

從大氣到海洋  
(每年 90 十億噸)

從海洋到大氣  
(每年 90 十億噸)

植物的呼吸  
(每年 60 十億噸)

動物進食  
(每年 30 十億噸)

植物與動物的腐敗  
分解  
(每年 30 十億噸)

動物的呼吸  
(每年 30 十億噸)

來自生物腐敗分解  
的氣體  
(每年 30 十億噸)

光合作用  
(每年 120 十億噸)

流動  
碳  
氮  
氫

流動  
碳  
氮  
氫

流動  
碳  
氮  
氫  
氧

流動  
碳  
氮  
氫

流動  
碳  
氮  
氫

流動  
碳  
氮  
氫

# 流動

## 從大氣到海洋

來自大氣的二氧化碳，溶解於海水



[www.carolinacurriculum.com](http://www.carolinacurriculum.com)  
©2014 The Regents of the University of California  
**Carbon Cycle Cards—Ocean Sciences Sequence 2.7–2.8**

# 流動

## 動物進食

動物攝食植物或其他動物；不管是植物細胞或動物細胞，都含有碳



[www.carolinacurriculum.com](http://www.carolinacurriculum.com)  
©2014 The Regents of the University of California  
**Carbon Cycle Cards—Ocean Sciences Sequence 2.7–2.8**

# 流動

## 動物呼吸

動物分解掉食物，會將二氧化碳排到大氣



[www.carolinacurriculum.com](http://www.carolinacurriculum.com)  
©2014 The Regents of the University of California  
**Carbon Cycle Cards—Ocean Sciences Sequence 2.7–2.8**

# 流動

## 從海洋到大氣

二氧化碳脫離海洋，並且進入大氣



[www.carolinacurriculum.com](http://www.carolinacurriculum.com)  
©2014 The Regents of the University of California  
**Carbon Cycle Cards—Ocean Sciences Sequence 2.7–2.8**

# 流動

## 化石燃料的自然外洩與分解

少量的化石燃料（天然氣、原油或煤炭），會從地底外洩到地表。化石燃料在地表的時候，會自然分解成二氧化碳，二氧化碳會進入大氣



[www.carolinacurriculum.com](http://www.carolinacurriculum.com)  
©2014 The Regents of the University of California  
**Carbon Cycle Cards—Ocean Sciences Sequence 2.7–2.8**

# 流動

## 來自生物腐敗分解的氣體

細菌或真菌之類的分解者，在分解死亡動物或植物的時候，會將含碳化合物分解成所需的營養，並把二氧化碳或甲烷等含碳物質排入大氣



[www.carolinacurriculum.com](http://www.carolinacurriculum.com)  
©2014 The Regents of the University of California  
**Carbon Cycle Cards—Ocean Sciences Sequence 2.7–2.8**

# 流動

## 植物的呼吸

植物需要消耗體內的醣類，以生存下去。植物為了執行生命的歷程，在分解醣類的過程，把二氧化碳排入大氣。這樣的過程，白天和晚上都會進行



[www.carolinacurriculum.com](http://www.carolinacurriculum.com)  
©2014 The Regents of the University of California  
**Carbon Cycle Cards—Ocean Sciences Sequence 2.7–2.8**

# 流動

## 植物與動物的腐敗分解

植物或動物死亡後，分解者會將其分解成不同營養，這些營養將進入土壤。這也是碳流動到土壤儲存庫的方式之一



[www.carolinacurriculum.com](http://www.carolinacurriculum.com)  
©2014 The Regents of the University of California  
**Carbon Cycle Cards—Ocean Sciences Sequence 2.7–2.8**

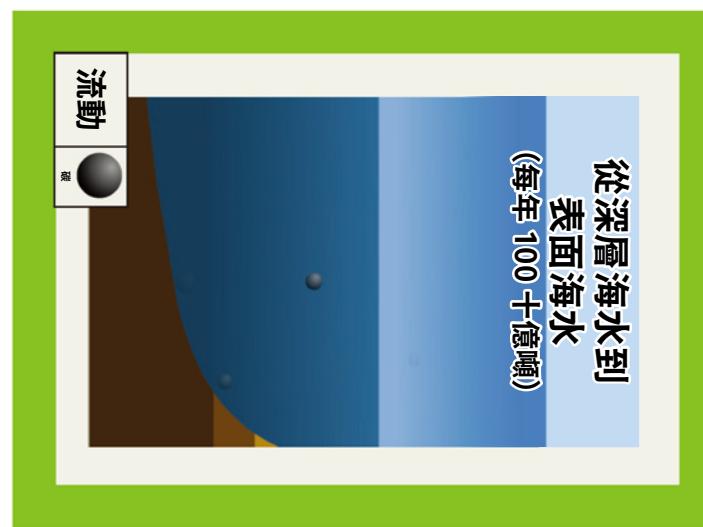
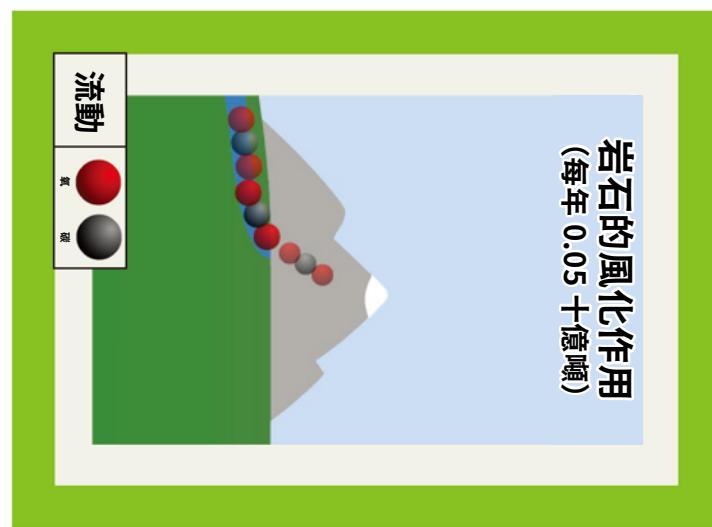
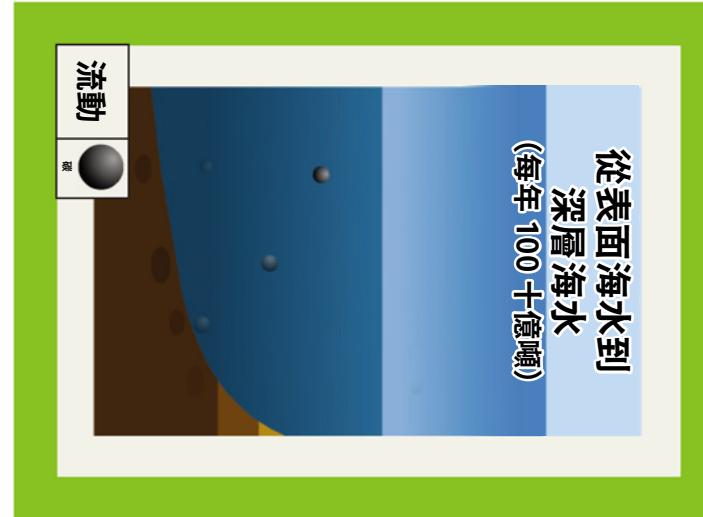
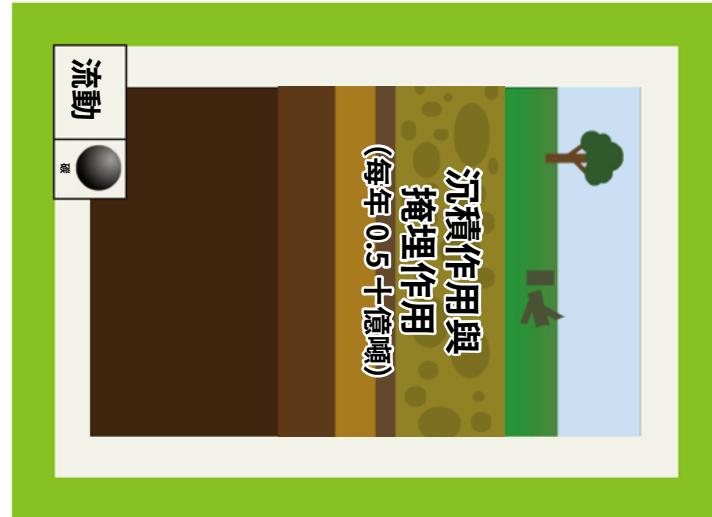
# 流動

## 光合作用

陸地植物從大氣吸取二氧化碳、從土壤得到水，以此製造醣類  
海洋的光合植物，則從海水得到溶解的二氧化碳，以此製造醣類



[www.carolinacurriculum.com](http://www.carolinacurriculum.com)  
©2014 The Regents of the University of California  
**Carbon Cycle Cards—Ocean Sciences Sequence 2.7–2.8**



## 流動

### 火山爆發

火山爆發會將二氧化碳從地殼深層的岩石釋放到大氣



[www.carolinacurriculum.com](http://www.carolinacurriculum.com)  
©2014 The Regents of the University of California  
**Carbon Cycle Cards—Ocean Sciences Sequence 2.7–2.8**

## 流動

### 從表面海水到深層海水

死亡的生物、外殼，連同裡頭的碳，會沉降到海洋深處



[www.carolinacurriculum.com](http://www.carolinacurriculum.com)  
©2014 The Regents of the University of California  
**Carbon Cycle Cards—Ocean Sciences Sequence 2.7–2.8**

## 流動

### 沉積作用與掩埋作用

地下的碳（來自死去的生物），若沒被利用，會被泥土層層蓋住。在高溫以及高壓下，歷經上千萬年的時間，這些物質就會變成化石燃料



[www.carolinacurriculum.com](http://www.carolinacurriculum.com)  
©2014 The Regents of the University of California  
**Carbon Cycle Cards—Ocean Sciences Sequence 2.7–2.8**

## 流動

### 從深層海水到沉積物和沉積岩

死亡的生物或外殼，會沉降到海床。這些物質經年累月層層堆疊，就會形成沉積岩或化石燃料



[www.carolinacurriculum.com](http://www.carolinacurriculum.com)  
©2014 The Regents of the University of California  
**Carbon Cycle Cards—Ocean Sciences Sequence 2.7–2.8**

## 流動

### 從深層海水到表面海水

深海的碳，能夠原地不動待好幾百年。不過，海水經過混合後，深層海水連同蘊藏的碳，將重返海面



[www.carolinacurriculum.com](http://www.carolinacurriculum.com)  
©2014 The Regents of the University of California  
**Carbon Cycle Cards—Ocean Sciences Sequence 2.7–2.8**

## 流動

### 岩石的風化作用

二氧化碳中的碳，與雨水結合並且和岩石的化學成分發生反應，因此從大氣移除。反應的產物，例如碳酸根，可以被浮游生物利用，會是沉降到海床、最終被掩埋



[www.carolinacurriculum.com](http://www.carolinacurriculum.com)  
©2014 The Regents of the University of California  
**Carbon Cycle Cards—Ocean Sciences Sequence 2.7–2.8**

## 流動

### 人類工業活動：製造水泥

石灰岩經過加熱，就變成水泥。這樣的過程，會將石灰岩的碳（以二氧化碳的形式）釋放到大氣。在過去 100 年當中，水泥的產量愈來愈多，因此釋放到大氣的二氧化碳也隨之增加



[www.carolinacurriculum.com](http://www.carolinacurriculum.com)  
©2014 The Regents of the University of California  
**Carbon Cycle Cards—Ocean Sciences Sequence 2.7–2.8**

## 流動

### 人類工業活動：土地利用方式的改變

森林遭到砍伐或焚燒，以騰出土地另作他用，例如建造城市、開路或飼養牛隻或種植莊稼，導致吸收二氧化碳以行光合作用的樹木愈來愈少。加總的結果，就是大氣的碳愈來愈多



[www.carolinacurriculum.com](http://www.carolinacurriculum.com)  
©2014 The Regents of the University of California  
**Carbon Cycle Cards—Ocean Sciences Sequence 2.7–2.8**

## 流動

### 人類工業活動：化石燃料的燃燒

在過去 100 年以來，人類從地下取用愈來愈多的原油與其他化石燃料，作為汽車、機械或其他工具的能量來源。化石燃料透過燃燒作用，裡頭的碳以二氧化碳的形式釋放到大氣



[www.carolinacurriculum.com](http://www.carolinacurriculum.com)  
©2014 The Regents of the University of California  
**Carbon Cycle Cards—Ocean Sciences Sequence 2.7–2.8**

化石燃料：煤礦  
(3,800十億噸)

石灰岩以及其他岩石  
(40,000,000十億噸)

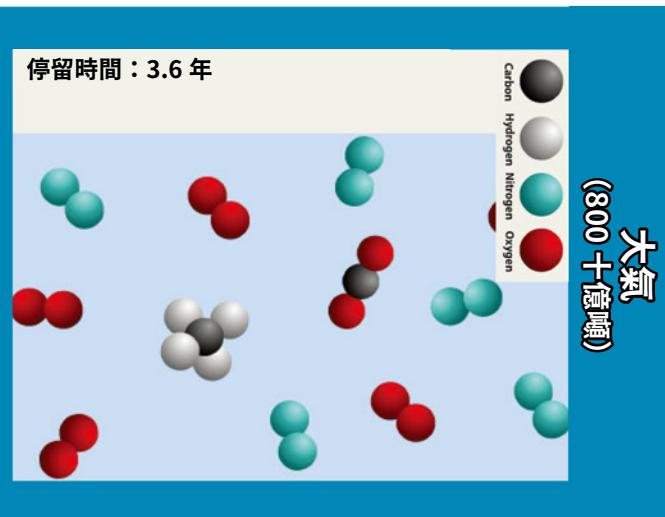
植物  
(600十億噸)

停留時間：60 天



動物  
(5十億噸)

停留時間：3.6 年



大氣  
(800十億噸)

停留時間：94,000 年



停留時間：94,000 年

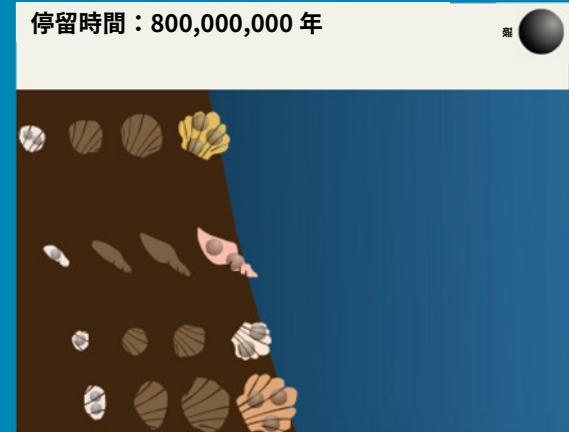


化石燃料：原油  
(680十億噸)

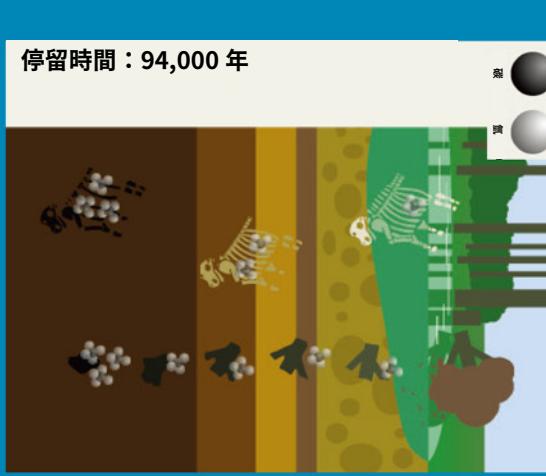
停留時間：370 年



停留時間：800,000,000 年

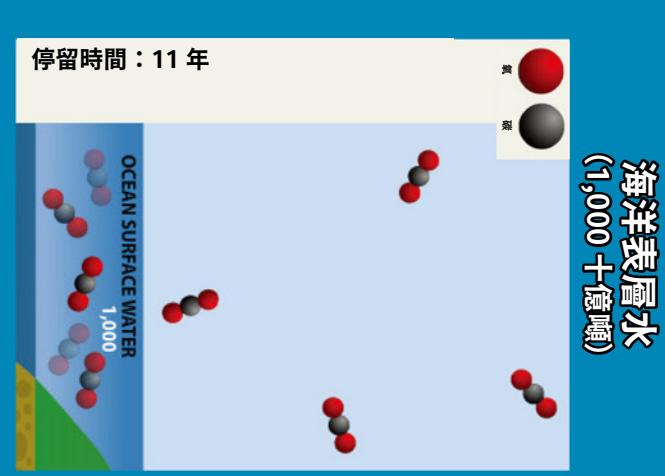


停留時間：94,000 年



化石燃料：天然氣  
(570十億噸)

停留時間：11 年



停留時間：5 年



## 儲存庫

### 化石燃料：煤礦

陸地的積水環境下，死亡的植物遭到掩埋後沒有腐敗分解。高溫高壓下歷經上千萬年，古老的植物殘骸就變成煤礦



[www.carolinacurriculum.com](http://www.carolinacurriculum.com)  
©2014 The Regents of the University of California  
**Carbon Cycle Cards—Ocean Sciences Sequence 2.7–2.8**

## 儲存庫

### 大氣

大氣就是環繞地球的層層氣體。大氣大部分由氮氣和氧氣組成，而二氧化碳、甲烷以及其他氣體，加總起來不到 1%



[www.carolinacurriculum.com](http://www.carolinacurriculum.com)  
©2014 The Regents of the University of California  
**Carbon Cycle Cards—Ocean Sciences Sequence 2.7–2.8**

## 儲存庫

### 動物

每個動物的每個細胞，都含有碳。動物攝食植物或其他動物，以獲取碳



[www.carolinacurriculum.com](http://www.carolinacurriculum.com)  
©2014 The Regents of the University of California  
**Carbon Cycle Cards—Ocean Sciences Sequence 2.7–2.8**

## 儲存庫

### 石灰岩以及其他岩石

死亡海洋生物外殼的碳酸鈣在海床堆積，上千萬年之後，因為層層堆疊的關係變成石灰岩。石灰岩的碳也會變成其他岩石，例如大理岩



[www.carolinacurriculum.com](http://www.carolinacurriculum.com)  
©2014 The Regents of the University of California  
**Carbon Cycle Cards—Ocean Sciences Sequence 2.7–2.8**

## 儲存庫

### 海洋深層水

來自死亡海洋生物的碳，緩緩從表層沉降到深海（也就是所謂的「海雪」）



[www.carolinacurriculum.com](http://www.carolinacurriculum.com)  
©2014 The Regents of the University of California  
**Carbon Cycle Cards—Ocean Sciences Sequence 2.7–2.8**

## 儲存庫

### 化石燃料：原油

在海洋底層，有些死亡的生物被掩埋而沒有腐敗分解。歷經上千萬年的高溫與高壓作用，殘骸變成原油



[www.carolinacurriculum.com](http://www.carolinacurriculum.com)  
©2014 The Regents of the University of California  
**Carbon Cycle Cards—Ocean Sciences Sequence 2.7–2.8**

## 儲存庫

### 植物

植物利用二氧化碳和水，透過光合作用製造醣類，醣類組成植物。醣類轉變成纖維素或其他物質，構成植物各種構造。每株植物的每個細胞，都含有碳



[www.carolinacurriculum.com](http://www.carolinacurriculum.com)  
©2014 The Regents of the University of California  
**Carbon Cycle Cards—Ocean Sciences Sequence 2.7–2.8**

## 儲存庫

### 海洋表層水

來自大氣的二氧化碳，在海水表層溶解。碳和鈣結合，變成海洋生物外殼的碳酸鈣



[www.carolinacurriculum.com](http://www.carolinacurriculum.com)  
©2014 The Regents of the University of California  
**Carbon Cycle Cards—Ocean Sciences Sequence 2.7–2.8**

## 儲存庫

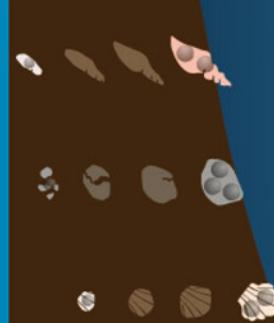
### 化石燃料：天然氣

在陸地積水環境或在海洋底層，死亡的生物被掩埋而沒有腐敗分解。歷經上千萬年的高溫與高壓作用，有些物質變成天然氣，其他物質則變成煤礦或原油



[www.carolinacurriculum.com](http://www.carolinacurriculum.com)  
©2014 The Regents of the University of California  
**Carbon Cycle Cards—Ocean Sciences Sequence 2.7–2.8**

停留時間：1,000,000 年



沉積物以及沉積岩  
(20,000,000十億噸)

停留時間：53 年



土壤  
(1,600十億噸)

流動  
碳

降水  
(每年 0.1十億噸)



# 流動

## 降水

雨滴落下過程，會溶解少量大氣的二氧化碳，形成碳酸。這種弱酸會與岩石的化學成分作用，並且侵蝕岩石。有些岩石因為這樣的作用，最後把碳酸根釋放到水道



[www.carolinacurriculum.com](http://www.carolinacurriculum.com)  
©2014 The Regents of the University of California  
**Carbon Cycle Cards—Ocean Sciences Sequence 2.7–2.8**

# 儲存庫

## 土壤

來自腐敗中的生物以及分解者的碳，部分進入土壤。進入到土壤的碳，可能停留幾周，也可能停留上萬年之久。含碳較多的土壤，會比較肥沃（生產力較強）



[www.carolinacurriculum.com](http://www.carolinacurriculum.com)  
©2014 The Regents of the University of California  
**Carbon Cycle Cards—Ocean Sciences Sequence 2.7–2.8**

# 儲存庫

## 沉積物以及沉積岩

風化的岩石，例如花崗岩和玄武岩，還有死亡生物（包括有碳酸鈣的外殼），會堆疊成沉積物或沉積岩



[www.carolinacurriculum.com](http://www.carolinacurriculum.com)  
©2014 The Regents of the University of California  
**Carbon Cycle Cards—Ocean Sciences Sequence 2.7–2.8**