問題本位學習在高一自然科學概論課程的實施成效

楊坤原[1]　張賴妙理[2]　陳銘偉[3]　許彩玲[3]
[1]中原大學教育研究所暨師資培育中心　kunyuan@cycu.edu.tw
[2]中國科技大學通識教育中心　miaoli@cute.edu.tw
[3]治平高級中學　bosschen@cpshs.tyc.edu.tw

摘　要

本研究旨在探討問題本位學習（Problem-based learning [PBL]）對高中一年級學生認知策略、自我導向科學學習傾向之影響，並調查 PBL 的實施成效。本研究以桃園縣某高中一年級的二個班級為研究對象，分成實驗組（54 人）與控制組（53 人）分別實施 PBL 與講述式教學。教學前、後兩組學生均以「認知策略調查表」和「自我導向科學學習傾向量表」進行評測，而實驗組學生並於每單元實施 PBL 後，填答「PBL 實施成效調查表」。經以單因子共變數分析的結果得知，實驗組與控制組學生在「認知策略調查表」、「自我導向科學學習傾向量表」的「對自然科學習的成就動機」、「對自然科學習的自我效能」與「對自然科學習的後設認知策略—計畫」三分量表的平均得分均呈顯著的差異（$p<.05$）。大部分的實驗組學生均認為 PBL 對他們的思考、學習動機、小組合作與問題解決等能力有所助益，建議未來可繼續採用 PBL 來學習科學。

關鍵詞：自我導向科學學習傾向、問題本位學習、認知策略

壹、 緒論

為培養處於知識經濟時代的未來公民，學校教育除需幫助學生能有深入、完整的學習以獲得必備的知識外，尤應特別著重於發展其彈性應用知識於發展、探究和解決生活中的實際問題、批判性思考等高層思考技能和團隊合作的能力（Duch, Groh, & Allen, 2001；Gallagher, 2000）。由於過去的教學方式與內容偏重於提供學生科學事實和程序，很少讓他們有足夠的時間應用科學過程技能來進行推理和探究問題，於是造成學生只會記憶而無法完全了解或活用知識的缺憾（Nelson, 2001）。有鑒於此，晚近國內外科學教育的改革，幾乎都以培養熟悉關鍵的科學概念，能將科學概念與日常生活相關聯並應用於做決定或解決問題之科學素養的未來公民為目標（教育部，2000；AAAS, 1993；NRC, 1996）。

因「問題本位學習」（Problem-Based Learning [PBL]）是最能符應當前科學教育改革需求的學習模式之一，（Donham, Schmieg, & Allen, 2001；Duch et al., 2001）。PBL 係於 1960 年代中期由加拿大的醫學教育者 Howard Barrows 所發展，
是一個使學習者朝向了解或解決一個問題之工作過程來進行學習的歷程，包括　讓遭遇問題、呈現問題情境、小組合作解題、自我導向學習（self-directed learning）、呈現探究

結果與評鑑學習成效等步驟（Barrows & Tamblyn, 1980）。由於 PBL 能有效促進學生的高層認知、社會技能與情意表現，國內外許多大學已陸續將 PBL 運用於各領域的教學與學習（林麗娟，2003；Barrows, 1996；Boud & Feletti, 1991；Trop & Sage, 2002）。有鑒於此，如何研發國內中學科學學習適用的 PBL 模式，達成九年一貫課程與教學創新所提「讓學生具有帶得走的知識和能力」之目標，實為一極具開創性、實用性與研究價值的重要課題。

基於上述的研究背景與動機，本研究旨在探討 PBL 應用於高一自然科學概論課程的實施成效，以了解 PBL 對高一學生的認知策略、自我導向科學學習傾向的影響與學生對 PBL 實施成效的知覺。

貳、文獻探討

PBL 的發展深受杜威的實用主義哲學所影響，並兼容建構主義、訊息處理心理學、情境認知、合作學習等理論之學習觀（Delisle, 1997；Savery & Duffy, 1995；Schmidt, 1993；Trop & Sage, 2002）。在 PBL 的學習歷程中，學生處於結構模糊的問題（ill-structured problem）所形成的真實性學習情境中，扮演問題持有者（stakeholder）的角色。教學者則擔任學生的認知與後設認知的教練，肩負學生的學習夥伴、支持者、指引者以及學習結果的評鑑者之責任。為了顧及學生不同的學習風格或興趣、共享學習的歷程與成果和體現職場上團隊工作的實況，PBL 也鼓勵小組合作學習，並採行多元評量方式，兼重學習歷程與結果的評鑑（Delisle, 1997；Trop & Sage, 2002）。

自 PBL 提出迄今，一些學校為顧及既有教學的優點，已開發出如醫學院模式、流動的促進者模式（floating facilitator model）、同儕導師模式與大班級教學模式等不同類型的 PBL（Duch, 2001）。雖然各模式中 PBL 學習歷程不盡相同，但彼此間均具有遭遇問題、腦力激盪、自我導向學習、小組合作探究、決定最合適的解答、展現結果與評鑑學習表現等幾項共同的學習流程（楊坤原與張賴妙理，2005）。根據 PBL 的相關研究指出，與傳統的教學方式相比較，採行 PBL 的學生能能成為較好的自我指引學習者（Dolmans & Schmidt, 2000），對科學概念有更好的了解（Singletary, 2000; Williams, 2001）和保留（Dochy et al., 2003; Dods, 1997），能持有正向之對學習環境的態度（Bridges & Hallinger, 1992），對參與解題過程也持有正向的情緒反應（Sobral, 1995）。此外，大部分學生對 PBL 都具有高滿意度（李世代，1997；Groh, 2001；Willams, 2001），他們認為採用 PBL 設計的課程具挑戰性且可激勵學習動機，促進學科知識的學習和遷移，並有助於發展人際與團隊互動技能、獨立研究、思考和解題技能以及做研究的興趣（Ahern-Rindell, 1999; Donham et al., 2001; Fansworth et al, 1988; Groh, 2001; Ryan & Little, 1991）。

參、研究方法

一、研究樣本

本研究採準實驗研究的靜態團體前後測設計（the static-group pretest-posttest design），以桃園縣一所有意願參與研究的私立高中一年級二個班為對象，分為實驗組（54 人）與控制組（53 人），分別實施 PBL、傳統的講述式教學。

二、研究工具

（一）認知策略調查表（Inventory of Cognitive Strategies [ICS]）

本調查表係由楊坤原和鄭湧涇（1996）發展之李克式 5 點量表，旨在評測高一學生認知策略的表現。本調查表共分「注意策略」、「記憶策略」、「理解策略」、「自我檢測」與「自我監控」等五個分量表，共含 70 題。正向題答「完全符合」、「非常符合」、「有些符合」、「非常不符合」與「完全不符合」者，分別給予 5、4、3、2 和 1 分，反向題記分方式相反。總得分介於 70~350 之間。

ICS 除由三位專家進行內容審閱以求得專家校度外，本調查表的內部一致性信度（Cronbach α）為 0.95，各分量表之信度也分別達 0.78~0.85 之間。

（二）自我導向科學學習傾向量表（Self-Directed Science Learning Readiness Scale [SDSLRS]）

SDSLRS 係黃美華（2003）所發展，用以評量國中學生的自我導向科學學習傾向。整份量表共 43 題，包含「對自然科學習的後設認知策略-執行、評鑑」、「對自然科學習的喜好」、「對自然科學習的資源經營策略」、「對自然科學習的成就動機」、「對自然科學習的自我效能」與「對自然科學習的後設認知策略-計畫」等六個分量表(subscales)。本量表採李克式四點量表設計，正向題填答「非常不同意」、「不同意」、「同意」、「非常同意」者分別給予 1、2、3、4 分，反向題的計分方式則相反，總得分愈高代表學生的自我導向科學學習傾向愈高。

SDSLRS 之內部一致性係數（Cronbach α）為 0.95，六個分量表之 Cronbach α 值亦達 0.65~0.90 之間。由因素分析得知，六個因素在基本適配標準的標準迴歸係數值介於 0.50~0.95 之間，經進一步比較該量表的因素模式在驗證性因素分析的十個觀察指標中，所有的 R^2 值皆大於 0.5，顯示模式內在品質良好，可知 SDSLRS 具有良好的構念效度（construct validity）。

（三）PBL 實施成效調查表

為了解實驗組學生對 PBL 實施成效的知覺，研究者自編此一調查表，依據本研究所設計之 PBL 學習目標，分別調查 PBL 對學生的思考能力、學習動機、主動學習、小組討論、人際關係、互助合作、搜尋與分析資料、溝通、活用知識、問題解決、科學知識學習等方面的助益與整體的知覺。全量表共 14 題，採李克式四點式量表（分為「非常同意」、「同意」、「不同意」與「非常不同意」）設計。本量表經三位具 PBL 研究與教學經驗的科教學者審閱，取得專家效度。

三、PBL 學習歷程

本研究發展的 PBL 學習模式所包含的歷程如下：

（一）呈現問題：教師將結合學生日常生活情境的問題呈現給學生，並擔任促進者，鼓勵學生充分表達意見，誘發學生對主題做深入的思考。並引導學生分享與問題情境相關的經驗或意見。

（二）訪查問題：各組學生經由腦力激盪，填寫「小組職務分工表」與「解題規劃表」（修改自 Delisle（1997））中的「我已知道的事實」、「我想要探究的學習議題」與「行動計畫」等欄，作為進行後續探究歷程的依據。

（三）探究問題：各組學生依分配的學習議題與分工，利用圖書館中的圖書、期刊、

線上資料與教師等多項資源，進行資料的收集與分析（即自我導向學習）。之後，各組員將所得的資料帶回小組進行小組討論，共同商討出最合適的答案。

（四）呈現結果：各組將探究所得的結果，以口頭方式，結合海報與 Powerpoint 方式來加以呈現。另有二組學生則選擇以行動具的方式來呈現他們的結果。

（五）評鑑表現：學生分別填寫自評表與小組同儕互評表。

四、研究程序

在徵得合作學校的同意後，將參與本研究的兩班高一學生分成實驗組與控制組。兩組學生在實施不同教學方式前，先施以認知策略調查表（楊坤原和鄭湧涇，1996）與自我導向科學學習傾向量表（黃美華，2003）作為前測。接著，實驗組學生實施 PBL 教學，對照組則接受講述式教學（教學時間為 15 週，每週二節課，共 30 節）。教學後，兩組學生再進行上述二項測驗作為後測。實驗組學生另需填答 PBL 實施成效調查表。在收集兩組學生二項測驗的前後測資料後，以獨立樣本單因子共變數進行分析。

五、資料分析

本研究以實驗處理為自變項，實驗組和控制組學生在認知策略調查表和自我導向科學學習傾向量表兩項測驗的前測得分為共變量，後測之得分為依變項，使用 SPSS 10.0 版之統計套裝軟體（SPSS, 2000）中的獨立樣本單因子共變數分析程式，檢驗兩組學生在上述二項測驗的後測得分是否達到統計上的顯著差異。另亦分析實驗組學生在 PBL 實施成效調查表的填答結果，以了解學生對本次 PBL 實施成效的知覺。

肆、結果與討論

一、PBL 對高一學生認知策略表現的影響

實驗組與控制組學生在認知策略調查表（ICS）的平均得分分別為 233.4（SD=37.2）、229.9（SD=33.7）；後測平均得分則分別為 235.5（SD=30.6）、223.9（SD=32.3）。再以實驗處理（PBL 對講述式教學）為自變項，實驗組和控制組學生在認知策略調查表的前測得分的平均數為共變量，後測得分的平均數為依變項進行獨立樣本單因子共變數分析。由組內迴歸係數同質性考驗結果（F=0.02，p=0.88）顯示，兩組得分平均數未達顯著差異。接著由共變數分析得知（表 1），共變量達到顯著水準（F=137.25，p=0.00），顯示教學前兩組學習者的前測得分會影響實驗處理的效果。在排除前測的因素影響後，發現實驗處理對兩組學生在 ICS 得分平均數有顯著影響（F=5.14，p=0.03），此即表示實施 PBL 與講述式教學的兩組學生在認知策略方面有顯著的差異。由於以往國內外相關研究甚少探討 PBL 對學生的認知策略之影響，本研究此項發現頗具教學與研究上的意義。

表 1　實驗組(N=54)與控制組(N=53)學生在 ICS 得分之共變數分析

	SS	df	MS	F	Sig.
Pretest	55850.54	1	55850.54	137.25	.00
Treatment	2092.40	1	2092.40	5.14	.03
Error	38657.67	95	406.92		

二、PBL 對高一學生自我導向科學學習傾向的影響

實驗組與控制組學生在自我導向科學學習傾向量表（SDSLRS）的平均得分

分別為 107.6（SD=14.8）、104.4（SD=14.7）；後測平均得分則分別為 111.9（SD =12.5）、107.2（SD=13.8）。再以實驗處理（PBL 對講述式教學）為自變項，實驗組和控制組學生在 SDSLRS 及其各分量表的前測得分的平均數為共變量，後測得分的平均數為依變項進行獨立樣本單因子共變數分析。由組內迴歸係數同質性考驗結果顯示，兩組在 SDSLRS 的總量表及其各分量表得分的平均數皆未達顯著差異。接著由共變數分析得知，雖然 SDSLRS 的總量表與各量表之共變量均達顯著水準，但在排除前測的因素影響後發現，實驗處理僅對兩組學生 SDSLRS 的分量表四（Sb4）（表 2）（F=5.14，p=0.03）、分量表五（Sb5）（表 3）（F=7.80，p=0.01）和分量表六（Sb6）（表 4）（F=4.89，p=0.03）等三個分量表得分的平均數有顯著影響，此即表示實施 PBL 與講述式教學的兩組學生在「對自然科學習的成就動機」、「對自然科學習的自我效能」與「對自然科學習的後設認知策略—計畫」等幾項自我導向科學學習傾向有顯著的差異。此一結果反映 PBL 有助於使學生具備較好的自我導向學習傾向，成為自我導向的學習者（Dolmans & Schmidt, 2000），也可激勵學生的學習動機（Bridge & Hallinger, 1992；Savio & Hughes, 1994）、自我效能感（Ryan & Little, 1991）和後設認知策略（計畫）的使用（Bridge & Hallinger, 1992）。

表 2　實驗組(N=54)與控制組(N=53)學生在 SDSLRS 的 Sb4 得分之共變數分析

	SS	df	MS	F	Sig.
Pretest	55850.54	1	55850.54	137.25	.00
Treatment	2092.40	1	2092.40	5.14	.03
Error	38657.67	95	406.92		

表 3　實驗組(N=54)與控制組(N=53)學生在 SDSLRS 的 Sb5 得分之共變數分析

	SS	df	MS	F	Sig.
Pretest	323.15	1	323.15	111.21	.00
Treatment	22.65	1	22.65	7.79	.01
Error	290.59	100	2.91		

表 4　實驗組(N=54)與控制組(N=53)學生在 SDSLRS 的 Sb6 得分之共變數分析

	SS	df	MS	F	Sig.
Pretest	277.41	1	277.41	64.16	.00
Treatment	21.15	1	21.15	4.89	.03
Error	432.34	100	4.32		

三、高一學生對 PBL 實施成效的調查結果

根據實驗組學生在每個學習單元（共三個學習單元）採行 PBL 後，各次填答「PBL 實施成效調查表」中選擇「同意」與「非常同意」之百分比合計所得的結果如表 5 所示。整體而言，至少 90%的學生均認為 PBL 對他們的思考、小組討論、溝通與搜尋資料等能力均有所提升。約 85%以上的學生覺得 PBL 可促進人際關係與互助合作、增進分析資料、活用知識和解決問題的能力。大約 80%的學生指出 PBL 可提升學習動機、培養主動學習的習慣和日後的學習有幫助。75%左右的學生則認為 PBL 可學到重要的科學知識。至少有 70%以上的學生表示未來的課程仍可繼續使用 PBL 的方式進行。

這些調查發現與以往相關研究的結果相近（Allen et al., 1996；Donham, Schmieg, & Allen, 2001；Fansworth et al., 1988；Groh, 2001；Savio & Hughes, 1994；Willams, 2001）。可見，本研究所設計的 PBL 可獲得大部分實驗組學生的認同。至於為何學生對每個學習單元的同一項成效所知覺的情形不一，究其原因可能是因每個學習單元所設計的探究問題的內容深淺與學生對問題的相關經驗不同所致。

表 5 高一學生在三個 PBL 學習單元實施成效調查結果（%）

題　　目	單元一	單元二	單元三
1.我覺得「問題本位學習」有助於培養思考能力。	90.9	89.1	92.7
2.我覺得「問題本位學習」能提升學習動機。	83.7	87.2	78.2
3.我覺得「問題本位學習」能培養主動學習的習慣。	78.2	85.5	76.4
4.我覺得「問題本位學習」能促進小組討論的能力。	94.6	94.5	90.9
5.我覺得「問題本位學習」能促進人際關係。	85.5	89.1	83.6
6.我覺得「問題本位學習」能促進互助合作。	96.4	94.6	85.4
7.我覺得「問題本位學習」能增進搜尋資料的能力。	94.5	94.5	89.1
8.我覺得「問題本位學習」能增進分析資料的能力。	94.6	92.7	85.4
9.我覺得「問題本位學習」能增進溝通的能力。	90.9	94.5	89.1
10.我覺得「問題本位學習」有助於活用知識。	90.9	87.3	85.4
11.我覺得「問題本位學習」能培養問題解決的能力。	83.6	92.7	81.8
12.我覺得「問題本位學習」對日後的學習有所幫助。	85.4	78.2	80.0
13.我覺得「問題本位學習」可學到重要的科學知識。	81.8	72.7	76.4
14.我建議未來的課程可繼續使用「問題本位學習」。	87.3	70.9	74.6

伍、結論與建議

如何培育具備科學素養與相關的社會技能以因應知識經濟社會的人才需求，可說是當前國內外教育改革的焦點。由本研究的結果顯示，PBL 對國內高一學生科學學習的認知策略與「對自然科學習的成就動機」、「對自然科學習的自我效能」、「對自然科學習的後設認知策略—計畫」等自我導向科學學習傾向有正面的作用。高一學生也對 PBL 持有正向的知覺，認為 PBL 對他們的思考、學習動機、小組合作與問題解決等能力有所助益，故建議未來可繼續採用 PBL 來學習科學。可見，日後高中的科學教室或可考慮嘗試以 PBL 來培育國內學生的各項認知與社會技能，以達成國內教改的目標。

PBL 在國內中學科學學習上的應用還處於方興未艾的階段，許多可能影響國內學生採行 PBL 成效的因素尚待探討。由於以往國外關於 PBL 的研究多以量化取向和高等教育為主要範圍，今後的研究應可擴展至中小學階段，並兼採質性研究，以便對 PBL 能有更多的了解，藉以增進其在國內科學教室實施的成效。

主要參考文獻

黃美華（2003）：自我導向科學學習傾向量表之發展。國立高雄師範大學科學教育研究所碩士論文，未出版，高雄市。

楊坤原和鄭湧涇（1996）：高一學生認知風格、認知策略與遺傳學學習成就的關係。科

學教育學刊，4(2)，135-159。

楊坤原與張賴妙理（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。

Barrows, H. S. (1996). Problem-based learning in medicine and beyond: A brief overview. *New Directions for Teaching and Learning*, *68*, 3-12.

Delisle, R. (1997). *How to use problem-based learning in the classroom*. Alexandria, Virginia : Association for Supervision and Curriculum Development.

Trop, L., & Sage, S. (2002). *Problems as possibilities: Problem-based learning for K-16 education* (2nd ed.). Alexandria, VA: ASCD.