科學教育學刊
2023, 第三十一卷第二期, 109-132
DOI:10.6173/CJSE.202306_31(2).0001

Contemporary Journal of Science Education
2023, 31(2), 109-132

從「熱認知觀點」探討國小學童的論證學習與科學解釋合理性判斷之研究

陳文正[1]　古智雄[2、*]

[1]花蓮縣大興國民小學
[2]國立東華大學　教育與潛能開發學系

摘要

本研究目的主要在探討概念卡通論證教學對國小高年級學生論證能力的影響，同時分析論證教學前後，學童在科學解釋合理性判斷上的變化，以及在班級聚集地位影響下，學童在科學解釋合理性判斷上的熱認知現象。研究對象是六個國小高年級班級，四個班級是實驗組(N = 108)，另外二個班級是控制組(N = 56)。研究工具包括「論證能力測驗」、「科學解釋合理性測驗卷」及「班級結構問卷」。研究結果發現：一、實驗組學童在論證後測的表現顯著優於控制組。二、實驗組學童在論證教學後傾向選擇具論證型式的科學解釋。三、實驗組和控制組學童在科學解釋合理性的判斷皆表現出熱認知現象。四、實驗組學童論證能力前後測變化量和熱認知喚起程度有負相關。

關鍵詞：合理性判斷、科學解釋、熱認知、論證能力

壹、緒論

在我國十二年國民基本教育的自然科學領域綱要中，重視國小學生應培養「論證」、「批判思考」及「表達溝通」之能力，並強調國小學生要理解科學事實會有不同的論點、證據或解釋方式(教育部，2018)，所以，讓學生學習建構和評估科學論證已逐漸被視為科學教育的核心目標之一，學童必須學習判斷證據以發展科學推理及論證的能力(Sandoval & Çam, 2011)，換言之，若學生要成為具備科學素養的未來公民，就必須有論證能力來參與社會性科學議題的決策(National Research Council [NRC], 2012)。

有關學生論證的學習成效，國內外學者累積了許多豐碩的研究成果，包括：論證能力與情境知識(林宗進等，2010)及自我效能有關(潘怡如等，2018)、論證教學可促進學生的科學概念(董又愷、林樹聲，2014；楊景盛等，2017；Duschl & Osborne, 2002)、論證教學能提升學生的探究能力(李松濤等，2010)與高層次的批判思考能力(黃柏鴻、林樹聲，2007)、論證教學會影響學童對科學知識論及

*通訊作者：古智雄，chku@gms.ndhu.edu.tw；ORCID：0000-0003-2158-4538
投稿：2022/7/21，修訂：2022/12/12，接受：2022/12/13，線上出版：2023/8/8

科學本質的瞭解(楊桂瓊等，2012；Driver et al., 2000)及對科學的態度(陳文正等，2011)。

在論證教學題材的選擇方面，教師通常會採用社會性科學議題與科學理論(黃柏鴻、林樹聲，2007)，若採取不同的教學策略，學生可能會表現出不同的論證模式(Simon et al., 2006)，換言之，論證學習成效應該和教學策略有關。所以，論證教學應重視情境布置，營造讓學生沉浸於論證對話的學習環境，增進同儕與師生對話的機會，同時，著重嵌入論證框架於活動，以學習單或科學寫作來增進學生對論證結構的理解，協助學生的論證能力之遷移(湯宜佩等，2021)，因此，採取概念卡通為教學策略，引發學習者的學習動機，透過寫作及討論的論證學習活動，探討教學前後學童論證能力的變化，即為本研究的重點之一。

社會上有許多和科學有關的議題，不同立場的團體皆有各自主張，需要透過公共討論才能獲得較佳的解決方案，但這些議題牽涉的層面較廣，在判斷這些解決方案時需要論證能力(Osborne et al., 2004a)，然而，在日常生活及科學學習裡，個體對訊息的判斷是一種複雜歷程，除了依據訊息的內容之外，有時也會參考訊息來源來進行判斷，而個體在不同情境下會產生各種的動機與需求，當感覺和情緒等因素影響個體對訊息的判斷時，即為熱認知(hot cognition)的表現(Kunda, 1999, Chapter 6, pp. 211-263; Thagard, 2006)。

有關科學的合理性(rationality in science)之意涵，經常是科學哲學領域的研究主題之一，晚近，隨著科學哲學觀點的轉向，對科學合理性的看法已經有所改變，從聚焦在科學理論和科學解釋之關係的內部因素(internal factors) (Newton-Smith, 1981)，轉為必須將提出理論之科學家的能見度及當時社會氛圍等外部因素(external factors)納入考量(Sarkar, 1995)。所以，當代的科學哲學觀已逐漸接受Thagard (2006)和Kunda (1999, Chapter 6, pp. 211-263)所稱的「熱認知」，不再認為科學學習純然是傳統理性觀的冷認知。在實際教室的同儕互動中，學生彼此的位階關係會影響學習公平(Bianchini, 1997)，同儕間的刻板印象、尊親關係等，確實會影響學生對合理性的判斷(楊文金，1998，1999)，而且學童班級聚集地位(children's class aggregated status)、班級社會常模(class social norms)及權威加持(authority reinforcement)等因素，皆會影響學童對科學解釋合理性的判斷(古智雄，2001；古智雄等，2010；林義涵，2007；徐志宏，2005；陳春男，2008；鄭惠君，2005)。

過去的研究顯示「熱認知」應是社會互動中的必然，教師應協助學童學習該如何面對熱認知氛圍下的科學學習，提升學童的批判思考能力應是可行的方向之一，透過讓學生參與論證學習的小組討論活動，協助學生覺察並反思自己是如何相信？為何相信所面對的科學訊息？應可培養學生辨別具有證據基礎的主張，進而提升批判思考之能力(古智雄等，2010；Sandoval & Çam, 2011)。因此，探討論證教學前後以及在班級聚集地位的影響之下，學童在科學解釋合理性判斷上的差異，即為本研究的另一個重點。

綜上，論證能力是學童應具備的科學素養之一，然而，學童的科學學習不僅是個體認知的問題，而是經常受到動機、需求和感覺的影響，而渲染其對科學解釋的判斷。雖然已有許多研究發展出適合國小學童學習的論證教學策略，然而，採取概念卡通為策略進行論證教學，分析論證教學及班級聚集地位對學童科學解釋合理性判斷選擇之影響的研究仍少。準此，本研究基於社會認知理論

的熱認知觀點，探討學童在社會互動時的科學學習以及其對科學解釋的合理性判斷，應有其重要性。

貳、研究目的

基於上述研究背景與動機之說明，本研究目的主要在探討概念卡通論證教學對國小高年級學生論證能力之影響，同時分析論證教學前後，學童在科學解釋合理性判斷上的變化，以及在班級聚集地位的影響下，學童在科學解釋合理性判斷上所喚起的熱認知現象。依據上述研究目的，提出的研究問題如下：

一、概念卡通論證教學前後，學童的論證能力變化為何？

二、論證教學後，學童在科學解釋合理性判斷的差異為何？

三、學童的科學解釋合理性判斷如何受到班級聚集地位的影響？

四、實驗組學童的論證能力與熱認知喚起之關係為何？

參、文獻探討

一、論證是科學素養的核心能力

「論證」是科學知識發展的重要基礎，科學家提出的研究結果和理論，都必須通過同儕的檢驗，當受到質疑或挑戰時，就必須提出明確的證據來說服或反駁，才有機會成為科學社群的共識，並成為社群所認可的科學知識(Driver et al., 2000)。基於論證的重要性，學習建構和評估論證已逐漸被視為科學教育的核心目標，所以，培養學童瞭解論證活動的本質應是科學素養的基礎能力之一(NRC, 2012; Sandoval & Çam, 2011; Simon et al., 2006)。

有關論證的理論架構，Erduran等(2004)以Toulmin (1958)的論證模式(Toulmin's Argument Pattern, TAP)為基礎，主張論證內容應包含：資料(data)、主張(claim)、論述(warrant)、依據(backing)及反證(rebuttal)，其中，「資料」是可支持主張的事實；「主張」是論證過程中形成的結論；「論述」是說明資料如何推論至主張；「依據」是指某些原理、理論或定律；「反證」則是用來反駁薄弱資料或不合理主張，Erduran等的研究也發現論證層次的高低，取決於論證者是否具備提出「反證」的能力，此評分架構也適合用在論證的評量(陳文正等，2011；楊桂瓊等，2012；潘怡如等，2018)。

回顧國內近年有關論證的相關研究，大多聚焦在論證的教學成效，以及探討學習者的論證能力和閱讀能力、科學本質觀、探究能力、自我效能的相關性，例如：以概念卡通策略實施論證教學瞭解學童論證能力及科學本質觀的變化(陳文正等，2011)；探討學習者的論證學習成效與科學本質的相關(楊桂瓊等，2012)；在社會性科學議題情境下應用鷹架教學提升國小六級學生的論證能力(蘇衍丞、林樹聲，2012)；探討結構式探究教學促進學童的論證能力(董又愷、林樹聲，2014)；探討在社會性科學議題情境下實施論證式探究教學對國中學生科學學習成就、論證能力及科學素養之影響(楊景盛等，2017)；科學新聞融入教學提升學生的自我效能及論證能力(潘怡如等，2018)；探討在閱讀社會性科學議題文本融入問題答案關係策略，對國小學童閱讀理解與論證能力的影響(夏玉林、靳知勤，2021)。但目前並無相關研究針對論證能力與科學解釋合理性判斷之相關性進行探討。

從以上國內有關論證的研究趨勢來看，已經從探討及發展各種教學策略提升學習者

的論證能力，轉變為關注學習者的論證能力成長與促進其他向度能力的相關性，而本研究聚焦在學生的論證能力成長對科學解釋合理性判斷之影響，並分析學生的熱認知喚起之差異，應符合近年來有關論證議題的研究發展趨勢。

二、提升論證能力的教學策略

Osborne等(2004b)指出，單純提供具爭議的社會性科學議題，安排學生在課堂討論，並無法有效地提升學生的論證品質，亦即，學生必須透過有系統的教學，直接學習如何使用論證語言與元素。Cavagnetto (2010)從論證活動的性質、重點及科學內涵，將論證教學區分為沉浸式論證教學(immersion)、結構式論證教學(structure)、科學與社會面介入(socioscientific)，其中，沉浸式論證教學讓學生沉浸在科學學習和理解科學論證內涵的活動中，促進學生概念之理解，通常會提供許多提示的鷹架來促進論證學習；結構式論證教學則是透過理解論證結構以學習論證，這類的教學通常採取明示教學來教導學生論證結構並應用於論證(湯宜佩等，2021)。

在論證教學題材的選擇上，黃柏鴻與林樹聲(2007)認為可採取社會性科學議題與科學理論(夏玉林、靳知勤，2021；楊景盛等，2017；蘇衍丞、林樹聲，2012；Lin et al., 2015)，但林宗進等(2010)則認為論證是「情境相依」(situation-dependent)的高層次思考活動，進行社會性科學議題的論證教學時，大學生會使用不同的情境知識而有不同的論證表現，考量社會性科學議題牽涉的層面較為多元，需要更多情境知識的學習，對於國小學童而言，採取科學概念或理論作為論證教學題材，應是可行的方向，其中，以概念卡通呈現科學理論或概念的教學策略，可引發學童的論證活動，有助於論證能力之發展(Osborne et al., 2004b)。

依據Naylor與Keogh (2000)的主張，概念卡通具有對話形式的視覺表徵、運用最少文字、提供不同競爭觀點及包含當代科學知識的觀點等四項特徵。概念卡通強調可引發學習者的學習動機，提供不同的學習經驗，作為討論的刺激因子以啟動小組討論(Naylor et al., 2007)，本研究的論證教學即採取概念卡通為策略，讓學童瞭解科學解釋裡應具備的重要元素，並探討教學前後學童的科學解釋合理性判斷的變化。

本研究的概念卡通論證教學兼具沉浸式與結構式論證的設計，以概念卡通來引發學習者的學習動機，提供不同的學習經驗來啟動小組討論(Naylor & Keogh, 2000)，Scott等(2006)從溝通互動及對話討論這兩個維度，檢視科學課室裡的師生互動型式，發現同儕間的溝通分為互動式(interactive)及非互動式(non-interactive)，而師生間的討論則可分為對話式(dialogic)及權威式(authoritative)，建議科學教師應視情況安排個人學習(非互動式)及小組學習(互動式)，在進行師生討論時要兼顧學生個人想法(對話式)及科學概念(權威式)，才能支持學生進行有意義的學習。而卡通人物對話的型式與內容則可以提供學童針對科學概念進行論證的鷹架，同時也安排個人論證的活動以熟悉論證架構因子，增進學生對證據的認知，並促進學生使用證據支持論證、說明證據與論點之間的關係(董又愷、林樹聲，2014)，更透過小組與全班討論活動，讓學生練習如何使用證據、理由來支持主張，讓學生體驗類似科學家社群間針對不同假設或推論進行論證的過程，這些都是有助於提升學習者論證表現的教學安排(潘怡如等，2018)。

三、學習動機和情緒對科學學習的影響

過去科學學習被視為是一種「冷認知」的概念改變過程，晚近則改以「熱認知」的觀點，將學習者的動機、目標與情境等視為影響科學學習之重要因素(Strike & Posner, 1992)，而所謂的冷認知是智識、訊息驅力之處理，接近傳統科學合理性概念之「智識獨立性」與「判斷自主性」；熱認知係相對冷認知而言，意指多動機、情感負載的處理，受到需求和感覺的影響，使得目標、情緒渲染到判斷(古智雄，2001；古智雄等，2010；Thagard, 2006)。社會心理學家Kunda (1999, Chapter 6, pp. 211-263)曾以她的母親為例，說明為了「維持抽煙」的動機和目標，個體會使用兩個互斥的推論法則來辯解，換言之，在社會互動的過程裡，動機、情感、需求和感覺會影響個體的合理性判斷。

在科學學習的研究方面，楊文金(1998)的研究以社會基模理論為基礎，發現研究班級在「同儕科學家意像」的維度形成穩定的班級結構，當科學訊息與「同儕科學家」一起出現時，其合理程度將上升，反之則下降。根據期望地位理論，班級同儕在互動歷程會形成彼此的期望地位，其中，在小組或班級中被其他同儕所覺知的受歡迎程度稱為「人望」，在小組或班級中被知覺的能力稱為「學望」(楊文金，1999)，將二者分別標準化後合成「共同地位」(co-status)，即為本研究所稱之班級聚集地位(鄭惠君，2005；Bianchini, 1997)。若學生覺察科學訊息是來自班級內具有「人望」及「學望」的同儕，並因此改變自己對於科學訊息的合理性判斷，就是一種熱認知被喚起的表現。

在科學學習過程中，互動的人、事、時、地、物等外在情境因素可能會影響學童對知識的建構，學童在討論互動時，除了要思考討論的內容之外，各班級學童的位階關係所形成的聚集地位，也可能對學童的學習與訊息判斷產生影響(楊文金，1998，1999；鄭惠君，2005；Bianchini, 1997)。因此，本研究關注班級聚集地位對學童科學合理性判斷之影響。

四、科學解釋合理性判斷與熱認知喚起

對於合理性的看法，不同派別的哲學家各自有著不同的合理性意義與標準，當代的理性觀認為科學概念應是情境、理性、多重角色的社會建構(古智雄等，2010)。針對合理性的說明，Sarkar (1995)主張合理性是情境相依的相對理性觀點，Sarkar認為所有的理論及推理在本質上都是情境相關的，換言之，科學解釋的合理性判斷應與社會互動有關，因此，學童的科學學習不僅是個體認知方面的課題，還滲入了許多動機、情感、需求和感覺等個體外的因素。在實際的教室的同儕互動中，學生彼此的位階關係、同儕間的刻板印象、尊親關係等，都有可能影響學生的合理性的判斷(古智雄，2001；古智雄等，2010；林義涵，2007；徐志宏，2005；陳春男，2008；楊文金，1998，1999；鄭惠君，2005)。

研究發現，當學童在建構自己的論證或者判斷他人的論證時，即使面對不同形式的證據，多數學生仍無法評估和選用正確證據來支持主張(Maloney, 2007)，部分學童在解讀資料後，仍會拒絕以資料分析的結果作為證據，也不會修正原來沒有證據支持的主張(Warwick & Siraj-Blatchford, 2006)，個體對社會性科學議題做判斷時，也經常選擇降低科學證據而升高其他因素，作為自己判斷與決策的依據(Nielsen, 2013)，Sandoval與

Çam (2011)的研究也發現學童在判斷科學解釋時，傾向選擇相信具有權威訊息來源的理由，這種從外部因素來考量科學解釋(Sarkar, 1995)，讓科學解釋合理性判斷受到個人的目標、情緒、需求和感覺之影響，即為熱認知的表現(古智雄等，2010；Kunda, 1999, Chapter 6, pp. 211-263)。

過去有關熱認知的相關研究，主要聚焦在學童的科學解釋合理性判斷，確認學童在某些情境下進行合理性判斷時，其熱認知會被喚起(古智雄，2001)，當科學訊息或科學解釋受到權威(徐志宏，2005)、班級聚集地位(鄭惠君，2005)或班級社會常模(古智雄等，2010)加持之下，學童會因為熱認知被喚起，調整自己對科學訊息的判斷及評價，另外，採取自我察覺策略(古智雄)、多元任務委任(林義涵，2007)以及小組討論單(陳春男，2008)等方式，可協助學生覺知自己是否處於熱認知喚起的狀態。以上有關科學合理性判斷的研究，大多採取科學解釋測驗前後測的方式，並在第二次的測驗卷置入熱認知變項，分析兩次測驗的科學解釋選項及合理性分數的差異，以瞭解學童的熱認知喚起之情形，本研究也採取相同的設計。

有別於過去熱認知的相關研究，本研究將論證能力視為學童應具備的重要科學素養，採取概念卡通實施論證教學以提升學童的論證能力，進一步探討學童的論證能力得到提升後，在社會互動的科學學習裡，能否具有智識獨立與判斷自主之表現？應是值得探討之議題。

肆、研究方法

一、研究設計

本研究主要在探討概念卡通論證教學對國小高年級學生論證能力之影響，同時分析論證教學前後，學童在科學解釋合理性判斷上的變化，以及在班級聚集地位影響之下，學童在科學解釋合理性判斷上所喚起的熱認知現象。本研究設計的科學解釋合理性測驗卷有「非熱認知(C)」及「熱認知(H)」兩種版本，其中，H版有加入班級聚集地位的熱認知變項。合理性測驗卷共有八個科學問題，範例題目如圖1所示，每個題目設計二個科學解釋的選項，一個選項設計為具有論證型式(TAP form, T)，另一個選項設計為不具有論證型式(Non-TAP form, NT)，將研究對象班

【問題】自然課時，同學在討論防止雪人融化的方法，其中兩位同學發生了爭辯，以下兩種說法，你覺得那一種比較合理呢？

甲說：	乙說：
不能幫雪人蓋上東西。 白天有陽光的時候，如果有東西蓋在身上會很熱，雪人就會比較快融化。 不管用什麼方法，雪人都會融化，除非是一直在下雪。	陽光會傳熱給雪人，穿上外套是要把陽光的熱擋在外面，要防止雪人融化，就要幫雪人穿上外套。

【答案】☑甲 □乙

甲的合理度	0	1	2	3	4	5	6	7	8	⑨	10
乙的合理度	0	1	2	3	4	⑤	6	7	8	9	10

圖1：科學解釋合理性測驗卷的範例題目

級隨機分為實驗組與控制組，再依據熱認知變項置入科學解釋選項之差別，將實驗組與控制組分為「強化T選項組」及「強化NT選項組」，針對實驗組施以四個單元的概念卡通論證教學。本研究設計如表1所示，研究歷程分為二個階段，第一階段的自變項是論證教學，應變項為C版科學解釋測驗及論證能力測驗的變化，針對實驗組實施論證教學，教學前後針對實驗組和控制組實施論證能力紙筆測驗，以及第一次和第二次的科學解釋合理性判斷測驗(C版)，同時在第二次測驗時進行班級結構問卷的施測；第二階段的自變項是班級聚集地位，應變項為H版科學解釋測驗的變化，針對兩組進行第三次的科學解釋測驗(H版)。

二、研究對象

本研究以便利取樣方式選取花蓮縣某國小高年級的六個班級學童為研究對象，其中四個班為實驗組學生共108人(男生56位，女生52位)，由熟悉論證教學的研究者實施概念卡通論證教學，另外二個班是控制組共56人(男生29位，女生27位)，由具備12年教學年資的國小自然老師進行傳統的講述式教學，教學內容以自然課本知識為主。

在進行實驗教學前，實驗組和控制組皆接受第一次的「論證能力測驗」及「科學解釋合理性判斷測驗」，並在實驗教學後，實施第二次的「論證能力測驗」、「科學解釋合理性判斷測驗」及班級結構問卷。教學實驗結束後一個月，兩組學生均實施第三次的「科學解釋合理性判斷測驗」。另外，選取實驗組論證能力進步幅度較多的學生(N = 4)，進行20分鐘的個別晤談，以瞭解其論證能力及科學解釋合理性判斷的依據。

三、教學設計與流程

(一)論證教材的選取與設計

學生的學科知識與經驗是教師進行論證教學必須考量的重點之一(Osborne et al., 2004a)，本研究採用先前發展的論證教材(陳文正等，2011)進行概念卡通論證教學，內容包括：1.「水從哪裡來」、2.「鐵生鏽」、3.「水的移動」、4.「蠟燭熄滅了」。這些主題都是學童已經學過的科學概念，其中，第1、第3單元是國小中年級的學習內容，第2、第4單元則是國小高年級的學習內容，教材的設計理念是以卡通人物的視覺表徵引起學生參與討論的興趣，促使學生進行論證活動。

(二)科學論證教學活動的實施

本研究在每個單元教學時會提供個人與

表1：研究設計

組別	第一次測驗	第一階段		第二階段	
		教學處方	第二次測驗	熱認知變項	第三次測驗
實驗組	Y_1 (C版科學解釋測驗) Z_1 (論證能力測驗)	X_1 (論證教學)	Y_3 (C版科學解釋測驗) Z_2 (論證能力測驗)	X_2 (班級聚集地位)	Y_5 (H版科學解釋測驗)
控制組	Y_2 (C版科學解釋測驗) Z_3 (論證能力測驗)		Y_4 (C版科學解釋測驗) Z_4 (論證能力測驗)		Y_6 (H版科學解釋測驗)

小組的學習單，作為學童在論證學習時的輔助工具，以協助學生在組內和同儕的溝通與討論。本研究的課程利用學期間實施，每週2節課，為期4週，共計8堂課，同時段控制組學生也在進行以自然為主題的學習活動，詳細的教學課程安排如表2所示。

依據Scott等(2006)的主張，教學時應安排個人(非互動式)及小組(互動式)的學習活動，在師生間進行討論時也要兼顧學生個人想法(對話式)及適時引介科學概念(權威式)。本研究參考先前的研究(陳文正等，2011)及Scott等的研究建議，依序以「非互動／對話式」、「互動／對話式」、「非互動／權威式」、「互動／權威式」、「互動／對話式」安排課室裡的同儕互動與師生討論。本研究的概念卡通論證教學共分為四個階段，第一階段：安排「非互動／對話式」活動，教師呈現概念卡通投影片，引起學生注意及學習動機，並介紹學習主題，這個階段無小組互動，主要是透過師生對話來瞭解學生的想法；第二階段：安排「互動／對話式」活動，學生兩兩配對進行互動，先後交換說明自己的敘述及理由，並確認對方的想法，老師則行間巡視與學生對話，再以「非互動／權威式」活動，由教師引介論證相關元素，學生練習以論證元素檢視自己的敘述及理由是否具說服力。在這個階段無小組互動，主要透過師生間的對話協助學生熟悉論證元素；第三階段：安排「互動／權威式」活動，進行組內及組間的論證，要求每位學生於組內說明自己的主張及理由，並嘗試形成組內共識，接著每組派一位組員至其它組聆聽報告，再返回組內討論各組論證的異同，此時老師行間巡視確認學生使用論證元素進行小組討論；第四階段：安排「互動／對話式」活動，各組派代表上臺報告，老師則協助全班同學提問及回饋，這個階段著重小組間的互動，老師則鼓勵各組學生使用自己的想法來思考反證。

四、研究工具

(一)論證能力測驗

本研究選取國小高年級學童已學過的自然單元，並參考Osborne等(2004a)的論證教學手冊及陳文正等(2011)的研究來編製論證能力測驗。內容包括雪人不見了及聲音傳遞等二個主題(舉例論證能力測驗第二題如圖2)，在題目的設計上，以卡通人物的視覺表徵引起學生興趣，並且採取人物對話的型式呈現，每個主題有三個問題，分別是：1.提出及發表自己的個人主張；2.針對自己的主張提出證據及理由等具體的論述；3.對於自己的主張提出完整的依據，並舉出一個以上的反證。論證能力測驗是簡答題型式，每個主題內容均由研究者與具有物理背景的科學教育學者共同討論、修飾後定稿，測驗時間是30分鐘。論證能力測驗的內部一致性Cronbach α值為.72，是「可信」的範圍(Cohen, 1988)。

表2：教學課程安排與教學目標

單元	教學單元與內容	該單元對應的科學概念及學習	教學方式及重點
1	水從哪裡來	認識及練習論證因子與架構 環境溫度與水的三態變化之關係	紙筆論證、小組論證
2	鐵生鏽	金屬氧化與水分、酸性水溶液之關係	紙筆論證、小組論證
3	水的移動	水的毛細現象及其影響因素	小組論證、全班論證
4	蠟燭熄滅了	燃燒現象及其影響因素	小組論證、全班論證

試題由研究者與一位具有科學教育博士學位的國小自然老師針對學生的回答內容依照表3的評分標準進行評分，評分者間一致性達.95 ~ .99，評分時若有不一致的給分，則由兩位評分者與具有物理背景的科學教育學者共同討論得到一致的評分結果。

(二)科學解釋合理性判斷測驗

本研究的科學解釋合理性測驗卷衍自楊文金(1998，1999)及古智雄等(2010)的系列研究之設計方式，內容部分則全部重新設計，以國小學童熟悉的自然相關單元為主題，每份問卷共有八個科學問題，每個題目設計二個科學解釋的選項，以圖1的範例題目為例，

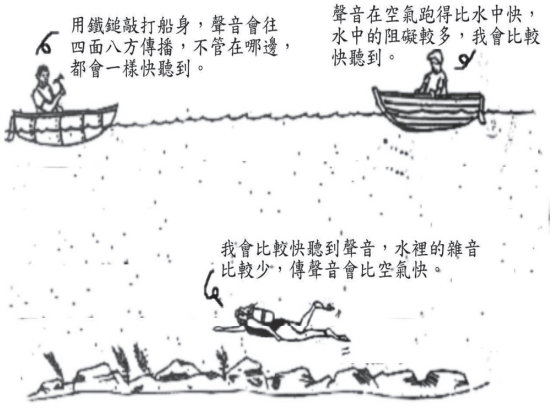

圖2：論證能力測驗聲音傳遞題目

題目設計為具有爭議的對話型式，兩個科學解釋的選項都是針對問題的說明，其中，甲說是設計為具有論證型式的科學解釋(T)，例如，不能幫雪人蓋上東西【主張】，白天有陽光的時候如果有東西蓋在身上會很熱，雪人就會比較快融化【資料+論述】，不管用什麼方法，雪人都會融化，除非是一直在下雪【依據+反證】；乙說則是設計為非論證型式的科學解釋(NT)。先要求學童在兩個選項中，選出較為合理的，接著，再針對每一個科學解釋選項，給一個合理性程度判斷分數，合理性分數範圍從0分到10分，0分代表完全不合理，10分則是代表完全合理。

本研究設計的科學解釋合理性測驗卷有C版和H版兩種，其中，在H版問卷部分，依據每個班級的聚集地位之分析結果，以「高、低聚集地位學童姓名」來呈現班級聚集地位之熱認知變項，選取每班高、低聚集地位前四位學童的姓名，分別附加在每一個題目的某一個科學解釋選項，在H版測驗卷的八個題目中，同一組高、低聚集地位的學生姓名會出現在兩個不同的題目，無論是實驗組或控制組，同一個班級學生使用的H版問卷內容皆相同。若「高聚集地位學童姓名」附加於T選項、「低聚集地位學童姓名」附加於NT選項者，視為「強化T選項」；反

表3：本研究論證能力測驗卷評分判準

論證層次	說明	學生作答舉例	得分
一	能提出主張(claims)	我覺得在水裡會比較快聽到聲音。	1
二	能提出主張、證據(data)、理由(warrant)，但是沒有提出反證(rebuttal)	傳聲音和振動有關，在水面上敲船身，也會把振動傳到水裡。	2
三	提出初步的反證(weak rebuttal)	水面上可能會有其他聲音，會聽不清楚(r_w)。	3
四	提出明確、適當的反證	敲打船身的振動會讓水的振動得比空氣大，所以水裡會比較快聽到聲音。	4
五	提出二個以上的反證	不同東西的振動不會一樣，不會在同一時間聽到聲音，水裡的振動比較大會比較快聽到。	5

之，則視為「強化NT選項」。在測驗卷的效度部分，由三位科學教育專家，就題目的編排及內容相關性等面向進行審查、修改及定稿，以取得專家內容效度，而測驗卷的重測信度值(test-retest reliability)為.87，是「可信」的範圍(Cohen, 1988)。在測驗卷的構念效度上，為確立「合理性概念」及「合理性判斷分數」的適當性，對科學合理性概念做了詳細的論述，確信合理性測驗的「構念」，即當代科學合理性概念中的社會互動意涵，其想說明的就是科學合理性會因外在因素而變動，本研究結果亦說明它是測量熱認知效應(班級聚集地位)的有效工具。

(三)班級結構問卷

本研究利用雙向度社會計量的方式來描述教室裡的班級結構。班級結構問卷包含四個部分，分別是：1.你認為班上哪三位同學的自然科程度較好？2.你認為班上哪三位同學的自然科程度較差？3.你認為班上哪三位同學的人緣較好？4.你認為班上哪三位同學的人緣較差？而本研究設計「班級結構問卷」之目的，在於瞭解學童在班級中的學業地位與受歡迎的程度以及兩者複合而成的聚集地位。

五、資料分析與處理

(一)論證能力測驗

在評估學習者建構的論證品質時，檢視論證裡的反駁層次是較為可行的方法之一(陳文正等，2011；楊桂瓊等，2012；潘怡如等，2018；Osborne et al., 2004b)。本研究以Erduran等(2004)提出的評鑑架構為依據(如表3所示)，針對學童的論證層次進行評分。本研究的論證能力測驗包含了「聲音」與「雪人融化」兩個主題，依據表3的架構針對每個主題分別計分，每個主題5分，總分最高是10分，若以實驗組和控制組兩位後測得分最高的學生來說明，一位是實驗組的小婷，後測分數是8分，另一位是控制組的小瑄，後測分數是6分，表3的舉例即為兩位學生在聲音主題的作答結果，其中，實驗組的小婷能提出主張、具體的理由及完整的論述(層次二、四)，也能提出較強的反證(層次五)，所以得到5分，相較之外，控制組的小瑄能提供主張(層次一)，但提出的反證理由則較為薄弱(層次三)，所以得到3分。

論證紙筆測驗的評分人員共二位，為取得良好的評分者信度，在評分之前，先隨機挑選三份問卷，請二位評分員各自評分，並且針對評分結果進行討論，以取得共識。接著開始進行評分作業，最後，針對評分結果差異過大的問卷進行研討，以確認評分結果。本研究的論證測驗評分總題數為316，二位評分員的共同同意題數為237，相互同意度為.75，信度值(inter-raiter reliability)是.86，此結果顯示具有良好的信度。在論證能力測驗的分析上，採取描述性統計及單因子共變數分析，以瞭解論證教學前後學童的論證能力之變化。

(二)科學合理性判斷前後測

科學解釋合理性判斷測驗蒐集的資料包含「選項人數」及「選項合理性程度」這兩部分，在合理性選項變異的考驗部分，使用「McNemar檢定法」進行前後測選項有改變的人數之顯著性檢定，在測驗卷的T選項與NT選項的合理程度變異的考驗部分，則使用前後測的成對樣本*t*檢定。過去研究顯示各班級具有不同組成且班級聚集地位的分析結果

互異(楊文金，1998)，而不同班級學童在科學合理性判斷上的熱認知表現程度具有差異(古智雄，2001；楊文金，1999；鄭惠君，2005)，基於合理性判斷上的熱認知現象是情境相依之考量(Kunda, 1999, Chapter 6, pp. 211-263; Thagard, 2006)，本研究沿用過去有關熱認知相關研究的分析方式(古智雄等，2010；林義涵，2007；徐志宏，2005；陳春男，2008)，以班級為單位進行科學合理性判斷前後測的分析。

(三)班級結構問卷

本研究分別統計各班學童在人望與學望兩個向度上的正負提名次數，並轉為標準化之Z分數，再將正提名之Z分數減去負提名之Z分數，即可得到學童在班上的學望與人望的排名，最後將兩者的Z分數相加後即可確認各班學童的班級聚集地位。接著，選取每班高、低聚集地位前四位學童的姓名，作為H版的科學解釋合理性測驗卷之熱認知變項，每個選項中高聚集或低聚集地位學童的Z分數差異在4.43 ~ 13.14之間。

(四)訪談大綱

本研究選取4位實驗組學童進行晤談以提供質性資料說明論證能力與熱認知喚起之關係，質性晤談內容分為二個部分：1.確認概念卡通論證教學對學童科學解釋合理性判斷之影響，例如，論證教學前後的合理性判斷測驗，你改變或維持對科學解釋的選擇和給分的原因為何？2.瞭解班級聚集地位的熱認知變項對學童合理性判斷之影響，例如，知道班上成績和人緣好的同學支持的科學解釋選項後，你改變或維持對科學解釋的選擇和給分的原因為何？

伍、研究結果與討論

一、論證教學前後學童的論證能力之變化

(一)實驗組和控制組學生在論證能力後測論證內容之差異

本研究統計實驗組和控制組學童的論證後測內容之差異，如表4所示。從分析結果來看，實驗組學童被評為層次三的人數最多，其餘依序為層次二、層次四、層次一及層次五；而對照組學童被評為層次一的人數最多，其餘依序為層次二、層次三及層次四。以上的分析結果顯示，經過概念卡通論證教學後，實驗組學童已能建構較高層次的論證，本研究利用卡通人物的視覺表徵，以對話方式呈現科學概念，引發學習者的學習動機，再透過結構化的教學流程，讓學生熟悉論證架構的因素，促進組內與組間的對話討論，這種教學研究設計呼應湯宜佩等(2021)的建議，亦即論證教學應重視情境布置，營造讓學生能沉浸於論證對話的學習環境，提高學生學習動機和學習投入，增進同儕與師生對話的機會，同時嵌入論證框架於學習活動，以學習單或科學寫作來增進學生對論證結構的理解，協助學生論證能力的遷移。

表4：實驗組和控制組學童論證後測內容差異分析

論證層次	實驗組學生個數 (N = 108)	對照組學生個數 (N = 56)
一	17 (17.56%)	22 (39.29%)
二	25 (23.15%)	21 (37.50%)
三	35 (32.41%)	7 (12.50%)
四	24 (22.22%)	6 (10.71%)
五	7 (6.48%)	0 (0.00%)

(二)實驗組和控制組學生在論證能力後測的表現

為瞭解實驗組和控制組學童在論證能力後測的表現，本研究以兩組學童的論證能力前測分數為共變數、後測分數為依變數，進行單因子共變數分析，結果如表5所示，在排除論證能力前測的影響之後，實驗組學生在論證能力後測的表現(M = 5.43)，顯著優於控制組學生(M = 3.79)，F = 104.74，p < .001，且實驗效果(effect size)大於.84屬於強度(large) (Cohen, 1988)。以上分析結果顯示，施以概念卡通論證教學後，學童的論證能力確實得到提升。

二、論證教學前後學童科學合理性判斷之變化情形

(一)從選擇人數改變情形分析

本研究的第一階段主要在分析論證教學前後學童科學合理性判斷的改變情形，結果如表6所示，實驗組在第一階段選擇人數的改變上，有改選擇T選項的趨勢，「第一次選擇NT、第二次改選擇T」的題數，實驗組的四個班級分別為53 (24.53%，53/216)、49 (23.56%，49/208)、76 (33.96%，76/224)和53 (24.53%，53/216)，控制組的兩個班級則為21 (9.38%，21/224)及40 (17.56%，40/224)。而且實驗組有三個班級在選擇人數改變的卡方考驗結果達到顯著性差異(p < .00)，而控制組則無。以上分析顯示，在論證教學後，實驗組學童在科學合理性測驗卷的判斷上，傾向選擇具有論證型式的科學解釋，換言之，概念卡通論證教學對學童科學解釋合理性的判斷有正向的影響，可提升學童判斷具證據基礎的科學解釋之能力。

(二)從選項合理性改變情形分析

表7是第一階段兩組學童科學合理性判斷選項合理性改變的分析結果，在第二次測驗時，實驗組的T選項平均合理性分數皆提升了，高於第一次測驗的合理性判斷，即變化

表5：論證能力前、後測和調整後測之平均數及標準差

組別	N	前測M (SD)	後測M (SD)	調整後的後測(M)
實驗組	108	3.98 (1.11)	5.44 (1.05)	5.43
控制組	56	3.86 (0.99)	3.75 (0.86)	3.79

表6：實驗組和控制組學童在第一次和第二次合理性判斷測驗的選擇人數改變

	實驗組								控制組			
	E01 (N = 27)		E02 (N = 26)		E03 (N = 28)		E04 (N = 27)		C01 (N = 28)		C02 (N = 28)	
	第一次測驗		第一次測驗		第一次測驗		第一次測驗		第一次測驗		第一次測驗	
題號	T	NT	T	NT	T	NT	T	NT	T	NT	T	NT
第二次測驗												
T	111	53	102	49	98	76	60	53	86	21	85	40
NT	12	40	20	37	16	34	38	65	17	100	36	63
p-value	.00**		.00**		.00**		.14		.63		.73	

註：1.T：具有論證型式(TAP form)；NT：不具有論證型式(Non-TAP form)；TAP：Toulmin的論證模式(Toulmin's Argument Pattern)。

2.**p < .01。

量皆為正值；反之，在NT選項的平均合理性分數則低於第一次測驗，變化量呈現負值。實驗組在合理性分數的差異性的考驗上，有四個班級的T選項、三個班級的NT選項達顯著性差異($p < .01$)。在控制組部分，兩個班級的T及NT選擇的變化互異，無固定增減的變化方向，且皆未達顯著性差異。以上分析顯示，實驗組學童在科學合理性測驗卷的判斷上，提升T選項分數，降低NT選項分數，換言之，經過概念卡通論證教學後，實驗組學童除了論證能力得到提升，也熟悉論證因子及評估他人的論證品質，在科學解釋合理性的判斷上，展現出提高具有論證型式科學解釋(T選項)評估的表現。

三、學童科學合理性判斷之熱認知效應

(一)從選擇人數改變情形分析

本研究在第二階段的重點，在探討班級聚集地位對學童科學合理性判斷之影響，表8即為實驗組和控制組學童在第二次和第三次合理性判斷測驗的選擇人數改變的分析結果。

依研究設計，實驗組的E02和E04以及控制組的C02的這三個班級是「強化T選項」，實驗組的E01和E03以及控制組的C01的這三個班級是「強化NT選項」。從表8的分析結果來看，「強化NT選項」的三個班級有改選擇NT選項的趨勢，「第二次選擇T、第三次改選擇NT」的題數，實驗組的E02、E04和控制組的C02這三個班分別為48 (23.08%，48/208)、47 (21.76%，47/216)、68 (30.36%，

表7：實驗組和控制組學童在第一次和第二次合理性判斷測驗的選項合理性分數成對樣本t檢定結果

	實驗組								控制組			
	E01 ($N = 27$)		E02 ($N = 26$)		E03 ($N = 28$)		E04 ($N = 27$)		C01 ($N = 28$)		C02 ($N = 28$)	
	平均數		平均數		平均數		平均數		平均數		平均數	
題號	T	NT	T	NT	T	NT	T	NT	T	NT	T	NT
第一次測驗	6.24	5.51	7.13	6.28	5.77	5.34	5.88	5.90	5.96	6.01	5.94	5.97
第二次測驗	6.91	5.01	7.22	5.52	6.54	4.49	6.34	5.83	5.94	6.09	6.12	5.55
p-value	.00**	.00**	.00**	.00**	.00**	.00**	.02*	.72	.90	.64	.43	.07

註：*$p < .05$, **$p < .01$。

表8：實驗組和控制組學童在第二次和第三次合理性判斷測驗的選擇人數改變

	實驗組								控制組			
	E01[a] ($N = 27$)		E02[b] ($N = 26$)		E03[a] ($N = 28$)		E04[b] ($N = 27$)		C01[a] ($N = 28$)		C02[b] ($N = 28$)	
	第二次測驗		第二次測驗		第二次測驗		第二次測驗		第二次測驗		第二次測驗	
題號	T	NT	T	NT	T	NT	T	NT	T	NT	T	NT
第三次測驗												
T	116	12	136	40	127	9	80	50	39	9	103	39
NT	48	40	15	17	47	41	33	53	68	108	22	60
p-value	.00**		.00**		.00**		.08		.00**		.04*	

註：1.[a]熱認知變項加在科學解釋NT；[b]熱認知變項加在科學解釋T。

2.*$p < .05$, **$p < .01$。

68/224)，且在選擇人數改變的卡方考驗結果皆達到顯著性差異($p < .01$)；「強化T選項」的三個班級則有改選擇T選項的趨勢，「第二次選擇NT、第三次改選擇T」的題數，實驗組的E01、E03和控制組的C01這三個班分別為40 (18.52%，40/216)、50 (22.32%，50/224)、39 (17.41%，39/224)，且E01和C01在選擇人數改變的卡方考驗結果皆達到顯著性差異($p < .05$)。

以上分析顯示，在班級聚集地位影響下的第二階段科學解釋合理性判斷測驗，實驗組和控制組皆表現出選擇班級聚集地位加持的科學解釋之趨勢，其中，實驗組有三個班(3/4，75%)、對照組有二個班(2/2，100%)在選擇人數改變的卡方考驗結果皆達到顯著性差異，若從社會基模理論來看各班級的結構，發現固著的同儕關係穩定地存在各班級之間，雖具有班級差異，但所形成的刻板印象對於同儕的互動及判斷有深切的影響(楊文金，1998)，高「期望地位」同學發言被接受程度顯著高於低「期望地位」同學的發言(楊文金，1999，鄭惠君，2005)，本研究結果也呼應這個主張，無論是實驗組或控制組學童在第三次的科學解釋合理性判斷時，都有改選擇熱認知變項強化科學解釋選項之趨勢，換言之，在學望與人望複合而成的班級聚集地位影響下，學童的科學解釋合理性判斷的確浮現出熱認知現象，其中，經過論證教學後實驗組E04的熱認知喚起程度低於其他班級，這個分析結果呼應了過去的研究發現，亦即不同班級學童在科學合理性判斷的熱認知表現程度有所不同(古智雄，2001；楊文金；鄭惠君)。

(二)從選項合理性改變情形分析

表9是第二階段兩組學童科學合理性判斷選項合理性改變的分析結果，在第三次測驗時，「強化T選項」三個班級的T選項平均合理性分數皆提升了，高於第二次測驗的合理性判斷，即變化量皆為正值，且實驗組的E02、E04和控制組的C02在T選項在合理性分數的差異性的考驗達顯著性差異($p < .05$)。而「強化NT選項」三個班級的NT選項平均合理性分數皆提升了，高於第二次測驗的合理性判斷，即變化量皆為正值，且實驗組的E01、E03和控制組的C01在NT選項在合理性分數的差異性的考驗達顯著性差異($p < .05$)。值得注意的是，在第三次測驗時實驗組的E01、E03的T選項的合理性也提升，高於第二次測驗的合理性判斷，且差異性的考驗達顯著性差異($p < .01$)，這兩個班級是「強化NT選項」，在學童提高NT選項的合理性分數時，也同時提高T選擇的合理性分數。

表9：實驗組和控制組學童在第二次和第三次合理性判斷測驗的選項合理性分數成對樣本*t*檢定結果

	實驗組								控制組			
	E01[a] ($N = 27$)		E02[b] ($N = 26$)		E03[a] ($N = 28$)		E04[b] ($N = 27$)		C01[a] ($N = 28$)		C02[b] ($N = 28$)	
	平均數		平均數		平均數		平均數		平均數		平均數	
題號	T	NT	T	NT	T	NT	T	NT	T	NT	T	NT
第二次測驗	6.91	5.01	7.22	5.52	6.54	4.49	6.34	5.83	5.94	6.09	6.12	5.55
第三次測驗	6.98	6.23	8.03	4.85	5.91	5.24	6.74	5.58	5.07	6.92	6.59	5.06
p-value	.00**	.00**	.00**	.00**	.00**	.00**	.02*	.15	.00**	.00**	.02*	.02*

註：1. [a]熱認知變項加在科學解釋NT；[b]熱認知變項加在科學解釋T。

2. $^{*}p < .05$, $^{**}p < .01$。

以上分析顯示，在班級聚集地位的熱認知變項介入時，學童在科學合理性測驗卷的判斷上，「強化T選項」的班級提升T選項的分數，「強化NT選擇」的班級提升NT選項的給分，值得注意的是，「強化NT選擇」的實驗組學童，除了提升NT選項的給分，也同時提升了T選項的分數。從本研究的分析結果來看，論證教學後學生已熟悉論證因子，其論證能力得到提升，也能評估他人的論證品質，若學生此時受到班級聚集地位影響而喚起熱認知時，基於先前論證的學習經驗，學生也會同時提高對具有論證型式科學解釋(T選項)的評價。換言之，論證教學在學生的熱認知喚起的科學解釋合理性判斷，仍具有正向的影響。

四、實驗組學童的論證能力與合理性判斷及熱認知喚起之關係

本研究以Pearson積差相關分析實驗組學童論證能力與合理性判斷及熱認知喚起之關聯性，以實驗組學童的論證能力變化量(後測分數 – 前測分數)與合理性判斷選擇變化量(第二次測驗選T科學解釋的題數 – 第一次測驗選擇T科學解釋的題數)，結果發現兩者具有中度顯著性正相關(r = .435，p < .01)。以實驗組學童的論證能力變化量(後測分數 – 前測分數)與合理性判斷選擇變化量(第三次測驗選擇強化NT科學解釋的題數 – 第二次測驗選擇T科學解釋的題數)，結果發現兩者是負相關(r = -.182)，但未達顯著性；再以實驗組學童的論證能力變化量(後測分數 – 前測分數)與合理性判斷選擇變化量(第三次測驗選擇強化T科學解釋的題數 – 第二次測驗選擇NT科學解釋的題數)，結果發現兩者具有中度顯著性正相關(r = .388，p < .01)，由量化分析結果顯示，學生論證能力的進步成績和選擇T科學解釋選項的變化呈現中度正相關(r = .435，p < .01)，當班級聚集地位加持T科學解釋選項時，學生論證能力的進步成績和選擇強化T科學解釋選項的變化呈現中度正相關(r = .388，p <.01)，當班級聚集地位加持NT科學解釋選項時，學生論證能力的進步成績和選擇強化NT科學解釋選項的變化呈現負相關。McDonald與McRobbie (2012)認為論證內容、班級課室文化和個人特質皆為影響學童論證學習的關鍵因素，透過角色扮演的教學活動，可讓學生瞭解不同立場的主張、證據與論述，有助於學生提升論證品質(Lin et al., 2015)，本研究也發現學童在論證能力方面的成長，可協助自己察覺熱認知喚起的狀況，同時，論證能力可提升學童判斷具證據基礎的科學解釋之能力，當面對非證據基礎的科學解釋時，學童也會降低熱認知被喚起的程度。

本研究選取實驗組論證能力進步幅度較多的學生(N = 4)，進行20分鐘的個別晤談，透過質性訪談瞭解學生論證能力及科學解釋合理性判斷的依據。以下是訪談的內容重點：

> 研究者：對於科學論證活動，你有什麼心得和收穫？請舉例說明。
>
> 受訪者：有吸收到新的知識，跟別人討論會進步(小婷、小俊)，自己比較敢跟同學講話、問問題(小瑄、小宇)。另外，上完課學到說服力，要有自己的主張(小瑄、小婷、小俊)，還有就是如何讓別人更相信你的論點，就要事先想到別人會講什麼【反證】。就是別人提出的問題，就是先把它寫上去(小瑄、小宇)。
>
> 研究者：在寫合理性測驗卷時，你都是怎麼選的？
>
> 受訪者：一開始選答案都是自己想的，沒有想太多(小瑄)，上課討論

> 時覺得說話要有除非【反證】很重要，講了之後，別人就不太能問問題，所以，後來就有選有除非的(小婷、小俊)，有幾題很難選，我有換成○○同學支持的，想說她功課好，跟她選【熱認知】答案應該是對的(小宇)。

在質性訪談資料裡，學生表示透過組內、組間及全班論證的活動，讓他們更瞭解論證因子，也學到如何判斷別人提出的主張、理由及證據等評估論證品質的重點，以受訪者小宇為例，雖然他瞭解該如何判斷論證品質，但是在第三次測驗時，仍受到班級聚集地位之影響而更改選擇，Nielsen (2013)發現面對社會性科學議題時，學童會降低科學證據而升高其他因素作為自己判斷與決策的依據，此即為熱認知的表現，本研究的結果也呼應這個觀點。綜合以上，在面臨班級聚集地位的情境而喚起其熱認知時，論證能力較好的學童比較能夠表現出智識獨立與判斷自主的能力。

陸、研究結論與建議

本研究採取概念卡通作為論證教學策略，確認在教學後國小學童的論證能力得到提升，而且在科學解釋合理性判斷上，傾向支持具有論證型式的科學解釋，雖然在班級聚集地位的影響下，學童在科學解釋合理性的判斷上仍呈現出熱認知現象，但是學童的論證能力成長和熱認知喚起的程度具有負相關。最後，依據研究結果提出以下結論及建議。

一、採取概念卡通為策略進行論證教學可提升學童的論證能力

本研究在方法上的獨特性是以概念卡通作為論證教學的策略，過去研究主張概念卡通具有許多特徵可啟動學童的討論(Naylor & Keogh, 2000)，本研究進一步提供實徵性研究結果，支持採取概念卡通策略可以提升國小學童的論證能力。本研究的概念卡通論證教學兼具沉浸式與結構式論證的教學設計(Cavagnetto, 2010)，讓學生沉浸在科學學習和理解科學論證內涵的學習活動中，透過概念卡通提供許多提示的鷹架來促進論證學習，同時也採取明示教學來教導學生論證結構以及應用於科學論證(湯宜佩等，2021)。換言之，以學生為中心、安排小組討論與同儕互評的支持性學習環境，可以有效地促進實驗組學童的論證能力，可提供國小教師未來要進行論證教學的參考。

二、學童在論證教學後表現出選擇具有論證型式科學解釋的趨勢

本研究發現在第二次科學解釋合理性測驗時，學童傾向選擇具有論證型式的科學解釋選項，直言之，概念卡通論證教學可提升學童的論證能力，可遷移至對科學解釋的判斷，亦即提升學童判斷具證據基礎的科學解釋之能力。本研究的論證教學設計，以概念卡通營造讓學生沉浸於論證對話的學習環境能提高學習動機，結構化的教學流程能增進同儕與師生對話機會，教學時以學習單來增進學生對論證結構的理解，這些設計皆有助於學生論證能力的遷移(湯宜佩等，2021)。另外，提供組間討論和全班討論的活動，學童能夠直接與其他小組進行公開口語論證的活動，這樣的安排可讓學生體驗類似科學家社群間針對不同假設或推論進行論證的過程，有助於提升學習者的論證表現(潘怡如等，2018)，從本研究的結果來看，當學童的論證能力提升之後，可能會轉變對科學解釋的評價與支持，換言之，實施論證教學

有助於提升學童對具證據基礎的科學解釋之判斷能力。

三、學童的科學解釋合理性判斷受到班級聚集地位的影響而表現出熱認知現象

本研究發現在第三次科學解釋合理性測驗時，受到班級聚集地位的影響，學童在科學解釋合理性判斷上，有支持學望、人望加持的科學解釋選項之趨勢。如緒論所言，學童的科學學習或對訊息的判斷，可能會受到班級或小組內的權力、地位、動機、情緒等因素之影響(古智雄等，2010；楊文金，1998，1999；鄭惠君，2005)，而學童在論證學習時，即使面對不同形式的證據，多數學生卻無法評估和選用正確證據去支持主張(Maloney, 2007)，或者選擇不去修正原來沒有證據支持的主張(Warwick & Siraj-Blatchford, 2006)，甚至選擇更相信具有權威訊息來源的理由(Sandoval & Çam, 2011)，本研究的分析結果也呼應這些觀點，亦即學童的科學解釋合理性判斷受到班級聚集地位之影響而表現出熱認知現象。

四、學童論證能力前後測變化量和熱認知喚起程度有負相關

本研究分析發現，學生論證能力的進步成績和班級聚集地位加持NT科學解釋選項有負相關，和班級聚集地位加持T科學解釋選項有正相關。過去有關弱化熱認知的相關研究，大多採取自我察覺、小組討論單及多元任務委任等方式，協助學生覺知自己正處於熱認知喚起的狀態(古智雄等，2010；林義涵，2007；陳春男，2008)，本研究進一步發現學童在論證能力上的成長，可協助自己察覺熱認知喚起的狀況，同時可提升學童判斷具證據基礎的科學解釋之能力，當面對非證據基礎的科學解釋時，學童也能降低熱認知被喚起的程度。

五、研究建議與限制

(一)培養學童瞭解科學論證活動的本質是重要的科學素養(NRC, 2012; Sandoval & Çam, 2011; Simon et al., 2006)，本研究發現實施概念卡通論證教學，可提升學習者的論證能力及判斷具證據基礎的科學解釋之能力，這些能力和Programme for International Student Assessment 2015重視的解釋科學數據及舉證科學證據能力有關，因此，科學教師若能在課堂中納入論證活動，將有助於提升臺灣學生的科學論證能力(佘曉清等，2017)。因此，建議國小的論證教學可採取概念卡通為教學策略，以提升學童判斷具證據基礎主張之能力。

(二)在自然課室裡，具有學望、人望的學童經常是同儕學習與模仿的對象，本研究也發現受到班級聚集地位加持的科學解釋較容易喚起國小學童的熱認知。熱認知是社會互動中的必然，也是科學學習裡的實然，過去研究建議應提升學童的批判思考能力(古智雄等，2010)，協助學童察覺熱認知、維持判斷自主的能力，本研究進一步確認，學童的論證能力成長與熱認知喚起有負相關，因此，建議國小自然領域應融入論證教學，以提升學童的批判能力，讓學童的熱認知被喚起後，仍能保有智識獨力與判斷自主之能力。

(三)研究指出，學童的科學概念及論證議題的瞭解程度會影響論證學習成效，另

外，科學解釋的問題類型及個人立場等因素會影響學童熱認知喚起的程度，考量研究上的可行性，本研究未將上述因素納入探討，建議未來可針對上述議題進行更深入的探討。

誌謝

本文感謝科技部專題研究計畫的支持(MOST 109-2511-H-259-009)，使本研究得以順利完成；審查委員用心提出之寶貴及懇切的意見，對本文裨益良多，特此一併致謝。

參考文獻

古智雄(2001)。**國小學童科學問題合理性判斷的熱認知喚起與弱化作用**。未出版之博士論文。國立臺灣師範大學。

[Ku, C.-H. (2001). *The arousal and weakening effect of hot cognition on children's judgment of reasonableness in science questions* [Unpublished doctoral dissertation]. National Taiwan Normal University.]

古智雄、孫東志、陳文正、楊文金(2010)。從「熱認知觀點」探討學童科學解釋之合理性判斷——以班級社會常模下的順一致性為例。**科學教育學刊**，**18**(4)，305-329。https://doi.org/10.6173/CJSE.2010.1804.02

[Ku, C.-H., Sun, D.-C., Chen, W.-C., & Yang, W.-G. (2010). Children's judgment on the rationality of scientific explanations from the perspective of "hot cognition": An example of the para-consistency behavior induced by school class social norms. *Chinese Journal of Science Education*, *18*(4), 305-329. https://doi.org/10.6173/CJSE.2010.1804.02]

李松濤、林煥祥、洪振方(2010)。探究式教學對學童科學論證能力影響之探究。**科學教育學刊**，**18**(3)，177-203。https://doi.org/10.6173/CJSE.2010.1803.01

[Lee, S.-T., Lin, H.-S., & Hung, J.-F. (2010). An investigation of the influences of inquiry teaching towards children's science argumentation abilities. *Chinese Journal of Science Education*, *18*(3), 177-203. https://doi.org/10.6173/CJSE.2010.1803.01]

佘曉清、黃莉郁、蘇怡蓓(2017)。臺灣學生科學素養的表現。收錄於佘曉清、林煥祥(編著)，**PISA 2015臺灣學生的表現**(頁23-80)。心理。

[She, H.-C., Hung, L.-Y., & Su, Y.-B. (2017). The performance of Taiwan students' scientific literacy. In H.-C. She & H.-S. Lin (Eds.), *Taiwan student performance on PISA 2015* (pp. 23-80). Psychological Publishing.]

林宗進、林樹聲、陳映均(2010)。大學生對基因改造作物議題的認知與論證能力之研究。**科學教育學刊**，**18**(3)，229-252。https://doi.org/10.6173/CJSE.2010.1803.03

[Lin, T.-J., Lin, S.-S., & Chen, Y.-C. (2010). University students' knowledge and argumentation skills concerning a socio-scientific issue. *Chinese Journal of Science Education*, *18*(3), 229-252. https://doi.org/10.6173/CJSE.2010.1803.03]

林義涵(2007)。**多元智能取向科學課室中學童自我效能及熱認知現象之研究**。未出版之碩士論文。國立花蓮教育大學。

[Lin, Y.-H. (2007). *A study of children's self-efficacy and hot cognition phenomenon in scientific class of multiple intelligences* [Unpublished master thesis]. National Hualien University of Education.]

夏玉林、靳知勤(2021)。問題答案關係策略融入閱讀教學對國小六年級學生閱讀理解與論證能力之影響：以社會性科學議題為例。**科學教育學刊**，**29**(3)，191-217。https://doi.org/10.6173/CJSE.202109_29(3).0001

[Xia, Y.-L., & Chin, C.-C. (2021). The effect of question-answer-relationship strategy on the argumentation and reading comprehension abilities of the sixth graders through infusing socioscientific issue texts. *Chinese Journal of Science Education*, *29*(3), 191-217. https://doi.org/10.6173/CJSE.202109_29(3).0001]

徐志宏(2005)。**從權威信息加持下探討高年級學童科學問題合理性判斷之熱認知效應與弱化作用**。未出版之碩士論文。國立花蓮師範學院。

[Hsu, C.-H. (2005). *Hot cognition and weakening effect in children from senior grades of elementary school and their judgment on the reasonableness of scientific questions under authoritative reinforcement of credible information source* [Unpublished master thesis]. National Hualien Teachers College.]

陳文正、古智雄、許瑛玿、楊文金(2011)。概念卡通論證教學促進學童論證能力之研究。**科學教育學刊**，**19**(1)，69-99。https://doi.org/10.6173/CJSE.2011.1901.04

[Chen, W.-C., Ku, C.-H., Hsu, Y.-S., & Yang, W.-G. (2011). The application of a concept cartoon argumentation strategy to enhance children's argumentation ability. *Chinese Journal of Science Education*, *19*(1), 69-99. https://doi.org/10.6173/CJSE.2011.1901.04]

陳春男(2008)。**國小學童科學問題合理性判斷熱認知現象之察覺與弱化**。未出版之碩士論文。國立花蓮教育大學。

[Chen, C.-N. (2008). *The awareness and weakening effect of hot cognition on children's judgment of reasonableness in science questions* [Unpublished master thesis]. National Hualien University of Education.]

教育部(2018)。**十二年國民基本教育課程綱要——國民中小學暨普通型高級中等學校：自然科學領域**。https://reurl.cc/gD77bN

[Ministry of Education. (2018). *Curriculum guidelines of 12-Year basic education for elementary, junior high schools and general senior high schools—Natural sciences*. https://reurl.cc/gD77bN]

湯宜佩、張文馨、許瑛玿(2021)。針對高中科學論證教學研究回顧與評析。**教育科學研究期刊**，**66**(4)，217-243。https://doi.org/10.6209/JORIES.202112_66(4).0008

[Tang, Y.-P., Chang, W.-H., & Hsu, Y.-S. (2021). Review of argumentation instruction in se-

nior high schools. *Journal of Research in Education Sciences*, *66*(4), 217-243. https://doi.org/10.6209/JORIES.202112_66(4).0008]

黃柏鴻、林樹聲(2007)。論證教學相關實證性研究之回顧與省思。**科學教育月刊**，**302**，5-20。https://doi.org/10.6216/SEM.200709_(302).0002

[Huang, P.-H., & Lin, S.-S. (2007). Literature review and reflection on the research about argumentation instruction. *Science Education Monthly*, *302*, 5-20. https://doi.org/10.6216/SEM.200709_(302).0002]

董又愷、林樹聲(2014)。以結構式探究教學促進國小學生了解證據和從事論證之行動研究。**科學教育月刊**，**375**，2-19。http://doi.org/10.6216/SEM.201412_(375).0001

[Tung, Y.-K., & Lin, S.-S. (2014). An action research to advance 4th graders' understanding of concept of evidence and abilities to make argumentation through structured inquiry instruction. *Science Education Monthly*, *375*, 2-19. http://doi.org/10.6216/SEM.201412_(375).0001]

楊文金(1998)。「同儕科學家意像」對訊息合理性判斷的影響分析。**師大學報：科學教育類**，**43**(1)，1-17。https://doi.org/10.6300/JNTNU.1998.43(1).01

[Yang, W.-G. (1998). An analysis of the effects of "image of peer-scientists" on students' judgement of the reasonableness of science information. *Journal of Taiwan Normal University: Science Education*, *43*(1), 1-17. https://doi.org/10.6300/JNTNU.1998.43(1).01]

楊文金(1999)。「期望地位」對同儕互動的影響分析。**科學教育學刊**，**7**(3)，217-232。https://doi.org/10.6173/CJSE.1999.0703.02

[Yang, W.-G. (1999). Social influences in peer interactions: An expectation states analysis. *Chinese Journal of Science Education*, *7*(3), 217-232. https://doi.org/10.6173/CJSE.1999.0703.02]

楊桂瓊、林煥祥、洪瑞兒(2012)。以論證活動探討國小學童論證能力和科學本質之表現。**科學教育學刊**，**20**(2)，145-170。https://doi.org/10.6173/CJSE.2012.2002.02

[Yang, K.-K., Lin, H.-S., & Hong, Z.-R. (2012). Exploring the impact of argumentation ability on elementary school students' understanding of the nature of science. *Chinese Journal of Science Education*, *20*(2), 145-170. https://doi.org/10.6173/CJSE.2012.2002.02]

楊景盛、董曜瑜、陳秀溶、王國華(2017)。社會性科學議題情境下論證式探究教學與課程對七年級學生科學學習成就、論證能力和科學素養之影響。**科學教育學刊**，**25**(S)，485-500。https://doi.org/10.6173/CJSE.2017.25S.04

[Yang, C.-S., Tung, Y.-Y., Chen, S.-R., & Wang, K.-H. (2017). The effect of argumentation-based inquiry instruction and course in socio-scientific context on 7th grade students' achievements, argumentation skills and scientific literacy. *Chinese Journal of Science Education*, *25*(S), 485-500. https://doi.org/10.6173/CJSE.2017.25S.04]

潘怡如、陳雅君、林煥祥(2018)。以科學新聞融入教學提升中學生自我效能及論證能力之探討。**科學教育學刊**，**26**(1)，71-96。https://doi.org/10.6173/CJSE.201803_26(1).0004

[Pan, Y.-J., Chen, Y.-C., & Lin, H.-S. (2018). Promoting secondary school students' science self-

efficacy and argumentation ability with science news instruction. *Chinese Journal of Science Education*, *26*(1), 71-96. https://doi.org/10.6173/CJSE.201803_26(1).0004]

鄭惠君(2005)。**從「問題類型」探討學童班級聚集地位對科學合理性判斷之熱認知效應**。未出版之碩士論文。國立花蓮師範學院。

[Cheng, H.-C. (2005). *The hot cognition effect of children's aggregated status on the judgment of reasonableness in science: An investigation from the kinds of question* [Unpublished master thesis]. National Hualien Teachers College.]

蘇衍丞、林樹聲(2012)。在社會性科學議題情境下應用鷹架教學提升國小六年級學生論證能力。**科學教育學刊**，**20**(4)，343-366。https://doi.org/10.6173/CJSE.2012.2004.03

[Su, Y.-C., & Lin, S.-S. (2012). Improving sixth graders' argumentation skills through scaffolding instruction in socio-scientific contexts. *Chinese Journal of Science Education*, *20*(4), 343-366. https://doi.org/10.6173/CJSE.2012.2004.03]

Bianchini, J. A. (1997). Where knowledge construction, equity and context intersect: Student learning of science in small groups. *Journal of Research in Science Teaching*, *34*(10), 1039-1065. https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199712)34:10<1039::AID-TEA5>3.0.CO;2-S

Cavagnetto, A. R. (2010). Argument to foster scientific literacy: A review of argument interventions in K-12 science contexts. *Review of Educational Research*, *80*(3), 336-371. https://doi.org/10.3102/0034654310376953

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.

Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, *84*(3), 287-312. https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200005)84:3<287::AID-SCE1>3.0.CO;2-A

Duschl, R. A., & Osborne, J. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse in science education. *Studies in Science Education*, *38*(1), 39-72. https://doi.org/10.1080/03057260208560187

Erduran, S., Simon, S., & Osborne, J. (2004). TAPping into argumentation: Developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. *Science Education*, *88*(6), 915-933. https://doi.org/10.1002/sce.20012

Kunda, Z. (1999). *Social cognition: Making sense of people*. MIT Press. https://doi.org/10.7551/mitpress/6291.001.0001

Lin, C.-H., Chiu, C.-H., Hsu, C.-C., & Wang, T.-I. (2015). The influence of playing a for or against a controversial position on elementary students' ability to construct cogent arguments. *The Asia-Pacific Education Researcher*, *24*(2), 409-418. https://doi.org/10.1007/s40299-014-0193-2

Maloney, J. (2007). Children's roles and use of evidence in science: An analysis of decision-making in small groups. *British Educational Research Journal*, *33*(3), 371-401. https://doi.org/10.1080/01411920701243636

McDonald, C. V., & McRobbie, C. J. (2012). Utilising argumentation to teach nature of science. In B. J. Fraser, K. G. Tobin, & C. J. McRobbie (Eds.), *Second international handbook of science education* (pp. 969-986). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7_64

National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. National Academy Press.

Naylor, S., & Keogh, B. (2000). *Concept cartoons in science education*. Millgate House.

Naylor, S., Keogh, B., & Downing, B. (2007). Argumentation and primary science. *Research in Science Education*, *37*(1), 17-39. https://doi.org/10.1007/s11165-005-9002-5

Newton-Smith, W. H. (1981). *The rationality of science*. Routledge.

Nielsen, J. A. (2013). Delusions about evidence: on why scientific evidence should not be the main concern in socioscientific decision making. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, *13*(4), 373-385. https://doi.org/10.1080/14926156.2013.845323

Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004a). *Ideas, evidence & argument in science: CPD training pack*. King's College.

Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004b). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, *41*(10), 994-1020. https://doi.org/10.1002/tea.20035

Sandoval, W. A., & Çam, A. (2011). Elementary children's judgments of the epistemic status of sources of justification. *Science Education*, *95*(3), 383-408. https://doi.org/10.1002/sce.20426

Sarkar, T. K. (1995). Changing concepts of rationality in science. In D. Andler, P. Banerjee, M. Chaudhury, & O. Guillaume (Eds.), *Facets of rationality* (pp. 212-226). Sage.

Scott, P. H., Mortimer, E. F., & Aguiar, O. G. (2006). The tension between authoritative and dialogic discourse: A fundamental characteristic of meaning making interactions in high school science lessons. *Science Education*, *90*(4), 605-631. https://doi.org/10.1002/sce.20131

Simon, S., Erduran, S., & Osborne, J. (2006). Learning to teach argumentation: Research and development in the science classroom. *International Journal of Science Education*, *28*(2-3), 235-260. https://doi.org/10.1080/09500690500336957

Strike, K. A., & Posner, G. J. (1992). A revisionist theory of conceptual change. In R. A. Duschl & R. J. Hamilton (Eds.), *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice* (pp. 147-176). SUNY Press.

Thagard, P. (2006). *Hot thought: Mechanisms and applications of emotional cognition*. MIT Press. https://doi.org/10.7551/mitpress/3566.001.0001

Toulmin, S. E. (1958). *The uses of argument*. Cambridge University Press.

Warwick, P., & Siraj-Blatchford, J. (2006). Using data comparison and interpretation to develop procedural understandings in the primary classroom: Case study evidence from action research. *International Journal of Science Education*, *28*(5), 443-467. https://doi.org/10.1080/09500690500277896

科學教育學刊
2023, 第三十一卷第二期, 109-132
DOI:10.6173/CJSE.202306_31(2).0001

Contemporary Journal of Science Education
2023, 31(2), 109-132

A Study of Exploring Elementary School Students' Argument Learning and Judgment of Rationality on Scientific Explanation From the Perspective of "Hot Cognition"

Wen-Cheng Chen[1] and Chih-Hsiung Ku[2,*]

[1]Da-Sing Primary School, Hualien County
[2]Department of Education and Human Potentials Development, National Dong Hwa University

Abstract

The purpose of this study was to explore the practical efficacy of concept cartoon argument instruction (CCAI) on elementary upper grader's argument construction. The differences of children's judgment of rationality on scientific explanations (JRSE) after CCAI were analyzed too. Furthermore, whether the arousal of hot cognition in children's JRSE under the intervention of children's aggregated status was investigated too. The four classes of sixth grades (N = 108) were assigned as the experimental group with argumentation instruction, while another two classes (N = 56) with the similar backgrounds using traditional instruction served as the comparison group. The instruments of science argumentation ability test, rationality on scientific explanation test and questionnaire of student's aggregated status in the class were used in this study. The main findings include: (1) the experimental group students outperformed those in comparison group in science argumentation ability, (2) the experimental group students tended to agree to the scientific explanations with Toulmin's Argument Pattern form (TAP form) after CCAI, (3) both the experimental and comparison group students exhibited the hot cognition on the judgment of JRSE induced from the intervention of children's aggregated status, (4) the significant negative correlation existed between the experimental group students' pre-posttest variation scores in the science argumentation ability test and the arousal degree of hot cognition on the judgment of JRSE induced from the intervention of children's aggregated status.

Key words: Judgment of Rationality, Science Explanation, Hot Cognition, Argumentation Ability

* Corresponding author: Chih-Hsiung Ku, chku@gms.ndhu.edu.tw; ORCID: 0000-0003-2158-4538
Received: 2022/7/21, Revised: 2022/12/12, Accepted: 2022/12/13, Available Online: 2023/8/8