

* 단원의 개관

인류가 삶의 편의를 위해 사용하는 에너지의 양이 증가하면서 자원 고갈 및 환경 오염의 문제가 심각해지고 있으며, 과학자들은 인류 문명의 지속 가능한 발전을 위해 녹색 청정에너지원을 개발하려고 노력 중이다.

이 단원에서는 에너지와 인류 문명의 발전에 대해 살펴보고, 과학적으로 에너지의 이용에 한계가 주어지는 이유와 지구 온난화 문제와 새로운 에너지원의 개발에 대해 알아본다.

* 단원의 교육 과정

이 단원에서는 에너지가 보존되며 다양한 형태로 변환된다는 열역학의 기본 법칙을 이해하고, 화석 연료의 종류와 연소 및 광합성 과정에서 일어나는 산화와 환원의 과정을 안다. 그리고 에너지 개념 및 기상과 기후의 개념들을 이해시킨다. 또 에너지 자원으로 이용할 수 있는 여러 가지 신기술이나 신소재에 대해 학습할 수 있게 한다.

(가) 에너지가 전환되는 과정에서 에너지가 보존되며, 화석 연료의 사용과 에너지 전환 과정의 효율을 이해하고, 연구 기관의 제작이 불가능함을 안다.

(나) 대기와 해양의 순환을 이해하고, 화석 연료의 과다 사용에 따른 지구 온난화와 기후 변화를 이해한다.

(다) 에너지 자원의 고갈에 따른 문제와 신·재생 에너지의 새로운 기술에 대한 필요성을 환경적 관점에서 이해한다.

* 교육 과정 연계

배운 내용

- [3학년]**
 - 날씨와 우리 생활
- [4학년]**
 - 열전달, 물의 상태 변화
- [6학년]**
 - 빛, 에너지, 날씨의 변화
- [7학년]**
 - 상태 변화 에너지
- [8학년]**
 - 열에너지, 빛과 파동
- [9학년]**
 - 일과 에너지, 전기, 대기의 성질과 일기 변화



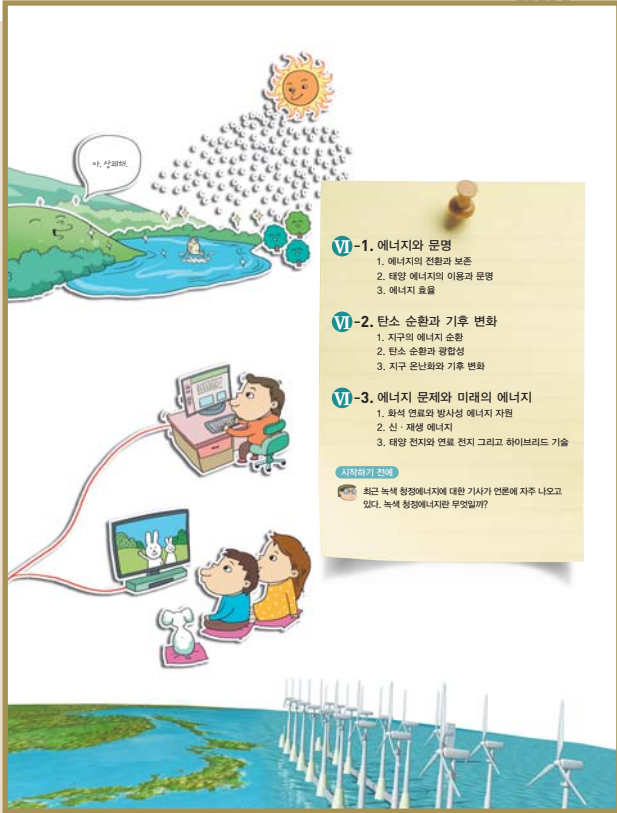
이 단원의 내용

- 에너지 전환과 보존
- 태양 에너지의 이용과 문명
- 에너지 효율
- 지구의 에너지 순환
- 탄소 순환과 광합성
- 지구 온난화와 기후 변화
- 화석 연료와 방사성 에너지 자원
- 신·재생 에너지
- 태양 전지와 연료 전지
- 하이브리드 기술



배울 내용

- [물리 I]**
 - 에너지의 발생
 - 힘과 에너지의 이용
- [화학 I]**
 - 광합성과 호흡
- [지구 과학 I]**
 - 행성으로서의 지구
 - 유체 지구의 변화



*** 단원의 목표**

1. 에너지는 새로 생성되거나 소멸되지 않으며, 에너지가 전환되는 과정에서 전체 에너지의 양이 항상 보존됨을 알 수 있다.
2. 태양 에너지와 화석 연료는 지구의 중요한 에너지로 인류 문명은 화석 연료의 사용으로 급속히 발전했음을 알 수 있고, 에너지 전환 과정의 효율을 이해한다.
3. 지구 에너지의 순환 과정인 대기와 해수의 순환을 알 수 있다.
4. 식물의 광합성을 산화·환원 반응으로 이해하고, 지구의 탄소 순환과 관련하여 설명할 수 있다.
5. 화석 연료의 과다 사용에 따른 지구 온난화 발생을 설명할 수 있다.
6. 화석 연료와 방사성 에너지의 생성 및 에너지 고갈 문제와 여러 가지 신·재생 에너지의 사용과 장단점을 알 수 있다. 또 태양 전지, 연료 전지, 하이브리드 기술의 원리를 이해한다.

*** 시작하기 전에**

각종 오염이나, 공해, 지구 온난화 등 환경 문제를 덜 유발하는 저탄소 에너지원을 개발해야 한다는 것을 강조한 용어이다. 일례로 핵융합 에너지, 수소 에너지, 조력 에너지 등이 있다. (green + clean) energy

*** 단원의 지도 계획**

중단원	소단원	차시	교과서 쪽수	학습 내용 및 창의·인성 활동
1. 에너지와 문명	1. 에너지의 전환과 보존	2	353~360	• 에너지의 종류, 자연 현상에서의 에너지 전환과 이동, 활동 1 • 활동 2, 에너지의 보존
	2. 태양 에너지의 이용과 문명	3	361~367	• 태양 에너지의 전환, 활동 3 • 에너지의 사용과 문명의 발달, 활동 4, 활동 5
	3. 에너지 효율	2	368~375	• 열기관, 에너지 효율, 활동 6, 열역학 법칙 • 영구 기관, 열섬 효과, 심화 더 알아보기, 정리 확인 학습
2. 탄소 순환과 기후 변화	1. 지구의 에너지 순환	3	377~385	• 바람의 발생, 활동 7, 대기의 순환 • 해수의 순환, 기후 환경의 상호 작용
	2. 탄소 순환과 광합성	3	386~393	• 탄소 순환, 생태계의 탄소 순환 • 탄소 순환과 산화 환원 반응 • 활동 8, 빛의 특성과 광합성
	3. 지구 온난화와 기후 변화	4	394~407	• 지구의 복사 에너지 평형, 활동 9 • 화석 연료의 사용과 지구 온난화 • 지구 온난화와 기후 변화, 활동 10, 활동 11 • 활동 12, 활동 13, 정리 확인 학습
3. 에너지 문제와 미래의 에너지	1. 화석 연료와 방사성 에너지 자원	2	409~413	• 화석 연료의 생성, 활동 14 • 방사성 원소의 생성과 이용, 에너지 자원의 미래, 활동 15
	2. 신·재생 에너지	3	414~421	• 신·재생 에너지, 활동 16, 활동 17
	3. 태양 전지와 연료 전지 그리고 하이브리드 기술	2	422~427	• 활동 18, 태양 전지 • 연료 전지, 하이브리드 기술, 정리 확인 학습
단원 마무리		1	428~431	• 과학과 진로, 논리력 키우기, 단원 마무리

★ | 중단원의 지도 방향 |

1. 자연 현상을 일으키는 모든 과정에서 에너지의 전환이 일어나며, 이 과정에서 에너지가 보존됨을 이해하게 한다.
2. 식물과 동물의 에너지원이나 현대 문명을 유지하는 화석 연료나 전기 에너지도 대부분 태양 에너지가 전환된 것임을 알게 한다.
3. 영구 기관은 불가능하며 열기관의 사용에 의해 열이 발생하여 열섬 효과와 지구 온난화의 원인이 됨을 알게 한다.



우리는 에너지 걱정 없이 살 수 있을까?

지난 2008년 8월 정부는 '저탄소 녹색 성장'을 국가의 미래 비전으로 제창하였다. '녹색 성장은 온실가스와 환경 오염을 줄이는 지속 가능한 성장'이며, '녹색 기술과 청정에너지로 신 성장 동력과 일자리를 창출하는 신 국가 발전 패러다임'이라고 했다. 한국은 세계 10대 에너지 소비국이지만 총 소비 에너지의 96%를 해외 수입에 의존하고 있으며, 이산화탄소 배출량도 세계 9위를 기록하고 있다. 따라서 어느 나라보다 녹색 성장이 절실하다. 새로운 에너지원들이 개발되어 에너지 문제가 해결될 것을 기대하는 낙관적인 전문가들도 있고, 비관적인 과학자들도 있다. 새로 개발될 에너지원은 화석 에너지와는 달리 환경 문제도 해결할 수 있어야 한다.

★ | 오개념 유형 |

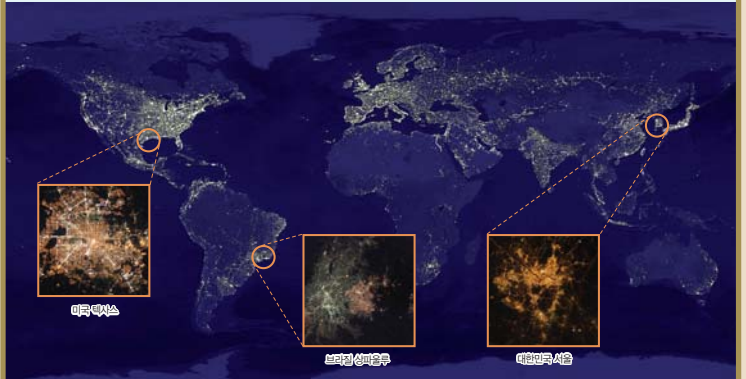
● 힘과 에너지

많은 학생들이 힘과 에너지를 같은 개념으로 받아들이거나 두 물리량은 서로 비례한다든가 하는 오개념을 가지고 있다. 에너지라는 개념이 확립되기까지 오랜 세월이 걸린 것도 개념 자체가 어렵기 때문이다.

● 에너지의 보존과 에너지 절약

학생들은 에너지가 보존되는데 왜 에너지를 절약해야 되는지 의아해 할 수도 있다. 가솔린으로 움직이는 자동차의 경우 가솔린의 화학 에너지는 모두 자동차의 운동 에너지로 전환되지 않고, 일부는 열에너지 등으로 전환된다. 이때 전환된 에너지의 총량은 가솔린이 원래 가지고 있던 화학 에너지의 총량과 같아진다. 그러나 전환된 열에너지는 자동차를 움직이는데 사용할 수 없으므로 우리가 이용할 수 있는 에너지가 줄어드는 것이다. 이러한 이유로 우리는 에너지를 절약해야 한다.

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 조명으로 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?

📖 주요 과학 용어

- 에너지(energy)
- 운동 에너지(運 動, 動 움직일, kinetic energy)
- 위치 에너지(位 자리, 置 둘, potential energy)
- 역학적 에너지(力 힘, 學 배울, 的 과녁, mechanical energy)
- 에너지 보존 법칙(保 보존할, 存 있을, 法 법, 則 법, law of energy conservation)
- 화석 연료(化 화할, 石 돌, 燃 사를, 料 헤아릴)
- 열효율(熱 더울, 效 본받을, 率 비율, thermal efficiency)
- 열기관(熱 더울, 機 베틀, 關 빗장, heat engine)
- 영구 기관(永 길, 久 오래, 機 베틀, 關 빗장, perpetual mobile)
- 열섬 효과(heat island effect)
- 엔트로피(entropy)

📖 참고 자료

- 미국 항공 우주국: <http://www.nasa.gov/>
- 유진규, 인간 동력, 당신이 에너지다, 2008, 김영사
- 이강후, 새로운 성장 동력 대체 에너지, 2008, 북스릴

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 씨를 틔운다. 새 짝은 햇빛을 받아 무성한 풀과 큰 나무로 자라고, 동물은 먹이를 찾아 부지런히 숲 속을 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



1. 에너지의 전환과 보존

☆ | 소단원의 학습 목표 |

1. 에너지는 생성되거나 소멸되는 것이 아니라, 전환 과정에서 형태만 변할 뿐임을 설명할 수 있다.
2. 에너지가 전환되는 과정에서 전체 에너지의 양은 항상 보존됨을 설명할 수 있다.

🕒 | 1차시 | 353~357쪽

도입(5분)	전개(40분)	정리(5분)
에너지의 종류 발표해 보기	<ul style="list-style-type: none"> • 자연 현상에서의 다양한 에너지 전환 과정 설명 • 활동 1: 자료 해석 	물음, 에너지의 종류와 전환의 예 정리

☆ | 동기 유발을 위한 제안 |

- 에너지와 혼동되는 물리량들의 예로는 힘, 운동량, 일률 등이

있다. 에너지에 대해 학생들이 갖고 있는 생각이나 알고 있는 에너지의 종류를 자유롭게 발표하게 한다.

☆ | 지도상의 유의점 |

빛은 전자기파의 일종이므로 빛에너지는 파동 에너지의 한 예라고 할 수 있다. 일상생활에서 많이 듣게 되는 전자파는 전자기파라고 해야 한다.

☆ | 보충 자료 |

● 다양한 종류의 에너지

1. 파동 에너지: 파동에 의해 전파되는 에너지로 물질 자체가 이동하는 것은 아니다. 파동에 의해 퍼져 나가는 에너지는 물질(매질) 입자들을 제자리에서 진동하게 한다. 즉, 파동에 의해 퍼져 나가는 것은 물체(물질, 입자)가 아니라 에너지이다.
2. 운동 에너지: 운동하는 물체가 가지고 있는 에너지로 있는 다른 물체와 충돌하거나 상호 작용하는 과정에서 그 물체에 일을 하거나 다른 에너지로 전환된다.
3. 위치 에너지: 힘이 작용하는 공간 내에 있는 물체가 가지고 있는 에너지로 물체의 위치에 따라 크기가 달라진다.
 - ① 중력에 의한 위치 에너지: $E_p = mgh$
(m : 물체의 질량, g : 중력 가속도, h : 물체의 높이)
 - ② 탄성력에 의한 위치 에너지: $E_p = \frac{1}{2}kx^2$
(k : 탄성 계수, x : 변형된 길이)
 - ③ 만유인력에 의한 위치 에너지: $E_p = -\frac{GMm}{r}$
(G : 만유인력 상수, M : 지구의 질량, m : 물체의 질량, r : 지구 중심으로부터의 거리)
 - ④ 전기력에 의한 위치 에너지: $E_p = k\frac{Qq}{r}$
(k : 전기력 상수, Q, q : 전하량, r : 두 전하 사이의 거리)
4. 전기 에너지: 우리가 이용하는 전기 에너지는 도선 내에서 이동하거나 진동하는 전자들의 운동 에너지를 이용한 것이다.
5. 열에너지: 분자들의 무질서한 운동 에너지의 합이라고 할 수 있다. 온도가 높은 상태일수록 무질서도가 커지며, 더 많은 열에너지를 갖는다.
6. 빛에너지: 빛은 전자기파의 일종으로 매질 없이도 전파되는 파동이다. 기타의 파동들이 매질의 탄성에 의해 전파되는 것과 달리, 전자기파는 전기장과 자기장의 진동에 의해 전파되므로 비탄성파라고 한다. 따라서 빛은 진공에서 가장 빠르다. 진공에서의 빛의 속도(c)는 3×10^8 m/s (3×10^5 km/s)로, 물체가 빛의 속도보다 빠르게 운동할 수는 없다.

☆ | 보충 자료 |

● 에너지

일을 할 수 있는 능력이라고도 정의되며, 에너지는 자연 현상을 이해하는 데 가장 유용하고도 중요한 개념이다. 에너지(energy)는 그리스어의 en(내부)와 ergon(일)의 합성어로 ‘물체의 내부에 간직된 일’이라는 뜻이다. 과학에서뿐 아니라 일상생활에서도 많이 쓰이는 에너지의 개념은 19세기 중반이 되어서야 확립되었다.

에너지의 종류는 매우 다양하며, 모든 자연 현상은 에너지의 전환 과정을 포함한다. 그리고 에너지는 일과 같은 물리량으로 일과 같은 단위인 J을 사용한다.

● 핵에너지

원자핵과 관련된 에너지로 쓰이는 용어는 다양하다. 원자력 에너지, 방사성 에너지, 핵에너지 등이 있다. 핵에너지는 핵분열 에너지와 핵융합 에너지로 나눌 수도 있다.

- ① 방사성 에너지: 우라늄과 같은 방사성 원소들은 스스로 α선, β선, γ선 등과 같은 방사선을 방출하면서 보다 안정한 원소로 핵변환을 한다. 즉, 방사선이 갖는 운동 에너지는 불안정한 원자핵이 갖는 핵에너지로부터 나온다.
- ② 핵융합 에너지: 태양과 같은 별들에서는 주로 수소와 같은 가벼운 원소들의 핵융합 반응에 의해 여분의 에너지가 방출된다. 즉 빠른 속력으로 운동하는 원자핵들이 충돌하여 융합하는 과정에서 방출되는 에너지이다. 따라서 태양 에너지를 핵융합 에너지라고 할 수 있다.
- ③ 핵분열 에너지: 우라늄과 같이 무거운 원소들은 핵분열을 하는 과정에서 여분의 에너지를 방출한다. 원자력 발전은 이 에너지를 이용하여 물을 끓여 발전을 하는 것이며, 이런 관점에서 원자력 에너지라고 한다.

물음

지구에서 우리가 이용하는 에너지의 원천은 크게 3가지로 분류할 수 있다.

- 태양 에너지가 가장 큰 역할을 하며, 모든 생명 활동의 원천이다.
- 지진이나 화산, 지열 등과 관련된 지구 내부 에너지가 있다.
- 매일 조수 간만의 차가 생기는 것은 주로 지구의 각 위치에 작용하는 달의 중력이 차이가 나기 때문이다. 쉽게 표현하여 밀물과 썰물이 일어나도록 하는 에너지를 조력 발전이라고 하며, 이 에너지를 이용한 발전을 조력 에너지라고 한다.

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.

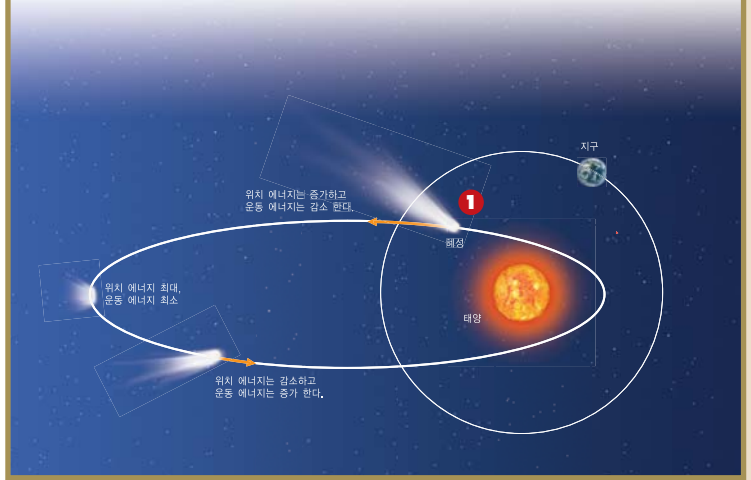
태양 내부의 핵융합 반응에 의해 발생한 에너지는 자외선이나 X선 같은 전자기파의 파동 에너지와 양성자나 전자와 같은 대전 입자들의 운동 에너지로 전환되어 사방으로 퍼져나간다. 이렇게 방출된 에너지는 지구와 같은 행성에 도달하여 영향을 미친다.

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.

물음

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

▼ 그림 3_ 행성의 운동



● 역학적 에너지 보존 법칙

- ① 역학적 에너지: 중력이나 탄성력 등 힘과 관련을 가지는 에너지로 운동 에너지와 위치 에너지의 합을 뜻한다.
- ② 역학적 에너지 보존 법칙: 마찰이나 공기 저항과 같은 힘에 의해 열이 발생하지 않는 한 물체가 가지는 역학적 에너지는 일정하게 보존된다.

$$\text{역학적 에너지}(E) = \text{운동 에너지}(E_k) + \text{위치 에너지}(E_p) = \text{일정}$$

1 | 행성의 운동 |

일의 정의 $W = \vec{F} \cdot \vec{s} = Fs \cos\theta$ 에서 타원 궤도를 돌고 있는 행성이나 혜성이 근일점을 지나 원일점까지 공전하는 동안에는 \vec{F} 와 \vec{s} 가 이루는 각(θ)이 $\theta > 90^\circ$ 이므로 태양의 중력이 행성이나 혜성에 대해 하는 일 $W < 0$ 이다. 따라서 행성의 속력과 운동 에너지는 계속 감소한다. 반면에 위치 에너지는 증가한다. 행성이나 혜성들이 원일점을 지나 근일점까지 공전하는 동안에는 정반대 상황이 되며, 이 과정에서 역학적 에너지는 보존된다.



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

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.

$$W = Fs = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = \Delta E_k$$

● 열에너지와 열의 이동

열에너지는 물체를 구성하는 분자들의 평균 운동 에너지에 비례하여 커진다. 열은 고온의 물체에서 저온의 물체로 이동한다.

- ① 전도: 이웃한 분자들 사이의 충돌에 의해 열이 전달되는 과정
- ② 대류: 밀도 차에 의해 분자들이 이동하여 열이 이동하는 과정
- ③ 복사: 물체 표면에서 방출되는 전자기파에 의한 열의 이동 과정으로 빛의 속도로 퍼져 나간다.

● 횡파와 종파

- ① 횡파: 매질의 진동 방향이 파동의 진행 방향과 수직인 파동으로 전자기파, 지진파의 S파 등이 있다.
- ② 종파: 매질의 진동 방향이 파동의 진행 방향과 나란한 파동으로 음파, 지진파의 P파 등이 있다.

● 지진과 지진파

- ① P파(primary wave): 종파로 모든 매질을 통과할 수 있다.
- ② S파(secondary wave): 횡파로 고체인 지각과 맨틀만을 통과할 수 있다.

S파보다 P파의 속도가 빠르므로 PS시를 측정하면 진원까지의 거리를 구할 수 있다. 지진에 의해 많은 피해를 입지만, 지진파는 지구 내부를 연구하는 데 귀중한 자료가 된다.

$\frac{1}{2}mv^2 - \frac{GMm}{r} =$ '일정' 에서 태양과 행성(혜성) 사이의 거리 r 이 증가하는 동안 행성(혜성)의 속력 v 는 감소함을 알 수 있다.

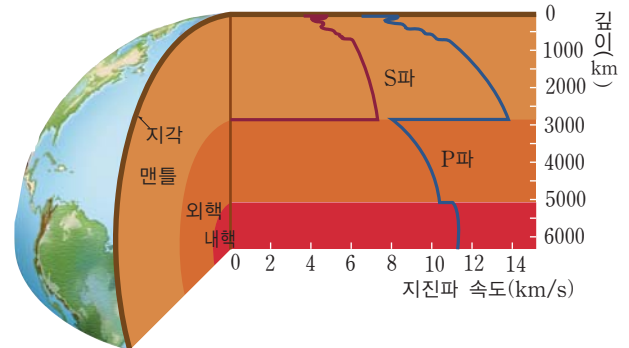
☆ | 보충 자료 |

● 자연 현상과 에너지의 전환

에너지의 관점에서 세상을 보면 모든 자연 현상에서 에너지의 전환 과정이 수반되는 것을 알 수 있다. 자연에서 일어나는 모든 변화는 에너지의 형태가 전환되는 과정으로 쉽게 설명할 수 있다.

● 일과 운동 에너지

- ① 운동하는 물체는 다른 물체와 충돌하여 반발하거나 정지할 때까지 다른 물체에 대하여 일을 할 수 있다.
- ② 운동하는 물체가 가지는 에너지를 운동 에너지라고 하며, 물체의 질량과 속도의 제곱에 비례한다.
- ③ 운동 에너지는 운동하는 물체가 정지 상태에 이를 때까지 할 수 있는 일의 양과 같다.
- ④ 일-에너지의 정리: 물체가 받은 일만큼 물체의 운동 에너지가 변한다.



▲ 지구의 단면도와 지진파의 속도 변화

창의인성 과학 글쓰기 |

물은 태양의 빛을 받아 증발하여 구름을 만들고 다시 비가 되어 내린다. 이 과정에서 태양에 의한 열에너지는 수증기의 중력에 의한 위치 에너지로 전환되고, 비가 되어 내리는 과정에서는 빗방울의 운동 에너지와 공기와의 마찰에 의한 열에너지로 전환된다.

또 다른 예로 철수가 한 말을 듣고 있는 영희의 경우 다음의 과정을 통해서 전달되어 진다.

'철수 성대의 진동 에너지 → 소리 에너지 → 영희 고막의 진동 에너지 → 청신경에서의 전기 에너지' 로 전환

창의 인성 | **활동의 이해**

활동 1 에너지는 어떤 형태로 전환될 수 있을까?

목표

■ 에너지는 없어지는 것이 아니라 다른 형태로 전환되는 것임을 이해한다.

정리

1. 전환 전후의 에너지

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

2. 모형 로켓을 쏘아 올리는 경우의 예를 살펴보면 화약의 연소에 의해 연직 위로 상승한 후 다시 지상으로 떨어져 바다에 충돌한다.

화학 에너지 → 열에너지 → 운동 에너지 → 위치 에너지 → 운동 에너지 → 열에너지, 소리 에너지

이 모든 과정에서 열에너지로의 전환은 항상 수반된다는 것에 유의해야 한다.

평가 기준표

활동 과정	평가 문항	점수
과정	• 적합한 토의와 대화가 이루어지고 있는가?	상, 중, 하
결과	• 표의 빈칸에 적절한 에너지를 써 넣었는가?	상, 중, 하
정리	• 과정에서 제공된 이외의 예를 발표하였는가?	상, 중, 하

보충 자료

● 롤러코스터(roller coaster)

지상 위에 설치된 레일 위를 운행하도록 만든 궤도 열차이다. 높은 곳까지 끌어올려진 롤러코스터는 중력에 의한 위치 에너지가 운행 과정에서 운동 에너지로 전환되며, 엔진 없이 작동한다.

● 번개

구름과 구름 또는 구름과 지면 사이에 유도된 전하들에 의해 전기장이 형성되며, 이 전기장의 세기가 어느 한계 이상으로 강해지면 방전이 일어나는 것이 번개와 벼락이다. 이 경우에도 전하량 보존 법칙은 항상 성립한다. 전류가 흐르는 경로의 공기 분자들은 가열되어 급격하게 부피가 팽창하는 과정에서 큰 소리가

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.

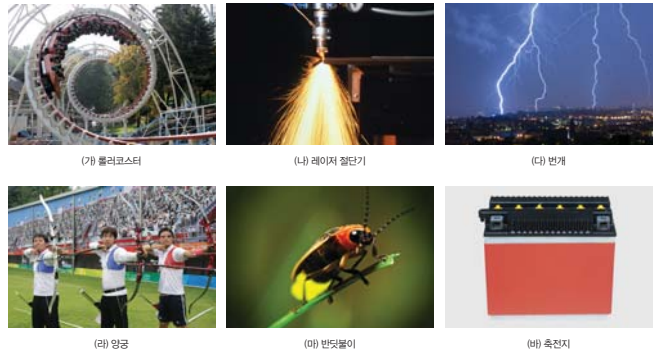
창의 인성 | **활동 1** 에너지는 어떤 형태로 전환될 수 있을까?

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.



▲ 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

공인 우리 주변의 에너지는 여러 가지 형태로 전환된다. 인류는 이러한 에너지를 사용하기 위한 전기 에너지 형태로 전환하여 주로 사용하여 전기 에너지의 사용은 인류의 삶을 보다 편리하게 만들었다.

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

발생하게 되는 데 이것이 천둥이다.

● 축전지(battery)

축전지에 저장된 화학 에너지를 전기 에너지로 바꾸어 사용하는 동안 축전지는 방전되며, 반대로 충전 과정에서는 전기 에너지가 화학 에너지로 전환된다. 축전지와 같이 충전을 할 수 있어서 반복 사용이 가능한 전지를 2차 전지라고 한다. 전기 자동차나 휴대용 정보 통신 기기의 보급 확산으로 2차 전지에 대한 관심이 폭발적으로 증가하고 있다. 선진국에서는 “반도체는 인간의 두뇌, 디스플레이는 인간의 눈, 2차 전지는 인간의 심장”으로 규정하고 전기 산업 육성에 국가적 역량을 집중하고 있다.

● 레이저 절단기

절단은 어떠한 물체를 자르는 것이고, 반대로 용접은 열을 가하여 주로 두 금속 재료를 접합하는 것이다. 레이저를 이용하면 물리적인 접촉 없이 절단을 하므로 절단 부분이 거칠어지거나 변형되는 문제가 발생하지 않는 장점이 있다.

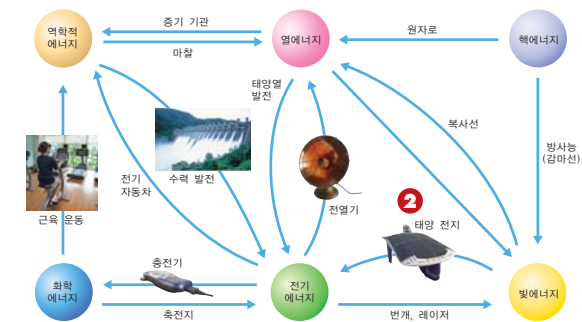
레이저는 집광성이 강해 좁은 장소에 집중적으로 열을 발생시킬 수 있으므로 두께가 얇은 재료의 용접에도 사용할 수 있다.

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. 플리코스터는 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, 우리몸과 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 발표해보자.



▲ 그림 6. 여러 가지 에너지의 전환과 이용 형태

*** | 동기 유발을 위한 제안 |**

그림 6의 각 화살표에 예시된 자료 외에 다른 예들을 추가하여 쓰도록 하는 것도 바람직한 활동이 될 수 있다.

- **역학적 에너지 → 전기 에너지:** 수력 발전 이외의 발전 방식도 포함될 수 있음에 유의한다. 예를 들어 화력 발전의 경우 연료의 화학 에너지가 연소되면서 열에너지로 전환되고, 열팽창을 이용하여 터빈을 돌리는 과정에서 역학적 에너지(회전 운동 에너지)로 전환된다. 터빈에 연결된 발전기가 돌아가면서 전자기 유도에 의해 전기 에너지로 전환된다.

2 | 태양 전지(solar cell) |

태양 전지는 광전 효과를 이용하여 빛에너지를 전기 에너지로 전환하는 장치이다. 스위스가 제작한 태양광 비행기 솔라 임펄스가 2010년 9월 22일 스위스 국토 횡단 비



▲ 솔라 임펄스

행을 성공적으로 완료했다. 솔라 임펄스는 지난 7월에는 자체 동력을 이용해 야간 비행을 포함한 26시간 연속 비행에 성공했다.

물음 에너지의 전환 없이 일어나는 자연 현상은 없다고 할 수 있다. 예를 들어 마찰이나 중력 등 아무런 힘이 작용하지 않는 상태에서 영원히 등속도 운동(등속 직선 운동)을 하는 물체의 경우를 생각해볼 수 있으나, 실제로는 불가능하다.

☆ | 보충 자료 |

● **광전 효과(photoelectric effect)**

주로 금속 표면에 빛을 쬐일 때 전자가 튀어나오는 현상이다. 이 현상은 광자(빛 알갱이)와 전자의 충돌에 의해 빛에너지의 일부를 흡수한 전자가 운동 에너지를 갖게 되어 튀어나오는 현상으로 빛을 입자로 보아야만 설명할 수 있는 현상이다.

● **광양자**

빛 알갱이라는 의미로 광자(photon)라고도 한다. 광양자가 갖는 에너지는 진동수에 비례한다.

$$E = h\nu = h\frac{c}{\lambda} \text{ (빛의 속도 } c = 3 \times 10^8 \text{ m/s)}$$

● **노벨상, 조바심치지 말자**

1905년 아인슈타인은 플랑크의 광양자설을 도입하여 광전 효과를 간단하게 설명하였으며, 이에 대한 공로로 1921년 노벨 물리학상을 수상하였다. 아이슈타인이 상대성 이론으로 노벨상을 수상하지 못한 이유는 너무 혁명적인 이론으로 확실하게 검증되지 않은 상태에서 상을 주기에는 부담스러웠기 때문이다.

이러한 측면에서 아인슈타인 이후 최고의 이론 물리학자로 꼽히는 영국의 스티븐 호킹 박사 역시 노벨 물리학상을 받기는 어려워 보인다. 물론 '휠체어 위의 물리학자'로 널리 알려진 대중적 명성에 비해 그의 구체적 업적에 대해서는 평가를 달리하는 전문가들도 있겠지만, 그가 우주론 및 입자 물리 이론 분야에서 최고의 두뇌라는 데에는 별로 이의를 달지 않을 것이다.

2009년 노벨 물리학상을 수상한 미국의 보일 박사와 스미스 박사는 1969년 빛을 디지털 신호로 기록할 수 있는 고체 촬상 소자(CCD)를 처음으로 개발한 공로를 인정받았다. 디지털 카메라에 들어가는 CCD는 광전 효과를 이용한 것이다. 우리나라도 기초 과학에 투자를 많이 하고, 과학자들이 많은 분야에서 최선을 다하여 연구를 한다면 훗날 노벨상을 타는 과학자들이 많이 있을 것이다.

2차시 358~360 쪽

도입(5분)	전개(40분)	정리(5분)
손 발전기와 실험 내용의 소개	<ul style="list-style-type: none"> • 활동 2: 실험, 토의 • 에너지의 보존과 절약 	정리 확인하기

★ 동기 유발을 위한 제안

● 세계 자전거 박람회(2010. 10.)의 소개

최근 녹색 성장을 추구하는 사회적 분위기와 함께 건강을 지키기 위해 그 어느 때보다 자전거 열풍이 거세다. 친환경에 대한 관심이 높아지면서 우리나라뿐 아니라 전 세계적으로 자전거 타기 열풍이 확산되고 있다. 자전거는 인간 동력을 이용한 무공해 교통수단이다.

★ 지도상의 유의점

손 발전기의 손잡이를 너무 세게 돌리면 손 발전기 자체가 고장나거나 꼬마전구의 필라멘트가 끊어질 수 있다.

참의인성 활동의 이해

활동 2 손 발전기로 전구에 불을 켤 수 있을까?

목표

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

정리

1. 손잡이를 돌리는 역학적인 일(회전 운동 에너지)이 발전기에 의해 전기 에너지로 바뀌고, 꼬마전구에서는 전기 에너지가 빛에너지로 바뀐다.
2. 손잡이를 빨리 돌릴수록 꼬마전구가 더 밝아진다. 이는 더 많은 양의 역학적 에너지가 전기 에너지로 전환되기 때문이다.
3. 한쪽 발전기를 돌리기 위해 하는 역학적인 일(회전 운동 에너지)이 전기 에너지로 바뀌어 전선을 통해 다른 쪽 발전기에 전달되고, 다시 운동 에너지로 바뀌어 같이 돌게 된다.
4. 발전기는 운동 에너지를 전기 에너지로 바꾸는 역할을 하고, 전동기는 전기 에너지를 운동 에너지로 바꾸는 역할을 한다. 그러나 내부 구조는 거의 같아서 겸용으로 사용할 수 있다.
5. 발전기는 전자기 유도 현상을 이용하여 전기 에너지를 생산한다. 이때 전기 에너지는 생산된 것이라기보다는 운동 에너지가 전환된 것이다.

참의인성 활동 2 손 발전기로 전구에 불을 켤 수 있을까?

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

실험, 토의

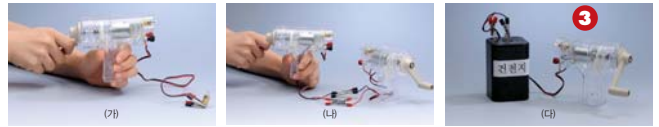
준비물 손 발전기 2개, 꼬마전구, 집게 도선, 건전지

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 발전 기구를 고안해 보고, 발표해 보자.

주의

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



▲ 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. **참의인성** 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.

지가 전환된 것이다. 발전기에 내장된 자석이 강한 자석일수록 발전기의 효율은 커진다.

평가 기준표

활동 과정	평가 문항	점수
과정	• 실험 기구를 잘 다루며, 실험에 적극적으로 임하고 있는가?	상, 중, 하
결과	• 에너지의 전환 관계를 올바르게 설명하는가?	상, 중, 하
정리	• 발전기와 전동기의 관계를 바르게 설명하였는가?	상, 중, 하

3 | 건전지에 손 발전기 연결

그림 (다)와 같이 발전기에 건전지나 휴대 전화의 배터리를 연결해 보면 발전기의 손잡이가 회전하는 것을 볼 수 있다. 즉, 발전기가 전동기의 역할을 할 수도 있음을 알 수 있다. 비슷한 예로 스피커와 마이크가 있다. 스피커에 의해 전기 신호가 소리 신호로 바뀌고, 마이크는 소리 에너지를 전기 에너지로 바꾸는 기능을 한다. 스피커는 마이크의 역할을 할 수도 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.

4



(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 총량은 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.

4 | 인간 동력 자동차 |

미국의 찰스 그린우드라는 한 엔지니어가 30여 년의 연구 개발을 통해 인간 동력으로만 운행할 수 있는 ‘휴먼 카(Human Car Imagine PS)’로 명명된 자동차를 개발하였다. 최고 90 km/h 정도의 속력을 낼 수 있는 이 자동차는 자전거와 비교해 볼 때 다음과 같은 장점이 있다.

- ① 자전거는 주로 다리 근육만을 사용하나 이 자동차는 노를 젓는 방식으로 팔, 허리, 다리 근육을 모두 사용하므로 자전거를 탈 때보다 더 큰 힘을 낼 수 있고, 전신 운동이 된다.
- ② 자전거보다 더 빠른 속력을 낼 수 있고, 네 바퀴 굴림이므로 자전거보다 더 안전하다고 할 수 있다.
- ③ 4명까지 탈 수 있으며, 기대어 앉은 자세로 운전한다.

보충 자료 |

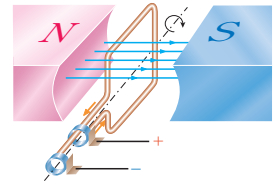
● 전자기 유도

코일을 통과하는 자속의 변화에 의해 유도 기전력(유도 전류)이 생기는 현상으로 발전기의 원리가 된다. 1820년 외르스테드

는 전류가 흐르는 도선 주변에 자기장이 생긴다는 사실을 발견하였다. 과학자들은 이와 반대로 자기장에 의해 전류를 만들 수 있을 것으로 생각하고 이를 발견하려고 노력하였다. 마침내 1831년 영국의 패러데이는 코일에 자석을 가까이 하거나 멀리 할 때 코일에 전류가 흐르는 현상 즉, 전자기 유도를 발견하였다. 이때 회로에 흐르는 전류를 유도 전류라고 하며, 유도 전류를 흐르게 한 전위차를 유도 기전력이라고 한다.

● 발전기의 내부 구조

코일을 강제로 회전시키면 전자기 유도에 의해 전기 에너지가 생산된다. 이때 생산된 전기 에너지와 마찰 등에 의해 발생하는 열 에너지만큼 코일을 회전시키는 일을 해주어야 한다. 코일을 회전



▲ 발전기의 구조

시키는 데 동력원으로 물의 낙하에 의한 운동 에너지를 이용하면 수력 발전, 수증기의 운동 에너지를 이용하면 화력 발전, 원자력 발전, 태양열 발전, 지열 발전이 된다. 코일에 전류를 공급하면 코일 자체가 자석이 되어 힘을 받아 회전하게 된다. 따라서 전동기의 내부 구조 역시 발전기와 거의 같다.

● 회생 제동

가까운 미래에 전기 자동차가 도로를 달리는 모습을 쉽게 볼 수 있을 것이다. 전기 자동차는 배터리에 충전된 전기 에너지를 전동기에 공급하여 바퀴를 돌려서 달리게 된다. 전기 자동차는 연비를 높이기 위해 브레이크를 밟아 멈춰야 할 상황이거나 내리막길을 주행 중일 때에는 전동기가 발전기로 바뀌어 자동차의 운동 에너지의 일부를 전기 에너지로 바꾸어 배터리를 충전한다. 이를 회생 제동이라고 한다. 기존의 브레이크 시스템은 자동차의 운동 에너지를 마찰에 의한 열에너지로 바꾸어 감속하게 하는 것이다. 이때 발생한 열에너지를 다시 이용할 수 없다.

과학 마당

운동하면서 전기 에너지 만들기

야간에 자전거용 발전기를 바퀴 둘레에 접촉시켜 돌게 하면 헤드라이트가 켜진다. 그러나 발전기를 돌리는 데 에너지가 쓰이는 만큼 자전거의 운동 에너지가 감소하므로 페달을 더 세게 밟아야 한다. 최근에는 헬스클럽 등에서 건강을 위해 운동을 하면서 전기 에너지를 만드는 곳도 있다.

☆ | 보충 자료 |

● 에너지 보존 법칙

모든 자연 현상은 에너지의 관점에서 살펴보면 에너지의 전환 과정을 수반하며, 이 과정에 관련된 에너지의 총량은 변하지 않고 일정하게 보존된다는 것이다. 1 m라는 길이는 변하지 않으므로 물체의 길이나 넓이 부피를 나타내는 단위로 많이 쓰인다. 이와 마찬가지로 일정하게 보존되는 물리량인 에너지로 자연 현상을 설명하면 매우 쉽다. 따라서 에너지라는 매력적인 개념은 자연 현상의 이해에 대한 통찰력을 제공해 준다.

● 에너지 절약 전문 기업 (ESCO: Energy Service Company)

에너지 절약 전문 기업(ESCO)은 에너지 사용자가 기술적, 경제적 부담이 없도록 전문 기업에서 자체 자금 또는 정책 자금으로 에너지 사용자의 에너지 절약 시설에 투자한 후 이 투자 시설에서 발생하는 에너지 절감 비용으로 투자비와 이윤을 회수하는 기업이다. 에너지 사용자가 에너지 절약을 위하여 기존의 에너지 사용 시설을 교체 또는 보완하고자 하여도 기술적, 경제적 부담으로 교체하지 못할 때 ESCO로 하여금 대신 투자하도록 하여 효율적인 에너지 절약을 할 수 있다.

● 에너지 소비 효율 등급 표시 제도

에너지 소비 효율 또는 사용량에 따라 1등급(고효율)~5등급(저효율)으로 표시하도록 함으로써 소비자들에 에너지 절약형의 효율 높은 제품을 손쉽게 판단하여 구입할 수 있도록 하고, 제조업체에서는 생산 단계에서부터 원천적인 에너지 절약형 제품을 생산하도록 유도하기 위한 제도이다.



▲ 에너지 소비 등급

● 에너지 문제의 해결

에너지를 절약해야 한다는 것은 현재 가장 많이 소비하고 있고 이용하기 쉬운 화석 연료의 사용을 가급적 줄이자는 것이다. 그러나 화석 연료는 어차피 고갈될 것이므로 현재의 과학 기술로는 이용하기 어려운 상태인 에너지라 하더라도 기술 개발을 통해 새로운 에너지원을 개발해야 하는 것이다.



풍력, 조력, 파력, 인간 동력, 태양열, 태양광, 핵융합 등 이 사용될 것이다.



▲ 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 타이어나 지면의 마찰, 엔진을 냉각시키는 물 등에서 열에너지로 전환되고, 일부는 엔진이나 기계에서 소리 에너지로 전환되어 대기 중으로 방출된다. 그리고 라이드나 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 기술이 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.

💡 확인하기

1. 백열전등에 흐르는 전류에 의해 전기 에너지의 일부가 빛에너지로 전환된다. 백열전등에서는 가시광선보다 눈에 보이지 않는 적외선이 더 많이 방출되므로 형광등보다 효율이 낮다.
2. 화석 연료가 연소되면 자동차를 움직이는 운동 에너지로 바뀌며, 일부는 엔진을 데우는 열에너지와 배기가스와 함께 폐열이 되어 공기 중으로 방출된다. 따라서 자동차에 쓰인 에너지는 처음에 화석 연료가 가진 에너지의 총량과 같다.
3. 우리가 쓰는 에너지의 대부분은 재생이 불가능한 화석 연료가 차지한다. 즉, 화석 연료가 연소하여 다른 에너지로 전환되면 에너지의 총량은 변하지 않지만 우리가 사용할 수 있는 에너지로 다시 사용할 수 없다. 지구에 매장되어 있는 화석 연료의 양은 일정하므로 에너지 고갈 위험에 대비하기 위해서는 에너지를 절약해야 한다.

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 알아 보자.
3. 창의·인성 (가)~(사) 모두 태양 에너지가 근원인 이유를 토의하여 발표해 보자.

배려 상대방의 의견을 잘 듣고, 자신의 의견을 발표한다.

2. 태양 에너지의 이용과 문명

☆ | 소단원의 학습 목표 |

1. 지구의 가장 중요한 에너지원이 태양 에너지와 화석 연료임을 이해하고, 인류 문명의 발전과 함께 에너지의 전환 기술이 발전해 왔음을 이해한다.
2. 태양 에너지로부터 전환된 다양한 에너지의 형태와 이용 사례를 설명할 수 있다.

🔗 3차시

361~363 쪽

도입(5분)	전개(40분)	정리(5분)
태양과 태양 에너지의 소개	활동 3: 자료 해석, 태양 에너지의 전환 과정	내용 정리

☆ | 동기 유발을 위한 제안 |

- 지구 주위를 돌고 있는 국제 우주 정거장이나 인공위성들이 작

동하는 데 필요한 에너지원은 무엇인지 생각해보도록 한다.

- 인터넷이나 신문에서 태양 에너지를 이용하는 재미있는 소재를 소개한다.

📍 | 지도상의 유의점 |

태양 에너지는 지구의 모든 생명 활동에 이용되는 에너지원이며, 지표와 대기 및 해양에서 여러 가지 기상 변화를 일으키는 근본 원인을 주변의 자연 현상을 통해 이해시킨다.

창의 인성 활동의 이해

활동 3 태양 에너지는 어떻게 전환될까?

목표

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

과정

- 주어진 내용의 사진 이외에 더 많은 사진 자료들을 수집하여 수업에 활용하면 더욱 좋을 것이다.

정리

1. 화석 연료인 석유가 에너지원으로 가장 많이 사용된다.
2. 지구 내부 에너지와 조력 에너지이다.
3. 지구에서 일어나는 바람, 파도, 강수, 유수 등의 기상 현상은 태양로부터 받은 열에너지에 의해 발생하는 현상들이다. 바람은 온도 차에 의해 공기의 흐름이 생기는 현상이며, 이 바람이 해수와 마찰을 일으켜 파도를 발생시킨다. 또 가열된 물은 수증기가 되어 구름을 형성하고 비가 되어 지표로 내리고, 모여진 물은 강이나 계곡 등을 통해 흐른다. 지구의 생물은 태양 에너지를 화학 에너지로 바꾸는 광합성을 통해 생명을 유지하며, 화석 연료는 고생물이 지각 변동에 의해 파묻힌 후 오랜 세월을 걸쳐 형성된 것이다. 따라서 (가)~(사)의 현상들은 모두 태양 에너지가 근원임을 알 수 있다.

평가 기준표

활동 과정	평가 문항	점수
과정	• 현재의 주된 에너지원이 무엇인지 알고 있는가?	상, 중, 하
결과	• 각 현상이나 사물의 에너지원과 전환 과정을 바르게 알고 있는가?	상, 중, 하
정리	• 태양 에너지가 근원인 이유를 알고, 적합한 토의와 발표가 이루어졌는가?	상, 중, 하

☆ | 보충 자료 |

● 태양 에너지

지구의 기후에 영향을 주고 생명체의 삶을 유지시켜 주는 태양으로부터 오는 열과 빛 형태의 복사 에너지를 태양 에너지라고 한다.

태양 에너지는 풍력, 수력, 화석 연료 등 지구에서 사용되는 대부분의 에너지원이며, 태양의 수명이 다할 때까지 끊임없이 지구에 공급되는 무한한 에너지이다. 또 화석 연료나 원자력을 이용할 때처럼 환경 오염이나 방사능과도 관련이 없는 녹색 청정에너지이다. 따라서 태양 에너지를 적절하게 이용하면 지구의 에너지 문제와 화석 연료의 사용으로 발생하는 환경 오염과 지구 온난화도 해결할 수 있다.

● 지구 내부 에너지

지구 내부 에너지의 근원은 방사성 원소가 자연 붕괴될 때 방출하는 핵에너지와 철(Fe), 니켈(Ni)로 된 고밀도의 지구의 중심핵이 수축될 때 생긴 중력 에너지로 구분할 수 있으나 핵에너지가 대부분을 차지하고 있다. 지각을 구성하고 있는 암석에 포함된 우라늄, 토륨, 칼륨 등의 방사성 원소는 그 자체가 불안정하여 붕괴되면서 에너지를 방출하고 납이나 아르곤 등의 안정한 원소로 변한다. 이때, 생긴 에너지가 지구 내부 에너지의 주요 근원이 된다. 이러한 에너지가 지구 내부에 오랫동안 축적되어 지진, 화산, 조산 운동 등의 지각 변동을 일으키는 원인이 된다.

최근 지구 내부의 에너지 특히 열 자원을 활용하려는 노력이 세계적으로 확산되고 있다.

● 해양 에너지

해양 에너지는 그 이용 방식에 따라 조력, 파력, 온도 차, 해류, 염분 차 등 여러 형태로 존재한다. 고갈될 염려가 전혀 없고 인류의 에너지 수요를 충족시키고도 남을 만큼 풍부할 뿐 아니라, 공해 문제가 없는 미래의 이상적인 에너지 자원이라 할 수 있다. 조력 발전은 조석이 발생하는 하루나 만을 방조제로 막아 해수를 가두고, 수차 발전기를 설치하여 조수간만의 차이를 이용하여 들어오고 나가는 물의 힘으로 발전하는 방식이다.

우리나라의 서해안은 세계적으로도 조석간만의 차가 크고, 수심이 얕으며, 해안선의 굴곡이 심해 조력 발전의 훌륭한 입지 조건을 지니고 있다. 또 동해안은 수심이 깊고, 연중 파도 발생 빈도가 비교적 높아 파력 발전의 가능성이 클 뿐만 아니라, 동해로 북상하는 쿠로시오 해류를 이용하는 해양 온도 차 발전도 가능할 것으로 보고 있다.

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.

1

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 증기된 물이 위치 에너지가 지구의 중력에 의해 운동 에너지로 전환되는 과정을 반복하는 현상이다.

3

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

2

파도
바람은 일정한 방향으로 이동하는 공기 분자와의 운동 에너지에 의한 현상으로, 해양에서는 해수와 바람을 일으켜 파도를 만든다.

1 | 강수(降水, precipitation) |

대기 중의 수분이 응결 또는 승화하여 지표에 떨어지는 현상이다. 강수 현상에는 비, 눈, 우박, 서리, 동우(凍雨), 우빙(雨氷) 등 여러 가지가 있으나 중요한 것은 강우(降雨)와 강설(降雪)이다. 이는 중요한 기후 요소의 하나이며, 그 양을 강수량이라고 한다. 한국은 온대에 위치하고 있어 강수의 대부분은 강우이고 추운 계절에는 강설이다. 강수는 인간 생활에 필요한 물의 공급 원일 뿐만 아니라 다른 기후 요소와 밀접한 관계가 있어 인류의 생존에 필요불가결한 것이다.

2 | 파도(波濤, waves) |

주로 바람의 힘이 원인이 되어 생성되는 주기와 파장이 짧은 수면파(水面波)이다. 조용한 해면에 바람이 불기 시작하면 처음에는 표면 장력파라고 하는 잔물결이 일고 바람이 계속 불면 점점 큰 파도가 형성된다. 이와 같이 해역에서 불고 있는 바람에 따라 생성된 파도를 풍랑이라고 한다. 발생한 파도는 바람이 불지 않은 해역에도 전파된다. 주기가 짧은 성분파(成分波)는 물의

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.



5 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

4 광합성
식물은 광합성을 통해 태양의 빛에너지를 화학 에너지로 전환하여 유기 물질을 저장한다. 동물은 광합성을 통하여 만들어진 유기 물질과 양분에서 얻은 에너지를 이용하여 살아간다. 광합성 과정에서 얻는 에너지는 식물 성장과 생명체들이 이용하는 중요한 에너지이다.

점성(粘性)이나 역풍에 의한 저항으로 급속히 에너지를 잃지만 긴 주기를 가진 파도는 에너지가 거의 감소되지 않고 몇 천 km까지 전파되기도 한다. 바람 부는 곳을 떠나 전해지는 파도나 바람이 그친 뒤에 남아 있는 파도를 너울이라고 한다. 연안에 도달한 파랑은 부서지거나 에너지를 잃고 소멸한다.

3 | 바람(wind) |

바람은 공기의 흐름이다. 대기를 이루는 가스 물질의 흐름을 일컫는 말이다. 바람은 일반적으로 공간적 규모, 속도, 원인, 발생 지역, 영향 등에 따라 분류한다.

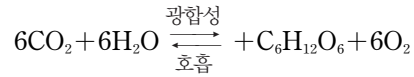
대규모 바람(global winds)으로는 대기 순환류에 존재하는 바람과 제트 기류(jet streams)라 불리는 상층 대기의 빠른 집적된 공기의 흐름이 있다. 종관 규모(synoptic-scale winds)에서는 중위도 지역의 표층 공기 덩어리의 압력 차에 의하여 발생하는 바람과 해륙풍과 같이 지역적 형태의 결과로 나타나는 바람이 있다. 중간 규모(mesoscale winds)의 바람으로는 소나기 전선(gust front)과 같이 지역적으로 영향을 미

치는 바람이 있다. 가장 작은 규모의 미소 바람(microscale winds)으로는 10~100 m 규모로 발생하여 예측할 수 없는 회오리 바람이나 순간 돌풍(microbursts)과 같은 바람이 있다.

바람을 일으키거나 영향을 미치는 힘으로는 기압 경도력 (pressure gradient force), 전향력(coriolis force), 부력(bouyancy force), 마찰력이 있다.

4 | 광합성(光合成, photosynthesis) |

지구 상에서 생물이 살아가는 데 필요한 에너지는 모두 태양으로부터 공급된다. 녹색 식물의 세포 속에 있는 엽록체에서는 태양의 빛에너지를 화학 에너지로 전환하여 유기물에 저장하는데, 이 작용을 광합성이라고 한다.



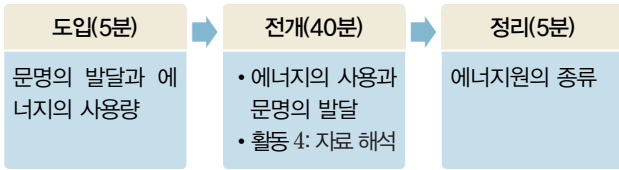
광합성은 대부분의 생물들에게 필요한 유기물을 생산하는 과정으로 광합성을 통해 빛에너지는 유기물에 화학 에너지 형태로 저장된다. 광합성으로 만들어진 포도당은 여러 형태의 탄수화물로 저장되고, 식물체 내에서 단백질과 같은 다른 형태의 유기물로 전환되어 저장되거나 몸의 구성에 이용된다. 광합성의 결과로 생성된 유기물은 모든 생물의 생명 활동에 필요한 에너지를 공급할 뿐만 아니라 호흡을 하는데 필요한 물질인 산소도 생성한다.

5 | 화석 연료(化石燃料, fossil fuel) |

화석 에너지라고도 부르는 화석 연료는 수백만 년 전의 동식물과 미생물의 잔해로 석탄기 동안의 환경 조건은 화석 연료가 엄청나게 축적되는 데에 도움이 되었다. 즉, 화석 연료는 수억만 년 전의 선사 시대에서부터 식물과 동물이 죽어 땅 속에 묻혀 분해되면서 형성된 것으로 석유, 석탄, 천연가스를 말한다. 석탄은 역사적으로 널리 사용된 첫 번째 화석 연료이다. 현재 우리는 화석 연료를 태워서 열을 얻고, 움직이며, 갖가지 전기 제품들을 이용하는 등 편리한 생활을 영위하고 있다. 현재 우리가 사용하는 에너지의 85% 이상이 화석 연료로부터 얻는다. 종류별로 정도의 차이는 있지만 화석 연료는 다른 에너지원에 비해 값이 싸기 때문에 대량으로 이용되어 왔다. 그러나 매장량이 한정되어 있어 고갈의 위험이 있고, 대기 오염과 지구 온난화를 비롯한 갖가지 환경 문제를 유발하는 등 많은 문제점을 안고 있다.

4차시

364~365쪽



에너지
과학 글쓰기

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 에너지원을 이용하였다.

나무를 대체하여 난방과 취사에 이용되기 시작한 석탄은 산업 혁명기에 증기기관의 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 공작계 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.

현재는 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.

동기 유발을 위한 제안

- 2007년 방영되었던 SBS 다큐멘터리 “재앙(災殃)”의 내용 소개한다. (“1부 기후의 반격”, “2부 검은 풍요의 종말”, “3부 미래를 위한 투자”)

지도상의 유의점

- 인류 문명의 발달은 사용한 에너지와 형태의 변화에 따라 급격한 변화가 있었음을 설명한다.
- 화석 연료의 연소를 통하여 동력을 얻고, 발전을 통하여 전기를 얻는 과정에서 일상생활과 산업에 필요한 다양한 에너지가 공급되어 현대 문명이 이루어졌음을 알게 한다.
- 화석 연료의 사용은 인류 문명을 급격히 발달시킨 계기가 되었지만 현재는 환경 오염과 자원 고갈에 따른 대체 에너지의 개발이 필요함을 이해시킨다.

보충 자료

화석 연료와 화학 에너지

석유나 석탄을 연소시키면 공기 중의 산소와 반응을 일으켜 많은 열이 발생한다. 이와 같이 물질의 화학 반응에 의해 얻을 수 있는 에너지를 화학 에너지라고 한다. 우리는 화석 연료의 연소 과정에서 얻어지는 열에너지를 다양한 방법으로 이용한다.

- 인간의 의식주와 관련한 난방이나 취사에 이용된다.
- 기계의 동력을 얻을 수 있는 열기관이 발명되어 화학 에너지를 역학적인 일로 바꿀 수 있게 되었다. 열기관의 발명은 산업 혁명의 원동력으로 인류 문명의 비약적인 발전을 가져왔다. 열기관은 공장이나 농기계, 건설 현장 등 산업 현장 및 기차, 자동차, 비행기, 배 등 운송 수단에서 이용된다.
- 화력 발전소에서는 열기관으로 발전기를 돌려서 전기 에너지로 바꾼 후, 소비자들에게 공급한다. 이 과정에서 화학 에너지의 70% 정도는 연소 과정에서 대기 중으로 방출되거나 송전선에서 전력 손실에 의해 열이 발생하므로 30% 정도만 전기 에너지로 전환되어 이용된다.

GTOE(Giga Ton of Oil Equivalent)
석유로 환산한 에너지 양으로 1 TOE는 약 42 GJ에 해당하는 에너지이다.

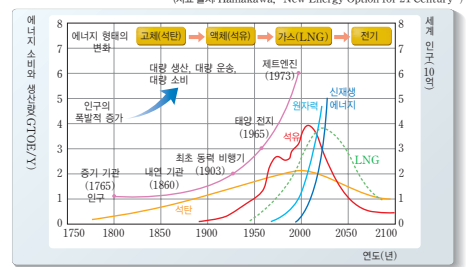


그림 14. 인류의 에너지 이용 역사

화석 연료의 이용

연료	장점	단점	가용 연수
석탄	매장량이 풍부하다.	석유에 비해 열효율이 낮고, 재에 의한 환경 오염이 있다.	200년
석유	열효율이 높고, 다양한 화학 물질을 합성할 수 있다.	매장량이 작고 지역적으로 편중되어 있다.	40~50년
천연 가스	사용이 편리하고, 환경 오염을 줄일 수 있다.	보관이나 수송이 어렵다.	60~70년

인류의 에너지 이용의 역사

- 제 1의 불: 인류의 문명은 불을 사용하게 되면서 시작되었다. 인간은 음식을 날 것으로 먹는 대신에 불을 이용하여 화식을 하게 되었으며, 난방을 하게 되었다.
- 제 2의 불: 전기 에너지를 뜻하며, 전기 에너지의 사용은 현대 문명을 급속히 발전시키는 원동력이 되었다.
- 제 3의 불: 기존의 화석 연료를 대체하여 우리나라와 같은 방사성 원소들의 붕괴와 핵분열을 이용한 새로운 에너지원을 뜻한다.

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 풀일 때 사용하는 화석 연료는 광합성에 의해 만들어진 것이다. 우리나라에서 생산하는 전기 에너지의 절반 정도를 화력 발전을 통해 얻는다.

한국 전력 공사

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

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.

**창의
인성**

활동의 이해

활동 4 다양한 발전 방식과 태양 에너지는 어떤 관계일까?

목표

- 여러 에너지를 전기 에너지로 전환하여 사용함을 알 수 있다.

과정

- 선수 학습으로 전기를 생산하는 다양한 방식의 발전소를 조사해 보게 하고, 사진 자료 등을 스크랩 하도록 한다.

정리

1. • 수력 발전: 물의 위치 에너지 → 물의 운동 에너지 → 전기 에너지
 - 화력 발전: 화석 연료의 화학 에너지 → 열에너지 → 수증기의 운동 에너지 → 전기 에너지
 - 태양열 발전: 태양열 에너지 → 수증기의 운동 에너지 → 전기 에너지
 - 태양광 발전: 태양광 에너지 → 전기 에너지

2. 화석 연료를 사용하는 화력 발전 방식이다.
3. 우리나라에서의 전력 생산량을 비교하면 다음과 같다.

화력 발전 > 원자력 발전 > 수력 발전

4. • 수력 발전: 연료를 사용하지 않으므로 공해가 적으며 발전 단가가 적게 든다. 화력이나 원자력 발전보다 발전을 시작할 때까지 걸리는 시간이 수분 정도로 훨씬 짧게 걸린다. 그러나 댐을 건설할 수 있는 입지에 제한이 따르며 일반적으로 송전 거리가 멀다. 또한, 담수량이 풍부하지 않을 때에는 발전을 할 수 없다.

- 화력 발전: 소비지에 가까운 곳에 건설할 수 있고, 건설비가 적게 든다. 수력 발전에 비해 전기를 안정적으로 생산할 수 있으나 연료비가 많이 들어 발전 단가가 비싸다. 그리고 대기 오염을 일으킨다.

- 태양열 발전: 물을 끓여 전기를 생산하는 화력 발전 방식과 유사하며 공해가 없고 자원 고갈의 염려가 없다. 그러나 기상 조건의 영향을 받아 흐린 날이나 밤에는 발전이 어려우며, 에너지 밀도가 낮아 넓은 장소를 필요로 한다.

- 태양광 발전: 광전 효과를 이용하여 태양광 에너지를 바로 전기 에너지로 전환하므로 터빈이나 발전기와 같은 시설이 필요하지 않다. 그러나 태양열 발전과 마찬가지로 기상 조건에 영향을 받고, 태양 전지를 설치할 넓은 면적이 필요하다. 과학자들은 빛에너지를 전기 에너지로 전환하는 효율을 높이기 위해 많은 연구를 하고 있다.

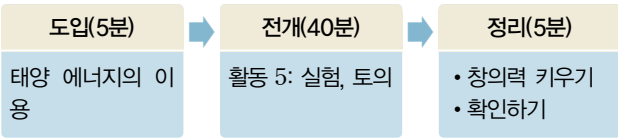
- 원자력 발전: 대기 오염을 일으키지 않으며, 발전 단가가 싼 편이다. 그러나 발전소 건설비가 많이 들고, 폐기물 처리가 어렵다. 우리나라의 원자력 발전소들은 냉각수 확보를 위해 모두 바닷가에 위치해 있다.

5. 기존의 화력과 원자력 발전은 자원 고갈에 의해 생산이 불가능해지며, 수력 발전은 입지에 많은 제한이 따른다. 따라서 신·재생 에너지를 이용하는 새로운 발전 방식의 도입이 시급하다.

평가 기준표

탐구 과정	평가 문항	점수
과정	• 각 발전 과정에서의 에너지 전환 과정을 바르게 설명하는가?	상, 중, 하
결과	• 우리나라의 발전 현황을 어느 정도 알고 있는가?	상, 중, 하
정리	• 새로운 발전 방식을 도입해야 하는 이유를 알고 있는가?	상, 중, 하

5차시 366~367쪽



동기 유발을 위한 제안

태양열을 이용한 사례는 신문이나 텔레비전 방송 등에서 쉽게 접할 수 있다. 이러한 매체를 이용하면 학생들의 흥미를 유발할 수 있다.

예 2009년 EBS에서 방영된 <위대한 발명> 제1부
- “인도로 간 태양열 조리기”
(<http://home.ebs.co.kr/docuprime/>)

지도상의 유의점

- 태양열 집열판을 제작할 때는 모듈별로 역할을 분담하여 제작할 수 있도록 한다.
- 주위에서 쉽게 구할 수 있는 재료로 태양열 집열판을 만들 수 있으며, 학생들에게 환경 오염 문제와 에너지 절약, 그리고 태양 에너지 이용에 대한 개념을 이해시킨다.
- 태양열 집열판의 제작 시간을 줄이기 위해 이미 만들어진 제품을 사용하여 실험할 수 있다.
- 햇빛이 잘 드는 곳에서 실험해야 한다.

창의인성 활동의 이해

활동 5 태양열 집열판을 이용하여 물을 끓일 수 있을까?

목표

태양열 집열판을 이용하여 물을 끓여보고, 태양 에너지의 크기를 실감할 수 있다.

과정

- 상자의 안쪽에 알루미늄박을 붙여서 햇빛을 용기에 고르게 반사시키게 하고, 상자의 외부를 검은 종이로 감싸서 열을 잘 흡수하도록 한다.
- 거울과 같이 빛을 잘 반사시키도록 제작해야 한다.
- 가급적 금속 재질의 얇고 검은색 용기를 사용하고, 유리나 아크릴 판으로 상자를 덮는 것은 단열을 통하여 상자 내부의 온도를 유지시키기 위한 것이다.

창의인성

활동 5 태양열 집열판을 이용하여 물을 끓일 수 있을까?

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

실험, 토의

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

과정

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

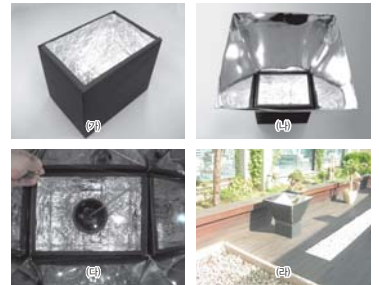


그림 16. 태양열 집열판을 만들어 물 끓이기

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

주의
• 햇빛이 잘 드는 곳에서 실험해야 한다.
• 단열을 잘 시켜야 한다.
• 물을 상자에 흘리지 않도록 하자.

정리

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

협동 같은 모듈끼리 역할을 분담하여 실험 가구를 제작한다. 그리고 다른 모듈의 의견을 잘 경청한다.

- 햇빛이 강하고 구름과 바람이 없는 맑은 날이 실험하기 좋은 조건이다.
- 날씨에 따라서 온도의 변화 정도가 많이 차이날 수 있으므로 실험을 할 수 있는 충분한 시간을 확보한다.

정리

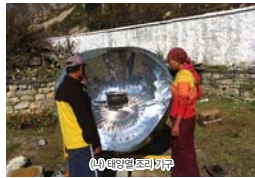
- 시간의 경과에 따라 온도 상승률이 줄어드는 것이다. 이는 집열판 내부의 온도가 상승하여 외부와의 온도 차가 커질수록 열이 새어나가는 속도가 빨라지기 때문이다.
- 유리판을 덮는 이유는 외부로 새어나가는 열량을 줄이기 위해서이다. 유리판을 덮으면 대류가 차단되고 온실 효과에 의해 집열판 내부 온도가 더 빨리 상승한다.
- 집열 상자의 표면이 흰색인 경우에는 주로 빛을 반사하고, 검은색인 경우에는 빛을 흡수한다. 따라서 집열 상자의 표면이 검은색일 경우가 온도 상승이 더 빠르다.
- 실험이 잘 되었을 경우 삶아졌을 것이다. 이용 예로는 태양열 집열판이나 발전기, 조리기 등이 대표적이다. 지붕에 태양열 집열판을 설치하면 난방비를 줄이고 온수를 사용할 수 있다.

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 댄감을 구하는 수고를 덜 수 있게 된다.



(가) 아프리카의 태양열을 이용한 취사



(나) 태양열 조리기구

▲ 그림 17. 태양열을 이용한 취사

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

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.

평가 기준표

활동 과정	평가 문항	점수
과정	<ul style="list-style-type: none"> • 온도 측정을 잘 하였는가? • 관찰 태도는 어떠한가? 	상, 중, 하
결과	<ul style="list-style-type: none"> • 원하는 실험 결과가 나왔는지, 그 이유는 무엇인지 설명할 수 있는가? 	상, 중, 하
정리	<ul style="list-style-type: none"> • 태양 에너지의 이용 예와 새로운 이용 분야를 발표하였는가? 	상, 중, 하

보충 자료

● 태양 에너지 이용

최근 화석 연료의 고갈, 지구 온난화 같은 환경 오염 문제가 심화되면서 대체 에너지 개발에 대한 관심이 집중되고 있다. 환경 오염이 없으며 무한한 이용이 가능한 대체 에너지로 태양 에너지에 대한 연구가 활발하다. 그림은 조리기로 많이 사용되고 있는 쉘플러 태양열 조리기이다.



▲ 쉘플러 조리기

● 태양 에너지의 근원

태양에서 일어나는 핵융합 반응에 의해 수소 원자들은 헬륨으로 변하며, 이 과정에서 질량 결손이 생긴다. 즉 핵융합 반응에 참여한 수소 원자들보다 헬륨 핵의 질량이 약간 작은 것이다. 이러한 질량 결손에 의해 방출되는 에너지가 전자기파의 형태로 퍼져 나가는 것이 태양 에너지라고 할 수 있다.

$$E = \Delta mc^2 \text{ (질량-에너지 등가의 원리)}$$

창의력 키우기

태양열 발전은 거울을 이용하여 햇빛을 한 곳에 집중시켜 물을 끓이고, 나머지 과정은 화력 발전 방식과 같다.

태양광 발전은 광전 효과를 이용하여 태양 전지판에 입사한 태양광의 에너지를 직접 전기 에너지로 바꾸는 방식으로, 많은 과학자들이 변환 효율을 더 높이려는 연구를 하고 있다. 두 가지 발전 방식은 설치 비용과 전력 생산량 같은 경제성 측면에서 아직까지는 효율성이 떨어지지만 기술 개발로 효율성이 증가되면 태양 에너지는 무한한 녹색 청정에너지로 환경 오염이나 에너지 고갈의 위험이 없는 에너지원이 될 것이다.

확인하기

1. 화석 연료는 지질 시대의 고생물이 땅속에 파묻혀 오랜 세월이 걸쳐 높은 열과 압력에 의해 만들어진 것이다.
2. 지구 상의 모든 동식물은 태양 에너지에 의한 식물의 광합성에 의해 에너지를 섭취하며, 화석 연료는 그 동식물의 사체가 오랜 세월 동안 변하여 생성된 것이므로 결국 그 근원은 태양 에너지라고 할 수 있다. 즉, 시대에 상관없이 지구 상의 모든 생명체는 태양 에너지 없이는 존재할 수 없다.
3. 인류의 문명은 화석 연료의 사용으로 급속히 발전하였다. 화석 연료를 에너지원으로 하는 열기관의 발명은 대량 생산, 대량 수송, 대량 소비 등 인류의 문명을 비약적으로 발전시키는 계기가 되었다.
4. 태양열이나 태양광 발전은 무한한 태양 에너지를 열이나 전기로 만들어 일상생활에 이용할 수 있는 좋은 방법이다. 그러나 태양 에너지를 직접 모아 이용하기에는 아직 해결해야 될 문제들이 많으므로 태양 에너지에서 전환된 바람, 유수, 파도 등 여러 다른 에너지원을 효과적으로 이용해야 된다.

3. 에너지 효율

6차시

368~370 쪽

도입(5분)	전개(40분)	정리(5분)
열효율의 개념	<ul style="list-style-type: none"> 열기관 활동 6: 실험 	이상적인 연료의 조건

★ 동기 유발을 위한 제안

- 들인 노력(input) 보다 많은 것(output) 을 얻고자 하는 인간의 욕망과 비유하여 열효율의 개념을 설명할 수도 있다.
- 오래전부터 영구 기관을 만들려고 했던 사람들 노력을 소개하고, 성공할 수 없었던 이유를 생각해 보도록 한다.

★ 지도상의 유의점

1. 열기관은 기체의 열팽창 현상을 이용한 것임을 알게 한다.
2. 여러 열기관의 열효율을 소개하고, 열기관에 공급한 에너지가 모두 동력을 얻는데 사용되지 않음을 이해시킨다.

★ 보충 자료

● 열팽창(Heat Expansion)

일반적으로 모든 물질은 온도가 높아지면 부피가 팽창하고, 온도가 낮아지면 부피가 감소한다. 온도가 상승하면 물체를 구성하는 분자들의 열운동이 활발해져 분자력에 의한 위치 에너지가 증가하면서 분자들 사이의 평균 거리가 멀어진다. 이 현상을 열팽창이라고 하며, 물질에 따라 팽창하는 정도가 달라진다.

● 열기관(Heat Engine)과 열효율(e)

열에너지를 역학적 에너지 즉, 일로 변환시키는 장치를 열기관이라고 한다. 영국의 제임스 와트는 열기관인 증기 기관을 개량하여 산업 혁명이 시작되는 데 큰 역할을 하였다. 그는 일률의 단위로 마력(HP)을 처음 사용하였다. 증기 기관의 발명으로 기차나 자동차가 나타나기 전에는 마차가 가장 빠르고 일반적인 이동 수단이었기 때문에 증기 기관이나 기차 등의 일률을 말의 능력에 비교하여 표시하는 단위로 사용된 것이 마력이다. 지금도 마력이라는 단위는 널리 사용되고 있다.

온도가 T_1 (K)인 고열원에서 Q_1 의 열을 흡수하여 외부에 W 의 일을 하고, 온도 T_2 (K)인 저열원으로 Q_2 의 열을 방출하는 열기관의 효율은 다음과 같다.

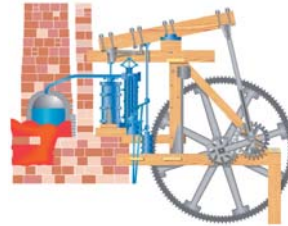
$$e = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

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

추을 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 열기관이라고 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.

열효율(e)
공급한 열량(Q)에 대해 일(W)로 전환된 양의 비율

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

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.

1824년 카르노는 아무리 이상적인 열기관이라 하더라도 열효율(e)에는 한계가 있으며, 이 기관의 열효율은 고열원(T_1)과 저열원(T_2)의 온도 차에 의해서만 결정된다는 것을 밝혀냈다.

$$e = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \leq 1 - \frac{T_2}{T_1} < 1$$

즉, 카르노 기관보다 더 효율이 높은

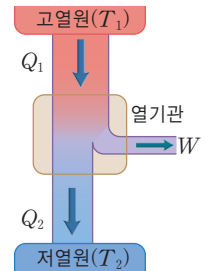
열기관은 만들 수 없으며, 열효율이 100%인 제 2종 영구 기관 역시 불가능하다.

● 일과 일률

1. 일(Work)

- ① 물체가 이동한 경우 물체에 가해진 힘은 일을 한다. 이때 힘과 물체의 이동 방향이 90° 이면 힘은 일을 한 것이 아니다.
- ② 힘이 셀수록 물체의 이동 거리가 길수록 일을 많이 한 것이다.

$$W = \vec{F} \cdot \vec{s} = F s \cos \theta$$



▲ 열기관 모형도

창의
인성

활동 6 여러 가지 연료의 연소열을 어떻게 비교할까?

목표 연료를 태울 때 발생하는 열량을 측정하여 연료의 연소열을 구할 수 있다.

실험

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 1g이 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 20

의 (가)와 같이 장치한 후 물의 온도를 측정하자.

2 그림 (나)와 같이 에탄올과 메탄올이 들어 있는 알

코올램프의 뚜껑을 덮은 상태로 질량을 측정하자.

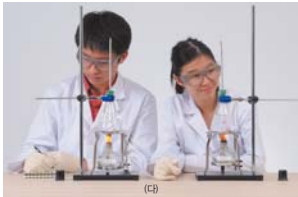
3 그림 (다)와 같이 양쪽 알코올램프에 불을 붙이고,

물이 끓을 때까지 걸리는 시간을 측정한다 다음 알코

올램프의 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. **창의·인성** 가장 이상적인 연료의 조건에 대해 토의해 보자.

정적 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.

3. 알코올램프에 불을 붙일 때 화재 등의 사고가 나지 않도록 주의 하며, 안전을 위해 반드시 장갑을 착용하고, 보안경을 쓰도록 한다.
4. 토의를 할 때는 상대방의 의견을 잘 경청하고 자신을 의견을 말할 수 있도록 한다.

정리

1. 에탄올의 연소열이 더 크다.
(에탄올: 29.7 kJ/g, 메탄올: 22.7 kJ/g)
2. 물이 끓을 때까지 걸리는 시간이 짧을수록 연소열이 더 큰 물질일 가능성이 크다. 그러나 시간보다는 연소된 연료의 질량이 작을수록 연소열이 더 큰 물질이다.
3. 연소열(kcal/mol): 수소 (68.3), 흑연 (94.1), 일산화탄소 (67.6), 메탄 (212.8), 프로판 (530.6), 아세틸렌 (310.6) 등이다.
4. 이상적인 연료의 조건은 다음과 같다.
 - 단위 질량당 연소열이 커야 한다.
 - 저장, 취급, 운반이 용이해야 한다.
 - 연기가 덜나고 오염 물질의 배출량이 적어야 한다.
 - 불붙기 쉽고 잘 타야 한다.
 - 가격이 저렴해야 한다.

실험 결과 작성 예시

연소의 종류	연료의 질량(g)			물의 온도(°C)			물이 흡수한 열량(J)	연료의 연소열(kJ/g)
	연소 전	연소 후	변화량	연소 전	연소 후	변화량		
에탄올								
메탄올								

열량은 물 1g의 온도를 1°C만큼 올리는데 필요한 열의 양으로 단위는 cal이나 J을 사용한다(1cal=4.2J). 물이 흡수한 열량은 다음의 식으로 구할 수 있다.(단, 물의 비열은 4.2 J/g°C).

$$\text{물이 흡수한 열량} = \text{물의 비열} \times \text{질량} \times \text{온도 변화}$$

평가 기준표

활동 과정	평가 문항	점수
과정	• 온도 측정을 잘 하였는가? • 관찰 태도는 어떠한가?	상, 중, 하
결과	• 연소열이 더 큰 물질을 바르게 선택하였는가?	상, 중, 하
정리	• 이상적인 연료의 조건에 대해 적극적으로 토의하고 있는가?	상, 중, 하

③ 일과 에너지의 기본 단위는 J이다.

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \times 1 \text{ m} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ kgm}^2/\text{s}^2$$

2. 일률(Power)

단위 시간(1초)당 물체에 가해진 힘이 하는 일의 양으로 일률의 기본 단위는 W(와트)이다. 일상생활에서는 마력(HP)이라는 단위도 많이 사용한다.

$$P = \frac{W}{t} \quad (1W = 1 \text{ J/s}, 1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}, 1 \text{ HP} = 735 \text{ W})$$

창의
인성

활동의 이해

활동 6 여러 가지 연료의 연소열을 어떻게 비교할까?

목표

- 연료를 태울 때 발생하는 열량을 측정하여 연료의 연소열을 구할 수 있다.

과정

1. 두 개의 삼각 플라스크에 정확히 같은 양의 물을 넣도록 한다.

☆ | 보충 자료 |

● 내부 에너지(Internal Energy)

모든 물질에는 여러 종류의 많은 양의 에너지가 감추어져 있다. 예를 들어 이 책을 구성하는 종이에도 분자들의 운동 에너지와 종이를 구성하는 분자들 사이의 상호 작용에 의한 위치 에너지가 들어 있다. 또 종이를 태울 때 열이 발생하는 사실에서도 알 수 있듯이 화학 에너지도 저장되어 있다. 이러한 에너지의 총합을 내부 에너지라고 한다. 즉, 어떤 계가 가지고 있는 모든 에너지를 의미한다. 내부 에너지를 구하는 것은 매우 까다로울 수 있으므로 어떤 계의 내부 에너지의 변화량만을 주로 취급한다. 열에너지는 분자들의 병진 운동 에너지의 합에 해당한다.

● 열소설

19세기 초까지도 뜨거운 물체에서 차가운 물체로 열이 이동하는 것은 마치 물처럼 흐르는 열소(caloric)라는 입자에 의한 것이며, 열소의 양은 보존된다고 생각하였다.

열은 열소라는 물질 입자의 모임이라고 생각하였으며, 다음과 같은 가설을 세워 열 현상을 설명하였다.

- ① 열소와 열소 사이에는 척력이 작용하고, 열소와 물질 사이에는 인력이 작용한다.
- ② 열소는 질량이 없는 물질로 열소가 물체에 들어가면 온도가 올라간다.
- ③ 열소를 많이 포함하고 있는 고온의 물체는 저온의 물체 쪽으로 열소를 빼앗기게 되어 열이 이동하며, 열평형 상태에 도달하면 열소의 이동이 중지된다.
- ④ 열소와 물질 사이의 결합력의 차이에 따라 물질의 비열이 달라진다.
- ⑤ 열소의 양은 보존되며 새로 생기거나 소멸되지 않는다.

● 일과 열

마찰에 의하여 발생하는 열은 열소설로 설명하기 어려운 현상 중의 하나이다. 두 물체를 마찰시킬 경우 두 물체 모두 온도가 상승하기 때문이다. 1798년 럼퍼드는 천공기로 대포의 포신에 구멍을 뚫는 작업을 할 때 포신의 온도가 계속 상승하는 것에 의하여 열소설에 오류가 있음을 밝혔다. 원시 시대부터 인간은 나무나 돌을 마찰시킬 때 발생하는 열을 이용하여 불을 얻을 수 있었다. 이 과정에서도 사람이 한 일과 발생한 마찰열 사이에는 비례 관계가 성립한다.

1843년 줄은 열의 일당량 측정 장치를 고안하여 중력에 의해

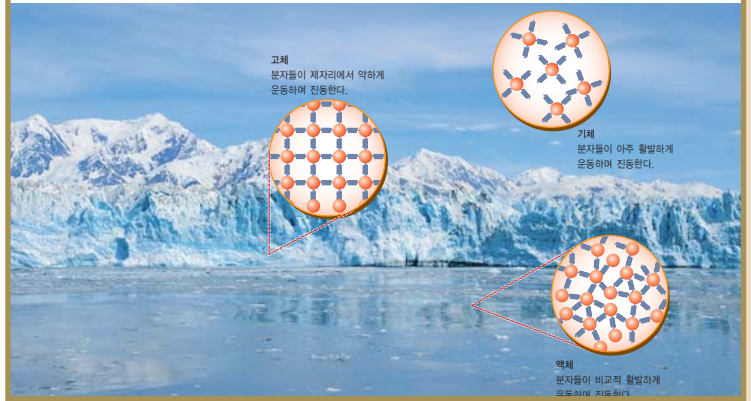
활동 6의 연소 과정에서 발생한 열은 삼각 플라스크의 온도를 높여 물로 전달되고, 일부는 공기 중으로 퍼져 나간다. 우리가 측정할 값은 물이 얻은 열량만을 측정할 것이므로 오차 요인이 있으며, 연소열이 큰 물질일수록 연료로서의 가치가 크다. 수소는 연소열이 가장 크기 때문에 미래의 에너지원으로 주목되고 있지만 실용화되기까지 해결해야 할 점이 많다.

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.

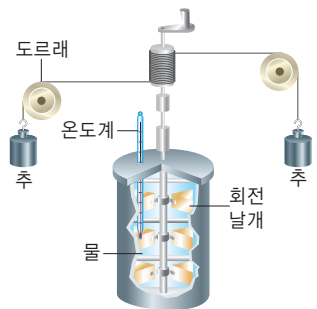
대부분의 물체들은 외부로부터 열을 흡수하면 온도가 올라가면서 부피가 커진다. 이는 물체를 구성하는 분자나 원자들의 운동이 활발해지기 때문인데 고체 분자들은 제자리에서 진동만 한다. 그러나 열을 받아 온도가 올라가면 진동이 더 활발해지므로 부피가 팽창하다가 이웃한 분자들에 더 이상 묶여 있지 않고, 자유롭게 무질서하게 운동을 하게 되어 액체나 기체로 상태가 변화해 된다.

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 에너지라고 한다.

▼ 그림 21 세 가지 상태에
서 분자들의 내부 운동



추가 낙하하면서 한 일과 열량계 속의 날개가 회전하면서 물과 마찰에 의해 발생한 열량을 측정하였다. 그는 추의 질량, 낙하 거리, 물의 양 등을 바꾸어 가면서 여러 번 실험한 결과 중력이 한 일과 마찰에 의해 발생한 열량이 비례한다는 것을 밝혔다.



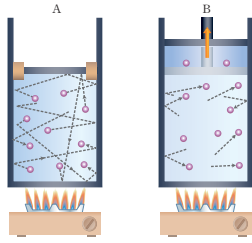
▲ 줄(joule, J. P., 1818~1889)

▲ 열의 일당량 측정

1 kcal = 4186 J ≃ 4200 J의 정량적 관계를 가지며, 이를 열의 일당량 $J = 4.2 \times 10^3 \text{ J/kcal}$ 이라고 한다.

또한, 줄은 폭포에서 떨어지는 물의 온도가 위쪽보다는 아래 쪽이 높을 것으로 예상하고 실제로 측정해 보았으나 오차 요인이 커서 실패하였다.

그림 22와 같이 부피가 같은 두 용기에 온도가 같은 기체를 넣고 똑같은 양의 열을 가하면 B 용기보다 A 용기의 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 22. 밀폐된 용기와 피스톤 용기의 내부 에너지

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.

리나 화석 연료를 사용하는 과정에서 발생하는 열에너지는 우리 생활에 여러 문제를 일으키는 원인이 되며, 환경적인 측면에서 생각해 볼 수 있도록 한다.

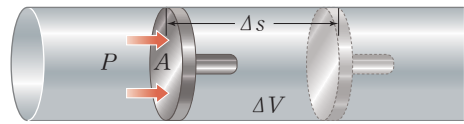
☆ | 보충 자료 |

- 압력: 단위 면적당 작용하는 힘을 압력이라고 한다.

$$P = \frac{F}{A} \text{ (단위: } 1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ Pa)}$$

- 기체가 하는 일

- ① 정적 변화: 기체의 부피를 일정하게 유지하면서 온도를 변화시키는 과정이다. $\rightarrow Q = \Delta U = \frac{3}{2}nR\Delta T$
- ② 등온 변화: 기체의 온도를 일정하게 유지하면서 부피가 변화하는 과정이다. $\rightarrow Q = W = P\Delta V$
- ③ 정압 변화: 기체의 압력을 일정하게 유지하면서 기체의 부피와 온도가 변화하는 과정이다. $\rightarrow Q = \Delta U + P\Delta V$
- ④ 단열 변화: 외부와 열의 출입이 없이 기체의 상태가 변하는 과정이다. (팽창: $\Delta V > 0$, 압축: $\Delta V < 0$)
(Q : 가해진 열량, ΔU : 내부 에너지의 변화량, W : 외부에 한 일, P : 기체의 압력, ΔV : 기체의 부피 변화량)



$$W = Fs = PA\Delta s = P\Delta V \quad (W = \int Fds = \int PdV)$$

- 열역학 제1법칙

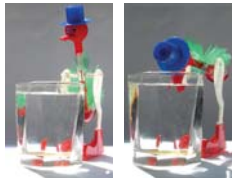
기체가 외부에 한 일의 양을 W , 내부 에너지의 증가량을 ΔU 라 하면, 외부에서 기체에 가한 열량은 다음과 같다.

$$Q = \Delta U + W = \Delta U + P\Delta V$$

- ① 열역학 제1법칙은 에너지 보존 법칙의 또 다른 표현이다.
- ② 정압 비열을 측정하는 교과서 그림 22의 실험과 같이 열 현상(Q)과 역학적 현상(W)이 동시에 발생하더라도, 이 과정에 관련된 모든 에너지의 합은 일정하게 보존된다.

과학 마당 | 물 먹는 새

물을 먹는 것처럼 까먹거리는 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 무게가 같아지면서 무거운 꼬리 쪽이 다시 내려간다. 즉, 물 먹는 새 내부의 에테르 용액이 외부 온도 변화와 압력 차이에 의해 밀려 나가고, 그에 따라 무게 중심이 이동하면서 까먹거리는 것이다. 이것은 증발 현상을 이용한 것으로 태양 에너지를 사용하는 것이지만 무한 동력의 원리가 구현된 것은 아니다.



▲ 그림 23. 물 먹는 새의 움직임

7차시

371~375 쪽

도입(5분)	전개(35분)	정리(10분)
일과 열의 차이	열역학의 법칙	내용 정리 및 정리 확인 학습

☆ | 동기 유발을 위한 제안 |

- 열역학의 기원이 증기 기관의 발명에 따른 산업 혁명과 밀접한 관련이 있음을 역사적 사건을 통하여 제시한다.
- 화석 연료를 사용하는 과정에서 발생하는 열에너지가 우리의 생활에 어떤 영향을 미치는지 발표해 보게 한다.

☆ | 지도상의 유의점 |

1. 증기 기관과 같은 열기관의 효율을 높이기 위해 연구하는 과정에서 열역학이 발달하였다. 그리고 열을 이용하여 역학적인 일을 하는 열기관은 인간의 육체 노동을 대신하였으며, 열도 에너지의 한 형태라는 것이 밝혀지게 되었음을 지도한다.
2. 화석 연료의 사용은 인류의 문명을 발전시킨 원동력이다. 그

과학 마당

물 먹는 새

컵에 담긴 물이 증발하여 없어지면 물 먹는 새는 동작을 중지한다. 따라서 다시 컵을 물로 채워주어야 하며, 이 과정에서 일을 해주어야 한다. 따라서 물먹는 새가 에너지 공급 없이 계속 까딱거릴 수는 없다.

☆ | 보충 자료 |

● 열역학 제2법칙

- ① 엔트로피 증가의 법칙: 자연 현상은 항상 확률이 큰 쪽, 무질서도(엔트로피)가 증가하는 방향으로만 일어난다. 즉, 자연 현상의 방향성(비가역성)에 대한 설명이 열역학 제2법칙이다.
- ② 켈빈-플랑크의 정의: 역학적인 일은 전부 열로 바꿀 수 있으나, 열을 전부 일로 바꾸는 것은 불가능하다. 즉, 열효율이 100%인 열기관(제2종 영구기관)은 만들 수 없다.
- ③ 클라우지우스의 정의: 열은 스스로 저온의 물체에서 고온의 물체로 이동할 수 없다.

● 영구 기관

- ① 제1종 영구 기관: 외부로부터 에너지 공급 없이 계속 일을 할 수 있는 기관으로 열역학 제1법칙인 에너지 보존 법칙에 위배되어 만들 수 없다. $Q = \Delta U + W$ 에서 $Q = 0$ 이면 $W = \infty$ 인 기관으로 $\Delta U = -\infty$ 일 수는 없기 때문이다. 즉, 외부에 일을 한 만큼 그 계의 내부 에너지는 감소하므로 외부에서 에너지를 공급받지 않고 계속 일을 할 수 있는 영구 기관은 없다.
- ② 제2종 영구 기관: 열효율이 100%인 기관으로 열을 전부 일로 바꾸는 기관이다. 열역학 제2법칙에 위배되므로 만들 수 없다.

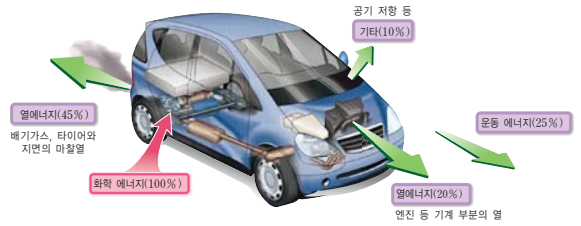
● 열기관의 열효율

열효율이 1보다 큰 기관(제1종 영구 기관)은 에너지를 창조한다는 의미이므로 열역학 제1법칙과 모순이 되고, 열효율이 1인 기관(제2종 영구 기관)은 열역학 제2법칙에 위배된다. 예로부터 많은 사람들이 다양하고 기발한 생각들을 동원하여 시도했으나 모두 실패하였다.

카르노는 두 열원 사이에서 작동하는 가장 이상적인 열기관(카르노 기관)의 효율은 두 열원의 온도 차에 의해 결정된다는 것을 밝혔다. 실제로 우리가 사용하는 열기관은 마찰이나 외부로의 열손실 때문에 카르노 기관의 효율보다도 훨씬 작다.

열기관	열효율(%)
증기 기관	7~15
증기 터빈	15~28.8
가솔린 기관	15~28
디젤 기관	30~38

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 에너지 바뀔 뿐 보존되지만, 외부로 확산된 열에너지를 다시 회수하여 사용할 수는 없다. 이와 같이 자연 현상은 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 무질서해지는 방향으로만 일어난다는 것으로 1865년 클라우지우스에 의해 도입된 개념이다.

- 물음** 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.

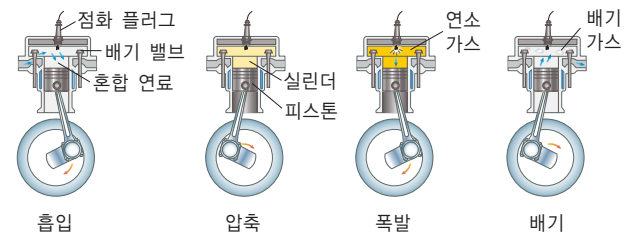
우리는 화석 연료를 연소시킬 때 나오는 열에너지를 이용하여 난방이나 취사를 한다. 이 열에너지를 이용하여 발전기를 돌리면 전기 에너지로 바꿀 수도 있고, 열기관에 의해 자동차의 운동 에너지로 바꿀 수도 있다. 그러나 이러한 화석 연료를 이용하여 에너지를 만들거나 사용하는 과정에서 우리가 원하지 않는 열에너지가 방출된다.

물음 (1)
$$e = \frac{W}{Q} = \frac{\text{외부에 한 일}}{\text{외부로부터 받은 열량}} = \frac{20 \text{ J}}{100 \text{ J}} \times 100\% = 20\%$$

(2) 에너지 보존 법칙에 의해 에너지의 총량에는 변함이 없다. 일을 하는데 사용되지 않은 나머지 열은 없어진 것이 아니라 전환 과정에서 공기 중으로 퍼져 나간 것이다.

● 가솔린 기관의 작동 과정

주로 자동차 엔진으로 사용되는 가솔린 기관은 흡입 → 압축 → 폭발 → 배기의 4행정을 반복하면서 외부에 일을 한다. 그림의 4행정 중에서 가솔린 기관이 실제로 외부에 일을 하는 행정은 폭발 행정이다.



심화 더 알아보기

● 에너지는 무한정 사용할 수 있을까?

1. 열평형과 엔트로피

온도가 $T_A > T_B$ 인 두 열원(물체) A, B가 접촉하여 열적 평형 상태에 도달하는 경우 다음과 같은 설명이 가능하다.

- ① 열평형 온도 T 는 $T_A > T > T_B$ 이다.
- ② 열은 항상 온도가 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 이동하므로 물체 A는 열을 잃고, 물체 B는 열을 얻는다.
- ③ 이때 물체 A가 잃은 열량 Q_A 와 물체 B가 얻은 열량 Q_B 는 에너지 보존 법칙(열역학 제1법칙)에 의해 서로 같다.
- ④ 두 물체 사이에 주고받은 열량 $Q = Q_A = Q_B$ 이므로 물체 A

의 엔트로피 감소량은 $\Delta S_A = \frac{-Q_A}{T_A}$ 이고, 물체 B의 엔트로피

증가량은 $\Delta S_B = \frac{Q_B}{T_B}$ 이므로 계의 엔트로피 변화량은

$$\Delta S = Q \left(\frac{1}{T_B} - \frac{1}{T_A} \right) > 0 \text{이다.}$$

- ⑤ 즉, 열평형에 도달하는 과정에서 계의 엔트로피는 증가한다는 것이 열역학 제2법칙이다.

2. 엔트로피와 무질서도

우리의 주변에서 관찰되는 대부분의 현상들은 한쪽 방향으로만 진행하며, 이에 대한 설명이 열역학 제2법칙이다. 물질과 에너지는 사용할 수 있는 상태에서 사용할 수 없는 형태로, 질서 있는 상태에서 무질서한 상태로만 진행된다는 것을 우리는 엔트로피가 증가하는 방향으로 자연 현상이 일어난다고 표현한다.

생명 현상을 유지하기 위해서는 에너지가 필요하며 모든 생명체는 살아가는 과정에서 엔트로피를 증가시키게 된다. 문명의 발전과 더불어 먹이 사슬의 정점에 위치한 인간은 더욱 더 많은 양의 에너지를 사용하게 되고 엔트로피의 증가를 가속화시켜 왔다.

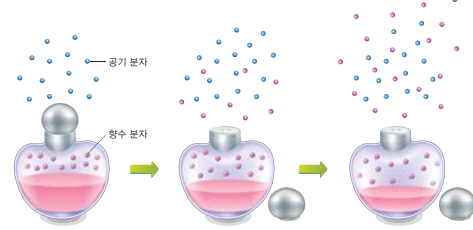
엔트로피를 무질서도라고도 하는데, 예를 들어 잉크 방울이 한 쪽에 모여 있는 것이 확산되어 골고루 퍼져있는 상태보다 더 질서 있는 것이다.



▲ 잉크의 확산

공기 중의 산소와 질소가 섞여 있는 것보다는 따로 분리되어

에너지는 무한정 사용할 수 있을까?



항수병을 열어 놓으면 증발한 항수가 방 안 골고루 퍼져 나가고, 컵이 깨지면 조각조각 흩어진다. 그러나 방 안에 흩어진 항수 분자들이 다시 병으로 들어가 모이거나, 깨진 컵 조각들이 다시 저절로 붙어 컵이 되지는 않는다. 작은 항수병 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. 항수의 확산과 깨진 컵의 엔트로피 증가



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

있는 것이 더 질서 있는 것이다. 즉, 자연에서 일어날 확률이 큰 쪽보다 작은 쪽이 엔트로피가 작은 상태로 더 질서 있는 것이다.

3. 가역 현상과 비가역 현상

실에 매단 추를 가만히 놓으면 진동을 시작한다. 추에 작용하는 공기 저항과 실을 매단 점에서의 마찰을 무시하면 추는 영원히 진동할 것이다. 이와 같이 물체가 외부에 어떠한 영향도 남기지 않고 처음의 상태로 되돌아가는 현상을 가역 현상이라고 한다.

그러나 추는 마찰과 공기 저항에 의해 결국은 정지하며, 추는 처음의 운동 상태로 되돌아갈 수 없다. 이와 같이 한쪽 방향으로만 진행되는 현상을 비가역 현상이라고 한다.

4. 열역학 제2법칙(엔트로피의 증가 법칙)

자연에서 일어나는 변화의 방향성(비가역성)에 대한 설명으로 자연 현상이 일어날 확률이 작은 쪽에서 큰 쪽으로 진행된다는 의미이다. 예를 들어 방안에 퍼져 있는 항수 분자들이 다시 항수병 안으로 모두 들어간다가거나, 여름에 연못의 물이 언다든지 하는 일이 일어날 수도 있으나 확률적으로 너무 작다는 의미이다.

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?
59%

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.

화학 에너지를 흡수하여 역학적인 일을 하고 나머지는 외부로 열을 방출하는 과정이 서로 유사하다.
(연료 = 식품, 피스톤 = 근육 등)

화석 연료

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

고체인 석탄은 먼지가 날리고 연소 후 재가 남는 등 액체인 석유보다 다루기 힘들고 불편하기 때문이다.

에너지 효율

(1) LED등을 사용하면 같은 밝기의 백열등에 비해 전기 요금을 80%, 형광등에 비해서는 20% 가량을 아낄 수 있다. 이는 전기 에너지를 빛에너지로 변환하는 효율이 백열등이 가장 낮고, LED등이 가장 크기 때문이다.
(2) LED 조명의 수명은 평균 10년으로 백열등의 20배, 형광등보다는 3배 이상 길다. 그러나 가격이 형광등의 3배 정도로 비싸다는 것이 단점이다. 이는 기술이 더 발전하고 대량 생산 체제가 확립 되면 극복할 수 있는 문제이다.

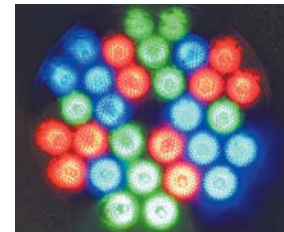
4. 그림은 백열등, 형광등, LED등을 나타낸 것이다. 물음에 답하라.



(가) 백열등



(나) 형광등



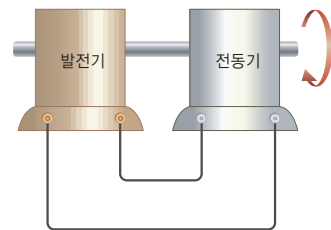
(다) LED등

- (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.”



열역학 제2법칙에 의해 발전기에서는 운동 에너지가 100% 전기 에너지로 바뀔 수 없고, 전동기에서는 전기 에너지가 100%운동 에너지로 바뀔 수 없다. 따라서 이 장치는 금방 멈추어 버리게 된다.

2 / 탄소 순환과 기후 변화

★ | 중단원의 지도 방향 |

1. 태양 복사 에너지가 지구에 도달하여 물과 공기 및 지표에 흡수되면 지구의 다양한 기상 현상을 일으키며, 식물의 광합성 과정에 의해 식물과 동물의 에너지원으로 저장됨을 이해하게 한다.
2. 지구의 오랜 역사를 통해서 화석 연료가 만들어진 것을 알게 한다.
3. 화석 연료의 사용을 산화와 환원 과정으로 이해한다. 그리고 화석 연료의 과다 사용에 따른 지구 온난화와 기후 변화를 이해하며, 이에 따른 피해의 심각성을 인식하게 한다. 더불어 이러한 현상의 해결 방안을 생각해 보게 한다.



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

학생들에게 인간의 온실 가스 사용에 의한 지구 온난화와 이에 의한 지구 환경 변화를 이야기 해 보도록 하고, 엘니뇨와 라니냐와 같은 전 지구적인 이상 기상 현상에 대해 조사해 보도록 한다. 교과서 384쪽의 엘니뇨에 해당하는 내용과 교과서 396쪽의 지구 온난화에 따른 기후 변화와 이에 해당하는 지도서의 내용을 참고하도록 한다.

★ | 오개념 유형 |

● 파도가 해류라고 생각한다.

학생들은 파도와 해류를 혼동하는 경우가 있다. 해류는 일정한 바닷물의 흐름이고 파도는 흐르지 않는다고 이야기해도 실제로 학생들이 경험한 해수욕장의 파도는 제자리에서 진동하는 것이 아니라 학생들의 몸을 움직이게 한다. 따라서 파도는 내 몸을 움직이게 하므로 흐른다고 생각하기 쉽다. 바른 개념을 이야기하도록 한다.

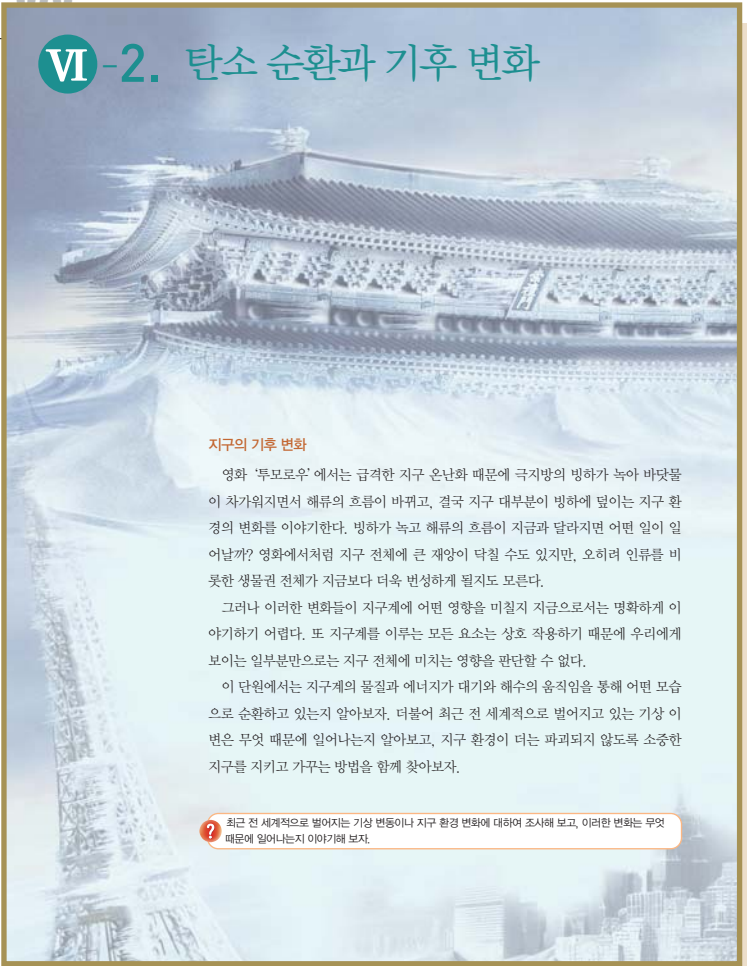
● 온실 기체에 의한 지구 온난화를 사실이 아니라고 생각한다.

영국의 BBC 방송사에서는 다큐멘터리 프로그램을 통해 지구 온난화가 과장되었다는 프로그램을 방송한 적이 있다. 그러나 대부분의 과학자들은 지구 온난화의 원인을 온실 기체로 생각하고 있으며, 국제적인 조사 및 각종 과학 학회에서도 온실 기체를 지구 온난화의 주요 원인으로 발표하고 있다.

● 지구 온난화가 자신의 삶과 무관하다고 생각한다.

지구 온난화는 실제 상황이며, 이는 여러 가지 현상을 일으킨다. 지구의 온도가 상승하면 더 강한 태풍이 올 수 있고 강수의

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 지금로서는 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 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.

형태가 변해 홍수와 가뭄 지역이 달라질 수 있다. 실제로 동해안의 해수면이 상승하고 있고 우리나라의 기후는 아열대로 변하고 있다. 농작물의 분포 역시 지구 온난화와 함께 달라지고 있다.

📖 주요 과학 용어

- 태양 복사(太 擘, 陽 擘, 輻 巴 擘 擘, 射 擘, solar radiation)
- 기후(氣 擘 擘, 候 擘 擘, climate)
- 해류(海 擘 擘, 流 擘 擘, current)
- 광합성(光 擘 擘, 擘 擘 擘 擘, 擘 擘 擘, photosynthesis)
- 산화, 환원(酸 擘 擘, 化 擘 擘, 擘 擘 擘 擘, 擘 擘 擘, oxidation-reduction)
- 온실 효과(溫 擘 擘 擘, 擘 擘 擘, 擘 擘 擘, 擘 擘 擘, greenhouse effect)

📖 참고 자료

- 소철섭 외, 지구 환경 과학 개론, 시그마프레스
- 변희룡, 일상 생활의 기상학, 시그마프레스
- 바이세트, 일반 기후학 개론, 한울아카데미
- 젊은 지구과학 모임, 일곱 빛깔 지구과학, 두일넷
- 사이언스 올: <http://www.scienceall.com/>

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 순환의 일부이다.

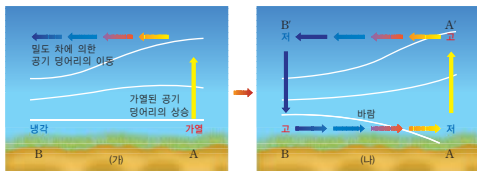


▲ 그림 28. 햇무리

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

보충 자료

● 편서풍

편서풍은 위도 30°와 60° 사이의 중위도 지역에서 서쪽에서 동쪽으로 부는 바람이며, 북반구에서는 남서쪽에서, 남반구에서는 북서쪽에서 불어온다. 편서풍은 무역풍과 함께 초기 유럽의 항해 선박을 위한 왕복 항로에 이용되었다. 편서풍은 지역에 따라 부분적으로 강하거나 약하게 부는데, 특히 남반구는 북반구보다 중위도 지역에 육지가 적기 때문에 마찰이 줄어들어 바람이 더 강하게 분다. 편서풍은 위도 40°~50° 사이에서 가장 강하다.

● 햇무리

우리는 태양이나 달, 또는 가로등과 같이 강한 빛 주위에 생긴 둥그란 고리처럼 보이는 일종의 광학 현상이다. 햇무리는 작은 얼음 결정으로 이루어진 입자에 빛이 반사되거나 굴절되면서 생기는 현상이다. 이때 얼음 결정은 보통 권운의 입자이거나 추운 날씨에 생긴 안개인 경우가 많다. 햇무리와 달무리는 기상학이 발달하기 이전부터 날씨를 예측하는 데 쓰였고, 우리나라에도 ‘햇무리나 달무리가 지면 비가 온다.’는 속담이 있다.

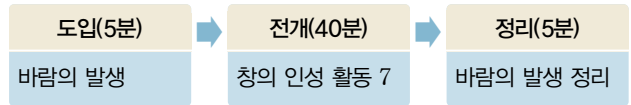
1. 지구의 에너지 순환

☆ | 소단원의 학습 목표 |

1. 지구의 에너지 순환 과정인 대기와 해양의 순환을 설명할 수 있다.
2. 대기와 해양의 상호 작용의 변화는 지구 전체의 기후에 영향을 줄 수 있음을 설명할 수 있다.

▶ 8차시

377~379 쪽



☆ | 동기 유발을 위한 제안 |

일기 예보가 없던 시절에는 날씨를 어떻게 예측했을까? 서쪽 하늘의 햇무리와 마찬가지로 다음과 같은 날씨와 관련된 여러 속담을 활용하여 학생들의 흥미를 유발한다.

- 아침 무지개는 비 올 징조, 저녁 무지개는 맑을 징조
무지개는 수증기나 빗방울이 햇빛에 굴절되어 나타나는 현상이고, 항상 태양의 반대쪽에 나타난다. 아침 무지개는 서쪽에, 저녁 무지개는 동쪽에 수증기나 빗방울이 많다는 뜻이다. 우리나라의 기상은 서쪽에서 동쪽으로 이동하므로 아침 무지개가 서쪽에 나타난다면 오후에는 비가 올 수 있다. 또한, 저녁 무지개는 여름철 맑은 날씨가 계속될 징조로 볼 수 있다.
- 아침 노을은 비, 저녁 노을은 맑음
노을은 수증기가 미세 먼지와 함께 햇빛이 산란되어 생기는 현상이다. 저녁 노을은 서쪽 하늘에 먼지가 많은 것으로 서쪽이 맑음을 알 수 있고, 이는 다음 날의 날씨가 맑을 징조이다. 한편, 아침 노을을 비 등의 악천후로 예상하는 것은 무리가 있다.
- 겨울이 따뜻하고 봄이 추우면 흉년이 든다.
겨울이 따뜻하면 보리가 웃자라게 되는데 웃자란 보리는 추위에 약해진다. 따라서 봄 날씨가 추워지면 보리가 동사하는 경우가 많아 흉년이 든다는 뜻이다.

☆ | 지도상의 유의점 |

학생들은 지구가 둥글다는 점은 잘 알고 있지만 지구가 둥글기 때문에 나타나는 현상을 이해하는데 어려움을 겪는다. 태양 복사 에너지 흡수량 등을 이해하는 데는 공간적인 개념이 있어야 하기 때문이다. 학생들이 공간적인 개념을 어려워 한다는 점을 생각하고 지도하도록 한다.

창의 인성 **활동의 이해**

활동 7 태양 복사 에너지 흡수량은 무엇에 따라 달라질까?

목표

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

원리

- 햇빛을 수직으로 받는 면과 비스듬히 받는 면은 같은 면적당 흡수되는 태양 복사 에너지의 양이 다르다. 따라서 시간이 지나면 온도가 달라지는 것을 측정할 수 있다.

과정

- 그림 30과 같이 두 개의 나무판에 온도계를 놓고 등근 부분을 검은색 테이프로 고정시킨다.
- 온도계가 부착된 나무판 한 개는 햇빛에 수직으로 다른 하나는 햇빛에 비스듬히 놓은 후 온도를 측정한다.

정리

온도 (°C)	시간	2분	4분	6분	8분	10분	12분	14분	16분	18분	20분
수직인 나무판		24.0	24.5	25.0	25.5	25.9	26.5	26.9	27.4	27.8	28.2
비스듬한 나무판		24.0	24.3	24.6	24.9	25.2	25.5	25.9	26.2	26.5	26.8

- 햇빛에 수직인 나무판과 비스듬한 나무판은 태양 복사 에너지를 흡수하는 정도가 다르다. 햇빛에 수직인 나무판에 입사하는 태양 복사 에너지가 많으므로 시간이 흐르면 햇빛에 수직인 나무판의 온도가 비스듬한 나무판의 온도보다 더 높아진다.

한편, 두 나무판 모두 온도가 어느 정도 올라가다가 더 이상 올라가지 않는 평형 상태에 도달하게 된다. 이때 평형 상태의 온도 또한 햇빛에 수직인 나무판이 더 높다.

결론

- 이 실험을 지구와 비교하면 햇빛을 수직으로 받는 지구의 적도 지역은 온도가 높고, 비스듬히 받는 극 지역은 온도가 낮은 까닭을 알 수 있다. 그리고 실험에서 시간이 흐르면 온도가 더 이상 올라가지 않는데, 이때는 나무판에 들어오는 에너지와 나무판이 방출하는 에너지가 평형을 이루기 때문이다. 평형을 이루는 온도는 햇빛을 수직으로 받는 쪽이 높으므로, 지구는 복사 평형을 이루며 적도 지역이 극 지역보다 복사 평형을 이룰 때의 온도가 더 높다는 것을 알 수 있다.

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 지역마다 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.

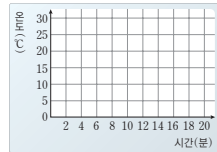


▲ 그림 30. 태양 복사 에너지 흡수량 알아보기

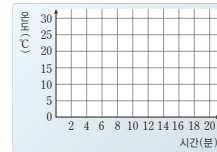
온도 (°C)	시간	2분	4분	6분	8분	10분	12분	14분	16분	18분	20분
태양 빛에 수직인 나무판											
태양 빛에 비스듬한 나무판											

정리

- 1 측정된 온도를 각각 그래프로 그려서 비교해 보자.



30a 태양 빛에 수직인 나무판



30b 태양 빛에 비스듬한 나무판

정적 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.

보충 자료

● 흑체

흑체는 자신에게 입사되는 모든 전자기파를 100% 흡수하는, 즉 반사율이 0인 가상의 물체이다. 모든 빛을 흡수한다는 가정에서 검은 물체라는 뜻의 이름이 붙었지만 이상적인 흑체도 실제로는 전자기파를 복사하므로 완전히 검은 것은 아니다.

흑체라는 개념은 1862년에 키르히호프가 처음 사용했으며, 흑체가 에너지를 방출하는 것을 흑체 복사라고 한다. 이상적인 흑체는 실존하지 않지만 비슷한 물질은 존재하며, 실험용으로 쓰이는 흑체는 내부가 검은 상자에 공동을 만들고 작은 구멍을 뚫은 것이다. 이 구멍으로 들어간 빛은 다시 그 구멍으로 나오기 힘들기 때문에 그 빛의 에너지는 대부분 공동 안에 흡수된다.

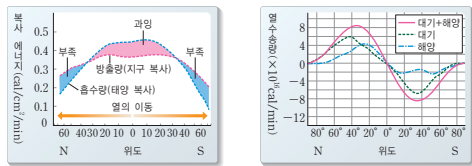
● 지구 복사 에너지

지구가 우주 공간을 향하여 방출하는 복사이며, 지구의 평균 온도는 약 288 K이므로 대부분 적외선 형태이다. 이 에너지는 지구 대기의 대순환이나 해류의 운동 등 지구의 상태를 동일한 상태로 유지하는 중요한 작용을 한다.



▲ 그림 31_ 위도에 따른 태양 복사 에너지 도달량의 차이

지구는 구형이며 지구의 자전축은 기울어져 있기 때문에 위도와 계절에 따라 태양의 고도가 달라지며, 지역적으로 에너지 평행이 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.



▲ 그림 32_ 위도에 따른 지표의 열 흡입량과 열 손실량

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

핵심 학습
지구 복사 에너지 > 395쪽

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



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

☆ | 보충 자료 |

● 태양 복사 에너지



▲ 태양

태양 복사 에너지는 태양에서 방출되는 복사 에너지로 핵융합 반응에 의해 생성된다. 태양의 복사 스펙트럼은 5,800 K 흑체의 스펙트럼과 비슷하다. 전자기 스펙트럼의

절반 정도가 파장이 짧은 가시광선 영역이고 나머지 절반은 대부분 적외선 영역이며, 일부는 자외선 영역이다.

태양 복사 에너지는 지구의 주요 에너지원이다. 태양의 직사 광선을 통해 단위 면적에 축적되는 에너지의 양을 태양 상수라고 하는데, 1 AU의 거리에서 1 m²당 1368 W이다. 지구 표면에 도달하는 에너지는 지구의 대기에 의해 약해져 맑은 하늘에 태양이 머리 위에서 비출 때 1 m²당 1000 W 정도가 된다. 이 에너지는 여러 자연적인 합성을 통해 동력으로 변환될 수 있다.

● 일사량

일사량은 태양으로부터 오는 태양 복사 에너지가 지표에 도달하는 양을 말한다. 일사량은 태양 광선에 수직으로 놓은 1 cm² 면적에 1분 동안 복사되는 에너지의 양을 측정함으로써 알 수 있다. 우리나라에서 일사량은 하루 중에는 태양이 남중할 때, 1년 중에는 하지(6월 22일경)에 최대가 되는데, 이는 태양의 고도가 높으므로 지표면에 도달하기까지 통과하는 대기의 두께가 얇기 때문이다. 즉, 태양의 고도가 높을수록 일사량 또한 증가하며, 태양이 천정에 위치할 때 일사량은 최대가 된다. 따라서 적도 지방에서는 춘분(3월 23일경)과 추분(9월 23일경) 정오에 일사량이 최대가 된다.

● 태양 상수

태양 상수는 지구 대기의 바깥 표면에서 평면에 대해 수직으로 들어오는 광선을 측정할 단위 면적당 태양 복사 에너지의 양이다. 태양 상수는 가시광선뿐만 아니라 태양 복사의 모든 종류를 포함한다. 비록 태양으로부터 지구까지의 거리가 변하기 때문에 1년 동안 6.9% 정도의 차이가 있기는 하지만, 일반적으로 인공위성에서는 단위 면적당 약 1366 W로 측정된다. 따라서 지구 전체에 대해 그 에너지는 1.740 × 10¹⁷ W(약 3.5%의 오차) 정도이다.

태양 상수는 긴 시간 주기에 걸쳐 보면 상수가 아니다. 근사 평균값 1368 W/m²는 분당, cm²당 1.96 cal와 같은 값이다. 지구가 받는 총 복사 에너지량은 단면적(πR²)에 의해 결정되며, 지구가 자전함에 따라 이 에너지는 완전한 표면적(4πR²)에 분배된다. 그러나 태양 복사 에너지의 입사 각도는 위도에 따라 다르고 행성의 절반은 어떤 태양 복사도 받지 않기 때문에 평균적으로 흡수하는 태양 복사 에너지는 태양 상수의 1/4(약 342 W/m²)밖에 되지 않는다. 한편, 태양이 방출하는 복사 에너지량은 지구에서 측정되는 양의 20억 배 정도이다.



태양과 지구의 모양이 동글다는 사실만을 바탕으로 지구 대기 순환의 모습을 생각해 보면 교과서 380쪽의 그림 33과 같은 단일 세포 순환을 할 것이다. 그러나 지구는 자전을 하기 때문에 지구 대기는 단일 세포가 아니라 여러 개의 세포로 순환하고 있다. 또한, 대기 세포들은 단순히 남북 방향의 순환만 하는 것이 아니라 지구의 자전에 의해 동서 방향으로도 순환이 일어난다.

9차시

380~382쪽

도입(5분)	전개(40분)	정리(5분)
지구의 열 순환	<ul style="list-style-type: none"> 대기의 순환 해양의 순환 	대기와 해양의 순환 정리

★ | 동기 유발을 위한 제안 |

● 전 지구 상의 바람과 해류는 어떻게 움직이고 있을까? 봄철에 불어오는 황사는 왜 매년 반복되고, 바닷가에 던진 병 속의 편지가 바다 건너 다른 지역에 건너갈 수 있는 이유는 무엇일까? 학생들에게 이러한 질문을 던져 흥미를 유발하도록 한다.

☆ | 지도상의 유의점 |

대기와 해류는 지구 상의 열을 순환시키는 역할을 한다. 학생들이 단순히 대기 모형과 해류의 종류를 암기하기보다는 이러한 작용이 일어나는 원리와 의미를 생각할 수 있도록 지도한다.

1 | 해들리 순환 |

지표가 균질하고 지구가 자전하지 않을 때의 대기 남북 순환으로, 적도에서 가열된 공기는 자오선을 따라 극으로 이동하고 극에서 가라앉은 공기는 다시 지표면을 따라 적도로 이동한다.

2 | 페렐 순환 |

극지방에서는 차가운 공기가 하강하여 지표면을 따라 적도로 향하게 되고 이 공기가 30°N 부근에서 북상한 공기와 60°N 부근에서 만나 다시 상승한다. 이때 상승한 공기는 상공에서 일부는 적도 쪽으로, 나머지는 극 쪽으로 향한다. 이처럼 30°N~60°N에 하나의 세포가 형성되는데, 이를 페렐 순환이라고 한다. 중위도 고압대에서 지표로 하강한 공기의 일부는 위도 60° 부근에 위치한 한대 전선대 쪽으로 올라가는데, 전향력에 의하여 오른쪽으로 편향되므로 지상에 편서풍을 형성한다. 편서풍을 따라 고위도 쪽으로 올라온 따뜻한 공기는 한대 전선대에서 찬 공기를 만나 상승 기류를 형성하면서 저압대를 이룬다. 이때 상승한 공기의 일부는 대기 상층에서 다시 저위도로 이동하며 하나의 순환 세포를 형성한다.

☆ | 보충 자료 |

- 대기 순환에 따른 기압 분포
- 1. 적도 수렴대(열대 수렴대)
 - 지표의 가열로 상승 기류가 형성되어 저기압이 발생하므로 공기가 수렴한다.

대기의 순환



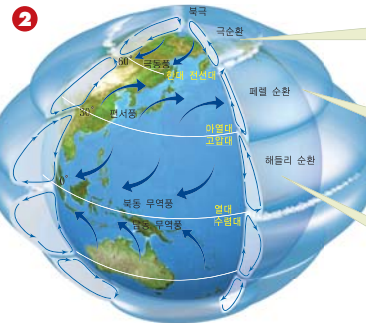
▲ 그림 33. 단일 세포 순환 모형

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 헬리가 처음 제안하고 1735년에 헤들리가 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 덮어 있다면 저위도 지역의 따뜻한 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

극지방의 냉각된 공기는 하강하여 지표를 따라 중위도 지방으로 이동하면서 극동풍을 형성한다.

적도에서 상승한 공기는 위도 20~30°에서 하강하고, 극지방에서 내려오는 찬 공기는 위도 50~70°에서 상승한다. 지방에서는 북동쪽으로 부는 편서풍이 형성된다.

적도 지방의 가열된 공기는 상승하여 상공에서 중위도 지방까지 이동하다가 하강한다. 이때 지방에서는 적도 지방의 공기를 보충하기 위해 남서풍으로 부는 무역풍이 형성된다.

그림 34에서 적도 지방에서 상승한 공기가 위도 30° 부근에서 하강하여 다시 적도로 되돌아오는 열대류 순환을 해들리 순환이라고 하며, 위도 60° 부근과 극지방 사이의 순환을 페렐 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.

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

- 기압 경도력이 약해 바람이 없는 경우도 있어 적도 무풍대라고도 한다.



▲ 적도 수렴대의 구름

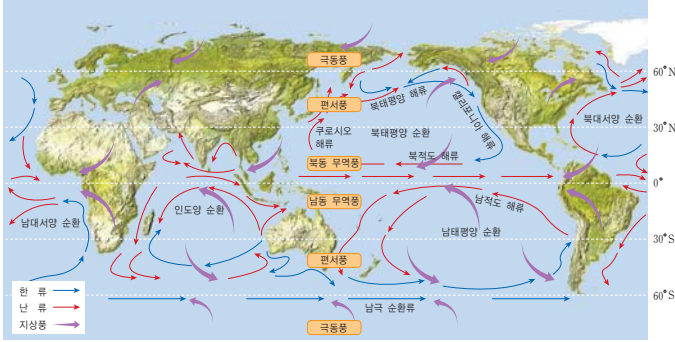
2. 아열대 고압대 (중위도 고압대): 적도에서 상승한 공기는 위도 30° 지역에 이르면 냉각되어 밀도가 커지므로 하강 기류를 이루어 고압대를 형성한다.
3. 한대 전선 (고위도 저압대): 극을 향하여 이동하던 온난한 편서풍과 극에서 내려오는 한랭한 극동풍이 만나 온난한 공기 위로 올라가며 전선을 형성
4. 극 고압대: 극 지방의 냉각된 공기가 하강하고 쌓여서 이루어진 고압대이다.

해수의 순환

먼바다를 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 평형을 기여한다.

● 해류

바다에도 강물처럼 일정한 방향으로 흐르는 물길이 있는데, 이것이 바로 해류이다. 해류는 일정한 방향, 속도, 폭을 가지는 바닷물의 흐름을 말한다. 해류는 그 원인에 따라 크게 바람에 의해 생기는 **취송류**와 바닷물의 밀도 차이로 생기는 **밀도류**로 나눌 수 있다. 또한, 따뜻한 바닷물의 흐름을 **난류**라고 하며 차가운 바닷물의 흐름을 **한류**라고 한다.

- **취송류**: 일정한 방향으로 지속적으로 해면 위로 바람이 불어갈 때, 바람과 해수면 사이의 마찰에 의하여 흐르는 해류로, 일정한 방향으로 계속하여 부는 바람인 무역풍과 편서풍 등에 의해 생성된다. 북반구에서 표층 해수의 평균적인 이동 방향은 바람의 오른쪽 90° 방향이고, 남반구에서는 반대로 왼쪽 90° 방향이다.
- **경사류**: 바람, 기압, 강수, 강물의 유입 등으로 해수면에 경사가 생겨 경사가 낮은 쪽으로 흐르는 해류이다.
- **지형류**: 수압차에 의한 수압 경도력과 전향력이 평형을 이루며 흐르는 해류이다.

- **밀도류**: 수온과 염분의 변화에 의해 해수의 밀도차가 생겨 흐르는 해류로, 심층 순환의 대부분이 밀도류이다.
- **보류**: 어떤 곳의 해수가 다른 곳으로 이동할 때, 그곳을 채우기 위해 이동하는 해류이다(용승류).

● 해류의 측정

해류의 측정 방법은 **오일러 방법**과 **라그랑주 방법**이 있다. 오일러 방법은 한 장소에 유속계를 고정시키고 그 지점을 통과하는 물 입자들의 속도를 추정하는 방법으로 표층뿐만 아니라 심해의 해류도 동시에 측정할 수 있다. 라그랑주 방법은 해류와 함께 떠내려 가는 물체의 속도를 측정하는 방법으로, 관측선을 이용하여 부표나 부유물의 흐름을 추적하여 유속을 알 수 있다.



▲ 해류 측정기

이 방법은 표층 해류의 측정에 많이 사용하며, 오래 전부터 사용해온 방법이다. 표류병은 특정 지점에서 발견자가 발견한 시간과 장소를 적어 되돌려 보낼 수 있는 엽서를 넣어 해류에 띄우는 방법으로, 최근에는 부표에 초음파 발신기를 부착하여 전파를 발산하도록 하고 그 전파를 인공위성에서 수신하여 추적하기도 한다.

● 해수에 작용하는 힘

- **수압 경도력**: 바람, 기압의 변화 등으로 해수면이 경사지거나 밀도가 서로 다른 해수가 만나면 해수에 수압차가 발생하는데, 수압차에 의해 수압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용하는 힘을 수압 경도력이라고 한다. 수압 경도력은 두 지점 사이의 해수면 경사에 비례한다.
- **전향력**: 지구의 자전에 의해 나타나는 힘으로, 북반구에서는 물체가 움직이는 방향의 오른쪽 직각 방향으로 작용한다. 즉, 전향력은 발생한 해류의 운동 방향을 휘게 한다. 단위 부피의 해수에 작용하는 전향력은 해류의 속도에 비례하며, 저위도에서 고위도로 갈수록 커진다.

● 지형류

정지해 있던 해수에 수압 경도력이 작용하여 해수가 수압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동하기 시작하면 전향력이 작용하여 해수의 이동 방향은 점점 오른쪽으로 휘어진다. 그러다가 수압 경도력과 전향력의 크기가 같고 방향이 반대가 되면 해수는 수압 경도력이 작용하는 방향의 오른쪽 직각 방향으로 일정하게 흐른다. 이처럼 해수에 작용하는 수압 경도력과 전향력이 평형을 이루는 상태에서 흐르는 해류를 **지형류**라고 한다.

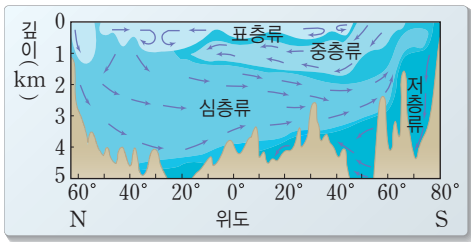
☆ | 보충 자료 |

● 심층 순환의 원인

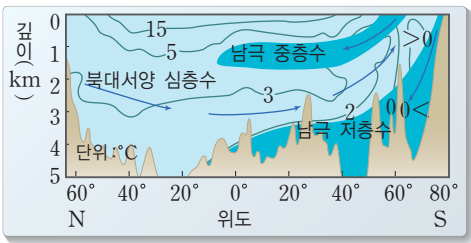
심층 순환은 해수 표면에서 수온이 낮아지거나 염분이 높아져서 밀도가 커진 해수가 침강하여 발생한다. 심층 순환의 발생 원인은 수온과 염분의 변화에 의한 해수의 밀도 차이이므로 열염 순환이라고도 하며, 수온 약층의 아랫부분에서 일어난다.

● 심층 순환의 모습

- 남극 저층수: 남극 대륙 주변의 웨델 해는 고밀도의 해수가 만들어져 침강하는 지역이다. 겨울철에 웨델 해에서 해수가 결빙되면 주변 해역의 염분이 높아지므로 밀도가 커진 해수가 침강하여 남극 저층수를 이룬다. 남극 저층수는 평균 수온이 약 -0.4°C 이고, 염분은 약 34.7%로 해수 중 밀도가 가장 크다.
- 북대서양 심층수: 북대서양 그린란드 주변 해역에서는 냉각되어 밀도가 커진 해수가 침강하면서 북대서양 심층수를 이룬다. 남극 저층수와 북대서양 심층수는 전 세계 해수 부피의 약 75%를 차지한다.

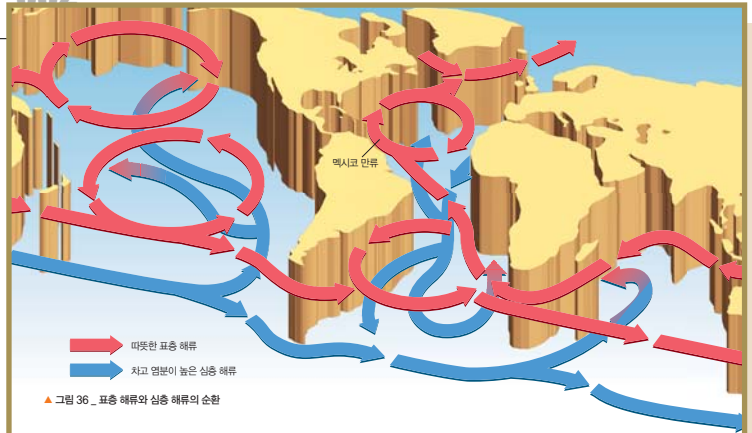


대서양에서의 심층 순환은 위 그림과 같다. 남극의 웨델 해에서 침강한 해수는 대서양과 태평양의 해저를 따라 북위 40° 부근까지 북상하면서 저층류를 형성한다. 북대서양에서 형성된 심층수는 남극 저층수보다 밀도가 작으므로 남극 저층수 위에서 이동하며, 심층류를 형성하고 남위 60° 부근까지 확장된다. 남위 60° 부근에서 냉각되어 침강한 해수는 수심 약 1,000m 인 곳을 따라 북쪽으로 흐르며 중층류를 형성한다.



● 전 세계 심층 해류의 순환

북대서양에서 표층수가 침강하여 형성된 북대서양 심층수는



▲ 그림 36_ 표층 해류와 심층 해류의 순환

수직 방향으로 발생하는 해수의 순환도 표층 해류와 함께 지구의 기후에 영향을 준다. 그림 36과 같이 멕시코 만류가 고위도 지역으로 이동하면 온도가 낮아지고 염분이 높아져 밀도가 함께 높아진다. 이 해수가 해저 지형을 따라 깊은 바다로 가라앉으면서 거대한 심층 해류가 만들어지는데, 이를 해수의 심층 순환이라고 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 곳까지도 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 열에너지가 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.

대서양의 서쪽 해안을 따라 남쪽으로 흐르다가 남극 저층수와 만난다. 그리고 남극 대륙 주변을 따라 흐르다가 인도양과 태평양으로 갈라져 이동한다. 인도양과 남태평양으로 흘러든 심층수는 수온이 높아지면서 점차 위로 상승하며 인도양 북부와 북태평양에 도달하여 표층수와 연결되고, 다시 대서양으로 흘러 들어간다.

● 심층 순환의 역할

심층 순환은 유속이 매우 느리지만 규모가 매우 크므로, 저위도 지방의 열에너지를 고위도 지방으로 수송하여 열수지의 균형을 유지하는데 큰 역할을 한다. 또한, 심층 순환을 통해 영양 염류와 용존 기체 등이 운반된다. 만약 심층 순환이 일어나지 않는다면 지구의 기후는 어떻게 될까? 현재 지구 온난화에 의해 해수의 평균 온도가 상승하고 극지방의 빙하가 녹으면서 해수의 밀도가 작아지고 있다. 심층 순환은 극지방의 밀도가 큰 해수가 침강하여 발생하므로, 해수의 밀도가 작아져서 침강이 약해지면 심층 순환이 전체적으로 약해진다. 그 결과 심층 순환에 의한 열에너지의 이동이 감소하므로 저위도 지방은 현재보다 기온이 높아지고 고위도 지방은 현재보다 기온이 낮아지게 된다.

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.

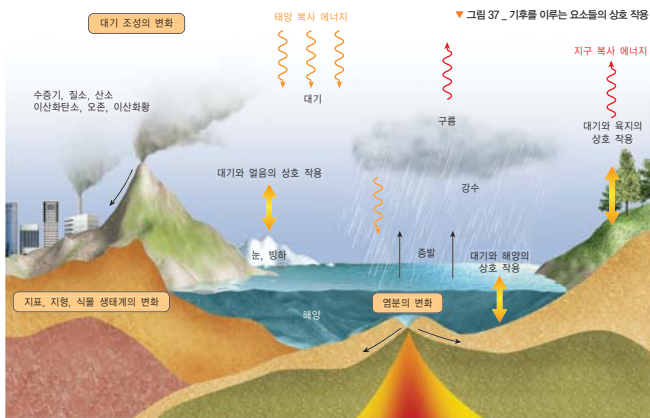
지구의 기후는 대기와 얼음, 대기와 해양, 대기와 육지, 바다와 육지, 대기의 조성, 지형과 생물의 근략 등 기후를 이루는 모든 요소와 상호 작용하며 변화한다. 따라서 이 요소들 중 어느 한 가지가 변화하면 나머지 요소 사이의 평형이 무너져 기후 변화와 이상 기상 현상이 발생한다.

예를 들어, 삼림이 파괴되면 지면의 반사도와 대기에 공급된 수증기량이 변하고, 광합성량이 줄어들어 대기 중의 이산화탄소의 양이 증가하므로 대기 온도가 높아질 것이다. 또 해류의 빠르거나 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.

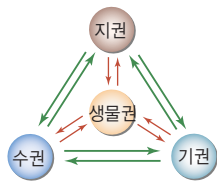
환경 변화의 천문학적 요인
지구 환경 변화의 천문학적 요인으로는 지구 자전축 경사의 변화, 공전 궤도의 변화, 세차 운동 등이 있다.

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



● 지구계

지권, 수권, 기권, 생물권은 서로 유기적인 관계를 가지고 상호 작용을 하면서 물질과 에너지를 교환한다.



- 지권: 지권은 지구에서 밀도가 높은 부분이며 지각, 맨틀, 핵으로 나뉘어진다.
- 수권: 기권의 수증기를 제외한 지구 상의 물이 존재하는 곳을 말하며, 해수·호수·하천수·얼음 등과 같이 다양한 형태로 분포되어 있는 물의 범위를 말한다.
- 기권: 지구를 둘러싸고 있는 대기의 층이다. 지상 약 1,000 km 까지를 말하며, 기온 분포에 따라 대류권, 성층권, 중간권, 열권으로 나뉜다.
- 생물권: 수권의 최하부부터 기권의 높이 약 10 km(대류권)까지와 토양의 내부를 포함하는 영역에서 지구의 살아 있는 모든 생명체를 말한다. 지구 과학적으로는 지구 상의 생물 전체를 나타내고, 생태학적으로는 생물이 생활하고 있는 장소 전체이다.

10차시 383~385쪽

도입(5분)	전개(40분)	정리(5분)
자연 현상의 상호 작용	엘니뇨와 라니냐	자연 현상의 상호 작용 정리

★ | 동기 유발을 위한 제안 |

- 우리 주변에서 일어나는 다양한 자연 현상은 서로 영향을 미치고 있다. 바람이 불면 해류가 움직이고 차가운 심층수가 수직으로 올라오는 지역은 물고기의 먹이가 되는 플랑크톤이 많아서 어업이 활성화된다. 어업이 활성화되면 어업을 중심으로 하는 도시가 형성되고 지형이 변하게 된다. 이처럼 지구를 구성하고 있는 구성원들은 서로 영향을 주고 있다. 이러한 점을 이야기하며 학생들의 흥미를 유발한다.

★ | 지도상의 유의점 |

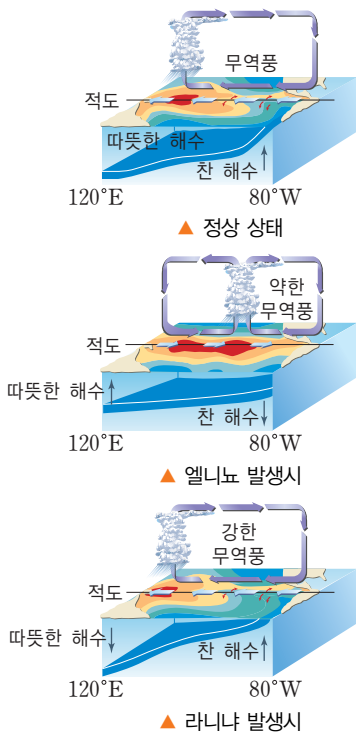
지구계는 여러 가지가 서로 상호 작용을 하며 복합적으로 얽혀 있다. ‘계’라는 말은 시스템을 의미한다. 학생들이 지구 내부의 상호 작용을 체계적으로 이해하도록 지도한다.

창의력 키우기 다음 표는 여러 가지 상호 작용의 예를 나타낸 것이다.

영향 근원	지권으로	수권으로	기권으로	생물권으로
지권에서	판의 상호 작용에 의해 지형이 변한다.	퇴적물이 응해되어 강물의 성분을 변화시킨다.	화산 활동에 화산 기체가 대기로 방출된다.	광물질이 생물체에 영양분을 공급하고, 대륙 이동에 의해 생물의 서식지가 변한다.
수권에서	강물이 흐르면서 지면을 침식한다.	해수의 혼합, 심층수의 순환이 일어난다.	바다의 수증기가 공기 중으로 유입된다.	세포 내로 물이 공급되고, 물에 의해 생물체가 운반된다.
기권에서	바람에 의해 풍화, 침식 작용이 일어난다.	대기의 이동으로 해류가 발생한다.	따뜻한 기단과 찬 기단이 만나 전선을 이룬다.	생물체의 종자와 포자가 바람을 통해 운반된다.
생물권에서	식물체의 뿌리에 의해 풍화가 일어나고 토양이 생성된다.	생물체에 의한 수질 변화가 일어난다.	호흡 작용을 통해 공기 중으로 이산화탄소가 이동한다.	피식자와 포식자의 먹이 사슬이 생성된다.

☆ | 보충 자료 |

● 엘니뇨



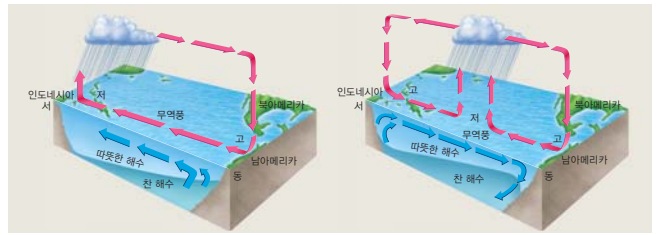
엘니뇨(El Niño-Southern Oscillation, ENSO)는 전 지구적으로 일어나는 대양-대기 간의 기후 현상이다. 이름에서 보듯이 이 거대한 자연 현상은 엔소, 라니냐, 남방 진동이라는 현상을 아우른다. 엘니뇨(스페인어: El Niño) 및 라니냐(스페인어: La Niña)는 열대 지방의 태평양에서 발생하는 해수면 온도의 급격한 변화를 의미한다. 엘니뇨와 라니냐라는 이름은 각각 ‘남자 아이’와 ‘여자 아이’를 의미하는 스페인어이며, 특히 엘니뇨의 경우 크리스마스 직후에 나타나는 경우가 많아 ‘아기 예수’라는 의미를 갖게 되었다.

각 현상이 남반구의 기후에 미치는 영향은 방대하다. 이러한 영향은 1923년 길버트 워커(Gilbert Walker)에 의해 최초로 기술되었다. 남방 진동이라고 불리는 현상은 매달, 또는 계절마다 타히티와 다윈 지역의 대기압 차이가 급격히 변하는 현상을 의미한다. 남방 진동과 엘니뇨, 라니냐는 서로 밀접한 관계를 보이며, 동일한 현상의 대기와 해양 측면으로 알려져 있다.

엘니뇨와 라니냐는 열대 중부 지방의 태평양 해수면 온도가 비정상적으로 평소에 비해 0.5°C 정도 높거나 낮은 상태가 지속되는 현상이다. 이 상태가 5개월 이내로 지속될 경우, 엘니뇨 또는 라니냐로 분류한다. 그리고 만약 비정상적인 상태가 5개월 이상 지속된다면 엘니뇨 또는 라니냐 에피소드라고 분류한다. 엘니뇨와 라니냐는 20~700년의 불규칙한 간격으로 발생하며, 보통 1~2년 동안 지속된다.

최근의 엘니뇨는 1991~1992, 1993, 1994, 1997~1998, 2002~2003, 2010년 여름에 발생하였다. 또 상대적으로 약한 엘니뇨가 2004년 9월에 시작하여 2005년 봄에 끝났다. 2005년 중반 이후부터는 약한 라니냐 상태가 지속되고 있으며, 이는 라니냐 에피소드로 분류되었다. 1997~1998년의 엘니뇨는 특히 강해서 세계적인 주목을 받았으며, 1990~1994년 사

기후를 이루는 요소들이 변하면 지구에는 어떤 일이 일어날까? 엘니뇨와 라니냐는 대기와 해양의 상호 작용으로 일어난다. 엘니뇨는 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.

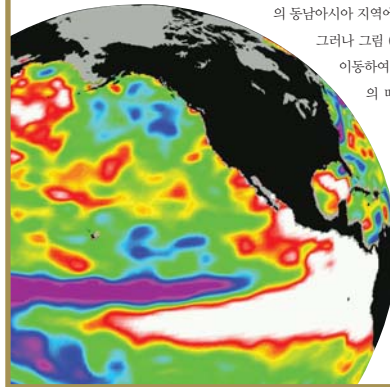


▲ 그림 38. 정상시와 엘니뇨 발생시의 대기와 해양 변화

용송 신태의 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 서쪽으로부터 따뜻한 해수 때문에 서태평양의 동남아시아 지역에 많은 비를 내린다.

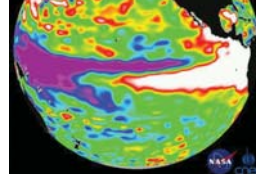
그러나 그림 (나)처럼 무역풍이 약해지면 따뜻한 해수가 동쪽으로 이동하여 서쪽의 따뜻한 해수층은 정상시보다 얇아지고, 동쪽의 따뜻한 해수층은 정상시보다 두꺼워진다. 이 때문에 페루 연안의 용송이 약해져 동태평양으로 갈수록 표층 수온이 정상시보다 높아지면서 엘니뇨가 발생한다. 그리고 서태평양의 동남아시아 지역은 해수 온도가 정상시보다 낮게 나타난다.



이의 엘니뇨는 유례가 없을 정도로 높은 빈도로 일어났다.

엘니뇨가 발생할 때는 해류가 따뜻해져서 증발량이 많아지며, 이때 태평양 동쪽에는 강수량이 증가한다. 엘니뇨는 북아메리카에 비해 남아메리카에 보다 강한 영향을 미친다. 엘니뇨는 따뜻하고 매우 습한 여름(12월~2월)에 남아메리카 북쪽의 페루나 에콰도르와 같은 해안선을 따라 나타나며, 엘니뇨가 강할 경우 대규모의 홍수가 발생하게 된다.

엘니뇨로 평소보다 건조해지는 인도네시아, 필리핀, 북부 오스트레일리아 등지에서는 산불 발생 빈도가 증가하고, 호주의 퀸즐랜드 주, 빅토리아 주, 뉴사우스웨일스 주, 테즈메이니아 주 등지에서도 역시 6월~8월 사이에 건조한 날씨가 나타난다.



TOPEX/Poseidon 인공위성에서 촬영된 1997년 엘니뇨 발생시의 사진에서 남아메리카 해안 지역의 흰색 부분은 해수 온도가 상승한 것을 나타낸다.

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

참이력 키우기

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

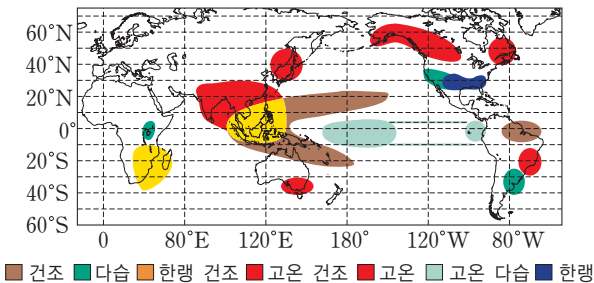
한편 라니냐는 스페인어로 '여자아이'를 뜻하며, 엘니뇨와 반대되는 현상이다. 라니냐가 발생하면 동태평양의 해수면 온도가 5개월 이상 동안 평년보다 낮아지고, 원래 차가운 동태평양의 바닷물이 더욱 차가워진 채 서쪽으로 이동한다. 따라서 서태평양의 동남아시아에는 심한 장마, 페루 등 남아메리카에는 가뭄, 북아메리카에는 혹독한 추위가 찾아올 수 있다. 우리나라도 라니냐가 발생한 1967년과 1973년에는 평균 기온이 평상시보다 낮았으며 강수량도 적었다.

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.

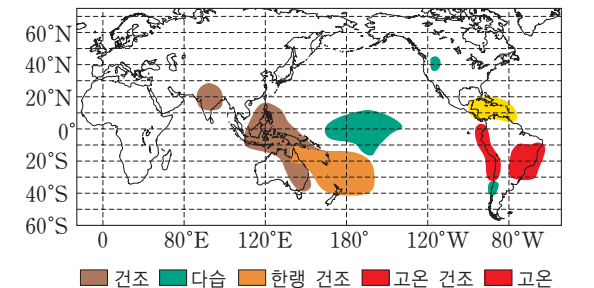


확인하기

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



▲ 엘니뇨 발생시 기후의 변화(12월~1월)



▲ 엘니뇨 발생시 기후의 변화(6월~8월)

엘니뇨가 발생하면 전 세계적으로 평균 기온보다 기온이 높아지거나 낮아지는 지역이 발생하고 강수량의 분포도 달라지게 된다.

다. 즉, 엘니뇨는 지구 전체의 기후에 영향을 미친다. 열대 서태평양의 따뜻한 해수가 동쪽으로 이동함에 따라 대기의 대류 운동이 달라지게 된다. 따라서 계절에 관계없이 서태평양 일대에는 강수량이 감소해 가뭄이 심해지고 중앙 태평양, 미국 남부 등에는 강수량이 증가한다. 우리나라도 엘니뇨가 발생하면 날씨가 따뜻해진다. 실제로 우리나라에서 나타난 1997년 봄의 가뭄, 겨울의 이상 고온, 1998년 여름의 호우 및 이상 저온 등은 엘니뇨에 의한 현상이었다.

참이력 키우기

엘니뇨는 태평양에서 적도 부근의 해수면 온도가 남아메리카 대륙의 서해안으로부터 태평양 중앙부에 이르는 넓은 범위에 걸쳐 지속적으로 높아지는 현상이다. 따라서 엘니뇨는 수권의 현상이며 엘니뇨에 의한 홍수는 기권과 수권의 상호 작용에 의한 현상이고, 엘니뇨로 어획량이 변했다면 이는 수권과 생물권의 상호 작용에 해당한다.

확인하기

1. 대기의 밀도는 온도에 따라 달라지는데, 어느 지역이 주변 지역보다 태양 복사 에너지를 많이 받아 온도가 높아지면 대기의 밀도가 작아지고, 반대로 태양 복사 에너지를 적게 받은 지역은 온도가 상대적으로 낮아 대기의 밀도가 커진다. 밀도가 큰 공기 덩어리가 밀도가 작은 공기 덩어리가 있는 지역으로 이동하는 것이 바람이다.
2. 북동 무역풍, 편서풍
해수의 북태평양 순환은 북적도 해류와 쿠로시오 해류, 북태평양 해류, 캘리포니아 해류로 이어지는 순환이다. 북적도 해류는 북동 무역풍에 의해 발생하는 해류이고 쿠로시오 해류와 북태평양 해류는 편서풍에 의해 발생하는 해류이다. 캘리포니아 해류도 편서풍에 관련된 해류이며, 북아메리카의 서해안을 따라 남쪽으로 흘러 북적도 해류와 만난다.
3. 지구가 구형이 아니고 편평하다면 지구로 들어오는 태양 복사 에너지가 일정할 것이다. 따라서 적도 지역과 극 지역의 온도 차이가 없을 것이고, 지구 규모의 대기와 해수의 흐름도 없을 것이다. 우리나라는 편서풍 지역인데, 만약 지구가 편평하다면 이러한 편서풍이 불지 않으므로 지금과는 전혀 다른 기후가 나타날 것이다.

2. 탄소 순환과 광합성

☆ | 소단원의 학습 목표 |

1. 식물의 광합성을 산화 환원 반응으로 이해하고 지구의 탄소 순환과 관련하여 설명할 수 있다.
2. 광합성에서 빛에너지의 역할을 빛의 특성과 관련지어 설명할 수 있다.

🕒 | 11차시 |

386~389쪽

도입(5분)	전개(35분)	정리(10분)
호흡으로 방출된 이산화탄소	생태계의 탄소 순환과 에너지 흐름	지구계의 탄소 순환

☆ | 동기 유발을 위한 제안 |

- 탄소 배출권이 무엇인지 알아보는 선행 과제를 통해 이산화탄소의 순환에 대해 생각해 보도록 한다.
- 내가 먹은 밥 속에 들어 있는 탄소가 어떤 여정을 거쳤을지, 또 앞으로는 어떤 여정을 거칠지 생각해 보도록 한다.

☆ | 지도상의 유의점 |

1. 저개발국의 산림 파괴나 개발국의 과다한 에너지 사용 등이 탄소 순환과 밀접한 관련이 있으므로 이러한 문제를 윤리적인 측면에서 생각해 볼 수 있도록 한다.
2. 생태계의 모든 물질은 순환함을 인식하도록 하고, 반면 에너지는 흐른다는 것을 알도록 한다.

1 | 탄소의 순환 구조 |

지구 상의 모든 물질은 순환하지만, 그중에서도 탄소의 순환은 매우 중요한 의미를 갖는다. 그 이유는 탄소가 모든 생물체에 필수적인 유기물의 기본 골격을 이루고 있기 때문이다. 이러한 유기물은 광합성을 하는 식물이 이산화탄소를 이용하여 합성하며, 합성된 유기물은 다양한 생물이 활동하는 데 에너지원으로 쓰이고 다시 이산화탄소로 배출된다. 순환 구조를 복잡하게 만드는 몇 가지 요소 중 하나가 탄소 저장고이다. 먼저 유기물 상태의 탄소를 저장하는 저장고로는 화석 연료, 생물체의 몸, 수중 퇴적물 등이며, 무기물 상태의 이산화탄소 저장고는 바닷물과 석회암 등이다. 석회암은 가장 많은 양의 탄소를 저장하고 있지만, 그 순환이 매우 미미한 수준이다. 현재 화석 연료의 탄소 중 많은 양이 인간에 의해 대기 중으로 방출되고 있다.

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

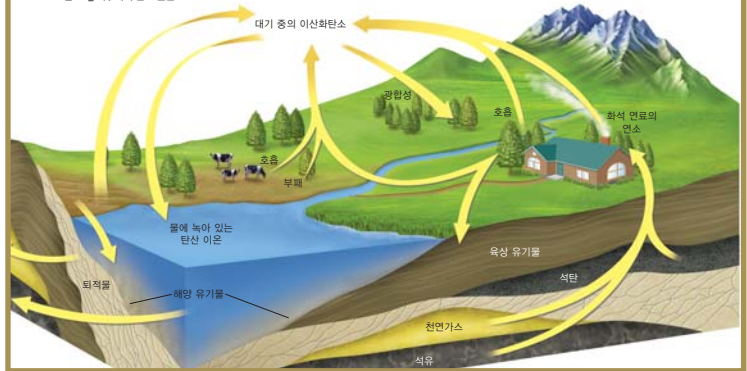
오늘날 생물은 육상과 바다, 공중뿐만 아니라 토양 속에 이르기까지 지구 전역에 걸쳐 널리 분포하고 있다. 생물은 기후 변화와 해수면의 변동, 지표면의 변화 등 지구의 환경 변화에 적응하면서 현재의 모습으로 진화하였다.

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.

1 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



☆ | 보충 자료 |

● 화산 폭발이 대기 중 이산화탄소 농도 증가의 주범인가?

대기 중의 이산화탄소 농도는 지질 시대를 거치면서 크게 감소하는 추세였다. 그 후 중속 영양 생물의 유기물 분해로 인한 이산화탄소 증가와 독립 영양 생물의 광합성으로 인한 이산화탄소 감소는 거의 균형을 이루어 대기의 이산화탄소 농도를 크게 변화시키지 않았다.

이러한 균형에 변화를 주는 요소는 화산 폭발이 거의 유일하였다. 오늘날에도 화산 폭발로 인해 전 세계적으로 매년 4천4백만 톤의 이산화탄소가 대기 중으로 방출되고 있지만, 과거에는 훨씬 더 활발한 지각 운동으로 인해 이러한 작용이 많았을 것으로 추정된다.

현재의 가장 큰 이산화탄소 농도 증가 요인은 인간에 의한 화석 연료의 사용이다. 인간의 모든 활동은 화석 연료의 사용을 기반으로 하고 있으며, 최근 이러한 인식을 기반으로 하여 다양한 활동의 환경 평가 요인으로서 이산화탄소 배출량을 고려하고 있고, 더 나아가 대체 에너지 개발에 박차를 가하고 있다.

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 지중에 묻혀 생성된 석탄, 석유, 천연가스과 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 순환이라고 한다. 탄소 외에도 물, 산소, 질소, 인 등의 물질도 지구 내에서 각 권을 이동하며 순환하고 있다.

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



개발로 일부 파괴된 아이존의 열림 벌목 농경지 개간
▲ 그림 42_ 숲의 파괴

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 미치지 설명하고 이 문제를 해결할 수 있는 방안을 제안해 보자.

연계 학습
온실 효과 → 395쪽

● 석탄 생성 과정

석탄이란 지질 시대의 육생 식물이나 수생 식물이 수중에 퇴적하여 매몰된 후 가열과 가압 작용을 받아 변질하여 생성된 흑갈색 가연성 암석을 말한다. 넓은 면적에 두꺼운 석탄층을 형성하는 데에는 많은 시간이 걸리며, 지반이 서서히 침강하는 퇴적 분지 같은 데서 형성된 것으로 보고 있다. 지반 위에 침강이 진행되고 그 위에 토사가 덮이고 다시 식물이 번창하는 과정을 거치면서 서서히 지하에 매몰된 것으로 추정된다. 석탄은 식물로부터 생긴 것인데, 식물이 석탄이 되기까지는 높은 열을 받고 압축되어 성질도 달라지고 부피도 매우 작아지게 된다. 지각의 석탄층은 두께가 1~3 m, 때로는 수십 m의 층을 이루고 있는 경우도 있다.



1. 지각 변동: 지각 변동 2. 퇴적 작용: 그 위에 퇴적물이 쌓이고, 모래와 점토가 형성되어 오랫동안 안 열과 압력을 받는다. 3. 탄화 작용: 수소와 산소로 식물이 썩, 모래와 점토는 날아가 버리고 탄소 함께 물 밑에 묻힌다. 만 남아서 석탄이 된다.

창의인성 과학 글쓰기

개발로부터 열대 우림을 보호하기 위한 방법

인간에 의해 현재 지구 환경은 점점 위협받고 있으며, 이에 따라 생물 종의 다양성이 감소되고 있는 추세이다. 생물 다양성의 감소는 특히 열대 우림에서 가장 심각한 것으로 나타나 있다. 최근 보고에 따르면 2050년을 전후하여 아마존이나 동남아시아 등지의 열대 우림이 급격히 황폐해질 것이라고 한다. 지구 상에서 가장 다양한 생물 종을 보유한 열대 우림이 파괴된다면 생물 종의 감소는 당연한 결과이며, 지구 환경에 위기를 초래할 것은 매우 빠른 일이다.

열대 우림의 파괴는 산업화 이후 점점 가속화되고 있으며, 현재에도 인간에 의한 자연 자원의 과잉 개발로 생태계가 파괴되고 있다. 또한, 열대 우림의 파괴는 대기 중의 이산화탄소 농도의 증가에도 악영향을 끼치고 있다. 그렇다고 무조건적인 개발의 억제만을 요구한다면 해당 국가와 주민에게 큰 피해를 주는 일이 된다. 최근 이러한 문제의 해결책으로 세계 각국에서 이산화탄소를 배출하는 양만큼 비용을 지불하고 이렇게 조성한 기금을 이용하여 열대 우림을 보호하려는 계획이 추진되고 있다.



▲ 열대 우림

● 우리나라 숲의 가치

국내 숲의 나무에 저장된 이산화탄소는 13억7천만 톤으로, 이는 2006년 국내 이산화탄소 배출량 4억7천610만 톤의 약 3배에 달하며, 자동차 1억5천만 대가 지구 1바퀴를 돌면서 내뿜는 양에 해당한다. 또한, 이 나무들이 연간 흡수하는 이산화탄소의 양은 국내 이산화탄소 배출량의 약 10%에 달한다. 아직 국내 숲의 나무 중 80%는 심은 지 21~40년밖에 되지 않아서 국내 숲의 탄소 저장량은 앞으로 더 늘어날 것으로 예상된다. 2001년 연구에 따르면, 우리나라 삼림 자원의 환경적 가치는 수자원 보호를 비롯하여 이산화탄소 흡수, 생물 다양성 유지 등 50조 원을 넘는 것으로 평가되었다. 이는 GDP의 10%에 육박하는 가치이며, 여기에 심미적 가치와 정서적 가치를 더한다면 그야말로 무한한 가치를 가진 셈이다.



▲ 한반도의 삼림

☆ | 보충 자료 |

● 생태계의 구성

1. 생물적 요소

① 생산자 : 무기물로부터 유기물을 합성하는 생물로 독립 영양 생물이라고도 한다. 생산자에는 식물, 조류, 광합성 세균과 같은 모든 광합성 생물들이 속한다.

② 소비자 : 식물이 생산한 유기물을 섭취하며 살아가는 생물로 종속 영양 생물이라고도 한다. 소비자에는 동물, 몇몇 균류, 여러 원생생물 등이 있다.

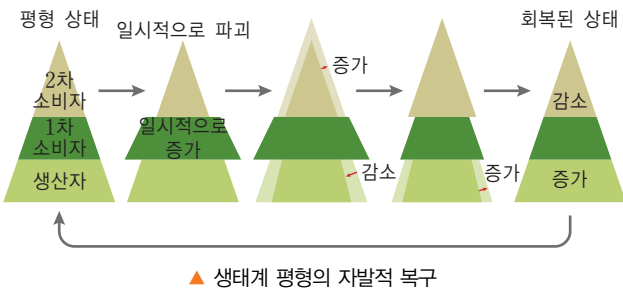
③ 분해자 : 생산자와 소비자의 사체나 배설물을 무기물로 분해하는 생물로, 세균이나 균류 등이 속한다. 이들은 생물 군집과 무기 환경 사이의 연결 고리 역할을 한다.

2. 무기 환경 : 생물적 요소를 제외한 나머지 환경으로 빛, 토양, 온도, 공기, 물 등이 있다.

● 생태계의 평형과 파괴

생태계는 생산자, 소비자, 분해자가 에너지나 물질 등의 생물물적 요인들과 끊임없이 상호 작용을 하며 평형 상태를 유지하고 있다. 환경의 갑작스러운 변화는 생태계의 교란을 유발하지만 건강한 생태계는 그러한 교란을 이겨낼 수 있는 안정성을 지니고 있다. 특히, 이러한 안정성은 생태계를 구성하는 생물 다양성이 크고 먹이 관계가 복잡할수록 잘 유지된다.

평형의 일시적인 파괴에 대하여 생태계가 스스로 회복하는 능력을 생태계의 항상성이라고 한다. 그러나 생태계의 자기 조절 능력 한계를 넘을 정도의 교란이 일어나면 생태계의 평형은 파괴되고, 스스로 복구되기도 어렵다.

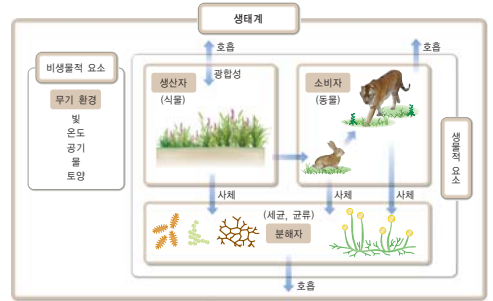


● 세포 호흡의 효율

사람의 세포에서 산소 호흡을 할 때는 포도당 1분자에서 약 38분자의 ATP가 생성되므로 $38 \times 7.3 \text{ kcal} = 277 \text{ kcal}$ 의 에너지가 발생한다. 포도당 1분자의 에너지는 688 kcal이므로 호흡에 의해 포도당으로부터 ATP로의 에너지 전환은 약 40%의 효율을 나타낸다.

생태계의 탄소 순환

생태계는 생물 요소와 이들을 둘러싸고 있는 무기 환경으로 구성되며, 생물 요소는 다시 생산자와 소비자, 분해자로 구분된다. 생산자인 식물은 광합성을 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 살아가고, 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

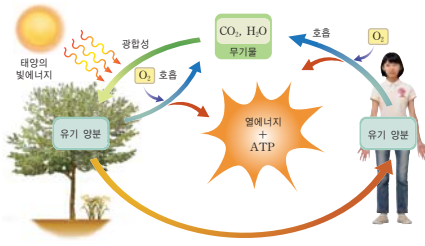
물음
생태계를 구성하는 모든 생물이 생명 활동에 이용하는 에너지의 근원은 무엇인가?

무산소 호흡을 할 때는 포도당 1분자에서 해당을 통해 2개의 ATP만 만들어지는데, 이것은 산소 호흡 때보다 19배 줄어든 것이고 에너지 효율은 약 2%에 불과하다.

이는 산소 호흡이 매우 뛰어난 에너지 전환 과정을 보여 주는 증거이며, 생물이 수억 년 동안 진화하면서 세포 내 호흡 소기관을 발달시켜 온 결과라고 할 수 있다.

물음 태양의 빛에너지

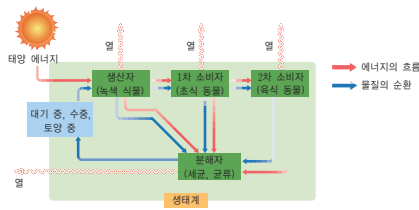
생태계의 모든 물질은 순환하지만 에너지는 흐른다. 생태계를 흐르는 에너지의 근원은 태양의 빛에너지이다. 태양으로부터 지구에 도달한 빛에너지는 광합성 과정을 통해 유기물 속의 화학 에너지로 전환되며, 이후 유기물 속에 저장된 에너지는 다양한 영양 단계를 거치면서 생물의 생명 활동에 이용된다. 각 영양 단계에서 에너지는 열의 형태로 방출되고, 이러한 열에너지는 지구 복사 에너지 형태로 우주로 방출된다. 결국 지구는 열적 평형 상태에 놓여 있는 셈이다.



▶ 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 생물체로 유입되고 호흡을 통해 다시 무기 환경으로 되돌아간다. 따라서 생물의 광합성과 호흡은 대기 중의 이산화탄소 농도를 일정하게 유지하는 데 중요한 역할을 한다. 그러므로 안정된 지구 환경을 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.

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

● 생태계에서 인간의 위치

사람은 현재 지구 상에서 최종 영양 단계에 속한다. 사람은 잡식성으로서 먹지 않는 것이 없으므로 생태계의 모든 영양 단계의 다양한 생물들이 인간의 먹이가 될 수 있다.

생태계에서 한 영양 단계로부터 다른 영양 단계로 에너지가 전달되는 생태 피라미드에서 에너지 흐름의 비율을 백분율로 나타낸 에너지 효율을 살펴보면 보통 한 영양 단계의 10% 정도만이 다음 단계에서 사용된다. 이것을 10%의 법칙이라고 한다. 그러므로 영양 단계의 수는 보통 4~5단계로 제한되어 있다.

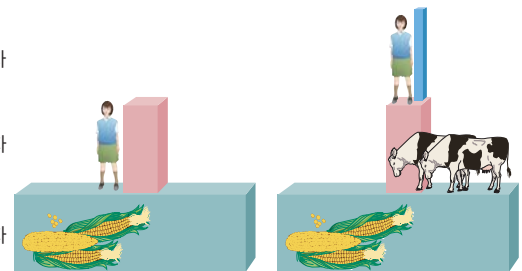
생태계의 최종 소비자인 사람이 4차 소비자가 되느냐, 3차 소비자가 되느냐에 따라 활용할 수 있는 에너지의 양은 크게 차이가 난다.

영양 단계

2차 소비자

1차 소비자

생산자



▲ 생태계의 에너지량

물론 에너지 문제만으로 사람의 식습관을 결정한다는 것은 과도한 생각이다. 그러나 전 세계의 많은 인구가 기아에 시달리고 있는 현실에서 결코 간과할 수 없는 사실이기도 하다.

☆ | 보충 자료 |

● 생태계에서의 에너지 흐름

- 태양으로부터 온 빛에너지는 녹색 식물의 광합성에 의해 화학 에너지로 축적되었다가 먹이 사슬을 따라 소비자에게 전달되고, 소비자에게 전달된 에너지는 분해자에 의해 다른 형태의 에너지로 전환된다. 생태계에 유입된 에너지는 결국 열 에너지 형태로 생태계 밖으로 방출된다.
- 생태계에서 한 영양 단계에서 다른 영양 단계로 에너지가 전달되는 양을 단계별로 표시한 것을 생태 피라미드라고 한다. 상위 영양 단계로 갈수록 전달되는 에너지의 양이 감소하여 피라미드형을 나타내기 때문이다. 그리고 한 영양 단계에서 다음 영양 단계로 옮겨가는 에너지 흐름의 백분율을 에너지 효율이라고 한다.
- 생태 피라미드에서 에너지 효율은 보통 10%이다. 생태계에서 에너지는 흐르면서 형태가 변화되며, 모든 단계에서 일부 유용한 에너지가 생물이 이용할 수 없는 열에너지 형태로 방출된다.



참고 사항 화석 연료 중에서 석탄은 고생대에 번성했던 양치식물이 땅에 묻혀 만들어진 것이다. 다시 말하면 석탄 속에 들어 있는 탄소는 수억 년 전 광합성을 통해 대기의 이산화탄소를 유기물로 고정시켜 놓은 것이다.

이렇게 저장되어 있는 탄소는 인간이 석탄을 채굴하여 연소시킴에 따라 수억 년의 고정 상태를 벗어나 대기 중의 이산화탄소로 날아가는 것이다. 따라서 화석 연료의 과도한 사용은 수억 년 동안 지구 상에 유기물로 저장되어 있던 탄소를 일순간에 대기 중으로 돌려보내는 과정인 셈이다.

화석 연료의 사용이 계속 증가한다면 이는 대기 중 이산화탄소 농도의 비정상적인 증가로 이어질 것이다.

화석 연료의 사용을 줄이고 지구 환경을 지키기 위해 태양광 에너지, 조력 발전, 바이오매스 등 대체 에너지 개발이 활발하게 진행 중이다. 이들 대체 에너지는 오염 물질을 발생하지 않는 무공해 에너지이다.

12차시

390~391쪽

도입(5분)	전개(35분)	정리(10분)
산화 환원 반응이란 무엇인가?	광합성과 호흡 과정의 산화 환원 반응	우리 주변의 산화 환원 반응

★ | 동기 유발을 위한 제안 |

- 산화 반응은 물질이 변하는 반응이며, 우리 주변에서 가장 흔한 물질 중 하나인 산소는 강력한 산화 기능이 있어서 공기 중에 노출된 대부분의 물질을 변화시킬 수 있음을 알도록 한다.
- 산소는 매우 위험한 물질이며, 생물의 노화 현상을 산소와 관련지어 설명하는 가설도 있음을 알게 한다.

★ | 지도상의 유의점 |

산화 환원 반응은 화학 반응에 참여하는 원자의 수준에서 일어나고 있음을 알게 하고, 화학 반응에서 원자가 전자를 얻거나 잃어서 산화수가 변하면 산화 혹은 환원되는 것임을 설명한다.

2 | 산화 환원 반응 |

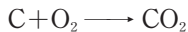
좁은 뜻에서는 어떤 물질과 산소가 화합하는 것, 즉 산소 수가 증가하는 것, 또는 그 물질에서 수소를 떼어 내는 것을 산화라고 하고 그 반대의 현상을 환원이라고 한다.

예를 들면, 공기 중에서 탄소를 연소시키는 것은



와 같이 산소와 화합하기 때문에 산화이다. 또 에탄올(CH₂OH)을 적당한 산화제와 반응시키면 아세트알데하이드(CH₃CHO)를 생성하여 원래의 에탄올보다 분자 중의 수소 수가 감소하는 것도 산화이다. 한 원소의 산화수의 증가는 다른 어느 원소의 산화수의 감소를 뜻하므로 그 원소의 산화에 의하여 다른 원소의 환원을 볼 수 있고, 산화와 환원은 항상 동반된다고 할 수 있다.

산화에서의 산화수의 변화는 이온인 경우는 양전하의 증가, 음전하의 감소로 나타나는데 어느 경우이든 전자를 방출하는 반응이 산화가 된다. 예를 들면,



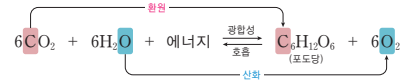
에서는 반응물인 C와 O의 산화수는 0인데, 생성물인 CO₂의 C는 +4, O는 -2의 산화수를 가지므로, C는 산화되고, O는 환원된 것이다.

연계 학습
탄소의 순환 ⇒ 386쪽

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. 2

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 환원되는지 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 수소가 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.

물음 식물도 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.

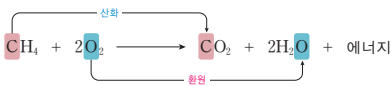
★ | 보충 자료 |

● 화석 연료의 산화 환원 반응

화석 연료 중에서 가장 분자량이 작은 메테인을 연소시키면 완전 연소가 일어나면서 이산화탄소와 물이 발생한다. 그러나 분자량이 높은 석유나 석탄을 연소시킬 경우에는 포함된 불순물의 산화물이 나오는 것은 제외하더라도, 이들을 산화시키는 데 충분한 산소가 빠른 시간 안에 공급되지 못해 불완전 연소가 일어난다. 이에 따라 그늘음이나 일산화탄소가 발생하는데 이것들은 대기를 오염시키는 오염 물질이다.

물음 뿌리에서 흡수한 물(H₂O)에서 수소(H)를 얻는다. 이산화탄소를 환원시켜 포도당을 만들 때 수소가 많이 첨가된다. 이 수소는 광합성의 명반응에서 물을 분해하여 만들어지며, 이렇게 생성된 수소는 NADP⁺ 조효소를 통해 이산화탄소를 환원시키는 광합성의 캘빈 회로에 투입된다. NADP⁺는 수소 2개를 받아 NADPH + H⁺ 상태로 변했다가, 이 수소를 캘빈 회로의 포도당 생성을 위한 중간 물질에 전달한다.

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.

살아있는 유기 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.

과학마당 | 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 수소에겐 전자를 돌려주는 일이므로 산소의 입장에서 산화 반응이다.

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

표 2. 산화와 환원

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

창의력 키우기

생물체 내에서 일어나는 호흡에는 효소가 관여하여 활성화 에너지를 낮추어 주므로 체온과 같이 낮은 온도에서도 반응이 일어날 수 있다.

연소와 호흡은 모두 포도당이 산화되어 이산화탄소와 물을 만드는 반응이다. 두 반응의 차이점은 온도, 반응 속도, 촉매의 유무 등이다. 우선, 연소는 매우 빠르고 고온에서 진행된다. 온도가 높기 때문에 반응 속도가 매우 빠르게 나타나는 것을 볼 수 있다. 이에 반해 호흡 과정은 매우 낮은 온도에서 느린 속도로 일어난다. 낮은 온도가 반응 속도에 영향을 주는 것이다.

연소의 경우 포도당 속의 화학 에너지는 대부분 열에너지로 전환된다. 그러나 호흡의 경우 포도당 속의 화학 에너지 중에서 40%는 ATP에 저장되고 나머지 양만 열에너지로 전환된다. 호흡을 통해 일어나는 포도당의 산화 반응 속도가 빠르다면 이렇게 높은 효율의 에너지 전환은 어려울 것이다. 또한 체온은 37°C 정도이므로 호흡이 빠르게 일어나 열이 다량 방출된다면 생물이 살 수가 없을 것이다. 호흡 속도가 이렇게 느리게 조절될 수 있는 것은 다양한 효소들이 화학 반응을 촉매하기 때문이다.

보충 자료 |

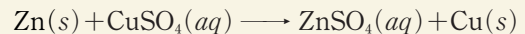
● 산화수(oxidation number)

산화수는 하나의 물질 안에서 전자의 교환이 완전히 일어났다고 가정하였을 때 물질을 이루는 특정 원자가 갖게 되는 전하수를 말하며 산화 상태라고도 한다. 산화수는 산화 환원 반응에서 전자의 흐름을 확인하기 위하여 사용하는 하나의 방법으로 실제로 특정 물질 내의 원자가 가지는 전하량과 반드시 일치하지는 않는다.

예를 들면, 염화수소의 경우 HCl은 이온 화합물이 아니기 때문에 H와 Cl이 이온 상태로 존재하지 않지만 각각의 산화수는 +1과 -1이다.

산화수의 가장 큰 장점은 임의의 화학 반응이 산화 환원 반응인지 아닌지 쉽게 확인할 수 있다는 점이며, 이는 화학 반응의 반응물과 생성물을 이루는 원소들의 산화수 변화를 통해 확인이 가능하다. 즉 산화수가 반응 후 증가하면 그 원소는 산화된 것이며, 산화수가 반응 후 감소하면 그 원소는 환원된 것이다.

금속 아연과 황산구리(II) 용액의 반응을 생각해 보자. 반응식은 다음과 같다.

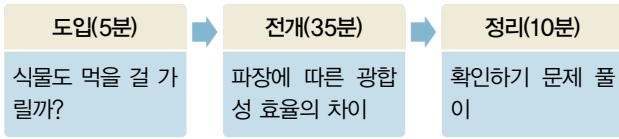


위의 반응에서 Zn의 산화수는 0에서 +2로 증가하였으므로 Zn은 산화되었으며, Cu의 산화수는 +2에서 0으로 감소하였으므로 Cu는 환원되었다. 또한, 산화수의 변화가 있으므로 위의 반응은 산화 환원 반응임을 알 수 있다.

● 산화수 계산법

특정 원소의 산화수는 불변의 값이 아니며 원소가 이루고 있는 화합물에 따라 그 값이 변하지만, 다음의 규칙에 따라 산화수를 구할 수 있다.

1. 홑원소 물질을 이루는 원소의 산화수는 0이다.
2. 단원자 이온의 경우, 산화수는 이온의 전하 수와 같다.
3. 중성 분자의 경우 원자들의 산화수의 총합은 0이다. 다원자 이온의 경우, 원자들의 산화수의 총합은 다원자 이온의 전하 수와 같다.
4. 주기율표에서 1족 원소들의 산화수는 +1이고 2족 원소들의 산화수는 +2이다. 알루미늄은 모든 화합물에서 산화수가 +3이며, 플루오르의 경우 항상 -1이다. 수소의 산화수는 금속과 이온 화합물을 이룰 때를 제외하고는 +1이며, 대부분의 화합물에서 산소의 산화수는 -2이다.



★ 동기 유발을 위한 제안 |

● 식물의 잎이 녹색으로 보이는 이유를 엽록소가 주로 흡수하는 빛의 파장과 반사하는 빛의 파장을 들어 설명하고, 사물이 띠는 색깔을 반사하는 가시광선의 파장과 관련지어 이야기해 보도록 한다.

★ 지도상의 유의점 |

1. 실험 결과를 통해 광합성에 주로 이용되는 빛의 색깔, 즉 빛의 파장을 유추할 수 있도록 한다.
2. 빛의 파장 외에 광합성에 영향을 미치는 요인에 대해 언급할 수 있다.

창의인성 활동의 이해

활동 8 빛의 색깔에 따라 식물의 광합성량이 어떻게 달라질까?

목표

■ 빛의 색깔에 따른 식물의 광합성량의 차이를 비교할 수 있다.

정리

1. 발생한 기포는 광합성 결과 만들어진 산소이다. 수상 치환으로 산소를 포집한 후 향불이나 성냥 불씨를 가까이 하면 불빛이 밝게 타오르는 것으로 확인할 수 있다.
2. 기포 수는 광합성의 생성 물질인 산소의 양에 비례하므로, 광합성량이 증가하면 기포 수가 증가하는 비례 관계를 보인다.
3. 광합성의 명반응에서는 다양한 광합성 색소가 빛을 흡수한다. 녹색 식물이 주로 갖고 있는 색소는 엽록소 a와 엽록소 b로서, 이들 색소는 가시광선의 파장 영역에 속하는 빛 중에서 적색광과 청자색광을 주로 흡수하고, 이 에너지를 광합성에 이용한다. 엽록소 a와 b는 가시광선의 여러 색깔 중에서 녹색광을 가장 적게 사용하므로 반사하거나 투과시킨다. 이에 따라 식물 잎의 색깔이 녹색으로 보이는 것이다.
4. 광합성에는 에너지원으로서 빛이 필요하며, 반응 물질로서는 물과 이산화탄소가 필요하다. 실험 결과 발생하는 기포를 좀 더 가시화하기 위하여 광합성 속도를 높일 필요가 있다. 이를

창의인성 활동 8 빛의 색깔에 따라 식물의 광합성량이 어떻게 달라질까?

목표 빛의 색깔에 따른 식물의 광합성량의 차이를 비교할 수 있다.

실험

준비물 물풀, 0.1% 탄산수소나트륨(NaHCO₃) 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.



▲ 그림 48 _ 빛의 색깔과 광합성량

- 1 3분 동안 발생한 기포 수를 측정하여 분당 기포 수를 계산해 보자.
- 2 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.

위하여 이산화탄소 농도를 높이기 위해 탄산수소나트륨을 넣는다. 탄산수소나트륨은 분해되어 이산화탄소를 방출한다.

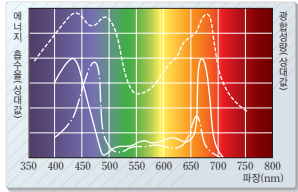
5. 빛의 세기를 변화시키면서 광합성량을 측정하는 실험을 고안하면 된다. 빛의 세기를 변화시키는 방법으로는 광원의 세기를 조절하거나 광원과 식물 사이의 거리를 변화시키는 방법이 있다. 광합성량의 변화는 단위 시간당 발생하는 기포의 수를 측정하여 알 수 있다.
6. 창의·인성 적색광과 청자색광이 광합성에 효율적인 빛이라고 해서 식물을 적색 혹은 청색 셀로판지로 둘러싸는 것은 광합성량을 증가시키는 데 도움을 주지 못한다. 그 이유는 셀로판지의 특성상 투과된 빛의 양이 크게 감소하기 때문이다. 광량의 감소는 광합성량의 감소로 이어진다. 자연광을 이용하여 광합성을 할 수 없는 상황이라면 인공 광선을 사용해야 할 텐데, 이런 경우에는 광합성에 효율적인 파장의 빛을 사용하는 것이 유리하다. 예를 들면, 최근 농업 분야에서 조명, 온도, 습도, 이산화탄소 농도, 배양액 등의 환경 조건을 인공적으로 제어하여 계절이나 장소에 관계없이 연속적이고 안정적으로

빛의 특성과 광합성

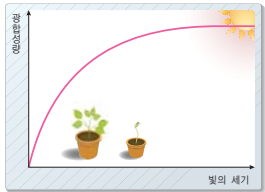
광합성은 식물 세포의 엽록체에서 일어나고, 엽록체는 빛을 흡수하는 엽록소는 색소가 들어 있다. 식물의 엽록소는 a와 b 두 종류가 있으며, 식물은 주로 이들이 흡수한 청자색광과 적색광을 이용하여 광합성을 한다.

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

연결 학습
스펙트럼 ▶ 26쪽



▲ 그림 49 _ 빛의 파장과 광합성



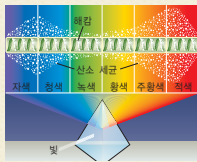
▲ 그림 50 _ 빛의 세기와 광합성

역사 속의 과학 | 앵겔만의 실험

1883년 독일의 앵겔만(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 해랑에게 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 해랑 주위에 산소 세균이 많이 증가하였으므로 이 빛에서 광합성이 활발하게 일어남을 알 수 있었다.



▲ 그림 51 _ 앵겔만의 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.

농산물을 생산하는 시스템을 개발하여 운영 중이다. 이러한 시스템에 사용하는 조명은 효율이 좋은 LED이며, 농작물의 특성에 맞게 적색과 청색의 비율을 적절히 조절하여 식물의 성장을 최대도 맞추어 준다.

평가 기준표

활동 과정	평가 문항	점수
과정	<ul style="list-style-type: none"> 실험 과정에서 변인 통제를 정확하게 하였는가? 전등 빛이 셀로판지를 통과하여 물품을 비추도록 설치하였는가? 기포 수를 정확하게 측정하였는가? 	상, 중, 하
결과	<ul style="list-style-type: none"> 붉은색 빛과 파란색 빛에서 발생한 기포 수가 초록색 빛에서 발생한 기포 수보다 측정값이 높은가? 	상, 중, 하
정리	<ul style="list-style-type: none"> 어떤 색깔의 빛에서 광합성이 활발한지 알고 있는가? 빛의 세기와 광합성량의 관계를 알아보는 실험을 타당하게 설계하였는가? 	상, 중, 하

보충 자료

● 엽록소의 구조

엽록소는 중심에 마그네슘 원자를 포함하는 고리 모양의 구조와 긴 탄화수소 꼬리가 있는 모양을 하고 있으며, 특정 파장의 빛을 흡수하여 금속 원자의 전자를 여기시키고 이 에너지를 주변으로 전달하여 광합성에 이용한다. 엽록소는 녹색 빛을 흡수하지 않으므로 녹색으로 보인다. 긴 탄화수소 꼬리는 엽록체의 내막에 고정되는 작용을 한다.

② | 흡수 스펙트럼과 작용 스펙트럼 |

흡수 스펙트럼은 엽록소 추출액에 분광된 빛을 비추면서 광합성 색소가 어떤 파장의 빛을 잘 흡수하는지 알아본 것이며, 작용 스펙트럼은 다양한 파장의 빛을 식물의 잎에 비추면서 광합성 속도를 측정한 것이다.

그림 49에서 엽록소 a, b의 흡수 스펙트럼이 잎 전체의 작용 스펙트럼과 비슷한 모양을 나타내는 것으로 보아 녹색 식물의 광합성에 필요한 적색광과 청색광은 엽록소 a와 b에서 대부분 흡수하는 것을 알 수 있다.

확인하기

- 기권에서는 이산화탄소의 형태로, 수권에서는 탄산 이온의 형태로, 지권에서는 탄산칼슘과 화석 연료(탄화수소)의 형태로, 생물권에서는 다양한 유기물의 형태로 존재한다.
- 식물은 적색광과 청자색광을 광합성에 가장 많이 사용하고, 녹색광을 가장 적게 사용한다.
- 광합성 과정에서 탄소는 산소와 결합하고 있던 상태에서 산소와 분리되므로 환원되고, 호흡 과정에서는 산화된다.
- 탄소는 지구 상에서 끊임없이 순환하고 있으며, 크게 대기 중의 이산화탄소 형태와 광합성에 의해 유기물로 고정된 형태로 존재한다. 대기 중의 이산화탄소의 양은 지구 온난화 문제를 비롯하여 다양한 환경 문제와 관련되어 매우 중요하기 때문에 이를 적절히 유지하는 것이 현재 인류의 큰 관심사이다. 한편, 근대 이후 화석 연료의 무분별한 사용으로 유기물로 저장되어 있던 탄소가 이산화탄소 형태로 대기 중에 대량 방출되고 있다. 이러한 이산화탄소를 다시 유기물로 고정하기 위해서는 광합성량을 증가시켜야 하며 이를 위해 숲을 보호해야 한다.

3. 지구 온난화와 기후 변화

☆ | 소단원의 학습 목표 |

1. 화석 연료의 과다 사용에 따른 지구 온난화 발생을 설명할 수 있다.
2. 지구의 복사 에너지 평형 과정을 설명하고 지구 온난화 현상을 해결하기 위한 노력을 설명할 수 있다.

🕒 | 14차시 |

394~396 쪽

도입(5분)	전개(40분)	정리(5분)
일기 예보	<ul style="list-style-type: none"> • 지구 복사 에너지 평형 • 창의 인성 활동 9 	지구 복사 에너지 정리

☆ | 동기 유발을 위한 제안 |

- 가장 뉴스를 읽어보게 하고 학생들로 하여금 지구 온난화와 기후 변화에 대해 알고 있는 내용을 이야기해 보도록 한다. 학생들은 지구 온난화에 대해 비교적 많이 들어 보았을 것이다. 따라서 지구 온난화와 기후 변화가 단지 이론적인 내용이 아니라 우리가 살아가는 현실에서 실제로 일어나고 있음을 이야기하여 학생들의 흥미를 유발한다.

☆ | 지도상의 유의점 |

지구의 복사 에너지 평형에 대한 내용은 7차 교육 과정에서는 지구 과학 II에 해당하던 내용이다. 따라서 학생들이 어렵게 느끼지 않도록 수학적 부분은 줄이고 지구가 열평형 상태라는 정도로 이해시키도록 한다.

1 | 지구의 복사 에너지 평형 |

지구는 태양으로부터 에너지를 받는다. 이 에너지는 다시 우주 공간으로 나가기 전에 지구의 대기, 해양, 육지, 생물들에 영향을 준다. 이러한 과정 속에서 에너지의 출입이 평형을 이루게 되는데, 이를 지구의 에너지 평형이라고 한다. 출입하는 에너지는 이동하기는 하지만 새로 생성되거나 사라지지 않고 보존된다.

태양에서 방출되는 태양 복사 에너지 중 매우 적은 양만 지구에 들어오지만 이러한 에너지만으로도 지구의 생명체는 충분히 살아간다. 또한, 태양 복사 에너지는 물의 순환, 파도, 해류, 대기의 순환 등을 일으키는 원동력이 되며, 지구에 들어오는 에너지는 여러 곳으로 분산되지만 대부분 지표에 흡수된다. 한편, 지구 복사 에너지 중에서 지열은 적은 양이지만 이 열을 통해서 판이 이동하면서 화산 활동, 지진 등을 일으킨다.

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 관측되었던 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 극지성 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.

1 | 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.

☆ | 보충 자료 |

● 에너지 복사 및 흡수

물체의 온도에 따라 물체가 방출하는 전자기파 에너지의 크기는 변한다. 일반적으로 고온의 물체가 저온의 물체보다 많은 양의 전자기파 에너지를 방출하는데, 단위 면적당 단위 시간에 방출하는 전자기파 에너지는 물체 표면 온도의 4제곱에 비례한다. 물체의 온도에 따라 전자기파의 파장 형태 또한 변한다. 고온의 물체는 저온의 물체보다 짧은 파장을 가진 전자기파 에너지를 방출한다. 예를 들면, 고온의 태양은 주로 감마선, X선, 가시광선, 자외선과 같은 짧은 파장을 가지는 전자기파를 방출하는 반면, 상대적으로 저온인 지표 및 해양은 주로 적외선과 같은 긴 파장을 지닌 전자기파를 방출한다.

● 반사율

물체의 색에 따라 에너지를 흡수하고 방출하는 능력이 다르다. 상대적으로 어두운색은 더 많은 에너지를 흡수하고, 밝은색일수록 더 많은 에너지를 반사한다.

창의
인성

활동 9 복사 평형은 어떻게 이루어질까?

목표 복사 평형의 원리와 그 과정을 이해할 수 있다.

해 보기

준비를 뚜렷 달린 알루미늄 컵 4개, 온도계 4개, 전등, 줄자

과정

1. 겹게 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. 창의인성 과정 1의 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. 2

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)로 방출된다.

창의
인성

활동의 이해

활동 9 복사 평형은 어떻게 이루어질까?

목표

- 복사 평형의 원인과 그 과정을 이해할 수 있다.

원리

- 지구와 같은 행성은 태양으로부터 받는 에너지와 같은 양의 에너지를 방출한다. 복사 평형 온도는 태양과 행성 사이의 거리에 따라 달라진다. 전등을 태양, 알루미늄 컵을 행성으로 가정하고 복사 평형 실험을 한다.

정리

- 컵 속의 온도 변화를 비교해 보고 시간에 따른 에너지의 출입을 토론한다. 컵 속의 온도가 상승하는 양은 전등으로부터 받는 에너지에 의존한다. 가까운 컵은 에너지를 많이 받기 때문에 온도가 많이 높아지고 먼 컵은 에너지를 적게 받기 때문에 온도가 적게 높아진다.

결론

- 복사 평형에 이르는 온도는 전등과의 거리에 따라 달라진다. 이러한 내용은 수식으로 그 값을 예측해 볼 수 있다. 전등에서 컵까지의 거리를 중심으로 하는 구를 그리면 구 전체에 도달하는 빛에너지는 같다고 가정할 수 있다. 즉, 전등으로부터 일정 거리 R만큼 떨어진 곳에서 구의 겹넓이는 $4\pi R^2$ 이다. 컵에 도달하는 에너지는 반지름 제곱의 역수에 비례한다.

$$\text{컵에 도달하는 에너지}(E) \propto \frac{1}{R^2}$$

또한 에너지는 온도의 4제곱에 비례한다.

$$E = \sigma T^4$$

따라서 온도는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$T \propto \sqrt[4]{\frac{1}{R^2}}$$

거리 R에 15 cm, 30 cm, 45 cm, 60 cm를 각각 대입하면 15 cm가 60 cm인 경우에 비해 두 배 정도 온도가 많이 상승함을 알 수 있다.

2 | 온실 효과 |

온실 효과는 태양 복사 에너지가 지구로 들어와 우주로 나가 지 못하고 순환하는 현상이다. 태양에서 방출된 빛에너지는 지구의 대기층을 통과하면서 일부분은 대기에 반사되어 외계로 방출되거나 대기에 직접 흡수된다. 따라서 50% 정도의 빛에너지만 지표에 도달하게 되는데, 이때 지표에 의해 흡수된 빛에너지는 열에너지나 파장이 긴 적외선으로 바뀌어 다시 우주 공간으로 방출된다. 방출되는 적외선의 절반 정도는 대기를 뚫고 외계로 빠져나가지만 나머지는 수증기, 이산화탄소 같은 온실 기체에 의해 흡수되며, 온실 기체들은 흡수한 적외선을 다시 지표로 되돌려 보낸다. 이와 같은 작용을 반복하면서 지구의 온도를 높이는 현상을 온실 효과라고 한다.

실제 대기에 의해 일어나는 온실 효과는 지구의 온도를 항상 일정하게 유지시켜 주는 매우 중요한 현상이다. 만약 대기가 없어 온실 효과가 없다면 지구는 화성처럼 낮에는 햇빛을 받아 기온이 수십 °C 이상 올라가지만, 반대로 태양이 없는 밤에는 모든 열이 우주 공간으로 방출되어 기온이 영하 100°C 이하로 낮아지게 될 것이다.

따라서 온실 효과 자체는 문제가 아니라, 온실 효과를 일으키는 일부 기체들이 과다하게 대기 중에 방출되어 일어나는 이상 고온 현상, 즉 지구 온난화 현상이 기후 변화를 일으키는 문제이다.

3 | 지구 온난화 |

정의	인간의 활동에 의해 온실 기체가 증가하여 지구의 기온이 높아지는 현상
원인	화석 연료의 과다 사용에 의해 대기 중의 이산화탄소 농도가 증가하기 때문
영향	<ul style="list-style-type: none"> • 해수면 상승, 수온 상승, 대기 순환의 변화에 따른 피해 발생 • 해수의 열팽창과 빙하의 용해에 의한 해수면 상승으로 해안 저지대 침수 • 증발량과 강수량 변화로 이상 기상 현상 발생, 생태계 변화 • 수온 상승으로 태풍의 발생 빈도와 강도 증가
대책	삼림 확대에 의한 식물의 광합성량 증대, 화석 연료 사용의 억제, 대체 에너지 개발 등으로 대기 중의 이산화탄소 농도를 낮춘다.

지구 표면의 온도 상승은 해수면 상승을 초래하고, 이는 다시 강수량과 강수 패턴을 변화시켜, 가뭄, 홍수 등의 기상 이변을 일으킨다. 또 빙하의 후퇴와 기후의 변화는 생태계를 변화시키는 등 인류를 포함한 지구 생물의 생존에 위협이 된다.

지구의 평균 기온 상승은 실제로 일어나고 있다. 2010년 7월 14일, 지구의 평균 기온은 기상 관측 역사상 최고를 기록하였다. 더불어 앞으로 얼마만큼의 온난화가 진행되며 지역에 따라 어떻게 차이가 있을 것인지조차도 아직 확실하지 않다.

창의력 키우기 지구 복사 에너지 중에서 대기에 흡수되는 양은 117%이다. 그런데 만약 현재와 대기 성분이 달라진다면 지구 복사 에너지가 대기에 흡수되는 정도가 달라진다. 만약 대기가 흡수하는 지구 복사 에너지(117%)가 증가하면 이는 다시 지표면의 복사 에너지(-123)를 증가시키게 된다. 따라서 지표면의 온도는 상승하고 지구 전체의 대기 대순환은 더욱 강하게 일어날 것이다.

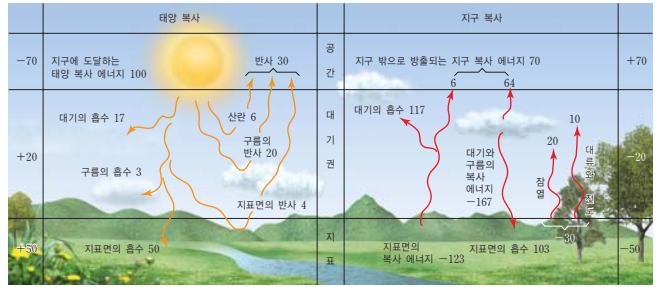
☆ | 보충 자료 |

● 화석 연료의 사용

화석 연료는 인간이 사용하는 여러 가지 에너지 자원들 중 한 가지 형태로, 오래 전 지구상에 서식했던 유기체의 잔존물에서 생성된 에너지 자원을 말한다. 화석 연료의 종류에는 천연 가스, 석유, 석탄, 핵류암, 타르샌드(또는 오일샌드)가 있다. 그 소비율은 산업 혁명 이후 계속 증가해 왔으며, 현재 화석 연료는 재생 불가능한 에너지라는 총체적 의미로 사용되고 있다.

● 기후 변화

기후 변화는 일반적으로 지구 공전 궤도 이심률의 변화, 화산



▲ 그림 53. 지구의 복사 에너지 평형

그림 53과 같이 지구 표면에 도달하는 태양 복사 에너지의 양을 100%라고 한 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.

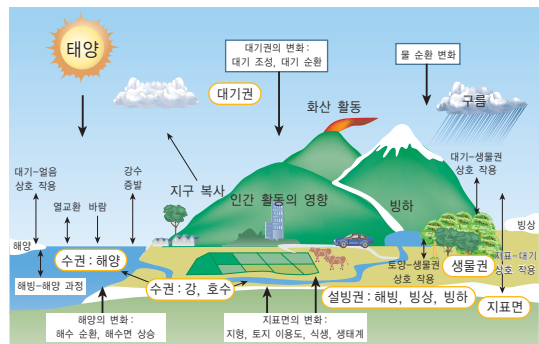
창의력 키우기 대기가 흡수하는 지구 복사 에너지(117%)의 양이 증가한다면 이에 따라 증가하는 에너지는 무엇인지 설명해 보자.

3 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.

활동, 지각 변동 등의 자연적인 요인과 온실 기체와 에어러솔(대기 중의 미세한 입자)의 대기 중 농도 증가에 의한 인위적인 요인에 의해 기후가 점차 변화하는 것을 의미한다.



▲ 기후 시스템

대기 중의 온실 기체 농도가 증가할수록 기온의 상승 폭도 증가하며, 지구 표면에서 방출되는 복사 에너지를 흡수, 재방출함으로써 지표의 온도를 높이는 현상이 발생한다. 온실 기체에는 이산화탄소(CO₂), 메테인(CH₄), 아산화질소(N₂O), 과불화탄소(PFCs), 수불화탄소(HFCs), 육불화황(SF₆) 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.



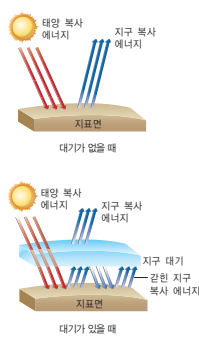
▲ 그림 54 _ 지구 대기 중의 이산화탄소 검출색이 진할수록 대기 중 이산화탄소 농도가 높다.

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 상태에서 복사 평형 온도 즉, 지구 표면의 평균 온도는 -18°C이다. 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.

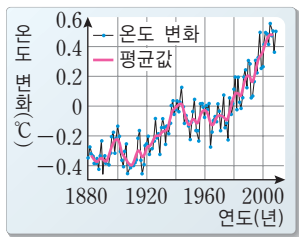
온실 기체 중 지구 온난화에 가장 큰 원인인 이산화탄소의 양은 산업 혁명 이전에 280ppm 정도였으며 오늘날에는 약 360ppm에 이른다. 대기 중 이산화탄소의 양이 현재와 같은 추세를 증가한다면 2070년경에는 산업 혁명 이전의 두 배 수준인 560ppm에 이를 것이다. 따라서 전 세계적으로 이산화탄소 배출량을 줄이기 위한 노력이 계속되고 있으며, 더불어 지구 온난화에 따른 기후 변화에 대한 연구도 활발하게 이루어지고 있다. 현재까지의 연구에 따르면 이산화탄소량이 현재와 같이 증가할 때 지구 표면 평균 기온은 1~3°C 높아지고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



▲ 그림 55 _ 지구 대기의 온실 효과

지구의 평균 기온 상승의 대부분은 인위적인 온실 기체의 대기 중 농도 증가에 의해 발생했을 가능성이 매우 높다. 이때 화산 활동이나 인위적인 에어러솔은 햇빛을 반사하는 정도를 증가시켜 지구가 온난화되는 정도를 일부 상쇄시켰을 것이다. 따라서 온실 기체의 농도 증가만을 고려한다면 현재 상승한 온도보다 온도가 더 높아져야 한다.

● 지구 온난화에 의한 기후 변화



▲ 평균 지구 표면 온도 변화

지구 온난화는 지표 부근의 대기와 바다의 평균 온도가 장기적으로 상승하는 현상이다. 최근 수십 년에 걸쳐 진행되고 있으며 앞으로도 꾸준히 진행될 것으로 예측된다. 사람들은 지구 온난화가 인류의

멸망을 초래할지도 모른다는 비관적인 의견을 내놓고 있다.

기후 변화 위원회가 참조한 기후 모델에서는 1990년에서 2100년 사이에 1.1~6.4°C의 온도 상승이 예측되었다.

15차시

397~399 쪽

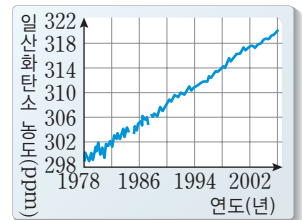
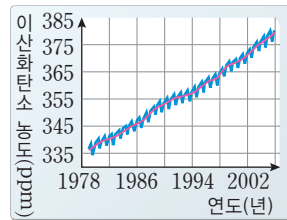
도입(5분)	전개(40분)	정리(5분)
온실 효과	<ul style="list-style-type: none"> 지구 온난화 창의 인성 활동 10 	지구 온난화 정리

★ 동기 유발을 위한 제안

● 과학 마당에는 온실 효과와 지구 온난화의 차이점이 나와 있다. 학생들에게 온실 효과가 인간에게 필요한 것인지 아닌지 그리고 온실 효과와 지구 온난화는 어떤 차이가 있는지 과학 마당을 읽어보고 답해 보도록 한다.

★ 지도상의 유의점

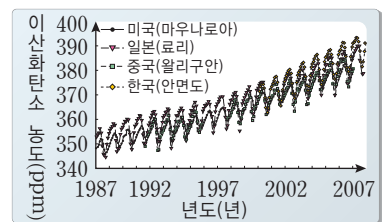
지구 온난화는 실제 일어나고 있는 현상이다. 이에 대한 원인은 대체로 인간에 의한 온실 기체 농도의 증가로 생각되지만 소수의 다른 주장도 있다. 학생들이 논리적인 토론을 벌일 수도 록 유도한다.



▲ 세계 온실 기체의 농도 변화

우리나라의 경우는 지구 온난화 기여율이 가장 큰 이산화탄소의 평균 농도가 1999년부터 2005년까지 1년에 평균 2.5ppm씩 증가하였다.

미국, 중국, 일본, 한국에서 비교적 인위적인 오염원이 없는 장소에서 이산화탄소 농도를 측정하였더니 한국과 일본은 다른 장소에 비해 상대적으로 오염원의 값이 적게 나타났다. 그러나 이산화탄소 농도의 증가율은 점점 높아지고 있다.



▲ 이산화탄소 농도의 변화

창의인성 **활동의 이해**

활동 10 지구 온난화의 원인은 무엇일까?

목표

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

원리

- 지구의 기온은 상승하고 있고 온실 효과를 일으키는 이산화탄소의 농도 역시 높아지고 있다. 대부분의 과학자들은 지구 온난화가 인간의 활동에 의한 온실 기체 증가 때문으로 생각하고 있다.

과정

1. 최근 150년 간 대기 중의 이산화탄소 농도와 기온 변화 그래프를 분석한다.
2. 온실 기체의 증가로 지구 온난화가 일어난다는 주장에 반대하는 글을 읽고 조별로 논리를 만들어 본다.

정리

- 지구 온난화에 대한 원인을 온실 기체의 증가로 생각하는 그룹과 그렇지 않다는 그룹으로 나누어 토론 활동을 한다.

결론

- 지구 온난화는 대체로 인간에 의한 온실 기체 배출로 설명하고 있다. 그러나 지구 온난화의 원인을 다른 현상에서 찾는 경우도 있다. 학생들은 이러한 내용에 대한 토론을 통해 논리적 토론 습관을 기르도록 한다.
- 기온 변화 그래프에서 볼 수 있듯이 1975년 이후 지구 기온이 크게 상승하고 있다. 이는 실제 현상이며 기온의 측정값은 논란이 있을 수 없는 부분이다. 논란이 있는 부분은 지구 온난화가 실제로 온실 기체 때문에 일어나는가에 대한 부분이다.

4 | 지구 온난화로 발생하는 현상 |



▲ 빙하 붕괴

• 빙하 감소

지구 온난화 현상은 북극과 남극의 빙하를 감소시킨다. 지난 100년 동안 북극 지역의 기온은 약 5°C 상승하였으며, 지구 전체의 빙하 면적 또한 감소하였다. 스

위스 산지의 빙하는 $\frac{1}{3}$ 정도 감소하였으며, 북반구 극지방에서는 1960년대 이후로 눈의 두께가 10% 정도 감소하였다.

지구 온난화와 기후 변화

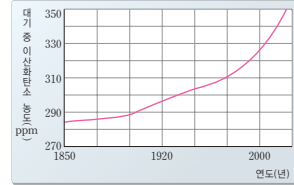
과학자들은 대기 중 온실 기체의 양이 증가하여 지구 온난화가 일어난다고 주장한다. 그러나 지구 온난화는 온실 기체와 큰 관련이 없으며, 주기적인 지구 환경 변화의 일부라고 주장하는 사람도 있다. 다음 활동에서 지구 기온 변화 자료를 이용하여 지구 온난화 경향을 알아보고, 지구 온난화에 대한 다른 주장도 함께 알아보자.

창의인성 **활동 10** 지구 온난화의 원인은 무엇일까?

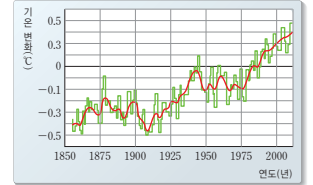
목표 지구 온난화 경향을 파악하고, 지구 온난화와 관련된 여러 가지 주장의 타당성을 비교한다. **자료** 핵심

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 넣을 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.



▲ 말라버린 아랄 해

• 사막화

사막화는 기상 변화로 수목이 말라죽고 건조한 지역이 확대되는 현상이다. 마을이나 오아시스가 밀려드는 사구에 의해 파묻히거나, 지나친 벌채, 방화, 녹지화로 자연 식생 회복 능력을 잃고 인공 녹화 사업도 성공하지 못한 경우에 일어난다. 지구 온난화가 가속되면 대기 대순환의 이상으로 사막화 현상이 발생한다.



▲ 해수면 상승으로 수몰 위기에 놓인 투발루

• 해수면 상승

지난 100년 동안 해수면은 평균 10~20 cm 높아졌다. 인구가 해변에 밀집되어 있는 국가에서는 바닷물 범람에 의한 심각한 피해가 우려되며, 작은 섬나라는 완전히 사라지게 될 것이다.

정리

1. 지구 온난화는 온실 기체 증가 때문에 일어난다는 입장과 이에 대하여 신중한 입장을 가진 것으로 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. **현제와 같은** 기온 변화가 지속될 경우 지구 환경은 어떻게 달라질지 각 모둠의 입장에서 설명하고 서로 다른 점을 이야기해 보자.

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

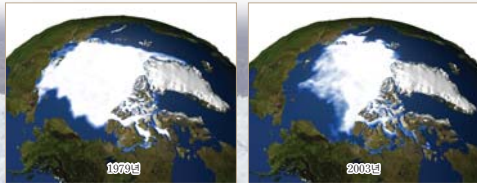
대기 중 이산화탄소의 양은 화석 연료의 사용이 늘어나면서 최근 150여 년 동안 급격히 증가하였고, 이 기간에 지구의 평균 온도는 약 0.6°C 높아졌다. 지구 온난화로 해수 온도가 높아지면 해수에 녹아 있던 이산화탄소가 대기로 방출되어 지구 온난화가 더욱 심해진다. 또 해수의 열팽창과 함께 극지방이나 고산 지대의 대륙 빙하가 녹아 해수면이 상승하여 해안 지역과 얕은 바다의 생태계가 변한다.

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.

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

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



▲ 그림 57. 북극 빙하 면적의 변화

☆ | 보충 자료 |

● 지구 온난화에 대한 논란

1. 지구 온난화는 실제로 일어나는 현상인가?

“지구 온난화는 실제로 발생하는가?”라는 질문에 답을 하기 위해서는 우선 온실 효과와 지구 온난화의 정의를 구분할 필요가 있다. 온실 효과는 지구 대기의 선택적 흡수에 의해 발생한다. 수증기와 이산화탄소는 태양 복사 에너지를 통과시키고 지구 복사 에너지를 흡수하므로 지구 복사 에너지에 의해 대기가 가열되어 지구 전체의 온도를 높인다.

만약 대기가 없다면 지구의 평균 기온은 -18°C 정도일 것이다. 그러나 지구의 평균 기온은 약 15°C 정도이고, 그 차이값이 온실 효과에 의한 온도 상승이다. 이러한 지구의 온실 효과는 지구 역사 이래 대기가 형성된 후 계속 있어온 일이다.

지구의 기온을 따뜻하게 해주는 온실 효과는 지구 생태계에 꼭 필요하다. 그런데 최근에는 인간에 의한 인위적인 온실 효과가 두드러지게 나타나고 있다. 자연에 의한 ‘자연적인 온실 효과’와 대비하여 ‘강화된 온실 효과’를 지구 온난화라고 한다.

2. 지구 온난화가 인간에 의한 화석 연료 사용 때문인가?

영국의 BBC 방송사에서는 다큐멘터리 프로그램을 통해 지구 온난화가 과장되었다는 프로그램을 방송한 적이 있다. 이 프로그램은 전 세계적으로 많은 논란을 일으켰다. 프로그램의 제목은 ‘지구 온난화 대 사기극(The Great Global Warming Swindles)’이며, 지구 온난화가 일어난다는 데에는 동의하지만 인간의 이산화탄소 방출이 지구 온난화를 일으킨 것이 아니라 단지 태양 활동의 변화가 최근 지구의 변화를 더 잘 설명하고 있다는 의견을 제시하였다.

마이클 클라이튼이 쓴 ‘공포의 제국’이라는 소설에서는 지구 온난화가 극단적인 환경론자들이 벌이는 국제적인 음모이고, 이미 기득권 세력이 된 환경론자들이 인공적인 재난을 만들어 내며 공포를 조장한다고 말한다. 이 소설은 베스트셀러가 되어 일반인들에게 많이 읽혔으며, BBC의 다큐멘터리와 함께 지구 온난화에 대한 논란에 일정 부분 영향을 미쳤다.

3. 과학자들의 생각

과학자들은 지구 온난화에 대해 어떻게 생각하고 있을까?

IPCC는 지구 온난화는 인간에 의한 것일 가능성이 90% 이상으로 판단하고 있고, 미국 지구 변화 연구 계획(U.S. Global change research program 2009)은 지구 온난화의 주 원인이 인간에 의한 온실 기체 배출이라고 발표하였다. 유럽 과학 예술 아카데미(European Academy of Sciences and Arts 2007)에서도 인간의 활동이 지구 온난화에 책임이 가장 크다고 말하는 등 여러 과학 학술 단체에서 지구 온난화는 인간의 책임이라고 이야기한다.

2007년 미국 기후 학회와 미국 지구 물리학 학회 회원들의 통계 조사 결과 약 97%의 학자들이 지구 온난화에 동의했으며, 그 중 약 84%가 인간의 활동과 연관이 있다는 데 동의했다. 한편, 약 5%는 인간의 활동이 지구 온난화에 연관이 있다는 의견에 반대했다.

과학자들은 현상에 대하여 의심하고 새로운 학설을 만드는 것을 좋아하는 경향이 있다. 심지어 뉴턴의 만유인력 법칙조차도 수정하려는 학자들이 아직도 있다. 이러한 집단에서 예측하기 어려운 기후학 분야에 대하여 이 정도 일치된 대담을 기대하기도 어려운 일이다. 즉, 지구 온난화가 화석 연료의 과다 사용에 의한 인간의 활동 때문인가 아닌가 하는 논란은 과학자들의 논란이 아니다. 이러한 논란은 비 과학자들 사이의 논란이며, 과학자들의 주장은 대체로 정리된 상황이다.

16차시 400~402쪽

도입(5분) 우리나라의 기후	전개(40분) • 창의 인성 활동 11 • 창의 인성 활동 12	정리(5분) 기후 변화와 미래의 기후 정리
---------------------------	--------------------------------------------------	-----------------------------------

★ 동기 유발을 위한 제안

● 학생들에게 실제로 날씨가 더워지고 있음을 느끼고 있는지 물어본다. 우리나라의 경우 실제로 농작물의 재배지가 북상하고 열대야 일수가 증가하고 있다. 제주도의 경우 감귤 농사로 유명한데 이제는 지구 온난화로 제주도뿐만 아니라 남해안 일대에서도 귤이 재배되기 시작해 제주도 감귤 농사에 영향을 주게 되었다. 그래서 제주도에서는 열대 과일 재배를 시작하고 있다. 이러한 내용을 통해 학생들의 흥미를 유발한다.

★ 지도상의 유의점

이번 차시의 내용에는 우리나라의 기후가 어떻게 변하고 있는지와 함께, 앞으로의 기후 변화와 지구의 미래에 대한 창의 인성 활동이 포함되어 있다. 학생들이 창의적이고 능동적인 활동을 할 수 있도록 지도한다.

창의 인성 활동의 이해

활동 11 우리나라의 기후는 어떻게 변하고 있을까?

목표

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

원리

■ 여러 가지 기상 관측 자료를 바탕으로 우리나라의 기후가 온대 기후에서 아열대 기후로 변하고 있음을 해석한다.

과정

■ 우리나라의 연도에 따른 기온, 농작물 재배지의 변화, 계절의 길이, 열대야 일수 등의 자료를 해석하여 앞으로 우리나라의 계절과 기후가 어떻게 변할지 토론하도록 한다.

정리

■ 우리나라의 기후는 온대 기후에서 아열대 기후로 변하고 있다. 이러한 경향성이 계속된다면 농작물의 재배지, 기후, 생태 환경의 전반적인 변화가 일어날 것이다. 전 세계에서 지구 온

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

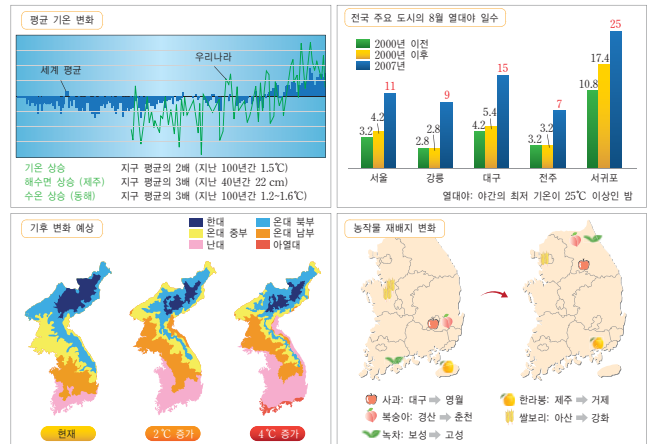
활동 11 우리나라의 기후는 어떻게 변하고 있을까?

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

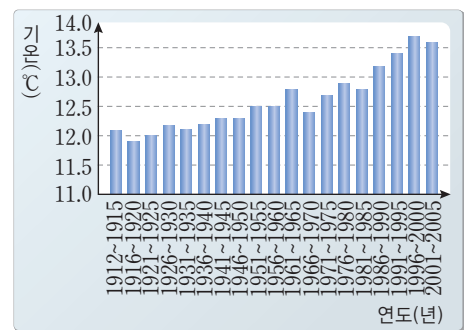
1. 우리나라의 기온은 어떻게 변하고 있는지 설명해 보자.
2. 기온 변화와 열대야 일수 변화, 농작물 재배 가능 지역의 분포 변화를 지역별로 조사하여 이야기해 보자.
3. 앞으로 우리나라 계절과 기후는 어떻게 변할지 이야기해 보자.
4. 창의·인성 우리나라의 기후 변화 경향을 지구 전체의 기후 변화 경향과 비교해 보자.

협동 교과서의 자료 외에도 다양한 매체를 통해 많은 정보를 수집하며, 이 과정에서 탐구력과 협조 하도록 한다.

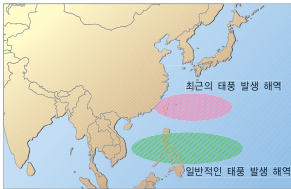
난화로 기온이 상승하고 있으며, 우리나라의 기후 변화 경향은 전 세계적인 기후 변화 경향과도 대체로 일치한다.



▲ 서울의 계절 시작일 및 지속 기간 변화 전망



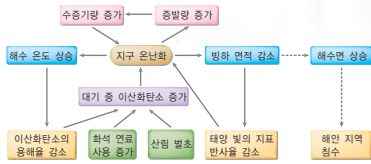
▲ 매 5년 단위 우리나라의 기온 변화 (6개 도시: 서울, 부산, 인천, 강릉, 대구, 목포)



▲ 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.

☆ | 보충 자료 |

● 태풍

태풍은 북태평양 서쪽에서 발생하는 열대 저기압으로, 동아시아와 동남아시아, 그리고 마이크로네시아 일부에 영향을 준다. 1959년부터 2005년까지의 태풍 발생 통계에 따르면 7월에서 10월까지 발생하는 태풍이 평균 21.5건으로, 전체 31.6건의 약 68%를 차지한다. 태풍은 코리올리 힘의 영향으로 북반구에서 반시계 방향으로 회전한다. 그리고 세력이 약해지면(최대 풍속 17.2m/s 미만) 태풍이라는 말을 쓰지 않고 ‘열대저압부’로 부르며, 중심부의 태풍의 핵이 소멸되면 온대 저기압으로 변질되기도 한다.

● 태풍의 일생

태풍(열대 저기압)이 발생하는 곳은 편동풍 골의 끝부분이나 중위도에 뻗어 있는 기압골 위쪽 등 상승 기류가 있는 지역이다. 열대의 해수면은 수온이 높고 햇빛이 강하게 비추기 때문에 증발이 활발하여 습도가 높다. 또 라디오존데 관측 결과에 의하면 열대 대기는 조건부 불안정 상태인 경우가 많다. 따라서 공기가

어느 정도 상승하여 포화 상태에 도달해도 점점 더 상승하려는 성질이 있어서 적란운이 잘 형성된다. 적란운 안에서는 다량의 수증기가 응결하여 잠열이 방출되므로 온도가 높아진다.

한편, 태풍이 발생하는 때는 상공에서 커다란 기류의 발산이 있을 때라는 것이 알려져 있다. 해수면 부근의 적란운 주위에서 수렴하여 상승한 기류가 상공에서 발산하여 그것이 하층의 수렴을 웃돌게 되면 기압이 낮아진다. 또한, 적란운으로 에워싸인 태풍의 눈 안에는 하강 기류가 있기 때문에 공기는 단열적으로 온도가 상승하여 기온이 한층 높아진다. 기온이 높아지면 밀도가 작아지기 때문에 중심부의 기압은 태풍의 눈 주위보다 더욱 낮아진다. 계산에 따르면, 태풍의 중심부에서는 온도의 상승에 의해 밀도가 작아진만큼 기압이 낮아진다는 것을 알 수 있다. 이와 같이 기압이 낮아지면 주위에서 기류가 수렴하여 적란운을 한층 더 발달시키기에 따라 태풍이 점점 발달하게 된다.

따라서 태풍이 발달하기 위해서는 해수면에서 다량의 수증기가 증발하여 습도가 높아지는 것이 첫째 조건이다. 태풍이 발달하려면 표면 수온이 26~27°C 이상이어야 한다고 알려져 있다. 열대 해양 중에서 남동태평양에서는 열대 저기압이 발생하지 않는데, 이는 수온이 낮기 때문이다. 또한, 북서태평양에서 발생한 강한 태풍은 모두 수온이 28°C 이상인 곳에서 급속히 발달한 것이다. 필리핀 동남쪽 해면의 수온이 높은 곳에서는 태풍이 종종 맹렬한 기세로 발달한다.

지금까지 비행기 관측으로 얻은 태풍 중심 기압의 최저값은 870 hPa로, 열대 지방의 평상시 기압보다 135 hPa이나 낮다. 태풍은 해수면의 수온이 높고 상승 기류가 있는 곳에서, 그리고 상공에서 큰 발산이 있는 경우에 발달한다. 실제로 태풍의 발달 상황을 조사해 보면 태풍이 발생하고 나서 2, 3일 후에 급속히 발달하는 경우가 많다.

넓은 해수면에서는 수온이나 기류의 상태가 태풍이 발달하기에 적합하지 않은 장소가 있다. 태풍이 이와 같은 곳으로 오면 발달이 멈추고 쇠퇴한다. 한편, 일단 발달한 태풍은 열대 해상에서 금방 소멸하지는 않는다. 그러나 태풍이 육지에 상륙하면 수증기의 공급이 없고 지표면과의 마찰이 커지기 때문에 급속도로 쇠퇴한다.

가을에 중위도까지 와서 일단 주춤한 태풍이 온대 저기압의 성질을 갖기 시작하여 다시 발달하는 경우가 있다. 이것을 태풍의 재생이라고 한다. 이런 경우 일반적으로 진행 속도가 빠르기 때문에 특별한 경계를 필요로 한다.

창의인성 **활동의 이해**

활동 12 지구의 미래는 어떤 모습일까?

목표

- 과학적 모델에 근거한 정보를 활용하여 기후 변화에 의한 지구 환경 변화를 예측할 수 있다.

원리

- 인간의 활동으로 온실 기체가 증가함에 따라 지구의 기온은 상승해 왔다. 이러한 추세가 계속된다면 지구의 기온은 계속 상승할 것이다. 그러나 인간이 온실 기체를 적게 배출한다면 지구의 기온도 그에 따라 또다시 변할 것이다. 따라서 앞으로 여러 가지 가능성에 대한 기후 모델을 생각해 볼 수 있다.

과정

- IPCC에서 보고한 기후 변화 예측 그래프를 해석하고 앞으로 지구의 기후는 어떻게 변하게 될지 토의한다.

정리

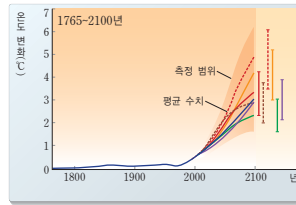
1. 기후 변화 모델은 크게 4개 시나리오(A1, A2, B1, B2)로 나뉘며, 대체 발달 경로를 탐구하고 폭넓은 범위의 인구 통계적, 경제적, 기술적 변화 동인과 결과적인 온실 기체 배출을 다룬다. A1 모델은 세계 경제의 매우 급속한 성장, 금세기 중반에 최고에 도달할 지구촌 인구, 새롭고 좀더 효율적인 기술의 급속한 도입을 가정한다. A1 모델은 설명하는 기술 변화 방향에 따라 화석 집약적(A1FI), 비화석 에너지 자원(A1T), 모든 자원 간의 균형(A1B)으로 나뉜다. B1 모델은 지구 인구는 A1과 같지만 경제 구조는 서비스 및 정보 경제 쪽으로 좀더 급속히 변하는 수렴적 세계를 기술하고, B2 모델은 인구와 경제 성장이 A1과 B1의 중간인 세계를 기술하며 경제적, 사회적, 환경적 지속 가능성에 대한 지역적 해법을 강조한다. A2 모델은 인구 증가율이 높고 경제 발달은 느리며 기술 변화도 느린 매우 이질적인 세계를 기술한다.
2. • 생태계: 지구의 평균 기온이 1.5~2.5°C 이상 상승하면 지금까지 알려진 동·식물 종의 약 20~30%는 멸종 위험이 증가할 것이다. 따라서 생태계의 구조와 기능, 종들의 상호 작용 및 서식 범위에 큰 변화가 일어날 것이다.
 - 산업: 해안 지역이나 강가에 위치한 시설, 급속한 도시 사회화가 일어나는 곳은 지구 온난화에 의한 피해가 클 것이다.
 - 사회: 영양 불량, 기상 이변에 의한 사망, 재해 증가, 설사

활동 12 지구의 미래는 어떤 모습일까?

목표 과학적 모델에 근거한 정보를 활용하여 기후 변화에 의한 지구 환경 변화를 예측할 수 있다. 자료 해석

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.



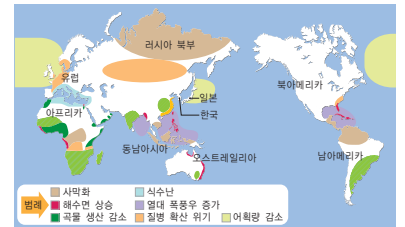
IPCC에서는 기후 변화를 예측한 여러 가지 시나리오를 개발하여 분석하였다. 지금까지 계속 확실 연료에만 의존할 경우 2090~2099년의 지구 평균 기온은 현재보다 최대 6.4°C, 해수면은 59 cm 상승할 것으로 전망하였다. 반면, 신·재생 에너지 등을 이용하여 이산화탄소 배출량을 줄인다면 기온은 1.1°C, 해수면은 18 cm 상승할 것으로 전망하였다. 그리고 기후 변화로 생태계, 산업 경제, 생활양식 전반에 광범위한 변화가 나타날 것으로 예상된다.

▲ 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.

병 위험 증가, 전염성 질병 증가 등 많은 사람들의 보건 상태가 영향을 받게 될 것이다.

결론

- IPCC의 기후 변화 모델에 따르면 지구의 기온은 상승하고 있고, 현재와 같은 추세가 지속된다면 전 세계적으로 생태계, 식량, 산업과 사회 등 전반적으로 큰 변화가 일어날 것이다.

보충 자료

● 한반도와 동아시아 기후 변화 전망

국립 기상 연구소의 한반도 장기 미래 전망에 따르면 평년 1971~2000년에 비해 세기 말(2071~2100년) 우리나라의 기온은 약 4°C 상승하고, 강수량은 약 17% 증가할 것으로 전망된다. 또 호우 빈도 증가가 예상되며, 열대야 횟수는 약 3배 증가할 것으로 전망된다. 한편, 태백, 소백산맥 산지를 제외한 서해안, 동해안 중부까지 아열대 기후대가 북상하여 생태계에 영향을 줄 것으로 예상된다. 북서태평양의 태풍 발생 빈도는 감소하지만 강도는 증가하고, 한반도 주변 해역의 해수 온도는 약



▲ 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.

5 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 퍼뜨리고 있으며, **기후 변화 협약(UNFCCC)** 채택, **국제 연합 환경 계획(UNEP)** 조직 등의 활동도 활발하게 진행되고 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 협조를 세계 환경의 날 행사를 매년 개최하는 등 지구 환경을 보전하고 개선하는 노력을 하고 있다.



▲ 그림 64_ 2010 세계 환경의 날 공식 로고

3.2°C 상승할 것으로 전망된다. 동아시아의 기온은 약 3~4°C 상승하고, 강수량은 변동폭이 매우 커짐에 따라 -4~9%의 분포를 보이며, 호우와 가뭄의 극한 현상 발생 가능성이 높아지는 것으로 전망된다.

한편, 기온 상승에 따라 계절에도 변화가 있을 것으로 전망된다. 서울의 계절별 시작일을 보면, 봄과 여름은 점차 빨리 시작되는데, 1920년대에 비해 1990년대에는 10일 정도 앞당겨져 봄은 3월 초순에, 여름은 5월 하순에 시작되었다. 반면, 가을의 시작일은 일주일 정도 늦어지면서 여름 지속 기간은 1900년대보다 1990년대에는 16일 증가하였다. 겨울은 시작 시기는 늦어지고 봄이 빨리 시작되어 1990년대에는 1920년대보다 겨울이 19일 감소하였다.

2040년대와 2090년대 전망 자료에 의하면 여름의 시작일은 5월 초순으로 빨라지고, 종료일은 10월 중순까지 늦어져 1990년대보다 여름이 한 달 정도 더 길어질 것이다. 반면, 겨울은 2090년대에는 12월 말로 늦어지고 봄 시작일이 2월 중순으로 빨라지면서 1990년대보다 한 달 반 이상 짧아질 것으로 전망된다.

17차시 403~406쪽

도입(5분)	전개(40분)	정리(5분)
지구 온난화 방지	<ul style="list-style-type: none"> 지구 온난화에 대한 대책 창의 인성 활동 13 	지구 온난화 방지 노력 정리

동기 유발을 위한 제안

● 지구 온난화에 대해 학생들이 할 수 있는 활동은 무엇이 있을까? 그리고 전 세계는 어떤 노력을 해야 할까? 이러한 질문을 통해 학생들의 흥미를 유발한다.

지도상의 유의점

전 세계의 기후 변화 대책은 단순한 과학적 지식을 넘어 사회, 경제, 문화적인 변화가 발생하는 현상이다. 따라서 학생들은 이러한 지구 온난화에 대해 어떻게 대응해야 하는지 진지하게 생각할 수 있는 시간을 갖도록 지도한다.

5 | IPCC

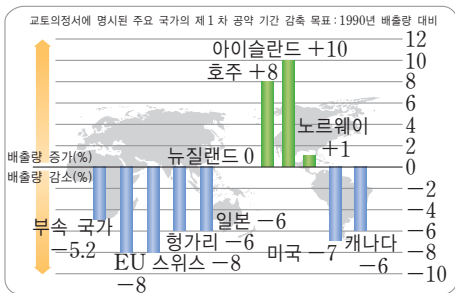
IPCC(<http://www.ipcc.ch>)는 1988년 11월 유엔 환경 계획(UNEP) 및 세계 기상 기구(WMO)가 공동으로 주관하여 설립한 정부간 협의체이다. 전 세계 과학자가 참가하여 기후 변화 추세 및 원인 규명, 기후 변화에 따른 생태학적, 사회 경제적 영향 평가 및 그에 대한 대응 전략을 분석한 보고서를 발간하여 정부간 협상의 근거 자료로 활용한다.

1972년 6월 5일 스웨덴의 수도인 스톡홀름에서 ‘하나뿐인 지구’를 주제로 열린 ‘유엔 인간 환경 회의’의 결정에 따라 1973년에 설립되었으며, 케냐의 나이로비에 본부를 두고 있다. 총 113개 국가와 3개 국제 기구, 257개의 민간 단체가 참여하여 이 회의에서 인간은 환경을 창조하고 변화시킬 수 있는 존재인 동시에 환경의 형성자임을 인정하고, 인간 환경이 인간의 복지와 기본적 인권, 나아가 생존권 자체의 본질임을 규정한 인간 환경 선언을 채택하였다. 그 후 제 27차 유엔 총회에서 지구 환경 문제를 다루기 위한 유엔 전문 기구를 만들어야 한다는데 합의한 결과 UNEP가 설립되었다. 이 회의에서 채택된 환경 프로그램들을 실행, 조정하기 위해 총회에서 집행 위원회가 조직되었으며, 이에 따라 UNEP는 이 집행 위원회를 중심으로 유엔 내의 ‘환경 전담 국제 정부간 기구’로 활동하게 되었다.

6 | 교토 의정서 |

교토 의정서(Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change)는 지구 온난화의 규제 및 방지를 위한 국제 협약인 기후 변화 협약의 수정안이다. 1997년 12월 11일에 일본 교토의 국립 교토 국제 회관에서 개최된 지구 온난화 방지 교토 회의(COP3) 제3차 당사국 총회에 채택되었으며, 2005년 2월 16일 발효되었다. 이 의정서를 인준한 국가는 이산화탄소를 포함한 6종류의 온실 기체 배출량을 감축하며, 배출량을 줄이지 않는 국가에 대해서는 비판세 장벽을 적용하게 된다. 의정서는 온실 효과를 일으키는 이산화탄소를 비롯한 모두 6종류의 감축 대상 기체(온실 기체)의 법적 구속력을 가진 배출 감소 목표를 지정하고 있다.

교토 의정서 제3조에는 2008년부터 2012년 사이에 선진국 전체의 온실 기체 배출량을 1990년 수준보다 적어도 5.2% 이하로 감축할 것을 목표로 하고 있다. 우리나라에서는 2002년에 비준하였으며, (2008년 5월 기준 총 184개국 서명, 76개국 비준) 2005년 11월 캐나다 몬트리올에서 제1차 교토 의정서 당사국 총회(COP/MOP1)를 개최하였고, 제3차 교토 의정서 당사국 총회(COP/MOP3)에서 발리 로드맵을 채택하였다.



▲ 국가별 온실 기체 감축 목표

보충 자료 |

● 주요 국가의 기후 변화 방지 대책

국가	기후 변화 대책
EU	<ul style="list-style-type: none"> 교토 의정서에 의한 온실 기체 감축 노력 2005~2007년까지 EU 내에서 배출권 거래 제도 시행 후 현재 2단계 배출권 거래제 시행 2050년까지 60~80%의 온실 배출 감축 2012년까지 온실 기체 배출 집약도를 18%까지 낮춘다는 목표
미국	<ul style="list-style-type: none"> 캘리포니아주는 온실 기체 배출을 2020년까지 25% 감축하는 법안 제정 버몬트, 뉴욕 등 29개의 주에서 온실 기체 감축 목표 수립

6 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.

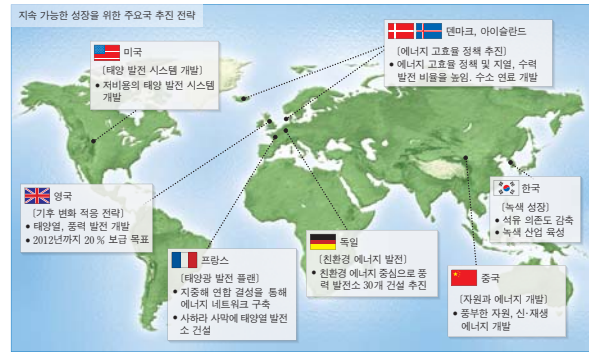
이 정책은 석유나 석탄과 같은 화석 연료의 사용량을 줄이는 동시에 신·재생 에너지 자원 개발로 이산화탄소 배출량을 줄여 지구 온난화 방지에 동참하는 활동이며, 생태계 보전과 파괴된 생태계 복원 등과 더불어 전국적으로 시행하고 있다.

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 악화와 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, 산림과 습지, 갯벌 등 이산화탄소를 저장하는 자연환경의 복원과 보전 활동 등을 함께 포함한다.



국가	기후 변화 대책
일본	<ul style="list-style-type: none"> 지구 온난화 대책의 추진에 관한 법률 제정 및 개정 (2006년) 내각 총리를 본부장으로 하는 지구 온난화 대책 본부 운영 2050년까지 현재 수준에서 60~80%의 온실 기체 배출량 감축 목표
중국	<ul style="list-style-type: none"> 2010년까지 2005년 대비 GDP당 에너지 소비량 20% 감축, 신·재생 에너지 10% 확대 목표
멕시코	<ul style="list-style-type: none"> 주요 산업별로 2007~2014년까지 이산화탄소 1억 톤 감축 잠재량 제시

● 우리나라의 범 정부 종합 대책

정부	1999년부터 현재까지 3차례에 걸쳐 기후 변화 협약 대응 정부 종합 대책을 수립하여 시행하고 있으며, 2005년부터는 제3차 종합 대책을 시행하고 있다.
환경부	<ul style="list-style-type: none"> 기후 변화 영향 평가 및 적응 대책 수립 기술 개발 투자 및 기업 지원 강화 온실 기체 배출 관리 체계 구축 교육, 홍보 및 전문가 양성 교토 메커니즘 도입 기반 구축 이행 대외 협상 기반 강화

창의
인성

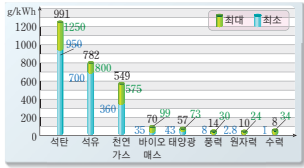
활동 13 이산화탄소 발생량은 어떻게 조절할까?

목표 이산화탄소 발생량을 줄이는 방법을 창의적으로 제시할 수 있다.

자료 해석

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(AEA, 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.

창의
인성

활동의 이해

활동 13 이산화탄소 발생량은 어떻게 조절할까?

목표

■ 이산화탄소 발생량을 줄이는 방법을 창의적으로 제시할 수 있다.

원리

■ 대기 중으로 이산화탄소를 배출하고 있는 화석 연료의 사용을 줄이는 방법을 토의해 본다.

과정

■ 과정 1은 이산화탄소를 줄이는 이산화탄소 포집 방법에 대한 모식도이고, 과정 2는 이산화탄소 배출에 대한 글이다. 과정 1과 과정 2의 내용을 통해 이산화탄소의 배출 원인을 알아보고 이에 대한 대응 방법을 토의한다.

정리

■ 이산화탄소의 주된 배출 원인은 석탄이나 석유와 같은 화석

연료의 사용이다. 과정 1에서 각 배출 원인에 따른 이산화탄소 배출량이 제시되어 있는데, 이를 전체 양으로 나누어 퍼센트를 구할 수 있다.

결론

■ 자료를 해석하여 이산화탄소 발생량을 알아보고 이산화탄소 발생량을 줄이는 방법을 이해한다.

보충 자료

기후 변화에 대한 대처법

1. 기업

1. ① 기존 시설의 에너지 낭비 요소만 제거해도 상당량의 에너지를 절감할 수 있으므로 산업계 전체 차원의 에너지 절약을 시행한다.
2. ② 산업계에서는 온실 기체 배출의 원인이 되는 에너지 사용을 줄이기 위하여 에너지 효율이 높은 생산 시설과 공정을 도입한다.
3. ③ 온실 기체의 감축 기술 능력은 기업의 경쟁력을 결정하는 주요 요소가 될 것이지만, 이러한 기술은 단기간에 축적되지 않으므로 장기간의 투자 계획을 바탕으로 개발한다. 또한, 온실 기체를 최대한 감축하는 기술을 생산 공정 및 신규 공장 건설 시 도입한다.
4. ④ 현재와 같은 에너지 다소비의 산업 구조는 기후 변화 협약 시대 국제 수출 시장에서 가격 경쟁력에 매우 취약하므로 에너지 다소비 업종의 한계 기업들은 이 점을 고려한다.

2. 태양 발전 시스템

태양 에너지는 실용적인 목적으로 주로 태양 복사를 이용한다. 태양 발전 기술은 햇빛을 포착하고 변환하며 분배하는 방식에 따라 수동식과 능동식으로 크게 구분된다. 능동식 태양 기술은 태양 발전 패널, 펌프, 팬을 이용하여 태양 빛을 유용한 출력물로 변환한다. 수동식 태양 기술은 사용할만한 열 특성을 지닌 물질을 선별하고 공기를 자연스럽게 순환하는 공간을 설계하며 태양에 대한 건물의 위치를 참조하는 것을 포함한다. 능동식 태양 기술은 에너지 공급을 늘리므로 공급 측면의 기술로 생각할 수 있으며, 수동식 태양 기술은 대체 자원의 필요성을 줄여 주므로 수요 측면의 기술로 생각할 수 있다.



▲ 태양 빛 집광판

산업 혁명과 함께 했던 석탄 이용을 시작으로 에너지 소비는 나무와 바이오매스에서 화석 연료로 꾸준히 변화하였다. 1860년대에 시작된 태양 에너지 기술의 초기 개발은 석탄이 부족해질 것을 예측하고 운영되었지만, 20세기 초에 석탄, 석유와 같은 화석 연료의 폭넓은 이용 가능성, 경제 이용성 때문에 부진을 면치 못하였다. 1973년 유류 수출 금지와 제2차 석유 파동은 전 세계적으로 에너지 정책을 다시 정비하게 하였고, 태양 에너지 기술의 개발을 다시 한번 시도하게 한 계기가 되었다. 지구 온난화의 주 원인이 화석 연료의 과다 사용에 의한 온실 기체 배출이기 때문에 온실 기체의 배출이 전혀 없이 사용할 수 있는 태양 에너지는 다시 주목받고 있다.

3. 개인

- ① 동일한 기능의 상품이라면 환경 오염 부하가 적은, 에너지 효율이 높거나 폐기물 발생이 적은 상품을 선택한다.
- ② 가정 및 직장에서의 난방 에너지 및 전력의 절약, 수도물 절약, 차량 공회전 자제, 대중 교통 이용, 카풀(carpool) 활용, 차량 10부제 등에 참여한다.
- ③ 온실 기체 중의 하나인 메테인은 주로 폐기물의 매립 처리 과정에서 발생하는데, 재활용이 촉진되면 매립지로 반입되는 폐기물량이 감소하므로 메테인 발생량도 감소한다. 또한, 폐지 재활용은 삼림 자원 훼손의 둔화를 통하여 온실 기체 감축에 기여한다.
- ④ 나무는 이산화탄소의 좋은 흡수원이다. 북유럽과 같이 삼림이 우거진 국가는 이들에 의한 이산화탄소 흡수량이 많아 온실 기체 감축에 큰 부담을 느끼지 않는다. 따라서 나무를 심고 가꾸는데 힘써야 한다.
- ⑤ 실내 온도를 적정하게 유지한다. 난방 온도를 1°C 낮추면 가구당 연간 231 kg의 이산화탄소 배출을 줄일 수 있다. 따라서 여름철 실내 온도는 26~28°C로 하고 겨울철 난방 온도는 20°C 이하로 한다. 여름철에는 간편한 복장, 겨울철에는 내복을 입는다.
- ⑥ 자가용 자동차 사용을 줄이고 대중 교통을 이용한다. 가까운 거리는 걷거나 자전거를 이용한다.
- ⑦ 친환경 제품을 구입한다. 녹색 소비는 자원을 절약하고 온실 기체를 줄인다. 환경 마크가 붙은 제품을 구입하고 에너지 소비 효율이 높은 가전 제품을 사용하며 재활용 제품을 애용한다.



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.



▲ 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. 지구의 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.

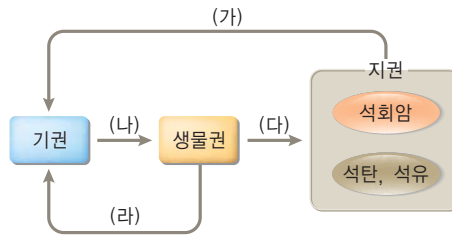
확인하기

1. 복사 평형
2. 지구 대기를 이루는 기체 중 수증기나 이산화탄소는 적외선 형태로 방출되는 지구 복사 에너지를 흡수하여 지구의 평균 기온을 비교적 일정하게 유지하는 역할을 한다. 이를 지구 대기의 온실 효과라고 한다.
3. 지구 온난화에 의해 지구의 기온이 상승하면 해수의 수온이 높아지므로 해수에 녹아 있던 이산화탄소가 대기로 방출되어 지구 온난화를 가속시킨다. 또 극지방의 빙하가 녹으면 지구의 태양 복사 에너지 반사량이 줄어들어 지구로 유입되는 태양 복사 에너지량이 증가한다.
4. 국가별 이산화탄소 배출량은 국제 협약으로 규제하고 있지만 경제적 요인 때문에 국가 간 갈등이 계속되고 있다. 이산화탄소 배출량을 줄여 지구 온난화에 대비하는 것은 전 지구적인 문제라는 인식의 확산을 위해 노력하고 국가 간 협력을 지향해야 할 것이다.

지구계의 탄소 순환

ㄱ, ㄷ | 지권에 포함된 탄소 중에서 석회암에 포함된 탄소의 양이 훨씬 많지만, 이 탄소는 거의 순환하지 않고 그냥 지권에 남아 있다. 지권에서 기권으로 이동하는 탄소는 대부분이 화석 연료의 연소 결과이다. (나)의 이동은 이산화탄소 형태이지만, (다)의 이동은 다양한 유기물과 무기물의 형태이다. (나)는 광합성, (라)는 호흡 과정이며, (다)는 동식물의 사체가 땅속에 묻히는 과정이다.

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

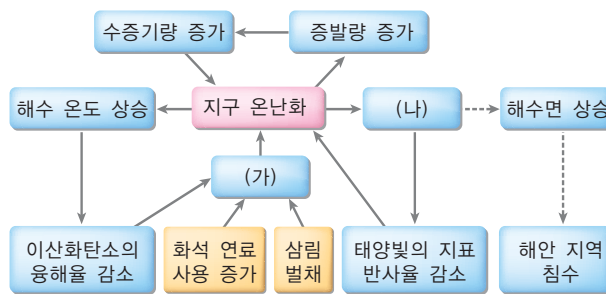
ㄴ, ㄷ, ㄹ, ㅁ | 이산화탄소는 온실 기체 중 그 양이 가장 많기 때문에 지구 온난화에 가장 크게 기여한다.

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

(가) 이산화탄소, (나) 대륙 빙하가 녹음

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.

가급적 대중 교통을 이용하여 교통량을 줄임으로써 배기 가스에 포함되어 나오는 이산화탄소량을 줄일 수 있다. 또 차츰 화석 연료를 사용하는 화력 발전 대신 수력 발전, 풍력 발전, 조력 발전, 태양광 발전 등 무공해 발전 방식을 이용하여 전기를 생산하도록 해야 한다. 나무를 심고 숲을 보호하여 식물의 광합성에 이산화탄소가 이용되도록 하는 방법도 있다.

* | 중단원의 지도 방향 |

1. 현재 가장 널리 쓰이는 에너지원인 화석 연료와 방사성 에너지 자원의 생성 과정을 알고, 이러한 에너지 자원의 고갈에 따른 문제점과 그 해결책을 지도한다.
2. 다양하고 흥미로운 예시와 창의·인성 활동을 통하여 기존 에너지원의 문제점을 알고, 친환경적이며 지속적인 발전이 가능한 신·재생 에너지에 대하여 지도한다.



화석 연료를 대체할 미래 에너지는 어떤 조건을 갖추어야 할까?

연료의 연소 생성물이 지구 온난화, 산성비, 대기 오염 등과 같은 환경오염을 유발하지 않고, 고갈의 염려가 없으며, 지속적인 발전이 가능해야 한다.

* | 오개념 유형 |

- 신·재생 에너지는 무조건 좋다.

화석 연료의 고갈과 환경오염 문제에 대처하기 위해 정부는 신·재생 에너지를 빠르게 보급하고 있다. 그러나 그 과정에서 여러 가지 문제가 발생하고 있다. 예를 들어, 조력 발전의 경우 비교적 많은 에너지를 얻을 수 있으나 큰 면적의 바다를 가두고 발전하는 방식 때문에 연안 지대가 매립되고 갯벌 생태계가 훼손된다. 풍력 발전의 경우 입지가 중요한데, 풍력 발전에 적절한 입지는 대부분 산림 자원과 생태 환경의 보존 가치가 높은 곳으로 적절한 입지 선정이 어렵다. 신·재생 에너지 보급을 무리하게 추진 하기보다 생태적 문제, 지역 사회의 수용성 문제, 적정 기술 문제, 사회·문화적 문제 등을 다면적으로 고려해야 한다.

- 방사성 원소는 붕괴 후에도 불안정하다.

방사성 원소는 원자핵으로부터 α 선, β 선, γ 선 등의 방사선을 방출하고 붕괴하는 원소를 말한다. 천연으로 존재하는 천연 방사성 원소와 핵반응에 의해 인공적으로 만들어지는 인공 방사성 원소가 있는데, 좁은 뜻에서 천연 방사성 원소만을 가리키기도 하고, 그중 안정 동위 원소가 없는 라듐(Ra)이나 우라늄(U) 등의 원소만을 말할 때도 있다. 방사성 원소가 붕괴할 때 원자핵이 α 선, β 선, γ 선 등의 방사선을 방출하고 붕괴하면서 안정한 원소로 변하며, 안정한 원소가 되기 위해 여러 번의 붕괴를 거친다.

VI-3. 에너지 문제와 미래의 에너지



인류의 마지막 희망 판도라

영화 아바타의 지구인은 가까운 미래에 닥칠 지구의 에너지 고갈 문제를 해결하기 위해 '인공타눔'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 '인공타눔'은 무엇일까? 이 단원에서는 화석 연료의 고갈과 환경 문제를 해결할 지속 가능한 에너지원에 대해 알아보자.

? 화석 연료를 대체할 미래 에너지는 어떤 조건을 갖추어야 할까?



- 핵분열과 핵융합은 같은 것이다.

핵분열과 핵융합 모두 핵물리학적 반응이다. 또한, 반응 후 질량이 줄어들고 줄어든 질량에 해당하는 에너지가 발생한다. 그러나 핵분열 반응은 원자량이 큰 원소(보통 우라늄, 플루토늄)가 2개 이상의 다른 원자핵으로 쪼개지는 반응이고, 핵융합 반응은 2개의 원자핵이 모여 하나의 무거운 원자핵을 형성하는 반응이다. 또한, 핵융합 반응에 관여하는 원자핵의 질량에 따라 에너지가 방출되기도 흡수되기도 한다.

📖 주요 과학 용어

- 핵융합(核 融, 融 녹일, 습 합할, nuclear fusion)
- 광촉매(光 觸, 觸 닿을, 媒 중매, photocatalyst)
- 양공(陽 缺, 孔 구멍, positive hole)
- 전지(電 전기, 池 연못, cell/battery)

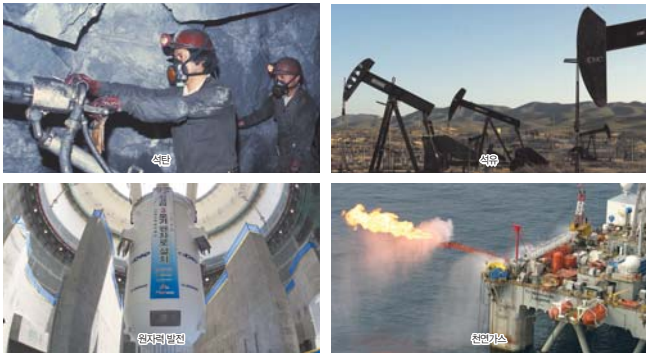
📖 참고 자료

- 신·재생 에너지 센터 <http://www.energy.or.kr/>
- 현대자동차 <http://www.hyundai.com/>
- 환경부 <http://www.me.go.kr/>

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

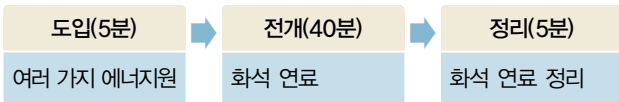
화석 연료는 인류가 불을 발명한 이후 지금까지 이용해 온 에너지원 중 우리 생활에 가장 큰 영향을 주었으며, 주로 땅속에서 채굴하여 우리 생활에 이용된다. 지구의 지하에 분포하는 화석 연료는 어떻게 생성되었을까? 다음 활동을 통하여 화석 연료의 생성 과정을 알아보자.

1. 화석 연료와 방사성 에너지 자원

☆ | 소단원의 학습 목표 |

1. 화석 연료와 방사성 에너지 자원의 생성 과정을 이해한다.
2. 에너지 자원의 고갈 시점을 예상해 보고 이에 따른 문제점과 해결 방안을 생각할 수 있다.

18차시 409~411 쪽



☆ | 동기 유발을 위한 제안 |

- 석탄, 석유, 천연 가스와 같은 화석 연료는 전 세계 에너지 사용량의 85% 정도를 차지하고 있다. 그러나 화석 연료는 그 양이 제한되어 있고 점차 원자력 등의 대체 에너지가 사용되고 있다. 국제적으로 석유 등의 에너지 자원을 가지고 있는 나라는

이를 정치적인 목적으로 사용할 수 있다. 그러나 우리나라는 대부분의 화석 연료를 수입하기 때문에 이러한 문제에서 자유로울 수 없다. 학생들에게 이러한 이야기를 하며 에너지 자원에 대한 생각을 하도록 유도한다.

☆ | 지도상의 유의점 |

방사성 에너지 자원의 경우 학생들이 그 개념을 이해하기 어려울 수 있다. 핵 물리학적 내용보다는 학생들이 이해하기 쉬운 정성적인 수준의 설명을 하도록 한다.

☆ | 보충 자료 |

● 석유



▲ 석유 시추

석유는 천연에서 액체 상태로 산출되는 탄화수소의 혼합물로, 공기가 없는 상태에서 바다 유기물의 분해에 의해 형성되었을 것으로 추측된다. 정제하지 않은 석유를 원유라고 하며 이를 정제하여 휘발유, 경유, 등유 등을 제조한다. 각종 산업에 필수적인 에너지 자원이며 동시에 공업 원료로 사용된다.

● 석유의 생성



▲ 해상 석유 시추

석유는 탄수화물의 액체형 혼합물로, 지질 시대의 동·식물이 퇴적된 후 지압·지열로 인해 변화했다는 생물 기원설이 가장 유력한 학설로 인정받고 있다. 바다나 호수 등에 번식한 미생물이 사멸·퇴적된 후 셀룰로스나 단백질에 의해 분해되어 물에 녹아버리고, 뒤에 남은 비교적 안정된 유지가 지열·지압에 의해서 분해·변질되어 석유가 되었다는 주장이다. 또한, 지열에 의한 변질보다는 혐기성 세균과 같은 미생물의 작용 때문에 상온에 가까운 온도에서 석유로 변질되었다는 주장도 있다.

● 석유의 산지

석유의 산지는 석탄이나 다른 광물에 비하여 극히 일부 지역에 편재되어 있다. 현재 알려져 있는 매장량은 미국이 세계의 약 25%를 차지하고 있으며, 남미 각국과 중동, 러시아가 그 나머지 대부분을 차지하고 있다. 이와 같이 석유가 편재하는 이유는 지하에 석유가 생성될 조건이 되어도 석유가 모이기 알맞은 지질 구조가 형성되지 않으면 석유가 다른 곳으로 흘러 이동해서 유전이 형성되지 않기 때문이다.

창의인성 활동의 이해

활동 14 화석 연료는 어떻게 만들어졌을까?

목표

- 화석 연료의 생성 과정을 설명할 수 있다.

원리

- 화석 연료는 퇴적된 유기물이 특별한 과정을 거쳐야만 생성될 수 있다. 따라서 석탄과 석유는 특정 지역에서만 발견된다. 석탄과 석유가 만들어지는 조건을 알아본다.

과정

- 과정 1과 2는 석탄과 석유의 형성 과정을 나타낸 것이다. 각 과정을 통해 화석 연료의 생성 과정을 알아본다.

정리

1. 석탄은 유기물이 퇴적된 후 박테리아에 의해 분해되고 시간이 지나면서 지층이 쌓여 압력이 증가함에 따라 여러 가지 원소들이 빠져나가고 탄소 성분이 주로 남아 형성되었다.
2. 석유는 유기물이 퇴적되어 땅속에서 열과 압력, 미생물의 영향을 받아 만들어진다. 석유는 기름이기 때문에 지하수가 흐를 경우 지하수층 위에 뜨게 된다. 생성된 석유는 습곡 작용을 받은 지층 중 배사 구조이며 동시에 지하수를 통과시키지 않는 지층을 만나면 고일 수 있게 된다.
3. 우리나라 강원도에서 채취되는 석탄들은 대부분 고생대 지층에서 산출된다. 고생대는 '석탄기'라고 부를 정도로 집중적으로 석탄이 많이 생성된 시기가 있다. 이러한 석탄기의 연대는 지금으로부터 약 3억 년 전이다. 따라서 짧은 기간에 석탄이 만들어질 수는 없으며 지질학적인 시간이 필요하므로 제한된 양의 화석 에너지는 아껴서 사용해야 한다.

결론

- 화석 연료는 지질학적 시간과 환경이 필요하다. 따라서 인간이 사용할 수 있는 화석 연료는 양이 제한될 수밖에 없기 때문에 아껴서 사용해야 한다.

보충 자료 |

● 석탄

석탄은 셀룰로스나 리그닌을 주성분으로 한 수목이 두껍게 쌓여서 만들어진 층이 상부 지층의 압력으로 탄화되어 생성된다. 탄화 정도에 따라 이탄, 토탄, 갈탄, 역청탄, 무연탄이 있다.

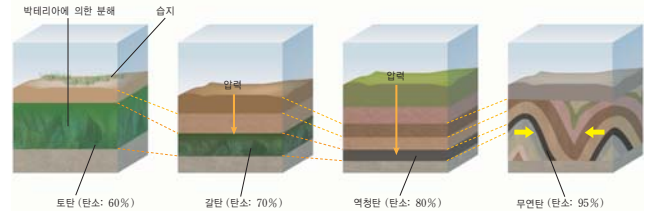
활동 14 화석 연료는 어떻게 만들어졌을까?

목표 화석 연료의 생성 과정을 설명할 수 있다.

자료 해석

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.

유럽에서는 11~12세기부터 사용되었지만, 문헌에 따르면 중국에서는 기원전 4000년대부터 사용되었다. 그러나 인간이 석탄을 단지 보조적인 연료 이상의 것으로 이용하기까지는 많은 시간이 걸렸다.



▲ 석탄

● 토탄

햇수가 오래되지 않아 완전히 탄화하지 못한 석탄의 일종이다. 이탄은 석탄이 만들어지는 첫번째 단계에서 만들어지는 것으로 발열량이 적으며 층 모양으로 이루어진다. 얇은 색깔을 띠는 위층은 죽은 나무·관목·이끼 등이 얇은 산성수에 의해 썩어서 만들어진다. 이런 물질이 물이나 그 위에 쌓인 다른 나무 때문에 압축되면 이탄이 된다. 90% 정도가 수분이어서 마치 진흙처럼 보인다.

● 갈탄

갈탄 또는 갈색탄은 석탄의 한 종류로, 가정용이나 기타 연료로 쓰는 가장 질이 낮은 석탄이다.

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

참의력 키우기 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 새어나가지 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



참의력 키우기 우리나라의 무연탄은 대체로 고생대의 석탄기에 해당하는 평안 누층군에서 채취된 것이다. 즉, 고생대에 퇴적된 지층은 그 후 시간이 지나면서 여러 번의 지각 변동을 받았다. 따라서 지층이 생성되고 지각 변동을 받으며 열과 압력을 받아 최초의 유기물에서 여러 성분들이 빠져나가 탄소의 함량이 높은 무연탄 위주로 남아 있게 되었다.

우리나라의 지층은 중생대 트라이아스기에 송림 운동이 일어났고 중생대 쥐라기에 가장 큰 지각 변동인 대보 조산 운동이 일어났으며, 백악기에 불국사 조산 운동이 일어났다. 이러한 지각 변동은 습곡, 단층 등의 작용을 일으키며, 불국사 조산 운동 때에는 화성 활동으로 많은 화성암의 관입이 있었다.

★ | 보충 자료 |

● 석유의 채굴과 운반

지하에서 석유를 채굴하기 위해서는 보통 강관 끝에 특수한 송곳을 붙인 드릴을 회전시켜서 유층까지 지각을 굴착하는 방법이 쓰이고 있다. 굴착에서는 관 속에 물을 부어 송곳 끝에서 분



▲ 석유 운반 파이프

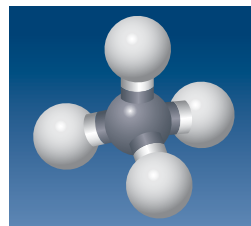
출시킴으로써 부서진 돌이관의 바깥쪽을 따라 지상으로 유출되게 하면서 구멍을 뚫는다. 송곳이 유층에 닿으면 석유는 그 자체의 압력으로 분출되거나 또는 펌프에

의해서 퍼올려진다.

지하에서 채취된 상태 그대로의 석유를 원유라고 한다. 원유는 사막을 가로지르는 파이프 라인으로 정유 공장에 보내거나 해저 유전에서 직접 해안에 세워진 정유 공장에 보내며, 거대한 유조선이 세계 여러 곳에 있는 석유 화학 공장으로 운반한다.

석유는 액체 자원이기 때문에 수송이 비교적 간편한 이점이 있다. 우리나라에서는 중동·미국 등 각 지역에서 유조선으로 원유를 수송해 쓰고 있으며, 석유 화학 공장이 울산·진해·인천 등의 해안 지대에 위치하는 것도 주로 외국에서 원유를 수입할 때의 수송 사정 때문이다.

● 탄화수소

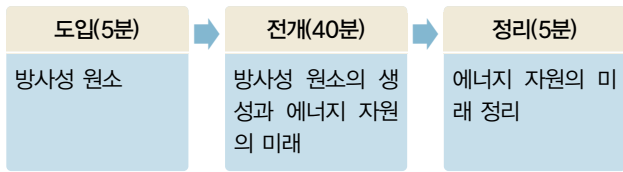


▲ 메테인의 화학 구조

탄화수소는 탄소(C)와 수소(H)만으로 이루어진 유기 화합물이다. 가장 간단한 탄화수소는 탄소 하나와 수소 넷으로 이루어진 메테인(CH₄)이다.

대표적인 탄화수소로는 석유와 천연가스가 있고, 가솔린, 파라핀, 항공유, 윤활유, 파라핀왁스 등도 모두 탄화수소 혼합물이다. 탄화수소는 알칸, 알켄, 알킨 등을 포함하는 지방족 탄화수소, 지방족 고리 탄화수소, 방향족 탄화수소로 나눌 수 있는데, 탄소가 사슬 모양으로 연결된 구조를 가지며 다른 결합수는 수소와 결합한 포화 결합이 이루어져 생성된다. 보통 C_nH_{2n+2}로 표시되며, 그 중에서 가장 간단한 것은 메테인(CH₄)이다.

메테인은 천연 가스의 주성분이며, 시궁창이나 하수도 등에서 거품이 떠오르는 일이 있는데 이것도 퇴적된 식물 등이 부패·분해되어 메테인이 생성되었기 때문이다. 같은 계통에 속하는 것으로 탄소가 2개인 에테인(C₂H₆), 탄소가 3개인 프로페인(C₃H₈) 등이 있다. 프로페인은 가정용 연료로 많이 사용되고 있으며, 천연가스로부터 분리·냉각하여 액화한 후 배로 수송하거나, 또는 석유 화학 공장에서 크래킹 과정을 거친 후 생산하여 사용한다.



★ 동기 유발을 위한 제안

- 방사성 원소로 무기를 만들 수도 있고 원자력 발전을 할 수도 있다. 우리나라의 경우도 원자력 발전소가 여러 개 있으며, 핵 무기의 위력은 학생들도 충분히 알고 있다. 이러한 이야기로 학생들의 흥미를 유발한다.

창의의인성 활동의 이해

활동 15 지구에 남은 에너지 자원의 양은 얼마나 될까?

목표

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

원리

- 현재 인류가 사용하는 에너지 자원의 약 85%는 화석 연료가 차지하고 있다. 이러한 화석 연료의 양은 한정되어 있어서 계속 사용한다면 언젠가는 모두 소모될 것이다. 추정한 매장량에서 연 생산량을 빼면 얼마나 오랫동안 채취할 수 있을지 계산할 수 있다. 석유와 천연가스는 50년 정도면 생산 한계에 도달하게 되어 새로운 에너지 자원이 필요하다.

과정

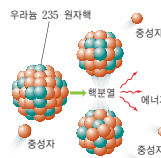
- 표에는 지역별 에너지 자원 부존량과 생산량이 나타나 있다. 표를 분석하여 앞으로 얼마나 자원을 더 채취할 수 있는지 파악한다.

정리

- 석유와 천연가스는 50년 정도면 더 이상 채취할 수 없다. 따라서 기존에 석유와 천연가스를 이용하던 산업은 다른 산업으로 대체되어야 한다. 석유를 주로 이용하던 자동차, 선박, 섬유 산업이 다른 원료로 대체되고 천연가스를 주로 사용하던 난방, 에너지는 전기 등으로 대체되어야 한다. 석탄은 약 174년의 가채 년수를 보이는데 화력 발전, 연료 등으로 사용되던 석탄도 결국 다른 에너지로 대체되어야 한다.

방사성 원소의 생성과 이용

연결 학습
무거운 원소의 생성 ⇒ 38쪽
지구의 생성 과정 ⇒ 62쪽
광상의 생성 ⇒ 275쪽



▲ 그림 74. 우라늄 235의 핵분열

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.

창의의인성

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 관리공단, 2009년)

구분	가채 매장 확인가량	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.

보충 자료

● 방사성 붕괴

방사성 붕괴는 불안정한 원자핵이 자발적으로 이온화 입자와 방사선의 방출을 통해서 에너지를 잃는 과정이다. 이런 과정을 통해 방출되는 에너지를 적절하게 통제하면 원자력 발전에 사용할 수 있고, 한 순간에 에너지가 방출되도록 하면 원자 폭탄으로 사용할 수 있다.

방사성 붕괴를 이용하면 암석이나 오래된 미라와 같은 물체의 나이를 측정하기도 한다. 방사성 원소의 처음 양을 가정할 수 있다고 할 때(미라가 사망과 동시에 호흡이 중단된다거나 화성암이 마그마 상태에서 굳어 암석이 되는 경우) 방사성 원소가 붕괴하는 비율을 측정해 얼마나 시간이 지났는지도 측정할 수 있다. 현재 지층의 절대 연대 측정에는 이러한 방사성 동위원소 측정법을 이용한다.

방사성 붕괴의 에너지 손실은 한 종류의 원자를 다른 종류의 원자로 변환시킨다. 원래의 원자를 부모 핵종, 변환 후의 원자를 딸 핵종이라고 한다. 예를 들면, ¹⁴C(부모)는 방사선을 방출하고

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 건설에 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 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 심각한다. 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 과정에서 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.
탐색 4. 현재 사용되는 화석 연료와 방사성 에너지 자원의 문제점을 나열하고, 이를 해결할 수 있는 방안을 설명해 보자.

^{14}N (탈)로 변환된다. 이는 원자 수준의 무작위적인 과정이기 때문에 언제 하나의 원자가 붕괴할지를 예측하는 것은 불가능하지만, 많은 수의 동종 원자라면 그 평균 붕괴율을 예측할 수 있다.

● 방사성 붕괴의 원인

핵과 핵에 접근하는 다른 입자들을 이루는 중성자, 양성자는 몇 가지 상호 작용을 한다. 익숙한 거시적인 세계에서는 볼 수 없는 강한 핵력(강력)이 원자 차원에서는 가장 강한 힘이다. 전기력은 언제나 중요하고, 베타 붕괴의 경우에는 약한 핵력 또한 관여한다.

이러한 힘들의 상호 작용은 입자의 재정렬에 의한 에너지를 방출하며 수많은 현상을 만들어 낸다. 원자핵 입자의 어떤 구성은 입자들이 조금만 이동하더라도 낮은 에너지 상태로 재배열하고 약간의 에너지를 방출한다. 산 위에 쌓인 눈과 같은 비유를 생각할 수도 있다. 방사성 원자(또는 양자 역학의 어떤 들뜬 계)는 불안정하고, 따라서 자발적으로 덜 들뜬 계로 안정화된다. 이에 따른 변환은 핵의 구조를 변환시키고 광자와 질량을 가진 고속 입자(전자, 알파 입자 또는 다른 종류의 입자)를 방출한다.

● 대기 오염

몇 십억 년이라는 지구의 역사에서 보면 극히 짧은 2세기 동안 인간은 지구 환경을 크게 변모시켰다. 그 중 가장 큰 문제는 기후 변화에 의한 식량 공급의 불안정과 대기 오염이나 산성비가 야기하는 삼림의 훼손, 방출된 화학 오염 물질이 인체와 생태계에 미치는 영향이다. 탄소·산소·질소·수소·인·황의 여섯 가지 원소는 생물체의 약 95%를 차지하며, 각 생물은 이들 원소를 효율적으로 순환시켜 생명체를 유지해오고 있다.

최근 이러한 물질 순환이 변화하기 시작하였는데, 특히 탄소·질소·황이 현저하게 변하고 있다. 1860년부터 현재까지 소비된 화석 연료는 대기 중에 약 1,850억 톤의 탄소를 방출하였다. 연간 방출량 또한 1860년의 약 9,300만 톤에서 현재 약 50억 톤으로 50배 정도 증가하였다. 그 결과 지구 온난화의 주범인 대기 중 이산화탄소량은 약 30% 증가하였으며, 이산화황, 질소 산화물 등 대기 오염 물질의 양도 크게 증가하였다.

확인하기

1. 석탄: 두꺼운 식물 퇴적층은 토탄을 이루었다가, 지각의 침강으로 지층이 토탄층 위에 두껍게 쌓인 후 열과 압력을 받아 생성된다.
석유: 지질 시대의 대규모 지각 변동 때 많은 수의 생물 사체가 진흙 퇴적물과 함께 퇴적된 후, 공기와 접촉하지 않은 상태에서 오랫동안 높은 온도와 압력, 박테리아의 작용을 받아 생성되었다.
2. 천연 방사성 원소에는 우라늄(U), 토륨(Th) 등이 있으며, 이들의 동위원소가 핵분열 반응을 일으켜 에너지를 방출한다. 이 원소들의 동위원소는 자연적으로 산출되는 것도 있지만, 대부분 인공적으로 중성자와 충돌시켜 얻을 수 있다.
3. 화석 연료에서 에너지는 연소에 의한 산화 환원 반응에 의해 발생하고, 방사성 원소에서 에너지는 핵분열 반응에 의해 발생한다.
4. 화석 연료는 연소 과정에서 많은 환경오염 물질을 배출하고 매장량에 한계가 있으며, 방사성 에너지원은 환경오염 물질의 배출량은 적지만 방사능 유출에 의한 위험이 높다는 문제점이 있다. 따라서 환경 오염과 방사능의 위험이 없는 새로운 에너지 자원을 개발해야 한다.

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.



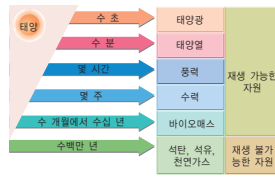
▲ 그림 76_ 지열 에너지

화산 활동 지역에서는 온천이나 간헐천을 볼 수 있다. 고대 로마인들은 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?

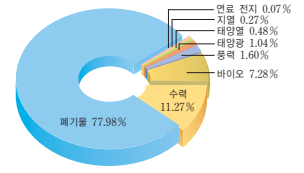
신·재생 에너지는 기존의 화석 연료를 변환시켜 이용하거나 햇빛, 물, 지열, 강수, 생물 유기체 등을 포함한 재생 가능한 에너지를 변환시켜 이용하는 에너지로 지속적인 에너지 공급이 가능한 미래 에너지원이다. 우리나라의 경우 태양열 발전, 태양광 발전, 바이오매스, 풍력, 수력, 지열, 해양, 폐기물 에너지 등을 **재생 에너지**로, 연료 전지, 수소 에너지 등을 **신에너지**로 지정하고 있다.

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 (에너지관리공단, 2008년)

2. 신·재생 에너지

☆ | 소단원의 학습 목표 |

1. 에너지 자원의 활용을 지속 가능한 발전의 관점에서 이해한다.
2. 여러 가지 신·재생 에너지가 사용되는 방법과 장단점을 설명할 수 있다.

🕒 20차시

414~415쪽

도입(5분)	전개(30분)	정리(15분)
신·재생 에너지의 정의와 그 특징	창의·인성 활동: 여러 가지 재생 에너지의 원리	창의·인성 활동 정리

☆ | 동기 유발을 위한 제안 |

- 현재 사용 중인 에너지원이 무엇이며, 기존 에너지원의 사용에 따른 문제점에 대해 생각해 보도록 한다.

☆ | 지도상의 유의점 |

화력·수력 발전과 원자력 발전 시설 또한 현재의 에너지원으로 중요함을 인식시켜, 혐오 시설로 오인하지 않도록 한다.

☆ | 보충 자료 |

- 현재 주 에너지를 사용할 때의 문제점

1. 화석 연료의 사용

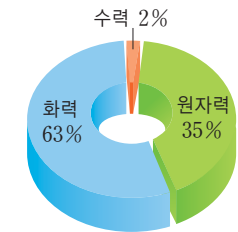
화석 연료는 주 구성 성분이 탄소로, 에너지를 얻기 위한 연소 과정에서 이산화탄소 기체가 생성된다. 이 기체는 현재 지구 온난화에 가장 큰 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 우리나라는 1997년 세계 온실 기체 배출량의 1.8%를 차지하여 배출량 순위 11위에서 2010년 6위를 기록하였으며, 최근 10년 동안 이산화탄소 배출량이 연간 10% 정도 증가하고 있다.

구분	2000	2010	2020	2030	연평균 증가율 2000~2030(%)
석탄	126(43.2)	185(41.5)	253(42.7)	275(39.2)	2.6
석유	25(8.6)	23(5.2)	22(3.7)	18(2.6)	-1.1
LNG	28(9.6)	60(13.5)	95(16.0)	121(17.3)	5.0
원자력	109(37.3)	171(38.3)	210(35.5)	248(35.4)	2.8
수력	4(1.4)	5(1.1)	6(1.0)	7(1.0)	1.7
신·재생	0(0)	2(0.4)	5(0.8)	15(2.1)	12.3
총 수요	292	446	592	701	3.0

▲ 한국의 에너지원 구성 및 점유율 전망(단위: TWh)
(국제 에너지 기구, 2002년)

2. 원자력(방사성) 에너지의 사용

원자력 발전은 우라늄 같은 무거운 원자핵이 중성자를 흡수하면서 분열할 때 발생하는 열을 이용하는 것이다. 석유 파동 이후 원자력의 의존도가 크게 증가하였으나, 방사능 유출 위험이 있고 화석 연료와 마찬가지로 매장량에 한계가 있다.



▲ 우리나라의 발전량 구성비 (한국 수력 원자력, 2007년)



▲ 주요국 원자력 발전소 건설 및 계획 현황(단위: 기)
(세계 원자력 산업 보고서, 2009년)

창의
인성

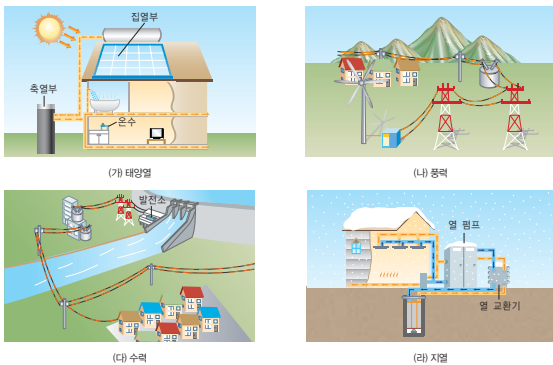
활동 16 여러 가지 재생 에너지의 원리는 무엇일까?

목표 여러 가지 재생 에너지의 원리를 이해할 수 있다.

자료 해석

과정

그림 79는 여러 가지 방법을 이용하여 에너지를 얻는 과정이다.



▲ 그림 79_ 여러 가지 재생 에너지를 얻는 과정

정리

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

공익 화석 연료를 연소시켜 에너지를 얻는 것이 가장 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.

한국 에너지 기술 연구원

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

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.

창의
인성

활동의 이해

활동 16 여러 가지 재생 에너지의 원리는 무엇일까?

목표

- 여러 가지 재생 에너지의 원리를 이해할 수 있다.

정리

- 태양 에너지는 과거부터 현재까지 빨래와 여러 물질의 건조에 이용되었다. 풍력 에너지는 풍차를 이용하여 곡식을 빻거나 물을 끌어올리는 데 사용되었다. 수력 에너지는 물레방아(수차)를 돌려 곡식을 빻는 데 이용되었다. 지열 에너지는 온천이나 간헐천 형태로 목욕이나 난방 등에 이용되었다.
- (가)는 태양 에너지를 집열판에서 열에너지 형태로 흡수하여 물을 데우고, 이 물을 순환시켜 난방과 온수 등으로 사용한다. (나)는 바람이 풍력 발전기를 돌려 전기 에너지를 생성한다. (다)는 높은 곳의 물이 낮은 곳으로 떨어지면서 터빈을 돌려 전기 에너지를 생산한다. (라)는 지구 내부의 고온의 지하수와 수증기를 끌어올려 주택의 난방에 이용하거나 터빈을

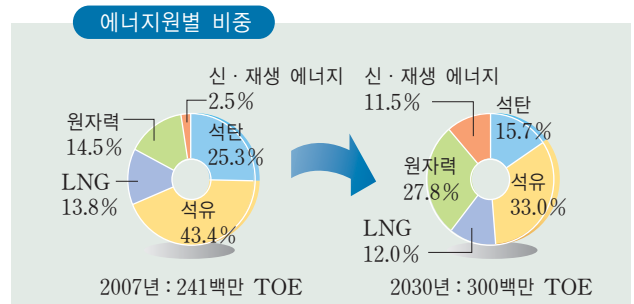
돌려 전기 에너지를 생산한다.

- 이와 같은 재생 에너지는 고갈의 염려가 없고, 연료의 연소 후 온실 기체와 환경오염 발생 물질의 생성이 거의 없어 친환경적이다.

보충 자료

신·재생 에너지

화석 연료를 변화시켜 이용하거나 햇빛, 물, 지열, 강수, 생물 유기체 등을 포함한 재생 가능한 에너지를 변환시켜 이용하는 에너지이다. 우리나라의 경우 태양열 발전, 태양광 발전, 바이오매스, 풍력, 소수력, 지열, 해양, 폐기물 에너지를 재생 에너지로, 연료 전기, 석탄 액화 가스화, 수소 에너지를 신에너지로 지정하고 있다.

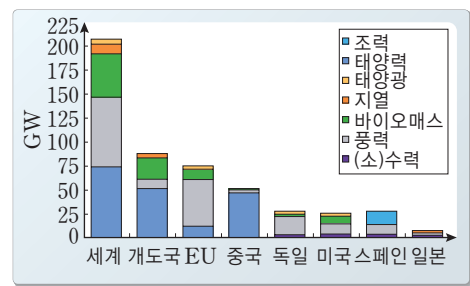


▲ 우리나라의 에너지원별 비중 현실과 전망(에너지 관리 공단, 2008년)

2011년까지 신·재생 에너지의 공급을 총 에너지 수요량의 5% 비중을 목표로 하고 있으며, 특히 태양광, 풍력 등의 재생 에너지 비중을 확대하고 폐기물 에너지의 공급 비중을 축소하도록 하였다.

세계 주요국의 신·재생 에너지 발전

EU 국가들에서는 풍력 발전의 비중이 60%를 넘고 있으며, 중국을 비롯한 개발 도상국들에서는 소규모의 수력 발전이 재생 에너지의 대부분을 차지하고 있다.



▲ 세계 주요국의 신·재생 에너지 발전 설비 현황 (신·재생 에너지 정책 네트워크 21, 2007년)

21차시

416~418쪽

도입(5분)	전개(35분)	정리(10분)
재생 에너지에는 어떤 것이 있을까?	태양 에너지, 풍력 에너지, 해양 에너지, 수력 에너지, 지열 에너지, 바이오 에너지	재생 에너지 정리

★ | 동기 유발을 위한 제안 |

- 과거부터 사용해 오던 재생 에너지원을 조사해 보도록 한다.
- 신·재생 에너지원의 장점과 이들을 개발하기 위한 노력을 소개하여 신·재생 에너지 시장의 잠재 가능성을 알도록 한다.

★ | 지도상의 유의점 |

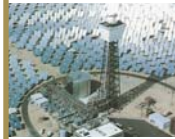
1. 신·재생 에너지가 과거와 현대에 어떻게 이용되고 있는지와 이들의 장점과 단점에 대해서 간단히 알아본다.
2. 발전 과정에 초점을 두어 다루지 않고 신·재생 에너지의 지속 가능한 발전의 측면에서 접근하도록 한다.

★ | 보충 자료 |

- 지구에 도달하는 태양 에너지의 양
지구에 도달하는 태양 에너지의 양은 1 m² 당 1 kW 정도로, 20%의 효율로 변환하여 사용하면 1 m²에서 200 W의 발전이 가능하다. 효율이 높아질수록 차지하는 공간과 발전 비용이 줄어든다.
- 인도의 태양 에너지 이용
인도의 전력 생산량은 전체 수요의 65~70% 정도로, 전력 부족이 계속되고 있으며 대부분의 시골에 전력이 공급되지 않는다. 현재 인도는 태양열 조리기와 같은 태양 에너지를 적극 이용하고 있다.



▲ 인도의 태양열 조리기



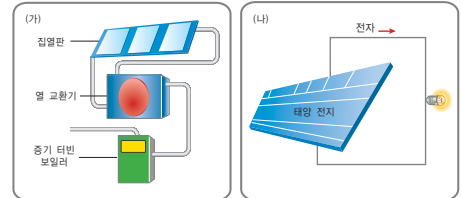
▲ 그림 80. 태양열 발전

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 집열관의 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



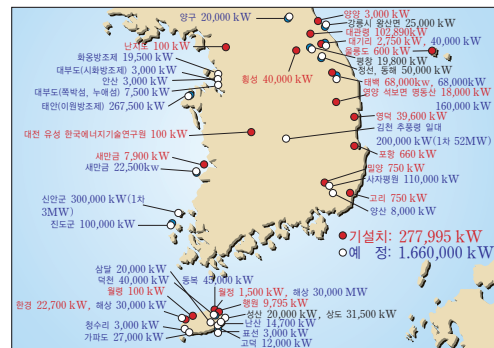
▲ 그림 81. 태양열 발전과 태양광 발전의 원리 (가) 태양열 발전: 태양열로 물을 끓여 증기를 발생시키고, 이를 이용해 터빈을 돌려 전기를 생성한다. (나) 태양광 발전: 태양광을 전기로 바꿀 수 있는 태양 전지판을 이용하여 전기를 생성한다.

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.

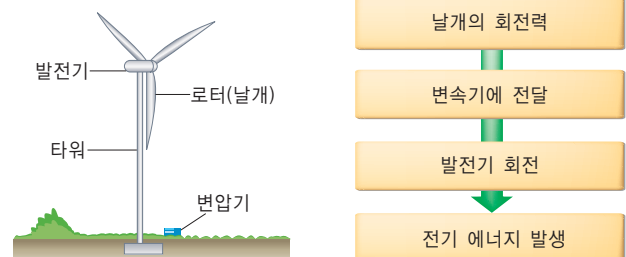


그림 82. 영덕 풍력 발전 단지

● 우리나라 풍력 발전 이용 현황(한국 에너지 기술 연구원, 2008년)



● 풍력 발전기의 구조와 작용



해양 에너지 지구 표면적 10% 이상을 차지하는 바다는 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 가득 채었다가 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 정맥기 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 가득 채었다가 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(경원도 화천댐)

● 주요 용어 설명

1. 태양 에너지

직간접적으로 태양으로부터 오는 에너지로, 열에너지와 빛에너지의 형태로 나누어 태양열 발전, 태양광 발전으로 이용하고 있다.

2. 태양 전기

반도체의 p-n 접합면에 빛을 쏘이면 전자와 양공이 발생하고, 이들이 전기장에 의해 이동하면서 p극과 n극 사이에 전위차가 생겨 전류가 흐른다.

3. 풍력 에너지

바람의 에너지를 회전력으로 변환시켜 발전기를 돌려 전기 에너지를 얻는다.

4. 해양 에너지

바다가 가지고 있는 여러 형태의 에너지를 말한다.

5. 수력 에너지

높은 곳의 물이 아래로 떨어질 때의 힘을 이용한 에너지를 말한다.

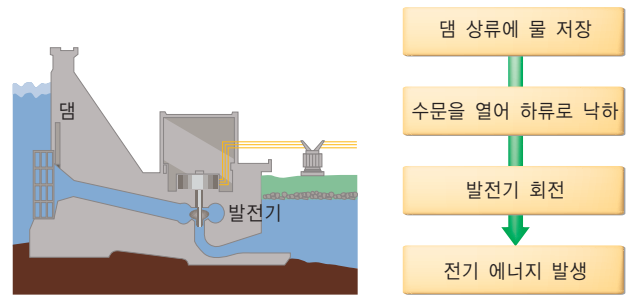
● 과거 우리나라의 해양 에너지 이용



▲ 명량대첩 전도

임진왜란 당시 이순신 장군은 울돌목에서 조석과 조류의 흐름을 이용하여 일본 수군을 물리쳤다. 울돌목의 최고 유속은 6.2 m/s 정도로, 현대에 와서는 1000 kW의 전력을 공급하는 조력 발전소가 세계 최초로 상용화되었다.

● 수력 발전기의 구조와 작용



● 수력 발전소 현황 (한국 수력 원자력, 2007년)

구분	화천	춘천	백암	청평	팔당	섬진강	보성강	괴산	안흥	강릉
설비 용량 (MW)	108 (47)	62.28 (27)	45 (27)	79.6 (37)	120 (47)	34.8 (37)	4.5 (27)	2.6 (27)	0.48 (37)	82 (27)
총 저수량 (백만 m³)	1,018	150	80	186	244	439	5.7	15	0.07	51
시설 년도 (년)	1944	1965	1967	1943	1973	1945 (1965)	1937	1957	1978	1991

1 | 바닷물의 온도 차이를 이용한 발전 |

열대 지역의 경우 표면수는 26°C 정도인 데 비해 수심 1,000 m 지점의 심층수는 5~6°C 정도로 그 온도 차이가 20°C 정도에 이른다. 또한, 해양 심층수는 차가울 뿐 아니라 영양분이 풍부하여 밧이나 양식장의 비료로 사용할 수 있는 등 전력 생산, 식수, 냉방, 양식장의 영양분 공급 등 다양한 용도의 통합적 이용이 가능하다.

2 | 염분 차이를 이용한 발전 |

바다와 민물의 염분 차이는 물기둥을 240 m 올릴 수 있는 삼투압을 만들기 때문에 에너지를 생산할 수 있는 잠재력이 크다.

☆ | 보충 자료 |

● 지열 에너지의 이용

지열 에너지는 화산 지대 땅속의 높은 온도를 이용하는 것이다. 그러나 지표 아래 축적된 태양 에너지를 활용하는 넓은 의미의 지열도 있다. 지표면에 가까운 땅속 온도는 대개 10°C에서 20°C를 유지하며, 수 km 밑으로 내려가면 40~150°C로 상승하므로 이 열을 이용하는 것이다. 지열의 경우 땅속의 열원을 활용하는 것이기 때문에 변수나 변동 요인이 거의 없으며, 화산 지대가 아닌 우리나라에서는 주로 냉난방용으로 지열 에너지가 개발되고 있다. 지열은 단독으로 활용되지 않고 가스나 석유, 전기 등 다른 에너지원과 결합하여 사용하는데, 실질적인 경제성을 볼 때 적게는 40%에서 많게는 50~60%의 비용이 절감되기 때문에 신·재생 에너지로 분류한다.

● 바이오 에너지의 상용화

미국의 경우 옥수수 전분으로 알코올을 연간 48억 kL를 생산하며, 브라질은 사탕수수 알코올을 연간 180억 kL, 프랑스는 밀가루 전분으로부터 연간 150만 kL의 알코올을 생산하고 있다. 메테인 및 바이오 에탄올의 시장 규모는 소규모이긴 하지만 연평균 10%의 성장률을 나타내고 있다.

또한, 바이오매스를 이용한 화학 제품의 생산은 석유(나프타)의 소비를 절약할 뿐만 아니라 공정 자체의 에너지 소비를 줄일 수 있다. 그러나 이러한 곡물을 이용한 바이오 에너지는 식량 부족에 따른 가격 상승의 부작용을 일으킬 수 있다.

● 조류 바이오 연료

조류는 대부분 광합성 색소를 가지고 독립 영양 생활을 한다. 식물체는 뿌리, 줄기, 잎이 구별되지 않으며, 포자에 의하여 번식하고 꽃이나 열매를 맺지 않아 하등 식물에 해당한다. 이러한 조류에는 녹조류(파래, 청각 등), 홍조류(김, 우뚝가사리 등), 갈조류(미역, 다시마 등) 등이 있다.

최근에는 이러한 해조류나 미세 조류로부터 기름을 뽑아내는 3세대 조류 바이오 연료가 각광받고 있다. 미역, 우뚝가사리 등 대형 해조류로부터 연료를 얻어 주로 바이오 에탄올을 만드는 데 쓰이며, 식물성 플랑크톤, 클로렐라와 같은 미세 조류로부터 만든 연료가 바이오 디젤에 주로 쓰인다. 이들은 생산성이 높을 뿐만 아니라 식용 자원 가격에 영향을 미치지 않으며, 수자원 이용과 이산화탄소 감소 측면에서도 환경에 미치는 효과가 크다.

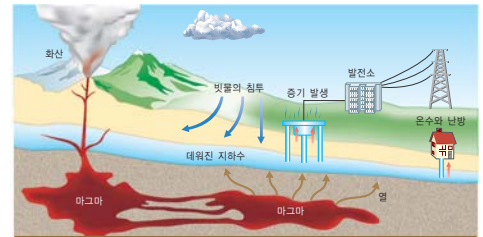


그림 86_ 아이슬란드 지열 발전소

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.

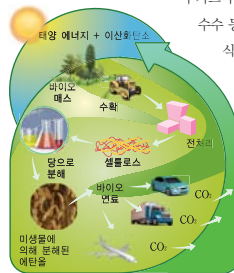
지열 에너지는 고갈의 염려가 없고 친환경적이다. 그러나 지열을 직접 이용할 수 있는 지역이 한정되어 있고 초기 시설 비용이 많이 드는 단점이 있다.



▲ 그림 87_ 지열 발전의 원리. 미그마로 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

● 폐기물 에너지

가정이나 산업 시설 등에서 발생하는 가연성 폐기물 중 에너지 함량이 높은 폐기물은 열분해하여 기름이나 고체 형태의 연료를 만들 수 있다. 이러한 연료를 재사용할 수 있도록 하는 기술 및 가스화에 의한 가연성 가스 제조 기술 등을 이용하여 폐기물로부터 생산하는 연료 및 에너지를 폐기물 에너지라고 한다. 폐기물 에너지 또한 재생 에너지이다.



▲ 수도권 매립 가스 발전소

● 바이오 에너지와 탄소 순환

바이오 에너지는 생산과 소비의 과정이 현재 생태계 내의 탄소 순환의 일부이므로 온실 기체 발생 문제에서 자유롭다.

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?

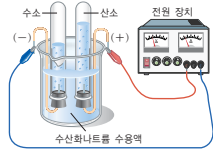
목표 광합성의 원리를 이용하여 물로부터 수소 에너지를 얻는 방법을 알 수 있다.

토의

과정

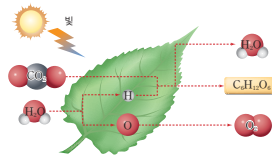
다음은 물로부터 수소 에너지를 얻는 방법에 대한 설명이다.

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



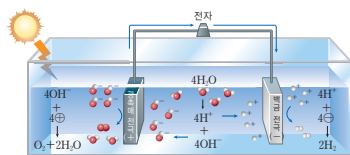
▲ 그림 89 _ 물의 전기 분해

(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 물질들을 말한다.



▲ 그림 91 _ 광촉매를 이용한 물의 광분해

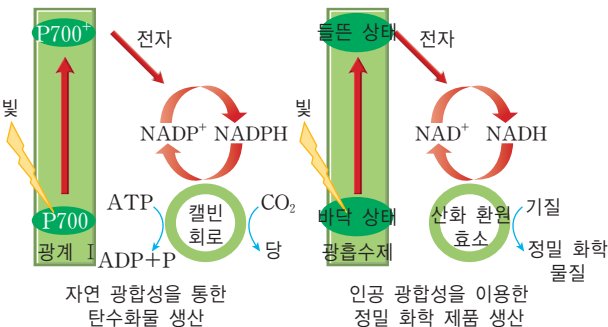
정리

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.

● 자연 광합성을 모방한 인공 광합성 공정의 이용

2010년 4월 KIST 신소재 공학과 박찬범 교수팀이 나노 소재를 이용해 자연계의 광합성을 모방한 ‘인공 광합성’ 시스템 개발에 성공하였다. 박 교수팀은 이 같은 자연 광합성 시스템을 모방, 자연계의 광반응(light reaction) 대신 광촉매 소재로 빛에너지를 전기 에너지로 효율적으로 전환하였다. 또한, 암반응(캘빈 회로) 대신 산화 환원 효소 반응을 이용하여 빛에너지로부터 시작해 최종적으로 정밀 화학 물질 생산이 가능한 반응 시스템을 개발하였다.



▲ KIST 인공 광합성 시스템

22차시

419~421쪽

도입(5분)	전개(35분)	정리(10분)
신에너지는 무엇일까?	수소 에너지, 핵융합 에너지	확인하기 풀이

★ | 동기 유발을 위한 제안 |

- 수소 풍선의 연소 실험을 통해 수소가 연료로 쓰일 수 있음을 알게 하고, 수소 에너지를 얻는 방법을 통해 미래 에너지원으로 수소 에너지의 가능성에 대해 생각해 볼 수 있도록 한다.

★ | 지도상의 유의점 |

광합성의 명반응과 암반응 과정을 복잡하게 다루지 말고 명반응에서 물이 분해되는 것만을 이해하게 한다. 태양 에너지를 이용하여 물을 수소와 산소로 분해하고, 연소 후 다시 물로 돌아가는 것을 통해 지속적인 발전이 가능한 에너지원임을 알게 한다.

창의
인성

활동의 이해

활동 17 태양 에너지와 물을 이용하여 수소 에너지를 얻을 수 있을까?

목표

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

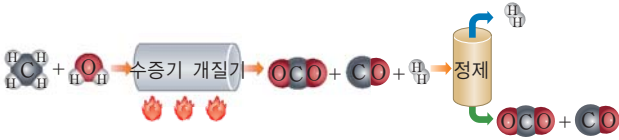
정리

1. (가)는 물의 전기 분해로, 전기 에너지를 가해 물을 수소와 산소로 분해한다. (나)는 광합성의 명반응 과정으로, 엽록체에서 태양 에너지를 이용하여 물을 수소와 산소로 분해한다. (나)의 과정은 재생 에너지를 이용하는 것이 다른 점이다.
2. 재생 에너지인 태양 에너지로 물을 분해한다.
3. 전기 분해로 수소 기체를 얻는 방법은 가하는 전기 에너지에 비해 생산되는 수소 에너지의 양이 적어 경제적이지 못하다. (다)는 (나)의 광합성 과정의 명반응처럼 광촉매와 태양 에너지를 이용하므로 전기 에너지를 가할 필요가 없으며, 효율적이고 경제성 있는 광촉매를 사용한다면 물에서 대량의 수소 에너지를 얻는 것이 가능해질 것이다. 식물이 엽록체에서 태양 에너지를 이용하여 물을 광분해한 후 산화 환원 반응을 통해 포도당을 만들어 내듯이, 광촉매와 산화 환원 효소를 이용하여 각종 화학 물질을 합성하는 연구가 진행 중이다.

☆ | 보충 자료 |

● 현재 수소의 대량 생산 기술

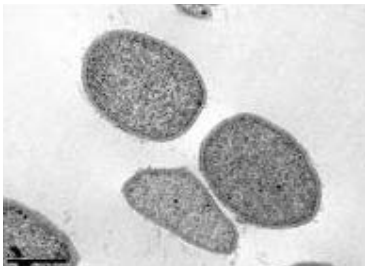
천연가스와 물을 700°C 이상의 고온에서 촉매 반응시켜 수소를 얻는다.



▲ 탄소 화합물을 이용한 수소 기체 발생 장치

● 수소를 생산하는 세균

남태평양의 심해 열수구에서 분리해 낸 초고온성 고세균 NA1은 수소를 생산하는 미생물이다. 일산화탄소(CO), 전분(starch), 게미산(formate) 등 다양한 기질(먹이)을 이용하여 바이오 수소를 생산한다. 과학자들은 조류나 세균 등을 이용한 수소 생산 방법에 관심을 쏟고 있다.



▲ 초고온성 고세균 NA1의 전자 현미경 촬영 모습



▲ 심해 열수구 모습 사진(국토해양부)

● 핵융합의 조건

핵융합 에너지를 얻기 위해서는 지구상에 존재하지 않는 1억°C 이상의 초고온 플라즈마를 만들어야 하고, 이 플라즈마를 가두는 그릇 역할을 하는 핵융합 장치 그리고 연료인 중수소와 삼중수소가 필요하다. 수억°C의 플라즈마 상태에서 수소 원자핵들이 융합해 태양 에너지와 같은 핵융합 에너지를 만들 수 있다.

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 진행중이다.

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. 반계, 오로라, 청광등, 네온 사인 등도 이에 해당한다.

국가 핵융합 연구소
<http://www.nfri.re.kr>

핵융합 태양과 같이 스스로 빛을 내는 별들은 핵융합 반응을 할 때 에너지가 발생한다. 별들의 중심은 1억°C 이상의 초고온 플라즈마 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 에너지라고 한다.

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.

● 후지시마와 혼다 '광촉매에 의한 물 분해'

1972년 일본 도쿄대 혼다와 후지시마 교수는 광촉매를 이용한 물 분해 기술을 영국의 과학 저널 "네이처"에 게재해 널리 주목을 받았다. 사실 당시의 상식을 뒤집는 이 연구 결과는 쉽게 받아들여지지 않았으나, 이들은 식물의 엽록소가 태양 에너지를 이용하여 물을 분해하는 것을 인공적으로 하지 못할 리가 없다고 믿었다.

이들의 연구는 차세대 에너지원으로 주목받는 수소 에너지를 얻는 획기적인 기술로 광촉매 분야의 길을 열었다. 그들은 비커에 물을 가득 채우고 백금 전극과 이산화타이타늄(TiO₂) 전극을 장착한 다음 수은 램프로 자외선을 비추어 물을 분해하였다. 그동안 꿈으로만 여겨졌던 '물과 햇빛과 광촉매'를 이용한 수소 에너지 개발을 처음으로 성공한 것이다. 이 기술은 '시험관 안의 광합성'이라고 불리기도 한다. 빛에너지를 화학 에너지로 변환한 이 연구는 당시 커다란 반응을 일으켰고, 1973년 제1차 석유 쇼크를 겪으며 에너지원으로서 수소를 얻기 위한 많은 연구가 진행되는 계기가 되었다.

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 에너지 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 _ 비테노바 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 전기를 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 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.

● 우리나라 곳곳의 신·재생 에너지

1. 상암동 월드컵 경기장 내에는 수소 에너지를 얻을 수 있는 수소 스테이션이 있다.
2. 대관령 풍력 단지에 가면 49기의 풍차가 설치되어 있으며, 연간 98 MW의 전력을 생산한다.
3. 대전에는 100% 에너지 자립에 도전하는 제로 에너지 타운이 있다. 이곳은 태양열, 풍력, 연료 전지, 지열 등을 활용하여 건물에 필요한 모든 에너지를 충당하기 위해 연구하는 곳이다.



▲ 대전 제로 에너지 타운

4. 절체절명의 위기에서 조선을 구한 곳이며, 기후 변화 위기에

서도 다시 한 번 우리나라를 지켜내고 있는 울돌목 조류 발전소가 있다. 울돌목 조류 발전소는 수력 발전과 달리 저수지를 확보하기 위해 댐을 막을 필요도 없고, 선박 운항과 어류 이동도 비교적 자유로워 생태계에 미치는 영향이 가장 적은 것으로 알려져 있다.

5. 전북 고창에는 축산 분뇨를 이용한 바이오 가스 열병합 발전 시설이 있다. 하루 50톤의 축산 분뇨에서 나오는 메테인 가스를 이용해 일일 2,000 kW의 전기를 생산한다.

● 전라남도 신안

전국 최대의 일사량과 다도해의 빠른 조류 그리고 타 지역에 비해 풍부한 해상 풍력을 가진 전라남도는 녹색 산업의 근간을 이루는 신·재생 에너지 산업의 최적의 여건을 갖춘 곳이다. 신안의 태양광 발전소는 기존의 대규모 태양광 발전소가 고정식인 것에 비해 발전 효율이 15% 이상 높은 단축 추적식 발전 시스템을 채택하였다. 설치된 태양광 전지 모듈이 130,656장 정도로 대규모 발전소인 이곳은 매년 35,000 MW 이상의 전기를 생산, 공급한다. 이는 10,000여 가구에 매년 공급할 수 있는 전력량으로, 자동차 3만여 대가 1년 간 배출하는 것과 맞먹는 연간 약 25,000톤의 CO₂ 절감 효과를 기대할 수 있다. 현재 전라남도의 신·재생 에너지 생산 비율은 전국의 30%를 차지하고 있다. 특히 태양광 발전은 301개 업체가 136 MW를 생산 중으로, 전국 발전량의 절반에 육박하는 45.3%를 차지하고 있다.

또한, 진도 울돌목에 50 MW짜리 초대형 발전소를 건립하고, 1 GW 이상의 해상 풍력 단지를 조성할 계획이다.

확인하기

1. 과거에는 가축의 분뇨를 말려 연료로 사용하거나 나무 등을 땔감으로 사용하였다. 현대에는 옥수수나 사탕수수와 같은 작물을 이용한 바이오 에탄올, 콩기름, 폐식용유 등을 이용한 바이오 디젤, 쓰레기 소각열 등을 이용한 발전 등으로 다양하게 이용되고 있다.
2. 현대 문명의 발전을 가져온 화석 연료는 매장량에 한계가 있으며 연소 생성물은 지구 온난화 등의 환경 문제를 일으킨다. 따라서 미래 세대의 동력원으로 친환경적이며 지속적인 발전이 가능한 신·재생 에너지의 개발이 중요하다.

3. 태양 전지와 연료 전지 그리고 하이브리드 기술

☆ | 소단원의 학습 목표 |

1. 태양 전지, 연료 전지, 하이브리드 기술의 원리를 이해한다.
2. 태양 전지, 연료 전지, 하이브리드 기술의 필요성을 환경적 관점에서 이해한다.

🕒 23차시 422~423 쪽

도입(5분)	전개(35분)	정리(10분)
태양광 비행기	창의·인성 활동: 태양광 자동차 만들기	태양 전지의 원리 정리

☆ | 동기 유발을 위한 제안 |

- 최초로 장거리 시범 비행에 성공한 태양광 비행기를 소개하고, 우리 주변에 태양 전지를 이용하여 개발된 예들을 소개함으로써 학생들의 흥미를 유발한다.

☆ | 지도상의 유의점 |

태양 전지에서 에너지 전환 과정을 구체적으로 다루지 않도록 하고, 태양 에너지의 이용에 따른 장점에 대하여 이해하도록 한다.

창의 인성 활동의 이해

활동 18 태양 에너지를 이용하여 움직이는 자동차를 만들 수 있을까?

목표

- 태양 전지를 이용한 태양광 자동차를 만들 수 있다.

안내

- 태양광 자동차를 비롯한 다양한 태양광 키트를 활용할 수 있다.



▲ 여러 가지 종류의 태양광 키트

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 1. 2. 3. 4.

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 호리거나 비가 오는 날을 대비하여 태양광 자동차를 개선할 수 있는 방법을 써 보자.

활동 친구와 협력하여 태양광 자동차를 완성한다.

정리

1. 태양 전지에 햇빛이나 전등 빛을 쬐이면 태양광 자동차가 움직인다. 태양 전지 자동차가 거꾸로 움직이면 태양 전지판(솔라셀)과 모터의 연결이 반대로 된 경우이다.
2. 태양 에너지가 태양 전지에서 전기 에너지로 변환되어 전류가 흐르며, 모터가 작동하여 태양광 자동차가 움직이게 된다. 이때 일어나는 에너지 전환 과정은 태양 에너지 → 전기 에너지 → 운동 에너지로 나타낼 수 있다. 태양광 자동차는 재생 에너지인 태양 에너지를 이용하며, 태양 전지의 수명이 길어 재사용이 가능하다. 또한, 환경오염 물질이 발생하지 않는 장점이 있다.
3. 호리거나 비가 오는 날은 태양 에너지의 양이 적으므로 태양 에너지가 많을 때 에너지를 충전했다가 사용할 수 있는 방법이 필요하다. 태양광 자동차에 작동과 충전 버튼을 만들고, 충전 시에는 태양광 자동차가 움직이지 않고 전기 에너지를 저장할 수 있도록 보완하면 태양 에너지가 부족할 때에도 사용이 가능하다.

태양 전지

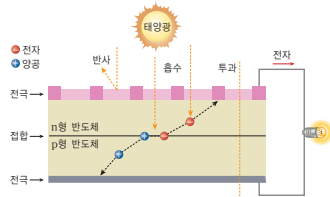
태양광 자동차의 태양 전지는 태양 에너지를 전기 에너지로 바꾸어 자동차의 모터를 작동시킨다. 우리 주변에서 태양 전지를 이용한 여러 가지 제품을 볼 수 있다.



▲ 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 쬐이면 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



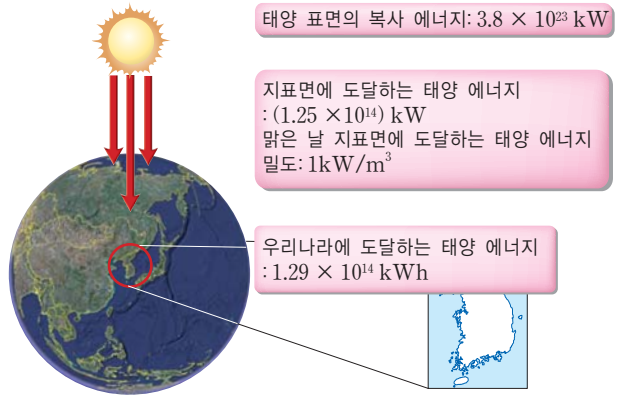
▲ 그림 99 _ 태양 전지 모식도

보충 자료

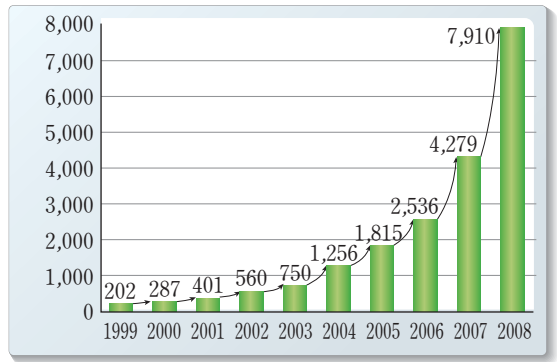
주요 용어 설명

- 태양 전지**
태양의 빛에너지를 전기 에너지로 바꾸는 장치, p형 반도체와 n형 반도체를 사용하고, 빛을 비추면 내부에서 전하가 이동하여 p극과 n극 사이에 전위차가 생긴다.
- 반도체**
도체와 부도체의 중간 영역에 속한다. 순수한 상태에서는 부도체와 비슷하지만 불순물의 첨가나 기타 조작에 의해 전기 전도도가 늘어나기도 한다.
- 광기전력**
반도체에 빛을 쬐어주었을 때 발생하는 전압. 반도체의 p-n 접합 부분에서 광기전력을 이용해 광전지를 만들 수 있다.
- 양공**
반도체에서 일부 전자가 가전자 띠에서 전도띠로 이동하면서 가전자 띠에 생긴 구멍으로, 전자가 부족해 마치 양의 전하를 띠는 것처럼 보인다.

우리나라에 도달하는 태양 에너지



연간 태양 전지 생산량(단위: MW) (www.photon.de, 2009년)



태양 전지의 발달

1956년에 고순도 단결정 실리콘(Si) 제조 방법이 개발되어 벨 연구소에서 최초로 4% 효율의 단결정 실리콘 태양 전지를 만들었다. 인공위성 전원 장치의 중요 핵심 소자인 실리콘 태양 전지는 1960년대 미국과 소련이 우주 개발 경쟁을 하면서 많은 연구가 이루어졌으며, 1970년 에너지 위기에 직면하면서 더욱 본격적으로 연구가 진행되어 왔다. 1980년대에는 단결정 실리콘 태양 전지 제조 기술의 급격한 발전으로 광변환 효율이 20%에 이르렀으며, 효율 향상과 대면적화, 대량 생산화되면서 생산 단가가 계속 낮아져 산업화에 성공하였다. 현재 태양 전지는 제조 단가 절감과 효율 향상 문제, 원자재 수급 등을 해결해야 하며, 실리콘 태양 전지를 이용한 태양광 발전 시스템이 정부 보조금 지급으로 인해 많이 보급되었지만, 변환 효율이 20% 미만으로 다른 재생 에너지에 비해 발전 단가가 높은 문제점을 가지고 있다.

24차시

424~426쪽

도입(5분)	전개(35분)	정리(10분)
운행 중인 연료 전지 버스가 친환경적인 까닭	• 연료 전지 • 하이브리드 기술	확인하기 풀이

★ | 동기 유발을 위한 제안 |

- 1995년 밴쿠버와 시카고에서 연료 전지 버스가 시범을 보이는데 이어 울산에 운행 중인 연료 전지 버스를 통해 연료 전지에 대해 관심을 갖고, 연료 전지가 왜 친환경적인지 궁금증을 갖도록 한다.
- 연료 전지가 40~60% 정도의 에너지 효율을 보이며, 반응 과정에서 나오는 배출 열을 이용하면 최대 80% 가까이 에너지로 바꿀 수 있는 것이 어떻게 가능한지 생각하게 한다.

★ | 지도상의 유의점 |

학생들이 화학 전지에 대한 개념이 없으므로, 화학 전지의 원리나 연료 전지의 양 극에서 일어나는 반응까지 자세히 다루기 보다는 연료 전지의 원리를 이해하게 하고, 이를 환경적인 면과 지속 가능한 발전에 연계하도록 한다.

★ | 보충 자료 |

● 연료 전지의 높은 효율

연료 전지의 효율은 기존의 화력 발전에 비해 얼마나 높을까? 25°C에서 수소·산소 연료 전지로 수소 2 g과 산소 16 g을 반응시키면 18 g의 물이 생기면서 이상적으로는 1.229 V(볼트)의 전압이 발생한다. 이것은 약 56.9 kcal의 열량에 해당한다. 수소와 산소의 원래 반응열은 68.6 kcal이므로 연료 전지를 통과하면서 56.9 kcal는 전기 에너지로, 나머지 11.7 kcal는 폐열로 방출되는 셈이다. 따라서 전기 에너지로 활용할 수 있는 효율은 이상적으로는 약 89%나 된다. 그러나 실제로 연료 전지에서 전류가 흐르기 시작하면 연료가 공급되는 속도만큼 전기 화학 반응이 빠르지 않고, 구성 요소간의 저항이 있을 뿐 아니라 전극에서 연료나 산소의 농도 차이가 생기는 등 여러 요인에 의해 얻을 수 있는 전압이 이상적인 값보다는 낮아진다. 현재의 수준에서 연료 전지의 실제 효율은 40~45% 정도이다. 그러나 이 효율도 화력 발전이나 내연 기관의 효율보다는 높은 값이다.

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

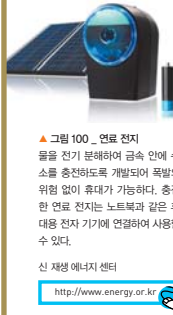
태양 에너지는 확실 연료를 주 동력원으로 하는 에너지 시장에서 주목받고 있는 에너지원 중의 하나이다. 태양 전지는 대기 오염이나 폐기물 발생의 염려가 없고, 연료비가 필요없다. 또한, 일반적인 태양 전지의 수명은 20년 이상으로 오랜 기간 사용이 가능하다. 그러나 아직까지 가격이 높고 흐린 날과 밤에는 전기를 생산할 수 없어 전력을 안정적으로 공급하기 위한 추가적인 보완 설비를 갖추어야 한다.

연료 전지

1995년 밴쿠버와 시카고에서 연료 전지 버스가 시범을 보이는데 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 화학 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. 충전된 연료 전지는 노트북과 같은 휴대용 전자 기기에 연결하여 사용할 수 있다.

신재생에너지센터
<http://www.energy.or.kr>



휴대 전원으로: 연료 전지 휴대 전화 운송용: 연료 전지 버스 발전소: 대규모 연료 전지 발전소 조감도
 그림 101_ 연료 전지의 이용 분야

● 미생물 연료 전지

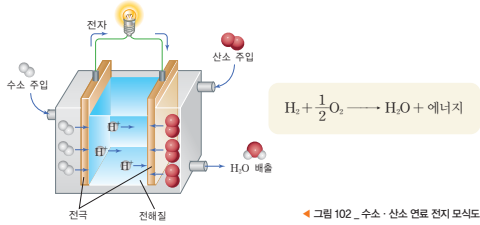
현재 개발되고 있는 연료 전지는 대부분 수소나 메탄올을 연료로 하고 백금과 같은 귀금속을 촉매로 하여 작동하는 것이 대부분이다. 그런데 10년 전부터 살아 있는 미생물을 촉매로 쓰는 새로운 유형의 연료 전지가 주목 받고 있다.

일반적으로 산소로 호흡하는 미생물은 유기물을 분해하고 이때 발생한 전자를 산소에 전달하면서 에너지를 만든다. 미생물 연료 전지란 이 전자를 뽑아내 전기를 생산하는 장치를 말한다. 그러나 여기에 사용된 미생물은 산소로 호흡하기 때문에 전기 발생 효율이 좋지 않다.

1998년 한국 과학 기술연구원(KIST) 수질 환경 연구 센터 김병홍 박사팀은 산소 대신 세포 외부의 철 이온을 전자 전달자로 이용하는 슈와넬라균(Schewanella)을 이용하여 연료 전지의 효율을 개선하였다. 슈와넬라는 세포막 밖으로 나와 있는 시토크롬 C라는 색소 단백질을 통해 철 이온에 전자를 전달한다. 그러므로 철로 된 전극을 넣어 주면 이 미생물들이 달라붙어 전자를 전극에 넘겨주므로 쉽게 전기를 얻을 수 있다.

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

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



◀ 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 1) 위 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.

과학 글쓰기
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 장치가 필요한 환자들이 있다. 이러한 인공 장치는 배터리를 사용하여 작동하는데, 기존의 심장 박동 조절기의 경우 본체의 70% 이상이 배터리로 이루어져 있고, 배터리의 재충전이 불가능하여 일정 시간이 지나면 배터리를 교체할 수술이 필요하다. 이러한 문제를 해결하기 위해 인체 내에서 스스로 전기를 생산하는 '생체 연료 전지'를 개발하고 있다.

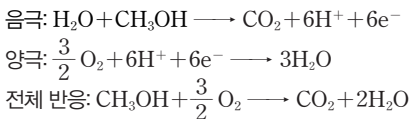


생체 연료 전지는 우리 몸속에 있는 포도당을 산화시켜 인체 내에서 전기가 발생하도록 하는 것이다. 그러나 몸속 포도당의 양이 식사 등을 전후로 달라지기 때문에 항상 일정한 양의 전기 에너지를 얻는 데 문제가 있어 생체 연료 전지로 만들어 낸 전기를 초소형 나노 배터리에 저장하여 사용하는 방법을 연구하고 있다. 이러한 생체 연료 전지와 나노 배터리는 인체 내에서 지속적으로 반복적으로 사용이 가능하다.

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

1 | 메탄올 연료 전지 |

수소 분자를 얻기 위해 화학 연료와 같은 탄소 화합물을 이용하기도 한다. 수소의 공급원으로 메탄올(CH₃OH)을 사용하는 것이 메탄올 연료 전지이다. 메탄올 연료 전지의 음극에서 메탄올을 3% 수용액과 물이 반응하여 수소 이온과 전자가 만들어지고, 양극에서는 산소가 전자를 받고 수소 이온과 반응하여 물이 형성된다. 음극과 양극으로부터 일어나는 전체 반응은 다음과 같다.



이때 생성물로 온실 기체인 이산화탄소(CO₂)가 발생하지만, 단위당 발생하는 이산화탄소의 양은 연료의 직접 연소에서 나오는 양보다 적으며, 다른 대기 오염 물질이 생성되지 않는다. 또한, 메탄올은 가솔린과 달리 재생이 가능한 연료이며, 오래 사용이 가능하다.

창의인성 과학 글쓰기 |

연료 전지에서는 연료로 공급되는 수소 기체가 산화되어 물이 만들어지면서 에너지를 발생시킨다. 화염이 동반되지 않아 에너지 효율이 높다.

수소+산소(산화제) → 사용 가능한 에너지

일반적인 수소 기체의 연소는 화염을 동반하여 열과 빛에너지로 손실이 일어난다.

수소+산소 → 사용 가능한 에너지+열·빛

☆ | 보충 자료 |

● 주요 용어 설명

1. 연료 전지

연료의 산화에 의해서 생기는 화학 에너지를 직접 전기 에너지로 전환시키는 장치이다.

2. 수소 연료 전지

연료로 수소 기체를 사용하고 이를 산소와 반응시켜 산화 환원 과정을 통해 전기 에너지를 얻는 장치이다.

3. 일반적으로 전지는 전지 안에 있는 화학 물질이 가지고 있는 화학 에너지를 전기 에너지로 바꾸는 장치이다.

● 수소 연료 전지 자동차

수소 연료 자동차는 미래 사회의 필수품으로 인식되어왔으나, 높은 생산 단가와 인프라 구축 등의 문제로 상용화의 어려움이 있었다. 그러나 혼다 자동차가 세계 최초의 수소 연료 전지 자동차인 'FCX 클러리티'를 시판하면서 자동차 시장은 본격적인 무공해 연료 차량의 상용화 시대를 열게 되었다. 수소 연료 전지 자동차는 연료 충전을 완료했을 경우 휘발유를 가득 채운 일반 차량과 비슷한 거리를 달릴 수 있으며, 연비의 경우 기존 휘발유 차량이나 하이브리드 차량보다 우수한 것으로 발표되었다. 향후 수소 연료 자동차 가격이 10년 내로 10만 달러 이하로 낮아질 것으로 전망되며, 시판 초기에는 원활한 보급을 위해 대여하는 방식으로 운영된다. 한편 고유가에 대비한 대체 에너지를 상용화한 자동차 개발 움직임도 활발하다. 현재 자동차 업계는 유가 부담이 가중되면서 소비자들이 연료 부담이 큰 차량 구입을 꺼리는 구매 패턴을 보이자, 차세대 전기 자동차와 하이브리드 자동차의 개발·생산에 박차를 가하고 있다.

● 하이브리드 차량의 개발

내연 엔진과 전기 자동차의 배터리 엔진을 동시에 장착하여 기존의 일반 차량에 비해 연비 및 유해 가스 배출량을 획기적으로 줄인 차세대 자동차를 말한다. 유해 가스를 기존의 차량보다 90% 이상 줄일 수 있고, 대도시의 공기와 주변 환경을 개선할 수 있어서 환경 자동차(eco-car)로도 부른다. 일본 도요타의 프리우스와 혼다의 인사이트가 대표적인 차종으로, 프리우스는 2000년 말 세계 최초로 대량 생산에 성공하였다. 연료 효율이 높고 가솔린 엔진과 전기 엔진의 장점만을 결합하여, 주행하면서 도로와 주변 환경에 알맞게 자동으로 가솔린 엔진과 전기 엔진의 변환이 가능하다. 2009년 이미 125만여 대가 판매되었고, 특히 미국의 공공 기관의 공용 차량으로 인기를 끌고 있다. 인사이트는 가솔린 엔진이기는 하지만, 차체를 알루미늄으로 만들어 기존의 차량보다 40% 정도 가볍고, 세계 최경량인 엔진을 사용해 공기의 저항을 획기적으로 줄였다. 무급유로 1423.3 km의 주행 기록을 세웠고, 1리터당 32 km라는 연비 성능을 입증함으로써 차세대 환경 스포츠카로 자리잡았다. 국내에서도 2009년 현대 자동차의 아반떼 LPI와 기아 자동차의 포르테 LPI가 출시되었다.

- 1999년: 아반떼 모델 개발
- 2000년: 베르나 모델 개발
- 2004년: 클릭 모델 50대 환경부 납품
- 2005년: 베르나 후속 모델 생산
- 2010년: 하이브리드 버스 '블루 시티' 개발



▲ 국내 하이브리드 차량 개발 일지

● 하이브리드 차량의 분류

크게 직렬식, 병렬식, 혼합식 세 가지로 나뉜다. 직렬식 하이브리드는 엔진이 직접 발전기를 돌려 배터리를 충전시키는 방식이다. 병렬식은 직렬식과 달리 엔진과 전기 모터를 동시에 이용해 구동력을 얻는다. 저속에서는 주로 전기 모터만 사용하다가 추가로 가속할 경우 엔진이 작동되며 차량이 멈춘 상태에서도 배터리 충전이 이뤄진다. 혼합식은 병렬식을 보다 발전시킨 형태로, 기본적인 형태는 병렬식과 같지만 브레이크를 밟으면 전기 모터가 반대로 에너지를 배터리로 보내므로 에너지 효율이 높다. 현재 대부분의 하이브리드카가 혼합식을 이용한다.

하이브리드 기술



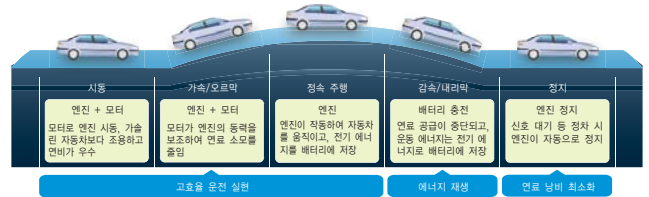
▲ 그림 104_ 하이브리드 자동차의 구조

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 기술이라고 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 전기를 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.

확인하기

1. 태양 전지는 원료의 걱정이 없으며 친환경적이다. 화석 연료는 매장량이 한계가 있으며 사용 과정에서 여러 가지 환경오염을 유발한다.
2. 하이브리드 자동차는 시동을 걸 때나 저속 주행 시에는 배터리에 연결된 전기 모터만으로 움직이며, 속도를 올리면 가솔린 엔진이 작동한다. 또한, 주행 중 전기 모터에서 발생한 전기 에너지를 배터리에 재저장한다.
3. 하이브리드 기술 또는 수소 연료 전지를 이용하여 구동하며, 지구 온난화를 방지하기 위해 자연 냉매로 이산화탄소를 사용한 친환경 에어컨을 장착한다.
4. 연료 전지는 수소 에너지를 산화시켜 전기 에너지를 얻는 것으로, 생성물로 생긴 물을 다시 분해하여 원료인 수소를 계속 얻을 수 있으며, 다른 부산물이 발생하지 않아 친환경적이다.

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

① | 태양 에너지는 거의 무한하고 친환경적이나, 초기 비용이 많이 들고 흐린 날과 밤에는 이용이 어려운 단점이 있다.

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

ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ | 화석 연료는 연소 후 이산화탄소와 수증기로 변환되고 재생하여 사용할 수 없다.

해양 에너지

3. 설명과 같이 해양 에너지를 이용하는 발전 방식은 무엇인가?

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

조력 발전

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

① | 연료 전지는 수소 에너지를 직접 산화시켜 물이 만들어지는 과정에서 전기 에너지를 얻는 장치이다.

수소 에너지

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

수소는 물이나 화석 연료와 같은 탄화 수소에서 얻을 수 있다. 수소 에너지는 산화되어도 물밖에 생기지 않아 친환경적이며, 이 물을 다시 분해하여 수소를 얻을 수 있어 재생이 가능하다. 그러나 수소 기체의 저장에 따른 부피 문제, 폭발의 위험에 따른 안전 문제 등을 해결해야 한다.

과학과
진로

핵융합 에너지 개발 연구원, 인공 태양을 만들어라!

대단원 마무리

25차시 428~431쪽

도입(5분)	전개(40분)	정리(5분)
과학과 진로	<ul style="list-style-type: none"> • 논리력 키우기 • 단원 마무리 	학습 내용 정리

과학과 진로

보충 자료

KSTAR

핵융합은 1g의 원료로 수천 L의 석유와 맞먹는 에너지를 생산할 수 있고, 특히 발전의 원료가 되는 중수소·삼중수소는 인류가 700만년 이상 사용 가능한 양이 있어 미래의 녹색 에너지 원으로 불린다. 핵융합 발전은 태양의 에너지 생성 원리로, 국제사회는 화석 연료 고갈에 대비해 총 16조원대의 '국제핵융합실험로(ITER)' 사업을 지난 2006년 시작했고, 국내에서도 3000억원이 넘는 예산을 투입한 '초전도 핵융합 실험 장치(KSTAR)'가 2007년 완공됐다.

핵융합의 증거, 중성자 검출

핵융합 반응이 이루어졌다면 부산물인 중성자가 반드시 나와야 한다. 실제 KSTAR 실험에서 핵융합 반응에 의해 2.45 MeV급 에너지를 가진 중성자를 검출하는 데 성공했다. 이는 2.45 MeV는 1.5 V짜리 건전지를 160만여 개 사용했을 때 얻을 수 있는 에너지로 초전도체를 사용한 핵융합 장치에서 중성자를 검출한 실험은 KSTAR가 처음이다.

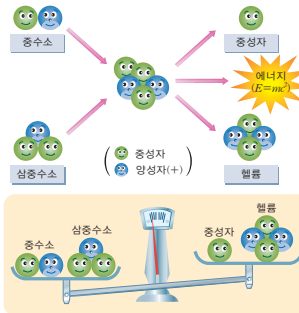
플라스마(plasma)

핵융합이 일어나려면 1,000만°C가 넘는 초고온 상태가 유지되어야 한다. 이 상태에서는 고온으로 데워진 원자핵에서 전자가 떨어져 나오며, 이와 같이 음(-)과 양(+)으로 하전된 입자가 섞여 전체적으로 전기가 중성인 상태를 플라스마라고 한다. 1,000만°C도가 넘는 고온 상태의 핵융합 장치에서 만들어진 플라스마의 전자, 이온들은 제멋대로 움직이다가 차질 핵융합 장치에 손상을 가할 수 있다. 따라서 플라스마를 제어해 특정 공간에 가두어 둘 수 있느냐가 핵융합 발전 기술의 관건이다.

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 에너지 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.

논리력 키우기

평가 목표

생활 속에서 인간을 동력으로 에너지를 얻을 수 있는 방법과 그 효율성에 대해 알아보자.

지도상의 유의점

1. 인간 동력을 사용하는 방법에 대해 호기심을 갖게 하고 기존에 개발된 방법도 찾아보게 한다. 그러나 이 방법들의 원리를 쉽게 설명하여 학생들을 이해시키고 학생들이 이를 외우지 않도록 한다.
2. 기존에 개발된 제품 외에도 학생들의 상상력을 통해 가능한 방법을 고안해 보도록 한다.

예시 답안·평가 기준표

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

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.

의 방법과 효율성에 대해 알아본다. 예를 들어 발전 배낭은 사람이 걸어가 갈 때 중심이 위아래로 이동하는 현상을 회전 운동으로 바꾸어 배낭에서 발전기를 돌려 전기를 생산하는 것이다. 손발전기는 소형 발전기를 손으로 돌려 전기를 만들어 휴대 전화나 휴대용 전자 기기에 충전할 수 있도록 하는 장치이다. 모노레일 쉬워는 자전거를 타듯이 페달을 밟아 움직이는 교통수단이다. 휴먼 키는 노를 젓듯이 손잡이를 밀었다 당겼다 할 때마다 발생하는 에너지로 전기를 생산하여 움직이는 자동차이다. 플레이 펌프는 놀이기구 빙빙이를 돌려 놀면서 펌프로 지하수를 끌어올리는 장치이다.

평가 기준	배점(%)
인간 동력을 이용하여 화석 연료를 대체할 수 있는 적절한 장치에 대해 설명하고, 장치의 사용이 효율적이라 판단되는 경우	100
인간 동력을 이용하여 화석 연료를 대체할 수 있는 적절한 장치이나 장치의 사용이 효율적이지는 않은 경우	70
인간 동력을 이용하는 장치의 예시가 적절하지 않은 경우	30

☆ | 또 다른 논술 |

■ 논술 문항

집에서 자신의 동력을 이용하여 에너지를 얻을 수 있는 방법을 두 가지 이상 고안해 보자.

■ 예시 답안

손으로 직접 믹서기를 움직여 과일 주스를 먹는다.

발전기와 연결된 실내 자전거를 타면서 전기를 발생시켜 저장하였다가 필요할 때 무선 전화기, 면도기, 노트북, 로봇 청소기, 오디오 등에 이용한다.

■ 평가 기준표

평가 기준	배점(%)
집에서 학생들이 할 수 있는 적절한 방법을 두 가지 이상 제시하는 경우	100
집에서 학생들이 할 수 있는 적절한 방법을 한 가지 제시하는 경우	70
집에서 학생들이 하기에 부적절한 방법을 제시하는 경우	30

학생들이 화석 연료의 사용으로 인해 나타날 수 있는 지구의 미래 모습을 에너지 측면과 지구 환경 측면으로 나누어 생각해봄으로써 미래의 에너지원이 갖추어야 하는 조건을 깨닫도록 한다.

평가 기준	배점(%)
에너지 측면에서는 기존에 사용하고 있는 화석 연료는 재생 불가능한 에너지원으로 고갈의 위험이 있다는 것을 지적하고, 환경적 측면에서는 화석 연료의 과다 사용이 지구 온난화를 유발하고, 지구 환경을 파괴할 수 있으며, 생태계에 치명적인 영향을 줄 수 있다는 것을 모두 지적한 경우	100
에너지 측면과 환경적 측면에서 한 가지는 제대로 설명하고, 나머지 하나의 설명이 부족한 경우	70
에너지 측면과 환경적 측면 중 아주 일부만 설명한 경우	30

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

학생들이 가능한 한 여러 가지 영역에 대해 발표하고, 이들

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.

(1) 연료의 연소에 의해 연료가 갖고 있던 화학 에너지가 열에너지로 바뀌고, 이 열에너지의 일부는 자동차를 움직이는 데 필요한 운동 에너지로 전환된다. 이 과정에서 불가피하게 일부는 배기가스의 폐열로 방출되고, 엔진 내부를 순환하는 냉각수의 온도를 높이며, 각 부품 사이의 마찰열이 발생한다.

(2) 화석 연료는 에너지가 집중되어 이용하기 쉬운 상태이며, 이를 연소시킬 때 발생하는 열에너지는 무질서도가 높아 한번 사용하면 다시 에너지원으로 사용할 수 없기 때문이다.

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.

(1) 낙하 과정에서 중력에 의한 위치 에너지가 운동 에너지로 전환된다. 바닥과의 충돌 과정에서 사과의 운동 에너지는 열이나 소리 에너지로 전환된다.

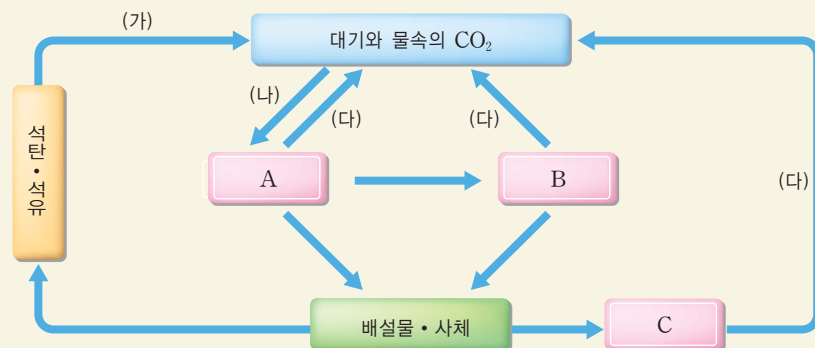
(2) 역학적 에너지에 비해 열에너지는 무질서도가 크므로 다시 역학적 에너지로 전환할 수 없다.

(3) 사과는 광합성에 의해 만들어진 화학 에너지와 중력에 의한 위치 에너지를 가지고 있다.

탐구형 문제

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

석탄과 석유의 탄소를 대기 중으로 내보내는 (가) 과정은 연소이며, 대기 속의 이산화탄소가 생물로 유입되는 (나) 과정은 광합성이다. 또한, 생물로부터 대기 중으로 이산화탄소를 내보내는 (다) 과정은 호흡이다. 광합성과 호흡을 하는 생물 요소 A는 생산자이며, 생산자로부터 탄소를 공급받고 호흡을 하는 생물 요소 B는 소비자이다. 배설물과 사체에서 유기물을 공급받아 호흡을 하는 생물 요소 C는 분해자이다.



A: 생산자, B: 소비자, C: 분해자, (가) 연소, (나) 광합성, (다) 호흡

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.

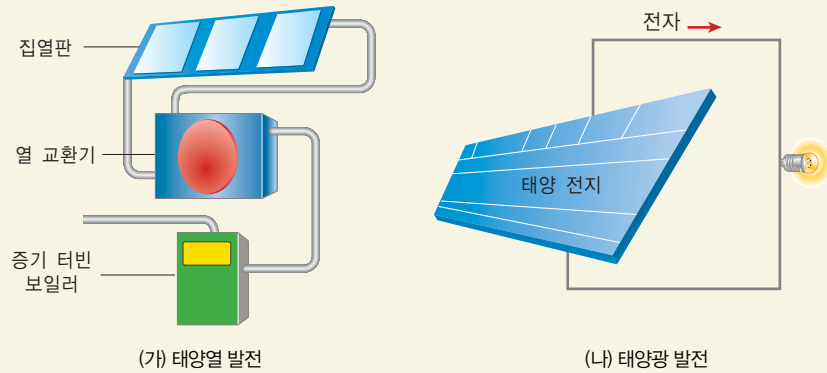
- (1) 매장량이 더 많은 석탄 대신에 석유를 더 많이 사용하고 있는 까닭을 설명해 보자.
- (2) 화석 연료가 갖는 화학 에너지의 사용 분야는 크게 세 가지로 구분할 수 있다. 어떤 분야들이 있는지 토의해 보자.

(1) 석유는 재가 남지 않는 등 석탄에 비해 매우 사용하기 편리하기 때문이다.

- (2) • 공업, 농업 등의 산업 분야
 - 난방, 취사, 조명 등의 생활 관련 분야
 - 교통, 운송 분야

창의력 문제

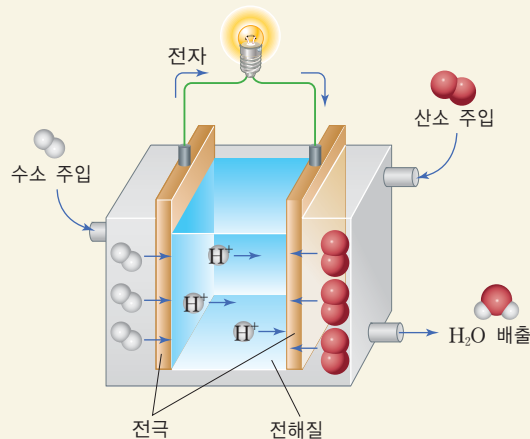
5. 그림은 모두 태양 에너지를 이용하여 전기를 생산하는 방법의 모식도이다. 다른 점이 무엇인지 설명해 보자.



태양열 발전은 태양열을 모아 증기를 만들어 터빈을 돌려 전기를 생산하는 방식이고, 태양광 발전은 태양광을 태양 전지로 받아 직접 전기를 생산하는 방식이다.

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.



장점: 수소와 산소를 사용하기 때문에 에너지 효율이 높고 저렴하며, 거의 무한하고 풍부한 에너지원이다. 또한, 반응의 결과 배출되는 물질이 물뿐이므로 오염이 없는 녹색 청정에너지이다.

단점: 수소는 낮은 끓는점으로 인해 압축이나 액화가 어려워 저장하는 데 많은 비용이 들며, 폭발성이 강해 위험이 크다.



현대 사회에서 살아가는 우리의 생활에 자동차, 컴퓨터, 휴대 전화 등 과학 기술과 관련된 도구가 없다면 어떻게 될까?

과학은 우리 생활에 깊이 관련되어 있다. 전자 기기, 신소재, 건강, 에너지 자원 등은 과학의 발달로 우리 생활이 더욱 풍요로워진 좋은 예이다.

2부 '과학과 문명'에서는 현대 문명에서 이용되는 여러 가지 도구와 자원에 대하여 다루었다. 이들은 우리 생활에서 필수적인 요소이지만, 이들과 우리 생활과의 관련성은 기존의 교육과정에서 다루지 않았다.

따라서 이 영역은 현대 사회에 대한 첨단 과학 기술의 기여를 이해하고, 이에 관련된 기초 과학 지식을 소개하는 데 중점을 두었다.

더불어 지금까지의 과학 기술 발달 과정에서 소홀히 했던 지구 환경의 보전과 환경 오염에 대한 대책을 다룬 내용도 문제점을 찾아보고 해결 방안을 창의적으로 마련해 보게끔 구성하였다.

이 단원을 학습함으로써 과학·기술·사회의 상호 작용을 이해하고 지금보다 더 풍요로운 미래에 대한 희망을 가지는 계기가 되었으면 한다.