

透過科學營探討弱勢學生之探究能力表現

鄭立婷¹ 林煥祥¹ 洪振方^{2,*}

¹國立中山大學 博雅教育中心

²國立高雄師範大學 科學教育暨環境教育研究所

摘要

本研究旨在探討弱勢學生在科學探究活動中，所表現出的探究能力有哪些。研究針對臺灣南部某國小三到五年級共10位弱勢學童，進行為期5天共20小時的科學探究活動營，設計4個主題7個活動，在過程中蒐集營隊探究活動之影音資料、學習單及依據研究問題建立檢核表，將所蒐集的資料以模板式分析法進行質性分析，以瞭解學生在活動中的探究學習表現。研究發現國小弱勢學生能達到之探究能力有「想像創造」及「觀察與定題」；需要引導才能達成的為「推理論證」與「計畫思辨」；達成困難的有「計畫與執行」、「分析與發現」及「討論與傳達」。並根據研究發現提出建議，作為未來探究教學設計之參考。

關鍵詞：科學探究活動、弱勢學童、探究能力

壹、緒論

對弱勢學生而言，探究(inquiry)能力十分重要，因為探究是面對生活問題不可或缺的能力。探究是一種多面向的活動，它包括觀察、發現問題，以及一連串解決問題的歷程。許多弱勢學生在生活中面對的問題要比一般學生更多、更複雜(洪麗瑜，2001；楊智穎，2011)，培養他們的探究能力刻不容緩。而今邁入十二年國民基本教育(以下簡稱十二年國教)的時代，新的課程綱要將「成就每一個孩子」作為願景(國家教育研究院，2018)，其中提及增進弱勢群體學習動力的重要。可見政府也十分重視弱勢學生學習成效的提

升。科學教育領域長久以來即十分重視培養學生成為具有科學素養之公民。因此課程目標中明訂十二年國教自然科學領域課程必須建構學生之科學素養，使學生具備基本的科學知識、探究與實作能力及科學態度(國家教育研究院)。除了知識與態度外，探究與實作能力亦不容忽視，因為探究不僅是一個過程，也是學生對科學的理解並能將科學方法和科學知識結合，使用科學的理由和批判思考來發展他們對科學的理解。

此外，從學者們對探究活動的詮釋可以知道，探究需要運用許多高層次的思考能力，才能實踐探究的學習目標。對弱勢學生

*通訊作者：洪振方，t1873@nkn.edu.tw

(投稿日期：民國109年6月24日，修訂日期：民國109年9月10日，接受日期：民國109年9月10日)

而言，他們的不利條件極可能成為一種阻力。儘管教育部對弱勢學生施以補救教育行之有年，然洪儷瑜(2001)提到許多針對弱勢學生進行的補救教育方案不見得有預期成效，唯有依據學生實際面臨的困難提供適切的協助，才能有實質之助益。因此，如何找出他們可能面臨的困難，尋找有效的方法，提升弱勢學生學習的動力，是教育者需要思考的問題。

綜合觀之，在十二年國教理念下的科學教育，運用探究教學能培養學生成為具有科學素養的公民。而在成就每一個孩子的願景下，先瞭解弱勢學生遇到的挑戰與困境，則有助於科學教育者思考如何協助弱勢學生學習科學。然若要在正式課程中探討弱勢學生面臨的學習困境，恐因時間、空間的限制而不易進行。而非制式教育的營隊，則能依照營隊屬性集中特定對象，根據他們的特質規劃適合的活動，並從中找出特定學生的相關需求。回顧過去研究，有學者探討補救教育對弱勢族群學習的影響，以及這類學生在學習上的困境(洪儷瑜，2001)；也有研究提出科學探究學習的價值，並且針對十二年國教的科學教材，探討一般學生在探究學習上可能遇到的困難(黃茂在、吳敏而，2016)，但對於弱勢學生在科學探究學習的困境之研究則非常少，然而如要促進教育機會均等，成就每一位孩子，對於條件不利者的需求便不能不重視。

據此，本研究以社會經濟文化弱勢的學生為對象，規劃探究主題之科學營，目的在於瞭解弱勢學生在與生活經驗相關之科學探究活動中，其所表現出的探究能力情形。依據本研究之目的，發展出之研究問題有二：

一、弱勢學生在科學探究活動的科學營中可達成的能力為何？

二、弱勢學生在科學探究活動的科學營中面臨的困難為何？

貳、文獻探討

一、科學探究的教與學

1950年至今，已有許多研究指出科學探究學習的重要性，隨著教學與學習的典範逐漸轉變成以學生為中心的學習模式，將探究視為一種能力變得十分重要，因為科學探究學習不僅能使學生習得科學概念和理解科學之產生的過程，也可以體驗從事科學活動的方法和過程技能，養成科學思考的習慣(劉湘瑤，2016)。美國國家研究委員會(National Research Council [NRC])也指出探究教學在實施時應具有以下特點：(一)學生提出或討論科學調查的問題、(二)學生能提供並收集證據、(三)學生從證據中形成解釋來回答問題、(四)學生能評鑑自己和他人的解釋、(五)學生能溝通與闡明所提出的解釋。因此培養探究的能力，不只是一要讓學生瞭解科學探究的歷程，更重要的是在生活中面對一些問題時，可以運用探究的方法釐清問題並且設法解決問題(Olson & Loucks-Horsley, 2000)。

從教學設計來看，探究教學有不同的形式，Martin-Hansen (2002)依「教師介入程度」的多寡，將探究式教學分為：結構式探究(structured inquiry)、引導式探究(guided inquiry)、融合式探究(coupled inquiry)及開放式探究(open inquiry)等四類。Martin-Hansen建議教師可依教學目標和學生程度，選擇適合的探究教學類型。而對多數國小學生來說，他們在缺少探究經驗下，很難自行提出研究問題並進行探究(Banchi & Bell, 2008)。因此，在學生學會提出問題與設計探究過程和方法前，教師應提供引導，以利探究活動的實施(Bell, Smetana, & Binns, 2005)。

十二年國教課程綱要中，自然科學領域提到，需要提供學生探究學習、問題解決的機會，並養成相關知能的科學探究能力(國家教育研究院，2018)，可見探究學習受到相當的重視。在探究學習的過程中，學生通常會經歷幾個探究階段的週期。不同的學者對探究階段的看法不盡相同(例如Kuhn & Pease, 2008; Lim, 2004)。對國小學童來說，Harlen (2014)認為有助於兒童通過探究習得科學探究技能的過程，可以分為六個步驟：(一)提出問題、(二)預測結果、(三)設計實驗、(四)獲取並記錄實驗數據、(五)分析數據得出結論、(六)評估實驗的結果。Sandoval與Reiser (2004)指出，進行探究學習是以問題為導向的教學，必須經由教師發問的方式引導學生進行學習。Li與Klahr (2006)也提到必須對於研究問題、形成假說、設計實驗、蒐集與分析資料、解釋與論證等探究過程有關的科學思考策略進行「明示教學」(explicit instruction)，否則多數的學生無法在探究中發展出上述的科學探究能力。洪振方(2010)整合有關培養學生科學探究能力的研究，認為需要考量底下三個部分做設計：(一)科學探究各個階段的探究式學習、(二)在學生的探究經驗後以明示的方式引介與探究有關的科學思考策略、(三)在真實的科學課室中進行。再者，為了促進學生在探究中的思考與交流，以及連結探究的經驗與相關的科學思考策略，亦需考量如何促進學生思考的教學策略。因此，教師適當的引導並且給予合適的任務，學生才能夠有效地進行探究學習。

相關研究也指出探究課程對弱勢學生的正面影響，例如洪萱芳、林英杰與顏瓊芬(2019)於探討偏鄉學生在科學探究課程中所面臨的學習挑戰中提到，連結生活經驗的探究活動對環境敏感度高的學生有正面影響。因

為這類學生在讀寫任務較多的傳統課室中，學習動機低落，然而從生活經驗與第一手感官經驗中回答討論問題，任務完成度則提高許多。可見生活化之科學探究學習模式，有助弱勢學生投入科學探究活動。

綜合以上所述可知，探究課程有助於學生解決生活中的問題，對於弱勢學生來說探究學習也有正面的影響。而不同年紀的學生因認知發展的不同，可依其能力選擇探究教學的模式。而在十二年國教課程綱要中，自然科學領域將探究能力中的學習表現分成：想像創造、推理論證、批判思考與建立模型等思考智能，以及觀察與定題、計畫與執行、分析與發現、討論與傳達等問題解決能力(國家教育研究院，2018)，也是探究階段的主要重點。因此，本研究將根據這些要點，探討學生在探究活動中的學習表現。

二、運用科學營瞭解弱勢學生的困境之價值

非制式教育的營隊可以集合相同特質的成員，針對他們的特質設計適合的活動，而科學營的獨特性在於它不只可以是一個體驗活動，更蘊含了許多科學知識與過程技能在其中。因此透過根據弱勢學生需求所設計的科學營隊，從中瞭解他們在探究活動中可能的困難，是科學營的一項重要價值。營隊具備多重之效益，已有研究指出參與營隊可提升學童之人際溝通能力、自我肯定、身心調適、團隊合作等，並對未來發展有所助益(Alagona & Simon, 2010; Thurber, Scanlin, Leslie, & Henderson, 2007)。許多的研究認為非制式的科學課程能提升學生的學習興趣(吳百祿、張新基、曾秀玉，2012；蔡執仲、鄭丞棋、鄭瑞洲，2018；Apostolopoulou, Grigoroglou, Karamperis, Skanavis, & Kounani, 2016; Stocklmayer, Rennie, & Gilbert, 2010)。

因為非制式教育較能超越學校制約式教學，受到的課程控制較少，又能提供自由發揮空間，學生在正式課程及之外的非正式課程，透過社會互動、同儕切磋、互相幫助發展，獲得更多學習經驗(徐昊杲、施秀青，2014)。由此可見，在正規教育以外的非制式教育，對於學生的學習有正向的影響。

非制式教育中的科學營隊，會因主辦單位的目的，有不同的課程重點，除了一般學生能參加的科學營隊之外，也有研究團隊進入偏鄉辦理科學營隊活動(例如林琦峰、張俊彥，2013；李賢哲等，2016)；另外，亦有研究團隊為特殊需求之學生辦理科學營隊，例如黃玉枝(2013)以身心障礙學生為對象的「動手做科學」研習營，在增進學生科學學習興趣及探究經驗。吳百祿等(2012)則是以新住民子女為對象，規劃科學營活動進行課程研究。蔡明富與陳振明(2015)根據注意力缺陷過動症學童之特質，設計科學遊戲營隊。這些研究團隊的研究對象皆非一般學生，因此在課程活動設計上有不同的考量，儘管如此，在研究過程仍會發現之前未考慮到的問題。例如吳百祿等在其研究中提到團隊在初期，原本對新住民子女有刻板印象，實際接觸後則發現有所出入。蔡明富與陳振明則是發現營隊活動中，對於專注力失調及過度活躍症(Attention Deficit Hyperactivity Disorder, ADHD)學生的突發狀況，需事先找出相關對策並加強輔導員之相關訓練。

從上述探討可以窺見，許多專為特定對象辦理的科學營隊，相關研究都以提升學生的學習動機或學習興趣為目的，對於學生在活動中遇到的困難著墨較少。然研究者認為若讓營隊的功能限制在讓參與者喜歡科學，卻忽略探討學習的困難實為可惜。另一方面，科學營的局限的確在於它的時程極短，

很難看出長時間潛移默化之成效，然而如果能作為正規教育之前驅，探究學生學習困難之場域，使制式教育與非制式教育相輔相成，則可擴大科學營隊之價值。教育部(2010)定義之弱勢學生涵蓋社會經濟文化、地理環境、身心障礙、學習地位、家庭形態及少數族群等不利因素，由於身心障礙學生屬於特殊教育範疇，地理環境及少數族群則屬於特定條件，而相關研究顯示有相當比例學業低成就的學生是來自於社會經濟文化弱勢家庭學童(洪麗瑜，2001；蘇楣雅，2000)。因此本研究將研究對象聚焦於社會經濟文化弱勢之學生，希望透過科學營隊的課程活動，瞭解弱勢學生在科學探究學習中所面臨的困難之處及未來的展望。

參、研究方法

一、研究對象與場域

本研究的主要場域為南部某工業區內一所國小，屬於教育優先區計畫的小型學校，每個年級一班，弱勢學生約占全校人數的41%。參加校內對弱勢學生辦理之暑期科學夏令營的三到五年級學生共13人，本研究之研究對象設定為社會經濟文化之弱勢生，因此扣除3位接受特殊教育之學生，有10位研究對象，分別為五年級學生4人，三、四年級學生各3人(表1)。有1名在校自然科學業成績為優等(S4H5)、3名甲等(S5H1、S4H6、S3H8)、3名為乙等(S5L2、S5L3、S4L7)，另外3位學生(S5L4、S3L9、S3L10)是自然科學習成就弱勢，成績落在丙等以下。為瞭解不同學習成就之弱勢學生的困難，本研究將學生分為自然學習成就高分組(甲等以上4名學生)及低分組(乙等以下6位學生)，分別瞭解他們在探究能力中的表現。

表1：研究對象

年級	學生代碼 ^a	高分組(人)	低分組(人)
五	S5H1、S5L2、S5L3、S5L4	1	3
四	S4H5、S4H6、S4L7	2	1
三	S3H8、S3L9、S3L10	1	2

註：^a學生代碼示例：S5H1表示五年級(5)高分組(H)的學生1。

雖然營隊學生涵蓋了三個年級，然根據皮亞傑(Jean Piaget)的認知發展理論(張春興，1991)，三到五年級的學童處於具體運思期(concrete operational, 7 ~ 11歲)階段，由於探究活動本身即是以具體實物進行，且本營隊之活動設計並非以知識傳遞為主，乃是培養學童探究的能力，因此對這三個年齡層的學童均可以相同的課程學習之。活動採混齡分組，以小組合作方式進行，每組均有三到五年級之學生各一位，其中一組五年級生二位，並鼓勵不同年級的學生可以在活動中分享不同經驗與共同合作。由於研究對象的特殊性，本研究以質性研究資料為主。此外，本研究僅就南部某國小之弱勢學生進行探究能力表現之分析，因無廣泛之取樣，研究對象與研究範圍均有所限制，故在推論上須相當謹慎。

二、課程規劃及參與人員

參與課程活動規劃人員包含該校校長、教務主任、二位班級導師及一位自然科專長教師。討論內容針對該校三到五年級弱勢學生之學習情況、學校環境特色、學生可能的生活經驗進行之。並從中梳理出可發展課程之相關重點，包括(一)學生的思考習慣傾向感性思考，較少運用證據判斷事情之真實性，因此課程可以科學理性探究之相關活動作為開場；(二)校園內種植的桃花心木與火焰木，其種子為翅果，可根據其種子形態衍生相關科學活動；(三)學校經年與當地農會合作推動

食農教育課程，學生喜歡烹飪活動，可藉此生活經驗延伸探究活動；(四)學校體育專長教師具有羽球教練資格，常於體育課進行羽球教學，可從運動科學的角度做連結，發展相關科學活動。課程設計將根據上述4項重點，規劃5天共20小時的活動，讓學生經歷科學探究的過程。課程講師為從事自然科教學十數年，具有科學教育博士學位之教師。相關課程擬定後，經大學研究團隊審查、提出建議、修正後始實施。

三、活動設計

活動內容根據該校特色與學生學習特質，規劃以學生生活經驗為基礎的四個主題、七個活動(表2)，對於探究活動進行的方式，課程的設計考量學生的能力，以他們的學習情況而言，探究的能力並非一蹴可及，循序漸進，彈性調整，並分階段分級處理，才能夠帶領學生學習如何探究。因此本科學營活動設計的兩大重點為連結學生之生活經驗與背景知識，以及循序漸進的探究活動，茲分述如下。

(一)連結生活經驗與知識背景

從表2可以看到，四個主題是以學校特色及學生經驗為依據，引導學生從自身經驗出發，活動內容皆和他們生活中常接觸的情境相關。活動設計亦同時考慮學生在正式課程中所學過的科學概念，希望透過探究活動也能讓他們對這些科學概念有更深入的理解。活

表2：探究活動主題及探究重點

主題	活動	學生經驗	探究重點	內容摘要
一、眼見為憑？	1.視錯覺的體驗與探究 (4小時)	運用錯視拍攝照片	觀察與定題 推理論證 討論與傳達	透過視錯覺圖片，引起學生參與之興趣，並指導學生練習如何觀察與推論。
	2.視覺暫留 (4小時)	動畫、影片	觀察與定題 想像創造 計畫與執行	介紹動畫原理，並透過籠中鳥與小動畫的製作，指導學生設計簡單的實驗。
二、種子的飛翔	3.翅果的飛翔與模擬 (8小時)	校園內常見之桃花心木種子	觀察與定題 計畫與執行 批判思辨 分析與發現	藉由觀察種子的結構及飛翔方式，練習從觀察到形成研究問題，並引導學生設計實驗。
三、廚房裡的科學	4.熱對物質的影響 (8小時)	學校「食農教育」之烹飪課	計畫與執行 推理論證 批判思辨 分析與發現	從觀察槌糖製作過程中材料的變化，引導學生連結過去經驗，練習科學地解釋所觀察到的現象。
	5.酸與鹼 (4小時)	蝶豆花變色飲料	計畫與執行 分析與發現 批判思辨 討論與傳達	以食材製作天然的酸鹼指示劑，練習製作表格解釋資料。
	6.怎麼做分層飲料？ (4小時)	飲料店的分層飲料	推理論證 計畫與執行 討論與傳達	運用酸鹼中和的變色原理及操控不同密度的液體，製作分層飲料。
四、羽毛球與投石器	7.投石器的製作(槓桿原理的運用) (8小時)	學校體育課羽毛球教學	想像創造 計畫與執行 分析與發現 討論與傳達	引導學生從打羽毛球的槓桿原理，連結到投石器的製作，並練習解釋槓桿原理的運用，進一步改良自己的投石器。

動1、2是藝術與人文中視覺藝術課程內容的延伸，活動3～6的內容則是國小自然與生活科技三到五年級部分課程內容之延伸，活動7是健康與體育課程之延伸，並且與學生未來將學習之六年級自然與生活科技課程內容相關，目的就是希望連結他們背景知識，再逐步練習觀察探索、發現問題、計畫與執行實驗、分析及解釋資料等探究活動。

(二)循序漸進的探究活動

考慮研究對象過去並沒有探究的經驗，不熟悉探究的過程，因此探究活動設計從結構化探究漸進至引導探究的模式。讓學生在

探究初期，能有教師提供的鷹架，使他們對如何進行探究有初步的認識，並在這基礎上，逐步轉變成更以學生為中心的引導式探究。然考慮學生的年紀與能力，在探究的不同階段，教師提供的引導會適時調整。

對初次接觸探究的學生，問題情境的營造以結構式探究較為合適，故活動1、2之探究乃教師透過提問，引導學生觀察一些相似的現象，並從現有的研究問題中做出選擇，教師再依據研究問題指導學生計畫與執行實驗。活動3～7則演進成為引導式探究的方式，透過更多元的觀察，啟發學生的問題意

識，並形成具體的研究問題，引導學生經驗探究的過程。由於這五個活動內容與自然科教材的連結性高，能夠引入更多的背景知識及科學過程技能，因此從活動3開始以小組為單位，透過觀察、討論，形成研究問題，教師則引導學生如何根據研究問題設計實驗。活動5～7除了引導學生設計實驗外，也會引導學生更有組織地蒐集實驗結果，並思考哪些結果可以作為支持研究問題的證據。更進一步地，在分析資料的過程會要求學生運用所學過的知識做說明。

四、資料蒐集

本研究蒐集的資料以質性資料為主，資料包括活動錄影、筆記、省思札記、檢核表、學習單等。活動錄影為本研究之重要資料，由一位教學助理以活動跟拍的形式記錄，亦即在教室後方雖有架設攝影機，但若教師移動至小組與之互動，則教學助理會跟進以智慧型手機拍攝教師與學生互動之情形。影音資料均轉為逐字稿作為文本分析。筆記為教師準備課程時所擬的筆記，省思札記則是每一個教學活動結束後，教師對當天教學活動的反思紀錄。檢核表是教師上課時由教學助理觀察檢核學生表現。另外，每位參與科學營的學生在每一次的活動中皆須完成一份學習單，內容包括在探究過程中遭遇的困難、解決的方式、學到與主題相關的知識概念等。

五、資料分析

本研究的資料分析採用歸納整理的模板式(template analysis style)分析方式，亦即研究者根據研究問題，預先建立分類系統，再以半開放的方式對文字資料進行編碼與歸類(張芬芬，2010；King, 2012)。資料編碼分析過程，除研究者外，另請2名科學教育背景，且

熟悉探究、質性資料分析之博士生，協助進行信度之三角校正。

本研究編碼乃根據探究能力的各種表現及本研究著重之探究能力進行編碼。由於考慮到研究對象多為中年級學生，因此以十二年國教課程綱要自然科學領域，第二學習階段的探究能力學習表現作為分析之依據。據此將探究能力分成思考智能與問題解決兩類，依此兩類之子項目表現描述，製作檢核表(附錄一)分析學生在這兩類能力的子項目中，達成與否之表現。由於教師在其設計之活動中並未將建立模型設定為教學之目標，因此該子項目未納入編碼。若學生在探究活動之某個階段，表現出該階段之能力或難以達成之行為，即置於該階段之編碼。並整理成如表3之編碼，以下為學生表現出觀察能力的例子：S5H1：「我看種子的時候看到它的翅膀有一條凸凸的，然後我把它折斷，看到裡面有一條像鐵絲的東西，就把它拔出來……。」(影0709)

本研究之類屬為預先建立，以利回答本研究之研究問題，分別為困難與可達成二個類屬(表4)。而類屬底下可達成之編碼，主要來自表3的能力表現，而困難類屬之編碼，主要為觀察學生在實際活動中的表現，在反覆分析的過程中逐漸形成。例如在形成解釋階段，學生會因為詞彙量太少而無法完整說明他們的結果(P3-2-詞不達意)。以上是學生在過程中面對的困難，因此研究者將這些代碼置入「困難」的類屬中。

肆、研究結果

一、弱勢學生在探究活動中可達成的能力

在探究活動中，無論是思考智能或問題

表3：編碼範例

探究能力	編碼	精簡後之例子
T1想像創造	T1-1想像力	多數學生瞭解視覺暫留現象後，製作小動畫。(札0708)
T2推理論證	T2-1有根據的說法	S5L3根據水的三態變化，說出糖加熱後可能的變化。(札0710)
T3批判思辨	T3-1分辨或分類	S4H6：會飛的種子都有類似翅膀的構造，而且重量不平均……(影0709)
P1觀察與定題	P1-1觀察	S5H1：我把它折斷，看到裡面有一條像鐵絲的東西……(影0709)
	P1-2提出問題	S4H6：我想知道怎麼樣可以讓乒乓球投得更遠？(影0712)
P2計畫與執行	P2-1操縱變因	教師：你們這組改變的條件是什麼呢？ S5L3：翅膀的長短。(影0709)
	P2-2記錄實驗	S5L4不知如何將觀察到的結果用文字或繪圖的方式記錄下來。(札0709)
P3分析與發現	P3-1製作圖表	S5L2無法正確地將實驗結果填入表格內。(札0711)
	P3-2形成解釋	學生無法將實驗結果做解釋。(札0710)
P4討論與傳達	P4-1提問	對同學的報告，學生提不出問題。
	P4-2意見	無法根據報告表達意見。

註：T：思考智能；P：問題解決。

表4：類屬放置範例

類屬	編碼	說明
困難	P2-1困惑	學生無法理解設計實驗時，一次只能改變一個變因。
	P2-2詞不達意	學生會因為詞彙量太少而無法完整說明他們的結果。
	P3-2討論失焦	學生抓不到要討論的重點。
達成	T1-1運用想像	學生對視覺暫留現象好奇，並能透過想像力成功製作「籠中鳥」。
	P1-1描述觀察	學生能透過語言及動作描述所觀察到的現象。

註：T：思考智能；P：問題解決。

解決面向，弱勢學生都有他們可以達到的能力，部分能力是所有學生均能達成，有些則是學習成就表現較佳的學生較容易達成之能力，茲分述於下。

在探究思考智能的項目中，教師引導學生觀察日常生活中的現象，並運用想像力與好奇心是學生最容易達成的能力。而在問題解決項目中，透過五官進行觀察對學生而言也是容易的。

(一)學生能從觀察到進行想像創造

自然領域第二學習階段的探究能力學習表現指出：學生能在指導下觀察日常生活現象的規律性，並運用想像力與好奇心，瞭解及描

述自然環境的現象(國家教育研究院，2018)，即達到該階段的探究思考智能之創造想像。本研究之研究對象，都能從發散思考到以簡單的辭彙描述對觀察到的現象之理解。例如在「視覺暫留」的活動中，學生從教師準備的材料中，觀察「籠中鳥」玩具的運作機制，並說出他們從觀察中獲得的想法。

教師：「你們覺得怎麼讓靜止的圖片看起來像在動呢？」

S5L2：「一直轉。」

教師：「怎麼樣一直轉？」

S5L2：「這樣轉(動作：拿紙左右翻轉)。」

教師：「很好，還有嗎？」

S4H6：「那我也可以這樣轉(動作：拿紙由上往下轉圈)。」

教師：「很好，還有嗎？」

S5H1：「還可以用旋轉的(動作：拿紙橫向旋轉一圈)。」

S4L7：「也可以像翻書那樣。」

S3H8：「對，我哥哥都在課本畫圖然後很快翻過去，那個畫就像在動！」

(中略)

教師：「你們覺得轉動的速度對這兩張圖有什麼影響呢？」

S4H6：「轉太慢和轉太快都看不清楚。」

教師：「所以轉太快會？」

S4H6：「花掉。」

教師：「花掉？」

S4H6：「就是圖都霧霧的感覺。」

教師：「OK，那轉太慢呢？」

S3H8：「會看到兩張圖一直這樣(動作：手掌翻來翻去)交換。」

教師：「就看不到鳥進入籠子裡了，是不是？」

S3H8：「對。」

教師：「所以要看到兩張圖重疊在一起，變成籠中鳥，什麼條件很重要？」

S4H5：「速度。」

教師：「什麼的速度？」

S4H5：「轉動的速度。」(影0708)

學生分享完他們的觀察之後，便開始製作個人的視覺暫留小玩具，有蟲網捕蝶、魚竿釣到魚……等不同的成果，都展現了他們的創意。作品完成之後，他們也會嘗試改變轉動的速度，觀察是否能讓正反兩面的圖畫重疊。

(二)學生能透過觀察察覺問題與形成假設

在科學營中，教師常會要求學生運用五官進行觀察，並引導學生從觀察中發現問題。例如在「種子的飛翔」活動中，學生觀察桃花心木的種子，可以說出他們觀察到的種子外形特徵及飛行方式，並把這些特徵畫下來。其中高分組學生(S5H1)發現桃花心木種子的肋痕，並拿給教師看：

教師：「你是怎麼發現那裡面有這個的？」

S5H1：「我看種子的時候看到它的翅膀有一條凸凸的，然後我把它折斷，看到裡面有一條像鐵絲的東西，就把它拔出來。」

教師：「那你覺得這個像鐵絲的東西，可能有什麼用處呢？」

S5H1：「嗯……啊！會不會是把翅膀撐起來？不然翅膀軟軟的不會飄。」

教師：「這是一個很好的想法(假設)哦，等一下你可以實驗看看。」

(影0709)

圖1為S5H1的學習單(單0709S5H1)，從圖中可以看到他觀察了種子的外形、種子飛行時的樣態，種子的構造和風對種子飛翔的可能影響，同時把他發現像鐵絲的肋痕命名為「支撐點」，並說明他猜測肋痕是用來支撐翅膀避免變形之用。

生(例如S3L9)在練習的過程，雖然知道可以透過測量獲得結果，卻因為不知道測量時應以0為基準點，沒有測量知能，而未能獲得正確結果，經由教師指導其正確的測量方法，該生才量出正確的數據。進一步地說，這類學生可以明白科學的證據是推論的依據，但因為不具備其他與探究沒有直接相關，卻很重要的能力，而無法有效推論。

(二)低分組學生對「溶解」與「融化」的概念混淆

在「熱對物質的影響」活動中，學生需要觀察槎糖製作過程中，材料的變化，包含黑糖加水的溶解和蔗糖加熱後融化，由於溶解與融化都會觀察到物質由固體變為液體，因此其中便有學生無法分辨二者的不同，例如「S5L3：『嘿，融化了。』S5H1：『那是溶解，不是融化，老師剛剛才說。』S5L3：『有差嗎？』S5H1：『有差啊，溶解要加水，融化不用啊。』」(影0710)對話中可以看到S5L3對溶解和融化的概念有何差異是不清楚的，因此在S5H1糾正他時不能明白為何糖在水中的改變不能稱作融化。

三、弱勢學生在探究活動中較難達成的能力

探究過程中包括計畫與執行、分析與發現及討論與傳達等問題解決能力，對於很少有機會接觸探究活動的弱勢學生來說，屬於較難達成的能力，他們所面臨的困難如下說明。

(一)學生無法真正瞭解控制實驗的實驗設計

在計畫與執行過程中，學生遇到最大的困難是不清楚為什麼一次只能改變一個條件？例如在「種子的飛翔」活動中，教師在解釋完變因的概念及對實驗的影響後，把研究問題限制在探討是什麼原因影響種子飛行的時間。學生發表可能的原因包括種子的

大小、翅膀的長度、翅膀的數目、翅膀的形狀、種子的重量等。教師引導學生一次只選擇改變一個條件去製作紙種子，然而不只一位學生在進行實驗操作時同時改變兩個以上的操縱變因：

教師：「你要怎麼知道是形狀，還是大小，還是翅膀的長度讓種子降落比較慢？」

S3L9：「不是就做實驗就可以知道嗎？」

教師：「那你做的實驗可以知道什麼？」

S3L9：「是誰飛得比較遠嗎？」

教師：「嗯，我們不是說好要看種子飛行的時間嗎？那是指降落得比較慢，不是比較遠哦。可是我想要問你的是，你的實驗結果，能不能告訴你是哪個原因讓種子降落比較慢？」

S3L9(笑)：「好像不能欸。」

教師：「為什麼不能呢？」

S3L9：「不知道。」(影0709-S9)

從S3L9的回答可以看到，S3L9對於如何設計實驗非常困惑，他不清楚操縱變因的意義，也不知道設定的應變變因為何。

另一個類似的情況則是學生雖然清楚操縱變因只能有一個，卻忽略了其他條件需要控制一致：

教師：「你們這組的研究問題是什麼？」

S3H8：「那個小蘇打加的量。」

教師：「小蘇打加的量怎麼樣？」

S5L3：「小蘇打的量會不會影響槎糖膨起來。」

(中略)

教師：「那其他條件有沒有控制？」

S4H5：「啊！」

教師：「啊什麼？沒有做好控制變因嗎？」

S4H5：「我剛剛加糖忘記算了。」

教師：「忘記黑糖跟蔗糖的比例嗎？」

S4H5：「對！完蛋了，要重做……」

(影0710-組二)

從對話中可以看到，學生知道操縱變因只有一個，但是卻忽略控制變因需要相同，而由於有些實驗器材如蠟燭、馬芬杯，是教師準備提供的，因此學生能夠瞭解這些材料是控制變因，但若是他們可以自行調配的，就容易忽略需要將條件控制一致。

(二)學生難以根據實驗結果形成解釋

從所獲得的數據資料形成解釋、得到解答，進而解決問題，屬於較高層次的能力，對弱勢學生來說是困難的。茲分述如下。

1. 學生不知道如何運用表格記錄實驗

儘管學生有能力在做實驗的過程進行測量與觀察，然而要把他們的實驗結果轉換成表格，對弱勢學生而言仍是有意義的。尤其

在如何從行、列的對應中，找到正確的格子填寫答案。圖3為教師所放映的投影片，希望學生能試著把他們觀察到的結果整理成為表格。而從圖4的左半部可以看到學生(S4H6)能夠以自己的方式記錄實驗結果，但是將結果以表格顯示(圖4右半部)時，他把加酸與加鹼的反應結果寫反了。而大部分的學生在教師的投影片只顯示沒有結果的表格時，不知道該如何填寫，一直到教師填上結果後，才完成表格(影0711)。

教師：「你的表格怪怪的？」

S4H6：「什麼？」

教師：「你看一下你葡萄的酸上面結果寫的是什麼？」(圖4左)

S4H6：「紫紅。」

把結果變成表格

指示劑 \ 滴定液	加鹼 (小蘇打)	加酸 (檸檬汁)	無 (對照組)
葡萄皮			
紫高麗			
火龍果			
蝶豆花			

圖3：教師揭示之表格範例

指示劑	鹼 (鹼)	酸 (酸)	沒 (對照)
葡萄	紫紅	紫	紫
高	粉紅	藍	紫
火	深紅	紫紅	深紫
蝶	深藍	藍綠	深藍

同樣是葡萄加酸，轉換成表格之結果有誤

圖4：S4H6呈現的「酸與鹼」實驗結果

教師：「那下面的表格呢？」(圖4右)

S4H6：「紫紅啊！」

教師：「不是哦，你看(手指)葡萄這一行跟酸這一行對下來交會的這一格你寫的是黑。」

S4H6：「哦哦哦，原來是這樣看，因為那個(投影片)上面的順序，跟我的不一樣，我以為抄下來就可以……」(影0711)

2. 學生不知道如何從表格中找出規律或因果關係

在「投石器的製作」活動中，學生被要求改變施力大小(橡皮筋個數)探討其和投射距離之關係。各組學生只能根據實驗結果做事實的陳述，卻沒辦法進一步說出其中的規律：

S4H5：「我們這一組一條是3.2格、兩條4.1格、三條5格、四條6.2格。」

教師：「那你們的結論是什麼呢？」

S4H5：「實驗成功。」

教師：「為什麼這個結果代表實驗成功呢？」

S4H5：「因為都射出去了。」

教師：「射出去就是實驗成功嗎？用幾條橡皮筋會不會改變拋射的距離呢？」

S4H5：「會。」

教師：「所以可以怎麼說這個結果？」

S4H5：「一條3.2格、兩條4.1格、三條5格、四條6.2格。」(影0712)

(三) 學生無法順利進行聚焦於實驗結果的討論

進行實驗結果的討論時，最容易觀察

到的兩個現象分別是討論失焦和沉默以對。討論失焦的原因，主要是學生容易關注在他們認為有趣的事物上，而忽略了重點。例如在製作槌糖時，大部分學生的槌糖都發不起來，教師想要探討失敗的可能原因，但學生卻偏離討論的主題：

教師：「製作槌糖的材料有水、黑糖、蔗糖跟小蘇打，你們覺得槌糖膨不起來的原因可能是什麼呢？」

S4L7：「又沒關係，沒膨起來的槌糖也很好吃。」

S4H5：「新發現！我們的是黑糖餅乾。」

S3L9：「我的有膨起來，可是很難吃，苦苦的。」

教師：「你們講了半天，都沒有回答我的問題欸，我現在不是要討論好不好吃，是為什麼會發不起來呢？」

S5L3：「老師太難了吧！」(影20190710)

四、小結

根據十二年國教課程綱要自然領域的探究能力面向，本研究之學生探究能力表現如附錄二，歸類發現整理如表5，學生最容易達成的能力為創造想像及觀察定題；有一點困難的則是推理論證及批判思辨；計畫與執行、分析與發現、討論與傳達則是較難達成之能力。

伍、討論與建議

弱勢學生因為家庭、社經或文化等不利背景，在取得教育機會及資源上，較一般學生

表5：弱勢學生探究能力表現之達成困難度

能力	編碼	表現情形	達成與否之人數		
			達成	引導後達成	困難
T1創造想像	想像力	全體學生都能觀察出「籠中鳥」現象的形成律則，並運用想像力描述視覺暫留的現象。	10	0	0
T2推理論證	有根據的說法	十分之三的學生因欠缺其他基本能力，而無法達成有效的推理論證。	3	4	3
T3批判思辨	分辨或分類	十分之三的學生因概念混淆而無法辨識所觀察到的現象為何。	4	3	3
P1觀察與定題	觀察	全體學生都能清楚描述所觀察之桃花心木種子的構造。	10	0	0
	提出問題	引導後學生能從觀察桃花心木種子的構造，發現種子飛翔的可能原因。	4	6	0
P2計畫與執行	操縱變因	若無引導，學生無法完全瞭解各種「變因」對實驗的影響。	0	4	6
	記錄實驗	二分之一以上學生不清楚如何將實驗結果轉換成表格。	1	3	6
P3分析與發現	製作圖表	超過二分之一的學生不知如何運用表格記錄實驗結果。	1	3	6
	形成解釋	學生不知如何從實驗結果形成結論。	0	1	9
P4討論與傳達	提問	半數學生不知如何提出問題。	3	2	5
	意見	學生的討論容易失焦。	0	3	7

註：T：思考智能；P：問題解決。

不利。十二年國教因此將弭平教育落差列為重要施政項目，期望達成教育機會均等之目標(國家教育研究院，2018)。而要達成此目標，就不能將學生學習成效不佳歸因於學生不認真，應深入瞭解學生學習困難與低興趣的原因，反思教學方式與內容對學生的有效程度(林淑楞，2019)。本研究探討弱勢學生在科學探究中的表現，便是要找出他們的困難所在，期能進一步協助他們提升探究的能力。

一、加強鞏固弱勢學生既有能力進而提升較弱能力

本研究結果呈現弱勢學生能夠達成探究能力中的創造想像及觀察與定題，而這兩項能力並未涉及豐富的科學概念，在思考

層次上屬於基礎的思考(basic-level thinking)能力，葉玉珠(2002)提到基礎層次的思考包括記憶(memory)、回憶(recall)、基本的理解(basic comprehension)及觀察技巧(observation skill)。是在學會複雜的認知技巧之前必須先學會之較簡單的認知技巧。因此弱勢學生能達成這些能力，則有機會進入更高階的探究學習。本研究之學生在較簡單的探究能力上已有一定的基礎，在正式課程中若能提供更多觀察、創造的機會，增加他們的基本探究經驗，建立自信心，進而學習更高層次的探究能力。

(一)透過探究學習肯定學生既有能力

洪萱芳等(2019)提到探究教學法對讀寫

能力不佳學生的學習動機有正面影響，本研究雖然沒有進行相關的測驗，但是從學生的學習單可以發現，對於讀寫能力不佳的弱勢學生，他們仍積極地透過繪圖表達他們所觀察到的現象。可見透過非書寫的方式引導學生，能讓他們更有意願嘗試呈現自己的學習成果。因此建議在正式課程中，科學教師能提供更多動手操作的探究活動，以更多元的方式評量弱勢學生的學習表現，並肯定他們既有的能力，使弱勢學生能以此為基石，發展更進階之科學探究能力。

(二)提供豐富但概念量少的探究經驗

若沒有教師的引導，自然科學學習成就較低的弱勢學生則無法表現出推理論證及批判思辨的能力。而這兩項能力涉及學生的背景知識的應用及判斷，屬於較高層次的思考能力(葉玉珠，2002；Zohar, 2004)，因此自然科學學習成就較低的學生需要更多的引導才能達成。儘管如此，王志偉(2018)的研究顯示，三年級的中低學業成就組學童參與「探究式實驗」教學後，在「設計規劃」、「實作驗證」、「溝通辯證」等能力表現皆優於參與「食譜式實驗」教學後的學童。可見只要提供適當的引導，弱勢低成就的學生仍有機會提升他們探究思考的能力。黃玉枝(2016)建議可以從概念量較少的探究活動切入，例如本研究對象中，有無法分辨溶解與融化現象的學生，對他而言所觀察到的現象止於固體變成液體，此時需要提供更多不同物質，讓學生分別觀察它們的溶解及融化現象，以建立學生對這兩種現象的正確概念。

二、正視學生學習困難之處並有效協助之

弱勢學生難以達成的能力包括了計畫與執行、分析與發現及討論與傳達，以上3個項

目都屬於問題解決的能力，顯示弱勢學生在如何解決問題的向度上，需要更多的協助。

(一)設計能夠讓學生理解各種變因的探究活動

對於實驗的過程或結果會產生影響的因素，我們統稱為「變因」，是設計實驗時需要特別注意之條件。本研究結果發現在計畫與執行的能力上，學生對於實驗中的變因的選擇與控制感到困難，類似的研究如黃玉枝(2016)對國小高年級聽障學生的科學探究能力進行探討，同樣發現他們在計畫如何改變變因上有困難。洪振方(2010)的研究結果則顯示對國二學生實施探究教學，實驗組之中分組與低分組在設計實驗之操縱變因和控制變因等能力仍存在一些問題。Arnold, Kremer與Mayer (2014)也發現16~19歲學生在設計實驗時75%的學生沒有考慮控制變因。可見變因的概念對許多學生而言是困難的，不單只是弱勢學生的挑戰。

關於設計有助學生理解實驗中變因的重要性之探究活動，葉辰楨、王國華與蔡明致(2010)建議以後設認知鷹架協助學生反思與自我評估。陳淑苾(2017)則是以寫作鷹架引導學生進行實驗設計。二者的重點都在引導學生反思自身所設計的實驗，是否能成功獲得有效的實驗結果，而變因控制即是一重要項目。對於弱勢學生而言，他們的環境刺激較少，科學教師更需要思考如何提供他們適合的鷹架，助弱勢學生進行自我監控與反思，並進一步確認他們對各種實驗變因之理解。

(二)跨領域協助學生整合與詮釋資料

在分析與發現的表現，本研究顯示弱勢學生對於表格的轉化運用及解讀存在困難，與洪于惠(2013)分析臺灣學生學習成就評量資料庫(Taiwan Assessment of Student

Achievement, TASA) 2012年國小地球科學施測結果，發現學生讀圖表與敘述配對的能力不佳有相似之處。曾建銘、吳慧珉與趙珮晴(2019)也從國際數學與科學教育成就調查(Trends in International Mathematics and Science Study, TIMSS)及TASA資料比較中發現臺灣學生在資料的詮釋主題答對率是最低的，可見臺灣學生對於資料的詮釋是感到困難的。然而運用圖表的能力不只是科學學習中的重要能力，在數學領域同樣強調，洪碧霞、蕭嘉偉與林素微(2010)從國際學生能力評量計畫(Programme for International Student Assessment, PISA)數學素養認知成分分析探討補救教學的研究中亦發現，圖表除了是解題輔助的資訊，也可能是題目的難度來源，學生必須靈活運用圖表資訊才能回應問題的要求。換句話說，除了能將數據轉換成表格之外，也要能解讀表格所提供的資訊，甚至進一步轉換成圖形，從中看出趨勢或規律。祝新華與鄔嫻妮(2013)在對香港中學生閱讀理解困難的研究中也發現，學生在「引用與整合」出現困難的原因中提到他們不能理解、分析、表達圖表和數據的意思。而能力弱的學習者會有較多抄錄、較少整合觀點。

無論是從科學教育、數學教育或是語文教育的角度探討，都看到對於圖表的解讀、分析與整合，是各個領域都需要的能力，而弱勢學生在這方面的能力更是需要提升。今在十二年國教中又強調跨領域的學習，因此本研究建議應結合不同領域的學習內容，透過語文科的閱讀、數學科的統計及自然科的實驗紀錄，加強學生在判讀圖、表的能力，理解圖表上各種符號、線條的意義，更進一步則能推測其背後的成因及形成的過程。

(三)提供聚焦於口語表達的探究活動

林淑楞(2019)指出兼重動手做與口語表

達機會在發展學生科學能力上缺一不可。尤其，教師可以從學生在動手做和口語表達中，瞭解學生在探究中遇到的學習困難，提供適時的幫助，促使有效的學習。本研究所觀察到的弱勢學生在討論與傳達的能力表現方面，主要困難是無法聚焦於討論目標，同樣的，江思海(2016)的研究亦提到原住民學生在科學溝通表達活動過程中，往往聊天的時間多於提出主張或想法。然而對於學生願意在課堂上表達，教師應以正向的態度看待，再進一步透過對話討論的方式，降低學生聊天的頻率。本研究的探究活動是在科學營中進行，較無法長時間觀察學生在討論中的轉變，而沈冠名(2018)的研究發現在正視課堂中對話取向的探究教學，確實能提升學生聚焦於探究活動的討論。因此本研究建議，對於弱勢學生，科學教師應正面看待他們願意於課堂中發表的勇氣，再進一步藉由提問、討論，幫助學生逐步聚焦於探究活動討論之核心。應可以讓弱勢學生不僅勇於表達，更能學會擷取重點使討論不致失焦。

三、科學營可設計以培養學生科學能力為目標之活動

過往以參與科學營學生為研究對象之相關研究，多以提升學生的學習動機或學習興趣為目的，然而謝甫宜(2011)認為這些活動僅止於引起學生喜歡科學活動的興趣，而非啟發學生樂於探究科學事物的道理，科學營應朝向培養科學素養之目標前進。本研究發現科學營隊中弱勢學生在觀察與想像的能力方面均有良好的表現，但在其他探究能力上仍有成長的空間。因此本研究建議，未來科學營的活動，可以參考現行課程中需要培養學生那些科學探究能力，並設計能提升這些能力之科學活動，使科學營具有培養科學素養之效益。

參考文獻

1. 王志偉(2018)。食譜式實驗轉化為探究式實驗教學對國小三年級學童探究能力表現之研究——以「廚房裡的科學——加快砂糖溶解的速度」活動為例。未出版之碩士論文，國立臺北教育大學自然科學教育學系，臺北市。doi:10.6344/THE.NTUE.DSE.021.2018.F02
[Wang, J.-W. (2018). *A study of the inquiry transform cookbook experiments' instructions for the inquiring ability of the third-graders—Taking the science in the kitchen—Increasing dissolution rate of sugar as an example*. Unpublished master thesis, National Taipei University of Education, Taipei, Taiwan. doi:10.6344/THE.NTUE.DSE.021.2018.F02]
2. 江思海(2016)。以科學社團提升原住民國小學童科學溝通表達能力之研究。未出版之碩士論文，國立屏東大學科普傳播學系，屏東縣。
[Jiang, S.-H. (2016). *Research of promoting aboriginal elementary students' science communication skills in a science club*. Unpublished master thesis, National Pingtung University, Pingtung County, Taiwan.]
3. 吳百祿、張新基、曾秀玉(2012)。新住民學童科學學習課程規劃與實施之行動研究。正修通識教育學報，9，27-44。doi:10.29966/CHTSCYHP.201206.0002
[Wu, P.-L., Chang, H.-C., & Tseng, H.-Y. (2012). An action research on the curriculum planning and implementation of science learning for new children of Taiwan. *Cheng Shiu Tongshi Jiaoyu Xuebao*, 9, 27-44. doi:10.29966/CHTSCYHP.201206.0002]
4. 沈冠名(2018)。對話取向探究教學實務分享。科學教育，4，25-35。
[Shen, K.-M. (2018). Duihua quxiang tanjiu jiaoxue shiwu fenxiang. *Science Education of National Pingtung University*, 4, 25-35.]
5. 李賢哲、陳皇州、陳存仁、林曉雯、李文仁、許華書等(2016)。動手做科學教育中心之設計與實踐。科學教育月刊，391，40-51。doi:10.6216/SEM.201608_(391).0003
[Lee, S.-J., Chen, K. H. C., Chen, T.-R., Lin, S.-W., Lee, W.-J., Hsu, H.-S., et al. (2016). Hands-on science education center: Design and practice. *Science Education Monthly*, 391, 40-51. doi:10.6216/SEM.201608_(391).0003]
6. 林淑楞(2019)。探討學生科學能力與教師探究教學實務的關係。科學教育學刊，27(4)，251-274。doi:10.6173/CJSE.201912_27(4).0003
[Lin, S.-F. (2019). Investigating the relation between students' scientific competences and their teacher's inquiry teaching practices. *Chinese Journal of Science Education*, 27(4), 251-274. doi:10.6173/CJSE.201912_27(4).0003]
7. 林琦峰、張俊彥(2013)。運用「嵌入式評量」發展天文營隊課程——建立天文教育新模式。科學教育月刊，364，24-39。doi:10.6216/SEM.201311_(364).0003
[Lin, C.-F., & Chang, C.-Y. (2013). Developing curricula for astronomy camp through embedded assessment: A new model for astronomy education. *Science Education Monthly*, 364, 24-

39. doi:10.6216/SEM.201311_(364).0003]
8. 洪于惠(2013)。國小地球科學教材教法探究。國家教育研究院電子報，66。查詢日期：2020年6月15日，檢自http://120.127.233.225/index.php?edm_no=66&content_no=1757。
- [Hung, Y.-H. (2013). Research on the teaching methods of elementary school earth science textbooks. *National Academy for Educational Research e-Newsletter*, 66. Retrieved June 15, 2020, from http://120.127.233.225/index.php?edm_no=66&content_no=1757]
9. 洪振方(2010)。思考導向的探究式學習對國二學生科學探究能力的影響。科學教育學刊，18(5)，389-415。doi:10.6173/CJSE.2010.1805.01
- [Hung, J.-F. (2010). The influences of a thinking-based inquiry learning intervention on eighth graders' scientific inquiry abilities. *Chinese Journal of Science Education*, 18(5), 389-415. doi:10.6173/CJSE.2010.1805.01]
10. 洪萱芳、林英杰、顏瓊芬(2019)。偏鄉學生面臨科學探究式專題導向教學法之學習挑戰。科學教育學刊，27(2)，121-145。doi:10.6173/CJSE.201906_27(2).0003
- [Hung, H.-F., Lin, Y.-C., & Yen, C.-F. (2019). Challenges in adopting place-based science-inquiry project-based learning pedagogy in rural schools. *Chinese Journal of Science Education*, 27(2), 121-145. doi:10.6173/CJSE.201906_27(2).0003]
11. 洪碧霞、蕭嘉偉、林素微(2010)。PISA數學素養認知成分分析對補救教學的意涵。課程與教學，13(1)，47-66。
- [Hung, P.-H., Hsiao, C.-W., & Lin, S.-W. (2010). Implications of cognitive component analysis on PISA mathematical literacy assessment for supplemental instruction design. *Curriculum & Instruction Quarterly*, 13(1), 47-66.]
12. 洪儷瑜(2001)。義務教育階段之弱勢學生的補救教育之調查研究。師大學報：教育類，46(1)，45-65。doi:10.29882/JTNUE.200104.0003
- [Hung, L.-Y. (2001). The study of remedial education for the disadvantaged students of compulsory education. *Journal of National Taiwan Normal University: Education*, 46(1), 45-65. doi:10.29882/JTNUE.200104.0003]
13. 徐昊杲、施秀青(2014)。國民中小學能源教育之推動經驗與成果。技術及職業教育學報，5(3)，99-128。doi:10.6235/TVE.2308
- [Hsu, H.-G., & Shih, H.-C. (2014). Energy education promotion for elementary and junior high schools. *Journal of Technological and Vocational Education*, 5(3), 99-128. doi:10.6235/TVE.2308]
14. 祝新華、鄔嫻妮(2013)。香港中學生完成綜合語文任務的困難與學習期望。教育學報，41(1-2)，27-45。
- [Zhu, X., & Wu, Y. (2013). Secondary school students' difficulties and learning expectation in integrated Chinese language tasks in Hong Kong. *Education Journal*, 41(1-2), 27-45.]

15. 教育部(2010年12月31日)。教育部補助國民中小學及幼稚園弱勢學生實施要點。查詢日期：2020年8月3日，檢自<https://edu.law.moe.gov.tw/LawContentHistory.aspx?hid=504>。
[Ministry of Education. (2010, December 31). *Jiaoyubu buzhu guomin zhongxiaoxue ji youzhiyuan ruoshi xuesheng shishi yaodian*. Retrieved August 3, 2020, from <https://edu.law.moe.gov.tw/LawContentHistory.aspx?hid=504>]
16. 張芬芬(2010)。質性資料分析的五步驟：在抽象階梯上爬升。初等教育學刊，**35**，87-120。doi:10.7036/JEE.201004.0087
[Chang, F.-F. (2010). The five steps of qualitative data analysis: Climbing up a ladder of abstraction. *Journal of Elementary Education*, 35, 87-120. doi:10.7036/JEE.201004.0087]
17. 張春興(1991)。現代心理學。臺北市：東華。
[Chang, C.-H. (1991). *Xiandai xinlixue*. Taipei, Taiwan: Donghua.]
18. 國家教育研究院(2018年11月2日)。十二年國民基本教育課程綱要——國民中小學暨普通型高級中等學校：自然科學領域。查詢日期：2020年3月21日，檢自https://www.naer.edu.tw/ezfiles/0/1000/attach/63/pta_18538_240851_60502.pdf。
[National Academy for Educational Research. (2018, November 2). *Shiernian guomin jiben jiaoyu kecheng gangyao—Guomin zhongxiaoxue ji putongxing gaoji zhongdeng xuexiao: Ziran kexue lingyu*. Retrieved March 21, 2020, from https://www.naer.edu.tw/ezfiles/0/1000/attach/63/pta_18538_240851_60502.pdf]
19. 陳淑苾(2017)。輔以寫作鷹架的開放式探究學習對國小學生形成實驗問題能力與學習成就的影響。未出版之博士論文，國立臺灣師範大學生命科學系，臺北市。
[Chen, S.-B. (2017). *The effect of open inquiry with writing scaffold on elementary school students' forming testable questions and achievement*. Unpublished doctoral dissertation, National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan.]
20. 黃玉枝(2013)。以動手做科學促進身心障礙學生對科學學習的興趣。南屏特殊教育，**4**，23-36。
[Huang, Y.-C. (2013). Yi dongshou zuo kexue cujin shenxin zhangai xuesheng dui kexue xuexi de xingqu. *Nanping Teshu Jiaoyu*, 4, 23-36.]
21. 黃玉枝(2016)。實施引導式探究教學發展國小聽障學生的科學探究技能。特殊教育報，**43**，63-92。
[Huang, Y.-C. (2016). Developing scientific inquiry skills through guided inquiry teaching on primary school students who are deaf or hard of hearing. *Journal of Special Education*, 43, 63-92.]
22. 黃茂在、吳敏而(2016)。探索十二年國教自然科學教科書的設計原則——以「熱傳播」單元為例。教科書研究，**9**(2)，69-100。doi:10.6481/JTR.201608_9(2).03
[Huang, M.-T., & Wu, R. J. (2016). Design principles for elementary science textbooks: An

- study with a unit on “heat transfer.” *Journal of Textbook Research*, 9(2), 69-100. doi:10.6481/JTR.201608_9(2).03]
23. 曾建銘、吳慧珉、趙珮晴(2019)。臺灣學生數學學習內容表現之探討：來自TASA和TIMSS的跨資料庫比較。測驗學刊，66(1)，27-50。
[Cheng, C.-M., Wu, H.-M., & Chao, P.-C. (2019). Taiwan students' mathematics performance: A comparative analysis of TASA and TIMSS database. *Psychological Testing*, 66(1), 27-50.]
 24. 葉玉珠(2002)。高層次思考教學設計的要素分析。中山通識教育學報，1，75-101。
[Yeh, Y.-C. (2002). Analysis on the elements of higher-order thinking teaching design. *General Education Journal*, 1, 75-101.]
 25. 葉辰楨、王國華、蔡明致(2010)。後設認知鷹架策略融入科學探究教學之探討。科學教育研究與發展季刊，58，1-32。
[Yeh, C.-J., Wang, K.-H., & Tsai, M.-C. (2010). An investigation into the integration of meta-cognitive scaffolding strategies with an instruction model for scientific inquiry. *Research and Development in Science Education Quarterly*, 58, 1-32]
 26. 楊智穎(2011)。弱勢者教育改革中教師專業認同之研究：偏鄉學校教師敘事的省思。屏東教育大學學報：教育類，36，499-522。
[Yang, J.-Y. (2011). The educational reform for the disadvantaged and teachers' professional identities: The narratives of remote area teachers. *Journal of Pingtung University of Education: Education*, 36, 499-522.]
 27. 蔡明富、陳振明(2015)。啟「動」科學——國小注意力缺陷過動症學生科學營實施之探究。中華民國特殊教育學會年刊，2015，95-109。
[Tsai, M.-F., & Chen, C.-M. (2015). Qi“dong” kexue—Guoxiao zhuyili quexian guodongzheng xuesheng kexueying shishi zhi tanjiu. *Zhonghuaminguo Teshu Jiaoyu Xuehui Niankan*, 2015, 95-109.]
 28. 蔡執仲、鄭丞棋、鄭瑞洲(2018)。以環境議題為主的暑期營隊活動對國小學童情境興趣表現之探究。環境教育研究，14(1)，39-76。doi:10.6555/JEER.14.1.039
[Tsai, C.-C., Zheng, C.-Q., & Zheng, R.-Z. (2018). An investigation of environmental issue-based summer camp activities to elementary school students' situational interests. *Journal of Environmental Education Research*, 14(1), 39-76. doi:10.6555/JEER.14.1.039]
 29. 劉湘瑤(2016)。科學探究的教學與評量。科學研習，55(2)，5-11。
[Liu, S.-Y. (2016). Kexue tanjiu de jiaoxue yu pingliang. *Science Study Monthly*, 55(2), 5-11.]
 30. 謝甫宜(2011)。當科普活動講師遇到科學小玩家科普活動的教學反思。物理教育學刊，12(1)，94-96。doi:10.6212/CPE.2011.1201.10
[Shieh, F.-Y. (2011). Dang kepu huodong jiangshi yudao kexue xiaowanjia kepu huodong de jiaoxue fansi. *Chinese Physics Education*, 12(1), 94-96. doi:10.6212/CPE.2011.1201.10]

31. 蘇楣雅(2000)。不同補救教學法和學生個人特質對國小六年級學生數學學習的作用研究。新竹師院國民教育研究所論文集，5，375-404。
[Su, M.-Y. (2000). Effects of different instructions and student's individual difference on six-grade students' remedial math learning. *Xinzhushiyuan Guomin Jiaoyu Yanjiusuo Lunwenji*, 5, 375-404.]
32. Alagona, P. S., & Simon, G. L. (2010). The role of field study in humanistic and interdisciplinary environmental education. *Journal of Experiential Education*, 32(3), 191-206. doi:10.1177/105382590903200302
33. Apostolopoulou, S., Grigoroglou, G., Karamperis, M., Skanavis, C., & Kounani, A. (2016, July). *Environmental summer camp in a Greek island*. Retrieved May 25, 2020, from https://www.researchgate.net/profile/Aristea_Kounani/publication/308017497_Environmental_summer_camp_in_a_Greek_Island/links/57d8729e08ae5f03b4985d4d.pdf
34. Arnold, J. C., Kremer, K., & Mayer, J. (2014). Understanding students' experiments—What kind of support do they need in inquiry tasks? *International Journal of Science Education*, 36(16), 2719-2749. doi:10.1080/09500693.2014.930209
35. Banchi, H., & Bell, R. L. (2008). The many levels of inquiry. *Science and Children*, 46(2), 26-29.
36. Bell, R. L., Smetana, L., & Binns, I. (2005). Simplifying inquiry instruction: Assessing the inquiry level of classroom activities. *The Science Teacher*, 72(7), 30-33.
37. Harlen, W. (2014). Helping children's development of inquiry skills. *Inquiry in Primary Science Education*, 1(1), 5-19.
38. King, N. (2012). Doing template analysis. In G. Symon & C. Cassell (Eds.), *Qualitative organizational research: Core methods and current challenges* (pp. 426-450). London, UK: Sage. doi:10.4135/9781526435620.n24
39. Kuhn, D., & Pease, M. (2008). What needs to develop in the development of inquiry skills? *Cognition and Instruction*, 26(4), 512-559. doi:10.1080/07370000802391745
40. Li, J., & Klahr, D. (2006). The psychology of scientific thinking: Implications for science teaching and learning. In J. Rhoton & P. Shane (Eds.), *Teaching science in the 21st century*. Arlington County, VA: National Science Teachers Association Press.
41. Lim, B.-R. (2004). Challenges and issues in designing inquiry on the web. *British Journal of Educational Technology*, 35(5), 627-643. doi:10.1111/j.0007-1013.2004.00419.x
42. Martin-Hansen, L. (2002). Defining inquiry: Exploring the many types of inquiry in the science classroom. *The Science Teacher*, 69(2), 34-37.
43. Olson, S., & Loucks-Horsley, S. (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. Washington, DC: National Academy of Sciences. doi:10.17226/9596

44. Sandoval, W. A., & Reiser, B. J. (2004). Explanation-driven inquiry: Integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. *Science Education*, 88(3), 345-372. doi:10.1002/sce.10130
45. Stocklmayer, S. M., Rennie, L. J., & Gilbert, J. K. (2010). The roles of the formal and informal sectors in the provision of effective science education. *Studies in Science Education*, 46(1), 1-44. doi:10.1080/03057260903562284
46. Thurber, C. A., Scanlin, M. M., Leslie, S., & Henderson, K. A. (2007). Youth development outcomes of the camp experience: Evidence for multidimensional growth. *Journal of Youth Adolescence*, 36(3), 241-254. doi:10.1007/s10964-006-9142-6
47. Zohar, A. (2004). Teachers' thinking in previous studies. In A. Zohar (Ed.), *Higher order thinking in science classrooms: Students' learning and teachers' professional development* (pp. 85-98). Dordrecht, The Netherlands: Springer. doi:10.1007/978-1-4020-1854-1_6

附錄

附錄一：探究能力表現檢核表

活動名稱：

學生代號：

探究能力	編碼	表現說明	達到與否			備註
			是	△	否	
T1想像創造	T1-1想像力	能在指導下觀察日常生活現象的規律性，並運用想像力與好奇心，瞭解及描述自然環境的現象。	☐	☐	☐	
T2推理論證	T2-1有根據的說法	能知道觀察、記錄所得自然現象的結果是有其原因的，並依據習得的知識，說明自己的想法。	☐	☐	☐	
T3批判思辨	T3-1分辨或分類	能簡單分辨或分類所觀察到的自然科學現象。	☐	☐	☐	
P1觀察與定題	P1-1觀察	能從日常經驗、學習活動、自然環境，進行觀察，進而能察覺問題。	☐	☐	☐	
	P1-2提出問題	能依據觀察、蒐集資料、閱讀、思考、討論等，提出問題。	☐	☐	☐	
P2計畫與執行	P2-1操縱變因	能瞭解一個因素改變可能造成的影響，進而預測活動的大致結果。	☐	☐	☐	
	P2-2記錄實驗	能正確安全操作適合學習階段的物品設備，並能觀察和記錄。	☐	☐	☐	
P3分析與發現	P3-1製作圖表	能運用簡單分類、製作圖表等方法，整理已有的資訊或數據。	☐	☐	☐	
	P3-2形成解釋	能從得到的資訊或數據，形成解釋、得到解答、解決問題。並能將自己的探究結果和他人的結果(例如來自教師)相比較，檢查是否相近。	☐	☐	☐	
P4討論與傳達	P4-1提問	能專注聆聽同學報告，提出疑問或意見。並能對探究方法、過程或結果，進行檢討。	☐	☐	☐	
	P4-2意見	能利用簡單形式的口語、文字或圖畫等，表達探究之過程、發現。	☐	☐	☐	

註：1.檢核內容以十二年國民基本教育課程綱要自然科學領域，第二學習階段之探究能力學習表現為依據。

2.△：引導後達成；T：思考智能；P：問題解決。

附錄二：學生探究能力之表現

探究能力	編碼	S5H1	S5L2	S5L3	S5L4	S4H5	S4H6	S4L7	S3H8	S3L9	S3L10
T1想像創造	T1-1想像力	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
T2推理論證	T2-1有根據的說法	+	△	-	△	+	△	△	+	-	-
T3批判思辨	T3-1分辨或分類	+	△	-	△	+	+	-	+	-	△
P1觀察與定題	P1-1觀察	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	P1-2提出問題	+	△	△	△	+	+	△	+	△	△
P2計畫與執行	P2-1操縱變因	△	-	△	-	△	-	-	△	-	-
	P2-2記錄實驗	△	-	-	-	△	+	-	△	-	-
P3分析與發現	P3-1製作圖表	+	-	-	-	△	△	-	△	-	-
	P3-2形成解釋	△	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P4討論與傳達	P4-1提問	+	-	+	-	+	△	-	△	-	-
	P4-2意見	△	-	-	-	△	△	-	-	-	-

註：T：思考智能；P：問題解決；+：可達成；△：引導後達成；-：達成有困難。

Exploring the Performance of Scientific Inquiry Competence of Disadvantaged Students in Science Camp

Li-Ting Cheng¹, Huan-Hsiang Lin¹ and Jeng-Fung Hung^{2,*}

¹Center for General Education, National Sun Yat-Sen University

²Graduate Institute of Science Education and Environmental Education, National Kaohsiung Normal University

Abstract

The purpose of this research is to explore the inquiry competence of disadvantaged students in scientific inquiry activities. The researchers of this study researched on a total of 10 disadvantaged students in the third to fifth grades of a country in southern Taiwan, conducted a 20-hours scientific inquiry summer camp with four themes and seven activities. The sources of data collection included classroom videos and learning sheets in the process. Data were analyzed in order to understand students' inquiry learning performance in activities. The study found that the disadvantaged students of elementary school can reach the competence of "imagination creation" and "observation and topic determination"; however, they need to be guided to achieve good performances in "inference of theory" and "planning speculation"; and they have difficulty in reaching "planning and execution," "analysis and discovery," and "discussion and communication." Suggestions were made based on the research findings, as a reference for future inquiry teaching design.

Key words: Scientific Inquiry Activity, Disadvantaged Students, Inquiry Competence

* Corresponding author: Jeng-Fung Hung, t1873@nknknu.edu.tw