

教案※ 教案篇幅：共 15~20 頁(包含附件)；教案字體大小：12

課程名稱	碳的命運：	適用年級	高二
	從捕捉科技到公正轉型	教學時間	<u>3</u> 分鐘，共 <u>150</u> 節。
教材來源	自編教材	設計者	邱芳榆
教學準備	<p>一、教師準備</p> <p>(一) 課程內容準備</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.熟悉我國碳費制度與費率規定（一般費率 300 元、優惠費率 A 50 元、優惠費率 B 100 元）及生效期程，並整理成簡報重點。） 2.彙整 CCS/CCUS 基礎科學原理： <ul style="list-style-type: none"> · 化學吸收法（胺類溶劑反應式） · 物理吸附法（沸石、多孔材料） · 薄膜分離技術 · 地質封存原理（深層鹽水層、枯竭油田、蓋岩層機制） 3.蒐集台灣本土案例資料： <ul style="list-style-type: none"> · 台電台中發電廠碳捕捉示範園區 · 台泥和平廠微藻養殖與 CCU 應用 4.準備辯論背景說明簡報（碳鄉情境設定、五大陣營立場重點）。 5.整理「能源重罰（Energy Penalty）」與「公正轉型」基本概念補充資料。 <p>(二) 教學媒材準備</p> <ul style="list-style-type: none"> · 簡報檔。 · QR Code（連結碳費公告新聞或官方資料）。 · 任務卡與角色卡（利用組、封存組、五大辯論陣營）。 · 小組討論紀錄單。 		

- 課後學習單（家庭一週碳盤查）。

（三）實作材料準備（第一節實驗活動）

- 小蘇打粉
- 白醋
- 透明容器或燒杯
- 海綿
- 醫療口罩
- 塑膠袋或簡易集氣裝置
- 抹布與清潔用品（安全維護）

（四）場地與設備準備

- 平板或學生自備手機（可掃描 QR Code）。
- 投影設備與音響。
- 分組座位安排（4~5 人異質分組）。
- 計時器（掌控討論與辯論時間）。

二、學生準備

- 1.預習基礎溫室氣體概念（CO₂來源與影響）。
- 2.查詢一則與碳費或碳捕捉相關新聞（可作為課堂分享素材）。
- 3.攜帶筆記本與可上網裝置。
- 4.預先思考：
 - 「如果排碳要付費，你認為公平嗎？」
 - 「科技能否解決所有環境問題？」

三、安全與風險管理準備

- 1.實驗材料皆為日常安全用品，但仍提醒學生避免誤食。
- 2.控制醋與小蘇打用量，避免大量氣體快速產生。
- 3.說明實驗為模擬示意，並非真正碳捕捉技術。
- 4.辯論活動強調尊重多元立場，避免人身攻擊。

	<p>四、差異化教學準備</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.為基礎程度學生準備「技術原理圖解版」說明。 2.為進階學生準備延伸閱讀（CBAM、綠氫煉鋼）。 3.討論與辯論採角色分工（資料整理者、發言人、記錄者），降低學習落差。 	
<p>學生 先備經驗</p>	<p>(一) 知識層面</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.已於國中階段學習基本溫室效應與氣候變遷概念，知道二氧化碳（CO₂）為主要溫室氣體之一。 2.在自然科課程中接觸過酸鹼反應（如小蘇打與醋產生氣體），理解化學反應會生成氣體。 3.具備基礎地科概念，如岩層構造、地震、地下水與海洋酸化的初步認識。 4.在公民課程中學過政府政策與公共議題討論的基本架構。 <p>(二) 能力層面</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.具備分組討論與簡報發表經驗。 2.能閱讀新聞資料並整理重點。 3.能從圖表中擷取數據並進行簡單計算（例如碳費估算）。 <p>(三) 態度層面</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.對氣候變遷議題有基本關注，但多停留在「環保行為」層次（如減塑、節能）。 2.尚未深入思考氣候政策與經濟制度之關聯。 	
<p>核心素養</p>	<p>學習表現</p>	<p>學習內容</p>
<p>A2 系統思考與解決問題 C1 道德實踐與公民意識</p>	<p>· 化 tr-V c-1 能運用科學證據或理論，理解自然科學知識或理論及其因果關係，或提出他人論點的限制，進而提出不同的論點。</p>	<p>· 化 INg-IV-4 碳元素在自然界中的儲存與流動 · 化 INg-IV-6 新興科技的發展對自然環境的影響。</p>

	<ul style="list-style-type: none"> · 化 tc- Vc-1 能比較與判斷自己及他人對於科學資料的解釋在方法及程序上的合理性，並能提出問題或意見。 · 公 2a- V-1 關注社會生活相關課題及其影響。 · 公 1b- V-1 運用公民知識解釋相關社會現象。 	<ul style="list-style-type: none"> · 公 Dd- V-3 全球永續發展的理念有哪些？ · 公 Da- V-3 民主社會如何解決「公平正義」有關的爭議？
--	---	---

學習目標

（一）認知目標

1. 說明我國碳費制度之費率級距（300 元、100 元、50 元）與實施時程。
2. 解釋碳捕捉與封存（CCS）及碳利用（CCU）的基本原理（化學吸收、物理吸附、薄膜分離、地質封存）。
3. 分析碳定價制度如何影響企業行為與技術發展。
4. 辨識碳捕捉技術之能源重罰問題與環境風險。
5. 理解「公正轉型」與世代正義在氣候政策中的意義。

（二）技能目標

1. 能運用化學與地科知識解釋碳捕捉與封存機制。
2. 能閱讀政策表格與新聞資料，進行碳費簡易計算與經濟推估。
3. 能比較不同減碳技術之優缺點並提出論證。
4. 能於角色辯論中清楚表達立場並回應他人質詢。
5. 能撰寫具觀點與價值判斷的轉型宣言。

（三）情意目標

1. 反思氣候變遷中的歷史責任與碳債問題。
2. 培養對環境正義與世代公平的敏感度。
3. 理解科技發展並非價值中立，需兼顧倫理與社會影響。
4. 建立從「事後捕捉」轉向「源頭減量」的永續思維。

第一節

分組方式	教學活動	時間	評量方式	學習目標										
第一節：誰欠了碳債？——隱形的捕捉之網														
<p>異質分組</p> <p>每組 4 ~5 人</p> <p>任務一：碳費經濟推估（政策理解組內任務）</p> <ul style="list-style-type: none"> · 解讀碳費級距（300/100/50 元） · 試算某工業廠一年排放量 × 費率之總額 · 討論：企業為何有動機投入碳捕捉技術？ 	<p>一、準備動機（導入）：碳排要付錢了？</p> <p>1. 情境佈建：教師發放平板，請學生掃描 QR Code 進入「環境部公告碳費徵收費率」新聞網頁。提問：「如果一噸排碳要收 300 元，台灣重工業一年要繳多少錢？」</p> <div style="text-align: center; border: 1px solid black; width: 150px; height: 100px; margin: 10px auto;">  </div> <p>2. 教師說明表一內容</p> <p style="text-align: center;">表一：中華民國環境部碳費徵收費率規格表</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr style="background-color: #c8e6c9;"> <th>費率類別</th> <th>適用對象條件</th> <th>徵收費率(每公噸)</th> <th>生效日期</th> <th>申報繳納時間</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: left;">一般費率</td> <td>未提出自主減量計畫或不符合優惠費率條件之對象</td> <td>新臺幣 300 元</td> <td>114 年 1 月 1 日</td> <td>115 年 5 月(依 114 年全年排放量計算)</td> </tr> </tbody> </table>	費率類別	適用對象條件	徵收費率(每公噸)	生效日期	申報繳納時間	一般費率	未提出自主減量計畫或不符合優惠費率條件之對象	新臺幣 300 元	114 年 1 月 1 日	115 年 5 月(依 114 年全年排放量計算)	10 分	口頭評量	說明我國碳費制度的費率級距（300 元、100 元、50 元）及其政策意義。
費率類別	適用對象條件	徵收費率(每公噸)	生效日期	申報繳納時間										
一般費率	未提出自主減量計畫或不符合優惠費率條件之對象	新臺幣 300 元	114 年 1 月 1 日	115 年 5 月(依 114 年全年排放量計算)										

	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="386 161 475 439">優惠費率 A</td> <td data-bbox="475 161 683 439">符合「徵收對象溫室氣體減量指定目標」公告附表一行業別指定削減率規定</td> <td data-bbox="683 161 810 439">新臺幣 50 元</td> <td data-bbox="810 161 911 439">114 年 1 月 1 日</td> <td data-bbox="911 161 1152 439">115 年 5 月(依 114 年全年度排 放量計算)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="386 450 475 728">優惠費率 B</td> <td data-bbox="475 450 683 728">符合「徵收對象溫室氣體減量指定目標」公告附表二技術標準指定削減率規定</td> <td data-bbox="683 450 810 728">新臺幣 100 元</td> <td data-bbox="810 450 911 728">114 年 1 月 1 日</td> <td data-bbox="911 450 1152 728">115 年 5 月(依 114 年全年度排 放量計算)</td> </tr> </table>	優惠費率 A	符合「徵收對象溫室氣體減量指定目標」公告附表一行業別指定削減率規定	新臺幣 50 元	114 年 1 月 1 日	115 年 5 月(依 114 年全年度排 放量計算)	優惠費率 B	符合「徵收對象溫室氣體減量指定目標」公告附表二技術標準指定削減率規定	新臺幣 100 元	114 年 1 月 1 日	115 年 5 月(依 114 年全年度排 放量計算)			
優惠費率 A	符合「徵收對象溫室氣體減量指定目標」公告附表一行業別指定削減率規定	新臺幣 50 元	114 年 1 月 1 日	115 年 5 月(依 114 年全年度排 放量計算)										
優惠費率 B	符合「徵收對象溫室氣體減量指定目標」公告附表二技術標準指定削減率規定	新臺幣 100 元	114 年 1 月 1 日	115 年 5 月(依 114 年全年度排 放量計算)										
<p>異質分組</p> <p>每組 4 ~5 人</p> <p>任務二：碳捕捉技術濾網分析（科學理解組內任務）</p> <p>每組組內再分三小題討論：</p> <p>1.化學吸收法原理與優缺點</p> <p>2.物理吸附法原理與優缺點</p> <p>3.薄膜分離法原</p>	<p>二、發展活動：捕捉碳的科學濾網</p> <p>1. 原理教學（跨化學/物理）：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 化學吸收法：介紹胺類溶劑與 CO₂ 的反應式。 ◎ 原理：利用鹼性溶劑與酸性的 CO₂ 產生化學反應。工業上最常用的是胺類溶劑。 ◎ 反應式範例：$RNH_2+CO_2\leftrightarrow RNHCOO^-+H^+$（生成氨基甲酸鹽）。 ◎ 特點：反應具選擇性且效率高，但後續需要高熱能將 CO₂ 釋放以重複使用溶劑（再生）。 ● 物理吸附法：利用多孔物質（如沸石）吸附。 	30 分	□ 頭評量	解釋碳捕捉技術的基本原理										

<p>理與優缺點</p>	<p>◎ 原理：利用固體表面與氣體分子間的凡德瓦力或靜電力。沸石（Zeolites）具有規則且微小的孔洞（分子篩），能將 CO₂ 分子「卡」在孔隙中。</p> <p>◎ 特點：結構穩定，再生時所需的能量通常低於化學法。</p> <p>● 分離法：薄膜篩選技術。</p> <p>◎ 原理：類似篩子的功能。利用薄膜的孔徑大小或氣體在薄膜中的擴散速度差異，將 CO₂ 從混合氣體中篩選出來。</p> <p>◎ 特點：設備體積小、操作簡單，但薄膜的耐用度與選擇性是技術挑戰。</p> <p>2. 日常物資類比實作：海綿與口罩</p> <p>在實作中，當學生混合小蘇打與醋產生 CO₂ 時，可以引導學生進行以下類比討論：</p> <p>◆ 海綿（對應：化學吸收 / 物理吸附）：</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 類比原因：海綿具有大量孔隙，可以「吸入」並「鎖住」物質。若將海綿浸泡鹼性液體後捕捉酸性的 CO₂，就像是工業上的化學吸收塔。 <p>● 優劣分析：</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 優點：接觸面積大，捕捉量較可觀。 ▪ 缺點：飽和後就失去作用，必須透過擠壓（類比再生過程）才能再次使用。 <p>◆ 醫療口罩（對應：薄膜篩選技術）：</p>		<p>實作評量</p>	
--------------	--	--	-------------	--

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 類比原因： 口罩的纖維結構像是一道屏障，只允許特定大小的微粒或分子通過，這與薄膜分離的原理一致。 ● 優劣分析： <ul style="list-style-type: none"> ▪ 優點： 構造簡單，可以連續過流，不需頻繁再生。 ▪ 缺點： 容易造成壓力差（阻力大），且若孔徑不夠精細，捕捉效果會大打折扣。 <p>3. 政策背景與實務連結（結合來源資訊）</p> <p>教師向學生說明「為什麼我們需要捕捉碳？」。這不僅是科學議題，更是現實的經濟議題。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 碳定價時代來臨： 根據來源資料，台灣已正式進入碳定價時代。環境部於 113 年 10 月公告了「碳費徵收費率」，並將於 114 年 1 月 1 日生效。 ● 減少碳費的經濟誘因： <ul style="list-style-type: none"> ▪ 一般費率： 每公噸 CO₂ 當量收費 300 元。 ▪ 優惠費率： 如果企業能透過像是「捕捉碳」這類的技術達成自主減量計畫，費率可以降低至 50 元（優惠費率 A）或 100 元（優惠費率 B）。 ● 教學啟示： 透過課堂上的海綿或口罩實驗，學生所學習的技術正是未來企業爭取「優惠費率」的關鍵手段之一。環境部強調，徵收碳費是以「減量」為出發點，透過這些科學方法降低排放，企業才能在碳收費制度下順利銜接並減輕負擔。 			
<p>異質分組 每組 4 ~5 人</p>	<p>三、綜合活動</p> <p>1.焦點討論：教師引入「能源重罰」的物理概念。啟動碳捕捉機器需要極大耗電量，如果電來自燃煤，這符合</p>	<p>10 分</p>	<p>口 頭 評 量</p>	<p>透過碳費試算與小組討論，</p>

<p>任務三：能源重罰討論（價值判斷）</p> <p>1.若捕捉耗能來自燃煤，是否仍算減碳？</p> <p>2.技術是否可能只是延續高污染模式？</p>	<p>「環境正義」嗎？</p> <ul style="list-style-type: none"> ●技術限制與環境成本： 啟動碳捕捉設備本身需要消耗大量能量，這在物理上不可避免。若這些能量源自高污染的燃煤發電，雖然在「排放點」捕捉了二氧化碳，但在「發電端」卻產生了更多碳排。根據來源，台灣碳費徵收的本意是以「減量」為出發點。若一項技術的「淨減排量」極低，卻耗費大量社會資源，這是否偏離了減碳的初衷？ ●環境正義的反思： 教師可引導學生思考：如果企業僅依賴碳捕捉，而未實質改變其高耗能、高污染的生產模式，是否只是將污染的成本與風險轉移給發電廠周邊的居民？（註：關於「環境正義」與「能源重罰」的具體倫理與物理細節，來源中並未詳述，建議參考環境倫理學相關資料。） <p>2.延伸學習： 回家作業「我家的一週碳盤查」，思考生活中除了事後捕捉，有什麼是能從源頭減量的？</p> <ul style="list-style-type: none"> ●生活連結： 學生可以將自己家比喻為一家「企業」。如果要爭取類似政府提供的優惠費率（如從300元降至50元或100元），就必須先進行盤查，了解碳排放的來源。 ●從「事後捕捉」轉向「源頭減量」： 雖然課堂學習了捕捉技術，但在生活中，源頭減量通常更具經濟效益且符合政策方向。教師引導學生思考以下源頭減量措施： ●能源轉型與設備汰換： 來源提到環境部鼓勵「汰舊換新電動車」。在家庭中，將老舊高耗能家電更換為節能家電，或使用更潔淨的能源，就是最直接的源頭減量。 	<p>作業</p>	<p>理解碳定價制度如何影響企業減碳行為，並反思氣候變遷中的碳債問題</p>
---	---	-----------	--

	<p>●減少不必要的浪費：企業若能提出「自主減量計畫」並達到指定目標，就能適用較低的費率。同樣地，家庭透過減少冷氣使用、落實資源回收與綠色消費，就是在實施家庭版的「自主減量計畫」。</p> <p>教學啟示：透過課程的討論與作業，學生會發現「捕捉」只是對抗氣候變遷的手段之一，且往往是代價最高昂的手段。在台灣進入「碳定價時代」的背景下，無論是企業還是家庭，「源頭減量」始終是達成永續目標、減輕經濟負擔（如減少碳費支出）的首選路徑</p>			
--	---	--	--	--

第二節：煉金術或定時炸彈？——利用與封存的博弈

分組方式	教學活動	時間	評量方式	學習目標
異質分組 每組 4 ~5 人	<p>一、引起動機</p> <p>1. 本土實例展示：教師播放「台電台中發電廠碳捕捉園區」與「台泥和平廠微藻養殖」的新聞與專利資料。</p> <p>● 台電台中發電廠（碳捕捉園區）：示範「捕捉與封存」的路徑</p> <p>◎教學重點：這是台灣大規模工業捕捉的試驗場。重點在於如何從燃煤發電產生的龐大廢氣中，精準地分離出 CO₂ 這對應到企業為了降低排放量，以符合環境部「自主減量計畫」的技術努力。</p> <p>●台泥和平廠（微藻養殖）：示範「利用（CCU）」的路徑</p>	10分		解釋碳利用（CCU）與碳封存（CCS）的主要技術原理與應用方式。

	<p>◎教學重點：台泥不只將 CO₂ 當成廢棄物，而是將其視為「養分」。透過微藻（如雨生紅球藻）吸收水泥窯排放的 CO₂ 進行光合作用，並進一步萃取出蝦紅素。</p> <p>◎補充說明（非來源資訊）：根據一般產業資料，蝦紅素具有極高的抗氧化價值，廣泛用於生技與美容產業，這正是「廢氣變黃金」的實例。</p> <p>2. 提問：抓下來的 CO₂，只能當垃圾埋起來嗎？台泥如何利用生物學上的「光合作用」，將廢氣變成一公斤價值兩萬元的蝦紅素？</p>		口頭評量	
<p>異質分組</p> <p>每組 4 ~5 人</p> <p>1.碳利用組 (CCU 專家組)</p> <p>學習內容：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 微藻吸收 CO₂ 與光合作用原理 2. 合成燃料製程概念 (CO₂ + H₂ → 燃料) 3. 礦物碳化與綠色建材 	<p>二、發展活動</p> <p>(一) 各組抽取任務卡研讀後，進行專家分享：</p> <p>1. 碳利用組(生物/化學)：除了養微藻，還能如何將 CO₂ 轉化為合成燃料、綠色建材？</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 轉化為合成燃料 (Synthetic Fuels)： <ul style="list-style-type: none"> ◎原理：利用氫氣（特別是透過綠電產生的「綠氫」）與捕捉到的 CO₂ ● 進行化學反應（如甲烷化反應），產生合成甲烷、甲醇或航空燃油。 ◎價值：這能讓碳進入循環，替代傳統化石燃料，減少對新石油的開採。 ● 轉化為綠色建材： <ul style="list-style-type: none"> ◎原理（礦物碳化）：將 CO₂ 注入工業廢渣（如鋼鐵廠的轉爐石）或混凝土混合物中，CO₂ 會與鈣、鎂離子反應生成穩定的碳酸鹽固體。 	30分	口頭評量	比較不同減碳技術的優缺點，並分析其可能帶來的環境風險與能源重罰問題。

<p>4. 技術是否真正「減碳」或只是「循環利用」</p>	<p>◎價值：CO₂被永久封存在建築物中，且能增加混凝土的強度。</p> <p>● 與政策的連結：企業若能研發並落實這類「碳利用」技術，不僅能減少碳排放量，更能向環境部提出「自主減量計畫」。若達成指定的技術標竿或削減率，碳費可從一般費率（300 元/公噸）大幅降至優惠費率 A（50 元/公噸）或 B（100 元/公噸）</p>			
<p>任務產出</p> <ul style="list-style-type: none"> 製作「廢氣變黃金」流程圖 評估經濟價值與技術限制 	<p>2. 封存組（地球科學）：講解「地質封存」的條件。為什麼需要打入深層鹽水層或枯竭油田？「蓋岩層」的物理阻絕作用是什麼？海洋封存對生態（海洋酸化）有何衝擊？</p> <p>● 為什麼選擇深層鹽水層或枯竭油田？</p> <p>◎深層鹽水層：分佈廣、空間大，位於地底 800 公尺以下，壓力足以讓 CO₂ 進入「超臨界狀態」，大幅增加封存密度。</p> <p>◎枯竭油田：這些地層原本就能封閉石油與天然氣數百萬年，代表其密封性已得到證實，且現有的探勘資料與井道設施可降低開發成本。</p> <p>◎「蓋岩層」的物理阻絕作用： 原理：封存區上方必須有一層緻密、不透水的岩層（如頁岩或泥岩）。它像是一個「鍋蓋」，利用物理屏障阻擋密度較輕的 CO₂ 向上滲漏，確保其長期安全地儲存在地底孔隙中。</p> <p>● 海洋封存的衝擊（海洋酸化）：</p> <p>◎原理：若直接將 CO₂ 注入深海，會與海水反應生成碳酸，釋出氫離子。</p> <p>◎ 衝擊：這會導致海洋 pH 值下降（酸化），溶解珊瑚礁、貝類與甲殼類的碳酸鈣外殼，嚴重破壞海洋生態鏈與生物多樣性。</p>			
<p>2.地質封存組（CCS 專家組）</p>				
<p>學習內容：</p> <ol style="list-style-type: none"> 深層鹽水層與超臨界 CO₂條件 枯竭油田的封存優勢 蓋岩層的阻絕原理 洩漏、微震、地下水 				

<p>酸化風險</p> <p>任務產出</p> <ul style="list-style-type: none"> 畫出地層剖面示意圖 分析技術風險與長期監測問題 	<p>3. 專家分享總結</p> <p>無論是利用組還是封存組，這些技術在台灣不僅是科學實驗，更是企業應對「碳定價時代」的生存工具。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 經濟誘因： 環境部強調，碳費制度是為了帶動減碳成效。企業透過這些技術達成減量目標，不僅能爭取到低至 50 元的優惠費率，還能避免在 115 年 5 月面臨高額的碳費支出。 ● 未來展望： 隨著 114 年 1 月 1 日碳費制度正式生效，這些技術的發展與應用將直接影響台灣產業在國際（如歐盟 CBAM）的競爭力。 			
<p>異質分組</p> <p>每組 4 ~5 人</p>	<p>三、綜合活動</p> <p>1. 鄰避效應探討：教師提問「在學校地底兩公里進行地質封存」時，教師從以下兩個維度引導學生討論：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 經濟誘因的推動力： ◎ 根據來源，台灣已進入碳定價時代，一般碳費費率為每公噸 300 元。 ◎ 如果這項地質封存計畫能讓周邊的工業區達成「自主減量計畫」並通過核定，該企業的碳費負擔將大幅降至優惠費率 A（50 元）或 B（100 元）。 ◎ 引導問題：「如果這項計畫能讓當地的產業省下數億元的碳費，並將部分資金回饋給學校作為建設經費，你們的態度會改變嗎？」 ● 責任與公平性： ◎ 碳費徵收將於 114 年 1 月 1 日正式生效，並於 115 年 5 月開始繳交。 	<p>10 分</p>	<p>口頭評量</p>	<p>透過專家小組討論與成果分享，培養對減碳科技與環境議題的批判思考能力</p>

	<p>◎ 在時間壓力下，尋找大規模封存場址成為企業的急迫需求。討論焦點應在於：為什麼封存點選在「這裡」？</p> <p>2. 環境風險盤點：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● CO₂ 洩漏與地下水酸化： ◎ 風險：若封存地層發生洩漏，CO₂ 進入地下水層會形成碳酸，導致 pH 值下降，可能溶解地層中的重金屬，進而污染飲用水源。 ● 微震風險： ◎ 風險：大規模、高壓地將 CO₂ 注入地底，可能改變地層壓力平衡，誘發微小地震。 ● 政策連結： <p>環境部強調碳費徵收是以「減量」為出發點。如果一項技術在減碳的同時，卻造成了地下水污染或地震風險，這是否符合環境部的政策初衷？</p> <p>3. 教師總結：碳捕捉與封存（CCS）不僅是一個科學濾網，更是一個社會過濾器，過濾出了我們對於「價值、安全與公平」的優先順序。下節課我們將深入探討，在碳費制度帶動減碳成效的過程中，該如何守護受影響族群的權益。</p>			
--	--	--	--	--

第三節：沒有人該被遺落——氣候轉型正義法庭

分組方式	教學活動	時間	評量 方式	學習 目標
<p>異質分組 每組 4~5 人</p>	<p>一、引起動機</p> <p>1. 情境營造：虛構（但高度貼近台灣現況）的南部重工業鎮「碳鄉」。大煉鋼廠因碳費面臨破產，資方提議政府拿納稅人的錢全額補助蓋 CCUS 廠，並把 CO₂ 埋在鄉鎮外海，否則全鎮 30% 勞工將失業。</p> <p>2. 教師提問：減碳是全人類的利益，但代價卻由少數勞工與偏鄉居民承擔，這樣公平嗎？帶出「公正轉型」精神。</p>	10 分		<p>理解「公正轉型」與「世代正義」在氣候政策中的意義。</p>
<p>異質分組 每組 4~5 人</p> <p>各組學習內容 (五大陣營)</p> <p>第一組：基層 勞工代表</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 學習焦點：生存權、失業風 	<p>二、發展活動</p> <p>將學生分為五個陣營（發放附件之角色任務卡），進行 15 分鐘交叉辯論與質詢：</p> <p>【備註】：</p> <p>辯論聚焦於「碳鄉」鋼鐵廠的存亡與 CCUS 技術的應用，核心衝突點在於經濟生存、環境風險與世代正義。以下根據來源中關於台灣碳費徵收費率的最新法規（300 元、100 元、50 元之級距）與課程背景</p> <p>陣營 1：煉鋼廠基層勞工 — 「生存權是唯一的正義」</p> <p>●立場主張：</p> <p>◎碳費已定案於 114 年 1 月 1 日生效，鋼鐵廠若無</p>	30 分	<p>口頭 評量 實作 評量</p>	<p>透過角色辯論活動，能清楚表達立場、提出質詢並回應不同觀點。</p>

<p>險、產業依賴</p> <ul style="list-style-type: none"> • 任務：論證為何需要 CCUS 過渡期 	<p>法透過 CCUS 達成減量，將面臨每公噸 300 元的一般費率。</p> <p>◎工廠若因此倒閉，全鎮 30% 勞工失業將導致家庭破碎，「公正轉型」不應是犧牲基層。</p> <p>●質詢焦點：</p> <p>◎（質詢環保團體）：你們要求關廠，那我的房貸和小孩學費誰來付？</p> <p>◎（質詢 2050 世代）：如果我們現在就餓死了，還談什麼未來的正義？</p>			
<p>第二組：在地居民自救會</p> <ul style="list-style-type: none"> • 學習焦點：環境風險、鄰避效應、地方安全 • 任務：質疑封存安全與公平性 	<p>陣營 2：在地自救會居民 — 「風險不該由偏鄉承擔」</p> <p>●立場主張：</p> <p>◎企業為了爭取 50 元（優惠費率 A）或 100 元（優惠費率 B）的減稅紅利，卻要把 CO2 埋在我們家外海。</p> <p>◎地質封存若發生洩漏，會導致海水酸化、破壞漁場，甚至有誘發微震的風險（非來源資訊，屬課程科學背景）。</p>			
<p>第三組：環保倡議團體</p> <ul style="list-style-type: none"> • 學習焦點：源頭減量、能源轉型、綠色洗錢 • 任務：主張技 	<p>●質詢焦點：</p> <p>◎（質詢資方）：封存技術真的 100% 安全嗎？如果洩漏，你們省下的碳費會賠給我們嗎？</p> <p>◎（質詢勞工）：難道為了你們的薪水，就要拿全鎮的居住安全當賭注？</p> <p>陣營 3：環保倡議團體 — 「拒絕企業綠色洗錢」</p> <p>●立場主張：</p>			

<p>術不是萬靈丹</p> <p>第四組：企業資方代表</p> <ul style="list-style-type: none"> 學習焦點：國際競爭力、CBAM、費率壓力 任務：說明經濟壓力與技術必要性 	<p>◎CCUS 是昂貴且高耗能的「能源重罰」(非來源資訊，屬課程科學背景)，只是企業為了維持化石燃料模式的藉口。</p> <p>◎碳費應以「減量」為出發點，企業應直接轉型氫能煉鋼，而非用納稅人的錢補貼 CCUS 來換取 50 元的極低費率。</p> <p>●質詢焦點：</p> <p>◎(質詢資方)：CCUS 消耗的大量電力是否來自燃煤？這叫哪門子減碳？</p> <p>◎(質詢政府/資方)：這筆補助若拿來支持再生能源轉型，是否比埋碳更具長期效益？</p>			
<p>第五組：2050 世代代表</p> <ul style="list-style-type: none"> 學習焦點：世代正義、長期監測責任 任務：質疑碳債轉嫁問題 <p>辯論學習任務</p>	<p>陣營 4：企業資方代表 — 「產業鏈崩潰與國際競爭力」</p> <p>●立場主張：</p> <p>◎鋼鐵業是國家基石，面臨 歐盟 CBAM 的壓力，我們必須減碳。</p> <p>◎我們願意提出「自主減量計畫」爭取 優惠費率(50 元或 100 元)，但 CCUS 初期投資巨大，需要政府補助以維持產業競爭力。</p> <p>●質詢焦點：</p> <p>◎(質詢自救會)：如果我們遷廠到國外，當地的碳排更高(碳洩漏)，對全球氣候有什麼好處？</p> <p>◎(質詢環保團體)：目前技術轉型需要時間，沒有 CCUS 作為過渡，我們如何在 115 年 5 月繳交第一筆碳費前存活下來？</p> <p>陣營 5：2050 世代代表 —— 「拒絕被埋下的地質未爆</p>			

<p>每組須完成：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 立場聲明（2分鐘） 2. 對兩組提出質詢 3. 回應至少一次質疑 4. 提出一項「妥協或折衷方案」 	<p>彈」</p> <p>●立場主張：</p> <p>◎ 當代人為了節省碳費支出（從 300 元降至 50 元），將 CO₂ 封存地底，這是一種「碳債」移轉。</p> <p>◎2050 年是我們的時代，我們不希望繼承一個滿是地底廢棄物、隨時可能洩漏的環境。</p> <p>●質詢焦點：</p> <p>◎（質詢資方）：你們現在享受了減費優惠，但地底監測數百年的成本，誰來負擔？</p> <p>◎（質詢勞工）：為了你們這三十年的薪水，要犧牲我們未來三百年的土地安全嗎？</p>			
<p>異質分組</p> <p>每組 4 ~5 人</p>	<p>三、綜合活動</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.沉澱反思：科技、政策與人的交會 ~ 請學生卸下剛才的角色。 2.教師引導學生從辯論看見，科技（CCUS）雖然是達成減碳目標的強大工具，但其背後的驅動力來自於社會政策的槓桿。根據來源，台灣已正式進入「碳定價時代」，政府透過 300 元的一般費率與最低 50 元的優惠費率，強迫企業必須在「支付碳費」或「技術減碳」之間做出抉擇。 3.教師引導學生發現，如果只有冷冰冰的化學反應式與費率級距，而缺乏勞工培力（解決失業恐懼）與居民溝通（化解鄰避效應），減碳技術將難以在現實社會中落地。這說明了「自主減量計畫」不應只是技術標竿的達成，更應包含對社區與勞工的社會責任，這正是「公正轉型」的核心。 	<p>10分</p>	<p>口頭評量</p>	<p>整合科學、政策與社會觀點，撰寫具價值判斷的氣候轉型宣言</p>

	<p>4.作業：給 2050 年台灣的轉型宣言</p> <p>請根據本單元的學習，撰寫一份約 150 字的宣言。</p> <p>【參考範例】</p> <p>給 2050 年台灣的轉型宣言</p> <p>我們站在 114 年碳費制度生效的歷史轉折點，深知 300 元的碳費不僅是企業成本，更是對未來世代的承諾。科技捕捉（CCUS）是我們的盾，但源頭減量才是真正的劍。我們拒絕將 <i>CO₂</i> 當作地質未爆彈留給你們，更拒絕以轉型為名遺落任何一位基層勞工。我們承諾：在追求淨零的道路上，科技必須擁抱倫理，經濟必須守護正義。我們今日的每一份減碳成效，都是為了讓 2050 年的台灣，擁有更純淨的空氣與更公平的社會，守護這份跨越三十年的世代正義。</p>			
--	---	--	--	--

學習單(一)

班級：_____ 姓名：_____ 日期：_____

一、碳費試算任務

假設某鋼鐵廠一年排放 20 萬噸 CO₂，請計算以下碳費：

費率	每噸費率	年排放量	應繳碳費
一般費率	300 元	200,000 噸	
優惠費率 B	100 元	200,000 噸	
優惠費率 A	50 元	200,000 噸	

1. 若企業能從 300 元降至 50 元費率，一年可省多少錢？

2. 為什麼碳費制度會促使企業投資減碳技術？

二、碳捕捉技術比較

技術名稱	原理	優點	缺點
化學吸收			
物理吸附			
薄膜分離			

三、實驗觀察紀錄

1. 海綿類比的是哪一種碳捕捉技術？ _____

2. 口罩類比的是哪一種碳捕捉技術？ _____

3. 哪一種方法你認為比較有效？為什麼？

四、思考討論

若捕捉碳的設備需要大量電力，而電力來自燃煤發電，你認為這仍然算是減碳嗎？

是 否

理由： _____

學習單(二)

班級：_____ 姓名：_____ 日期：_____

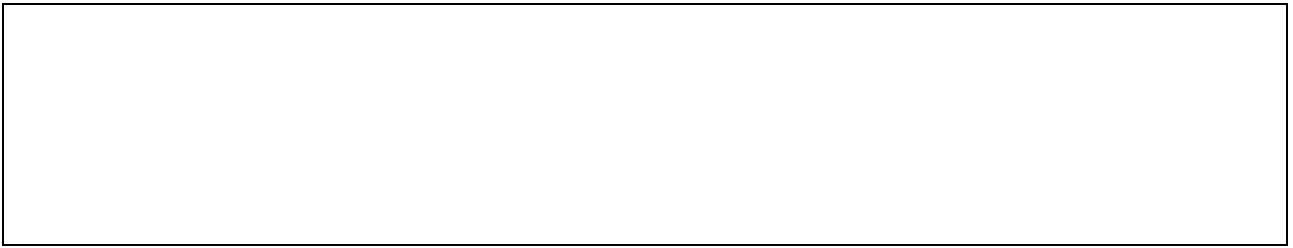
一、技術整理

技術	原理	實際應用
微藻吸收 CO ₂		
合成燃料		
礦物碳化		
地質封存		

二、專家小組成果


(1) CCU 技術流程圖 (廢氣 → _____ → _____ → 產品)

畫圖區：



(2) CCS 地層剖面圖 (請標示 CO₂ 注入井、封存層、蓋岩層)

畫圖區：



三、風險分析

請列出 2 種碳封存可能造成的風險：

1. _____
2. _____

四、立場思考

如果政府要在你家附近進行碳封存計畫，你會支持嗎？

支持 反對

理由：_____

學習單(三)

班級：_____ 姓名：_____ 日期：_____

一、角色立場整理

我的角色是：_____

我們的主要主張	支持理由

二、質詢問題

1. _____
2. _____

三、辯論紀錄

對方提出的觀點	我的回應

四、折衷方案

請提出一個兼顧環境、經濟與社會公平的解決方案：

五、課程反思

1. 你認為碳捕捉技術是解決氣候變遷的最佳方法嗎？

2. 在減碳與經濟發展之間，應該如何取得平衡？

六、給 2050 年的台灣轉型宣言（約 150 字）
