

海洋科學序列教材

G6-G8

教師指引

第三單元： 氣候變遷的原因與效應是什麼？



數學與科學大探索
(Great Explorations in Math and Science, GEMS®)

美國加州大學柏克萊分校勞倫斯科學廳出版



美國國家海洋和大氣管理局

GEMS® 海洋科學系列課程的補助來自 NOAA 環境素養計畫

GEMS® 數學與科學大探索 (GEMS) 是一項持續開發課程的計劃和不斷發展的專業網絡。在 GEMS 系列課程中，有超過 70 份的教師指引和操作手冊。GEMS 是勞倫斯科學館，加州大學伯克來分校科學教育中心的一項計畫。

海洋活動、資源與教育 (簡稱 MARE) 是勞倫斯科學館發展全校性跨學科的海洋科學沉浸式教學課程的一項計劃。MARE 已提供教師專業發展、課程材料和家庭資源達 20 年，這是一個長時間在本國經營中小學海洋科學課程的計畫。

勞倫斯科學館

加州大學伯克來分校，加利福尼亞州 94720-5200。

總監：Elizabeth K. Stage

GEMS 總監：Jacqueline Barber

MARE 總監：Craig Strang

專案總監：Catherine Halversen (MARE 聯合總監)、Janice McDonnell (羅格斯大學海洋與海岸科學研究所)、Craig Strang 和 Jacqueline Barber。

課程開發團隊：Catherine Halversen、Kevin Beals、Jonathan Curley、Emily Weiss、Carolyn Willard、Emily Arnold、Lynn Barakos 和 Sarah Pedemonte。

評量開發：Seth Corrigan, Lauren Brodsky 和 Lynn Barakos。

科學顧問：Dr. Bob Chant、Dr. Jim Miller、Dr. John Wilkin、Dr. Elizabeth Sikers、Dr. Oscar Schofield、Dr. Josh Kohut、Dr. Carrie Ferraro、Kristin Hunter-Thomson 和 Janice McDonnell (羅格斯大學海洋與海岸科學研究所)、Dr. Drew Talley (美國國家舊金山河口研究保護區 / 聖地亞哥埃爾克霍恩斯勞大學)、Dr. Adina Paytan (加州大學聖克魯茲分校)、Dr. Robert Rhew 和 Dr. John Chiang (加州大學伯克來分校)、Dr. Micheal Mann (賓夕法尼亞大學)、Paulo Maurin (NOAA 珊瑚礁保護計畫)、Dr. John Manderson (國家海洋漁業局)、Eric Simms and Daniel Richter (斯克里普斯海洋研究所)、Dr. Fritz Stahr (華盛頓大學) 和 Dr. Jen Skene (加州大學伯克來分校)

海洋教育顧問：Terri Kirby Hathaway (北卡羅來納海格蘭特)、Dr. Diana Payne (康涅狄格大學海格蘭特分校), and Sarah Ferner (舊金山國家河口研究保護區，舊金山州立大學 Romberg Tiburon 環境研究中心)

技術開發：Igor Heifetz、Brian Yan、Sage Lichtenwalner、Carrie Ferraro 和 Janice McDonnell (羅格斯大學海洋與海岸科學研究所)、Steven Dunphy (勞倫斯科學館)

實踐管理與研究：Phaela Peck 和 Lynn Tran

編輯：Barbara Clinton

產品經理：Steven Dunphy

插圖：Lisa Haderlie Baker、Barbara Clinton、Sarah Kessler 和 Carolyn Willard

NOAA 項目管理：Sarah Schoedinger

本課程和 DVD 是由加州大學伯克來分校製作，註冊證書號為 NA07SEC4690003 依據美國商務部國家海洋與大氣管理局 (NOAA) 調查結果發展該序列課程之著作立論、發現和建議等版權所屬，不須反映意見給國家海洋與大氣管理局或美國商務部。

本書是 GEMS 海洋科學序列課程 6-8 年級的一部分：海洋大氣關聯與氣候變遷
該序列分四冊印刷，標題如下：

簡介、科學背景、評估評分指南：ISBN 978-1-4350-1046-8

第一單元：海洋與大氣如何互動 ISBN 978-1-4350-1047-5

第二單元：碳如何在海洋、陸地與大氣之間流動 ISBN 978-1-4350-1048-2

第三單元：氣候變遷的原因與效應是什麼 ISBN 978-1-4350-1049-9

GEMS 海洋科學序列 6-8 年級的完整四冊：海洋與大氣的聯繫和
氣候變遷：ISBN 978-1-4350-1045-1

© 2014 加州大學董事會。版權所有。在美利堅合眾國印刷。學生數據表和其他旨在活動期間為學生復制的頁面可以復制以供課堂和研討會使用。未經版權所有者明確書面許可，不得以任何形式複製其他文本。如需更多信息，請聯繫 GEMS。

www.lhsgems.org (510-642-7771)

Carolina Biological Supply Company 出版
北卡羅來納州伯靈頓約克路 2700 號，郵編 27215。
撥打免費電話：1-800-334-5551。

www.carolinacurriculum.com/GEMS/
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 14 13 12 11 10

第三單元： 氣候變遷的原因與效應是什麼？

目錄

單元綜覽	252
小節概述	253
3-1 介紹地球的歷史	254
3-2 透過時間追蹤地球的二氧化碳	266
3-3 二氧化碳和溫度有什麼關係？	280
3-4 碳與氣候變遷的反思	294
3-5 調查氣候變遷：證據蒐集站	302
3-6 示範因果關係	310
3-7 調查氣候變遷：洋流	320
3-8 氣候與洋流的連結	336
3-9 調查氣候變遷：生物	342
3-10 氣候變遷的解決方案：Part1	350
3-11 氣候變遷的解決方案：Part2	362
3-12 批判性思考氣候變遷	370



單元綜覽

學生將學習氣候變遷的原因及其對海平面、洋流、生物的效應，並探究可能的解決方案：他們透過訊息卡、圖表與文本，學習地球歷史中的大氣以及海洋變化；透過電腦模擬和圖表的運用，發現二氧化碳如何影響氣溫；藉由相片、短文和物理模型，探索氣候變遷的證據；經由影集、桌上模型、電腦模擬和文本，探究氣候變遷如何影響洋流，最後解讀氣候變遷對於生物的效應，理出可能的解決方案。學生從本單元的不同學習點中，將創造「因」(cause)「果」(effect, 即「效應」)的鏈結關係，得以綜合自己的學習所得，也能了解人類工業活動產生了二氧化碳，二氧化碳進入大氣而導致了目前的氣候變遷。本單元的學習課程即著重在科學解釋和蒐集證據的科學應用上。

小節概述

3-1 介紹地球的歷史

由學生寫下對於氣候變遷的初始想法，接著分組運用圖卡製作一個地球大氣重大改變的大事表，從中取得大氣重大改變的發生頻率和「深時」（deep time）的概念。

3-2 透過時間追蹤地球的二氧化碳

學生學習如何解釋圖表，以及了解科學家如何蒐集地球二氧化碳的歷年重大變遷資料，接著學習分析數百萬年來二氧化碳的數據，從中了解1960年代之後，二氧化碳濃度升高速率高於之前的任何年代。

3-3 二氧化碳和溫度有什麼關係？

學生透過電腦模擬和圖表詮釋，學習溫室效應。從中理解地球的二氧化碳濃度增高時，溫度便隨之攀升。

3-4 碳與氣候變遷的反思

學生透過書寫與討論，反思二氧化碳濃度與全球氣溫的關係，並探索「氣候」與「天氣」的差異，以及氣候變遷的定義。

3-5 調查氣候變遷：證據蒐集站

學生運用教室周圍證據站的「冰河模型」（Model Glacier）、地圖、圖表和相片，調查氣候變遷效應的三項證據——海平面上升、冰河和海冰消融。

3-6 展示因果關係

學生簡介3-5小節各站的內容，然後分組利用「因果關係卡」（Cause and Effect cards）繪製流程圖，呈現出因果的鏈結關係，幫助學生將事件與氣候變遷之間的因果關係作連結。

3-7 調查氣候變遷：洋流

學生重新檢視氣候變遷不只影響海水溫度，也會影響某些海域的鹽度。學生透過影集、桌上模型和電腦模擬，學習當今全球的海洋環流以及氣候暖化如何影響環流。

3-8 氣候與洋流的連結

學生閱讀並討論文章，加強氣候影響洋流的概念，同時從文章中了解反之亦然的现象——洋流的改變也會影響氣候。

3-9 調查氣候變遷：生物

首先，學生以腦力激盪方式，想出氣候變遷對生物造成哪些效應；接著，從七篇文章中選一篇閱讀、討論並分享觀點，藉此學習氣候變遷對整個地球生物的影響。

3-10 氣候變遷的解決方案：Part1

學生審視氣候變遷的因果關係後，分組接受挑戰，以腦力激盪方式想出延遲或解決氣候變遷的方法，以及降低效應，或甚至是解除效應的策略。

3-11 氣候變遷的解決方案：Part2

學生兩兩一組，從「氣候變遷解決方案學習單」挑出幾個解決方案，進行閱讀與討論。學生彼此分享方案，逐步解釋這些方案如何處理氣候變遷的因果關係，並且思考自己是否會採取這樣的方案。

3-12 批判性思考氣候變遷

學生兩兩一組，繪製因果關係流程圖，預測解決方案對氣候變遷產生的效用。全班學生討論幾個流程圖，然後寫下「修正後想法，Part 2」，總結他們在本單元所學的氣候變遷原因與效應。

介紹地球的歷史

為 了進行氣候變遷的調查，學生先要針對主題進行討論並寫下課前想法。在單元進行過程中，他們將不斷審視想法和所寫下的類似提示，反覆思考而修正認知。接著，學生將分組並運用「地球歷史事件卡」(Events in Earth's History cards)，針對地球從生成到現在的海洋與大氣之重大變化，依照發生順序製作大事表。這樣一來，當學生分析後續小節中更晚的氣候變遷時，就能透視長時間的變化。以下是學生的重要概念：

- 早期的地球沒有海洋與有氧大氣，但是地球從幾十億年前形成以來，一直在改變。
- 第一批行光合作用的生物誕生於海洋，因為這些生物的關係，地球產生了富含氧氣的大氣。

學生的附帶學習：

- 地球約在四十五億年前形成。
- 火山釋出的氣體形成地球一部分大氣。
- 來自火山、彗星和小行星的水蒸氣經過冷卻後，成為地球表面的水，最後變成海洋。
- 海洋中行光合作用的生物釋放出氧氣，氧氣進入大氣中，這就是大氣富含氧氣的原因。
- 相較於地球漫長的歷史，人類生活及其工業活動是非常近期的事。

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

介紹地球的歷史	預計時間
單元介紹	5 分鐘
寫下課前想法	10 分鐘
介紹地球歷史活動的事件	10 分鐘
排序事件以取得地球歷史事件的時間感	20 分鐘
總計	45 分鐘

你需要準備

總結性評量 包含在影印包內。請在單元上課前對學生進行測驗（前測），作為評斷學生已知與未知的基準；單元課程結束後，再進行一次測驗（後測），評估學生對於該單元的學習成效。評分標準請見評量系列介紹手冊的第 81 頁。

全班需要

- 投影設備 *
- 連結網路的電腦或教學資源光碟 *
- 3.1 小節的四張投影片
- 科學證據圖表（1.2 或 2.3 小節的圖表，或一張壁報紙與一枝麥克筆）
- 紙膠帶
- （選擇利用）影印包

每組學生需要

- 一套「地球歷史事件卡」（一套共 12 張）
- 一個信封袋

每位學生需要

- 調查筆記本：p.2、3～5
- （選擇利用）影印包：單元三 評量答案卡、單元三 評量（前測）

* 本教材包不提供

準備上課

本小節上課前一天的準備工作

1. **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。
2. **製作並張貼科學證據圖表（如果第一或第二單元都沒用到的話）**：利用壁報紙和麥克筆，依照下列指示製作圖表：
 - _ 科學證據（參考 p.261 的圖 3-1）：如果教師教過第一或第二單元，就是與 1.2 小節與 2.3 小節相同的圖表。請張貼圖表，讓所有學生在本單元學習過程中都能參考。
3. **準備「地球歷史事件卡」的信封**：如果首次運用卡片，沿著孔洞將卡分開，並把 12 張卡放進信封袋（每組一個信封）。
4. **準備調查筆記本**：如果沒有替每位學生購買筆記本，可以從教材包的樣本複印給每位學生。如果沒有教材包，也可以從資源光碟印出 PDF 版本（資源光碟黏貼於介紹手冊背面）。
5. **預先將學生分組**：本小節以及後續小節，學生需要與同儕討論並一起工作，採兩人或四人一組的方式進行。
6. **（選擇利用）準備學習單**：如果教師想實施總結性評量的前測，請從影印包中找出並影印以下文件：
 - _ 單元三 評量答案卡（每位學生一份）
 - _ 單元三 評量（每位學生一份）

科學語言

科學字彙

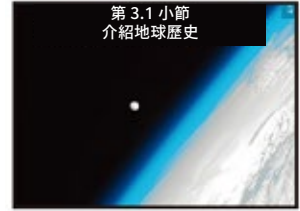
吸收
大氣
碳循環
二氧化碳 / CO₂
氣候
氣候變遷
洋流
緻密 / 密度
證據
化石燃料
熱能
溫室氣體
模型
生物
海平面

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？

單元介紹

1. **播放本小節的標題投影片並介紹本單元** 告訴學生，接下來將展開新單元，學習氣候變遷、地球大氣與海洋，並說明：「**這張圖是從太空看到的地球影像，藍色區域就是大氣層。**」



2. **審視「氣候」這個名詞** 提醒學生：「氣候」是一個區域多年來的平常天氣狀態。「氣候變遷」則表示整個星球平常天氣的變化。
3. **複習「輪流發表」的例行步驟並詢問氣候變遷** 提醒學生：輪流發表是小組的例行討論，也是討論的開端。每個小組成員都要輪流分享意見，並認真傾聽組員的想法。接著詢問學生：「**關於氣候變遷，你聽到了什麼？**」確定每兩位學生組成一小組，讓每個小組都有一至兩分鐘的發表時間。
4. **與全班分享想法** 讓全班注意講台前，並讓幾位學生針對氣候變遷，分享他們的想法。請教師不要在當下提出糾正或表示肯定，只要告訴學生：待會兒我們將學習更多有關氣候變遷的內容，探索什麼想法較正確或較不正確。

教師注意事項

提供更多經驗

課前準備：複習大氣 學生在海洋科學系列第一單元和第二單元已學過大氣，因為本單元的重點是地球大氣的長期變遷，所以教師有必要強化「大氣」這個專有名詞的概念。教師可以先問學生：「**大氣是什麼？**」（包圍地球的層層氣體），然後指著標題投影片上的藍色大氣，告訴學生：大氣的厚度和地球體積相比，實在微不足道，如果把地球比喻成蘋果，大氣的厚度就像蘋果皮。儘管大氣與地球體積相較下，是非常的薄，但從地面往上算起也有 75 公里的有氧大氣。教師可以請學生「吸」氣，讓學生了解大氣不僅高高在「上」，而且充滿四周。

例行教學

小節標題投影片 大部分小節的教學一開始都是播放標題投影片，這樣能讓學生有機會和同儕討論內容，也算是邀請學生進入該主題的學習。

輪流發表 整個單元的學習過程中，學生都要與小組同儕討論問題或想法，作為與全班分享的前導，或書寫的點子。這樣的安排是培養小組討論技巧的第一步。如果教師沒教過第一或第二單元，可能需多花時間解釋，並訓練學生兩兩一組互相傾聽的技巧。

科學註記

關於氣候變遷 氣候變遷是幾十年到百萬年不等的長期間平均天氣狀態變化。這種變化可能是某地的平均天氣狀態改變（例如夏天均溫改變），或是平均天氣事件的變化（例如颶風、龍捲風變多或變少）。氣候變遷可能指特定區域，或指整個地球。科學家通常稱「氣候變遷」而非「全球暖化」（global warming），這是因為（1）平均而言，地球的確漸漸暖化，但有些區域卻經歷了前所未見的酷寒；（2）「氣候變遷」涵蓋了所有變化，包括自然的、人為的，而「全球暖化」則專指人類引起溫室氣體增加（例如二氧化碳）而造成特有的氣候變化。

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？

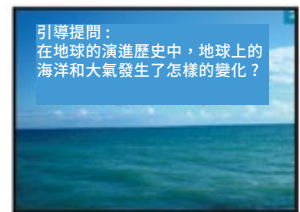
調查筆記本，p.2

寫下課前想法

- 1. 介紹課前想法活動** 發下調查筆記本，請學生翻開第二頁「課前想法」（First Ideas）。告訴學生：只要關於氣候變遷的一切，全都寫下來。這時候，該頁最下方的註記處是空白的。隨著整個單元的學習過程，針對這個主題，學生會愈學愈多，有機會針對想法在註記處增加或修正內容。在本單元最後一小節，學生將能完成這樣的筆記，呈現學習成果。
- 2. 就算學生不確定想法，也要單獨且盡力而為做筆記** 向學生說明：本單元的大部分活動，都可以互相扶持完成。但是這個活動必須獨立作業，而且不能交談。然後告訴學生：今天所寫的筆記，不會評分，請盡量完整回答，對於不確定的部分，也不用擔心，因為稍後就會針對氣候變遷主題學到更多。
- 3. 學生開始做筆記** 給學生大約八分鐘時間，獨立完成活動。

介紹地球歷史活動的事件

- 1. 播放投影片；介紹活動內容與引導問題** 播放引導問題的投影片，請一位志願者大聲解說。告訴學生：在探索今日世界的氣候變遷之前，必須先初步認識地球過去是如何演變的，這點很重要。接著將學生分組，請他們將十二個地球歷史上的事件，依據發生時間的順序排列。
- 2. 檢視證據** 提醒學生：「證據」就是協助回答問題或解釋現象的線索。在本活動中，學生將運用證據理解事件的發生順序，並透過本單元審視氣候變遷的證據。



教師注意事項

教學原理

調查筆記本 調查筆記本收錄了本單元大部分的學習單。這本筆記讓所有學習內容集於一冊，方便學生回顧先前想法，並提醒他們掌握想法的變化狀況。這樣能讓學生體驗科學家的作法——閱讀科學文本、記錄問題、想法與觀察結果。如果教師沒上過第一和第二單元，請向學生解釋：本單元的學習過程都必備調查筆記本，用來記錄想法和學習所得。

關於課前想法 在本單元的學習過程中，當學生學習內容逐漸增加時，他們要回顧之前的想法並增添註記，也要回答類似卻更複雜的提問—「修正後想法，Part 1」（3.4 小節）與「修正後想法，Part 2」（3.9 小節）。教師只要比較課前想法與兩份修正後想法，就可以評估學生對本單元核心概念的進步狀況。對學生而言，回顧想法是相當有用的，因為不但可以掌握自己針對氣候變遷學習的進步狀況，還能反思從開始學習本單元以來的想法變化。

英文學習者

鼓勵使用母語 鼓勵英文學習者運用母語，這樣較能幫助他們深入課程內容，在課堂上也較自在，同時，也讓他們使用母語書寫課前想法。如果英文學習者的英文程度較好，也可以使用英文書寫想法，但是一些關鍵字還是使用母語書寫；英文程度較弱的學習者，則全程以母語作答。如果教師看不懂他們的母語，不用擔心，因為這時候所寫的是為了學生本身——目的在協助學生提取先備知識，以及針對起始想法提供基準，以便和後續成果作比較。

評量

鑲嵌式評量：氣候變遷的課前想法 閱讀學生的課前想法，可深入理解他們對氣候變遷的先備知識。如果學生提到人類工業活動讓大氣的二氧化碳濃度增加，請加以註記。如果學生不知道幾百萬年以來，地球氣候已變遷多次，或者不知道與氣候相關的變遷因素、長期變遷的型態及其效應，也無需驚訝。因為學生將會在本單元的學習過程中，完整的探索這些概念。教師可以運用「課前想法／修正後想法評分規準」（「介紹手冊」第 86 頁的評量部分），來評估學生的回覆。這樣一來，從學生回覆的兩則修正後想法中，教師就能取得評估判斷的基準。

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？



「地球歷史事件卡」正面（第一張）



「地球歷史事件卡」背面（第一張）

3. 檢視科學證據圖表 指著科學證據圖表，逐項解釋不同證據的定義：

- 來自自己調查的證據：舉例來說，如果學生在教室做調查，他們會運用這些調查結果來回答問題或作解釋。
- 來自他人調查的證據：即從圖表取得的證據，例如碳循環圖表、觀賞科學影集或閱讀他人調查成果，都可以從中取得證據。
- 來自推理、思考或討論的證據：有時候學生進行「輪流發表」活動時，證據就來自思考，以及針對證據或過往經驗的討論。
- 科學解釋根基於證據：告訴學生：好的科學解釋是整理各證據，來回答問題和提供解答方式。這些證據可能是小心蒐集，或從多樣可靠來源所取得的。

4. 介紹「地球歷史事件卡」 教師拿起「地球歷史事件卡」（12張）的信封袋，說明裡面每張卡的正面都有歷史事件的圖片，背面則有資訊。學生要面對的挑戰是：運用資訊或其他一切可能，依照發生時間的順序，從最早的事件排到最晚的事件。

5. 指示放置第一張卡 告訴學生：「地球形成」是最早發生的歷史事件。接著建議他們把其他張卡排在這張卡旁邊，一次排一張，邊排列邊討論，並加入新卡。

6. 播放投影片、分組討論 向學生強調，這是分組活動。學生藉由與組員分享想法，激盪出更多想法，也找出更多證據。當學生排列出最合乎邏輯的地球事件順序時，也必須解釋排列的理由。在活動開始前，請教師先解釋投影片上的規則，然後將學生分成四人一組，每組給一個信封袋，小組活動 15 分鐘。

分組討論	
1.	輪流說出每張卡片上的信息。
2.	一個小組一起工作，把卡片整理好。
3.	使用證據來解釋為什麼卡片應該按特定順序排列。
4.	要確保所有的小組都分享了蒐集的證據。
5.	當有令人信服的證據時，準備好改變你的想法。
6.	經過小組討論並做出全組同意的決定。
7.	準備好分享你們小組決定的資訊和證據（推理）。

教師注意事項

科學證據

證據是一種線索，可以解答問題或解釋現象。

證據可能來自……

- 我們自己的調查
- 他人的調查
- 推理、思考、討論

科學解釋要根據證據

圖 3-1

提供更多經驗

準備：證據 如果教師沒有教過第一與第二單元，就要花點時間介紹證據的概念。教師可以提出一個問題，然後以證據或科學線索解答。舉例來說，「**海鳥會造訪這片沙灘嗎？**」然後提供證據。（例如確實在沙灘上看到海鳥；在岸邊的浪濤中看到海鳥在游泳）接著提問：「**如果你沒有親眼看到海鳥，應該搜尋怎樣的證據，證明海鳥會到沙灘上？**」（例如沙灘上的印痕，看起來像海鳥的足跡；羽毛；鳥類排泄物；鳥巢；閱讀科學家的報告；有關當地海灘或海鳥的報告），也可以列出「非證據」，例如個人見解或空穴來風的傳言。

科學註記

關於地球歷史與氣候變遷 綜觀地球的歷史，氣候曾變遷多次。在過去兩百萬年間，透過自然歷程，地球總在極端酷寒（冰河時期）與較溫暖（間冰期）的狀態間擺盪。但是自從工業革命以來，地球歷經快速變遷，速度之快超過我們所知的任何時期。

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？

排序事件以取得地球歷史事件的時間感

- 1. 各組依照時間順序排卡並核對** 各組學生討論和排序卡片時，請教師到處查看並傾聽；必要的話，鼓勵學生運用證據來驗證想法，也互相聽取組員的想法，最後運用整組合作力量完成卡片排序。教師要提醒學生參考卡片背面的訊息，並提問：「**為什麼把這張卡放在那張卡的前面？**」「**你根據哪些證據來判斷？**」
- 2. 討論「百萬年」和「十億年」的表達** 五～十分鐘後，請學生注意：「**地球的年紀太古老了，因此如何表達龐大數字，在學習地球歷史的過程中相當重要。**」告訴學生：一千年也許很古老，但是有些地球事件可能發生在一千年的一千倍以前。請教師在白板寫上 $1,000,000 =$ 一百萬，然後解釋：一百萬就是一千的一千倍。但是有些事件的發生年代是一百萬的一千倍！請教師再寫上 $1,000,000,000 =$ 十億，並寫出以下縮寫做解釋：
 - YA = 幾年以前
 - MYA = 百萬年以前
 - BYA = 十億年以前
- 3. 教師提示：事件發生年代就列在卡片背面** 請學生檢視「地球形成」卡片的背面，可以發現小字體「4.5BYA」。請教師解釋：科學家根據許多證據得出，地球的年齡是 45 億年。每張卡背面的相同位置，都有該事件的年代，代表該事件發生的時間點，而科學家就是根據證據來判斷這些時間點。
- 4. 學生依照時間先後順序排列卡片** 請學生記住：十億年比數億年古老，百萬年比數十萬年長久。請學生記錄卡片背面的年代，必要時須協助他們。
- 5. 討論結果** 小組完成紀錄後，請全班學生一起討論卡片。由教師提出幾個基本問題，例如：「**你有沒有感到驚訝？為什麼？**」接著再深入問：「**哪兩個事件發生的年代最近？**」（發生年代最近的任何事件）或「**哪些事件改變了地球的大氣？**」（地球降溫、光合作用生物、大氣的氧氣、陸地植物、最近一次冰河時期、工業革命），或是「**哪些事件改變了地球海洋？**」（海洋形成、第一批生命、光合作用生物）。

教師注意事項

教學建議

如果學生在步驟 1 的階段，就發現卡片背面的時間訊息呢？不太可能有許多學生在第一次接觸卡片時，就發現年代訊息。就算是學生發現年代訊息，也不太可能自行了解其中含意。如果有些學生關注到這些訊息，請教師這樣說：「因為你還不確定這些數字的意義，所以這些數字在排序卡片時，就不算是很好的證據。」然後鼓勵學生注意其他訊息。即使有學生識破這個時間密碼，也不會影響整體活動進行。如果學生尚未看出年代訊息，就鼓勵他們討論其他排序的證據。



教學原理

討論深時活動的用意 這個簡短活動的目的並非讓學生完全理解地質學上的「深時」或「地質時間」(geological time)，而是讓他們對地球悠久的歷史，有了初步的感受，所以排序卡片的活動是讓學生理解：原來地球歷史事件的發生年代，悠久程度超乎先前的想像。在本活動過程中，許多學生對實際的時間長度，可能很難形成概念。如果教師想提供額外學習經驗，讓學生思考百萬年與十億年的相對尺度，請考慮下列「提供更多經驗」活動。

提供更多經驗

強化：深時活動 爲了讓學生更深入區別百萬年與十億年的差異，教師補充說明：一歲等於是已經活了 525,600 分鐘；五歲表示活了 2,628,000 分鐘；十歲則是 5,256,000 分鐘，要超過 1,900 歲，才會達到十億分鐘。

強化：完成地球歷史事件時間表 在教室牆壁上，以時間表的方式張貼地球歷史事件卡，從起始的 45 億年前一直到現在。這樣可以大尺度的呈現地球歷史年代，以及強調人類的出現在地球歷史洪流裡，算是相當晚的事件。

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？

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，海洋的大氣如何改變？

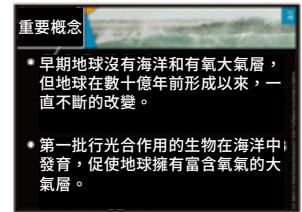
引導問題 2：
二氧化碳和溫度有怎樣的關係？

引導問題 3：
什麼是氣候變遷？

調查筆記本，p.3

6. 替地球歷史事件建立「深時」 教師指出：除了兩張與人類有關的卡片之外，其他卡片載明的地球歷史事件，不但發生年代久遠，也經過長久時間才發生——百萬年、數億年，甚至許多事件需要幾十億年。我們難以體會百萬年或十億年有多久，但是本活動的主要目標，是讓我們理解地球歷史的個別事件發生於很久之前，也持續了非常長久的時間。

7. 播放投影片，讓學生記錄重要概念 播放重要概念的投影片，讓學生閱讀，並請一兩位志願者，分享地球改變的例子。請學生翻到調查筆記本第三頁「重要概念」，將重要概念記錄在引導問題 # 1 下方的欄位。如果時間允許，再請學生根據本小節所學的，自行補充他們認為可以回答引導問題的註記。



8. 預告下一小節 告訴學生：下一小節將審視過去地球大氣中的二氧化碳變化之證據。學生也要探討這些變化的詮釋。

教師注意事項

教學原理

記錄重要概念的目的 學生在調查筆記本特定區域記錄每堂課的重要概念，對於反思和歸納各單元的重要概念來看，可說是掌握了強而有力的學習工具。運用引導問題、補充相關註記以及複習文本資料，讓學生藉此組織重要概念，有助於反思自己的學習，並可以為本單元的作業與討論作準備。

提供更多經驗

強化：完成一面概念牆 除了讓學生在調查筆記本記錄重要概念之外，若能在教室牆壁張貼重要概念和引導問題，也就是完成「概念牆」，則對學生的幫助更大。學生只要看牆壁，就能參照重要概念，也能隨時看見關鍵字詞而強化專有詞彙。請教師在學生的周遭張貼相關概念及問題，或陳列學生的作業和作品，或邀請學生補充相關繪圖。

延伸：線上影集 彗星撞擊早期地球 (Comets Bombard the Early Earth, 4 分 45 秒) 以及比氧氣更早的生命 (Life Before Oxygen, 1 分 39 秒) 是值得推薦的影片資源，可以當作地球早期歷史事件討論活動的補充教材。(mare.lawrencehallofscience.org/oss68)

延伸：本小節的反思提示 在每小節的最後，我們都有提供提示，可作不同的運用。不論如何運用，目的都是提供額外的機會，讓學生處理並應用課堂上的訊息及想法。請教師在上完小節，嘗試運用提示相互討論，或用於發表場合，讓每位學生都有機會分享學習成果。此外，教師也可以將提示用在科學寫作上，讓學生在課堂上練習或當作回家作業。如果學生繳出書面報告，教師就可以蒐集起來，快速評估學生對該小節重要概念的理解程度。**注意：**提示並不包含於調查筆記本；運用提示的時間也不包含在本小節授課時間。

- 地球如何隨著時間改變？
- 儘管人類出現在地球上已有 200,000 年時間了，為什麼科學家還是認為，人類的出現是地球相當近期的事件？

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？

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

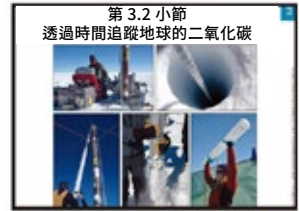
吸收
大氣
碳循環
二氧化碳 / CO_2
氣候
氣候變遷
洋流
緻密 / 密度
證據
化石燃料
熱能
溫室氣體
模型
生物
海平面

科學論證

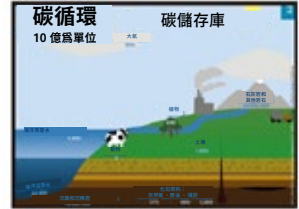
你的想法是什麼？
你為什麼這樣想？
你的證據是什麼？
你同意嗎？為什麼？
你不同意嗎？為什麼？
我們有多大的把握？
要怎麼辦，我們才能更有把握？

複習碳的性質

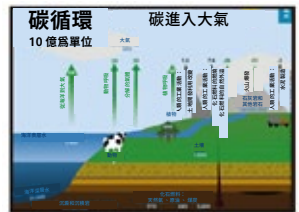
1. **播放投影片** 告訴學生：今天的學習重點是
大氣中二氧化碳濃度如何隨著時間改變。



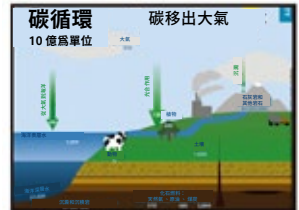
2. **播放碳儲存庫投影片；學生輪流發表「在地球上哪裡可以找到碳」** 提醒學生：碳以許多方式存在，可能是看不見的二氧化碳氣體，或岩石成分，甚至是汽油、煤炭之類的化石燃料。然後說明：儲存碳的場域，稱為「碳儲存庫」（carbon reservoirs）。請學生檢視投影片，並回憶碳循環，然後根據碳含量，思索地球最大的碳儲存庫在哪兒？（石灰岩及其他岩石、深海），請學生與同學分享這些回憶。



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）。

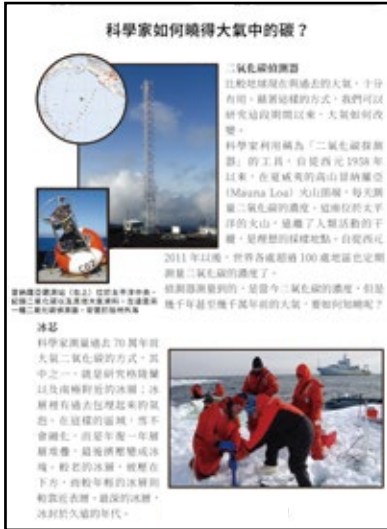
科學語言

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？



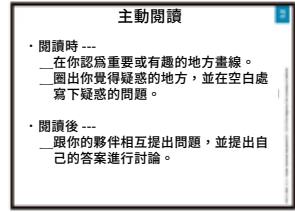
調查筆記本，p.8



調查筆記本，p.9

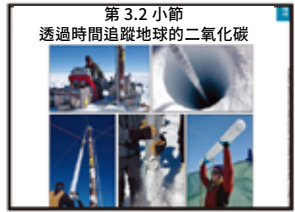
學生閱讀：科學家如何知道大氣中的碳？

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

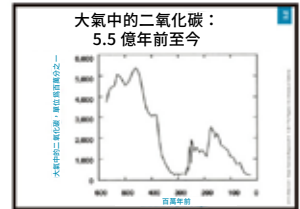
科學論證

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

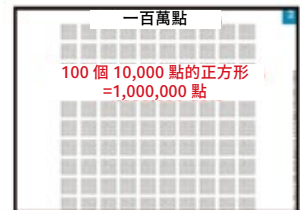
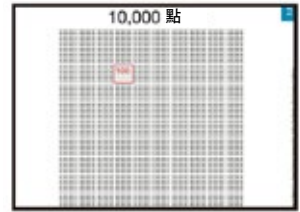
科學字彙

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

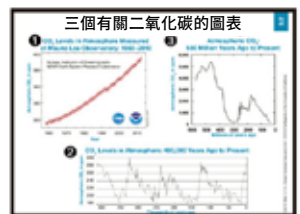
你的想法是什麼？
你為什麼這樣想？
你的證據是什麼？
你同意嗎？為什麼？
你不同意嗎？為什麼？
我們有多大的把握？
要怎麼辦，我們才能更有把握？

- **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。

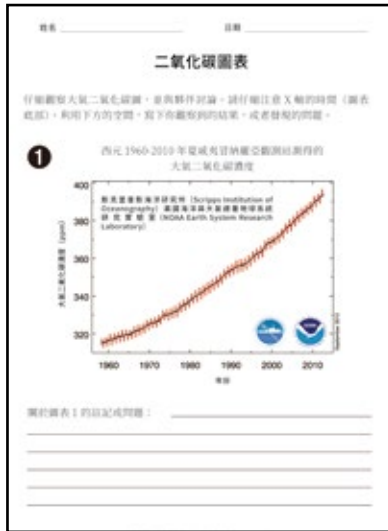
科學語言

科學字彙

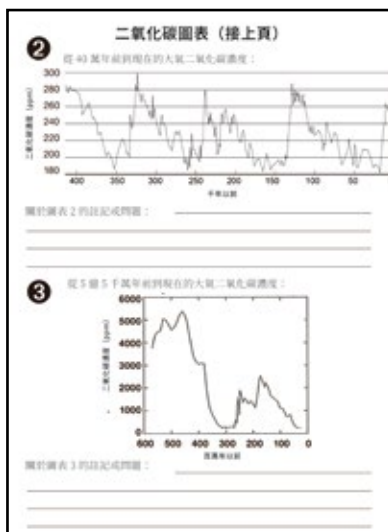
吸收
大氣
碳循環
二氧化碳 / CO_2
氣候
氣候變遷
洋流
緻密 / 密度
證據
化石燃料
熱能
溫室氣體
模型
生物
海平面

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？

二氧化碳和溫度有什麼關係？

運 用電腦模擬，以模擬的「光子槍」（photon gun）測試大氣中五種氣體，找出哪種是溫室氣體。學生兩兩一組，選擇不同的氣體組成大氣，然後以電腦模擬預測這樣的組合是否會吸收、傳送或反射熱能。最後，討論圖表，並比較二氧化碳濃度與全球平均氣溫。以下是學生的重要概念：

- 二氧化碳是一種能夠留住熱能的氣體。隨著大氣中二氧化碳濃度提升，地球的溫度也隨之升高。
- 根據科學證據，大氣中二氧化碳濃度上升的主因，源自過去兩百年來人類燃燒化石燃料。

學生的附帶學習：

- 陽光抵達地球表面時，許多光都被地表吸收，並以熱能方式離開地表，進入大氣中；有些熱能會逸散到太空中。
- 大氣中會吸收熱能的氣體，例如二氧化碳，它吸收了反射的熱能，讓熱能無法進入太空，使得地球變得越來越溫暖，稱為「溫室效應」。

二氧化碳和溫度有什麼關係？	預計時間
介紹模擬	10 分鐘
測試溫室氣體	10 分鐘
以模擬方式測試大氣	15 分鐘
比較二氧化碳濃度與溫度	10 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
- 3.3 小節的兩張投影片
- 溫室效應 (The Greenhouse Effect) 電腦模擬

每位學生需要

- 調查筆記本：p.3、12 ~ 14、7 (選擇利用每日書面反思)、16 ~ 17

* 本教材包不提供

準備上課

本小節上課前一天的準備工作

- 1. 架設投影設備或視聽設備：**架設完成並進行測試，確保學生上課時能夠看到投影的資料。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。
- 2. 預習模擬** 教師先下載並開啟模擬裝置溫室效應。花幾分鐘測試步驟，熟悉螢幕、按鍵以及控制器。程式一旦下載，驅動時就不需要連結網際網路。如果模擬出現運作緩慢的現象，請關掉電腦上其他程式。

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

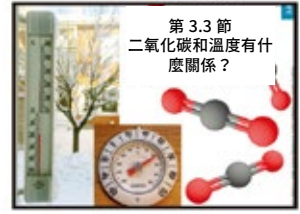
科學論證

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？

介紹模擬

1. 播放本小節標題投影片並介紹新的引導問題

題 請一位志願者大聲朗讀引導問題，並告訴學生：本小節以及下一小節，將要探討這個問題。請教師說明：「在前一小節，大家學到大氣二氧化碳的含量在地球整個歷史中一直在改變；西元 1960 年之後，改變速率超過以往一萬年內的變化。」



2. 介紹電腦模擬 教師告訴學生：我們將運用電腦模擬，調查大氣二氧化碳和其他氣體所造成的溫度影響。教師解釋：待會兒的電腦模擬類似電玩，但也是科學模型。在科學領域裡，「模型」用來協助我們了解、預測及解釋現象運作的原理。

3. 將學生導向「玻璃層視窗」(Glass Layers view) 教師點選電腦模擬中的「玻璃層」按鍵，並向學生解釋內容：待會兒會出現一個與地球非常類似的行星，但是缺少大氣層——也就是行星周圍沒有氣體。移動的黃點表示陽光的光子，或是來自太陽的光能；移動的紅點表示紅外線光子，或是熱能。告訴學生：可以把黃點當作「光」，紅點當作「熱」。接著讓學生觀看螢幕一分鐘，觀察「光」與「熱」如何移動。教師可以建議：一次掌握一至兩個點會比較容易，並提醒學生注意螢幕左邊的溫度計。

4. 全班一起分享觀點 請幾位學生分享光、熱以及溫度計的關係。（光從天而降，抵達地面；熱從地面上升，進入天空；溫度計的溫度很低，大約華氏零下 2 度，或攝氏零下 19 度）。

5. 加一層玻璃帷幕 從電腦右邊螢幕上的「選擇」鍵，將「玻璃帷幕數量」(Number of Glass Panes) 從零調到 1。帷幕會從螢幕中間出現，請學生注意光與熱的移動，以及溫度的變化。（光穿透玻璃帷幕，投射到地面；熱從地面上升。有些熱穿透玻璃，有些則反射回地面，這時溫度快速升高）。

教師注意事項

每日書面反思

請描述自西元 1960 年代以來，二氧化碳的濃度如何改變？你認為引起改變的原因是什麼？這則提示出現在調查筆記本第七頁，請學生反思前小節所學到的近期二氧化碳濃度變化——可以對照地球歷史上發生過的大氣變化，了解近期變化的速度有多快。這則提示也讓學生開始思考導致大氣變化的原因，同時激發他們的興趣，並回想前小節提到人類如何促成這樣的變化。

提供更多經驗

準備：科學模型 海洋科學系列的第一單元中，學生使用了幾個科學模型，包括電腦模擬的模型。如果學生不會上過第一單元，或教師認為需要額外介紹，請告訴他們：數據能讓模型盡可能精確，因此人們才能運用模型解釋現象原理或進行實驗。這樣一來，模型在科學領域的應用變得非常有用。如同大部分模型，本模型也是以簡易方式表達現象，也就是說，模型不可能百分之百擬真。分子和光子當然比模擬的點要小得多，而實際現象也和模擬產生的不盡相同。

科學註記

關於光與光子 以科技的術語來看，「光」表示人類肉眼可見、特定波長的電磁波。由於不同波長的光攜帶的能量也不一樣，因此光能也被視為是以包含光子的微小能量行進。在物理學領域，「光」也涵蓋電磁波光譜中不被肉眼所見的波長，稱為「紫外光」和「紅外光」。不過，教師和學生在討論電腦模擬時，則將來自可見波長的光子稱為「光」，不可見波長的光子則稱為「熱」；其實兩者都可以視為光能的形式。

科學語言

科學字彙

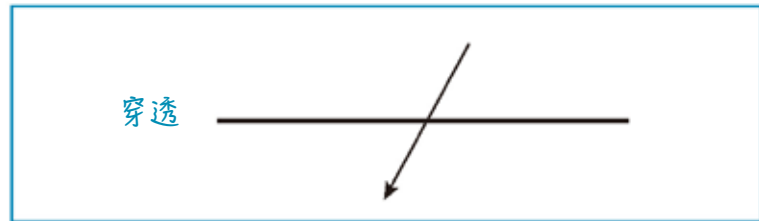
吸收
大氣
碳循環
二氧化碳 / CO_2
氣候
氣候變遷
洋流
緻密 / 密度
證據
化石燃料
熱能
溫室氣體
模型
生物
海平面

科學論證

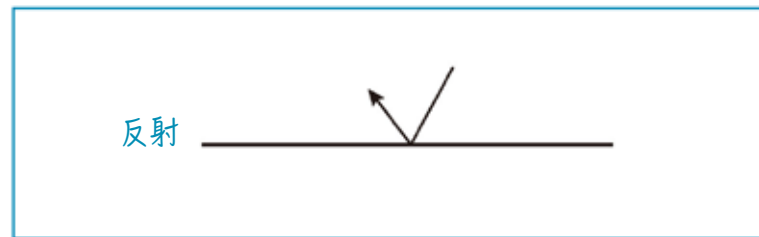
你的想法是什麼？
你為什麼這樣想？
你的證據是什麼？
你同意嗎？為什麼？
你不同意嗎？為什麼？
我們有多大的把握？
要怎麼辦，我們才能更有把握？

6. **畫出光的穿透、反射與吸收** 教師說明：本小節剩下的內容，會使用「穿透」(transmit)、吸收(absorb)與「反射」(reflect)等字眼來描述光與熱的行為。請學生畫出以下圖形並寫下定義：

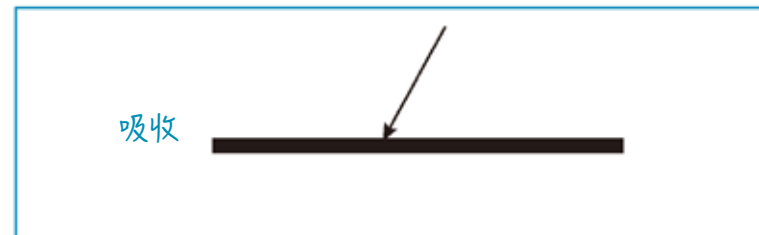
- a. 光子(光或熱)穿過物體，稱為「穿透」。請教師在白板上寫上「穿透」，並在字的旁邊畫出水平線與箭頭，且箭頭穿過水平線，以表達字面意思。



- b. 光子從物體上反彈射出去，稱為「反射」。請教師在白板上寫上「反射」，並在字的旁邊畫出水平線、箭頭與線呈某個角度射出水平線外。



- c. 光子撞擊物體後不再釋出，稱為「吸收」。請教師在白板上寫上「吸收」，並在字的旁邊畫出較粗的水平線和射向它的箭頭，表示箭頭被水平線吸收。



7. **討論玻璃帷幕的效應** 教師提問：「在電腦模擬場景中，你認為溫度為什麼會升高？」(玻璃鎖住了熱空氣，不讓熱能逸散) 請教師展示以下玻璃鎖住熱能的例子：(1) 緊閉門窗的車子，陽光普照時，車內會變得很熱，這是因為車窗讓熱能進入車內；熱能讓車內的表面增溫，但車窗玻璃卻鎖住熱能。(2) 溫室就是利用玻璃鎖住熱能的建築，營造出溫暖的環境，讓植物在其中滋長。

教師注意事項

科學註記

關於模擬 關於溫室效應的物理原理，若想協助六至八年級學生完全理解，並不全然合適。但是，讓他們理解溫室氣體與地球溫度的關聯，以便後續建立氣候變遷的理解，則是合理而重要的。由科羅拉多大學波德分校（University of Colorado at Boulder）PhET™ 設計的電腦模擬，能讓學生藉由操弄多樣的變因，探索這樣的關係；在真實生活中，學生無法如此操控，但是電腦模擬能讓學生瞬間體驗變化所引發的效應。此外，如果教師可以取得多部電腦，就可以讓小組或個人獨立探索模擬。這個電腦模擬能讓學生操控溫室氣體的濃度、調節雲層範圍，創造出含溫室氣體或非溫室氣體的多種大氣。

關於光子的穿透、反射與吸收 物質接觸到太陽發射的光線時，並不是表現單一行為，這點必須注意。舉例來說，大部分讓光線穿透的物質也會反射或吸收部分光線。大氣中有些氣體比其他物質能夠吸收更多熱能，這是因為氣體分子結構的關係。這些熱能會轉換為動能，因此氣體吸收熱能後，運動程度也加大了，這樣的運動由學生操控電腦模擬的「發射熱能」（shoot heat photons），就能顯而易見。同時學生也會發現：熱能接觸氣體分子時，並不會只有一種行為（反射、穿透或吸收都有可能）。

英文學習者

詞彙鷹架 本小節介紹了幾個新詞彙——穿透、反射、吸收、光子、溫室氣體、溫室效應、模型，以及模擬。英文學習者可能需要額外指導，並多練習上述詞彙，讓本小節的學習順利成功。本小節即將開始之初，預先讓他們有心理準備，準備迎接許多新詞彙。教師介紹新詞彙時，請把詞彙羅列於白板。可能的話，請學生討論如何以他們的母語讀出新詞彙或解釋其中概念。教師偶爾必須停下進度、複習新詞彙的含意，引導學生以新詞彙造句（例如：**穿透和吸收的差異是什麼？**），或讓兩個詞彙產生關聯（**溫室氣體與溫室效應有什麼關係？**）（**在新詞彙中，與「光子」相關的詞是哪一個？**）

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？

姓名 _____ 日期 _____

溫室氣體

當光和熱碰到大氣裡不同氣體時，請決定各類的反應。請根據電腦模擬各項氣體的反應，然後紀錄結果。通常，溫室氣體會穿透光線，吸收熱能。

溫室氣體 (g)	氣體	發生的反應 (請圈選)			
CH ₄ (甲烷)	光:	穿透	反射	吸收	吸收
	熱:	穿透	反射	吸收	吸收
CO ₂ (二氧化碳)	光:	穿透	反射	吸收	吸收
	熱:	穿透	反射	吸收	吸收
H ₂ O (水蒸氣)	光:	穿透	反射	吸收	吸收
	熱:	穿透	反射	吸收	吸收
N ₂ (氮氣)	光:	穿透	反射	吸收	吸收
	熱:	穿透	反射	吸收	吸收
O ₂ (氧氣)	光:	穿透	反射	吸收	吸收
	熱:	穿透	反射	吸收	吸收

調查筆記本，P.12

測試溫室氣體

- 介紹溫室氣體與溫室效應** 告訴學生：促使地球溫暖的物質很多，但地球大氣的溫室氣體 扮演了重要角色，這類氣體會防止熱量離開地球。許多溫室氣體加入大氣中並造成溫度上升，我們稱為「溫室效應」。雖然溫室氣體和溫室都會使溫度上升，但是其中的原理卻不相同。
- 介紹調查筆記本紀錄的部分** 請學生翻開調查筆記本第 12 頁「溫室氣體」，並說明：待會兒將運用電腦模擬，找出哪些大氣的氣體是溫室氣體。請學生閱讀筆記本上的指示，並指出要記錄的五種氣體圖表。
- 測試甲烷吸收可見光子（也就是光線）的程度** 在電腦螢幕最上端點選「光子吸收」，測試不同的氣體。教師先作示範，從「大氣氣體」的右邊點選 CH₄（甲烷），再點選「可見光子」（Visible Photon）選項，這時螢幕上的槍會變成黃色。接下來，把控制器（slider）拖曳到右邊（槍裡面），如此增加光子數量，並點擊按鍵，讓光子朝向甲烷分子「射擊」。然後詢問學生：「光子射擊到甲烷分子後，會發生什麼現象？光子會穿透、反射或被吸收？」（穿透）請學生圈選「穿透」選項。
- 測試紅外線光子** 將光子槍改成「紅外線光子」（Infrared Photon），然後朝向甲烷分子射擊。教師提問：「紅外線光子的熱能射擊到甲烷分子後，發生什麼事？」（熱能被困住一會兒，然後被釋放）。教師再提問：「甲烷分子困住熱能後，發生什麼事？」（分子開始蠕動），教師解釋：分子吸收熱能後，就會開始蠕動。請學生圈選「吸收」選項。
- 讓吸熱與溫度上升產生連結** 教師指出：剛剛的現象與玻璃帷幕的實驗有些不同。玻璃帷幕將大部分的熱能反射回地球大氣。接著解釋：如同電腦模擬所見，溫室氣體吸收熱能後，會開始蠕動。一旦溫室氣體分子的運動幅度增大，導致周圍的分子隨之增溫，因為溫室氣體運動幅度變大，會撞擊到其他氣體分子，讓其他氣體分子的運動幅度也變大。這樣一來，有些熱能就反射回地球表面；熱能被困在地球表面，大氣的溫度就會升高。

教師注意事項

科學註記

關於溫室氣體與溫室效應 溫室氣體（二氧化碳、甲烷、一氧化二氮和水蒸氣）占地球大氣成分不到百分之一，不過卻對氣候有深遠的影響。「heat-trapping gases」與「greenhouse gases」都是一樣的氣體，但是科學家習慣採用前者名稱，因為字面上貼近該氣體的性質。當太陽輻射進入大氣層後，有些被大氣反射，但是大約有一半被地球表面吸收，並轉換成熱能，然後以紅外線的方式回到大氣。大部分的紅外線被溫室氣體吸收、再釋出；有些紅外線通過大氣抵達外太空。紅外線保存於地球大氣層內，正是地球氣候適合生物棲息的原因，因為可以讓大氣、地表和海洋維持溫暖。不過，由於人類活動的關係，溫室氣體逐漸增加、累積，使得更多的紅外線被吸收，地球的溫度也就隨之上升。造成地球溫度上升的效應，以水蒸氣作用最強，二氧化碳次之。但是，科學家最擔心的溫室氣體卻是二氧化碳，主要是人類的活動直接讓二氧化碳濃度增加，這點也是兩種氣體相異之處。

密閉的車子或溫室在陽光普照時，溫度會持續上升，這與溫室效應讓地球增溫的原理不同。玻璃讓光能進入兩者內部，內部的表面吸收了光能，使內部表面溫度增加，加熱了內部的空氣（不管是車內或溫室內），玻璃還會阻止熱能逸出，不過玻璃不會將熱能反射回內部表面。

關於分子運動與溫度 所謂溫度，就是某物質分子的運動程度。分子的運動增加，溫度也隨之上升。

教學原理

為什麼不做實驗，以顯示二氧化碳的吸熱作用？ 許多教學網站都用兩個兩公升的空汽水瓶、光源和溫度計，在其中一個瓶內製造二氧化碳。我們發現，這樣的實驗因為某些原因，會得到矛盾的結果，因此並不建議採用。

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.13

6. 用剩餘的分子重複模擬測試 教師以光子射擊其他氣體，並鼓勵學生與夥伴簡單討論他們看到了什麼？然後把結果記錄在筆記本上。（甲烷、二氧化碳和水蒸氣對於光線，都會產生穿透、吸收作用，分子也會蠕動，證明它們都是溫室氣體。氧氣和氮氣會讓光線穿透，但不會吸收光線，因此都不是溫室氣體。）

以模擬方式測試大氣

1. 介紹如何建製大氣 請學生翻開調查筆記本第 13 頁「測試大氣」，並告訴學生：接下來兩兩一組，選擇混合氣體與一些分子來製造大氣。可以選擇一至五類型的氣體，總共可以挑十種分子。然後提醒學生：各組挑選氣體時，心中需要有想法——哪些氣體會困住熱能，哪些不會或介於中間。然後由教師射擊光子，測試這些氣體困住熱能的效果。

2. 各組學生挑選氣體並提出預測 教師在步驟 1 先讓各組學生挑選氣體與分子，並請他們寫下預測，就是製造出來的大氣反應——熱能會穿透大氣、被大氣吸收，或產生反射，也要寫下理由。請向學生強調：寫下「理由」，是本活動最重要的。

3. 測試一組學生的大氣

a. 介紹測試 請先向學生解釋：因為時間不夠，無法測試所有大氣，如果測試的這組大氣與自己組上的大氣組合類似，那就要密切注意。接著，教師示範操作方法：開啟模擬畫面，在「光子吸收」(Photon Absorption) 左邊，點選「紅外線光子」(Infrared Photon)；右邊點選「建製大氣」(Build Atmosphere)。

b. 挑一組學生測試並討論預測 請測試大氣的那組上台，利用每種氣體下方的控制器，設定大氣分子的數量，開始建製大氣。先請該組預測：大部分光子是否出現穿透、反射或吸收現象？並提出理由。教師也詢問其他同學是否同意，並徵詢另類想法或理由。

c. 測試大氣 教師將控制器移到右邊的光子槍進行測試，然後詢問該組同學：這屬於哪種大氣？「大部分熱能出現穿透、反射或吸收嗎？」「為什麼會這樣？」學生應該了解：愈會困住熱能的氣體，就愈會吸收熱能。最後由教師點選「全部重設」(Reset All)。

4. 測試不同組的大氣 再選擇「建製大氣」，測試另一組學生的大氣，並輸入該組的資訊。重複上述步驟，如果時間許可，盡可能讓更多組參與測試。請教師設法測試高濃度溫室氣體與低濃度溫室氣體組合的大氣各一組。

教師注意事項

評量

快速評估理解程度：溫室氣體效應的預測 請教師閱讀學生的調查筆記本第 13 頁「測試大氣」的預測，審視他們針對為什麼大氣的氣體能困住熱能的解釋，以及他們對光能與不同氣體交互作用的描述。學生現階段應該了解：某些氣體分子（二氧化碳、甲烷與水蒸氣）會從光線吸收熱能，並將熱能「困住」於大氣中；有些氣體，例如氧氣和氮氣，只讓熱能穿透，無法「困住」熱能。

提供更多經驗

延伸：地球不同時期的大氣模擬 教師也可以運用溫室效應模擬以取得數據，例如地球歷史中不同時期的二氧化碳 ppm 數據。在螢幕頂端點選「溫室效應」，輸入冰河時期、西元 1750 年代（工業革命之前）與現代的大氣資料。學生會發現：從冰河時期到現代，隨著溫室氣體逐漸累積增加，地球的溫度也隨之上升。

延伸：讓學生探索模擬 教師引導全班在 3.3 小節體驗模擬之後，如果能讓每位或每組學生使用電腦，請讓他們花 15 ~ 45 分鐘單獨操作。請學生根據探索的過程，記錄問題與註記。

教學原理

模擬活動的目標 本模擬的內容豐富，運用並呈現了大量多樣訊息，但本活動的目標則侷限而具體。所有學生應該都能理解：二氧化碳以及其他溫室氣體，造成了地球平均氣溫上升，而這個現象和氣體與陽光之間的交互作用有關。有些學生對於分辨光線的吸收、穿透與反射，可能有更深入的見解，但是本單元不再深入探討，我們也不期待學生根據本活動的內容，就能深入理解光或光子的性質。

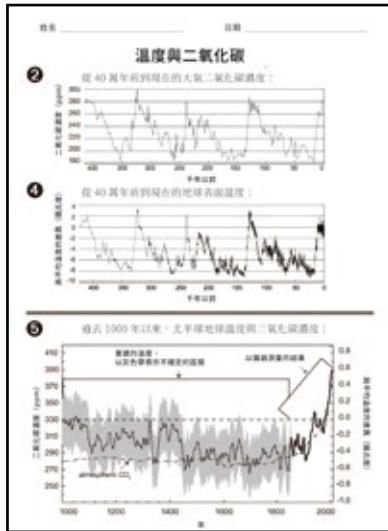
科學語言

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.14

比較二氧化碳濃度與溫度

- 1. 從電腦模擬的溫室效應開始** 點選「溫室效應」功能，提醒學生：這是模擬地球的星球，同樣也有大氣。請學生特別注意螢幕左邊的溫度計，並向他們解釋：可以調整溫室氣體的数量，看看如何影響該星球的溫度。
- 2. 比較非溫室氣體的效應** 教師提問：「如果地球的大氣中沒有溫室氣體，會如何？」，請學生進行「輪流發表」活動，找一位夥伴一起預測，缺少溫室氣體將發生的效應。教師把控制器從「溫室效應氣體濃度」（Greenhouse Gas Concentration，螢幕右邊）拖曳到「沒有溫室氣體」（None，螢幕左邊），然後點選螢幕下方的「開始」箭頭。讓學生觀察一陣子，並注意光子和溫度計（大氣無法困住熱能，地球將會結凍）。請向學生強調：溫室氣體對於地球的生命有其必要，同時指出溫度計顯示的低溫。
- 3. 檢視高濃度溫室氣體的效應** 先讓學生快速進行「輪流發表」活動，預測：地球大氣若有大量溫室氣體會如何？然後由教師把控制器從「溫室氣體濃度」（Greenhouse Gas Concentration）拖曳到「大量氣體」（Lots），並讓學生觀察、討論溫度上升的現象。
- 4. 比較二氧化碳與溫度的圖表** 請學生翻開調查筆記本第 14 頁「溫度與二氧化碳」，指出圖表 2 和圖表 4 都涵蓋了 400,000 年的時間，圖表 2 呈現大氣二氧化碳濃度，圖表 4 則顯示地球平均溫度。學生之前已檢視過圖表 2。教師提問：「比較兩張圖表時，有沒有注意到二氧化碳和溫度的變化，包括小變化和趨勢？」（雖然兩者不完全一樣，但是二氧化碳濃度起伏的形式都與溫度起伏的形式類似）。
- 5. 討論二氧化碳濃度與溫度的關係** 教師提問：「你從今天的活動可以得到什麼證據，證明二氧化碳的濃度和溫度有關？」（圖表顯示：二氧化碳濃度升高，溫度也上升；模擬顯示：溫度上升最快速的區間，也是二氧化碳等溫室氣體濃度最高的區間）。

教師注意事項

科學註記

關於圖表 5 及原始的「曲棍球棒曲線」(Hockey Stick Graph) 圖表 5 地球過去一千年來在北半球的溫度與二氧化碳圖表 (Earh's Temperature and CO₂ over the Past 1,000 Years)，通常稱為「曲棍球棒曲線」圖。這是因為地球平均溫度從西元 1000 年到 1900 年代初期，都在平均值以下，但是之後快速揚升，整體曲線圖宛如曲棍球球棍。西元 1998 年，麥可·曼恩 (Michael Mann) 博士與同僚分析了過去一千年來不同的溫度測量，畫出了這樣的圖形。該圖形出現於聯合國 2001 年「政府間氣候變遷專門委員會」(Panel on Climate Change) 的報告而成為焦點。在當時，該圖表成為政治爭論的焦點，許多人也懷疑其正確性。美國國家科學院 (National Academy of Sciences) 於西元 2006 年確認了曼恩博士報告的正確性，也就是二十世紀全球的溫度上升，是過去一千年來前所未見的現象。經由國家科學院的建議，將原來的數據更新後，以相同的統計方式產生了新版圖表。目前，一般都認為這份圖表相當精確，因為許多科學家運用各式各樣的統計方式，也得到類似結果，這些結果都已發表於同儕審查的科學期刊。氣候科學家的社群，已廣泛接受大氣二氧化碳濃度上升與地球溫度上升有關聯的結論了。

關於大氣二氧化碳濃度與全球溫度的關係 大氣二氧化碳濃度上升與全球溫度上升是相關的，這點在科學家看來無庸置疑，但是，其中的機制複雜難懂。很顯然的，二氧化碳是溫室氣體，會吸收熱能、將熱能以輻射方式回到地球表面；因此二氧化碳的濃度與地球溫度變化是有關連性的。但是，還有其他因素涉入其中，例如「米蘭科維奇循環」(Milankovitch cycle) 以及「反照效應」(albedo effect) (請參考《科學內容背景》單元)。這些額外的因素，顯示全球溫度與二氧化碳濃度之間的關係的確有些複雜。舉例來說，幾千年以來，二氧化碳濃度確實影響著氣溫，但是氣溫也會影響二氧化碳的濃度。因此，科學家都避免提出，二氧化碳濃度增加導致全球溫度相應升高的說法。教師需要對學生強調的重點是：科學家如果不考慮人類活動導致二氧化碳濃度升高，就無法解釋工業革命以來地球溫度升高的原因。

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？



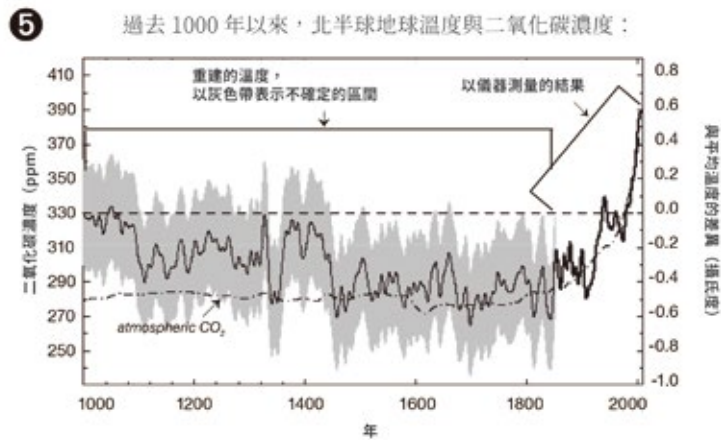
調查筆記本，p.3



(選擇利用)

調查筆記本，pp.16 ~ 17

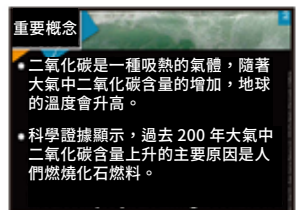
6. 請學生注意圖表 5 讓學生集中注意力，把焦點放在調查筆記本第 14 頁下方的圖表 5。請教師指出該圖表標題所顯示的溫度與二氧化碳。然後向學生解釋，圖表 5 共有三種標線：(1) 科學家根據不同來源估算出溫度，尤其是在溫度計尚未發明以及尚未記錄溫度的年代。從最左邊到西元 1800 年代中期，溫度的黑線周圍有灰色色帶，這表示科學家估算的平均值，溫度可能是灰色色帶內的任何值。(2) 西元 1800 年代中期後，開始用溫度計記錄溫度，以深黑色線表示。(3) 二氧化碳濃度以虛線表示。



7. 凸顯造成最近二氧化碳濃度與溫度上升的人類工業 教師問學生：「圖表上二氧化碳與溫度的曲線類似嗎？」(兩者有些不同，但都呈現上升趨勢)，再告訴學生：二氧化碳濃度與溫度上升，大約從西元 1800 年代工業革命開始，人類燃燒更多化石燃料，二氧化碳濃度與溫度都上升了。

8. 證據：燃燒化石燃料導致二氧化碳濃度上升 教師分享：科學家運用樹木年輪，發掘了大氣二氧化碳來源的證據。由於樹齡可達數百年之久，因此科學家在分析年輪時，發現了強有力的證據：自從工業革命以來，二氧化碳濃度的上升起源於化石燃料的燃燒。

9. 播放投影片；請學生記錄重要概念 教師播放重要概念投影片，並請一位志願者大聲朗讀。然後解釋：科學家也測試其他可能造成二氧化碳濃度上升的原因，但都沒有證據證明。到目前為止的證據顯示：因為人類燃燒化石燃料所引起的二氧化碳濃度增加，是近來氣溫上升的原因。請學生翻開調查筆記本第三頁「重要概念」，在引導問題 #2 下方的欄位寫下重要概念。



教師注意事項

科學註記

人類的角色：燃燒化石燃料與其他工業活動導致大氣二氧化碳增加

（如果學生尚未接觸第二單元，請與學生分享這則資訊）在地球上，碳儲存於許多不同的儲存庫。碳以不同的速率，在各儲存庫間流動。有時碳在某個儲存庫停留很久，只有少部分的碳會透過自然的逸散或其他因素，從儲存庫釋出。化石燃料（原油、天然氣與煤礦）要經過上千萬年的歲月，才能從死亡生物轉變而成，然後繼續在地底下存留 100,000 年之久。人類燃燒化石燃料（例如汽車的汽油、發電廠的煤），會快速將原本儲存於地底的碳，以二氧化碳的形式釋放到大氣中；土地利用方式的改變（例如為了農業或飼養牲畜而砍伐森林），還有水泥製造業，也會將過多的二氧化碳釋放到大氣中。每年總計有 94 億噸的碳，因為人類工業活動而排放到大氣中（請參考《科學內容背景》單元，以取得更多資訊）。

提供更多經驗

延伸：給進階學生的選擇性閱讀 科學家如何知道大氣中日益增加的二氧化碳來自何處？針對此，有些學生可能想知道額外的資訊。找出大氣額外的二氧化碳（Determining the Source of the Atmosphere's Extra CO₂）就針對過去幾十年大氣二氧化碳增加來源，提出了科學證據。學生可以從中發現：科學家能連結人類活動與大氣的二氧化碳，是根據三方面的研究。

延伸：線上影集 全球暖化：二氧化碳與溫室效應（Carbon Dioxide and the Greenhouse Effect, 2 分 26 秒），內容呈現了全球暖化與溫室效應的關聯，是值得推薦的影音資源（marcelawrencehallofscience.org/oss68）。

強化：幫課前想法增加註記 如果時間允許，讓學生翻回調查筆記本第二頁「課前想法」，運用目前所學增添關於氣候變遷的註記；這項活動也可以當作回家作業。

延伸：本小節的反思提示

- 如果人類工業活動產生的二氧化碳以及其他溫室氣體，今天都停止排放，請預測地球的氣溫會如何？
- 如果人類工業活動產生的二氧化碳以及其他溫室氣體濃度，今天突然大幅升高，請預測地球的氣溫會如何？

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？

碳與氣候變遷的反思

學

生透過做筆記、討論，反思大氣二氧化碳與全球溫度的關係。學生以「修正後想法，Part 1」的回覆，展現從 3.1 小節開始做筆記以來，學習氣候變遷的成果。接下來，全班討論筆記，也討論氣候與天氣的差異，並學習氣候變遷的定義。學生解釋當地三十年溫度與降雨的兩張圖表，然後寫下當地的氣候描述。最後，本小節介紹氣候變遷正在發生的證據，學生則提供想法，推測可能發生的效應。本小節的內容在幫助學生準備好後續小節氣候變遷的證據，進行更進一步的探索。以下是學生的重要概念：

- 氣候變遷是天氣型態歷經長期的變化，可能是幾年、幾十年、幾百年或更久。

學生的附帶學習：

- 天氣——描述風、降雨和溫度——是指大氣發生在特定短暫時間的現象。
- 氣候與天氣不同。氣候是長期下來的平均天氣狀態，例如為期一年、十年、一世紀或更久。
- 特定區域的氣候證據，可從該地區的植物生長型態取得。

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

碳與氣候變遷的反思	預計時間
寫下二氧化碳濃度增加的原因與效應	20 分鐘
定義天氣與氣候	15 分鐘
審視氣候變遷的證據	10 分鐘
總計	45 分鐘

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 *
- 3.4 小節的四張投影片
- 影印包

每位學生需要

- 調查筆記本：p.2 ~ 3、18、15（選擇利用每日書面反思）
- 影印包：我們當地的氣候資料（包含當地資料）、我們當地氣候資料的問題

* 本教材包不提供

準備上課

本小節上課前一天的準備工作

1. **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的資料。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。
2. **完成「我們當地的氣候資料」學習單** 上網 mare.lawrencehallofscience.org/oss68，並運用網頁建議的其中之一網站，找出三十年來，學校附近逐月平均高溫以及降雨量資料。從影印包找出「我們當地的氣候資料」學習單，並影印下來。根據當地資料，選擇適合單位，然後填寫於 Y 軸，完成學習單上的兩個長條圖。
3. **影印資料** 從影印包中找出並影印以下學習單：
 - _ 我們當地的氣候資料（連同當地資料，請參閱上面步驟 2）（一人一張）
 - _ 我們當地氣候資料的問題（一人一張空白頁）

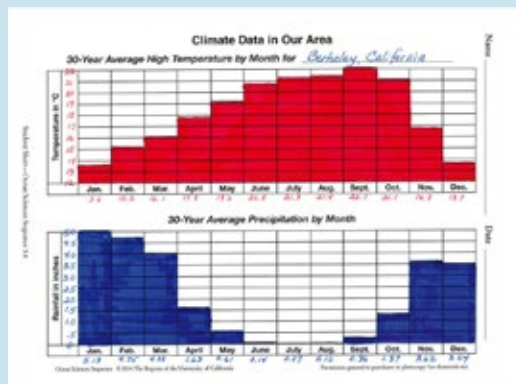


圖 3-2 我們當地氣候的完整資料單範例；準備影印給學生每人一張空白頁。不需要畫成彩色圖表，也不需要彩色影印。

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？

教師注意事項

每日書面反思

關於溫室氣體及其如何使全球溫度升高，你還有其他問題嗎？ 這則問題出現在調查筆記本第 15 頁，目的在請學生反思先前小節中關於溫室氣體的效應；也讓學生替本小節開頭的書寫活動做準備。

英文學習者

書寫鷹架 英文學習者有可能因缺乏書寫能力而苦苦掙扎，教師可以提供影印包中「書寫工具：修正後想法，Part 1」(Tool for Writing: Revised Ideas, Part 1)。本頁的上半部是生字庫；下半部則提供句型架構，可以讓學生使用。有些英文學習者可能只需要生字庫，這時可以把本頁剪半，只提供上半頁；基礎能力或書寫有困難的英文學習者則提供上下半頁。諸如此類的書寫鷹架，可以讓英文學習者只專注於他們想要表達的科學內容，而非拼字、背誦單字或理解句子結構。

評量

重要關鍵：修正後想法，Part 1 請教師閱讀學生在調查筆記本第 18 頁的回答，以了解他們是否掌握了大氣二氧化碳和近年來全球氣溫變化的關聯。到目前為止，即使學生無法描述這些效應的機制，也應該能將二氧化碳等溫室氣體的增加與溫度的上升做連結；而二氧化碳自西元 1960 年代起劇烈增加的圖表，應該可以讓學生引述為證據，以證明人類活動與二氧化碳濃度增加的關聯。此時，學生對於溫室氣體與全球氣溫上升的關聯，應該有了紮實的認知，以準備迎接後續活動，探索這些變遷的因果及可能的解決方案。

提供更多經驗

強化：檢視重要概念 如果教師發現許多學生回答「修正後想法，Part 1」有困難，請將學生分成四人一組，每組分配一則到目前為止所學的重要概念，或一組兩則。然後給每組一張壁報紙，請他們 (1) 寫下重要概念。(2) 寫下證據清單，以支持重要概念。(3) 畫圖表達重要概念。接下來，讓每組向全班展示成果，並將壁報紙張貼在牆壁上。

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？

教師注意事項

科學註記

關於天氣與氣候 天氣是指某地區短期的大氣狀態，例如降雨、溫度、風向和濕度。天氣發生的時間可能是幾個星期。氣候是指某地長期大氣狀態的平均趨勢，可能季節性或年復一年的變化。簡單來說，兩者之間的差異是：「氣候是你可以預期的；天氣是你目前看到的狀態。」

提供更多經驗

強化：檢視科學證據圖表 如果教師認為學生在了解自然證據和科學解釋上，需要更多幫助，那麼請讓全班檢視 3.1 小節的證據圖表。往後幾個小節也可以再回顧複習。

強化：這是氣候還是天氣？ 請教師說明：是天氣還是氣候，往往讓人一頭霧水，所以我們來做一些描述，例如以下的描述，如果是關於氣候，就請豎起大拇指。接下來將學生分組，請學生以自己的描述挑戰對方：

- 冰河時期，非常嚴寒（氣候）
- 今天可能會有暴風雪（天氣）
- 沙漠很乾燥（氣候）

然後請學生指出，下列描述哪裡錯了？

- 「氣候不會變熱，瞧瞧今天多冷！」
- 「大家說氣候變熱了，但是今年夏天卻比往年涼爽。」（氣候是幾十年或更久時間的現象，不是一天或一年的狀況。）

延伸：學生根據當地天氣資料繪製氣候圖表 如果時間足夠，教師也可以提供表格式的原始資料，而不是直接提供當地完整的氣候圖表，讓學生填寫「我們當地的氣候資料」學習單中空白欄位，自行完成圖表。這樣可以給予學生製作圖表的經驗，也幫助他們增強解釋圖表的能力，使他們能更深入地參與氣候資料的處理。

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？

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？

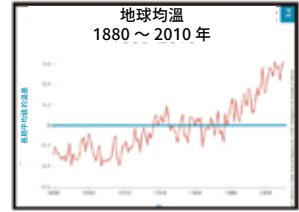
引導問題 2：
二氧化碳和溫度有怎樣的關係？

引導問題 3：
什麼是氣候變遷？

調查筆記本，p.3

審視氣候變遷的證據

1. 播放投影片「西元 1880 ~ 2010 年地球的平均溫度」 教師指出：「0」的水平線表示西元 1961 年至 1990 年全球的平均溫度。然後提問：「什麼時候的氣溫低於平均溫度？」（大約西元 1940 年代以前）



「什麼時候的溫度開始高於平均溫度？」（西元 1980 年代）接著，請教師再問學生：「根據這些資料，如何描述平均溫度？」

（全球平均溫度在這段期間呈現上下起伏，但是整體只上升了大約 1°C）。最後由教師解釋：小小的改變可能在地球某些區域已造成重大改變。教師可以指出，最近一次冰河時期，地球溫度只比現在低 5°C。

2. 腦力激盪想出氣候變遷的可能證據 告訴學生：長期蒐集的額外資訊，能揭露更多氣候變遷的證據。並強調：圖表上的溫度變化，就是氣候變遷的證據。然後問學生：「你是否認為世界上還有其他變化，可以作為氣候變遷的證據呢？」讓學生四人一組，討論這個問題，也讓學生了解：可以用整個地球或特定區域的視野，討論這個問題。

3. 和全班分享想法 幾分鐘後，請各組分享前面討論出來的想法。教師先聽取一些想法，然後請學生分享提出這些想法的理由。如果學生想不出來，可以告訴他們：科學家預測溫度升高後，颶風或龍捲風的發生頻率會變高，降雨也隨之改變。

4. 播放投影片「植物：氣候的證據」 請學生比較兩張影像，並提問：「觀察這兩地的植物，可以說明兩地的氣候嗎？」（這些植物需要不同的氣候型態，因此兩地氣候肯定不同）「你認為幾天不同的天氣，足以改變植物嗎？」（不行，幾天不同的天氣無法改變植物，比如雨林和沙漠的植物就不同）由於植物適應了當地特定的氣候條件，因此它們是了解當地氣候的好線索。



5. 播放投影片；學生記錄重要概念 教師播放新的重要概念投影片。請學生翻開調查筆記本第三頁「重要概念」，把這則新的重要概念寫在引導問題 #3 下方的空白欄位。



教師注意事項

科學註記

使用名詞氣候變遷，而非全球暖化的理由 地球的平均氣溫趨向愈來愈熱。但是，地球有些區域卻出現極端酷寒的氣候，這是因為洋流改變或其他因素所導致的。另外，地球許多地方也出現雨量改變與極端天氣。因此，氣候變遷是比較精準的說法，因為這種說法涵蓋了許多變遷，而氣候變遷也包括了各種自然與人為引發的變化。相較之下，全球暖化則專指人類引發溫室氣體增加而導致的特定變化。

關於氣候變遷 幾十年到幾百萬年形成的平均天氣型態，若發生了長期的改變，就是氣候變遷。氣候變遷可能是某地區平均天氣狀況的改變（例如夏季平均溫度），或天氣事件平均數目的變化（例如龍捲風或颶風變多、變少）。氣候變遷可能描述特定區域的變化，或整個地球的改變。

教學原理

強調氣候變遷問題的解決方案 許多學生也許想到的是氣候變遷的效應，而非解決方案；他們可能看過世紀末之類的場景，例如整個地球進入冰封狀態。氣候變遷正在發生，這是證據確鑿的，而且有時候引發的效應會很嚴重。不過，讓學生在本小節以及後續小節，持續談論氣候變遷的解決方案和人們如何準備面對氣候變遷，這點相當重要。本單元的目標，甚至是本序列的全部內容，目的都在讓學生了解我們這個變化中的星球，以及該如何降低人類引發變遷所帶來的衝擊。

提供更多經驗

延伸：線上影集 氣候變遷（Climate Change, 5 分 49 秒）是值得推薦的影音資源，可以用來加強對天氣與氣候的理解。（請參考 mare.lawrencehallofscience.org/oss68）

延伸：本小節的反思提示

- 天氣和氣候有什麼不同？
- 你如何證明氣候變遷正在發生？

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？

調查氣候變遷：證據蒐集站

學

生調查氣候變遷的三個效應：海冰的改變、海平面的改變，以及變化中的冰河。證據包括各組在杯子裡建立的冰河模型，還有地圖、圖表，以及各組檢視學習站後張貼於教室的相片。下一小節，學生將實際運用本小節的證據，因此，下一小節才會讓他們加入新的重要概念。以下是學生的重要概念：

- 氣候變遷讓海冰融化。
- 海冰的顏色比海水淡，原本能夠反射較多的陽光，一旦融化後，海水就會吸收較多的陽光。
- 氣候變遷讓冰河融化。
- 氣候變遷讓平均海平面上升，有些區域上升的幅度更大。
- 地球上許多濱海區域住著大量人口，他們生活的海拔高度與海平面相同或接近海平面。

調查氣候變遷：證據蒐集站	預計時間
建立冰河模型	10 分鐘
調查證據	20 分鐘
觀察冰河模型	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 *
- 3.5 小節的一張投影片
- 影印包
- 三套氣候變遷證據的彩色學習單（每套九張）
- 氣候變遷站標籤（每站一張）
- 九個牛皮紙信封
- 透明膠帶 *
- 剪刀 *
- 一枝油性麥克筆
- 水 *
- 製冰盤
- 紙膠帶
- 保冰容器或小型冰箱
- 科學證據圖表（3.1 小節）

每組學生需要

- 一個自助餐盤
- 一個透明塑膠杯（九盎司）
- 一枝油性麥克筆
- 一塊石頭

每位學生需要

- 調查筆記本：pp.20 ~ 21、19（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

1. **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到投影的資料。花幾分鐘檢視需要的教具以及補充資源，請參考 mare.lawrencehalloffscience.org/oss68 或資源光碟。
2. **製作冰塊：**製冰盤裝滿水，放進冰箱靜置一晚，每組需要一塊冰塊。建議自行製作大冰塊，購買的冰塊太小，不適合本活動。請用保冰容器或小冰箱運裝冰塊，這樣上課時可以保持低溫。
3. **準備杯子：**用油性麥克筆在每個杯子標記不同編號，並在每杯加入 1/4 吋（約 6.3 公分）高的水（請見 p.304 的圖 3-3）。
4. **選擇石塊：**挑選大塊、可以模擬陸塊的石頭，要能在杯中立起且凸出水面。
5. **準備碟子：**每組一個碟子，碟子上擺放：
 - _ 一個裝九盎司水、標記的杯子
 - _ 一枝油性麥克筆
 - _ 一塊石塊
6. **影印氣候站的標籤：**從影印包中挑出以下三張學習單並彩色影印、剪開。
 - _ 改變中的海冰（Changing Sea Ice）、改變中的海平面（Changing Sea Level）、改變中的冰河（Changing Glaciers）
7. **組織證據站的資料：**將三套氣候變遷證據站的彩色學習單，依照以下方式分組，將每組的資料裝進牛皮紙信封，信封上貼上對應的標籤。
 - _ 三套改變中的海冰（SI-1、SI-2、SI-3）
 - _ 三套改變中的海平面（L-1、L-2、L-3）
 - _ 三套改變中的冰河（G-1、G-2、G-3）
8. **計畫各站的設置：**請看第 307 頁的圖 3-5，參考在教室內設置各站的方法。每組學生必須造訪三個站。要讓全班同時都能參觀每個站，必須設置九個站（每種站三個）。一組四名學生，可以任意順序造訪各站。請參考第 307 頁的說明，就能明白為什麼不建議設定各站參觀時間。
9. **張貼證據圖表：**如果尚未張貼科學證據圖表，這次請貼上。

科學語言

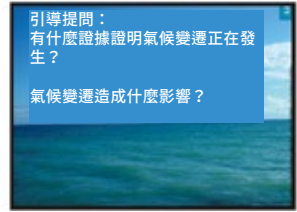
科學字彙

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？

建立冰河模型



1. 播放投影片並介紹新的引導問題 教師大聲朗讀兩則新的引導問題。

2. 審視證據來源 教師提醒學生：在前一小節，已經討論氣候變遷引發的可能效應。然後說明：在本小節，將要調查氣候變遷的證據。請學生像科學家那樣，研究從各種不同管道蒐集的資訊。

3. 介紹冰河模型 教師告訴學生：接著即將要調查的自然現象，就是冰河。首先，每組要製造冰河模型，用來調查冰河融化對海平面的影響。然後說明：杯中的水表示海洋、石塊就是大陸或島嶼，石塊上的冰塊就是冰河。

4. 解釋如何建立模型 由教師拿起一個碟子，示範各組需要遵循的步驟：

- 取一個標號的杯子裝入 1/4 吋（約 6.3 公分）高度的水，杯裡的水表示海洋。
- 注意杯子上的編號，這樣各組才知道分配到的冰河模型。
- 把石塊放入杯中，石塊一部分露出水面，表示大陸或島嶼。
- 把杯子放在桌上，用麥克筆在杯外標記水位，這就是海平面，也就是某區域海水的平均高度。
- 把冰塊放在石塊上，表示冰河。石塊上的冰塊可能需靠著杯子，因為冰塊必須完全在「陸地上」，不能在「海裡」。

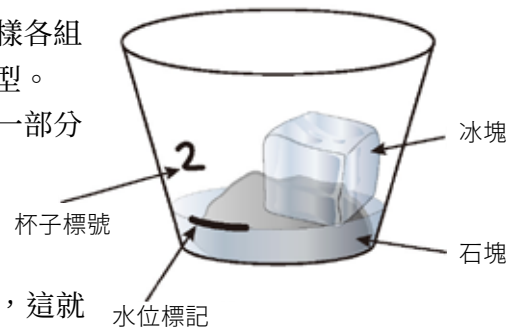


圖 3-3 冰河模型

5. 建好冰河模型後，先放旁邊備用 開始進行活動，教師將碟子發給各組，讓學生依照步驟自行放入石塊，並畫出海平面。過程中，請教師指導學生畫海平面，確定各組都畫得均勻。模型完成後，由教師解釋：待會兒才會用到冰河模型，目前先放置不動。

教師注意事項

每日書面反思

如果有人告訴你，並沒有發生氣候變遷，因為最近兩年的冬天很冷。你要如何解釋：天氣的變化和氣候的變遷並不相同？這則提示收錄在調查筆記本第 19 頁。請讓學生反思前小節關於天氣與氣候不同的資訊。從學生的回覆中，教師可以了解他們是否理解天氣是短期的大氣狀況，氣候是長期的大氣趨勢（幾十年或更久）。學生可能會提及這個事實：僅僅幾年的資料可能凸顯了異常狀態，但這些異常狀態需要更多年的資訊來分析，才能判斷是否為變遷之類的趨勢。這訊息能幫助學生準備好迎接本小節的重點，亦即氣候變遷的證據，因為學生已對氣候與氣候變遷的要件，有了進一步的理解。

教學原理

冰河模型的重要性 本小節學生製作的冰河模型雖然構造簡單，卻承擔重要目標。海平面是海水表面的平均高度，許多學生對此難以理解。在冰河模型裡，學生能目睹融化的冰河造成了海平面的上升，也觀察到陸地邊緣呈現了上升的海面。

科學註記

關於測量海平面 海平面就是平均高潮線與平均低潮線中間的高度，地球上各處的高潮線不一定相同。科學家可以用「驗潮儀」(tide gauge) 測量海平面，將驗潮儀放在海面，讓儀器隨著潮水上下起伏移動，在一段時間記錄高低變化，就可以提供當地海面的平均高度。自從西元 1992 年以來，科學家運用人造衛星，以更精準的方式測量海平面。

英文學習者

閱讀鷹架 英文學習者看到各站信封上的短句，可能覺得很難理解。短句涵蓋了重要且複雜的訊息，但是每站的停留時間、來自同學的噪音和各站器材，都可能讓閱讀困難的學生分心。如果教師認為會發生上述狀況，請先影印各站的標籤給每位學生，讓學生兩兩一組閱讀標籤，在轉換站別之前，全班一起討論。

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？

「改變中的海冰」證據蒐集站

天氣夠冷的話，海水就會在海平面形成。在某些區域，海冰的厚度可達 20 公尺 (66 呎) 厚。當海水變成海冰之際，大部分的海冰會留在海洋；因此附近沒結凍的海水會變得寬闊。當海冰融化，附近的海水會變淺。

「改變中的冰河」證據蒐集站

隨著冬天的雪沒有融化，經年累月堆疊的結果，積層就會變成冰。陸地上大塊積、長期存在的冰層，就稱為「冰河」。在過去，有些冰河的厚度甚至超過 1 哩的厚度。在地球某些區域，冰河的年代已經有數百萬年了。

「改變中的海平面」證據蒐集站

所謂的海平面，就是特定區域的海水平的高度。科學家應用「測量計」(tidal gauge) 之類的工具來測量海平面。將測量計放在靠近海岸的水域，長期閱讀海平面，就可以計算出該區的平均海平面。另外，科學家也應用人造衛星來測量海平面。

有一個海平面上升的原因，是冰河融化。冰河融化的水，會流入海洋。另一個因素，是海水溫度變高。水變溫暖的話，體積會增大而佔據較大的空間。

學生學習單 (各站的介紹標籤)

姓名：_____ 日期：_____

氣候變遷證據站

改變中的海冰-----S1-1、S1-2、S1-3

1. 北極海的海冰——請參考圖表 (S1-1) 以及圖表 (S1-2)，與小組討論，北極的海冰自從西元 1979 年以來如何改變。請用圖表解釋如下：

2. 海冰與太陽——請閱讀學習單 (S1-3) 並且觀看圖表。請找出圖中陽光能反射以及被吸收的範圍。請和同伴討論，海冰的融化如何影響地球的溫度。請解釋你的推理：

改變中的冰河-----G-1、G-2、G-3

冰河的證據——請參考世界各地的冰河照片 (G-1、G-2、G-3)，和組員討論，冰河從有年以來如何改變。請把你的想法寫在下面：

調查筆記本，p.20

調查證據

- 1. 複習圖表** 複習科學證據圖表的資訊，提醒學生：證據可能是數據、觀察、科學知識，或科學推論。證據來自自己的調查，或他人的觀察，也可能來自思考與討論。讓學生了解：可以運用相片、圖表、地圖，甚至是自己的觀察，當作證據來源。
- 2. 介紹證據蒐集站的計畫** 教師向學生說明：每四人一組，將要造訪教室內三個不同的證據蒐集站，每站都須停留一些時間，進行閱讀、討論氣候變遷證據，包括地圖、圖表和相片。然後教師向學生指出各站的位置，並告訴他們：各站都有需要閱讀的內容，以及三張當作證據的彩色學習單。
- 3. 介紹筆記本內容** 請學生翻開調查筆記本第 20 ~ 21 頁「氣候變遷證據蒐集站」，由教師快速介紹各站的內容。接著強調：大家要互相討論各站的證據，才能回覆調查筆記本的問題（討論的時候，每組再分成兩組）。請告訴學生：造訪各站的時候，不需要按照調查筆記本介紹的順序。
- 4. 各站動線介紹** 教師把信封放在桌上，告訴學生：在教室某個角落有三個完全相同的站，內容是「改變中的海冰」；教室其他角落同樣有三個「改變中的海平面」與三個「改變中的冰河」，也就是各有三個站完全相同。接著向學生解釋：這樣的設計是為了能有足夠空間進行活動。每組只要造訪「改變中的海冰」、「改變中的海平面」與「改變中的冰河」各一個站即可，請教師確定學生理解這個規則。然後向學生強調：各組要集體行動，證據學習單要按照順序放回桌面，才能前往下一站，並確定下一站有足夠空間。請提醒學生：造訪各站的順序並不是重點。

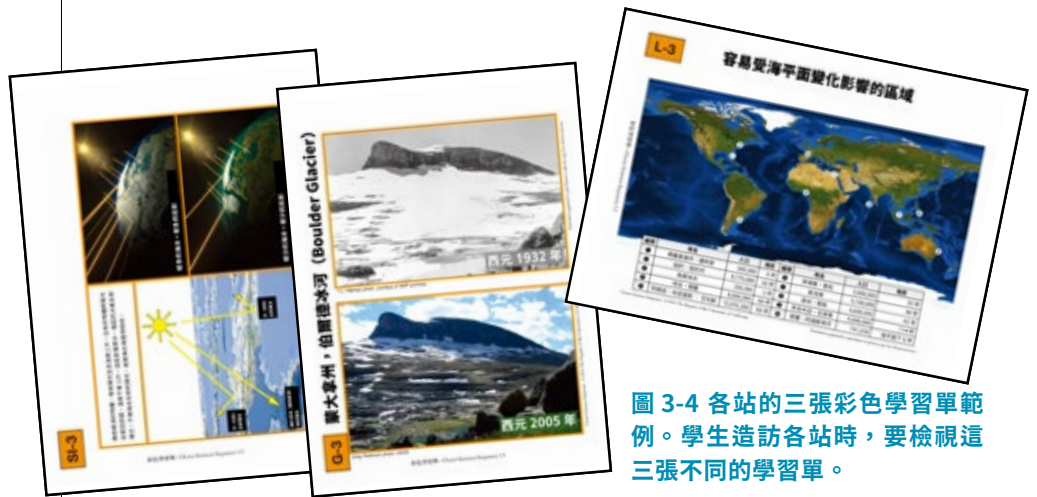


圖 3-4 各站的三張彩色學習單範例。學生造訪各站時，要檢視這三張不同的學習單。

教師注意事項

教學建議

除了冰河模型之外，考慮增加海冰模型 爲了凸顯海冰消融與冰河消融的效應，有些教師會另外準備杯子，指導學生在海面（杯內的水）放入海冰（冰塊），同樣標記海平面高度。過些時間，海冰開始融化，學生目睹海平面沒有變化，都會驚訝異常。海冰融化對海平面並不會有影響，這是因爲漂浮的海冰已排開了與自己等重的海水，因此海冰融化成海水，並不會增加額外空間；相反的，陸地上的冰河融化後，水最終流到海洋，會造成海平面上升。

教學原理

爲什麼不建議設定

各站停留時間（若是設定時間，就表示教師必須宣布蒐集證據暫停、全班移往下一站）學生在各站蒐集證據時，何時完成任務並移

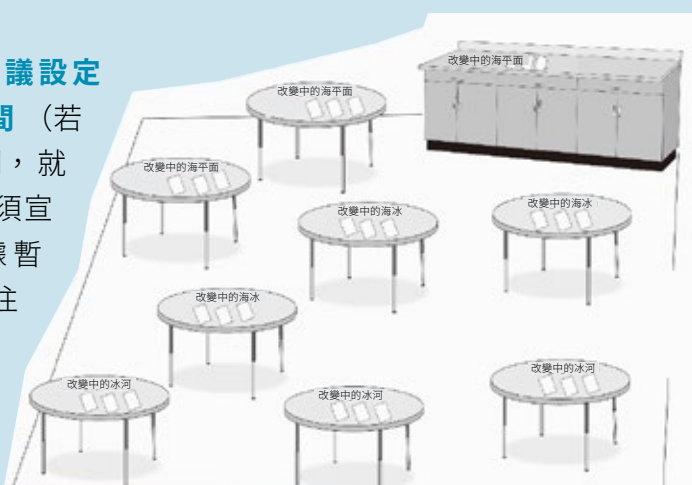


圖 3-5 教室九個證據站的布置範例

往下一站，最好讓他們自己決定。讓學生按照各組的步調工作，能增加他們參與的程度，也比較容易管理活動的進行。因爲進度快的學生不需要等待指令才能移往他站；而需要較多時間的學生也可以順利完成任務。

科學註記

關於冰河 所謂「冰河」，就是冰凍許久的大型冰塊。當冬天的積雪到了夏天沒有融化時，就會在陸地形成冰河。冰雪經年累月堆積，體積逐漸變大，上層的冰雪不斷堆積，下層的冰受到擠壓而愈來愈緻密。年復一年，冰雪持續堆積，冰河跟著成長並變得很重。因爲冰河太重了，於是開始下滑。在地球上，冰河的歷史往往數百萬年，緩緩在陸地移動，切割山谷、磨損山地，因而改變了地貌。冰河若是融化，流入海洋的水將會造成海平面上升。

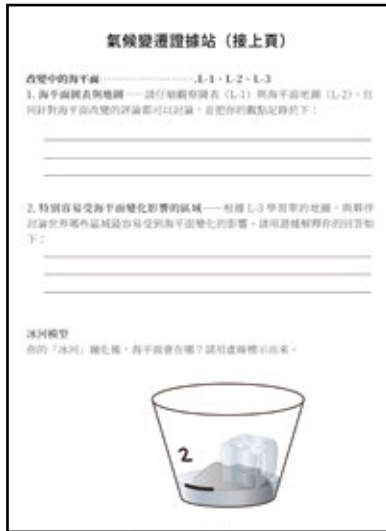
科學語言

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？
你爲什麼這樣想？
你的證據是什麼？
你同意嗎？爲什麼？
你不同意嗎？爲什麼？
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.21

5. **學生檢視證據；教師來回巡視，必要時提供協助** 教師先分配各組到一個起始蒐集站，然後開始活動。請教師四處查看，如有需要就提供協助，也請教師提醒學生：移往下一站之前，請把資料放回原處。

6. **停止活動並清理教室** 下課前五分鐘，請學生停止活動，並把所有的學習單放進信封。教師告訴學生：如果沒有時間完成三個站的造訪也沒有關係，因為下一小節，各組會分享所找到的證據。

觀察冰河模型

1. **觀察冰河模型** 請各組學生取回自己組的碟子，然後請他們花一分鐘時間觀察模型。

2. **學生分享觀察到的變化並記錄結果** 請教師提問：「你們看到什麼變化？」(學生應該注意到「海平面」上升，並且淹沒部分「小島」；冰塊已部分或完全融化) 請學生將變化記錄在調查筆記本第 21 頁，並在上面畫出新的海平面。

3. **預告下一小節** 告訴全班學生：下一小節將會進行討論，並解讀冰河模型和各站蒐集的證據。

教師注意事項

提供更多經驗

強化：模擬氣候變遷的效應 進入 mare.lawrencehallofscience.org/oss68 網頁，參考「NOAA 全球科學調查家」（NOAA Global Science Investigator）。在這個網站中，學生可以看到整個地球的真實資料，以及西元 1980 ~ 2006 年的海平面溫度與海冰範圍、海平面上升資訊。

延伸：熱擴張，如「改變中的海平面」站的水瓶 氣溫升高造成海平面上升，有一個理由是：水受熱後，體積會變大。教師可以用 1.1 小節的水瓶示範：

你需要的器材：

- 兩盞裝有 72 瓦白熾燈泡的檯燈
- 一個一公升的透明汽水瓶
- 一個中間有洞的軟木塞，要能蓋住瓶口
- 一根玻璃管或玻璃滴管，要能塞進軟木塞
- 一公升溫水（大約攝氏 30 度）

1. 水瓶內裝滿水：瓶內的水盡可能裝到滿，將玻璃管插入軟木塞內，再將軟木塞牢牢地塞進瓶口。確定水平面剛好位於軟木塞頂端，從玻璃管看不到水面才對。如有需要，增加或倒掉一些水，讓水平面在正確位置。架設好兩盞燈，距離水瓶約兩吋（約 5.08 公分）距離，上課前十分鐘開燈。



這是燈的設置；將第二個燈設置在瓶子的另一側。

2. 觀察水的擴張：十分鐘過後，水產生擴張現象，開始進入玻璃管，甚至溢出管外。小組活動進行時，詢問學生會發生什麼現象，並解釋（或複習）熱擴張：水分子接收到足夠的熱能，會彼此遠離，擴大整體的水需要容納的空間。請學生把水瓶的現象，聯想到在大太陽或大氣日漸暖化下的海洋。

延伸：線上影集 南極的冰：海平面變遷（Antarctic Ice: Sea Level Change, 4 分 19 秒）與消退的冰、上升的海面（Shrinking Ice, Rising Seas, 4 分 32 秒），都是值得推薦的補充教材（mare.lawrencehallofscience.org/oss68）。

延伸：本小節反思提示

- 海平面上升、冰河與海冰消融，為什麼是氣候變遷的證據呢？
- 海平面上升、冰河與海冰消融，對人類或其他動物有什麼影響？

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？

示範因果關係

在 本小節，學生將討論上小節蒐集的「氣候變遷效應」證據。學生分組，切割並運用「因果關係卡」（Cause and Effect cards），完成流程圖，以呈現因果的鏈結關係。本小節的目標是讓學生在事件之間找到因果關聯，整合以往所學的氣候變遷知識。以下是學生在前小節以及本小節的重要概念：

- 海冰、冰河和海平面的變化，都是地球逐漸暖化的證據（學生可以形成自己的重要概念，但須同於上述內容）。
- 大氣中二氧化碳逐漸增加，是由人類工業活動引起的，而這也是海冰產生變化、海平面上升和冰河融化的主因。

學生的附帶學習：

- 科學家對於世界的了解是以證據為基礎。
- 科學家利用許多形式的證據來理解氣候變遷。

示範因果關係	預計時間
總結證據	15 分鐘
介紹因果關係流程圖	10 分鐘
製作因果關係流程圖	20 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 *
- 3.6 小節的七張投影片
- 影印包
- 展示台（選擇利用） *

每組學生需要

- 一把剪刀 *
- 一罐膠水
- 一疊白色影印紙 *

每位學生需要

- 「氣候變遷證據蒐集站」完成的學生學習單（3.5 小節）
- 調查筆記本：p.4、24（選擇利用，每日書面反思）、22～23

* 本教材包不提供

準備上課

本小節上課前一天的準備工作

1. **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。
2. **準備學生學習單：**從影印包中找出以下頁面並影印。
 - _ 因果關係卡（每組一份）

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？

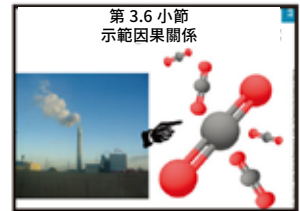


調查筆記本，p.4

總結證據

1. 播放本小節標題投影片並介紹本小節內容

教師告訴學生：今天要針對氣候變遷的因果，加以審視。



2. 舒緩因氣候變遷證據引起的恐懼 教師先向

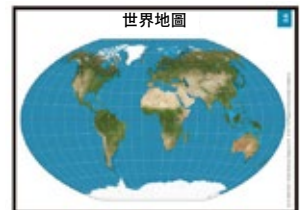
學生表明：關於前小節氣候變遷效應的證據，的確讓人擔憂。但全世界都在努力，希望減緩氣候變遷帶來的效應；身為學生的你們，在本單元稍後也可以找出可能的解決方案。最後教師向學生說：「了解氣候變遷的因果，是解決問題的重要開始。」

3. 討論各站的證據 教師發下調查筆記本，請學生翻開第 20、21 頁「氣

候變遷證據蒐集站」，審視他們在前小節記錄的資訊。教師先問學生幾個普通問題，像「哪些站的資訊有趣？哪些讓人驚訝？」「關於氣候變遷的效應，你有什麼想法？」請學生根據閱讀的內容，提出細節、例子與證據。

4. 播放投影片；討論世界各地的效應 請學生

複習他們的註記，告訴他們，世界哪些區域可以觀察到氣候變遷效應。教師利用世界地圖投影片，指出這些區域。



5. 討論冰河模型提供的證據 教師問學生：「在前小節的最後，你們

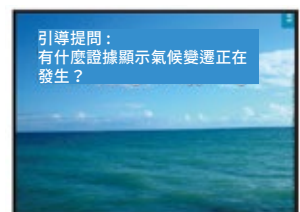
觀察組上的冰河模型時，有沒有發現什麼變化？」（學生可能回答：冰融化了，融化的水流進「海洋」，讓「海平面」更高了。）

6. 總結證據 全班經過幾分鐘綜合性的討論，教師請學生針對三個站

和冰河模型的證據，總結所學。並向學生強調：科學家都是根據證據提出解釋，因此在研究海冰、海平面與冰河發生變遷之際，也會持續蒐集新證據。

7. 審視引導問題；學生產出並寫下重要概念

教師播放投影片，大聲讀出引導問題。請學生翻開調查筆記本第四頁「重要概念」，找到引導問題 # 4。請學生在引導問題下方欄位，用一個句子來作答，也就是用自己形成的重要概念來作答，但這些重要概念須根據各站蒐集到的證據。



教師注意事項

每日書面反思

關於前小節在各站蒐集的證據，最讓你驚訝的是什麼？ 這則提示收錄在調查筆記本第 24 頁，教師請學生反思前小節的各站活動，當作本小節討論各站證據的準備。學生可能會回答：全球平均氣溫上升、海平面上升，或冰河與海冰消融等資訊。

科學註記

關於海平面變遷的世界地圖 在彩色學習單 (L-2) 的地圖取自 2010 年 6 月 18 日發表於《科學》(Science)、經過同儕審查的文章。地圖上的色碼呈現了西元 1992 年 10 月到 2009 年 7 月間，以衛星測高法 (satellite altimetry) 測得的區域性海平面高度趨勢。根據顏色，可以看出這段期間海平面變化情形：紅色表示上升劇烈 (每年可達 20 毫米)，藍色則表示海平面下降 (每年可達 -20 毫米)。如同地圖顯示，地球上大部分區域的海平面都是上升的，有些區域則是下降的。雖然圖表呈現的是全球海平面上升的平均狀態，本地圖則表現出不同的區域效應。自 1992 年以來，全球海平面平均上升 10 公分，但是有些區域上升的幅度超過 34 公分。

關於海冰 海冰由大塊冰層組成，形成於海洋表面。當海水溫度降低，低到小冰晶在海水形成，海冰就生成了。冰晶幾乎是純水組成，原來的鹽分則留在液態的海水中。冰晶愈來愈多時，就會聚在一起，聚成大塊的海冰。海水接觸海冰的邊緣也會結冰，因此海冰從邊緣擴張。有些區域，例如北極，冰層的厚度可達 20 公尺 (66 呎) 因為鹽分留在海水，因此在形成海冰時，附近未結凍的海水也會愈來愈鹹。如果海冰融化，附近海水的鹽度就會降低。海冰浮在海面，部分體積在海面以下，不是在陸地上，根據阿基米得原理，海冰會排出與自己重量相當的海水。這聽起來好像很複雜，但最後的結果是：海冰融化並不會造成海平面上升。海冰融化後的淡水，基本上與海面下的海冰體積相同。

科學語言

科學字彙

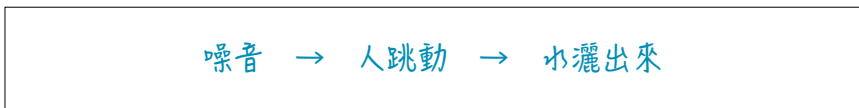
吸收
大氣
碳循環
二氧化碳 / CO_2
氣候
氣候變遷
洋流
緻密 / 密度
證據
化石燃料
熱能
溫室氣體
模型
生物
海平面

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？

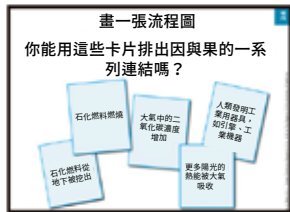
介紹因果關係流程圖

- 1. 介紹流程圖** 教師告訴學生：接下來要把幾張卡片排好，完成流程圖。並說明：科學家會運用流程圖突顯不同事件的關聯，而本活動的目標就是思考因果關係。
- 2. 舉例說明日常生活中的流程圖** 請教師描述這個例子：非常大的噪音（因），讓一個拿水杯的人跳動（果）；人跳動（因），水就灑出來了（果）。請教師把這條因果關係鏈，簡單畫在白板上：

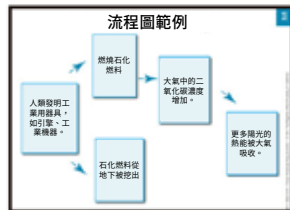


請教師解釋：這就是因果關係流程圖（cause and effect flow chart），表示噪音如何造成水灑出杯子。接著指出：「跳動」同時身兼果與因（是噪音的果，也是水灑出來的因）。最後告訴學生：流程圖不需要呈現所有的中間步驟，例如「跳動」後面不需要加上「抖手」。

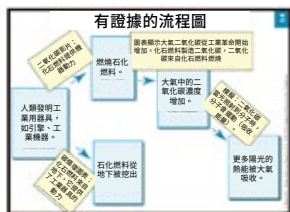
- 3. 播放投影片：畫一張流程圖** 讓學生知道：投影片的卡片是範例，後續不會用到相同內容。卡片內容陳述了因與果，都與他們前小節檢視的證據有關。教師先大聲讀出卡片內容，然後問學生：「你如何把兩張卡排在一起，呈現因果關係呢？」請學生發表幾個觀點，再問：「你能用這些卡片排出因與果的一系列連結嗎？」請學生發表觀點。



- 4. 播放投影片：流程圖範例** 教師解釋：投影片的卡片排列就是流程圖的範例。然後指出：連結卡片的箭頭方向都從因指向果。而本範例的因，指向兩個果。接著請學生注意：兩個因導致一個果也是有可能。



- 5. 播放投影片：有證據的流程圖** 教師指著投影片說明：有些對應因／果箭頭的證據，已經加入圖表。並讓這張投影片保持播放狀態。



教師注意事項

例行教學

因果關係流程圖 本活動的架構是訓練學生縝密思考因果關係的有效方法，特別是涵蓋數個因果關係的主題。學生在 3.12 小節還會完成非常類似的活動，屆時他們就會完成因果關係流程圖，並找出可能解決的方法，以回饋氣候變遷的問題。在那個活動中，學生要針對流程圖的圖卡，自己寫下陳述。

英文學習者

鼓勵使用母語 鼓勵學生運用母語，不僅能協助他們理解科學內容，也能讓他們感覺自己的背景受到重視。母語的運用在活動進行時特別重要，尤其是在解釋串聯複雜觀點的本活動。可能的話，進行因果關係流程圖時，把相同母語的學生編在同組，並鼓勵他們在製作流程圖時，以母語討論。

提供更多經驗

強化：線上氣候變遷效應模擬 NASA 氣候時間機 (Climate Time Machine from NASA) 是值得推薦的教學資源，讓學生運用控制器移動不同時間的圖表，藉此探索海冰變化、海平面上升和全球平均氣溫 (請參考 mare.lawrencehallofscience.org/oss68)。

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？



學生學習單

製作因果關係流程圖

1. 解釋配對活動 學生兩兩一組，各組都會有一張學習單，學習單可以切成七張卡片。卡片切開後，各組學生要把卡片放在空白紙張上，然後一起工作、討論如何移動卡片，製作出流程圖。一旦卡片排成兩人都滿意的狀態，就由教師提供膠水，讓他們將卡片貼到空白紙上，再加上從因指向果的箭頭。請教師將步驟簡單說明如下：

1. 剪開學習單，取得卡片。
2. 討論並決定因果的鏈結關係。
3. 把卡片貼在紙上並畫上箭頭。
4. 沿著箭頭寫出證據。

2. 提供製作因果關係流程圖的方法 教師建議學生，先用一張「因」的卡片開始，再找出對應的「果」卡片並放在一起。接著試著尋找其他因果卡片，讓鏈結關係愈來愈長。提醒學生：從一張卡出發的箭頭，不一定只有一個，如同投影片上的工業革命因果流程圖一樣。

3. 發下器材；兩兩成組開始製作流程圖 教師提醒各組學生，要透過討論才能排列卡片，並請彼此互相傾聽與協同合作。同時強調：各組要運用氣候變遷證據站或先前活動的證據，也要提出自己的推論。然後傳給各組一張因果關係卡學習單，一張空白紙和一把剪刀，開始進行活動。

4. 貼上卡片並加上箭頭 當各組認為因果關係卡排列完成且深具信心，就可以舉手，這時教師會給一罐膠水，請學生把卡片貼在空白紙上，再加上箭頭，如同範例投影片所示。

教師注意事項

評量

重要關鍵：討論因果關係 各組討論並製作流程圖時，請教師注意傾聽，這樣才能評斷學生解釋因果關係的能力。教師也可以檢視學生的成品。學生要有能力完成符合邏輯的因果鏈結，並提供超過三個以上的論述，以及提出證據支持卡片上事件之間的關聯。這對於學生而言，是重要的技能，有了這樣的技能，才能在往後小節更進一步討論出解決氣候變遷效應的方法。如果太多學生無法連結因果關係，請考慮實施以下「提供更多經驗」的活動。

提供更多經驗

強化：搜尋調查筆記本的證據，以支持因果關係 如果學生難以整理出以證據支持的邏輯關係，可運用以下先導活動：請教師在白板上寫下一則簡單且與氣候變遷有關的因果關係，以下為三則範例：

- 人類燃燒更多化石燃料→大氣的二氧化碳變多
- 大氣的二氧化碳變多→全球平均溫度增高
- 全球平均溫度增高→冰河融化

接下來，讓學生從調查筆記本，找出足夠的證據以支持這樣的關聯。請教師多提出幾個類似上述的因果關係範例。

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？

重要概念 (接上頁)

引導問題 4:
哪些證據顯示氣候變遷正在發生?

引導問題 5:
氣候變遷會產生哪些效應?

調查筆記本, p.4

團體合作了解氣候變遷的科學家

全球性的研究團隊

人類今日面臨的龐大挑戰,有些牽涉到如何預測地球氣候變遷,以及如何以最佳方式處理氣候變遷。為了解決這些問題,需要跨國界合作。

自 1988 年,來自 200 個國家、數千名具備氣候變遷知識的科學家,開始以合作的方式面對挑戰。這支全球性的研究團隊,稱為「政府間氣候變遷專門委員會」(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)。目前仍持續運作。這些科學家協助世人更加理解氣候變遷的成因,並且推測下一個百年氣候變遷的狀況,針對氣候變遷引發的效應提出可能的解決方案。每位科學家,執行他(她)的研究專案,蒐集數據,並且和團隊的其他科學家合作。

同行評議

IPCC 在出版任何研究發表前,旗下的科學家都會分享蒐集到的證據與證據給同儕,同儕會審查研究,並針對研究方式與結論,給予回饋。科學家收到回饋後,會重新執行部分研究,或者根據回饋修正結論。科學家會這樣進行,是因為如此可以改進最終的結果,整個過程很複雜,讓同行的其他專家評估你的研究,是確定你的研究品質每個可能的一種方式。這個過程,稱為「同行評議」(peer review),是科學最重要的原則之一。

同行評議的程序完成後,IPCC 科學家才能彙集發表,和全球更多人分享研究成果。大家都可以閱讀研究成果,許多政府也用這樣的資訊來想出方法制定規定,或者給予科學以降低全球變遷或因此引發的效應。大家都依賴 IPCC 的報告,因為報告有同行評議的標記。大家也都曉得,報告中的資訊經過許多科學家審核,是最下確切的資訊。

預測全球溫度變遷

IPCC 報告最貴重的一部份,是預測全球溫度會比目前與西元 2100 年間如何變化,以及變化的速度。

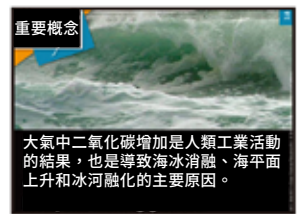
(選擇利用)

調查筆記本, pp.22 ~ 23

5. **在箭頭旁邊寫上證據** 請學生在每個箭頭旁都寫上短句,解釋因果關聯的證據。鼓勵學生回顧調查筆記本,一方面尋找相關證據,一方面也參考播放過的投影片,搜尋能夠解釋因果關係的證據。

6. **發表因果關係流程圖** 下課前十分鐘,教師以幾則流程圖當範例,讓每組其中一人上台解說,請全班一起參與評論。必要的話,教師可以利用展示台。(科學家會以集體合作方式,分享氣候變遷因果關係的研究成果,教師不妨指定閱讀文本:團體合作了解氣候變遷的科學家 (Scientists Working Together to Understand Climate Change) 為本活動提供更多的資訊)。

7. **播放重要概念投影片;指出二氧化碳與人類活動的關聯** 教師大聲朗讀本小節重要概念,讓學生記錄在調查筆記本第四頁「重要概念」引導問題 # 5 下方的欄位。如果時間許可,請學生在引導問題 # 4 和 # 5 下方增添註記。



教師注意事項

提供更多經驗

延伸：增加更多因果關係 鼓勵學生想出卡片以外的因果關係，把這些想法直接寫在紙上，然後添加箭頭。鼓勵學生找出單一原因引發多重結果的關係，並挑戰製作複雜卻清楚、可理解的流程圖。

延伸：額外的因果關係挑戰 對於程度進階的學生，教師可以運用相同的活動過程，請他們檢視本單元教過的概念。請教師提供以下描述，讓學生挑戰將這些描述排列成另一個因果關係流程圖（2, 5, 3, 1, 4）

1. 植物往陸地遷徙
2. 大氣二氧化碳降低
3. 大氣氧氣增加
4. 呼吸氧氣的動物往陸地遷徙
5. 大氣吸收較少的陽光熱能

延伸：選擇性閱讀 科學文本團體合作了解氣候變遷的科學家（調查筆記本第 22 ~ 23 頁），讓學生明白：全球數以萬計的科學家協力合作，希望更加了解氣候變遷的因果關係，以及對付效應的方法。「政府間氣候變遷專門委員會」（Intergovernment Panel on Climate Change, IPCC）已經出版幾份報告，這些報告都經過嚴格的同儕審查機制。這樣的審核機制可說是 IPCC 的最大特色，因此這個機構廣為全球決策者信賴，而目前 IPCC 致力為地區或國家努力，期望降低並對付氣候變遷引起的效應。

延伸：本小節的反思提示

- 海平面上升、冰河融化以及海冰縮減，對人類或其他動物有什麼影響？
- 海洋與大氣如何透過因果關係連結在一起？
- 人類與海洋如何透過因果關係連結在一起？

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？

調查氣候變遷：洋流

學

生複習過溫度、鹽度和密度會影響洋流，全班學生將進一步運用三種不同的模型來調查，包括影音動畫、水箱海洋模擬，以及電腦模擬。學生欣賞簡短的動畫影集，複習大洋輸送帶的洋流運動。動畫內容提醒學生：冰冷、鹽度高的海水是驅動洋流的主要動力。學生也將觀察實驗演示，目睹融化的冰如何衝擊海洋模型，並提出預測。學生掌握了這些證據以後，接著就運用電腦模擬，預測格陵蘭附近海水增溫後，海冰、鹽度和北大西洋深層水（North Atlantic Deep Water）的流動將會如何改變？以下是學生的重要概念：

- 地球大氣的溫度影響了洋流。

學生的附帶學習：

- 冷水的密度高於熱水；鹹水的密度高於淡水。
- 密度較高的物質會沉到密度較小物質的下方。
- 密度較大的水（較冷或較鹹）會下沉，並將下方的水排開；密度較小的水（較熱或較淡）被迫往上方移動。這就是洋流發生的原因之一。
- 海中形成海冰時，其中的鹽分會釋出，因此海冰不含鹽分。這樣一來，周邊的海水就會比較鹹。
- 冰河或海冰融化會造成附近的海水變得較淡，因為有淡水加入海洋。

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

調查氣候變遷：洋流	預計時間
複習洋流運動的原理	10 分鐘
欣賞洋流影集	5 分鐘
利用海洋模型展示洋流	15 分鐘
模擬洋流的變遷	15 分鐘
總計	45 分鐘

你需要準備

全班需要

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> 投影設備 * | <input type="checkbox"/> 一罐綠色食用色素 |
| <input type="checkbox"/> 連結網路的電腦或教學資源光碟 * | <input type="checkbox"/> 水 * |
| <input type="checkbox"/> 3.7 小節的兩張投影片 | <input type="checkbox"/> 冰塊托盤 |
| <input type="checkbox"/> 動畫影集大洋輸送帶 | <input type="checkbox"/> 一張白紙 * |
| <input type="checkbox"/> 電腦模擬大洋輸送帶 /NADW | <input type="checkbox"/> 兩個中型燕尾夾 |
| <input type="checkbox"/> 科學證據圖表 (3.5 小節) | <input type="checkbox"/> 一套量匙 |
| <input type="checkbox"/> 一個水箱 | <input type="checkbox"/> 兩個有刻度的水壺 (500 毫升) |
| <input type="checkbox"/> 兩個紙杯 (八盎司) | <input type="checkbox"/> 帶書擋的夾燈, 含 72 瓦燈泡 |
| <input type="checkbox"/> 兩個圖釘 * | <input type="checkbox"/> 溫水 (溫暖自來水或電熱壺或微波爐的加熱水) * |
| <input type="checkbox"/> 一個自助餐盤 | <input type="checkbox"/> 保溫瓶或小型冰箱 * |
| <input type="checkbox"/> 一杯鹽 | <input type="checkbox"/> 展示台 (選擇利用) * |
| <input type="checkbox"/> 一罐紅色食用色素 | |
| <input type="checkbox"/> 一罐藍色食用色素 | |

每位學生需要

- 調查筆記本: p.4、26、25 (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

- 準備藍色和無色冰塊:** 在一杯水內加 15 滴藍色食用色素, 攪拌均勻後, 倒入製冰盤, 製作三塊藍色冰; 把清水倒入製冰盤的另一邊, 製作六塊無色冰。製冰盤放在冰箱一晚, 隔天裝入保溫瓶, 帶進教室, 確保冰塊於上課前保持結冰狀態。
- 架設投影設備或視聽設備:** 架設完成並進行測試, 確保學生上課時能夠看到投影的資料。花幾分鐘檢視需要的教具以及補充資源, 請參考 mare.lawrencehalloffscience.org/oss68 或資源光碟。
- 試放影集:** 預先播放影集大洋輸送帶 (1 分 24 秒) (http://www.youtube.com/watch?v=3niR_Kv4SM)
- 測試大洋輸送帶 / NADW 模擬:** 試試幾種不同的溫度設定, 確定能順利操作。
- 準備展示用水箱和材料:** (請參考第 327 頁的圖 3-6) 水箱裝滿室溫水, 倒入 1/2 杯鹽攪拌, 放一旁備用。將兩個紙杯、兩個燕尾夾和兩個圖釘放入碟子。備妥帶書擋的夾燈, 測試燈泡。

上課前一分鐘的準備

- 運送冰塊:** 以保溫瓶裝冰塊帶進教室, 保留藍色冰塊, 無色冰塊用於下個步驟。
- 準備洋流需要的冷熱鹽水:** 將兩杯水、無色冰塊倒進 500 毫升的水壺, 讓水維持低溫, 然後加入兩匙鹽攪拌, 再加入 16 滴綠色食用色素, 讓水變成暗綠色。在另一個 500 毫升水壺倒入兩杯溫水 (觸摸會熱, 但不燙手), 加入 1.5 匙鹽攪拌, 再加入 20 滴紅色食用色素, 讓水變成暗紅色。

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?

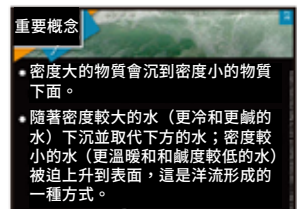
複習洋流運動的原理

- 1. 複習地球溫度上升的效應** 二氧化碳或其他吸熱的溫室氣體濃度升高時，會引起地球溫度上升，進而造成海冰融化與冰河消融。請幾位志願者簡單談談這方面的學習經驗。
- 2. 討論融冰對海水的效應** 教師告訴學生：海冰和冰河都是淡水組成（不含鹽的水）。然後提問：「**海冰融化後，會對附近的海水有什麼影響？**」（增加了淡水，讓附近海水變得較不鹹），請教師在白板上畫出簡單流程圖，以箭頭顯示因果關係：

大氣二氧化碳濃度增加→
 大氣累積的熱能增加→
 溫度升高→
 海冰（不含鹽分）融化→
 附近海水鹽度降低

- 3. 連結溫度、鹽度與洋流的運動** 教師提醒學生：洋流，就是大量海水朝著固定方向流動。然後問學生：「**怎麼樣的動力讓海水流動而形成洋流？**」（依據第一單元的學習，學生會指出：風、地球自轉、太陽不均勻的加熱，還有不一樣密度的水）。如果學生沒有提到這些因素，就由教師補充：不同區域的海洋溫度與鹽度都不一樣，這些因素組合對於全球洋流的形成至關重要。

- 4. 複習第一單元的重要概念** 教師先告訴學生：今天的學習焦點是不同密度的水，會造成洋流的運動。接著播放投影片，大聲朗讀第一單元的兩則重要概念。



- 5. 輪流發表洋流運動的原理** 教師問學生：「**你認為地球兩極附近的海水會如何流動？你為什麼這樣想？**」給學生一分鐘時間和夥伴預測原因，先讓他們不要透露預測內容。

教師注意事項

每日書面反思

氣候變遷如何影響海平面與冰河？這些效應如何影響海水？ 這則提示收錄在調查筆記本第 25 頁。先請學生反思，他們所了解的氣候變遷對於海冰和冰河的效應——讓兩者都產生消融或發生過去前所未有的縮減。然後，請學生預測：氣候變遷如何影響海水？這樣讓他們做好準備在本小節以及下小節，探索淡水流入增加會如何影響洋流。學生可能認為：海冰融化會讓海水鹽度降低，或讓某些海域的海水變冷。

教學原理

第三單元的目標與密度理解 在第一單元裡，整個單元都在探索密度，讓學生了解：密度與分子的運動有關，也與分子間的稠密程度有關。課程中也介紹了密度的差異會讓大氣以及洋流都產生運動。學生充分理解當然很好，但在理解 3.7 與 3.8 小節的密度驅動洋流時，並不一定非要讓他們當下完全掌握密度原理不可。如果教師不會教過第一單元、學生不會接觸密度概念，以下的「提供更多經驗」有幾種方式讓學生做好準備迎接本單元。

提供更多經驗

準備：以兩杯石子示範為什麼鹽水的密度較大 教師準備一個模型，輔助解釋為什麼鹽水會沉入淡水下方。首先，教師拿兩個杯子，裝滿石子；石子表示水分子。然後取 3/4 杯的鹽，倒入其中一個杯子，讓學生觀察：鹽巴塞進了石子間的縫隙。教師解釋：鹽水的密度比淡水大，因為同一杯水（或相同體積的水），鹽水的分子比較稠密。起先，只有單純的水分子，現在相同體積的一杯水包含了鹽分子與水分子。也就是說，一杯鹽水和一杯淡水相較，鹽水的質量比較大（物質較多）。

準備：展示第一單元小節並播放線上動畫 教師可能想呈現 1.7 與 1.8 小節的內容，來讓學生分組探索水箱中的洋流運動，以及討論密度驅動的洋流。模型海洋動畫（Model Oceans Animations）呈現九種不同的鹽水與淡水組合，還有各種組合混合的情形。播放每段動畫之前，都請學生先預測狀況。

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？

欣賞洋流影集

1. **介紹影集並設定觀察目標** 教師告訴學生：我們將要欣賞的影集會呈現全球洋流的方向。並把觀察的目標寫在白板上。

注意影集中的重點：

- 洋流沉降的區域在哪裡？
- 洋流上升的區域在哪裡？
- 北太平洋接近格陵蘭附近的洋流有什麼現象？
- 赤道附近海域的洋流有什麼現象？

2. **解釋箭頭與影集的速度** 教師提醒學生：在影集中，表示洋流的白色箭頭下沉，會變成灰色，表示變成了更深層的洋流。接著向學生解釋：一小滴海水繞行世界的旅行，需要花一千年的光陰，因此，我們在影集中看到的是洋流的「快轉」影像。
3. **播放影集大洋輸送帶** 教師先說明：因為影集沒有聲音，請同學邊看邊討論所看到的現象。接著開始播放影集。
4. **學生簡短分享欣賞的內容** 當學生描述影集的內容時，請教師詢問其他同學是否同意或補充。討論焦點請放在步驟 1 所列的四個目標上。如果學生的討論沒有提及目標內容，請指出：北太平洋靠近格陵蘭附近的洋流是沉降的。如果需要，可以再播放一次，並凸顯觀察目標。
5. **複習流經全球的洋流名稱** 請提醒學生：在第一單元所學，繞行全球的洋流稱為「大洋輸送帶」，因為這些洋流的海水是繞著整個地球流動。
6. **預測洋流型態的改變** 教師將學生分成四人一組，並問他們：「讓洋流產生變化的原因是什麼？」給小組幾分鐘時間討論，他們可以運用任何關於洋流的證據，以佐證答覆。然後教師指著「科學證據圖表」，提醒學生：取得證據的途徑包括調查、推理、思考和討論。
7. **小組分享想法** 請幾組學生與全班分享想法，並提醒他們必須提出證據和解釋原因。讓學生討論一些想法後，再告訴他們：老師還有另外關於氣候變遷的證據，有助於回答問題。

教師注意事項

科學註記

關於大洋輸送帶 海洋循環極其複雜，包括全球洋流網絡，即由風、地球不均勻受熱、地球自轉、大陸周圍繞行的水流，以及不同區域不同的鹽度（鹹的程度）與溫度引起的密度差異等組成。洋流運動多由海洋與大氣作用造成的，使得熱能運行全球——較溫暖的空氣與水從赤道移往兩極，較冷的空氣與水則從兩極再流回赤道。即使這樣的系統複雜異常，但我們還是可以追蹤整體形式。簡單來說，海水跟著表面洋流沉降，變成深層洋流，然後再回到海面，也就是科學家所稱的「大洋輸送帶」（有時也稱為「全球海洋輸送帶」）。

教學原理

為什麼要播放洋流動畫 本小節介紹的海域現象甚至比動畫更簡化，所以上課先觀察動畫，能讓學生先將本小節使用的模型與整個海洋更大、更複雜的洋流型態做連結。

提供更多經驗

延伸：討論多種模型運用的重要性 教師介紹三種不同的洋流模型：大洋輸送帶影集動畫、水箱的物理模型、電腦模擬，當作本小節的綱要。然後詢問學生：為什麼科學家調查洋流之類的自然現象，要運用一個以上的模型？（沒有模型是完全精確的；不同模型可以呈現現象的不同面；洋流非常複雜；科學家從多種來源取證據，有助於對自己的想法更有信心）。

延伸：另一片大洋輸送帶線上動畫 為了讓學生更理解表面洋流如何在北大西洋運動，以及北大西洋的洋流如何連接全球海洋，教師可以讓學生另外觀看這片 NASA 動畫（2 分 46 秒），當作是補充教材（mare.lawrencehallofscience.org/oss68）。

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？

利用海洋模型展示洋流

1. **設定展示目標** 教師提醒學生：請注意最近所看的氣候變遷引起氣溫上升，以及引起海冰融化而造成海水鹽度降低的證據。並告訴學生：我們即將目睹相關展示，並提出證據回答「**氣候變遷會影響洋流嗎？**」
2. **複習模型的使用** 教師先簡短複習：科學家經常運用模型，幫助他們預測一個現象如何影響另一現象。然後告訴學生：氣候變遷是否影響如同影集中的洋流呢？現在就運用模型，來協助做預測和回答這個問題。
3. **建置海洋模型** 教師向學生展示裝著室溫鹽水的水箱。如果有展示台，就可以沿著水箱側邊直線方向架設。接著告訴學生：大洋輸送帶位於兩極和赤道之間，這個模型只能代表在影集看到的大洋輸送帶一小部分。然後解釋：影集呈現海面，但是模型會呈現側面，就像置身於海洋中目睹洋流一樣。
 - a. **凜冽、鹽度很高的北大西洋海水** 先把鹽水從有刻度的量杯倒入紙杯，展示冰冷、綠色鹽水，並告訴學生：這就是在影集所見，北大西洋靠近格陵蘭附近凜冽、高鹽度的海水。接著開始進行活動，將一個圖釘刺入接近紙杯口的側面（讓紙杯放入水箱後，圖釘會在水面下幾毫米處）。將水杯放進水箱左邊；圖釘朝向水箱外側，然後以燕尾夾固定在水箱內（請參考第 327 頁圖 3-6）。把綠色鹽水從量杯倒進紙杯、倒滿。詢問學生：「**我把圖釘移除，會發生什麼現象？**」（水從紙杯流出，流向水箱底部）（此時還不要拔開圖釘）。
 - b. **溫暖、鹽度較低的赤道海水** 先將較溫暖、鹽度較低的紅水從量杯倒入紙杯。並告訴學生：紙杯中的水，鹽度比水箱的水低，代表較溫暖、鹽度較低的赤道海水。開始進行活動，將一個圖釘刺入紙杯口附近的側面（讓紙杯放進水箱後，圖釘會在水面下幾毫米處）。將水杯放入水箱右邊；圖釘則朝向水箱外側，然後以燕尾夾固定在水箱內。把紅色水從量杯倒入紙杯、倒滿。詢問學生：「**我把圖釘移除，會發生什麼現象？**」（水從紙杯流出，流向水箱水面）。

教師注意事項

教學建議

學生建置模型海洋 如果時間足夠，讓學生自己建置模型，這樣不但讓他們更有參與感，也是更直接的體驗。每組需要一個水箱，預先裝了室溫鹽水，再準備兩個紙杯、兩個圖釘，以及兩個水壺或容器，用來盛裝很冷、很鹹的綠水和溫暖、不太鹹的紅水，此外，還需要一張白紙，兩塊藍色冰塊。教師先講解建置方式，並先讓學生預測。接著，讓學生自行組裝模型、記錄結果，再與全班分享。

運用展示台（實物投影儀） 教師使用展示台，把海洋模型的影像投放給全班看。影像應該是水平縱向，可以讓學生看到最大範圍的水層變化。在水箱後方放置白紙，更能讓學生看得清楚。



圖 3-6 學生從水箱側邊，看到海洋模型中的流動洋流。冰冷、高鹽度的綠色「北大西洋」海水，早先倒入左邊杯子；溫暖、鹽度較低的「赤道」海水，則倒入冷水杯右邊的另一個杯子，並以燕尾夾固定於水箱邊。兩個杯子都就位後，就可以移除圖釘。為了營造氣候變遷的場景，再用檯燈（上圖沒有放檯燈）照射水中的海冰（藍色冰塊），讓它融化。

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？

- c. 拔掉兩個紙杯的圖釘** 如果教師能運用展示台，學生坐著就能描述看到的現象，另外，也可以在水箱後面放一張白紙，讓水的顏色更清晰。如果沒展示台，教師也可以將學生集合在水箱周圍，或分組上台觀看（綠色冰冷、高鹽度的水會沉降到水箱底部；紅色、鹽度較低的水則浮上水面，這樣的循環運動稱為對流（convection current））。如果教師請學生上台觀看，就讓他們先待在原處，接著觀看海冰融化的現象。
- 4. 介紹北大西洋深層水** 教師向學生解釋：格陵蘭外的北大西洋海水，溫度低且鹽度高，如同影集呈現的，會沉降到海底，這就是綠色鹽水表現的現象。接著告訴學生：由於這樣的水生成於北大西洋，而且沉降至海底，因此科學家稱之為「北大西洋深層水」。
- 5. 介紹融化的海冰（藍色冰塊）** 教師告訴學生：模型另一個部分呈現了氣候變遷。接著介紹藍色冰塊代表融化的海冰，並強調海冰是不含鹽分的淡水。教師向學生解釋：因為格陵蘭的冰層正在融化，且此處海域是大西洋深層水產生的位置，待會兒將藍色冰塊放在綠色高鹽度的低溫海水附近。
- 6. 提出預測** 請學生預測，藍色冰塊加入後會發生的現象。讓學生分組進行討論，然後和組員一起提出預測。請幾組學生跟全班分享預測，以及他們做預測的證據。
- 7. 加入融化的海冰（藍色冰塊）並描述現象** 在水箱的綠色鹽水杯附近，加入兩三塊藍色冰塊。為了加速融化，在冰塊上方以檯燈加熱。冰塊在一分鐘內就會融化，並在表面形成一層水。然後由教師告訴學生：檯燈就像溫度上升的大氣，讓海冰融化。請讓學生分組近距離檢視模型，直到每位學生都親眼看到——如果距離太遠，會看不清楚表面的水層。接著請學生描述看到的現象。（冰冷的藍色淡水形成水層，覆蓋整個水面，甚至連紅色溫暖、鹽度較低的水也被覆蓋）。
- 8. 討論模型的限制** 教師提醒學生，所有模型都有限制。然後提問：剛剛的模型受到什麼限制？（只呈現部分的海洋；海底不是平的；海洋中有許多不同的水層）。如果沒有人提到風的影響，那麼，教師可以說明：另一個限制就是模型沒有風，因此缺少混合表面海水的效應。

教師注意事項

科學註記

關於赤道的海水 因為地軸是傾斜的，赤道和兩極接受到的陽光量不同。也就是說，白天有陽光的時候，陽光直射赤道（以及赤道南北兩側的區域）。陽光直射表示赤道附近的輻射較強，因此當地海水比其他海域溫暖。相反的，兩極附近海域，有著地表最冰冷的海水，這是因為陽光斜射，因此受光面增大許多，分散了輻射的強度。此外，海面的鹽度也呈區域性分布，中緯度的蒸發作用強、降雨量少，鹽度最高；赤道附近的降雨量很大，沖淡了表面海水。如果熱帶降雨帶的位置移動，該區域表面海水的鹽度也會受到影響。

關於北大西洋深層水 北大西洋深層水（NADW）是高密度且「覆蓋」海底的海水，它緩緩往赤道流動。北大西洋深層水是由性質相近的水集合的水團——溫度、鹽度、密度和含氧量都差不多。因為蒸發作用與靠近北極的關係，這水團的溫度凜冽、鹽度很高、密度很大，且生成於北大西洋，也就是形成於拉布拉多海與格陵蘭海附近。又因為海冰形成之際，鹽分排入海中，使得海水的鹽度更高，而形成高鹽度、低溫且密度極端大的海水，因此向下沉降。這股下沉的水團就是驅動大洋輸送帶的部分動力，這個驅動過程又稱為「溫鹽環流」（thermohaline circulation）；「溫」（thermo）表示溫度，「鹽」（haline）表示鹽度。北大西洋深層水會因為氣溫和降雨的關係，改變形成的速度，而大洋輸送帶的移動速度也會受此影響。其他影響的因素，包括風和地球的自轉。

教學原理

為什麼把冰冷、高鹽度的水放在水箱左側？ 在電腦模擬中，學生會看見類似海洋橫切面的畫面，如同教師創造的海洋模型一樣。根據電腦模擬畫面，格陵蘭在左、赤道在右，為了讓學生習慣畫面的方向，因此呈現模型時也做到一致性。如此一來，把冷水放在學生左側、溫暖且比較不鹹的水放右側，幫助學生在兩者視覺上的轉換更順。

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？

9. 比較模型與真實海洋的差異 如果時間許可，在討論模型與真實差異之前，讓各組學生輪流發表、回答以下問題：「海冰融化並引起海面鹽度降低，會讓真實的海洋發生什麼樣的變化？」（風會把融冰生成的淡水與海面的海水混合）「這對表面海水的鹽度有什麼效應？密度會如何？」（會變得比較不鹹，密度也會變小）請幾組學生分享想法，然後教師問全班：「根據觀察模型的結果，你認為這對北大西洋深層水有什麼影響？」教師聽取學生意見，並讓學生了解：另有一種模型也可以協助觀察海洋的變化。

模擬洋流的變遷

1. 介紹模擬 教師向學生說明：接著要利用電腦模擬，調查氣溫與海水鹽度的變化如何影響著洋流。並向學生強調：模擬終究也是模型，在科學的領域，為了瞭解事物的原理，可以用模型來理解、預測與解釋。

2. 播放模擬畫面 教師引導學生檢視第一張畫面顯示的大洋輸送帶圖表，以及北大西洋深層水形成的特定格陵蘭海域。點擊特定海域的長方形區塊，展開下一張畫面。請學生注意海水「側面視角」（第 331 頁圖 3-7），這時觀看者是由水下向旁邊的視角，觀看北大西洋海盆，如同學生剛剛觀看的海洋模型一樣。

3. 指出模擬的特徵 先讓學生了解：畫面顯示的是格陵蘭附近的狀況，但接下來要調查溫度改變後所發生的變化。請學生把焦點放在以下幾點：

- 在螢幕左上，格陵蘭正在融化的冰層。
- 觀看指標顯示的鹽度。提醒學生：這裡的鹽度表示格陵蘭附近海面的鹽度。
- 觀看指標顯示的溫度。這裡顯示的是格陵蘭附近的氣溫，它目前設定的平均溫度在中間位置，也可以切換改變溫度。
- 箭頭表示洋流方向。請學生**描述箭頭運動的含意**（箭頭表示洋流從冰河位置沉降到海底，然後沿著海底流往赤道），並解釋：這個洋流就是北大西洋深層水（NADW）。

教師注意事項

科學註記

關於格陵蘭冰層 格陵蘭冰層是一龐大的冰體，涵蓋面積廣達六十萬平方哩，占了格陵蘭面積約百分之八十。冰層的厚度大約 1 至 2 哩，名列全球第二大冰體。格陵蘭特別容易受氣候變遷效應的影響，最近幾年，冰層融化現象達到歷史新高。科學家預測：如果全球溫度持續上升，全部冰層將會融化殆盡（需要幾個世紀時間），屆時海平面將上升 7 公尺（23 呎），海洋水循環也會發生改變。

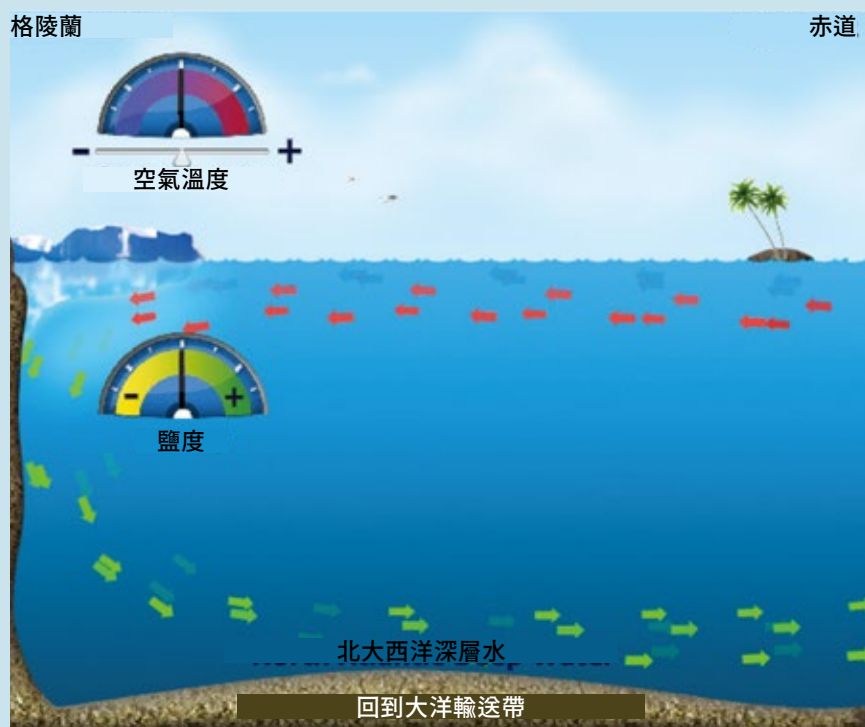


圖 3-7

北大西洋深層水剖面圖。運用電腦模擬，學生學習到溫度降低或升高之際，北大西洋深層水發生的變化。模擬的預設位置反映了現今的平均氣溫與鹽度。

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		
改變北大西洋深層水的流動		
升高溫度		
會怎麼變——	預測 (圈選一項) 你認為會怎麼變?	結果
格陵蘭海域的冰層?	增加 降低 不變	
高鹽海水的鹽度?	增加 降低 不變	
北大西洋深層水的流動?	加速 減緩 不變	
溫度升高的時候，水質為什麼改變? 請解釋。		
降低溫度		
會怎麼變——	預測 (圈選一項) 你認為會怎麼變?	結果
格陵蘭海域的冰層?	增加 降低 不變	
高鹽海水的鹽度?	增加 降低 不變	
北大西洋深層水的流動?	加速 減緩 不變	
溫度升高的時候，水質為什麼改變? 請解釋。		

調查筆記本，p.26

4. 預測結果 教師發下調查筆記本，請學生翻開第 26 頁「改變北大西洋深層水的流動」。氣溫上升後，冰層、鹽度和洋流的流動會發生什麼變化？請學生兩兩一組，針對這個問題交換意見（這頁的上半部與下半部）。也請學生在圈選處的同一欄，寫下理由。然後告訴學生：最右邊的「結果」欄位會在電腦模擬完成後，填寫完畢。給各組約五分鐘時間完成預測。

5. 提高溫度 請學生注意，並讓一位志願者針對氣溫上升導致的變化，分享預測和理由，然後鼓勵其他學生給予評論，並以證據支持其評論。接著將電腦模擬的溫度切換鍵移到右邊，一次增加一格（要放開滑鼠，才能讓螢幕產生變化）。請志願者描述每個因素（冰層、鹽度和流動箭頭）的變化。完成後，請學生填寫「結果」欄位。（格陵蘭冰層減少使進入海洋的淡水增加，導致鹽度降低；由於海水密度降低，使海水停止沉降，導致北大西洋深層水的流動減緩）。

6. 降低溫度 請另一位志願者針對氣溫下降導致的變化，提出預測。接著重覆上面提高溫度的步驟，但需將溫度切換鍵往左邊移動，一次移動一格。完成後，全班一起討論，並把結果記錄下來。（格陵蘭附近發生降溫，讓冰層不再融化；由於很鹹、很冷的表面海水密度非常大，因此快速下沉，使得北大西洋深層水的流動變快）。

7. 學生寫下洋流改變的理由 為什麼溫度上升或下降，會讓海水流動產生變化？讓學生總結後，記錄在筆記本對應的空白處。

8. 描述科學家對此的解釋 教師告訴學生：科學家為了預測變化，持續蒐集證據，並利用新數據發展更好的模型。氣溫上升將改變大洋輸送帶，研究洋流的科學家對此因果關係相當有把握，但到底影響洋流的層面有多少，科學家則尚未完全確定。請向學生解釋：格陵蘭冰層融化的速度正在增加，科學家也擔心，全球溫度持續上升，將啟動整個冰層消融的機制。

教師注意事項

教學建議

解釋科學家的預測 教師告訴學生：雖然可以操縱電腦中的溫度切換鍵，模擬極高或極低的溫度，但是根據科學家的模型，到了西元 2100 年的全球平均氣溫，將比西元 2000 年升高攝氏 0.5 至 4 度，也就是華氏 0.9 至 7.2 度。因此，北大西洋深層水模擬的最高升溫，實際上應該是攝氏 4 度，因為本模擬是根據全球平均溫度的預測而設計，某些海域的溫度可能高幾度，某些海域則可能低幾度。

科學註記

驅動大洋輸送帶運動的因素 驅動大洋輸送帶的因素很多，包括地球自轉與風。地球不會停止轉動，因此全球洋流縱然會改變，也不會全然停止。

英文學習者

額外練習 英文學習者參與科學活動時，面對的不只是理解科學概念的挑戰，還得面對處理英文單字才能討論活動內容的挑戰。因此，若有額外的練習，對英文學習者而言，無疑是一項利多。可能的話，針對本小節的影集、物理水箱模型和電腦模擬等三個模型，先讓他們做額外的練習，再以小組方式探索這三個模型，這樣一來，教師就能確定所有學生都能掌握模型中所代表的元素，也能增加英文學習者使用詞彙的機會，讓他們可以描述觀察到的現象並提出問題。

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？

教師注意事項

提供更多經驗

延伸：線上影集 北極氣候系統（3分50秒）是值得推薦的影音資源，探討北極區的氣候、海洋循環以及海面溫度與颶風生成的關連。
(mare.lawrencehallofscience.org/oss68)

延伸：本小節的反思提示

- 造成海水環流地球的因素是什麼？
- 改變海水環流地球的因素是什麼？
- 如果北大西洋海水（格陵蘭附近海域）的鹽度降低，會造成北大西洋深層水哪些型態的效應？
- 如果北大西洋深層水流動速度變慢，將如何影響大洋輸送帶？

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？

氣候與洋流的連結

在 本小節，學生閱讀並討論文章，加強氣候影響洋流的觀點。同時從文章中了解反之亦然的现象：洋流的變遷同樣會影響氣候。以下是學生的重要概念：

- 洋流影響氣候，同時洋流若發生變化，地球的氣候也會隨之改變。

學生的附帶學習：

- 洋流將熱能傳播到全球各地。
- 如果洋流受到干擾，會讓地球某些地方的氣溫高於平均值；某些地區變得更冷。
- 赤道附近的海水溫度升高，可能會引發更多或更強的颶風。

氣候與洋流的連結	預計時間
閱讀活動：洋流與地球氣候	35 分鐘
理解海洋與大氣的關聯	10 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
- 3.8 小節的三張投影片

每位學生需要

- 調查筆記本：pp.4、28 ~ 30、27（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，確保學生上課時能夠看到投影的資料。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。

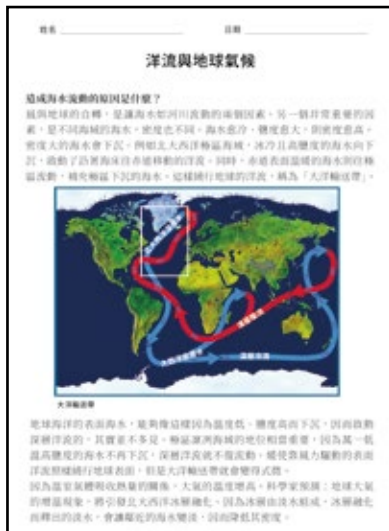
科學語言

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？



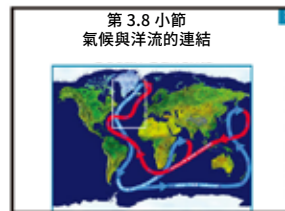
調查筆記本，p.28



調查筆記本，p.29

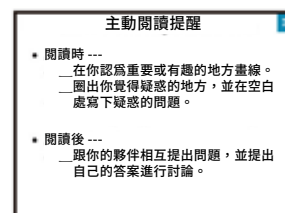
閱讀活動：洋流與地球氣候

1. 播放本小節標題投影片 教師告訴學生：接下來，不只要調查氣候變遷如何影響洋流，還要調查洋流如何影響氣候。請學生閱讀文章：洋流與地球氣候。



2. 輪流發表 針對前一小節氣候變遷導致洋流改變的電腦模擬，請學生輪流發表想法。教師先提問：「北大西洋的溫度升高或降低，會如何影響洋流呢？」然後請幾位學生輪流發表，如果學生沒有提到證據，由教師補充來自模型觀察的證據。

3. 播放投影片；主動閱讀提醒 提醒學生：要專心投入「主動閱讀」，才能從中學到最多。首先由教師播放「主動閱讀」投影片，然後複習主動閱讀指示，並於學生閱讀時，讓投影片保持播放狀態。



4. 學生閱讀並詮釋閱讀內容 發下調查筆記本，請學生翻開第 28 ~ 30 頁：洋流與地球氣候。然後告訴學生：待會兒有 30 分鐘的時間閱讀，請圈、畫線、記錄問題，並與夥伴討論內容。

5. 教師隨處查看並提供靈感與協助 在學生閱讀的時候，請教師四處查看，關注他們寫下的問題。如果學生難以想出問題，教師可以大聲朗讀其他學生提出的問題，以刺激靈感。

6. 教師引導學生分組 學生陸續完成閱讀後，提醒學生要尋找討論的夥伴。完成閱讀和提問的學生先舉手，然後尋找其他舉手的同學組隊，接著安靜地轉移至他處，進行問題討論和尋找答案。

教師注意事項

每日書面反思

描述地球氣候變遷如何影響洋流 這則提示收錄在調查筆記本第 27 頁，讓學生針對前一小節關於地球氣溫對海洋產生的效應，反思所學——地球氣溫改變，全球洋流也會受到波及。有些學生可能提出：全球氣候降溫，將加速洋流循環；氣溫升高，造成極區加入大量淡水，因而降低洋流循環速度。在學生即將展開「主動閱讀」時，這樣的提示可以讓學生做好準備，能夠更深入的探討此主題，以及洋流如何影響地球的氣候。

例行教學

主動閱讀「主動閱讀」是一種技巧，是讓學生藉由畫重點、提問題和圈出容易混淆的文句段落等方式，仔細閱讀說明文。當學生藉由提出重要問題並嘗試解答問題時，便能深入地投入說明文的內容，但大部分學生都少有這種經驗。這種探究文章的方式需要練習與專注，對學生而言，是一種值得努力學習的技巧。

英文學習者

閱讀鷹架 閱讀科學文章對英文學習者而言，是一種挑戰。教師可能要依據班上英文學習者的能力，將他們分成小組，一組一組導讀文章。先讓學生閱讀並詮釋一段落，然後停下來進行小組討論，並讓學生總結段落內容，釐清難以理解的詞彙。接下來，共同挑出一兩句畫線，作為重要概念；學生提出的問題也都要討論。請運用這樣的方式，逐段讀完整篇文章。

提供更多經驗

延伸：線上影集 海面溫度對颶風的效應 (The Effect of Sea Surface Temperatures on Hurricanes, 1 分 57 秒) 是值得推薦的影音資源，該影片檢視了颶風生成原因及其強度 (請參考 marelawrencehallofscience.org/oss68)。

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.30



調查筆記本，p.4

理解海洋與大氣的關聯

- 1. 學生分享並討論問題** 本小節大約還剩十分鐘，集合全班，並請學生針對剛剛討論的文章問題，分享能夠解答的部分。教師提醒在台上的學生：分享解答時，請提出證據，並鼓勵台下的學生提出贊同觀點或異議。
- 2. 指出尚未解答的問題** 請學生針對閱讀的文章內容，指出有趣卻無法解答的問題。如果這些問題很重要，或學生提出不正確的見解，教師就應該當場解答。萬一教師和學生都無法即時取得足夠資訊，教師可以說：「這是主動閱讀的好處，我們提出了更深的問題，而這些問題又引導我們做更多研究。」
- 3. 強調地球大氣與洋流的關聯** 教師強調：地球的海洋與大氣密切關聯，彼此互相影響。至今我們還無法了解氣候變遷對於洋流，或洋流對於氣候變遷的所有效應，但是科學家持續在蒐集資料、製作更精確的模型，完成更好的預測。
- 4. 播放投影片；學生記錄重要概念** 教師播放重要概念投影片，讓學生閱讀。請學生翻開調查筆記本第四頁「重要概念」，在引導問題 # 5 下方欄位寫下重要概念。如果時間允許，鼓勵學生根據本小節所學，另外加入其他能解答引導問題的註記。



教師注意事項

教學建議

處理尚未解答的問題 本小節關於海洋與大氣關聯的討論和其他討論，可能會引出無法簡單解答的問題，可能全班和教師都不知道如何解答。教師可以趁機讓學生知道：無法掌握所有解答也沒有關係，因為想問題、需要更多研究，本來就是科學的重要部分。最後請教師解釋：關於海洋與大氣的關聯性，以及氣候如何影響海洋、海洋如何影響氣候等問題，科學家正積極在研究。

科學註記

關於洋流以及洋流對地球氣候的效應 科學家目前預測：溫度上升，將讓北大西洋的格陵蘭冰層融化。模型也顯示：冰層融化產生的淡水注入北大西洋極區，沉降的海水因此減少，減弱了大洋輸送帶的循環速度；北方沉降的海水減少，赤道附近補充沉降海水的溫水就會變少。根據模型與過去氣候數據得到的證據顯示，從赤道北流的海水變少，南方海洋的溫度會升高。這樣一來，最高溫的海面將不會在原本的赤道附近海域，而是在更南方的海域。於是，降雨形式也會改變，也就是說，熱帶雨林的分布範圍會更往南。研究洋流的專家都知道溫度上升會影響大洋輸送帶，但尚未得知其影響的幅度。

評量

快速評量：學生詮釋文章的能力 請教師審視學生在調查筆記本第 28 ~ 30 頁的想法，針對有關氣候變遷的海洋與大氣關聯性，評估學生理解多少。並請教師檢視學生是否註記了重要概念。教師審視學生提出的問題，可以了解他們是否專注於海洋與大氣之間的重要關係。

提供更多經驗

延伸：本小節的反思提示

- 洋流的改變如何影響地球的氣候？
- 洋流的改變如何影響人類？

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？

調查氣候變遷：生物

學

生將一起腦力激盪，思考氣候變遷的效應如何影響生物，他們分成兩兩一組或三人一組，從七篇短文挑出要閱讀的文章，一起閱讀、討論。學生討論後，每人須使用組織圖的形式，記錄相關細節。本小節總結討論時，則全班進行分享蒐集的資訊，並在世界地圖上標示受影響的生物所在位置。學生也須在課前想法上加入註記。以下是學生的重要概念：

- 世界各地許多生物受到氣候變遷的影響（學生可以產生自己的重要概念，但是要與上述內容相關。）

學生的附帶學習：

- 由於氣候變遷的關係，許多生物族群移居到新的棲息地；有些生物無法遷徙，因而有滅絕的危險。

調查氣候變遷：生物	預計時間
腦力激盪：生物與效應	5 分鐘
閱讀活動：作用於生物的效應	20 分鐘
分享資訊	20 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
- 3.9 小節的兩張投影片
- 六套生物文章彩色學習單（一套七張）
- 14 個牛皮信封紙袋
- 一張海報紙
- 紙膠帶
- 一枝油性麥克筆
- 展示台（選擇利用） *

每位學生需要

- 調查筆記本：p.2、4、32 ~ 33；31（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

- 1. 架設投影設備或視聽設備：**架設完成並進行測試，確保學生上課時能夠看到投影的資料。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。
- 2. 計畫閱讀分組：**在本小節，學生閱讀生物文章時，必須三人一組。學生閱讀完每份文章後，須與其他組交換紙袋。
- 3. 分配生物文章套件：**分類彩色生物文章學習單，然後準備 14 個信封紙袋，每個紙袋內裝入三份相同的文章，並在紙袋封面，以麥克筆標識生物文章學習單的名稱。
- 4. 準備標示世界地圖的位置：**在播放投影片的地方，張貼壁報紙。

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？



生物文章（七篇中的三篇）

腦力激盪：生物與效應

1. 播放本小節標題投影片；介紹本小節內容

教師告訴學生：到目前為止，大家已經探索了氣候變遷對於海洋、陸地以及大氣等物理地球的影響。由於這些區域都有生物棲息其中，接著學生將調查氣候變遷對這些生物的影響。



2. 介紹名詞：生物與棲地

教師向學生解釋：凡是活的物體，包括植物與動物，都稱為「生物」(organisms)；生物棲息的區域，就稱為「棲地」(habitat)。

3. 輪流分享作用於生物的效應

教師問學生：「氣候變遷造成棲地改變，會如何影響生物？」讓學生與夥伴輪流分享氣候變遷可能作用於生物的效應。

4. 分享討論的舉例

一兩分鐘後，請各組舉例說明：生物因為氣候變遷而受到的影響，及其棲地受到的影響。舉例來說，學生可能聽過北極熊為了尋找足夠的冰層謀生，而陷入困境。

閱讀活動：作用於生物的效應

1. 介紹生物文章

我們都同意，許多生物都受到氣候變遷的影響。請教師告訴學生：接下來大家要閱讀並討論七篇關於不同生物的文章。請教師手持文章副本，並在白板上列出文章涵蓋的生物，引起學生的興趣：

生物組件

1. 鼠兔
2. 海洋魚類
3. 聖羅莎山脈 (Santa Rosa Mountains) 的陸棲植物
4. 北大西洋露脊鯨
5. 海龜
6. 極區附近的動物
7. 珊瑚礁生物

教師注意事項

每日書面反思

你認為氣候變遷對生物及棲地有什麼影響？ 這則提示收錄在調查筆記本第 31 頁，讓學生運用氣候變遷作用於物理地球的理解，解釋這些變遷如何衝擊生物的生存。回答問題的過程中，能幫助學生提取先備知識，為本小節的學習做好準備。

提供更多經驗

延伸：線上的影集 全球暖化威脅著麋鹿 (Global Warming Threatens Caribou, 4 分 56 秒) 是值得推薦的影音資源，讓學生對於氣候變遷如何影響物種，有了另類的觀點 (請參考 marelawrencehallofscience.org/oss68)。

英文學習者

詞彙鷹架 英文學習者可能需要更廣泛的解釋，才能了解「生物」和「棲地」這兩個名詞。教師先讓班上學生為這兩個名詞，分別舉出例子以及應用例句，然後再讓英文學習者以母語翻譯這兩個名詞。

教學原理

為什麼讓學生選擇文章來閱讀？ 活動進行時，學生可以從七篇中自己挑選文章。當學生有選擇機會時，一方面能讓他們依照自己的興趣閱讀，另一方面也提供他們更多參與機會。這樣一來，讓閱讀能力和風格不同的學生能以自己的步調來調查。等到本小節最末的討論分享時，大家都能聽到有關不同生物的證據。

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	
生物與氣候變遷	你想提出怎樣的問題？		
	生物對你受到氣候變遷的影響？		
	目前生物對你而言，生物對你受到氣候變遷的影響？		
	生物對你而言，生物對你受到氣候變遷的影響？		
生物與氣候變遷	1. 觀察	2. 海洋生物 (紅海扇蛤以及 六內江螺類)	3. 動物、植物、山 部的高地植物
	4. 其他海洋生物		

調查筆記本，p.32

姓名		日期	
生物與氣候變遷 (接上頁)	你想提出怎樣的問題？		
	生物對你受到氣候變遷的影響？		
	目前生物對你而言，生物對你受到氣候變遷的影響？		
	生物對你而言，生物對你受到氣候變遷的影響？		
生物與氣候變遷	5. 海龜	6. 海洋新近物 (海扇、海扇、 海扇以及海扇、 海扇)	7. 海扇類

調查筆記本，p.33

2. 解釋調查筆記本的內容 請學生翻開調查筆記本第 32 ~ 33 頁「生物與氣候變遷」，教師說明：閱讀完一種生物後，請以小組方式討論，再把討論成果寫在學習單。舉例來說，如果「北極熊」在第一欄，學生就要在同列的第二欄寫「北極」，表示北極熊的棲地；第三欄則寫「冰層消融讓北極熊難以狩獵」，表示棲地如何受到影響。學生也可以提出問題，例如在最後一欄寫出：「北極熊是否能學著獵捕不一樣的獵物？」如果教師有展示台，請示範書寫方式。

3. 介紹各組的閱讀步驟 教師告訴學生：閱讀時分成三人一組，每組會收到一個紙袋，紙袋內含有三份相同文章的影本，因此每人都有各自的影本可讀。一旦各組讀完文章，請把影本全部裝入紙袋中歸還，並換取另一份紙袋。在時間許可的情況下，請各組盡可能閱讀文章，當然也要有足夠時間好好閱讀和嚴謹回答筆記本的問題。最後讓學生了解：不需要讀完所有文章，只要在本小節最後的分享活動，分享讀過的文章即可。

4. 分發紙袋並讓小組討論選擇順位 開始進行活動時，教師先大聲朗讀七篇文章的標題，並將裝著文章的紙袋放在教室；先讓各組討論決定閱讀第一或第二順位的文章。

5. 學生取走文章紙袋 各組決定好後，請派一名組員取走文章紙袋（萬一該組選擇的已被拿走，就先閱讀第二順位，待會兒再閱讀第一順位文章）。

6. 學生活動時，請教師四處查看 學生閱讀和討論文章之際，教師須確定每組是否依循指示，並一起進行任務。如果學生需要重點或提示，教師可以這樣提示：「因為氣候變遷的關係，該生物面臨哪些類型的問題？你如何知道？」以及「你是否回答了調查筆記本中關於生物與氣候變遷的問題呢？」

教師注意事項

科學註記

棲地喪失與氣候變遷 棲地喪失是生物多樣性最大的威脅，原因很多：(1) 土地利用方式改變，如新城市或農地的產生，表示野生動物喪失了棲地；(2) 道路的修築，將自然棲地切割成片狀；(3) 土地與水源的汙染，讓棲地無法再是棲地；(4) 氣候變遷。氣候變遷以幾種方式造成棲地喪失：平均氣溫的增加；熱浪出現頻率或嚴重性增加，讓某些區域不再是某些物種的棲地；氣候變遷影響天氣型態，可能讓原本的棲地變得過於潮溼或乾燥；海平面上升，讓沿海區沉於水下；海洋酸化影響海洋棲地，某些種類的珊瑚和其他製造外殼的動物因此無法生存。

關於氣候變遷導致的「分布範圍改變」(Range Shift) 愈來愈多證據顯示，生物會隨著氣候變遷而遷徙。生物為了尋找較涼爽的環境，往往向兩極或更高海拔的山區移動。通常不是個體移動，而是整個族群因為溫度改變而移動，期程可能要經過幾個世代的時間。因為族群的棲地溫度升高，只好移動到溫度可以讓牠們適應的區域。以分布範圍改變回應氣候變遷的最佳案例，就是北美洲與歐洲的蝴蝶。有些種類的蝴蝶，牠們目前的棲地在過去棲地的更北方；也有些種類的蝴蝶分布範圍的改變，並不是因為在更北方找到新棲地，而是在較南方棲地的族群已經滅絕；有些蝴蝶則往更高海拔的區域移動。分布範圍的改變也發生於許多潮間帶無脊椎動物，還有昆蟲、鳥類、哺乳類和植物。

關於無法選擇與遷徙的生物 植物的根深植於土壤，如果棲地變得不適合生存，也無法移動。如果種子可以隨風、水或動物移動到他處，然後在他處發芽成長，植物就可以在比較適合生長的棲地建立族群。不過，植物本身無法移動，甚至有些活動能力較強的生物也無法移動到他處——有些棲息於塊狀棲地的生物，由於棲地之間隔著險峻的環境，因而無法移動自如，例如許多棲息於島嶼的生物，就無法從這個島嶼橫跨廣大的海洋到另一座島嶼。

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？

重要概念 (接上頁)

引導問題 4:
哪些證據顯示氣候變遷正在發生?

引導問題 5:
氣候變遷產生哪些效應?

調查筆記本，p.4

課前想法

你對於地球氣候變遷，知道什麼呢?

(之後的日記，請利用以下空欄書寫)
日記:

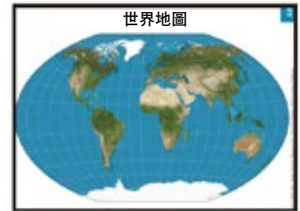
調查筆記本，p.2

分享資訊

1. 準備討論生物文章 大約 20 分鐘之後，讓各組將剛剛閱讀的文章裝回袋中並繳回。請學生參考調查筆記本「生物與氣候變遷」的部分，並詢問他們：「你們在這幾篇生物文章裡，有沒有發現有趣或覺得驚訝的部分？」

2. 播放投影片；分享每種生物以及生物棲息地

花幾分鐘讓學生一次針對一種生物，進行徹底的分享活動。請他們分享生物目前在地球的棲息地，以及氣候變遷如何影響牠們。利用在壁報紙投射的世界地圖影像，直接圈選出生物族群的棲息地。如果有學生針對這些生物，希望增加其他的資訊，或有其他不同的想法，請鼓勵他們分享，再進行下一個教學步驟。



3. 總結作用於生物的兩種效應 教師強調：有些生物遷徙到較寒冷的區域；有些則變得愈來愈稀少，甚至滅絕。

4. 強調全世界各地生物都受影響 教師指出世界各地的生物都受到影響，並總結重點：氣候變遷對生物的影響是全球性的，不論海洋或陸地生物皆同。

5. 學生加入重要概念 請學生翻開調查筆記本第四頁「重要概念」，請他們針對生物與氣候變遷，在引導問題 # 5 的下方，以書面方式總結所學。

6. 審視氣候變遷效應的類型 請教師提醒學生：目前學到的氣候變遷效應已經有幾種了。請他們運用「重要概念」的資料，檢視這些效應。（海平面上升；冰河與海冰融化；洋流改變；當地氣候變遷；作用於生物的效應）。

7. 學生在「課前想法」添加註記 請學生翻回調查筆記本第二頁「課前想法」，針對氣候變遷作用於生物的效應，在該頁下方的欄位加上註記或關鍵詞。再請他們分享：與本單元開始時相較之下，目前對氣候變遷的了解有何增長。

教師注意事項

科學註記

關於適應及演化 人們常用適應這個字眼，來表達生物因應氣候變遷的短期反應。舉例來說，有些人可能認為，人們適應海平面上升而把房子搬到遠離海邊的地點；生物適應溫度上升而遷徙到更高的緯度。但以演化的角度來看，生物學上的適應定義則大不相同。在演化的範疇裡，適應乃是提供功能改善的遺傳特徵，因為天擇的關係而導致發生在族群上的普遍現象。生物因應氣候變遷的演化適應，經過許多許多世代的歷程，在族群中發生並變成普遍現象。例如，某一蝸牛的族群透過天擇的機制，發展出耐熱的蛋白質，此項特徵因而變成族群的普遍現象。耐熱的蛋白質變成了生存優勢，還可以傳給後代。所以，生物在生命過程中的行為改變，並無法傳遞給後代，這與因應氣候變遷的演化適應，有天壤差別。

例行教學

課前想法與修正後想法 讓學生把註記加入調查筆記本，這樣做有兩個目的：第一，有助於讓學生在 3.12 小節寫出類似卻更複雜的想法，屆時他們在動筆之前，可以參考「課前想法」的內容；第二，讓學生掌握自己理解氣候變遷的增長情形。根據研究顯示，這樣的後設認知，有助於概念的理解發展。

提供更多經驗

延伸：本小節的反思提示

- 哪些地球角落的生物受到氣候變遷的影響？
- 關於因為氣候變遷而遭受威脅的生物，人們可以提供什麼協助？

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？

氣候變遷的解決方案：Part1

全 班複習氣候變遷的原因與結果之後，運用電腦模擬的改變流動（Change the Flow），加以觀察與預測碳循環改變所產生的可能效應。將學生分組挑戰，試著分享減緩或停止氣候變遷和舒緩效應的方法（有些學生的想法也許創意十足）。學生分享完後，將進一步了解科學家和工程師提出的解決案例。以下是學生的重要概念：

- 科學家與工程師正攜手合作，減緩或阻止氣候變遷，並降低氣候變遷的效應。

學生的附帶學習：

- 科學家與工程師發揮創意解決問題。這樣的思考模式，對於解決問題極為珍貴。

氣候變遷的解決方案：Part1	預計時間
複習氣候變遷的因果	5 分鐘
模擬碳循環的變化	15 分鐘
腦力激盪找出解決方案	15 分鐘
審視科學家和工程師的解決方案	10 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
- 3.10 小節的十張投影片
- 一張壁報紙
- 麥克筆
- 紙膠帶
- 互動式碳循環圖表模擬
- 改變流動模擬

每組學生需要

- 一至兩張白色影印紙 *

每位學生需要

- 調查筆記本：p.3 ~ 5；34（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

- 1. 架設投影設備或視聽設備：**架設完成並進行測試，確保學生上課時能夠看到投影的資料。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。
- 2. 熟悉模擬操作：**請教師先行探索電腦模擬，確保在全班面前自在操作。
- 3. 繪製圖表：**利用壁報紙和麥克筆，繪製以下圖表。
_ 在教室內找個位置張貼繪製的圖表「氣候變遷解決方案」（請參考第 356 頁圖 3-10），接下來兩小節都用得到。

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？

複習氣候變遷的因果

1. **播放本小節標題投影片** 教師請學生回顧、複習先前所調查的氣候變遷效應，並向學生說明：接下來要著重在人們如何減緩或停止氣候變遷，並想出對策面對已發生的氣候變遷效應。



2. **回顧重要概念** 教師告訴學生：為了想出解決方案，回顧氣候變遷的原因是必要的。教師發下調查筆記本，讓學生翻開第三至五頁「重要概念」。請學生在討論下列問題時，參考先前的註記：
 - 氣候變遷是地球歷史中的新事件嗎？（不是；地球的氣候變遷已經發生多起）
 - 為什麼需要關切目前的氣候變遷？（科學家的證據顯示，西元 1960 年之後與過去相較，氣候暖化許多）
 - 二氧化碳為什麼與氣候變遷有關係？（二氧化碳是一種溫室氣體；大氣中的溫室氣體愈多，溫度會節節上升）
3. **凸顯三種解決方案** 教師告訴學生：全班要聚焦於三種主要類型的氣候變遷解決方案——(1) 降低排放至大氣的二氧化碳排放量；(2) 回收已經排放於大氣的二氧化碳；(3) 降低氣候變遷效應。

模擬碳循環的變化

1. **播放並討論** 互動式碳循環圖表 播放「所有碳流動」模擬畫面，並說明：在地球上，碳從一個地方流動到另一個地方，稱為碳循環。然後提醒學生：儲存庫上的數字（不是箭頭上的數字），顯示儲存庫通常的碳含量。接著教師將以下三個問題寫在白板上，讓學生分組討論。約過五分鐘後，重新集中學生的注意力，讓幾位志願者分享討論結果，並配合學生將螢幕切換到適當的模擬畫面。
 - 二氧化碳藉由哪些途徑進入大氣？（動物和植物釋放二氧化碳到大氣，這是呼吸作用的一部分；動物和植物死亡後分解，也會釋放出二氧化碳；二氧化碳從海洋釋放到陸地；人類燃燒化石燃料）請切換到「碳進入大氣」模擬畫面。
 - 二氧化碳藉由哪些途徑移出大氣？（植物攝入二氧化碳，進行光合作用；二氧化碳被海水吸收）請切換到「碳移出大氣」模擬畫面。
 - 二氧化碳儲存於哪些場所（碳儲存庫）？（石灰岩及其他岩石；沉積物及沉積岩；海洋深層水；化石燃料等）請切換到「儲存庫」模擬畫面。

教師注意事項

每日書面反思

改變地球氣候變遷的因素中，人類該負哪些責任？ 這則提示收錄在調查筆記本第 34 頁，請讓學生連結氣候變遷與人類的責任。直到目前為止，關於二氧化碳及其對氣候變遷帶來的效應，學生已經學得相當多了，另外在 3.3 和 3.6 小節中，針對人類與氣候變遷的關係，也略有所聞。如果學生已經學過第二單元，那麼他們對該主題已所學甚多，特別是燃燒燃料的部分。這則提示是要讓學生反思人類對氣候變遷該負的責任，同時讓他們了解：要解決這個問題，需要許多資訊。這樣就能幫助學生做好準備來審視碳循環圖表，並在進行本小節的過程中腦力激盪。

提供更多經驗

準備：讓學生探索互動式碳循環圖表 如果學生尚未接觸第二單元，或還沒上過碳循環課程，教師可能需要多花點時間，幫助他們做好準備迎接本小節或後續兩個小節。在本小節開始前，需運用額外時間讓學生操作**互動式碳循環圖表**，以理解碳如何進入大氣、如何移出大氣，以及長久以來碳如何儲存於儲存庫。請讓學生理解：如果少了人類的活動，有關大氣中的碳輸入總量與移除總量，其方程式兩邊是平衡的。接著指出：由於人類的工業活動和土地利用，導致碳的輸入量大於移除量，這就是讓方程式失衡的原因。最後提醒學生，3.3 小節提到：即使是少量額外碳含量進入大氣，也會引起氣溫上升。

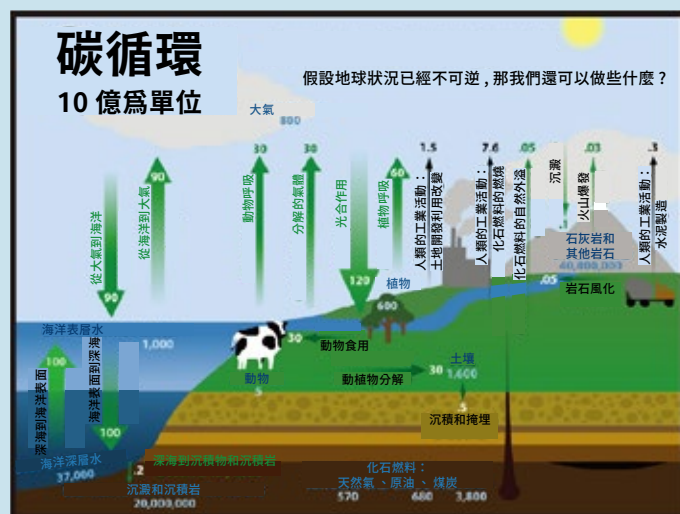


圖 3-8 互動式碳循環圖表的「所有碳流動」模擬畫面

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？

2. 介紹改變流動模擬 教師展示五種場景，並向學生說明：碳儲存庫以及碳流動因為某種變遷而增減。這樣的模擬可以引導他們提出預測。

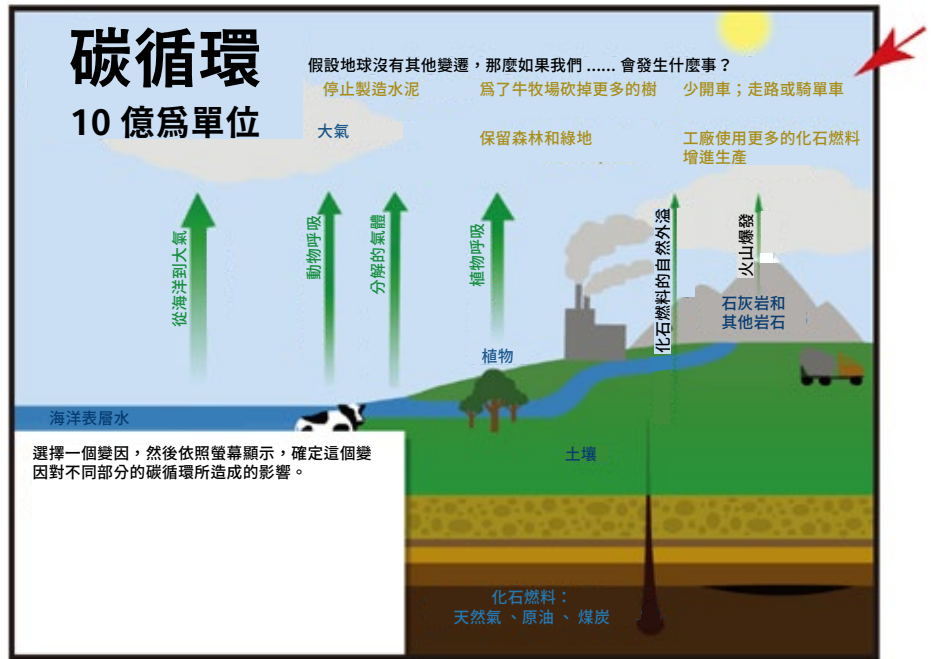


圖 3-9 在改變流動模擬畫面中，螢幕的箭頭指向五種不同的場景；點選每個場景，個別的提示將出現於左下角白色框內。

3. 點選「停止製造水泥」畫面並提出預測 點選「停止製造水泥」模擬畫面，然後透過提示提出預測——首先針對某些碳流動，接著針對某些碳儲存庫，請學生提出預測並佐以證據。學生對該場景的預測可能出現不同想法，例如大氣中的二氧化碳含量會降低、維持不變或增加，但增加速度較過去慢。鼓勵學生禮貌地提出不同意見，並解釋證據與推理。

4. 討論第二級效應 教師問學生：「如果大氣中二氧化碳含量低於目前狀況，其他的碳流動或儲存庫會有什麼效應？」（從大氣到海洋的二氧化碳流動會降低。）請教師傾聽幾個回答，如有必要，再詢問學生：「大氣的二氧化碳含量降低，如何影響海洋的二氧化碳？」

5. 替其他場景提出預測 讓學生從模擬場景中，確認能夠降低大氣二氧化碳含量的場景。也就是從「保育森林與增加綠地；減少開車時間；步行或騎單車」模擬場景中挑選一個，並根據模擬的提示，提出預測。

教師注意事項

教學建議

讓學生獨立探索改變流動模擬 如果教師可以替每組學生取得電腦，就能讓學生有更多時間探索更多場景，並根據碳流動與儲存庫改變狀況，提出預測，再比較自己與科學家的預測內容。教師也可以讓學生選擇一種場景，寫下預測，並針對科學家的預測，寫下問題與評論。

科學註記

關於碳流動和儲存庫的預測 預測碳循環流動的改變將會相當複雜，例如全班探索的改變流動模擬，特別是考慮二級效應的時候。另一種複雜因素是，不同碳流動與儲存庫的碳含量是變動的——人們持續增加二氧化碳進入大氣的含量。你可能認為，停止水泥的生產會大量減少大氣中的二氧化碳，因為這樣比其他做法，更能降低大氣中二氧化碳的含量。另一方面，你也可能堅信，就算停止所有水泥製品，由於燃燒更多化石燃料，大氣中的二氧化碳仍舊會升高。

提供更多經驗

延伸：線上視覺化氣候模型 NOAA 的全球科學探索家 (Global Science Investigator)，可以協助學生理解科學家如何運用整個地球的相關數據，提出氣候變遷的預測。將「商業場景」(Business) 當作「一般場景」(Usual) (碳排放量增多)，並與「生態友善」氣候場景 (Ecological Friendly) 做比較 (IPCC 場景呈現碳排放量降低)。

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？

腦力激盪找出解決方案

- 1. 介紹腦力激盪活動** 教師告訴學生：待會兒將以腦力激盪方式，找出氣候變遷的解決方案。然後向學生解釋：進行腦力激盪活動時，發揮創意或甚至舉出沒有把握的想法，都可以接受。
- 2. 展示圖表** 向學生展示先前製作的「氣候變遷解決方案」圖表，大聲說出兩項挑戰，並告訴他們：挑戰這兩項或其中之一，想出可能的解決方案。

氣候變遷解決方案	
人類如何降低大氣中的大量溫室氣體？	人類如何減少氣候變遷引起的效應？

圖 3-10 圖表上留出足夠空間，用來記錄每組 10 分鐘腦力激盪後，一兩位學生的想法。

- 3. 解釋方案** 教師讓學生了解，他們所提的解決方案可能是科學家或工程師才能發掘的偉大想法，也可能是尋常人就能獨立完成或與家人、學校合作的點子。
- 4. 分組並發下紙張** 請每組挑選一位組員當記錄者，記錄者必須先在組上的學習單寫下「氣候變遷解決方案」，也必須參與小組討論，並記錄組上腦力激盪得到的想法。然後教師告訴各組：十五分鐘後，各組須與全班分享想法。
- 5. 教師巡迴查看並提出問題** 學生進行活動時，請教師查看各組的討論狀況，並適時提出：「這樣的想法如何讓地球停止升溫？這樣的想法解決了哪項氣候變遷的效應？」
- 6. 簡單發表** 大約過了十分鐘後（請預留發表時間），請教師集中學生的注意力，然後讓各組派出一名志願者，分享組上一兩個最滿意的想法。教師以摘要的方式，將學生的解決方案記錄於「氣候變遷解決方案」圖表。在學生分享想法時，也請他們解釋：組上的想法如何呼應氣候變遷的原因或其效應。並鼓勵台下學生禮貌地對台上各組的想法，提出質疑。這樣做可以讓各組的解決方案與氣候變遷的連結更穩固。

教師注意事項

英文學習者

提升學生的參與 以小組方式討論，對英文學習者相當有利。由於同儕以英文作為科學語言，英文學習者便能在較不正式場合發言，而不是在全班前面發表，還可以請同儕協助釐清概念。如果認為英文學習者本來就無法完全融入小組討論，是相當不智的想法。教師須事先向學生說清楚：如果有個組員很少發言，其他組員應該詢問該組員的想法並確定是否掌握任務，其他組員有責任鼓勵該組員參與討論。教師也可以指定每個組員的特定角色，以提升整組的參與。就這個活動而言，教師可以指定組員的角色，例如記錄者、研究者（查詢調查筆記本相關資訊）、推動者（確定成員都分享意見），以及提問者（必要時負責提出問題：在全班分享活動時，要求其他組解釋想法）。

提供更多經驗

強化：寫下解決方案難以執行的部分及其優點 教師可以讓學生更深入地思索本小節舉出的解決方案，例如讓學生寫下全班列出的解決方案，藉此強化本小節所討論的解決方案。這則提示在調查筆記本 3.11 第 35 頁「每日書面反思」。不過，教師若能提供多一些時間和支持，讓學生進行書寫，而不只是一般例行活動，那麼學生的收穫會更多。首先讓學生寫下解決方案的預期優點，並鼓勵他們運用關鍵詞彙，像「二氧化碳」或「大氣」等。接下來，讓學生寫下解決方案可能遇到的執行困難或缺點，例如「會不會讓其他人損失錢財或浪費時間？」「哪些人會反對？」

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？

審視科學家和工程師的解決方案

1. **分享其他有創意的想法** 教師告訴學生：科學家和工程師也想出開創性十足的解決方案。教師接著解釋：想法隨時都在改變，不過以下所列都是科學家實際產出的想法。前面四種想法是與預防釋放、獲取大氣中的二氧化碳有關；後面兩種想法則呼應了氣候變遷的某些效應（海冰消融以及海平面上升）。請教師播放以下六張投影片並解釋：

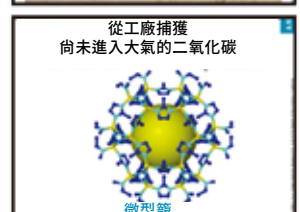
a. **以岩石儲存碳** 二氧化碳若來自化石燃料的燃燒，就有可能將其捕獲並與礦物結合，最後當作岩石儲放。歐洲一群科學家正在探索這樣的研究，可能有助於以非常穩定的方式讓碳儲存很久。



b. **從大氣中捕獲二氧化碳** 科學家也發展科技，讓架設於高塔的板子，吸收過往的二氧化碳。



c. **從工廠捕獲尚未進入大氣前的二氧化碳** 由於工廠會製造二氧化碳，巴西的科學家已經發明吸收二氧化碳的技術，以免讓二氧化碳進入大氣。科學家利用微小的陶瓷小球，作為捕捉二氧化碳的「籠子」。



d. **減少牛隻排放體內氣體** 阿根廷研究者驚訝地發現，一頭牛每天產生的甲烷高達 800 ~ 1000 公升。科學家正研究飼料新配方，希望改進牛隻的消化功能，減少甲烷這種溫室氣體的排放。科學家發現：讓牛隻進食三葉草或紫花苜蓿以取代穀類，牛隻的甲烷排放量可降低 25%。



教師注意事項

教學原理

針對本小節投影片上的解決方案不需要探索太深 本小節強調的解決方案大多需要科技發展的配合，目前超出科學家的能力。不過這些工程方面的解決方案，仍有助於引導學生思索出創新方案，以回應預防溫室氣體釋放、獲取和儲存的可能機制。下一小節，學生將調查更多實際的氣候變遷解決方案，他們可以輕鬆參與其中。

科學註記

關於氣候變遷解決方案的科學研究 科學家針對氣候變遷，努力想出許多不同的解決方案。有些方案運用減緩以及調適策略，包括在岩石中儲存碳、從大氣中截取二氧化碳，或從工廠捕獲尚未進入大氣的二氧化碳、降低牛隻排放的甲烷、將屋頂漆成白色、打造船屋。這些策略並無法減緩所有的氣候變遷效應，然而卻是降低未來氣候變遷、協助人類適應氣候變遷效應的第一步。

教學建議

每張投影片都要進行輪流發表 若時間允許的話，請讓學生兩兩一組，在播放每張投影片之後，讓他們討論解決方案、彼此對話，討論方案可能的優點和缺點，或難以執行之處。在最後一張投影片討論完後，教師可以請各組討論六個解決方案當中，哪個效果最好。

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？

教師注意事項

提供更多經驗

延伸：學生研究並利用科技，提出氣候變遷的解決方案 教師可以針對本小節以科技為基礎的解決方案，讓學生進行更深入的研究。讓他們搜尋目前關於創新和發展中的科技或方法，也就是「碳捕獲與儲存」（carbon capture and storage, CCP）以及「碳捕獲與利用」（carbon capture and utilization, CCU）。

延伸：從學生創造氣候變遷解決方案影集取得靈感 播放一系列八集以學生為中心的影集，內容關於學生面對氣候變遷的種種，請參考 <http://youngvoiceonclimatechange.com>。

延伸：線上影集 太陽能油漆彩繪屋頂（Solar Paint Your Roof, 3 分 1 秒）以及捕捉碳（Capturing Carbon, 5 分鐘 25 秒）是兩部值得推薦的影音資源，可以讓孩子更進一步審視氣候變遷解決方案的發展。（請參考 mare.lawrencehallofscience.org/oss68）

延伸：本小節的反思提示

- 你想不想成為科學家或工程師？為什麼？
- 你認為在降低大氣溫室氣體方面，什麼樣的解決方案成效最好？
- 你已經了解氣候變遷了，那麼要如何努力才能營造適合居住的地球呢？

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？

氣候變遷的解決方案：Part2

學

生兩兩一組，挑選教室角落的 24 張「氣候變遷解決方案」(Climate Change Solution) 學習單。各組前往教室各角落，挑選三至五張學習單，一次挑選一張，一起閱讀並討論。在總結討論的時候，學生彼此分享解決方案。最後由學生解釋這些解決方案如何回應氣候變遷的原因與效應，並反思自己是否會採取類似行動。以下是學生的重要概念：

- 人們、企業、社群和政府可以做出決策，降低碳足跡（學生可以產生自己的重要概念，但要與上述內容相關）。

學生的附帶學習：

- 交通、發電、食物、衣著以及其他產品都會釋放出溫室氣體，增加個人的碳足跡。

氣候變遷的解決方案：Part2	預計時間
定義碳足跡	5 分鐘
調查解決方案	30 分鐘
簡單發表解決方案學習單	10 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
- 3.11 小節的三張投影片
- 一套氣候變遷解決方案彩色學習單（一套 24 張）
- 3.10 小節的氣候變遷解決方案圖表
- 紙膠帶
- 展示台（選擇利用） *

每位學生需要

- 調查筆記本：p.5、36 ~ 37、35（選擇利用每日書面反思）

* 本教材不提供

準備上課

本小節上課前一天的準備工作

- 1. 架設投影設備或視聽設備：**架設完成並進行測試，確保學生上課時能夠看到投影的資料。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。
- 2. 張貼圖表** 在教室內大家都看得到的地方，張貼「氣候變遷解決方案圖表」。
- 3. 規畫擺放「氣候變遷解決方案」學習單的地方** 本小節進行時，各組大約能夠討論三張以上的學習單。先讓各組討論一下，學習單要放在桌上、書桌，還是講台。教師說明完活動進行方式後，就擺放學習單。
- 4. 預先檢視解決方案學習單** 盡可能先瀏覽解決方案學習單上的資訊，以掌握學生的閱讀內容。

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？



氣候變遷解決方案的彩色學習單 (24 張中的四張)

定義碳足跡

1. 反思前一小節的內容 教師請學生注意前一小節他們腦力激盪出來的「氣候變遷解決方案」，並提問：「這些解決方案的目標是什麼？哪些問題是你正嘗試解決的？」（設法減少排放到大氣的二氧化碳，或清除已存在於大氣的部分二氧化碳；設法降低氣候變遷效應。）然後告訴學生：現在將學習更多氣候變遷的解決方案。

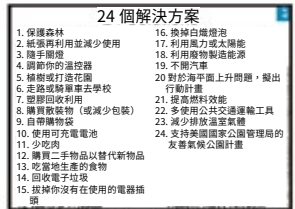
2. 播放本小節標題投影片 教師說明：這些能減少大氣二氧化碳含量的方案，據說能降低我們的「碳足跡」(carbon footprint)。「碳足跡」是指個人、企業或政府排放到大氣的二氧化碳含量。並提醒學生：因為碳足跡與我們在地球上造成的效應有關，因此有這樣的名稱，好比路過地面留下的足印一樣。



3. 碳足跡不包括呼吸 教師向學生解釋：呼吸作用將二氧化碳排出體外，不算是碳足跡。碳足跡與能源、資源的運用有關——因為運輸、電力、食物、穿著和製造其他用品而排放到大氣的二氧化碳，才稱為碳足跡。

調查解決方案

1. 播放「24 個解決方案」投影片 教師告訴學生：這是一張 24 個解決方案的清單，類似前一小節腦力激盪想出來的解決方案。不過，這涵蓋了民眾、企業、社群與政府能夠努力的措施，以降低各自的碳足跡，或是因應氣候變遷的部分效應。



2. 解釋活動程序 教師告訴學生：這裡針對解決方案準備了 24 張學習單，就放在教室角落，然後請學生兩兩一組，在教室內四周取得。每組至少閱讀三張認為有趣的學習單，活動時間有 25 分鐘。

3. 播放「堆肥製作」投影片 教師說明：這張投影片是範例，類似那 24 張學習單的其中一張。請教師指出投影片的編號、標題、內容以及配圖。請一位學生大聲朗誦這張投影片的內容。



教師注意事項

每日書面反思

挑選一則前小節本班想出的解決方案，解釋優點和執行的困難 這則提示收錄在調查筆記本第 35 頁。提醒學生反思前小節的討論，特別是他們所學的氣候變遷與人類的關聯，這樣有助於學生展開本小節的閱讀活動，讓學生在本小節閱讀他人所開發的解決方案時，更加理解哪些方案可能有效、哪些較無效。

教學建議

管理解決方案學習單 本小節進行時，由各組學生在教室內挑選彩色「氣候變遷解決方案」學習單。請讓學生自由選擇，以加強參與感。不過，若考量教室空間和管理問題，教師也可以讓各組學生坐在原位，然後發下學習單，等到閱讀完畢，再與其他組交換學習單。或是將學習單以磁鐵固定在白板上，各組完成閱讀後，將學習單放回，再挑選下一張。

科學註記

關於人類適應氣候變遷 溫室氣體會在大氣中停留相當久的時間，即使所有人類立刻停止碳排放，但源自過去的氣候變遷效應仍無法避免。另外，氣候變遷會有區域性的影響，理解這點也很重要。舉例來說，有些區域會因此氣溫上升、暴風更劇烈或乾旱而受到衝擊；也有些區域降雨增多，因而滿足了農業需求。由於地球氣候改變，我們有必要調整生活方式，以減少天災發生或善用某些有利的契機（這些調整就是某些政府或機構所稱的「適應」氣候變遷）。一個因應氣候變遷的案例，就是讓低海拔濱海區建造海堤，或重新改造遭受侵蝕的海岸，又或者將人為設施往內陸移，因應侵蝕造成的海岸線後退。不過，即使是最先進的氣候模型，都無法精準預測當地所有的氣候變遷效應，而且政府調整策略之際，也必須衡量花費與效益。

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？

氣候變遷解決方案		姓名	日期
1. 解決方案 (標題)	任何解決方案，都有標題		
2. 問題	你想解決的問題是什麼？		
3. 解決方案 (標題)	你想解決的問題是什麼？		
4. 問題	你想解決的問題是什麼？		
5. 解決方案 (標題)	你想解決的問題是什麼？		
6. 問題	你想解決的問題是什麼？		

調查筆記本，p.36

氣候變遷解決方案 (續上頁)		姓名	日期
1. 解決方案 (標題)	任何解決方案，都有標題		
2. 問題	你想解決的問題是什麼？		
3. 解決方案 (標題)	你想解決的問題是什麼？		
4. 問題	你想解決的問題是什麼？		
5. 解決方案 (標題)	你想解決的問題是什麼？		
6. 問題	你想解決的問題是什麼？		

調查筆記本，p.37

4. 介紹調查筆記本 教師發下調查筆記本，請學生翻開第 36 ~ 37 頁「氣候變遷解決方案」。教師說明：各組將要一起閱讀並討論學習單，然後要把資訊記錄在自己的筆記本上。教師以堆肥製作的例子，說明如何記錄資訊：

- 欄位 A，寫下解決方案的標題（文章標題）。
- 欄位 B，解釋如何減緩氣候變遷的行動。
- 欄位 C，描述個人如何採取行動或鼓勵他人採取行動。
- 欄位 D，記錄個人針對解決方案提出的問題。

指出學生要記錄解決方案訊息的那兩頁，請每組學生至少閱讀、調查三個解決方案，如果時間允許，可以調查更多。

5. 複習主動閱讀 教師向學生說明：「雖然你不能在學習單上書寫，但可以運用我們練習過的主動閱讀技巧，試著找出重要概念，以及困惑之處並提出問題。這樣一來，你就像科學家那樣閱讀文章，能夠從文章汲取大量的訊息。這樣的練習也可以協助你完成調查筆記本的作業。」

6. 將學生分組 將學生分成兩兩一組，然後告訴他們：這是群體合作的任務——每位都要做好準備，分享先前與同學挑選解決方案所得到的經驗。

7. 放置學習單並強調攜帶用品 教師再次播放

24 個解決方案的投影片，作為選擇學習單的參考。教師快速把學習單放於教室四周的桌面，提醒各組四處閱讀學習單前，要隨身攜帶鉛筆和筆記本。最後強調：選項很多，各組可以從容有序地閱讀——不需要為了特定的學習單而爭先恐後。各組一旦選定學習單，就找附近座位坐下、閱讀並溝通意見。

8. 各組選擇學習單、閱讀、討論並記錄 教師四處查看，確定各組在一分鐘左右就選好學習單，並開始閱讀。學生完成閱讀並填完調查筆記本的欄位，就繼續往前，挑選另一張學習單，直到時間結束為止。

24 個解決方案	
1. 保護森林	16. 換掉白熾燈泡
2. 紙張再利用並減少使用	17. 利用電力燈泡
3. 隨手關燈	18. 利用廢物製造能源
4. 調節你的溫控器	19. 不關汽車
5. 騎腳踏打掃	20. 對於海平面上升問題，擬出行動計畫
6. 走路或騎單車去學校	21. 提高燃料效率
7. 塑膠回收利用	22. 多使用公共交通運輸工具
8. 購買散裝物 (或減少包裝)	23. 減少排放溫室氣體
9. 自帶購物袋	24. 支持美國國家公園管理局的友善氣候公園計畫
10. 使用可充電電池	
11. 少吃肉	
12. 購買二手物品以替代新物品	
13. 吃當地生產的食物	
14. 回收電子垃圾	
15. 拔掉你沒有在使用的電器插頭	

教師注意事項

科學註記

關於個人行動及其對氣候變遷的影響 人類總是有能力改變地球的氣候，例如科技進展與發展中的經濟，導致了碳排放量的增加。根據一些因素，包括全球人口、經濟成長以及科技，人類將如何衝擊氣候，將有幾個未來的場景。以個人層面來看，人們面對許多行為選擇，這些選擇會衝擊碳排放量和氣候。人們的選擇，例如吃下肚的食物、購買的商品、製造的垃圾量，還有從一地到另一地的運輸方式，往往影響了地球的氣候。雖然個人的選擇對全球碳排放速率的影響不大，但是大群體就會有大影響。

數據哪裡來 有關解決方案 21 與 22，即交通運輸所導致的溫室氣體排放量之百分比，可參考 <http://www.wri.org/char/world-greenhouse-gas-emissions-2005>。

例行教學

主動閱讀 雖然本小節閱讀活動中使用的彩色學習單，學生無法像前小節一樣，在內文中註記。不過，還是鼓勵他們運用前小節練習的主動閱讀技巧。另外，填寫調查筆記本的欄位時，同樣要求學生運用主動閱讀活動的技巧，也就是記下重點、提出問題。

提供更多經驗

延伸：線上影集 研究生物圈的全球暖化第二集（Studying Global Warming in Biosphere 2, 4 分 57 秒）以及未來世界的碳纖維車（Carbon-Fiber Car of the Future, 5 分 3 秒），都是值得推薦的影音資源。（mare.lawrencehallofscience.org/oss68）

延伸：碳足跡計算 學生可能有興趣計算自己的碳足跡，如果教師可以取得個人電腦的話，可以讓他們參考 <http://footprint.stanford.edu>，進行計算。

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？

教師注意事項

英文學習者

調整教師的說話方式 調整教師說話方式可以協助英文學習者跟上進度，並參與簡單發表。一般來說，英文學習者需要六至八秒，才能準備好並回答問題。就算有些學生快速舉手，教師也要先停留這樣的時間，再請學生回答問題。如有必要，請在討論時的關鍵時刻提供視覺參考，例如播放氣候變遷解決方案的相關影像，或在白板快速畫出素描或圖表，都有助於讓英文學習者跟上討論的步調。

教學建議

預先選擇因果關係流程圖的主題 在下一小節的 3.12 中，各組學生將會運用 24 張解決方案學習單其中一則的資訊，準備氣候變遷解決方案的因果關係圖。如果時間許可，教師可以先讓各組學生自由選擇他們需要的方案。如果時間緊湊，只要讓他們思考學習單上最感興趣的兩三則解決方案即可。

提供更多經驗

延伸：學生繪製解決方案海報 許多教師會讓學生繪製圖表，表達氣候變遷的解決方案。也就是說，讓每位學生挑選一則解決方案，然後畫出海報，以文字與圖像說明實踐方式，及其能減少或減緩氣候變遷效應的理由。大部分老師會先請學生在小張紙上完成草稿，之後再製成最後版本的海報。然後由教師想辦法展覽海報，例如在學校走廊，或讓學生把海報帶回家展示給家人看，藉此與更大的社群分享成果。

延伸：本小節的反思提示

- 你今天學到的解決方案中，哪項可以付諸行動？
- 你認為哪項資訊需要和他人分享，讓他們也和你一樣關心解決方案？
- 為什麼認識二氧化碳、地球大氣以及地球海洋，對於設計氣候變遷解決方案那麼重要？

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？

批判性思考氣候變遷

本 小節為海洋科學系列的最後課程，學生將分組產出因果關係流程圖，並預測解決方案對氣候變遷產生的效果。全班一起討論幾張流程圖，以批判性思考方式，評估可能的解決之道，探究事件關聯的證據、考慮變遷的其他後果，並針對變遷的幅度與可能的全球效應提出問題。接下來，學生將寫下修正後想法，總結本單元中對於氣候變遷的學習成果。以下是學生的學習重點：

- 解決氣候變遷的可能方法牽涉到環環相扣的因果關係。

批判性思考氣候變遷	預計時間
產出解決方案的因果關係與流程圖	20 分鐘
討論因果關係流程圖	10 分鐘
寫下修正後想法	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

總結性評量 包含在影印包內。請在單元上課前對學生進行測驗（前測），作為評斷學生已知與未知的基準；單元課程結束後，再進行一次測驗（後測），評估學生對於該單元的學習成效。評分標準請見評量系列介紹手冊的第 81 頁。

全班需要

- 投影設備 *
- 連結網路的電腦 * 或教學資源光碟
- 3.12 小節的四張投影片
- 一套氣候變遷解決方案彩色學習單（一套 24 張）
- 剪刀或裁紙器
- （選擇利用）展示台 *
- 影印包

每組學生需要

- 一瓶口紅膠
- 一把剪刀 *

每位學生需要

- 調查筆記本：pp.2 ~ 5; 18; 39 ~ 40; 39 ~ 40; p.38(選擇利用，每日書面反思)
- 影印包：資源—解決方案因果關係流程圖；（選擇利用）學習單：書寫工具—第二部分修正後想法、第二部分用於書寫修正後想法的組織圖、單元三 評量答案卡、單元三 評量（後測）

* 本教材包不提供

準備上課

本小節上課前一天的準備工作

1. **架設投影設備或視聽設備**：架設完成並進行測試，確保學生上課時能夠看到投影的資料。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。
2. **準備學生學習單**：影印以下影印包的材料。
 - _ 資源—解決方案的因果關係流程圖（每位學生一份）
3. **（選擇利用）準備學習單**：如果教師想要提供學生額外協助，當作是最後的書寫提示，或實施本單元後測之用，請影印以下學習單。
 - _ 寫作工具：修正後想法，Part2（每位學生一份）
 - _ 書寫修正後想法的組織圖，Part2（每位學生一份）
 - _ 單元三 評量答案卡（每位學生一份）
 - _ 單元三 評量（每位學生一份）
4. **放置氣候變遷解決方案彩色學習單**：在本小節進行時，各組學生將選擇一則方案來閱讀，請找教室內的桌子或講台放置學習單，或用夾子、吸鐵把學習單公布於白板。
5. **在白板上寫出問題提示**：在白板上寫出「問題提示」（question starters）（或寫在壁報紙，讓全班都看得到），請參考第 375 頁圖 3-11。

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

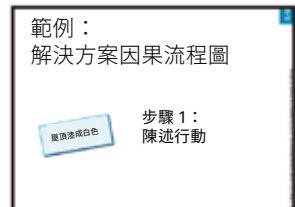
科學論證

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？

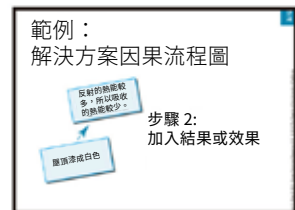
產出解決方案的因果關係與流程圖

- 1. 介紹活動** 教師提醒學生，他們在 3.6 小節曾經製作因果關係流程圖。教師告訴學生：本小節也要製作類似的圖表，預測氣候變遷解決方案的效果。
- 2. 討論效應的不確定性** 教師告訴學生：「對於預測行動對未來產生的效應，例如我們討論過的氣候變遷解決方案，連科學家都無法百分之百確定未來的結果。雖然科學家運用大氣、氣候、海洋、二氧化碳和地球歷史的證據，來支持他們的預測，但是未來總是有不確定因素。」
- 3. 播放三張投影片；討論流程圖範例** 教師播放以下三張投影片，作為建構某方案因果關係流程圖的範例。

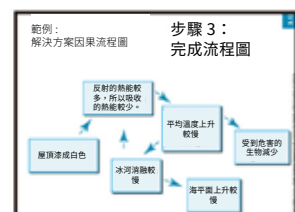
a. 步驟 1：陳述行動 教師解釋：從一張卡片開始，卡片載明該方案需要採取的行動。



b. 步驟 2：加入結果或效果 教師提醒學生：白色的表面，例如海冰或白色屋頂，與黑色表面相較下，反射的熱能較多、吸收的熱能較少。並告訴學生：「我的證據來自海冰研究站。」



c. 步驟 3：完成流程圖 教師描述，根據電腦所模擬的地表降低光能的吸收，如何減少大氣的暖化。教師解釋：大氣減少暖化的效應很多，圖表上只需展現少數效應即可。



- 4. 討論如何應用適當語言** 教師指出：以上面圖表為例，應該是大氣暖化的速度將「減慢」，而非「停止」；「遭受危害的物種愈來愈少」，而非「所有的物種都會安全無恙」。並告訴學生：「任何一種氣候變遷的解決方案都不可能完全讓氣候變遷及其效應停止。」

教師注意事項

每日書面反思

前一小節中，你已閱讀許多氣候變遷解決方案，那麼你對哪則最感興趣？為什麼？ 這則提示收錄在調查筆記本第 38 頁，要學生反思先前小節學到的解決方案，並挑出自認為最有意義的一則。這則提示可以讓學生準備更深入地調查方案。

教學建議

分配解決方案的其他方式 本小節展開之前，每組學生須先選擇一則解決方案，再挑選對應的彩色學習單。如果教師覺得這個教學步驟太耗時或麻煩，請選擇如下其他活動方式：

- **提前挑選解決方案：**在 3.12 小節開始前，先發下一張需要簽署的學習單（影印包有），這張學習單羅列了所有解決方案，各組可以事先簽署挑選。
- **沒有選擇：**隨機發給各組學生解決方案，不能自由選擇。

讓學生挑選班上想出來的解決方案 也可以從 3.10 小節全班想出來的解決方案中，挑選一則。這樣一來，學生就沒有對應的學習單資訊供參考，挑戰性會變高。

提供更多經驗

準備：網路研究 如果學生能用網路資源，讓他們在製作流程圖時，針對解決方案進行額外的研究。有些解決方案學習單會提供網址，對此可能有幫助。

例行教學

因果關係流程圖 這個活動與 3.6 小節的活動相似，也相異。因為兩者的架構相似，學生可能可以更成功地完成活動。本活動與 3.6 小節不同的是，學生須自行寫下因果關係的陳述，但不需要在每個因果關係的箭頭寫出證據（除非有額外時間能讓學生寫證據）。請參考第 375 頁的教學建議，決定是否加上「提供證據」這個步驟。

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？

教師注意事項

教學建議

在流程圖箭頭旁加上證據 如果時間足夠，讓學生在流程圖的箭頭旁邊，寫下因果關係的證據，如同在 3.6 小節的活動一樣。

評量

快速評估理解程度：檢視解決方案因果關係流程圖 教師檢視學生完成的流程圖表，評估學生綜合與應用氣候變遷學習的成果。請依幾個重點做檢視：學生能否根據選擇的行動，連結溫室氣體議題、大氣平均溫度、海洋變化、對人類或動物的效應，以及減緩氣候變遷效應。學生現在應該能夠連結發生在地球的效應與特殊因素，並合邏輯地推論氣候變遷的原因與減緩方法。

提供更多經驗

強化：進一步分享並討論流程圖 教師若能另外花時間，討論學生的解決方案因果關係流程圖，將有很大的幫助。以下是幾種討論方式：

- **畫廊漫步：**在後面的課程中，讓學生進行「畫廊漫步」(gallery walk)。教師把幾張流程圖張貼於教室內四周，讓學生自行閱讀並以便利貼評論，表達他們感興趣的主題或提出問題。
- **小組發表：**將各小組集成六至八人的團體，然後讓各小組輪流發表自己的流程圖，並回答其他組的問題。
- **與其他班級或家人分享** 讓各組製作小海報或電腦投影片，呈現流程圖，由教師安排時間，讓各組與家人或其他班級的學生分享學習成果。

問題提示

_____ 會導致 _____，你的證據是什麼？
_____ 將是大改變，足以導致 _____ 嗎？
_____ 也會導致 _____ 嗎？

圖 3-11

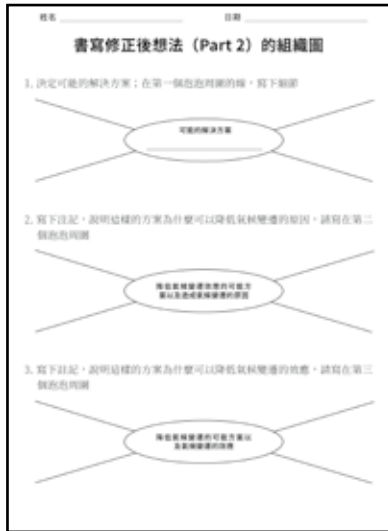
科學語言

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

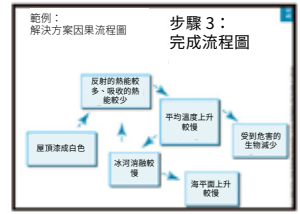
科學論證

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？



(選擇利用) 學生學習單

3. 再次播放流程圖範例，示範提問技巧 教師播放完成的流程圖範例投影片，並告訴學生：「針對範例，你可能質疑『光是把屋頂漆成白色，真的可以反射足夠光線以減緩大氣暖化嗎？』圖表的作者會回應：『我不確定；可能要把幾萬個屋頂都漆成白色，才能看出效果。』」請志願者運用白板上的問題提示，針對上述範例提出其他問題。（減緩大氣增溫會導致冰河消融減緩，你的證據是什麼？屋頂油漆增產，是否也會導致工廠排出更多二氧化碳到大氣中？）



4. 討論一個小組的流程圖 請志願上台的一個小組與全班分享流程圖。如果教師有展示台，就可以用來展示圖表；如果沒有，請快速影印圖表並公布於白板上。鼓勵學生針對圖表提出問題，也鼓勵製作者回答同學的問題。接著，教師舉出科學家的例子，來安慰製作者：所有科學家都要面對嚴苛的提問，如果這些提問能让你想要修改圖表內容，不啻是科學思考的優良表現。

5. 如果時間許可，討論其他流程圖 在時間許可下，盡可能讓更多組分享圖表並重覆上述步驟。

寫下修正後想法

1. 說明活動內容 教師向學生說明：接下來即將完成最後的撰寫活動，以呈現氣候變遷的學習成果。這個活動類似「課前想法與修正後想法，Part 1」。不過，因為目前學生對於氣候變遷所知更多，因此會有不同的提示。請教師朗讀新的提示：「挑選一個解決方案，解釋這個方案如何回應氣候變遷效應。運用你的因果關係流程圖，討論這個方案為什麼有幫助。」

2. 分享評量的規準 如果教師想評估學生的撰寫成效，請先與學生分享評鑑的規準。例如教師可以這樣說：「你的解決方案必須呈現如何降低大氣的溫室氣體含量，或如何修補全球暖化效應造成的危害。」

教師注意事項

教學建議

兩位教師的做法：傳播氣候變遷解決方案 一位教師監控學校的資源回收和堆肥計畫，他讓每位學生輪流站在學校垃圾桶、資源回收站和堆肥桶附近。當其他班級學生前來使用這些容器時，由該班學生解釋各種容器的位置以及這樣安排的重要原因。另一位教師則讓全班展開撰寫有關氣候變遷解決方案的信件，然後寄給當地政府或代表。

提供更多經驗

準備：書寫修正後想法的組織圖 學生若能在書寫前組織想法，對他們很有幫助。如果時間許可，提供學生影印包可取得的「組織圖：修正後想法，Part 2」影本，並讓他們在本頁的空白處快速記錄想法，事前規畫撰寫的內容。

延伸：針對目前氣候變遷的科學解決方案，進行網路研究 以孩童為中心、在家或課堂上研究氣候變遷解決方案，請參考 mare.lawrencehallofscience.org/oss6。

延伸：線上互動軟體 捕捉碳：我們在哪存放碳？ (Capturing Carbon: Where Do We Put It ?) 是值得推薦的互動資源，讓學生接觸封存二氧化碳的最新觀點。(mare.lawrencehallofscience.org/oss68)

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？

教師注意事項

英文學習者

書寫鷹架 根據英文學習者的英語能力，他們有可能因為撰寫能力而苦苦掙扎，教師可以提供影印包中的「寫作工具：修正後想法，Part2」。本頁的上半部是生字庫；下半部則提供句型架構，可以讓學生使用。有些英文學習者可能只需要生字庫，這時可以把本頁剪半，只提供上半頁；基礎能力或書寫有困難的英文學習者則提供上下半頁。諸如此類的書寫鷹架，可以讓英文學習者只專注於他們想要表達的科學內容，而非拼字、背誦單字或理解句子結構。

評量

鑲嵌式評量：修正後想法，Part 2 教師閱讀學生在調查筆記本第40頁的回覆，可以評估他們對於氣候變遷某些因果關係的了解。對於學生選擇的解決方案中，有關如何減少大氣中的溫室氣體，或減緩全球暖化的效應，他們應該都可以解釋。學生應該也會引述流程圖的證據，以支持想法。教師可以運用「課前想法／修正後想法評分規準」（介紹手冊第86頁），在氣候變遷的單元目標下，評量他們如何回應氣候變遷的原因與效應。

提供更多經驗

延伸：本小節的反思提示

- 同學分享的解決方案中，哪些是你最想與他人分享的？想與他人分享的理由是什麼？
- 與他人分享氣候變遷的學習成果重要嗎？為什麼重要，或為什麼不重要？
- 你學到的氣候變遷資訊會對你的生活產生什麼影響？

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？

海洋科學序列教材 G6-G8 海洋素養進階

中文電子書由「海洋素養教材共同推廣研究計畫」執行
版權為 國立海洋科技博物館、國家海洋研究院 共同所有
製作人：陳素芬、陳建宏
策畫：陳麗淑、嚴佳代
執行策畫：鄭淑菁、陳韻心

翻譯：李弘善、周品翔、邱憶群、李捷璇
審查：邵廣昭、張正杰、嚴佳代
潤稿：鄭淑菁

計畫協同人員：
宋祚忠、葉佳承、何宗南