科學教育學刊
2011, 第十九卷第三期, 185-209

Chinese Journal of Science Education
2011, 19(3), 185-209

問題本位學習對四年級學童的問題解決與批判思考之影響

楊坤原[1、*] **陳建樺**[2] **張賴妙理**[3]

[1]中原大學　教育研究所暨師資培育中心
[2]桃園縣立大安國民小學
[3]中國科技大學　通識教育中心

(投稿日期：民國99年5月9日，修訂日期：民國100年4月27日，接受日期：民國100年6月10日)

摘要：本研究旨在探討問題本位學習對四年級學童的問題解決與批判思考能力之影響，了解實驗組學童在問題本位學習(Problem-Based Learning, PBL)歷程這二項能力的實際表現。本研究選取桃園縣一所小學四年級四個班的學生為樣本，隨機將二班作為實驗組(65人)實施PBL，二班為控制組(65人)接受講述為主的教學。由兩組學生在「新編問題解決測驗」與「康乃爾批判思考測驗(X級)」前後測的統計分析顯示，實驗組的後測得分均顯著高於前測得分($p < .010$)且實驗組學童的後測得分均顯著優於控制組($p < .050$)。可見PBL能促進學童的問題解決與批判思考能力。各種質性資料分析發現，實驗組學童在PBL結構模糊問題情境的驅使與「解題規劃表」的輔助下，均能透過腦力激盪從多種角度提出導致問題的各種可能原因和解決問題的可行方法，並能反省其在自行設計實驗與決定學習議題所遭遇的失敗或困難而提出可能的克服之道。他們在收尋多種來源的資料後，能主動透過請教他人來確認這些資料的可靠性，也能由資料整理所獲得的科學知識來進行演繹推論。這些結果也反映出PBL可促進學童的問題解決和批判思考能力。

關鍵詞：批判思考、問題本位學習、問題解決

壹、緒論

面對知識經濟時代的人才需求，如何設計有效的學習環境來培育具備專業知識、獨立自主、批判反省、團隊合作與問題解決能力的學生，實為晚近各國教育改革的主要目標(Tan, 2007; Torp & Sage, 2002)。由國內外重要的科學教育文獻可以發現，當今學校的科學教育應以學生的活動為主體，重視開放架構和專題本位的方法，以科學性的探究

*通訊作者：楊坤原

和實作來進行行動導向的學習，使學生獲得並運用相關的知識與技能來解決問題，養成科學思考的習慣，增進對科學本質的認識(教育部，2003a，2003b；Committee on Development of an Addendum to the National Science Education Standards on Scientific Inquiry, Center for Science, Mathematics, & Engineering Education, National Research Council, 2000)。許多研究指出，「問題本位學習」(或譯「問題導向學習」；Problem-Based Learning, PBL)是一個能達成上述科學教育目標之探究取向的教學模式(Conway & Little, 2000; Smith, Powell, & Wood, 1995)。PBL原是透過醫學案例來幫助醫學生習得專業知識、高層思考、自我導向學習(self-directed learning)與解決問題能力的教學法(Hmelo-Silver & Barrows, 2006)，迄今已逐漸實施於各級學校和多種學科領域的教學(Barrows, 2002)。

國內外以往關於PBL的研究以高等教育居多，近年來已逐步擴及中小學科學的教學與學習(曾婉宜、楊坤原，2008；Chin & Chia, 2006)。雖然數量並不多，但已有一些研究開始就PBL對中小學生的問題解決能力進行探討，並初步發現PBL有助於促進小學生的問題解決能力(吳耀明，2005；黃善美、黃萬居，2003；Gallagher, Stepien, & Rosenthal, 1992)。至於PBL能否促進學生的批判思考能力之研究，除少數以高中、大學生為對象的研究外(陳銘偉，2004；Ahern-Rindell, 1999; Semerci, 2006)，在小學科學教育方面的研究更是少見。以研究方法而言，上述以科學學科為範疇的研究除少數為質性研究(如Chin & Chia)外，多屬量化研究。即使其中有些還加入學生的晤談、上課記錄、教師教學反省記錄或教學日誌(吳耀明；鄭宇樑，2007)等質性資料為輔進行分析，但仍鮮少呈現學生在PBL歷程的實際表現。為了深入了解學生的學習成效與歷程，作為日後PBL教學與課程提供具體建議，學者強調應該有更多研究的投入(Svinicki, 2007; West, 1992)。再者，不同學者對PBL是否有助於知識與認知技能的學習也持有正反的意見(Kirschner, Sweller, & Clark, 2006; Schmidt, Loyens, Van Gog, & Paas, 2007)；而小學階段是否適合實施高層思考的教學也曾出現爭議。雖然有人認為只要學習環境能提供鷹架(scaffolding)的支持，就可提升任何年級學生的思考品質與問題解決表現(Schmidt et al.)，但目前對這方面的了解並不多。因此，究竟PBL是否適用於小學階段以提升學童在問題解決和批判思考的表現，實有待更多研究來予以驗證。

基於上述的背景，本研究乃以準實驗研究之「前—後測控制組設計」來探討PBL實施於四年級「自然與生活科技」領域對學童問題解決與批判思考能力之影響，並透過各項質性資料的分析來呈現實驗組學童在PBL歷程關於問題解決能力與批判思考能力的實際表現，以進一步了解PBL如何促進學童這二項能力的發展。

本研究的結果將可擴展PBL實務的適用對象，也可為是否適於在小學實施高層思考教學的爭議提供參考。值此國內外教改積極推動教育改革之際，本研究的結果當可為日後實施PBL的小學科學教師、課程設計者、教育行政當局和研究者，提供重要的建議。

貳、文獻探討

一、問題本位學習的定義與特徵

PBL的定義隨著不同的教學設計而有所差異。然而，無論是將其視為教學策略或學習方法，多數學者均將PBL界定為使學生藉

由遭遇問題、擬定解題架構、自我學習(self-study)、小組討論、產生結果與評鑑結果等活動來學習知識與技能的歷程；換言之，PBL是一種以學生為中心的教／學方式，旨在使學生主動透過執行研究、整合理論與實務並應用知識與技能以發展可行的解題方案(Barrows, 2002; Savery, 2006)。

PBL以結構模糊的(ill-structured)問題作為學習情境來開啟整個學習歷程，透過真實性的問題來聯結學生的學習經驗並引起學習動機，激發他們扮演問題持有者(stakeholder)的角色，運用各種自我導向學習和高層思考技能，主動探究問題和建構知識(Hmelo-Silver & Barrows, 2006; Savery, 2006)。PBL的教學者需擔任促進者，作為學習的支持者和監控者，以發問來挑戰和指引學生進行探究和反思，促進小組合作與互動，並採用自評、同儕互評和教師評鑑等方式，鼓勵學生反思其學習歷程和結果並提供回饋(Dolmans & Schmidt, 2006; Savery)。這些特徵足以顯出PBL為一符合建構主義、合作學習和情境認知(situated cognition)等理論的教學模式(楊坤原、張賴妙理，2005；Dolmans, De Grave, Wolfhagen, & van der Vleuten, 2005; Hung, 2002)。

二、問題解決與問題本位學習

「問題解決」則是解題者運用既有的知識與經驗，運用演繹、歸納、分析與推理等心理活動以獲得解答的過程，其間涉及察覺與辨識問題、搜尋與運用解題策略、預想解題結果等能力(黃茂在、陳文典，2004；黃萬居，2004；D'Zurilla & Nezu, 1987; Robertson, 2001)。根據問題空間的特性，學者多將問題分為「結構良好」(well-structured)與「結構模糊」兩大類(Robertson)。結構模糊問題的目標和限制條件均未知，需對問題中的訊息進行多元表徵，制定各種解題方案，並對解題策略之選擇、解答條件是否完善、目標狀態是否明晰與解決方案是否合理等項進行批判。這類問題的解決歷程也需有多位解題者共同參與，以便協商解題策略和決定解答。此外，真實性情境之結構糢糊問題更能提供學童機會，使其在教室中嘗試經歷社會建構取向的教學，培養他們在生活中解決問題的各項能力(張雨強、馮翠典，2009；Jonassen, 2007)。

PBL係透過真實生活中的議題來激勵學生運用各種探究與思考技能，透過小組合作和自我導向學習來完成解題。由於PBL與一般的問題解決歷程所涉及之能力相似，故可適用於發展學生的問題解決能力(Smith et al., 1995; West, 1992)。根據國內外的實徵研究顯示，PBL可促進中小學生的問題解決能力(吳耀明，2005；鄭宇樑，2007；Gallagher et al., 1992; Hmelo, Gotterer, & Bransford, 1997)。在曾婉宜與楊坤原(2008)以國內各級學校實施PBL於各科教學的研究所進行的統合分析(meta-analysis)中也發現，PBL對問題解決能力的影響之效果量(effect size)為0.715，屬高程度、顯著正向的效果($p = .000$)。

三、批判思考與問題本位學習

批判思考是一種目的導向之問題解決法或自我導向的思考模式，可供學生運用於各學科的問題解決情境中辨識問題、形成推論以獲致具有說服力的結論或決策，故批判思考與問題解決之間的關係密切(Halpern, 1997; Paul & Elder, 2001)。批判思考包含發現問題及其相關的假設、澄清問題、分析問題、取得資訊、理解並應用所獲得的推論、歸納與演繹、評斷假設的信度與效度等過程(Kennedy, Fisher, & Ennis, 1991)，涉及澄清、奠基(basic support；辨識訊息來源

的可信度、觀察)、推論(演繹、歸納、從事價值判斷)、評鑑、與他人互動與自我調節等能力(毛連塭、吳清山、陳麗華，1992a；Facione, Sánchez, Facione, & Gainen, 1995; Norris & Ennis, 1989; Semerci, 2006)。學者指出，一位具有批判思考能力的人應能檢視各種觀點以掌握問題的情境，搜尋相關、可信的資料來建立批判的基礎，透過演繹或歸納來分析資料，並與他人相互討論與溝通，確保自己能持有更為客觀的觀點(Ennis, 1987; Norris & Ennis)。PBL因可促進學習者的思考與自我導向學習技能(Delisle, 1997; Savery, 2006)，故其能運用在科學教室中來培養學童的批判思考能力以完成解題(Embry, 2001)。

由於涵蓋辨識與挑戰假設、分析與評鑑相關知識、思考可能的解決方案等歷程，批判思考的教學需具備小組合作、腦力激盪、鷹架輔助和認知衝突等學習活動，較能獲致成效(Semerci, 2006; Tiwari, Lai, So, & Yuen, 2006; Weissinger, 2004)。PBL的結構模糊問題可驅使學生活化自己的先前知識，透過集體的腦力激盪來規劃解題(Hmelo-Silver & Barrows, 2006; Savery, 2006)。每位學生在自我學習時須判斷所收集的資料之可信度和可用性，而小組討論則可促進每位組員由各人所提的多元觀點之比較、批判來反思、驗證自己的想法。接著，各小組須對各項資料加以歸納、演繹而獲得證據，再由證據的權衡獲得結果；而在決定答案和成果發表與評鑑時也可提供學生檢驗結果的正確性並加以修正並檢討學習歷程的機會(Hmelo-Silver & Barrows; Semerci; Tan, 2007)。國內外一些科學或其他領域的教學研究已發現，PBL確有助於發展不同年級學生的批判思考能力(陳銘偉，2004；Burris & Garton, 2007; Semerci; Tiwari et al.)。

綜合上述各學者(黃萬居，2004；Paul & Elder, 2001; Savery, 2006; Smith et al., 1995)的論述可知，PBL的環境猶如一個學習平台，提供學童應用各種批判思考和問題解決能力的機會。在實際參與PBL的各項活動時，學童需以既有的知識為基礎來界定各種問題可能的成因，再依小組腦力激盪所決定的學習議題和行動計畫，於自我學習時收集多元、可信的文獻資料，透過歸納、演繹思考組織個人的學習結果，並持續將這些思考方式運用在小組討論中，針對個別組員自學所得者進行討論和統整，嘗試從各種解決方法所獲得的證據中，決定(確認)各項學習議題的最佳解答。在成果發表與評鑑時，藉由其他同儕或教師的提問中，各組須經反思而提出免於重蹈覆轍的改善之道。由此可見，PBL的執行可累積學童科學解題的經驗，提供學童發展和運用批判思考與解題能力來進行科學探究的機會。

參、研究方法

本研究採用準實驗研究的「前測—後測控制組設計」，收集和分析實驗組與控制組學生在上述二項研究工具的前後測得分，以考驗兩組學童在問題解決和批判思考表現的差異，並由實驗組在PBL歷程表現之質性資料分析，深入探討PBL如何促進學童的問題解決和批判思考能力。

一、研究樣本

本研究以桃園縣一所公立小學四年級四個班級的學童(平均年齡為10.5歲)為樣本，隨機將其中二班作為實驗組(男生35人，女生30人，共65人)實施PBL；另二班則為控制組(男生37人，女生28人，共65人)實施傳統的講述式教學。為符合PBL歷程中的小組合作之需，實驗組學童依學業成績高低採S型

分組，共分成12個小組，每小組由5-6名學生組成。

兩組學童在「新編問題解決測驗」(Test of Problem Solving, TPS)與「康乃爾批判思考測驗(X級)」(Cornell Critical Thinking Test-level X, CCTT-X)兩項測驗的前測平均得分之*t*考驗結果(*t*值分別為0.10和0.10，$p > .050$)並未達顯著差異，可見兩組學童在這二項能力上並無顯著差異。

二、參與教師

同時擔任本研究實驗組與控制組教學的A老師(男性)具科學教育碩士學位，有八年的小學自然科教學經驗。為使學生能主動學習並體驗科學探究的樂趣，A老師平常上科學課時常要求學生動手做實驗，鼓勵他們發問並收集科學資訊來完成家庭作業。因A老師曾在碩士進修時選修PBL相關理論與專題實作課程並多次參加國內PBL的研習會，基於其已具備PBL的理論基礎與實際經驗並有意將PBL落實於課堂教學，本研究乃邀請其參與PBL的設計與教學。

三、研究工具

本研究使用之研究工具共有二項，茲分別說明如下：

(一)「新編問題解決測驗」(TPS)

本測驗係由詹秀美、吳武典(2007)所發展，心理出版社出版，旨在評測四年級學童運用創造思考與推理來解決日常生活情境問題的能力，測驗時間為50分鐘。TPS共有六大題(共含15個問題)，分為「界定原因」、「解決方法」與「預防問題」三個分測驗，每項分測驗各5題。此外，依學童在每個問題回答內容的多樣性與思考周密程度，可再評量解決問題思考之「變通性」(答案所包含之類別數量)與「有效性」(答案之思考周密程度)。將每項分測驗的得分加總即可求得TPS的總分。

TPS的內部一致性信度係數(Cronbach α)為 .91，三項分測驗與二個向度的Cronbach α值介於 .77- .85之間。整份測驗的重測信度為 .86，評分者信度為 .93。本測驗以小學四至六年級國語、數學、自然、社會四個學科的學期總成績為效標所求得之效標關聯效度係數值介於 .40- .68之間。可見本測驗也具有構念效度(詹秀美、吳武典，2007)。

(二)「康乃爾批判思考測驗(X級)」(CCTT-X)

此測驗係毛連塭等(1992b)修訂自Ennis, Millman與Tomko於1985年發展的「康乃爾批判思考測驗(X級)」第三版而成，適用於測量國小四年級學童的批判思考能力，測驗時間40分鐘。整份測驗共含49題(總分為49分)，測驗內容涵蓋下列幾項構成批判思考的能力：「歸納」(第3-18、30題)、「演繹」(第32-40、42-49題)、「觀察」(第20-30題)、「考察訊息的可信度」(第20-30題)。因這項能力與「觀察」一項皆被本測驗發展者視為構成推論能力的基礎能力且二者密切關聯，故測驗這二項能力的試題相同。第五項為「確認隱含的假設」(第42-49題)。

修訂的CCTT-X的平均難度為 .46，平均鑑別度為 .29，庫李信度為 .68，折半信度為 .71。除經內容效度外，修訂的CCTT-X以「簡式羅氏高層次認知能力測驗」作為效標所求得的同時效度為 .57。再以智力、性別與年級來考驗構念效度，發現結果與批判思考的概念架構與文獻分析的結果大致相符(毛連塭等，1992b)。

四、PBL的學習單元

本研究依「問題本位協同發展」(PBL co-development)的作法(Jones, Rasmussen, & Moffitt, 1997)，由三位作者共同參照學者關於發展PBL課程的建議(Delisle, 1997; Torp & Sage, 2002)發展二個PBL學習單元與教學流程，供實驗組學生進行為期8週(每週2節，共16節課)的學習。茲將具體做法說明如下：

(一)PBL學習單元設計

1. 概念分析

研究者先針對參與學校使用之國民小學《自然與生活科技》第四冊(廖進德等，2004)教材之「能源與食物」和「校園的昆蟲」兩單元進行概念分析，再改編成以「節能減碳大家一起來」和「為昆蟲設計可愛的家」為題的二個學習單元。

2. 學習者特性分析

實驗組學生依其平均年齡推估，大多處於認知發展階段的具體操作期。依據自然科教師平日的課堂觀察，學生的個性活潑，上課時能與教師彼此互動，學習態度認真。實驗組學生四年級上學期的學業總成績平均為93.1分(控制組學生為90.3分)。在參與本研究前，實驗組與控制組學生都曾在其他課程透過自己查閱資料以完成家庭作業，但均不具PBL的經驗。

3. 擬定學習目標

兩個PBL模組的學習目標除了讓實驗組學生能了解所涵蓋的科學概念及其與日常生活的關聯外，也著重於培養學生具有九年一貫課程總綱中所列的「增進團隊合作」、「激發主動探究」與「培養獨立思考與解決問題」等能力以達成課程目標(教育部，2003a)。

4. 設計問題

PBL之問題設計必須符合學生的認知發展與課程目標，以學生的先前經驗和教材內容為基礎，問題須為結構模糊且與真實生活相關聯以引起學生的興趣(Delisle, 1997)。為此，在設計PBL的問題時，除分析教材中的主概念外，也搜尋網站資訊、報紙、自然科學的雜誌和書籍，一併作為問題情境的素材，使學童能透過問題解決而將教材中的科學知識應用於真實情境之中。

依據上述的考量，「節能減碳大家一起來」單元的問題情境設計係結合學童平常遭遇停水或停電所造成的不便之經驗、報紙上常見之能源日益短缺的困境和全球暖化等報導為問題情境，請學童以身為地球村村民的角色，從多方面考量而提出各種響應「節能減碳」的具體作法，為保護地球和永續生存而盡一份心力。「為昆蟲設計可愛的家」單元的問題情境，則先以周遭環境一些常見或常被飼養為寵物的昆蟲因為棲息地被破壞而日益減少的現象來引起學童的注意，再請他們組成設計師團隊，在校園中營造適合昆蟲生長的園地。

5. 設計各項學習輔助工具

各項學習輔助工具可在PBL過程發揮鷹架的功能以促進學生的思考與學習(楊坤原、徐崇城、張賴妙理，2008；Hmelo-Silver, Chernobilsky, & DaCosta, 2004)。本研究所設計的學習工具包括如下幾項，可供學生於PBL各步驟搭配使用：

(1)「解題規劃表」：為引導較少科學探究經驗的實驗組學生學習如何在解決問題之前能了解問題、界定問題和擬定解題計畫，本研究參考Delisle (1997), Ram (1999)的建議，設計「解題規劃表」供各小組作為解題歷程的架構。本表共含四個部分，分別為

「點子」(ideas；供各組記錄小組所提出之任何可能解決問題的想法)、「事實」(facts；記錄小組成員所提出所有關於問題之已知的事實)、「學習議題」(learning issues；記錄由小組成員經腦力激盪共同找出與問題相關而想進一步探究的議題)與「行動計畫」(action plan；列出小組如何執行解題的具體作法)。

(2)「工作記錄單」：包含「執行時間」、「工作內容」、「工作地點」和「負責同學」等欄位，以便每一位小組成員監控與反省自己與小組的執行進度。

(3)「資源使用記錄表」：本表中列有「題目」、「內容摘要」、「搜尋日期」、「來源／出處」和「收集者姓名」等欄位，鼓勵學童收集各種來源的文獻資料，並寫下各篇的摘要。

(4)「學習自評表」：採四點式量表設計(「優」、「良」、「可」、「待改進」)，於每個模組結束時供每位學童填寫以自我省思PBL各階段的表現。

(5)「小組成員互評表」：與上表同於學習結束後由學童填寫對其他組員在學習歷程表現的評等並列出具體事實或理由，讓他們檢討自己與他人的學習歷程，以作為日後改進的參考。(4)、(5)兩種表格均修改自《問題本位學習手冊》(問題本位學習推動小組，2008，頁61-63)。

(二)PBL學習單元的教／學流程

1. 課程介紹

PBL開始之前，教師先利用第一週第一節課前約30分鐘的時間，向全班學童說明學習目標與內容、PBL的意義與流程、各項學習輔助工具的用法、成就評量的作法等，讓他們對PBL有所認識。在聽完說明後，學童可針對不清楚的部分提問，由教師再作解釋。隨後，教師依據上學期學業成績的高低，將全班學童依S型分組方式分成六個小組，每組5或6人。待各小組成員確定後，便由各小組成員自行推選小組長、記錄員等職務。

2. 呈現問題

在將問題呈現給全班學童之前，教師先利用10分鐘以一段與問題相關的事例作為引言，以引導學童準備進入問題情境中。第二節上課再接著透過電腦多媒體以文字和圖片來呈現問題，引發學生對問題的注意與解題動機。學童可就問題情境中的疑問請教師再加說明。

3. 進行解題規劃

問題呈現後，教師再次向學童介紹「解題規劃表」的用法，並以口頭獎勵和小組加分的方式鼓勵各組學生腦力激盪並勇於發言，儘可能提出他們認為可能解決問題的任何想法，將之記錄在「點子」欄中。接著，各小組成員又根據問題敘述和先前的知識，提出他們已知任何有關於問題的事實，填寫在「事實」欄。教師隨後則請各組將其不了解而想要進一步探討的疑問，逐一列於「學習議題」欄。最後，各小組則將準備採行的各種解題策略寫在「行動計畫」欄。在小組提出有興趣的2-3個學習議題後，每位組員須從中選出自己負責探討的學習議題。為敦促小組成員能落實行動計畫，教師將巡迴各小組之間，發揮促進者的功能，觀察並引導各小組清楚填寫「工作記錄單」，並分別交由組長和教師收執，以利掌握學習進度。

4. 自我學習

第二週第一節課時，每位成員以40分鐘的時間針對自己的學習議題，依小組擬定的

行動計畫，開始在學校圖書館內透過網路、查閱書刊或請教授課教師等途徑，收集相關文獻資料。若在課堂上未能及時完成、還需請教家長或他人的部分，則可利用課後時間進行。各組學童需配合「資源使用記錄表」將收集的文獻資料加以編號、登載、閱讀、摘要和整理，據以形成自己對該學習議題的見解。教師在此階段持續扮演促進者的角色，督促並引導學童進行文獻摘要、各項表單的填寫確認個人是否做到「工作記錄單」中所要完成的任務。

5. 小組討論

每位組員將上述自我學習所得之文獻摘要與個人的想法帶回小組進行分享和討論，透過小組成員間的人際互動與口語溝通，在彼此的意見與資訊交流中建構與學習議題相關的科學知識。此時，教師以促進者的身分巡迴各組並提出「為什麼……」或「你們如何……」等疑問來挑戰、促進學童的討論和反省，並在各組出現爭執而組長無法排除時，提供適時的幫助，以利小組討論能持續進行而不致中斷。為鼓勵學童能充分發言與互動，第二週的第二節和第三週的第一節前20分鐘均提供各組報告個人所寫的文獻摘要並對其他組員的意見或想法進行討論。

6. 決定答案

經由小組成員間的討論後，教師將提醒各小組經討論後整合各組員的資料、見解所得的共識或結論，提出該組認為最合適的答案(結果)。之後，各組在下節課(40分鐘)便開始利用學校所提供的電腦設備與教師提供的紙筆，集體製作powerpoint檔或海報來呈現結果。

7. 成果發表與評鑑

在成果發表會中，各組依序上台呈現學習歷程和成果，並回應教師和其他小組的提問(各組10分鐘)。接著，所有學生利用10分鐘填寫「學習自評表」和「小組成員互評表」。最後10分鐘時，教師依據各小組的表現，提出評論並總結學習內容與結果。

在實驗組進行8週PBL單元的同時，控制組則實施以講述為主的傳統教學方式。在使用相同教材的教學情境中，A教師每堂上課均著重在講解教材內容。為提升注意力，A教師每節課會透過幾個有明確答案的問題，以掌握學生對教材內容的學習狀況。此外，配合教材所附的《探索手冊》(廖進德等，2004)，控制組學生也依照手冊內容的設計，分組進行「能源與食物」和「校園的昆蟲」二個探索活動並填寫探索記錄。茲將實驗組與控制的教學歷程、師／生的教／學活動與時間配置列於表1，以明確呈現兩組在教／學上的差異。

此外，為呈現前述文獻探討所得的理論基礎、PBL教學流程與學習結果之間的一致性，再將PBL各階段活動與TPS, CCTT-X各分量表所評測之能力間的相互關係列於表2。

五、研究程序

本研究的研究流程分為三個階段。在「學習單元與教學活動發展」階段，本文三位作者和參與研究之合作教師協同發展二個PBL學習單元、學習流程、各種學習輔助工具與教學計畫。接著在「教學實驗」階段中，係將PBL、講述式教學分別實施於實驗組與控制組的班級，並再八週教學前後，以TPS與CCTT-X二項研究工具進行前後測，並同時收集實驗組於PBL歷程表現的各項質性資料。「資料分析」階段則分別以*t*考驗和單因子共變數分析(one-way, ANCOVA)來考驗實驗組與控制組組內與組間的前、後測得分是否達統計上的顯著差異。各項質性資料則依學者建議的多階段方式(Marshall & Rossman, 1999; Miles & Huberman, 1994)加

表1：實驗組與控制組教／學活動的差異

週次*	實驗組		控制組	
	教師活動	學生活動	教師活動	學生活動
一／五	【第一節】 1. 課程介紹(30') 說明PBL學習目標、教學流程、輔助工具用法、成就評量方法和分組。 2-1. 呈現問題(10') 以相關事例作為引言。	聆聽說明，於不清楚之處提問，推選各小組組長、記錄員與其他職務。 聆聽引言。	【第一節】 講解教材內容，並利用教材中所設計的問題提問。	聆聽講解並回答問題。
	【第二節】 2-2. 呈現問題(10') 以多媒體呈現問題情境。 3. 解題規劃(30') (1)向各組介紹解題規劃表、工作記錄單的用法，鼓勵各組腦力激盪，完成解題規劃。 (2)巡迴各小組，觀察並提供各組必要的協助。	觀看問題情境，就疑問處發問。 (1)聆聽說明後，開始透過腦力激盪，逐欄填寫解題規劃表與工作記錄單。 (2)待教師到達該組時，提出疑問或請求教師協助。	【第二節】 帶領學童填寫《探索手冊》的表格或問題，並告知答案。	填寫《探索手冊》中的表格或回答問題。
二／六	【第一節】 4. 自我學習(40') 巡迴各小組，觀察並提供各組必要的協助。提醒各組填寫資源使用記錄表並依工作記錄單的內容完成進度。	各組員依行動計劃，開始針對自己負責的學習議題進行資料收尋、分析並做成摘要，填寫資源使用記錄表。	【第一節】 講解教材內容，並利用教材中所設計的問題提問。	聆聽講解並回答問題。
	【第二節】 5-1. 小組討論(40') 巡迴各小組，觀察並提供各組必要的協助。	各小組進行討論。	【第二節】 帶領學童填寫《探索手冊》的表格或問題，並告知答案。	填寫《探索手冊》中的表格或回答問題。

表1(續)

三／七	【第一節】 5-2. 小組討論(20') 巡迴各小組，觀察並提供各組必要的協助。 6-1. 決定答案(20') 提醒各組依討論結果提出答案(結果)。繼續巡迴各小組，觀察並提供各組必要的協助。	各小組進行討論。 各組依討論結果提出答案(結果)。	【第一節】 講解教材內容，並利用教材中所設計的問題提問。	聆聽講解並回答問題。
	【第二節】 6-2. 決定答案(40') 提供電腦設備與紙筆，供各組製作ppt檔或海報。繼續巡迴各小組，觀察並提供各組必要的協助。	各組利用電腦與紙筆將結果製作成ppt檔或海報。	【第二節】 帶領學童填寫《探索手冊》的表格或問題，並告知答案。	填寫《探索手冊》中的表格或回答問題。
四／八	【第一、二節】 7. 發表成果與評鑑(80') (1)參與各組成果發表並提問。(60') (2)請各組完成學習自評表與小組成員互評表。(10') (3)教師總結。(10')	各組上台呈現結果並回應各組提問。 填寫自評表與互評表。 聆聽總結。	【第一節】 講解教材內容，並利用教材中所設計的問題提問。 【第二節】 帶領學童填寫《探索手冊》的表格或問題，並告知答案。	聆聽講解並回答問題。 填寫探索手冊》中的表格或回答問題。

*實驗組與控制組第一至四週進行第一單元，第五至八週進行第二單元。

表2：PBL教／學流程與TPS, CCTT-X各分量表所評測能力的對應關係*

PBL教／學流程	TPS各分量表			CCTT-X各分量表				
	界定原因	解決[+]方法	預防問題	歸納	演繹	觀察	考察訊息的可信度	確認隱含的假設
課程介紹	--	--	--	--	--	--	--	--
呈現問題	✓							
解題規劃	✓	✓						
自我學習		✓		✓	✓	✓	✓	
小組討論		✓		✓	✓	✓	✓	✓
決定答案		✓						✓
成果發表與評鑑			✓					

*表中「P」表示PBL有助於發展該項能力。

[+] 學童在「解題規劃」時就提出解決問題的行動計畫，並在「自我學習」和「小組討論」兩階段透過組員自己的學習和小組討論形成全組的結論，藉以「決定答案」。因此，將「解題規劃」至「決定答案」等階段都視為「解決方法」。

以分析，以了解實驗組學生在PBL歷程之問題解決與批判思考的實際表現。

六、資料收集與分析

由實驗組和控制組學生在TPS和CCTT-X的前、後測得分等量化資料，除透過SPSS PC 10.0 (Statistical Package for the Social Sciences [SPSS], 2000)進行描述性統計外，並分別以成對樣本*t*考驗來檢定二組學生在二項測驗前後測得分是否呈現顯著差異，以探討PBL與以講述為主的教學分別對實驗組、控制組學生的問題解決能力與批判思考能力之影響。此外，本研究也由ANCOVA(以二項前測分數為共變量)來比較兩組學生在TPS和CCTT-X之後測的總量表和各分量表的得分間是否達統計上的顯著差異，以了解PBL對促進學生的問題解決與批判思考是否有顯著的效果。

本研究共收集PBL現場記錄(field notes)、每節PBL課堂的錄影、學生的實物資料(artifacts；包括各項學習輔助表單及成果作品)與學生晤談(從各小組中隨意抽取2名學童，共24位學童，每位學童晤談時間約30分鐘)等多種質性資料。這些資料的分析採多階段方式(Marshall & Rossman, 1999; Miles & Huberman, 1994)，先將各項資料轉譯成逐字稿(text file)，在閱讀多次後，將各資料依其來源(學生、教師、研究者)、類別(現場記錄、錄影、晤談、文件)和前述文獻中關於問題解決(黃茂在、陳文典，2004；詹秀美、吳武典，2007；Robertson, 2001)與批判思考(毛連塭等，1992a；Norris & Ennis, 1989; Semerci, 2006)的定義加以編碼(編碼表分別見表3和表4)，再將具有相同碼的資料分為「問題解決」與

表3：「問題解決」表現資料分析編碼表

編碼項目	定義	說明
界定原因	針對問題情境之敘述，能從多種角度思考，提出導致問題的各種可能原因。	學生舉出各種影響節能減碳而導致壞環境的原因。
解決方法	提出多樣而有效的各種可行方法。	學生舉出達成節能減碳的各種可行、具體的做法。
預防問題	吸取解題經驗而獲得各種有助於防範未然之預防方法。	學生於完成作品後，能針對解題歷程所遭遇的困難提出防範或克服的方法。

表4：「批判思考」表現資料分析編碼表

編碼項目	定義	說明
歸納	以因果關係作為推論的法則。	學童能舉出各種人為的污染是導致生態環境破壞的原因。
演繹	由普遍性(概化)的原則或知識為前提，推出某一項特殊性現象或知識的結論。	學童能以整理資料所形成的原則為大前提(如：「太陽能發電需要有充足的陽光」)和小前提(如：「台灣北部的日照量較南部少」)，推論出結論(如：「桃園縣不適合利用太陽能發電」)。
觀察	仔細觀看事物、資料等的能力。	學童能閱讀並整理所收集的資料。
考察訊息的可信度	依據各項可靠的資料以確定所呈現的訊息之正確性。	學童能藉由獲得雙親、專家和同學等的認可，來確認資料的可靠性和正確性。
確認隱含的假設	對提出的假設進行客觀的推理以確定該假設的正確性。	學童能在解題規劃表中列出點子，並根據探究結果來確定點子的正確性。

「批判思考」兩類能力，進而整理出實驗組學童在PBL各階段這兩類能力的實際表現之主題。接著，根據各來源的資料所形成的論點相互比對，由此得到確認的資料則加以整合成為研究發現。除收集不同來源的多項資料以進行三角校正外，研究者和任課教師於資料分析時曾針對上述分析內容各段落間的邏輯加以檢查，確保對資料有合理適當的詮釋，藉以提升本研究結果的構念效度與信度(Yin, 2003)。

肆、結果與討論

一、問題本位學習對學童問題解決的影響

實驗組和控制組學童在TPS之成對樣本*t*考驗的結果如表5所示。由表中實驗組的前後測的*t*值(8.30)已達顯著水準($p < .010$)可知，PBL對促進實驗組學童的問題解決具有顯著的效果。相對而言，控制組在前後測得分則未出現顯著差異，顯示講述式教學並無顯著之促進效果。為考驗兩組學童在TPS總得分與各分量表的得分是否出現顯著差異，並排除前測分數對實驗效果產生的影響，本研究乃將各項前測分數作為共變量進行單因子共變數分析。由表6的結果得知，無論在TPS總得分與各分量表的組內迴歸係數同質性檢定之各*F*值均未達統計上的顯著，因此可進行共變數分析，分析結果如表7所示。由表中各項「實驗處理」的*F*值均達顯著差異($p < .050$或$p < .010$)顯示，實驗組學童在問題解決的表現顯著優於控制組。換言之，PBL能顯著增進四年級學童問題解決能力。在以往的研究中(吳耀明，2005；黃善美、黃萬居，2003；Gallagher et al., 1992)均發現PBL能促進學童問題解決的過程與思考，而本研究的結果也與這些發現相似。

由各項質性資料分析的結果可歸納出實驗組學生在PBL歷程中，確實出現多項展現問題解決能力的表現(「I」代表「晤談者」，「S101」中的「S」代表「學童」，「1」代表「第1組」，「01」為「學童在小組的編號」，餘類推)。在呈現問題後，各小組學童開始針對問題情境之敘述進行腦力激盪而想出導致問題的各種可能原因，並提出多種解決問題的可行方法。本研究第一單元的問題情境旨在激發學童提出各種響應「節能減碳」的具體作法。由各小組在其解題規劃表的「事實」欄所填的資料，可以看到學童們舉出各種人為的污染和破壞。第2、4、7、8、10和12組列出「開車排放的廢氣會造成空氣污染」和「工廠會排放廢氣和廢水」；第3、8、10和12組列出「濫墾濫伐」；第2、3、4、6、7、8、9、10、11和12組列出「耗費資源」等事實。而各組在其解題規劃表的「點子」欄中共提出「少騎車或開車，多走路或搭乘大眾交通工具上下學」(第1、2、3、5、6、8、9、10和12組)、「防止工廠排放廢氣」(第1和6組)、「節約用電、少開冷氣、隨手關燈」(各組)、「節

表5：實驗組與控制組學生在TPS總量表前測—後測得分成對樣本*t*考驗

組別	前測		後測		*t*	*p*
	平均數	標準差	平均數	標準差		
實驗組	72.7	20.1	92.2	16.6	8.30	.000**
控制組	72.8	22.1	73.3	17.7	0.30	.770

實驗組：n = 65；控制組：n = 65。
**$p < .010$

表6：實驗組與控制組學生在TPS總量表與各分量表組內迴歸係數同質性檢定摘要表

來源	平方和	自由度	均方	*F*	*p*
總量表					
組間	397.3	1	397.3	2.1	.150
誤差	23842.4	126	189.2		
「解決方法」分量表					
組間	14.8	1	14.8	0.4	.530
誤差	4809.2	126	38.2		
「界定原因」分量表					
組間	52.5	1	52.5	1.4	.240
誤差	4646.9	126	36.9		
「預防問題」分量表					
組間	24.2	1	24.2	0.6	.440
誤差	5141.0	126	40.8		
「變通性」分量表					
組間	29.1	1	29.1	1.2	.270
誤差	2967.3	126	23.6		
「有效性」分量表					
組間	200.6	1	200.6	3.7	.060
誤差	6821.6	126	54.1		

實驗組：n = 65；控制組：n = 65。

約用水」(第2、3和9組)、「使用太陽能、太陽能電池」(第3、5、6、8和10組)、「資源回收，廢棄物再利用」(包括「洗澡水可澆花或沖馬桶」、「糞便當肥料」、「將動物油脂轉變成能源」、「廢紙可做再生紙」；第3、8、9、10、11和12組)等各種同時涵蓋交通、工業、家庭生活等不同類別之可行的解決方法，展現出學童能從不同方向來搜尋更多元的解題構想(「變通性」)之能力。由此觀之，學童係將「事實」欄中各項環境已遭破壞的事實當作亟需推動「能減減碳」的原因，再針對這些原因提出各種解決的點子。可見學童在遭遇問題後，能從多種角度提出導致問題的各種可能的原因(「界定原因」)，並找尋問題的主要癥結，表現出分析問題的能力。再者，學童依其既有的經驗和知識為基礎，再透過集體腦力激盪而提出上述這些解題的點子與學校、政府或學術機構所建議之節能減碳的主要方法大致相符，足以顯示這些方法的有效性。

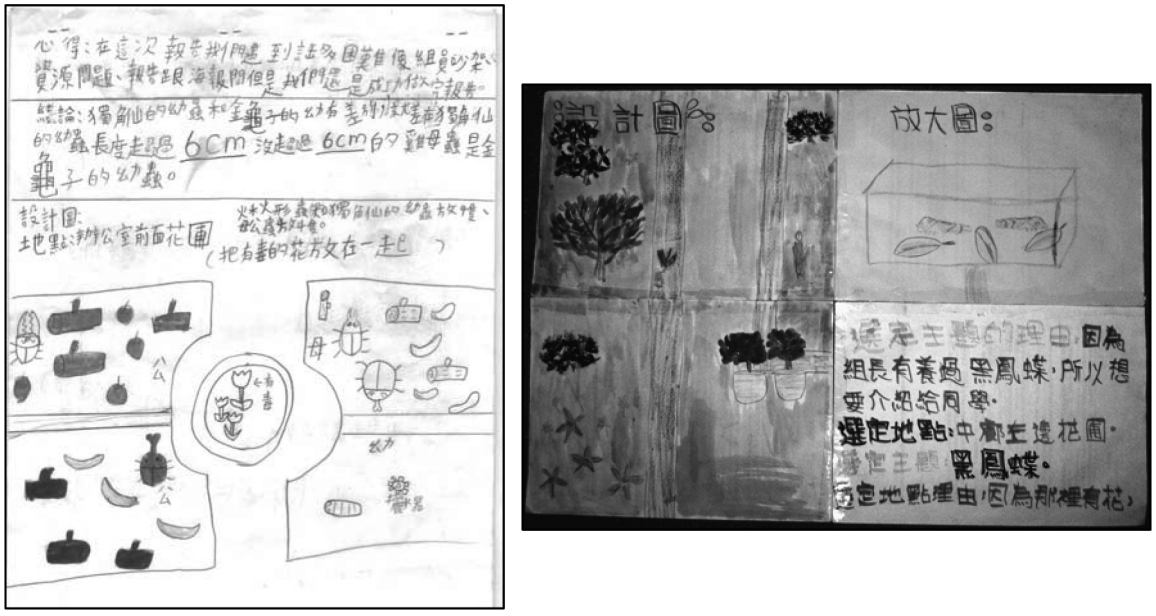
為完成第二單元的學習任務，學童須先思考適合昆蟲生存的環境因素，再據以畫出設計圖並在校園中選定一個適合昆蟲生長的區域。在解題規劃表的「事實」欄中，學生舉出危害昆蟲生存的各種原因(「界定原因」)，如「農人大量使用農藥來噴蔬菜，使昆蟲因而滅亡」(第1、6、7、8、10、11和12組)、「環境污染影響昆蟲的生態」(第9組)和「人們大量砍伐樹木，使昆蟲的棲息地愈來愈少」(第7和11組)。此外，有些學生也在「事實」欄中列出他們平常熟悉的各種昆蟲，如蟬(第1組)、金龜子(第4組)、獨角仙(第9組)等之生活習性。從學生所擬定的「行動計畫」及其所呈現的設計圖(圖

表7：實驗組與控制組學生在TPS總量表與各分量表共變數分析摘要表

來源	平方和	自由度	均方	*F*	*p*
總量表					
共變量	13469.5	1	13469.5	70.8	.000**
實驗處理	11627.4	1	11627.4	60.9	.000**
誤差	24239.7	127	190.9		
「解決方法」分量表					
共變量	465.1	1	465.1	12.2	.000**
實驗處理	605.8	1	605.8	15.9	.000**
誤差	4824.0	127	38.0		
「界定原因」分量表					
共變量	2292.1	1	2292.7	62.0	.000**
實驗處理	1191.5	1	1191.5	32.2	.000**
誤差	4699.4	127	37.0		
「預防問題」分量表					
共變量	1588.3	1	1588.3	39.1	.000**
實驗處理	3658.7	1	3568.7	90.0	.000**
誤差	5165.3	127	40.7		
「變通性」分量表					
共變量	1384.8	1	1384.8	58.7	.000**
實驗處理	94.4	1	94.4	4.0	.050*
誤差	2996.4	127	23.6		
「有效性」分量表					
共變量	2765.5	1	2765.5	50.0	.000**
實驗處理	7496.4	1	7496.4	135.6	.000**
誤差	7022.2	127	55.3		

實驗組：n = 65；控制組：n = 65。
*p < .050, **p < .010

1)可知，各組的設計構想、選定的地點與適合飼養的昆蟲種類各有不同，均為學童經由各種資料(書籍、網路文章、請教老師或長輩、科學影片)的閱讀和整理而得。從學童選定地點的理由來看，他們都能依適合昆蟲生長的部分條件來規劃設計圖。如第3組是將生長區圍繞花圃而分為四區，在灑水器旁邊養鍬形蟲和獨角仙的幼蟲，在旁邊一區養母蟲，又在另一邊分別以二區飼養雄鍬形蟲和獨角仙並提供不同食物(圖1A)。另第7組選定飼養黑鳳蝶的地點是在「中廊左邊花圃」(圖1B)，選定的理由是「因為那裡有花，有黑鳳蝶幼蟲愛吃的植物」。這些發現可以說明學童能提出多樣的解題方法，由資料歸納出各種昆蟲的習性作為設計的基礎。由此可見，以書面的「解題規劃表」作為學習輔助工具，確實能促進學童整理與問題相關之已知的事實、提出點子並構思學習議題與行動策略，發揮鷹架的功能。這與Hmelo-Silver等(2004)的研究有相同的發現。然而，多位學童(S303, S501, S604, S803, S1002)因事後自覺未能詳細考慮各種影響昆蟲生長的



A B

圖1：第三組與第七組的設計圖

因素，於是在晤談時不約而同提出「未來能再增加收集資料的時間，至少有三週」的建議，以便使他們的設計能更為周全。由此晤談資料得知，時間的限制而使資料收集不全可能是影響學童能否周密思考解題方法的成因之一。

學童在完成二個PBL學習單元的探究後也能主動反省其在問題解決歷程所遭遇的困難，並提出可能的克服之道(即「預防問題」)。在第一單元所繳交的作品中，有三組學生除了將資料組織整理成一本專輯外，還根據資料內容自行設計製作有助於節能減碳的「垃圾酵素實驗」(第1組)、「簡易的風車發電機」(第6組)和「水力電梯」(第8組)。而各組在第二單元的作品除了有自編的昆蟲介紹專輯和設計圖外，第7組還依設計圖的規劃實際飼養黑鳳蝶並就其生長情形進行觀察記錄。綜合三位不同組別的學童之晤談、解題規劃表中經過修改的內容和小組的實驗記錄發現，在自行設計的實驗過程遭遇挫折後，他們能經自我反思而提出克服困難的方法，作為未來改進的參考。例如第6組在製作太陽能車失敗後，S604在晤談時提到：

I：你的小組在實驗過程是否遇到那些困難？你們覺得要怎麼加以克服？

S604：我們買太陽能板來製作太陽能車，但發現車子不能動。這可能是因為我們沒有考慮我們買的太陽能板適不適用在我們的車子上。如果太陽能轉換太少，車子就不會動。

又如從第12組第二單元的「學習議題」欄發現，他們原先想以「蠶的傳奇」作為學習議題，但隨之又修改為「甲蟲」、「曙鳳蝶」，最後又換回原來的學習議題。造成此一轉換的原因係他們隨著資料的收集與整

理，察覺到學校的環境並不適合曙鳳蝶的生長條件，但卻有桑樹可作為蠶的食物，因而作出改變。

I：你們這組在一開始的學習議題是「蠶」，但是後又修改成「甲蟲」、「曙鳳蝶」，最後又換回到原來的題目？這是什麼原因呢？

S1202：因為一開始在網路上找不到合適的資料，所以就換成「甲蟲」，第三次換成「曙鳳蝶」，最後才換回「蠶」。

I：請問你們為什麼放棄「曙鳳蝶」這個議題呢？

S1202：因為我們從書中知道它是保育類的，而且它適合生存的環境是在海拔比較高的地方。但是我們這邊海拔比較低，所以判斷我們的學校不適合養。因為學校的水生植物池附近有桑樹，所以就又換回原來的題目。

另外，在第7組以「黑鳳蝶」為學習議題的「行動計畫」欄中也列出他們為飼養黑鳳蝶的幼蟲所需的食物(芸香科植物)來源所遭遇的困難，包括「不知道附近那裡有種植芸香科植物？」、「購買這些食物的費用要怎麼辦？」、「如果我們要種植這類植物，學校是不是同意？」等。因他們受學習動機所趨而堅持要探究這個學習議題，所以經過全組的努力後，終於在校園內找到芸香科植物，克服食物來源的困難。從這些表現可反映，學童不但能堅持到底，並能運用其後設認知能力來謀求改進與防範未來的解題。由這些學生能監控解題歷程所遭遇的困難，並主動尋求解決之道，可知PBL具有培養學童的學習動機及其運用後設認知策略的功效。

根據學童上述各項實際表現可以說明，PBL的真實性問題情境、「解題規劃表」的輔助與小組合作可激發學童運用既有的知識，透過腦力激盪和討論而提出各種導致問題的可能原因和多樣且可行的解決問題方法，並能在完成作品後，主動反省在解題歷程所遭遇的困難而提出改進或防範的方法。這些表現除可用來佐證本研究共變數分析的結果，也與多位學者發現PBL可促進學生組織訊息、主動探究、問題解決、學習動機和後設認知等之主張(Barrows, 2002; Hmelo-Silver & Barrows, 2006)或實徵研究的結果相互呼應(黃善美、黃萬居，2003；Gallagher et al., 1992; Hmelo et al., 1997)。

二、問題本位學習對學童批判思考的影響

實驗組和控制組學童在CCTT-X之成對樣本*t*考驗的結果如表8所示。從表中實驗組前、後測*t*考驗結果呈顯著差異($t = 5.20$，p

表8：實驗組與控制組學生在CCTT-X總量表前測—後測得分成對樣本*t*考驗

組別	前測		後測		*t*	*p*
	平均數	標準差	平均數	標準差		
實驗組	18.4	4.8	21.4	5.5	5.20	.000**
控制組	18.3	4.6	19.0	4.7	1.20	.240

實驗組：n = 65；控制組：n = 65。

**$p < .010$

= .000)，可知PBL對促進實驗組學童的批判思考能力均具有顯著的效果。相對而言，控制組在前、後測得分則未出現顯著差異(t = 1.20，p = .240)，顯示講述式教學對此並無顯著之促進效果。

為考驗實驗、控制兩組學童在CCTT-X總得分與各分量表的得分是否出現顯著差異，並排除前測分數對實驗效果產生的影響，本研究乃將各項前測分數作為共變量進行單因子共變數分析。由表9的結果得知，無論總得分或各分量表的組內迴歸係數同質性檢定之各F值均未達統計上的顯著，因此可進行共變數分析，結果如表10所示。由此表中的各項F值可以發現，兩組學童在總量表與「演繹」分量表之後測的得分達統計上的顯著差異(p < .050或p < .010)，此即說明實驗組學童的批判思考能力顯著優於控制組，亦即PBL能顯著增進四年級學童在批判思考的表現。此一發現與陳銘偉(2004)、DeRoche (2006)與Semerci (2006)的研究結果類似。

兩組學童在「歸納」、「確認隱含的假設」、「觀察」與「考察訊息的可靠性」(這二項能力的評測題目相同)與等三個分量表的後測得分並未出現統計上的顯著差異。究竟「歸納」分量表的得分為何沒有顯著差異？曾有研究(黃憲政，2008)指出，資料收集和小組討論的時間不足以致學生未能收集足夠資料以進行因果推論是一個可能的原因，這在本研究晤談學童時也有類似的發現。

根據定義，「考察訊息的可靠性」與「觀察」兩項能力是指對學童能仔細察閱各項資料並據之以考察所呈現訊息的可靠性(毛連塭等，1992a；Semerci, 2006)，這些表

表9：實驗組與控制組學生在CCTT-X總量表與各分量表組內迴歸係數同質性檢定摘要表

來源	平方和	自由度	均方	F	p
總量表					
組間	26.3	1	26.3	1.4	.240
誤差	2349.5	126	18.6		
「歸納」分量表					
組間	4.7	1	4.7	1.0	.330
誤差	615.9	126	4.9		
「演繹」分量表					
組間	4.1	1	4.1	0.6	.420
誤差	803.5	126	6.4		
「觀察」分量表					
組間	2.2	1	2.2	0.7	.400
誤差	386.1	126	3.0		
「考察訊息的可靠性」分量表					
組間	2.2	1	2.2	0.7	.400
誤差	386.1	126	3.0		
「確認隱含的假設」分量表					
組間	5.6	1	5.6	1.9	.180
誤差	380.3	126	3.0		

實驗組：n = 65；控制組：n = 65。

表10：實驗組與控制組學生在CCTT-X總量表與各分量表共變數分析摘要表

來源	平方和	自由度	均方	*F*	*p*
總量表					
共變量	1038.6	1	1038.6	55.5	.000**
實驗處理	171.3	1	171.3	9.2	.000**
誤差	2375.8	127	118.7		
「歸納」分量表					
共變量	101.7	1	101.7	20.8	.000**
實驗處理	6.6	1	6.6	1.3	.250
誤差	620.6	127	4.9		
「演繹」分量表					
共變量	144.8	1	144.8	22.8	.000**
實驗處理	27.4	1	27.4	4.3	.040*
誤差	807.6	127	6.4		
「觀察」分量表					
共變量	50.5	1	50.5	16.5	.000**
實驗處理	1.2	1	1.2	0.4	.530
誤差	388.3	127	3.1		
「考察訊息的可靠性」分量表					
共變量	50.5	1	50.5	16.5	.000**
實驗處理	1.2	1	1.2	0.4	.530
誤差	388.3	127	3.1		
「確認隱含的假設」分量表					
共變量	20.9	1	20.9	6.9	.010**
實驗處理	9.3	1	9.3	3.1	.080
誤差	385.9	127	3.0		

實驗組：n = 65；控制組：n = 65。
*p < .050, **p < .010

現都需要有足夠的時間。陳佩雯(2004)在其研究結果提到，學童沒有足夠的時間檢驗收集所得資料的可靠性，確實會影響這二項能力的表現。依此研究發現和上述定義可以推測，時間不足有可能是造成實驗組學童在「考察訊息的可靠性」與「觀察」之得分未能顯著優於控制組的原因。本研究在設計PBL時為恐因學童獨立學習的時間過長而影響其學習意願，於是將「自我學習」的時間訂為40分鐘。但由本研究結果觀之，學童可能需要更多的時間才足夠用以考察各項資料的可靠性。此外，本研究在晤談時得知，多位學童並未意識到考察訊息可靠性的意義。可見除了時間因素外，教師也須告知學童考察訊息可靠性的必要性並示範具體作法，讓他們對此能有所了解並加以實踐。此外，對照各組的「解題規劃表」與實際表現得知，各小組均能依其行動計畫，主動透過不同管道收集資料。除了均由網路來檢索資料外，還包括查閱書籍(第1、2、4和9組)、詢問有相關經驗的朋友或家人(第4和5組)與請教專家(第4組)等來源。然而，只有第2、4、5和9

組發現所找到的網路資料與書籍的內容有出入，能再進一步藉由雙親、專家和同學等方法的認可來確認資料的可靠性外，其餘各組都未曾加以考慮。這可能也是造成實驗組與控制組學童在CCTT-X之「考察訊息的可靠性」分量表得分未達顯著差異的可能原因。在被問到「你們這組是如何判斷查到的資料是不是可以相信的呢？」時，S206回答「我們查到的網路資料和百科全書的資料有不同的說法，所以就去問父母親，父母親認為百科全書的內容應該比較正確。後來又問別的同學，請他們提供意見，再加以確認。」；S401也表示「我們先從網路上查到合適的資料，再查其他書籍，再問我叔叔的朋友，他是研究太陽能板的專家。」Chin與Chia (2006)在其研究中發現，高中生多以網路資料為探究PBL學習議題的參考資料，且大都沒有考慮資料的可信度，這在本研究的學童也是如此。儘管網路資源十分便利，但若未能顧及這些訊息內容的可靠程度，學童仍有可能因取得不正確的資料而導致錯誤的結果。有鑒於此，PBL雖然可供學童運用查閱資料的技能，但如何透過教師或圖書館人員告知學童判斷資料(尤其是網路資料)可信度的方法，也是培養其批判思考技能不可或缺的一環。

雖然A教師已在課程介紹時已向學童解釋「解題規劃表」的意義與用法，但仍有些學童在其「點子」欄中所填的內容近似於「行動計畫」。這些學童或許未能了解提出「點子」與形成「學習議題」的關係，而將「點子」直接視同「行動計畫」。建議未來教師在說明此表的用法時，務必搭配實例示範與練習，以便幫助學童能從所提出的點子和已知的事實中找到學習議題。

有學者指出，「確認隱含的假設」是以「觀察」為基礎之高等的澄清能力，學童必須先對文獻資料的內容有明晰的了解再依此提出假說和決定行動計畫(Norris & Ennis, 1989)。因本研究之實驗與控制兩組學童在「觀察」分量表得分並無明顯差異，這可能也是他們在屬較高等能力之「確認隱含的假設」分量表的得分未能出現顯著差異的原因。溫明麗(2002)曾指出，PBL雖可提升批判思考，但如果學習者只是在尋求解答而未能深入思考，則對批判思考的影響有限。由於各小組所提的一些學習議題(如「為什麼企鵝會面臨絕種的危機？」、「紋白蝶的幼蟲怎麼飼養？」等)只需藉由收集和組織各項文獻就可獲得結果，較不需涉及推理和確認假設的過程。這或許也是導致實驗與控制兩組學童在「確認隱含的假設」一項無顯著差異的另一個原因。

由各小組所附的文獻資料影本可看出他們都能閱讀這些資料並在文中畫線以標示重點，且由各組的「資源使用記錄表」所列的文獻摘要內容可知，學童所查閱的資料多在介紹何謂溫室效應、各類能源的性質及其優缺點或昆蟲的習性、特徵與生活史的介紹等，惟涉及科學原理的論述並不多。儘管如此，有些組別的學童已能由資料整理所得的知識作為大前提(major premise)而演繹出結論。例如S803在成果發表會中回答教師「為什麼你們這組認為桃園縣不適合用太陽能發電？」的提問時，就指出「太陽能發電需要有充足的陽光(大前提)。而台灣北部的日照量較南部少(小前提)，所以桃園縣不適合用太陽能發電(結論)。」而S1202於晤談時也表示「曙鳳蝶適合生存的環境是在海拔比較高的地方(大前提)，但是我們這邊海拔比較低(小前提)，所以判斷我們的學校不適合養(結論)。」此一發現不但可顯示PBL有助於發展學童的演繹推論能力，也可說明如果學習活動(如PBL)設計得當，仍可實施於小學

階段而提升學童的思考與問題解決表現。

伍、結論與建議

PBL是一個透過學生主動探究來培養學習者解決問題和高層思考的教學模式與學習歷程。雖然以往的研究已指出PBL在醫學和高等教育方面已獲致許多教學成效，但PBL是否適用於小學科學教室以發展學童的問題解決與批判思考能力，仍是科學教育研究中一個有待探討的議題。基於此一需要，本研究乃同時收集量化與質性資料來探討PBL對小學四年級學童的問題解決與批判思考之影響。結果發現：

(一) 實驗組不但在TPS, CCTT-X兩項測驗的後測得分顯著高於前測，而且在這二項測驗的後測得分也都顯著優於控制組學童，可見PBL能促進學童的問題解決與批判思考能力。

(二) 實驗組的學童均能針對問題情境之敘述，透過經腦力激盪從多種角度提出導致問題的各種可能原因和解決問題的可行方法。他們也能在完成PBL後反思其在自行設計實驗與解決學習議題所遭遇的失敗或困難而提出可能的克服之道，顯示PBL對促進學童在「界定原因」、「解決方法」與「預防問題」的有效性與變通性等問題解決的實際表現有其功效。

(三) PBL除可促進實驗組學童主動搜尋多種來源的資料外，還能透過請教他人來確認這些資料的可靠性，並由資料整理所獲得的科學知識來進行演繹推論。由此反映PBL可促進學童的批判思考能力。

綜合本研究量化與質性資料的分析，可呼應多位學者認為PBL可提升學習者問題解決與批判思考能力的觀點，也可說明PBL的實施對象與功能應可擴及小學學童。由此可見，PBL可落實當前國內外科學教育改革中，強調科學教室應鼓勵學生以探究取向的問題解決方式來學習科學之目標。

雖然本研究已顯示PBL對學童問題解決與批判思考有所幫助，但因為活動時間的限制，以致學童無法充分收集資料，因而影響他們對問題解決方法的周密性思考、對資料的歸納，也未能考察訊息的可靠性。此外，儘管教師已對「解題規劃表」各欄的意義和用途加以說明，但學童似乎仍未了解表中「點子」與「學習議題」的相互關係，於是影響其在「確認隱含的假設」能力的表現。為了更能充分發揮PBL促進學童問題解決與批判思考能力的效能，本研究對未來在小學科學教室中實施PBL時，提出如下的建議：

(一) 提供足夠的資料收集時間：具體作法包括延長「自我學習」的時間或透過電腦線上學習平台的輔助，將資料搜尋安排於課外時間進行。再者，教師也可提供幾個與探究主題相關的主要網站或重要文獻作為各小組的基本學習材料，再讓學童依個別需要主動擴及其他來源的資料。

(二) 明確告知取得可靠訊息的作法：在資料收集之前，教師或學校圖書館人員可先向學童舉例說明判斷各種資料可靠性的方法，讓學童確實了解並能確實考察訊息可靠性。

(三) 列舉「解題規劃表」中「點子」欄的實例並輔以練習：為使缺乏使用「解題規劃表」經驗的學童能確知各欄的意義，教師須同時以實例搭配練習，以增進對各欄的功能及其相互關係的了解。

(四) 教師應提醒學童確認所提出的假設：在小組討論時，教師可透過發問(如

「你們獲得那些證據可以用來確認所提出來的假設？」)，提醒學童從每位組員自我學習的結果中找出證據，以確認各組所提出的假設。

由於本研究的對象僅限於桃園縣一所小學四年級四個班級的學生，故研究結果如欲類推至其他地區的小學學童，應審慎為之。此外，實驗組與控制組學童課外學習的時間可能造成的影響也難以精確掌控。基於質性資料分析而提出之各種透過PBL來發展學童批判思考能力的建議，也有待後續研究來驗證其實施效果。

誌謝

本研究承行政院國家科學委員會專題計畫之部分經費補助(計畫案編號：NSC96-2511-S-033-001-MY3)始得完成，謹此敬致謝忱。

參考文獻

1. 毛連塭、吳清山、陳麗華(1992a)。康乃爾批判思考測驗修訂報告。**初等教育學刊**，**1**，1-28。
2. 毛連塭、吳清山、陳麗華(1992b)。**「康乃爾批判思考測驗X級」指導手冊**。臺北市：臺北市立師範學院。
3. 吳耀明(2005)。問題本位學習在國小自然科之應用研究。**新竹教育大學學報**，**21**，35-73。
4. 問題本位學習推動小組(2008)。**問題本位學習手冊**。桃園縣：中原大學教育研究所教師專業成長中心暨科學解題與探究研究室。
5. 張雨強、馮翠典(2009)。**開放題編製的理論與技術研究**。上海市：華東師範大學。
6. 教育部(2003a)。**國民中小學九年一貫課程綱要**。臺北市：作者。
7. 教育部(2003b)。**科學教育白皮書**。臺北市：作者。
8. 陳佩雯(2004)。**以合作學習進行批判性思考教學之行動研究**。未出版之碩士論文，臺北市立師範學院科學教育研究所，臺北市。
9. 陳銘偉(2004)。**「問題本位學習」教學模式對高職學生之合作學習與批判思考歷程與成效的影響**。未出版之碩士論文，中原大學教育研究所，桃園縣。
10. 曾婉宜、楊坤原(2008)。問題本位學習對學生學習成效的影響：統合分析。**數學與科學教育**，**4**，1-13。
11. 黃茂在、陳文典(2004)。「問題解決」的能力。**科學教育月刊**，**273**，21-41。
12. 黃善美、黃萬居(2003)。以問題為中心的合作學習策略對國小學童科學學習之研究。**科學教育研究與發展季刊**，**32**，1-31。
13. 黃萬居(2004)。問題導向生活化國小自然與生活科技教學模組發展及學習成效研究。**臺北市立師範學院學報：人文藝術類社會科學類科學教育類**，**35**(1)，187-210。
14. 黃憲政(2008)。**網路化問題導向學習對國小六年級學童在「生物的繁殖」單元學習成效之研究**。未出版之碩士論文，臺北市立教育大學自然科學教育學系，臺北市。
15. 楊坤原、徐崇城、張賴妙理(2008)。**八年級學生在問題本位學習歷程的科學探究表現**。發表於中華民國第二十四屆科學教育學術研討會。彰化市：國立彰化師範大學。
16. 楊坤原、張賴妙理(2005)。問題本位學習的理論基礎與教學歷程。**中原學報**，

33(2)，215-235。
17. 溫明麗(2002)。**皮亞傑與批判性思考教學**。臺北市：洪葉文化。
18. 詹秀美、吳武典(2007)。**新編問題解決測驗指導手冊**。臺北市：心理。
19. 廖進德、祝勤捷、時德平、陳錦坤、楊宗達、劉源崇(2004)。**國民小學自然與生活科技(第四冊)**。臺北市：國編本。
20. 鄭宇樑(2007)。**國小自然與生活科技學習領域問題導向學習之研究**。未出版之博士論文，國立臺南大學教育經營與管理研究所，臺南市。
21. Ahern-Rindell, A. J. (1999). Applying inquiry-based and cooperative group learning strategies to promote critical thinking. *Journal of College Science Teaching*, *28*(3), 203-207.
22. Barrows, H. S. (2002). Is it truly possible to have such a thing as dPBL? *Distance Education*, *23*(1), 119-122.
23. Burris, S., & Garton, B. L. (2007). Effect of instructional strategy on critical thinking and content knowledge: Using problem-based learning in the secondary classroom. *Journal of Agricultural Education*, *48*(1), 106-116.
24. Chin, C., & Chia, L.-G. (2006). Problem-based learning: Using ill-structured problems in biology project work. *Science Education*, *90*(1), 44-67.
25. Committee on Development of an Addendum to the National Science Education Standards on Scientific Inquiry., Center for Science, Mathematics, & Engineering Education., National Research Council. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standard: A guide for teaching and learning*. Washington, DC: National Academy Press.
26. Conway, J., & Little, P. (2000). From practice to theory: Re-conceptualizing curriculum development for PBL. In O.-S. Tan, P. Little, H. S. Yin, & J. Conway (Eds.), *Problem-based learning: Educational innovation across disciplines* (pp. 169-179). Singapore: Temasek Centre for Problem-Based Learning.
27. D'Zurilla, T. J., & Nezu, A. M. (1987). The Heppner and Krauskopf approach: A model of personal problem solving or social skills? *Counseling Psychologist*, *15*(3), 463-470.
28. Delisle, R. (1997). *How to use problem-based learning in the classroom*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
29. DeRoche, S. J. K. (2006). An adventure in problem-based learning. *Phi Delta Kappan*, *87*(9), 705-708.
30. Dolmans, D. H. J. M., De Grave, W., Wolfhagen, I. H. A. P., & van der Vleuten, C. P. M. (2005). Problem-based learning: Future challenges for educational practice and research. *Medical Education*, *39*(7), 732-741.
31. Dolmans, D. H. J. M., & Schmidt, H. G. (2006). What do we know about cognitive and motivational effects of small group tutorials in problem-based learning? *Advances in Health Sciences Education*, *11*(4), 321-336.
32. Embry, R. L. (2001). Critical thinking skills in the high school science classroom. *Hoosier Science Teacher*, *26*(3), 77-82.
33. Ennis, R. H. (1987). A taxonomy of critical thinking dispositions and abilities. In J. B.

Baron & R. J. Sternberg (Eds.), *Teaching thinking skills: Theory and practice* (pp. 9-26). New York: Freemen.

34. Facione, P. A., Sánchez, C. A., Facione, N. C., & Gainen, J. (1995). The disposition toward critical thinking. *The Journal of General Education*, *44*(1), 1-25.
35. Gallagher, S. A., Stepien, W. J., & Rosenthal, H. (1992). The effects of problem-based learning on problem solving. *Gifted Child Quarterly*, *36*(4), 195-200.
36. Halpern, D. F. (1997). *Critical thinking across the curriculum: A brief edition of thought and knowledge*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
37. Hmelo, C. E., Gotterer, G. S., & Bransford, J. D. (1997). A theory-driven approach to assessing the cognitive effects of PBL. *Instructional Science*, *25*(6), 387-408.
38. Hmelo-Silver, C. E., & Barrows, H. S. (2006). Goals and strategies of a problem-based learning facilitator. *The Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, *1*(1), 21-39.
39. Hmelo-Silver, C. E., Chernobilsky, E., & DaCosta, M. C. (2004). Psychological tools in problem-based learning. In O.-S. Tan, M. S. Baldwin, R. O. Beltran, & E. Chernobilsky (Eds.), *Enhancing thinking through problem-based learning approaches: International perspectives* (pp. 17-38). Singapore: Cengage Learning Asia.
40. Hung, D. (2002). Situated cognition and problem-based learning: Implications for learning and instruction with technology. *Journal of Interactive Learning Research*, *13*(4), 393-414.
41. Jonassen, D. H. (2007). What makes scientific problems difficult? In D. H. Jonassen (Ed.), *Learning to solve complex scientific problems* (pp. 3-24). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
42. Jones, B., F., Rasmussen, C. M., & Moffitt, M. C. (1997). *Real-life problem solving: A collaborative approach to interdisciplinary learning*. Washington, DC: American Psychological Association.
43. Kennedy, M., Fisher, M. B., & Ennis, R. H. (1991). Critical thinking: Literature review and needed research. In L. Idol & B. F. Jones (Eds.), *Educational values and cognitive instruction: Implications for reform* (pp. 11-40). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
44. Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, *41*(2), 75-86.
45. Marshall, C., & Rossman, G. B. (1999). *Designing qualitative research* (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
46. Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
47. Norris, S. P., & Ennis, R. H. (1989). *Evaluating critical thinking*. Pacific Grove, CA: Midwest.
48. Paul, R., & Elder, L. (2001). *Critical thinking: Tools for taking charge of your learning and your life*. Upper Saddle River, NJ:

Prentice-Hall.
49. Ram, P. (1999). Problem-based learning in undergraduate education. *Journal of Chemical Education*, *76*(8), 1122-1126.
50. Robertson, S. I. (2001). *Problem solving*. Philadelphia: Psychology Press.
51. Savery, J. R. (2006). Overview of problem-based learning: Definitions and distinctions. *The Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, *1*(1), 9-20.
52. Schmidt, H. G., Loyens, S. M. M., Van Gog, T., & Paas, F. (2006). Problem-based learning is compatible with human cognitive architecture: Commentary on Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, *42*(2), 91-97.
53. Semerci, N. (2006). The effect of problem-based learning on the critical thinking of students in the intellectual and ethical development unit. *Social Behavior and Personality: An International Journal*, *34*(9), 1127-1136.
54. Smith, C. A., Powell, S. C., & Wood, E. J. (1995). Problem-based learning and problem-solving skills. *Biochemical Education*, *23*(3), 149-152.
55. Statistical Package for the Social Sciences. (2000). *SPSS for Windows* [Computer software]. Chicago: Author.
56. Svinicki, M. D. (2007). Moving beyond "it worked:" The ongoing evolution of research on problem-based learning in medicine education. *Educational Psychology Review*, *19*(1), 49-61.
57. Tan, O.-S. (2007). Problem-based learning pedagogies: Psychological processes and enhancement of intelligence. *Educational Research for Policy and Practice*, *6*(2), 101-114.
58. Tiwari, A., Lai, P., So, M., & Yuen, K. (2006). A comparison of the effects of problem-based learning and lecturing on the development of students' critical thinking. *Medical Education*, *40*(6), 547-554.
59. Torp, L., & Sage, S. (2002). *Problems as possibilities: Problem-based learning for K-16 education* (2nd ed.). Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
60. Weissinger, P. A. (2004). Critical thinking, metacognition, and problem-based learning. In O.-S. Tan (Ed.), *Enhancing thinking through problem-based learning approaches: International perspectives* (pp. 39-62). Singapore: Cengage Learning Asia.
61. West, S. A. (1992). Problem-based learning – A viable addition for secondary school science. *School Science Review*, *73*(265), 47-55.
62. Yin, R. K. (2003). *Case study research: Design and methods* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.

科學教育學刊
2011, 第十九卷第三期, 185-209

Chinese Journal of Science Education
2011, 19(3), 185-209

The Effects of Problem-Based Learning on the Problem Solving and Critical Thinking of Fourth Graders

Kun-Yuan Yang[1,*], Jian-Hua Chen[2] and Miao-Li Changlai[3]

[1]Graduate School of Education and Center for Teacher Education, Chung Yuan Christian University
[2]Tao Yuan County Da An Elementary School
[3]Center for General Education, China University of Technology

Abstract

The purposes of this study were to investigate problem solving and critical thinking of fourth-grade students who were given Problem-Based Learning (PBL) instruction compared to students who were given a more traditional non-PBL instruction. Four classes of students were selected from a public elementary school in Tau-Yuan county and classes were randomly divided into two experimental groups (n = 65) and two control groups (n = 65) to implement PBL and lecture-based teaching respectively. The groups of students were tested by the Test of Problem-Solving, Cornell Critical Thinking Test (Level X) and the results from paired t-tests showed that the means of posttests in these two tests for experimental group students were significantly better than those of pretests ($p < .010$). One-way analysis of covariance found significant differences between the means of posttests in these two tests for experimental group students and control groups ($p < .050$). These findings suggested that PBL promoted the problem solving and critical thinking abilities of fourth graders. Evidence derived from the qualitative data analysis found that the experimental groups brainstormed the various causes of problems and exercisable problem-solving methods according to the problem scenarios. They reflected how to improve and resolve the difficulties they suffered when designing experiments and determining learning issues. They also actively confirm the reliability of the data collected from different sources and made deductive reasoning based upon the data. These findings suggested PBL was beneficial for fourth graders to develop their competency of problem solving and critical thinking.

Key words: Critical Thinking, Problem-Based Learning, Problem Solving

* Corresponding author: Kun-Yuan Yang