

臺灣學生科學素養與科教學者研究成果表現之 發展趨勢探討

陳雅君¹ 洪瑞兒¹ 余曉清² 林煥祥^{3,*}

¹國立中山大學教育研究所

²國立交通大學教育研究所

³國立中山大學通識教育中心

摘要

本研究的目的是分析我國學生在PISA 2006及PISA 2015預試(Field Trial Test, FT)科學素養方面的表現，並進一步與該期間我國學者在科學教育研究期刊論文的发展趨勢進行比較。本研究的資料來源為臺灣PISA 2006 ($N = 8,815$)及PISA 2015 FT ($N = 2,661$)資料庫。研究結果發現我國學生在PISA 2015 FT科學能力的整體表現以及在解釋科學現象、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，均顯著低於PISA 2006。同時，PISA 2015 FT的學生對科學的興趣、喜愛及自我效能亦顯著低於PISA 2006的學生。此外，國內學者於此期間的科學教育研究成果雖然呈現持續成長的發展趨勢，但我國學生在PISA科學素養的表現卻反而呈現顯著退步的情形。最後討論研究結果對科學教育研究者、科學教師及教育政策行政相關人員之省思及提供相關建議以資參考。

關鍵詞：PISA、科學素養、科學教育研究成果

壹、緒論

身處在21世紀科學技術發展日新月異的時代，公民經常需要面臨各種不同的挑戰，像是疾病的傳播與控制(例如茲卡或流感病毒)，天然及人為環境災害問題(例如溫室效應、酸雨、PM 2.5懸浮微粒等)，水及食物資源的匱乏以及氣候變遷的適應等(United Nations Environment Programme [UNEP], 2012)。另外，生活上的許多社會性科學議題(Socio-Scientific Issues, SSI)，像是基因改

造食品、核能發電、電磁輻射、環境生態保護及永續發展等，也都與科學及科技息息相關。因此每個人在日常生活中都必需具備基本的科學知識及使用科學資訊做出選擇的能力，同時對於有關科技發展的相關議題能參與討論，並經由理性判斷做出相關的決策。換言之，科學素養對於一位現代國民而言是不可或缺的(National Research Council [NRC], 1996; Sadler & Zeidler, 2009)。是以提升全民的科學素養已成為當前各國科學教育的主

*通訊作者：林煥祥，huannlin@mail.nsysu.edu.tw

(投稿日期：民國105年8月4日，修訂日期：民國105年12月29日，接受日期：民國105年12月30日)

要目標及未來的教育趨勢所在(Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2013)。像是美國的Project 2061、英國的Twenty First Century Science課程及日本的新課程研究都是以培養學生的科學素養為出發點而設計。而我國教育部的「提升國民素養實施方案」也將科學素養列為語文、數學、科學、數位、美感等五個素養向度之一，強調培養具有科學素養及國際競爭力的未來公民(教育部，2013)。

近年來一些國際大型評量(international large-scale assessment)的調查結果，在許多國家教育政策的制定及改革上扮演著十分重要的角色(Anderson, Lin, Treagust, Ross, & Yore, 2007)。例如由經濟合作暨發展組織(Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD)所籌劃的大型國際學生能力評量計畫(Programme for International Student Assessment, PISA)，主要評量十五歲學生數學、閱讀及科學素養的表現，以瞭解其是否能將所學的知識及技能，有效地應用在進入社會後所需面對的各種情境及挑戰，並進而解決問題。同時每三年就會輪流從數學、閱讀及科學素養三個領域中選定一個作為主要的施測領域。PISA 2000、2003、2006分別是以閱讀、數學、科學為主要的施測領域。PISA 2006是第一次以科學為主要的施測領域，2015年完成第二次以科學為主的施測。參與PISA的國家數由2000年的43個國家(經濟體)，至2015年已超過70個國家(經濟體)，可見其調查結果已逐漸受到國際的重視。而由PISA的調查成果中，除了瞭解學生在素養方面的整體表現，檢視及省思我國基礎教育的成效外，進一步瞭解學生、家庭、學校及教師等層面的背景變項間的相關性，並透過對調查結果的長期追蹤及研究比較，

更是不容忽視的課題。

科學教育研究的進行，在提升學生科學素養方面扮演著重要的角色，同時也有助於教師改善其教學實務(Chang, Chang, & Tseng, 2010)。國內學者甄曉蘭(2011)在分析教育研究現況時提及：

近十餘年來，教育改革政策議題不斷，國內的教育研究可說是蓬勃發展，在新興研究議題的跟進上，似乎呈現出一種交相競逐、不遑多讓的態勢，但是相關研究的成果，在理論建構、知識生產與累積方面的貢獻，或教育政策、教學實務改進層面的影響，卻都不盡理想。(甄曉蘭，2011，頁44)

由以上甄曉蘭對教育前瞻性議題的論述可以看出，國內學者對教育研究成果與教學現場、教育政策實施及學生學習成效落實相關性的重視。另外，Mortimore (2000)也指出教育研究的主要目的之一是要提升學生的學習成效，然而，檢視國內外相關文獻對於學者的研究成果與學生的學習表現之實徵性研究探討則甚為缺乏，因此本研究擬由「社會科學引用文獻索引」資料庫(Social Sciences Citation Index [SSCI])及「臺灣社會科學引文索引」資料庫(Taiwan Social Sciences Citation Index [TSSCI])收集臺灣學者的學術研究成果。除此之外，有鑑於學生科學素養的學習成就表現方面，目前尚未有針對2次以科學為主軸的PISA評量結果進行追蹤比較分析，本研究擬藉由學生在PISA 2006及2015 FT的科學素養表現瞭解其學習成效。透過這兩方面相關實證性資料的收集，探討學生的科學素

養表現與學者的學術研究成果表現兩者之發展趨勢間有何相似或相異處，以作為教育政策與實務研究改進之參考依據。

貳、文獻探討

一、PISA科學素養評量簡介及評量結果的應用

PISA 2006及PISA 2015對科學素養定義均特別強調身為一位反思性的現代公民，應具備科學能力並願意積極參與和科學相關議題的討論。PISA 2015指出所需具備的科學能力包括：(一)解釋科學現象：能夠充分地運用科學概念和知識，對自然現象及科技產品的應用加以解釋。(二)評估及設計科學探究：能描述科學研究中所探索的問題及評估所使用的方法是否合適，並能自行設計實驗步驟解決問題。(三)詮釋科學數據及證據；能分析及評價所獲得的科學數據、及根據這些數據

提出主張及論點，並做出適當的結論(OECD, 2013)。

從表1的PISA 2006及2015評量架構(OECD, 2006a, 2013)可以發現兩者均以「情境、能力、知識、態度」四個向度來評量學生的科學素養。兩者不同之處在於PISA 2015的評量架構是以PISA 2006為基礎，然後分別在四個向度的內涵上做了部分的調整及修改，像是(一)在「情境」向度的部分：原有的「個人」及「全球」兩層級的情境範圍維持不變，但將「社會」調整為「地區／國家」層級，以便試題能更具體地描述有關健康與疾病、自然資源、環境、災害及科學與科技的探索等議題的日常生活情境。(二)在「能力」向度的部分：原有的「解釋科學現象」能力維持不變，內涵除了原先的科學知識應用、現象解釋及提出合理預測外，增加瞭解釋性假說的提供及解釋科學知識對社會潛在

表1：PISA 2006及2015科學素養評量架構

向度	PISA 2006	PISA 2015	PISA 2015調整及修正處
情境	個人、社會、全球	個人、地區／國家、全球	「社會」情境層級調整為「地區／國家」層級
能力	解釋科學現象 形成科學議題 科學舉證	解釋科學現象 評估及設計科學探究 詮釋科學數據及證據	1.解釋科學現象增加瞭解釋性假說的提供及解釋科學知識對社會潛在的可能影響。 2.形成科學議題修正為評估及設計科學探究，內涵增加了對科學探究方法的設計與評估及描述與評估資料的可信度、客觀性、普遍性。 3.科學舉證修正為詮釋科學數據及證據，內涵增加了在不同論述中(如報紙、網路、期刊)科學證據、主張和論點的分析與評估及資料表徵的轉換。
知識	科學內容知識 科學本質	科學內容知識 程序性知識 科學認識論知識	1.將「科學本質」知識更具體地區分成「程序性」知識及「科學認識論」知識。 2.更加強調變項與隨機對照實驗在實驗設計中所扮演的角色及數據分析方式，及科學知識建構過程中的重要元素、特徵及其所扮演的角色。
態度	對科學的興趣 對科學探究的支持 對永續發展的責任	對科學的興趣 重視以科學方法進行探究 對環境的覺察	1.將「支持科學探究」變更為「重視以科學方法進行探究」，更加強調科學方法的重要性及透過科學探究的方法理解自然現象與物質。 2.PISA 2015刪除了在試題中的態度選項，僅透過學生問卷測量態度。

的可能影響。另外，為能更加明確地定義探究及論證能力的內涵，將原先的「形成科學議題」能力修正為「評估及設計科學探究」能力，內涵除了原先的辨識科學探究的重要特徵及形成可進行科學探究的研究問題外，更加強調如何針對某特定問題進行科學探究的方法設計與評估以及對資料可信度、客觀性、普遍性的描述與評估。此外，原先的「科學舉證」能力亦修正為「詮釋科學數據及證據」能力，內涵除了原先的以科學證據形成結論或是發現在結論背後的假設、證據及論述外，更加強調在不同論述中(如報紙、網路、期刊)科學證據、主張和論點的分析與評估及資料表徵的轉換。(三)在「知識」向度的部分：原有的「科學內容知識」維持不變，最大的差異是將原來的「科學本質」知識更具體地區分成「程序性」知識(procedural knowledge)及「科學認識論」知識(epistemic knowledge)，「程序性」知識(procedural knowledge)的內涵除了原先對科學探究過程中證據的測量方式及研究結果特徵(可複製、精確性)說明外，更加強調變項(自變項、依變項、控制變項)及隨機對照實驗在實驗設計中所扮演的角色及如何利用不同表徵方式呈現研究結果。而「科學認識論」知識(epistemic knowledge)的內涵除了原先對如何運用證據進行科學解釋及科學與科技的關係、影響、限制等的說明外，更加著重科學知識建構過程中的重要元素與特徵及其所扮演的角色(如推理的本質、模型的建構、為何使用變項控制或重覆測量等)。(四)在「態度」向度的部分：評量的內容，在「對科學的興趣」及「對環境的覺察」維持不變，為能更加反映出所要測量的探究內涵，將「對科學探究的支持」變更為「重視以科學方法進行探究」，內涵除了原先強調不同觀點與主張的重要性及結論的邏輯與嚴謹性外，更加強調

科學方法的重要性及透過科學探究的方法理解自然現象與物質。另外，最大的不同處在於PISA 2006是透過與試題結合的態度選項與學生問卷兩種方式評量學生的態度，但會因此增加試題測驗的長度及兩種評量方式在「對科學的興趣」的測量結果存有差異，因此在PISA 2015刪除了試題中的態度選項，僅透過學生問卷測量態度。

PISA評量結果的應用大致上來說可分為政策、研究及實務三方面(Anderson, Chiu, & Yore, 2010; McGinnis & Collins, 2009)。首先，在政策導向方面，例如德國在PISA評量結果表現不盡理想後，進行了一系列的教育改革，像是依據PISA的架構制定國家教育標準、強調能力導向模式的教學、重視弱勢學生與學齡前的教育及教師專業發展等(Figazzolo, 2009; Neumann, Fischer, & Kauertz, 2010)。另外日本、丹麥、葡萄牙等在參與PISA的評量後，在其課程中融入PISA所強調的能力，注重培養學生獨立思考及解決問題的能力(Breakspear, 2012; DeBoer, 2011)。其次在研究導向方面，從Web of Science檢索的結果可以發現，在2000 ~ 2004, 2005 ~ 2009, 2009 ~ 2014年間，教育研究領域中以PISA為主題所發表的論文分別有1,686,296篇，顯示PISA的評量結果日益受到重視，例如針對影響學生成就表現的個人(如興趣、自我效能等)、學校(如學校氣氛、課程與教學等)、家庭(如父母的教育程度、社經背景等)或文化因素等進行了許多相關的研究(紀惠英、林煥祥, 2009; 張鈿富、吳慧子、吳舒靜, 2010; 楊淑萍、林煥祥, 2010; H.-S. Lin, Lawrenz, Lin, & Hong, 2013)。最後，在實務導向方面，像是PISA 2006科學素養評量結果指出，臺灣學生在形成科學議題、解釋科學現象、科學舉證的表現分別位居全世界的

17、3、8名；顯示未來應在形成科學議題和科學舉證二個能力的培養上投入更多的教學資源(林煥祥，2008)。另外，在科學課程中融入與環境或資訊傳播科技等相關議題、活動，將有助於提升學生的科學素養(Coertjens, Boeve-de Pauw, De Maeyer, & Van Petegem, 2010; Kubiak & Vlckova, 2010)。

綜合上述，可以發現PISA的科學素養評量強調的是在不同生活情境中科學知識的理解、應用與問題解決。主要評量學生在解題過程中所展現出來的三項科學能力，其創新的「素養」評量方式、提供參與國家教育政策及實務方面的建議與參考，以及週期性的評量讓持續參與的國家瞭解及檢視其教育進展與成效等特色，使得PISA評量結果具有指標性的影響作用。因此，定期追蹤我國學生在PISA評量的科學素養表現實有其必要性。

二、科學參與的重要性

Fredricks, Blumenfeld與Paris (2004)指出參與(engagement)是一個複雜的多面向概念，主要包含了認知參與(cognitive engagement)、情緒參與(emotional engagement)及行為參與(behavioural engagement)等三個面向。認知參與指的是學生願意付出努力去理解複雜的概念及精熟困難的技巧。情緒參與是指學生對學習活動的情意反應。行為參與則是指學生積極、主動地參加相關的學習活動。

學生對科學的參與度(engagement in science)可以說是全球科學教育所強調的重要成果之一，同時也與科學素養息息相關(OECD, 2006b)。但近來許多相關報告及研究均指出各國普遍面臨學生在科學參與方面不足的困境，例如：就讀科學、科技、工程及數學等相關課程或選擇從事科學相關職業的學生人數比例持續下降(DeWitt et al.,

2011; National Science Foundation [NSF], 2010; OECD, 2009; Sjaastad, 2012)。是以，提升學生的科學參與可說是現今科學教育的重要目標之一，因為學生若能積極地參與科學，就比較有可能會從事跟科學相關的職業，及支持跟科學相關的政策與行動，也會影響到學生將來進行科學研究的意願，同時也是一個國家經濟發展及成長的重要指標(Hanushek & Woessmann, 2010)。

有關學生在科學參與方面的相關研究在過去十數年間日益受到重視(Christenson, Reschly, & Wylie, 2012)。像是*International Journal of Science Education (IJSE)* 期刊在2011年針對學生的科學興趣與其學習成就、科學相關職業傾向、性別及文化差異等的關聯性進行了一系列主題探討(Ainley & Ainley, 2011; Buccheri, Gurber, & Bruhwiler, 2011; Bybee & McCrae, 2011; Kjaernsli & Lie, 2011)。部分研究發現情意因素(如興趣、喜愛等)或與自我相關的認知因素(如自我概念、自我效能)與科學素養、科學參與及將來學習相關科學主題的興趣間，有顯著的相關(Hampden-Thompson & Bennett, 2013; H.-S. Lin, Hong, & Huang, 2012; H.-S. Lin, Lawrenz et al., 2013)。另外，有些研究指出與科學參與或學習最有關聯的因素為校外科學活動的參加(Braund & Reiss, 2006; Tran, 2010; Woods-McConney, Oliver, McConney, Maor, & Schibeci, 2013; Woods-McConney, Oliver, McConney, Schibeci, & Maor, 2014)。總結地說，這些研究指出學生對科學的興趣、喜愛、科學自我效能、自我概念及參加校外的科學活動等會對其將來科學相關主題的學習及參與產生正向的預測效果。

由表1 PISA科學素養評量架構可以發現，PISA的科學素養是透過情境、能力、

知識及態度等四個向度來反映學生的科學素養，除了情境式的試題評量特色外，科學能力、科學知識及態度可說是PISA科學素養的三個主要向度。因此，PISA除了透過認知評量瞭解學生的科學能力表現外，同時也透過學生問卷瞭解學生非認知方面的學習成果，例如學生的科學參與度。而以往有關我國學生PISA 2006的研究，大多為學生的科學能力表現與學校、家庭、性別差異等變項的探討，有關學生在科學參與方面的表現則較少著墨，尤其是學生在兩次評量科學參與表現差異的分析比較。因此，本研究擬由下述PISA 2006及2015 FT所共同評量的變項，分析學生科學參與的表現差異。在認知參與面向的測量著重在科學自我效能(self-efficacy in science)及科學自我概念(self-concept in science)，在情緒參與面向的測量著重在對科學的興趣(interest in science)及對科學的喜愛(enjoyment of science)，在行為參與面向的測量則著重在科學相關活動的參加(participation in science-related activity)。

三、科學教育研究與教學實務發展現況的反思

近年來有關科學教育研究與教學實務間的關係引起不少的關注及討論。進行科學教育研究的目的是為了瞭解及改善教學與學習的理論及方法，希望教師們能夠熟悉及應用在日常的課堂教學，但實際情形卻是教師並未因此獲得相關的資訊或是進而改變他們的教學實務(Luft, 2010)。像是Richardson (1994)就指出許多教師認為與教學相關的研究和他們日常的教學實務兩者間並無關聯。Pekarek, Krockover與Shepardson (1996)也指出許多科學教師認為科學教育研究對他們日常的科學教學所產生的影響極小。由此可見根據研究

結果所產生的教學應用很少使用在教室內。換言之，教育研究者與教師的工作間存在著研究與實務間的落差(research-practice gap)，且這樣的落差已持續了數十年(Hatasa, 2013; Vanderlinde & van Braak, 2010)，因此，對於研究與實務脫節的現象應以嚴肅的態度來加以正視並予以改善(甄曉蘭，2011)。

會產生上述落差的可能原因是因為科學教育研究的目的不符合科學教師的需求及興趣，或是學術研究的結果太過抽象及泛論，使得教師無法立即或實際應用於特定教學情境(Bulterman-Bos, 2008)。為促進科學教育研究對實務層面的影響，研究者應與教學現場的相關人員建立夥伴關係，共同設計並實際進入教學現場進行研究，透過兩者的相互合作，縮小研究理論與教學實務間的差距(Corte, 2000; Hatasa, 2013)。是以，身為科學教育研究者應當思考如何將研究與實務進行有效地連結，提供適用及相關的證據以供科學教師參考使用，使學術研究所得到的結果能對教學現場產生實用的價值(Glaser, Lieberman, & Anderson, 1997; Pekarek et al., 1996)。

近年來為瞭解科學教育研究的發展現況，有部分的研究開始針對科學教育研究領域的期刊論文進行系統性的趨勢分析。有些是針對特定主題的研究趨勢予以分析(T.-C. Lin, Hsu, Lin, Changlai, Yang, & Lai, 2012; Namdar & Shen, 2015; Zohar & Barzilai, 2013)，例如Li與Tsai (2013)針對2000 ~ 2011年間有關遊戲式科學學習的實徵性研究，分析其研究目的、遊戲設計類型及方式、理論依據與學習目標。有些則是針對某地區或國家的科學課程或科學教育研究趨勢予以分析(De Jong, 2007; Jayarajah, Saat, & Rauf, 2014)，例如Tsai, Wu, Lin與Liang (2011)探討

2000 ~ 2009年間亞洲地區有關科學學習研究的趨勢。另外有些研究則著重在特定期間內科學教育研究的主要特徵及貢獻(Chang et al., 2010; T.-C. Lin, Lin & Tsai, 2014; Lee, Wu, & Tsai, 2009)，例如Tsai與Wen (2005)針對1998至2002年間科學教育研究領域的研究主題、作者國籍、研究類型等進行一系列的內容分析。

Mortimore (2000)指出進行教育研究的主要目的之一是要提升學生的學習成效，雖然科學教育研究依照研究重點的不同，可分為理論導向型研究及實務導向型研究(NRC, 2002)，理論導向型研究有助於理論的建立及現象的理解等等，像是Hidi與Renninger (2006)所提出的興趣發展模型，透過四個階段將暫時、較不穩定的情境興趣(situational interest)逐步發展成較持久及穩定的個人興趣(individual interest)，或是Jack與Lin (2014)所提出的Interest Combustion Triangle (ICT)模型，透過新奇性(novelty)，積極參與(involvement)及意義性(meaningfulness)等三種策略的結合，能夠使學生對科學的學習興趣由負向轉變為正向的態度。實務導向型研究則是有助於實際應用與解決問題，像是發展創意的課程(McNeill, Pimentel, & Strauss, 2013)、教學方法(H.-S. Lin, Hong, & Chen, 2013; Yang, Lee, Hong, & Lin, 2016)，或是生動有趣的教材研發(Leuchter, Saalbach, & Hardy, 2014)，或是教師科學教學專業能力的培養(H.-S. Lin, Hong, Yang, & Lee, 2013)等等。但不論是哪一種研究，其主要目的均是要提升學生的科學學習成效(Leuchter et al., 2014)、學習興趣(H.-S. Lin, Hong, & Chen, 2013)或學習參與(Chen, Wang, Lu, Lin, & Hong, 2016)。而由臺灣學者在*Journal of Research in Science Teaching*, *Science Education*

及*International Journal of Science Education*等科學教育主要期刊論文發表情形的相關分析結果指出，在1998 ~ 2002、2003 ~ 2008、2009 ~ 2013三個期間的排名分別為7、5、4名，顯見我國學者在科學教育領域研究成果的發表上呈現持續成長及進步的趨勢(Lee et al., 2009; T.-C. Lin et al., 2014; Tsai & Wen, 2005)。然而，這些科學教育研究中與實務相關的科學教學實務研究是否也有相似的成長趨勢，值得加以探討。再者儘管學者的研究結果應用在教學上，與預期的學生學習表現之間可能還有諸多變因。例如科學教師轉化創意教學或教材於其課室之中，亦有可能受限於教師個人或其他因素，不必然產生較佳之學習成效，然而，進行科學教育研究的主要目的既然包括提升學生的學習成效、興趣及參與等，學者的研究成果越豐碩或實務研究所占的比例越多，學生的科學素養表現是否也有相同的成長趨勢？是以利用資料庫收集學者的研究成果，及由具全國代表性的PISA評量結果，瞭解學生的科學素養表現，並比較兩者間發展趨勢的相似或相異處，有其必要性。

綜合上述，以往有關PISA科學素養的研究大多針對單一次的調查結果進行單一國家、跨區域、跨國或跨文化的比較，但尚未有針對2次同樣以科學素養為主軸的PISA評量結果進行比較分析。而有關科學教育研究與教學實務間的內容則大多描述其落差情形及如何縮小其差距，對研究成果的表現則多依據研究主題、研究類型或方法等予以分析，但卻未見對研究成果中科學教學實務研究所占之比例，及科學教育學者的學術研究表現與學生的科學素養表現兩者間的發展趨勢進行探討比較。因此，本研究所探討的研究問題如下：

- (一)臺灣學生在PISA 2006及PISA 2015 FT的科學能力表現有何差異？
- (二)臺灣學生在PISA 2006及PISA 2015 FT的科學參與表現有何差異？
- (三)臺灣學者2006～2014年有關科學教育研究及科學教學實務研究之表現與臺灣學生之PISA科學素養的發展趨勢有何相似或相異性？

參、研究方法

本研究主要是探討臺灣學生的科學素養表現與臺灣學者的科學教育研究成果的發展趨勢，並比較兩者發展趨勢的相似或相異性，兩者的分析方法分述如下：

一、臺灣學生的科學素養表現

(一)資料來源與樣本

本研究是根據臺灣PISA 2006及2015 FT資料庫進行分析。在科學素養的認知測驗評量方面，PISA 2006及2015 FT的有效樣本數分別為8,815位、2,661位。另外為瞭解學生在PISA 2006及2015 FT科學沿用試題(trend items)的表現，同時選擇在兩次評量中作答科學沿用試題的學生進行比較，其中PISA 2006的樣本數為8,815位，PISA 2015 FT的樣本數為928位。不論是PISA 2006或2015 FT的施測，學生均依照PISA大會所規定的標準化流程作答，試題施測時間為2小時，學生問卷作答時間則為35分鐘。PISA 2006的施測方式為紙筆測驗，施測時間為2006年4～5月間。PISA 2015 FT則採電腦化的線上評量方式，施測時間為2014年3～4月間。

(二)研究變項

科學素養表現指的是學生在科學能力與

科學參與兩方面的表現，茲分述如下。

1. 科學能力

PISA 2006及2015 FT均以科學素養為評量的主軸，主要著重評量學生解釋科學現象、評估及設計科學探究及科學地詮釋數據及證據等三項科學能力(competencies)。本研究的科學能力指的是學生在PISA 2006及2015 FT認知測驗評量的表現。PISA 2006的科學試題共包含7個群組(cluster)，13種試題組合，37個題組(unit)，108題試題(items)，其中解釋科學現象、評估及設計科學探究及科學地詮釋數據及證據三項科學能力所包含的題數分別為51、25、42題。PISA 2015 FT的科學試題共包含18個群組，36種試題組合，81個題組，303題試題，其中解釋科學現象、評估及設計科學探究及科學地詮釋數據及證據三項科學能力所包含的題數分別為132、64、107題。而在兩次評量中重覆施測的科學沿用試題，共包含29個題組，83題試題，其中解釋科學現象、評估及設計科學探究及科學地詮釋數據及證據三項科學能力所包含的題數分別為39、16、28題。

2. 科學參與

PISA 2006及2015 FT均透過學生問卷收集學生對科學參與的資訊。為瞭解學生在兩次評量的科學參與情形，本研究選取下列PISA 2006及2015 FT所共同評量的5個變項予以分析：

(1) 科學自我效能(self-efficacy in science)

此變項詢問學生獨自完成科學相關議題任務的難易程度，共有8小題，每小題依照學生回答「無法做到」、「需很努力」、「須稍努力」、「輕而易舉」而分別給1至4分，總得分越高者，代表學生的自我效能程度越高。PISA 2006及2015 FT的內部一致信度

(Cronbach's α)分別為 .84、.93。題目舉例如下：如果要你「找出與垃圾處理有關的科學問題」，你覺得有多容易？

(2) 科學自我概念(self-concept in science)

此變項詢問學生對自然科學課程的學習經驗，共有6小題，每小題依照學生回答「非常不同意」、「不同意」、「同意」、「非常同意」而分別給1至4分，總得分越高者，代表學生的自我概念程度越高。PISA 2006及2015 FT的內部一致信度(Cronbach's α)分別為 .93、.95。題目舉例如下：對我而言自然科學課程是簡單的。

(3) 對科學的興趣(interest in science)

此變項詢問學生對科學學習的興趣程度，共有5小題，每小題依照學生回答「沒有興趣」、「低度興趣」、「中度興趣」、「高度興趣」而分別給1至4分，總得分越高者，代表學生對科學的興趣程度越高。PISA 2006及2015 FT的內部一致信度(Cronbach's α)分別為 .80、.86。題目舉例如下：你對於學習「化學」的興趣程度為何？

(4) 對科學的喜愛(enjoyment of science)

此變項詢問學生對於學習科學的喜愛程度，共有5小題，每小題依照學生回答「非常不同意」、「不同意」、「同意」、「非常同意」而分別給1至4分，總得分越高者，代表學生對科學的喜愛程度越高。PISA 2006及2015 FT的內部一致信度(Cronbach's α)分別為 .91、.95。題目舉例如下：我喜愛獲得科學新知識。

(5) 科學相關活動的參加(participation in science-related activities)

此變項詢問學生參加科學相關活動的程度，共有5小題，每小題依照學生回答「從

未或幾乎從未」、「有時」、「經常」、「非常頻繁」而分別給1至4分，總得分越高者，代表學生對校外科學活動的參與程度越高。PISA 2006及2015 FT的內部一致信度(Cronbach's α)分別為 .82、.89。題目舉例如下：你「參加科學性社團」的頻率為何？

(三) 資料分析與處理

1. 科學能力表現差異分析

本研究主要著重在分析臺灣學生在PISA 2006及2015 FT科學能力的表現差異，因PISA 2015的試題設計分為沿用試題(trend items)及新增試題(new items)，沿用試題為在兩次評量中重覆施測的題目，而新增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)，是以分別針對臺灣學生在PISA 2006及2015 FT全部試題與沿用試題的科學能力表現差異予以分析。因每位學生所測驗的試題內容及題數並不相同，為使測驗結果進行比較，首先依據學生的答對百分比轉換為常態化的Z分數，再依PISA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。接著為進一步瞭解這兩群學生在沿用試題的科學能力及解釋科學現象、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上述科學能力的標準分數，再以此標準分數為依變項，進行獨立性t考驗。最後以Cohend計算效果量(Effect Size, ES)，依效果量0.20、0.50、0.80分別歸為低、中、高三種效果程度(Cohen, 1988)。

2. 科學參與表現差異分析

為瞭解臺灣學生在PISA 2006及2015 FT科學參與的表現差異，分別以學生在「科學

自我效能」(self-efficacy in science)、「科學自我概念」(self-concept in science)、「對科學的興趣」(interest in science)、「對科學的喜愛」(enjoyment of science)、「科學相關活動的參加」(participation in science-related activity)變項的總得分為依變項，進行獨立性 t 考驗。

二、臺灣學者科學教育研究成果分析

(一)資料來源

有關臺灣學者在2006至2014年科學教育研究與科學教學實務研究之發表成果，本研究選擇收錄於SSCI資料庫及TSSCI資料庫的論文予以分析。

(二)資料檢索方式

1.SSCI論文的部分，首先利用WOS的檢索功能，依照下列步驟收集資料：(1)在第一個欄位從索引中選擇「地址」，然後輸入「Taiwan」；(2)接著新增其他欄位從索引中選擇「主題」，然後輸入「science teaching」或「science learning」或「science education」；(3)時間範圍選擇從2006到2014；(4)點選更多設定，僅勾選「Social Sciences Citation Index (SSCI)」，然後進行檢索。

2.TSSCI論文的部分，則是聚焦在《科學教育學刊》，利用國內學術電子期刊系統的進階查詢功能，依照下列步驟收集資料：(1)在期刊類別中選取「科學教育學刊」；(2)在出版年月選擇從2006年1月到2014年12月，然後進行檢索。

(三)科學教育研究與科學教學實務研究成果分析

本研究的「科學教育研究」為依上述

資料檢索方式所搜尋到的論文，但不包括「Editorial material」、「Book review」、「Correction」及與科學教育無關的論文。接著在上述「科學教育研究」中，再藉由標題、摘要或研究方法中的敘述瞭解該研究是否進入教學現場進行教學或課程介入(例如：發展教學或評量工具，設計教學單元、活動、教材，使用特定教學策略、模式或設計發展課程等，並實際應用在課堂教學中)，或是透過長期工作坊、研習會、讀書會、教學成長團體、專業社群、專業成長活動等各種策略培訓教師的專業能力發展，對於教師教學或學生學習有產生實際幫助的研究，則歸類為本研究所稱的「科學教學實務研究」。然後分別逐年統計2006到2014年間臺灣學者在科學教育研究與科學教學實務研究的發表篇數。

肆、研究結果

一、臺灣學生在PISA 2006及2015 FT科學能力的表現差異

以獨立性 t 考驗比較PISA 2006及2015 FT兩群學生在科學能力的表現差異，結果發現PISA 2006的學生在科學能力的表現($M = 507.66$)，明顯優於PISA 2015 FT的學生($M = 474.62$)， $p < .001$ 。進一步分析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差異，結果發現PISA 2006的學生在三項科學能力的表現(M 分別為509.09、507.59、503.61)，亦顯著優於PISA 2015 FT的學生(M 分別為469.89、474.87、488.05)， p 值均 $< .001$ ，效果量達低度到中度效果，依序為0.33、0.40、0.33、0.16，詳細結果呈現於表2。

表2：臺灣學生在PISA 2006及2015 FT科學能力(沿用試題 + 新增試題)獨立性 t 考驗之分析結果

依變項	組別	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	Effect size
科學能力 (沿用試題 + 新式試題)	PISA 2006	8,815	507.66	98.23	1.05	14.81	< .001	0.33
	PISA 2015 FT	2,661	474.62	101.63	1.97			
解釋科學現象 (沿用試題 + 新式試題)	PISA 2006	8,815	509.09	97.44	1.04	17.49	< .001	0.40
	PISA 2015 FT	2,661	469.89	102.46	1.99			
評估及設計科學探究 (沿用試題 + 新式試題)	PISA 2006	8,815	507.59	99.32	1.06	14.93	< .001	0.33
	PISA 2015 FT	2,661	474.87	98.14	1.90			
詮釋科學數據及證據 (沿用試題 + 新式試題)	PISA 2006	8,815	503.61	100.97	1.08	7.25	< .001	0.16
	PISA 2015 FT	2,661	488.05	95.77	1.86			

接著以獨立性 t 考驗比較兩群作答科學沿用試題的學生其科學能力的表現差異，結果發現PISA 2006的學生在沿用試題科學能力的表現($M = 501.71$)，也顯著優於PISA 2015 FT的學生($M = 483.78$)， $p < .001$ 。進一步分析兩群學生在沿用試題的解釋科學現象、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的表現差異，結果發現PISA 2006的學生在沿用試題三項科學能力的表現(M 分別為501.38、500.79、502.43)，亦顯著優於PISA 2015 FT的學生(M 分別為486.85、492.47、476.91)， p 值均 $< .010$ ，效果量達低度到中度效果，依序為0.18、0.15、0.09、0.25，詳細結果呈現於表3。

二、臺灣學生在PISA 2006及2015 FT科學參與的表現差異

有關PISA 2006及PISA 2015 FT學生在科學參與各變項的表現情形分述如下：(一) 認知參與面向：不論是PISA 2006及PISA 2015 FT，在「科學自我效能」變項的8個小題，均有超過50%的學生認為很輕鬆或只要稍做努力，就可以克服困難，獨自完成任務，顯示臺灣學生的科學自我效能程度普遍不低。然而在「科學自我概念」變項的6個小題，兩群學生也均有超過50%認為無法輕易及很快地學會或理解科學課程的內容，似乎也顯示出臺灣學生在科學學習方面缺乏信心或信心不足。(二)情緒參與面向：在「對科學的喜愛」方面，兩群學生均表示在學習科學、獲

表3：臺灣學生在PISA 2006及2015FT科學能力(沿用試題)獨立性 t 考驗之分析結果

依變項	組別	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	Effect size
科學能力 (沿用試題)	PISA 2006	8,815	501.71	99.45	1.06	5.029	< .001	0.18
	PISA 2015 FT	928	483.78	103.70	3.40			
解釋科學現象 (沿用試題)	PISA 2006	8,815	501.38	99.81	1.06	4.216	< .001	0.15
	PISA 2015 FT	928	486.85	100.90	3.31			
評估及設計科學探究 (沿用試題)	PISA 2006	8,815	500.79	101.99	1.09	2.981	.003	0.09
	PISA 2015 FT	928	492.47	78.29	2.57			
詮釋科學數據及證據 (沿用試題)	PISA 2006	8,815	502.43	99.27	1.06	7.143	< .001	0.25
	PISA 2015 FT	928	476.91	103.98	3.41			

得科學新知識或閱讀科學相關主題時，大部分(> 50%)均感到喜歡或開心，但卻都至少有一半的學生(PISA 2006為57%，PISA 2015 FT為50%)不樂意解決科學相關問題。在「對科學的興趣」方面，兩群學生均對「天文學」的學習興趣程度最高(PISA 2006為65%，PISA 2015 FT為52%)及對「化學」的學習興趣程度最低(PISA 2006為48%，PISA 2015 FT為33%)。另外，除了地質學，對物理、化學、生物學或天文學的學習興趣程度，PISA 2015FT的學生均比PISA 2006的學生下降超過10%。(三)行為參與面向：在「科學相關活動的參加」方面，兩群學生均只有不到30%的學生會選擇參加各種相關的科學活動。兩群學生最常選擇的科學相關活動前二名均為觀看有關科學的電視節目及閱讀科學雜誌或報紙的科學文章(PISA 2006合計為41%，PISA 2015 FT合計為49%)。最不常選擇的科學相關活動則均為參加科學性社團(PISA 2006為8%，PISA 2015 FT合計為9%)。

另外，再以獨立性 t 考驗比較兩群學生在科學參與的表現差異，結果發現PISA 2006的學生在上述5個變項中，在科學自我效能、對科學的興趣及對科學的喜愛等3個變項的表

現(M 分別為23.08、12.94、13.76)，明顯優於PISA 2015 FT的學生(M 分別為22.45、11.84、12.90)， p 值均< .010，效果量達低度到中度效果，依序為0.13、0.33、0.26。但在科學自我概念及科學相關活動的參加2個變項上，兩群學生的表現則無顯著差異。詳細結果呈現於表4。

三、臺灣學者科學教育及科學教學實務研究與學生PISA科學素養之發展趨勢

臺灣學者在2006～2014年科學教育研究合計共有697篇，其中科學教學實務研究共有269篇。各年度的發表情形詳如表5。從發展趨勢來看，可以發現科學教育研究及科學教學實務研究發表的篇數持續增加，兩者均呈現持續成長的發展趨勢，但科學教學實務研究的成長趨勢則較科學教育研究成長趨勢平緩。此外，可以發現近年來(2010～2014年)，科學教學實務研究的比例有呈現下降的趨勢(由2010年的44.16%至2014年的35.77%)。而臺灣學生在PISA科學能力的表現，由表2的研究結果可以發現PISA 2015 FT的表現明顯不如PISA 2006，呈現下降的趨勢。在科學參與

表4：臺灣學生在PISA 2006及2015 FT科學參與獨立性 t 考驗之分析結果

科學參與變項	組別	N	M	SD	SE	t	p	Effect size
科學自我效能	PISA 2006	8,705	23.08	4.59	.05	3.02	.003	0.13
	PISA 2015 FT	757	22.45	5.53	.20			
科學自我概念	PISA 2006	8,756	13.74	3.96	.04	-0.92	.356	0.04
	PISA 2015 FT	763	13.88	4.16	.15			
對科學的興趣	PISA 2006	8,750	12.94	3.28	.04	7.39	< .001	0.33
	PISA 2015 FT	658	11.84	3.72	.15			
對科學的喜愛	PISA 2006	8,782	13.76	3.30	.04	6.16	< .001	0.26
	PISA 2015 FT	769	12.90	3.73	.14			
科學相關活動的參加	PISA 2006	8,771	9.29	2.70	.03	-0.49	.622	0.02
	PISA 2015 FT	756	9.35	3.40	.12			

變項的表現，由表4的研究結果可以發現PISA 2015 FT的學生在科學自我效能、對科學的興趣及對科學的喜愛等3個變項的表現，明顯低於PISA 2006的學生，呈現下降的趨勢。由此可以發現，雖然學者在科學教育研究、科學教學實務研究的發表情形皆呈現持續成長的趨勢，但學生的PISA科學能力、科學自我效能、對科學的興趣及對科學的喜愛等表現，卻呈現下降的趨勢。有關臺灣學者科學教育及科學教學實務研究與學生PISA科學能力、科學自我效能及對科學的興趣、對科學的喜愛發展趨勢詳如圖1、圖2、圖3。

伍、討論

本研究分析我國學生參與PISA 2006及PISA 2015 FT在科學素養方面的表現，並進一步與該期間我國學者在科學教育研究期刊論文發表趨勢進行比較。研究發現之三項結果值得科學教育研究者、科學教師、及教育政策行政相關人員注意。首先值得注意的發現是我國學生在PISA 2015 FT的三項科學能力表現——解釋科學現象、評估及設計科學探究、詮釋科學數據及證據等，均顯著低於PISA 2006同年齡而相隔八年接受施測的學生表現。不管是僅比較兩群學生在完全相同的

表5：臺灣學者2006～2014年科學教育研究與科學教學實務研究發表情形

年度	科學教育研究篇數	科學教學實務研究篇數	科學教學實務研究百分比(%)
2006	38	17	44.74
2007	51	18	35.29
2008	53	19	35.85
2009	57	20	35.09
2010	77	34	44.16
2011	85	37	43.53
2012	102	39	38.24
2013	111	41	36.94
2014	123	44	35.77

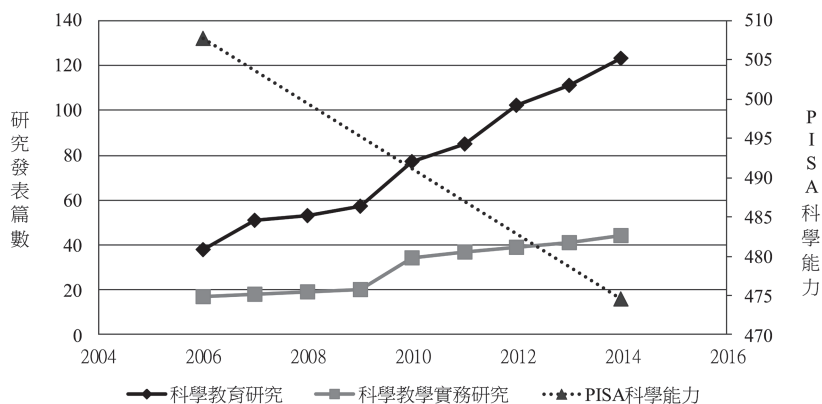


圖1：臺灣學者科學教育及科學教學實務研究與學生PISA科學能力之發展趨勢

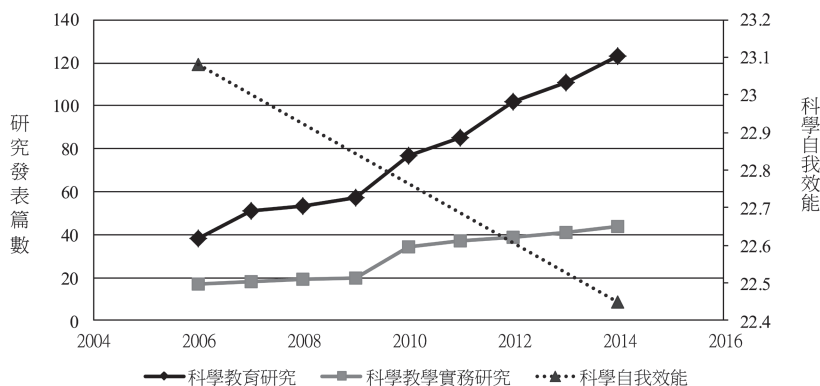


圖2：臺灣學者科學教育及科學教學實務研究與學生PISA科學自我效能之發展趨勢

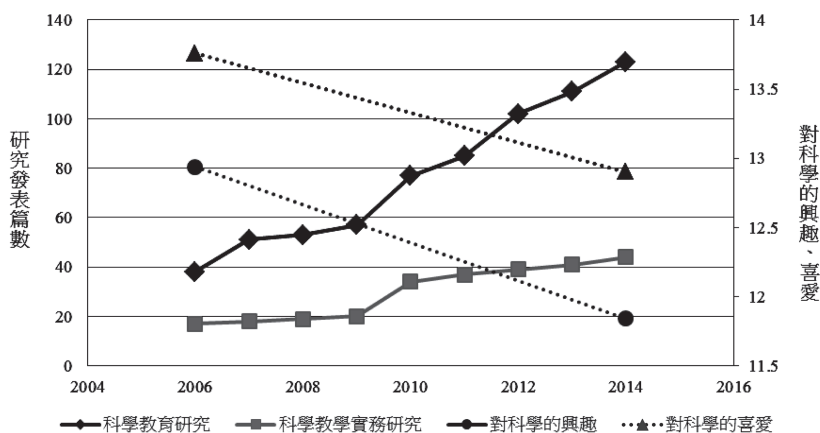


圖3：臺灣學者科學教育及科學教學實務研究與學生PISA對科學的興趣、喜愛之發展趨勢

沿用試題得分，或者著眼於所有科學能力試題(難度分布相當)的比較，PISA 2015 FT的學生表現均顯著低於PISA 2006的學生。儘管造成該差異的原因有待進一步的探討，這個結果值得科學教育相關人員反思並積極採取應變行動。不管是課程的改革或是教師在科學能力導向教學專業能力之發展，例如德國依據PISA評量架構所進行的國家教育標準制定，強調「能力導向」的教學(Neumann et al., 2010)，以及日本、丹麥、葡萄牙等國在課程中融入PISA所強調的能力，培養學生獨立思考及解決問題的能力(Breakspear, 2012)，都值

得我們借鏡參考。回顧國內近年來的評量(例如2013年以前的國中基本學力測驗或是目前的國中會考)試題大多著重知識概念導向的評量，甚少試題評量PISA所強調的科學能力。在升學導向及考試領導教學的趨勢之下，一般學校教師的教學鮮少強調評估及設計科學探究、詮釋科學數據及證據等能力。雖然我國少數學生在國際科展及科學能力競賽仍舊維持亮麗的成績，不過畢竟只是少數的菁英能有機會利用課餘額外時間進行與科學探究及論證能力相關的學習。大部分的學生則少有這些學習機會。因此本研究的結果可以用

來提醒科學教師及研究人員宜積極發展能力導向的科學學習活動並應用於課室教學及非制式學習場域之中。

本研究第二個值得注意的發現是PISA 2015 FT的學生對科學的興趣、喜愛、及自我效能均顯著低於PISA 2006的學生。由於目前既有文獻分別指出學生對科學的興趣、喜愛、及自我效能與其學習成效、終身科學參與、科學能力及未來學習興趣、未來職業選擇都具有顯著相關性(例如：Ainley, Hidi, & Berndorft, 2002; Bell, Lewenstein, Shouse, & Feder, 2009; Falk, Storksdieck, & Dierking, 2007; H.-S. Lin et al., 2012; H.-S. Lin, Lawrenz, et al., 2013; Tai, Liu, Maltese, & Fan, 2006)，而且國際大型評量如PISA及Trends in Mathematics and Science Study (TIMSS) 也鑑於上述情意及自我認知變項的重要性，乃持續進行其評量及分析各國學生表現。如果上述文獻的預測或論述成為事實，那麼我國學生在PISA 2006之後八年的PISA 2015 FT施測結果在上述三個變項呈現顯著退步的情形，堪稱是科學教育的隱憂。有關提升學生之科學學習興趣，Shymansky, Yore與Anderson (2004)指出其實教師可以扮演更積極且重要的推動者，然而大部分的中小學教師卻缺乏這方面的專業能力。另一方面，如何提升學生科學學習興趣的實證研究極為有限(H.-S. Lin, Hong, & Chen, 2013; Palmer, 2009)。因此對於科學教育研究者及中小學教師而言，如果能夠合作研發有效提升學習興趣的教學活動單元及策略，並具體落實於課室教學及課外學習之中，探討其成效並逐步發展中小學教師該方面之專業能力，進而擴大推廣實施對象，或許可以改善本研究所發現的上述退步現象。

本研究第三個值得注意的研究發現是我國學生在PISA的表現不但沒有隨著國內科學

教育研究成果的豐碩成長而有所進步，反而呈現顯著退步的情形。該研究結果也進一步以量化數據驗證甄曉蘭(2011)所言——教育研究蓬勃發展，然而研究成果對於教學實務的影響卻不盡理想。因此未來如何透過政策制定鼓勵中小學教師及科學教育研究學者合作進行實務研究，應該是值得努力的目標。例如科技部及教育部可擴大徵求研究計畫，鼓勵研發提升中小學生科學能力及興趣的教學活動、策略等實務型研究，並實質獎勵長期持續參與實務研究計畫三年以上的中小學教師。唯有在教育行政人員、中小學教師、科學教育研究學者的協同努力之下，教學實務的改進方能奏效。

最後要提醒讀者的是，本研究所比較的兩次評量，PISA 2006為主測驗其人數高達8,815人，而PISA 2015 FT為前導測驗其人數僅有2,661人。雖然兩次評量都是依據PISA的標準取樣程序且具有代表性，然而人數的差距也應該在推論時站在比較保守的態度。這也構成本研究的限制。未來PISA 2015主測驗的結果可以進一步探討及驗證本研究之發現。儘管如此，本研究搶先既有文獻比較兩次PISA科學素養的評量結果，並與國內學者科學教育期刊論文發表成果進行趨勢探討，以量化數據點出科學教育研究與中學教學實務之間所存在的差異。期望這些證據導向的研究結果不僅是延伸既有文獻之創見，且值得提供給師資培育及科學教育相關人員參考與省思。

誌謝

本研究承蒙科技部專題計畫的經費補助(MOST 104-MOE-S-110-001、MOST 104-2511-S-110-013-MY3)及審查委員精闢的評論與建議，特此致謝！

參考文獻

1. 林煥祥編(2008)。臺灣參加PISA 2006成果報告(NSC95-2522-S-026-002)。花蓮市：國立花蓮教育大學。
2. 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。
3. 張鈿富、吳慧子、吳舒靜(2011)。區域文化影響PISA科學表現與科學態度——分析其差異與關聯。《教育資料與研究》，100，125-146。
4. 教育部(2013)。教育部提升國民素養專案計畫報告書。查詢日期：2016年5月20日，檢自<http://literacytw.naer.edu.tw/data/cht/20140801/20140801u4v194.pdf>。
5. 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。
6. 甄曉蘭(2011)。教育研究發展現況的省思。《人文與社會科學簡訊》，12(4)，49-55。
7. Ainley, M., & Ainley, J. (2011). A cultural perspective on the structure of student interest in science. *International Journal of Science Education*, 33(1), 51-71.
8. Ainley, M., Hidi, S., & Berndorf, D. (2002). Interest, learning, and the psychological processes that mediate their relationship. *Journal of Educational Psychology*, 94(3), 545-561.
9. Anderson, J. O., Chiu, M., & Yore, L. D. (2010). First cycle of PISA (2000-2006) -- International perspectives on successes and challenges: Research and policy directions. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(3), 373-388.
10. Anderson, J. O., Lin, H. S., Treagust, D. F., Ross, S. P., & Yore, L. D. (2007). Using large-scale assessment datasets for research in science and mathematics education programme for international student assessment (PISA). *International Journal of Science and Mathematics Education*, 5(4), 591-614.
11. Bell, P., Lewenstein, B., Shouse, A. W., & Feder, M. A. (2009). *Learning science in informal environments: People, places, and pursuits*. Washington, DC: The National Academies Press.
12. Braund, M., & Reiss, M. (2006). Towards a more authentic science curriculum: The contribution of out-of school learning. *International Journal of Science Education*, 28(12), 1373-1388.
13. Breakspear, S. (2012). *The policy impact of PISA: An exploration of the normative effects of international benchmarking in school system performance*. Retrieved May 20, 2016, from <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED530643.pdf>
14. Buccheri, G., Gurber, N. A., & Bruhwiler, C. (2011). The impact of gender on interest in science topics and the choice of scientific and technical vocations. *International Journal of Science Education*, 33(1), 159-178.
15. Bulterman-Bos, J. (2008). Will a clinical approach make education research more relevant to practice. *Educational Research*, 37, 412-420.

16. Bybee, R., & McCrae, B. (2011). Scientific literacy and student attitudes: Perspectives from PISA 2006 science. *International Journal of Science Education*, 33(1), 7-26.
17. Chang, Y.-H., Chang, C.-Y., & Tseng, Y.-H. (2010). Trends of science education research: An automatic content analysis. *Journal of Science Education and Technology*, 19(4), 315-331.
18. Chen, H.-T., Wang, H.-H., Lu, Y.-Y., Lin, H.-S., & Hong, Z.-R. (2016). Using a modified argument-driven inquiry to promote elementary school students' engagement in learning science and argumentation. *International Journal of Science Education*, 38(2), 170-191.
19. Christenson, S. L., Reschly, A. L., & Wylie, C. W. (2012). *Handbook of research on student engagement*. New York: Springer.
20. Coertjens, L., Boeve-de Pauw, J., De Maeyer, S., & Van Petegem, P. (2010). Do schools make a difference in their students' environmental attitudes and awareness? Evidence from PISA 2006. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(3), 497-522.
21. Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
22. Corte, E. D. (2000). Marrying theory building and the improvement of school practice: A permanent challenge for instructional psychology. *Learning and Instruction*, 10(3), 249-266.
23. De Jong, O. (2007) Trends in western science curricula and science education research: A bird's eye view. *Journal of Baltic Science Education*, 6(1), 15-22.
24. DeBoer, G. E. (2011). The globalization of science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(6), 567-591.
25. DeWitt, J., Osborne, J., Archer, L., Dillon, J., Willis, B., & Wong, B. (2011). Young children's aspirations in science: The unequivocal, the uncertain and the unthinkable. *International Journal of Science Education*, 35(6), 1037-1063.
26. Falk, J. H., Storksdieck, M., & Dierking, L. D. (2007). Investigating public science interest and understanding: Evidence for the importance of free-choice learning. *Public Understanding of Science*, 16(4), 455-469.
27. Figazzolo, L. (2009). *Impact of PISA 2006 on the education policy debate*. Retrieved May 20, 2016, from <http://download.ei-ie.org/docs/IRISDocuments/Research%20Website%20Documents/2009-00036-01-E.pdf>
28. Fredricks, J. A., Blumenfeld, P. C., & Paris, A. H. (2004). School engagement: Potential of the concept, state of the evidence. *Review of Educational Research*, 74, 59-109.
29. Glaser, R., Lieberman, A., & Anderson, R. (1997). "The vision thing" educational research and AERA in the 21st century. Part 3: Perspectives on the research-practice relationship. *Educational Researcher*, 26(7), 24-25.

30. Hampden-Thompson, G., & Bennett, J. (2013). Science teaching and learning activities and students' engagement in science. *International Journal of Science Education*, 35(8), 1325-1343.
31. Hanushek, E. A., & Woessmann, L. (2010). *The high cost of low educational performance: The long-run economic impact of improving PISA outcomes*. Paris, France: OECD.
32. Hatasa, Y. A. (2013). The gap between theory and practice: Problems and possibilities. *Journal CAJLE*, 14, 1-17.
33. Hidi, S., & Renninger, K. A. (2006). The four-phase model of interest development. *Educational Psychologist*, 41(2), 111-127.
34. Jack, B., & Lin, H. S. (2014). Igniting and sustaining interest among students who have grown cold towards science. *Science Education*, 98(5), 792-814.
35. Jayarajah, K., Saat, R. M., & Rauf, R. A. A. (2014). A review of science, technology, engineering & mathematics (STEM) education research from 1999-2013: A Malaysian perspective. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 10(3), 155-163.
36. Kjaernsli, M., & Lie, S. (2011). Students' preference for science careers: International comparisons based on PISA 2006. *International Journal of Science Education*, 33(1), 121-144.
37. Kubiato, M., & Vlckova, K. (2010). The relationship between ICT use and science knowledge for Czech students: A secondary analysis of PISA 2006. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(3), 523-543.
38. Lee, M.-H., Wu, Y.-T., & Tsai, C.-C. (2009). Research trends in science education from 2003 to 2007: A content analysis of publications in selected journals. *International Journal of Science Education*, 31(15), 1999-2020.
39. Leuchter, M., Saalbach, H., & Hardy, I. (2014). Designing science learning in the first years of schooling. An intervention study with sequenced learning material on the topic of "floating and sinking". *International Journal of Science Education*, 36(10), 1751-1771.
40. Li, M.-C., & Tsai, C.-C. (2013). Game-based learning in science education: A review of relevant research. *Journal of Science Education and Technology*, 22(6), 877-898.
41. Lin, H.-S., Hong, Z.-R., & Chen, Y.-C. (2013). Exploring the development of college students' situational interest in learning science. *International Journal of Science Education*, 35(13), 2152-2173.
42. Lin, H.-S., Hong, Z.-R., & Huang, T.-C. (2012). The role of emotional factors in building public scientific literacy and engagement with science. *International Journal of Science Education*, 34(1), 25-42.
43. 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.

44. Lin, H.-S., Lawrenz, F., Lin, S.-F., & Hong, Z.-R. (2013). Relationships among affective factors and preferred engagement in science-related activities. *Public Understanding of Science*, 22(8), 941-954.
45. Lin, T.-C., Hsu, Y.-S., Lin, S.-S., Changlai, M.-L., Yuan, K.-Y., & Lai, T.-L. (2012). A review of empirical evidence on scaffolding for science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 10(2), 437-455.
46. Lin, T.-C., Lin, T.-J., & Tsai, C.-C. (2014). Research trends in science education from 2008 to 2012: A systematic content analysis of publications in selected journals. *International Journal of Science Education*, 36(8), 1346-1372.
47. Luft, J. (2010). Building a bridge between research and practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(7), 765-767.
48. McGinnis, J. R., & Collins, A. (2009). Editors' note. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8), 861.
49. McNeill, K. L., Pimentel, D. S., & Strauss, E. G. (2013). The impact of high school science teachers' beliefs, curricular enactments and experience on student learning during an inquiry-based urban ecology curriculum. *International Journal of Science Education*, 35(15), 2608-2644.
50. Mortimore, P. (2000). Does educational research matter? *British Educational Research Journal*, 26, 5-24.
51. Namdar, B., & Shen, J. (2015). Modeling-oriented assessment in K-12 science education: A synthesis of research from 1980 to 2013 and new directions. *International Journal of Science Education*, 37(7), 993-1023.
52. National Research Council. (1996). *National science education standards: Observe, interact, change, learn*. Washington, DC: National Academy of Science.
53. National Research Council. (2002). *Scientific research in education*. Washington, DC: National Academy Press.
54. National Science Foundation. (2010). *Science and engineering indicators 2010*. Retrieved May 20, 2016, from <https://www.mtu.edu/research/administration/sponsored-programs/enhancement/pdf/science-engineering-indicators.pdf>
55. Neumann, K., Fischer, H. E., & Kauertz, A. (2010). From PISA to educational standards: The impact of large-scale assessments on science education in Germany. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(3), 545-563.
56. Organisation for Economic Co-operation and Development. (2006a). *Assessing scientific, reading and mathematical literacy: A framework for PISA 2006*. Paris, France: Author.

57. Organisation for Economic Co-operation and Development. (2006b). *Evolution of student interest in science and technology studies: Policy report*. Retrieved May 20, 2016, from <http://www.oecd.org/science/sci-tech/36645825.pdf>
58. Organisation for Economic Co-operation and Development. (2009). *OECD science, technology and industry scoreboard 2009*. Paris, France: Author.
59. Organisation for Economic Co-operation and Development. (2013). *PISA 2015 draft science framework*. Retrieved May 20, 2016, from <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/pisa-2015draftframeworks.htm>
60. Palmer, D. H. (2009). Student interest generated during an inquiry skills lesson. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(2), 147-165.
61. Pekarek, R., Krockover, G. H., & Shepardson, D. P. (1996). The research-practice gap in science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(2), 111-113.
62. Richardson, V. (1994). Conducting research on practice. *Educational Research*, 23(5), 5-10.
63. Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2009). Scientific literacy, PISA, and socioscientific discourse: Assessment for progressive aims of science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8), 909-921.
64. Shymansky, J. A., Yore, L. D., & Anderson, J. O. (2004). Impact of a school district's science reform effort on the achievement and attitudes of third- and fourth-grade students. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(8), 771-790.
65. Sjaastad, J. (2012). Sources of Inspiration: The role of significant persons in young people's choice of science in higher education. *International Journal of Science Education*, 34(10), 1615-1636.
66. Tai, R. H., Liu, C. Q., Maltese, A. V., & Fan, X. (2006). Planning early for careers in science. *Science*, 312(5777), 1143-1144.
67. Tran, N. A. (2010). The relationship between students' connections to out-of-school experiences and factors associated with science learning. *International Journal of Science Education*, 33(12), 1625-1651.
68. Tsai, C.-C., & Wen, M. L. (2005). Research and trends in science education from 1998 to 2002: A content analysis of publications in selected journals. *International Journal of Science Education*, 27(1), 3-14.
69. Tsai, C.-C., Wu, Y.-T., & Liang, J.-C. (2011). Research regarding science learning in Asia: An analysis of selected science education journals. *Asia-Pacific Education Research*, 20(2), 352-363.
70. United Nations Environment Programme. (2012). *21 issues for the 21st century: Result of the UNEP foresight process on emerging environmental issues*. Nairobi, Kenya: Author.

71. Vanderlinde, R., & van Braak, J. (2010). The gap between educational research and practice views of teachers, school leaders, intermediaries and researchers. *British Educational Research Journal*, 36(2), 299-316.
72. Woods-McConney, A., Oliver, M. C., McConney, A., Maor, D., & Schibeci, R. (2013). Science engagement and literacy: A retrospective analysis for indigenous and non-indigenous students in Aotearoa New Zealand and Australia. *Research in Science Education*, 43(1), 233-252.
73. Woods-McConney, A., Oliver, M. C., McConney, A., Schibeci, R., & Maor, D. (2014). Science engagement and literacy: A retrospective analysis for students in Canada and Australia. *International Journal of Science Education*, 36(10), 1588-1608.
74. Yang, K.-K., Lee, L., Hong, Z.-R., & Lin, H.-S. (2016). Investigation of effective strategies for developing creative science thinking. *International Journal of Science Education*, 38(13), 2133-2151.
75. Zohar, A., & Barzilai, S. (2013). A review of research on metacognition in science education current and future directions. *Studies in Science Education*, 49(2), 121-169.

Exploring the Trend of Taiwan Students' Scientific Literacy and Science Educators' Research Performance

Ya-Chun Chen¹, Zuway-R Hong¹, Hsiao-Ching She² and Huann-shyang Lin^{3,*}

¹Institute of Education, National Sun Yat-sen University

²Institute of Education, National Chiao Tung University

³Center for General Education, National Sun Yat-sen University

Abstract

The purpose of this study was to explore the differences in Taiwan students' scientific literacy on PISA 2006 and PISA 2015 Field Trial test (FT) and compare it with the developmental trend of Taiwan science educators' research publication performance. The two datasets were accessed from PISA 2006 ($N = 8,815$) and PISA 2015 FT ($N = 2,661$) national databases for Taiwan. The results of data analysis reveal that PISA 2015 FT students' science competencies of explaining phenomena scientifically, evaluating and designing scientific inquiry, and interpreting data and evidence scientifically are significantly lower than the achievement for PISA 2006 students. In addition, PISA 2015 FT students' interest in science, enjoyment of science and self-efficacy in science are also significantly lower than the results for PISA 2006 students. The inconsistent developmental trend between the two PISA cycle students' declining achievement and science educators' flourishing research publication performance deserves special attention by science teachers, policy makers and administrators, and science educators.

Key words: PISA, Scientific Literacy, Research Performance on Science Education

* Corresponding author: Huann-shyang Lin, huannlin@mail.nsysu.edu.tw