

氣候變遷與淨零排放素養

情境式題組

適用對象：高中職學生

更新日期：115年9月9日

題組主題目錄

綠色消費與氣候變遷	3
氣候變遷對都市的衝擊與調適	7
氣候變遷下錯亂的生態節奏	11
能源轉型的現況與挑戰	15
科技解方：打造韌性農業	19
附件：115年氣候變遷與淨零排放素養架構與內涵	23



綠色消費與氣候變遷



在今年6月份的「世界環境日」，立委與環團舉行記者會，呼籲我國政府正視食材背後的环境成本，尤其是碳排放。因為，食物與農業活動的碳排放佔了全球四分之一到三分之一，是氣候變遷的重大驅動因素。我國應參考國際作法儘速推動超市蔬果與餐廳菜單上標示「食物碳足跡」，讓消費者看見碳排放，鼓勵低碳飲食。

你目前在超市打工，負責整理「永續商品專區」。發現草莓商品貼有不同標章，來源、運輸方式與售價差異如下：

品項	產地	運送方式	友善耕作有機認證標章	碳足跡標籤	售價／盒
 A 款草莓	日本／熊本縣	空運	無	無	NT\$320
 B 款草莓	我國／苗栗縣	貨車	有	無	NT\$200
C 款草莓	韓國／忠清南道	船運	無	有	NT\$250

你開始好奇：消費選擇是否真的能影響氣候？你打算針對「食物里程」與「永續標章」做更多理解，並提出鼓勵綠色消費的建議。

Q1：你在超市打工整理永續商品區的產品時，有一位顧客來詢問你：「如果我想支持永續農業、又希望減少碳排放，哪一款草莓最值得買？」你參考了三款草莓的產地、標章與運輸方式後，會推薦哪一款？（單選題）

- (A) A 款草莓，因為運送方式採飛機運送節省時間能源
- (B) B 款草莓，因為運送方式採本地短程運輸，減少食物里程
- (C) C 款草莓，因為有碳足跡標籤，代表碳排放很低
- (D) A 款草莓，因為價格高代表品質好、污染低

Q2：C 款草莓貼有「碳足跡標籤」，這對消費者的意義為何？（單選題）

- (A) 代表該款草莓的生產過程幾乎不使用化學肥料
- (B) 代表該款草莓比其他未標示的草莓更環保
- (C) 標示該款草莓在生命週期內所產生的碳排放量
- (D) 表示該款草莓的生產過程中幾乎沒有產生碳排放

Q3：你在超市打工時，注意到許多顧客挑水果時只看價格和外觀，很少人會注意產地或標章。某天，店長請你協助設計一塊新的「永續水果推薦區」說明牌，希望能用簡單的方式告訴顧客：怎麼選水果，才能減少碳排放，以減緩氣候變遷。

為了完成這個任務，你開始整理一些可行的建議，希望這份說明牌能帮助大家做出兼顧環境與人類福祉的選擇。請問下列哪些行為符合這個目標？（複選題）

- (A) 選擇碳足跡標籤顯示排放量較低的商品
- (B) 留意產地標示，支持當季在地農產品
- (C) 經常購買進口水果
- (D) 避免空運商品，優先選擇貨車運送與船運
- (E) 即使有註記產地與標章，仍優先考量價格

Q4：你在超市打工時參與一場永續食品培訓課程，講師介紹「產品生命週期」的概念：一項產品從生產、加工、運輸、販售、消費到廢棄處理的整個過程。你回頭檢視超市販售的草莓，發現不只是運輸距離會影響碳足跡，還有其他階段也可能提高環境負擔。

請你列舉草莓從產地到消費的過程中，任兩個可能產生碳排放的環節或行為，並說明它們產生碳排放的原因或來源。（簡答題）

教師參考：題組解答／對應之十二年國教課綱／氣候變遷素養項目

題組主題
綠色消費與氣候變遷
題組解答及說明
Q1：(B)。 B 款草莓為我國苗栗生產，以貨車進行較短距離運輸，且具有友善耕作有機認證，相較於需空運的進口草莓，更符合兼顧永續農業與降低運輸碳排放的考量。 Q2：(C)。 碳足跡標籤是用來呈現產品在生命週期中所產生的溫室氣體排放量，並不代表產品「完全沒有碳排放」，也不能單憑是否有標籤就判定哪個商品一定比較環保。 Q3：(A)(B)(D)。 選擇碳排放較低、當季在地及避免高碳排運輸的商品，都有助於降低消費所造成的環境負荷。 Q4：可列舉例如「生產階段使用農業機具、肥料或溫室設備」、「冷藏與保存過程使用電力」、「運輸過程燃燒汽柴油或航空燃料」等，這些環節都可能產生溫室氣體排放。 科普知識： 食物的碳足跡取決於產品從生產、加工、包裝、運輸、販售、消費到廢棄處理的整個生命週期有關。例如農業生產可能使用肥料、農機與電力；冷藏與超市保存需要能源；不同運輸方式的碳排放也有差異，一般而言航空運輸的單位運輸碳排放通常較高。因此，在選購食品時，可以同時留意產地、季節、運輸方式、碳足跡資訊與永續標章，而不要只用「進口或國產」單一條件判斷商品是否環保。題組正是透過草莓商品比較，引導學生理解消費選擇、食物里程與產品生命週期之間的關係。
對應之十二年國教課綱
● 自然科學領域 ■ 核心素養 ◆ 自 S-U-B2：能從日常經驗、科技運用、社會中的科學相關議題、學習活動、自然環境、書刊及網路媒體中，適度運用有助於探究、問題解決及預測的資訊，進而能察覺問題或反思媒體報導中與科學相關的內容，以培養求真求實的精神。 ◆ 自 S-U-C1：培養主動關心自然相關議題的社會責任感與公民意識，並建立關懷自然生態與人類永續發展的自我意識。 ◆ 自 S-U-C3：能主動關心全球環境議題，同時體認維護地球環境是地球公民的責任，透過個人實踐，建立多元價值的世界觀。 ■ 學習表現 ◆ po-Vc-1：能從日常經驗、科技運用、社會中的科學相關議題、學習活動、自然環境、書刊及網路媒體中，汲取資訊並進行有計畫、有條理的多方觀察，進而能察覺問題。 ■ 學習內容 ➤ 化學 ◆ CMe-Vc-2：全球暖化的成因、影響及因應方法。 ◆ CNa-Vc-2：將永續發展的理念應用於生活中。 ➤ 地球科學 ◆ ENa-Va-5：面對永續發展的問題，可以用社會、經濟及環境等三個面向來共同討論與均衡發展。 ● 社會領域

■ 核心素養 ◆ 社-U-C1：具備對道德、人權、環境與公共議題的思考與對話素養，健全良好品德、提升公民意識，主動參與環境保育與社會公共事務。 ■ 學習表現 ➤ 地理 ◆ 地1c-V-2：思辨各種社會及環境議題，並能進行整合評價。 ◆ 地2c-V-2：珍視不同空間尺度的環境永續價值，並願意付諸行動保護。 ■ 學習內容 ➤ 地理 ◆ 地 Cd-V-2：永續發展的省思。 ➤ 公民與社會 ◆ 公 Dd-V-3：全球永續發展的理念有哪些？全球化及永續發展之間有什麼緊張關係？個人與國家如何面對這些挑戰？ ● 綜合活動領域 ■ 核心素養 ◆ 綜 S-U-C1：具備道德思辨與應用的能力，積極關注公共議題並參與社會服務活動，主動關懷自然生態倫理與永續發展議題。 ■ 學習表現 ➤ 家政 ◆ 創1a-V-2：剖析飲食消費與環境資源的關係，探索友善環境的料理方式和食材挑選要點。 ■ 學習內容 ➤ 家政 ◆ 家 Aa-V-3：綠色飲食與糧食永續。 ◆ 家 Ca-V-3：消費者行為與文化。	對應之氣候變遷素養項目
● 知識構面 ◆ 1-2-2：了解人類活動與氣候變遷風險之間的關聯 ◆ 1-2-3：了解氣候變遷的跨領域與多元特性 ◆ 1-3-1：了解氣候變遷減緩與調適策略的相關知識	



氣候變遷對都市的衝擊與調適



小芸和小凱正在準備科學探索社的報告，討論近年來的氣候變遷與可能對都市的衝擊和調適措施。

小芸：「我看新聞說，全球平均地表溫度已經比工業化前上升約 1.5°C ，意味著《巴黎協定》的目標很有可能無法達成。」

小凱：「是啊，國家科學及技術委員會的氣候變遷報告也分析，在1991到2020年我國各縣市的極端高溫事件天數，相較於1960到1989年，足足達到3倍以上，尤其在中部地區更為明顯。」

小芸：「而且2024年全球大氣中平均二氧化碳濃度已經突破422 ppm，相較於工業革命前才約280 ppm，增加速度真的非常快，好驚人！」

小凱：「老師說如果全球升溫接近或超過 1.5°C ，我們除了要立即行動以減緩氣候變遷之外，也要對氣候變遷帶來的衝擊採取調適措施。」

這時，社團老師從小芸和小凱身後走來，告訴二人他剛好聽到他們的討論過程，於是就來考考二人一些問題，看看小芸和小凱有沒有充分了解這些內容。

Q1：老師首先詢問，要是全球未能達成《巴黎協定》的目標，最有可能會發生以下什麼事情呢？（單選題）

- (A) 若全球溫度超過 1.5°C ，所有國家都會立刻遭受同等程度的災害
- (B) 發生熱浪、暴雨與乾旱等極端天氣事件的頻率與強度會提高
- (C) 大氣系統會迅速被打亂，並在短期內恢復至工業化前的情形
- (D) 全球的海平面下降，使人類的生活範圍擴大

Q2：小芸及小凱優秀地回答老師的問題，於是老師接著詢問第二道題目：全球大氣中平均二氧化碳濃度從280ppm快速上升至422ppm，這和氣候變遷有什麼關聯？（單選題）

- (A) 二氧化碳能夠從地表吸收及釋放紅外線輻射，促使大氣溫度愈來愈高
- (B) 二氧化碳會與空氣中的氧氣反應，造成嚴重的空氣汙染
- (C) 二氧化碳會使臭氧層破壞，導致氣候異常
- (D) 二氧化碳會造成空氣中的水分減少，加劇熱浪及乾旱事件

Q3：氣候變遷調適是指針對已發生或不可避免的氣候影響所採取的應對。以下哪些屬於氣候變遷調適的措施？（複選題）

- (A) 增加都市中的遮蔭處
- (B) 設置社區冷卻中心與高溫警示系統
- (C) 推動再生能源
- (D) 為家裡或是班上進行碳盤查
- (E) 強化水資源的使用技術

Q4：如果未來每年發生極端高溫事件的天數愈來愈多，對都市居民會產生什麼風險？請列舉兩項具體的風險並提出你能做到的調適措施。(簡答題)

教師參考：題組解答／對應之十二年國教課綱／氣候變遷素養項目

題組主題
氣候變遷對都市的衝擊與調適
題組解答及說明
Q1：(B)。 全球升溫超過1.5°C，會提高熱浪、暴雨及乾旱等極端天氣發生的機率或強度，但各地受影響程度不會完全相同。氣候系統也不會在短期內恢復至工業化前，海平面更不會因此下降。 Q2：(A)。 二氧化碳會吸收地表向外放出的紅外線輻射，再將部分能量釋放回大氣與地表，使熱量較不易散失，進而加強溫室效應。二氧化碳濃度上升與臭氧層破壞、氧氣反應或空氣水分減少並無直接關係。 Q3：(A)(B)(E)。 遮蔭、冷卻中心、高溫警示及水資源技術，可以降低居民對高溫、缺水等氣候衝擊的暴露或脆弱度，因此屬於調適措施。再生能源和碳盤查主要用來掌握或減少溫室氣體排放，屬於氣候變遷減緩措施。 Q4：參考解答一：「極端高溫可能使居民出現脫水、熱衰竭或中暑。調適方式為留意高溫警示，避開中午炎熱時段外出，並適時補充水分、前往有遮蔭或降溫設施的場所。」；參考解答二：「極端高溫期間冷氣使用量增加，可能使供電負荷升高。調適方式為利用窗簾、遮陽及通風降低室溫，合理使用冷氣，並事先準備照明設備、行動電源及了解鄰近冷卻中心的位置」 科普知識： 都市人口、建築與不透水鋪面密集，綠地較少，加上交通、空調等活動排放熱量，容易形成「都市熱島效應」。在氣候變遷下，極端高溫可能變得更頻繁或持續更久，進一步影響健康、供電、用水與交通。因應時需要同時推動「減緩」與「調適」：減緩著重減少溫室氣體排放，調適則透過增加樹木與遮蔭、裝置冷卻設備、改善建築隔熱、建立高溫預警及強化水資源管理，降低已發生或未來可能發生的氣候風險。
對應之十二年國教課綱
● 自然科學領域 ■ 核心素養 ◆ 自 S-U-B2：能從日常經驗、科技運用、社會中的科學相關議題、學習活動、自然環境、書刊及網路媒體中，適度運用有助於探究、問題解決及預測的資訊，進而能察覺問題或反思媒體報導中與科學相關的內容，以培養求真求實的精神。 ◆ 自 S-U-C1：培養主動關心自然相關議題的社會責任感與公民意識，並建立關懷自然生態與人類永續發展的自我意識。 ◆ 自 S-U-C3：能主動關心全球環境議題，同時體認維護地球環境是地球公民的責任，透過個人實踐，建立多元價值的世界觀。 ■ 學習表現 ◆ po-Vc-1：能從日常經驗、科技運用、社會中的科學相關議題、學習活動、自然環境、書刊及網路媒體中，汲取資訊並進行有計畫、有條理的多方觀察，進而能察覺問題。 ■ 學習內容 ➤ 化學 ◆ CMe-Vc-2：全球暖化的成因、影響及因應方法。 ◆ CNa-Vc-2：將永續發展的理念應用於生活中。 ➤ 地球科學 ◆ ENb-Vc-3：過去主導地球長期的自然氣候變化的原理並無法完全用來解釋近幾十年來快

速的氣候變遷情形。根據目前科學證據了解人類活動是主要因素。

- ◆ ENb-Vc-4：因應氣候變遷的調適有許多面向與方法。
- ◆ ENb-Va-4：人類對地球環境變遷的因應與調適有可能避免災害發生。

● 社會領域

■ 核心素養

- ◆ 社-U-A2：對人類生活相關議題，具備探索、思考、推理、分析、批判、統整與後設思考的素養，並能提出解決各種問題的可能策略。
- ◆ 社-U-C1：具備對道德、人權、環境與公共議題的思考與對話素養，健全良好品德、提升公民意識，主動參與環境保育與社會公共事務。

■ 學習表現

➤ 地理

- ◆ 地1c-V-2：思辨各種社會及環境議題，並能進行整合評價。
- ◆ 地2a-V-1：敏銳察覺社會及環境變遷的內涵。
- ◆ 地2c-V-2：珍視不同空間尺度的環境永續價值，並願意付諸行動保護。

➤ 公民與社會

- ◆ 公3d-V-1：規劃具有公共性或利他性的行動方案並評估其影響。

■ 學習內容

➤ 地理

- ◆ 地 Ba-V-5：問題探究：氣候、水資源與人類生活。

➤ 公民與社會

- ◆ 公 Dd-V-3：全球永續發展的理念有哪些？全球化及永續發展之間有什麼緊張關係？個人與國家如何面對這些挑戰？

● 健康與體育領域

■ 核心素養

- ◆ 健體-U-C1：具備體育與健康的道德課題與公共議題之思考及對話素養，培養相關的公民意識與社會責任，主動參與有關的環保與社會公益活動。

■ 學習表現

- ◆ 1a-V-3：推論內在與外在的行為對健康造成的衝擊與風險。
- ◆ 1b-V-3：評估生活情境的健康需求，尋求有效因應的健康技能和生活技能。
- ◆ 2a-V-1：主動關切與本土、國際等因素有關之健康、公共衛生議題。
- ◆ 3b-V-4：因應於不同的健康情境，有效運用各種的生活技能，發展出個人及群體的健康生活模式。

■ 學習內容

- ◆ Ca-V-1：健康的生活方式與環境永續之營造。

對應之氣候變遷素養項目

● 知識構面

- ◆ 1-1-1：對氣候變遷概念的基本理解
- ◆ 1-1-2：了解氣候變遷的基本科學原理
- ◆ 1-1-3：了解氣候變遷發生的原因
- ◆ 1-2-2：了解人類活動與氣候變遷風險之間的關聯
- ◆ 1-2-3：了解氣候變遷的跨領域與多元特性
- ◆ 1-3-1：了解氣候變遷減緩與調適策略的相關知識
- ◆ 1-3-2：了解國內氣候變遷減緩與調適策略的最新趨勢

● 情意構面

- ◆ 2-3-1：認為自己的作為對因應氣候變遷至為重要

● 行為構面

- ◆ 3-2-3：個人採取氣候調適行為



氣候變遷下錯亂的生態節奏



阿杰加入學校的「自然探索社」社團，這是一個成立超過40年的社團。每年春天，社團成員都會到學校附近的永境山進行生態調查。永境山有豐富的低海拔森林生態，春天時大量蝴蝶出沒，每年都吸引許多遊客前來賞蝶。

結束今年在永境山的生態調查後，阿杰便開始整理調查資料，並且拿出往年的資料查看。他發現這兩年蝴蝶出現的高峰期，相較於30至40年前的高峰期，明顯提早3至4個星期。然而，同一時間這些蝴蝶喜歡的蜜源植物卻幾乎還未開花，無法吸引蝴蝶前來採蜜。

社長聽了阿杰的觀察結果，告訴他：「這類物種出現的時序改變，很可能是受到氣候變遷的影響。聯合國的氣候變遷組織 IPCC 指出，氣候變遷會改變物種分布與繁殖時間，造成生態系不穩定。若原本具有密切共生關係的動植物（例如蝴蝶和蜜源植物）出現的時序漸漸變得不同步，將會影響整個生態系的健康。」

Q1：阿杰和社長一起將這項發現和老師討論，老師卻說目前還不能確定蝴蝶出現的高峰期和氣候變遷有關，必須還要蒐集一些資料才行。請問老師所指的「資料」最有可能包含下列何者？（單選題）

- (A) 永境山遊客在不同季節拍攝蝴蝶的照片
- (B) 永境山在過去30至40年間春天的氣溫數據
- (C) 永境山的土地面積與地質年代
- (D) 永境山在過去30至40年間松鼠的數量變化

Q2：IPCC 指出「物種出現的時序改變，將會影響整個生態系的健康」，以永境山的蝴蝶與蜜源植物為例，最可能發生哪種情形？（單選題）

- (A) 植物將更容易缺水枯萎；蝴蝶將更容易無法飛行
- (B) 植物將更容易被踩踏；蝴蝶將更容易被捕捉
- (C) 植物更容易無法順利授粉；蝴蝶幼蟲更容易無法生長
- (D) 植物更容易無法照到充足陽光；蝴蝶幼蟲更容易大量出沒

Q3：下列哪些是氣候變遷對生物多樣性造成的衝擊？（複選題）

- (A) 所有物種的分布都會往更高海拔的地區移動
- (B) 植物無法藉由動物媒介順利繁殖
- (C) 極端天氣事件（如乾旱、暴雨、熱浪）頻率增加，導致物種的族群波動加劇
- (D) 所有物種都將面臨滅絕的危機
- (E) 外來種大量擴張到新地區，對本地物種造成壓力

Q4：老師藉由這次的觀察，進一步請阿杰好好思考：氣候變遷對生物多樣性的影響，是否會直接或間接對人類造成衝擊？

請你也表達你的立場，並以2個例子說明你的看法，包含原因和影響。(簡答題)

教師參考：題組解答／對應之十二年國教課綱／氣候變遷素養項目

題組主題
氣候變遷下錯亂的生態節奏
題組解答及說明
Q1：(B)。 要判斷蝴蝶提早出現是否與氣候變遷有關，應比較相同地區、季節與期間的長期氣候資料（如氣溫、雨量）。遊客照片缺乏一致的紀錄標準，地質年代及松鼠數量也無法直接解釋蝴蝶活動時間的改變。 Q2：(C)。 蝴蝶與植物的活動時間若不同步，植物可能錯過授粉機會，蝴蝶也可能因食物不足而影響存活與繁殖。其他選項所述的缺水、踩踏或日照問題，都無法直接說明物種時序不同步的影響。 Q3：(B)(C)(E)。 氣候變遷可能造成授粉關係失衡、加劇極端天氣對物種族群的衝擊，也可能使外來種擴張並排擠本地物種。(A)與(D)使用「所有物種」的絕對說法，但各物種的反應及滅絕風險並不相同。 Q4：參考解答：「我認為氣候變遷對生物多樣性的影響會直接或間接衝擊人類。例如：授粉功能下降，植物開花與昆蟲活動時間不同步，可能降低農作物授粉率，使產量減少，進而影響糧食供應與價格；外來種或病蟲害擴張，氣溫升高可能使部分外來種及病蟲害進入原本不適合生存的地區，排擠本土物種或危害農作物，增加生態保育及農業防治成本。」 科普知識： 生物每年開花、繁殖、遷徙或冬眠的時間規律，稱為「物候」。氣候變遷可能使不同物種以不同速度調整活動時間，造成原本互相依存的物種不同步，稱為「物候錯配」。例如蝴蝶提早出現，但蜜源植物尚未開花，蝴蝶會缺少食物，植物也可能失去授粉機會。長期下來，這類變化可能影響物種繁殖、族群數量及食物網，進而削弱授粉、糧食供應、水土保持等人類仰賴的生態系服務。判斷變化是否與氣候變遷有關，仍須蒐集多年氣溫、降雨及生物活動資料，並排除土地利用、農藥或棲地破壞等其他因素。
對應之十二年國教課綱
● 自然科學領域 ■ 核心素養 ◆ 自 S-U-B2：能從日常經驗、科技運用、社會中的科學相關議題、學習活動、自然環境、書刊及網路媒體中，適度運用有助於探究、問題解決及預測的資訊，進而能察覺問題或反思媒體報導中與科學相關的內容，以培養求真求實的精神。 ◆ 自 S-U-C1：培養主動關心自然相關議題的社會責任感與公民意識，並建立關懷自然生態與人類永續發展的自我意識。 ◆ 自 S-U-C3：能主動關心全球環境議題，同時體認維護地球環境是地球公民的責任，透過個人實踐，建立多元價值的世界觀。 ■ 學習表現 ◆ po-Vc-1：能從日常經驗、科技運用、社會中的科學相關議題、學習活動、自然環境、書刊及網路媒體中，汲取資訊並進行有計畫、有條理的多方觀察，進而能察覺問題。 ■ 學習內容 ➢ 化學 ◆ CMe-Vc-2：全球暖化的成因、影響及因應方法。 ➢ 生物 ◆ BLb-Va-4：生態系中的非生物因子與生物因子、能量流轉及元素循環。 ➢ 地球科學

- ◆ ENa-Vc-3：認識地球環境有助於經濟、生態、文化及政策四個面向的永續發展。
- ◆ ENb-Vc-1：氣候變化有多重時間尺度的特性。

● 社會領域

■ 核心素養

- ◆ 社-U-A2：對人類生活相關議題，具備探索、思考、推理、分析、批判、統整與後設思考的素養，並能提出解決各種問題的可能策略。
- ◆ 社-U-C1：具備對道德、人權、環境與公共議題的思考與對話素養，健全良好品德、提升公民意識，主動參與環境保育與社會公共事務。

■ 學習表現

➤ 地理

- ◆ 地1c-V-2：思辨各種社會及環境議題，並能進行整合評價。
- ◆ 地2a-V-1：敏銳察覺社會及環境變遷的內涵。
- ◆ 地2c-V-2：珍視不同空間尺度的環境永續價值，並願意付諸行動保護。

➤ 公民與社會

- ◆ 公3d-V-1：規劃具有公共性或利他性的行動方案並評估其影響。

■ 學習內容

➤ 地理

- ◆ 地 Cd-V-2：永續發展的省思。

➤ 公民與社會

- ◆ 公 Dd-V-3：全球永續發展的理念有哪些？全球化及永續發展之間有什麼緊張關係？個人與國家如何面對這些挑戰？

對應之氣候變遷素養項目

● 知識構面

- ◆ 1-1-1：對氣候變遷概念的基本理解
- ◆ 1-1-4：了解目前氣候變遷的狀態與未來可能變化
- ◆ 1-2-2：了解人類活動與氣候變遷風險之間的關聯
- ◆ 1-2-3：了解氣候變遷的跨領域與多元特性
- ◆ 1-3-4：了解氣候變遷可能帶來的機會與挑戰

● 情意構面

- ◆ 2-1-3：能體察環境因氣候變遷而產生的變化
- ◆ 2-2-5：認同因應氣候變遷的措施會影響生活



能源轉型的現況與挑戰



小袁上地科課時，老師正在講述氣候變遷對人類社會的影響，以及為了降低影響可以採取的行動，但她只記得聽到「能源轉型」這四個字就打起瞌睡，再張開眼睛就來到一片瀰漫著濃霧的草原，狂風隨時都可以把她吹走，映入眼簾是看不到的盡頭……。她大聲呼喊「哈囉！這裡有沒有人？」，此時天空傳來聲音「歡迎來到瞌睡國，由於妳上課累積的打瞌睡時數過多，需要進行測驗，檢視打瞌睡是否影響到妳的學習狀況，若發現狀況不佳，我們會把妳留在教室繼續考試，直到妳能通過測驗。」

小袁還沒來得及回答，就被丟到一間教室裡……。

Q1：黑板上出現了第一題：以下何者「不是」能源轉型所帶來的潛在效益？（單選題）

- (A) 創造新的工作機會
- (B) 協助控制全球氣溫上升的速度
- (C) 降低地緣政治風險的影響程度
- (D) 根據個人努力程度分配能源資源

Q2：小袁突然有了疑惑，推動我國能源轉型的主要原因是什麼？（單選題）

- (A) 為了立刻降低我國發電成本
- (B) 加強國際觀光發展並吸引外資企業投資
- (C) 減少碳排放，並建立多元穩定的能源供應方式
- (D) 發展高階產業並全面停止化石燃料進口

Q3：小袁還沒回過神，板擦又自動把黑板的字擦掉，粉筆刷刷刷的寫下新的題目：隨著再生能源（如太陽能、風力）的比例增加，電網的穩定性也面臨挑戰。請問在推動源轉型時，常遇到哪些挑戰？（複選題）

- (A) 大規模再生能源建設常伴隨土地使用或生態衝突
- (B) 再生能源發電量受天氣與日夜變化影響
- (C) 現有電網與儲能系統需升級
- (D) 再生能源會自動使溫室氣體排放增加
- (E) 初期投資高、技術轉型與資金籌措不容易

Q4：天上又傳來聲音，跟小袁說明：「氣候變遷有兩大應對策略，包含減少導致全球暖化的溫室氣體排放量，或是增加溫室氣體的移除量的『減緩』，以及應對已經發生或預期會發生的氣候變遷影響的『調適』，請你好好想一想跟能源轉型之間的關聯吧！」請舉例說明「能源轉型」為什麼對氣候變遷調適與減緩都很重要？（簡答題）

教師參考：題組解答／對應之十二年國教課綱／氣候變遷素養項目

題組主題
能源轉型的現況與挑戰
題組解答及說明
Q1：(D)。 能源轉型可發展綠能產業與就業、減少溫室氣體排放，也能降低對進口化石燃料的依賴與地緣政治風險。「依個人努力程度分配能源」與能源轉型的效益無關，也不符合公平分配原則。 Q2：(C)。 我國推動能源轉型，主要是以低碳能源逐步取代高碳能源，減少溫室氣體排放，並建立更多元、穩定的能源供應。能源轉型不一定能立即降低發電成本，也不代表可以馬上停止所有化石燃料進口。 Q3：(A)(B)(C)(E)。 太陽能與風力發電會受天氣、季節及日夜影響，因此需要升級電網、發展儲能與調度技術。同時，大型設施設置可能涉及土地、生態、資金及社會溝通等問題。再生能源雖然製造設備時仍會產生碳排放，但生命週期排放通常低於化石燃料，並不會自動增加溫室氣體排放。 Q4：參考解答：「能源轉型有助於氣候變遷的減緩與調適。在減緩方面，以再生能源取代燃煤或燃氣發電，並提升能源效率，可以減少溫室氣體排放。在調適方面，發展分散式再生能源、儲能、微電網及智慧電網，可在熱浪、颱風等極端天氣造成電力系統受損時，提升供電穩定性與復原能力。」 科普知識： 能源轉型不只是增加太陽能或風力發電，也包括提升能源效率、推動運具與設備電氣化、強化電網、建置儲能及改善用電管理。由於再生能源發電量會隨天氣變化，需要透過不同能源搭配、跨區電網、儲能及需求調度來維持供電穩定。推動過程也要評估土地利用、生態影響、建設成本及弱勢群體負擔，才能兼顧減碳、能源安全與轉型公平。
對應之十二年國教課綱
● 自然科學領域 ■ 核心素養 ◆ 自 S-U-B2：能從日常經驗、科技運用、社會中的科學相關議題、學習活動、自然環境、書刊及網路媒體中，適度運用有助於探究、問題解決及預測的資訊，進而能察覺問題或反思媒體報導中與科學相關的內容，以培養求真求實的精神。 ◆ 自 S-U-C1：培養主動關心自然相關議題的社會責任感與公民意識，並建立關懷自然生態與人類永續發展的自我意識。 ◆ 自 S-U-C3：能主動關心全球環境議題，同時體認維護地球環境是地球公民的責任，透過個人實踐，建立多元價值的世界觀。 ■ 學習表現 ◆ po-Vc-1：能從日常經驗、科技運用、社會中的科學相關議題、學習活動、自然環境、書刊及網路媒體中，汲取資訊並進行有計畫、有條理的多方觀察，進而能察覺問題。 ■ 學習內容 ➤ 化學 ◆ CMe-Vc-2：全球暖化的成因、影響及因應方法。 ◆ CNa-Vc-2：將永續發展的理念應用於生活中。 ◆ CNc-Vc-1：新興能源與替代能源在臺灣的發展現況。 ◆ CNc-Va-1：新興能源與替代能源在臺灣發展之可能性與限制。 ➤ 地球科學

- ◆ ENa-Va-3：化石燃料是目前用途最廣且最重要的能源，但地球蘊藏量有限，且有破壞全球碳循環平衡的問題。
- ◆ ENa-Va-4：新興能源的開發，有機會解決當代能源問題。
- ◆ ENa-Va-5：面對永續發展的問題，可以用社會、經濟及環境等三個面向來共同討論與均衡發展。

● 社會領域

■ 核心素養

- ◆ 社-U-A2：對人類生活相關議題，具備探索、思考、推理、分析、批判、統整與後設思考的素養，並能提出解決各種問題的可能策略。
- ◆ 社-U-C1：具備對道德、人權、環境與公共議題的思考與對話素養，健全良好品德、提升公民意識，主動參與環境保育與社會公共事務。

■ 學習表現

➤ 地理

- ◆ 地1c-V-2：思辨各種社會及環境議題，並能進行整合評價。
- ◆ 地2a-V-1：敏銳察覺社會及環境變遷的內涵。
- ◆ 地2c-V-2：珍視不同空間尺度的環境永續價值，並願意付諸行動保護。

➤ 公民與社會

- ◆ 公3d-V-1：規劃具有公共性或利他性的行動方案並評估其影響。

■ 學習內容

➤ 地理

- ◆ 地1b-V-1：化石能源的開發利用和人類活動有何關係？
- ◆ 地1b-V-2：替代能源是否可以取代化石能源的主要地位？

➤ 公民與社會

- ◆ 公Cg-V-2：政府如何解決外部成本的問題？
- ◆ 公Dd-V-3：全球永續發展的理念有哪些？全球化及永續發展之間有什麼緊張關係？個人與國家如何面對這些挑戰？

● 科技領域

■ 核心素養

- ◆ 科S-U-B2：理解科技與資訊的原理及發展趨勢，整合運用科技、資訊及媒體，並能分析思辨人與科技、社會、環境的關係。
- ◆ 科S-U-C1：具備科技與人文議題的思辨與反省能力，並能主動關注科技發展衍生之社會議題與倫理責任。

■ 學習表現

➤ 生活科技

- ◆ 設k-V-3：能分析、思辨與批判人與科技、社會、環境之間的關係。
- ◆ 設a-V-2：能從關懷自然生態與社會人文的角度，思考科技的選用及永續發展議題。

對應之氣候變遷素養項目

● 知識構面

- ◆ 1-1-3：了解氣候變遷發生的原因
- ◆ 1-3-1：了解氣候變遷減緩與調適策略的相關知識
- ◆ 1-3-2：了解國內氣候變遷減緩與調適策略的最新趨勢
- ◆ 1-3-4：了解氣候變遷可能帶來的機會與挑戰

● 情意構面

- ◆ 2-2-5：認同因應氣候變遷的措施會影響生活



科技解方：打造韌性農業



小敏班上到雲林參訪一處「智慧農場」。農場的老闆告訴同學們：「我們的農場不像傳統的農業必須完完全全『靠天吃飯』。因為現在全球已經進入氣候緊急狀態，所以我們透過智慧農業來因應。所謂智慧農業，是指運用感測、數據分析和自動化等科技，來改善農業的管理方式與效率，例如採用滴灌技術、種植耐熱品種的作物、運用更精準的感測技術將農地細分成不同的管理區域等等。」

小敏不禁嘖嘖稱奇。農場老闆又補充：「根據聯合國糧農組織(FAO)的報告，全球農業正面臨氣候變遷挑戰，水稻、小麥、玉米等主要糧食的生產受到威脅。如果我們不儘快調適農業系統，未來的糧食安全將會面臨很大危機。」

聽完之後，小敏和同學們開始思考：氣候變遷到底會如何影響農業？而智慧農業措施又能在調適上帶來什麼幫助呢？

Q1：農場老闆帶著小敏及同學們近距離觀看滴灌管，並且介紹：「近年來的降雨變得愈來愈不穩定，對農業影響很大，所以我們引進滴灌技術來應對。」請問以下哪項最能說明滴灌技術在因應氣候變遷的優勢？（單選題）

- (A) 把整片田的表面都濕透，讓蒸發變多
- (B) 滴灌能讓土壤自動生成地下水
- (C) 把水直接送到根部，減少地表蒸散與輸水浪費
- (D) 快速讓整株植物表面灑滿水珠，幫助植物降溫

Q2：小敏走到農場的田埂上，看著一串串金黃色的稻穗，突然想起剛才農場老闆有說這是耐熱品種的水稻。請問以下何者最可能是種植耐熱品種的水稻的原因？（單選題）

- (A) 氣溫愈高，此品種水稻的稻穗就愈鮮艷，能吸引遊客購買
- (B) 即使冬天變得愈來愈冷，此品種水稻自身的溫度較高，因此不會受到影響
- (C) 此品種水稻幾乎不需要任何人為照顧，從播種到採收都相當輕鬆
- (D) 極端高溫事件增加，此品種水稻比較能適應環境，收成與品質穩定

Q3：小敏查詢環境部的資料，看到我國年平均氣溫在過去110年間已經上升約1.6°C。請問這樣長期的升溫趨勢，會對農業造成哪些危機？（複選題）

- (A) 農作物的品質與產量下降
- (B) 病蟲害愈來愈難以防治
- (C) 糧食供給與價格更不穩定
- (D) 溫室內的環境條件設定會完全失控
- (E) 農作物的日照量會大幅減少

Q4：如果你也想經營一座智慧農場，面對氣候變遷帶來的風險，除了文中所提的滴灌技術與耐熱作物，你還有想到哪些方法來因應氣候變遷呢？請提出兩項應對措施並說明理由。（簡答題）

教師參考：題組解答／對應之十二年國教課綱／氣候變遷素養項目

題組主題
科技解方：打造韌性農業
題組解答及說明
Q1：(C)。 滴灌將水緩慢輸送到作物根部，可減少輸水過程及土壤表面的蒸發損失，在降雨不穩或缺水時提高用水效率。滴灌不會生成地下水，也不需要把整片田地或植物表面完全淋濕。 Q2：(D)。 極端高溫可能影響水稻開花、授粉及稻穀生長，造成產量或品質下降。耐熱品種在高溫環境下仍能維持較穩定的生長與收成，但不代表完全不需要農民管理。 Q3：(A)(B)(C)。 長期升溫可能影響作物生長與結果，使產量、品質及糧食價格更不穩定；較溫暖的環境也可能延長病蟲害活動時間或擴大分布範圍。溫室仍可透過設備調節環境，高溫也不代表日照量一定會大幅減少。 Q4：參考解答一：「設置氣象與土壤感測系統：即時監測溫度、降雨及土壤水分，並依據資料調整灌溉、施肥或採收時間，降低極端天氣造成的損失。」；參考解答二：「建置雨水貯存與排水設施：豪雨時收集雨水並排除田間積水，乾旱時再利用儲存的水源，提高農場面對乾旱與強降雨的能力。」 科普知識： 氣候變遷可能透過高溫、降雨不穩、乾旱、豪雨及病蟲害變化，影響農作物的生長、產量與品質。智慧農業利用感測器、氣象預報、數據分析及自動控制，協助農民更精準地管理水分、肥料及環境條件；再搭配耐熱品種、雨水貯存、良好排水及調整栽種時間，可提升農業的氣候韌性。不過，科技無法完全消除氣候風險，仍須依作物特性及在地環境持續調整管理方式。
對應之十二年國教課綱
● 自然科學領域 ■ 核心素養 ◆ 自 S-U-B2：能從日常經驗、科技運用、社會中的科學相關議題、學習活動、自然環境、書刊及網路媒體中，適度運用有助於探究、問題解決及預測的資訊，進而能察覺問題或反思媒體報導中與科學相關的內容，以培養求真求實的精神。 ◆ 自 S-U-C1：培養主動關心自然相關議題的社會責任感與公民意識，並建立關懷自然生態與人類永續發展的自我意識。 ◆ 自 S-U-C3：能主動關心全球環境議題，同時體認維護地球環境是地球公民的責任，透過個人實踐，建立多元價值的世界觀。 ■ 學習表現 ◆ po-Vc-1：能從日常經驗、科技運用、社會中的科學相關議題、學習活動、自然環境、書刊及網路媒體中，汲取資訊並進行有計畫、有條理的多方觀察，進而能察覺問題。 ■ 學習內容 ➤ 化學 ◆ CMe-Vc-2：全球暖化的成因、影響及因應方法。 ◆ CNa-Vc-2：將永續發展的理念應用於生活中。 ◆ CNa-Vc-4：水循環與碳循環。 ➤ 地球科學 ◆ ENb-Vc-4：因應氣候變遷的調適有許多面向與方法。 ◆ ENb-Va-4：人類對地球環境變遷的因應與調適有可能避免災害發生。

- ◆ ENa-Va-5：面對永續發展的問題，可以用社會、經濟及環境等三個面向來共同討論與均衡發展。

● 社會領域

■ 核心素養

- ◆ 社-U-A2：對人類生活相關議題，具備探索、思考、推理、分析、批判、統整與後設思考的素養，並能提出解決各種問題的可能策略。
- ◆ 社-U-C1：具備對道德、人權、環境與公共議題的思考與對話素養，健全良好品德、提升公民意識，主動參與環境保育與社會公共事務。

■ 學習表現

➤ 地理

- ◆ 地1c-V-2：思辨各種社會及環境議題，並能進行整合評價。
- ◆ 地2a-V-1：敏銳察覺社會及環境變遷的內涵。
- ◆ 地2b-V-1：具備地方感與鄉土愛，關懷其他地區的社會及環境議題。

➤ 公民與社會

- ◆ 公3d-V-1：規劃具有公共性或利他性的行動方案並評估其影響。

■ 學習內容

➤ 地理

- ◆ 地 Ba-V-5：問題探究：氣候、水資源與人類生活。
- ◆ 地 Ia-V-1：水資源的豐缺和人類活動有何關係？
- ◆ 地 Ia-V-2：水資源和海洋資源如何永續利用？
- ◆ 地 Cd-V-2：永續發展的省思。

➤ 公民與社會

- ◆ 公 Dd-V-3：全球永續發展的理念有哪些？全球化及永續發展之間有什麼緊張關係？個人與國家如何面對這些挑戰？

● 科技領域

■ 核心素養

- ◆ 科 S-U-B2：理解科技與資訊的原理及發展趨勢，整合運用科技、資訊及媒體，並能分析思辨人與科技、社會、環境的關係。
- ◆ 科 S-U-C1：具備科技與人文議題的思辨與反省能力，並能主動關注科技發展衍生之社會議題與倫理責任。

■ 學習表現

➤ 生活科技

- ◆ 設 k-V-3：能分析、思辨與批判人與科技、社會、環境之間的關係。
- ◆ 設 a-V-2：能從關懷自然生態與社會人文的角度，思考科技的選用及永續發展議題。

對應之氣候變遷素養項目

● 知識構面

- ◆ 1-1-4：了解目前氣候變遷的狀態與未來可能變化
- ◆ 1-2-2：了解人類活動與氣候變遷風險之間的關聯
- ◆ 1-3-1：了解氣候變遷減緩與調適策略的相關知識
- ◆ 1-3-2：了解國內氣候變遷減緩與調適策略的最新趨勢
- ◆ 1-3-4：了解氣候變遷可能帶來的機會與挑戰

● 情意構面

- ◆ 2-1-2：能體認氣候變遷的嚴重與緊急程度
- ◆ 2-1-3：能體察環境因氣候變遷而產生的變化
- ◆ 2-2-6：認同減緩與調適是必要措施

● 行為構面

- ◆ 3-2-3：個人採取氣候調適行為

附件：115年氣候變遷與淨零排放素養架構與內涵

主構面	次構面	內涵說明	構面項目
知識	1-1 氣候變遷內容知識	能了解影響氣候變遷的相關知識，包含：溫室效應的功能、人類活動造成的氣候影響與溫室氣體排放量的全球動態變化。	1-1-1 對氣候變遷概念的基本理解 1-1-2 了解氣候變遷的基本科學原理 1-1-3 了解氣候變遷發生的原因 1-1-4 了解目前氣候變遷的狀態與未來可能變化
	1-2 氣候變遷脈絡知識	對氣候變遷產生的脈絡有所了解，包含：氣溫的自然趨勢、人類活動與氣溫的關係與議題框架的轉變。	1-2-1 了解地球氣候的發展歷史 1-2-2 了解人類活動與氣候變遷風險之間的關聯 1-2-3 了解氣候變遷的跨領域與多元特性
	1-3 面對氣候變遷之行動策略知識	能了解國內外因應氣候變遷所採取之行動策略知識。	1-3-1 了解氣候變遷減緩與調適策略的相關知識 1-3-2 了解國內氣候變遷減緩與調適策略的最新趨勢 1-3-3 了解國際氣候變遷減緩與調適策略的最新趨勢 1-3-4 了解氣候變遷可能帶來的機會與挑戰
情意	2-1 面對氣候變遷的覺知與敏感度	能察覺氣候變遷造成衝擊的面向以及程度。	2-1-1 能察覺對於氣候變遷的時間、空間與社群心理距離 2-1-2 能體認氣候變遷的嚴重與緊急程度 2-1-3 能體察環境、社會及經濟因氣候變遷而產生的變化
	2-2 面對氣候變遷的價值觀	能認同氣候變遷利害關係人與組織的責任以及能認同需跨域合作的減緩調適策略與多元觀點存在。	2-2-1 認同個人對氣候變遷有責任 2-2-2 認同政府、國家、國際社會對氣候變遷有責任 2-2-3 認同各界對氣候變遷具有不同觀點 2-2-4 認同跨領域合作是處理氣候變遷的關鍵 2-2-5 認同因應氣候變遷的措施會影響生活 2-2-6 認同減緩與調適是必要措施
	2-3 因應氣候變遷的自我效能感	相信自己有因應氣候變遷的能力。	2-3-1 認為自己的作為對因應氣候變遷至為重要 2-3-2 認為自己可以在氣候變遷狀況下自我保護 2-3-3 認為自己所學能對因應氣候變遷有所貢獻
	2-4 面對因應氣候變遷的情緒與希望感	個人能覺察對氣候變遷的情緒感受（如擔憂、悲傷等），並對達成目標產生正向期盼。這包括認同減緩與調適策略的可行性，以及在因應過程中具備個人堅持及群體支持。	2-4-1 能覺察並正視個人面對氣候變遷時產生的情緒感受（如擔憂、悲傷或熱忱） 2-4-2 某社群／社會或個人能設定解決氣候變遷的特定且具體之目標 2-4-3 對於因應某個特定且具體目標的個人堅持／意志力或群體的支持或激勵
	2-5 對於環境保護的認同感	保護環境／解決環境問題對個人很重要，甚至成為自我形象的一部份。	2-5-1 個人認為氣候變遷的某個目標或行動對自己很重要，甚至成為向他人描述個人特質（含價值觀）的內容之一
行為	3-1 個人對氣候變遷議題採取行動的技能	能蒐集、轉化與策劃氣候變遷相關資訊與活動以及有能力建立夥伴關係和成為不同文化、不同領域的溝通橋樑。	3-1-1 能蒐集與轉化氣候變遷相關資訊 3-1-2 能應用跨領域知識傳播或因應氣候變遷 3-1-3 能策劃因應氣候變遷的活動
	3-2 個人對氣候變遷議題採取的行為	能行動以減緩與調適氣候變遷。	3-2-1 個人會接收氣候相關訊息（資訊來源） 3-2-2 個人採取氣候減緩行為 3-2-3 個人採取氣候調適行為
	3-3 參與氣候變遷議題的公民行動	能產生參與氣候變遷公民行動的意圖與經驗。	3-3-1 個人採取氣候說服行為 3-3-2 個人參與氣候變遷公民行動的意圖 3-3-3 個人的氣候變遷公民行動經驗
	3-4 對於氣候變遷資訊的識讀行為	具備批判性思考，能評估氣候變遷資訊來源的可靠性與科學正確性，並能主動進行事實查核。	3-4-1 思考新聞、社群媒體及 AI 產生的氣候變遷資訊之可信度 3-4-2 主動針對氣候變遷資訊進行事實查核