

國小學童在社會性科學議題教學中的非形式推理改變： 以不同條件下之能源決策為例

靳知勤* 吳靜宜

國立臺中教育大學 科學教育與應用學系

摘要

本研究針對某鄰近火力發電廠之國小一班五年級學生($N = 28$)，根據Zeidler與Keefer (2003)對社會性科學議題(SSI)教學模式，所建議的個案、文化、對話與知識形成等內涵，發展一份「臺灣能源的使用和選擇」模組，以單組前、後測設計從事5週10節課的個案班級之教學研究。研究目的主要探討在此SSI教學前後，學生就三種條件下對火力發電廠在家鄉設立與否及其理由的改變，藉此呈現其學習前後的非形式推理改變。在教學過程中，以議題學習單及錄影紀錄等蒐集質性資料。結果顯示：一、在維持現況及增加補助金條件下，教學前後，反對火力發電廠設在家鄉的人數，皆達七成上下；二、教學後，在增加污染防治的條件下，六成學生贊成設立；三、教學後，約四成學生在三種條件下，均反對設置；四、由學生在三種條件下立場的組合，可知其對議題的判斷與決定具備理性基礎；五、就「維持既有條件下」及「增加補助金條件下」，在教學後持反對立場的學生所提出的理由類別及次數，均高於在教學前；六、與其他另兩項條件相比，在「增加防治措施條件下」，教學後學生所提贊成的理由次數增加較多。本研究結果顯示營造不同條件下之議題教學具有促進學生理性推理的作用。根據結果，本文並就未來研究及教學提出建議。

關鍵詞：社會性科學議題、社會性科學議題教學、非形式推理、能源議題、做決定

壹、緒言

能源議題—無論在國際或臺灣社會都引起熱烈討論，對於一般社會大眾及在學學生而言，都是重要的社會性科學議題(Socio-Scientific Issue, SSI) (李隆盛、李懿芳、潘瑛如，2015)。晚近，能源的需求日增使得來源短缺，而化石燃料發電造成環境污染，也影

響人類健康。凡此均降低人類生活品質，乃有許多關乎能源的替代方案，諸如：風力、地熱、太陽能發電之議；這些替代方案雖可減少污染，但也存有使用的限制與瓶頸；另一方面，在臺灣擾攘多年的核四議題，歷經動工、停工、復建等歷程，都曾引發來自不同立場的論證；況且，臺灣所需能源絕大多數都仰賴進口(吳文騰，2011)，故仍以火力發

*通訊作者：靳知勤，chin@mail.ntcu.edu.tw

(投稿日期：民國105年9月23日，修訂日期：民國106年1月6日，接受日期：民國106年2月22日)

電做為主要來源。如何在能源選擇的議題上兼顧經濟發展與環境保護，一直是臺灣近年來的重點議題之一。

能源問題牽涉極廣，舉凡節能減碳、污染防治等均攸關國家社會的發展與人民福祉，不僅屬於公民素養之一環，無疑地，亦應從學童階段開始養成對此之認識(Kopnina, 2011)。而現行國小自然與生活科技學習領域課程，亦涵蓋學生日常生活中的相關議題，藉此增進學生在科技社會中所需的調適、價值判斷、問題解決和創造思考等基本能力(教育部，2003)。亦有學者主張運用學生真實生活中所面臨的議題，透過資料、證據的收集和與同儕間理性的對話、討論、解釋，讓學生學習如何運用科學知識思考，以幫助學生對議題有更深入的了解，進而成為具有理性判斷能力的未來公民(靳知勤，2014)。

以目前國際間能源短缺，臺灣地區98%以上的能源皆仰賴進口，能源的來源影響國家安全與國民生活。而臺灣每年夏季用電量屢創新高，面臨電力不足之窘境。為提供充足的電力，臺灣各地設有多座電廠。以臺灣某市濱海地區之火力發電廠自1980年代設廠計劃核准興建為例，至今卅餘年間就不斷引發當地居民的抗爭與反彈。火力發電廠的相關配套措施與民眾的鄰避心理息息相關，尤其是對身居鄰近學區的學童，實屬生活中的爭議性議題之一。更且，在臺灣以國小學生為對象，從事特定議題的非形式推理研究，仍有持續累積與加強的必要。

有鑒於此，乃激發了本研究藉發展「臺灣能源的使用和選擇」模組，並在當地國小實施教學的動機。本研究考量若針對「該火力發電廠是否應該存在」設計多個不同條件，讓學生辨別與釐清其間的差異，並做決定與提出理由；研究者透過其所持贊同與否

的立場與理由，得能窺探學童思維的系統性與邏輯性；並能比較教學前、後的改變。在非形式推理的研究上，此種設計將有別於僅簡略給予一個對立場贊同與否的條件。是以，本模組教學研究中設計了「維持現況、增加污染防治、提高補助金」等三個不同條件，供學童在教學前、後進行立場抉擇，探討下列三個待答問題：

- 一、教學前、後，學生面對不同條件下，對支持或反對在家鄉設立火力發電廠的立場及其變化為何？
- 二、教學前、後，學生對在家鄉設立火力發電廠之立場抉擇組合類型及其變化為何？
- 三、教學前、後，學生面對不同條件下，對支持或反對在家鄉設立火力發電廠的理由及其變化為何？

綜言之，本研究透過具爭議本質之SSI教學，首先針對問題給予國小學生不同條件從事立場選擇與所持理由之非形式推理；繼而在後續的教學中讓學生藉蒐集相關的背景知識與瞭解社會情境，使其據此思辨正反不同立場及理由。經全程教學後，檢視教學前、後間之非形式推理的變化；總言之，本研究期能提供非形式推理研究在國小階段實施的實證性結果，並揭示國小學生在不同條件下立場的差異，以及其在教學前、後所反映出的組合類型，做為佐證SSI教學的效益。

貳、文獻探討

一、社會性科學議題與非形式推理

在當代民主自由與資訊爆炸的社會，人們常要面對兩難問題，倘若僅賴既有的知識與技術，有時無法順利地解決問題；是以人

們必須持續學習，獲得辨識資訊的能力，方能對不確定的問題從事有效的思考與判斷(靳知勤，2015)。而為培育學生此項能力，近年內，教育部(2016)建議學校課程應以學生為中心，透過學生主動參與，以問題為起始從事資料的蒐集、整理、分析、與運用；營造討論與分享的環境，藉此讓學生經歷與人溝通協調、理性批判事物與自我反省；進一步地研判問題、思考立場，並做妥適的決定以有效地解決問題。基此理念，SSI教學一方面得能顯示科學知識形成過程中的本質，且能兼顧社會文化脈絡及爭議問題的釐清與論證，屬於適合在學校課程中運用的一種策略與方法(Zeidler, 2013)。更且，以當前科學教育揭櫫培育學習者科學素養目標的達成，如果當兒童在國小學校課程內，融入SSI教學，則有利於學生盡早習於面對非例行性問題，逐步養成獨立主動思考的習慣(教育部)。

Sadler (2004)指出因為SSI是沒有限度，屬非結構性問題，受到爭議且有多樣的觀點與答案，乃不易達成社會共識；故可藉非形式推理的過程，來協商和決定如何解決此類的複雜問題。非形式推理是以語言從事論證的一種方式，常見於日常生活的口語討論及書面論述。由於非形式推理並無標準答案，因此乃以經批判討論、辯論和論證後的推理結果是否產生謬論，或是何以產生，做為判別品質的重要標準(Hahn & Oaksford, 2007; Ricco, 2007; Sadler & Zeidler, 2005a)。

針對議題內容與非形式推理間的關係，從Sadler與Zeidler (2005a)的研究發現得知，學生的議題相關知識和他們在這議題中的非形式推理品質有關；亦即知識較多的學生，其非形式推理錯誤較少。個人的非形式推理含括問題的多面向時就是高品質的推理(Sadler & Fowler, 2006)。故此，本研究採用

「科學讀寫」策略，透過查閱、整理與比較資料，讓學生建立相關的背景知識，並且以學習單做為學生學習的引導與鷹架，供學生紀錄撰寫，探討學生經過教學後其非形式推理立場、理由及類型的改變。

二、社會性科學議題教學

Zeidler, Sadler, Simmons與Howes (2005)指出將SSI應用於教學時，其所蘊含的理念，更提供一種具概念化(conceptual)、方法化(methodological)與技術化(technological)的理論架構；此架構亦可做為教學實務上之策略，也就是說，SSI既是一種議題，也是一個理論基礎，使能促進學生認知與道德發展，進而發展功能性科學素養，有效行使公民責任。

有關SSI教學的內涵包括：個案本位、文化本位、對話本位與科學本質等要素(Zeidler et al., 2005) (圖1)。這四項要素既是理論基礎，也可做為教師依循的教學策略。SSI教學方案是透過符合學習者文化之個案情境脈絡，融入科學倫理、道德推理與情意發展，在教學過程中鼓勵學生對話與探究，從事非形式推理，以促進學生思考議題中之兩難情境，從而發展做決策等功能性科學素養(Zeidler, Walker, Ackett, & Simmons, 2002)。

簡言之，藉由SSI教學，學生的科學學習不只限於內容知識，同時也可藉由議題所產生的不同立場進行論證，表達看法，進而瞭解科技發展對於個人、社會、環境的影響(Chin, Yang, & Tuan, 2016)。由於SSI教學注重論證與非形式推理，乃有別於傳統教學的理念與作法，故以此協助教師增能，實具備教師主動參與、展現思考、價值判斷等特質，在實施之初需讓參與教師瞭解理論以確定探討的方向，藉著從事設計與修訂引出及重組

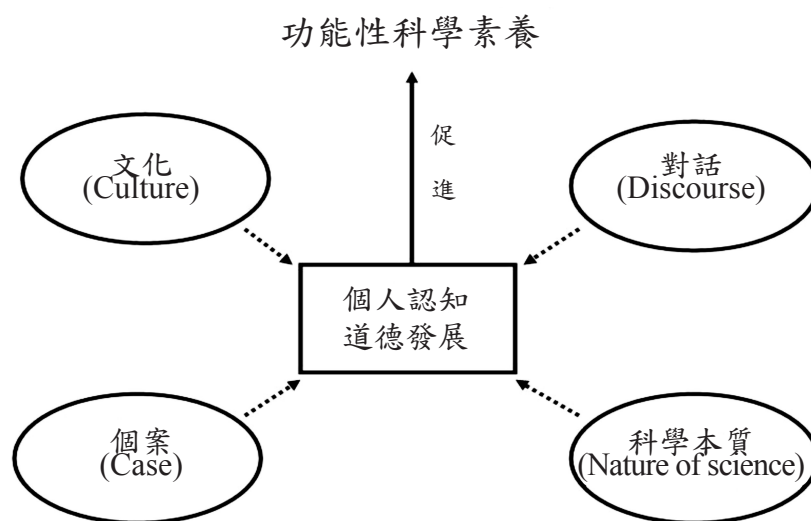


圖1：SSI教學的理論基礎與策略

資料來源：引自“Beyond STS: A Research-Based Framework for Socioscientific Issues Education,” by Zeidler et al., 2005, *Science Education*, 89(3), 360.

想法，進行實作教學並應用新的想法，最後以自省回顧過程所產生的改變(陳榮俊、蔡曉旻、鄭朝升、周佩潔、吳穎沚，2012)。

林樹聲(2007)曾藉SSI協助在職國小教師改變其教學專業能力，並指出SSI屬於新興且具爭議性之議題，在鷹架、實作及反思的過程中，對教師的成長具有特別的意義。從社會建構的觀點來看，學習乃是個人在社會情境中透過與他人之互動，幫助學習者發揮潛能，提升學習成效，進而由個人重新建構(Wheatley, 1991)。而教師在SSI教學的實踐中，與課程、學生、或是同儕互動，乃具備此論述中所強調之社會建構意義的功能(Zeidler et al., 2005)。在學生學習方面，學者們亦探討SSI教學的影響，舉例來說，發現在論證能力、道德思考等各項有顯著的提升(林樹聲，2012；蘇衍丞、林樹聲，2012；Lee et al., 2013)。

三、社會性科學議題與抉擇判斷

有關SSI的內涵，廣博如全球暖化、酸雨等全球性議題；在中尺度方面則有全國性議題：例如核能發電、水資源分配；小尺度之地方性環境問題：例如山坡地開發、採礦議題、垃圾處理；以至於和環境倫理、價值有關之議題，如動物實驗及生物倫理等(林樹聲，2003)，均與人類生活息息相關。這些問題都具有爭議的特質，需要透過非形式的推理進行論證，以此獲致決策的可能。

因此有學者建議在學校中，應運用與生活經驗相容的SSI教學，讓學生透過生活中的議題從從事非形式推理與做決策的學習(Zeidler & Nichols, 2009)。例如，Pedretti (1999)邀請加拿大小學五、六年級27名學生參與研究，就「地區採礦」從事討論、解釋及推理，探討經濟開發對環境影響及其決策。結果顯示學生在收集更多資訊與觀點後，可以做出更有意義的決定；並且指出抉

擇判斷、推理的過程提供學生找到自己的主張和依脈絡而得的觀點；最後提到議題導向的課程在中、小學階段的確是可以幫助學生培養抉擇判斷的能力。靳知勤、楊惟程與段曉林(2010)曾藉引導式論證模式，先讓國小學生瞭解問題的情境後，進而探討他們對於不同物種進行複製的接受程度；研究結果發現學童的非形式推理立場與方式因不同對象及情境而改變。Wang (2014)運用線上的論證讓國小學生來學習環境議題。這些研究與本文的對象同為國小學生，惟本研究中以「不同條件」導引學童思考是否支持火力發電廠存在，並做決定，這和前述各文獻中各研究對不同SSI之爭議而產生贊成或反對的兩造立場，本質相同；只不過因不同條件數目增加了情境考量的變化，對於學生的學習心理學上，足以組成系統化的思維，亦可從此檢視不同條件下的立場組合，是否符合邏輯性。

但是過往與SSI非形式推理的相關研究中，較多是以中等以上學生為對象。諸如，Yang與Anderson (2003)以核能電廠對海洋生態的影響議題，研究臺灣高中學生立場抉擇時的思考方式。Sadler, Chambers與Zeidler (2004)讓以不同立場的文本供中學生閱讀，發現科學本質信念影響他們的抉擇。Wu與Tsai (2007)設計一份問卷調查臺灣高中生對於核能議題的非形式推理；而後Wu與Tsai (2011)研究線上搜尋活動，對高中生之SSI認知結構與非形式推理的影響。此外，Wu (2013)及Baytelmanand與Constantinou (2013)亦曾以大學生為對象，探討其針對SSI的非形式推理。綜上可知，有關非形式推理的研究，無論是學術及實務層面，在國小學生的階段確有增加的必要。

參、研究方法與設計

一、教學設計

本研究結合來自真實社會情境的爭議性議題設計課程，一方面旨在將科學學習與日常生活相聯結，另一方面則使學生藉收集相關資訊並運用於議題討論歷程，以增進其對議題相關知識與思辯能力。因此，本研究乃選定臺灣一座大型火力發電廠周邊之一所學校，根據Zeidler與Keefer (2003) SSI教學理論中，所建議的個案、文化、對話與知識形成等內涵，以「臺灣能源的使用與選擇」為主題設計模組；以單組前後測設計從事教學研究。在此模組中，依學生對火力發電廠在本地區設廠的實際經驗，討論不同發電型式的優、缺點，再而引導學生收集和解釋資料來探討不同團體所持的立場，理性思考該座火力發電廠對地區的影響，從而面對現階段臺灣地區能源開發與利用的問題，運用資料發展並支持自己主張，並傾聽別人意見與表達分享自己的意見，進而對於在不同條件下火力發電廠設置在本地區表達其所做的決策。

本研究的設計乃先基於學生的生活經驗，藉引導學生蒐集資料的探索過程，撰寫及整理讀寫單，引介新的概念，建構相關知識，以增加對議題內容瞭解；接著讓學生在教室中利用彼此對話，透過發言與傾聽的過程，分析各種解決方法的利弊，並針對在維持現況、增加污染防治、提高補助金等三種不同的條件從事立場抉擇，藉此讓參與的學生從事不同情境下的非形式推理，以增廣他們的學習與思考的範圍。

本研究使用的模組共歷經5週10節課，每節40分鐘，總計400分鐘；其學習環包含「探索」、「概念引介」、「釐清爭議」、「概念應用」等四階段(林樹聲，2004) (圖2)；全

程共設計7個學習單供學生撰寫。其內容及時程如下：

(一)探索階段

在此階段有2節課，首先引導學生關注其社區環境中的火力發電廠的問題，並引出維持現有狀況、增加補償金、增加污染防治措施等三個不同條件，請其填寫學習單1以表達是否支持火力發電廠在家鄉設置，以及其所持的理由。此三項條件之組構，係考量國小高年級學生在日常生活中對於該火力發電廠所具備的經驗；例如：在社區中常會接觸到的補償金問題，以及思考追本溯源地制定嚴格的防治污染標準等；至於維持既有狀況的條件，則亦屬學童易於理解且常為鄉民討論的話題。故此，這三項條件的情境適合供作參與本研究之五年級學童回應。

接著，引介能源發電的簡單分類，並依學生對該火力發電廠在學區內設廠的實際生活經驗，引導其對此議題之全球性、地區性、家鄉等不同層次的影響及基本知識進行討論。過程間，學生查索並閱讀能源議題相關資料，隨後製作成冊，以備後續上課時參考。是以，本階段的主要教學活動係透過要求學生查詢網路平臺，並剪輯與能源議題相關的資料，閱讀後畫上重點符號，製作封面，裝訂成冊，以備學生在上課時對相關議題及名詞定義進行討論。

(二)概念引介階段

此階段有4節課，接續前一階段為基礎，進而介紹及討論「再生性」與「非再生性」能源，並討論各能源發電型式的優、缺點，讓學生解釋資料、分析利弊，進而對議題內容形成知識架構。

(三)釐清爭議階段

在本階段的2節課中，藉小組討論過程，傾聽與瞭解同儕的意見與立場，並表達與分享自己的意見；從中明瞭爭議的焦點、兩難和相關的社會情境，瞭解不同角色在爭議中的立場及其支持立場的影響因素。此階段以不同角色扮演之公聽會方式，探討該座火力發電廠對本鄉與鄰近鄉鎮的影響。讓各組學生能由各種不同來源的資料，辨識其特徵以推測可能的因果關係，並整理出一個整體性的看法。

(四)概念應用階段

本階段有2節課，承繼前面三個階段的資料蒐集、整理、討論與辯論，最後讓學生再次依據1.既有現況下、2.增加污染防治措施條件下、3.增加補助金條件下，對於火力發電廠設置在本地的支持意願做決定；並將其立場與理由填寫在學習單7之中。本階段的活動旨在讓學生面對切身問題時，可基於探索與釐清過程所得之資料，瞭解事件中環境保護與經濟考量間的衝突，從事多方思考，對問題提出解決方案並說明理由。

二、研究資料蒐集

(一)研究對象

本研究對象為某所國民小學五年級一班，共計28人。該校屬農村型學校，距離某座火力發電廠僅需十分鐘車程，在學區內，學生舉頭即可以看到該火力發電廠的煙囪。學生家長八成為勞工，其餘則從事服務業與公職。

(二)研究工具

1.能源議題學習單

本研究主要使用「能源議題學習單」做

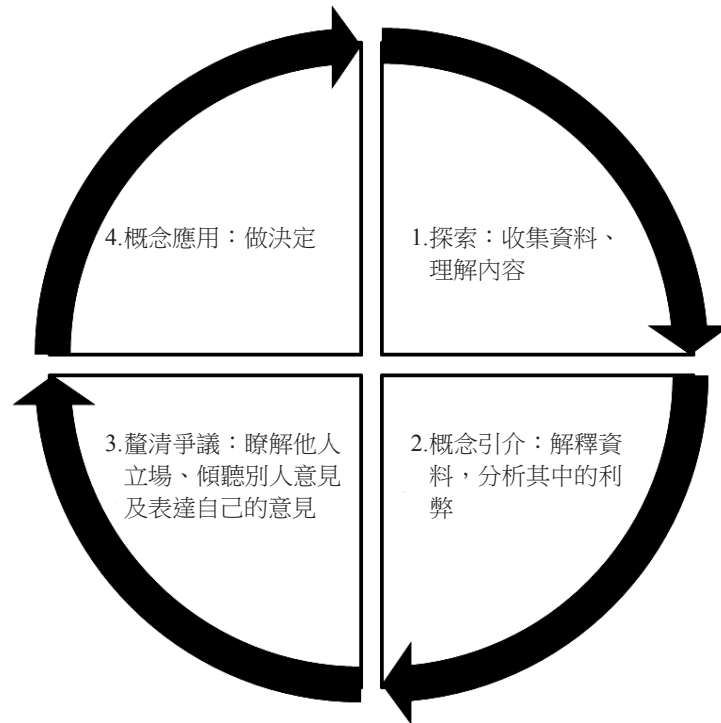


圖2：本研究之修正式學習環教學模式流程圖

為資料蒐集的工具。學習單總計7份，其中在第1週課程中的學習單1與第5週的學習單7，均包含本研究聚焦的情境條件供學生填寫；這3個情境分別是「維持現況下，是否贊成火力發電廠設立在本鄉？」、「在增加補助金的條件下，是否贊成火力發電廠設立在本鄉？」以及「在增加污染防治的條件下，是否贊成火力發電廠設立在本鄉？」。藉此，探討學生在SSI教學前、後學生對議題抉擇立場、理由及其變化的狀況。

至於，其他介於中間的5個學習單則在每節教學後，根據各階段的教學重點設計，以做為引導及支持學生學習的鷹架；亦即讓學生透過撰寫，再次思考與澄清自己的想法，並將自己的主張完整地陳述於學習單中。目的在漸次地協助發展學生與本議題有關的知

識與看法。

2. 錄影紀錄

本研究在每次上課的過程中，亦予以錄影紀錄，做為整理學生針對不同條件下所做討論及提出意見的輔助依據。

三、研究資料的分析與信、效度的確認

本研究在教學之初的第1節課及最後的第10節課實施涵蓋本研究待答問題的學習單。故此，本研究的資料分析係根據學生在「能源議題學習單」中針對各研究問題所撰寫的內容，逐題加以整理和分類。其中，問題一與表明立場有關，研究者乃根據學生對不同條件下贊成或反對火力發電廠在家鄉設立，計算其次數，以比較各條件間的差別及教學

前後的變化。就此項待答問題，除了整理資料後呈現類別及所計次數之外，另以引用學生所表達的資料做為佐證，文中佐證的代號例如RW1-1S23表示第23號的學生(S23)在教學前的學習單1 (RW1)中，就第一個條件下所撰寫的回應；RW1-2S23代表該生在教學前的學習單1 (RW1)中對第二個條件下的回應；至於RW2-3S23則代表該生在教學後的學習單7 (RW2)中就第三個條件所撰寫的回應。

而問題二係依據問題一之所得之數據，進而計算各種條件下形成三元組合類型的次數，例如代號○○X代表第一個條件下贊成、第二個條件下贊成、第三個條件下反對，其餘依此類推。另亦計算教學前後組合類型變化的形式，例如代號為X○X→X○○表示由教學前時的第一個條件下反對、第二個條件下贊成、第三個條件下反對的情況，轉變成教學後時的第一個條件下反對、第二個條件下贊成、第三個條件下贊成的情況，餘類推之。接下來再根據各組類型的內部邏輯做出推論。至於第三個待答問題則是將學生所寫出的理由，進行編碼後，逐步形成類

別，並計算次數；兩位研究者在此過程中分別進行編碼、歸類，至於針對意見不同處，則進行討論以營造最後的共識(Gibbs, 2007)。

綜言之，本研究藉上述各研究問題與學生回答之間的關聯性，以及專業研究人員之間的討論與確認等方式，達到歸納類別的共識，藉此以確保本研究結果的效度與信度。

肆、研究結果

一、教學前、後，學生在三種不同條件下對家鄉設立火力發電廠之立場抉擇

本研究提供3個條件：(一)維持既有狀況而無增加任何條件下，(二)增置污染防治措施條件下，以及(三)增加補助金條件下，讓學生考量是否贊成在家鄉設立火力發電廠。教學前、後各條件下贊成與反對設立的學生人數分布如圖3。

其中，在維持現有狀況下仍歡迎設立火力發電廠的學生，教學前有7人，教學後

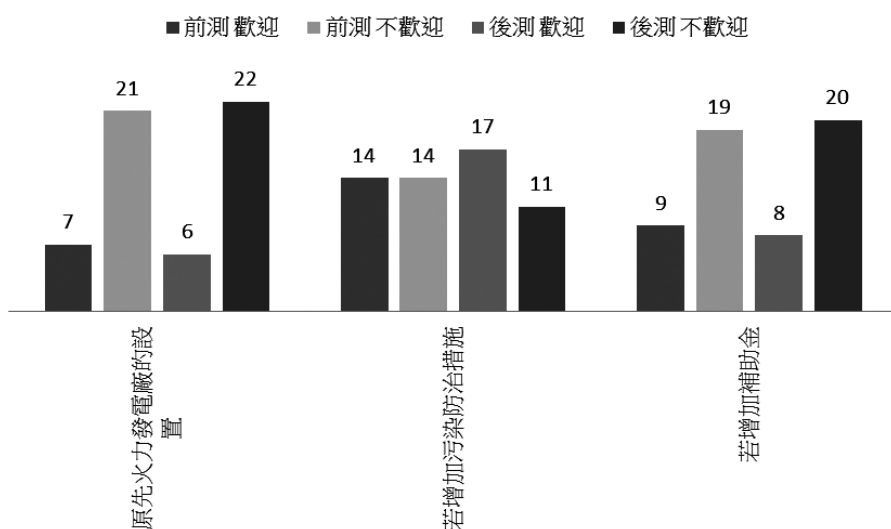


圖3：教學前、後學生在不同條件下對火力發電廠設立與否之立場

有6人，遠低於不歡迎的21人(75%)與22人(78.6%)，教學前、後間的比例變化不大。至於在增加防治污染的條件下，歡迎設立者在教學前後分別為14人(50.0%)與17人(60.7%)；在此條件下，教學後，學生贊成的人數已達六成。但若以增加補助金為條件，則歡迎的人則降至9人(32.1%)與8人(28.6%)，僅約三成上下。此一結果表示絕大多數學生在教學前時即具備對火力發電廠具先入為主的看法，即使是補助金仍是難以反轉大多數學生的立場。但若是從事件本質切入，進行污染防治則是較能被學生接受的。

若分析面對3種不同條件下，教學前後發生立場改變的學生人數，結果詳如表1。在「維持既有現況」的條件下，教學前、後均持反對立場者有17人，為3種條件中之最多者。次則為「增加補助金」條件下，教學前、後均持反對者，有15人。在這兩個條件下，都有超過半數的學生堅定反對在家鄉設立火力發電廠；表示學生面對發電廠帶來的環境衝擊，即使是給予更多補償金，也不改變其立場。相對而言，教學前、後均持贊成設立的人，則以增加防治措施最多(8人)；這也呼應了學生相對注重基本條件改善的原則。

但是教學前後，仍有學生發生立場的改變。例如：在「維持既有現況」條件下與「增加補助金」條件下，改變者都是9人，其中5人從贊成變為反對，4人從反對變為贊成。另「增加防治措施」的狀況下，教學

前、後間發生改變者較多，有15人；其中從反對而被說服轉而贊成者有9人，原是贊成卻改變成反對者有6人。由這些改變的現象可以推知，教學對於學生的立場影響是雙向式的，這也符合了SSI所具備的爭議性與多面向的特質。

二、學生在教學前、後對設立火力發電廠之立場抉擇組合類型

本研究繼續根據28位學生在3種條件下，立場是否贊同或反對的組合，歸納為在表2中所呈現的8種類型之三元組；學生的反應，在教學前分布在其中7種類型，教學後則有5種類型。

茲將教學前、後的分布結果說明如下：

類型A為「3種條件下均持反對立場者」(XXX)，人數最多，教學前、後分別有10及11人；次為類型B之「增加防治污染措施條件下贊成，但另兩條件下反對者」(X○X)，教學前後皆各有8人；再者，有2及3人「在既有條件下反對，但另兩項措施之下贊成」(X○○)，是為類型C。鑒諸於三條件下贊成或不贊成之立場所形成三元組的抉擇類型，類型A、B與C係從「全部都不贊成」、「僅接受污增加染防治措施，其餘皆不贊成」以至「維持既有狀況不贊成，另兩者皆贊成」的組合，均具備了內部的邏輯合理性。若另從更加嚴謹的類型A與B來衡量，可知在教學前、後時已有約達六成五上下的人具備了系統理性邏輯思維的基礎。其實，第C類型的

表1：教學前、後學生在不同3種條件下所持贊成或反對立場之統計表

	教學前、後均贊成	教學前、後均反對	教學前贊成教學後反對	教學前反對教學後贊成
維持既有現況	2	17	5	4
增加防治措施	8	5	6	9
增加補助金	4	15	5	4

表2：學生在三種不同條件下所做抉擇之組合歸納表

類型	維持既有現況	增加污染防治措施	增加補助金	時間別	人數(學生代號)
類型A	X	X	X	教學前	10人(S3, S8, S10, S17, S20, S21, S22, S25, S27, S28)
				教學後	11人(S2, S4, S8, S9, S11, S13, S14, S18, S20, S22, S28)
類型B	X	○	X	教學前	8人(S5, S7, S11, S12, S15, S18, S19, S23)
				教學後	8人(S3, S7, S10, S15, S17, S24, S25, S27)
類型C	X	○	○	教學前	2人(S2, S13)
				教學後	3人(S12, S16, S19)
類型D	○	○	○	教學前	4人(S4, S6, S14, S16)
				教學後	5人(S1, S5, S6, S21, S26)
類型E	○	○	X	教學前	0人
				教學後	1人(S23)
類型F	○	X	○	教學前	2人(S1, S9)
				教學後	0人
類型G	○	X	X	教學前	1人(S24)
				教學後	0人
類型H	X	X	○	教學前	1人(S26)
				教學後	0人

註：○ = 歡迎設置；X = 不歡迎設置；**陰影反灰色處** = 代表不合理的組合。

邏輯也是合理可接受的，只不過與前兩者相比，有更多的人迴避了接受補助金的選擇。

至於類型D係「3種條件下均持贊成立場者」(○○○)，有4及5位；在就義理上與第C類型相比，確屬不如第C類型之拒斥「維持既有條件」具正當性。另第E類型則是「在既有條件及增加污染防治條件下贊成，增加補助金則反對」(○○X)，只出現在教學後，有1位。這和類型D一樣，並未拒斥「維持既有條件」，但它卻也不同意接受補助金；類型D和類型C一樣，邏輯完備程度上，不能與類型A及類型B相提並論。

其他類型F (○X○)、G (○XX)和H (XX○)，則僅2、1、1人，且僅出現在教學前。這3種類型均是在增加污染防治條件下持

反對立場，卻反在另兩個條件中有一項是贊成的狀況者。基本上，這3個類型呈現出其內部邏輯不一致的現象。

綜合以上，教學後學生在3種條件下持一致反對立場者最多($N = 11$)，這反映出本地學生對於火力發電廠所生污染的嫌忌。換言之，火力發電廠在學區內被視為嫌惡的設施，縱使增加污染防治措施，仍有11位學生依然表達反對設置的立場($N = 11$)；至於在提供補償金條件下的反對者更多達20人。甚且，由次多類型一亦即在增加防治污染措施條件下贊成設置，但另兩條件下仍持反對立場($N = 8$)一得以顯示出學生在當前火力發電廠已是既成事實的現況下，表達對增加防治污染措施的期待。

至於在教學後有3種類型的人數闕如，例如類型F與G係對增加的一或二項條件下持反對立場，卻對維持現有條件下贊成，邏輯理性上並不合理，故無人有此選擇。另外，類型H在維持現況與增加防治下不同意設置，卻在增加補助金贊成，惟參與本研究的學生於教學之後並無人如此現實。但相對上，在教學前各有1至2人屬於此等類型。綜合比較前5種類型(A, B, C, D, E)的人數分布及教學後時對後3種類型(F, G, H)次數闕如的結果，可知學生對於綜合情境的判斷與決定，在教學前即有一定的理性基礎；且在經教學之後，原本屬於欠缺邏輯的類型，已無學生分布。整體上，SSI教學對於學生具有促進學習者理性推理的作用。

三、學生在教學前、後針對不同條件所做決策的組合類型之變化

接下來，本研究繼續依據學生在3個不同條件下的立場，整理出教學前至教學後的組合類型變化情形，共計16類，詳如表3。在所有16種類型中，(一)在教學前、後時均屬合理者，有7個類型，19人；(二)從全盤接受到教學後提升合理程度者有1種類型，1人；(三)教學後時為全盤接受者有5種類型，共計5人，此5種類型可以再予細分為三個次分類；(四)由教學前不合理至教學後變為合理，2個類型，各1人；以及(五)由教學前合理至教學後變為不太合理，有1個類型，1人。

在下文中將分別就各分類予以說明：

表3：學生在教學前、後時之不同條件決策的組合類型變化彙整表

前、後測組合變化	類型序	前測	後測	人數	學生代號
		條件1, 2, 3	條件1, 2, 3		
(一)由教學前已屬合理至教學後維持合理(N = 19)	類型1	XXX	XXX	4	S8, S20, S22, S28
	類型2	XXX	XOX	5	S3, S10, S17, S25, S27
	類型3	XOX	XXX	2	S11, S18
	類型4	XOX	XOX	2	S7, S15
	類型5	XOO	XXX	2	S2, S13
	類型6	OOO	XXX	2	S4, S14
	類型7	XOX	XOO	2	S12, S19
(二)從全盤接受到教學後提升合理程度(N = 1)	類型8	OOO	XOO	1	S16
(三)教學後時為全盤接受(N = 5)	類型9	XXX	OOO	1	S21
	類型10	XOX	OOO	1	S5
	類型11	OOO	OOO	1	S6
	類型12	XXO	OOO	1	S26
	類型13	OXO	OOO	1	S1
(四)由教學前不合理至教學後變為合理(N = 2)	類型14	OXX	XOX	1	S24
	類型15	OXO	XXX	1	S9
(五)由教學前合理至教學後變為不太合理(N = 1)	類型16	XOX	OOX	1	S23

註：條件1 = 維持既有條件下；條件2 = 增加污染防治措施條件下；條件3 = 增加補償金條件下。陰影反灰處為不合理的組合。

(一)由教學前已屬合理至教學後維持合理

類型1是從XXX→XXX，在教學前後皆對發電廠之設立維持一貫嚴正而堅定的反對立場，屬於合理的組合及變化形式。以下列學生S28兩次六項回答為例，既使是在增加防治污染的條件下，前測時該生將發電廠想像成一個可怕而危險的設施，有發生爆炸之虞，他對於防治污染措施的安全性沒有信心；到了教學後時則轉向因溫室效應還是很嚴重而反對。針對增加補助金，他也持反對立場，教學前時認為還是對身體有害，教學後時則懷疑補助金的承諾會是說說而已，而不去落實，以此乃持不贊同的立場。

前

不歡迎，會危害到身體。(RW1-1S28)

不歡迎，如果爆炸的話，住在附近的人就會死掉。(RW1-2S28)

不歡迎，還是一樣會傷害到身體。
(RW1-3S28)

後

不歡迎，會污染空氣。(RW7-1S28)

不歡迎，溫室效應會很嚴重。(RW7-2S28)

不歡迎，會有可能是騙人的。(RW7-3S28)

類型2和類型3：其變化的形式分別是XXX→X○X與X○X→XXX。前者是從所有條件下都不歡迎，變成在防治污染條件下接受發電廠設立；相較之下，後者則正好與之反向，由僅接受防治污染條件，轉而至後測時的全面反對。不過這兩者的邏輯結構可稱之為合理。以下舉S3的說法，來說明類型2的變化：

前

不歡迎，會有空氣污染、河川污染。(RW1-1S3)

不歡迎，不能換生命。(RW1-2S3)

不歡迎，錢不能讓我們身體健康。
(RW1-3S3)

後

不歡迎，會有空氣污染。(RW7-1S3)

歡迎，這樣污染較少，身體危害少一些。(RW7-2S3)

不歡迎，錢沒辦法讓污染減少。
(RW7-3S3)

類型4是在教學前後時均維持一致，都在防治污染的條件下可以接受設立發電廠(X○X→X○X)，前後雖未改變但仍屬合理。計有S7, S15兩人屬於此類型，以下是S15的說法：

前

不歡迎，它會污染到生態環境。
(RW1-1S15)

歡迎，已經有污染了，應該污染會比較少，加上我們也要用電。
(RW1-2S15)

不歡迎，如果補助一些錢而要污染，這是很不值得的。(RW1-3S15)

後

不歡迎，會污染家鄉的生態。
(RW7-1S15)

歡迎，有電可用，又不會污染空氣。(RW7-2S15)

不歡迎，他們是要我們閉嘴，但沒有關心我們的生態。(RW7-3S15)

類型5是從教學前的接受防污染及增加補助金的條件，但不同意既有的現況

(X○○)，改變為教學後的三條件下都不贊成(XXX)；變動的程度較上述類型4更大。而類型6由三個條件都同意轉變為都不贊成(○○○→XXX)，變動幅度又更甚於前面兩者。S4屬於此類，其說法如下：

前

歡迎，可以讓人民用電。(RW1-1S4)

歡迎，污染不會那麼嚴重。(RW1-2S4)

歡迎，人民可以拿那一萬元去繳電費。(RW1-3S4)

後

不歡迎，空氣污染會增加和農作物枯萎。(RW7-1S4)

不歡迎，這樣又要花錢去建污染防治措施。(RW7-2S4)

不歡迎，火力發電廠會拿錢來塞住我們的嘴巴，不要抗議了。(RW7-3S4)

類型7的形式為X○X→X○○，在教學後比教學前時的接受防治污染的措施，更又多接受了補助金條件；但至少教學前後都對維持既有條件，持反對立場，尚可稱為合理。

(二)從全盤接受到後測提升合理程度

類型8則是由全然贊成(○○○)改變為在既有條件下反對(X○○)。例如S16表示：

前

歡迎，可以減少垃圾。(RW1-1S16)

歡迎，可以減少垃圾。(RW1-2S16)

歡迎，有金錢、建設都很好。(RW1-3S16)

後

不歡迎，如果建火力發電廠，就會污染家鄉的民眾。(RW7-1S16)

歡迎，如果污染防治措施增加，說不定會減少污染。(RW7-2S16)

歡迎，如果金錢增加，也可維持發電，這樣比較好。(RW7-3S16)

S16在教學前時，雖然都贊成設立火力電廠，卻指出可減少垃圾為理由的迷思；但到了教學後，三個條件下所持的理由，都較合理了，顯示其在品質上均有所提升。

(三)教學後時為全盤接受

接下來，依教學後時的三個條件全都贊成為據，可就教學前的屬性再區分為三個次分類：

第一個次分類包括了類型9 (XXX→○○○)與類型10 (X○X→○○○)，均各只有1人：前者從全部都不歡迎，轉而為全面贊成(學生S21)。從他的六項回答，可知其教學前持不贊成，到教學後皆贊成的理由，都屬合理。

前

不歡迎，會污染環境。(RW1-1S21)

不歡迎，還是會有污染。(RW1-2S21)

不歡迎，我覺得環保比經濟重要。(RW1-3S21)

後

歡迎，只有我們這裡有港口，運送方便。(RW7-1S21)

歡迎，只要增加污染防治措施，污染就會更少，比較不會污染到我們。(RW7-2S21)

歡迎，只有建立在這裡運送方便、

污染也少了，又有金錢、建設補助。(RW7-3S21)

而類型10則從亦屬合理的僅防污染措施條件下贊成，轉而為三條件下均可接受；以S5的回答為例，透露出無論是在增加防治污染措施或是提高補助金等條件下，他對於維護身體健康的關切：

前

不歡迎，污染多。(RW1-1S5)

歡迎，最少能減少對我們身體的傷害。(RW1-2S5)

不歡迎，金錢買不回過去所受的污染，換不回健康。(RW1-3S5)

後

歡迎，從港口運送燃料非常的方便，而且靠海，有海風，污染多少會少一些吧。(RW7-1S5)

歡迎，污染少了些，最少不會對我們身體造成多大的傷害。(RW7-2S5)

歡迎，補助金提高，那我們就算得癌症，也有錢去挽回啊！(RW7-3S5)

第二個次分類則包括類型11一項，有1人(S6)，在教學前、後皆全面接受三項條件下可以設置火力發電廠(○○○→○○○)。從他的理由可見前、後測中就維持既有條件及增加補助金所提的理由，都可稱合理；但在增加防治污染條件下，教學前時的說法並無邏輯性，不過到了教學後，該生就已然提出合理的理由。

前

歡迎，如果日常生活中，沒有電，生活時，有很多困難，所以這是我

贊成的原因。(RW1-1S6)

歡迎，這樣不但能讓家庭貧窮的人日子過得好一點，也能省錢。

(RW1-2S6)

歡迎，這樣才不會讓大家有金錢上的負擔。(RW1-3S6)

後

歡迎，人民還是要用電啊。(RW7-1S6)

歡迎，這樣不但能增加電力，也能減少污染。(RW7-2S6)

歡迎，不但可以省電也能讓家鄉變得比較發達。(RW7-3S6)

第三個次分類則包括類型12 (X X ○ → ○ ○ ○) 與類型13 (○X○→○○○)。前者從前測時僅接受增補助金條件，到了教學後則轉而全面接受三項條件。不過在教學前後時接受補助金，卻反對增加污染防治措施，在義理邏輯上，不夠周延。且如下列S26的說法，在教學後時的防治污染條下持歡迎立場的理由，是需索補助金，似乎學生S26對金錢的重視程度甚於污染防治，但至少該生在教學後時對三項條件的回答邏輯，仍有其錯落之處。

前

不歡迎，會造成空氣污染。(RW1-1S26)

不歡迎，有污染。(RW1-2S26)

歡迎，有金錢及建設。(RW1-3S26)

後

歡迎，我們還要用電，而且我們也比較靠海。(RW7-1S26)

歡迎，我們叫他們拿補助金給我們。(RW7-2S26)

歡迎，有電可以用，又可以提高補助金。(RW7-3S26)

至於類型13，在教學前時非僅不接受防污措施，卻也接受既有現況，這兩者同時存在已屬扞格。由回答的內容，可見缺乏系統化的思維；尤其是基於教學前的3個條件下所做的回答，因為需要電，所以在無任何配套的既有條件下歡迎火力發電廠，但卻因電廠燃燒會導致酸雨，既使有防治污染的措施，反而不歡迎電廠設立；且又因可得到補助金，而贊成設置火力發電廠；綜觀這三者間的邏輯關係鬆散，傾向於片段式的思考。另針對增加防治污染的措施，他在教學前訴求於燃燒會產生污染，到了教學後變為發電可以提供給本地的工業區運用，教學前重視污染，教學後時提出工業用電，則顯露出他對於的用電的重視，且認為污染防治下可接受電廠設立。

前

歡迎，可以給我們電晚上可以看畫，如果沒電時就會烏漆嘛黑！(RW1-1S1)

不歡迎，火力發電廠燃燒一些東西，天空就會下酸雨。(RW1-2S1)

歡迎，我們家變好多錢。(RW1-3S1)

後

歡迎，有火力發電廠，晚上有電力，才看得到。(RW7-1S1)

歡迎，火力發電廠的電力運送到本地的工業區。(RW7-2S1)

歡迎，我們很喜歡錢。(RW7-3S1)

(四)由教學前的不合理至教學後時變為合理

包括類型14與15，在教學前的抉擇組合型式不合理，到了教學後時變為合理；每類型各1人。其中類型14 (○XX→X○X)在教學前時，僅接受既有現況，卻不接受另兩項附加條件；到了教學後變成接受防污措施，而反對既有條件及增加補助金。

前

歡迎，可以發電。(RW1-1S24)

不歡迎，會造成污染。(RW1-2S24)

不歡迎，會造成空氣污染的問題。(RW1-3S24)

後

不歡迎，會污染空氣。(RW7-1S24)

歡迎，可以發電，因為吃飯也很重要。(RW7-2S24)

不歡迎，環境是最重要的，如果有一天世界末日要怎麼辦？(RW7-3S24)

至於類型15 (○X○→XXX)在教學前原僅不接受防治污染措施，另兩條件卻接受，三元組合之下並不合理；到了教學後轉而在三項條件下都不接受，從不合理的結構轉趨於最嚴格的立場。

前

歡迎，用電方便。(RW1-1S9)

不歡迎，沒有增加環保觀念。(RW1-2S9)

歡迎，用電方便，沒有污染。(RW1-3S9)

後

不歡迎，火力發電廠帶給我們家鄉的每一個人污染，還有大氣層破

洞，這二點我沒辦法接受。(RW7-1S9)

不歡迎，誰知道他說真的還是假的。(RW7-2S9)

不歡迎，想以金錢來收買我們的良心，你們慚不慚愧？(RW7-3S9)

探討S9的說法，在教學後，他表現出對於承諾的不信任，例如質疑污染防治措施是否真的會付諸實踐，以及說了要發給民眾的補助金是否真的會發。原本他在教學前，只是在防治污染措施條件下不接受發電廠的設立，但在既有現況及給予更多的補償金條件下歡迎設立，依據這個組合類型另參見他所陳述的理由，可發現在整體思惟上有邏輯一致性的問題。但到經過本議題模組教學後，在教學後時，他對三個條件均表達不贊成設立電廠的意見；且意見的內容品質涵蓋了對發電廠排放污染的關切，只不過他在回答中也出現了與環境問題相關概念中的錯誤連結。

(五)由教學前合理至教學後變為不太合理

在類型16這項(X○X→○○X)僅有1位(S23)屬之。他原在教學前時僅接受防治污染措施，另不接受既有現況及增加補助金；但到了教學後轉而可接受既有狀況及防治污染條件，惟不能接受增補補助金。教學後，他接受了在既有條件下設立火力發電廠；乃使三條件組合後致生出不合理的現象。

前

不歡迎，會有空氣污染。(RW1-1S23)

歡迎，發電會比較快。(RW1-2S23)

不歡迎，我只要家鄉乾淨，什麼錢我都不要。(RW1-3S23)

後

歡迎，有很多電可以讓我們使用。(RW7-1S23)

歡迎，這樣我們就不會污染我們的環境了。(RW7-2S23)

不歡迎，為什麼要為了金錢，而破壞我們的環境。(RW7-3S23)

四、教學前、後，學生在不同條件下對家鄉設立火力發電廠所持立場之理由

基於教學前、後在3種條件下所做的各種立場選擇均有所持的理由；以下將分別就各條件下贊成及反對立場所持的理由進行計次與分析：

(一)學生在「維持既有現況的條件下」所持立場的理由

如表4所示，教學前贊成在家鄉設立火力發電廠的7人，提出2項理由，分別為「電力使用考量」(6人次)，亦即認為火力發電廠可以提供電力需求；以及「可以焚燒垃圾」。例如S1及S6兩位學生的說法，認為有電廠可以供給我們電力，所以支持電廠設立：

歡迎，可以給我們電晚上可以看書，如果沒電時就會烏漆嘛黑。

(RW1-1S1)

歡迎，如果日常生活中，沒有電，生活時，有很多困難，所以這是我贊成的原因。(RW1-1S6)

另有1人次(S6)認為火力發電廠可以燃燒垃圾，乃該學生的迷思概念，他誤以為發電廠同時也扮演垃圾焚化廠的角色，可有助垃圾的減量。

歡迎，可以減少垃圾。(RW1-1S16)

表4：教學前、後學生對在家鄉設立火力發電廠之立場與理由分析表

立場	理由	計次	理由	計次
贊成	教學前 7人	7	教學後 6人	8
	電力使用考量	6	電力使用考量	4
	減少垃圾（此項為迷思概念）	1	燃料運送方便	2
			家鄉靠海有海風所以污染會少一點	2
反對	教學前 21人	24	教學後 22人	33
	造成空氣污染	14	造成空氣污染	16
	污染環境	3	污染環境	6
	造成酸雨	2	危害身體	3
	河川污染	2	可建其他發電型式	1
	造成溫室效應	1	造成大氣層破洞(此項為迷思概念)	1
	危害身體	1	造成全球暖化	1
	輻射污染(此項為迷思概念)	1	水污染	1
			造成酸雨	1
			農作物枯萎	1
			漁、農民沒有辦法工作	1
			產生戴奧辛(此項為迷思概念)	1

至於在教學後表示贊成的理由，比教學前又多了「燃料運送方便」、「本鄉靠海有海風所以污染會少一點」等2項；這2項理由乃是在6週的SSI課程內容中所習得。

歡迎，只有我們這裡有港口，運送方便。(RW7-1S21)

歡迎，港口運送燃料非常的方便。
而且靠海，有海風，污染多少會少一些吧！(RW7-1S5)

至於不贊成設立電廠的理由類別與次數較多，在教學前有7項理由、24人次，教學後則增加為11項理由、33人次。不過，在教學前、後，不贊成的理由均是以火力發電廠「造成空氣污染」為最多。例如：

不歡迎，會污染到我們家鄉。(RW1-1S18)

不歡迎，會造成空氣大量污染……。(RW7-1S13)

有的學生會進一步引伸出對居民身體健康的危害：

不歡迎，會危害到身體。(RW1-1S28)

不歡迎，會造成空氣污染，讓我們的地球面臨全球暖化的危機，也會對人體的健康有太大的傷害。(RW7-1S19)

有的則提及在大氣中後續產生的環境問題，諸如：影響農作物及導致酸雨、溫室效應等：

不歡迎，會造成酸雨。(RW1-1S7)

不歡迎，會有許多的二氧化碳，造成溫室效應。(RW1-1S20)

不歡迎，空氣污染會增加，使農作物枯萎。(RW7-1S4)

如同在現況下依舊歡迎設置火力發電廠，不

歡迎的理由中亦出現了迷思的概念：

不歡迎，會有空氣的污染、輻射的污染會讓我們有奇怪的情形。(RW1-1S27)

不歡迎，火力發電廠帶給我們鄉的每一個人污染，還有大氣層破洞，這二點我沒辦法接受。(RW7-1S9)

不歡迎，會產生戴奧辛。(RW7-1S11)

綜言之，「用電使用考量」是學生「贊成」在家鄉設立火力發電廠的主要理由；「不贊成」的理由則以「對環境產生負面影響」為主。另經過教學後，學生思考議題的理由趨於多元，由教學前的31人次(包括贊成與不贊成)增為教學後的41人次(包括贊成與不贊成)，非但提出的次數增多了，且所增加的多屬表達反對設置的理由。另在教學後時，火力發電廠可以「減少垃圾」及導致「輻射汙染」般的迷思概念已未再出現，但也產生了其他如「大氣層破洞」、「產生戴奧辛」等迷思。

(二)學生在「增設污染防治措施條件下」所持立場的理由

從表5可知，學生於教學前、後在「增加污染防治措施」條件下，贊成設立發電廠的理由人次分別為18與23人次，其中最多的理由是「防治措施可以減少污染」，分別有8與9人次。以下引述學生的說法：

歡迎，有了污染防治措施，就不太怕受到污染了。(RW1-2S19)

歡迎，有電可用，又不會污染空氣。(RW7-2S15)

此外，在教學前，贊成或不贊成設立的理由中，也有迷思概念出現：

歡迎，可以減少垃圾。(RW1-2S16)

不歡迎，如果爆炸的話，住在附近的人就會死掉。(RW1-2S28)

另，在增設防治污染的條件下，持反對理由的次數於教學前、後分別有15與14人次。其中，教學前有8人次、教學後有6人次認為即使增置污染防治措施，還是會有污染，對身體還是有危害。

不歡迎，火力發電廠燃燒一些東西，天空就會下酸雨。(RW1-2S1)

不歡迎，就算是增加污染防治措施，還是會有空氣污染。(RW7-2S8)

教室觀察錄影記錄也印證學生經過教學後，無論贊成或不贊成設立電廠，皆能為自己的主張提出解釋，提出具體的理由來支持自己的意見，例如，教學中教師提問：

師：如果火力發電廠增加污染防治措施後，例如把煙囪加得很高、很高……，這樣你歡迎火力發電設置於我們的家鄉？還要說說為什麼？

學生舉手發表回答……

S6：我贊成，因為這樣不但能讓我們有電可以用，增加電力……，也能夠減少污染。

S15也發言：我贊成，這樣有電可以用，就不會缺電了，又不會污染空氣。

S18也回答：不贊成，我覺得還是會污染到，又不一定增加污染防治措施就一定不會污染到我們家鄉。
(教室觀察錄影記錄-08)

表5：教學前、後學生對增設污染防治措施條件下設立火力發電廠的立場與理由分析表

立場	理由	計次	理由	計次
贊成	教學前 13人	18	教學後 17人	23
	可以減少污染	9	可以減少污染	9
	電力使用考量	3	電力使用考量	4
	有增加污染防治措施	2	減少空氣污染	5
	身體危害少一點	1	身體危害少一點	2
	可以減少垃圾(此項為迷思概念)	1	希望不會傷害我們為前提	1
	發電比較快	1	會減少水源污染	1
	不會有河川污染	1	有補助金	1
反對	教學前 15人	15	教學後 11人	14
	再加強還是會有污染	8	再加強還是會有污染	6
	再加強還是有空氣污染	2	再加強還是有空氣污染	3
	錢不能讓我們身體健康	1	又要多花錢建污染防治措施	1
	害怕爆炸	1	不信任電力公司	1
	造成酸雨	1	沒有用，因為溫室效應很嚴重	1
	別人給我很多錢，我也不要	1	反對蓋火力發電廠	1
	我覺得怎樣，都不能減少污染	1	既使做了，但不一定能一直維持	1

在教學後學生反對的理由較教學前時更加多元，增加了「又要花錢建污染防治措施」、「不信任電力公司」、「沒有用，因為溫室效應很嚴重」、「反對蓋火力發電廠」、「既使做了，但不一定能一直維持」等理由。例如：

不歡迎，這樣又要花錢去建污染防治措施。(RW7-2S4)

不歡迎，我覺得不要再蓋火力發電廠了，因為它的黑煙會到處飛。(RW7-2S14)

且經教學後，學生的非形式推理考慮的面向增多了，學生在教學後的理由比教學前更具體，例如S22在教學前只提及「還是會有污染」，教學後時間述得更多自己的想法，認為雖然有增設污染措施可以讓濃煙減少，但擔憂污染防治措施不一定能一直維持下

去，S22更堅定其「不歡迎」的立場。

還是會有污染。(RW1-2S22)

有防治措施，雖然可以減少以前厚厚的濃煙，但有的不一定能一直維持下去。(RW7-2S22)

另一例S18在教學前「歡迎」的理由表達得很簡要，只表明是因為增加污染防治措施，所以「歡迎」；但在教學後還能考量到自己家鄉環境生態的立場，認為就算是增加污染防治措施還是會污染自己的家鄉，更能體認到愛護家鄉的重要性，所以他在教學後改變了立場。

歡迎。因有增加污染防治措施。(RW1-2S18)

不歡迎。雖然增加污染防治措施，但是不能確定一定不污染我們的家鄉。(RW7-2S18)

(三)學生在「給予更多補助金條件下」所持立場的理由

從表6可知，教學前、後學生在「增加補助金」條件下，贊成設立發電廠的分別有9人與8人，提出理由類別及人次分別有4類(11人次)與6類(13人次)。舉例來說，贊成設置的學生所持的理由最多者，在教學前、後均是直接的表示因為「有金錢的補助」：

歡迎，可以拿到金錢。(RW1-3S13)

歡迎，有電可以用，又可以提高補助金。(RW7-3S26)

教學後所持的贊成理由比教學前多元些，所增加的理由有「讓家鄉變得比較發

達」、「建在家鄉燃料運送方便」、「會多一點建設補助」。

歡迎，不但可以省錢也能讓家鄉變得比較發達。(RW7-3S6)

歡迎，……又有金錢、建設的補助。(RW7-3S21)

至於在此條件下，教學前、後持不歡迎設廠立場的分別為19人與20人。教學前、後時，最多的反對理由是「補助金錢也不能減少污染」；均為9人次。

不歡迎，金錢買不回過去所受的污染，換不回健康。(RW1-3S5)

不歡迎，提高補助措施只是給我們

表6：教學前、後學生對給予補助金條件下設立火力發電廠的立場與理由分析表

立場	理由	計次	理由	計次
贊成	教學前 9人	11	教學後 8人	13
	會有金錢補助	7	會有金錢補助	6
	有建設補助	2	會有建設補助	2
	可以讓我們有快樂的生活	1	讓家鄉變得比較發達	1
	用電方便，沒有污染	1	建在家鄉燃料運送方便	1
			用電使用考量	1
			到最後還是要拿錢來醫院治我得到的病	1
			我們就算得癌症，也有錢去挽回啊！	1
反對	教學前 19人	19	教學後 20人	25
	補助金錢也不能減少污染	9	補助金錢還是不能減少污染啊	9
	健康比金錢重要	4	健康比較重要	5
	空氣污染一樣多	3	環境最重要	1
	溫室效應問題	1	有可能是騙人的	1
	只要家鄉乾淨，什麼錢我都不需要	1	不可以因為錢，而騙過自己的良心	1
	再提高錢，我也不需要建設在我們的家鄉	1	他們是要我們閉嘴，並不關心我們的生態	1
			想以錢收買我們的良心	1
			火力發電廠拿錢來塞住我們的嘴巴，叫我們不要抗議	2
			我不要錢和建設，我只要不污染的地球，這樣我就心滿意足了	2
			即使提高補助金，也不要讓火力發電廠蓋在家鄉	2

錢，又沒什麼，還是一樣會污染。
(RW7-3S13)

另在教學前，以下兩位學生就已表達了
關切家鄉環境的立場，他們不歡迎以金錢補
助換取火力發電廠的設立：

不歡迎，如果再提高錢我也不要建
設在我們的家鄉。(RW1-3S10)

不歡迎，我只要家鄉乾淨，什麼錢
我都不。(RW1-3S23)

與教學前相比，教學後的反對理由更多
了「環境最重要」、「健康最重要」、「有
可能是騙人的」等理由。以下舉在教學後，
學生的說法為例：

不歡迎，環境是最重要的，如果
有一天世界末日要怎麼辦？(RW7-
3S24)

不歡迎，污染多會傷害身體，身體
壞了，金錢多了又有何用？(RW7-
3S25)

不歡迎，火力發電廠會拿錢來塞住
我們的嘴巴，不要抗議了。(RW7-
3S4)

綜合上述3種條件下支持不同立場的理
由，以教學後($N = 23$)對「增加污染防治措
施」的贊成理由比教學前($N = 18$)多了5次，
較為明顯。其他兩個條件下的教學前、後之
贊成理由次數差不多，均只有1至2次的落
差。而在反對立場方面，反而是「增加污染
防治措施」的前、後理由次數差不多；但
「維持既有條件」的反對立場，在教學前有
7種理由(24次)，增加至教學後的11種理由(33
次)。另外，針對「增加補助金」持反對立場
的學生，在教學後舉出10種理由(25次)，亦高
於教學前的6種理由(19次)。鑒諸這兩者的人

數變化，判斷應是本教學促進表達踴躍及能
力提升所致。

伍、綜合討論

在本研究中，學生從查閱資料、小組討
論，獲得在3個條件下從事推理的基礎。這可
從學生在經歷了SSI教學後，從事推理所持理
由的面向增多，得以證之。學生在教學前、
後的立場分布，可知學生在教學後排除了缺
乏邏輯的選擇組合；且無論是持贊成或反對
立場的理由，其迷思概念的出現量減少了。
換言之，本模組的學習歷程提高了學生思考
內涵的正確性及邏輯性。本研究在教學後
符應Sadler與Fowler (2006)及Sadler與Zeidler
(2005a)指出的，學生在過程中增加對議題的
瞭解，越能使他們進行較高品質的推理。

在教學後的變化上，有半數學生($N =$
14)，支持在增加污染防治的條件下，設置
火力發電廠。但在增加補償金的條件下，依
然有20位反對。由此可見，大多數學生的抉
擇，植基於對環境本質的關切，而非增加補
助金所可取代。相較上，學生更重視以防治
本質來解決污染問題。

此外於教學後，在面對3個不同條件下的
議題抉擇類型共有5種。其中，3種條件下均
持反對立場的有11人，為最多；至於維持現
況、增加補助金2個條件下反對，但增加污染
防治措施條件下贊成者，有8人，次之。這兩
種類型就占了全部學生的三分之二，一方面
反映本地學生對學區內火力發電廠所生污染
的嫌忌，另方面也顯示他們對於防治污染的
期待，且相對堅定的持守環保立場。

在面對3種不同條件，本議題的模組教學
對學生的立場改變產生不等的影響。「增加
防治措施」的狀況下，教學前、後間發生改

變者(15人)，高於「維持既有現況」與「增加補助金」條件下的9人。在改變立場的內涵方面，「增加防治措施」說服了9人從反對而轉而贊成，6人由贊成變為反對。而在「維持既有現況」與「增加補助金」條件下所生的改變中，皆為5人從贊成轉為反對，4人從反對變為贊成。由此可知，教學歷程反映出的議題爭議本質與動態變化的特性，足以導引部分學生產生立場的變遷，且此改變並非單向，而是雙向式的。

在教學前後、針對三個條件所形成的組合類型，有若干類型僅只有1次。但在本研究仍予以呈現，目的在於揭示學生在教學前的選擇形式雖不合理，但教學後的反應多已合乎邏輯的事實。其學生數雖少，但由不合理轉至合理的類型卻有多項，此亦是本模組教學效益之一例。

在本研究中以三個條件及教學前、後兩次立場抉擇下所營造出的教學模式，足以讓參與的學生經歷一個具系統性且動態化的教學環境，並在其中從事非形式推理，讓學生在複雜的社會條件下能夠考量多元面向，實踐系統思維的能力。換言之，本研究設計上有別於過去針對一個議題提出贊成或反對立場，且陳明其理由的方式(靳知勤等，2010)，而改採對不同三個條件表達立場，以此增加對議題複雜度的辨別力，也可使之呈現並習得系統化思考。學生依據三個條件在前、後測中所顯現出的六個決策組合，足以窺知其在教學前、後針對不同條件所做決定的變化是否具有邏輯性；另亦可提供學生將各單項推理，組成整體決策思維的學習機會。

誠如Zeidler與Nichols (2009)針對國小教師從事SSI教學時的建議，指出許多老師誤以為要使用充足的相關知識及完整的類比才能讓學生改變他們的認知。但其實宜運用SSI

策略來挑戰學生促使其再評估自己的先備知識，提供機會讓他們藉由個人的經驗與社會性的對話去重構概念的理解。從本研究的設計與結果可見，參與的學生在經歷教學過程後，產生了對議題的理解與立場的決定。這正是SSI模組教學所具備之爭議性與多面向的特質，得以對學生產生重要的影響與價值。

陸、建議

基於對於本研究歷程及其所得結果的反思，本模組教學著重與議題相關知識的形成過程，並且以此讓學生就不同的情境條件從事非形式推理以做決定。但在未來的教學及研究中，可以更細部化學生的宣稱、提出資料、依據、支持論點、合格化、反駁等完整的論證歷程，讓學生從事更進階的論證與推理(靳知勤等，2010)。

再者，本研究設計了3種不同的條件，供學生進行非形式推理。從變化的結果可推知，在教學中給予學生從事推理的條件，可以決定全體參與學生中發生改變的幅度大小。以本研究提供的「增加防治措施」條件，導致了較大幅度的影響；有超過半數($N = 15$)發生改變。在未來研究中可以將本研究所訂之各條件複雜化；例如：原訂之「增加補助金」或是「增加防治污染的措施」可以再增添附屬的不同條件，讓學生進一步的從事更精緻與深入的討論。而在SSI教學方面，可以設計此種類型的條件，以使教學更具多元變化，進而促進學生的系統性思考。

本研究雖利用學習單的填寫，要求學生表達其對不同條件下支持設立發電廠的立場，並說明理由。但因小學生在填寫理由時的文字表達有限，較難提供進一步分析其究屬Sadler與Zeidler (2005b)所指非形式推理類

型中之理性、情緒或是直覺之資料。未來在蒐集資料以供判讀時，建議應增加深入訪談的方法，以補國小學生填答學習單之不足。

更且，基於各不同屬性的SSI，諒有營造出非形式推理類型之不同樣貌的可能性；未來研究除可開發更多適合學區學生的SSI，做為從事生活本位學習的基礎外，亦可從全球或國家的階層獲得設計構想的來源。職是，本研究的臺灣能源開發與利用議題模組，原聚焦於地區內的狀況進行探討。未來可以將地區的議題擴充連結至國家的能源政策與全

球性的節能減碳運動等，發展多個模組以此形成系統化的概念，一方面讓學生得到完整的認識，另方面則提供教師可以運用的教學資源。

誌謝

本研究係由行政院科技部經費補助(NSC 95-2522-S-142-001-MY3; NSC 95-2522-S-142-002-MY; MOST 103-2511-S-142-004-MY3)，並經審查委員提供寶貴意見，在此特致謝忱。

參考文獻

1. 吳文騰(2011)。臺灣的能源概況。科學發展，457，123-126。
2. 李隆盛、李懿芳、潘瑛如(2015)。「國中生能源素養量表」之編製及信效度分析。科學教育學刊，23(4)，375-395。
3. 林樹聲(2003)。應用學習環策略進行科技引起的社會爭議議題之教學研究(NSC 92-2511-S-415-003)。臺北市：行政院國家科學委員會。
4. 林樹聲(2004)。重視自然與生活科技學習領域中科技爭議議題的融入與探討。收錄於教育部(編著)，國民中小學九年一貫課程理論基礎(二)(頁453-465)。臺北市：教育部。
5. 林樹聲(2007)。國小資深科學教師的專業改變：以基因改造食品議題之教學為例。科學教育學刊，15(3)，241-264。
6. 林樹聲(2012)。在科學課堂中應用爭議性議題教學促進國小六年級學生道德思考。科學教育學刊，20(5)，435-459。
7. 教育部(2003)。國民中小學九年一貫課程綱要。臺北市：作者。
8. 教育部(2016)。九年一貫課程。查詢日期：2016年9月22日，檢自<http://teach.eje.edu.tw/9CC/basic/basic10.php>。
9. 陳榮俊、蔡曉旻、鄭朝升、周佩潔、吳穎沅(2012，12月)。國小教師將社會性科學議題融入科學教育之行動研究。發表於中華民國第二十八屆科學教育學術研討會。臺北市：國立臺北教育大學。
10. 靳知勤(2014)。臺灣所需優先解決的科學教育問題——科學教育與科學學者之觀點。教育學報，42(1)，53-76。
11. 靳知勤(2015)。生物科技的風險、利益與信任：高中學生「生物科技覺知量表」的發展研究。科學教育學刊，23(3)，241-264。

12. 靳知勤、楊惟程、段曉林(2010)。國小學童的非形式推理之研究——以生物複製議題之引導式論證為例。《課程與教學季刊》，**13**(1)，209-232。
13. 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。
14. Baytelmanand, A., & Constantinou, C. P. (2013, September). *The influence of prior knowledge about socio-scientific issues on university education students' informal reasoning*. Paper presented at the Conference on ESERA. Nicosia, Cyprus.
15. Chin, C. C., Yang, W. C., & Tuan, H. L. (2016). Argumentation in a socioscientific context and its influence on fundamental and derived scientific literacies. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *14*(4), 603-617.
16. Gibbs, G. (2007). *Analysing qualitative data*. London: Sage.
17. Hahn, U., & Oaksford, M. (2007). The rationality of informal argumentation: A Bayesian approach to reasoning fallacies. *Psychological Review*, *114*(3), 704-732.
18. Kopnina, H. (2011). Kids and cars: Environmental attitudes in children. *Transport Policy*, *18*(4), 573-578.
19. Lee, H., Yoo, J., Choi, K., Kim, S. W., Krajcik, J., Herman, B. C., et al. (2013). Socioscientific issues as a vehicle for promoting character and values for global citizens. *International Journal of Science Education*, *35*(12), 2079-2113.
20. Pedretti, E. (1999). Decision making and STS education: Exploring scientific knowledge and social responsibility in schools and science centers through an issues-based approach. *School Science and Mathematics*, *99*(4), 174-181.
21. Ricco, R. B. (2007). Individual differences in the analysis of informal reasoning fallacies. *Contemporary Educational Psychology*, *32*(3), 459-484.
22. Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, *41*(5), 513-536.
23. Sadler, T. D., Chambers, F. W., & Zeidler, D. L. (2004). Student conceptualizations of the nature of science in response to a socioscientific issue. *International Journal of Science Education*, *26*(4), 387-409.
24. Sadler, T. D., & Fowler, S. R. (2006). A threshold model of content Knowledge transfer for socioscientific argumentation. *Science Education*, *90*(6), 986-1004.
25. Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2005a). The significance of content knowledge for informal reasoning regarding socioscientific issues: Applying genetics knowledge to genetic engineering issues. *Science Education*, *89*(1), 71-93.
26. Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2005b). Patterns of informal reasoning in the context of socioscientific decision making. *Journal of Research in Science Teaching*, *42*(1), 112-138.

27. 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.
28. Wheatley, G. H. (1991). Constructivist perspectives on science and mathematics learning. *Science Education*, 75(1), 9-21.
29. Wu, Y.-T. (2013). University students' knowledge structures and informal reasoning on the use of genetically modified foods: Multidimensional analyses. *Research in Science Education*, 43(5), 1873-1890.
30. Wu, Y.-T., & Tsai, C.-C. (2007). High school students' informal reasoning on a socio-scientific issue: Qualitative and quantitative analyses. *International Journal of Science Education*, 29(9), 1163-1187.
31. Wu, Y.-T., & Tsai, C.-C. (2011). The effects of different on-line searching activities on high school students' cognitive structures and informal reasoning regarding a socio-scientific issue. *Research in Science Education*, 41(5), 771-785.
32. Yang, F. Y., & Anderson, O. R. (2003). Senior high school students' preference and reasoning modes about nuclear energy use. *International Journal of Science Education*, 25(2), 221-244.
33. Zeidler, D. L. (2013, July). *Socioscientific issues as a socio-cultural approach to scientific literacy*. Paper presented at the East-Asian Association for Science Education International Conference. Hong Kong, China.
34. Zeidler, D. L., & Keefer, M. (2003). The role of moral reasoning and the status of socioscientific issues in science education: Philosophical, psychological and pedagogical considerations. In D. L. Zeidler (Ed.), *The role of moral reasoning on socioscientific issues and discourse in science education* (pp. 7-38). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
35. Zeidler, D. L., & Nichols, B. H. (2009). Socioscientific issues: Theory and practice. *Journal of Elementary Science Education*, 21(2), 49-58.
36. Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L., & Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89(3), 357-377.
37. Zeidler, D. L., Walker, K. A., Ackett, W. A., & Simmons, M. L. (2002). Tangled up in views: Beliefs in the nature of science and responses to socioscientific dilemmas. *Science Education*, 86(3), 343- 367.

Elementary Students' Change in Informal Reasoning through the SSI Instruction: Their Decisions on Energy Choice under the Different Conditions

Chi-Chin Chin* and Chin-Yi Wu

Department of Science Education and Application, National Taichung University of Education

Abstract

This study was based on the SSI teaching model which included case-, culture-, discourse-, and NOS elements suggested by Zeidler and Keefer (2003) to develop and teach a module themed as “Choice and exploit of energy in Taiwan” in a 5th case class ($N = 28$) adjacent to a Power Plant (PP) for a one-group pre- and post-test design with 10 sessions in 5 weeks. The study mainly explored students' change in their opinions and reasons if maintaining PP under three different conditions after the SSI-module teaching. Qualitative methods, such as worksheets, informal interviews, and videotaping were mainly used for data collection. The findings were: 1. Under both conditions without change and the additional compensation, 70% students opposed the PP in both before and after teaching. 2. After teaching, 60% students supported PP if there were more strictly controls on the pollution. 3. After teaching, 40% students opposed PP under all three conditions. 4. According to the decisions under three different conditions, it was concluded that students' informal reasoning is mostly based on logic. 5. For both “the current condition” and “the more compensation,” students with opposite position proposed more reasons to support themselves in the post-test than pre-test. 6. Compared with the other two conditions, students who advocated the PP under “the more pollution controlling policies” after the instruction gave more reasons than in pre-test. This study reveals the use of variety of conditions for students to compare and make the decision can enhance their rational reasoning in the social context. Based on the results, the recommendations on teaching and research in the future are proposed.

Key words: Socio-Scientific Issue, Socio-Scientific-Issue Instruction, Informal Reasoning, Energy Issue, Decision-Making

* Corresponding author: Chi-Chin Chin, chin@mail.ntcu.edu.tw