

偵查腐敗或被掩埋的生物



生調查引導問題「**生物死亡後，體內的碳何去何從？**」當他們欣賞完死亡的兔子分解的短片，就可以開始討論這個問題。如果他們要取得更進一步的資訊，可以閱讀 DSI 短文，短文內容涵蓋各種狀況的生物分解，包括陸地、海洋生物，還有遠古陸地和海洋生物在缺氧的狀態下被掩埋的情況（煤炭與原油形成的過程），以及遠古海底被掩埋的貝殼變成石灰岩的例子。學生帶著閱讀的內容去找專家團隊，利用這樣的機會總結與分享閱讀的內容。接下來，全班一起欣賞關於碳與分解作用的短片，然後每個學生寫下一則重要概念，內容需涵蓋閱讀過的文章以及欣賞過的短片。同樣的專家團隊利用碳卡攜手合作，完成碳流動鏈。在這裡學生的學習將聚焦於以下幾個重要的概念：

- 生物死亡後分解，身體的碳會讓其他生物吸收，進入土壤、大氣或海洋；身體也可能遭到掩埋而不會分解，變成化石燃料或石灰岩（學生可以用自己的方式詮釋重要概念，但是也要跟上上述內容相當）

學生也會學習到：

- 陸地的生物死亡，細菌分解屍體，將營養釋放到土壤並將二氧化碳釋放到大氣中
- 在沼澤或深海，幾千萬年來，動物的遺體被沉積物覆蓋，在高溫以及高壓下，轉換成化石燃料
- 海洋生物死亡後，遺體沉到海底。經過幾千萬年，沉積物層層掩埋，在高溫與高壓下，生物的外殼轉變成石灰岩

單元目標

科學內容

- 碳循環

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

偵查腐敗或被掩埋的生物	預計時間
主動閱讀：掩埋、分解、化石燃料與石灰岩	15 分鐘
專家團隊的訊息分享	15 分鐘
以碳卡視覺化碳的流動	15 分鐘
總計	45 分鐘

你需要準備以下項目

全班需求

- ☐ 投影設備 *
- ☐ 連結網路的電腦或教學資源光碟 *
- ☐ 2-6 小節的 5 張投影片
- ☐ 影集：兔子如何分解
- ☐ 影集：碳鍵的形成，第二集
- ☐ (選擇利用) 科學證據圖表
- ☐ 影印包

每組學生需求

- ☐ 裝著 22 張「碳卡」的信封 (2-2 小節)

每個學生需求

- ☐ 1 盒「死亡後的碳」(Carbon After Death) 彩色卡 (8 套 /4 種不同的碳卡)
- ☐ 3-4 張便利貼
- ☐ 調查筆記本：p.4, 17; 選擇利用 p.18(每日書面反思), 19
- ☐ 影印包：碳循環圖作業

* 不包含於教材

準備上課：

上課前一天的準備工作

- 1. 架設好投影設備或視聽設備：**架設完成並且進行測試，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 或是資源光碟。
- 2. 播放並檢視影集：**上課前觀看兩部影集——兔子如何分解 (3 分鐘 28 秒) 以及碳鍵的形成 (3 分鐘 3 秒)，先掌握影集內容。
- 3. 預習文章：**先閱讀本小節 4 張彩色學生閱讀學習單。
- 4. 準備閱讀活動與專家小組：**計畫一下，每個學生要分到幾張便利貼。本單元共計有 4 篇文章，每篇都有 8 份影本。教師為了分派文章，還有讓專家小組轉移容易操作，請事先分組。請教師記得：閱讀相同文章的那對學生，必須一起討論文章；轉移到專家團隊的時候，要和夥伴分離。如果學生的數目無法剛好分成一組 4 人，也可以一組 5 人，並讓閱讀相同文章的學生一起工作，分享主要想法。
- 5. 準備完整的碳卡套件：**原本每個信封袋裝 20 張碳卡，加上兩張「玻璃」與「鹽」不含碳的碳卡，讓每套有 22 張卡。另外有 2-1、2-2 小節活動時移走的 4 張碳卡 (水泥、海洋、大理石、發電廠)。
- 6. 準備學生學習單：**影印以下影印包的內容——
_ 碳循環圖作業 (每個學生 1 張)

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
原子
碳
碳循環
二氧化碳 /CO₂
碳流動
碳儲存庫
燃燒
分解 / 分解作用
證據
化石燃料
物質
模型
分子
生物體
光合作用
呼吸

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？



主動閱讀提醒

- 閱讀時 ---
 - ___ 在你認為重要或有趣的地方畫線。
 - ___ 圈出你覺得疑惑的地方，並在空白處寫下疑惑的問題。
- 閱讀後 ---
 - ___ 跟你的夥伴相互提出問題，並提出自己的答案進行討論。

教師注意事項

每日書面省思

從大氣吸收到海洋的二氧化碳，結果是什麼？ 學生面對這則收錄於筆記本第 18 頁的提示，就要回想二氧化碳被海洋吸收的不同方式。他們應該可以描述海水如何吸收二氧化碳，以及海水因為吸收二氧化碳而增加酸性；還有海中能行光合作用的生物，如何利用二氧化碳製造食物並構成身體，以及利用海水中的碳酸鈣來製造外殼。

教學常規

主動閱讀 在本系列大部分的閱讀活動，學生要運用「主動閱讀」(Active Reading) 的技巧。這項閱讀技巧，可以讓學生監控自己的理解、解析閱讀內容，並與夥伴討論。這樣的學習過程，證實可以增加學生在閱讀過程的參與、理解與批判思考能力。在學生熟練閱讀技巧之前，需要練習，也需要從教師這裡得到回饋。如果教師發現學生因為不想讓別人了解自己不懂、遇到書寫問題就遲疑不前，請鼓勵他們換一種方式，寫下「進一步」的問題，例如問他們：**「這篇文章，是不是缺少你想知道的訊息？」**請注意：這個主動閱讀的例子，與先前的例子稍稍不同，教師需指定學生的閱讀夥伴，且把問題寫在便利貼，而不是直接寫在文章上頭。

提供更多經驗

準備：如有必要，介紹主動閱讀 如果學生先前沒接觸過主動閱讀，請教師在全班面前朗讀其中一篇的一個段落，然後示範如何畫重點並提出問題。學生獨立閱讀與評析閱讀內容的時候，請提供優質的問題範例，並高聲朗誦給全班聽。如需了解更全面的主動閱讀描述，請參考第一單元的第 36-37 頁。

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
原子
碳
碳循環
二氧化碳 /CO₂
碳流動
碳儲存庫
燃燒
分解 / 分解作用
證據
化石燃料
物質
模型
分子
生物體
光合作用
呼吸

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)
調查筆記本第 19 頁

7. 把文章發給兩人組成一對的學生 每個學生都發到 4 種「死亡現場調查」學習單的其中一種，確定每對學生都拿到文章，並盡量讓得到 4 種學習單的人數相同。

8. 學生閱讀文章並評析文章 教師告訴學生：他們將有 10 分鐘閱讀文章、貼上便利貼、記錄問題，並且與夥伴討論問題，然後才讓他們開始閱讀。請教師來回走動，鼓勵學生寫下問題。如有需要，教師可以問學生：「這會讓你想知道什麼？」「要怎樣做才能知道得更多？」「哪些地方讓人糊塗或不清楚？」

專家團隊的訊息分享

1. 教師給予分享的指示 重新讓學生拾回注意力，告訴他們將要組成 4 人一組的專家團隊，每位專家都要閱讀不同文章。另外每位組員約有 2 分鐘時間摘要文章，告訴大家死亡生物的碳會流向何處。所有組員都分享過後，每位組員都要運用這些文章的資訊，寫下一則重要概念，因此組員分享的時候，大家都要專心聆聽。

2. 各對準備摘要文章 教師告訴學生：待會要準備好說明文章的主要觀點。「生物死亡後，體內的碳會如何？」學生們的觀點要能解答這個問題。給每對約 1 分鐘時間討論並準備如何向專家團隊報告。

3. 將學生指派到專家團隊 教師把學生分派到 4 人一組的專家團隊（每位專家負責一篇文章），確定每位學生都帶著自己的文章、調查筆記本和鉛筆。

4. 學生分享 讓每組成員輪流發表，每位學生有 2 分鐘時間。教師準備計時器，協助組員的發表都能順利。教師可以考慮筆記本選擇利用的頁面，該頁可以協助學生順利記錄他人發表的內容。

教師注意事項

英文學習者

閱讀鷹架 教師評估班上英文學習者的能力，可能會從中挑選一篇文章，引領小組活動：讓小組閱讀並評析幾個句子，然後暫停，以小組方式討論。教師協助學生總結閱讀內容，並且釐清所有生字。接下來，和學生一起決定需要畫重點的重要概念。只要有問題，就要討論。請學生完成文章閱讀，然後小組再次討論。

教學建議

讓學生給夥伴的摘要做筆記 教師可以讓每位學生替小組報告的文章摘要做筆記，請參考調查筆記本第 19 頁「死亡現場調查記錄」(Death Scene Investigation, DSI)（選擇利用），該頁就是為了這個目的設計的。請注意：讓學生做這樣的紀錄，需要更多的時間。

科學註記

關於化石燃料的形成 化石燃料的形成，需要非常特定的條件，且每種燃料的條件都不同。正常情況下，生物死後會開始分解。但是，如果生物被一層一層的沉積物掩埋，在缺氧且沒有分解者的狀況下，生物體內的含碳化合物就不會分解。億萬年之後，逐漸上升的壓力與溫度，會把死亡生物的組成物質轉變為化石燃料（如需更多資訊，請參閱「科學背景」）。

關於石灰岩的形成 海洋生物死亡後，殼的碳酸鈣以沉積物的形態堆積於海床。幾千萬年後，沉積物日積月累層層堆疊，受到擠壓與加熱作用，就可能形成石灰岩；石灰岩是一種沉積岩。擠壓與加熱作用持續進行，石灰岩就有機會變成大理石。

關於分解作用 「分解作用」(decomposition) 是有機物質分解成更簡單形式的作用。分解者拆解死亡植物和動物的複雜含碳物質，並且利用拆解後的物質形成新物質，或者把碳儲存在體內，因而在循環營養的過程裡，扮演重要的角色。

提供更多經驗

延伸：線上影集 分解者是部值得推薦的影集，該影集詳述了解解者在自然世界裡扮演的重要角色 (mare.lawrencehaiiofscience.org/oss68)。

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
原子
碳
碳循環
二氧化碳 /CO₂
碳流動
碳儲存庫
燃燒
分解 / 分解作用
證據
化石燃料
物質
模型
分子
生物體
光合作用
呼吸

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 (接上頁)

引導問題 3：腐敗何處入海洋？

引導問題 4：生物死亡後，體內的碳會怎樣？

引導問題 5：人類工業如何影響碳循環中的碳流動呢？

調查筆記本第 4 頁

姓名 _____ 日期 _____

定義碳循環

簡單的定義：
留在地球不同區域的整個流動系統，稱為碳循環。

更完整的定義：
生物透過 _____ 的過程吸入二氧化碳之類的碳來源，並且透過以下過程將碳歸還於環境。

(a) _____ (b) _____

(c) _____ (d) _____

以及

(e) _____ = 這就是碳循環。

調查筆記本第 17 頁

5. 播放影集 請教師集中學生的注意力，並且這樣說：「我們待會要欣賞一齣短片，讓你蒐集更多證據，這樣就能寫出重要概念，回答『引導提問』。生物死亡後，碳何去何從？」播放短片碳鏈的形成（3 分鐘 3 秒），該片將介紹碳循環的過程裡，分解作用的角色。

6. 強調化石燃料的意義 教師提醒學生：「化石燃料」將在兩個 DSI 案例出現，分別是煤炭的例子與原油的例子。死亡的動物和植物，被沙子、泥巴、以及沉積物層層堆疊且沒有分解腐化，就在沼澤、湖泊底部以及海床形成化石燃料，這個過程需要億萬年的時間。億萬年的高溫與高壓，把生物殘骸轉變為化石燃料。「化石燃料」來自遠古的動物與植物殘骸，故名。

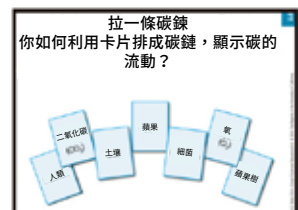
7. 學生寫下重要概念 教師請學生翻到調查筆記本第 4 頁，找到引導問題 #4。請學生根據閱讀過的文章、小組的摘要以及影集內容，用一句或兩句寫下能夠回答問題的重要概念。教師鼓勵組員彼此互助合作，共同完成重要概念的撰寫。死亡生物體的碳到底何去何從，有許多種可能，重要概念要涵蓋多種可能。

8. 學生增加碳循環的定義 請學生翻到筆記本第 17 頁「定義碳循環」，填寫 b、c 與 d 的答案。請一位志願者，大聲朗讀出快要完成的句子。教師告訴學生：最後的碳流動，將在下一小節完成。

以碳卡視覺化碳流動

1. 介紹碳鏈活動 教師提醒學生：起先他們在碳循環圖中畫上箭頭，表示碳從一處儲存庫流動到下一處。此後，他們蒐集更多證據，顯示地球上的碳如何透過碳循環而流動。教師為了顯示不同方式的碳流動，請學生把碳卡攤開在桌上，每組發 22 張卡。學生在形成碳鏈的時候，盡量利用碳卡，愈多愈好；但如果學生無法利用許多碳卡，也沒有關係。

2. 播放「拉一條碳鏈」投影片 請注意：投影片的 7 張卡片為示範效果，並非要學生照樣排列。教師可以這樣問學生：「你如何利用卡片排成碳鏈，顯示碳的流動？」教師先讓學生表達他們的答案，然後告訴他們：碳鏈的排列，沒有固定方式，但是必須根據碳流動的證據，解釋卡片間的關聯。



教師注意事項

評量

快速理解篩檢：重要概念 教師閱讀學生的重要概念，評估他們是否理解死亡生物的碳的去向。學生的概念要包括：碳可以循環進入空氣、在土壤間循環，也可以藉由分解作用，或儲存於化石燃料以及石灰岩，因而在生物間循環。

教學方針

平均分配專業的好處 讓學生閱讀不同的文章，並且以小組方式分享，這提供了仔細閱讀以及參與討論的理由。死亡生物的碳，最終何去何從？讓所有學生理解當中所有細節並不是很重要；但是要讓學生明白碳可以藉由分解作用而快速循環，或是因為化石燃料以及岩石而長期保存，才是教學重點。

碳卡資訊廣泛的原因 碳卡的資訊，超過學生其他活動學到的含碳場合。舉例來說，只有在碳卡上，學生才能了解石灰岩可以變成大理石，或者塑膠的原料其實來自石油。學生是不是學到碳卡的資訊，其實並不重要；碳以多樣的方式成為我們生命的一部分，才是碳卡要讓學生明白的重點。

教學建議

重要概念寫作框架 以下有幾項建議，可以讓學生得到寫作的框架：(1) 建議學生寫下幾個重要概念，而不是一個複雜的句子；(2) 領導全班進行腦力激盪，想出可以用到的概念；(3) 利用選擇性運用的DSI學習單，讓學生針對各案例寫下重要概念，以及(4) 讓學生先各自作業，然後小組分享，讓自己的概念更加精緻。

分享並修正重要概念 學生書寫重要概念時，請教師來回走動，並且找出3-4位能夠寫出不同面向重要概念的學生。學生寫完後，請這3-4位學生對全班分享。教師把不同的重要概念寫在白板上，然後總結不同概念中的面向。接下來，讓學生修正自己的重要概念，並且確定融入重要的面向。

額外的支持：運用簡化的碳卡組合 如果教師發給每組的碳卡是11張而非原本的22張，活動就會平易許多。如果教師這樣處理，請發給各組以下這11張卡：貝殼、石灰岩、珊瑚、原油、植物性浮游生物、動物性浮游生物、植物、空氣、土壤、動物以及海水。

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
原子
碳
碳循環
二氧化碳 / CO₂
碳流動
碳儲存庫
燃燒
分解 / 分解作用
證據
化石燃料
物質
模型
分子
生物體
光合作用
呼吸

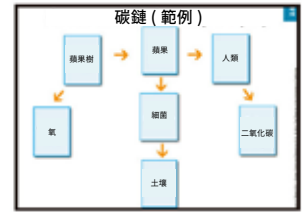
科學論證

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

3. 播放「碳鏈」投影片（範例） 教師讓學生們了解：目前只有一種方式排列碳鏈，並且問他們：「**碳如何從蘋果流到人體？**」（植物製造葡萄糖，也就是蘋果；人類吃下蘋果，因而攝取到碳）教師也示範如何讓碳流動發展出「枝幹」——樹釋放出氧氣，細菌分解蘋果，分解的蘋果進入到土壤。



4. 解釋碳鏈的形成步驟 教師告訴學生：組員要在桌上排列碳卡，接成碳鏈。學生在「死亡現場調查」文章中學到的知識，有助於碳鏈的形成。學生也可以運用碳卡背後的訊息，蒐集碳流動的證據。教師可以在這裡特別指出：所有組員在討論與移動碳卡的過程，都要參與活動。起初，組員不一定同意碳卡的排列方式，這時需要彼此溝通理由。而且每位組員都應該態度禮貌，認真傾聽。在過程中教師要提醒學生必須應用科學語言，例如——

- 我認為這樣的理由是……
- 你為什麼這樣想？證據是什麼？
- 這項證據似乎指出……
- 你同意嗎？為什麼？
- 你不同意嗎？為什麼？

5. 發下碳卡並開始動作 教師發下碳卡，告訴學生活動開始。教師來回走動，確定組員了解活動的挑戰。活動結束後，收回碳卡。

6. 分派碳循環圖回家作業 教師把碳循環圖的回家作業學習單發給學生，也發下他們的碳循環圖。教師向學生解釋：這次傍晚的回家作業，將是增加碳循環圖的最後機會。他們應該加入圖畫、箭頭；至於關於碳、海洋、分解作用與碳流動到石灰岩以及化石燃料等相關議題，要標示說明。

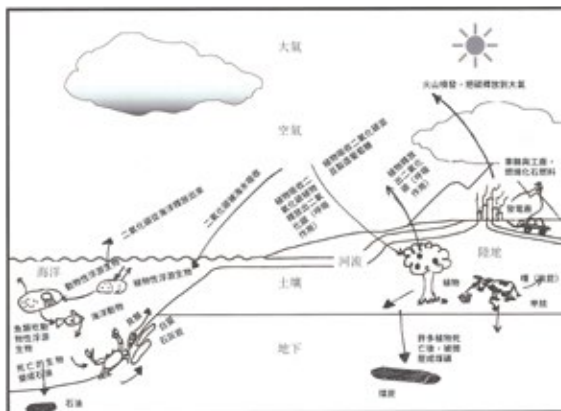


圖 2-5 從影印包找出碳循環圖的範例（教師參考資料），範例顯示學生完成回家作業後預期的進展。這也是學生們最後增加碳循環圖的機會了。

教師注意事項

教學常規

碳流動圖 這個活動與第三單元的因果關係圖活動非常類似。這些活動，都能協助學生思考複雜的系統以及一連串的事件組合。

提供更多經驗

強化：巡迴成果分享 如果時間允許，讓學生來個巡迴成果分享（Gallery Walk），讓他們有機會檢視並討論別組的碳流動。請教師指定每組的解說員，負責駐點回應關於自己小組的問題；並讓其他組員到其他組別觀摩，他們要檢視並討論其他組別完成的碳流動，看看與自己的組別有哪些相似或相異之處。

延伸：本小節省思的提示

- 本小節原本的標題是「死亡與腐敗」，後來改為「偵查腐敗或被掩埋的生物」。為什麼要改變標題呢？提示：起先的標題，遺漏了哪些碳流動？
- 以化石燃料如何形成的角度，想想看為什麼有些人擔心人類即將把化石燃料消耗殆盡？

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
原子
碳
碳循環
二氧化碳 /CO₂
碳流動
碳儲存庫
燃燒
分解 / 分解作用
證據
化石燃料
物質
模型
分子
生物體
光合作用
呼吸

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？