

應用新世代科學課程標準設計國小環境教育 STEAM課程之行動研究—以「太陽能燜燒鍋」 教學活動為例

陳瑞玲¹ 盧秀琴²

摘要

本研究目的在探討以六個自編之「太陽能燜燒鍋」教學活動實施教學，並採用STEAM(Science, Technology, Engineering, Arts & Mathematics)五項內容設計課程及應用美國新世代科學課程標準(Next Generation Science Standards)設計國小十二年國教素養導向的環境教育課程，對國小高年級四個班級106位學童進行「太陽能燜燒鍋」教學活動。

本研究採取單一組前、後測設計，是採量化為主，質性為輔的研究。量化工具為自編之十二年國教素養導向「環境教育學習主題量表」，對學童施與教學前、後測，並進行統計分析及蒐集相關質性資料，來探討「太陽能燜燒鍋」課程教學後，學童之各環境教育學習主題(環境倫理、永續發展、氣候變遷、災害防救、能源資源永續利用)提升狀況及其影響。研究結果顯示學童在「國小學童環境教育學習主題能力量表」總量表後測平均成績(143.10)高於前測平均成績(137.05)，進步6.05分，前、後測分數經相依樣本t考驗亦達到顯著差異($t=-4.649$, $p=.0000<.05$)。在質性資料分析結果顯示：學童於「太陽能燜燒鍋」教學活動後，在環境教育各學習主題能力部分，也大多能提升並對教學活動感到有趣。

關鍵字: 新世代科學課程標準、STEAM、十二年國教環境教育、教學行動研究

¹ 新北市深坑區深坑國小教師

² 國立台北教育大學自然科學教育研究所教授

壹、前言

面對全球氣候變遷以及全球暖化日益明顯的趨勢，研究者設計環境教育課程，讓國小學童體認低碳生活實踐的重要性。因應台灣於2010年通過《環境教育法》，並從2011年6月5日起開始實施，其中規定小學到高級中學之教學活動中必須涵蓋四小時的環境教育課程，且《環境教育法》其首要任務即在推動環境教育，以促進國民瞭解個人及社會與環境的相互依存關係，增進全民環境倫理與責任，進而維護環境生態平衡、尊重生命、促進社會正義，培養環境公民與環境學習社群，以達到永續發展（環保署，2010），這是台灣推動環境教育與自然保育的重要里程碑。

在2014年教育部頒布《十二年國民基本教育課程綱要總綱》，明定環境教育為未來國家教育新課綱的重要議題之一，2015年教育部更進一步規劃新課綱中環境教育之內涵，包含環境倫理、永續發展、氣候變遷、災害防救與能源資源永續利用等五大主題(教育部，2014)，而綠色能源的開發與應用，是21世紀人類追求永續發展的重要課題。美國「應用新世代科學課程標準」於2014年頒

布實施，加上2009年美國總統歐巴馬任內提出《教育創新十年計畫》，加入藝術人文領域（Arts），推動STEAM（STEM+Arts）教育。而實施STEAM(-Science Technology Engineering Art Mathematics)科學教育，是結合十二年國教核心素養培養科技與人文素養兼備人才的方式；十二年國教新課綱上路(教育部，2014)，面對人工智慧（Artificial Intelligence, AI）時代，作者應用新世代科學課程標準加入STEAM教育設計與環境教育主題相關的「太陽能燜燒鍋教學活動」，期望透過教學活動，提升學童十二年國教環境教育素養。

貳、文獻探討

一、十二年國教環境教育

依據十二年國教已公布的領綱草案，環境教育主要載於領綱之附錄二：議題融入課程綱要示例說明，並提供議題融入之實質內涵與原則；有關環境教育的學習目標為：（一）認識與理解人類生存與發展所面對的環境危機與挑戰。（二）探究氣候變遷、資源耗竭與生物多樣性消失，以及社會不正義和環境不正義。（三）思考個人發展、國家發

展與人類發展的意義。(四)執行綠色簡樸與永續的生活行動。

發展加強學生具備全球性環境倫理觀的教育方案，已被國內及國際間認定發展環境倫理觀必能使成年公民預防和解決環境的問題及議題，可以確保地球上所有棲地有永續的未來。如此型態的教育方案，應該以下列目標做為發展的根據。環境教育的目標是在幫助學生成為具備環境意識、知識和全心投注的公民。他們不論獨立或合作都能提升現在和未來世代所有生物的利益和持續環境品質而努力工作(周儒、張子超與黃淑芬，2008)。

國家教育研究院於2016年2月4日公布十二年國教環境教育的目標，包括環境議題的覺知、環境知識的理解、環境價值的澄清、環境技能的學習及環境行為的實踐；覺知、理解、價值觀、技能及行動組成了環境教育的目標架構。(高翠霞、張子超，2016)。

二、STEAM

STEM (Science, Technology, Engineering & Mathematics) 是世界教育的潮流，聯合國教科文組織《教育2030:行動架構》目標三之內容為「鼓勵學生盡早接觸科學、科技、工程、和數學 (STE

M)領域」。STEM 教育是由美國國家科學委員會於1986年提出，目的是要培養優質的科技人才、工程師、科學家以及數學家，以提升國家的競爭力。美國總統歐巴馬於2009年任內提出《教育創新十年計畫》，加入人文藝術領域 (Arts)，推動STEAM (STEM+Arts) 教育(Watson, 2016)。

STEAM 教育強調科學、科技、工程、藝術及數學跨領域的整合，課程設計希望能達到提升學生的核心素養，讓學生學會像科學家一樣地思考、能像工程技術師一樣地解決問題，能有創新的精神，能綜整跨域知識，能發揮創意，來解決生活中真實情境的問題。

STEAM 教育強調動手做、問題解決、方案探究取向的教學 (hands-on、problem-solving & project-based)，能培養孩子內在的綜合能力，包括：探究能力、批判思考能力、創意思考能力及問題解決能力。而在動手解決問題或進行方案探究的過程，必然會經歷無可預知的犯錯和失敗，失敗後必須反思原因，並據此修正作法，接著再嘗試、再失敗、再檢討、又再摸索嘗試，直到找到成功的方法為止。因此，運用STEAM設計環境教育太陽能燜燒鍋課程，希望達

到STEAM教育目標能培養孩子的耐心、意志力、解決問題的能力與挫折忍耐力，進而學會為自己負責。

三、新世代科學課程標準

美國新世代科學標準(The Next Generation Science Standards, NGSS)最終版本已於2013年4月9日正式公布，由K-12科學教育架構書(The Framework for K-12 Science Education)美國科學教育標準主要目的在於發展全新且一貫性的內容、強化科學教育的認知與應用性，藉以提升學生的大學與職業準備度(college and career readiness) (National Research Council, 2015)，因此共包含三個面向「學科核心概念」(Disciplinary Core Ideas, DCI)

、科學與工程實務(Science and Engineering Practices)、跨領域概念(Crosscutting Concepts)，架構圖可參圖1美國新世代科學課程標準之架構圖。

我國目前正值十二年國民基本教育課程綱要的執行階段，因此美國課程標準的開發歷程可考慮我國先前的發展經驗與不同國情後，進一步做為後續課程綱要執行時的參考。而Distinguish Between Learning Outcomes and Instructional Strategies.就是戶外教學及教學策略的部分整合NGSS的實作、跨領域及學科核心概念，其中還提供教學步驟及模組，還有5E的教學模組等提供課程設計教學參考(Pratt, 2013a)。



圖1 美國新世代科學課程標準之架構圖(Pratt, 2013b)

參、研究方法

一、研究架構

面對各種課程與教學改革需求，或源於外部要求（課程改革政策）、或出於內部自發（滿足學生學習需求），無論是學者專家或實務工作者，都無法立刻貿然改革，必須就所處的環境作一深入的了解與分析，才可以有效地針對客觀環境情勢與自身條件，思索課程與教學改革的可能性與重點方向（甄曉蘭、王智弘，2003）。

根據國家教育研究院課程與教學研究中心於2017年提出，環境教育主要採議題課程的方式融入領域，而議題融入課程類型可分為融入式課程或主題式課程；在議題選擇方面，可考慮單議題或多議題的選擇；融入領域方面，可以是同領域或跨領域的學習；然而，課程類型在選擇設計時，又因學校辦學理念、課程目標、課程內容、資源條件、議題理念與目標等內外因素而定。

太陽能燜燒鍋課程乃融入STEAM教學，根據STEAM「跨領域、動手做、生活應用、解決問題、五感學習」的5大精神來設計課程。教育部在12年國民基本教育課程綱要總綱的「核心素養

」中表示：素養指人在適應現在生活和面對未來挑戰時，所應具備的知識、能力和態度，這些與融合STEAM教學的太陽能燜燒鍋課程所倡導的學習精神符合，因此本研究植基STEAM教學，再整合NGSS實作、跨域及學科核心概念作課程設計。

本研究是採取量化為主，質性為輔的教學行動研究，期望達到課程改革及學生學習需求，而研究過程先調查要改變的是甚麼？如何觀察？如何評鑑？（吳明隆，2002）然後就學科的教學歷程，再了解學生的特質有何不同，並將學科知識適度轉化，從學生的經驗出發，運用生動有趣的教學方法，為學生建構學習的鷹架，協助學生順利、有效的學習。因此，教師除了要對學科具備充足的專業知識(content knowledge)、擁有教育知識(pedagogic knowledg)、專業技能與態度外，在教學過程中所衍生的種種問題，諸如：學生的學習動機、品格教育、心理輔導、生活適應等，也都能一一深入探索與研究，最後解決問題，協助學生學習（張德銳，2013）。

實施自編的「太陽能燜燒鍋」教學活動，探討教學活動對於國小高年級學童之影響，以作為環境教育教學的參考

。本研究設計採量化為主、質性為輔，採單一組前後測設計之研究方式。本研究之實驗設計如表1所示：

表1 實驗設計表

組別	前測	實驗處理	後測
實驗組(四個班)	01	X	02

01：「國小學童環境教育主題量表」前測。

02：「國小學童環境教育主題量表」後測。

X：表示接受「『太陽能燜燒鍋』教學活動」的實驗處理。

二、研究工具

(一)國小學童環境教育主題量表

本量表主要是在調查受試者接受教學實驗前後，其環境教育主題能力是否產生改變。內容參考教育部(2014)。十二年國民基本教育課程綱要，自行設計發展而成。

1. 量表向度

本研究參考十二年國教核心素養裡面的學習主題向度，加以整理、歸納。詳列如下表2所示：

表2 本研究之十二年國教核心素養、學習主題與環境議題要素實質內涵

核心素養	學習主題	議題要素	議題實質內涵(環境教育分項目標)
身心素養與自我精進	環境倫理	戶外學習	參與戶外學習與自然體驗，覺知自然環境的美、平衡與完整性(行動)
		生命覺知	覺知生物生命的美與價值，關懷動、植物的生命(覺知)
	能源資源永續利用	資源利用	覺知人類生存與發展需要利用能源及資源，鼓勵生活中直接利用自然能源或自然形式的物質(覺知)
		資源消耗	覺知能資源過度利用〈超出環境承載〉導致環境汙染與資源耗竭的問題(覺知)

核心素養	學習主題	議題要素	議題實質內涵(環境教育分項目標)
身心素養與自我精進		資源循環	理解物質循環與資源回收利用的原理(行動)
	永續發展	未來衝擊	覺知人類過度的物質需求會對未來世代造成衝擊(覺知)
	氣候變遷	人類行為	覺知人類行為是導致氣候變遷的原因(覺知)
		環境衝擊	覺知氣候變遷會對生活、社會及環境造成衝擊(覺知)
災害防救	災害感知	培養對災害的警覺心及敏感度，對災害有基本的理解，並能避免災害的發生(態度)	
系統資訊與媒體素養	永續發展	生態衝擊	覺知人類的生活型態對其他生物與生態系的衝擊(覺知)
		社會覺知	覺知人類社會有糧食分配不均與貧富差異太大的問題(覺知)
		經濟發展	覺知人類發展〈經濟發展與工業發展〉對環境的衝擊(覺知)
	氣候變遷	生活氣候	認識天氣的溫度、雨量要素與覺察氣候的趨勢及極端氣候的現象(知識)
	災害防救	災害頻率	覺知天然災害的頻率增加而且衝擊擴大(覺知)
		環境災害	認識台灣曾經發生的重大災害(知識)
藝術涵養與美感素養	環境倫理	環境美學	經由環境美學與自然文學理解自然環境的倫理價值(覺知)
道德實踐與公民意識	永續發展	永續行動	培養日常生活節約用水、用電、物質的行為，減少資源的消耗(行動)
多元文化與國際理解	環境倫理	行動支持	覺知人類的發展需要地球環境與生態資源的支持(行動)

據此設計量表題目，量表各題答案選項均以環境教育學習主題設計出選項。量表填答方式採李克特氏四點量表（Likert-Four-Point Scale），反應程度分成四種選項。每一題皆設定為單選題，每題都提供四個選項進行填答，每個選項都可衡量出不同環境教育學習主題傾向，受試者可由代表不同程度的四個選項中，選擇其中一個答案填答。其代表之意義及給分標準如下：量表填答方式採李克特氏四點量表（Likert-Four-Point Scale），反應程度分等四種選項「每次都做到」、「經常做到」、「很少做到」、「從來沒有做到」，題目包括正向及反向敘述。正向題目依「每次都做到」、「經常做到」、「很少做到」、「從來沒有做到」的順序分別給予4分、3分、2分、1分；反向題目則依上述順序給予1分、2分、3分、4分。所得總分越高，表示越正向、越積極；總分越低，表示越負向、越消極。

2. 專家效度

研究者編擬預試量表初稿後請國內科教專家、國小自然科教師對量表內容及題意提供意見作為修正的參考。確立專家效度及內容有效性後，最後完成預試量表共45題。

3. 預試分析

研究者選取新北市學校的六年級4個班，共106位學童，接受研究者依據十二年國民基本教育課程綱要總綱(教育部，2014)自編「國小學童環境教育學習主題量表」45題進行預試。根據預試結果以SPSS22.0統計軟體分析，刪除Crobach's α 值低於 .5的題目，刪除第11.15.23.33.42題後，正式量表共40題，整份量表Crobach's α 值為 .87。正式量表各向度的Crobach's α 值如下表3所示。

本研究「國小學童環境教育學習主題量表」以十二年國教之課程綱要環境教育學習主題為主，分五個向度，各項度之意義分述如下：

(1)環境倫理

環境倫理的內涵包括對人的關懷〈社會正義、世代正義...〉、對生命的關懷〈動物福利...〉、及對環境的關懷〈環境體驗、生態保育...〉等。教材可以應用東西文化中環境倫理的著作與論述，如中華文化中對簡樸、謙恭及呼應自然運作的理念思維，及西方文化反思環境汙染與生態破壞的文學著作。

(2)永續發展

永續發展的內涵是人類對工業及經

濟發展的反思與未來發展的規劃，教材可以應用從1972年以來聯合國針對人類發展所發表的重要宣言，如「我們共同的未來」、「二十一世紀議程」、「聯合國千禧年宣言」…。

(3)氣候變遷

氣候變遷的內涵包括全球暖化及其誘發的氣候型態轉變，以及對人類的衝擊與影響，教材可以參考聯合國跨政府氣候變遷小組(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)的報告書，如2014年發表的第五次報告書。

(4)災害防救

災害防救的內涵是災害成因、趨勢及相關的衝擊、影響及如何減災與避災

，相對之下是比較新興的議題，尤其是經歷幾次重大地震、南亞海嘯、美國卡翠納颶風、日本福島核災及我國的921地震、莫拉克風災…等。災害防救已是國際重要關切的議題，教材可以參考國際上幾次重要的防災會議及發表的宣言。

(5)能源資源永續利用

能源資源永續利用的內涵主要是資源的循環與能源的流動，包括的主題有水資源、資源循環、再生能源、廢棄物的再利用…等，教材可以參考環境學的基本理論，而且可應用有機、簡樸、碳足跡、循環型社會…等概念。

表3 國小學童環境教育學習主題量表各項度Crobach α 係數

國小學童環境教育學習主題量表之向度	Crobach α 係數	題數
環境倫理	.89	8
永續發展	.78	10
氣候變遷	.76	5
災害防救	.85	5
能源資源永續利用	.88	12

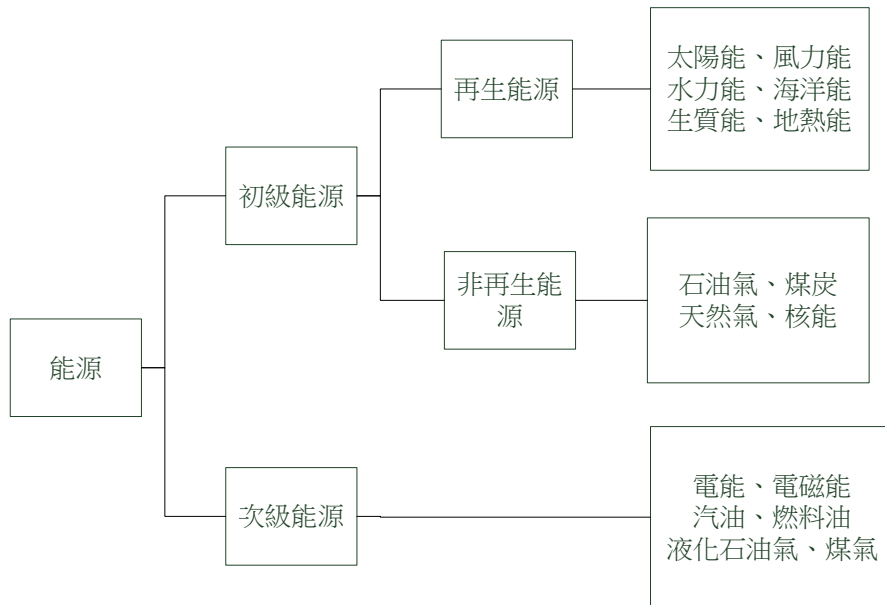


圖2 太陽能燜燒鍋課程能源分類表
資料來源：(王淑卿、李冠群，2011)

課程設計以NGSS三個維度，強調跨領域、實務操作及學科內容(National Research Council, 2012)，來融入環境教育，設計以再生能源為主題的STEAM太陽能燜燒鍋主題課程，其中能源分類如圖2表示太陽能為初級能源中的再生能源，教學中強調再生能源的使用對地球環保的好處。

認知、情意與技能領域的教學目標是為了能具體表達教學的目的與目標，通常都從學習領域及認知、情意及技能三方面加以描述（王文科、王智弘，

2009），惟在升學導向的我國認知領域似乎占了優勢，以至於其他兩個領域的學習成效較不易彰顯(王文科、王智弘，2010)。因此本研究特別設計實作（技能）、學科知識（認知）、跨領域（情意）比重平衡的STEAM課程。其配分如太陽能燜燒鍋實作評分表4

表4 太陽能燜燒鍋實作評分表

項目	百分比	說明
科學 (Science) : 在地食材實驗記錄表	20%	實驗記錄須詳實記錄每組設計的在地食材，以及每個設計的菜單是否達到呈現在地「飲食文化」與「食物的多樣性」。
技術 (Technology) : 烹煮效能、實用性	20%	能設計出整組有效能的太陽能燜燒鍋，包含的實際溫度高低、是否容易烹煮、攜帶是否方便、能否耐日曬、雨淋、風吹。
工程 (Engineering) : 實際製作過程	20%	製作難易、過程記錄、設計藍圖、是否環保、越簡易越高分
藝術 (Arts) : 原創美觀性	20%	整體造型、美觀、巧思設計、具原始創作價值。
數學 (Mathematics) : 團隊合作運用數學一起計算	20%	小組分工合作精神、教育與啟發性、經驗分享等。

(研究者依據STEAM課程設計)

在選擇教學策略和方式方面，許多因素皆影響學習者於不同環境時的反應，所以選擇合適的學習體驗情境為教師可做的抉擇。教室提供某種學習環境，但卻無法提供實際操作、親身接觸的體驗。真實世界應成為教學的援助——一種研究「生活」的真實生活體驗 (周儒、呂建政，2008)，因此本研究採取許多五感體驗、問題解決等戶外教育教學策略。

環境教育的目標是在幫助學生成為具備環境意識、環保知識、技能並國際

觀的公民。所以學童不論獨立或合作，都須以所有生物的利益和永續經營地球資源為己任，持續地為環境品質提升為地球生態平衡而努力。為設計周全的環境教育方案，達成學生有意義的學習，教師須提供有結構、有計畫的知識及保留學生系統性的獨立思考，以期學生能達到精熟學習的發展(Tyler, 1969; Ausubel, 2000)，因此課程設計如表5「太陽能燜燒鍋教學活動、教學目標及教學單元主題表」。

表5 太陽能燜燒鍋教學活動、教學目標及教學單元主題表

單元主題	活動名稱	教學目標	STEAM 教學分類	十二年國教環境教育議題實質內涵	教學方法	教學活動說明
一、認識再生能源	再生能源的類型	1-1 了解再生能量來自天然來源如陽光、風、雨、潮汐、植物、藻類和地熱。 1-2 這些能源是可再生的，這意味著他們能自然補充。	科學 Science	覺知人類生存與發展需要利用能源及資源，鼓勵生活中直接利用自然能源或自然形式的物質 (覺知)	五感學習	讓學童認識綠色能源類型太陽能發電、風力發電、水電、地熱能、生物燃料。
	太陽能再利用	1-3 能了解太陽能再利用對地球的好處。	科學 Science	覺知人類發展〈經濟發展與工業發展〉對環境的衝擊 (覺知)	五感學習	讓學童了解太陽能再利用的好處以及如何再利用。
二、太陽能燜燒鍋原理	認識太陽的方位及高度角	2-1 能了解太陽四季的位置變化及東昇西落。 2-2 並能計算不同時間太陽高度角及其方位。	科學 Science	參與戶外學習與自然體驗，覺知自然環境的美、平衡、與完整性(行動)	五感學習	透過戶外學習讓小朋友實際觀察太陽運行的方位及高度角
	熱對物質的影響	2-3 了解加熱過的物體其形態顏色外觀的改變。	科學 Science	覺知人類生存與發展需要利用能源及資源，鼓勵生活中直接利用自然能源或自然形式的物質 (覺知)	五感學習	了解熱對於物質影響，並能用科學的方式解釋。
	熱的傳播方式	2-4 了解熱對流傳導輻射為其傳播方式。	數學 Mathematics 技術 Technology 科學 Science	參與戶外學習與自然體驗，覺知自然環境的美、平衡、與完整性(行動)	五感學習	教導熱傳導的方式，並加入天氣的實際活動觀察

單元主題	活動名稱	教學目標	STEAM 教學分類	十二年國教環境教育議題實質內涵	教學方法	教學活動說明
三、太陽能燜燒鍋研究社	我是「熱能」小教授	3-1 了解如何防止太陽能燜燒鍋熱散失，能將吸收的熱保留住。	工程學 Engineering 數學 Mathematics	覺知人類的生活型態對其他生物與生態系的衝擊(覺知)	問題解決	以科學的方式教導如何防止熱散失，並加入科學的計算。
	我是「光學」小博士	3-2 了解如何讓更多的陽光照射進入太陽能燜燒鍋裡面。	科學 Science 數學 Mathematics	參與戶外學習與自然體驗，覺知自然環境的美、平衡、與完整性(行動)	問題解決	透過工程設計的方式，讓小朋友了解到如何以更有效率的方式收集陽光。
四、回收物的春天	我是環保小尖兵	4-1 知道回收物再利用的好處。	技術 Technology	理解物質循環與資源回收利用的原理(行動)	直接體驗	讓小朋友了解資源再利用好處，並且可以知道如何將資源回收再利用。
	環保再環保的太陽能鍋	4-2 能利用回收物再利用，製作太陽能燜燒鍋。	數學 Mathematics	覺知人類發展〈經濟發展與工業發展〉對環境的衝擊(覺知)	問題解決	讓小朋友了解資源回收的實際操作，利用回收物可以做哪個部分的太陽能燜燒鍋的材料？
五、環境美學太陽能鍋	太陽能鍋設計圖發表會	5-1 學童能繪畫並設計太陽能燜燒鍋設計圖。 5-2 能分享解說自己設計的太陽能燜燒鍋設計圖。	美學 Arts 技術 Technology	經由環境美學與自然文學理解自然環境的倫理價值(覺知)	問題解決	設計太陽能燜燒鍋，小組討論這樣的太陽能燜燒鍋優缺點，及哪些地方需要改進？
	太陽能鍋造型設計大展	5-3 能將設計好的太陽能燜燒鍋製作成有效的太陽能燜燒鍋。	科學 Science 工程學 Engineering	覺知人類的發展需要地球環境與生態資源的支持(行動)	戶外教育	讓學童發揮創意，設計符合環境美學的太陽能燜燒鍋及跨域實務教學。

單元主題	活動名稱	教學目標	STEAM 教學分類	十二年國教環境教育議題實質內涵	教學方法	教學活動說明
六、太陽公公上菜囉	在地食材田間廚房	6-1 能設計低食物里程的在地食材。 6-2 能了解太陽燜燒鍋烹煮食物的特色(例如要切小塊,烹煮時間很長,天氣要穩定等……)。	美學 Arts 技術 Technology	培養日常生活節約用水、用電、物質的行為,減少資源的消耗(行動)	戶外教育	透過在地食材教學內容,介紹結合社區農事教育,讓小孩了解低碳飲食,及哪些食物是在地食材?
	食農教育 低碳飲食	6-3 能利用太陽能燜燒鍋煮熟在地食材 6-4 能了解在地飲食、低碳飲食對地球的好處。	技術 Technology	認識天氣的溫度、雨量要素與覺察氣候的趨勢及極端氣候的現象(知識)	五感學習	讓小朋友了解到如何利用太陽能燜燒鍋結合在地食材,設計菜單,烹煮食物的跨領域學習。
	我會珍惜食物	6-5 能瞭解地球資源有限,進而珍惜食物資源不浪費食物。	科學 Science	覺知能資源過度利用〈超出環境承載〉導致環境汙染與資源耗竭的問題(覺知)	直接體驗	讓小朋友了解到地球資源有限,如何珍惜資源,有效的實踐愛地球行動。

三、研究對象

研究者採取立意取樣,以新北市深坑區的SK國小六年級四個班共106位學童為研究對象,其中男生55位,女生51位。

四、資料處理與分析

(一) 量化研究

量化研究採單一組前、後測設計,以自行設計之「國小學童環境教育學

習主題量表」,分別於教學前、後施測,獲取量化資料以作相依樣本t考驗(Paired t-test),依據 $\alpha = .05$ 的顯著水準,來探討「國小學童環境教育學習主題能力」之改變狀況。

(二) 質性研究

質性研究資料來源包括:學童的問卷(代號S)、學童於課後之學習單(代號W)、學童於本課程後的日記(

代號D)、還有以本課程為主題的學生作文(代號C)、教師(含觀課教師3人及教學者)的教學札記(代號T)、學童半結構性晤談內容(代號I)晤談對象為學童二十人(每班抽五人)、學童上課與活動時錄音錄影資料(代號R)等資料。研究者收集各種質性資料加以分析經過實施「太陽能燜燒鍋」教學活動後,「國小高年級學童的環境教育學習主題能力」之改變狀況及影響。

肆、結果與討論

一、實施「太陽能燜燒鍋」教學活動,對國小高年級學童環境教育學習主題之影響。

(一) 量化資料

1. 「國小學童環境教育學習主題量表」前、後測得分之描述性統計學童於「國小學童環境教育學習主題量表」前、後測得分之平均數與標準差,如下表6所示。

表6 「國小學童環境教育學習主題量表」前、後測得分之描述性統計表

分析項目	前測			後測		
	平均數	標準差	每題平均	平均數	標準差	每題平均
環境倫理	27.13	2.75	3.39	27.28	2.74	3.41
永續發展	34.13	4.56	3.41	35.73	4.45	3.57
氣候變遷	16.48	2.56	3.30	17.93	2.53	3.59
災害防救	17.00	2.22	3.40	18.25	1.74	3.65
能源資源 永續利用	43.41	4.06	3.62	43.93	4.54	3.66
總量表	137.05	13.76	11.42	143.10	13.05	11.93

學童在「國小學童環境教育學習主題力量表」總量表後測平均成績(143.10)高於前測平均成績(137.05),進步6.05分。各分量表後測平均成績亦均高於前測平均成績,像環境倫理進

步0.02,永續發展進步0.16,氣候變遷進步最高有0.29,災害防救進步0.25,能源資源永續利用則是進步0.04。由表中平均顯示,學童在各分項主題分數都有提升,其中又以永續發展、氣候變遷

和災害防救此三項度進步較多，推測是因為學童原來在此三項的先備概念較為薄弱，也可能是教學時強調能源結構的改變，以太陽能替代其他能源，來減少碳足跡及碳排放等永續發展概念，並且減少碳排放，減少引起氣候變遷的因子，以防止極端氣候的加劇；災害防救分數提升較多，則推測是課程進行強調防

災時可以使用太陽能燜燒鍋作為節能炊具。

2. 「國小學童環境教育學習主題力量表」得分之相依樣本t考驗為了解學童在「國小學童環境教育學習主題量表」前、後測之得分是否達統計的顯著差異，進行相依樣本t考驗，結果如下表7所示：

表7 「國小學童環境教育學習主題力量表」得分表

分析項目	平均數差	標準差	差異的 95% 信賴區間		t	顯著性
			上界	下界		
環境倫理	-0.15	0.36	-2.65	-0.34	-2.62	0.012*
永續發展	-1.60	2.8	-2.5	-0.7	-3.61	0.001*
氣候變遷	-1.45	2.33	-2.19	-0.7	-3.93	0.000*
災害防救	-1.25	2.25	-1.97	-0.53	-3.51	0.001*
能源資源 永續利用	-0.52	1.41	-2.6	-0.26	-3.17	0.003*
總量表	-4.96	7.78	-8.43	-3.31	-4.649	0.000*

由表7發現學童在「國小學童環境教育學習主題量表」總量表之前、後測分數經相依樣本t考驗達到顯著差異（ $t = -4.649, p = .0000 < .05$ ）。由分析結果可知，經過「太陽能燜燒鍋」教學活動後，學童的整體環境教育學習主題各項有顯著的進步。

學生對於生物及環境具有一定的倫理意識，學習如何跟我們的環境共生共存，不僅考慮到自身的生活環境，並且友善對待周遭的環境，由學生的回答可以看出人對生命的關懷。

(二)質性資料

去野外要將垃圾帶回，不要丟在野外，不要傷害野外小動物，不要捕捉帶回來眷養（R-SB27-1070630）。

1.了解環境倫理的重要性

2.反思未來發展的規劃並注意到永

永續發展對地球的重要性

追求永續發展，是全球趨勢，也是每一世代必須肩負的責任，透過加強環境倫理的重要性，實際落實在生活中，反思未來發展及規劃。

盡量使用原物料，避免工廠過度開發，汙染環境，過度精緻包裝的物品，都是浪費不環保（D-SB14-1070520）。

3.能了解氣候變遷對人類的衝擊及影響

學生透過學習了解後，也了解到氣候變遷的影響逐年加劇，也帶來極端氣候的衝擊，進而對於人類的生活也造成了影響，讓學生有所了解並進一步的實踐。開冷氣要達到28度才能開啟冷氣，而且不能開太久，外面會變得很熱，全球暖化就會更嚴重，然後北極熊就沒有家可以住了（I-SB05-1070628）。

4.災害防救的部分則是能了解如何防災、避災、減災

災害防救在於規劃時就先考慮如何達到防災的思維，預先讓學生了解這樣的思維，對於未來規劃時，可以讓學生在思考時，考慮的更全面。不要過度開發森林，以免造成土石流，造成災害（I-SA4-1070630）。盡量不要種植檳榔樹，因為檳榔樹無法深入插根，容易造成

土質疏鬆，形成土石流（D-SD14-107520）。

5.能源資源永續利用資源的循環及能源的流動

學生透過學習活動後，更知道如何從生活做起，以相同的資源達到更高的效率，並且避免不必要的浪費。

多種樹、多造林，少使用紙類，少砍伐樹木，造成小動物無家可歸（D-SA27-1070628）。多利用舊衣回收或其他回收物創造新的資源（W-SB14-1070630）。盡量避免浪費水資源，可以將洗米水拿來灌溉植物（C-SB17-1070520）。

二、研究者的省思與專業成長

研究者藉由教學活動、課程設計的過程，得到課程設計的專業成長，習得如何構思結合NGSS及STEAM的環境教育課程，而從教師教學札記分析，太陽能燜燒鍋課程設計，確實能讓六年級學童運用科學原理，具體設計出一個成品做到STEAM科學、科技、工程、藝術及數學跨領域的整合；還有從學生課堂中的回饋，我們得知，「太陽能燜燒鍋教學活動」確實能引起學童學習興趣，對學生環境教育的學習有幫助。本研究

所設計之課程是一種具有吸引力、有趣的教學設計。

伍、結論與建議

一、結論

在以美國新世代科學標準的精神，結合跨領域、內容、實務三個向度來設計太陽能燜燒鍋教學活動，大部分的學童確實能將科學原理應用實踐，增進學童的學習興趣，並且讓學童體驗簡單的工程學，來達到環境教育的教學目標。

(一) 國小高年級學童在實施「太陽能燜燒鍋」教學活動後，能提升國小高年級學童在「環境倫理」部分的學習主題能力。而在質性資料的分析中，也發現教學後，學生能了解環境倫理的重要性，能表現出對人、對生命的關懷。

(二) 學童在實施「太陽能燜燒鍋」教學活動後，能提升國小高年級學童在「永續發展」部分的學習主題能力。而在質性資料的分析中，也發現學童能反思未來發展的規劃，能注意到永續發展對地球的重要性。

(三) 在實施「太陽能燜燒鍋」教學活動後，能提升國小高年級學童在「氣候變遷」部分的學習主題能力。在質性

資料的研究結果顯示：學童能了解氣候變遷對人類的衝擊及影響。

(四) 在實施教學活動後，能提升國小高年級學童在「災害防救」部分的學習主題能力。在質性資料的研究結果顯示：學童能習得如何防災、避災、減災。

(五) 國小高年級學童在實施教學活動後，能提升國小高年級學童在「能源資源永續利用」部分的學習主題能力。在質性資料的研究結果顯示：學童能了解能源資源永續利用，以及資源的循環及能源的流動。

二、建議

(一) 在「太陽能燜燒鍋」教學方面，學習單可針對課堂中所討論的環境問題做延伸和後續回應，可讓課堂進行的討論活動更深入、更有效率。學童藉由寫日記，可以回應並發表自己的想法。教學者能藉由學習單及日記，有效的得知學生的環境教育學習成效，也可於回應時給予引導和肯定。

(二) 教師在「太陽能燜燒鍋」課程設計方面，從學生的實驗成果，和學童課堂反應、分享及學習單等回饋，來進行教師群的課後教學改進，這樣的研究討論確實能改進教學，使教師能得到課程設計及教學改進的專業成長。

(三) 未來相關研究方面，本研究情境為台灣北部郊區型學校，頗受天候、緯度及地形影響。太陽能燜燒鍋課程在中、南部發展將會更有利。因此，建議未來的研究情境，能擴展到其他不同環境之學區，例如離島學校、山區、中南部、都會、海邊或農村學區，相信除了了解地球保護環境教育的重要性外，更能發展出多元、有創意的環境教育教學模組。

參考文獻

中文文獻

王文科、王智弘譯(2009)。精進教學使用的行動研究。台北：五南圖書出版公司。

王文科、王智弘(2010)。課程發展與教學設計論。第八版。台北：五南圖書出版公司。

王淑卿、李冠群（2011）。新能源--綠色能源（Green Energy）--上。2017年10月27日，取自<http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=31580>

吳明隆(2002)。教育行動研究導論理論與實務。台北：五南圖書出版公司。

周儒、呂建政(2008)。戶外教育。台北：五南圖書出版公司。

周儒、張子超、黃淑芬(2008)。環境教育課程規劃。台北：五南圖書出版公司。

高翠霞、張子超(2016)，環境教育的發展脈絡與融入十二年國教的方法, 19(2),頁 27~52

環保署(2010)，環境教育法，取自https://law.moj.gov.tw/news/news_detail.aspx?id=64271

教育部(2014)，十二年國民基本教育課程綱要，取自<https://www.naer.edu.tw/files/15-1000-7944,c639-1.php?Lang=zh-tw>

張德銳(2013)。教學行動研究實務手冊與理論研究。台北：高等教育出版。

甄曉蘭、王智弘(2003)。課程行動研究方法與實例-國小戲劇創作課程之教學轉化。台北：師大書苑。

英文文獻

Ausubel, D. P., (2000). The Acquisition and Retention of Knowledge: A Cognitive View. New York, NY: The City University of New York.

- National Research Council. (2012). A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Research Council. (2013). Developing Assessments for the Next Generation Science Standards. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Research Council. (2015). Guide to Implementing the Next Generation Science Standards. Washington, DC: The National Academies Press.
- Pratt, H., (2013a). The NSTA Reader's Guide to A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. Second Edition. Washington, DC: The National Academies Press.
- Pratt, H., (2013b). The NSTA Reader's Guide to The Next Generation Science Standards. Washington, DC: The National Academies Press.
- Next Generation Science: <http://www.nextgenscience.org/>.
- The White House. (2013). Federal Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) education: 5-year strategic Plan. Retrieved from https://www.whitehouse.gov/sites/whitehouse.gov/files/ostp/Federal_STEM_Strategic_Plan.pdf.
- Tyler, R. W., (1969). Basic Principles of Curriculum and Instruction. Chicago, IL: The university of Chicago Press.
- Watson, A. D. (2016). Reinventing the STEAM engine for Art + Design education. *Art Education*, 69(4), 8-9.

The Study on Designing Environmental Education with NGSS and STEAM on Elementary School Senior Grade Students—An Example of “Solar Cooker Curriculum” Course Design

Jui-lin Chen¹, Chow-Chin Lu²

Abstract

This study aims to use the six self-developed teaching activities on “Solar Cooker Curriculum.” We use STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts & Mathematics) and NGSS (Next Generation Science Standards) to design the Environmental Education of Direction Governing for the 12-Year Basic Education Curricula. In order to discuss the effects of these teaching activities on elementary school senior grade students, this study adopts single group pre-test and post-test design, which are both qualitative and quantitative studies. The subjects are 106 elementary school sixth graders. The quantitative research tools include “Scale for environmental education learning of elementary school students.” And the qualitative methods include questionnaire, slip of value clarification activities, activity log, journals, semi-structural interview, and teachers’ review.

The results indicated that the former “Scale for environmental education learning of elementary school students” are higher than the latter scale. Through the teaching activities of “Solar Cooker Curriculum,” it can enhance the overall environmental learning subjects of elementary school senior grade students, and improve their actual environmental behaviors and their interests in environmental learning.

Keywords: Next Generation Science Standards、STEAM(Science, Technology, Engineering, Arts & Mathematics)、Direction Governing for the 12-Year Basic Education Curricula、Action Research