科學教育學刊
2003, 第十一卷第二期, 141-169

Chinese Journal of Science Education
2003, 11(2), 141-169

學生在開放式科學探究過程中互動模式之研究

顏瓊芬[1]　黃世傑[2]
[1]私立靜宜大學 生態學研究所
[2]國立彰化師範大學 生物學系

（投稿日期：民國91年7月15日，修訂日期：91年10月17日，接受日期：92年2月13日）

摘要：本研究分析六個小組，二十五位職前生物教師在生態學專題研究的實驗課程中，進行開放式探究過程中的對話與意義。本研究的主要資料包括二十五位職前教師、每週撰寫的實驗心得反省報告共三百九十六份、每組的每週進度報告共八十二份，晤談及每組每週在全班面前實驗報告的實驗表現以及小組生態實驗室討論的錄影、錄音、期末實驗報告…等。為提高研究的效度，我們將前述多元資料依據三角交叉法交互審校，藉此確認職前生物教師如何在開放式探究實驗情境中與小組同儕互動之特色與學習之風貌。我們從小組同儕之間的對話等項目中，洞察出對話中蘊含著對實驗探究相關議題的經營。首先學生以小組合作的模式或對立的模式，或少數服從多數的模式來協商對實驗問題的意見與看法，進而在規劃和資料詮釋的階段中，學生們的對話因著參與實驗同儕的行為而逐漸形成若干形式，從分析小組中個別成員參與討論的程度看來，研究者將他們的對話歸納為三種形式，分別為：對稱式、不對稱式與移動式不對稱互動。而學生對於小組合作解決實驗問題的模式多數持著非常正向的態度：小組內的互動不但可以腦力激盪、集思廣義、凝聚共識、及增加默契之外，小組之間的互動，包括交換意見、討論、及批判，讓學生更能深入增加自己的整合能力，深入的改善開放式探究實驗的品質，此外小組社群成員不同的角色對小組學習有關鍵的影響，特別是小組中所發展出來的特定角色與領導風格，大大地影響小組成員發展對實驗探究的理解。

關鍵詞：開放式探究實驗、真確符實的科學、職前生物教師、學生互動。

壹、研究背景與目的

一、開放式探究實驗（open inquiry）

在邁入二十一世紀之際，為了預備新世紀全球性的競爭，教育改革已是一項全球性的運動，各國除了嚴格地檢視來自本國教育的缺失，也試著找尋新世紀的教育方向和作法，其中“讓每一位學生學習思考”為教育改革的主軸之一（教育部, 1995; Anderson, Anderson,

Varanka-Martin, Romagnano, Bielenberg, Flory, Mieras & Whirworth, 1994)，而提倡學生進行科學探究活動，一向被認為是促進學生發展思考能力重要方法（American Association for the Advancement of Science, 1989; Schwab, 1963; Tamir & Lunetta, 1978, 1981)。此外科學探究的基本原理與教學理念，亦強調主旨在發展學生科學思考與學生探究技巧的能力建立，就如美國的Project 2061主張，科學教學應該和科學的探究精神一致，也就是說“*科學探究的方法主要強調學生應該從一個現象的問題開始，主動參與，進而提出假設，再根據假設收集並分析證據，設計研究與進行研究的過程，而非只是學習自然現象的答案而已…*”（AAAS, 1989, p.5)。而許多以探究為基礎所發展的課程，例如：BSCS、CHEM、PSSC 等，也特別強調為了要讓學生發展科學探究的技巧，教學者應提供學習情境讓學習者真正參與並進行科學探究：就像科學家一樣的思考科學與做科學。因此為了讓學生接觸真實的科學，Martin, Kass 和 Brouwen（1990）建議科學教育學者，可以因著學生的不同發展階段，選擇性的介紹各種不同面貌的科學，也就是說不只是教學生“科學知識與想法”更應該強調讓學生“做實驗”。站在此一基礎上，美國國家研究委員會中（National Research Council）於 1996 年提出的國家科學教育標準（NSES）很清楚地描述實驗活動在科學探究中所扮演的角色，並肯定實驗活動是科學教育的必要過程，建議重視學生參與實驗活動，從和同儕與老師的互動中做科學與思考科學。

實驗活動根據其結構方式可以分成多種方式，從食譜式的驗證教科書上所描述的內容，到開放式的探究（Padilla, 1991)。但是大多數和實驗有關的研究均以驗證式（食譜式）研究為主（Lazarowitz & Tamir, 1994; Pizzini, Shepardson & Abell, 1991; Sutman, 1996），即是學生完全依照一定的流程完成實驗活動來驗證老師或教科書上所描述的現象，這種實驗方法普遍存在各級（小，中，大學）學校中。可惜的是食譜式科學活動一向予人批評為只是提供記錄的學習，鮮少刺激學生的邏輯思考能力，更不用提到創造力的培養。

另一種開放式實驗活動（open-ended）則是從問題開始到解題均由學生全程主導，因此沒有一定的答案（可能有多個），也沒有固定的解題方法，所以獲得邏輯思考能力與創造力是此活動的目標。許多實驗結果發現，開放探究實驗組的學生明顯增加對科學內容的學習，推理的能力，思考也比較活躍。同時也比驗證式實驗組的學生較容易發展科學思考與對科學的理解（Friedler & Tamir, 1984; Reif & St. John, 1979; Shepardson, 1997; Sutman, 1996)。在開放式實驗活動中，學生的學習注重在推理、思考、及問題解決能力之發展。

二、學生互動

但是學生在進行開放式實驗中並非一個人單打獨鬥，而是幾位學習者形成一個小團隊（3-6 人）一起解決研究問題，過去有若干研究報導合作學習在這個科學能力的養成過程中扮演非常重要的角色。數位學生一起工作，溝通及討論科學，可以達到更多的科學理解，而溝通與討論科學是瞭解、分享與表達個人對科學的理解的關鍵因子，也是一種重要的思考方式及研究學問與探究的態度（如：Alexopoulou & Driver, 1996; Johnson & Johnson, 1994; Richmond & Striley, 1996; Roth, 1995)。而探討學生在合作學習中與同儕的談話與討論，相當於探討學生的互動，雖然關於互動的討論極多，而在科學教育中也強調互動對於學習的重要性。

但是總的來看，甚少研究聚焦在開放式探究實驗中，呈現小組合作學習過程中的同儕互

動所呈現的學習風貌，尤其是在大學階段的職前教師的培育階段，再者，大部分文獻上所記載的師生或同儕互動過程大部分為中小學生的研究(楊文金, 1999, 2000; 蔣佳玲和郭重吉, 1997; Bianchini, 1997; Lazarowitz & Tamir, 1994; Pizzini, Shepardosn & Abell, 1991; Richmond, 1996)。很少研究是探討大學生在開放式的科學學習過程及合作學習時學生與學生之間互動的情形。我們早期的研究結果顯示，提供職前教師開放式探究活動實施驗的學習經驗，的確提供學習者紮實的解題技巧的練習，也讓學者逐漸發展為獨立的研究者，而小組內與小組間的討論互動乃是實驗成功與否的關鍵（顏瓊芬和黃世傑, 1999; Yen & Huang, 2001)，但是學生在透過解讀艾式樹蛙而逐漸成為獨立研究者的過程中，學生與學生之間的討論與互動，不論是程度上或型式上，仍需進一步的考証與了解。

三、研究目的

就此，本研究的目的在探討職前生物教師在開放式探究實驗過程中，同儕互動的模式與經驗。過去的研究指出，職前教師在大學階段的學習將會對他們以後的教學與態度造成重要的影響（Bethel, 1984; Shulman, 1990)，此乃因為數理教師的教學常由其本身的信仰與理念所引導，而其所持信念則是由他們本身所接受的教育模式及教師訓練等逐漸建構累積而成（王澄霞, 1995)。可惜的是，目前許多老師沒有被好好地教育成有效的進行實驗教學，乃是因為他們受教於「學科內容導向的食譜式」的實驗經驗（Woolnough & Allsop, 1985)，尤其是，實驗教學的特殊成份，例如：讓學生觀察動手操作、思考、及進行合作學習（Johnson & Johnson, 1994）更是有別於傳統教學。因此研究者期望能夠透過理解職前教師在職前教育的階段中，進行開放式實驗過程中同儕互動的模式與經驗，藉此尋找提昇職前生物教師實驗教學的可行模式。

貳、文獻探討

一、開放式探究實驗

近來科教學者常使用“Authentic”（真確符實）來形容學校裡的教學活動是與一般專業人士的活動相同，例如：科學實驗探究活動就應該真實的反應出科學家做科學的精神（Rithchie & Rigano, 1996; Roth, 1995)。NSES（National Research Council, 1996）也很清楚的說明實驗的角色；就是經由探究（inquiry）的方法來改善科學學習。Brown, Collins和Duguid（1989）也建議以真確符實的活動為基礎的教育，在於學校的課程應該適切地統整，並結合真實世界所發生的問題，反應在學校的學科主題中，並且要求現代化科技支援學生在建構知識過程中所做的努力，而符合Authenticity的課室活動應該是學生自發性的經由確立的學習目標，或是從有興趣的自然現象中形成研究問題（Roth, 1995)，例如：生態學的課，不該只是在課室中闡述生態學的原理，教師應該讓學生走進大自然獲得體驗環境的經驗。

雖然科學探究主旨在發展學生科學思考與探究技巧的能力（Schwab, 1963; Tamir & Lunetta, 1978, 1981)，但是1960 1970年代的教育改革並沒有成功的達到這個目的，而最近的研究也顯示，探究式的科學課程並沒有達到促進學生與科學探究相關的高層次的思考能力—批判思考，邏輯推理與解決問題等（Shymansky & Kyle, 1992; Tobin & Gallagher, 1987)。為什麼科學教育一直無法幫助學生發展科學探究相關的高層次思考能力呢？Burbuler 和 Linn（1991）認為原因是對於科學本質的表徵與科學想法是如何形成的，傳統的課室環境所提供的說明並不正確，在傳統的課室教學過程中，學生只能檢視非常膚淺的科學

想法，卻沒有足夠的機會來有意義的建構對這些科學想法的理解。Linn (1992) 進一步指出，傳統的課室學習讓學生誤以為科學只是一堆用來記憶的事實，而非有證據支持的科學原理原則。事實上除了在科學教材裏的知識是過時的之外，在教學上，教師也常常無法描繪真實的科學 (Garofalo, Lindgren & Neill, 1992)。因此科學教師一向被挑戰要將科學呈現得真確符實，為簡便起見亦譯為真實而非想像的或是只教導學生如何驗證科學知識的正確性。

Martin, Kass 和 Brouwen (1990) 即建議符合真確符實的科學應該包括以下的條件：所謂符合真實的科學觀點指的是來自第一手的科學經驗，或是根據科學社群所認同的科學組成，其中包括科學方法、科學目標或科學意義等。為讓學生接觸真實的科學 Martin 建議科學教育學者，可以因著學生的不同發展階段，選擇性的介紹各種不同面貌的科學，所以教學上不止是教學生“科學知識與想法”更應該強調讓學生“做實驗”。大部份的科教學者均同意實驗活動是科學教育的重要過程，美國自從 1880 年代開始有高中化學實驗課，直到今天實驗室的學習一直被認為是幫助學生了解真實的科學：訓練學生的觀察與解題能力，使之獲得足夠的科學訊息建構相關科學知識，了解科學的本質與學習從事科學的態度，而最重要的是引起學生學習科學的興趣 (Blosser, 1983; Hofstein & Lunetta, 1982; Lazarowitz & Tamir, 1994; Lunetta, 1998; Tobin, 1990; Tobin & Gallagher, 1987)。

因此科學教育研究學者長久以來鼓勵學生“做科學”，也就是學習科學探究的方法，他們主張學生在學習科學時，應該讓學生面對沒有被曲解的科學活動：從知覺問題開始，形成假說，設計實驗，收集數據，並形成科學問題或科學現象的結論 (Hofstein & Walberg, 1995)。但是大部份的科學實驗不是和科學課程不相關，就是實驗活動缺乏提高學習者有意義學習的潛力 (Hofstein & Lunetta, 1982; Tobin & Gallagher, 1987)，也未能使學生真正了解自然科學 (Lazarowitz & Tamir, 1994)，更不用說讓學生經驗到科學家真正做研究的歷程 (Tamir, 1991)，而多數研究也顯示學生並沒有很多直接經驗自然現象的機會 (Tobin, 1987, 1990)。因此 Tobin (1990) 將多種影響實驗學習的缺點歸納為兩項，其一為現行實驗教學停留在不合適的認識論上，其二為合作學習的方法並未在課室實驗中落實的推廣。

Sutman (1996) 回顧了 1970 1994 之間，實驗相關的研究 (從中小學到大學階段) 發現相較於傳統式的實驗 (食譜式) 教學，非傳統式的實驗顯著的增加了學生對科學內容的學習，推理的能力，也比較喜歡科學與科學家，更改善了實驗操作技巧。

Shepardson (1997) 研究實驗探究的程度 (驗證式與開放式) 對學生思考的影響，發現驗證式實驗中，學生的思考過程著重過程與技能層面，而開放式探究實驗中學生的思考聚集在數據分析與結果的理解過程，他認為這樣的結果顯示：開放探究實驗組的學生可能會比驗證式實驗組的學生較容易發展科學思考與對科學的理解，許多因素影響實驗學習，而教師對實驗學習的影響最為顯著：諸如教師對實驗的態度、知識、技巧和風格等。而 Tamir (1991) 也指出，大多數的教師並未準備好有效實驗教學，除了教師的講述教學習慣之外，主要是受限於食譜式的教學內容，即學生依據教材或老師的規定，使用特定的步驟和方式，來驗證書本上記載的事實或自然現象，但是科學的探究不但應該包含科學知識的驗證，更應包含如何發現這些知識的過程 (Duschl, 1990)。

二、實驗室內的合作學習

相較於中小學的大班 (平均 30 45 人)，

大學實驗室的人數就少得多，從幾個人到幾十個人，完全看修什麼課而定。雖然大學生經過篩選，學生的學科知識達到一定水平，學生的異質化特徵仍然存在，不同的信仰背景，不同的需求與研究興趣（尤其是專題研究）等，在這樣的實驗室環境中，教師面臨多樣的挑戰諸如採用不同的學習策略，教材，不僅因才（材）施教，還要有教無類，才能強化學生的學習。因為傳統的實驗教學方式未能符合所需，近年來另一種教學策略，合作學習的策略方興未艾。

合作學習的理論主張思想是根植在社會經驗中，而知識的獲得為社會認知的過程（Vygotsky, 1978）。Vygotsky 的認知發展觀點主張學習歷程不僅會帶動發展，而且個體的發展深受社會與文化的影響，透過個體與個體之間互動，能力較高者可提升能力較低者的認知層次，也就是說在學習歷程中，學習者可以往更高的層次發的可能性，因此 Vygotsky 進一步認為最佳的社會互動方式是集體合作，也強調合作在思考上的重要（陳淑敏, 1994; 游麗卿, 1996; Davydov, 1995）。由此看來當學生在一個社會環境下學習時，語言與行動會產生交互作用，主要是因為人們主要用語言來呈現當下對人、事、物的瞭解。事實上思考性的語言為個人協商經驗意義的媒介，因此學生的理解經由意義化的蹉商過程而發展，在過程中學習者討論並檢驗自己的想法同時也考慮別人的想法。

雖然大部份的實驗室裏都是分組進行，這裏必須注意的是小組學習並不表示會自動的合作學習（Johnson & Johnson, 1994）。而實驗教學的多元目標，不一定只經由學術獨行俠來完成，多位學生一起工作、溝通、討論科學，可以達到更多的科學成就。討論與溝通科學，是瞭解、分享與表達個人對科學的理解的關鍵因子，也是一種思考的方式以及研究的學門與探究的態度。所以科學老師必需要讓學生投入活動（例如：實驗），學生不僅動手做與寫科學，而且談科學（talk science, and talk scientifically），而這樣的溝通與討論科學的目的可以經由團隊合作學習方式來達成。

合作學習在實驗室相關的研究大多以小組研究團隊中的同儕教導來呈現。其研究結果對於分組學習也多半獲得正向的肯定。Okebukola 和 Ogunniyi（1984）研究不同實驗教學模式對學生的學習成就與過程技能的影響，經由比較合作小組，競爭小組和個人實驗組的學習成效發現，合作小組在認知成就、實驗過程技能部分混合的學習成就上都比競爭小組佔優勢。

Lazarowitz 和 Karsenty（1990）的研究中發現使用合作學習的策略使得學生學習成就，科學概念的瞭解，和若干探究的技巧均顯著的增加。這樣的方法增進更多的同儕與師生互動的機會，因此創造了正向的課堂氣氛，學生在這樣的環境下學習更具學習動機以共同達成組內的研究目標，此乃因為他們對學習抱持正面的態度。

Tobin（1990）的調查也發現，合作學習的研究顯示學生的高自信心與學習成就有很強的關連，合作學習促進較高的學習動機和工作行為（on task behavior），他並建議針對實驗的合作學習實証研究應該增加，因為合作學習的團隊工作的本質基本上是模仿科學家的團隊進行研究的，所以如果我們期盼每一個人學科學的話，合作學習無疑的可以做為很好的媒介之一。

此外在合作小組中的學習，學生需要做測量、溝通交談、讀圖表、解釋數據和設計實驗。這些技巧會因著小組成員互相討論與交換想法而增加。許多研究者指出在合作學習中，學生檢視不同資料的來源，閱讀並準備學習材料與實驗工作，如此可以教導同儕，而學生彼此更可以核對想法以確立自己或對方的知識，是否準備好可以教對方，並尋找最好的方式來教，

在這樣的練習過程中，可以幫助學生更精緻的學習（Johnson & Jonson, 1990; Lazarowitz & Tamir, 1994）。

三、小組學習中的互動

近來有關探究學生在小組學習中進行互動的研究很多，例如組內互動的行為歷程類型（Roth, 1995; Shepardson, 1996）、探索學生討論過程中若產生衝突時參與討論學生的反應與處置（Roth & Roychoudhury, 1992）、分析組內每一位成員所扮演的角色（Richmend & Striley, 1996）、探究學生之間協商的層面（Shepardson, 1996）等等…。

其中，Richmond 和 Striley（1996）分析10年級24名學生在4個實驗研究中進行合作學習的談話，他們以概念（conceptual dimension）與社會（social dimension）兩個向度分析學習者的參與度與學習者對實驗的瞭解。概念向度是指有關解決問題的想法與合適的科學立論的使用，社會向度是指學生對實驗小組中所扮演的角色所持有的態度和對所執行任務的意義之瞭解。研究者以學生參與實驗的目的，知識的建立與科學立論的建構來檢視學生的困難概念與社會互動的狀況。研究結果發現：(一)使用科學方法能幫助學生建構較佳的科學立論；(二)小組內的社會角色扮演與領導風格影響發生發展對科學的理解。

相似地，Cohen（1994）主張，小組內要有效的互動需要學生的社會技能（social skills）和認知技能（cognitive skills）共同配合。為了要成功地完成小組任務所需要的社會技能，包括：掌控任務的進行、處理競爭和衝突的能力、加入不同觀點，並具有支持同儕能力；而認知技能，包括：理解問題的意義、設立假說、使用證據等等…，而 Roth 和 Bowen（1995）的研究發現，如果將學習環境中的社會面抽離去瞭解單一個體的知與學（knowing and learning）是不可能的。他們指出所謂的知（knowing）意謂著個體擁有資源（resources），有能力去實踐的人在科學教學文化中是愈來愈具有能力，越來越有社會地位。

但本研究所指的社會地位，以教師與學生為例，教師在教室中是一公認的領導者，持有權力，教師與學生之間有著地位不平等的情形。然而，在外在組織形式上雖然所有的學生都有相同的地位、角色、與權力，不像教師與學生之間具有明顯的、社會默許的階層關係，但是事實上，團體是分化的，學生和學生之間的互動不僅是受到他們先前經驗的影響，也受到他們是團體內成員的影響，既身為團體內的成員，自然就會受到團體規範（norms）的影響，此處所指的團體規範，是指那些受到組員的先前經驗、所處社會的價值觀所影響，在團體互動的過程中，無形中形成之影響組員行事的依循規則（Bar-Tal & Bar-Tal, 1986）。因此在小組互動過程中，由於小組規範的形成，學生與學生之間不再具有平等地位。

例如，Richmond 和 Striley（1996）的研究將小組領導者分為統整型的領導者（inclusive leaders）、說服型的領導者（persuasive leaders）、疏隔型的領導者（alienating leaders），他指出因為說服型和疏隔型的領導者通常都只注意到要說服其他組員，常因而忽略其他組員的觀點。相對地，統整型的領導者正因為會綜合所有組員的觀點，因此較易使得小組產生較廣的科學知識圖像。

而 Hogan（1998）的研究從社會認知的角度將學生在開放式探究小組中的自發性角色分類，而在最後探討造成這些角色的因素時，反省到「小組脈絡」（group context）的重要性，也就是說，小組組成的其他成員對於某一成員之所以在該小組中扮演的角色，具有相當重要的影響。由此可知，如果我們想要將小組中所有組員都包含在分析範圍內，考慮小組互動時

的社會脈絡以及此脈絡對所有組員而言的意義，小組領導型態所具有的意義就不只是領導者的個人特質而已，它其實是整個小組互動之下所形成的產物。

Roth（1995）分析中學生在開放式物理實驗中的對話的結果歸納出五種互動形式（見表1），除了前參項和 Richmond 和 Striley（1996）的相同之外另有兩項分別為：平行偶爾的互動（parallel occasional interaction）是在互動過程有時沈默但中間夾雜不同形式的對談，不參與（no participation）在學生互動的過程當中，透過對談或非口語、圖表等蹉商以達到某種程度的共識。實驗進行當中建立小組的組織，輪流互動的順序，再協商，合作，藉以修正實驗的主題。

僅管 Roth 指稱，在其針對國、高中物理課小組互動的研究中，絕大多數的小組互動都是對稱的，但不可否認地，他也觀察到少數學生有不對稱的對話出現，甚至完全地沒有參與小組活動，而這無論在哪一種課程裡，許多這兩位學生明明有能力完成的事項，他們也都不願去做，他們在自己所屬的小組中雖然都不參與小組活動，而這但這兩個小組的其他成員彼此卻合作得很愉快。當 Roth 將這兩位學生與原小組分離開來，讓這兩位學生自行成一小組並給予他們精神上的鼓勵時，這兩位學生卻又有非常好的表現。

由以上的研究可知，學習存在於社會脈絡之中，脫離了社會脈絡，或將互動的社會面向分為好與不好，都將看不到學習的豐富面貌。更何況，無論是什麼樣形式的互動都是相互的影響，學習科學的過程也不例外(Forsyth, 1990; Shaw, 1981)。可以說，互動並非像網球時練習打牆壁一樣來來回回而已，互動過程中溝通與交換並不是相互平等的，因為當參與人數、參與對象、互動強度、行為的內容或型態有所不同時，互動就可能會產生改變 。

、研究方法

本研究收集質性資料並使用詮釋性研究法（Erickson, 1986）來呈現在開放式探究實驗中學生的互動情形。透過詮釋實驗進行時的錄影帶、錄音帶的轉錄資料、晤談學生資料、學生的學習日誌、教師的筆記、學生期末報告等，讓研究者洞察學生互動的意義與內涵，以下兩節分別陳述本研究採行之方法與分析。

一、研究情境的說明

研究情境為中部地區培育生物教師的師範大學生物學系的「生態學專題研究」實驗課室。此專題研究的教學目標為提供生物系大二至大四同學，在學習科學探究過程時有機會進行一個完整的實驗。任課教師專長於兩生爬蟲動物之生理生態研究，在本研究中的角色為科學家，研究者為科教學者的角色。Tamir（1991）將科學實驗中的探究層次就問題、過程與結論，提供給學生的開放程度分為四級，其中四級是問題、過程與結論，均開放給學生自由探究，而這樣的形式最像科學家進行實驗工作的情形，因「生態學專題研究」課程目標是希望讓學生獲得一個真實的科學家進行研究的經驗，因此相較於傳統的實驗課，本課程特別強調 Tamir（1991）所主張的第四級的形式，也就是研究問題、過程和結果均開放，最像科學家實際進行研究工作的情形。

上課的方式採取分組合作學習，學生自己找尋合作的伙伴，基本上一組組員中通常包括各年級之同學。之前的初步觀察發現（Yen & Huang, 2001），小組人數以二~四人為最有效的合作人數。研究對象包括第一學期二十三人，第二學期加入二位新人，總共二十五位。研究題目範圍原則上是開放，唯任課教師的研究專長在於探究樹蛙的生理生態（關永才, 1997），加上研究室實驗儀器的方便性，修課

表1：開放式探究實驗中的互動型式（改自 Roth, 1995）

互動層次 （Levels of Interactions）	互動型態 （Interaction Pattern）
對稱互動（Symmetric）	|*A | B | A | C | A | B | C | A …
不對稱互動（Asymmetric）	|A | B | A | C | A …
移動式不對稱互動（Shifting Asymmetric）	A | B | C | A | B | …
平行偶爾的互動（Parallel occasional）	|A | B | B | A | B | …

註：\|*A，英文表示參與者的代號，在英文字母的下面劃線的長短表示該參與者發言時間的長度。

同學的研究方向多以艾氏樹蛙如何適應環境來尋找研究問題。

本研究對象均為大學主修生物之職前教師，學生基本上已經必修過普通生物學、生態學、脊椎動物學…等，至於選修課程包括：普通化學、普通物理、微積分…等，成員中共有七名男性，十五名女性，其中六名男性、七名女性本來就進入任課老師研究室幫忙野外調查至少一年以上。因此選修本課程的學生多對生態學研究有相當的興趣，學生自行分為六組，六組學生（皆為匿名）所進行的研究內涵如下：

在第一年，SUZ 組共五人，從事艾氏樹蛙母蛙返巢餵食蝌蚪的研究，組員有郁心、雅玲（以上為大三學生）、瑜一、誌平、及英寬（以上為大二學生）。

YFN 組共六人，從事艾氏樹蛙母蛙撫育蝌蚪之研究，組員有姿靖、平莉、程元（以上為大三學生）、靖倫、瑩綺、博文（以上為大二學生）。

SEA 組共六人，從事艾氏樹蛙卵在竹筒分佈之研究，組員有毅陽、國偉（以上為大三學生）、平安、平君、育雯、雅玉（以上為大二學生）。

GWH 組共六人，從事艾氏樹蛙蝌蚪競爭之研究，組員有雅芯、靖文（以上為大三學生）、雅婷、慧玉、玉婷、玫君（以上為大二學生）。

在第二年，ZGD 組共三人，研究酸鹹對兩生動物蝌蚪的生理影響，組員有瑜一、誌平及英寬（以上皆為大三學生）。

YSJ 組共三人，研究溫度對艾氏樹蛙蝌蚪代謝之影響，組員有宜文、映珊（以上為大四學生）、及大三的瑩綺。

實驗進行程序因組別而有不同，基本上每一組學生要依據所選的題目自己設計實驗，全組通力合作進行實驗探究以至完成研究報告的撰寫，期末再向全班同學口頭發表研究成果。任課老師每週和全部同學有二個小時的共同討論時間。每週上課時各小組進行進度報告，各小組上課前先自行討論，每週共同上課時面對全班同學解釋進度以及實驗所遇到的問題，尋求大家參與腦力激盪。此外，小組的每一位同學都有機會輪流上台報告進度，如此保證每一組員均參與研究過程，小組每週要繳交書面進度報告，以及個人心得反省，組員均被鼓勵將研究遭遇的問題儘量寫出來，如果問題解決了，是怎麼解決的或由誰解決等。在本門課中任課教師扮演輔導者的立場，隨時參與的學生討論，根據以往的修課經驗，選修本課程的學生大多對生態學相關的研究有相當的興趣。

專題研究實驗部分在任課教師主持的生理生態研究室中進行，研究室約八坪大，有一半的使用空間放置相關生理生態的儀器，例如氧氣分析儀、酸鹼計、自動氣象記錄儀、標放器、恆溫與梯溫培養箱、螢光染劑…等，學生可以直接進行測量，另一半放置了一個 1.5 公尺平方的正方形討論桌，是學生們的討論區，但在

春夏動物繁殖季節裏學生從野外採回來的動物進行測試時，常顯得略擠。在專題研究進行當中任課老師將會同時有 2 個相關的研究計劃正在進行，3 個碩士班的學生參與，因此除了任課教師之外，專題研究同學可以接觸到研究生台惠（女），台明（男）及台生（男）（皆為匿名），其中台惠與台明都是畢業於同一系的學長學姐，而台生則來自其它大學生物系之畢業生。

二、研究者的角色

從詮釋研究的立場，相信研究者對科學探究學習的經驗與信念將影響研究主張的形成。而且在本研究進行的過程中，晤談與觀察扮演著十分重要的角色，因此可以說研究者本身即為研究工具之一。而任課教師雖然沒有晤談學生，但在觀察其對學生的學習情形及課後與研究者進行頻繁討論，因此也可以稱為研究工具之一。從人類學的研究觀點來看，一個好的「文化報導人」（cultural informant）必須很瞭解該種文化（Spradley & Mc Curdy, 1988, p.47）。

兩位研究者在整個研究進行中扮演如下的角色：

(一)學習者：研究者透過與職前生物教師的互動與任課教授的討論以及自我反省中，學習深入思考開放式探究實驗的教與學等問題，以增進自身對開放式探究實驗教與學的理解。

(二)觀察者：為配合研究目的，研究者經由參與課堂中的觀察以及與職前教師的互動、課後的晤談及對話日誌等途徑收集資料，俾使研究能順利進行。

(三)支援者：研究者從與職前生物教師的種種互動管道中，了解其需求，以提供職前教師在認知與情境方面的支援。

因此在本研究進行過程當中，兩位研究者主要負責資料的收集詮譯與分析，研究者與任課教授討論內容主要是各組學生行動的感想，學習與執行研究的情形，影響學生在實驗的過程中主動，積極甚至決定全力以赴與否的可能因素…等。而這些想法在繼續討論後，形成暫時的主張（Assertions）。也就是說，除了討論不同觀點之外，我們試著尋求暫時性主張的支持，或反對的證據。

三、資料的收集分析與詮釋

整體而言，本研究之研究資料分析與詮釋主要有以下二項：

(一)研究資料的收集：

1. 學期初，每一位參與者（共二十五位）填寫一份專題研究問卷，問卷內容包括“你想從這門課學到什麼？請描述你的學習科學的過程。研究者根據所填問卷對所有參與者進行一小時半結構性晤談之錄音帶。
2. 每週觀察上課時所錄得之錄影帶及錄音帶。
3. 研究者觀察學生互動以及不定期參與學生野外實驗時的田野筆記。
4. 每一位學生繳交每週一次的學習日誌。
5. 研究者與學生輕鬆交談的札記。
6. 晤談任課教師對各組觀感的錄音帶。
7. 學生每週撰寫“實驗心得反省，我有話說”的學習日誌，內容包括本週實驗是如何進行的？有沒有需要改良的地方？遇到了什麼困難？怎麼解決的？是誰解決的…等，共三百九十六份；每組每週撰寫進度報告，共八十二份。
8. 實驗結束前，報告撰寫的階段，對每一個學生進行第二次晤談錄音帶，實驗結束後每組繳交的期末報告。

(二)資料分析：

本研究使用以上不同的資料來源尋求更多元的視野、發現、澄清和調查，參與研究者在開放式探究實驗中對談的意涵（胡幼慧，

1996)。因此本研究所採用的資料除了研究者就觀察、晤談所得撰寫而成，也包括了任課教師對各組的觀點，以及學生對於實驗過程的觀點，以瞭解來自不同的詮釋意義，針對這些資料，研究者的分析過程如下：

1. 在專題研究進行過程的錄影帶與錄音帶部分，首先由研究者將所有資料仔細研讀、聆聽，觀注的焦點集中在學生的口語與非口語互動；之後，參考研究觀察時的田野筆記以及學生的實驗筆記，以及每週實驗心得的內容，在考慮學生進行實驗的情境下，進行資料的比較與對照。
2. 至於研究者和學生個別晤談的內容，「專題研究問卷」結果，以及來自教師觀點、對學生與學生們輕鬆交談的札記、學生繳交的期末報告…等，在分析時則是結合了前述的錄影、錄音、田野筆記等多方面的資料，共同對照分析，以便對於學生進行實驗的過程與意義有更多元的瞭解與體會。

因此在專題研究進行當中，我們一再檢視剛錄不久的錄影帶，觀注的焦點集中在學生的口語與非口語的互動，據此形成暫時的主張來引導進一步的資料收集，於是進一步的分析資料，藉此再精緻化，修正或捨棄原來的主張（Erickson, 1986; Guba & Linclon, 1989）。舉例來說，在實驗進行初期，我們觀察到小組與小組之間的互動型態不盡相同，這個發現讓我們形成一個假設：「互動的本質會因參與者的參與程度而定」，為了確立是否要進行更密集的觀察或將這個假設丟棄，我們決定分別同時錄製幾天各小組進行實驗的過程，直到分析這些錄影帶得到以下的結果：互動型式因為不同小組而有不同，但主要是在設計與資料詮釋的階段。但繼續的分析告訴我們，這個看法並不能適用於資料收集的階段，因為在資料收集的階段需要所有人的參與，並且個人在不同的實驗過程中需要各司其職，以至於可以完成資料收集的工作。

我們將所有的錄影及錄音帶轉成文字資料，最初期的研究主張從一再重新檢視這些轉錄資料中形成，這些初期的主張一再經由多元的資料單獨的檢證，最後的主張在反覆地比對與修正暫時的主張與最初的主張下而產生，在研究結果中我們從轉錄資料中摘錄了實驗過程中老師與學生，學生與學生的互動，包括學生的看法，心得實習日誌…等，來呈現本研究的主張。

為了增進本研究的信度，除了兩位研究者的參與資料分析之外，當初期的主張形成之後，任課教師亦加入討論並確定不同資料來源都在說明同一事件，或是同一事件都不同情境一再被發現。

課室裡的教與學，包含了多種層次的互動（Bloome, 1989）。我們 選擇較為明顯的互動情形，以小組團員之間互動來描繪專題研究中的課室環境，Bloome 的研究結果小組成員之間的互動，對於了解課室的文化深具啟發意義，在以小組為主的實驗課室中，每一個小組皆可自己成功地完成實驗。在我們分析小組成員的互動過程中，特別著重組員面對面的溝通以及其象徵意義，在資料的呈現詮釋的過程中，我們將用實例來說明此一觀點。

肆、結果

一、在開放式探究學習中，小組中的同儕互動與對實驗的影響

雖然在大學部的專題研究課室中，任課教師並無主導小組成員的組成，但為了讓實驗早些進入狀況，他建議同組的組員應同時包括學長與學弟妹，在全班第一次上課時，教師告訴同學們實驗進行的模式，課堂上的基本要求與

責任，學生可以自己選擇研究同伴、研究題目等，因此第一週裏，大致是學生自組小組，經過第一週的調適之後，大體上分組完成，分工也大致完成。基於修課時間限制，在學期一開始，任課教師即建議學生資料收集階段應在學期結束前二週開始結束實驗，進行資料分析，撰寫研究報告等，所以整個研究的進行情境，大約可以有研究設計、資料收集、資料分析與報告撰寫等階段。

學生互動的類型因著組別以及小組成員參予討論的程度而有所不同，本研究參考 Roth（1995）的研究，將學生在進行開放式探究過程中的互動歸納出四種互動的類型，分別為對稱互動、不對稱互動、移動式不對稱互動及平行偶爾的互動（表 1）。當進行研究時，學生們互動型式的分佈並非是單一的，也就是說這四種互動的方式都可能出現在小組整個研究的過程中，例如：在甲小組的研究主題決定過程中是對稱互動的型式，但在資料收集的過程則轉變為不對稱的互動‥等。在開放式探究過程中，雖然沒有明顯的實驗階段呈現，但根據研究者的觀察發現，在決定研究問題、研究步驟與資料解釋的階段，以及實驗進行收集數據的階段，倒是有比較具體且豐富討論呈現，本研究將聚焦在這兩個階段來描繪學生互動的模式。

(一)決定研究問題，研究步驟、資料解釋的階段

1.對稱互動（symmetric interaction）

在對稱性的互動中，不管老師是否參與互動，小組的成員們，均平等的參與討論，正如表 1 所顯示，在討論過程中並沒有特別的組員支配彼此之間的討論，而且每一個人輪流討論有關實驗的共同主題，在討論的內容聚集在嘗試解決儀器操作的問題或釐清兩個概念之間的相關細節，或在小組分享的機會中共同建構某種意義等。在專題研究的課室裏根據不同的情境，學生經由：(1)合作（cooperative）(2)對立（adversarial）的模式在對稱式的互動中獲得共享式的理解(3)而當小組中的組員無法達成共享式的理解時，個人的想法則經由大多數組員的認可（majority rule）來達成共識，以下分別舉例說明三種模式：

(1)合作模式

學生討論問題，以合作的模式建構對研究所面臨問題的理解，如果教師在合作模式中出現時，教師主要扮演支持的角色，偶爾提供某些暗示，讓意義共同建構的過程導向正確的方向，以下轉錄 ZGD 組的討論內容，來解釋合作模式的對稱互動。ZGD 組的英寬、誌平和瑜一嘗試著要在測量蝌蚪 pH 值時達到一個共識，也就是希望訂定一個標準規格的測量法，讓蝌蚪養在盛有不同 pH 值溶液的燒杯，拿出冰箱後溫度變化不要太大，以至於影響燒杯溶液的 pH 值，在這樣的過程中三人均完全了解 pH 測試儀的操作方式：

①誌明：昨天我測了一下，溫度大概變動 2 ℃左右，其實每一次測量如果以五個一組【五個一次處理】，總共有三組，因此以三組來看，每一組的第一個燒杯和第五個燒杯的測量溫度變化就不大了！

②老師：但是你還是沒有辦法改善第一個燒杯和第十五個燒杯中的*溫差*？

③瑜一：那我們是不是可以一次從冰箱拿出一個出來量！就是一次量五個燒杯，把五個燒杯放在一個籃子中，一起量完送回冰箱，再拿出另一個處理。（冰箱在另一個儲藏室，從冰箱中拿出燒杯時，需要走二分鐘才送到 pH 測定儀的實驗室，因此必須小心運送，否則很容易弄破）

④英寬：找得到那麼多籃子嗎?【總共有三種不同濃度 pH 值處理，每一個處理，有五組重覆】我們第一次測時，一次拿兩個燒杯，一個人量，一個人記錄，另一位負責交通（到冰箱中拿燒杯出來量）

瑜一你的說法太危險了！

（五個燒杯放在一個籃子裏，一面走一面可能碰撞…）

⑤瑜一：對啊…【他也承認，但似乎找不出比較好的方法…】

⑥誌明：我也覺得太危險，上回一不小心掉在地上，燒杯打破，蝌蚪就泡湯了!真是殺生…

⑦英寬：那你們覺得我們五個五個放在籃子中，用紙板隔開，就不會互相敲來敲去的…

⑧瑜一：好啊，減少溫度的誤差啊！

⑨英寬：我們現在就來剪紙板…

⑩誌明：至少這樣比較安全…

（ZGD 組對話 編號4/187）

在此組員們聯合起來共同建構，減少實驗誤差的概念，但是誌明似乎比較不以為然，但是如何在運送過程中安全的將燒杯送到 pH 測試儀測試 pH 值，而且又要讓每一個燒杯中水的溫度不要變異太大，以至於影響實驗結果，為了要達成上述之共享的理解,英寬先提出問題，誌明有著不同的看法！這時老師加入意見，瑜一隨即提出折衷辦法，英寬又提出了【找得到那麼多籃子嗎？】誌明接著想起第一次實驗打破燒杯的經驗，馬上同意英寬的「危險」說法，英寬接下去附議瑜一的做法，於是得到所有人的同意著手開始設計籃子，教師雖然有參予對話，但他刻意不提供解決的辦法，但是當他提出「溫差」這個重要字語以便讓組員重視「溫差」的確是個影響實驗的重要變因。老師在最後做結論肯定組員的做法“應該”會減低因「溫差」所造成對實驗的影響，這樣的模式在整個研究過程中反覆的出現。

(2)對立的模式

以下的例子可以說明此一互動形式，當 ZGD 組的瑜一針對研究問題提出想法時，誌明並不同意他的看法，並提供他自己的看法：

①瑜一：本實驗是在探討 pH 值對蝌蚪存活率的影響，我們只要看蝌蚪在不同 pH 值中致死的百分率，也就是它的存活，應該就可以回答研究問題了？

②英寬：對啊！

③瑜一：所以我們選擇七十五隻大小相當的蝌蚪，每五隻為一組，隨機置放入 pH3.5、pH4.5、pH5.5 酸性溶液培養瓶中各五個，總共十五瓶……每天定時測量各瓶溶液的酸鹼度變化，同時記錄各瓶蝌蚪的存活率…

④誌明：是不是也應該思考影響蝌蚪存活的其它因子吧…，蝌蚪生長環境，其實對蝌蚪的成長也有很大的影響，不好的環境，除了讓蝌蚪死亡之外，一些非致命的因子，也應該考慮在內吧！例如：惡劣的環境也會延長蝌蚪在水中的時間，延遲變態的時間也可能減少蝌蚪變態後幼蛙的體長等等…【質疑瑜一的實驗設計】

⑤瑜一：但是……【全組沉默三十秒】

⑥誌明：我們是不是應該還要測量蝌蚪的成長…量它的體長體重的變化，氧氣消耗，代謝率等，來監測蝌蚪的成長…，由生理觀察來判斷，蝌蚪在環境中是否有太大的壓力…這個壓力可能來自水的酸鹼度…

⑦瑜一：不需要吧！我們只要看蝌蚪的致死率！只要算它的存活，我們並不關心半致死效應。【試著要支持他自己原先的實驗設計】

⑧誌明：如果只看致死效應，別人也作過，雖然我們現在是做多種蝌蚪，比較具代表性，但只能解釋非常小部份的變異，例如，因為水中酸鹼度增加，造成氫離子濃度上升造成蝌蚪需要耗費更多的能量來維持胞內胞外的酸鹼值以及離子度的恆定，或是酸性會使味覺反應力下降導致食物降低……

【指著文獻中的說明，挑戰瑜一，告訴他：我提出的想法是具有理論根據的】

【英寬一直翻著文獻…】

⑨英寬：還有過量的氫離子，可能和水中原本存在的化合物共同作用使原本不具毒性的物質轉成有害的毒物，對水中蝌蚪產生不良影響……酸性生活的厭氧性細菌，會將水中的硫酸根離子還原成有毒的硫化氫，會傷害蝌蚪，如果只傷害蝌蚪，但不

會致死，這種效應，根據這篇 Paper 的建議是應該考慮在內的。【翻出另一個文獻】【剛開始時一直埋首在文獻中，現在跳出來有點支援誌明的說法，也開始挑戰瑜一的想法】

⑩瑜一：嗯…如果題目變成酸性環境中蝌蚪致死的影響的話…，我們是可以增加測量蝌蚪的體長，體重…至於其它…【接受討論的共識，從善如流】

⑪誌明：因為時間的限制，我們可以不用測量氧氣消耗…【這是另一組的題目，相當耗時】體長體重已經足夠來解釋蝌蚪的生理現象是否遭到酸性環境的壓力！【解決了意見的衝突】

（ZGD 組對話 編號 3/207）

在對話一開始，瑜一還沒有感覺到他的實驗構想有點小問題，誌明質疑了瑜一的實驗構想，迫使瑜一仔細思考原來實驗計劃，在聽了其他組員摘錄文獻上的記載之後，讓他了解自己的研究想法問題出在那裏，從以上的對話，我們可以看出當對立的情境產生時，組員們必須要盡可能的向對方解釋自己的想法，當誌平提出對這實驗設計之精緻化想法與說明時，瑜一同時也仔細分析自己的想法，以致可以看到自己原先想法的缺點。

另外一種對立的互動可以以假共識狀況為例，在本研究中，常有假共識的情況出現，最常見的情形是組員中有學長姐和學弟妹們的組合，通常是學弟妹們扮演社會地位較低者，在互動之下，他們最常放棄自己的堅持，例如：YSJ 組中，瑩綺對證據的想法是比其他成員合乎道理的，但因為她是學妹（大三學生）的關係，她很快的放棄自己的意見，「從善如流」了…。

【YSJ 組的映珊（學姐）自從溪頭採集蝌蚪返回實驗室時，忘了將蝌蚪放進梯溫箱中的 22 ℃ 馴化，只將蝌蚪置於實驗室中溫度 25 ℃ 兩天之後才放進模擬夏季溫度 22 ℃ 梯溫箱中兩天。有的小組（學妹）成員對這樣的做法有意見，他們的爭執點在於，本來一般典型文獻上對馴化的做法應該至少在必要的溫度中馴化 4-5 天後才進行實驗，實驗的結果會比較可靠，現在竟然只馴化二天，根本不能開始做實驗。但是有學姐組員則認為放在室溫 25 ℃ 中的二天也算是馴化的時間，加上 22 ℃ 中的兩天，共四天已經符合了文獻中的馴化做法，因此可以馬上做實驗…，不認同的學妹組員質疑這樣是否合宜，因為野外的溫度條件是日夜變化的，尤其是溪頭，即使是夏天的溫度也可以從早上的 18 ℃ 升到午後最高 27 ℃。】以下的對話，瑩綺是大二的學妹，其它二位都是大三的學姐。

（研究者心得 編號 6/817）

①瑩綺：可是我們只有養二天而已，那牠本來的溫度的話…我那時候是聽去年的學長說，溪頭早上竹筒水的溫度是 18 ℃！

②宜文：現在？真的嗎?

③瑩綺：現在啊！一大早的時候，溪頭的水溫是 18 ℃。【再重覆一次，語氣堅定。】

④宜文：哦，那你覺得呢？應該要怎麼樣？【語氣挑釁，聲音提高，有些不悅】

⑤瑩綺：嘿！找到了！【指著報告上的證據】溪頭夏天早上溫度只有 18 ℃，下午最高只到 27 ℃，我記得老師有說過馴化主要的目的，是要將蝌蚪馴養至夏天的蝌蚪，最好是能在實驗中模擬具有野外，日夜變化的溫度棲息環境，但因為受環境所限，我們取最能代表溪頭夏季的溫度，以恆溫來馴化蝌蚪，如果是這種情況的話，在 25 ℃ 中放兩天，…我在想說，要不要先跟老師講一下？問看老師有沒有覺得不妥！嗯…因為我不知道只在 22 ℃ 中馴化兩天，能不能有很合理的解釋變異的機會【為馴化天數找理由】

⑥宜文：我在想…我自己認為的啦，可能不會差別很大，因為我們要的只是冬天跟夏天這兩個變因而已！【還是堅持沒關係】

⑦瑩綺：對啊！但是如果（宜文：是啊，我們現在是夏天的…)我們寫出來的如果不知道要寫幾度？或是有兩種溫度不知道要如何解釋。

⑧宜文：沒關係，我們就看我們馴養在幾度就寫幾度啊！【期末報告時，的確有載明將蝌蚪馴養在夏季的（室溫 25 26 ℃)中，兩天後再放入模擬夏季 22 ℃ 的梯溫箱中兩天。】

⑨瑩綺：我們馴化冬天的溫度是 12 ℃，如果用不同的溫度馴化夏天的溫度時，測量出不同馴化溫度對艾氏樹蛙蝌蚪耗氧化謝率的影響，到底變異是12 ℃和25 ℃的變異或是12 ℃和22 ℃的變異？

⑩宜文：反正我們其實是要做夏天的溫度，不管，25 ℃ 或和 22 ℃ 都是溪頭夏天的溫度，應該差不多！我覺得不用問老師，反正到今天至少已經算是將蝌蚪馴化在夏天溫度四天了！對啊，所以我就想說，我們今天就可以開始做實驗，因為我們…趕快做一做，做出一個結果來【語氣強硬，沒有妥協餘地】

⑪瑩綺：可是…

⑫宜文：對啊，我覺得其實應該沒有差到那裡去，因為我們的實驗就是做一個冬天的，一個夏天的，你只要在寫報告的時候，把那個記錄都寫清楚，不就好了！

⑬瑩綺：哦…【聲音猶豫】

⑭宜文：記錄下來。

⑮瑩綺：我想如果是馴養在 22 ℃ 的話，可能還好吧！【喃喃自語…很無奈的聲音。】

⑯瑩綺：算了！我也沒意見。

（YSJ 組對話 編號 4/217）

(3)少數服從多數（majority rule）：

在決定研究題目的協商過程中，最後決定要聚焦在那一個問題的決定，是一個相當關鍵的時刻，因為這將牽涉到全組組員是否會合力追求解決問題的辦法，所以大家必須要選擇一個所有人都同意的研究問題來進行，這個選擇通常基於幾個考量，諸如實驗的可行性，或這樣實驗有沒有人做過？

大部份的同學，都想要創新做別人沒做過的設計，或是選擇有競爭力的研究問題，當意見很多，而且分歧時，組員們通常是用投票表決多數組員贊同的做法。有時在小組討論中，會有幾個組員同時針對可能的實驗焦點提出不同的研究構想時，此時常常會出現這種多數人的意見為主的互動模式。在這種互動中，研究構想通常要有兩個以上的組員支持，才會繼續討論研究構想的可行性以及研究方法的細節，以下的小故事是研究者根據 YFN 組討論如何確立母蛙是屬於那一個竹筒時的對話所寫成。

『YFN 組的六個組員開始討論如何在春天青蛙一開始產卵時，到溪頭竹林尋找已經有蝌蚪也有母蛙的竹筒。其實要找到有蝌蚪的竹筒並不困難，但是要找到也有母蛙的竹筒，卻是相當不容易。因為實驗地在溪頭，組員必須等到週末沒有課才能上溪頭過夜，星期六下午上山，週一一大早回來上課。姿靖首先建議可以架設錄影機（二十四小時），姿靖的想法馬上被其他四人否決，理由是實驗室最多只可以借到三架錄影機，而且溪頭常下雨，或一週五天無人看管丟掉了怎麼辦？程元很支持這個想法，他接著提出可行方案，因為青蛙是夜行性動物，應該是晚上才會出來活動，小組成員有六個人，只要每天排班輪流在傍晚上山，機車來回三小時守護攝影機，並順便檢查其他竹筒。程元和姿靖於是開始討論細節，這時老師也走近參予討論這個計劃的可行性。到這裏為止，靖倫並不喜歡他們的想法，他建議可以在野外先找到有蝌蚪的竹筒之後，在竹筒上設陷阱，不就可以抓到母蛙？每天上山的人可以檢查竹筒，把抓到的母蛙標記後，再放回。因為這個做法不能免去小組成員每天要上山，所以沒有其它的人支持這一個想法，於是姿靖和程元又開始繼續討論原先的想法…。此時靖倫繼續建議，其實不用每天上山，小組只要在春假十天內（三月中旬）密集住在溪頭，佈陷阱抓母蛙，實驗樣本應該就足夠了，而且老師很早前就宣佈，上山做實驗的同學可以住在溪頭的學生宿舍。程元立刻附議這個想法，開始腦力激盪要如何設計陷阱，瑩綺也馬上回應程元，在黑板上劃陷阱的圖，姿靖把她的注意力轉移到這個新的想法，也開始詢問有關陷阱的細

節，靖倫和程元則輪流提出用什麼材料來製作陷阱，以及怎麼樣先在實驗測試陷阱的可行性，到了這個時候博文也加入熱烈的討論，整個小組聚集在如何製作一個有效的陷阱，原先不用去溪頭的情況下，先在實驗室中，經過模擬野外情境測試成功可以抓到母蛙之後，再到野外直接利用陷阱捕捉母蛙。』

（研究者 編號 5/086）

由以上的短文可以看到在討論第一個方案時，只有吸引兩個組員，而靖倫提出的第二個方案，並沒有激起任何討論，一開始也沒人反應，但相反的，當她的第三方案得到另一個組員的注意時，突然之間，大家也注意到她的想法，於是一個接一個組員像連鎖效應似的支持她的想法，比較起來，當他提出第二方案時，沒有得到至少一個人的支持，這個方案很快會因為得不到支持而會消聲匿跡。

2. 不對稱互動（asymmetric interaction）

在不對稱互動裏，很少小組成員輪流表示意見，常常是有的組員保持沉默，不表示意見，或有的組員支配整個談話的過程。換言之，小組討論集中在某一兩位組員的身上，由他（她）直接代表組員與老師互動，或表示意見。研究結果顯示不對稱互動最常出現在每一週全體同學一起上課時，當老師詢問各組若干實驗相關的概念問題，例如：在計劃與討論流程時，姿靖的小組即進行不對稱互動，姿靖是小組中最重要的角色，她提出原始實驗構想，其它組員一致認同這個實驗構想，此外在上課討論過程中，她也是主要的發言者，除了回答別組同學的發問和老師之間的對話之外，也負責主要的實驗相關概念的澄清，以下摘錄姿靖組成員在研究計劃討論時的對話，說明這一個觀點：

①老師：你們有什麼研究的想法？你們有沒有讀過我拿給你們艾氏樹蛙相關文獻？

②姿靖：有啊！我們想要看看是否只有一隻母蛙回到竹筒裏餵食蝌蚪。

③老師：聽起來很有趣的樣子，但是這牽涉問題很廣，恐怕不容易抓到母蛙…嗯…你們還有沒有什麼其它的想法。

④姿靖：不會啦，我們比較喜歡這個題目，母蛙雖然不容易抓…我們已經決定要設陷阱，可以設計一個完美的陷阱……【聽不太清楚，但姿靖似乎是堅持要選擇自己決定的題目，不願意接受老師建議，找一個可行的方案】

⑤老師：也可以看看蝌蚪的口器和吃卵的關係，或是拍攝母蛙餵蝌蚪的行為，看蝌蚪如何咬破膠囊？為什麼小蝌蚪時是咬破膠囊吸食卵黃，而長大後是吞整個卵的呢？【食卵性蝌蚪與食草性蝌蚪口器不一樣】

⑥姿靖：沈默…正在（翻桌上艾氏樹蛙有關的文章）

⑦程元：這一張照片【指著文獻上蝌蚪的照片，程元微笑看著姿靖，希望得到她的認可。】

⑧靖倫：這裏也有。

【其他組員沉默。他們忽略，不注意程元與靖倫的說法，但眼神專注姿靖期盼她的回答。】

⑨姿靖：我們仔細想一想如何設計陷阱，讓母蛙可以進入竹筒產卵，但出不來，這樣就可以抓到母蛙正在餵食蝌蚪的證據【眼睛閉著，張開，兩手握緊，緊盯著面前的題目看著，似乎很努力在思考】【其它組員也都點頭認可，眼神專注姿靖】

⑩靖倫：……【看著姿靖點頭】

⑪程元：【笑一笑…】

【最後這一組的研究題目仍然維持原案…】

（YFN 組對話 編號 3/246）

就像和其它組的對話一樣，任課教師問同樣的問題時，並沒有針對某一特定的組員談話。姿靖，雖然她並不喜歡老師建議的其它比較可行的研究方向（如：以上節錄的對話以及晤談中所言），她有回應老師的問題，而且從繼續的談話中，聚集自己的研究問題與實驗設計，雖然這一組的學生都具中上程度，而且也定期繳交實驗進度報告…等，在討論以及形成

題目的過程中，姿靖的組員（平莉等五人）很少主動提及想法，也很少熱切的參與，但是組員們倒是很認真的聆聽整個對話，最後這一組的研究題目仍然維持原案，事後訪問其它每一組組員大家都推崇姿靖的提議，原來的研究主題是個很好很有創意的構想，每一個人都願意努力朝向設計陷阱以捕捉母蛙的主題來做，以上的對話模式是很明顯的不對稱互動，關鍵在於對話集中在一個最重要的小組成員身上。

3. 移動不對稱互動（shifting asymmetric）

此種互動型式，基本上是對稱與不對稱互動的綜合體：學生在表達個人意見上，仍然具有同等的發言地位，相似於對稱性的互動，組員輪流扮演主導角色，只是在發言上一位組員佔用較長的時間，主導某一段談話，在這種情況下比較像對稱互動，而這種主導地位不久會轉移到另一位組員，在與老師互動時，某一組員可能和老師進行一段頗長的談話，之後由另一位組員取代繼續進行談話，在學生與學生互動時，某一組員使用大量的時間來呈現，他的計劃之後，另一位接著使用相同的時間，此時這一位組員通常是批判別人的計劃或呈現自己新的計劃。

以下的對話為 SUZ 組在決定研究題目與實驗設計階段的過程中的對話。SUZ 組本來探討母蛙是根據什麼環境因子來找到原先產卵的竹筒，以及有那些相關的變因可作為實驗設計的根據，小組討論到後來決定研究問題將聚焦於探究母蛙覓巢的能力，他們的談話內容充分說明移動不對稱互動的特色：

①雅玲：大家都同意來探討母蛙如何辨識方向，也就是，我們來找出母蛙根據什麼環境因子來找到它，原先產卵的竹筒…

②誌平：環境因子…

③瑜一：磁場應是環境因子之一…

④雅玲：其它環境因子，例如：日月星辰，母蛙是否認識蝌蚪啦？認蝌蚪時，怎麼認…應該是蝌蚪的氣味吧…嗅覺吧…水的氣味也可能是變因之一，水的氣味會不會是因為蝌蚪的氣味留在水中，而母蛙因此可以聞得到。【雅玲翻翻自己的記錄本…】日月星辰，或是磁場，應該比較不可能，因為青蛙是小範圍活動，不像鳥可以飛得又高又遠，所以我認為，應該將磁場和日月星辰的因子排除…不考慮…

⑤瑜一：可是根據我們上課所討論，嗅覺和視覺也不容易決定啊…兩棲動物中的蠑螈，最遠可以看到兩公里遠耶！這麼大的範圍…在野外太難找到這麼大的實驗地…好像沒有文獻記載過艾氏樹蛙大約可以看多遠？一般的青蛙大約可以看到 10 20 公尺吧！！青蛙也可能聞到上百公尺的距離，好像也太大範圍了，從來沒有人做過…【瑜一是組員中最博學多聞者，但事實上沒有人知道青蛙可以看多遠，可以聞多遠，沒有人做過這樣的實驗，因此他的猜測數字只是直覺上的猜測】

所以，我覺得困難度很高，很難做控制變因，不應該考慮那麼遠的變因。我們是不是針對艾氏回巢的能力來做探討就好了…

⑥老師：青蛙的視覺與嗅覺能力，表示什麼意思？

⑦誌平：回巢的能力，表示什麼意思？【誌平加入發問行列】

⑧英寬：沒有人做過…我們也可以試試…【英寬表示支持】

⑨瑜一：我們去把那些我們無法控制的因子先排除，如：日月星辰與磁場…等，雖然別人沒有做過視覺與嗅覺能力的實驗，而回巢的能力可以同時考慮兩個因子，我們可以考慮用地形改變，來檢測母蛙的視覺，設計兩個實驗，第一個是產卵的竹筒高度改變，記錄蝌蚪的成長，如果改變高度之後，蝌蚪繼續成長，表示地形改變之後，母蛙還是找得到路回家餵食蝌蚪，如果蝌蚪沒有成長，就表示母蛙並沒有回家餵食蝌蚪。第二個實驗，可以更換竹筒的位置，把產卵過的竹筒，隨機移動竹筒的位置、距離可以先做一公尺的看看，如果竹筒移動一公尺

後，我們測量蝌蚪的成長，如果蝌蚪成長正常，表示母蛙可以找得到，回家餵食蝌蚪，否則表示它回不了家……至於嗅覺的實驗…

⑩雅玲：我知道了！我們為什麼不用水氣味來測母蛙的嗅覺？我將有佔用（有產卵）的竹筒水換成自來水，每週測量蝌蚪的成長，和控制組的蝌蚪比較，如果自來水蝌蚪成長沒有影響，是不是表示母蛙不是靠嗅覺來認自己的蝌蚪…

⑪老師：可是下雨時怎麼辦？（整組停頓 40 秒）

⑫雅玲：對啊，下雨時如何不讓雨進入竹筒中？

我們一週才上溪頭一次，要怎樣才不讓雨水進入實驗組中…又不能把竹筒封起來，母蛙就沒法餵卵了…

也許換水在野外不可能，又無法搭帳篷…

（SUZ 組對話 編號 4/016）

在以上的討論中，雅玲和瑜一，兩人都主宰著很長的一段談話，針對小組所決定的研究題目，分別解釋並精緻化他們所希望的實驗設計的內容。

像這種向大家說明研究設計的另一種優勢，在於可以順勢因此而顯示出若干想法不完整的問題，上述的對話中，雅玲提出將竹筒水換自來水，測試母蛙的嗅覺，當老師參與討論疑質下雨的問題之後，雅玲馬上改正了自己想法，而且也指出這樣的換水實驗並不適合在野外施行。

4. 平行偶爾的互動（parallel occasional interaction）

有些小組，在決定實驗問題與討論階段中，進行對稱的互動，但是一旦實驗設計協商完成之後，即各自分頭進行實驗，只是在需要援手時組員們會過去做必需的幫忙，但幫忙結束之後再回去進行自己被分派的工作上，誠如表 1 所示，這個互動的特色在於有一段長的沉默，偶爾加入幾個長短不一的插話。這種互動的形式，幾乎在兩個學期專題研究課中的各小組均出現過，不管是野外實驗組或室內實驗組，當研究問題確立而實驗設計完成之後，小組成員開始各自分頭進行被分配的工作，一直到資料收集結束。至於採取平行偶爾的互動理由，從晤談中發現有 33 %（8/25）的小組成員的觀點是為了避免麻煩，所以採取平行偶爾的互動。他們認為到野外採集蝌蚪時的技術問題，不需要太多別人的意見，自己可以解決，如果真的不會辨識蝌蚪發育期的時候才需要詢問同組組員，這樣應該很快就會進入狀況。大約 17 %（4/25）的反應則認為是不得已的感覺！因為與其還要問別人（在野外）不如自己看圖鑑，對開放式探究實驗室中到處碰到問題的現象感到灰心，乾脆自己做決定好了，而多數的同學（53 %），則持正向的態度，實驗步驟既已決定，研究方法已是相當明確，因此信心滿滿的應該可以各自去收集資料，直到遭遇問題無法自己解決時，才和小組組員一起討論，尋求協助。

(二)數據收集階段中的角色分配

大體來說，在資料收集的階段中，學生之間的溝通以對稱性的互動為主。雖然大家沒有很明顯的進行角色分配的工作，但是大約都有按照實驗的進度平均的分擔各種資料收集，基本上小組成員遵行學長制，但在資料收集階段時，每一組員仍然享有相似的責任與義務，在這一個階段中的角色分配因著不同小組成員的特性可以分成兩種情形：

1. 有明顯的社會地位階級學長學弟者

以 GWH 組為例：在收集數據時，有明顯的社會階級地位的不同。在研究過程中，處理蝌蚪被所有的同學認為是最高難度的工作；因為蝌蚪太小，很脆弱不能離開水太久。GWH 組在處理蝌蚪時，不管是量體重或體長，或將蝌蚪分配到實驗處理中，都是由雅芯與靖文來負責，雅芯與靖文進行大部分的體重測量的工

作，另外四位大二的同學，雖然也同時進行實驗步驟，但大部份的時候，是在清潔實驗用具或做紀錄這類比較低階的工作，以下的短文可以說明這種情形：

【GWH 組在完成實驗設計之後，開始分派工作，首先安排人員到溪頭採集比較後期的卵回實驗室進行孵化的過程，這時雅芯自告奮勇的先安排自己和靖文先上溪頭，她倆是大三同班的死黨，靖文曾經幫忙研究生上山有採集蝌蚪的經驗。而另外四位學妹則分成兩組，靖文直接告訴她們，即使沒有去過溪頭的經驗也無妨，只要跟著 SUZ 組（純粹在野外找竹筒設陷阱）的組員到他們的實驗地尋找母蛙，就可能有卵可以採了！

如果他們不會分類，必須採集的後期卵，也可以問 SUZ 組員，或是不用管卵的發育期數，將發現的卵全部採回來，由雅芯或靖文來分類，而不合用的卵，由學妹第二天再拿回溪頭野放！

很快的在兩天之內，卵都收集齊全之後，就在實驗室準備器皿讓卵孵化。培養皿兩側貼上標籤紙，讓培養皿蓋子蓋上時，空氣仍可流通（如圖 1）。在標示卵泡編號及採集日期之後，置於 17 ℃ 的恆溫箱中，進行每天觀察，挑去死亡或發霉的卵，並添加蒸發的水量，再將孵化之蝌蚪收集起來，標示卵泡編號及孵化日期，將每一泡卵孵化之蝌蚪，平均分於 A、B、C 三組，使每組的蝌蚪數相等，數目至少十隻，並使各組蝌蚪最少有十隻。

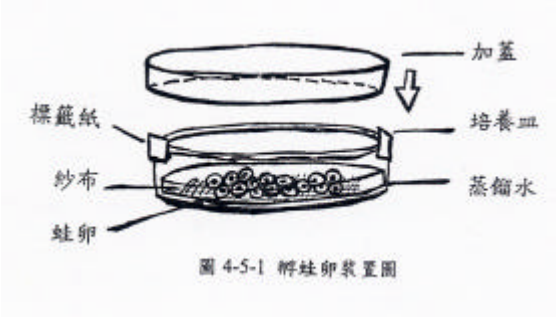

圖 1：孵蛙卵裝置圖

在進行以上的孵卵裝置時，因為需要分成 A、B、C 三種處理，雅芯於是指定三位學妹各自負責將培養皿數目算好，每一個培養皿的在紗布黏妥貼好標籤紙後，由第四位學妹數好蓋子的數目後，再分別蓋上蓋子，至於將卵分配到各實驗處理的工作，就由她和靖文來做，主要原因是根據過去學長姐的研究經驗顯示，卵的移動必須非常小心，否則很容易感染黴菌，常常導致實驗失敗，但是學妹們沒有處理的經驗，所以由她和靖文來處理。事後的晤談顯示，其實靖文雖然有採卵的經驗，也只不過是在一群人中看別人採，幫忙拿盛卵的用具而已。至於雅芯，則是從來沒有經驗，但雅芯是大三的第一名成績，比其他才大二的學妹而且學業成績屬於中下來說，似乎比較可以信任，GWH 組資料收集的過程中，我們常常看到這種明顯的社會階級地位不同的現象，幾位大二的學妹們，在過程中通常被分配比較不重要的工作項目，有意思的是從晤談的資料與不經意的談話中，幾位大二的學妹也認同這樣的分派。】

（研究者短文 編號 5/116）

2. 沒有明顯社會階段地位者。以下分別說明：

例如 YSJ 組的小組成員屬於無明顯社會階段地位者：在兩年內分別在二個學期的專題研究課中，大約有一半的小組組員組合是屬於此種社會地位。瑩綺雖然是學妹，但學業成績的表現比兩位學姐來的好，而映珊則是班上學業成績成就最低者。在使用氧氣分析儀時，每一位組員都安排沒有課的時間輪流到實驗室中收集資料，映珊使用儀器的熟悉度和瑩綺與宜文相當，大部份的時候，映珊與宜文會一起測量各種溫度下蝌蚪的耗氧情形，當映珊將水樣注射氧分壓測量儀時，宜文就負責記錄各種溫度蝌蚪的耗氧情形，有些時候三個人也會一起出現在實驗中，輪流測量，記錄或計算，即使是映珊也可以負責計算各種實驗溫度的蝌蚪耗氧代謝率，因此，每一位組員都有機會學習不同的實驗技能，諸如數據記錄，將數據在電腦

上劃成圖表，將成果寫成研究報告…等，像這種在數據收集階段的互動屬於對稱式互動，在數據收集過程中，似乎有一種默契可以詮釋成「分享的理解」，在組員的互動中明顯無比。

不只是在實驗數據收集的現場小組組員，充分藉由對稱的互動方式學習實驗的步驟，當某一組員因故離開現場之後，其它組員依然努力的告知當他不在時，小組成員對關鍵的實驗步驟討論所達成的若干共識，在數據收集的階段中，例如 ZDG 組的英寬、誌平，在配好的緩衝液之後，以 0.025 M 的硫酸滴液緩衝液，配置成實驗所需的酸鹼度之後，將蝌蚪稱體重、量體長之後，每五隻為一組，隨機放入配好的溶液中，再放回恆溫培養箱中，在這一段時間（約 1½小時），瑜一將酸鹼儀也準備妥當了（約 1½小時）。第二天晚上，瑜一、英寬先取出實驗組，同時，誌平將酸鹼儀準備好，對於不穩定的儀器一面和瑜一討論，決定要讀那一個值比較妥當，討論的結果，決定電極放在燒杯的正中央來測量，在測量前所有實驗組都先靜止放好，等到水面沒有波動再測量。讀取數值時，等到顯示的字五秒內都不做變動時，才記錄數據。像這樣對數據收集步驟的決定，組員會經由討論而獲得共識，對於重要的實驗相關訊息，也會傳報給剛好不在現場的組員，就像以上的例子中在討論酸鹼儀不太穩定的同時，硫酸用完了，瑜一必須到藥品室，領取不足的硫酸，回到實驗室之後，開始準備測試時，誌平即對他解釋為什麼要將所有待測的實驗組放在桌上，等完全沒有水波之後再測，什麼時候開始記錄數值，間隔多久才記錄數值，如何移動電極棒等等。

伍、討論

一、學生互動類型之特性

綜合本研究的發現小組成員與領導者的特色在進行開放式探究實驗進行會形成不同互動模式，而不同的互動模式進而影響實驗的成果，在研究的過程中，小組組員之間的互動具有許多特色且呈現多種的變化，但基本上互動的型態可以分成四種，而這些互動的型態會隨著情境而有所改變。這四種互動包括了 Richmond 和 Striley（1996）中的三種互動，而與 Roth（1995）中所提的五種互動中的其中四項相吻合（見表 1）。在本研究中，我們並沒有發現“不參與”互動的同學，推測原因應該是本研究中參與專題學生均是具有興趣與較強學習動機的大學主修生物的選課者，而 Roth（1995）的參與者則是中高年級必修物理的中學生。據此，我們比較在中小學的互動模式到了比較成熟的大學生之後，在開放式探究活動中會不會有什麼樣不同的意義，是一致嗎？或有改變？從認知發展的角度看來，學生互動本身的架構是否在不同年齡層中一再出現，因此不同年齡層的研究有加張與加廣研究的必要。

在對稱性的互動中，不管老師是否參與互動，小組的成員們均平等的參與討論，每一個人都有機會表達看法，而且談話的長短相似。不對稱的互動取決於小組中最主要的角色（大部份是組長），在整個討論中，主導討論的方向，研究的重點以及負責和老師溝通等等，而移動式不對稱互動則具有以上兩種互動的特色，由某一個人主導某一談話一段時間之後，再轉移到另一個人主導談話。而小組中最主要的角色則換來換去，我們的研究和 Roychoudhury 和 Roth（1996）所報導的互動型式相似，以組員們在討論過程中參與討論時的對談內容與對談的長度作為互動型式的基礎。我們發現，在專題研究的課室裏，學生根據不同的研究情境與不同的研究階段下，以不同的互動形式來協商對研究的意義建構。在決定研究題目與數據整理的階段中，組員們主要以合作

（collaborative）的模式，對立（adversarial）的模式，或經由多數組員同意下（majority rule）的互動來形成共享式的理解，而當小組成員一起進行一項任務時，組員們可以合作的建構出對某一個實驗的概念，相反的如果組員們無法同意對方的觀點時，通常是經由挑戰，接著表達了自己的想法，並期望對方根據所依據的原理原則做解釋。就像正式科學研討會中，科學家們的討論一般。

本研究也發現小組社群成員（small group community）對小組學習有關鍵的影響。其中第一年 YFN 組中的兩位學妹和兩位學弟與 SUZ 組中的三位學弟於第二年又再修一次專題研究。我們試著從小組成員的特質探討他們再次重修的原因，結果發現小組合作關係的舊經驗扮演重要的影響因子。他們舊的經驗也就是舊的關係，即是"**我嚮往那美好的關係和感覺強過對科學真理的追求**"。由此可知，基本上這些學生會做兩次的專題研究，主要原因之一是因為"**我喜歡那些同伴的感覺，強過我真正要做一個完整的科學實驗**"。可見他們參加第二年專題研究與第一年的專題研究的動機是不太一樣的。以 YFN 組為例，除了程元之外，其他組員都不是很堅持的人，他們會專修本課程的理由，很可能是因為小組一起做實驗的感覺很好而來參與，而不一定是喜歡科學探究的本質而來。另外 SUZ 組中，可能也只是因為這種友情，讓他們願意在下一個學期再修一次，三位組員感情很好，而且住同一宿舍，組長瑜一是資優推薦甄式生物研究入學的，雖然功課並不出色，但是，是一位有創意，想做研究的學生，SUZ 組的組員是比較實在的一組，組員們的共識是要找一個看起來可以踏實的在一學期內似乎可以做完的實驗，因此他們說：『**我們就是要去做一個** Task**，而且看得到，能完成它。**』

根據 Johnson 和 Johnson（1994）的研究指出，學習社群中的核心人物顯著地影響小組的學習效果。在學習團隊中，組成份子與組成的模式是不盡相同的，以第一年的 YFN 與 SUZ 組為例，哪一個人是核心人物？哪一些人是邊緣人物？本研究發現，似乎 YFN 五位同學是屬於邊緣人物，組長姿靖則核心人物（關鍵人物）。SUZ 組的三人則是組長為核心人物，其它的人員是邊緣人物，SUZ 組員比較不會提到第一年所做的研究，但 YFN 組的四位，雖然是屬於比較邊緣人物，卻一再的提及以前的核心人物多好多好…等，但他們自己在第二年的研究小組中，卻不能成為核心人物，所以事實上瑩綺並不很喜歡自己在第二年的研究，如果不喜歡研究會影響怎樣的結果呢！根據建構主義，個人過去的好或壞的學習經驗均會影響他新的學習經驗，瑩綺在第二年的 YSJ 組則是個不太成功的學習經驗。值得一提的是，第一年 YFN 組所做的研究一直都是失敗的，從研究之初的失敗到最後研究結果不顯著，學生心情極端的起落疊起。雖然研究狀況惡劣，但是組員們依舊合作無間，即使在大雨滂沱的假日，組員們依然輪流上溪頭採集研究樣本，即使在第一年動物適應研討會的期間，組員們仍輪流進行陷阱的設計工作。到底這一組為何能在實驗節節失敗的經驗中，仍能做好分工？為什麼大家願意在一再的受挫的情況下，堅持完成實驗？本研究結果充分顯示，YFN 組中強韌的凝聚力為關鍵所在。在第一年的 YFN 組，組長的領導媚力，讓組員們都很推崇她。在整個實驗過程裏，組長一直帶領討論，也因為大家服從她，所以願意和她進行分享（包括情緒的交流）的工作，因此她可以掌控小團體之間不和諧，基本上她所營造的，就是和諧，就事論事的討論情境，因此在真實的學習環境中，組員間的凝聚力是學習成效非常重要的指標，而小組的凝聚力則關鍵在於小組的領導者。一個小組的凝結力大小幾乎是由小組長來決定，她的領導媚力，讓同學都喜歡她，因為喜歡她，

才會放下自己的芥蒂，來深入討論。這 YFN 組組員中，四位同學在第二年又修一次專題研究，在小組組員晤談中，處處充滿對組長信任與愛戴，因此除了對研究的喜愛之外，對過去組長領導小組合作的氣氛之期盼，乃是同一組的學弟妹們都在第二年再回來修一次專題研究的主要原因。

雖然 YFN 組中的四位成員，在第二年重修時，因為種種問題而不再同組，但是從心得筆記中更可以顯現出他們很懷念第一年的小組成員共事的時光，尤其是組長的領導，相對於第二年的 YSJ 組則並沒有很好的小組凝聚力，很明顯的為小組組長並無和諧的領導。至於從研究創意的角度來講，第一年 YFN 組的同學創意是比第二年的 YSJ 組的好，而第一年的 SUZ 組中三個組員，瑜一、英寬、誌平在第二年形成 ZGD 組所做的實驗的確比較少創意（任課教師評論），在選擇題目時，只要有一個題目好，就做了，因為過去的研究經驗不錯（第一年春天），試試看，反正延續某一個問題繼續發問還算可以，於是就做了。ZGD 組是很實務導向，心情似乎很穩定，固定每天晚上約從八點到十一點來實驗室做實驗，一面聽收音機，一面進行實驗。至於 YFN 組組員再修者所新形成的一組（第二年），也是相似的情形。由此可知，會再選擇做一次專題研究，幾乎可以說是領導者的關係。第一年實驗時，YFN 組的組長，自己顯現出做研究的熱情“非常有趣的做這樣的一個研究”其他的組員用一種欣賞的角度來支持她的言行，也感染到她對研究的熱情與樂趣，因此願意繼續做下去。從本研究結果可以看到，學生在小組進行開放式探究實驗中，小組的領導者【小組長或是指引小組行動計劃協調工作指派的學生，此外此類學生常是學生和老師之間的聯繫者（Richmond & Striley, 1996）】，對小組成員達到交互主觀性有關鍵的影響，而最重要的是領導者的行事風格（個性）間接的影響實驗成功與否。

而實驗成功與否的定義，根據任課教師的判準，並非如一般實驗結果做得出來就是成功，就實驗的特質來看，因為開放式探究實驗特性和一般的實驗是不同的，大部分的實驗都是拿一個可能已知結果的實驗主題讓學生分組合作學習，從中探究互動的內容分析，例如：探究同儕教學歷程中，參與互動學生是否改變？解題技能是否增加…等等。因此即使學生不知實驗結果，老師也會知道預期的實驗結果。而本研究的開放式探究實驗的結果，的確是無法預期的，因為其中需要考慮題目難度、遷涉到實驗器材操作的技術層面，或是動物本身的特性（個體本身、蝌蚪、蛙卵）。因此，所謂的實驗成功與否，任課教師建議可包括三個需要考慮要素：

(一)從進行實驗過程的學習歷程判準。

(二)由學生互動來判準，是不是一個好的小組（成員的權力），例如 ZGD 組保守型權力對等，加上本身曾有探究實驗的經驗。

(三)實驗結果是否具原創性，是否完整的完成。

至於第二年 YFN 組的創意較佳是否和組長有相關，則有待在未來研究中繼續探究。

二、學生與學生互動類型及對實驗的影響

本研究最大的特色是職前教師們可以選擇自己有興趣的研究主題，決定使用那一些儀器資源，因此他們得以經驗到掌控實驗活動和情境互動產生新的問題，並主控解題的過程。當學生決定研究問題時，學生必須運用現有的知識來決定研究問題與設計實驗。從一個學生的觀點來看，時間有限，自己解決問題的能力也有限，此時，小組合作的學習方式也凸顯出非常重要，因此學生之間的互動類型對開放式探究實驗可能產生的影響是研究者關注的議題之一。

多位研究學者指出經過意義的協商之後達到共識的過程，是合作學習最重要的精神之一，真正的合作學習最重要的基本假設即是小組成員可以達到交互主觀性（intersudjectivity）（Cobb, Wood, & Yackel, 1991; Tobin, 1990）。而小組成員透過互動的過程，正是達到交互主觀性的重要行動！根據 Rogoff（1990）所提出的交互主觀性乃是存在於參與討論的每個人的「理解」中，而每個人均認為自己是和其它參與討論者共享，這種共享式的理解，在對稱式的互動中，扮演重要的協調功能。本研究的結果支持，當小組的成員之間已經持有相當程度的「共享式理解」時，此時的對稱互動以合作的模式來協商。但是小組的成員互動時並不完全能夠以共享式的特定意義之理解來互動，在這種情況下，常常在談話者的對立討論中形成小組共識，而對抗的解決常常經由彼此互相挑戰對方的想法，一再對正當解釋理由的辯解與澄清（Brown & Palinscar, 1989）而開發這種處理不同意義的基準，也被學生接受，更是組成課室文化中的要素。在對立的互動模式中，本研究的發現認同多位研究者主張小組之間所產生的對立，乃是造成小組決策改變的催化劑（因為是本研究，不是他們的研究），因為意見不同的對立而必須面對面解決問題是造成學生們可以再檢視自己想法的好機會，更能夠了解想法上缺點。我們認為像 ZGD 組對話（詳見 ZGD 組對話編號 3/20）的對話一樣，練習澄清想法，提出實證資料來支持自己的論點，或提出支持一般原理原則的想法，可能造成高層次的認知學習，例如：學習如何學習的策略，另一個優勢則是上述較佳的認知結果可以在不妨礙小組之間意氣相同的狀況下達成，這與 Brown 和 Palinscar（1989）的研究極為相似。

本研究的發現，亦可呼應 Roychoudhury 和 Roth（1996）的研究，在對立的互動模式中，瑜一、英寬、志明並沒有因此而影響彼此之間的感情，他們彼此之間的討論都能在看法或想法對立的狀態下，仍然心平氣和的面談，交換意見，達成某種共識。更難得的是，ZGD 組常常經由這種意見溝通的方式，產生許多對同一問題的另類想法，在這個看法上，本研究發現也同意 Roychoudhury 和 Roth 的看法：對立式的溝通乃是在實驗室中建構知識普遍存在的互動模式，尤其是小組組員默契越高，這種互動模式越能彰顯學習效果。

本研究也常發現假共識的情況出現在小組成員中有學長與學弟妹的組合。通常學弟妹扮演社會地位較低者，在互動之下，他們最常放棄自己的堅持（詳見 YSJ 組對話編號 4/21），這種現象與 Brown 和 Palincsar（1989）的研究結果相吻合，認為經由大多數人同意的互動，乃是某一組員在小組內的階級地位降低的指標之一。Brown 和 Palincsar（1989）的研究結果同時也指出，小組中不同的社會地位，可能造成假的共識，因為社會地位比較低的學生，毫不選擇地放棄自己的看法，而贊同地位較高者的意見。

對立式的溝通乃是在實驗室中建構知識普遍存在的互動模式，尤其是小組組員默契越高，這種互動模式越能彰顯學習效果（Roychoudhury & Roth, 1996）。在這種對立的互動模式中，瑜一、誌平和英寬並沒有因此而影響彼此之間的感情，他們彼此之間的討論都能夠在看法或想法對立的狀態下仍然心平氣和的面談，交換意見，達成某種共識。更難得的是，ZGD 組常常經由這種意見溝通的方式，產生許多對同一問題的另類想法。

在以多數人的意見為主的互動（majority rule）中，我們進一步分析（研究者短文編號 5/086）提出方案的成員，其學業成績表現情形。結果發現，提出這些想法的組員，學業成績的表現均屬普通，而非組員學業成績較優者，Roychoudhury 和 Roth（1996）也有相

似的發現：中學生的學業成績優劣並不會影響在做實驗時，所提出的意見會不會被其它組員所接受。在本研究中也有相同的發現，主導小組實驗方向者，通常是研究經驗較豐富者，但學業成績並不突出，但在小組成員中有學長姐、學弟妹者，則大部份是由學長姐主控實驗的方向。

在不對稱的互動中（Hennessey, 1994; Burbules & Linn, 1991; Rogoff, 1990），YFN 組與 GWH 組顯示出一個有趣的觀點，YFN 組的不對稱互動是因為整組成員對姿靖的支持一致性很高，對 YFN 組而言，她們的研究過程是非常成功的，本研究發現，並不贊同 Brown 和 Palinscar 在 1989 所指出「在不對稱互動下，對小組的學習形成可能的阻礙。」因為在本研究許多處中的資料指出，YFN 組員的角色扮演全是自然形成，並沒有任何外來的影響（外在地位的影響），組長所扮演的主導角色，事實上也被其它五位組員認同，在研究設計以及討論的階段中，整個小組的氣氛很明顯的意氣相投，這種特性處處顯現在其它組員的晤談內容，以及小組合作上，這個互動的形式，並非組長一人的專制影響其它人的觀點，也不是其它人懶得工作，就搭組長所做的努力的順風車而已，我們會在角色的分配節次中深入討論其它組員如何貢獻自己對研究的意見，使得整個研究過程充滿成功的意味，依我們的看法，這一組的互動乃是基於某一組員（組長），“相信”在其它組員的默契下，**「嗯，我應該來提出想法，且努力去完成它，因為其它人支持我的想法。」**

相反的例子，出現在當組員對組長的支持一致性低時，也會有不對稱的互動出現，例如 GWH 組，組長之所以會是組長，乃是因為她是高年級（大三），好像比較資深，全部人因此同意她當組長，雅芯的人格特質屬於自我性強，不善溝通，造成同一組中，除了一位同班的死黨之外，另外四位學妹均對她有疏離感，這種情形之下的不對稱互動，很明顯的會造成學習上的阻礙，因此在決定題目的過程中，組員也很少主動提及想法，更不用說熱烈的參與，兩個組員雖然分別提出了她們的疑慮，但沒有人重視它，其它的人不發言，雖然部分的人注意聽（有人打瞌睡）。但整個小組的氣氛低迷 無奈 只有一個人似乎認同雅芯的談話，於是小組的談話在每一位組員都不滿意的情況中結束了！GWH 這一組比較特別的情形是，整個學期的互動中，幾乎都是不對稱的互動。在事後對組員的訪談中，組員言語中透露出對組長的不滿，參予度也相對的降低了許多。

像這樣的不對稱互動，支持了 Brown 和 Palinscar（1989）所提出的觀點；小組成員互動的地位，確實對小組的學習形成阻礙，因此根據本研究結果，我們認為不對稱性互動，對學習的影響，因著不同學習的狀況而定，而在特定的學習狀況下，還要視小組成員的特質而定，以 YFN 的小組為例，這種不對稱的互動，對學習即頗具正面意義，正如 Hodson（1993）所主張，像 YFN 組充滿民主與協調風格的互動方式，相對於權威的組長（例如 GWH 組）主導研究對話，YFN 組可以有較高的學習動機與學習成效。

至於對學生做實驗的參予度，在文獻上有著不一樣的發現，有些學者（Gallagher & Tobin, 1987）指出中學生會花很多時間在交誼 聊天、聯絡感情等。有些學者（Roychoudhury & Roth, 1996）則認為中學學生把實驗當作是一項任務在進行，絕大多數學生均努力作科學，沒時間閒聊。而本研究比較支持後者的說法，可能是因為本專題研究開放式探究的本質，加上專題研究為選修課，基本上修課的同學沒有為了湊學分而來的。相對於中學生必修的科學課程上，大學生具有較強的學習動機，讓學生對所負責的專題不管是參與小組的活動或是收集資

料，一直到最後研究報告的撰寫上，在兩個學期的研究總共二十五位學生中，在實驗過程中很少只是聯絡私人感情。即使是很簡單的一個步驟，如連鋸竹筒的工作都會吸引學生的注意力，似乎任何人和個人相關的事情都是和實驗參予度有關。

陸、結論與建議

本研究中所呈現的是職前生物教師在一個豐富的真確符實（authentic）研究情境中，進行實驗的學生互動。在學習過程中，經由在大學任教的科學家佈置的生理生態研究室中提供生理生態學相關研究的鷹架，此時學習變成有意義地將學習者的知識經驗與情境中所提供的知識相連結。本研究最大的特色是職前教師們可以選擇自己有興趣的研究主題，決定使用那一些儀器資源，因此他們得以經驗到掌控實驗活動和情境互動產生新的問題，並主控解題的過程。當學生決定研究問題時，學生必須運用現有的知識來決定研究問題與設計實驗。從一個學生的觀點來看，時間有限，自己解決問題的能力也有限，因此，小組合作的學習也顯得非常重要。

本研究收集多元的資料來源，包括：錄音帶、錄影帶、田野筆記、學習日誌、專題研究進度報告、期末報告，經質性研究方法獲得實徵研究結果。綜合本研究的發現，我們形成以下的結論：

一、綜言之，本研究結果支持我們和其他研究學者（Roth, 1995; Brown & Palinscar, 1989）的看法：學生與學生互動，對學習與認知有很重要的影響。小組內的互動可以腦力激盪、集思廣益、凝聚共識、及增加默契。此外，小組之間的互動，包括交換意見、討論、及批判，讓學生更能深入增加自己的整合能力，深入地改善開放式探究實驗的品質。為了要能夠說明或精緻化某一想法，學生必須要檢視想法的整合性，從這個過程中學生比較可能從事較高層次的思考技能活動。

二、重視領導者的特質。在一個小組中，不是學校成績表現最好懂的最多的或位階最高者（例如學長、學姐）就是一個較佳的領導者，就互動本身來說，人的特質會影響整個長期的研究結果，有些人不善領導，但因較年長或較高位階所以被推為小組的領導者非常不恰當的（以 GWH 組為例），而是需要有帶領能力，在互動時，能夠接納別人的意見，讓討論持續進行或讓大家心服口服，願意跟隨他或她的意見為決策（以 YFN 組為例）。至於怎麼樣的人格特質，可以在這樣開放式探研究中彰顯對實驗活動本身的幫助，未來宜更深入與精緻的探究。

本研究根據研究結果與結論提出以下幾個建議：

一、在開放式探究實驗進行的小組合作學習中，應先了解學生特質之後，再進行分組，分組之後謹慎領導者（小組長）的選擇。

二、教師在開放式探究實驗的教學過程中應注意學生在小組中的互動情形。也就是說，互動的模式有多種，而且學習效果不同，因此互動的模式不必要固定，可依不同實驗階段而改變。

三、教師在開放式探究實驗的教學過程中，多多讓學生有機會嘗試不同的角色以至於經驗不同互動模式的學習，例如，尋求合適的小組分組方式，或是在合宜的時機更動小組組成的成員。

致　　謝

感謝「生態學專題研究」中的任課教授關永才與同學們接受我長期的關照，並支持我的參與，國科會專案（NSC86-2311-B-018-002）

經費補助。科教界先進，段曉林、蔣佳玲、姚如芬教授們給我適時批判與看見，兩位審查委員的意見使筆者受益良多，在此一併致謝。

參考文獻

1. 王澄霞（1995）：STS 活動中之「學」與「教」。科學教育學刊, **3 (1)**, 115-137。
2. 胡幼慧（1996）：多元方法：三角交叉檢視法。戴於胡幼慧主編：質性研究 –理論、方法及本土女性研究實例。台北：巨流。
3. 陳淑敏（1994）：Vygotsky 的心理發展理論和教育。屏東師院學報, 10, 119-144。
4. 游麗卿（1996）：維高斯基對研究概念發展的啟示。百年校慶學術研討會 –皮亞傑與維高斯基的對話。台北市立師院。
5. 楊文金（1999）：「期望地位」對同儕互動的影響分析。科學教育學刊, **7 (3)**, 217-232。
6. 楊文金（2000）：同儕友伴關係對六年級學生科學問題組對討論的影響分析。科學教育學刊, **8 (2)**, 123-140。
7. 蔣佳玲和郭重吉（1997）：同儕間科學問題討論中的合作與權力關係。論文發表於第十三屆科學教育學術研討會短篇論文彙編。台北市：國立台灣師範大學。
8. 顏瓊芬和黃世傑（1999）：職前生物教師進行開放式科學探究過程之一：師生互動。論文發表於八十八年度師範學院教育學術論文發表會論文彙編。
9. 關永才（1997）：艾氏樹蛙的生殖生態。野生動物保育論文彙編。
10. 教育部（1995）：中華民國教育報告書：邁向二十一世紀的教育遠景。台北市：教育部。
11. American Association for the Advancement of Science (AAAS) (1989). *Science for all Americans: A project 2061 report on literacy goals in science, mathematics and technology*. Washington, DC: AAAS.
12. Alexopoulou, E., & Driver, R. (1996). Small-group discussion in physics: Peer interaction modes in pairs and fours. *Journal of Research in Science*, 33, 1009-1114.
13. Anderson, R. D., Anderson, B. L., Varanka-Martin, M. A., Romagnano, L., Bielenberg, J., Flory, M., Mieras, B., & Whirworth, J. (Ed.) (1994). *Issues of curriculum reform in science, Mathematics and Higher order thinking across the disciplines*. U. S. Govermment Printing Office.
14. Bar-Tal, Y., & Bar-Tal, D. (1986). Social psychological analysis of classroom interaction. In R. S. Feldman (Ed.), *The social psychology of education.* New York: Cambridge University Press.
15. Bethel, L. J. (1984). Is there a shortage of science and mathematics teacher? Are new science teachers being prepared to enter the profession. In D. Holdzkom & P. B. Lutz (Eds.), *Research within reach: Science education* (pp.143-157). Charleston, WV*:* Appalachia Educational Laboratory, Research and Development Interpretation Service.
16. Bianchini, J. A. (1997). Where knowledge construction, equity, and context intersect: Student learning of science in small groups. *Journal of Research in Science Teaching*, 34 (10), 1039-1065.
17. Bloome, D. (1989). Locating the learning, reading and writing in classrooms: Beyond deficit difference, and effectiveness models. In C. Emihovich (Ed.), *Locating learning ethnographic perspectives on classroom research* (pp. 87-114). Norwood: Ablex.
18. Blosser, P. E. (1983). What research says: The

role of the laboratory in science teaching. *School science and Mathematics*, 83 (2), 165-169.

19. Burbules, N. C., & Linn, M. C. (1991). Science education and philosophy of science: Congruence or contradiction? *International Journal of Science Education*, 13, 227-241.
20. Brown, A. L., & Palinscar, A. S. (1989). Guided cooperative learning and individual knowledge acquisition. In L. B. Resnick (Ed.), *Knowing learning, and instruction: Essays in honor of Robert Glaser* (pp.393-451). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
21. Brown, J. S., Collins, A., & Duguids, S. (1989). Situated cognition and culture of learning. *Educational Researcher*, 18 (1), 32-42.
22. Cobb, P., Wood, T., & Yackel, E. (1991). Analogies from the philosophy and sociology of science for understanding classroom life. *Science Education*, 75, 23-44.
23. Cohen, E. G. (1994). *Designing groupwork: Strategies for the heterogeneous classroom* (2nd ed.). New York: Teachers College Press.
24. Davydov, (1995). The influence of L. S. Vygotsky on education theory, research, and practice. *Educational Researcher*, 24 (3), 12-21.
25. Duschl, R. (1990). *Restructuring science education: The role of the theories and their importance.* New York: Teachers College Press.
26. Erickson, F. (1986). Qualitative methods in research on teaching. In M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching* (2nd ed., pp.119-161). New York: MacMillan.
27. Forsyth, D. R. (1990). *Group dynamics*. Pacific Grove, CA: Brooks/Cole Publishing Company.
28. Friedler, Y., & Tamir, P. (1984). Teaching and learning in high school laboratory in Israel. *Research in Science Education*, 15, 89-96.
29. Gallagher, J. J., & Tobin, K. G. (1987). Teacher management and student engagement in high school science. *Science Education*, 71 (4), 535-555.
30. Garofalo, J., Lindgren, R., & Neill, T. (1992). Knowledge developed by a high school teacher participating in a physics research experience. *Science Education*, 76 (1), 43-50.
31. Guba, E. & Lincoln, Y. S. (1989). *Fourth generation evaluation* (Beverly Hills: Sage).
32. Hennessey, M. G. (1994). *Alternative perspectives of teaching, learning, and assessment: Desired images-A conceptual change perspective.* Paper presented at the annual meeting of the National Association of Research in Science Teaching, Anaheim, CA., May.
33. Hodson, D. (1993). Re-thinking old ways: Toward a more critical approach to practical work in school science. *Studies in Science Education*, 22, 85-142.
34. Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (1982). The role of the laboratory in science teaching: Neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 52 (2), 201-217.
35. Hofstein, A., & Walberg, H. J. (1995). Instructional strategies. In B. Jfraser & H. J. Walberg (Eds.), *Improving science education* (pp.70-89). Chicago: National Society for the Study of Education.
36. Hogan, K. (1998). Sociocognitive roles in science group discourse. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, San Diego.
37. Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1990). Cooperative learning and achievement. In S. Sharan (Ed.), *Cooperative learning: Theory and research* (pp.23-37). New York: Praeger.

38. Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1994). *Learning together and alone: Cooperative, competitive, and individualistic learning* (4th ed.), Needham Heights: Allyn and Bacon.
39. Lazarowitz, R., & Karsenty, G. (1990). Cooperative learning and student academic achievement, process skills, learning environment, and self-esteem in tenth grade biology classrooms. In S. Sharan (ed.), *Cooperative learning, theory and research* (pp. 123-149). New York: Praeger.
40. Lazarowitz, R., & Tamir, P. (1994). Research on using laboratory instruction in Science. In D. L. Gabel (ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp.94-128). New York: MacMillan Publishing Company.
41. Linn, M. (1992). Science education reform: Building on the research base. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 821-840.
42. Lunetta, V. N. (1998). The school science laboratory: Historical perspectives and contexts for contemporary teaching. In K. Tobin, & B. Fraser (Eds.), *International handbook of science education* (pp.249-262). The Netherlands: Kluwer Press.
43. National Research Council (1996). National Science education standards. *National Academy Press.* Washington, D. C.
44. Martin, B., Kass, H., & Brouwen, W. (1990). Authentic science: A diversity of meanings. *Science Education*, 74 (5), 541-554.
45. Okebukola, P. A. O., & Ogunniyi, M. B. (1984). Cooperative, competitive and individualistic laboratory interaction patterns: Effects on students' performance and acquisition of practical skills. *Journal of Research in Science Teaching*, 21, 875-884.
46. Padilla, M. J. (1991). Science Activities, Process skills, and thinking. In S. M. Glynn, R. H. Yeany, & B. K. Britton, (Eds.), *The psychology of learning science* (pp.205-217). Hillsdale, New Jersey: Laurence Erlbaum Associates.
47. Pizzini, E. L., Shepardson, D. P., & Abell, S. K. (1991). The inquiry level of junior high activities: Implications to science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 111-121.
48. Reif, F., & St. John, M. (1979). Teaching physicists thinking skills in the laboratory. *American Journal of Physics*, 47, 750-757.
49. Richmond, G., & Striley, J. (1996). Making meaning in classroom: Social processes in small-group discourse and scientific knowledge building. *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (8), 839-858.
50. Ritchie, S. M., & Rigano, D. L. (1996). Laboratory apprenticeship through a student research project. *Journal of Research in Science Teaching,* 33 (7), 799-815.
51. Rogoff, B. (1990). *Apprenticeship in thinking: Cognitive development in social context*. New York: Oxford University Press.
52. Roth, W.-M. (1995). *Authentic school science: Knowing and learning in open-inquiry laboratories*. Dordrecht: The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
53. Roth, W. M., & Bowen, G. M. (1995). Knowing and interaction: A study of culture, practices, and resources in a grade 8 open-inquiry science classroom guided by a cognitive apprenticeship metaphor. *Cognition and Instruction*, 13 (1), 73-128.
54. Roth, W.-M., Roychoudhury, A. (1992). The social construction of scientific concepts of the concept map as conscription device and tool for social thinking in high school science. *Science*

Education, 76 (5), 531-557.

55. Roychoudhury, A., & Roth, W.-M. (1996). Interactions in an open-inquiry physics laboratory. *International Journal of Science Education*, 18 (4), 423-445.
56. Schwab, J. J. (1963). *Biology teachers handbook*. New York: Wiley.
57. Shaw, M. E. (1981). *Group dynamics: The psychology of small group behavior*. (3rd ed.). New York: McGraw-Hill Book Company.
58. Shepardson, D. P. (1996). Social interactions and the mediation of science learning in two small groups of first-graders. *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (2), 159-178.
59. Shepardson, D. P. (1997). The nature of student thinking in life science laboratories. *School Science and Mathomatics*, 97 (1), 37-44.
60. Shulman, L. S. (1990). *Aristotle had it right: On knowledge and pedagogy* (Occasional paper no.4). East Lansing, MI: The Holmes Group.
61. Shymansky, J. A., & Kyle, W. C, Jr. (1992). Establishing a research agenda: Critical issues of science curriculum reform. *Journal of Research in Science Teaching,* 29, 749-778.
62. Spradley, J. P., & McCurdy, D. W. (1988). *The cultural experience: Ethnography in complex society*. Chicago: Science Research Associates.
63. Sutman, F. X. (1996). *Seeking more effective outcomes from science laboratory experiences (Grade 7-14): Six companion studies*. Paper present at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching (ERIC Document Reproduction service No. ED393 703.)
64. Tamir, P. (1991). Practical work in school science: An analysis of current practice. In B. E. Woolnough (ed.), *Practical science* (pp.89-100). Great Britain: Open University Press.
65. Tamir, P., & Lunetta, V. N. (1978). An analysis of laboratory activities in the BSCS Yellow Version. *American Biology Teacher*, 40, 353-357.
66. Tamir, P., & Lunetta, V. N. (1981). Inquiry related tasks in high school science laboratory handbooks. *Science Education*, 65, 447-484.
67. Tobin, K. (1987). Secondary science laboratory activities. *European Journal of Science Education,* 8, 199-211.
68. Tobin, K. (1990). Research on science laboratory activities: In pursuit of better questions and answers to improve learning. *School Science and Mathematics*, 90 (5), 403-415.
69. Tobin, K., & Gallagher, J. J. (1987). What happens in high school science classrooms? *Journal of Curriculum studies*, 19, 549-560.
70. Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes.* Cambridge, MA: Harvard University Press.
71. Woolnough, B., & Allsop, T. (1985). *Practical work in science*. London: Cambridge University Press.
72. Yen, C.-F., & Huang, S.-C. (2001). *Authentic learning about tree frogs by preservice biology teachers in open-inquiry research setting.* Proceeding of the National Science Council, Part D., 11(1), 1-8.

Student Interactions in Open-inquiry Ecological Research Settings

Chiung-Fen Yen[1] Shin-Chieh Huang[2]

[1]Department of Ecology, Providence University, Taichung, Taiwan, R.O.C.

[2]Department of Biology, National Changhua University of Education, Changhua

Abstract

The purpose of this study was to explore how preservice biology teachers' conceptions of science progressed through interaction during an open-inquiry research program focused on the ecological physiology of a tree frog (Chirixalus eiffingeri). This research studied 25 preservice teachers in two semester periods. They were divided into groups according to their research interests. The preservice teachers were required to fill out two questionnaires before and after the class, followed by one-hour in-depth interviews. Each group wrote a group progress report weekly, and each member wrote a weekly-reflective essay report. Other data sources included classroom discussions, group meetings, interview transcripts with students and instructor, and instructor produced artifacts. All laboratory discussions were audio-taped and field notes during discussions and experiments were taken to illustrate our understanding of students' views-of scientific research over time. Results demonstrated that interaction patterns observed among participants included symmetric, asymmetric, shifting asymmetric, and parallel occasional. Participants were very positive toward and actively participated in the research. All participants confirmed that the intra-group and inter-group discussions were vital to the continuation and success of their research projects. In addition, working together with experienced peers and the guidance of instructors played an indispensable role in helping them to solve problems, overcome frustrations, and eventually finish the projects.

Key words: Open-inquiry, Authentic Science, Preservice Biology Teacher, Student Interaction.