

# 地球與太空科學

僅限用於 2025 年 6 月 10 日(星期二)下午 1 時 15 分至下午 4 時 15 分

學生姓名 \_\_\_\_\_

學校名稱 \_\_\_\_\_

在本考試中，嚴禁持有或使用任何形式的通訊工具。如果你持有或使用了任何的通訊工具，無論多短暫，你的考試都將無效，並且不會得到任何分數。

請在以上的橫線上工整地填寫你的姓名和學校名稱。

請運用你的**地球與太空科學**知識來回答本考試中的全部問題。在開始答題之前，你必須獲得一份**2024 年版的地球與太空科學參考表**。你可能需要使用這些參考表來回答某些問題。

你必須回答本考試中的所有考題。你可在草稿紙上演算問題的答案，但是請務必把答案填寫在答題紙和試題本上。已經提供給你分開的答題紙以用於填寫多選題的答案。按照監考人的指示把你的學生資料填寫在答題紙上。把簡答題的答案填寫在試題本上。

本試題本中的所有答案均需用原子筆填寫，但圖表和繪圖則應使用鉛筆。

在本次考試結束後，你必須簽署印在分開的答題紙上的聲明，表明在考試之前你沒有非法得到本考試的試題或答案，並且在本考試中沒有給予過或接受過任何的幫助。你如果不簽署本聲明，你的答題紙和試題本將不會被接受。

## 注意 ...

所有考生在考試時都必須備有四功能或科學計算器，以及一份**2024 年版的地球與太空科學參考表**。

注意，圖表未必按比例繪製，除非另有說明。

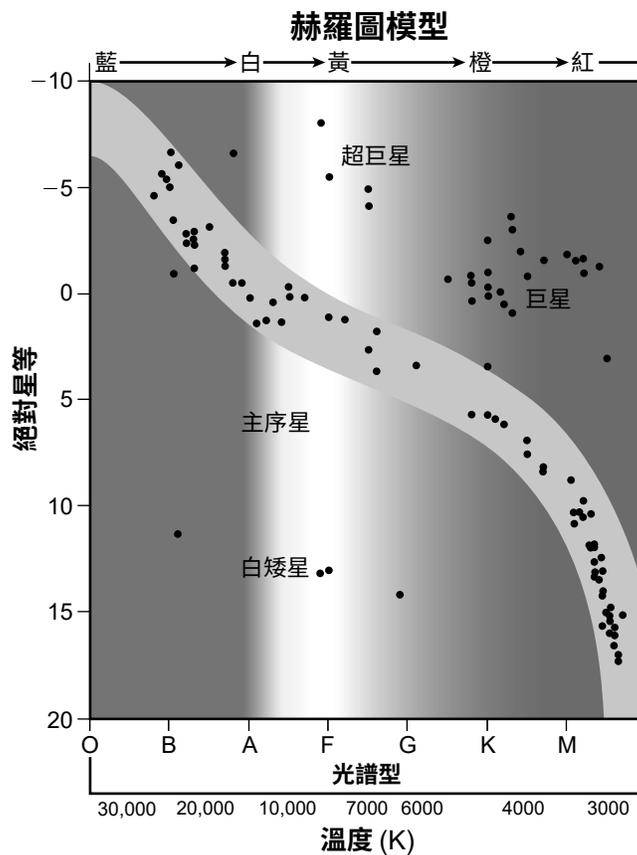
未經指示請勿打開本考題本。

根據以下資訊和你的地球與太空科學知識來回答第 1 題至第 5 題。有些題目可能需要用到 **2024 年版的地球與太空科學參考表**。請務必將多選題答案填寫在所提供的分開的答題紙上。把簡答題的答案填寫在試題本上。

### 我們的太陽 - 一顆恆星

赫羅 (H-R) 圖由兩位來自不同國家的科學家於 1911 年根據星圖各自獨立繪製而成。該圖表將恆星根據表面溫度、可觀測到的顏色及星等進行分類。絕對星等是假設所有恆星與地球距離相同時所測得的恆星亮度。恆星越亮，其絕對星等值越低。

- 1 我們的太陽是光譜型為 G 型的恆星，表面溫度介於 5000 至 6000K 之間，絕對星等約為五。基於這些資訊，請在 H-R 圖模型上標示一個 **X** 來指示太陽的位置。同時，請確定當太陽演化為紅巨星時的相對溫度與相對絕對星等。 [1]

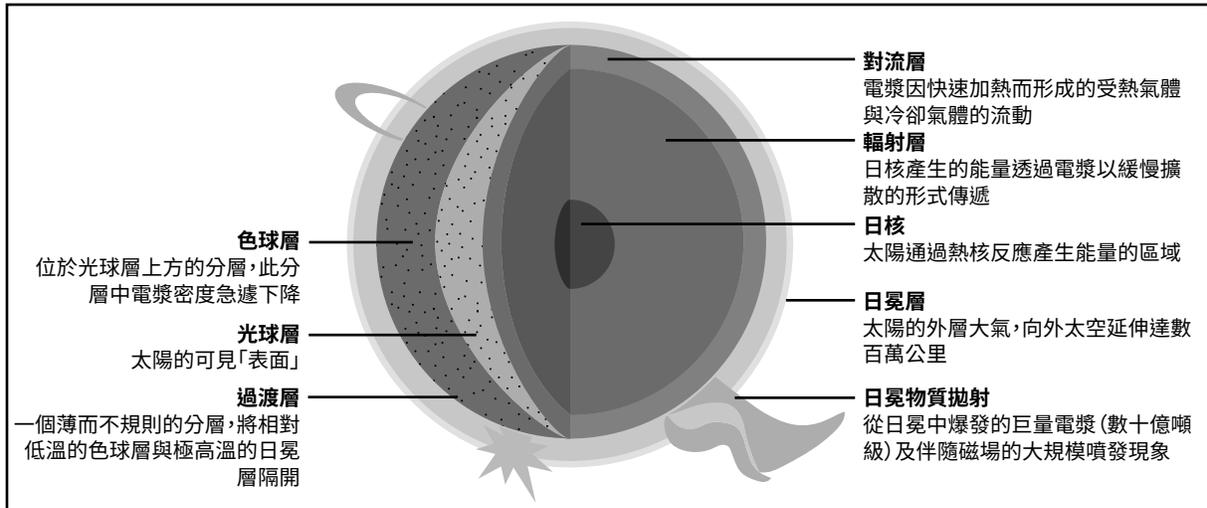


相對溫度的變化：\_\_\_\_\_

相對絕對星等的變化：\_\_\_\_\_

下面的模型展示了太陽的分層結構，並標示了各分層部分特徵的相關資訊。

### 太陽的分層結構模型

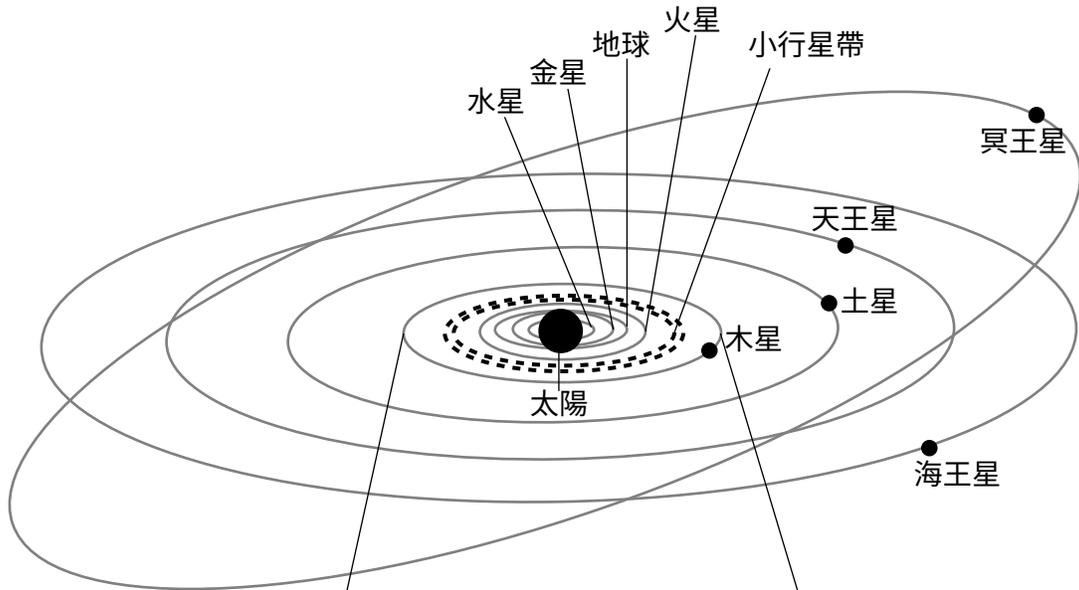


(未按比例繪製)

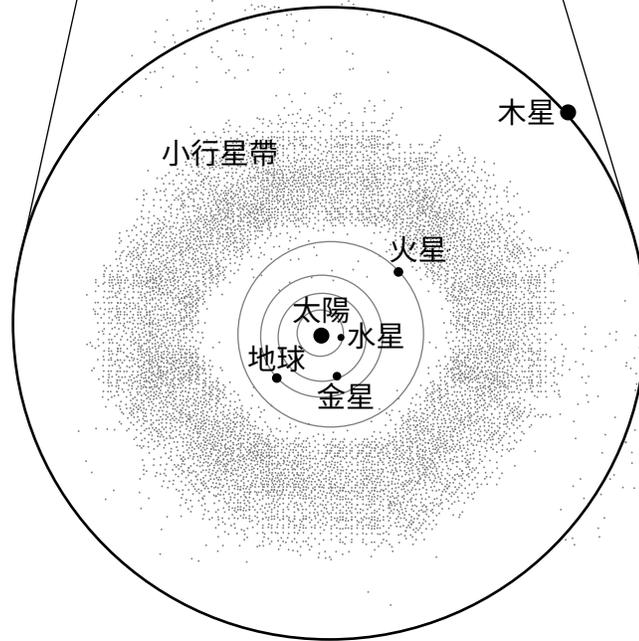
- 2 根據模型中的資訊，下列哪一項按正確順序列出了太陽的五個分層，使得核融合產生的能量最終以輻射形式抵達太陽表面？
- (1) 日核 → 色球層 → 光球層 → 過渡層 → 日冕層
  - (2) 日核 → 輻射層 → 過渡層 → 光球層 → 日冕層
  - (3) 日核 → 光球層 → 日冕層 → 過渡層 → 色球層
  - (4) 日核 → 輻射層 → 對流層 → 光球層 → 色球層

下方的模型展示了天體圍繞太陽運行的軌道。插圖模型顯示了木星軌道內側太陽系區域的一些資訊。

### 我們的太陽系模型



### 插圖模型



(未按比例繪製)

3 下表顯示了水星和金星繞太陽運行的軌道偏心率。

行星	偏心率
水星	0.206
金星	0.007

在方框中打勾(✓)，標出由克卜勒定律正確預測的**兩項**陳述。 [1]

- 金星以恆定的速度繞太陽運行。
- 水星公轉時越靠近太陽，運行速度越快。
- 金星公轉軌道的橢圓度小於水星。
- 兩顆行星的公轉速度都受到各自質量的影響。
- 與金星不同，水星軌道的偏心率不允許水星擁有衛星。

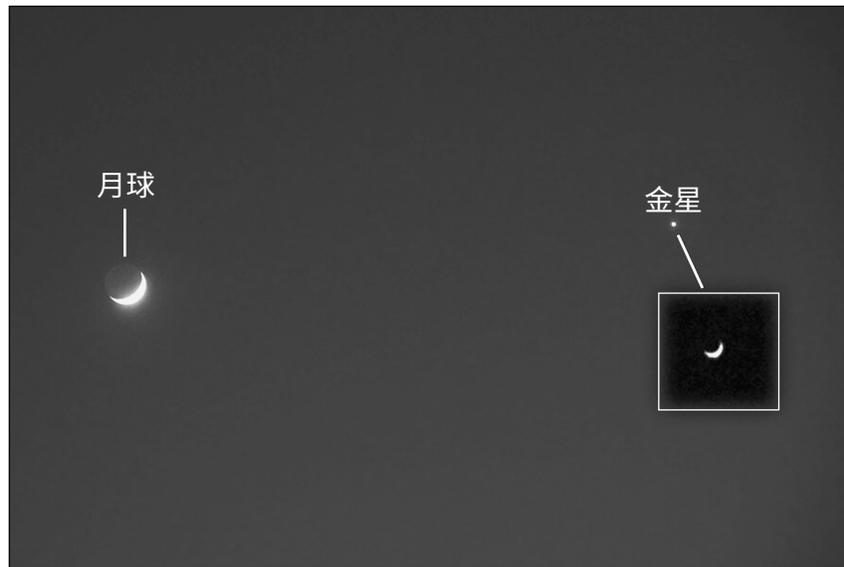
4 根據我們的太陽系模型，如果發現了一顆新行星繞太陽運行，且其平均軌道距離大於水星但小於金星的平均軌道距離，那麼這顆行星的平均速度

- (1) 大於水星的平均速度，但小於金星的平均速度
- (2) 小於水星的平均速度，但大於金星的平均速度
- (3) 大於金星的平均速度，但小於地球的平均速度
- (4) 小於金星的平均速度，但大於地球的平均速度

地球上的觀察者可以看到月球的相位，但月球並不是唯一表現出相位的太陽系天體。從地球上，金星也具有可觀察的相位。金星繞太陽公轉一週的時間大約為 225 個地球日。

下圖顯示了夜空中肉眼觀察到的月相和金星。插圖框內顯示了使用望遠鏡觀察到的金星。月亮和金星都處於蛾眉相位。

### 觀測到的月球和金星相位



5 使用我們的太陽系模型，解釋為什麼地球上的觀察者可以看到行星金星的相位循環。在下方空白處，使用選項 A、B 和 C 中的詞彙正確補全段落。 [1]

**選項 A:**

- 之內
- 之外

**選項 B:**

- 更靠近
- 更遠離

**選項 C:**

- 月球
- 太陽

金星繞行太陽的軌道位於地球軌道  A ，公轉週期約為 225 個地球日。這意味著金星有時  B  地球，有時位於  C  的另一側。正是這種相對位置的變化，導致地球上的觀測者能觀測到金星的相位。

選項 A: \_\_\_\_\_

選項 B: \_\_\_\_\_

選項 C: \_\_\_\_\_

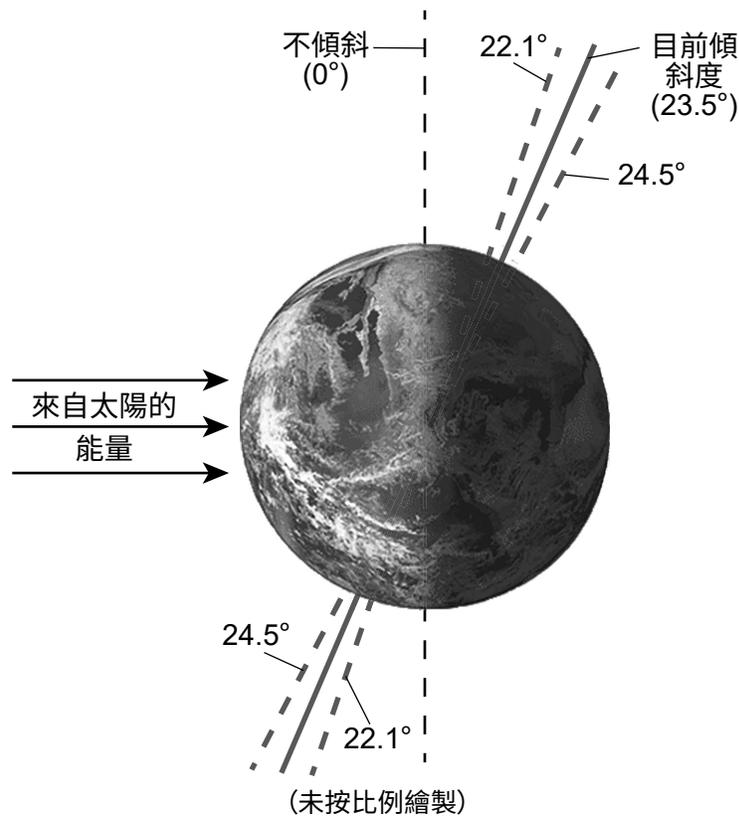
根據以下資訊和你的地球與太空科學知識來回答第 6 題至第 10 題。有些題目可能需要用到 2024 年版的地球與太空科學參考表。

### 模擬地球系統以理解全球氣候

地質記錄顯示，由於很多不同因素的影響，氣候波動存在著悠久的歷史。氣候科學家主要研究地球運動、洋流、板塊構造運動和大氣成分的模型，以更好地理解進出地球系統的能量流動。

地球的傾斜度，即地軸相對於太陽的傾斜度，對地球的氣候有直接影響。地球的傾斜度以 41,000 年為週期變化。目前，地球的傾斜度正在減小，並將於大約 9800 年後達到最小值 ( $22.1^\circ$ )。

### 最大和最小傾斜角度



- 6 在冬季，當傾斜度為  $22.1^\circ$  時，與地球目前的傾斜度相比，以下哪項陳述最符合地球北半球將接收到的能量以及對全球成冰作用的影響？
- (1) 地球北半球接收的能量減少，極地地區形成的冰塊也減少。
  - (2) 地球北半球接收的能量減少，極地地區形成的冰塊增加。
  - (3) 地球北半球接收的能量增多，極地地區形成的冰塊減少。
  - (4) 地球北半球接收的能量增多，極地地區形成的冰塊也增加。

氣候科學家確定另一個導致地球系統能量流動變化的因素是洋流循環。

模型、圖1和圖2顯示了一些關於洋流循環模式的資訊。X點和Y點是地球表面上的兩個位置。

洋流模型

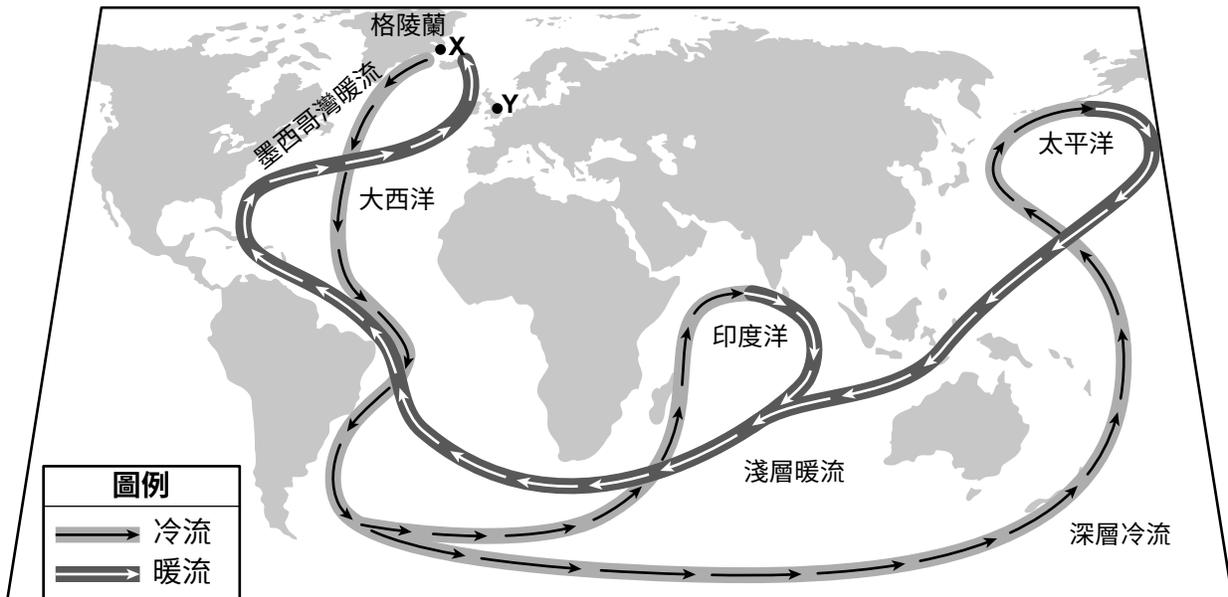


圖 1: 洋流的作用原理

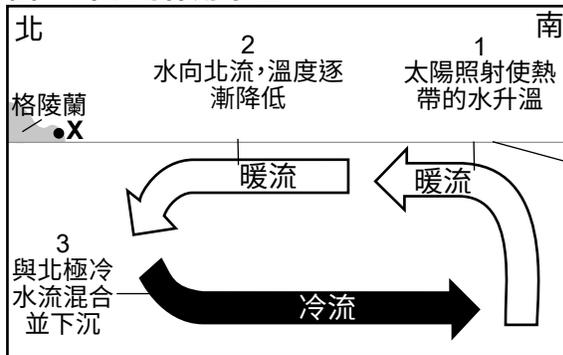
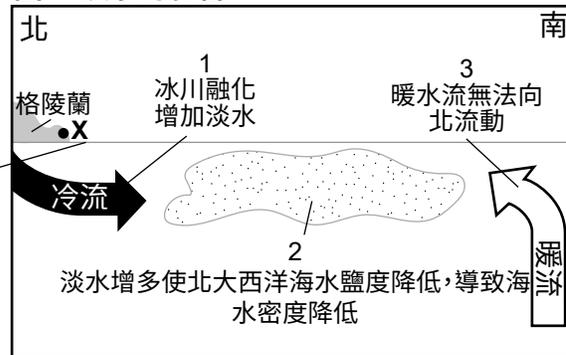


圖 2: 淡水的影響



7 以下哪項陳述最準確地描述了 X 位置處冰川融化對地球洋流強度的影響？

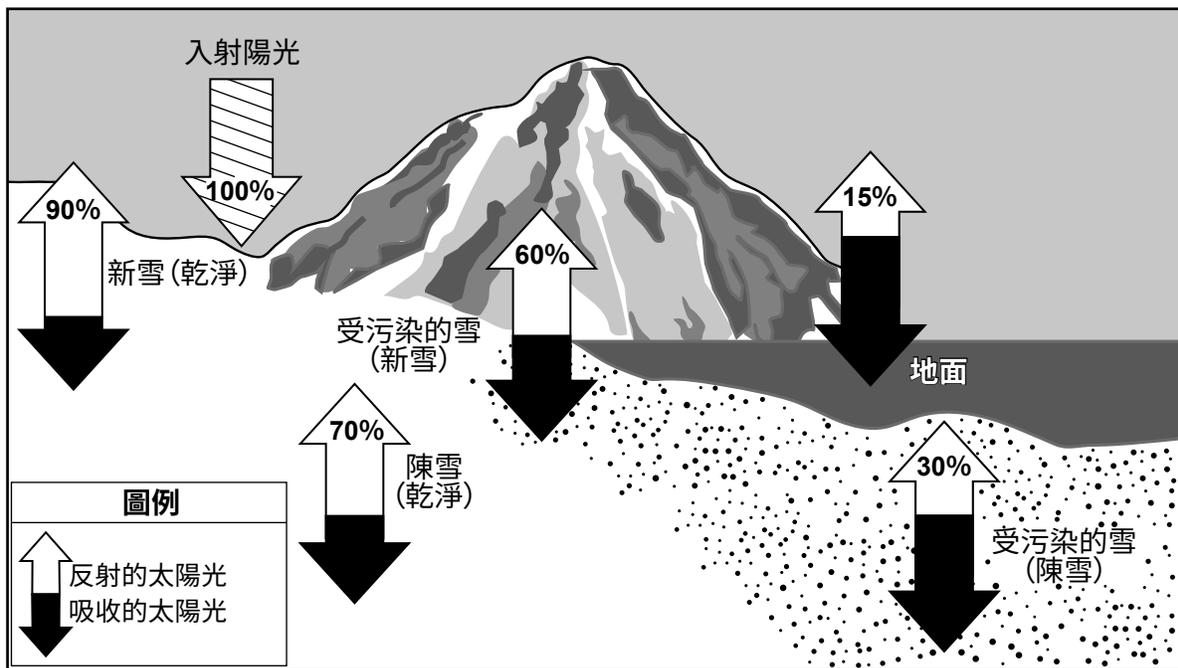
- (1) 更多的淡水進入海洋，導致洋流變深。
- (2) 更多的淡水進入海洋，導致洋流變弱。
- (3) 更多的淡水進入海洋，導致洋流變密。
- (4) 更多的淡水進入海洋，導致洋流變暖。

8 以下哪項陳述最準確地描述了當前表層洋流對 Y 位置處氣候的影響？

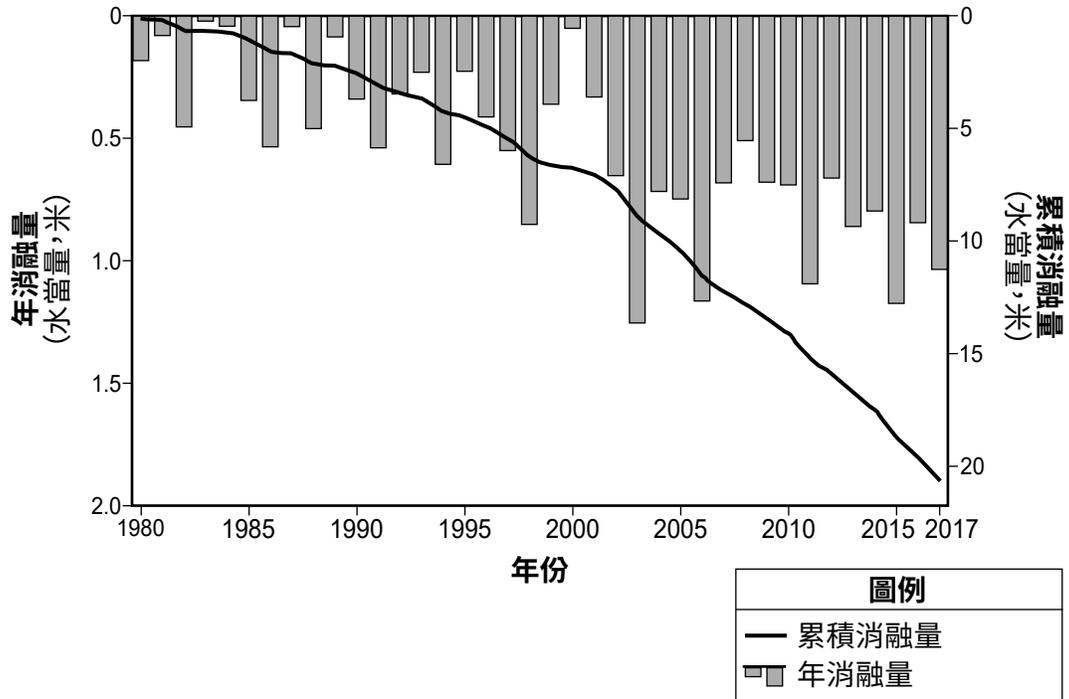
- (1) Y 位置處的氣溫變暖，降水增多。
- (2) Y 位置處的氣溫變暖，降水減少。
- (3) Y 位置處的氣溫變冷，降水增多。
- (4) Y 位置處的氣溫變冷，降水減少。

自工業革命以來，灰塵、泥土和岩石等深色顆粒在冰川冰(受污染的雪)中的沉積導致冰川變暗。這已經引發導致其他地球系統發生變化的反饋。

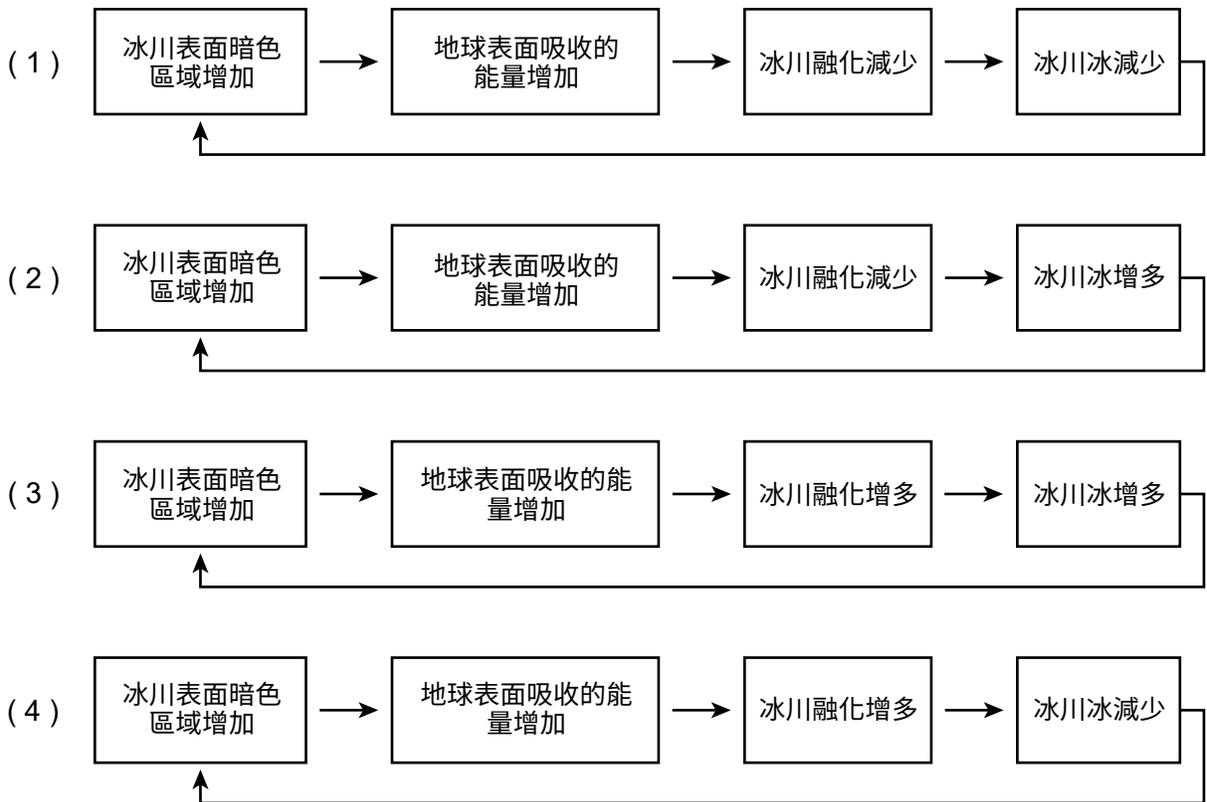
不同冰川表面反射和吸收陽光的百分比



37 座冰川的年消融量和累積消融量

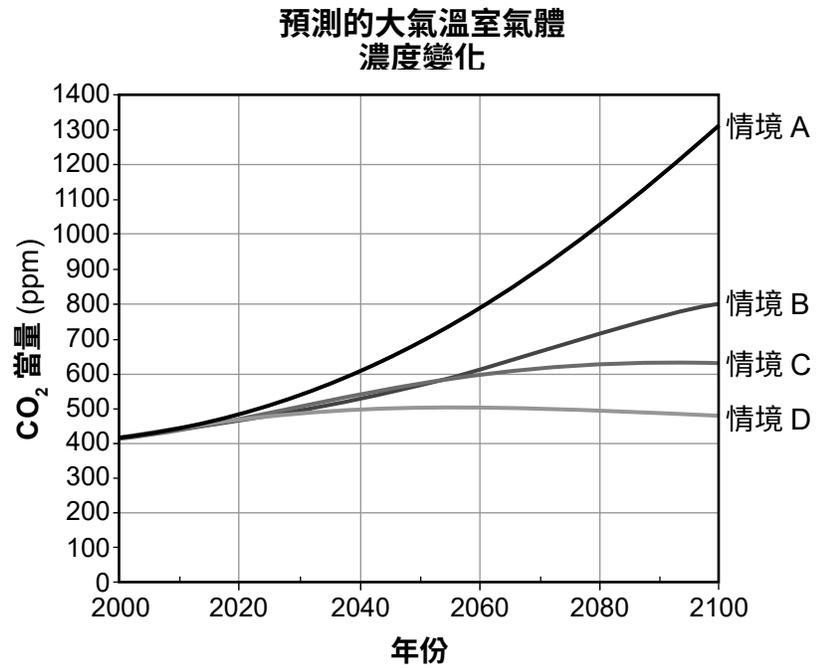


9 以下哪個模型正確表示了當冰川區域中的暗色表面露出並導致一個或多個地球系統發生變化時會出現的反饋？



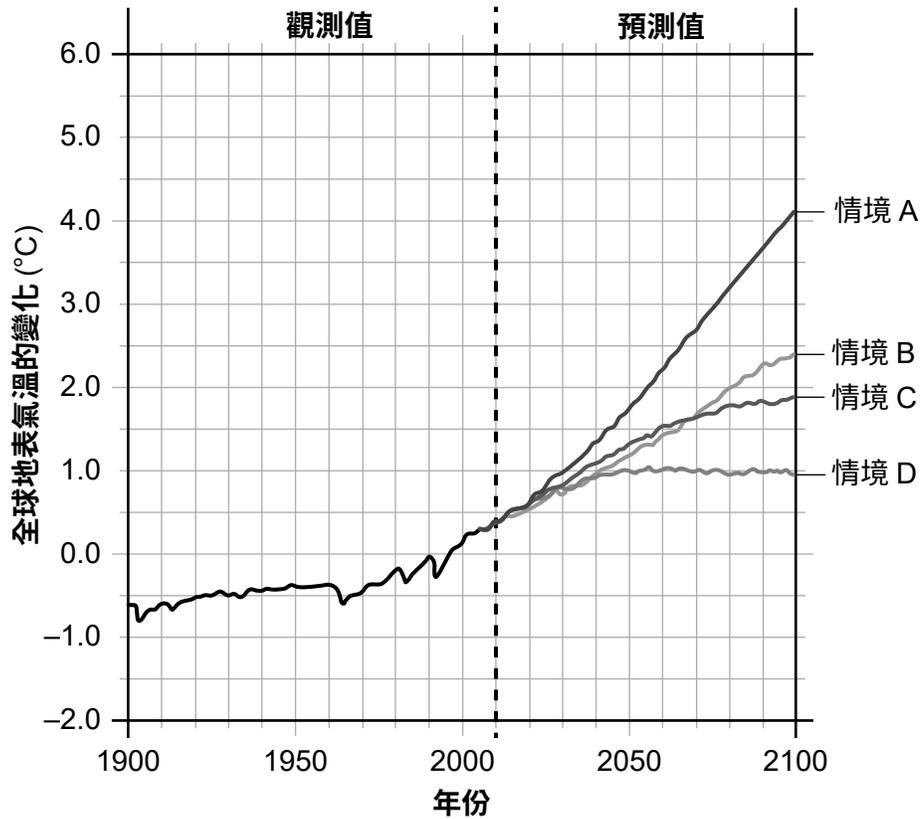
基於電腦的全球氣候模型是收集未來氣候條件預測資料的實用工具。這些模型使用各種情景或可能性來假設我們在應對溫室氣體排放方面的不同人本主義決策。

下圖顯示了測得的四種不同溫室氣體排放情境下的未來溫室氣體濃度，以百萬分率 (ppm) 為單位。



下圖顯示了一些關於全球地表氣溫變化的資訊。這些模型與 1986 年至 2005 年間的全球地表氣溫平均值 (計為 0.0°C) 進行了比較。

四種溫室氣體排放情境下全球地表氣溫的變化



10 使用 B 排放情境, 確定 2100 年溫室氣體預測濃度的數值 (以 CO<sub>2</sub> 當量表示) 以及全球表面溫度的大致未來變化。 [1]

預測的 2100 年 CO<sub>2</sub> 當量: \_\_\_\_\_ ppm

預測的全球地表溫度變化: \_\_\_\_\_ °C

根據以下資訊和你的地球與太空科學知識來回答第 11 題至第 15 題。有些題目可能需要用到 2024 年版的地球與太空科學參考表。

### 碳循環

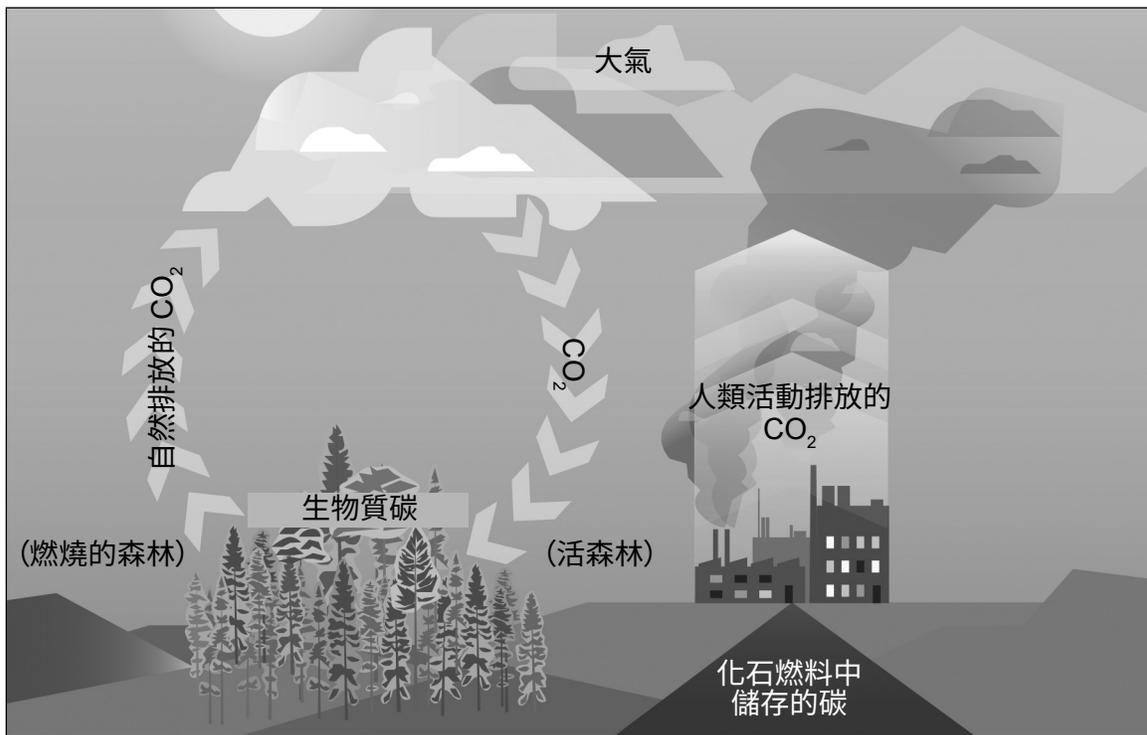
全球碳循環是指碳元素在地球上不同的儲存地點或碳儲庫之間的遷移過程。碳在各儲庫間的循環速率存在顯著差異，近地表區域的碳循環速度相當快。大氣中的碳在約三至五年內完成再循環，植物體的碳會在約為 50 年後發生再循環，而土壤與化石燃料儲庫中的碳平均在約 3000 至 5000 年後發生再循環。

碳循環分兩個部分。「快速循環」涉及光合作用和分解的生物過程。而「慢速循環」則涉及岩石和土壤風化形成土壤(無機)碳所需的漫長過程。

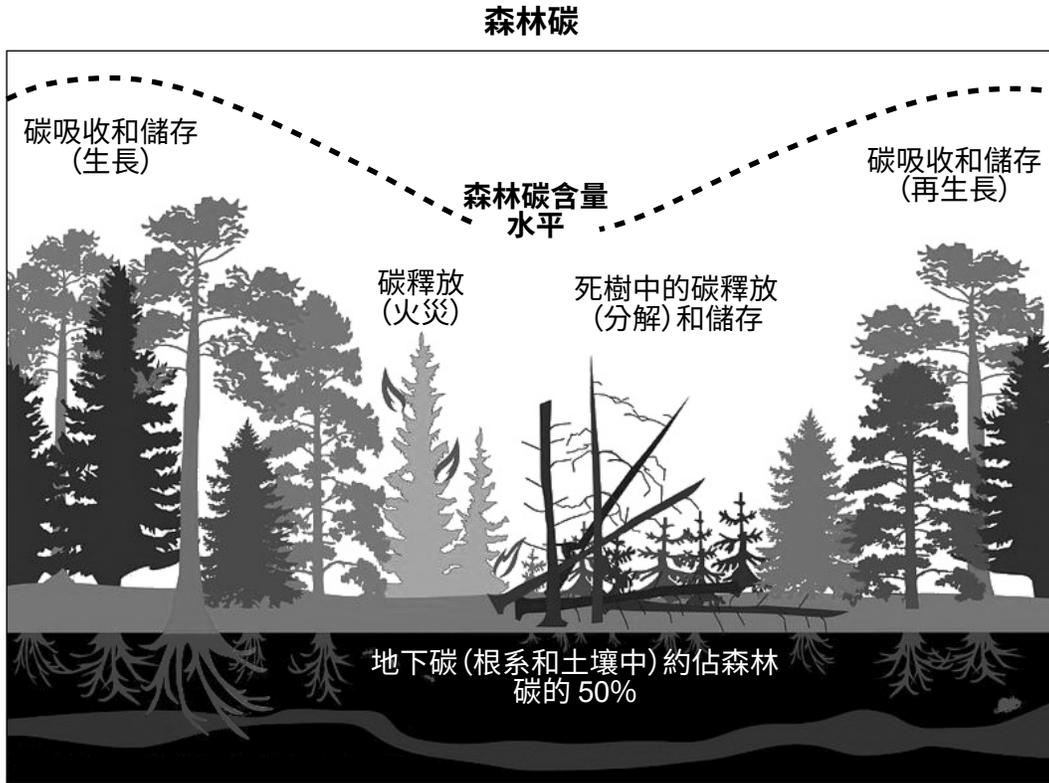
野火事件會促進碳循環。2020 年的幾次大火災估計釋放了約 1.07 億公噸的二氧化碳到大氣中，相當於約 2,300 萬輛汽車的排放量。

以下模型展示了一些關於地球系統和碳循環的資訊。

#### 森林火災和燃燒化石燃料對碳循環影響的模型



以下模型展示了碳含量水平如何根據森林中樹木的狀況而變化。



- 11 請解釋森林中的樹木如何利用光合作用產生養分，並描述此過程為何能降低大氣中的二氧化碳含量。 [1]

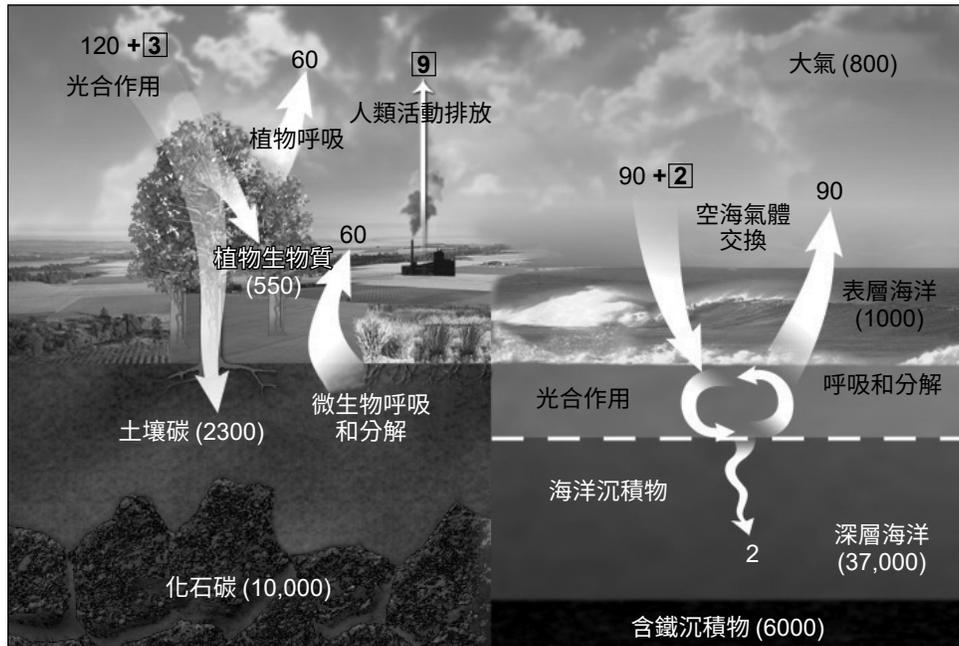
---

---

---

以下模型展示了碳(如箭頭所示)在地球四個圈層之間的遷移。數值表示各圈層每年自然增減的碳量(單位:GT(十億公噸)/年),加粗顯示的數值特指人類活動導致的碳量增減。括號( )中的數值為儲存的碳量。

快速碳循環模型



12 以下哪一項陳述正確描述了地球兩個圈層間由自然過程與人類活動共同作用所致的碳定量碳循環？

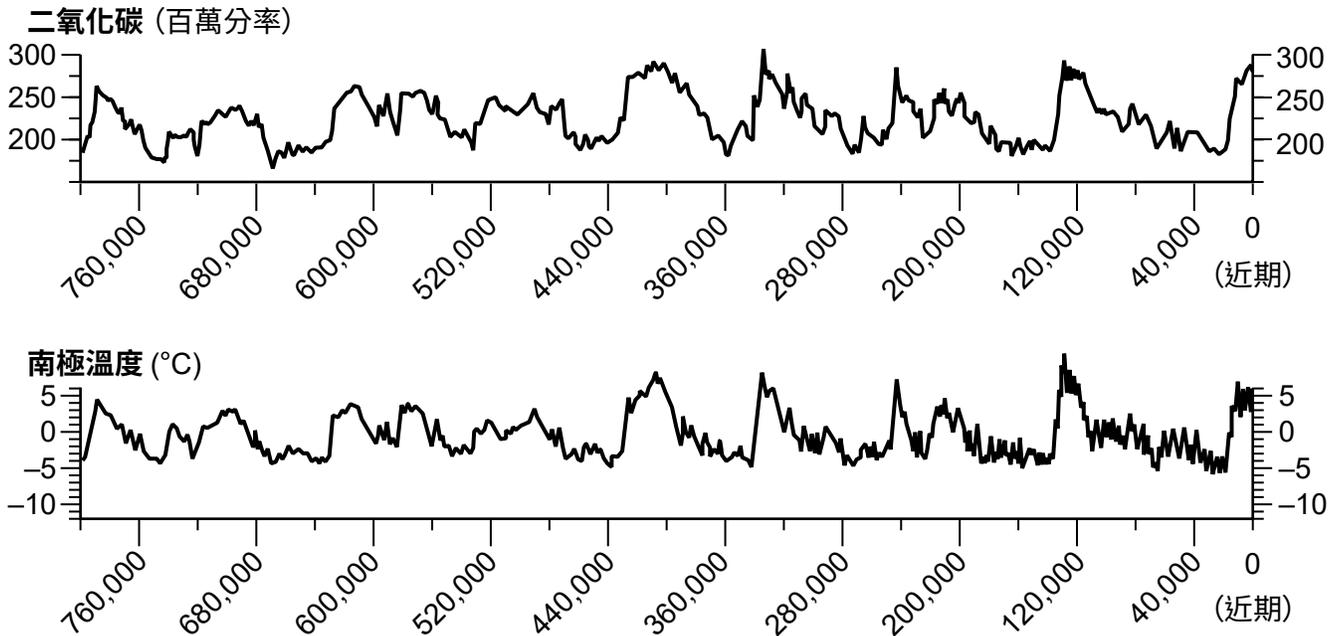
- (1) 化石碳釋放 2300 GT, 微生物呼吸和分解吸收 60 GT。
- (2) 深海儲存的碳比空海氣體交換釋放的碳多 36,000 GT。
- (3) 人類排放到大氣中的碳量是植物呼吸排放的碳量的九倍, 這與微生物呼吸和分解釋放到大氣中的碳量相當。
- (4) 從大氣釋放並被海洋吸收的碳量為 92 GT, 相當於從海洋系統釋放回大氣並被海洋沉積物碳吸收的碳量。

13 以下哪一項解釋描述了大氣中二氧化碳增加而導致的氣候變化如何影響人類活動？

- (1) 人類增加了在野火燒毀地區重新種植樹木的活動, 以減少當地大氣中的二氧化碳量。
- (2) 人類增加了燃燒化石燃料的活動, 以減少大氣中的二氧化碳量。
- (3) 人類遷移到氣候較涼爽的地區, 以適應變暖的氣候。
- (4) 人類透過將枯木用作燃料, 減少森林中枯木的數量。

在地球歷史上，碳循環曾因由多種不同因素引起的氣候變化而改變。太陽能量的變化、從大氣中移除二氧化碳的海洋生物數量，以及主要山脈的抬升，都導致了 CO<sub>2</sub> 的變化。

冰芯資料記錄了過去 800,000 年間大氣中二氧化碳濃度（從冰封空氣中測得，單位為百萬分率 (ppm)）和南極地表溫度的變化，具體如下圖所示。



14 以下哪一項陳述正確總結了圖表中的資料，表明一個地球系統的變化會導致另一個地球系統的變化？

- (1) 大氣中 CO<sub>2</sub> 濃度的升高導致同一時期南極的地表溫度下降。
- (2) 在過去 800,000 年間，大氣中 CO<sub>2</sub> 濃度的變化並未影響南極的地表溫度。
- (3) 大氣中 CO<sub>2</sub> 濃度的降低導致同一時期南極的地表溫度下降。
- (4) 在過去 800,000 年間，大氣中的 CO<sub>2</sub> 濃度保持不變，導致同一時期南極的地表溫度也保持不變。

15 根據過去 40,000 年間南極地區的氣候變化速率資料，合理地預測未來 40,000 年南極地區的溫度將如何變化，並描述這種溫度變化對一個地球系統的具體相關影響。 [1]

未來 40,000 年的變化程度為 \_\_\_\_\_ °C

相關影響： \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

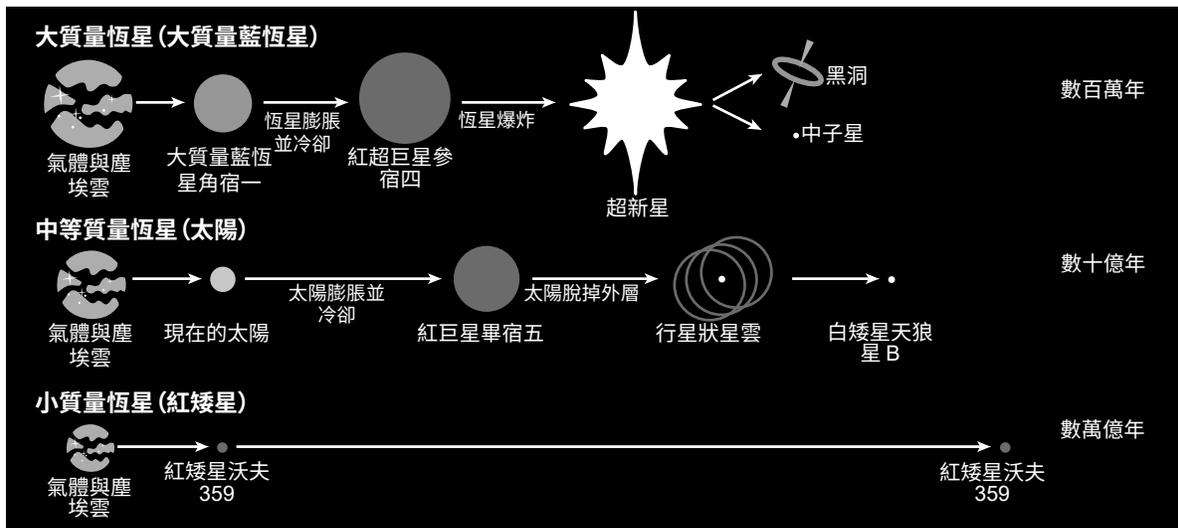
根據以下資訊和你的地球與太空科學知識來回答第 16 題至第 20 題。有些題目可能需要用到 2024 年版的地球與太空科學參考表。

### 恆星和宇宙大爆炸

我們的太陽是一顆有 46 億年歷史的黃矮星。它是由大爆炸期間產生的物質或大型恆星演化成超新星並爆炸時所釋放的物質形成。這些以氫形式存在的物質在引力作用下收縮成密度更高的氣體雲。隨著氣體雲核心溫度的升高，兩個氫原子核聚變為一個氦原子核。氦原子核的質量略小於氫原子核的質量，這種質量差異是恆星能量的來源。

以下模型顯示了不同恆星生命週期的一些資訊。

### 不同恆星的生命週期模型



16 請確定決定太陽和其他恆星壽命的因素。 [1]

---

下表列出了一些有關不同恆星類型的資訊。太陽質量是恆星相對於太陽的質量。

恆星	太陽質量	與太陽的距離(光年)	大致壽命(年)
角宿一	10.3	260.9	小於 3000 萬
參宿四	16.5	548	1000 萬
太陽	1.0	0	90 億
畢宿五	1.16	65	64 億
天狼星 B	0.98	8.6	2.3 億
沃夫 359	0.09	7.86	4.1 萬億

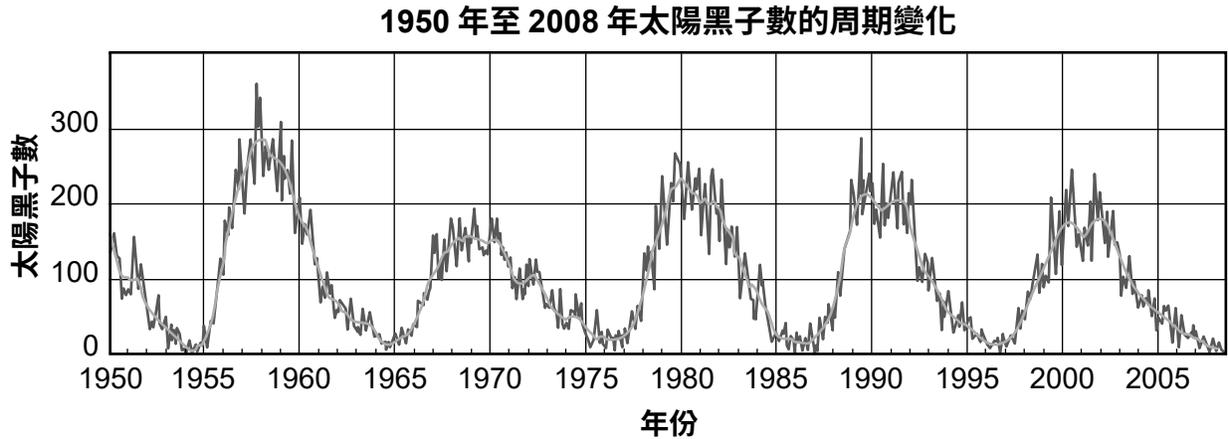
- 17 某名學生建立了一份資料表，其中包含有關恆星如何透過核合成作用合成常見元素的資訊。哪一行資料正確表示了對應恆星的所有特徵？

行	恆星名稱	核合成	質量	壽命(年)
(1)	太陽	氫 $\xrightarrow{\text{直接轉化成}}$ 氦	中等質量	46 億
(2)	天狼星 B	碳 $\xrightarrow{\text{直接轉化成}}$ 氧	大質量	2.3 億
(3)	畢宿五	氦 $\xrightarrow{\text{直接轉化成}}$ 碳	中等質量	64 億
(4)	沃夫 359	氫 $\xrightarrow{\text{直接轉化成}}$ 碳	大質量	4.1 萬億

太陽黑子是磁場強度比地球磁場強約 2500 倍的區域。由於該強磁場，磁壓升高而太陽周圍的大氣壓力降低。這使得該區域的溫度相對於周圍區域降低，因為其抑制了新的超熱氣體（電漿）流向表面。

太陽黑子成對出現，因為它們的磁場指向相反的方向。然而，從 1645 年到 1715 年，太陽黑子活動幾乎為零。這段時期被稱為蒙德極小期。一些科學家也將地球上的這段時期稱為「小冰河期」。

下圖顯示了一些關於太陽黑子活動頻率的資訊。



18 根據以上段落和圖表中的資訊，在三項對太陽黑子描述最準確的陳述前的方框中打勾 (✓)。  
[1]

據推測，太陽黑子數量的減少會導致地球溫度下降。

太陽黑子數量每年都在變化，週期大約為 11 年。

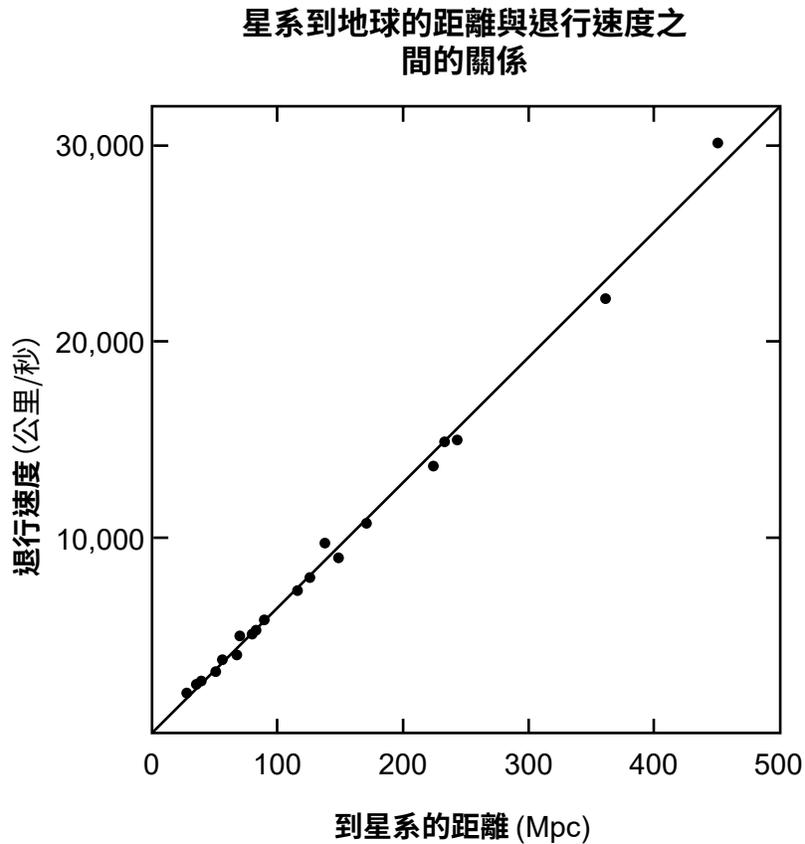
太陽輸出能量的增加與太陽黑子數量的減少有關。

自 1950 年以來，每年出現的太陽黑子平均數量持續下降。

太陽黑子是太陽表面溫度較低的區域。

在 1920 年代,Edwin Hubble (愛德溫·哈勃) 研究了星系的運動。他發現了從地球測量的星系速度 (退行速度) 與地球到星系的距離之間的關係。這種關係被稱為哈勃定律。這一定律對於理解自大爆炸以來宇宙如何變化具有重要意義。

下圖顯示了幾個星系到地球的距離 (以百萬秒差距 (Mpc) 為單位) 及其退行速度資料。



星系到地球的距離與退行速度之間的關係圖顯示，星系的退行速度會隨著地球到星系的距離增加而 A。這是宇宙 B 的證據，並表明宇宙最初在大爆炸時是 C 的。因此，這些資料表明宇宙正在以 D 的速度變化。

19 以下哪個表格是上述段落中 A、B、C 和 D 處缺失的正確單詞和短語？

(1)

A	成比例地增大
B	膨脹
C	收縮
D	加快

(3)

A	成比例地增大
B	膨脹
C	膨脹
D	不斷下降

(2)

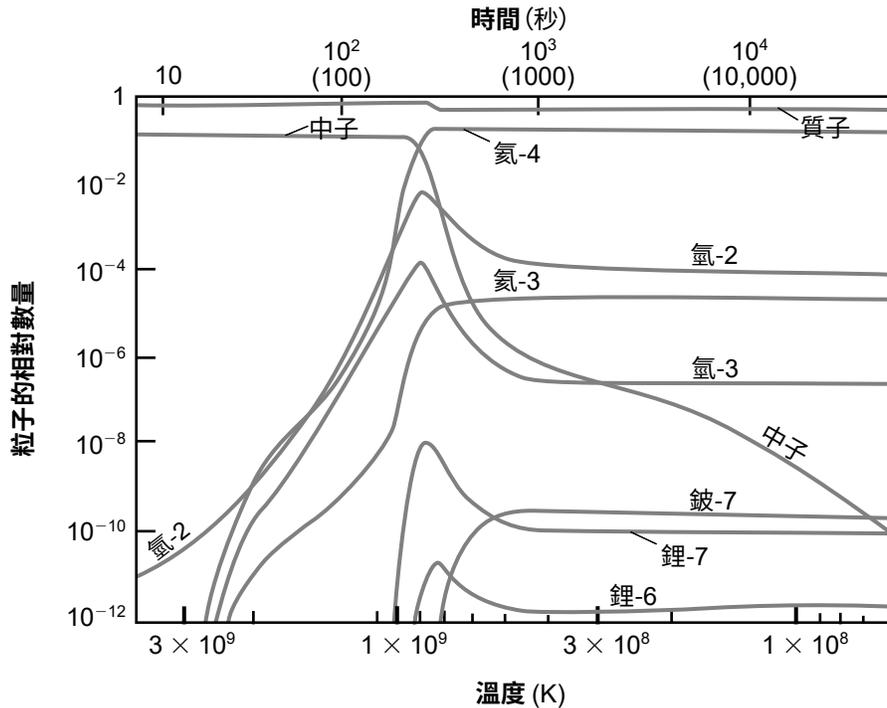
A	不成比例地增大
B	膨脹
C	膨脹
D	恆定

(4)

A	不成比例地增大
B	膨脹
C	收縮
D	加快

宇宙大爆炸時產生了粒子。最初的粒子是次原子粒子，如質子、中子和較輕元素（如氫、氦、鋰和鈹）的原子核。下圖顯示了關於這些粒子的一些資訊、它們形成時宇宙的溫度，以及它們在大爆炸後多久形成的。

大爆炸後不同粒子的相對數量與宇宙溫度隨時間變化的關係



20 根據大爆炸後不同粒子的相對數量與宇宙溫度隨時間變化的關係圖中的資訊，以下哪個表格列出的宇宙中物質的組成能充當大爆炸理論的證據？

(1)

從大爆炸開始	存在的粒子	溫度 (K)
10 - 100 秒	氫和氦減少	先升高，後降低

(2)

從大爆炸開始	存在的粒子	溫度 (K)
100 - 1000 秒	氫先增加後減少，氦先增加，然後保持不變	降低

(3)

從大爆炸開始	存在的粒子	溫度 (K)
1000 - 10,000 秒	質子和中子減少	先降低，後升高

(4)

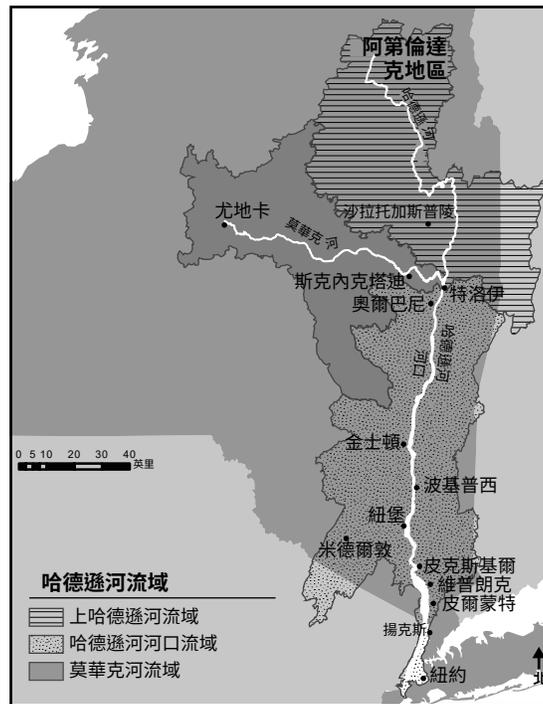
從大爆炸開始	存在的粒子	溫度 (K)
10,000 秒後	鈹和鋰保持不變	保持不變

根據以下資訊和你的地球與太空科學知識來回答第 21 題至第 25 題。有些題目可能需要用到 2024 年版的地球與太空科學參考表。

### 紐約州的哈德遜河

紐約州的哈德遜河流域面積大約為 1340 平方英里，包括三個不同的流域：莫華克河流域、哈德遜河河口流域和上哈德遜河流域。哈德遜河發源於阿第倫達克山脈，向南流經約 325 英里後到達紐約市。從特洛伊到紐約市紐約港的 153 英里河段是一個潮汐河口。向南流的淡水與從大西洋湧入的鹹水在此匯合。進入河口的海水前緣稱為鹹水楔。鹹水楔隨潮汐、天氣和季節的變化而流動。當下大雨時，有更多的淡水流入哈德遜河。從哈德遜河取用飲用水的城鎮會密切追蹤鹹水楔，因為它會影響飲用水的品質。

#### 哈德遜河流域



21 說明哈德遜河沿岸的暴雨事件將如何影響鹹水楔的位置。 [1]

---

---

---

鹹水楔以 HRM (哈德遜河英里) 為單位測量。哈德遜河 0 英里位於紐約市曼哈頓的南端。

下表顯示了在兩個不同日期,紐約市以北哈德遜河沿岸幾個地點的鹽度資訊。鹽度以每升水中的氯化物毫克數 (mg/L) 為單位衡量,鹹水楔位於鹽度為 100 mg/L 的位置。

**哈德遜河鹽度:2004 年 10 月 6 日**

地點	紐約市	揚克斯	皮爾蒙特	熊山	冷泉	阿爾斯特
鹽度 (mg/L)	1805	1162	300	50	47	34
HRM	7	18	25	46	55	97

**哈德遜河鹽度:2006 年 10 月 12 日**

地點	紐約市	揚克斯	皮爾蒙特	維普朗克	冷泉	波基普西	阿爾斯特
鹽度 (mg/L)	7362	4041	3177	830	50	30	64
HRM	7	18	25	41	55	76	97

22 某名學生認為,鹹水楔的位置會隨天氣條件的變化而不斷變動。以下哪個表格正確列出了 2004 年 10 月 6 日和 2006 年 10 月 12 日的鹹水楔的位置 (兩個地點之間),從而證明該學生的觀點?

(1)

2004 年 10 月 6 日	皮爾蒙特和熊山
2006 年 10 月 12 日	波基普西和阿爾斯特

(2)

2004 年 10 月 6 日	皮爾蒙特和熊山
2006 年 10 月 12 日	維普朗克和冷泉

(3)

2004 年 10 月 6 日	揚克斯和皮爾蒙特
2006 年 10 月 12 日	維普朗克和冷泉

(4)

2004 年 10 月 6 日	紐約市和揚克斯
2006 年 10 月 12 日	揚克斯和皮爾蒙特

鹹水楔沿哈德遜河推進可能會影響波基普西等社區的飲用水品質，這些社區使用哈德遜河中的淡水作為引用水源。為此，有兩個不同的環保團體在密切監控哈德遜河中的鹹水楔。

由於紐約州有超過 1000 萬人的清潔飲用水源是哈德遜河，因此這兩個環保團體制定了一項計畫，以評估鹹水楔的推進情況並防止鹽分進入飲用水取水口。

這項計畫有一筆 400,000 美元的預算將用於監測和評估鹹水楔在未來 35 年的推進情況。該預算包含以下兩個部分：

- 250,000 美元用於根據河流和溪流資料預測 2025–2075 年間鹹水楔的位置。
- 150,000 美元用於制定主動性行動計畫，以維護多家水處理廠的安全飲用水。

23 根據環保團體所制定計畫中的證據，以下哪項陳述正確描述了淡水可用性將如何影響哈德遜河沿岸的社區？

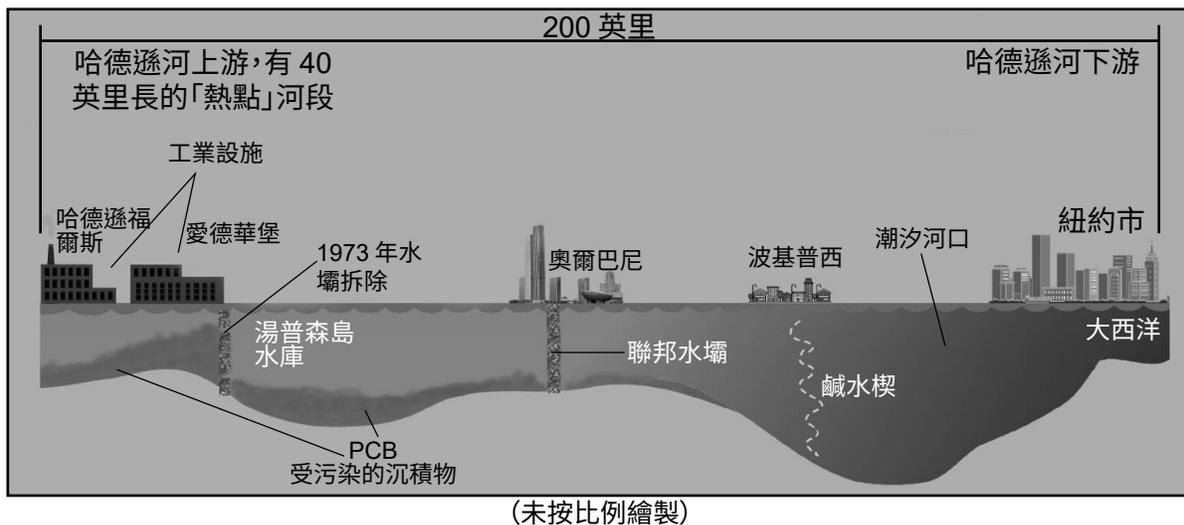
- (1) 哈德遜河沿岸的城市將需要花費大量資金來尋找替代的飲用水源，因為在未來 50 年內鹽度將下降。
- (2) 哈德遜河沿岸的城市將需要在未來 50 年花費 400,000 美元來監測鹹水楔。
- (3) 以哈德遜河作為飲用水源的社區將花費 400,000 美元來監測河水鹽度，並制定計畫，以在必要時在水處理廠淨化水質。
- (4) 以哈德遜河作為飲用水源的社區將需要花費 150,000 美元來預測鹹水楔是否會影響他們的飲用水。

鹹水楔的位置及其對飲用水品質的影響並不是哈德遜河沿岸居民面臨的唯一問題。

在 1947 年至 1977 年間，人們發現製造防火產品和絕緣油用物質（稱為多氯聯苯，PCB）的產業對人類和河流中的生物有毒。那時，位於奧爾巴尼北部的工廠估計已經向河中傾倒了 130 萬磅的 PCB。進入河流後，這些化學物質與河底和沿岸的沉積物混合。1973 年，哈德遜河上游一座水壩的拆除進一步釋放了大量受污染的沉積物。

1984 年，美國國家環境保護局（EPA）將哈德遜河 200 英里長的河段劃定為聯邦超級基金治理場地，要求清除河床沉積物中的 PCB。奧爾巴尼以北 40 英里長的河段被稱為「熱點」，在 2009 年至 2015 年間，人們透過疏浚方式清除了受 PCB 污染的沉積物。以下模型顯示了一些關於哈德遜河中 PCB 的資訊。

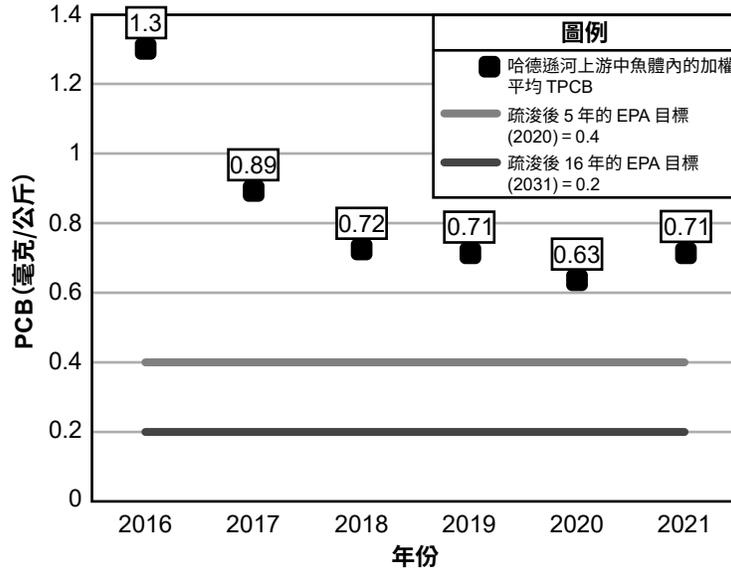
### 哈德遜河 PCB 超級基金治理場地：200 英里長河段



食用被污染的魚類是人類接觸 PCB 的最主要單一途徑。哈德遜河上游的 PCB 已經存在了 70 年，並在魚體內中累積。

EPA 建議不要食用從哈德遜河上游捕撈的魚類。2002 年，EPA 制定了 2020 年和 2031 年要達到的魚體內 PCB 濃度目標。下圖顯示了從哈德遜河上游捕撈的魚體內 PCB 濃度以及相應目標。

2016 年至 2021 年哈德遜河上游中魚體內的加權平均總多氯聯苯 (TPCB) 與 EPA 目標對比



24 根據模型和圖表，以下哪一項將是下一個能最大程度地降低哈德遜河中魚體內 PCB 濃度的合理解決方案？

- (1) 什麼都不做，讓河流自然地將 PCB 帶入大西洋。
- (2) 疏浚其他沉積物中仍含有 PCB 的區域，以永久清除河流中的污染物。
- (3) 在被拆除的水壩原址上建造另一座大型水壩，以在受污染的沉積物向下游移動之前攔截大部分 PCB。
- (4) 培育能夠從水和沉積物中去除 PCB 的較大魚類。

25 請解釋該圖表如何佐證以下結論：與 EPA 目標相比，疏浚哈德遜河在降低魚體內的 PCB 濃度方面只起到了部分作用。 [1]

---

---

---

根據以下資訊和你的地球與太空科學知識來回答第 26 題至第 30 題。有些題目可能需要用到 **2024 年版的地球與太空科學參考表**。

### 太陽系的起源

太陽和太陽系中的八顆行星同時形成。它們形成的證據可以在整個太陽系中找到。科學家們利用來自行星、隕石和地球的資料確定了太陽系的形成方式及其早期歷史。下表列出了一些有關這八大行星的資訊。

太陽系資料

行星類型	名稱	衛星數量
類地行星	水星	0
	金星	0
	地球	1
	火星	2
類木行星	木星	80(大約)
	土星	83(大約)
	天王星	24
	海王星	14

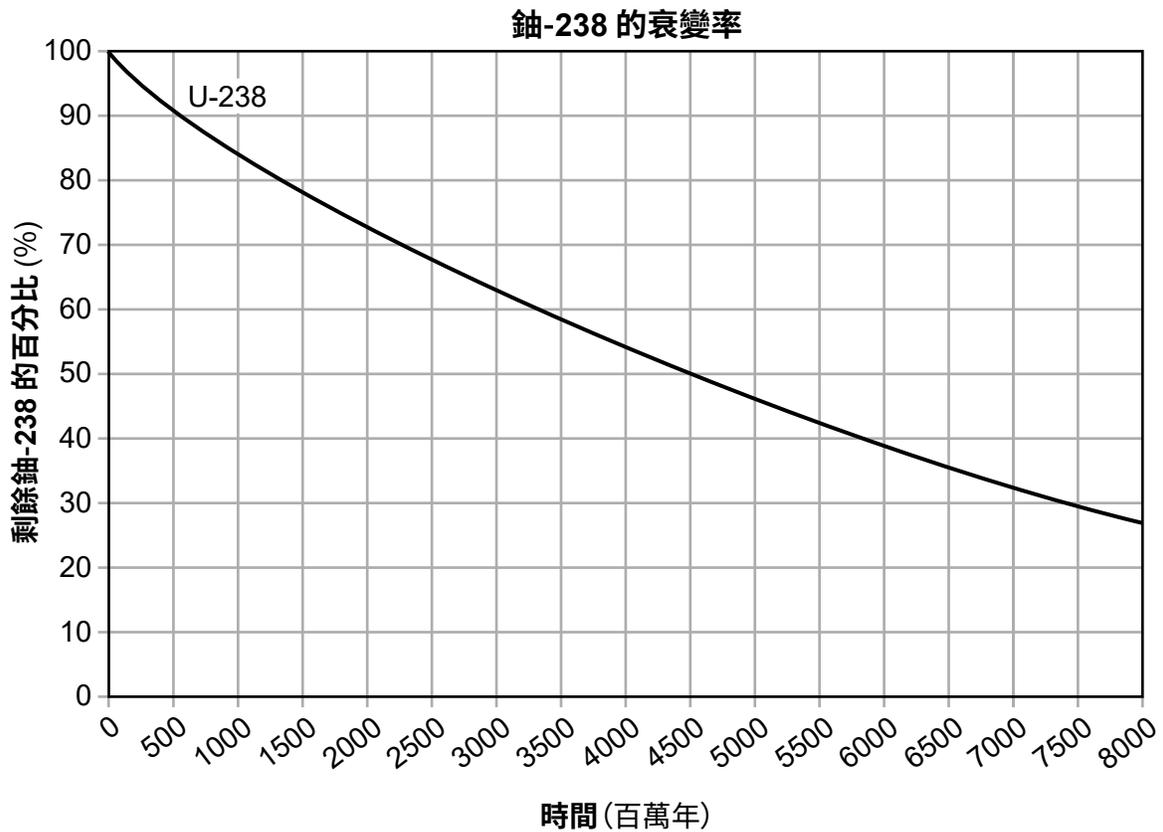
26 以下哪項陳述最準確地描述了太陽系中類地行星和類木行星因早期形成歷史而產生的本質區別？

- (1) 與類木行星相比，類地行星的公轉週期更長，衛星數量更少。
- (2) 與類木行星相比，類地行星的密度更大，公轉週期更長。
- (3) 與類木行星相比，類地行星的直徑更大，更接近太陽。
- (4) 與類木行星相比，類地行星的直徑更小，密度更大。

27 以下哪項關於土星公轉週期的預測數值最準確？

- (1) 5358 個地球日
- (2) 10,759 個地球日
- (3) 23,560 個地球日
- (4) 28,286 個地球日

研究地球上的隕石有助於重新建構太陽系和地球的歷史。科學家使用絕對年代測定法對從隕石中採集的樣本進行了年代測定，該方法透過測量地球上發現的樣本中鈾-238 與其衰變產物的含量實現了年齡推算。下圖顯示了一些關於鈾-238 的資訊。



28 一塊隕石樣本經檢測發現含有 50% 的鈾-238。請使用圖表中的證據，說明如何利用隕石的放射性年代測定方法來解釋地球的形成時間。 [1]

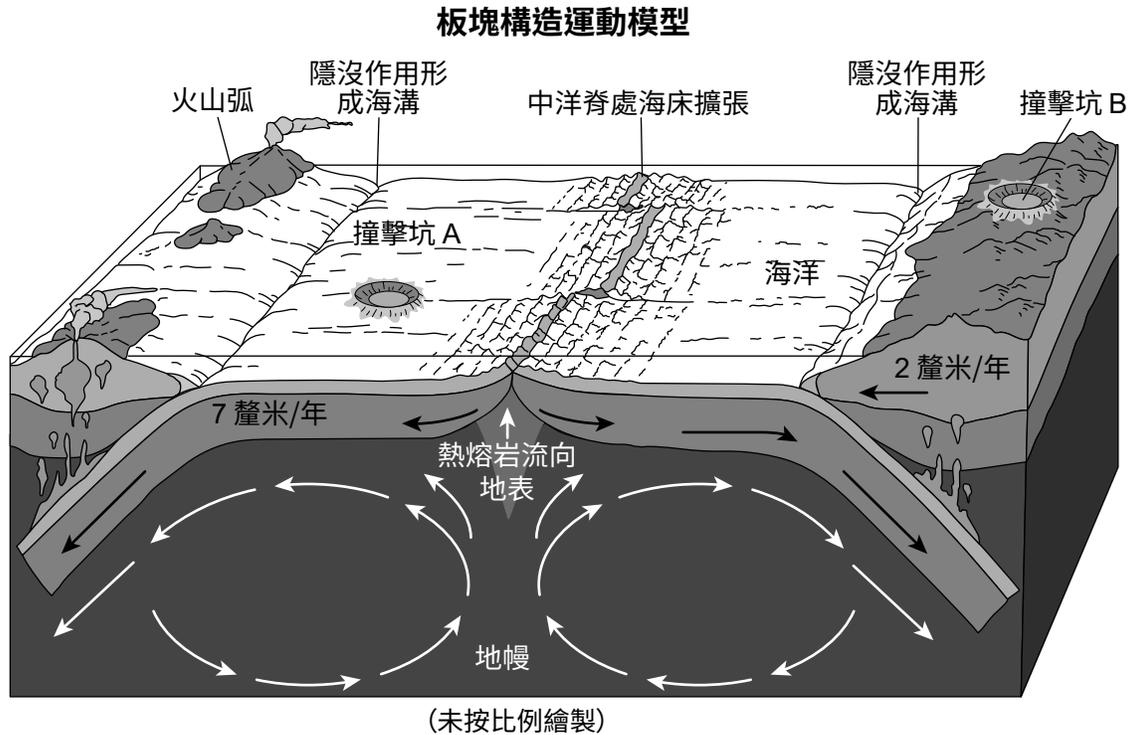
---

---

---

在地球歷史上，隕石撞擊在大陸地殼和海洋地殼表面形成了很多撞擊坑。然而，在地球表面已確認的大約 200 個撞擊坑中，只有約 20 個位於海洋地殼上。這令人驚訝，因為地球表面約有 70% 被水覆蓋。由於缺乏在海洋地殼上觀察到的撞擊坑證據，科學家認為，地球的板塊運動可能是原因之一。

海洋地殼和大陸地殼的近似移動速率在模型中以釐米/年 (cm/yr) 為單位表示。圖中標出了兩個撞擊坑。

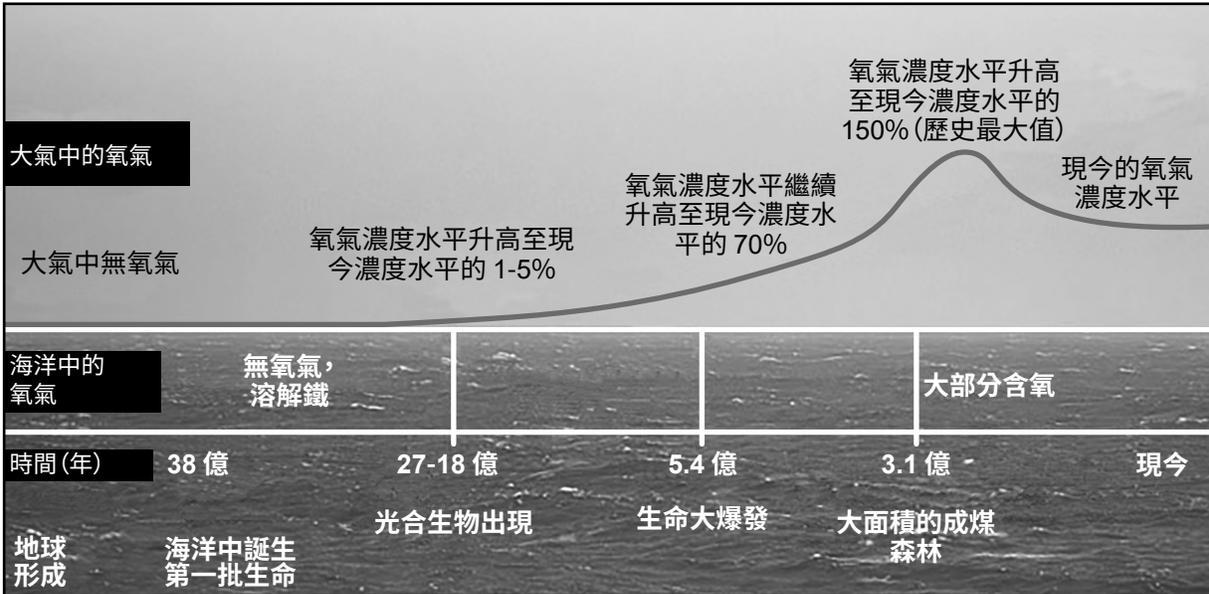


- 29 以下哪一項陳述最準確地描述了為什麼撞擊坑 A 不太可能像撞擊坑 B 那樣長久地留存下來？
- (1) 撞擊坑 A 位於移動速度較快的海洋地殼上，將因隱沒作用而被破壞。
  - (2) 撞擊坑 A 位於移動速度較慢的板塊上，將先於撞擊坑 B 被隱沒。
  - (3) 撞擊坑 A 將被中洋脊處的熱熔岩所破壞。
  - (4) 撞擊坑 A 將被附近火山弧的噴發所破壞。

地球的系統並非獨立運作。例如，海洋溫度的變化會影響大氣溫度。在地球早期歷史中，當氧氣濃度從地球海洋過渡到大氣時，也發生了類似的協同演化過程。

下圖顯示了一些關於地球海洋和大氣的資訊。

**地球歷史上氧氣濃度水平變化模型**



30 確定導致地球海洋和大氣中氧氣濃度發生變化的過程。然後，基於證據構建一個論點，論證地球海洋和大氣中氧氣含量如何變化，以及這些變化如何導致地球兩個圈層中生命的協同演化。 [1]

過程：\_\_\_\_\_

有論據的論點：\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

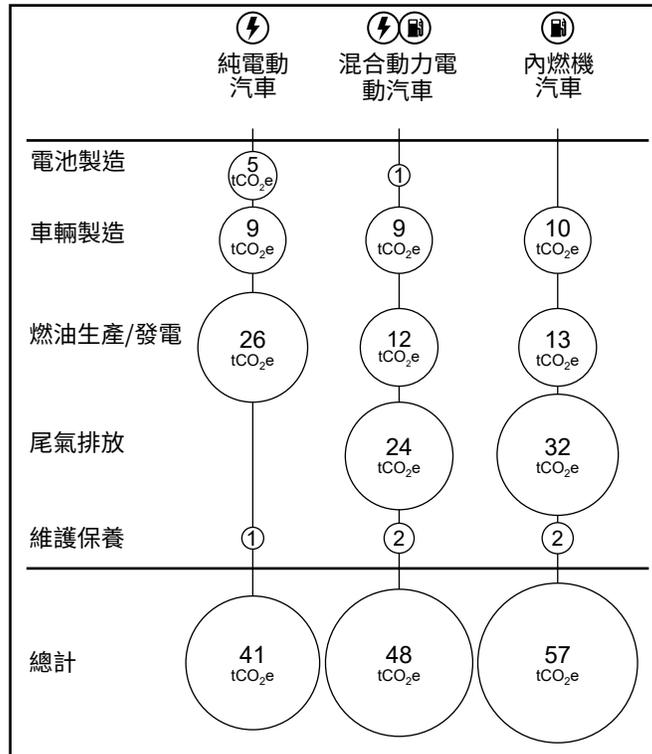
根據以下資訊和你的地球與太空科學知識來回答第 31 題至第 35 題。有些題目可能需要用到 2024 年版的地球與太空科學參考表。

### 鋰的開採與使用

鋰是一種高反應性的鹼金屬，用於製造潤滑劑、藥品、玻璃和可充電電池。由於鋰常用於手機、膝上型電腦和電動汽車等現代電子產品，對鋰的需求已出現增長。純電動汽車在行駛時不會排放任何尾氣。

下方的資訊圖表匯總了三種不同類型車輛在其生命週期內製造和使用相關的平均氣體排放量，以二氧化碳噸數 (tCO<sub>2</sub>e) 為單位進行衡量。

與生產和使用不同類型車輛相關的生命週期排放量



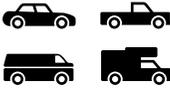
31 從資訊圖表中找出對環境產生的負面影響**最小**的車輛類型，並透過提供資訊圖表中的證據來證明你的回答合理。 [1]

車輛類型： \_\_\_\_\_

證據： \_\_\_\_\_

以下資料表匯總了最初針對從紐澤西州透過港務局橋樑和隧道進入紐約市的機動車駕駛者所提議的收費標準。有資格享受綠色通行證折扣的車輛包括插電式混合動力電動汽車和純電動汽車。

從紐澤西州進入紐約市的機動車駕駛者的橋樑和隧道通行費

類別	車輛類型	車軸數	非高峰時段收費 僅東行收費	高峰時段收費 僅東行收費
1	兩車軸單後輪車輛 (包括兩車軸單後輪且無額外拖曳軸的休旅車) 	2	12.75 美元	14.75 美元
7	1 類或 11 類 (包括 1 類休旅車) 帶拖車 (至少三個單輪軸) 	3 個或以上	24.25 美元 每多一根軸增加 11.50 美元	26.25 美元 每多一根軸增加 11.50 美元
折扣方案 (註明)	綠色通行證 符合條件的低排放量 1 類車輛	2	9.25 美元 每多一根軸增加 11.50 美元	14.75 美元 每多一根軸增加 11.50 美元
	綠色通行證 符合條件的低排放量 7 類車輛	2	20.75 美元 每多一根軸增加 11.50 美元	26.25 美元 每多一根軸增加 11.50 美元

32 進入紐約市的車輛在擁擠的都市區域增加了空氣污染物。請描述在非高峰時段駕駛能享受綠色通行證折扣費率的 1 類和 7 類車輛的駕駛者可獲得的經濟利益。另請探討港務局的收費方案如何影響社會意願與需求。 [1]

經濟利益：\_\_\_\_\_

意願與需求：\_\_\_\_\_

鋰目前開採自露天礦或地下鹵水儲層。從露天礦開採的鋰礦石在燃燒化石燃料的焙燒窯中乾燥。地下鹵水儲層的開採方法是使用蒸發池和太陽能從含有各種鹽類的高濃度鹵水中收集鋰。下表列出了一些有關這兩種開採方法的資訊。

	開採方法	
	礦石提鋰	儲層鹵水提鋰
二氧化碳排放量 (每 1000 公斤鋰)	15,000 公斤	5000 公斤
用水量(每 1000 公斤鋰)	170 立方米	469 立方米
土地佔用(每 1000 公斤鋰)	464 平方米	3124 平方米

33 以下哪個表格正確匯總了礦石提鋰或儲層鹵水提鋰的優點？

優點	礦石提鋰	儲層鹵水提鋰
CO <sub>2</sub> 排放更少		✓
用水量更少	✓	
用地量更少		✓

(1)

優點	礦石提鋰	儲層鹵水提鋰
CO <sub>2</sub> 排放更少	✓	
用水量更少		✓
用地量更少	✓	

(3)

優點	礦石提鋰	儲層鹵水提鋰
CO <sub>2</sub> 排放更少	✓	
用水量更少		✓
用地量更少		✓

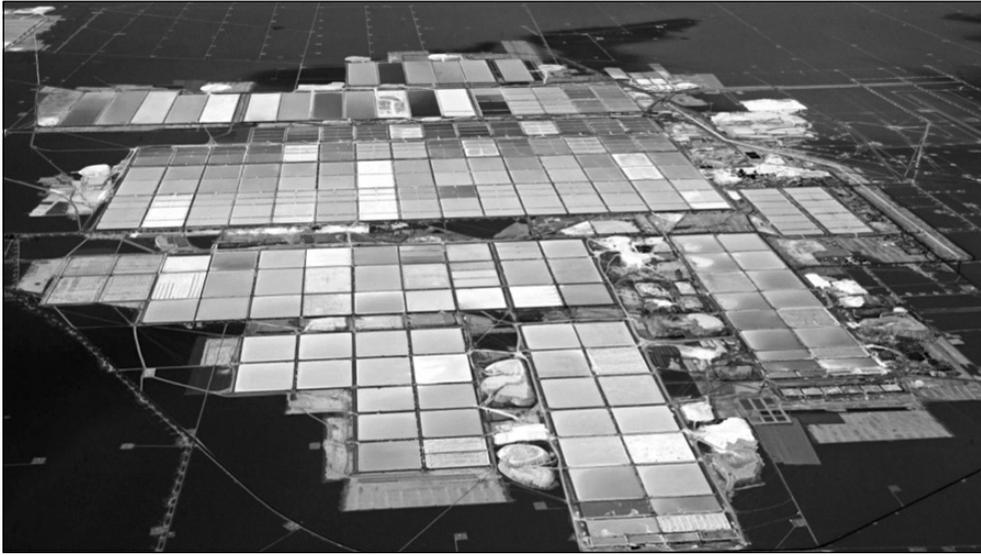
(2)

優點	礦石提鋰	儲層鹵水提鋰
CO <sub>2</sub> 排放更少		✓
用水量更少	✓	
用地量更少	✓	

(4)

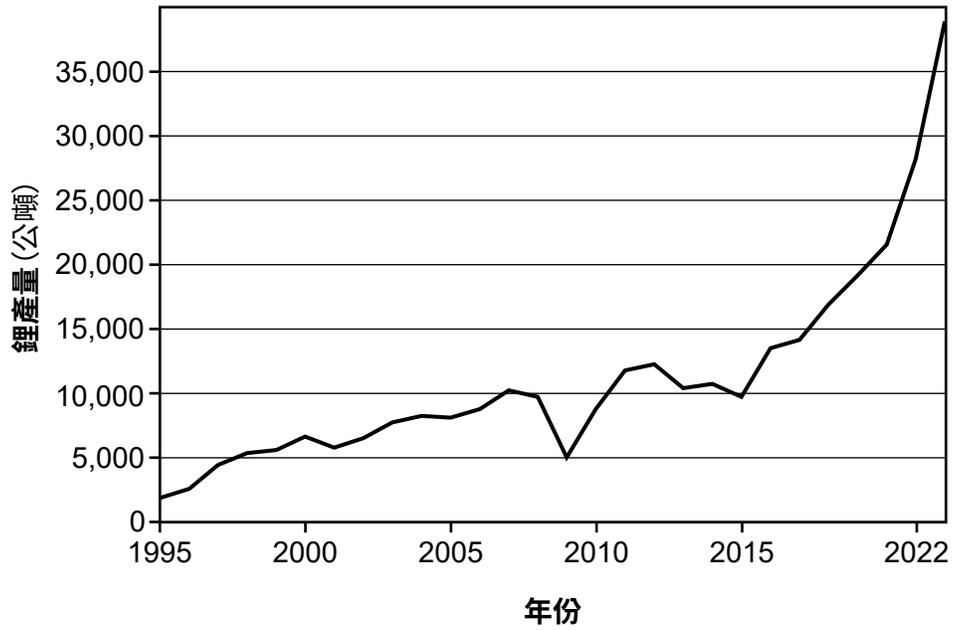
鋰的生產對智利阿塔卡馬地區的土地使用造成了影響。相片顯示了鹵水提取和加工設施中的太陽能蒸發池。

鹵水提取設施



下圖顯示了一些關於鋰的資訊。

智利的鋰生產

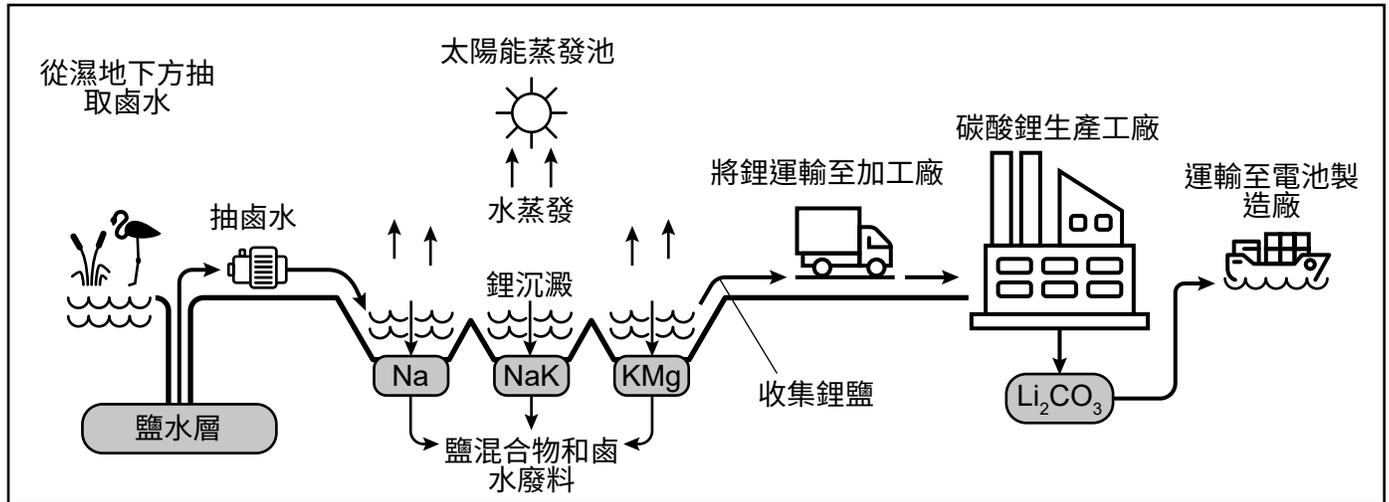


34 以下哪一項陳述正確描述了 1995 年至 2022 年間智利進行儲層鹵水提鋰所需的岩石圈變化？

- (1) 從 2005 年到 2010 年，建造蒸發池所需的土地面積以穩定的速度增加。
- (2) 蒸發池所需的土地面積在 1995 年最小，在 2015 年最大。
- (3) 2015 年至 2022 年間，蒸發池所需的土地面積增加。
- (4) 建造蒸發池所需的土地面積僅在 2010 年到 2015 年間減小。

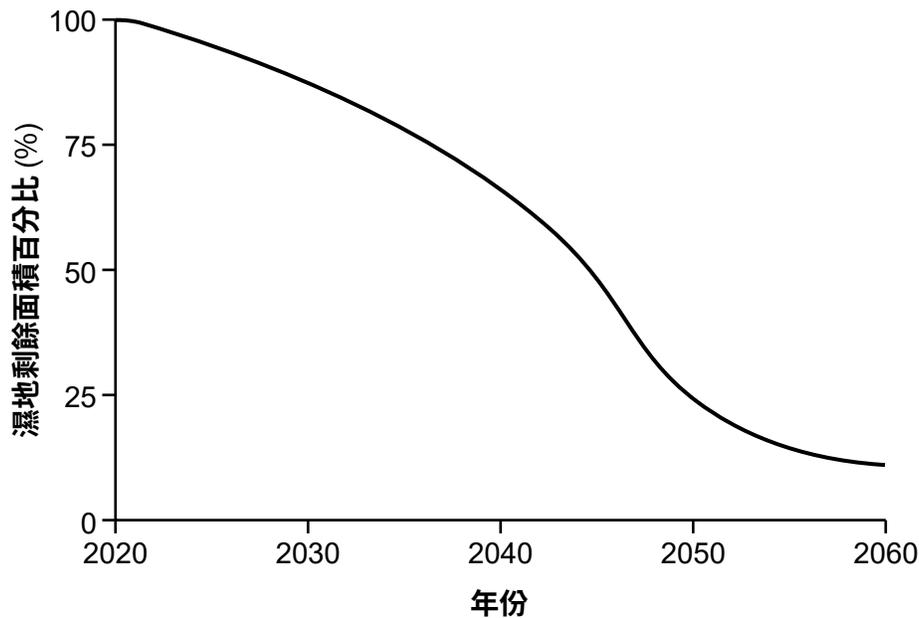
安第斯火烈鳥是一種活動於智利阿塔卡馬地區濕地及其他鋰礦床所在地的鳥類，現已被列為易危物種。以下模型展示了一些關於儲層鹵水提鋰法的資訊。圖表顯示了 2020 年至 2060 年間，由於鋰礦開採，阿塔卡馬濕地地區預計將發生的變化。

### 儲層鹵水提鋰法模型



(未按比例繪製)

### 阿塔卡馬濕地預計消失趨勢



35 以下哪一項陳述正確描述了智利阿塔卡馬地區鋰生產中的含鹽鹵水處理和管理對安第斯火烈鳥棲息地的負面影響？

- (1) 從太陽能蒸發池中抽取鹵水會將鹵水排到濕地中。
- (2) 從鹽水層抽取鹵水會減少可供濕地使用的水量。
- (3) 從鹽水層蒸發的水減少了可供濕地使用的水量。
- (4) 太陽能蒸發池中的水蒸發會增加濕地水量。

根據以下資訊和你的地球與太空科學知識來回答第 36 題至第 40 題。有些題目可能需要用到 **2024 年版的地球與太空科學參考表**。

### 幽靈森林

「幽靈森林」一詞用於描述一片仍然矗立的死樹或樹樁。幽靈森林通常由於環境變化或影響沿海森林的自然災害而形成。隨著海平面的變化，入侵的海水可能會向陸地推進並取代沿海森林中很多樹種賴以生存的淡水。這些鹹水會慢慢毒害活樹，導致樹木垂死甚至死亡。在美國，幾乎每個沿海州都可以找到幽靈森林。

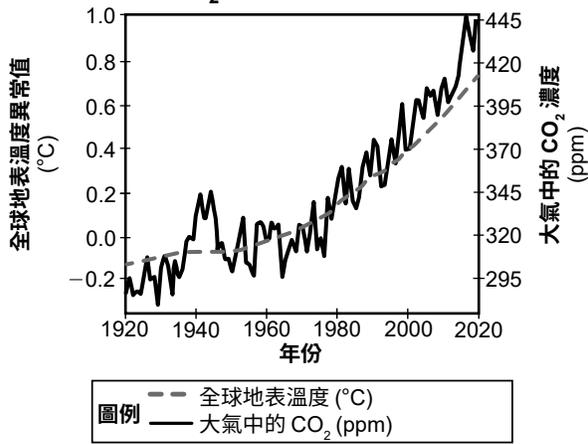
沿海森林是一種高效的碳匯，能夠收集並儲存大氣中的碳。因為它們會自然地過濾、冷卻並減緩地下水和溪流的流動，所以對於維持水質至關重要。沿海森林能夠防止侵蝕，緩衝風暴潮，提供野生動物棲息地，並確保水質和水量。隨著海水入侵問題的加劇，木材加工產業所需的沿海木材供應量也將減少，從而損害依賴該產業的農村地區經濟。

### 沿海幽靈森林

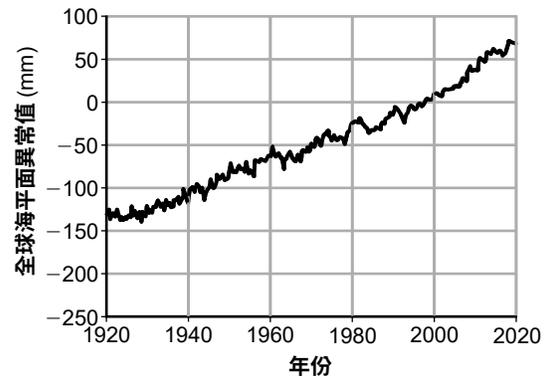


下圖顯示了一些關於全球溫度、CO<sub>2</sub> 和海平面的資訊。異常即指偏離預期值的變化。異常值為 0 表示沒有偏離歷史平均值的變化。

**全球地表溫度異常值與大氣中的 CO<sub>2</sub> 濃度 (1920-2020)**



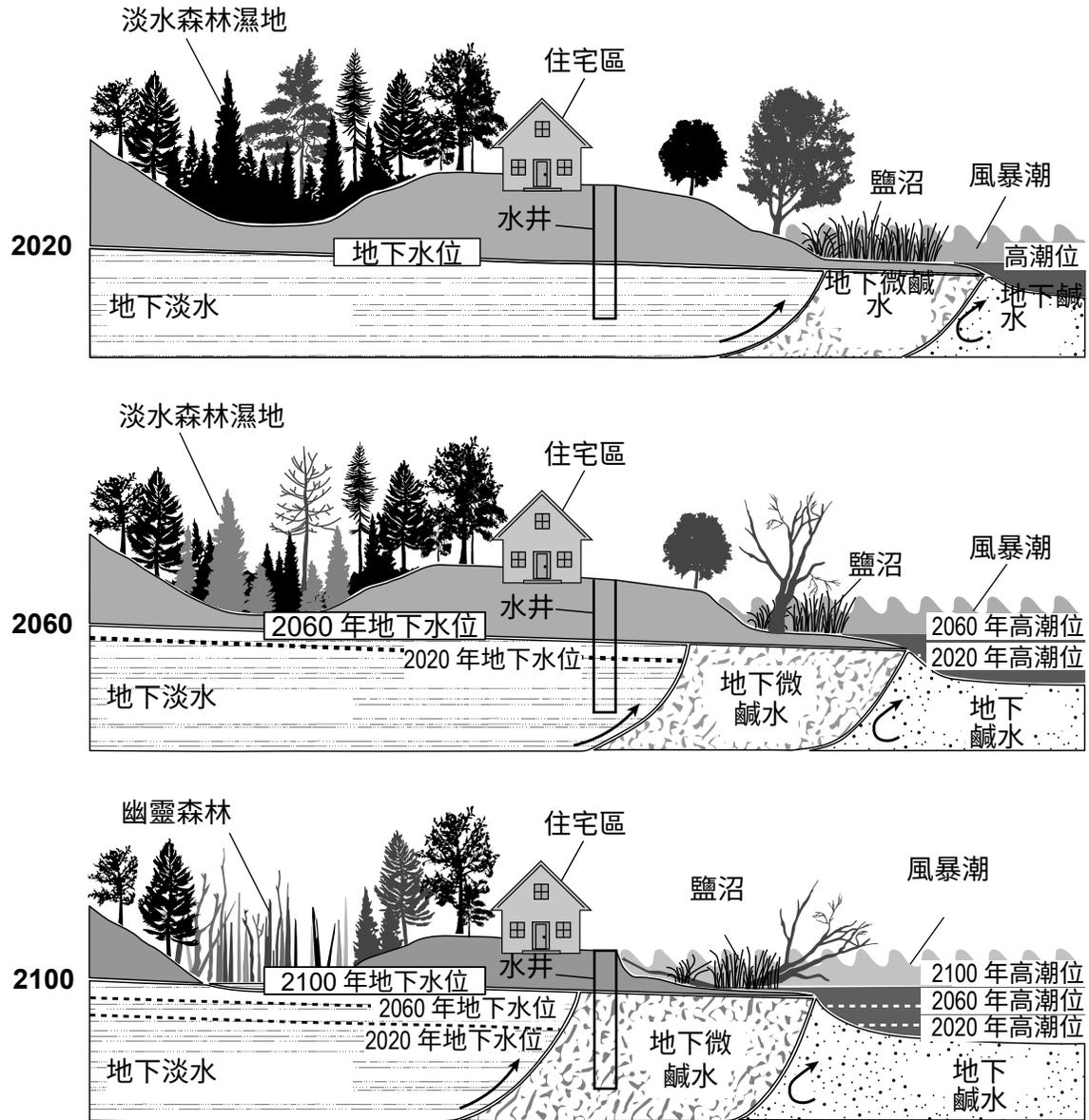
**全球海平面異常值 (1920-2020)**



36 除了二氧化碳排放量增加外，下表中哪一行正確描述了 1920 年至 2020 年間幽靈森林土地面積增加的地區遭受沿海洪水侵襲的因素及其影響？

行	溫度變化總異常值	全球海平面總異常值	沿海洪水
(1)	-0.9°C	70 mm	減少
(2)	-0.9°C	195 mm	減少
(3)	0.9°C	195 mm	增多
(4)	0.9°C	70 mm	增多

以下資訊圖表預測了從 2020 年到 2100 年，沿海地區住宅區附近幽靈森林的發展情況。鹹淡水是淡水和鹽水的混合物。



37 根據以上資訊圖表，找出一種將受到海平面上升影響的自然資源，並說明這種資源可用性的變化將如何影響人類活動。 [1]

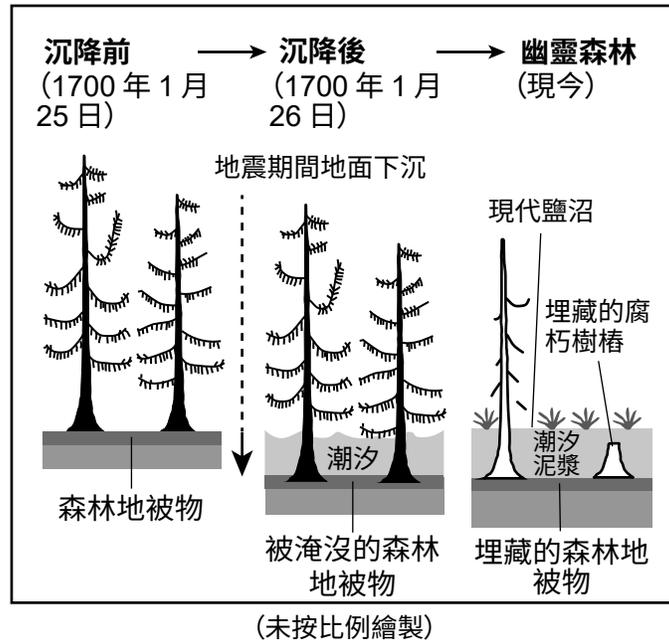
自然資源：\_\_\_\_\_

對人類活動的影響：\_\_\_\_\_

38 某名學生認為，隨著該住宅區附近沿海地區幽靈森林面積的增加，活森林面積將會減少。這一現象最可能對地球系統產生哪方面的關聯影響？

- (1) 濕地面積的增加將會降低當地濕度。
- (2) 地面植被的減少將導致水徑流增加、土壤侵蝕加劇。
- (3) 隨著高潮水位上升，由於更多太陽能被反射，當地氣候將會變涼。
- (4) 生活在幽靈森林中死木和腐木上的新物種將增加生態系統的生物多樣性。

以下模型展示了 1700 年 1 月 26 日沿美國西海岸發生的地震導致的地面沉降對幽靈森林形成的影響。



39 請使用該模型比較與地震相關的地面沉降的時間尺度和與幽靈森林發展相關的地面沉降的時間尺度。 [1]

與地震相關的地面沉降的時間尺度：\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

與幽靈森林發展相關的地面沉降的時間尺度：\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

以下是六項減少幽靈森林擴張的建議解決方案。

### **建議解決方案**

1. 用混凝土加固海堤
2. 使用沙子和土在海岸邊造出植有草叢的沙丘
3. 限制對沿海濕地的開發
4. 安裝防沙柵欄以減少風蝕造成的沙子流失
5. 保護和恢復潮汐地區植被的生物多樣性
6. 砌築高岩石牆和其他人工防波堤

40 哪三種解決方案能減少幽靈森林的擴張，並且最有可能以對當地居民的最小的環境影響和最大美學價值來實現？

(1) 1、3、4

(3) 2、5、6

(2) 1、4、6

(4) 2、3、5

根據以下資訊和你的地球與太空科學知識來回答第 41 題至第 45 題。有些題目可能需要用到 2024 年版的地球與太空科學參考表。

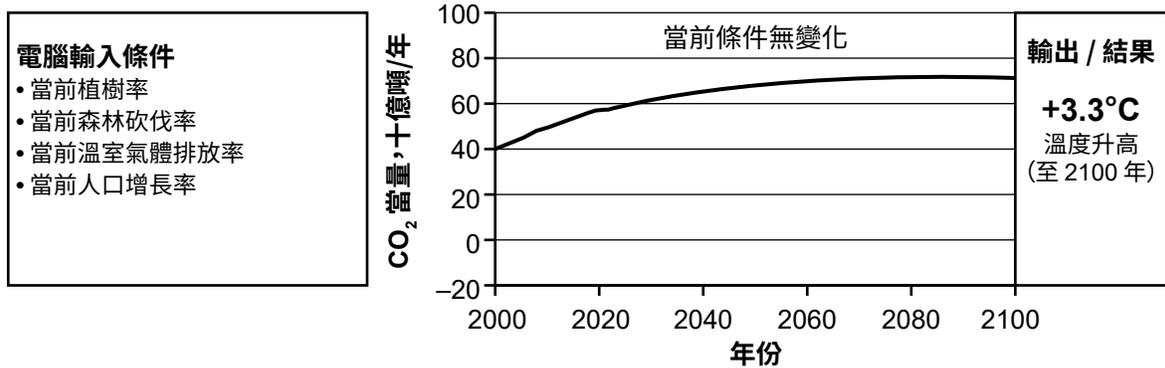
### 人類對地球的影響

全球人口在過去 50 年急劇增加，對地球的自然資源造成了越來越大的壓力。這不僅在自然資源管理方面帶來了挑戰，同時也創造了尋找這些挑戰的解決方案的機會。

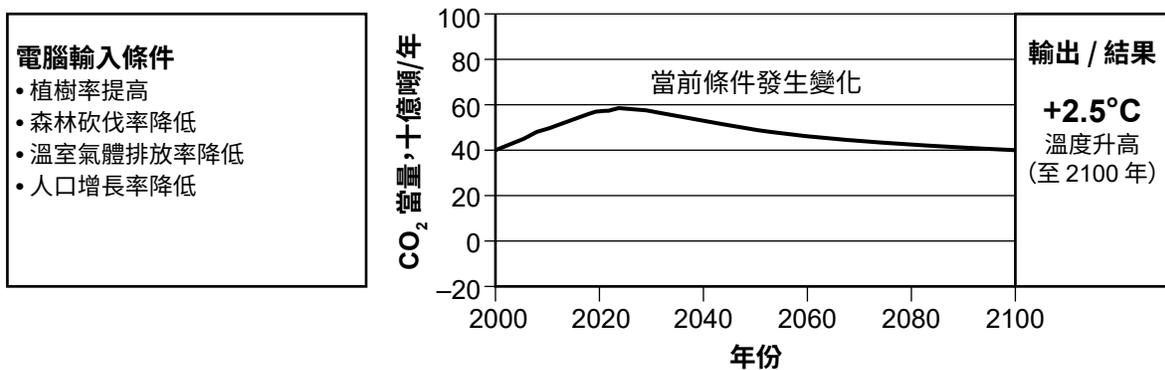
EN-ROADS 模擬器是一種線上工具，利用該工具，使用者可以操縱變數以觀察其對氣候變化的影響。一名學生使用此模擬器預估了在不改變及改變當前條件的情況下，到 2100 年全球溫度的變化情況。

下方的圖表顯示了模擬結果。模擬 1 顯示了在當前條件下溫室氣體淨排放量及其導致的大氣全球溫度變化的可能結果。模擬 2 顯示了透過一組不同的電腦輸入條件得出的溫室氣體淨排放量及其導致的大氣全球溫度變化的可能結果。

模擬 1：溫室氣體淨排放量 — 當前人類活動無變化



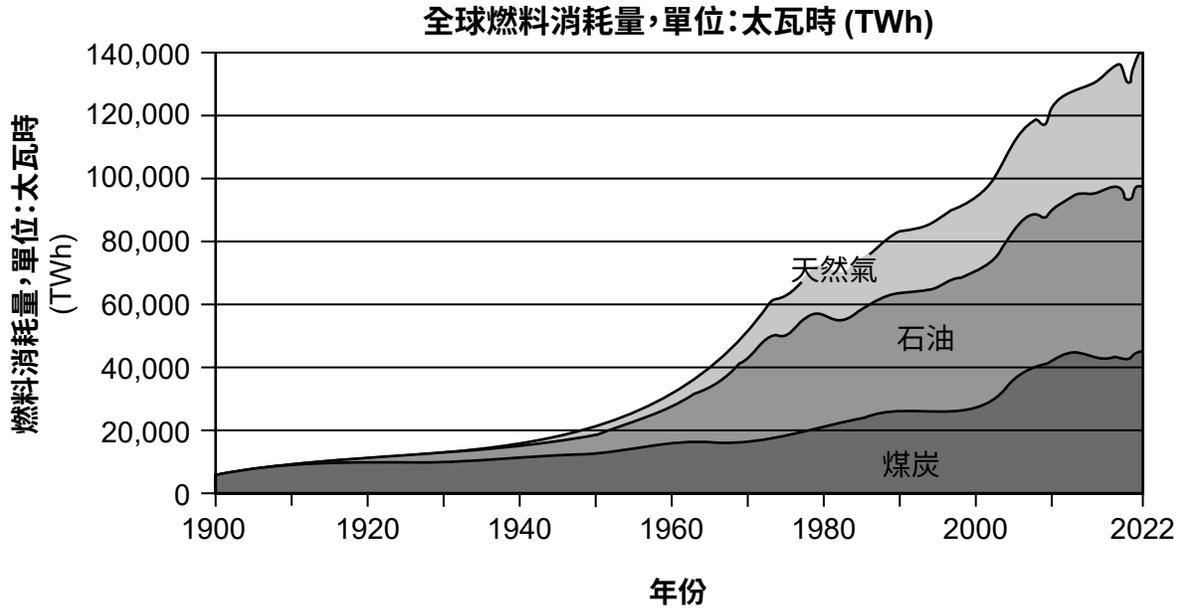
模擬 2：溫室氣體淨排放量 — 人類活動發生變化



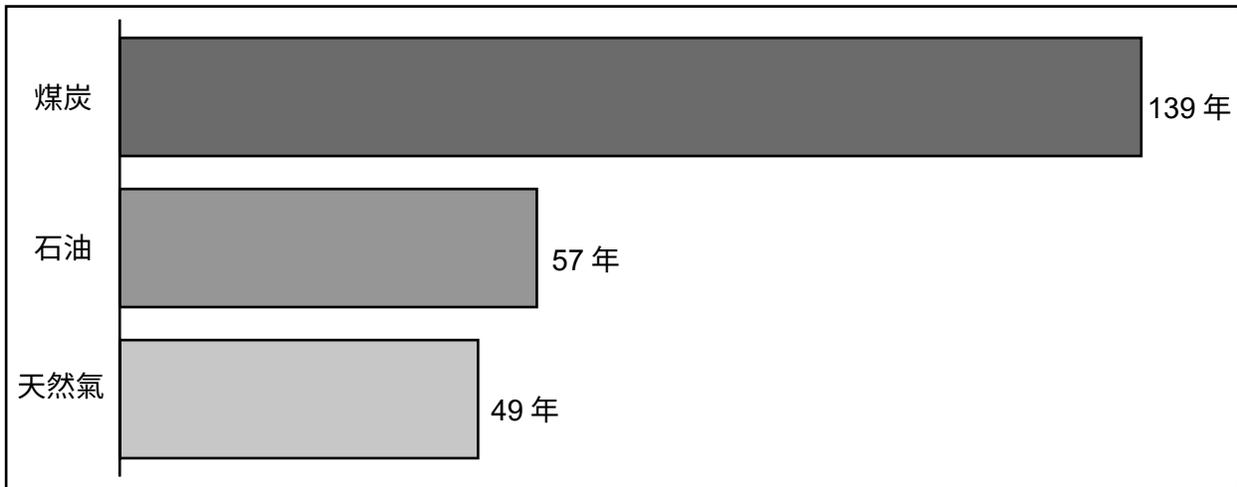
41 根據模擬1和模擬2得出的資訊，下表中哪一行正確地匹配了從2020年開始實施的自然資源管理方法及其對人類人口、大氣中的溫室氣體和生物多樣性的影響？

行	自然資源管理方法	對人類人口的影響	大氣中的溫室氣體量	對生物多樣性的影響
(1)	重新造林	積極	減少	積極
(2)	重新造林	積極	無變化	消極
(3)	減少森林砍伐	積極	無變化	積極
(4)	減少森林砍伐	積極	減少	消極

以下圖表列出了一些有關不同類型化石燃料的資訊。



**2020 年後剩餘化石燃料儲量的估計可開採年數**



42 根據兩幅圖表中的資訊，哪一項陳述正確描述了自 1950 年以來化石燃料管理與這些資源未來永續性之間的關係？

- (1) 化石燃料的年消耗量增加了六倍以上，而這些能源中某些類型在 2150 年之後將無法持續。
- (2) 化石燃料的年消耗量增加了十倍以上，而這些能源中某些類型在 2170 年之後仍然可持續。
- (3) 化石燃料的年消耗量增加了一倍，而這些能源中某些類型在未來 30 年內仍可持續。
- (4) 化石燃料的年消耗量增加了兩倍，而這些能源中某些類型在未來 30 年將無法持續。

下表列出了一些有關 1961 年至 2016 年間耕地的資訊。耕地是指可用於種植作物和飼養牲畜的土地。

**世界人均耕地面積 (1961 - 2016 年)**

年份	人均耕地面積 (1 公頃 = 2.47 英畝)
1961	0.36
1972	0.3
1983	0.26
1994	0.25
2005	0.21
2016	0.19

- 43 根據圖表和表格，以下哪一項陳述正確提供了證據來支持增加化石燃料的消耗導致世界人均耕地面積發生變化的說法？
- (1) 氣溫升高，增大了土壤蒸發量，從而增加了耕地面積。
  - (2) 氣溫升高，降低了土壤蒸發量，從而減少了耕地面積。
  - (3) 氣溫升高，降低了土壤蒸發量，從而增加了耕地面積。
  - (4) 氣溫升高，增大了土壤蒸發量，從而減少了耕地面積。

獵豹保護基金會 (CCF) 是一個非營利組織，致力於確保非洲納米比亞獵豹及其棲息地。這個非洲國家的中部曾經是一片混合林地草原。然而，過度放牧（飼養肉牛）、獵殺大象和犀牛，以及砍伐成熟樹木，已經使該地區的植被變成了以荊棘灌木為主。這限制了棲息地中動物的狩獵能力。CCF 採收這些荊棘灌木來製作 Bushblok，這是一種可以用作生物質燃料來源的小圓木。

- 44 請描述 Bushblok 圓木的加工如何解決納米比亞的一個問題。請解釋這些圓木對獵豹種群有何好處，及其如何減少人類活動對納米比亞獵豹棲息地的影響。 [1]

問題： \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

好處： \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

- 45 增加生物質的使用是 CCF 為減緩氣候變化速度而採取的多項舉措之一。哪項附加解決方案（如果增加）可以與生物質一起作為另一種可再生能源使用？

(1) 鑽探石油

(3) 使用太陽能電池板

(2) 開採天然氣

(4) 燃燒林地樹木

根據以下資訊和你的地球與太空科學知識來回答第 46 題至第 50 題。有些題目可能需要用到 **2024 年版的地球與太空科學參考表**。

### 夏威夷群島的構造

夏威夷群島位於太平洋板塊中心附近，是歷史上火山噴發形成的火山峰。夏威夷島位於一個熱點之上，該地點處地幔中的岩漿源持續向上推擠至地表，形成了活火山。夏威夷島本身仍持續地在莫納羅亞火山和基拉韋厄火山的活躍火山活動中成形，這兩座火山目前皆位於熱點之上。位於海平面下的羅希海底火山同樣處於該熱點上方，未來極可能形成下一個夏威夷島。群島中的其他島嶼則是死火山。

以下地圖展示了一些關於夏威夷群島的資訊。許多島嶼上的基岩年齡不同，皆以百萬年為單位標示。模型展示了在地幔熱點上形成島嶼的三個階段。



46 以下哪個表格正確地將創造夏威夷群島鏈的地球活動過程及相應的地表特徵配對？

地球活動過程	地表特徵
岩漿下沉	中洋脊

(1)

地球活動過程	地表特徵
構造抬升	火山

(3)

地球活動過程	地表特徵
岩漿上升	火山

(2)

地球活動過程	地表特徵
構造沉降	海溝

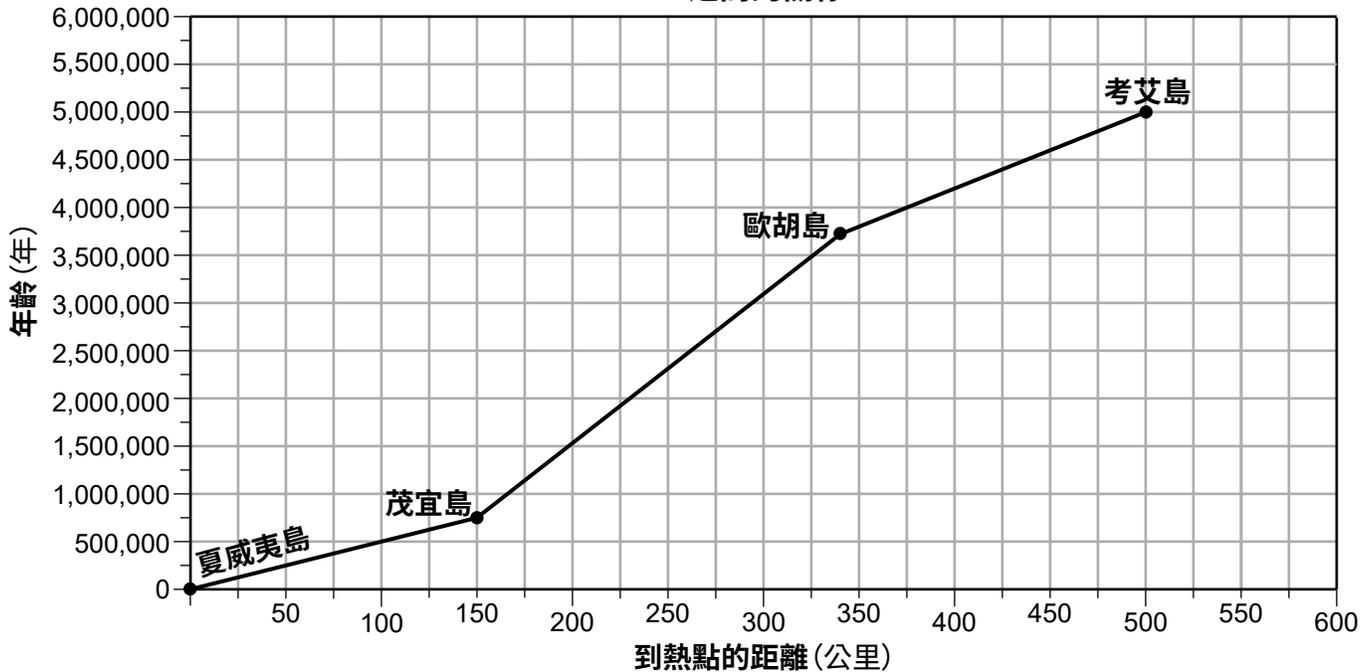
(4)

47 某名學生認為，太平洋板塊的運動可以用來確定夏威夷群島的形成年代。請使用地圖中的證據來說明島嶼年齡模式與太平洋板塊移動的羅盤方向之間的關係。 [1]

年齡模式：\_\_\_\_\_

移動的羅盤方向：\_\_\_\_\_

夏威夷群島到熱點的距離與其年齡之間的關係



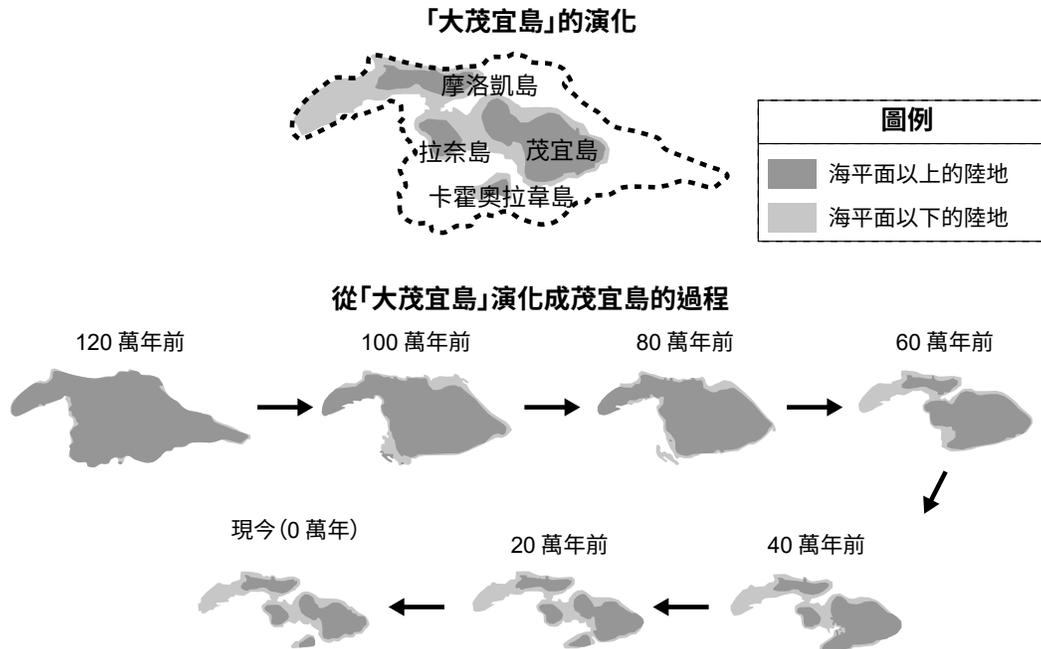
在夏威夷群島之間收集了兩個海洋地殼樣本。樣本 X 與樣本 Y 的資料如下所示。

樣本	大概年齡(年齡)	大概距離(公里)
X	500,000	90
Y	2,750,000	275

48 樣本是在哪些島嶼之間收集的？

- |                                     |                                     |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| (1) X - 夏威夷島和茂宜島之間<br>Y - 歐胡島和考艾島之間 | (3) X - 夏威夷島和茂宜島之間<br>Y - 茂宜島和歐胡島之間 |
| (2) X - 歐胡島和考艾島之間<br>Y - 夏威夷島和茂宜島之間 | (4) X - 茂宜島和歐胡島之間<br>Y - 夏威夷和茂宜島之間  |

以下模型展示了現今茂宜島形成的地質歷史。



49 根據模型，以下哪個表格正確列出了大茂宜島演化過程中的空間變化、時間變化以及一種可能促成其形成的地表活動過程？ [1]

(1)

空間變化	地表特徵	地表活動過程
1 個大島分裂成 4 個小島	12 億年	海平面升高

(2)

空間變化	地表特徵	地表活動過程
4 個小島合併成 1 個大島	420 萬年	沿海岸線沉積

(3)

空間變化	地表特徵	地表活動過程
1 個大島分裂成 4 個小島	120 萬年	陸地下沉

(4)

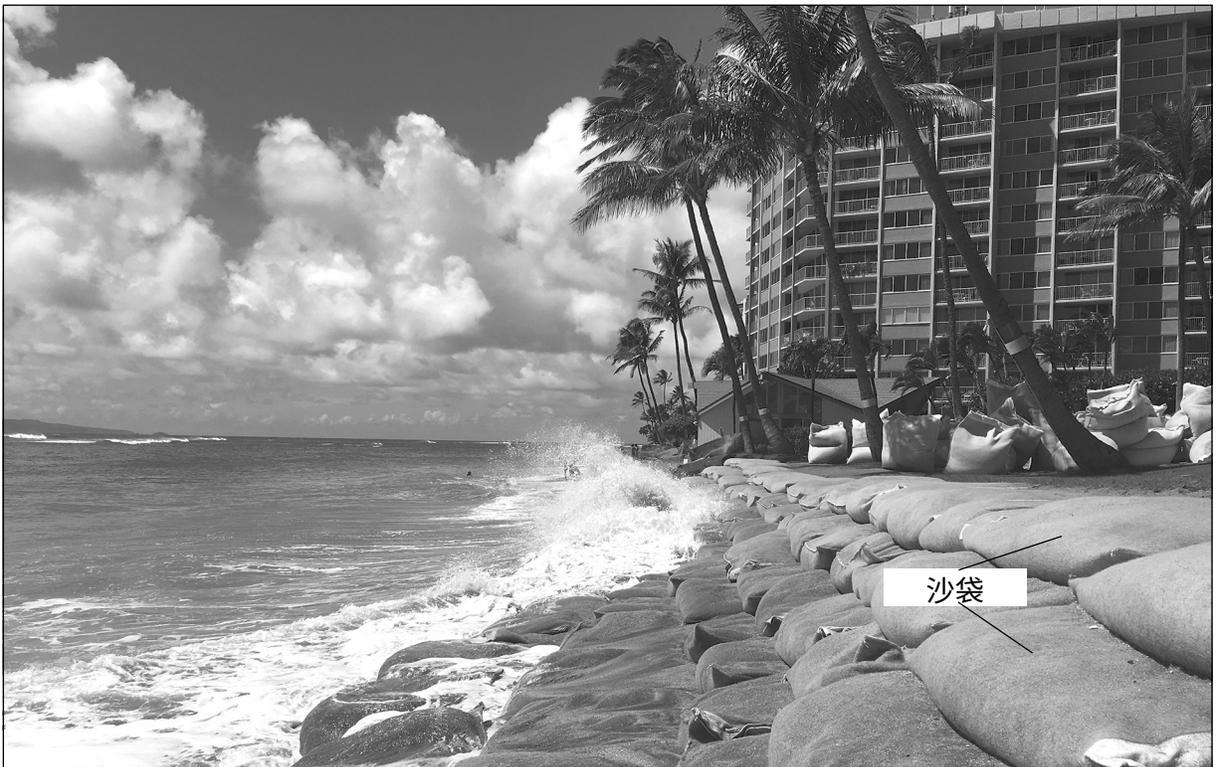
空間變化	地表特徵	地表活動過程
4 個小島合併成 1 個大島	42 億年前	海平面下降

以下相片展示了茂宜島上一些海岸線區域的現狀。人類沿海岸線的開發活動已影響到海岸區域。為此，科學家設計了一些解決方案以降低這種影響。

**相片 1: 海岸線位置 1**



**相片 2: 海岸線位置 2**



相片 3: 海岸線位置 3 (濱海公路沿線)



海堤

50 請確定相片中呈現的地球科學問題，並說明相片 2 或相片 3 中所示的解決方案如何減少人類開發活動對海岸地區自然地球科學過程造成的影響。 [1]

地球科學問題： \_\_\_\_\_

解決方案如何降低影響： \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

