

科學探究專業成長方案對國小集中式 特教班教師實施探究教學專業知能改 變之個案研究

吳雅萍*

嘉義大學特教系

助理教授

陳明聰

嘉義大學特教系

教授

臺灣特殊教育職前師資培育並未強調科學教學的訓練，然在職場任教時，卻需擔任集中式特教班的自然科學教學工作，再加上目前在職特教師資訓練方案尚處於開發階段，實有必要發展專屬於特殊教育教師科學教學專業的進修方案。因此，本研究旨在透過個案研究，探討五位國小集中式特教班教師參與科學探究專業成長方案的專業知能改變與歷程，期待研究結果能作為未來規劃集中式特教班科學課程教學進修方案之參考依據。本研究的資料分析採跨個案分析、持續比較法，方案內容強調「使用引導式探究材料、對應問題的解決策略，以及跨自然領域的教師社群」，形式包括「自然科學一日工作坊、範例課程、與自然專家諮詢討論、研究者的個別指導」。方案時間持續一年半，蒐集的資料包含專業成長會議的錄音、教學影片、各類文件資料、訪談逐字稿、教師日誌與研究者日誌。研究發現，五位特教班教師在參與成長方案前的自然課樣態多是講述法。實施探究教學初期，他們只能倉促地完成探究教學步驟，且發現一般性教學與評量問題；在成長方案介入後，他們不但逐漸改變自己對探究教學的概念，而且提高了探究教學的技巧和流暢性，隨之帶動了特教生的參與動機，也為學生建立起異同比較和討論的探究過程技能。然而，即便如此，個案教師仍欠缺引發學生提問與預測的探究教學技巧。最後，研究者提出「跨領域的教師社群組織、教學範例、教學模板」，都是成長方案中影響特教教師學習科學探究教學的重要鷹架。

關鍵詞：科學探究專業發展、特殊教育教師、探究教學、集中式特教班、嚴重認知障礙學生

* 本文以吳雅萍為通訊作者（ping78kimo@gmail.com）。

** 研究者謹向參與研究認真投入的五位國小特教老師、特教班學生和家長，以及三位自然科學專家教師和協助本計畫的科學教育專家致上由衷的謝意。也特別感謝審查委員和編審委員會的寶貴意見，使本文更臻完善。本研究承科技部專題研究計畫補助（計畫編號 MOST 105-2511-S-415-015），特此致謝。

結論

一、研究背景與動機

臺灣的科學教育白皮書（教育部，2003）和美國國家科學教育標準（National Science Education Standards, NSES）（National Research Council [NRC], 1996）皆申明，科學教育是全民的教育，所有學生都可使用科學教育的標準，因此，即使是嚴重認知障礙學生（students with significant cognitive disabilities, 以下簡稱 SCD 學生）也有接受科學教育的權利。臺灣自 2012 年試行的「高級中等以下學校特殊教育課程發展共同原則及課程大綱」之總綱——國民教育階段（簡稱特教 100 課綱），還有 108 學年即將實施的《十二年國民基本教育總綱》（簡稱十二年國教總綱）（教育部，2013），均強調以普通教育課綱為依據，根據學生特殊需求，提供身心障礙學生課程之調整。所以，如何教導 SCD 學生學習科學課程是值得探討的議題。

近年來，學者強調 SCD 學生學習適齡科學課程的重要性（Cooper-Duffy & Perlmutter, 2006; Courtade, Spooner, Browder, & Jimenez, 2012），但適齡的科學課程需要經過調整，才能符合特殊學生的需求。所謂的適齡，意指符合生理年齡，Browder、Spooner、Wakeman、Trela 與 Baker（2006）提及要使用普通教育課程的標準（課綱），包括要「與年級連結」（grade-linked）、「年級適當」（grade-appropriate）的教學，要能符合年級的內容，但可以減量與簡化其知識內容來達成。而過去研究也發現，透過減量和簡化普通科學課程，SCD 學生也能有效學習適齡的科學課程（Jimenez, Browder, Spooner,

& Oibiase, 2012; Knight, Spooner, Browder, Smith, & Wood, 2013），且除了傳統特殊教育領域的教學法之外（如工作分析、最少至最多提示等），更有研究證實 SCD 學生也能從探究教學法中獲益（Courtade et al., 2012; Jimenez et al., 2012）。

臺灣的九一貫課程綱要「自然與生活科技域」（教育部，2003）、科學教育白皮書（教育部，2003）都認同探究教學法對科學學習的有效性；NSES 和美國國家科學教師協會（National Science Teachers Association, 2011）也鼓勵教師要為所有學生使用探究教學。Martin-Hansen（2002）依據探究開放的程度（多至少），將探究教學分類為開放或完全探究（open or full inquiry）、引導式探究（guided inquiry）、結合式探究（coupled inquiry）、結構式探究（structured inquiry）。因此，探究教學非指單一作法，也不是將探究的責任完全寄託在學生能力上，教師應該要依據學生的認知與學習特性，選擇適合的探究教學活動。Scruggs 與 Mastropieri（1995）認為，身心障礙學生需要再多引導一些，因此當這些嚴重認知障礙學生參與探究課程時，也許可以透過工作分析步驟（task analysis），給予更多一點的引導（Courtade, Browder, Spooner, & DiBiase, 2010）。因此，本研究立基於過去學者提出來的引導式探究本位工作分析法（a guided inquiry-based approach）（Courtade et al., 2010; Magnusson & Palincsar, 1995），亦即將引導式探究法予以工作分析步驟化，包括四個階段：投入（engage）、探究與描述關係（investigate and describe relationships）、建構解釋（construct an explanation）、報告（report），每一個階段還有工作分析的步驟。

雖然教育政策已開始規定集中式特教班

教師要實施自然科學課，但特教教師卻普遍缺乏科學探究教學的職前或在職教育訓練，更遑論面對十二年國教科學領域強調科學探究教學之下，特教教師對進修科學探究教學的需求。過去的研究就指出必須重視特教教師的科學教學培訓，尤其是普通科學課程的提供和探究活動的訓練，如此才能確保特教教師具有良好的科學教學基礎（Courtade et al., 2010; Mulvey, Chiu, Ghosh, & Bell, 2016）。由此可知，多數的在職特教教師非常需要外來的支援系統協助，以利他們進行科學探究教學。

有關特教教師接受科學教學培訓的實證研究非常有限，臺灣目前付之闕如，國外也只有零星出版。例如，Courtade 等人（2010）訓練四位教導 SCD 學生的中學特教教師，發現特教教師可以習得且執行探究教學的技能，但該研究情境僅提供一對二的教學，教導相同年級的內容，無法類化至臺灣集中式特教班跨齡的團體教學情境。Mulvey 等人（2016）則指導四位小學特教教師學習科學本質和探究教學，雖然四位特教教師的科學本質和執行探究教學的能力都獲得改善，但他們皆為輕度障礙教育教師，且執行情境是融合的普通班，然而研究結果對於教導融合的普通班中身心障礙學生的個別需求卻有其限制。

由於臺灣特殊教育職前師資培育並未強調科學教學的訓練，而學生在職場任教時卻往往需要擔任集中式特教班的自然科學教學，科學學科教學專業知能亟待提升，再加上目前在職特教師資訓練方案尚處於開發階段，實有必要發展專屬於特教教師科學教學專業的進修方案，強化他們教導科學的探究知能，以作為未來規劃集中式特教班科學課程教學進修方案之重要依據。

二、研究目的與待答問題

基於上述的背景與動機，本研究旨在透過個案研究，探討五位國小集中式特教班教師參與科學探究專業成長方案的專業知能改變。具體之待答問題為：五位個案教師接受科學探究專業成長方案後，其實施探究教學的專業知能改變與歷程為何？

文獻探討

一、普通科學教師的探究本位教學訓練

即使普通科學教育提倡探究教學，師資培育課程也朝加強科學教師具備探究知能在努力，但許多職前科學教師仍未準備妥當，因此需要在職教師專業成長計畫來持續培育（Kim & Tan, 2011）。然而，過去研究也曾呈現出普通教師接受探究教學訓練的阻礙，例如：Keys 與 Kennedy（1999）曾針對四年級教師執行探究教學法訓練，研究結果顯示教師們呈現的困難有缺乏時間、將學生的學習問題轉向到學生身上等。Roehrig 與 Luft（2004）曾針對初始的中學科學教師進行探究本位教學訓練，他們的研究也發現教師們有三個重要的阻礙，包括教室管理問題（如聚焦在維持教室秩序，讓教室可以成為一個有效的學習環境）、學生能力問題（如學生被誤認為能力不好就不能使用探究法），以及在師資證照取得中缺乏適當的探究教學法的訓練。因此，學者們也認為短期的工作坊對於教師專業發展的提升相當有限，一個有效的專業成長模式必須是長期的、合作式的（陳均伊，2010；Wee, Shepardson, Fast, & Harbor, 2007）。

Hogan 與 Berkowitz (2000) 為小學的科學教師設計訓練方案，他們組成科學家和專家教師的團隊，並透過探究法來教導生態學。科學家負責示範科學思考、提問，專家教師則示範探究教學法。促進教師專業成長的方式為透過討論和演講，結合科學概念來設計探究教學法，並發展教案且落實於有學生的教學現場，再進行檢討與修正。Owens 與 Helfer (2008) 針對國小、國中的教師，辦理三週的科學探究教學專業成長活動，他們的培訓課程是先講解科學理論、活動目標，再依照 5E 模式發展探究本位教案，意即參與 (engagement)、探索 (exploration)、解釋 (explanation)、精緻化 (elaboration) 與評量 (evaluation) 等五個階段 (Bybee & Trowbridge, 1990)，並討論科學教室如何安全又實際地實施探究教學、讓教師實際參與動手做的活動、參訪公司工廠和大學實驗室，透過學員之間互相提供回饋，最後要教師反思並修正教案。Choi 與 Ramsey (2009) 針對 14 位小學教師辦理 15 天、三學分的在職訓練科學課程，他們利用理論講解、期刊閱讀與討論、發展探究教學教案、團體分享和合作修正教案、實際實踐和反思來幫助參與教師熟悉探究教學。Kapanadze、Bolte、Schneider 與 Slovinsky (2015) 讓教師們參與兩學期的成長訓練方案，第一階段先利用研討會和工作坊提供理論；第二階段則要求教師直接使用第一階段介紹的課程，根據自己的需求進行調整，接著應用在自己的課堂上；第三階段要求教師分享自己的實施經驗給所有參與教師。在臺灣，黃滄翔、高慧蓮、陳淑敏與黃楸萍 (2012) 為國小在職教師成立小學教師科學探究專業成長實務社群，共辦理了五次研習、團隊教師每二週進行一次小組討論，並親身設計和實踐科學探究教學。

綜合和歸納上述研究提供在職教師的科學探究訓練，基本上，會先建立參與教師對探究教學法的認識，接著再透過實際參與探究活動或教學觀摩、課程設計和實踐，強化實務經驗。另外，也鼓勵教師們分享和反思，以利其未來探究教學的精進。基本上，這些安排印證了 Supovitz 與 Turner (2000) 認為高品質專業發展所需的要素，包括：(一) 透過示範，讓參與者融入探究；(二) 密集性和持續性的專業發展；(三) 讓教師實際且具體應用在教學上；(四) 深化教師對主題的專業知能。因此，本研究參考上述的專業成長要素，為特教教師設計科學教學專業成長方案。

二、特教教師的科學教學訓練

國外有關特教教師的科學專業訓練研究，目前仍屬萌芽階段。Courtade 等人 (2010) 使用多元素的訓練方式 (特師與普師工作坊、文件式和口語指導、示範、回饋和觀察)，教導四位中學特教教師學會使用引導式探究本位結合作分析法進行教學，並評估其學生的科學學習成效。結果顯示，多元要素的訓練方式可以讓特教教師將所學的教學類化到其他單元，且讓特教學生也受益。此研究的實施情境比較單純，每位特教教師教導相同的科學課程內容給兩位同年級的學生，若要將此研究的教學類化至國內集中式特教班跨齡的安置情況，可能會有困難。Mulvey 等人 (2016) 為四位小學特教教師提供的專業發展計畫，焦點是學習科學探究教學，他們利用示範課程、情境化與分散式練習、合作、反省、個別指導，讓參與教師熟悉探究教學。結果顯示，四位特教教師都能落實探究教學，但部分教師反映探究教學的實施，無法滿足普通班內身心障礙學生

的個別教育目標和需求，這可能是教學一開始沒有同時考量普通與特教學生一起上課的結果。綜合這兩篇研究可以發現，特教教師的科學教學訓練增加特師與普師的工作坊、工作分析式的文件引導、情境化練習等元素。

總之，不管是普通或特教教師的科學探究教學專業訓練，都是先借助外來力量，充實教師對某一主題的專業知能，並且透過探究教學法的示範，進而於課堂脈絡下，讓教師做出設計、實踐、反省和改進。所以，由研究者和在職教師合作，協力完成的「診斷教學困難、找出教學需求，再針對需求設計和發展出符合教師的專業成長方案」，應該會更貼近集中式特教班教師教導自然課的需要。因此，本研究參考上述科學教師專業發展的方式，並考量臺灣集中式特教班的跨年齡安置的情境，先讓特教教師發展出探究教學的專業能力後，再讓他們為 SCD 學生設計與實踐探究本位的科學課程。

研究方法

一、研究方法與設計

本研究為了深入了解五位集中式特教班教師接受科學探究成長方案的歷程，採用個案研究和跨個案分析（Stake, 2013）。本研究定義個案研究的範圍為，每位特教教師從接受科學探究專業成長方案至在班上實施一學期的探究教學法，蒐集資料時間自 105-2 學期至 106-1 學期。跨個案分析意指從五位個案教師的成長歷程，分析出跨個案的主題，用以回答研究問題（Mulvey et al., 2016）。

二、研究參與者

本研究共招募五位國小集中式特教班教師（D 為男性，其餘為女性），分別來自臺灣四個縣市，除了一位為特教學校教師外，其他四位都是普通國小集中式特教班教師。五位特教教師皆為特教系畢業，教學年資一至十五年。其中，兩位已取得特教碩士學位，其餘三位仍在攻讀碩士學位中（表一）。學生方面，皆為個案教師任教班級的特教學生。由於本方案跨越學年度，共兩個學期，因此不同學期會有不同的學生參與對象。

此外，本研究也招募三位科學教育專家教師，在跨領域教師社群中提供科學知識的專業諮詢，也協助審查五位特教老師自編的探究課程內容。三位皆具備科學教育領域碩、博士學位，在國小擔任科學教學超過 20 年，且曾任自然領域輔導團專任輔導員。

三、研究情境

（一）科學專業成長方案的情境

本研究的特教教師科學專業成長方案，由研究者親自研發與實施，實施情境選定研究者任教的大學，原因是研究者較容易提供豐富的成長方案材料，且大學的場地資源有利於提供多元的教師專業成長形式（如研習、工作坊、討論會議）。

（二）實驗教學的情境

本研究的實驗教學情境是在五位特教教師任教的集中式特教班，各班都以每週兩節自然與生活科技領域學習來進行實驗教學。五個特教班皆設置有兩位特教教師，除了 D 教師的教室因為學生人數少，其餘四個班級皆再設置一名教師助理員。平時這五個班級上課時，都由一位特教教師教授自然課，教師助理員會在教室協助學生學習或管理秩序。

表一 參與本研究特教教師基本背景和其特教班學生概況

特教 教師	學歷	教學 年資	自然領域 教學年資	學生人數與年級	
				105-2 學期	學期
A	特教碩士班學生	1	1	7 位 (中 1, 高 6)	3 位 (中 1, 高 2)
B	課程與教學 碩士班學生	2	2	10 位 (中 1, 高 9)	8 位 (高 8)
C	特教碩士	6	3	5 位 (高 5)	5 位 (中 3, 高 2)
D	特教碩士班學生	8	2	2 位 (高 2)	/
E	特教碩士	15	2	/	3 位 (中 3)

註 1：中（數字）表示中年級的學生人數，高（數字）表示高年級學生人數。

註 2：D 教師在 105-2 學期已完成四個單元的教學實驗且學生皆畢業，故 106-1 學期無需進行實驗。E 教師在 105-2 學期只有低年級學生，因此在 106-1 學期才參與實驗研究。

四、研究者的角色

研究者屬完全參與觀察者，進入專業成長會議的情境，觀察個案教師並與其互動。過程中，研究者扮演指導者與合作者的角色，科學教育專家教師提供探究教學的理論和科學探究活動，研究者則帶領討論與提供普通課程調整的指導，指導方式尊重個案教師的各種教學決定，也讓個案教師保有自己的想法和專業。有時，研究者也扮演學習者的角色，觀察個案教師與科學教育專家教師的互動，藉以了解他們對探究教學的需求與觀點轉變。

五、專業成長方案與實施流程

本研究擷取過去研究顯示一般教師有效的科學教學訓練元素，包括先對探究教學法有初步認識，再透過實際參與探究活動、自

編課程設計與教學實踐，最後進行省思與分享，並新增特教教師的有效科學教學訓練元素，包括科學教師的融入、工作分析式的文件引導和情境化的練習。綜言之，本研究特教教師科學教學專業成長方案內容，包含：

（一）普通科學課程的一日工作坊

一日工作坊的主要目的是建立特教教師對科學課程與探究教學策略的概念。主題包括：介紹九年一貫課程綱要自然與生活科技學習領域之指標、十二年國教——國民中小學及普通型高級中等學校自然科學領域課程綱要（草案）、探究教學法和普通科學課程適齡調整的重要性與做法。工作坊規劃一天七小時，由研究者與科學教育專家教師共同規劃並擔任講師，實施方式包括講述、討論、示範、教學策略演練、回饋的方式。

（二）示範課程

透過示範課程，讓個案教師學習到範

例課程的發展與教學，使用材料為研究者自編，約六小時。教學策略包括講述、示範、利用「探究本位與適齡科學教學檢核表」來檢核和學習每個教學步驟、討論、教學影片播放、探究本位教學技術演練、回饋。

（三）改編課程與教學

「改編課程」是為了讓個案教師逐漸建立信心。此階段，五位特教教師可以依據自己特教班學生的學習特性與障礙程度，依照示範課程的發展步驟進行調整，讓改編課程的實施能更順利地被執行。本階段邀請三位科學教育專家教師加入討論會議，共六小時。研究者此時會持續了解個案教師的課程調整能力與需求，並且提供調整與教學設計的知能與技術。而個案教師必須把每次教學的錄影提供給評量者，讓評量者當週依著影片填寫檢核表。研究者會定期與評量者進行討論，最後請評量者整理出個案教師需要改進的地方，以電子通訊方式傳遞給個案老師，再由研究者與個案教師進行一對一的網路會議，針對改編課程進行提問、討論與再次澄清。

（四）於指導下自編課程與教學

此階段讓個案教師開始練習自己發展科學單元，但仍可透過與科學教育專家教師的討論會議，確保自編課程符合課程綱要與核心概念，以及探究教學方法。此階段是以團體會議方式進行，共五次會議，總時間為25小時。本階段發展出來的自編課程是兩個科學課程單元，個案教師在改編課程階段就開始發展自編課程，自編課程草稿發展完畢後，即召開會議，與三位科學教育專家教師、研究者共同討論，以進行修正。自編課程的教學介入時間為每週兩節課。

六、研究工具

（一）探究本位與適齡科學教學檢核表

本檢核表的目的是為了蒐集個案教師執行探究教學的情形。此檢核表取自研究者2015年研究成果，研究者奠基於此四個階段，改編過去學者（Courtade et al., 2010; Magnusson & Palincsar, 1995）的工作分析步驟，形成12個工作分析步驟，並請三位科學教育專家進行內容效度檢核（一位大學教授、兩位資深自然科輔導團教師），該檢核表亦具有83%信度。檢核表裡的探究教學步驟如下：

1. 投入

- （1）教師向全班展示圖片或材料，以顯示將被教導的概念或技能。
- （2）教師詢問並要求學生回答這個圖片或材料是什麼？
- （3）教師詢問學生他們認為這個圖片或材料是用來做什麼的？
- （4）教師詢問學生他們想要發現（查明）圖片或材料的什麼東西？

2. 探查與描述關係

- （5）教師詢問學生要如何蒐集關於這個主題的資訊？
- （6）教師要求學生小組合作（中年級一組、高年級一組），透過動手操作，回答這些物品的相同處？
- （7）教師要求學生小組合作（中年級一組、高年級一組），透過動手操作，回答這些物品的相異處？

3. 建構解釋

- （8）教師先引導學生去解釋或預測學習單的題目。
- （9）教師透過帶領全班唸讀課文和回憶動手操作的結果，以解釋相關的科學知識。
- （10）教師提供校正機會，讓學生再次

校正學習單的解釋或假設，（如果可能）再測試解釋一次。

4. 報告

（11）教師要求學生輪流報告他們的發現（學習單的答案）。

（12）教師使用名詞釋義的方式來詢問學生，以增強學生習得的科學概念。

評量者依據特教教師的教學影片，逐一檢核個案教師執行的情形，每個教學步驟都會提供操作性定義，讓評量更精確。評量者登入在檢核表的代碼有：「I」（正確且獨立完成該步驟）、「E」（錯誤執行該步驟）、「O」（省略該步驟）。

（二）科學概念評量單（四個科學單元的評量單）

本研究分為四個階段，個案教師在每個階段各實施一個科學單元，每個單元各有一評量單。題目初稿經三位特教教師依據學生的理解程度來審題並修正；內容效度方面，以雙向細目表呈現與預期教學目標的關係，並經由科學專家教師審核通過，確保題目內容符合該單元要傳遞的科學概念。每個科學單元包含三個小概念，每個小概念設計四題題目，因此每份評量單共有 12 題。

七、資料蒐集、處理與分析

（一）資料蒐集

本研究採用質性研究的個案研究法與跨個案分析（Stake, 2013），資料蒐集時間為 105-2 至 106-1 學期，資料包括：1. 專業成長會議的錄音：共有七次，每次會議約六小時。2. 教學影片：五位集中式特教班教師連續錄製四個單元，每個單元有兩個核心概念，每個核心概念需要連續上三節課，因此每位特

教教師須錄製 24 節課的教學影片。3. 文件資料：包括五個改編單元和 10 個自編單元的教案、每次上完課後的學生科學概念評量單。4. 訪談逐字稿：每個單元結束後，研究者使用半結構式訪談蒐集教師的探究教學心得，每位教師共接受四次正式訪談，以及不定期非正式訪談。5. 教師日誌：每位教師會不定期地記錄教學省思，內容包括教學心得與學生觀察。6. 研究者日誌：記錄研究者的研究省思，記錄時間通常為專業成長會議後、個別指導後（包含面對面指導、通訊指導）、觀看教學影片後、離開教學現場後等。

（二）資料處理與分析

本研究採用持續比較法（Bogdan & Biklen, 2007）進行資料分析，研究者在資料蒐集後，先將各項資料分別建檔、給予代碼，代碼整理如表二。在反覆閱讀原始資料後，研究者找出各資料的單位主題，最後統整可歸併的主題，形成新的類別並賦予新的主題名稱。

八、研究信賴度

研究者採用 Lincoln 與 Guba（1985）所提的可信性和可遷移性二項指標，以確保本研究之品質。增進可信性的做法，包括長時間的投入與持續蒐集資料；使用不同方法、不同資料來源的三角查證；研究參與者的檢核，包括請受訪教師檢核訪談資料和會議紀錄的正確性。同時，商請一位科學教育學者協助檢視資料選取和呈現的適切性，若有疑慮，則會進行面對面或電話的討論，繼而做出修正。同時，為了增進可遷移性，本研究使用深入描述，詳述科學專業的內容與次數、個案教師的感受與行動等，以讓讀者自行參照與類化。

表二 資料管理代碼簡表

資料	代碼	舉例
專業成長會議紀錄	會議紀錄、年月日	會 20170311
教師教學影片	教師、影片分析、教學單元	A 影一
文件資料	學生評量單、教學單元、評量次數	學生評量一 1
	教學材料（含教案、探究活動記錄單）、教學單元	教材一
教師訪談	教師、訪談、年月日	A 訪 20170218
教師日誌	日誌、教學單元	誌一
研究者日誌	研究者日誌、年月日	研誌 20170510

研究結果與討論

一、個案教師參與科學探究成長方案前的自然科之教學樣態

（一）多為講述法少數連結真實情境

從教學影片分析可以得知，五位個案教師參與成長方案前，自然課多使用講述法。他們一開始就直接教導單元概念，每節課透過圖片來輔助講解、複習和問答，確認學生習得情形。即使教師提問，也經常是具備口語能力的學生回答（A、B、C、D、E 影一）。個案教師因考量集中式特教班學生的學習特性，因此上課型態都盡量不讓學生移動位子，如此才能要求學生專心坐在座位上，D 教師還特別提到「過去的自然課是沒有實驗活動的」（D 訪 20170315）。唯有 C 教師提供學生真實的經驗，即便使用直接教學法，她也會將學生帶出去探查校園植物，賦予學

生探查的任務。C 教師知道不同年段的學生可以要求不同的任務，「到戶外找尋植物並給予任務，說出植物的部位名稱及說出（找出）其功用，中年級—說出植物部位名稱，高年級—說出（找出）中年級所找尋植物部位的功用」（誌一）。因此，「穩定、安全的教室要求」成為個案教師在自然課常見的期待。

（二）無法同時滿足中高年級的課程需求，主要參考普通班中年級的課程與教材

在第一次會議，我們討論到教師要如何呼應集中式特教班跨齡且適齡的學生需求，以及主要參考哪些教材時，個案教師都表示大多採用團體教學的上課形式，若要同時符合三個學習階段學生的課程需求，難度實在太高。因此，他們最常選用中年級課程，上課的題材會參考普通班的課本與教師手冊，偶爾查閱網路資源（會 20170311）。

A：雖然知道特教學生的 IEP 要盡量適齡，可是也沒有人可以討論，除了

看普通班課本，我們可以獲得的資訊有限。（會 20170311-1）

B：一開始……能參考的僅有教科書或是上網搜尋相關資料，其實幫助有限，造成在設計過程困難重重。（會 20170311-2）

C：我也想過如何在同單元中給予不同階段學生適當學習內容，比較常見的做法都是參考教科書來進行教學。（會 20170311-3）

D：還是會參考課本，但我們會安排學生有興趣的活動，例如：動物、種綠豆、天氣等，基本上就是實用性高的。（會 20170311-4）

二、教師社群形成初步共識

（一）初步界定的成長方向：跨齡且適齡的課程設計取向、自然領域的有效教學法

從第一次會議討論和第一單元教學影片分析，我們蒐集到目前集中式特教班自然課程設計的需求，以及自然課的教學現況，接著，我們對應本研究目的，界定出教師社群需要聚焦的兩大議題：課程內容和教學法。課程內容是指集中式特教班經常只重視實用的內容，忽略兼顧學業性的內容知識；過度重複的科學內容向度，沒有擴展更多元的向度；很難設計跨齡且適齡的科學課程。教學法是指自然課只有講述、灌輸學生科學知識，如果實施自然科的有效教學法，教室內的學習現況會有什麼改變？

初步聚焦的問題也正呼應過去文獻分析的結果：以往教導中重度障礙學生的科學知識過度聚焦在單一向度「個人和社會觀點的科學」（Science in Personal and Social Perspectives），且多為功能性的內容（Courtade, Spooner, & Browder, 2007; Spooner, DiBiase, & Courtade, 2006）。因此，

學者呼籲應該為重度障礙學生連結適齡的學科內容，且鼓勵老師擴展其他向度。當研究者分享此一國外新知後，個案教師們願意接受新知，並決定不重複研究者提供的範例課程（學科來源：生物），嘗試擴展自編課程的向度。

五位個案教師共自編出 10 個跨齡且適齡的科學課程（表三），每個課程都同時能對應到 108 自然領綱中、高年級的學習重點，適用於集中式特教班中高年級學生團體上課的形式。

雖然國外研究強調教學要對應適齡指標，且目前研究尚未進一步探討特教學生跨齡的需求。因此，研究者直接分享自己去年在跨齡且適齡自然探究課程的研發與教學歷程，並提供教學影片，以及兩個單元的範例課程，當作個案教師的學習鷹架。從訪談可知，研究者分享範例課程可幫助這群個案教師確認專業成長的方向，並凝聚大家的共識。

雖然自然老師在研習中分享普通班的自然教學經驗，但是透過老師（指研究者）分享範例課程的教學研究經驗，更能幫助特教老師轉化到特教班上。……我們也比較清楚要做什麼任務。（A 訪 20180125）

對於探究本位的教學步驟，則因為範例課程有提供具體的 12 個工作分析步驟，對我幫助很大，我比較知道怎麼掌握探究教學。（D 訪 20180201）

對探究教學策略，我比較多的幫助是老師（指研究者）給的經驗分享，具體而且知道進行的步驟。（E 訪 20180126）

（二）社群經營需要共備的機制

跨縣市是我們社群的特色，但教學理念不同卻成了我們專業成長潛在的阻礙，

表三 個案教師發展 10 個適齡且跨齡的科學課程

特教教師	第一個自編課程	學科來源	第二個自編課程	學科來源
A	認識聲音	物理	認識光	物理
B	岩石與礦物	地科	地表變動	地科
C	神奇磁力	物理	空氣與燃燒	化學
D	熱能	化學	發霉現象	化學
E	有趣的力	物理	溶解	化學

因此在社群任務開始前，凝聚共識是需要的。由於研究者和自然專家教師都是社群的帶領者，我們一開始就透過密集性的社群會議，運作出此一社群共備的機制（會 20170301，會 20170304，會 20170311，會 20170315），包含「困難共擔、多元的聯繫管道、一致性資料蒐集方式、成果共享」。我們使用多元通訊方式（LINE、email、Facebook、skype、手機），歡迎個案教師們互通有無，分擔困難和分享成果。而研究者、自然專家教師的通訊，更可滿足特教教師即時諮詢的需求。

三、成長方案對個案教師初期的影響

（一）教師初始於慌亂中完成探究教學，成長方案改變其教學流暢性

為了讓個案教師們先嘗試實施探究本位教學法，成長方案並非先讓個案教師們開始自編課程，而是先使用研究者提供的範例課程，包括「探究本位工作分析表（12 個工作分析步驟）、教案、教具（圖片、海報、拼圖）、評量單、探究學習單、影片」等，希望藉此讓個案教師專心聚焦在探究教學上。第一次運作時，四位個案教師仍提出對探究教學的掌握不佳，反映內心急著把教學步驟

走一遍的困境。探究原因發現，個案教師不知道如何分配跨齡學生的回應和操作機會，以及當操作機會變多了，教學秩序容易混亂。然而，只有 D 因其班級沒有跨齡的孩童，班級人數也少（兩位），認為探究本位工作分析表非常結構性地協助他第一次就完成探究教學課程。

當開始執行探究本位教學法時，還是很不流暢，連特教班搭檔也質疑這種教學法，記得動物（單元）第一堂課結束後，我的搭檔與助理阿姨都問我這樣的流程還要教幾次，感覺上學生的臉上都充滿困惑。（A 訪 20170530）

我發現要使用探究法進行教學，學生要操作教材教具超豐富多樣的，我會有入手問題，在課堂手忙腳亂，以及低組學生（聽障、自閉症）學生在預測、填寫學習單上較需要一對一指導。（B 訪 20170630）

雖然第一節課可以按照範例課程的步驟，但是在引導學生發問和帶領小組討論的技巧仍待加強，而且我急著完成教學流程，等待學生回答和給學生思考時間有限。（C 訪 20170528）

第一次教學，對流程還不是很熟，

教起來很趕，只是把 12 個步驟 run 完。

(E 訪 20171025)。

老師提供的探究本位工作分析表的幫助很大，讓我可以按照步驟來執行探究教學課程。(D 訪 20170530)

A、B、E 主動尋求研究者的個別諮詢(研誌 20170501、20170503、20171001)，討論的問題包括：1. 澄清不同學習階段學生，只需要分配各自階段的回應與操作機會(如：中年級的問題給中年級學生回答)，而非每個步驟都同時要求兩個學習階段學生回應與實作；2. 操作機會雖然增加，但要落實分組操作，且要善用教學助理員的人力；3. 團體上課時要強化團體參與性，盡量要求學生團體回應、訂正，避免太多的一對一指導，把真正需要個別指導的學生分配給教學助理員幫忙。

研究者隔幾天會主動追蹤他們的改善情形，所以了解到個案教師調整的速度很快，五位個案教師在第三次、第四次教學，便可以在上課時間內就完成探究教學的各個步驟，並且也掌握提供學生回應與操作機會的原則。整體上，個案教師的教學變得流暢，B 就指出(誌二)：「本來為了兼顧每位學生都有提問和回應的機會，但卻花費過多教學時間。……後來改用輪流回答的方式，因為我們還會重複教學三次，可以每次教學都換人回答，或者加強教學的對象或是教學重點可以有所不同」。

(二) 成長方案引導教師先關注集中式特教班的一般性教學與評量問題

個案教師的班級仍存在許多老問題：集中式特教班很少執行學業性評量、學生的識字量低、伴隨無口語、伴隨感官障礙等問題。這些問題必須同步解決，成長方案才有可能引導他們自編探究本位的科學課程。五位個

案教師都反映，過去特教班大多使用觀察評量，很少讓特教班學生「考試」，尤其是紙筆評量；而有些特教班學生伴隨無口語、感官障礙等問題，也加劇教師執行探究教學法的挑戰。

關於評量，研究者提出幾點建議：當個案教師報讀後，可以請學生跟讀一次，確認學生真的有聽到題目；或者當學生選完答案後，再跟他確認一次；將評量題目的選項製作成圖卡，讓學生自己擺放選項位置，提升聽選項的專心度；觀察學生在課程實施期間的形成性評量，確認學生是否習得。

我發現小杰(化名)和小軒(化名)常選擇最後一個聽到的答案時，我先跟老師討論，後來老師建議調整評量方式，故後來我會以口語提問後，再次跟小杰確認答案。……後面幾次測驗，這樣的情形變少了，他們會仔細聽題，再針對題目去找答案，不會只選第三個，且正確率約八到九成。小軒做了比較不一樣的嘗試，原本只聽教師報讀的題目，改請小軒也要跟著自己閱讀，再圈選出認為正確的答案，等她全部完成後，我去翻閱評量卷後，發現小軒正確率幾乎都是百分之百，非常的厲害。(A 誌二)

集中式特教班很少實施紙筆評量，即使題目調整為圖示，也對學生太抽象了。(E 誌一)

小汰(化名)評量的問題，是他的選項永遠是最後一個選項，……經過和老師討論後，老師建議用圖卡，讓學生自己擺放圖卡，但是不是依序放，……我自己又改成讓學生拼貼出植物的部位，班上二位自閉症的學生透過動手操作方式，可以把植物的各部位大部分正

確拼貼出來，但是課程結束後，回到紙本的測驗，他們仍無法正確指出答案。後來，老師希望我也把形成性評量的觀察也記下來，證明他們有立即性學會概念知識。（E 誌一）

無口語和感官障礙學生需要輔具協助，即使來不及申請電子語音溝通板，也建議教師先讓學生用指認圖形方式，提升學生參與探究課程。

一開始，班上聽障生參與探究課程是有困難的，我有聽老師建議在黑板上大量運用視覺提示，盡量要求她回應，她是有跟著做，但是我無法確定伴隨認知障礙的她是否有理解其意。（B 訪 20180210）

有發表、回答的部分對目前自閉症學生的能力有困難，在唸讀課文這部分也是，在觀察後的比較異同上也很難回答。後來，老師為我的學生設計溝通板……。（E 誌一）

（三）實施探究教學初期，先以提升學生的參與動機，並為學生建立異同比較和討論技能為主

解決了新舊問題引起的「兵荒馬亂」，個案教師已看到探究教學造成學生的改變：操作與觀察增加，提升了學生的學習動機；教學流程變得結構化，提高了學生參與度；教師問答的流暢度提高，增進了學生回應的效率和正確性；比較異同的步驟出現，幫助學生建立了分析與統整的能力，學生也因此學會了分組討論和發表。

經過動手操作，學生比較有動物異同的概念，……。有學生甚至第一次就出現分析和比較表現……到了第三次教學，學生已逐漸熟悉探究課程模式及內容，比較能投入討論及發表。……

這次教學，發現小杰會開始主動舉手發表，因為平常他較少主動舉手，提問時也多回答不知道，但是這次我是明顯看到他的進步了。（A 訪 20170530）

令我驚喜的是，自閉症學生後來也能在步驟內做出正確反應，像是如果要寫學習單的時候，他也會知道要拿筆起來寫，也會主動伸出手向老師求救，後來比較有融入於課堂中。（B 訪 20170630）

小組討論技巧有進步，且隨著逐漸熟悉課程模式及內容，較能投入討論及發表。（C 誌二）

我會帶著他們從影片和教具中進行動物的觀察、比較、分析和統整……與植物單元（第一單元）的學習過程比較，會發現學生從課程動機、反應速度、好奇疑問與反應正確性都比植物單元高出許多……。（D 訪 20170530）

我看學生的反應，覺得智能障礙學生（小昆，化名）比較有感，小汰和小垵（化名），因為在中間比較異同時，必須是找出相同及相異的外型特徵時，有操作，他們比較有感，小昆很明顯的進步反映在評量上。（E 訪 20171025）

（四）特教教師仍欠缺帶領學生提問與預測的技巧

範例課程加上探究教學法的操作，只讓個案教師增進動手操作步驟的流暢性，對探究教學強調「學生對好奇現象提問、連結舊經驗進行預測，如何解釋預測」等過程，教師們仍感到困難。研究者此時發現：在詢問學生為什麼、引導學生提問、預測、解釋預測、校正預測等，是個案教師熟悉探究教學初期較容易忽視的步驟。

我在引導學生提問問題方面，雖

然我有給學生提示，他們還是只有仿說或說出簡單句提問。……在帶學生預測部分，我發現學生不太能自己解釋答案……。 (A 誌二)

……聽障、自閉症這兩種障礙類別是較為困擾的，還在捉摸如何讓他們預測提問。 (B 誌二)

透過範例課程的引導，我知道探究教學就是透過動手操作、搭配提問、預測、討論、假設驗證等歷程，來加深原理概念的掌握，……但是我在引導學生發問技巧仍待加強……。 (C 誌二)

四、專業成長方案幫助個案教師克服自編探究課程的困難與需求

(一) 自編探究課程才是個案教師專業成長的真正挑戰

第三單元是個案教師們的第一個自編課程，為了讓第三單元可以順利銜接第二單元結束後，個案教師們在實施第二單元之際，便要開始著手發展自編的探究課程。然而，當開始自編課程時，自己才深刻體會到課程設計的挑戰，A 師表示：「因為要搭配探究教學的步驟，……，需要花較多時間轉換，特別是對有些較抽象的概念」。E 師表示：「好難哦，花了一天的時間才寫一部分，很牛步，……」(會 20170503)。B 師第一個自編單元是「岩石與礦物」，她覺得可以了解課程內容的管道太少(網路、書籍)，再加上自己對自然課程的不了解，所以在教學日誌上寫出自編課程需要花長時間思考(B 誌三)。C 師和 D 師也反映即使設計出動手操作的活動，也不知道如何引導學生提問、預測，才能開啟探究歷程。從個案教師們繳交的教案也可以發現，要他們避免一開始就灌輸學生知識，還真的很困難，平常的教學

習慣就是對學生說很多，但很少問學生為什麼(研誌 20171012)。

從自然專家教師的諮詢會議也可發現，個案教師諮詢問題剛開始聚焦在：如何選擇操作活動、有沒有替代性的操作活動、有沒有現成的教材或網路參考資源、確認核心概念的正確性，以及中高年級的跨齡課程的組織性等(會 20170325、20170503、20170610、20170825)。可見，個案教師先尋求專家教師的幫助是自然學科的內容知識，尚未針對探究教學法進行諮詢。

(二) 方案使用引導式材料、對應問題的解決方式，為個案教師搭起成長的鷹架

本研究的成長方案提供四個結構化的表單協助個案教師，包括：表一是对應適齡的自然領綱的核心概念表、表二是对應核心概念的教學重點表、表三是探究本位工作分析表、表四是对應教學重點的評量題目表。這些表單不僅可以結構性地引導個案教師發展適齡且跨齡的探究課程，也讓研究者可以快速診斷他們的需求。例如：透過這些表單的專家審查意見，可以進一步發現，個案教師最有困難的課程發展步驟：「4. 詢問學生他們想要發現(查明)什麼，引導他們想要問什麼問題?」、「5. 鼓勵學生去預測、引導學生去解釋」、「9. (如果可能)測試解釋，並校正自己的預測或解釋」。

接著，共通性的問題便形成專家諮詢會議的案由，以利共同解決問題。再者，研究團隊也會再寄給個案教師個別的教學影片分析報告，內容包括用數據呈現出 12 個探究教學步驟的獨立(代碼 I)、錯誤(代碼 E)、省略(代碼 O)之檢核結果，以及針對錯誤和省略步驟提出問題分析與建議。後續，研究者也會繼續追蹤這些個別性問題，以利提供個別性的指導。

因此，透過結構化的引導材料、具問題

解決取向的專家諮詢會議、個別化的教學分析報告，以及個別諮詢指導等鷹架，比較能回應個案教師自編探究課程的需求。

與老師（指研究者）的個別諮詢指導，讓我在探究設計上能夠更加結構，也知道要怎麼調整修改，讓整個課程能讓每個學生都受益。（A 訪 20180125）

即使參考老師的示範課程進行改編，過程中是瓶頸不斷，慶幸有疑問老師（研究者）都會帶著我們一步一步修改，找出不合邏輯或是缺少探究的部分，再一起討論應該如何教……。（B 誌三）

C：除了建議可以納入的教學活動、實驗、教具之外，與自然專家老師討論會議幫助我更熟悉探究教學步驟……。（會 20180125）

自然老師在協助自己發展探究教學課程，對學生探究動機有幫助……（D 誌三）

對探究教學策略，我比較多的幫助是老師（研究者）給的經驗分享，具體而且知道進行的步驟。（E 訪 20170610）

五、成長方案再次調整策略後，個案教師的探究教學實施不僅改變學生，也轉變自己

（一）學生開始發展科學探究的過程技能，其學習成效也佳

1. 個案教師用實際物品、現象、操作實驗先開啟特教學生的好奇心

從個案教師後續的教學影片可以發現，從一開始的材料準備就有別於過去的教學法，他們會盡量提供最具體的材料，讓學生親自體驗或親自觀察，再透過教師提問技巧的進步，漸漸開啟學生們的好奇心和主動性。

老師準備一個大黑色塑膠袋，請學生鑽進去看東西，接著問學生：你們有看到東西嗎？學生說沒有，老師問：為什麼黑色塑膠袋裡面看不到？接著又拿出雷射筆射出光束，問學生：這是什麼？學生說不知道，有的回答紅色的。老師請學生來按按看，學生很高興上台來操作。老師問：為什麼光線射出來是直線的？不是歪歪的？學生說不知道。老師說：如果不知道，應該要問什麼問題？接著，老師提供一個句型：我想知道……，請大家都要一個一個上台練習發問問題。有的學生上台後自己已經可以說出我想知道為什麼光線是直線的。（A 影四）

老師先揭示今天課堂上要上的是岩石單元，接著老師先拿各種岩石讓學生摸摸看，詢問摸起來怎麼樣？學生回答：有的硬硬的、有的刺刺的、有的黏黏的。老師接著貼出三張圖片——岩石、沙、土壤，問學生這些是什麼東西？學生有的回答沙子、土壤，但不會回答岩石。老師繼續問：知道這些東西有什麼不同特徵嗎？學生回答：不知道。老師問：那你們最想要知道哪一個的特徵？學生舉手，老師請舉手學生上台來選想要認識的圖片，並且學生要練習問：我想知道岩石有什麼特徵？（B 影三）

個案教師自己也觀察到學生對實際物品、材料、現象所引發的好奇心和參與興趣，例如：

我很擔心這個單元（岩石與礦物）學生沒有興趣，為了讓學生能對岩石礦物加深印象，老師（研究者）幫我採購岩石盒和放大鏡，讓學生利用放大鏡來觀察，或是透過影片來呈現岩石形成的

原因。……透過探究找線索，學生對此感到新奇而提升學習動機。(B誌三)

他們的好奇心及發問能力是有提升……學生對內容很常應用在生活中，在下課時間看到某些動物圖片，會主動說一些相關概念或問一些問題……。

(D誌二)

印象最深刻的是，當第一次加入酸鹼指示劑到醋中，變色的那一剎那，小安吃驚地大叫一聲，如果她可以用言語來形容，我相信她一定會說：傑克，這太神奇了！(E訪20180120)

2. 探究教學能促進特教學生發現問題、預測、解釋的能力

從教學影片可以看到，當個案教師有正確執行出探究教學步驟，以及能為學生提供口語示範、視覺提示、或立即校正等教學策略，學生們便可以有很大的進步。例如：

(1) 教師引導學生提出想要探究問題

老師把吸管放在水族箱，請學生觀察，先請小菲(化名)說說看，你覺得什麼地方不一樣？老師手指著吸管處。小菲說：我想要知道為什麼吸管會變短(在講吸管前有些停頓，經由教師比吸管的動作隨即能完整說出了。(A影四)

老師詢問學生有沒有什麼問題想要知道的，或是你不知道的東西，小瑋(化名)舉手說出：我想知道這個東西(指著電磁鐵)，於是，教師問小瑋這個東西怎麼樣啊？要說清楚、說完整一點。小瑋回答是什麼，因此，教師問小瑋，你想知道這個裝置叫什麼名稱，是不是？小瑋說：對。(C影三)

(2) 學生能試圖解釋猜測(假設)

……因此，老師問小威為什麼會猜這個答案，小威回答空氣被，然後

就說不出來，於是老師提示小威第一個字——「擠」，小威回答：被擠壓，接著，教師繼續問：被擠壓的時候會怎麼樣？，小威回答：飛出去，而教師又問他擠壓會產生了什麼？小威說：推力。

(C影四)

(3) 學生能解釋觀察和操作後的現象

做實驗時，老師問：你們看到什麼(其他學生回答吸管變短了)，老師繼續問：為什麼吸管會變短？全班多數學生說：因為折射的時候。(A影四)

做實驗時，老師詢問學生：為什麼指北針靜止的時候會指向南北方，由於都沒有學生回答，因此，教師提示學生指北針是受什麼的影響？小瑋舉手回答地球的，小瑋停住了，於是教師給小瑋選項來選擇——地球的拉力、地球的自轉、還是地球的磁場，小瑋回答出：磁場。(C影三)

(4) 學生能報告操作後的發現

老師請小縣(化名)起來報告學習單結果(用圈選項的方式)，小縣站起來拿著學習單，老師問：吐司為什麼會發霉？小縣說：是因為溫度和潮濕，老師說：也可以說濕度。(D影四)

老師詢問學生：剛剛我們在教室走路來找東西，這些東西的表示方法有什麼？，阿昆(化名)回答：方向，接著，教師繼續問阿昆：還有呢？，阿昆回答：距離。老師接著再請全班一起唸一次：物體的表示方法有距離跟方向。(E影三)

個案教師在會議上也分享學生的進步，包括有些學生發展出主動性提問，取代了仿說，透過實作來驗證核心概念，並且試著解

釋觀察到的發現（會 20180125）。此外，我們從個案教師的教學日誌，更可以發現老師的「教學有感」。

……後兩次的教學，……其中又以班上小軒的表現更是讓我驚豔，她回答反射後，我請她可不可以再說得更清楚些，她竟然可以接著說：因為光射到鏡子彈回來，所以可以看到自己。（A 誌四）。

由於後來每堂課的探究教學節奏都相同，學生對於寫學習單練習預測、自我訂正改學習單的部分都十分熟悉且期待。（B 誌四）

學生在提問問題部份有較昨天進步，雖然問題有時會重複，但會主動舉手表達……這是一種以學生為本位的教學法……學生操作實驗後能回來驗證先前的假設。（C 誌四）

3. 探究教學能強化特教學生的觀察能力

透過動手操作來發現科學事實，應是最受學生歡迎的元素，但是研究團隊希望個案教師除了要提供操作機會之外，還要引導學生進行異同的比較，以強化觀察能力，幫助他們界定科學概念。

（1）探究教學法的比較異同步驟可以強化學生的科學概念

學生十分喜歡「調查與描述關係」這個探究步驟，因為我將此步驟稱為「當柯南偵探」，要來找出線索找答案，……，其中要動手觀察出相同與相異處，也讓他們瘋狂，很認真投入於其中，整體而言，這樣的探究本位工作分析教學法是受到學生歡迎的。（B 誌四）

……動物形體學生很容易投射在自身，也就是學比較容易與自己的經驗結

合，例如學生會在內心比較鳥類能飛與自身不能飛差異在哪？（D 誌二）

……再加上和老師討論完後，做了調整，我把比較異同的部分結合海報，用圖卡的方式做紀錄，小安（自閉症）和小汰（自閉症）的參與度有很大的提升。（E 誌四）

（2）個案教師使用各種方法凸顯觀察的特徵，為特教學生建構科學概念提供鷹架

方位對三個學生而言，是很抽象的，尤其是前後左右語文的理解要和方位連結在一起，他們就搞不清楚，再加上方位有和目標物同一邊及在對面，左右顛倒的概念也要理解，……；而離幾步遠，對他們而言，又多了數學的障礙，如小坤數完三，可能會回答有五步遠，……所以我在地上放了巧拼墊，用視覺的提示來讓他們可以有具體數「步」的提示，這個方法還不錯，他們可以很清楚了解幾步……。（E 訪 20180120）

因為要麵粉沉澱需要時間，第二次教學我先讓麵粉在水中靜置一天，在操作完後，有技巧地把它調換，讓他們了解不溶解就是杯中會有沉澱物的概念，……第三次教學時，我在麵粉偷偷加入 BB 彈，每個學生都很努力的攪拌，……在攪拌過程中一直發出珠子的聲音，那種攪不勻的感覺很具體，……小安直接拿起「不溶解」的圖卡，說「NO」，小安的反應很令人驚豔！（E 訪 20180120）

4. 個案教師實施探究教學法能提升特教學生的類化、保留的能力

類化與保留能力差是 SCD 學生常見的學

習困難，然而，探究教學讓個案教師看到學生能在生活中說出專有名詞，也能說出科學概念，還能連結不同的生活經驗，更有教師觀察到保留成效，甚至認為學生即使遺忘，也很容易喚回記憶。

我原先認為固體、液體與氣體、真空這些名詞對學生來說太抽象，……記得那時數學課在教容量，學生看到瓶瓶罐罐內的飲料、水，「液體」兩個字很自然而然地從他們的口中脫口而出。（A 誌三）

C：學生是可以類化到生活經驗，我教完空氣單元後，學生可以類化到氣球的使用經驗。（會 20180125）

在下課時間看到某些動物圖片，會主動說一些相關概念……。（D 誌二）

……與過往自然課的制式教學上，我認為最大差異上是學生思考與概念保留的能力有增長，即便是課程結束過三個月之久，只要再經過一節課複習或是間隔數週的課程複習，學生對概念的正確率會提升很快！（D 誌四）

5. 個案教師為特教生繞過低識字量的障礙，讓他們也能在探究過程中做紀錄

盡量讓特教生親自做實驗，也是個案教師們此次突破的地方，但是做完實驗，我們希望學生也要記錄操作後的發現，然而，特教班學生多數不識字或識字量低，形成實驗記錄的阻礙。我們一起克服了這個問題，包括把需要書寫的文字變圖示，把預設的答案變選項，除了紙筆方式，更提供圈選、指認、張貼等方式，讓特教生繞過障礙，也能展現潛能。

……A 反思到應該為學生提供動手記錄的經驗，於是進一步與我討論探究活動紀錄單的設計，但受限於多數集中式特教班學生的低識字量，如何設計紙

筆形式的紀錄單，確實是一個大挑戰，後來我們善用了圖示、圈選、指認的方式，繞過需要識字和書寫的記錄方式。（研誌 20170903）

我和 E 一起討論到，學生如果可以在這單元做紀錄，效果會更好，我先初步做一個學習單範例，把所有預設的答案變成圈選的選項，學生只要圈選出觀察的結果。然而，E 說她的學生幾乎沒有拿筆書寫的經驗，所以她自己把選項改為魔鬼氈的教具，以撕貼方式記錄觀察的結果。（研誌 20170903）

（二）個案教師提高了對特教學生的學業期待，自己對探究教學的概念也隨之改變

參加專業成長方案前，有些個案教師對探究教學法抱持著懷疑，認為這是一種針對資優生的教學法，即使有些教師一開始對探究教學法抱有信心，但是也擔心非自然科背景無法勝任。但後來透過專業成長方案的增能，看到學生們的變化，認為探究教學法是一種培養問題解決能力的方法，可以促進學生思考能力，提問與假設驗證是重要的步驟，個案教師們一改過去認為探究教學法等於動手操作的觀念。

剛開始會認為這是一種針對資優生的教學法，學生要很聰明才能夠適應這種教學法，特教班學生的基本能力不好，會限制這種教學法……。現在會認為探究教學是盡量要讓學生對自然現象有好奇心、鼓勵他們要主動提問和探詢、可以發表自己的發現或操作結果，這是一種培養特教班學生解決問題能力的教學法。（A 訪 20180218）

剛開始，覺得探究教學法要花費的教學時間和人力很多，也要準備很多教具。……到了第四單元（地表變動），我和學生都熟悉了探究教學法，讓我

滿意的是學生在預測、校正預測和動手蒐集資訊進步最多。(B訪20180210)

一開始，C師認為，「探究教學是一種重視動手操作的教學法」(C訪20170304)，後來認為「探究本位的教學法不只有操作而已，還有討論、提問、假設驗證的歷程，才能加深原理概念」(C訪20180125)。

一開始，D師認為，「探究教學應該從問題布題開始」(會20170311)，後來發現「透過實驗前的預測與實驗結果修正，的確有效培養學生思考能力」(D誌三)

一開始，E師認為，「探究教學法和以往的教學法很不同，要一直拋問題給學生，卻不能回答，而是引導他們去思考，引發好奇，感覺很不一樣，會擔心學生的反應，卻也想是否會有不一樣的結果。……但會擔心自己對科學領域的概念錯誤，而引導錯誤……」(E訪20170610)，後來認為「學生是可以習得探究技巧，包括：操作實驗、觀察比較，尤其是比較異同的步驟對學生很好，學生透過操作，矯正錯誤的概念。最大成就是看到學生的好奇心，做實驗的時候，自閉症學生有出現對實驗的好奇心」(E訪20180125)。

六、研究者對科學探究專業成長方案的反思

(一) 初期要解決集中式特教班的學習與評量問題，並提供普通課程的調整策略給個案教師，讓他們能順利克服新舊挑戰

本研究發現，成長方案初期要支持的不只是探究教學法的問題，而是特教老師們教學的「老」問題，因為特教班學生有高比例會伴隨口語、感官障礙、肢體障礙等問題，這些都會增加特教教師實施探究教學法的挑

戰。Courtade 等人(2010)曾提出比起一般性團體工作坊，特教教師可能需要更密集的專業發展。在本研究中，可以看到個案教師們一開始需要解決集中特教班教室管理的問題，這些都是每天需要面對的問題，卻仍是一直存在著的教學挑戰。過去研究也顯示，普通教師的探究教學訓練也會出現類似的阻礙，例如：缺乏時間、將學生的學習問題轉向到學生身上(Keys & Kennedy, 1999)，教室管理問題、學生能力問題等(Roehrig & Luft, 2004)。由此可知，特教教師和普通教師一樣都會經歷相似的困難，但是又需要克服特教班學生的學習和評量之挑戰。

截至目前為止，為教導SCD學生的特教教師辦理科學專業成長方案的研究不多，Courtade 等人(2010)是第一篇實證研究，雖然看不到特教教師科學教學成長的質性歷程，但他們在基線期之前，也是先辦理一日工作坊，這個工作坊的其中一個教學主題便是提供如何讓SCD學生使用普通課程，教導的策略包括調適、調整、系統化的教學程序、使用功能性活動、使用科技，但是從該研究結果無法看到特教教師們在一日工作坊的獲益情形。然而，這些主題恰好印證本研究中個案教師們一開始的成長需求，由於他們在師培過程尚未學習到普通課程調整的觀念與做法，故會面臨雙重的挑戰(普通課程調整、探究教學法)，所以本研究也為個案教師辦理一日工作坊，主題包括自然科學與普通課程調整。從個案教師們的回饋可以得知，這個工作坊只是幫助他們打開專業成長的序幕，後續仍非常需要多元的支持，才能夠幫助他們繼續往前進。

研究者在成長方案中扮演著個別性支持與立即性服務的角色，尤其是在為重度障礙學生使用普通課程的調整策略方面，包括運用電話、書信、通訊軟體的個別指導方式，

以及研究者過去的教學影片的示範說明、到教學現場提供個別示範等。從個案教師們的回饋可以得知，這些方式能有效解決個案教師們的需求。這一點與過去普通教師的科學教學訓練研究有所不同，普通教師常仰賴的指導方式為教師小組討論方式（如：陳均伊，2010；Hogan & Berkowitz, 2000; Shepardson et al., 2003），透過互相研討的方式，鼓勵小組內教師要互相提供觀點回饋。然而，從過去兩篇指導特教教師的相關研究（Courtade et al., 2010; Mulvey et al., 2016）可以發現，特教教師被強調需要影片示範和個別立即性回饋（教導），包括從個別的教學錄影和反省文件提供改善的建議。這或許也可以說明，特教教師的教學挑戰比較複雜，加上特教教師的普通課程教學經驗也不足，如果只有仰賴小組內的回饋，可能效果有限，但如果再增加外部力量的個別性支持，以及立即性的校正回饋，可以穩固他們剛剛萌芽的成長經驗。

（二）專業成長方案立基在過去實證研究結果之上，重點在提供個案教師教學範例、教學模板、跨領域教師社群的支持和討論

分析五位個案教師對探究教學感到困難的步驟，包括引導學生提問、預測、解釋預測、校正預測等步驟。從這些困難之處可以發現，特教教師的提問技巧是關鍵的因素，因此加強特教教師的提問技巧，便是後期成長方案提供教師協助的焦點。過去，普通科學教育領域也肯定教師提問的功能，認為教師提問可以評量學生先前概念、引導進行探究教學時，教師以提問展現其思考問題的焦點與方式，可以讓學生從中學習進行科學探究的方式、學生討論，以及協助學生形成結論等功能（陳均伊、張惠博，2008；Carin, Bass, & Contant, 2005）。然而，特教教學方

法比較強調教師要高結構性傳遞知識，更何況，還要再透過教師提問，去引導學生提問出想要探究的議題，因此有別於他們過去的教學經驗，也是本研究要克服的地方。

從過去研究可以發現，即使是普通學生也很少會主動提問，也不知道要問什麼問題，因此陳均伊與張惠博（2008）的研究便設計多元活動來引發學生提問的行為，包括教師將問題私下告訴一位學生，由他做提問，希望帶動同學提問的氣氛，或者教師示範性地提出一些問題，提醒學生應注意的重點。再者，普通科學教育研究也會提到，可以把教師當作學生，實際讓他們參與探究式教學活動，由研究者示範提問的技巧，讓教師體驗探究教學法所帶來的好處（如：陳均伊，2010；Krall, Straley, Shafer, & Osborn, 2009; Owens & Helfer, 2008; Shepardson et al., 2003）。然而，過去探討特教教師的科學教學在職訓練研究（Courtade et al., 2010; Mulvey et al., 2016），只有提到邀請科學教師參加一日工作坊，以及提到多與科學教師溝通，沒有進一步討論如何應用科學教師的角色。本研究延伸過去的實證，也讓個案教師們在教案中先練習發展出教師提問的問題，再經由專家審核修正，並透過團體性的諮詢會議（跨領域教師社群）、個別性的指導，協助個案教師們發展出有技巧的教師提問方式，進而引導出學生的提問技巧。跨領域教師社群也正接軌著十二年國教總綱對教師專業發展的呼籲，本研究讓特教教師體驗到跨領域教師社群較能提供持續性的支持，有利於持續解決特教教師的教學困難。

再者，過去研究也顯示，教學範例或實例分享經常是在職教師訓練方案的有效元素（如：陳均伊，2010；Mulvey et al., 2016），有的研究甚至能發展指導手冊與教學影片（Courtade et al., 2010）。和過去研究

一樣的是，本研究也提供教學範例，而且是研究者自己的教學實例，內容包括教案、教具、教學影片、學習單與評量卷。此外，本研究更提供教學模板，包括探究教學的教案模板（探究本位工作分析表）和探究學習單模板，目的是希望為非科學教育背景出身的特教教師搭起結構式的鷹架，教學模版除了各種表單，也會有表單內容的指導說明。從研究結果來看，特教教師很需要具體且結構化的引導材料，也有助於後續的個別指導。

（三）特教教師實施探究教學後發現自閉症學生難以完全參與探究的所有步驟

過去教導重度障礙學生學習科學探究的相關研究中，研究對象少有自閉症，然而，由於本研究的執行場域皆為個案教師的實際班級，五個班級中就有三個班級發現自閉症學生參與探究教學課程的挑戰（另外兩個班級是該學年度沒有自閉症學生、另一班級則是輕度自閉症），因此，本研究也很難從過去的教學研究獲得較多的實證建議。研究者觀察個案教師指導自閉症的探究教學歷程，確實感到特別困難，即使研究團隊已經提供結構化的探究引導，增加圖示組織和具體表徵，從個案教師的教學影片可以觀察到自閉症學生較難投入提問、預測、校正預測的步驟。而從個案教師的訪談、日誌也有相同的訊息。

觀察自閉症學生在課堂的表現，即使他們可以投入操作活動，也有主動舉手的意願，但是他常是單向式的對話，……在提問問題時需給予大量的口語提示，……他也沒有辦法可以預測，沒有猜想的能力……。 (C 訪 20171225)

自閉症在提問、預測上有極大的困難，……他們很「無感」……。 (E 誌

二)

因此，值得研究者再繼續思考的是，假若探究本位教學課程能使多數特教班學生獲益，當教師執行探究本位團體課程時，又該如何顧及自閉症學生的學習需求，未來研究可繼續探討教學實證。

結論與建議

一、研究結論

參與本研究的五位特教教師，在經歷「探究教學」為主的專業成長方案後，其教學多能符合探究教學的特徵，且能促進特教學生的上課參與度和部分與探究有關的能力。由此可見，本研究設計的專業成長方案，在提供教師多元的支持鷹架之下，對於特教教師實踐探究教學有實質的助益。而且當特教教師對科學探究的了解、探究教學的實踐能力都提升了，也能更實質地幫助學生習得科學探究的相關能力。然而，對探究教學的精熟並非一朝一夕的。在經過一年半的探究教學實踐後，五位特教教師在探究教學上仍需要再繼續精進，「引導學生提問、預測、解釋預測、校正預測」等步驟，才能愈來愈熟練；而學生方面，並非所有類型的特教學生都適合或都能適應探究教學，例如自閉症學生即是一例。

二、建議

根據研究結果，本研究針對非主修科學的特教教師，在實踐科學探究教學提出下列在職師資培育、課程和未來研究上的相關建議：

在職師資培育方面，本研究建議未來針對特教教師舉辦的科學探究教學專業成長方

案，可以依據特教教師本身具備的科學探究教學之先備知能與學生需求，將方案中的課程分為初階和進階，並提供多元的具體策略和方法、引導式材料（探究教學的教學模板、教學範例、教學影片等）作為鷹架，系統性地支持教師實踐科學探究教學。同時，借助不同專業背景組成成員的社群力量，例如納入學科專家、特教學者、優秀資深自然科教師等，讓特教教師有機會透過觀摩、討論、專業諮詢、經驗相互交流的管道，加強探究教學之專業能力

而符合不同類型的特教學生之科學探究課程，仍有待設計和開發。本研究發展的探究課程已能讓中重度認知障礙學生參與探究過程，即使伴隨識字困難，仍可以介入圖示組織、具體操作、具體表徵等策略，繞過基本能力的限制。然而，集中式特教班的科學探究仍有一些特殊性的教學挑戰，包括自閉症很難進行預測，多數學生伴隨口語困難，因此，建議未來研究可以繼續探討科學成長方案要提供何種增能策略，以進一步克服特殊學生更嚴重程度的障礙限制。

至於研究上，由於本研究聚焦在特教教師參與探究教學成長方案的歷程與實踐後的變化，對學生端的學習成果評量僅蒐集單元評量單，未來研究可以繼續蒐集學生學習的歷程性成效；再者，雖然本研究已從團隊會議討論去了解特教教師的科學教學經驗，但並沒有真正測量特教教師的自然科的內容知識或教學效能，未來研究可以再探討不同知識類型或教學效能類型的特教教師應該要如何提供專業成長方案。

參考文獻

教育部（2003）：國民中小學九年一貫課

程綱要「自然與生活科技領域」。臺北：作者。[Ministry of Education. (2003). *Grade 1-9 curriculum guidelines- Science and technology*. Taipei, Taiwan: Author.]

教育部（2013）：科學教育白皮書。臺北：作者。[Ministry of Education. (2013). *An overview on the Ministry of Education's white paper for science education*. Taipei, Taiwan: Author.]

教育部（2013）：十二年國民基本教育課程綱要總綱。臺北：作者。[Ministry of Education. (2013). *The curriculum guidelines of 12-year basic education-General guidelines*. Taipei, Taiwan: Author.]

陳均伊（2010）：教師專業成長之個案研究：一位國中自然教師探究教學觀點的轉變。教育科學研究期刊，55（2），233-264。[Chen, Jun-Yi (2010). A case study of a teacher's professional development: A junior high school teacher's views on inquiry teaching. *Journal of Research in Education Sciences*, 55(2), 233-264.]

陳均伊、張惠博（2008）：一位化學老師實施探究教學的歷程與省思之個案研究——以「火山爆發」教學活動為例。師大學報：科學教育類，53（2），91-123。[Chen, Jun-Yi, & Chang, Huey-Por (2008). A Case Study of Investigating a Chemistry Teacher's Practice and Reflection on Implementing Inquiry Teaching: An Activity of the Volcanic Eruption. *Journal of National Taiwan Normal University: Mathematics & Science Education*, 53(2), 91-123.] doi:10.6300/JNTNU.2008.53(2).04

- 黃滄翔、高慧蓮、陳淑敏、黃楸萍 (2012) : 教師實務社群專業成長研究——以小學科學探究教學為例。現代桃花源學刊, 2, 47-64。[Huang, Pai-shiang, Kao, Huey-Lien, Chen, Shu-min, & Huang, Cho-Pin (2012). The research on teacher professional development for a teacher professional community -A science inquiry teaching in a primary school. *Modern Taohuayuan Journal*, 2, 47-64.]
- Bogdan, R. C., & Biklen, S. K. (2007). *Qualitative research for education: An introduction to theory and methods* (5th Ed.). Boston, MA: Allyn & Bacon.
- Browder, D. M., Spooner, F., Wakeman, S., Trela, K., & Baker, J. N. (2006). Aligning Instruction with Academic Content Standards: Finding the Link. *Research & Practice for Persons with Severe Disabilities*, 31(4), 309-321. doi:10.1177/154079690603100404
- Bybee, R. W., & Trowbridge, J. H. (1990). *Applying standards-based constructivism: A two-step guide for motivating students*. New York, NY: Cambridge University Press.
- Carin, A. A., Bass, J. E., & Contant, T. L. (2005). *Teaching science as inquiry* (10th ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson Education.
- Choi, S., & Ramsey, J. (2009). Constructing Elementary Teachers' Beliefs, Attitudes, and Practical Knowledge Through an Inquiry-Based Elementary Science Course. *School Science and Mathematics*, 109(6), 313-324.
- Cooper-Duffy, K., & Perlmutter, D. G. (2006). Developing math and science skills in general education contexts. In D. M. Browder & F. S. Spooner (Eds.), *Teaching language Arts, math, & Science to students with significant cognitive disabilities* (pp. 245-265). Baltimore, MD: Paul H. Brookes.
- Courtade, G. R., Browder, D. M., Spooner, F., & DiBiase, W. (2010). Training teachers to use an inquiry-based task analysis to teach science to students with moderate and severe disabilities. *Education and Training in Autism and Developmental Disabilities*, 45, 378-399.
- Courtade, G., Spooner, F., & Browder, D. M. (2007). Review of Studies with Students with Significant Cognitive Disabilities Which Link to Science Standards. *Research and Practice for Persons with Severe Disabilities*, 32(1), 43-49. doi:10.2511/rpsd.32.1.43
- Courtade, G., Spooner, F., Browder, D., & Jimenez, B. (2012). Seven reasons to promote standards-based instruction for students with wevere disabilities: A reply to Ayres, Lowrey, Douglas, & Sievers (2011). *Education and Training in Autism and Developmental Disabilities*, 47(1), 3-13.
- Hogan, K., & Berkowitz, A. R. (2000). Teachers as Inquiry Learners. *Journal of Science Teacher Education*, 11(1), 1-25. doi:10.1023/A:1009468730080
- Jimenez, B. A., Browder, D. M., Spooner, F., & Oibiase, W. (2012). Inclusive Inquiry Science Using Peer-Mediated Embedded

- Instruction for Students with Moderate Intellectual Disability. *Exceptional Children*, 78(3), 301-317.
- Kapanadze, M., Bolte, C., Schneider, V., & Slovinsky, E. (2015). Enhancing science teachers' continuous professional development in the field of inquiry based science education. *Journal of Baltic Science Education*, 14(2), 254-266.
- Kim, M., & Tan, A.-L. (2011). Rethinking Difficulties of Teaching InquiryBased Practical Work: Stories from elementary pre-service teachers. *International Journal of Science Education*, 33(4), 465-486. doi:10.1080/09500691003639913
- Keys, C. W., & Kennedy, V. (1999). Understanding Inquiry Science Teaching in Context: A Case Study of an Elementary Teacher. *Journal of Science Teacher Education*, 10(4), 315-333. doi:10.1023/A:1009406511999
- Knight, V. F., Spooner, F., Browder, D. M., Smith, B. R., & Wood, C. L. (2013). Using Systematic Instruction and Graphic Organizers to Teach Science Concepts to Students With Autism Spectrum Disorders and Intellectual Disability. *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities*, 28(2), 115-126. doi:10.1177/1088357612475301
- Krall, R. M., Straley, J. P., Shafer, S. A., & Osborn, J. L. (2009). Hands-on at a Distance Evaluation of a Temperature and Heat Distance Learning Course. *Journal of Science Education and Technology*, 18 (2), 173-186.
- Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. Beverly Hills, CA: Sage.
- Magnusson, S. J., & Palincsar, A. S. (1995). The learning environment as a site of science education reform. *Theory into Practice*, 34(1), 43-50. doi:10.1080/00405849509543656
- Martin-Hansen, L. (2002). Defining inquiry: Exploring the many types of inquiry in the science classroom. *Science Teacher*, 69, 34-37.
- Mulvey, B. K., Chiu, J. L., Ghosh, R., & Bell, R.L. (2016). Special education teachers' nature of science instructional experiences. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(4), 554-578. doi:10.1002/tea.21311
- National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Science Teachers Association. (2011). Position statement on scientific inquiry. Retrieved from <http://www.nsta.org/>
- Owens, K. D., & Helfer, C. A. (2008). Akron Global Polymer Academy Outreaches to the Community : Teachers, parents, children. *Journal of Macromolecular Science, Part C: Polymer Reviews*, 48, 610-621. doi:10.1080/15583720802445466
- Roehrig, G. H., & Luft, J. (2004). Constraints experienced by beginning secondary science teachers in implementing scientific inquiry lessons. Research Report. *International Journal of Science Education*, 26(1), 3-24. doi:10.1080/0950069022000070261

- Scruggs, T. E., & Mastropieri, M. A. (1995). Science and students with mental retardation: An analysis of curriculum features and learner characteristics. *Science Education*, 79(3), 251-271. doi:10.1002/sce.3730790303
- Shepardson, D.P., Harbor, J., Bell, C., Meyer, J., Leuenberger, T., Klagges, H., & Burgess, W. (2003). Envision: Teachers as Environmental Scientists. *The Journal of Environmental Education*, 34(2), 8-11. doi:10.1080/00958960309603494
- Spooner, F., DiBiase, W., & Courtade, G. (2006). Science standards and functional skills: Finding the links. In D. Browder & F. Spooner (Eds.), *Teaching language arts, math, and science to students with significant cognitive disabilities* (pp. 229-243). Baltimore, MD: Paul H. Brookes.
- Supovitz, J. A., & Turner, H. M. (2000). The effects of professional development on science teaching practices and classroom culture. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(9), 963-980. doi:10.1002/1098-2736(200011)37:9<963::AID-TEA6>3.0.CO;2-0
- Stake, R. E. (2013). *Multiple case study analysis*. New York, NY: Guilford Press.
- Wee, B., Shepardson, D., Fast, J., & Harbor, J. (2007). Teaching and Learning About Inquiry: Insights and Challenges in Professional Development. *Journal of Science Teacher Education*, 18(1), 63-89. doi:10.1007/s10972-006-9031-6

收稿日期：2019.01.03

接受日期：2019.05.17

Case Study on Self-contained Special Education Classroom Teachers' Professional Development for Scientific Inquiry Teaching

Ya-Ping Wu *

Assistant Professor,
Department of Special Education,
National Chiayi University

Ming-Chung Chen

Professor,
Department of Special Education,
National Chiayi University

ABSTRACT

Purposes: Nationally, preservice teacher education does not emphasize training related to science teaching. However, when teaching in self-contained special education classrooms, teachers must teach science. Furthermore, current in-service teacher training programs are still in the developmental stage; therefore, professional science teaching training programs must be developed for special education teachers. **Methods:** This study adopted a case study methodology to explore the professional knowledge transformation and progress of five special education teachers in self-contained classrooms; the teachers were determined to participate in a scientific inquiry professional development program. Data were analyzed through cross-case analysis and a constant comparative method. This program emphasized the use of guided inquiry teaching materials, corresponding problem-solving strategies aligned to teachers' problems, and a cross-disciplinary science-based teacher professional learning community. The program consisted of a Natural Science Curriculum day workshop, models of curricular implementations, consultations with science education experts, and individual guidance from the first author/researcher. Data were collected over a one and a half year period and included professional development meeting records, teaching video clips, various other documents, interview transcripts, teaching self-reflection logs, and researcher notes. **Results/Findings:** The results of study are outlined as follows: Before participating in the professional development program, the five special education teachers typically used a narrative or lecture approach to science teaching. In the initial

stages of implementing inquiry teaching, the teachers performed the teaching steps of inquiry teaching hastily, resulting in general teaching and assessment problems. After the implementation of the professional development program, the teachers not only changed their concepts of inquiry teaching but also enhanced their inquiry teaching skills and teaching fluency. This change in teacher conceptual knowledge and skills resulted in an increase in the motivation and participation of students with significant cognitive disabilities; this increase further enabled students to develop the ability to compare similarities and differences and discussion skills related to inquiry processes. However, the participating teachers still lacked the inquiry-based instructional skills of guiding students' questioning and prediction skills and needed to improve it continually.

Conclusions/Implications: After participating in a scientific inquiry professional development program, five special education teachers demonstrated the characteristics of inquiry teaching and facilitated their students' learning participation and some inquiry skills, such as observing, operating, comparison and discussing. Our study proposes the organization of cross-disciplinary teacher professional learning communities, models of curricular implementations, and teaching templates as essential scaffolds for positively influencing special education teachers in professional development programs in effectively developing skills for scientific inquiry teaching. A few suggestions related to in-service programs and future studies are specified based on the findings of the study. The results of this study can serve as a reference for the future planning of science teaching professional development programs for special education instructors teaching in self-contained classrooms.

Keywords: professional development for scientific inquiry teaching, special education teacher, inquiry teaching, self-contained classroom, students with significant cognitive disabilities

