

國立臺灣師範大學教育心理與輔導學系
教育心理學報，民93，35卷，4期，337—354頁

科學寫作活動的知識建構對國小學生 自然科學學習效果之影響

羅 廷 瑛

台北縣
網溪國民小學

張 景 媛

國立台灣師範大學
教育心理與輔導學系

本研究目的有三：一、分析科學寫作活動中達到知識建構的內涵；二、探討科學寫作活動對學生自然科學學習效果的影響；三、了解家長和國小學童對科學寫作活動的接受度。研究對象有二：一、選擇四年級兩班學生，一班35人為實驗組和另一班36人為控制組；二、另將實施科學寫作活動的三個班級之學生及家長共107人，施以科學寫作活動意見調查表，了解其對寫作的接受度。實驗處理對實驗組學生實施科學寫作活動，而控制組未接受，其統計方法使用單因子共變數分析，以檢視學習效果及家長和學生對寫作之接受度；並蒐集實驗組學生的科學寫作作品，作內容分析。本研究得到幾點結論：一、由學生的科學寫作作品中發現在知識建構的歷程中，學生能展現對新概念的理解、整合和擴展之特性與九年一貫自然與生活科技領域所要求的認知向度的基本能力；二、科學寫作活動能提昇學生自然科學學習的效果；三、家長與學生皆能肯定科學寫作活動的實施成效。根據上述研究結果提出討論，並據以提出建議，以作為下學期實施的修改依據，並提供自然科學教學者參考。

關鍵詞：科學寫作活動、知識建構、基本能力

九年一貫課程改革的目的，在於培養主動思考、並自行建構知識的兒童，在科學教育中更需要重視此教學目標，例如最近的科學教育改革報告中就極力呼籲科學的學習應使學生能自行建構科學學習的個人意義、並使所有的學生都能感受到成功的滋味（Klein, 1990; 引自 Blosser, 1990b）。研究者在思考欲達成上述目標，擬採用科學寫作活動，其所持的理由如下：

一、寫作有助於科學學習

Howard（1988）提出了「寫作為思想之父」（act of writing is father to thought itself）之概念（引自 Rivard, 1994），明白的指出了教師如能在教學上應用寫作之活動，可達至兩個重要的功能，不僅能觀察學生學習某事增進知識的理解；也能夠引出學生對某事的反應，例如澄清理念或是建構知識，以達到溝通的目的。Vygotsky（1962）也重視寫作的功能，提出寫作可以幫助思想與新舊概念的連結。因為在寫作歷程中，學生能應用在長期記憶內所儲存的內容知識和歷程知識與外在的新刺激不斷交互作用，以完成作品（Bereiter & Scardamalia, 1987; 引自 Salvia & Ysseldyke, 1995）。

整理相關寫作應用在科學方面的文獻，可以發現科學寫作活動能促進學生在下列方面的學習效果：

（一）促進學童的邏輯發展：Brederman（1983）係運用統合分析的研究法，發現以活動為基礎（activity-based）的科學計畫對學生的邏輯發展之有效，係因為學生參予活動時皆運用智能、創造力、科學歷程、情意、邏輯、知覺、語言、科學內容和數學能力。而寫作需要產出知識和注重思考，因此寫作也可視為一種活動（引自Blosser, 1985）。其寫作能助長學習效果，也見於Risinger（1987）的研究，其研究者發現在寫作過程中，學生可透過寫作表達知識，因為寫作本質上為一個整合的過程，包含寫作者在學習向度上所有智能的統整運用。

（二）教師可依之來評鑑學生科學學習的表現：教師透過學生科學寫作的內涵，來作為教學方法改善的依據，其評鑑的內容準則分為六類：1.分析技巧—批判思考和問題解決、2.成就—事實、回憶、綜合、分析、評鑑與一般成就、3.知覺—關於科學、目標、自我與學習技巧、4.歷程技巧—歷程、測量、技術和科學方法、5.相關技巧—閱讀、數學、社會研究與溝通技巧、6.其他領域—創造力、邏輯思考和空間的關係（Shymansky, Kyle, & Allport, 1983; 引自Blosser, 1985）。

（三）培養學生成為獨立解題者：寫作可被視為問題解決的歷程，與科學教學目標一致。因為透過寫作活動，學生實際上是在執行一系列解題的練習，此不僅是一種能力；也會形成科學解題的習慣，在不斷的練習後，學習者在寫作的歷程及最後產出的作品，還可呈現出個體獨特的解題風格（Risinger, 1987）。

（四）增加親子互動和親子互動：由於寫作需要將學過的知識統整後才能產出作品，而科學教學係為概念的釐清與理解，兩者均需要較長的時間構思，是以設計成週末的家庭作業是最為適宜的，透過寫作，可使學習者再次精熟課堂上所吸收到的知識和技能（Milbourne & David, 1999）。

（五）呈現學生的經驗知識：透過科學寫作活動，可以呈現學習者的先備經驗和錯誤概念。當學生在作品中，自我建構的知識不同於正式科學教學課程材料時，則可提醒教師在教學法及教材設計上，必須著重一些教學策略，才能使其概念有所轉變（Blosser, 1990a）。

因此寫作從1970年代開始，就視為一種有助於學習的方法或是工具，但一直到最近才為研究者和教育者所重視（陳慧娟，民87）。例如在科學教學情境中，教學者常發現到學生所具有的概念常支配學生對於科學資訊的了解，使得學生在面對解釋自然現象及過程時，常沒有足夠的自信去使用科學知識，可知教學並不保證能引導學生由自發概念轉變為科學概念（Reinder Duit, 1991; 引自熊召弟、王美芬、段曉林、熊同鑫譯, P.108）。這現象使得研究者企圖將寫作設計為幫助兒童發展對主要概念的理解，例如Baird等人（1989）所進行的行動研究，學生被教師和寫作工作單指引去思考他們的學習過程，學生常被問及他們學什麼？如何去學？教師也會建議他們將改變的學習行為，記在日記中，此結果使得大部分的學生改變了傳統的科學學習觀（引自熊召弟等譯, P.114）。

綜觀國外最近的教育改革努力將寫作技巧擴展至科學領域（Blosser, 1990a），在國內透過寫作來從事學習的教學策略，也逐漸引起重視，例如「數學寫作」可協助兒童紀錄自己的解題過程，並發表其數學想法（魏宗明，民86；薛麗卿，民88），但卻缺乏相關國小科學寫作活動的研究，因此研究者嘗試將寫作應用於自然科學上，以探討對學生學習科學的助益。

二、知識的建構對科學教育之影響

相關科學教育的研究趨勢，已經從傳統的觀點轉移到概念改變理論（Mayer, 1999, p.209）。其理論所持的學習觀為「學習不是增加事實的記憶；而是被新的心智模式所取代」，此「心智模式」為概念—改變理論的核心，一個心智模式係指某一系統內不同成分間狀態改變，所產生因果關係的認知表徵（Mayer, 1992; 引自Mayer, 1999）。此觀點對科學教育的啟示為科學教學應視為協助學習者改變他

們既存的概念，而非是不斷增加新知識到他們記憶庫中。

與上述觀點相同的是「知識的建構」的學習觀。此為認知論在 1970 年代和 1980 年代之間所闡述的學習觀（Mayer, 1992; 引自林清山, 民86），影響了科學教學的活動設計，許多的科學教學者紛紛將寫作與閱讀等語言技術的活動併入科學教學流程（Ellsworth & Buss, 2000; Gallagher, 2000; Nancy & Michael, 2001），其原因為在學習科學時，利用這些語言技巧，企圖引起學生四個認知歷程的運作：學生的錯誤概念、建構新的概念、使用新概念以及建立和使用科學知識（Mayer, 1999, p.210）。這樣的過程便是一連串「知識建構」的歷程—學生以自發概念為礎→自發概念與科學概念間產生認知衝突→學習者設定問題解決的目標→導向活動，產生對新概念的初步理解→將新舊概念連結，對新概念產生合理的詮釋→應用新概念於生活情境，此也是互動式的建構者模式教學的核心（interactive-constructivist model, Shymansky, Yore, & Hand, 2000）。所以「建構」的意涵即為學習者的知識基模透過同化與調適，將之原有的知識擴充、減增、解構及重構的循環歷程。

因此知識建構觀在科學教育上，不僅協助了科學教育工作者反省過去只注重記憶課本知識的傳統教學，也指引科學教師應擔負下列的角色與責任：（一）教師扮演協助者、資源提供者與督導者的角色，主動營造學習情境，清楚認知學生才是學習的主角。（二）教師所營造出的學習環境，必須提供學生「主動」的學習。（三）使用多元方法，達到學習目標。（四）教師在教學過程中，需常自我省思學生能否產生意義性、主動性與自行負責任的學習（段曉林, 民85）；同時也幫助了學習者不再盲目的接受現成的知識，培養反省、批判思考的精神以及問題解決能力（曾志華, 民86）。影響所及在科學教學的現象場上，看到教師能以學生為主體，讓學生如同科學家一般，從問題解決開始，透過一連串的對話與討論，以共同建構科學知識的步驟與方式來學習科學，使教室中的科學學習，具備科學社群科學對話的特色。

三、依循知識建構的理念，設計科學寫作活動

觀察國小自然科學教學的現象場，讓研究者發現到教師欠缺在實驗後與在習作書寫後，對學生知識建構的重視，於是形成學生上課很快樂的「玩」實驗，但對獲得的概念知識卻一無所知，再加上平時無複習的作業書寫，總是等到要考試時，學生就像是資料庫，被動去塞入教師及父母努力統整後的知識。這樣的科學學習方式僅能被一些聰明的學生所吸收，而大部分的學生卻是對科學逐漸感到挫敗而無趣，因為依循知識建構的理念，學習者應以原有的知識為礎來與學習的科學概念產生連結、理解及應用，因此為了要讓學生能自行建構科學學習的個人意義，研究者擬以在科學教學中併入寫作。「科學寫作」（writing to learn science, 陳慧娟, 民87）係依循「寫作有助於學習」的觀點來產生，基於科學教學的本質與其他領域的不同，科學寫作活動須跳脫句子、文法或標點符號等的語法規定，因為教師在從事教學時，太過強調文法、句子等低層次的心智活動，無形中會增加學生寫作的注意力負荷，而降低寫作的品質（Mayer, 1999, p.209）。

其次科學寫作須培養學生成為知識的轉譯者而非知識的陳述者，知識的轉譯可說是一個問題解決歷程，涉及到一些高層次的認知歷程，例如想法的精緻化、問題解決和反省思考等。最後教學者必須要讓學生發表其寫作的機會，以顯明自己的知識，並將之呈現同儕和教師之中以便評鑑，藉以讓師生對其科學概念有更完整的探討，以達致概念理解的教學目標。

九十一學年度為中年級正式實施九年一貫課程，研究者希望透過科學寫作的設計，能培養學生具備此領域的科學能力；其次依循知識建構的理念來設計的科學寫作，研究者也希望學生透過此活動，使學習的主體—學生，與外在的客體—科學概念進行交互作用，繼而產生反思與建構出個人意義的學習結果；並期望學生從科學寫作中，對科學概念有深入的理解來協助記憶，以取代考前大堆的平時考卷複習，避免造成沉重的認知負荷。然而實施上述的理念，是否對學生的學習有所助益呢？以及家

長與學生對實施科學寫作活動的接受度如何？將是研究者在檢驗科學寫作活動實施成效所關心的主題。行動研究的興起與重視，為學者力圖將各領域的理論與實踐作連結的研究方法，其特色強調「知識改革的實踐性」（Jos & Fred, 1996，引自陳美如，民88），影響在教育情境中的教師，能透過行動研究從事自我覺察及教學改革。因此研究者在國小四年級的自然科學教學中，以「教師即研究者」的角色，奠基在知識建構的理念，從事科學寫作的行動研究；並在實施一學年後，提出成效的討論、反思及建議，以作為下學期實施的參考依據。是以本研究的目的如下：

1. 分析科學寫作活動中知識建構的內涵。
2. 探討科學寫作活動對學生自然科學學習表現的影響。
3. 了解家長和國小學童對科學寫作活動的接受程度。

方 法

本研究係採行動研究的架構，採用不相等控制組的準實驗研究法，並輔以教室活動的觀察紀錄、反思日記的撰寫以及收集學生的科學寫作來做內容分析，以了解科學寫作的知識建構對中年級學生的自然學習效果，茲將研究架構、研究對象、研究工具、教學活動設計、實施程序以及資料蒐集與分析等項，描述如下。

一、研究架構

研究者係參考行動研究的基本步驟：找到起始點、澄清問題情境、發展行動策略並導進實務和公開教師知識四個共通的流程（夏林清譯，民86）與McLean（1995）提出的概念化、應用與詮釋三個階段的行動研究循環模式（引自陳聖謨，民88）來建構研究架構，如圖1所示。

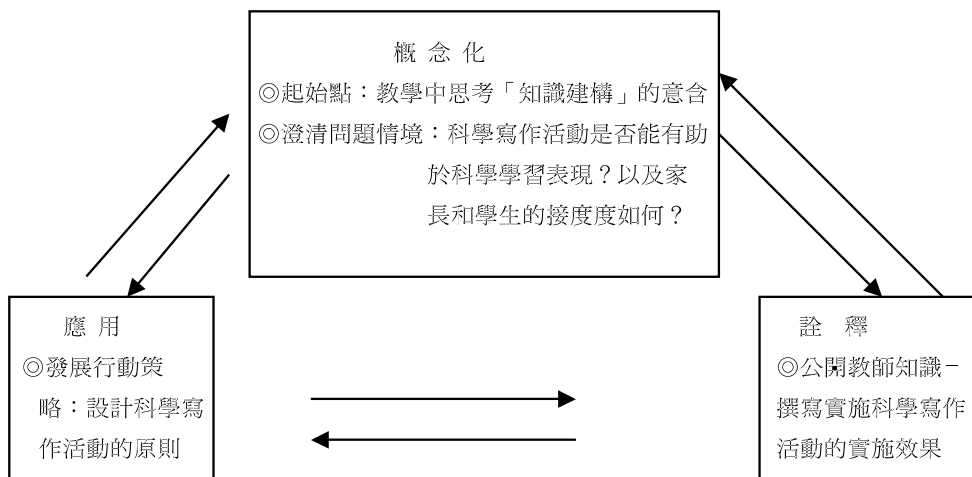


圖1 行動研究的循環模式

二、研究對象：本研究所參與的研究對象，分為兩部分：

（一）實驗組與控制組的選擇：基於行政理由，無法隨機分配受試者，因此研究者在所任教的四個班級中，以三下的自然科期末考成績進行獨立樣本t檢定來選取學習成績相近的兩個班級。一班男生20人與女生15人，共35人為實驗組；一班男生20人與女生16人，共36人為控制組。

（二）科學寫作活動意見調查表實施的研究對象：研究者以任教的四年級三個班級107位學生與

家長為施測對象，填答科學寫作活動意見調查表，以了解家長與學生對科學寫作的接受度。

三、研究工具

(一) 科學寫作活動

本研究設計的科學寫作活動，有下列三個特色。

1. 符合科學寫作之原則：研究者整理相關文獻，列出如下原則

(1) 不受拼字、文法及修詞的語法規則限制 (Mayer, 1999)：研究者在指導寫作時，不僅示範作文式寫作與科學寫作的兩種文章，以讓學生區別兩者的差異，並讓學生了解到科學寫作是將課堂所學到的概念納入在文章中，寫出自己對概念理解的程度；並且盡量鼓勵學生不須太注重語法規則，只要句子通順，易讓人容易理解即可。

(2) 寫作活動融入科學教學中 (Gallagher, 2000)：在科學教學中，將寫作的活動併入教學流程中。

(3) 鼓勵學生用自己的話對科學概念表達心得與想法 (Vygotsky, 1962)：研究者除了示範自己的科學寫作，強調口語化的重要性，提醒學生在寫作時思考新舊經驗的連結和應用外；並在科學寫作時的觀摩與修正，指導學生在寫作時，盡量將概念做口語化的描述。

(4) 達成溝通、組織及改變科學概念之目的 (Howard, 1988; 引自 Rivard, 1994)：研究者所設計的項目，可讓學生依照自己的方式來溝通與組織自己對概念的理解，教師在比較學生寫作之前後概念的轉變，以了解學生的學習效果。

2. 符合「知識建構」的原則：科學寫作活動中，包含：

(1) 喚起學生舊經驗的寫作項目設計

研究者在科學寫作活動中所設計的預習日記，其項目「實驗定名」和「有興趣的實驗」，讓學生能針對所要進行的單元在預習時有初步的認識。由於教師尚未教學，因此學生能用自已的話對學習新單元採取一種無壓力的創作態度寫作，也使得教師在批改時，可先了解學生的先備知識，尤其是錯誤概念，以提供有效的教學討論。

(2) 提供對新概念理解的寫作項目設計

傳統的科學教學學習焦點僅集中科學概念的記憶，無讓學生有反思和建構知識的機會；因此透過設計複習日記中的「實驗過程的畫寫」，除讓學生覺察並養成在實驗中，不能以嘻笑玩樂的方式學習外；也因為必須用自己的話來寫作或繪畫，使得學生必須先理解概念後，再將之轉換成文字或畫畫的符號表徵；其次「收穫」和「心得」項目更需要學生將習的概念做一整合，因此教師在批改時，可了解到學生在學習過程後的建構知識是否仍有錯誤概念、是否理解所學的概念意義。

(3) 引導新舊知識連結的寫作項目設計

預習日記中的「提問」項目，可讓教師了解學生預習的問題與學習的期望，如果是先備知識不足者，教師可利用上課時適時的澄清或是複習相關新概念的舊經驗；其次加上「參考資料」項目的找尋，能讓學生在上課歷程中，能較理解教師的概念講解，學生也可就參考資料中的觀點跟師生討論，以使全班同學對概念有更周延的認識。

3. 科學寫作活動設計：本研究的科學寫作活動設計，包含「表達性寫作活動」(expressive writing activities) 和「執行性的寫作活動」(transactional writing activities) (Rivard, 1994)。「表達性寫作活動」屬於非結構性，可以是學業認知的問題或是情緒表達的問題，本研究設計的預習日記，其「發問」的項目與複習日記中的「心得」和「收穫」項目屬於認知性的表達，而預習日記的「感興趣的實驗」項目以及複習日記中的「組員評分」項目為情緒的表達活動。另一為「執行性的寫作活動」，將概念以結構的方式表達，例如問題、解釋與摘要等則屬此類。本研究在預習日記中所設計的「定實驗

名稱」、「參考資料」和複習日記中的「實驗過程」紀錄皆屬之。

(二)「自然科成就測驗」：此測驗由教師自編，用以檢驗科學寫作活動的實施成效。測驗題目的編選，係參考牛頓版本的電腦題庫，以第四、五、六，三個單元為試題範圍，依據內容項目、難度以及單元實施時間比例的分析，包含記憶、理解與分析三向度的試題，隨機分配在整份測驗上。例如記憶型、難度中的是非題設計，在「蚯蚓」單元為「蚯蚓喜歡住在陽光照射的溫暖泥土裡」。在「物質燃燒」單元為「植物行光合作用後，會釋放氧氣，供動物使用」在「光合作用」單元為「小明用吸管吹氣到澄清的石灰水中，會使石灰水更乾淨」。

最後將所得的題目初稿與2位專家教師，一位是指導教授，另一位是在國小任教自然科十年，並參與科展獲縣優等的專家老師進行討論後，修改不適切的題意與選項編制而成，其雙向細目表如表1所示。

表1 自然科成就測驗之雙向細目表

	第四單元： 物質的燃燒	第五單元： 蚯 蚓	第六單元： 光合作用
是非題	第2題-（記憶型；難度高） 第3題-（分析型；難度中） 第8題-（理解型；難度低）	第1題-（分析型、難度低） 第10題-（理解型；難度高） 第5題-（記憶型、難度中）	第4題-（記憶型，難度低） 第6題-（分析型；難度中） 第7題-（理解型；難度低） 第9題-（理解型、難度高）
選擇題	第2題-（記憶型；難度中） 第5題-（理解型；難度低） 第7題-（分析型；難度高）	第1題-（分析型、難度低） 第10題-（理解型；難度中） 第6題-（記憶型，難度高）	第3題-（分析型；難度中） 第4題-（記憶型，難度高） 第6題-（理解型；難度中） 第9題-（記憶型；難度低）
實作題	記憶型；難度高	理解型；難度中	分析型；難度低

(三)科學寫作活動意見調查表：本調查表係由教師自編而成，目的在調查家長與學生對科學寫作活動的接受度。其內容包含兩大部分，一為針對家長來調查：調查指導小孩寫作的主要家庭成員的意見，其項目分為需要平時考的增減、對小孩在寫作時的觀察、自己在指導寫作的收穫以及對科學寫作項目設計的意見。一為針對學生來調查：其項目分為對寫作項目的喜歡度、想刪掉的寫作項目、科學寫作的預複習功能、寫作的時間、與家人互動討論的情形。

四、教學活動設計

研究者選擇了實驗組與控制組的兩班後，以牛頓版四年級下學期的四、五、六單元進行科學寫作活動，研究者同時擔任兩班的教學者，以使兩班的教學法相同，如圖2所示。但實驗組學生施以科學寫作的實驗處理，控制組未接受，最後單元結束後，施以教師自編的「自然科成就測驗」，以檢驗寫作對其學習效果的影響。

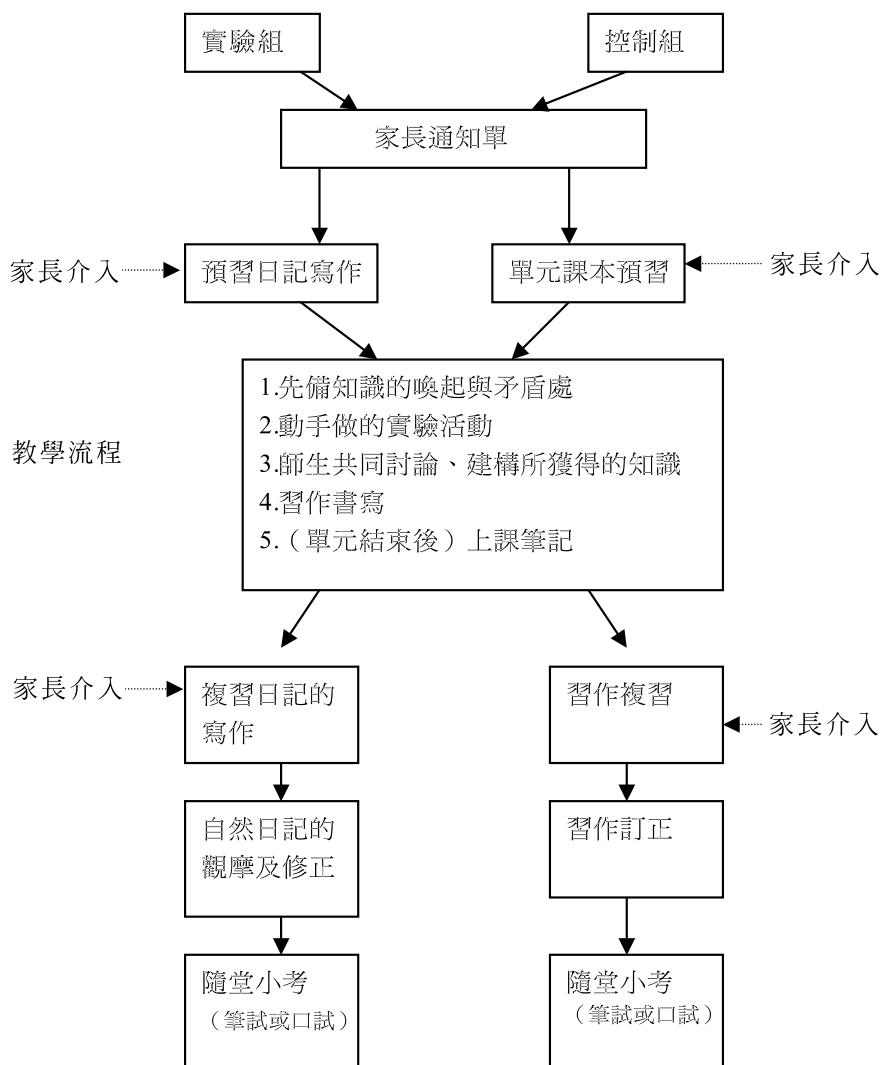


圖2 科學寫作教學流程

五、實施程序

研究者鑒於本研究的對象為國小中年級學生，其寫作的先備經驗很少，因此從89年9月至90年3月，為期一學期半的練習期，指導學生練習科學寫作的要領，讓學生了解且習慣科學寫作的項目及所要求的標準。此歷程一直持續到下學期90年4月的期中考後，正式實施科學寫作對自然科學學習效果的實驗處理。

研究者在開學之初，茲以通知單的方式告知實驗組與控制組兩班的家長，這學期自然科學學習與評量的方式，並請家長能配合與協助。由於實驗組須從事科學寫作，所以研究者將科學寫作的原則影印給學生，讓學生貼至筆記本，以備隨時參考，接下來在上每個單元前，實驗組利用週休書寫預習日記、控制組施以口頭預習，並請兩組學生寫在聯絡簿上，以邀請家長的協助參予；在單元上完後，也利用週休讓實驗組學生有充裕時間完成複習日記、控制組施以口頭複習之作業。研究者在批改科學作品後，會留有1-2堂課給予實驗組觀摩與補充、訂正寫作內容的時間。在第六單元上完後，隔一星期

對實驗組與控制組施以「自然科成就測驗」，以檢驗實施效果。

六、資料的收集及分析

本研究的資料分析，分為兩類，茲描述如下。

(一) 內容分析：研究者隨機抽取實驗組三位自然成績中等學生的科學寫作作品，其知識結構的評鑑，依據兩個原則：

1. 以概念圖來評鑑：Edward (1991) 指出科學知識的「理解」有兩個基準，係指在社會情境脈落中，知識是能「連結」和「應用」的，此連結的基準與個人的知識結構有關，因此學習者所學習到的概念必與已存在的知識有關以及與真實世界的物體與事件相連結（引自熊召弟等譯，民85, p.66、p.68）。所以本研究依據上述的理論，利用 Novak 與 Gowin (1984) 所發展的「概念圖」及評分系統來評鑑學生的知識結構。研究者先將寫作內容改寫成概念圖，並將其評分原則，經與協同評分者討論後，決定為(1) 命題：表知識的理解程度，包含概念與關係兩部分，正確給予1分。(2) 階層：表知識容量，給予5分。(3) 交叉連結：表知識整合程度，為有意義學習的指標，給予10分。(4) 舉例：表知識的特定性，給予1分（參考余民寧，民85）。以第四單元「物質燃燒」為例，透過預習寫作和複習寫作後的概念圖以較，了解學生透過寫作後，其知識結構變化的情形。

2. 以九年一貫自然與生活領域相關知識建構的能力向度來評量之，包括「科學與技術認知」、「科學本質」與「科技的發展」（陳文典，民89），其能力標準定義為：

(1) 科學與技術認知：包含「認知層次」一例如對自然現象作有目的的偵測，以獲知概念的表徵。

(2) 科學本質：例如知道可用驗證的方法或試驗的方法來查核自己對概念的理解。

(3) 科技的發展：以日常生活的事例作為切入的問題，進行探討活動。

協同評分者為邀請一位畢業國立台北師範學院數理教育研究所的碩士，其論文以質性研究法完成的國小教師來參與之。與研究者共同檢核改寫概念圖符合原文之程度、概念圖評分以及能力指標的達成有無之項目，求得評分者信度0.85。

(二) 量化分析：依三個班級學生及家長在其科學寫作活動意見調查表，計算百分比，以了解對科學寫作的接受度；其次基於行政的理由，以班級為選取的單位，未能做到隨機分配的原則，研究者雖以三下期末考平均分數選擇兩班實驗，但是到正式實施實驗處理前，期間仍有許多變項摻入，因此以三下期末考分數為共變量，蒐集實驗及控制兩組在「自然科成就測驗」的成績，進行獨立樣本單因子共變數分析，以了解科學寫作活動對學生自然科學學習表現的影響。

結 果 與 討 論

一、科學寫作所展現的知識建構內涵

(一) 見於附錄一，研究者分析寫作前後的概念圖，顯示三位學生對「燃燒」概念的建構內涵

1. 增加知識的理解：以概念和連結語的得分表示。從三位學生的概念圖可以了解三位學生對「燃燒」的先備知識：「皆具有空氣可以幫助燃燒」，而A0408的先備知識較豐富，他知道物質燃燒後還會產生CO₂，因此他的提問就較A0427和A0430較深，他期望知道：「是否所有物質在有氧氣的狀況下，皆可以燃燒以及想比較物質間的燃燒時間」。經過寫作複習日記後，發現到三位學生的概念與連結關係，增加非常多，A0408得到25分，A0427得到27分，A0430得到24分，顯示A0427的概念理解比A0408和A0430兩位多。

2. 增加知識容量：係以有意義的階層來比較。三位學生在預習日記時由於都充滿問號，因此無有

意義的階層出現，但經過學習後，學生皆擴充了知識容量，A0408呈現6個階層，A0427呈現6個階層，A0430呈現4個階層。

3.與先備知識做連結：三位學生均呈現新概念與舊經驗的連結，例如A0408將「CO₂加上澄清的石灰水，所產生的變化，稱之為化學變化」；A0427在寫：「醋和小蘇打粉製作CO₂的實驗時，會想到醋是屬於酸的一種，小蘇打粉是屬於鹼的一種」；A0430學習到：「滅火的原理與CO₂的關係」。

4.知識整合的程度：以交叉連結的分數表示。例如A0408連結「蠟燭燃燒需要O₂，而蠟燭燃燒後需要CO₂」，A0427連結「CO₂使蠟燭極快熄滅，O₂使蠟燭燃燒更旺」的概念整合。

(二) 具備的基本能力項目

1. 科學與技術的認知和科學本質的能力：A0408由於先備知識中不知道哪些物質可以製造O₂和CO₂（預習日記），因此當兩個實驗從開始到結束，可以發現到A0408非常積極的投入實驗，此可以從他畫的實驗過程，每個步驟都畫的很清楚來證明（複習日記）。而A0427和A0430的先備知識是想要知道線香和蠟燭燃燒的原理是什麼？（預習日記），經過紅蘿蔔和雙氧水導致線香燃燒後，他們在複習日記上寫下：「原來幫助線香燃燒的不是空氣，而是氧氣」（A0430）。而A0427的觀念更清楚：「原來是空氣中的氧氣，幫助線香燃燒」。可見三位同學皆知道對現象做有目的的偵測與應用試驗的方法，來加深學習概念的理解。

2. 科技發展的能力較缺乏：從預習日記中，僅有A0430想要了解此課概念跟日常生活應用的關係，於是他注意到烤肉的問題，因此在複習日記中，他的收穫也緊連著生活事務，例如：「我學到了如何生火和滅火的原理」。此應用的能力是A0427和A0408所缺乏的。

可以了解透過科學寫作的練習，不僅使學生的知識建構越趨深度及廣度，並且對科學的學習，產生正向的積極態度；其次透過能力指標的評鑑，也可知道學生在寫作中，已具備科學方法，來獲得科學知識理解的能力。

二、科學寫作活動對自然科學學習效果之分析

(一) 兩組在「自然科成就測驗」成績之比較

研究者以三下的期末考成績為共變量，將實驗組與控制組施以「自然科成就測驗」，其成績進行獨立樣本單因子共變數分析，如表2、表3所示，先進行組內迴歸係數同質性檢定， $F=0.02$ ， $P>.05$ ，顯示符合斜率同質性的假定，再進行共變數分析， $F=13.6$ ， $P<.05$ ，其兩組的差異達顯著水準，顯示實驗組（ $M=90.3$ ）優於控制組（ $M=83.8$ ），意即科學寫作活動，能提昇學生自然科的學習效果。

表2 實驗組和控制組在三下期末考成績與自然科成就測驗成績的平均數、標準差及調整平均數

	三下期末考成績			自然科成就測驗		
	N	M	SD	M	SD	Adj.M
實驗組	35	90.8	8.5	90.3	6.4	90
控制組	36	88.6	9.0	83.8	8.6	83

表3 實驗組和控制組在「自然成就測驗」得分的共變數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F
組別	485.8	1	485.8	13.6*
誤差	2426.6	68	35.7	
全體		69		

* $P<.05$

(二) 討論

實驗組的表現優於控制組，顯示科學寫作活動確能增加學生的科學學習效果，究其原因如下：

1. 寫作利於錯誤概念的覺察、反思及修正：從科學寫作可以觀察到學生許多認知歷程的表現。例如A0427和A0430從上述的知識建構的內容分析中，可以了解其先前的知識經驗中，已知燃燒需要空氣，然後做完實驗後，他們進一步了解是氧氣所致；而A0427更將空氣分為助燃氣體和不助燃氣體，以讓自己對空氣、氧氣及二氧化碳間的關係概念，更加清楚。所以知識的產生是透過一系列反思的行動，去建構自己的認知基模，而對於其間所產生的錯誤概念和疑問，也可讓兒童覺察到真實世界與學校教學的科學概念有相互不一致的現象（Trowbridge & Mintzes, 1985; 引自 Blosser, 1987），此時就會引發學生產生反思、分析和批判的後設思考，促使他再次的溫習課本、習作或是透過實驗的操作，來解答自己的疑問。這樣的歷程，便會使學生主動去注意到不熟悉或是與自己經驗矛盾的知識，對修正後的知識印象深刻。

2. 寫作使學生產生解題的動機：從附錄一可以看出三位學生在預習日記的寫作中，預習的結果是處處產生疑問，例如A0427直接提出三個有關燃燒的問題，A0430極欲想了解燃燒及熄滅的原理，A0408雖先備知識較豐富，也提出了「是否所有的物質在有氧氣的情況下，都會燃燒」較深入的問題，這些問題以自己的經驗做出發，使得他們在做實驗時及實驗後的討論活動，均較專心，並且也會利用下課時去請教成績優秀的同學自己的問題（教師的觀察紀錄）。無形中這樣的討論，不僅使自己獲益，也會引發不同能力的同學參與或是旁聽，以擴展學習概念的深度和廣度。

3. 寫作利於新舊經驗的連結：如附錄一所示，學生為要寫作必須產出知識，因此須練習用自己的話來表達與詮釋課堂上所吸收的知識，例如A0408：會將物質燃燒後的二氧化碳，命名為「新生寶寶」，其可以了解到他知道燃燒後會產生新氣體，運用自己的舊經驗去類比。其次A0408和A0427學生在複習日記的概念圖中，也能看出此特色。例如A0408的CO₂與澄清石灰水的「化學變化」，A0427的醋之於「酸」，小蘇打粉之於「鹼」。可見實驗組的學生因要寫作，如果新概念跟舊經驗連結，將能使自己在複習時，加深印象。再加上實驗組的同學在寫作時，均能將主要概念呈現，因此在複習時，教師可以節省喚起學生概念重新複習的時間，而做概念的深入和統整化。

因此在上述因素的交互作用下，使實驗組在「自然科成就測驗」的成績高於控制組。

三、學生對科學寫作活動的反應

（一）學生對科學寫作活動的接受度：從回收的有效科學寫作意見調查表有107份，分析出學生對科學寫作的反應如下：對科學寫作活動的喜愛度：有34 %的學生喜歡科學寫作，有65 %的學生為無意見者，此顯示科學寫作項目中有些為學生所喜歡，有些卻令學生不喜歡。就科學寫作活動取代平時考卷的贊成度：贊成者和不贊成者皆為一半，顯示科學寫作活動雖然可以提升學習成果，但是傳統的複習工具一平時考，仍有它的重要性，因此學生普遍認為科學寫作能達到與平時考卷並存為複習工具的功能。就複習自然日記的習慣：發現約有50%的學生會複習科學寫作活動中的上課筆記。就科學寫作的預複習功能：有90 %的學生皆認為預習日記和複習日記的寫作，皆能達到預習和複習科學知識的學習目標。

（二）討論

針對實施一學年的科學寫作活動，有1/3的學生很明確的表示喜歡寫作。從積極面看來，學生從陌生的寫作探索到產生正向的寫作態度，這是科學寫作有助於提昇科學學習效果的一個證據，但是研究者也觀察到幾個現象，可能是下學期實施時須作調整的部分，茲描述如下：

1. 科學寫作屬高層次的認知思考，使學生必須花較長的時間來適應

實施寫作，學生必須多動腦思考才能作知識的建構及統整，這與學生習慣的學習法是截然不同

的。傳統的教學法將學生定位在被動接受教師產出的知識，因此學生對自然科學的學習態度便是實驗課好玩的態度，做完實驗後，卻不知道所學為何，導致了知識的產出和教學效果兩者產生極大的落差。因此當科學寫作有別於傳統的學習法，需要運用高層次的認知思考作科學知識統整，便會使部分學生產生抗拒，而不習慣如此的學習方式，因此須要更長的時間來作協助和引導。

2. 寫作的回饋機制仍須加強

本研究發現學生的科學寫作，因仍處於摸索階段，所以回饋機制顯得特別重要。但是因受限於課程進度的壓力，使得學生在一單元結束後的優良日記觀摩、仿作及補寫的練習時間不夠充裕；其次研究者也忽略到可採用合作學習的小老師制，來增加回饋機制的多元化，這樣不僅能增加回饋的量與質，且有助於增加學生寫作的動機。

3. 部分學生的科學寫作，因家長無法協助，而有不知如何下筆之困難

本研究發現到雖然科學寫作實施一學年，但是對部分習慣被動接受知識的學生，對寫作仍感到無從下筆之恐懼，其原因之一為家中無人可以指導，因此對概念的理解無法透過與家人再次的溝通和澄清，而有清楚的認知，所以在需要產出所建構的知識時，便缺乏勇氣公開；其次由於缺乏家人的督促與鼓勵，慢慢的也降低對寫作的喜愛度。

四、家長對科學寫作活動的反應與意見

（一）家長對科學寫作活動的支持度：研究者回收家長的問卷，獲得有效問卷為96份，有如下的發現：就填寫者來看：父親為填寫者有29位，母親為填寫者有67位。就科學寫作的複習功能看，有24%的家長已將科學寫作視為複習的輔助工具。從科學寫作的觀察中，有90%的家長觀察到小孩學科學學習進步的地方，分為三個向度：正向的學習態度，佔47%、寫作內容的進步，佔13%、顯著的學習表現，佔29%。有77%家長從科學寫作中，發現到孩子需要改進的學習向度，包括：人際互動的學習，佔3%、用心的學習態度，佔61%、學習技能的加強，佔36%。90%的家長從指導科學寫作中獲得許多的收穫，包含：溫故知新，佔46.7%、認同此教學法，佔24%、增加親子的科學互動，佔29%。6.對科學寫作內容的增減意見：64%和18%的家長表達刪去「組員評分」項目和「家長評分」項目。有34位表達想增加的內容，包含：需要平時考卷的提供，佔72%、多些實作活動，以培養科學態度為重點，佔68%、寫作內容設計的活潑與生動化，佔6%。

（二）討論

1. 家長能接受科學寫作的實施，究其原因如下：

（1）家長覺察到角色轉換，所帶來的收穫

家長傳統的觀念仍普遍認為國小的自然科仍是以「背多分」為主，因此在複習時仍偏重知識的教導與記憶，但是透過科學寫作，多數的家長均感受到教導的過程中，不僅發現孩子的進步；也無形中讓自己有溫故知新的感覺；意即從「教學者」的角色轉移到「共同學習的夥伴」，此角色的轉換也顯示著親子在科學學習上的平權，使家長能夠很清楚的了解到孩子的盲點以及自己的錯誤觀念，並透過與孩子的共同討論，了解到自然課教師所要傳導的學習重點，除了改正自己的錯誤想法，同時也因為家長的參與，使得在引導孩子寫作的過程中，可讓孩子減少家長教導與教師不一致時，所帶來的無所適從感。

（2）家長逐漸接受改革所帶來的新學習觀念

科學寫作活動讓家長了解到科學學習中，孩子科學態度和科學方法的培養才是首要的；即如九年一貫的課程改革的主要動機，便是希望培養「學生能帶的走的能力」，透過家長在科學寫作中給孩子的評語及給予教師的建議，可以了解家長逐漸接受九年一貫課程改革所帶來的新觀念，並調整自己的「角色的定位」。

2.家長提出需要平時考、增加實作活動和科學寫作項目活潑化之意見，所透漏出的訊息：家長一方面接受教育改革的新課程，希望學校能給予學生更生動的學習經驗；但一方面也擔心這樣的課程，是否會降低學習效果，因此紙筆測驗仍是家長心中最重要的學習效果評估，所以未來研究者仍會將多元評量與紙筆測驗聯結，並修改科學寫作項目之設計，以提昇學生的寫作興趣。

五、研究者的反思

研究者在執行一年的科學寫作的過程中，獲致下列三點的反思。

（一）科學寫作的設計：由於預習日記項目的設計，使教師還是無法能完整的掌握學生先備知識的基礎，基於最近科學教學中強調「教學的歷程，要不斷的以學生的先備知識為礎」的觀點，因此研究者需要對預習日記的項目再作修改；其次針對有寫作困難的學生所回饋的項目，研究者將在學生感困難的項目，提供提示語及範例，以讓學生就其線索暗示，能產出更多的知識。

（二）家長的參與程度及影響力：從家長的回饋上，似乎發現到家長參與之熱烈，然研究者發現到在批改學生的科學寫作上，家長的參與程度是值得質疑的，到底家長的參與是助力或是阻力，仍需要進一步的確定。所以在下學期的寫作實施中，研究者希能邀請家長來討論指導寫作所遇到的困難，並設計問卷，檢核學生對家長雙方對參與寫作的感受，以獲得效度的檢核。

（三）知識結構評鑑的問題：運用概念圖來評量學生的知識結構，對執教國小中低年級的教師，實有利有弊。好處係因為Novak有一套簡易的評分系統，使從事行動研究之教師可以不須具備高深的統計能力，便可以透過簡單的計算，了解學生的知識量，然弊端為研究者發現到在「概念」項目的評分上「不管是抽象或是具體的」，皆以同分計算，這使協同評分者與研究者在此點上有很大的爭議；其次階層式的屬性要求以及要教導此年齡層的學生製作概念圖是一項大挑戰，因此研究者在教導時及評分時運用Novak開始研究兒童概念的方法，將學生的寫作改寫成概念圖，以解決學生製作階層時的困難；然會面臨到主觀詮釋的問題，因此研究者需要再閱讀及蒐集是否有別於概念圖方式用來評量學生知識結構的評分系統，以使評鑑的工作更趨客觀。

結 論 與 建 議

一、結論

本研究實施一學期的科學寫作，其實施成效如下：

（一）分析科學寫作活動的內涵，可以發現學生透過寫作，能在作品中呈現出對學習概念的連結、理解與整合之特性，以及具備科學與技術認知、科學本質及科技發展之基本能力。

（二）研究者將實驗組與控制組在教師自編的「自然科成就測驗」的成績，進行單因子共變數分析， $F=13.6$ ， $P<.05$ ，兩組差異達顯著水準，顯示科學寫作活動能顯著的提昇學生自然科學學習的效果。

（三）有九成的家長從指導孩子的科學寫作中，獲得了教學相長的收穫與細膩的看到孩子的學習狀態；有九成的學生肯定科學寫作具有預複習的功能，顯示家長與學生皆能肯定科學寫作的實施成效，但家長與學生也反映了寫作內容項目設計的周延性之意見，這些均可作為下學期改進的參考。

二、建議

研究者根據上述的結論，提出下列的建議：

（一）教師可邀請家長成為科學寫作的多元評量者，並可作為教師評鑑效度的參考

在多元評量的觀念衝擊下，不僅要求評鑑的內容在本質上的精緻化，還可包含評量者的多元化，因此在科學寫作活動後續的實施上，也可邀請家長來評量孩子在科學上的學習情況，這樣不僅利於親子互動、也可用以檢核教師評量信效度的參考依據。從 77 % 的家長能在科學寫作中發現孩子的優缺點，顯示著如果研究者能設計一分檢核表，包含評分及評語的撰寫給予家長，將使教師在做評鑑時，能依據此檢核表，協助教師檢核平日對學生觀察的公正性，並可使教師的給分更具客觀性與周延性。

（二）知識結構的建構歷程，應成為科學評鑑及教學的主流

由於本研究鑒於人力因素，僅能呈現學生科學寫作作品中知識建構的結果，亦即僅能從靜態的分數和內容，分析概念的理解量及知識整合的程度；如果教師能在孩子寫作時，要求他放聲思考，將能觀察到學生的先備知識基礎以及建構知識的動態歷程，這樣教師在教學時，不僅能更清楚了解到學生知識的建構中所遭遇到的盲點及先備知識的影響力，以適時的提供學生概念澄清的活動與討論，同時在評鑑時，也可補充靜態評鑑時的不足處。

（三）提高兒童科學寫作練習的興趣

由於寫作涉及到知識的轉譯，包含較多的認知活動，因此教師的任務宜對科學寫作的內容再做周延的設計，以提高學生的寫作動機。例如親師與師生間對項目類別及內涵可共同協商，以達成共識，並收集此學期的優秀寫作作品為範例，提供部分的學生與家長能有仿作的練習，以熟悉寫作方式。而教師在寫作之初，須先扮演好示範者的角色，引導學生練習仿作並搭配優秀學生的作品觀摩，待學生逐漸熟悉後，才撤出鷹架支持，並提供更多的回饋機制，例如同儕支持鷹架的小老師制等，讓不同能力者透過此合作機制皆獲得成就感，逐漸的降低懼怕寫作的焦慮，勇敢且有自信的表達所建構的科學概念；最後也可透過各種文體，例如童詩、說明文及增加團體創作的多元寫作方式，以利學生產生對話的機會，達致擴展知識產出主體性的目標。

最後之知識建構觀影響科學教育改革的新走向，強調教師的角色宜由傳統重視「該傳授什麼內容給學生」本篇研究結論的教師主體性轉而重視「覺察及協助學生建構了什麼的內容」的學生主體性；並在學生既有的經驗與興趣上提供適當的鷹架支持，去建構新的知識和解決實際的問題。科學寫作活動為達成此目標而努力著，在實施一學年的教學後，其成效在家長和學生的肯定之餘，也獲致許多的意見來進行反思，透過本研究，期望能給予更多自然科教師在科學教學時的參考。

參 考 文 獻

- 余民寧（民85）：有意義的學習概念構圖之研究。台北：商鼎。
- 林清山（民86）：有效學習的方法。台北：教育部。
- 夏林清譯（民86）：行動研究方法導論—教師動手作研究。台北：遠流。
- 教育部（民89）：教學創新，九年一貫。國民中小學九年一貫課程與學網站。http：
//teach.eje.ntnu.edu.tw/C-learn/C-main-frame.htm。
- 郭重吉（民89）：漫談建構主義在數理教學上的應用。建構與教學，16。http://www.bio.ncue.edu.tw/c&t/issue1-8/v16-1.htm。
- 陳文典（民89）：自然與生活科技學習領域課程綱要閱讀。台北：南一。
- 陳美如（民88）：邁向二十一世紀的學校知識—多元文化學校知識探究。教育資料與研究，30卷，36-44頁。
- 陳聖謨（民88）：教師即研究者—談教師的行動研究。國教之友，51卷，3期，29-36頁。
- 陳慧娟（民87）：有效促進概念改變的教策略科學寫作。中等教育，49卷，6期，123-131頁。

- 曾志華（民86）：以建構論為基礎的科學教育理念。教育資料與研究雙月刊，14期，74-80頁。
- 熊召弟、王美芬、段曉林、熊同鑫譯（民85）：科學學習心理學。台北：心理。
- 魏宗明（民86）：國小實施數學寫作活動之研究。國立嘉義師範學院國民教育研究所碩士論文。
- 薛麗卿（民86）：數學寫作活動對國小學生解題能力及數學態度之影響。國立台灣師範大學教育心理與輔導研究所碩士論文。
- Blosser, P. E. (1985). Research relation to instructional materials for science. (*ERIC/SMEAC Science Education Digest No.2.ED265013*).
- Blosser, P. E. (1990a). Procedures to increase the entry of woman in science —relation careers. (*ERIC/SMEAC Science Education Digest No.1.ED321977*).
- Blosser, P. E. (1990b). Current projects and activities in k-12 science education curriculum development. (*ERIC/SMEAC Science Education Digest No.3.ED324194*).
- Ellsworth, J. Z., Buss, A.(2000). Autobiographical stories from preservice elementary mathematics and science students: implications for k-16 teaching. *School science and mathematics*. 100(7), 355-364.
- Essex, C. (1996). Teaching creative writing in the elementary school. (*ERIC/CSMEE. Science Education Digest. ED391182*).
- Haury, D. L., & Milbourne, L. A.(1999). Helping Your Child with Science. (*ERIC Clearinghouse for Science Mathematics and Environmental Education Columbus OH. No. ED432447*).
- Gallagher, J. J. (2000). Teaching for understanding and application of science knowledge. *School science and mathematics*, 100(6), 310-318.
- Lu, M. Y. (2000). Writing Development. (*ERIC Clearinghouse on Reading English and Communication Bloomington IN. No. ED446341*).
- Mayer, R. E. (1999). *The promise of education psychology: learning in the context area*. NJ:Prentice-Hall.
- Milbourne, L. A., & David, L.(1999). Helping students with home work in science and math. (*ERIC/SMEAC Science Education Digest No.3.ED432454*).
- Nancy, R. R., & Michael, R.V.(2001). Implementing an in-depth expanded science model in elementary schools:multi-yr foirnings, research issues, and policy implications. *International journal of science education*. 23(4), 373-404.
- Risinger, C. F. (1987). Improving writing skills through social studies. (*ERIC/CSMEE. Science Education Digest.No.40. ED285829*).
- Rivard, L. P. (1994). A Review of writing to learn in science: Implication for practice and research. *Journal of research in science teaching*. 31(9), 969-983.
- Salvia, J., & Ysseldyke, E.(1995). *Assessment*. NJ: Houghton Miff- lin Company.
- Shymansky, J. A., Yore, L. D. & Hand, B. (2000). Empowering family in hand-on science program. *School science & mathemati- cs* .100(1), 48-56.
- Vygotsky, L. S. (1962). *Thought and language* . Cambridge. MA: MI T Press.

收 稿 日 期：2002年05月20日

一稿修訂日期：2002年08月13日

二稿修訂日期：2003年12月10日

接受刊登日期：2003年12月15日

附錄一

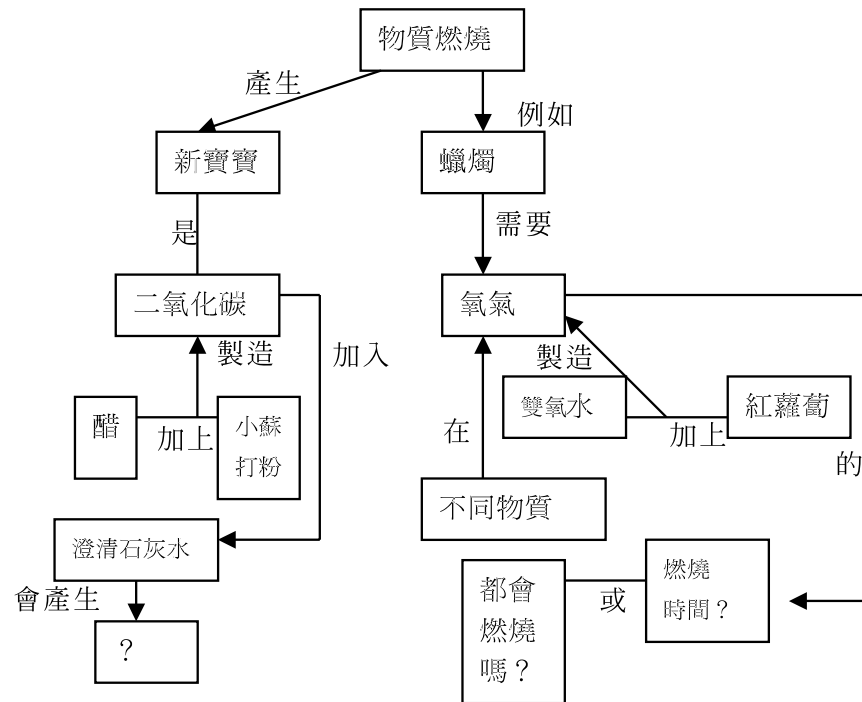


圖3 A0408 預習日記的概念圖

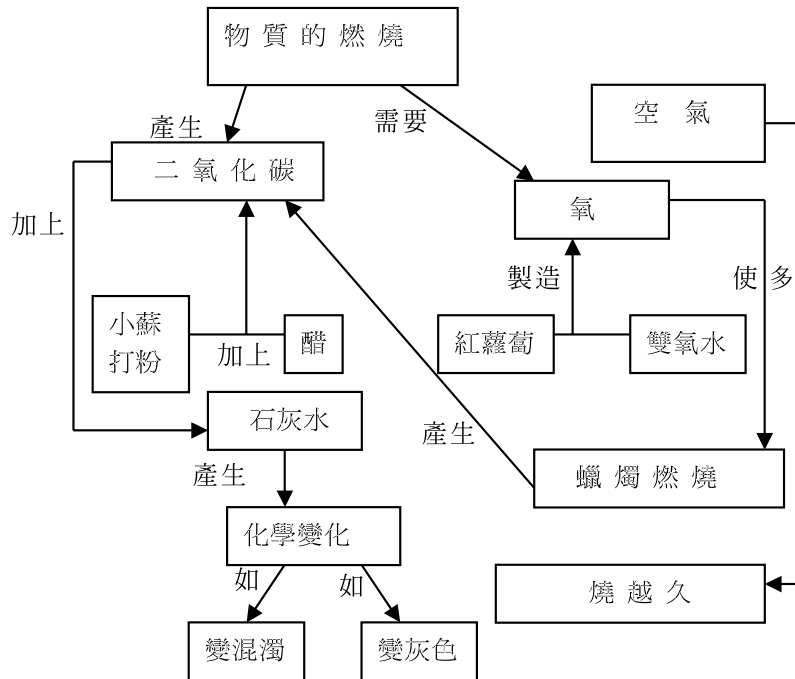


圖4 A0408 複習日記的概念圖

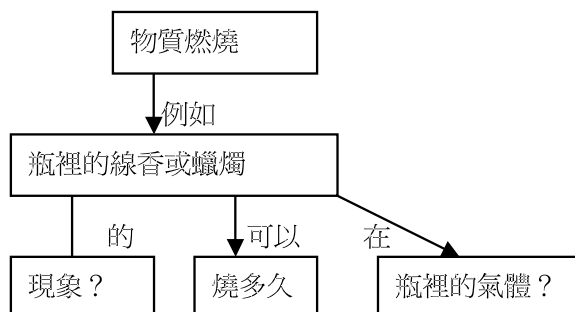


圖 5 A0427 預習日記的概念圖

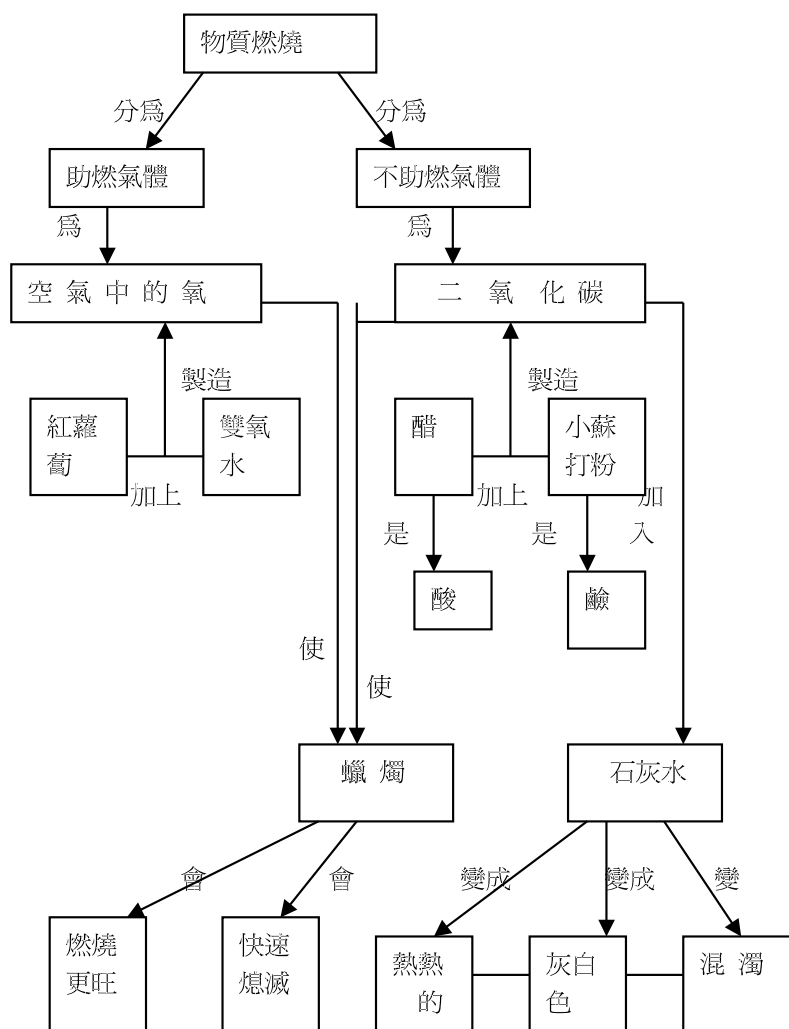


圖 6 A0427 複習日記的概念圖

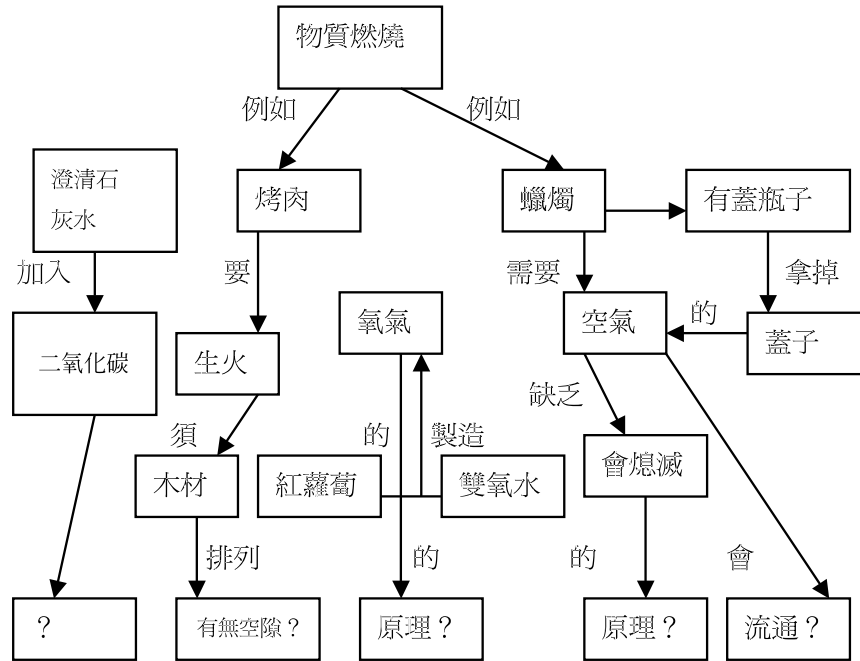


圖7 A0430 預習日記的概念圖

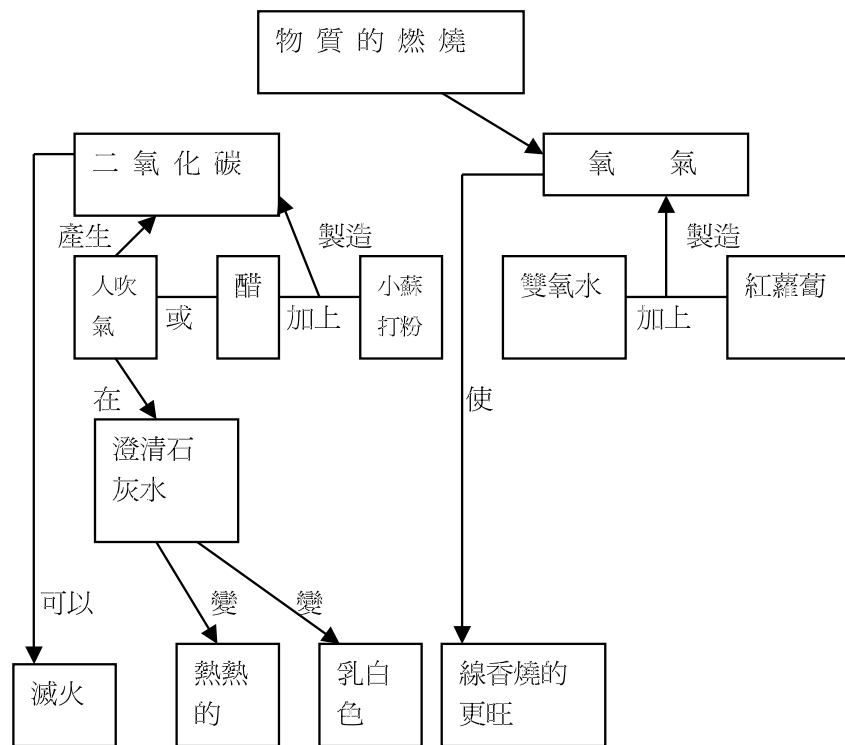


圖8 A0430 複習日記的概念圖

Bulletin of Educational Psychology, 2004, 35(4), 337-354
National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan, R.O.C.

The Influence of the Knowledge Construct of Scientific Writing Activities on Elementary School Students' Natural Science Learning Effect

TING-YING LO

Taipei County
Wang-Shi Elementary School

CHING-YUAN CHANG

National Taiwan Normal University
Department of Educational
Psychology & Counseling

The purposes of this study were: 1. to analyze the content of knowledge constructs from scientific writing activities; 2. to explore the influence of scientific writing activities on natural science learning; 3. to understand the degree of acceptance of parents and students' toward scientific writing activities.

The subjects included: 1. Two classes of fourth-grade students; one was the experimental group (35 students), and the other was the control group (36 students). The experimental group was administered scientific writing activities, and the control group was not. 2. Three classes of students (Should the grade level of the 107 students also be specified) who participated in science writing activities, and their parents were administered a questionnaire about science writing activities to understand the degree of acceptance towards scientific writing activities.

The data were analyzed by one-way ANCOVA, and the researcher also analyzed the content of the students' science writing. The major findings were as follows: 1. According to the students' science writing, we found that the students could understand, unify, and enhance the characteristics of new concepts and that they exhibited the basic cognitive abilities necessary in the nature and life science area during the process of knowledge construction. 2. The science writing activities promoted the students' natural science learning effect. 3. Most parents and students supported and accepted the science writing activities.

Pedagogical implications and suggestions for future studies are discussed.

KEY WORDS: science writing activities, knowledge construct, basic ability