

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

楊景盛 董曜瑜 陳秀溶 王國華*

國立彰化師範大學 科學教育研究所

摘要

本研究針對「人類與環境」單元，以社會性科學議題「國光石化是否興建」為主題，發展論證式探究課程，並評估此課程之教學對七年級學生在科學學業成就、論證能力與科學素養上的影響。研究採用準實驗研究設計，對象為彰化地區某國中兩班七年級學生，其中實驗組($N = 30$)接受「論證式探究課程」之教學，控制組($N = 35$)則接受傳統講述教學。教學介入持續兩週、共3節課。教學前、後，兩組學生分別接受科學學習成就測驗和科學素養評量的施測，而論證能力問卷由於時間限制僅實施後測。研究結果顯示：實驗組在科學學習成就、論證能力和科學素養都顯著優於控制組($p < .01$)。

關鍵詞：社會性科學議題、科學素養、科學學習成就、論證式探究、論證能力

壹、前言

面對科技時代，學生需要更好的科學教育，培育他們具備科學素養來迎接挑戰。美國「2061計畫」(Project 2061)、國家科學教育標準(National Science Education Standards)(National Research Council [NRC], 1996)，以及我國教育部(2003)公布的「科學教育白皮書」都提到科學素養的重要。科學素養定義很多，見解各有不同，其中近年來我國參與經濟合作暨發展組織(Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD])舉辦的「國際學生能力評量計畫」(Programme for International Student Assessment,

PISA)，該計畫強調可評量「三項能力」——辨識科學議題(identify scientific issues)、科學地解釋現象(explain phenomena scientifically)和使用科學的證據(use scientific evidence)，以此反映學生的科學素養(OECD, 2009)。也就是說，這三項能力不但是評量學生是否具備科學素養的重要指標，也是當今我國十二年國教自然科學領域強調引導學生從事科學探究活動、討論社會性科學議題(Socio-Scientific Issues, SSI)時必備的基本能力(教育部, 2012)。

此外，從事科學探究或討論SSI，還會使用到「論證能力」。以討論SSI來說，由

*通訊作者：王國華，sukhua@cc.ncue.edu.tw

(投稿日期：民國106年9月1日，修訂日期：民國106年11月3日，接受日期：民國106年12月12日)

於不同的人對SSI中的問題解決持有不同的看法，所以彼此透過對話、意見交換和溝通，試圖利用證據和論點，說服對方支持自己的意見或反對對方的想法，此一過程就是論證(Kuhn, 2010)。學生表現出論證行為，正是展現科學素養，只是先前的研究多數顯示「學生的論證能力必須透過適當的教學和課程才得以提升」(蘇衍丞、林樹聲，2012；Osborne, Erduran, & Simon, 2004)，這表示設計和開發有關提升學生論證能力的教學與課程是必要的。

過去有關提升學生論證能力的教學相當多元，其中整合科學探究和論證的教學模式——「探索—論證—評價」(Exploration-Argumentation-Evaluation, EAE)，相當適合用來引導學生學習論證(洪振方、封中興，2011a)，其理由就在於此模式強調學生必須不斷透過反覆發散和收斂思考，收集和解讀不同的資料來支持或反駁主張，對於需要從不同面向來討論的SSI而言，正好適用此類議題的教學。所以，本研究試圖以SSI為主題，提出「論證式探究教學」來達成提升學生論證能力的目的。

而發生在臺灣彰化地區的SSI，近十多年來以「國光石化開發案」最受注目。雖然此案最後未在彰化地區落實，也因故被撤銷和廢止，但它仍然值得作為學生討論的題材，也可藉此加強學生的論證能力、提升科學素養。

再者，科學學習中導入SSI也能促進學生學習科學內容的效益(Chang, Wu, & Hsu, 2013; Eastwood et al., 2012)，尤其是此一SSI若與正在學習的科學內容有關，就能加速學生建構相關的知識。而學生對學科知識的建構情況，往往被視為是科學學習成就的重要成分。也因此，本研究試圖結合課本「人類與

環境」單元，發展以「國光石化是否興建」SSI為主題的論證式探究教學與課程，在對照傳統講述式教學與課程之下，學生科學學習成就、論證能力和科學素養的改變。

根據此一目的，引導本研究的待答問題為：接受論證式探究教學的學生與接受傳統講述式教學的學生在「科學學習成就」、「論證能力」、「科學素養」等三者上有何差異？

貳、文獻探討

一、科學素養

世界各國當前對於科學教育都相當重視，也不遺餘力地推動科學教育改革。以美國為例，從「Project 2061」、「國家科學教育標準」，到「下一世代的科學標準」(next generation science standards) (NRC, 2013)提升學生科學素養為主要目標。反觀我國也不例外，不論是「科學教育白皮書」(教育部，2003)、九年一貫自然與生活科技領域課程綱要，或是即將實施的十二年國教自然科學領域，也是以培育學生具備科學素養為最終的依歸。上述這些計畫、手冊或綱要，幾乎都將科學素養的內涵之一定義為學生表現出來的科學能力(competency)，所以內含的「能力指標」就可作為檢視學生是否具備科學素養的判準。

此外，PISA 2009將學生的科學能力界定為三項，其一為「辨識科學的議題」，包含透過科學化研究辨識可能的議題、在科學訊息當中發現研究的關鍵、在科學研究當中辨識主要特徵；其二為科學地解釋現象，包括在主題情境當中應用科學知識、科學地描述或解釋現象並且預測改變、給予恰當的描述、解釋與預測；其三為使用科學的證據，

包含佐以科學證據建立與延伸出結論、發現在結論背後的假設、證據與論述、將科學應用於社會與科技的發展等(OECD, 2009)。由於上述三種能力是學生討論SSI或從事論證必備的科學素養內涵，所以本研究以此作為評量學生經歷「社會性科學議題情境下論證式探究教學與課程」的成效之一。

二、論證式探究教學

科學探究活動強調使用證據和策略來發展解釋、應用實驗的結果到科學的論證和解釋，以及將想法公開地與全體同學溝通(NRC, 1996)。在溝通的過程中，學習者透過對話、想法挑戰、協商、分享來建構知識，展現論證能力，所以論證在探究式學習中扮演了重要的角色(Kind, Kind, Hofstein, & Wilson, 2011)。然而，目前科學課室現場實施論證式教學並不多見(Driver, Newton, & Osborne, 2000; Jiménez-Aleixandre & Erduran, 2007; Kuhn, 2010)，仍以傳統講述居多。相對於論證式探究的教學，傳統教師為中心的講述教學屬於教導式論證，學生不關注自主發展論證架構的歷程(洪振方、封中興，2011b)，相反的透過論證式探究能提升學生之論證能力(林樹聲、黃柏鴻，2009；蘇衍丞、林樹聲，2012；Duschl & Osborne, 2002; Sampson, Grooms, & Walker, 2010; Walker, Sampson, Grooms, Anderson, & Zimmerman, 2011)。

由於學生在進行論證時要能夠提出自己的主張，必須運用並精緻化已有的科學概念，甚至進一步瞭解自己還缺少哪些關鍵科學知識，激發學生運用後設認知思考。針對反對方的質疑，學生更能有機會澄清原本具備的科學知識(Aydeniz, Pabuccu, Cetin, & Kaya, 2012)。因此，將論證運用於科學探究中，能夠顯著提升學生科學概念的學

習(Aydeniz et al.; von Aufschnaiter, Erduran, Osborne, & Simon, 2008; Wang, 2014)。

論證模式中，Toulmin (1958)提出之論證架構是目前最被廣泛使用的一套；而藉由融合論證與探究彼此的優點，形成的教學即是所謂的「論證式探究教學」。其中，EAE以「論證」作為探究的起點，並整合NRC (2000)五階段探究與論證的理論，形成以「探索—論證—評價」為基礎的探究教學模式。此模式採用發散和收斂思考交互引導學生進行活動，使用發散思考的目的是為了產生多元的主張或論點，而收斂思考的目的是從多元主張或論點中，尋找出一個最合理的想法。同時，這樣的模式也鼓勵採用個人與小組論證，相當適合用來引導學生討論開放式、涵蓋多元觀點的SSI。

三、社會性科學議題

SSI牽涉到環境、生態、社會、經濟、道德、科學……等面向和問題，若以單方面做出判斷與決策，往往會顧此失彼，唯有整全的看待和思考，較能找出問題的決解方案(Sadler, 2009)。像SSI這樣結構不佳的問題，加上具有爭議，所以教師在科學課室內引導學生討論時，學生一方面必須運用他們的科學和相關知識，另一方面也必須解讀資料、蒐集證據，與同儕進行溝通和論證，所以對於培育學生建構和應用知識(Jho, Yoon, & Kim, 2014)、提升高層次的思考能力有相當大的幫助(Zeidler & Sadler, 2011)。

對於身處在臺灣彰化地區的人來說，過去曾經面對「國光石化是否興建」的問題。此一議題之所以為SSI，主要是它涵蓋正、反兩方的理由。支持國光石化興建者認為：日常用品多為石化產品，臺灣自己有提煉廠，能降低生產成本，較不受到國外原料價格波

動影響國光石化能提供在地人就業機會；提升地方政府的稅收，改善基礎建設；因科技進步，新工廠製成所產生的污染較低。反對者則認為：石化工業會製造空氣汙染，增加居民罹癌和呼吸道疾病的風險；因氣候的關係，一旦國光石化廠運作，臺灣南部污染範圍將擴大；國光石化預定興建的區域不但會破壞中華白海豚生存的棲地，也會破壞溼地原有的生態與防洪的功能。正因為正反影響皆有，所以國光石化興建與否就成了爭議，也因此可引領學生從不同面向加以論證。

參、研究方法

一、研究對象

本研究在彰化地區一所公立國中進行，該國中為一大型學校，班級採常態編班。該校相當鼓勵數學和科學教師嘗試創新教學方式。參與本研究的教師有兩位，其中鄧老師教學年資12年，畢業於中部師範院校的生物學系，並已取得生物教育碩士學位。對於論證相關理論有一定程度熟悉，亦有自行開發課程進行教學實驗的經驗。另一位陳老師，教學年資15年，具有生物碩士學位，並在本研究實施期間進修科學教育博士學位，熟習科學教育理論。

本研究邀請兩位老師進行課程發展，並由陳老師擔任授課教師，挑選其任教的兩班七年級學生進行實驗。其中一班為控制組(男生19人、女生16人)，接受傳統的講述教學；另一班為實驗組(男生16人、女生14人)，接受論證式探究教學。

二、論證式探究課程

本研究研究團隊針對國光石化開發案，編寫一套適合於國中七年級學生學習的論證

式探究課程。最初課程是由鄧老師規劃，再加入3位碩士生、1位博士生、1位博士後研究員及多位教師組成研究團隊，持續針對課程進行線上討論。討論和修正的內容包括論證的教學模式、課程內容、評量試題等。課程初步修改完成後，由鄧老師進行第一次課程實施。課程實施過程由研究團隊錄影，上傳至網路平臺。研究團隊成員觀看後，再次進行課程討論與修改，最後形成正式實施課程，次年再由陳老師進行正式2節課的課程實施。

除了2節課之外，本研究的課程還包含一堂「桃莉羊」練習課程，藉由閱讀PISA 2006樣本試題中「S128：生物複製」之桃莉羊複製資料，再由教師根據「探索—論證—評價」，帶領學生進行探究式論證，並填寫該閱讀資料下的三題試題。

「國光石化是否興建」論證式探究課程(圖1)：第一節課和課後收集資料為「探索」階段。在第一節課開始時，播放陳志忠與鄧惠珍(2008)關於國光石化之專題報導，提供學生對於本議題最基本認識。此份報導除了介紹國光石化興建背景之外，亦訪問不同立場各方人士意見，提供想法的衝突。隨後提供教師編纂之閱讀資料，讓學生更進一步瞭解不同立場人士的看法。學生藉由觀看影片以及相關資料，需要從許多科學研究中辨識相關的議題，例如從白海豚食性以及相關生活習性資料，判斷國光石化會對它發生的影響。閱讀完畢後，根據對本議題支持或反對，把學生分為兩大組別。支持組學生被分配三種角色小組，分別為「石化業者」、「經濟學家」、「當地居民」；反對組學生被分配三種角色小組，分別為「環保人士」、「生態學家」、「當地居民」。分組完成後，每個角色小組發給一份表達訴求的

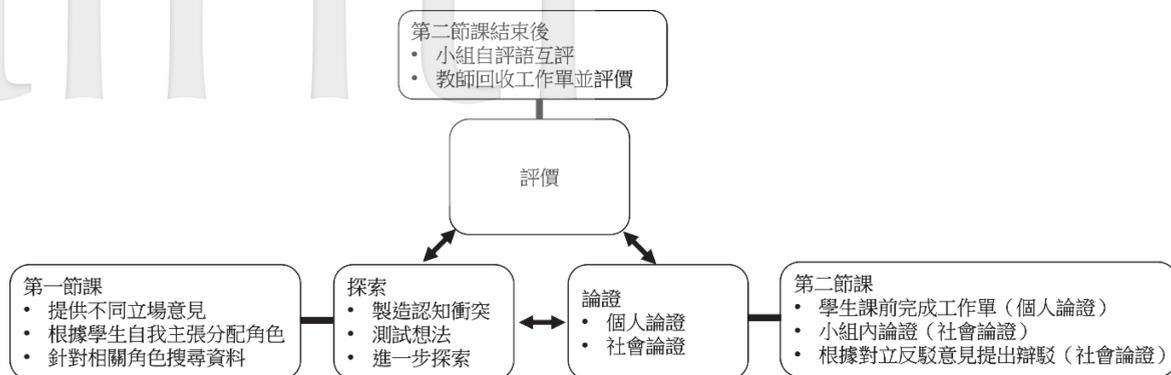


圖1：EAE模式與課程簡要流程圖

工作單與工作單。

教師以工作單對學生說明如何依據 Toulmin (1958) 論證架構完成工作單、提供工作單評分標準，並提示學生在課後根據工作單上的角色，蒐集進一步資料。第一節課結束後到第二節課上課前，一個週末時間學生在家蒐集相關資料進一步探索。藉由蒐集的資料，根據論證架構完成工作單，是為「個人論證」。在這樣的過程，學生不但需要辨識科學議題更要運用相關科學知識解釋現象。例如蒐集到資料顯示過去雲林六輕完工後，附近居民的罹癌機率顯著上升，推論六輕空氣污染極可能是導致此結果的原因。而要完成個人的工作單，即個人論證，使用科學證據更是不可或缺的能力。

第二階段「論證」，在第二節課開始前，教師說明小組的自評和小組互評規則，作為論證階段的指引。隨後，小組成員根據自己完成之工作單，進行小組內論證，形成小組共識，完成整組工作單。隨後，個別角色小組發表小組的主張、理由及證據，小組發表完後，其他對立之小組提出反駁意見，發表小組再根據反駁意見提出辯駁，而以上歷程屬於社會論證。報告結束後，小組進行自評與互評，是為第三階段「評價」。

三、研究設計與實施

本研究採準實驗設計，以陳老師授課的兩個班級進行實驗，一個班作為控制組，上課前一週，進行以下兩份試卷之前測：成就測驗和科學素養評量。接著以傳統講述方式，教授七年級下學期自然與生活科技第六單元，人類與環境。傳統講述課程中，以國光石化作為舉例，說明人類與環境的關係，課程共兩節課。課程結束後一週，則進行前述兩份試卷之後測，另外額外填寫論證能力問卷。

另一個班為實驗組，在實施「國光石化是否要興建」論證式探究課程之前，先實施一節課的「桃莉羊」論證式探究練習課程。隨後如同控制組，實施成就測驗和科學素養評量。接著進行「國光石化是否要興建」論證式探究課程，共兩節課。課程實施後一週，同樣進行相對應的後測，以及填寫論證能力問卷。

綜合以上，本研究控制變項包含以下兩點：(一)兩組正式課程皆為兩節課，並且都是針對「人類與環境」單元；(二)兩組課程皆以國光石化作為切入議題，並皆提示學生返家可以搜尋相關資料，另外兩組也都進行成就測驗和科學素養評量的前後測實施。

四、研究工具與資料分析

本研究蒐集資料的工具包括「科學學習成就測驗」、「科學素養評量問卷」、「論證能力問卷」和「工作單」。

(一)科學學習成就測驗

科學學習成就測驗針對七年級下學期自然與生活科技領域第六單元「人類與環境」進行編製。由陳老師設計，共有20題選擇題(見附錄一)，每題1分、總分20分。科學概念與認知層次對應之雙向細目表，如表1。科學概念包含：人類與環境、污染與生物累積、生態平衡與生物與環境互相影響。由一位科學教育專家審核後，研究者邀請184位七年級學過此單元的學生進行預試， KR_{20} 為.83，平均難度.78。科學學習成就測驗以單因子共變數分析，以前測總分作為共變數，瞭解學生經過論證式探究教學後，是否能提升科學學習成就。

(二)科學素養評量問卷

科學素養評量問卷有兩大題組，第1個大題組「搶救白海豚」是本研究團隊發展而成(見附錄二)，發展過程如前文所述。本題組參考PISA試題發展，試題提供一段六輕興建對白海豚影響資料，共有4個小題組和1個開放試題。發展完成後，經過1位科學教育專家，以及4位資深自然科教師審核並提供修改建議。4個小題組分別有3題是非題，學生必須

三題是非題都答對才能得到小題組分數1分，錯1題則沒得到分數。第2個大題組則是引用已經公開的且與環境議題相關之PISA試題：溫室效應，包含有3個開放試題。以上試題包含了科學素養中三個科學能力，包含有辨識科學的議題(1題)、科學地解釋現象(2題)以及使用科學的證據(5題)。

發展完成後進行預試，邀請205位八年級學生進行預試，平均難度為.73，平均鑑別度分別為.43。針對各別難易度和鑑別度較差題目進行修改，並由一位科學教育專家審核共有8個題組，17個小題。

科學素養評量問卷由於是開放性試題，因此每份試卷皆由兩位科學教育背景之研究生進行批改。研究生皆為本課程發展的研究群成員，因此瞭解研究中試卷的評分標準。兩位評分者評分後之分數，進行皮爾森積差相關係數(Pearson product-moment correlation coefficient)檢定，結果顯示每一題相關係數都高於.85，表示評分具有一致性。科學素養評量採用單因子共變數分析，以前測總分作為共變數，瞭解學生經過論證式探究教學與課程，是否能提升科學素養。同時，以成對樣本 t 檢定，瞭解實驗組與控制組學生在上課後科學素養的改變。

(三)工作單

本份工作單由鄧老師和陳老師共同設計，針對國光石化議題並參考Toulmin (1958)

表1：成就測驗之雙向細目表

科學概念	認知領域			
	知識	理解	應用	分析
人類與環境	1, 5, 9	2, 3, 8	4, 7	6
污染與生物累積	15	11, 18	12	16
生態平衡	13	10	14	
生物與環境互相影響		17	20	19

所提出的論證架構，共有五題。工作單經過一位科學教育專家，以及四位資深自然科教師審核並提供修改建議。每一份試卷之開放試題由兩位科學教育背景之研究生進行批改，於批改前會先溝通評分準則，參考林樹聲與黃柏鴻(2009)提出的論證能力評分量表將個人工作單進行評分。學生於工作單中第1題與第2題提出的主張和理由必須相關才給予計分，多一個理由多1分。工作單第3題則為證據的敘述，證據說明對應工作單第二題提出的理由則一個證據得1分，否則不予計分。工作單第4題為反論點，與主張和理由相反並且與主題相關得1分。第5題則是反駁，針對第4題提出的反論點做出反駁得1分，無關的反駁則不得分(表2)。

兩位評分者評分後，各分數進行皮爾森積差相關係數檢定，結果顯示相關係數為.91。為瞭解學生在課程實施過程中，表現可以再加強部分，因此分析每份工作單獲得四個分數之間差異。另外，此分數亦作為論證能力問卷的比較基準。由於是工作單內不同題目間分數差異分析，無對應之母群體，因此採用Kruskal-Wallis無母數分析，再採用Dunn法事後比較。

(四)論證能力問卷

相對於工作單是瞭解課程實施過程論證能力的表現，為瞭解學生在「論證教學與課程後」是否提升論證能力，實施論證能力問卷測驗。論證能力問卷測驗由研究團隊發展，參考Toulmin (1958)論證架構編纂。提供學生兩份與核電廠相關的資料，資料內容由1位科學教育專家，以及3位資深自然科教師審核。兩份資料分別包含正反雙方的意見，由學生藉由資料，針對是否興建核電廠此議題做出正反觀點的論證。論證方式填寫比照工作單，然而考量到實施時間考量，與工作單不同將反論與反駁結合為一題「你將會如何說服與你相反意見的人？」，因此正面觀點與反面觀點的論證都各有4題，共8題。

每份試卷之開放試題皆由兩位科學教育相關之研究生進行批改。批改前會先溝通評分準則。於批改後將每一題兩位評分者分數進行皮爾森相關係數檢定，結果顯示達顯著相關，相關係數為.92，表示評分具有一致性。論證能力問卷的分析首先針對實驗組進行項目間分數比較，無對應之母群體，因此採用無母數Mann-Whitney U法檢定。兩組比較部分，由於課程實施時程較為緊湊，並未實施前測，因此論證能力數據結果進行獨立

表2：工作單內容與評分標準

論證架構	學習單題號與內容	回答範例	分數以及說明
主張與理由	1.對於鹿港是否該興建國光石化，你的想法是什麼？ 2.你為何有上面的想法，你的理由是？	1.支持興建國光石化。 2.因為能夠促進經濟發展。	得分1 主張與理由相符；一個理由
證據的敘述	3.有什麼證據或理論可以支持你的理由是正確的？	3.國光石化年產值可達8530億。	得分1 證據與理由相關
反論點	4.你覺得和你持相反意見的人，其提出的理由可能是什麼？	4.會造成污染。	得分1 與主張相反並符合主題
反駁	5.第四小題中所提出的理由，可想到的反駁(例子或證據)	5.國光石化採用新一代的設備，碳排放以及有毒物質遠比過去來得低。	得分1 有效反駁反論點

樣本 t 檢定，以瞭解學生是否接受論證課程在論證能力的差異。

肆、研究結果與討論

一、論證式探究課程與教學對科學學習成就影響

實驗組與控制組科學學習成就測驗採單因子共變數分析，結果顯示達統計上顯著差異($F(1, 62) = 17.00, p < .001$)，實驗組後測調整後的平均數高於控制組(表3)，表示相對於傳統講述教學，透過論證式探究教學更能提升學生在科學學習成就上的表現。學生為了能夠有效做出論證，需要蒐集資料、運用科學知識，促使科學知識學習更有效益。過去研究指出論證學習有助於學生科學概念的瞭解(洪振方、封中興，2011b；Aydeniz et al., 2012；von Aufschnaiter et al., 2008；Wang, 2014)。論證藉由討論議題的過程能夠精緻化並提供機會澄清學生已經具備知識，激發學生運用後設認知的思考(Aydeniz et al.)。在本研究中的社會性科學議題「國光石化」相關內容契合於「人類與環境」單元，而且該單元學生通常從日常生活與報章雜誌都已經有初步認識。因此，透過論證國光石化議題，學生能夠藉由蒐集相關資料以及聽取同學發表相關主張與證據，進一步瞭解人類與環境單元相關概念，並精緻化已經具備的知識。而且，相對於傳統的科學學習情境，運用社會性科學議題更能有效促進科學內容的學習

(Chang et al., 2013；Eastwood et al., 2012；Jho, et al., 2014；Sadler, Romine, & Topçu, 2016)。

二、論證式探究課程與教學對科學素養的影響

單因子共變數分析的結果顯示兩組在科學素養評量後測達統計上顯著差異($F(1, 62) = 9.20, p < .01$)，實驗組科學素養調整後平均分數高於控制組(表3)。這表示論證式探究論證式探究教學在提升學生科學素養上，顯著優於傳統教學。

本研究科學素養之操作型定義以PISA 2009年對科學素養為依據，由三種科學能力組成，包括：辨識科學議題、解釋科學現象以及科學舉證。分別針對此三種科學能力，將控制組和實驗組之前、後測，進行成對樣本 t 檢定，瞭解不同能力在教學後的成長情形(表4)。傳統教學著重科學知識的傳遞，對於科學素養提升有其限制，三種能力前後測改變並不顯著($p > .05$)。相對的，論證式探究教學更能提升學生高層次思考技能尤其在「科學地解釋現象」($p = .001$)、「使用科學的證據」($p < .001$)兩種能力呈現統計上的顯著進步。

論證式探究教學和課程中，為了要做出完整論證，學生對社會性科學議題第一步驟要能夠根據自己蒐集的資料或是已有的科學知識，針對閱讀資料做出科學解釋。例如，超抽地下水導致地層下陷；白海豚聲納辨識

表3：成就測驗與科學素養評量後測總分平均值、標準差以及調整後平均數

組別	人數	評量工具	平均數	標準差	調整後平均數
控制組	35	成就測驗	14.43	3.99	14.25
		科學素養	2.29	1.47	2.13
實驗組	30	成就測驗	17.17	2.02	17.38
		科學素養	2.81	0.94	3.00

表4：科學素養評量三種能力成對樣本t檢定與描述統計

科學能力	控制組				實驗組			
	前測平均數 (標準差)	後測平均數 (標準差)	<i>t</i>	<i>p</i>	前測平均數 (標準差)	後測平均數 (標準差)	<i>t</i>	<i>p</i>
辨識科學議題	0.11 (0.32)	0.09 (0.28)	1.00	.324	0.03 (0.18)	0.17 (0.38)	1.68	.103
科學地解釋現象	0.36 (0.48)	0.40 (0.48)	0.46	.646	0.07 (0.25)	0.35 (0.42)	3.62	.001
使用科學的證據	1.71 (1.06)	1.81 (1.19)	0.52	.608	1.37 (0.85)	2.29 (0.90)	4.21	< .001

方向與噪音的關連。提出主張與理由後，需要運用證據支持自己的觀點。例如，空氣污染將導致魚蝦死亡，相關證據為六輕興建後空氣污染指數上升，並導致水質酸化，因此魚蝦暴斃。因此，在科學素養裡兩個科學能力科學地解釋現象以及使用科學的證據有顯著提升。

本研究引入了EAE論證式探究教學，此一探究教學模式考慮到個人與小組的論證，學生之間除了觀摩組員論證結果(工作單)，還必須達成組內共識。組內合作完成論證，需要透過對話達成共識，這樣的過程會增加後設層級的對話(Kuhn, Goh, Iordanou, & Shaenfield, 2008)，精緻化科學證據的使用。

三、論證式探究課程與教學對論證能力影響

本研究提出的論證能力分別是：提出主張與理由、根據主張提出證據的敘述、提出

反論點、針對反論點的反駁。學生在課程中填寫的工作單上各項評分(表5)，以獨立樣本無母數檢定(Kruskal Wallis檢定)，四種論證能力分數($\chi^2(3) = 27.07, p < .001$)之間達顯著差異，因此進行Dunn法事後比較。結果顯示學生能夠根據資料提出主張與理由，也能找出可能的反論點，其中兩者分數並無顯著差異。如同過去研究，因為社會性科學議題能夠根據個人經驗以及情感提出論點，未必須要有充足的科學概念，所以建構論點和反論點並不難(蘇衍丞、林樹聲, 2012)。不過針對主張與理由、反論點，分別提出相對應的證據和反駁，統計上都顯著低於前者，事後比較*Q*值分別為3.21、3.80，*p*值分別為.008、.001。表示在本研究實施課程和教學前，儘管已讓學生以桃莉羊議題練習論證，他們在提出證據、反駁反論點仍像過去研究結果一樣有困難(張緯文、林樹聲, 2014；Driver et al., 2000)。

表5：工作單各項分數描述統計

論證架構	平均數	等級平均數	標準差
主張與理由 ^a	1.58	77.92	0.72
證據的敘述 ^a	0.93	52.58	0.64
反論點 ^b	1.57	71.90	1.04
反駁 ^b	0.70	41.03	0.75

註：^a主張與理由 > 證據的敘述。(Q值 = 3.21；*p*值 = .008)

^b反論點 > 反駁。(Q值 = 3.80；*p*值 = .001)

為了進一步瞭解學生在論證式探究教學與課程結束後，論證能力的改變，以無母數檢定分析實驗組學生論證能力問卷。分析結果與課程中填寫的工作單結果不同，顯示實驗組學生在「主張與理由」和「提出證據」，兩者分數已無顯著差異(Mann-Whitney U統計量449.50, $p > .05$)。由此可推斷經過學生經歷論證式探究教學與課程後，已經能根據資料提出主張和理由，並能提出相對應於主張和理由的證據。而實驗組學生在論證能力問卷中反論與反駁能力，得到0分的學生僅1位。換句話說，經過教學後，大部分學生都能提出反論，並且做出合理的反駁。

此外，教學後實驗組與控制組在論證能力上的平均總分分別為10.10和6.80，比較結果達顯著差異($t = 5.50, p < .001$)，這表示實驗組學生教學結束後論證能力的表現顯著優於接受傳統教學的學生，此一結果與過去研究類似(蘇衍丞、林樹聲, 2012; Walker et al., 2011)。雖然本研究課程僅三節課，但如同其他過去研究指出，短期的論證課程實施，亦可能提升學生論證技能和品質(Venville & Dawson, 2010)。

伍、結論與建議

綜合上述結果可獲得以下結論：本研究以「國光石化是否興建」為主題所設計與發展的論證式探究課程與教學，能有效提升七年級學生的「科學學習成就、論證能力、科學素養」。由此衍生的建議如下：

如同許多高層次技能的習得需要多次練習一樣，學生才得以精熟。在本研究中，實

驗組學生僅有一堂練習課程，再加上教學介入兩節課，雖然教學後在論證等能力上皆進步了，但與精熟程度仍有一段距離。因此，如果能延長論證式探究課程的教學時間，多增加學生練習的機會，學習成效應該能更加提升。

此外，本研究的一個限制就是礙於上課時數的關係，學生蒐集資料和完成個人論證並不是在課堂實施，而是學生返家利用課餘，自行上網蒐集並完成工作單，到學校才進行討論，並與同儕達成共識。所以，未來研究應可考慮將蒐集資料和完成個人論證整合入課堂中實施，一方面提高本研究最後歸因的準確度，另一方面也可檢視學生收集資料時，從資料中援引出支持或反駁想法的歷程、甚至是困難等，強化教師設計論證教學可以提供學生學習的鷹架。

最後，實驗組學生在「辨識科學議題」的能力於教學後並無顯著進步，可能原因在於這樣的能力對學生來說有一定的難度，未來教學可以從報章雜誌、網路資訊等訊息來源作為教材，引導學生從中辨識並擬定科學論證議題，再進一步發展論證結構，以期提升此一能力。

誌謝

本研究感謝參與的老師、研究生和研究助理，投入許多心血和時間發展課程、工具以及研究的實施。在此也特別感激主編和審查委員費心審查，並提供關鍵而且豐富的建議，使本研究更加完善，也讓筆者從中獲得寶貴學習機會，由衷感謝。

參考文獻

1. 林樹聲、黃柏鴻(2009)。國小六年級學生在社會性科學議題教學中之論證能力研究——不同學業成就學生間之比較。《科學教育學刊》，**17**(2)，111-133。
2. 洪振方、封中興(2011a)。以「探索—論證—評價」為基礎的探究教學模式在國中自然科之教學成效。《科學教育研究與發展季刊》，**60**，1-34。
3. 洪振方、封中興(2011b)。運用「以建模為基礎的論證教學模式」促進國二學生的科學學習成效——以光學單元為例。《臺北市立教育大學學報》，**42**(1)，85-124。
4. 陳志忠、鄧惠珍(2010年11月23日)。國光石化專題報導第二集——石化業的未來。查詢日期：2018年1月10日，檢自http://news.sdtv.com.tw/News_detail.html?sn=12201&p5=2&select_5=%B0%EA%A5%FA%A5%DB%A4%C6#news_top
5. 張緯文、林樹聲(2014)。實施議論文寫作活動提升國小學生論證與寫作能力。《科學教育月刊》，**368**，2-19。
6. 教育部(2003)。科學教育白皮書。臺北市：作者。
7. 教育部(2012)。十二年國民基本教育：開啟孩子的無限可能。臺北市：作者。
8. 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。
9. Aydeniz, M., Pabuccu, A., Cetin, P. S., & Kaya, E. (2012). Argumentation and students' conceptual understanding of properties and behaviors of gases. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *10*(6), 1303-1324.
10. Chang, H.-Y., Wu, H.-K., & Hsu, Y.-S. (2013). Integrating a mobile augmented reality activity to contextualize student learning of a socioscientific issue. *British Journal of Educational Technology*, *44*(3), 95-99.
11. Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, *84*(3), 287-312.
12. Duschl, R. A., & Osborne, J. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse in science education. *Studies in Science Education*, *38*(1), 39-72.
13. Eastwood, J. L., Sadler, T. D., Zeidler, D. L., Lewis, A., Amiri, L., & Applebaum, S. (2012). Contextualizing nature of science instruction in socioscientific issues. *International Journal of Science Education*, *34*(15), 2289-2315.
14. Jho, H., Yoon, H.-G., & Kim, M. (2014). The relationship of science knowledge, attitude and decision making on socio-scientific issues: The case study of students' debates on a nuclear power plant in Korea. *Science & Education*, *23*(5), 1131-1151.
15. Jiménez-Aleixandre, M. P., & Erduran, S. (2007). Argumentation in science education: An overview. In S. Erduran & M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research* (pp. 3-27). Dordrecht, The Netherlands: Springer.

16. Kind, P. M., Kind, V., Hofstein, A., & Wilson, J. (2011). Peer argumentation in the school science laboratory—Exploring effects of task features. *International Journal of Science Education*, 33(18), 2527-2558.
17. Kuhn, D. (2010). Teaching and learning science as argument. *Science Education*, 94(5), 810-824.
18. Kuhn, D., Goh, W., Iordanou, K., & Shaenfield, D. (2008). Arguing on the computer: A micro-genetic study of developing argument skills in a computer-supported environment. *Child Development*, 79(5), 1310-1328.
19. National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
20. National Research Council. (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. Washington, DC: National Academy Press.
21. National Research Council. (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. Washington, DC: National Academies Press.
22. Organization for Economic Co-operation and Development. (2009). PISA 2009 Assessment framework: Key competencies in reading, mathematics and science. Retrieved September 1, 2017, from <https://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/44455820.pdf>
23. Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argument in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994-1020.
24. Sadler, T. D. (2009). Socioscientific issues in science education: Labels, reasoning and transfer. *Cultural Studies in Science Education*, 4(3), 697-703.
25. Sadler, T. D., Romine, W. L., & Topçu, M. S. (2016). Learning science content through socio-scientific issues-based instruction: A multi-level assessment study. *International Journal of Science Education*, 38(10), 1622-1635.
26. Sampson, V., Grooms, J., & Walker, J. (2010). Argument-driven inquiry as a way to help students learn how to participate in scientific argumentation and craft written arguments: An exploratory study. *Science Education*, 95(2), 217-257.
27. Toulmin, S. E. (1958). *The uses of argument*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
28. Venville, G. J., & Dawson, V. M. (2010). The impact of a classroom intervention on grade 10 students' argumentation skills, informal reasoning, and conceptual understanding of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(8), 952-977.
29. von Aufschnaiter, C., Erduran, S., Osborne, J., & Simon, S. (2008). Arguing to learn and learning to argue: Case studies of how students' argumentation relates to their scientific knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(1), 101-131.

30. Walker, J. P., Sampson, V., Grooms, J., Anderson, B., & Zimmerman, C. O. (2011). Argument-driven inquiry in undergraduate chemistry labs: The impact on students' conceptual understanding, argument skills, and attitudes toward science. *Journal of College Science Teaching*, 41(4), 74-81.
31. Wang, T. H. (2014). Implementation of web-based argumentation in facilitating elementary school students to learn environmental issues. *Journal of Computer Assisted Learning*, 30(5), 479-496.
32. Zeidler, D. L., & Sadler, D. L. (2011). An inclusive view of scientific literacy: Core issues and future directions of socioscientific reasoning. In C. Linder, L. Östman, D. A. Roberts, P.-O. Wickman, G. Erickson, & A. MacKinnon (Eds.), *Promoting scientific literacy: Science education research in transaction* (pp. 176-192). New York: Routledge.

附錄

附錄一：成就測驗(例題1~10)

學校：_____ 年級 _____ 班 座號 _____ 姓名：_____ 女生 男生

答案

人類與環境

- 為了減緩地球環境惡化，何者不恰當？ (A)物品回收再利用以減少自然資源的消耗 (B)使用火力發電取代太陽能發電 (C)使用大眾交通工具取代自行開車 (D)以生態旅遊代替推銷美食
- 以生態環境保護的觀點而言，下列哪一項措施最合理？ (A)有效控制人口成長，綠化環境 (B)廣泛興建公路、水庫等以利提升生活品質 (C)利用衛生下水道將家庭污水直接排放至海洋 (D)消滅對人類無直接利益的生物種類，以減少生存競爭
- 有關人類與自然環境，下列哪一觀念錯誤？ (A)自然資源的開發與生態保育並重 (B)自然資源有限，不可予取予求 (C)人定勝天，因此人類可改變自然生態的原有運作方式，使環境更適合人類生存 (D)必須有效控制污染問題方能與環境和平共存。
- 當經濟利益與生態保育相衝突時，下列何種做法不適當？ (A)審慎評估，找尋兼顧經濟利益與生態保育的措施 (B)以發展經濟為優先考量，待經濟穩定後再談生態保育問題 (C)節省能源與物資，盡可能回收再利用 (D)開發或尋求更低汙染的替代能源。
- 進行自然保育工作時，下列何者為不恰當的作法？ (A)當經濟利益與生態保育發生衝突時，絕對不開發 (B)以生態旅遊等較符合生態保育的方式，發展當地觀光經濟 (C)教育民眾使其瞭解自然界的任何生物均是平等且互相依賴 (D)設立保護區針對瀕危生物進行復育工作。
- 若某公司想要在沿海工業區設立石化工廠，下列項目中，哪些可作為判斷該地是否適宜設廠的依據？甲、設廠帶來的經濟效益；乙、對生態環境的影響；丙、專家學者的評估；丁、地主的遊說。 (A)僅甲丁 (B)僅乙丙 (C)僅甲乙丙 (D)甲乙丙丁。
- 生態保育與經濟發展之間經常互相牽制，試問下列何者是正確的？ (A)為了人民的生活保障，先發展經濟，再考慮生態保育 (B)在溪谷建造水壩可以儲水、防洪、發電，有百利而無害，對經濟發展十分重要，所以應多建水庫 (C)農業採有機栽培可兼顧經濟利益與生態保育，為有效且可行的方法 (D)為了人類的永續生存，一切以生態保育為考量，無須考慮經濟發展的問題。
- 試問關於人類與環境的關係，下列敘述何者正確？ (A)人類所擁有的科技能力，都對生態環境有害無益 (B)人類大量燃燒煤、石油等燃料的行為，會造成全球氣候變化 (C)人類破壞生態環境的行為不會影響其他生物和人類自己的生存 (D)臺灣製造的汙染只對臺灣產生影響，不會影響到其他國家。
- 地球上的人口近一世紀暴增了許多，尤其以低開發國家更為嚴重，下列何者不是因為人口過多所衍生的問題？ (A)環境汙染 (B)生物棲地被破壞 (C)資源被大量消耗 (D)地震頻繁。
- 下列哪一種行為較合乎生態平衡的原則？ (A)若欲棄養購自國外的動物時，最好將其放生至野外 (B)山區蛇類不可濫殺，以免破壞生態平衡 (C)在水源保護區開發觀光果園，是充分利用土地的作法 (D)為避免沿海工業區的開發影響黑面琵鷺的生存，可將黑面琵鷺移至人工環境進行養殖

附錄二：科學素養評量問卷（簡例）

搶救白海豚

台塑集團的六輕自民國83年建廠至89年開始營運，為雲林麥寮帶來了就業機會與經濟發展，提供政府鉅額的稅收但也對環境、農漁業與人類的健康帶來負面的影響。以白海豚為例：

六輕興建對白海豚所造成的影響，包含了六輕的填海造地會造成白海豚覓食海域範圍的縮減；麥寮發電廠吸取海水冷卻及脫硫造成漁業損失雖進行魚苗放流的補償措施，但大多不是中華白海豚主要食餌魚種；廢水汙染(尤其是麥寮港以北海域)，放流水造成當地海水酸化，酸化會減低當地海域生物的存活機率，降低生態系的生產力，且放流水中重金屬或有機汙染物的影響也可能直接改變當地海域魚類分布減少白海豚在此海域覓食停留的機會。

問題1：下列哪些是興建六輕後對中華白海豚所造成的影響？請圈選「是」或「否」。

項目敘述	請圈選「是」或「否」
填海造地造成其覓食海域的縮減	是／否
魚苗放流政策使其食物來源增加	是／否
廢水汙染麥寮港外海域水質	是／否

計分

滿分	代號1：三個答案皆正確，依序為『是，否，是』。
零分	代號0：其它答案。 代號9：沒有作答。

試題分析

試題類型：是非題組。

科學能力：科學的解釋現象。

應用範圍：自然資源與環境。

The Effect of Argumentation-Based Inquiry Instruction and Course in Socio-Scientific Context on 7th Grade Students' Achievements, Argumentation Skills and Scientific Literacy

Ching-Sheng Yang, Yao-Yu Tung, Shiou-Rung Chen and Kuo-Hua Wang*

Institute of Science Education, National Changhua University of Education

Abstract

The purpose of this research is to develop an argumentation-based Inquiry instruction and course in Socio-Scientific Issue (SSI)—“KouKuang Petrochemical Project,” and to assess its effectiveness on students' scientific learning achievements, argumentation skills and scientific literacy. The study adopted a quasi-experimental design. The research samples were 7th grade students in a junior high school in Changhua. The experimental group ($N = 30$) received the argumentation-based inquiry instruction and course with SSI, and the control group ($N = 35$) received traditional instruction. The intervention with 3 sessions lasted for 2 weeks. Each group subsequently completed pre- and post- achievement test and scientific literacy assessment. Because of the time limitation, argument skill questionnaire was administered without pretest. The result showed that the experimental group significantly outperformed the control group in students' achievements, argumentation skills and scientific literacy ($p < .01$).

Key words: Socio-Scientific Issues, Scientific Literacy, Achievements, Argumentation-Based Inquiry, Argumentation Skills

* Corresponding author: Kuo-Hua Wang, sukhua@cc.ncue.edu.tw