

新興科技融入探究式教學的成效探討

楊桂瓊¹ 陳雅君² 洪瑞兒¹ 林煥祥^{2,*}

¹國立中山大學 教育研究所

²國立中山大學 通識教育中心

摘要

本研究目的在於探討參與新興科技融入探究式教學的高中學生在科學能力方面的學習成效，藉以瞭解該項由科技部規劃，結合大學新興科技研究學者、科學課程及教學專家、以及高中科學教師各團隊所執行的高瞻計畫實施現況。研究樣本包括10所參與高瞻計畫的高中及高職，各自選取程度、人數相當的參與高瞻計畫之學生與未參與高瞻計畫之學生共710人。利用國際學生學習成就評量(Programme for International Student Assessment, PISA) 2015預試(field trial)的情境式能力導向試題為評量工具，遵照PISA的規定及程序進行施測。研究結果發現參與高瞻計畫之學生在PISA 2015預試所評量的「解釋科學現象」、「評估與設計科學探究」、「詮釋科學數據及證據」以及上述三項科學能力的總分整體表現，均顯著地優於未參與高瞻計畫之學生。另外，就同樣參與高瞻計畫的學生而言，高中學生在上述科學探究能力的表現仍然顯著優於高職學生。最後針對上述評量結果我們提出在科學課程及教學上的應用及建議。

關鍵詞：科學能力、探究式教學、新興科技議題

壹、研究動機與研究問題

二十一世紀是知識經濟的時代，新興科技議題不斷崛起，如奈米科技、替代能源、綠色能源、雲端科技等，促使各國課程與教學不得不即時跟進，以迎合全球急速發展的科技時代。各國於近年來陸續推動新興科技課程研發與推廣，期待新興科技融入基礎科學課程，厚植學生的科學與新興科技素養，如日本於2002年開始推動重點科學學校(Super Science High School, SSH)推動新興科技課

程發展計畫，而我國於2006年推動「高中職科學與科技課程研究發展實驗計畫」(High Scope Program, HSP)，簡稱為「高瞻計畫」。

最近的20年期間，不管是研究機構或學術期刊論文都持續強調並關注探究式教學的重要性。例如美國國家研究理事會(National Research Council [NRC], 1996)出版科學教育標準的書中強調教師應該能夠「為學生設計探究導向的課程」(頁30)以及「與學生互動時，教師能協助學生聚焦於探究學習……教

*通訊作者：林煥祥

(投稿日期：民國103年10月13日，修訂日期：民國104年3月24日，接受日期：民國104年3月26日)

師能激發學生學習探究技能並作為學生學習探究技能的楷模」(頁32)。另一方面9~12年級的學生所需具備的探究能力包括：「能辨識科學探究活動中的研究問題以及相關的科學概念」，「設計和執行科學探究活動」、以及「能使用合乎邏輯的證據形成或修正科學性的解說或科學模型」等(頁175)。上述的探究能力在經濟合作暨發展組織(Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2006, 2013)所主辦的PISA 2006及2015科學素養評量之中也是重點項目。我國教育部(2006)所出版的自然與生活科技學習領域課程綱要基本理念亦強調「自然與生活科技之學習應以探究和實作的方式來進行」(頁3)。除了上述研究機構或國家課綱強調探究教學的重要之外，學術期刊論文與探究教學相關者亦不在少數，例如以「探究式教學」(inquiry-based teaching)為論文標題(title)搜尋引用文獻索引資料庫(Web of Science)中社會科學期刊文獻資料庫(Social Science Citation Index)論文自1995~2014年以此為主標題的期刊論文多達76篇，可見其受重視之程度。

我國科技部在2006年開始啟動「高瞻計畫」，至今已經推動兩期(第一期：2006至2010；第二期：2011至2014)，其宗旨聚焦於激勵新興科技課程研發並以高廣度與高深度的方式推廣新興科技課程，透過探究式的學習方式讓高中職學生於第一時間接觸新興科技議題，「零時差」地提升高中職學生的科學與技術素養。雖然推動本計畫期間，已辦理一系列階段性的評鑑工作，如成果報告，國際交流，學生專題研究成果展，與小論文競賽等。有鑑於新興科技尚屬新的課程，大部分的學術研究聚焦於探討新興科技議題課程研發的效益(例如：林建良、黃台珠、莊雪華、趙大衛，2013；Kuo, Yu, Yang, Hu, & Yang, 2012)、教師的教學知能發展(陳佩英、

焦傳金，2009)，而探討該類課程對學生的學習成效之期刊論文甚少(例如：洪振方、陳毓凱，2011)，檢視參與高瞻計畫的學生是否具備現代公民所需的科學能力的研究則更不多見。有鑑於此，本研究欲著墨於探討新興科技議題融入教學，學生的科學能力表現。期待藉由本研究實證性資料之提供，做為相關人員後續課程推動之參考依據。

貳、文獻探討

一、新興科技融入科學教學之必要

奈米科技、雲端科技、生物科技、綠色能源、替代能源、材料科技、機器人等等，一個又一個的新興議題不斷崛起，這些名詞對即將完成基礎教育的高中職學生而言雖不陌生，但卻無法透過正規基礎科學課程深入學習。雖然高中科學課程已擁有廣泛的基礎科學科目，一般高中所需具備的科學能力、科學概念及技能也已列入普通高級中學課程綱要(教育部，2008)。然而，新興議題發展快速，很難及時被編排為一門新的學科(甄曉蘭，2008)，而且新興科技是指創新的基礎科學，不能忽視其創造新產業或革新原有產業的潛力(Day, Schoemaker, & Gunther, 2004)。適時的將新興科技議題融入基礎科學課程是重要的，因為藉由提供學生生活較相關的議題不但能提升學生的學習表現及興趣(Hulleman & Harackiewicz, 2009)，而且根據Tai, Liu, Maltese與Fan (2006)的研究指出青少年對於科學相關職業的期望越高，越會選擇就讀該科系，所以不能忽視學生認識新興科技議題的重要性。同時，讓科技應用端之相關議題直接融入科學課程，提供學生適合的情境及充裕的時間深入探索，使其得以直接學習科技議題的全貌概況，再接續分階段探究，亦能避免學習時陷入「見樹不見林」的

困境，就如Brooks與Brooks (1993)所提出的「學生在學習時，以全貌性的呈現問題較能促進學生學習」(頁48)。因此，以上文獻所述都支持新興科技議題及早融入科學學習，此舉對高中生而言亦有其必要性。

追溯過往新興科技議題融入科學教育之相關研究，大部分是以社會性科學議題佈題，並以提升學生高層次的思考能力及公民素養為目標，包括：綠色能源議題(例如：Birmingham & Barton, 2014)或生物科技議題，如基因改造食品(例如：Freidenreich, Duncan, & Shea, 2011; Khishfe, 2012)。另一方面，奈米科技議題透過教育學者及決策者的努力已逐步融入到學校科學課綱，逐漸往下扎根(如美國國家科學教師協會[National Science Teachers Association, NSTA]出版《奈米尺度在科學和工程的主要概念》(*The Big Ideas of Nanoscience & Engineering*)，明確列出7～12年級學生所需學習的奈米概念)。同時，有關奈米科技議題融入科學教育的相關文獻已轉向探討學生或成人對奈米科技的認知、態度與覺知(例如：S.-F. Lin, Lin, & Wu, 2013; Liu, Chen, Yueh, & Sheen, 2014)。除了綠色能源、基因、奈米科技等議題，其他新興科技議題依舊持續蓬勃發展，如機器人、雲端科技、發光二極體等，至於如何融入以及成效如何則有待進一步探討。推動成果的評估也值得教育政策制定者參考。

二、探究教學相關研究

從1970開始，各國教育學者紛紛提倡探究式教學，鼓勵科學教師以學習者為中心的教學取向進行教學。探究式教學除了能提升學生的科學概念與科學能力(Minner, Levy, & Century, 2010)，亦以培養學生主動建構資訊、內化資訊、應用與遷移資訊的能力(Brooks &

Brooks, 1993)。因此，探究式教學具備培育學生科學能力與激發學生「創新」知識的能力，為新興科技人才奠定良好的基礎。

探究式教學相關的文獻甚多，近年來更著重於探究教學專業能力之相關研究(例如：H.-S. Lin, Hong, Yang, & Lee, 2013; Lotter, Yow, & Peters, 2014; Melville, Bartley, & Fazio, 2013; Morrison, 2014; Soprano & Yang, 2013)，以及深入分析提升學生探究能力之相關策略(例如：Ho, Tsai, Wang, & Tsai, 2014; Walker & Sampson, 2013; Wecker et al., 2013)。但教育決策者更關心學生在較具有公認性，或者是跨國評比測驗(high-stakes test)的學習表現(Minner et al., 2010)，因為研究結果能做為檢測目前的教育方針是否符合培育現代公民條件。然而，目前很少大型的研究能著重於整合多個個案研究進一步統整性的探討探究式教學對學生的學習成效(Minner et al.)。根據Minner等針對1984至2002年有138篇探究式教學相關的研究進行趨勢分析，雖然後設分析結果都支持探究式教學能提升學生的學習成效，但其成效評量大多著重於科學概念的理解(138篇研究中有104篇研究)，鮮少著重於科學能力的評量。藉由美國國家研究理事會擬定科學教育內涵及經濟合作發展組織編擬定的科學素養，可瞭解科學能力是重要的教學指標及評量內涵。如NRC在2000年擬定科學教育的內涵包括係科學態度；探究能力及過程技能；科學知識及概念瞭解(NRC, 2000)。而OECD藉由PISA對參與國家15歲學生所需具備的科學素養進行跨國評比，其所擬定的科學素養與NRC亦相似，兩者對於學習成效的定義都著重於能力的表現。如PISA 2006在科學素養的定義上強調形成科學議題的能力、解釋科學現象的能力和科學舉證的能力(OECD, 2006)；PISA 2015則強調以科學

的解釋現象、設計和評估科學探究及解釋數據和證據(OECD, 2013)三項科學能力。由此可見，科學素養之中與探究相關的科學能力逐漸受到重視。

過往，關於探究式教學的文獻甚少進行跨個案的研究。雖然Lee, Hart, Cuevas與Enders (2004)探討六所國小三至四年級學生在探究式教學的探究能力表現，該個案的研究結果支持探究式教學能有效提升學生的探究能力，但以新興科技議題融入探究式學習的研究卻未有相關的實證資料。而高瞻計畫不但以探究式教學的方式讓學生能接觸新興科技的學習機會，而且在全國多個學區(北、中、南和東部)進行，因此能藉由整合多個個案，分析學生在新興科技議題融入探究式學習的科學能力表現。

科學能力係未來公民所需具備的基本能力之一。高中、高職學生在新興科技議題衝擊的世代是否具備現代公民的基本能力也是學校的一大考驗。在推行教育機會均等的政策的理念下，學生在義務教育的學習階段，無論是分流至高中或高職兩種不同的升學管道，學校的教育理念都以培育未來社會公民為共同目標。紀惠英與林煥祥(2009)由PISA 2006數據卻發現高中職學生在科學素養表現上，高職學生表現顯著低於高中生。學校的教育因素(如：Egelund & Eidesgaard, 2009; Shin, Lee, & Kim, 2009)與家庭因素(如：楊淑萍、林煥祥，2010)都有可能與學生在PISA的科學能力表現相關。上述研究之中，Egelund與Eidesgaard係針對德國、芬蘭、冰島、挪威和瑞典北歐五國學生在PISA 2006的表現，該研究指出學校教育因素與學生家庭因素都與學習成效相關；Shin等分析美國、韓國和日本，三個國家的學生在PISA 2003的表現，亦發現學校的教育因素如學校的紀律氣氛與學

生的學習成效相關；楊淑萍與林煥祥分析臺灣學生在PISA 2006的表現，發現家庭資源與文化資源完整的學生，在科學能力上比其他同儕好。藉由以上國內外的文獻，可瞭解高中和高職屬兩種升學管道，社會、經濟和文化脈絡都可能影響學生的學習成效。

雖然學校因素和家庭因素都足以影響學生的學習成效，由於家庭因素較難由教育工作者掌控，因此本研究著重於學校教育因素的探討。在學校因素上，可分成教育政策者能擬定的因素(如：科學課程上課時數和各學年科學課程)和教師所提供的教學環境因素(如：班級學習氣氛、學生上課的專心度)。基本上，過往的研究都支持學習時間與學習成效具有正相關(Gettinger & Seibert, 2002)；Shin等(2009)透過PISA 2003的資料發現無論是韓國、日本或美國的學生，班級氣氛與學生成效具有顯著的相關性。在學校和教師所擬照的教學環境因素方面，Gettinger與Seilber宣稱學生在該學科的投入時間能預測其學習成效；然而，在課堂以外的每週科學學習時數上，雖然大部分的研究都支持上課時維持高度投入會有較佳的學習成效(Gettinger & Seibert)，但Gettinger (1991)卻發現學生個人課外的學習時間對學習成效的預測力較小。因此，本研究試圖探討「科學課程的每週上課節數」、「今年或去年曾修習過的科學課程數目」、「班級學習氣氛」、「上課專心程度」與「課堂以外的每週科學學習時數」等因素對於學生在科學能力的表現是否具有顯著之預測力。

三、科技部高瞻計畫簡介及相關研究

我國科技部推動「高瞻計畫」，主要目的是希望透過教育現場配合大學前瞻性科技研發推動新興科技課程之發展，訴求前瞻

性科技能及時的推廣實施於全國之高中職學校，以解決因撰寫與編修傳統課綱的時間落差，並達到即時性的培育具備科學與技術素養的新興科技人才(科技部，2005)。高瞻計畫藉由新興科技議題轉為生活化的議題激發學生主動探究的精神及科學的學習興趣。該計畫第一期(2006年至2010年)所推動的議題包括：能源、環境、材料、生物科技、奈米科技等。第二期(2011年至2014年)新增議題如：醫療照護、觀光旅遊、精緻農業、文化創意、雲端運算、智慧電動車、智慧綠能建築等議題。高瞻計畫更於2014年積極推廣前兩期的議題，並於同年規畫新興科技課程研發與推廣，主要強調基礎科學(含數學與天文)、能源科技與環境(含綠色能源、永續生態環境)、生物科技(含醫療照護、精緻農業)、智慧生活科技(含智慧電動車、智慧綠建築)、資通科技(含雲端運算)與文創等(科技部，2014)。

由於實施高瞻計畫所發表的期刊論文基本上可以分成三種類型，第一類係研發與推廣新興科技課程：如Kuo等(2012)主要是研發雲端科技融入高中科技課程的內容結構，而林建良等(2013)則發展出延伸性評鑑系統，針對高瞻計畫所發展的機器人課程進行評鑑，分析課程目標，規畫活動及產出，以作為課程改善之指標。第二類則是培育教師的專業教學知能：如陳佩英與焦傳金(2009)藉由個案研究探討十位教師組成教師專業社群，開發科學教育新課程的運作歷程，研究發現學習端對社群成員之間的溝通與約定內涵對專業社群之發展有密切關係。第三類則是探討新興科技議題融入科學學習課程時，學生的學習成效：如洪振方與陳毓凱(2011)則觀察新興科技議題規劃探究本位的課程進行教學，結果顯示該課程有助於培養學生高層次思考的能力。

綜合以上的文獻，可發現高瞻計畫的相關研究成果多為單一個案及單一新興科技議題，而且在學習成效的評量指標，尚未全面性的探討學生的科學能力表現，雖然洪振方與陳毓凱(2011)的研究是分析學生的高層次的思考能力，但並無著墨於分析受教學生在「解釋科學現象」、「評估與設計科學探究」、「詮釋科學數據及證據」的學習成效。同時，亦未比較高中職學生在新興科技議題融入教學的學習成效。因此本研究藉由實施PISA 2015預試的評量，探討並比較相同學校內程度及背景相似的參與高瞻計畫之學生(簡稱高瞻學生)與未參與高瞻計畫之學生(簡稱非高瞻學生)在上述三項與科學探究相關的能力方面之差異，藉以瞭解高瞻計畫的部分實施成效。具體而言，本研究所探討的問題如下：

- (一)參與新興科技融入探究式教學的高瞻學生與程度背景相當的非高瞻學生在解釋科學現象、評估與設計科學探究及詮釋科學數據及證據的表現差異為何？
- (二)就讀高中與高職的高瞻學生在解釋科學現象、評估與設計科學探究及詮釋科學數據及證據的表現差異為何？
- (三)那些因素對高瞻學生在科學能力的學習成效具有預測力？

參、研究方法

一、研究樣本

經由OECD授權同意使用其科學能力評量測驗卷以及學生問卷，本研究藉由PISA 2015預試的實施，額外由37所參與新興科技融入探究式教學的學校中，以等比例抽樣選取10所(北區、中區、南區各3所及東區1所)的高中及高職(高中6所，高職4所)，每所學校選

取同年級、數理程度及人數相當(各約40名)的高瞻學生及非高瞻學生同步進行施測，合計共選取750名學生，實際參與測試的樣本為710名，其中高瞻學生共351名，非高瞻學生共359名。

二、研究工具

(一)認知評量測驗

本研究所使用的認知評量工具為PISA 2015預試的情境式能力導向試題，試題內容由臺灣PISA 2015國家中心的學科專家團隊負責翻譯、審查及校正，並經由PISA大會驗證確認，以確保評量的效度與適切性。有關試題內容、試題設計、試題的評分方式分述如下：

PISA 2015預試的認知評量內容涵蓋閱讀、數學、科學素養領域及協同解決問題(Collaborative Problem Solving, CPS)，以科學素養為評量的主軸，主要著重評量學生的解釋科學現象、評估與設計科學探究及詮釋科學數據及證據等三項科學能力(competencies)。

試題的設計分為沿用試題(trend items)及新式試題(new items)，科學、閱讀、數學素養領域的沿用試題分別為PISA 2006, PISA 2009, PISA 2012所測驗過的題目，各包含6個群組(cluster)，沿用試題共有18種不同的試題組合內容(forms)，其中6種為科學及數學的試題組合，6種為數學及閱讀的試題組合，6種為科學及閱讀的試題組合。新式試題為新發展的評量項目，包含CPS 試題(含4個群組)及新式科學試題(new science items) (12個群組)，新式科學試題除了傳統標準的科學素養評量試題(standard unit)，同時新增了互動式的科學素養評量試題(interactive units)。新式試題共有24種不同的試題組合內容，其中12種均為科學的試題組合，另外12種則為科學及協

同解決問題的試題組合，因PISA 2015是以科學素養為評量主軸，因此在合計42種試題組合中，包含科學試題的共有36種。每位學生所接受的試題組合由PISA所研發的電腦軟體KeyQuest隨機分配，每位學生所評量的試題內容均包含四個群組，每個群組的評量時間均為30分鐘。不管是沿用試題或新式試題，其命題方式的特色均著重於生活化、情境式的題目敘述，評量受試者是否能夠將相關的科學概念與知識，透過上述三項科學能力的應用而進行作答解題。

PISA的測驗題目的形式包括「選擇題」(含單選題及多重單選題[multi dichotomous item])及「開放式問答題」(open-ended items)，除了開放式問答題外，剩餘題目會經由PISA的資料處理軟體依學生的回答情形而自動計分；開放式問答題的部分則由具備專業學科背景、受過訓練的閱卷人員(coder)，依照PISA的閱卷編碼指南(coding guide)的評分標準(包含滿分、部分得分、零分)逐題進行計分，並在2014年5月底前完成所有的閱卷評分工作。數學、閱讀、科學沿用試題及新式科學試題分別共有18、40、29、65題需要閱卷評分，其平均信度分別為.99、.98、.97、.97，均達到PISA大會所要求的標準，顯示評分者信度良好。

(二)學生問卷

PISA 2015預試的學生問卷，內容涵蓋下列四方面1.學生背景：有關學生個人、家庭、社經、文化、先前的教育狀況等資訊；2.教學與學習：著重與科學相關的教學實務、學習與課程、校外學習經驗等；3.學校政策與管理：有關學校的氣氛、課程安排、評量等情形；4.影響科學學習成效的因素：包括動機、自我監控、態度、和興趣等等，

學生問卷共分為4種電腦題本(booklet)，每種電腦題本的作答時間均為35分鐘。

三、新興科技融入探究式教學的實施

本研究中參與「新興科技融入探究式教學」的高中及高職，均致力研發將新興科技的內涵融入在「探究式」教學情境中的創新課程。至於課程的實施時間，10所學校中有3所實施超過一學期，7所實施超過1年。課程實施的方式有採取專班、社團或專題製作課程等型式，進行以學生為中心的專題式學習，提供學生更真實的探究學習情境，同時輔以非制式的教育活動(例如校外教學、參訪及國際交流)，引發學生對新興科技的好奇心與興趣，及培養學生主動探索的科學研究能力。學生的探究活動則包括進行專題研究、撰寫小論文及參與高瞻嘉年華所舉辦的各項競賽及展示、交流等。在專題研究的過程中，學生以小組合作的方式，在老師及大學端教授的指導下，共同討論其將探討的研究問題，規畫實驗步驟及所需收集的資料及數據，進行資料分析及實驗結果、圖、表的呈現，最後撰寫研究結果報告等類似科學家的探究活動過程。新興科技創新課程實施時間、方式及新興科技議題領域詳如表1。

有關「新興科技融入探究式教學」的個案實施情形說明如下。例如其中一所高職學校以藻類與微生物燃料電池生質能為主題，進行綠色生質能源新興科技課程的開發，以成立「生質能源課程實驗社團」的方式，利用社團與班週會時間實施「微生物燃料電池」及「藻類生質能源課程」之教學及實驗。同時辦理有關生質能源課程的專題演講及安排校外參訪發電廠。學生的探究活動方面，以較簡易的H型微生物燃料電池為實驗模組，學生可以透過親自組裝，進而瞭解微生物燃料電池之產電原理、影響電池電功率之因素，學生可藉由重覆操作的過程，探究不同的變因對電池電功率所產生的影響，培養學生設計實驗及根據實驗結果形成結論的能力。另外學生也會利用課餘時間參與專題研究的討論及製作，並進一步彙整研究成果參加科學展覽及高瞻計畫夢想起飛年度競賽等活動。

另外一所高中則是以綠色能源、生物防治、綠色科技為主題，發展永續環境相關之新興科技課程，以成立「高瞻班」的方式在現行課程相關的學科及單元內融入「創意綠能設計」、「太陽能電池」及「綠色光科技」等永續環境課程之教學及實驗。舉辦專

表1：新興科技創新課程實施時間、方式及新興科技議題領域

學校	學生年級	課程實施時間	課程實施方式	新興科技議題領域
北1	11	> 1年	融入式教學／專題創作	文創科技
北2	12	> 2年	專班／專題創作	能源科技
北3	10	> 半年	專班	資通科技
中1	11	> 1年	社團／專題製作	生質能源科技
中2	11	> 1年	專班／專題研究	醫療照護科技
中3	11	> 半年	社團	應用生物科技
南1	11	> 半年	專班／專題研究	基礎科學
南2	12	> 1年	社團／專題製作	能源科技
南3	11	> 1年	專班／專題研究	環境議題
東1	12	> 1年	融入式教學／專題製作	能源科技

題講座、校外教學及參訪各大學系所實驗室等活動以瞭解有關生物防治、太陽能光電、有機發光二極體(OLED)等的原理及應用。學生的探究活動方面，在光電科技基本概念與相關元件介紹後，學生必須親自動手進行車架、電子元件及線路的組裝及測試，接著再透過小組討論進一步探究如何從齒輪數量、比例、位置或輪胎位置、材質或線路組裝等進行綠能車的改裝，以設計出具有最佳效能的綠能車。另外學生均須分組參與專題研究或其他各類的科學競賽活動(如高瞻夢起飛創作競賽、科學展覽、小論文寫作比賽、生活科技學藝競賽等等)，從中培養學生的獨立思考、解決問題及主動探究的能力。

四、施測過程

本研究的施測完全依照PISA 2015預試的標準化流程。例如施測前各校協調主任及資訊人員的培訓及講習、施測人員的選取及訓練、施測時間的分配等，均符合PISA的相關規定及程序，以確保施測之品質。10所學校的施測事宜分別於2014年3～4月間順利施測完畢，作答方式全部採用電腦化的線上評量方式(Computer-Based Assessment, CBA)，每位學生電腦測驗所需的帳號、密碼、認知評量測驗及問卷的內容，均由PISA的取樣軟體隨機分配所產生。認知測驗的評量時間為2小時，第1個小時的作答結束，短暫休息5分鐘後再緊接著進行第2個小時的作答。測驗完成後，先休息15分鐘，再進行35分鐘的學生問卷填答。

五、資料分析與處理

本研究主要著重在分析參與新興科技融入探究式教學的高瞻學生與程度相當的非高瞻學生在科學能力的表現差異，由於每位學生所測驗的科學群組(science cluster)及題數並

不相同，為使測驗結果能相互比較，因此先依據學生的答對百分比轉換為常態化的Z分數，再依PISA 2006的計分方式($M = 500$, $SD = 100$)轉換成 $500 + 100Z$ 的標準分數，然後以此標準分數為依變項，進行獨立性t考驗，以瞭解兩群學生在科學能力的表現上有無顯著差異。接著為進一步瞭解這兩群學生在解釋科學現象、評估與設計科學探究及詮釋科學數據及證據等三項科學能力的表現上有無顯著差異，以相同的換算方式獲得兩群學生在此三項科學能力上的標準分數，再以此標準分數為依變項，進行獨立性t考驗。最後再將參與新興科技融入探究式教學的高瞻學生，依就讀學制區分為高中生及高職生兩群，並進行獨立性t考驗，以瞭解高瞻高中生及高職生在科學能力、解釋科學現象、評估與設計科學探究及詮釋科學數據及證據的表現上有無顯著差異。本文以cohen d 計算效果量(Effect Size, ES)，效果量0.20、0.50、0.80分別歸為低、中、高三種效果程度(Cohen, 1988)。

問卷部分，本研究選取問卷中有關學校課程規劃與學習時間的部分進行分析，所選取的5個變項如下：1.科學課程的每週上課節數；2.今年或去年曾修習過的科學課程數目；3.班級學習氣氛；4.上課專心程度；5.課堂以外的每週科學學習時數。為探討上述5個變項對「科學能力表現」的預測力，首先將5個自變項逐一與「科學能力表現」依變項進行簡單迴歸分析，找出具有顯著預測力的變項，然後再進一步將具顯著預測力的變項同時進行多元逐步迴歸分析。

肆、研究結果

受試學生在科學能力、解釋科學現象、評估與設計科學探究及詮釋科學數據及證據的表現，說明如下：

一、高瞻學生與非高瞻學生在三項科學能力的表現差異

在受試的710名學生中，科學能力的有效受試人數為588人(沿用試題部分為211人，新式試題部分為377人)，比較受試學生在科學能力的表現差異，結果發現參與新興科技融入探究式教學的高瞻學生在科學能力的表現($M = 515.91$)，明顯優於程度相當的非高瞻學生($M = 484.52$)， $p < .001$ ， $ES = 0.32$ 。科學能力評量的向度包含解釋科學現象、評估與設計科學探究及詮釋科學數據及證據等三項科學能力，沿用試題在上述三個向度所包含的題數分別為41、18、32；新式科學試題在上述三個向度所包含的題數則分別為92、46、75。進一步分析高瞻學生與非高瞻學生在解釋科學現象、評估與設計科學探究及詮釋科學數據及證據等3項科學能力上的表現差異，結果發現高瞻學生在3項科學能力的表現(M 分別為515.21、510.33、513.23)，亦顯著優於非高瞻學生(M 分別為485.20、489.95、487.13)， p 值均 $< .05$ 且效果量達低度到中度效果，依序為0.30、0.21、0.27。詳細結果呈現於表2。

二、高瞻高中生與高職生在三項科學能力的表現差異

在受試的290名高瞻學生中，進一步比較同樣參與新興科技融入探究式教學的高中生與高職生在科學能力的表現差異，結果顯示高瞻高中生在三項科學能力平均分數的表現($M = 563.37$)，顯著優於高瞻高職生($M = 434.40$)， $p < .001$ ， $ES = 1.78$ 。進一步分析高瞻高中生與高職生在解釋科學現象、評估與設計科學探究及詮釋科學數據及證據等3項科學能力上的表現差異，結果顯示高瞻高中生在3項科學能力的表現(M 分別為561.10、543.80、550.73)，均較高職生(M 分別為436.73、453.09、449.10)為佳，且均達顯著水準， p 值均 $< .001$ 且效果量皆達高度效果($ES > 1.04$)，詳細結果呈現於表3。

三、對高瞻學生在科學能力的學習成效具有預測力之因素探討

本研究所探討的第三個問題為：哪些因素對高瞻學生在科學能力的學習成效較具預測力？由於高瞻學生接受科學能力測驗的人數有限($N = 290$)，無法廣泛分析探討所有可能相關的因素，因此本研究僅就學生問卷之中選取「科學課程的每週上課節數」、「今年或去年曾修習過的科學課程數目」、「班

表2：高瞻學生與非高瞻學生在三項科學能力獨立性 t 考驗之分析結果

三項科學能力	組別	N	M	SD	SE	t	p	ES
科學能力 (Trend + New Science)	高瞻	290	515.91	93.78	5.51	3.850	< .001	0.32
	非高瞻	298	484.52	103.53	6.00			
解釋科學現象	高瞻	290	515.21	94.86	5.57	3.678	< .001	0.30
	非高瞻	298	485.20	102.78	5.95			
評估與設計科學探究	高瞻	290	510.33	97.16	5.71	2.482	.013	0.21
	非高瞻	298	489.95	101.84	5.90			
詮釋科學數據及證據	高瞻	290	513.23	92.66	5.44	3.195	.001	0.27
	非高瞻	298	487.13	105.22	6.10			

級學習氣氛」、「上課專心程度」與「課堂以外的每週科學學習時數」做為「科學能力表現」的預測變項，其簡單迴歸分析的結果如表4。可以發現「科學課程的每週上課節數」、「今年或去年曾修習過的科學課程數目」、「班級學習氣氛」等3個變項對「科學能力表現」均具有顯著的預測力(p 值均 $<.001$)，能有效解釋「科學能力表現」的變異量分別為9.3%、11.2%、14.7%。

接著將上述具有顯著預測的3個變項進行多元逐步迴歸分析，結果顯示「班級學習氣氛」與「今年或去年曾修習過的科學課程數目」對「科學能力表現」具有顯著的預測力，「班級學習氣氛」對「科學能力表現」的解釋量為12.2%，加入「今年或去年曾修習過的科學課程數目」變項可以提高對「科學能力表現」4.4%的解釋量，即「班級學習氣氛」與「今年或去年曾修習過的科學課程數

目」對「科學能力表現」共有16.6%的解釋力，詳細結果呈現於表5。

伍、討論

本研究藉由OECD所主辦的大型國際評量PISA 2015預試所研發的科學試題，用來檢驗並比較參與高瞻與未參與的同年級且程度相當的兩群學生在科學能力方面的差異，結果發現高瞻學生的表現顯著優於非高瞻學生。由於PISA 2015是繼PISA 2006之後再一次以科學素養為評量之主軸，而且較為著重探究能力之評量，三項科學能力的評量—解釋科學現象，評估與設計科學探究，詮釋科學數據與證據(OECD, 2013)幾乎都與探究能力有關，而且高瞻計畫亦鼓勵大學端的新興科技研究學者及科學教育專家與高中、職科學教師組成研究團隊，研發以探究為主軸的

表3：高瞻高中生與高職生在三項科學能力獨立性 t 考驗之分析結果

三項科學能力	組別	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>ES</i>
科學能力 (Trend + New Science)	高中	183	563.57	53.52	3.96	13.290	< .001	1.78
	高職	107	434.40	91.83	8.88			
解釋科學現象	高中	183	561.10	60.42	4.47	12.530	< .001	1.64
	高職	107	436.73	91.70	8.86			
評估與設計科學探究	高中	183	543.80	81.41	6.02	8.581	< .001	1.04
	高職	107	453.09	95.49	9.23			
詮釋科學數據及證據	高中	183	550.73	60.62	4.48	9.340	< .001	1.24
	高職	107	449.10	102.57	9.92			

表4：「科學課程的每週上課節數」、「今年或去年曾修習過的科學課程數目」、「班級學習氣氛」、「上課專心程度」與「課堂以外的每週科學學習時數」對「科學能力表現」之簡單迴歸分析結果

預測變項	<i>R</i>	<i>R</i> ²	<i>F</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
科學課程的每週上課節數	.305	.093	14.123	3.758	< .001
今年或去年曾修習過的科學課程數目	.335	.112	37.248	6.103	< .001
班級學習氣氛	.383	.147	18.569	4.309	< .001
上課專心程度	.116	.013	1.477	1.216	.227
課堂以外的每週科學學習時數	.073	.005	0.667	0.817	.416

表5：「科學課程的每週上課節數」、「今年或去年曾修習過的科學課程數目」、「班級學習氣氛」對「科學能力表現」之多元逐步迴歸分析結果

預測變項順序	<i>R</i>	<i>R</i> ²	<i>R</i> ² 增加量	<i>F</i>	β	<i>p</i>
1 班級學習氣氛	.349	.122	.122	14.699	.314	< .001
2 今年或去年曾修習過的科學課程數目	.408	.166	.044	10.471	.214	< .001

課程與教學，因此，上述難得的因緣際會讓本研究選取的評量工具及研究對象甚具特色及科學教學之參考價值。

茲分別討論及說明如下：

一、學習成效的評量採取跨校及外部評估(external evaluation)之方式：自從探究能力受到各國及國際知名組織的重視而列入課程標準(例如：National Curriculum Board [NCB], 2010; NRC, 1996, 2000, 2012)或大型國際評量架構(例如：OECD, 2006, 2013)。之後，有關探究教學的研究成果發表於學術期刊之論文不在少數。這些論文大略可以分為提升教師探究教學專業能力的成長之研究(例如：H.-S. Lin et al., 2013; Lotter et al., 2014; Melville et al., 2013; Morrison, 2014; Soprano & Yang, 2013)以及促進學生探究能力相關策略之探討(例如：Ho et al., 2014; Walker & Sampson, 2013; Wecker et al., 2013)。上述這些研究在評估學生的探究能力的成長大多是以研究團隊所研發的評量工具針對學生的學習成效進行評估，較少採用大規模、跨國際或跨校的外部評估方式，而本研究則以PISA科學能力評量試題呈現學生之學習成效，並進行跨校且較大規模的比較分析。由於PISA情境能力導向的試題研發及試測過程嚴謹，不但其信度及效度均經過檢驗與篩選(OECD, 2009)，其他因素如試題情境是否符合受教學生經驗或文化背

景，或者是試題所包含之科學概念是否包含於課程大綱等，均受各國負責之專家團隊逐一檢驗，因此適合用來進行跨校學習成效之比較。

二、高瞻計畫是國內首創結合新興科技研究學者，科學教育專家及高中、職教師團隊合作的探究式課程與教學之改革及研發，整體性的計畫實施成效之檢驗具有其必要性。研究結果顯示高瞻學生在三項與探究相關的科學能力均顯著優於程度及背景相似的非高瞻學生。突顯這種經由大學端研究人員及中學現場教學人員的團隊合作方式進行課程及教學創新模式值得肯定及推廣。國內研究如林建良等(2013)針對高瞻計畫所發展的機器人課程進行評鑑，分析課程目標，規畫活動及產出之合宜程度。洪振方與陳毓凱(2011)亦曾以新興科技議題規劃探究本位的課程進行教學，結果顯示該課程有助於培養學生高層次思考的能力。以上的研究以個案學校進行類似高瞻計畫的探究式教學，獲得正面的教學成效。本研究透過10所學校的評量，研究結果可以做為上述文獻以單一學校進行研究呈現的具體實施成效的延伸性證據。換言之，藉由本研究10所高瞻學校的探究教學實施後，學生在科學能力方面的優異表現，可以更進一步肯定及確認該計畫在新興科技融入探究式教學的成效。這些優異的教學成效可能來自多重的原因，包括讓所有團隊成員瞭解探究式課程規劃的理

念，提供學生動手進行科學探究的學習機會，對於各團隊執行情形進行訪視、指導及支援，定期實施期末成果報告及心得交流，辦理創意科學探究競賽嘉年華會，選取優秀學生出國發表探究成果等具體措施及活動，或許均有助於協助高中職教師落實探究式教學，並有效吸引學生之積極參與及學習。

本研究另外一項重要的發現為：同樣參與新興科技融入探究式教學的學生，高中生在PISA所評量的三項科學能力均顯著地優於高職學生之表現。紀惠英與林煥祥(2009)曾經配合PISA 2006年大規模施測之時，以相同的試題及作業流程，比較高中與高職學生的科學能力，結果類似於本研究之發現，高中學生的表現顯著優於高職學生。該兩項研究所不同的是，2006年施測對象為一般高中及高職學生，而本研究則針對參與新興科技融入探究教學的高瞻計畫學生進行比較。令人遺憾的是，這些參與高瞻計畫高職學生的科學能力仍然顯著落後於同年紀參與高瞻計畫的高中學生。

陸、研究限制、建議及其應用

本研究在選取研究對象時，雖然就同一所學校內同時選取參與新興科技融入探究式教學的高瞻學生與背景、程度均甚類似而接受一般學校常規的非高瞻學生進行學習成效的評量與比較，並未考量或控制其他可能影響學習表現的因素，如：課後的補習時數、校外科學活動參與時數等。另外，雖然本研究在實施之前協調各受測學校選取程度及背景均類似的高瞻學生及非高瞻學生各40名，並未事先進行前測確認其程度是否相當，僅要求學校施測協調者(school coordinator)參考前次段考或學期成績遴選相似的班級或學生

進行施測。再者由於PISA預試的試題發展兼顧各種效度及文化差異，其所需時間冗長，取得OECD授權使用不易，且預試僅於2014年實施一次。在此情況之下，為了使用具有公信力的國際大型評量研究工具，研究者只能採用單一後測之設計，因此僅能就評量結果比較程度背景相當之高瞻學生與非高瞻學生在科學能力之差異性，無法將所有的學習成效差異歸因於高瞻計畫的實施。未來的研究或許可以針對較有可能影響科學學習表現的變因加以控制，進行分析比較創新教學的實質成效，則更具說服力。不過，令科學教育相關人士感到值得期待的是，這種利用新興科技融入探究式教學的創新方式，經由本研究以較大規模的方式進行跨校的評量，結果顯示令人鼓舞的教學成效，也進一步印證目前文獻上個案學校同類型教學方法之成效(例如：洪振方、陳毓凱，2011)。站在教育者的觀點，我們無法改變學生的背景，但是卻可以嘗試創新的教學方式有效的提升學生的學習成效。本研究的高瞻學生參與探究式教學大約一個學期，已經顯示出初步之成效。未來的研究可以進行縱貫式長期的追蹤，進一步瞭解其效益。

另外，要提醒讀者的是PISA 2006及PISA 2015預試的評量試題設計都是以「評量學生是否具備成為現代公民所須的科學基本素養與能力」(preparedness for life) (OECD, 2006, 2013)。誠如紀惠英與林煥祥(2009)所言，「高中與高職學生雖然於教育體制中分流，但在社會公民的基本素養上，二者應該是均等的」(頁1)。因此除了教學者透過創新教學提升高職學生的科學素養之外，教育行政人員及政策制定者，亦應積極充實高職學生的科學學習機會及資源。例如紀惠英與林煥祥的研究發現，高職學生學習科學各學科的時間、從

事科學活動的頻率均顯著低於高中生，本研究經由比較同樣接受高瞻計畫之新興科技融入探究式教學的高中及高職學生，亦發現高中生兩年內曾修習過的科學課程顯著高於高職生。為了培養所有未來的公民均能具備充足的科學素養，或許可以考量變通調整科學課程必修及選修時間及充實科學學習資源等因應措施，以便

落實教育機會均等的目標，亦有助於提升全體國民之科學素養。

誌謝

本研究承蒙科技部的經費支助(MOST 102-2511-S-110-001)及審查委員精闢的評論與建議，特此誌謝！

參考文獻

1. 林建良、黃台珠、莊雪華、趙大衛(2013)。發展一延伸性CIPP課程評鑑模式運用於高瞻計畫課程——以高中機器人課程為例。《科學教育學刊》，21(3)，237-262。
2. 洪振方、陳毓凱(2011)。高中探究本位課程之設計與實施的個案研究——以新興科技議題為例。《科學教育學刊》，19(1)，1-23。
3. 科技部(2005)。95年度國科會科教處——「高瞻計畫：高中職科學與科技課程研究發展實驗計畫」計畫徵求書。臺北市：作者。
4. 科技部(2014)。科技國合司103年度「高瞻計畫」計畫徵求書。臺北市：作者。
5. 紀惠英、林煥祥(2009)。從PISA測驗結果看九年一貫課程成效與高中職學生成績的差異。《教育政策論壇》，12(1)，1-39。
6. 教育部(2006)。九年一貫課程自然與生活科技學習領域課程綱要。臺北市：教育部暨國立臺灣師範大學。
7. 教育部(2008)。普通高級中學課程綱要。查詢日期：2014年10月5日，檢自<http://www.edu.tw/pages/detail.aspx?Node=3015&Page=8657>。
8. 陳佩英、焦傳金(2009)。分散式領導與專業學習社群之建構：一所高中教學創新計畫的個案研究。《教育科學研究期刊》，54(1)，55-86。
9. 楊淑萍、林煥祥(2010)。由家庭經濟資源及文化資源探討我國學生在PISA科學、數學素養的表現。《科學教育學刊》，18(6)，547-562。
10. 甄曉蘭(2008)。未來學校課程——挑戰與回應。《教育研究月刊》，165，53-62。
11. Birmingham, D., & Barton, A. C. (2014). Putting on a green carnival: Youth taking educated action on socioscientific issues. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(3), 286-314.
12. Brooks, J. G., & Brooks, M. G. (1993). *In searching for understanding: The case for constructivist classrooms*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
13. Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, NJ: Academic Press.

14. Day, G. S., Schoemaker, P. J., & Gunther, R. E. (2004). *Wharton on managing emerging technologies*. Hoboken, NJ: Wiley.
15. Egelund, N., & Eidesgaard, F. (2009). The influence from individual social background and school social background in the Nordic countries. In T. Matti (Ed.), *Northern lights on PISA 2006: Differences and similarities in the Nordic countries* (pp. 157-186). Copenhagen, Denmark: Nordisk Miljømærkning.
16. Freidenreich, H. B., Duncan, R. G., & Shea, N. (2011). Exploring middle school students' understanding of three conceptual models in genetics. *International Journal of Science Education*, 33(17), 2323-2349.
17. Gettinger, M. (1991). Learning time and retention differences between nondisabled students and students with learning disabilities. *Learning Disability Quarterly*, 14(3), 179-189.
18. Gettinger, M., & Seibert, J. K. (2002). Best practices in increasing academic learning time. *Best Practices in School Psychology IV*, 1, 773-787.
19. Ho, H., Tsai, M.-J., Wang, C.-Y., & Tsai, C.-C. (2014). Prior knowledge and online inquiry-based science reading: Evidence from eye tracking. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 12(3), 525-554.
20. Hulleman, C. S., & Harackiewicz, J. M. (2009). Promoting interest and performance in high school science classes. *Science*, 326(5958), 1410-1412.
21. Khishfe, R. (2012). Nature of science and decision-making. *International Journal of Science Education*, 34(1), 67-100.
22. Kuo, L.-H., Yu, J.-C., Yang, H.-H., Hu, W.-C., & Yang, H.-J. (2012). A study of creating technology education course for cloud computing. *International Journal of Communications*, 6(3), 98-108.
23. Lee, O., Hart, J. E., Cuevas, P., & Enders, C. (2004). Professional development in inquiry-based science for elementary teachers of diverse student groups. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 1021-1043.
24. Lin, H.-S., Hong, Z.-R., Yang, K.-K., & Lee, S.-T. (2013). The impact of collaborative reflections on teachers' inquiry teaching. *International Journal of Science Education*, 35(18), 3095-3116.
25. Lin, S.-F., Lin, H.-S., & Wu, Y.-Y. (2013). Validation and exploration of instruments for assessing public knowledge of and attitudes toward nanotechnology. *Journal of Science Education and Technology*, 22(4), 548-559.
26. Liu, Y. L., Chen, T. L., Yueh, H. P., & Sheen, H. J. (2014). Exploring competencies of nanotechnology in higher education in Taiwan through curriculum mapping. *International Journal of Engineering Education*, 30(3), 722-728.
27. Lotter, C., Yow, J., & Peters, T. (2014). Building a community of practice around inquiry in-

- struction through a professional development program. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 12(1), 1-23.
28. Melville, W., Bartley, A., & Fazio, X. (2013). Scaffolding the inquiry continuum and the constitution of identity. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 11(5), 1255-1273.
 29. Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction -- What is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474-496.
 30. Morrison, J. (2014). Scientist's participation in teacher professional development: The impact on fourth to eight grade teachers' understanding and implementation of inquiry science. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 12(4), 793-816.
 31. National Curriculum Board. (2010). *Foundation to year 10 curriculum: Science*. Sydney, Australia: Australian Curriculum, Assessment and Reporting Authority.
 32. National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
 33. National Research Council. (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. Washington, DC: National Academy of Science.
 34. National Research Council. (2012). *Framework for science education*. Washington, DC: National Academy of Science.
 35. Organisation for Economic Co-Operation and Development. (2006). *Assessing scientific, reading, and mathematical literacy -- A framework for PISA 2006*. Paris, France: Author.
 36. Organisation for Economic Co-Operation and Development. (2009). *PISA 2006 technical report*. Paris, France: Author.
 37. Organisation for Economic Co-Operation and Development. (2013). *PISA 2015 draft science framework*. Retrieved May 11, 2015, from <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/pisa-2015draftframeworks.htm>
 38. Shin, J., Lee, H., & Kim, Y. (2009). Student and school factors affecting mathematics achievement international comparisons between Korea, Japan and the USA. *School Psychology International*, 30(5), 520-537.
 39. Soprano, K., & Yang, L.-L. (2013). Inquiring into my science teaching through action research: A case study on one pre-service teacher's inquiry-based science teaching and self-efficacy. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 11(6), 1351-1368.
 40. Tai, R. H., Liu, C. Q., Maltese, A. V., & Fan, X. T. (2006). Planning early for careers in science. *Science*, 312(5777), 1143-1144.
 41. Walker, J. P., & Sampson, V. (2013). Learning to argue and arguing to learn: Argument-driven inquiry as a way to help undergraduate chemistry students learn how to construct arguments

and engage in argumentation during a laboratory course. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(5), 561-596.

42. Wecker, C., Rachel, A., Heran-Dörr, E., Waltner, C., Wiesner, H., & Fischer, F. (2013). Presenting theoretical ideas prior to inquiry activities fosters theory-level knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(10), 1180-1206.

Exploring the Effectiveness of Integrating Emerging Technology into Inquiry-Based Science Teaching

Kuay-Keng Yang¹, Ya-Chun Chen², Zuway-R Hong¹ and Huann-shyang Lin^{2,*}

¹ Institute of Education, National Sun Yat-sen University

² Center for General Education, National Sun Yat-sen University

Abstract

The purpose of this study was to explore the effectiveness of the High Scope Project (HSP) which was initiated by the Ministry of Science and Technology and focused on integrating emerging technology into inquiry-based science teaching. The project encouraged collaborative cooperation in which scientists, science educators, and high school science teachers worked together collaboratively for the development and implementation of innovative curriculum and instruction. A total of 710 participants were selected from 10 senior and vocational high schools. Each school was asked to select an equal number of students who were involved in HSP and non-HSP students with similar background and academic achievement. With the use of Programme for International Student Assessment (PISA) 2015 Field Trial test items and questionnaires, the standard procedure of PISA assessment was strictly followed. The initial results of data analysis revealed that those HSP students outperform their counterparts on the science competencies of explaining phenomena scientifically, evaluating and designing scientific inquiry, and interpreting data and evidence scientifically. In addition, the performance of HSP students in high schools on the above three competencies are significantly better than those HSP students studying in vocational high schools. Based on these findings, suggestions and implications in science education are addressed.

Key words: Science Competency, Inquiry-Based Teaching, Emerging Technology

* Corresponding author: Huann-shyang Lin