

활동 개요

활동 대상

중학생

개발 의도

* 지구 표면의 산림은 육지 면적의 약 1/3정도이며 지구 전체 광합성의 2/3정도를 차지한다. 산림이 보유하고 있는 탄소의 양은 육상 생태계의 80%, 토양의 40%를 차지하고 있을 만큼 방대하다. 산림에 저장된 탄소는 식물의 호흡이나 토양 내 유기물 분해를 통해 대기 중으로 방출되고 방출된 탄소는 또 다시 산림에 흡수되는 등 지구 생태계 내에서는 끊임없이 탄소 순환이 이루어지고 있다. 산림은 탄소 순환에서 매우 중요한 일을 하며 지구 기후시스템의 균형에 기여하고 있다. 그러나 산업화 이후 화석 연료의 사용, 산림 훼손 등으로 배출되는 탄소의 양은 많아지고 산림에서 흡수하는 탄소의 양은 점점 줄어들고 있는 실정이다.

* 본 프로그램에서는 지구 생태계에서 탄소 순환이 어떻게 이루어지는지 보드게임을 이용하여 알 수 있다. 또한 탄소 순환에 기여하는 각 요인과 그 흐름을 이해할 수 있을 것이다. 보드게임을 진행하면서 기후 변화와 관련된 다양한 퀴즈를 풀 수 있도록 하여 기후변화에 대한 전반적인 내용에 대해서도 정보를 제공할 수 있도록 구성하였다.

학습 목표

* 기후변화 원인, 현상을 말할 수 있다.

* 보드게임을 통해 탄소 순환에 참여하는 요인과 그 흐름을 말할 수 있다.

내용 체계

내 용	기후변화 현상					원 인	영 향	대 응			선 택	
차 시			★									

활동 차시

* 3차시 / 12차시

소요 시간

90분

활동 장소

* 실 내

준 비 물

강 사 용

* 지구 기후시스템 설명 자료

학습자용

* 탄소 순환 보드판, 주사위, 질문 카드, 포스트잇

흐 림 도

도입
20분

• 지구 기후시스템에 대해 이해한다.

↓

전개
50분

• 모둠별 탄소 순환 보드게임을 한다.

• 탄소 순환 보드판에 가려진 그림은 탄소 순환에 기여하는 각 요인들이다. 기후변화 질문 카드를 뒤집어 문제를 맞힐 때마다 가려진 탄소 순환 요인들을 공개할 수 있다.

• 탄소 순환 요인을 더 많이 공개한 팀이 우승한다.

↓

마무리
20분

• 활동지를 통해 탄소 순환에 대해 정리한다.



| 활동 내용 |

1. 도입(20분)

(1) 지구 기후시스템에 대해 이해한다.

- * 예시 _ 우리가 살아가는 지구의 기후시스템에 대해 이해한다. 물과 대기 순환은 지구의 에너지 균형을 유지한다. 질소 순환, 황 순환, 탄소 순환은 지구 내 유기·무기물질의 균형을 유지하고 있다는 것을 설명한다.
- * 유의 사항 _ 지구 기후시스템이 어떻게 이루어지는지 기본적인 이해를 하도록 한다. 또한 지구의 균형 유지를 위해 탄소 순환이 중요함을 깨달도록 한다.

2. 전개(50분)

(1) 탄소 순환 게임을 한다.

- * 예시 _ 모둠별로 보드게임 놀이판을 준비한다. 보드게임 놀이판은 탄소 순환을 나타내고 있다. 탄소 순환에 기여하는 요소들은 처음에는 가려져 있다. 게임 방법은 아래와 같다.
 - ① 학생들은 두 팀 또는 세 팀으로 나누어 순서대로 주사위를 굴러 이동한다.
(이동 방향은 정해져 있지 않다.)
 - ② 주사위 숫자만큼 이동한 후 기후변화 문제를 맞힌다.
 - ③ 문제를 맞힐 경우 해당 칸에 가려져 있던 요소를 공개할 수 있다. 팀별 스티커로 표시한다.
 - ④ 문제를 맞히지 못할 경우 다음 기회에 문제를 맞힐 기회가 주어진다.
 - ⑤ 모든 요소가 공개되면 게임이 끝나며 요소의 공개 횟수가 많은 팀이 우승한다.

질문 문항의 일부는 아래와 같으며 25개의 문항은 참고 자료에 제시되어 있다.

질 문 문 항	대 답
1. 제품이 생산에서 폐기될 때까지 발생하는 탄소의 양을 인증하는 제도가 있다.	○
2. 날씨와 기후는 같은 의미이다?	×
3. 온실가스 등의 증가로 지구의 온도가 지속적으로 올라가는 현상은 열섬현상이다.	×
4. 지구온난화가 지속되면 우리나라로 넘어오는 황사가 줄어들 것이다.	×
5. 지구온난화를 통해 우리나라의 다모작이 가능해질 것이다.	○
6. 기후변화는 인간의 활동으로 인해 발생하는 온실가스 때문에 심해진다.	○
7. 지구온난화로 남해안에서의 적조현상이 더욱 증가하고 있다.	○
8. 남태평양의 섬나라 투발루는 바닷물에 잠기고 있다.	○
9. 해운대는 기후변화로 인한 홍수의 피해를 보여주는 영화이다.	×
10. 일반 냉장고보다 양문 냉장고가 에너지 절약 효과가 떨어진다.	×

- * 유의 사항 _ 이미 공개된 요소에 또 다시 가게 될 경우에 한 번 쉬고 다음 번에 주사위를 굴려서 이동한다. 모든 요소가 공개 되면 게임이 끝난다.
- * 준비물 _ 탄소 순환 보드게임 놀이판, 주사위, 각 팀별 말, 각 팀을 표시하는 스티커

(2) 탄소 순환 과정에 대해서 정리한다.

- * 예시 _ 게임을 통해 탄소 순환에 기여하는 요인들을 알게 되었을 것이다. 탄소를 고정하는 요인은 산림, 토양, 석탄, 석유, 천연가스 등이 있다. 탄소를 배출하는 요인은 자동차, 공장, 화재, 목재품 생산 등이 있다. 산업화 이전에는 탄소 배출량과 고정량이 일정하여 균형이 이루어졌으나 산업화 이후 탄소 배출 요인이 많아지고 반면 탄소 고정 요인인 산림은 줄어들면서 탄소 순환에 불균형이 일어나고 있다.
- * 유의 사항 _ 게임을 통해 알게 된 내용을 꼭 확인하도록 한다.

3. 마무리(20분)

(1) 게임을 통해 알게 된 내용을 활동지에 정리한다.

- * 예시 _ 보드게임을 통해 탄소 순환에 대해서 알게 된 내용을 활동지에 정리한다. 보드게임을 통해 탄소 순환은 물론 게임 중 풀었던 기후변화 관련 퀴즈에 대해서도 다시 한 번 정리한다.
- * 준비물 _ 활동지



| 활동 방법 |

교구 제작 방법

- ★ 탄소 순환 보드판 _ 탄소 순환 보드판 이미지를 A3크기로 인쇄하여 우드락 등에 붙인다.
- ★ 지식 카드 _ 제시된 기후변화 관련 문제를 카드 형식으로 만든다.

교구 제작 모습 ➡



- 1 토양에서 출발하여 주사위를 굴러 나오는 숫자만큼 이동한다. 이동 방향은 정해져 있지 않다.
- 2 가려져 있는 탄소 순환 요소에 도착하면 다음 차례인 학생이 지식 카드를 뒤집어 문제를 제시한다.
- 3 문제의 답을 맞히면 가려져 있는 요소를 공개한다.
- 4 가려져 있는 모든 요소가 공개될 때까지 게임을 진행하며 게임이 끝난 후 가장 많은 요소를 공개한 학생이 승자가 된다.



게임 진행 모습



게임이 끝난 후 모습

- 5 활동지를 통해 탄소 순환에 대해서 정리한다.

참고 자료

(1) 지구 기후시스템

* 지구 시스템의 구성

- 지구 시스템은 대기권, 수권, 설빙권, 생물권, 암석권 등으로 구성된다.
- 태양은 기후시스템의 근본적인 에너지원으로 태양 에너지가 기후의 근원이다.

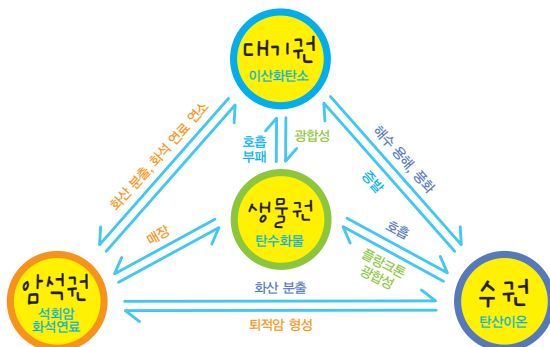
* 원리

- 태양은 지구에 사는 생명체에게 필요한 에너지를 제공하는 근원으로 기후시스템을 움직이는 에너지는 태양으로부터 공급되며, 기후시스템 속에서 여러 형태의 에너지로 변하고 최종적으로 지구 장파 복사 형태로 우주로 방출된다.
- 대기 상부에서 대기층을 통해 내려오는 태양 복사 에너지는 구름, 오존, 수증기 등에 의해 흡수되나 대부분 지표까지 내려와 흡수된다.
- 지표면에 흡수되는 태양 복사는 지표의 성질에 따라 흡수율이 달라진다.
- 지구 기온 분포가 일정하게 유지되는 것은 대기와 해양이 열에너지를 수송하기 때문이다.
- 땅 속이나 깊은 심해에 사는 소수 생명체를 제외하고 지표 근처에 사는 대부분의 생명체는 태양 에너지를 이용하여 살아간다. 식물은 광합성 과정을 통해서 태양 에너지를 영양소로 바꾸어 사용하며 뿌리나 줄기 잎, 그리고 열매 등에 저장하기도 한다. 초식동물은 식물을 먹고 육식동물은 다른 동물을 잡아 먹고 살아가므로 결국 모든 생물 에너지의 근원은 태양이라고 할 수 있다.

출처: <http://www.climate.go.kr/index.html>

(2) 탄소 순환

- * 탄소는 공기, 물, 흙, 바위 그리고 모든 살아 있는 생물체에 존재한다. 탄소는 가만히 머물러 있지 않고 순환한다.
- * 생태계에서 탄소 순환은 다음과 같이 이루어진다. 식물은 광합성 과정을 하는 동안 공기 중에 있는 탄소를 이산화탄소 형태로 흡수한다. 토끼는 풀을 먹고 풀 속에 저장된 탄소를 사용할 수 있다. 여우가 토끼를 잡아 먹을 때 토끼 안에 있던 탄소를 흡수한다. 생물은 숨을 쉴 때 탄소를 공기 중으로 방출하고 배설을 하면서 땅으로 탄소를 내보낸다. 또한 동물의 사체가 분해될 때도 탄소를 배출한다. 식물도 마찬가지로이다. 어떤 식물의 사체는 분해되지 않는다. 대신 몇 백만 년 후에 석유나 석탄처럼 화석 연료로 된다. 이렇게 고정되어 있던 화석 연료를 연소할 때 아주 많은 양의 탄소가 이산화탄소가 되어 지구의 대기 중으로 배출된다.



지구 환경에서 탄소 순환

출처: 푸른행성의 과학 <http://skyobserver.net/>

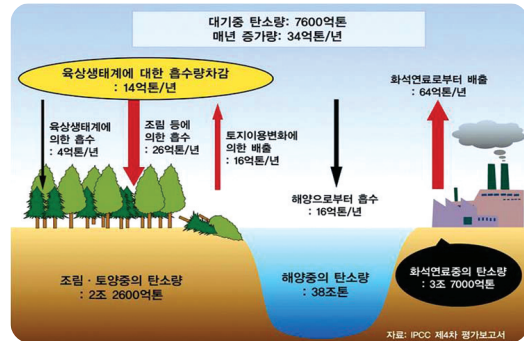


* 탄소 배출원

- 탄소는 대기권에서 주로 이산화탄소의 형태로 존재한다. 이산화탄소는 화산 분출, 화석 연료의 연소, 침식 그리고 생명체의 호흡 등에 의해 대기권으로 공급된다. 이 중에서 그동안 지구 환경에서 탄소의 가장 큰 배출원은 화산 분출이었다.

* 탄소 고정원

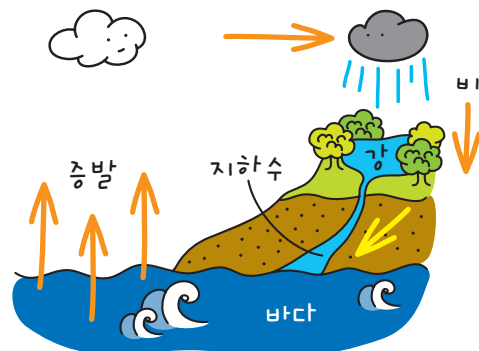
- 탄소는 수권에 용해되거나 암석권에 흡수, 생물의 광합성에 의해 대기권에서 제거된다. 이산화탄소는 대기권과 수권의 접촉부에서 수권으로 직접 용해되기도 하지만 빗방울에 용해된 다음 강수의 형태로 공급되기도 한다.
- 그보다 더 중요한 것은 이산화탄소가 용해된 빗방울이 대륙에 낙하할 때 대륙의 암석과 반응하여 금속 이온을 제거하여 암석을 풍화시킨다. 빗방울과 금속 이온이 만나 중탄산 이온(HCO_3^-)이 되는데 이것은 바다에서 칼슘 이온과 반응하여 양금을 만들고 침전하여 해저에서 석회암을 만들어 이산화탄소를 고정한다.



출처: IPCC 제4차 평가 보고서

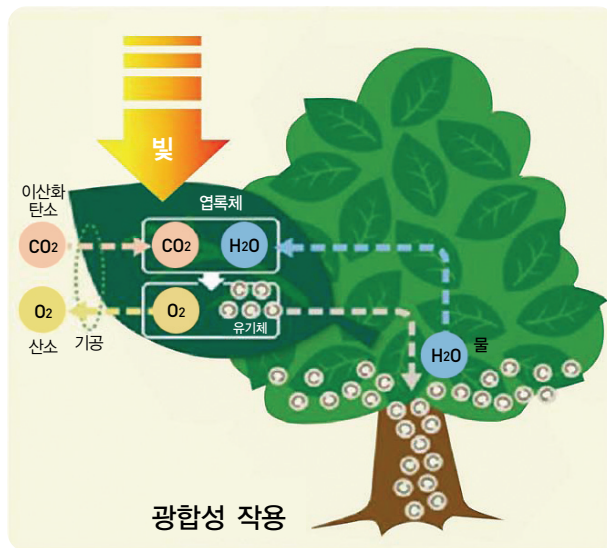
(3) 물순환

- 지구 표면의 70%는 물로 둘러 싸여 있다. 대부분은 바다지만 생물체의 몸 속에도 있고 공기 중에도 물이 있다. 물은 강과 호수에 가득하고 땅속에도 엄청나게 많은 양의 물이 있다. 물은 빙하에는 얼어 있는 상태로 북극에는 만년설로도 존재한다.
- 지구에 있는 물의 양은 제한되어 있으며 같은 양의 물이 계속 돌고 도는 것이다. 이것이 물순환이다.
- 지구의 모든 물은 약 35억년 동안 순환했다. 물은 각기 다른 상태에 따른 이동의 과정을 거치면서 지구상에 머문다. 땅 밑의 지하수, 땅위의 강, 호수, 습지, 빙설, 만년설 등이 녹고 흘러서 바다로 가고 바다와 호수, 강, 습지 등에서 증발된 수증기가 대기 중으로 가서 구름이 되고 다시 비로 오는 물의 순환과정 속에 모든 생물체들은 물을 통해 생명을 유지해 간다.



(4) 산림의 탄소 흡수와 배출

- * 식물은 광합성을 통하여 이산화탄소를 흡수하고 산소를 배출한다. 그리고 그 과정에서 영양분의 형태로 나무와 토양에 탄소를 고정한다. 저장된 탄소는 식물의 호흡이나 토양 내 유기물 분해를 통하여 다시 대기 중으로 방출된다.



출처: 산림청, 기후변화와 산림, 2008

* 목재와 이산화탄소 저장

- 나무는 썩거나 불에 타서 없어질 때까지 광합성을 통해 탄소를 저장한다.
- 현재 지구 산림 생태계에 저장되어 있는 탄소량은 약 5,500억 톤이며 매년 광합성에 의해 대기와 교환되고 있는 탄소의 양은 약 1,200억 톤으로 추정된다.
- 산림에서 벌채된 나무는 부패되거나 연소되지 않는 한 장기적으로 이산화탄소를 저장할 수 있으며, 벌채된 지역은 재조림을 통해 탄소 흡수량이 증대된다.
- 화석 연료 사용은 지구 안에 묻혀 있던 탄소를 꺼내 쓰는 것이므로 대기 중에 이산화탄소를 증가시킨다.
- 목재는 공기 중에 있는 탄소를 흡수하여 다시 공기 중으로 내보내므로 탄소를 증가시키지 않고 순환시킨다.

* 우리나라 산림의 탄소 흡수량을 늘리기 위한 방법

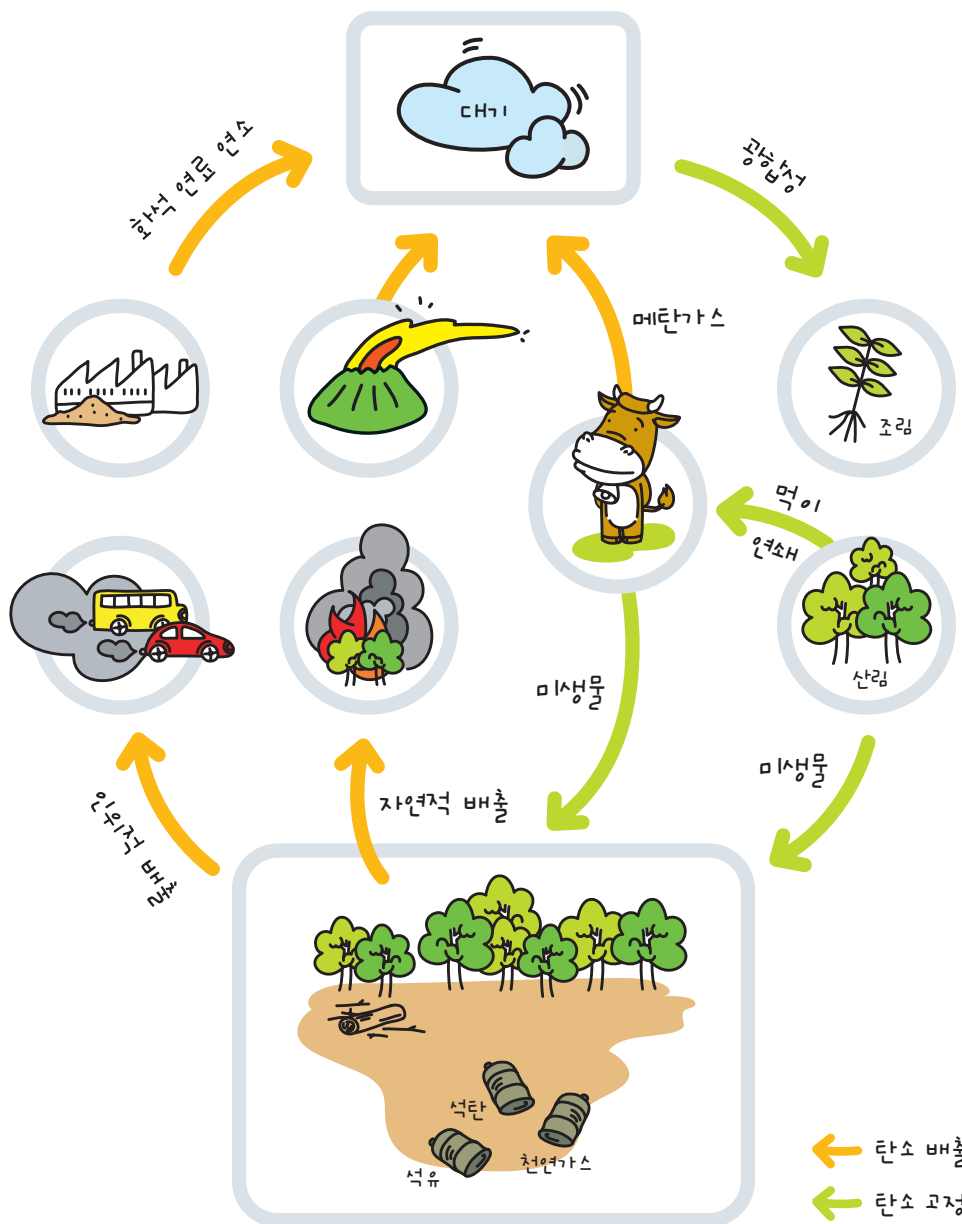
- 유희 토지 등 신규조림으로 산림 면적의 절대치를 확대한다.
- 산림의 체적을 늘려 탄소 축적량을 늘린다.
- 목재 이용 활성화로 탄소를 장기 저장한다.
- 목재 연료 대신 목질계 바이오매스 연료 이용으로 탄소 배출을 저감한다.



(5) 보드게임 기후변화 관련 질문 카드 문항

문 항	정 답	설 명												
1. 제품이 생산에서 폐기될 때까지 발생하는 탄소의 양을 인증하는 제도가 있다.	○	환경부에서 시행하는 탄소성적표지 제도는 일상 생활용품, 가정용 전기기기 등 모든 제품의 탄소배출량 정보를 공개하고, 기후변화 대응을 위한 저탄소 녹색 생산과 녹색 소비를 지원한다.												
2. 날씨와 기후는 같은 의미이다.	×	기후는 오랜 시간을 거쳐 공간적, 시간적으로 안정된 날씨가 지속될 때 기후라 부르며, 날씨는 단기적인 기상상황을 나타낸다.												
3. 온실가스 등의 증가로 지구의 온도가 지속적으로 올라가는 현상은 열섬현상이다.	×	열섬현상은 도시 안에서 생겨나는 온실가스로 인해 도심부의 온도가 주변부보다 높은 현상이며, 지구의 온도가 지속적으로 올라가는 현상은 지구온난화이다.												
4. 지구온난화가 지속되면 우리나라로 넘어오는 황사가 줄어들 것이다.	×	사막화가 더욱 빨리 진행되어 황사의 양과 빈도가 늘어날 것이다.												
5. 지구온난화를 통해 우리나라의 다모작이 가능해질 것이다.	○													
6. 기후변화는 인간의 활동으로 인해 발생하는 온실가스 때문에 심화된다.	○	자연적 요인 : 화산 폭발 때 분출되는 화산재나 미세 먼지 등이 태양열을 차단하게 되어 기온 저하 등이 발생. 인위적 요인 : 산업화 이후 급격하게 증가된 온실가스에 의한 온실효과, 도시화, 산업화, 산림 파괴 등.												
7. 지구온난화로 남해안에서의 적조현상이 더욱 증가하고 있다.	○													
8. 남태평양의 섬나라 투발루는 비닷물에 잠기고 있다.	○													
9. 목재는 공기 중에 있는 탄소를 흡수하여 다시 공기 중으로 내보내므로 탄소를 증가시키지 않고 순환시킨다.	○													
10. 일반 냉장고보다 양문 냉장고가 에너지 절약 효과가 떨어진다.	×	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>일반 냉장고</th><th>양문 냉장고</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CO₂ 흡수량</td><td>어린 소나무 7그루/년</td><td>어린 소나무 18그루/년</td></tr> <tr> <td>에너지 절감</td><td>46.9kwh/년</td><td>118kwh/년</td></tr> <tr> <td>비용 절약</td><td>4,577원/년</td><td>11,512원/년</td></tr> </tbody> </table>		일반 냉장고	양문 냉장고	CO ₂ 흡수량	어린 소나무 7그루/년	어린 소나무 18그루/년	에너지 절감	46.9kwh/년	118kwh/년	비용 절약	4,577원/년	11,512원/년
	일반 냉장고	양문 냉장고												
CO ₂ 흡수량	어린 소나무 7그루/년	어린 소나무 18그루/년												
에너지 절감	46.9kwh/년	118kwh/년												
비용 절약	4,577원/년	11,512원/년												
11. 여름철 에어컨 사용을 하루 1시간 줄이면 1년에 어린 소나무 10그루 심는 것과 같은 이산화탄소를 줄일 수 있는 효과가 있다.	○													
12. 나무는 썩거나 불에 타서 없어질 때까지 광합성을 통해 탄소를 저장한다.	○													
13. 데스크탑과 노트북은 전력 소모량이 같다.	×	노트북의 연간 전력사용량은 52.9kwh인 반면 데스크탑은 353.2kwh 로 약 7배의 전력을 소모한다.												
14. 가정에서 전기, 가스, 수도를 절약한 만큼 인센티브를 받을 수 있는 제도가 있다.	○	탄소 포인트 제도는 가정, 상업(건물) 등의 전기, 가스, 수도 등의 절감량을 온실가스 감축분으로 환산하여 포인트를 지급하고 이에 상응하는 인센티브를 제공하는 전 국민 온실가스 감축 실천 프로그램이다.												
15. 6대 온실가스는 무엇인가요?		① 이산화탄소(CO ₂) / ② 메탄(CH ₄) / ③ 아산화질소(N ₂ O) / ④ 육불화황(SF ₆) / ⑤ 수소불화탄소(HFCs) / ⑥ 과불화탄소(PFCs)												
16. 매년 6월 5일은 에너지의 날로 지구촌 불끄기 행사를 진행한다.	×	물의 날 : 3월 22일 / 지구의 날 : 4월 22일 / 바다의 날 : 5월 31일 / 환경의 날 : 6월 5일												
17. 지구 온난화로 인해 나타나는 현상에 대해 답하시오.		북극의 빙산이 줄어들고 해수면이 높아짐. 비가 오는 날이 적어지는데, 비가 갑자기 많이 오는 폭우가 늘어나고 있다. 겨울철에 즐겨 먹던 명태를 동해에서 잡을 수 없다.												
18. 온실가스로 인해 태양의 정파장은 통과시키고, 지구의 단파장은 흡수하여 지구의 온도가 올라가는 효과는 온실효과이다.	○													
19. 해운대는 기후변화로 인한 홍수의 피해를 보여 주는 영화이다.	×	해운대는 지진으로 인한 쓰나미를 보여주는 영화이다.												
20. 우리나라 바다에 해파리가 점차적으로 늘어나는 것은 지구온난화와 연관이 있다.	○													
21. 기후변화로 인해 사과의 주산지인 대구에서 사과 생산량이 더욱 늘어나고 있다.	×	문경에서 사과의 생산량의 비율이 더욱 높다.												
22. 소의 트림이나 방귀도 온실효과의 원인이 된다.	○													
23. 지구 온난화의 주요 원인은 온실효과이다.	○													
24. 온실효과는 지구에게 필요한 현상이다	○													
25. 메탄은 온실효과에서 가장 큰 영향을 끼친다.	×													

(6) 보드게임판 (3-1)



아래는 탄소 순환을 나타내는 그림입니다.
비어 있는 곳에 탄소 순환에 기여하는 요소들을 채워 넣어 주세요.



지구 생태계 많은 요소들은 끊임 없이 탄소를 흡수, 방출한다. 대기 중에서는 이산화탄소 등의 탄소 화합물로, 지각 내에서는 석유나 석탄 또는 탄산칼슘으로, 해수 중에는 탄산 이온으로, 생태계 내에서는 생물체 내 화합물의 형태로 존재한다.

산림의 탄소 흡수 : 식물은 광합성을 통하여 지구온난화의 주요 원인인 이산화탄소를 흡수하고 산소를 방출하고 그 과정에서 영양분의 형태로 식물체와 토양에 탄소를 저장한다.

산림의 탄소 방출: 저장된 탄소는 식물의 호흡이나 토양 내 유기물 분해를 통하여 대기 중으로 방출된다.