教育傳播與科技研究141期（2026年8月）
Research of Educational Communications and Technology No. 141, pp. 1-22 (August, 2026)
DOI: 10.6137/RECT.202608_(141).0001

探討情意教學策略對國小高年級學生環境素養之影響：以科技融入碳足跡課程為例

簡盈妮[1]　劉旨峰[2*]

摘要：呼應聯合國永續發展目標（Sustainable Development Goals, SDGs）之氣候行動，本研究旨在探討科技融入的碳足跡課程對國小高年級學生環境素養之影響，並比較「情意教學」與「認知教學」兩種策略的成效。研究採準實驗不等組前、後測設計，以桃園市某國小五年級108位學生為對象，分為實驗組與對照組，兩組皆採用「四學模式」框架——「學生自學、組內共學、組間互學、教師導學」之探究歷程。課程整合LoiLoNote平臺、AI碳足跡計算器等工具，進行六週課程。其中，實驗組進行情意教學策略，透過校園實地探索建立地方依附感與自我反思，重視個人情感連結與實地探索，例如親手測量校園樹木碳匯；對照組則進行認知教學策略，透過科學概念解釋、講授與數據計算等方式學習。研究工具為自編之環境素養量表，包括知識、態度與行為意圖，並以單因子多變量共變數分析（Multivariate Analysis of Covariance, MANCOVA）進行資料分析。研究結果顯示：一、實驗組在知識、態度與行為意圖三向度之後測表現均顯著高於前測；對照組在知識向度顯著提升，在態度與行為意圖向度雖呈正向變化但未達顯著；二、實驗組在知識與行為意圖向度表現顯著優於對照組，態度向度則未達顯著差異。整體而言，情意教學策略有助於促進減碳行動意願，且結合科技融入、校園實地活動與自我反思，能同時提升學生對碳足跡知識與減碳行為意圖。

關鍵字：SDGs、知行差距、科技融入、情意教學、環境素養

Impact of Affective Teaching Strategies on Upper Elementary School Students' Environmental Literacy: A Case Study of a Technology-Integrated Carbon Footprint Curriculum

Chien, Ying Ni[1]　Liu, Zhi Feng[2*]

Abstract: In response to Sustainable Development Goal 13, this study investigated the effects of a technology-integrated carbon footprint curriculum on fifth-grade students' environmental literacy by comparing affective and cognitive teaching strategies. This study adopted a quasi-experimental nonequivalent pretest-posttest control group design involving 108 fifth-grade students from an elementary school in Taoyuan City. The participants were divided

投稿日期：2025 年 10 月 19 日；通過日期：2026 年 5 月 25 日。
本論文感謝兩位匿名評審的修正意見，文中言論由作者自行負責。
1 國立中央大學學習與教學研究所博士暨桃園市龍潭區龍星國民小學專任教師
2 國立中央大學學習與教學研究所副教授
* 通訊作者：劉旨峰，E-mail: totem.ncu@gmail.com

into an experimental group and a control group. Both groups participated in an inquiry-based learning process structured around the “Four-Learning Model,” which consists of self-directed learning, intragroup collaborative learning, intergroup mutual learning, and teacher-guided learning. The curriculum was implemented over a 6-week period by using tools such as the LoiLoNote platform and an artificial-intelligence-based carbon footprint calculator. The experimental group participated in hands-on tree carbon measurement activities designed to foster place attachment, whereas the control group focused on scientific lectures and carbon footprint calculations. Data collected using self-developed environmental literacy scales assessing knowledge, attitude, and behavioral intention were analyzed using multivariate analysis of covariance. The experimental group demonstrated significant posttest improvements across all three dimensions– knowledge, attitude, and behavioral intention– whereas the control group exhibited significant improvement in only the knowledge dimension, with positive but nonsignificant changes in attitude and behavioral intention. Furthermore, the experimental group significantly outperformed the control group in both knowledge and behavioral intention, whereas no significant between-group difference was observed in the attitude dimension. Overall, these findings indicate that affective teaching strategies can increase students’ willingness to engage in carbon-reduction behaviors. Furthermore, combining technology integration, campus-based field activities, and self-reflection can simultaneously enhance students’ carbon footprint knowledge and their intentions to engage in carbon-reduction behaviors.

Keywords: sustainable development goals (SDGs), knowing-doing gap, affective teaching, technology integration, environmental literacy

壹、前言

為落實聯合國永續發展目標（Sustainable Development Goals, SDGs）之「氣候行動」（SDG 13）（UN Department of Economic and Social Affairs, 2023），教育領域亟需將抽象的碳足跡概念轉化為學生的環境實踐。然而，現行教學常面臨環境知識與行為意圖脫鉤的「知行差距」（knowledge-behavior gap），本研究認為透過科技融入提升學生素養可縮小知行差距，故具探討之必要性。本研究所指之「環境素養」（environmental literacy），係採Hungerford與Volk（1990）以及Hollweg等人（2011）的架構，將其定義為個體對環境議題的認知、情感與行動意圖之綜合表現。具體而言，本研究將其操作化為三個層次：一、認知層面：對溫室效應與碳足跡、碳循環、碳匯等知識；二、情感層面：對環境保護的價值認同與責任感；三、行動層面：在日常生活中實踐減碳行為的意願。本研究將「環境素養」視為核心依變項，分為「知識」、「態度」與「行為意圖」三個操作向度，旨在探討不同教學策略如何影響此一多向度的素養結構。

「碳足跡」作為量化個人或活動溫室氣體排放的指標，能將抽象的氣候議題轉化為有形且可評估的數據指標（Wagner et al., 2021）。透過連結食、衣、住、行等日常生活型態，學童能直觀地理解自身行為與自然

環境間的互動效應（陳明秀等人，2016）。然而，傳統側重知識傳遞的環境教育往往不足以觸發價值觀轉變，此一「知行差距」已成為學界共識。大量實證研究顯示，知識雖是基礎，但仍需透過態度、情感認同與文化價值等非認知因素，方能有效轉化為具體行動（Albrecht et al., 2022; Komatsu et al., 2022; Liu et al., 2020）。在永續發展教育（Education for Sustainable Development, ESD）中，「知行差距」是長期存在的挑戰。Kollmuss與Agyeman（2002）指出，單純的知識增長難以跨越情感連繫與個人相關性的障礙。若教學僅停留在數據運算等認知層次，易使學生產生「氣候焦慮」或無力感。因此，在教學策略的選擇上，如何融入環境教育教學策略以引導學生產生深層連結，至關重要。國內外文獻多主張，有效的環境教育策略應包含「經驗學習法」與「價值澄清引導」，即藉由創造具體的情境體驗，讓學習者在與環境互動的歷程中內化環境倫理（林菁等人，2016；Sass et al., 2024）。

當代教育科技的發展為永續學習提供創新契機，數位工具不僅能提升學習效能，更有助於複雜議題的探究與跨域整合。本研究據此設計一套以「增匯」與「減碳」為核心的國小五年級課程，整合LoiLoNote平臺進行資料協作，輔以AI工具計算個人碳足跡，並運用測距儀APP進行校園樹木碳匯實地測量。本研究比較與檢驗的是「情意教學策略」與「認知教學策略」在科技融入課程中的相對成效，而非科技融入本身是否提升環境素養。

基於上述目的，本研究欲探討之研究問題為：在共同的科技融入碳足跡課程環境下，採情意教學策略與認知教學策略之兩組學生，其環境知識、態度與行為意圖的提升成效為何？以及在排除前測分數影響後，兩組在環境素養各向度的學習表現是否存在顯著差異？本研究期望藉此釐清在相同科技工具輔助下，情意教學策略與認知教學策略之課程設計對高年級學童環境素養提升之成效。

貳、文獻探討

本節首先闡述以「碳足跡」作為ESD切入點的重要性；其次，回顧環境教育中普遍存在的「知行差距」，並論證「情意」扮演的關鍵角色；接著，探討如何透過「行動導向」與「科技賦能」來應對此挑戰；最後，介紹「四學模式」教學框架，說明其如何整合前述理念，以實現課程目標。

一、ESD與碳足跡課程的實踐

ESD旨在培養學習者應對全球挑戰的能力，其中，「氣候行動」是核心議題之一（United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 2017）。然而，氣候變遷議題對國小學童過於抽象，「碳足跡」作為一個量化個人溫室氣體排放的指標，則為此提供了絕佳的教學切入點，連結了全球環境議題與學生的食、衣、住、行等日常生活，將抽象概念轉化為具體、可評估的歷程（Wagner et al., 2021）。

在國小階段實施科技融入的碳足跡課程，其成果不多，然已有實證支持。例如，陳明秀等人（2016）針對國小五年級學生進行研究，發現採用情境模擬的「嚴肅遊戲」多媒體教材，學習成效顯著優於傳統教學，特別是對低成就學生助益更大。此研究不僅證實了互動科技在環境教育中的潛力，其選

定的研究主題（碳足跡）、對象（國小高年級）及科技融入的策略，皆為本研究的課程設計提供了重要的實證基礎。

綜觀國內外國小階段之碳足跡研究，不論是聚焦於「嚴肅遊戲」的情境模擬（陳明秀等人，2016）或單一教學模組的成效評估（Wagner et al., 2021），均存在兩大缺口：（一）較少針對「情意與認知教學策略」進行嚴謹的準實驗對照分析，導致教學現場難以判斷情感投入與知識傳遞孰輕孰重；（二）科技工具（如平板、APP）多被視為資訊傳遞媒介，而非「行動賦能」的工具。因此，本研究之獨特貢獻在於，將LoiLoNote平臺[3]與實地測量技術結合，深入探討科技如何驅動學生的情感連結。

二、知行差距：情意作為知識與行動的橋梁

環境教育的終極目標是促進親環境行為，但傳統上側重知識傳遞的教學，經常陷入「知行差距」（knowing-doing gap）的困境，即認知水平的提升未必能轉化為實際行動（Hsu, 2004; Kollmuss & Agyeman, 2002）。近年來，許多研究指出，態度、情感與價值觀等非認知因素是將知識轉化為行動的關鍵。例如，Liu等人（2020）的研究證實，環境知識需要透過「環境態度」與「行為意圖」才能轉化為具體的親環境行為。除了態度，情感連結與地方依附感（place attachment）亦扮演重要角色（Albrecht et al., 2022），顯示對環境的情感歸屬能有效拉近知與行的距離。這些發現共同指向一個結論：相較於純粹的知識，「情意」因素在連結知識與行動之間，可能扮演著更關鍵的角色。

從發展心理學視角來看，White與Stoecklin（2008）認為，國小高年級學童的環境教育應聚焦於對周遭真實環境的探索，而非灌輸易引發無力感的抽象災難知識。而此觀點深刻地支持本研究的「情意教學」設計：必須先透過感官體驗與情感連結，建立學生對自然的愛與關懷。

為能有效評估學生的「環保態度」，本研究的態度量表建構即奠基於相關經典理論，這些理論框架協助本研究從多個面向捕捉情意因素的轉變，從檢視學生如何看待人類與自然關係的整體價值觀（Dunlap et al., 2000），到分辨其倫理取向是傾向以人類利益為中心的「人類中心主義」，還是承認自然本身具有內在價值的「生態中心主義」（Thompson & Barton, 1994）。此外，態度能否轉化為行動，涉及個體是否意識到自身責任，並形成行動的「個人規範」（personal norm）（Schwartz, 1977）。上述理論構成了本研究評估學生「環保態度」的核心理論基礎，進而得以探究情意教學是否能有效觸發這些深層價值的轉變。

本研究之情意教學設計緊扣三大理論支柱（如表一）：（一）地方依附理論（place attachment）：透過校園樹木實測，建立學生對生活場域的情感牽絆（Albrecht et al., 2022）；（二）希望理論（hope theory）：藉由「碳抵銷」概念的實踐，讓學生感知自己具備改善環境的能力（Snyder, 2000）；（三）自我效能（self-efficacy）：利用AI工具獲取即時回饋，提升學生實踐減碳目標的信心（Bandura, 1977）。

3 於本節四、說明。

表一

情意教學策略之理論基礎、活動設計與教學引導對應

情意理論支柱	核心心理機制	對應教學活動	教師關鍵引導語範例
地方依附理論	透過與環境的實際互動，建立對特定場域的情感歸屬	校園樹木實地測量：學生親自走入校園，使用平板測量朝夕相處的校樹	「摸摸這棵樹的樹皮，它在學校陪我們長大。你們剛才測出的數據，代表它每天都在幫我們默默呼吸、淨化空氣，你們覺得它像不像校園的守護者？」
希望理論	建立「目標感」與「路徑感」，將焦慮轉化為可達成的行動路徑	碳抵銷概念實踐：比較「個人碳足跡」與「樹木碳匯」，尋求生態平衡	「雖然我們每個人都會產生碳排，但看到我們測量的這棵樹能抵銷這麼多碳，是不是覺得減碳並非不可能？我們能找到方法讓排出的碳跟吸收的碳平衡。」
自我效能	透過掌握成功經驗與即時回饋，強化「我能做到」的信念	AI 碳足跡動態計算：改變日常選擇（如改吃素食）並即時看到數據下降	「看！當你只是把午餐換成蔬食，AI 計算出來的碳排立刻少了這麼多。這證明你的一個小選擇就有大力量，你絕對有能力改變環境！」

三、行動導向與科技賦能的永續學習實踐

為彌合知行差距並培養情意素養，ESD 強調「行動導向」的教學取徑，主張學習應延伸至真實世界的問題解決（Sass et al., 2024）。此取徑強調讓學生親身「做」些什麼，透過實際參與來深化學習、內化價值。引導學生踏查校園、發現問題並展開公民行動，已被證實能有效提升其問題解決能力（林菁等人，2016）。

在教學設計上，教育科技扮演了關鍵的「賦能者」角色。數位工具的融入，不僅能提升學習效率與動機，更能讓行動導向的學習變得更具體可行。例如，Wagner等人（2021）開發的學校碳足跡盤查工具，讓學生能主導自己學校的溫室氣體排放評估，化抽象數據為有形知識，提升了學生的自我效能感。因此，本研究的課程深度整合數位科技，旨在賦能學生的探究與行動。

四、科技輔助自主學習的實踐：教育部「四學模式」

為將前述「行動導向」與「科技賦能」的理念，轉化為課堂中具體、有結構的教學流程，本研究以教育部推動的「四學模式」（學生自學、組內共學、組間互學、教師導學）為框架，結合自我調節學習（Self-regulated Learning, SRL）與社會建構主義，將學習主體性從教師轉移至學生（張靖敏等人，2022）。

LoiLoNote為相容行動載具的教學平臺，具字卡、資料盒、繳交、傳送、Web、影音與思維工具等功能，能支援閱讀、寫

作、繪圖、搜尋、即時分享、互動與教師回饋（簡盈妮、劉旨峰，2024）。在「科技賦能」的脈絡下，LoiLoNote不僅是教材派發工具，更作為行動賦能媒介，使學生能在自學、共學與互學中蒐集資料、組織概念、記錄實測成果並回饋反思。透過此平臺，學生得以自主梳理複雜的碳足跡資訊、記錄探究與反思歷程，進而將抽象的環境概念具象化為實踐行動。最後，教師根據平臺數據與課堂觀察，在「導學」階段扮演鷹架角色，針對學生難點進行精準引導（教育部，2024）。

五、小結

綜上所述，本研究的課程設計奠基於「行動導向」的教學策略，並以「教育科技」為賦能工具，最終目標在培養學生的「情意」素養與親環境行為意圖。為此，本研究將理念轉化為具體可操作的四學模式教學流程，期於相同的教學結構下比較不同教學策略的影響。學生利用LoiLoNote平臺進行文本閱讀（自學）與資料協作（共學），並運用AI計算器與測距儀APP等數位工具，親身實踐個人碳足跡與校園樹木碳匯的計算（共學與互學），將複雜的科學概念轉化為直觀、可操作的體驗，從而引發學習動機與後續的減碳行動意圖。

參、研究方法

本節說明研究設計、研究對象與場域、研究程序與教學介入、研究工具及資料蒐集與分析。

一、研究設計

本研究採準實驗研究法（Quasi-experimental design），以不等組前、後測設計（non-equivalent control group pretest-posttest design）進行。自變項為「教學策略」，實驗組採「情意教學策略」、對照組採「認知教學策略」。依變項則為學生的「環境素養」，包含「知識」、「態度」與「行為意圖」三向度。兩組皆於課程前後施測，以比較介入成效。

二、研究對象與場域

研究對象為桃園市某國小五年級六班學生。以班級為單位分派，實驗組為1、2、6班，對照組為3、4、5班；排除前、後測缺席或資料不完整者，有效樣本為108人，其中，實驗組52人、對照組56人。後續以多變量共變數分析（Multivariate Analysis of Covariance, MANCOVA）控制前測差異。

研究執行前，已取得校方、授課教師及學生家長的同意。該校資訊基礎建設完善，師生均已具備運用平板電腦與數位學習平臺進行教學活動的經驗，適合進行本研究所需的科技融入課程。

三、研究程序與教學介入

本研究課程總期程為六週，每週一節課（40分鐘），合計總授課時間長度為240分鐘。本研究之教學介入設計，實質上比較的是「情意教學策略且結合戶外實測課程」與「認知教學策略且採室內計算課程」之綜合表現：實驗組包含「校園戶外實地測量、親手操作測距儀、與真實樹木建立情感連結及反思價值澄清」等活動；對照組則包含「全程室內學習、使用教師提供之圖片數據、公式計算與結果分析」。因此，後續研究結果在行為意圖上的組間差異，無法單純且單獨歸因於「情意教學策略」，亦應包含戶外空

間體驗與實地操作之綜合效應。

教材為《未來少年》雜誌2016年4月號氣候與碳足跡文章，包括〈百變碳超人〉與〈碳藏在哪裡？〉等文本（陳季蘭，2016a，2016b），並整合LoiLoNote、AI計算器與測距儀APP。兩組文本、時數與平臺操作相同；對照組以教師提供之植物照片與數據計算碳匯，以維持知識學習機會一致。具體流程如下：

（一）學生自學（self-study，為四學模式第一階段，共40分鐘）：教師透過LoiLoNote平臺派發《未來少年》的數位文本。學生以平板閱讀、畫記（如圖一）並完成筆記與提問（如圖二、圖三）。

圖一

學生在平板上閱讀並畫記《未來少年》文章

註：取自 S502-18 作業。

圖二

學生在LoiLoNote卡片上標注重點並寫下疑問

教師派發《未來少年》的文章

學生畫記文章並運用字卡進行文章摘要與提問作業

註：取自 S502-19 作業。

圖三

學生在LoiLoNote卡片上標注重點

教師派發的文章	學生畫記文章之個人作業成果

註：取自 S504-04 作業。

（二）組內共學（group learning，為四學模式第二階段，共80分鐘）：學生分享自學筆記並進行小組任務。實驗組到校園測量樹木並理解碳匯（如圖四）；對照組在教室以圖卡與文本建構碳循環概念（如圖五、圖六）。

圖四

實驗組學生運用平板內建的測距儀APP軟體測量校樹高度

學生運用測距儀App量校樹的高度	學生測量結果之示例

註：研究者拍攝照片與學生測量結果。

圖五

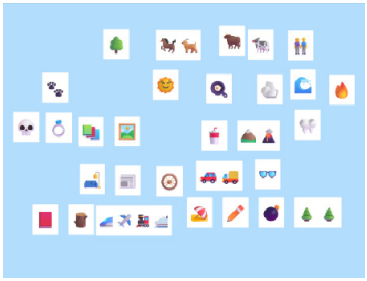
對照組學生透過拖曳圖卡完成碳循環圖的個人任務

教師派發任務：「請閱讀文章，依照文中碳循環的概念，將小圖示移動，完成碳循環圖。」	學生個人作業成果

註：取自 S504-05 作業。

圖六

對照組小組組內討論結果

	
教師派發任務：「與先前任務一樣，但這次以小組討論為主，再做一次碳循環圖。」	經教師引導、學生小組討論的成果

註：取自 S504-05、08、12、16 小組討論作業。

（三）組間互學（peer learning，為四學模式第三階段，共80分鐘）：延續前階段任務，實驗組各組將其討論結果、碳足跡數據或測量計畫，整理成LoiLoNote卡片，並輪流上台報告，展示小組的發現與成果（如圖七）；對照組針對閱讀文本，再於網路上搜尋延伸資料，完成碳知識相關的重點整理與分類（如圖八）。

圖七

實驗組學生分組蒐集減碳相關資料及碳足跡計算

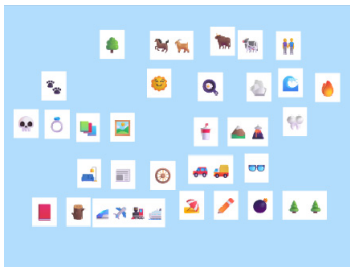
教師派發表格卡片，請學生分組查資料（左欄位）、計算碳足跡（中欄位）	學生查詢減碳相關資料（左欄位）、請AI工具協助計算每日碳足跡（中欄位），並進行口頭報告

註：取自 S501-21、22、23、24 小組討論作業。

圖八

教師派發表格卡片，引導對照組學生分組完成內容

教師派發表格及圖示卡，各組需依文本及網路資料完成表格左欄，並拖曳圖示至表格中、右欄



小組完成表格內容，並進行口頭報告

註：取自 S504-05、08、12、16 小組討論作業。

（四）教師導學（teacher guidance，為四學模式第四階段，共40分鐘）：教師統整迷思概念，將學習延伸至日常生活實踐，透過好讀周報與聯合學苑（2025）設計的「我的永續行動日記」學習單（如圖九），引導學生設定個人的減碳行動目標，將「願意做到」的項目畫起來，並鼓勵他們邀請家人共同參與，將課堂所學轉化為具體的家庭永續行動（如圖十）。課程結束，學生學習字卡（包含實驗組、對照組學習內容）串連，如圖十一。

圖九

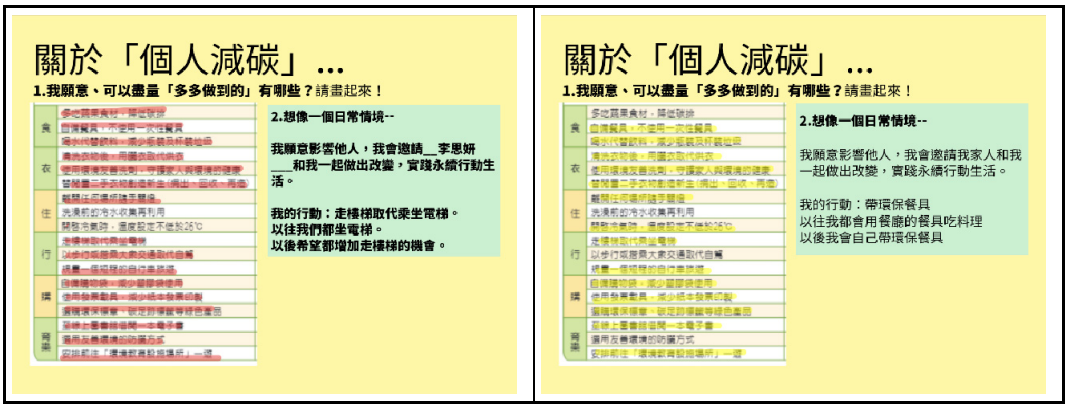
「我的永續行動日記」學習單（擷取部分）

食	多吃蔬果食材，降低碳排
	自備餐具，不使用一次性餐具
	喝水代替飲料，減少瓶裝及杯裝垃圾
衣	清洗衣物後，用曬衣取代烘衣
	使用環境友善洗劑，守護家人與環境的健康
	替閒置二手衣物創造新生(捐出、回收、再造)
住	離開任何場所隨手關燈
	洗澡前的冷水收集再利用
	開啓冷氣時，溫度設定不低於26℃
行	走樓梯取代乘坐電梯
	以步行或搭乘大眾交通取代自駕
	規畫一個短程的自行車旅遊
購	自備購物袋，減少塑膠袋使用
	使用發票載具，減少紙本發票印製
	選購環保標章、碳足跡標籤等綠色產品
育樂	至線上圖書館借閱一本電子書
	選用友善環境的防曬方式
	安排前往「環境教育設施場所」一遊

註：擷取自**我的永續行動日記**，好讀周報、聯合學苑，2025，聯合學苑，https://udncollege.udn.com/30373

圖十

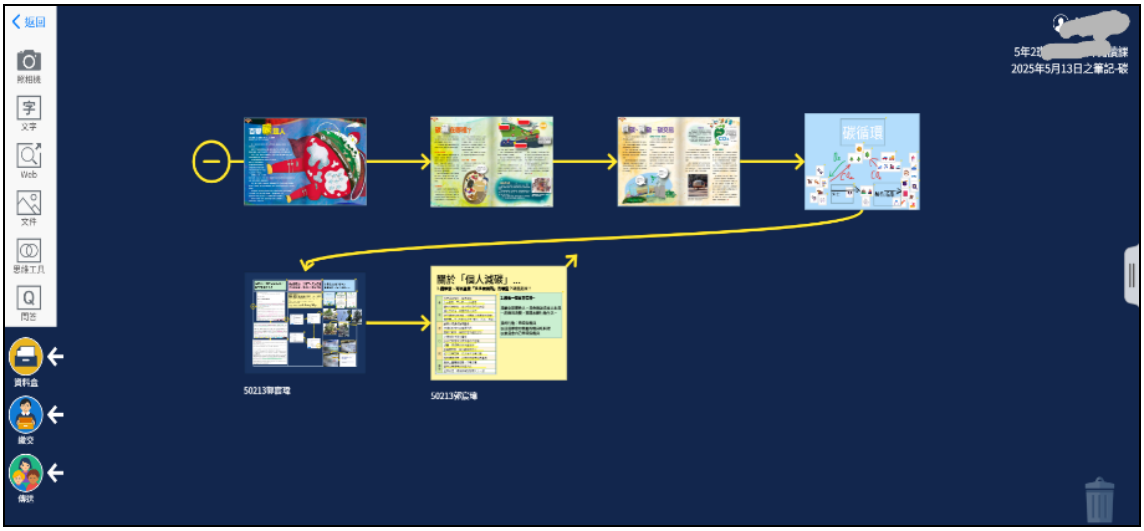
學生願意做到的減碳項目及行動



註：取自 S503-05、S503-25 作業。

圖十一

運用LoiLoNote學習碳足跡課程之所有字卡



註：本課程設計之所有字卡示例。

兩組的教學流程皆依教育部之「四學模式」框架進行（各階段時數分配如上），以嚴格控制教學結構的一致性。兩組的教學介入差異主要在於教學策略的側重不同：

1. 實驗組：情意教學策略

實驗組結合戶外實測與反思，重視情感投入、個人連結與價值澄清，並圍繞減碳、增匯與抵銷三主題。

（1）個人碳足跡計算與生活反思（減碳）：在學習「碳足跡」概念時，學生使用AI計算器估算自己一日的碳排放量。此活動的重點非數據精確性，而是作為自我反思的工具。教師引導：「看到這個數字，你有什

麼感覺？」、「這個數字跟你平常的生活習慣有什麼關係？」，將數據與學生的個人經驗與情感連結，引發其對自身行為的關注與責任感。

（2）校園樹木碳匯測量與情感連結（增匯）：學生親身到校園中，手持平板電腦操作測距儀APP測量特定樹木的高度與樹圍。接著，引導學生將測量到的數據帶入簡易公式，計算出這棵樹的碳儲存量。實測樹木碳匯後，教師會引導：「這棵大樹每天默默為我們吸收這麼多二氧化碳，你覺得它可以被什麼取代嗎？」，強化地方依附感，讓學生反思樹木對校園環境的意義。

（3）碳抵銷的個人化理解與價值澄清：學生比較個人碳足跡與樹木碳匯能力，例如：「我們這棵樹一天可以幫我們吸收多少同學的午餐碳排？」，將抽象的碳抵銷轉化為可見的校園生態關係；教師引導：「雖然大球環境在變，但每當你關掉一盞燈，就是為地球增加一份希望，你願意成為那個希望嗎？」。建立學生的希望感與自我效能。

2. 對照組：認知教學策略

對照組以室內課程進行，重視知識講解、概念理解、公式計算與結果分析。

（1）知識講授與原理理解：教師說明碳足跡、碳循環、碳匯與碳抵銷等概念。

（2）數據計算與結果分析：學生操作AI計算器，並以教師提供的樹木照片與數據練習碳匯計算，過程不納入戶外實測或價值澄清。

綜上所述，兩組教學策略差異整理為表二。

表二

教學策略對照

教學向度	實驗組（情意策略）	對照組（認知策略）	知識輸入是否一致
教學環境	包含校園戶外實地測量與探究	全程於教室室內進行	是，皆採《未來少年》文本
數據處理	著重數據與生活的連結（反思感覺）	著重數據的正確性與邏輯計算	是，皆使用 AI 計算器
教師引導語	「看到這個數字，你有什麼感覺？」	「這個數字各項占比是多少？」	是
核心理論	情感連結、地方依附、自我效能	科學認知、邏輯推理、精確操作	是

四、研究工具

本研究以自編問卷蒐集量化資料，經二位國小自然科學領域資深教師審查，並以10名非正式樣本預試後修正。各量表之編製結構、計分規則與信效度指標分述如下：

（一）碳課程知識量表：共18題，包含是非題與選擇題。題項內容參考行政院環境保護署（2024）、美國國家環境保護局

（Environmental Protection Agency [EPA], 2017）及聯合國政府間氣候變遷專門委員會（Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2023）等權威機構發布之資料，並轉化為適合國小高年級學生理解的題項。量表內容涵蓋溫室效應、碳足跡定義、再生能源、化石燃料、碳匯等課程核心知識概念。量表答對計1分，答錯或不知道計0分，總分18分。根據預試數據之項目分析結果，本量表各題之難易度（*P*值）介於.45至.72之間，屬於難易度適中；鑑別度(*D*值)介於.35至.58之間，均達優良測驗標準。經信度分析，知識量表之內部一致性信度理想（Cronbach's α > .81）。題項範例如表三。

表三

碳課程知識量表設計之範例

題目設計概念	題型	題號及題目
碳匯概念	是非題	4. 森林、海洋和土壤可以吸收並儲存空氣中的二氧化碳，幫助減緩全球暖化，這些地方被稱為「碳匯」。
碳足跡定義	選擇題	5. 我們常聽到的「碳足跡」是指什麼？ (A)個人行走或跑步時，在地面留下的腳印深淺程度 (B)個人、活動或產品，在其生命週期中產生的溫室氣體總量 (C)一個地區內，所有樹木加起來可以吸收的碳量估計值 (D)燃燒物品後，殘留在空氣中可以用儀器測得的碳微粒 (E)不知道

（二）碳課程態度量表：共15題，採Likert五點量尺（從「非常不同意」1分至「非常同意」5分）。此量表旨在評量學生在環境素養與情感認同上的轉變。題項設計參酌已於文獻探討中闡述的相關理論，包含Dunlap等人（2000）之「新環境範式量表」、Thompson與Barton（1994）關於生態中心主義的觀點，以及Schwartz（1977）的規範啟動理論等。計分方式採正向計分，惟第2、5、9、15題為反向題，量表總分愈高，表示學生環保態度愈正向。本量表於預試後經探索性因素分析（Exploratory Factor Analysis, EFA），結果顯示主成分趨向單一核心概念結構，各題項之因素負荷量（factor loading）介於.52至.78之間，累積解釋變異量達55.6%，具備良好之建構效度；量表整體之內部一致性信度良好（Cronbach's α >= .84）。題項範例如表四。

表四

碳課程態度量表設計之範例

題目設計概念	題號及題目
人類中心主義／反向題	2. 我們保護森林主要是為了得到木材和紙張。
個人責任歸屬	3. 每個人都有責任節約能源（例如：隨手關燈）。
個人效能感／反向題	5. 我一個人做環保，對改善環境沒什麼幫助。
生態中心價值	8. 保護動植物比讓人們生活更方便更重要。

（三）碳課程行為意圖量表：共15題，採Likert五點量尺（從「非常不同意」1分至「非常同意」5分）。此量表旨在評量學生在未來採取減碳行為的意願。題項內容參考美國國家環境保護局（EPA, n.d.）、聯合國糧食及農業組織（Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2022）等國際組織所倡導的具體行動，並結合Leiserowitz（2006）關於風險感知的研究，設計出與學生日常生活相關的行為意圖題目。量表題項亦參考《我的永續行動日記》（好讀周報、聯合學苑，2025）並連結日常節能、減廢、飲食與交通選擇。本量表測量學童未來採取減碳實踐之心理傾向，而非個體在現實情境中的實際減碳行為。本量表於預試後經EFA分析，各題項之因素負荷量介於.55至.81之間，累積解釋變異量達57.3%，建構效度良好；量表整體之內部一致性信度優良（Cronbach's α > = .82）。題項範例如表五。

表五

碳課程行為意圖量表設計之範例

題目設計概念	題號及題目
節能意圖	7. 我願意在離開教室或房間時，記得把不用的電燈和電風扇關掉。
源頭減廢意圖	8. 我願意試著少用一次性的東西，例如自己帶水壺、購物時少拿塑膠袋。
綠色交通意圖	10. 如果要去比較近的地方，我願意多走路或騎腳踏車，少坐汽機車。
環保行動推廣意圖	14. 我會想跟家人或朋友分享我學到的保護環境的方法（例如：隨手關燈、做好回收）。

綜上所述，本課程核心主題與環境素養之知識、態度、行動意圖等量表對應內容如表六。

表六

課程內容與問卷題項對照（擷取部分題項）

課程核心主題	知識量表題項／概念	態度量表題項／向度	行為意圖量表題項／向度
碳匯與碳循環	4/碳匯定義 17/增進碳匯功能	6/種樹重要性 8/保護動植物價值觀	3/相信種樹助吸碳 12/生態保護重要性知覺
個人碳足跡計算	5/碳足跡定義 10/減碳行為辨識	7/減碳足跡助氣候 13/學習計算之意義	1/碳足跡基本知覺 2/行為與氣候連結感
減碳生活實踐	2/減排具體做法 9/再生能源知識 14/節能標章意義 15/低碳飲食選擇	3/節約能源責任感 5/個人環保效能感 14/小學生行動力量	7/隨手關閉電源意願 8/源頭減廢意願 10/交通轉型意願 14/行動推廣分享意圖

五、資料蒐集與分析

本研究於課程開始前一週實施前測，課程結束後隔週實施後測。有效問卷共108份。使用SPSS統計軟體進行資料分析：

（一）描述性統計：計算各量表前後測平均數與標準差。

（二）成對樣本*t*檢定（Paired-Samples T-test）：檢驗各組前、後測差異。

（三）單因子多變量共變數分析（One-way MANCOVA）：以前測知識、態度與行為意圖為共變數，組別為自變項，後測三向度為依變項，比較兩種策略之淨效果。

肆、研究結果

本章首先以描述性統計呈現樣本在各變項上的基本分布；其次，透過共變數分析的前提檢定，確保資料符合統計假設；最後，以單因子MANCOVA與受試者間效應項檢定，探究不同教學策略對學生環境素養各層面的影響差異。

一、描述性統計分析

本研究針對實驗組與對照組在環境素養之知識、態度及行為意圖三個變項的前、後測得分進行描述性統計，結果如表七所示。從平均數來看，兩組學生在課程介入後，其知識、態度與行為意圖的後測分數均高於前測分數，顯示課程具有初步成效。

表七

各變項前、後測之平均數與標準差

變項	組別	*N*	前測M（*SD*）	後測M（*SD*）
知識	實驗組	52	8.71（3.92）	12.40（3.23）
	對照組	56	8.46（3.54）	10.11（3.47）
態度	實驗組	52	58.50（7.81）	60.29（7.17）
	對照組	56	57.32（7.15）	58.52（7.34）
行為意圖	實驗組	52	58.33（8.38）	62.96（7.98）
	對照組	56	58.93（8.05）	59.96（7.73）

二、研究問題一：不同教學策略對環境素養提升之成效分析

為探討兩種教學策略對於學生環境素養的影響，本研究分別對實驗組與對照組的知識、態度、行為意圖三個變項進行成對樣本*t*檢定，以比較其前、後測得分的差異。詳細的平均數與標準差如表八所示。

檢定結果顯示，在實驗組方面，知識後測顯著高於前測，$t(51) = 9.20$，$p < .001$；態度後測亦顯著高於前測，$t(51) = 2.28$，$p = .027$；行為意圖後測同樣顯著高於前測，$t(51) = 6.20$，$p < .001$。此結果顯示，情意教學策略在知識、態度與行為意圖三個向度均產生顯著提升，尤其在知識理解與行為意圖

方面。

在對照組方面，知識後測顯著高於前測，t(55) = 4.95，p < .001；態度由57.32分提升至58.52分，但未達顯著，t(55) = 1.69，p = .097；行為意圖由58.93分提升至59.96分，亦未達顯著，t(55) = 1.06，p = .292。此結果表示，認知教學策略能有效提升學生對碳足跡相關知識的理解，並在態度與行為意圖上呈現正向趨勢，但短期內尚未達顯著改變。

表八

實驗組與對照組前後測之成對樣本*t*檢定

組別	變項	*N*	前測（*M*）	後測（*M*）	平均差	*t*	*p*
實驗組	知識	52	8.71	12.40	3.69	9.20	<.001***
	態度	52	58.50	60.29	1.79	2.28	.027*
	行為意圖	52	58.33	62.96	4.63	6.20	<.001***
對照組	知識	56	8.46	10.11	1.64	4.95	<.001***
	態度	56	57.32	58.52	1.20	1.69	.097
	行為意圖	56	58.93	59.96	1.04	1.06	.292

註：平均差為後測減前測。
*p < .05. ***p < .001.

三、研究問題二：不同教學策略對環境素養各向度學習表現之差異比較

為比較兩種教學策略的成效，本研究以三項前測分數為共變數，以後測分數為依變項，進行單因子MANCOVA。

（一）基本假定考驗

Box's M檢定結果未達顯著，Box's M = 7.76，$\chi^2(6) = 7.52$，p = .275，表示兩組之共變數矩陣同質性符合MANCOVA前提。Levene's誤差變異數同質性檢定亦未達顯著，知識p = .663、態度p = .768、行為意圖p = .583，表示三個依變項之誤差變異數可視為同質，符合後續共變數分析之基本要求。

（二）多變量共變數分析

結果顯示，控制三項前測分數後，教學策略對整體環境素養後測表現之多變量效果達顯著，Wilks' Lambda = .783，F(3,101) = 9.36，p < .001；Pillai's Trace = .218，F(3,101) = 9.36，p < .001。此結果表示，在排除前測影響後，情意教學策略與認知教學策略對學生整體環境素養後測表現具有顯著差異，需進一步檢視各依變項之受試者間效應，以判斷差異主要來自哪些向度。

（三）受試者間效應項檢定

本研究進一步進行受試者間效應項檢定，結果如表九所示。

表九

教學策略對各依變項之單因子MANCOVA摘要

來源	依變項	*SS*	*df*	*MS*	*F*	Sig. (p)	Partial η^2	調整後平均數：實驗組／對照組
組別	知識	122.884	1	122.884	22.850	<.001***	.182	12.33 / 10.17
	態度	41.398	1	41.398	1.709	.194	.016	60.02 / 58.77
	行為意圖	207.211	1	207.211	6.981	.010*	.063	62.86 / 60.06

註：以前測知識、前測態度與前測行為意圖為共變數；後測分數為依變項。

分析結果指出，學生在環境素養的知識向度達顯著差異，$F(1,103) = 22.85$，$p < .001$，Partial $\eta^2 = .182$，調整後平均數為實驗組12.33、對照組10.17；行為意圖向度亦達顯著差異，$F(1,103) = 6.98$，$p = .010$，Partial $\eta^2 = .063$，調整後平均數為實驗組62.86、對照組60.06；然而，態度向度則未達顯著差異，$F(1,103) = 1.71$，$p = .194$，Partial $\eta^2 = .016$。此結果表示，情意教學策略在控制前測後，對學生的知識向度、行為意圖向度之提升效果顯著優於認知教學策略；然而，兩組在較穩定的態度向度上，短期內尚未形成顯著差異。

四、綜合討論

（一）情意教學策略介入使三向度均顯著提升，顯示其教育價值

本研究發現，實驗組在知識、態度與行為意圖三向度均達顯著提升，代表情意教學策略不僅能提升學生環境素養中的知識，也能促進其態度與行動意願。進一步以MANCOVA控制前測後，實驗組在知識與行為意圖兩個向度均顯著高於對照組。顯示情意教學策略對於環境知識與行動意圖之間的落差有正向幫助；同時，實地測量與情感連結等教學活動也可能增進學生對碳足跡與碳匯概念的理解。

（二）行動意圖與態度間的轉變軌跡

本研究觀察到學生的環境態度與行為意圖呈現不同的轉變軌跡。其中，環境態度屬於較穩定的價值觀結構，在短短六週的課程中較難產生立即性的深層重塑；行為意圖則易受情境體驗與自我效能感的影響。實測碳匯的活動成功地建立了學生與校園的情感連結、引發了行動意圖，此一發現支持「以行動引導態度轉化」的教育歷程，然而，「行為意圖」並不可直接推論其實際行為，因此，情意導向結合實地體驗的教學雖對短期減碳行為意圖具有潛在促進效果，然其是否能進一步轉化為持續行為，仍待追蹤研究驗證。

（三）科技賦能於情意素養之建構

科技在情意教學中扮演了情感觸發與行動賦能的關鍵角色。LoiLoNote平臺提供「四學模式」所需的學習鷹架，而AI碳足跡計算器則成為引發學生自我反思的觸媒。透過測距儀APP進行實地探究，讓科技不再只是傳遞資訊的工具，而是成為引導學生與自然建立連結的賦能工具。

伍、結論與建議

本節首先依據前章的研究結果提出結論；接著，根據結論分別對國小環境教育的教學實務與未來相關研究提出具體建議；最後，闡述本研究之限制。

一、研究結論

（一）情意教學策略能有效提升學生環境素養

研究結果顯示，實驗組在知識、態度與行為意圖三向度之前、後測均達顯著差異，表示校園實地探索及自我反思的情意教學策略能有效提升環境素養。此結果與環境教育強調經驗學習與行動導向的觀點相符：林菁等人（2016）以及Sass等人（2024）指出，學習者若能在真實情境中參與環境探究，較能深化理解並形成行動意識。

（二）情意教學策略較認知教學策略能帶動態度與行為意圖

對照組在知識向度顯著提升，但在態度與行為意圖向度雖呈正向變化，仍未達顯著。此結果顯示，講授、文本閱讀、資料整理能幫助學生理解碳足跡等概念，但若缺乏情感連結與個人反思，較不易在短期內引發價值認同與行動意願。此發現呼應Kollmuss與Agyeman（2002）所提出的「知行差距」觀點，也與Liu等人（2020）認為環境知識需透過態度與行為意圖等中介因素，才可能轉化為行動的看法一致。

相對的，情意教學策略在引發「行為意圖」表現上顯著優於認知教學策略，此與Albrecht等人（2022）強調地方依附感能拉近個體與環境關係的觀點相近。學生透過親手測量校園樹木，不只是學習「樹木可以吸碳」，也能理解身邊環境與自身生活的關聯，進而強化減碳行動意願。

（三）不同教學策略對「環境態度」之成效有限

研究結果指出，情意教學與認知教學在態度轉變上並未表現出顯著差異。這顯示環境態度屬於較穩定的價值與信念結構，六週課程雖能引發正向變化，但尚不足以在兩組間形成明顯差距。此與Dunlap等人（2000）、Thompson與Barton（1994）關於環境價值觀具有深層信念特性的觀點相符。

二、研究建議

（一）對教學實務的建議

1. 在環境教育中優先融入情意教學策略活動：教師設計氣候變遷、永續發展等課程應超越傳統的知識講授，多著重如本研究中的「校園碳匯地圖」、「個人永續行動日記」等活動，引導學生從自身與周遭環境出發，建立個人連結與情感認同，將知識轉化為行動意圖。

2. 善用數位科技作為「行動賦能」與「反思鷹架」：教師可運用碳足跡計算器、測距儀APP等工具，讓學生親身探究、量化自身行為與環境的關係，引發情感連結、形塑意願。

3. 推廣以「增匯」建立希望感的教學模式：面對易引發焦慮的氣候議題，教學上除了強調「減碳」的責任，更應融入「增匯」（如植樹、維護生態）等正向、賦能的主題，培養學生面對未來挑戰的希望感與效能感。

（二）對未來研究的建議

1. 採縱貫性研究設計：本研究雖觀察到行為意圖的轉變，但此轉變的持久性與能否落實為真實行為，仍待觀察。未來研究可進行長期的縱貫性追蹤，並納入實際行為觀察。

2. 納入質性研究方法：本研究以量化為主，未來可搭配訪談、學習日誌分析等質性方法，深入探究情意教學觸動學生內心轉變的具體歷程，特別是態度轉變的細微過程。

3. 擴大研究對象與場域：本研究樣本具同質性，未來可將研究擴展至不同年級、城鄉背景的學校，以檢驗此課程模式的可推廣性。

4. 探討家庭參與的影響：本研究末段鼓勵學生將《我的永續行動日記》想法與家人分享，並邀請家人參與，但其後續影響未在本研究中測量。未來可將家庭參與作為一個變項，探討親子共學對永續行動實踐的效果。

三、研究限制

（一）準實驗設計之內在效度受限

本研究以班級為隨機分派單位，雖透過MANCOVA校正起始差異，仍難完全排除班級氣氛或導師風格等干擾變項，使因果推論之內在效度受限。

（二）環境差異引發之「新奇效應」

實驗組之戶外實測經驗可能產生「新奇效應」（novelty effect），並提升學習動機，此環境變因或與教學策略產生交互作用。後測成效未必全歸功於情意導引，未來宜於相同環境對照，以分離淨效應。

（三）自陳式量表之偏誤與知行差距

依變項採自陳量表評核，易受社會期許影響（social desirability bias），學生或因議題之正面價值傾向勾選積極選項。此外，量表測量「意圖」而非「實際行為」，兩者間仍存有「知行差距」。

（四）樣本推論範圍之侷限

對象僅限桃園單一地區國小五年級學生，由於各校資訊設施具城鄉落差，加以學生素養背景差異，限制了研究結果推論至其他區域或年級的普遍性。

（五）研究工具研發之專業結構限制

量表效度審核依賴一線教師，缺乏環境教育理論與心理測量專家深度參與。且預試樣本僅10人，量表修訂歷程之細緻度仍有優化空間。

參考文獻

好讀周報、聯合學苑（2025）。**我的永續行動日記**。聯合學苑。https://udncollege.udn.com/30373

【Good Read Weekly, & United Education. (2025). *My sustainable action diary*. United Education. https://udncollege.udn.com/30373】

林菁、沈桂枝、賴秀珍（2016）。公民行動取向之資訊素養課程：以國小六年級「台美生態學校夥伴計畫」為例。**教育資料與圖書館學，53**（2），211-244。https://doi.org/10.6120/JoEMLS.2016.532/0005.RS.CM

【Lin, C., Shen, K.-C., & Lai, H.-C. (2016). Civic action-oriented information literacy curriculum: A case study of the “Taiwan-US Eco-Campus Partnership Program” for 6th graders. *Journal of Educational Media & Library Sciences, 53*(2), 211-244. https://doi.

org/10.6120/JoEMLS.2016.532/0005.RS.CM】

行政院環境保護署（2024）。**產品碳足跡標籤**。https://cfp.moenv.gov.tw/

【 Environmental Protection Administration, Executive Yuan. (2024). *Product carbon footprint label*. https://cfp.moenv.gov.tw/】

陳季蘭（2016a）。百變碳超人。**未來少年，64**，26-27。

【Chen, C.-L. (2016a). The transformative carbon superman. *Global Kids Monthly, 64*, 26-27.】

陳季蘭（2016b）。碳藏在哪裡？**未來少年，64**，28-29。

【Chen, C.-L. (2016b). Where is carbon hidden? *Global Kids Monthly, 64*, 28-29.】

陳明秀、蔡仕廷、張基成（2016）。嚴肅遊戲之角色扮演與情境模擬對於學習成效之影響：以國小五年級碳足跡課程為例。**教育科學研究期刊，61**（4），1-32。https://doi.org/10.6209/JORIES.2016.61(4).01

【Chen, M.-H., Tsai, S.-T., & Chang, K.-E. (2016). The effects of role-playing and situational simulation in serious games on learning outcomes: A case study of a carbon footprint course for fifth graders. *Journal of Research in Education Sciences, 61*(4), 1-32. https://doi.org/10.6209/JORIES.2016.61(4).01】

教育部（2024）。**教育部國民小學數位教學指引 3.0 版**。

【Ministry of Education. (2024). *Digital teaching guidelines for elementary schools version 3.0*.】

張靖敏、張道宜、劉雅萍、陳美瑩（2022）。因材網：教育部人工智慧知識結構分析診斷及適性學習平台之析論。**台灣教育研究期刊，3**（1），313-331。

【Chang, C.-M., Chang, T.-Y., Liu, Y.-P., & Chen, M.-Y. (2022). Adaptive learning network: An analysis of the Ministry of Education's artificial intelligence knowledge structure analysis and adaptive learning platform. *Taiwan Educational Review Monthly, 3*(1), 313-331.】

簡盈妮、劉旨峰（2024）。以 LoiLoNote 發展「思維工具創寫模組」用於國小五年級平板讀寫課程之實踐探究。**教育傳播與科技研究，136**，19-39。https://doi.org/10.6137/RECT.202412_(136).0002

【Chien, Y.-N., & Liu, Z.-F. (2024). Developing and practicing a thinking tool creation module with LoiLoNote for tablet reading and writing courses in fifth grade. *Research of Educational Communications and Technology, 136*, 19-39. https://doi.org/10.6137/RECT.202412_(136).0002】

Albrecht, S. L., Bocks, A., Dalton, J., Lorigan, A., & Smith, A. (2022). Pro-environmental employee engagement: The influence of pro-environmental organizational, job and personal resources. *Sustainability, 14*(1), 43. https://doi.org/10.3390/su14010043

Bandura, A. (1977). Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review, 84*(2), 191-215. https://doi.org/10.1037/0033-295X.84.2.191

Dunlap, R. E., Van Liere, K. D., Mertig, A. G., & Jones, R. E. (2000). Measuring endorsement of the new ecological paradigm: A revised NEP scale. *Journal of Social Issues, 56*(3), 425-442. https://doi.org/10.1111/0022-4537.00176

Environmental Protection Agency. (2017). *A student's guide to global climate change*. https://archive.epa.gov/climatechange/kids/index.html

Environmental Protection Agency. (n.d.). *Carbon footprint calculator*. Retrieved June 20, 2026, from https://www.epa.gov/carbon-footprint-calculator

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2022). *The state of the world's forests 2022: Forest pathways for green recovery and building inclusive, resilient and sustainable economies*. https://doi.org/10.4060/cb9360en

Hollweg, K. S., Taylor, J. R., Bybee, R. W., Marcinkowski, T. J., McBeth, W. C., & Zoido, P. (2011). *Developing a framework for assessing environmental literacy*. North American Association for Environmental Education.

Hsu, S.-J. (2004). The effects of an environmental education program on responsible environmental behavior and associated environmental literacy variables in Taiwanese college students. *The Journal of Environmental Education, 35*(2), 37-48. https://doi.org/10.3200/JOEE.35.2.37-48

Hungerford, H. R., & Volk, T. L. (1990). Changing learner behavior through environmental education. *The Journal of Environmental Education, 21*(3), 8-21. https://doi.org/10.1080/00958964.1990.10753743

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). *Synthesis report of the IPCC sixth assessment report (AR6)*. https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/

Kollmuss, A., & Agyeman, J. (2002). Mind the gap: Why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behavior? *Environmental Education Research, 8*(3), 239-260. https://doi.org/10.1080/1350462022014540 1

Komatsu, H., Silova, I., & Rappleye, J. (2022). Education and environmental sustainability: Culture matters. *Journal of International Cooperation in Education, 25*(1), 108-123. https://doi.org/10.1108/jice-04-2022-0006

Leiserowitz, A. (2006). Climate change risk perception and policy preferences: The role of affect, imagery, and values. *Climatic Change, 77*, 45-72. https://doi.org/10.1007/s10584-006-9059-9

Liu, P., Teng, M., & Han, C. (2020). How does environmental knowledge translate into pro-environmental behaviors? The mediating role of environmental attitudes and behavioral intentions. *Science of The Total Environment, 728*, 138126. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138126

Sass, W., De Maeyer, S., Boeve-de Pauw, J., & Van Petegem, P. (2024). Effectiveness of education for sustainability: The importance of an action-oriented approach. *Environmental Education Research, 30*(4), 479-498. https://doi.org/10.1080/13504622.2023.2229543

Schwartz, S. H. (1977). Normative influences on altruism. In L. Berkowitz (Ed.), *Advances in experimental social psychology* (Vol. 10, pp. 221-279). Academic Press.

Snyder, C. R. (Ed.). (2000). *Handbook of hope: Theory, measures, and applications*. Academic Press.

Thompson, S. C. G., & Barton, M. A. (1994). Ecocentric and anthropocentric attitudes toward the environment. *Journal of Environmental Psychology, 14*(2), 149-157. https://doi.org/10.1016/S0272-4944(05)80168-9

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (2017). *Education for sustainable development goals: Learning objectives*. UNESCO Publishing. https://doi.org/10.54675/CGBA9153

UN Department of Economic and Social Affairs. (2023). *The sustainable development goals report 2023: Special edition*. https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/

Wagner, O., Tholen, L., Nawothnig, L., & Albert-Seifried, S. (2021). Making school-based GHG-emissions tangible by student-led

carbon footprint assessment program. *Energies, 14*(24), 8558. https://doi.org/10.3390/en14248558

White, R., & Stoecklin, V. L. (2008, November 9). *Nurturing children's biophilia: Developmentally appropriate environmental education for young children*. White Hutchinson Leisure & Learning Group. https://www.whitehutchinson.com/children/articles/nurturing.shtml