

# 碳循環-角色扮演

年級階層	3 - 8 年級；加州學術內容標準針對 3、4、5、6 和 8 年級學生
科目	生命科學，地球科學，物理科學
活動所需時間	準備：10 分鐘 活動：30-45 分鐘
地點	寬廣的場地：學校操場、餐廳或教室

## 學習目標

在這次的活動中，學生們將可以：

1. 學習到地球上的碳是有限的。
2. 學習碳在環境中是如何從一個地方移動到另一個地方的。

## 材料

乒乓球 (至少 14 個)  
奇異筆  
粉筆  
碳質循環-角色扮演卡(已提供)

## 單字

- ❖ 碳：一種在自然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。
- ❖ 二氧化碳：存在於大氣中的一種無色、無味的氣體，可經由呼吸作用形成或經由有機物分解而產生，任何一種含碳的燃料被燃燒後也會產生二氧化碳；植物則利用二氧化碳來行光合作用。
- ❖ 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。
- ❖ 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。
- ❖ 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。
- ❖ 海藻：極微小或大型水生植物的統稱，它們跟樹木、灌木和其他開花植物不同，因為它們缺乏真正的根、莖和葉。
- ❖ 光合作用：由綠色植物、藻類、矽藻以及某些種類的細菌利用從陽光中獲得的能量轉化二氧化碳和水來製造碳水化合物的過程。
- ❖ 呼吸作用：一種發生在細胞和組織中以釋放能量來產生二氧化碳的過程。

## 教師參考資料

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。

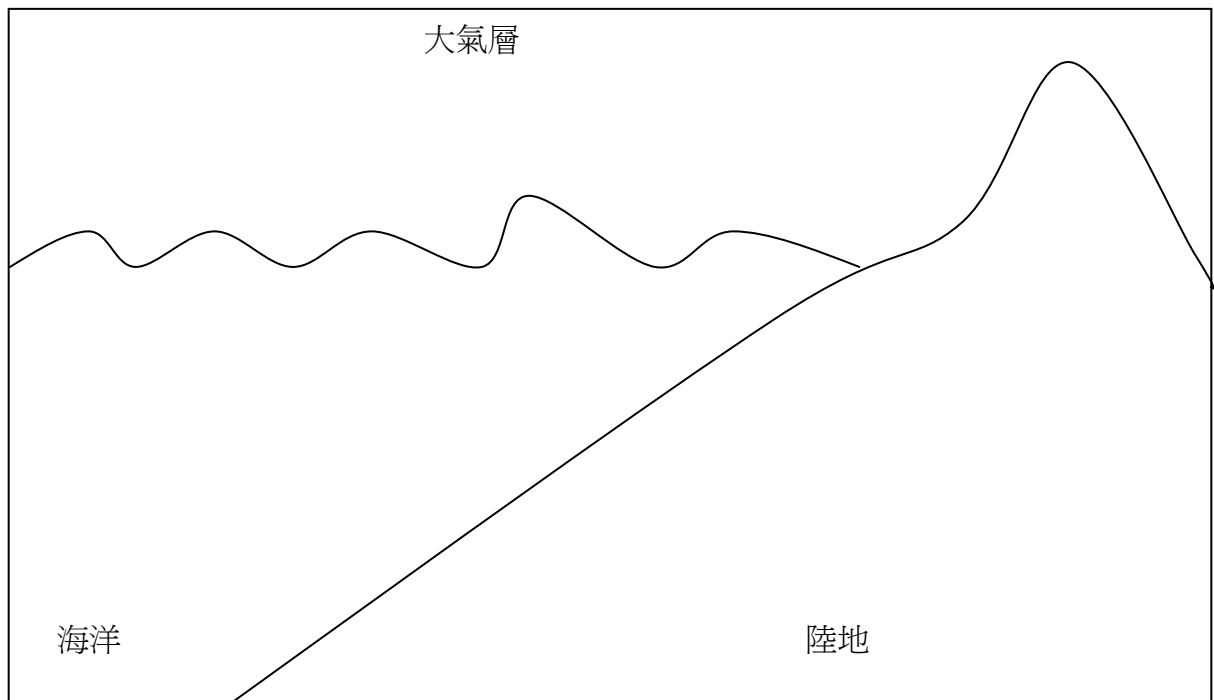
在碳循環中存在著自然變化，但人類使得地球上碳流動的速率變得非常不自然。最主要的人為因素改變導致了大氣層中的二氧化碳增加，造成這變化最大的原因是燃燒石化燃料，但其他人類活動像是砍伐森林和製造水泥也會導致碳循環的變化。由於二氧化碳和甲烷是能夠幫助地球控制溫度的溫室氣體，因此人為增加大氣的中碳濃度會導致全球的氣候變遷。如上所述，學習自然的碳循環很重要因為碳循環對地球上的很多過程來說是非常關鍵性的，尤其因為我們對於碳循環所造成之劇烈且重大的變化，在人類歷史的當下去了解碳循環更是特別的重要。

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。

## 活動

### 準備工作

1. 請收集 14-28 個乒乓球。
2. 請在每個乒乓球上用奇異筆寫上碳的化學符號(C)。
3. 請列印出角色扮演卡並確保它們是雙面列印的。
4. 請為這項活動選定一個大的開放空間。如果在室外進行這個活動的話請用粉筆畫一個大長方形，然後再用粉筆將這個空間劃分成三個區域，一為海洋，一為陸地，另一為大氣層，如下圖所示。另一項選擇是在紙板上畫上如下所示三個區域的圖片並在教室裡指定不同的區域來代表海洋、陸地和大氣層。



### 介紹

我們建議您使用“什麼東西含有碳？”活動來當作“碳循環角色扮演”的介紹。請幫你的學生們複習碳是地球上常見元素的概念，再請學生回想一些在他們日常生活中所見含碳的東西。將這些物品列成清單寫在黑板上，然後告訴你的學生們存在於任何一樣物品中的碳並不會永遠停留在原處，而碳原子從一物移動到另一物就是所謂的碳循環。有部分的碳循環發生的非常快速，例如當植物從大氣中吸收二氧化碳來行光合作用；但其他部分的碳循環則發生的非常緩慢。請告訴學生們在這次活動中藉由碳循環角色扮演的表演他們將會學習到碳是如何地從一個地方移動到另一個地方的。

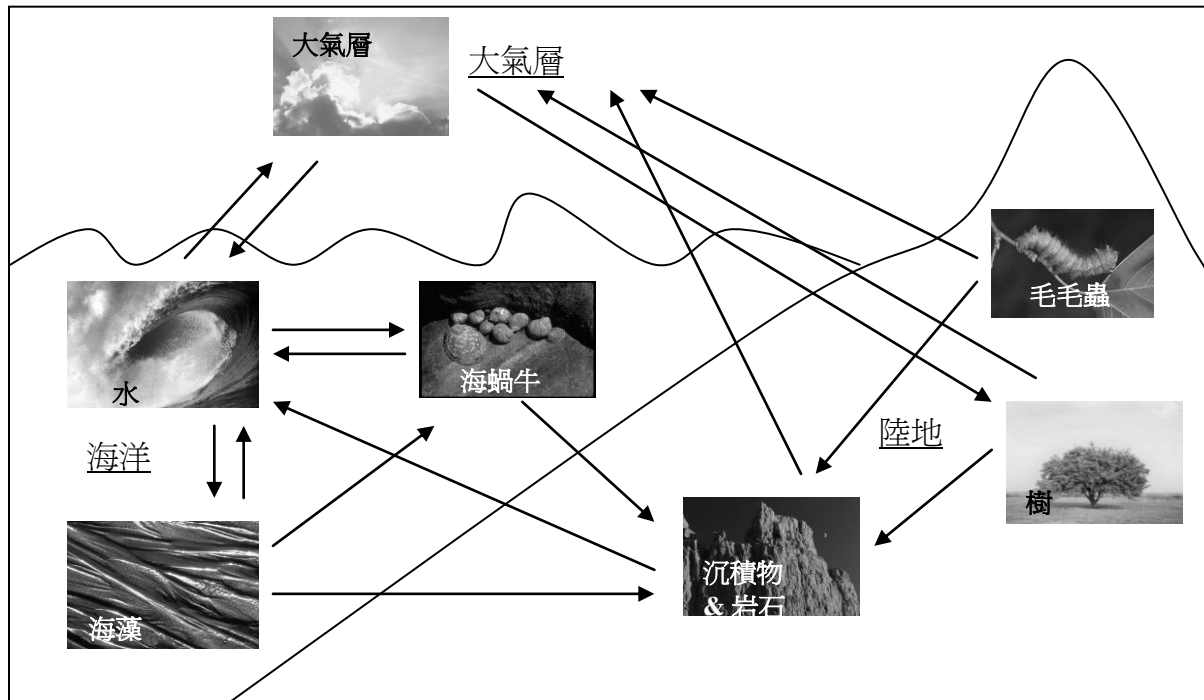
### 步驟

1. 請將學生平均分成 7 組。每一組演員團隊將會扮演碳循環中的某一階段，每組分擔的角色列於下表。
2. 請分發給每一個小組適當的角色扮演卡。
3. 請分發給每一個小組 2 到 4 個乒乓球並向他們說明這些球是代表碳原子。
4. 請告訴學生他們必須把他們的角色扮演卡視為一個團隊好理解他們的角色以及他們在這角色扮演的活動中能夠做什麼。
5. 請告訴學生他們必須用團隊的角度來決定該如何移動他們的碳，而他們的選擇則列於角色扮演卡上的“碳移動的選項”之下。
6. 請告訴學生他們不能給掉他們所有的碳：他們必須至少保有一個碳原子。這是因為碳循環並不會將所有的碳從一處移動到另一處。相反的，在同一時間內碳存在於所有的東西裡，不過只有部分的碳會從這些東西移動到另一個地方。
7. 您可能會想要領導一回合規定學生們只能提供一個碳原子給另一小組，然後再帶領第二回合，若每個小組都有兩個以上的碳原子則允許學生們和其他不同的小組之間分享他們的碳。
8. 一次一個，要求每個小組將他們的碳交給另一組(或其他組們)。
9. 請告訴學生當他們移動他們的碳時務必要唸出他們的台詞來解釋所選擇的碳移動選項。
10. 多重複這角色扮演遊戲幾次，並要求學生們每次都選擇不同的碳移動角色來扮演。
11. 請考慮進行一次特別的角色扮演讓全部的小組們一起同時移動他們的碳。如欲實行，請從每組挑一個人當碳的遞送者，而其他小組成員則留下來接受來自其他小組的碳。請告訴學生們這是一種比較混亂，但更接近於真實的碳循環活動，因為在真實世界中碳是同時間在所有這些領域之間移動的。

小組名稱	“碳流動”的選項	“碳流動”的解釋	台詞
大氣層	1.水 2.樹	1.二氧化碳從大氣層中擴散並溶解到水裡。 2.二氧化碳被陸生植物吸收用來進行光合作用。	1.我會把我的二氧化碳氣體給水，二氧化碳會溶解在水中。 2.我會把我的二氧化碳氣體給樹用來進行光合作用。
水	1.海藻 2.海蝸牛 3.大氣層	1.水生植物利用從水中取得的二氧化碳來進行光合作用。 2.有些海洋生物從水中取得的碳來建造牠們的骨骼和外殼。 3.二氧化碳可以化解回到大氣層中。	1.我會把溶解的二氧化碳給海藻進行光合作用。 2.我會把碳給海蝸牛來幫忙建造牠們的殼。 3.我會把溶解的二氧化碳拿走並放回大氣層中使變成二氧化碳氣體。
海藻 (水生植物)	1.水 2.沉積物和岩石 3.海蝸牛	1.細胞呼吸和分解作用將碳又放回到水中。 2.從死去的植物中釋放的碳會被混合到沈積物中。 3.動物食用水生植物並利用碳來作為能量或將其儲存在組織裡。	1.當我進行呼吸作用時我會把我的碳給水，當我死掉分解後我也會把我的碳給水。 2.我會把我的碳給沉積物和岩石因為在我死後，有些在我組織中的碳會埋在沉積物中，然後變成岩石。 3.我會把我的碳給海蝸牛因為牠們會用牠們的嘴巴把我從岩石上刮下來並吃掉我。
海蝸牛 (水生動物)	1.水 2.沉積物和岩石	1.呼吸和分解作用將碳又放回到水中。 2.從死去的動物中釋放的碳會被混合到海床上沈積物中且最終會變成沉積岩和變質岩。	1.當我進行呼吸作用時我會把我的碳給水，當我死掉分解後我也會把我的碳給水。 2.我會把我的碳給沉積物和岩石因為在我死後，我那堅硬含碳的殼會沉到海床並成為沉積物的一部分，然後變成岩石。

<p style="text-align: center;"><b>沉積物 和 岩石</b></p>	<p>1.水 2.從火山到 大氣層</p>	<p>1. 岩石的風化和侵蝕作用將碳沉積在河流和海洋裡。</p> <p>2.火山爆發噴出含碳的氣體到大氣層中。</p>	<p>1.我會把我的碳給水因為當我被風化和侵蝕後，我的碳就會流進水中。</p> <p>2.我會把我的碳突然急速狂烈地給大氣層因為火山爆發把碳從岩石中又釋放回大氣層中。</p>
<p style="text-align: center;"><b>樹 (陸生植物)</b></p>	<p>1.大氣層 2.沉積物和 岩石 3.毛毛蟲</p>	<p>1.細胞呼吸和分解作用將碳又放回到大氣層中。</p> <p>2.從死去的樹木中釋放的碳會被掩埋並混合到沈積物中。</p> <p>3.動物食用植物並利用碳來作為能量或將其儲存在組織裡。</p>	<p>1.當我進行呼吸作用時我會把我的碳給大氣層，當我死掉分解後我也會把我的碳給大氣層。</p> <p>2.我會把我的碳給沉積物和岩石因為當我死後，我可以被掩埋在沉積物中然後慢慢地變成岩石的一部分。</p> <p>3.我會把碳給毛毛蟲因為你吃了我並且利用我的碳當作能量或是拿來建造你身體的構造。</p>
<p style="text-align: center;"><b>毛毛蟲 (陸生動物)</b></p>	<p>1.大氣層 2.沉積物和岩石</p>	<p>1.動物呼吸和死去動物的分解作用將碳又放回到大氣層中。</p> <p>2.從死去的動物中釋放的碳會被掩埋並混合到沈積物中。</p>	<p>1.我會把我的碳給大氣層因為當我呼吸時我會釋放二氧化碳到大氣層中。</p> <p>2.我會把我的碳給沉積物和岩石因為當我死後我可以被掩埋，然後有些在我身體中的碳就會變成沉積物的一部份。</p>

無論是作為教學前的工具，或作為角色扮演活動後的複習，請跟你的學生一起，把所有跟碳有關的交互作用畫在黑板上。請使用下圖為範例。



### 總結

請告訴學生們他們才剛剛扮演了沒有人類介入的碳循環。但是，有些人類活動對碳循環有重大地影響。請拉幾位學生出來讓他們當人類，請他們把碳以適當的方式安排到下面每一個人類活動。首先請學生們猜想碳會是如何地移動然後幫助他們作適當的移動。

- ❖ 人類提煉和燃燒石化燃料以提供能源 - 碳從埋藏著石化燃料的沉積物和岩石裡被挖掘出而釋放到大氣層中。
- ❖ 人類砍伐和燃燒樹木以利用土地來從事耕作、放牧或建造房屋 - 碳從陸生植物移動到大氣層中。

請幫助學生們認識這些人類活動。並請跟學生們解釋，燃燒石化燃料時碳會從埋藏著石化燃料的沉積物和岩石裡排出到大氣層中，因為當石化燃料時被燃燒時會釋放出含碳氣體。請跟學生們解釋，砍伐和燃燒樹木會使碳從陸生植物被移動到大氣層中，因為當樹被燒時，原來在樹的組織構造中的碳會被釋放成含碳氣體。請跟學生們解釋人類並沒有在地球上製造出更多的碳，但我們將碳從一個地方移動到另一個地方的速度比其自然發生的速率快了很多，因此造成影響地球氣候的後果。

## 補充

- ❖ 探索數個碳原子的旅程：只需用一個碳原子(乒乓球)從一組先開始。每一組拿到原子後決定它下一個目的地是哪。請分派一個學生把它的旅程寫在黑板上或一張紙上。多重複這個活動幾次後你才能夠比較數個單獨原子的旅程。接下來，研究這些不同碳原子的不同旅程，並解釋碳循環並不會單單只移動一個方向，而是同時間朝許多不同方向的去移動。
- ❖ 讓學生們設計他們自己的角色扮演活動來改進並創造出更好的課堂活動。
- ❖ 請隨後進行“碳循環海報”活動來作為一種課程評估。

## 資源

NASA, earth observatory. *The carbon cycle*. Retrieved on January 14, 2008 from [http://earthobservatory.nasa.gov/Library/CarbonCycle/carbon\\_cycle2.html](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

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](http://earthobservatory.nasa.gov/Library/CarbonCycle/carbon_cycle2.html)

Tarback, 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

### 三年級

#### Physical Sciences

- 1a. Students know energy comes from the Sun to Earth in the form of light

#### Life Sciences

- 3c. Students know living things cause changes in the environment in which they live: some of these changes are detrimental to the organism and some are beneficial

### 四年級

#### Life Sciences

- 2c. Students know decomposers, including many fungi, insects, and microorganisms, recycle matter from dead plants and animals



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.

五年級

Physical Sciences

1a. Students know that during chemical reactions the atoms in the reactants rearrange to form products with different properties.

1b. Students know all matter is made of atoms, which may combine to form molecules.

1g. Students know properties of solid, liquid, and gaseous substances, such as sugar (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>), water (H<sub>2</sub>O), helium (He), oxygen (O<sub>2</sub>), nitrogen (N<sub>2</sub>), and carbon dioxide (CO<sub>2</sub>).

1h. Students know living organisms and most materials are composed of just a few elements.

Life Sciences

2f. Students know plants use carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) 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 (CO<sub>2</sub>) 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.

6b. Students know that living organisms are made of molecules consisting largely of carbon, hydrogen, nitrogen, oxygen, phosphorus, and sulfur.