

教育部 101 年度中小學科學教育計畫專案

期末報告

計畫編號：61

計畫名稱：科學寫作教學方案對國小資優生獨立研究學習成效之研究

主持人：林雅慧

壹、計畫目的及內容

Yore (2003) 整理文獻指出，自 1970 年代後期開始，強調科學學習與語言藝術平衡的觀點陸續出現，因而造成 1978-2003 年的科學教育研究聚焦於探究語言與科學學習彼此之間的關係。Champagne 和 Kouba (2000) 認為，AAAS 和 NRC 皆強調以探究為主的科學，以及發展科學的心智習性 (habits of minds)，亦即「手到/心到」的科學。課室實務強調的多是動手操作的「手到」策略，若能在探究中進行寫作，則寫作是一種能讓學生保持「心到」的最有效策略。很多課室中的寫作都是機械性的，僅讓學生扮演不用思考、消極的角色，教師是唯一的聽眾。學生的科學筆記僅是一種被拿來讓學生紀錄實驗，並將結果陳列的日誌。但僅是簡要的紀錄並陳列實驗的方式會限制學生對於現象真實意義的建構，並且降低對知識以及對記憶訊息的轉換之經驗，在此種情境下，學生的寫作也同時被限制了。事實上，學生的科學筆記之功用不只是一種報導教師所期待結果的工具而已 (Shepardson & Britsch, 2001)。Shepardson 和 Britsch 引用 Santa 和 Havens 的觀點，認為有意義的寫作應該連結新訊息以及先前的知識，提供對非特定觀眾的真實任務，鼓勵心到的學習，促進概念的組織以及重建並促進後設認知。有意義的寫作也會促使曖昧的想法轉化成清楚的概念並促進意義的建構。

計劃主持人針對孩童利用寫作學習科學做系列的研究，由學生的寫作文本分析發現，學生表達想法的方式，除了利用文字外，少數學生更會利用插圖、小格文字說明等不同的表徵方式，以圖更完整的表達自己的想法。融入多元表徵寫作的研究則發現，中、高年級大部分學生均能掌握到文本間需整合重要概念、注意句子間之聯貫性與重點主軸的描述，並能利用圖說來強調聚焦文本內容 (林雅慧、張惠博、葉辰楨和張文華，2010)。依據上述的理論與實徵性研究結果可以確定，透過科學寫作來學習科學，對小學生而言是可行有效的教學策略。

Clark (2007) 認為，資優生具備高度智能、好奇、能在複雜的資訊中找到共通性、喜歡進行隱喻式和象徵性的思考等特質。科學現象具有因果關係、

解釋簡明及一致的通則性等特性，恰能符合資優生在學習上的需求。毛連塹（1995）認為指導資優生進行獨立研究的教學活動，可提供資優生：1.實際研究的經驗；2.培養研究的精神與興趣；3.加強研究方法的訓練；4.培養獨立和自學的能力；5.提高問題解決的能力；6.發展高層次思考的能力。獨立研究課程之基本意義則是研究者在學習過主題研究或專題研究後，獨自從事研究時，能根據自己的興趣，選擇主題，訂定研究計畫，選擇適當的研究方法，有效的蒐集資料、分析與解釋資料，並推論出研究結果。綜觀來看，獨立研究教學是一種強調師生共同探索、共同解決問題、相互合作與交流的學習歷程（潘裕豐，2004）。資優生的科學課程規劃，已外加許多動手做活動，學生對動手做科學的動機與興趣已被激發。然，對於學習、呈現完整的科學研究，尚無經驗。獨立研究能帶領資優生經歷科學知識形成的完整歷程，並在歷程中，形塑科學素養。

整合研究者先前研究經驗與學校學習環境，本研究擬定透過發展科學寫作方案的行動研究歷程，聚焦、強調學生的科學實作（science practice），引導資優生發展出自己的獨立研究主題與成果。教師在教學歷程中需機動性地引導學生透過寫作能力的提升，透過獨立研究報告的產出建構產出新知識。研究者擬定於資優生進行獨立研究的歷程中，討論資優生形成獨立研究主題的歷程與進展；並初步窺探資優生處理多元資料的趨勢；最後，檢視未來可以協助資優生精緻化獨立研究報告的參照依據。

貳、研究方法及步驟

（一）研究對象與研究題材：以參與研究教師所任教學校之中、高年級資優生為研究對象（18名資優生）。參與研究的教師藉由融入寫作策略，協助資優生完成獨立研究。初始，教學者引導學生藉由與優秀獨立研究作品的分析歷程，思考並建構探究主題。過程中藉由寫作策略的引導，協助學生完成一份完整的獨立研究報告。研究歷程中，研究者透過與教學者課程討論的歷程，引介寫作策略以協助教師在教學歷程中，協助學生藉由寫作評鑑向度的討論產出，精緻化其獨立研究作品的品質。

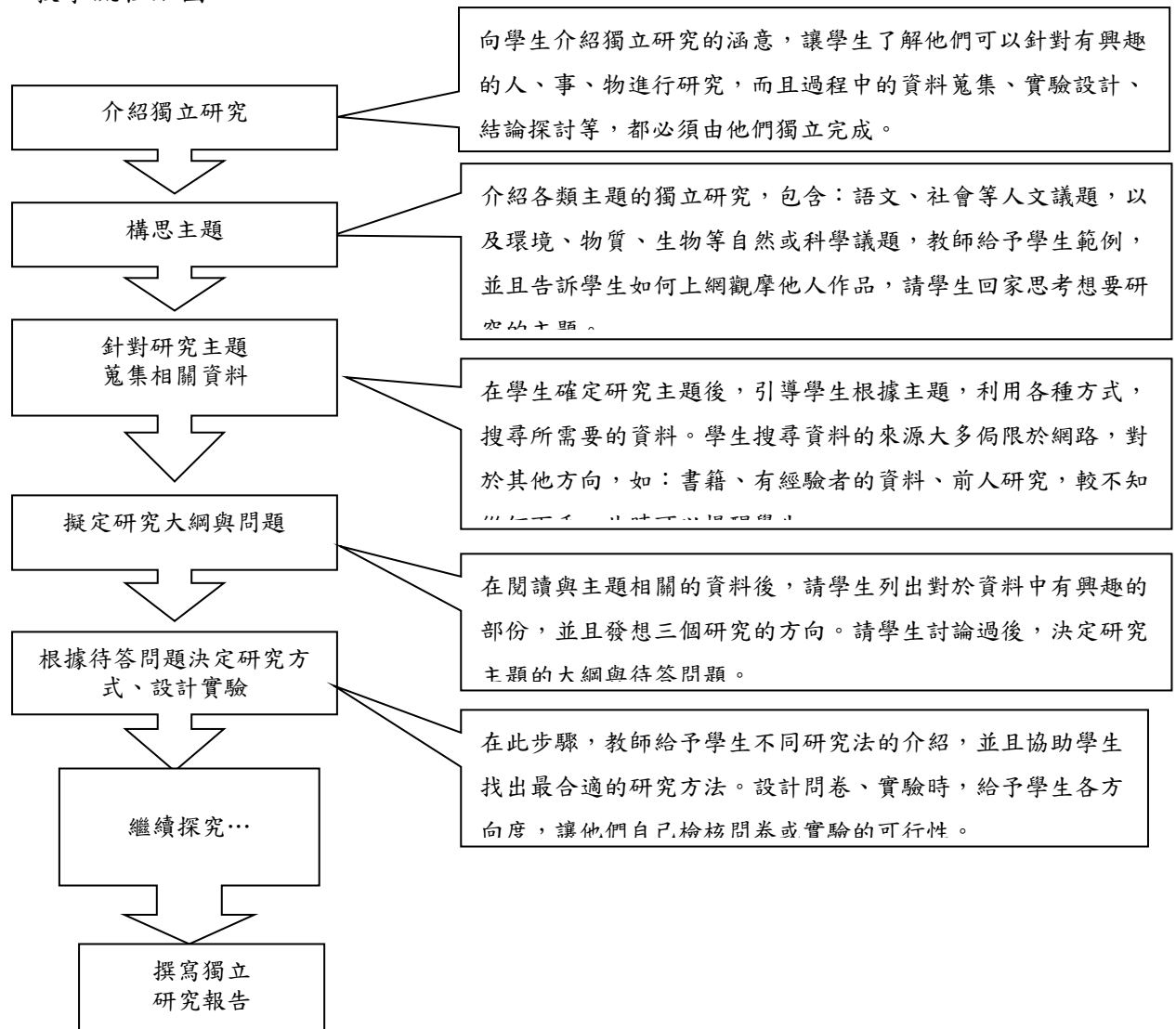
（二）研究工具：

- 1.寫作學習單：研究者依據學生擬定探究的主題，分析學生在進行獨立研究時遭遇的困境，並參照文獻報導，設計寫作學習單。研究者可依據學生回應學習單的內容與方式，探尋建構可能回應研究問題的模式並建構關於學生科學寫作之理論。
- 2.學生探究歷程產生的多方資料：包括學生的札記、晤談或觀察記錄、
- 3.寫作評鑑表：教學者帶領學生建構寫作評鑑表，藉此引導學生獨立研究作品在質性部分的提升，以供作未來教師推展科學寫作教學時之參照。

（三）研究步驟：

- 1.教學流程：教學者讓資優生自主分為四組，讓學生先行討論感興趣的探究主

題。教學者利用創造性問題解決模式（CPS）規劃探究基本概念的教學，教師的教學流程如圖一：



圖一：教師教學流程圖

2. 教師的寫作策略理解

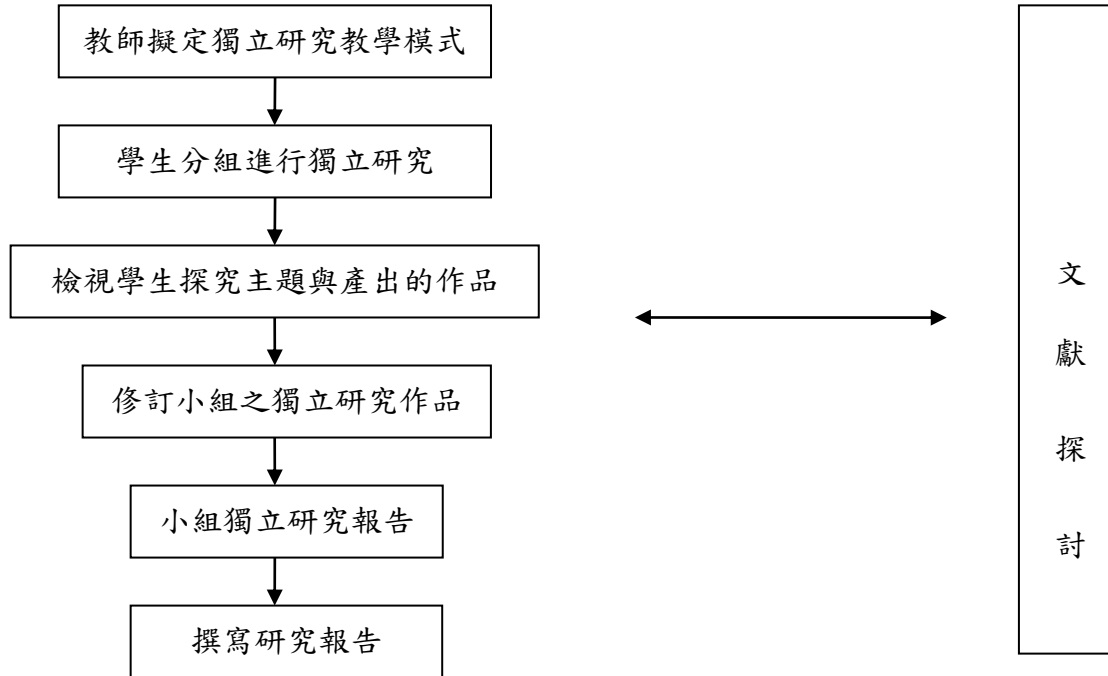
學生擬定探究任務後，教師藉由檢視學生蒐集資料後呈現的報告內容，給予寫作策略的引導與介入。探究歷程中，研究者導入並分析學生呈現的「科學-工程實作（scientific and engineering practices）」模式中呈現的討論歷程，以做為檢覈學生學習成效之依據。研究者藉由不斷檢視、評鑑學生獨立研究報告的內容品質，提出寫作引導對資優生進行獨立研究的影響分析，研究流程圖如圖二。

3. 資料蒐集：研究者會針對不同獨立研究小組收錄教師的教學過程與學生探究活動歷程、小組發表等錄影資料。並收錄學生的各類寫作成品包括：寫作學習單、札記與最後的獨立研究作品，以做為檢覈學生學習成效之依據。

4. 資料分析方法：研究將針對學生的寫作文本、口頭討論與發表、獨立研究作品等質性資料進行分析。

5. 評估成果：研究將初步分析學生的獨立研究報告，並依據「科學-工程實作

(scientific and engineering practices)」教學模式評估學生進行獨立研究歷程所涉及的模式，據此理解資優學生進行獨立研究報告寫作時，其品質與研究困難為何。



圖二：研究流程圖

參、研究成果

一、各組推動的獨立研究主題與成果

18名資優生共分為4組，產生四個獨立研究主題，詳細資料如表一。

表一：各組探究之獨立研究主題與相關訊息

組別	獨立研究主題	資料蒐集方式	目前成果	指導教師
第一組	那一年，我們南瑤宮研究的日子	研究日誌 田野調查『媽祖繞境活動』 南瑤宮實地探訪	初步完成網博架構 再精緻化獨立研究報告	陳老師
第二組	廢物再利用-再生粉筆	研究日誌、 實驗設計與驗證 撰寫實驗報告	完成所有實驗步驟 撰寫實驗報告	陳老師
第三組	彰化市肉圓地圖	研究日誌 設計「對肉圓感知」 之問卷並施測 訪談肉圓店負責人 肉圓DIY	完成相關資料的蒐集 撰寫研究報告 肉圓店訪談記錄 肉圓問卷施測與分析	楊老師
第四組	手工皂~	擬定實驗待答問題 進行實驗	完成各階段實驗操作 撰寫實驗記錄與結果 實驗過程中的發想	楊老師

二、學生進行獨立研究所遭遇的困難、教師行動與省思

帶領學生進行獨立研究時，教學者先利用創造性問題解決模式（CPS）引導學生形成獨立研究主題，進行探究活動。探究過程中教師不斷省思並思考可行策略以協助學生完成獨立研究工作。老師在學生開始進行獨立研究時，發現學生進行獨立研究時具有以下幾個問題：

- （一）資料取得方式多賴於網路上別人整理好的二手資料，無法產生新想法與突破。
- （二）學生蒐集資料能力待加強，遇到困難即放棄，缺少多方嘗試的動機。
- （三）欠缺對資料做篩檢與摘錄的能力。

教學者針對學生處理資料能力的欠缺提出討論後，研究者引入多元表徵模式寫作策略，協助學生利用表徵傳達想法的歷程去聚焦重點。Lemke（2004）認為科學語言是一種由語言學家所定義的自然的語言（natural language），經由數學符號及慣例的詮釋來擴展意義內涵後，形成的獨特混合物。在學習歷程中，溝通除了說話外，還可以包括手勢、姿勢、臉部表情、非口語的發聲、繪圖、以及其他種種促成溝通的表徵方式。Lemke 藉由分析一名學生在化學課的學習，發現，他必須將訊息由一種形式轉換成另一種形式—數字轉成代數、代數轉成圖形、圖形轉成口語、口語轉成動作、手勢示意轉成圖表表達、由圖表表達而形成推論。但簡單的轉換是不足的，在課室中，學生必須同時整合多元的表徵媒介物，才得以

	人數	功能
文字	4	文字是大家最常接觸的東西，最容易讓人理解
圖片	3	簡單清楚
文字+圖片	6	以文字來加深讀者對圖片的印象
文字+表格	2	數據方便理解，且能證明自己的實驗是正確的
其它	3	Word、ppt

順利建立管道，再次解釋和再情境脈絡化學習的訊息。透過晤談資料整理發現，學生主要表徵偏好如表二。

表二：學生偏好的表徵模式與功能表徵型式

由表二可知，較多數學生偏好在整理獨立研究資料時以「文字+圖片」方式來表徵想法，主要理由是文字能加深、輔佐讀者對圖片的理解。對照此次各組獨立研究屬性---學生需摘錄很多來自書本、網路的訊息或是來自時地踏查拍攝的照片。艱澀難以理解的名詞，學生會搭配「視覺影像」來表達期代表的意涵；單調無意義的數據，學生會利用表格整理出規律性。多元表徵的融入使用，提供學生摘錄關鍵重點的引導，卻仍保有彈性表徵的空間，足以讓學生自由表達想法。學生在進行獨立研究後，反思自己遭遇的困境大約包括：

- （一）時間不夠長，文字表達不夠清楚；思緒容易中斷。
- （二）蒐集到的資料有些較艱澀的專有名詞，不容易理解。
- （三）必須斷定資料的正確度，並將其簡化呈現給讀者。

比對研究中后期老師覺察到學生的狀況（無法篩檢資料、缺少多方嘗試動機、

無法產生新想法等)，融入多元表徵的寫作資料後，學生知覺到時間不夠、覺察到寫作者的使命感，開始顯現寫作的後設認知能力。

三、協助資優生進行獨立研究的可行寫作策略為何？

依據 Krajcik, McNeill,和 Reiser (2007)所提出的多層次學習評量論點，評量學生的學習成就應包括學習內容和實踐 (practice)。其中，實踐包括認知層面和探究能力。本研究系引導資優生進行獨立研究，屬性類似於探究能力的評量。寫作本身極重視反思，學生必須學習並具備自我檢核的能力。因此，研究者在資優生初步完成獨立研究報告後，利用 Krajcik 等人提出的探究能力檢核表，進行獨立研究自評。結果發現如表三。

檢視學生自評與教師檢核人數顯示，「誤差控制」的自我檢核得到最低人次，「形成主張」、「產生推理」與「評估解釋」均未達半數人次。受限於獨立研究屬性，非科學實驗類別的獨立研究小組，在「誤差控制」這個自評向度上，無法有評判依據，可能是造成數據最低的原因。此外，「形成主張」、「產生推理」與「評估解釋」這些較更層次的能力，是未來協助資優生進行獨立研究時可參酌介入的寫作引導方向。

參考論證結構(Toulmin's Argument Pattern, 簡稱TAP)設計寫作任務，藉以引導資優生對已蒐集的資料進行彙整、解釋與產生推理，是接續下來要探究的重

探究能力(Inquiry ability)								
實驗能力					解釋能力			
項	選擇變因	流程規劃	誤差控制	資料轉化	形成主張	運用證據	產生推理	評估解釋

點。此外，加強學生在撰寫獨立研究歷程中「寫作者的讀者」角色，能激發學生在發展高層次寫作思維，亦是未來可整合進入寫作任務的方向。

表三：學生自評「探究能力」統計表

目								
意涵	能選擇適當的操縱與控制便因，並正確規劃實驗	設計可行的實驗。選擇適合的測量方式及實驗器材進行實驗	選擇適當的便因測量範圍，且精度足以檢驗問題假設	能將數據以另一種方式呈現數據間的關係	能歸納資料或辨識資料的分布情形，行程可測試的陳述或論點	使用資料或科學數據作為證據以支持主張	將證據連結到主張，包含使用科學原則、概念或先前經驗進行推理，需要詮釋或推論資料的意義	進行評估已納入或剔除其他可能的解釋。包含使用科學理論與概念去思考自己或他人的解釋
自我檢核(人)	11	10	5	13	7	11	7	10
教師檢核(人)	11	12	3	10	7	9	5	8

肆、討論與建議

資優生受限於抽離課程數有限，學生進行獨立研究時，多半的時間用於資料蒐集與討論，能實際投入科學寫作引導的時間十分不充裕。這是計畫擬定時未能思考充裕之處。因此，在計畫推動完成之後，仍希望在暑假資優育樂營隊推動時，補足寫作修正的缺漏。