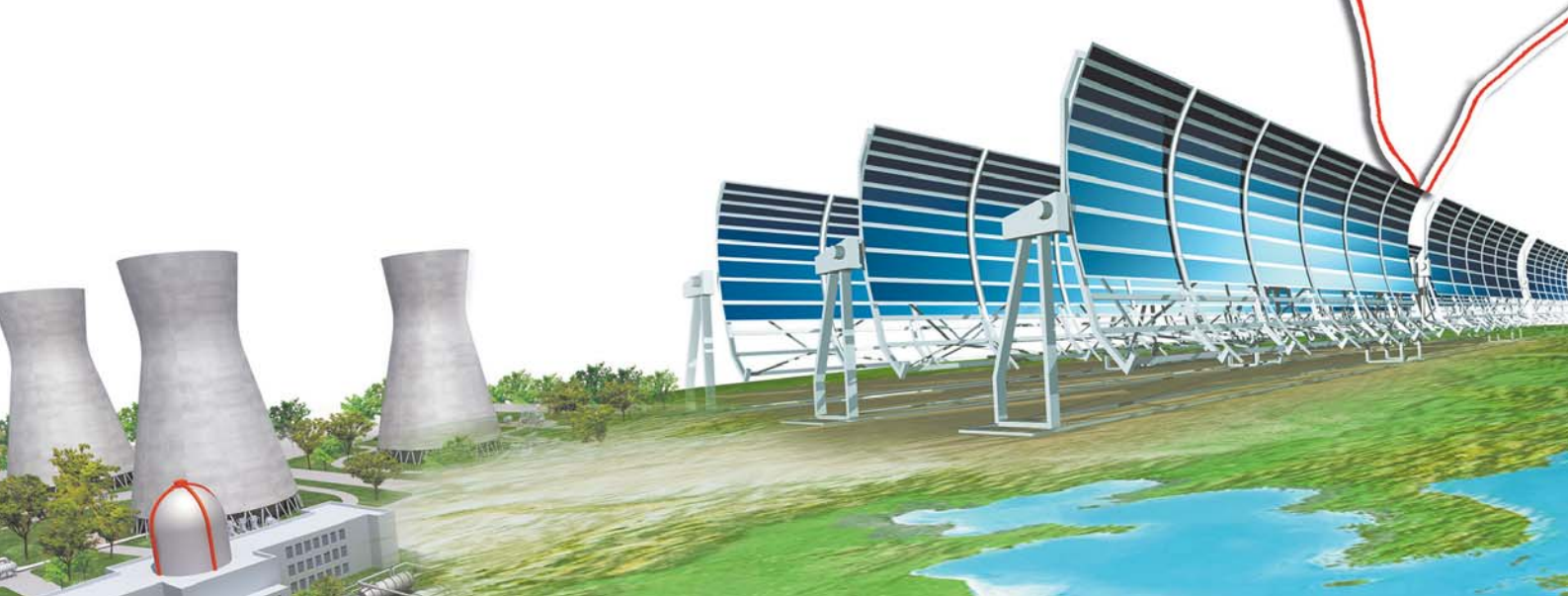
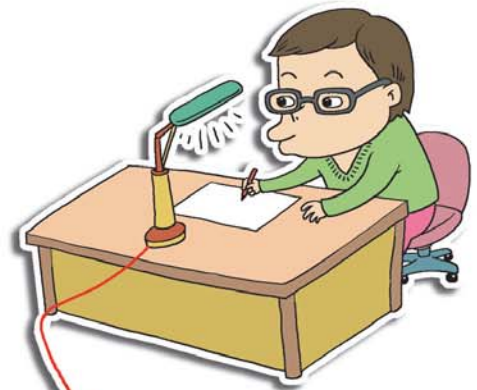
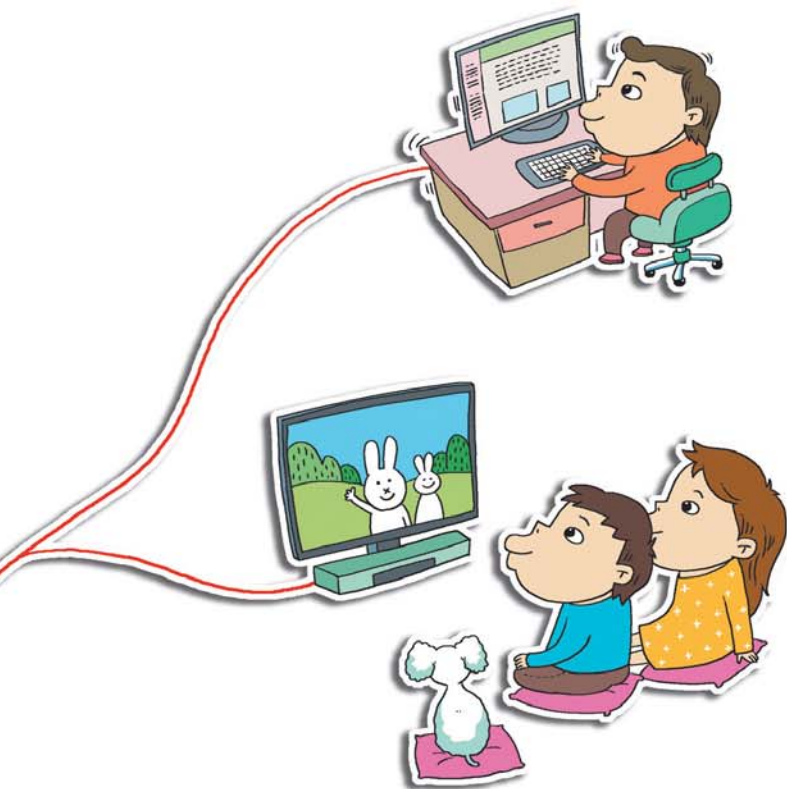
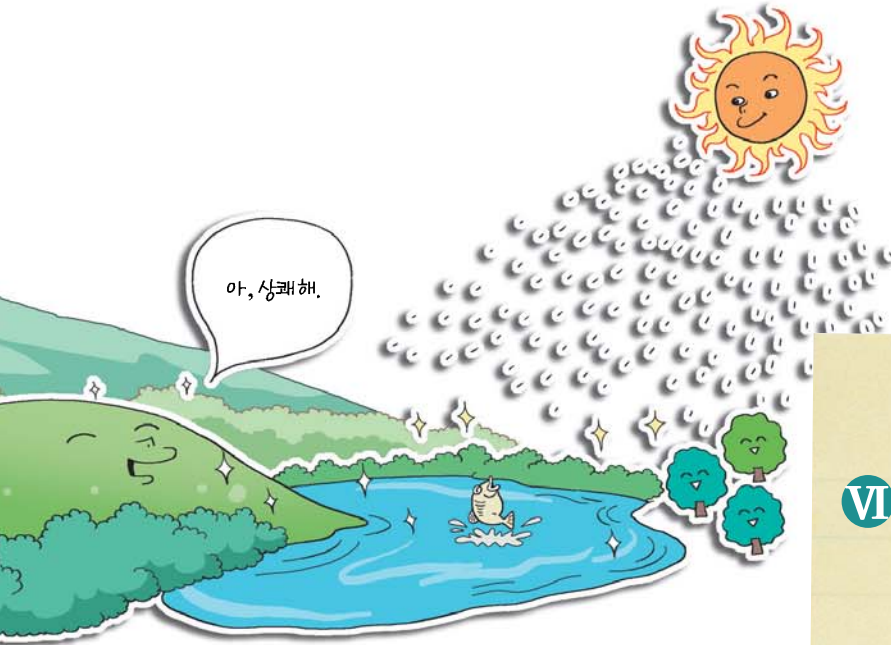


VI

에너지와 환경





VI-1. 에너지와 문명

1. 에너지의 전환과 보존
2. 태양 에너지의 이용과 문명
3. 에너지 효율

VI-2. 탄소 순환과 기후 변화

1. 지구의 에너지 순환
2. 탄소 순환과 광합성
3. 지구 온난화와 기후 변화

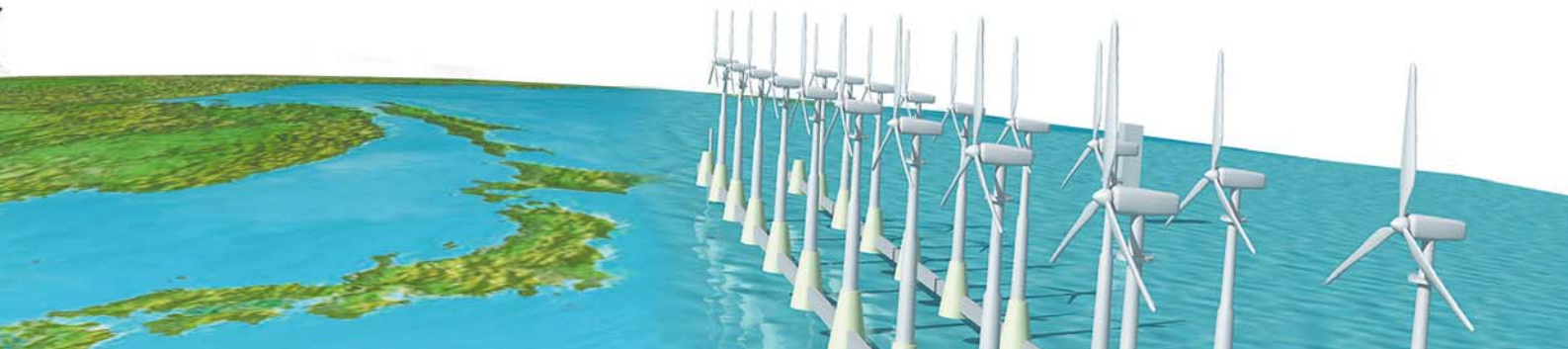
VI-3. 에너지 문제와 미래의 에너지

1. 화석 연료와 방사성 에너지 자원
2. 신·재생 에너지
3. 태양 전지와 연료 전지 그리고 하이브리드 기술

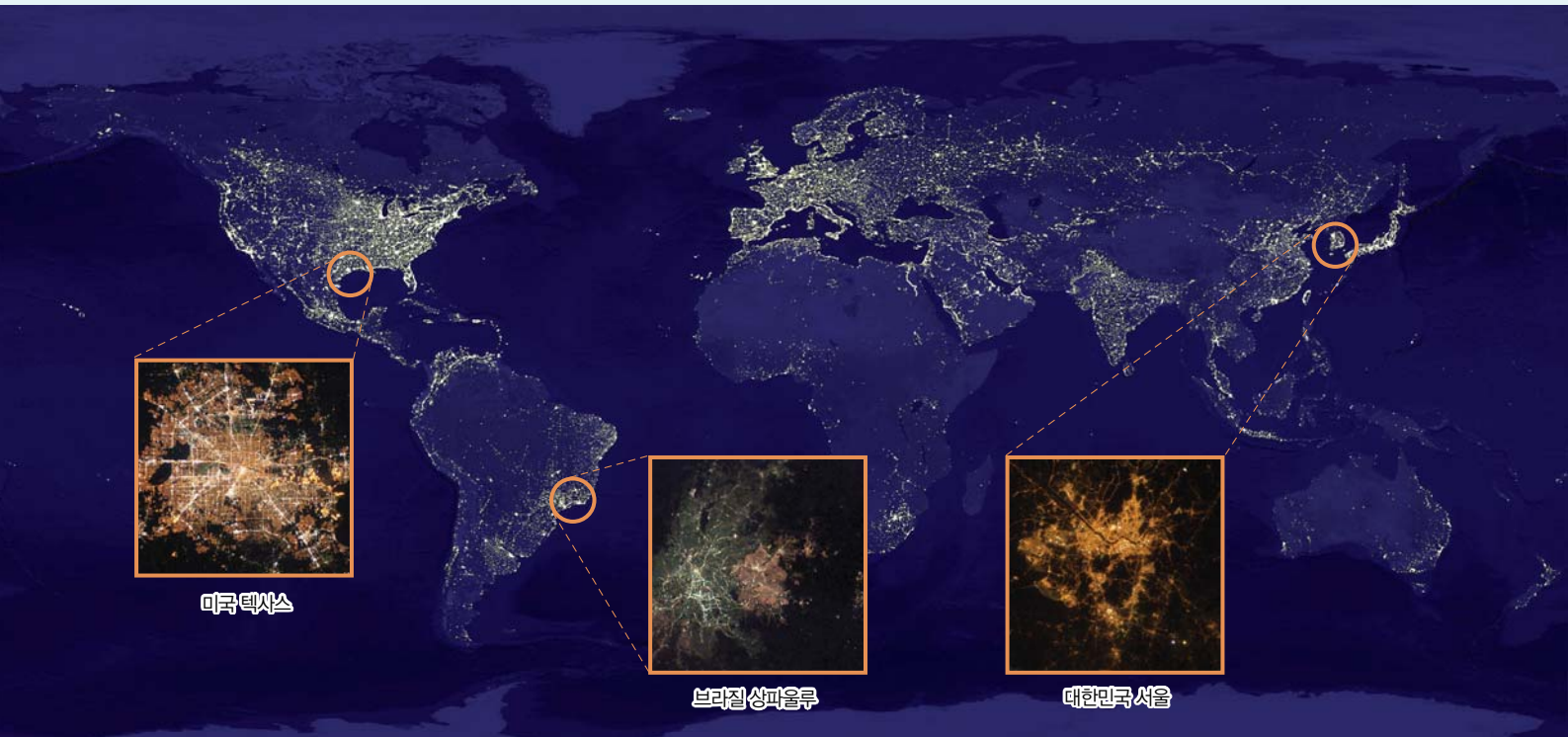
시작하기 전에



최근 녹색 청정에너지에 대한 기사가 언론에 자주 나오고 있다. 녹색 청정에너지란 무엇일까?



VI-1. 에너지와 문명



▲ 그림 1 _ 우주에서 본 지구의 야경 배경은 인공위성에서 찍은 지구의 야경을 합성한 것이고, 도시의 야경은 인공위성에서 촬영한 모습이다.

밤에도 일을 할 수 있다?

인류는 태양, 달, 별 등 자연에 의한 빛을 이용하여 왔으며, 지금도 많은 사람들이 자연광 아래에서 생활을 하고 있다. 그러나 해가 지거나 흐린 날에는 자연의 조명만으로 생활하는 데 한계가 있어서, 어둠을 밝히기 위해 모닥불, 횃불, 램프 등 인공 조명을 이용하여 왔다. 19세기 이후 전기 에너지를 이용한 전기 조명의 발명과 사용으로 밤낮의 구분 없이 인류의 활동 시간이 획기적으로 늘어났고, 비약적인 문명의 발전을 이루게 되었다.

지구 밖에서 본 지구의 밤은 전기 조명때문에 밝게 보인다. 그림 1은 인공위성에서 찍은 지구의 야경을 합성한 것으로 상대적으로 밝은 지역과 어두운 지역을 볼 수 있다. 이것은 국가 또는 지역 사이의 에너지 소비량의 척도라고 할 수 있다. 인류의 문명이 발달할수록 에너지 사용량은 계속 증가하고 있다.

이 단원에서는 에너지의 사용에 따라 인류의 문명이 어떻게 발전해 왔는지 알아보자.

? 우리는 에너지 걱정 없이 살 수 있을까?

1

에너지의 전환과 보존

- 학습 목표**
- 에너지는 생성되거나 소멸되는 것이 아니라, 전환 과정에서 형태만 변할 뿐임을 설명할 수 있다.
 - 에너지가 전환되는 과정에서 전체 에너지의 양은 항상 보존됨을 설명할 수 있다.

바람에 날려 온 한 톨의 씨앗이 땅에 떨어지면 구름은 비를 뿌려 싹을 틔운다. 새 싹은 햇빛을 받아 무성한 풀과 큰 나무로 자라고, 동물은 먹이를 찾아 부지런히 숲속을 돌아다닌다. 그리고 인간도 의식주를 위해 활동하는 여러 과정에서 자연의 여러 에너지를 필요에 따라 이용하며 살아가고 있다. 이와 같이 자연에서 일어나는 모든 현상은 에너지의 전환 과정이라고 할 수 있다.

자연에서 에너지는 어떠한 형태로 전환되며 이용되고 있을까?

에너지의 종류

그림 2와 같이 식물은 태양의 빛에너지를 이용하여 생장에 필요한 화학 에너지를 만든다. 그리고 태양의 열에너지는 지표를 가열하여 구름을 만들고, 높은 곳의 물은 위치 에너지를 가지게 된다. 바람의 운동 에너지는 파도를 일게 하고, 풍차를 돌려서 전기 에너지를 얻는다. 번개와 천둥이 치는 과정에서는 빛에너지, 소리 에너지, 열에너지가 발생한다. 이와 같이 우리가 생활하는 주변에는 빛에너지, 소리 에너지, 열에너지, 전기 에너지, 화학 에너지, 위치 에너지, 운동 에너지 등 여러 가지 종류의 에너지가 존재한다.

▼ 그림 2_ 자연의 에너지



자연 현상에서의 에너지 전환과 이동

에너지는 전환 과정에서 그 형태와 종류가 변하거나 이동할 뿐 새롭게 생겨나거나 소멸되는 것은 아니다. 먼 우주에서 일어나는 현상들뿐만 아니라 우리 주변의 자연 현상들에서도 한 종류의 에너지가 다른 형태의 에너지로 전환되거나 이동하는 것을 볼 수 있다.

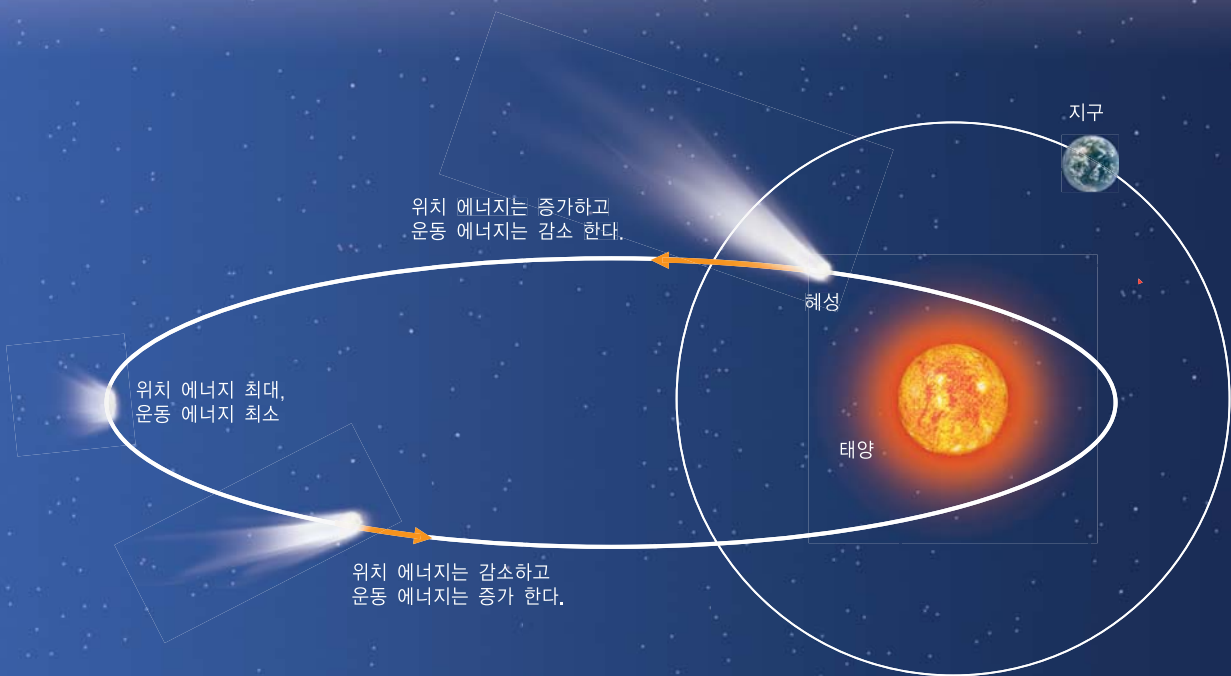
태양 내부의 핵융합 반응에 의해 발생한 에너지는 자외선이나 X선 같은 전자기파의 파동 에너지와 양성자나 전자와 같은 대전 입자들의 운동 에너지로 전환되어 사방으로 퍼져나간다. 이렇게 방출된 에너지는 지구와 같은 행성에 도달하여 영향을 미친다.

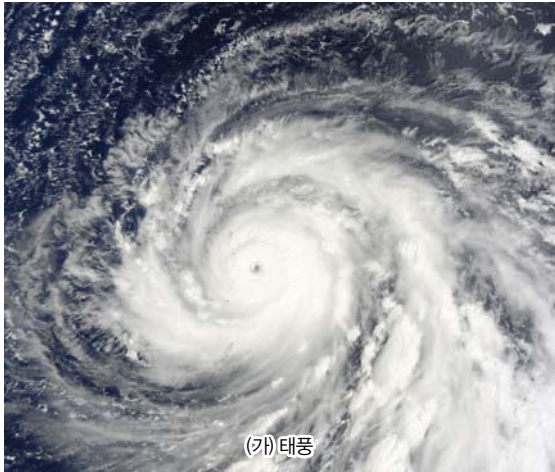
태양 주위를 타원 궤도로 돌고 있는 행성들은 태양과의 거리가 가까워질 때에는 속력이 빨라져 운동 에너지가 커지지만 위치 에너지는 감소하고, 거리가 멀어질 때에는 위치 에너지가 커지지만 운동 에너지는 감소한다.



에너지는 흔히 일을 할 수 있는 능력이라고 정의된다. 지구에서 우리가 이용하는 에너지의 원천에 대해 생각해 보자.

▼ 그림 3_ 행성의 운동





(가) 태풍



(나) 화산 폭발



(다) 해일



(라) 지진

그림 4의 (가)의 태풍은 태양 에너지가 바닷물을 증발시키면서 발생하는 열대성 저기압으로 많은 비와 엄청난 위력의 바람을 일으켜 우리의 생명과 재산을 위협한다. 태풍은 물의 증발 과정에서 수증기에 축적된 열에너지가 매우 큰 운동 에너지로 전환된 것이다.

그림 (나)는 2010년 아이슬란드에서 일어난 화산 폭발로 분출된 화산재로 인해 유럽의 주요 공항 대부분이 일주일 정도 폐쇄되는 교통 대란을 겪었다. 화산 폭발은 지구 내부의 열에너지가 화산 활동에 의해 지각으로 방출되는 현상이다. 이때 방출되는 용암, 화산재, 가스 등은 역학적 에너지로 전환된다.

그림 (다)의 해일은 태풍, 화산 폭발, 지진에 의해 해수면이 갑자기 높아져 육지로 넘쳐 들어오는 현상이다.

그림 (라)의 지진은 지구 내부에 여러 가지 형태로 축적된 에너지로 인해 일어나는 급격한 지각 변동이다. 이때 탄성파의 진동 에너지가 파동 에너지의 형태로 전환되어 퍼져 나간다.

이와 같이 자연은 끊임없이 변하고 있으며, 모든 자연 현상은 에너지가 서로 전환되는 과정이라고 할 수 있다.

▲ 그림 4 _ 에너지 전환과 관련된 여러 자연 현상

창의인성
과학 글쓰기

에너지의 관점에서 보면 주변에서 접하는 자연 현상들을 모두 에너지의 전환 과정으로 설명할 수 있다. 하나의 예를 선택하여 에너지가 어떻게 전환되는지 그 과정을 설명해 보자.

에너지는 여러 모습으로 저장되어 있으며 다양한 형태로 전환되면서 주변에서 일어나는 모든 현상에 관여한다. 한 형태의 에너지가 다른 종류의 에너지로 어떻게 전환될까?

다음 활동을 통해서 우리 주변에서 에너지가 어떤 형태로 전환되는지 알아보자.

창의
인성

활동 1 에너지는 어떤 형태로 전환될 수 있을까?

목표 에너지는 없어지는 것이 아니라 다른 형태로 전환되는 것임을 설명할 수 있다.

자료 해석

과정

그림 5는 우리 주변에서 볼 수 있는 여러 가지 에너지의 형태와 전환을 나타낸 것이다.



(가) 롤러코스터



(나) 레이저 절단기



(다) 번개



(라) 양궁



(마) 반딧불이



(바) 축전지

▲ 그림 5_ 여러 가지 에너지의 형태와 전환

정리

1. (가)~(바)의 경우 전환 전후의 에너지를 알아보고, 다음 표를 완성해 보자.

구분	전환 전	전환 후	구분	전환 전	전환 후
(가)		운동 에너지	(라)		운동 에너지
(나)	빛에너지		(마)	화학 에너지	
(다)		빛에너지	(바)		전기 에너지

공익 우리 주변의 에너지는 여러 가지 형태로 전환된다. 인류는 이러한 에너지를 사용하기 쉬운 전기 에너지 형태로 전환하여 주로 사용하며 전기 에너지의 사용은 인류의 삶을 보다 편리하게 만들었다.

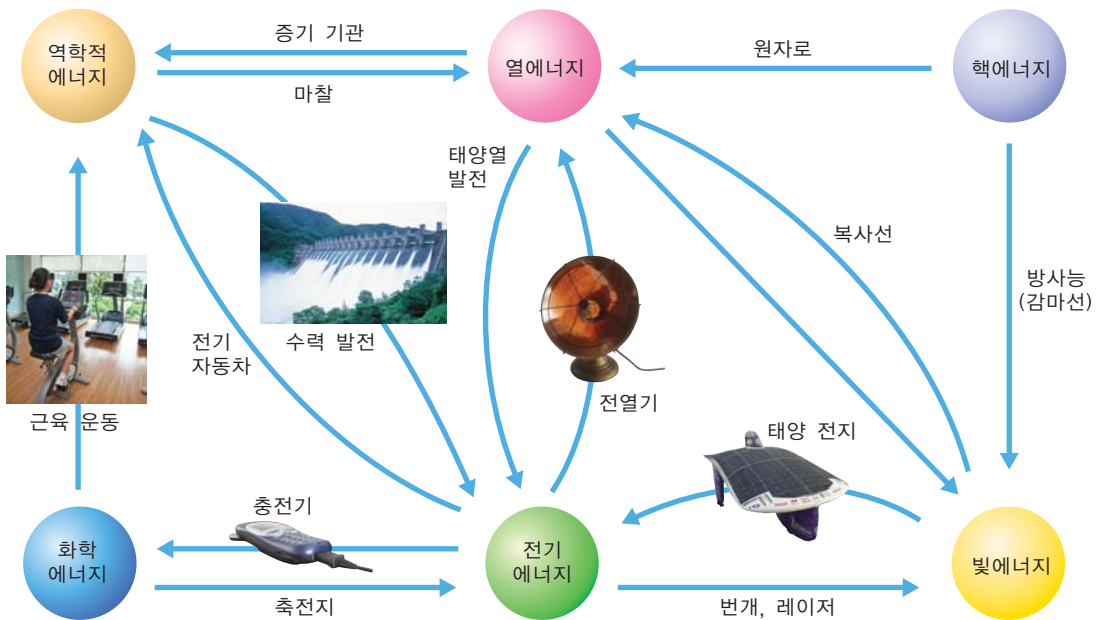
2. 창의·인성 (가)~(바) 외에 다른 예를 우리 주변에서 더 찾아보고 토의해 보자.

우리는 다양한 기구나 장치를 만들어 에너지를 목적에 맞게 바꾸어 이용한다. 레이저 절단기는 두꺼운 금속판을 자르기 위해 빛에너지를 열에너지로 전환시키고, 스스로 빛을 내는 반딧불이는 화학 에너지를 빛에너지로 바꾸어 암컷을 부른다. 자동차는 시동을 걸 때 축전지에 저장된 화학 에너지를 전기 에너지로 바꾸어 모터를 돌린다. 그리고 자동차가 운행 중일 때에는 발전기에서 만들어진 전기 에너지가 화학 에너지로 바뀌어 축전지에 충전된다. 롤러코스터는 높은 곳에서 낮은 곳으로 내려올 때 위치 에너지가 운동 에너지로 바뀌면서 속력이 커진다.

수력 발전소에서는 높은 곳의 물을 낮은 곳으로 떨어뜨려 수차를 돌리고 수차와 연결된 발전기에 의해 역학적 에너지가 전기 에너지로 바뀐다. 또한, 우라늄과 같이 원자핵이 불안정한 방사성 원소들은 스스로 방사선을 방출하면서 보다 안정한 원소로 변하는 핵붕괴가 일어난다. 원자력 발전은 방사성 원소가 가진 핵에너지를 이용하여 물을 끓여 발전을 하는 것이다.

그림 6은 일상생활에서 볼 수 있는 여러 가지 에너지 전환과 이용 형태를 나타낸 것이다. 에너지는 한 형태에서 다른 형태의 에너지로 바뀔 수 있으며, 이 과정에서 우리는 에너지의 일부를 사용한다. 이와 같이 에너지가 한 형태에서 다른 형태의 에너지로 바뀌는 것을 **에너지 전환**이라고 한다.

물음 에너지의 전환 과정 없이 일어나는 자연 현상이 가능한지 생각한 후 발표해 보자.



▲ 그림 6_ 여러 가지 에너지의 전환과 이용 형태

활동 2 손 발전기로 전구에 불을 켤 수 있을까?

목표 실험을 통해 간단한 발전기의 원리를 이해하고, 발전 기구를 고안해 볼 수 있다.

실험, 토의

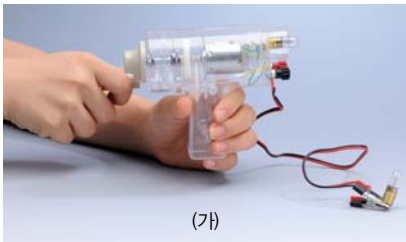
준비물 손 발전기 2개, 꼬마전구, 집게 도선, 건전지

과정

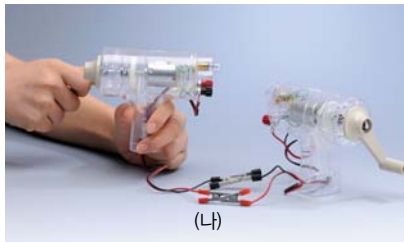
- 1 그림 7의 (가)와 같이 손 발전기에 집게 도선을 이용하여 꼬마전구를 연결한 후 발전기의 손잡이를 돌려 보자.
- 2 손잡이를 돌리는 속도를 변화시켜 가면서 꼬마전구의 밝기가 어떻게 변하는지 살펴 보자.
- 3 그림 (나)와 같이 2개의 손 발전기를 서로 연결한 후 한쪽 발전기를 돌려 보고, 어떤 변화가 일어나는지 관찰해 보자.
- 4 건전지를 손 발전기에 연결한 후 관찰해 보자.
- 5 과정 ①~④의 손 발전기의 원리를 이용하여 실생활에서 사용할 수 있는 간단한 발전기를 고안해 보고, 발표해 보자.

주의

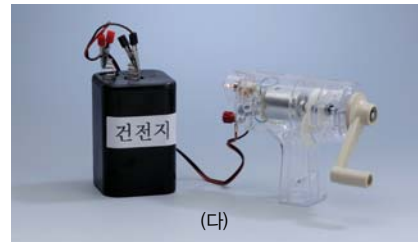
손잡이를 너무 세게 돌리면 손 발전기가 고장 나거나 꼬마전구의 필라멘트가 끊어질 수 있다.



(가)



(나)



(다)

▲ 그림 7_ 손 발전기에 의한 에너지의 전환과 이동

정리

- 1 손 발전기의 손잡이를 돌리면 꼬마전구에 불이 켜진다. 이 과정에서 에너지가 어떻게 전환되는지 설명해 보자.
- 2 손잡이를 돌리는 속도에 따라 꼬마전구의 밝기는 어떻게 되는가? 그 이유를 설명해 보자.
- 3 한쪽 발전기의 손잡이를 돌리면 다른 쪽 발전기의 손잡이도 동시에 돌아간다. 이 과정에서 발생하는 에너지의 전환 과정을 설명해 보자.
- 4 발전기와 전동기의 역할을 비교해 보고, 에너지의 전환 과정을 설명해 보자.
- 5 **창의·인성** 모든 발전기에는 자석이 들어 있다. 발전기의 내부 구조와 원리를 조사해 보고, 어떻게 하면 더 효율적인 발전기를 만들 수 있는지 고안해 보자.

배려 실험에 적극적인 자세로 임한다. 이때 손 발전기와 같은 실험 기구를 독점하지 않으며 토의할 때는 상대방의 의견을 잘 듣는다.

세계 각국은 석유 고갈의 위기에 대처하기 위해 대체 에너지의 개발에 노력하고 있다. 미래의 산업은 에너지를 적고 깨끗하게 사용하는 기술 개발에 집중될 것이며, 인간의 동력을 효율적으로 이용하는 것도 하나의 방법이 될 수 있다.

과학 마당 | 운동하면서 전기 에너지 만들기

덴마크의 수도 코펜하겐은 세계에서 자전거로 출퇴근하는 사람들이 가장 많고 자전거 전용 도로가 잘 갖춰져 있는 도시로 명성이 높다. 최근 코펜하겐의 한 호텔은 자전거 발전기를 설치하여 손님들이 페달을 10분쯤 돌려 10 Wh의 전기 에너지를 생산하면 호텔에서 식사를 무료로 먹을 수 있도록 하여 인기를 끌고 있다. 이때 생산된 전기는 호텔 내의 전기 기구를 작동시키는 데 사용된다고 한다. 건강을 위해 운동도 하고 전기를 생산해 무료 식사도 즐기라는 취지이다.



▲ 그림 8_ 자전거 발전기

그림 9의 (가)와 같이 좌석 앞에 있는 손잡이를 노를 젓듯이 밀고 당길 때 발생하는 에너지로 움직이는 자동차나 그림 (나)의 손잡이를 눌렀다가 놓을 때 발생하는 에너지로 빛을 내는 손전등과 같이 인간 동력을 효율적으로 이용하는 다양한 방법과 기술이 개발되고 있다.

발전기

전자기 유도 현상을 이용하여 운동 에너지를 전기 에너지로 바꾸는 장치이고, 전동기는 반대로 전기 에너지를 회전 운동 에너지로 바꾸는 역할을 한다.



(가) 인간 동력 자동차



(나) 자가 발전 손전등

▲ 그림 9_ 인간 동력을 이용한 기구

에너지의 보존

다양한 에너지의 전환 과정에서 한 에너지가 다른 에너지로 전환될 때, 전환 전후의 에너지 총량은 어떻게 될까?

다양한 에너지의 전환 과정에서 변하지 않는 양이 바로 에너지이다. 어떤 종류의 에너지가 감소하면 반드시 다른 형태의 에너지가 그만큼 증가하게 되어 전체적으로 에너지의 총량에는 변화가 없다. 에너지의 관점에서 자연 현상을 관찰해 보면, 한 종류의 에너지가 다른 형태의 에너지로 전환되는 과정이 아무리 복잡하더라도, 에너지가 소멸되거나 새로 생겨나지 않는다는 중요한 결론을 얻을 수 있다. 이를 **에너지 보존 법칙**이라고 한다.



▲ 그림 10 _ 도로 위의 자동차

그림 10과 같이 자동차가 도로 위를 달릴 때 사용되는 운동 에너지는 휘발유가 가지고 있던 화학 에너지의 25~30% 정도이다. 나머지 에너지는 어떻게 사용된 것일까? 우선 배기가스, 공기의 저항 및 타이어와 지면의 마찰, 엔진을 냉각시키는 물 등에서 열에너지로 전환되고, 일부는 엔진이나 기계에서 소리 에너지로 전환되어 대기 중으로 방출된다. 그리고 라이트나 계기판의 빛에너지, 언덕을 오를 때는 위치 에너지 등으로 전환된다. 이러한 열에너지를 포함한 기타 에너지의 총합은 결국 휘발유가 가지고 있던 화학 에너지의 총량과 같아진다.

에너지가 전환될 때 에너지의 총량은 보존되지만 석유나 석탄이 가지고 있던 에너지는 자동차를 움직이는 데 모두 사용되지 않고 일부는 열에너지 등으로 전환되어 사방으로 흩어지므로 다시 이용할 수 없게 된다. 이와 같이 에너지를 사용할수록 우리가 이용할 수 있는 에너지는 줄어든다. 따라서 우리는 에너지를 절약하는 습관을 가져야 한다.



석유와 같이 우리가 쉽게 이용할 수 있는 에너지원은 계속 감소하고 있지만 과학의 발달에 의해 과거에 쉽게 이용하지 못했던 에너지를 사용할 수 있는 신기술이 개발되고 있다. 미래에는 어떤 에너지를 이용할 수 있을지 생각해 보자.

확인하기

- 이해** 1. 커진 백열전등에서 일어나는 에너지의 전환 과정을 설명해 보자.
 2. 자동차에 공급된 연료로부터 에너지가 전환되는 과정을 에너지 보존 법칙과 관련해서 설명해 보자.
- 적용** 3. 에너지가 전환될 때 에너지의 총합은 변하지 않으며 일정하게 보존된다. 그런데도 에너지를 절약해야 하는 까닭은 무엇인지 알아보자.

2

태양 에너지의 이용과 문명

- 학습 목표**
- 태양 에너지와 화석 연료가 지구의 가장 중요한 에너지원임을 설명할 수 있다.
 - 인류 문명의 발전과 함께 에너지의 전환 기술이 발전해왔음을 설명할 수 있다.
 - 태양 에너지로부터 전환된 다양한 에너지의 형태와 이용 사례를 설명할 수 있다.

태양으로부터 약 1억 5,000만 km나 떨어져 있는 지구에 도달하는 태양 에너지의 양은 실로 어마어마하다. 그림 11의 국제 우주 정거장의 주된 동력원은 태양 전지판에 도달한 태양 빛이다. 태양 에너지는 환경 오염을 일으키지 않고 무한대로 얻을 수 있다. 세계 여러 나라에서는 태양 에너지를 효율적으로 이용하기 위해서 어떤 노력을 하고 있을까? 다음 활동을 통해서 지구에 도달한 태양 에너지의 전환 과정을 알아보자.



▲ 그림 11 _ 국제 우주 정거장

태양 에너지의 전환

창의
인성

활동 3

태양 에너지는 어떻게 전환될까?

목표 자연에서 일어나는 태양 에너지의 다양한 전환 과정을 설명할 수 있다.

자료 해석

과정

그림 12는 태양에 의한 자연에서의 에너지 전환을 나타낸 것이다.



▲ 그림 12 _ 자연에서의 에너지 전환

정리

1. (가)~(사) 중 현재 가장 많이 사용되고 있는 에너지는 무엇인지 말해 보자.
2. 우리가 사용하는 에너지 중에서 태양 에너지가 근원이라고 볼 수 없는 것은 무엇인지 알아보자.
3. **창의-인성** (가)~(사) 모두 태양 에너지가 근원인 이유를 토의하여 발표해 보자.

배려 상대방의 의견을 잘 듣고, 자신의 의견을 발표한다.

지구계 각 권의 상호 작용을 일으키는 에너지에는 태양 에너지, 지구 내부 에너지, 조력 에너지 등이 있다. 이들 중 태양 에너지는 지구의 모든 에너지의 근원으로 가장 많은 양을 차지하며 가장 중요한 역할을 한다. 태양 에너지는 지구 상의 모든 생명 활동에 이용되는 에너지원이며, 지표와 대기 및 해양에서 여러 가지 기상 변화를 일으키는 근본 원인이다.

강수

태양 에너지가 지표와 바다의 물을 가열하면 물은 수증기가 되어 대기권으로 상승한다. 대기권의 수증기가 냉각되면 구름이 만들어지고 비나 눈이 되어 지표면으로 다시 떨어지게 된다. 따라서 물의 순환 과정을 에너지의 관점에서 보면 태양 에너지에 의해 증가한 물의 위치 에너지가 지구의 중력에 의해 운동 에너지로 전환되는 과정을 반복하는 현상이다.

바람

태양의 고도가 높아지면 지표면이 뜨겁게 가열되어 가벼워진 공기가 상승하게 되면서 지표 부근에 공기의 흐름인 바람이 생긴다.

파도

바람은 일정한 방향으로 이동하는 공기 분자들의 운동 에너지에 의한 현상으로, 해양에서는 해수와 마찰을 일으켜 파도를 만든다.

식물은 태양의 빛에너지를 이용한 광합성을 통해 영양분을 합성하고 저장하며, 동물들은 식물이 합성한 이러한 영양분에서 에너지를 얻어 살아간다.

또한, 식물이나 동물에 저장된 에너지는 오랜 세월이 걸쳐서 화석 연료로 만들어진다. 화석 연료는 지질 시대의 고생물이 죽어 퇴적물과 함께 지각 변동에 의해 땅속에 묻힌 후 수백만 년이나 수억 년 동안 높은 열과 압력을 받으며 분해되는 과정에서 석탄, 석유, 천연가스 등의 형태로 바뀌어 형성된 것이다.

화석 연료

지각 변동에 의해 파묻힌 고생물이 오랜 세월이 걸쳐 화석화하여 만들어진 연료이다. 화석 연료에는 석탄, 석유, 천연가스 등이 있으며, 현재 인류가 사용하는 에너지의 대부분이 화석 연료이다.

▼ 그림 13 _ 태양 에너지의 전환

광합성

식물은 광합성을 통해 태양의 빛에너지를 화학 에너지로 전환하여 유기 양분을 저장한다. 동물은 광합성을 못하는 대신 먹이를 섭취하여 유기 양분을 얻으며, 모든 생물은 유기 양분을 분해하여 살아가는 데 필요한 에너지를 얻는다. 따라서 지구 상의 생명체들이 이용하는 궁극적인 에너지원은 태양 에너지이다.

18세기 기계의 발명으로 일어난 큰 변화를 우리는 산업 혁명이라고 한다. 인구의 폭발적 증가, 급격한 도시화의 진행 등 산업 혁명이 인류의 생활에 미친 영향은 실로 지대하다. 선진국 국민일수록 1인당 에너지 사용량이 많아지는 이유를 설명하고, 국민들이 에너지 소비를 줄이도록 유도할 수 있는 정책이나 방법을 고안하여 써 보자.

에너지의 사용과 문명의 발달

인류 문명이 어떻게 발전해 왔는지는 그림 14와 같이 인간이 어떠한 형태의 에너지를 사용하여 왔는지 살펴보면 알 수 있다. 인간은 불을 사용할 수 있게 되면서 나무 등을 연소시켜 어두운 밤을 밝히거나 난방과 취사를 해결하였다. 그리고 농경 사회로 넘어오면서 인간의 근육만으로 부족한 힘을 소나 말과 같은 가축이나 물과 바람의 힘을 이용하는 등 자연 상태로 존재하는 에너지를 이용하였다.

나무를 대체하여 난방과 취사에 이용되기 시작한 석탄은 산업 혁명기에 증기 기관의 동력을 얻기 위한 에너지원으로 많은 양이 사용되었다. 그리고 20세기 이후 석탄보다 이용하기 편리한 석유나 천연가스 등으로 에너지원의 사용이 확대되면서 더욱 효율적인 기계가 발명되어 인류의 기계 문명을 꽃피웠다.

기계의 발명은 가내 수공업의 소규모 생산 방식에서 공장제 기계 공업의 대량 생산 방식으로 변화를 가져왔고, 대량 생산된 공산품을 수송하기 위한 교통 수단이 필요하게 되었다. 현재 인류의 주된 교통수단인 자동차, 기차, 비행기, 선박 등은 산업 혁명 이후에 개발된 각종 엔진을 이용하고 있으며 현재 인류의 교통 환경은 과거와는 비교할 수 없을 만큼 비약적으로 발전하였다. 이와 같이 화석 연료의 사용은 생산이나 교통수단 등의 기계 문명을 발전시켰으며, 취사나 난방에도 많은 양이 이용되는 등 인류의 생활 전반에 큰 변화를 가져왔다.

현재에는 자연 상태로 존재하는 여러 에너지의 대부분을 사용하기 편리한 전기 에너지의 형태로 변환하여 사용하는 비중이 증가하고 있다. 제2의 불이라고도 부르는 전기는 매우 편리한 형태의 에너지로 발전을 통해서 얻어지며, 일상생활이나 산업 현장에서는 전기 에너지를 필요에 따라 쉽게 다른 에너지의 형태로 전환하여 사용한다. 전기 에너지는 현대 문명을 급속히 발전시켰다. 만약 전기가 없었다면 현재의 편리한 생활은 누릴 수 없었을 것이다.

(자료 출처: Hamakawa, "New Energy Option for 21 Century")

GTOE(Giga Ton of Oil Equivalent)

석유로 환산한 에너지 양으로 1 TOE는 약 42 GJ에 해당하는 에너지이다.

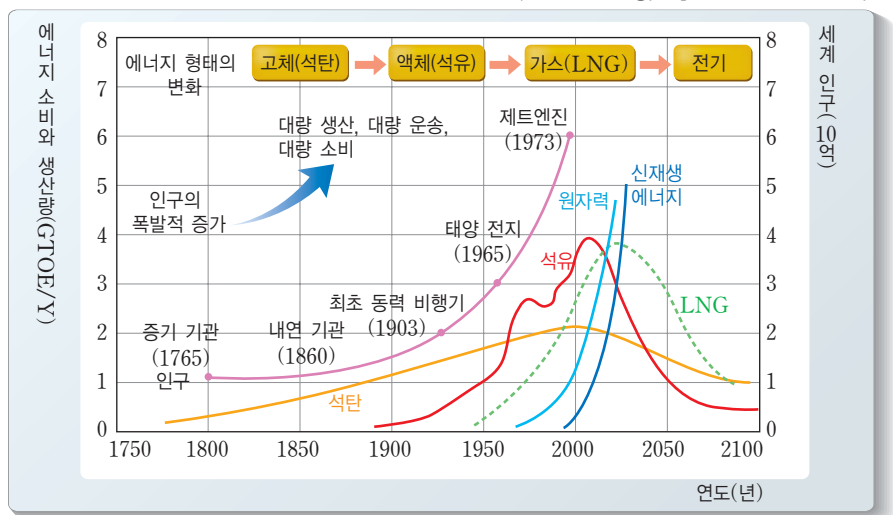


그림 14 _ 인류의 에너지 이용 역사 ▶

다음 활동을 통하여 여러 에너지를 어떻게 전기 에너지로 만들어 사용하고 있는지 알아보자.

창의
인성

활동 4

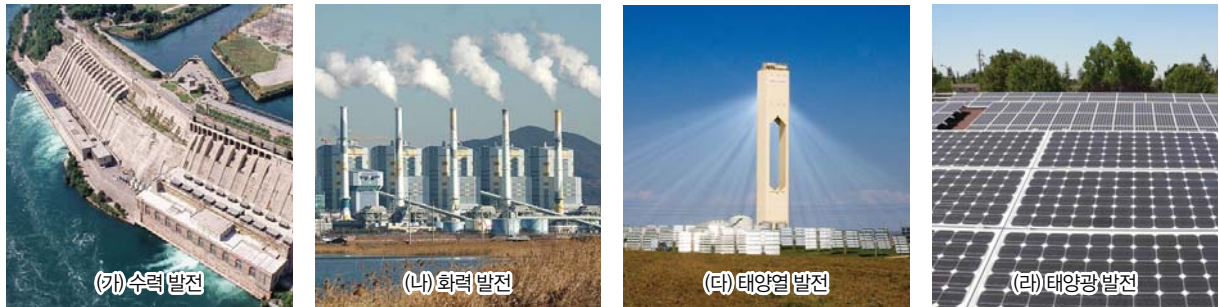
다양한 발전 방식과 태양 에너지는 어떤 관계일까?

목표 여러 에너지를 전기 에너지로 전환하여 사용함을 설명할 수 있다.

자료 해석

과정

그림 15는 다양한 방식으로 전기를 생산하는 발전소를 나타낸 것이다.



▲ 그림 15 _ 다양한 방식의 발전소

정리

1. 각 발전소에서 생산되는 전기 에너지는 어떤 과정을 거쳐 전환된 것인지 설명해 보자.
2. 에너지 자원 고갈의 위험이 가장 높은 발전 방식은 어느 것인가?
3. 우리나라에서 발전량이 가장 많은 발전 방식은 어느 것인가?
4. 각 발전 방식의 장단점을 비교해 보자.
5. **창의·인성** 기존의 화력, 원자력, 수력 발전보다 새로운 발전 방식의 도입을 활성화해야 하는 이유를 생각해 보자.

공익 전기 에너지의 사용은 현대 문명을 급속히 발전시켰으며, 인류는 여러 에너지를 전기 에너지로 전환하여 사용하면서 현재의 편리한 생활을 누릴 수 있게 되었다.

수력 발전은 댐에 의해 높은 곳에 갇혀 있던 물을 낙하시켜 터빈을 돌려 발전하고, 화력 발전은 물을 끓여 얻은 고압의 수증기로 터빈을 돌려 발전을 한다.

전통적인 수력 발전과 화력 발전을 통해 얻어지는 전기 에너지 역시 태양 에너지와 관련이 있다. 태양의 복사 에너지에 의해 증발된 물은 구름을 만들고 비가 되어 내리면서 강으로 흘러들고 댐에 갇히게 되며, 물을 끓일 때 사용하는 화석 연료는 광합성에 의해 만들어진 것이다. 우리나라에서 생산하는 전기 에너지의 절반 정도를 화력 발전을 통해 얻는다.

태양광 발전과 태양열 발전은 빛과 열의 형태인 태양 에너지를 직접 전기 에너지로 바꾸는 발전 방식으로 공해를 일으키지 않고 무한정 이용할 수 있는 장점을 가지고 있으므로 미래의 에너지원으로 각광받고 있다. 그러나 우리나라에서 태양광 발전과 태양열 발전에 의해 생산되는 전력은 아직 전체 생산량의 1%도 되지 않는다.

한국 전력 공사

<http://www.kepco.co.kr>



다음 활동을 통해서 태양 에너지가 실생활에서 어떻게 이용될 수 있는지 알아보자.

창의
인성

활동 5

태양열 집열판을 이용하여 물을 끓일 수 있을까?

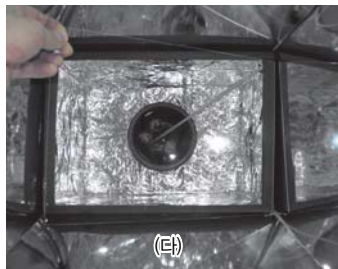
목표 태양열 집열판을 이용하여 물을 끓여 보고, 태양 에너지의 크기를 실감할 수 있다.

실험, 토의

준비물 사각형 모양의 상자, 두꺼운 종이, 검은 종이, 투명 테이프, 가위, 칼, 풀, 알루미늄박, 투명한 유리판(또는 아크릴판), 온도계, 메추리알

과정    

- 1 그림 (가)와 같이 네모난 상자의 윗면을 1 cm 정도 남기고, 칼로 잘라낸 후 상자의 안쪽 면에는 알루미늄박을 붙이고, 바깥쪽 면에는 검은 종이를 붙인다.
- 2 두꺼운 종이에 알루미늄박을 붙여 만든 반사판을 그림 (나)와 같이 상자의 윗면 4곳에 붙이고 잘 고정시킨다.
- 3 그림 (다)와 같이 검은색 용기에 물과 메추리알을 담아 상자의 바닥에 놓고, 온도계를 꽂는다. 그리고 상자의 윗면을 투명한 유리판이나 아크릴판으로 덮는다.
- 4 집열판을 햇빛이 비치는 쪽으로 놓은 후 반사된 햇빛이 용기를 향하도록 고정한다.
- 5 물의 온도와 상자 바깥쪽의 기온이 어떻게 변하는지 측정해 보고, 메추리알이 삶아졌는지 확인해 보자.



▲ 그림 16 _ 태양열 집열판을 만들어 물 끓이기

시간(분)	1	3	6	9	12	15
기온(°C)						
물의 온도(°C)						

주의

- 햇볕이 잘 드는 곳에서 실험해야 한다.
- 단열을 잘 시켜야 한다.
- 물을 상자에 흘리지 않도록 하자.

정리

1. 시간의 경과에 따라 물의 온도가 올라가는 정도는 어떻게 변하는가?
2. 유리판을 덮지 않을 경우 물의 온도 변화에 어떤 차이가 있을지 비교하여 설명해 보자.
3. 표면이 흰색인 용기를 사용할 경우 어느 쪽의 온도가 더 빨리 상승할까? 그 이유에 대해 설명해 보자.
4. **창의·인성** 메추리알은 어떻게 되었는가? 태양열 집열판 같이 일상생활에서 태양 에너지를 이용하고 있는 예를 찾아보고, 새로운 이용 분야를 생각해 보자.

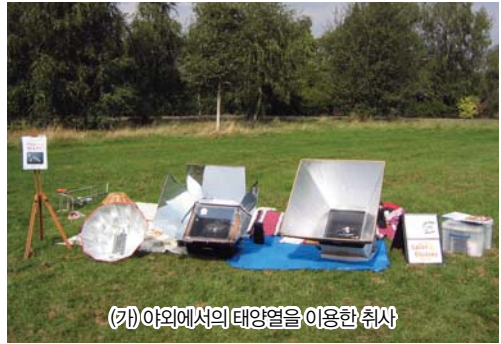
협동 같은 모듬끼리 역할을 분담하여 실험 기구를 제작한다. 그리고 다른 모듬의 의견을 잘 경청한다.

활동 5와 같이 태양열을 모으는 집열기로 태양열을 모으면 찬물을 뜨겁게 데울 수 있으며, 일상생활에서 이를 적절히 이용할 수 있음을 알 수 있다. 그림 17의 (가)와 같이 태양열 집열기를 사용하면 야외에서 가스 등의 연료를 사용하지 않고도 간단한 취사를 해결할 수 있다.

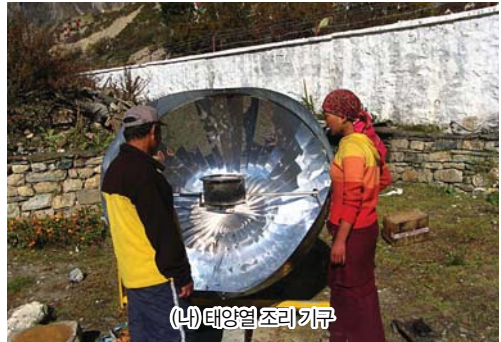
연료 부족으로 어려움을 겪고 있는 아프리카나 인도 등지에서는 보통 나무를 태워 취사를 하기 때문에 숲이 황폐화되어 왔다. 그러나 그림 (나)와 같이 태양열 조리 기구를 이용하여 취사를 하게 될 경우 숲을 지키고 빨감을 구하는 수고를 덜 수 있게 된다.



태양열 발전과 태양광 발전 방식의 차이점 및 장단점에 대해 조사한 후 발표해 보자.



(가) 야외에서의 태양열을 이용한 취사



(나) 태양열 조리 기구

▲ 그림 17_ 태양열을 이용한 취사

현대 문명에서 화석 연료는 난방 등을 위한 열에너지뿐 아니라 역학적 에너지, 전기 에너지를 얻기 위한 에너지원으로도 널리 사용되고 있다. 그러나 화석 연료는 머지않은 미래에 고갈될 것이므로 과학자들은 새로운 에너지원을 개발하기 위하여 노력하고 있다.

태양 에너지는 풍력, 수력, 화석 연료 등 지구에서 사용되는 대부분의 에너지의 근원이며, 태양의 수명이 다할 때까지 끊임없이 지구에 공급되는 무한한 에너지이다. 또 화석 연료나 원자력을 이용할 때처럼 환경 오염이나 방사능 위험이 없는 녹색 청정에너지이다. 따라서 태양 에너지를 적절하게 이용하면 지구의 에너지 문제는 물론이고, 화석 연료의 사용으로 발생하는 환경 오염과 지구 온난화 문제도 해결할 수 있다.

지구에 쏟아지는 태양 에너지는 현재 인류가 사용하는 에너지의 약 10,000배에 해당한다. 인간이 살기 어려운 황량한 사막 지역은 태양 에너지를 가장 쉽게 이용할 수 있는 지역으로 기대되고 있다.

연결 학습

화석 에너지의 생성 → 410쪽

확인하기

- 이해** 1. 화석 연료의 생성 과정을 간단히 설명해 보자.
- 적용** 2. 화석 연료의 근원이 태양 에너지인 이유를 설명해 보자.
- 3. 인류의 문명은 어떤 에너지를 사용하면서 급속히 발전하였는가?
- 인성** 4. 태양 에너지의 이용은 지구에서 살아가는 모든 생명체의 생존과 관련되어 있다. 태양 에너지를 효율적으로 이용할 수 있는 방법을 생각해 보자.

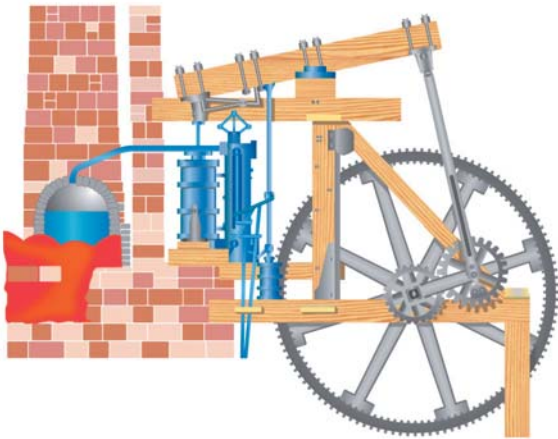
3

에너지 효율

- 학습 목표**
- 에너지 전환 과정의 효율을 이해하고, 영구 기관을 만들 수 없는 이유를 설명할 수 있다.
 - 에너지가 보존됨에도 에너지를 절약해야 하는 이유를 설명할 수 있다.



▲ 그림 18 _ 에너지 효율과 영구 기관



▲ 그림 19 _ 제임스 와트의 증기 기관

추울 때 손바닥을 비비면 마찰로 따뜻해진다. 고대의 인류는 마찰열을 이용하여 불을 만들어 사용했다. 이처럼 역학적인 일은 쉽게 열에너지로 전환된다. 그러나 열에너지를 역학적인 일로 전환하는 것은 쉽지 않다. 많은 과학자와 발명가들이 연료를 연소시킬 때 발생하는 열을 이용하여 일을 할 수 있는 장치를 만들기 위해 노력했으며, 그 대표적인 장치가 1765년 영국의 와트가 개량하여 만든 증기 기관이다.

증기 기관의 발명은 18세기 후반에 산업 혁명을 일으켜 인류의 기계 문명을 꽃피우는 원동력이 되었다. 증기 기관은 석탄을 태워서 물을 끓인 후 수증기가 가지는 열에너지를

기계적 일로 변환시켜서 동력을 얻는다. 이와 같이 고체나 액체를 연소시키거나 기체에 열을 가하면 부피가 팽창하는데, 기체의 열팽창을 이용하여 열에너지를 일로 바꾸는 장치를 **열기관**이라고 한다. 이때 열기관에 공급한 열에너지가 전부 일로 바뀌는 것은 아니고 일부만 일로 전환된다. 와트의 증기 기관은 사용한 연료의 94% 정도는 열로 손실되어 버리고, 나머지 6% 정도만을 사용할 수 있었다. 좋은 열기관일수록 공급한 열을 일로 많이 바꾸어 에너지를 절약할 수 있기 때문에 많은 과학자들이 열효율을 높이기 위한 연구를 하고 있다.

이러한 열기관은 왜 공급한 에너지를 모두 동력을 얻는 데 사용할 수 없는 것일까? 또 연료를 공급하지 않아도 스스로 작동하는 기계를 만들 수는 없을까?

다음 활동을 통하여 연료의 연소열을 측정해 보자.

열효율(e)

공급한 열량(Q)에 대해 일(W)로 전환된 양의 비율

$$e = \frac{W}{Q} < 1$$

준비물 눈금실린더, 알코올램프 2개, 삼각 플라스크 2개, 구멍 뚫린 고무마개 2개, 온도계 2개, 에탄올, 메탄올, 철제 스탠드 2개, 보안경, 장갑, 저울

미리 알아 두기

연소열이란 어떤 물질 1 g이 완전 연소할 때 발생하는 열량으로 정의할 수 있다.

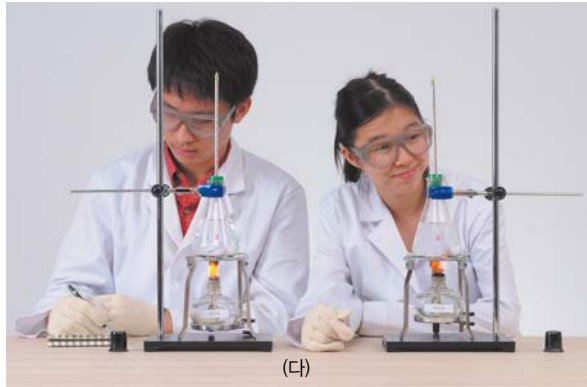
$$\text{연소열(kJ/g)} = \frac{\text{연소 반응에서 발생한 열량(kJ)}}{\text{연료의 질량(g)}}$$

주의

- 화재 등 사고가 발생하지 않도록 유의하며, 장갑을 착용하고 보안경을 쓰도록 지도한다.
- 두 액체의 연소열 측정은 같은 조건에서 실험을 한다.

과정

- 1 2개의 삼각 플라스크에 각각 눈금실린더로 250 mL의 물을 측정하여 넣고 그림 20의 (가)와 같이 장치한 후 물의 온도를 측정하자.
- 2 그림 (나)와 같이 에탄올과 메탄올이 들어 있는 알코올램프의 뚜껑을 덮은 상태로 질량을 측정하자.
- 3 그림 (다)와 같이 양쪽 알코올램프에 불을 붙이고, 물이 끓을 때까지 걸리는 시간을 측정한 다음 알코올램프의 뚜껑을 덮고 질량을 측정하자.
- 4 연소에 의해 줄어든 질량이 같을 때 열이 더 많이 발생한 연료가 어느 쪽인지 토의해 보자.



▲ 그림 20 _ 에탄올과 메탄올의 연소열 비교

정리

1. 메탄올과 에탄올 중 연소열이 더 큰 물질은 어느 쪽인가?
2. 물이 끓을 때까지 걸리는 시간이 짧을수록 연소열이 더 큰 물질이라고 할 수 있는가?
3. 여러 가지 다른 연료의 연소열을 더 조사해 보자.
4. **참의·인성** 가장 이상적인 연료의 조건에 대해 토의해 보자.

정직 활동 결과에 대한 오류가 있더라도 사실적으로 인정하고, 오류 가능성이 발생한 원인을 예측해 본다. 그리고 실험 설계를 다시 해 본다.

협동 모둠끼리 역할을 분담하여 적극적으로 활동에 임한다.

활동 6의 연소 과정에서 발생한 열은 삼각 플라스크의 온도를 높여 물로 전달되고, 일부는 공기 중으로 퍼져 나간다. 우리가 측정한 값은 물이 얻은 열량만을 측정한 것이므로 오차 요인이 있으며, 연소열이 큰 물질일수록 연료로서의 가치가 크다. 수소는 연소열이 가장 크기 때문에 미래의 에너지원으로 주목되고 있지만 실용화되기까지 해결해야 될 점이 많다.

에너지는 물질 자체는 아니지만 다양한 물질로부터 얻을 수 있다. 열의 본질도 물질이 아니라 에너지의 한 형태이다. 여러 가지 연료를 연소시켰을 때 발생한 열은 물의 온도를 높여서 물의 상태를 변화시키는 에너지로 사용할 수 있다. 이때 사용된 연료의 종류에 따라 같은 양으로 발생시킬 수 있는 열의 양이 다른 것도 알 수 있다.

대부분의 물체들은 외부로부터 열을 흡수하면 온도가 올라가면서 부피가 커진다. 이는 물체를 구성하는 분자나 원자들의 운동이 활발해지기 때문인데 고체 분자들은 제자리에서 진동만 한다. 그러나 열을 받아 온도가 올라가면 진동이 더 활발해지므로 부피가 팽창하다가 이웃한 분자들에 더 이상 묶여 있지 않고, 자유롭게 무질서하게 운동을 하게 되어 액체나 기체로 상태가 변하게 된다.

물체가 정지해 있더라도 그림 21과 같이 물체를 구성하는 분자들은 끊임없이 운동하므로 물체 내부의 분자들은 운동 에너지를 가지고 있다. 또한, 분자들 사이에 작용하는 힘에 의한 위치 에너지도 가지고 있다. 이와 같이 한 물체를 구성하는 물체 내의 분자들이 갖는 운동 에너지와 위치 에너지를 모두 합하여 **내부 에너지**라고 한다.

▼ 그림 21 _ 세 가지 상태에서 분자들의 내부 운동

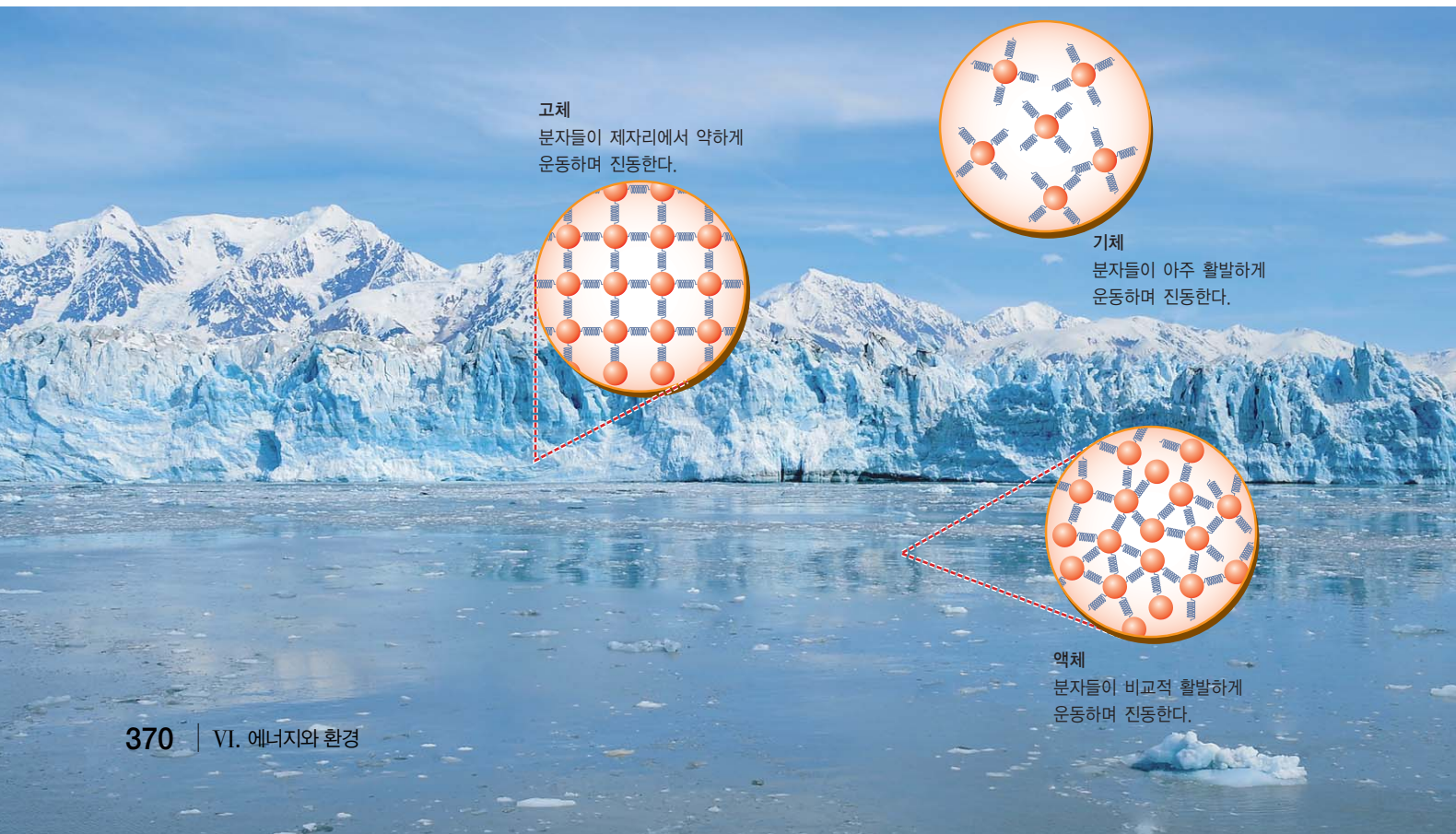
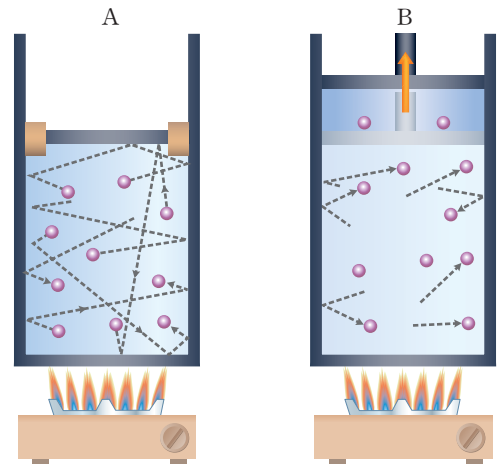


그림 22와 같이 부피가 같은 두 용기에 온도가 같은 기체를 넣고 똑같은 양의 열을 가하면 B 용기보다 A 용기 안의 온도가 더 높아진다. A와 같이 밀폐된 용기에 열을 가하면 용기에 가해진 열에너지가 모두 기체의 내부 에너지를 증가시킨다. 그러나 B와 같이 한 쪽이 피스톤으로 되어 움직일 수 있는 용기에 들어 있는 기체는 부피가 팽창하면서 피스톤을 밀어내는 일을 한다. 즉, 기체가 외부에 한 일만큼 기체의 내부 에너지가 덜 증가하게 되므로 기체의 온도는 B 용기가 A 용기보다 덜 상승하게 되는 것이다.

그림 22의 경우에서 일과 열이 같은 물리량을 알 수 있으며, 물체가 외부로부터 열을 흡수한 양만큼 외부에 일을 하거나 내부 에너지가 증가한다는 것을 뜻한다. 예를 들어 기체가 외부로부터 100 J의 열을 흡수하여 부피가 팽창하면서 외부에 30 J의 일을 하였다면 기체의 내부 에너지는 반드시 70 J 증가한다. 이는 열을 포함하여 에너지의 전환 과정에서 총량이 불변한다는 에너지 보존 법칙이 성립한다는 의미로 **열역학 제1법칙**이라고 한다.

외부로부터 에너지 공급 없이 계속 일을 할 수 있는 기관을 **제1종 영구 기관**이라고 한다. 이러한 장치를 만들 수 있다면 인류는 에너지 문제를 걱정할 필요가 없을 것이다. 그러나 에너지의 공급 없이 일을 한다는 것은 에너지가 창조된다는 의미이므로 열역학 제1법칙인 에너지 보존 법칙에 위배되어 만들 수 없다. 또한, 외부에 일은 하지 않더라도 영원히 운동을 하는 장치도 만들 수 없는데, 마찰에 의해 열이 발생해서 에너지가 보존되지 않기 때문이다.

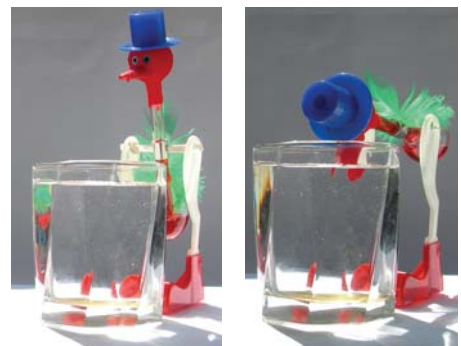


▲ 그림 22_ 밀폐된 용기와 피스톤 용기의 내부 에너지

과학 마당 | 물 먹는 새

물을 먹는 것처럼 까딱거리는 장난감 새를 본 적이 있을 것이다. 이 장난감 새를 보면 외부에서 공급되는 에너지 없이 혼자 일을 하는 것처럼 보인다. 과연 에너지 보존 법칙에 따른 무한 동력의 원리를 구현한 것일까?

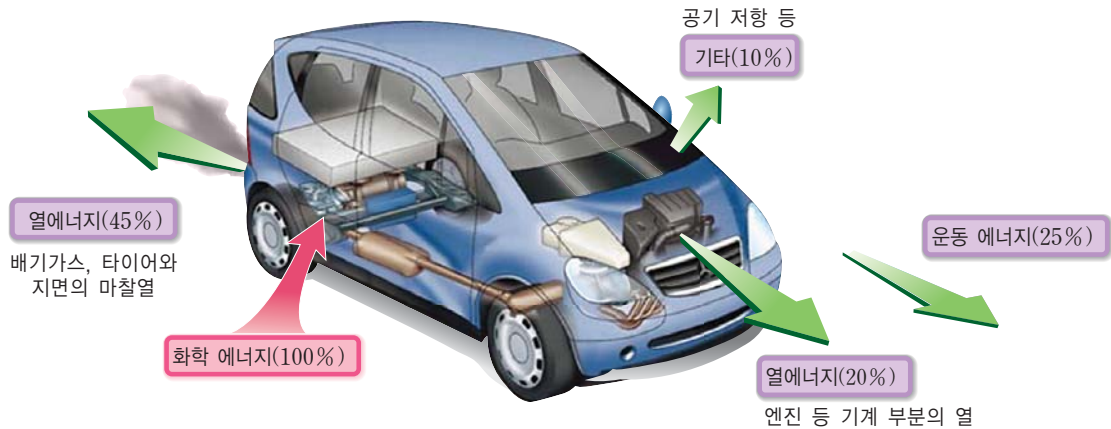
물 먹는 새의 몸속은 증발이 쉽게 일어나는 액체(에테르)로 채워져 있고, 나머지는 진공 상태이다. 새의 머리를 물로 적시면 물이 주변에서 기화열을 흡수하여 증발하는 과정에서 새의 꼬리 쪽보다 머리 쪽의 온도가 낮아져 액체가 머리 쪽으로 밀려나면 머리 쪽이 무거워져 앞쪽으로 기울어진다. 이때 주둥이를 물에 담그게 되면 관이 수평 상태가 되어 머리와 꼬리 쪽 증기압이 같아지면서 무거운 꼬리 쪽이 다시 내려간다. 즉, 물



▲ 그림 23_ 물 먹는 새의 움직임

먹는 새 내부의 에테르 용액이 외부 온도 변화와 압력 차이에 의해 밀려 나가고, 그에 따라 무게 중심이 이동하면서 까딱거리는 것이다. 이것은 증발 현상을 이용한 것으로 태양 에너지를 사용하는 것이지만 무한 동력의 원리가 구현된 것은 아니다.

컵에 담긴 뜨거운 물을 마시지 않고 놓아두면 점점 식어서 주변의 온도와 같아진다. 이 물을 에너지 공급 없이 저절로 원래의 뜨거운 상태로 되돌릴 방법은 없다. 연료를 소비하면서 도로를 달리는 자동차에서 일어나는 에너지 전환 과정을 생각해 보자. 연료가 갖고 있던 화학 에너지가 연소되면서 열에너지로 바뀌고, 이는 다시 열기관에 의해 운동 에너지로 전환된다. 그런데 자동차는 결국 멈추므로 차가 가지고 있던 운동 에너지는 모두 도로와 공기와의 마찰에 의한 열에너지로 바뀌게 된다.



▲ 그림 24 _ 자동차의 에너지 전환 과정

에너지 전환 과정에서 에너지는 형태만 바뀔 뿐 보존되지만, 외부로 확산된 열에너지를 다시 회수하여 사용할 수는 없다. 이와 같이 자연 현상에는 일정한 방향성이 있는데, 이를 **열역학 제2법칙**이라고 한다. 즉, 다양한 에너지 전환 과정에서 모든 에너지는 결국 무질서하고 통제하기 어려우며 널리 퍼져 버리는 열에너지로 바뀌는데 이 열에너지를 원래 형태의 에너지로 되돌릴 수는 없다.

제2종 영구 기관은 열효율이 100%인 열기관으로 열역학 제2법칙에 위배되므로 만들 수 없는 기관이다. 이는 무질서한 열에너지를 이용하여 무질서도가 더 작은 역학적인 일로 100% 바꾸는 것이므로 불가능하다.

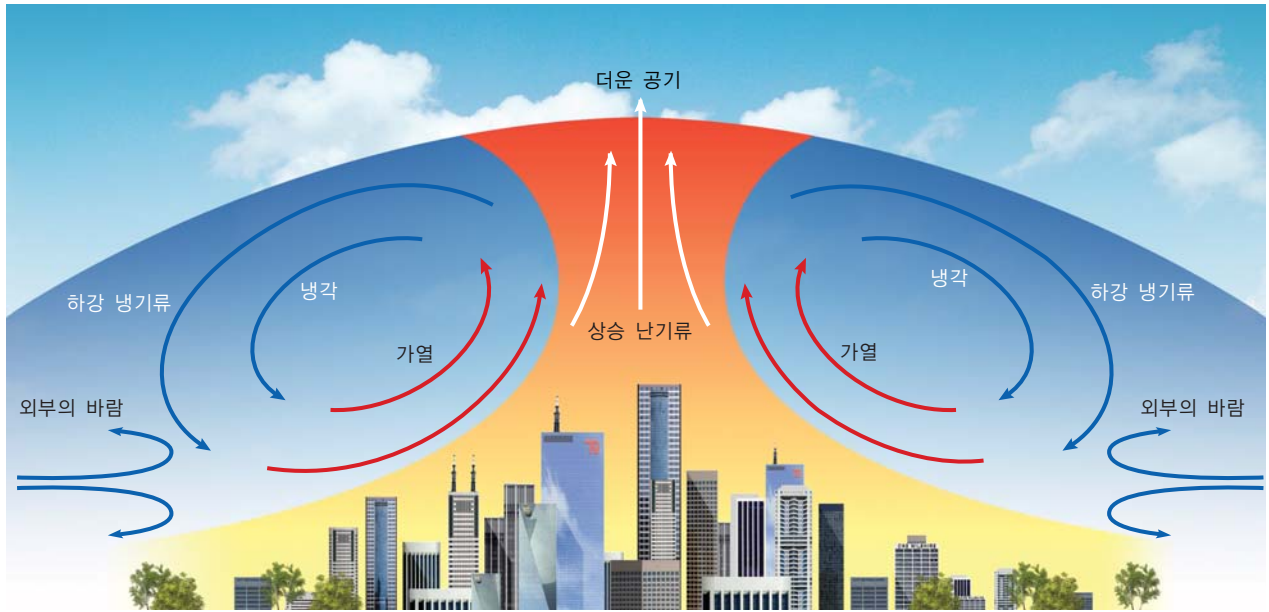
무질서도(엔트로피)
자연은 점점 더 무질서해지려는 방향으로만 일어난다는 것으로 1865년 클라우지우스에 의해 도입된 개념이다.



외부로부터 100 J의 열을 흡수하여 20 J의 일을 하는 열기관이 있다.

- (1) 이 열기관의 열효율은 몇 %인가?
- (2) 에너지 전환 과정에서 80 J의 열은 어떻게 된 것인지 설명해 보자.

우리는 화석 연료를 연소시킬 때 나오는 열에너지를 이용하여 난방이나 취사를 한다. 이 열에너지를 이용하여 발전기를 돌리면 전기 에너지로 바꿀 수도 있고, 열기관에 의해 자동차의 운동 에너지로 바꿀 수도 있다. 그러나 이러한 화석 연료를 이용하여 에너지를 만들거나 사용하는 과정에서 우리가 원하지 않는 열에너지가 방출된다.



▲ 그림 25 _ 도시의 열섬 현상

화석 연료의 사용이 비약적으로 증가하면서 환경 오염뿐 아니라 지구 온난화를 일으키는 이산화탄소가 발생하고 사람들이 많이 모여 사는 도시에서는 냉난방과 자동차 운행에 따른 연료의 사용 등 여러 요인에 의해 도시 외곽보다 온도가 높아지는 현상이 발생한다. 이를 **열섬 효과**라고 한다.

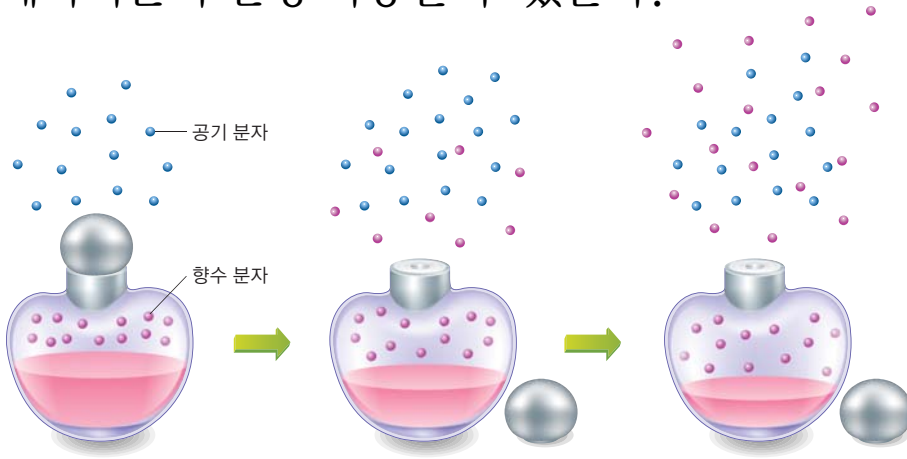
고층 건물이 뺏뺏이 들어선 도심은 바람의 통로가 막혀 대류에 의한 열의 이동이 방해를 받으며, 콘크리트 건물과 아스팔트 포장도로는 녹지보다 더 많은 열을 흡수하고 방출한다. 그리고 냉난방 장치나 자동차와 같은 많은 열원 및 이들의 가동에 따른 대기 오염으로 인한 온실 효과 등 여러 가지 원인에 의해 도심의 온도가 주변보다 높아지는 열섬 효과가 나타난다.

환경 오염을 덜 일으키거나 무제한 사용할 수 있는 새로운 에너지원이 개발된다면 인류의 문명은 한 단계 더 도약할 것이다. 이렇게 혁명적이고 새로운 에너지원이 개발되기 전까지는 일상생활에서 에너지 사용량을 가급적 줄이려는 절약 정신을 발휘해야 한다.

💡 확인하기

- 이해** 1. 공급된 열이 일로 전환되는 양의 비율을 무엇이라고 하는가?
- 적용** 2. 외부로부터 에너지 공급 없이 계속 일을 할 수 있는 기관을 만들 수 있을까? 그 이유를 설명해 보자.
3. 열효율이 100%인 열기관을 만들 수 있을까? 이에 답을 하고, 그 이유를 설명해 보자.
- 인성** 4. 화석 연료의 사용이 지구 온난화 현상과 어떤 관계를 가지는지 조사해 보고, 일상생활에서 열섬 효과를 줄이는 방법을 발표해 보자.

에너지는 무한정 사용할 수 있을까?



향수병을 열어 놓으면 증발한 향수가 방 안 골고루 퍼져 나가고, 컵이 깨지면 조각조각 흩어진다. 그러나 방 안에 흩어진 향수 분자들이 다시 병으로 들어가 모이거나, 깨진 컵 조각들이 다시 저절로 붙어 컵이 되지는 않는다. 작은 향수병 속에 갇혀 있는 액체 분자들보다는 빠른 속도로 운동하면서 넓은 공간에 퍼져 있는 기체 분자들이 더 무질서한 상태이기 때문이다.

이와 같이 대부분의 자연 현상들을 살펴보면 한쪽 방향으로만 일어나는 방향성을 갖는다. 에너지 전환이나 이동 과정에서 과학자들은 에너지가 사라지거나 생겨나지 않는다는 열역학 제1법칙(에너지 보존 법칙)뿐 아니라 자연 현상이 더 무질서해지는 방향으로만 일어난다는 것을 발견하였다. 이때 무질서한 정도를 엔트로피라고 하는데, 열역학 제2법칙을 다른 표현으로 엔트로피(무질서도) 증가의 법칙이라고 한다.

독일의 클라우지우스는 엔트로피(entropy)라는 용어를 처음 사용하였으며, “물체가 열을 받으면 엔트로피가 증가하고, 열을 잃으면 엔트로피가 감소한다.”라고 하였다. 열을 잃은 물체의 엔트로피는 감소하나 열역학 제1법칙에 의해 반드시 열을 받은 물체가 있으며, 열을 받은 물체의 엔트로피는 증가하여 결과적으로 전체 엔트로피는 증가한다. 클라우지우스는 자연의 변화가 질서가 없어지는 쪽으로 일어나는 것처럼 열의 이동도 입자의 운동이 무질서해지는 방향 즉, 엔트로피가 증가하는 방향으로 일어난다고 하였다.

현대 문명은 화석 연료에 의존하고 있다. 우리는 화석 연료를 태울 때 발생하는 열에너지를 이용하여 발전도 하고, 자동차도 굴러가게 한다. 이 과정에서 발생한 열은 에너지 보존 법칙에 의해 없어지는 것이 아니라 공기 중으로 흩어질 뿐이지만 이 열에너지를 다시 회수하여 이용할 수는 없게 된다. 따라서 지구 상에서 화석 연료와 같이 엔트로피가 작아 이용하기 쉬운 에너지원의 양은 유한하므로 우리는 에너지를 절약해야 하는 것이다.



▲ 그림 26 _ 향수의 확산과 깨진 컵의 엔트로피 증가



▲ 그림 27 _ 클라우지우스 (Clausius, R. J. E., 1822~1888)

에너지 효율

1. 표는 전환 전 화석 연료와 전환 후 생성된 에너지를 나타낸 것이다. 에너지 보존 법칙에 따르면 냉각탑에서 빠져 나간 열 (A)은 몇 %인가?

전환 전 화석 연료	전환 후 생성된 에너지
화석 연료 (100%)	<ul style="list-style-type: none"> • 전기 에너지: 28% • 굴뚝: 10% • 냉각탑: (A) • 송전선: 3%

에너지 전환

2. 에너지 전환의 관점에서 열기관과 인체를 비교해 비슷한 점을 찾아 설명해 보자.

화석 연료

3. 석유보다 석탄의 매장량이 더 많음에도 석유를 더 많이 사용하고 있는 이유는 무엇일까?

에너지 효율

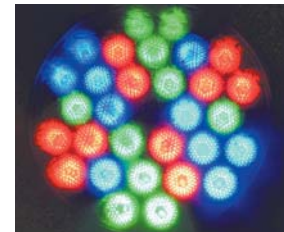
4. 그림은 백열등, 형광등, LED등을 나타낸 것이다. 물음에 답하라.



(가) 백열등



(나) 형광등



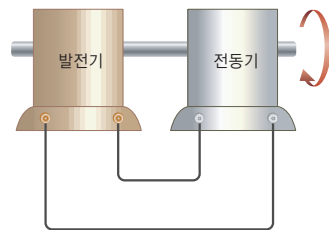
(다) LED등

- (1) 각 장치에서 전기 에너지가 빛에너지로 전환되는 효율을 비교해 보자.
- (2) LED 조명 장치는 수명이 길지만 아직은 가격이 비싼 편이다. 백열등과 형광등의 평균 수명을 가격과 비교하여 어떤 조명 장치가 경제적인지 비교해 보자.

열역학 법칙

5. 다음에서 설명하는 일이 일어날 수 없는 이유를 물리 법칙으로 설명해 보자.

“그림과 같이 전동기로 발전기를 돌리면 전기 에너지가 생산되고, 이때 얻어진 전류를 다시 전동기에 공급하면 전동기가 회전하게 되어 발전기를 돌릴 수 있으므로 영원히 회전할 것이다.”



VI-2. 탄소 순환과 기후 변화

지구의 기후 변화

영화 '투모로우'에서는 급격한 지구 온난화 때문에 극지방의 빙하가 녹아 바닷물이 차가워지면서 해류의 흐름이 바뀌고, 결국 지구 대부분이 빙하에 덮이는 지구 환경의 변화를 이야기한다. 빙하가 녹고 해류의 흐름이 지금과 달라지면 어떤 일이 일어날까? 영화에서처럼 지구 전체에 큰 재앙이 닥칠 수도 있지만, 오히려 인류를 비롯한 생물권 전체가 지금보다 더욱 번성하게 될지도 모른다.

그러나 이러한 변화들이 지구계에 어떤 영향을 미칠지 지금으로서는 명확하게 이야기하기 어렵다. 또 지구계를 이루는 모든 요소는 상호 작용하기 때문에 우리에게 보이는 일부분만으로는 지구 전체에 미치는 영향을 판단할 수 없다.

이 단원에서는 지구계의 물질과 에너지가 대기와 해수의 움직임을 통해 어떤 모습으로 순환하고 있는지 알아보자. 더불어 최근 전 세계적으로 벌어지고 있는 기상 이변은 무엇 때문에 일어나는지 알아보고, 지구 환경이 더는 파괴되지 않도록 소중한 지구를 지키고 가꾸는 방법을 함께 찾아보자.

? 최근 전 세계적으로 벌어지는 기상 변동이나 지구 환경 변화에 대하여 조사해 보고, 이러한 변화는 무엇 때문에 일어나는지 이야기해 보자.

1

지구의 에너지 순환

- 학습 목표**
- 지구의 에너지 순환 과정인 대기와 해수의 순환을 설명할 수 있다.
 - 대기와 해수의 상호 작용의 변화는 지구 전체의 기후에 영향을 줄 수 있음을 설명할 수 있다.

일기 예보가 없었던 시절 우리 조상들은 날씨를 어떻게 예상할 수 있었을까? 우리 조상들은 해 질 녘 서쪽 하늘에 떠 있는 태양의 주위에 그림 28과 같은 햇무리가 생기면 다음 날 비가 올 것으로 예상했다. 햇무리는 수증기를 많이 포함한 대기가 다가 오고 있을 때 볼 수 있으며, 우리나라 주변의 대기는 주로 서쪽에서 동쪽으로 이동하기 때문이다. 이러한 우리나라 주변 대기의 이동 방향은 편서풍 때문이며, 이는 지구 전체에서 일어나는 대기 대순환의 일부이다.

대기의 순환과 해류의 흐름은 지역에 따라 불균등하게 흡수된 태양 복사 에너지를 지구 전체로 균등하게 전달하는 역할을 한다. 대기와 해수는 어떤 과정을 거쳐 지구 전체를 순환하며, 이 움직임은 기후와 어떤 관련이 있는지 알아보자.

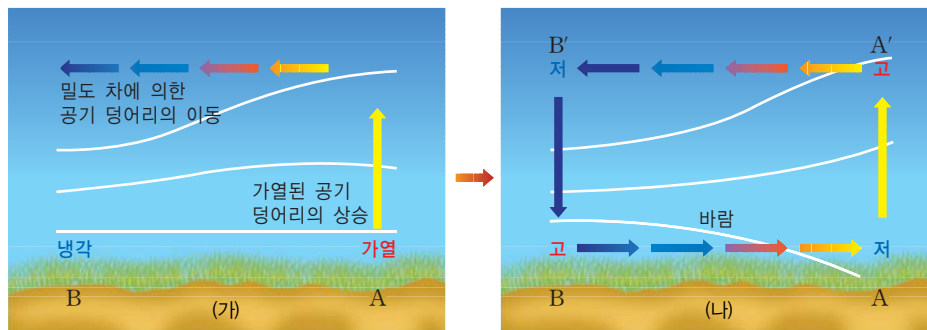


▲ 그림 28 _ 햇무리

바람의 발생

지표에서 일어나는 대기의 움직임을 바람이라고 하며, 지구 전체 규모로 발생하기도 하고 특정 지역의 지표면 부근에서 발생하기도 하지만 그 원리는 규모에 관계없이 모두 같다. 대기의 밀도는 온도에 따라 달라지는데, 어떤 지역이 주변 지역보다 태양 복사 에너지를 많이 받아 온도가 높아지면 대기의 밀도가 작아지고, 반대로 태양 복사 에너지를 적게 받는 지역은 상대적으로 온도가 낮아 대기의 밀도가 높아진다. 바람은 대기의 밀도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 공기 덩어리가 움직이는 현상이다.

그림 29의 (가)에서 A 지역이 태양 복사 에너지에 의해 가열되어 B 지역보다 상대적으로 온도가 높아지면 A 지역의 공기는 온도가 높아지고 밀도가 작아져 상승하며, B 지역의 공기는 상대적으로 밀도가 커지므로 하강한다. 따라서 지면의 공기는 B 지역에서 A 지역으로 이동하게 되며, 그림 (나)와 같은 순환이 이루어진다.



▲ 그림 29 _ 바람의 생성

바람은 지표면의 온도 차이 때문에 발생하며, 바람과 함께 열이 이동하여 지표면의 온도 평형이 이루어진다. 지구 전체 규모에서도 이와 같은 원리로 바람이 불고 대기가 순환한다. 그렇다면 지구에서 지역에 따라 지표면의 온도가 서로 다른 까닭은 무엇일까? 다음 활동을 통하여 알아보자.

창의
인성

활동 7

태양 복사 에너지 흡수량은 무엇에 따라 달라질까?

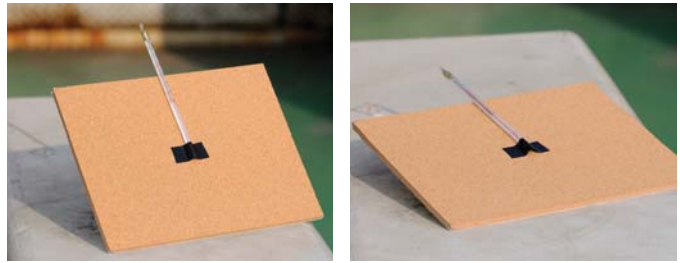
목표 위도에 따른 태양 복사 에너지 흡수량의 차이가 생기는 까닭을 설명할 수 있다.

해 보기

준비물 나무판 2개, 온도계 2개, 검은색 테이프

과정 

- 1 그림 30과 같이 두 개의 나무판 위에 각각 온도계를 놓고 온도계의 등근 부분을 검은색 테이프로 고정시킨다.
- 2 온도계가 부착된 나무판 한 개는 태양 빛에 수직으로 놓고 다른 한 개는 태양 빛에 비스듬히 놓은 후, 2분 간격으로 온도 변화를 각각 측정하여 다음 표에 기록하자.

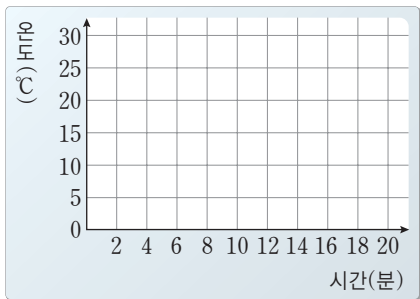


▲ 그림 30 _ 태양 복사 에너지 흡수량 알아보기

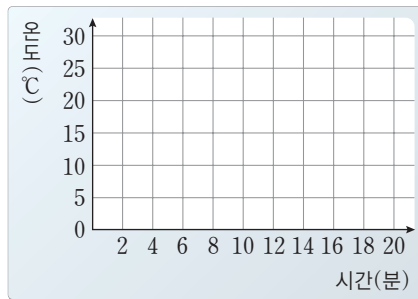
온도(°C) \ 시간	2분	4분	6분	8분	10분	12분	14분	16분	18분	20분
태양 빛에 수직인 나무판										
태양 빛에 비스듬한 나무판										

정리

- 1 측정한 온도를 각각 그래프로 그려서 비교해 보자.



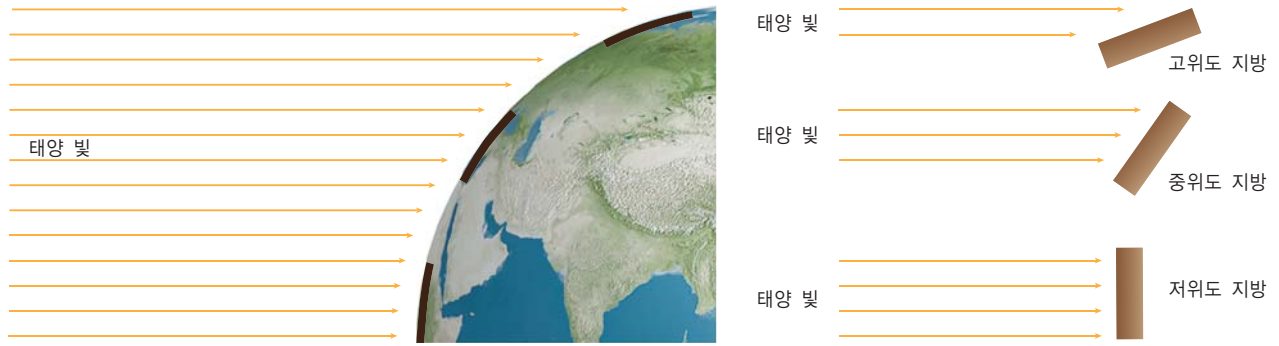
(가) 태양 빛에 수직인 나무판



(나) 태양 빛에 비스듬한 나무판

정직 결과에 오류가 있더라도 결과를 인정하고, 오류가 발생한 까닭을 예측해 본다.

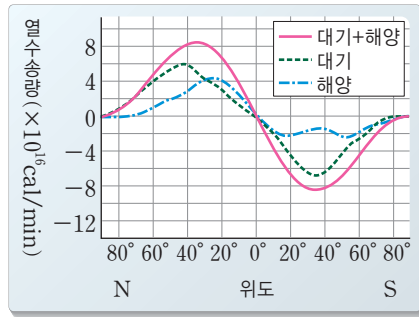
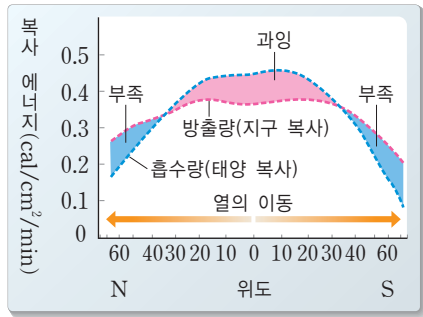
- 2 두 나무판 중 온도가 더 높아지는 나무판은 어떤 것이며, 그 까닭은 무엇인지 설명해 보자.
- 3 **창의·인성** 지구가 편평하다면 지역별 온도와 지구 환경의 변화는 어떠할지 설명해 보자.



▲ 그림 31 _ 위도에 따른 태양 복사 에너지 도달량의 차이

지구는 구형이며 지구의 자전축은 기울어져 있기 때문에 위도와 계절에 따라 태양의 고도가 달라지며, 지역적으로 에너지 평형이 이루어지지 않는다. 그림 31과 같이 저위도 지역은 고위도 지역보다 태양의 고도가 높으므로 단위 면적에 도달하는 태양 복사 에너지의 양이 많다. 따라서 저위도 지역에서는 그림 32와 같이 태양 복사 에너지 흡수량이 지구 복사로 방출되는 에너지의 양보다 많고, 고위도 지역에서는 반대의 현상이 나타난다. 만약 지구에서 에너지의 이동이 없다면 저위도 지역의 온도는 계속 높아질 것이고 고위도 지역의 온도는 계속 낮아질 것이다.

연결 학습
 지구 복사 에너지 → 395쪽



▲ 그림 32 _ 위도에 따른 지표의 열 출입량과 열 수송량

대기와 해양의 에너지 이동량 비교
 해류는 대기보다 느리게 움직이고 그 규모도 작으므로 해수에 의한 에너지 이동량은 대기에 의한 것보다 작다.

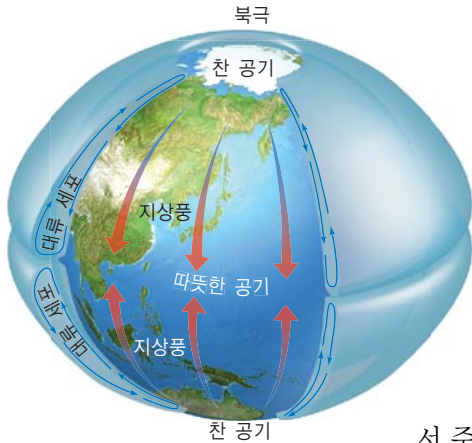
대기와 해수의 운동은 위도에 따른 에너지 불균형을 없애는 역할을 한다. 대기와 해수는 저위도 지역에서 고위도 지역으로 움직이면서 저위도 지역에서 남는 에너지를 고위도 지역에 공급한다. 이 과정에서 지구의 에너지 평형이 이루어지고 지구 전체의 연평균 기온이 비교적 일정하게 유지된다. 이때 지구 전체에서 발생하는 대기와 해수의 운동에 의한 기온, 습도, 강수량 등의 일정한 분포를 **기후**라고 한다.

중위도 지역의 에너지 순환
 중위도 지역은 태양 복사 에너지 흡수량과 지구 복사 에너지의 방출량이 평형을 이룬다. 이 지역은 저위도 지역에서 에너지를 공급 받은 대기와 해수가 고위도 지방으로 이동하는 경로이므로 다른 지역보다 대기와 해수의 운동이 활발하다.



지구 대기의 순환은 위도에 따른 에너지 불균형 때문에 발생한다. 대기의 순환에 영향을 주는 다른 요소가 없다면 지구에서 발생하는 대기 순환의 모습은 어떠한지 이야기해 보자.

대기의 순환

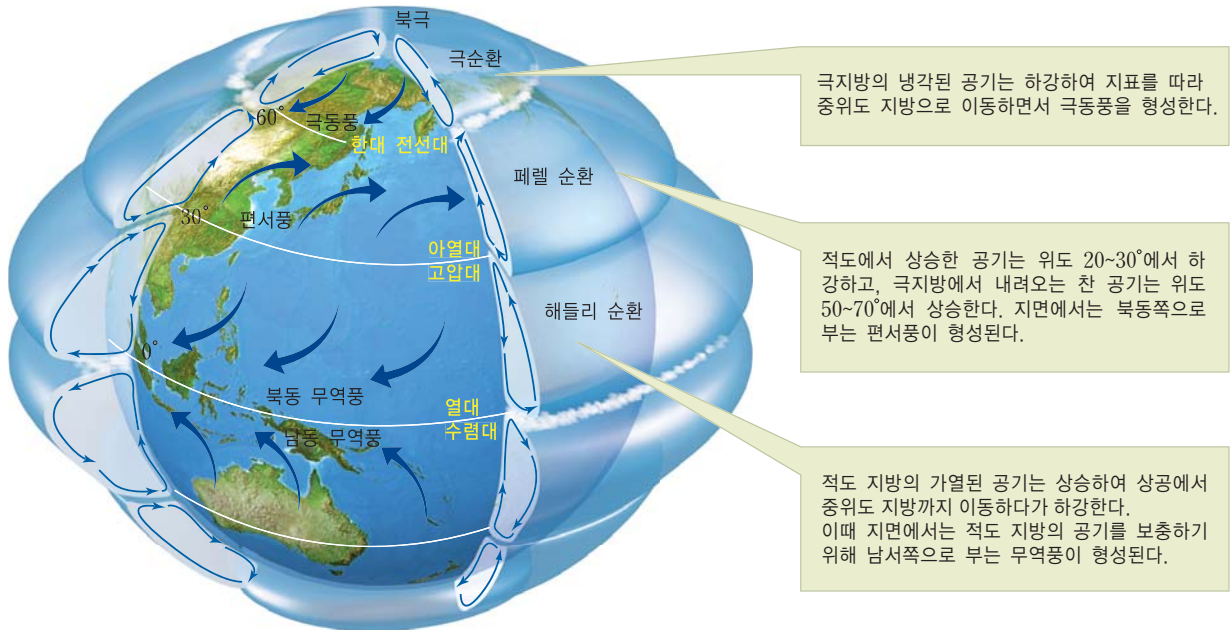


▲ 그림 33 _ 단일 세포 순환 모형

연결 학습
 코리올리 효과 → 88쪽

대기 대순환은 지구 전체 규모로 일어나는 대기에 의한 열에너지의 이동이며, 저위도 지역에서 고위도 지역으로 에너지를 전달하는 역할을 한다. 최초의 대기 순환 모형은 1686년에 영국의 핼리가 처음 제안하고 1735년에 해들리가 개선한 그림 33과 같은 모형이다. 이 모형은 지표 부근의 대기가 극에서 적도로 이동하고 상층의 대기가 적도에서 극으로 이동하는 단순한 모형으로, 단일 세포 순환 모형이라고 한다.

지구가 자전하지 않고 지표면이 모두 물로 고르게 덮여 있다면 저위도 지역의 따뜻해진 공기가 상승하여 북극과 남극 방향으로 이동하고, 이 과정에서 주위에 에너지를 공급하고 차가워진 공기가 극 부근에서 하강하는 열대류 순환이 일어날 것이다. 그러나 실제 지구에서는 지구 자전에 의한 코리올리 효과 때문에 단일 세포 순환은 이루어지지 않으며, 실제 지구의 대기 대순환 모형은 그림 34와 같은 3개의 순환 세포 모형이다.



▲ 그림 34 _ 대기 대순환 모형

열대류
 열의 작용으로 수직 방향으로 일어나는 공기의 흐름이며, 열적 대류라고도 한다.

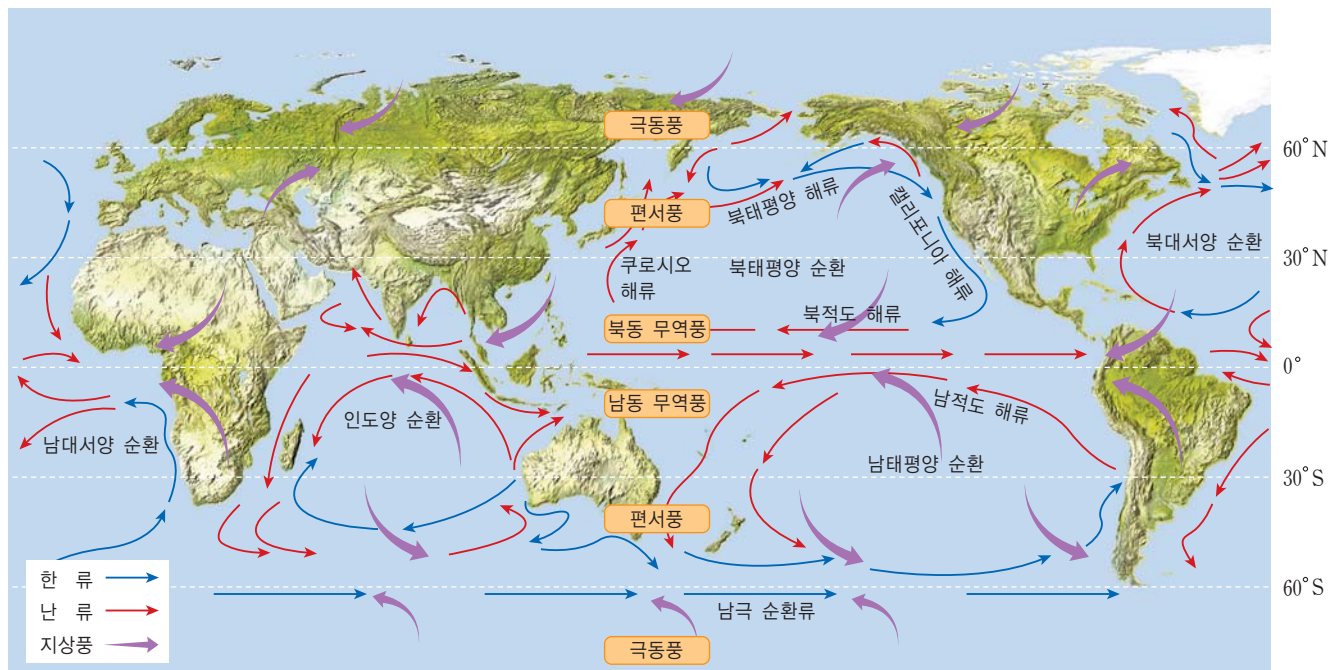
그림 34에서 적도 지방에서 상승한 공기가 위도 30° 부근에서 하강하여 다시 적도로 되돌아오는 열대류 순환을 해들리 순환이라고 하며, 위도 60° 부근과 극지방 사이의 순환을 극 순환이라고 한다. 또, 아열대 고압대와 위도 60° 사이의 중위도 지역에 형성되는 순환을 페렐 순환이라고 한다. 이때 열대류에 의해 형성되는 해들리 순환과 한대의 극 순환을 직접 순환이라고 하며, 저위도와 고위도의 순환 때문에 형성된 역학적 순환인 페렐 순환을 간접 순환이라고 한다.

해수의 순환

면바다를 항해하는 뱃사람들은 바다에도 강물과 같은 일정한 흐름이 있다는 사실을 알고 있었으며 이를 항해에 이용하였다. 이처럼 일정한 방향으로 해수가 지속적으로 흐르는 것을 **해류**라고 한다.

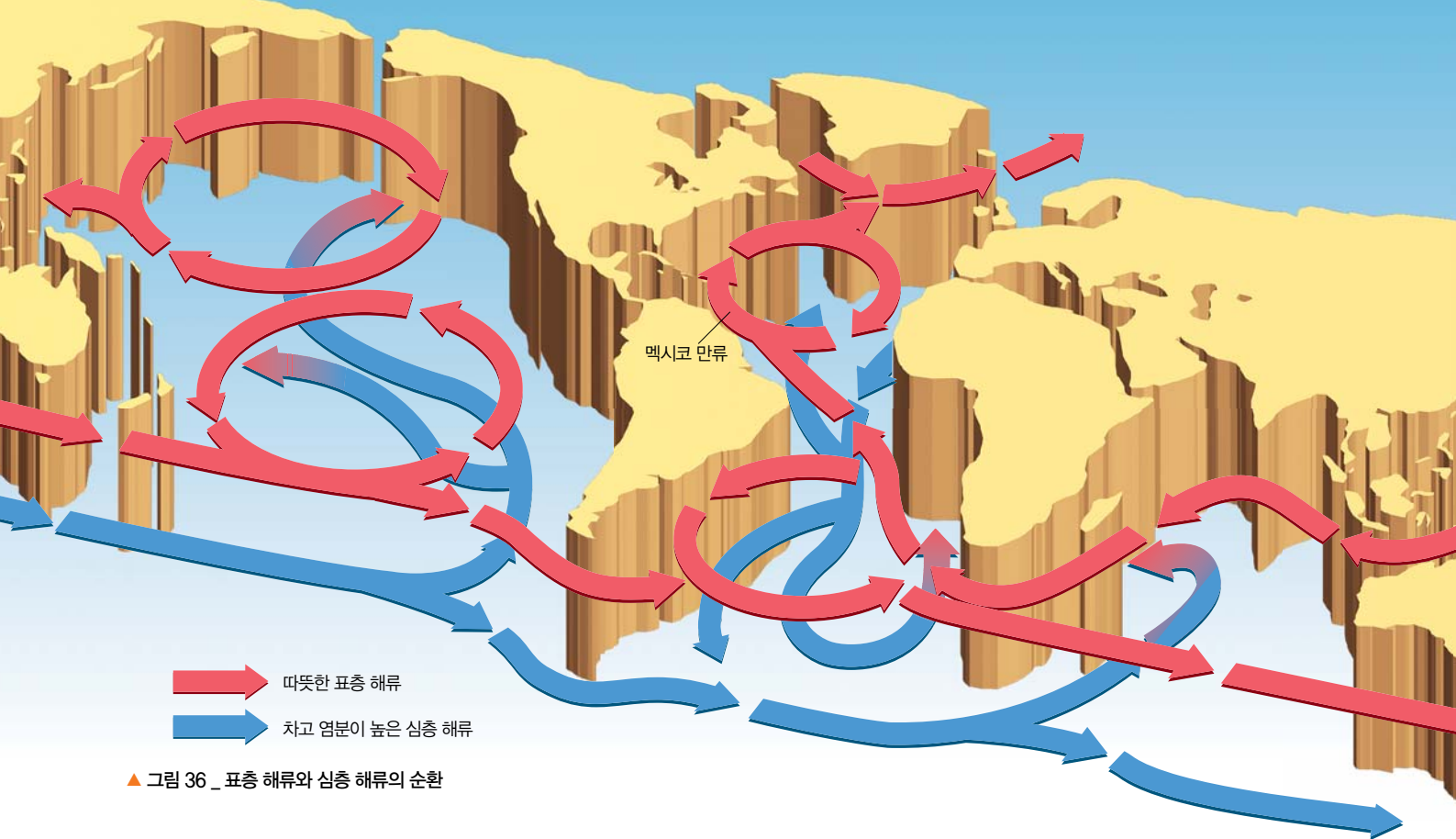
해류 발생의 가장 큰 원인은 바람이다. 해수면 위로 바람이 불면 대기와 해수의 마찰 때문에 해수가 흐르게 되는데, 이처럼 바람에 의해 생성되는 해류는 보통 수심 100 m 이내의 표층에서 나타나기 때문에 **표층 해류**라고 한다.

대기 대순환과 마찬가지로 해류의 흐름도 위도에 따라 다르게 나타난다. 그림 35와 같이 위도 0°~30°에서는 무역풍에 의한 북적도 해류와 남적도 해류가 흐르고, 위도 30°~60°에서는 편서풍에 의한 북태평양 해류, 북대서양 해류, 남극 순환류가 흐른다. 이처럼 세계의 주요 표층 해류는 대기 대순환과 밀접한 관련이 있다.



▲ 그림 35 _ 대기 대순환과 해류의 표층 순환 표층 해류의 분포는 북반구와 남반구에서 대칭이며, 태평양과 대서양의 모습이 서로 비슷하다.

해류가 흐르는 주변 지역의 기후는 해류의 영향을 많이 받는다. 저위도 지역에서 고위도 지역으로 흐르는 따뜻한 해류를 **난류**, 고위도 지역에서 저위도 지역으로 흐르는 차가운 해류를 **한류**라고 하는데, 저위도 지역에서 에너지를 얻은 난류는 고위도 지역으로 이동하면서 에너지를 내놓고, 차가운 한류는 저위도 지역으로 이동하면서 주변의 에너지를 빼앗는다. 따라서 난류가 흐르는 지역의 기온은 한류가 흐르는 지역의 기온보다 높다. 이처럼 해류는 저위도 지역에서 남는 에너지를 고위도 지역으로 전달하여 지구 전체의 에너지 평형에 기여한다.



➔ 따뜻한 표층 해류
➔ 차고 염분이 높은 심층 해류

▲ 그림 36 _ 표층 해류와 심층 해류의 순환

멕시코 만류

멕시코 동쪽 해안을 따라 북아메리카와 그린란드를 지나며 흐르는 난류로, 유럽의 해양성 기후에 영향을 준다.

해수의 밀도

해수의 밀도는 온도와 염분에 따라 달라지는데, 온도가 낮을수록, 염분이 높을수록 밀도가 높아진다.

용존 산소

물속에 녹아 있는 분자 상태의 산소로, 표층 해수는 대기와 직접 맞닿아 있기 때문에 심층 해수보다 용존 산소가 풍부하다.

수직 방향으로 발생하는 해수의 순환도 표층 해류와 함께 지구의 기후에 영향을 준다. 그림 36과 같이 멕시코 만류가 고위도 지역으로 이동하면 온도가 낮아지고 염분이 높아져 밀도도 함께 높아진다. 이 해수가 해저 지형을 따라 깊은 바다로 가라앉으면서 거대한 **심층 해류**가 만들어지는데, 이를 **해수의 심층 순환**이라고 한다. 깊은 바다로 가라앉은 해수는 북아메리카 대륙의 동해안 지형을 따라 남쪽으로 흐르며, 남극해를 거쳐 인도양과 태평양으로 이동하면서 느리게 표층으로 올라와 다시 처음 출발한 해역에 도달한다.

해수의 심층 순환은 매우 느리지만, 수심 100 m 이내에서만 일어나는 표층 순환과는 달리 바다의 가장 깊은 곳까지에 걸쳐 일어난다. 따라서 해수의 순환에 큰 역할을 하고 있으며 표층 순환에도 영향을 미친다. 표층 해수는 대기 대순환에 의해 고위도 지역으로 이동하고, 이 지역에서 차가워진 해수가 가라앉으면서 표층 해수가 계속 고위도 지역으로 이동할 수 있게 된다. 만약 해수의 심층 순환이 약해지면 저위도 지역의 따뜻한 해수가 고위도 지역으로 이동하기 어려워지고, 이러한 해류의 변화는 지구 전체의 기후에 영향을 준다. 이처럼 해수의 표층 순환과 심층 순환은 서로 밀접한 관련이 있다.

해수의 순환은 저위도 지역에서 고위도 지역으로 열에너지를 이동시켜 위도에 따른 열수지의 불균형을 없애고, 특정 해역의 온도가 계속 높아지거나 낮아지는 현상을 막아 준다. 한편, 심층 순환은 용존 산소가 풍부한 표층 해수를 심해로 운반하고 깊은 바닷속까지 산소를 공급하여 심해 생물이 살 수 있도록 한다.

기후 환경의 상호 작용

대기와 해수의 순환은 지구에서 지역에 따라 흡수되는 양이 다른 태양 복사 에너지를 지구 전체에 고르게 전달하는 역할을 하며, 이 과정에서 기후가 나타난다.

지구의 기후는 대기와 얼음, 대기와 해양, 대기와 육지, 바다와 육지, 대기의 조성, 지형과 생물의 군락 등 기후를 이루는 모든 요소와 상호 작용하며 변화한다. 따라서 이 요소들 중 어느 한 가지가 변화하면 나머지 요소 사이의 평형이 무너져 기후 변화와 이상 기상 현상이 발생한다.

예를 들어, 삼림이 파괴되면 지면의 반사도와 대기에 공급되던 수증기량이 변하고, 광합성량이 줄어들어 대기 중의 이산화탄소의 양이 증가하므로 대기 온도가 높아질 것이다. 또 해류의 빠르기나 방향이 달라지면 해류가 지나가는 지역의 해수 온도가 달라지므로 기후 변화와 이상 기상 현상이 발생할 것이다.

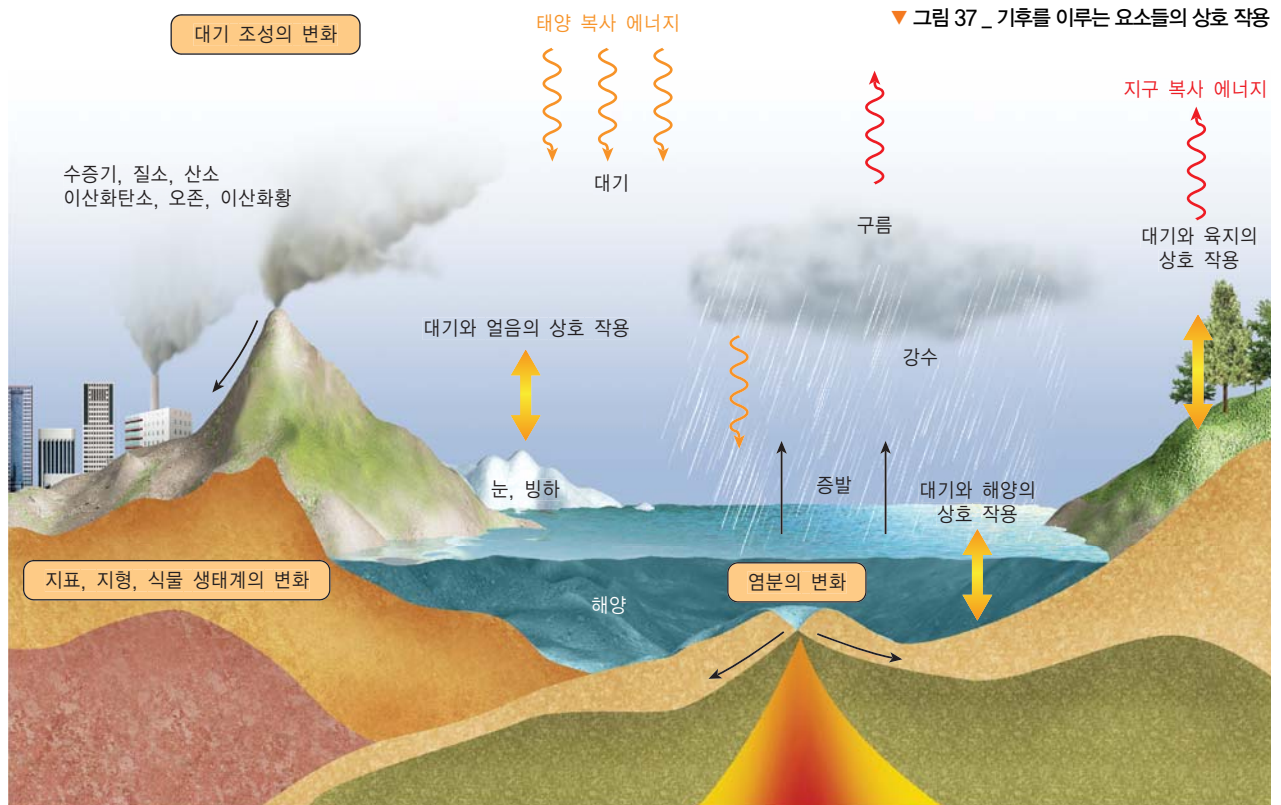
태양 활동의 변화, 화산 활동, 인간의 활동 등도 기후 변화에 영향을 주며, 최근에는 인간의 활동이 기후 변화에 점점 큰 영향을 미치고 있다. 이처럼 기후 변화는 지구계를 이루는 모든 요소가 상호 작용하여 발생하는 복합적인 현상이다.

환경 변화의 천문학적 요인

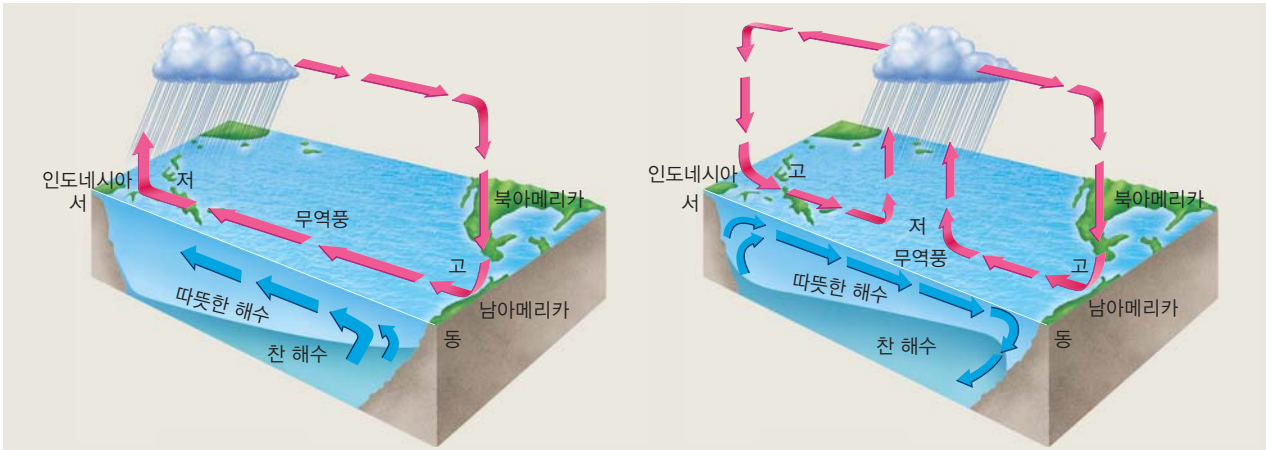
지구 환경 변화의 천문학적 요인으로는 지구 자전축 경사의 변화, 공전 궤도의 변화, 세차 운동 등이 있다.



우리 주변에서 일어나는 여러 가지 자연 현상을 들어 보고, 이 현상들은 어떤 요소 사이의 상호 작용인지 설명해 보자.



기후를 이루는 요소들이 변하면 지구에는 어떤 일이 일어날까? 엘니뇨와 라니냐는 대기와 해양의 상호 작용으로 일어난다. **엘니뇨**는 태평양에서 적도 부근의 해수면 온도가 남아메리카 대륙의 서해안으로부터 태평양 중앙부에 이르는 넓은 범위에서 지속적으로 높아지는 현상으로, 2~7년마다 한 번씩 불규칙하게 발생하며 주로 9월에서 다음 해 3월 사이에 일어난다.



(가) 정상시

(나) 엘니뇨 발생시

▲ 그림 38 _ 정상시와 엘니뇨 발생 시의 대기와 해양 변화

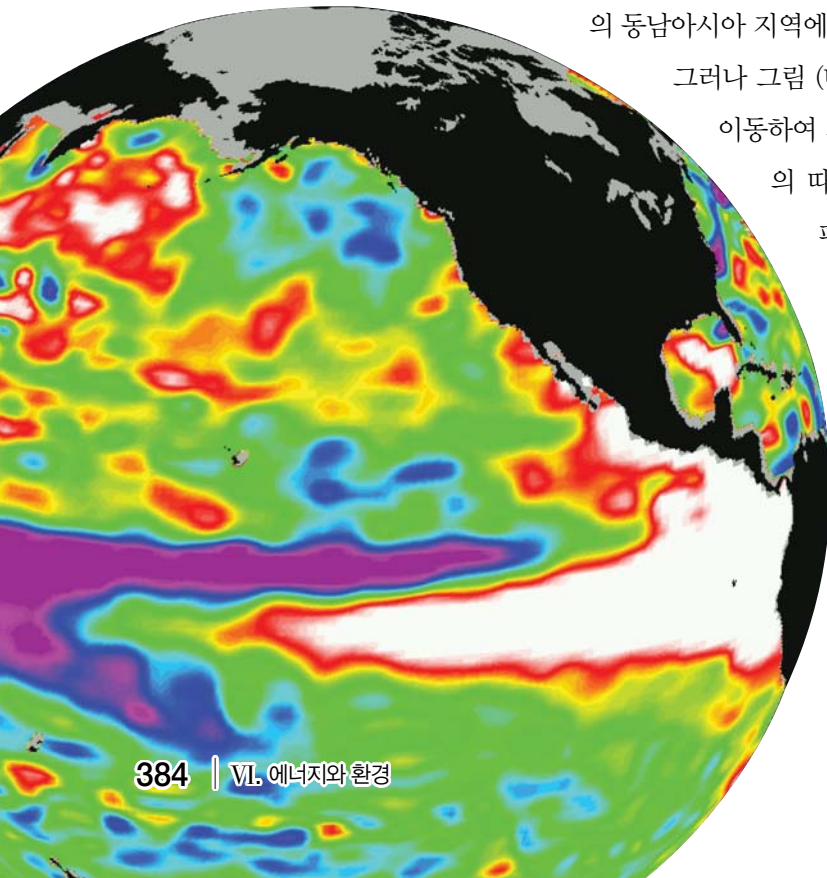
용승

심해의 차가운 해수가 해수면으로 올라오는 현상으로, 주로 해류에 의해 표층의 해수가 이동하면 이를 보충하기 위해 심층의 해수가 상승하면서 발생한다.

엘니뇨가 발생하지 않은 정상적인 해에는 그림 38의 (가)와 같이 무역풍이 페루 연안에서부터 적도를 따라 태평양을 가로질러 서쪽으로 분다. 이 무역풍은 동태평양의 따뜻한 표층 해수를 서쪽으로 운반하므로 따뜻한 해수층의 두께는 서쪽에서 두껍고 동쪽에서 얇게 나타난다. 그리고 서쪽으로 흘러간 따뜻한 해수 때문에 서태평양의 동남아시아 지역에 많은 비를 내린다.

그러나 그림 (나)처럼 무역풍이 약해지면 따뜻한 해수가 동쪽으로 이동하여 서쪽의 따뜻한 해수층은 정상시보다 얇아지고, 동쪽의 따뜻한 해수층은 정상시보다 두꺼워진다. 이 때문에 페루 연안의 용승이 약해져 동태평양으로 갈수록 표층 수온이 정상시보다 높아지면서 엘니뇨가 발생한다. 그리고 서태평양의 동남아시아 지역은 해수 온도가 정상시보다 낮게 나타난다.

◀ 그림 39 _ 엘니뇨 발생 시의 인공위성 적외선 사진



엘니뇨가 발생하면 지구 전체의 기후에 많은 영향을 미친다. 열대 서태평양의 따뜻한 물이 동쪽으로 이동함에 따라 대기의 대류 운동은 서태평양에서 약해지고 중앙 태평양에서는 강해진다. 따라서 서태평양의 인도네시아와 필리핀, 오스트레일리아 북부 지역에서는 강수량이 감소하여 가뭄이 심해지고 대규모 산불이 일어나기도 한다. 반면, 중앙 태평양, 멕시코 북부와 미국 남부 등에서는 강수량이 증가하여 홍수와 같은 기상 이변이 일어난다. 엘니뇨는 생물권에도 영향을 미치는데, 이는 수온과 해류의 변화 때문에 해양 생물의 서식 환경이 함께 변하기 때문이다.

우리나라에서도 1997년 봄의 가뭄, 겨울의 이상 고온, 1998년 여름의 호우 및 이상 저온 등의 기상 이변이 있었는데, 이는 엘니뇨에 의해 일어난 현상이었다.

엘니뇨

엘니뇨(El Niño)는 스페인어로 '아기 예수'라는 뜻이다. 엘니뇨가 발생하면 동태평양의 수온이 상승하여 영양 염류가 줄어들고, 물고기의 먹이인 플랑크톤도 함께 줄어든다. 따라서 어획량이 급감하는데, 그 덕분에 이 지역의 어부들은 성탄절 무렵인 이 시기에 힘든 노동에서 잠시 벗어날 수 있음을 감사했다고 한다.



엘니뇨가 발생할 때 세계 곳곳에서 나타나는 홍수와 어획량 변화는 지구계를 이루는 각 권 중 어느 권 사이에서 일어나는 상호작용인지 설명해 보자.

한편 라니냐는 스페인어로 '여자아이'를 뜻하며, 엘니뇨와 반대되는 현상이다. 라니냐가 발생하면 동태평양의 해수면 온도가 5개월 이상 동안 평년보다 낮아지고, 원래 차가운 동태평양의 바닷물이 더욱 차가워진 채 서쪽으로 이동한다. 따라서 서태평양의 동남아시아에는 심한 장마, 페루 등 남아메리카에는 가뭄, 북아메리카에는 혹독한 추위가 찾아올 수 있다. 우리나라도 라니냐가 발생한 1967년과 1973년에는 평균 기온이 평상시보다 낮았으며 강수량도 적었다.

엘니뇨와 라니냐는 대기와 해수의 상호 작용으로 일어나며 지구 전체의 기후에 큰 영향을 미친다. 그러나 지금까지도 이들의 정확한 발생 원인과 활동 주기, 기상에 미치는 영향 등이 뚜렷하게 밝혀지지 않아 이에 대한 연구가 계속되고 있다.

확인하기

- 이해 1. 지속적으로 바람이 부는 원리를 설명하고, 바람을 일으키는 에너지는 무엇인지 설명해 보자.
 2. 북태평양 순환에 영향을 주는 대기 대순환 두 가지는 무엇인지 설명해 보자.
- 창의 3. 지구가 구형이 아니고 편평하다고 가정했을 때 지구 환경에서 달라지는 현상은 무엇이 있을지 이야기해 보자.

2

탄소 순환과 광합성

- 학습 목표**
- 식물의 광합성을 산화 환원 반응으로 이해하고 지구의 탄소 순환과 관련하여 설명할 수 있다.
 - 광합성에서 빛에너지의 역할을 빛의 특성과 관련지어 설명할 수 있다.



▲ 그림 40 _ 다양한 생물들

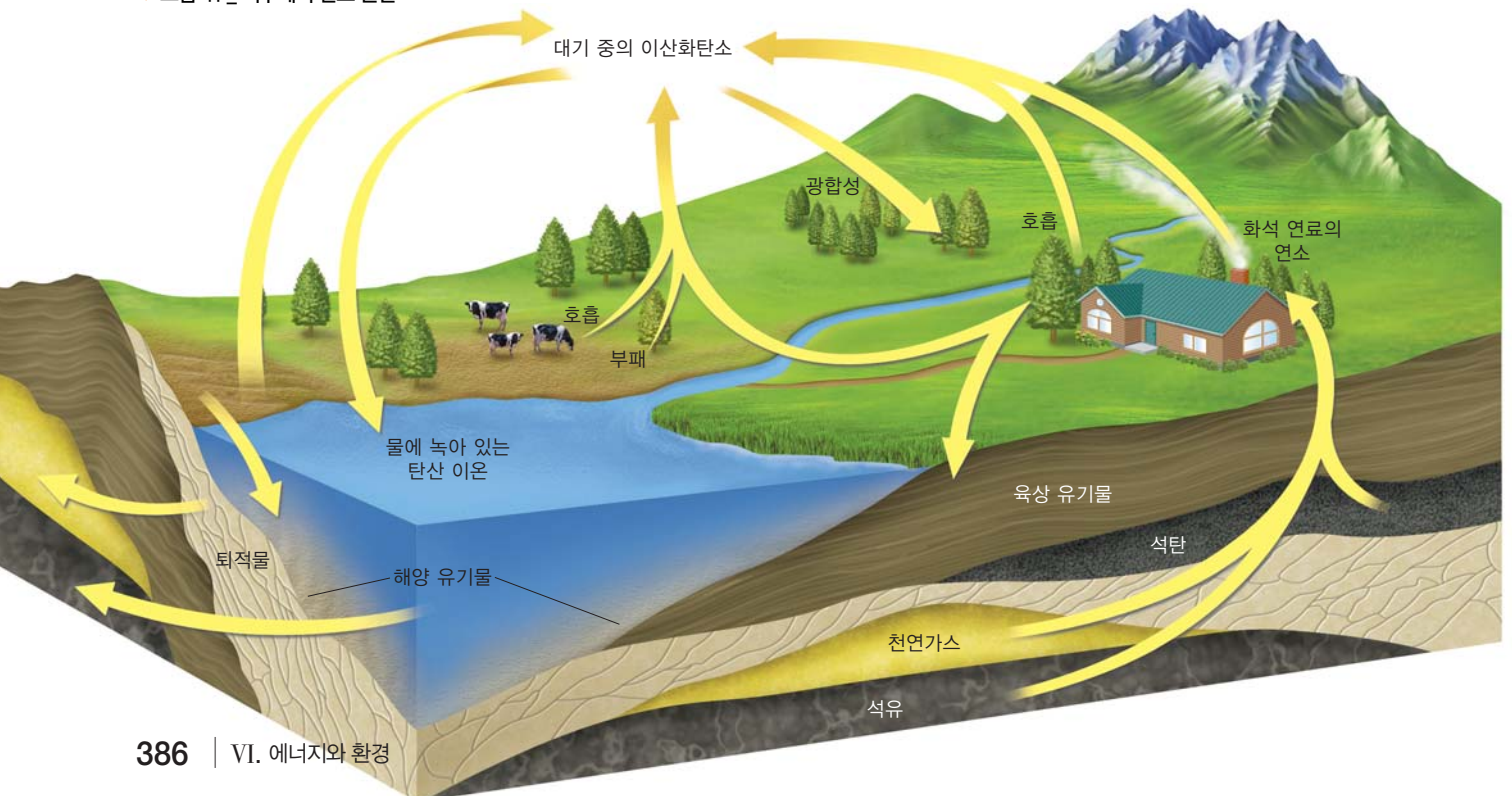
오늘날 생물은 육상과 바다, 공중뿐만 아니라 토양 속에 이르기까지 지구 전역에 걸쳐 널리 분포하고 있다. 생물은 기후 변화와 해수면의 변동, 지표면의 변화 등 지구의 환경 변화에 적응하면서 현재의 모습으로 진화하였다.

그렇다면 생물은 환경의 영향을 받기만 하는 것일까? 탄소는 생물의 몸을 구성하는 원소이며 생물의 에너지원인 유기 양분의 주요 성분이다. 탄소의 예를 들어 생물과 무기 환경 사이의 상호 작용에 대해 알아보자.

탄소 순환

지구계는 크게 기권, 수권, 지권, 생물권으로 구분되며, 탄소는 여러 가지 형태로 지구계의 각 권을 따라 이동한다. 기권에서 탄소는 이산화탄소 형태로 존재하며, 물에 녹아 수권으로 이동하거나 식물의 광합성에 이용되어 생물권으로 이동한다. 그리고 수권에서는 탄산 이온 형태로 존재하며, 식물의 광합성에 이용되어 생물권으로 이동하거나 바다 밑에 쌓여 지권으로 이동한다.

▼ 그림 41 _ 지구계의 탄소 순환



생물권에서 탄소는 유기 양분의 형태로 존재한다. 대기 중의 이산화탄소는 식물의 광합성에 의해 유기 양분으로 전환된 후 먹이 사슬을 따라 동물에게 이동하는데, 이 과정에서 유기 양분의 일부는 생물의 호흡에 의해 이산화탄소로 분해되어 무기 환경으로 배출된다. 또 생물의 사체나 배설물에 남아 있는 유기 양분은 분해자에 의해 이산화탄소로 분해되어 다시 무기 환경으로 되돌아간다.

한편, 생물권의 탄소는 생물의 사체가 지층에 묻혀 생성된 석탄, 석유, 천연가스와 같은 화석 연료의 형태로 지권으로 이동한다. 또 지권의 탄소는 화석 연료의 연소와 화산 활동을 통해 이산화탄소의 형태로 기권으로 이동한다.

이처럼 탄소가 각 권을 따라 이동하는 현상을 **탄소 순환**이라고 한다. 탄소 외에 물, 산소, 질소, 인 등의 물질도 지구 내에서 각 권을 이동하며 순환하고 있다.

지구에서 대부분의 탄소는 지권에 분포하며, 수권이 기권보다 탄소의 함량이 50 배 이상 많다.

표 1_ 탄소의 분포

(단위: 100조 톤)

구분	대기	해수 및 육수	생물 및 그 사체	석회암 (탄산염)	퇴적암 (유기 탄소)	석유, 석탄
분포량	0.0233	1.30	0.145	1,600	250	0.27
계	1.4683(0.1%)			1,850.27(99.9%)		

기권에 포함된 이산화탄소의 온실 효과 덕분에 지구는 생물이 살 수 있는 행성이 되었다. 오랜 세월 탄소 순환에 의해 기권의 이산화탄소 농도는 일정한 수준을 유지하였고, 더불어 지구의 평균 기온도 일정하게 유지되었다.

그러나 최근 인구 증가와 산업의 발달로 식량과 에너지, 목재의 수요가 증가함에 따라 화석 연료의 사용량이 증가하였고 열대 우림의 벌목이 광범위하게 일어났다. 따라서 대기 중 이산화탄소 농도가 점차 증가하여 지구 온난화 등 환경 문제를 일으키고 있다.

유기 양분
탄수화물, 단백질, 지방 등을 유기 양분이라고 한다.

창의인성
과학 글쓰기

브라질과 인도네시아는 열대 우림이 발달한 국가이다. 이들 국가가 벌목을 하여 목재를 판매하거나 토지를 조성하는 일은 지구 환경에 어떤 영향을 미칠지 설명하고 이 문제를 해결할 수 있는 방안을 제안해 보자.

연결 학습
온실 효과 ➔ 395쪽
.....



개발로 일부 파괴된 아마존의 밀림



벌목

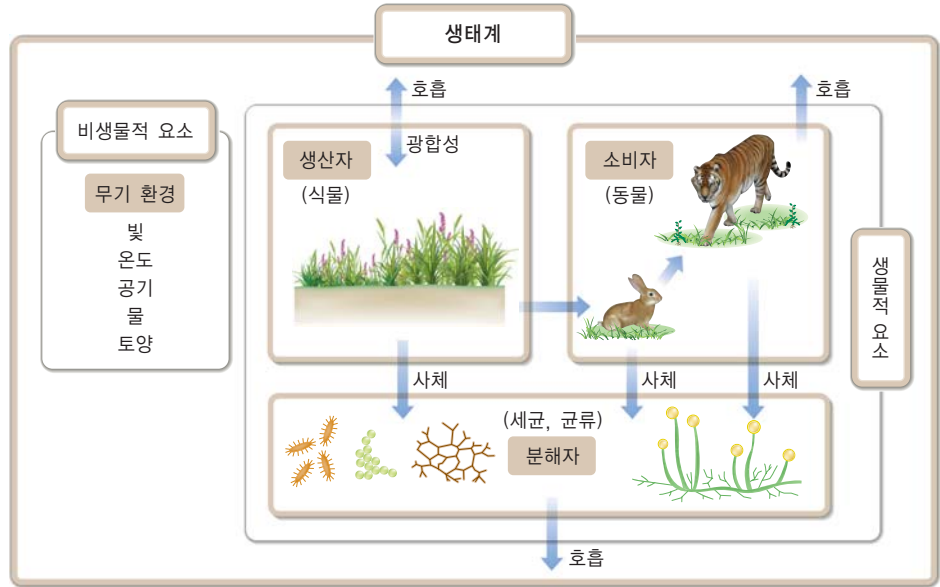


농경지 개간

▲ 그림 42 _ 숲의 파괴

생태계의 탄소 순환

생태계는 생물 요소와 이들을 둘러싸고 있는 무기 환경으로 구성되며, 생물 요소는 다시 생산자와 소비자, 분해자로 구분된다. 생산자인 식물은 **광합성**을 통해 이산화탄소와 물을 원료로 포도당과 같은 유기 양분을 만든다. 소비자인 동물은 광합성을 못하는 대신 먹이를 섭취하여 유기 양분을 얻는다. 따라서 식물과 동물은 먹고 먹히는 먹이 사슬을 이루며 살아간다. 한편, 세균이나 곰팡이와 같은 분해자는 생물의 사체나 배설물로부터 유기 양분을 얻는다.



▶ 그림 43 _ 생태계의 구성 요소와 탄소 순환

모든 생물은 살아가는 데 에너지가 필요하다. 생물은 빛에너지를 직접 에너지원으로 이용하지 못하고, 탄수화물, 단백질, 지방과 같은 유기 양분으로부터 에너지를 얻는다. 포도당, 녹말과 같은 탄수화물은 식물의 광합성에 의해 생성되며, 단백질과 지방은 탄수화물에서 유래한 물질을 토대로 합성된다. 그런데 생물은 유기 양분에 포함된 에너지를 어떻게 이용할까?

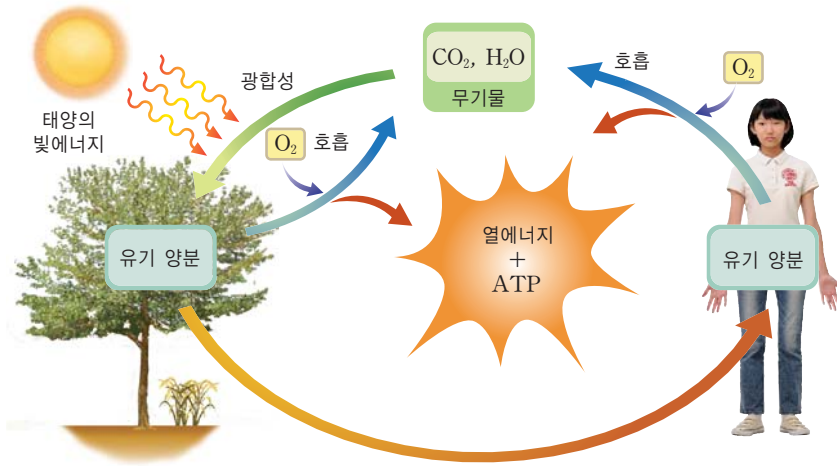
식물은 광합성을 통해 태양의 빛에너지를 화학 에너지로 전환하여 유기 양분 속에 저장한다. 유기 양분에 저장된 화학 에너지는 호흡을 통해 일부는 열의 형태로 방출되고, 나머지는 ATP에 저장되었다가 여러 가지 생명 활동에 이용된다. 이때 호흡을 통해 방출된 에너지 중 ATP에 저장되었다가 생명 활동에 이용되는 에너지의 비율은 약 40%로, 대부분의 열기관에 비해 효율이 높은 편이다.

연결 학습

ATP 에너지의 이용 ➔ 309쪽



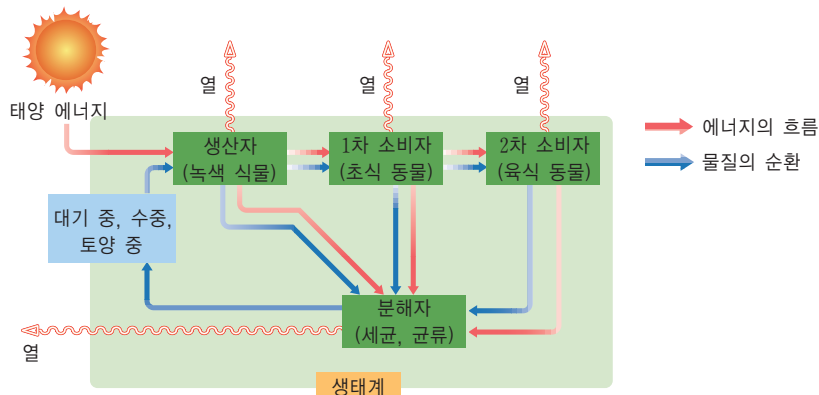
생태계를 구성하는 모든 생물이 생명 활동에 이용하는 에너지의 근원은 무엇인가?



▲ 그림 44 _ 광합성과 호흡 광합성은 태양의 빛에너지가 생물이 이용할 수 있는 화학 에너지 형태로 전환되어 유기 양분에 저장되는 과정이고, 호흡은 에너지가 방출되는 과정이다.

생태계의 탄소 순환은 광합성과 호흡에 의해 이루어진다. 탄소는 이산화탄소의 형태로 광합성을 통해 생물계로 유입되고 호흡을 통해 다시 무기 환경으로 되돌아간다. 따라서 생물의 광합성과 호흡은 대기 중의 이산화탄소 농도를 일정하게 유지하는데 중요한 역할을 한다. 그러므로 안정된 지구 환경의 유지를 위해서는 생산자와 소비자의 개체수가 적당한 균형을 유지하는 것이 필요하다.

한편, 생태계에서 탄소는 생물과 무기 환경 사이를 순환하지만 에너지는 순환하지 않는다. 유기 양분에 포함된 에너지는 먹이 사슬을 따라 이동하면서 호흡에 의해 열 에너지로 전환되어 생태계 밖으로 방출된다. 따라서 생태계에는 끊임없이 태양 에너지가 공급되어야 한다.



▶ 그림 45 _ 생태계에서 물질의 순환과 에너지 흐름 태양의 빛에너지는 식물의 광합성에 의해 화학 에너지로 전환되어 생태계에서 먹이 사슬을 따라 한쪽 방향으로 흐르다가 열에너지 형태로 방출된다.

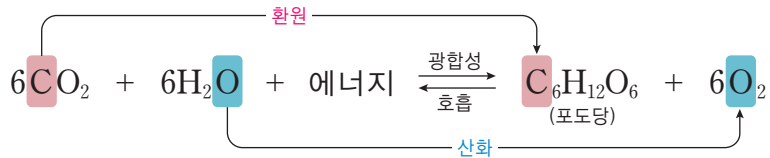


과거 생물이 만든 유기 양분에서 유래한 화석 연료의 사용이 생태계의 탄소 순환에 어떤 영향을 미칠지 생각해 보자.

탄소 순환과 산화 환원 반응

광합성과 호흡 및 화석 연료의 연소는 지구계의 탄소 순환에 중요한 역할을 한다. 광합성은 이산화탄소와 물을 원료로 포도당과 산소를 생성하는 반응이다. 반면, 호흡은 산소를 이용하여 포도당을 이산화탄소와 물로 분해하는 반응이다. 결국 광합성과 호흡은 서로 역반응 관계이다. 한편, 연소는 호흡과 마찬가지로 산소를 이용하여 연료를 이산화탄소와 물로 분해하는 반응이다.

광합성과 호흡 및 연소는 화학적으로 산화 환원 반응이다. 산화는 산소와 결합하거나 수소를 잃는 반응이고, 환원은 산소와 분리되거나 수소를 얻는 반응이다. 어떤 분자가 산소와 결합하기 위해서는 다른 분자에서 산소가 분리되어야 하므로 산화와 환원은 동시에 일어난다. 즉 산화와 환원은 항상 함께 일어나는 반쪽짜리 반응이다. 광합성과 호흡의 화학 반응식을 통해 어떤 분자가 산화되고 또한 어떤 분자가 환원 되는지 알아보자.



▲ 그림 46 _ 광합성과 호흡의 화학 반응식 광합성에서 탄소는 산소와 분리되어 환원되고 산소는 수소를 잃고 산화된다.

그림 46과 같이 광합성에서 이산화탄소의 탄소는 산소와 분리되고 대신 수소와 결합하여 포도당이 되었으므로 환원되었다. 반면, 물의 산소는 수소를 잃고 대신 산소와 만나 산소 분자를 이루었으므로 산화되었다. 결국 광합성은 탄소의 환원과 산소의 산화가 함께 일어나는 산화 환원 반응이다.

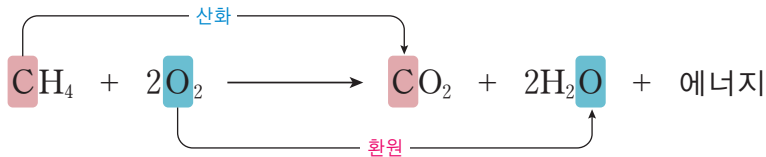
한편, 호흡에서는 포도당의 탄소가 수소를 잃고 대신 산소와 결합하여 이산화탄소가 되었으므로 산화되었다. 반면, 산소 분자는 서로 분리되고 대신 수소를 얻어 물이 되었으므로 환원되었다. 결국 호흡은 탄소의 산화와 산소의 환원이 함께 일어나는 산화 환원 반응이다.



식물이 광합성을 할 때 이산화탄소의 환원에 필요한 수소는 어디에서 어떻게 얻는 것일까?

그러면 화석 연료의 연소에서는 어떤 식으로 산화 환원 반응이 일어날까? 석탄, 석유, 천연가스와 같은 화석 연료는 탄소와 수소로 이루어진 탄화수소이다. 따라서 화석 연료를 공기 중에서 연소시키면 빛과 열을 내며 타면서 이산화탄소와 물이 생성된다. 천연가스의 주성분인 메테인의 연소 반응을 예로 들어 보자.

그림 47의 메테인의 연소 반응에서 메테인의 탄소는 수소를 잃고 대신 산소와 결합하여 이산화탄소가 되었으므로 산화되었다. 반면, 산소는 서로 분리되고 대신 수소를 얻어 물이 되었으므로 환원되었다.



▲ 그림 47 _ 메테인의 연소 메테인의 탄소는 수소를 잃어 산화되고, 산소는 수소를 얻어 환원된다.

결국 연소는 호흡과 마찬가지로 탄소의 산화와 산소의 환원이 함께 일어나는 산화 환원 반응이다.



포도당의 연소는 400°C 이상의 고온에서 일어나지만 호흡은 체온과 같은 낮은 온도에서 일어난다. 그 이유를 반응 속도에 영향을 미치는 요인과 관련하여 생각해 보자.

한편, 호흡과 연소에서는 에너지가 방출되지만 광합성에서는 에너지가 흡수된다. 그리고 광합성의 산화 환원 반응에는 빛에너지가 관여한다. 다음 활동을 통해 빛이 광합성에 어떤 영향을 미치는지 알아보자. 또 식물에서 빛을 흡수하는 엽록소에 대해서도 알아보자.

과학 마당 | 산화와 환원

산화와 환원은 전자를 이용하여 설명할 수도 있다. 즉 산화는 전자를 잃는 일이고, 환원은 전자를 얻는 일이다.

산소는 전자를 끌어당기는 힘이 매우 강하다. 따라서 어떤 원자가 산소와 결합하게 되면 공유 전자쌍이 산소 쪽으로 더 끌려가게 된다. 그러므로 산소와 결합하는 일은 전자를 잃는 산화 반응이다. 반대로 산소와 결합해 있던 어떤 원자가 산소와 분리되면 산소 쪽으로 끌려가 있던 공유 전자를 다시 얻게 된다. 그러므로 산소와 분리되는 일은 전자를 얻는 환원 반응이다.

물에서 산소와 수소가 결합하고 있을 때 둘 사이의 공유 전자쌍은 산소 쪽으로 더 끌려가 있다. 그런데 광합성에서 물이 빛에너지에 의해 광분해 되면 산소가 수소를 잃게 되는데, 이는 수소에게 전자를 돌려주는 일이므로 산소의 입장에서는 산화 반응이다.

마찬가지로 이산화탄소에서 탄소와 산소가 결합하고 있을 때도 둘 사이의 공유 전자쌍은 산소 쪽으로 더 끌려가 있다. 그러므로 이산화탄소의 탄소가 산소와 분리되는 일은 산소에게 빼앗겼던 전자를 다시 얻는 일이므로 탄소의 입장에서는 환원 반응이다.

표 2 _ 산화와 환원

산화	환원
산소와 결합함	산소와 분리됨
수소를 잃음	수소를 얻음
전자를 잃음	전자를 얻음

준비물 물풀, 0.1% 탄산수소나트륨(NaHCO_3) 수용액, 붉은색 · 파란색 · 초록색 셀로판지, 스탠드, 비커, 깔때기, 시험관, 광원, 투명 테이프, 온도계, 조약돌, 장갑

과정 

- 1 비커에 그림 (가)와 같이 물풀을 넣고 깔때기를 씌운 후 0.1% 탄산수소나트륨 수용액을 붓자.
- 2 0.1% 탄산수소나트륨 수용액을 채운 시험관을 깔때기 위에 얹어서 스탠드에 고정시키고, 온도계를 그림 (나)와 같이 설치하자.
- 3 그림 (다)와 같이 비커에 붉은색 셀로판지를 씌운 후 물풀에 빛을 비추자.

주의
광원의 색깔 외 다른 조건은 동일하게 한다.



(가)



(나)



(다)

▲ 그림 48 _ 빛의 색깔과 광합성량

- 4 3분 동안 발생한 기포 수를 측정하여 분당 기포 수를 계산해 보자.
- 5 비커에 각각 파란색과 초록색 셀로판지를 씌워 실험을 반복하자.

광합성 실험 기기나 MBL 실험 장치를 이용하면 보다 정밀한 실험을 할 수 있다.

색깔	붉은색	파란색	초록색
기포 수(개/분)			

- 어느 색깔에서 물풀의 광합성이 가장 활발한가?

정리

1. 발생한 기포의 성분은 무엇인가? 이 기체의 성분을 확인할 수 있는 방법을 토의해 보자.
2. 기포 수와 광합성량은 어떤 관계가 있는지 설명해 보자.
3. 빛의 색깔과 광합성량의 관계를 설명해 보자.
4. 탄산수소나트륨 수용액을 넣어 준 이유는 무엇인가?
5. 빛의 세기와 광합성량의 관계를 알아보는 실험을 설계해 보자.
6. **창의·인성** 빛의 색깔과 광합성량의 관계를 농업에 이용할 수 있는 방법을 고안해 보자.

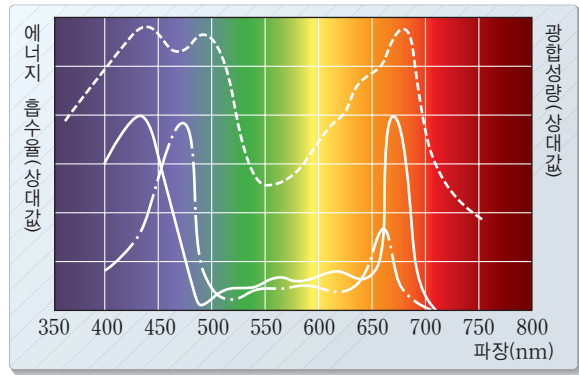
책임 실험 방법이나 실험 기기를 개선하려는 창의적 자세를 가지고 성실하게 실험에 임한다.

빛의 특성과 광합성

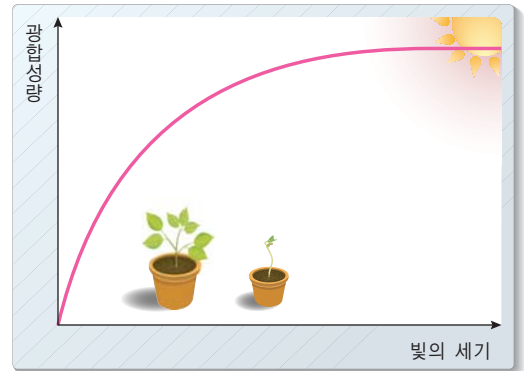
광합성은 식물 세포의 엽록체에서 일어나고, 엽록체에는 빛을 흡수하는 엽록소라는 색소가 들어 있다. 식물의 엽록소는 a와 b 두 종류가 있으며, 식물은 주로 이들이 흡수한 청자색광과 적색광을 이용하여 광합성을 한다.

한편, 광합성은 빛의 세기에도 영향을 받는데, 어느 단계까지는 빛의 세기가 증가할수록 광합성량도 증가하다가 일정해진다.

연결 학습
스펙트럼 → 26쪽
.....



— :엽록소 a의 흡수 스펙트럼
— :엽록소 b의 흡수 스펙트럼
····· :작용 스펙트럼



▲ 그림 49 _ 빛의 파장과 광합성

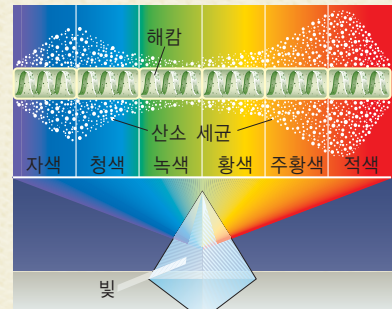
▲ 그림 50 _ 빛의 세기와 광합성

역사 속의 과학 | 엥겔만의 실험

1883년 독일의 엥겔만(Engelmann, T. W., 1843~1909)은 광합성에 주로 이용되는 빛의 파장을 밝혀냈다.

빛은 파장에 따라 굴절률이 다르므로 백색광을 프리즘에 통과시키면 무지개 색깔로 분산된다. 프리즘을 이용하여 광합성을 하는 해캄에게 빛을 파장별로 비추면 광합성이 많이 일어난 부위에서 산소가 활발하게 방출된다. 한편, 산소 호흡을 하는 산소 세균은 산소가 많은 부위에 크게 증가한다.

실험 결과 청자색광과 적색광을 비춘 해캄 주위에 산소 세균이 많이 증가하였으므로 이 빛에서 광합성이 활발하게 일어남을 알 수 있었다.



▲ 그림 51 _ 엥겔만의 실험

확인하기

- 이해 1. 지구계의 기권, 수권, 지권, 생물권에서 탄소는 어떤 형태로 존재하는가?
2. 식물이 광합성에 주로 이용하는 빛의 색깔은 무엇인가?
- 적용 3. 광합성과 호흡 과정에서 탄소는 각각 산화되는가, 환원되는가?
- 인성 4. 나무를 심고 숲을 보호해야 하는 까닭을 탄소 순환과 관련지어 설명해 보자.

3

지구 온난화와 기후 변화

- 학습 목표**
- 화석 연료의 과다 사용에 따른 지구 온난화 발생을 설명할 수 있다.
 - 지구의 복사 에너지 평형 과정을 설명하고 지구 온난화 현상을 해결하기 위한 노력을 설명할 수 있다.

여름철 최대 관심사였던 장마 예보가 올해부터 중단됩니다. 최근 들어 장마 전선이 형성되기 전이나 장마 전선이 소멸되고 나서도 강한 비가 자주 내리는 등, 여름철 강수 특성이 변했기 때문에 장마 예보는 더 이상 무의미하다는 이유입니다.

실제 지구 온난화의 영향으로 우리나라 여름철 기상은 과거와 많이 달라졌습니다. 장마 전선뿐만 아니라 태풍이나 대기 불안정, 기압골의 영향 때문에 수시로 국지성 호우가 내리고 있습니다. 1990년 이후 장마 기간의 강수량은 변화가 거의 없었으나, 장마 전후의 강수량은 크게 증가했다는 것이 기상청의 설명입니다. ○○ 뉴스



지구의 기후는 대기 조성의 변화, 화산 활동, 태양의 활동 변화나 소행성 충돌과 같은 지구 외부 요소 등의 영향으로 과거에도 여러 차례 변동이 있었다. 최근에는 인구 증가와 산업 활동의 증대가 지구의 기후에 큰 영향을 미치고 있으며, 특히 지구의 평균 온도가 계속 상승하는 지구 온난화와 이에 따른 기후 변화는 전 세계적인 문제가 되고 있다. 지구 온난화의 원인은 무엇일까? 지구의 에너지 평형 과정과 함께 최근 지구 온난화 현상의 원인과 그 대책을 함께 알아보자.

지구의 복사 에너지 평형

지구가 태양으로부터 받는 에너지의 양은 어느 정도일까? 지구가 하루 동안 받는 태양 복사 에너지의 양을 전기 에너지로 환산하면 50억 명이 약 300년을 쓸 수 있을 정도라고 한다. 지구가 이 엄청난 양의 에너지를 받기만 한다면 지구의 온도는 매우 높아져 단단한 지각마저 땅속의 마그마처럼 녹아 버릴 것이다.

지구는 탄생한 이후 끊임없이 태양 복사 에너지를 받고 있지만, 지구의 평균 온도는 비교적 일정하게 유지되고 있다. 이러한 현상을 **복사 평형**이라고 하는데, 다음 활동을 통하여 복사 평형이 이루어지는 과정을 알아보자.

활동 9 복사 평형은 어떻게 이루어질까?

목표 복사 평형의 원리와 그 과정을 이해할 수 있다.

해 보기

준비물 뚜껑 달린 알루미늄 컵 4개, 온도계 4개, 전등, 줄자

과정 

1. 검게 칠한 알루미늄 컵 4개의 뚜껑을 덮고 온도계를 꽂자.
2. 그림 52와 같이 4개의 알루미늄 컵을 전등과의 거리를 각각 달리하여 놓고 전등을 켜자.
3. 시간에 따른 컵 속의 온도 변화를 측정하여 다음 표에 기록해 보자.



▲ 그림 52 _ 컵 속의 복사 평형 실험

시간 \ 온도(°C)	2분	4분	6분	8분	10분	12분	14분	16분	18분	20분
컵 A										
컵 B										
컵 C										
컵 D										

정리

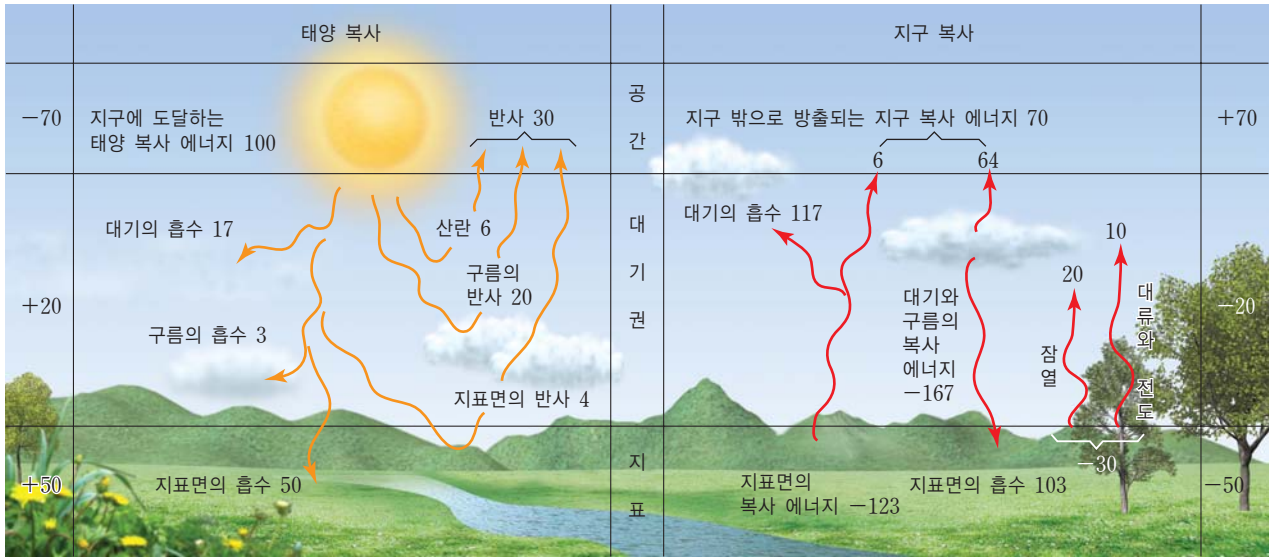
1. 4개의 컵 속 온도 변화를 비교해 보고 시간에 따른 에너지의 출입을 설명해 보자.
2. 창의·인성 과정 3의 결과를 이용하여 지구가 복사 평형을 이루는 과정을 설명해 보자.

알루미늄 컵 속의 온도는 시간이 지날수록 높아지며, 전등에서 가까이 있는 컵일수록 온도는 더 빠르게 높아진다. 그러나 일정한 시간이 지나면 알루미늄 컵 속의 온도가 더 이상 높아지지 않는데, 이것은 알루미늄 컵에서 전등으로부터 받은 에너지와 같은 양의 에너지를 외부로 방출하는 복사 평형이 이루어지기 때문이다.

마찬가지로 지구도 태양으로부터 받은 복사 에너지와 같은 양의 에너지를 우주로 방출하기 때문에 에너지 평형이 이루어져 지구의 온도가 일정하게 유지된다. 이처럼 지구가 방출하는 에너지를 **지구 복사 에너지**라고 하며, 대부분 우리 눈에 보이지 않는 적외선의 형태로 방출된다. 그리고 지구 복사 에너지의 약 95%는 대기 중의 수증기와 이산화탄소에 흡수되어 낮과 밤에 관계없이 지구의 온도를 일정하게 유지하는 역할을 하는데, 이를 대기의 **온실 효과**라고 한다.

지구 복사 에너지

지구의 평균 온도는 288 K(약 15°C)이지만 태양의 표면 온도는 약 6000 K이다. 그러므로 태양 복사 에너지는 가시광선, 적외선, 자외선 등 다양한 형태로 지구에 도달하지만, 지구 복사 에너지는 주로 적외선(열)으로 방출된다.



▲ 그림 53 _ 지구의 복사 에너지 평형

그림 53과 같이 지구 표면에 도달하는 태양 복사 에너지의 양을 100%라고 할 때, 그중 50%는 지표면에 흡수되고, 20%는 지구 대기에 흡수된다. 나머지 30%는 지표면과 구름에서 반사되거나 대기 중에서 산란되어 우주 공간으로 방출되므로 실제 지구가 흡수하는 태양 복사 에너지는 70%이다.

한편, 지표면에 흡수된 50%의 태양 복사 에너지 중 44%는 여러 가지 형태로 방출되어 지구 대기에 흡수되고, 대기에 흡수된 20%의 태양 복사 에너지와 함께 다시 우주 공간으로 방출된다. 또 지표면에 흡수된 태양 복사 에너지 중 6%는 지표에서 직접 우주 공간으로 방출된다. 따라서 우주 공간으로 방출되는 지구 복사 에너지의 양은 대기에서 64%, 지표면에서 6%이며, 지구가 흡수한 태양 복사 에너지의 양과 같으므로 지구 내부의 복사 평형이 이루어진다.



대기가 흡수하는 지구 복사 에너지(117%)의 양이 증가한다면 이에 따라 증가하는 에너지는 무엇인지 설명해 보자.

화석 연료의 사용과 지구 온난화

자연 상태의 지구에서는 태양 복사 에너지와 지구 복사 에너지의 평형이 이루어져 평균 온도가 비교적 일정하게 유지된다. 그러나 최근에는 전 세계적으로 지구의 평균 온도가 점점 높아지는 **지구 온난화**가 일어나고 있으며, 그 정도도 점점 심각해지고 있다. 지구 온난화의 원인은 여러 가지가 있지만 그중 가장 큰 원인은 대기가 흡수하는 지구 복사 에너지의 양이 증가하기 때문이며, 이는 대기 중 **온실 기체**의 양이 급격히 증가하기 때문이라고 한다.

온실 기체

온실 효과를 유발하는 기체이며, 주로 가시광선은 잘 통과시키고 적외선은 잘 흡수하는 기체이다. 이산화탄소, 수증기, 메테인, 일산화이질소, 프레온 가스 등이 있다.

온실 기체의 종류는 다양하지만, 지구 온난화에 가장 큰 영향을 미치는 온실 기체는 이산화탄소이다. 대기 중 이산화탄소량이 증가하는 까닭은 무엇일까?

화석 연료의 연소 과정에서 발생하는 열에너지는 전기 에너지나 운동 에너지와 같은 여러 가지 형태로 전환되어 우리 생활에 이용된다. 그리고 화석 연료를 이루던 탄소와 수소는 산화 반응에 의하여 이산화탄소와 물의 형태로 지구 대기에 배출된다.

지구의 인구가 늘어나고 문명이 발달하면서 화석 연료의 사용량은 점점 증가하고 있으며, 이에 따라 지구 대기로 배출되는 이산화탄소의 양도 함께 증가해 왔다. 지구 온난화는 지구 대기에 이산화탄소를 비롯한 온실 기체들의 양이 증가하여 대기의 지구 복사 에너지 흡수량이 많아져 지구 전체의 온도를 높이는 현상이다.

이산화탄소는 대기 중에서 생물의 호흡 등을 통해 자연적으로 발생하기도 하지만, 최근의 이산화탄소 배출량 증가는 대부분 화석 연료의 과다한 사용 때문이다. 더불어 숲이나 습지, 갯벌을 무분별하게 개발하여 생물권에서 기원의 이산화탄소를 예전 만큼 저장하지 못하기 때문이기도 하다.



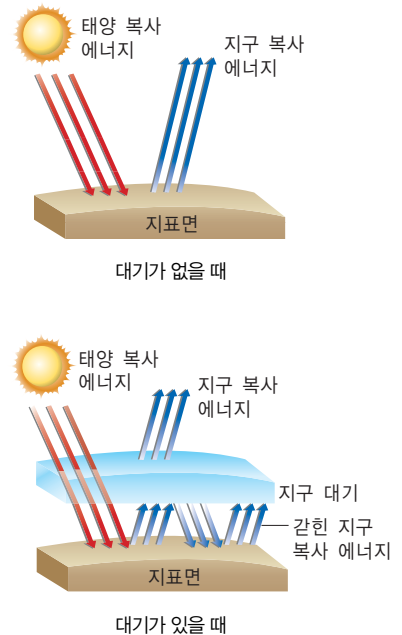
▲ 그림 54 _ 지구 대기 중의 이산화탄소 검은색이 진할수록 대기 중 이산화탄소 농도가 짙다.

과학 마당 | 온실 효과와 지구 온난화

온실 효과는 지구 대기의 선택적 흡수에 의해 일어난다. 수증기나 이산화탄소와 같은 온실 기체는 태양 복사 에너지 중 자외선은 통과시키지만 지구 복사 에너지인 적외선은 흡수한다. 대기 중의 온실 기체는 그림 55와 같이 지구 복사 에너지를 흡수하여 대기를 가열시켜 지구 전체의 온도를 높인다.

만약 지구 대기 중에 온실 기체가 없는 상태에서의 복사 평형 온도 즉, 지구 표면의 평균 온도는 -18°C 이다. 그러나 실제 지구 표면의 평균 온도는 15°C 정도이며, 이것은 “자연적인 온실 효과”에 의해 일어난다. 그 이상의 온도 상승은 “강화된 온실 효과” 때문에 일어나며, 이를 지구 온난화라고 한다.

온실 기체 중 지구 온난화에 가장 큰 원인인 이산화탄소의 양은 산업 혁명 이전에 280ppm 정도였으며 오늘날에는 약 360ppm에 이른다. 대기 중 이산화탄소의 양이 현재와 같은 추세로 증가한다면 2070년경에는 산업 혁명 이전의 두 배 수준인 560ppm에 이를 것이다. 따라서 전 세계적으로 이산화탄소 배출량을 줄이기 위한 노력이 계속되고 있으며, 더불어 지구 온난화에 따른 기후 변화에 대한 연구도 활발하게 이루어지고 있다. 현재까지의 연구에 따르면 이산화탄소량이 현재와 같이 증가할 때 지구 표면 평균 기온은 $1\sim 3^{\circ}\text{C}$ 높아지고 강수량은 지역에 따라서 $10\sim 20\%$ 정도 변한다고 한다.



▲ 그림 55 _ 지구 대기의 온실 효과

지구 온난화와 기후 변화

과학자들은 대기 중 온실 기체의 양이 증가하여 지구 온난화가 일어난다고 주장한다. 그러나 지구 온난화는 온실 기체와 큰 관련이 없으며, 주기적인 지구 환경 변화의 일부라고 주장하는 사람도 있다. 다음 활동에서 지구 기온 변화 자료를 이용하여 지구 온난화 경향을 알아보고, 지구 온난화에 대한 다른 주장도 함께 알아보자.

창의
인성

활동 10

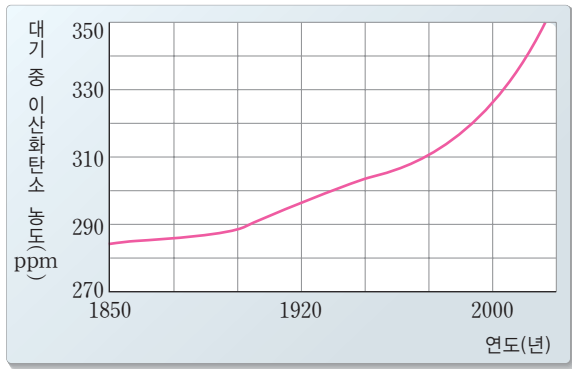
지구 온난화의 원인은 무엇일까?

목표 지구 온난화 경향을 파악하고, 지구 온난화와 관련된 여러 가지 주장의 타당성을 비교한다.

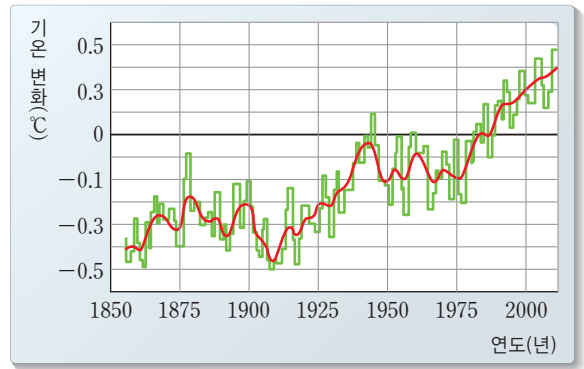
자료 해석

과정

① 그림 56은 최근 150년간 대기 중 이산화탄소 농도와 기온 변화를 나타낸 그래프이다.



이산화탄소의 농도 변화



지구의 기온 변화

▲ 그림 56 _ 대기 중 이산화탄소 농도 변화와 지구 기온 변화

② 다음은 온실 기체의 증가로 지구 온난화가 일어난다는 주장에 반대하는 글의 일부이다.

육상에 식물이 진출할 무렵의 대기 중 이산화탄소의 양은 현재보다 몇 배 많았다. 그러므로 대기 중 이산화탄소의 양이 현재보다 몇 배 많아진다고 해도 생물에게 치명적인 위험이 된다고는 생각할 수 없다. 오히려 생태계에서 생산자인 식물의 광합성 효율이 높아져 생태계 전체의 활동이 활발해지는 바람직한 변화이다.

이산화탄소가 지구 온난화의 주범이라고 주장하는 유일한 근거는 그것이 온실 기체 중 하나라는 것이다. 그런데 이 온실 효과에 대하여 잘못된 인식이 퍼지고 있다. 온실 효과는 보온 효과이며, 열을 만들어 내는 효과가 아니다. 아무리 대기 중 온실 기체의 양이 증가한다고 해도 지구 복사로 공급되는 에너지의 양을 넘을 수 없다. 지구 대기는 이미 지구 복사 에너지의 95% 정도를 흡수하고 있다. 따라서 온실 기체의 양이 증가하더라도 지구 대기가 흡수할 수 있는 지구 복사 에너지 증가량은 5%가 넘지 않는다. 그러므로 온실 효과에 의한 온도 상승은 무시할만한 수준이며, 온실 효과 때문에 지구의 평균 기온이 끊임없이 상승하는 일은 없을 것이다.

정리

1. 지구 온난화는 온실 기체 증가 때문에 일어난다는 입장과 이에 대하여 신중한 입장을 가진 모둠으로 구분하여 각 모둠의 주장을 과학적 근거를 들어 토론해 보자.
2. 대기 중 이산화탄소량의 변화와 지구 기온 변화, 지구 온난화의 관련성을 여러 가지 자료를 이용하여 이야기해 보자.
3. **참의·인성** 현재와 같은 기온 변화가 지속될 경우 지구 환경은 어떻게 달라질지 각 모둠의 입장에서 설명하고 서로 다른 점을 이야기해 보자.

배려 자신과 다른 의견을 제시하는 사람의 말을 끝까지 듣고, 자신의 주장을 논리적으로 예의를 갖추어 말한다.

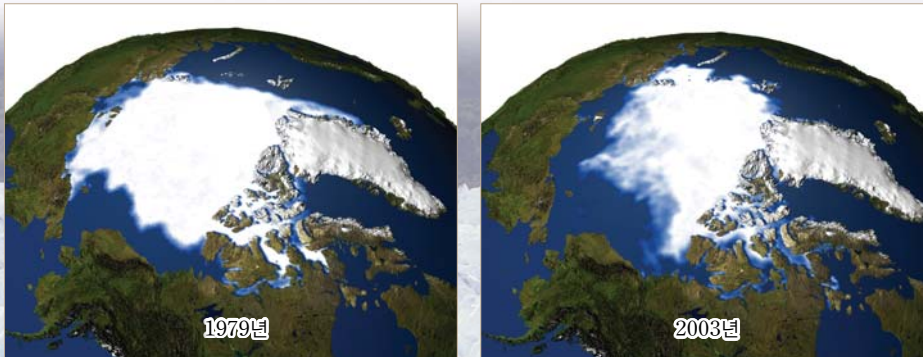
지구 온난화의 원인에 대해서는 아직 여러 가지 주장이 있지만, 온실 기체의 증가로 지구의 온도가 높아지고 지구 환경이 변한다는 주장이 더 많은 지지를 얻고 있다.

대기 중 이산화탄소의 양은 화석 연료의 사용이 늘어나면서 최근 150여 년 동안 급격히 증가하였고, 이 기간에 지구의 평균 온도는 약 0.6°C 높아졌다. 지구 온난화로 해수 온도가 높아지면 해수에 녹아 있던 이산화탄소가 대기로 방출되어 지구 온난화가 더욱 심해진다. 또 해수의 열팽창과 함께 극지방이나 고산 지대의 대륙 빙하가 녹아 해수면이 상승하여 해안 지역과 얇은 바다의 생태계가 변한다.

기체의 용해
기체도 물에 녹을 수 있는데, 기체는 고체와 달리 물의 온도가 낮을수록 물에 잘 녹는다.

해수 온도가 높아지면 바다의 수증기량이 증가한다. 태풍의 에너지원은 수증기의 숨은열이므로, 바다의 수증기량이 증가하면 태풍이 강력해져 태풍 피해가 커지기도 한다. 또 적조 현상이 자주 발생하고 해양 생태계가 파괴되기도 한다.

한편, 특정 지역의 강수량이 증가하여 집중 폭우와 홍수가 자주 발생하기도 하며, 반대로 가뭄이 심해져 사막화 현상이 일어나는 지역도 있다. 또 식물 분포의 변화로 생태계의 혼란이 일어나고 농작물 수확량이 감소하기도 한다.



▲ 그림 57_ 북극 빙하 면적의 변화

최근 우리나라의 기후도 빠르게 변하고 있으며, 이러한 변화 또한 지구 온난화의 영향 때문이라고 한다. 다음 활동을 통하여 우리나라의 기후는 과거와 비교할 때 어떻게 변하고 있는지 알아보자.

창의
인성

활동 11

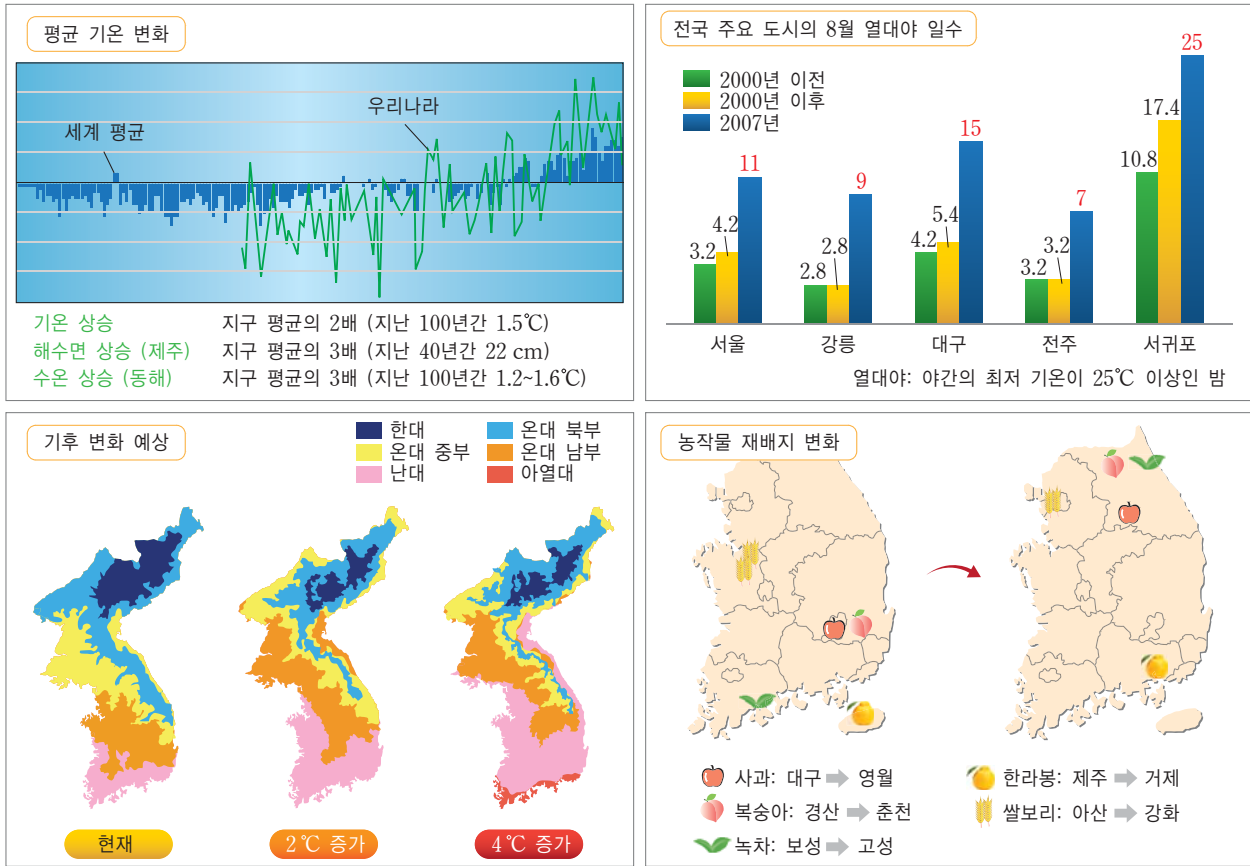
우리나라의 기후는 어떻게 변하고 있을까?

목표 기상 관측 자료를 활용하여 우리나라의 기후가 어떻게 변하고 있는지 알 수 있다.

자료 해석

과정

그림 58은 우리나라의 온도 및 기후, 식생 변화에 관련된 관측 및 예측 자료이다.

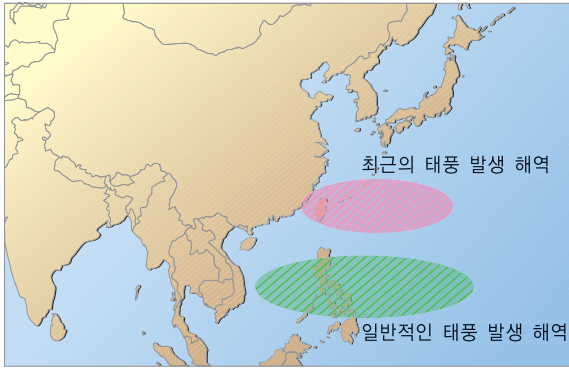


▲ 그림 58 _ 우리나라의 기후 변화(그린스타트 네트워크/환경부, 2008년)

정리

1. 우리나라의 기온은 어떻게 변하고 있는지 설명해 보자.
2. 기온 변화와 열대야 일수 변화, 농작물 재배 가능 지역의 분포 변화를 지역별로 조사하여 이야기해 보자.
3. 앞으로 우리나라 계절과 기후는 어떻게 변할지 이야기해 보자.
4. 창의·인성 우리나라의 기후 변화 경향을 지구 전체의 기후 변화 경향과 비교해 보자.

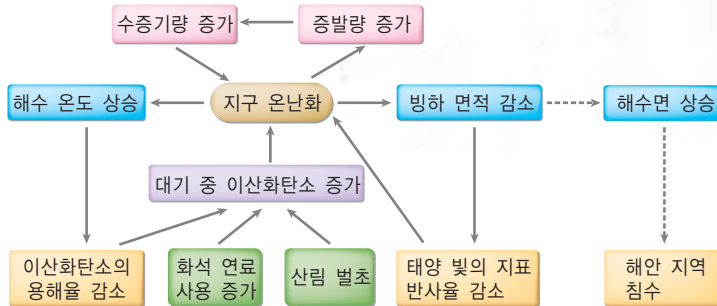
협동 교과서의 자료 외에도 다양한 매체를 통해 많은 정보를 수집하며, 이 과정에서 분담하고 협조하도록 한다.



▲ 그림 59 _ 일반적인 태풍 발생 해역과 최근의 태풍 발생 해역 비교

우리나라의 기후는 사계절이 뚜렷한 온대 기후에서 아열대 기후로 바뀌고 있다. 활동 11에서 알 수 있듯이 여름의 열대야 일수는 계속 증가하고 있으며, 남부 지방에서만 재배할 수 있었던 농작물을 중북부 지방에서도 재배할 수 있게 되었다.

한편, 필리핀 부근의 아열대 해역에서 발생하는 태풍은 우리나라 부근까지 이동하면 약해지는 경우가 많았다. 그러나 최근에는 우리나라 주변 바다의 수온이 높아 수증기량이 증가하여 우리나라 근처에서 태풍이 더욱 강해지기도 하며, 그림 59와 같이 예전보다 훨씬 북쪽 해역에서 태풍이 발생하기도 한다.



▲ 그림 60 _ 지구 온난화와 기후 요소의 변화

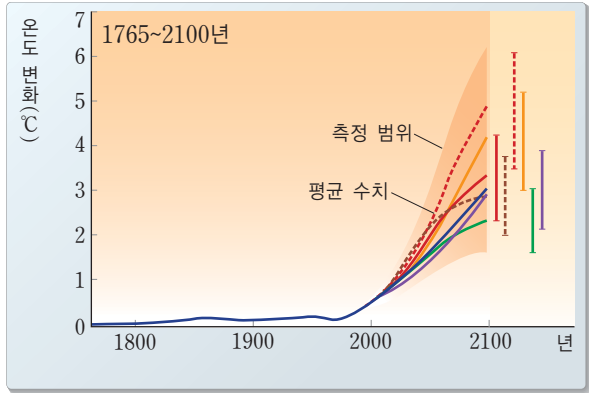
그림 60과 같이 지구 온난화는 지구계의 기권뿐만 아니라 지권과 수권, 생물권에 모두 영향을 미치며, 특정한 지역뿐만 아니라 지구 전체에 영향을 미친다. 더불어 지구 온난화는 지구계 각 권 사이의 상호 작용 때문에 더욱 심해지는 경향이 있다. 따라서 지구 온난화의 근본적인 원인을 찾아 이에 대한 대책을 마련해야 한다.

지구의 미래와 지구 온난화 방지 노력

지구의 미래는 어떤 모습일까? 현재 지구 환경은 지구 온난화에 의한 기후 변화 때문에 급격히 변하고 있으며, 이러한 변화는 인간을 포함한 지구 생태계에 큰 위기로 다가오고 있다. 다음 활동을 통하여 미래의 지구 환경 변화를 예상해 보고, 우리가 해야 할 일은 무엇인지 서로 이야기해 보자.

과정

다음은 2000년 IPCC(유엔 정부 간 기후 변화 위원회)에서 장래의 기후 전망을 예측하기 위해 작성한 보고서로, 6가지 형태의 온실 기체 배출 시나리오에 대한 그래프와 이를 기초로 작성한 미래의 지구 환경 변화 예측 결과이다.



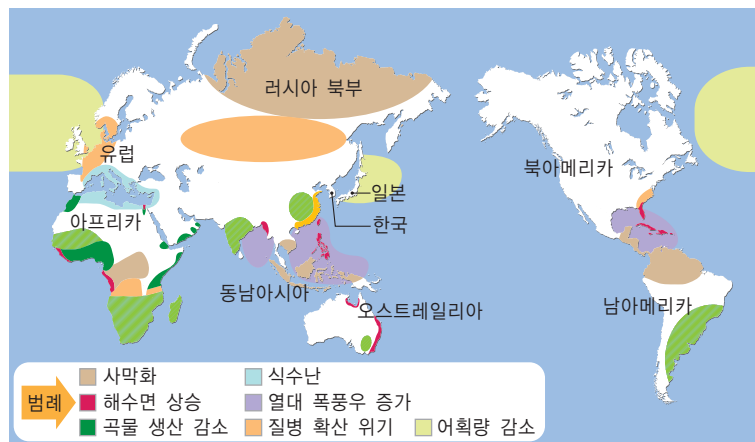
IPCC에서는 기후 변화를 예측한 여러 가지 시나리오를 개발하여 분석하였다. 지금처럼 계속 화석 연료에만 의존할 경우 2090~2099년의 지구 평균 기온은 현재보다 최대 6.4°C, 해수면은 59 cm 상승할 것으로 전망하였다. 반면, 신·재생 에너지 등을 이용하여 이산화탄소 배출량을 줄인다면 기온은 1.1°C, 해수면은 18 cm 상승할 것으로 전망하였다. 그리고 기후 변화로 생태계, 산업 경제, 생활양식 전반에 광범위한 변화가 나타날 것으로 예상한다.

▲ 그림 61 _ 온실 기체 배출 그래프(IPCC, 2000년)

정리

1. 그림 61에서 이 모델의 6가지 유형이 무엇인지 여러 가지 매체를 통하여 알아보자.
2. 그림 62는 지구의 기온이 현재와 같은 속도로 상승할 때 2050년의 지구 환경 변화를 예측한 것이다. 다음 항목을 중심으로 2개의 모둠을 구성하고, 주어진 자료들을 기초로 2100년 무렵의 지구 환경 변화 시나리오를 모둠별로 작성하고 발표해 보자.

- (1) 생태계, 기상재해, 건강 등에 미치는 영향
- (2) 산업, 경제에 미치는 영향



▲ 그림 62 _ 2050년의 지구 환경 변화 예상(UNEP, 2009년)

3. 창의·인성 지구의 기온이 그림 61과 같이 상승한다면 앞으로 우리 생활과 문화 양식은 어떻게 변할지 이야기해 보자.



▲ 그림 63 _ 지구의 날 맞이 야간 조명 소등 행사(2010년 4월 22일 서울 세종로)

지구 온난화로 지구의 평균 기온이 상승하면 기후만 변하는 것이 아니라 지구계 각 권의 상호 작용으로 지구 전체에 지속적인 영향을 미친다. 따라서 지구 온난화의 심각성에 대하여 세계 모든 국가가 문제를 인식하고 대책을 마련해야 한다. 그러나 이 문제는 화석 연료 중심인 세계의 에너지 자원 이용 현황과 밀접한 관련이 있기 때문에 대책을 마련하기가 쉽지 않으며, 국가 간 갈등 요인이 되기도 한다.

지구 온난화와 기후 변화 방지에 대한 문제들은 몇몇 국가들의 노력으로 해결되지 않는다. 국제 연합(UN)에서는 전 지구적인 문제인 지구 온난화의 해결에 세계 모든 나라가 적극적으로 참여해야 한다는 인식을 널리 퍼트리고 있으며, 기후 변화 협약(UNFCCC) 채택, 국제 연합 환경 계획(UNEP) 조직 등의 활동도 활발하게 진행하고 있다. 한편, 그린피스나 지구의 벗과 같은 민간단체들도 국가 간의 이해관계 때문에 적극적으로 실행되지 못하는 문제들의 해결에 나서고 있다.

생활 속의 과학 | 지구 온난화 방지를 위한 활동

기후 변화 협약은 1992년 6월의 브라질 리우 환경 회의에서 지구 온난화에 따른 기후 변화를 예방하기 위하여 채택되었으며, 우리나라를 포함한 154개 국가가 이 협약에 서명하였고 1994년 3월 21일에 공식 발효되었다.

이 협약에서는 온실 기체 배출에 역사적 책임이 있고 기술·재정 능력이 있는 선진국의 선도적 역할을 강조했으며, 개발도상국의 특수 사정을 배려하고 기후 변화의 예측, 방지를 위한 예방적 조치를 시행할 것을 원칙으로 정했다. 또 모든 국가의 지속 가능한 성장을 보장할 것을 규정하고 있다.

이 협약의 당사국들은 온실 기체 배출량 감축을 위한 국가 전략을 수립하여 시행하고, 온실 기체 배출량과 흡수량에 대한 국가 통계와 정책 이행에 관한 보고서를 작성하여 기후 변화에 관한 정부 간 협의회(IPCC)를 통해 발표해야 한다. 한편, 국제 연합이 1972년에 조직한 국제 연합 환경 계획은 전 세계 회원국과의 공동 협조로 세계 환경의 날 행사를 매년 개최하는 등 지구 환경을 보전하고 개선하는 노력을 하고 있다.



MANY SPECIES • ONE PLANET • ONE FUTURE
WORLD ENVIRONMENT DAY • 5 JUNE 2010



▲ 그림 64 _ 2010 세계 환경의 날 공식 로고

교토 의정서는 선진 공업국들의 이산화탄소 배출량을 1990년 수준으로 줄이도록 하는 협약이다. 우리나라도 여기에 참여하였으며, 2008년부터 이 의정서를 이행하기 시작하였다. 더불어 이러한 지구 환경 보전 활동은 국가 경쟁력의 한 부분으로 인식되어 저탄소 녹색 성장 정책을 수립하여 시행하고 있다.

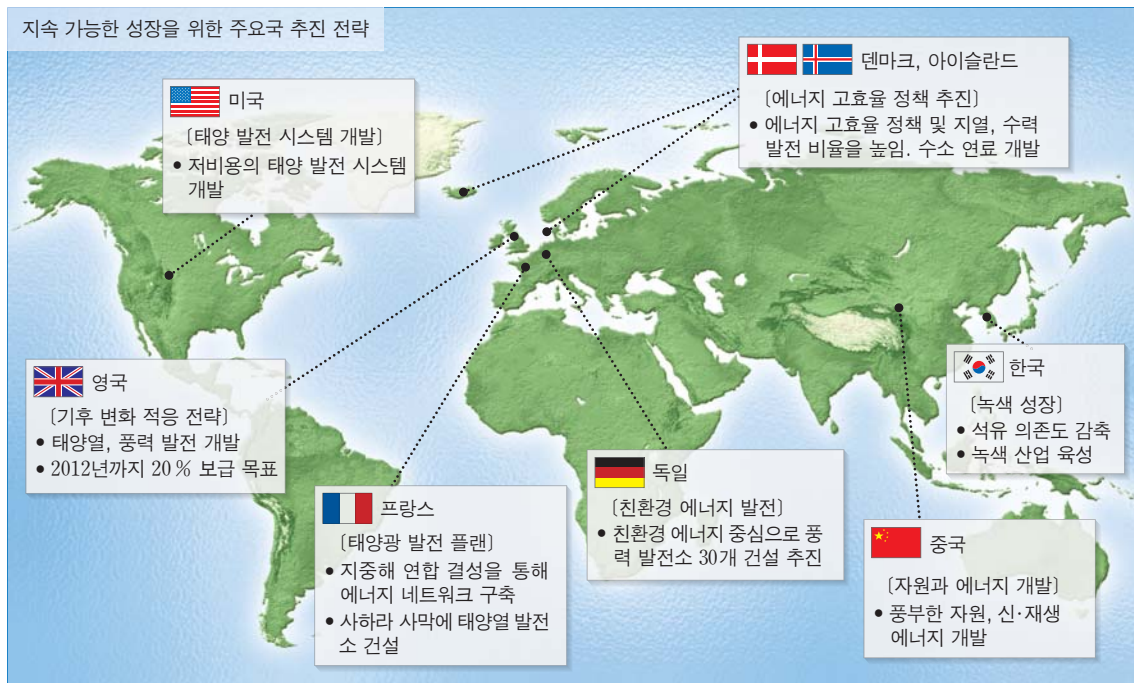
이 정책은 석유나 석탄과 같은 화석 연료의 사용량을 줄이는 동시에 신·재생 에너지 자원 개발로 이산화탄소 배출량을 줄여 지구 온난화 방지에 동참하는 활동이며, 생태계 보전과 파괴된 생태계 복원 등과 더불어 전국적으로 시행하고 있다.

최근에는 이산화탄소 발생량을 줄이고, 발생한 이산화탄소를 지권이나 수권에 저장하여 기권의 이산화탄소량을 조절하는 방법도 연구 중이다. 다음 활동을 통하여 최신 과학 기술로 지구 온난화를 방지하는 여러 가지 방법을 알아보자.

과학·기술·사회(STS) | 지속 가능한 성장

대기 중 이산화탄소량을 줄이려면 화석 연료의 사용량을 줄여야 하지만, 산업 발전에 필요한 에너지의 부족과 세계 경제 발전의 약화와 같은 또 다른 문제를 일으킨다는 주장도 있다.

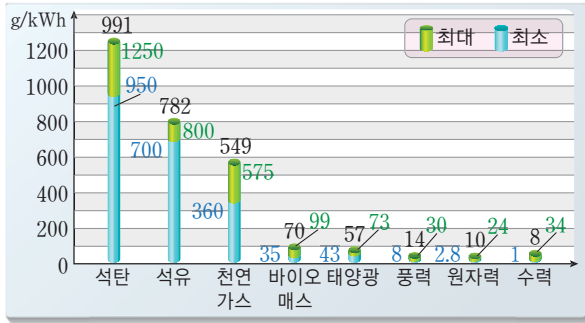
따라서 세계 각국은 이산화탄소 배출량을 줄이고 에너지 자원 부족 문제도 해결하면서 경제를 지속적으로 성장시키는 방법을 추구하고 있는데, 그중 하나가 지속 가능한 성장이며 그림 65와 같이 전 세계적으로 추진되고 있다. 이 정책은 에너지 자원을 효율적으로 이용하는 것과 함께 기존의 화석 연료보다 환경 오염 물질과 온실 기체를 적게 배출하는 신·재생 에너지 자원 개발, 삼림과 습지, 갯벌 등 이산화탄소를 저장하는 자연환경의 복원과 보전 활동 등을 함께 포함한다.



▲ 그림 65 _ 세계 여러 나라의 지속 가능한 성장 추진 현황(녹색 성장 위원회, 2008년)

과정

- ① 그림 66은 지구에서 사용되는 에너지원의 종류에 따른 이산화탄소 배출량을 나타낸 것이고, 그림 67은 배출된 이산화탄소를 줄이는 첨단 기술의 하나인 이산화탄소 포집 방법에 대한 모식도이다.



▲ 그림 66 _ 에너지원에 따른 이산화탄소 배출량(IEA, 2006년)



▲ 그림 67 _ 이산화탄소 포집 방법

- ② 다음 글은 최신 기술을 이용한 이산화탄소 배출량 절감 방법을 소개한 것이다.

사람들이 일상생활에서 기술을 사용하는 방식을 변화시킨다면 전 세계적으로 인류가 발생시키는 이산화탄소 배출량을 2020년까지 1년에 15%만큼 줄일 수 있으며, 이것은 약 800조 원에 해당하는 경제적 가치가 있다고 한다. 이산화탄소 배출량을 혁신적으로 줄일 수 있는 4가지 방법은 다음과 같다.

- Smart motors: 중국의 경우 이산화탄소 배출량의 약 10%를 차지하는 자동차 제조업에서 산업 효율을 10%만 높이면 약 2억 톤의 이산화탄소 배출을 줄일 수 있을 것이다.
- Smart logistics: 유럽의 경우 수송과 저장 부분의 효율을 높이면 연료, 전기, 난방 부문에서 약 2억 2500만 톤의 이산화탄소 배출을 줄일 수 있을 것이다.
- Smart buildings: 북아메리카의 경우 건물의 관리, 자동화 기술, 보온재 사용 등을 통하여 이산화탄소 발생량의 약 15%를 줄일 수 있을 것이다.
- Smart grid: 인도의 경우 전력망 관리와 감시 체계를 개선하면 전력 손실을 약 30% 줄일 수 있을 것이다.

정리

1. 그림 66에서 이산화탄소의 주된 배출원은 무엇이고, 각 에너지 자원의 이산화탄소 배출량 비율은 어느 정도인지 계산해 보자.
2. 그림 67의 이산화탄소 포집 방법에 대하여 조사하고, 이를 응용하여 대기 중 이산화탄소량을 줄이는 방법들을 창의적으로 구상하여 발표해 보자.
3. 창의·인성 과정 ②의 글을 읽고 우리 생활 주변에서 이와 같은 방법을 적용하여 이산화탄소의 배출을 줄일 수 있는 또다른 예를 찾아서 발표해 보자.



지구 온난화 방지를 위한 활동은 그 규모가 매우 크기 때문에 단일 국가만의 노력이 아니라 전 세계 모든 국가의 노력이 절실하게 필요하다. 더불어 이산화탄소 배출량 규제뿐만 아니라, 이산화탄소의 배출을 절감하고 대기 중 이산화탄소량을 줄일 수 있는 새로운 기술을 개발해야 한다. 이 활동은 국가마다 주요 정책으로 추진해야 하며, 국가 간 이해관계에 상관없이 서로 앞장서야 한다.



자전거이용



신·재생에너지개발

▲ 그림 68 _ 지구 온난화 방지 노력

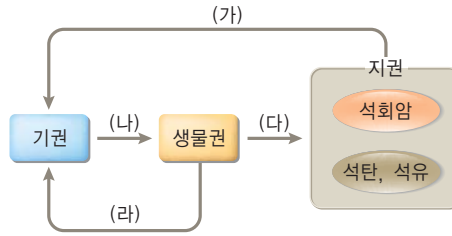
그러나 지구 온난화와 이에 따른 지구 기후 변화는 이러한 국제적, 국가적 노력으로만 막을 수는 없다. 이 문제는 지구에서 살아가는 모든 사람이 문제의 중요성을 인식하고 지구 온난화를 방지하고자 노력할 때 해결할 수 있다. 따라서 우리 모두 이 문제에 관심을 두고 일상생활에서 에너지 절약, 자원 재활용, 숲과 나무를 보전하는 활동 등으로 대기 중 이산화탄소의 양을 줄이는데 앞장서야 한다.

확인하기

- 이해 1. 지구의 태양 복사 에너지 흡수량과 지구 복사 에너지 방출량이 같아 평균 기온이 일정하게 유지되는 것은 무엇인가?
2. 지구 대기의 온실 효과에 대하여 설명해 보자.
- 적용 3. 지구 온난화로 지구 환경을 이루는 요소들이 서로 영향을 받는 과정을 설명해 보자.
- 인성 4. 이산화탄소 배출 억제 문제가 만드는 국제적 갈등에 대한 해결 방법을 조사하여 발표해 보자.

지구계의 탄소 순환

1. 그림은 탄소 순환 과정의 일부를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것을 다음 <보기>에서 모두 골라 써 보자.

● 보기 ●

- ㄱ. (가)에서 기권의 이산화탄소량이 증가하는 주된 요인은 화석 연료의 사용이다.
- ㄴ. (나)와 (다)에서 탄소는 이산화탄소의 형태로 이동한다.
- ㄷ. (나)는 광합성, (라)는 호흡을 통한 탄소 순환 과정이다.

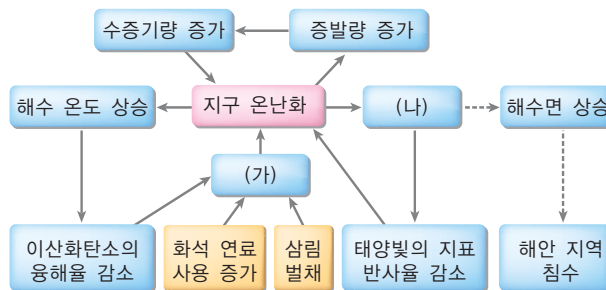
온실 기체

2. 다음 <보기> 중 지구 온난화에 영향을 주는 것을 모두 고르라. 그리고 지구 온난화에 가장 큰 영향을 미치는 기체는 무엇인지 쓰고 그 까닭을 설명해 보자.

● 보기 ●

- ㄱ. 질소
- ㄴ. 메테인
- ㄷ. 이산화탄소
- ㄹ. 프레온 가스
- ㅁ. 일산화이질소

[3-4] 그림은 지구 온난화에 영향을 미치는 요인들의 관계이다. 물음에 답하라.



지구 온난화의 원인

3. (가)에서 발생하는 기체와 (나)에 해당하는 현상은 각각 무엇인지 써 보자.

| 창의·인성 개발 |

지구 온난화의 예방

4. 지구 온난화 문제를 해결하려면 기권의 이산화탄소 농도를 줄여야 한다. 기권의 이산화탄소 농도를 줄이는 데 도움이 되는 실천 사례를 제안해 보자.

VI-3. 에너지 문제와 미래의 에너지



인류의 마지막 희망 판도라

영화 아바타의 지구인은 가까운 미래에 닥칠 지구의 에너지 고갈 문제를 해결하기 위해 ‘언오타눔’이라는 대체 자원이 매립되어 있는 행성 판도라로 향한다.

현재 인류는 주 에너지원이었던 화석 연료의 고갈과 에너지 사용량의 증가로 새로운 에너지원의 개발에 많은 노력을 기울이고 있다.

인류의 미래를 책임질 우리의 ‘언오타눔’은 무엇일까? 이 단원에서는 화석 연료의 고갈과 환경 문제를 해결할 지속 가능한 에너지원에 대해 알아보자.

? 화석 연료를 대체할 미래 에너지는 어떤 조건을 갖추어야 할까?



1

화석 연료와 방사성 에너지 자원

- 학습 목표**
- 화석 연료와 방사성 에너지 자원의 생성 과정을 이해한다.
 - 에너지 자원의 고갈 시점을 예상해 보고 이에 따른 문제점과 해결 방안을 생각할 수 있다.



▲ 그림 69 _ 현재 우리 생활에 주로 쓰이는 에너지 자원

석탄을 이용한 증기 기관의 발명으로 산업 혁명이 일어난 이후 석탄, 석유, 천연가스와 같은 화석 연료의 사용량은 현재에 이르기까지 계속 증가해 왔으며, 이들은 지금도 전 세계 에너지 자원 이용량의 85% 정도를 차지하고 있다. 20세기 중반부터는 적은 양으로 막대한 에너지를 방출하는 방사성 원소를 에너지 자원으로 이용할 수 있게 되었고, 현재 방사성 에너지 자원의 사용량은 화석 연료에 이어 전 세계에서 두 번째로 많은 비중을 차지하고 있다.

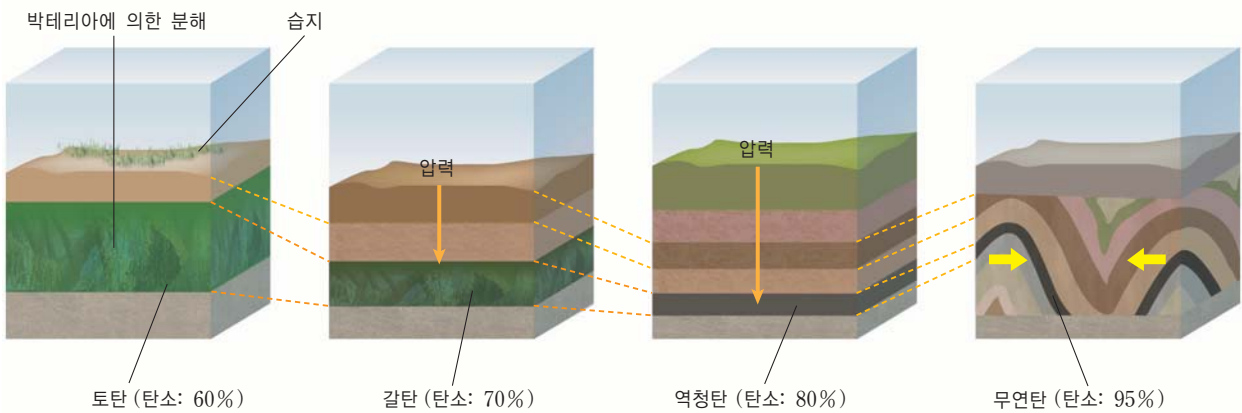
화석 연료와 방사성 원소는 어떻게 생성되었으며, 이러한 에너지 자원은 얼마나 오래 사용할 수 있는지 알아보자.

화석 연료의 생성

화석 연료는 인류가 불을 발명한 이후 지금까지 이용해 온 에너지원 중 우리 생활에 가장 큰 영향을 주었으며, 주로 땅속에서 채굴하여 우리 생활에 이용된다. 지구의 지각에 분포하는 화석 연료는 어떻게 생성되었을까? 다음 활동을 통하여 화석 연료의 생성 과정을 알아보자.

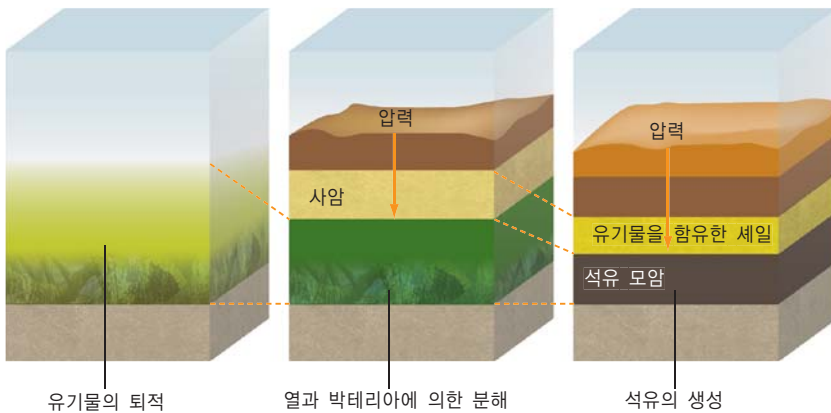
과정

① 그림 70은 석탄이 생성되는 과정을 나타낸 모식도이다.

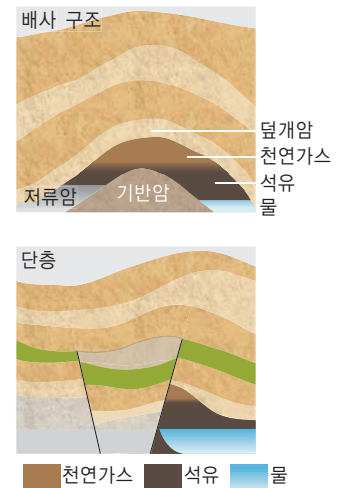


▲ 그림 70_ 석탄의 생성 과정

② 그림 71은 석유가 생성되는 과정, 그림 72는 석유가 산출되는 지층의 내부 구조를 나타낸 모식도이다.



▲ 그림 71_ 석유의 생성 과정



▲ 그림 72_ 석유가 산출되는 지층

정리

1. 그림 70을 이용하여 석탄이 만들어지는 과정을 설명하고, 석탄이 많이 발견되는 지층이 생성된 시기에 이 지역의 환경은 어떠했는지 설명해 보자.
2. 그림 71을 이용하여 석유가 만들어지는 과정을 설명하고, 석유가 발견되는 지층의 특징을 조사하여 발표해 보자.
3. **창의·인성** 화석 연료가 생성되기까지 걸리는 시간은 어느 정도인지 조사해 보고 에너지 자원을 절약해야 하는 까닭을 서로 이야기해 보자.

지질 시대 중 고생대의 기후는 따뜻하고 습윤했으며, 습지나 얇은 물밑에서는 고사리와 같은 양치식물이 번성하였다. 이들이 죽은 후 물속에서 썩지 않고 쌓여 만들어진 두꺼운 층이 지각 변동에 의해 침강하여 열과 압력을 받으면 식물을 이루던 여러 가지 원소 중 탄소만 남아 석탄이 생성된다.

죽은 식물이 물속에 쌓여 만들어진 층에서 박테리아의 작용과 부분적인 산화 작용으로 만들어진 탄화 물질을 토탄이라고 한다. 그리고 토탄층이 지각 내부에서 오랫동안 열과 압력을 받으면 토탄의 물과 휘발 성분이 사라지고 탄소의 비율이 높아지면서 갈탄, 역청탄, 무연탄의 순서로 변한다.

토탄층의 생성

마른 땅 위에서 죽은 식물은 곧 썩어 없어지지만, 물속에서는 산소 부족으로 썩지 않고 거의 그대로 보존되므로 토탄층이 생성된다.



석탄 중 우리나라에서 가장 풍부하게 생산되는 무연탄은 연탄의 원료로 이용되는 것 외에는 공업적 가치가 낮다. 우리나라에서 무연탄이 가장 많이 발견되는 까닭은 무엇인지 석탄의 생성 과정을 이용하여 설명해 보자.

석유는 바다 밑에 유기물이 쌓여 생성되었다는 가설이 가장 일반적이다. 이 가설에 의하면 약 5억 년 전 바다에서 번성하던 동식물들이 대량 멸종하여 바다 밑에 퇴적되었으며, 이 퇴적물이 지각 속에서 박테리아의 작용과 함께 수백만 년 동안 열과 압력을 받아 탄화수소로 변하여 석유와 천연가스가 함께 만들어졌다고 한다.

그런데 유전은 특정한 지질 구조에서만 만들어진다. 기반암에서 생성된 석유와 천연가스는 구멍이 많은 사암이나 석회암으로 이루어진 저류암에 저장된다. 또 저류암 주변은 석유가 다른 곳으로 새어 나가지 못하는 매우 치밀한 암석인 덮개암으로 둘러싸여야 한다. 그리고 덮개암을 이루는 지층은 배사 구조를 이루어야 한다.

이처럼 유전이 만들어지려면 여러 가지 조건이 동시에 갖추어져야 하므로 석유와 천연가스는 이러한 조건을 갖춘 일부 지역에서만 발견된다.

연결 학습

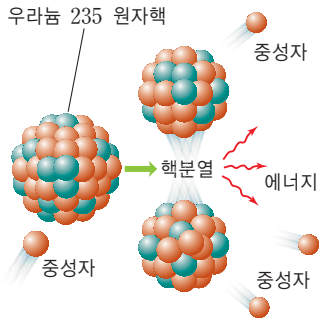
탄화수소 → 290쪽, 294쪽

▼ 그림 73 _ 우리나라의 동해-1 가스전



연결 학습

- 무거운 원소의 생성 → 38쪽
- 지구의 생성 과정 → 62쪽
- 광상의 생성 → 275쪽



▲ 그림 74 _ 우라늄 235의 핵분열

방사성 원소의 생성과 이용

방사성 원소는 19세기 후반에 처음 발견되었으며, 원자핵의 붕괴로 에너지를 방출하면서 다른 원소로 바뀐다. 방사성 원소는 우주에서 초신성 폭발로 만들어졌으며, 지구가 생성될 때 지구의 지각에 포함되어 있다가 마그마가 천천히 식어 굳어지는 과정에서 한곳에 모여 광상을 이루었다.

천연 방사성 원소의 원자핵은 스스로 붕괴하지 않거나 매우 긴 시간에 걸쳐 붕괴되기 때문에 방출하는 에너지의 양이 매우 적다. 그러나 방사성 원소의 원자핵에 중성자를 빠른 속도로 충돌시키면 원자핵 분열이 일어나 엄청난 양의 에너지가 한꺼번에 방출된다는 사실이 밝혀졌다. 그리하여 방사성 원소는 새로운 에너지원으로 이용되기 시작했는데, 실제로 우라늄 1g의 핵분열로 발생하는 에너지의 양은 석탄 3톤을 태울 때 발생하는 에너지의 양과 같다.

에너지 자원의 미래

화석 연료와 방사성 원소는 현재 인류에게 가장 중요한 에너지원이지만, 매장량에 한계가 있으므로 머지않은 미래에 분명히 고갈될 것이다. 앞으로 인류가 개발하여 사용할 수 있는 에너지 자원의 양은 얼마나 될지 다음 활동을 통하여 알아보자.

창의 인성

활동 15

지구에 남은 에너지 자원의 양은 얼마나 될까?

목표 에너지 자원의 고갈 시점을 예상하고 그 대안을 창의적으로 제시할 수 있다.

자료 해석

과정

표 3은 각 지역별 에너지 자원 부존량과 생산량을 나타낸 것이다.

표 3 _ 세계 지역별 에너지 자원 부존량과 생산량 비교(에너지 관리 공단, 2009년)

구분	가채 매장 확인량	지역별 부존 상황(%)					연 생산량	가채년수(년)
		아메리카	유럽, 러시아	중동	아프리카	동아시아		
석유	1조 2379억 배럴	14.6	11.6	61.0	9.5	3.3	297억 4800만 배럴	41.6
석탄	8475억 톤	31.5	32.1	6.0		30.4	48억 6100만 톤	174
천연가스	177조 3400억 m ³	8.9	33.5	41.3	8.1	8.2	3조 521억 m ³	58.1

정리

1. 각 에너지 자원 고갈 시점의 세계 산업 구조 변화를 예상하여 발표해 보자.
2. **창의·인성** 에너지 자원의 고갈에 대비하려면 무엇을 해야 할지 개인, 국가, 전 세계의 관점으로 나누어 설명해 보자.

화석 연료 중 석유는 약 40년, 천연가스는 약 60년 정도 쓸 수 있는 양이 남아 있다고 한다. 그러나 전 세계의 에너지 수요량은 점점 빠르게 증가하고 있으므로 석유와 천연가스를 이용할 수 있는 기간은 실제로 더 짧을 것이다.

화석 연료를 이용할 때 발생하는 이산화탄소, 이산화황, 질소 산화물 등은 지구 온난화와 대기 오염의 주범이다. 반면, 방사성 에너지를 이용하는 원자력 발전은 에너지 효율이 높고 이산화탄소를 거의 배출하지 않는다는 장점이 있다. 그러나 폐기물 처리 문제와 함께, 사고가 발생할 경우의 막대한 피해에 대한 우려 때문에 최근 세계 각국에서는 원자력 발전소 건립에 대하여 예전보다 신중하게 검토하고 있다.

게다가 화석 연료와 방사성 에너지 자원은 매장 지역이 편중되어 있어 가격과 공급에 불안정한 요소가 항상 있으며, 이 문제는 국가 간의 심각한 갈등 원인이 되기도 한다. 따라서 지구 온난화와 환경 오염의 위험이 없고 고갈될 염려가 없는 새로운 에너지 자원을 개발해야 한다.

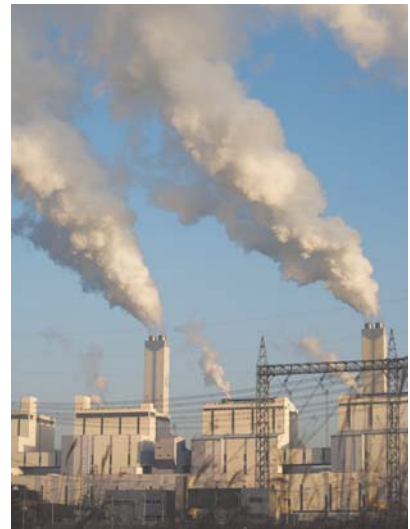
석탄의 이용

석탄은 다른 화석 연료보다 비교적 풍부한 양이 남아 있지만, 온실 기체와 오염 물질을 많이 배출하고 사용하기 불편하다는 단점이 있다.

과학 마당 | 화석 연료와 환경 오염 물질의 발생

화석 연료를 연소시킬 때 황과 질소의 산화물, 중금속 등의 환경 오염 물질이 발생하는 까닭은 무엇일까? 화석 연료 중 석탄에 의한 환경 오염이 가장 심각한데, 석탄이 땅속에서 오랜 시간에 걸쳐 생성되는 동안 지각의 다양한 성분들이 섞였기 때문이다. 실제로 석탄은 화석 연료 중 환경 오염 물질과 함께 이산화탄소를 가장 많이 발생시킨다.

석유는 사용하기에 편리하고 석탄보다 적은 양으로 많은 에너지를 얻을 수 있기 때문에 전 세계에서 가장 널리 쓰이는 에너지 자원이다. 석유는 석탄을 연소시킬 때보다 오염 물질 배출량이 적지만, 이는 석유를 정제하는 과정에서 많은 불순물을 제거했기 때문이다. 따라서 석유를 정제하는 과정에서는 많은 오염 물질이 발생한다. 천연가스는 화석 연료 중 오염 물질을 가장 적게 발생시키지만, 연소시켜 얻을 수 있는 열량이 석탄이나 석유보다 훨씬 적기 때문에 다른 연료보다 상대적으로 더 많은 양을 사용해야 한다. 따라서 온실 기체인 이산화탄소의 배출량은 오히려 더 많아질 수도 있다.



▲ 그림 75 _ 화력 발전소

확인하기

- 이해** 1. 석탄과 석유의 생성 과정을 간단히 설명해 보자.
 2. 에너지 자원으로 사용되는 방사성 원소를 조사해 보고, 이러한 물질들은 어떤 과정을 거쳐 만들어졌는지 설명해 보자.
- 적용** 3. 방사성 원소에서 에너지가 방출되는 과정이 화석 연료를 이용할 때와 다른 점을 비교하여 설명해 보자.
- 창의** 4. 현재 사용되는 화석 연료와 방사성 에너지 자원의 문제점을 나열하고, 이를 해결할 수 있는 방안을 설명해 보자.

2

신·재생 에너지

- 학습 목표**
- 에너지 자원의 활용을 지속 가능한 발전의 관점에서 이해한다.
 - 여러 가지 신·재생 에너지가 사용되는 방법과 장단점을 설명할 수 있다.



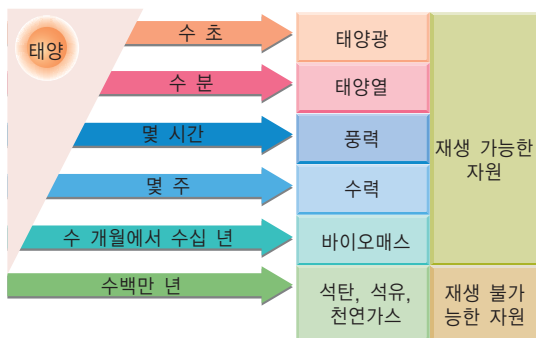
▲ 그림 76 _ 지열 에너지

화산 활동 지역에서는 온천이나 간헐천을 볼 수 있다. 고대로 마인들은 온천을 온수욕뿐만 아니라 가정의 난방에 이용하였으며, 지금도 아이슬란드, 터키, 일본과 같이 세계의 지열대에 위치한 나라에서는 비슷한 방법으로 지열을 이용하고 있다. 전세계적으로 지열 에너지와 같은 친환경적이고 지속 가능한 에너지원에 대한 관심이 커지고 있다. 화석 연료와 같은 에너지 자원의 고갈과 환경 오염의 문제를 해결하며 지속적인 발전이 가능한 에너지원은 무엇일까?

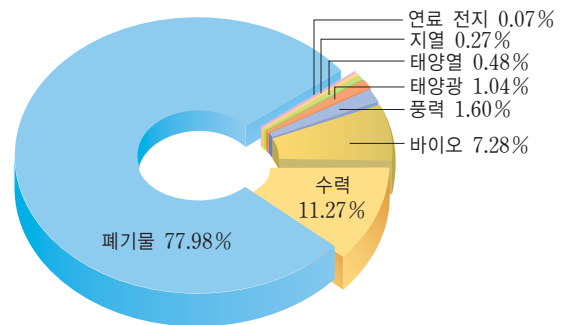
신·재생 에너지는 기존의 화석 연료를 변환시켜 이용하거나 햇빛, 물, 지열, 강수, 생물 유기체 등을 포함한 재생 가능한 에너지를 변환시켜 이용하는 에너지로 지속적인 에너지 공급이 가능한 미래 에너지원이다. 우리나라의 경우 태양열 발전, 태양광 발전, 바이오매스, 풍력, 수력, 지열, 해양, 폐기물 에너지 등을 **재생 에너지**로, 연료 전지, 수소 에너지 등을 **신에너지**로 지정하고 있다.

신·재생 에너지는 기존의 에너지원에 비해 초기 투자 비용이 많이 들지만 온실 기체 배출로 인한 기후 변화나 핵폐기물과 같은 환경 문제가 거의 없고, 자원 고갈의 염려가 없으며 재생이 가능한 장점이 있다. 이러한 이유로 여러 선진국에서는 신·재생 에너지의 연구 개발과 보급을 확대하고 있다.

다음 활동을 통해 여러 가지 재생 에너지의 원리를 알아보고, 재생 에너지를 사용해야 하는 이유를 생각해 보자.



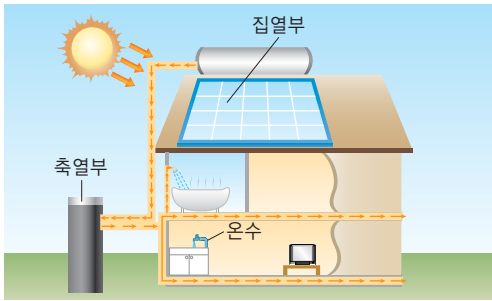
▲ 그림 77 _ 에너지 자원의 재생 시간



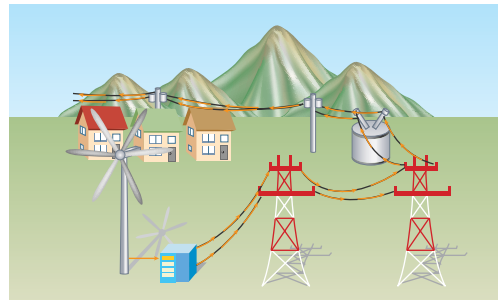
▲ 그림 78 _ 우리나라 신·재생 에너지 공급 비율 (에너지 관리공단, 2008년)

과정

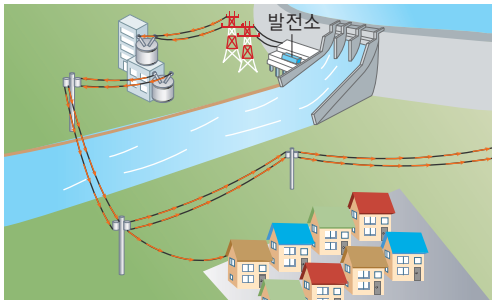
그림 79는 여러 가지 방법을 이용하여 에너지를 얻는 과정이다.



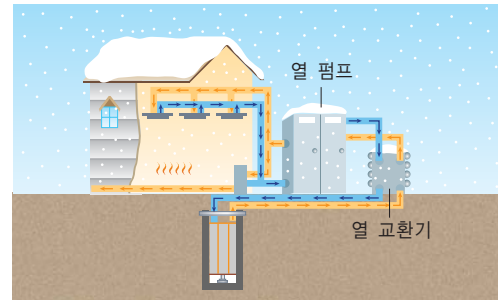
(가) 태양열



(나) 풍력



(다) 수력



(라) 지열

▲ 그림 79 _ 여러 가지 재생 에너지를 얻는 과정

정리

1. (가)~(라)의 에너지가 전통적으로 사용된 방법을 조사해 보자.
2. (가)~(라)에서 사용되는 에너지의 종류와 이 에너지가 생성된 과정을 설명해 보자.
3. (가)~(라)와 같은 방법으로 에너지를 얻었을 때의 장단점을 설명해 보자.

공익 화석 연료를 연소시켜 에너지를 얻는 것이 당장 편할 수 있으나 친환경적이고 지속적인 발전이 가능한 에너지를 개발하고 사용해야 한다.

태양 에너지는 태양열을 집열판으로 모아 데운 물을 온수와 난방 등에 이용하고, 풍력 에너지는 바람의 힘으로 날개를 회전시켜 전기 에너지를 얻는다. 수력 에너지는 높은 곳에 있는 물이 아래로 떨어질 때의 에너지를 이용하며, 지열 에너지는 지구 내부의 열로 인한 고온의 지하수나 수증기로부터 에너지를 얻는다.

인류는 산업 혁명 이후 석유, 석탄 등과 같은 화석 연료를 이용하여 문명을 발달시켰다. 그러나 화석 연료의 과다 사용으로 인한 환경오염과 지구 온난화 등의 문제가 발생하였다. 이로 인해 세계는 친환경적이며 지속적인 발전이 가능한 신·재생 에너지에 주목하고 있다.

한국 에너지 기술 연구원

<http://www.kier.re.kr>



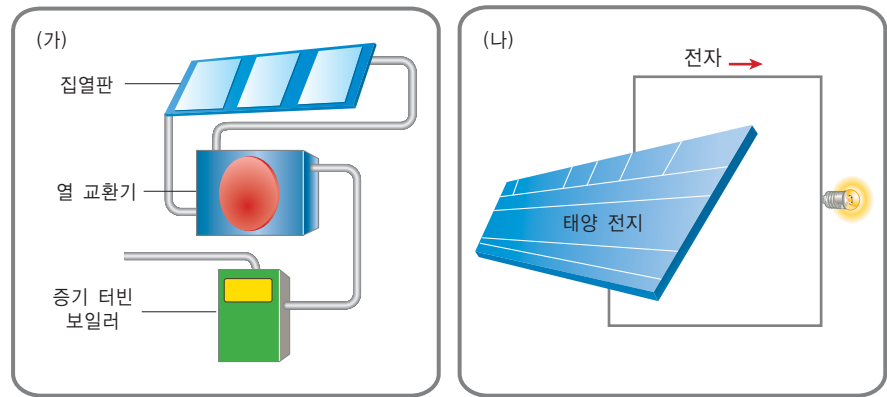


▲ 그림 80 _ 태양열 발전

태양 에너지 우리가 사용하는 에너지는 직간접적으로 태양으로부터 오는 에너지이다. 태양 에너지는 태양으로부터 얻는 열과 빛 형태의 에너지를 말한다. 이러한 태양 에너지를 이용하는 방법에는 태양열 발전과 태양광 발전이 있다. **태양열 발전**은 집열판의 관을 따라 물이 흐르도록 하여 태양열에 의해 가열된 물의 증기로 터빈을 돌려 전기 에너지를 얻는다. **태양광 발전**은 태양 전지를 이용하여 태양광 형태의 에너지를 직접 전기 에너지로 변환한다.

태양 에너지는 고갈의 염려가 없고 환경오염이 발생하지 않는 청정에너지이나 모든 곳에서 원하는 양만큼 얻을 수 없고, 초기 투자 비용과 발전 단가가 높다.

연결 학습
태양 전지 → 423쪽



▲ 그림 81 _ 태양열 발전과 태양광 발전의 원리 (가) 태양열 발전: 태양열로 물을 끓여 증기를 발생시키고, 이를 이용해 터빈을 돌려 전기를 생성한다. (나) 태양광 발전: 태양광을 전기로 바꿀 수 있는 태양 전지판을 이용하여 전기를 생성한다.

풍력 에너지 바람에 의해 얻어지는 에너지를 풍력 에너지라고 한다. 바람은 지표면이 햇빛을 받는 양이 서로 달라서 생기는 온도 차이 때문에 발생하므로 풍력 발전의 근원은 태양 에너지이다. 풍력 발전은 바람으로 풍력 발전기의 날개를 회전시켜 전기 에너지를 생산한다. 풍력 에너지는 환경오염이 발생하지 않고 다른 재생 에너지에 비해 전력 생산 단가가 저렴하며, 산간, 해안 오지, 방조제 등의 부지를 활용함으로써 국토 이용 효율을 높일 수 있다. 그러나 바람이 지속적으로 불어야 하는 단점이 있다.



그림 82 _ 영덕 풍력 발전 단지

해양 에너지 지구 표면적의 70% 이상을 차지하는 바다도 재생 에너지원이다. 해수면의 높이 차이, 파도의 힘, 바닷물의 온도 차이, 염분 차이 등을 이용할 수 있으며, 이처럼 해양이 가지는 여러 형태의 에너지를 해양 에너지라고 한다.

조력 발전은 방조제를 쌓아 바닷물을 가두었다가 썰물 때 저수지 수면이 해수면보다 높아지면 물을 방출하여 전기를 생산하는 방식이다. 육지에서 바람으로 풍차를 돌리는 것처럼 빠른 물살의 조류를 이용하는 **조류 발전**과 파도에 따라 움직이는 물체의 운동 에너지를 이용하는 **파력 발전**도 가능하다. 또한, 바다 표면과 심층수 사이의 온도 차이를 이용하거나 해수와 민물의 염분 차이를 이용하는 발전 방식도 가능하다. 이러한 발전 방식은 화석 연료를 사용하지 않기 때문에 온실 기체의 배출이 없다. 그러나 조력 발전의 경우 갯벌이 파괴되어 해양 생태계에 악영향을 준다는 지적도 있어 신중한 고려가 필요하다.

조력 발전소
넓은 바다에서 수면의 오르내림 차이는 1 m에 불과하지만 해안선 근처는 지역이 좁아지는 갈때기 효과로 인해 그 차이가 수 m에 이른다. 프랑스 브리타니 해안의 랑스 강 하구는 조석 간만의 차이가 13.5 m 정도로 크다.



▲ 그림 83 _ 조력 발전소가 있는 시화호 방파제



▲ 그림 84 _ 조류 발전소가 있는 전남 울돌목

수력 에너지 높은 곳에 있는 물이 아래로 떨어질 때의 힘을 이용한 에너지를 수력 에너지라고 한다. 보통 댐의 상류에 물을 가두었다가 수문을 열었을 때 하류로 떨어지는 물로 터빈을 돌려 전기 에너지를 얻는다. 수력 발전은 공해가 거의 없고 연료의 공급 없이 오래 사용할 수 있으며, 홍수나 가뭄 조절에 이용할 수 있다. 그러나 댐의 건설 비용이 높고 이로 인한 생태계 파괴와 같은 환경 문제가 있다.

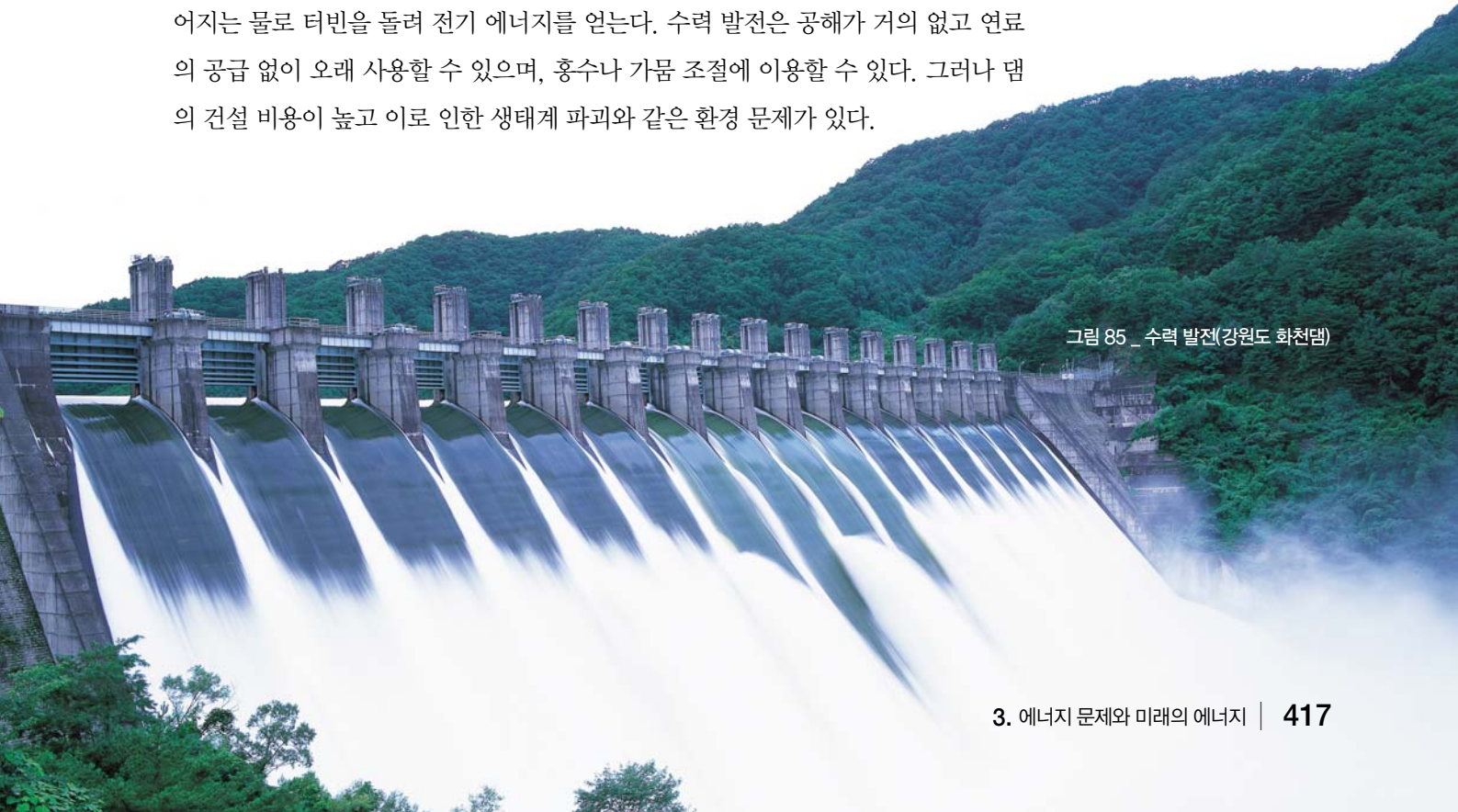


그림 85 _ 수력 발전(강원도 화천댐)

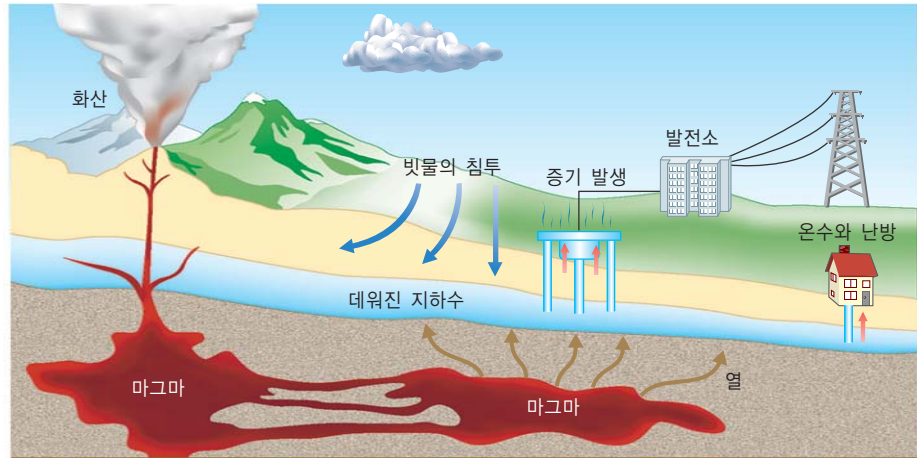


▲ 그림 86 _ 아이슬란드 지열 발전소

지열 에너지 지구 내부의 열에너지를 이용하는 것도 가능하다. 지구가 가지고 있는 열에너지를 지열 에너지라고 하며, 지각과 맨틀에 있는 우라늄과 같은 방사성 원소가 붕괴하면서 내는 열이 대부분이다. 땅속에 있는 고온의 지하수나 수증기를 끌어올려 온수와 난방에 이용하거나 터빈을 돌려 전기 에너지를 얻는다.

북유럽의 아이슬란드는 지열을 효과적으로 이용하는 대표적 국가로 과거 화석 에너지에 의존했던 자리를 지열 에너지가 대신하면서 1990년 이후 이산화탄소 배출량이 급감하고 대기 오염도 줄어들었다.

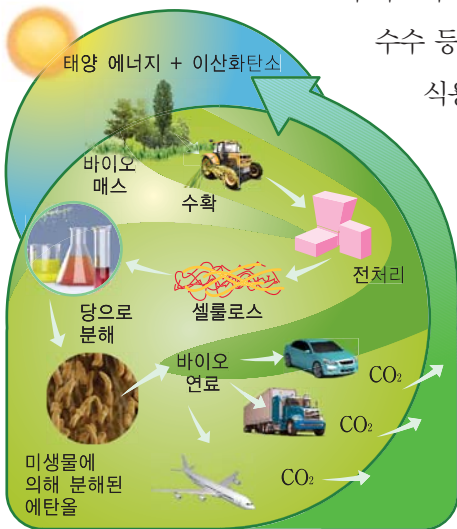
지열 에너지는 고갈의 염려가 없고 친환경적이다. 그러나 지열을 직접 이용할 수 있는 지역이 한정되어 있고 초기 시설 비용이 많이 드는 단점이 있다.



▲ 그림 87 _ 지열 발전의 원리 마그마로 인한 고온의 증기로 터빈을 돌려 전기 에너지를 발생한다.

바이오 에너지 농작물, 나무, 풀, 해조류, 가축의 분뇨, 음식물 쓰레기 등 생물로부터 유래한 유기물을 **바이오매스**라고 하며, 이것을 태워서 열과 빛을 얻거나 가공하여 가스나 액체, 고형 연료 형태로 만든 것을 **바이오 에너지**라고 한다. 옥수수, 사탕수수 등의 작물을 당으로 분해한 후 발효시켜 얻는 바이오 에탄올과 콩기름, 폐식용유 등에서 추출한 바이오 디젤이 자동차용 연료로 공급되고 있다. 또한, 쓰레기나 폐목재를 화석 연료 대신 사용하여 전기를 생산하고, 이때 나온 폐열로 지역 난방을 하는 열병합 발전도 있다.

이산화탄소 감축을 위한 각국의 노력이 본격화됨에 따라 바이오 에너지 분야는 성장할 것으로 예상된다. 바이오 에너지는 친환경적이고 얻을 수 있는 자원이 풍부하며, 다양한 형태로 이용할 수 있다. 그러나 바이오 연료의 사용이 증가함에 따라 옥수수, 콩 등의 곡물 가격이 상승하고, 경작지를 확장하는 과정에서 숲이 훼손되는 등 부정적 결과도 발표되고 있다.



▲ 그림 88 _ 바이오 에너지의 순환

수소 에너지 수소 에너지는 수소의 형태로 에너지를 저장하고 사용할 수 있도록 한 새로운 에너지이다. 수소는 지구에서 수소 기체로 거의 존재하지 않아 물이나 화석 연료에서 분리하여 얻는다. 다음 활동을 통해 수소를 얻는 방법에 대해 알아보자.

창의
인성

활동 17

태양 에너지와 물을 이용하여 수소 에너지를 얻을 수 있을까?

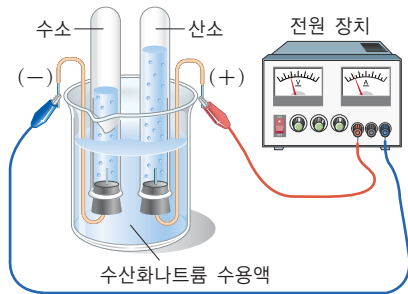
목표 광합성의 원리를 이용하여 물로부터 수소 에너지를 얻는 방법을 알 수 있다.

토의

과정

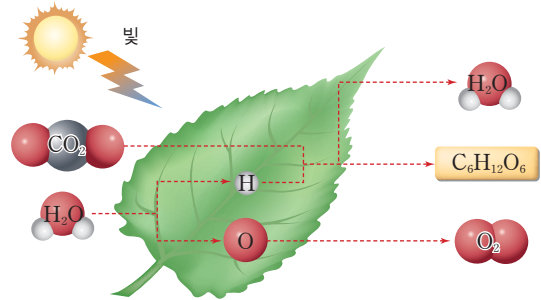
다음은 물로부터 수소 에너지를 얻는 방법에 대한 설명이다.

(가) 물의 전기 분해: 물에 전기 에너지를 공급하면 물이 분해되어 (-) 극에서 수소 기체가 발생한다.



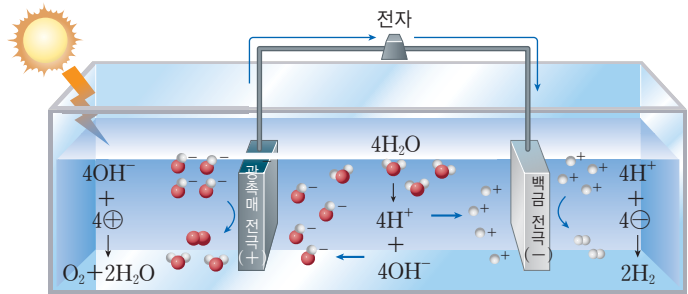
▲ 그림 89 _ 물의 전기 분해

(나) 식물의 광합성: 광합성은 명반응과 암반응 두 단계로 일어나는데, 명반응에서 엽록체는 태양 에너지를 이용하여 물을 분해한다.



▲ 그림 90 _ 식물의 광합성

(다) 광촉매를 이용한 물의 광분해: 광합성에서 일어나는 물의 광분해에 착안하여 광촉매를 이용한 전극으로 물에서 수소를 얻을 수 있다. 광촉매는 반응 전후에 변화하지 않고, 빛을 흡수함으로써 반응을 촉진시키는 물질을 말한다.



▲ 그림 91 _ 광촉매를 이용한 물의 광분해

정리

1. 과정 (가)와 (나)의 물 분해를 비교해 보자.
2. 과정 (다)에서 사용하는 재생 에너지는 무엇인가?
3. **창의·인성** 과정 (가)와 (다)에서 일어나는 물의 광분해를 비교해 보고, 인공 광합성 시스템 개발이 가능할지 생각해 보자.

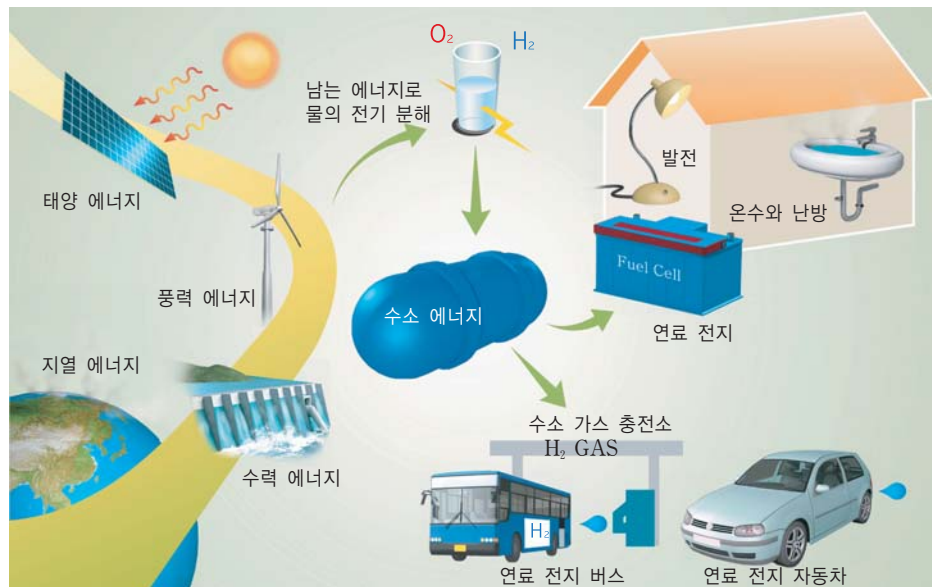
공익 친환경적이고 지속 가능한 발전을 위해 수소 에너지와 같은 신에너지를 사용해야 한다.

창의인성
과학 글쓰기

신 재생 에너지가 화석 연료와 달리 지속적인 발전이 가능한 까닭을 써 보자.

활동 17과 같이 전기 에너지와 태양 에너지를 이용하여 물을 수소와 산소로 분해할 수 있다. 광촉매는 태양 에너지를 흡수하여 최종적으로 물을 수소와 산소로 분해하며, 이때 재생 에너지를 사용하므로 친환경적이고 지속적인 사용이 가능하다. 이것은 식물의 광합성 과정과 유사하다. 식물의 엽록체는 태양 에너지를 이용하여 물을 광분해한 후 산화 환원 반응을 통해 포도당을 만들어 낸다. 이에 착안하여 재생 에너지인 태양 에너지와 물을 이용하여 수소 에너지를 얻는 방법과 인공 광합성 시스템에 관한 연구가 진행 중이다.

수소 에너지는 수소를 얻을 수 있는 물이 지구에 많이 존재하고, 연소 후 다시 원료인 물이 되므로 고갈과 환경오염의 염려가 없지만 아직 경제성이 낮아 대량 생산에 어려움이 있다.



▲ 그림 92 _ 수소 에너지의 이용

플라스마
고체, 액체, 기체 상태가 아닌 제 4의 물질 상태로 원자핵과 전자가 분리된 자유로운 형태이다. 번개, 오토라, 형광등, 네온 사인 등도 이에 해당한다.

핵융합 태양과 같이 스스로 빛을 내는 별들은 핵융합 반응을 할 때 에너지가 발생한다. 별들의 중심은 1억°C 이상의 초고온 플라스마 상태인데, 이러한 상태에서는 수소와 같은 가벼운 원자의 원자핵들이 융합해 무거운 헬륨 원자핵으로 바뀌는 핵융합 반응이 일어난다. 이 융합 과정에서 나타나는 질량 감소가 엄청난 양의 에너지로 방출되는데, 이것을 **핵융합 에너지**라고 한다.

국가 핵융합 연구소
<http://www.nfri.re.kr>

핵융합 반응에 필요한 중수소는 바닷물에서 얻기 때문에 고갈의 염려가 없고, 온실 기체나 방사성 폐기물이 거의 없는 에너지이다. 하지만 지구는 태양처럼 핵융합 반응이 일어날 수 있는 초고온, 초고압 상태의 환경이 아니기 때문에 태양과 같은 환경을 인공적으로 조성하는 핵융합로를 만들어야 한다. 이를 위해 선진국들은 공동으로 연구비를 부담하여 핵융합 에너지를 연구하고 있으며, 우리나라도 ITER라고 불리는 국제 핵융합로 건설에 참여하고 있다.



과학 마당 | 태양의 도시 프라이부르크와 전라남도 신안

독일의 프라이부르크는 인구 20만 명 정도의 작은 도시이지만 유럽을 대표하는 ‘태양의 도시’이자 독일의 ‘환경 수도’로 일컬어진다. 프라이부르크 시가 ‘환경 수도’로 알려지게 된 것은 불과 30여 년밖에 되지 않는다. 1970년대 초반 프라이부르크 시 인접 지역에 원자력 발전소 건설이 추진될 때 인근 포도 재배 농가들이 강력히 반대하였고, 이를 계기로 태양 에너지에 기반을 둔 도시를 건설하게 되었다. 공공건물은 에너지 절약 기준을 반드시 지켜야 하고, 태양광 발전, 풍력 발전, 열병합 발전 등을 장려해 핵 발전이나 화력 발전에 대한 의존 비율을 지속적으로 줄여 나갔다. 그로 인해 프라이부르크 시에는 세계 어느 도시보다 많은 태양열 주택 단지가 있고, 태양 에너지 시설 관련 기구, 연구 기관, 산업체가 집중되어 있다.



▲ 그림 93 _ 바데노바 축구 경기장 세계 최초의 에너지 자립 축구 경기장으로 지붕에 태양 전지판과 태양열 집열판을 설치하여 전기를 자체적으로 생산한다.



▲ 그림 94 _ 보봉 생태 주거 단지 지붕에 태양 전지판을 설치하여 전력을 생산하고, 나머지는 전력 회사에 판다.

전라남도는 일사량이 많은 지역으로 자연적인 요건이 태양광 발전에 적합하다. 바닷가에 인접한 신안에는 세계 최대 규모의 추적식 태양광 발전소가 있으며, 이 발전소의 부지는 67만 m²로 축구장 93개의 크기이다. 이 발전소의 태양 전지판은 2분 간격으로 태양의 위치를 추적해 발전 효율을 향상시켰다. 발전 용량은 24 MW로 한 해 35,000 MW 이상의 전기를 생산할 수 있으며, 지역 내 1만여 가구에 전기를 공급할 수 있다.



▲ 그림 95 _ 전라남도 신안 동양 태양광 발전소 세계 최대의 추적식 태양광 발전소로 고정식 집열판을 이용할 때보다 효율이 높다.



확인하기

- 이해 1. 과거와 현대에 바이오 에너지가 이용되고 있는 예를 찾아 적어 보자.
인성 2. 신 재생 에너지를 개발하고 사용해야 하는 까닭을 써 보자.

3

태양 전지와 연료 전지 그리고 하이브리드 기술

- 학습 목표**
- 태양 전지, 연료 전지, 하이브리드 기술의 원리를 이해한다.
 - 태양 전지, 연료 전지, 하이브리드 기술의 필요성을 환경적 관점에서 이해한다.



▲ 그림 96 _ 세계 최초의 태양광 비행기 솔라임펄스

2010년 4월 태양광 비행기 '솔라임펄스'가 첫 장거리 시범 비행에 성공했다. 솔라임펄스는 날개 위에 장착된 12,000개의 태양 전지판을 통해 만들어진 에너지로 전기 모터를 구동한다. 솔라임펄스처럼 태양 에너지를 원하는 에너지원으로 바꾸어 사용할 수 있는 방법은 무엇일까?

다음 활동을 통해 태양 에너지를 이용하여 작동하는 자동차를 만들어 보자.

창의
인성

활동 18

태양 에너지를 이용하여 움직이는 자동차를 만들 수 있을까?

목표 태양 전지를 이용한 태양광 자동차를 만들 수 있다.

해 보기

준비물 태양광 자동차 키트

과정  

그림 97은 태양광 자동차를 만드는 모습이다.

- 1 모터에 기어를 끼우고 기어 박스를 조립한다.
- 2 태양 전지를 조립한다.
- 3 몸체에 충전기판을 끼우고, 몸체와 태양 전지를 연결한다.
- 4 태양 전지와 모터의 전선을 연결한다.
- 5 회전 가이드를 조립하고 바퀴를 연결한다.
- 6 햇빛이 잘 드는 곳이나 전등 밑에서 작동시킨다.



▲ 그림 97 _ 태양광 자동차 만들기

정리

1. 태양광 자동차의 태양 전지에 햇빛을 쬐이면 어떻게 되는지 써 보자.
2. 태양광 자동차의 에너지 변환 과정을 쓰고, 이를 바탕으로 태양광 자동차의 장단점을 써 보자.
3. **창의·인성** 흐리거나 비가 오는 날을 대비하여 태양광 자동차를 개선할 수 있는 방법을 써 보자.

협동 친구와 협력하여 태양광 자동차를 완성한다.

태양 전지

태양광 자동차의 태양 전지는 태양 에너지를 전기 에너지로 바꾸어 자동차의 모터를 작동시킨다. 우리 주변에서 태양 전지를 이용한 여러 가지 제품을 볼 수 있다.

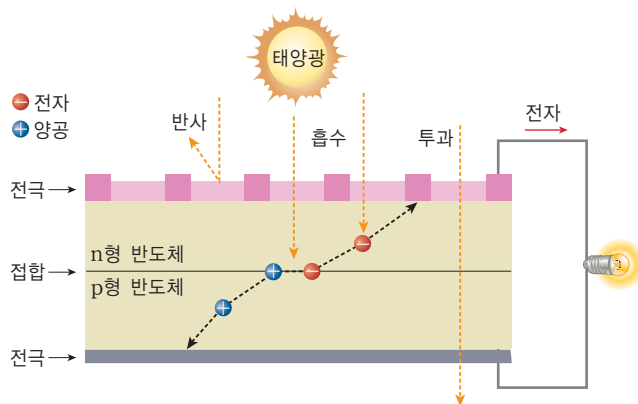


▲ 그림 98 _ 태양 전지 이용의 예

태양 전지는 어떤 원리로 태양 에너지를 전기 에너지로 바꾸어 주는 것일까?

태양 전지의 원리는 반도체에 있다. 태양 전지는 두 종류의 반도체를 접합하여 전자의 흐름을 이끌어 낸다. p형과 n형 반도체를 붙여 만든 태양 전지에 태양광을 쬐으면 전자와 양공이 생성된다. 이들 전자와 양공이 p-n 접합면에 형성된 전기장에 의해 전자는 n층으로, 양공은 p층으로 모이면서 반도체 간에 전위차가 발생하게 된다. 이때 양 끝의 전극에 전선을 연결하면 전자는 외부 회로를 통해 n형 반도체로부터 p형 반도체로 흐른다. 이것이 태양 전지가 태양광으로부터 전기 에너지를 생산하는 원리이다. 지각에 도달하는 태양 에너지는 태양 전지에서 전자를 들뜨게 하여 전기를 발생시키기에 충분하다.

연결 학습
반도체 → 257쪽
.....



▲ 그림 99 _ 태양 전지 모식도

태양 전지는 1940년에 초고순도 실리콘을 제조할 수 있는 기술이 개발된 이후 1954년 미국의 벨 연구소에서 발명하였다. 이것이 최초로 상용화된 것은 4년 후인 1958년 미국의 벨가드 위성이었으며, 당시 태양 전지의 발전 효율은 4%였다. 이후 태양 전지의 효율을 높이고자 하는 연구가 계속되었으며, 현재 일반적인 태양 전지의 효율은 7~17% 정도이다.

태양 에너지는 화석 연료를 주 동력원으로 하는 에너지 시장에서 주목받고 있는 에너지원 중의 하나이다. 태양 전지는 대기 오염이나 폐기물 발생의 염려가 없고, 연료비가 필요없다. 또한, 일반적인 태양 전지의 수명은 20년 이상으로 오랜 기간 사용이 가능하다. 그러나 아직까지 가격이 높고 흐린 날과 밤에는 전기를 생산할 수 없어 전력을 안정적으로 공급하기 위한 추가적인 보완 설비를 갖추어야 한다.

연료 전지

1995년 벤쿠버와 시카고에서 연료 전지 버스가 시범을 보인 데 이어 최근에는 버스에 친환경 연료 전지를 사용하는 도시가 많아졌다. 연료 전지는 수소와 산소의 화학 반응으로 생기는 연소 에너지를 열로 바꾸지 않고 직접 전기 에너지로 변환하는 장치이다.

연료 전지가 미래의 동력원으로 주목을 받는 까닭은 높은 에너지 효율 때문으로 보통 40~60% 정도의 에너지 효율을 보이며, 반응 과정에서 나오는 열을 이용하면 최대 80% 가까이 활용 가능한 에너지로 바꿀 수 있다.

천연가스, 메탄올, LPG, 나프타, 등유 등 다양한 연료를 사용할 수 있기 때문에 에너지 자원의 확보가 쉽고, 물이 유일한 생성물로 환경오염 문제가 없어 화석 연료를 대체할 수 있는 차세대 동력원으로 부각되고 있다. 또한, 휴대용 전원으로 사용하거나 자동차를 움직이는 소규모 발전과 발전소와 같은 대용량 발전이 가능하도록 발전 용량을 쉽게 조절할 수 있다. 그러나 아직 발전소 건설 비용이 높은 단점이 있다.



▲ 그림 100 _ 연료 전지

물을 전기 분해하여 금속 안에 수소를 충전하도록 개발되어 폭발의 위험 없이 휴대가 가능하다. 충전한 연료 전지는 노트북과 같은 휴대용 전자 기기에 연결하여 사용할 수 있다.

신 재생 에너지 센터

<http://www.energy.or.kr>



휴대 전원용: 연료 전지 휴대 전화



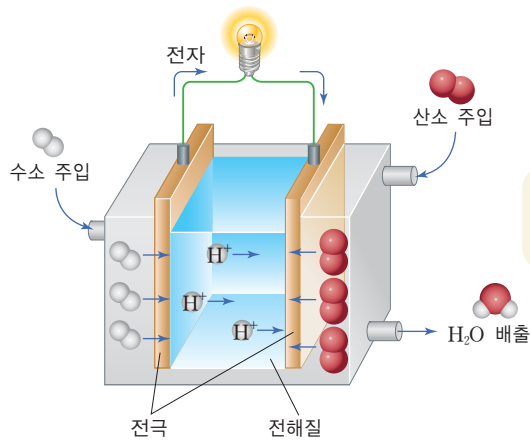
운송용: 연료 전지 버스



발전용: 대구 연료 전지 발전소 조감도

▲ 그림 101 _ 연료 전지의 이용 분야

수소·산소 연료 전지는 수소 기체와 공기 중의 산소 기체를 직접 반응시켜 전기 에너지를 얻는 장치이다. 수소와 산소를 공급하면 전기 에너지를 얻을 수 있으며, 이때 물이 생성된다.



◀ 그림 102 _ 수소·산소 연료 전지 모식도

수소·산소 연료 전지는 수소가 공급되는 전극에서 수소가 산화하여 수소 이온과 전자가 발생하고, 이 전자가 외부 회로로 이동하여 전류가 발생한다. 이때 발생한 수소 이온은 산소가 공급되는 전극으로 이동하고 산소, 전자와 반응하여 물이 된다. 이 반응은 열이 거의 발생하지 않고 화염이 없는 연소 반응이기 때문에 열 발생에 의해 효율이 떨어지는 기존 발전 방식과 달리 효율이 매우 높다.

그러나 수소·산소 연료 전지는 수소 기체의 액화가 어려워 큰 부피의 저장 용기가 필요하며, 폭발의 위험이 있다. 이러한 문제점 때문에 메탄올과 같은 탄소 화합물에서 수소를 분리하여 이용하기도 한다. 이러한 여러 가지 연료 전지는 재생이 가능하여 오랫동안 사용이 가능하다.

화학 전지

일반적으로 전지는 화학 에너지를 전기 에너지로 전환하는 것으로 사용 후 재충전하거나 폐기해야 한다.



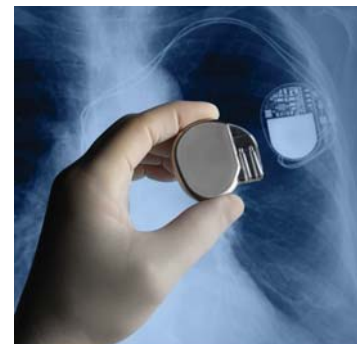
연료 전지에서 전기 에너지를 얻는 과정을 수소 기체의 연소와 비교하여 써 보자.



생활 속의 과학 | 생체 연료 전지

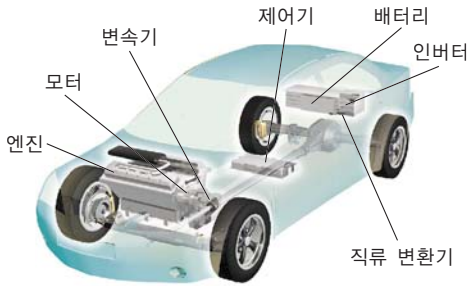
인체 내부에 심장 박동 조절기와 같은 인공 장기가 필요한 환자들이 있다. 이러한 인공 장기는 배터리를 사용하여 작동하는데, 기존의 심장 박동 조절기의 경우 본체의 70% 이상이 배터리로 이루어져 있고, 배터리의 재충전이 불가능하여 일정 시간이 지나면 배터리 교체를 위한 수술이 필요하다. 이러한 문제를 해결하기 위해 인체 내에서 스스로 전기를 생산하는 '생체 연료 전지'를 개발하고 있다.

생체 연료 전지는 우리 몸속에 있는 포도당을 산화시켜 인체 내에서 전기가 발생하도록 하는 것이다. 그러나 몸속 포도당의 양이 식사 등을 전후로 달라지기 때문에 항상 일정한 양의 전기 에너지를 얻는 데 문제가 있어 생체 연료 전지로 만들어 낸 전기를 초소형 나노 배터리에 저장하여 사용하는 방법을 연구하고 있다. 이러한 생체 연료 전지와 나노 배터리는 인체 내에서 지속적이고 반복적으로 사용이 가능하다.



▲ 그림 103 _ 기존의 심장 박동 조절기 배터리의 크기와 교체의 문제가 있다.

하이브리드 기술



▲ 그림 104 _ 하이브리드 자동차의 구조

현재 주로 사용하고 있는 가솔린 자동차는 편리하지만 친환경적이지 못하다. 이러한 가솔린 자동차에 전기 자동차의 원리를 접목하여 환경적 이점을 살린 것이 하이브리드 자동차이다. 하이브리드는 두 개 이상의 요소가 합쳐진다는 뜻으로 두 가지 이상의 기술을 접목한 것을 **하이브리드 기술**이라고 하며, 주로 자동차에 이용되고 있다.

하이브리드 자동차는 내연 기관, 전기 에너지를 저장하는 배터리, 전기 모터를 함께 사용한다. 하이브리드 자동차는 가솔린 또는 디젤 엔진의 단점을 보완하여 차량의 속도나 주행 상태 등에 따라 엔진과 모터의 힘을 적절하게 제어함으로써 에너지의 효율성을 극대화한다. 자동차의 주행 과정에서 전기 모터가 돌아가고, 이때 발생한 전기 에너지를 배터리에 저장하였다가 다시 동력원으로 쓰게 된다. 따라서 기존의 차량보다 3~4배 높은 효율성을 지니게 되고, 배출 가스도 30% 이상 줄일 수 있다. 그러나 하이브리드 차량은 차의 구조가 복잡해지고 무거워지는 단점이 있다.

현대자동차

<http://www.hyundai.com>



▲ 그림 105 _ 하이브리드 자동차의 원리

지금까지 인류 문명은 화석 연료를 주 동력원으로 사용하여 발전해 왔지만 화석 연료의 고갈 및 지구 온난화의 문제가 발생하였다. 그러므로 화석 연료의 고갈에 대비할 수 있고 친환경적이며, 지속적인 발전이 가능한 신·재생 에너지를 사용해야 한다. 이러한 대체 에너지의 개발은 우리 모두의 과제이다.

확인하기

- 이해 1. 태양 전지의 사용과 화석 연료의 사용을 비교해 보자.
- 적용 2. 하이브리드 자동차의 작동 원리를 설명해 보자.
- 창의 3. 현재 상용화된 친환경 자동차를 바탕으로 자신만의 친환경 자동차를 고안해 보자.
- 인성 4. 연료 전지를 개발하여 사용해야 하는 까닭을 써 보자.

신·재생 에너지

1. <보기>에서 설명하고 있는 에너지원으로 옳은 것은?

- ㄱ. 고갈의 염려가 없다.
- ㄴ. 초기 설치 비용이 많이 든다.
- ㄷ. 환경오염이 없는 청정에너지이다.
- ㄹ. 흐린 날이나 밤에는 직접 이용하기 어렵다.

- ① 태양 에너지 ② 수력 에너지 ③ 화석 연료
- ④ 지열 에너지 ⑤ 바이오매스

재생 에너지

2. <보기> 중 재생이 가능한 에너지를 모두 골라 써 보자.

- ㄱ. 풍력 에너지 ㄴ. 수력 에너지 ㄷ. 태양 에너지
- ㄹ. 지열 에너지 ㅁ. 화석 연료

해양 에너지

3. 설명과 같이 해양 에너지를 이용하는 발전 방식은 무엇인가?

조석 간만의 차를 이용하는 것으로 해수면의 상승과 하강을 이용하여 전기를 생산하는 기술이다.

신에너지

4. 산화제를 이용하여 수소를 산화시켜 전기 에너지를 얻음으로써 대기 오염 물질이 발생하지 않는 것은?

- ① 연료 전지 ② 태양 에너지 ③ 핵융합 에너지
- ④ 바이오 에너지 ⑤ 하이브리드 기술

수소 에너지

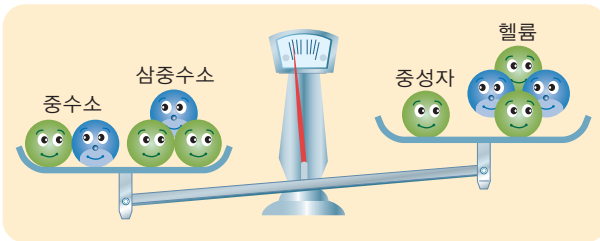
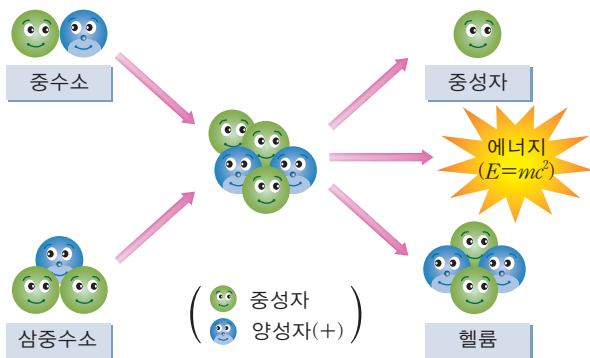
5. 수소 에너지를 얻는 방법과 수소 에너지가 가지는 장단점을 써 보자.

핵융합 에너지 개발 연구원, 인공 태양을 만들어라!

지구상에서 우리가 사용하는 에너지의 대부분은 태양 에너지이다. 인간이 과학적 지혜로 찾아 낸 원자력을 제외한 풍력, 수력, 석탄, 석유, 식량 등 거의 모든 에너지가 태양의 핵융합 에너지를 원천으로 하고 있다.

인류는 산업 사회 이후 에너지를 점점 더 많이 사용하기 시작했고, 인간이 개발한 원자력으로 부족한 부분을 보완하였다. 그러나 지구에 저장되어 있는 자원의 고갈 위기, 화석 연료의 과다 사용으로 인한 환경오염, 원자력 사용으로 인한 방사능 폐기물 처리의 어려움 등의 문제가 생겼다.

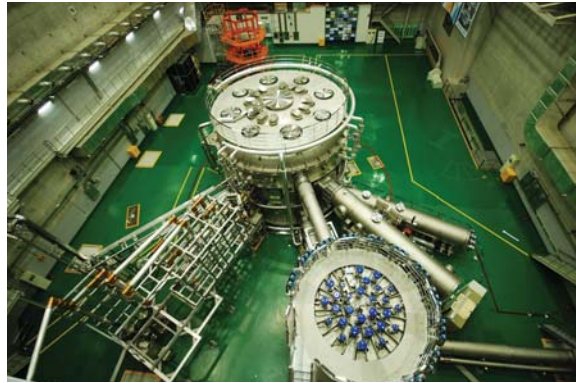
이러한 문제를 해결할 수 있는 깨끗하고 안전하며 고갈의 염려가 없는 에너지 자원의 개발이 필요하며, 핵융합 에너지가 바로 그것이 될 수 있다.



▲ 그림 106 _ 중수소와 삼중수소가 충돌하여 핵융합 반응을 하면 헬륨과 중성자가 만들어지고, 이때 핵융합 반응 전후의 질량 차이로 인해 핵융합 에너지가 발생한다.

미국, 유럽, 러시아, 일본 등 과학 기술 선진국에서는 지난 50년 동안 꾸준히 핵융합 에너지를 연구하고 개발

해 왔다.



▲ 그림 107 _ KSTAR 국가 핵융합 연구소에서 개발한 핵융합 장치

우리나라의 KSTAR 장치는 초전도 자석을 사용한 세계 최첨단의 핵융합 연구 장치로서 순수 국내 기술로 제작된 것이다.

또한, 2006년부터는 우리나라를 비롯한 세계 7개국 (한국, 미국, EU, 러시아, 중국, 일본, 인도) 공동으로 ITER 핵융합 에너지 개발 프로젝트를 국제 공동 사업으로 추진하고 있다.



▲ 그림 108 _ ITER 국제 열핵융합 실험로

ITER 연구의 성공은 지구에서 직접 핵융합 에너지를 생산하는 인공 태양을 건설함으로써 에너지 자원의 고갈과 환경오염의 걱정으로부터 벗어날 수 있게 할 것이다.

생활 속에서 인간 동력으로 얻는 전기

다음 그림의 내용을 읽고 물음에 답하라.



1 화석 연료의 사용으로 인해 나타날 수 있는 지구의 미래 모습을 에너지 측면과 지구 환경 측면으로 나누어 써 보자.

2 우리 생활 주변에서 인간 동력을 이용하여 화석 연료를 대체할 수 있는 영역에 대해 알아보고, 그 방법과 효율성에 대해 써 보자.

창의력 문제

1. 그림은 자동차에서 배기가스가 나오는 모습이다. 물음에 답하라.

- (1) 자동차 배기가스는 자동차의 연료가 연소하여 배출되는 것이다. 에너지 보존의 법칙에 의거하여 자동차의 연료가 어디에 쓰였는지를 설명해 보자.
- (2) 자동차에서 배출되는 배기가스를 모아 다시 에너지원으로 사용할 수 없다. 그 까닭을 열역학 제2법칙을 이용하여 설명해 보자.



탐구형 문제

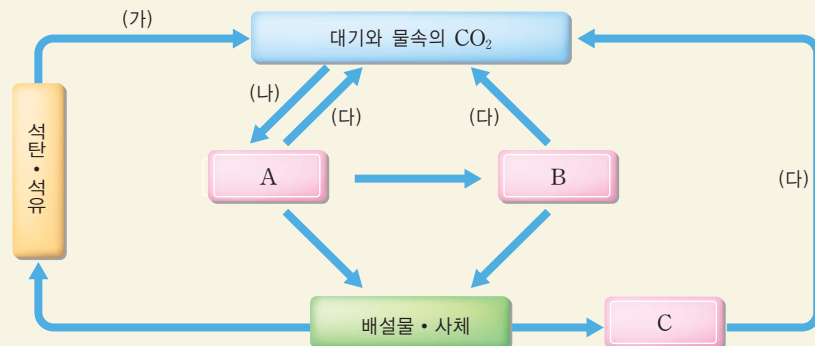
2. 나무에서 사과가 떨어져 바닥에 충돌한 후 정지하였다. 물음에 답하라.

- (1) 사과가 떨어져 정지할 때까지 에너지의 전환 과정에 대해 설명해 보자.
- (2) 사과가 저절로 원래의 위치로 되돌아갈 수 없는 까닭을 어떤 법칙으로 설명할 수 있는지 써 보자.
- (3) 사과 자체가 가지고 있는 에너지의 종류를 써 보자.



탐구형 문제

3. 그림은 생태계에서 일어나는 탄소의 순환을 나타낸 것이다. A, B, C에 해당하는 생물 요소와 (가), (나), (다)에 해당하는 작용을 써 보자.

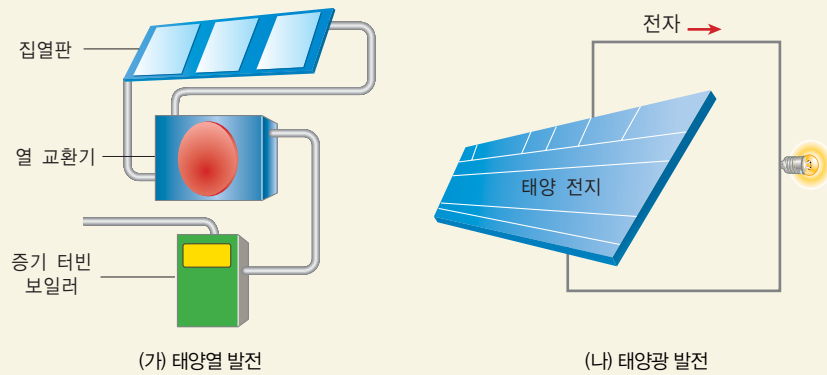


수행 평가 문제

4. 지구 내부에 매장된 화석 연료의 양은 유한하다. 현재의 사용 속도라면 석유는 41년, 석탄은 174년 정도 사용할 수 있는 양이 남아있다고 한다. 물음에 답하라.
- (1) 매장량이 더 많은 석탄 대신에 석유를 더 많이 사용하고 있는 까닭을 설명해 보자.
 - (2) 화석 연료가 갖는 화학 에너지의 사용 분야는 크게 세 가지로 구분할 수 있다. 어떤 분야들이 있는지 설명해 보자.

창의력 문제

5. 그림은 모두 태양 에너지를 이용하여 전기를 생산하는 방법의 모식도이다. 다른 점이 무엇인지 설명해 보자.



탐구형 문제

6. 그림은 수소·산소 연료 전지의 모식도이다. 이 연료 전지는 수소와 산소의 산화 환원 반응을 이용하여 에너지를 얻는 방식이다. 화석 연료를 사용하여 에너지를 얻는 방법과 비교하여 장단점을 설명해 보자.

