

臺灣公民參訪非制式科學教育機構對 公民參與科學的影響：科學興趣所扮演的中介角色

鄭瑞洲^{1,*} 林煥祥²

¹國立科學工藝博物館 科技教育組

²國立中山大學 西灣學院博雅教育中心

摘要

面對社會變革和科技創新時代，提升公民參與科學以面對此變動帶來的衝擊，刻不容緩。非制式科學教育機構為公民科學傳播的基石，能否促進公民參與科學，值得進一步探討。本研究目的在於探討臺灣公民參訪非制式科學教育機構對其公民參與科學的影響，並進一步探討科學興趣因素在其中扮演的中介角色。研究工具採用信度及效度良好之2015年「臺灣公民科技素養調查計畫研究問卷」，以選取年滿18~70歲臺灣公民1,831人為研究樣本，以面對面方式蒐集參訪非制式科學教育機構、科學興趣及公民參與科學的問卷數據，並以多元迴歸分析法檢驗變項間之徑路關係及效果量。研究結果顯示：參訪非制式科學教育機構正向影響公民參與科學；科學興趣正向影響公民參與科學；參訪非制式科學教育機構正向影響科學興趣；科學興趣對參訪非制式科學教育機構正向影響公民參與科學之關係具有部分中介效果。研究結果及建議可作為未來非制式科學教育機構促進公民參與科學之參考。

關鍵詞：公民參與科學、科學興趣、參訪非制式科學教育機構、臺灣公民科技素養調查

壹、緒論

一、研究背景與動機

公民參與科學(public engagement of science)有助於揭開科學與科學治理的面紗，制定民主的科學政策(Stilgoe et al., 2014)，現今臺灣許多科學／科技應用引發各種社會爭議及討論，例如疾病防疫、核電存廢、工業開發、生態保育、人工智慧(Artificial

Intelligent, AI)、物聯網資安、數據隱私、疫苗政策、食安標準、基因編輯及空氣汙染等議題，公民參與及討論科技與社會議題也漸漸成為民主化發展重要的事項。雖然許多民眾不知道科學技術的細節，但對科學／科技使用的利害關係，對社會或道德的影響，甚至某項技術應用是否合適，民眾未必是全然無知的，甚至是經驗豐富的。有時民眾提出的問題或見解，可以跳脫出專家的框框外，

*通訊作者：鄭瑞洲，adam@mail.nstm.gov.tw

(投稿日期：民國110年11月9日，修訂日期：民國111年6月24日，接受日期：民國111年6月28日)

可能是更根本且重要的，因此讓科技與社會重要議題透過公民參與科學方式來共同解決，是一重要的議題(王秀雲，2010)。面對不斷的社會變動及新科技引發的爭議性議題，民眾需要不斷學習科學知識與技能，具備科學素養才能參與討論與判斷事件真偽，並做出正確的選擇(蔡俊彥，2016)。

當學生離開了學校，進入社會成為公民，大多數公民僅能運用非制式科學教育管道來學習科學／科技知識，例如透過網路社群媒體、報章雜誌或電視新聞等來接觸科學／科技知識，但以上非制式科學教育管道所獲得的訊息多為單向式，且非系統或公平性的報導詳細的科學訊息，或許缺乏科技與社會議題情境的營造與雙向的對話(Falk & Dierking, 2010)。St. John與Perry (1993)提出非制式科學教育機構(Informal Science Educational Institutes, ISEIs)應被視為整體科學教育建設組成的一部分，而不可分割，其中之科學與科技類博物館等ISEIs是展示科學與科技知識的場所，能幫助公民建構科學與科技的知識體系。現今國內外許多ISEIs亦透過科學家研究成果展示、科普講座或嘉年華會等多元科普傳播方式，提供公民與科技社會議題互動的情境，能夠讓參訪者學習判斷或評論專家所提出的知識，提供參訪者具備相關科學素養，而使得公民未來有能力參與科技政策的討論與制定。另外讓公民有機會參與科技政策的制定過程及表達看法，可以朝更審議式民主的方向發展，因此ISEIs對於促進及支持公民參與科學扮演重要的角色(江淑琳、張瑜倩，2016；Chittenden, 2011；McCallie et al., 2009)。

過去研究發現ISEIs如科學與科技類博物館一直被認為對提升公民科學素養扮演重

要的角色，例如參訪ISEIs能促進參訪者的科學知識和情意因子，特別是科學興趣、自我效能、自我概念、態度或價值觀等所謂「軟性」成果(soft outcomes)，有別於科學知識與技能的「硬性」成果(hard facts) (Falk et al., 2007; Hooper-Greenhill, 2007; Rennie & Williams, 2002)。然而探討ISEIs的確切成效難以蒐集，例如參訪ISEIs能否提升公民科學素養或促進公民參與科學等，其主要的原因包括：(一)學習的本質是複雜且交錯影響的。(二)學習的管道是多面向且互動的，所以要單獨測量參訪ISEIs的成效較為困難(Falk & Dierking, 2010; Turner, 2008)。因此，本研究以我國全體公民為抽樣對象，探討參訪ISEIs對公民參與科學的影響。此外，興趣為個人對於學習任務的偏好，能產生正向心理狀態，提供個人學習動機，因此興趣可能影響學習，更可能影響其投入(Hidi et al., 2004)。過去研究發現參訪ISEIs與參訪者的科學興趣有顯著相關，而且公民具備較高的科學興趣會對其參與科學議題活動有顯著的相關性(王薪惠等，2018)，因此本研究除探討臺灣公民參訪ISEIs對公民參與科學影響外，也進一步探討科學興趣因素在其中扮演的中介角色，以提供未來ISEIs促進公民參與科學之參考。

二、研究目的與問題

本研究運用2015年臺灣公民科技素養調查計畫研究數據，包含參訪ISEIs、科學興趣及公民參與科學的研究數據進行統計分析，探討臺灣公民參訪ISEIs對公民參與科學的徑路關係，並進一步探討科學興趣在其中扮演的中介角色。以下為本研究的四個研究問題：

(一)參訪ISEIs與公民參與科學有否顯著相關性？

- (二)參訪ISEIs與科學興趣有否顯著相關性？
- (三)科學興趣與公民參與科學有否顯著相關性？
- (四)科學興趣對參訪ISEIs預測公民參與科學有否產生中介效果？

貳、文獻探討

一、公民參與科學

過去科學政策主要採由上而下的方式進行，公民參與科學的政策經常徒具形式，公民的訴求經常未受到決策體制的關注(Irwin, 2002)。然而，現今人們不僅對於科學技術的發展賦予不同的期待，也對科學的治理模式有不同的想法，其中對於科學治理模式的改變就是肯定公民參與科學的必要性(Jasanoff, 2004)。過去，科學與公民的關係已逐漸由認為公民需要被教育以信任科技政策的制定，持續轉向承認公民擁有重要的在地知識，及公民有足夠理解科學資訊的能力，以參與政策討論與制定，因此提倡公民參與科學有助揭開科學與科學治理的神秘面紗，制定更民主的科學政策(Burgess, 2014; Stilgoe et al., 2014)。

1990年代開始，具有民主精神的「公民參與科學」運動在英國與歐洲國家展開，成為21世紀科學／科技政策制定的必要條件(Irwin, 2014)。因此，有必要發展更多成功及容易進用的「公民參與科學」機會，協助制定有效的科學政策，以達到更大功效，且透過公共參與，觸及更多元、更廣泛的公民意見(Stilgoe et al., 2014)。Jones (2014)提倡公民參與科學是將制定科學或科技政策的權力，真正由上而下交給各個領域的多元社會

團體，包括科學或科技發展的最終使用者、可能獲利者，認真看待這些團體的想法，使其能夠參與整個科學或科技的發展過程，在科學或科技已經發展固定之前，即讓公民能參與科學或科技的發展過程，解決目前過度傾向以科技及經濟發展為中心的思考，而能帶入更多以公民及社會為中心的思考模式。他也認為對於目前較具爭議性的科技社會議題，例如土地開發利用，環境及經濟兼顧的兩難問題，或是AI、物聯網及生物科技等新興科技應用所引發侵犯個人隱私及影響倫理道德的議題，應該要發展出公民與社會想要的科技政策或治理，才能符合以公民及社會為中心的思考模式。

尤其現今臺灣面對日益增加的科技應用引發的社會變動及爭議事件，例如核電廠存廢、火力發電汙染、高壓電塔電磁波、離岸風力發電的噪音、土地開發破壞環境、代理孕母、基改食品、AI的隱私權及假新聞充斥等問題，也均需要公民具備一定科學素養，以利參與科學科技政策的討論與判斷，讓這些對公民與社會影響重大的議題透過公民參與科學方式來解決及發展政策(王秀雲，2010；蔡俊彥，2016)。

過去研究指出影響「公民參與科學」因素包含公民的性別、年齡、學歷、科學興趣及參訪ISEIs等因素(鄭瑞洲、黃臺珠，2018；Bell et al., 2009)，且我國公民參訪ISEIs次數及頻率與公民參與科學呈現顯著正相關(鄭瑞洲等，2019)。因此本研究將可能影響公民參與科學的因素，包含性別、年齡、教育程度、參訪ISEIs及科學興趣等因素，先以逐步迴歸分析探討影響臺灣公民參與科學的主要因素，並進一步探討參訪ISEIs如何影響公民參與科學。

二、參訪ISEIs

本研究探討臺灣公民參訪ISEIs的場域包含有各類科學／科技／天文／海洋類博物館、水族館及動物園等，是自主的、多樣化的、開放式的及無壓力的科學教育場域，其提供了與制式教育不同的學習方式，不僅提供科學或科技相關的知識內容，同時也提供參訪者選擇自己要參觀或體驗的內容或權力，也因此參訪過程中學習到的不只是科學知識內容，也可能是對科學的正向態度、興趣及自我效能等情意內涵的提升，或生活經驗的聯結，或問題解決能力等認知之外的學習成效(于瑞珍，2002)。

Niiniluoto (2016)主張科學與科技之間存在重要的概念及本質差異，參訪不同類型科學／科技教育機構對科學興趣、態度與行為應該有差異性影響。然而國內目前非制式科學／科技教育機構包含自然科學博物館、科學與工藝博物館、天文館、水族館、海洋生物或科技博物館等，多同時提供科學與科技的應用展示及教育推廣任務，因此本研究蒐集參訪ISEIs包含非制式各類科學與科技類等機構。過去研究指出ISEIs可提升參訪者的情境興趣，如科學中心經常透過設計能動手體驗的、使用者中心、感官刺激或社交互動等展示，來誘發及維持參訪者的情境興趣(Duan et al., 2021)。而動物園或水族館亦能透過新奇的、驚喜的、可觸摸或體驗的、獲取知識及社交互動等方式來誘發參訪者情境興趣(Dohn, 2011, 2013)。博物館教育人員的熱情能創造引人入勝的學習體驗，提升參訪者的情境興趣(Liu, 2018)。參訪ISEIs不僅能誘發其情境興趣，並在經歷多次參訪而逐漸形成對科學的個人興趣、正向態度或行為的改變(王薪惠等，2018；Falk & Needham, 2011; Packer, 2006; Schwan et al., 2014)。因此，本研

究蒐集科學興趣主要為公民對科學的個人興趣，以探討參訪ISEIs對科學興趣的影響，及科學興趣在參訪ISEIs對其公民參與科學的中介角色。

Falk與Dierking (2010)指出參訪ISEIs學習成效是難以測量及獲得的，兩個主要原因為，(一)學習的本質是複雜且交錯影響的，(二)學習的管道是多元且互動的，因此學習是累積且是由許多學習管道共同影響及貢獻，所以要單獨測量參訪ISEIs的學習成效是困難的(Falk et al., 2007; Turner, 2008)。過去許多研究證實ISEIs在教育上的成效，然而大部分的支持結果都是由內而外法(inside-out approach)的調查方式，亦即，所選取的樣本多為ISEIs的參訪者，這些參訪者本身可能多已對科學／科技感興趣或為科學／科技學習目的而選擇參訪，因此以ISEIs的參訪者進行參訪成效的研究，或是於參訪後立即進行成效評量，所蒐集的自我篩選過的研究對象，其參訪成效會比針對一般社會大眾或是參訪後一段時間後，才蒐集延宕的參訪成效較為顯著，且其參訪成效僅針對參訪者調查，而無法進行參訪與未參訪者間成效的比較(Bell et al., 2009)。但如以由外而內法(outside-in approach)的調查方式進行ISEIs參訪成效的研究，其所選取的樣本為一般社會大眾，包含參訪者與未參訪者，才能比較參訪與未參訪成效的影響，且其蒐集參訪者延宕的成效較能呈現參訪ISEIs確切的成效(Falk & Needham, 2011; Falk et al., 2018)。本研究目的為探討參訪ISEIs對其公民參與科學的影響，因此採用研究對象為全體社會大眾的由外而內法的調查研究，蒐集民眾過往一年參訪ISEIs及公民參與科學的經驗，比較參訪與未參訪ISEIs對其公民參與科學的影響。

三、參訪ISEIs、科學興趣與公民參與科學之研究假設

(一)參訪ISEIs影響公民參與科學

融合多樣性及互動性的制式與非制式的科學學習，能強化整體科學教育的效果(謝百淇等，2016；Stocklmayer et al., 2010)。尤其當學生離開了學校，進入社會成為公民，大多數公民僅能運用非制式管道來學習科學與科技知識，而過去ISEIs是展示科學與科技知識的場所，能提升公民對科學／科技之認知。

近年來，ISEIs如科學／科技類博物館被視為能夠回應各種科學、科技及社會相關議題的機構，因此其除了是展示科學與科技知識的場所外，亦提供許多的科學、科技與社會議題情境(Chittenden, 2011)。例如國內外許多ISEIs一方面將科學與科技的知識透過靜態的展示，或動態的互動形式傳遞給參訪者時，能建構參訪者的科學／科技知識體系，另一方面，科學／科技類博物館也能營造科學／科技／社會議題情境，提供參訪者與展品互動，或表達與交流意見，或引導議題思考、分析及討論，讓參訪者逐漸培養具備公民參與科學的素養，有助於參訪者在未來面對科學／科技／社會議題引發社會爭議、風險或災難事件時，能夠判斷或評論專家所提出的知識是否合理，進而參與科技政策的意見表達及制定，讓科技政策的制定朝更審議式民主的方向發展(江淑琳、張瑜倩，2016；McCallie et al., 2009; Sandell & Nightingale, 2012)。此外，過去ISEIs如科學／科技類博物館主要展示已發展完成的科學及科技知識，提供參訪者非制式科學教育的知識建構功能，但是近代的科學／科技類博物館也進一步展示正在或即將發展的科技應用(Dijkstra &

Critchley, 2016)，蒐集參觀者的意見與想法，提供政策制定者參考，例如奈米、基因編輯、幹細胞、人工智慧或物聯網等新興科技應用，亦即讓公民也能參與新興科技的發展過程，讓科學家與政策制定者在科技發展階段，就能理解公民的想法，有利於公民、科學家與政策制定者對話，以促進公民參與科學的理想(McCallie et al.)。

ISEIs如科學／科技類博物館從過去展示科學／科技知識、以教育為目的單向傳播模式，轉向為以公民參與科學的雙向互動模式，不僅提供參訪者獲得科學／科技知識，更可以透過對話與討論，讓參訪者能多元理解科學、科技與社會間的相互關聯及影響，促進其對科學議題理解、熱情和分析能力，提升公民參與科學所需具備的素養(江淑琳、張瑜倩，2016；Bell, 2008, 2009; Chittenden, 2011; McCallie et al., 2009; Varner, 2014)。郭世文(2013)也指出忠誠觀眾參訪科學博物館能提升其科學理解、科學方法及科學態度，使其面對日常生活的科學訊息具備認知與解析能力，增進其未來參與科學的素養。因此本研究將探討參訪ISEIs對公民參與科學的影響，因此，本研究提出假設推論如下：

H1：參訪ISEIs正向顯著影響公民參與科學。

(二)參訪ISEIs影響科學興趣

St. John與Perry (1993)提出制式與非制式科學教育機構應被視為整體科學教育的基石，而不可分割。過去許多研究指出，非制式科學教育場域對促進公民的科學興趣、理解和態度等科學素養，扮演重要的角色，也與制式教育有相互輔助功能(鄭瑞洲、黃臺珠，2018；鄭瑞洲等，2019；Falk & Needham, 2011; Falk et al., 2018; Schwan et

al., 2014; Stockmayer et al., 2010)。Rennie與Williams (2002)指出ISEIs能促進參訪者的科學知識和情意因子，特別是科學的自我概念、自我效能及學習興趣等情意因子的提升。Hooper-Greenhill (2007)也指出非制式教育的學習成果非常多元，且有很多是關於情感、態度、信念或價值觀等「軟性」成果。過去研究也探討參訪ISEIs影響科學興趣的因素，包含提供自由選擇、挑戰或任務，可提升參訪者的內在動機及學習興趣；提供新奇展演能增強參訪者的好奇心、害怕、驚喜或趣味等感覺，激起其探索及發現科學的樂趣；提供參與及互動體驗以解決切身問題的情境，讓參訪者覺得科學是有用的且至關重要，而產生願意探索科學的樂趣(Jensen & Buckley, 2014; Packer, 2006; Stockmayer et al.)。黃惠婷等(2020)指出觀眾參訪ISEIs如科學博物館能透過導覽解說、展品互動體驗及生活化應用等方法，引發觀眾科學興趣，增進其科學素養。曾瑞蓮等(2020)亦提出科學博物館推動新興科技議題體驗活動可提升觀眾的科學興趣，因此，本研究提出假設推論如下：

H2：參訪ISEIs正向顯著影響科學興趣。

(三)科學興趣影響公民參與科學

興趣為個人致力於或傾向致力於對某一物件、學科或想法的心理狀態，其由個人與環境間之互動而產生(Schiefele, 1991)。興趣為個人對於學習任務的偏好，能產生正向心理狀態，提供個人學習動機，因此興趣能影響學習，更影響其投入(Hidi et al., 2004)。興趣可以區分為情境興趣與個人興趣兩類，情境興趣為個人易受情境環境刺激，而被誘發此情境或物件感覺有趣，為短暫而易變動；個人興趣為個人的特質，是穩定持久，不易隨情境改變狀態。情境興趣能透過個人與情境或環境間的相互影響，可逐漸發展成為個

人興趣。個人興趣被認為能提升學生學習上的專注力、認知、回憶、持續努力、動機和較高層次的學習等(Hidi & Renninger, 2006)。

Hidi等(2004)指出「學習興趣」為個人對於學習任務的偏好，能產生正向的心理狀態，提供個人學習或參與活動的動機。Ainley (2006)也提出個人興趣能影響學習任務的表現。過去研究也指出影響個人的科學及數學學習成就，除了與個人認知能力及家庭背景有關外，個人的情意因素如對於科學及數學的興趣、態度及投入等因素對其學習成就影響更大(Singh et al., 2002)。Silvia (2006)指出興趣是影響學生學習的選擇及工作的投入，更影響其未來成為公民是否持續投入及參與的重要因素。過去研究也發現臺灣公民的科學興趣與其公民科學素養及參與科學／科技議題活動有顯著性相關，呈現科學興趣較高的公民參與科學／科技議題活動的頻率較高，也較為主動積極參與多元的科學議題活動(王薪惠等, 2018；鄭瑞洲、黃臺珠, 2017；Tsai et al., 2017)，因此，本文提出假設推論如下：

H3：科學興趣正向顯著影響公民參與科學。

(四)科學興趣之中介效果

依據上述文獻探討，參訪ISEIs與促進公民參與科學有關，參訪ISEIs與提升公民科學興趣有關，而科學興趣與促進公民參與科學有關；因此科學興趣是否在參訪ISEIs促進公民參與科學中扮演中介角色，值得進一步探討，因此，本文提出科學興趣中介參訪ISEIs正向影響公民參與科學的假設推論如下：

H4：參訪ISEIs正向顯著影響公民參與科學。
科學興趣正向顯著影響公民參與科學。

整合上述提出的各假設推論，本研究提出參訪ISEIs、科學興趣、與公民參與科學之假設徑路模式，如下表1及圖1，研究接續運

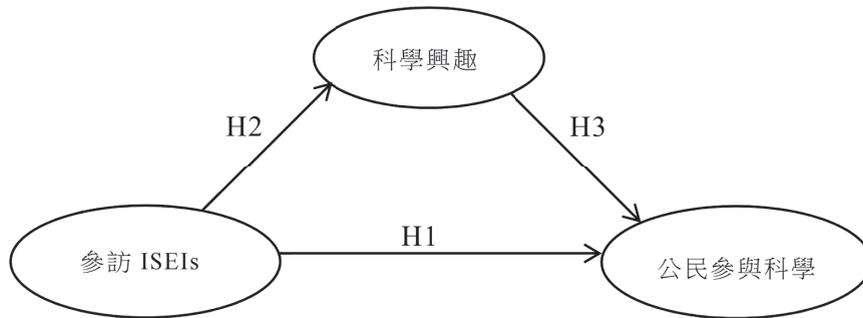


圖1：參訪ISEIs影響科學興趣與公民參與科學間之假設徑路模式

註：ISEIs：非制式科學教育機構(Informal Science Educational Institutes)。

表1：參訪ISEIs、科學興趣與公民參與科學之假設徑路模式

假設徑路	自變項	依變項
H1	參訪ISEIs	公民參與科學
H2	參訪ISEIs	科學興趣
H3	科學興趣	公民參與科學
H4	參訪ISEIs 科學興趣	公民參與科學

用2015年臺灣公民科技素養調查計畫研究數據以多元迴歸分析探討參訪ISEIs活動、科學興趣與公民參與科學間之徑路關係及其效果值，以期能瞭解參訪ISEIs對其公民參與科學的預測力，並進一步探討科學興趣在其中所扮演的角色。

參、研究方法

一、研究抽樣及對象

本研究為臺灣公民科技素養調查計畫項目之一，是以臺灣地區年滿18歲至70歲之公民為研究母群體，並依據內政部戶政司所提供之戶籍資料採取三階段「分層隨機抽樣」(stratified random sampling)抽出樣本個案。分層隨機抽樣法是一種涵蓋了分層抽樣與隨機抽樣的方法，即是將母群中具有共通特質

的單位或區域劃入同一層級，依此劃分成數個子母群，使其具有同層之間同質性高、異質層之間差異性大的特性，之後再個別於各分層獨立進行機率或等距抽樣。本研究的抽樣原則，先利用「人口密度」、「教育程度」、「65歲以上人口百分比」、「15~64歲人口百分比」、「工業人口百分比」及「服務業人口百分比」六項指標，以集群分析法將臺灣地區鄉鎮市區分為六層，之後在各個分層則再進行分段抽樣。在分段抽樣方面，三階段抽樣的程序是：(一)先在各分層中依人口數多寡，利用等距抽樣原則系統性地抽取鄉鎮市區；(二)在每一鄉鎮市區中，依循同樣抽樣原則抽取村里；(三)在每一村里中再依前述抽樣方式抽取個案(中央研究院人文社會科學研究中心調查研究專題中心，2014)。

研究抽樣先於臺灣地區鄉鎮市區分為六層別中，依人口數多寡，利用等距抽樣原則抽取30個鄉鎮，再依相同抽樣原則於選取的鄉鎮中抽取60個村里，在選定訪問的村里後，研究預計完成樣本數2,000人，為了避免其他影響因素(如：拒訪、搬遷)而致無法達成預計完成數，本研究在實際執行抽樣時，參照近三年內中央研究院調查研究專題中心執行大型計畫完成率，並依受訪地區狀況調整，估算每一鄉鎮市區需抽取的樣本數。本

次研究之膨脹比例約介於1.8倍至3.8倍之間，共抽出5,498人，排除拒訪或不在籍等人數後，最後實際完成有效樣本數為1,831人，包括女性912人(49.8%)、男性919人(50.2%)，如表2 (蔡俊彥，2016)。

二、問卷調查流程

本研究於2014年12月至2015年2月間，共計九週進行預定村里的實地調查面訪。44位專業面訪人員及3位督導都親自到設置於國立中山大學通識教育中心的「公民素養推動研究中心」，接受為期兩天之訪員及督導訓練，訓練內容包含：問卷說明、訪問基本原則與注意事項、電腦輔助面訪(computer assisted personal interviewing, CAPI)系統說明、調查工作流程與計酬說明、樣本名單介紹、檢誤及狀況回報等，訓練結業成績合格獲得訪員證後，依照抽樣樣本名單上的姓名及地址進行實地探訪，找到名單內受訪者進行面訪。訪問方式是由訪員以一對一用國語或臺語逐題唸出問卷題目，並登錄受訪者答案至CAPI。訪問結束後，再由中心根據訪員所填的資料進行複查。複查的主要目的在於核對成功樣本的資料是否確實，以及訪員是否正確使用樣本名單進行調查工作，蒐集之資料進行後續統計及分析(王薪惠等，2018；蔡俊彥，2016)。

三、研究工具之發展與效化

本研究工具採用信度及效度良好之「2015臺灣公民科技素養調查計畫」中之量表，包含「參訪ISEIs」、「科學興趣」及「公民參與科學」的問卷題組，量表發展並進行以下步驟加以效化，包含(一)專家審查、(二)認知訪談、(三)問卷預試、(四)信效度分析、(五)問卷預試、(六)信效度分析、(七)正式施測(蔡俊彥，2016)。各題組說明如下。

(一)「參訪ISEIs」題組

本研究探討之ISEIs，包含自然科學博物館、科學與工藝博物館、天文館、水族館、海洋生物或科技博物館等類型的ISEIs，主要以展示及教育推廣科學知識與科技應用為主的國內ISEIs均屬於本研究調查的範圍。本題組包含四個題目，詢問公民過去一年曾經去過ISEIs的情形？包含詢問「自然科學博物館」、「科學工藝博物館」、「天文館」及「動物園、水族館或植物園」等ISEIs，本題組採李克特(Likert)五點量表，0分表示沒有去過，1分表示去過一次，2分表示去過二次，3分表示去過三次，4分表示去過四次以上，總分介於0 ~ 16分，分數愈高表示公民參訪ISEIs愈頻繁。參訪各ISEIs題組之內部一致性Cronbach's α 為.70。

表2：採三階段分層隨機抽樣的調查程序樣本數

階層	鄉鎮市區數	公民人數	人數比例	階段一抽樣鄉鎮市區數	階段二抽樣村里數	階段三抽樣人數	膨脹後抽取人數	實際完成人數
1	25	3,564,655	0.221	6	12	436	1,453	370
2	40	4,387,129	0.272	8	16	544	1,722	493
3	73	4,480,267	0.277	8	16	558	1,395	539
4	47	1,334,942	0.083	2	4	160	317	158
5	98	1,718,978	0.106	4	8	218	450	195
6	75	667,761	0.041	2	4	84	161	76
合計	358	16,153,732	1.000	30	60	2,000	5,498	1,831

(二) 「公民參與科學」題組

本研究調查臺灣公民對科學議題意見表達及行動參與的頻率，包含「對科學議題意見表達」及「對科學議題行動參與」兩個面向來表示「公民參與科學」行為，共計10個題目，第1~4題為公民「對科學議題意見表達」面向，主要評量民眾面對科技議題(如能源開發、環境保護、食品安全)時，是否會透過不同媒介表達自我意見，題目如下：1.向政府官員、民意代表或政黨反應意見提出要求。2.向媒體的讀者投書表達意見。3.打電話到call-in節目投訴。4.透過網際網路反應意見。第5~10題為公民「對科學議題行動參與」面向，主要評量民眾面對科學議題時，是否有參與實際行動，題目如下：5.出席公聽會或座談會。6.參加請願及遊行活動。7.檢舉公害行為。8.捐款或募款協助科技研究。9.參加民間團體規劃的活動。10.加入志工行列。本題組採李克特四點量表，回答問題以0~3分表示參與活動的程度，0分表從來沒有，1分表示很少，2分表示偶爾，3分表示常常，總分介於0~30分，分數愈高表示公民參與科學愈頻繁。公民參與科學題組之內部一致性Cronbach's α 為.83。

(三) 「科學興趣」題組

本研究為瞭解臺灣公民的科學興趣，文中所界定之科學興趣為對科學主題喜好的學習興趣，因此本研究透過臺灣公民科技素養調查計畫中的科學興趣題目，詢問受訪公民有關學習或參與科學主題活動能否產生樂趣或愉悅的感覺，主要為調查科學學習的個人興趣，本題組題目參考自2015年「國際學生評量計畫」(Programme for International Student Assessment)科學學習興趣題目(佘曉清、林煥祥，2017)，共有五個題目：1.當我學習科學新知時，我通常感到開心。2.我喜

歡接觸科學方面的訊息。3.我喜歡解決科學相關的問題。4.我喜愛獲得科學的新知識。5.我對學習科學感到興趣。本題組採用李克特四點量表，1表示非常不同意，2表示不同意，3表示同意4表示非常同意，總量表得分介於5~20分，分數愈高表示公民愈具有科學興趣。科學興趣題組之內部一致性Cronbach's α 為.92。

(四) 「背景變項」題組

本研究受訪者背景變項包含性別、年齡及學歷等。性別變項區分為男生與女生；年齡變項區分為18~29歲、30~39歲、40~49歲、50~59歲及60~70歲；教育程度變項區分為學歷國中以下、國中、高中職、大學及研究所以上等。

四、研究流程及資料分析

本研究運用分層隨機抽樣法選取研究樣本，並透過督導問卷施測調查蒐集臺灣公民參訪ISEIs、科學興趣、公民參與科學及受訪者背景變項資料，先以描述性統計呈現2015年臺灣公民參訪ISEIs、科學興趣、公民參與科學及受訪者背景變項等情形。本研究將可能影響公民參與科學的因素，包含性別、年齡、教育程度、參訪ISEIs及科學興趣等，先以逐步迴歸分析探討影響臺灣公民參與科學的主要因素，結果如表3顯示，以參訪ISEIs因素影響最大，其次為科學興趣因素，再其次為教育程度及年齡因素，而性別無影響。因本研究為探討公民參訪ISEIs對公民參與科學的徑路關係，並進一步探討科學興趣在其中扮演的中介角色，本研究依文獻理論提出參訪ISEIs、科學興趣與公民參與科學之假設徑路模式，如文獻探討中表1及圖1。儘管教育程度及年齡兩項因素於先前文獻顯示都與公民參與科學顯著相關，有鑑於推廣「全民

表3：2015年臺灣公民參與科學的主要影響因素

影響因素	未標準化係數		標準化係數		顯著性
	B估計值	標準誤	β 分配	t	
參訪ISEIs	.31	.03	.21	9.16	.000
科學興趣	.24	.03	.17	6.87	.000
教育程度	.59	.10	.16	5.87	.000
年齡	.22	.07	.08	3.16	.002

科學教育」的重要性以及有教無類的原則，且考量教育程度、年齡、性別等因素並非大眾科學教育工作者可以改變或操弄的變因。因此本研究僅探討「參訪ISEIs」對「公民參與科學」的預測效果，未將性別、年齡、教育程度等背景因素納入。有別於結構方程模型分析，本研究沒有其他自變項重疊性的相關係數或互相干擾效果量等問題，因此藉由多元迴歸運算分析參訪ISEIs、科學興趣及公民參與科學間之徑路關係及其效果值(Duncan, 1966)，並參酌Baron與Kenny (1986)所提Sobel檢定，驗證科學興趣的中介效果之顯著性，以期能瞭解參訪ISEIs如何預測公民參與科學，及科學興趣在其中所扮演的中介角色。

肆、結果與討論

一、描述性統計及公民參與科學主要影響因素

本研究以分層隨機抽樣法選取研究樣本及填答2015臺灣公民科技素養調查研究量表，有效樣本數為1,831位公民，研究結果呈現有關臺灣公民參訪ISEIs、科學興趣及公民參與科學之情形，及以逐步迴歸分析探討2015年臺灣公民參與科學的主要因素，結果描述如下。

(一)參訪ISEIs

2015年臺灣公民參訪各類ISEIs的比例及全體公民參訪的頻率，以「動物園、水族館

或植物園」的參訪比例及頻率為54.7%及1.00為最高，代表2015年過去一年有約一半公民參訪過及全體公民平均去過一次「動物園、水族館或植物園」；其次依序為「自然科學博物館」的參訪比例及頻率為34.1%及0.53；「科學工藝博物館」的參訪比例及頻率為28.9%及0.44；及「天文館」的參訪比例及頻率為15.3%及0.22為最低，除參訪天文館外，其餘各類ISEIs的參訪比例約為三至五成，且參訪頻率達0.4~1次，以上結果與歷年臺灣公民科技素養調查結果比較，均呈現臺灣公民每年約三成以上比例，且至少一次以上參訪各類ISEIs，且有逐年增加的趨勢(黃臺珠，2014；蔡俊彥，2016；鄭瑞洲等，2019)。而不同性別、年齡及學歷的臺灣公民參訪ISEIs頻率的比較上，男性與女性公民無顯著差異($M_{\text{男性}} = 0.56$, $M_{\text{女性}} = 0.54$, $t = 0.82$, $p > .05$)，此結果與浦青青(2013)調查國立科學工藝博物館入館觀眾結果不同，其調查結果為女性觀眾高於男性觀眾約20%的參訪比例，原因可能與研究的調查時間、取樣方式、對象、參訪機構或情境等有關，值得未來持續調查以提供營運參考。此外，年齡愈輕($M_{18-29歲} = 0.66$, $M_{30-39歲} = 0.61$, $M_{40-49歲} = 0.60$, $M_{50-59歲} = 0.46$, $M_{60-70歲} = 0.35$, $F = 12.76$, $p < .001$)及學歷愈高($M_{\text{研究所}} = 0.91$, $M_{\text{大學}} = 0.71$, $M_{\text{高中職}} = 0.44$, $M_{\text{國中}} = 0.31$, $M_{\text{國中以下}} = 0.16$, $F = 56.27$, $p < .001$)公民的參訪頻率愈高，符合過去研究發現博物館主要觀眾背景為高教育程度(Kotler et al., 2008)、年齡層較低及社會階層

高(Hooper-Greenhill, 2007)。過去研究也發現臺灣公民參訪ISEIs與其科學素養間有顯著的相關性，顯示ISEIs在促進公民科學素養可能扮演重要的角色，值得進一步探討參訪ISEIs如何促進其科學素養(含公民參與科學)及其可能影響因素(鄭瑞洲、黃臺珠，2018)。

(二)科學興趣

2015年臺灣公民對科學感興趣的比例以「我學習科學新知時，感到開心」的比例83.6%為最高，其次依序為「我喜愛獲得科學的新知識」(83.4%)、「我喜歡接觸科學方面的訊息」(78.1%)、「我對學習科學感到興趣」(72.1%)，「我喜歡解決科學相關的問題」的比例56.6%為最低。以上結果顯示臺灣公民對學習、接觸及獲得科學新知最感興趣，比例達七成以上，而對解決科學問題興趣較低，但整體對科學感興趣，樂意學習及解決科學問題的比例均達五成以上，以上結果顯示多數臺灣公民對學習或參與科學主題活動都能產生樂趣或愉悅的感覺，而不同性別、年齡及學歷的臺灣公民在科學興趣比較上，男性高於女性($M_{\text{男性}} = 14.69$, $M_{\text{女性}} = 13.63$, $t = 8.57$, $p < .001$)，年齡愈輕($M_{18-29\text{歲}} = 15.00$, $M_{30-39\text{歲}} = 14.50$, $M_{40-49\text{歲}} = 14.44$, $M_{50-59\text{歲}} = 13.70$, $M_{60-70\text{歲}} = 12.70$, $F = 38.02$, $p < .001$)及學歷愈高($M_{\text{研究所}} = 16.42$, $M_{\text{大學}} = 14.81$, $M_{\text{高中職}} = 14.01$, $M_{\text{國中}} = 12.93$, $M_{\text{國中以下}} = 11.33$, $F = 126.08$, $p < .001$)公民的科學興趣表現愈高，且過去研究發現科學興趣較高的公民參與科學／科技議題活動較為積極(王薪惠等，2018)，因此值得探討臺灣公民的科學興趣對其公民參與科學的影響。

(三)公民參與科學

2015年臺灣公民對各項科學議題意見表達及行動參與情形，在「對科學議題意

見表達」面向上，以「透過網際網路反應意見」的比例31.1%最高，其次依序比例為「向政府反應意見提出要求」(11.7%)、「向媒體的讀者投書表達意見」(6.0%)，及「打電話到call-in節目投訴」(4.0%)，則參與比例較低。而「對科學議題行動參與」面向上的比例則以「參加民間團體規劃的活動」(21.9%)、「捐錢或是協助科技研究的募款」(21.8%)及「加入志工行列」(21.0%)，均有超過二成以上的參與活動的比例。而其他各項科學議題行動參與比例依序為「檢舉公害行為」(18.1%)、「出席公聽會或座談會」(12.3%)、「參加請願及遊行活動」(11.9%)。以上結果顯示臺灣公民參與科學的方式多元，且以「對科學議題行動參與」實際行動為主，而以「對科學議題意見表達」為輔，不僅展現對科學／科技議題的意見反應外，更能運用多元的管道實際參與科學議題行動，符合過去許多研究所提公民能以更多元及廣泛的行動參與科學，就能讓科學政策的討論或決策能有機會帶入更以公民或社會為中心的思考模式，發展出符合社會大眾想要的科技應用(Chittenden, 2011; Jones, 2014; Stilgoe et al., 2014)，而不同性別、年齡及學歷的臺灣公民在公民參與科學的頻率比較上，男性略高於女性($M_{\text{男性}} = 12.73$, $M_{\text{女性}} = 12.20$, $t = 3.00$, $p < .01$)，年齡愈輕($M_{18-29\text{歲}} = 13.16$, $M_{30-39\text{歲}} = 12.22$, $M_{40-49\text{歲}} = 12.36$, $M_{50-59\text{歲}} = 12.54$, $M_{60-70\text{歲}} = 11.81$, $F = 6.25$, $p < .001$)及學歷愈高($M_{\text{研究所}} = 14.97$, $M_{\text{大學}} = 13.02$, $M_{\text{高中職}} = 12.03$, $M_{\text{國中}} = 11.04$, $M_{\text{國中以下}} = 10.90$, $F = 40.33$, $p < .001$)公民參與科學頻率愈高，值得深入探討影響臺灣公民參與科學的可能因素。

(四)公民參與科學主要影響因素

本研究先將可能影響公民參與科學的因素，包含性別、年齡、教育程度、參訪ISEIs

及科學興趣等，以逐步迴歸分析探討影響2015年臺灣公民參與科學的主要因素，結果如下說明。表3顯示，年齡、教育程度、參訪ISEIs及科學興趣等因素均有顯著影響，而以參訪ISEIs因素影響最大($\beta = .21$)，其次為科學興趣因素($\beta = .17$)，再次為教育程度因素($\beta = .16$)，再次為年齡因素($\beta = .08$)有顯著性影響，而性別因素無顯著影響，以上結果呈現參訪科學教育機構及科學興趣是影響臺灣公民參與科學的主要因素。另外如上述研究流程及資料分析所提及，本研究主要目的為探討「參訪ISEIs」對「公民參與科學」的預測效果，進一步探討「科學興趣」因素在其中扮演的中介角色，因此排除年齡及教育程度因素的影響，並於文獻探討中依理論提出如表1及圖1的參訪ISEIs影響科學興趣與公民參與科學間之假設徑路模式。

綜合上述結果顯示，參訪科學教育機構及科學興趣是影響臺灣公民參與科學的主要因素，我國有三成以上比例公民每年會參訪ISEIs，且有逐年增加參訪比例趨勢；而多數公民對學習及參與科學主題活動能使其產生樂趣或愉悅的感覺；公民也能以多元及廣泛的實際行動或意見表達方式參與科學，且過去研究結果顯示臺灣公民參訪ISEIs與公民科學素養間有很高相關性(鄭瑞洲、黃臺珠，2018；鄭瑞洲等，2019)，因此本研究進一步探討參訪ISEIs對公民參與科學的影響，並進一步探討科學興趣因素在其中扮演的中介角色。

二、參訪ISEIs對科學興趣與公民參與科學之徑路分析

本研究為驗證文獻探討中所提出參訪ISEIs、科學興趣、與公民參與科學之假設徑路模式(如圖1及表1)，以期能瞭解參訪ISEIs對公民參與科學的影響，並進一步探討科學興趣因素在其中扮演的中介角色。首先以多元迴歸分析臺灣公民參訪ISEIs對科學興趣與公民參與科學之以下假設徑路(一)~(四)，包含：(一)參訪ISEIs對公民參與科學有否顯著預測效果量？(二)科學興趣對公民參與科學有否有顯著預測效果量？(三)參訪ISEIs對科學興趣有否顯著預測效果量？(四)科學興趣對參訪ISEIs預測公民參與科學有否產生中介效果？然後進行Sobel檢定驗證科學興趣對參訪ISEIs影響公民參與科學的中介效果是否顯著？分析結果呈現於下表4，前述(一)~(三)三個假設徑路的迴歸分析結果全數成立，而且均達顯著水準，顯示參訪ISEIs、對科學感興趣及公民參與科學三者間有顯著相關性外，也能符合由文獻探討中所提出的(一)~(三)三個假設徑路關係。此外，檢定(四)也將參訪ISEIs及科學興趣兩個變項同時置入影響公民參與科學的假設徑路，並進行迴歸分析，結果顯示參訪ISEIs對於公民參與科學之迴歸係數，由參訪ISEIs(單獨自變項)影響公民參與科學(依變項)之.30，降至.24，因此，科學興趣對於參訪ISEIs影響公民參與科學間具有部分中介效果，如下表4及圖2。

表4：參訪ISEIs與科學興趣對公民參與科學之多元迴歸分析

編號	假設徑路	依變項	自變項	F	β	p	R ²
(一)	H1	公民參與科學	參訪ISEIs	186.92	.30	< .001	.09
(二)	H2	公民參與科學	科學興趣	160.83	.29	< .001	.08
(三)	H3	科學興趣	參訪ISEIs	152.40	.28	< .001	.08
(四)	H4	公民參與科學	參訪ISEIs	140.87	.24	< .001	.14
			科學興趣		.22	< .001	

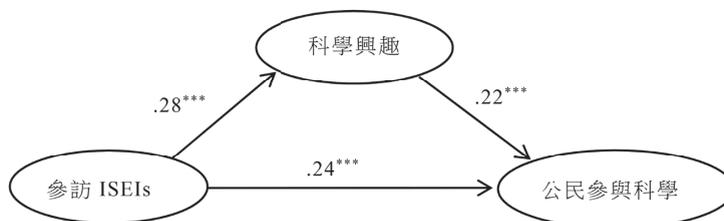


圖2：參訪ISEIs與科學興趣影響公民參與科學間之多元迴歸分析

註：*** $p < .001$ 。

本研究檢視之徑路分析結果顯示，參訪 ISEIs對於公民參與科學總效果之係數為.30，在此之中，參訪ISEIs對於公民參與科學直接效果之係數係為.24；參訪ISEIs透過科學興趣預測公民參與科學之間接效果之係數為.06 ($.28 \times .22$)，科學興趣中介參訪ISEIs對於公民參與科學20% ($.06 \div .30$)之總效果，前述係數均達顯著水準。本文亦參酌Baron與Kenny (1986)之建議，進行Sobel檢定藉以驗證中介效果之顯著性，檢定結果亦支持科學興趣中介效果成立($z = 7.58, p < .001$)，因此，科學興趣為參訪ISEIs對於公民參與科學效果之中介變項，結果整理如下表5。以上研究結果顯示臺灣公民參訪ISEIs能正向預測科學興趣與公民參與科學，科學興趣亦能正向預測公民參與科學，且科學興趣為參訪ISEIs對公民參與科學預測效果之中介變項。

本研究結果呈現參訪ISEIs正向預測公民參與科學。此結果呼應過往研究所提ISEIs能促進公民參與科學，然而過去研究多屬質

表5：參訪ISEIs對科學興趣與公民參與科學之徑路關係及其效果

徑路關係	效果種類	效果值
參訪ISEIs→公民參與科學	直接效果	.24***
參訪ISEIs→科學興趣→公民參與科學	間接效果	.06***
	總效果	.30***

註：*** $p < .001$ 。

性研究或以參訪後的觀眾調查為由內而外法的量化研究為主(Chittenden, 2011; McCallie et al., 2009)，本研究調查對象為臺灣全體公民，為由外而內法的調查研究結果，提出公民參訪ISEIs能預測公民參與科學活動，且可達三成效果量，以直接預測為主要效果，部分效果則透過科學興趣為中介角色的間接預測為輔，解釋參訪ISEIs預測科學興趣與公民參與科學間之徑路關係。本研究提出參訪ISEIs可預測公民參與科學，及科學興趣在其中扮演中介角色的量化研究結果，呈現「參訪ISEIs」、「科學興趣」和「公民參與科學」間之因果關係，除支持美國加州科學中心(California Science Center)過去曾針對大洛杉磯地區公民間隔九年兩次電訪調查研究發現，參訪ISEIs對當地公民的科學素養有顯著影響，包含科學知識、科學興趣及正向科學態度或行為等(Falk & Needham, 2011)，且本研究更以我國全國具有代表性的公民科技素養調查樣本分析所得之具體量化數據證實ISEIs對促進公民參與科學具有顯著的預測效果量，並瞭解科學興趣在其中扮演中介角色，顯示本研究結果進一步凸顯ISEIs推動全民科學普及的重要角色。

本研究結果亦呈現科學興趣能正向預測公民參與科學，顯示科學興趣確實能促進公民參與科學。此結果符合過往研究發現科學興趣較高的公民對參與科學／科技議題活動

較為積極(王薪惠等, 2018), 此結果也符合Falk等(2007)所提公民具備較高興趣、需要或好奇心, 較能驅使其願意理解科學及參與科學活動。此外, 本研究結果亦呈現科學興趣在參訪ISEIs及公民參與科學間之中介效果, 顯示參訪ISEIs除能直接促進公民參與科學外, 也可藉由提升公民的科學興趣, 進一步促進公民參與科學。此結果是過去少有實證研究提出科學興趣在參訪ISEIs影響公民參與科學扮演部分中介角色(McCallie et al., 2009)。綜合上述研究結果顯示本研究提出參訪ISEIs主要經由直接影響公民參與科學, 及部分經由科學興趣中介變項來間接影響公民參與科學。

伍、結論與建議

本研究運用全國性的公民科技素養調查量化數據, 驗證文獻探討中所提出參訪ISEIs、科學興趣、與公民參與科學之假設徑路模式, 證實參訪ISEIs可預測公民參與科學及科學興趣, 科學興趣可預測公民參與科學, 且科學興趣在參訪ISEIs及公民參與科學間扮演中介角色, 最後依據上述研究結果提出以下結論及建議。

一、參訪ISEIs促進公民參與科學

本研究結果呈現參訪ISEIs對公民參與科學具有顯著的預測效果量, 並呼應過去研究發現ISEIs如科學類博物館提供公民參與科學的雙向互動模式, 透過對話與討論, 讓公民能多元理解科學、科技與社會間的關聯及相互影響, 促進其對科學議題理解、熱情和分析能力, 提升公民參與科學所需具備的素養(Bell, 2008; Varner, 2014), 顯示ISEIs可藉由營造科技議題情境的展示或對話活動等, 提升公民參與科學的能力(王秀雲, 2010; 江淑

琳、張瑜倩, 2016; Chittenden, 2011), 亦可提供容易進用的「公民參與科學」機會, 協助政府制定有效的科學政策, 讓ISEIs成為促進公民參與科學的良好平臺(McCallie et al., 2009)。

二、科學興趣在促進公民參與科學的中介角色

本研究結果亦呈現科學興趣在參訪ISEIs促進公民參與科學中扮演中介角色, 顯示ISEIs除可透過前述營造科技與社會議題情境及雙向對話, 培養公民參與科學的技能外, 亦可透過公民參訪或參與ISEIs展示或活動提升其科學興趣, 以促進其樂於參與公民參與科學, 符合文獻所提出非制式科學教育場域透過提升公民的科學興趣, 使公民更積極或樂於參與科學/科技議題活動(王薪惠等, 2018; Falk & Needham, 2011; Schwan et al., 2014; Stocklmayer et al., 2010), 顯示ISEIs透過辦理多元性科學活動, 培養公民對科學的理解與喜愛, 建立公民樂意接觸及參與科學的興趣, 或藉由讓公民理解科學應用重要性, 而願意表達意見與人溝通, 培養公民對科學議題行動參與的意願, 促進公民參與科學(曾瑞蓮等, 2020; Jensen & Buckley, 2014; Stocklmayer et al.)。

三、ISEIs促進公民參與科學的建議

為達成ISEIs促進公民參與科學的目標, 依上述研究結論及文獻探討提出以下建議提供ISEIs參考。

(一)辦理多元體驗活動, 提升科學興趣, 促進公民參與科學

本研究結果呈現, 科學興趣在參訪ISEIs促進公民參與科學中, 扮演部分中介角色。因此ISEIs可透過提升參訪者的科學興趣,

間接促進其公民參與科學。本研究文獻探討中提到，情境興趣能透過個人與情境或環境間多元性互動，可逐漸發展成為個人興趣(Hidi & Renninger, 2006)。ISEIs可辦理易於引發情境興趣的科學動手做或體驗展示等(Dohn, 2011, 2013; Duan et al., 2021)，讓公民從喜歡及樂於接觸科學開始，透過親身參與而覺得科學與生活切身相關及有意義，由培養公民對科學的情境興趣，逐漸轉變為對科學的個人興趣、正向態度或行為改變等，進而使公民願意主動接觸、學習及參與科學議題事務。例如辦理新興科技體驗活動：轉化較為艱深及專業的新興科學／科技知識為較易理解及易於引發興趣的互動式展示及動手做，讓公民能在輕鬆體驗活動中學習科學新知，瞭解科技應用現況與切身相關，及其未來發展可能的社會影響；或辦理「智慧生活嘉年華」：讓公民體會現代生活中各項智慧科技應用如5G、AI、物聯網、無人車、虛實整合及元宇宙等，讓公民在體驗活動中，建立不懼怕科技發展，樂於接觸新科技生活，培養其對科學的理解、喜愛與樂於分享；或辦理「公民參與科學體驗」於ISEIs原先科學／科技展演或活動中融入科技社會議題情境、雙向互動及對話與討論等體驗機制，透過實際面對科技議題，培養公民針對議題表達意見、討論及判斷真偽等技能，促進公民樂於且有能參與科學(Chittenden, 2011; Jensen & Buckley, 2014; McCallie et al., 2009; Stockmayer et al., 2010)。

(二)扮演科技議題溝通及參與平臺，提升公民參與科學素養

本研究結果呈現，參訪ISEIs可促進公民參與科學。ISEIs可扮演科學／科技議題雙向溝通及參與平臺，例如辦理「與科學家有約活動」，讓公民與科學家面對面對話，讓

公民理解基礎科學知識，學習新科技應用，討論科學研究發展對社會生活的影響；或辦理「新科技議題展演活動」透過展示尚未成熟的新科技應用，營造展品與觀眾間雙向互動平臺，蒐集民眾對新科技應用的看法及對話，例如基因編輯技術或人工智慧科技應用等，讓科技政策發展及制定者能理解民眾的想法；或辦理「科技議題政策座談」：安排公民、科學家與科技政策制定者對話及討論，鼓勵公民表達個人對科學議題看法，讓科學家及政策制定者能瞭解公民的看法，讓未來的科學研究、政策發展與制定能更符合全民所需(江淑琳、張瑜倩，2016)。

(三)吸引更多公民參訪及再訪ISEIs，促進公民參與科學

研究結果呈現參訪ISEIs可促進公民參與科學，因此吸引更多公民參訪或再訪ISEIs更顯重要。ISEIs可針對主要觀眾(年齡較輕及學歷較高)提供更符合其需求活動，例如辦理深度導覽及體驗活動，甚至親身經歷博物館內部的運作或館員日常工作等，建立其忠誠度，以提升觀眾再訪率(林佩蓉等，2018)。此外，針對非觀眾或潛在觀眾(年齡較高或學歷較低)提供更便利交通及契合的展演主題與環境，以吸引其參訪意願(浦青青，2013)，讓更多公民願意參訪ISEIs，才能促進公民參與科學。

四、研究限制

本研究結論呈現參訪ISEIs正向影響公民參與科學；科學興趣正向影響公民參與科學；參訪ISEIs正向影響科學興趣；科學興趣對參訪ISEIs正向影響公民參與科學之關係具有部分中介效果。但因本研究僅為專注探討單一自變項「參訪ISEIs」對「公民參與科學」的預測效果，採用迴歸分析呈現路徑係數，然而，過去研究也指出性別、年齡、學

歷等因素可能影響公民參與科學，甚或參訪 ISEIs 類型、布展型態、參訪動線、展示內容等因素，亦可能影響參訪者的科學興趣及公民參與科學(郭世文，2013)，建議未來研究可運用結構方程分析進一步探討各因素對公民參與科學的影響。此外，科學與科技之間存在重要的概念區別，兩者具有本質上的差異(Niiniluoto, 2016)，本研究考量國內科學與科技不同類型 ISEIs 間，經常有不同機構間移展或合辦展覽，或跨越科學與科技間主題之

展示內容，且其多以提供科學知識與應用的展示及教育推廣為主要任務，因此本研究選擇將非制式科學與科技類教育機構皆同列為 ISEIs 進行分析，但此結果無法瞭解參訪不同類別非制式科學與科技教育機構有否差異性影響，因此本研究建議未來可針對公民參訪非制式科學與科技類別機構對公民參與科學的影響進行比較研究，以探討參訪非制式科學及科技教育機構間對公民參與科學有否差異性的影響。

參考文獻

- 于瑞珍(2002)。科學博物館輔助學校科技教育教學資源之探討——以國立科學工藝博物館為例。《科技博物》，6(6)，4-18。https://doi.org/10.6432/TMR.200211.0004
- [Yu, J.-C. (2002). Technology education resources in science museums-using NSTM as an example. *Technology Museum Review*, 6(6), 4-18. https://doi.org/10.6432/TMR.200211.0004]
- 中央研究院人文社會科學研究中心調查研究專題中心(2014)。2014年臺灣鄉鎮市區類型之研析。http://bit.ly/3a6WTo7
- [Center for Survey Research, Research Center for Humanities and Social Sciences, Academia Sinica. (2014). *2014 nian Taiwan xiangzhen shiqu leixing zhi yanxi*. http://bit.ly/3a6WTo7]
- 王秀雲(2010)。科技渴望公眾參與，試問科技是何物？《科學發展》，448，80-81。http://bit.ly/3bGhOyS
- [Wang, H.-Y. (2010). Keji kewan ggongzhong canyu, shiwen keji shi hewu? *Science Development*, 448, 80-81. http://bit.ly/3bGhOyS]
- 王薪惠、林煥祥、洪瑞兒(2018)。臺灣公民科技素養、科學興趣及科學參與之探討。《教育科學研究期刊》，63(4)，229-259。https://doi.org/10.6209/JORIES.201812_63(4).0008
- [Wang, H.-H., Lin, H.-S., & Hong, Z.-R. (2018). Exploring Taiwan citizens' scientific literacy, interest in, and engagement in learning science. *Journal of Research in Education Sciences*. 63(4), 229-259. https://doi.org/10.6209/JORIES.201812_63(4).0008]
- 江淑琳、張瑜倩(2016)。更民主的科學溝通：科學類博物館實踐公眾參與科學之角色初探。《傳播研究與實踐》，6(1)，199-227。https://doi.org/10.6123/JCRP.2016.008
- [Chiang, S.-L., & Chang, Y.-C. (2016). More democratic science communication: Exploring the role of science museums engaging the public with science. *Journal of Communication Research and Practice*, 6(1), 199-227. https://doi.org/10.6123/JCRP.2016.008]
- 余曉清、林煥祥編(2017)。PISA 2015臺灣學生的表現。心理。

- [She, H.-C., & Lin, H.-S. (Eds.). (2017). *Taiwan student performance on PISA 2015*. Psychological.]
- 林佩蓉、周偉融、劉銘欽、洪振方(2018)。以結構方程模式驗證體驗式教學品質、教學滿意度與忠誠度之關係：以國立海洋生物博物館環境教育設施場所校外教學為例。科技博物，22(3)，5-28。https://reurl.cc/Gx1K4W
- [Lin, P.-J., Chou, W.-R., Liu, M.-C., & Hung J.-F. (2018). Examining the relations among experiential teaching quality, teaching satisfaction and loyalty by structural equation modeling: Take the extramural education of environmental education facility at the National Museum of Marine Biology and Aquarium as an example. *Technology Museum Review*, 22(3), 5-28. https://reurl.cc/Gx1K4W]
- 浦青青(2013)。博物館觀眾特徵之長期趨勢研究：以國立科學工藝博物館為例。科技博物，17(1)，27-59。http://bit.ly/3AfmaHb
- [Pu, C.-C. (2013). The trend of the demographic characteristics of museum visitors: A case study of National Science and Technology Museum. *Technology Museum Review*, 17(1), 27-59. http://bit.ly/3AfmaHb]
- 郭世文(2013)。博物館展示如何落實科學傳播：以國立科學工藝博物館「防疫戰鬥營」黃金戰士為例。科技博物，17(4)，117-145。http://bit.ly/3NCcd9L
- [Kuo, S.-W. (2013). How science communication is implemented in a museum exhibition: A case study of the golden warriors in the “Disease Prevention Combat Camp” at the NSTM. *Technology Museum Review*, 17(4), 117-145. http://bit.ly/3NCcd9L]
- 黃惠婷、陳淑菁、黃俊夫(2020)。科學博物館增進觀眾科學素養之分析——以「莫拉克風災重建展示館」導覽解說為例。科技博物，24(3)，85-115。http://bit.ly/3Ag3maM
- [Huang, H.-T., Chen, S.-C., & Huang, J.-F. (2020). A preliminary study on the scientific literacy effectiveness of visitors learning in the science museum: A case study of the docent’s explanation to the exhibition hall—Recovery and reconstruction after morakot. *Technology Museum Review*, 24(3), 85-115. http://bit.ly/3Ag3maM]
- 黃臺珠編(2014)。2012年臺灣公民科學素養概況。國立中山大學公民素養推動研究中心。
- [Huang, T.-C. (Ed.). (2014). *Overview of 2012 Taiwan public science literacy*. The Research Center for Promoting Civic Literacy, National Sun Yat-sen University.]
- 曾瑞蓮、許馨月、曾靖雯、張圓媛(2020)。博物館推動新興科技議題之觀眾參與經驗探討：以電磁波宣導體驗推廣活動為例。科技博物，24(3)，141-165。http://bit.ly/3ywRXIZ
- [Tseng, J.-L., Hsu, H.-Y., Tseng, C.-W., & Chang, Y.-Y. (2020). Exploring museum visitors’ participation experience on emerging technology issues: A case study of “Let’s Swing with Electromagnetic Wave”. *Technology Museum Review*, 24(3), 141-165. http://bit.ly/3ywRXIZ]
- 蔡俊彥編(2016)。2015年臺灣公民科學素養概況(修訂初版)。國立中山大學公民素養推動研究中心。

- [Tsai, C.-Y. (Ed.). (2016). *Overview of 2015 Taiwan public science literacy* (1st, Rev. ed.). The Research Center for Promoting Civic Literacy, National Sun Yat-sen University.]
- 鄭瑞洲、李育諭、林煥祥(2019)。臺灣公民參與科技議題活動與參訪科學工藝類博物館的關係及變化。《科技博物》，23(2)，71-95。https://reurl.cc/mogDNG
- [Cheng, J.-C., Li, Y.-Y., & Lin, H.-S. (2019). The relationship and variation between Taiwanese citizens' public engagement with activities of scientific issues and visiting science and technology museums. *Technology Museum Review*, 23(2), 71-95. https://reurl.cc/mogDNG]
- 鄭瑞洲、黃臺珠(2017, 10月)。情意因子在臺灣公民參訪ISEIs促進公民參與科學的角色。2017博物館評量國際學術研討會。國立科學工藝博物館。
- [Cheng, J.-C., & Huang, T.-C. (2017, October). *The role of affective factor in visiting informal science educational institutes enhance public engagement with science*, [Conference]. Paper presented at 2017 International Conference on Museum Evaluation.]
- 鄭瑞洲、黃臺珠(2018)。探討臺灣公民參訪科學與工藝博物館和其科學素養間之關係。《科技博物》，22(1)，43-62。https://reurl.cc/mogDKI
- [Cheng, J.-C., & Huang, T.-C. (2018). The relationship between Taiwanese citizens' visiting science and technology museums and scientific literacy. *Technology Museum Review*, 22(1), 43-62. https://reurl.cc/mogDKI]
- 謝百淇、黃育真、張美珍、李馨慈(2016)。化零為整：科學學習生態系統取向之文化回應課程。《科學教育學刊》，24(S)，461-485。https://doi.org/10.6173/CJSE.2016.24S.02
- [Shein, P.-P., Huang Y.-C., Chang M.-C., & Ruljigaljig, T. (2016). Part of a whole: A science learning ecosystem perspective on culturally relevant curriculum. *Chinese Journal of Science Education*, 24(S), 461-485, http://doi.org/10.6173/CJSE.2016.24S.02]
- Ainley, M. (2006). Connecting with learning: Motivation, affect and cognition in interest processes. *Educational Psychology Review*, 18(4), 391-405. https://doi.org/10.1007/s10648-006-9033-0
- Baron, R. M., & Kenny, D. A. (1986). The moderator-mediator variable distinction in social psychological research: Conceptual, strategic, and statistical considerations. *Journal of Personality and Social Psychology*, 51(6), 1173-1182. https://doi.org/10.1037/0022-3514.51.6.1173
- Bell, L. (2008). Engaging the public in technology policy: A new role for science museums. *Science Communication*, 29(3), 386-398. https://doi.org/10.1177/1075547007311971
- Bell, L. (2009). Engaging the public in public policy: How far should museums go? *Museums & Social Issues*, 4(1), 21-36. https://doi.org/10.1179/msi.2009.4.1.21
- Bell, P., Lewenstein, B., Shouse, A. W., & Feder, M. A. (2009). *Learning science in informal environments: People, places, and pursuits*. National Academies Press. http://bit.ly/3AglyRH
- Burgess, M. M. (2014). From 'trust us' to participatory governance: Deliberative pub-

- lics and science policy. *Public Understanding of Science*, 23(1), 48-52. <https://doi.org/10.1177/0963662512472160>
- Chittenden, D. (2011). Commentary: Roles, opportunities, and challenges—Science museums engaging the public in emerging science and technology. *Journal of Nanoparticle Research*, 13(4), 1549-1556. <https://doi.org/10.1007/s11051-011-0311-5>
- Dijkstra, A. M., & Critchley, C. R. (2016). Nanotechnology in Dutch science cafés: Public risk perceptions contextualised. *Public Understanding of Science*, 25(1), 71-87. <https://doi.org/10.1177/0963662514528080>
- Dohn, N. B. (2011). Situational interest of high school students who visit an aquarium. *Science Education*, 95(2), 337-357. <https://doi.org/10.1002/sc.20425>
- Dohn, N. B. (2013). Upper secondary students' situational interest: A case study of the role of a zoo visit in a biology class. *International Journal of Science Education*, 35(16), 2732-2751. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.628712>
- Duan, R. J., Walker, G. J., & Orthia, L. A. (2021). Interest, emotions, relevance: Viewing science centre interactive exhibit design through the lens of situational interest. *International Journal of Science Education, Part B*, 11(3), 191-209. <https://doi.org/10.1080/21548455.2021.1938740>
- Duncan, O. D. (1966). Path analysis: Sociological examples. *American Journal of Sociology*, 72(1), 1-16. <https://doi.org/10.1086/224256>
- Falk, J. H., & Dierking, L. D. (2010). The 95 percent solution: School is not where most Americans learn most of their science. *American Scientist*, 98(6), 486-493. <https://doi.org/10.1511/2010.87.486>
- Falk, J. H., & Needham, M. D. (2011). Measuring the impact of a science center on its community. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(1), 1-12. <https://doi.org/10.1002/tea.20394>
- Falk, J. H., Pattison, S., Meier, D., Bibas, D., & Livingston, K. (2018). The contribution of science-rich resources to public science interest. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(3), 422-445. <https://doi.org/10.1002/tea.21425>
- 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. <https://doi.org/10.1177/0963662506064240>
- Hidi, S., & Renninger, K. A. (2006). The four-phase model of interest development. *Educational Psychologist*, 41(2), 111-127. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_4
- Hidi, S., Renninger, K. A., & Krapp, A. (2004). Interest, a motivational variable that combines affective and cognitive functioning. In D. Y. Dai & R. J. Sternberg (Eds.), *Motivation, emotion, and cognition: Integrative perspectives on intellectual functioning and development* (pp. 89-115). Erlbaum. <http://bit.ly/3R3iBKu>
- Hooper-Greenhill, E. (2007). *Museums and education: Purpose, pedagogy, performance*. Rout-

- ledge. <https://doi.org/10.4324/9780203937525>
- Irwin, A. (2002). *Citizen science: A study of people, expertise and sustainable development*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203202395>
- Irwin, A. (2014). From deficit to democracy (re-visited). *Public Understanding of Science*, 23(1), 71-76. <https://doi.org/10.1177/0963662513510646>
- Jasanoff, S. (2004). Science and citizenship: A new synergy. *Science and Public Policy*, 31(2), 90-94. <https://doi.org/10.3152/147154304781780064>
- Jensen, E., & Buckley, N. (2014). Why people attend science festivals: Interests, motivations and self-reported benefits of public engagement with research. *Public Understanding of Science*, 23(5), 557-573. <https://doi.org/10.1177/0963662512458624>
- Jones, R. A. L. (2014). Reflecting on public engagement and science policy. *Public Understanding of Science*, 23(1), 27-31. <https://doi.org/10.1177/0963662513482614>
- Kotler, N. G., Kotler P., & Kotler, W. I. (2008). *Museum marketing and strategy: Designing missions, building audiences, generating revenue and resources* (2nd ed.). Jossey-Bass.
- Liu, C. J. (2018). *Enthusiastic educators and interested visitors: Investigating the relationships between museum educators' enthusiasm and visitors' situational interest* [Unpublished doctoral dissertation]. Purdue University. <http://bit.ly/3OCDNoL>
- McCallie, E., Bell, L., Lohwater, T., Falk, J. H., Lehr, J. L., Lewenstein, B. V., Needham, C., & Wiehe, B. (2009). *Many experts, many audiences: Public engagement with science and informal science education*. A CAISE inquiry group report. <http://bit.ly/3a3Uhau>
- Niiniluoto, I. (2016). Science vs. technology: difference or identity? In M. Franssen, P. E. Vermaas, P. Kroes, & A. W. M. Meijers (Eds.), *Philosophy of technology after the empirical turn* (pp. 93-106). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-33717-3_6
- Packer, J. (2006). Learning for fun: The unique contribution of educational leisure experiences. *Curator: The Museum Journal*, 49(3), 329-344. <https://doi.org/10.1111/j.2151-6952.2006.tb00227.x>
- Rennie, L. J., & Williams, G. F. (2002). Science centers and scientific literacy: Promoting a relationship with science. *Science Education*, 86(5), 706-726. <https://doi.org/10.1002/sce.10030>
- Sandell, R., & Nightingale, E. (Eds.). (2012). *Museums, equality and social justice*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203120057>
- Schiefele, U. (1991). Interest, learning, and motivation. *Educational Psychologist*, 26(3-4), 299-323. <https://doi.org/10.1080/00461520.1991.9653136>
- Schwan, S., Grajal, A., & Lewalter, D. (2014). Understanding and engagement in places of science experience: Science museums, science centers, zoos, and aquariums. *Educational Psychologist*, 49(2), 70-85. <https://doi.org/10.1080/00461520.2014.917588>
- Shein, P. P., Li, Y.-Y., & Huang, T.-C. (2015). The four cultures: Public engagement with science

- only, art only, neither, or both museums. *Public Understanding of Science*, 24(8), 943-956. <https://doi.org/10.1177/0963662515602848>
- Silvia, P. J. (2006). *Exploring the psychology of interest*. Oxford University Press.
- Singh, K., Granville, M., & Dika, S. (2002). Mathematics and science achievement: Effects of motivation, interest, and academic engagement. *The Journal of Educational Research*, 95(6), 323-332. <https://doi.org/10.1080/00220670209596607>
- St. John, M., & Perry, D. (1993). A framework for evaluation and research: Science, infrastructure, and relationships. In S. Bicknell & G. Farmelo (Eds.), *Museum visitor studies in the 90s* (pp. 59-66). Science Museum.
- Stilgoe, J., Lock, S. J., & Wilsdon, J. (2014). Why should we promote public engagement with science? *Public Understanding of Science*, 23(1), 4-15. <https://doi.org/10.1177/0963662513518154>
- Stocklmayer, S. M., Rennie, L. J., & Gilbert, J. K. (2010). The roles of the formal and informal sectors in the provision of effective science education. *Studies in Science Education*, 46(1), 1-44. <https://doi.org/10.1080/03057260903562284>
- Tsai, C.-Y., Li, Y.-Y., & Cheng, Y.-Y. (2017). The relationships among adult affective factors, engagement in science, and scientific competencies. *Adult Education Quarterly*, 67(1), 30-47. <https://doi.org/10.1177/0741713616673148>
- Turner, S. (2008). School science and its controversies; or, whatever happened to scientific literacy? *Public Understanding of Science*, 17(1), 55-72. <https://doi.org/10.1177/0963662507075649>
- Varner, J. (2014). Scientific outreach: Toward effective public engagement with biological science. *BioScience*, 64(4), 333-340. <https://doi.org/10.1093/biosci/biu021>

Influence of Taiwanese Citizens' Visit to Informal Science Education Institutes on Their Public Engagement With Science: The Mediation Role of Interest in Science

Jui-Chou Cheng^{1,*} and Huann-Shyang Lin²

¹Technology Education Division, National Science and Technology Museum

²Center for Liberal Arts, Si Wan College, National Sun Yat-sen University

Abstract

Facing social change and the trend of scientific and technological innovation, it is imperative to promote public engagement with science (PES). Regarding the informal science education institutes (ISEIs) that are the foundation of public science communication, we seek to understand whether ISEIs can encourage PES. Therefore, the aim of this study was to explore the effect of visiting ISEIs on PES and further investigate the role of interest in science (IS). In this study, a survey using stratified random sampling was conducted with a sample of 1,831 Taiwanese citizens aged from 18 to 70. All participants' scientific literacy and interests in science were collected and analyzed by multiple regression analyses in order to examine the relationships among these variables. The results showed that visiting ISEIs had a significantly positive effect on PES. IS had also a significantly positive effect on PES. PES had also a significantly positive effect on IS. Furthermore, IS had a significant partial mediation effect on the relationship between visiting ISEIs and PES. These results provided some suggestions for promoting ISEIs to enhance PSE.

Key words: Public Engagement With Science, Interest in Science, Visiting Informal Science Education Institutes, Taiwan Citizens' Scientific Literacy Survey

* Corresponding author: Jui-Chou Cheng, adam@mail.nstm.gov.tw