

調查氣候變遷：證據蒐集站



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.lawrencehallofscience.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。

引導提問：
有什麼證據證明氣候變遷正在發生？
氣候變遷造成什麼影響？

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」。

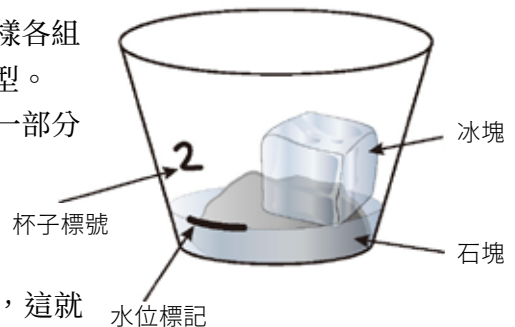


圖 3-3 冰河模型

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／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？

「改變中的海冰」證據蒐集站

天氣夠冷的話，海冰就會在海平面形成。在寒帶區域，海冰的厚度可達 20 公尺 (66 呎) 厚。當海水變成海冰之際，大部分的海體會留在海洋；因此附近沒結凍的海水會變得變鹹。當海冰融化，附近的海水會變淡。

「改變中的冰河」證據蒐集站

倘若冬天的雪沒有融化，經年累月堆疊的結果，積層就會變成冰。陸地上大規模、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。在地域某些區域，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均高度。科學家運用「測潮計」(tidal gauge) 之類的工具來測量海平面。將測潮計放在靠近海岸的水域，長期記錄海平面，就可以計算出該區域的平均海平面。另外，科學家也運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——請參考圖表 (SI-1、SI-2、SI-3)

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

2. 海冰與太陽——請閱讀學習單 (SI-3) 並且觀看圖表。請找出圖中陽光被反射以及被吸收的範圍。請與同伴討論：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——請參考圖表 (G-1、G-2、G-3)

冰河的證據——請參考世界各地的冰河相片 (G-1、G-2、G-3)，與小組討論：冰河這些年來如何改變。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。

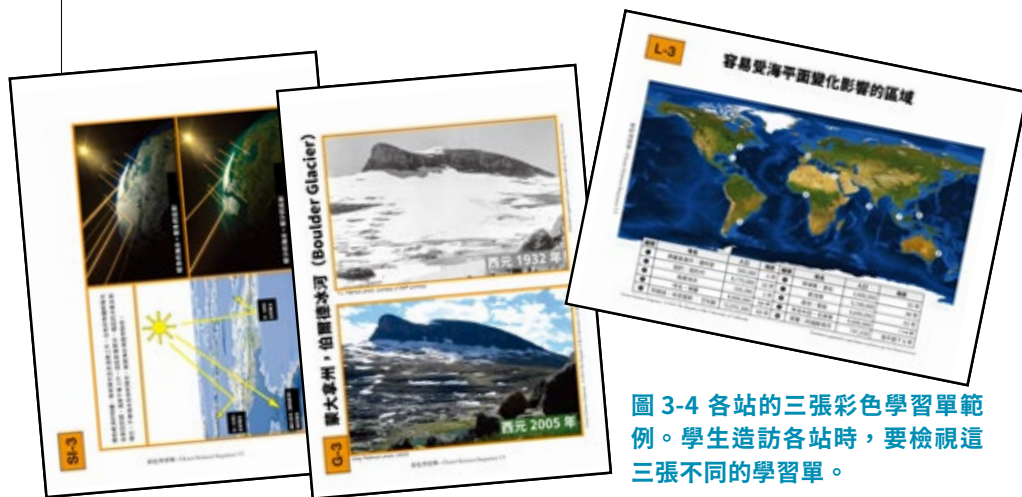


圖 3-4 各站的三張彩色學習單範例。學生造訪各站時，要檢視這三張不同的學習單。

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

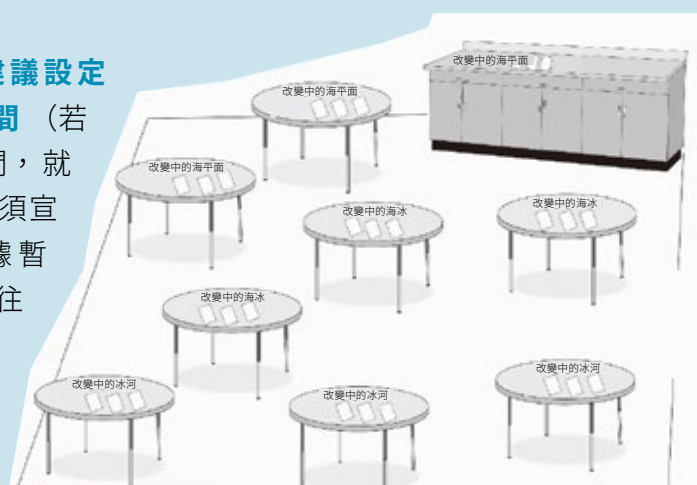


圖 3-5 教室九個證據站的布置範例

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。

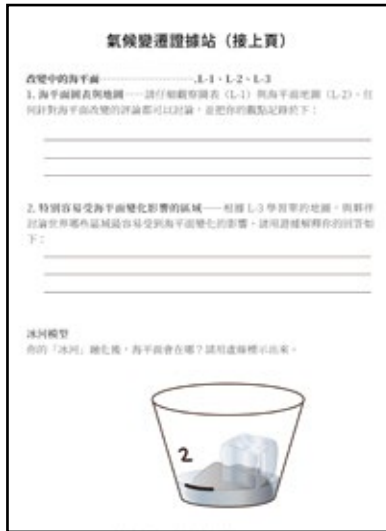
科學語言

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？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.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。

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。



這是燈的設置；將第二個燈設置在瓶子的另一側。

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？