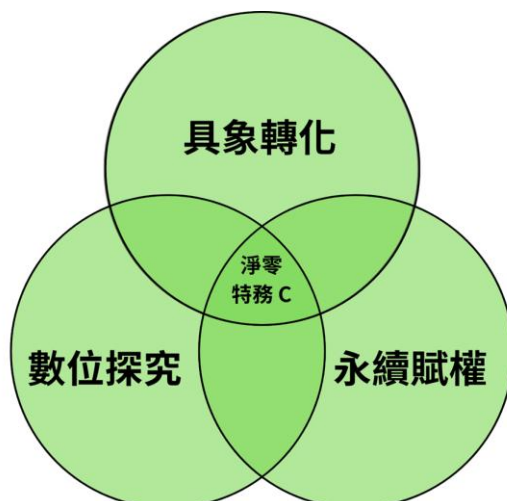


設計理念



本課程設計扣合 12 年國教自然科學領域核心素養，以「淨零特務 C — 啟動地球的碳鎖行動」為題，針對國中八年級學生設計四節課的探究課程。之所以會是 C 是因為同時代表 CO₂ 以及 CCUS。面對氣候變遷，學生常面臨「科學原理太抽象（看不見）」與「個人力量太渺小（做不到）」兩大痛點。

因此，本教案透過以下三大策略交織而成，旨在培養具備科學實證與行動能力的永續公民：

1. 具象轉化 (Concrete Visualization)：看見隱形的化學反應

CCUS 涉及微觀分子與宏觀地質，對國中生極為抽象。本課程運用「模型、譬喻、實驗」三重具象化策略：

- (1) 系統具象化：引入「地球浴缸模型」，將大氣碳循環轉化為「水龍頭（排放）」與「排水孔（移除）」的動態平衡。
- (2) 原理具象化：以「超級吸塵器」「魔鬼氈」比喻捕捉技術，並透過石灰水沉澱實驗讓學生親眼見證 CO₂ 被捕捉，將抽象原理轉化為具體科學證據。

2. 數位探究 (Digital Inquiry)：被動聽講，轉為解謎破關

為提升學習動機，本課程將評量與科技結合，並兼顧課堂秩序管理：

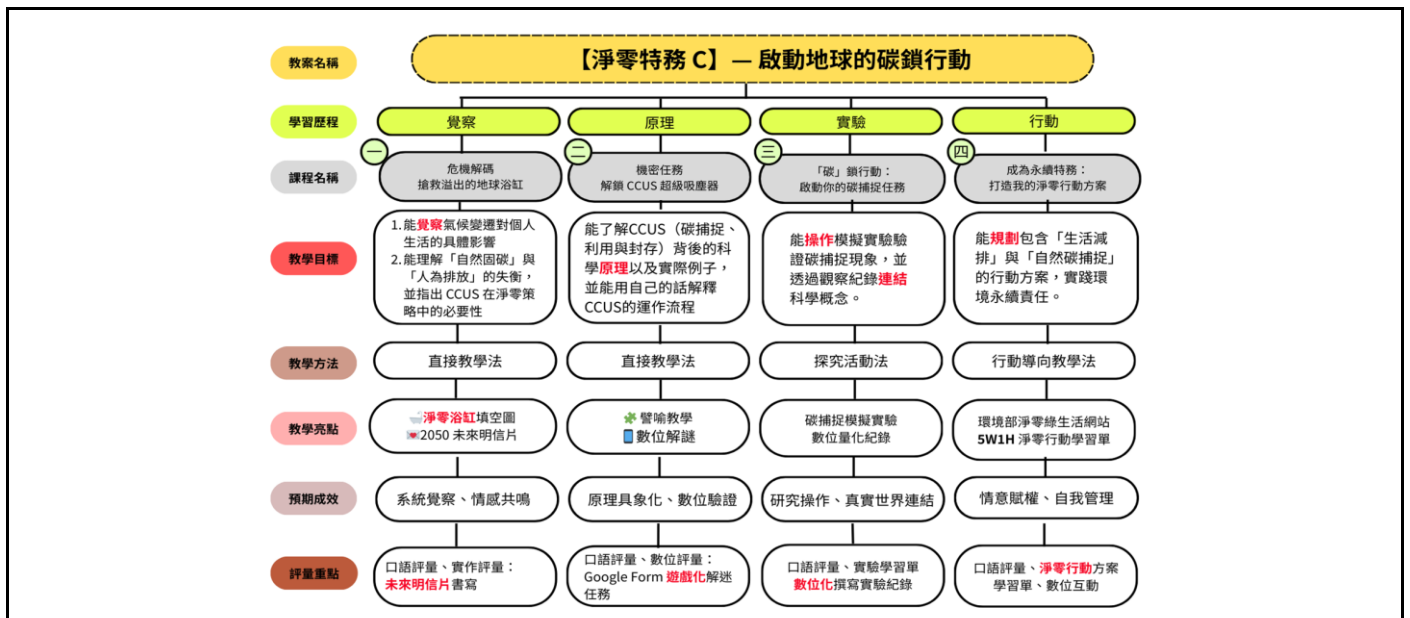
- (1) Padlet 互動策展：教師以 Padlet 即時提問檢核並建立「雲端作品牆」，展示學生創作，促進同儕互評與共學。
- (2) 數位特務認證：課程尾聲以 Google 表單解謎進行「特務認證」，學生需轉化所學完成闖關，體驗用科技解決問題的成就感。

3. 永續賦權 (Sustainability Empowerment)：從焦慮，轉化為行動

科技不僅是知識，更是解決問題的力量。本課程不只停留在科學原理，更強調「情意與行動」的連結：

- (1) 焦慮轉化：以「給 2050 的明信片」引導學生正視未來擔憂，將氣候焦慮轉化為學習動機。
- (2) 行動實踐：透過「我的淨零行動方案」覺察生活碳排，並在淨零綠生活網站記錄一週的減排行為，累積綠積分，將科學概念落實為具體行動，連結情意與永續實踐。

教案架構圖



| | | | |
|------|--|------|---------------|
| 課程名稱 | 【淨零特務 C】— 啟動地球的碳鎖行動 | 適用年級 | 國中八年級 |
| | | 教學時間 | 180 分鐘，共 4 節。 |
| 教材來源 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 自編教材 2. 網路資料 3. 國中自然各科領域課本 4. 官方淹水模擬網站 5. SDGs 永續目標 | 設計者 | 林柏諺、吳巧涵 |
| 教學準備 | <p>一、危機解碼：搶救溢出的地球浴缸</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 硬體設備：電腦、投影機 2. 教學軟體：Padlet、淹水模擬地圖 3. 教學道具：明信片 4. 網路資源：這材料真的得諾貝爾獎了！消滅二氧化碳最快的方式！地球終於有救了？ <p>二、機密任務：解鎖 CCUS 超級吸塵器</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 硬體設備：電腦、投影機、平板(一人一台) 2. 教學軟體：Padlet、Google form 3. 教學道具：魔鬼氈、樂高積木、海綿、保鮮膜 <p>三、「破」鎖行動：啟動你的碳捕捉任務</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 硬體設備：電腦、投影機、平板(一組一台) 2. 教學軟體：Padlet、Google form 3. 實驗材料：2個氣球、活性碳(顆粒或粉末)、咖啡渣、石灰水、粗吸管、導管、膠帶或管夾、塑料杯、橡皮筋 / 棉花 <p>四、成為永續特務：打造我的淨零行動方案</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 硬體設備：電腦、投影機、平板(一人一台) 2. 教學軟體：Padlet、環境部淨零綠生活網 3. 教學道具：淨零行動方案學習單 | | |

| | |
|--------------------|--|
| 學生 先備經驗 | <p>一、危機解碼：搶救溢出的地球浴缸</p> <ol style="list-style-type: none"> 情意面：學生曾體驗「地球變熱」的生活經驗（如天氣變化），但尚未反思行為與氣候的連結。 認知面：學生聽過「全球暖化」、「氣候變遷」等詞彙，但對因果關係理解不完整（如 CO₂ 與溫室效應的關聯）。 技能面：學生具備基礎書信寫作能力。 <p>二、機密任務：解鎖 CCUS 超級吸塵器</p> <ol style="list-style-type: none"> 情意面：學生對「減量之外還需移除」的淨零策略產生好奇，願意接觸新科技，但尚未建立客觀評價態度。 認知面：學生理解植物光合作用能將 CO₂ 轉化為固體有機物，但對人工/化學捕捉與封存（CCUS 技術）仍陌生。 技能面：學生具備基礎數位操作能力（掃描 QR Code、瀏覽網頁、中文輸入），能在 Padlet 留言互動並完成 Google 表單答題。 <p>三、「碳」鎖行動：啟動你的碳捕捉任務</p> <ol style="list-style-type: none"> 情意面：學生已覺察日常廢氣與空氣品質問題，但尚未連結到「技術介入解決污染」，對捕碳或淨零技術的動機不足。 認知面：學生理解 CO₂ 的自然科性質（燃燒產物、呼吸作用、酸鹼反應），但不熟悉其在能源、工業或技術應用中的角色，缺乏「捕捉—利用—封存」的整合概念。 技能面：能依指示進行基本實驗操作，但對實驗紀錄不熟悉，缺乏比較、歸納與讀取實驗現象的能力，無法將觀察結果連結到技術原理或真實應用。 <p>四、成為永續特務：打造我的淨零行動方案</p> <ol style="list-style-type: none"> 情意面：學生具備環保概念，但未將日常行為與環境議題連結，缺乏行動動機與對全球議題的情感關注。 認知面：學生了解減碳的重要性，但缺乏「量化」概念，無法理解「不同行為的碳排差異」以及其相對影響程度。 技能面：學生能描述自己的排碳行為（如交通、飲食、用電等），但缺乏「數據整理」、「行為分析」與「口語發表」的技能。 |
|--------------------|--|

| 核心素養 | 學習表現 | 學習內容 |
|--|--|---|
| A2 系統思考與解決問題 A3 規劃執行與創新應變 C2 人際關係與團隊合作 C1 道德實踐與公民意識 | 地 1b-IV-2 說明自然環境與人類活動（排碳、能源）之互動 社 3d-IV-3 執行具公共性或利他性的永續行動並檢討結果 pe-IV-2 安全使用器材/科技工具進行測量與紀錄 pa-IV-2 運用科學原理解釋現 | 地 Bc-IV-2 認識全球氣候變遷的影響與衝擊 公 De-IV-1 說明科技如何影響生活與能源使用 Bc-IV-4 探究 CO ₂ 等因素對光合作用與碳循環的影響 Ja-IV-3 觀察化學反應之沉澱、 |

| | | |
|--|--|--|
| | 象、比較結果並提出推論 3d-IV-2 分析環境議題與個人行為關聯並採取永續行動 2b-IV-1 在小組活動中有效溝通合作並完成分工 | 氣體與顏色變化 家 Aa-IV-3 探討行為與環境永續的關聯與實踐方式 |
|--|--|--|

學習總目標

1. 情意面：能覺察氣候變遷對地球環境的影響，認同永續發展的價值，並建立共同守護環境的責任感。
2. 認知面：能運用科學原理解釋 CCUS（碳捕捉、利用與封存）的運作流程，並了解其作為淨零排放關鍵策略的重要性。
3. 技能面：能發揮資料整合與系統思考能力，將抽象的環保概念轉化為具體可行的個人淨零行動計畫。

第一節-危機解碼：搶救溢出的地球浴缸

學習目標：

1. 能覺察氣候變遷對個人生活的具體影響
2. 能理解「自然固碳」與「人為排放」的失衡，並指出 CCUS 在淨零策略中的必要性

教學方法：

教材：


1. 空白明信片(一人一張)：未來明信片書寫用
2. [簡報\(附件1-1\)](#)一份：授課用
3. [Climate Central\(附件1-2\)](#)網站：觀看未來淹水趨勢用
4. 平板(一人一台)：操作淹水網站、上傳明信片至 padlet 用
5. Padlet 介面([附件1-3](#))：互動學習用

教法：直接教學法，利用浴缸模型解釋 CCUS 在淨零碳排的重要性。

教學評量：

1. 數位評量 ([Padlet - 淨零浴缸填空](#))([附件1-5](#))：學生需在 Padlet 平台的「淨零浴缸」貼文中，正確辨識並歸類氣候行動策略。
2. 實作評量 (未來明信片)([附件1-4](#))：學生需撰寫「給 2050 年自己的一封信」，內容需具體描述氣候變遷對個人未來生活可能造成的具體影響與情緒，以及自己可以做甚麼？

| 分組方式 | 教學活動 | 時間 | 評量方式 | 學習目標 |
|------|--|----|------|------|
| | <p>一、引起動機-從「熱」開始</p> <p>(一) 放上地球發燒以及全球暖化的圖片。連結舊經驗，提問：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 「各位同學，去年的夏天你有沒有覺得比以前更熱？有沒有人覺得冷氣越開越強？」 | 5' | | |

| | | | | |
|----|--|-----|--|---------------------------------------|
| 合班 | <p>2. 「為什麼地球發燒了？大家在國小和七年級都學過，是因為『溫室效應』太強了。」(先備知識)</p> <p>3. 「那溫室氣體的老大是誰？」(學生回答：二氧化碳)。</p> <p>(二) 點出迷思：「沒錯，我們燒煤炭、開車，產生了過多的二氧化碳。但大家可能覺得，反正只是變熱一點點，多開冷氣就好？或者覺得那是北極熊的事，離我們很遠？今天我們來看看，這件事離我們到底有多近。」</p> | | | |
| 合班 | <p>二、發展活動1-看見未來—消失的地圖</p> <p>(一) 淹水情境模擬</p> <p>1. 教師展示「Climate Central 淹水模擬地圖」(附件1-2)，鎖定學校周邊或知名地標 (如台南安平、高雄駁二、嘉義布袋)。</p>  <p>2. 教師提問：「這是科學家預測 2050 年，如果我們什麼都不做，海平面上升後台灣的样子。請找找看，你常去的那個籃球場還在嗎？你喜歡的夜市淹水了嗎？」</p> <p>3. 學生實作：自己操作網站，尋找自己有興趣的地方，拉動時間軸，看看未來的淹水趨勢。範例：上海、東京、紐約、澎湖</p> <p>4. 口頭分享：邀請2-3位學生進行分享</p> <p>(二) 個人實作：【2050 未來明信片】</p> <p>1. 教師發下空白明信片，請學生想像自己 2050 年已 38 歲。</p> <p>2. 任務：寫一段話給14 歲的自己。告訴他/她，你有一個很喜歡的地方消失了，你現在的心情是什麼？</p> <p>3. 參考格式：</p> <p>TO：2050 年的 _____ (你的名字)</p> <p>地球正在發燒，我感到【情緒】。</p> <p>我最害怕【地點】再也看不到【人/事/物】。</p> <p>為了避免這件事，我決定開始【一個小行動】。</p> <p>From：2026 年，14 歲的自己</p> <p>4. Padlet 分享(附件1-4)：請同學將明信片拍照上傳，並邀請 2-3 位同學自願分享。</p> | 10' | 實作 評 量： 未 來 明 信 片 | 能覺察 氣候變 遷對個 人生活 的具體 影響 |

來自 38 歲自己的明信片

任務指令：閉上眼，現在你是 38 歲的大人。

寫一段話給現在 14 歲的自己：告訴他/她，你有一個很喜歡的地方消失了，你現在的心情是什麼？



教師提問：「看到未來這麼可怕，我們會焦慮是正常的。但科學家沒有放棄，我們有很多工具。我們要怎麼救這個地球？」

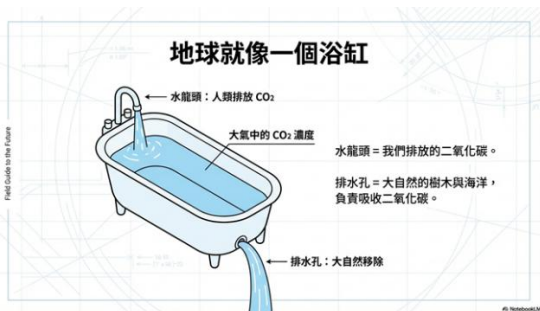
三、發展活動2-解方拼圖—淨零浴缸

(一) 連結先備知識 (生物固碳)：

1. 教師：「大自然原本就有幫手，誰會吸二氧化碳？」(學生：樹、海洋)。
2. 教師：「沒錯，這叫做『自然固碳』。」

(二) 導入新概念 (浴缸模型)：

1. 教師展示示意圖。



- (1) **水龍頭** = 人類排放 CO₂ (水流超大)。
- (2) **排水孔** = 大自然的樹木、海洋 (排水速度慢)。
- (3) **現狀**：水流太快，排水太慢，浴缸快滿出來了(淹水)！

2. 教師引導：

- (1) 教師提問：「如果不讓浴缸滿出來，我們有哪些方法？」
- (2) 說明：我們有兩招。第一招是關小水龍頭 (節能/再生能源)，但如果關不緊怎麼辦？」
- (3) 說明：「我們需要幫浴缸裝一個**強立抽水馬達**，把水抽走。這個強力的科技幫手，就是我們接下來要學的主角—**CCUS (碳捕捉)**。」



合班

15'

Padl
et 評
量

能分析
「自然
固碳」
與「人

(4) 學生任務：在 [Padlet\(附件1-5\)](#) 上完成【淨零浴缸選擇】，選出正確的策略。

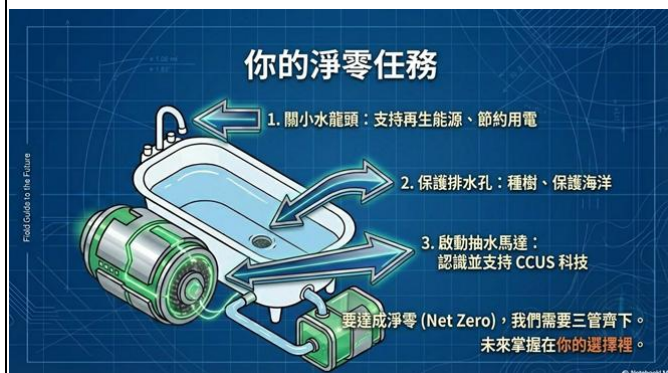


為排放」的失衡，並指出 CCUS 在淨零策略中的必要性

四、綜合活動

5'

(一) 教師總結：人類需要多管齊下，除了減碳也要 CCUS。










(二) 宣布回家作業

1. 先看一個 [影片\(附件1-6\)](#) 稍微了解 CCUS 的基本概念
2. 作業要求：請依照 4F 思考法格式在 [Padlet\(附件1-7\)](#) 上留言：
 - (1) Fact (事實)：影片中提到哪一個現象或觀點，最吸引你的注意？
 - (2) Feeling (感受)：這段影片帶給你什麼樣的情緒感受？為什麼？
 - (3) Finding (發現)：你從影片中學到了什麼新的科學知識或觀念？
 - (4) Future (未來/行動)：思考一下，如果不想讓地球繼續升溫，你可以採取什麼具體行動？
3. 留言規範：
 - (1) 記得寫上班級、座號、姓名。
 - (2) 字數不限，但要真心分享。
 歡迎去按讚或留言回應其他同學的想法喔！

合班

| 評量 標準 | 評量項目 | 優良 | 基礎 | 待加強 |
|----------|--------------------------|---------------------|---------------------|------------------|
| | 數位評量 (Padlet 浴缸分類) | 能完全正確選出「減量」與「移除」的策略 | 能部分正確選出「減量」與「移除」的策略 | 不能選出「減量」與「移除」的策略 |

| | | | | | | |
|-----------------|---|---|-------------------------------|--|--|--|
| 實作評量 (未來明信片) | 能以 深刻情緒詞彙 (如愧疚、焦慮)表達覺察， 連結個人經驗具體描述 氣候衝擊，並提出 具體可行 且具 時效性 的行動方案 | 能以 一般情緒詞彙 (如擔心、害怕)表達感受，描述氣候衝擊較籠統，行動方案方向正確但缺乏細節 | 未填寫或內容無關，無法連結氣候與生活，且未提出明確行動承諾 | | | |
|-----------------|---|---|-------------------------------|--|--|--|

| | | | | | | |
|----|---|--|---|--|--|--|
| 附件 | 1-1 簡報  | 1-2 淹水模擬地圖  | 1-3 Padlet 介面  | 1-4 Padlet 未來明信片  | | |
| | 1-5 Padlet 淨零浴缸題目  | 1-6 回家作業影片  | 1-7 Padlet 回家作業  | | | |

第二節-機密任務：解鎖 CCUS 超級吸塵器

學習目標：

1. 能了解 CCUS (碳捕捉、利用與封存) 背後的科學原理以及實際例子，並能用自已的話解釋 CCUS 的運作流程。

教學方法：

教材：


1. [簡報\(附件2-1\)](#)：授課用。
2. [google form\(附件2-2\)](#)：特務認證數位評量檢核用。
3. [Padlet\(附件2-4\)](#)：放簡報以及表單用。
4. 魔鬼氈、樂高積木、海綿、保鮮膜：比喻碳捕捉、利用、封存用。

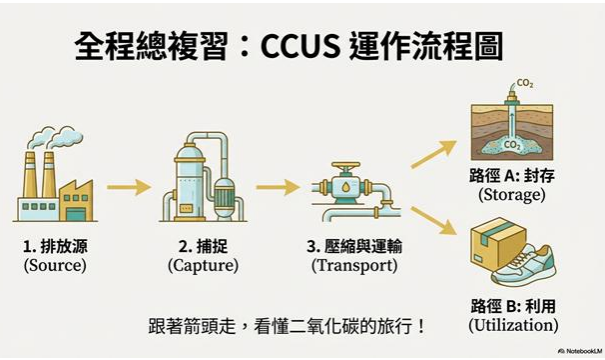
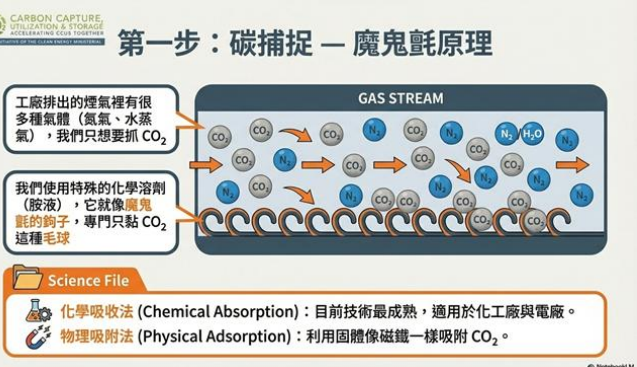
教法：直接教學法，以具體例子以及簡單的生活經驗來比喻抽象概念。

教學評量：

1. 口語評量：學生需能口頭回答正確的譬喻對應(如「胺液=魔鬼氈」)，以確認理解並修正迷思。
2. 數位評量：學生需完成 google form(附件2-2)「特務解謎」，正確回答 C-U-S 三階段機制與案例，並能以自已的話向家人簡單解釋 CCUS (如「超級吸塵器」)。

| | | | | |
|----------|------|----|----------|----------|
| 分組 方式 | 教學活動 | 時間 | 評量 方式 | 學習 目標 |
|----------|------|----|----------|----------|

| | | | | |
|----|--|----|--|--|
| 合班 | <p>一、引起動機【回顧：浴缸與吸塵器】</p> <p>連結上一堂並導入主題：回顧「地球浴缸」快滿了。所以要靠 CCUS 把水撈出來。今天我們要啟動一個祕密武器——地球的「超級吸塵器」，它不是吸灰塵，而是吸看不見的垃圾——二氧化碳。</p> <p>地球的「超級吸塵器」：CCUS 碳捕捉大作戰 為什麼天空需要大掃除？</p>  <p>我們的任務：了解如何把看不見的垃圾 (CO₂) 抓回來！ 關鍵字：CCUS (Carbon Capture, Utilization, and Storage)</p> | 2' | | |
|----|--|----|--|--|

| | | | | |
|----|---|-----|------|------------------------------------|
| 合班 | <p>二、發展活動1</p> <p>(一)【解密三部曲：C-U-S】</p> <p>全程總複習：CCUS 運作流程圖</p>  <p>跟著箭頭走，看懂二氧化碳的旅行！</p> <p>1. 捕捉 Capture</p> <p>(1)概念：氣體分離</p> <p>(2)關鍵比喻：「魔鬼氈」</p> <p>(3)老師：「工廠煙囪裡的氣體很雜，我們用一種特殊的胺液，它就像『魔鬼氈』一樣，只會黏住 CO₂，其他氣體黏不住就會飄走。」</p>  <p>2. 利用 Utilization</p> <p>(1)概念：資源回收。</p> <p>(2)關鍵比喻：「樂高積木」。</p> <p>(3)老師：「抓到的碳不要丟，它就像黑色的樂高積木。科學家把它拆開重組，變成汽水、燃料、生活用品或是蓋房子的水</p> | 15' | 口語評量 | 能了解 CCUS (碳捕捉、利用與封存) 背後的科學原理以及實際例子 |
|----|---|-----|------|------------------------------------|

泥(礦化)。」

3. 封存 Storage

- (1)概念：永久隔離。
- (2)關鍵比喻：「海綿與蓋子」。
- (3)老師：「用不完的碳，我們把它打入地底。地底下不是空洞，而是像『硬海綿』一樣的岩石(砂岩)。最重要的是上面要有一層『保鮮膜蓋子』(頁岩/不透水層)，它才不會跑出來。」

15'

(二) 【真實案例：誰在做這件事？】

- 1. 台灣：
 - (1)中鋼 (利用)：把煉鋼廢氣送給化工廠做原料 (鋼化聯產)。
 - (2)中油 (封存)：苗栗鐵砧山，利用廢棄油氣田 (證明這裡蓋子很緊，氣體存千萬年都沒漏)。
 - (3)(補充) 台泥：水泥廠捕碳養藻類。
- 2. 國際：
 - (1)挪威 (北極光計畫)：二氧化碳的計程車與海底監獄。收集歐洲的碳，埋到北海海底。
 - (2)日本:北海道苫小牧市進行大規模 CCS 實證試驗，達成累計注入 30 萬噸二氧化碳之目標
 - (3)加拿大(Boundary Dam)：第一個將燃煤電廠結合 CCS 的案例

三、發展活動2- 【特務認證：碳鎖行動】


合班

(一) 情境：每位學生以平板掃描 QR Code 進入 Google 表單。

10'

數位
評量：
遊戲
解謎
能了解
CCUS
原理

| | | | |
|--|---|----|-------|
| | <p>(二) 規則：表單設有三關，完成即可獲得「CCUS 特務證書」。</p> <p>(三) 檢核：老師查看後台數據，針對錯誤率高的題目立即訂正。</p> | 任務 | 流程並解釋 |
|--|---|----|-------|

| | | | | |
|----|---|----|--|--|
| 合班 | <p>四、綜合活動</p> <p>(一) 老師總結：「恭喜各位！我看後台數據，大部分同學都成功拿到了 CCUS 特務證書。現在你們已經知道」：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 捕捉是用『魔鬼氈』把氣體抓出來。 2. 利用是把碳變成『樂高』做產品。 3. 封存是找地底下的『海綿與蓋子』。」 | 3' | | |
| |  <p>「但是！特務們，紙上談兵是不夠的。你們剛剛在手機上按按鈕很簡單，但在現實生活中，要從冒煙的煙囪裡抓住隱形的氣體，真的有這麼容易嗎？」</p> <p>(二) 下堂課預告：碳鎖行動—碳捕捉實驗</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 畫面：投影出一摩托車排放廢氣的圖片 2. 老師：「下禮拜我們要來挑戰『碳捕捉任務』，利用科學的方法看看——活性碳能不能把混合氣體裡的 CO₂ 抓下來？」 3. 任務預告：「我們會實際製造混合氣體（模擬摩托車廢氣），然後挑戰你們能不能調配出正確的『化學魔鬼氈』（澄清石灰水/鹼性溶液），親眼看見氣體被『抓』下來的瞬間！」 | | | |

| 評量 標準 | <table border="1"> <thead> <tr> <th>評量項目</th> <th>優良</th> <th>基礎</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>口語評量 (課堂互動)</td> <td>經教師提問後，能立即且正確回答問題，甚至能舉一反三提出延伸疑問或補充說明</td> <td>需經教師提示或引導後，才能回答出正確答案，或僅能回答是非題</td> </tr> <tr> <td>數位評量 (Google Form)</td> <td>全數通過解謎關卡，且在總結題中能運用精確的譬喻（如吸塵器、樂高）流暢解釋 CCUS 原理</td> <td>通過大部分關卡，但在總結題的解釋上較為生硬，或僅能列舉專有名詞而無法轉化為口語</td> </tr> </tbody> </table> | 評量項目 | 優良 | 基礎 | 口語評量 (課堂互動) | 經教師提問後，能 立即且正確 回答問題，甚至能舉一反三提出延伸疑問或補充說明 | 需經教師 提示或引導 後，才能回答出正確答案，或僅能回答是非題 | 數位評量 (Google Form) | 全數通過 解謎關卡，且在總結題中能運用 精確的譬喻 （如吸塵器、樂高）流暢解釋 CCUS 原理 | 通過大部分關卡，但在總結題的解釋上較為 生硬 ，或僅能列舉專有名詞而無法轉化為口語 | | | |
|-----------------------|--|--|----|----|----------------|---|--|-----------------------|---|--|--|--|--|
| | 評量項目 | 優良 | 基礎 | | | | | | | | | | |
| 口語評量 (課堂互動) | 經教師提問後，能 立即且正確 回答問題，甚至能舉一反三提出延伸疑問或補充說明 | 需經教師 提示或引導 後，才能回答出正確答案，或僅能回答是非題 | | | | | | | | | | | |
| 數位評量 (Google Form) | 全數通過 解謎關卡，且在總結題中能運用 精確的譬喻 （如吸塵器、樂高）流暢解釋 CCUS 原理 | 通過大部分關卡，但在總結題的解釋上較為 生硬 ，或僅能列舉專有名詞而無法轉化為口語 | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | |
|----|------------|-----------------|--------------|--------------------|--|--|--|
| 附件 | 2-1 第二堂課簡報 | 2-2 google form | 2-3 數位評量表單問題 | 2-4 第二堂課 padlet 介面 | | | |
|----|------------|-----------------|--------------|--------------------|--|--|--|



第三節課 - 「碳」鎖行動：啟動你的碳捕捉任務

學習目標：

1. 能正確操作模擬實驗驗證碳捕捉現象
2. 透過觀察紀錄連結科學概念與原理

教學方法：

教材：

1. 實驗材料：
2個氣球、活性碳（顆粒或粉末）、咖啡渣、石灰水、粗吸管、導管、膠帶或管夾、塑料杯、橡皮筋 / 棉花
2. [簡報 \(附件3-1\)](#)：授課用
3. 平板（一組一台）：操作並填寫實驗學習單
4. [google form/實驗學習單\(附件3-2\)](#)：實驗觀察數位評量檢核用
5. [Padlet 介面\(附件3-3\)](#)：放簡報以及表單用堂課

教法：探究活動法：學生透過「提出問題 → 動手操作 → 觀察量測 → 比較分析 → 推論解釋 → 建立概念」的科學探究流程來理解碳捕捉原理，而非直接接受知識。

教學評量：

1. 口語評量：適時穿插問題提問檢核，確認學生是否跟上內容
2. Google form/實驗學習單：讓學生能正確操作實驗、觀察並紀錄實驗數據及原理

| 分組 方式 | 教學活動 | 時間 | 評量 方式 | 學習 目標 |
|----------|---|-----|---|---|
| 合班 | <p>一、引起動機：【回顧馴服 CO₂的三大法寶】</p> <p>(一) 提問：「你們覺得摩托車排放的廢氣裡面是什麼東西？只有水蒸氣嗎？還有其他氣體嗎？」</p> <p>(二) 說明：「CO₂是看不見摸不到的，那我們怎麼知道它存在？要怎麼抓？」→連結同學的舊經驗：澄清石灰水檢驗二氧化碳 $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$ 與 CCUS 碳捕捉」</p> <p>(三) 連結上一堂課並導入主題：「上堂課我們提到 CCUS 的三步驟：捕捉 → 利用 → 封存，也預告今天要做碳捕捉實驗。因為第一步抓不到 CO₂，後面兩步就無法進行，所以今天我們要驗證最關鍵的一關——從混合氣體中「抓住」CO₂」</p> | 5' | 口語 評量： 檢核 學生 是否 跟上 課程 | 透過 觀察 紀錄 連結 科學 概念 與原 理 |
| 異質 | <p>二、發展活動：碳捕捉實驗</p> <p>(一) 老師示範</p> | 10' | | |

分組：
1. 全班匿名投票選出具領導力同學為組長。
2. 組長可先挑選一位熟悉夥伴加入。
3. 其餘同學由教師依特質（實作／觀察／協調）分配補位。
目的：提升合作效率，避免自由分組造成排擠或同質化。

1. 展示材料：「氣球像**摩托車**，吸管像**排氣管**，**活性炭**是**捕捉陷阱**，石灰水是 CO_2 偵探。等一下我們要看看： CO_2 到底有沒有被抓住！」



2. 說明實驗安全須知：
 - (1) 石灰水為弱鹼性，不可入口、不可觸眼，操作後務必洗手。
 - (2) 活性炭與咖啡渣為粉末，避免吸入或拍打飛散。
 - (3) 吹氣僅對氣球進行，不對著石灰水或他人。
 - (4) 實驗器材不放入口中，操作時不奔跑。
 - (5) 實驗結束由教師指示回收與清潔。
3. 操作步驟：運用 POE (預測-觀察-解釋) 引導
 - (1) 第一階段：特務裝備組裝 (製作攔截排氣管)
組裝吸管排氣管，A 組填**咖啡渣**，B 組填**活性炭**，用以比較材料差異。



- (2) 第二階段：氣體收集 (模擬排氣量)
向兩個氣球吹入相同氣量，模擬廢氣來源並保持條件一致。



- (3) 第三階段：碳鎖行動啟動 (吸附測試)

在兩杯石灰水中分別接入**咖啡渣與活性碳**排氣管系統，並同步釋放氣球氣體。觀察通過不同材料後的氣體對石灰水濁化效果。



(3) 第四階段：數據解碼（現象觀察）

將氣體分別通入石灰水，計時1分鐘，觀察不同材料對濁化效果的影響。



(二) 小組活動

1. 說明小組分工：請小組依據個人特質，適當的分配工作。
 - (1) 共同任務：收集模擬氣體、架設吸附裝置、進行密封測試、同步觀察石灰水混濁情形並完成實驗學習單(附件3-2)。
 - (2) 各自任務分工：
 - 1) 資源官(2名)：領取實驗器材、確認器材完整
特質需求：行動力快、不誤領器材
 - 2) 紀錄攝影官(1名)：計時1分鐘、拍攝實驗組與對照組之觀察照片、完成實驗學習單/google form
特質需求：細心、耐心、擅長操作數位設備
 - 3) 整備總管(1名)：帶領收拾場地、回收材料、維持整潔。
特質需求：具組織能力、善於溝通
2. 教師巡視與提問：
 - (1) 「你看到哪一杯石灰水先變濁？那代表什麼？」
 - (2) 「如果變濁比較慢，代表什麼？」
 - (3) 「你覺得活性碳的作用可能是什麼？它為什麼讓石灰水變得比較不濁？」

20'

實驗學習單評量:讓學生能正確操作實驗、觀察並紀錄實驗數據及原理
能正確操作模擬實驗驗證碳捕捉現象

異質分組

三、綜合活動

(一) 捕捉 CO₂ 技術原理解說：

10'

實驗學習
透過觀察

同上

1. 吸附技術概念：

- (1) **孔洞結構差異**：活性炭是經高溫活化後形成大量微孔，可捕捉氣體分子。
- (2) **物理吸附機制**：利用表面與分子間的吸附作用，使 CO_2 附著於材料表面。
- (3) **比表面積影響**：活性炭具有極大的表面積，可提升吸附效率。



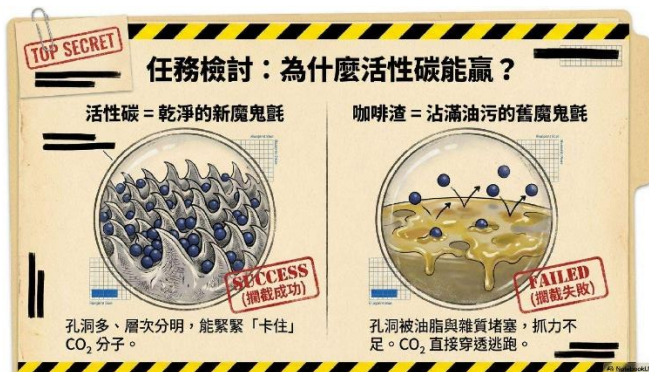
2. 關鍵比喻：

(1) 活性炭 = 乾淨的新魔鬼氈

- 1) 孔洞多、層次分明，能「卡住」 CO_2 分子。
- 2) 1公克展開後表面積接近一座籃球場，提供大量吸附位。

(2) 咖啡渣 = 沾滿油污的舊魔鬼氈

- 1) 孔洞被油脂與雜質堵塞，抓力不足。
- 2) CO_2 容易穿過，進入石灰水使其變濁。



3. 老師總結：「活性炭就是小小的捕碳神器！因經高溫活化後具有大量微孔與高比表面積，可以抓住 CO_2 ，所以石灰水比較清澈。這種做法其實工廠也在用，只是我們用迷你版來實驗」

4. 關鍵問題：「可是，如果所有工廠都安裝捕碳技術，就解決暖化了嗎？」

(二) 下堂課預告：

1. 畫面：呼應第一堂課的浴缸圖片，強調我們的淨零任務：「關小水龍頭 = 生活減碳」、「保護排水孔 = 自然碳捕捉」
2. 老師：「真正的淨零不只靠工廠捕碳，還包括減少生活排放、增加自然吸收。今天我們完成了 CCUS 的第一關「捕捉」，接下來要解鎖『生活與自然的減碳力』」。

單評量：讓學生能正確操作實驗、觀察並紀錄實驗數據及原理





紀錄連結科學概念與原理

3. 預告作業：下一堂課我們要設計自己的減碳行動方案。回家請先觀察並記錄一天中哪些行為會產生 CO₂，不需評價，只要如實紀錄，並上傳到 Padlet ([附件3-4](#))

(1)留言格式範例：**時間 — 行為 — 場景**
 例如：✓ 07:10 / 搭機車上學 / 交通
 ✓ 11:55 / 吃雞腿便當 / 飲食

4. 提醒：請同學先註冊[環境部淨零綠生活帳號](#)
 打開 Padlet 作業連結，進入淨零綠生活平台填寫資料並驗證完成註冊。

| 評量 規準 | 評量維度 | 優異 | 基礎 | 待加強 |
|----------|---------------------------|--|---|--------------------------------------|
| | 口語評量 | 能 精確解釋 石灰水濁度與 CO ₂ 濃度的關係，並活用「魔鬼氈」比喻 | 能在老師提問下， 正確辨識 哪一杯先變濁及其代表的意義 | 無法連結 實驗現象與氣體捕捉之間的邏輯關係 |
| | 實驗學習單/google form (實驗操作) | 嚴格遵守 安全須知，正確組裝吸附管並精準完成1分鐘計時觀察 | 能在角色分工下完成裝備組裝，並大致記錄觀察照片與數據 | 操作不當 (如吹向他人) 或未能依照 POE 步驟觀察紀錄 |
| | 實驗學習單/google form (科學原理解) | 能正確解釋「 吸附技術 」與「 活性碳孔洞結構 」的關係，並連結 CCUS 概念 | 知道活性碳效果較好，但 無法準確描述 「比表面積」或「 吸附 」等術語 | 無法解釋實驗現象，或對科學比喻 理解錯誤 。 |
| | 口語評量 | 能 精確解釋 石灰水濁度與 CO ₂ 濃度的關係，並活用「魔鬼氈」比喻 | 能在老師提問下， 正確辨識 哪一杯先變濁及其代表的意義 | 無法連結 實驗現象與氣體捕捉之間的邏輯關係 |

| 附件 | 3-1簡報 | 3-2 google form/實驗學習單 | 3-3 Padlet 第三堂課介面 | 3-4 Padlet 回家作業 |
|----|---|---|---|--|
| |  |  |  |  |

第四節課—成為永續特務：打造我的淨零行動方案

學習目標：

1. 量化碳排行為，能將日常行為轉換為碳排數據（碳足跡），理解不同行為的排放差異。
2. 能設計可行的「生活減排」或「自然碳捕捉」行動，推動淨零生活。
3. 展現環境永續責任，能以淨零綠生活網站呈現其行動方案，展現參與公共議題的責任感。

教學方法：

教材：


1. [簡報\(附件4-1\)](#)：授課用
2. [Padlet 介面\(附件4-2\)](#)：放簡報用授課
3. 平板（一人一台）：操作淨零綠生活網站
4. [淨零綠生活網站\(附件4-3\)](#)：
 - 1) [碳足跡計算器\(附件4-4\)](#)：量化碳排行為，碳排放概念具體化
 - 2) [綠生活任務 \(附件4-6\)](#)：完成每日減排任務，獲取綠積分
5. [淨零行動學習單\(附件4-5\)](#)：同學書寫規劃方案，並拍照上傳 padlet 繳交區

教法：**行動導向教學法**，透過個人碳排資料分析、行為覺察、自我評估與行動方案設計，引導學生從理解到行動，最終提出具可行性的永續生活方案。

教學評量：









1. 口語評量：檢核確認學生是否跟上內容
2. [學習單評量/Padlet 互動\(附件4-7\)](#)：規劃可行的行動方案，互相回饋並付諸行動
3. [我的綠生活總積分/Padlet 繳交\(附件4-8\)](#)：連結生活經驗，辨識減碳與碳捕捉行為，並培養自我管理

| 分組 方式 | 教學活動 | 時間 | 評量 方式 | 學習 目標 |
|----------|---|-----|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 合班 | 一、引起動機 連結上一堂課並導入主題： 「你昨天吃東西、搭車、洗澡、吹冷氣了嗎？這些生活行為就像一直打開水龍頭，不斷排放 CO ₂ 。工廠能用捕碳技術幫忙『開排水孔』，但森林、濕地等自然排水孔正在減少，而水龍頭卻越開越多。所以今天我們要思考：生活中怎麼關水龍頭？又怎麼幫地球多開排水孔？」 | 2' | 口語 評量： 確認 是否 跟上 內容 | 合班 |
| 合班 | 二、發展活動1：使用環境部「 淨零綠生活網站 」(附件4-3) (一) 碳足跡計算器 (附件4-4) ：回顧 Padlet 上週作業，記錄一週的行為觀察任務，將行為適當填入碳足跡計算器，讓個人碳排放變成可量化的數字 | 15' | | 量化 碳排 行為， 能將 日常 行為 |

| | | | |
|--|---|-----|---|
| |  <p>任務指令 Alpha：計算你的碳足跡</p> <ul style="list-style-type: none"> ☑ 掃描進入計算器 ☑ 輸入你的一週行為數據。 ☑ 提示：若不確定數值（如冷氣功率），請直接使用系統「預設值」。 <p>目標：將日常行為轉化為具體數字。 不知道敵人（碳排）的大小，就無法擊敗它。</p> <p>（二）教師提問：「當你看到自己的碳足跡數字時，有沒有哪一項是讓你覺得『哇，比我想像中多』的？你覺得，未來有沒有哪一個生活習慣，是你可以稍微調整看看的？」</p> | | 轉換為碳排數據(碳足跡)，理解不同行為的排放差異。 |
| 異質分組同下 | <p>三、發展活動2：發想個人淨零行動學習單（附件4-5）</p> <p>（一）規則：老師講解學習單內容應包含 What、Why、Where、When、Who、How（5W1H），讓學生知道「怎麼填」、「填什麼」</p> <p>（二）補充：個人在完成碳足跡計算後，系統會提供相對應的行為建議，協助學生找出具體且可行的減碳行動。學生以個人填寫為主，同時可與小組進行討論，彼此分享想法，共同完成「淨零行動」學習單。</p> <p>（三）提醒：學習單未完成可回家補寫並拍照上傳 Padlet(附件4-7)，全班可互相觀摩，評分依留言與按讚次數加分。</p> | 15' | 學習單評量：規劃可行的行動方案，互相回饋並付諸行動。能設計可行的「生活減排」或「自然碳捕捉」行動，推動淨零生活。 |
| 異質分組： 1. 全班匿名投票選出具領導力同學為組長。 2. 組長可先挑選一位熟悉夥伴加 | <p>四、綜合活動</p> <p>（一）回家作業：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 網站：環境部淨零綠生活—我的綠生活任務(附件4-6)、Padlet(附件4-8) 2. 任務：每日上傳淨零行為照片或影片至網站累積積分；一週後完成個人行動評量表，並提交總積分與按讚截圖，上傳 Padlet 供成果回顧與加分。 3. 目的：引導學生做出可帶回家的實際行動，而非停留口號。 <p>（二）教師總結：「今天我們不只了解減碳，也開始找到自己的角色。科學能幫助我們理解問題，但真正改變未來的是行動——從工廠技術到生活選擇，每個人都能成為淨零的一部分。」</p> <p>（三）回顧四堂課：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 教師提問： | 13' | 綠生活總積分：連結生活經驗，辨識減碳與碳捕捉行為，並培養自展現環境永續責任，能以淨零綠生活網站呈現其行動方案，展現 |

| | | | | | | |
|--|--|---|--------------------------------------|------------|---------------------------------|--------------------|
| <p>入。</p> <p>3. 其餘同學由教師依特質（實作／觀察／協調）分配補位。</p> <p>目的：提升合作效率，避免自由分組造成排擠或同質化。</p> | <p>1) 「我們用什麼比喻地球，水龍頭跟排水控各代表了甚麼？現在哪個控制不住？什麼科技技術解緩這個問題？」</p> <p>2) 「我們用三種小道具比喻 CCUS 流程，是哪三種？C、U、S 各代表甚麼？」</p> <p>3) 「第三堂課我們做了什麼實驗模擬？並且以魔鬼氈比喻說明咖啡渣與活性碳的吸附能力」</p> <p>4) 「今天我們介紹了什麼網站？可以計算碳足跡、記錄減排生活，並且有綠生活指引參考。你們還可以利用這個網站做什麼？」</p> <p>2. 學生擬答：以組間方式搶答</p> <p>1) 「水龍頭為排碳、排水孔為自然吸碳。水龍頭，人類排碳活動太多了。CCUS 碳捕捉技術。」</p> <p>2) 「魔鬼氈為碳捕捉（捕捉 C）、樂高積木為碳封存(封存 U)、海綿為(利用 S)」</p> <p>3) 「碳捕捉模擬實驗。活性碳像「乾淨的新魔鬼氈」，具有大量微孔且比表面積極大；而咖啡渣像「沾滿油污的舊魔鬼氈」，孔洞被油脂堵塞導致抓力不足，CO₂容易穿過進入石灰水。」</p> <p>4) 「環境部淨零綠生活。辨識綠色標章認證產品」</p> <p>3. 回顧總結：「這四堂課帶領我們完成了一場「碳」索特務行動。我們首先釐清了氣候變遷的危機感，認識到地球正處於碳收支失衡的狀態。接著，我們解構了 CCUS（捕捉、利用、封存）的科學概念，並透過活性碳實驗親眼見證了「固體吸附」的威力，理解到微觀的孔洞結構如何發揮巨大的減碳效能。最後，我們學習到科技是解方，但行動是關鍵。減緩暖化不只是科學家的任務，更是我們每個人的日常挑戰。從記錄自己的碳排行為開始，我們可以有意識地關小排碳水龍頭，結合科技與個人的永續行動，共同守護我們的地球！」</p> | | | | <p>我管理</p> | <p>參與公共議題的責任感。</p> |
| <p>評量標準</p> | <p>評量面向</p> | <p>優等</p> | <p>基礎</p> | <p>待加強</p> | <p>口語評量：適時穿插問題，檢核確認學生是否跟上內容</p> | <p></p> |
| <p>口語評量</p> | <p>融會貫通：能清楚回答 CCUS 流程、活性碳原理，並連結生活減碳責任</p> | <p>基本認知：能跟著小組回答關鍵字（如水龍頭＝排碳、CCUS＝捕捉利用封存）</p> | <p>概念混淆：無法回答基礎問題，不理解碳足跡或科技與生活的連結</p> | | | |
| <p>淨零行動方案學習單</p> | <p>具體且完整：清楚定義5W1H</p> | <p>完成填寫：能區分行為類別並提出基本行動構想</p> | <p>模糊或未完成：缺乏時間、頻率等細節，或僅停留在口號</p> | | | |

| | | | | | | | |
|--|-------------------|----------------------------------|--|----------------------------|--|--|--|
| | 淨零綠生活 網站綠積分 | 高積分 ：提交 高分並附完整 截圖 | 基本達標 ：完成 行動評量表 ，獲 得基礎積分 (10,000分) | 缺乏證據 ：未填 寫或無執行證明 | | | |
| | Padlet 平 台互動表現 | 高互動 ：貼貼 文獲得較多留 言與按讚 | 完成上傳： 有上傳學習單跟 綠積分照片 | 未參與互動： 未上傳或無互動 紀錄 | | | |

| | | | | | | | |
|----|--|--|--|---|--|--|--|
| 附件 | 4-1簡報 | 4-2第四堂 課 padlet 介面 | 4-3淨零綠 生活網站 | 4-4碳足跡 計算器 | | | |
| |  |  |  |  | | | |
| | 4-5淨零方 案學習單 | 4-6綠生活 任務 | 4-7學習單 Padlet | 4-8綠積分 Padlet | | | |
| |  |  |  |  | | | |

參考資料：

[什麼是淨零碳排？臺灣怎麼實現？國際作法一次看 - Greenpeace 綠色和平 | 臺灣](#)

[【北美智權報】淨零轉型重要推手：碳捕捉、再利用與封存 \(CCUS\) 技術](#)

[Climate Central | Land projected to be below annual flood level in 2050](#)

[CCS 在 Tomakomai 大型示範測試/Tomakomai 市公司地點指南](#)

[全球商轉中及在建的大型碳捕獲與封存\(CCS\)設施共有23座，以工業應用為主，碳捕獲能力每年約4,000萬噸-即時資訊-能源知識庫](#)

[日本經產省於北海道苫小牧市進行大規模 CCS 實證試驗，達成累計注入30萬噸二氧化碳之目標-即時資訊-能源知識庫](#)

實驗參考資料：

[CCUS 淨零碳排是什麼？減碳的探索之旅](#)

[化學教育的多元發展與應用：澄清石灰水快速備製方法與技術](#)

[活性碳去除二氧化碳](#)

[全國高級中等學校專業群科 113 年專題實作及創意競賽「創意組」作品說明書](#)