

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？

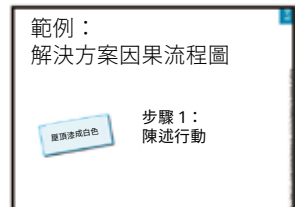
產出解決方案的因果關係與流程圖

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。

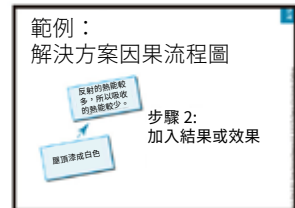
2. 討論效應的不確定性 教師告訴學生：「對於預測行動對未來產生的效應，例如我們討論過的氣候變遷解決方案，連科學家都無法百分之百確定未來的結果。雖然科學家運用大氣、氣候、海洋、二氧化碳和地球歷史的證據，來支持他們的預測，但是未來總是有不確定因素。」

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。

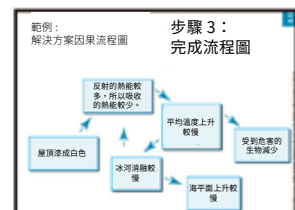
a. 步驟 1：陳述行動 教師解釋：從一張卡片開始，卡片載明該方案需要採取的行動。



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，那麼你對哪則最有興趣？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？



學生學習單



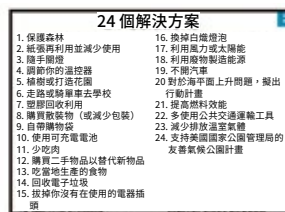
調查筆記本，p.39

5. 利用選擇性句型架構、卡片和黏貼流程圖，完成筆記本與學習單

頁面 教師發下調查筆記本、解決方案因果關係圖的學習單，並告訴學生：接下來將要兩兩一組合作，以這張學習單製作自己的卡片，然後組成因果關係圖表。如果方案內容合理，就可以參考下方的句型架構。教師提醒學生：把製作的卡片貼在筆記本第 39 頁，並完成流程圖。教師強調：每組要完成兩份一模一樣的圖，每個人的筆記本都要有一份。（讓學生能夠在最後書寫階段，參考自己的流程圖。）

6. 播放 24 個解決方案投影片；請各組挑選

方案與對應的學習單 除非教師已經先讓學生在前小節挑好解決方案，不然還是要播放這張投影片，然後請各組快速地選出三至四則方案。接著一次請三至四組從桌子、講台或白板取走對應方案的學習單。



7. 各組完成新的流程圖

教師先介紹活動步驟：首先，針對方案的行動產出一張卡片；接著，再針對行動引發的效應，產出一連串卡片。接著由教師發下剪刀，請各組沿著虛線剪開學習單空白處，開始書寫因果關係卡片。

8. 教師到處巡視，搜尋證據並適時給予協助

教師四處查看，觀察各組進行狀況，並適時詢問：「這個原因引發這個結果的證據是什麼？」如有需要，提醒學生重溫前面的活動，有助於他們預測因果關係。

9. 讓各組把各自的流程圖貼在筆記本

剩下三十分鐘時，教師發下口紅膠給各組，請他們將流程圖黏貼在調查筆記本第 39 頁，加上必要箭頭，並寫下組上兩人的名字。

討論因果關係流程圖

1. 讓學生注意教師指令並介紹全班討論活動

教師收回口紅膠、剪刀，請全班注意。然後告訴學生：全班將要討論幾個流程圖及其預測。教師說明：「當我們碰到預測時，都會針對支持這些預測的證據，提出問題，就像科學家都會彼此提出尖銳的疑問，但這並非失禮，而是讓整個科學社群的思考更縝密。」

2. 複習教師先前在白板寫的問題提示

複習先前的問題提示，並解釋：這只是幾種問題的範例罷了。學生可以提出其他問題。

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

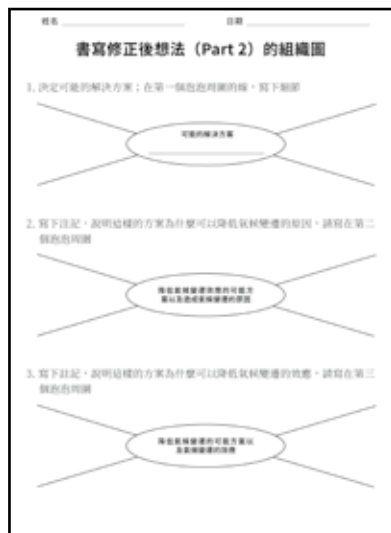
科學語言

科學字彙

吸收
大氣
碳循環
二氧化碳／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？

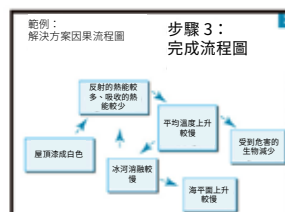


(選擇利用) 學生學習單

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／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.40

姓名	日期	
寫作工具：修正後想法，Part2		
字彙 以下是你可以用於寫作的字或詞：不一定要用到全部的字或詞		
態度	困難	積極
習慣	毛手毛腳	新鮮
大氣	決意	科學黨
關係	盡量發揮	海平線
練習	盡量發揮	海洋
二重化線	正確	解決方法
態度	海洋	海洋
表現標準	生物	海洋
問題		海洋
開始造句 有些方法，可以讓你開始造句，你不需要全部用上，也不一定完全照這個順序。		
氣候變遷的解決方案，其中之一是_____。 為了達到這個目標，人們應當_____。 因為_____，這樣就可以降低氣候變遷效應。 這樣會造成_____。 另一個效應是_____。 這樣也可以降低氣候變遷效應。例如_____，這是因為_____。		

(選擇利用) 學生學習單

3. 學生回顧課前想法與修正後想法，Part 1 教師告訴學生：回頭審視以前的紀錄與註記，思考自己的想法是如何改變、又得到哪些新想法，這樣做對個人相當有幫助。先請學生翻開第二頁並回顧「課前想法」下方的紀錄與註記，再翻開第 18 頁「修正後想法，Part 1」。

4. 學生回顧重要概念 接下來，請學生翻開第 3～5 頁「重要概念」，回顧當時的紀錄。

5. 學生分享修正後想法，Part 2 請學生翻開第 40 頁「修正後想法，Part 2」，根據提示寫出回應。鼓勵學生在書寫時，盡可能徹底全面考慮，以便寫出所能想到的相關證據來支持自己的想法。

6. 單元總結 教師恭喜學生，他們已完成了氣候變遷與地球海洋和大氣的課程。他們對於這方面的了解，可能比大部分成年人多。也告訴學生，在整個單元課程中，他們就如同科學家一樣——運用證據、分析圖表與地圖的資料、閱讀科學文本、思考因果關係、利用模型與模擬、團隊合作，並以口說與書寫方式溝通想法。

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？