

以探究導向教學培養學生之科學過程技能 —以「溶解」單元為例

郭姿君、陳均伊

國立嘉義大學科學教育研究所

s0950992@mail.ncyu.edu.tw、jychen@mail.ncyu.edu.tw

摘要

本文以「溶解」單元進行探究導向教學，以循序漸進方式，教師引導由多至少，先協助學生發展基本能力，再逐漸增加學生自行探索的空間，希冀培養學生觀察、分類比較及傳達等科學過程技能。資料收集包括：課室觀察、科學過程技能評量問卷、晤談、學習單及教學日誌等。其中，評量問卷及評分標準經三位專家審核，且商請一位瞭解探究教學的國小教師共同進行評分後，再將資料編碼、歸納與比較。研究發現探究導向教學實施後，學生能善用五官觀察、針對觀察物特徵進行分類比較，且能利用表格整理資料以傳達訊息。

關鍵詞：科學過程技能、探究導向教學、溶解

一、緒論

近年來，英美等先進國家已體認科學與科技人才的缺乏，發起數學與科學教育的改革。學者們發覺填鴨式教學無法滿足學生的學習，探究導向教學較切合學生所需。我國小學課程發展受美國科學課程 ESS、SCIS、SAPA 等改革課程影響，重視學童對自然科學的親身體認，於教學過程中強調探究導向的重要性。

探究導向教學問世百餘年來，國內外有許多學者針對探究教學進行研究，其中，侯政宏(1996)、唐國詩(1996)、Ashcraft (2006)及 Ebrahim (2004)等人曾比較學生在探究導向教學與傳統講述教學中的學習成效，發現接受探究教學的學生其概念理解及科學過程技能的學習優於接受講述教學的學生。然而，探究教學在課室中落實的情況，似乎不甚理想。蘇明俊(2003)指出我國受現實環境及升學主義的影響，教師也因應家長及現實環境的需要，大多採用傳統講述的教學，以學生的成績表現為教學目標，而忽略過程技能的培養。

據此，本研究以「溶解」單元設計探究導向教學，希冀培養國小三年級學生之觀察、分類比較及傳達等科學過程技能。針對研究目的，待答問題如下：(一)在探究導向教學中，國小三年級學生觀察能力的轉變為何？(二)在探究導向教學中，國小三年級學生分類比較能力的轉變為何？(三)在探究導向教學中，國小三年級學生傳達能力的轉變為何？

二、文獻探討

(一) 探究教學

探究是人類的天性，歐陽鍾仁（1987）認為人類找尋問題與解決問題的過程就是一種探究。倘以科學探究作為教學方式，即是在教學過程中，讓學生經由探究的過程，練習運用科學的方法（王美芬、熊召弟，1995）。Bruner(1966)則認為探究導向教學不僅增進學生學科知識，更重視教他參與過程，以獲得知識，亦即，求知是一個過程而非結果。所以，探究導向教學能促使學生從被動的知識接受者，轉變成主動知識建構者。過程中，學生從做中學，主動發現問題、培養探究能力、獲得科學智能、習得各種操作技能，並能動腦思考去解決問題(楊龍立，2002；歐陽鍾仁，1987；AAAS, 1993；NRC, 1996)。

Yager(1983)曾指出探究導向教學應是現代科學教學的主流理念。其實施沒有固定方式，可以隨著老師的特質和各科教材概念結構而有所不同發揮方式（甘漢銑、熊昭弟、鍾聖校，1996）。為避免探究導向教學淪為食譜式探究，在探究與國家科學教育標準(NRC, 2000)一書指出，課堂中進行探究時，應把握五個基本特點，包括：學習者從事科學性問題、學習者針對問題給予證據、學習者從證據找出規律性、學習者將其解釋和科學知識連結及學習者傳達且辯護其解釋。故透過探究導向教學，將有助於學生主動發現生活中出現的問題，以及學習利用科學解決問題的知識和能力，進而提昇其科學素養。

(二) 科學過程技能

「科學過程技能」的操作型定義為從事「科學性探究」的「執行能力」（甘漢銑、陳文典，2004）。Finley(1983)曾指出過程技能是科學家進行科學研究時所使用的技能，包括：觀察、分類、溝通傳達、控制變因、測量、收集及分析數據、預測推理等。

自1965年以來，科學教育目標不再只是著重科學事實的講授，更重視科學方法與科學探究歷程的理解（王佩蓮、林碧楨，1990）。我國歷經多次課程改革，於現今九年一貫課程綱要中的第一項能力指標即是過程技能，其分為：「觀察」、「比較與分類」、「組織與關連」、「歸納、研判與推斷」、「傳達」五項（教育部，2003）。由實徵研究可知，探究導向教學能提昇學生的科學概念學習，且學生擁有實作的機會後，更可促進其科學過程技能的發展與精緻（施貴善，2004；張菊秀，1997；蘇麗涼，2002）。其中，透過五官或以儀器協助來觀察自然，將能協助學生理解自然世界(National Science Board, 1991)。分類比較能力的提升，則有助學生將發現的資料加以組織運用。傳達能力提升，則能促使學生對觀察事物做明確、清楚的描述，並善用表格 (Rodriguez & Bethel, 1983)促進溝通表達，進行問題解決。所以，觀察、分類比較及傳達三項科學過程技能，是本探究導向教學的設計重點。進行探究導向教學時，考量國小三年級學生的能力，教師將以循序漸進的方式引導。在每一活動中，讓學生善用五官或儀器進行觀察及分類比較，並於學習單等記錄其活動歷程與結果，最後分享討論。

三、 研究方法與步驟

(一) 教學設計

依文獻探討，本研究的探究導向架構為：「觀察情境、引出想法→進行討論、呈現問題→教學活動探究、產生結論→溝通傳達、發表分享。」教學活動內容以翰林出版社國民小學自然與生活科技領域第一冊第四單元「溶解」為主，每週進行三節課，共十二

節課。教學設計由「教師導向」逐漸趨向「學生導向」，先進行教學演示，再協助學生設計實驗以驗證想法，教師亦需適時介入，透過討論讓學生修正探索方式並瞭解實驗操作的公平性，再進行探索、記錄並公開發表分享。教學活動與協助學生發展過程技能的教學方式如表1。

(二) 研究對象與研究者角色

研究對象是嘉義縣某國民小學三年級學生，男生18人、女生16人，共34人，其中2名學生為特教生，有效樣本為32人。考量於一般教師對於探究導向教學的理解有限，未能充分展現教學設計的探究面向，故由研究者進行教學。

(三) 資料蒐集與分析

以質性資料為主，並輔以部分量化資料，蒐集方式包括課室觀察、學生學習單、小組報告海報及教師教學日誌等，並針對能力指標、經專家審查、與指導教授討論，發展「科學過程技能評量問卷」及其評分標準。以第一題為例，內容為：觀察泥土，並記錄方法和觀察結果。其對應的能力指標是「1-1-1運用五官觀察物體的特徵（如顏色、敲擊聲、氣味、輕重…）」。學生每寫出一種合理的觀察方法，即得1分，而方法中每觀察到一個適當的特徵，再得1分。例如：用「眼睛」看，得1分，且能寫出一項用「眼睛」所能觀察到的泥土特徵，如看起來有顆粒，則再得1分。此外，考量評分者的一致性，商請一位瞭解探究教學的國小教師共同進行評分。

為深入了解學生想法，並考量文字表達的限制，於「科學過程技能評量問卷」的前、後測後，進行晤談。依據評量卷前測成績，將學生分成低、中、高三層，依人數比例隨機抽樣，分別為2、2、3人，共8名學生。質性資料的整理是先將資料編碼，再進行歸納、分析與比較，以形成研究發現。

表1 教學活動與協助學生發展過程技能的教學方式

單元名稱	單元目標	活動內容與發展過程技能的教學方式	時間
單元一「不見了？」	運用五官辨認物質的特徵，瞭解有些物質能溶解於水中，有些物質則無法溶解於水中。	活動一：拿出清澈的杯水，讓學生觀察、思考水中是否含有其他物質。然後，讓學生運用五官觀察、比較數種常見粉末，及分別加入水中產生的現象，再將結果歸納、發表與討論。	2 節
單元二「溶解高手」	瞭解物質溶解於水的量是有限的，並比較不同的物質在水中有不同的溶解量，以及瞭解影響溶解速率的因素。	活動一：利用兩杯甜度不同的水，引發溶解量的問題，師生共同討論實驗步驟後，進行探索。學習單中，引導學生將結果表格化，最後分享與討論以培養傳達能力。	3 節
		活動二：藉由實際吃糖果，延伸出加快溶解的方法有哪些。各組設計並發表實驗方法，經討論、修正後進行探究，活動中需善用觀察、分類比較溶解的情形。最後，歸納結果並分享。	3 節

單元「溶解的應用」	與同學分享應用在 日常生活中的溶解 原理及方法。	活動一：應用溶解的觀念沖泡紫菜湯，觀察湯包材料，並預測溶解情形。沖泡後，觀察比較結果與預測，並比較水量不同產生的差異。	2 節
		活動二：舉例說明生活中運用溶解的情形，再觀察、比較乾淨及受到污染的河流圖片後，說出兩張圖片的差異及原因。小組蒐集資料後，彙整成海報並發表以了解學生的傳達能力。	2 節

四、研究發現

(一)「科學過程技能評量問卷」的前、後測

在進行探究導向教學前後，分別實施「科學過程技能評量問卷」前、後測，將得分進行成對樣本t考驗分析(表2)。由表2可知，多數題目的分數達統計上的顯著差異，顯示學生的觀察、比較分類及傳達三項能力，在此次探究導向教學活動後有明顯的進步。

其中，僅第二題未達顯著差異，其內容是請學生描繪醃漿草，旨在測驗「1-2-1-1 察覺事物具有可辨識的特徵和屬性」能力。前測晤談時，多數學生表示，醃漿草像愛心，下課時經常和同學到操場搜尋，想找到多一片葉子的「幸運草」。可見，醃漿草的外在特徵比較清楚，且對學生而言較為常見。所以，學生在前測作答時，能輕易找出其特徵。後測中，該題平均分數有增加，但未達顯著差異。

表2 科學過程技能評量問卷前後測成對樣本t考驗摘要表

能力名稱	能力指標	題號	前測平均	後測平均	標準差	t值
觀察	1-1-1-1	一	4.50	6.13	2.92	-3.153**
	1-2-1-1	二	4.88	5.75	2.61	-1.895
	1-1-1-2	五	3.75	5.25	3.77	-2.252*
比較	1-2-2-4	三	0.50	0.88	.491	-4.313**
	1-2-2-3	四	3.50	8.25	2.91	-9.243**
	1-2-2-1	六	2.50	5.13	2.15	-6.902**
分類	1-2-2-2	七	2.75	5.00	1.66	-7.642**
	1-1-5-1	八	4.13	10.88	5.12	-7.452**
	1-1-5-2	九	2.75	3.75	1.61	-3.521**
傳達	1-2-5-1	十	1.50	2.88	1.24	-6.284**

* $p < .05$

** $p < .01$

(二)探究導向教學前後，學生科學過程技能表現的差異

參與本研究的學生以往僅接觸過傳統講述教學，在實施探究導向教學前後，其科學過程技能表現差異大致如下：

1.觀察能力：

(1) 探究導向教學前，學生擁有基本的觀察力，但對觀察的認知為：「用眼睛看」，

且觀察時多僅止於外觀形狀、顏色等淺顯易見的特徵。前測晤談時，八位學生皆表示觀察就是用眼睛看，由課室觀察亦可發現相似的情況。

進行「植物」單元教學，學生被帶到榕樹下畫出來它的莖部，多數學生畫出莖的大概形狀及顏色，並不會進一步畫出紋路等細微處，只有三個小朋友會畫出莖的紋路。（課室觀察960915）

- (2) 探究導向教學後，學生多能善用五官進行觀察，例如：使用手、鼻子等，亦能觀察比較細微的地方。例如，評量問卷的第一題，85%的學生在前測時，僅畫出植物外型及顏色，然而，在後測時，67%的學生可以畫出葉脈、細毛等細微處。

此外，學生對觀察的認識亦發生變化。後測晤談時，半數學生仍回答觀察就是用眼睛看。但是，當老師給予實物請他們做觀察時，學生卻會運用其他感官。老師進一步提問，用手摸是否屬於觀察，全數學生皆表示認同。

2.分類比較能力：

- (1) 探究導向教學前，學生不太懂分類這個名詞，在教師稍加說明後，多數學生則能根據特徵，進行一級分類。探究導向教學後，學生能找出較多特性進行分類，一級分類的次數也明顯增多。由評量問卷第五題可以發現(表3)，學生將八張圖卡分類時，大多已能進行一級分類，且次數明顯增加。以學生S15為例，他在前測時，依形狀及有洞的特徵進行2次一級分類。後測時，分類的依據變多，包括：形狀、有洞及顏色等特徵。此外，學生S15更將八張圖卡分成四堆。經晤談得知，他試圖將圖卡做更細微的分類，在不了解二級分類的情況下，只好將圖卡依形狀與有洞的特徵分成四堆。

表3 科學過程技能評量問卷第五題學生前後測作答情形

	分類層級		一級分類次數		
	一級分類	不會分類	3次	2次	1次
前測	26人 (81.25%)	6人 (18.75%)	4人 (12.5%)	10人 (31.25%)	18人 (56.25%)
後測	31人 (96.8%)	1人 (3.125%)	15人 (46.875%)	13人 (40.625%)	3人 (9.375%)

- (2) 比較部份，多數學生已從用眼睛及靠直覺的方式，轉變成善用工具，並能說明比較的方法。在評量問卷第六題，請學生比較漢堡和三明治重量。前測時，18位學生 (56.25%) 使用目測及手來進行比較，14位學生 (43.75%) 僅表示用眼睛看。後測時，只用眼睛看的人數降為6人 (18.75%)，多數學生則提出使用磅秤來增加比較時的準確性。除此之外，更有學生利用尺及橡皮擦製作蹺蹺板式的測量工具。

3.傳達能力：

- (1) 探究導向教學前，約四分之一的學生喜愛發表，其中有一半的學生在回答時，會直接下結論，或說出教科書提供的正確答案。推測，學生的答案多來自事先學習，而非當場所發現瞭解的。課室觀察記錄如下：

當我拿著磁鐵要求學生回答，你觀察到什麼時，舉手的小朋友馬上說出N極和S極、同極相斥等。舉手的小朋友幾乎都是成績較優異的，且多數有上安親班。

(課室觀察961006)

- (2) 探究導向教學後，學生傳達所使用的語句較為客觀、提出的問題較有深度，不像之前總是天馬行空，問一些不相關的問題。以學生S17為例，評量問卷第八題的前測晤談回答，認為課桌椅的高低不平，讓人不舒服。後測時，該生傳達的內容仍有些主觀的形容詞，但已能開始使用客觀的形容詞做描述，例如：顏色是綠色、形狀是長方形、用手指敲會發出聲音等，這可能與學生觀察能力的進步有關。另外，勇躍發言的學生數亦增多，且回答多是親眼所見、所觀察到的情形。教學日誌記錄著：
當我要求學生觀察桌上的水並將結果記錄下來，學生努力的運用五官進行觀察，想比別人找到更多現象。連平日不敢發言的S07（課業低成就的學生），都積極想發表。（教學日誌961102）
- (3) 探究導向教學後，學生較能運用文字、圖表來呈現資料。在評量問卷第十題，學生須將題目中「套圈圈」遊戲的得分記錄製成表格。在前測時，僅有6人(18.75%)能將閱讀資料繪製成正確的簡易表格(無標題)。能繪製表格，但填入資料是錯誤的，有18人(56.25%)，而空白無作答的，則有8人(25%)。後測時，能畫出正確表格者增加為16人(50%)，能畫出簡易表格(無標題)的有14人(43.75%)，而空白無作答的，有2人(6.25%)。在教學過程中，亦可發現學生運用符號紀錄的進步，如學習單一，請學生記錄溶解量時，多數學生以阿拉伯數字來記錄，如第一匙寫1，第二匙寫2，當加到十幾匙時，很多小組開始反應學習單空間不足。經過分享與討論之後，學習單二記錄不同物質的溶解量時，56.25%的學生則能使用正字等類似符號做紀錄。

五、結論與討論

本研究之活動設計希冀藉由探究導向教學，讓學生參與探究，在自然與生活科技的學習中，培養其科學過程技能。由研究過程可知，教學內容倘多與生活經驗結合，能引起學生學習的興趣，進而積極探究，如活動二之二中，給予學生每人一顆大小、材質相同的糖果吃，讓學生統計吃完的時間，並討論為何時間不一樣？經由這有趣的親身經驗，學生可以實際觀察，並快速比較出原因。甚且，在探究活動中，以循序漸進的引導方式，請學生觀察、記錄結果、練習資料整理、報告探究結果等，能有助於培養學生觀察、分類比較與傳達技能。

其次，從評量卷前後測、學生資料可以發現，學生的科學過程技能逐步增進。觀察時，從用眼睛到運用其他五官，甚至利用儀器（如放大鏡），部分學生則能注意到許多細微之處。而觀察能力的增進亦與其分類比較能力及傳達能力有關，仔細的觀察讓學生可以察覺更多物品的特徵以進行分類。甚且，除了一級分類，部分學生希望做出更細微的分類。往後，若稍加指導，學生應能進行二、三級分類。而學生的傳達能力亦有增進，不但踴躍發言，還能將資料以表格方式作呈現。

基於研究過程與發現，未來以探究導向教學培養學生科學過程技能時，宜針對教學內容設計學習單，引導學生循序漸進的練習，並提供實際觀察、比較等實作機會，使其能熟悉與應用過程技能。其次，探究導向教學給予學生較多的思考空間，其問題可能較為五花八門。為配合學校課程，教師需熟悉課程目標，才能逐步引導學生探究而不致偏

離課程主軸。本研究以「溶解」單元所呈現的探究導向教學，採立意取樣，囿於教學情境與學生差異等，研究結果不宜過度推論。僅提供一個探究教學的可行方式，做為小學教師設計探究教學的參考，協助學生經由探究歷程，培養科學過程技能，以落實科學教育的目標。

參考文獻（部分文獻略）

王美芬、熊召弟（1995）。國民小學自然科教材教法。台北：心理。

教育部（2003）。國民中小學九年一貫課程綱要。台北：教育部。

陳文典（2003）。科學素養的評量。載於黃茂在主編，九年一貫課程自然與生活科技學習領域研習手冊（頁33-77）。台北：國立教育研究院籌備處。

Bass, J. E., Carin, A. A., & Contant, T. L.(2004). *Teaching science as inquiry*. (pp.38-50). Washington : Council for Educational Development and Research.

National Research Council (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching Learning*. Washington, DC : National Academy Press.