科學教育學刊
2013, 第二十一卷第三期, 345-370
DOI: 10.6173/CJSE.2013.2103.05

Chinese Journal of Science Education
2013, 21(3), 345-370

八年級學生在科學問題本位學習歷程的自我導向學習行為表現

陳毓凱[1]　張賴妙理[2]　楊坤原[3、*]

[1]國立臺灣師範大學 科學教育研究所
[2]中國科技大學 通識教育中心
[3]中原大學 教育研究所

摘要

本研究採個案研究法探討桃園縣國中八年級一個班級的學生(共38人)在科學問題本位學習(Problem-Based Learning, PBL)歷程的自我導向學習(Self-Directed Learning, SDL)行為表現。各種質性資料分析發現，在遭遇結構模糊的問題後，各組學生便運用先備知識並經腦力激盪而擬定小組的學習議題與行動計畫。依據小組的行動計畫，每位組員分工搜尋各類學習資源以進行自我學習，並透過小組討論自由地分享和比較彼此的想法，逐步培養互信並進行知識建構。最後，各組運用電腦將解題歷程與解決方案加以呈現，再以自評表和組員互評表來評鑑、反思自己與其他組員的學習表現。由PBL提供之真實性問題情境及主動學習、小組討論等活動可使學生從學習中體會科學知識的實用價值並提升自我效能，因而激發和維繫其學習動機，驅使各組學生運用各種SDL技能以完成解題任務。這些發現顯示PBL有助於發展八年級學生的SDL技能。

關鍵詞：自我導向學習、探究取向的學習、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、批判反省、團隊合作與問題解決等終身學習技能的學生，實為現今各國教育改革的主要目標(Savery, 2006; Tan, 2007)。最近有關大腦、學習與認知科學的研究均強調，學校應透過主動建構、合作與情境化的學習活動來發展學生訂定學習目標、確認學習需求、擬定計畫、搜尋學習資源、運用學習策略與評鑑學習結果等自我導向學習(Self-Directed Learning, SDL)技能，使其能將SDL技能遷移到其他學習和未來的職場上(高文、鄭太年，2009；Dolmans, De Grave, Wolfhagen, Van Der Vleutten, 2005; Gibbons, 2002)。國內外重要的科學教育文獻也主張，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，以科學性的探究和實作來

*通訊作者：楊坤原
(投稿日期：民國101年10月17日，修訂日期：民國102年2月4日，接受日期：民國102年2月7日)

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，2003；National Research Council, 2000)。

「問題本位學習」(Problem-Based Learning, PBL)的活動設計可讓學生從遭遇真實性問題著手，提供運用SDL技能來學習科學的機會，是一個能達成當前科學教育改革目標之探究取向的教／學模式(Chin & Chia, 2006; Lycke, Grøttum, & Strømsø, 2006)。PBL原是透過醫學案例來培養醫學生的專業知識與SDL技能的學習模式，迄今已逐漸擴及於各級學校和多種學科領域的教學(曾婉宜、楊坤原，2008；Hmelo-Silver, 2004)。

從比較PBL與教師講述為主的教學對學生學習成效的量化研究發現，PBL能顯著提升學生的SDL技能(Blumberg, 2000; Chen & Yang, 2006; Hmelo & Lin, 2000; Sungur & Tekkaya, 2006)與學習動機(吳耀明，2005；鄭宇樑，2007；陳毓凱、楊坤原，2006；Pedersen, 2003; Yeung, Au-Yeung, Chiu, Mok, & Lai, 2003)。在質性研究方面，中學生在PBL的科學課堂上能表現出形成學習議題、以問題引導探究、蒐集資料、運用圖書館資源、參與小組討論等多項SDL行為(楊坤原、徐崇城、張賴妙理，2008；Chin & Chia, 2006; Yang & Changlai, 2010)。然而，也有發現學生在PBL歷程未表現出SDL行為者(Llyod-Jones & Hak, 2004)。

儘管PBL已成為一個研究焦點，但過去的研究仍有一些不足之處。以研究對象而言，多數以PBL為題之研究大都侷限於高等教育(尤其是醫學院)，K-12年級的學生則相對較少，需有更多研究來揭示中學生在教室進行PBL時的各種SDL表現，增進對PBL與SDL的關聯性之了解(Hmelo-Silver, 2004; Savery, 2006)。在研究法方面，目前國內外在科學教育領域以PBL為主題的研究除少數為質性研究(楊坤原、李筱雲、張賴妙理，2010；Chin & Chia, 2006)外，多偏重於探討PBL對SDL成效之量化研究。因此，學者建議應有更多質性或結合質性與量化的研究投入，才能深入了解PBL對SDL的影響與兩者之間的關係(Hmelo & Lin, 2000; Svinicki, 2007)並符合SDL未來的研究趨勢(Merriam & Caffarella, 1999)。

此外，雖然已有不少以醫學生為對象的PBL研究，但因醫學生的素質、課程設計與一般學校皆有所不同，故PBL的教學原理與成效迄今仍未完全獲得研究結果的支持(Blumberg, 2000; Savery, 2006)；教育心理學者對諸如PBL這種開放式探究(open inquiry)活動是否適合用來促進中、小學生知識與技能的學習也分持肯定(Keys, 1998; Schmidt, Loyens, Van Gog, & Paas, 2007)和質疑(Kirschner, Sweller, & Clark, 2006)的態度。即使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與問題解決表現(Schmidt et al., 2007)，但因現有的研究對中學生在PBL或開放式科學探究學習歷程的SDL表現情形有不同的發現，而未能從各研究中獲得一致的結論(Chin & Chia, 2006; Krajcik, Blumenfeld, Marx, Bass, Fredrick, & Soloway, 1998; Zion et al., 2004)。為了釐清爭議並將PBL的應用範圍延伸到中學教室之中，學者呼籲未來的研究應更多著眼於學生執行PBL的過程，探討PBL如何影響SDL表現的原因與相互關係，藉以明瞭中學階段實施PBL的教學設計、可能障礙及其因應之道，以提升教／學成效(Blumberg, 2000; Dolmans et al., 2005; Loyens, Magda, & Rikers, 2008; Svinicki, 2007)。

基於上述的背景，本研究乃延續先前準實驗研究的結果(Chen & Yang, 2006)，以個案研究法描述八年級學生在「自然與生活科技」領域進行PBL歷程的SDL行為表現，藉此了解PBL的學習環境如何促進學生的SDL及其學習動機。本研究的發現可檢驗PBL的原理的適用對象可否擴展至八年級學生，除了有助於了解八年級學生在PBL環境表現出那些SDL行為外，亦可作為科學教育者日後設計PBL的教／學活動或課程以發展學生的SDL技能之參考，也可為推動教育改革的教育行政當局和學術研究者，提供重要的建議。

貳、文獻探討

一、問題本位學習的意義與教學設計

PBL的定義常會因教學目標與設計而異，然而，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，其重點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)。

以結構模糊的(ill-structured)問題作為學習情境來開啓整個學習歷程，是PBL與其他教／學方式最明顯的差異。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，主動發掘學習議題(learning issues)來引導探究方向，運用各種SDL和高層思考技能完成學習議題的探究(Hmelo-Silver, 2004; Savery, 2006)。PBL的教學者需同時擔任學習的促進者、支持者和監控者，以發問來挑戰和指引學生，促進小組透過合作與討論以建構知識，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，藉以精進未來的學習(Dolmans & Schmidt, 2006; Savery)。這些特徵足以顯出PBL為一符合建構主義、訊息處理論、合作學習、情境學習和後設認知等理論的教／學模式(楊坤原、張賴妙理，2005；Hung, 2002)。

關於PBL的教學設計原則，Torp與Sage (2002)強調設計者應同時從問題的情境、學生的特性、課程的內容與目標等加以考量。一些學者建議，中小學教師在設計PBL時，必須先依據課程綱要、學習目標與學習者背景的分析來擬定教學計畫，選擇PBL活動所要涵蓋的內容與技能、實施模式與實施時間。其次，整理從各種媒體、書籍中所尋得的資料和學習資源，按學習目標和學習資源來撰寫問題情境。接著，著手設計PBL的學習活動與評量工具。最後則為安排實施流程與評鑑，依實施結果修正活動內容以確保實施品質(Delisle, 1997; Torp & Sage)。

為了迎合不同對象與教學目標的需求，不同機構或學者曾提出各種PBL的實施流程。洪榮昭與林展立(2006)建議的PBL流程包括：藉由問題引起學生的疑惑、學生著手組織該議題的先備知識、提出任何額外的問題、確定所需知識的範圍、提出計畫來獲取更多資訊、進行必要的研究、分享與總結所習得的新知識、發表結論等項。楊坤原與張賴妙理(2005)使用的流程有呈現問題、規劃解題、自我學習、小組討論、展現結果與進行評鑑等步驟。Delisle (1997)提出的PBL歷程為連結問題、建立結構、訪查問題、再訪問題、產出成果與評鑑表現。Torp與Sage (2002)建議之PBL教學流程則分為進入問題

情境、分析問題、收集並共享訊息、設計解決方案、選擇最佳方案、學習評鑑與反思等項。儘管這些流程的步驟與名稱各異，但仍可歸納爲遭遇問題、構思解題計畫、自我學習、小組討論、展現結果與評鑑等幾個主要的活動。

二、自我導向學習的歷程

自1970年代中期起，SDL已成爲成人教育領域重要的理論基礎(Birenbaum, 2002; Regan, 2005)。Silverman (1996)認爲SDL與科學家從事科學研究的歷程相近，故對當前科學學習的研究深具意義。由於不同學者對SDL的著眼點各有差別，因而造成SDL的定義並不一致。有些學者將SDL界定爲學習者處於單獨或他人支持的學習情境中，主動建立氣氛、診斷學習需求、訂定學習目標與計畫、搜尋學習資源、執行和監控學習策略、評鑑學習結果等一連串線性的學習歷程(Knowles, 1975; Loyens et al., 2008; Williamson, 2007)。採取「能力觀」的學者則將SDL定義爲執行上述SDL歷程所需的技能或能力(Regan, 2005; Zimmerman, 1989)。最近也有學者從SDL的心理運作歷程的層面著手，認爲必須同時從學習者的內在特質(認知監控與動機)與外在學習情境(情境管理)的交互作用來界定，較能完整解釋SDL在教育情境中的意義(Costa & Kallick, 2004; Schraw, Crippen, & Hartley, 2006; Zimmerman, 2002)。雖然各學者劃分SDL歷程的階段稍有差異，但歸納各運作模式的內容可知，當學習者在進行SDL歷程一開始的「計劃階段」時，必須先依據任務分析來訂定學習目標、搜尋相關的學習資源與規劃學習策略(「自我管理」歷程)。在「表現階段」時，學習者在評估先前知識與學習目標的差距後，開始運用合適的認知與後設認知策略，透過獨立與合作學習，監控與調整學習行爲以克服障礙，達成學習目標(「自我監控」歷程)。在最後的「自我反思階段」，學習者將對自己的學習歷程和結果加以評鑑和反思，並對下一次的學習提出修正(自我修正歷程)。在這些歷程中，學習者因感知學習目標的意義和價值而激發的初始動機(entering motivation)，促使他們願意承擔學習責任，專注且持續地投入學習歷程而完成學習任務(「任務動機」；Costa & Kallick, 2004; Schraw et al., 2006; Zimmerman, 2002)。

綜上所述，一個較完整的SDL定義應兼重外在歷程與內在能力兩個層面，亦即學習者在內在動機的驅使下，運用「確認自己的學習需求」、「將學習需求轉變爲可行的學習目標」、「搜尋和使用各種達成學習目標所需的學習資源」、「運用有效的學習策略從學習資源中獲得所需要的知識和技能」、「根據自我省思和他人回饋來評鑑自己的學習歷程與成效」等多項技能，經歷SDL歷程以完成學習任務。

三、自我導向學習與問題本位學習

PBL與SDL雖不同義但彼此相輔相成。SDL是PBL的一個特徵與不可或缺的重要成分 ，而PBL是SDL歷程的具體展現，也是一個促進學生發展SDL能力的優質學習環境(Loyens et al., 2008; Williamson, 2007)。由於SDL的表現程度會因人、學習情境、學科而異(Birenbaum, 2002; Regan, 2005)，學者強調應設計合適的學習環境來幫助學生發展SDL能力(Hmelo & Lin, 2000; Loyens et al.)。

就理論基礎、教／學目標與教學設計的原則而言，PBL與SDL有諸多相近之處。PBL與SDL均爲實踐建構論、訊息處理論、合作

學習與後設認知等當前教育思潮與實務的有效途徑(Gibbons, 2002)。Silverman (1996)強調，以發展學生SDL爲目標的科學課程，應培養學生發展主動探究自然界的技能、動機和信心。多位學者也主張，發展SDL教學方案的主要原則，應結合學生的生活與學習方式，配合身心發展階段來設計足以挑戰學生能力的學習活動，使其經歷自我管理、自我激勵與自我評鑑等自主學習歷程而達成涵蓋認知、技能與情意領域的學習目標(Boekerts, 1997; Gibbons)。這些目標與PBL強調培養具備知識建構、團隊合作、問題解決等技能和內在學習動機的學生之功能相互吻合(Hmelo-Silver, 2004)。再者，PBL設計真實性的問題爲起點來挑戰學生、提供學生自主決定學習目標與資源、選擇學習策略、進行團隊合作和自我評鑑等學習活動，也是教室中發展SDL的主要策略(Hmelo & Lin, 2000; Yeung et al., 2003)。這些PBL活動搭配教師的引導與支持，亦可激發學生的學習動機，爲他們進行SDL營造更有利的條件(Pedersen, 2003)。

參、研究方法

本研究以桃園縣一所國中八年級一個班級爲個案，採個案研究法(Creswell, 2012)來描述學生如何在PBL各階段的SDL表現歷程。透過各項質性資料的收集與分析來描述學生在PBL各階段實際展現的SDL行爲，並從中發現PBL得以激勵SDL行爲的可能原因。

一、參與學校

參與本研究的學校爲一所位於桃園縣近郊的公立國民中學。全校七至九年級共有51班，學生總數約1,600人(八年級有14班，共530人)。學校所在區域鄰近觀光勝地並靠近由H基金會建置的科學園區，文化與科技資源豐富。該校的辦學理念以「樂於學習、身心健全、有帶得走的能力、具世界觀的現代國民」爲目標，重視九年一貫課程與教學的研發，致力於教改的落實。家長多數具有大專學歷，職業大多爲經商或從事科學園區工作，屬Woolfolk (2004)所界定之中層社經地位者，對子女的教育十分關心。基於參與本研究的教師與研究者間的合作關係、校長的教育理念、學校行政的支持與校內外相關教育資源的分佈等因素，故選擇這所學校參與研究。

二、參與學生

本研究從所有八年級的班級中隨意選出一班作爲研究對象。這個班級由21位男學生和17位女學生所組成，平均年齡爲14.3歲。經由與教務主任、導師的訪談得知，該班的班級氣氛活潑，上課時與教師的互動不錯。相較於其他班級而言，本班學生的讀書風氣稍嫌低落，因而在所有八年級的自然科平均成績排序中較屬中後段。全班學生中約有三分之二參加校外課業輔導以加強學科知識的學習。

各班學生的組成係由校方依據學生的入學考試成績依常態分佈編排而成。爲了符合PBL小組合作學習的需要，本研究接受班導師的建議，參照學生上學期的學業平均成績與平日人際互動等特質，採S異質分組，共分成六個小組，每組由6 ~ 7位學生組成。進行PBL活動時，每組學生均圍著課桌、面對面而坐(座位分配如圖1)，方便討論與互動。上課地點除教室外，在「自我學習」階段也會安排到電腦教室上課，以利學生上網搜尋資料。

研究者在開始實施PBL前二週就先到教

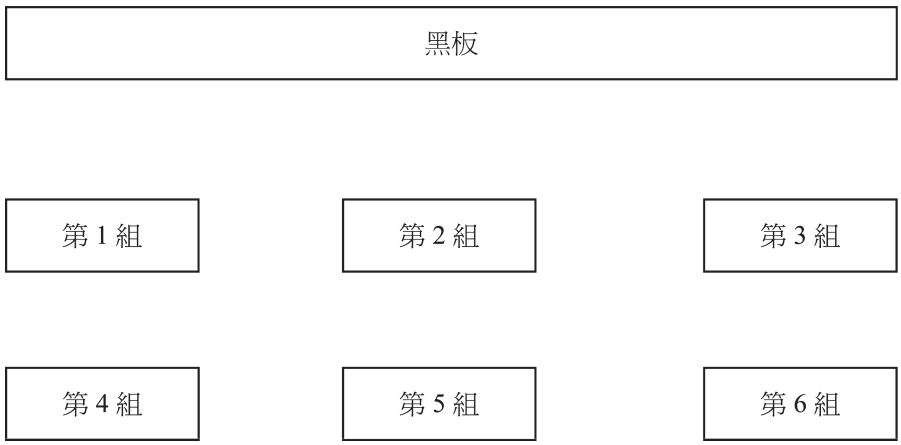


圖1：學生座位分配圖

室進行觀察，藉以熟悉科學教室的學習環境。由初步的觀察和接觸學生後，可確認此班的班級氣氛和學習情形的確與上述導師所言者相近。在開始實施PBL後發現，學生們對PBL大都感到新奇而有學習的興趣，並未因其之前自然科成績的表現而影響其參與意願。

三、參與教師

擔任這個班級的科學教師——A老師是一位科學教育碩士並具有一年的中學教學經驗。爲使學生能主動學習，並體驗科學探究的樂趣，A老師平常上課時常要求學生動手做實驗，鼓勵他們發問並閱讀科學相關文章。因A老師在就讀研究所時，曾修習數門關於PBL教學原理與課程設計的課，並在一個科學教育研究計畫中擔任研究助理，協助發展中學科學課堂使用的PBL學習單元。考慮A老師對九年一貫課程目標和PBL的了解與落實PBL於科學教室的熱忱，本研究乃邀請其參與PBL的設計與教學。

在PBL的每一階段中，A老師扮演「走動的促進者」(floating facilitator; Duch, 2001)的角色，在巡迴各小組時，依各組學生的實際需要提供參考意見或以「爲何」或「如何」的提問來引導學生思考或反省。此外，A老師也負責評鑑和總結各組學生的學習歷程與結果。

四、研究過程

研究過程分爲三個階段進行。在「學習單元與教學活動發展階段」中，本文作者在完成文獻探討後，便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。「PBL實施階段」除將二個PBL單元實施於課堂外，也同時收集學生在PBL歷程表現的各項質性資料，並將現場錄影光碟轉錄成文字檔存於電腦。因資料蒐集與資料分析同時並行，因此PBL實施階段與「資料收集與分析」階段有所重疊。資料分析係採取多階段方式進行，最後再彙整發現撰寫研究主張。爲有助於研究設計並在資料收集和分析時的聚焦，每個研究階段均運用文獻探討所建立的理論基礎並視實際需要補充相關文獻。研究者在整個研究過程扮演的角色除收集與分析各項質性資料外，也與A教師合作設計PBL學習單元，

並擔任其PBL教學知能方面的諮詢者，但並未直接涉入教／學過程。

依「問題本位協同發展」(PBL co-development)的作法(Jones, Rasmussen, & Moffltt, 1997)，研究者共同參照學者建議的步驟(Delisle, 1997; Torp & Sage, 2002)發展二個PBL學習單元與教學流程，供學生進行為期6週(共24節課)的學習。茲將具體做法說明如下：

(一)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中學《自然與生活科技》第三冊(尤丁玫等，2004)教材之「溫度與熱」單元進行概念分析，以「溫室效應」和「輻射污染」兩個主要概念為核心，改編成以「酷熱的夏天」和「當心！輻射就在你身旁」為題的二個符合PBL設計原理的學習單元，使學生能透過溫室效應與輻射污染二者的成因、可能造成的生態危機與防範之道等層面來探究科學。

2.學習者特性分析

依其平均年齡推估，學生大多處於認知發展階段的形式操作期，自然科學業平均成績屬全年級中的中後段。依據A老師平日的課堂觀察，學生的個性活潑，上課時能與教師彼此互動。在參與本研究前，學生曾在自然課中以小組合作方式進行學習和做實驗，但皆無PBL的經驗。

3.擬定學習目標

兩個PBL單元的學習目標除了讓參與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備九年一貫課程總綱中所列的「尊重與團隊合作」、「主動探究與研究」和「獨立思考與解決問題」等能力以達成課程目標(教育部，2003)。

4.設計問題情境

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，作為問題情境的素材，使學生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，「酷熱的夏天」單元的問題情境設計係結合學生對夏天高溫感受到的不適經驗、報紙上常見之「環境污染」、「全球暖化」與「節能減碳」等報導為問題情境，請學生以地球村村民的角色，從多方面考量而提出各種降低溫室效應的具體作法，為保護地球和永續生存而盡一份心力。「當心！輻射就在你身旁」單元的問題情境，則先以電視新聞中「民眾反對興建核電廠的抗爭活動」和報紙中關於「輻射屋」的報導來引起學生們的關注，再請他們扮演專家小組的角色，探討環境中輻射污染的成因與危害，並提出防治對策。

5.設計各項學習輔助工具

本研究設計如下幾項輔助工具，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)的建議，設計「解題規劃表」供各小組作為解題歷程的架構。本表共含四個部份，分別為「點子」(ideas；記錄小組所提之可能解決問題的想法)、「事實」(facts；記錄小組所提關於問題的已知事實)、「學習議題」(記錄由

小組經腦力激盪找出需進一步探究的議題)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

由二部份所組成。第一部分先請各組學生填寫「成員姓名」、「職務」和「工作內容」；第二部份由「工作日期」、「工作內容」、「工作地點」和「工作夥伴」等欄位組成，可供每位小組成員隨時記錄、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「日期」、「資料名稱」、「資料出處」、和「內容說明」等欄位，以供學生記錄收集而得之各種來源的文獻資料，並扼要寫下各篇的內容說明。

(4)自評表

採開放式問題設計，在每個單元結束時供每位學生填寫以自我省思其在PBL歷程每個階段的表現情形，作爲下個單元改進學習的參考。

(5)組員互評表

與上表同於學習結束後由學生填寫對組內或他組的其他組員在學習歷程表現、作品的評等並列出具體事實與理由，讓他們由省思自己與他人的學習歷程，檢討自己學習表現的缺失及其原因。(4)、(5)兩種表格均修改自《問題本位學習手冊》第61 ~ 63頁(中原大學問題本位學習推動小組，2008)。

(二)教／學流程

PBL單元開始之前，A老師先利用第1節課的前30分鐘進行課程介紹，透過發給學生的「學習活動說明單」向全班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，A老師逐一對學生不清楚的部份加以解釋。接著，教師進行S型分組(共分成六組)，並請各小組成員自行推選小組長、記錄員、報告員等職務。接著便開始展開PBL各階段的學習。

1.遭遇問題(第1節課的後30分鐘)

A老師先以多媒體呈現與問題相關的電視報導，以引起學生的關注與興趣。接著，發下包含文字搭配圖片的「問題單」來呈現問題情境。在學生閱讀問題後，A老師向全班介紹主題並邀請他們分享個人生活中與問題情節相關的經驗，使經驗與問題能產生連結。此時學生也可就問題情境中的疑問請求說明。

2.解題規劃(第2節課)

在A老師呈現問題後，採用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，儘可能提出他們認爲可能解決問題的任何想法，將之記錄在「解題規劃表」的「點子」欄中。接著，各小組成員又根據問題敘述和先備知識，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。爲敦促小組成員能落實行動計畫，A老師會在各小組之間巡迴，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。

3.自我學習(第3 ~ 5節課)

在這三節課中，每位組員需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、查閱書刊等途徑，收集和閱讀相關文獻資料。各組學生需配合「資源使用記錄表」將收集的文獻資料加以登載、閱讀、摘要和整理，據以形成自己對該學習議題的見解。A老師在此階段持續扮演促進者的角色，督促並引導學生進行文獻摘要、各項表單的填寫，確認每個人是否做到「工作記錄單」中所要完成的任務。每位學生可就文獻內容的疑問處於課堂上或課外時間，當面或透過電子郵件請教A老師、家長或其他人，以求能充分了解文獻的內容，形成個人的見解並作爲小組討論的基礎。

4.小組討論(第6～7節課)

每位組員將利用兩節課，就自我學習所得之文獻摘要與個人心得與組員分享和討論。透過小組成員之間的互動與溝通，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，A老師仍持續巡迴各組並提出「爲什麼……」或「你們如何……」等疑問來挑戰、促進學生的討論和反省，除在必要時提供協助外，A老師也鼓勵組長能安排每位組員先報告自己的心得，待第二次發言時才開始針對組員的內容提出疑問、補充、澄清、評論或回應，以維繫討論不致中斷。

5.確定解決方案(第8～9節)

經過三節的小組討論之後，A老師要求各小組著手統整各項資料與討論後所得的結論，提出該組認爲最合適的解決方案。接著，各組將利用學校和A老師所提供的電腦設備與材料，集體製作簡報檔或海報，準備在下次上課時向全班展現學習成果。

6.成果發表與評鑑(第10～12節)

在成果發表會中，各組依序上台呈現學習歷程和成果(每組約15分鐘)，並回應其他小組的提問(每組約5分鐘)。接著，所有學生填寫「自評表」和「組員互評表」。A老師於活動最後則依據各組的表現，提出評論並總結學習內容與結果。

茲將上述PBL各階段的學習活動與學生的SDL表現之關聯性列於表1。

表1：學生在PBL各階段活動的SDL行為表現

PBL活動	學生的SDL表現
遭遇問題	1.因遭遇結構模糊的真實性問題而激發學習的初始動機。 2.將個人的先前相關經驗與問題產生連結。
解題規劃	1.在先備知識(填寫在「事實」欄位)的基礎上，確認學習需求(填寫在「學習議題」欄位)。 2.依據「學習議題」提出具體可行的「行動計畫」。
自我學習	1.依據行動計畫收集和使用各項解決學習議題所需之學習資源。 2.由各文獻資料內容的整理、組織和摘要，建立解決學習議題所需的知識與見解。 3.依據自我學習的目標來監控和調整個人的自我學習行爲。
小組討論	1.透過知識與見解的分享與討論，合作建構知識與學習議題的解答。 2.個人藉由同儕互動來監控和調整自己的學習行爲。 3.以小組合作維繫和提升任務動機。
確定解決方案	依據小組討論所獲得的共識，確定並提出學習議題的解答。
成果發表與評鑑	1.透過自我省思(自評)和他人回饋(建議與互評)來評鑑自己的學習歷程與成效。 2.依據評鑑結果修正未來的學習表現。

五、資料收集與分析

資料收集與分析持續於學生進行PBL的整個歷程且兩者同時進行。本研究收集的資料包括現場觀察記錄(field notes)、每節PBL課堂的錄影、學生的文件(artifacts)與學生的半結構性晤談等多種質性資料。現場觀察記錄與課堂錄影共收集各小組爲期6週(每週4節，共24節課)、二個單元的PBL課堂活動內容，可由此分析學生在連續性的PBL歷程中各種SDL策略的實際表現，了解PBL的背景脈絡與學生SDL表現的關聯性。晤談資料是由選自各小組共12位接受半結構性晤談的學生(爲充分展現各組學生的表現，每組任意抽取2名)之晤談錄影的轉錄文字稿所組成。每位學生的晤談係透過研究者事先擬定之半結構晤談大綱中的6個問題，請個人針對其在PBL歷程所表現的各種SDL行爲和PBL對個人學習動機的影響等加以陳述或說明，每人晤談時間爲30 ~ 40分鐘。爲了使這些初次接觸PBL的學生能充分熟悉PBL歷程和實施後的感想，晤談是在二個PBL單元之後進行，地點也選在PBL教室中。藉由晤談資料的分析可了解受訪學生的SDL行爲及PBL如何影響他們的學習動機之感受，並與現場觀察記錄、課堂錄影的資料相互印證，爲學生在PBL歷程的SDL表現提供一個較爲完整的描述。本研究還收集學生在PBL使用的各種學習輔助表單及各組的成果進行分析，以期能由文件資料的內容來佐證SDL的行爲，且與上述各管道獲得的資料進行相互補充和檢驗。

在研究問題與文獻探討爲綱領的引導下，資料分析將參照「模本式分析」(template analysis)的原則，以多階段方式進行(Marshall & Rossman, 1999; Miles & Huberman, 1994)。首先將錄影、晤談等資料轉譯並存成文字檔(text files)，並依各資料依其來源(學生、教師、研究者)、類型(現場觀察記錄、錄影、學生晤談、學生文件)、蒐集時間和地點等加以整理。經過多次反覆閱讀而熟悉各項資料的內容後，使用由上述文獻彙整而得之SDL能力的定義(Blumberg, 2000; Costa & Kallick, 2004; Knowles, 1975; Schraw et al., 2006)作爲模本(如：「提出行動計畫」、「收集資料」、「分享訊息」等)，將各項資料中與SDL定義相關的詞句、段落加以標示並予以編碼。接著，再將相同或相近的碼歸成幾個類目(categories；如：「解題規劃」、「自我學習」、「小組討論」等)，並依表1將各項SDL行爲表現置於PBL各階段的情境脈絡中。最後將由各項來源的資料經相互比對而得到確認的資料加以整合，歸納而得研究發現。

除收集不同來源的多項資料以進行相互的檢證並詳細呈現研究發現外，研究者和A教師於資料分析時曾針對分析內容各段落間的邏輯加以檢查，以確保對資料有合理適當的詮釋，提升本研究發現的可靠性(trustworthiness)。

肆、研究發現與討論

歸納資料分析所得的發現，本研究提出下列五項研究主張(assertions)：

主張一：在遭遇結構模糊問題後，學生以「解題規劃表」作為輔助鷹架，運用先備知識並經腦力激盪而擬定小組的學習議題與行動計畫。

PBL的「遭遇問題」與「解題規劃」階段相當於SDL歷程的「計劃階段」，在結構模糊的真實性問題情境的引導下，學生必須分析問題並據以訂定學習目標與規劃解題方案，展現其自我管理的各項能力(Savery,

2006; Zimmerman, 2002)。從課堂錄影資料、學生文件和晤談內容分析發現，各小組在遭遇問題之後，每個學生均搭配「解題規劃表」開始進行腦力激盪，以「事實」欄中所記錄的相關訊息(先備的科學知識)爲基礎提出學習議題，再從個人所提的多個議題中，根據對議題的興趣、PBL的學習進度安排等條件的考慮，決定各組所要探討的學習議題與行動計畫。可見，「解題規劃表」的完成是一個結合學生的先備知識、對學習議題的興趣與小組協商之歷程，各組學生在「解題規劃表」的輔助下，多能運用先備知識與SDL技能展開科學探究歷程。

在「酷熱的夏天」單元的解題規劃時，多位學生(“St”代表「學生」，“102”爲「第1組編號2號」的代號，餘類推)分別提出「世界各國都相當關切環保議題，尤其以『溫室效應』最受矚目。」(St102)、「溫室效應會使地球溫度升高，這個結果將使兩極冰山融化、海平面上升，陸地面積縮小，危及人類生存空間。」(St102、St201、St403)和「溫室效應可能是因人類過度砍伐森林所引起。」(St102)、「溫室效應是因二氧化碳過多所引起。」(St201、St403)、「溫室效應的影響包括地表溫室增加、南北極冰融化。」(St201)等多項已知事實。在「當心！輻射就在你身旁」單元中，學生也列出「因為輻射無色、無味，我們很難感覺出來。」(St102)、「興建核能發電廠會引起當地居民的抗爭，因為他們害怕輻射所產生的病症。」(St102)、「原子能委員會曾發表一則報告，顯示各種消費性產品對國人的平均輻射量是台電三座核能電廠的2.8倍。」(St102)。「輻射屋會對人造成嚴重的影響。」(St201)、「輻射會造成基因突變，但也可以用來改良品種」(St403)、「車諾比事件曾引起民眾的恐慌。」(St201)等事實。在以已知事實爲背景的基礎上，學生們接著提出「到底二氧化碳和溫室效應之間有什麼關係？」(St102)、「溫室效應會帶給我們那些危害？」(St102、St403)、「引起溫室效應的原因有那些？」(St201、St403)等第一單元的學習議題和「核能發電廠到底會對人體造成那些影響？」(St102、St203、St403、St601)和「輻射是什麼？要如何減少吸收輻射？」、「輻射來自那裡？」(St102、St201)、「為何輻射會引起基因突變？」(St102、St403)、「輻射對我們的生活有什麼好處和壞處？」(St403、St601、St602)等第二單元的學習議題。在經過小組討論與協商後，這些學生所提的每個議題最後都被所屬的小組決定採用作爲二個PBL單元的部份學習議題。

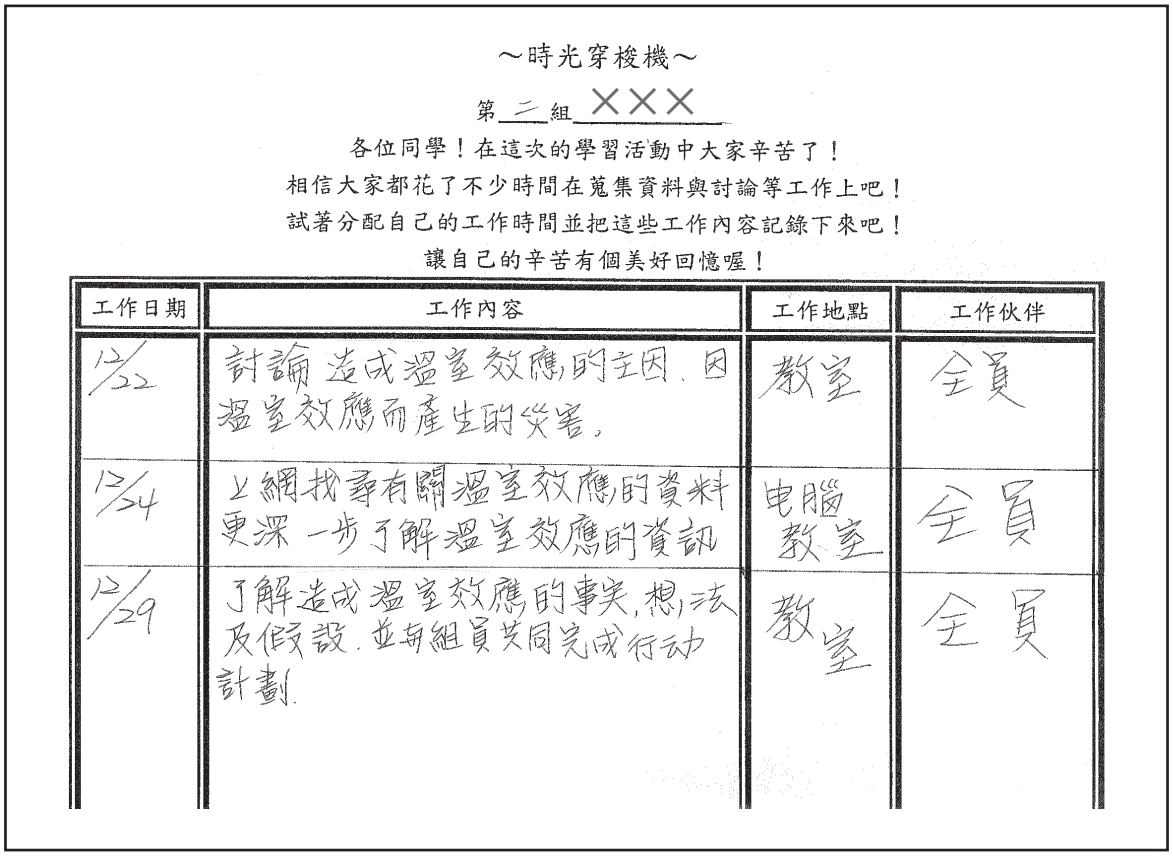
各組在其行動計畫中列出包括電腦網路搜尋、到圖書館查閱相關圖書或期刊、與同學或朋友討論、請教家長和專家等至少二種策略。有四個小組準備依「分工搜尋和處理各種資料、與小組組員討論來找出答案、向全班呈現結果」的行動計畫來進行後續的流程。第4、6兩組還在小組討論之後，加入「請教家長和專家」的步驟。這些資料的來源除了爲其他研究所提到的學生較常使用之外(Chin & Chia, 2006; Gallagher, Sher, Stepien, & Workman, 1995)，還多了利用課外時間「與同學討論」及「請教家長」兩項。這些結果與Blumberg (2000)指出PBL學生會使用多種學習資源以及Lycke等(2006)發現PBL學生視同儕爲重要的學習資源的情形相同。然而，與Blumberg (2000)不同的是本研究各小組並未將「與教師討論」列爲學習資源之一，這可能是因A老師在課程介紹時就一再強調各組應獨立、主動學習而不要過度依賴老師所致。儘管各小組最後都能完成解題的規劃，

但由學生的文件分析中也發現St103並未填寫「解題規劃表」中「行動計畫」二欄的內容。因該生在晤談時提到「因為明明就是一些很簡單的東西，卻一直需要去查一些資料，這會浪費時間而沒有多餘的時間去做其他功課」，可見他應該是藉此反映個人對查閱資料會減縮其他科目的學習時間之顧慮而不願意填寫「行動計畫」，並非不會或不清楚要填寫什麼。這種現象在其他PBL教室中也曾發生(中原大學問題本位學習推動小組，2008)。

Chin與Chia (2006)、Dolmans等(2005)和Yeung等(2003)以高中、大學生爲對象的研究指出，一個設計良好、與真實情境相關的結構模糊問題不但能使學生獲得擁有這個問題的感覺，也能激發收集多種學習資源的動機，吸引他們進行主動的學習。在本研究二個問題的驅使下，八年級學生也做出與高中、大學生相類似的表現，這同時說明了本研究設計的兩個問題符合PBL問題設計的要求(Gallagher et al., 1995)，確實發揮引導學生主動學習的功能；而真實性問題情境也的確可讓學生覺得「擁有屬於自己的問題」，激發他們解決問題的動機。由各小組在「解題規劃表」各欄所填寫的內容可知，問題情境可促使學生在已知事實的背景上提出心中的疑問，並由學習議題引導後續的探究，提供學生聯結新舊知識的機會，達成有意義的學習。如同一些研究所見(Chin & Chia, 2006; Gallagher et al., 1995)，本研究的「解題規劃表」已成爲學習的鷹架而輔助學生發展和組織他們的學習議題與行動計畫。以往曾有學者對學習議題是否會影響學生思考的本質、探究的方向和策略、學習的範圍和答案等產生爭議(Chin & Chia, 2006; Van Den Hurk, Wolfhagen, Dolmans, & Van Der Vleuten, 1999)。本研究各小組產生的學習議題主要是以個人的先備知識爲基礎，內容多聚焦於教材中的科學知識與生活的關聯，大都屬於沒有操弄變項的描述性議題。爲了解決這些學習議題，各組均透過文獻的分析和整合來進行描述性的探討(descriptive investigation)。根據各組在後續階段的表現(見以下各段)可以看出，無論個人的自我學習策略、資料搜尋的方向與小組討論之內容均明顯受到學習議題的性質與內容之影響，此一發現支持Chin與Chia (2006)、Gallagher等(1995)的研究。此外，各組在決定學習議題時似乎都是以「對日常生活的影響」爲方向且屬於描述性質，這可能是受到真實性問題情境所牽引，也可能如Krajcik等(1998)所言，因本班學生的科學知識尚不足，而未能進行深層科學原理的探討。

主張二：每位組員依據小組的行動計畫，分工搜尋各類學習資源，運用認知與後設認知的學習策略進行自我學習，藉由文獻的歸納獲得解決學習議題所需的知識。

在PBL的「自我學習」階段，每位學生需依據各組所擬定的學習議題與行動計畫的策略，參照「工作記錄單」的工作時間與內容，搜尋各項學習資源，運用各種認知與後設認知的學習策略，以完成個人的自我學習(相當於SDL歷程的「表現階段」；Hmelo & Lin, 2000; Zimmerman, 2002)。由觀察記錄與各組的工作記錄單、資源使用記錄表的內容發現，各組學生多能充分利用所提供的二節課來執行行動計畫，在學校圖書館中專心搜尋與學習議題相關的文獻資料(圖2和圖3)。爲能同時收集多種資料，各組都分配不同組員分別負責借閱書籍、搜尋網際網路資料、查閱報紙和科學雜誌等任務。第4和6小組還指



～時光穿梭機～

第 二 組 ×××

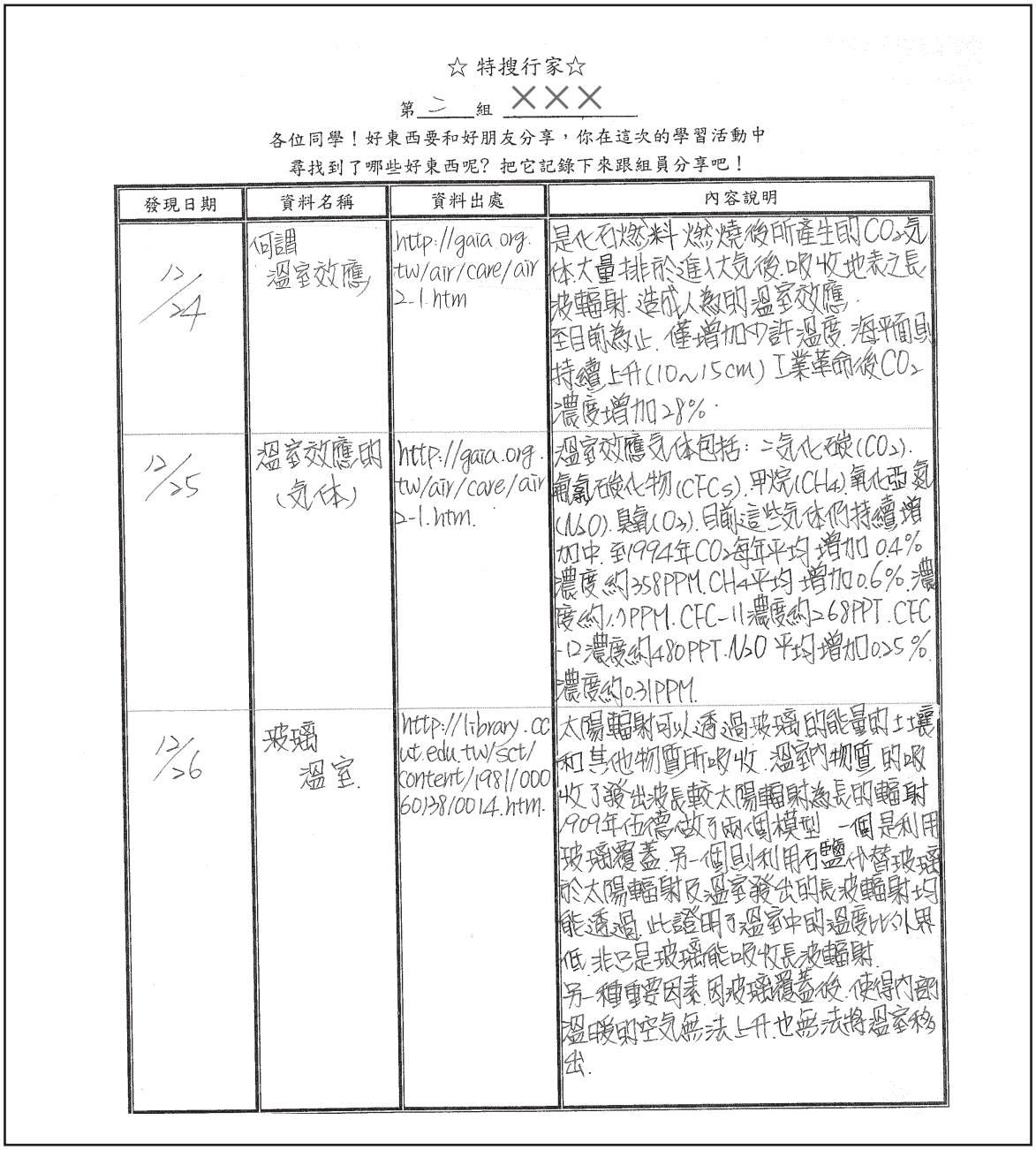
各位同學！在這次的學習活動中大家辛苦了！
相信大家都花了不少時間在蒐集資料與討論等工作上吧！
試著分配自己的工作時間並把這些工作內容記錄下來吧！
讓自己的辛苦有個美好回憶喔！

工作日期	工作內容	工作地點	工作伙伴
12/22	討論造成溫室效應的主因、因溫室效應而產生的災害。	教室	全員
12/24	上網找尋有關溫室效應的資料更深一步了解溫室效應的資訊	电腦教室	全員
12/29	了解造成溫室效應的事實，想法及假設，並每組員共同完成行動計劃。	教室	全員

圖2：St202在「溫室效應」單元填寫之「工作記錄單」

定二位組員於課後時間請教家長。如同Chin與Chia (2006)的研究所見，由於使用上的方便，上網搜尋資料可說是各組學生最多使用的方式。此外，學生借書證上的借書次數明顯增加的現象，也是學生執行自我學習的證據之一(Blumberg, 2000)。

關於資料收集的策略，St404在晤談時提到，她先以「溫室效應」爲關鍵字上網尋得約50篇相關的文獻資料。因爲覺得不應該只是把所有資料內容都堆疊在一起，所以在大概看過各篇的內容之後，她就刪除一些無法完全了解的文獻，以便縮小文獻的範圍。她還表示「為了能夠了解從電腦列印出來的文章，我都必須讀過好幾遍，並且用最清楚的方式寫出來給小組同學。我覺得這樣才能使大家都了解資料的內容。」，可見，St404是依據「能否了解文獻的內容」來自我監控和調整學習行爲。再者，St503則是先將自己從網路尋得的文獻資料加以儲存，再把他讀過之後覺得想和組員進一步討論的文獻列印出來。他和其他學生(St102、St203、St303、St504和St601)一樣，在閱讀時會先在各篇的一些字裡行間畫底線標示重點(圖4)，再加以條列整理。這些對文獻資料進行深度處理的行爲，均能顯出他們不但能察覺出文獻內容的重點，也會挑出那些還需要經過討論才能確認自己是否理解的文獻。另外，還有幾位學生同時收集和整理物理學、生物學的文獻



☆ 特搜行家☆

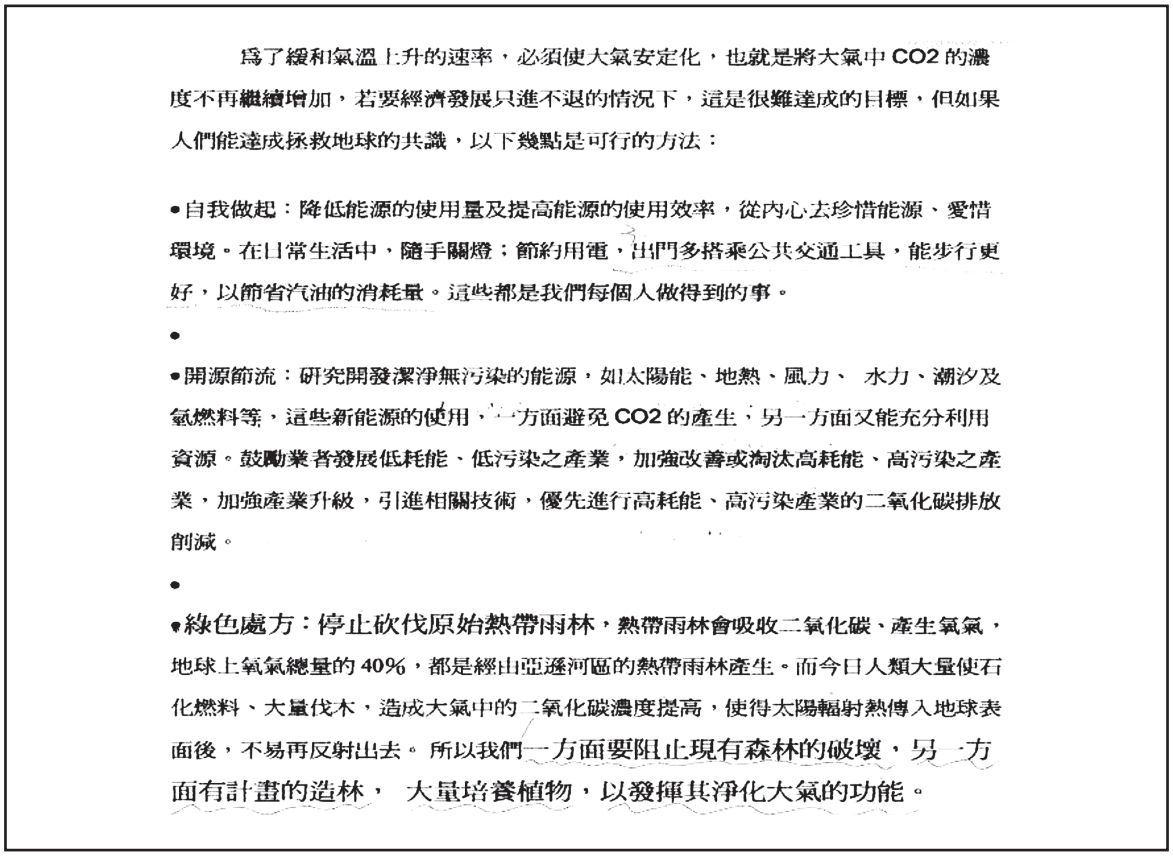
第 二 組 ×××

各位同學！好東西要和好朋友分享，你在這次的學習活動中
尋找到了哪些好東西呢？把它記錄下來跟組員分享吧！

發現日期	資料名稱	資料出處	內容說明
12/24	何謂溫室效應	http://gaia.org.tw/air/care/air2-1.htm	是化石燃料燃燒後所產生的CO_2氣體大量排於進入大氣後.吸收地表之長波輻射.造成人為的溫室效應.至目前為止.僅增加0.4℃.海平面則持續上升(10~15cm)工業革命後CO_2濃度增加28%.
12/25	溫室效應的(氣体)	http://gaia.org.tw/air/care/air2-1.htm.	溫室效應氣体包括：二氧化碳(CO_2).氟氯碳化物(CFCs).甲烷(CH_4).氧化亞氮(N_2O).臭氧(O_3).目前這些氣体仍持續增加中.至1994年CO_2每年平均增加0.4%濃度約358PPM.CH_4平均增加0.6%.濃度約1.7PPM.CFC-11濃度約268PPT.CFC-12濃度約480PPT.N_2O平均增加0.25%.濃度約0.31PPM.
12/26	玻璃溫室.	http://library.ccut.edu.tw/sct/content/1981/00060138/0014.htm.	太陽輻射可以透過玻璃的能量由土壤和其他物質所吸收.溫室內物質的吸收了發出波長較太陽輻射為長的輻射.1909年伍德做了兩個模型 一個是利用玻璃覆蓋.另一個則利用石鹽代替玻璃於太陽輻射及溫室發出的長波輻射均能透過.此證明了溫室中的溫度以以下低.非只是玻璃能吸收長波輻射.另一種重要因素.因玻璃覆蓋後.使得內部溫暖的空氣無法上升.也無法將溫室移出.

圖3：St602在「溫室效應」單元填寫之「資源使用調查表」

作爲資料。例如St203爲探討輻射如何對人體造成傷害的原因時，其文獻主題就包括了核能、輻射及其與遺傳、人體健康的原理。St206和St404在晤談時也表示，他們在PBL單元的收穫之一就是能知道更多有關「溫室效應」的原理和對環境造成的影響，也學到更多統整、實用的科學知識。在經過自我學習之後，雖然每個人所閱讀的文獻數量不一，



爲了緩和氣溫上升的速率，必須使大氣安定化，也就是將大氣中 CO2 的濃度不再繼續增加，若要經濟發展只進不退的情況下，這是很難達成的目標，但如果人們能達成拯救地球的共識，以下幾點是可行的方法：

- 自我做起：降低能源的使用量及提高能源的使用效率，從內心去珍惜能源、愛惜環境。在日常生活中，隨手關燈；節約用電，出門多搭乘公共交通工具，能步行更好，以節省汽油的消耗量。這些都是我們每個人做得到的事。
- 開源節流：研究開發潔淨無污染的能源，如太陽能、地熱、風力、 水力、潮汐及氫燃料等，這些新能源的使用，一方面避免 CO2 的產生，另一方面又能充分利用資源。鼓勵業者發展低耗能、低污染之產業，加強改善或淘汰高耗能、高污染之產業，加強產業升級，引進相關技術，優先進行高耗能、高污染產業的二氧化碳排放削減。
- 綠色處方：停止砍伐原始熱帶雨林，熱帶雨林會吸收二氧化碳、產生氧氣，地球上氧氣總量的 40%，都是經由亞遜河區的熱帶雨林產生。而今日人類大量使石化燃料、大量伐木，造成大氣中的二氧化碳濃度提高，使得太陽輻射熱傳入地球表面後，不易再反射出去。 所以我們一方面要阻止現有森林的破壞，另一方面有計畫的造林， 大量培養植物，以發揮其淨化大氣的功能。

圖4：St503在「溫室效應」單元閱讀的文獻之一

但多數(90%)學生都會按照每項學習議題而將各篇文獻資料加以整理和歸納，建立自己對溫室效應的機制、輻射汙染的成因與影響的了解。

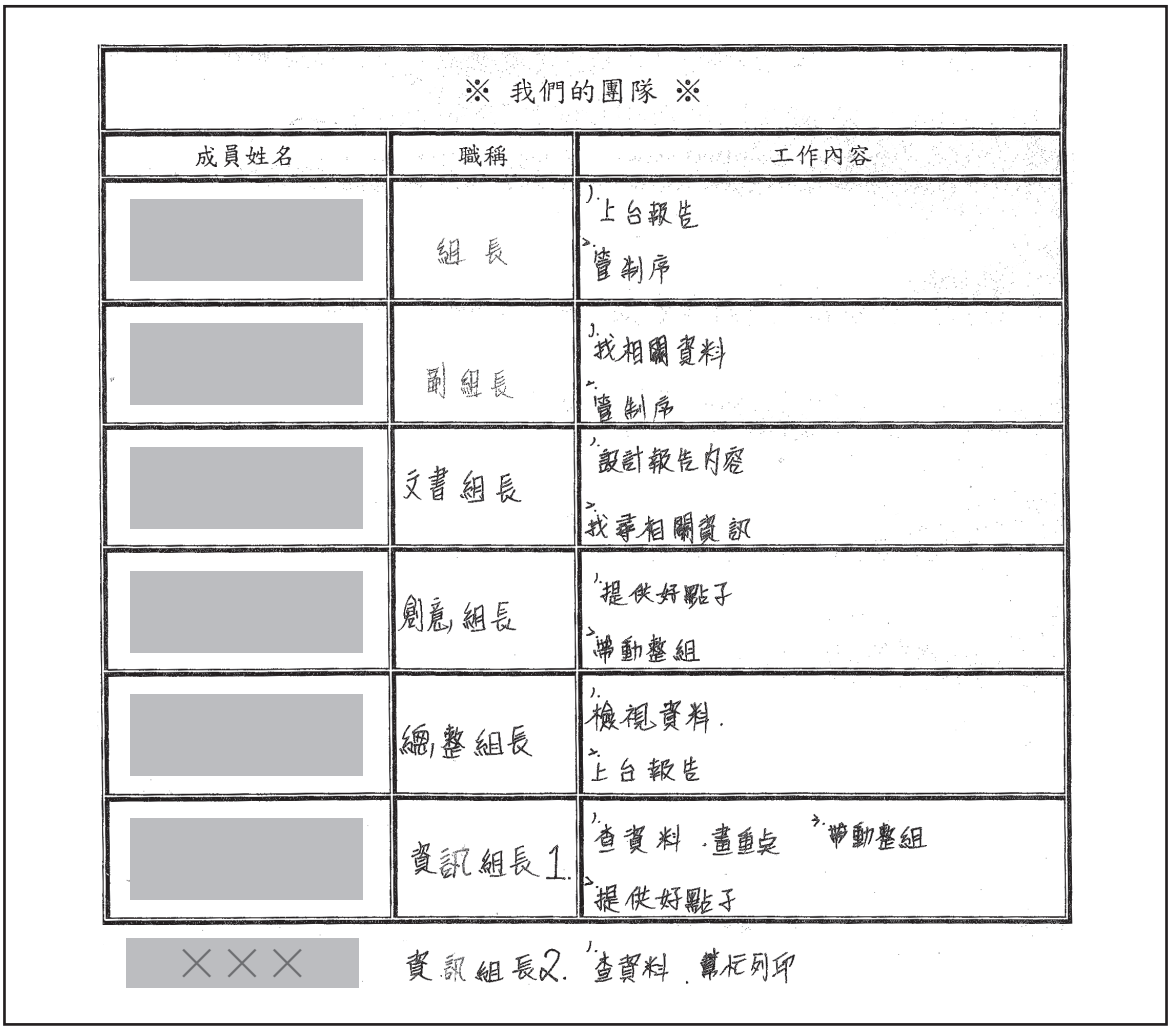
透過本研究所提供的「資源使用記錄表」可同時讓學生學習如何摘要文獻，並改善他們直接剪貼或拷貝文獻的情形。在各組的「資源使用記錄表」中均可看到一些取自政府或大學網站(如www.moea.gov.tw、hko.gov.hk、ntnu.edu.tw、nsysu.edu.tw)的文獻(圖3)，由於他們都相信政府或學校網站的內容應該不會有錯，故並未懷疑這些文獻之可靠程度。然而，有少數學生在整理網路上的文獻資料時，還有大量引述文獻內容而未能意識到侵犯著作權的可能，此一現象也見於Chin與Chia (2006)的研究中，頗值教師注意。

如上所述，學生確實表現出收集和處理資料等知識獲得所需的SDL技能。如同Gallagher等(1995)的發現，本研究各小組的組員幾乎都能依照小組的解題規劃，確實執行自己的任務，不但能主動參與學習並可滿足小組合作對個人績效責任的要求。雖然以前透過文獻分析來解決科學議題的經驗不多，但已有學生能監控自己對文獻的理解與否，並以此作爲篩選文獻的準則，調整自己的學習行爲，按時完成所負責的任務。此一發現與先前的研究相同(楊坤原等，2008)，顯示

PBL歷程的自我學習可使中學生於實作中發展自我監控與調整的SDL技能。

主張三：同儕的鞭策與合作可促進組員間的積極互賴並分擔工作負荷。透過小組討論時各人想法的分享和比較，有助於培養彼此的互信並建構知識。

本研究的各小組自「解題規劃」階段起就一起完成全組的「解題規劃表」；而由「工作記錄單」中也可看到各組自行協商每位組員的職務與工作內容(圖5)，並在「自我學習」階段執行個人所負責的工作，使得小組能迅速有效地完成學習任務。St606在晤談時就以「因為我們都會先分配好大家要做的事，像是誰要負責查閱或影印資料等等的那些事，所以不會有人在小組討論時沒有帶資料而不知道要討論什麼。」來解釋爲何他們在每個階段的活動都比其他各組更快完成。當被問及是否組員中有未能盡責者，St606則笑著回答說「我們這組沒有。因為不盡自己



※ 我們的團隊 ※

成員姓名	職稱	工作內容
	組長	1. 上台報告 2. 管制序
	副組長	1. 找相關資料 2. 管制序
	文書組長	1. 設計報告內容 2. 找尋相關資訊
	創意組長	1. 提供好點子 2. 帶動整組
	總整組長	1. 檢視資料. 2. 上台報告
	資訊組長1.	1. 查資料.畫重點 2. 帶動整組 3. 提供好點子
×××	資訊組長2.	1. 查資料.幫忙列印

圖5：第五組的「工作記錄單」(第一部分)

的責任就會被其他組員罵！」，可見同儕的相互鞭策也是維繫小組確實分工合作的一股力量。因此，適當的工作任務分配、組員盡責的行為和同儕間彼此的督促，能凝聚組員間積極的相互依賴，一致朝向全組的學習目標向前邁進。再者，分擔解決結構模糊問題的工作負荷也是促成小組合作的因素之一。St404在晤談時提到「我原本就是想讓自己的分數高一點就好。可是我覺得這樣很難維持下去，還是需要大家的幫忙，一個人很難完成任務，所以我就改變最初的想法，覺得大家一起合作會比一個人來得好，因為團結力量大嘛！」。由此足以反映PBL實為有益於合作學習的環境。

當每位組員帶著自我學習而得的想法參加小組討論時，他們便可透過想法的分享與討論等互動歷程來導致個人知識的精緻化(elaboration)並獲得解決學習議題的方案(Cockrell, Caplow, & Donaldson, 2000; Kelson & Distlehorst, 2000)。從錄影資料發現，各組的每位組員在討論時都有至少二次的發言，第一次是將自我學習所得的心得向全組報告，第二次發言則是針對他人的發言內容提出回應或疑問。藉由這樣的歷程，使得小組成員有機會可交換彼此的想法，並由意見的比較和討論中逐步培養相互間的信任。St205在晤談中提到「平常上課時因為有實力比較強的同學在看，所以怕要問的問題講出來會有挫折感。但是在小組討論時，感覺大家比較平等，而敢把自己的想法講出來和其他同學交換。」；St404也表示「小組討論時大家可以互相提供自己的意見，不一定誰的意見是最好的，有可能自己的意見是對的，但是有可能別人的比自己更好，然後就互相討論。這樣可以產生互相信任的感覺，然後大家的合作能力就會上升。」可見，本研究之PBL安排的小組討論能營造有效的小組合作(Kelson & Distlehorst, 2000)。然而，St106、St302在晤談時指出，他們的小組討論雖然沒有發生爭執，但是因為幾位組員的意見強勢主導整個討論過程，因而減少其他組員參與發言的機會與意願。

在一個有效的合作學習情境中，小組成員應有一致的目標，在相互信賴的基礎上，共同負起搜尋和統整學習資源等責任，並應透過溝通與討論表達各自的見解，從面對面的互動中，建立如何達成學習目標的共識(Kelson & Distlehorst, 2000)。本研究各小組在共同的學習議題為目標的前導下，個人採取認知與後設認知的學習策略進行自我學習，再透過小組成員交流與討論凝聚共識，並從中建立互信，終而獲得解決問題的對策(如後述)，不但發揮了小組合作的多重功能(Dolmans et al., 2005; Regan, 2005)，也可因應解決結構模糊問題所需的條件(Kelson & Distlehorst)，並由組員的討論來檢驗和修正各自的想法，培養自我管理技能(Boekerts, 1997)。綜合主張二和主張三的發現，本研究發現學生在PBL活動中係經由「個人閱讀與歸納文獻，再進行小組討論」的過程來形成個人對學習議題的相關知識，並以之作為進行小組討論的材料，進而獲得學習議題的解答。

主張四：各組學生運用電腦將解題歷程與經小組討論獲得的解決方案加以呈現，並以自評表和互評表來評鑑、反思自己與其他組員的學習表現。

雖然教師允許各組可用各種方式來呈現結果，但各組都是將二個PBL單元的學習成果整理成電腦的powerpoint檔案向全班呈現並提出口頭報告。由於各組蒐集的文獻資料多有相似者，因而他們經討論後所提出的解

決方案也都大同小異，於是較少針對他組的報告內容加以批判。因爲每組都無法在原先預定的15分鐘內完成口頭報告，使得提問時間被壓縮而未能充分發揮激發學生反思學習結果與學習歷程之功能。由於「提出批評」和「接受他人建議」是合作學習中重要的社會技巧，也是激發反思的條件之一(Hmelo & Lin, 2000)，日後應可考慮延長各組口頭報告與討論的時間，以免忽視這項活動的實質意義。Krajcik等(1998)的研究發現，大部分學生在書面和口頭報告中並未明述他們如何獲得結論，在下結論時也未使用收集到的所有資料。然而，本研究各小組的口頭報告內容都能說明如何由文獻的收集、討論而提出解題方案的作法和過程。這可能是因本研究各組提出的學習議題多屬於敘述性而非實驗性，故學生較能直接由歸納文獻資料而獲得結論的歷程體會此二者之間的關聯。未來或可嘗試讓學生先從敘述性學習議題的探究著手，以改善缺乏科學探究經驗的學生再次出現如Krajcik等(1998)所發現的弱點。

在分析學生於二個PBL單元後所填寫的「自評表」與「組員互評表」後，可以發現幾乎每位學生都能對自己與小組組員在PBL各階段的學習表現進行評鑑和反思。在第一單元的自評表中，St102簡單描述了她「在查資料、整理資料、小組討論和製作結果報告檔案時都有參與，對小組算是有貢獻的」。St105評定自己是一個「好的合作伙伴」，因爲他「有和其他組員彼此幫助一起完成工作」，但因爲「比較沒有收集資料的經驗，所以提供小組較少資料」，因此他給自己的表現打了88分(滿分100分)。St504也認爲他「有參與小組活動」，但因他自覺沒有扮演好組長的角色，於是只給自己打20分。St206除了給自己打85分外，並未寫下任何文字。多數學生在第二單元的自評表所填的內容與第一單元大致相似。對這些學生而言，PBL已經提供他們嘗試對學習表現進行自我評鑑和反思的機會。至於組員互評的表現，St102和St206在他們所填的互評表中都不約而同地對第六組同學豐富、有趣的口頭報告加以稱讚，而認爲值得他們學習。St504則舉出「第四組的同學都能彼此幫助、相互合作，很值得學習」。St105將「收集充足的資料、認真學習和合作」列爲第二組的優點。此外，St504批評第三組口頭報告的內容過於繁多而不容易瞭解；St102、St206和St504都寫到自己的「小組中有不願意合作的組員」是他們覺得最不好的行爲。從現場記錄、錄影轉錄與部分學生(如St102、St504)在這二份表單所填寫的內容之一致性，可看出學生的自評和互評並無不實，可列爲評定PBL學習歷程表現的參考。雖然A教師曾於課堂上鼓勵學生詳細填寫這些表格，但大部分學生在二個PBL單元的自評表和互評表所填的內容文字不多，且較限於檢討或比較學習行爲的有無或優劣，或許未來教師在促進不具自評與互評經驗的學生時，應提供參考範例或具體指出填寫的重點，使學生能對導致行爲表現背後的原因有更爲深入的反省。

主張五：PBL提供真實性問題情境及主動學習、小組討論等活動，使學生從學習中體會科學知識的實用價值，因而激發和維繫其學習動機。

學習動機是SDL的重要成分之一，而PBL的學習活動則可激發學生投入和完成學習任務的學習動機(Sungur & Tekkaya, 2006)。St102在晤談時提到他們都喜歡透過PBL來學習科學，因爲「平常上課都很死板，老師只是講課，很少會有一些比較有趣的活動。但是PBL可以讓同學之間互相討論，也可以

把找到的資料和同學一起分享，這會讓我感到快樂。」。St303指出「我喜歡PBL是因為上課時可以和同學討論，不像平常上課只是聽老師講，感到很累也很無趣。而且同學之間的討論比較輕鬆，跟老師討論會比較害羞。」。St202也是因爲「可以和同學交流，交換學習心得」而喜歡PBL的學習方式。St404也強調因爲他們的小組討論可以互相提供意見和彼此切磋，因而提升他的合作能力和學習動機。

St102和St504都因爲確實執行各項PBL活動而提升自我效能，於是學習動機也隨之提高。St102在晤談時表示很滿意自己在PBL的表現，因爲「我有幫忙查資料、整理資料，還有和同學討論、也有做簡報資料。我覺得我都有參與，有盡到責任。」；St504也有類似的說法。St602表示「經由PBL的方式可以讓我喜歡自然科，也會讓自己覺得更有能力可以學好自然科。」；當他再被問到原因時，他說「因為我會去尋找資料來解決問題，就會有成就感，然後就會相信自己的實力。」。St306也與St602有同樣的感受，因爲他自己花時間找資料，找到的資料也是自己感興趣的，所以就會願意花時間來了解資料的內容，這就讓他覺得更有能力可以學好自然科。獲得同儕的認同也是提升學習動機的一項因素。St302提到「PBL會影響我學習自然科的動機，比較可以讓我獲得成就感。因為我會找比較多資料和其他同學討論，他們就覺得我好像比較厲害。」；St303也是因爲在小組討論時能自由發言並提供資料給其他同學參考，於是由於自己的貢獻獲得認同而產生成就感便可激勵他的學習。St205則是因爲比較敢向組員發問和表達自己的想法，而使他覺得比較有學習自然科的能力。此外，PBL的問題結構特性也有利於提升學習動機。St404相信他的學習動機會被提升是因爲「PBL的問題比較生活化，可以自由的討論而不會死板，可以學到更多、更廣泛、比較生活化的知識。」；St201也覺得「用PBL的方式學自然科比較好，因為跟生活比較有關係。」。

綜合學生的表現與晤談內容，PBL能提升學習動機的主要原因包括：一、小組討論使學生能在輕鬆的氣氛中自由表達想法、分享心得並彼此交流。二、主動參與學習活動而從中獲得成就感，有助於自我效能的發展。三、自己的表現(貢獻)獲得同儕的認同而受到激勵。四、因解決真實性問題而習得的科學知識能與生活相連結，具有實用的價值和意義。這些原因除部分見於其他的研究(Cockrell et al., 2000; Pedersen, 2003)外，也再次印證小組討論的功能，顯示PBL的小組合作的確有助於學生之間的相互依賴與正向互動的團體歷程，因而提高了學習動機(Kelson & Distlehorst, 2000; Regan, 2005)。Pedersen (2003)由情境動機(situated motivation)的觀點指出，學生具有自主學習的權力並得以合作學習來解決問題，均爲PBL激勵學習動機的重要條件。當學生(如St102、St504、St602)以「自己的努力」作爲完成PBL學習任務的原因或當自己的表現(如St205和St303)受到同儕如楷模般的認同時，也都會提高他們的自我效能而增進學習動機(Bandura, 1997)。再者，PBL藉由結構模糊的真實性問題來挑戰學生，也能使他們體會到課堂上的科學知識與生活的關聯性及其對解決個人問題的價值，進而引發其堅持完成學習任務的動機(Yeung et al., 2003)。

SDL的表現是學生的內在特質與外在環境交互作用的產物(Zimmerman, 2002)。從本研究學生的表現可清楚看出，PBL以其

結構模糊的真實性問題、自我學習、小組合作與多元評量等活動，營造一個引導學生運用SDL技能的學習環境，激發學生能從問題的挑戰、組員的正向互動、個人自主學習的經驗與學習歷程的評鑑中運用SDL以完成學習任務的動機。可見PBL實爲教室中發展學生SDL技能的一種不錯的選擇(Loyens et al., 2008; Williamson, 2007)。Zion等(2004)指出，開放式科學探究的各個步驟未必以直線方式進行，故探究者面對歷程中的不確定性必須堅持到底才能達成目標。本研究中的學生憑藉實踐PBL各階段活動而激發的學習動機，而能堅持完成小組的解題任務，正可凸顯PBL具備開放式探究的特性。

伍、結論與建議

一、結論

雖然PBL在大學醫學院的實施已獲致許多成效，但PBL是否適用於中學科學教學以發展學生的SDL技能，仍是一個極具教育意義的研究主題。據此，本研究以個案研究法描述八年級學生在PBL歷程實際的SDL表現並探討PBL的活動設計如何激勵他們的學習動機。由質性資料分析發現，在遭遇結構模糊的問題後，各組學生便運用先備知識並經腦力激盪而擬定小組的學習議題與行動計畫。依據小組的行動計畫，每位組員分工搜尋各類學習資源以進行自我學習，並透過小組討論自由地分享和比較彼此的想法，逐步培養互信並進行知識建構。最後，各組運用電腦將解題歷程與解決方案加以呈現，再以自評表和組員互評表來評鑑、反思自己與其他組員的學習表現。PBL所提供之真實性問題情境及主動學習、小組討論等活動可使學生從學習中體會科學知識的實用價值並有助於自我效能的發展，因而激發和維繫其學習動機，激勵各組學生能運用各種SDL技能完成解題任務。由此可見，PBL可運用於中學的科學課堂上，落實科學教育培養學生以探究取向的問題解決方式來學習科學之目標。

二、建議

(一)對科學教學的建議

本研究雖然發現PBL對發展八年級學生的SDL技能有所幫助，但同時也反映一些在一般的中學科學教室中實施PBL時有待改善之處。例如：由於A老師未能向學生適切表達獨立或主動學習的意義，因而使學生並未將教師列爲一項學習資源，影響教師於學習歷程中所扮演之支持者的角色。再者，各組學生所提的學習議題多屬描述性而未涉及深層科學原理的探討，這可能與其科學知識的不足有關。而學生忽略取得和使用網路資料應注意的著作權問題、部分小組的討論未能使各個組員平等參與也曾見於其他的研究中。此外，因「成果發表與評鑑」活動時間的不足也減少了學生自評與反省的機會。針對這些缺失，本研究建議有意採行PBL的科學教師應對SDL的意義多所了解，以便讓學生更能在教師適切的引導下，有效運用各項學習資源。PBL也是一種建構取向的學習，學習議題的探討必須以學生的先備知識爲基礎，教師除了在設計問題情境時需與教材內容相結合外，也可輔以「迷你講課」(mini lecture; Krajcik et al., 1998)來幫助學生組織科學知識，進而提升他們所提的學習議題之深度。爲避免違反版權，在學生收集資料之前，教師或學校圖書館人員應給予清楚的說明。在巡迴促進各小組討論時，教師也要適時強調平等參與在小組討論成效上的重要性，也可提醒小組長確實管控每位組員的

發言時間，以確保組員平等參與的權益。為使各組有足夠的時間透過發表成果、提問和回應與自評等過程來培養反思能力，教師或可利用空白課程的時間來補充科學課堂的不足，使各項PBL的活動都能達到預期的效果。

(二)對未來研究的建議

雖然本研究已對中學生在PBL的SDL歷程進行初探，但主要係聚焦於學生的行為層面，對於中學生在PBL活動所採取的SDL策略如何對其學習成就或其他能力產生影響，還有待投入更多的研究。此外，本研究僅為國內外少數採質性研究方式來探討中學生在PBL歷程之SDL行為表現者，建議日後仍可選擇不同樣本、不同的研究設計或針對某項SDL技能進行研究，以開拓PBL與SDL相關研究的範疇。

致謝

本研究承行政院國家科學委員會專題計畫之經費補助(計畫編號：NSC 93-2511-S-033-001)始得完成，謹此敬致謝忱。

參考文獻

1. 尤丁玫、何建樂、何鎮揚、吳家鶴、林清吉、祁明輝等(2004)。**國中自然與生活科技**(第三冊)。新北市：康軒文教。
2. 中原大學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。
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. 洪榮昭、林展立(2006)。**問題導向學習課程發展理論與實務**。臺北市：師大書苑。
5. 教育部(2003)。**國民中小學九年一貫課程綱要**。臺北市：作者。
6. 陳毓凱、楊坤原(2006，12月)。**探討國中學生於問題本位學習教學模式中之學習行為與策略**。發表於中華民國第二十二屆科學教育學術研討會。臺北市：國立臺灣師範大學。
7. 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。
8. 楊坤原、徐崇城、張賴妙理(2008，12月)。**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。
9. 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。
10. 楊坤原、李筱雲、張賴妙理(2010，12月)。**不同問題結構的問題本位學習對八年級學生自我導向科學學習表現之影響**。發表於中華民國第二十六屆科學教育學術研討會。花蓮市：國立東華大學美侖校區。
11. 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，國立台南大學教育經營與管理研究所，台南市。
12. 高文、鄭太年(2009)。學習科學(1)：研究背景與理念。收錄於高文(編著)，**學習科學的**

關鍵詞(頁3-29)。上海市：華東師範大學出版社。

13. Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. New York: Worth.
14. Barrows, H. (2002). Is it truly possible to have such a thing as dPBL? *Distance Education*, *23*(1), 119-122.
15. Birenbaum, M. (2002). Assessing self-directed active learning in primary schools. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, *9*(1), 119-138.
16. Blumberg, P. (2000). Evaluating the evidence that problem-based learners are self-directed learners: A review of the literature. In D. H. Evensen & C. E. Hmelo (Eds.), *Problem-based learning: A research perspective on learning interactions* (pp. 199-226). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
17. Boekerts, M. (1997). Self-regulated learning: A new concept embraced by researchers, policy makers, educators, teachers, and students. *Learning and Instruction*, *7*(2), 161-186.
18. Chen, Y. K., & Yang, K. Y. (2006, November). *Using problem-based learning model to promote the self-directed science learning readiness and science learning motivation of eight-grade students*. Paper presented at the International Conference of the Asia-Pacific Educational Research. Hong Kong.
19. Chin, C., & Chia, L. G. (2006). Problem-based learning: Using ill-structured problems in biology project work. *Science Education*, *90*(1), 44-67.
20. Cockrell, K. S., Caplow, J. A. H., & Donaldson, J. F. (2000). A context for learning: Collaborative groups in the problem-based learning environment. *The Review of Higher Education*, *23*(3), 347-363.
21. Costa, A. L., & Kallick, B. (2004). *Assessment strategies for self-directed learning*. Thousand Oaks, CA: Corwin.
22. Creswell, J. W. (2012). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
23. Delisle, R. (1997). *How to use problem-based learning in the classroom*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
24. Dolmans, D. H. J. M., De Grave, W., Wolfhagen, I. H. A. P., & Van Der Vleutten, C. P. M. (2005). Problem-based learning: Future challenges for educational practice and research. *Medical Education*, *39*(7), 732-741.
25. 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.
26. Duch, B. J. (2001). Models for problem-based instruction in undergraduate courses. In B. J. Duch, S. E. Groh, & D. E. Alen (Eds.), *The power of problem-based learning: A practical "How*

to" *for teaching undergraduate courses in any discipline* (pp. 39-46). Sterling, VA: Stylus LLC.

27. Gallagher, S. A., Sher, B. T., Stepien, W. J., & Workman, D. (1995). Implementing problem-based learning in science classroom. *School Science and Mathematics*, *95*(3), 136-146.
28. Gibbons, M. (2002). *The self-directed learning handbook: Challenging adolescent students to excel*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
29. Hmelo, C. E., & Lin, X. (2000). Becoming self-directed learners: Strategy development in problem-based learning. In D. H. Evensen & C. E. Hmelo (Eds.), *Problem-based learning: A research perspective on learning interactions* (pp. 227-250). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
30. Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do student learn? *Educational Psychology Review*, *16*(3), 235-266.
31. 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.
32. 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.
33. Kelson, A. C. M., & Distlehorst, L. H. (2000). Groups in problem-based learning: Essential elements in theory and practice. In D. H. Evensen & C. E. Hmelo (Eds.), *Problem-based learning: A research perspective on learning interactions* (pp. 167-184). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
34. Keys, C. W. (1998). A study of grade six students generating questions and plans for open-ended science investigations. *Research in Science Education*, *28*(3), 301-316.
35. 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.
36. Knowles, M. S. (1975). *Self-directed learning: A guide for learners and teachers*. New York: Association Press.
37. Krajcik, J., Blumenfeld, P. C., Marx, R. W., Bass, K. M., Fredrick, J., & Soloway, E. (1998). Inquiry in project-based science classrooms: Initial attempts by middle school students. *The Journal of the Learning Sciences*, *7*(3-4), 313-350.
38. Llyod-Jones, G., & Hak, T. (2004). Self-directed learning and student pragmatism. *Advances in Health Science Education*, *9*(1), 61-73.
39. Loyens, S. M. M., Magda, J., & Rikers, R. M. J. P. (2008). Self-directed learning in problem-based learning and its relationships with self-regulated learning. *Educational Psychology Review*, *20*(4), 411-427.

40. Lycke, K. H., Grøttum, P., & Strømsø, H. I. (2006). Student learning strategies, mental models and learning outcomes in problem-based and traditional curricula in medicine. *Medical Teacher*, *28*(8), 717-722.
41. Marshall, C., & Rossman, G. B. (1999). *Designing qualitative research* (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
42. Merriam, S. B., & Caffarella, R. S. (1999). *Learning in adulthood: A comprehensive guide* (2nd ed.). San Francisco, CA: Jossey-Bass.
43. Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: A sourcebook of new methods* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
44. National Research Council. (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. Washington, DC: National Academy Press.
45. Pedersen, S. (2003). Motivational orientation in a problem-based learning environment. *Journal of Interactive Learning Research*, *14*(1), 51-77.
46. Regan, J. A. (2005). Facilitating students towards self-directed learning. In P. Hartley, A. Woods, & M. Pill (Eds.), *Enhancing teaching in higher education: New approaches for improving student learning* (pp. 93-108). London: Routledge.
47. Savery, J. R. (2006). Overview of problem-based learning: Definitions and distinctions. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, *1*(1), 9-20.
48. Schmidt, H. G., Loyens, S. M. M., Van Gog, T., & Paas, F. (2007). Problem-based learning is compatible with human cognitive architecture: Commentary on Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, *42*(2), 91-97.
49. Schraw, G., Crippen, K. J., & Hartley, K. (2006). Promoting self-regulation in science education: Metacognition as part of a broader perspective on learning. *Research in Science Education*, *36*(1-2), 111-139.
50. Silverman, M. P. (1996). Self-directed learning: Philosophy and implementation. *Science & Education*, *5*(4), 357-380.
51. Sungur, S., & Tekkaya, C. (2006). Effects of problem-based learning and traditional instruction on self-regulated learning. *The Journal of Educational Research*, *99*(5), 307-320.
52. 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.
53. Tan, O. S. (2007). Problem-based learning pedagogies: Psychological processes and enhancement of intelligence. *Educational Research: Policy and Practice*, *6*(2), 101-114.
54. 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.

55. Van Den Hurk, M. M., Wolfhagen, I. H. A. P., Dolmans, D. H. J. M., & Van Der Vleuten, C. P. M. (1999). Student-generated learning issues: A guide for individual study? *Education for Health*, *12*(2), 213-221.
56. Williamson, S. N. (2007). Development of a self-rating scale of self-directed learning. *Nurse Researcher, 14*(2), 66-83.
57. Woolfolk, A. (2004). *Educational psychology* (9th ed.). Boston, MA: Allyn & Bacon.
58. Yang, K. Y., & Changlai, M. L. (2010, January). *The impact of science problem-based learning on cognitive strategies, self-directed science learning and inquiry skills*. Paper presented at the 6th International Conference on Science, Mathematics and Technology. Hualien, Taiwan.
59. Yeung, E., Au-Yeung, S., Chiu, T., Mok, N., & Lai, P. (2003). Problem design in problem-based learning: Evaluating students' learning and self-directed learning practice. *Innovations in Education and Teaching International*, *40*(3), 237-244.
60. Zimmerman, B. J. (1989). A social cognitive view of self-regulated academic learning. *Journal of Educational Psychology*, *81*(3), 329-339.
61. Zimmerman, B. J. (2002). Become a self-regulated learner: An overview. *Theory into Practice*, *41*(2), 64-70.
62. Zion, M., Slezak, M., Shapira, D., Link, E., Bashan, N., Brumer, M., et al. (2004). Dynamic, open inquiry in biology learning. *Science Education*, *88*(5), 728-753.

科學教育學刊
2013, 第二十一卷第三期, 345-370
DOI: 10.6173/CJSE.2013.2103.05

Chinese Journal of Science Education
2013, 21(3), 345-370

Self-Directed Learning Behaviors in Science Problem-Based Learning Processes of Eighth Graders

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

[1]Graduate Institute of Science Education, National Taiwan Normal University
[2]Center for General Education, China University of Technology
[3]Graduate School of Education, Chung Yuan Christian University

Abstract

The purpose of this case study was to investigate the Self-Directed Learning (SDL) behaviors in science Problem-Based Learning (PBL) processes of eighth graders. Thirty eight students from one class of eighth graders, a junior high school in Tao Yuan County participated in this study. Evidence derived from various qualitative data analysis showed that every group applied their prior knowledge and brainstorming to identify the learning issues and action plans after meeting an ill-structured problem. Each member collaboratively collected various learning resources according to their action plans for their self-study. They built mutual trust and constructed their knowledge through sharing and comparing individual ideas during group discussion. Every group presented their problem-solving processes and solutions with computers, and reflected their performances by means of self-evaluation and peer-evaluation. The authentic problem scenarios, active learning activities and group discussion in science PBL promoted students to comprehend the practical value of science knowledge, raised their self-efficacy, motivated and sustained students' learning motivation to apply different SDL skills to achieve their problem-solving tasks. These findings suggested science PBL was beneficial for eighth graders to develop their SDL skills.

Key words: Self-Directed Learning, Inquiry-Based Learning, Problem-Based Learning, Problem Solving

* Corresponding author: Kun-Yuan Yang