

「探究與實作」課程在普通高中自然科學 領域實施概況之調查研究

陳世文* 顏慶祥**

「探究與實作」是十二年國教普通高中自然科學領域新增必修課程，其課程實施概況值得關注。本研究透過課程計畫分析與問卷調查，探討全國 195 所普通高中自然科學領域「探究與實作」課程之跨科主題統整、課程實施年段、教材使用方式之實施概況，及學校面臨問題與因應策略，提供普通高中課程發展與調整參考。

研究發現 58% 普通高中「探究與實作」課程以「分科」統整為主，課程統整程度宜再提升。90% 普通高中在高二實施「探究與實作」課程，教師認為學生應先具高一基礎科學知識，再進行跨科探究會具較佳效果。而 67% 普通高中採校內跨科方式自編教材而不使用教科書，教師表示教科書會限制教師教學與學生學習。此外，學校面臨教師缺乏教學知能、師資人力不足及教室設備短缺等問題，對此，教師積極進修增能，配合現有師資發展課程並逐步充實改善教學設備。

關鍵字：十二年國教、科學課程、探究與實作、高中教育

* 作者現職：國家教育研究院教科書研究中心助理研究員

** 作者現職：國家教育研究院副院長

通訊作者：陳世文，e-mail: shiwen@mail.naer.edu.tw

壹、緒論

一、背景與動機

透過科學探究幫助學生學習科學並培養問題解決能力一直是學校科學教育關注的焦點，科學探究除了講求科學理論方法的建構之外，亦強調探究能力的培養，因此科學探究可說是科學課程的核心內涵。美國科學課程指出學生應培養觀察提問、資訊搜尋、規劃探究、檢視證據、分析資料、提出預測解釋、溝通結果之探究能力 (NRC, 1996, 2000)。「新一代科學標準」(The Next Generation Science Standards, NGSS) 亦主張科學課程應發展問題提問、模型發展使用、方案規劃執行、數據分析解釋、數學運算思維、訊息論證評估等探究能力 (NRC, 2011; Rönnebeck, Bernholt, & Ropohl, 2016)，可見科學探究不僅包括科學實作技能，亦兼具科學知識、科學方法及科學本質觀之內涵 (Furtak, Seidel, Iverson, & Briggs, 2012)，更顯示科學課程與科學探究密不可分之關係 (Anderson, 2002)。科學探究亦為我國十二年國教課綱(簡稱新課綱)自然科學領域之核心素養(教育部, 2018)。為了培育學生主動探索、動手實作、詮釋論證及表達溝通之能力，更將「探究與實作」新增為普通型高中(簡稱普高)部定必修課程，自然科學領域12學分中需實施三分之一跨科主題式之「探究與實作」課程(教育部, 2018)。因此，「探究與實作」課程在普高自然科學領域如何實施？學校面臨哪些問題及如何因應？均是普高推動「探究與實作」課程值得關注且亟待瞭解之議題。

「探究與實作」課程在普高自然科學領域有四個面向值得思考與探討：第一、新課綱強調「探究與實作」應具跨科主題之課程統整，透過跨科主題整合，提供學生統整之學習經驗，而常見課程統整主要包括分科 (intradisciplinary)、多科 (multidisciplinary)、科際 (interdisciplinary)、超科 (transdisciplinary) 等不同模式 (Drake, 1998, 2012; Drake, & Burns, 2004)，因此我們可依據這些不同統整模式檢視普高「探究與實作」課程的跨科統整情形，而自然科學領域包含「物質與能量、構造與功能、系統與尺度、改變與穩定、交互作用、科學與生活、資源與永續性」七大跨科概念，「探究與實作」課程主題會強調哪些跨科概念亦值得瞭解。第二、新課綱指出「探究與實作」課程分為二學期實施，但未規定課程實施年段，由於普高學生具有大考壓力，因此學校應會在高一、高二實施，高一實施主要可提供學生探索科學學習之性向，而高二實施可能希望學生具備基礎科學知識後再進行探究，因此普高會在哪些年段實施「探究與實作」課程？其背後的理由又是什麼？值得探討。第三、教科書是學校教師教學之主要教材，但「探究與實作」課程並無審定本教科書可供使用，那麼其課程之教材來源為何？劉湘瑤 (2016) 指出「探究與實作」強調主動學習之精神，使用教科書可能影響學生探究能力之培養，但學校教師普遍具有使用教科書之習慣，書商為配合教師教學需求，坊間亦出版未審定之「探究與實作」教科書，因此，

令人好奇教師是否使用坊間「探究與實作」教科書？其使用與否之理由為何？教師若是自編教材，其教材編寫之方式又是什麼？第四、「探究與實作」為普高自然科學領域新增課程，學校在課程設計與教學上較缺乏實施經驗，因此在推動「探究與實作」過程中難免面臨需要克服之問題，這些問題是什麼？學校又採取哪些策略因應解決？更是瞭解普高推動「探究與實作」課程需關注探討之處。

從上述討論可知，普高「探究與實作」課程之跨科主題統整、課程實施年段、教材使用方式以及面臨問題與因應策略，均是瞭解課程實施值得關注之面向，探討這些面向有助瞭解普高實施「探究與實作」課程之情況，提供未來課程調整與修正之參考。

二、目的與問題

循前所述，本研究主要目的在於探討「探究與實作」課程在普高自然科學領域之實踐，瞭解普高「探究與實作」在跨科主題統整、課程實施年段、教材使用方式、以及面臨問題與因應策略等面向之實施情況，以提供未來普高「探究與實作」課程實施與調整之參考。循此，本研究探討問題如下：

- (一) 普高「探究與實作」課程如何跨科統整？課程主題涉及哪些跨科概念？
- (二) 普高在哪個年段實施「探究與實作」課程？在該年段實施的理由為何？
- (三) 普高「探究與實作」課程是否使用教科書做為教材？其理由是什麼？
- (四) 普高實施「探究與實作」課程面臨哪些問題？其提出之因應策略為何？

貳、文獻探討

一、跨科統整課程與學習

(一) 課程統整之面向

晚近課程設計與發展強調課程統整，範疇涵蓋不同科域的整合。Beane (1997) 指出課程統整包含四個層面：第一是經驗統整 (integration of experience)，強調知識連續性與動態性，透過主動經驗建構知識，並連結學生經驗與新知識達成學習目的。第二是知識統整 (integration of knowledge)，在真實問題情境脈絡中整合與應用課程知識。第三是社會統整 (social integration)，由師生共同設計以學生經驗相關之主題或議題作為課程核心。第四是作為課程

設計之統整 (integration as a curriculum design)，以真實問題或社會議題連結相關經驗，知識學習應對應社會議題發展。從此面向觀之，課程統整強調之知識學習應連結學生經驗相關之社會議題，在問題情境中整合與應用知識以解決問題 (Sandmann, Weber, Czerniak, & Ahern, 1999)，換言之，課程統整需提供學生整體之實用知識，以多元視角思考與解決問題，同時促進對社會議題之關懷 (Jacobs, 1989)。因此「探究與實作」課程應考量學生學習經驗，整合多元學科內容並進行跨科主題之探討，從中建構科學知識與培養實作技能，進而統合知能解決真實情境問題，以增進對社會科學議題之關注與參與，是以，「探究與實作」課程之跨科統整內涵，並非個別學科內容的總合，應為融合具獨特與統一性之課程整體 (蔡清田, 2002)。

(二) 跨科課程統整之模式

不同學者對課程統整模式提出不同觀點，如 Jacobs (1989) 指出課程統整可分單一學科統整 (discipline-based)、並列學科統整 (parallel disciplines)、互補學科統整 (complementary discipline)、學科科際統整 (interdisciplinary unit/course)、全日統整 (integrated-day) 及完全統整 (complete program) 等循序模式。Fogarty (1991) 則從學科與學習者觀點提出十種統整模式，如分立 (fragmented)、關聯 (connected) 及窠巢 (nested) 之單科統整模式，順序 (sequenced)、共享 (shared)、網狀 (webbed)、串聯 (threaded) 及整合 (integrated) 之科際統整模式，沉浸 (immersed) 與網路 (networked) 之學習者統整模式。

表 1 Drake 跨科課程統整模式

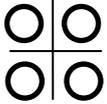
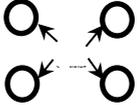
模式	說明	圖示
分科 (Intradisciplinary)	課程以單科設計，學科知識以分科概念內容為主	
多科 (Multidisciplinary)	課程以主題設計，學科知識圍繞主題組織連結	
科際 (Interdisciplinary)	強調主題概念所涉之學科共有知識或技能	

表 1 Drake 跨科課程統整模式（續）

模式	說明	圖示
超科 (Transdisciplinary)	統整學科知識，主題概念強調真實生活情境之問題解決	

Drake (2012) 則依學科整合程度提出分科 (Intradisciplinary)、多科 (multidisciplinary)、科際 (interdisciplinary)、超科 (transdisciplinary) 等統整模式。如表 1 所示，分科是指學科知識以分科內容為主；多科是指學科知識圍繞特定主題組織連結，主題涉及不同學科知識，架構具明顯學科知識界限 (單文經, 2001; Grady, 1994); 科際則以主題概念整合不同學科知識，學科雖具界限但知識相互連結 (黃譯瑩, 1998; Grady, 1994)。超科則指以主題或議題統整與連貫課程，呈現知識之連貫與統整而不具學科知識界限 (Drake, & Burns, 2004)。

(三) 課程統整與學習影響

課程統整對於學生學習影響是教育研究關注的議題，Alghamdi (2017) 指出課程統整有助提升學生科學與數學之學習表現，其運用 POWER 統整策略設計科學「聲音與光」與數學「周長與面積」統整課程進行教學，發現學生科學與數學學習成就均有顯著提升。Brown (2011) 則調查 26 所中學學生在科學、數學及社會統整課程之學習表現，發現統整課程顯著提升學生閱讀、寫作及運算之學習表現。此外，Brinegar 與 Bishop (2011) 的研究發現課程統整有助國小學生理解學科內容並改善學習態度，Becker 與 Park (2011) 亦發現統整課程主題與學科之連結，以及主題與學科知識的連貫，均會影響學生的學業表現。此外，MacMath、Wallace 與 Chi (2009) 探討課程統整對學生自我效能與動機之影響，其發現課程統整有助學生理解及運用課堂知識，亦能提升其自我效能及學習動機。而 Rennie、Venville 與 Wallace (2012a, 2012b) 的研究指出 STEM 課程統整能促進學生的學習表現，張基成與陳怡靜 (2018) 也發現 STEM 課程統整結合探究導向教學能有效提高一學生知識、技能及態度表現，由此可見，課程統整確實有助於提升學生在知識、技能及態度等面向之學習表現。

二、科學教科書與科學學習

(一) 科學教科書之教學角色

教科書是教師教學之主要素材，亦是學生建構知識概念之主要來源（呂孟潔，2019；Abd-El-Khalick, Waters, & Le, 2008），其在教學上具有高度使用率，McDonald（2016）指出約 90% 澳洲中學教師使用科學教科書上課，而美國國中小教師使用科學教科書比例將近 70%（Banilower et. al., 2018），陳淑娟（2017、2018）亦發現約 90% 臺灣國中小教師會使用科學教科書上課，並以教科書內容作為評量依據，顯見科學教科書在科學教學上具有重要角色，凡舉科學知識內涵、課程範疇及認知觀點等均與科學教科書密切相關（Yager, 1983），不過，「探究與實作」課程僅有坊間書商逕行出版之教科書，並無審定本教科書可用，科學教科書在科學教學上具有高度使用率的情況下，教師是否使用教科書與其是否使用的觀點為何都是「探究與實作」課程值得關注之問題。

(二) 科學教科書研究面向

科學教科書研究主要聚焦於內容分析與學習影響，例如 Chyleńska 與 Rybska（2019）發現科學教科書常因科學知識論述不清，導致學生難以理解其概念脈絡。McDonald 與 Abd-El-Khalick（2017）彙整近 20 年來科學教科書相關研究，發現多數研究仍聚焦於知識層面的探討，甚少涉獵科學思維與科學探究等議題，許多學者（Chiang-Soong, & Yager, 1993; Morris, 2014; Morris, Masnick, Baker, & Junglen, 2015; Rosenthal, 1984）也指出科學教科書研究以內容分析為主，科學探究與推理思考之面向偏少。國內科學教科書研究雖具多元面向，例如科學史內容分析（呂紹海、巫俊明，2008）、意識形態分析（蔡瑞君、熊同鑫，2008）、科學史對學生科學本質、科學態度與學習成就之影響（林陳涌、鄭榮輝、張永達，2009）等。不過多數研究（于曉平、吳育雅，2013；陳均伊，2013；陳慶民、廖柏森，2015；蔣佳玲、楊文金、廖斌吟、史偉郁，2014；羅延瑛，2016）仍聚焦在內容分析與學生理解之面向，後續研究可擴展其他面向的探討。

(三) 自編教材對學習之影響

對學校教師而言，教科書具有內容正確、利於教學且方便評量等特性，因此習慣使用教科書上課，但教科書制式的教材內容卻也難以符合學生不同學習需求（呂秀蓮，2020），也不易反映不同觀點之學習成效（吳瓊迦，2012）。自編教材能跳脫教科書制式內容之限制，符合課程特色與學生學習需求，許多研究亦探討自編教材之教學成效，例如自編在地鄉土特色的教材，能符合學生鄉土課程的學習需求（游政男，2014）。自編霸凌防治教材能有效達成課程目標並降低霸凌事件之發生（方朝郁，2016）。自編性平教育教材有助於提升特教學生

之知識與態度表現(黃榮真、洪美連, 2008), 不過自編教材具有不易對應課綱與掌握教學目標、內容偏重知識層面以及缺少評量設計等問題(廖婉雯, 2019)。而科學課程雖以教科書作為主要教材, 但仍有研究探討自編教材對科學學習的影響, 例如盧秀琴、石佩真與蔡春微(2006)以繪本電子書融入自然科學教學有助提升學生學習興趣與增進學生科學概念理解。張靜儀、祖莊琍與許國忠(2003)指出科學史自編教材有助提升學生科學學習動機。由於普高「探究與實作」課程並無審定版教科書, 因此自編教材對於學生科學探究之學習成效值得後續研究探討。

三、科學探究課程內涵與挑戰

(一) 科學探究課程的內涵

透過科學探究學習科學是許多國家科學課程關注的焦點。Abd-El-Khalick 等人(2004)指出科學探究課程包括科學知識、探究技能與科學本質等層面的瞭解, 科學探究課程所學的科學知識重視的是跨科概念的理解, 幫助學生瞭解與解決生活上的問題(Cheon, & Lee, 2018), 美國、澳洲與新加坡等國家之科學探究課程均強調跨科概念的學習, 幫助學生理解科學跨科概念在生活中的連結與應用(ACARA, 2015; Ministry of Education, Singapore, 2013; NRC, 2012)。探究技能則包含提問、調查及分析等初階探究能力, 以及實驗、建模、思考決策等專業探究能力(Edelson, Gordin, & Pea, 1999; Trna, Trnova, & Sibor, 2012), 在探究過程中, 教師應適時提供鷹架引導學生進行科學探索(Lakkala, Lallimo, & Hakkarainen, 2005)。而科學探究涉及科學知識論的建構, 其內涵與科學本質關係密切(Matthews, 2000), 由此可見, 科學探究課程涉及科學知識建構, 探究技能培養以及科學本質瞭解等內涵。

(二) 科學探究課程實施的挑戰

儘管科學探究作為科學課程的核心焦點, 不過教師要引導學生進行科學探究仍存在不少挑戰。Edelson、Gordin 與 Pea(1999)指出教師在科學探究課程中會面臨五項挑戰, 包括學生缺乏學習動機、無法瞭解探究目的、背景知識不足、不易自我管理以及學習環境的限制, 而影響課程教學品質。Benny(2014)則指出雖然教師認同科學探究的重要性, 但缺乏科學探究教學知能、教學時間不足、教材設備不齊及缺乏外在支持都會影響其實施科學探究的意願。此外, 教師也常因為缺乏專業科學知識與教學經驗(Bowen, & Bencze, 2009)或是缺乏教學支持(Zion, Cohen, & Amir, 2007), 而不願進行科學探究教學。Kim、Tan 與 Talaue(2013)實施科學探究課程所面臨的挑戰可歸類為兩個因素, 一是內在因素(internal factors), 包括教師教學信念不足、缺乏專業知能, 教學態度低

落等，另一是外在因素（external factors），例如教學時間不夠、學生能力不佳、教學環境不佳以及缺乏支持等。由此可知，包括知能、信念及態度等內在因素以及時間、環境及學生等外在因素均是教師實施科學探究課程面臨之挑戰。

（三）對科學探究課程挑戰之因應

Zion、Cohen 與 Amir（2007）表示在實施科學探究課程時，教師會擔心自我教學知能不足而被學生發現，或是因為學生的背景知識不夠或探究能力不佳，甚至是一些時間、設備等外在環境限制而產生困難，而這些困難可透過教師專業發展（Teacher Professional Development, TPD）培訓課程，增強探究課程所需之 PCK 知識，培育學生探究能力以及探究學習的習慣，對於教學時間或器材設備之限制，必須妥善規劃與利用緊湊教學時間，並且建立探究教學與研究之資料庫，以便於分享與使用。而 Adisendjaja、Rustaman、Redjeki 與 Satori（2017）也指出多數科學教師對於科學探究內涵理解不足，而 TPD 課程是有助提升教師科學探究的 PCK 知能與教學信念之關鍵做法，同時教師 TPD 知能提升亦有助培養學生科學探究能力（Corlu, M. A., & Corlu, M. S., 2012），可見科學探究課程的實施，不只學生需要支持鷹架，教師同樣需要支持鷹架。但是這些支持鷹架應為多面向的系統組合，例如 TPD 課程的培訓、教師社群的建立、以及行政層面的共同整合支持（Quigley, Marshall, & Deaton, 2011），並且需要明確且長期性的推動，才能有效提升教師專業知能與課程實施成效（Supovitz, & Turner, 2000）。

參、研究方法

一、研究對象

本研究之對象為普通型高中，依據教育部統計處 108 學年度各級學校基本資料顯示，全國各類型高級中學共計 530 所，其中普通型高中（不含進修部）有 197 所，本研究選取 197 所普通型高中作為研究對象，取樣範圍涵蓋普通高中母群，扣除 2 所無效樣本學校，有效樣本數共計有 195 所。

二、研究方法

本研究採取內容分析與問卷調查之方法，內容分析係分析學校課程計畫以瞭解普高「探究與實作」之跨科主題統整，而問卷調查則是瞭解普高「探究與實作」課程實施年段、教材使用方式、面臨問題與因應策略，分述如下：

(一) 課程計畫分析

課程計畫是瞭解學校課程規劃與實施之主要資料，課程計畫包含自然探究與實作規劃表，學校需詳列開課名稱、課程屬性、學習目標及各週教學主題與內容。完成課程計畫後需經審查委員初審及複審，審查重點包括課程規劃之完整性、課程之跨科設計、科學探究內容，及主題涵蓋之跨科概念等。因此分析課程計畫有助瞭解普高「探究與實作」課程之跨科主題統整。本研究從「教育部全國高級中等學校課程計畫平台」網站¹下載 108 學年度普高學校課程計畫，並請三位科學課程專家擔任評分者，依據表 2 所示分科（intradisciplinary）、多科（multidisciplinary）、科際（interdisciplinary）、超科（transdisciplinary）之課程統整模式，從課程主題、科目內容、學科界線三個向度檢視各校「探究與實作」課程所屬之跨科統整模式，四種統整模式分別進行編號，分科編號為 1，多科編號為 2，科際編號為 3，超科編號為 4。

為確保研究效度，本研究進一步以 Kappa 評分者信度（Fleiss, 1971）檢驗三位評分者評分結果，此評分者信度適合用於名義變項之評定，且多位評分者信度較 Cohen（1960）之方式更為適用及準確，其信度係數公式為 $K = \frac{\bar{P} - \bar{P}_e}{1 - \bar{P}_e}$ ，其中， \bar{P} 是指每所學校在四種統整模式變項評分總和除以三位評分者人數平均值的總和，而 \bar{P}_e 則是四種統整模式變項中每所學校評分總和除以總評分數之平方值的總和，依上述公式計算評分者信度 Kappa 值為 0.82，該值界於 0.8 至 1.0 之間，屬良好信度區間（Landis, & Koch, 1977），顯示評分結果具良好信度，而看法不一致之處則依表 2 分類架構進行討論最後獲得共識。

表 2 跨科統整模式之分析向度

編號	統整模式	課程主題	科目內容	學科界線
1	分科模式	獨立	分科	有
2	多科模式	共同	分科	有
3	科際模式	共同	統整	有
4	超科模式	共同	統整	無

¹ 教育部全國高級中等學校課程計畫平台網址為 <http://course.tchcvs.tc.edu.tw/indexStu01.asp>.

(二) 研究問卷設計

本研究之問卷設計係參考楊國揚（2012）之研究問卷內容，包括「課程實施年段」、「教材使用方式」、「面臨問題與因應策略」三個向度，如表 3 所示，問卷題目共計八題，「課程實施年段」向度共二題，第 1 題為複選題，提供不同學期選項，第 2 題為問答題，採開放填答課程實施理由。「教材使用方式」向度共四題，第 3 題為單選題，詢問教科書使用情況，第 4 題與第 5 題則分別詢問使用與不使用教科書之理由，第 6 題則是調查課程教材自編方式。「面臨問題與因應策略」向度共二題問答題，第 7 題與第 8 題分別調查學校面臨問題及因應策略。問卷由學校教務主任、教學組長或自然領域總召教師等熟悉課程規劃與實施之人員負責填寫，以確保資料之有效性。

表 3 問卷設計之向度、問題及題型

向度	題目內容	題型
課程實施 年段	1. 學校「探究與實作」課程在哪些年段實施？ <input type="checkbox"/> 高一上學期 <input type="checkbox"/> 高一下學期 <input type="checkbox"/> 高二上學期 <input type="checkbox"/> 高二下學期 <input type="checkbox"/> 高三上學期 <input type="checkbox"/> 高三下學期	複選
	2. 學校在這些年段實施課程的理由是？	問答
教材使用 方式	3. 學校「探究與實作」課程有否使用教科書？ <input type="checkbox"/> 完全使用教科書，無自編教材 <input type="checkbox"/> 少部分自編教材，大部份使用教科書 <input type="checkbox"/> 使用教科書與自編教材各半 <input type="checkbox"/> 少部分使用教科書，大部分自編教材 <input type="checkbox"/> 完全自編，不使用教科書（選此項，請跳答第 5 題）	單選
	4. 學校「探究與實作」課程使用教科書的理由是？ <input type="checkbox"/> 節省教師備課時間 <input type="checkbox"/> 有明確教學目標和內容 <input type="checkbox"/> 方便掌握教學進度 <input type="checkbox"/> 有助教學流程順暢 <input type="checkbox"/> 提供教學資源或實驗器材 <input type="checkbox"/> 方便評量學生學習成效 <input type="checkbox"/> 其他_____	複選

表 3 問卷設計之向度、問題及題型 (續)

向度	題目內容	題型
教材使用 方式	5. 學校「探究與實作」課程不使用教科書的理由是？ <input type="checkbox"/> 各校師資專長與發展特色不同 <input type="checkbox"/> 使用教科書會限制教師教學發揮空間 <input type="checkbox"/> 使用教科書會影響學生的探究與實作 <input type="checkbox"/> 探究與實作的重點在於教學而非教材 <input type="checkbox"/> 各學科中心已陸續開發探究與實作教材 <input type="checkbox"/> 其他_____	複選
	6. 學校「探究與實作」課程自編教材的方式是？ <input type="checkbox"/> 校內個人 <input type="checkbox"/> 校內同科 <input type="checkbox"/> 校內跨科 <input type="checkbox"/> 校內跨域 <input type="checkbox"/> 跨校 <input type="checkbox"/> 同科 <input type="checkbox"/> 跨校跨科 <input type="checkbox"/> 跨校跨域 <input type="checkbox"/> 學科中心協作 <input type="checkbox"/> 其他	複選
面臨問題 與因應 策略	7. 學校在實施「探究與實作」課程曾面臨哪些問題？	問答
	8. 對於這些問題，學校採取之因應策略是什麼？	問答

三、資料處理與分析

本研究資料包括量化與質性分析，量化分析係運用 SPSS 統計軟體分析學校課程計畫之跨科主題統整以及問卷單選題與複選題之答題結果，呈現百分比之描述統計值 (descriptive statistics)，並以卡方適合度考驗 (goodness-of-fit test) 檢視變項之間差異情形及以點二系列相關 (point-biserial correlation) 檢視變項之間之相關情形，而質性分析則是分析受試人員於問卷填答題中所填寫之意見內容，反映學校對於研究問題之看法，以進行相關結果之討論。

肆、結果與討論

一、「探究與實作」課程之跨科主題統整

(一) 跨科統整模式分析

跨科統整分析結果如圖 1 所示，有 114 所普高為「分科」模式，佔整體比例之 58%，另有 39 所普高屬於「多科」模式，比例為 20%；而 42 所普高屬於「科際」模式，比例為 22%；但是未發現普高屬於「超科」模式。進一步以卡

方適合度考驗可知不同模式分布具有顯著差異 ($\chi^2_{(3)} = 55.477, p < .001$)，意指普高「探究與實作」課程之跨科統整主要是「分科」統整模式。

相關研究 (Drake, 2012; Weinberg, & McMeeking, 2017) 指出分科統整課程仍是以不同學科的知識為主，在課程內容上並未實質統整，因此從研究結果可知現階段多數普高的「跨科」主要是將不同科學科目併列在「探究與實作」課程之中，其內容仍為個別獨立之學科內容，也顯示目前普高「探究與實作」之跨科統整程度有待加強提升。不過另有 20% 的普高屬於「多科」模式，多科模式的課程統整係透過共同主題連結不同學科內容，而 22% 的普高屬於「科際」模式，科際模式的課程統整不僅具有共同主題，在內容上整合不同科學科目，此二者在課程主題與學科內容上具有跨科統整之性質 (Grady, 1994)。不過本研究未發現普高屬於「超科」模式，Levin 與 Nevo (2009) 指出多數教師對於課程統整設計感到困難，尤其是統整程度更高的「超科」模式，需要較多時間轉化教學信念與行動，可能因此造成目前普高「探究與實作」課程以「分科」統整模式居多的情況。

此外，普高「探究與實作」課程跨科統整程度也可能受到學校自然教師人數的影響，教師人數較多可協同研發跨科課程，發展統整程度更高的跨科探究課程，反之，教師人數較少，受限於人力不足的影響，可能不易設計統整程度較高的課程，因此本研究檢視教師人數與課程統整程度之相關性發現兩者之間具有顯著正相關 ($\gamma = .160, p < .05$)，表示教師人數愈多課程統整程度愈高，亦即當學校師資人力愈充足時，「探究與實作」課程統整程度愈高，可見師資人力的充實是影響「探究與實作」課程跨科統整程度的重要因素。

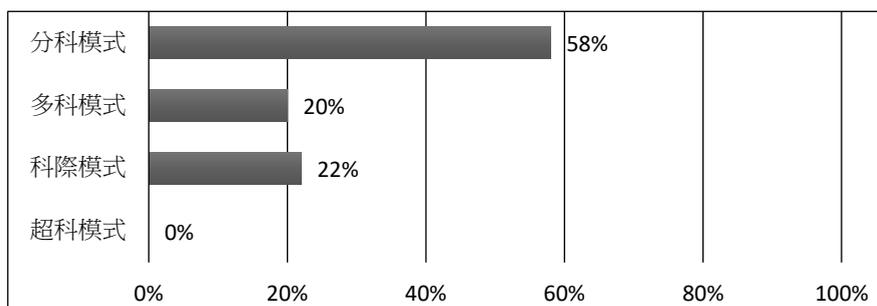


圖 1 普高「探究與實作」課程之跨科統整模式

(二) 跨科主題設計之分析

如圖2所示，「探究與實作」的跨科主題中，「科學與生活」之跨科概念佔了80%，顯示普高「探究與實作」課程內容重視科學與生活之間的連結，其次，有49%為「物質與能量」，可見引導學生瞭解物質組成與能量形式之轉換也是「探究與實作」課程相當強調的跨科概念。第三是「交互作用」之跨科概念，佔45%，強調物理現象、化學反應及生物環境之間交互影響之探究。其他跨科概念次數則相對偏少，不同跨科概念之間的分布具有顯著差異（ $\chi^2_{(6)} = 109.36, p < .001$ ），可見「科學與生活」明顯多於其他跨科概念。此結果顯示普高「探究與實作」課程內容相當重視科學在日常生活中的連結與應用，科學探究與生活議題的連結有助於學生瞭解與解決生活問題（Cheon, & Lee, 2018），此結果也與美國、澳洲與新加坡等國家的科學探究課程相同（ACARA, 2015; Ministry of Education, Singapore, 2013; NRC, 2012），均強調跨科概念的學習以及科學在生活中的連結與應用，也顯見我國普高「探究與實作」課程重視「科學與生活」的連結與其他國家科學探究課程強調之理念與精神相互符合。

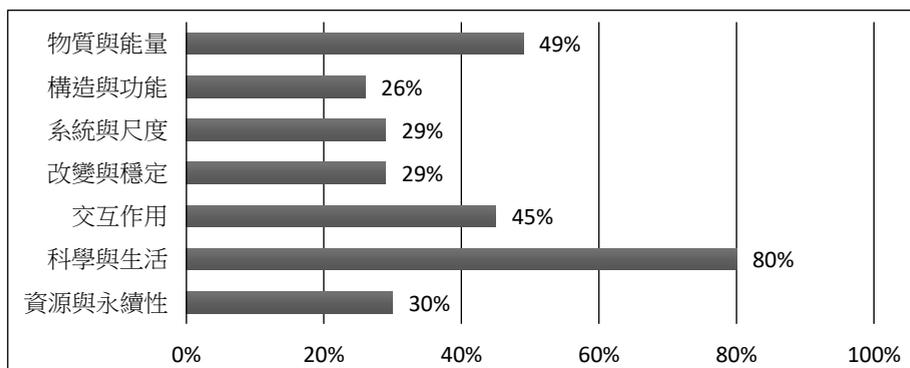


圖2 普高「探究與實作」課程主題涵蓋之跨科概念

二、「探究與實作」之課程實施年段

(一) 課程實施年段

圖3顯示有90%普高在高二上、下學期實施「探究與實作」課程，有8%普高在高一上、下學期開設「探究與實作」課程。僅有2%高將課程開在高一、高二各一學期。經卡方適合度考驗分析發現三者之間具有顯著差異（ $\chi^2_{(2)} = 295.6, p < .001$ ），顯示普高主要在高二實施「探究與實作」課程。「探究與實作」課程授課年段可能受教師人數影響，教師人數多易排課在不同年段，教師

人數少可能只能集中於固定年段，不過經分析發現課程實施年段與教師人數並無顯著相關($\gamma = -.070, p > .05$)，顯示課程實施年段未受教師人數多寡影響。

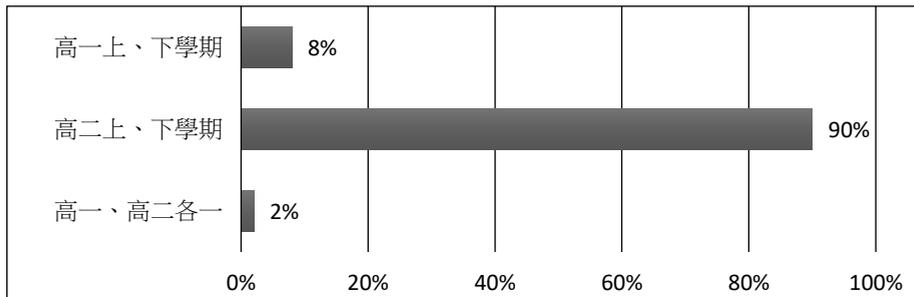


圖 3 普高「探究與實作」課程實施年段

(二) 課程實施年段之理由

從問卷質性資料分析發現，普高「探究與實作」課程在高二上、下學期實施之理由主要有下列三點。

1. 需具基礎科學知識

因探究與實作涉及跨科主題探討，教師認為學生應先修習高一基礎科學科目，具學科知識基礎之後，再進行跨科探究能具較佳成效，例如學校編號 S57 指出：「探究與實作開在高二，是讓高一學生先修完基礎科學科目，有高一的基礎科學知識之後，高二可以更了解探究與實作的目的和做法，學習成效會比較好。」相關研究 (Edelson, Gordin, & Pea, 1999; van Riesen, Gijlers, Anjewierden, & Jong, 2018) 也指出科學探究課程應考量學生先備知識，學生具有先備科學知識能具有更好的探究表現，可見學生先備知識是影響科學探究學習的重要因素。

2. 延伸高一基礎課程

高二「探究與實作」課程內容可能是高一基礎科學科目的延伸，高一學生修過基礎科學科目後，較能銜接「探究與實作」加深加廣之課程。例如學校編號 S145 表示「探究實作的課程內容，學生常常需要觀察現象、分析數據和解釋推論，背後有很多知識和觀念會銜接高一科學科目的課程內容，所以比較適合開在高二。」

3. 課表過滿排課不易

高一除必修基礎科學科目外，另有其他領域課程需排課，課表過滿需排至高二，例如學校編號 S191 反映：「高一有基礎物理、化學、生物和地科四科要上，還有其他領域也要配課，高一的課表真的很滿，很難再排探究與實作，經過大家會議討論之後排在高二。」

此外，普高「探究與實作」課程在高一上、下學期實施理由亦有下列三點：

1. 探索科學學習性向

課程若在高一實施，則高一學生可透過探究與實作課程探索科學學習的性向，試探科學學習的意願。例如學校編號 S37 提到：「探究與實作是跨科或跨域的探索，可讓高一學生摸索科學學習的性向，對科學有興趣的學生可以在高二選擇科學相關的學群，對科學沒興趣的學生也可選擇非科學的學群。」。

2. 升學考試壓力較小

由於普高學生需面臨大學升學考試，高一學生大考壓力較小，因此課程適合在高一實施。例如學校編號 S111 表示：「高二和高三有許多新課程要學，還有舊課程要複習，學生可能沒有時間進行探究，開在高一較少課業複習和大考的壓力。」

3. 進階課程預作準備

有些高二的科學專題課程需有探究與實作的基礎，開在高一可為科學專題課程作準備，例如學校編號 S183 反應：「學校有許多進階的科學專題課程，如果高一上過探究與實作課程，可以幫助這些專題課程的學習。」

普高在高一與高二各上一學期之理由主要考量高一先開 2 學分課程，幫助學生先探索科學學習性向，高二再開 2 學分課程，學生修過高一基礎科學科目後，有利高二之跨科探究，此做法可兼顧兩者之需。例如學校編號 S112 指出：「探究 A 開在高一，讓學生試探對科學學習有沒有興趣，探究 B 開在高二，學生有基礎科學科目的知識後，比較容易進入狀況，這樣可以兼顧不同學習需求。」

三、「探究與實作」之教材使用方式

(一) 教科書使用情形

由圖 4 可知，有 67% 高「探究與實作」課程自編教材而不使用教科書。少部分使用教科書，大部分自編教材的比例有 17% 使用教科書與自編教材各半為 10%；大部分使用教科書，少部分自編教材有 5%；完全使用教科書僅 1%。整體而言，三分之二普高「探究與實作」課程為自編教材，三分之一使用教科

書，可見多數普高「探究與實作」選擇自編教材而不使用教科書。教師是否選擇自編教材可能受教師人數的影響，教師人數較多具有充足人力可共同研發教材，反之則可能因人力不足而傾向直接使用教科書，不過經分析發現兩者之間未具顯著相關($\gamma = .076, p > .05$)，顯示教師人數未影響使用教科書與否之情況。

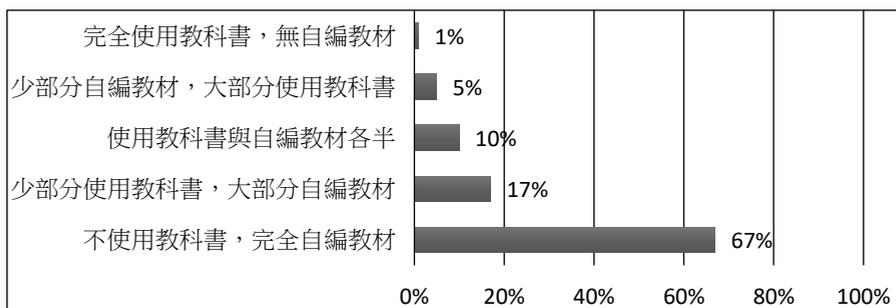


圖 4 普高「探究與實作」課程教科書使用情形與比例

(二) 使用教科書之理由

如圖 5 所示，72%認為教科書能提供「具有明確教學目標與內容」，其次，有 69%認為教科書能「提供教學資源或實驗器材」，而 63%普高表示教科書「有助於教師教學流程順暢」，51%認為教科書「方便評量學生的學習成效」，46%指出教科書可「節省教師備課時間」，最後 45%普高表示教科書「方便教師掌握教學進度」。此結果反映出部分教師在「探究與實作」教學上仍存有依賴教科書的心態。Kim 與 Tan (2011) 的研究發現教師在科學探究教學上使用教科書的理由主要是教師擔心專業教學知能不足，無法勝任教學與達成教學目標，而教科書具有教材權威的角色，能提供標準的課程內容，因此教學上仍依賴教科書，此觀點與上述教師使用教科書的理由相符，認為只要照本宣科即可達到教學目標。不過 Lakkala、Lallimo 與 Hakkarainen (2005) 表示依據教科書進行食譜式探究無法培養學生對於科學探究的後設認知。他們可能只知其然而不知其所以然，因此教學上仍需要教師提供適度鷹架，幫助學生發展科學探究的能力。

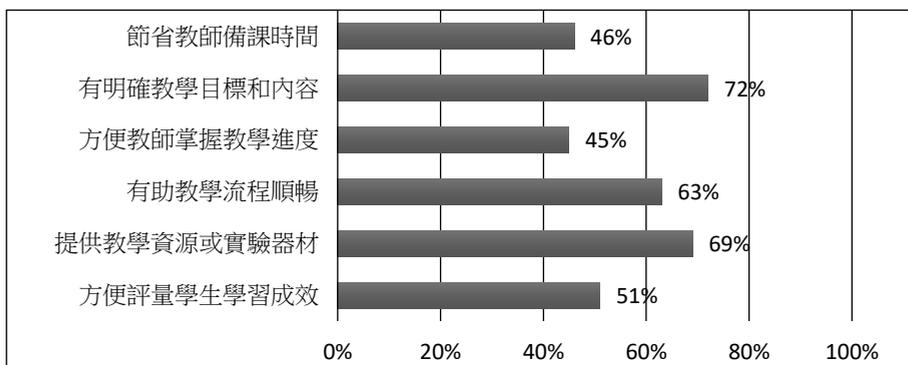


圖 5 普高「探究與實作」課程使用教科書之理由

(三) 不使用教科書的理由

由圖 6 可知，63%普高認為不需教科書之理由是「探究與實作重點在於教師而非教材」。其次，46%高表示「各校師資專長和發展特色並不相同」，因此不適合使用教科書。42%普高認為「使用教科書會限制教師教學發揮空間」，而 32%普高指出「使用教科書會影響學生的探究與實作」，最後 25%普高表示「各學科中心已陸續開發探究與實作教材」因此不使用教科書。此結果顯示教師認為「探究與實作」課程中，教學引導比教科書更為重要，使用教科書反而影響教師教學與學生學習。許多研究也指出科學教科書介紹科學知識甚於呈現科學探究特性，其所描述之科學探究亦為線性方式，不易呈現探究的真實面貌 (Blachowicz, 2009)，其制式內容難以符合學生適性學習需求 (呂秀蓮, 2020)，也不易反映多元觀點之學習成效 (吳瓊洳, 2012)。可見教師反映之觀點與相關研究結果相似，認為教師在「探究與實作」的角色較教材更為重要。

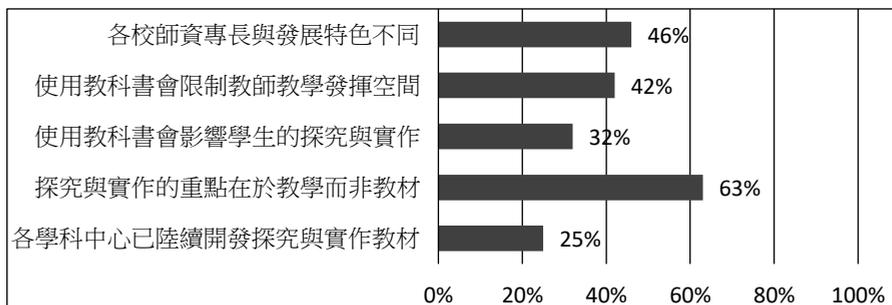


圖 6 普高「探究與實作」課程不使用教科書之理由

(四) 自編教材方式

圖 7 顯示學校自編教材方式以「校內跨科」比例 69% 最高，研判係因探究與實作涉及跨科主題，需校內不同科學科目教師共同合編教材，因此以「校內跨科」方式最多，有 39% 是「校內個人」所編寫，38% 是「校內同科」教師所編寫，其他自編教材方式比例相對偏少，以卡方適合度考驗發現不同自編教材方式具有顯著差異 ($\chi^2_{(7)} = 222.8, p < .001$)。由此可知，普高「探究與實作」課程主要由校內不同科學科目教師共編教材，不過值得注意的是有些教材是由校內個人或同科所編寫，Forbes (2011) 指出教材發展通常會受到教師專業知能以及教學信念的影響，因此若由校內單一或單科教師編寫教材，不易編寫符合跨科探究統整的教材，而導致跨科統整程度偏低的情況。

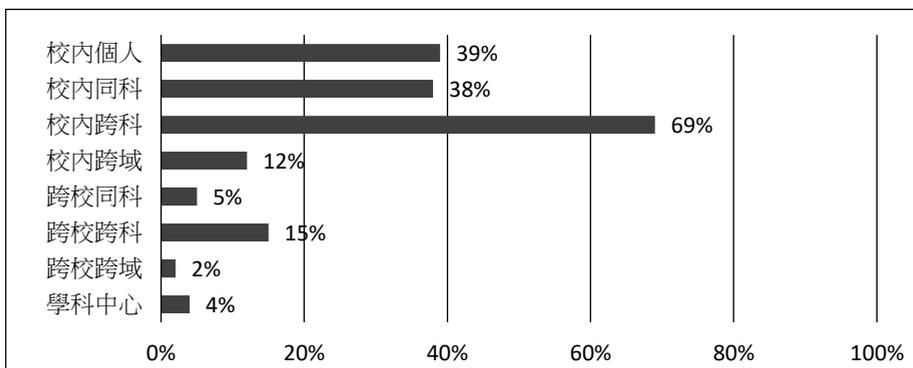


圖 7 普高「探究與實作」課程自編教材方式

四、「探究與實作」課程實施面臨問題與因應策略

(一) 學校面臨之問題

1. 教師缺乏教學知能，且學科本位明顯，意見整合不易

「探究與實作」課程涉及跨科主題統整，然教師對於探究理念、跨科方式及主題規劃等面向認知不清，難以形成共識，例如學校編號 S107 指出：「探究與實作實施跨科主題這個理念很好，但是探究是什麼？要怎麼跨科？設計什麼主題？大家實在毫無頭緒，課程設計看起來容易，但很難做到，課程設計上仍有傳統實驗教學的影子。」而教師學科本位主義觀念強烈，主張發展高難度之探究主題，亦使意見不易整合，例如學校編號 S30 反映：「教師設計課程的意願不高，有些老師的學科本位主義很強，都想發展自己學科很難的探究，導致其

他科老師無法共教或上手，各學科要如何相互跨科連接，大家意見很多，開會時很難聚焦。」也因為教師對探究觀念不清、又各持學位本位主義，有教師因此受到誤解而降低參與動機，如學校編號 S6 提到：「大部分自然科老師對探究與實作的概念與教學其實並不熟悉，看法也不一致，要將二科以上的教師一同設計與共備跨科目的課程，很難整合大家的意見，部分教師因受到同事誤解，而不願參與研發。」由此可知，教師學科本位主義強烈、對探究缺乏共識、影響同儕互動，導致意見難以整合。

2. 師資人力不足，且教室空間有限，導致排課困難

「探究與實作」課程涉及跨科主題，需要不同科目教師協同教學，然教師另有不同年級之課程，有些教師亦兼任行政職務，導致人力不足而造成排課困難，例如學校編號 137 提到：「探究與實作的跨科主題通常需要不同科目的老師一起協同教學，而且連上 2 節課，但是教師要上不同年級的課，或是其他校訂專題課程，有些老師還有兼行政工作，這些配課限制使排課變得很複雜。」「探究與實作」為普高自然科學領域新增課程，該課程可能需與其他科學科目共用教室，造成教室不敷使用，例如 S41 表示：「探究與實作的教室與其他科學課共用，排課除了考量教師的配課，還有上課的教室會用到其他科學科目的教室，也需要考慮場地衝堂的問題，增加不少難度。」

3. 現有材料設備不符跨科探究需求，尚待充實購置

「探究與實作」涉及跨科主題設計，傳統分科課程之設備材料不一定符合需求，因此教師反應課程需另需設備器材，但也面臨購置經費不足情況，如學校編號 S150 提到：「上課內容需要準備一些課程所需器材，配合上課的主題內容，有些器材需要購買，有些實驗儀器或材料也不便宜，需要經費購買。」，而教師需要發展新的課程主題，在探究活動之材料設備上需要購買較專業之實驗器材，可能導致現有設備不敷需支而另需購置，如學校編號 S48 反映：「學校經費有限，無法購置所有探究與實作所需的材料，老師需要設法解決。」

(二) 學校之因應策略

1. 教師參與增能研習，並參考他校課程做法

由於教師缺乏探究理念導致意見整合不易，對此，學校鼓勵教師積極參與研習，幫助教師瞭解課程理念，例如學校編號 S107 表示：「第一線老師還沒有充分掌握探究的精神和本質之前，不易產出課程教材，參加數次半天相關研習，幫助有限，後來有次參加 2 天的探究與實作工作坊，才真正進入狀況。」學校亦透過多次開會討論、溝通歧見，提升教師參與課程設計動機，例如學校編號

S94 提到：「為了能夠產出探究與實作課程，校內經常會議，初期大家各持己見，後來不斷開會討論溝通，加上老師參加研習、參考其他學校做法，培養合作默契，這種方法未來會持續下去。」另外，學校亦邀請專家協作指導，並參考他校做法，以提升教師之專業知能，如學校編號 S135 表示：「學校教師剛開始不熟悉探究與實作的概念和重點，所以請專家學者指導或跟鄰近學校請益他們的做法並進行協作，學校老師認為很有幫助，以後也會持續進修或觀摩課程，激盪想法。」

2. 調整主題設計，活化教室空間，以降低排課難度

「探究與實作」課程涉及跨科主題探究，常需二位不同科目教師協同教學，若學校師資足夠，則可安排二位教師協同上課，例如學校編號 S93 提到：「探究與實作有規劃跨科主題，高二實施課程應可排進兩位老師協同教學，讓學生享有足夠的資源。化學和地科老師較少，未來再充實相關專長教師，帶入更多探究主題。」。然若師資專長或人力無法配合時，則課程可設計較基礎之跨科探究主題，讓一位教師亦能進行跨科探究教學，如學校編號 S76 表示「探究與實作課程配合現有師資專長和人數來設計，課程先規劃較基礎的跨科主題，也培養學生的探究基礎能力，等到日後充實師資時，再做調整。」對於教室空間不足之問題，學校則設法活化閒置教室，班級較多學校則採取分群方式排課，降低排課難度。例如 S58 指出：「學校班級數多，選修課多，原有教室有點不夠，除了儘量活化教室空間外，在排課上也規劃用分群方式來排課，緩解教室空間不足的問題。」

3. 持續申請計畫，爭取經費充實所需器材

由於探究與實作課程為新興課程，需為探究活動發展新的教具或器材，但不表示需要購置昂貴之精密儀器才能培養學生之跨科探究，教師可先利用現有設備器材來發展適當之課程主題，解決現有設備器材缺乏或經費不足的問題，例如學校編號 S147 提到「學校教師先利用現有教具設備發展探究主題，等有經費後再逐年補充儀器材料，有些教具雖然無法像專用儀器來得精確，但是透過老師的教學引導也能讓學生探究。」除了配合現有器材發展探究主題之外，亦可爭取相關經費逐年購置較貴重之儀器設備，例如學校編號 S172 指出：「持續申請高優計畫或是科教計畫來充實相關實驗設備，解決課程需要器材不足的問題，也希望相關計畫能夠持續補助。」

伍、結論與建議

一、結論

(一)「探究與實作」課程主要採分科統整，主題重視「科學與生活」跨科概念

由研究結果可知，58%普高「探究與實作」課程以「分科」統整為主，意指其將不同科學科目合併於課程之中，內容具明顯學科知識界線而缺乏實際整合 (Drake, 2012; Weinberg, & McMeeking, 2017)。而「多科」或「科際」模式各有 20%與 22%，「多科」是指共同主題連結不同學科知識，而科際則是以主題概念整合學科知識 (Grady, 1994)，顯示出這些學校「探究與實作」課程已具跨科統整設計，不過目前未有普高屬於「超科」統整。可能是教師對於「超科」統整課程設計與教學感到困難，需要專業課程設計能力及較長時間轉化教學信念與行動 (Levin, & Nevo, 2009)，因此課程統整程度較為不足，本研究亦發現教師人數與課程統整程度具正相關，意指教師人力充足有助共同研發跨科統整課程，提升課程統整程度。此外，80%的課程主題與「科學與生活」跨科概念相關，顯示普高的「探究與實作」相當強調生活中的科學應用，重視學生科學探究與問題解決能力的培養，也顯示我國「探究與實作」課程與美國、澳洲及新加坡等國家之科學探究課程相同 (ACARA, 2015; Ministry of Education, Singapore, 2013; NRC, 2012)，均強調跨科概念的學習及幫助學生連結科學在生活中的應用。

(二)「探究與實作」課程主要在高二實施，教師認為學生應具基礎學科知識再行探究

有 90%普高「探究與實作」課程在高二學期實施，教師表示學生應具高一基礎科學知識，高二進行跨科探究會具有較佳的學習成效，因為學生在探究過程中需要觀察現象、提出問題假說、設計驗證方案、進行論證推理、並且分享表達，這些探究能力需以科學知識作為基礎，否則學生容易流於只知其然，不知其所以然之情況。這與 van Riesen、Gijlers、Anjewierden 與 Jong (2018) 的觀點相符，均認為學生先備知識會影響探究過程中現象觀察、器材操作甚至結論推理等，因此學生具有先備知識有助其科學探究學習，而高二「探究與實作」課程也可能是高一基礎科學課程的加深加廣，學生具有高一先備科學知識更有助於高二「探究與實作」課程的學習。

(三)「探究與實作」課程主要採校內跨科方式自編教材而不使用教科書

研究結果顯示 67% 普高「探究與實作」課程為自編教材，其中以「校內跨科」方式為主，教師認為教師引導學生探究的角色比教科書內容更為重要，且各校特色與師資專長不同，使用教科書反而影響教師教學與學生學習。Fang、Lamme 與 Pringle (2010) 表示教師通常依循科學教科書提供的既定程序找到正確答案，這種探究是培養學生知識記憶而非思辨推理之能力，因此不使用科學教科書教學更能發揮探究精神。研究也發現少數教師仍有依賴教科書教學的心態，不過教師使用教科書上課也不應只是照本宣科，而需引導學生進行探究學習，引發學生的學習興趣與動機，才能達到有效教學的目標 (Lakkala, Lallimo, & Hakkarainen, 2005; Weiss, Pasley, Smith, Banilower, & Heck, 2003)。

(四) 教師知能、師資及設備不足，其透過研習增能及申請經費充實師資與設備

研究結果顯示教師在「探究與實作」課程設計與教學上面臨缺乏探究理念與跨科主題的知能等內在因素，以致於意見不易整合而影響課程與教學，而外在因素上則包括學校師資人力不足，以及教室空間不夠導致排課困難，且原有設備器材不足或不適用之情況。這些教師實施科學探究所面臨的問題與國外研究 (Benny, 2014; Bowen, & Bencze, 2009; Kim, Tan, & Talaue, 2013) 發現結果相似，教師會因為自己缺乏教學知能與經驗，或是教學環境與設備不足等因素而影響其實施意願。面對這些困難，教師透過參與增能研習或邀請專家協作指導提升相關專業知能，同時借鏡他校經驗與做法進行課程設計與教學，此外，學校會配合現有師資人力發展科學探究課程，並活化閒置教室空間，運用現有設備材料設計課程與教學，另持續申請計畫經費充實教學設備。

二、建議

(一) 普高應提升「探究與實作」課程之跨科統整程度

目前多數普高「探究與實作」課程跨科統整以「分科」模式為主，在課程內容上缺乏實質整合，不易達成跨科統整的課程目標與學生科學探究素養的培育。相關研究 (Alghamdi, 2017; Becker, & Park, 2011; Brown, 2011; MacMath, Wallace, & Chi, 2009) 已指出科學課程統整有助於提升學生學習動機、自我效能及學習表現，因此普高「探究與實作」課程應增加課程統整程度，朝向多科、科際、甚至超科之統整模式設計，以共同主題連結整合不同學科內容，強調生活科學問題解決或社會性科學議題之探討，相信能夠更加符應新課綱之探究精神與有效培養學生的科學探究能力。

(二)「探究與實作」課程設計需考量不同群科學生學習需求

普高主要在高二開設「探究與實作」課程，教師表示學生應具高一科學知識基礎，高二進行跨科探究會有較佳學習成效。不過對於高二非科學群科學生而言，科學非其喜好或擅長之領域，若課程難度過高可能造成他們排斥「探究與實作」課程。相關研究 (Hogan, Natasi, & Pressley, 2000; Valeras, Becker, Luster, & Wenzel, 2002) 發現科學探究課程對於非科學背景學生或是科學探究經驗有限之學生較為困難，需要教師提供鷹架引導學習，透過具體經驗培養學生探究能力，Lee (2002) 也指出教師對於非科學背景的學生應提供真實情境任務與活動明確引導學生學習，因此「探究與實作」課程設計上應考量不同群科學生之程度與學習需求，對於科學群科學生加深加廣課程內容，對於非科學群科學生則重視生活應用並提供鷹架引導，使不同群科學生獲得適性化的探究學習。

(三)「探究與實作」課程宜依據學校特色與學生需求自編教材

多數普高「探究與實作」課程選擇自編教材，因為教師認為使用教科書容易影響教師教學發揮與限制學生探究精神，相關研究 (呂秀蓮, 2020; 吳瓊湘, 2012) 也指出教科書制式內容不易符合學生適性需求與多元教學特色，而學校自編教材反應能夠提供正向的科學學習成效 (張靜儀、祖莊琍、許國忠, 2003; 盧秀琴、石佩真、蔡春微, 2006)。因此普高「探究與實作」課程可依據學校發展特色與學生學習需求，透過「校內跨科」之社群模式自編教材，相信能夠更加發揮課程特色與跨科統整的成效。不過值得注意的是自編教材通常較不易對應課綱內容，缺乏明確教學目標及有效評量設計 (廖婉雯, 2019)，因此在自編教材上應多加強化課綱內容與教學目標的連結以及有效評量的設計。

(四) 持續推動「探究與實作」課程增能研習與相關補助計畫

普高初次實施「探究與實作」課程，許多教師尚缺乏相關教學知能，其表示應多參與增能研習提升教學專業成長。教師教學知能對於引導學生參與科學探究與發展學生科學興趣相當關鍵 (NRC, 2009)，許多研究 (Adisendjaja, Rustaman, Redjeki, & Satori, 2017; Kim, Tan, & Talaue, 2013; Zion, Cohen, & Amir, 2007) 亦指出 TPD 課程培訓有助於提升教師科學探究知能與培養學生科學探究能力 (Corlu, M. A., & Corlu, M. S., 2012)，因此「探究與實作」相關培訓課程有必要持續辦理，幫助更多教師提升教學專業知能。此外，教師也反應相關計畫經費能有效充實學校師資與設備器材，可見教師重視師資人力與教學設備的問題。研究結果也顯示教師人數愈多，課程統整程度愈佳，顯示充實教師人力對跨科統整的課程設計發展具有正向助益，因此相關計畫經費應持續補助以充實師資人力與教學設備。而相關研究 (Quigley, Marshall, & Deaton, 2011; Supovitz,

& Turner, 2000) 亦指出教師社群與行政支持是影響教師參與 TPD 課程培訓意願的重要因素，因此促進教師社群運作成效並提供教師更多行政支持以幫助教師提升教學知能，是未來推動「探究與實作」課程值得強化之處，亦是後續研究值得深入探討的議題。

致謝

本文承蒙國家教育研究院研究計畫（計畫編號:NAER-108-24-G-2-01-00-1-01）經費補助及兩位審查委員惠賜卓見指正始得完成，特申謝忱。

參考文獻

- 于曉平、吳育雅（2013）。資優女生科學文本閱讀理解歷程之研究。**資優教育季刊**，**128**，15-24。
- 方朝郁（2016）。教師合作自編國小霸凌防治教材與教學實踐之個案研究。**教科書研究**，**9**（2），101-134。
- 吳瓊洳（2012）。國中社會學習領域公民課程內容之意識型態分析。**教師專業研究期刊**，**4**，81-108。
- 呂秀蓮（2020）。新課綱教材的編製與使用之新路徑：S2 素養課程的學習內容。**臺灣教育評論月刊**，**9**（3），6-14。
- 呂孟潔（2019）。十二年國教素養導向的教科書變革及展望。**臺灣教育評論月刊**，**8**（12），140-146。
- 呂紹海、巫俊明（2008）。國小自然與生活科技教科書中科學史內容之分析。**新竹教育大學教育學報**，**25**（2），1-31。
- 林陳涌、鄭榮輝、張永達（2009）。融入科學史教學對高中學生的科學本質觀、對科學的態度以及學習成就的影響。**科學教育學刊**，**17**（2），93-109。
- 張基成、陳怡靜（2018）。機器人跨領域 STEM 主題式統整課程與任務導向式教學的設計及評鑑。**科學教育學刊**，**26**（4），305-331。
- 張靜儀、祖莊琍、許國忠（2003）。以故事情境改編教材進行自然科教學。**科學教育月刊**，**259**，62-69。

- 教育部(2018)。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。取自 <https://cirn.moe.edu.tw/Upload/file/27888/69656.pdf>
- 陳均伊(2013)。國小自然與生活科技教科書的語句類型分析—因果性解釋與預測性解釋的探討。**教科書研究**，6(1)，57-85。
- 陳淑娟(2017)。國民中學教科用書使用現況之研究。國家教育研究院專題計畫研究報告，未出版。
- 陳淑娟(2018)。國民小學教師教科用書使用現況之研究。國家教育研究院專題計畫研究報告，未出版。
- 陳慶民、廖柏森(2015)。專家與譯者對科學教科書讀者理解程度的影響。**翻譯學研究集刊**，19，169-213。
- 單文經(2001)。解析 Beane 對課程統整理論與實際的主張。**教育研究集刊**，47，57-89。
- 游政男(2014)。教師指導學生自編鄉土教材之過程與結果。**嘉大教育研究學刊**，32，67-90。
- 黃榮真、洪美連(2008)。自編高職特教班性別平等教育課程初探之實徵性研究。**東臺灣特殊教育學報**，10，167-182。
- 黃譯瑩(1998)。課程統整之意義探究與模式建構。**國家科學委員會研究彙刊：人文及社會科學**，8(4)，616-633。
- 楊國揚(2012)。高中審定本教科書使用現況及影響因素之研究。國家教育研究院專題計畫研究報告，未出版。
- 廖婉雯(2019)。國小綜合活動領域自編教材之現況問題及檢核規準與方式之探討。**教育理論與實踐學刊**，40，107-132。
- 劉湘瑤(2016)。科學探究的教學與評量。**科學研習**，55(2)，5-11。
- 蔡清田(2002)。學校整體課程經營。臺北市：五南。
- 蔡瑞君、熊同鑫(2008)。省思國小自然與生活科技領域教科書之意識形態：以K版及N版為例。**課程研究**，4(1)，23-40。

- 蔣佳玲、楊文金、廖斌吟、史偉郁 (2014)。國小科學文本「或」的邏輯語義分析。《教科書研究》，7 (1)，1-30。
- 盧秀琴、石佩真、蔡春微 (2006)。融入國小自然與生活科技領域的繪本電子書之製作與應用。《國立臺北教育大學學報》，19 (2)，1-30。
- 羅延瑛 (2016)。溝通式閱讀科學文本教學方案對國小四年級學生科學閱讀表現之影響。《教育研究學報》，50 (2)，1-26。
- Abd-El-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, M., Treagust, D., Tuan, H. L. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, 88(3), 397-419.
- Abd-El-Khalick, F., Waters, M., & Le, A. P. (2008). Representations of nature of science in high school chemistry textbooks over the past four decades. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(7), 835-855.
- Adisendjaja, Y. H., Rustaman, N. Y., Redjeki, S., & Satori, D. (2017). Science teachers' understanding of scientific inquiry in teacher professional development. *Journal of Physics: Conference Series*, 812, 1-8.
- Alghamdi, A. K. H. (2017). The effects of an integrated curriculum on student achievement in Saudi Arabia. *Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 13(9), 6079-6100.
- Anderson, R. D. (2002). Reforming science teaching: What research says about inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), 1-12.
- Australian Curriculum, Assessment and Reporting Authority (ACARA) (2015). *The Australian curriculum: Science: sequence of content (Version 8.1)*. Received from <https://australiancurriculum.edu.au/download?view=resources>
- Banilower, E. R., Smith, P. S., Malzahn, K. A., Plumley, C. L., Gordon, E. M., & Hayes, M. L. (2018). *Report of the 2018 NSSME+*. Chapel Hill, NC: Horizon Research.
- Beane, J. A. (1997). *Curriculum integration: Designing the core of democratic education*. New York, NY: Teachers College Press.
- Becker, K., & Park, K. (2011). Effects of integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students'

- learning: A preliminary meta-analysis. *Journal of STEM Education: Innovations & Research*, 12, 23-37.
- Benny, H. W. Y. (2014). Teaching Inquiry: Global influences and local responses. In A. L. Tan, C. L. Poon, & S. Lim. (Eds.), *Inquiry into the Singapore science classroom* (pp.133-138). Singapore, SG: Springer.
- Bowen, G. M., & Bencze, J. L. (2009). Engaging preservice secondary science teachers with inquiry activities. In W. M. Roth & K. Tobin (Eds.), *The world of science education: Handbook of research in North America* (pp. 587-609). Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers.
- Blachowicz, J. (2009). How science textbooks treat scientific method: A philosopher's perspective. *The British Journal for the Philosophy of Science*, 60(2), 303-344.
- Brinegar, K., & Bishop, P. A. (2011). Student learning and engagement in the context of curriculum integration. *Middle Grades Research Journal*, 6(4), 207-222.
- Brown, D. F. (2011). Curriculum integration meaningful learning based on students' questions. *Middle Grades Research Journal*, 6(4), 193-206.
- Cheon, M., & Lee, B. (2018). Analysis of characteristics of scientific inquiry problem finding process in small group free inquiry. *Journal of The Korean Association for Science Education*, 38(6), 865-874.
- Chiang-Soong, B., & Yager, R. E. (1993). The inclusion of STS material in the most frequently used secondary science textbooks in the U.S. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(4), 339-349.
- Chyleńska, Z. A., & Rybska, E. (2019). What makes source of scientific information good? Reflection on primary and junior high school textbooks and their use by teachers presenting particular teaching style through example of amphibians and reptiles. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 15(10), 1-20.
- Cohen, J. A. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1), 37-46.
- Corlu, M. A., & Corlu, M. S. (2012). Scientific inquiry based professional development models in teacher education. *Educational Sciences: Theory and*

Practice, 12(1), 514-521.

Drake, S. M. (1998). *Creating integrated curriculum: Proven ways to increase student learning*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.

Drake, S. M. (2012). *Creating Standards-based integrated curriculum: The common core state standards edition (3rded)*. Thousand Oaks, CA: Corwin.

Drake, S. M., & Burns, R. C. (2004). *Meeting standards through integrated curriculum*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.

Edelson, D. C., Gordin, D. N., & Pea, R. D. (1999). Addressing the challenges of inquiry-based learning through technology and curriculum design. *Journal of the Learning Sciences*, 8(3-4), 391-450.

Fang, Z., Lamme, L. L., & Pringle, R. M. (2010). *Language and literacy in inquiry-based science classrooms, grades 3-8*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.

Fleiss, J. L. (1971). Measuring nominal scale agreement among many raters. *Psychological Bulletin*, 76(5), 378-382.

Fogarty, R. (1991). *The mindful school: How to integrate the curricula*. Palatine, IL: Skylight.

Forbes, C. T. (2011). Preservice elementary teachers' adaptation of science curriculum materials for inquiry-based elementary science. *Science Education*, 95(5), 927-955.

Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D. C. (2012). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 82(3), 300-329.

Grady, J. B. (1994). *Interdisciplinary curriculum development*. Retrieved from <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED373903.pdf>.

Hogan, K., Natasi, B. N., & Pressley, M. (2000). Discourse patterns and collaborative scientific reasoning in peer and teacher-guided discussions. *Cognition and Instruction*, 17(4), 379-432.

- Jacobs, H. H. (1989). *Interdisciplinary curriculum design and implementation*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Kim, M., & Tan, A. L. (2011). Rethinking difficulties of teaching inquiry-based practical work: Stories from elementary pre-service teachers. *International Journal of Science Education*, 33(4), 465-486.
- Kim, M., Tan, A. L., & Talaue, F. T. (2013). New vision and challenges in inquiry-based curriculum change in Singapore. *International Journal of Science Education*, 35(2), 289-311.
- Lakkala, M., Lallimo, J., & Hakkarainen, K. (2005). Teachers' pedagogical designs for technology-supported collective inquiry: A national case study. *Computers & Education*, 45(3), 337-356.
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33(1), 159-174.
- Lee, O. (2002). Science inquiry for elementary students from diverse backgrounds. In Walter G. Secada (Ed.), *Review of research in education*, (pp. 23-69). Washington, DC: American Educational Research Association.
- Levin, T., & Nevo, Y. (2009). Exploring teachers' views on learning and teaching in the context of a trans-disciplinary curriculum. *Journal of Curriculum Studies*, 41(4), 439-465.
- MacMath, S., Wallace, J., & Chi, X. (2009). Curriculum integration: Opportunities to maximize assessment as, of, and for learning. *McGill Journal of Education*, 44(3), 451-466.
- Matthews, M. R. (2000). *Time for science education*. New York, NY: Plenum.
- McDonald, C. V. (2016). Evaluating junior secondary science textbook usage in Australian schools. *Research in Science Education*, 46(4), 481-509.
- McDonald, C. V., & Abd-El-Khalick, F. (2017). Representations of nature of science in school science textbooks. In C. V. McDonald & F. Abd-El-Khalick (Eds.), *Representations of nature of science in school science textbooks: A global perspective* (pp. 1-19). London, UK: Routledge.

- Ministry of Education, Singapore. (2013). *Science syllabus primary 2014*. Retrieved from <https://www.moe.gov.sg/docs/default-source/document/education/syllabuses/sciences/files/science-primary-2014.pdf>
- Morris, B. J., Masnick, A. M., Baker, K., & Junglen, A. (2015). An analysis of data activities and instructional supports in middle school science textbooks. *International Journal of Science Education, 37*(16), 2708-2720.
- Morris, H. (2014). Socioscientific issues and multidisciplinary in school science textbooks. *International Journal of Science Education, 36*(7), 1137-1158.
- National Research Council (NRC). (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council (NRC). (2000). *Inquiry and the national science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council (NRC). (2011). *Research training in the biomedical, behavioral, and clinical research sciences*. Washington, DC: National Academies Press.
- National Research Council (NRC). (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academies Press.
- National Research Council (NRC). (2009). *Learning science in informal environments*. Washington, DC: National Academies Press.
- Quigley, C., Marshall, J. C., & Deaton, C. (2011). Challenges to inquiry teaching and suggestions for how to meet them. *Science Educator, 20*(1), 55-61.
- Rennie, L., Venville, G., & Wallace, J. (2012a). *Integrating science, technology, engineering and mathematics: Issues, reflections and ways forward*. New York, NY: Taylor & Francis.
- Rennie, L., Venville, G., & Wallace, J. (2012b). *Knowledge that counts in a global community: Exploring the contribution of integrated curriculum*. London, UK: Routledge.
- Rönnebeck, S., Bernholt, S., & Ropohl, M. (2016). Searching for a common ground- A literature review of empirical research on scientific inquiry activities. *Studies*

in Science Education, 52(2), 161-197.

Rosenthal, D. B. (1984). Social issues in high school biology textbook: 1963-1983. *Journal of Research in Science Teaching*, 21(8), 819-831.

Sandmann, A. L., Weber, W. B., Czerniak, C. M., & Ahern, J. F. (1999). Coming full circuit: An integrated unit plan for intermediate and middle grade students. *Science Activities*, 36(3), 13-20.

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.

Trna, J., Trnova, E., & Sibor, J. (2012). Implementation of inquiry-based science education in science teacher training. *Journal of educational and instructional studies in the world*, 2 (4), 199-209.

Valeras, M., Becker, J., Luster, B., & Wenzel, S. (2002). When genres meet: Inquiry into a sixth-grade urban science class. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 579-605.

van Riesen, S. A., Gijlers, H., Anjewierden, A., & de Jong, T. (2018). The influence of prior knowledge on experiment design guidance in a science inquiry context. *International Journal of Science Education*, 40(11), 1327-1344.

Weinberg, A. E., & McMeeking, L. B. S. (2017). Toward meaningful interdisciplinary education: High school teachers' views of mathematics and science integration. *School Science and Mathematics*, 117(5), 204-213.

Weiss, I. R., Pasley, J. D., Smith, P. S., Banilower, E. R., & Heck, D. J. (2003). *Looking inside the classroom: A study of K-12 mathematics and science education in the United States*. Chapel Hill, NC: Horizon Research, Inc.

Yager, R. E. (1983). The importance of terminology in teaching K-12 science. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(6), 577-588.

Zion, M., Cohen, S., & Amir, R. (2007). The spectrum of dynamic inquiry teaching practice. *Research in Science Education*, 37(4), 423-447.

A Study of the Implementation of “Inquiry and Practice” Curriculum in the Field of Natural Science in Senior High Schools

Shih-Wen Chen* Chin-Hsiang Yen**

With the implementation of Taiwan’s Twelve-year Basic Education, “Inquiry and Practice” has been added as a compulsory course in the field of natural science in senior high schools. In this study, therefore, we aim to explore how this new course has been implemented in terms of curriculum integration model, curriculum implementation level, material usage and design, and problems faced by schools and corresponding solutions.

The results of the study showed that “Intradisciplinary” was the dominant model of curriculum integration, suggesting that the degree of curriculum integration could be further improved. About 90% of the schools adopted this curriculum in the sophomore year because teachers claimed that students should be equipped with the relevant foundational knowledge in their freshman year before shifting to the interdisciplinary model. With the belief that textbook usage would limit scientific inquiry teaching and learning, approximately 67% of the schools developed their own teaching materials within each individual school’s teacher communities instead of using textbooks. In addition, the schools encountered both internal and external problems that compelled them to come up with different resolutions. Finally, we offer some suggestions for enhancing the curriculum quality of “Inquiry and Practice”.

Keywords : 12-Year Basic Education, science curriculum, inquiry and practice, senior high school education

* Assistant Researcher, Center for Textbook Research, National Academy for Educational Research

** Vice President, National Academy for Educational Research

Corresponding Author: Shih-Wen Chen, e-mail: shiwen@mail.naer.edu.tw