

透過時間追蹤地球的二氧化碳

本 小節一開始，請學生閱讀科學家蒐集二氧化碳的文本證據，包括幾百萬年前人類尚未出現的悠久年代。為了讓學生理解本小節使用的數據單位「百萬分之一」，將以視覺化的效果引導學生了解這個單位。學生也學習解釋圖表，以及汲取二氧化碳變遷的資訊。學生兩兩成組，討論地球歷史中三個不同時期的三張圖表，全班針對每張圖表完成二氧化碳濃度變化的大圖。最後，學生四人一組，運用事件卡背面的時間訊息，找出對應二氧化碳變遷的對應卡。以下是學生的重要概念：

- 自從 1960 年代以來，大氣中二氧化碳濃度增加的速度，比過去一萬年來的任何時間都快。

學生的附帶學習：

- 在地球整體歷史中，二氧化碳的濃度曾經改變，但是從過去七十五萬年以來，當今的濃度是最高的。
- 科學家利用冰芯和植物化石，判斷遠古時期二氧化碳的濃度。
- 科學家利用 ppm（百萬分之一）為單位，測量二氧化碳的濃度。

透過時間追蹤地球的二氧化碳	預計時間
複習碳的性質	5 分鐘
學生閱讀：科學家如何知道大氣中的碳？	15 分鐘
介紹碳圖表	10 分鐘
利用碳圖表追蹤二氧化碳濃度變化	15 分鐘
總計	45 分鐘

單元目標

科學內容

- 氣候變遷

科學應用

- 從證據提出解釋
- 解釋並創造圖表

科學本質

- 科學解釋根基於證據
- 在蒐集新的證據方面，科技扮演重要角色

科學語言

- 利用科學字彙
- 參加以證據為基礎的討論

你需要準備

全班需要

- 投影設備 *
- 連結網路的電腦或教學資源光碟 *
- 3.2 小節的 11 張投影片

每組學生需要

- 一個裝有 3.1「地球歷史事件卡」（一套共 12 張）的信封

每位學生需要

- 調查筆記本：p.3、8 ~ 11、6（選擇利用每日書面反思）

* 本教材包不提供

準備上課

本小節上課前一天的準備工作

架設投影設備或視聽設備：架設完成並進行測試，確保學生上課時能看到投影資料。花幾分鐘檢視需要的教具以及補充資源，請參考 mare.lawrencehallofscience.org/oss68 或資源光碟。

科學語言

科學字彙

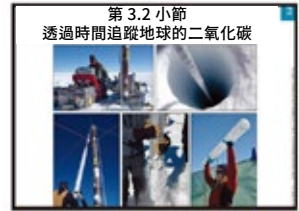
吸收
大氣
碳循環
二氧化碳 / CO_2
氣候
氣候變遷
洋流
緻密 / 密度
證據
化石燃料
熱能
溫室氣體
模型
生物
海平面

科學論證

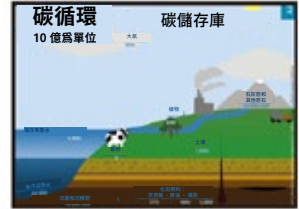
你的想法是什麼？
你為什麼這樣想？
你的證據是什麼？
你同意嗎？為什麼？
你不同意嗎？為什麼？
我們有多大的把握？
要怎麼辦，我們才能更有把握？

複習碳的性質

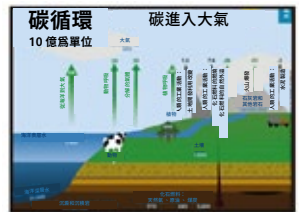
1. **播放投影片** 告訴學生：今天的學習重點是
大氣中二氧化碳濃度如何隨著時間改變。



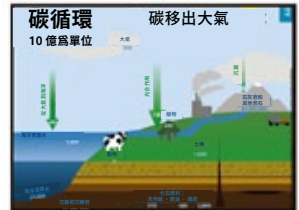
2. **播放碳儲存庫投影片；學生輪流發表「在地球上哪裡可以找到碳」** 提醒學生：碳以許多方式存在，可能是看不見的二氧化碳氣體，或岩石成分，甚至是汽油、煤炭之類的化石燃料。然後說明：儲存碳的場域，稱為「碳儲存庫」（carbon reservoirs）。請學生檢視投影片，並回憶碳循環，然後根據碳含量，思索地球最大的碳儲存庫在哪兒？（石灰岩及其他岩石、深海），請學生與同學分享這些回憶。



3. **播放碳流動到大氣的投影片；學生輪流發表** 提醒學生：碳從這個儲存庫流動到另一個儲存庫，是碳循環的一部分。請學生檢視投影片，回憶碳進入大氣的一種或更多方式，並與同學討論。教師向學生強調：有些碳的流動是人類造成的。



4. **播放並解釋碳脫離大氣的投影片** 教師指出：碳進入大氣的方式有許多種，然而脫離大氣的方式卻寥寥可數，主要是從大氣進入海洋或被植物吸收。



5. **連結二氧化碳與氣候變遷** 教師解釋：過去兩世紀以來，科學家持續觀察並蒐集資料，發現地球的氣候變遷與大氣中的二氧化碳有關。科學家目前找到證據，支持這樣的推論。讓學生了解本單元的學習內容，將請他們發掘更多例證，證明二氧化碳含量影響了全球氣候變遷。

教師注意事項

每日書面反思

教師若要快速展開每小節的教學，可以選擇性利用「每日書面反思」的提示。教師可以讓學生根據提示寫報告，或利用提示當作討論的基礎。「每日書面反思」也可以當作回家作業，或鼓勵學生反思先前小節所學、激發往後要學習的先備知識。這些提示能讓學生有機會使用科學字彙、連結概念，並修正想法。出現在調查筆記本的每則「每日書面反思」，都預留了空間供學生書寫或繪圖。告訴學生：這樣做筆記能表達想法，比正確拼字或標點符號更重要。「每日書面反思」的設計只要花很短的時間就能完成——讓學生花 5～10 分鐘書寫即可。**注意：**反思的時間不包含在小節授課時間內。

針對科學家蒐集地球歷史中數百萬及數十億年前的證據，你的想法是什麼？ 這則提示在調查筆記本第六頁。先讓學生思考前面關於地球歷史的學習，以及科學家如何知道亙古以來發生的事件。這則提示能讓學生預先替本小節的閱讀作準備，相關答案會出現在本小節中。

提供更多經驗

準備：介紹碳的性質以及碳循環 如果學生沒學過第二單元或其他碳循環內容，我們強烈建議教師先花整小節的時間介紹碳的性質，以及碳在大氣如何進出，再進入本單元。課程開始時，請告訴學生：碳是宇宙中最普遍的物質之一，所有活著的生物或曾經活著的生物（貝殼與化石）、源自古生物的化石燃料（煤炭與原油），都含有碳。二氧化碳也含有碳，這是大氣中一種看不見的氣體，也會溶於海水。可能的話，先請學生探索第二單元的「碳卡」，讓學生接觸更廣泛的碳化合物。接下來，讓學生欣賞並討論影片一切都是碳（收錄於資源光碟），然後進行前面的「複習碳的性質」活動，每張投影片都多花點時間，針對每個碳儲存庫以及碳進出大氣的現象，與學生討論並提問；也可以花些時間讓學生探索互動碳循環圖表（收錄於資源光碟）。

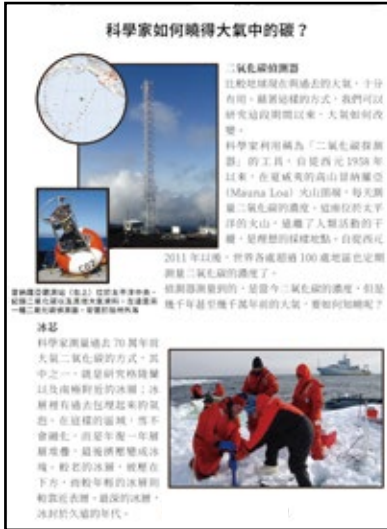
科學語言

科學字彙

吸收
大氣
碳循環
二氧化碳 / CO_2
氣候
氣候變遷
洋流
緻密 / 密度
證據
化石燃料
熱能
溫室氣體
模型
生物
海平面

科學論證

你的想法是什麼？
你為什麼這樣想？
你的證據是什麼？
你同意嗎？為什麼？
你不同意嗎？為什麼？
我們有多大的把握？
要怎麼辦，我們才能更有把握？



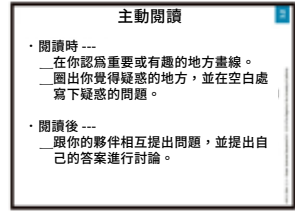
調查筆記本，p.8



調查筆記本，p.9

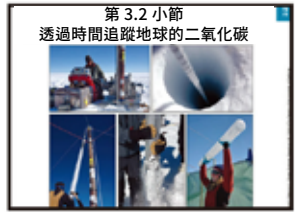
學生閱讀：科學家如何知道大氣中的碳？

1. 播放並審視「主動閱讀」投影片 教師先提醒學生：科學家以主動閱讀技巧擷取資訊，而且閱讀過程會提出見解與問題。接著播放「主動閱讀」投影片，檢視投影片中的「畫重點」、「寫下註記與問題」等步驟。



2. 審視人類存在的時間點 提醒學生：綜觀地球過去 45 億年的歷史，幾乎沒有人類的紀錄。這樣一來，就引出了幾個問題：「我們如何知道地球在人類出現以前，大氣的變遷情形呢？」以及「如何測量並記錄這些變遷？」

3. 預習閱讀內容 告訴學生：待會兒將閱讀一篇文章，描述科學家蒐集大氣資料的三種方式：一種是記錄目前狀況，其他兩種則是學習久遠以前的狀況。教師根據學生的經驗，再次播放投影片（取冰芯過程的彩色影像），或讓「主動閱讀」投影片持續播放。



4. 學生閱讀並加以註釋 請學生翻開調查筆記本第八、九頁科學家如何知道大氣中的碳 (How Do Scientists Know about Carbon in the Atmosphere?)，並進行閱讀。請依照「主動閱讀」的要領閱讀（如果教師在意時間限制或是學生的閱讀能力，請參考鄰頁的替代方案，以執行這項閱讀活動）。

5. 教師隨處查看並提供靈感與協助 學生在閱讀時，請教師隨處看看並注意學生所寫的問題。如果有學生想不出問題，請教師大聲唸出其他學生所寫的問題，當作模仿範例。

6. 協助學生配對 請已完成任務的學生舉手，並尋找也完成任務的其他同學組成一組，然後安靜地到可以討論的地方，彼此解答問題。

7. 討論閱讀文本的重點 當學生完成閱讀活動程序時，教師趁機提問：「科學家用哪些方式取得大氣中二氧化碳的含量？」然後留給學生幾分鐘時間，分享如何從二氧化碳偵測器、冰芯 (ice cores) 和植物化石的基質 (stroma) 取得證據。如果時間許可，再給學生額外幾分鐘，分享自己所閱讀的其他評論及其問題。

教師注意事項

教學建議

濃縮閱讀程序以節省時間 根據時間規劃，學生只有 15 分鐘閱讀並討論短文科學家如何知道大氣中的碳？教師根據學生的閱讀能力，也可以分配每組各閱讀文中三部分的其中一部分。這樣一來，學生至少都完成一部分閱讀任務，等到全班做簡報時，則都能聽到三個部分完整的討論內容。

例行教學

主動閱讀 在本單元的大部分閱讀活動中，學生會接受指導並運用主動閱讀技巧，這是一種鼓勵他們在閱讀過程中，監測自己的理解能力、詮釋閱讀內容的技巧。這種閱讀模式已經證實可以增進學生在閱讀過程的投入、理解以及批判思考。不過，這種閱讀技巧需要訓練，也需要教師反饋有效的問題，才能精通。

提供更多經驗

準備：介紹主動閱讀 如果學生先前沒有接觸過主動閱讀，先讓他們一起閱讀文章的第一段，並示範畫重點與提問技巧。接下來，在學生閱讀和詮釋文章的過程中，請教師找出優秀的提問範例，讓全班觀摩。

教學原理

尋找夥伴討論閱讀 學生依照閱讀步驟完成任務，然後舉手、彼此配對，這樣的活動設計讓閱讀速度快的學生再次迅速投入任務、順利配對，也可能讓不太會找夥伴的同學組隊。

科學註記

關於二氧化碳偵測器與空氣循環 有些最重要的二氧化碳濃度監測數據，取自夏威夷冒納羅亞（Mauna Loa）火山頂的冒納羅亞觀測台。雖然這些偵測器全都在同一個位置，還是協助了科學家了解整個北半球的二氧化碳濃度。由於空氣循環整個地球，只需一至三個月的時間，因此冒納羅亞火山當地的二氧化碳濃度，可以代表北半球二氧化碳的濃度。

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
碳循環
二氧化碳 / CO_2
氣候
氣候變遷
洋流
緻密 / 密度
證據
化石燃料
熱能
溫室氣體
模型
生物
海平面

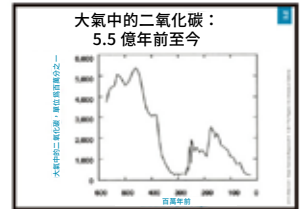
科學論證

你的想法是什麼？
你為什麼這樣想？
你的證據是什麼？
你同意嗎？為什麼？
你不同意嗎？為什麼？
我們有多大的把握？
要怎麼辦，我們才能更有把握？

介紹碳圖表

1. **介紹二氧化碳圖表** 教師解釋：接下來將要審視三張圖表，每張圖表的二氧化碳濃度都不一樣。取得圖表資料的方式，就是閱讀文中所描述的科學家採用的方式。然後告訴學生：先檢視圖表中的幾個重點，以掌握圖表的意義。

2. **播放投影片「大氣二氧化碳濃度——從五億五千萬年前到現在」，並強調標題** 教師大聲朗誦投影片標題，並告訴學生：科學家所能掌握到最早期的大氣二氧化碳濃度，就是五億五千萬年前的濃度。請向學生強調：閱讀投影片標題、掌握圖表的內容，是很重要的。



3. **複習 X 軸** 檢視圖表的橫軸（X 軸），並向學生解釋：年代從五億五千萬年前開始，最右邊是現在（0），愈往左邊年代愈久遠。同時強調：橫軸每格的刻度，就是一百萬年。

4. **複習 Y 軸** 告訴學生：圖表左邊的縱軸（Y 軸），表示二氧化碳在大氣中的濃度——愈往上，二氧化碳濃度愈高。科學家以「百萬分之一」（ppm）這個單位測量濃度的大小。請向學生指出：縱軸的刻度從 0 到 6,000 百萬分之一（ppm）。

5. **解釋百萬分之一** 請讓學生想像：一百萬桶的空氣，只有一桶是二氧化碳；這表示二氧化碳的濃度是「一百萬份空氣中的一份」。

6. **播放投影片，展示百萬分之一的意義** 請向學生解釋：大氣大部分的成分是氧氣與氮氣，加上一點點的二氧化碳及其他氣體。因為二氧化碳的含量很低，科學家發現：用「百萬分之一」的概念來測量，會比較方便。請教師播放並解釋以下三張投影片。

教師注意事項

提供更多經驗

準備：判讀圖表的能力 如果學生判讀圖表的經驗不多，可能需要讓他們多花點時間練習判讀技巧。請先提供單純的圖表，例如當地上周或上個月的氣溫圖。讓學生練習利用標題以及 X 軸與 Y 軸的名稱，來了解圖表的含意。許多數學課程都有相關的優質活動，教師可用來強化學生的看圖技巧。

科學語言

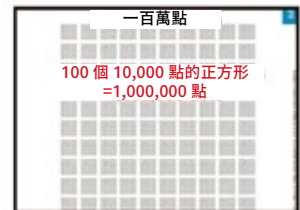
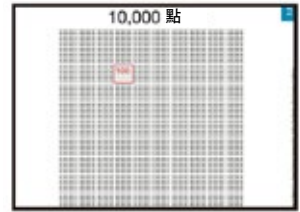
科學字彙

吸收
大氣
碳循環
二氧化碳 / CO_2
氣候
氣候變遷
洋流
緻密 / 密度
證據
化石燃料
熱能
溫室氣體
模型
生物
海平面

科學論證

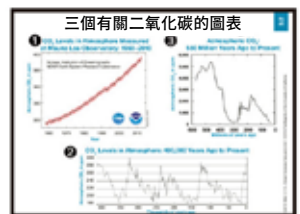
你的想法是什麼？
你為什這樣想？
你的證據是什麼？
你同意嗎？為什麼？
你不同意嗎？為什麼？
我們有多大的把握？
要怎麼辦，我們才能更有把握？

- **10,000 點**：請教師指著投影片解釋：每個小正方形都含有 100 個點。總共有 100 個正方形，因此就有 10,000 點（ $100 \times 100 = 10,000$ 點）。請學生集中目光看一個點，然後告訴他們：這就是萬分之一的概念。
- **濃縮 10,000 點**：請向學生解釋：現在將前面的 10,000 點濃縮成一個小正方形。
- **1000,000 點**：接著再向學生解釋：目前的小正方形總共有 100 個，每個裡面都有濃縮的 10,000 點。因為 $100 \times 10,000 = 1,000,000$ 點，也就是共有一百萬點。所以，每一點就相當於全部的「百萬分之一」。肉眼無法真的看到單獨一點，因為實在太渺小了。



利用碳圖表追蹤二氧化碳濃度變化

- 1. 各組學生討論圖表並寫下註記** 請學生翻開調查筆記本第 10 ~ 11 頁，各組花幾分鐘時間，彼此檢視每張圖表，然後在每張圖表下方，寫下關注的重點或好奇之處。
- 2. 教師隨處查看，協助學生探索圖表** 學生討論筆記本的圖表時，請教師隨處查看並傾聽他們的想法、回答他們的問題，必要時，也請協助解釋圖表；接著提問，引導學生自行發掘問題，例如：「看著圖表，你和夥伴根據大氣二氧化碳變化，可以提出哪些說法呢？」「你怎麼知道的呢？」「你的證據是什麼？」
- 3. 對比圖表三和圖表二的时间** 請教師播放三張二氧化碳濃度投影片，全班一起討論。請看圖表 3，指出二氧化碳濃度的波動變化時間，居然長達五億五千萬年！相較之下，圖表 2 則只有 400,000 年。圖表線條上下起伏的形式很相近，但是圖表 3 發生的過程比圖表 2 要長太多了。



教師注意事項

英文學習者

教師調整說話方式 若教師調整說話方式，可以協助英文學習者更了解課程資訊和指令。當教師介紹碳圖表時，請確定說話速度夠慢，足以讓英文學習者充分理解教師傳達的想法（也不需要慢到失去自然）。此外，每隔一段落就停下來，讓他們總結重要概念。如果大部分的英文學習者有共同的母語，也可以請志願者以自己的母語總結概念。

提供更多經驗

延伸：線上資源 推薦線上影片很多點點（Lots of Dots），有助於理解百萬分之一的意義（mare.lawrencehallofscience.org/oss68）。

評量

快速評估對圖表的理解 教師聆聽各組討論三個圖表，就可以了解學生是否正確理解 X 軸的時間尺度，以及 Y 軸的百萬分之一概念。如果教師發現學生遇到困難，可以在全班討論的場合，更仔細地解釋圖表。

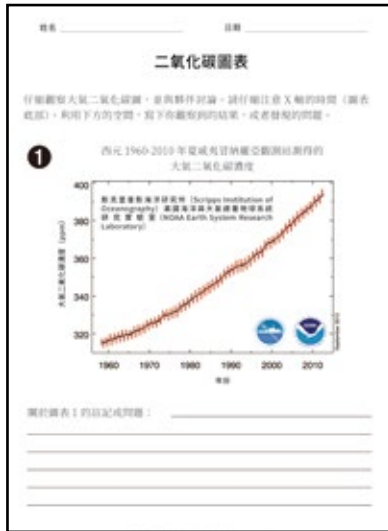
科學語言

科學字彙

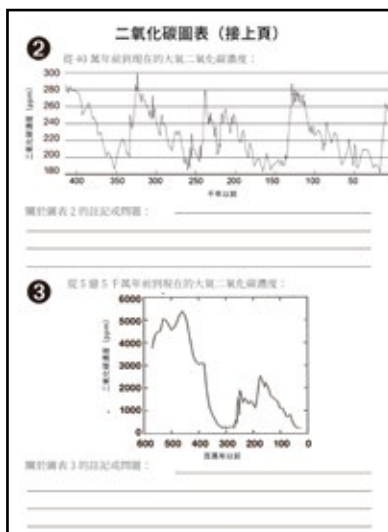
吸收
大氣
碳循環
二氧化碳 / CO_2
氣候
氣候變遷
洋流
緻密 / 密度
證據
化石燃料
熱能
溫室氣體
模型
生物
海平面

科學論證

你的想法是什麼？
你為什麼這樣想？
你的證據是什麼？
你同意嗎？為什麼？
你不同意嗎？為什麼？
我們有多大的把握？
要怎麼辦，我們才能更有把握？



調查筆記本，p.10



調查筆記本，p.11

4. **討論並標記每張圖表的重大變化** 請學生把目光集中在圖表 1，請一位志願者簡述圖表的內容（自 1960 年代以來，二氧化碳濃度升高）。接下來，請學生注意圖表 2，並指出 400,000 年以來，大氣二氧化碳濃度發生幾次相當大的變化。然後請學生圈出最近一次的濃度最低點，大約是 10,000 年前。最後請學生再看看圖表 3，並圈出大氣二氧化碳濃度主要的低點（大約是三億五千萬年到二億五千萬年前）。

5. **教師下指令，讓學生以事件卡對應圖表** 告訴學生：四人一組，分析上小節用過的 12 張地球歷史事件卡。任務是從中挑出三張卡片，每張對應三張圖表中的大變化：西元 1960 年代以來的濃度高點、10,000 年前的濃度低點，以及三億五千萬年到二億五千萬年前的濃度低點。請學生運用卡片背後的年代資訊，找出該年代附近發生的大改變。

6. **小組以事件卡對應圖表的重大變化** 教師傳給每組一個裝著地球歷史事件卡的信封袋，讓他們檢視卡片資訊，並挑出符合圖表大變化的卡片。然後教師隨處查看各組，視情況給予協助。

7. **簡單討論事件卡的對應** 等大部分組別完成任務後，就請全班注意，開始進行全班討論：

a. **圖表 1：工業革命** 請全班確認，工業革命與之後的二氧化碳濃度增加有關。請教師提問：「**為什麼工業革命讓大氣二氧化碳濃度上升？**」（人類製造機器，機器燃燒化石燃料，在燃燒過程中把二氧化碳排放到大氣中，這也是碳循環的一部分）。

b. **圖表 2：最近一次冰河時期** 請全班確認，最近的二氧化碳濃度下降與 10,000 年前的最後一次冰河時期有關。綜觀地球歷史，曾發生多次冰河時期，每逢冰河時期，地球氣溫會降低、大氣二氧化碳濃度會下降；一旦冰河時期結束，則濃度又上升。關於這種現象，科學家也還在尋找原因。圖表上每次的大幅度濃度降低都與不同年代的冰河時期有關。請注意：每次的濃度改變都是醞釀了長達數千年之久。

c. **圖表 3：陸地植物** 請全班確認，二氧化碳濃度降低與陸地植物分布有關。請教師提問：「**為什麼這樣就能讓大氣二氧化碳濃度降低呢？**」（植物行光合作用會吸收二氧化碳，這是碳循環的一部分）。請注意：每次的濃度降低都是醞釀了長達億年之久！

教師注意事項

提供更多經驗

強化：讓百萬分之一連結圖表 播放投影片五億五千萬年前到現在的大氣二氧化碳 (Atmospheric CO₂ from 550 Million Years Ago to Present)，並問學生：「**五億五千萬年前的大氣二氧化碳濃度若以百萬分之一為單位，大約是多少？**」（從圖表很難看出，大約是 3,750ppm）。這表示每一百萬加侖的空氣中，有 3,750 加侖的二氧化碳。接著，播放投影片一百萬點 (One Million Dots)，並提示：每個正方形代表 10,000ppm。然後問學生：「**3,750ppm 占一個正方形多大的區域？**」（不到正方形的一半）。

延伸：探索季節性二氧化碳追蹤器的數據 這個「碳追蹤器 2004 模擬」(Carbon Tracker 2004 simulation) 能讓學生根據大氣二氧化碳濃度的色碼，探索大氣二氧化碳濃度大幅上升的原因。(mare.lawrencehallofscience.org/oss68)

延伸：線上影集 熱帶冰芯 (Tropical Ice Cores, 2 分 11 秒) 以及掌握地球溫度 (Taking Earth's Temperature, 4 分 39 秒) 是兩部值得推薦的影音資源，可當作本小節閱讀與活動的補充教材 (mare.lawrencehallofscience.org/oss68)。

科學註記

關於冰河時期與二氧化碳 地球每隔約 10,000 年就會進入冰河期，接著又在間冰期回暖。為什麼地球的氣溫如此冷暖循環？相關的解釋很多，包括：地軸傾斜的變化、地球軌道形狀，以及地球自轉軸的方向。因為地球氣溫冷暖交替，二氧化碳濃度也隨之振盪，根據此狀態，科學家還在了解二氧化碳濃度的變化，也有許多假設正在驗證中。

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
碳循環
二氧化碳 / CO₂
氣候
氣候變遷
洋流
緻密 / 密度
證據
化石燃料
熱能
溫室氣體
模型
生物
海平面

科學論證

你的想法是什麼？
你為什麼這樣想？
你的證據是什麼？
你同意嗎？為什麼？
你不同意嗎？為什麼？
我們有多大的把握？
要怎麼辦，我們才能更有把握？

姓名 _____ 日期 _____

重要概念

每個引導問題的下方，請寫下重要概念或其他重要想法，以回答問題。

引導問題 1：
地球誕生以來的歲月中，海洋與大氣如何改變？

引導問題 2：
二氧化碳和溫度有怎樣的關係？

引導問題 3：
什麼是氣候變遷？

調查筆記本，p.3

8. 比較兩張圖表中，二氧化碳含量的變化速率 告訴學生：可以透過算出每年二氧化碳濃度的改變狀況，比較二氧化碳濃度長時間的大變化。關於圖表 3，我們無法精算出二氧化碳濃度的變化速率，因為科學家無法取得過去五億五千萬年的逐年資料，也就是說，科學家必須取得每年或近乎每年的二氧化碳濃度數據。最長時間的逐年數據來自冰芯，可以追溯自 750,000 年前。關於圖表 2，可以了解醞釀改變的時間，圖表中顯示西元 1960 年代以前，二氧化碳濃度上升與下降的變化極其緩慢（歷經數千年之久）。不過，圖表 1 則顯示西元 1960 年代以後，二氧化碳濃度的變化已經大幅加快上升。

9. 尋找兩圖表的高點 教師提問：「西元 2010 年的大氣二氧化碳濃度多高？」（將近 390ppm），「西元 1990 年代以前，大氣二氧化碳濃度的高點在哪兒？」（小於 300ppm）。請教師指出：「目前的二氧化碳濃度高於過去 750,000 年的任何時候。」

10. 播放投影片；學生記錄重要概念 播放重要概念投影片，請學生閱讀。讓學生了解：在過去 10,000 年裡，我們掌握了最充足的證據，因此把重點放在這段時期。然後請學生翻開調查筆記本第三頁的「重要概念」，並將這項重要概念寫在引導問題「綜觀地球的歷史，地球海洋與大氣如何產生變遷？」的下方欄位。如果時間許可，鼓勵學生也在引導問題下方，補充他們自己從本小節學得的概念。



教師注意事項

科學註記

為什麼重要概念提到 10,000 年前 雖然我們可以估計五億五千萬年前二氧化碳濃度，卻無法在缺少每年數據的情況下，精算出當時每年的變化率（每年的 ppm）。冰芯提供了過去 750,000 年來近乎每年的準確證據。之所以會聚焦在過去 10,000 年，是因為我們已從這段時期的多個冰芯中取得了確鑿的證據。另外，因為此時的氣候已穩定、人類的文明也已展開，所以這段時期也與今天的氣候最有關聯。在過去 10,000 年裡，二氧化碳濃度並沒有改變甚多或變化迅速，因此我們可以斷定：目前的變化率比以前快許多。以往二氧化碳濃度的劇烈變化與冰河消融和成長時期吻合，但是今日的變化已超乎平常——這些變化足以引發氣候系統的大幅改變。

提供更多經驗

延伸：計算變化率 關於圖表 2：運用 350,000 年前到 325,000 年前增加的 110ppm，算出平均每年增加 0.004ppm。關於圖表 1：運用西元 1960 年到 2010 年增加 70ppm，算出平均每年增加 1.4ppm。

數學能力強的學生可能會覺得，計算二氧化碳濃度變化速率很有意思。教師可以讓學生在圖表上挑選一段二氧化碳大幅改變的時期。然後根據下列步驟，找出變化率：

- 根據挑選的時期，二氧化碳濃度是增加，還是降低？
- 變化開始的年代是？
- 變化結束的年代是？
- 中間經過幾年的時間？（也就是 b 和 c 的時間差）
- 變化開始的年代，二氧化碳濃度是多少 ppm？
- 變化結束的年代，二氧化碳濃度是多少 ppm？
- 二氧化碳濃度改變了多少 ppm？（e 和 f 的濃度差）
- 利用計算機，算出平均每年的變化（g 除以 d）

延伸：本小節的提示

- 關於地球歷史上的二氧化碳濃度，你想提出什麼問題？
- 如果有人告訴你：既然地球有史以來，大氣二氧化碳一直在改變，表示現在的改變也無異於以往。你要如何回應這樣的評論呢？

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
碳循環
二氧化碳 / CO_2
氣候
氣候變遷
洋流
緻密 / 密度
證據
化石燃料
熱能
溫室氣體
模型
生物
海平面

科學論證

你的想法是什麼？
你為什麼這樣想？
你的證據是什麼？
你同意嗎？為什麼？
你不同意嗎？為什麼？
我們有多大的把握？
要怎麼辦，我們才能更有把握？