007.5]

綜合上述，個案教師協助學生在這個科學社團中充分學習各種科學探究的能力，在示範、訓練、鷹架、闡明、反思、探索的教學方法上，都展現了具體可行的策略，值得參考與學習。

三、社團學習活動的安排順序 (Sequence)

理想的學習環境特質中，學習的順序應是由簡單到複雜、由單一到多樣化、整體概念先於局部技能 (Collins, et al., 1989)。根據訪談教師及檔案文件資料的紀錄，學習活動是先由新生訓練開始，經由上學期的暑訓創意研習、趣味科學的課程讓學生熟悉科學操作技能並培養正確的科學態度，下學期結合區域資優班課程「治學之道」，則針對科學探究（科展實作）有一系列相關的課程訓練。將個案教師所規劃的整體社團學習活動安排順序整理如下圖 4-1-15。

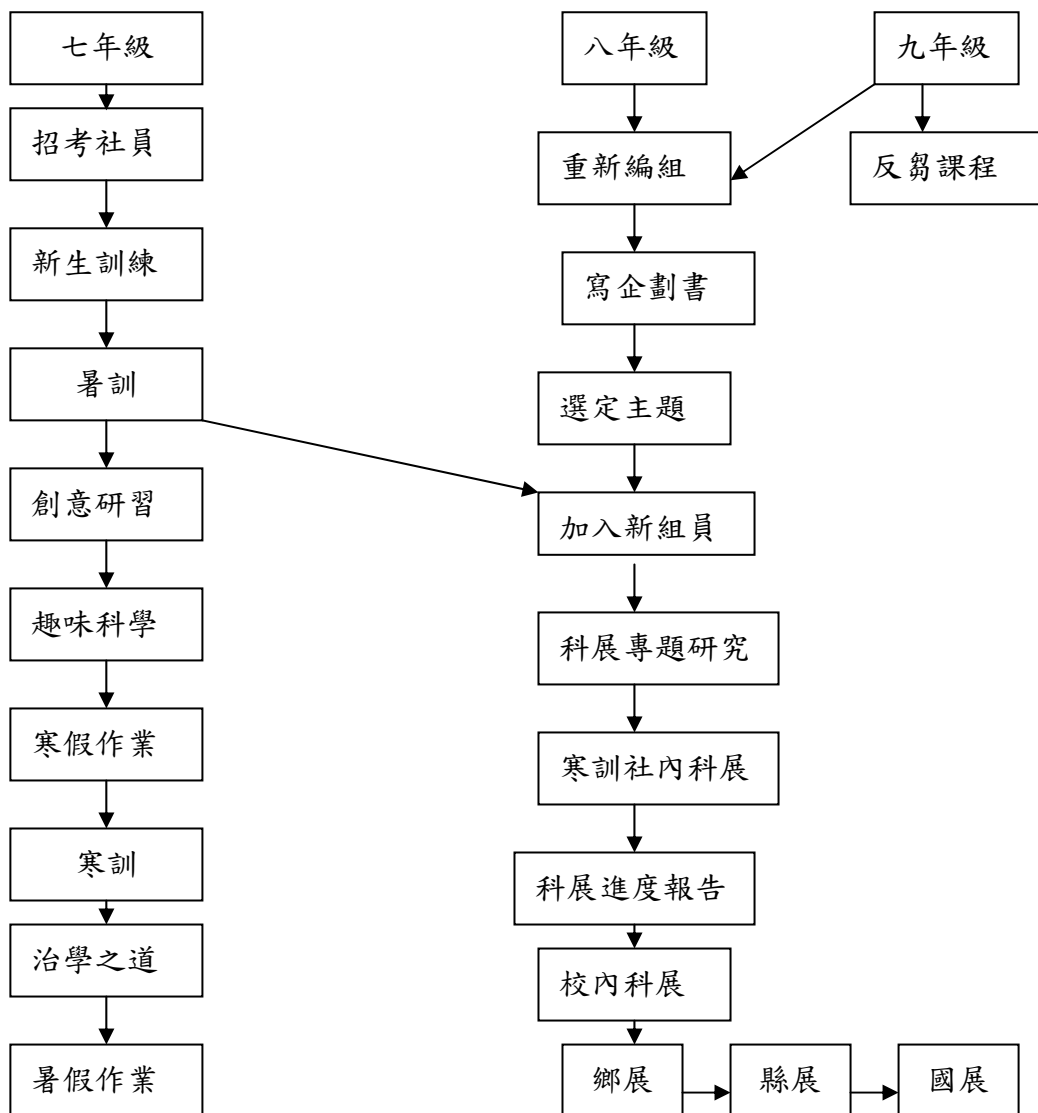


圖 4-1-15 個案社團學習活動的安排順序

從上圖可知七年級在暑訓活動後，會加入科展小組與八、九年級的學長姐共同參與科展專題的研究，並扮演生手學習者的角色。八年級的社員在經歷一年社團課程學習活動的基礎訓練後，擔任科展專題研究的主要實驗操作者。九年級經歷兩年的科展專題研究的經驗，在科展小組中需負責帶領著七、八年級的學弟妹進行實驗相關的各項活動，擔任領導與提供諮詢的角色。

因此，個案教師所設計的社團學習活動，使七年級、八年級以及九年級的社員能夠依循由簡單到複雜，由單一到多樣化，在學習局部技能之前，先建立整體的概念的安排順序。

(四) 科學社團的社會學 (Sociology)

認知師徒制理想學習環境特質中的社會學是指由情境學習、專家實務的文化、內在動機、合作、競爭等因素構成 (Collins, et al., 1989)。根據訪談教師的結果及檔案文件資料的紀錄，說明如下：

1、情境學習

情境學習是指提供學生了解知識的目的及使用、學到積極運用知識而不是被動的接受、學習在不同情況下知識的應用的環境。

個案教師營造的科學社團活動內容中，提供學生進行各種科學探究活動的機會，特別是教師經由指導學生進行科學專題研究來幫助學生瞭解所學的科學知識的應用以及目的，學生的學習將是自己主動運用知識解決問題的過程，而不是被動接受知識的學習，亦即學生在實際的問題解決過程中，主動去理解科學知識的應用、建構與發明。此外，社團中的多樣化的課程內容讓學生學會在各種不同情況下，活用各種所學的知識。

2、專家實務的文化

專家實務的文化是指教師需創造參與者主動溝通的學習環境，以及從事含有專業知識的技能。專業知識被視為問題解決的實務以及完成領域任務。個案中的科學社團，平日有訓練相關科學認知、情意及技能的基礎課程外，指導教師會提供科展的研究主題，使社員先針對自己有興趣的主題，提出初步的研究計畫，再進一步確認學生進行科展實作的題目。學生可以藉由社團活動時間、網路線上討論等，主動請教老師相關問題解決的方法或分享實驗成果及心得。社網「馬廐」，

提供各種不同性質的討論區。在社團研究的環境的營造上，教師與學生擁有社團辦公室、社團專屬教室—七八年級上課用、恆溫恆濕步入式生長箱以及生物實驗室作為各種社團活動的場所。

3、內在動機

科展專題研究的學習必須要有強烈的內在動機支持，才能持續有恆心的做研究。研究者經由訪談、回饋問卷及文件資料上發現個案教師強化學生內在動機的策略如下：

(1) 給學生具體的建議、提示及激勵

當學生有疑難時，個案教師能提供學生實質的意見或適當的鼓勵。

S：斑馬在我們有問題的時候，都會給我們一個方向或建議，有時候實驗作失敗了，心情很不好，老師也會安慰我們，讓我們心情變好。[IntS1.2007.6]

(2) 指導教師文情並茂的勵志心得分享（附錄二十九）

個案教師擅長寫作，也喜歡寫作。因此，勵志的文章常是個案教師建立社員信心或激發鬥志的策略之一。

T：我喜歡根據一個情境或狀況寫一篇文章分享給社員，有時以專章發放，有時刊載於社刊，激勵社員的心志。

(3) 凝聚向心力的團康活動

在社團的寒暑訓課程中都有一些團康活動的設計，讓不同年級的社團成員以及校友之間多了感情的交流，使社團猶如一個大家庭。

T：我不認為在寒暑訓設計一些團康活動不妥，因為那是凝聚社員情感的方式，我覺得有效而實際。

(4) 學長學姊制的成功經驗傳承

社團中的科學社群其實除了個案教師、在校社員以外，還包括了校友。畢業的校友們會共同在寒暑訓的時候，回來協助舉辦社團活動，並傳承各種學習經驗。

T：在這個社團，每個人除了自己那一屆之外，與上下兩屆也都是熟識的，主要是複式編組把學長學姐制交錯運用的很緊密，寒暑訓也都是由校友學長姐回來帶學弟妹。[Intt3.2007.5]

G：之前學長姐他們也都會回來教我們功課，就是做科展的時候也會來幫忙指導我們，所以，自己當校友之後就會想說要回來看有什麼可以幫忙的地方。[IntG1.2007.6]

整體而言，學生學習的內在動機藉由科學社團活動的學習情境和指導教師的研究熱情及校友、學長姐成功的經驗傳承而獲得強化。

4、合作

個案教師發展出的複式編組小組合作學習，使社員之間有各式各樣的合作關係。例如行政編組上，社員依據不同性質的分組各司其職，來協助社團業務的推動。在科展編組中，成員必須培養分工合作的能力，才能充分發揮團體研究的成效。以科展小組寄居蟹組為例：該組組員包括八年級2名、九年級2名。該組學生分工項目主要由八年級學生執行實驗、紀錄、寫日誌、討論實驗結果並整理報告等；而九年級學生負責修改報告、討論實驗結果、給建議。因此，能夠順利完成科展的作品是整體分工合作的結果。

S1：我們在社團中有各種小組的編組，像我在行政的編組是社刊組，我就要負責尋找科學新知的資料部分，社刊組的其他組員有的就負責版面設計或採訪。但是在科展小組中，因為我是八年級的，就和另一位八年級的社員負責主要的實驗部分，九年級就負責看我們寫的報告，再一起討論。[IntS1.2007.6]

在營造學生合作關係的策略上，個案教師巧妙運用社團中各種不同任務的責任編派，讓學生在社團中有多重編組的角色，在不同的編組下，每個人與社團中不同年級或性別的人，會產生各種不同合作的關係，使整個社團的成員具有互相合作學習的關係。

5. 競爭

讓學生充分分工合作與形成良性競爭都是重要的教學策略。個案教師在營造的科學社團中，促進學生彼此競爭的方式如下：

(1) 科展研究主題開放各組學生提出企畫書競標

個案教師會準備超過社團科展分組數量的研究題目大綱，提供社團學生選擇，並提出研究企劃書進行評比，爭取所要研究的主題。

T：一開始我會公佈大約 20 個，各類科的研究主題給社團成員，這些題目大部份是生物相關的問題，社團成員在二週後要交出有興趣题目的研究大綱（可以提交多件以避免欲研究的題目被別組選走），由我根據研究大綱的發展性選定組別。正式得到研究主題的組別開始研究工作，與我或與同組成員討論次主題，或邊研究邊形成次主題。[Intt3.2007.5]

(2) 網路專屬 VIP 討論區

，指導教師會根據學生研究認真的程度，提供網路專屬討論區以及社團榮譽校友諮詢的優先權。

T：我會根據學生認真的程度以及與我互動的次數給予評比，對於積極投入科展研究的組別提供網頁模組的專屬討論區，並請校友認養提供社員更多的諮詢與指導機會。[Intt3.2007.5]

(3) 社內科展競賽爭取對外競賽資格

個案教師在寒訓的活動中安排社內科展，提供社團學生競爭進一步參加校內科展的機會，如果能在校內科展有優良表現則進一步可以參加鄉展。若在鄉展中繼續勝出，則能取得參加縣展的資格，進而有機會參加全國科展競賽。

R：你們參加過哪些科展比賽？

S1：嗯，我們是一層一層上去的，就是先從社內。因為我們有寒訓跟暑訓，那時候都會先競賽，那時候如果過了就可以繼續上去，再來會到校內的，在校內就是拿到不錯的成績再上去就到鄉展的。拿到鄉展的就是 ok 的話就可以縣展。然後我們都還有持續的修改及設計新的實驗，像我們雖然拿到了縣展特優，又繼續再增加了一個新的實驗，希望在國展可以拿到好成績。

[IntS1.2007.6]

綜合上述，個案教師在指導學生進行科展研究時，從一開始研究主題給予學生競標，研究期間評比學生認真投入的情形並給予表現優異的組別專屬討論區的獎勵，到最後依據各組研究成果的發表給予優秀組別參賽資格，爭取榮譽的機會。這些都顯示了個案教師運用競爭獎賞的策略使社團學生處在一個充滿競爭的學習情境，激勵著他們發揮潛能，努力從事科學研究。

小結

本研究中，科展績優教師以經營科學社團的方式，同時指導多組學生進行科學研究，是認知師徒制理想學習環境的具體實踐。在內容面向上，規劃多元化的課程活動可以達成領域知識、捷思策略、控制策略、學習策略的學習內涵。在學習的順序上，從七年級的新生訓練開始，進行相關的科學基礎研究訓練，八年級科展專題研究的磨練到了九年級的反芻課程與領導角色，學生在學習的深度及廣

度上不斷延伸。在教學的面向上，科學社團中科展專題的研究提供師生經由示範訓練、鷹架、闡明、反思、探索的教學互動，有效的培養學生學習如何進行科學研究。尤其在社會學面向，個案教師營造的科學社團能夠提供學生更多元化的科學社群情境，包括領域專家以及校友群共同形成專家實務的文化。這是一般的學校以一、兩位教師指導少數學生進行科展研究時，所無法達成的學習情境。

一般而言，教師投入指導學生進行科展研究的動機可以區分為內在動機與外在動機，前者包括教師可以從指導學生的過程中自我成長或者教師為了自我表現而投入科展指導工作甚至替學生做科展；而外在動機例如學校指派或輪替而奉命參加科展或被學生積極的作為而推動（周金城，2002）。其實根據研究者在校的經驗與觀察，每年都會有學生想要參加科學展覽活動，但是真正能夠投入熱情去指導學生進行科學研究的教師並不多，外在動機是短暫的動力，如何增強教師的內在動機才是根本的問題。研究者認為個案教師在應用科學社團指導學生進行科學探究活動中所設計的課程活動內容、教學策略以及社團運作的複式編組策略可以具體提供現職教師一些參考的資訊來源。希望經由個案教師經驗的分享，可以激勵有積極熱誠的現職科學教師，推動以科學社團的模式指導學生進行科學探究活動。

第二節 教師建構多組學生進行科展研究的互動歷程

本節將分析個案教師指導學生進行科展研究的探究歷程，再嘗試將個案教師呈現在檔案文件資料中的教學方式，依據研究者所製作的質性資料編碼表進行教學類別頻度的分析比較，最後再探討個案教師建構多組學生同時進行科展研究的互動模式。

一、個案教師指導學生進行科展研究的探究歷程

科展活動是一個真實的科學探究歷程，研究者根據訪談教師、師生參與科展回饋問卷、社團札記、科展分組進度表、實驗日誌以及網路線上討論紀錄等檔案進行資料分析，分析個案教師指導學生進行科展研究的歷程發現從師生決定研究主題到最後參加展覽活動發表的過程，可區分為六個過程，分別是決定主題、提出次主題、擬定探究計畫、設計研究工具及進行實驗、資料分析及作結論、合作並呈現發現。而這六個過程中專家、指導教師的教導都隨著與學生間的互動而有不同的教學方式，而產生不同的學習成果。以下以科展分組中的寄居蟹小組作為探究歷程的實例，就上述六個過程說明如下：

1. 決定主題

初始階段是先由個案教師提供研究主題大綱，再由各組學生選定研究主題，提出企劃書競標。此組研究主題大綱的產生是源自個案教師從電視上媒體傳播內容以及在海邊的觀察體驗產生的靈感。以下是研究者針對決定主題的過程晤談學生的對話內容：

R：你們在做科展的時後，主題是怎麼決定的？

S：嗯，是老師先想好。

R：你們老師是直接給你們主題嗎？

S：嗯，給我們許多研究主題。我們會先競標，就是每人先做好一份那個企劃報告。

如果有同樣的話，老師就會做比較，比較好的就會被選出來，選出來然後那一組就可以研究那個題目。

R：老師有準備很多題目，超過 19 個組別嗎？

S：嗯 對老師會準備超過 19 個題目，可以讓我們有比較多的選擇。

從上述學生的回答，研究者發現個案教師能提供學生相當多的研究主題，使學生在一開始能夠從老師提供的主題中選擇有興趣的題目，但是在決定主題的時候，學生必須寫一份針對該主題的研究企劃書，以爭取研究該主題的優先權。

2. 提出次主題

學生選定研究主題後，會經由查文獻、觀察、推測並與教師討論後，提出次主題。寄居蟹組學生剛開始形成的次主題是寄居蟹何時換殼？如何換殼？在提出次主題的過程，研究者發現個案小組學生此階段的基本活動是找文獻、實際養殖觀察以及小組討論。當然指導教師也持續以實驗日誌、科展進度表、社團札記、線上互動討論區以及不定期的交談提供學生各種意見。以下是針對學生形成次主題過程的晤談內容：

R：次主題是怎麼形成的？

S：嗯，是小組討論然後，還有經過一些時間的研究才會出來。

R：所以次主題沒有辦法一次形成。

S：對。

R：那次主題除了經過小組討論之外，有沒有因為你經過比較長時間的觀察寄居蟹然後就產生？

S：嗯，也會。

R：你們在提出次主題的時候，跟老師有什麼互動？

S：嗯，會找老師討論看這樣適不適當，因為有可能會跟題目有差就是偏離主題。

R：你們最後總共形成幾個次主題？

S：13個。

R：你們如何產生這麼多的次主題？

S：都要經過假設、推論、查資料、觀察還有跟組員及老師不斷的討論。

從文件資料以及晤談學生的結果得知學生在此階段的主要學習活動包括：(1) 尋找寄居蟹的文獻資料，建立相關背景知識。(2) 野外採集並進行養殖做觀察紀錄。(3) 小組討論根據觀察進行推論並構思實驗內容。(4) 與老師討論評估實驗的可行性。

3. 擬定探究計畫

在進行實驗計畫之前，學生會共同擬定計畫，小組討論決定要探討的實驗主題及目的，並開始設計相關的實驗步驟。以下是晤談學生的內容：

R：你們在實驗之前會不會擬定研究計畫？

S：會，因為要有計畫走才不會亂掉也可以比較有效率。

R：那在這方面老師在你們研究計畫形成的時候，老師扮演什麼角色？

S：在開始動手作之前，老師會先帶我們去，就是找說你要研究的那個東西是怎麼取得的，然後還有告訴我們研究實驗的時候可以怎麼作。

R：你的研究計畫裡面會需要研究設計，還有需要一些的基本知識，那這些你都怎麼樣去得到？

S：嗯，會先上網查資料，然後查書籍，然後若是真的沒辦法解決的時候就會詢問老師然後就可以得到一些提示的答案。

從文件資料以及訪談學生的結果可以發現，師生的在此階段的研究歷程包括：(1) 指導教師提示學生查文獻、建議實驗、提出問題引導學生探究的方向以及鼓勵學生請教專家。(2) 學生提出問題的假設以及設計實驗步驟。

4. 設計研究工具及進行實驗

進入實驗的階段，實驗材料的取得很重要。以科展小組（寄居蟹組）為例，他們需要有足夠的寄居蟹作為觀察的對象，剛開始個案教師先協助學生取得實驗材料，後續再由學生家長繼續這方面的協助。在實驗工具的使用上，個案教師也會適時提供學生建議，教導學生運用可行性較高的工具來完成實驗。以下是針對實驗進行的過程，訪談學生的結果：

R：那你們一開始實驗就很順利嗎？

S：嗯，沒有。因為 嗯剛開始要找的時候不知到哪裡會有比較多的寄居蟹。

後來就是只有找到在石頭那些不是沙岸的地方比較多，所以那時候尋找的時候，還蠻辛苦的。

R：老師有沒有帶你們去找過

S：有 老師有先帶我們去三芝的地方抓一些寄居蟹，讓我們可以先做實驗。

R：實驗當中老師會不會示範？

S：會，像我們有一個實驗是寄居蟹行走路徑的時候，老師有先教導我們就是可以用壓克力版我們當初先用投影片那就是比較不好，會掉下去。

因此，在這個階段師生進行研究的歷程包括(1) 學生與指導教師討論，針對觀察結果進行新的推測，形成新的次主題。(2) 重複測試實驗、拍照、手繪寄居蟹的構造圖。(3) 持續到海邊採集實驗樣本，設計不同研究次主題的小實驗(4) 尋找專家協助，建立專家諮詢管道。

5. 資料分析及作結論

在進行完每個次主題的實驗後，都必須先將收集的原始數據進行析，以進一步根據實驗結果，形成結論。以科展小組（寄居蟹組）為例，學生運用個案教師交過的統計軟體，將所得的原始資料轉變為圖表的形式。同組的成員會先討論實驗結果，而當討論的結果發現與原先的推論不符時，會進一步與個案教師確認實驗是否有疏失，評估結果的合理性。同時，學生也會將實驗結果運用 e-mail 的方式寄給專家，尋求專家意見，作為修正、改善問題解決的辦法。

R：在實驗完成的時候你們怎麼樣去和老師溝通？說這個實驗到底成功還是失敗？還是要怎麼樣來解釋這個實驗？

S：因為做出來會有數據，然後我們就會用一個軟體把他統計好，然後做出那個表。

R：什麼樣的軟體？

S：用 sigma plot 軟體

R：你們自己會的嗎？

S：是老師有教過我們，用好那個表就跟老師解釋

R：老師提供你們軟體也教你們怎麼使用那個軟體？老師有沒有講統計的原理？

S：老師都會先講解過，嗯。

R：講原理還是結果？

S：都有講，就是教我們怎麼操作，結果會變成怎樣的圖，那個圖的什麼英文符號是代表什麼意思。

R：所以你們資料分析也都需要指導老師的協助。

S：嗯對

R：得到資料之後你們要開始進行討論對不對？你們的討論都很順利嗎？對研究的結果都能很順利的討論出一個因果關係嗎

S：其實有的實驗並不行 做出來的和我們期望的就是不相同

R：那怎麼辦？

S：就詢問老師說看可以怎麼辦，就是如果可以變成另外一個講法的話那就比較好 那如果不行的話，那個實驗就失敗了，就是不好了！

從文件資料以及訪談學生的結果可以發現，，此階段師生進行研究的歷程包括：(1) 查詢文獻以針對數據分析提供理論基礎 (2) 請教專家實驗方法上的建議。(3) 與個案教師進行實驗結果的討論 (4) 應用社團課程中所學的統計軟體處理實驗數據、繪製圖表 (5) 撰寫正式報告。

6. 合作並呈現發現

此過程學生主要的學習活動是各科展小組將實驗結果分享，向他人解釋研究成果並接受他組學生意見、校友的支持或回饋以及評審的評語或建議。社內口說演練、校展、鄉展、縣展發表都是學生展現合作並呈現發現的過程。以下訪談學生的結果，可以說明學生在合作並呈現發現的過程包含同組之間的分工、不同組間的合作以及校友的支持、回饋。

(1) 同組之間的分工

九年級學長姐會提供諮詢、建議以及批改報告。

R：你們這組幾個人？

S：4 個

R：那四個的分工都做一樣的事嗎？

S：因為學長姐他們有經驗，我們同組他們有經驗的他們可以先改過，

我和另外一位同年級的可能會先做出一些報告給他們看，如果他們覺得可以的話，他們就會跟我們講。我們會一起，大部分都會一起進行，採集那些都會分工的還不錯，不會有太多或太少的問題。

(2) 不同組之間的合作

在社團中有許多組共同進行不同主題的科展專題研究，例如寄居蟹組與化石組的學生會一起結伴到野外採集實驗材料、互改報告、互相比較進度激勵對方。

R：你們在自科社的人都是在做科展嘛，那大家就各做各的就好了，為什還要有這個社團，這樣對你們研究寄居蟹有幫助嗎？

S：我覺得是有幫助的，因為比如說之前有做化石組的，他們需要到海邊採集。若是我們沒有家人可以帶我們去的時候，我們可以互相幫忙合作，可以請他們帶我們一起去。然後也可以互相改報告看哪邊不好，哪邊句子不順之類的。也可以互相比較，良性競爭，都可以一起進步。

R：所以你們不同組也會互相改報告就對了？

S：對。

R：同社團不同組互相改報告跟老師幫你們改報告有什麼不一樣？就指導老師幫你們改就好了，為什麼還要不同組互相交換來改？

S：一方面就是老師改的話會比較專業。那就是不同組之間改的話，就會很細小的地方就是都會改到錯字吧！嗯，對。也可以了解說他們進度到哪裡我們就會覺得要趕緊趕上，一起往前。

(3) 校友提供支持、回饋

在個案教師經營社團八年後，校友們可以提供學弟妹諮詢指導的對象，例如在科展小組（寄居蟹組）就提到校友們會協助批改研究報告，也會協助老師指導學弟妹、幫忙訓練口說能力以及提供參賽經驗分享心得。

R：你們在做研究的時候有沒有校友幫助？

S：嗯，有。

R：那校友都怎麼幫助？

S：嗯他也是會幫我們改報告，然後還會幫我們練習口說，如果老師比較忙的時候我們也可以先詢問他，再跟老師確認。

R：那你覺得有沒有校友幫助最大的差別是什麼？

S：因為校友他們比較有經驗，比如像我們實驗設計很奇怪的時候，他就會適時的跟我們說然後我們就會趕緊改進。而且他們也有參加過比賽，然後他也可以告訴我們說評審會是怎樣問你問題，你可以怎麼怎麼面對評審。對。

綜合上述，在合作與呈現發現的階段，科展小組學生主要的學習過程是向個案教師、專家以及他組學生解釋研究結果，進一步還包括在參加比賽時對評審說明研究發現等。同時，科展小組學生也接受了相對的回饋、建議或評語。因此，在此社團的社員可以比一般從事科展的學生增加更多學習合作與呈現研究發現的機會。

專家的意見主要影響在設計研究工具及進行實驗時、資料分析及作結論時以及合作並呈現發現時。通常是學生因為對研究對象的專業知識不足，而尋求專家的協助解惑，因此，專家的協助主要是屬於學生提問後的回答為主。

R：在你們的研究有沒有請求專家的協助

S：有，我們上網查到有一個研究寄居蟹的教授就是施習德教授，然後我們會用電子信箱和他通信、還會寄我們的報告給他改。

R：他也會改你們的報告嗎

S：嗯有給他改過兩次

R：那你們大部分問教授的問題是怎麼樣的問題

S：比如說像寄居蟹本身，像我們本身，我們本來要做寄居蟹的他的眼力是怎樣子的，然後我們就去詢問他，問他我們做這個實驗是否恰當

R：這樣子阿你們已經都有指導老師了，為什麼還要詢問教授？

S：因為就是我們研究寄居蟹的時候，需要他離開殼，當初我們不知道怎樣讓他怎麼出來。

R：你們指導老師沒辦法協助這方面問題嗎？

S：因為老師是做螞蟻這方面的，寄居蟹的話我們就是問這個教授，然後就問他怎麼讓寄居蟹出來。那個教授就是教我們用。

在上述六個探究學習過程，個案教師一直扮演引導者提供諮詢的角色。教師與學生其實是共同進行科學探究的共同體，個案教師會主動針對學生的學習狀況進行監控、診斷、訂正、提示等訓練。將專家、個案教師與科展小組在進行科展研究歷程的互動過程，以下列的探究網呈現科學探究活動中非線性及多方交互作用的形式如圖 4-2-1。與 Krajcik et al. (2000) 所提專題導向學習的探究網比較，個案師生在提出問題的階段可再分為師生決定主題以及學生提出次主題兩階段。一般而言，國中階段的學生受限於背景知識或科學訓練的不足，對於提出可行性的研究問題是有困難的。因此，個案教師通常會先擬定一系列的科展題綱，提供學生在既定的領域中，選擇自己最有興趣進一步探究的主題，若有多組學生選擇相同主題，則需各自寫出企畫書來競爭研究主題，這也是強化後續進行研究的內在動機的基础。

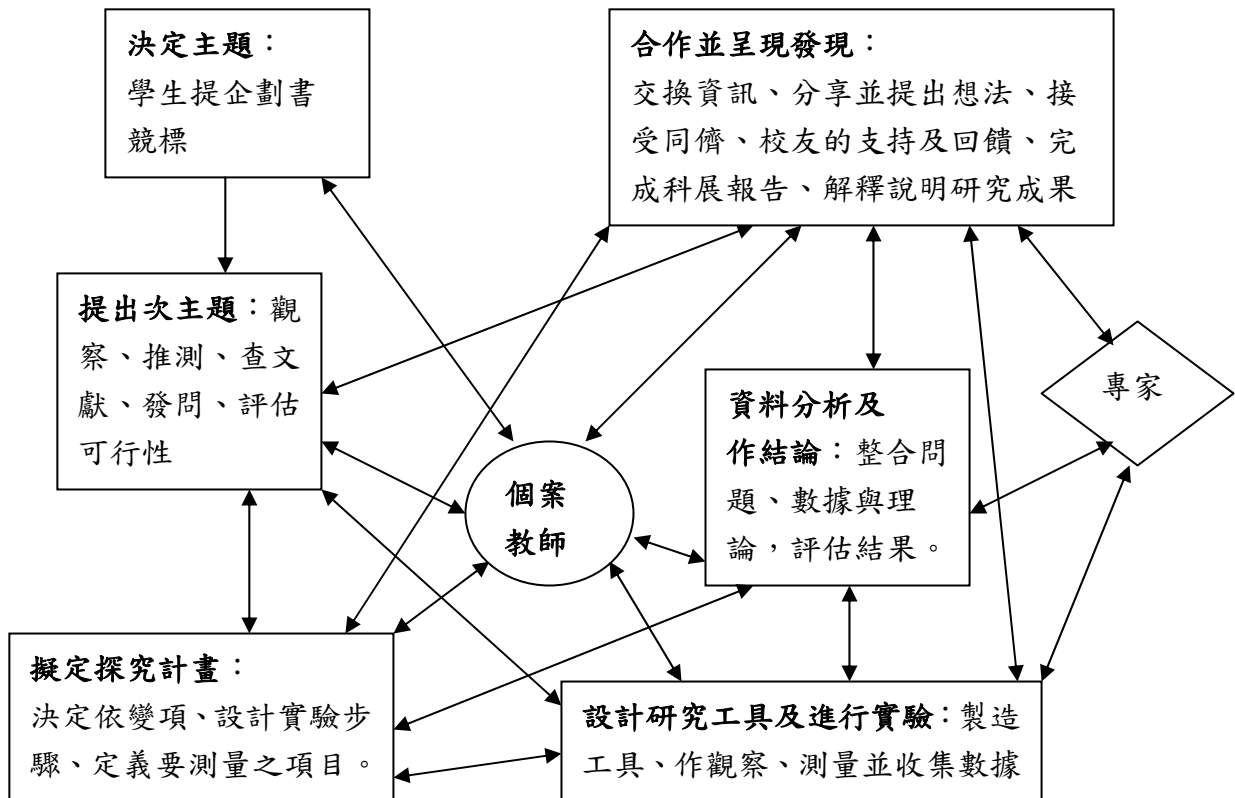


圖 4-2-1 個案教師與科展小組互動形成的探究網。

二、科展績優教師指導學生進行科展研究的教學方式

根據修改自認知師徒制 (Collins, et al., 1989) 的質性資料編碼表，研究者將個案教師指導科展學生的方式進行類別分析，以下是選定科展分組中的寄居蟹小組，作為師生教學互動歷程的分析實例。從「科展分組進度表」的分析結果顯示個案教師擅長運用「訓練」、「探索」方式(佔紀錄出現頻度 100%，9 週/9 週)，其次則是「反思」(佔紀錄出現頻度 55.5%，5 週/9 週)。科展分組進度表的紀錄及分析的週次是在研究中期(95.12.19~96.3.20)，此時學生都已分組進行科展專題研究，所以探索的教學方式一直都有出現。而此階段個案教師運用此工具時，較少使用「示範」以及「鷹架」的教學(見圖 4-2-2)。

教學方法類別	OT								
	EX								
	RE								
	AR								
	SC								
	CO								
	MO								

圖 4-2-2、由科展分組進度表分析個案教師教學方法的類別變化(教學方法類別分為：MO 代表示範；CO 代表訓練；SC 代表鷹架；AR 代表闡明；RE 代表反思；EX 代表探索；OT 代表其他。塗黑代表該次記錄有出現該類別)。

「社團札記」分析的週次是從研究初期一直延續到研究後期，共 23 週(95.9.17~96.5.29)。研究者分析的結果發現個案教師在「社團札記」的教學方法上，主要是運用「訓練」(佔紀錄出現頻度 91.3%，21 週/23 週)，其次則是「反思」、「探索」的方式(佔紀錄出現頻度 34.7%，8 週/23 週)，「闡明」居第四。對於個案社團學生與指導教師而言，「社團札記」是最基本而重要的互動平台。從「社團札記」的分析，可以顯現個案教師一直有交錯使用認知師徒制的六種教學方式(見圖 4-2-3)。

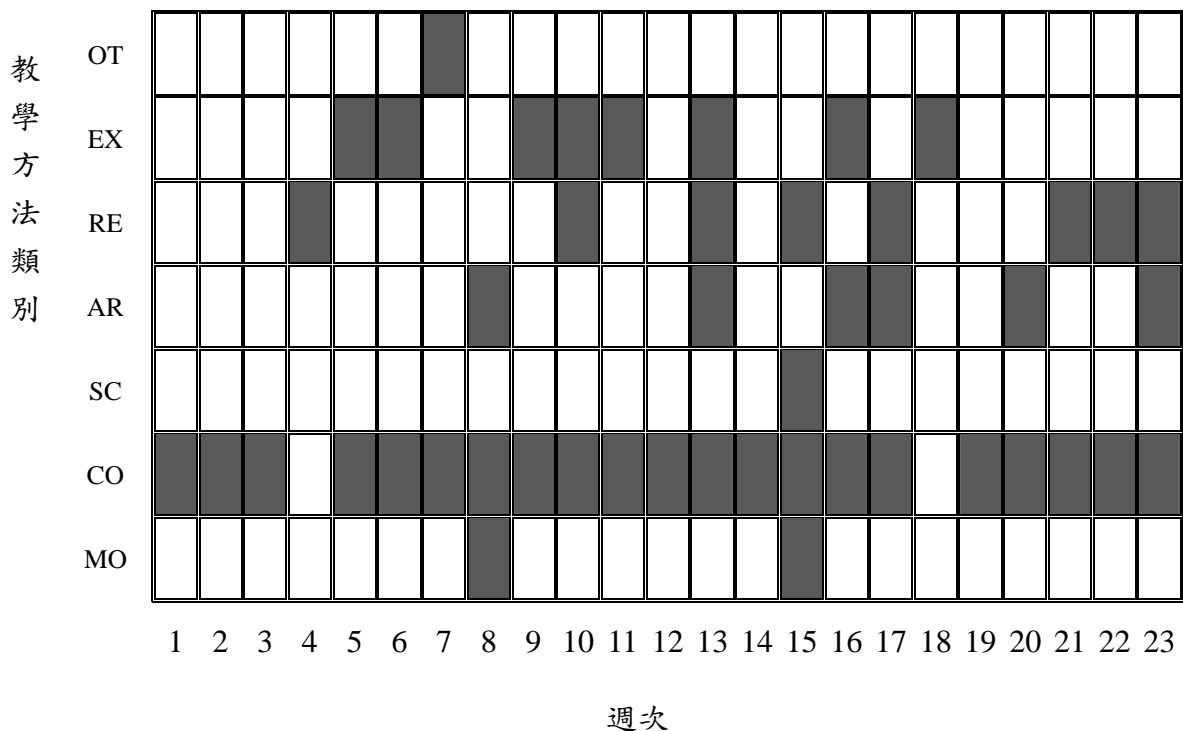


圖 4-2-3、由社團札記分析個案教師教學方法的類別變化（教學方法類別分為：MO 代表示範；CO 代表訓練；SC 代表鷹架；AR 代表闡明；RE 代表反思；EX 代表探索；OT 代表其他）。

從「網頁模組記錄」的類別分析來看，教師教學方法的呈現以「訓練」為最多（佔紀錄出現頻度 72%，16 次/22 次），其次則是「示範」（佔紀錄出現頻度 40.9%，9 次/22 次），「鷹架」為第三（佔紀錄出現頻度 31.8%，7 次/22 次），而「其它」為第四（佔紀錄出現頻度 18%）（見圖 4-2-4）。

以「實驗日誌」分析個案教師教學方法類別變化的結果發現，教師所使用的教學模式可以分成三階段的變化，在研究前期（1~11 週），教師以「訓練」為主；在研究中期（12~24 週），教師增加了「示範」、「鷹架」、「反思」、「探索」的教學方式，最後在研究後期（25~31 週），教師轉變為以「闡明」、「反思」、「探索」的教學方式為主（見圖 4-2-5）。對照學生在社團的課程活動，研究前期是在寒假之前的時間，研究中期則是寒假到校內科展前，而研究後期則是在校內科展到鄉展前。學生實驗最密集的階段是在研究中期，而教師教學的方法在此時期也呈現最多種。

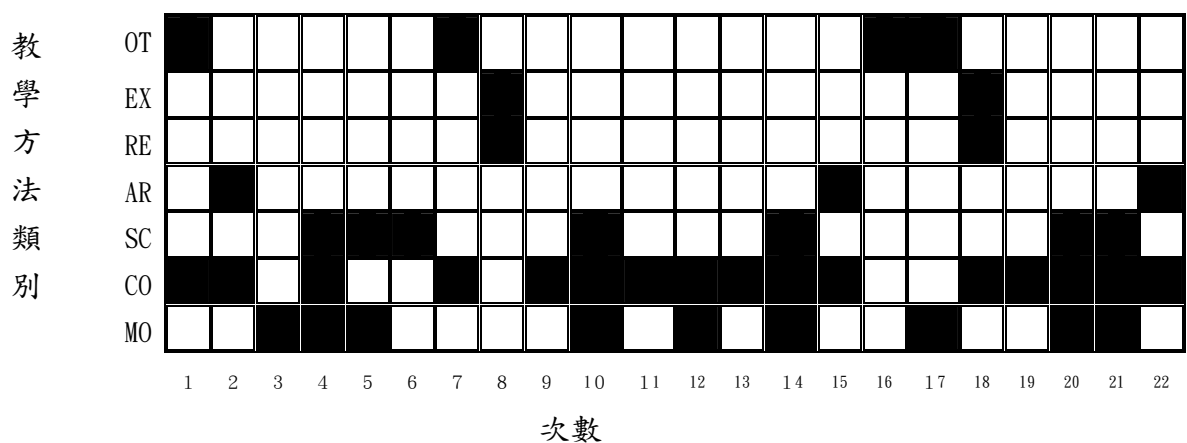


圖 4-2-4、由網頁模組記錄表分析個案教師教學方法的類別變化(教學方法類別分為：MO 代表示範；CO 代表訓練；SC 代表鷹架；AR 代表闡明；RE 代表反思；EX 代表探索；OT 代表其他)。

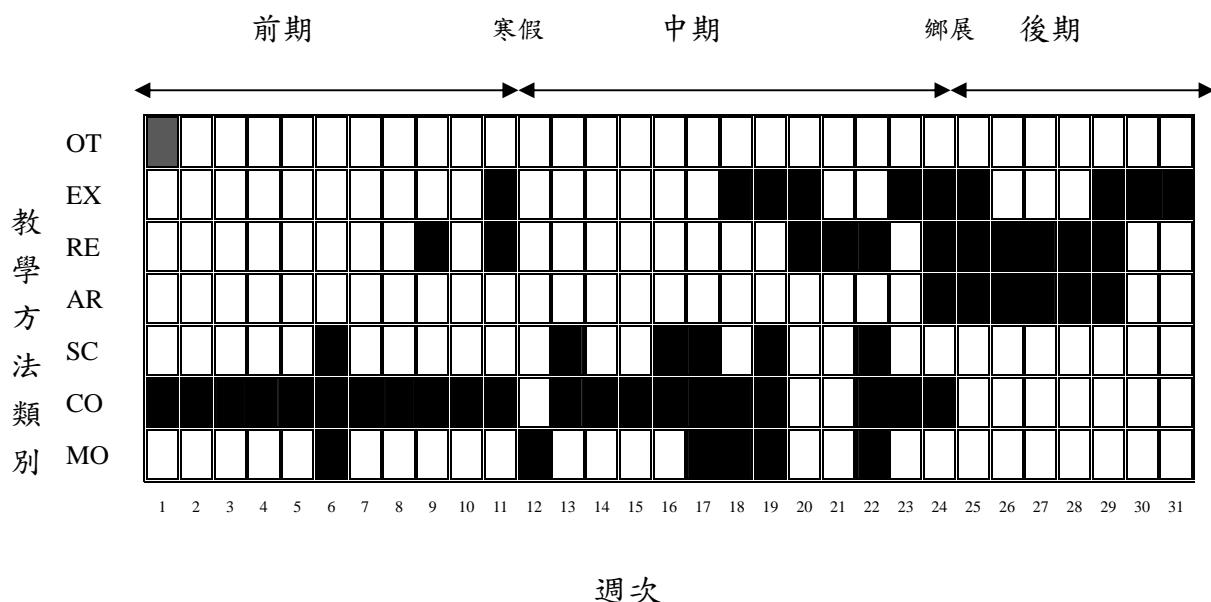


圖 4-2-5、由實驗日誌分析個案教師教學方法的類別變化(教學方法類別分為：MO 代表示範；CO 代表訓練；SC 代表鷹架；AR 代表闡明；RE 代表反思；EX 代表探索；OT 代表其他)。

從教師在上述四種工具進行教學方法類別分析的結果顯示：實驗日誌記錄是從研究初期一直延續到後期，可以看出「訓練」的頻度維持最高，但是集中在研究前期及中期；而隨著週次增加，進入研究後期，老師的教學轉為以「闡明」、「反思」及「探索」為主。因此，整體看來隨著時間序列，實驗日誌可以呈現出教師的教學方法類似認知師徒制教學方法上的線性趨勢。

進一步將個案教師指導科展學生的訓練方式再區分為監控、提示、訂正以及診斷，從個案教師使用實驗日誌、社團札記、科展進度表以及網頁模組討論區進行此四種訓練方式的分析頻度結果如下圖 4-2-6。

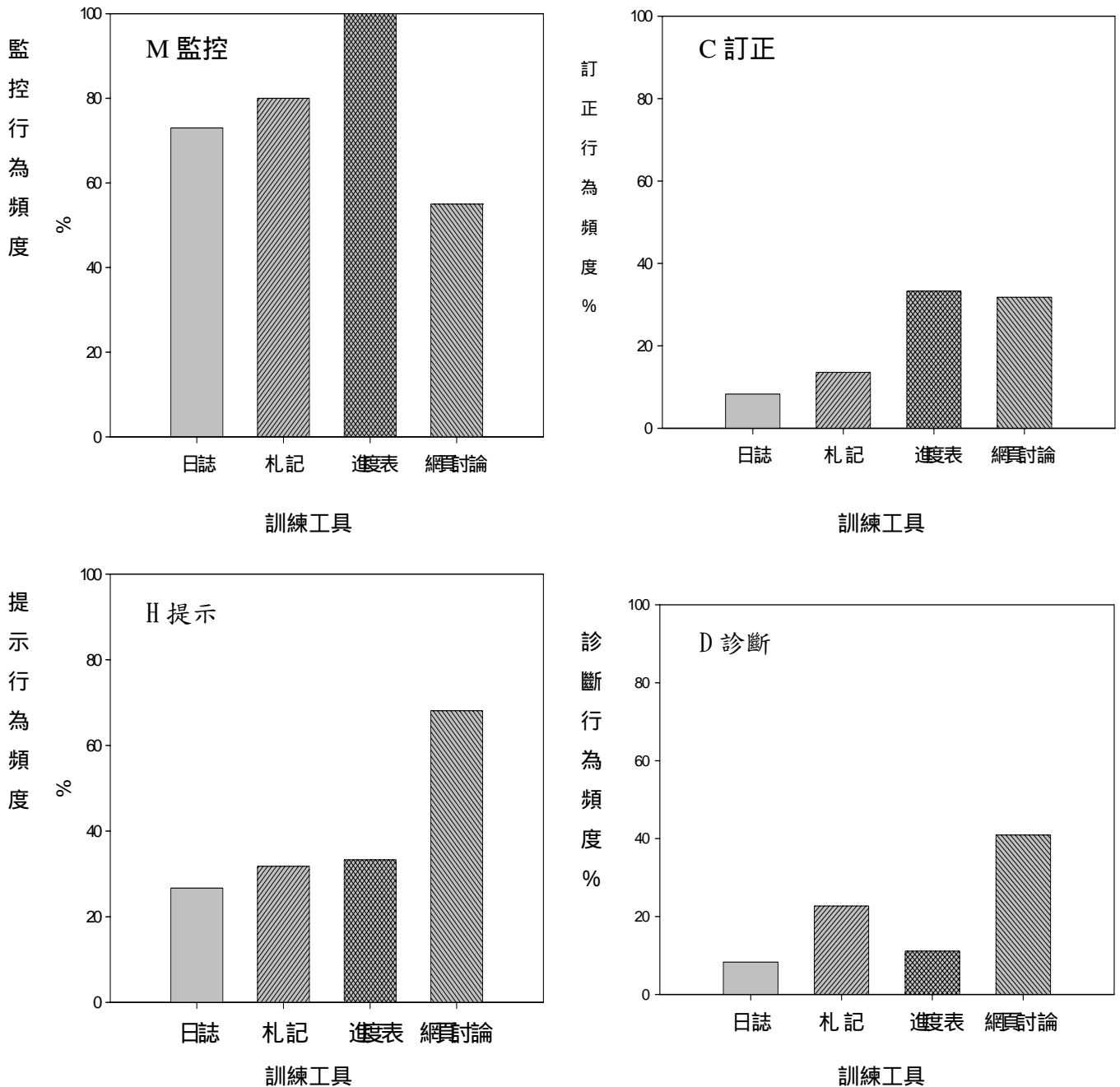


圖 4-2-6、個案教師使用實驗日誌、社團札記、科展進度表以及網頁模組討論區四種工具呈現出不同訓練行為之比較 (M：監控、H：提示、C：訂正、D：診斷)。

在四種文件資料中，個案教師的監控行為在科展進度表中呈現最大頻度，其次是社團札記與實驗日誌。這與當初個案教師的構想頗為符合，因為科展進度表主要就是希望發揮監控學生實驗進度的功能。而社團札記上的科展甘苦談的內容，也是個案教師希望每週都能獲知學生進行實驗的情形。至於實驗日誌是學生自行記錄實驗的過程，同樣也有助於教師監控學生研究的情形。因此，在科展進度表、社團札記及實驗日誌上呈現了教師較多的監控行為。個案教師也較常使用科展進度表以及網頁討論訂正學生的錯誤，科展進度表記錄的時間是在研究中期實驗較頻繁的階段，所以呈現了教師較高頻度的訂正行為。網頁討論則由於線上互動的關係，學生對於實驗上的錯誤觀念，老師會給予即時訂正。同理，網頁討論是四種工具中個案教師診斷學生最常使用的方法，其次才是社團札記。相較之下，實驗日誌在訓練的行為上，顯示比較少的提示、訂正以及診斷。研究者推論實驗日誌通常是在小組與個案教師在討論之後，寫下的實驗構思過程與結果，在研究中期以後，學生已經比較能進入自行問題解決的階段，因此，個案教師與學生的教學逐漸轉為闡明、探索為主。

三、個案教師建構多組學生同時進行科展研究的互動模式

個案教師建構多組學生同時進行科展研究的互動模式可從科展小組的組員分工結構以及此科學社群的互動情形來加以探討。個案教師在本研究進行當中，同步指導 19 組學生共 73 人投入 2007 年中華民國第 47 屆中小學科學展覽的輔導工作，其實際的做法如下：

（一）科展小組的組員分工是跨年級混齡的結構

科展小組大部分由 4 人組成，為跨年級的組合，指導教師的構想是經由跨年級的組合，有助於成功經驗的傳承，使一個研究團隊具有領導者（九年級）、主要實驗者（八年級）以及生手學習者（七年級）。領導者可以作為學弟妹問題諮詢的對象之一，並監督科展小組的實際運作；主要實驗者負責設計並操作實驗；生手學習者則在旁協助實驗的進行，觀察學習實驗操作的過程。國立台灣科學教育館在最新版的

中華民國中小學科學展覽會實施要點中(科展字第 0950004643 號令)已經刪除組員跨年級的限制，即是個案教師的建議所促成。

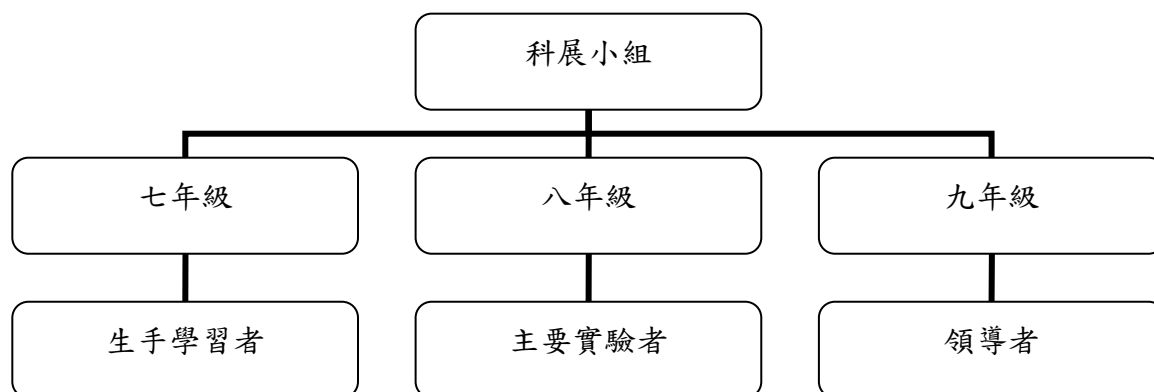


圖 4-2-7 科展小組的組員分工結構

(二)在經營科學社團 8 年後，個案教師有計畫的建構出科學社群的多元互動類型，分別說明如下：

1. 師對生

教師利用社團固定課程的講授、臨時集合、專題演講、各組約談、線上討論區、批閱科展分組進度表等方式，對學生進行進度的詢問、回答疑問、提出新問題、指定活動、實驗建議、提示、鼓勵、指導相關技能等。以指導教師對寄居蟹小組的發言為例：

(1) 提示

「小蟹住大殼有一些問題！能不能逐一解釋！……小蟹住大殼，是該區域都沒小殼嗎？小蟹住大殼，以能量來看，是較耗能還是節能？」(分組進度表 2007.1.2)

(2) 實驗建議

「如果真的沒有殼，也就是裸露的寄居蟹在行為及適應上有什麼改變？--另設計實驗證明之」----- (實驗日誌紀錄 2007.1.8)

(3) 提供鷹架

「問題不能停止，問題要能深入，問題要能相關聯，提問前也要說說自己的看法 請看稜蝗組範例」----- (網路線上互動紀錄 2007.2.2)

(4) 鼓勵

「就是要這樣 鍥而不捨 累積數據夠多了 就接近事實了」-

(網路線上互動紀錄 2007. 2. 5)

(5) 回答疑問 (示範)

「就用貝類的類別 例如：鐘螺類 卷螺類 錐螺類 玉螺類 蛋螺類

來我這裡有貝類圖鑑 不必自己取名」----- (網路線上互動紀錄 2007. 2. 1)

(6) 指導相關技能

「你看看你的留言 單刀直入 沒頭沒尾 既沒有維護自己想法的豐富內容又沒有設想週到的細膩提問 學長所謂太本能式的回答就是如此

在科學辨證的過程 簡潔的字句不是美德 所有的問題要當成申論題回答而不是簡答題。在情意的部分：要在表情肢體和眼神上顯露對自己作品的投入和熱情。在專業的部分：要邏輯清晰層次分明 術語和技術間雜。在創意的部分：強調前人未解決的地方 要在回答時設法引導評審提問自己熟悉或實驗的賣點，自信而開朗親切而靈敏 有俏皮的發語詞 搭配快速而準確的道具、手札、參考資料等演示，則科學研究結果才會被肯定。」 (網路線上互動紀錄 2007. 2. 27)

(二) 生對生

不同研究主題的學生練習互改實驗報告(提出質疑)、並可協同進行實驗(例如：稜蝗與樹蕨組、古生物與寄居蟹組)。

(三) 生對師

學生會主動提出疑問請教老師，或提出與老師討論的請求、請老師示範實驗。

「有一個實驗是殼的形狀與牠的換殼策略，可是有些貝殼不知道叫什麼形狀，不知道怎麼形容 那要怎麼打在報告上」- (網路線上互動紀錄 2007. 2. 1)

(四) 校友對生

校友會修改學弟妹的實驗報告(提出質疑)、協助收集資料、協助示範實驗並傳承參賽經驗。

「根據寒訓當天的表現 口頭報告 還需再加強 這點是你們比較弱的一環...所以你們要先培養出默契來」---- (網路線上互動紀錄 2007. 2. 25)

「在口頭報告時 應以簡短但抓住重點的方式報告 並配上一些照片或者是動畫。在回答問題時，應用富創意且讓人感到與你們的內容有關的說法」
(網路線上互動紀錄 2007. 3. 2)

(五) 生對校友

學生會請教校友科展相關問題、提出與校友討論的請求或請校友示範實驗等。

「請問怎樣才是不靠本能的回答？」----- (網路線上互動紀錄 2007.2.27)

(六) 生對專家

本研究中的科展績優教師會針對學生實驗所遇到的困境，給予建議並鼓勵學生以 e-mail 方式請教專家專業知識。學生會詢問專家專業知識、請專家修改報告。以寄居蟹小組為例。

「施教授您好：

在我們的研究中，其中有個實驗是有關寄居蟹在哪些情況下會換殼。我們將寄居蟹夾在石頭縫隙中並在旁放一個適合大小的空殼。但實驗了多次，都發現牠想掙脫牠的殼，身體的大部分也離開了殼，但卻都沒有整隻出來。我們想了解為什麼會這樣，所以想請教您我們的實驗中，有需要將寄居蟹整隻離殼的實驗。想請問您有沒有方法可以將牠離開殼，卻又不傷到牠呢？希望您能為我們解答。非常感謝您

S1、S2 敬上」(實驗日誌紀錄 2006.12.21)

(七) 專家對生

專家回答學生相關疑難問題並提供意見或建議。針對寄居蟹小組的提問，專家以電子郵件回覆如下：

1. 因為殼很重要，它只是想帶著殼走，不會離開殼。要看他們換殼，可以給牠們很多空殼選擇。環境陰暗安靜，讓牠覺得沒有危險時，則會開始選殼測試
2. 使用電鉗槍，小心加熱殼頂」----- (實驗日誌紀錄 2006.12.21)

綜合上述，在科展績優教師長期投入經營科學社團所建立的科學探究社群，呈現出多元化的資源管道。社群中的組成不只是學校中的教師及學生而已，畢業的社員校友仍能透過平日的網路交流或假日返回母校，將相關資訊回饋學弟妹，並提供示範監控、訂正、提示、闡明、反思以及鼓勵。而學術界的專家也對於學生的提問，有所回應並提供示範、訂正、診斷的教導。他組的學生則經由互改報告、社內競賽

提供訂正、闡明及反思的機會。因此，在此科學社團下的科展各組學生都能有多方向的互動對象，包括社團指導教師、領域專家、校友及他組同學。如圖 4-2-8。

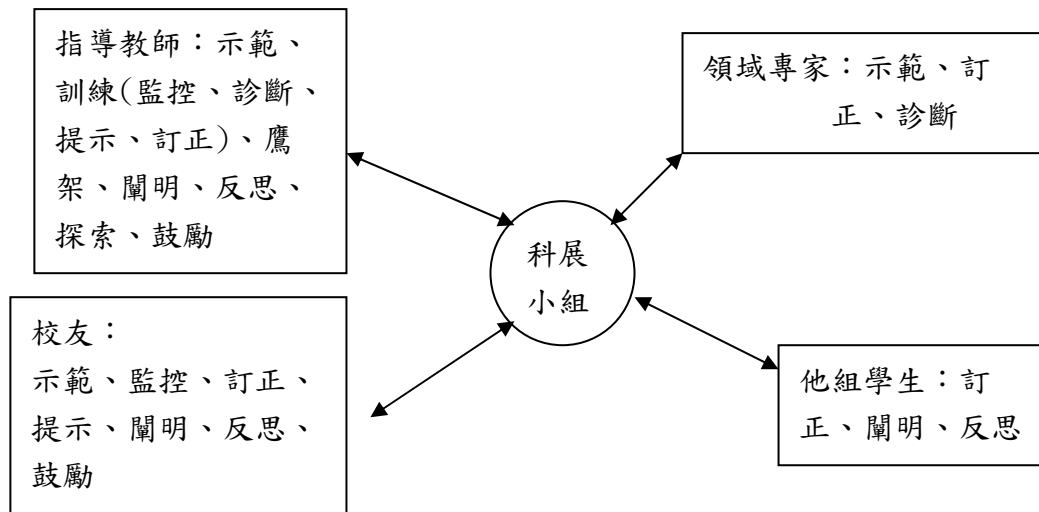


圖 4-2-8 學生在社團中進行科展研究的多元互動模式

第三節 科學教師應用社團指導學生進行科學探究活動的成效分析

在本節，將分別分析社團學生的科學本質表現、對生物學的態度表現，社團學生對於社團探究環境的感受以及參與科展活動的感受，以探討作為科展績優教師應用科學社團指導學生進行科學探究活動的成效。

一、社團學生的科學本質之表現

為了瞭解社團學生的科學本質，研究者引用侯香伶（民 91）使用的科學本質量表針對科學社團學生進行施測。個案社團學生進行前後測的科學本質問卷結果如下表 4-3-1。社團學生進行前測的時間是下學期初，此時七年級社團學生在科學知識、科學方法以及科學事業上的平均成績均超過 3.5，分別是 3.96 分、4.09 分及 3.69 分。基本上，在經過上學期的科學社團活動後，大體而言，學生已經都持有正向而符合當今科學本質的觀點。而再經過 3 個月後的科學社團活動後，七年級社團學生在科學知識、科學方法以及科學事業上的平均成績，分別是 3.96 分、4.09 分及 3.69 分。與學期初測的結果相比較，三個面向的整體成績並沒有顯著差異。也就是說七年級學生對於科學本質的觀點，是具有穩定正向的想法的。八年級社團學生在下學期初在科學知識、科學方法以及科學事業上的平均成績均超過 3.5 分，分別是 3.80 分、4.0 分及 3.74 分，也就是學生大致已經都持有正向而符合當今科學本質的觀點。而再經過下學期 3 個月後的科學社團活動後，學生在科學知識、科學方法以及科學事業上的平均成績，分別是 3.87 分、3.96 分及 3.84 分。與學期初測的結果相比較，三個面向的整體成績並沒有顯著差異。說明了八年級學生對於科學本質的觀點，是具有穩定正向的想法的，而且在科學知識以及科學事業方面平均分數是增加的結果。

表 4-3-1 個案社團七、八年級學生於下學期前後科學本質問卷平均分數變化

問卷 向度	七年級			八年級		
	前測 (M/SD)	後測 (M/SD)	t 值	前測 (M/SD)	後測 (M/SD)	t 值
科學 知識	3.96/0.93	3.93/1.02	-0.4	3.80/1.15	3.87/1.04	0.62
科學 方法	4.09/1.01	3.96/0.98	-1.71	4.0/0.80	3.96/0.92	-0.41
科學 事業	3.69/1.13	3.8/0.95	1.04	3.74/1.11	3.84/1.09	0.86

註：* $p < 0.05$

以下再就科學知識、科學方法以及科學事業三個向度進行個別探討。

(一) 科學知識方面

在科學知識向度上，七、八年級的社團學生在下學期初及下學期末，科學知識本質平均分數變化如表 4-3-2。在 10 個題目中，七年級在第 1、4、5、6、7、8、9 題的分都已經超過 4 分。在第 4 題「科學知識可用來預測某些自然現象的發生」、第六題「科學知識是可以再被考驗的」以及第七題「科學知識可能隱含錯誤」都有達成 4.5 分的高分。八年級則在第 1、4、5、6、7、9 題超過 4 分。而在第 9 題負向題「科學家對科學知識的評價是一定的，不因時空立場變換而改變」的得分上，八年級學生更由平均分數 3.14 分進步為 4.07 分，在統計上達顯著差異。然而七、八年級的學生在第 10 題負向題「只要作足夠的實驗和觀察，就可以導致科學學說產生」的前測分數均低於 3 分，亦即學生偏向認為第 10 題的說法是正確的。第 10 題的說法對於學生而言，學生可能僅就字面單句去思考，而認為科學學說的產生只要足夠的實驗和觀察就可以達成，而沒有思考到科學學說的形成除了實驗和觀察以外，想像力與創造力更是不可或缺的因素。另外，學生在科學知識向度上的第 3 題「科學知識不是人類想像力的產品」，七年級學生前後測的平均分數均為 3 分，而八年級的學生由原本前測的 2.79 分已經進步為 3 分，在科學知識的 10 個題目中，算是分數

較低的題目。

表 4-3-2 個案社團七、八年級學生前後測科學知識本質平均分數變化

		七年級			八年級			
		施測時間	平均分數	標準差	t 值	平均分數	標準差	t 值
一、科學知識方面								
1	現在的科學知識是暫時性的，未來可能被修改	前	4.21	0.80	-0.20	4.57	0.51	-0.43
		後	4.14	1.03		4.5	0.52	
2	除非一種科學的知識是完全沒有錯誤，否則我們不會接受它	前	3.79	0.7	-0.89	3.36	1.22	0.64
		後	3.5	0.85		3.57	1.22	
3	科學知識不是人類想像力的產品	前	3.	1.41	0.00	2.79	1.25	0.76
		後	3	1.47		3	1.18	
4	科學知識可用來預測某些自然現象的發生	前	4.5	0.65	-0.32	4.57	0.65	-2.12
		後	4.43	0.66		4.14	0.77	
5	現今的科學知識以久被證實，其正確性無庸置疑	前	4.14	0.53	0.00	3.93	0.62	1.47
		後	4.14	0.66		4.21	0.43	
6	科學知識是可以再被考驗的	前	4.36	0.74	1.00	4.57	0.51	-1.47
		後	4.5	0.52		4.43	0.51	
7	科學知識可能隱含錯誤	前	4.43	0.51	0.56	4.79	0.43	-1.88
		後	4.5	0.52		4.57	0.51	
8	科學學說如同藝術作品，兩者的形成過程均展現出人類的創造	前	4.29	0.91	-1.00	3.86	0.53	-1.15
		後	4	0.68		3.64	0.93	
9	科學家對科學知識的評價是一定的，不因時空立場變換而改變	前	4.07	0.83	0.00	3.14	1.03	3.48*
		後	4.07	1		4.07	0.62	
10	只要作足夠的實驗和觀察，就可導致科學學說產生	前	2.86	0.77	0.56	2.57	1.22	0.41
		後	3	1.04		2.43	1.22	

註：2、3、5、9、10 題為負向題，平均分數經過負向轉分。 $*p < 0.05$

因此，基於第 3 題與第 10 題的結果，研究者認為有可能是學生對於以往科學學說的形成的過程例如科學史方面比較沒有機會特別去接觸瞭解，因為即使在現今的正式學校科學課程中，科學史的部分雖已經較以往傳統課程增加，但科學史的內容相較於其他科學知識概念比例仍偏低，而且在教師處於進度壓力下，可能往往也不會特別加重強調。而對照個案教師設計的課程活動中，確實比較沒有見到有關科學史的相關內容，因此，研究者認為有關科學史的內涵應可以作為個案教師在設計課程活動多樣化上的一個建議內容。

(二) 科學方法方面

在科學方法的向度上，個案七、八年級社團學生平均得分結果如下表 4-3-3。

表 4-3-3 個案社團七、八年級學生於下學期前後科學方法本質平均分數變化

		七年級 (n=14)			八年級 (n=14)				
		施測時間	平均分數	標準差	t 值	施測時間	平均分數	標準差	t 值
11	只要遵循特定的科學方法便能解決科學問題	前	3.29	1.27	-1.0	前	3.14	1.17	-0.30
		後	2.93	1.07		後	3	1.11	
12	嚴謹的科學方法不能保證科學研究必定會成功。	前	4.43	0.51	-2.35	前	4.29	0.47	-1.0
		後	3.64	1.01		後	4.07	0.62	
13	科學研究報告的內容是科學家取自他認為值得報導的部分	前	2.93	0.83	0.89	前	3.21	0.97	0
		後	3.21	1.19		後	3.21	1.05	
14	一個科學問題通常只有一個適當的研究方法能解決	前	4.5	0.76	0.81	前	4.07	0.27	0
		後	4.64	0.5		後	4.07	1	
15	做實驗時，科學家不會預期某些實驗結果	前	3.93	1.00	1	前	4.14	0.66	0
		後	4.07	0.73		後	4.14	0.77	
16	兩個科學家各自觀察同一件自然現象，他們一定做出相同的報告	前	4.79	0.43	-2.11	前	4.36	0.5	1.15
		後	4.43	0.51		後	4.57	0.51	
17	科學家的觀察會受到他（她）以往的經驗和既有的知識所影響	前	4.21	0.58	-0.694	前	4.29	0.47	0.43
		後	4.07	0.47		後	4.36	0.5	
18	探究科學問題時，科學家都遵照相同的標準選用研究方法	前	3.71	0.99	0	前	4	0.68	-1.39
		後	3.71	0.91		後	3.79	0.58	
19	在科學探討中，科學家的「想像力」扮演著相當重要的角色	前	4.5	1.16	-1.56	前	4.43	0.65	-1.0
		後	4.43	1.09		後	4.14	0.77	
20	實驗結果的解釋是固定的，不會因為不同人而有不同的解釋	前	4.64	0.5	-1.88	前	4.07	0.73	0.82
		後	4.43	0.51		後	4.29	0.83	

註：11、14、15、16、18、20 題為負向題，平均分數經過負向轉分。 $*p < 0.05$

七年級的學生在第 14、15、16、17、19、20 都達 4 分以上，在第 14 題負向題「一個科學問題通常只有一個適當的研究方法能解決」得分超過 4.5 分，由此可知，社團學生一個科學問題其實可以有不同方法來加以解決，持有非常正向的觀點。值得注意的是第 12 題「嚴謹的科學方法不能保證科學研究必定會成功」，七年級的學生的平均得分從 4.43 分下降至 3.64 分，但並沒有統計上的顯著差異。此題主要是有 1 位學生前測得分從原本的 5 分（非常同意）轉變為後測的 1 分（非常不同意）所造成。可以再進一步晤談該位學生以了解想法的來由。

八年級的學生在第 12、14、15、16、17、18、19、20 都達 4 分以上。在第 16 題負向題「兩個科學家各自觀察同一件自然現象，他們一定做出相同的報告」得分最高，平均分數為 4.57 分。而 11 題「只要遵循特定的科學方法便能解決科學問題」是八年級學生整體來說得分最低的一題，維持在 3 中間左右。而七年級學生在此題

同樣也是得分較低。在 14 位七年級學生中有 6 位認為遵循特定的科學方法就能解決所遇到的科學問題。研究者認為學生可能因為學習經驗有限，而這些學生可能根據以往在社團中所遇到的科學問題時，指導教師都能給予方法上指導的學習經驗，因而持有「只要遵循特定的科學方法便能解決科學問題」的觀點。

(三) 科學事業方面

在科學事業的向度上，個案七、八年級社團學生平均得分結果如下表 4-3-4。

表 4-3-4 個案社團七、八年級學生於下學期前後科學事業本質平均分數變化

三、科學事業方面		七年級 (n=14)			八年級 (n=14)			
		施測時間	平均分數	標準差	t 值	平均分數	標準差	t 值
21	很多社會的改變是由於科學發展的結果	前	4.71	0.47	-1.47	4.57	0.51	-0.56
		後	4.43	0.51		4.5	0.52	
22	如果科學知識足夠的話，科學家就能進行複製人的工作	前	2.71	1.27	3.24*	3.07	1.33	-0.15
		後	3.64	0.63		3	1.47	
23	科學家通常很注意相關領域內其他科學家的研究	前	3.93	0.92	0.46	4	1.04	0.33
		後	4.07	0.73		4.14	0.77	
24	科學家的新發現，馬上就成為社會大眾共同認可的科學知識	前	4.21	0.8	0.32	3.79	0.89	0.82
		後	4.29	0.61		4	0.55	
25	科學家的科學研究不會被他們的宗教及倫理觀所影響	前	3.36	0.84	0.89	3.71	1.14	1.38
		後	3.64	1.08		4.29	0.73	
26	科學家不一定比其他人更為客觀	前	3.79	0.89	0	3.64	0.93	-0.20
		後	3.79	0.8		3.57	0.94	
27	核能電廠是否設立應完全由核能科學家決定	前	4.07	0.92	0	4.14	1.03	1.71
		後	4.07	0.83		4.57	0.51	
28	科學家的工作本質使他們不會受社會和政治的影響	前	3.57	1.02	-0.32	3.79	0.89	0.34
		後	3.5	1.16		3.93	1.00	
29	科學研究是專業的，毋需理會社會大眾的認可	前	4.07	1.21	-1.15	4.07	0.83	-0.27
		後	3.86	1.03		4	0.96	
30	由於科學家的特殊訓練，其對「社會任何議題」的意見，應給予特別重視	前	2.5	1.09	0.76	2.64	0.84	-0.72
		後	2.71	0.99		2.36	0.84	

註：22、24、25、27、28、29、30 題為負向題，平均分數經過負向轉分。* $p < 0.05$

七年級的社團學生在負向題第 22 題「如果科學知識足夠的話，科學家就能進行複製人的工作」由學期初前測平均得分 2.71 增加到學期末後測平均得分 3.64 分，達統計上的顯著差異。在第 21、23、24、27、29 題上都有得到 4 分以上的結果。第 30 題負向題「由於科學家的特殊訓練，其對社會任何議題的意見，應給予特別重

視」。雖然學生的平均分數有增加，但學生平均得分仍低於 3 分。八年級的社團學生同樣在此題平均的得分也是低於三分。研究者認為可能是科學社團得學生對於科學家有比較高的責任期待並認同科學家的意見應該更被看重。研究者認為可以進一步找學生晤談，針對學生的想法進一步的確認及釐清。八年級的學生在第 12、14、15、16、17、18、19、20 都達 4 分以上。在第 16 題負向題「兩個科學家各自觀察同一件自然現象，他們一定做出相同的報告」得分最高，平均分數為 4.57 分。

整體而言，社團學生持有的科學本質是正向的觀點。亦即學生參與科學社團活動時，在科學本質的科學知識、科學方法以及科學事業上大都持有符合當今科學思潮下的觀點。

二、社團學生對於生物學的態度分析

為了瞭解學生在社團學習一學期的科學課程活動後，在生物學的態度上是否有差異，引用「生物學的態度量表」(鄭湧涇、楊坤原，1995)，在下學期初先針對七年級社團學生進行前測，而學期末則是針對七、八年級學生同時施測。對生物學的態度量表(ATBS)共包含四個向度，分別是 S1：對生物學的態度、S2：對學習生物學的態度、S3：對生物學探討活動的態度及 S4：對生物學家及科學相關生涯的態度。每個分量表最低得分為 20 分，最高得分為 100 分，得分 60 分為中性態度。

鄭湧涇、楊坤原(1998)針對台北地區 4250 國中一年級學生以「對生物學的態度量表」施測，四個分量表(S1~S4)得分平均數分別為 72.09、74.30、76.09、73.38。個案社團學生七年級學生前測所得四個分量表(S1~S4)得分平均數分別為 78.21、77.64、77.14、76.29，後測得分平均數分別為 81.64、80.79、81.86、80.71。比較台北地區國中一年級學生與個案社團學生的施測結果，可以得知個案社團的七年級學生在下學期初對於生物學的學科態度、對學習生物學的興趣、意願、過程等態度、對參與生物探討與其他相關探究活動的態度以及成為生物學家和從事生物學相關生涯都已呈現正向積極的態度，得分均高於台北地區 4250 國中一年級學生，將下

學期末施測七、八年級的生物學態度量表得分進行比較如下表 4-3-5。

表 4-3-5 社團學生與台北縣市國中生對於生物學態度量表得分比較

類別 (樣本數)	七年級 (N=14)		八年級 (N=19)		台北縣、市國中 (N=4250)	
	平均數	標準差	平均數	標準差	平均數	標準差
S1	81.64	4.75	81.74	7.6	72.98	39.52
S2	80.79	11.22	79.68	9.46	74.31	10.81
S3	81.86	5.56	78.05	9.37	76.09	10.35
S4	80.71	6.66	77.95	8.43	73.38	9.78
ATBS	325	20.66	317.42	34.86	296.76	39.52

進一步將個案社團的七年級學生前後測得分進行成對樣本 t 檢定，得到表 4-3-6 結果的結果。由表 4-3-6 可以發現社團七年級學生在對於生物學的態度、對學習生物學的興趣、意願、過程等態度、對參與生物探討與其他相關探究活動的態度以及成為生物學家和從事生物學相關生涯四個向度上，在經過三個月社團活動的時間後，平均分數都呈現增加的結果，其中對於生物學的態度達到統計上的顯著差異，而整體的生物學態度平均總分上，也達到顯著差異的結果。因此，由整體學生對生物學態度量表的平均得分結果顯示，社團學生具有相當正向的態度，符合指導教師的教學目標。

表 4-3-6 社團七年級學生對生物學的態度量表得分進行成對樣本 t 檢定之結果

類別	七年級前測 (n=14)		七年級後測 (n=14)		t 值
	平均數	標準差	平均數	標準差	
S1	78.21	8.48	81.64	4.75	2.286*
S2	77.64	10.99	80.79	11.22	1.783
S3	78.43	7.84	81.86	5.56	1.823
S4	78.14	6.04	80.71	6.66	1.426
ATBS	312.42	27.13	325	20.66	2.206*

註：* $p < 0.05$ (S1：對生物學的態度、S2：對學習生物學的態度、S3：對參與生物學探討活動的態度、S4：對生物學家及科學相關生涯的態度、ATBS：對生物學的態度總分)

三、社團學生對於科學探究環境的感受

社團七、八年級學生進行建構式教室環境量表 (CLES) 的施測，共得到六個分量表的數值結果，如下表 4-3-7。每個分量表平均值都達 3.5 以上，尤其在生活相關、同學協商、科學興趣及教師支持方面的平均值更達到 4 以上，與國內學者陳忠志 (1998) 對國中學生的施測結果加以比較，顯示學生在科展績優教師經營的科學社團中對於科學探究環境的學習感受比傳統教室的教學更為符合建構主義的理念。

表 4-3-7 社團七、八年級學生與國內一般國中生傳統教室 CLES 施測結果比較

分量表	題數	七年級 平均值 (N=17)	八年級 平均值 (N=17)	國內 國中 (N=1879)	七年級 標準差	八年級 標準差	國內 國中
生活相關	6	4.10	4.05	3.3	0.82	0.92	0.92
不確定性	6	3.58	3.5	3.67	1.03	0.81	0.86
意見表達	6	3.57	3.93	2.73	1.24	1.03	0.79
同學協商	6	4.07	4.36	2.54	0.85	0.79	1.04
科學興趣	6	4.38	4.40	3.15	0.66	0.68	0.94
教師支持	6	4.18	4.47	未測	1.03	0.77	未測

四、科學社團師生參與科展活動之感受

為了瞭解社團師生在參與科展活動後的感受，研究者自行設計了一份師生回饋問卷，共 20 題，請個案教師及學生進行開放式的填答。以下是針對本年度 (95 學年度) 該社團參加全縣科展成績獲得優等以上的社員 (共 25 人) 所做的回饋問卷分析結果，答案出現頻度 (%) 是指該答案出現次數除以 25 乘上 100 的數值。

第一題：請問你參加自科社的動機有哪些？

學生的答案中「研究科學」(48%) 出現最多次，「認識志同道合的朋友」(44%) 居次，「獲得知識」次之 (40%)，有趣好玩 (20%)、學測加分 (16%)、擴大視野 (12%)、參加比賽 (12%)、有競爭對手 (12%)、好奇 (12%)。其他分別出現兩次以下的答案包括：得到更多資源、抒發心情、尋求歸屬感、親人推薦、師長推薦、自由、想過充實的國中生活以及得到更多資源等。

而個案教師認為學生參加自科社的動機如下：

- 1、因為對科學的濃厚興趣。
- 2、同儕的影響：同儕慫恿加入自科社成為眾多優秀學生的成員之一。
- 3、父母的鼓勵：父母期待小孩在科學學習方面有更多樣的學習，鼓勵尚未形成固定性向的小孩多接觸。
- 4、參加自科社進行科展活動可以在未來升學的時候額外加分。

個案教師與學生的回答大致相近。在學生的填答中，寫親人推薦者僅一人，由此可知，這 25 位社團學生自主性頗高，而且學生多數基於「研究科學」、「尋找志同道合的朋友」、「獲得知識」的內在動機，與個案教師成立科學社團的動機頗為符合。

第二題：你覺得自科社有哪些特質？

學生的答案敘述非常多，出現的答案包括有創意、有主見、有能力、聰明、愛玩、點子多、有趣、科學、傳承、活力、反應佳、勇於表達、競爭、團結、認真研究、快樂、大膽假設，小心求證、鬼靈精怪、激人上進、會讀書、素質高、冒險、求知欲強、存疑創新、活潑幽默、優質、搞笑、榮譽、努力、主動學習。

個案教師認為自科社的特質包括風趣、幽默、反應靈敏、細心、大膽、常有創意、耐心、愛心、口才便給、多聞、多問、追根究底。

雖然學生對自我或社團成員這樣多樣化的特質敘述，仍然可以發現社團師生對於自科社的特質都是很正向的評價，顯示出對社團持肯定而有自信的看法是一致的。

第三題：你做過幾次校內科展？全鄉科展？全縣科展？全國科展？國際科展？

根據學生的答案統計的結果如下：校內科展每人平均 2.08 次，全鄉科展 2.28 次，全縣科展 1.76 次，全國科展 0.4 次，國際科展 0.04 次。

個案教師從 1996 年起至今（2007），陸續指導國高中生參加科展的次數統計如下：校內科展共 121 件、鄉展共 64 件、縣展共 79 件、國展共 11 件、國際科展 10 件。

從學生的答案可以發現這些學生參加科展競賽的經驗會比一般的學生次數多，從中得到的學習自然也會比較多。而個案教師隨著指導學生的經驗不斷累積，也能逐漸精鍊指導的技巧並進一步發展更有效、更有系統的訓練模式。

第四題：請問你是如何決定科展研究主題及次主題？

學生的答案中，針對主題的決定以「有興趣」(48%) 的答案最多，「老師建議」(24%) 居次，「共同討論」(16%) 次之。其它還包括查詢資料(8%)、前瞻性(4%)、挑戰性(4%)、適合自己(4%)。

在針對次主題的決定部分，學生的答案中以「與同組討論後」(24%) 最多，「依主題訂定」(12%)，「從新發現決定下一個次主題」(12%)、與老師討論(8%)、有興趣(8%)、能力所及(4%)、前瞻性(4%)、挑戰性(4%)。

個案教師協助學生決定科展研究主題及次主題的答案如下：一開始我會公佈大約 20 個各類科的題目大綱給社團成員，這些題目大部份是生物相關的問題，社團成員在二週後要交出有興趣題目的研究大綱（可以提交多件以避免欲研究的題目被別組選走），由我根據研究大綱的發展性選定組別。正式得到研究主題的組別開始研究工作，與我或與同組成員討論次主題，或邊研究邊形成次主題。

這一題的答案，無論從教師或學生的角度來看，選擇主題和次主題的方式都是很開放的，不同的學生、不同的組別，在尋找本身的主題或次主題時都有各自的策略，這也完全符合個案教師的期待。

第五題 科展小組的成員是如何決定的？

學生的答案：「個性契合」(36%)、「志同道合」(36%) 的答案最多，「自己找」(32%) 次之，好朋友(20%)、老師指派(12%)、隨緣拼湊(8%)。

教師的答案：領導與諮詢者：九年級組員擔任之，平日要掌握實驗進度，查詢資料，修改報告，分配工作。操作者：八年級組員擔任之，負責實驗實作部份，帶領七年級組員收集數據。追隨者：七年級組員擔任之，學習各種研究技能，跟隨學

長姐進行實驗工作，提供人力資源。

第六題 科展小組平時如何分工？

學生真正落實的分工模式，答案可分為以下十類：

第一類（32%）：九年級負責資料、文獻提供、修改報告、協調學弟妹。八年級為實驗主力，撰寫報告。七年級跟隨並學習。第二類（16%）：依自己的能力，自願爭取能做或想做的工作，其餘的工作平均分擔。第三類（12%）：討論時全組一起討論，工作則依個人專長與特質分工，不太強調是否高年級。第四類（8%）：依時間劃分，一開始各做各的次主題，後來就合在一起做，直到報告完成。第五類（8%）：假日全組到校，高年級檢查一週實驗日誌，再討論實驗，最後分配下一週工作內容。

第六類（4%）：討論時全組一起討論，平日七、八年級進行實驗，但所有人都要查資料與打報告。第七類（4%）：無特定分工，自發性，有空的人就接手做，類似接力賽。第八類（8%）：由組長分配，組長依他的判斷分配工作。第九類（4%）：所有工作平均分擔給每個人。第十類（4%）：工作分項後，隨機分配。

教師的答案如下：

理想的科展小組中，九年級組員擔任領導與諮詢者，平日要掌握實驗進度，查詢資料，修改報告，分配工作。八年級組員擔任操作者，負責實驗實作部份，帶領七年級組員收集數據。七年級組員擔任追隨者，學習各種研究技能，跟隨學長姐進行實驗工作，提供人力資源。

根據上述的分析結果，可以發現學生會遵循老師理想模式的實踐者，仍佔第一，但是比例不高。學生的分工模式還是按照各組組員之特性自行調整的居多，可以發現個案社團的學生彈性適應與自由自主的特質明顯。

第七題 社團指導教師如何指導你們進行科展研究？

學生的答案可以分為十四個類別，說明如下：

第一類（8%）：實驗有新突破，老師才有新的提示。第二類（8%）：口頭說明解釋

指點。第三類 (32%)：提供書籍、文獻資料。第四類 (24%)：實驗時，在一旁觀察。第五類 (8%)：心靈的強化、團隊士氣的鼓舞。第六類 (12%)：修改報告。第七類 (12%)：協助到野外採集實驗活動。第八類 (12%)：參與討論。第九類 (20%)：提供靈感。第十類 (16%)：協助購買實驗器材。第十一類 (8%)：口說訓練。第十二類 (12%)：示範使用設備及軟體。第十三類 (8%)：設計實驗相關課程，給予我們有效的訓練。第十四類 (8%)：用全部的力量指導提供簡單可行的實驗方法。教師的答案如下：

- (1) 從「心」領導：透過對社員發表的寫作、剪報、演說，鼓勵社員研究，塑造科學研究英雄，形成楷模認同。
- (2) 課程領導：規劃實施社團課程、反芻課程、科學寫作課程、專家講座等等，將科展研究所需的科學基礎知識、實驗設計、統計方法等等先備知識有系統的傳授給社員。
- (3) 利用分組討論、社團札記、進度報告、實驗日誌、網頁模組、線上討論等各種方式掌握進度，進行問題解答。
- (4) 協助學生蒐集有用資料，借閱學術圖書。
- (5) 示範實驗，維護實驗安全及建立社團行政體系管理實驗儀器場地及安全。
- (6) 修改報告：從研究大綱開始，科展分組組員不斷的被要求提出新的書面報告，透過修改報告直接指導學生實驗該如何修正。
- (7) 要求進度報告，進行口頭報告演練，對學生錄音錄影。
- (8) 優質研究組別我將之升級為「VIP組」，可以有專屬網頁，我還會指派校友擔任認養學長特別負責他們的研究報告修正。

這一題呈現的結果顯示，不同的組別感受個案教師之指導方式是有差異的，除了「因材施教」的原因外，個案教師亦以研究發展進程作為指導強度的依據，強調互動關係，因此連指導的手段也呈現動態的調整，而展現出指導的多樣性。

第八題 參加科展活動的過程，學校環境提供哪些支援？

學生的答案可以分為十一類，說明如下：

第一類 (32%)：電腦設備。第二類 (60%)：實驗場地。第三類 (64%)：硬體設備。第四類 (32%)：校園環境蘊含豐富實驗動物。第五類 (8%)：各科各班老師的信任、包容與支持。第六類 (8%)：辦理區域資優提供主題式訓練。第七類 (4%)：科學週的規劃，重視科學教育。第八類 (8%)：討論區的提供。第九類 (16%)：動物生長室。第十類 (16%)：充裕的社團活動時間。第十一類 (12%)：經費。個案教師的答案如下：

科展實驗的耗材當然由學生自行負擔，但是大型貴重儀器例如恆溫恆溼的生長箱就需要學校購買，在這方面長期以來學校相當的支持。進行科展活動免不了會耽誤部份上課時間，學校亦給學生全面的公假處理，不會造成曠缺課。每當比賽後總會舉行盛大的慶功宴鼓勵師生。科展實驗耗時費事，學校給予自科社每週二下午完整的三個小時進行實驗，課程自由度非常的大。輔導處方面，以特殊教育的角度切入，協助申請計劃辦理研習活動，使社員獲得的資源更為擴充。

從學生的回答可看出學生只能以他們所能接觸的部分感受行政資源。事實上個案教師的答案比較接近事實，雖然各處室的支援對社團的發展重要而明顯，但是各處室的行政協助有時是學生無法直接感受的，研究者這個觀點也獲得個案教師的認同。

第九題 參加科展活動的過程，家長提供哪些支援？

學生的答案中以「接送」(36%)出現最多，其次是「實驗衍生的費用」(32%)，「精神支持」(28%)次之。提供研究的意見(24%)、允許較多時間做科展(24%)、器材購買(12%)、器材(16%)、提供筆記型電腦(4%)

教師的答案：組員之載送、實驗材料之提供或購買、精神上之鼓勵、提供獎金等。

第十題 經過科展的歷程，你認為自己有哪些收穫？

學生的答案可分為 15 類，說明如下：

第一類 (32%)：增加科學知識。第二類 (32%)：尋找科學真相的方法。第三

類 (24%)：學習互信互賴。第四類 (24%)：學習與師長、組員、專家互動。第五類 (20%)：承受壓力勇於挑戰困境。第六類 (16%)：領會科學精神。第七類 (16%)：學會做科學報告。第八類 (12%)：能敏銳觀察生活中的事物。第九類 (8%)：感受科學的樂趣。第十類 (8%)：學會做海報、第十一類 (8%)：熟悉不同軟體。第十二類 (8%)：口才訓練。第十三類 (8%)：懂得安排時間。第十四類 (4%)：思路更靈活清楚。第十五類 (4%)：學會邏輯思考。

教師的答案如下：教學相長。習得新知識。改變研究方法。擴大科學研究觸角。發掘年輕科學家。

第十一題 你認為自科社可以再加強的部分是什麼？

學生的答案可分為 14 類，說明如下：

第一類 (20%)：要更團結。第二類 (12%)：更嚴格篩選掉不用心的人。第三類 (12%)：提高效率。第四類 (12%)：學習態度。第五類 (8%)：紀律。第六類 (4%)：增加交流活動。第七類 (4%)：耐力。第八類 (4%)：更精密的器材。第九類 (4%)：要愛整潔。第十類 (4%)：增加設備。第十一類 (4%)：使用公物要愛惜節約。第十二類 (4%)：更用心作實驗。第十三類 (4%)：保持警惕心。第十四類 (4%)：學習動靜分明。

教師的答案如下：參與教學及指導的人力可以擴大，使學生的學習面更廣。

第十二題 你願意再繼續投入科展的研究嗎？為什麼？

學生的答案，說明如下：

針對再投入科展的意願，84%願意，12%看情況，不一定，4%不願意。

願意再投入科展研究的原因可分 9 類，包括第一類 (24%)：想再學更多。第二類 (16%)：很有趣。第三類 (12%)：感覺學習充實、飽滿。第四類 (8%)：永遠的目標與挑戰。第五類 (8%)：有成就感。第六類 (8%)：我愛科學。第七類 (4%)：不想半途而廢。第八類 (4%)：令人值得一再嘗試。第九類 (4%)：怕忘記研究方法。至於寫「不一定」的同學有三位，其中一位認為在不同年齡志向可能不同，

另外兩位則擔心時間是否足夠。有一位學生寫「不願意」，因為發現科展不是最愛，但是也從中得到了許多快樂。學生回答「願意」的答案類別頻度分析如下表：

教師的部分：願意。科學研究沒有終點，而且我想到的問題至今仍源源不絕無法停止。

第十三題 你對今年科展作品的成績滿意嗎？為什麼？

學生的答案中，10人不滿意，滿意的有15人。不滿意的原因類別有三類：第一類：覺得可以更好，自己努力不夠，佔16%。第二類：已盡力，名次不符預期目標，但收穫很多，佔20%。第三類：評審時間給太少，佔4%。

滿意的原因如下：第一類：已經盡力，佔20%，過程最重要。第二類：36%有得獎。第三類：4%收穫不少。

教師的答案：不滿意。有些組別，有好的題目，卻沒有完整的研究，等於浪費了題目也浪費了研究時間。

交叉比對學生與教師的答案，發現這一題師生的共通處就是對自我期許甚高，即使競賽成績相較於其他學校或其他社團已屬突出，仍然覺得有很大的進步空間而不斷的調整腳步。

第十四題 你認為自科社的精神是什麼？

學生的答案大致分為十類：第一類（72%）：極物窮理、存疑創新。第二類（8%）：大膽假設、小心求證。第三類（8%）：實事求是、努力堅持求佳績。第四類（8%）：堅持真理、建立科學思考。第五類（4%）：自由、民主。第六類（4%）：追根究底。第七類（4%）：敢嘗試、敢衝、不放棄。第八類（4%）：追根究底。第九類：敦品勵學、愛國愛人。第十類（4%）：靜謙、仁愛、純行。

教師的答案：「極物窮理、存疑創新」。「大膽假設、小心求證」。

由此可見，學生與教師都秉持著自科社的社訓為精神指標。但比起個案教師所揭櫫的精神，學生對自己的團體有更多元的認同。

第十五題 你認為科展競賽與制度在未來應該如何改善？有何建議？

學生的答案共 14 類。講解時間太少 (32%)、沒有意見 (24%)、評審要客觀 (20%) (不該問學校校名，給人有成見的感覺或考量學校得獎件數)、口頭報告時間要公平 (8%)、校內科展一定要辦 (4%)、初審篩選標準應公佈 (4%)、應根據科展組別參展數量及水準決定給獎名額 (4%)、增加獎項 (4%)、在組員數量及研究範圍自由度應大一點 (4%)、縣展時間再延後 (4%)。看板應該主辦單位提供 (4%)、評審應該三個人分開來評 (4%) (對評審來說時間一樣多，但對參賽學生來說，講解時間可以變為三倍)。

教師的答案：不應限定字數與頁數。不應限訂看板形式規格。不應限訂團體人數。不應有平衡校際得獎件數之非科學性考量影響評選結果。主辦單位不應有超越科學教育館訂定的全國規則更嚴苛的條件 (例如嚴格限制參賽者只能留在自己的看板處不准旁聽評審對其他組別的詢答等等)

第十六題、可否描述進行科展實驗與一般的自然科課程實驗活動有何不同？

學生的答案：科展需靠自己的思考及能力、步驟及內容從無到有、更深入、親自操作、全新知識、長時間且多次重複、結果未知、更複雜、有成就感、題目自由選擇、自發性學習、趣味性高、課本無法得到的知識、沒有上課形式，自衝進度，是很多小實驗的整合。一般的自然科課程實驗活動則是步驟簡單、驗證課本內容為真、只是重複課內知識、只在實驗課短時間內操作、結果是已知的、沒有自由度、印象不深刻、趣味性少、只需完成填空式的科學習作。

教師的答案：科展是開放式的學習，從問題步驟到結果討論都是未知，一般課程的實驗是食譜式的實驗，結果明確，步驟清楚，成功的欣喜不大。

第十七題、你認為自科社上學期的趣味科學課程和科展研究有沒有關？為什麼？

學生的答案：所有的學生皆認為有關 (包含有關和部分有關)。學生的答案依序如下：是科學原理的累積 (20%)、內容相關性高 (12%)、方向一轉便可運用 (12%)、

累積知識(12%)、找出不同的方法(12%)、活化思考(12%)、部分可運用於實驗(8%)、培養興趣(8%)、組員學習互助維繫感情(4%)、拓展視野(4%)以及了解求證問題的方法(4%)。

教師的答案：有。我的構想是透過趣味的課程提高社員從事科學研究的樂趣。而且通常實施的課程都與欲解決的科展問題有直接的關係。

第十八題、你認為自科社實施整年的反芻課程和科展研究有沒有關？為什麼？

學生的答案：大部分學生認為有關（包含全部有關72%和部分有關12%），12%的學生認為毫無關係，尚有4%學生認為還好。原因則有12種答案，依出現頻度詳列如下：建立基本知識(32%)、學習更多科學原理(16%)、提供實驗靈感(16%)、讓低年級提早學到理化地科(12%)、與研究無關(12%)、大多是理化課程(12%)、是學長姐的專長知識分享(12%)、是學長姐的簡單介紹(8%)、九年級可靠此訓練表達能力(8%)、學弟妹問問題可增進學長姐臨場反應能力(4%)、能維持學長姐與學弟妹之間的互動(4%)。

教師的答案：有。反芻課程有利七、八年級學生提早建立基礎知識，也讓九年級反芻所學，以講解為複習科學原理的手段。

綜觀教師與學生的回答，反芻課程對解說者和聽講者都是一種學習，個案教師設計反芻課程活動，卻給予講授者自訂主題，講授者在輪流講授的機制下，會挑選最有把握最會闡示的主題下手，使聽講者能接受科學概念。

第十九題、你在進行科展研究的時候，遇到困境或瓶頸時，會怎樣來突破？

學生的答案：這題的答案有84%的學生依賴詢問個案教師，其他的解決方法還包括：再細查書籍資料(28%)、詢問校友(8%)、詢問學長姐(28%)、同組開會討論(52%)、先進行其他實驗帶冷靜後再想一次(16%)、告訴父母(4%)、擱在心理(4%)、尋找專家教授(12%)、靜下心思考(16%)、放棄改變方向(4%)。

教師的答案：詢問專家吧。如果是儀器太高檔或要具備的基礎知識太難，則換次主題避開困難保持彈性。

這一題個案教師的期待和學生實際的作為有比較大的落差。個案教師希望學生懂得與專家交手，學生其實寧願選擇最近的個案教師，個案教師深知自己的專業知識有時仍有限度無法滿足解決所有問題，學生仍然依賴個案教師甚深。

第二十題、如果你的組員有人常常推委卸責，你會如何反應？

這一題非常敏感，卻常是科展組能否順利進行實驗的關鍵，是科學研究團隊運作是否成功的內在因素，這題師生的作答如下：

學生的答案：自己完成，不理會推諉卸責者（12%）；報告指導老師，請他處理（40%）；和他溝通，力求改善（36%）；提醒他（12%）；生氣（12%）；不會選擇這種組員（4%）；請求將他退社（4%）；運用多人的力量導正他（4%）；提出重新分配組員之請求（8%）；自己也不做了（4%）。

教師的答案：約談。約談後不見效果換組。換組後仍不見起色則退社。

整體而言，師生在進行科展研究後的感受都是積極正向的，學生大多數的回答也都能符合個案教師的預期目標，個案教師以科學社團的方式帶領多組學生進行科學探究活動具有良好的成效。

第四節 綜合討論

根據皮亞傑的認知發展理論，兒童在大約11歲時，將由具體運思期逐漸進入形式運思期的階段（Mayer, R. E., 1987），亦即研究者研究之國中階段的社團學生已經能逐漸發展出和大人一般的反省思考，包括可以進行假設演繹、抽象推理以及系統性的思考。進入形式運思期的學生能夠進行控制變因的實驗，有系統的思考可能的所有變因以及變因之間的所有可能組合並利用抽象的命題來進行思考。因此，個案教師在課程內容的設計上所規劃的創意研習課程、趣味科學課程以及科展實作的科學研究課程能夠符合社團學生的認知發展，在個案教師的安排、輔導與訓練下，學生學習應用於真實科學研究的基本統計學、邏輯學、創造力的訓練以及實驗設計與方法等內容。不容否認的是，其實並非所有的進入國中階段的學生都已經發展出形式運思期的能力，但是，社團社員在招選之初已經由一定的程序篩選出具科學性向或科學興趣的學生，因此即使社團活動內容中有超過九年一貫能力指標範圍的「治學之道」課程，藉由個案教師有經驗的訓練方式，仍然在學生學習能力範圍下，有效的協助學生發展潛能。

小組合作學習可以作為迎接現代科學教育挑戰中的一種學習方式（Yager, 1991），增進概念學習並有創造力的解決問題（Cohen, 1994; Johnson & Johnson, 1992）。然而，一般小組合作學習的教學策略研究大多是教室內課堂內容的學習，並且常會因教師在課堂授課時數有限或教學進度壓力下，在實施上出現時間不足的困境。本研究中的自然科學研究社為課堂外的社團，社團研究內容由指導教師指訂或師生共同討論，沒有既定課程進度的壓力，個案教師在社團組織上發展出複式編組的方式來達成各種不同小組結構的合作教學，使社團學生得以經由跨年級的組合彼此熟悉並能充分分工合作，同時建立對於社團的歸屬感與傳承的信念。Vygotsky（1978）強調社會互動對學習影響的重要性，他所提出的潛在發展區域（zone of proximal development）和互動學習的概念，自1970年代迄今，均被作為設計當代學習環境的重要依據。一個學生的認知發展潛能，如果只靠自己努力，只

能有限的發展，但如果得到較有知識者像同儕、專家或老師的指導，能達到超越性的發展，亦即有機會進入個人的潛在發展區。一般而言，無論在校內或校外，大多數的學生對學習材料的困惑不一定能常常獲得適時的、充分的解答，然而在研究者所研究的自然科學社團中，學生有更多的機會隨時聯繫到各類的可以討論或諮詢的對象，包括指導教師、校友或較高年級的學長姐，因此而排除了阻礙學習潛能發展的可能。維高斯基的交互學習法注重師生間、同儕間輪流擔任學習活動中預測、發問、概述和澄清的角色，尤其注重採用小組合作學習的方式，相互支援資料搜集、理解教材和製作成品等的工作(李吟，民87)。相同的，在自然科學研究社團中的學習上，亦不鼓勵學生單打獨鬥，鼓勵他們形成各種合作學習小組，積極從事預測、發問、概述、澄清等角色。學生在科學專題探究活動從事以問題為基礎的學習(problem-based learning)活動，雖然探究過程繁複，但相較於一般學校正規課程中的實驗教學更注重高層次的規則歸納與問題解決技能之培養，能有效促進學習者有意義的學習，進而獲致最佳的學習效益(王美芬、熊召弟，民92)。

相關文獻顯示，實施認知師徒制的教師會根據學生回答內容詢問更深入的相關問題，而促使師生之間的對話更具互動性(邱美虹、林秀蓁，民93)。本研究中，研究者發現個案教師利用網頁討論區、社團札記、科展進度表、實驗日誌以及各組進度報告等方式大量提問，在教學內容上也有進行提問的訓練，學生也因此習得提問的方式與養成提問的習慣，例如在學生實驗日誌中可見學生常常自我提問檢核的記錄。個案教師擅長提出開放性的問題而能使專題研究更呈現發散性思考的教學內涵。在回答學生的提問時，個案教師通常也不直接回答或錯，而是引導學生思考轉向解答的方向，這樣的結果也回應了Chi等人曾經提出具有互動的對話型態給予學生更大的機會學習，並能賦予學生更多的學習責任，進一步使學生的學習具有建構性(Chi et al, 2001)。本研究的結果顯示個案教師以認知師徒制的教學方法指導學生進行科學研究並獲得良好的成效。個案教師在社會學的面向上，以科學社團的模式建構猶如科學社群的社會學情境，經由複式編組的小組結構進行各種學習活動上的合作與競爭，達成個案教師希望能夠同時指導多組學生進行科學研究的目標。基

於科學研究過程中的各種不確定性與複雜性，個案教師在教學方法上採取動態且開放的教學策略，在學生不同的科展研究階段彈性調整示範、訓練、鷹架與淡出、闡明、反思及探索的比重與實施順序，從個案教師指導學生的過程中可以發現認知師徒制的新面貌。個案教師將科學社團與指導學生進行科學活動視為一種行動研究。從早期個案教師以傳統指導學生進行科展的模式發展到以社團模式建構同時指導多組學生進行科學探究活動的模式，在這樣的轉變過程中，個案教師仍不斷的創新、檢核並融入新的教學理念。因此，本研究所探討的科展績優教師應用科學社團指導多組學生進行各種科學探究活動的策略、歷程以及成果對科學教育上具有教學實上的參考價值。

科學社團中的分組討論或實驗能讓學生如科學家一般地工作，學生能透過互動從中學會溝通、分享、包容(支持)、建議(審查)與合作，並能建構其科學知識。然而科學教育不僅止於學習科學知識，更需要培養學生創造能力；科學學習不是技巧的模仿而是創造，教材不應侷限在教科書的內容，而應將學生生活中所遭遇的科學相關問題視為科學教育的活教材，讓學生有機會運用既有的科學知識解決真實世界中的問題，同時，在問題解決過程中，創造新的科學知識。因此，科學社團中的科展實驗活動了提供學生從生活週遭去發現科學問題，解決問題過程進而發表研究結果的機會。在 Okada & Simon (1997) 的研究中指出，一個成功的團隊合作建立在四個方向，即 (1) 頻率：組員間的密集互動，(2) 一個平等的討論和探索方式的討論 (3) 相互結合與分享研究問題，(4) 不同的技術和實驗。這些方向在本研究所觀察的十九組科展小組中，科展競賽成績表現較好的組別 (如化石組、寄居蟹組) 可以發現類似的結果。師生若能掌握此四個成功的方向，學生在科學展覽活展覽活動的競賽上就能有良好的表現。個案教師在團隊中的扮演角色，因為組別有多樣性的表現，研究者發現個案教師融入學生研究團隊的程度不盡相同，主要的因素是研究團隊是以學生為主，而教師參與團隊運作越多，學生自由發揮空間又會減少，因此，學生該如何與老師建立適當的互動，將是另一種考驗。

個案教師要求社團學生每週書寫一篇。研究者發現從「科學紀實」中，可以瞭

解學生對於在校一週內對於所經驗的科學實驗進行目的、結果與心得的整理與省思。「科學新聞或影片觀後感」可以讓學生將視覺影像的傳遞過程中所得到科學知識進一步轉變為自己的理解。心情剖析則提供了學生對於在日常生活中有關的情感抒發，讓指導教師能從情意的面向去了解學生需要的支持或協助。實驗進度描述可以看見學生將這一週對於實驗過程的具體描述，指導教師可以經由此部分的內容去了解學生在實驗過程中的思考情形及所面臨的問題或需要的協助等，指導教師可以據此提供進一步的相關訓練。每週一書的讀後心得則是加強學生對於相關科學讀物的吸收方法，學生在閱讀社團的科學書籍之後，能因為心得的書寫將書中的內容轉化為自我的想法，指導教師也從中可以得知學生的看法瞭解學生的吸收情形。因此，社團札記、科展進度表、實驗日誌以及網頁模組討論區是個案教師運用的多元評量方式。

在社團活動中，指導教師提供研究主題讓學生可以針對自己有興趣的內容提出企畫書競標，使科展專題研究提供學生有挑戰性的問題解決過程，讓學生實際去經歷學習科學方法的各種步驟，從真實的操作技能過程中去解答心中的疑惑，並發現生活中科學知識建構的過程及樂趣。國中階段的學生其實背景知識仍然有限，而指導教師提供可指導的研究主題讓學生挑選有興趣的題目是推動國中學生進行科學研究的一大助力。從個案教師提供的一份文件資料中（附錄三十）呈現了他對於科展題目構思的各種靈感來源。因此，個案教師源源不覺的創意來源是值得深入進一步瞭解探討的主題。