

國科會 114 年度 CCUS 創意教案設計-

淨零碳排是什麼？減碳的探索之旅

作者：何宥慶、張硯行、朱涵禎、黃歆威

單位：國立台北教育大學自然科學教育學系

聯絡信箱：happyho0316@gmail.com

【內容概述】

本教案以「淨零碳排」為核心主題，搭配 CCUS 技術教學，規劃 3 大主題、10 節課程，結合生活調查、探究實驗、桌遊活動及成果展覽，培養學生減碳行動力與科學素養。採用 5E 教學模式並融合 POE 策略，透過分組合作與實作探索，引導學生理解碳足跡、CCUS 三階段技術（捕捉、封存、再利用），並以生活行動呼應永續發展理念。

【主題說明】

主題一：淨零碳排 目標：從個人日常生活出發，認識淨零碳排與減碳行動。

主題二：CCUS 大解密 目標：認識碳捕捉、再利用與封存技術，理解科學在減碳中的應用。

主題三：生活與科學減碳展 目標：統整所學，設計減碳及 CCUS 介紹海報。

主題	課堂名稱	課程重點	探究階段
淨零碳排	<u>節能減碳</u>	認識自我生活中的碳足跡	生活中減碳
	<u>淨零競零</u>	桌遊模擬，思考生活中可行的減碳方式	5E 循環
CCUS 大解密	<u>別碳氣！</u>	探究 CCUS 技術，建立基本概念	科學減碳 (CCUS 三階段) 5E 循環
	<u>抓住你！</u>	活性碳模擬吸附，了解碳捕捉原理	
	<u>石化魔法</u>	石灰水實驗，觀察碳封存的物理變化	
	<u>新生命！</u>	CO ₂ 創意轉化為新資源，發展再利用概念	
生活與科學減碳展	<u>內容構想</u>	全班共同完成「生活與科學減碳展」 展覽海報設計與製作	統整評量
	<u>完成海報</u>		
	<u>發表練習</u>	小組進行報告內容架構設計、模擬練習 ，並且透過同儕回饋共同成長。	
	<u>模擬練習</u>		

*詳細的 5E 探究歷程於附錄中說明

單元名稱	淨零碳排是什麼？ 減碳的探索之旅	適用年級	國小高年級
		教學時間	每節 40 分鐘，共 10 節
單元主題	淨零碳排、CCUS	教材來源	自編教材
適用領域	自然科學領域、校本彈性課程	設計者	何宥慶
教學準備	知識和技能：CCUS 相關知識、「淨零競零」桌遊規則 教材設計：學習單、實驗紀錄表、海報範例模板、各主題上課簡報 設備確認：平板(拍照、搜尋、海報製作、文書處理)、各節實驗器材(詳見教學活動)、碳足跡計算器帳號建立、Canva 帳號建立、投影設備。 教學資源：「淨零競零」桌遊、CCUS 科普影片與資料、參考圖片與影片連結 學生分組：分析學生能力，進行異質性分組。 校務行政：晨會分享時間、展覽地點		
學生分析	學生先輩經驗分析		
		中年級	高年級
	知識性	天氣與季節變化： INd-Ⅱ-6、INf-Ⅱ-4 氣象觀測與數據：INd-Ⅱ-7	地質與生物演化： INd-Ⅲ-8、INc-Ⅲ-11 氣候變遷與永續：INg-Ⅲ-3~7 天氣與氣候：INd-Ⅲ-7、INd-Ⅲ-11
		中年級階段已學習天氣與季節變化，了解氣象資料的基本形式與觀測工具。進入高年級後，學習進一步延伸至天氣圖判讀、氣候系統與地質變化，並接觸氣候變遷與永續發展等議題，已具備連結自然現象與人類行為的初步能力。	
	非知識性	生活經驗：具備初步的節能意識，曾參與校園或家庭中的環保行動，如資源回收、節電節水等。 合作與表達：曾多次參與異質分組、分工合作的小組活動，並具備以圖像、口語、簡報等方式進行溝通與發表的能力。 實驗與操作：大多數學生對於簡易實驗操作具有基礎經驗，能使用基本儀器，具備觀察與記錄的能力。 創意與表達：學生擁有創意設計、繪圖表達與角色扮演等相關經驗，具備初步的創造力與視覺轉化能力。 社會關懷：學生對生活中的環境議題已有感知，能從個人行為連結至社會影響，具備初步的公民參與與責任感。 科技能力：學生擁有多次使用平板進興資料搜索、文書處理、拍照、製作海報的經驗，也熟悉 Canva 簡報軟體的操作。	
由於學生存在不同能力上的差異，為使學生能夠在教師建構的同儕鷹架下，共同合作完成此單元的學習活動，教師可在課前依據學生的各項能力參考學生能力分析表進行分析，並進行 4~6 人的異質性分組，建議各組皆須具有領導者型、創意型、實作型的同學。			

	學生能力分析表				
		認知	實作能力	創意與表達	合作與態度
	高	能舉一反三，理解抽象概念，能提出有邏輯的推論與問題。	操作熟練，能主動記錄觀察結果並提出假設與推論。	想法新穎、富創意，善於用圖像或故事表達構想。	積極投入，能協助團隊並擔任領導或協調角色。
	中	對基本概念能理解並應用，但在整合與推論時需要引導。	基本操作沒問題，能跟著步驟完成，但較缺主動觀察與分析。	有創意但較依賴他人啟發，表達方式尚可。	基本配合，但較被動，需提醒才能完成任務。
	低	對抽象概念理解有困難，較依賴具體例子與同儕協助。	操作不穩定，易分心或出錯，需要夥伴協助或明確引導。	想法較保守或無法具體化，需要引導激發想像。	易分心或逃避任務，須強化責任感與自我管理。
核心素養		學習表現		學習內容	
【總綱核心素養】 E-A2 具備探索問題的思考能力，並透過體驗與實踐處理日常生活問題。 E-A3 具備擬定計畫與實作的的能力，並以創新思考方式，因應日常生活情境。 E-B2 具備科技與資訊應用的基本素養，並理解各類媒體內容的意義與影響。 E-C2 具備理解他人感受，樂於與人互動，並與團隊成員合作之素養。 【領綱核心素養】 自-E-A2 能運用好奇心及想像能力，從觀察、閱讀、思考所得的資訊或數據中，提出適合科學探究的問題或解釋資料，並能依據已知的科學知識、科學概念及探索科學的方法去想像可能發生的事情，以及理解科學事實會有不同的論點、證據或解釋方式。 自-E-A3 具備透過實地操作探究活動探索科學問題的能力，並能初步根據問題特性、資源的有無等因素，規劃簡單步驟，操作適合學習階段的器材儀器、科技設備及資		【思考智能】 ti-III-1 能運用好奇心察覺日常生活現象的規律性會因為某些改變而產生差異，並能依據已知的科學知識科學方法想像可能發生的事情，以察覺不同的方法，也常能做出不同的成品。 tm-III-1 能經由提問、觀察及實驗等歷程，探索自然界現象之間的關係，建立簡單的概念模型，並理解到有不同模型的存在。 【問題解決】 pe-III-1 能了解自變項、應變項並預測改變時可能的影響和進行適當次數測試的意義。在教師或教科書的指導或說明下，能了解探究的計畫，並進而能根據問題的特性、資源（設備等）的有無等因素，規劃簡單的探究活動。 pe-III-2 能正確安全操作適合學習階段的物品、器材儀器、科技設備及資源。能進行客觀的質性觀察或數值量測並詳實紀錄。 pa-III-2 能從（所得的）資訊或數據，形成解釋、發現新知、獲知因果關係、解決問題或是發現新的問題。並能將自己的探究結果和他人的結果（例如：來自同學）比較對照，檢查相近探究是否有相近的結果。		【資源與永續性】 INg-III-3 生物多樣性對人類的重要性，而氣候變遷將對生物生存造成影響。 INg-III-4 人類的活動會造成氣候變遷，加劇對生態與環境的影響。 INg-III-5 能源的使用與地球永續發展息息相關。 INg-III-6 碳足跡與水足跡所代表環境的意涵。 INg-III-7 人類行為的改變可以減緩氣候變遷所造成的衝擊與影響。	

源，進行自然科學實驗。 自-E-B2 能了解科技及媒體的運用方式，並從學習活動、日常經驗及科技運用、自然環境、書刊及網路媒體等，察覺問題或獲得有助於探究的資訊。 自-E-C2 透過探索科學的合作學習，培養與同儕溝通表達、團隊合作及和諧相處的能力。	pc-III-2 能利用簡單形式的口語、文字、影像（例如：攝影、錄影）、繪圖或實物、科學名詞、數學公式、模型等，表達探究之過程、發現或成果。 【科學的態度與本質】 ai-III-3 參與合作學習並與同儕有良好的互動經驗，享受學習科學的樂趣。 an-III-1 透過科學探究活動，了解科學知識的基礎是來自於真實的經驗和證據。	
--	--	--

學習目標

1. 能藉由生活碳足跡資料建構出的碳足跡、全球暖化、減碳的因果關係圖，理解背後概念並能做初步模型推論。(tm-III-1、INg-III-3、INg-III-6) 2. 能從生活中的碳足跡與減碳情境中發現日常行為對氣候的影響，並能以探究的方式提出可能的改善策略。(ti-III-1、INg-III-4、INg-III-5) 3. 能在資料探究整理其重點，並說明 CCUS 技術的重要性及目前所使用的技術。(pc-III-2、pa-III-2、INg-III-7) 4. 能安全正確地操作活性碳吸附、石灰水沉澱與氣泡水製作等實驗，並能完整紀錄觀察結果。(pe-III-2) 5. 了解真實世界的 CCUS 技術，是透過實驗觀察與證據所發展出來的知識體系。(an-III-1、INg-III-3、INg-III-4) 6. 能從模擬實驗結果中分析捕捉、再利用、封存的效果與限制，並將小組資料進行比較，提出合理解釋與反思。(pa-III-2、INg-III-3、INg-III-4) 7. 透過合作桌遊、拼圖法合作學習、海報設計與發表等活動，展現積極參與和互動的態度。(ai-III-3、INg-III-5) 8. 能以口語報告、海報、圖像或簡報清楚表達生活中減碳方式、科學減碳方式、實驗成果與可行性分析。(pc-III-2、INg-III-7)

主題一：淨零碳排

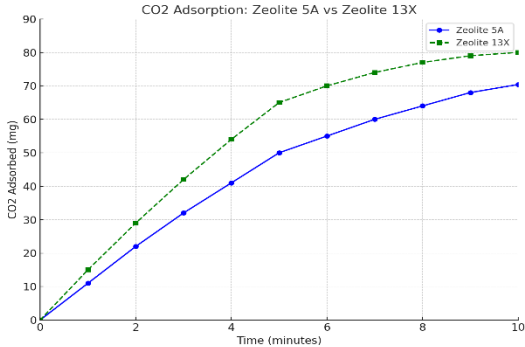
第一節：節能減碳

分組方式	教學活動	時間	評量方式	教學目標
異質分組 每組 4 人	壹、準備活動 <u>課前準備</u> <u>生活調查表</u>(課前作業)：教師利用此單元開始前一週的課餘時間發放，請學生觀察並記錄。 學習單：<u>生活碳足跡大調查</u>、淨零競零桌遊、輔助教學影片、課程簡報、平板(每人一台：拍照記錄、計算碳足跡) <u>Engagement</u>：日常中的碳排放 播放短片<u>個人碳足跡指的是什麼?</u>，讓學生從具體生活情境中認識個人碳排放，激發好奇與討論。	10min	口語評量 能正確回應教師提問	

	<u>Prediction</u> : 教師提問： 「你覺得你的生活中哪方面的碳足跡最高呢？」請學生預測，並簡單記錄。			
異質分組 每組 4 人	貳、發展活動 <u>Exploration</u> : 碳足跡計算 引導學生實際操作「 <u>碳足跡計算機</u> (飲食部分將在近期推出)」，參考〈生活調查表〉計算出住宅能源、交通、飲食、日常用品、其他消費五大面向的生活碳足跡。學生估算，並完成〈生活碳足跡大調查〉二、三項，教師巡迴協助。 <u>Explanation</u> : 減碳行動大調查 一、小組交流各自的碳足跡來源，討論「哪一項生活面向碳排最高？為什麼？」 二、教師簡要說明「碳排來源」的分類與生活關聯，並利用簡易圖示說明「碳足跡→二氧化碳排放→溫室效應→生活影響→降低碳排→淨零目標」的關聯。	15min 5min	實作評量 能依據自身條件計算出生活碳足跡	目標 1、2
異質分組 每組 4 人	參、綜合活動 <u>Elaboration</u> : 「淨零競零」 「淨零競零」桌遊規則說明 教師說明 <u>遊戲規則</u> 和行動卡片。學生分組操作，每回合選擇行動卡片（包含食、衣、住、行、育、樂各面向），每回合計算碳排總量、快樂指數。遊戲結束時看哪組最環保。	10min		
第二節：淨零競零				
分組方式	教學活動	時間	評量方式	教學目標
異質分組 每組 4 人	壹、準備活動 (接續第一節課) 教師提醒遊戲注意事項： 1. 遊戲重點在於思辨與減碳行動模擬。 2. 請尊重彼此意見並完成共同任務。 3. 遇到不懂的卡牌可隨時舉手詢問老師。 4. 結束後請分享：你印象深刻的選擇是？	2min		
異質分組 每組 4 人	貳、發展活動 「淨零競零」桌遊體驗 小組進行桌遊「淨零競零」。教師從旁協助引導，遊戲前幾輪可視情況由教師集體帶領遊戲，待學生熟悉流程後，就可讓各組自行進行。 「淨零競零」桌遊體驗分享 教師引導學生分享，並將遊戲中的體驗引入現實中，與生活碳足跡活動進行串聯，搭配〈生活碳足跡大調查〉第四項內容。	23min 5min	遊戲評量 能積極參與遊戲並思考生活中可行的減碳策略	目標 2

	教師提問：在遊戲中印象最深刻的選擇？你做了哪些有效減碳的決策？你使用什麼策略？在生活中你也能做到嗎？			
異質分組 每組 4 人	參、綜合活動 <u>Evaluation</u> ： 針對各小組的生活碳足跡的分析結果，以及「淨零競零」桌遊體驗中認識的減碳方式，設想能夠在現實生活中實行的減碳方式，並完成〈生活碳足跡大調查〉四、五項。	10min	實作評量 能依據先前經驗制定出可行的減碳策略	目標 2
主題二：CCUS 大解密				
第三節：別碳氣！				
分組方式	教學活動	時間	評量方式	教學目標
異質分組 4~6 人 (將主題一的小組拆組，全班分成 5 組，後續皆依照此組別進行活動)	壹、準備活動 <u>課前準備</u> CCUS 探究鷹架學習單、輔助教學影片、課程簡報、平板(一組一台：拍照記錄) <u>Engagement</u> ： 教師利用螺旋式複習策略，以提問引導的方式回顧主題一的學習歷程，並由原先的減碳主題導入 CCUS 的學習主題。 <u>Prediction</u> ： 請學生根據生活經驗與想像力，預測有哪些方式可以減少大氣中的二氧化碳，例如：吸收、轉換、封存、重複利用等。 導入情境：「如果碳排不可能歸零，我們該怎麼處理它？」、「如果你是科學家，會想用什麼方式來處理大氣中的二氧化碳？」	4min	口語評量 能正確回應教師的提問	目標 3
異質分組	貳、發展活動 <u>Exploration</u> ： 一、介紹 CCUS 技術的基本概念，包括碳捕捉、封存與再利用三大步驟，幫助學生建立對技術背景的初步理解。簡報內容建議涵蓋以下要點： 1. CCUS 是什麼？簡單定義與目的 2. 為什麼需要 CCUS？ 3. CCUS 的三個階段：捕捉、封存、再利用簡介 4. 簡單介紹 CCUS 目前在世界上的發展趨勢 (為後續學生探究鋪路) 二、銜接 <u>Prediction</u> 學生進行探索 學生使用拼圖法進行合作學習，教師可提供平板或紙本資料，讓學生閱讀及搜尋。	3min		目標 3、7
專家小組	(一) 專家小組研究	15min	實作評量 能在資料探究過程中整理出	

由各小組的成員共同組成	共有三個專家小組，分別對應研究：捕捉、封存、再利用，各原小組須分派人員至各專家小組，透過 CCUS 探究鷹架學習單 (為學生的筆記不強迫完成) 輔助學習，可觀看線上影音或教師所整理的捕捉、封存、再利用文章。 參考文章： 1. 什麼是碳捕捉？ 2. 什麼是碳封存？ 3. 什麼是碳再利用？ 參考影音： 1. 為什麼微軟要把 35 萬噸二氧化碳丟到海裡？海洋承受得住嗎？ 2. 諾貝爾獎等級的新材料？消滅二氧化碳最快的方式！地球終於有救了？ 3. 溫室效應有救了？把二氧化碳埋進地底吧！ 4. 減碳速度太慢？現在已經能主動把二氧化碳抓下來！？抓下來的二氧化碳又去了哪裡？		種重點，並與同儕說明。	
原小組 回歸原先異質性分組之組別	(二) 回歸原小組分享 專家小組學習完後回歸原小組依序分享學習結果。 分享內容：可參考 CCUS 大解密學習單 1. 簡介方法 2. 可行性、優點與挑戰 3. 這技術能不能在台灣用？ 教師巡迴引導、評量，鼓勵學生提出生活連結與問題意識。 Explanation：教師補充說明 教師利用投影片補充講解三種 CCUS 技術現今的利用方式： 1. 碳捕捉技術 (如燃燒前捕捉、燃燒後捕捉) 2. 碳封存技術 (如地底岩層、海底封存) 3. 碳再利用技術 (如製成建材、再生燃料)	10min		
異質分組	參、綜合活動 Elaboration：動手做 CCUS 小實驗 一、引導學生由先前所學的知識去發想，是否有簡單的小實驗，能夠直接的體驗到，碳捕捉、碳封存、碳再利用。 例如：碳捕捉(氣球捕捉、活性碳捕捉、植物	5min	口語評量能正確回應教師的提問	

	捕捉、沸石捕捉) 碳封存(碳酸鈣沉澱、動植物固碳、密閉空間封存) 碳再利用(二氧化碳滅火、自製汽水) 二、教師預告後續課程 第四節：沸石吸附二氧化碳實驗 第五節：自製碳酸鈣沉澱實驗 第六節：自製氣泡飲料實驗			
第四節：抓住你！				
分組方式	教學活動	時間	評量方式	教學目標
異質分組	壹、準備活動 <u>課前準備</u> <u>碳捕捉紀錄單</u>(個人紀錄)、實驗器材(詳見下方實驗，建議乾冰可以切成小塊)、平板(一組一台：拍照記錄) <u>Engagement</u>：回顧先前課程、介紹實驗 教師利用螺旋式複習策略，以提問引導的方式複習 CCUS 概念。 介紹本節碳捕捉實驗：沸石吸附二氧化碳實驗 <u>Prediction</u>： 教師以提問的方式引導學生進行實驗結果預測，<u>並記錄在實驗紀錄單上</u>。 教師提問：「你覺得沸石吸附二氧化碳的效果如何？ ☐良好 ☐普通 ☐不明顯 ☐無法吸附」	5min	口語評量 能正確回應教師的提問	
異質分組	貳、發展活動 <u>實驗步驟介紹</u> 教師搭配簡報介紹實驗器材、步驟及注意事項。 實驗目的：模擬碳捕捉技術，並分析可行性。 注意事項：乾冰的危險提醒、氣體釋放空間通風。 實驗器材：每組 乾燥沸石(13X or 5A) 20g *13X 價格高，效果佳；5A 性價比較高。  束帶(100*2.5mm)*2 泡茶塑膠水壺*2 乾冰 5g*2 10 吋氣球*2 皮尺(≥ 1m)*1 水桶*1 夾子*1 溫熱水(60℃)*1 抹布*1 電子秤*1 溫度計*1	5min	實作評量 能小組合作共同完成實驗任務。	目標 4

	實驗步驟： 1. 將氣球套上瓶蓋引水口，使用束帶繫緊。 2. 秤量沸石重量並記錄。 3. 使用夾子將乾冰各別放入水壺中，裝上濾網。 4. 將沸石倒入其一濾網中，另一個無須加入。 5. 蓋上瓶蓋轉緊，放入溫水桶中隔水加熱。 6. 等待乾冰完全昇華後，等待 5 分鐘。 7. 使用皮尺測量、紀錄氣球側面最大周長。 8. 再次秤量沸石重量。 <u>Observation：</u> <u>實驗操作 1：</u> 教師依學生實驗情形，帶領實驗操作，完成實驗步驟 1~6。	10min		
合班	<u>教師介紹實驗原理：</u> 介紹實驗原理及引導省思實驗步驟設計原理。 反應式：乾冰＋熱→二氧化碳 沸石吸附原理：沸石就像一塊超級有很多洞洞的海綿，沸石像一顆顆看不見的小球，在空氣中亂跑，跑進沸石的洞洞裡，就會被「吸住」或「卡在裡面」。	5min		
異質分組	<u>實驗操作 2：</u> 學生完成實驗步驟 7、8，各組進行討論，完成實驗紀錄單實驗觀察紀錄部分。 <u>Explanation：</u> 一、探討實驗結果 教師提問：說說看從你的實驗數據中發現了什麼？為什麼會有這樣的結果？你覺得這種方式適合碳捕捉的實際應用嗎？ 二、實驗分析 學生閱讀實驗紀錄單的文段說明，進行此方法的可行性分析，並完成實驗紀錄單分析部	5min 5min	實作評量能透過小組討論、文章閱讀完成分析任務	目標 5、6

	<u>分</u>。了解到真實的碳捕捉方式的應用所需思考的面向。學生是第一次進行分析，教師視情況進行補充、引導。 分析面向： 效率：反應速度、施作時間 效益：經濟效益、碳排效益、普遍性 可持續性：資源重複利用、穩定性、永久性			
合班	參、綜合活動 教師引導學生思考實驗設計的原理。 教師提問： 1. 為什麼我們要使用隔水加熱，而不是直接在水壺中加入熱水呢？ A：因為沸石也會吸附水氣，因此就無法得知沸石有沒有吸收到二氧化碳，以及吸收的量。 2. 為什麼秤量吸收前後的沸石重量的目的是？ A：可以透過比較重量來檢測沸石是否有吸附到二氧化碳。 3. 為什麼要用另一組沒加沸石的呢？ A：因為要做對照組，才能透過氣球的大小確定沸石是否有捕捉到二氧化碳。	5min	口語評量 能正確回應教師的提問	
第五節：石化魔法				
分組方式	教學活動	時間	評量方式	教學目標
合班	壹、準備活動 <u>課前準備</u> <u>碳封存紀錄單</u>(個人紀錄)、實驗器材(詳見下方實驗)、平板(一組一台：拍照記錄) <u>Engagement</u>：回顧先前課程、介紹實驗 教師利用螺旋式複習策略，以提問引導的方式複習模擬碳捕捉的實驗。 介紹本節碳封存實驗：自製碳酸鈣沉澱實驗 原理介紹：簡略介紹實驗的化學反應 反應式：二氧化碳 + 氫氧化鈣 → 碳酸鈣(沉澱) + 水 *教師不必做太多的原理解說，此部分介紹僅須讓學生知道會有碳酸鈣(白色沉澱)即可。 <u>Prediction</u>： 教師以提問的方式引導學生進行實驗結果預測，並記錄在實驗紀錄單上。 教師提問：「你覺得吹氣後石灰水會變成什麼樣子？ ☐清澈 ☐微混濁 ☐濃濁 ☐不一定」	5min	口語評量 能正確回應教師的提問	
異質分組	貳、發展活動 <u>實驗步驟介紹</u> 教師搭配簡報介紹實驗器材、步驟及注意事項。	5min	實作評量 能小組合	目標 4

合班	實驗目的：模擬碳封存技術，並分析可行性。 注意事項：適度換氣避免缺氧。 實驗器材：每人 飽和澄清石灰水 20mL(氫氧化鈣 0.04g+水 20mL) 細吸管*1 透明塑膠袋*1 100mL 量筒*1 計時器*1 (每組一個) 實驗步驟： 1. 秤量所有實驗藥品。 2. 將澄清石灰水倒入塑膠袋中，插入細吸管(需插入石灰水中)。 3. 用虎口抓封住袋口避免噴濺，含住吸管吹氣。 4. 以 30 秒為一個階段，每吹氣 30 秒，紀錄一次袋中石灰水的狀態。(以小組為單位進行計時) 5. <u>完成 3 分鐘的實驗流程。</u>  <u>Observation：</u> 教師依學生實驗情形，帶領實驗操作(第一個 30 秒可教師統一計時，全班共同進行；後續可依小組的進度，以組為單位計時)，完成實驗步驟 1~5，以及記錄單實驗觀察記錄。 <u>Explanation：</u> 一、教師引導學生分享實驗結果 教師提問：說說看在實驗過程中，你觀察到石灰水發生了麼變化？你還有觀察到什麼？ 你覺得這種方式適合碳封存的實際應用嗎？ 二、教師講解實驗原理 二氧化碳+碳酸鈣(沉澱)+水→碳酸氫鈣(溶於水) 當二氧化碳通入石灰水中，會先與氫氧化鈣反應生成碳酸鈣，讓溶液變混濁；若持續加入二氧化碳，碳酸鈣會進一步與水和二氧化碳反應生成可溶性的碳酸氫鈣，導致混濁逐漸變清。 三、實驗分析 學生閱讀實驗紀錄單的文段說明，進行此方法的可行性分析，並完成實驗紀錄單分析部分。了解到真實的碳捕捉方式的應用所需思考	10min 5min 5min 7min	作共同完成實驗任務 實作評量 能透過小組討論、文章閱讀完成分析任務	目標 5、6
----	--	--	--	---------------

	的面向。教師視情況進行補充、引導。			
合班	四、綜合活動 <u>提醒下節實驗須知</u> ： 1. 下節實驗：自製氣泡飲料實驗 2. 各組可攜帶各自想製作的氣泡飲基底飲料（每種至少 1L，最多 2 樣）。 3. 請提前兩節課將基底飲料拿至實驗室冰箱冰。	3min		
第六節：新生命！				
分組方式	教學活動	時間	評量方式	教學目標
合班	壹、準備活動 <u>課前準備</u> <u>碳再利用紀錄單</u> (個人紀錄)、實驗器材(詳見下方實驗)、平板(一組一台：拍照記錄) <u>Engagement</u> ：回顧先前課程、介紹實驗 教師利用螺旋式複習策略，以提問引導的方式複習模擬碳捕捉、碳封存的實驗。 介紹本節碳封存實驗： 教師提問 ：還記得模擬碳捕捉、碳封存的實驗我們發現了什麼嗎？你知道氣泡飲料的「氣泡」是什麼氣體嗎？喝起來有什麼特別？	5min	口語評量 能正確回應教師的提問	
異質分組	貳、發展活動 <u>Exploration</u> ： <u>實驗步驟介紹</u> 教師搭配簡報介紹實驗器材、步驟及注意事項。 實驗目的 ：模擬碳再利用技術，並分析可行性。 注意事項 ：請正確依照步驟操作氣泡水機。 實驗器材 ：每組 氣泡水機*1 <u>CO₂鋼瓶</u> *3 紙杯*1(每人) 飲用水 600mL 實驗步驟 ： 1. 機器指示將適量基底飲料加入氣泡水機中。 2. <u>裝上 CO₂ 鋼瓶</u> ，開始製作氣泡飲。 3. 取下製作好的氣泡飲。 4. 組員試喝，並記錄口感。 5. 重複以上步驟試做其他飲品。 <u>實驗操作</u> ： 氣泡飲種類：水(全班一起製作，教師提供)、各組攜帶。教師帶領全班共同製作氣泡水，帶學生熟悉流程後，各組自行製作其他氣泡飲，教師從旁協助。	15min	實作評量 能小組合作共同完成實驗任務。	目標 4
合班	<u>Explanation</u> ： 一、教師引導學生分享實驗結果	3min	口語評量	目標 5、6

	教師提問：說說看這些氣泡飲喝起來口感如何？哪個你最喜歡？為什麼？ 二、教師講解實驗原理 這個實驗利用二氧化碳氣體打進飲料中，製成「氣泡飲」。過程中，二氧化碳溶解在水裡，形成碳酸，產生酸味與氣泡感。 <u>Prediction</u>： 教師以提問的方式引導學生進行預測，並記錄在實驗紀錄單上，引導學生分享。 教師提問：「你覺得這樣的「再利用」方式對環境是多是壞？為什麼？」 <u>Observation</u>： 學生閱讀實驗紀錄單的文段說明，進行此方法的可行性分析，並完成實驗紀錄單分析部分。了解到真實的碳捕捉方式的應用所需思考的面向。 <u>Explanation</u>：CCUS 碳封存 教師引導學生發表分析結果，並依據學生說明進行補充。	3min 4min 5min	能正確回應教師的提問 實作評量 能透過小組討論、文章閱讀完成分析任務。	
合班	參、綜合活動 一、總結主題二：CCUS 大解密的探究流程，統整關鍵知識：CCUS 的三階段、模擬實驗的優缺、各種方式的可行性分析、現今採取的策略。 二、延伸思考：「如果 CCUS 技術發展得非常好，是真的好嗎？還是會助長人類排放更多的溫室氣體呢？」「CCUS 是否有我們忽略了的缺點？」 三、預告主題三：生活及科學減碳分享會的任務。全班共同設計「生活及科學減碳」展覽海報，內容分為<u>個人生活中的碳足跡和減碳</u>、<u>科學的減碳方法：CCUS 簡介、碳捕捉的模擬實驗、碳封存的模擬實驗、碳再利用的模擬實驗</u>；製作完成後，將會在晨間升旗時與全校同學分享成果，以及在走廊公告欄做靜態展覽。	5min	口語評量 能正確回應教師的提問	目標 5
主題三：生活與科學減碳展				
第七節：內容構想				
分組方式	教學活動	時間	評量方式	教學目標
合班	壹、準備活動 <u>課前準備</u> 彙整本單元所有的學習單和實驗紀錄單、平板(一組兩台：資料搜尋、海報製作) <u>Engagement</u>：	5min		

	教師展示優秀科展海報，引起學生對「如何讓更多人了解減碳」的興趣，並引導學生思考如何設計出吸引人的海報。 教師提問：「剛剛看到的這些優秀的海報它們有什麼共通點？或是你有沒有見過能夠吸引你目光的海報？它們有什麼特色？」 學生：色彩鮮艷、精簡的說明、圖文搭配、吸引人的標題等			
異質分組	貳、發展活動 <u>Evaluation</u>：生活與科學減碳展設計 一、教師說明本次任務：設計「生活與科學減碳展」的展覽海報，內容需涵蓋： 1. 個人碳足跡與減碳行動：介紹碳足跡、分析個人生活碳足跡、個人的減碳小約定 2. CCUS 的簡介：CCUS 是什麼、為什麼要有 CCUS、CCUS 相關技術要考量什麼 3. 碳捕捉的模擬實驗：實驗目的、實驗原理、實驗步驟、實驗結果、可行性分析 4. 碳封存的模擬實驗：實驗目的、實驗原理、實驗步驟、實驗結果、可行性分析 5. 碳再利用的模擬實驗：實驗目的、實驗原理、實驗步驟、實驗結果、可行性分析 *每個項目由一組負責，製成一張海報，教師可先讓各組自行選擇，若重複再抽籤決定。 *學生利用 Canva 設計海報，完成後再列印以實體的方式作展覽。 二、各主題內容構想 教師提供設計範例模板供參考。各組進行討論、資料蒐集，可參考先前實驗的紀錄單(全班)和學習單，並在平板上做紀錄。教師巡迴觀察並適時給予協助與鼓勵。 1.	5min 20min	實作評量能小組合作共同完成海報設計任務	目標 7、8

	2. 生活與科學的減碳 - 科學篇 科學的減碳方法？怎麼減？ 我們可以不排碳嗎？ 這些技術要考慮什麼？ CCUS 是什麼？ 捕捉 封存 再利用 3. 生活與科學的減碳 - 實驗篇 模擬碳捕捉實驗！！ 實驗目的 實驗原理 可行性分析 實驗步驟 實驗結果 4. 生活與科學的減碳 - 實驗篇 模擬碳封存實驗！！ 實驗目的 實驗原理 可行性分析 實驗步驟 實驗結果 5. 生活與科學的減碳 - 實驗篇 模擬碳再利用實驗！！ 實驗目的 實驗原理 可行性分析 實驗步驟 實驗結果			
異質分組	參、綜合活動 一、各組簡要口頭分享海報初步構想，其餘小組、教師給予回饋，須注意提醒內容完整性與呈現的吸引力。 二、下節提醒 教師提醒下節課需完成各組的海報，請學生準備好所需照片、文字、圖片。	10min	發表評量能與全班清楚地分享海報構想，以及給予其他組回饋	目標 7、8
第八節：完成海報				
分組方式	教學活動	時間	評量方式	教學目標
異質分組	壹、準備活動 <u>課前準備</u> 本單元所有的學習單和實驗紀錄單、平板(一組兩台：資料搜尋、海報製作) <u>提醒課程任務：</u>	5min		

	各組使用 Canva 一起完成海報設計。 <u>教師提醒學生操作注意事項：</u> 1. 團隊合作，妥善分工。 2. 尊重彼此想法，善用每個人的專長。 3. 隨時檢查海報內容的完整性。 4. 注意海報的設計是否符合吸引人的特點。			
異質分組	貳、發展活動 學生以小組共同完成海報，教師巡迴觀察，注意是否有不足之處，以引導的方式讓學生自行解決問題，教師是輔助的角色。	30min	實作評量	目標 7、8
異質分組	參、綜合活動 一、各組輪流分享 各組學生輪流展示海報成品，並蒐集其他組同學給予得回饋。各組將回饋統整討論後，在下節課程進行修改，並對晨間分享做準備。 二、下節預告 教師說明晨間分享會的時間，讓學生能夠事先準備。	10min	發表評量 能與全班清楚地分享、展示海報，以及給予其他組回饋	目標 7、8
第九節：發表練習				
分組方式	教學活動	時間	評量方式	教學目標
合班	壹、準備活動 <u>課前準備</u> 本單元所有的學習單和實驗紀錄單、平板(一組兩台：資料搜尋、海報製作、書寫分享流程) <u>Engagement</u>： 說明本節任務：「將學習成果有條理地對外表達。」教師說明晨間分享會的詳細事項：日期、各組報告時間(3~5 分鐘)、注意事項(所有人皆需上台，報告時長可進行妥善分配)。 <u>Prediction</u>： 教師提問引導學生思考報告的內容架構及表達方式。學生進行預測後，教師可利用版書或其他方式記錄，並使全班同學都能看到，以便後續討論。 教師提問：你們覺得一個學習成果報告內容應該要有那些？口頭報告時要注意那些事情？	1min 4min		
合班	貳、發展活動 <u>Observation</u>： 教師播放優秀科展報告影片和減碳宣傳影片，讓學生了解口頭報告的基本結構與表達技巧。 *教師播放影片前須提醒學生觀察報告者的內容架構、語氣、肢體動作等。 <u>Explanation</u>：	5min 8min	口語評量 能正確回答教師問題，並理解口頭報告的基本	目標 7、8

	教師引導學生統整出報告內容架構，及表達技巧注意事項，用於後續各組進行參考。 教師提問：「看看完這些報告影片後，你覺得我們列出的這幾項重點有哪些需要修正？哪些項目需要再補充？」 參考： 一、報告內容架構 1. 小組介紹與主題說明： 組名/成員簡介、海報主題說明 2. 目的與動機： 為什麼關心這個主題？和生活有什麼關聯？ 3. 方法與過程： 做了哪些活動或實驗？有沒有遇到什麼挑戰？怎麼解決？ 4. 結果與發現： 我們觀察到了什麼？哪些事情印象最深刻？ 5. 反思與呼籲： 想告訴大家什麼？希望大家怎麼做？ 二、表達技巧 1. 聲音與語氣： 音量適中、語速穩定、語氣自然有自信、使用適當語句強調重點 2. 眼神與肢體： 看觀眾、善用手勢輔助表達、不要一直搖晃身體 3. 報告順序清楚 開場說明主題→依序報告內容→結尾呼籲或總結 4. 互動與態度 全程保持微笑、結束後可主動說：「謝謝大家聆聽！歡迎提問或給建議。」		結構與表達技巧	
異質分組	<u>小組討論</u> 學生依據討論出來的內容架構及表達技巧注意事項，進行小組報告分工、講稿設計，並且參考第八節末所收集到的各項回饋進行海報修改。教師從旁協助。	20min	實作評量	能小組合作共同完成口頭發表任務
合班	參、綜合活動 教師統整及提醒相關注意事項、預告下節模擬上台報告練習，並給與鼓勵。	2min		
第十節：模擬練習				

分組方式	教學活動	時間	評量方式	教學目標
合班	壹、準備活動 <u>課前準備</u> 生活與科學減碳展覽海報、平板(一組兩台：資料搜尋、海報製作、書寫分享流程) <u>課程說明</u> ： 說明本節任務：「模擬上台發表」教師說明課程進行方式：準備→各組輪流報告、同儕回饋→教師總結→最終修改	1min		
異質分組	貳、發展活動 <u>小組準備</u> ： 各組進行模擬報告準備，教師從旁協助。 <u>模擬報告</u> ： 各組輪流上台報告，台下同學和教師給予回饋。報告順序：1. 個人碳足跡與減碳行動 2. CCUS 的簡介 3. 碳捕捉的模擬實驗 4. 碳封存的模擬實驗 5. 碳再利用的模擬實驗 <u>小組進行修正</u> ： 各小組依據同學和老師的回饋進行討論修正。	5min 25min 8min	發表評量 能正確、流暢的發表負責的內容	目標 7、8
合班	參、綜合活動 教師統整及提醒相關注意事項，並給與鼓勵。	1min		

補充說明：教師可安排分享會於晨會、校務時間、家長日等，讓學生能有練習發表的機會。

附錄：

單元探究流程架構表：

5E 探究教學法	探究生活中的減碳方法	探究科學的減碳方法
ENGAGEMENT	個人碳足跡	CCUS 介紹
EXPLORATION	碳足跡計算	資料探究 CCUS 技術
EXPLANATION	減碳行動大調查	現今 CCUS 的施行方案
ELABORATION	淨零競零桌遊體驗	模擬 CCUS 個階段小實驗
EVALUATION	淨零競零桌遊體驗	生活與科學減碳展

參考課程實施表：課程可安排於自然領域搭配校本彈性課程進行。

	16 週	17 週	18 週	19 週
課程	一~三節	四~六節(四、五間隔 3 天)	七~九節	第十節、晨會分享

評量標準參考表：

面向	目標	評量指標	卓越	良好	可接受	待加強
概念理解	目標 1、3	能說明碳足跡、減碳與 CCUS 概念間的關聯	能清楚描述並舉例說明生活中碳排來源及 CCUS 應用	能描述碳足跡與 CCUS 三階段概念	能部分描述碳足跡與 CCUS 相關詞義	無法解釋或說明概念
資料處理與實驗能力	目標 4、5、6	能正確執行實驗並從觀察中進行可行性分析	能準確記錄並分析實驗數據，提出合理推論與改進建議	能記錄基本觀察並說出部分實驗結論	能進行操作但缺乏觀察與分析能力	操作錯誤，紀錄不完整或觀察不準確

問題解決與批判思考	目標 2、6	能從碳足跡與遊戲策略中提出有效減碳行動	能提出具體的減碳建議，並思考其實施可能性	能提出一般性的減碳行為但缺乏深度分析	難以提出具體行動或連結日常生活
合作與參與	目標 7	積極參與小組討論與分工，展現合作與領導能力	積極參與，能有效完成自己分工內容	配合小組但互動與參與度普通	不主動參與，有賴他人協助或提醒
表達與溝通	目標 8	能以多元方式清楚表達成果（口語、圖像、簡報）	表達內容完整且有條理，能吸引聽眾	表達尚可，需提示或協助才能完成報告	表達內容不完整或過於簡略，表達不清
創意與應用	目標 8	能創新呈現減碳概念並結合生活應用	展現創意思維，能設計吸睛又具意義的海報	有基礎創意設計，內容尚符合主題	海報設計缺乏重點，無法有效傳達理念

學習單與紀錄單範例：

生活調查表

班級：姓名：組別：

一、我家瓦斯爐的燃料是？☐ 天然氣 ☐ 桶裝瓦斯 ☐ 其他_____

二、我家的汽車型號是？☐ 無

三、我家的機車型號是？☐ 無

四、我家到學校的距離大約_____公里。

五、我一天製造了_____公克的可回收垃圾。

六、我一天製造了_____公克的不可回收垃圾。

垃圾重量參考表：

垃圾種類	單品平均重量 (g)	垃圾種類	單品平均重量 (g)	垃圾種類	單品平均重量 (g)
寶特瓶 (600ml)	約 25g	餅乾包裝袋	約 2-5g	高紙片 (單片裝)	約 5g
玻璃瓶 (330ml)	約 15g	糖果包裝紙	約 0.5g	鋼輪 (不含鋼珠)	約 150g
紙杯/紙碗 (250ml)	約 12g	筆記(半張/兩面/四)	約 1-3g	飲料杯蓋(塑膠)	約 2g
紙筆(塑膠)	約 1g	機車零件(螺絲/自來車)	約 10-15g	電池(AAA)	約 11g
玻璃瓶 (600ml)	約 300g	餅乾紙(塑膠)	約 1g		
寶特瓶	約 40g	機車零件紙(A4)	約 4.5g		
塑膠餐盒(透明/不透)	約 3-5g	塑膠紙底(小零件)	約 10-30g		
飲料瓶(中杯)	約 10g	針孔膠/淨水專用膠	約 15g		
衛生紙(單張)	約 1g	餅乾包裝紙	約 1-2g		

生活碳足跡大調查

班級：姓名：組別：

一、我預測碳足跡最高的生活面向是... 為什麼？

☐ 住宅能源 ☐ 交通 ☐ 飲食

☐ 日常用品 ☐ 其他消費

二、碳足跡紀錄表

	住宅能源	交通	飲食	日常用品	其他消費
複次碳 kgCO ₂ e/年					

三、碳足跡分析

我想分析的面向是_____，此面向的碳足跡主要從哪來？

四、「浮夸客零」來選體驗

1.遊戲中我們採取的減碳策略：_____

2.生活中也能應用的減碳策略：_____

五、我能做到生活中的減碳小事 我能做到.....

1. _____

2. _____

3. _____

CCUS技術大解密

班級：姓名：組別：

一、我研究的是？☐ 碳捕捉 ☐ 碳封存 ☐ 碳再利用

二、這是什麼技術？(請用自己的話簡單說明)

三、這個技術是怎麼做到的？(可以寫過程、方法或例子)

四、有哪些地方已經在使用這項技術？(真實案例或國家、公司)

五、這個技術有什麼好處？又會遇到什麼挑戰？

優點：_____

挑戰：_____

六、如果台灣要使用這個技術，你覺得可以嗎？為什麼？

筆記區：

二氧化碳吸附實驗 範例

班級：姓名：組別：

★實驗目的：模擬碳捕捉技術，並分析可行性。

★實驗材料：飽和澄清石灰水、吸管、透明塑膠袋、計時器

★實驗步驟：使用夾子放入乾冰→放入沸石→製作對照組→隔水加熱使乾冰昇華→觀察→紀錄氣球狀態→紀錄實驗結果→分析

●預測：沸石吸附效果？☒ 良好 ☐ 普通 ☐ 不明顯 ☐ 無法吸附

●實驗觀察紀錄：

	實驗組 (放入沸石)	對照組
氣球最大周長	42cm	46.5cm
沸石質量	吸收前： 20g 吸收後： 21g	

可行性分析：(評分並簡單說明原因)

1.效率 ☒：真實空氣中的水氣會大大降低吸收 CO₂ 的效率

2.效益 ☒：捕捉後需要耗費大量能量將 CO₂ 與沸石分離

3.可持續性 ☒：可以沸石可以重複捕捉 CO₂

在一些小型實驗室中，科學家會把乾冰(會釋放 CO₂)放在空間容器中，並加入沸石。結果顯示，沸石會逐漸吸收一部分 CO₂，甚至可以透過加熱把它吸的 CO₂「吐出來」，這個過程叫做「再生」，可以重複使用。每一克沸石能吸的 CO₂ 其實有一個固定的量，當需要大量吸收時，可能需非常大量的沸石。另外沸石有良好的吸水性，空氣中如果有一點濕氣，沸石的吸附能力會大大降低，最後想讓沸石吐出 CO₂，再重新使用，需要高溫加熱一段時間，其中消耗的能源也不容小覷。雖然沸石真的能夠吸收 CO₂，而且在實驗室中也常見，但在真實世界裡，像是工廠、電廠這種需要處理「大量二氧化碳」的地方，卻比較少使用它。

自製碳酸鈣沉澱實驗 範例

班級：姓名：組別：

★實驗目的：模擬碳封存技術，並分析可行性。

★實驗材料：氣泡機、二氧化碳氣瓶、基底飲料、杯子

★實驗步驟：澄清石灰水倒入塑膠袋→插入吸管→30秒為單位吹氣→觀察→紀錄石灰水狀態→完成六個循環→分析

●預測：你覺得吹氣後石灰水會變成什麼樣子？☐ 清澈 ☐ 微混濁 ☐ 濃濁 ☒ 不一定

●實驗觀察紀錄：

	30秒	60秒	90秒	120秒	150秒	180秒
描述 溶液狀態	微混濁	混濁	沉澱 增加	濃濁	逐漸 澄清	微混濁

可行性分析：(評分並簡單說明原因)

1.效率 ☒：快速觀察到沉澱反應

2.效益 ☒：需要大量的石灰水，且若過量反應會重新溶解

3.可持續性 ☐：碳酸鈣沉澱不易儲存，容易變質無法永久封存

你在實驗中應該會看到，當你對石灰水吹氣，石灰水會慢慢變白濁。這是因為裡面的氫氧化鈣和 CO₂ 發生反應，產生白色沉澱的碳酸鈣。看起來，CO₂ 好像被「抓住」了，蠻滿當的對吧？不過，當科學家真的想要解決「地球暖化」這個問題時，他們發現，石灰水這個方法，好像不太能派上用場。為什麼會這樣呢？首先，隨着產生的碳酸鈣沉澱看起來明顯，但其實如果 CO₂ 持續太多、太久，那些白色沉澱可能又會慢慢溶回水中，反而變透明，也就等於 CO₂ 又跑出來了。你可能會想：「那我把它攪起來不就好了嗎？」這個想法沒錯，的確可以把碳酸鈣攪攪出來，裝在別的地方，但這些碳酸鈣如果碰到酸性物質(像酸、酸雨)，又會釋放 CO₂ 出來。這樣封存是不是就不穩定了呢？還有一個現實問題：你要怎麼處理、運送、儲存大量的碳酸鈣？幾千萬、幾百萬公噸的沉澱物不能亂丟，要空間、安全性、長時間的保護，也要考慮運輸與成本。這些可不是實驗室裡攪個小瓶子就能解決的事。最後，石灰水本身也不是很穩定，放久了會變質，會吸收空氣中的 CO₂ 或雜質，變得不好控制，也不大能長時間保存。

自製氣泡飲料實驗 範例

班級：姓名：組別：

★實驗目的：模擬碳封存技術，並分析可行性。

★實驗材料：乾冰、沸石、氣球、泡茶茶壺、溫水、電子秤

★實驗步驟：澄清石灰水倒入塑膠袋→插入吸管→30秒為單位吹氣→觀察→紀錄石灰水狀態→完成六個循環→分析

●實驗觀察紀錄(簡單描述口感，並在你喜歡的狀態(有氣/無氣)上打勾)：

	原飲品	氣泡飲
水	一般的水	刺刺的，一點點酸 ☒
飲料一：果汁	甜甜的果香	項比較不甜的芬達 ☒
飲料二：紅茶	甜甜的有點濃 ☒	超級怪，有點噁心

●你覺得這樣的「再利用」方式對環境是好的嗎？為什麼？

好，因為這樣既有好喝的飲料又可以減碳。

可行性分析：(評分並簡單說明原因)

1.效率 ☐：製作簡單快速

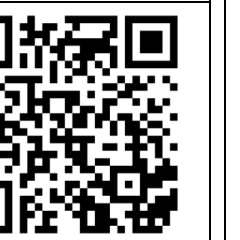
2.效益 ☐：可以商用，但無法大量使用

3.可持續性 ☒：沒有辦法持續的應用，而且汽水的二氧化碳最後還是會回到空氣中

相信你還記的我們之前就有發現，在國外真的有用汽水公司這種方法治做氣泡飲，他們嘗試把來自工廠的「廢氣 CO₂」純化，再灌入汽水瓶中販售。當你一攪攪保創新的方法。看起來這是個很完美的辦法這樣的對吧？但事情真有這麼完美嗎？讓我們來仔細想一想。科學家的觀察發現，氣泡飲用掉的 CO₂ 實在太少太少了！根據估計，每瓶氣泡飲只需要大約 2-3 公克的 CO₂，而全世界每年人類所排放的 CO₂ 超過 300 億公噸！換句話說，氣泡飲只佔了微不足道的一小角。而且在你喝完氣泡飲打了好個嗝後，這些 CO₂ 還是會跑出來，進入空氣中。所以說這並不是真正的「長期封存」。而且製作氣泡飲水要加壓、冷卻、裝瓶、運送氣泡飲，還需要電、燃料和機器。這些過程有可能產生額外的碳排放，如果不計算清楚，可能用了廢氣 CO₂，卻又製造更多 CO₂。

教學資源：

主題一：淨零碳排

<u>生活調查表</u>	<u>生活碳足跡大調查</u>	<u>碳足跡影片</u>	<u>碳足跡計算機</u>	<u>競零淨零規則</u>
				

主題二：CCUS 大解密

<u>CCUS 探究鷹架</u>	<u>CCUS 大解密學習單</u>	<u>碳封存介紹</u>	<u>碳再利用介紹</u>	<u>碳捕捉介紹</u>
				
<u>泛科學介紹影片 1</u>	<u>泛科學介紹影片 2</u>	<u>泛科學介紹影片 3</u>	<u>泛科學介紹影片 4</u>	
				
<u>碳捕捉紀錄單</u>	<u>碳封存紀錄單</u>	<u>碳封存實驗影片</u>	<u>碳再利用紀錄單</u>	<u>氣泡機操作</u>
				

主題三：生活與科學減碳展

<u>範例模板</u>	<u>科展報告示範影片</u>	<u>減碳宣傳影片</u>
		

參考資料：

1. Abbas, M., Mustafa, G., Zainal, Z. A., & Zaini, M. A. A. (2024).
<https://www.researchgate.net/publication/367745211>
2. Zhao, X., Wang, Y., Li, D., Wang, S., & Zhang, M. (2023).
<https://doi.org/10.1016/j.cej.2023.141230>
3. Wang, X., Song, C., & Chen, J. (2022).
<https://doi.org/10.1016/j.jcou.2022.102038>