科學教育學刊
2007, 第十五卷第五期, 491-520

Chinese Journal of Science Education
2007, 15(5), 491-520

發展錨定式科學寫作模式之行動研究

林雅慧[1]　**張文華**[2]　**張惠博**[3]
[1]國立彰化師範大學　科學教育研究所
[2]國立臺灣師範大學　生命科學系
[3]國立彰化師範大學

（投稿日期：民國 95 年 5 月 13 日，修訂日期：96 年 7 月 6 日，接受日期：96 年 8 月 15 日）

摘要：在涵化入科學社群的過程中，語言扮演一個關鍵的角色。學習者可以運用寫作的語言作為工具，來學習與建構其對科學的理解。本行動研究即希望發展出協助學生經由寫作學習科學的教學模式，並透過設計的寫作任務協助學生建構對科學概念的理解。研究者們先運用單元概念關係圖分析教學單元，而後設計連續性的寫作任務，並探究一班四年級二十六位學生在每個寫作任務期間所呈現的寫作表徵及影響寫作的原因。第一階段的研究發現約有 92% 的學生傾向於在寫作文本中描述可觀察的現象與操弄過的經驗，但缺乏描述先前學習單元中所學習的定義或專有術語，而且也很少對兩個或以上的因素做整合性的說明。第二階段，研究者設計錨定式科學寫作模式，以學習者在先前學習單元中所獲得的具體學習經驗當做錨定物，促使學習者反思與轉化他們對於科學概念的理解，由此提升了學生整合觀察的現象與專有術語或定義的學習成效。本研究之成果可供科學教師參酌，設計協助學生經由寫作學習科學的系列教學活動。

關鍵詞：科學寫作、錨定

壹、緒　言

一、研究背景與重要性

根據九年一貫自然與生活科技課程綱要，教師需能提供適當的教學材料與探究活動，由此增進學生的科學與科技素養。科學素養的面向之一，即是希望培育學生進行科學探究的能力，持續地與自然界互動，並依據資料提出解釋與預測（教育部, 2001）。早在六 O 年代，Joseph Schwab 就倡導科學教學應該首重探究，然而四十年來，探究取向的科學教學，仍無法落實為課室教學（Duschl & Osborne, 2002）。Yore, Bisanz 和 Hand（2003）指出，許多研究探索詮釋真實科學的研究歷程，主張說以及寫的語言是最常被科學家用來建構、描述以及呈現科學主張以及論點的符號系統。語言可以說是科學和科

學素養的整合部分--語言是動手做科學以及建構科學理解的工具；語言亦是一種目的，可被用來溝通探究程序及科學理解，使得人類得以做決定並採取行動。因此，對一個學生而言，最基本的學習科學的技能應該是語言。

針對孩童運用談論進行對科學論點的理解與知識之建構，研究文獻指出，孩童能運用不同的對談策略參與同儕對於某個對談主題的討論；而對談論點的發展趨勢與論點是否能深入被推理亦會受到學生對談策略的使用情形而有不同的發展（林雅慧、張文華和林陳涌, 2003；Lin & Chang, 2002; Lin & Chang, 2003）。由這些研究可知，「說的語言」對於科學的學習與教學之影響。但受限於口語表達的即時性，學生的對話論辯過程，較無法呈現學生個人思維的推理脈絡。Vygotsky（1978）主張，寫作是一種第二順位的符號系統：因為文字能代表說出的話語，而說出的話語即在表徵物體的意義。Wallace, Hand 和 Prain（2004）更清楚的由認知的面向界定科學寫作在科學學習的潛力，他們指出，進行科學寫作時包括需要使用推理技巧去組織訊息、描述科學現象、創造知識主張和形成論點，因此，科學寫作是一種創造科學知識的過程，而不是學習者再次表達出已經理解得很清楚的知識，亦即，寫作具有促進學童學習科學內容的潛能。

在實際的教學場景裡，學生學習歷程並不欠缺寫作經驗，包括紙筆測驗、寫報告、做紀錄…等等都是寫作的形式。然而，大多數的書寫活動，學生主要是複製黑板上教師的筆記、將書本上的重點記到筆記上，以及將實驗活動結果紀錄下來。Bell, Bareissc 和 Beckwith（1993）主張學習歷程中應讓學習者有機會應用自己在先前學習活動中習得的技能和知識，因此建議設計錨定於真實情境的教學活動來引導學生進行科學概念的學習。Wellington 和 Osborne（2001）則指出，在科學學習時教師要求學生所做的書寫，大多是一種本質上屬於較低層次並且容易達成的類型，此種偏向於抄寫以及重複已知知識的歷程，由於缺乏學習者主動建構，因此寫作多被用於評鑑學生，而偏廢了寫作能協助學生學習的功能。Klein（2006）由認知科學發展的轉折來剖析語言的特性，指出新一代的認知科學認為語言是隱喻式與述說式的，因此如果要經由書寫來學習，應該要讓學習者運用如談話般的及故事體的語言，來表徵他們的探究及思考的歷程，而不是要求他們像一般科學文本中展現的樣式，偏重用特定的句法結構來組合抽象的詞彙。

相關實徵研究中，Hand, Prain 和 Trobe（1999）、Keys（2000）、Hand 和 Yang（2004）分別提出經由寫作學習科學的模式，研究者研讀之後覺得對於規劃調整自己的科學教學，達到經由寫作提升學生學習的目標，有很多值得參考的想法及成果。但這些文獻中所陳述的教學模式，主要是實施於中學以上年段的學生，與本研究希望協助的學生年齡群並不相同，研究者認為這些文獻中展現的教學任務設計，對於參與本研究的學生，難度過高，研究者擔心在執行上有困難，需要將教學模式加以精緻。此外，由 Hand 等人（1999）及 Hand 和 Yang（2004）的實徵論文及當面請益的過程中，研究者也了解到，這些文獻中提出的，並非一套線性的、固定步驟的教學模式，而是希望教學者能掌握科學知識探究的歷程中證據與理論間不斷互動之歷程的精神，應視教學過程中學生的學習表現而彈性調整所提供寫作活動的修辭目標。這是一種符合建構主義理念的教學模式，需要教師自己體驗落實於實際教學場景中，而不是亦步亦趨地模擬仿製文獻中的教

學歷程。因此研究者決定採用行動研究的方式來進行本研究，基於科學寫作來學習的理念，經由落實「規劃-行動-觀察-反思」的螺旋行動環（Carr & Kemmis, 1986），來釐清並發展較適合的科學寫作模式。

基於前述研究背景，本研究中首先嘗試讓學生進行科學寫作，探討學生重組科學知識的可能表徵方式，由此釐清學生寫作時對於內容的處理情形，並討論阻礙學生運用科學寫作來表徵想法的可能原因。而後再發展一個錨定式的科學寫作模型以協助學生學習科學。因此，本研究針對以下問題進行探究：

(一)在教師未提供寫作引導的情況下，學生所呈現的科學寫作特色及知覺為何？

(二)學生在錨定寫作教學模型的引導下，所呈現的科學寫作特色為何？

二、文獻探討

(一)科學寫作的理論基礎

Bangert-Drowns, Hurley 和 Wilkinson（2004）指出，自 1970 年以來，許多教育學者倡導經由寫作來促進學習。Bangert-Drowns 等人（2004）強調，寫作時藉由連結新的理解到類似的理解之歷程，能促使學習者使用更具複雜性的精緻與組織策略，進而合成知識、探究其相關性並加以應用，因此，寫作是一種學生可以反思監測自己理解程度的工具。Sandoval 和 Millwood（2005）亦認為，學生在經由寫作提供說明時所使用的語彙能反映出他們對於該語彙的意義以及他們可以如何支持主張之內隱想法。Cervetti, Pearson, Bravo 和 Barber（2005）則認為，當科學家質疑或是討論科學概念、以及進行探究時，藉由提問或是磋商意義等言談行為即可以明顯的表彰出科學的語言。科學的言談不只是形成專有名詞，而需要把主張和證據組織成可以用談論或是寫作的方式來表達的論證。由上述學者的論點可以發現，由於寫作必須涉及到複雜的認知歷程，因此，寫作可以是一種促進學習的工具。而科學學習歷程中的寫作，如果要達成提升科學學習的目標，還應該特別思考如何促成學習者組織證據與主張的能力。

Klein（1999）回顧文獻，針對運用寫作而學習的認知過程之研究做整理並加以區分，提出經由寫作而學習的四個認知假設：

1.產生語言當下的型塑：認為作者不需要藉由計畫或校正，只要藉由產生語言便能夠在寫作時自發的產生知識。

2.向前搜尋：認為作者會在文本中具體化他們的想法，而後再次閱讀此文本，並在奠基於文本的意義之下，再產生新的推論。亦即寫作是想法的永久紀錄，作者可藉由回顧他們的初稿，而後藉由定義前後之矛盾以及產生新的連結等機制去學習。

3.形式效應：認為作者會運用文體的形式結構去組織文本要素間之關係，因而連結知識的要素。即文本架構的確定特徵會讓作者產生並精緻訊息。

4.向後搜尋：認為作者會訂出修辭目標，並由此衍生出內容的次目標，而後將他們的知識轉化成符合這些目標的內容。

Keys（1999）試圖整合上述四種認知假設，主張運用 Bereiter 和 Scardamalia（1987）的創作過程的理論模型來闡釋寫作與心智思考的運作關係。Keys 說明 Bereiter 和 Scardamalia 的理論的兩種模型，一個是知識講述（knowledge telling）模型，其基本的步驟包括對寫作任務形成心智表徵、定義主題，以及運用這些定義當線索去修正獲得的訊息；另一個是知識轉化（knowledge transforming）的寫作模型，作者可以經由處

理內容展現為論述時，內容與論述兩者間的互動而獲得更多知識；成熟與不成熟的文本組織者的差異，即在於成熟的寫作者能在內容與論述空間內做來回的轉換。Keys 認為，知識轉化模式的內容空間和修辭空間之間的動態關係，正描述了為何寫作在科學學習扮演重要的角色。

Keys（1999、2000）認為在知識講述的寫作模式中，作者會十分依賴於對記憶中已經存在的知識內容之提取與連結，每一個對記憶探索的結果是彼此獨立的。由於缺乏能形成與目標有關的計畫或是去做有意義的校正，因此寫作者不大會對已經完成的寫作作品做反思，亦即只要與主題相關的訊息都會被紀錄下來，故在此過程中，學生並無法產生新的知識。Keys 認為，Bereiter 和 Scardamalia 所主張知識轉化模式，具有更廣泛的功能。因為經過對寫作問題的分析後，寫作者會訂出修辭的與內容的目標和次目標，而為了創造出符合想傳達的目標之內容，作者必須選擇適合的文體、文法以表達其在內容空間中所產生的知識或做出的推論、思考的過程，亦即經由語言的使用來澄清意義，並引導寫作成品的產出；而選擇合適的語文以溝通、精緻所欲傳達的知識內容的過程，也會促使作者去重新建構資料的意義與論辯。作者寫作時，會藉由內容的問題（包括與寫作內容相關的事實、信念與資料）與論述的問題（包括修辭與使用的寫作文體）彼此間的互動而產生出知識。

Klein（1999）文章中也贊成知識轉化模式會增加學生學科知識的學習，包括概念發展、推理或知識的精緻。Klein 認為這是因為學生在寫作的過程中必須思考：所能掌握的資料有哪些？這些資料能提供什麼證據以當作解釋？根據這些證據我們能提出哪些主張？主張間的關係為何？有沒有別的解釋能反駁想法等等，在不斷的思考過程中，便能呈現學生藉由資料去做出推論而後形成主張，因而產出有意義的推論。雖然寫作者可以藉由在內容空間的知識轉換解決內容問題，但 Klein 認為，模型本身並沒有對內容空間這個黑盒子的運作提出具體的說明。基於教學的目的，我們必須去探究學生呈現於內容空間與對話空間的思考，以及介於兩者間的互動關係，特別是發生在內容空間內部的科學推理。

綜合上述的文獻整理可以發現，一個能生產出新知識的寫作者在呈現他們的寫作文本前，會根據任務的需求組合涵蓋寫作的元素，而藉由不同類型的反思方式呈現他們的寫作成品。而究竟在真實課室環境中，教師如何運用策略去引導學生進行科學寫作，協助學生學習處理內容成為論述，研究者則進一步檢視分析科學寫作的實徵研究，希望由此擬定較為具體可行的後續教學行動。

(二)科學寫作之實徵性研究

對於寫作任務所必須具備的構成要素，Hand 和 Prain（2002）提出一個 Model for writing-to-learning 的架構，以呈現一個不同寫作任務型態、學科-主題-任務的互動以及學生學習成果等複雜性的相互連結。架構中共定義了五個要素，作為藉由寫作學習科學的基本關鍵組成面向，包括：產生文本的方法、寫作的對象、寫作的目的、形式以及主題。分析近幾年來針對科學寫作的實證性研究可以發現，寫作活動的設計，大都脫不了這五個構成要素。以下便針對主要代表性的寫作任務加以簡介：

1.符合互動式建構模型的寫作任務

Hand 等人（1999）在教室實施的寫作支持 Yore 和 Shymansky 所提的互動式建構模型。此種模型認為學習是一種學生根據具體經驗以及在社會文化情境脈絡中產生意義

的過程，亦即產生意義包括將新想法整合到已經存在的知識網路去。Hand 等人建議可以運用 KWL（Know-What-Learn）表格去揭露學生的先前知識，並設立未來學習的目標，藉由此種方式科學寫作常被概念化成一種能發展推理、引導學生科學對話、促進形成與科學相關的解釋以及產生意義的過程。Hand 等人認為此種循環式的寫作方式：寫作-反省-校正-再組織的歷程，文本內容會更加密切連結，論辯也更具說服力。頻繁使用此種寫作方式能發展學生的推理技巧、理解知識論過程，以及擴展他們對於科學本質的概念，能使學習者變得更具科學素養。根據上述的理念，在教學實務上 Hand 等人針對 11 年級的學生設計了三種寫作任務：包括報紙文章，概念圖，以及對同儕的報導。

2.啟發式科學寫作（the science writing heuristic, SWH）

Bereiter 和 Scardamalia（1987）認為在知識轉化模式中，組成文本的行動會引起作者去反思、合成，甚至在內容空間產生新的想法。基於上述想法，Keys, Hand, Prain 和 Collins（1999）及 Keys（2000）針對八年級的學生，設計 SWH 寫作課程藉以探究介於內容與論述空間，特別是在內容空間發生的科學推理之思考過程。SWH 包括教師的教學流程以及學生的寫作任務兩部分，希望學生在教師規劃的系列教學活動過程中表達自己的想法、進行討論及寫作，而且在教學進行過程中教師可以視學生特質及實驗活動內容來調整教學流程，並非專指一套固定或線性的科學寫作任務。在寫作過程中，教學者提供給學生修辭的目標、真確符實的資料，以及反省式的教學，以當做搭建鷹架協助學生寫作的工具。Keys 等人認為，啟發式科學寫作的功用是支持學生活動以及後設認知，以生產出別於傳統的實驗報告。因為學生能在進行寫作任務時，展現出他們的知識主張、證據、數據的描述以及觀察方法，並且經由反思而改變想法。運用 SWH 模板作為活動設計的基礎，在實驗前，學生先進行討論，經過做實驗、收集資料的程序後，學生再針對實驗發現做小組討論。學生在寫作時仍可進行談話，研究者必須要提供一個修辭的目標以引導學生寫報告，如此，能鼓勵學生寫出回應目標與次目標的內容，使得學生在寫作過程中能夠思考與進行推理。

Hand 和 Yang（2004）運用準實驗研究法針對七年級的學生進行寫作研究，研究發現，運用 SWH 協助學生進行實驗室活動時，學生會將他們對課程概念所增加的理解歸於 SWH 活動所具備的特徵：學生能自己形成探究問題、能與同儕討論、能促進概念的連結以及進行寫作活動；而學生對於科學知識主張的本質有更為精緻的理解，包括理解到必須要將主張與問題、證據做整合，以及對於如何建構知識主張的自覺，亦即經由 SWH 的學習經驗後能促進學生該如何建構科學的知識主張之後設認知。

3.運用脈絡圖（context map）為學生的科學寫作過程搭建鷹架

Patterson(2001)引用 Osborne 和 Wittrock 所提出的科學學習的生成模型，認同學生會在大腦中主動建構他自己對訊息的解釋，並且在此過程中產生推論。Patterson 認為，此模型的基礎是學習者必須要為他們自己的學習負責，而教師是學習的促進者能協助學習者在相關的訊息或是適宜的技巧上匯聚注意力。因此教師必須要能發現學生對於世界已經存在的想法。Patterson 以 Vygotsky 在促進學生將思考轉換成寫作的研究所提出的想法為基礎--Vygotsky 認為，由第一份初稿到最後的完稿的演進正反應我們的心智過程--在寫作中，計畫是很重要的一部分，寫作者所

生產出的第一份草稿可作為接續寫作的鷹架。因此，建議藉由使用非結構與結構性的脈絡圖的功能，將在組成文本階段的寫作過程打散成較小、較易處理的步驟。Patterson 針對 2、3 以及 6 年級的學生，運用 Bloom（1992, 1995）所發展出來的脈絡圖分析學生在發展概念理解的過程中各種因子的效果，作為搭建鷹架，提供學生在科學寫作學習時的工具，使學生能處理並排序他們的想法。Patterson 將在轉換成寫作格式前被學生用來當做紀錄想法的工具之脈絡圖稱為"非結構脈絡圖"，並採用依據意義網原理所發展出的結構式的脈絡圖作為鷹架，以引導學生完成完整的寫作。

4.國內關於科學寫作的實徵性研究

羅廷瑛（2004）以「科學寫作融入學習環教學模式」去探究不同能力學習者其科學寫作態度的差異，研究發現使用「科學寫作融入學習環教學模式」的學生，比使用「探究式教學模式」的學生在自然科學習成就、科學歷程技能中的「推理能力」以及問題解決能力中的「實施步驟計畫能力」有較優秀的表現。

而多個研究係基於「系統功能語言學」（Systemic Functional Linguistics），去分析探究學生在觀看一段與教學內容相關的影片後所寫的科學寫作作品與科學學習之相關性，但並未針對如何落實為經由寫作學習科學的教學模式來進行探討。如王金泉（2005）係以統計資料去分析九年級學生科學寫作各個向度與其在國文科、自然科學習成就之相關性，而發現學生之自然科與國文科學習成就越高的學生，在科學解釋句數寫作「量」方面的表現會越多，學生亦會使用較多的小句來描述觀察或解釋；李美惠（2005）的研究指出，學生科學寫作內容的精緻度雖與國文科學習成就有顯著相關，但學生在科學寫作中的小句數、內容詞數以及科學內容詞數等，與自然科學習成就的相關值高於與國文科的相關，且學生寫出的觀察小句數多於推論小句數，描述物質過程的次數為最高。

國內亦有多個實徵研究係以 SWH 當作教師實施科學寫作的基本架構，進行一系列的探究如：蔡志賢（2003）的研究係將 SWH 相關研究提供之寫作內容融入教學單元的方式來進行研究，研究選取高、中、低成就共六個個案學生的寫作作品，針對其學習概念的多寡以分析學生在科學寫作融入教學後的學習成效，並運用「自然科學學習態度」問卷以分析學生在教師使用此種融入式的科學寫作教學後，科學學習態度的轉變。研究發現，科學寫作融入教學後，研究個案的自然科成績有顯著的進步，學生的學習態度在教學過後亦有較佳的表現。吳水煌（2003）則以科學寫作方式融入自然科學電磁鐵的教學，去偵測教學前後五年級學童對於電與磁的概念了解情形，以及教學前後概念改變情況。

Klein（2006）認為，除了 Hand 和 Prain 所提出的五種構成寫作任務的必須要素外，還必須增添第六項要素—來源，亦即寫作者會由某些知識來源，如實驗結果、觀察、已學習過的教科書或是他們先前的知識等擷取訊息以進行寫作工作。而研究指出當必須合成較多元的知識來源時，學生似乎可以比僅擷取自一種知識來源者有更好的學習（Wiley & Voss, 1999）。

檢視國外多數的實徵研究可以發現，大部分的研究對象多為七年級以上的學生，而研究所設計的寫作方式，亦比較趨近實驗室的科學寫作。符合國小年紀學生的寫作研究，其任務多以日誌或是誘發學生將想法寫下來的任務為取向，而為了配合學生的表達能力，學生可用文字或圖畫的方式來表徵他

們的思想。而國內的科學寫作研究，多數聚焦於探究科學寫作的表現與其他學科能力的相關性，強調科學寫作對學生科學態度、科學學習成效等之相關性探討，比較少有研究針對如何設計一個寫作任務以引導學生能藉由寫作的歷程去釐清、整合已經學習過的科學概念，並由此概念為基礎，推論擴展出更精緻的科學想法。因此，該如何設計一個能藉由寫作，以協助學生能藉由整合自身的科學知識以及進行中的探究活動，並能藉由寫作的歷程去精緻化這些知識概念，而提升其科學素養的能力。而這些，實為課程設計時首當注重之因素。

(三)促進學生學習並達到科學素養之課程

Bybee（1997）認為，科學素養是一種持續的過程，其中一種持續的面向是廣度，其範圍由字彙到主要的概念想法，到對科學與技學的情境脈絡之理解；另一種連續則是深度，對於某個科學概念例如對原子、演化或是守恆等，對科學探究的提問、假設與解釋等，對於科學價值例如證明、邏輯與暫時性等，具有一種細微、精緻化的理解。Bybee 指出，一個能促進學生學習與達到科學素養的課程有兩個基本的需求：其一，必須將對教科書內容的知覺轉移到重視學生的學習，考慮到讓孩童能由課程發展他們的整體性理解；其二，必須要注意學生的學習經驗與先有概念，將學生的想法拉提到較顯著的地位。Bybee 認為，任何教學系列活動必須要能吸引學生，讓學生感興趣，而且不能僅僅只是經驗而已，還應該能導致學生的理解與能力的發展，才能真正提升學生科學素養。

對於發展一個教學模型的設計條件，Bybee 建議此種教學模型必須要連結學生與教師的日常與科學思考、對教師具有實用性、且對學生而言是可理解的。因此，諸如能協助學習者將新的經驗連結到先前的經驗中、能提供策略以利於教師在課室中施行等，都是發展教學模型時必須考慮的條件。

綜合 Bybee 對科學素養的定義，教師在設計課程時，為了要教育學生能具備科學素養，必須要兼顧到課程設計的深度與廣度面向，並且不能忽視學生的學習經驗對於學生理解與能力的發展等論點。科學家們會運用寫作將自己的想法記錄下來，並能藉由檢視主張與現象是否達到一致性的過程去修正想法，精粹自己的論點，而後提出更周延的論證。比對學生在教室中的寫作多為被動單調的抄錄教師的教學內容，或是簡單的記錄觀察到的現象，科學家在寫作時所呈現的概念擴展與知識應用的能力正是學生必須學習的科學素養。因此，在教學上，教師必須營造一種學習情境，讓學生可以在學習的情境中發現可以解釋想法的證據，運用證據的引用與概念的串聯，以建構新的概念或形成新知識。

此外，Bell 等人（1993）運用錨定教學模式，希望藉由課程的設計促進學習者與學習情境的互動，達到讓學生學習的目的。錨定教學模式常見被運用在數位學習環境中，因為鑑於學習者在接觸到豐富的資訊來源時，不容易聚焦於關鍵學習內容或者與自己的知識經驗背景連結，因此在進行學習過程中，設計真實（authentic）之學習任務，並提供學習者有機會密切互動與諮詢專家意見的學習者中心學習環境。根據 Bell 等人的觀點，錨定教學是植基於認知學徒理論，創造一種能使學習者覺察到他們可以學習到知識，並且能進一步應用這些知識的真實環境。所以 Bell 等人建議，針對設計錨定任務，提出適切的評鑑標準。Bell 等人認為評估所創造的學習環境是否真實的標準包括：學習者清楚知道之前習得的知識與新學習任務間的關聯；學習者為任務情境的核心；以及學

習者對於學習的掌控權。而設計的任務本身，應該在內部蘊含引導的方法，以便讓學習者知道考量哪些因素，來決定自己應該針對什麼內容來做回應，或者在做回應之前，應該多搜尋哪些相關資訊。

將 Bell 等人運用錨定教學引導學生進行科學概念的學習方式所呈現的教學任務設計要點，應用於教導學生運用寫作來學習科學的層面上，正可以彰顯學生運用先前概念去形成或加強新概念的途徑。亦即呼應 Bybee（1997）所建議，良好的教學模式必須要連結學生與教師的日常與科學思考以供作學生進行科學學習的鷹架，因此，此教學策略亦提供研究者在設計寫作任務時的參照模式。

貳、研究方法與步驟

一、情境

本研究的參與學生是中台灣市區學校裡一整班國小四年級的學生，共計有 35 個學生。由於學校位於市中心，家長的社經地位普遍為中上，多數為雙薪家庭。家長多重視學生的課業學習表現，因此，多半會要求學生在課業表現上維持一定的水準，因此，除了注重學校的學習外，約有一半的學生在課後會於安親班接受安親與課業輔導。在家長注重課業表現的績效要求下，不管是在學校或是安親班，教師們多著重於知識部分的教學，強調反覆練習的重要性。且因為研究學校長期進行教室整修，缺乏具實驗功能的科學教室，多數教授自然科學的教師往往刪減讓學生實際操作實驗的步驟，僅由教師示範、驗證在教科書內容中提及的實驗，而後，教師再將實驗的結果抄錄於黑板上，由學生抄寫於習作紀錄本上。學生的科學課程，其內容多數由自然科教師依據教科書涵蓋之概念，做直接的講述與驗證，教學的目標，多強調要讓學生精熟教科書中涵蓋的主要概念，因此學生在觀看、紀錄完教師的實驗結果後，得不斷的習寫相關的測驗題型，藉由習作題目的歷程，讓學生精熟單元所囊括的主要概念。但此種一再重複練習相同題型的學習模式，雖能強化學生背誦、記憶知識的能力，讓學生得以在定期評量中獲取高分，但卻削弱了學生的學習興趣，自然課變成另一個不斷重複演練題目、但卻無法誘使學生形成好奇心、提高學習動機的學習場合。

自然科學的教學目標，不僅要教會學生必須學習的概念，更要提供學習的機會，讓學生得以應用所學概念。因此，教學必須兼顧符合教科書所包含的教學概念，並能提供適當的情境，讓學生得以運用所學的概念以解決可能面臨的問題。在研究者的自然課室中，研究者發現學生喜歡實驗操弄或動手做的活動，例如在應用磁鐵概念設計磁鐵玩具的單元活動中，許多學生皆呈現高參與度並有極佳的表現。在認同寫作能協助學生學習科學的理念下，研究者讓學生嘗試科學寫作時，發現到，一開始，大多數學生對於要將自己操弄探究的學習結果，運用文字表徵下來的寫作任務，都覺得很困難。多數學生會表示不知道要怎麼寫？不知道要寫什麼？因為他們早已經習慣去接受完全正確的答案，然後將答案重複表徵出來的學習方式，要求學生連結自己動手做的經驗，整合已知的知識，建構出自己知識的這些歷程，對學生的學習經驗，確實存在難度與挑戰性。

為了符合讓學生學會教材內容的基本的目標，以及教導學生能運用文字表徵對科學的想法之目標，本研究的教學設計，呈現一種錨定式的學習模式，希冀學生能藉由操作實驗去連結、整合已學習的科學概念，運用寫作任務的引導，得以思考問題的可能答案，創造出新的知識。因此，研究進行時，

內容主要以課程內的單元概念為主。錨定課程的設計，亦以課程所涵蓋的概念當做錨，藉由實驗與寫作任務的誘導，以擴展學生應用所學概念進行推論的能力。

該班學生中，有兩位屬於資源班學生，對於國語、數學或是自然與科技的學習是無法跟上同學的，雖然在實驗操作、觀察時該兩名學生仍會參與，但進行科學寫作時，該兩名學生因無法進行寫作，故不列入資料收取的範圍內。另有一名游泳隊的學生每天三點便要去游泳池受訓，無法進行科學寫作。因此，研究一僅收取了 32 個學生的寫作文本。進行研究二的資料蒐集時，遇到 2 位學生參與學業比賽、2 位學生未交回寫作學習單，2 位學生未完成寫作學習單，因此，研究二僅針對 26 位學生的寫作文本進行分析處理。

二、研究設計與流程

本研究主要的目的在於讓學生從事科學寫作。研究者事先閱讀許多寫作課程的實徵性研究，而後參考 KWL、SWH、錨定教學策略等相關文獻，擬定本研究的寫作任務。由於本研究描述的是教師研究者在教學後，經由反思再提出教學改進活動之發展過程，研究的發展進行也因為不同的教學目標而導致前後寫作任務屬性之差異，故本研究的設計與實施以研究一、研究二做區別。

研究一的寫作目的，在於探究學生經由科學寫作所呈現的寫作特色，以了解學生原先在進行寫作時，處理學習內容的習慣方式。因此，寫作的進行以融入課程教學的方式呈現，提供開放式問題，讓學生寫出他們原有的想法。在此階段，研究者亦針對學生對寫作任務的知覺進行探究，加以澄清可能影響學生寫作的因素，以供作下一個寫作活動可以改進的方針。針對研究一收錄的書寫文件，分析學生呈現的寫作特徵，以利研究者在研究二中，能根據學生呈現的寫作特徵建構一個經由寫作學習科學的教學模式。

在研究二中，研究者設計寫作任務的過程，係先辨識教學內容中的重要概念，釐清這些重要概念間的關係，繪製成『單元概念關係圖』，並思考如何將新單元的概念架構與學生已經建立的概念形成連結。之後依據新舊單元概念連結的地方，設計一個可讓學生實際觀察的活動作為學生學習新單元的定錨點，要求學生藉由寫作任務連結舊經驗中所學習到的概念，並做合宜的解釋與推論。

以下針對兩個研究之研究設計做說明：

(一)研究一：研究之主要目的在於設計科學寫作課程，引導學生在科學學習過程中進行科學寫作，並探究學生進行寫作時慣用的處理內容的方式特徵。在此研究過程中，研究者共收錄兩個科學寫作活動。科學寫作任務所含的概念包括：

1.銜接單元間的主要概念

在教授完「水的流動」之單元後，由於該單元的主要概念是水的各種移動形式（包括毛細現象、虹吸現象與連通管原理），「水」是一個重要的學習概念。而下一個教學單元「水生家族」中，舉凡水生植物或動物，因為「水」的關係，而造成在構造或習性上的特殊性，因此，「水」亦是一個連接學習的重要概念。基於這樣的相關性，第一個寫作任務，採用開放式的寫作方式，讓學生藉由寫作描繪心中對於「水」的想法（附錄一）。

2.由觀察實驗操弄的結果去推理概念

在此寫作任務中，藉由觀察教師示範的一個實驗現象後，學生必須藉由對問題的解答提供說明的理由、解釋的證據等過程，以完成寫作任務。設計此一寫作任務的目的在於引導學生注意介於論點與證據之間的連結

情形（附錄二）。活動的進行程序如下：

教師將一株水芙蓉（有完整的根、葉）倒放水面上，將水芙蓉往下壓到水族箱底部後放手，學生會觀察到水芙蓉在水中慢慢漂上來並且翻轉成正面向上的現象。而後學生便開始進行寫作任務，由自己對觀察現象的提問，並提出支持解答的證據，而後再回答教師的提問，並同樣提出能支持解答的證據。

(二)研究二：設計一個錨定式科學寫作教學流程，並分析學生的科學寫作特徵改變情形在分析了學生於第一階段的寫作文本後，可以清楚的發現，某些學生的寫作思維會連結到教學的概念上，但表徵於寫作文本中時，多以現象觀察或是課程中曾經操弄過的實驗或是生活例子等經驗式的世界來表示，較少學生會使用曾經學習過的定義或是科學術語名稱。這表示經由開放式的寫作來學習時，學生能夠以觀察到的現象或經驗來表徵自己的想法，但是無法連結形成對定義或術語的理解。因此，此階段的寫作任務，係由研究者運用先前學習經驗所形成的「毛細現象」當做錨定物，設計「芹菜」的實驗活動，營造一個能讓學生觀察染色水在芹菜中移動的學習情境，再讓學生進行分成小步驟的系列寫作任務，並藉此課程的設計去分析學生在寫作呈現上的特色。

三、資料收集

本研究收錄學生的寫作文本、心得回應單、教師繪製的單元概念關係圖、現場札記等，作為分析研究成果的主要資料來源。課程實施時亦進行全程錄影，教學之後研究者觀看教學錄影帶，掌握學生在進行動手做活動時整個班級的學習情形，監控學生在進行寫作時聆聽教師解說寫作任務的狀況，並用以整理學生進行寫作時可能呈現的提問、思考、或是進行寫作的歷程。這些資訊皆可以供做思考行動改變策略的依據。

四、資料分析

針對收集到的寫作文本、學生的心得回應與教師的現場札記等資料，研究者分別編碼為 w、f、和 j 並加註日期，之後採用實地理論（Grounded Theory）（黃瑞琴，2005）與三角校正（吳芝儀和李奉儒譯，1995）進行資料的分析。對於研究一的兩個寫作任務之學生文本分析，是首位作者先經由比對在教學前繪製的單元概念關係圖，研究者檢視學生每一個寫作句子的屬性，歸納學生寫作句子所蘊含概念的可能來源處或是學生推論原因的可能命題，形成初步的歸類類別。第二作者接著檢視第一作者的歸類類別與判準依據，兩位研究者再針對產生質疑處進行討論磋商，並檢閱相關文獻的內容，務使歸類的類別與判準依據達成一致性，方繼續針對歸類的寫作文本類別進行探究。而後，研究者再針對寫作文本所歸納形成的趨勢，探討學生在開放式寫作文本所呈現的寫作特色。例如在寫作任務一的第一個寫作任務，針對文本分析而歸納學生的寫作包括以下四類別：

(一)課程出現過的科學術語或定義，包括毛細現象、連通管原理以及虹吸現象。

(二)學習過程中學生曾經操弄過的實驗活動，如描述運用虹吸現象抽換水族箱的水等。

(三)單純對自然現象或水的性質之描述：學生對水的性質如沒有固定形狀、具有三態變化、東西在水中會漂浮等進行描述。

(四)生活中的經驗：學生對於在生活中感受到關於水的功能與重要性等之描述。

研究二的寫作任務【挑戰一】之學生寫作文本資料，與研究一的寫作任務一的屬性很類似，皆是開放地讓學生進行寫作。因此，研究亦是採用不斷的檢視歸類學生的寫作句子之類別，以釐清在施以錨定寫作模型之前，學生對於芹菜所呈現的任何相關概念。運用研究所歸納出的學生寫作概念類別與比例，提供給研究者探測錨定概念的依據。而結果顯示，學生在關於芹菜的寫作任務中顯示了與先前學習有相關聯的概念包括：芹菜的導管構造、毛細現象以及蒸發等概念。於是研究者接續著針對「毛細現象」設計相關的錨定寫作模式。

針對研究二的寫作任務【挑戰三】與【挑戰四】的寫作文本分析，由於寫作模型的設計，欲藉由提供一個與毛細現象相同的現象觀察（芹菜染色水沿著葉柄部往上爬），引導學生在寫作表徵對芹菜內部構造的猜測時，能由現象的觀察錨定到「毛細現象」相對應的定義，因而推論出芹菜葉柄的可能構造。故針對寫作文本進行分析時，研究者會先依據學生猜測內部構造的描述將寫作文本歸類，例如，提到必須有細縫者歸於一類、認為是一條一條的、或認為是空心的等，初步歸納出學生推論的類別。分析歸類的過程中，同時進一步檢視學生描述的理由，以累計檢視學生應用到毛細現象去做推論陳述的相關次數。最後，運用錨定概念--「毛細現象」在學生寫作文本出現的比例，以及學生運用到關於毛細現象之相關定義之寫作描述類別，再進一步分析此寫作模式對於學生運用寫作來協助思考科學概念的學習之成效。

參、研究結果與討論

本研究的設計，係根據研究者在教學時的需求所提供的不同科學寫作任務，針對學生呈現的寫作特徵以及寫作過程呈現的困難與問題進行探究的過程。因為寫作任務的不同目的又將整個研究分為二個，因此以下便分別針對二個研究呈現其寫作結果並進行討論。

一、研究一的寫作任務

教科書對於「水的流動」單元所涵蓋的科學概念包括：「毛細現象」、「虹吸現象」以及「連通管原理」。參照教科書的編排，進行教學活動時教師的呈現方式係運用生活中可觀察到的現象或可操作的活動，例如毛巾會吸水、染色的水沿著兩片中間有空隙的玻璃上升等現象，讓學生歸納由觀察中逐步驗證這些現象的共通點--「都有細縫」，而後再引入對「毛細現象」的定義。並以相同的活動模式介紹「虹吸現象」以及「連通管原理」。在思考該如何連貫整合這些概念時，研究者分析出單元概念關係圖，如圖 1。

圖 1 呈現了四個階層的概念。其中最低層的概念是藉由學生對現象的觀察所產生的，藉由對某些共同現象的觀察，可以歸納出第二階層--形成現象的共同要素，例如具有隙縫以及高低水位是造成水流動的關鍵因素。屆此，學生的概念學習都可藉由具體的現象觀察或操弄來形成。而再上一階層的概念便涉及到造成現象的作用力，包括水分子彼此間的作用力以及由於大氣壓力的擠壓所造成的水由高往低處流的現象。最頂層的「平衡」概念是涵蓋所有概念的科學大想法，亦即運用各種機制讓水產生「流動」即是為了達到平衡的狀態。

單元概念關係圖中階層的關係能夠作為教師在設計教學活動時的引導方針，以保證學生的概念學習是在概念的位階中循序進行。應用於教學時，教師可以由最低層的觀

察現象引入，藉由實驗操弄所產生的經驗能引導學生歸納出這些現象所共同具有的特徵，而後引入科學概念的學習(第二階層)。而再往上一層所涵蓋之「作用力」的概念，以及隱藏在這些概念背後的科學大想法（例如平衡機制）等概念，則是為了達到 Bybee（1997）所提的科學素養之「深度」做課程的設計，亦即在學生對於「水的流動」之概念有了充分的理解後，必須要引導學生觸及的更大科學概念。教師可參照學生的學習做課程的延伸設計。

參照圖 1，教師研究者配合教學活動的進行，實行了兩個寫作任務：

(一)第一個寫作任務

在結束第二單元「水的流動」的教學，以及進行第三單元「水生家族」的教學前，研究者設計一個開放式寫作學習單，讓學生經由腦力激盪的方式，儘可能的把對「水」有關的科學想法寫下來。活動設計的目的，在於想瞭解及彙整學生對於「水」的概念。

此次寫作任務的資料分析，係根據學生寫作句子所呈現的科學概念，將寫作的句子做分類編碼。研究者藉由不斷檢視學生的每一句寫作句子的屬性，歸納出以下的類別：

1.課程出現過的科學術語或定義：例如
   (1)毛細現象：水會沿著物品上升、水上升的速度與隙縫大小有關。
   (2)連通管原理：連通管的水面總是一樣高；利用連通管可以測量水平。
   (3)虹吸現象：管子充滿水時，可以利用水會由高處往低處流的原理將容器中的水抽出。
2.曾經操弄過的實驗活動：例如利用虹吸現象抽換水族箱的水、利用連通管原理測水平等。
3.對自然現象或本質的描述：學生利用經驗及知覺、推論水的性質，包括海水、東西在水中會漂浮、沒有固定的形狀、具有三態變化、水中沒有空氣等自然現象的描述。
4.生活中的經驗：包括生活中對於水的經驗或感受到水的功能與重要性等。

(二)研究一的第一個寫作任務所呈現的特徵

由表 1 的整理可知，在開放式寫作形式

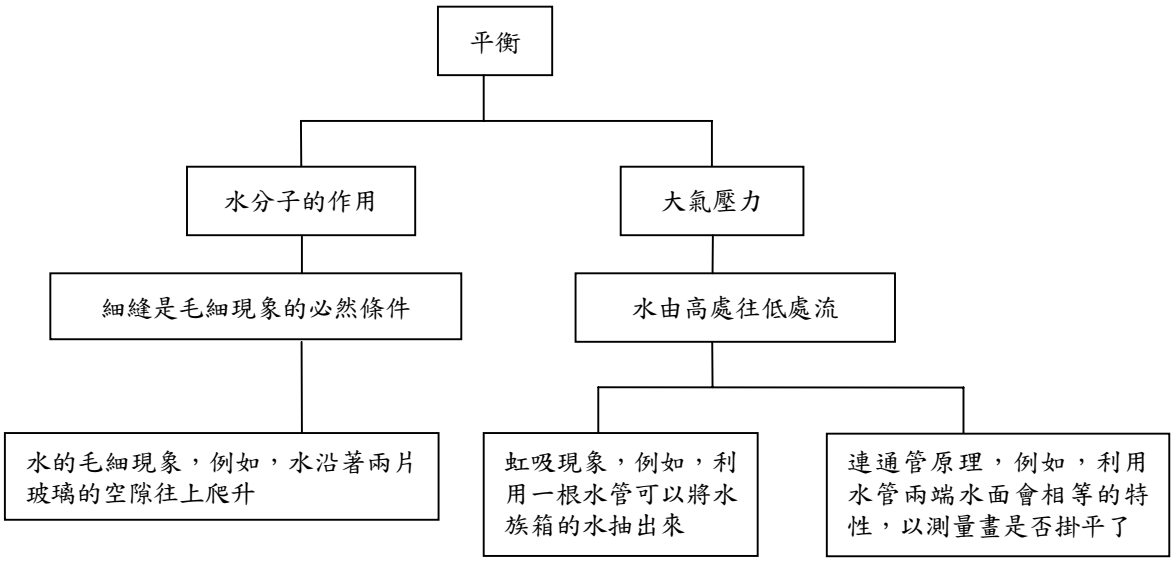


圖 1：「水的流動」單元之概念關係圖

表 1：學生對於「水」的相關想法之寫作類別

類別	出現次數（次）	百分比（%）
課程出現過的科學術語或定義	12	8
曾經操弄過的實驗活動	17	11
對自然現象或本質的描述	92	62
生活中的經驗	28	19

的寫作活動中，學生透過寫作過程所呈現出來對於水的概念，具有以下的特色：

1.課程所涵蓋的相關概念被學生使用的頻率不等

在「水的流動」教學單元中，係由「水的毛細現象」、利用「虹吸現象」可以抽取水族箱中的水與利用「連通管」可以測水準等實際動手作的活動，貫穿整個教學流程。教學的重點在藉由讓學生動手操弄許多活動而歸納出多種能讓水移動的可能方式，而後能理解到這些現象背後所蘊含的科學概念。例如在教授「毛細現象」的概念時，教師係藉由提供一系列可觀察到的生活經驗或現象--例如毛巾能吸水、寫毛筆字的毛邊紙能暈開墨汁、兩片玻璃間水分的上升現象等活動，而共同討論歸納出這些活動都具有「有空隙，造成水會沿著空隙上升」的共通特性，然後接著引出教材中對於「毛細現象」的定義--「水會沿著物品的細縫往上或往其他方向移動的現象，稱為毛細現象」。

分析學生的寫作文本，發現學生在寫作中會使用由該單元所學習到的概念，但各個概念出現的頻率有著頗大的差異情形。由學生的寫作文句中我們發現，學生引用某個概念的頻率，又與該概念在整個教學活動中所涵蓋的例子之多寡有關。例如，描述到「虹吸現象」，學生的寫作例子必限定於*移動水族箱的水*，而「連通管原理」則用來*測量牆上的畫是不是掛正了*。毛細現象所涵蓋的例子，則顯得較為廣泛，包括：水可以在抹布、衛生紙、毛巾的細縫中移動，也可以利用此原理做成澆花器…，甚至學生能寫出*只要有空隙，水便可以移動*的觀念。亦即學生已經可以藉由觀察現象而理解到「空隙」的存在，是導致水移動的關鍵條件。反觀「虹吸現象」與「連通管原理」，學生雖然可以藉由操控管子兩邊水位的高低變化而讓水產生移動，而理解到利用此種方式也可以造成水的移動。但因為學生無法藉由歸納或覺察到這些現象背後所蘊藏的主要概念（同一水平面壓力會相等），而導致學生對於此概念的理解完全受限於教學內容所提供的觀察現象後所形成之經驗。

2.學生大多會利用例子陳述的方式來表徵概念，鮮少學生能描述出現象對應的原理或定義

依照表 1 的分析顯示，在教學過後，學生的寫作文本中大部分呈現的是實驗活動程序、自然現象或生活經驗（92%），只有 8%的描述句中能直接並正確的使用教授過的科學術語或定義。92%的學生中有 11%是直接描述實驗活動的程序；81％的相關描述句子則以感受到的經驗為主。整體看起來，以自身本身的體驗或經歷，或是操弄過的活動為主的描述句，其形式多是描述已經驗過的實例，這樣的結果可以呼應 Shepardson 和 Britsch（2001）的實徵性研究結果，即四年級孩童的寫作多以經驗過的或是探究的世界來表達他們將科學經驗情境脈絡化的結果。依此分析結果，研究者認為，如果學習活動未能呈現具體經驗讓學生得以理解各種現象所對應的原因與理由，光利用教材中的文字定義與描述，學生仍舊無法將觀察到的現象與概念相調合。

3.學生的寫作大多呈現簡短直接的現象描述

承接上述的寫作特色，除了科學術語或

定義的引用外（8%），大多數學生的寫作常會呈現散亂的搜尋與寫作任務相關的各種現象與特性，並做條列式的描述，如：

阿睿：1.水分布在很多地方
2.水可以流動
3.水可以容下很多東西
4.水可以發電 【w0402】

只有極少數句子能描繪出現象間的關係或做推論，例如阿琇寫到：*因為水中沒有空氣，所以人會被淹死*。在此次寫作任務中亦沒發現到有學生能運用對於某一現象的觀察，而後產生連結或推論，繼而對某個概念或現象做出整體的描述，例如對於水的三態變化作完整的描述。

4.對自然現象或本質的描述是學生最容易呈現的寫作表徵

由學生的寫作分析可以知道，在此寫作任務中，佔最大寫作句子類別比例的是學生對自然現象或本質的描述（62%）。例如 阿玟寫的多是對於水本身具有的特質之描述：

1.水沒有固定的形狀，放在方的容器，水就是方的；水放在圓的容器，水就是圓的
2.水有三種型態
3.固體，冰塊
4.氣體，水蒸氣 【w0402】

(三)教師的省思

綜觀此次開放式寫作任務可以發現，學生能夠將學習過的概念或例子描寫出來，但呈現的方式多以對單一現象或本質做描述，缺乏對已學習的概念或觀察到的現象做相關或較深入性的描述。比對圖 1 教學單元概念關係圖與附錄一的寫作學習單，教師研究者發現，開放式的寫作能引導學生將自己的想法藉由寫作表達出來，但學生在寫作內容中無法充分地運用學習過的「水」的相關科學概念去整合建構出自己對於水的理解。在此研究階段，學生在開放式寫作呈現的寫作模式正符合 Keys（1999、2000）對於知識講述的寫作模式之觀點，亦即作者會十分倚賴對記憶中已經存在的知識內容之提取與連結，每一個對記憶探索的結果是彼此獨立的。也就是說，如果學習過程中學習者是運用開放式的寫作，因為寫作時多是簡單描述觀察的現象或是所記憶的經驗，學生也就無法藉由寫作的歷程去把觀察的現象與擬學習的科學概念連結起來，也就無法藉由這樣的寫作來理解某個概念或產生出新知識。

(四)行動改變策略

由寫作任務一的分析結果得知，動手操弄所產生的經驗，引導學生在進行寫作時有更多的內容知識可以運用，但寫作任務一開放的形式下，學生的思慮顯現出發散焦點、無法深入描述推論問題的情形。因此，教師研究者提出的行動改變策略為：保留住動手操弄活動的進行，並改進寫作學習單的呈現方式（研究一的寫作任務二）。

(五)研究一的第二個寫作任務

在寫作學習單的設計部分，研究者運用「提問-回答-說明理由」之寫作程序，企圖引導學生在寫作時能深入思考心中的主張、能尋求支持想法之證據，以及藉由解釋、說明想法的過程，去整合對科學概念的想法。整個活動的進行流程大致如下：學生先觀看由研究者所操弄的「水芙蓉在水中的翻轉」之活動後，在心中引起疑問後，學生可以著手進行測試的活動，並針對寫作學習單上的問題進行科學寫作活動。

針對文本的分析，發現學生對於教師的提問--「為什麼水芙蓉或布袋蓮在水中能翻轉，他們是怎麼辦到的？」的回答，學生在解釋想法時所採用的證據，可歸納為表 2 的類別。

由表 2 可以發現，多數的學生對於觀察

表 2：學生對於「為什麼水芙蓉或布袋蓮在水中能翻轉，他們是怎麼辦到的？」之寫作類別

類別		出現次數	百分比（%）
根的作用	保持平衡	3	9
	根比較重，重的東西會向下	6	19
有浮力	有細縫（有空氣）	7	22
	有毛	2	6
	是漂浮型	2	6
	布袋蓮水芙蓉會有浮力	4	12
有細毛，很輕		2	6
身上有細毛；葉柄有氧氣		5	16
葉柄的空氣協助其漂浮；根幫助翻轉		1	4

現象的描述，僅會著重於一個影響因素的分析，例如學生覺得水芙蓉會翻轉的理由是：根的作用（9% + 19% = 28%）、浮力的作用（22% + 6% + 6% + 12% = 46%）、以及身上有細毛（6%），共計佔有 80%的回答比率；而僅只有 20%的學生會針對兩個以上不同的因素所造成的影響做整合式的說明，例如「身上有毛，以及葉柄有空氣會使得水芙蓉浮上來」、「葉柄的空氣使得水芙蓉會漂浮；根部會幫助其翻轉」，因而能較完整的呈現水芙蓉翻轉現象的可能解釋原因。

此外，在推論可能的原因時學生會運用各種過程技能，去建構可能合理的解釋，包括：

1.類推--浮力的作用

由於水芙蓉或布袋蓮均是浮水性植物，學生由觀察布袋蓮的葉柄基部膨大處具有明顯的細縫（氣室），氣室充滿空氣以致於使得布袋蓮得以漂浮在水面上的實際觀察現象，而類推到水芙蓉也應該在葉子部分充滿氣體，才能夠讓水芙蓉保持浮在水面的狀態。

2.觀察--水芙蓉的特殊外型所具有的功效

(1)細毛的作用：水芙蓉表面有短短的細毛，細毛能將水分排開，使得葉子上不會堆積水分，因而使得水芙蓉的葉子變得很輕，得以漂浮在水面。

(2)根比較重：相對於葉子上的細毛會將水分排開的論點，學生認為水芙蓉的根部會吸收水分，因而變重，而重的東西便會往下掉，因而能使倒轉的水芙蓉能扶正並漂浮到水面上。

阿琇：因為水芙蓉有細毛，可以防止水跑到葉子裡，所以可以浮到水面上，可以去摸摸水芙蓉的葉子看看有沒有細毛。因為他的根比較重而且他的根能讓他保持平衡，他的葉子有細毛不會吸水（而且水的浮力也能幫助他翻轉，他的根讓他保持平衡，加上水的浮力就能讓他在水中翻轉）【w0409】

阿翔：根比較重，因為他的根會吸水，葉不會吸水 【w0409】

由摘錄的學生寫作句子可以發現，學生能藉由觀察而發現水芙蓉在外觀上的特徵，藉此去推論造成現象的原因。阿琇甚至提出可以藉由摸摸看的檢驗方式，去檢驗自己的解釋是否正確。阿翔的觀點更整合了植物的根部具有吸收水分的功用，且因此功能而導致根部在吸收了水分後變得比葉子還重，重的部位會往下掉因而造成水芙蓉翻轉的現象。

3.依據動手做或是實際觀察實驗所得的經驗去做推論--根的有無會影響平衡

學生觀察到水芙蓉根的多寡似乎會影響水芙蓉翻轉的能力與最後的狀態，因而提出「根的存在會影響平衡狀態」想法：

阿宜：因為水芙蓉的根沒有拔掉的時候他可以翻轉，把根拔掉以後就不能翻轉了（沒有根就不能翻轉的原因是他的根就像毽子的羽毛一樣，拔掉羽毛毽子

就沒有用了。水芙蓉跟毽子一樣，不一樣的是水芙蓉的「羽毛」是在下面，水芙蓉的根越多平衡就越好）【w0409】

阿琇：他的葉子有細毛不會吸水，而且水的浮力會幫他翻轉。他的根讓他保持平衡，加上水的浮力就能讓他在水中翻轉了【w0409】

因為觀察到根的多寡會有不同的翻轉效果，阿宜的組員開始嘗試拔掉水芙蓉的根再去觀察水芙蓉的翻轉情況，而經由實際操弄驗證的結果，阿宜形成了上述的寫作主張與解釋，而同一小組的成員阿琇也因為同組共同討論與觀察的結果，將「根可以讓水芙蓉保持平衡」的論點在寫作句子中表達出來。

4.歸因於天生的能力與本質

學生會認為因為「漂浮型的水生植物」就應該具有此種能力，因此能漂浮到水面上。

阿倫：他有漂浮型，是天生的（因為細縫的緣故讓水芙蓉浮在水面上），因為他們有細縫有空氣【w0409】

阿漢：為什麼他有毛？因為是天生的，因為有毛可以讓他浮起來【w0409】

阿倫和阿漢都提出水芙蓉會浮起來，都是天生的能力。兩者的解釋與理由雖不相同，但卻都是著眼於水芙蓉天生特殊的構造---他可能和布袋蓮一樣有氣室、葉片上有毛---讓水芙蓉可以在水中漂浮。

根據 Driver, Leach, Millar 和 Scott 等人（1996）的主張，可以將學生的知識推理表徵分為三種不同層次：

1.以現象為基礎的推理：探究的目的是去查看。

2.以關連性為基礎的推理：藉由公正的測試或其他控制的介入，運用精準的方式所得到的資料去做解釋。

3.以模型為基礎的推理：以講究證據的觀點去評鑑理論或模型，而其關係被認為是暫時性與可疑的。

比對學生解釋想法所採用的理由與證據可以發現，學生的想法比較多是屬於由觀察相類似的構造或現象而做出推論的情形，例如由水芙蓉的外型包括身上有毛、葉下長根等特徵而推論提出想法或主張。學生亦會出現極類似「以相關性為基礎而做的推理」，例如因為水芙蓉與布袋蓮同屬於漂浮型的水生植物，因此，學生會根據先前觀察布袋蓮的氣室所存在的證據與想法，而類推出在水芙蓉的葉片上，也會有如布袋蓮一樣能填充空氣的細縫（氣室），而導致水芙蓉具有浮出水面的功效。除了極少部分的學生會提到運用「測試看看」的驗證方式來驗證想法(如阿宜的小組成員曾經運用拔除水芙蓉的根的方式去驗證「根部是影響水芙蓉會翻轉的原因」)，多數的學生所呈現的推理還是比較類似於以現象為基礎的推理。

(六)教師的省思

經過行動改變策略後，由學生的寫作文本分析可以發現，學生在第一個寫作任務所呈現的特點，例如：學生寫作的思維脈絡顯得較為廣泛不易深入；學生表徵寫作的方式，多為單句的描述等趨勢已獲得改善。由寫作任務二的結果分析可支持，透過寫作學習單的引導，當學生的寫作焦點比較能夠聚焦於某些特定、且能夠觀測的現象或概念時，學生的寫作思維會出現較多聯結其他已學習的知識概念，甚至出現推理式的寫作表徵，只是，學生的推理技巧，仍較受限於以現象為基礎的推理模式。

由實施過的兩個寫作文本的分析可發現，當寫作活動是奠基於一個讓學生動手操弄的活動之後，藉由學生在動手操弄中所產生的經驗或對於觀察後所提出的假設之驗證

等學習過程，確實能使得學生的寫作文本呈現較豐富深入的描述句子。但這樣是否就能達到教師研究者想藉由寫作來促進學生學習科學的初衷呢？學生對於在教學歷程中引入寫作活動的感受為何？因此，教師研究者接著去探究學生對於科學寫作的感知，並思考對於教師研究而言，科學寫作任務所扮演的角色，以思量進一步可施行的行動改變策略。

二、學生對於科學寫作的知覺

研究者藉由收集學生對於科學寫作的感受知覺，以分析可能影響學生從事科學寫作的因素。在全班 35 個學生中，有極高的學生比例（30/35）表示喜歡科學寫作，並認為科學寫作對於他們的科學學習是有幫助的：

阿宣：可以用文字來寫我自己的想法，原本都快要忘記要說什麼，如果寫上去的話，就不會忘記很多了 【f0412】

阿建：寫作可以激發我思考的能力 【f0412】

雖然許多學生都認為可以藉由科學寫作的過程去幫助他們學習，但實際進行寫作任務時，往往會出現學生無法順暢進行寫作的情況。由學生的心得回應可以知道，學生覺得寫作是一件不容易達到的任務之可能原因如下：

阿倫：想不出答案時，又不能查資料【f0412】

阿宜：不是很了解題目的意思 【f0412】

而學生表示需要教師在寫作時能提供的協助包括：

阿翔：多做實驗 【f0412】

阿秀：可以讓小組大家一起討論，再將想法寫下來 【f0412】

阿建：寫的時間長一點，遇到不懂的地方老師會加強解說 【f0412】

阿晴：老師能讓我們先觀察再寫下自己的想法 【f0412】

綜觀上述由學生所揭露對於寫作任務的知覺，研究者發現，阻礙學生進行科學寫作的可能內在因素包括以下幾點：

(一)學生是否認為教學情境中提供了足夠的寫作素材

由學生的寫作文本的分析得知，多數學生會由生活經驗或是可直接觀看或是測試的活動中尋找寫作的資料與素材。因此，當學生認為沒有具體的經驗或可操弄的活動可以做支撐時，便容易會產生不知道該寫什麼，或不知道怎麼寫的困境。因此，學生會有「要求教師能給予更多的實驗」,「教師在教完整個課程後再進行寫作」等等的要求。在研究一的第一個寫作任務的分析結果中研究者便發現了這樣的問題，進而改進教學情境與寫作任務的呈現方式。結果發現，雖然大多數的學生(約 80%)的學生對於現象的解釋仍呈現對單一個因素的探討，大約只有 20%的學生能呈現針對某個現象提出較整合性推論的寫作表徵。但比對於第一個寫作任務，可以發現，藉由寫作任務的引導，學生開始學習去整合相關的知識以作為推論證據的能力。由此可見，設計一個能提供學生經由學習產生經驗或概念的課程，對學生的寫作表徵之影響。

(二)教師對科學課室中的寫作活動是否提供了足夠的鷹架協助？

教師研究者原本欲賦予學生充分的權利，讓學生可以運用自己喜愛的方式將自己的想法寫下來。但由分析學生的心得回應單可以發現，學生仍舊存在著「要寫出正確的答案」,「不知道該寫什麼才是老師要的答案」等想法。而多數的學生仍較習慣傳統習作上較為聚焦且在課程教學結束後才進行的寫作練習。因此會出現學生要求由老師一邊說，學生可以一邊寫的協助，以及學生需要教師多做解釋、說明的需求。學生的這些反

應，在在說明在進行寫作任務時，教師必須提供必須要的鷹架協助，以協助學生在理解科學寫作的目的後，能利用資料的搜尋與推論，概念的串聯與擴展等思考的能力，慢慢學習能獨立架構出自己對概念的思維。教師研究者於是便開始思考，除了將寫作學習單的陳述修正為更符合學生認知層級的方式，提供學生能夠動手操弄的活動以增進學生能搜尋到更多的知識訊息外，教師研究者還必須提供什麼樣的協助，才能夠引導學生運用寫作來表徵他們對概念的思考與推理，進而學習擴展出新的知識。

由研究一的寫作分析可知，學生會藉由學習過的經驗中，去尋求類比思考以推理連結到觀察的現象或是必須解決的問題，而此種情況呼應 John Clement 所主張錨定時的「搭橋」策略（熊召弟, 王美芬, 段曉林和熊同鑫譯, 2002），亦即經由實際的演示操作，提供學生一個能做類推的現象或概念，以誘發學生對某種構念之建構。因此，研究二的課程設計便以此為依據，課程的設計以提供一個可供學生錨定概念的寫作課程為目標。

三、研究二：利用「芹菜」實驗課程，錨定寫作課程之成效

此課程的設計理念，係運用銜接第二單元--「水的移動」之「毛細現象」的概念及在第三單元「水生家族」中對於水生植物的基本構造與功能的概念教學中，分析出具有相關性的概念 — 植物用來運輸水分的構造（維管束），便是運用毛細現象使水分由低往高處傳送。研究者針對概念間的串聯，所分析的教學單元概念關係圖如圖 2。圖 2 說明植物會運用根莖葉的導管構造去運輸水分，而仲介於可見的現象（染色）與未知的植物體構造（導管構造）間的概念，便是學生在先前學習過的「毛細現象」。

本階段的課程設計理念係在提供一個以先前概念（毛細現象）為原理的實驗觀察課程，伴隨的寫作任務之設計，則採用

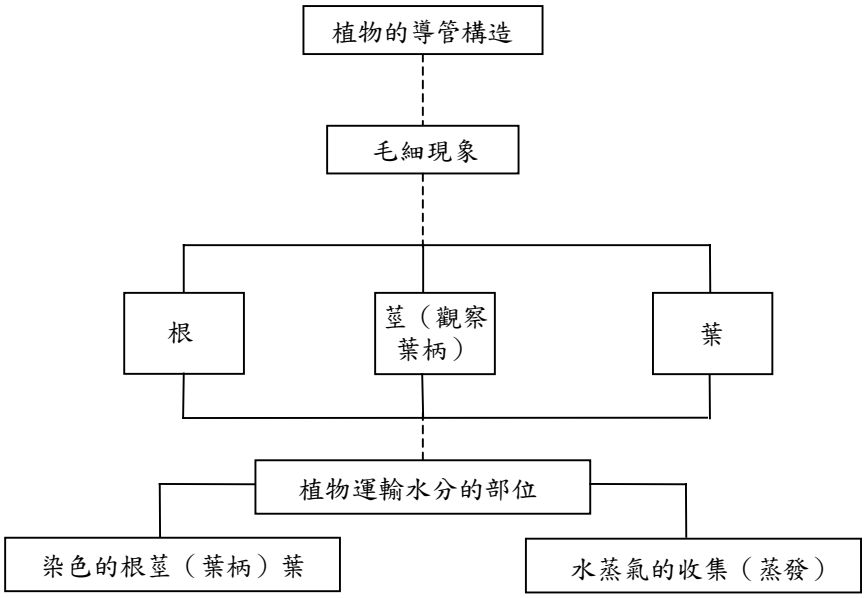


圖 2：「芹菜」單元之概念關係圖

讓學生依序觀察及記錄染色水在芹菜內部的變化情形，逐步完成他們的寫作任務。針對學生的寫作文本之分析如下：

(一)寫作任務【挑戰一】：收集學生對芹菜的認知概念

運用開放式寫作的方式，讓學生寫下對於芹菜的相關知識之寫作活動。教師的設計理念，在於想藉由學生的寫作表徵來理解學生對於芹菜或是對於更巨觀的概念（植物）之理解。因此，教師針對學生的寫作陳述，採取編碼分類的方式，試圖歸納出學生的概念呈現情形。編碼的類別分為主概念，以及在主概念之下所涵蓋的次概念（較詳盡的功能描述），並計算學生對於概念陳述的正確性。詳細分析可見表 3。

由表 3 可以知道，還沒進行觀察實驗之前，學生對於芹菜的相關知識，大多圍繞著植物的根莖葉之可觀察的部位或是主要功能（佔了（51 + 35 + 47）/185 = 133/185），例如根可以吸收水份、莖有支持性、葉可以吸收陽光；而關於生長的必要條件，例如需要水、陽光與土壤等也佔了 12%（23/185）。比照圖 2 之「芹菜」單元概念關係圖，可以發現，在觀察與寫作任務進行前，學生寫作句子中，顯現出對於「植物利用根、莖、葉來運輸水分」之教學概念，約佔有 18%（34/185）的比率，亦即有部分的學生已經知道植物會利用內部的導管構造來運送水分，但僅只有 2 個寫作句子是描寫到水分的運送是與毛細現象或是水分的蒸發等運輸水分的機制有關，即便如此，學生的寫作仍未出現詳細描述科學概念與現象間彼此相關性之推論式的寫作句子。由表 3 所呈現的學生寫作概念句子的次數統計可以再次支持，當寫作任務是屬於可以讓學生較開放、自由地組成文本結構時，學生的寫作表現，多聚焦在可直接觀察的外在現象或是直接提取在記憶區中的既有知識，學生的寫作所呈現的多是片段知識的表徵，學生較缺乏對涉及到芹菜的內部構造以及造成可觀察現象的原理之闡述能力。

因此，接續的寫作任務，除了引導學生去觀察植物運送水分的構造之外，比照圖 2 的「芹菜」單元概念關係圖，教師為學生進行科學寫作搭建鷹架，還要考量到運用寫作任務促使學生連結染色水的上升與形成毛細現象不可缺少的條件--空隙的存在，因而推論出芹菜導管的可能構造。

(二)寫作任務【挑戰二】：觀察並描述芹菜染色的情形

在開始觀察的初期，學生必須先描述芹菜的外型，以與染色完畢後的芹菜相比。並且必須每隔一段時間針對芹菜的染色情形做紀錄。分析學生的寫作學習單可以知道，學生會運用不一樣的方式紀錄觀察的結果（表 4）。

由於在學習單中，學生被要求得注意紅色染劑流過哪些地方，因此，大部分的學生為了紀錄染色的部位，會使用描述性的寫作方式，共計約有 25（14 + 11）人。但相當特別的是，有 17 個學生，選擇了運用公分數、或是上升部位佔了植物葉柄部的幾分之幾的數學方式來表示。顯示，教科書上的量化紀錄方式，已被部份的學生學習並應用。

而在觀察染色情形的寫作中，有部分的學生能將觀察到的細部變化，運用文字做清楚的描述：

阿品：二十分鐘後：升到了 8 公分 5 毫米了，有經過了根、莖，可是還沒到全部的莖 【w0507】

阿嫻：六十分鐘：墨水流超過瓶口的地方。但是是流在裡面，並沒有流到表面 【w0507】

阿智：十分鐘：流過了根和莖，芹菜的身上還是一條一條的紅線 【w0507】

表 3：學生的芹菜寫作句子之類別與出現次數

主概念	次概念	正確（次）	錯誤（次）	累計概念（次）	主概念（次）
根	吸收水分	23	0	23	51
	吸收養分	11	4	15	
	運輸水分（到莖到葉）	1	0	1	
	支持	1	0	1	
	抓住土壤	7	1	8	
	鬚根	2	1	3	
莖（觀察葉柄）	運輸水分	9	0	9	35
	運輸養分	7	2	9	
	支持	15	1	16	
	很細	1	0	1	
葉	吸收陽光	11	1	12	47
	吸收二氧化碳	6	1	7	
	行光合作用	9	3	12	
	產生氧氣	5	1	6	
	網狀脈	3	0	3	
	釋放新鮮空氣	3	0	3	
	可以呼吸	1	0	1	
	將養分送到植物裡	1	2	3	
與本單元之概念圖相關之概念	根莖葉的導管構造	1	0	1	3
	毛細現象	1	0	1	
	蒸發	1	0	1	
植物生長之必須條件	需要陽光和水才能活	4	0	4	23
	需要水	9	0	9	
	須要陽光	6	0	6	
	需要土壤	3	1	4	
其他不相關的概念		22	4	26	26

表 4：學生運用的觀察紀錄方式

學生紀錄的類別 \ 人數	人
直接描述觀察到的現象（例如染色水上升到哪個部位）	14
例如染色水上升到哪個部位（即學生會直接紀錄染劑上升的公分數）	6
結合上升的量與描述狀況的紀錄	11

迄此，對教師研究者而言，寫作任務之目的，除了善用等待芹菜染色過程所必須的時間外，運用這兩個屬性差別甚大的寫作任務，可以紀錄學生如何運用文字的描述來表徵他們的觀察。由上述的文本資料可顯示，學生會由他們過去的學習經驗去找尋相符合的知識，例如對於植物根、莖、葉功能的理解、對於植物生長的必須

條件之了解等，但學生的描述無法深入，且無法呈現概念與概念之間的連貫以及應用先前學過的概念去做可能的推論，例如僅只有一位學生可以提出才在上一單元學習過的「利用毛細現象可以吸收水分」的概念，且也僅是簡要的述說而已，無法去做更清楚的描述。

(三)寫作任務【挑戰三】：猜測芹菜葉柄與葉內部的構造

挑戰三和挑戰四的寫作，主要在提供一個讓學生紀錄經由觀察現象後，做合理推測想法的地方。在研究設計上，挑戰三想藉由觀察經驗引導孩童連結到先前學習過的「毛細現象」之科學概念，並由此推論出芹菜運輸水分的可能構造；

分析學生的寫作文本，針對學生提出的推論情形，整理成表 5。

從表 5 所整裡出來的學生寫作文本可以發現，有 42%（11/26）的學生認為，芹菜葉柄部分的構造應該是空心的。其中 15%（4/26）的學生會認為，中空以便吸收、儲存水分。此時，學生擷取寫作資訊的來源，多直接依據感官所能獲得的訊息，如：看到莖裡面有一些水分、看到一截一截的、把葉子拔掉就會有洞..等等。而當然還是會有學生利用譬喻法，來推理葉柄構造為中空的原因，如阿僅認為*如果不是空心的，水運輸的管道就不通，就像塞車一樣，無法把水送到各個地方去。*

雖然有 46%（12/26）的學生在觀察到芹菜吸收紅色染劑的現象後，能推論出葉柄的內部構造必須要有小空隙或格子的構造，但卻只有 15%（4/26）的學生能明確的連結「毛細現象」與內部的空隙構造之相關性--阿振和阿翔認為有「*細縫*」，而所持的理由是，*就像毛細現象，可以將水吸到葉子上*；而阿孟認為，有「*小洞*」，所持的理由是*毛細現象讓染色水上升*等等。這些能將所觀察到的現象（染色水上升）與「毛細現象」的科學術語名稱相連結，進而推敲出芹菜葉柄的內部構造的學生，顯然已經充分地理解「毛細現象」概念之意義，亦即他們明白了「具有細縫」是毛細現象的必要條件，而能將紅色的染色水往芹菜的上端傳送，是「毛細現象」機制的結果。約有 31%（8/26）的學生，能描述藉由小細縫（或洞）的構造，水因而能被輸送，但沒能連結曾經學過的科學術語--「毛細現象」。此部分學生，運用寫作所呈現出來的推論，其描述反倒能針對觀察毛細現象實驗時，水在每個小間隔（例如海綿、抹布等）中的變化趨勢，來描述水在芹菜葉柄中的運送情形，雖沒有科學術語的連結，卻更能藉由文字表徵出水分子藉由毛細現象運送的機制，如阿文所描寫的—*因為洞很小，所以水會擠到下一個洞，水才會由下往上移動*；以及阿宓所描寫的—*水會一格一格的把細縫填滿，水會被根吸收，一直連接到莖最後才是葉子。*

在整班學生中，有較少數的學生（12%，3/26）存有與大多數的人不同的見解，例如有學生認為水可以沿著毛往上爬，而認為這是毛細現象，明顯地可以發現，他錯置了兩個不同的名詞與現象。該學生可能混淆了水生植物單元中，水芙蓉因為葉面佈滿細毛，由於細毛間可以儲藏空氣，因而使得水芙蓉不會往下沉，以及對於毛細現象中水能沿著細縫往上爬的現象，因而認為藉由類似毛的構造能讓水分由下往上移動，即為所謂的毛細現象。

比對寫作分析結果，可以發現，運用寫作任務【挑戰三】企圖引導學生根據觀察去推論想法的方式，確實能呈現學生較深入的描述；藉由觀察實驗現象引導，協助學生能

表 5：猜測芹菜葉柄的構造類別

葉柄的內部結構描述	理　由	人數
可能是空心的	如果沒洞就無法讓水爬升（阿漢）	11
	莖裡面有一些水分（阿真）	
	如果不是空心的，水運輸的管道就不通，就像塞車一樣，無法把水送到各個地方去（阿僅）	
	才可以吸水、儲存水分（阿嫻）	
	莖的部分才有充足的水分（阿琇）	
	把葉子拔掉就會有洞，可以知道裡面是空心的（阿貽）	
	裡面是空心的，就會軟軟的，如果被踩到比較不會斷掉（阿炳）	
空心的，有一條一條的	因為芹菜莖裡面有一條一條的應該是運送水分的（阿昭）	
空心的，有一截一截的	我看到的好像是一截一截的（阿寅）	
裡面有像滴管的成分（畫圖）	圓形狀的的吸力，吸上去花就會喝到水（阿承）	
一孔一孔的和一格一格的，中間有一個大洞，外圍是小洞	因為我覺得中間乾的，外圍濕濕的（阿叡）	
莖有細縫	因為上面有許多細縫（阿明）	12
	像海綿一樣，可以像輸送養份一樣把水送上去（阿玟）	
	就像毛細現象，可以將水吸到葉子上（阿振、阿翔）	
有一個洞一個洞的，就是有細縫	因為這樣才可以吸水；因為用毛細現象來吸水就是有一個一個的細縫（畫了衛生紙把水往上吸的圖）（阿宣）	
有許多小洞	毛細現象讓染色水上升（阿孟）	
	莖是用來運送水養分，所以內部的構造就像布袋蓮的葉柄一樣，都有小氣洞，讓水慢慢的上升傳送到其他構造（阿菁）	
	小洞是用來運送水分（阿儒）	
	因為洞很小，所以水會擠到下一個洞，水才會由下往上移動（阿文）	
一條一條的有一個洞一個洞	才能讓空氣和水分流到每個地方（阿倫）	
一格一格的小細縫；由根連到莖到葉是一條一條的	水會一格一格的把細縫填滿；水會被根吸收，一直連接到莖最後才是葉子（阿宓）	
一孔一孔的，像線一樣連接到最頂端	可以經過孔把水帶到上面去（阿晴）	
跟毛細現象和虹吸現象有關	可以把水吸起來（阿弈）	3
可能是毛細現象	因為水可以依著毛爬上去（阿傑）	
內部空心的，裡面有毛才能吸水	利用毛細現象	

將先前學習過的「毛細現象」之概念，連結到觀察到的現象並做出自己的推論，而達到教師研究者想藉學生對於「毛細現象」的學習經驗以及提供的實驗情境等錨定來引導學生對科學概念的學習之目的。其成效由挑戰一的僅有一個學生（1/185 句寫作）提到「毛

細現象」或相關的定義，提升到 45%的比例。

(四)寫作任務【挑戰四】：觀察芹菜葉柄與葉的內部構造

挑戰四的寫作任務，其寫作目的在於經由實際觀察芹菜的橫切與縱切結構後，去修正原先擬定的推論，企圖藉由前後比較的程序，誘使學生能修正其寫作推論。

學生在觀察了芹菜葉柄的切片（橫切與縱切）後，進行挑戰四的寫作任務。由表 6 可以發現，學生在觀看實際的染色切片後，有 27%（7/26）的學生，仍舊認為水會上升是葉柄部具有小細縫的構造，因而產生毛細現象。學生對於芹菜葉柄的內部構造，在挑戰三時，大多（5/7）是由染色水會在葉柄部爬升的現象去推論可能要有細縫或是洞才能將水往上吸，在挑戰三的寫作任務時，學生便能呈現對於「毛細現象」所必須的構造與結果間關係的推論，但阿孟和阿弈卻在實際觀察切面構造後，放棄了原本在挑戰三所注重的毛細現象之詮釋，而全然以觀察到的結構來取代解釋的理由。

表 6 顯示，所有根據「觀察結果」來推論可能構造的學生及其寫作文本中，共有 53%（14/26）的學生以此種方式來表徵他們形成推論的依據。這些類型的學生，其寫作多由描述直接觀察到的現象或構造的描述句所構成。此類型的學生在猜測可能的構造時，會以較精簡的方式來描述，但在直接觀察到切面構造時，句子通常延伸的較長，描述也變得更為詳盡。有些學生，甚至會運用實際操作來驗證其論點的真確性，如阿品的寫作句：

> 猜測時：裡面應該是空心的（圖示），因為這樣莖的部分才會有充足的水份。
>
> 實際觀察時：如果是空心的我倒過來水會流出來，可是我倒過來水也沒有流出來，裡面有一條更細的線裡面也是要儲存水的。因為如果外面的細縫水沒有了，裡面更細小的細縫可以給外面細縫讓外面細縫有充足的水
>
> 【w0514】

各種操弄程序或是相關概念延伸出來的寫作文本中，學生在預測內部構造時，比較偏向於利用做毛細現象實驗時，所觀測到不同物質發生毛細現象時水份沿著細孔上升的情形來推論，例如必須有細縫、有洞等。而歸於該類型的學生在挑戰四的寫作，會有更精緻詳細的描述。不同於直接描述空隙或小洞與毛細現象的關係，這類別的學生，能夠先利用先前毛細現象的實驗過程所觀察到的現象，去推論可能的構造，其描述的理由，會更具說服性，例如阿玟在猜測可能的構造時提到：*莖的構造應當像海綿一樣，裡面有細縫；*而在觀察過切片構造後則寫到：*一條一條的管子，有一些綿綿的細縫，水會依著細縫往著移動，水是這樣移動的，水會先把底部的細縫填滿再一直往上升*。此外，歸於此類別的學生，亦能藉由清楚的描述先前毛細現象所觀察到的水在細縫中移動的方向（由下方細縫慢慢地往上方細縫移動），來假想水份在芹菜內部上升的情形，如阿文以及阿晴的描述：

表 6：學生在以「芹菜」實驗活動錨定寫作課程時，學生寫作趨勢的類別以及百分比

寫作類別	人數（人）	百分比（%）
直接針對「毛細現象」與「細縫、洞」的相關性去推論莖的可能構造	7	27
僅針對「觀察的」構造去描述莖的可能構造	14	53
由學習「毛細現象」時的操縱程序或是相關概念去推論莖的可能構造	5	20

阿文：因為是空心的話，沒有辦法讓水往上爬，所以有洞能讓水從洞的地方向上爬。水到洞裡時很擠，所以會到下一個洞去，洞才能把水運上去。【w0514】

阿晴：莖葉裡面有一個一個的小洞連成一條線，裡面是從底部有一條線裡面是空心的，底部的水就會從這條管子跑到上面去。【w0514】

(五)省思此寫作模型的引導對學生科學寫作的影響

教師研究者發現，利用觀察芹菜的染色實驗，學生由染色水在芹菜內部的移動情形，能擷取到先前學習過的概念：「水能沿著細縫往上爬升，此種現象稱為毛細現象」。運用此種經驗過的概念作為學生新概念學習的錨，研究者想藉由此寫作任務，引導孩童針對問題去思考、推論。分析學生的寫作文本可以發現，學生的寫作具有以下特色：

1.當學生能在舊經驗中搜尋到符合實驗觀察的現象時，學生對現象的推論概念會較集中

由挑戰三與挑戰四的寫作分析可以發現，當學生觀察到染色水由底部往上爬升時，約有 45%的學生立即聯想到，它的結構必定與小細縫有關。這是因為在先前「水的移動」單元中，學生經由實驗操弄的過程，得以驗證「當物體具有空隙時，水分便能沿著空隙移動」之定義。因此，當觀察到相同的移動情形時，學生便能反推出「內部必定存在有小空隙」的論點。雖無法達到百分百的成功，但對於運用寫作的歷程，誘使學生整合已學習過的概念去支持自己的論述，讓學生藉由寫作產出自己的科學知識之教學目標，已呈現初步的成效。

2.學生表徵寫作的趨勢，可以大致歸為三類:直接描述概念與可能相對應的條件、直接描述觀察的現象，以及先藉由描述在學習錨定概念（毛細現象）時之各種實驗觀察現象再推論出可能的概念。

(1)寫作呈現出對於概念與相對應條件之關係的描述

學生在寫作時能知覺到觀察現象與科學概念間的關係，例如阿祥在預測構造時即寫到：*他的莖有細縫，可以將水吸到葉子上*；但在觀看了切片後寫到：*有小細縫，有葉脈*。其理由是：*小細縫是毛細現象，因為細縫越小水上升的越高*。阿弈在預測時直接寫到：*我覺得跟毛細現象和虹吸現象有關*。在觀看完切片後寫到：*葉子和脈有小細縫，水可以從細縫上升*。可以發現這類型的學生，其寫作描述較為精簡，很少出現包括細節描述的，學生多會直接描寫出「毛細現象」與「細縫」間的關係。

(2)寫作主要在於詳盡的呈現觀察到的相關細節

此類型的學生，佔有較多的學生人數。學生的寫作多以描述直接的觀察為主，例如阿品在預測時寫到：*裡面應該是空心的，因為這樣莖的部分才會有充足的水分。如果水流到葉子的部分會給他一些*；而在觀測完切面後寫到：*有小細縫*。其理由是*如果是空心的我倒過來水會流出來，可是我倒過來水也沒有流出來。裡面有一條更細的線裡面也是要儲存水的...*。我們可以發現，這類型的學生，其寫作想法的來源是由觀察而來，即使是在直接觀察切片後，學生看到了、也在文本中寫下「細縫」了，但其寫作並無法推論出連結「染色水上升」與「細縫」關係的「毛細現象」之概念。

(3)寫作係以實驗操作的經驗做為描述基礎，以推論出更大的想法

此類學生的寫作不僅能連結實驗時觀察到的現象與科學概念間的關係，寫作的描述句子，亦顯得較為深入詳盡。例如阿玟可以

連結到先前的毛細現象學習經驗，來預測會經由像海綿一樣的作用；經由觀察其內部特殊構造後，阿玟在寫作中提出理由時，則依據觀察到的現象：*一條一條的管子，有一些綿綿的細縫，水會依著細縫往上移動，水是這樣移動的，水會先把底部的細縫填滿再一直往上升*，詳細地指出與先前學到的科學概念「毛細現象」的連結：*因為看一半，很明顯是一條一條的管子是紅色的，除此之外，我猜想它的管子內部應該有細縫，因為老師教過毛細現象，所以我認為水是利用毛細現象上升的*。

3.當學生根據學習經驗做的推論與實際操弄的現象有所差異時，學生甚少去討論思考兩者的相關性，而以實際操弄的現象作為論點的依據或是在未觀察到的部分加以推論與想像，以期得到合理的解釋

學生的學習表現似能符合九年一貫課程綱要中自然與生活科技的能力指標對於中年級學生必須具備的過程技能（三、四年級）之敘述：「運用實驗結果去解釋發生的現象或推測可能發生的事」。但學生的表現卻無法達到能力指標中對於科學本質的要求--「知道可用驗證或試驗的方法來查核想法」，亦即學生的學習較偏向以實驗後可見的現象做為支持其論點之依據，而對於觀察後之實際情形與原先的預測相矛盾時，學生比較缺乏再次驗證或檢核自己想法的能力，而選擇以「可能是…」的想像方式來解釋矛盾之處。而學生的想像會依據觀察到的現象為基準點，去連貫可能的合理性解釋，例如當學生依據水上升的情況而推論內部構造必具有小細縫的構造，但當實際觀察芹菜切片後，卻發現染色的部位是一條條的管狀物。因此，有些學生即以觀察到的現象—「內部構造是一條一條的管狀」作為論點，而改變自己原先的想法；有些學生仍堅持必須具有小細縫的想法，但對於未能觀察到的空隙，可能以造成現象背後所蘊含的原理（例如：*能使水分往上升必定具有細縫*），或是有待進一步觀察（例如：*在內部還有小細格*）的方式來支持自己的想法。事實上，芹菜的葉柄部確實是一條條的長管子，而使水分上升的一部分力量正是來自於細管中水份沿著管壁上升產生的毛細現象。若學生能針對小細縫與一條長長的管子間的關係去思辯，必能對於芹菜染色水的上升與內部構造間的關係有更深入的理解。另外一個例子，學生在寫作二的第三個挑戰任務時，對於芹菜能讓染色水上升的原因做了預先的推論，有的學生認為是小洞而讓水分能沿著芹菜的葉柄部運輸上去，但在觀察了實際的芹菜切片後，卻受到白色的細絲狀影響，認為水分的運輸與此構造相關，甚至提出也許小洞位在這些絲狀物質上面，藉此構造來運輸水分。學生的想像性推論可以看作是針對矛盾現象所提出的假設，但缺乏後續的設計實驗與驗證假設之步驟，教師可藉後續的教學活動與以補強。

本研究中，研究者發展寫作模式，終極的目標在於希望學生能藉由寫作的過程，將科學想法經由與自己思維論辯的過程呈現出來。因此，除了提供作為錨定物的實驗觀察活動外，在寫作任務上，也做了特別的設計，如挑戰三先讓學生在觀察染色水上升的現象後針對可能的解釋作預測，然後在挑戰四實際觀察切片構造後，讓學生紀錄下他們對於染色水上升機制的解釋，並要求學生比對自己在挑戰三與挑戰四中不同想法的差異性。雖然學生陳述出來關於他們認為的差異性，多是預測的結果與實際現象的差異性之描述，學生在挑戰四的寫作，也多半會以實際觀察到的現象作為論點的依據，與研究者希望學生能藉由此步驟的任務實施過程，引導學生對前後兩次寫作結果的矛盾概念或想法

作思考與驗證之目標尚有差距。但仍可見到有少數的學生能將先前的寫作論點結合後來經由觀察後所得的論點，而提出新的推論與想法。這說明此一寫作模式確實有引導學生去反思寫作成品並產出新的概念想法的效果，唯依據 Keys（2000）的看法認為，教師應該要提供學生活動以及後設認知的支持，促成學生對刺激反應而誘導出知識主張、證據、數據的描述以及觀察方法，並且經由反思而改變他們自己的想法。因此研究者認為後續的研究中，或許可以依據 Keys 的建議，提供一個修辭的目標，作為學生在做寫作報告時格式的引導，並鼓勵學生產生出回應的內容目標與次目標，使得學生在寫作過程中能夠思考與進行推理。由此修改引導寫作模式的實施方式，以協助學生能確實的實施每個階段的寫作步驟，達到預期的目標。

肆、結論與建議

在本研究中，基於 Klein（1999）對於寫作認知歷程之文獻的歸納彙整，Keys（1999, 2000）詮釋推展 Bereiter 和 Scardamalia 的知識轉化模式所建立的理論基礎，Bell 等人的錨定教學和 KWL、SWH 及 Context Map 等寫作學科學相關實徵文獻的啟發，研究者由行動歷程中逐步發展出錨定式科學寫作的整個進行流程。

研究者參考運用提供符合錨定教學任務標準的學習活動、小組合作操作及進行整合知識與操作的寫作活動、以及將整體內容適度切割為較小較易處理的步驟等幾項關鍵設計原則，如研究方法部份之說明，研究者由分析教學內容中的重要概念的概念關聯性開始，然後嘗試連結學生已有知識經驗與新學習內容，由此切入思考提供學習者哪些具體操作的經驗，並且在操作活動後的寫作學習活動中，提供學習者連結操作經驗以及科學知識的機會。其中寫作活動的設計與安置，特別強調切割並安排學習活動，使整個學習歷程由與自然互動的實徵經驗以及事實資料的收集紀錄，向上延伸到概念建構，再整合為高階的原理原則，最後並由寫作活動讓學生再度整體整合操作經驗與知識。這樣的設計原則，試圖呼應 Bereiter 和 Scardamalia（1987）的知識轉化之寫作模式，希望寫作的學習活動，能具有邀請學習者轉化其知識經驗，創生出新知識的功效，而非限於知識講述模式所指陳的，寫作者經由寫作修正獲得的訊息。

在發展此錨定式科學寫作模式時，研究者運用較開放式的寫作任務，先行偵測學生對先前學習過「水的流動」單元中，相關概念如：「毛細現象」、「虹吸現象」以及「連通管原理」等概念之理解。從學生的寫作學習單歸類發現，僅只有 8% 的學生會在寫作文本中出現單元學習過的相關科學概念，而學生的描述會偏好於在課程中教授該概念時所操弄或是討論過的實際例子。比較三個概念在學生寫作文本中出現的比率發現，其中，學生對於涉及「毛細現象」的描寫，不僅能舉出較多的例子，有的學生甚至能藉由寫作表徵出「毛細現象」的定義：「只要有空隙，水便可以移動」的觀念。而這是因為，學生可以藉由製作「小空隙」的實驗而直接觀測到「染色水」的上升，對於造成染色水上升的必然條件能形成較直接的連結與理解。相對之下，學生對於「虹吸現象」以及「連通管原理」等涉及的主要概念--同一水平面壓力會相等--則限於先備知識的缺乏以及過於抽象的條件下，比較難擴展對例子的深入描述。

在設計寫作課程時，研究者期待學生能藉由寫作的歷程，能更精緻化自己對於某個

科學概念的理解。而由先前研究的發現得知，當提供一個可以讓學生操弄或是產生經驗的學習活動時，學生會比較有素材可以進行科學寫作。但學生在進行寫作時，往往會傾向於較淺層的觀察現象的描述，較少涉及科學術語的使用以及對可觀察現象再做深入的思考。因此在思索該如何奠基於學生學習的概念之下，運用寫作的引導以協助學生學習科學時，「毛細現象」便成了錨定學生進一步推論芹菜內部構造的錨定概念。藉由呈現染色水在芹菜內部上升的可觀察現象，誘使學生能進一步連結在學習毛細現象時的基本定義，進一步能推論出芹菜內部的可能構造。研究者發現，運用先前學習過的概念與觀察現象當做錨定概念，引導學生去預測芹菜的可能構造，學生的寫作文本呈現出較高比例（45%）能整合觀察現象(染色水沿著芹菜上升)與芹菜構造（芹菜葉柄部的結構一定具有空隙）的相關性。而除了能連結染色水與細縫構造間的直接相關性之外，有的學生在寫作時能藉由詳細的描寫實驗操作時獲得的經驗，進一步地推論出現象背後更大的科學想法，而達到學生能藉由寫作產出知識的目的。

綜觀整個寫作研究的進行可以發現，在教學活動中實施科學寫作具有以下的功用：在教學前，科學寫作可以供作教師尋求孩童概念學習的起始點；在教學中，科學寫作可當作學習歷程的紀錄；而在教學後，科學寫作所呈現的概念整合趨勢，可供作之後課程設計的重要依據，以修正教師的教學設計。如此，可以在學生的學習起點與教師的預計學習目標間，動態性地建構適合學生學習的潛在發展區。而藉由學生的寫作文本能彰顯學生的思維轉變歷程，在教學現場上，此種思維的歷程可直接提供教師作為課程設計導向之指標。在教學實務的成效上，學生的學習成效往往是最實際的評鑑指標。由本研究可發現，實驗操弄或是能產生經驗的活動，是豐富學生寫作意願與能力的重要因素。因此，在研究者提供學生所需要的現象觀察或是實驗操作後，學生會出現較多引用證據、類比或是推理的思考。學生會修正或補充額外的想法，因而使得寫作文本能引用較多描述思維的句子，出現更多概念的串聯或是注意句子與句子間的相關性。顯見運用這些經驗來設計錨定教學活動，教學互動的過程，對於教師的教學與學生的學習，皆具有正向的功效。基於此種趨勢，研究者認為本研究之成果可以供作教師修正課程的設計之參照，以提供能促進學生寫作思考的課程設計。

根據研究結果的呈現，我們發現，利用學生已具有的經驗或概念去錨定學生的寫作，比較容易將孩童的概念學習聚焦並深入探討。新觀念的建立與舊概念的靈活運用，確實能激盪孩童對於概念的學習與理解，而這必須藉由教師所提供的寫作模式的引導才能有較佳的成效。因此，在實施科學寫作前，教師必須先規劃教學的概念流程，尋找搭建在新舊概念間的實驗活動，而後藉由實驗活動的進行才得以引出學生已存有的概念，並藉此協助學生能經由概念的連結與擴展而推論出新概念，而達到藉由寫作引導學生學習科學之目的。

致　　謝

本研究承蒙行政院國家科學委員會補助研究經費(計畫編號 NSC92-2511-S-003-050)，特此致謝。

伍、參考文獻

1. 王金泉（2005）：九年級學生科學寫作與學

習成就之探討－以「溫度與熱」為例。台北市：國立台灣師範大學碩士論文（未出版）。
2. 林雅慧、張文華和林陳涌（2003）：國小低年級學生參與科學對談的類型之研究。**科學教育學刊**, **11**(1), 55-74。
3. 吳芝儀和李奉儒譯（1995）：**質的評鑑與研究**。台北市：桂冠。
4. 李美惠（2005）：**科學寫作在自然科學教學與評量的應用－以電影中酸鹼現象之觀察與解釋為例**。台北市：國立台灣師範大學碩士論文（未出版）。
5. 吳水煌（2003）：**科學寫作促進學生科學概念學習之研究**。嘉義縣：國立嘉義大學碩士論文（未出版）。
6. 教育部（2001）：**國民中小學九年一貫課程暫行綱要**。台北市：教育部。
7. 黃瑞琴（2005）：**質的教育研究方法**。台北市：心理出版社
8. 熊召弟、王美芬、段曉林和熊同鑫譯(1996)：**科學學習心理學**。台北市：心理出版社。
9. 蔡志賢（2003）：**科學寫作融入國小自然科教學的行動研究**。嘉義縣：國立嘉義大學碩士論文（未出版）。
10. 羅廷瑛（2004）：**兩種建構取向教學模式對國小學生「自然與生活科技領域」科學學習表現之影響**。台北市：國立台灣師範大學博士論文（未出版）。
11. Bangert-Drowns, R. L., Hurley. M. M., & Wilkinson, B. (2004). The effects of school-based writing-to-learn interventions on academic achievement: A meta-analysis. *Review of Educational Research, 74*(1), 29-58.
12. Bell, B., Bareiss, R., & Beckwith, R. (1993). *The role of anchored instruction in the design of a hypermedia science museum exhibit.* (ERIC Document Reproduction Service No. ED 363 636)
13. Bereiter, C., & Scardamalia, M. (1987). *The psychology of written composition*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
14. Bloom, J. W. (1992). The development of scientific knowledge in elementary school children: A context of meaning perspective. *Science Education*, *76*(4), 399-413.
15. Bloom, J. W. (1995). Assessing and extending the scope of children's contexts of meaning: context map as a methodological perspective. *International Journal of Science Education*, *17*(2), 167-187.
16. Bybee. R. W. (1997). *Achieving science literacy: From purposes to practices*. Heinemann, NH: Portsmouth.
17. Carr, W., & Kemmis, S. (1986). *Becoming critical: Education, knowledge, and action research*. London: Falmer.
18. Cervetti, G. N., Pearson, P. D., Bravo, M. A., & Barber, J. (2005). *Reading and writing in the service of inquiry-based science*. Regents of the University of California.
19. Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham: Open University Press.
20. Duschl, R. A., & Osborne, J. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse in science education. *Studies in Science Education, 38*, 39-72.
21. Hand, B., & Prain, V. (2002). Teachers implementing writing-to-learning strategies in junior secondary science: A case study. *Science Education*, *86*(6), 737-755.
22. Hand, B., Prain, V., & Trobe, L. (1999). A writing in science framework designed to enhance science literacy. *International Journal of Science Education*, *21*(10), 1021-1035.

23. Hand. B., & Yang. E. M. (2004). Using a science writing heuristic to enhance learning outcomes from laboratory activities in seventh-grade science: Quantitative and qualitative aspects. *International Journal of Science Education, 26*(2), 131-149.
24. Keys, C. W. (1999). Language as an indicator of meaning generation: An analysis of middle school students' writing discourse about scientific investigations. *Journal of Research in Science Teaching, 36*(9), 1044-1061.
25. Keys, C. W. (2000). Investigating the thinking processes of eighth grade writers during the composition of a scientific laboratory report. *Journal of Research in Science Teaching, 37*(7), 676-690.
26. Keys, C. W., Hand, B., Prain, V., & Collins, S. (1999). Using the Science Writing Heuristic as a tool for learning from laboratory investigations in secondary science. *Journal of Research in Science Teaching, 36*(10), 1065-1084.
27. Klein, P. D. (1999). Reopening inquiry into cognitive process in writing-to-learn. *Educational Psychology Review, 11*(3), 203-270.
28. Klein, P. D. (2006). The challenges of scientific literacy: From the viewpoint of second-generation cognitive science. *International Journal of Science Education, 28*(2-3), 143-178.
29. Lin, Y. H., & Chang, W. H. (2002, April). *An elementary teacher's action research on scaffolding students in talking science*. Paper presented at the 2002 NARST Annual Meeting, New Orl-eans, LO, U.S.A.
30. Lin, Y. H., & Chang, W. H. (2003, August). *An elementary teacher's action research on engaging students in talking science*. Paper presented at ESERA conference, Netherlands.
31. Patterson, E. W. (2001). Structuring the composition process in scientific writing. *International Journal of Science Education, 23*(1), 1-16.
32. Sandoval, W. A., & Millwood, K. A. (2005). The quality of students' use of evidence in written scientific explanations. *Cognition and Instruction, 23*(1), 23-55.
33. Shepardson, D. P., & Britsch, S. J. (2001). The role of children's journals in elementary school science activities. *Journal of Research in Science Teaching, 38*(1), 43-69.
34. Wallace, C. S., Hand, B., & Prain, V. (2004). *Writing and learning in the science classroom*. Boston: Kluwer Academic.
35. Wellington, J., & Osborne, J. (2001). *Language and literacy in science education*. Philadelphia: Open University Press.
36. Wiley, J., & Voss, J. F. (1999). Constructing arguments from multiple sources: Tasks that promote understanding and not just memory for text. *Journal of Educational Psychology, 91*, 301-311.
37. Yore, L. D., Bisanz, G. L., & Hand, B. M. (2003). Examining the literacy component of science literacy: 25 years of language arts and science research. *International Journal of Science Education, 25*(6), 689-725.
38. Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

An Action Research on Developing an Anchored Science Writing Model

Ya-Hui Lin[1], Wen-Hua Chang[2] and Huey-Por Chang[3]

[1]Graduate Institute of Science Education,
National Changhua University of Education
[2]Department of Life Science, National Taiwan Normal University
[3]National Changhua University of Education

Abstract

Language plays a critical role in enculturating learners into science communities. Written language could be used as a tool in science learning and constructing understandings. This study employed the writing tasks to facilitate students' understandings and coordinate the evidences and theories. The tasks were designed and sequenced in each science unit followed a content analysis by applying concept mapping strategy. This study explored the characteristics of writing representations for 26 4th graders' and generated the influencing factors in the writing sessions. The first study found that around 92% of the 4th graders tended to incorporate observable phenomena and manipulating their experiences instead of applying definitions and terms from previous lessons. The authors proposed a model of situated science writing for the study in the second stage, and found that students applied their concrete learning experiences from previous lessons as the anchors inducing their reflection and transforming their understandings. The data indicated that the model is successful in increasing students' learning on connecting observed phenomena and the specialized terms or definitions.

Key words: Science Writing, Anchoring