

融入能源議題於自然科學課程 以促進國中生的能源素養

陳仕燁^{1*}、劉湘瑤²

¹ 國立臺中教育大學科學教育與應用學系助理教授

² 國立臺灣師範大學科學教育研究所與生命科學專業學院合聘教授

摘要

自然科學領域課程綱要將「能源的開發與利用」列入學習內容架構，能源素養的培養亦為近年國內外重要的教育課題。本研究嘗試於九年級科學課程中融入能源議題，探討教學前、後學生能源素養的改變。教學活動分為三個階段：電池結構解說、雙人議題論證、小組決策行動，除了強化能源科學知識的學習外，另運用即時反饋系統，使學生在能源議題的討論中建構論點，並在小組成員互動的歷程中，提出節能的行動方案。本教學研究採用已發展的電腦化測驗，評量學生在教學前、後於「能源知識」、「能源議題及資訊」、「公民責任及永續社會」與「節能減碳生活型態」四個構面上的表現，以評估此教學設計是否可提升學生的能源素養。研究結果顯示，學生於四個構面的學習均有顯著之提升，為進一步了解學生於各構面的變化情形，各構面經編碼後，亦發現學生於環境知識、論證推理、關懷態度與節能行為四個編碼類別與其次項目中，均呈現正向之改變。藉由列舉能源議題及資訊與節能減碳生活型態兩構面之前、後測結果，並對應學生於論證活動與小組行動中之課程記錄，可更進一步瞭解教學策略對於學生能源素養改變的影響。雖知識和行為面向在教學後具有高度之提升，惟於「能源議題及資訊」構面尚未達理想標準，教師應適時於課程中融入能源議題進行教學以提升能源素養，使學生能以理性的判斷與實際之行動解決真實世界之問題。

關鍵字：太陽能、能源素養、節能減碳、論證、自然科學課程

投稿日期：2023年1月10日；接受日期：2023年5月30日

*為通訊作者

壹、前言

在科學教育領域，廣為使用的科學素養一詞中，素養所對應之英文字為 literacy，早期解釋為具有「閱讀」和「書寫」的能力，而近代對於該詞之解釋演變為在某個領域中具有廣博的學識(knowledgeable)，代表不僅具有學科知識，面對生活情境中所遭遇的問題時，更能以負責任之態度與行動致力於問題之解決(Bybee, 2008; Yeh, Huang, & Yu, 2017)。十二年國民基本教育課程綱要的宗旨即以素養導向作為課程設計與教學的實踐，更以「核心素養」做為課程發展的主軸，而核心素養為個體在面對未來世界的生活與挑戰時，所應具備之知識、技能與態度的整體(教育部，2017)。是故，學習不應只注重學科本身的知識與技能，更應關注其與生活週遭中人、事、物之關聯性，並透過參與和實踐的過程，培養學生成為「終身學習者」。培養學生具備科學素養是自然科學領域的課程目標，除了科學核心概念、探究實作與科學論證能力外，更應於生活中與他人進行溝通互動，進一步參與公民社會議題之決策與問題之解決(教育部，2018)。在上述理念的架構下，課程發展成為素養實踐的第一步，各領域課程必須有效融入議題於教學中(教育部，2017)，以學生為中心而選取生活化之教材，連結領域學習內容，透過與科學相關社會議題的討論與反思，最後以行動作為實踐。在自然科學領域綱要中，「能源的開發與利用」已明確列入學習內容架構，能源議題也被列為學習重點(教育部，2018)，顯見能源的學習題材對於素養之發展存在其重要性，而素養導向之教學便可在能源科學的系統思考、能源議題的溝通表達，與其所激發之公民意識中得以實踐(經濟部能源局，2017)。

能源為環境教育所關切之主題(Hungerford, 2010)，而環境教育是反思人類對環境造成破壞，欲經由教育途徑改變人們對環境的認識與資源使用的價值觀(Gottlieb, Vigoda-Gadot, & Haim, 2013)。能源教育則是在環境與科學教育的框架下，以能源資源開發與使用的主題脈絡，培養學生的能源素養，以面對、判斷並解決能源議題(Bodzin, 2013)。能源素養為個體能具備合理的知識基礎、理

解能源的產生與每日生活中的使用、覺察節約能源與發展替代能源的需求、認知個人能源使用的相關決定與全球社群的行動，更重要的是在反映個人對於能源資源發展與使用的體認中，能呈現行為的改變(DeWaters & Powers, 2011a)。文獻資料顯示學生之能源素養不足，特別於能源知識面向呈現低落(Alghamdi & El-Hassan, 2019; Białynicki-Birula, Makiela, & Mamica, 2022; DeWaters & Powers, 2011a; Lay, Khoo, Treagust, & Chandrasegaran, 2013; Lee, Lee, Altschuld, & Pan, 2015; Lee, Lee, Wu, & Pan, 2019; Lee, Nguyen, & Sung, 2022; Yeh et al., 2017)或僅接近合格之狀態(陳冠利、劉湘瑤、陳柏熹與黃書涵，2015；Chen, Liu, & Chen, 2015)；在行為面向同樣略嫌不足(陳冠利等，2015；Alghamdi & El-Hassan, 2019; Chen et al., 2015; DeWaters & Powers, 2011a; Lay et al., 2013; Lee et al., 2015; Lee et al., 2019)。

針對學生能源素養匱乏之現況，也僅有極少數研究(Bodzin et al., 2013; DeWaters & Powers, 2011b)從事能源素養的教學介入。陳冠利等人(2015)、Alghamdi 與 El-Hassan (2019)、Białynicki-Birula 等人(2022)、Chen 等人(2015)和 DeWaters 與 Powers (2011a)均主張議題式之教學應放入能源教育之課程設計中；Lee 等人(2015)和 Lay 等人(2013)也強調議題教學在提升能源知識與態度的之重要性；Yeh 等人(2017)則強調能源議題之教學策略中，可採用建構式的學習，如以小組協作的論證教學以提升學生之能源素養。DeWaters 與 Powers (2011a)的研究指出，高中生在能源素養的行為面向表現上顯著低於國中學生，且 Yeh 等人(2017)指出，在能源素養的態度與行為面向上，國中階段呈現隨年級增加而衰退之趨勢，而九年級學生更是顯著低於八年級學生。面對學生能源知識與行為面向普遍不足之情況下，如何提升九年級學生的能源素養，並預期能將習得之能力帶到下一個學習階段，此為現下迫切之任務。本研究以能源相關之社會性科學議題融入現行九年級的科學課程中，欲在科學知識的學習脈絡下，連結生活中所面臨之議題討論與問題解決，讓學生學習立場的表達與論點的建構，且在深思熟慮後做出個人與團體之決定，並在擬定行動方案後，預期建立能源資源使用的良好行為。學生學習成效評估則採用情境式試題作為評量工具，在脈絡化的情境中更能確切瞭解學生於真實世界所呈現的觀點與制定的

行動，除了評估學生在此過程中所習得之知識、態度與行為外，從學生之作答回應，可瞭解其於環境知識、論證推理、關懷態度與節能行為之變化。基於上述目的，本研究之研究問題為：一、學生的能源素養於能源資源與環境議題課程教學前、後之改變情形為何？二、能源資源與環境議題課程教學後，學生的能源素養在各構面改變之原因為何？

貳、文獻探討

基於能源素養評量與教學之需求，本段文獻探討能源素養的評量構面、工具發展和施測結果，以瞭解他國與我國學生能源素養的表現情形，另針對能源資源與環境議題教學的相關文獻，瞭解不同教學方式對學生能源素養的影響，並提出本研究的教學策略。

一、能源素養的評量

DeWaters 與 Powers (2008)以科技結合環境素養之概念發展能源素養評量工具，定義能源素養的三個主要面向包括：認知(知識)、情意(態度)與行為，進而發展能源素養評量工具。依據上述評量工具，在 DeWaters 與 Powers (2011a)、Lay 等人(2013)和 Lee 等人(2015)的研究發現，美國、馬來西亞與臺灣學生在認知測驗的得分相當低落，即使是已參與兩年能源教育計劃的中學生，在認知與行為上仍無法呈現合理之能源素養，特別是能源議題知識之不足，因此，提升學生議題相關之能源知識為能源教育應努力的方向。Bodzin (2012)發展「能源資源知識測驗」，在施測後發現八年級學生的能源與議題知識低落，且對能源資源知識存在許多誤解，建議學生須具備科學與環境的概念知識，才能理解真實世界中能源使用的相關議題，以促進其能源素養發展，此外，Bodzin 等人(2013)另發展評估八年級學生能源素養的態度與行為工具，研究結果亦顯示學生在行為面向上無法符合研究預期之表現。

Yeh 等人(2017)針對臺灣七至九年級學生進行能源素養評量架構的設計與

評估，研究發現學生在知識面向表現低落，分析答題狀況後，發現學生無法深入理解議題內容，且存在迷思概念，其主要源於缺乏學校課程的教學引導，以致學生從電視與網路上誤信這些迷思概念，導致日後概念的澄清與導正常需花費更多的教學資源，同時也會影響日後行動之決定。是故，若欲培養學生成為未來公民，加強學校能源教育便有其必要性。Chen、Huang 與 Liu (2013)根據 DeWaters 與 Powers (2011a)能源素養和 Whitmarsh、Seyfang 與 O'Neill (2011)碳能力之概念，建構能源素養評量架構，強調議題知識與資訊的評估與探究，研究結果指出，教師應發展議題為基礎的教學，以促進學生應用課室所學處理能源相關議題，進一步培養日常節能的責任感而使學生能夠採取行動。Chen 等人(2015)根據上述架構，進一步發展電腦化測驗平台，該研究結果顯示臺灣學生在能源議題及資訊與節能行為的表現未能達到其研究預期之標準。該研究建議，學校能源課程應使學生在具備能源知識的基礎上，對能源議題進行資訊的評估，並在深思熟慮下做出決策，最後付諸行動。

由於素養代表的是將某個領域中所學知識、態度與技巧應用至不同生活情境之能力，而非僅是專精於學科知識的學習(教育部，2017; Bybee, 2008; Harlen, 2001)。由前述文獻探討中得知，學校教育在發展學生能源素養的過程中，除了科學性的能源知識外，更應注重生活中能源議題的探討、分析與評估，並應用所學之知識、態度與技巧於問題解決和行動方案的擬定。因此，本研究在評估學生所具備之能源素養時，參考國際學生成就評量方案(Programme for International Student Assessment)所採用情境式試題之形式(Organization for Economic Co-operation and Development (OECD), 2016)，以檢視學生如何應用課程所學至真實生活情境所遭遇的問題中。

二、能源素養的教學

(一) 不同面向能源素養之提升

由前述文獻資料中顯示，提升學生的能源素養，可從能源議題教學方案著

手。DeWaters 與 Powers (2011b)發展專題為導向(project-based)的能源課程融入科學課程中，整體結果顯示，即使學生於教學後在知識面向上有顯著提升，但仍遠低於標準，在態度與行為面向上則無顯著改變。該研究另發現，在不同教師之教學方法中，若傳授能源科學知識與教導學生計算能源的使用，可在知識面向上有顯著提升，若以爭議性議題之優、劣勢之討論，並以形塑論點與採執行動之方式進行教學，則能顯著提升態度與行為。Bodzin 等人(2013)運用地理空間系統(GIS)於永續能源的學習，發現學生在知識、態度與行為三面向均達顯著進步，歸究其原因為科技融入教學設計可使學生致力於高階認知學習任務，以促進能源知識的理解。該研究中雖可讓學生在知識面向有高度的提升，但在態度和行為面向的效果量卻極其有限，推究其原因為學習任務多以認知類型為主所導致。Yang、Lin 與 Liu (2017)以數位遊戲實施家庭能源教育，研究發現，大學生的能源知識與行為意圖在歷經短時間的教學後均可得到顯著增強，顯示經由設計與生活情境具有較佳連結性的教學內容，具有提升學習者知識與行為之潛力。Lee、Lin、Guu、Chang 與 Lai (2013)則將節約能源與減少碳排作為主題，設計問題解決導向的教學活動，但在教學活動後，學生的知識與態度均無顯著之增加，相較於接受傳統講述教學之學生，動手操作的學生在知識的成長上甚至較少，態度則無差異，但行為的頻率則有微幅增加，該研究建議教學主題應與學生的生活情境有更強的連結，以增強學習動機。因此，若欲提升知識面向，除了基礎能源科學概念的教授外，教學內容須能與生活情境具備良好之連結性，藉由生活常見之議題脈絡，使學生針對議題提出自身論點，並能以實際行動的方式節約能源，則可對態度與行為之提升具有影響力。

然而，Keller、Riede、Link、Hüfner 與 Stötter (2022)藉由舉辦含括在地氣候變遷與能源關係、家庭能源消耗、個人節能測試、再生能源來源為主題的能源教育工作坊，使得參與的近千位中、小學學生在認知、態度與行為上均有正向改變，並有四分之三的學生承諾未來會改變他們的能源消耗行為。van den Broek (2019)在回顧能源素養的教學相關方案後指出，能源素養教學成效並無一致的結果，目前可觀察到的是學生對於能源的理解不足，而能源素養在行為改變上仍缺乏廣泛研究。因此，由以上文獻的教學脈絡中可知，除了科技融入

教學裨益能源知識的吸收外，在教學策略的應用上，基礎能源科學知識的教學可影響學生對於知識的吸收，而以學生為中心的教學設計中，適時採用不同脈絡之生活情境議題討論與論點的提出，並結合實際之行動，便有機會改變學生之態度與行為。

(二) 教學策略之應用

Bodzin 等人(2013)認為能源素養與科學素養密不可分，因此，能源素養中的議題教學策略可納入科學素養所強調推理與論證的能力目標(教育部，2018)，即透過議題中論證的過程，幫助學生提升批判性思考能力(Lin, 2014)，並可提升議題觀點的多元性(Karpudewan & Roth, 2016)，有助於議題資訊的評估與理解，增進做決定之能力。論證的教學策略可參考 Kuhn、Shaw 與 Felton (1997)以雙人互動的論證教學策略，使學生投入議題論證活動中，除了可經由社會性互動共同建構知識並覺察後設認知中所呈現之多元觀點，其所呈現立場在量與質上皆有顯著之進步。在此過程中，藉由不同觀點與證據的評估，可影響學生對於議題之決策，因此，雙人互動在論證活動中為一種具有正向思考與理論根據的教學策略。Zohar 與 Nemet (2002)設計以議題為中心的基因改造課程，發現學生經由不同議題脈絡下形成論點、反論點與反駁後，在合理論點的建構能力上有顯著的進步，且於小組討論內容的複雜度與豐富性皆有明顯的提升。Karpudewan 與 Roth (2016)則實施議題導向的課程，藉由不同主題之討論中使學生形成立場與論點，結果顯示學生能逐步採用證據於論點的建構中，並能在論點的陳述中提出多元的觀點，發展合理論點的建構能力。另外，Nussbaum、Sinatra 與 Poliquin (2008)發現，論證之課程可結合電腦輔助討論與互動，即使在簡單的教學介入中，同樣可提升論證之品質，或搭配較長期的課程介入，可提升學生的思考技巧與後設認知能力，因此，論證能力的培養在教學上可搭配不同教學策略，並可經由反覆的練習、電腦的輔助和教師的教學達成(Kuhn, Zillmer, Crowell, & Zavala, 2013)。

如同環境素養中所強調，若在教學中可結合問題解決行動，如此便可補足

傳統課程中社會實踐成分的匱乏(Varela-Losada, Vega-Marcote, Pérez-Rodríguez, & Álvarez-Lires, 2016)。Birdsall (2010)透過課程教學讓學生制定保護水域環境的行動，在小組實際行動中，學生才能視自己為參與者，解決問題並共同決定社區的未來，研究並發現，學生在小組行動中所學習合作與協商的技巧將影響行動的完成度。Riemer 等人(2016)讓學生在一系列工作坊中制訂並執行行動計畫，結果顯示，為時數週的課程可使學生產生行為的改變，如關心議題、討論議題知識、影響他人行為，或是在 Facebook 分享連結以喚醒他人之覺察。在 Dittmer 等人(2018)的跨國研究中，使學生針對日常生活議題制定行動計畫，結果顯示在過程中有較多行動挫敗的學生，在課程結束後未能持續採取行動，相對地，在過程中能夠獲得較多成就感的學生在課程結束後，能更積極的參與行動。雖然在論證的過程中，整合個人所持有之觀點並達成共識後，能影響個人的價值觀與態度並提出行動之理由(Patronis, Potari, & Spiliotopoulou 1999)，但未必能使學生針對問題而採取行動(Hodson, 2010)，因此，教學上必須要給學生制定行動的機會，使學生能適時地達成目標並與同儕分享，在團體行動的脈絡中，更能裨益問題之解決(Chawla & Cushing, 2007; Sass et al., 2020)。

國中自然科學領域的教材中，有關電池之學習常囿於學生單方面理解電池之結構與原理，鮮少討論製造電池過程中所消耗的自然資源，即使電動車所使用充電電池的電力來源，同樣也來自於化石燃料的燃燒(DeWaters & Powers, 2011a)。科學教師在能源資源與環境議題扮演課程設計與執行者之角色(Liu, 2016)，可連結並豐富學生所匱乏的能源與環境概念，並適時整合科技於課程設計中。前述能源素養文獻回顧中，均強調以知識、態度與行為作為能源素養評判之標準，但在面對學生對於能源議題的知識與理解能力不足的情況下(Bodzin et al., 2013; DeWaters & Powers, 2011a; Lay et al., 2013; Lee et al., 2015; Yeh et al., 2017)，且在處理能源議題時，無法辨認議題所涵括之事件資訊與缺乏分析和評估議題資訊的能力(陳冠利等人，2015; Chen et al., 2015)，此已成為能源素養中亟欲改善的目標。此外，自然領域新課綱已將能源議題列為學習重點(教育部，2018)，如何在自然課程中強化學生論證能力、議題抉擇並提出可能的行動方案，實為現場教師在因應新課綱的教學設計與實施須面對的課題。

除課程設計外，也需有相對應之評量工具，因此，本研究採用涵括能源議題及資訊構面的能源素養架構(Chen et al., 2015)，其中包含能源議題的探索與理解，以及節能減碳資訊的判斷與評估兩指標，以評估議題教學之影響。研究選定太陽能的使用作為論證議題，並以節能減碳作為行動導向的教學設計，期使科學課程在建立學生基礎的能源科學知識後，結合論證活動與小組行動，提升能源素養。

參、研究方法

一、研究設計

本研究以培養學生之能源素養為目標進行課程設計，鑑於目前有限的能源素養教學實徵研究，研究者經由能源、科學與環境的相關文獻的探討中，提取議題教學的設計元素後，欲於能源議題之脈絡中，以論證活動與小組行動之教學策略設計，提升九年級學生之能源素養。因此，本研究目的並非在比較不同教學法間之差異，而是透過教學前、後測評量之檢視與分析，搭配學生課程活動內容與紀錄，以瞭解此教學設計是否能提升學生的能源素養。

參與對象為臺灣中部地區某一完全中學的兩個班級，共 66 位九年級學生(男生 32 位、女生 34 位)，學校地處工業區，家長多屬藍領階級之工作者，該校學生畢業後多就讀五專與高職，就讀公立高中學生僅約六分之一。授課教師為兩班之理化與地球科學任課教師，於國高中共有六年授課經驗，碩士班研究主題為太陽能電池製程。本研究之教學內容包括電池結構與能源議題，藉由即時回饋系統的輔助進行論證活動與小組行動，課程進行以班級為單位，同一時間只有一個班的學生進行學習活動，兩個班級均經歷以下所述的三階段教學。

二、教學設計

研究者改編九年一貫課綱時期的國中自然與生活科技課程的「電池與能源

應用」單元教學內容，其單元分屬國三下學期之內容，但由於在實際課程之教授上常被視為兩個獨立之單元甚至是不同之教師所教授，因此其原理與生活應用之連貫性不足，特別在生活科技獨立成一新領域後(教育部，2018)，更凸顯此問題對學生學習之影響。本研究在此教學中融入電力與再生能源使用之議題，並增加太陽能電池製程與應用的學習內容，發展太陽能發電論證活動與節能減碳小組行動。有別於過往科學課程偏重於科學知識之學習，此設計強化課程與生活議題之連結，並促進能源使用態度與行為之發展，期使在小組的協作學習(collaborative learning, Dillenbourg, 1999)下，經由兩人與小組的互動協調的歷程達成共同的目標。此教學設計分為三階段，內容如下所示：

(一) 電池結構解說

此階段為促進學生基礎能源知識的吸收。欲討論與處理能源議題，必須使學生具備基礎能源科學知識，因此，教學先以介紹具備直流電源特性之電池結構作為此教學單元的起點，即做為具備相似電流特性之太陽能電池的基礎，以強化學生對理論基礎與議題成因的理解(Birdsall, 2010; Jensen & Schanck, 2006)。教學內容採用陳仕燁(2012)所設計電池單元的教案與學習單，本學習活動基於動手做的理念(Holstermann, Grube, & Bögeholz, 2010)讓學生尋找並拆解電池，上台表達電池的使用概念與想法。

(二) 雙人議題論證

在議題的論證過程中，藉由能源資訊搜尋與協調過程，同儕間可建立共識以做出決定，除議題知識的提升外，並可裨益態度與價值觀之形成，有助公民責任及永續社會的發展。此階段課程設計以前一階段電池之科學概念為基礎，以能源科學資訊與論證活動作為延伸(Jin, Mehl, Lan, 2015; Kuhn et al., 1997; Volk & Cheak, 2003)，內容主要為探討太陽能電池的製程與使用，在教學中運用 CloudClassRoom (CCR) (Chien & Chang, 2015)即時反饋系統，讓學生針對在

臺灣使用太陽能之適當性的社會性科學議題進行論證，題目為「以臺灣的條件而言，你是否支持臺灣使用太陽能發電？」。此教學科技利用網際網路的特性，當教師將問題提出時，學生可在手機、平板或電腦做即時的回應，其問題種類可為是非、選擇或簡答題，以增加教師與學生互動。在教師介紹完能源的分類、發電基本原理與臺灣能源現況後，每位學生便可在思考後提出個人對此議題的論點，隨後進行雙人論證活動，除瞭解他人觀點外，並可於達成共識後回答該問題。接著，教師教授太陽能電池製程之議題背景科學知識後，再次讓學生針對該議題進行雙人論證活動，藉由雙人論證所獲得之想法與資訊，最後學生須經由個人之思考以表達其論點。過程中，CCR 可顯示每位學生所提出之立場、理由與證據，使學生能於討論之外獲得同儕想法之刺激。於活動進行時，學生可使用網際網路，在需要時可輔助相關資訊的搜尋，每個論點的提出時間控制在十分鐘內完成，以確保每位學生的活動參與和作答時間一致。教師提出之問題與學生作答之內容均可透過後端資料庫收集資料，以了解課堂中師生互動情形與論證進行狀況。

(三) 小組決策行動

行動制定過程中，小組成員可提出不同的觀點，針對問題提出行動的方案，以促進行為之體現，邁向節能減碳之生活型態。此階段的課程接續前一階段之課程，引導學生在達成共識並做出團體之決定後，進一步形成節能減碳的行動方案。教學架構以陳怡君與黃稜洋(2011)所設計之節能減碳課程內容為基礎，針對全球暖化對於全球與臺灣影響之議題，在學生對該現象與成因進行了解後，憧憬未來生活之藍圖，以實際小組行動找出解決之策略，強化能源素養行為之面向。學生可自由選擇其所欲探討之主題(食、衣、住、行和育樂五大生活主題)，小組形成是以學生個人決定之主題做為 CCR 同質性分組的依據，進行行動的討論與制定，以探索生活中節能減碳實踐之可能性(經濟部能源局，2017)。學生採用上台分享的形式(如投影片製作、戲劇演出、影片輔助說明、拍攝短片等)，向全班同學說明該組如何以行動達成節能減碳的目標。雖此階段之教

學時間受到學生升學考試影響，無法安排較多時數進行課堂教學，學生卻願意利用課後時間完成小組行動方案的討論，最後完成該組行動之呈現。

以上教學內容中，知識、態度與行為面向之教案與雙向細目表經二位科學教育學者和一位具 20 年教學經驗的國中自然科學領域教師審查，以確認教學內容是否符合課程目標，同時對評量工具所欲評估之面向與構面進行適切性的評估，經討論與修正後再進行施測與教學。此外，學生於此教學主題學習期間，並無其他授課領域進行相關主題內容之教學，主要的學習活動皆於自然與生活科技領域中電池與能源應用單元之課堂時間，每週一堂課，包含前、後測共 13 週，其內容和時間分配列於表 1。

表 1 教學活動主題與施測時程分配情形

堂數	活動主題	學習重點	名稱	重點內容	時間
1	前測		節能減碳素養電腦化測驗		40 分鐘
2-4	電池結構解說	能源知識	1. 電池運作原理	介紹伏打電池與鋅銅電池之原理。	50 分鐘
			2. 生活中的電池	理解原電池與蓄電池之差別，並介紹原電池與蓄電池之種類與生活應用。	50 分鐘
			3. 電池的應用	上台發表家中所帶來(含動手拆解)電池之功能與使用方式。	50 分鐘
5-9	雙人議題論證	能源知識、能源議題及資訊、公民責任及永續社會	1. 臺灣能源現況	介紹臺灣目前能源使用來源與能源問題。	30 分鐘
			2. 個人論證與決策	以個人為單位對太陽能使用之議題進行論證。	40 分鐘
			3. 雙人論證活動	兩人一組對太陽能使用之議題進行論證。	40 分鐘
			4. 太陽能製程教學	學習太陽能電池發電的原理、類別、製造過程與生活應用。	60 分鐘
			5. 雙人論證活動	兩人一組對太陽能使用之議題進行論證。	40 分鐘
			6. 個人論證與決策	以個人為單位對太陽能使用之議題進行論證。	40 分鐘
10-12	小組決策行動	能源知識、能源議題及資訊、公民責任及永續社會、節能減碳生活型態	1. 全球暖化的成因與影響	全球暖化的定義與其對自然環境造成之衝擊。	50 分鐘
			2. 未來憧憬與行動方案討論	節能減碳概念之介紹與小組行動方案之制定。	50 分鐘
			3. 節能減碳小組行動方案	小組成員呈現其節能減碳方式，以貢獻全球暖化問題之解決。	50 分鐘
13	後測		節能減碳素養電腦化測驗		40 分鐘

三、資料收集與分析

本研究在九年級自然科學的電池與能源應用單元中，融入替代能源議題的論證活動與小組行動，為評估此教學介入對學生能源素養的改變，採用我國研究團隊發展完成且經過全國性施測的評量工具(陳冠利等，2015；Chen et al., 2015)，作為教學前、後能源素養評量之依據。此評量工具為情境式試題，其設計理念不強調知識記憶，而是著重在如何應用知識於生活所遭遇之議題與真實行動中，評量的構面包含：(1)知識面向：能源知識與能源議題及資訊構面；(2)態度面向：公民責任及永續社會構面；(3)行為面向：節能減碳生活型態構面。該研究團隊依據能源素養評量架構，開發情境式試題題庫，所有試題在經過專家教師發展與學生預試後，確立其難易度為.21 至.84，鑑別度在.24 至.53 間，組合值信度為.69，平均萃取變異量為.40，具備收斂效度，最後再以驗證式因素分析(confirmatory factor analysis)，確保評量工具的試題具有充分的建構效度(GFI = 0.99, AGFI = 0.90, NFI = 0.90, RMSEA = 0.019) (Chen et al., 2015)。該評量工具發展後即建置成線上測驗平台[網址為匿名審查之需求暫不呈現]，運用多媒體的特性，使試題能在更接近學生真實世界的脈絡中呈現(陳冠利等，2015；Chen et al., 2015)。教師在平台註冊並輸入學生資料，經管理員確認後，依四個構面所需題數，從題庫中隨機選取五個題組，學生可在 40 分鐘內於學校的電腦教室中完成。

測驗內容共分兩個部分，第一部分為學習背景資料調查問卷，第二部分為能源素養測驗，是由數個情境試題題組所組成。每一個情境式題組由短文或圖表組成，線上測驗尚可嵌入多媒體(如動畫或影片)，以說明題組之情境脈絡。每個題組中的測驗題數由 4 到 7 題不等，由線上測驗平台後台管理者組題。本研究施測的測驗總題數共 38 題，含 14 題是非題、10 題選擇題、4 題簡答題，與 10 題李克特量表試題作為施測工具。試題對應四個構面分別為能源知識 10 題、能源議題及資訊 8 題、公民責任及永續社會 10 題與節能減碳生活型態 10 題。舉例而言，「化石燃料發電」題組之情境是以國際能源組織(International Energy Agency)針對 2010 年 12 月於墨西哥坎昆舉行的聯合國氣候變遷會議，

提出的氣候變遷與各國電廠產生溫室氣體相關評析與報導，其後的試題對應能源知識構面有「以下關於化石燃料的特質何者『錯誤』？」，同一題組中所呈現能源議題及資訊構面的題目如「文中提及，在坎昆舉行的聯合國氣候變遷會議設定了減低碳排放的目標與措施，下列何者正確？」。在「都市綠化」的題組中，其情境採用臺北萬華的太陽圖書館，呈現城市綠樹對降低建築物溫度與節能減碳之功效，對應公民責任及永續社會構面的題目為「因為空調會排放廢熱，讓都市氣溫更高，我願意和班上同學一起減少開冷氣的時間。」，同一題組中，節能減碳生活型態構面之題目如「臺灣都市溫度越來越高，因此綠建築設計也逐漸受到重視，在建築物外側利用樹木遮蔭是其中一種方法，以下方法何者『無法』有效地降低建築物內的溫度？」。各構面之分數以七十分作為符合能源素養構面之標準(Chen et al., 2015)，選擇題與是非題以答對題數做為分數的計算，每題簡答題依系統所建置之答案，針對學生之回答予以評分，每個小題以二分計，依答題內容完整度酌予部分給分。李克特量表題設計於適當的情境式題組中，為四等第量表，從非常同意到非常不同意，為使學生明確表達其態度，因此無中立選項，每題最高為四分、最低一分。各構面分數計算方式，則依各構面測量之原始分數轉換為百分得分率，滿分以一百分計。

教學前、後評量分數的分析採用 SPSS 22 相依樣本 t 檢定，檢視學生是否因教學介入而於能源素養各構面上有所改變，並收集學生在教學前、後於「節能減碳素養電腦化測驗」之回答，檢視學生在各構面之變化後，提取學生於簡答題中之回答以進行歸納式內容分析(Elo & Kyngäs, 2008)。編碼的進行由二位研究者進行所有資料的重複閱讀，經由討論後得到編碼類別次項目，再將編碼類別次項目進一步合併，最後得到環境知識、論證推理、關懷態度與節能行為四項編碼類別。研究者將學生於前、後測之作答，依據編碼類別定義，各自進行編碼作業。當學生前、後測的回應內容呈現某項編碼類別次項目，則於前測、後測之欄位中計入學生人次；若學生於前測缺乏該項編碼類別但於後測中呈現該項編碼類別之回答，抑或是在前測回答時已有該項編碼類別，於後測時增加該項編碼類別之內容，則計入正向改變之欄位，例如：環境知識的前測中只寫出二氧化碳，後測時寫出二氧化碳與甲烷，則計入正向改變欄位一次。此欄位

代表的是，學生在教學後不只是從無到有的改變，還有藉由精緻化作答內容所反映出的能源素養提升。二位研究者編碼結果一致性大於 85%，相異處則於雙方討論後達成共識而完成編碼(以 M 代表男學生、F 代表女學生，數字則為學生編號，如 M45 則為編號 45 號男學生)。除了學生於測驗中簡答題之質性分析外，學生於課堂論證活動中所產生個人之論點、反論點與反駁，以及小組行動計畫制定時所撰寫之學習單，均作為檢視學生能源素養改變原因之資料來源。

肆、研究發現

一、能源素養於教學前、後之改變情形

各構面前、後測結果如表 2 所示，在能源知識、能源議題及資訊、公民責任及永續社會與節能減碳生活型態此四個構面均達到顯著進步水準，只有公民責任及永續社會構面接近中度效果量，其他構面均呈現高度效果量。公民責任及永續社會構面為態度量表形式，依前測分數可見學生已呈現相當正向的態度，到後測時仍有更進一步的提升，唯因天花板效應，效果量僅達中度。根據 Chen 等人(2015)於此評量工具所設定之標準，學生於各構面之分數達七十分，代表其為具備能源素養之個體。教學後，僅能源議題及資訊構面未達標準，但平均分數(69.83)已接近七十分，其他三個構面均提升到符合標準。

表 2 學生於節能減碳素養電腦化測驗前、後測各構面之結果

面向	構面	前測		後測		t 值	p 值	效果量
		平均值	標準差	平均值	標準差			
知識	能源知識	64.69	15.79	79.37	12.38	8.37	< .001	1.03
	能源議題及資訊	52.75	14.55	69.83	17.04	7.77	< .001	1.08
態度行為	公民責任及永續社會	87.80	13.12	92.84	9.17	4.90	< .001	0.45
	節能減碳生活型態	55.97	19.90	77.18	16.93	12.21	< .001	1.15

註：效果量為以 Cohen's *d* 表示該數值。

二、各構面能源素養之改變

在檢視各構面的素養指標後，發現各構面分數的變化中，以簡答題分數的進步最為明顯，因此自簡答題中抽取學生的回應，期以瞭解學生產生變化之原因。簡答題的內容分析如表 3 所示，各編碼類別所包括之編碼類別次項目如下，環境知識包含能源科學概念與環境影響成因，論證推理包含資訊的判讀、觀點的呈現與證據的提出，關懷態度為生態環境的關懷，節能行為則為行為選擇的根據。表 3 中，若一位學生於前、後測簡答題的回應中均呈現該編碼類別次項目者，則在前測與後測之欄位各計為一次，若該項類別是從無到有或是精緻化該項類別之內容者，則再計入正向改變之欄位。舉例而言，編碼類別「論證推理」的次項目「觀點的呈現」中，前測有 26 位學生的作答呈現該項目，於後測時有 56 人，正向改變的欄位中計有 45 人次，其中 30 人次是前測未提及而後測提及，即為從無到有的改變人數，其餘 15 人則為作答內容精緻化。

表 3 學生之簡答題作答內容分析一類別與正向改變人次統計

編碼類別	編碼類別次項目	前測	後測	正向改變
環境知識	能源科學概念	44	59	38
	環境影響成因	36	49	32
論證推理	資訊的判讀	13	32	26
	觀點的呈現	26	56	45
	證據的提出	5	23	22
關懷態度	生態環境的關懷	1	8	8
節能行為	行為選擇的根據	35	55	50

根據本研究於能源議題之脈絡中結合論證活動與小組行動之教學設計，以下分舉能源議題及資訊與節能減碳生活型態兩構面，以呈現本研究之教學策略對學生在此二構面學習之影響，並對應學生於論證活動與小組行動中之課程記錄，以了解學生於表 3 結果中所呈現的改變。以下將先分別說明各構面所代表之評量指標，並舉一例說明學生於該構面前、後測之表現情形，並對應其編碼類別次項目，以呈現學生於教學前、後之變化，並以學生於論證活動與小組行動之課程紀錄，以呈現學生在教學後改變之原因。

(一) 能源議題及資訊

此構面的評量指標是測量學生在面對能源相關議題時，能辨認各種不同的觀點，並考察資訊的來源與正確性，進一步作出推論與提出論點。以下茲舉一例說明，圖 1 呈現該題組情境為模擬廣告宣傳單上礦泉水的促銷資訊，此題要求學生判斷該宣傳訊息後，對於瓶裝水的使用表達立場並陳述理由或證據：「仔細思考後，你是否還會想購買此廣告傳單的礦泉水？請提出兩個理由支持你的決定。」教學前、後學生作答的案例如下：

某天，你收到一張廣告傳單如下圖，看完傳單後，你想起某天電視上的宣導訊息：	
<input type="checkbox"/> 台灣1噸水(1000公升)價格約為15元。	
<input type="checkbox"/> 台灣的自來水普及率超過九成。	
<input type="checkbox"/> 自來水水質有定期檢測，水質與瓶裝水相比毫不遜色。	
破盤下殺價↘，我最便宜 (NONO) 礦泉水2.2公升 ★天然純淨礦泉水，環保愛地球 ★有品味的人的最佳選擇 特價79折 23元 (售完即止，心動不如馬上行動)	

圖 1 能源議題及資訊構面之例題情境

M14

教學前：浪費資源。

教學後：不會。

1. 因為製造寶特瓶的過程中會大量消耗能源，增加碳排放量。
2. 據調查，光是製造全球瓶裝水用的寶特瓶，每年要耗掉 1800 萬桶原油和 1300 多億加侖的水，在飲用後更會產生大量的廢棄物，所以要少用寶特瓶。

M9

教學前： $1000/15=66.666 \text{ ml/元}$ ； $2200/23=95.652 \text{ ml/元}$

自來水水質有定期檢測，水質與瓶裝水相比毫不遜色。→推測水質相同。

假設兩個對環境負擔相同，則優先購買瓶裝水。

教學後：1000 公升價格約為 15 元→每公升約 0.015 元

2.2 公升 23 元→每公升約 10.5 元

價錢差了約 700 倍，且買瓶裝水要多浪費製造寶特瓶的能源，處理飲用後的廢棄物也很麻煩。品質也和臺灣自來水差不多，且自來水普及率超過九成→表示礦泉水普及率小於一成。

從價格、普及率、能源消耗、品質來看。不會(購買)。

此題所屬指標為「節能減碳資訊判斷與評估」，檢驗學生是否能辨認議題的不同觀點並評估節能減碳資訊的正確性與可行性，在思考後提出論點。教學前，M14 的回答無明確理由之陳述，教學後則明確提出能源消耗的環境影響成因而導致碳排放量增加的證據，並判讀該題組所給予之情境資訊(原油、水和廢棄物)，以支持減用寶特瓶之立場，此過程也從最初提出浪費資源，轉變為增加碳排放量與產生廢棄物不同觀點的呈現。M9 則使用科學的假設與推理，輔以數據化的方式呈現其推理過程與證據，但由於在前測時題目資訊的判讀有誤(1000 公升誤讀為 1000 毫升)，在教學後重新檢視其所判讀的資訊，並將廢棄物處理與能源消耗的觀點作為不會購買瓶裝水的理由，但在普及率概念的提出上則為過度的錯誤推論，即自來水與礦泉水普及率並非一個集合中的兩個元素，因此在推論上仍有偏誤的產生。

學生於測驗中回答的編碼類別改變也反應在學生的論證活動中。學生依據教師所給予之議題「以臺灣的條件而言，你是否支持臺灣使用太陽能發電？」進行回應，學生先針對論點表達支持或反對之主張，再進行論點、反論點與反駁的陳述。在多數學生於論點中所呈現之理由與觀點的豐富度均有提升的情況下，研究者選取內容表達明確度較高之學生回應如下：

M33

教學前：

論點：我支持臺灣使用太陽能發電。在陽光充足不消失的情況下，太陽光取之不盡、用之不竭，太陽能資源無限，不會產生較大污染。

反論點：當光線不充足時，太陽能幾乎不能轉換出強大的電力。

反駁：但是它比其他發電方法還要持久，且太陽很久才消滅，光能無限。

教學後：

論點：我反對臺灣使用太陽能發電。估計每生產一噸的多晶矽，會有 3~4 噸的四氯化矽，對環境造成龐大的危害的情況下，當這種具強腐蝕性的有毒液體遇到潮濕空氣，馬上分解成矽酸和劇毒氣體氯化氫，會刺激人體眼睛、皮膚與呼吸道，遇上星火則會爆炸，用於傾倒或掩埋四氯化矽的土地將變成不毛之地，樹木和草都無法生長。

反論點：在有足夠金錢的情況下，可以試著回收四氯化矽，讓環境不被汙染，讓太陽能更環保。

反駁：這些回收四氯化矽的金錢相當龐大，根本沒多少人會想要去回收。

F20

教學前：

論點：我支持臺灣使用太陽能發電。因為在太陽能安全性佳的情況下，比較不會有汙染。

反論點：在比較常下雨的地區，如果下雨呢？

反駁：可是太陽能方便又不太會汙染。

教學後：

論點：我支持臺灣使用太陽能發電。在陽光充足的環境下，比起其他能源，我覺得太陽能是經濟環保的，因為網路資料顯示太陽能是人類永久性的能源，輻射 15 分鐘的能量足以全世界一年使用，而且太陽能安全性佳。

反論點：在資金可能不夠，加上近年來溫室效應嚴重，天氣不穩定的情況下，無法有效利用太陽能，且如果沒有太陽呢？太陽能的利用裝置需要相當大的面積，大面積相對價格也高阿。

反駁：難道(我們)要使用其他能源讓全世界危險性提高嗎？太陽能雖昂貴但保障人民安全又經濟環保，大家想在惡劣的環境下居住下去嗎？何不試試其他能源如太陽能，讓地球更美好呢？

學生教學前之回答常基於課本或媒體之報導，也就是太陽能為乾淨、環保且具備長久使用的特性，以個人之經驗提出論點與反論點。在教學後，M33 藉由課程中對於太陽能電池製程知識的理解，經由資料的搜尋與判讀後，提出危害人體的科學證據，並指出其對於生態環境的影響，展現基於科學與環境的觀點考量，其反論點與反駁則基於環境與經濟觀點之考量，而使論證之過程完備。F20 的例子中，其於教學前亦無法做出有效之反駁，在教學後，藉由網路資訊的判讀，提出太陽輻射提供全球能源使用量之科學證據與觀點，其反論點的提出，則是從氣候變遷闡述氣候影響太陽能板使用之環境影響成因，且同時考量太陽能板實際使用之面積與經濟之觀點，最後，以使用其他能源對地球環境的危害做出反駁，並以人類與環境共存之社會觀點支持太陽能的使用。然而 F20 提出的反論點中，仍出現普遍存在的以天氣或氣候為理由的迷思概念，事實上在天氣不佳的情況下，太陽能板仍能產生電流。

(二) 節能減碳生活型態構面

此構面的能源素養指標為商品的生產、使用和處理上均需耗費能源，強調具備行動能力的策略思考和抉擇。以下茲舉一例(圖 2)說明，該題組是以某國小辦理校外教學為情境，題目中以學生熟悉的「名偵探柯南」卡通人物為名，情境呈現兩位主角在校外教學時攜帶的食物，其中一題簡答題為：「步美和光彥所帶的食物，對環境產生的影響有什麼不同？請分別從『食物產地』與『包裝』來分析。」教學前、後學生的作答如下：

節能減碳生活

米花國小辦理校外教學，目的地是臺北的木柵動物園。步美的媽媽幫她準備了進口零食：袋裝洋芋片、巧克力、夾心餅乾隨手包和海苔分享包。步美一上車就拿出夾心餅乾隨手包和海苔分享包，開始分給同學們吃。後來上來的光彥，也跟著拿出裝在保鮮盒中切好的芭樂（高雄燕巢生產）和芒果乾（台南玉井生產）請同學吃。

抵達木柵動物園後，同學們馬上衝到貓熊館，看到住在冷氣房的貓熊的可愛模樣，大家紛紛拿出相機來照相。看完貓熊館後，又前往必須使用空調維持在低溫環境的極地企鵝館，看著企鵝在水池裡嬉戲，在冰崖上跳上跳下。

才踏出企鵝館，一行人馬上受不了炎熱，到販賣機前買各式各樣的保特瓶裝飲料邊走邊喝，大呼過癮，光彥則拿出自己帶來的水壺解渴。走著走著，因為太陽太大，光彥就在樹下乘涼邊看著長頸鹿悠哉散步，步美則早早就回到遊覽車上請司機開冷氣，在冷氣車上休息等其他人回遊覽車，再一起回學校。

圖 2 節能減碳生活型態構面之例題

F56

教學前：

步美：帶進口的食品會造成減少臺灣的銷售量，導致臺灣製造的(零食)越來越少，而外圍的包裝可能危害地球資源，塑膠袋不可燃。

光彥：用保鮮盒裝既環保又保鮮。

教學後：

步美：準備了進口食物，進口食物需要用飛機和貨車運送，對空氣造成很多碳足跡。外面的包裝不易回收，造成更多的碳足跡。

光彥：用保鮮盒裝比用一般鋁箔包裝來的好，不用回收，可清洗後再利用。但高雄和臺南的東西都需要貨車來送，對環境造成了不少碳足跡。

M17

教學前：

	<u>食物產地</u>	<u>包裝</u>
<u>步美</u>	來自各地	個別包裝，且使用完後會造成垃圾
<u>光彥</u>	高雄燕巢、臺南玉井	環保的保鮮盒

教學後：

	<u>食物產地</u>	<u>包裝</u>
<u>步美</u>	國外	袋裝、隨手包

光彥 芭樂(高雄燕巢生產)和芒果乾(臺南玉井生產) 保鮮盒

對環境的影響

步美 1.碳足跡相對大，因為是從國外進口

2.產生許多垃圾，因為零食吃完袋子不能重複使用

光彥 1.產於國內所以碳足跡相對較少 2.保鮮盒可以重複使用

此題所屬指標為「永續消費」，檢驗學生是否瞭解商品從生產到廢棄處理的過程均需耗費能源，並可在日常生活中選擇永續性的商品。教學前，F56 的回答以經濟觀點作為考量，並在包裝上簡要提及對環境的影響，於後測的回答中則將碳足跡的能源科學概念與其環境影響成因，以及回收概念與步驟的環境永續觀點詳細呈現於其行為選擇的根據上，唯在使用碳足跡一詞時的脈絡不夠清楚。M17 將題目所呈現的資訊以表格化的形式呈現，教學前僅列出題目之內容並陳述垃圾之生成，在教學後同樣以條列方式，且根據碳足跡的能源科學概念與環境永續觀點呈現於行為的選擇。

上述行為選擇的根據，也可由學生小組行動學習單的撰寫內容與上台分享，瞭解學生對於節能減碳議題之處理態度與方式。在學習單內容的呈現上，育樂的實踐(如圖 3)除了在原理中呈現手機電池能源消耗與二氧化碳排放之能源科學概念，並能夠思考育樂行為與節能目標之平衡，瞭解人類在方便與節能間找到平衡點，除了表達對生態環境的關懷外，並作為行為選擇的根據。針對食的生活實踐中(如圖 4)，小組成員傳達任何食材在製作與運送的過程中均會產生二氧化碳的能源科學概念與環境影響成因，更藉由行動優、缺點的分析，除了傳達對生態環境的關懷外，也瞭解該行為在現有社會脈絡中所受的限制為何，並分配後續利用課後時間影片拍攝之任務，且在報告的影片中傳達以環保杯盛裝飲料之生活實踐。他組呈現有關行的實踐報告中，在介紹不同交通工具每公里所產生之碳排放量後，播放小組成員實際拍攝之影片，以經濟觀點呈現政策誘因，建議同儕搭乘大眾運輸工具，或是以騎乘腳踏車和步行方式上下學，並在結尾時以健康的觀點鼓勵同學從日常生活改變行為以愛護地球，除了行動的實際執行外，從影片主題亦傳達對地球生態環境的關懷。

與 Powers (2011a)之調查結果一致。經由本研究之課程，學生在知識面向有大幅度提升，並達到評量工具所設定之標準(Chen et al., 2015)。本課程根據文獻所建議，將能源議題納入課程設計中，並以論證活動使學生思考生活中之議題所包括的資訊，及藉由線上與面對面之過程呈現他人所提出之多元觀點與證據，結果顯示，此課程確實可使學生提升能源素養的知識面向。藉由論證活動的進行，學生能於太陽能電池製程的科學知識與溝通互動之論證過程中，培養理性之思維，使其能藉由資訊的判讀與證據的提出以呈現不同觀點之論點。以太陽能電池製程內容為基礎的社會性科學議題教學，科學知識可強化學生對於議題討論的投入程度，並結合不同領域的知識，且在雙人論證的建構中考量他人觀點，透過反思提升論證推理與批判性思考之能力(Lewis & Leach, 2006; Rudsberg & Öhman, 2015; von Aufschnaiter, Erduran, Osborne, & Simon, 2008; Yacoubian, 2018)。正如學生的課後回應提及：「可以一起小組討論，不會像平常一樣很混亂的在教室裡討論」、「可以聽同學不一樣的看法或是回答問題讓自己可以思考」。學生於評量問題之回應中呈現上述能力的提升，而論證活動的課程紀錄中，學生提出論點、反論點與反駁之能力亦有明顯之提升，其中所引用之能源科學概念與環境影響之因果關係，亦透過論證過程而促使學生在和他人的討論與網路資料搜尋過程中獲得提出證據之能力，如學生所言「能在網上學到更多的課外新知」。此呼應 Jin 等人(2015)主張學生於論證之過程中可提升對於能源概念之理解，因此學生在教學後於能源議題及資訊構面已達全臺灣學生平均並接近合格標準(Chen et al., 2015)。此階段的教學，若能將某些迷思概念融入教學設計中，可避免學生(如 F20)誤用迷思概念，以強化學生提出合理論點之能力。從前測的回應中可得知，學生對於資訊來源的辨認能力不足，常以個人經驗回答，但若需對資訊進行評估，則需有正確與可行之證據以支持自身之主張，僅少部分學生(如 M9)能將題目之資訊進行計算與推理，根據證據清楚表達其決定。因此，未來在此類議題教學中，除了要增強學生學習動機外，應讓學生有充分時間沉浸在多元資訊的收集與判讀，學習考量他人不同的觀點，並知道如何提出豐富合理的證據以支持自身的論點。

二、態度與行為面向

教學前學生對於能源之使用已持有正向之態度，與前人的研究結果相仿 (Alghamdi & El-Hassan, 2019; Białynicki-Birula et al., 2022; Chen et al., 2015; DeWaters & Powers, 2011a; Lay et al., 2013; Lee et al., 2022; Yeh et al., 2017)。經由教學介入，學生對於公民責任及永續社會的態度呈現正向成長之趨勢，與 Lee 等人(2015)之研究中呈現學生接受兩年能源教育計劃後，可提升其對於能源使用之態度，再次顯示能源教學介入之必要性。如 DeWaters 與 Powers (2011b)之研究，學生因實際參與議題的討論，而使態度有正向之提升，顯示在本研究之能源課程中，學習基礎能源科學概念後，配合問題與能源議題的討論，讓學生能同理他人觀點並提出具備證據且合理之論點，可提升學生對於能源使用的態度。本研究中，態度面向的提升除了表現於公民責任及永續社會構面的分數上，同時可藉由學生於論證活動紀錄、學習單與小組報告中傳達學生對生態環境的關懷。即使因前測分數偏高可能導致的天花板效應，課程的影響仍能從中度效果量的提升反映出來，顯示本研究設計除了知識面向外，尚能顧及學生於態度面向的發展。

對應行為面向的節能減碳生活型態構面，學生於前測的表現不佳，亦與前人的調查結果一致(Chen et al., 2015; DeWaters & Powers, 2011a; Lay et al., 2013)。教學後，學生在行為面向的得分符合具備能源素養個體的表現，顯示小組行動中，節能減碳生活實踐的決策過程與行動方案的制定對於學生行為改變之助益，且節能減碳生活型態構面的前、後測效果量為四個構面中最大者，說明本教學對行為面向具較大之影響。本研究設計的小組行動，是依據學生個人之決定進行同質性分組，避免學生在無共識的各自表述中與重複確認目標下制定節能減碳的行動，因此得以在減少意見衝突與組員勉強配合的情況下，進行策略與共識的擬定與行動(Arvai, Campbell, Baird, & Rivers, 2004)，有助於以集體行動 (collective action) 解決問題的方式。本研究期望藉由行動整合所學知識、態度與價值觀，從成功的實踐中獲得行動能力，正如學生所言「跟小組的同學一起完成某件事，感覺很有趣，也很有成就感」。Dittmer 等人(2018)亦指出，讓學

生能在行動中適時地獲得成就感，將有助於未來終身社會行動之參與，對社會正義之實踐亦能有所貢獻。如此之行動方案制定的過程也符應 Varela-Losada 等人(2016)之建議，應在課程中促使學生思考個人生活型態如何達成節能減碳的目標，且能清晰合理的說出理由，是環境行動「說服他人」的基本能力。在學生參與做決定的行動過程中，可培養批判性思考能力，對真實生活情境中的問題進行反思，作為另有行動方案提出與實踐上的重要基礎，亦為培育民主社會之公民所需具備的能力(Birdsall, 2010; Mogensen, 1997; Sass et al., 2020; Varela-Losada et al., 2016)。

陸、結論

本研究於科學課程的脈絡下，在賦予學生基礎能源科學的概念後，以議題融入的方式，在論證活動中可發展學生於知識與態度面向的能源素養，而小組行動可在學生的行為面向上產生影響。教學活動後，學生在能源知識、能源議題及資訊、公民責任及永續社會與節能減碳生活型態四個構面均有顯著進步，並反映於環境知識、論證推理、關懷態度與節能行為的改變情形，此情形也呈現於學生論點、反論點與反駁的建構，以及實際小組行動中行為選擇的依據。本研究所設計的教學活動在 108 課綱實行後，除了可與科技領域統整為跨領域課程外，亦可與社會領域結合，強調科學發展對歷史脈絡、人文地理與公民權益之影響。以議題為脈絡，將使得學生於科學課室所習得之知識具有意義，而非僅作為記憶的事實。當教師能賦予學生闡述其論點的機會時，這些知識便能在論點的闡述中被運用，形成個人之主張，也將影響個人於真實社會脈絡中能源議題的覺察與態度，最後貢獻個人對能源使用的決策，將能於日常生活中以有效率的方式決定能源使用之方式，如此，改變才有可能發生。

柒、建議

科學教師在思考如何以能源議題融入課程時，可考量在議題中所使用的能

源科學概念，並從含括這些概念的科學課程中挑選議題，除了讓學生討論並了解這些議題所反映出的多元觀點與其背後之理由外，更重要的是，要使學生能夠提出自身的論點並且能清楚地陳述其理由，以達求真求實之精神(教育部，2018)。於新課綱中強調學習與生活的結合與實踐之目標下(教育部，2017)，如何培養學生在民主社會中將其主張落實為生活中可實踐之事，並能從實踐中學習而成為終身的學習者，需要發展更多的教學主題案例，並在未來透過實徵性的教學研究加以驗證。

捌、誌謝

感謝參與學校的 301 和 306 班學生，使教學能順利完成。黃書涵小姐協助能源素養評量的施測與初步結果的提供，讓後續資料分析能順利進行，在此致上謝意。

玖、參考文獻

- 教育部 (2017)。十二年國民基本教育課程綱要—總綱。取自
https://www.naer.edu.tw/ezfiles/0/1000/attach/87/pta_18543_581357_62438.pdf
【Ministry of Education (2017). Curriculum guidelines of 12-year basic education—General guidelines. Retrieved from
https://www.naer.edu.tw/ezfiles/0/1000/attach/63/pta_18538_240851_60502.pdf】
- 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。取自
https://www.naer.edu.tw/ezfiles/0/1000/attach/63/pta_18538_240851_60502.pdf
【Ministry of Education (2018). Curriculum guidelines of 12-year basic education for elementary School, junior high and general senior high schools—The domain of natural science. Retrieved from
https://www.naer.edu.tw/ezfiles/0/1000/attach/63/pta_18538_240851_60502.pdf】
- 陳仕燁(2012)。電池原理與種類。取自
<https://market.cloud.edu.tw/resources/web/1662220>
【Chen, S. Y. (2012). Principle and category of battery. Retrieved from
<https://market.cloud.edu.tw/resources/web/1662220>】
- 陳怡君、黃稜洋(2011)。節能減碳-省源(\$)-一度讚。取自
<http://www.esdtaiwan.edu.tw/Upload/%7B57FCC7B6-F721-4738-A5AF->

- C515596BB3C4%7D/content.html
【Chen Y. J. & Huang L. Y. (2011). Energy saving and carbon reduction - Resource Saving (\$) once praised Retrieved from <http://www.esdtaiwan.edu.tw/UpLoad/%7B57FCC7B6-F721-4738-A5AF-C515596BB3C4%7D/content.html>】
- 陳冠利、劉湘瑤、陳柏熹、黃書涵(2015)。以情境式試題評量中學生能源素養。《*教育科學研究期刊*》，60(2)，167-196。doi: 10.6209/JORIES.2015.60(2).06
- 【Chen, K. L., Liu, S. Y., Chen, P. H., & Huang, S. H. (2015). Using contextualized assessment to measure the energy literacy of middle and high school students. *Journal of Research in Education Sciences*, 60(2), 167-196. doi: 10.6209/JORIES.2015.60(2).06】
- 經濟部能源局(2017)。《*能源發展綱領*》。臺北市：經濟部能源局。
- 【Bureau of Energy (2017). *Guidelines on energy development*. Taipei: Bureau of Energy.】
- Alghamdi, A. K. H., & El-Hassan, W. S. (2019). Saudi undergraduate students' needs of pedagogical education for energy literacy. *Journal of Turkish Science Education*, 16(4), 521-537.
- Arvai, J. L., Campbell, V. E., Baird, A., & Rivers, L. (2004). Teaching students to make better decisions about the environment: Lessons from the decision sciences. *The Journal of Environmental Education*, 36(1), 33-44. doi:10.3200/joe.36.1.33-44
- Białynicki-Birula, P., Makiela, K., & Mamica, Ł. (2022). Energy literacy and its determinants among students within the context of public intervention in Poland. *Energies*, 15(15), 5368. doi: 10.3390/en15155368
- Birdsall, S. (2010). Empowering students to act: Learning about, through and from the nature of action. *Australian Journal of Environmental Education*, 26, 65-84. doi: 10.1017/S0814062600000835
- Bodzin, A. (2012). Investigating urban eighth-grade students' knowledge of energy resources. *International Journal of Science Education*, 34(8), 1255-1275. doi:10.1080/09500693.2012.661483
- Bodzin, A. M., Fu, Q., Peffer, T. E., & Kulo, V. (2013). Developing energy literacy in US middle-level students using the geospatial curriculum approach. *International Journal of Science Education*, 35(9), 1561-1589. doi:10.1080/09500693.2013.769139
- Bybee, R. W. (2008). Scientific literacy, environmental issues, and PISA 2006: The 2008 Paul F-Brandwein lecture. *Journal of Science Education and Technology*, 17(6), 566-585. doi:10.1007/s
- Chawla, L., & Cushing, D. F. (2007). Education for strategic environmental behavior. *Environmental Education Research*, 13(4), 437-452. doi:10.1080/13504620701581539
- Chen, K. L., Huang, S. H., & Liu, S. Y. (2013). Devising a framework for energy education in Taiwan using the analytic hierarchy process. *Energy Policy*, 55, 396-403. doi:10.1016/j.enpol.2012.12.025
- Chen, K. L., Liu, S. Y., & Chen, P. H. (2015). Assessing multidimensional energy literacy of secondary students using contextualized assessment. *International Journal of Environmental and Science Education*, 10(2), 201-218. doi:10.12973/ijese.2015.241a
- Chien, Y. T., & Chang, C. Y. (2015). Supporting socio-scientific argumentation in the classroom through automatic group formation based on students' real-time responses. In M. S. Khine (Ed.), *Science education in East Asia: Pedagogical innovations and*

- research-informed practices*. Cham: Springer. doi: 10.1007/978-3-319-16390-1_22
- DeWaters, J., & Powers, S. (2008). *Energy literacy among middle and high school youth*. Retrieved from <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4720280/>
- DeWaters, J. E., & Powers, S. E. (2011a). Energy literacy of secondary students in New York State (USA): A measure of knowledge, affect, and behavior. *Energy Policy*, 39(3), 1699-1710. doi:10.1016/j.enpol.2010.12.049
- DeWaters, J. E., & Powers, S. E. (2011b). *Improving energy literacy among middle school youth with project-based learning pedagogies*. Retrieved from <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6142961/>
- Dillenbourg, P. (1999). What do you mean by collaborative learning?. In P. Dillenbourg (Ed.), *Collaborative learning: Cognitive and computational approaches (pp. 1-19)*. Oxford: Elsevier.
- Dittmer, L., Mugagga, F., Metternich, A., Schweizer-Ries, P., Asiiimwe, G., & Riemer, M. (2018). “We can keep the fire burning”: building action competence through environmental justice education in Uganda and Germany. *Local Environment*, 23(2), 144-157. doi: 10.1080/13549839.2017.1391188
- Elo, S., & Kyngas, H. (2008). The qualitative content analysis process. *Journal of Advanced Nursing*, 62(1), 107-115. doi:10.1111/j.1365-2648.2007.04569.x
- Gottlieb, D., Vigoda-Gadot, E., & Haim, A. (2013). Encouraging ecological behaviors among students by using the ecological footprint as an educational tool: A quasi-experimental design in a public high school in the city of Haifa. *Environmental Education Research*, 19(6), 844-863. doi:10.1080/13504622.2013.768602
- Harlen, W. (2001). The assessment of scientific literacy in the OECD/PISA project. *Studies in Science Education*, 36(1), 79-103. doi:10.1080/03057260108560168
- Hodson, D. (2010). Science education as a call to action. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 10(3), 197-206. doi:10.1080/14926156.2010.504478
- Holstermann, N., Grube, D., & Bögeholz, S. (2010). Hands-on activities and their influence on students' interest. *Research in Science Education*, 40(5), 743-757. doi:10.1007/s11165-009-9142-0
- Hungerford, H. R. (2010). Epilogue. *The Journal of Environmental Education*, 41(1), 68-69. doi:10.1080/00958960903210049
- Jensen, B. B., & Schnack, K. (2006). The action competence approach in environmental education. *Environmental Education Research*, 12(3-4), 471-486. doi:10.1080/13504620600943053
- Jin, H., Mehl, C. E., & Lan, D. H. (2015). Developing an analytical framework for argumentation on energy consumption issues. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(8), 1132-1162. doi:10.1002/tea.21237
- Karpudewan, M., & Roth, W.-M. (2016). Changes in primary students' informal reasoning during an environment-related curriculum on socio-scientific issues. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(3), 401-419. doi:10.1007/s10763-016-9787-x
- Keller, L., Riede, M., Link, S., Hüfner, K., & Stötter, J. (2022). Can education save money, energy, and the climate?—assessing the potential impacts of climate change education on

- energy literacy and energy consumption in the light of the EU energy efficiency directive and the Austrian energy efficiency act. *Energies*, 15(3), 1118. doi: 10.3390/en15031118
- Kuhn, D., Shaw, V., & Felton, M. (1997). Effects of dyadic interaction on argumentative reasoning. *Cognition and Instruction*, 15(3), 287-315. doi:10.1207/s1532690xci1503_1
- Kuhn, D., Zillmer, N., Crowell, A., & Zavala, J. (2013). Developing norms of argumentation: Metacognitive, epistemological, and social dimensions of developing argumentative competence. *Cognition and Instruction*, 31(4), 456-496. doi:10.1080/07370008.2013.830618
- Lay, Y. F., Khoo, C. H., Treagust, D. F., & Chandrasegaran, A. L. (2013). Assessing secondary school students' understanding of the relevance of energy in their daily lives. *International Journal of Environmental and Science Education*, 8(1), 199-215.
- Lee, L. S., Lee, Y. F., Altschuld, J. W., & Pan, Y. J. (2015). Energy literacy: Evaluating knowledge, affect, and behavior of students in Taiwan. *Energy Policy*, 76, 98-106. doi:10.1016/j.enpol.2014.11.012
- Lee, L. S., Lee, Y. F., Wu, M. J., & Pan, Y. J. (2019). A study of energy literacy among nursing students to examine implications on energy conservation efforts in Taiwan. *Energy Policy*, 135, 111005. doi: 10.1016/j.enpol.2019.111005
- Lee, L. S., Lin, K. Y., Guu, Y. H., Chang, L. T., & Lai, C. C. (2013). The effect of hands-on 'energy-saving house' learning activities on elementary school students' knowledge, attitudes, and behavior regarding energy saving and carbon-emissions reduction. *Environmental Education Research*, 19(5), 620-638. doi:10.1080/13504622.2012.727781
- Lee, Y. F., Nguyen, H. B. N., & Sung, H. T. (2022). Energy literacy of high school students in Vietnam and determinants of their energy-saving behavior. *Environmental Education Research*, 28(6), 907-924. doi: 10.1080/13504622.2022.2034752
- Lewis, J., & Leach, J. (2006). Discussion of Socio-scientific Issues: The role of science knowledge. *International Journal of Science Education*, 28(11), 1267-1287. doi: 10.1080/09500690500439348
- Lin, S. S. (2014). Science and non-science undergraduate students' critical thinking and argumentation performance in reading a science news report. *International Journal of Science & Mathematics Education*, 12(5), 1023-1046. doi:10.1007/s10763-013-9451-7
- Liu, S. Y. (2016). Teaching environmental issues in science classroom: Status, opportunities, and strategies. In M.-H. Chiu (ed.), *Science education research and practices in Taiwan* (pp. 371-386). Singapore: Springer Science+Business Media. doi: 10.1007/978-981-287-472-6_19
- Mogensen, F. (1997). Critical thinking: a central element in developing action competence in health and environmental education. *Health Education Research*, 12(4), 429-436. doi: 10.1093/her/12.4.429
- Nussbaum, E. M., Sinatra, G. M., & Poliquin, A. (2008). Role of epistemic beliefs and scientific argumentation in science learning. *International Journal of Science Education*, 30(15), 1977-1999. doi:10.1080/09500690701545919
- OECD. (2016). *PISA 2015 Results (Volume I): Excellence and equity in education*, OECD Publishing, Paris. doi: 10.1787/9789264266490-en
- Patronis, T., Potari, D., & Spiliotopoulou, V. (1999). Students' argumentation in decision-making on a socio-scientific issue: Implications for teaching. *International Journal of*

- Science Education*, 21(7), 745-754. doi: 10.1080/095006999290408
- Riemer, M., Voorhees, C., Dittmer, L., Alisat, S., Alam, N., Sayal, R., Bidisha, S. H., De Souza, A., Lynes, J., Metternich, A., Mugagga, F., Schweizer-Ries, P. (2016). The youth leading environmental change project: A mixed-method longitudinal study across six countries. *Ecopsychology*, 8(3), 174-187. doi:10.1089/eco.2016.0025
- Rudsberg, K., & Öhman, J. (2015). The role of knowledge in participatory and pluralistic approaches to ESE. *Environmental Education Research*, 21(7), 955-974. doi: 10.1080/13504622.2014.971717
- Sass, W., Boeve-de Pauw, J., Olsson, D., Gericke, N., De Maeyer, S., & Van Petegem, P. (2020). Redefining action competence: The case of sustainable development. *The Journal of Environmental Education*, 51(4), 292-305. doi: 10.1080/00958964.2020.1765132
- van den Broek, K. L. (2019). Household energy literacy: A critical review and a conceptual typology. *Energy Research & Social Science*, 57, 101256. doi: 10.1016/j.erass.2019.101256
- Varela-Losada, M., Vega-Marcote, P., Pérez-Rodríguez, U., & Álvarez-Lires, M. (2016). Going to action? A literature review on educational proposals in formal Environmental Education. *Environmental Education Research*, 22(3), 390-421. doi:10.1080/13504622.2015.1101751
- Volk, T. L., & Cheak, M. J. (2003). The effects of an environmental education program on students, parents, and community. *The Journal of Environmental Education*, 34(4), 12-25. doi:10.1080/00958960309603483
- 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. doi: 10.1002/tea.20213
- Whitmarsh, L., Seyfang, G., & O'Neill, S. (2011). Public engagement with carbon and climate change: To what extent is the public 'carbon capable'? *Global Environmental Change*, 21(1), 56-65. doi:10.1016/j.gloenvcha.2010.07.011
- Yacoubian, H. A. (2018). Scientific literacy for democratic decision-making. *International Journal of Science Education*, 40(3), 308-327. doi: 10.1080/09500693.2017.1420266
- Yang, J. C., Lin, Y. L., & Liu, Y.-C. (2017). Effects of locus of control on behavioral intention and learning performance of energy knowledge in game-based learning. *Environmental Education Research*, 23(6), 886-899. doi:10.1080/13504622.2016.1214865
- Yeh, S. C., Huang, J. Y., & Yu, H. C. (2017). Analysis of energy literacy and misconceptions of junior high students in Taiwan. *Sustainability*, 9(3), 423. doi:10.3390/su9030423
- Zohar, A., & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(1), 35-62. doi:10.1002/tea.10008

作者簡介：

陳仕燁 國立臺中教育大學科學教育與應用學系

電話：0911-211-661

電子郵件：80345001s@gmail.com

通訊處：403514 臺中市西區民生路140號求真樓

劉湘瑤 國立臺灣師範大學科學教育研究所/生命科學系合聘教授

電話：02-7749-6807

電子郵件：liusy@ntnu.edu.tw

通訊處：116059 臺北市文山區汀州路 4 段 88 號公館校區科教大樓

Chen, Shih-Yeh

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

Tel: 0911-211-661

Email: 80345001s@gmail.com

Address: No. 140, Minsheng Rd., West Dist., Taichung City 403514, Taiwan (R.O.C.)

Liu, Shiang-Yao

Professor, Graduate Institute of Science Education, School of Life Science, National
Taiwan Normal University

Tel: (02)7749-6807

Email: liusy@ntnu.edu.tw

Address: No. 88, Sec. 4, Tingzhou Rd., Wenshan Dist., Taipei City 116059, Taiwan
(R.O.C.)

Fostering Junior High School Students' Energy Literacy Through Integrating the Energy Issue into Science Curriculum

Shih-Yeh Chen ^{1*}, Shiang-Yao Liu ²

¹ Assistant Professor, Department of Science Education and Application, National Taichung University of Education

² Professor, Graduate Institute of Science Education, School of Life Science, National Taiwan Normal University

Abstract

The topic of “Energy Exploitation and Use” has been included in the new Science Curriculum Standards. In recent years, energy literacy is also an important educational agenda all over the world. This study aimed to develop an instruction for 9th graders that energy resources and environmental issues are incorporated into an existing science unit. Students’ energy literacy was assessed to evaluate the influence of this instruction. Three components of the instruction were applied in which students are not only equipped with scientific concepts to deal with energy issues but also inspired to propose action plans for energy conservation. The instant response system was adopted to allow students to present their individual stances and reasons and communicate with other peers. Sixty-six students completed a computer-based test for energy literacy before and after the instruction. The energy literacy assessment included energy concepts, reasoning in energy issues, civic responsibility for a sustainable society, and low-carbon lifestyle dimensions. Results indicated that students have a significant improvement on the assessment, especially with the large effect sizes on the dimensions related to knowledge and behavior. However, students’ written responses to essay questions showed that there is a need to improve their competence to discern information and support their claims with reasoned warrants with evidence. This study recommended that incorporating issues into science

teaching could equip students with rational judgment and authentic action.

Keywords: solar energy, energy literacy, energy saving & carbon reduction, argumentation, science curriculum