

碳循環海報

年級階層
科目
活動所需時間
地點

4 - 8 年級；加州學術內容標準針對 4、5、6、和 8 年級學生
生命科學，地球科學
活動：40 分鐘
教室

學習目標

在這次的活動中，學生們將可以：

1. 學習到碳存在於地球上全部四個主要的領域中：生物圈、大氣層、水圈和岩石圈。
2. 了解碳會從一個領域移動/循環到另一個領域。
3. 了解人們是如何地影響碳循環及造成全球氣候變遷。

材料

海報紙

四種顏色的勞作紙（我們建議使用藍色、綠色、黃色和棕/紫色）

透明膠帶

剪刀

彩色鉛筆、蠟筆或奇異筆

碳流動箭頭

碳循環變化卡

碳循環變化解答

單字

- ❖ 碳：一種在自然界中富含的非金屬元素，存在於所有的有機化合物中，並在所有已知的生命形態中都可發現。
- ❖ 生物地球化學：研究一區域中的地球化學及該區域中的動物與植物之間的相互關係的學科，包括各種元素的循環例如碳和氮在環境及生物體細胞之間的循環。
- ❖ 岩石圈：在地球外層之堅硬的剛性岩石層。
- ❖ 水圈：所有地球上的水的總稱，包括地表水（在海洋、湖泊和河流中的水），地下水（在土壤及地球表面下的水）以及積雪、冰和大氣中包含水蒸氣在內的水。
- ❖ 大氣層：受地心引力的牽引而包圍在地球周圍的一層混合氣體。
- ❖ 生物圈：地球上可以讓生物存活的部份，包括陸地、海洋及大氣層。

教師參考資料

注意: 如果您已經閱讀過“碳循環角色扮演”的教師參考資料的話，您可以直接閱讀本教師參考資料的人類活動章節。



碳循環：在地球上，碳是非常普遍的元素。在地球上全部四個主要的領域：生物圈、大氣層、水圈和岩石圈中都可以發現碳的存在。碳可同時存在於地球上所有生命和無生命的部分，是生物體、大氣氣體、水和岩石的構成要素。在地球上各個領域中所含的碳並不會永遠停留在原處，相反的，碳會不斷地從一個領域移動到另一個領域，這個持續不斷的過程就是我們所謂的碳循環。碳循環對於地球是非常重要的，因為碳循環會影響到許多關鍵的生命過程例如光合作用和呼吸作用，碳循環並直接貢獻了化石燃料的生成，且對地球的氣候有很大的影響。

除了從隕石中所得到的相對微量的碳以外，地球上碳的數量是固定的。不過，碳的數量在地球上的任一領域裡會因為碳循環的變化而增加或減少。如此的循環可想像成水庫(儲存碳的地方)和流動(水庫和水庫之間碳的移動)，而大氣層、生物圈、水圈和岩石圈就是水庫，碳從一個水庫移動到另一個水庫的過程就是流動。雖然碳在地球上非常的普遍，但純碳是很罕見的，大部分的碳通常都是和其他的元素結合而形成化合物。因此，當碳在移動或循環時也通常是伴隨著化合物一起，如二氧化碳和甲烷(沼氣)

許多將碳從一個地方移動到另一個地方的過程都是在不同的時間標度下發生的，有些在很短的時間內發生，例如光合作用，當植物從大氣中攝取二氧化碳的同時也將碳從大氣層中移動到生物圈中。有些碳循環的過程是經過很長時間才發生的，舉例來說，在海洋中，有碳酸鈣骨骼和外殼的生物死亡後它們那些無法分解的部分遺骸會沉入海底，當那些遺骸到達海床後，儲存在它們體內的碳會變成含碳豐富沈積物的一部份並且最終經由板塊運動一起攜帶入隱沒帶，並在此轉變成變質岩。這兩個例子顯示了在碳循環中發生的非常多樣化的過程。

一般來說，短期碳循環包括光合作用、呼吸作用和掠食者-獵物之間的碳轉換。在陸地上，大量的碳從大氣層經由光合作用傳送給植物，之後這些碳又因為植物和動物的呼吸和分解作用而流回大氣層。水生植物則是取用溶解在周圍水中的二氧化碳來行光合作用，並經由呼吸和分解作用將二氧化碳送回水裡。二氧化碳除了在植物和大氣層之間移動外也會經由擴散作用而在大氣層和水之間持續地雙向移動。長期的碳循環包含了較多的岩石圈過程，其包括含碳岩石的風化和侵蝕、沉積物中富碳植物和動物物質的堆積作用，以及這些沉積物在岩石循環中的緩慢移動。

完整的碳循環是由比在此探討之更為複雜的大氣層、生物圈、水圈和岩石圈之間的相互碳流動所組成，而這個角色扮演遊戲所教的碳循環則是較適合學生年齡的版本。雖然另外還有更多有關地球複雜的碳循環的具體細節，但這個版本將強調一些最重要的部分並教導學生碳是有限的及碳如何在地球不同的領域中移動的整體概念。在教導碳循環角色扮演之前，請詳閱在步驟章節內的表格來深入了解你的學生們將會學習到的碳流動細節。另欲知更詳細的碳循環資訊請查閱列於本課程計劃最後的資源和參考書目。

人類活動：在碳循環中雖然有自然變動，但人類一直以來不斷地以非自然的速率改變地球上的碳流動，最主要之人類所引起的碳循環改變導致了二氧化碳(CO₂)和甲烷(CH₄)在大氣層中的含量大量增加。造成此變化最大的原因是燃燒化石燃料，但其他行為像是砍伐森林、水泥製造、牛隻養殖以及稻米耕種也促成了碳循環的改變。

人類使用化石燃料像是石油、煤礦和天然氣來達成各種需求，包括提供汽車動力、發電、加熱或冷卻建築物以及物料的製造例如塑膠。化石燃料是經過數百萬年的時間從埋藏在地裡的植物和動物材料歷經了地底深處高溫高壓的劇烈變化所形成。一般來說，煤礦是來自於陸地植物材料，而石油和天然氣則主要是從微小的海洋植物和動物而來。當我們燃燒這些化石燃料時，我們同時也將長久以來一直深埋在地底的碳給釋放到了大氣層中。

有很多的原因可解釋為什麼砍伐森林會導致碳被釋放到大氣層中：第一，樹木被砍伐後通常被焚燒而立即地釋放出儲存在樹木裡的碳到大氣層中。第二，砍伐森林會同時對土壤的溫度和穩定性產生影響，因為土壤中含有大量的碳因此任何變化都會影響到儲存在土壤中的碳。砍伐森林會造成更嚴重的土壤侵蝕，因為已沒有樹木幫忙穩固土壤的結構。被侵蝕的土壤和其中含有的碳往往會流入河中和小溪中且最終流入海洋裡，將陸地的碳帶到了水圈中。在森林砍伐地區的土壤不但會因為沒有樹木的穩固而受侵蝕並且也經常被人們翻土作為農業耕地，耕作會將土壤翻動而釋放出藏在土裡的二氧化碳氣體到大氣層中。在砍伐森林後土壤的溫度會增加因為土壤將不再被樹葉遮蔽著，所造成土壤溫度的上升會加快細菌分解作用的速率，而導致更多的碳釋放到大氣層中。

製造水泥的過程會釋放二氧化碳氣體到大氣層中。要製造水泥必須將碳酸鈣在窯中加熱而產生石灰和二氧化碳，石灰會與其他材料混合在一起製成水泥，但二氧化碳則會被釋放到大氣層中。在美國，這些過程每年就釋放了大約七百到一千萬公噸的碳。雖然不算是二氧化碳排放量最多的產業，水泥製造在全世界仍然是一個重大且成長中的碳排放來源。

牛隻養殖和稻米耕種都會釋放甲烷氣體到大氣層中。經常淹滿水的稻米田地被認為是釋放最多甲烷的甲烷釋放者之一，當稻米田地淹滿了水時，水底下的有機物質經過分解後便會釋放出甲烷，此現象也發生於天然溼地。牛隻養殖也造成了大量的甲烷排放；牛隻打嗝和排氣會釋放出甲烷，因為在牛腸道中的細菌分解食物並轉化部份食物成甲烷氣體。牛隻養殖和稻米耕種在全世界都在不斷地增加中因此這些溫室效應氣體的來源也越來越令人擔心，甲烷排放尤其更需要關注因為甲烷是比二氧化碳威力更強的溫室氣體，這表示每一分子的甲烷比起每一分子的二氧化碳暖化地球的程度更大幅地提高許多。



由於二氧化碳(CO₂)和甲烷(CH₄)是能夠幫助地球控制溫度的溫室氣體，因此人為增加大氣中的碳濃度會導致全球的氣候變遷。這些改變包括溫度增加、海平面上升、降雨模式的改變、不斷增多且增強的暴風雨以及生物的滅絕。尤其因為我們對於碳循環所造成之劇烈且重大的變化，在人類歷史的當下去了解碳循環更是特別的重要。

人們正開始採取許多不同的行動來試著減緩氣候變遷的速度，他們正試圖減少已排放到大氣中的碳量並同時捕捉大氣中的碳儲存在他處。有些減少大氣碳排放量的方法包括少開車、使用能源效率電器、轉換成太陽能或風力發電以及從發電廠和其他固定污染源捕捉碳並注入地底封存；這樣的技術叫做碳捕捉和封存或是碳吸存，且人們很久以前就已經使用這項技術於油田了。科學家們正在著手研究碳捕捉和封存的方法並試著決定這項技術是否能被大規模地使用來幫助減緩氣候變遷，藉由真正地將碳從大氣層中移除來減輕氣候變遷可用許多不同的方法來達成：只要種更多的樹就可以將碳從大氣層中移除，因為植物會從大氣中吸收碳來進行光合作用。其他從大氣層中移除二氧化碳的方法包括捕捉二氧化碳氣體並將其轉化回可用的燃料，這是個正在進行的研究課題，雖然現在有許多可行的方法來減少大氣中的碳含量，但未來的發展仍然有其他的可能性。

活動

介紹

- ❖ 請在黑板上寫出下列單字：“biosphere(生物圈)、lithosphere(岩石圈)、hydrosphere(水圈)和 atmosphere(大氣層)”。
- ❖ 請詢問學生看他們知不知道這些單字的意思並帶領學生仔細分解這些單字。“bio”表示“生命”、“litho”表示“岩石”、“hydro”表示“水”，而“atmos”是希臘文表示“水蒸氣”。“sphere”則代表地球的一部分或多部分。因此，biosphere 是由地球上含有生命的部份所組成的；lithosphere 是由地球上含有岩石和沉積物的部份所組成的；hydrosphere 是由地球上含有水的部份所組成的；而 atmosphere 是由地球上含有水蒸氣或氣體的部份所組成的。
- ❖ 請在黑板上寫出此單字：“biogeochemistry(生物地球化學)”。
- ❖ 請帶領學生仔細分解這個單字成爲“bio”，“geo”和“chemistry”。
- ❖ 請寫出這三個詞的字義在黑板上：“bio”表示“生命”、“geo”表示“土地”或“地球”、而“chemistry”則是研究物質的組成、結構和性質以及它們所經歷的反應的一門學問。
- ❖ 請告訴學生們全世界就是由這三樣東西所結合的。生物地球化學不光只是研究其中一樣東西而已，而是一門研究地球的各領域間如何地相互作用，東西是如何從生物圈、生物體，到地圈或岩石圈的，其包含了無生命的物體例如岩石和沉積物。碳循環就是

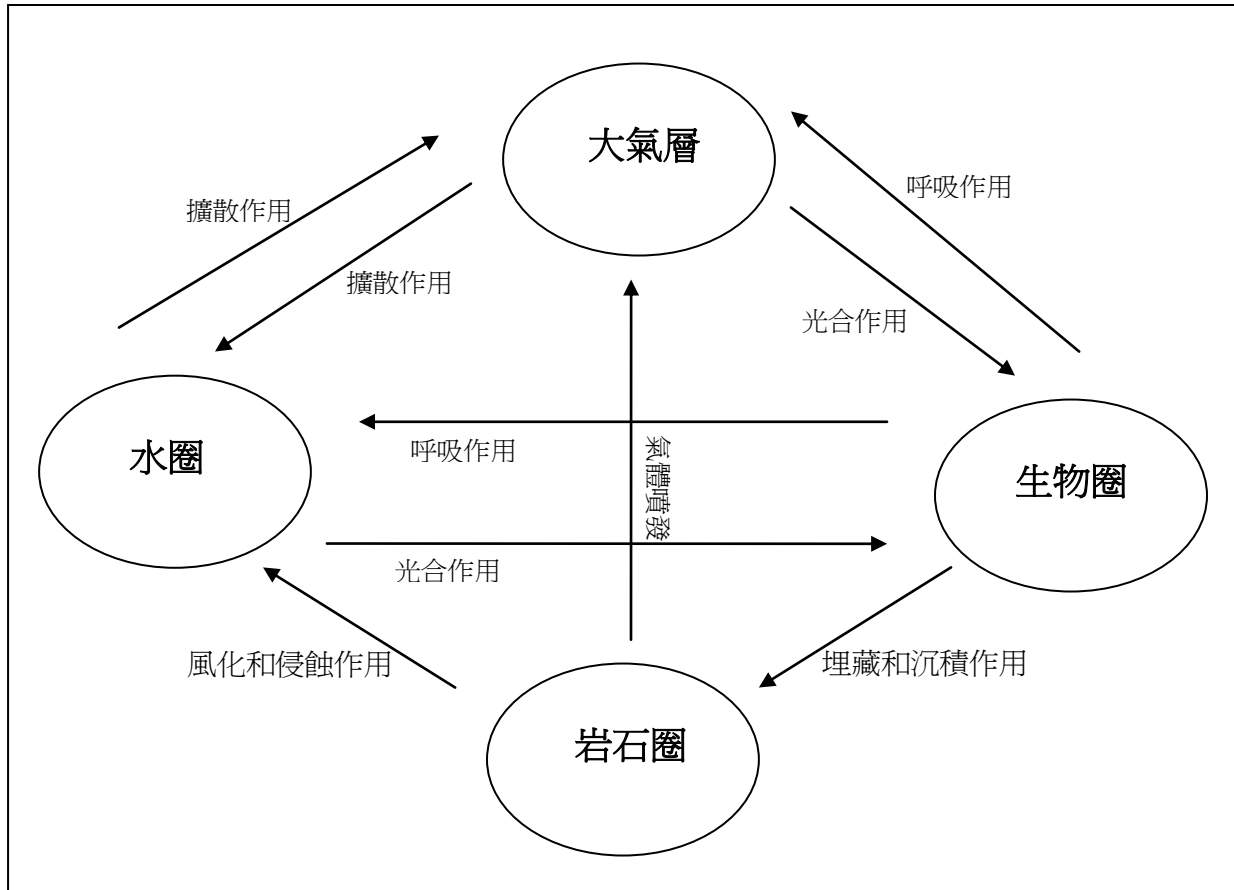


地球的生物地球化學循環的一種，因為碳可在生物體和無生命的岩石和沉積物之間移動。

步驟

1. 請講授碳循環，我們建議您使用“碳循環角色扮演”活動。
2. 請將學生分成每四人一組，並請告訴學生他們現在可以開始構思他們自己的碳循環海報。
3. 每一組設計一張碳循環海報。
 - 請發給每一組四張勞作紙，四張皆不同顏色。
 - 請告訴學生每一張紙都代表地球四個領域中的其中一個領域：生物圈、大氣層、水圈和岩石圈。請告訴學生們或讓全班同學一起決定哪個顏色代表哪個領域。
 - 請讓每位學生選擇一張紙並從那張紙剪下一個大圓，然後讓學生在他們的圓上寫上領域名並畫些代表該領域的事物，例如，葉子代表生物圈、雲代表大氣層、水滴代表水圈，而山則代表岩石圈。
4. 請叫學生貼上那四個圓到他們的海報上，並確保它們是分散開來的。
5. 請給每組學生一套 9 個的碳流動箭頭，但還不用發給他們“人類活動”的箭頭。請告訴學生們那些箭頭指示出碳是如何從一個領域到另一個領域的。
6. 請和學生重新復習箭頭上一些較困難的單字。
 - 呼吸作用：植物和動物細胞分解醣而產生二氧化碳。
 - 光合作用：植物用二氧化碳和從太陽獲得的能量來製造醣。
 - 擴散作用：移動粒子例如原子或分子從一個地方到另一個地方的過程(從高濃度到低濃度)叫做擴散。
 - 沉積作用：沉積物埋藏到底部並形成沉積岩的過程。
 - 風化作用：岩石暴露在地表因天氣的變化影響而崩解的過程。
 - 侵蝕作用：岩石和沉積物往往經由水、風、冰川和海浪而造成磨損和移動。
7. 請告訴學生他們的任務是將箭頭放在海報上適當的領域之間並指向正確的方向。
8. 在學生們完成以箭頭連結領域後請帶領全班學生一起做一張海報好讓學生們看得到解答。請參見下圖：





9. 請向學生說明他們的海報展示碳從一個地方移動到另一個地方最重要的一些過程。
10. 請學生回到他們的小組並請發給各組一張人類活動卡。
11. 再發給學生人類活動的箭頭並請學生剪下箭頭且寫上一些具體的人類活動在箭頭上。
12. 請告訴學生將人類活動的箭頭放在他們的海報上以反映出這些人類活動將會如何地把碳從一個領域移動到另一個領域，有些答案不太簡單所以若有學生不確定答案請向他們解釋你稍後會向全班宣布答案。
13. 請讓每一組向全班報告他們的人類活動和他們如何認為那些活動會怎麼影響碳循環，請用碳循環海報的解答去核對學生的成果並帶領全班討論。
14. 在每一組都報告過後請務必和學生探討人類活動的初步影響可能只是由大箭頭所代表的從一個領域流向另一個領域，但其實那初步影響可能也會造成其他在碳循環中的移動。這畢竟是碳循環，凡是移動入一個領域的碳終究也會移動到其他的領域。也請您務必強調碳循環移動的速度不盡相同，有些領域之間的移動相對的很快速而有些則會花上非常久的時間。



15. 請利用這機會告訴學生們其實科學家至今仍在繼續研究碳循環且他們還未完全了解所有碳循環的細節，舉例來說，若人類釋放出更多的碳到大氣層中，其中有部份會被海洋吸收，但科學家們還未完全確定海洋到底會從大氣層中吸收多少的碳。
16. 請討論哪些人類活動會影響氣候：它們全部都會對氣候造成影響，全部六種活動都有釋放碳到大氣層中，在大氣層中碳是溫室氣體的構成要素，其會吸收熱並把熱再輻射回地球因而改變氣候。其中一個活動是從大氣中捕捉碳並提供樹的成長，另一個活動是從岩石圈中捕捉碳但沒有釋放碳到大氣層中而是將碳注入回岩石圈中。最後的兩個活動：種樹和捕捉碳並封存在地底就是人類嘗試著減低碳排放量並與氣候變遷搏鬥很好的範例。

總結

請與學生們討論下列問題：

- ❖ 人類是否添加了更多的碳到碳循環中呢？(不，人類只有改變碳在某些領域的量但並沒有改變地球上碳的總量)
- ❖ 人類做了些什麼而改變了碳循環呢？(燃燒化石燃料、養殖牛隻、耕種稻米、砍伐森林及製造水泥)
- ❖ 為什麼這些人類活動對碳循環來說是個大問題呢？(這些人類活動正不斷地增加大氣層中的二氧化碳和甲烷的量，兩者皆為溫室效應氣體。溫室效應氣體的增加會導致全球氣候變遷，其有很多的影響包括海平面上升、溫度上升、增多且增強的暴風雨、降雨模式的改變以及生物的滅絕…)
- ❖ 人類可以做些什麼來減少釋放到大氣層中的碳含量呢？(少開車就可避免燃燒化石燃料、使用大眾交通工具、購買當地生產的食物、關燈節約能源、多種樹、支持可再生能源例如風力和太陽能、從發電廠捕捉碳並封存在地底下)

評估: 請檢查學生海報的正確性。

補充

學生們可以設計更具體的海報說明他們鄰近地區或校園內的碳循環來延伸這次的活動，這可以在教室中進行或當做回家功課。

資源

NASA, earth observatory. *The carbon cycle*. Retrieved on January 14, 2008 from http://earthobservatory.nasa.gov/Library/CarbonCycle/carbon_cycle2.html



Houghton, R. (2007). *Understanding the global carbon cycle*. Retrieved on March 26, 2008 from <http://www.whrc.org/carbon/index.htm>

參考書目

Energy Information Administration. (1996). *Carbon dioxide emissions*. Retrieved on March 28, 2008 from <http://www.eia.doe.gov/oiaf/1605/archive/gg96rpt/chap2.html>

Energy Information Administration. (2006). *Emissions of greenhouse gases report*. Retrieved on March 28, 2008 from <http://www.eia.doe.gov/oiaf/1605/ggrpt/index.html>

Graham-Rowe, D. (2007) *Turning carbon dioxide into fuel*. Technology Review. Retrieved on March 28, 2008 from <http://www.technologyreview.com/Energy/19909/>

Mackenzie, F.T. (2003). *Our Changing Planet: An Introduction to Earth Science and Global Environmental Change*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

NASA, earth observatory. *The carbon cycle*. Retrieved on January 14, 2008 from http://earthobservatory.nasa.gov/Library/CarbonCycle/carbon_cycle2.html

Tarbuck, E.J., & Lutgens, F.K. (2002). *Earth: An Introduction to Physical Geology*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

相關的加州內容標準

四年級

Earth Sciences

5a. Students know some changes in the earth are due to slow processes, such as erosion, and some changes are due to rapid processes, such as landslides, volcanic eruptions, and earthquakes.

5b. Students know natural processes, including freezing and thawing and the growth of roots, cause rocks to break down into smaller pieces

五年級

Life Sciences

2f. Students know plants use carbon dioxide (CO₂) and energy from sunlight to build molecules of sugar and release oxygen.

2g. Students know plant and animal cells break down sugar to obtain energy, a process resulting in carbon dioxide (CO₂) and water (respiration).



六年級

Life Sciences

5a. Students know energy entering ecosystems as sunlight is transferred by producers into chemical energy through photosynthesis and then from organism to organism through food webs.

5b. Students know that matter is transferred over time from one organism to others in the food web and between organisms and the physical environment.

八年級

Life Sciences

6a. Students know carbon, because of its ability to combine in many ways with itself and other elements, has a central role in the chemistry of living organisms.

