

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？

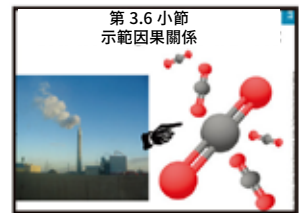
[illegible]

調査筆記本，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

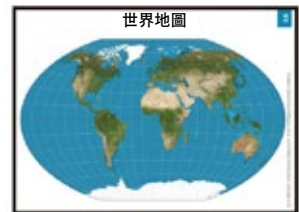
學生表明：關於前小節氣候變遷效應的證據，的確讓人擔憂。但全世界都在努力，希望減緩氣候變遷帶來的效應；身為學生的你們，在本單元稍後也可以找出可能的解決方案。最後教師向學生說：「了解氣候變遷的因果，是解決問題的重要開始。」

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

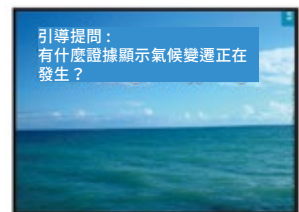
觀察組上的冰河模型時，有沒有發現什麼變化？」（學生可能回答：冰融化了，融化的水流進「海洋」，讓「海平面」更高了。）

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。

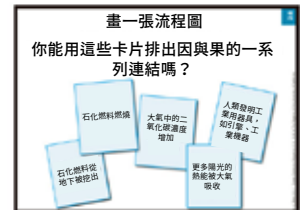
2. 舉例說明日常生活中的流程圖 請教師描述這個例子：非常大的噪音（因），讓一個拿水杯的人跳動（果）；人跳動（因），水就灑出來了（果）。請教師把這條因果關係鏈，簡單畫在白板上：

噪音 → 人跳動 → 水灑出來

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」。

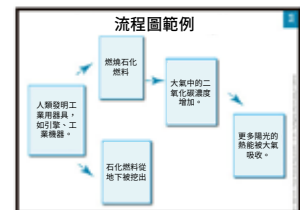
3. 播放投影片：畫一張流程圖 讓學生知道：

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。



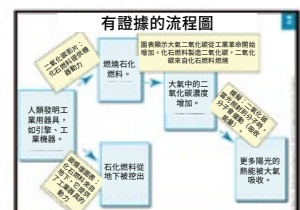
4. 播放投影片：流程圖範例 教師解釋：投影

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／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？



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／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？

調査筆記本，p.4

(選擇利用)

調査筆記本，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？