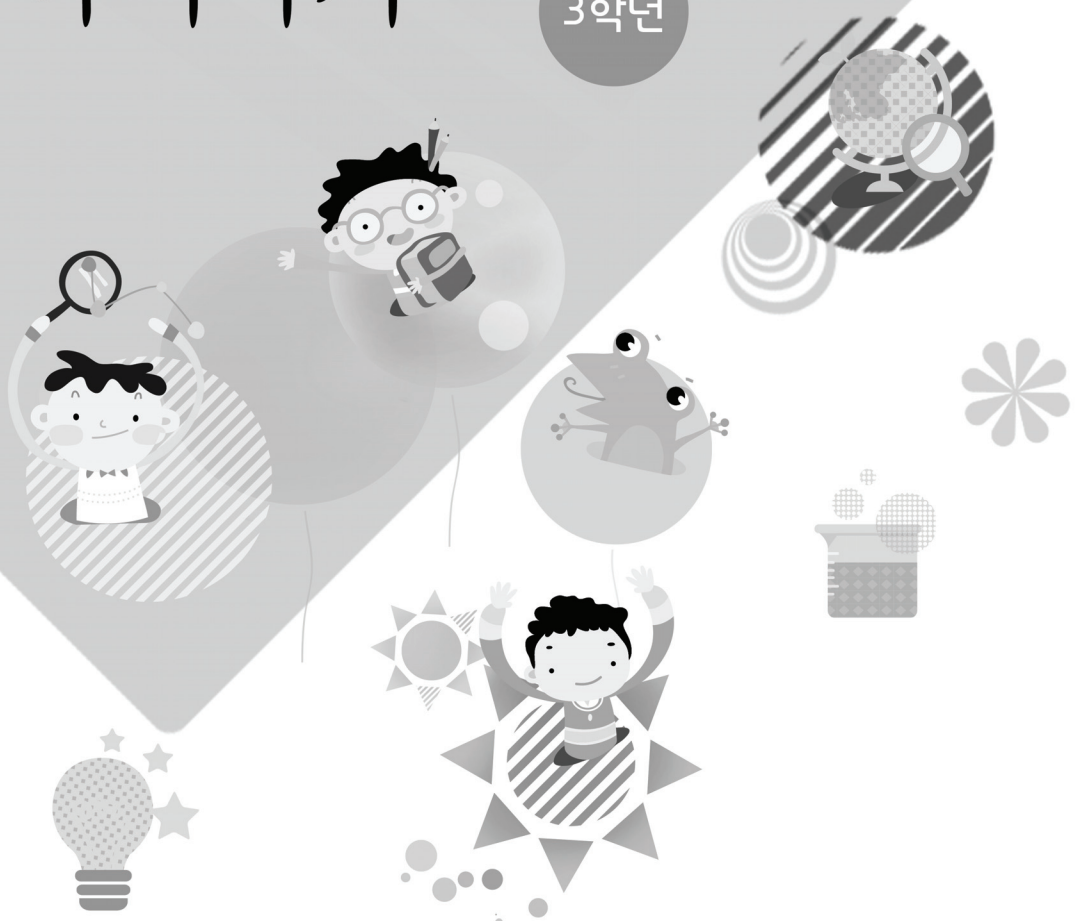
초등 3~4학년군 과학과 보완교재

지도서에 나오지 않는 과학이야기

3학년



교육부
Ministry of Education



초등 3학년 과학과 보완교재

Contents

3학년 1학기

Part 1_ **우리 생활과 물질** • 02

Ⅰ. 단원의 주안점 / 04

Ⅱ. 기본 개념 / 05

Ⅲ. 질문 있어요 / 16

Part 2_ **자석의 이용** • 26

Ⅰ. 단원의 주안점 / 28

Ⅱ. 기본 개념 / 29

Ⅲ. 질문 있어요 / 40

Part 3_ **동물의 한살이** • 48

Ⅰ. 단원의 주안점 / 50

Ⅱ. 기본 개념 / 51

Ⅲ. 질문 있어요 / 60

Part 4_ **지표의 변화** • 72

Ⅰ. 단원의 주안점 / 74

Ⅱ. 기본 개념 / 75

Ⅲ. 질문 있어요 / 90

지도서에 나오지 않는
과학이야기

3학년 2학기

Part 1_ **동물의 생활** • 98

Ⅰ. 단원의 주안점 / 100
Ⅱ. 기본 개념 / 101
Ⅲ. 질문 있어요 / 111

Part 2_ **지층과 화석** • 124

Ⅰ. 단원의 주안점 / 126
Ⅱ. 기본 개념 / 127
Ⅲ. 질문 있어요 / 143

Part 3_ **액체와 기체** • 150

Ⅰ. 단원의 주안점 / 152
Ⅱ. 기본 개념 / 153
Ⅲ. 질문 있어요 / 168

Part 4_ **소리의 성질** • 178

Ⅰ. 단원의 주안점 / 180
Ⅱ. 기본 개념 / 181
Ⅲ. 질문 있어요 / 194





지도서에 나오지 않는 과학이야기

3-1



1_ 우리 생활과 물질 • 02

2_ 자석의 이용 • 26

3_ 동물의 한살이 • 48

4_ 지표의 변화 • 72



1

지도서에 나오지 않는 과학이야기

우리 생활과 물질





Ⅰ. 단원의 주안점 04

Ⅱ. 기본 개념 05

1. 물질관의 변천 05
2. 물체와 물질 07
3. 물질의 분류 08
4. 물질의 특성 10
5. 물질의 세 가지 상태 11
6. 제4의 물질상태, 플라즈마 12
7. 액체와 고체의 중간물질, 액정 13
8. 자연과 함께 하는 플라스틱 13
9. 세라믹스 14
10. 탄소나노튜브 섬유 15

Ⅲ. 질문 있어요 16

1. 물질을 분류하는 또 다른 분류 기준은 없나요? 16
2. 알쏭달쏭! 고체, 액체, 기체! 17
3. 물질과 물체를 구별하는데 헷갈리는 것에는 어떤 것이 있나요? 17
4. 지구상에는 꼭 고체, 액체, 기체 상태의 물질만 있나요? 18
5. 물질(고체, 액체, 기체)에 대한 학생들의 오개념에는 어떤 것이 있나요? 18
6. 물질은 꼭 분자로만 되어 있나요? 21
7. 독특한 성질의 물질에는 어떤 것이 있을까요? 22

I

단원의 주안점

핵심 개념

- 물체와 물질
- 고체, 액체, 기체
- 신소재
- 물질관
- 물질의 상태(특성)
- 물질의 분류

HISTORY

- 2007 개정 교육과정 3학년의 '물체와 물질'이 2009 개정 교육과정(3~4학년군)에서 '우리 생활과 물질'로 바뀌었다.

지도 수준

- 물질 중에는 명확하게 고체, 액체, 기체로 나누기 어려운 경우도 있다. 무리하게 나누려하기 보다는 물질마다 다양한 상태로 존재함에 대해 알 수 있도록 한다.

학생들의 어려움

- 학생들은 고체, 액체, 기체에 대하여 오개념을 가지고 있으며 특히 기체 부분을 어려워하고 있다.
- 물체와 물질에 대한 개념 및 물질의 상태에 대해 이해하기 어려워하고 있다.



Ⅱ

기본 개념

1. 물질관의 변천

'세상은 어떤 물질로 이루어져 있는가?'란 물음은 시대를 막론하고 꾸준히 논의되며 연구되어 오고 있다.

고대 물질관



▲ BC 600년경



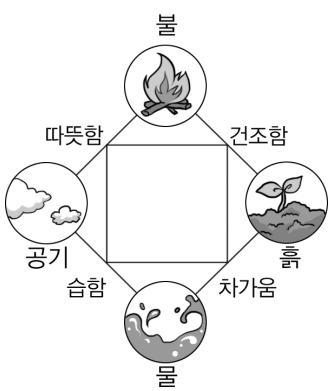
▲ BC 400년경



▲ BC 350년경

고대로 거슬러 올라가면 고대 사람들은 물질이 어떻게 이루어져 있다고 생각했을까? 탈레스는 만물의 근원은 물이며 하나의 원소로 이루어져 있다는 일원소설을 주장하였다. 이는 물이 변하지도 않으면서 여러 생명활동의 원인이라 여겨졌기 때문이었다.

그 후 엠페도클레스는 만물의 근원은 물, 불, 공기, 흙이라는 4가지 원소로 이루어졌다고 하는 '4원소설'을 주장했는데, 이는 물건이 연소한 후 나오는 물질을 토대로 하였다.



이후 데모크리토스는 현재의 입자설에 가까운 주장을 하게 되었다. 즉, '만물은 더 이상 쪼개지지 않는 입자로 구성되어 있다.'고 주장하며 최초의 입자 개념을 도입하였다. 물질을 쪼개어 나가면 더 이상 쪼개지지 않는 입자로 되어 있다는 뜻으로 '아토모스(atomos)'라고 불렀는데 지금의 원자를 뜻하는 atom의 어원이다. 하지만 연금술의 유행과 과학적 실험의 부족으로 2000여년 동안 크게 인정받지 못했다.

기원전 4세기에 이르러 당대 최고였던 아리스토텔레스는 따뜻함, 차가움, 건조함, 습함이 서로 합쳐지면서 다른 물질로 변화한다는 '4원소 변환설'을 주장했다.

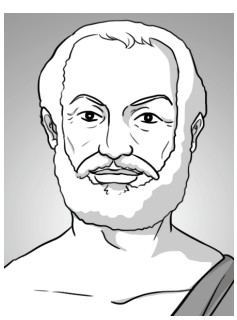
이상에서 고대의 물질관은 아리스토텔레스의 연속설과 데모크리토스의 입자설로 나눌 수 있다. 즉 아리스토텔레스는 물질은 연속적이며 진공의 존재를 부정하였고, 데모크리토스는 물질은 더 이상 쪼갤 수 없는 입자로 구성되었으며 진공의 존재를 인정하였다.



▲ 고대의 원소기호

중세 물질관

중세시대에는 아리스토텔레스의 영향을 받은 연금술의 유행으로 더 이상 입자설에 대한 연구가 진행되지 못하고 약 2,000년간 유지되었다. 고대의 연금술사들은 싼 재료를 이용하여 황금과 같은 보석을 만들기 위해 다양한 노력을 했는데 이것이 지금의 과학발전에 큰 공헌을 하고 있다. 비록 연금술사의 꿈은 이뤄지지 않았지만 이러한 노력의 결과로 근대 화학이 성립되었고 급격하게 발전하여 오늘날에 이르게 되었다. 그래서 어떤 화학자들은 화학을 말할 때 '연금술이 낳은 황금'이라고 말하기도 한다.



▲ 연속적 물질관을 주장했던 아리스토텔레스



▲ 연금술사의 연구모습
(외젠 이자베이 작, 19C 경, 마냉 미술관 소장)

근대 물질관

이러한 토대를 바탕으로 근대에 들어서는 다시금 데모크리토스의 입자설에 근거한 원자설을 정립하고 이에 대하여 실험으로 증명함으로써 원자에 대한 본격적인 연구가 시작되었다.

먼저 보일은 '모든 물질은 더 이상 분해되지 않는 원소로 이루어져 있다'는 원소설을 주장하였고, 슈탈은 '플로지스톤설'을 주장하였다. 이어 라부아지에는 4원소설이 옳지 않음을 실험으로 증명하였으며, 더 이상 분해될 수 없는 물질을 원소라 정의하고, 33종의 원소를 발표하였다. 화학적 원자론의 창시자라 불리우는 돌턴은 원소들의 결합으로 여러 기체가 만들어지며, 그 원소들은 더 이상 쪼개지지 않는 작은 입자로 구성되어 있으며 무게가 일정하다고 주장하였다. 또 화합물은 원자가 모여 이루어져 있다고 주장하였으며, 데모크리토스 이후 무려 2,000여년이 지난 후에 세상의 모든 물질이 알갱이로 이루어졌음을 밝혔다. 돌턴이 사용하던 원소 기호는 아래와 같다.

이름	기호	이름	기호	이름	기호
수 소	⊙	마그네슘	ⓜ	구 리	Ⓒ
질 소	⊕	칼 슘	ⓒ	납	Ⓛ
탄 소	●	나트륨	ⓝ	은	Ⓢ
산 소	○	칼 륨	ⓚ	금	Ⓖ
황	⊕	철	Ⓘ	백 금	Ⓟ
인	✇	아 연	Ⓩ	수 은	◌

▲ 돌턴의 원소 기호

2. 물체와 물질

물체는 질량과 형태를 가지고 일정한 공간을 차지하는 것을 말한다. 물체는 물질로 이루어져 있으며, 어떤 용도로 사용하기 위하여 만들어진 물건을 지칭하기도 한다.

물체의 재료로서의 물질

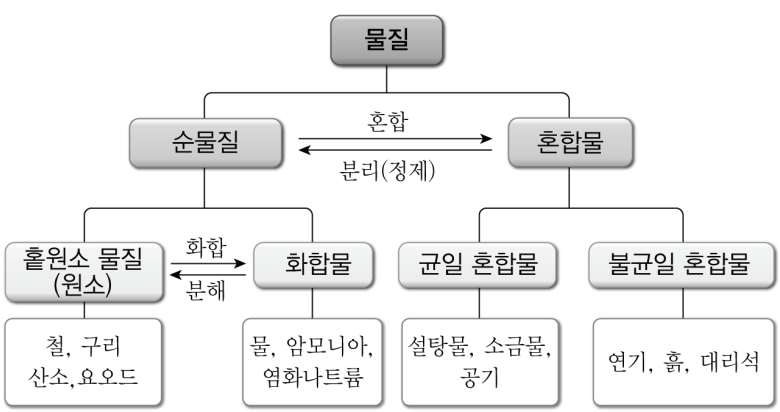
물체는 구체적인 모양을 가지고 있는 것으로, 어떤 용도로 사용하기 위하여 만든 물건을 말하고, 물질은 물체를 이루고 있는 재료가 되는 것을 말한다. 똑같은 물질이라도 어떤 용도로 쓰이는가에 따라 물체의 이름이 달라진다.

물체와 물질의 예

	물체	물질
	제기 (질경이제기)	(오늘날) 비닐, 플라스틱, 금속
		(옛날) 질경이, 엽전, 한지
	소나무	나무
	야구공	가죽 섬유

3. 물질의 분류

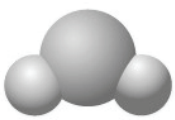
물질은 다른 물질이 전혀 섞이지 않은 '순물질'과 여러 가지 물질이 섞여 있는 '혼합물'의 두 가지로 나눌 수 있다.



순물질

순물질은 물리적 방법으로는 더 이상 다른 물질로 분리할 수 없으며 일정한 조성을 가진 물질을 말하며 홑원소 물질과 화합물로 구분된다.

홑원소 물질(원소)은 한 가지 원소만으로 구성된 물질로써 산소(O_2), 수소(H_2), 구리(Cu), 철(Fe) 등이 있다. 화합물은 두 종류 이상의 원소가 화합하여 일정한 성분비를 이루는 물질로, 분해하면 두 종류 이상의 순물질이 되며 화학 변화로만 분리가 가능하다. 물(H_2O), 암모니아(NH_3), 염화나트륨(NaCl) 등이 있다.

홑원소 물질	화합물
	
산소(O_2)	물(H_2O)

혼합물

혼합물은 두 종류 이상의 순물질이 단순히 섞여 있어서 물리적 방법으로 간단히 분리할 수 있는 물질을 말한다. 불균일 혼합물로는 '자갈+모래', '철가루+밀가루' 등이 있으며 균일 혼합물로는 흔히 용액이라 부르는 물질로 '알코올+물', '설탕+물' 등이 있다. 여러 기체가 섞여 있는 공기는 혼합물이다. 이러한 혼합물은 각각 다른 성질의 물질이 섞인 것으로, 각 물질의 성질 즉, 용해도, 밀도 등을 이용하여 순물질로 분리해 낼 수 있다.

불균일 혼합물	균일 혼합물
	
암석	음료수

4. 물질의 특성



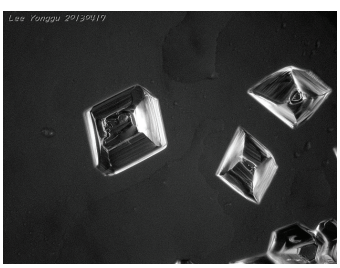
여러 가지 물질이 지닌 독특한 성질에는 겉보기 성질, 녹는점, 어는점, 끓는점, 밀도, 용해도 등이 있다. 질량, 부피, 넓이, 길이, 온도 등은 같은 물질이더라도 그 값이 달라질 수 있기 때문에 물질의 고유한 특성이 될 수 없다.

물질의 겉보기 성질은 겉으로 보았을 때 쉽게 구분되는 성질로 색깔, 냄새, 맛, 결정, 굳기 등이 있다. 이러한 물질의 특성을 알면 어떤 물질인지 대략적으로 확인할 수 있다.

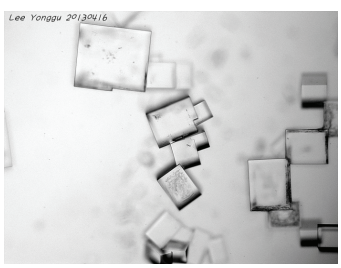
아르키메데스는 이와 같은 물질의 독특한 성질을 이용하여 진짜 왕관을 찾아낼 수 있었다. 아르키메데스는 어떻게 진짜 왕관을 찾아낼 수 있었을까?

아르키메데스는 물체를 물 속에 넣으면 그 물체와 같은 부피의 물의 무게만큼 가벼워진다는 것을 깨닫고 이를 이용하여 진짜 왕관을 찾게 되었다.

결정을 만드는 실험에서도 각 물질의 용해도가 각각 다름을 잘 이용하면 많은 양의 결정을 만들어 낼 수 있는데 이러한 용해도도 물질의 고유한 특성 중 하나라 할 수 있다.



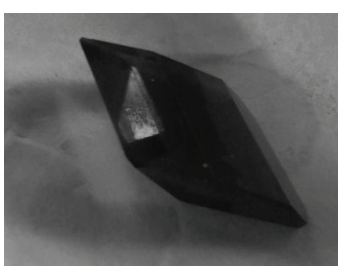
▲ 설탕 결정



▲ 소금 결정



▲ 백반 결정



▲ 황산구리 결정

5. 물질의 세 가지 상태

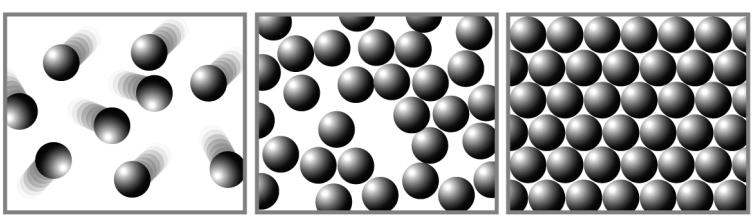
우리 주변의 물질은 대개 고체, 액체, 기체의 세 가지 상태로 존재하고 있으며, 각각 독특한 성질을 지니고 있다. 물의 경우 상온에서는 액체이지만 0℃ 이하가 되면 고체인 얼음이 되고, 100℃ 이상에서는 기체인 수증기가 된다.

고체는 모양, 부피가 쉽게 바뀌지 않는 반면, 액체는 모양은 쉽게 바뀌지만 부피는 잘 바뀌지 않고 기체는 모양, 부피 모두 쉽게 바뀐다. 고체, 액체, 기체의 상태에 따라 물질의 성질이 달라지는 이유는 물질을 구성하는 입자들의 배열과 거리가 달라지기 때문이다.

물질을 구성하는 입자들의 거리가 가까운 것이 고체나 액체 상태이며, 기체의 경우는 상당한 거리로 떨어져 있다.

고체 상태에서는 이웃하는 입자들의 배열이 규칙적이며 강한 응집력으로 결합되어 입자들이 이동할 수 없고 주어진 위치에서 진동만 하지만 액체 상태에서는 입자들의 배열이 불규칙적이어서 분자 상호간의 결합력이 약하여 입자들이 비교적 자유로이 움직일 수 있다.

기체와 액체는 구성입자들이 유동적으로 움직인다는 점은 비슷하지만, 입자들 사이의 거리에 있어서 뚜렷한 차이가 있다. 액체 상태에서는 서로 가까이 접촉하고 있는 반면, 기체 상태에서는 서로 간에 상당한 거리로 떨어져 있다. 이 때문에 기체는 압력을 가하면 부피가 쉽게 변한다.



▲ 기체 ▲ 액체 ▲ 고체

고체, 액체, 기체의 특징을 비교하면 다음과 같습니다.

상태	고체	액체	기체
모양	일정	변함	변함
부피	일정	일정	변함
팽창과 수축	상대적으로 잘 안 됨	고체보단 잘 되고 기체보단 안 됨	잘 됨
흐르는 성질	없다	있다	있다
단위 부피당 질량	상대적으로 크다	상대적으로 크다	상대적으로 작다

6. 제4의 물질상태, 플라즈마



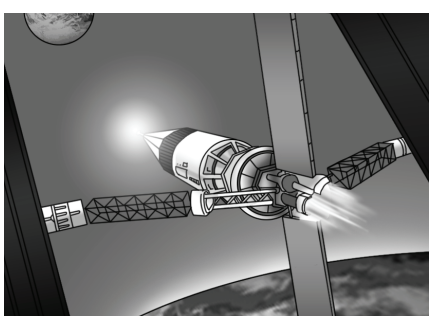
▲ 오로라

플라즈마는 흔히 '제4의 물질 상태'라고 부른다. 고체에 에너지를 가하면 액체, 기체로 되고 다시 이 기체 상태에 높은 에너지를 가하면 수만℃에서 기체는 전자와 원자핵으로 분리되어 플라즈마 상태가 되기 때문이다.

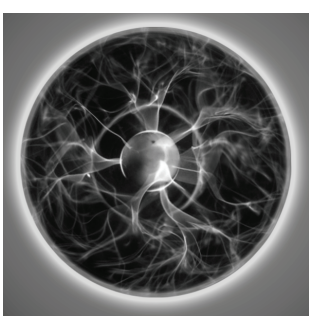
우주 전체를 보면 플라즈마가 가장 흔한 상태라고 할 수 있다. 우주 전체의 99%가 플라즈마 상태라고 추정된다. 번개, 북극 지방의 오로라, 대기 속의 이온층 등이 플라즈마 상태이다. 대기 밖으로 나가면 지구 자기장 속에 이온들이 잡혀서 이루어진 반 알렌대, 태양으로부터 쏟아져 나오는 태양풍 속에도 플라즈마가 존재한다. 별의 내부나 그를 둘러싸고 있는 주변 기체도 플라즈마 상태이다. 별 사이의 공간을 메우고 있는 수소 기체도 플라즈마 상태이다.

일상생활에서 볼 수 있는 인공적인 플라즈마 상태로는 형광등, 수은등, 네온사인, PDP (Plasma Display Panel) 등이 있다. 플라즈마를 응용하여 실생활에 필요한 것으로 활용하려는 노력은 오래 전부터 꾸준히 추진되어 왔다. 플라즈마는 수억 도의 온도를 갖는 초고온 핵융합에 이용되는 플라즈마로부터 최근의 반도체 공정, 신소재 합성 등에 이용되는 저온 글로우 플라즈마나 아크플라즈마에 이르기까지 다양하게 이용된다.

플라즈마 로켓은 현재 개발이 되고 있으며 화성까지 200일이 걸리는 시간을 약 40일로 단축시킬 만큼 굉장한 능력을 보여줄 것으로 기대되고 있다. 이는 기존 제트 엔진 로켓이 연료와 산화제 성분들 간의 발열 화학반응의 방법으로 추력을 발생시키는 반면, 플라즈마 로켓 엔진은 플라즈마 상태가 기체 상태보다 더 높은 온도에서 일어나고 입자들이 더 강한 운동에너지를 가지고 있는 것을 이용하여 더 빨리 날 수 있다.



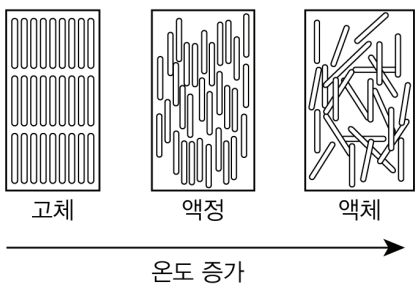
▲ 플라즈마 로켓(예상도)



▲ 플라즈마 방전현상

7. 액체와 고체의 중간물질, 액정

휴대전화, 모니터 등에 널리 사용되는 것이 바로 액정이다. 액정은 고체와 액체의 성질을 모두 지니고 있는 물질로 막대 모양의 분자들이 매우 규칙적으로 이루어져 있어 고체의 성질을 띠고 있다. 반면 이 분자들은 액체처럼 흐르기도 한다.





▲ 일상생활 속의 다양한 액정

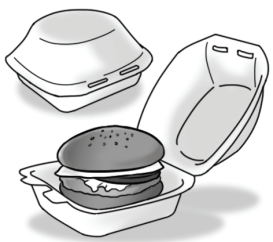
8. 자연과 함께 하는 플라스틱

플라스틱은 인류가 개발한 만능물질로써 거의 모든 생활의 분야에서 많이 사용되고 있다. 플라스틱은 화학적으로 안정된 합성고분자의 일종으로 유용한 활용성을 자랑하는 반면, 폐기 후에는 거의 분해되지 않아 자연환경을 심각하게 훼손하는 단점도 가지고 있다. 이러한 점을 보완하여 개발되고 있는 것이 생분해성 플라스틱이다. 대표적 예로 옥수수나 사탕수수 등의 농작물로부터 생분해성 플라스틱을 만들어 활용한다.

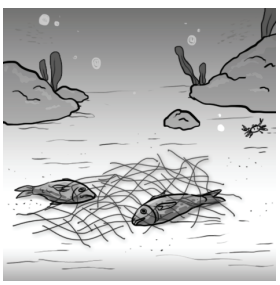
일반 플라스틱이 분해되는데 수백 년 이상이 걸리는 반면, 생분해 플라스틱의 경우 1~2년 정도면 거의 분해된다. 바다에서 어망을 사용한 후에 그냥 방치하여 발생하는 피해를 감안해 볼 때 몇 년 후 자연적으로 분해되는 어망으로 대체된다면 큰 효과가 있을 것이다. 그 외에도 현재 사용되고 있는 1회용 칫솔의 솔 부분을 생분해 플라스틱으로 만들어 활용함으로써 자연 환경의 오염을 최소화할 수 있을 것이다.



▲ 분해되는 칫솔의 솔 부분



▲ 생분해 플라스틱으로 만들어진 케이스



▲ 자연적으로 분해되는 생분해 어망

9. 세라믹스

세라믹스는 그리스어 '케라모스', 즉 '불에 태워서 만든 물건', '흙으로 만들다'에서 유래하였다. 금속, 플라스틱과 함께 '3대 소재'로 불릴 정도로 쓰임새가 다양하며 더욱 발전이 기대되는 재료이다. 특히 세라믹스는 열과 추위를 잘 견디며 강도가 우수하고 만들기에 따라 자기의 성질을 띠거나 전기가 통하는 등 다양한 기능을 가지고 있다.

생체 세라믹스의 경우 인공심장 등을 만드는데 사용되고 있으며 그 외 군사용으로는 방탄조끼, 스텔스 도료 등으로 다양하게 활용되고 있다. 뿐만 아니라 인공뼈, 엔진, 기어 및 다양한 센서에도 이용된다.



▲ 인공심장



▲ 스텔스 도료 등

10. 탄소나노튜브 섬유



▲ '나노'='나노스(난쟁이)'에서 유래

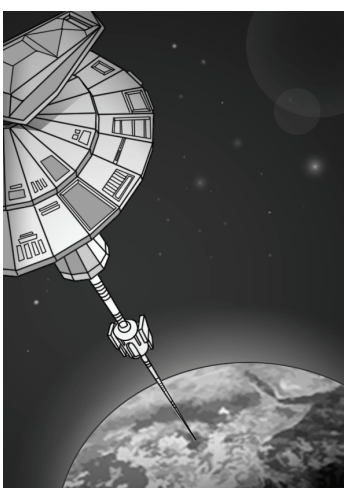
'나노'는 그리스어로 난쟁이를 뜻하는 '나노스'에서 유래된 것으로 나노미터는 10억분의 1미터를 말하며 전자현미경로만 관찰이 가능하다.

흑연과 같은 물질의 경우 구성하고 있는 탄소 등이 수백억 개 이상의 많은 결합으로 된 물체인 반면 나노물질은 탄소나노튜브처럼 수십 개에서 수천 개의 탄소로 이루어진 물질로 성질을 쉽게 변화시킬 수 있어 여러 분야로 확장되어 사용이 가능한 신물질 중 하나이다.

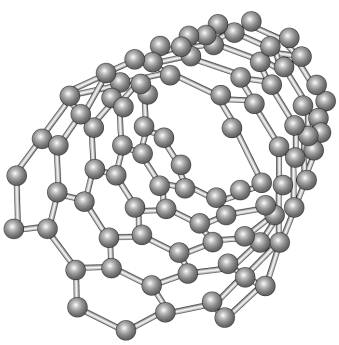
탄소나노튜브의 장점으로는 철강보다 약 100배 정도나 더 강한 강도를 가지고 있으며, 전기가 매우 잘 통하고 열전도율은 자연계에서 가장 뛰어나다는 다이아몬드와 같을 정도로 매우 우수한 성능을 가지고 있다. 반면 탄소 원자 배열 방식에 따라 전기가 통하는 정도가 바뀌는 등 트랜지스터나 전자회로에서도 유용하게 사용될 것으로 전망되고 있다.

이미 탄소나노튜브를 활용한 여러 가지 물건들이 나왔는데 테니스라켓 등 가벼우면서도 강한 강도를 지녀야 하는 스포츠 용품부터 각종 군용장비에서도 다양하게 사용되고 있다.

특히 지구와 우주를 잇는 우주엘리베이터 계획에도 적극 활용이 검토되고 있는 등 우리 생활에 매우 큰 장점을 줄 물질로 기대되고 있다.



▲ 우주 엘리베이터

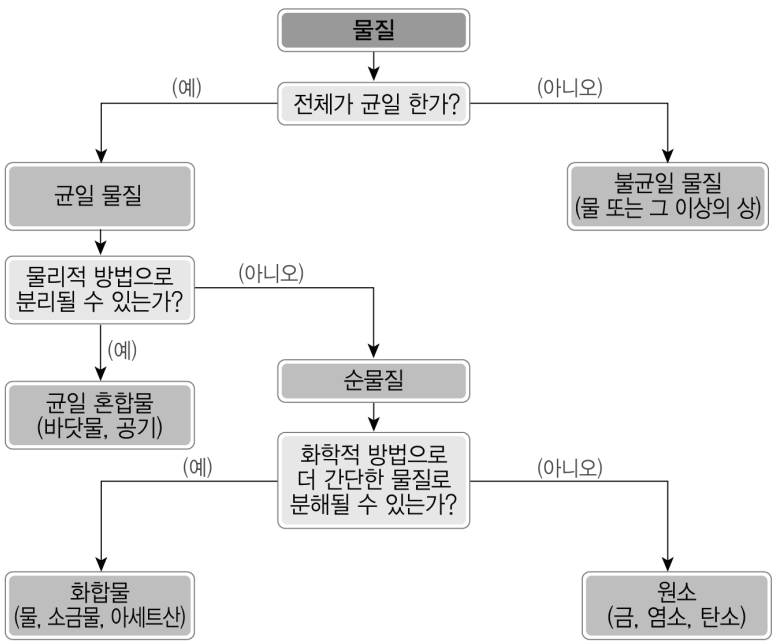


▲ 탄소나노튜브의 구조

III

질문 있어요

1. 물질을 분류하는 또 다른 분류 기준은 없나요?



물질의 분류는 순물질과 혼합물로 구분하여 분류하는 방법 외에도 위와 같이 물질의 균일함을 기준으로 균일 물질과 불균일 물질로 분류하는 방법이 있다. 균일 물질은 물리적으로 분리할 수 있는가에 따라 다시 균일 혼합물과 순수한 물질로 나누어진다. 순수한 물질은 화학적 방법으로 분해되는지에 따라 화합물과 원소로 분류된다.

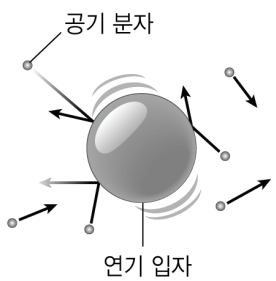
2. 알쏭달쏭! 고체, 액체, 기체!

유리, 고무는 고체인가요? 액체인가요?

유리나 고무는 가공 전이나 가공 후에도 이름 그대로 불린다. 이처럼 상태에 따라 물체나 물질에 모두 속하는 경우, 이를 억지로 한 범주로 넣으려고 하기 보다는 상태에 따라 다르게 분류될 수 있음을 인정할 필요가 있다. 단, 초등학생에게는 유리, 고무 등은 고체로 소개하고 수업을 진행하는 것이 바람직하다.

연기는 기체인가요?

연기는 고체 · 액체 상태 미립자의 모임이다(두산백과). 물이 끓는 주전자 입구를 보면, 하얀 김이 나오는데 이는 끓는 물의 수증기(기체)가 차가워지면서 액체의 하얀 김으로 변하여 우리 눈에 보이게 되는 것이다. 이와 같이 연기도 고체 · 액체 상태의 미립자 모임이다. 향 연기의 움직임을 현미경으로 관찰하면 연기 입자들이 불규칙하게 움직이는 것을 확인할 수 있는데 이는 활발하게 움직이는 공기 분자들이 연기 입자에 충돌하기 때문이다.



분필지우개를 털었을 때 보이는 분필가루는 기체인가요? 고체인가요?

분필가루는 우리 눈에 보이며 고체이다.

3. 물질과 물체를 구별하는데 헷갈리는 것에는 어떤 것이 있나요?

공기는 물질인가요?

공기는 우리주위에 늘 존재하는 여러 기체들의 혼합물로 물질이며 질소, 산소, 아르곤, 이산화탄소 등으로 구성되어 있다.

생물체는 물체인가요?

특정한 형태와 용도를 가지고 있는 것을 물체라고 한다면 생명활동을 하는 것들을 물체라고 할 수 있을까? 생명은 용도를 가지고 있다고 보기 어려우므로 물체라고 하기 보다는 별개의 것으로 분류하는 것이 바람직하다.

나무는 물체인가요? 물질인가요?

나무는 그 자체로는 물질이라 할 수 있다. 다만 그것을 가공하여 가구 등을 만들게 되면 물체로 분류할 수 있다.

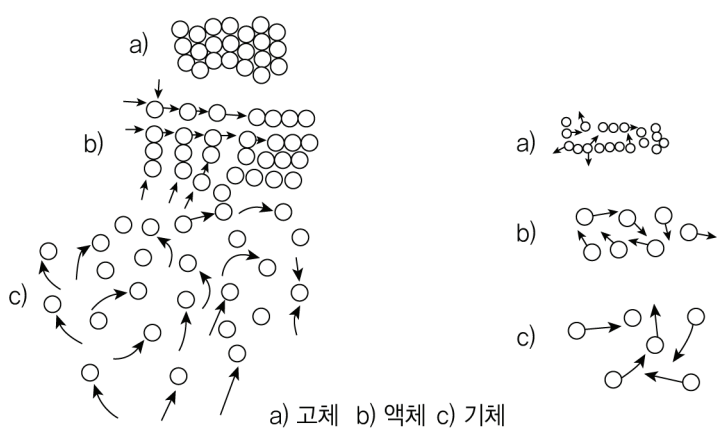
4. 지구상에는 꼭 고체, 액체, 기체 상태의 물질만 있나요?

그렇지 않다. 위의 세 가지 상태 외에도 플라즈마라는 상태의 물질이 있는데 우주의 99%는 플라즈마 상태라고 한다. 액정의 경우도 고체와 액체의 중간 상태 정도이다.

5. 물질(고체, 액체, 기체)에 대한 학생들의 오개념에는 어떤 것이 있나요?

물질의 상태에 대한 오개념

학생들은 물질이 온도와 압력에 따라 고체, 액체, 기체로 변화하는 것에 대해 잘 알지 못하는 경우가 많으며 물질의 상태에 따라 그 속성을 다르게 인식하는 경우가 있다. 특히 기체 상태에 있는 물질의 특성을 이해하는데 어려움을 가지고 있다.



▲ 상태별 입자의 크기와 입자간 거리에 대한 학생들의 생각

위의 그림은 물의 상태별 입자의 모양과 거리에 대해 학생들이 표현한 것이다. 액체나 기체의 입자를 고체의 것보다 크게 표현했으며 입자들 사이의 상대적 거리, 고체 : 액체 : 기체의 비를 1 : 2 ~ 3 : 5 ~ 8 정도로 나타냈다.

고체 상태에 대한 오개념

스태비(1984) 외의 연구에서 어린 학생들의 경우, 단단한 물질을 고체로, 가루 물질은 액체로, 딱딱하지 않은 물질(말랑말랑한 플라스틱, 스펀지, 옷)은 고체와 액체의 중간물질로 인식하고 있다고 하였다. 학생들은 부을 수 있기 때문에 가루 물질을 액체로 생각하였으며, 딱딱하지 않은 물질을 고체와 액체의 중간물질로 생각하였다. 까닭은 '부드럽고, 부스러지거나 찢어지기 때문'이라고 보았다. 즉, 학생들은 물질의 상태를 겉모양으로 판단하거나 단단함, 유연성을 바탕으로 고체의 상태를 이해하고 있음을 알 수 있다.

액체 상태에 대한 오개념

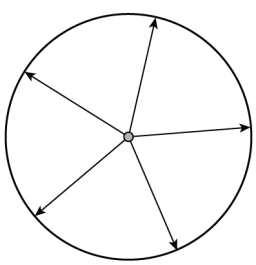
대표적인 액체는 물이라고 여겼으며 모든 액체는 '물과 같다.', '물로 만들어져 있다.', '물을 포함한다.'와 같이 생각하였다. 어떤 학생들은 보다 끈적끈적한 꿀, 토마토소스 등을 액체로 분류하기를 어려워하였다.

기체 상태에 대한 오개념

드라이버 외(1994)가 연구한 학생들의 기체 상태에 대한 오개념은 다음과 같다.

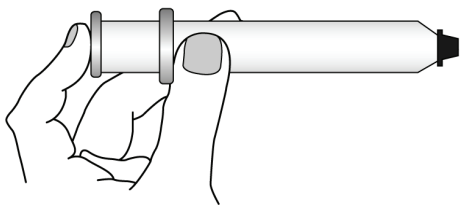
- 공기를 비롯한 기체가 물질의 성질을 가지지 않는다고 생각하는 경향
- 공기와 연기는 있기는 하지만 일시적으로만 존재
- 기체는 무게나 질량이 없다고 생각(기체는 위로 올라가거나 떠오르는 성질이 있다고 생각하기 때문)
- 기체는 '마이너스' 질량을 지닌다고 생각하는 경향

그 외에도 공기가 가득 찬 풍선을 위에서 손가락으로 누를 때, 풍선 안에 있는 기체의 힘은 아래와 같지만, 학생들은 그 힘이 위에서 아래로 향한다고 생각하는 경우가 많았다.



▲ 기체의 힘 방향

아래와 같이 주사기를 손가락으로 밀었을 때, 부피에 대해 물으면 많은 학생들이 부피가 같다고 대답한다. 이유는 공기가 더 이상 들어가거나 나오지 않았기 때문이라고 한다.

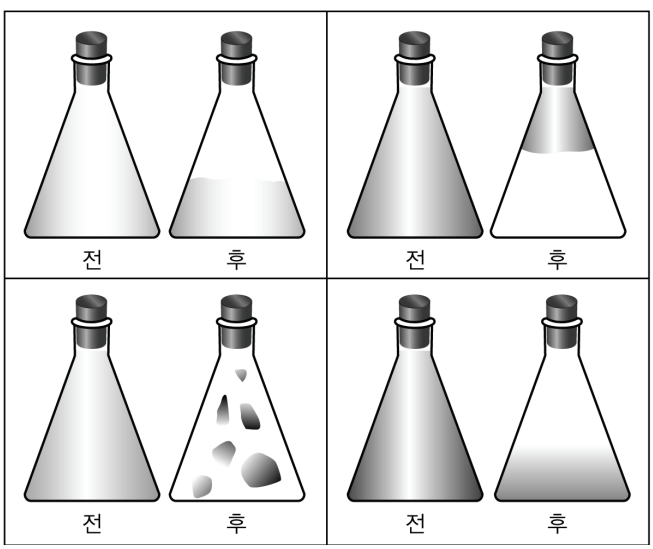


▲ 주사기를 이용한 기체의 부피 실험

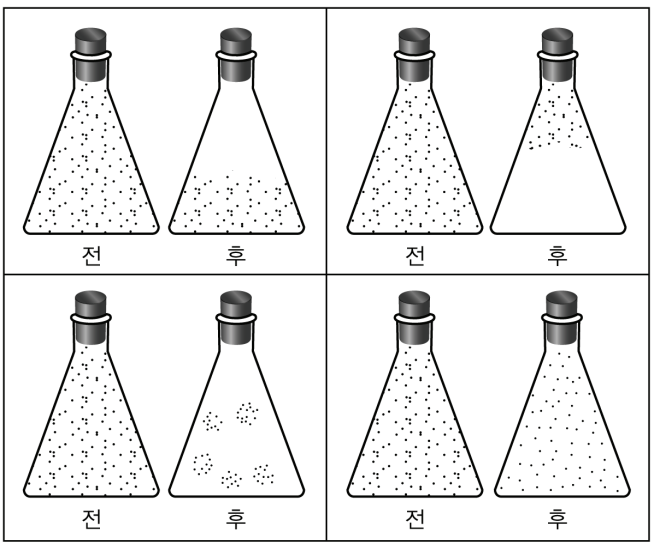
연속적, 입자적 개념의 혼동

학생들에게 공기와 입자에 대해 물어보면 아래와 같이 연속적 물질개념의 학생 응답과 입자적 물질 개념의 학생 응답으로 나누어진다.

아래와 같이 물질이 연속적이라고 보기도 하고 또는 입자로 구성되어 있다고 보는 것처럼 물질의 분포에 대해서도 다양한 의견들을 가지고 있음을 알 수 있다.



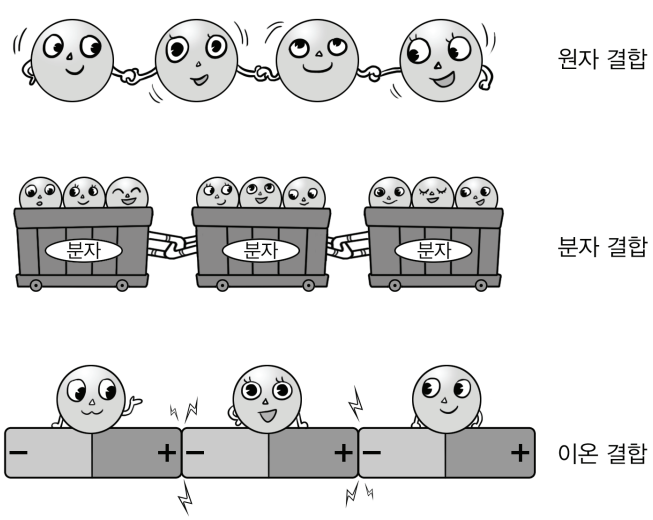
▲ 연속적 물질개념을 가진 학생들의 응답



▲ 입자적 물질개념을 가진 학생들의 응답

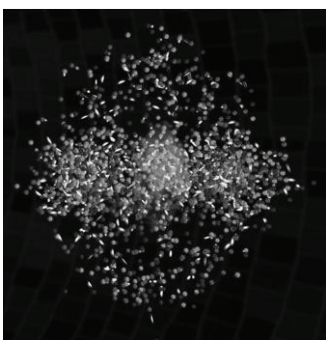
6. 물질은 꼭 분자로만 되어 있나요?

분자란 원자 몇 개가 결합하여 이루어진 성질을 가진 가장 작은 입자를 말한다. 물질은 꼭 분자로만 되어 있지는 않다. 소금이나 많은 종류의 금속들은 분자 없이 원자의 결합 또는 이온의 결합으로 구성되어 있다. 원자나 이온은 매우 강하게 결합되어 있어 상태변화를 위해서는 큰 에너지를 주어야 할 때가 많다.



7. 독특한 성질의 물질에는 어떤 것이 있을까요?

가장 뜨거운 물질



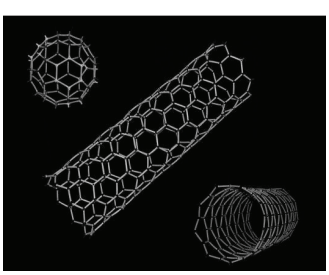
지구상에서 가장 뜨거운 물질은 금 원자를 광속에 가깝게 가속시킨 후 충돌시켜 얻는다. 쿼크-글루온 스프(quark-gluon soup)라 불리는 이 물질은 무려 섭씨 4조도에 이르고 이는 태양의 중심보다 250,000 배 더 뜨겁다. 충돌로부터 얻어지는 에너지는 양성자와 중성자마저 녹일 정도로 높다. 과학자들은 이것이 태초의 우주가 어떻게 생겼는지 알 수 있는 실마리가 될 것이라 믿고 있다. 다행인 점은 이 스프가 1조분의 1 센티미터 만하고 1조×1조분의 1초 동안만 지속된다는 점이다.

가장 강력한 인화성 물질



스타이로폼, 네이팜, 마쉬멜로우와 같은 많은 물질들은 맹렬히 타오를 수 있다. 그러나 바닷가 모래에 불을 붙일 수 있는 물질이 있다는 걸 상상할 수 있겠는가? 단지 상상속의 물질이 아니다. 클로린 트라이플로라이드(chlorine triflouride)는 모래도 태워버리는 극한의 인화성물질이다. 1톤 가량의 클로린 트라이플로라이드가 누출되어 불이 붙었고 진화 될 때까지 30센티미터의 콘크리트 벽과 1미터 두께의 모래와 자갈로 된 벽을 태워버렸다는 일화가 있다. 클로린 트라이플로라이드는 과거 나치조차도 너무 치명적인 대량살상 무기라 판단한 인화성 물질이다.

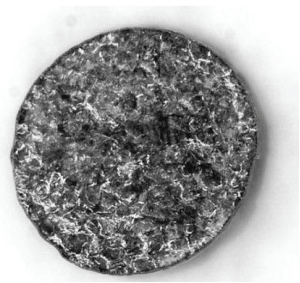
인류에게 알려진 가장 어두운 물질



잘 정렬되어 쌓인 탄소나노튜브층은 빛을 99.9% 흡수한다. 현미경으로 이 탄소나노튜브층을 관찰하면 거칠고 울퉁불퉁한 표면을 갖고 있다. 이 때문에 빛은 여러 갈래로 쪼개지고 반사가 잘 일어나지 않는다. 또한, 탄소나노튜브는 특정한 배열 방향에서 훌륭한 전도체로 작용한다. 이로 인해 탄소나노튜브는 극한의 흡광도를 갖게 되고 완벽한 검은 물체가 된다. 완벽하

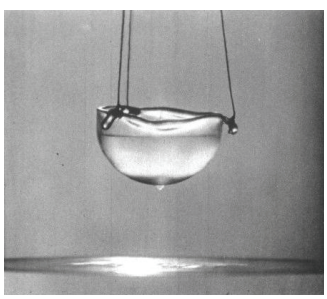
게 빛을 흡수하는 성질 덕분에 과학자들은 탄소 나노튜브가 망원경이나 태양열 집광기 같은 광학장비에 이용될 수 있을 것으로 기대하고 있다.

가장 강력한 방사성물질



심슨 같은 만화에서 플루토늄 같은 방사성물질들은 초록색으로 빛나는 막대기로 묘사되곤 하는데 이는 완전히 허구이다. 어떤 물질이 방사성 물질이라 해서 꼭 형광 빛이 나는 건 아니다. 그러나 폴로늄-210은 너무 방사능이 강해서 푸른빛으로 빛나고 스스로 열을 낸다. 이런 현상은 주위의 공기 원자가 방사능에 의해 들뜬 상태로 되기 때문이다. 과거 소비에트의 스파이였던 알렉산더 리트비넨코 일게이는 상대 스파이에게 속아 폴로늄-210을 먹게 되었고 후에 암으로 사망하였다.

신기한 물질 : 초유체



초유동상태는 고체나 기체처럼 물질의 상태중 하나이고 극저온에서 발견된다. 초유체는 열전도율이 매우 뛰어나고 점성이 없다. 헬륨-2가 대표적인 예이다. 컵에 담긴 헬륨-2는 스스로 흘러넘쳐서 컵 밖으로 흐른다. 또 헬륨-2는 마찰이 없기 때문에 고체 바닥의 보이지 않는 미세한 틈을 통과해서 스며나온다. 또, 헬륨-2는 지구상에서 가장 열전도도가 높은 물질이다. 구리보다 열전도도가 수백 배 높다. 헬륨-2 속에서는 열이 너무 빨리 전도돼서 마치 음파와 같은 파동의 형태로 전달된다.



과학쟁이(2013. 9월), 웅진씽크빅.
교육인적자원부(2007), 초등학교 3학년 탐구 수업 지도 자료, 한국교원대학교 과학교육연구소.
김태일(2002), 살아있는 과학 교과서, 휴머니스트.
배준우(2009), 초등과학 뒤집기(금속과 신소재), 동아사이언스.
신학수·이복영·백승용·구자옥·김창호·김용완·김승국(2008), 상위 5%로 가는 화학교실, 스콜라.
심민정(2009), 초등과학 뒤집기(상태의 변화), 동아사이언스.
이대형·여상인·장신호·강훈식(2011), 초등교사를 위한 화학, 청범출판사.
정창훈(2007), 영재들의 과학노트, 봄나무.
조희형(1994), 잘못 알기 쉬운 과학개념, 전파과학사.

김상원의 과학천지, http://blog.naver.com/dnjs5596?Redirect=Log&logNo=130157810127
네이버 지식백과, http://www.naver.com
수·안·머, http://cafe.naver.com/ideamate/14102
이용구의 현미경 실험실, http://yonggulee.egloos.com/
지상최고물질10가지, http://blog.naver.com/miraeeni1?Redirect=Log&logNo=90148079364

MEMO



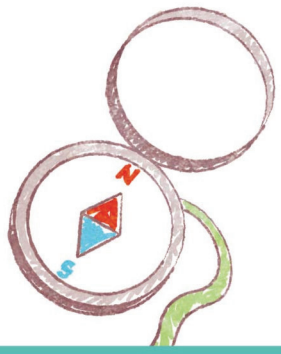


2

지도서에 나오지 않는 과학이야기

자석의 이용





Ⅰ. 단원의 주안점 28

Ⅱ. 기본 개념 29
1. 자기력, 중력, 전기력 29
2. 자석의 극과 자기장 30
3. 분자 자석 31
4. 물질의 자화 32
5. 자화의 과정 33
6. 자석 보관 방법 34
7. 물질과 자성 35
8. 지구자기와 나침반 36
9. 우리생활과 자석 37
10. 첨단 기술과 자석-의료 38
11. 첨단 기술과 자석-교통 39

Ⅲ. 질문 있어요 40
1. 자석의 종류에는 어떤 것이 있나요? 40
2. 자석은 어떻게 자석이 되나요? 41
3. 자기구역은 무엇인가요? 41
4. 자석 2개를 붙이면 세기가 세어지나요? 42
5. 영구자석을 계속 쓰면 약해지지 않을까요? 43
6. 지구의 자기력의 세기는 어느 정도 되나요? 44
7. 나침반이 고장났을 때 고치는 방법이 있나요? 44
8. 마그네틱 뷰어는 어떤 원리로 자석의 극을 관찰하는 것인가요? 45
9. 모든 자석의 극은 막대자석처럼 양쪽 끝에 N, S극이 있나요? 46
10. 동물의 몸 속에도 자석이 있나요? 46



I

단원의 주안점

핵심 개념

- 자석
- 자기장의 특징
- 분자자석
- 자석의 극
- 자기력의 의미
- 자화의 과정

HISTORY

- 자석은 현상 관찰이 쉽고 학생들이 과학에 대해 재미있게 접할 수 있는 소재로 1단원에서 물질에 관하여 학습한 후 2단원에서 자석에 붙는 물질, 붙지 않는 물질 등으로 응용하도록 구성되어 있다.

지도 수준

- 학생들이 자성, 자화, 자기력 등의 배경원리를 이해하기에는 다소 어려운 내용이다. 이 단원에서는 일상생활에서 자석과 물체, 자석과 자석 사이에서 나타나는 현상을 체험을 통해 학습할 수 있도록 지도해야 한다.

학생들의 어려움

- 학생들은 금속물체는 모두 자석에 붙는다는 오개념을 가지고 있는 경우가 많고, 물체와 물질 구분을 어려워 한다.



Ⅱ

기본 개념

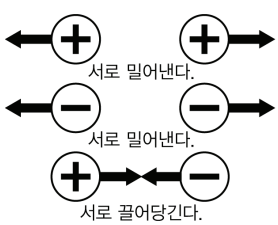
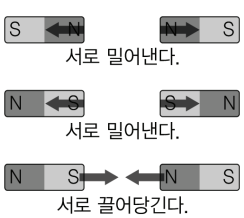
1. 자기력, 중력, 전기력

이 단원은 서로 밀어내고 끌어당기기도 하는 자석의 힘을 체험을 통해 알아보도록 구성되어 있다. 자석의 원리를 이해하기 위해 먼저 자석의 힘인 자기력의 특성을 알아보자. 자기력은 두 물체가 떨어져도 작용하는 힘이다. 이처럼 떨어져도 작용하는 힘에는 중력, 전기력, 자기력이 있다.

중력은 질량이 있는 물체사이에 작용하는 힘이다. 지구가 물체를 끌어당기는 것처럼 물체 사이에 서로 끌어당기는 힘만 존재한다. 전기력은 전하(+전하, -전하)사이에 작용하는 힘으로 같은 전하 사이에는 척력이, 다른 전하 사이에는 인력이 작용한다.

자기력은 자석 사이에 작용하는 힘으로 자석의 같은 극 사이에는 척력이, 다른 극 사이에는 인력이 작용한다. 자기력은 인력과 척력이 있다는 점에서 전기력과 닮아 있다. 그러나 전기력의 경우 전기력의 근원인 +전하, −전하가 따로 존재하지만, 자기력의 경우 N극, S극의 성질을 띤 물질이 따로 존재하지 않는다는 점에서 전기력과 다르다. 즉, 자석은 N극, S극을 따로 분리할 수 없으며, 반드시 쌍으로 존재한다는 특징을 가지고 있다.

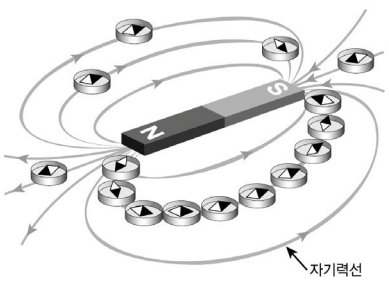
▾ 중력, 전기력, 자기력의 비교

중력	전기력	자기력
		
근원 : 질량 힘 : 인력	근원 : 전하 힘 : 인력, 척력	근원 : 자기쌍극자[1] 힘 : 인력, 척력

1) Q&A 2번 내용 참고. 전기현상의 근원은 전하라고 하는 물질이지만 자기현상에는 물질인 자하가 없고 N극, S극이 같이 붙어있는 분자자석이 전기현상에서의 전하와 같은 역할을 한다. 이와 같이 N극과 S극이 붙어 있는 것을 자기 쌍극자라고 한다.

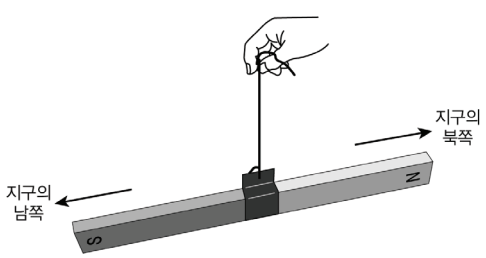
2. 자석의 극과 자기장

자석 주위에 철가루나 나침반을 가까이 하면 이들이 어느 특정한 방향으로 정렬하는 것을 볼 수 있는데 이처럼 자석에 의해 주변 공간에 생긴 변화를 자기장이라고 한다. 자석 주위에 다른 자석이나 철로 된 물체를 가져갔을 때 인력이나 척력이 작용하는 것은 자석 주위에 자기장이 만들어지기 때문이다.

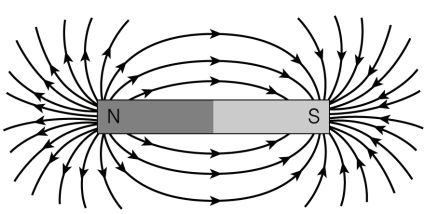


눈에 보이지 않는 자기장을 나타내기 위해서 자기력선을 이용한다. 그림에서처럼 자기력선은 자석의 N극에서 나와 S극으로 들어간다. 자기장 속에 나침반을 놓았을 때 나침반의 N극이 가리키는 방향이 자기장의 방향이다. 자기장 속에 나침반을 놓고, 자침의 N극이 가리키는 방향을 따라 연속적으로 선을 이으면 자기력선을 그릴 수 있다. 즉, 자기력선의 접선 방향이 그 점에서 자기장의 방향이다. 자기장의 세기는 자기력선의 밀도로 나타낼 수 있는데, 자기력선이 촘촘하게 있을수록 자기장의 세기가 세다는 것을 의미한다.

자석에 철가루를 뿌려보면 자석의 끝부분에 철가루가 많이 달라붙는데, 이 부분을 자석의 극이라고 한다. 즉, 자석의 극이란 자석 표면에서 자기장의 세기가 가장 큰 곳을 말한다. 자석의 극은 N극과 S극이 항상 쌍으로 존재하는데 지구의 북쪽을 가리키는 자극을 N극, 남쪽을 가리키는 자극을 S극이라고 부르기로 약속하였다. 자기력선이 가장 촘촘한 자석의 극에서 자기력이 가장 세다는 것을 알 수 있다.



▲ 자석의 극

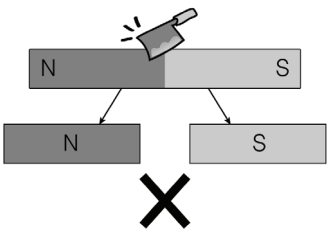


▲ 자기력선과 자기장의 세기

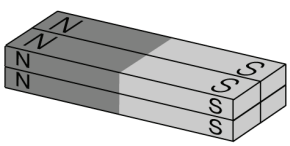
3. 분자 자석

자석에는 N극과 S극이 있다. 만약 막대자석을 반으로 자르면 어떻게 될까? 대부분의 학생들은 그림과 같이 자석 가운데를 자르면 N극과 S극으로 나뉠 것이라는 오개념을 가지고 있다.

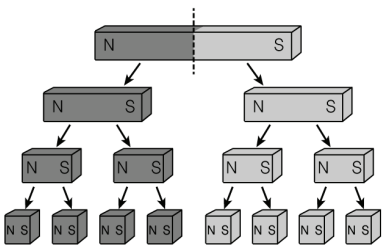
그러나 실제로는 자석을 절반으로 자르면, 자른 면에 다시 극이 생겨 양쪽 끝에 N, S극을 가진 자석이 만들어진다. 즉, 막대자석을 절반으로 자르면 작은 자석 2개가 생긴다. 이 두 개의 자석을 다시 절반으로 잘라도 같은 일이 일어난다.



▲ 자석 관련 오개념



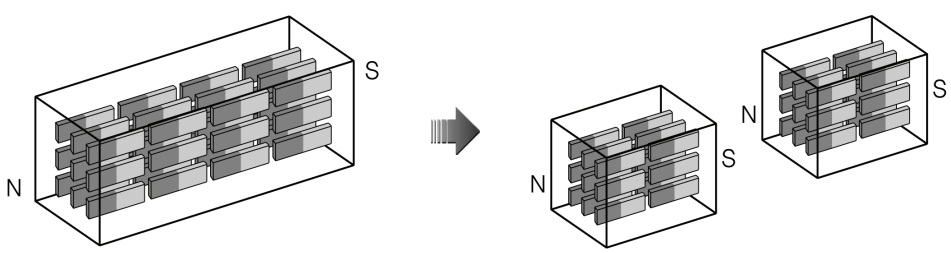
자석의 세로 쪼개기



자석의 가로 쪼개기

▲ 자석을 나누었을 때

왜 자석은 쪼개어도 항상 양쪽 끝이 N극과 S극을 띠는 자석이 될까? 자석은 그 안에 아주 작은 자석(분자자석)이 일정하게 나열되어 만들어진 것이라고 생각할 수 있다. 그림과 같이 자석 안에는 수많은 분자 자석이 가지런히 배열해 있어서 한쪽 끝이 N극, 다른 한쪽 끝이 S극을 나타낸다. 따라서 자석을 반으로 잘라도 자른 단면에 극이 나타난다.



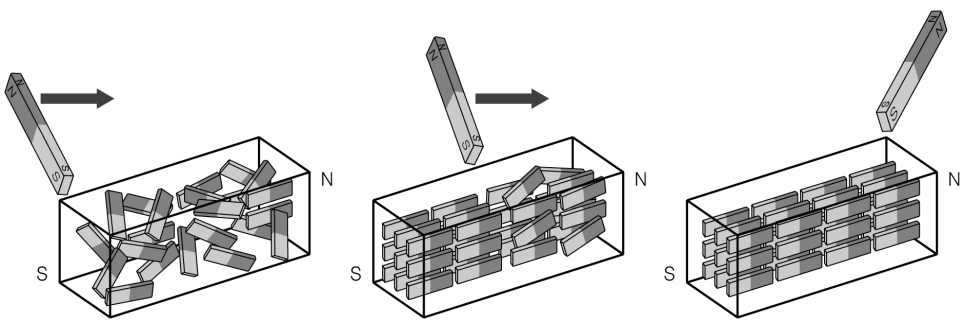
▲ 분자자석으로 이루어진 영구자석

4. 물질의 자화

쇠못은 자석이 아니다. 그런데 자석으로 쇠못을 문지르면 쇠못에 클립이 붙는다. 왜 쇠붙이인 못에 클립이 붙을까? 못에 클립이 붙는 것은 자화 때문이다. 못과 같이 자석이 아닌 물체가 자석의 성질을 띠게 되는 것을 '자화'라고 한다.

못의 자화 과정 역시 앞에서 언급한 분자자석으로 설명할 수 있다. 못의 내부에는 분자 자석이 존재하고 있지만 처음에는 모두 제각기 다른 방향을 하고 있다.

그러나 자석으로 못을 문지르면 못 속에 있던 분자자석이 자석의 자기장에 의해 일정한 방향으로 정렬한다. 못 내부의 분자자석이 방향을 바꾸어 정렬함으로써 못이 순간적으로 N극과 S극을 가진 자석이 된다. 예를 들어 자석의 S극으로 못을 문지르면 문지른 못의 끝 부분이 N극이 되고 못의 반대편이 S극이 된다.



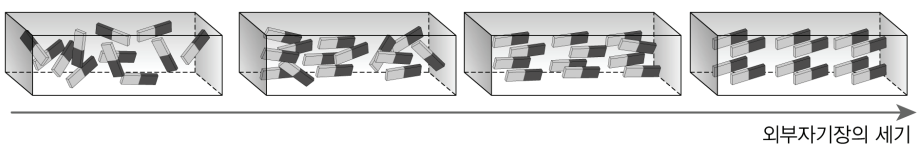
▲ 못의 자화 과정

못을 자화시키는 실험을 할 때는 못의 끝 부분을 자석의 한쪽 극으로 한 방향으로만 문질러야 자화가 잘 된다. 만약 한 번은 N극으로 다른 한 번은 S극으로 문지르면 분자 자석이 일정하게 배열되기 어려워 자화가 잘 되지 않는다. 또, 한 극으로 문지르더라도 자석을 댄 채로 왕복하여 문지르면 자화가 잘 되지 않는다.

자화시켜 일단 자석이 된 못이라도 시간이 지나거나 쇠망치 등으로 두드리면 자석의 성질이 사라지게 된다. 외부에 충격을 받으면 분자 자석이 원래의 무질서한 배열로 되돌아가기 때문이다. 이와 같이 자석의 성질을 잃는 것을 '탈자'라고 한다.

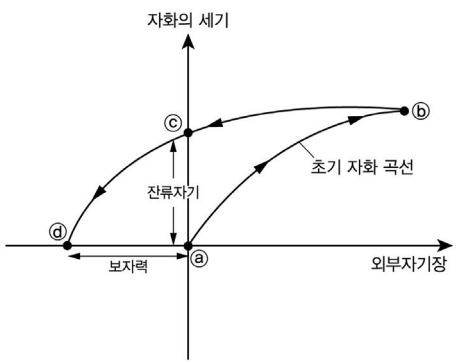
5. 자화의 과정

우리가 사용하는 영구자석은 내부에 분자 자석이 있는 물질을 자화시켜서 만든다. 못을 자석으로 문지르면 못이 자석의 성질을 띠게 되는 것처럼 철과 같은 물질에 외부 자기장을 걸어주면 물질 내부의 분자 자석이 외부자기장에 의해 정렬하여 자석이 된다.



▲ 철의 자화 과정

못을 자화시킨 경우 시간이 지나면 분자자석이 다시 무질서한 배열로 돌아가면서 자석으로서의 성질을 잃게 된다. 그런데 영구자석은 외부자기장이 없이도 어떻게 계속 자석의 성질을 띠고 있는 것일까? 물체를 자석으로 만들기 위해 외부 자기장을 걸어주면 그림의 그래프처럼 '초기 자화곡선'(ⓐ~ⓑ)을 따라 자화된다. 세로축 자화의 세기는 분자자석이 정렬한 정도라고 생각하면 된다. 외부자기장이 세어질수록 정렬하는 분자자석의 개수가 많아지면서 자석의 세기가 세어진다.



▲ 자기이력 곡선

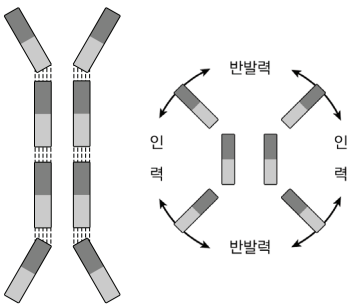
물체가 자화되고 난 후 외부 자기장의 세기를 감소시켜 외부 자기장의 크기가 0이 되어도 (ⓑ~ⓒ) 정렬하였던 분자 자석이 흐트러지지 않고 있게 되는데 이 값을 잔류자기라고 한다. 즉, 자화시켜 만든 자석을 자화장치에서 꺼낸 후에도 남아 있는 자기가 그 자석의 잔류자기이다.

잔류자기를 없애려면 처음방향과 반대방향의 자기장을 가해주어야 한다. 반대 방향의 자기장을 가해도 어느 정도까지는 원래 자화 상태를 유지(ⓒ~ⓓ)하는데 이를 보자력이라고 한다. 즉, 자화된 상태를 원래대로 되돌리기 위해 외부에서 반대로 가해줘야 하는 자기장의 세기가 보자력이다.

보자력은 자화된 물체가 외부 자기장의 영향에 저항하는 정도를 나타내는 것이다.

물질에 따라 잔류자기와 보자력의 크기가 다르다. 잔류자기가 클수록 자석의 세기가 세다는 것을 의미하고, 보자력이 클수록 안정적인 자석이라는 것을 의미한다. 보자력이 큰 물질로 자석을 만들면 외부의 영향을 크게 받지 않고 자화된 상태를 유지한다.

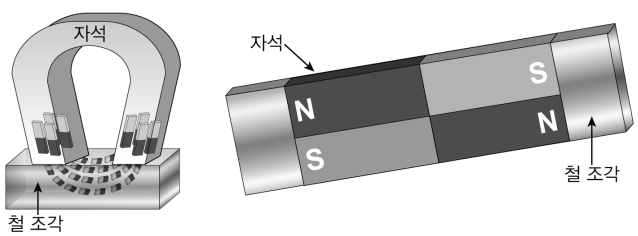
6. 자석 보관 방법



▲ 분자 자석의 배열

그림과 같이 자석 속에는 분자 자석이 배열되어 있다. 위 아래로 배열된 분자 자석은 서로 끌어당기며 배열을 유지하고 있다. 그러나 맨 앞줄과 뒷줄에 있는 분자자석의 극은 서로 끌어당길 상대가 없다. 게다가 옆에 있는 극이 같은 종류의 극이기 때문에 서로 반발력이 작용한다. 따라서 자석의 끝에서는 분자 자석이 '/||\' 또는 '\||/' 모양으로 벌어지게 된다. 만약 자석이 짧다면 양끝으로 벌어진 자극끼리 서로 끌어당기게 되어 자석으로서의 성질을 잃어버린다. 이는 자석의 단면적이 넓고, 자석 극간의 거리가 짧을 때 더 심하다. 초기의 자석이 긴 막대모양이나 말굽모양이었던 것도 이러한 분자 자석사이의 반발력을 줄이기 위해서였다. 요즘은 보자력과 잔류자기가 강한 재료의 개발로 짧고 작은 자석이 가능해지게 되었다.

막대자석은 보자력이 약하여 잘못 보관할 경우 자석의 힘을 잃게 된다. 자석을 보관할 때는 자석의 끝 부분에 철 조각을 붙여 보관하면 자석의 힘이 약해지지 않고 오래 쓸 수 있다. 자석에 철을 붙이면 자석 끝부분의 분자 자석들이 반발력으로 흩어지는 것을 방지할 수 있기 때문이다.



▲ 자석 보관 방법

또, 자석을 보관할 때 막대자석과 네오디뮴자석과 같은 센 자석을 함께 보관하면 안된다. 상대적으로 약한 막대자석이 센 네오디뮴자석에 의해 극의 방향이 어지럽게 바뀌어 자석의 성질을 잃게 될 수 있기 때문이다.

7. 물질과 자성

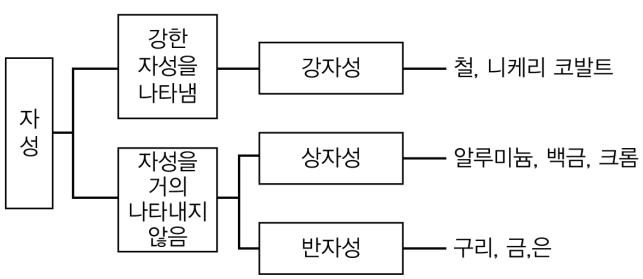
자기장이 있는 곳에 물체를 두면 물질에 따라 다르게 반응한다. 자석에 끌려와 붙는 물질이 있는가 하면 자석에 반응하지 않는 물질도 있다.

이처럼 물체가 자기장에 반응하는 성질을 자성이라고 한다. 물질은 자기장에 반응하는 정도에 따라 강한 자성을 띤 물질과 자성이 거의 나타나지 않는 물질로 분류할 수 있다. 철과 같이 자석에 잘 붙는 물질은 강한 자성을 가진 물질이고, 알루미늄, 플라스틱, 구리 등과 같이 자석에 붙지 않는 물질은 자성이 거의 나타나지 않는 물질이다.

강한 자성을 나타내는 물질은 왜 자석에 붙는 것일까? 철이 자석에 붙는 것은 자석을 가까이 하면 철이 자화되기 때문이다. 철이 자화되어 자석의 성질을 띠게 되면 자석과 자화된 철 즉, 두 개의 자석이 서로 끌어 당겨서 붙게 되는 것이다. 강자성을 띠는 철, 니켈, 코발트는 자화가 잘 되는 물질이다.

그러나 알루미늄과 같은 물질은 자석을 가까이 해도 잘 붙지 않는다. 자화 정도가 철과 비교해 보았을 때 수천만분의 일 정도 밖에 되지 않기 때문이다.

자성이 약한 물질 중에는 구리, 금, 은과 같은 반(反)자성 물질도 포함되어 있다. 쇠못의 끝에 자석의 N극을 가까이 하면 쇠못의 끝이 S극으로 자화되면서 끌어당겨지지만, 반자성 물질인 구리의 경우 N극을 가까이 하면 가까운 쪽에 N극이 생겨서 반대로 달아나려는 경향이 생긴다. 그러나 일반적으로 반자성 작용은 매우 약하여 쉽게 확인하기 어렵다.

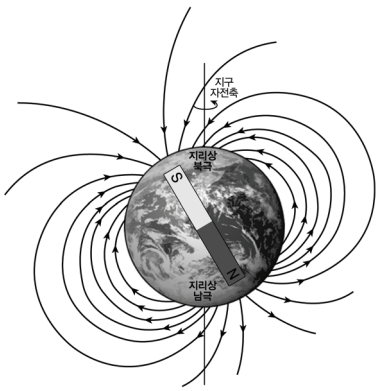


물질을 강자성, 상자성, 반자성으로 구분할 수 있지만 3학년 수준에서는 자석에 붙는 물체와 붙지 않는 물체로만 구분하도록 지도해야 한다.

8. 지구자기와 나침반

우리가 살고 있는 지구는 하나의 거대한 자석이기 때문에 자석으로 만들어진 나침반이 항상 북쪽을 가리킨다.

자석의 N극을 끌어당기는 지구의 북쪽은 S극을 띠고 있으며, 지구의 남쪽은 N극을 띠고 있다. 북쪽(N)이 자극으로는 S극이어서 학생들이 헷갈려하는 경향이 있다. 자석의 극을 정할 때 '지구의 북쪽을 가리키는 자석의 극을 N극이라고 하자'라고 약속하였기 때문이라고 학생들에게 설명해 주는 것도 좋다.



▲ 지구는 자석

자기장의 북극과 지리적인 북극[2]이 완전히 일치하지는 않는다. 이 차이를 편각이라고 부른다. 편각은 지역마다 조금씩 다른데 우리나라에서는 약 7° 정도 차이가 있다. 지도와 나침반을 이용해 북쪽을 찾으려면 먼저 나침반을 이용해 지도를 북쪽으로 맞춘 후 편각만큼 수정해야 정확한 북쪽을 찾을 수 있다.

자석과 시침핀만 있으면 단단하게 나침반을 만들 수 있다. 자석의 S극으로 시침핀의 끝 부분을 한 방향으로 문질러 자화 시킨다. 자화시킨 시침핀을 코르크 마개나 나뭇잎에 끼워 물 위에 띄우면 시침핀의 끝 부분이 북쪽을 가리키는 나침반이 된다.

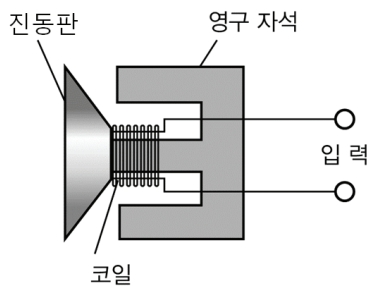

▲ 나침반 만들기

2] 지구 자전축이 통과하는 곳, 북극성을 기준으로 찾을 수 있음.

9. 우리생활과 자석

우리가 생활 속에서 쓰는 스피커는 자석을 이용한 것이다. 스피커는 전기로 된 음성신호를 사람이 들을 수 있는 소리로 변환해 주는 장치이다.

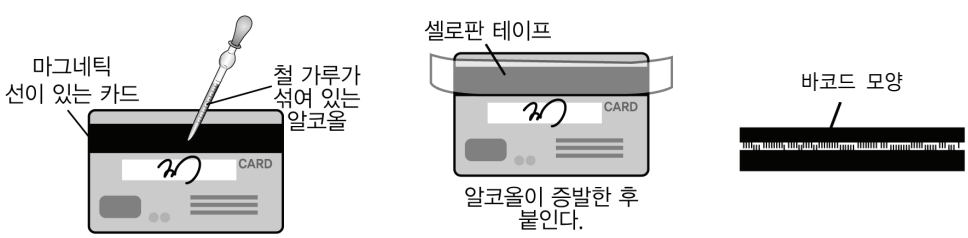
스피커의 구조를 보면서 스피커가 어떻게 소리를 내는지 살펴보자.



▲ 스피커의 구조

진동판의 중심을 둘러싸고 있는 코일에 전기신호가 들어오면 코일은 전류에 의해 전자석이 되며, 둘러싸고 있는 영구 자석의 자기장에 의해 힘을 받는다. 전류의 방향을 계속 바꾸어 주면 자기장의 방향이 바뀌면서 코일이 앞뒤로 움직인다. 코일이 움직이면서 코일에 붙은 진동판을 진동시켜 소리가 발생하게 되는 것이다.

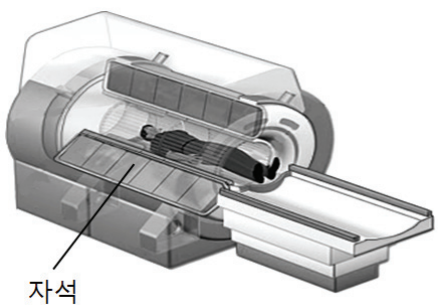
신용카드의 마그네틱 선에도 자석의 원리가 이용되고 있다. 신용카드의 마그네틱 선에는 자성을 띠는 가루가 코팅되어 있다. 이 부분에 자기장을 가해주어 정보를 기록한다. 카드의 뒷면에 철가루를 뿌려서 셀로판 테이프로 붙였다 떼어 보면 기록된 자기 정보를 볼 수 있다.



▲ 카드에 기록된 정보 읽기

10. 첨단 기술과 자석-의료

의료분야에서도 자석을 이용한 기술이 이용되고 있다. 자기공명영상장치(MRI)는 자기장을 발생시켜 신체내부를 영상화하여 볼 수 있도록 만든 장치이다. MRI 안의 강한 자기장 속에 놓여 있는 사람에게 전자기파를 쪼이면 신체 조직의 구성물질에 따라 전자기파에 반응하는 정도가 다르다. 이때, 신체조직에서 방출되는 신호를 컴퓨터가 재구성하여 영상화킨다. 강한 자기장을 사용한 장치이기 때문에 MRI촬영을 할 때는 금속성 물질을 몸에 지니고 있으면 안된다.

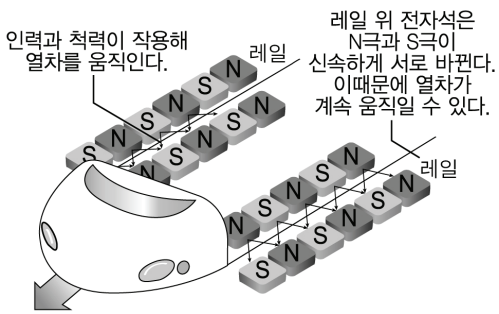


▲ 자기공명장치의 구조

요즘 나노 자석을 이용한 암치료가 개발되어 눈길을 끌고 있다. 우리나라 연구팀은 아주 작은(10억분의 1m) 크기의 공 모양의 나노자석을 만들어 내었다. 이 자석은 자기장의 변화에 따라 뜨거운 열을 발산하여 암세포를 죽이는 역할을 한다고 한다. 나노자석을 암세포에 주입하고 주변에 교류 자기장을 만들어주면 나노자석의 양 극이 바뀌면서 열을 낸다. 현재 동물실험에 성공하였으며 수 년 내에 암치료에 활용될 수 있을 것으로 기대하고 있다.

11. 첨단 기술과 자석 – 교통

자기부상열차는 자석의 원리를 이용해서 움직이는 열차이다. 자기부상열차는 자기력을 이용해 차량을 레일 위에 띄워 움직이는 것으로 레일과의 접촉이 없기 때문에 소음과 진동이 없고, 마찰로 손실되는 에너지도 적은 장점을 가지고 있다. 우리나라도 인천공항에 시험노선을 운행할 예정이다.



▲ 자기부상열차의 원리

자기부상열차는 다음과 같은 원리로 움직인다. 자석을 N극와 S극이 교대로 오도록 레일과 열차 바닥에 배치한다. 레일의 자석은 전자석이며 전류의 방향을 바꿔 극성이 바뀔 수 있도록 만든다. 예를 들어 차에 부착된 S극은 레일 앞쪽의 N극에 당겨짐과 동시에 뒤쪽의 S극과 반발하여 앞으로 전진한다. 그 순간 레일 전자석의 극성이 바뀌면서 같은 방식으로 전진하게 되는 것이다. 전류의 방향을 빠르게 바꾸어 줄수록 열차도 빠르게 앞으로 나갈 수 있다.

자기부상열차에 초전도체[3] 자석을 사용하면 더 빠른 열차를 만들 수 있다. 영하 200℃ 근처에서 특정한 물질에 전류를 흘리면 초전도 자석을 만들 수 있는데 이 때 전류를 많이 흘려줄수록 더 강한 자석을 만들 수 있다. 초전도 자석을 이용하면 자기부상열차가 더 강한 자기장을 기반으로 초고속으로 달릴 수 있다.

3] 특정한 온도에서 전기 저항이 없어지는 현상을 초전도 현상이라고 하며, 이러한 성질을 갖는 물질을 초전도체라고 한다.

Ⅲ

질문 있어요

1. 자석의 종류에는 어떤 것이 있나요?

자석의 역사는 잔류자기, 보자력을 크게 만들어 쉽게 자석이 약해지지 않고, 강하며, 값싼 자석을 만들기 위한 개발로 이어져왔다. 초기에 자석은 철, 코발트, 니켈 등 강자성 금속을 자화시켜 만들었다. 이후에는 강자성 물질에 다른 물질을 첨가하여 분자자석이 잘 흐트러지지 않도록 보자력을 높이는 방향으로 자석이 발전해 왔다.

페라이트 자석은 철산화물을 이용해서 만든 자석이다. 가루형태의 원료를 반죽하듯 틀에 넣고 만들어 구운 후 자화시켜 자석으로 만든다. 도자기처럼 구워서 만든다고 하여 도자기 자석이라고도 부른다. 페라이트 자석은 도자기처럼 쉽게 깨지는 특성이 있기 때문에 학생들이 주의해서 다루도록 지도할 필요가 있다.



▲ 페라이트 자석

네오디뮴 자석은 보자력이 강한 자석으로 금속을 녹인 후 급속도로 냉각하는 방법으로 만든다. 네오디뮴 자석의 경우 자기력이 일반 페라이트 자석에 비해 3배, 막대자석의 30배 이상 강하기 때문에 사용할 경우 안전에 유의해야 한다.



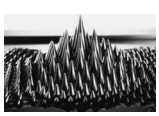
▲ 네오디뮴 자석

그동안 딱딱하다고 생각되었던 자석의 세계에 고무자석이 등장하였다. 고무자석은 자석 가루를 고무에 넣어 자석으로 만든 것이다. 고무 자석은 얇게 만들 수도 있고 구부러지기도 하고, 원하는 모양으로 자를 수 있어 실생활에 다방면으로 사용되고 있다.



▲ 고무자석

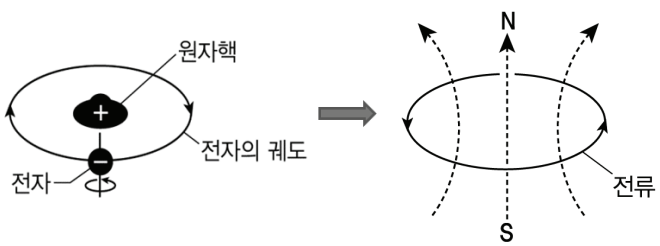
액체자석도 등장하였다. 강자성을 띠는 아주 작은 입자로 만들어진 가루를 액체에 넣어 액체 자석 형태로 사용하게 된다. 액체자석은 MRI, 위조방지를 위한 자기잉크 등에도 쓰이고 있다.



▲ 액체자석

2. 자석은 어떻게 자석이 되나요?

자기유도에 의해 자기장을 만드는 물체를 자석이라고 한다. 물질의 최소단위인 원자에는 원자핵과 원자핵 주위를 도는 전자가 있다. 지구가 자전을 하면서 태양주위를 공전하는 것처럼 전자도 자전을 하면서 원자핵 주위를 공전하고 있다. 원자 내 전자의 작용에 의해 전류가 생기고, 이 전류에 의해 자기장이 생긴다.[4]

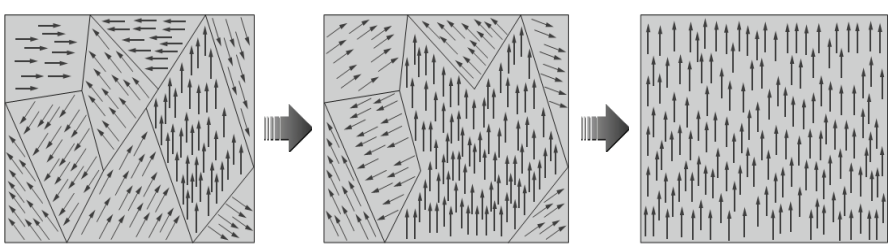


▲ 자석의 근원

3. 자기구역은 무엇인가요?

철과 같은 물질은 자화시키면 자석의 역할을 하게 되지만 처음부터 자석의 역할을 하는 것은 아니다. 그 까닭은 철 내부의 작은 분자자석들이 무질서한 방향으로 배열되어 있기 때문이다. 철, 니켈, 코발트와 같은 강자성 물질의 내부에 일정한 방향으로 가리키는 작은 분자 자석의 영역을 자기 구역이라고 한다.

강자성체에 한 방향으로 자기장을 걸어주면 자기 구역들이 점차 같은 방향으로 배열되면서 커다란 하나의 자기 구역을 가진 자석이 된다.



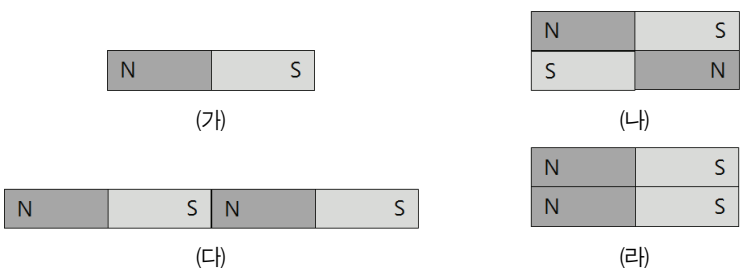
▲ 외부 자기장에 의해 한 방향으로 정렬되는 자기구역

4) 실제 자기장은 전자의 자전효과에 의한 영향이 더 크다.

4. 자석 2개를 붙이면 세기가 세어지나요?

자석은 양 극에서 자기력이 가장 강하고, 가운데 부분에서는 자기력이 가장 약하다. 자석에 붙는 클립의 개수를 비교해 보면서 자석의 세기를 비교해 볼 수 있다.

만약 자석 2개를 이으면 자석의 세기는 어떻게 달라질까? 자석을 어떻게 이었느냐에 그 결과가 달라진다.



▲ 자석을 연결한 모습

(나) 같이 2개의 자석을 서로 다른 극끼리 접촉시켜 이은 경우 자기력선이 자석 내부로 이어져 자석 외부로 나오는 자기력선이 줄어든다. 자석 두 개를 다른 극끼리 접촉시켜 이으면 자석의 세기가 약해진다.

그러나 (다)과 같이 2개의 자석을 길게 연결한 경우, 2개가 하나의 긴 자석으로 작용하게 된다. 이때의 자기력은 자석이 1개일 경우보다 세어지지만 2배로 세어지는 것은 아니다.

그림 (라)와 같이 자석을 같은 극끼리 접촉시켜 이은 경우 극의 면적이 넓어지기 때문에 1개일 때보다 자석의 세기가 세어진다. 그러나 같은 극끼리 자석을 연결하여 오래 두면 서로 같은 극끼리의 반발력으로 인해 자석의 세기가 오히려 약해질 수 있다.

5. 영구자석을 계속 쓰면 약해지지 않을까요?

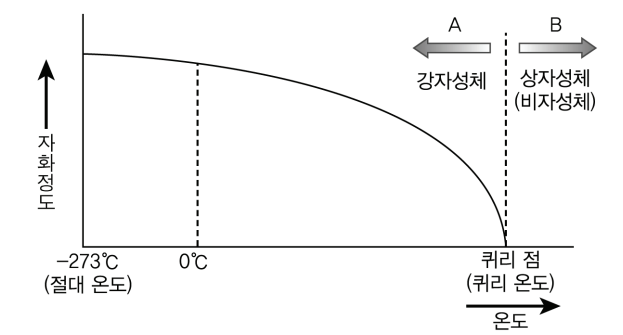
학생들 중에 자석도 건전지처럼 쓰면 자기력이 없어진다고 생각하는 학생이 있다. 그러나 자기장은 분자자석의 배열이 변하지 않는 한 사라지지 않는다.

그러나 영구자석이라도 반대방향의 자기장, 물리적 충격, 높은 온도에 의해 자석의 성질이 약해질 수 있다.



▲ 자석이 약해지는 경우

특히, '퀴리온도' 이상의 온도가 되면 자석은 자석의 성질을 완전히 잃게 된다. 퀴리온도란 자석이 자력을 잃어버리는 온도를 말하는데 물리학자 피에르 퀴리가 발견하였다하여 퀴리온도라고 부른다. 아무리 강한 자석이라도 퀴리온도를 넘어가면 다시 상온으로 되돌려도 원래대로 되돌아오지 않는다. 퀴리온도는 자석마다 달라서 알니코자석은 850℃, 네오디뮴자석은 340℃, 페라이트 자석은 460℃정도 된다. 퀴리온도에 도달하지 않았다고 해도 자력은 온도가 높아질수록 약해지기 때문에 컴퓨터 하드디스크 등 자석을 사용하는 전자기기는 온도가 높아지지 않도록 주의해야 한다.



▲ 온도와 자석의 세기와의 관계

6. 지구의 자기력의 세기는 어느 정도 되나요?

자기력의 세기를 나타내는 단위에는 가우스(G)가 있다. 센서를 사용하여 자기력의 세기를 측정하는 '가우스 미터'라는 기계도 있다. 학교에서 흔히 사용하는 막대자석의 세기는 약 100 가우스 정도 된다. 지구 자기는 0.3 가우스 정도로 매우 작다. 지구상의 모든 물체는 지구 자기의 영향을 받고 있지만 그 크기가 매우 미미하다고 할 수 있다.

지구 자기가 미약하기 때문에 무거운 자석을 나침반으로 사용하기에는 어렵다. 따라서 나침반의 경우 바늘과 같은 구조의 가벼운 자석을 사용하고 있다. 지구의 북극이 S극의 성질을 가지고 있기 때문에 나침반의 N극이 항상 북쪽을 향하도록 되어 있다.

7. 나침반이 고장났을 때 고치는 방법이 있나요?

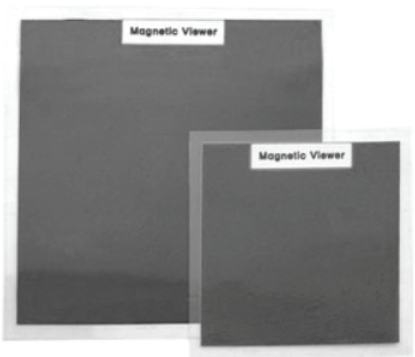
나침반의 자침은 자석으로 되어 있다. 그러나 약한 자석이기 때문에 보관할 때 부주의로 인해 자화의 방향이 바뀌어 버리는 경우가 흔하다. 실험을 할 때 나침반이 북쪽을 가리키지 않는다면 막대자석의 S극을 자침의 N극쪽으로 가져가 붙여 놓는다. 이렇게 하면 나침반의 바늘이 다시 자화되어 정확한 방향을 가리킬 수 있게 된다.



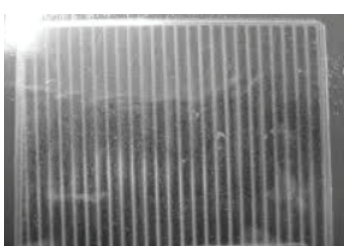
▲ 고장난 나침반 고치는 방법

8. 마그네틱 뷰어는 어떤 원리로 자석의 극을 관찰하는 것인가요?

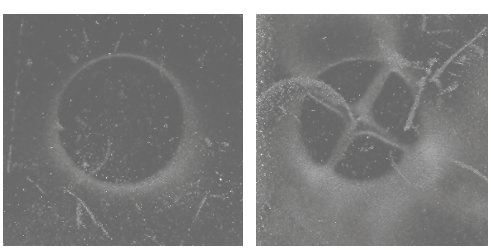
마그네틱 뷰어를 사용하면 자석의 착자 형태를 쉽게 관찰할 수 있다. 마그네틱 뷰어는 자성을 띄는 분말을 넣은 액체를 필름 모양의 시트 속에 균일하게 분산시켜 놓은 것이다. 필름 모양의 시트를 자석부분에 가져다 대면 시트 안에 있던 자성을 띠는 액체가 자력이 강한 부분에 모여 자력이 강한 극 부분은 짙게 보이고, 자력이 약한 부분은 희게 보인다. 고무자석으로 장난감을 만들 때 마그네틱 뷰어로 착자 상태를 확인하고 만드는 것이 좋다.



▲ 마그네틱 뷰어



▲ 마그네틱 뷰어로 관찰한 고무자석

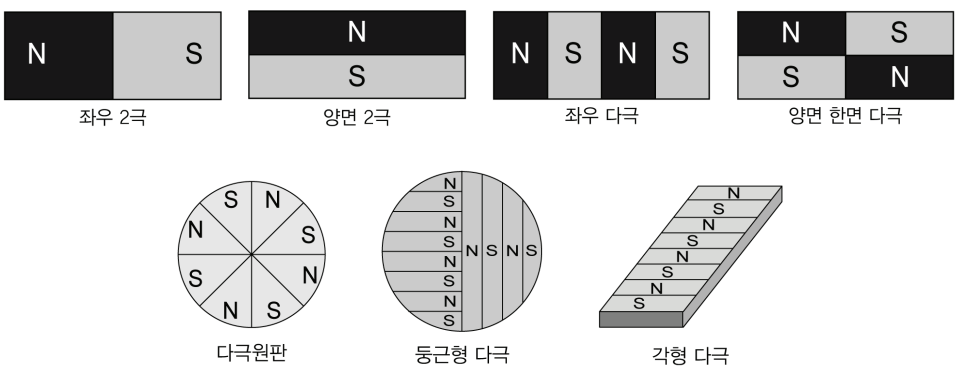


▲ 마그네틱 뷰어로 관찰한 원형자석

9. 모든 자석의 극은 막대자석처럼 양쪽 끝에 N, S극이 있나요?

자석을 만들 때는 원하는 모양을 만든 후, 자화시키는 과정으로 만든다. 이때 자화시키는 것을 '착자'라고 한다. 자석에 있는 극의 수나 배열을 착자 방법에 따라 얼마든지 다양하게 만들 수 있다.

막대자석은 좌우에 2개의 극이 있는 형태이고, 둥근 자석은 윗면과 아랫면에 다른 극이 있는 형태가 많다.

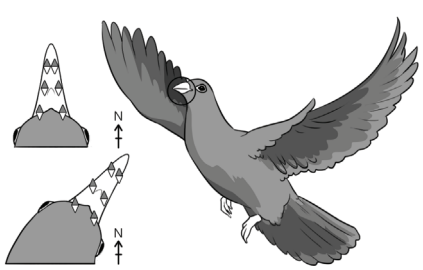


▲ 다양한 착자 형태

10. 동물의 몸 속에도 자석이 있나요?

영화를 보면 비둘기 다리에 편지를 묶어 날려 보내는 장면을 본 적이 있을 것이다. 비둘기는 편지 배달의 역할을 훌륭하게 수행해 낸다. 비둘기는 어떻게 길을 잃지 않고 목적지를 잘 찾아갈 수 있는 것일까?

비둘기가 방향을 알고 날아 갈 수 있는 까닭은 지구 자기장을 이용하기 때문이라는 점이 알려졌다. 비둘기의 부리에 아주 작은 마그네타이트 덩어리가 있어서 지구 자기장의 방향을 감지한다는 것이다.



▲ 비둘기 부리 속의 생체 나침반

비둘기 외에도 철새와 꿀벌, 상어, 뱀장어, 거북이, 연어 등 먼 거리를 이동하는 동물은 몸 속의 작은 나침반을 이용하여 방향을 찾는다고 한다.



참고자료

Jim Jardine 외(2008), 재미있는 생활 속의 물리여행, 도서출판 한승.

Hewitt, 공창식 역(1997), 알기쉬운 물리학 강의, 청범 출판사

나카무라 히로시(1992), 자석의 ABC, 전파과학사

나카무라 히로시(2004), 자석의 수수께끼, 아카데미 서적

곡요혼사(2003), 그림으로 알 수 있는 자석과 자기의 구조, 도서출판 세화,

정완성(2005), 길버트가 들려주는 자석이야기, 자음과 모음

윌리엄길버트(1999), 자석이야기, 서해문집

교육부(2013), 2009개정 3학년 과학과 교과용 도서

한국교원대학교 과학교육연구소(2007), 초등학교 3학년 과학 탐구수업 지도자료



3

지도서에 나오지 않는 과학이야기

동물의 한살이



Ⅰ. 단원의 주안점 50

Ⅱ. 기본 개념 51

1. 동물의 생식 51
2. 난생과 태생 52
3. 이성 이끌림과 종분화 53
4. 노화, 진화적 삶의 전략 55
5. 유전학 역사를 바꾼 초파리의 한살이 56
6. 개구리의 한살이 57
7. 유전학과 한살이 연구 58
8. 유전학과 진화 59

Ⅲ. 질문 있어요 60

1. 모든 동물이 알이나 새끼로 번식하나요? 60
2. 동물도 장수할 수 있나요? 60
3. 한살이에 간헐적 다이어트는 어떤 영향이 있나요? 61
4. 귀뚜라미도 사투리를 쓰나요? 61
5. 사자와 호랑이는 왜 결혼을 하지 않나요? 62
6. 왜 인간은 늙으면 애 낳기가 힘든가요? 62
7. 겨울잠 자는 개구리는 왜 얼어죽지 않나요? 63
8. 암수가 한 몸인 동물도 있나요? 63
9. 기린의 목은 왜 길어졌나요? 64
10. 초파리도 남들의 눈치를 보나요? 64
11. 초파리 중에 문신한 초파리가 있을까요? 65
12. 태어나면서 모든 것은 결정되나요? 65
13. 올챙이는 어떻게 길러요? 66
14. 노래소리가 들리지 않는 개구리도 있나요? 67
15. 인간처럼 동물들에게도 성격이 있나요? 67
16. 동물의 배우자 선택은 왜 다르나요? 68
17. 인간게놈 프로젝트가 무엇인가요? 69

I

단원의 주안점

핵심 개념

- 동물의 한살이
- 난생과 태생
- 곤충의 한살이와 탈바꿈

HISTORY

- 2007 개정 교육과정에서 초파리에서 배추흰나비 한살이 관찰로 변경되었다.

지도 수준

- 3학년 학생들에게 매우 흥미와 호기심을 이끌어 낼 수 있는 주제이나, 관찰 과정과 결과 정리를 통해 관련있는 개념과 과학 원리를 이해하기 다소 어려운 내용이다. 지도교사의 사전실험을 통한 준비가 필요하다.

학생들의 어려움

- 제7차 교육과정에서의 초파리는 재료를 쉽게 구할 수 있는 등 교사의 입장에서는 편리 하였으나, 3학년 학생들의 관찰능력 수준에는 지나치게 작아 관찰하기 힘든 부분이 많아 교체되었다. 한살이 관찰 방법이 처음인 학생들에게 사전교육이 필요하다.



Ⅱ 기본 개념

1. 동물의 생식

초등학교 3학년에서는 한살이 관점에서 동물의 다양한 생김새와 행동을 관찰하고 탐구해보도록 제시하고 있다. 이러한 다양성 이면에서 동물의 생식이라는 공통점을 찾을 수 있다.

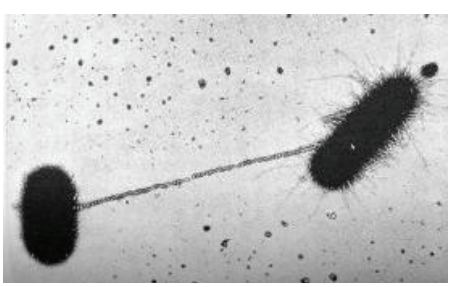
동물의 생식 방법에는 크게 무성 생식과 유성 생식의 두 가지가 있다. 무성 생식은 해면동물이나 해파리, 히드라 같은 자포동물이 암수 구분 없이 새로운 개체를 형성하는 경우이고, 유성생식은 암수의 구별이 있어 짝짓기를 통해 자손을 만드는 경우이다.

무성생식을 하는 동물들은 짝을 구할 필요가 없기 때문에 매우 빠르고 효율적으로 새로운 개체들을 많이 만들 수 있다. 반면에 유성생식을 하는 동물들은 짝을 반드시 찾아야 하기 때문에 더디고 짝짓기 행동과 같은 부수적인 활동을 필요로 한다.

그러나, 유전적으로 무성생식을 하는 동물들은 결과적으로 똑같은 유전자를 가지게 되므로 환경적으로나 생태적으로 급변하는 상황에서 적응력이 크게 떨어져 멸종할 위기에 쉽게 처할 수 있다. 반면에 유성생식을 하는 동물들은 짝과 교배를 통해 유전자를 교환하여 새로운 다양한 유전자를 조합할 수 있어서 여러가지 환경에 적응할 수 있는 새로운 자손들을 만들 수 있다는 장점을 가진다.

그러나 한가지 의문점이 생길 수도 있다. 왜냐하면 박테리아를 비롯한 많은 단세포생물들은 여전히 무성생식으로 번식함에도 불구하고, 수십억년 동안 지구라는 변화무쌍한 환경에 훌륭하게 적응하여 살아왔기 때문이다. 이들은 어떻게 환경에 적응했을까?

해답은 이들도 나름대로 유전자를 섞어 유전적 다양성을 확보하기 위한 노력, 즉 접합(conjugation)을 한다는 것이다. 접합이란 두 개체의 생명체가 일시적으로 연결되어 유전물질을 직접 전달하는 현상을 말한다. 미생물들도 사랑을 하는 것일까?



▲ 대장균의 접합

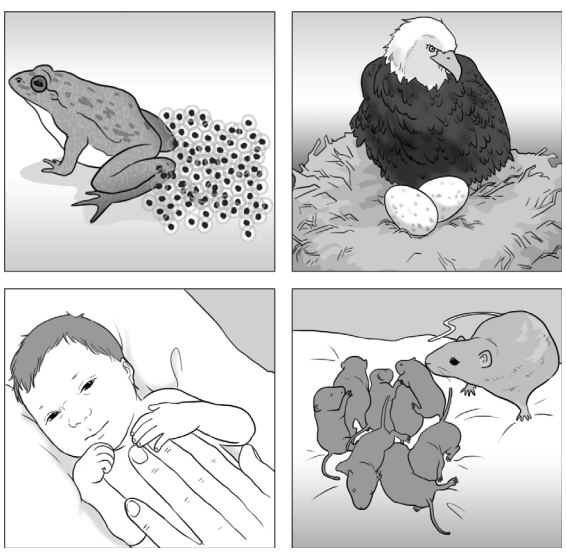
2. 난생과 태생

교과서에는 '알을 낳는', '새끼를 낳는' 동물이라고 진술되어 있는데, 이것은 각각 '난생(卵生)'과 '태생(胎生)'을 뜻한다. 지구상의 동물들이 멸종하지 않고 살아가는 것은 자손을 만들기 때문이다. 하지만 모든 동물이 사람처럼 자기를 닮은 새끼를 낳는 것은 아니다. 알에서 태어나, 자라면서 어미의 모습과 같아지기도 한다. 짝짓기를 끝낸 동물의 암컷은 종류별로 일정시간이 지나면, 또다시 알이나 새끼를 낳는다.

알을 낳는 동물은 종류에 따라서 알의 크기, 알 껍질의 단단한 정도, 알의 모양, 알을 낳는 수 등이 다르고, 알을 낳는 장소와 둥지의 종류도 매우 다양하다. 알에서 깨어난 이후에도 새끼를 돌보는 습성을 지닌 새들의 경우 알을 적게 낳는다. 하지만, 곤충이나 개구리처럼 알에서 깬 이후 스스로 환경에 적응하고 천적에 대항해서 살아가야 하는 동물은 한 번에 많은 알을 낳는다.

새끼를 낳는 동물도 낳는 새끼의 수가 적을수록 오랜 보살핌 기간을 갖는다. 짝짓기가 끝난 후 어미 뱃속에서 생겨난 새끼는 어미 뱃속에서 탯줄을 통해 양분을 공급받아 자라고, 태어나서도 일정기간 어미의 젖을 먹으며 보살핌을 받게 된다.

이러한 양육기간이 길수록 암컷의 수컷을 고르는 기준은 까다로와지는 경향이 있다. 이것은 동물이 성장하고 번식하며 살아내는 한살이 과정에서 배우자 선택으로 작용하고 빠른 노화와 짧은 수명으로 나타나기도 한다. 인간의 경우도 예외는 아니다.

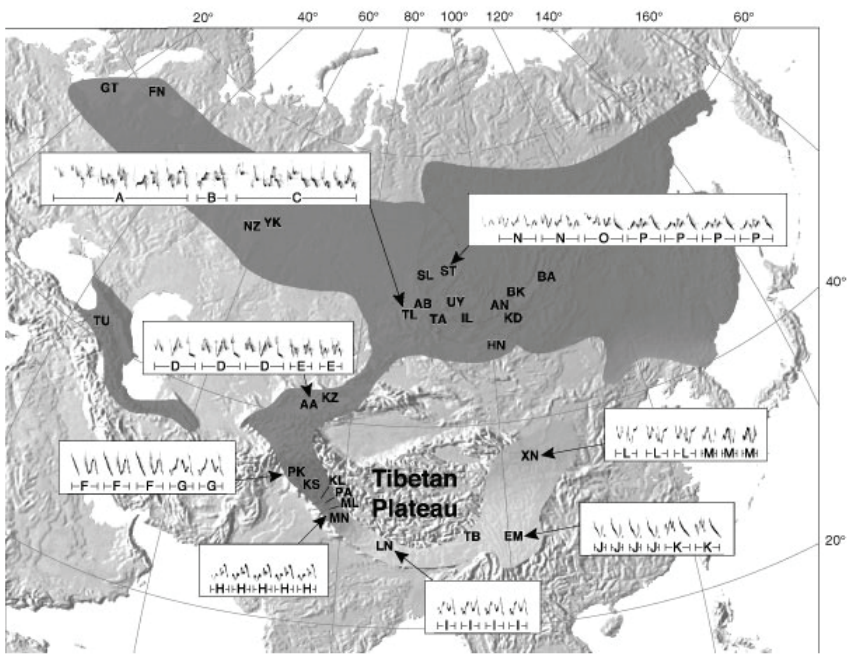


▲ 양육기간에 따른 새끼 수의 변화

3. 이성 이끌림과 종분화

교과서에는 다양한 동물의 짝짓기에 대한 내용이 있다. 그러나 유전현상의 기반이라고 할 수 있는 짝짓기 활동 속, 이성에 대한 이끌림이 어떻게 종의 분화에 영향를 주고있는지 이해할 수 있는 사례는 부족하다. 수업시 활용할 수 있는 사례에 대해 알아보자.

버들솔새 수컷은 여느 새들처럼 매력적인 울음소리로 암컷을 유혹한다. 연구자들에 의하면, 빙하기 시절 버들솔새는 히말라야 산맥 기슭에만 서식했다고 한다. 다른 지역은 아직 환경이 너무 안좋아서 버들솔새가 살 수가 없었다고 한다. 하지만 빙하기가 지나가고 기온이 점점 오르기 시작하면서 다른 지역도 버들솔새가 살기에 좋은 환경으로 변해갔다. 히말라야 바로 북쪽에 있는 아직 추운 티벳 고원을 중심으로 한 무리는 동북쪽으로, 또 한 무리는 서북쪽으로 서식지를 넓혀 나갔다. 그러나 오랜 세월동안 기온이 점점 더 올라가서 마침내 이 두 무리의 버들솔새들은 다시 서식지를 점점 더 북쪽으로 넓혀서 마침내 시베리아에서 만나게 된다. 이들 두 무리의 버들솔새들이 만나서 느낀 사실은 상대방 무리의 울음소리[1]에서 더 이상 매력을 느끼지 못한다는 점이었다.



▲ 버들솔새의 분포(박스 안 파형은 지역별 솔새 울음소리 패턴임)

1) http://www.zoology.ubc.ca/~irwin/GreenishWarblers.html(페이지 중간의 지도 위 울음소리 파형 박스들을 클릭하면 지역별 울음소리를 비교할 수 있음)

처음 버들솔새들이 생존환경이 좋지 않은 히말라야에서 살 때에는 짝짓기보다는 일단 혹독한 환경에서 자기 개체를 보존하는 것이 상대적으로 더욱 중요했다. 그래서 히말라야에서는 배우자를 유혹하기 위해서 화려한 울음소리를 내는 데 에너지를 많이 소비하기가 어려웠다. 하지만 이들이 다른 좋은 환경을 가진 지역으로 진출하면서 먹이를 구하기 위한 경쟁이 약해진 반면, 배우자를 구하기 위한 노력을 더 많이 기울여야 했다. 따라서 이들 무리는 매력적인 울음소리를 내기 위해 더 많은 노력을 기울였고 울음소리가 점점 더 길어지게 되었다. 수만 년의 오랜 세월동안 다른 지역으로 분리되어 경쟁한 결과 짝짓기용 울음 소리는 점점 변하였고, 더 이상 상대편 무리의 울음소리에서 매력을 찾기 힘들게 되었다.

또다른 설명으로는 자식이 부모의 언어를 부정확하게 습득하는 것이 아주 오랜 세월 동안 누적되었기 때문이다. 만약 몇몇 자식들이 부모의 언어를 조금 부정확하게 습득하고 이러한 사태가 계속 세대간에 누적된다면 두 무리간에 반드시 울음소리의 패턴이 다르게 발전하게 된다. 이는 서로의 언어를 알아들을 수 없는 상태로 도달하게 되고 깃털 색과 같은 모습도 변화할 가능성이 있다.



▲ 서쪽으로 간 버들솔새(원영역-날개선)



▲ 동쪽으로 간 버들솔새(원영역-날개선)

실제로 히말라야에서 분리되어 지금에 이르는 동안 이들의 모습도 조금씩 변해 왔다. 대개 버들솔새는 날개선을 1개 갖는데 동쪽으로 갔던 버들솔새 무리들은 날개선을 2개 갖는다. 그리고 이 두 그룹의 깃털 색도 조금씩 변화되었다.

4. 노화, 진화적 삶의 전략

교과서에서는 한살이의 한 과정으로 노화와 죽음에 대해 잘 다루고 있지 않다. 노화에 얽힌 진화적 관점에서의 여러 생각들을 이해할 필요가 있다.

지금까지의 동물 노화에 대한 정설은 야생의 세계에서는 늙기 전에 거의 죽게 되므로 가축이나 애완동물 또는 동물원의 동물같은 예외적인 경우를 제외하고는 노화는 인간만이 겪는 생물학적 현상일 것으로 생각해왔다.

하지만 야생동물들의 한살이에 대한 최근 연구결과들에 의하면 한살이 과정을 차지하는 탄생, 성장, 번식이외에 노화도 한살이의 중요한 축이라는 점이 밝혀지고 있다. 새로운 유전자 발현 이론에 의하면 특정 유전자는 번식기와 노화기에 다른 형질로 발현된다. 번식기에는 짝에게 선택을 쉽게 받을 수 있는 형질 발현에 기여하고, 노화기에는 수명을 단축하게 만드는 부정적 형질 발현에 영향을 미친다.

노화 이론에는 이외에도 여러가지가 있다. 첫째는 마모이론이다. 손상과 마모, 독성 대사물의 축적 등으로 단백질과 DNA 손상 등을 유도한다는 이론이고, 둘째는 해로운 효과를 나타내는 돌연변이가 오랜 진화 과정 동안 유전자에 축적됐다는 돌연변이 축적이론이다. 셋째는 손상과 복구 이론이다. 동물들은 한정된 에너지로 항상 환경과 접하면서 손상된 체세포를 복구해야 된다. 그런데 한살이에서 건강유지와 번식이라는 두 마리 토끼를 잡기가 힘들기 때문에 끊임없이 노화라는 대가를 치르면서 자손을 남기는 방식으로 진화하게 되었다는 해석이다.

붉은 사슴의 경우 힘세고 멋진 뿔을 가진 수컷에 대한 암컷의 선택은 배우자 선택으로 작동되어 수컷들의 빠른 노화와 짧은 수명으로 나타났다.



▲ 붉은 사슴(수컷-앞, 암컷-뒤)

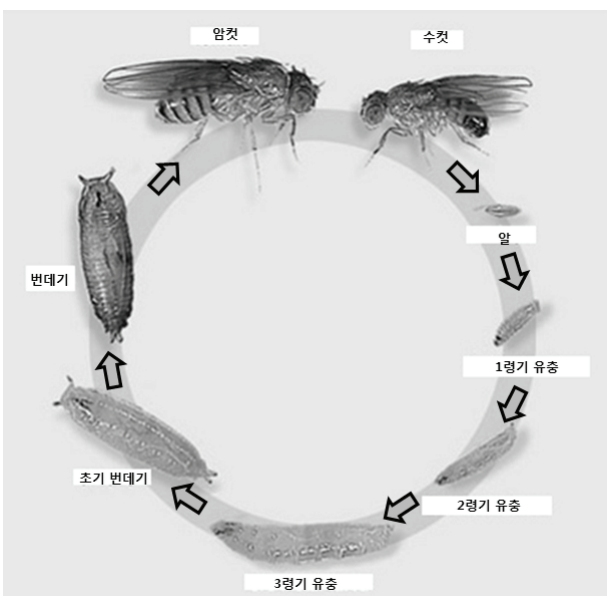
5. 유전학 역사를 바꾼 초파리의 한살이

교과서 개정으로 내용이 없어졌지만, 초파리는 한 살이 연구 특히 유전학 연구에 많은 공헌을 한 실험동물이다.

초파리 실험이 이루어지 전까지 많은 사람들은 유전현상이 피를 통해 전수된다고 생각하였다. 그러나 모건이 1910년대부터 유전실험에 초파리를 적극 이용하면서 현대 유전학의 기초를 세우게 되었고, 유전현상이 세포 속에 들어있는 끈처럼 생긴 염색체와 관련되어 있다는 것을 알게 되었다.

멘델이 실험했던 완두콩은 연구 기간이 최소 1년이 걸린다. 하지만 모건이 초파리를 실험재료로 사용하면서 한살이 기간이 20여일정도이므로 단기간에 많은 세대를 통한 실험이 가능해졌다. 모건은 초파리에 방사선을 조사하여 돌연변이를 만들고 이들의 유전을 통해서 유전이 어떻게 이루어지는지 유전물질이 세포내 무엇과 관련되어 있는지를 알아냈다. 다른 사람들이 시도하지 않았던 방법을 찾고 새로운 실험 재료를 찾아서 꾸준하게 연구한 결과인 것이다.

이러한 초파리에서 발견된 유전에 대한 지식들은 인간을 포함해 다른 동물들에도 성립된다는 것이 밝혀졌다. 그리고 초파리는 모든 유전학자들이 선호하는 실험동물이 되었다. 초파리의 한살이 과정은 다음과 같다.



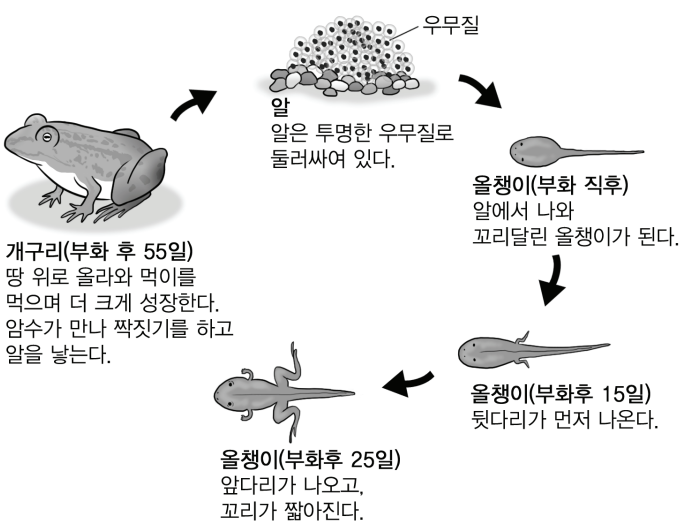
▲ 초파리의 한살이

6. 개구리의 한살이

교과서에서 물에 낳는 동물의 한살이 예로 개구리의 한살이 단계가 삽화로 간단하게 제시되어 있다.

개구리는 고인 물에 직경이 2~3mm 되는 알을 낳는데 한 번에 낳는 알의 수는 수천 개에서 만 개 정도까지 된다. 알은 투명한 우무질에 싸여 보호되며 많은 알을 뭉쳐서 낳거나, 흩뜨려서 혹은 염주처럼 이어서 낳을 수 있다.

수정된 알은 곧 분열을 시작한다. 2시간 정도 지나면 두 쪽으로 갈라지고 5시간 뒤에는 다시 네 부분으로 나누어진다. 이렇게 세포분열을 계속하여 약 1주일 정도가 지나면 몸길이 1mm 정도의 올챙이가 된다. 갓 부화한 올챙이는 겉아가미가 있다. 처음엔 빠져나온 알의 막이나 물풀에 턱에 있는 빨판으로 매달려 있다가 곧 눈이 생긴다. 이 빨판 대신 치열이 생기면서 올챙이는 부드러운 물풀이나 녹색의 이끼류를 먹으며 자라게 된다. 이어서 뒷다리가 나오고 다시 앞다리가 나오며 꼬리가 점점 없어지면서 올챙이는 개구리로 변한다. 알에서 새끼 개구리가 되기까지 걸리는 시간은 약 40일 정도이다. 새끼 개구리는 물에 떠있는 나뭇잎이나 물가흙에 기어오르며 차츰 물 밖으로 나오는 연습을 한다. 올챙이로 물 속에 살 때는 아가미로 호흡을 하지만 개구리가 되어 뭍으로 나오면 허파와 피부로 호흡을 한다.



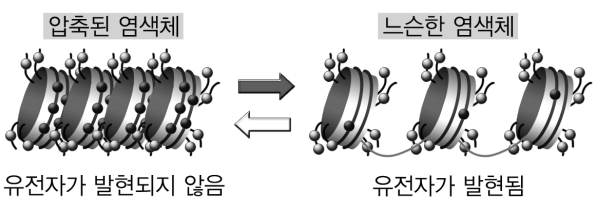
▲ 개구리의 한살이

7. 유전학과 한살이 연구

초등학교 3학년에서는 동물의 한살이 단원을 통해 중등에서 다루어질 유전에 대한 기초적인 개념을 형성하게끔 배려하고 있다. 학교 밖 최첨단 과학의 성과와 학교 안 교과서속 과학과의 차이를 해소하고 현장의 지도교사들이 보다 균형있는 과학적 안목을 가지게 하는 것은 중요하다.

타임지는 2010년 1월 '당신의 DNA가 당신의 운명을 결정하지 않는 이유'라는 제목의 기사를 통해 DNA 서열을 바꾸지 않으면서 장기적으로 DNA에 변화를 일으키는 현상인 '후성유전(epigenetics)'을 소개하였다. 유전자 서열의 변화 없이 환경적/사회적/문화적 상호작용으로 유전자 발현이 변화될 수 있다는 개념으로 그렇게 생겨난 유전자 발현의 변화는 평생, 때로는 그 이상 지속될 수 있다는 것이다.

일란성 쌍둥이의 경우 같은 유전자를 가졌음에도 자라면서 생물학적으로 서로 똑같은 형질을 갖지 않는다. 한 명은 건강하지만 다른 한 명은 암에 걸릴 수도 있다는 기존의 유전학으로는 잘 설명하지 못했던 사례들을 잘 설명해냄으로써 생물학과 의학계의 향방을 바꿀 만한 새로운 관심분야로 떠오르고 있다.



▲ 유전자의 발현[2)]

동물의 몸을 구성하는 세포속 DNA의 모습은 우리가 흔히 보는 이중나선구조의 DNA가 아니다. 유전자들은 벌거벗은 상태일 때가 거의 없다. 유전자들은 다른 다양한 유기분자들로 이루어진 화학적 부착물들을 입고 있다. 그리고 이들이 외부요인들에 의해서 자신이 결합한 유전자의 행동을 바꾸어, 유전자의 활성을 더 높이거나 낮출 수 있는 것으로 보고되고 있다. 아직은 연구의 초기단계라서 몇가지만 자세히 알려져 있지만 후성유전학은 장기적으로 다양한 수준의 한살이 연구를 통해서 유전자 발현을 조절하는 부착물들이 어떻게 붙고 떨어지는지 연구중이다.

2) DNA와 그 나선 안에 파묻혀 있는 공 모양의 히스톤(histone) 단백질을 통틀어 염색질(chromatin)이라고 하는데, DNA가 히스톤을 감싸는 방식이 변하면 유전자 발현의 양상도 변하는 것으로 알려져 있다.

8. 유전학과 진화

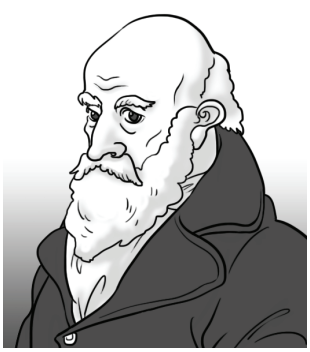
2012년 '시조새', '말의 진화' 등 국내 과학교과서의 진화론 내용 중 일부분에 대한 논란이 있었다. 이러한 배경에서 초등 수준에서 한살이 속 유전현상에 대한 진화론적인 의미들을 현장의 지도교사가 이해하는 것은 의미있는 일일 것이다.

앞서 언급된 후성유전이란 결국 DNA 서열에 변화를 수반하지 않으면서 유전자 발현 방식에 변화가 일어나는 현상을 의미한다. 이 같은 후성유전의 효과는 대개 몇 세대를 거치면 사라지는 경향을 보이지만 진화의 방향에 영향을 미칠 수 있는 가능성은 무시할 수 없다는 것이 과학계의 한 관점이다. DNA와 결합하는 물질의 변화로 일어나는 가장 두드러지는 진화적 현상은 '유전적 각인'이다. 이것은 부모 중 어느 한 쪽으로부터 받은 유전자에만 특이하게 나타나는 유전 현상으로 DNA의 서열을 변화시키지 않으며 멘델의 유전법칙을 따르지 않는다.

'부모 갈등 가설'에 따르면 아버지 쪽으로 각인된 유전자는 대체로 성장을 촉진하는데 반해 어머니 쪽으로 각인된 유전자는 성장을 억제하는 경향을 띤다고 예측한다. 아버지는 대개 자기 자식의 성장에만 관심을 둔다. 이에 비해, 어머니는 현재 양육하고 있는 자식에게 충분한 영양을 제공하면서도 장차 태어날지도 모를 자식과 자기 자신을 위해 에너지의 일부를 비축해야 한다. 그러하기 때문에 이러한 유전자 각인은 암컷의 자식 양육 투자가 큰 태생 포유류에서는 일반적으로 발견되는 반면, 새나 난생 포유류에서는 잘 일어나지 않는 것으로 보고된다.

후성유전학이 나타낸다고 믿는 진화에 대한 생각들의 원형은 이미 다윈의 편지에서 다음과 같이 발견된다.

"자 이제 변화를 겪고 있는 한 나라의 경우를 생각해보자. 그 변화는 주민의 일부를 약간 다르게 만들 것이다. 하지만 나는 대부분의 주민들이 그들에게 선택이 일어날 만큼 항상 충분히 달라진다고 생각하지 않는다. 일부의 주민들은 제거될 것이고, 나머지는 다른 그룹의 주민들의 상호 활동에 노출될 것인데 나는 이것이 각자의 삶에 단순히 기후보다 훨씬 더 중요하리라 믿는다."



▲ 찰스 다윈

Ⅲ

질문 있어요

1. 모든 동물이 알이나 새끼로 번식하나요?

대부분의 동물은 짝짓기를 통해 알이나 새끼를 낳아 자손을 남긴다. 그러나 히드라나 플라나리아 같은 동물들은 새로운 방식으로 개체를 만들기도 한다. 히드라는 몸 한 쪽이 볼록하게 나와서 커진 다음 분리되어 새로운 히드라가 된다. 이러한 생식을 무성생식이라고 한다. 유성생식하는 플라나리아는 몸의 일부가 절단되면 죽지 않고 각각의 조각들이 새로운 플라나리아로 재생되기도 한다.

2. 동물도 장수할 수 있나요?

동물의 수명은 한 개체가 태어나서 사고나 병에 의하지 않고 자연사 하기까지 평균적인 생존기간을 말한다. 동물 수명은 2~3주밖에 살지 못하는 선충부터 100년을 넘게 사는 거북에 이르기까지 천차만별이다. 그런데 동물원이나 집에 사는 동물의 수명은 쉽게 확인할 수 있지만, 야생의 동물 수명은 정확히 알기 어렵다. 사회성 곤충인 벌의 경우, 일벌은 각종 비타민류를 포함한 로열젤리가 소량 주어져서 1년 정도 산다. 하지만, 여왕벌은 풍부하게 로열젤리를 먹을 수 있어 약 5년 정도를 살 수 있다. 초파리의 경우도 수명이 3주 정도이지만 적절한 온도 조건과 비타민 등 영양분을 충분히 주는 조건에서는 7주 간이나 살 수 있다. 이와 같이 수명은 유전적으로 결정되는 것 외에 영양 상태 등 환경요인에 의하여 영향을 받는다.



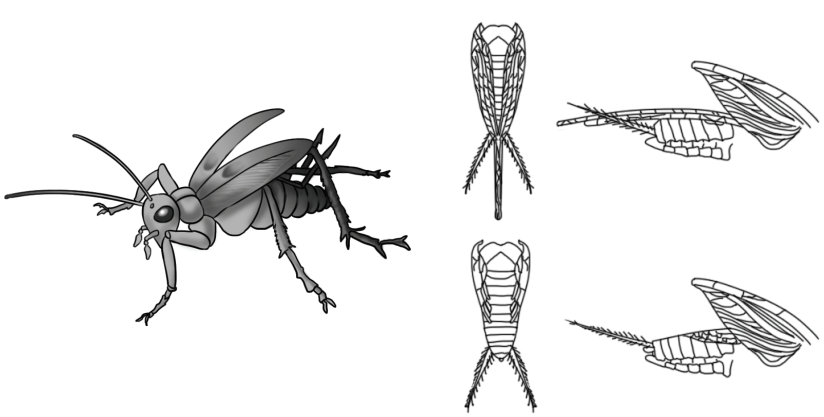
3. 한살이에 간헐적 다이어트는 어떤 영향이 있나요?

꼬마선충은 선형동물(nematode)로서 몸이 실과 같이 원통형으로서 지렁이와 비슷한 모양을 가지며, 종 및 개체수가 많고 해수, 담수, 그리고 토양에 서식한다. 다른 동물보다 평균 수명이 매우 짧아서(약 20일) 한살이 연구의 난점인 실험 기간에 의한 제약이 작다는 장점이 있다.

일본 교토대학의 에이스케 니시다 교수 연구팀은 꼬마선충을 이틀 간격으로 굶겼다가 밥을 주는 간헐적 다이어트 방법을 이용해서 평균수명을 56.6% 증가시켰다. 꼬마선충의 열 저항성, 산소 스트레스 저항성도 같이 증가된 것으로 보고되었다. 즉, 적게 먹기와 가끔 굶기의 수명연장 효과가 확인된 것이다. 하지만 영장류에서 적게 먹기와 수명과의 관계는 아직 뚜렷하게 밝혀진 바는 없다.

4. 귀뚜라미도 사투리를 쓰나요?

귀뚜라미에게 울음소리는 수컷이 자신의 종족인 암컷을 부르기 위해 꼭 필요한 종족보존의 수단이다. 그러나 각각의 종마다 울음소리가 다른데, 이는 소리를 내는 앞날개의 형태가 종마다 다르기 때문이다. 만일 이 울음소리가 너무 심하게 다르다면 짝짓기가 가능할까? 다음은 이 경우에 해당되는 재미있는 예이다. 미국에 서식하는 텍사스 필드 귀뚜라미는 암컷을 유혹하기 위해 느린 박자의 울음소리를 낸다. 이에 비해, 루벤스 필드 귀뚜라미는 빠른 박자를 낸다. 두 귀뚜라미가 형태는 매우 비슷하지만 이 경우 서로 매력을 느끼지 못하기 때문에 짝짓기가 되지 않는 것이다. 결과적으로 사투리가 심해져서 이질적인 울음소리로 들리게 되면 서로 다른 종처럼 번식을 하지 않게 되는 것이다.



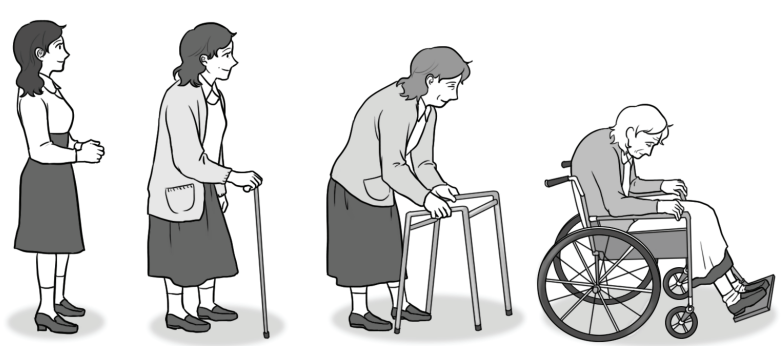
▲ 귀뚜라미 앞날개 모양과 울음소리의 변화

5. 사자와 호랑이는 왜 결혼을 하지 않나요?

어떻게 지구상에 이렇게 많은 생물 종이 존재하게 되었을까? 지금까지 과학자들이 기재한 생물종은 150만 종 정도로 알려져 있다. 새로운 생물 종이 만들어지는 진화의 과정인 종분화는 다양한 격리요인에 의해 이루어지는데 특히 짝짓기와 관련된 생리적 격리는 중요하다. 아시아의 호랑이와 아프리카의 사자는 지리적 장벽에 의해 서로 만날 기회가 없다. 그리고 초원을 좋아하는 사자나 숲속을 좋아하는 호랑이처럼 생태적 장벽이 있거나 사회적 습성 차이가 있는 경우 교배가 어렵게 된다. 설사 인위적인 교배를 통해 티글론(타이곤)이나 라이거가 태어나도 생식능력은 없다. 그러나 오랜 진화의 과정에서 환경 변화에 적응하며 성적 매력을 느끼는 메커니즘이 상이하게 되고 이는 종분화를 촉진시키는 것으로 알려져 있다.

6. 왜 인간은 늙으면 애 낳기가 힘든가요?

폐경이란 여성의 생식 능력이 없어지는 더이상 배란이 되지 않는 것을 말한다. 야생의 동물에서는 보기 힘든, 인간에게만 독특하게 나타나는 폐경의 이유는 무엇일까? 진화생물학자들은 다음과 같이 진화론에 입각한 해석을 내놓는다. 인간 여성의 폐경은 나이든 여성에게 출산과 양육의 고통 및 고령 출산시 산모 사망율을 낮추는 잇점을 제공했다. 그리고 복잡한 사회망을 갖는 인간에게 오래 산 여성 노인들은 공동체의 문화와 역사를 기억을 통해 전달할 수 있게 된다. 따라서, 늙어서 새로운 자식을 낳는 것보다 기존의 자식이나 자손들에게 헌신하는 것이 자신의 유전자를 지닌 후손의 수를 늘리는데 더 유리한 것이다.



▲ 여성의 노화

7. 겨울잠 자는 개구리는 왜 얼어죽지 않나요?

추운 겨울이 다가오면 개구리는 겨울잠을 자야 한다. 개구리는 사람이나 개, 고양이와 같은 포유류와는 달리 외온성 동물이기 때문에 주변의 온도가 0℃ 이하로 내려가면 세포가 기능을 멈춰 죽게 될 수 있다. 그래서 개구리는 땅 속으로 들어가서 먹지도 않고 활동도 하지 않으면서 에너지를 아주 조금씩만 사용하며 겨울을 나게 된다. 그러나 혹한기 땅속 온도가 영하로 떨어지면 어떻게 될까? 최근 연구결과에 의하면, 개구리 동면시 간에 저장돼 있던 녹말이 포도당으로 분해되면서 혈당 수치가 평소의 100배 이상으로 증가해서 잘 얼지 않도록 한다. 그리고, 해동시에도 혈관벽이 손상되지 않도록 피브리노겐이라는 혈액 응고를 촉진하는 단백질이 고농도로 존재하게 된다. 해동에 따른 혈관 손상시 내벽을 격자처럼 감싸서 피가 새지 않게 하고 혈관의 추가적인 파열을 막아주는 기능을 수행한다.



▲ 개구리

8. 암수가 한 몸인 동물도 있나요?

암수가 한 몸인 동물은 하나의 개체에 암수의 형질이 모두 나타나는 것을 말한다. 지렁이의 경우 암수의 생식기관이 같은 시기에 함께 성숙해 암수의 성질 및 기능이 거의 동시에 하나의 개체에서 나타난다.

그리고 거북과 악어처럼 부화온도에 따라 암수가 결정됨으로써 환경변화에 적응하여 더 많은 개체가 살아남도록 하는 동물들도 있다. 악어는 온도에 따라 생성되는 호르몬이 달라지면서 부화 온도에 따라 암수가 결정되는데, 온도가 낮으면 암컷으로 태어나고 온도가 높으면 수컷으로 태어난다. 피라미처럼 이미 결정된 성을 바꾸는 종류도 있다. 피라미는 온도가 너무 높아지면 일부 암컷에서 수컷에게 나타나는 특징을 지니기도 한다.

9. 기린의 목은 왜 길어졌나요?

기린은 정말 긴 목을 가지고 있다. 무려 2m에 이르며 목뼈는 다른 포유류처럼 7개이지만 한 개당 길이가 28cm에 달한다. 기린의 뇌까지 원활한 혈액순환을 위해서 길이 60cm, 무게 10kg 정도의 거대 심장을 갖추어야 한다.

기린의 목이 길어진 이유는 그동안 자연선택설에서 주장했던 높은 곳의 먹이 때문은 아닌 것으로 밝혀졌다. 건기의 경우 기린들은 나무 꼭대기가 아니라 어깨 높이에 있는 잎들을 주로 따먹는다. 기린의 목이 길어진 진짜 이유는 먹이가 아니라 짝짓기에 있다고 한다. 길고 굵은 목을 가진 수컷들이 싸움도 더 잘하고 암컷들에게도 더 매력적이다. 자연선택보다는 성선택의 영향이 훨씬 더 큰 요인이었을 것으로 진화생물학자들은 설명한다.



▲ 낮은 잎사귀 먹는 기린

10. 초파리도 남들의 눈치를 보나요?

그럴 가능성이 있다는 연구 결과가 초파리 행동유전학 연구에서 제시되었다. 연구팀은 이어 더 오랜 교미 행동이 시각적 기억에서 중요한 기능을 하는 특정 신경회로와 연관되어 있으며, 다른 개체와 경쟁에 노출되어 있다는 기억이 이러한 교미 행동을 조절하는 것으로 설명했다. 이러한 해석의 의미는 하등 동물이라고만 생각하던 초파리가 자신이 처한 사회적 환경을 인지하고 행동을 조절한다는 것이다. 그리고 이 결과는 초파리를 이용해 사회성 행동 양식에 대한 기초 연구를 할 수 있다는 뜻이다.

11. 초파리 중에 문신한 초파리가 있을까요?



▲ 개미 문신 초파리와 날개무늬

개미 문신 초파리는 초파리의 날개에 또 다른 생명체가 붙어 있는 것처럼 보인다. 개미의 형상처럼 보이는 다리가 6개이고 더듬이가 2개이며 머리와 흉부와 잘록한 몸통이 드러나 있다. 왜 이러한 개미 이미지가 유전되게 되었을까? 과학자들은 초파리가 진화 과정을 통해 얻은 이 개미 이미지가 포식자를 혼란스럽게 만들어 생존 확률을 높일 수 있다고 한다. 날개를 펴서 앞뒤로 흔들면 개미가 주변을 기어 다니는 것처럼 보여 포식자는 헷갈리게 된다.

12. 태어나면서 모든 것은 결정되나요?

후성유전학 연구가 최근 급속하게 성장 중이다. 유전자가 모든 것을 결정한다는 기존의 관점들이 재고되고 있고, 유전자와 환경과의 상호작용에 대한 생각들이 다양화되고 있다.

하지만 후성유전학적 변이의 대물림이 얼마나 안정적인지에 관해서는 여전히 논쟁이 진행 중이다. 그동안 분자생물학은 모든 것이 유전자에 의해 좌우된다는 유전자 결정론이라는 오해를 받았다. 그리고 생명의 신비도 결국 생명체를 분자수준으로 분석해 들어가면 벗겨낼 수 있다는 환원주의라는 편견 속에서 성장해왔다. 새로운 후성유전학이라는 관점에서 더이상 유전학은 결정론이 아닌 유전과 환경이라는 오랜 세월동안 대립되어 왔던 두 관점을 융합시킬 수 있는 토대를 마련해 나가고 있다.

13. 올챙이는 어떻게 길러요?

개구리의 한살이 사육 관찰을 통해서 생명의 존귀함과 자연환경을 보호하고 실천하는 의지를 갖는 것은 매우 의미있는 일이다.

① 개구리 알 채집

연못 등에서 개구리 알을 채집하거나, 학교 주변에서 마땅히 구하기 어려운 경우 인터넷 과학 교구 사이트에서 구입한다. 알은 20여개 정도가 적당하다.

② 작은 어항 준비

준비한 어항에 준비한 물을 붓고 모래를 깔고 수초를 설치한다. 이때 물은 2/3정도가 적정하다. 채집했거나 구입한 개구리 알이 들어 있는 물봉지는 바로 어항에 넣지 않고 물맞댐 즉, 봉지채로 물에 띄워 30분 정도 지나 어항 물과 봉지 안의 물의 온도가 같아졌을 때 알이나 올챙이를 어항에 넣어 준다.

③ 올챙이 부화

보통 실내온도에서 1주일 정도 지나면 올챙이가 우무질을 뚫고 나오게 된다. 이때 어린 올챙이는 머리 앞부분의 흡착판으로 수초 등에 부착한다. 4일 정도 지나면 어린 올챙이의 길이는 1cm 정도가 되며 이리저리 이동하며 먹이를 찾는다.

④ 올챙이 먹이

올챙이는 어린 물고기 사료를 먹는다. 처음에는 적은 양으로 되지만 서서히 사료 양을 늘린다. 먹이는 아침 저녁 두 차례 준다. 먹이의 양이 너무 많으면 물이 썩기 쉽고 결국 물 속 산소 부족으로 올챙이가 죽는다.

⑤ 어항 물갈기

물은 1주일에 1~2번 바꾸고 어항의 물을 절반정도 바꿔주는 반갈이를 한다. 바꾸어 주는 물은 어항의 물과 온도가 같아질 때까지 어항 옆에 방치한 후 물의 온도가 비슷해지면 넣어 주는 것이 중요하다.

⑥ 개구리 탄생

2~3달 지나면 올챙이에게 뒷다리가 서서히 생긴다. 그리고 앞다리는 갑자기 보이게 된다. 이때쯤 허파가 만들어져 올챙이는 수면에서 공기호흡을 할 수 있다. 4개 다리가 모두 갖추어지면 어항의 물을 줄이고 올챙이가 물 밖으로 나올 수 있는 돌멩이나 나무조각을 설치한다. 몇 일이 지나면 꼬리가 없어지고 개구리로 성장한다.

14. 노래소리가 들리지 않는 개구리도 있나요?

중국 상하이 서쪽 항샨 온천의 폭포수 근처에서 살고 있는 아몰로프스토르모투스(*Amolops tormotus*)라는 학명의 개구리는 사람이 들을 수 없는 초음파를 써서 노래한다.

보통 개구리의 귀는 밖으로 고막이 노출되어 있는데, 이 개구리는 귀가 안으로 쏙 들어가 있다. 그 이유는 폭포수 소리와 같은 시끄러운 소음을 이겨내기 위한 유전적 진화를 거친 결과이다. 소음을 뚫고 전해질 수 있는 소리의 주파수 대역(34kHz)이 필요하고 또 그런 곳에서 살려니 초음파를 감지할 얇은 귀청(몇 천분의 몇mm 수준)을 소음으로부터 보호도 해야 한다.



▲ 초음파로 노래하는 개구리와 귀 확대사진

15. 인간처럼 동물들에게도 성격이 있나요?

동물 행동학자들의 연구에 의하면 다른 포유류와 마찬가지로 출산 후의 엄마 쥐는 갓 태어난 새끼를 돌보는데, 이 때 새끼에게 젖을 주고 혀로 핥아주는 스킨십을 한다고 한다. 그런데 그 정도가 엄마 쥐마다 다르고, 그 차이는 새끼의 성격 형성에 중요한 영향을 준다는 것이다. 엄마가 자주 핥아준 새끼 쥐는 어른이 되어서 느긋한 성격에 스트레스에도 강한 형질을 갖게 되었지만, 그렇지 않은 경우는 겁 많고 스트레스에 민감하게 반응했다. 유전자 자체의 차이에서 비롯하는 영향과 구분하기 위해서, 새끼 쥐를 다른 엄마 쥐한테 입양시켜 키우게 했을 때에도 마찬가지였다. 이러한 양육 환경에 따른 성격 발달의 차이가 진화적으로는 어떤 잇점이 있을까? 아마도 이것은 개체가 처한 양육환경에서 적응도(fitness)를 높이는 데 더 이익이 되었을 것으로 추정된다. 동물의 개성(성격)에 기반한 행동의 다양성은 오랜 세월동안 해당 종의 진화적 적응 과정에서 어떤 중요한 역할을 수행하고 있는 것이다.

16. 동물의 배우자 선택은 왜 다르나요?

동물 세계에서 대개의 수컷들은 자신의 유전자를 될 수 있으면 널리 퍼뜨리는 것을 목표로 삼는다. 암컷들도 좋은 새끼를 낳기 위해 좋은 수컷을 선택하는데 집중한다. 따라서 첫 짝짓기 상대를 유지하는 일부일처제의 동물(예, 황제펭귄, 두루미, 늑대 등)은 매우 드물다.

그러나, 초원들쥐는 오랫동안 동물의 사회적 행동을 연구하는 신경과학자와 내분비학자들의 관심을 끌어 왔다. 그 이유는 인간처럼 일부일처제를 유지하며 어미와 새끼간의 유대감도 강한 독특한 동물이기 때문이다. 초원들쥐의 수컷들은 일단 첫번째 짝을 만난 이후에는 다른 암컷이 접근할 경우 공격까지 하는 특이한 행동을 보인다. 무엇이 초원들쥐로 하여금 이러한 독특한 행동양식을 보여주게 하는 것일까?

연구 결과, 초원들쥐들의 이런 행동은 옥시토신과 바소프레신이란 호르몬 때문으로 밝혀졌다. 옥시토신은 뇌하수체 후엽에서 분비되는 호르몬의 하나로 출산과 수유에 관여하는 「사랑과 신뢰의 호르몬」이라고 불리기도 한다. 바소프레신 역시 이성 관계에 대한 의무감을 유지하는 데 중요한 역할을 한다.

한 번 짝짓기를 한 부부 들쥐는 바소프레신과 옥시토신이 풍부하게 나와서 암수의 금슬이 좋아지는 것이다. 이러한 현상은 유전자 때문이 아니라 후천적으로 만들어진 호르몬 때문이다. 하지만 암수 들쥐에게 호르몬을 주입한 후에도 일정시간(6시간 이상) 동거를 해야 부부로서의 애정이 형성되고 평생 유지한다고 한다.



▲ 초원들쥐

그런데 더욱 흥미로운 사실은 초원들쥐와 99%의 유전자를 공유하지만 일부일처제를 따르지 않는 난교양식을 갖는 산악들쥐에게 옥시토신과 바소프레신을 조절한 결과, 그들도 초원들쥐처럼 일부일처제의 행동양식으로 변화되었다는 점이다.

즉, 초원들쥐의 짝짓기 행위가 염색체에 영구적인 화학적 변화를 일으켜, 성생활과 일부일처제 행동을 주관하는 유전자의 발현에 영향을 미치는 후성유전학적 메커니즘이 밝혀진 것이다.

17. 인간게놈 프로젝트가 무엇인가요?

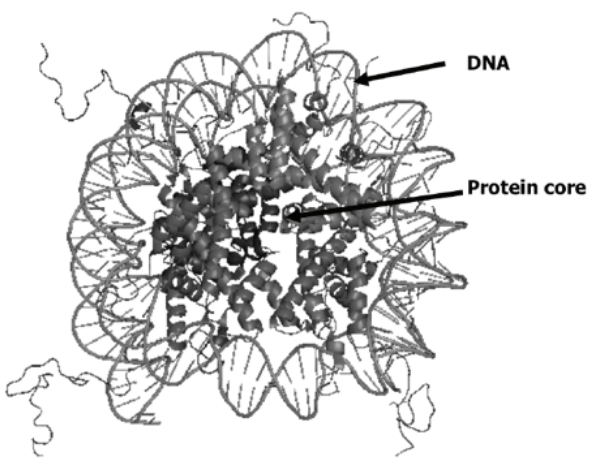
인간게놈 해독은 인류의 위대한 과학적 업적이다. DNA가 유전정보를 담고 있다는 것이 밝혀진지 50년도 안되어서 30억 여개의 인간 염기 서열을 밝혀냈다는 것은 분명 과학사의 획을 긋는 성취이다.

그러나 인간 게놈 연구의 권위자인 매사추세츠공과대학(MIT) 에릭 랜더 교수는 다음과 같이 말하였다. "유전체는 인체의 부품 목록에 불과하다. 유전체는 우리가 무엇으로 만들어졌는가를 알려주기는 하지만, 우리가 어떻게 작동하는가에 대해서는 아무것도 알려주지 못한다."

유전자의 발견과 인간게놈 해독으로 인해 생물학적 결정론은 보다 공고해졌다. 사회생물학의 창시자 에드워드 윌슨, 「이기적 유전자」의 지은이 리처드 도킨스는 '적응주의 진화론'을 주창하였다. 이 이론은 과거의 인종차별이나 우생학 논쟁같은 다소 오해와 편견의 위험성을 가지고 있다고 여겨지기도 한다.

「인간에 대한 오해」의 지은이 스티븐 J. 굴드는 이러한 생물학적 결정론이 사회정치적인 것으로 인간 사회는 생물적 진화보다 문화적 진화에 의존해 변화해왔음을 주장하였다.

최근 후성유전학은 '메틸기' 같은 생화학 물질이 환경 영향에 따라 유전자 작동 방식에 변화를 일으키고 유전될 수 있다는 가설을 내세웠다. 이는 사실상 신다윈주의에서 인정받지 못하던 '획득 형질의 유전'이라는 개념을 받아들이는 것이다. 게놈 프로젝트와 관련되어 궁극적으로 인간 생체 활동의 기본 단위로 단백질에 대한 인식이 높아지면서 단백질체(proteome)에 대한 연구(예, 단백질체 지도)도 활발히 진행되고 있다.





참고자료

김고은, 최은지(2009). 유전 : 선생님도 놀란 초등과학 뒤집기-31. 성우주니어

김영호(2010). 모건이 들려주는 초파리 이야기(개정판). 자음과 모음

니즈마 아키오(2012). 다윈의 꿈틀꿈틀 지렁이 연구. 고향옥 역. 비룡소

리처드 도킨스(2010). 이기적 유전자. 홍영남, 이상임 공역. 을유문화사

리처드 C. 프랜시스(2013). 쉽게 쓴 후성유전학. 김명남 역. 시공사

마틴 브룩스(2002). 20세기 유전학의 역사를 바꾼 초파리. 이충호 역. 이마고

스티븐 제이 굴드(2003). 인간에 대한 오해. 김동광 역. 사회평론

신애경, 정지숙, 황신영(2008). 교과서가 훤히 들여다 보이는 초등과학 개념사전. 아울북

에이미 베켄(2006). 놀라운 개구리. 이충호 역. 대교출판

장대익(2008). 다윈의 식탁. 김영사

제러드 다이아몬드(2005). 섹스의 진화. 임지원 역. 사이언스북스

최재천(2007). 최재천의 인간과 동물. 궁리

최현석(2007). 유전자의 비밀지도. 지성사

케빈 데이비스(2013). 천 달러 게놈. 우정훈, 박제환, 금창원, 공역. 엠아이디

페터 슈포르크(2013). 인간은 유전자를 어떻게 조작할 수 있을까?. 유영미 역. 갈매나무

MEMO





4

지도서에 나오지 않는 과학이야기

지표의 변화





Ⅰ. 단원의 주안점 74

Ⅱ. 기본 개념 75

1. 지표의 변화 75
2. 풍화 작용 77
3. 기계적(물리적) 풍화 작용 78
4. 화학적 풍화 작용 79
5. 생물학적 풍화 작용 79
6. 토양의 개념 80
7. 토양의 성질 81
8. 하천의 작용 82
9. 하천 지형 83
10. 해안의 지형 변화 85
11. 해안 지형의 종류 86
12. 바람과 빙하에 의한 지형 변화 87

Ⅲ. 질문 있어요 90

1. '풍화 작용'과 '침식 작용'의 차이점은 무엇인가요? 90
2. 식물의 뿌리는 풍화작용에 어떤 영향을 미치는가요? 90
3. 사막의 버섯 바위는 어떻게 만들어지는가요? 91
4. 달 표면에 찍힌 우주비행사의 발자국은 언제쯤 풍화되어 사라지는가요? 92
5. 암석이 토양(흙)이 되는 데에는 얼마의 시간이 필요한가요? 92
6. 지렁이는 토양(흙)과 식물에 어떤 영향을 미치는가요? 93
7. 흙의 pH는 식물에 어떤 영향을 미치는가요? 93

I

단원의 주안점

핵심 개념

- 지표의 변화
- 화학적 풍화 작용
- 운반 작용
- 토양의 생성
- 하천의 작용
- 기계적 풍화 작용
- 침식 작용
- 퇴적 작용
- 공극율과 투수도
- 해안지형

HISTORY

- 이 단원은 2007 개정 교육과정 4학년 1학기 '2. 지표의 변화' 단원이 이동한 것으로, 2009 개정 교육과정에 따른 초등학교 과학 3~4학년군 '(6) 지표의 변화'에 해당한다.

지도 수준

- 흙의 다양성을 관찰하고, 흙의 생성과정을 이해할 수 있도록 지도한다.
- 지표는 끊임없이 변화하며 이는 흐르는 물에 의한 영향이 매우 큼을 이해하게 한다.

학생들의 어려움

- 지표의 변화는 오랜 지질학적 시간이 필요함을 알지 못한다.
- 토양(흙)의 생물학적 부식물은 흙의 구성 성분이 아니라고 생각하는 학생들이 많기 때문에 다양한 장소의 흙에 대한 세심한 관찰이 필요하다.



Ⅱ

기본 개념

1. 지표의 변화

지표의 변화는 다양한 요인에 의해 발생하고, 오랜 지질학적 시간이 필요하다. 교과서에서는 지표의 변화를 발생 요인에 따라 지구표면 요인과 지구 내부 요인으로 나누어 설명하고 있다. 먼저 지구표면 요인은 매우 오랜 시간에 걸쳐 서서히 일어나는 현상으로 '풍화', '침식', '운반', '퇴적' 작용이 제시되어 있다. 다음으로 판구조론과 관련된 지구 내부 요인으로 지표면을 매우 빠르고 격렬하게 변화시키는 '화산'과 '지진'에 대하여 제시되어 있다.

지구표면 요인에 의한 지표의 변화

지표는 흐르는 물, 바람 등의 침식, 운반, 퇴적 작용과 풍화 작용을 받으면서 매우 오랜 시간에 걸쳐 조금씩 변화해 간다.

- 풍화 작용 : 지표면 가까이, 또는 지표면에 노출된 암석이 제자리에서 물리적 혹은 화학적으로 부서지는 모든 과정
- 침식 작용 : 물, 바람, 빙하 등에 의해 지표 위의 암석, 흙 등이 깎여 나가는 현상
- 운반 작용 : 침식되어 깎인 것이나 잘게 부서진 알갱이들이 자연적인 힘에 의하여 다른 곳으로 옮겨지는 작용
- 퇴적 작용 : 물질이 다양한 원인에 의해 침식 운반되어 일정한 장소에 쌓이는 일



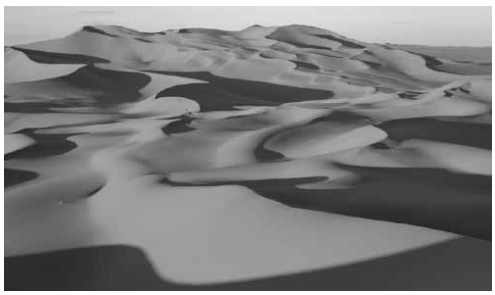
▲ 유수에 의한 지표 변화



▲ 해수에 의한 지표 변화



▲ 빙하에 의한 지표 변화

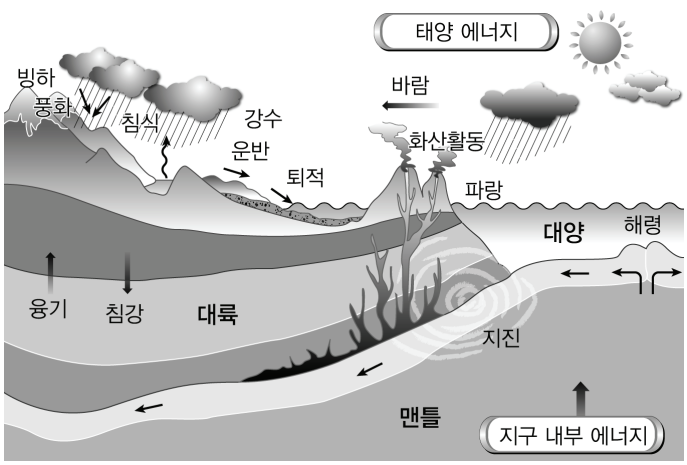


▲ 바람에 의한 지표 변화

지구 내부 요인에 의한 지표의 변화(판 구조론)

지구의 표면은 지구 전체에 걸쳐서 몇 개의 커다란 판으로 나누어져 있으며, 이 판들은 고정된 것이 아니라 지구내부의 열에너지에 의해 매년 1~10cm 정도 이동한다. 그리고 판의 움직임은 매우 느리지만, 오랜 세월 누적되면서 크고 작은 규모의 지각 변동을 일으킨다.

- 조륙운동 : 지각이 넓은 범위에 걸쳐 서서히 상승(융기)하거나 서서히 하강(침강)하는 지각 변동
- 조산운동 : 판과 판이 충돌하는 곳에서 횡 압력에 의해 지각이 구부러지거나(습곡) 끊어지는(단층) 현상으로 큰 규모의 산맥을 형성하는 지각 변동
- 화산 : 땅속에서 생성된 마그마가 약해진 지각의 틈을 통하여 지표면으로 나와 분출물이 쌓여 만들어진 지형
- 지진 : 판의 움직임으로 지층에 힘이 가해져서 모양이 변하다가 견디지 못하면 약한 부분에서 파괴가 일어난다. 이때 쌓였던 에너지가 방출되면서 땅이 흔들리는 현상



▲ 지표면의 변화

2. 풍화 작용

교과서에서는 얼음 설탕 실험을 통해 풍화작용이 일어나는 원리를 설명하고 있다. 그러나 어머니가 되는 바위라는 뜻의 모암 혹은 기반암에서 흙(토양)이 만들어지는 과정을 좀 더 자세히 설명하기 위하여 풍화작용의 종류와 특징을 알아둘 필요가 있다.



▲ 암석과 풍화작용 예

풍화작용

암석이 제자리에서 부서지는 현상을 '풍화 작용'이라고 한다. 풍화 과정 중에는 분해 또는 변질한 물질들이 노출된 암석 주변에서 약간 이동하지만 암체 자체는 그 장소에 계속 남아 있다. 그리고 풍화는 공기와 물이 지각 속으로 들어가는 깊이까지 연장되어 진행된다.

풍화작용은 크게 '기계적(물리적) 풍화 작용'과 '화학적 풍화 작용'으로 구별할 수 있으며, 개별적 혹은 복합적으로 암석을 분해 및 붕괴시킨다. 기계적 풍화작용은 암석에 물리적인 힘이 작용하여 암석을 파괴시키는 것으로 기온의 변화가 심한 건조지역과 냉대기후 지역에서 활발하게 나타난다. 화학적 풍화작용은 물, 산소, 이산화탄소 등의 요인에 의해 암석의 화학적 성질이 변질 · 파괴되는 작용을 말한다. 고온다습한 조건에서 잘 일어나기 때문에 강수량이 많고 온도가 높은 열대기후 지역에서 활발하게 나타난다.

3. 기계적(물리적) 풍화 작용

기계적 풍화 작용은 암석의 열팽창과 수축, 암석 상부 물질이 침식됨에 따른 압력의 감소, 암석의 틈이나 균열 내에서의 물이 얼거나 녹는 과정 및 기타 현상에 의해 물리적으로 암석이 작게 부서지는 현상으로서 화학 변화를 수반하지 않는 풍화작용을 말한다. 기계적 풍화작용의 대표 사례를 살펴보면 다음과 같다.

열의 효과

암석이 가열과 냉각으로 팽창하고 수축할 때 기계적 풍화작용이 발생하는데 이것은 매우 긴 시간 동안 극단적인 온도 변화로 일어난다. 그리고 암석이 불에 타면 표면이 벗겨지는 현상이 발생하는데 이것은 암석의 성질이 열을 잘 전도하지 않아서 암석 외부에 전달된 열에 의해 얇은 껍질이 팽창되고 깨져서 부서진 현상이다.

압력의 감소

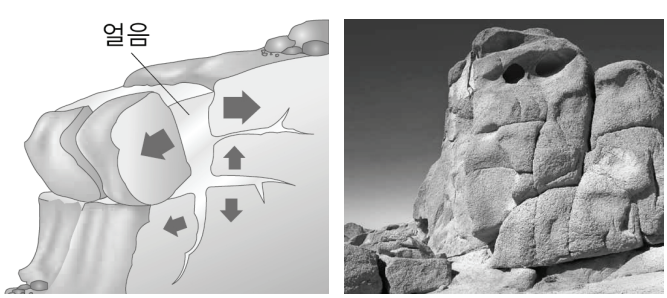
지하 깊은 곳에서 높은 압력과 온도에 의해 생성된 암석이 지표에 노출되면서 압력이 감소해 팽창하게 되고 마치 암석이 양파 껍질과 같은 절리가 만들어진다. 이렇게 생긴 절리는 물리적, 화학적 풍화를 가속시키는 역할을 한다.

소금결정의 성장

물 안에 녹아 있는 염은 암석의 공극(암석 속에서 비어 있는 부분)에서 소금 결정을 만들고 소금 결정이 커지는 힘은 매우 커서 암석의 균열이나 깨어짐이 나타난다.

물에 의한 동결쐐기작용

암석의 틈새나 공극에 사이로 스며든 물이 얼면 부피가 늘어나고 쐐기와 같은 작용을 하여 암석이 갈라진다.



▲ 동결쐐기작용

4. 화학적 풍화 작용

화학적 풍화작용은 광물의 구조적인 변화가 일어남으로써 생기는 물질의 분해 작용과 밀접한 관련이 있다. 그리고, 물, 산소, 이산화탄소가 요인이 되어 암석을 녹이는 작용이기 때문에 강수량이 많고 온도가 높은 열대기후에서 발생하기 쉽다. 화학적 풍화 작용의 대표 사례를 살펴보면 다음과 같다.

용해 작용

이산화탄소가 물에 용해되면 탄산이 되어 석회암을 녹이며 석회암이 탄산수에 녹아 석회 동굴, 종유석, 석순, 석주가 만들어 진다.

$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 \rightarrow Ca(HCO_3)_2$$(석회동굴 생성)

가수 분해

자연계의 화학반응 중에 물 분자가 작용하여 일어나는 분해반응으로 규산염 광물인 정장석이 이산화탄소가 녹은 물과 만났을 때 고령토를 만드는 작용을 한다.

산화 작용

광물이 산소와 결합함으로써 발생한다. 대표적으로 흑운모 속에 포함된 철분이 산화되어 갈철석($Fe_2O_3 \cdot nH_2O$)이 되면 고령토를 적갈색이나 황갈색으로 물들인다.

5. 생물학적 풍화 작용

생물학적 풍화작용은 동물, 식물, 박테리아 등에 의한 풍화작용을 의미한다. 생물에 의한 풍화작용의 대표 사례를 살펴보면 다음과 같다.

- 동물 지렁이나 개미 등의 굴을 파는 동물들은 직접적으로 암석을 파쇄하며 상하층부의 물질을 혼합시키는 작용을 한다. 이런 동물의 풍화 작용으로 토양은 엉성하게 되고 공기와 수분의 접촉 면적이 늘어나 토양에 대한 화학적 풍화작용을 촉진한다. 또한 호흡작용에 따른 토양 속에서의 CO_2 증가에 기여한다.
- 식물 대형식물의 경우 뿌리 자체가 암석이나 토양을 파고들며 암석의 틈을 벌려 놓는 기계적인 풍화와 뿌리의 호흡작용에 따른 토양 속의 이산화탄소 양의 증가 현상 등이 있다. 그리고 균자·지의류 등에 따른 광물의 파쇄, 조류에 의한 광물의 변질 작용이 있다.
- 박테리아 굴화성 박테리아(chemotrophic bacteria)는 유황, 철 등의 광물을 산화시키는 작용을 한다.

6. 토양의 개념

교과서에서는 '토양' 대신 '흙'이라는 용어를 사용하여 토양의 개념을 설명하고 있으며 학생들은 생물학적 기원의 부식물은 흙이 아니라고 생각하는 경우가 있다. 따라서 토양의 구성성분과 생성작용을 좀 더 자세히 알아볼 필요가 있다.

토양의 구성 성분

일반적으로 흙은 돌, 자갈, 모래나 더 작은 알갱이와 식물의 잔해물인 유기물로 구성되어 있고 토양학적 측면에서 살펴보면 아래와 같이 나눌 수 있다.

첫째는 암석의 분해 또는 암석 이외 물질의 분해에서 생겨난 광물질인데, 이것은 결정구조나 산화물의 형태를 취하고 있다.

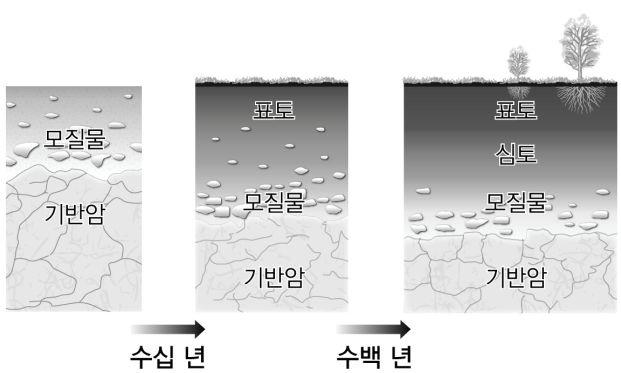
둘째는 생물에서 유래된 성분으로 간주하는 탄산석회와 인산화합물 및 비교적 환경요인에 영향을 덜 받는 유기물이 있다.

셋째는 최근에 토양에 첨가된 식물과 미생물의 잔존물체가 있다.

넷째는 흙의 작은 입자에 결합하여 있는 상태의 물(bound water)이 있다. 그러나 물의 이동이 자유롭게 이루어지는 자유수(free water)는 토양의 성분으로 취급하지 않는다.

토양 생성

암석이 오랜 세월을 거쳐 비, 바람, 기온, 생물 등의 작용을 받아 부스러지면서 점차 작은 입자로 변화되고, 다시 화학적인 작용으로 분해되어 그 성분도 변하게 된다. 이처럼 큰 암석이 오랜 시간에 걸쳐 풍화작용을 받고 다양한 물질들이 토양에 유입되어 토양의 각 층을 이루는 작용을 토양 생성 작용이라 한다.



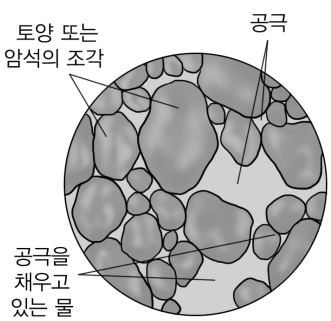
▲ 토양의 생성

7. 토양의 성질

교과서에서는 여러 곳의 흙을 채취하여 흙의 색, 알갱이의 종류 및 크기, 물 빠짐, 부유물의 종류를 비교하는 실험을 통해 우리 주변에 다양한 흙이 있으며 그 특징을 깨달을 수 있도록 구성하고 있다. 이처럼 흙의 특징이 다른 것은 기후, 모암, 지형, 시간, 생물 등의 토양생성에 관여하는 환경조건에 따라 성질이 다른 토양이 만들어지기 때문이다. 이 때문에 성질이 다른 흙의 분류 활동을 위한 공극률과 투수도, 화학적 성질에 관해 자세히 알아볼 필요가 있다.

공극율과 투수도

토양 입자 사이에는 모양과 크기가 다른 다양한 틈이 존재하는데, 이를 '토양의 공극'이라고 한다. 토양의 공극은 액체의 저장이나 이동 통로이며, 식물의 뿌리나 토양에서 사는 생물의 서식 공간으로도 이용되고 있다.



▲ 토양의 공극

공극은 토양 입자 사이의 작은 구멍이나 틈을 말하는 것으로, 입자의 크기가 일정하지 않을수록 전체 토양 부피에 대한 공극 부피 비율은 낮아진다. 공극률은 토양의 부피에 대한 공극의 부피 비를 %로 나타낸 것으로 토양이 포함할 수 있는 물의 양을 결정한다. 이 때문에 모래와 자갈의 공극률은 20% 정도인데 반해 점토의 공극률은 60%이다.

투수도는 액체가 고체를 얼마나 쉽게 통과할 수 있는가를 나타낸다. 매우 낮은 공극률을 가지면 낮은 투수도를 가지지만 높은 공극률을 지녔다고 높은 투수도를 의미하지는 않는다. 예를 들어 입자의 지름이 0.005mm로 작은 점토의 경우 높은 공극률을 가지고 있지만 공극이 매우 작기 때문에 낮은 투수도를 지닌다.

토양의 화학적 성질

토양수의 수소 이온 농도(pH)에 따라 산성(pH 1~3), 중성(pH 4~7), 염기성(pH 8~10) 토양으로 나눈다. 그리고 토양 입자는 전기적으로 (–) 극성을 띠기 때문에 칼륨 이온(K^+), 칼슘 이온(Ca^{2+}), 마그네슘 이온(Mg^{2+}) 등의 양이온을 흡착하는 성질이 있다.

8. 하천의 작용

하천은 가장 보편적인 지형 형성 요인으로서 교과서에서 지표의 변화 단원 중 핵심내용으로 다루어지고 있다. 하천이란 자연적 통로를 따라 낮은 곳으로 흐르는 물로서, 이 과정을 통해 쇄설성 입자와 용존 물질을 운반한다. 하천의 상류는 주로 산지 지형에 위치해 있기 때문에 경사가 심해 흙이나 모래가 대부분 빠른 물살에 휩쓸려 떠내려가고 바위나 모서리가 각진 큰 돌만 남게 된다. 또 바닥은 빠른 물살에 V자형으로 깊게 패여 골짜기를 이루고 있다. 반면 하천의 하류에서는 위에서 물과 함께 떠내려온 흙과 모래 등이 느린 물의 흐름에 천천히 아래로 쌓여 넓은 평원을 이루고 있다.

하천의 침식작용

하천의 침식작용(하식)은 유수가 하도에서 물질을 제거하는 과정을 가리키는 것으로 굴식, 마식, 용식으로 구분할 수 있다.

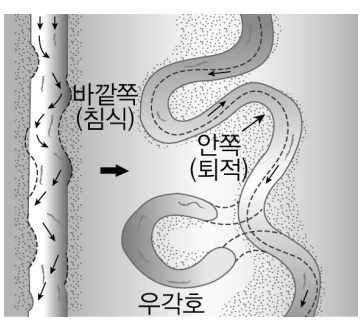
굴식은 유수에 의한 침식 작용으로 수압만으로 비고화 퇴적물이나 풍화 물질을 제거한다. 주로 하천 바닥이나 기슭에서 일어난다.

마식은 하천이 운반하는 자갈이나 모래 같은 도구를 이용하여 일어나는 침식작용이다.

용식은 탄산칼슘 같은 가용성 광물이 유수에 용해되어 제거되는 현상으로 석회암 지대에서 활발하게 일어난다.

굴식은 주로 하류에서 마식은 상류에서 우세하며 유수에 의한 침식 정도는 암석의 종류, 하천의 유량 및 경사 등에 따라 달라진다.

곡류 하천의 작용





▲ 곡류 하천

자유 곡류 하천은 하류 평야 지역을 흐르는 구불구불한 하천으로 물이 흐르면서 물살이 빠른 쪽은 침식, 물살이 느린 쪽은 퇴적 작용이 일어나면서 물길의 모습이 계속 변한다. 그리고 이렇게 물길이 변하는 과정에서 우각호 등의 특수 지형이 생겨난다.

감입 곡류 하천은 산맥을 사이로 흐르는 하천으로 역시 침식과 퇴적 작용을 거치면서 계속 물길의 모습이 바뀌고 있다.

9. 하천 지형

하천은 지표에서 토사를 침식시키고, 운반된 토사는 유속이 감소할 때 쌓인다. 그리고 침식과 퇴적작용을 통해 지표면에 다양한 지형을 만든다. 교과서에서는 하천 작용에 의한 지형변화에 대한 구체적인 설명이 없는데 후속 학년의 사회교과 등에서 우리 지역 및 우리국토의 지형에 관한 학습에 배경지식으로 활용하기 위해서는 생성원인과 지형변화에 관해 좀 더 자세히 알아볼 필요가 있다.

하곡

골짜기 대부분은 하천의 침식작용으로 형성되며 침식에 대한 저항력이 큰 기반암에 하곡이 파이는 경우에는 골짜기가 좁고 깊게 형성된다. 초기에는 하곡의 종단면이 불규칙하여 급격한 경사 변화가 곳곳에 나타나는데, 이런 곳에는 폭포가 형성된다. 그러나 하방침식이 계속되면 결국 폭포는 없어지고 하천의 바닥이 침식작용을 멈추는 해수면에 가까워진다. 이 단계에서는 하방침식보다 측방침식이 활발해지고, 하천의 골짜기가 넓어지기 시작한다.

선상지

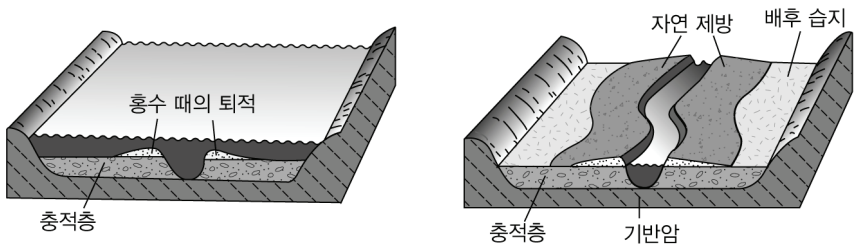
하천이 산지의 좁은 골짜기에서 넓은 평지로 흘러나오는 경우 토사가 집중적으로 쌓여서 납작한 반원추형의 선상지가 형성된다. 선상지의 퇴적물은 일반적으로 모래와 자갈로 이루어진 사력층이다.



▲ 선상지

범람원

하천이 홍수로 수위가 높아질 때 범람하여 토사를 퇴적함으로써 생긴 평야이다. 일반적으로 하천 가까운 곳에서는 비교적 입자가 크고 무거운 사질 토양(모래)가 쌓여 둑이 생기는데, 이를 자연 제방이라 부르고, 하천의 먼 지역(배후 지역)에는 비교적 가볍고 입자가 작은 점토질(진흙)이 쌓여 습지(늪)를 이루는데 이를 배후 습지라고 한다.



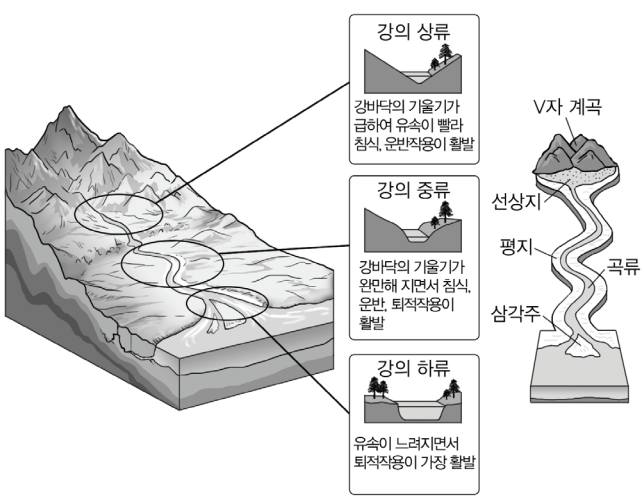
▲ 범람원

우각호

곡류의 바깥쪽은 침식 작용이, 안쪽은 퇴적 작용이 일어나는데 곡류가 더욱 심해지면 곡류였던 부분이 떨어져 남게 되어 소뿔 모양의 호수가 생긴다.

삼각주

하천이 바다나 호소(늪이나 호수)로 흘러들 때 유속이 느려지고 하구를 중심으로 토사를 집중적으로 퇴적시켜서 형성된다. 삼각주는 근본적으로 토사를 공급하는 하천과 해양의 에너지, 즉 '파랑', '연안류', '조류' 등이 서로 영향을 미치는 가운데 발달하는 지형이므로 하천이 토사를 많이 공급할지라도 해양 에너지에 따라 토사가 분산되거나 하구를 중심으로 쌓이지 못할 수도 있어 삼각주의 윤곽은 다양성을 띠게 된다. 단일유로를 유지하던 하천은 삼각주에 이르러 여러 개로 갈라지는 것이 보통이다.



▲ 하천의 지형

10. 해안의 지형 변화

해안 지형은 육지와 바다가 만나는 해안선을 중심으로 발달하는데 교과서에서는 사진과 함께 파도에 의한 침식과 퇴적 작용으로 형성된다고 간략히 설명하고 있다. 하지만 후속 학년의 사회교과 등에서 우리 지역 및 우리국토의 지형에 관한 학습에 배경지식으로 활용하기 위해서는 생성원인과 지형변화에 관해 좀 더 자세히 알아볼 필요가 있다.

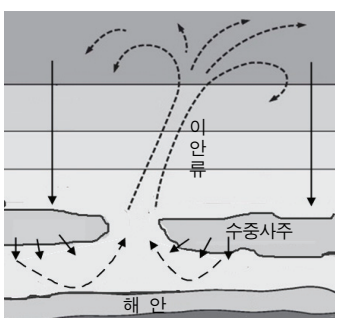
해안의 지형 변화에 가장 중요한 해식작용은 바닷물의 운동으로 육지를 침식하는 작용을 말하며 줄여서 해식이라고 한다. 해식 작용에는 파도와 조류의 침식작용이 있으나 조류는 운반수단으로서는 중요하나 침식 작용으로는 큰 역할을 하지 못한다.

해안지형을 형성하는 요소

파랑 모든 해안작용 중 가장 중요한 것은 해변 쪽으로 계속 움직이는 파랑이다. 파랑은 얕은 바다에 이르면 해저에 끌리게 되고 이것은 퇴적물을 운반하고, 기반암을 마모한다. 잔잔한 파랑은 모래 같은 세립질을 운반하여 해안에 쌓는 작용을 하며 폭풍 시 큰 파랑은 기존의 모래를 침식하여 깊은 물속으로 운반하는 작용을 한다.

연안류 파랑이 해안에 비스듬히 접근할 때 연안 지대에서 해안을 따라 거의 평행하게 흐르는 바닷물의 흐름이 발생한다. 이들 연안류는 해안을 따라 퇴적물을 이동시키고 이 작용이 각종 해안지형을 형성한다.

이안류 해안에서 바다 쪽으로 흐르는 해류를 말하며 해안 쪽으로 밀어붙이는 파랑이 수중사주를 넘어 왔다가 바다 쪽으로 되돌아갈 때 이 사주에 막혀서 직접 되돌아가지 못하고 사주를 통과하는 좁은 수로를 통하여 물기둥을 이루며 흘러가면서 부유퇴적물을 바다 쪽으로 운반하는 작용을 한다.



▲ 이안류

조수 12시간 주기로 해면이 높아졌다 낮아졌다 하는 현상을 조수현상이라 한다. 조수의 상승과 하강은 수심과 해안선의 위치를 변경하여 해안지대에서 파도의 에너지를 분산시킨다.

기타 요소 기후는 강수 · 기온 · 바람의 형태로 해안지형 발달에 매우 중요한 역할을 한다.

11. 해안 지형의 종류

교과서에서는 해안의 모습을 높은 절벽의 암석해안과 사빈해안(모래해안) 등으로 침식해안과 퇴적해안 지형으로 나누어 제시하고 있다. 그러나 실제 해안의 침식과 퇴적작용은 개별적으로 일어나는 것이 아니라 동시에 일어나고 있다. 그리고 해안 지형은 그 지역의 해안작용, 퇴적물, 해안지질에 의해 그 형태가 결정된다.

침식해안 지형

해식애는 해식 작용으로 생긴 해안 절벽으로 몇 m에서 수백m 높이에 이르기까지 다양하다. 해식애는 절벽 아래쪽 해면이 닿는 곳이 파식 때문에 지탱력을 잃은 물질이 붕괴하는 작용이 반복되면서 형성되고 후퇴한다.

시스택은 암석 해안에서 기반암이 육지로부터 분리되어 고립된 촛대와 같이 생긴 바위를 말한다. 해안의 튀어나온 부분이 해식을 받아서 해식애와 파식대지로 되는 과정에서, 단단한 부분이 견디어 파식대지 위에 고립된 바위섬으로 남게 된다.

해식동굴은 주로 파도가 암벽에 직접 부딪치는 해안이나 바다 쪽으로 튀어나온 지형에 만들어진다. 빗물이 암석이나 토양 속의 화학 성분을 녹여 형성되는 대부분의 내륙 동굴과는 달리 파도의 힘으로 깎아 내는 침식 작용으로 형성된다.

시아치는 기반암의 차별침식으로 밑쪽이 뚫어져서 아치를 형성한 것이다.

침식해안 지형의 형성과정을 간략히 설명하면 해식애가 파식을 받아 후퇴할 때 암석의 단단한 부분이 남아 시아치나 시스택이 되며, 약한 부위에는 해식동이 뚫린다. 다시 시아치도 침식을 계속 받으면 붕괴하여 시스택이 되고 나중에는 이것도 침식을 받아 해면 가까이 평평한 지형인 파식대지가 된다.

퇴적해안 지형

사빈(모래해안)은 파랑이 모래를 해안으로 밀어붙여 형성한 퇴적지형으로 파랑의 작용을 직접 받는 부분을 가리킨다. 사빈은 배후에 해안사구를 끼고 있다.

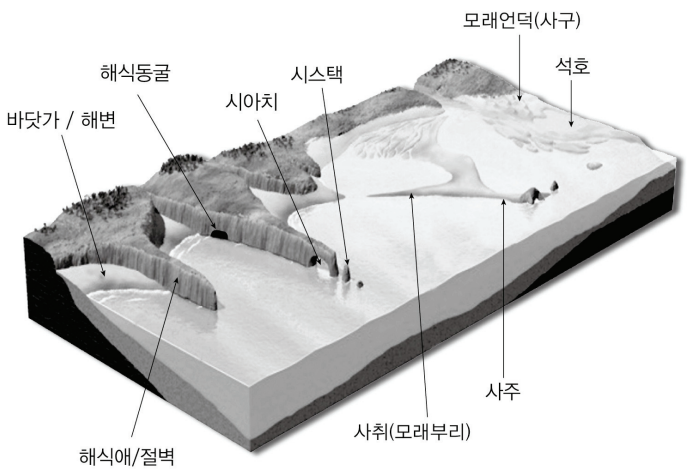
해안사구(모래언덕)는 사빈의 모래가 바람에 의해 불려 사빈 뒤에 퇴적된 모래 언덕을 말한다. 해안사구의 발달과 규모는 본질적으로 사빈에서 공급되는 모래의 이동량과 이동률에 의해 결정된다.

사취(모래부리)는 연안류에 의해 모래나 자갈, 조개껍데기 등과 같은 퇴적물이 육지에서 바다로 길게 돌출되어 퇴적된 지형이다. 일반적으로 사취는 한쪽 끝이 사빈(모래해안)에 붙어 있고, 연안류의 흐름 방향으로 길게 돌출된 끝 부분이 새의 부리 모양으로 구부러져 있다.

사주는 사취가 길게 성장해 제방 모양으로 발달한 퇴적지형을 사주라고 한다.

석호는 사취가 길게 발달하면서 만입의 입구를 가로막아 형성된 호수이다.

간석지는 하천에 의해 운반된 모래, 점토, 실트 등과 같은 미립물질이 하천의 하구나 인접한 지역에 퇴적되어 형성된 지형으로 갯벌이라 불린다. 간석지는 주로 파랑의 에너지가 낮은 해안에 발달하며, 밀물 때는 물에 잠기고 썰물 때는 물 위로 드러난다.



▲ 해안지형

12. 바람과 빙하에 의한 지형 변화

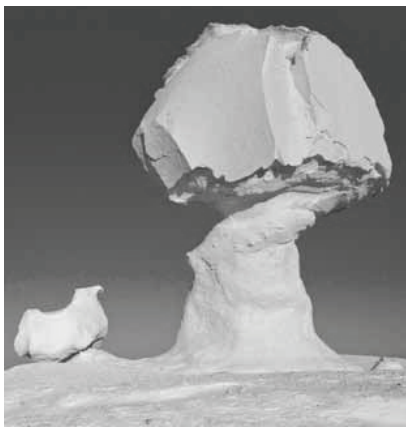
교과서에서는 변화하는 땅이란 주제로 강(유수)와 파도(해수)에 의한 지표변화를 주로 다루고 있다. 그러나 지구표면 요인에 의한 지표의 변화를 더 잘 이해하기 위해서는 유수, 해수, 바람, 빙하에 의한 지표변화를 모두 설명할 필요가 있다.

바람에 의한 지표변화

일부 건조지역이나 사막에서는 바람이 모래를 날려 암석을 깎아내는 침식 작용으로 독특한 지형을 만든다. 모래바람이 불어오는 쪽이 평평하게 깎인 삼릉석, 바람에 날린 모래에 의해 암석의 윗부분보다 밑부분을 집중적으로 깎아 만든 버섯 모양의 바위, 가벼운 모래는 모두 바람에 날려 가고 자갈만이 빼곡히 남아 마치 포장도로와 유사한 사막 포석(자갈 사막)등이 발달한다. 그리고 바람에 의해 퇴적된 모래 언덕인 사구를 만든다.



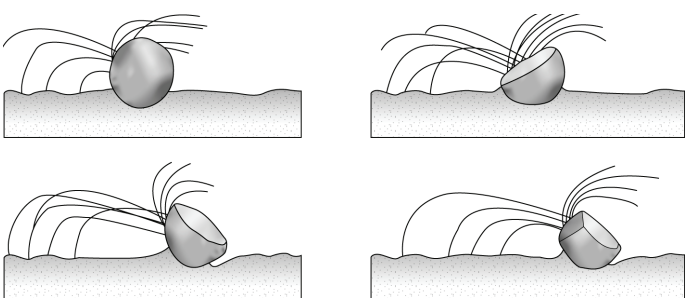
▲ 삼릉석



▲ 버섯바위



▲ 사구



▲ 삼릉석의 생성 과정

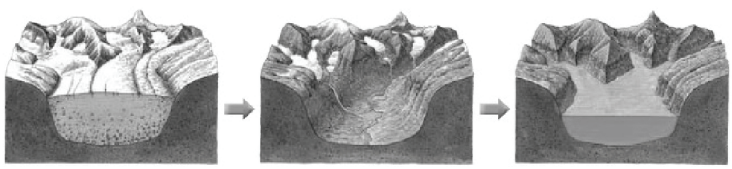
빙하에 의한 지표변화

빙하란 높은 산악지대나 극지방의 얼음 덩어리가 무거워져 중력에 의하여 낮은 곳으로 천천히 미끄러져 내려가는 것이다. 이때 빙하는 땅이나 주변의 암석들을 깎아 내고, 침식 물질을 운반 · 퇴적시켜 다양한 지형을 만든다.

빙하에 의한 침식지형 산 정상에는 빙하에 의해 깎여 마치 뿔과 같이 뾰족한 봉우리인 호른과 날카로운 능선이 발달하며, 골짜기를 따라 이동한 빙하는 바닥과 옆면을 깎아 넓고 둥근 모양의 바닥을 가진 U자곡을 만든다. 그리고 U자곡에 바닷물이 채워지면 피오르가 발달하게 된다.

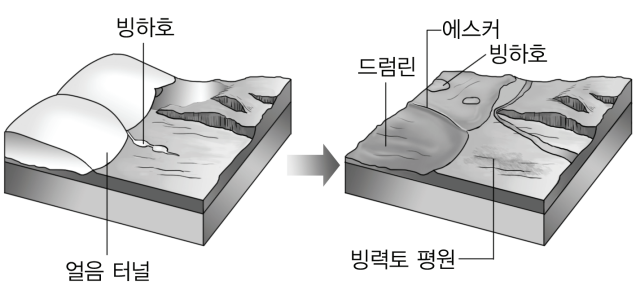


▲ 호른



▲ 빙하의 이동과 U자곡(피오르)

빙하에 의한 퇴적지형 빙하의 이동 과정에서 침식되어 운반된 크고 작은 암석의 부스러기들은 빙하의 하부와 측면에 퇴적되어 모레인(빙퇴석)을 형성하는데, 가장 먼 곳에 발달한 모레인은 빙하의 마지막 도달 지점임을 말해 준다. 그리고 빙하의 후퇴로 남게 된 자갈, 모래, 점토 등이 퇴적되어 빙력토 평원, 빙하가 움직이는 방향과 평행하게 쌓인 타원형의 드럼린, 빙하에서 녹아 흐르는 물(융빙수)에 의해 빙하 속 터널을 통과하여 좁고 길게 쌓인 에스커 등이 발달하기도 한다.



▲ 빙하의 퇴적지형

Ⅲ

질문 있어요

1. '풍화 작용'과 '침식 작용'의 차이점은 무엇인가요?

풍화작용은 암석이 지표나 지표 부근의 원래 위치에서 바람·물·기후 등에 의한 물리적, 화학적, 생물학적 과정을 통해 분해 또는 변질되는 작용을 말한다. 풍화 과정 중에는 분해 또는 변질된 물질들이 노출된 암석 주변에서 약간 이동하지만 암체 자체는 그 장소에 계속 남아 있다. 이 때문에 풍화작용은 일반적으로 분해된 물질을 제거하는 침식작용과는 다르다.

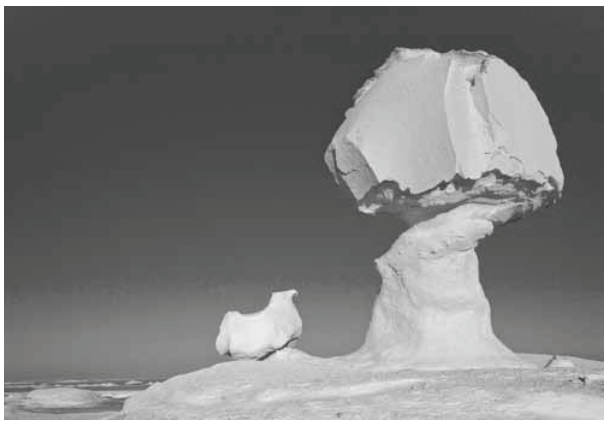
2. 식물의 뿌리는 풍화작용에 어떤 영향을 미치는가요?



▲ 식물의 뿌리에 의한 풍화작용

식물의 뿌리에 의한 풍화 작용은 크게 2가지로 나누어 설명할 수 있다. 먼저 뿌리 자체가 암석이나 토양을 파고들며 암석의 틈을 벌려 놓는 기계적인 풍화작용을 한다. 다음으로 뿌리에서 일종의 산을 내뿜어서 암석을 화학적으로 변화 시키고 땅 속 깊이 들어간 뿌리에 의해 생긴 틈으로 암석이나 토양에 공기와 수분의 접촉 면적을 증가시켜서 화학적 풍화작용을 촉진하는 작용을 한다.

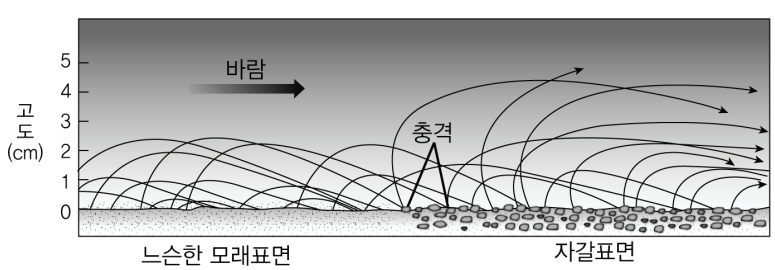
3. 사막의 버섯 바위는 어떻게 만들어지는가요?



▲ 버섯 바위

사막의 기후 사막은 높은 온도, 낮은 강수량, 그리고 높은 증발량 때문에 뜨겁고 건조한 기후가 나타난다. 그리고 낮 동안의 뜨거운 사막 지역의 공기는 가열되고 팽창되어 상승한다. 빠르게 상승하는 뜨거운 공기의 자리를 메우기 위해 표면 공기가 이동해서 강한 바람이 자주 분다.

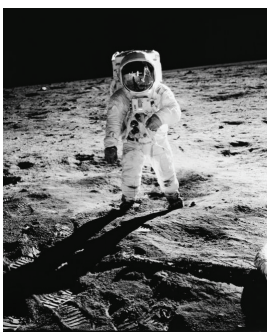
바람에 의한 모래의 도약 이동 사막의 강한 바람은 모래 언덕을 쌓아 올리기도 하지만 모래 알갱이들을 불어 마치 탁구공처럼 땅 위에 튀기면서 날리게 한다. 이를 도약 이동이라고 한다. 바람에 의해 도약 이동하는 모래 입자들이 사막의 바위 쪽으로 향하게 되면 바위표면을 깎아내게 된다. 이때 모래는 아주 강한 바람에서도 1m 이상까지 튀어 오르지 못한다. 그래서 지면에서 가까운 곳의 바위를 깎아내고 꼭대기에는 모래가 닿지 못한다. 이렇게 몇백 년이 계속되면 바위는 마치 거대한 버섯 모양이 된다.



▲ 도약이동

4. 달 표면에 찍힌 우주비행사의 발자국은 언제쯤 풍화되어 사라지는가요?





풍화에 영향을 미치는 요인으로는 생물의 영향, 물의 영향, 대기의 영향, 온도의 영향 등을 들 수 있다. 그런데 이 중에서 온도의 경우는 그 자체만으로는 풍화 작용의 중요한 요인으로 작용하지 못한다. 이에 대한 연구로 일부 지질학자들은 사막의 일교차가 암석 풍화에 미치는 효과를 실험해 보았다. 실험은 실내에서 실시하였고 암석에 40℃ 이상의 온도차가 나게 가열과 냉각을 실시한 후 관찰하였다. 그러나 여러 번의 실험에도 불구하고 온도 변화에 의한 암석의 물리적 변화는 나타나지 않았다.

그리고 지구 밖 달에서도 온도 차이가 풍화의 중요한 요인이 아닌 것을 알 수 있다. 지구와는 비교가 되지 않을 정도로 밤과 낮의 온도차가 큰 달의 암석은 수억 년 이상 풍화되지 않고 거의 그대로 놓여 있으며 달 탐사에 성공한 우주비행사의 발자국은 1969년 7월 이후로 40년 이상이 지났지만 달 표면에 선명하게 남아 있다. 만약 달에 큰 변화가 생기지 않는다면 우주비행사의 발자국은 그 자리에 계속 남아 있을 것이다.

5. 암석이 토양(흙)이 되는 데에는 얼마의 시간이 필요한가요?

흙 속에는 무기적 성분과 유기적 성분이 있다. 흙이 생성되기 위해서는 두 요소를 포함할 수 있는 물리적 과정과 유기적 과정을 모두 거쳐야 흙이라고 말할 수 있다.

물리적 과정은 커다란 암석에서 풍화와 침식으로 인하여 떨어져 나와 작은 알갱이가 되는 것을 말한다. 또한 동물의 사체나 식물의 낙엽 또는 일부가 떨어져 나온 것이나 이것이 썩은 유기물이 포함되어야 한다. 물리적으로 작은 알갱이가 되는 시간도 오래 걸리지만 유기적 성분이 포함되어 성숙한 토양이(비옥한 토양 1㎡ 내에는 약 10억 개 정도의 토양생물이 살 수 있음) 되기까지는 더 오랜 시간이 걸린다. 그래서 표토층 1cm가 만들어지는 데에는 80~400년 정도의 시간이 필요하다.

6. 지렁이는 토양(흙)과 식물에 어떤 영향을 미치는가요?

지렁이는 낮에는 별로 활동하지 않고 밤에, 특히 비 오는 날 잘 관찰된다. 지렁이는 지표의 낙엽이나 썩은 뿌리 등과 같은 유기물을 지표면에서 채취하여 이것을 터널을 통해 땅속의 서식지로 운반하여 흙과 함께 섭취한다. 먹이와 함께 섭취된 광물질 토양은 지표면에 배설하는데 이를 분변토라고 한다.

식물에 미치는 분변토의 역할 영양분이 풍부하고 미세한 알갱이가 서로 뭉쳐서 큰 알갱이를 이루는 떼알구조의 분변토는 식물이 자라는 데 직접적으로 도움을 준다. 이 때문에 분변토는 식물을 키우는 비료로 판매되고 있다.

토양의 변화 지렁이는 먹이를 지표면에서 서식지의 깊은 곳까지 운반하는 일을 반복하면서 지표면과 땅속 흙이 순환하도록 한다. 그리고 지렁이가 땅속에 만들어 둔 틈으로 공기와 수분이 들어가 박테리아와 균들이 잘 서식할 수 있는 환경을 만들어준다.

이처럼 지렁이는 토양의 비옥화에 매우 중요할 뿐만 아니라 식물 및 그 외의 생물이 살아갈 수 있도록 토양의 구조를 바꾸는 효과를 가져온다.

7. 흙의 pH는 식물에 어떤 영향을 미치는가요?

우리가 오감을 이용해 흙을 살펴보고, 만지고, 냄새 맡고, 맛을 보아도 흙의 pH 정도를 알지 못하지만 식물은 흙의 pH를 구분할 수 있다. 알칼리를 좋아하는 식물을 산성이 강한 땅에 심게 되면 식물이 일종의 중독증상을 일으켜 죽게 되고, 알칼리 땅에 산성을 좋아하는 식물을 심게 되면 철분 부족현상으로 서서히 누렇게 잎이 지면서 죽게 된다. 그래서 교실 혹은 집에서 식물을 키우다 보면 흙과 영양분, 물 공급에 이상이 없는데 어떤 식물은 계속해서 죽는 현상이 발생한다면 흙을 채취해서 pH를 측정해 보는 것이 좋다. pH 농도는 7을 중성으로 보고 7 이하의 숫자를 산성으로, 7 이상의 숫자를 알칼리성이 강해진다고 표현한다.

- 산성의 흙을 좋아하는 식물 : 산성흙을 좋아하는 대표적 식물로는 진달래 속의 식물, 동백꽃, 목련 등이 대표적이다.
- 알칼리성의 흙을 좋아하는 식물 : 알칼리성 흙을 좋아하는 식물로는 라일락, 패랭이, 으아리 등이 대표적이다.
- 흙의 pH을 바꾸기 : 우리나라의 땅은 약산성이 많고 대부분의 식물은 약산성을 좋아하지만 패랭이, 라일락, 으아리 등의 알칼리성을 좋아하는 식물들은 산성이 강한 땅은 피하는 것이 좋다. 산성의 땅을 알칼리성으로 바꾸려면 석회를 섞어주면 되는데, 이 석회의 경우 5년 정도면 희석이 되기 때문에 5년마다 꾸준한 공급이 필요하다. 알칼리성 땅을 산성으로 바꾸려면 황(Sulphur)을 지속적으로 뿌려주면 변화된다.

▲ 생육에 적당한 토양산도의 범위와 채소의 분류(농촌진흥청)

토양산도	종류
pH6.0~6.8	아스파라거스, 비트, 당근, 꽃양배추, 머스크멜론, 양파, 시금치 등
pH5.5~6.0	강낭콩, 브로콜리, 양배추, 샐러리, 오이, 무, 고구마 등
pH4.8~5.4	감자

※ 감자는 산성에 잘 견디며, pH5.5 이상에서는 더뎅이병에 걸리기 쉬움



참고자료

교육과학기술부(2013). “3~4학년군 과학① 교사용 지도서”. ㈜미래엔

권순식(2009), 풍화작용과 지형, 한국학술정보(주)

오경아(2013). “정원의 발견”. 궁리

애니타 개너리(2013). 앗 이렇게 재미있는 과학이 26. 주니어 김영사

테리 디어리 · 바바라 앨런(2013). 앗 우리집은 과학탐험대 46. 주니어 김영사

전국지리교사연합회(2011). 살아있는 지리 교과서1, 2. 휴머니스트

(사)한국지구과학회(2009). 지구과학사전. 북스힐

농촌진흥청 원예연구소(2007). 채소의 영양생리장애

한국민족문화대백과. 한국학중앙연구원. http://encykorea.aks.ac.kr

네이버 백과사전. http://terms.naver.com

브리테니커백과사전 온라인판, http://www.britannica.co.kr



지도서에 나오지 않는 과학이야기

3-2



1. 동물의 생활 • 98
2. 지층과 화석 • 124
3. 액체와 기체 • 150
4. 소리의 성질 • 178



1

지도서에 나오지 않는 과학이야기

동물의 생활



Ⅰ. 단원의 주안점 100

Ⅱ. 기본 개념 101

1. 동물이란? 101
2. 동물의 기본적인 체형 102
3. 동물의 분류체계 1(무척추동물) 103
4. 동물의 분류체계 2(척삭동물) 105
5. 동물의 운동 107
6. 동물의 행동 108
7. 적응과 방어 109
8. 동물의 종 110

Ⅲ. 질문 있어요 111

1. 동물들은 어떻게 나이를 알 수 있나요? 111
2. 곤충의 입 모양은 어떻게 다른가요? 111
3. 파리는 왜 날개가 한 쌍일까요? 112
4. 거미는 왜 곤충이 아닌가요? 112
5. 오징어는 왜 어류가 아닌가요? 113
6. 조개는 어디로 호흡을 하나요? 113
7. 어류는 모두 옆줄이 있나요? 114
8. '미꾸리'와 '미꾸라지'는 다른 건가요? 같은 건가요? 114
9. 금붕어가 눈을 깜박이지 않는 이유는 무엇일까요? 115
10. 상어는 계속 움직이지 않으면 죽는다고 하는데 왜 그럴까요? 116
11. 개구리가 물에 알을 낳아야 하는 이유는 무엇일까요? 116
12. 뱀은 주변 환경의 변화를 어떻게 느끼나요? 117
13. 타조는 왜 날 수 없나요? 117
14. 박쥐는 왜 어두운 곳에서만 사나요? 118
15. 몸집이 큰 고래는 물개와 달리 육지에 올라오면 죽는다고 하는데 그 이유는 무엇일까요? 118
16. 토끼가 자신의 똥을 먹는 이유는 무엇일까요? 119
17. 곰은 긴 겨울잠을 잘 때 한 번도 안 깨나요? 119
18. 포유동물은 왜 털갈이를 할까요? 120
19. 동족을 잡아먹는 동물과 그 이유는 무엇일까요? 120
20. 가장 빠른, 가장 무거운, 가장 오래 사는 동물은 무엇일까요? 121

I

단원의 주안점

핵심 개념

- 동물이란?
- 운동과 행동
- 동물의 분류
- 적응과 방어

HISTORY

- 제7차 교육과정의 '주변의 생물', 여러 가지 동물의 생김새', '동물의 생활 관찰하기'등의 내용 중 다양한 생물의 특성에 관한 내용을 3~5학년에서 관찰하고 경험하는 형태로 다루도록 하여 3학년에 '동물의 세계' 단원이 구성되었다.
- 2009 개정 교육과정에서 '작은 생물의 세계' 단원을 해체하고, 균류 위 단계의 생물 중 동물을 '동물의 생활' 단원으로 이동시키면서, 동물의 적응, 진화, 생태와 함께 우리 생활과 밀접하게 연관되어 있다는 것을 다루도록 하였다.

지도 수준

- 동물은 학생들에게 매우 친숙한 대상이지만 광범위하고 특이함 때문에 분류하는 활동을 할 때 학생들이 학습하기 어려운 경우가 많다. 과학적 분류 기준에 따른 무리 짓기 활동은 학생들의 발달 단계상 어렵기 때문에 사는 곳에 따라 다양한 동물이 있다는 수준에서 분류활동을 할 수 있도록 지도해야 한다.

학생들의 어려움

- 학생들은 수많은 동물 종류와 특이성 때문에 분류 활동을 할 때 어려움을 겪고 있다.



Ⅱ

기본 개념

1. 동물이란?

초등학교 3학년에서는 동물을 따로 정의하지 않고 주변에서 볼 수 있는 동물의 생김새를 관찰하고 그 특징을 살펴보게 하고 있다.

동물은 다세포이며 종속영양 생물로 먹이를 섭취해서 영양분을 얻는다. 이러한 영양섭취 방식을 가지고 있는 동물은 먹이를 일단 섭취한 후 몸 안에서 소화시킨다.

또 다른 중요한 특징은 동물의 생식과 발생에서 볼 수 있는데 대부분의 동물은 유성생식으로 번식한다. 즉, 난자와 정자가 만나 수정란을 형성하고, 이 수정란이 체세포 분열을 통해 동물의 다양한 세포를 구성하게 되는 것이다.

그리고 동물은 식물과 달리 세포벽이 없고 대부분 근육세포가 있어 근육을 사용하여 움직이며 자극을 전달하는 신경세포가 있다.



▲ 먹이를 먹고 있는 독수리

2. 동물의 기본적인 체형

3학년 교과서에서 동물을 관찰할 때 동물의 생김새에 대해 관찰하는 활동이 제시되어 있다. 다리의 유무, 날개의 유무, 지느러미의 유무 등의 생김새를 관찰하도록 되어 있지만 동물을 분류할 때 기본적인 체형에 의해 분류한다.

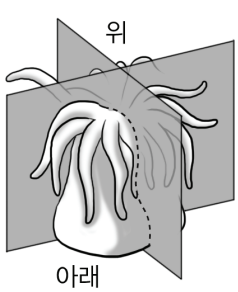
생물학자들이 다양한 동물을 분류하기 위해 사용하는 방법 중 한 가지는 동물의 '체형'에 의해 분류하는 것이다. 이러한 분류 방법은 동물들 사이의 계통학적 관계를 추측하는데 도움이 된다.

동물의 체형은 대칭성을 띄고 있는데, 일부 동물은 방사대칭의 모양을 띄고 있으며, 또 다른 동물들은 좌우대칭이 모양을 띄고 있다.

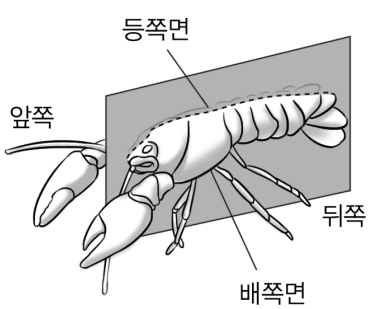
말미잘의 경우 방사대칭의 모양이며 중심에서부터 방사형으로 몸이 뻗어 나가며, 중심축을 사이에 두고 대칭적으로 몸이 분할되어 있다. 그래서 방사대칭동물은 머리와 바닥이 하나씩 있지만 오른쪽과 왼쪽 면이 구별되지 않는다.

가재의 경우 좌우대칭의 모양이며 오른쪽, 왼쪽으로 나뉘는 형태를 갖는다. 그래서 몸은 앞쪽, 뒤쪽, 등쪽면, 배쪽면 등으로 나뉘어 진다.

동물의 대칭성은 생활하는 특징과 일치한다. 방사대칭동물은 전형적으로 고착성이거나 수동적으로 떠다니며, 좌우대칭동물은 머리를 앞쪽에 놓고 움직인다. 방사대칭동물은 모든 방향에서 환경과 만나게 되는 반면, 좌우대칭동물은 머리를 앞쪽에 놓고 움직이기 때문에 눈과 감각기관이 가장 먼저 환경과 접촉한다.



▲ 말미잘



▲ 가재

3. 동물의 분류체계 1(무척추동물)

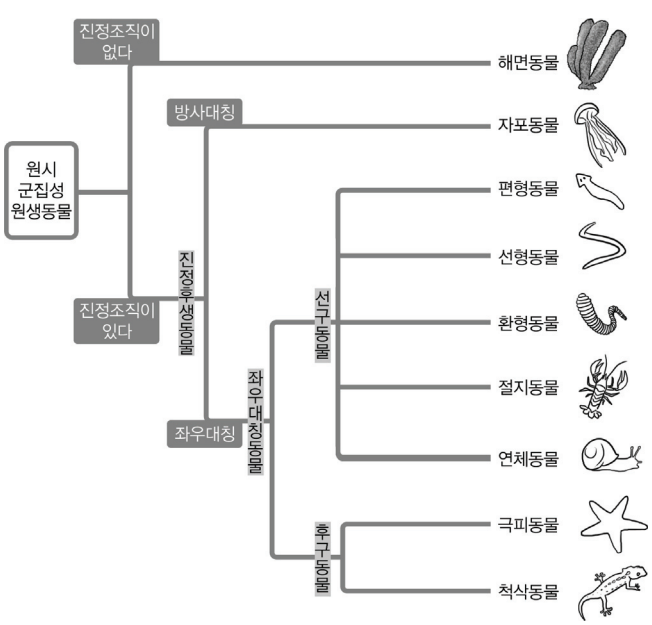
3학년 '동물의 생활' 단원에서의 분류는 과학적인 분류가 아니라 동물의 크기, 사는 곳 등 사람의 편의에 따라 정한 기준으로 분류하는 인위 분류를 사용하고 있다. 그럼 과학적 분류는 어떻게 하는 것일까? 과학적 분류로 동물을 분류해보면 다음과 같다.

생물학자들은 동물의 형태에 근거하여 주로 체형과 수정 후 세포가 분열하여 개체가 형성되기까지의 과정에서 나타나는 특징을 사용한다. 그림은 형태에 근거하여 동물계의 주요 문을 나뭇가지 모양으로 나눠놓은 계통수이다. 가장 초기 형태의 동물은 군집을 하며 사는 '원시원생생물'이다.

그 다음부터 계통수는 진정한 조직의 분화 없이 세포적인 단계에 있는 동물(예 : '해면동물')과 이와 달리 조직의 분화가 있는 동물(예 : '자포동물' 이상)로 나뉜다. 다음 가지에서는 '좌우대칭동물'과 '방사대칭동물'로 나눠지는데 '편형동물' 이상의 동물들은 좌우대칭동물에 해당한다.

그 다음 가지에서는 좌우대칭동물을 배의 발달과정에서 먼저 형성된 구멍이 입이 되는 '선구동물'(편형동물, 선형동물, 환형동물, 절지동물, 연체동물)과 먼저 형성된 구멍은 항문이 되고 입은 두 번째 생기는 구멍에서 형성되는 '후구동물'(극피동물, 척삭동물)로 나뉜다.

이렇게 분류되고 있는 계통수는 새로운 정보가 더해질 때마다 새롭게 수정되고 있어 여전히 진행 중인 작업이다.



▲ 생물학적 자료를 근거로 만든 계통수

앞에서 설명한 생물학자의 과학적 분류에 덧붙여 학생들에게 동물을 분류하기 위해 등뼈의 유무로 분류하는 방법이 있다. 계통수에 있는 수많은 동물을 분류할 때 우선적으로 분류하는 방법은 '등뼈(척추)가 있는 것이냐'이다. 등뼈가 없는 동물을 무척추동물, 등뼈가 있는 동물을 척추동물이라고 한다. 무척추동물에 비해 척추동물이 더 고등한 동물이다.

무척추동물을 더 분류 해보면, 아래와 같이 설명한 내용을 바탕으로 했을 때 쉽게 분류할 수 있다.

해면동물		다른 생물과 비교하여 상대적으로 단순한 다공성 구조이다.	목욕해면
자포동물		촉수와 자세포가 있는 방사대칭동물이다.	말미잘, 해파리, 산호
편형동물		구멍이 하나인 매우 단순한 좌우대칭동물이다.	플라나리아
선형동물		동물의 체벽과 내장 사이 공간에 액체가 들어있고 입과 항문이 있는 소화관을 갖고 있다.	회충
환형동물		체절이 있어 몸이 유연하고 이동하기 쉽다.	지렁이
절지동물	곤충강	몸은 마디로 나뉘어져 있고 다리가 있으며 딱딱한 껍질로 싸여 있어 자라면서 껍질을 벗는 탈피를 한다. 몸은 머리, 가슴, 배로 구별되며, 세 쌍의 다리와 두 쌍 또는 한 쌍의 날개를 가지고 있다.	메뚜기, 딱정벌레
	갑각강	몸이 머리, 가슴, 배로 나뉘며 두 쌍의 더듬이와 다섯 쌍의 다리가 있다.	새우, 게
	거미강	몸은 머리·가슴, 배로 나뉘며 네 쌍의 다리를 갖고 있다.	거미
	다지강	몸은 환형동물과 비슷하나 마디로 된 다리가 있다.	노래기, 지네
연체동물		부드러운 몸을 갖고 있으며, 단단한 껍질로 싸여 있는 경우도 있다.	달팽이, 오징어
극피동물		가시가 많은 피부와 속뼈대, 움직이기 위한 관모양의 발이 망구조를 이루고 있다.	불가사리, 성게

4. 동물의 분류체계 2(척삭동물)

3학년 과학교과서에서 여러 동물을 설명하고 있으나 곤충이나 대부분 척추가 있는 동물(어류, 조류, 파충류, 포유류 등)을 설명하고 있어 척추동물에 대한 이해가 필요하다.

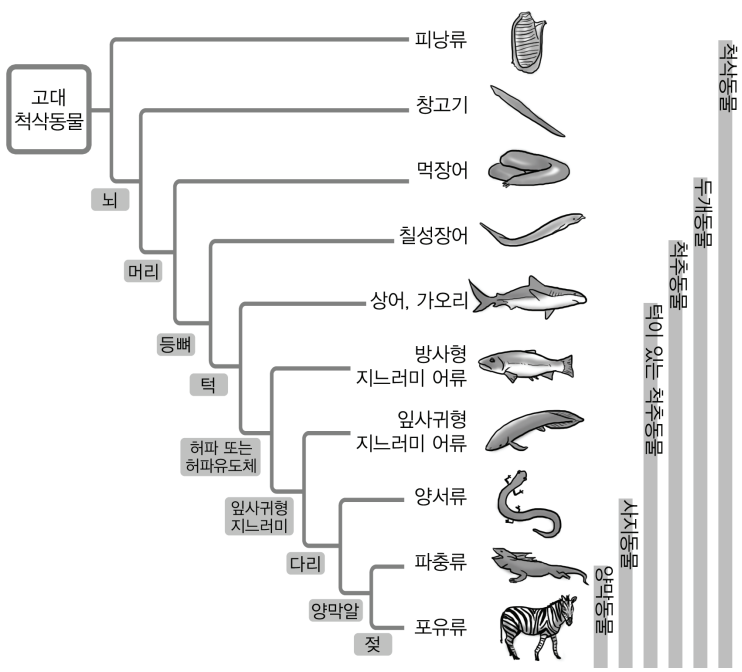
척추동물은 설명하려면 척삭동물의 진화과정부터 살펴보는 것이 좋다.

생물학자들은 여러 가지 진화학적인 증거 등을 종합하여 아래와 같은 척삭동물의 계통수를 완성한다.

척삭동물에서 뇌의 유무에 따라 첫 번째 그룹이 나눠지며, 뇌가 있는 창고기와 머리뼈가 있는 동물로 나눠진다. 다음 단계에서 머리뼈에 등뼈로 구성된 척추동물을 구분하여 분류할 수 있게 되는 것이다. 척추에서 머리뼈는 뇌를 위한 공간을 제공하며, 등뼈는 신경계의 주요 부분을 둘러싼다.

그 다음 단계에서는 턱의 유무로 칠성장어와 어류 이상의 동물로 분류하며, 어류 이상의 동물에서 다리가 있는 동물을 따로 분류한다.

그리고 다리가 있는 동물에서 양막알을 낳는 파충류와 조류를 다시 분류할 수 있으며, 여기에서 더 나아가 젖을 먹는 포유류로 분류할 수 있다.



▲ 척삭동물의 계통수

척삭동물 또한 아래와 같은 설명을 바탕으로 더 분류해보면, 피낭류, 원구류, 어류, 양서류, 파충류, 조류, 포유류 등으로 나뉜다.

▾ 척삭동물별 특징 설명 및 예

피낭류	척삭이 있거나 성체의 경우 흔적이 남아 있다.	미더덕
원구류	몸이 길며 비늘과 지느러미가 없다. 원 모양의 입은 날카로운 이빨처럼 생긴 구조로 되어 있으며 턱이 없고 두개골이 있다. 먹장어는 척추가 없으나 칠성장어는 척추가 있다.	먹장어, 칠성장어
어류	비늘로 덮인 유선형의 몸이며, 지느러미가 잘 발달되어 있고 아가미로 호흡한다. 몸의 온도는 주위에 따라 변하며 알을 낳는다.	민어, 붕어
양서류	새끼 때는 아가미로 호흡하지만 성체 시기에는 허파와 피부로 호흡하고, 몸의 온도는 주위에 따라 변하며 알을 낳는다.	개구리
파충류	몸이 딱딱한 방수성 비늘로 싸여 있어 몸속 수분이 증발하는 것을 막아 주어 육지 생활에 잘 적응할 수 있으며, 몸의 온도는 주위에 따라 변하며 알을 낳는다.	뱀, 악어
조류	몸이 깃털로 덮여 있으며, 앞다리가 날개로 진화하여 공중을 날아다니기에 알맞다. 몸의 온도가 항상 일정하며 알을 낳는다.	참새
포유류	몸이 털로 싸여 있으며 몸의 온도가 항상 일정하다. 새끼를 낳으며 젖을 먹여 기른다.	고래, 쥐

5. 동물의 운동

3학년 과학교과서에서는 서식지에 따른 동물의 생김새와 특징을 설명하면서 날거나 헤엄치는 등 생김새와 특징에 따른 동물의 행동을 설명하고 있다. 동물들의 행동을 좀 더 자세히 설명하려면 동물이 식물과 달리 빠르게 움직이는 것을 설명하게 되는데 이것이 바로 동물의 운동이라고 할 수 있다.

동물은 여러 가지 이유로 움직인다. 포식자는 먹이를 잡기 위해서 움직이며, 먹잇감인 동물은 도망치기 위해 움직인다. 기린처럼 땅에서 사는 동물은 다리로 땅을 박차면서 몸을 앞으로 보내며 근육의 힘으로 움직인다. 매우 빠른 속도로 달리는 영양을 보면 대부분 한 다리만 땅에 대고 있으며, 때로는 네 다리 모두 공중에 들려있는 경우도 있다.

재빨리 움직이기 위하여 반드시 다리가 필요한 것은 아니다. 가장 빠른 뱀인 아프리카의 맘바는 시속 30km까지 속력을 낼 수 있다. 뱀은 대개 땅 위나 물속에서 몸을 꿈틀거려 움직인다. 달팽이는 배의 근육을 쭉 뻗었다가 끌어들이면서 물결처럼 움직이며 기어 다닌다.

지렁이와 불가사리 같은 일부 무척추동물은 근육을 이용해 몸속의 액체를 이동시켜서 몸의 모양이 변하도록 한다.

곤충과 새, 그리고 일부 포유류는 날아다닌다. 새는 날개를 움직여 날아다니며, 박쥐 또한 날 수 있는 포유류로 앞다리가 비막(飛膜)으로 연결되어 형성된 날개를 움직여 날아다닌다.



▲ 다리로 땅을 박차면서 몸을 움직이고 있는 기린

6. 동물의 행동

3학년 교과서에서 동물의 행동은 동물의 서식지에 따른 행동을 통해 알아보도록 되어 있다. 동물은 서로 다른 서식지에서 살아가지만 생존하여 살아가며 자손을 남기기 위해 에너지를 얻어야 하는 공통점이 있다. 이를 위해 동물은 먹이를 먹는 행동을 한다. 이러한 행동은 수백만 년에 걸쳐 진화하고 있는 본능적인 행동이다.

동물은 적으로부터 자신을 지킬 놀라운 방법을 갖고 있다. 예를 들면, 고슴도치의 가시, 문어가 내뿜는 먹물, 가만히 누워 죽은 척 하는 바구미의 행동 같은 것들이 그 예이다.

많은 동물들은 경험과 모방을 통하여 학습하는데, 그 예로 맛없는 풀을 먹어 본 토끼나 독이 있는 애벌레를 먹어 본 새는 다시는 그 먹이를 먹지 않으려고 한다.

큰 뇌를 가진 동물은 먹이를 먹는 것 이 외에 간단한 문제도 풀 수 있다. 침팬지는 먹이를 찾을 계획을 세우고, 몸짓으로 의사소통을 하며, 간단한 도구를 사용할 수도 있다. 돌고래나 고래는 서로에게 관심을 표현하고 다양한 소리를 내면서 의사소통을 한다.

이밖에 동물들은 특이한 행동으로 살아간다. 개미들은 저마다 사회의 일원으로서 집단을 이루며 여왕과 자손을 지키고 먹이를 마련하는 일을 한다. 집단을 이루면 포식자의 위협으로부터 훨씬 더 안전하게 살 수 있다. 예를 들어, 풀을 뜯어 먹는 초식 동물인 아프리카 평원의 얼룩말 떼는 집단 전체가 가진 많은 눈과 코를 이용해 굶주린 사자나 치타가 다가오는 것을 보거나 냄새 맡을 수 있다.

동물들이 사냥할 때의 행동 또한 다양하다. 호랑이와 북극곰 같은 포식자들은 혼자 살면서 사냥을 하며, 늑대, 하이에나, 사자 같은 동물은 무리를 지어 사냥한다. 무리를 이룬 동물은 서로 협력하여 먹이를 정하고 추격하여 죽인다. 무리를 지어 사냥하면 혼자 힘으로는 잡을 수 없는 크고 힘센 동물까지 잡을 수 있기 때문이다.



▲ 집단을 이루고 있는 코끼리

7. 적응과 방어

3학년 '동물의 생활' 단원에서 동물은 사는 곳에 따라 적응하며 살아하는 것을 소개하고 있다. 적응이란 생물이 자신의 생활하는 환경에 맞춰 형태적으로나 생리적으로 변화하는 일을 말한다. 방어는 생물이 자신에게 닥쳐오는 위험으로부터 스스로를 보호하는 것을 말한다.

적응은 생물이 계속 생존하기 위해서 매우 중요하다. 생존하기 위해서 동물들은 다양한 적응 방식들을 발전시키며 살아간다.

생물학자는 적응 현상을 유전자형 적응과 표현형 적응으로 구분한다. 유전자형의 적응은 유전자의 형태로 다음 세대로 계속 전달되는 것을 말한다. 이와는 달리 표현형 적응은 하나의 개체가 살아 있는 동안에만 일어나는데, 이러한 적응은 개체가 급격한 환경 변화에 처해도 살아남을 수 있게 한다. 예를 들어 배추흰나비의 번데기가 환경에 따라 비슷한 색깔로 변하는 것은 표현형 적응이라고 할 수 있다.

방어는 크게 기계적 방어, 화학적 방어, 시각적 방어, 행동적 방어로 나눌 수 있다.

기계적 방어는 뿔, 가시, 비늘, 등딱지 같은 방어 기구를 이용하는 경우이다. 아르마딜로는 위험하면 몸을 덮고 있는 단단한 뼈판을 둥글게 말며, 고슴도치는 몸에 덮여 있는 가시를 세우며 몸을 말아 보호한다. 거북과 자라는 단단한 등딱지 속에 몸을 숨긴다.

화학적 방어는 고약한 맛과 냄새를 풍기는 물질이나 독을 이용하는 경우이다. 예를 들어 스컹크는 고약한 냄새를 풍긴다.

시각적 방어는 눈에 잘 띄는 화려한 색으로 자신에게 독이 있다고 경고하는 것이다. 사냥감이 되기 쉬운 생물은 자신의 몸이 잘 보이지 않도록 위장하거나 포식자가 싫어하는 것을 모방하여 위장을 한다.

행동적 방어는 숨거나 달아나거나 공격자에게 저항하는 행동에 이르기까지 모든 방어 전술을 말한다.



▲ 고슴도치

8. 동물의 종

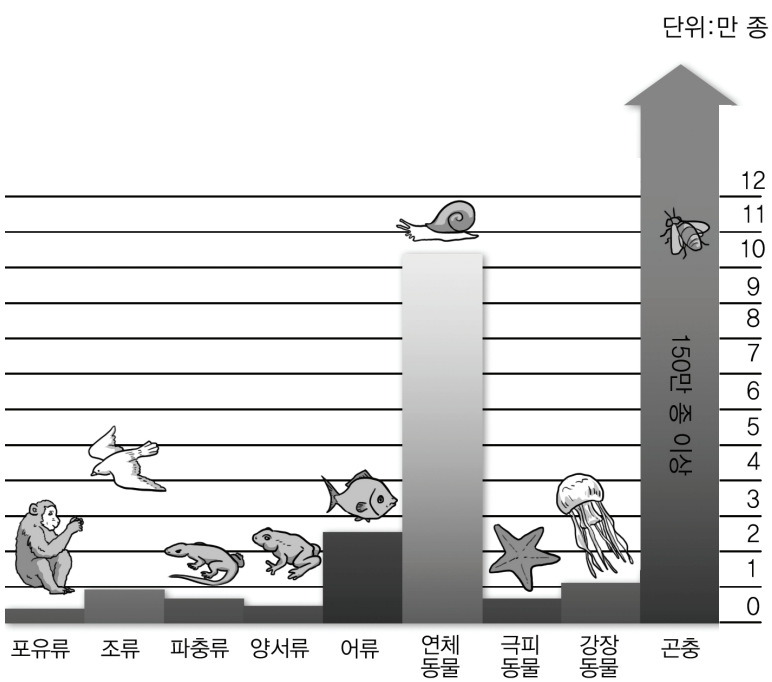
3학년 과학 지도서에서 동물에 대해 학습하면서 동물은 생물 종 중에서 2/3을 차지하며 매우 다양한 것으로 소개하고 있다.

'종'이란 서로 교배하여 번식력이 있는 자손을 낳을 수 있는 개체군을 뜻한다.

오늘날 지구 상에 얼마나 많은 생물이 살고 있는지 어느 누구도 확실히 알지 못한다. 과학자들이 200만 종이 넘는 생물을 발견했지만, 아직 발견되지 않은 생물이 그 이상이 될 것이다.

모든 생물은 전체의 75%를 차지하고 있는 동물계, 18%를 차지하고 있는 식물계, 균계, 원생생물계, 원핵생물계의 다섯 계로 나눌 수 있다.

곤충은 동물의 종에서 매우 큰 비중을 차지하고 있으며, 그 다음으로는 연체동물의 종이 많다. 포유류를 포함한 다른 동물의 종은 상대적으로 매우 적음을 알 수 있다.



▲ 여러 가지 동물의 종의 수를 나타낸 그래프

Ⅲ

질문 있어요

1. 동물들은 어떻게 나이를 알 수 있나요?

동물학자들은 동물들의 나이를 판별할 때 나이에 따라 나타나는 특징들을 참고해서 나이를 알아낸다.

거북은 등껍질로 나이를 구별하는데 등껍질에 있는 모양으로 추정할 수 있다.

개와 같이 이빨이 있는 동물의 경우에는 이빨을 보면 나이를 알 수 있다. 나이에 따라서 이가 빠지거나 마모되는 정도 등 치아상태가 다르기 때문이다.

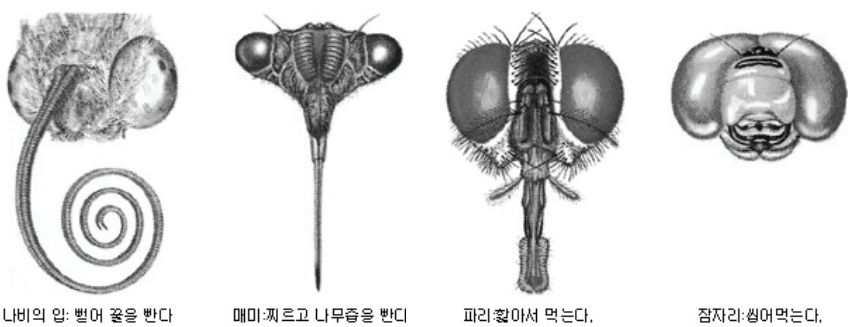
이 외에 DNA로도 알아낼 수 있다. 세포는 분열할 때마다 유전자가 손상되기 마련인데 그 중에는 스스로 복구가 안되는 유전자도 있다. 이런 유전자는 노화에 따라 손상정도가 축적되기 때문에 이 유전자의 손상정도를 측정하여 나이를 알아내는 방법이 있다.

2. 곤충의 입 모양은 어떻게 다른가요?

나비나 벌처럼 대롱 같은 입을 갖고 있는 곤충은 꽃의 꿀을 빨아 먹으며, 매미나 모기처럼 바늘 모양의 입을 갖고 있는 곤충은 식물의 즙이나 동물의 피를 빨아 먹는다.

파리처럼 혓바닥 모양의 핥기에 편리한 입을 갖고 있는 곤충은 먹이를 핥아 먹는다.

잠자리처럼 턱이 잘 발달되어 있는 곤충은 다른 곤충을 잡아먹는다.



▲ 다양한 입모양의 곤충들

3. 파리는 왜 날개가 한 쌍일까요?

곤충은 원래 날개가 두 쌍이지만 파리, 모기, 꽃등에와 같은 파리목 곤충들은 한 쌍의 앞날개로 날며 뒷날개 한 쌍은 평형곤(곤봉모양, 균형을 잡을 때 사용)으로 변형되어 한 쌍의 날개만 보인다.



▲ 모기의 평형곤

4. 거미는 왜 곤충이 아닌가요?

거미가 곤충이 아닌 이유는 곤충과 몸의 구조를 비교해 보면 쉽게 알 수 있다. 곤충은 머리, 가슴, 배의 3부분으로 되어 있고, 가슴의 각 마디에 1쌍씩 붙어 있는 3쌍의 다리와 머리에 더듬이가 있다. 그러나 거미는 머리·가슴과 배로 나뉘며, 다리는 4쌍이고 더듬이가 없다.

곤충은 1쌍이나 2쌍의 날개를 가진 것이 많지만 거미는 날개를 가지고 있지도 않다. 곤충은 1쌍의 겹눈과 3개의 홑눈으로 이루어져 있는데, 거미의 눈은 8개 이하의 홑눈만 있으며, 종에 따라 다르다. 곤충은 더듬이가 있지만 거미는 더듬이가 없는 대신 머리가슴에 촉지라는 더듬이 다리를 가지고 있어 감각 기관으로 활용한다.

거미는 같은 거미나 곤충을 먹고 살지만 심지어 작은 새나 개구리, 물고기 등의 척추동물도 모두 먹어 치울 수 있는 육식동물이다.

5. 오징어는 왜 어류가 아닌가요?

오징어가 일반적인 어류와 가장 크게 다른 점은 척추가 없다는 점이다. 어류는 척추동물에 속하지만, 오징어는 연체동물로 무척추동물에 속하며 두족류로서 어류보다는 오히려 조개에 더 가깝다.

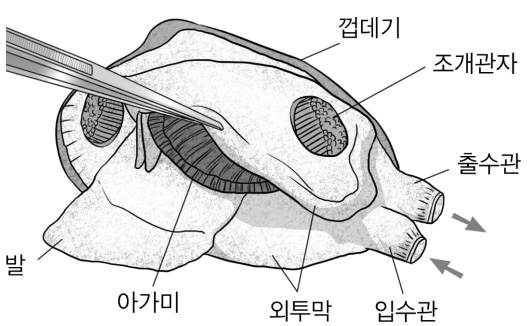
오징어는 몸이 유선형이며, 몸속에는 연갑이라 불리는 얇은 껍질이 있으며, 이 껍질 위에는 근육질의 외투막이 있어 드넓은 바다 속을 헤엄치며 살아가는 데 알맞다. 오징어는 물을 뿜어 빨리 나아가기도 하지만 옆구리에 달린 지느러미 같은 막을 흔들면서 천천히 헤엄치기도 한다.

오징어는 다리가 열 개 인데 그 중에서 두 개는 촉수의 기능을 한다. 촉수 끝부분에는 빨판이 달려 있어 먹이를 낚아챌 때에는 촉수를 쭉 뻗어서 낚아챈다. 오징어는 무리지어 사냥하며 생활하고, 바닷가 근처에는 좀처럼 가지 않는다.

6. 조개는 어디로 호흡을 하나요?

무척추동물 중 연체동물에 속하는 조개는 모래나 펄 속, 또는 바위틈에서도 살아가고 관상용으로 기르기도 한다. 주로 사는 곳은 바다나 민물 속인데, 집단을 이루어 펄 속이나 바위에 붙어살고 있다. 물속에 살기 때문에 빗살로 된 아가미가 있어 물속에서도 호흡이 가능하다. 아가미를 통해 물 속 산소를 걸러내어 호흡을 할 수 있는 것이다.

신축성 있는 조개관자가 있어 조개의 뚜껑을 열고 닫을 수 있다. 몸의 구조 중 입수관과 출수관이 있는데, 입수관으로 물을 빨아들이고 물속 미생물을 섭취하여 영양을 공급받으며 다시 출수관을 통해 물을 내보낸다.



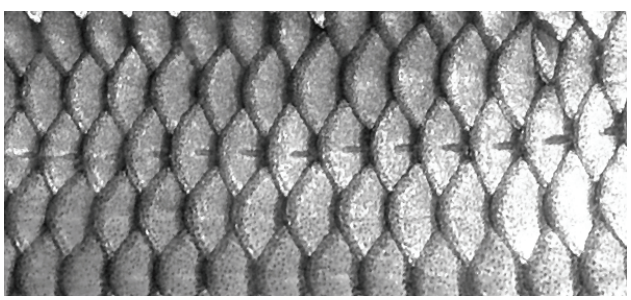
▲ 조개의 몸 구조

7. 어류는 모두 옆줄이 있나요?

주로 물고기 몸통의 양 옆에 위치하고 있는 옆줄은 물의 움직임과 진동을 감지하는 감각 기관으로 옆줄이라고도 한다. 옆줄은 아가미 뚜껑부터 꼬리 앞까지 점선의 형태로 되어있다. 상어와 같은 몇몇 척추동물들은 옆줄을 이용해 자기장을 감지하기도 한다.

비늘 한 개에 한 개씩 있는 구멍에는 감각모가 있는 감각세포와 지지세포로 이루어져 있고, 감각세포는 젤라틴형태의 것으로 감싸져 있다. 물의 흐름에 변화가 일어나면 젤라틴형태의 것에 진동이 전해져 감각모를 통해 감각세포가 느끼고 신경에 전달되는 것이다. 일반적으로 이 기관은 어류의 몸쪽에 배열된 것으로 피부 표면에 있고 비늘에 있는 구멍의 하부는 관으로 연결되어 있다.

대개의 어류에서는 몸쪽의 옆줄은 한 줄이지만, 쥐노래미는 다섯 줄이나 있다. 놀래기와 같이 도중에서 소실되고 꼬리지느러미 근처에서 다시 나타나는 불연속적인 옆줄이 있는 것도 있다. 정어리와 같이 옆줄이 전혀 없는 종류도 있다.



▲ 옆줄

8. '미꾸리'와 '미꾸라지'는 다른 건가요? 같은 건가요?

미꾸리를 미꾸라지의 사투리로 알고 있는 경우가 많으며, 이 둘을 구별하기는 쉽지 않지만, 사실은 형태학적으로 다른 민물고기다.

미꾸리와 미꾸라지는 둘 다 잉어목 미꾸리과로 분류되며, 생태적으로 비슷하다. 입가에 조그만 5쌍의 수염이 달려 있고 다른 어류와는 달리 비늘 없이 미끌미끌하며, 물 위로 입을 내밀어 내장호흡을 하고 가물거나 겨울이면 흙 속으로 파고 들어간다. 하지만 생김새 측면에서 구별을 하자면 사진에서 왼쪽에 몸통이 약간 둥근 것이 미꾸리고, 오른쪽에 세로로 납작하고 수염이 조금 더 긴 것이 미꾸라지이며, 다 큰 경우 몸 길이도 미꾸라지가 더 길다.



▲ 미꾸리(왼쪽)와 미꾸라지(오른쪽)

오래전부터 미꾸리와 미꾸라지는 우리나라에서 서식하였으며, 예전에는 한 개울에서 잡아도 미꾸리와 미꾸라지가 섞여 나올 정도였으나, 현재는 미꾸라지를 흔히 볼 수 있다. 그 이유는 추어탕 재료로 양식을 하다 보니 미꾸라지가 미꾸리보다 2배 정도 빨리 자라 미꾸라지를 선호하여 기르기 때문이다.

9. 금붕어가 눈을 깜박이지 않는 이유는 무엇일까요?

금붕어를 살펴보면 우리가 잠을 자듯이 눈을 감고 자는 모습을 볼 수 없다. 상어와 가자미를 제외한 대부분의 어류는 눈꺼풀이 없기 때문이다. 어류의 눈은 동그랗고 투명하며, 물에 살기 때문에 물 속 환경에 맞춰 눈도 진화를 했다.

물 속 깊이 들어갈수록 빛이 약해지므로 빛의 양을 조절할 필요가 없으므로 어류들은 홍채는 있지만 사람처럼 빛의 양을 조절하는 기능이 없다. 어류 중 상어의 눈은 진화가 가장 잘 되어 있어 빛의 양에 따라 동공을 조절하고, 눈의 근육도 발달하고 빛을 반사하고 확대하는 거울 같은 층이 있는 망막이 발달되어 있어 어두운 물속에서도 사냥을 할 수 있다고 한다.

눈꺼풀이 없는 어류도 잠을 잔다. 대부분의 어류는 공격을 피하기 위해 잠깐씩 졸면서 휴식을 취하지만 일정한 시간에 잠을 자는 어류도 있다. 놀래미는 아예 밤이 되면 모래 속으로 들어가 아침까지 잠을 자고 쏠배감펭은 돌 뒤에 숨어서 공격자들을 피해 편안히 잠을 잔다.

방어, 다랑어, 고등어처럼 떼를 지어 몰려다니는 어류들은 무리에서 벗어나지 않기 위해 일정한 시간에 잠을 자지 않고 중간 중간 졸면서 따라 다닌다.

10. 상어는 계속 움직이지 않으면 죽는다고 하는데 왜 그럴까요?

물고기 중에서 가장 큰 연골 어류인 상어는 몸길이 약 6~9m정도인 것도 있으며 머리 아래쪽에 입이 있고 칼 모양의 꼬리지느러미를 갖고 있다. 피부는 단단하고 거칠며 방패 비늘로 덮여 있다. 머리 아래쪽에 입이 있으며, 매우 단단하고 날카로운 이빨 여러 개가 이중으로 되어 있다. 그러나 상어는 경골어류와 달리 아가미 뚜껑이 없다.

경골어류들은 아가미 뚜껑을 여닫아서 물을 순환시키지만 상어는 아가미 뚜껑이 없어서 입을 벌린 채 헤엄을 쳐서 물을 순환시킨다. 입을 벌린 상태로 헤엄치면 입안으로 물이 들어오고, 이 물 속에 녹아있는 산소로 숨을 쉬는 것이다. 만약 상어가 그물에 걸려 움직이지 못하게 되면 상어는 숨을 쉬지 못해 곧 죽고 만다.

11. 개구리가 물에 알을 낳아야 하는 이유는 무엇일까요?

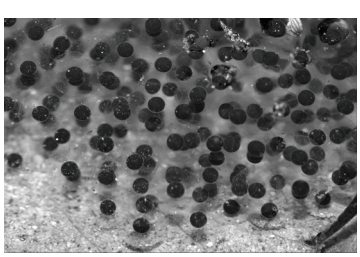
개구리는 논이나 웅덩이, 못과 같은 고인 물에 직경이 2~3mm 되는 알을 한 번에 수천 개에서 만 개 정도 낳는다.

알은 투명한 우무질에 싸여 보호되며 많은 알을 뭉쳐서 낳거나, 흩뜨려서 혹은 염주처럼 이어서 낳을 수 있다. 보통 알은 한 무더기, 두 무더기 식으로 모여 있으며, 개구리 종류에 따라 알이 뭉쳐 있는 모양이나 수가 수백에서 수천까지 다양하다.

이렇게 개구리가 물에 알을 낳는 이유는 개구리가 수생동물들처럼 체외수정을 하며 알 껍질이 우무질이라서 잘 마르기 때문이다.

개구리는 암컷이 알을 낳을 때까지 수컷이 껴안고 있다가 알이 나오면 정액을 뿌려서 수정을 한다. 수정된 알은 분열을 시작한다. 수온에 따라서 약간씩 차이가 나지만 2시간 정도 지나면 두 쪽으로 갈라지고 5시간 뒤에는 다시 네 쪽이 되며 이렇게 세포분열을 계속하여 약 1주일 정도가 지나면 올챙이가 되어 나온다.

그 동안 알에서 깨어난 새끼들은 젤리 같은 우무질을 먹으면서 자란다. 이 모든 과정들이 물이 없으면 안되기 때문에 개구리는 물에 알을 낳아야 하는 것이다.



▲ 우무질에 싸여 있는 개구리알

12. 뱀은 주변 환경의 변화를 어떻게 느끼나요?

뱀은 귓구멍도 고막도 없으며 청각이 둔한데 어떻게 민감하게 움직이는 걸까? 뱀은 땅 위로 전달되는 진동에 매우 민감하다. 그리고 야콥슨 기관(뱀의 입천장 앞쪽에 있는 화학물질 감지기관)이 발달하여 후각이 예민하며, 여기에 뱀 특유의 혀에 의한 후각작용이 더해진다. 공중에 떠도는 냄새의 미립자를 끝이 둘로 갈라진 혀를 날름거리면서 야콥슨 기관까지 운반하여 사냥해야 할 먹이와 적의 존재를 알아차린다.

또 뱀의 혀는 공기의 진동 · 흐름 · 온도차 등도 감지하는 능력이 있어서, 자주 혀를 날름거리면서 행동을 하거나 먹이에 접근한다.

뱀의 눈은 눈꺼풀 대신 투명한 비늘로 덮여 있어, 항상 뜨고 있다. 머리 옆부분에 위치하기 때문에 입체적인 시각을 갖지 못해 시력이 나쁘지만 가까운 거리에서 움직이는 것은 잘 본다. 또한 뱀은 적외선을 볼 수 있어 옷 안의 피부까지 볼 수 있으며, 어두운 곳에서도 동물들을 쉽게 찾을 수 있다.

13. 타조는 왜 날 수 없나요?

타조가 왜 날 수 없는지에 대해 여러 가지 가설이 있었으나, 현존하는 조류 가운데 가장 큰 타조는 조상 역시 날지 못하는 새였다는 주장이 많았다. 그러나 이와는 달리 또 다른 연구에 따르면 타조는 날 수가 있었지만 가장 위협적인 천적인 공룡이 사라졌기 때문에 날 필요가 없게 됐다고 한다.

이전에는 타조의 조상은 원래 날지 못하는 새였다고 알고 있었으며, 타조와 같이 날지 못하는 새들은 처음부터 날지 못하는 조상으로부터 나온 것이라고 알려져 있었다.

하지만 호주국립대학교 연구에 따르면, 날 수 있었던 이 새들은 6500만 년 전 공룡의 대 멸종 이후 날기보다는 걷기를 선택하게 되었다고 한다. 먹을 것은 넘쳤고, 그러나 천적은 사라졌기 때문이다.

아프리카의 타조, 호주의 에뮤, 남미의 레아, 그리고 뉴질랜드의 모아 등이 공룡의 멸종과 더불어 날지 못하게 되었다는 것이 DNA를 통해 연대를 추정하는 연구를 통해 밝혀졌다.

14. 박쥐는 왜 어두운 곳에서만 사나요?

박쥐는 낮에 돌아다니는 경우도 있으나 대부분 야행성 동물이며 색맹이다. 하지만 박쥐는 어두운 곳에서도 먹이를 잘 잡아먹는다.

박쥐는 비공 주위에 비엽이라고 하는 일종의 얇은 피부 주름이 잘 발달되어 있는데, 이 부분을 통해 자신이 발사하는 초음파를 이용하여 곤충을 잡는 역할을 한다. 이 때 박쥐는 고도로 발달된 귀를 통해 물체로부터 반사되는 파장의 소리를 듣고 먹이의 위치를 파악할 수 있는 것이다.

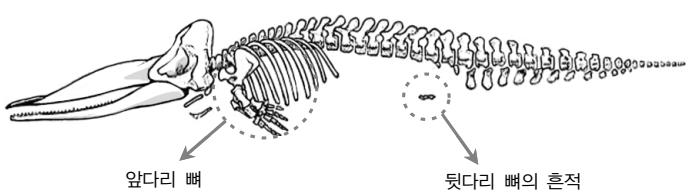


▲ 박쥐

15. 몸집이 큰 고래는 물개와 달리 육지에 올라오면 죽는다고 하는데 그 이유는 무엇일까요?

고래의 피부는 털이나 땀샘이 없으며 햇빛을 받으면 체온이 쉽게 올라가기 때문에 물속이 아닌 지상에 있을 경우 햇빛에 의해 체온이 올라가 죽을 수도 있다.

포유동물인 고래는 폐로 숨쉬는 동물이다. 하지만 생김새는 수중생활에 적응하기 쉽도록 뒷발이 퇴화되어 표면에 나타나지 않으며, 앞발은 가슴지느러미로 진화하였다. 고래는 거센 바다의 조류 속에서 헤엄을 치기위해 목이 짧고 굵게 발달하였다. 그리고 바다 속으로 깊이 들어갈 때 가슴을 부풀려 많은 공기를 들이마실 수 있도록 거대한 덩치에 비해 갈비뼈는 길고 가늘며 작은 가슴뼈를 가졌다. 하지만 이러한 고래의 몸 구조 때문에 고래가 해변에 올라오면 연약한 갈비뼈가 몸무게를 지탱하지 못해 죽게 되는 것이다.



▲ 큰 몸집에 비해 작은 갈비뼈를 가진 고래의 뼈 구조

16. 토끼가 자신의 똥을 먹는 이유는 무엇일까요?

'자신의 똥을 먹는다'라고 말하면, 대부분의 사람은 깜짝 놀랄 것이다. 하지만 토끼나 쥐에는 대변을 먹는 종류가 많이 있다. 말조차도 단백질이 적은 먹이만 주면 대변을 먹는다.

대변에는 대장 내의 세균이 많이 들어가 있으며, 세균 몸의 주성분은 단백질이기 때문에, 대변은 '고단백질 식품'이라고 볼 수 있다. 따라서 풀과 같이 단백질이 적은 먹이만 먹으면서 살고 있는 토끼 같은 동물들에게 대변을 먹는 것은 단백질을 섭취할 수 있는 매우 효과적인 방법인 셈이다.

그러나 아무런 대변이나 생기는 대로 먹는 것은 아니다.

'대변을 먹는 것'에 대한 연구가 가장 많이 진행되고 있는 동물인 토끼의 경우, 일본의 간다 쯔 교수의 연구에 따르면 하루 시간대에 따라 성분이 다른 두 종류의 대변을 만든다고 한다. 토끼의 대변은 보통은 부슬부슬한데 토끼는 이 대변은 먹지 않고, 오전 중에 보는 부드럽고 조금 큰 대변을 먹는다. 오전 중에 보는 이 대변의 성분을 분석해 보면, 대변이 되기 전의 맹장의 내용물과 똑같기 때문에, '맹장변'이라고 불린다.

맹장변은 매우 냄새가 나고 끈적끈적한데, 토끼는 이 맹장변을 매우 좋아해서 자기의 엉덩이에 얼굴을 대고 맹장변이 나오는 것을 기다리고 있다가 변이 나오는 동시에 덥석 먹어 버린다. 그러므로 토끼를 기르고 있다 하더라도 그렇게 쉽게 맹장변을 볼 수는 없다.

17. 곰은 긴 겨울잠을 잘 때 한 번도 안 깨나요?

곰, 고슴도치, 겨울잠쥐 등은 겨울나기를 하는 동물이다.

이 중에서 고슴도치와 겨울잠쥐는 겨울 내내 잠을 자는 동물이다.

반면 곰은 겨울 내내 잠을 자지 않는다. 겨울나기를 하는 동물은 에너지 소모를 줄이고 추위를 피하기 위해 겨울이 다가오기 전에 체내에 모아 두었던 지방층에서 영양분을 공급받으며 간혹 잠을 자기도 하지만 때때로 먹이를 먹기 위해 돌아다니기도 한다.

18. 포유동물은 왜 털갈이를 할까요?

사람의 체온은 36.5도를 항상 유지한다. 유지가 되지 않으면 이상이 있는 것이며, 2도씨만 높아져도 고열이고 2도씨만 낮아져도 저체온이다. 따라서 체온을 유지하기 위해 계절에 따라 적합한 옷을 골라 입게 되는 것이다.

이와 같이 포유동물들은 항상 체온을 일정하게 유지해야 한다. 동물이 털갈이를 하는 것도 이 때문인데 추워서 보온을 하려고 할 때는 굵고 긴 털이 생기며, 따뜻한 계절이 돌아오면 얇고 가는 털로 바꿔서 더운 날씨에 체온이 빨리 내려가는 것을 도와준다.

야생동물의 경우 겨울맞이 털갈이를 더 뚜렷하게 한다. 겨울이 다가 올 때 살 던 곳을 떠나지 않고 털갈이를 하는 경우, 털갈이를 하여 겨울동안 지낼 수 있도록 털이 난다. 이 때 난 털은 여름철에 난 털에 비하여 길고, 색깔이 어두운 색인 경우가 많이 있으며, 솜털도 빽빽하게 자라나서 보온력은 여름철에 난 털보다 월등하게 좋다.

사슴의 경우 여름에 나는 백색 반점이 사라지고 전체가 암갈색이 된다. 족제비나 흰족제비는 꼬리 부위의 흑색부위를 제외하고는 순백색으로 변하며 눈토끼나 산토끼의 경우는 귀 끝을 제외하고는 온몸의 털이 순백색으로 변한다.

19. 동족을 잡아먹는 동물과 그 이유는 무엇일까요?

동족끼리 잡아먹는 동물에는 쥐나 토끼 외에 고양이도 해당이 된다. 자라의 경우에도 동족끼리 잡아먹는 것으로 알려져 있다. 거미나 사마귀의 경우, 교배 후에 도망치지 못한 수컷을 암컷이 잡아먹곤 한다. 그 외 각종 어류가 자신과 동족의 새끼를 잡아먹기도 한다. 새의 경우에도 스트레스를 많이 받으면 자신의 알이 부화하기 전에 깨어 먹는 경우가 있다.

이처럼 동족을 잡아먹는 경우 먹이 부족의 이유도 있지만 스트레스를 받거나 필요가 없어질 경우 잡아먹기도 한다.

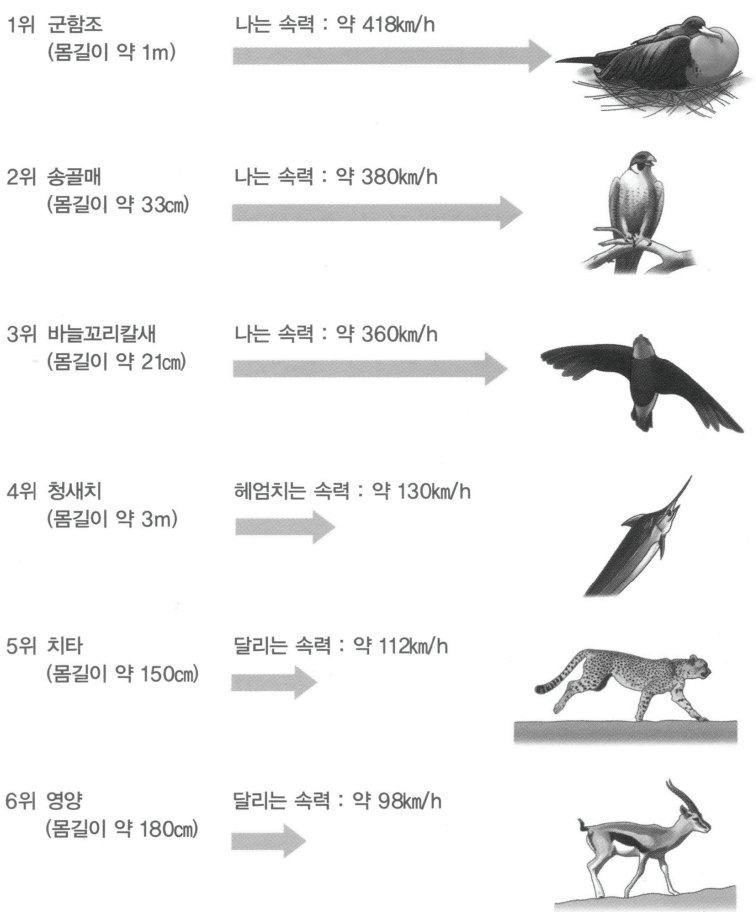
개미도 같은 공동체가 아니라면 같은 종의 개미라도 서로를 적으로 여기거나 식량으로 취급한다. 귀뚜라미나 베짱이, 개구리도 서로를 잡아먹을 수 있다.

20. 가장 빠른, 가장 무거운, 가장 오래 사는 동물은 무엇일까요?

가장 빠른 동물은 군함조로 나는 속력이 약 418km/h이다. 땅 위에서 달리는 동물 중에서는 치타가 약 112km/h로 가장 빨리 달린다.

지구상에서 제일 커다란 포유류는 흰긴수염고래이다. 이 고래의 몸은 길이가 약 32m이며, 무게는 코끼리 30마리에 해당되는 약 150톤이다. 하루에 먹는 식사량도 엄청나서 약 2톤 이상이나 된다.

가장 오래 사는 동물로 깊은 바다에서 사는 무척추동물의 일종인 포고노포라를 들 수 있다. 자그마치 그 수명이 20만 년으로 아직까지 누구도 깨지 못한 장수 기록을 갖고 있다. 이에 비해 육지에서 오래 산다는 육지거북은 200년까지 살 수 있다.



▲ 가장 빠른 동물 1~6위



권은비, 황주선(2009). 선생님도 놀란 초등과학 뒤집기. 성우

라루스(2001). 라루스 어린이 과학백과4-세계의 자연. 베텔스만 코리아

사카타 타카시(2008). 대장X파일. 신영준 역. 아카데미 서적

킹피셔 과학백과사전 편찬위원회(2004). 킹피셔 과학백과사전2-생물. 물구나무

황신영(2008). 린네가 들려주는 분류 이야기. 자음과 모음

Colleen Belk, Virginia Borden Maier(2011). 생활 속의 생명과학(3). 김재근, 안정선, 안태인, 이병재, 정학성 역. 바이오사이언스

Reece, Taylor, Simon, Dickey(2011). Campbell Biology- Concept & Connections. Pearson

MEMO



2

지도서에 나오지 않는 과학이야기

지층과 화석



Ⅰ. 단원의 주안점 126

Ⅱ. 기본 개념 127

1. 지층의 개념 127
2. 지층이 만들어지는 과정 128
3. 지층을 이루는 물질 129
4. 지층을 변화시키는 지구 내부의 힘 130
5. 습곡의 다양한 모습 131
6. 단층의 구조 132
7. 퇴적물의 정의 133
8. 퇴적암이 만들어지는 과정 134
9. 퇴적암의 종류 135
10. 화산 활동으로 생긴 퇴적암 136
11. 석탄과 석유 137
12. 몸체 화석이 만들어지는 과정 138
13. 흔적 화석이 만들어지는 과정 139
14. 표준화석과 시상화석 140
15. 지질 시대의 구분 141
16. 지층 형성 시기(지층 연대)를 알아내는 방법 142

Ⅲ. 질문 있어요 143

1. 암석으로 쌓은 탑이나 성곽도 지층인가요? 143
2. 역암은 자갈로만 만들어졌나요? 143
3. 지층 속에는 퇴적암만 들어 있나요? 144
4. 변성암에 있는 줄무늬도 층리인가요? 144
5. 삼엽충은 어떤 구조를 갖고 있나요? 145
6. 화석의 색깔을 보면 생물체의 색깔을 알 수 있나요? 146
7. 규화목은 나무인가요? 화석인가요? 146
8. 역사 속의 화석 발견 이야기에는 어떤 것이 있나요? 147

I

단원의 주안점

핵심 개념

- 지층, 층, 층리
- 습곡, 단층
- 상반, 하반
- 정단층, 역단층
- 퇴적물, 퇴적암
- 화석
- 몸체화석, 흔적화석
- 표준화석, 시상화석
- 지질시대
- 속성작용

HISTORY

- 7차 교육과정에서 4학년 2학기 3단원 '지층을 찾아서', 4단원 '화석을 찾아서'로 분리되어 있던 내용이 2007 개정교육과정부터 다시 '지층과 화석' 단원으로 합해졌다.

지도 수준

- 지층을 관찰하여 지층의 특성과 다양성, 형성 과정, 지층이 쌓인 순서를 알게 한다.
- 퇴적암의 생성 과정에 따른 특징을 이해하고 이에 따라 분류할 수 있게 한다.
- 실제로 화석을 발굴하는 활동을 실행하기 어려우므로 여러 가지 화석 표본을 관찰하고, 화석이 만들어지는 과정, 화석을 통하여 무엇을 알 수 있는지를 알게 한다.

학생들의 어려움

- 퇴적물이 아닌 암석이 쌓여 지층이 된다고 생각하는 경우가 있다.
- 단층을 관찰할 때 상반과 하반에 대한 이해가 부족하여 구분하지 못하는 경우가 있다.
- 퇴적물이 쌓인 것으로만 자연스럽게 퇴적암으로 굳어진다고 생각하는 경우가 있다.
- 오래된 생물뿐 아니라 오래된 물건(유물)도 암석으로 되어 있다면 화석이라고 생각하는 경우가 있다.



Ⅱ

기본 개념

1. 지층의 개념

교과서에서는 '자갈, 모래, 진흙 등이 지표에 쌓여 층을 이루고 있는 것이 지층'이라고 설명하고 있다. 만약 삽으로 땅을 팠을 때 흙이 쌓여 층을 이루고 있으면 이것을 지층이라고 할 수 있을까?

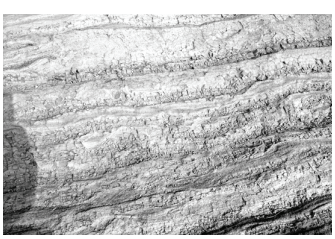
자갈, 모래, 진흙 등이 지표에 쌓여 층을 이루고 있는 것만으로 지층이라고 할 수는 없다.

지층이란, 자갈, 모래, 진흙 등의 퇴적물이 수평한 모양으로 종류별로 각각 층을 지어 쌓이고, 이것이 굳어져 각각의 퇴적암이 되며, 이렇게 만들어진 퇴적암 층의 연속을 뜻한다.

지층을 이루는 각 단위 퇴적암을 '층'(bed)이라고 하는데, 같은 층은 주로 같은 재료로 동시에 만들어져 있다.

이런 각각의 단위층이 반복되는 모양으로 쌓여있는 것을 '층리구조'(bedding)라고 하는데, 교과서에서는 이를 '지층에 나타난 나란한 줄무늬' 라고 설명하고 있다. 교과서에서처럼 지층에서 관찰할 수 있는 줄무늬 자체를 층리라고 보아도 되지만, 넓은 의미로 볼 땐 층리는 서로 다른 퇴적암층이 겹겹이 쌓인 '구조'를 이르는 말이다. 이 때, 면을 맞대고 쌓인 지층에서 마주하고 있는 각각의 평평한 면을 '층리면'(bedding plane)이라고 한다.

층리는 특히 쇄설성 퇴적암에 의한 지층에서 잘 관찰된다. 층리에는 다른 특성을 가진 층들이 반복되어 나타나는 반복층리, 경사를 가지고 쌓인 사층리, 입자들이 그 크기에 따라 위로 갈수록 가는 입자들이 쌓이는 점이층리 등이 있다.



▲ 반복층리



▲ 사층리



▲ 점이층리

2. 지층이 만들어지는 과정

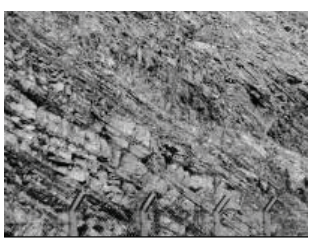
교과서에서는 지층이 만들어지는 과정을 학습하기 위해 식빵과 잼을 퇴적물로 가정하여 쌓아보는 모형실험을 한다. 그러나 이 모형실험에서 식빵은 고체상태의 물질이고 잼은 액체상태의 물질이기 때문에 학생들은 실제 지층도 이와 같이 고체와 액체상태의 물질이 번갈아 쌓이면서 만들어진다고 생각하는 경우가 있다. 지층은 실제로는 어떤 과정으로 만들어질까?

지층을 구성하는 퇴적암의 재료인 퇴적물(자갈, 모래, 진흙 등)이 침식-운반의 과정을 거쳐 강이나 바다 밑에 쌓인 후 굳어져서 암석으로 변하여 지층이 만들어진다. 일반적으로 지층은 여러 개의 층이 수평으로 쌓여 평행한 모양의 층리를 이루고 있으며, 층을 이루고 있는 알갱이의 크기와 색깔, 모양, 두께, 종류는 각 층마다 적어도 한 가지 이상이 서로 다르게 나타난다. 이렇게 수평으로 형성된 지층이 때로는 기울어지기도 하지만 이것은 처음부터 비스듬히 퇴적된 사층리와는 다르다.

지층은 강이나 바닷가의 절벽, 도로 공사로 산이나 언덕을 깎아 길을 만든 곳에서 볼 수 있는데 이런 장소를 노두(露頭)라고 한다.



▲ 수평한 지층



▲ 기울어진 지층

지층에 대한 연구 분야를 층서학(stratigraphy)이라고 하는데, 층서학에서는 지층이 형성되는데 다음의 두 가지 주요 원리를 기본으로 한다고 설명하고 있다.

- 지층 수평의 원리 : 각각의 새로운 층은 먼저 쌓인 층 위에 수평으로 쌓인다. 그러므로 지층은 일반적으로 처음에는 수평한 모양을 띤다.
- 지층 누중의 원리 : 퇴적물이 쌓일 때 어떤 퇴적층에서도 층은 아래에서 위의 순서로 쌓인다. 그러므로 처음 형성된 지층에서는 항상 아래의 지층이 위의 것보다 오래된 것이라고 볼 수 있다.

이러한 원리에 따라서 지층은 아래에 있는 층이 맨 먼저, 위쪽 층이 그 다음의 순서로 쌓이게 된다. 각 지층 속의 내용물을 연구하여 시대의 흐름에 따른 환경이나 특징 변화를 알아낼 수 있는데, 이 지층이 지구 내부의 힘에 의해 변동을 받으면 그 순서가 달라질 수 있다.

3. 지층을 이루는 물질

교과서에서는 지층을 설명할 때, 지층을 구성하는 물질보다는 퇴적물이 쌓여 만들어진 층리 구조에 중점을 두고 있다. 이로 인해 학생들은 지층을 이루는 물질이 무엇인지, 지층을 통해 무엇을 알 수 있는지에 관심을 가지지 않는 경우가 있다. 따라서 지층을 설명할 때 지층을 이루는 물질의 종류와 지층이 만들어지는 환경에 따라 지층의 구성과 구조가 어떻게 다른지 안내할 필요가 있다.

자갈을 볼 수 있는 지층

강 상류에 있는 큰 돌이 물에 의해 떠내려 오면서 차츰 부서지고 깎여서 자갈이 되고, 이것이 무게에 의해 먼저 퇴적되면 자갈을 볼 수 있는 지층이 만들어질 수 있다.

이러한 지층이 강의 상류에서 형성되면 크기가 크고 울퉁불퉁하게 모가 난 자갈이 주로 포함되어 있고, 강의 중류나 하류에서 형성되면 상류에 비해 작고 둥근 돌을 많이 볼 수 있다.

모래를 볼 수 있는 지층

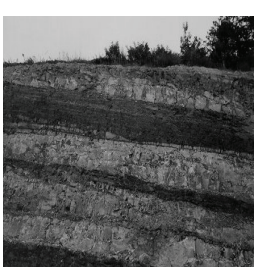
강의 중류나 하류에 있던 모래가 물에 의해 바다까지 떠 내려와 지층을 이루게 된 것이다.

모래로 만들어진 지층은 강의 중류와 하류, 얕은 바닷가에서 주로 형성되며, 바람이 심하게 부는 사막 등에서도 이런 지층이 만들어질 수 있다.

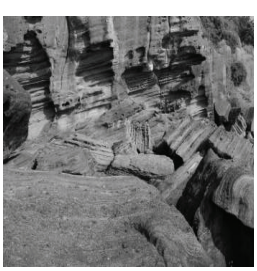
진흙을 볼 수 있는 지층

강의 하류나 바닷가의 갯벌에 있던 진흙이 물이나 바람에 의해 먼 바다 밑이나 낮은 곳까지 떠 내려와 지층을 이루게 된 것이다.

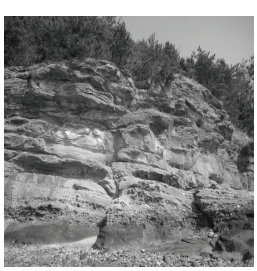
진흙은 알갱이가 매우 작고 가벼우므로 가장 멀리 떠내려가며, 이렇게 만들어진 지층은 강의 하류나 바닷가의 갯벌, 호수 밑에서 만들어질 수 있다.



▲ 자갈을 볼 수 있는 지층



▲ 모래를 볼 수 있는 지층



▲ 세 종류를 모두 볼 수 있는 지층

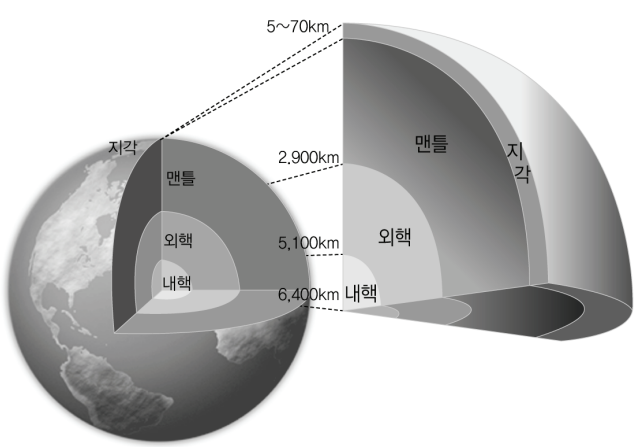
4. 지층을 변화시키는 지구 내부의 힘

교과서에서는 지층 변화를 이해하기 위해 식빵을 쌓아 만든 지층 모형을 휘거나 잘라보는 모형실험을 제시하고 있다. 그러나 학생들은 이러한 모형실험만으로 지층에 작용하는 힘은 과연 무엇이며, 이러한 힘이 딱딱한 암석을 휘어지게 할 수 있는지 궁금해 하는 경우가 있다. 지층을 변화시키는 지구 내부의 힘은 무엇일까?

지층을 변화시키는 지구 내부의 힘은 열과 압력의 차이로 인해 발생한다.

지구 내부의 열에너지는 지구가 형성되었을 때 운석의 충돌 에너지가 열에너지로 전환된 경우와 주로 지구 내부에 포함되어 있는 우라늄이나 토륨 등의 방사성 원소의 붕괴열의 두 가지 원인으로 설명할 수 있다. 이 열에너지에 의해 지각 아래의 맨틀은 깊이가 깊어질수록 온도가 점점 상승하여 1,000℃~1,500℃까지 높아지며, 이 열에 의해 맨틀의 일부는 대류가 일어날 수 있을 정도의 적은 점성을 가진 부드러운 상태로 변화된다. 맨틀의 대류에 의해 맨틀 상부의 일부 암석권이 여러 가지 힘을 받게 된다.

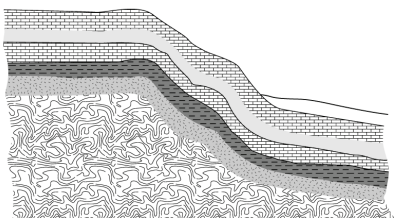
암석층(판)은 맨틀이 대류하는 과정에서 생긴 힘과 압력에 의해 아주 오랜 시간동안 분열과 합체의 과정을 반복하게 되는데, 이것이 지층을 변화시키는 지구내부의 힘이다.



▲ 지구의 내부 구조

5. 습곡의 다양한 모습

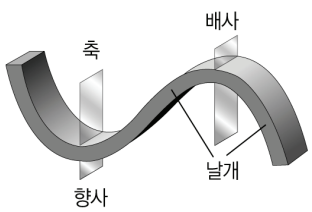
교과서에서는 식빵을 쌓아 만든 지층 모형을 휘어보는 모형실험과 습곡이 드러난 사진을 관찰하는 활동을 통해 습곡의 개념과 모습을 탐구하도록 제시하고 있다. 그러나 학생들이 모형실험이나 사진을 통해 습곡에 대한 개념은 이해할 수 있으나 습곡의 다양한 모습과 규모에 대하여 상상하기는 쉽지 않다.



▲ 사층리의 모습

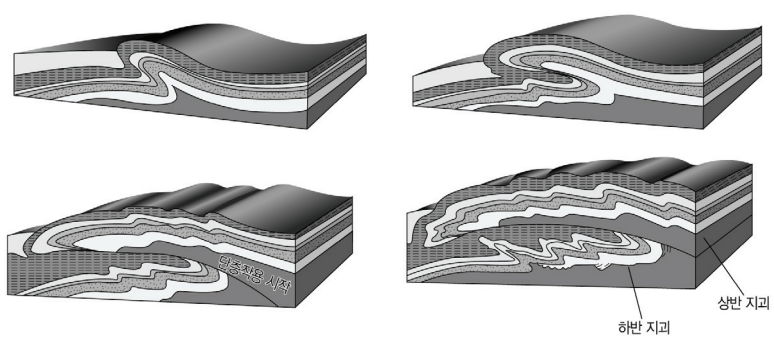
습곡 중에서 가장 단순한 습곡은 처음에 평행하게 퇴적된 지층에서 일부 급경사 모양으로 관찰되는 단사(monocline)인데, 여러 색깔의 재료가 층층이 쌓여 만들어진 젤리 과자의 일부분이 녹아서 흘러내리는 모양을 상상하면 이와 비슷하다고 볼 수 있다.

대부분의 습곡은 단사보다는 훨씬 복잡한 구조로 이루어지는데, 물결모양 습곡의 아치 형태에서 위로 볼록한 부분을 배사(anticline)라고 하고 가장 높은 부분에서 수직으로 자른 가상의 선을 배사의 축이라고 한다. 아래로 오목한 부분을 향사(syncline)라고 하고 가장 낮은 부분의 가상의 선을 향사의 축이라고 한다. 배사와 향사는 흔히 번갈아 관찰되는데, 일부분만 관찰될 때에는 주변 지층의 모양을 잘 살펴서 판단해야 한다.



▲ 습곡의 구조

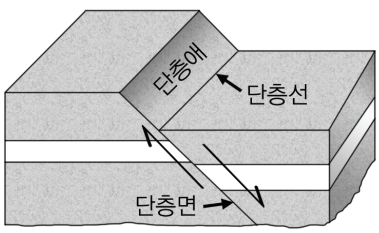
드물게 습곡의 배사가 극심하게 볼록하고 향사가 극심하게 낮아져서 배사가 향사의 위로 이불 덮듯이 겹쳐지는 모양의 습곡을 관찰할 수 있는데 이런 습곡을 횡와습곡(recumbent fold : 누워있는 접힘이라는 뜻)이라고 부른다.



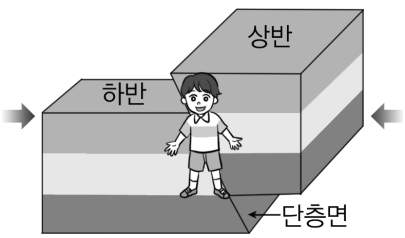
▲ 횡와습곡이 형성되는 과정

6. 단층의 구조

교과서에서는 지층이 힘을 받아 위아래로 어긋나서 한쪽은 올라가고 한쪽은 내려가는 것을 단층이라고 설명하고 있다. 그러나 단층의 구조는 복잡하여 언제나 한쪽이 올라가고 다른 한쪽이 내려가는 모양으로만 이루어지지는 않는다. 단층의 구조는 어떻게 구분할 수 있을까?



▲ 단층의 구조



▲ 상반과 하반의 구분

외부의 힘에 의해 단층이 발생되면 두 개의 지반으로 나뉘는데 이때 두 지반의 잘라진 면을 단층면이라고 하고, 지표면과 단층면이 만나는 선을 단층선이라고 한다. 단층이 일어나서 생긴 급한 경사면을 단층애라고 하는데, 단층애는 형성 직후부터 침식을 받기 때문에 직접 급경사를 이루고 있는 경우가 많지는 않다.

정단층이나 역단층처럼 지층이 끊어진 부분의 경사 앞에 사람이 서 있다고 가정할 때, 머리 위에 해당하는 부분을 '상반'(hanging wall block)이라고 부르고, 발아래에 있는 부분을 '하반'(footwall block)이라고 부른다.

상반과 하반의 위치를 살펴보면 단층의 종류를 알아볼 수 있는데, 층리구조로 형성된 지층이 경사를 따라 끊어진 후 양쪽에서 당기는 힘에 의해 이동한 단층을 정단층(normal faults)이라고 한다. 이 경우 상반보다 하반이 위로 솟아 있다.

경사를 따라 끊어진 지층이 양쪽에서 미는 힘에 의해 이동한 단층을 역단층(reverse faults)이라 하고 이 경우 하반보다 상반이 위로 솟아 있다.

경사가 지층에 수직인 경우를 수직단층(vertical faults), 어느 한쪽이 다른 한쪽과 평행한 모양으로 비껴 이동한 단층을 주향이동단층(strike-slip faults)이라고 한다.

수직단층이나 주향이동단층에서는 상반과 하반을 구분하지 않는다.

7. 퇴적물의 정의

교과서에서는 퇴적물의 정의를 물이나 바람으로 부서진 자갈, 모래 진흙 등이 운반되어 쌓인 것이라고 설명하고 있다. 이로 인해 학생들은 퇴적물이 암석 조각이나 광물로만 이루어져 있다고 생각하는 경우가 있다. 하지만 다른 방법으로 쌓인 퇴적물에 의해 만들어진 석회암 등을 설명하기 위해 다른 퇴적물에 대해서도 알 필요가 있다. 퇴적물의 종류에는 어떤 것들이 있을까?

퇴적물은 만들어진 방법이나 조성에 따라 쇄설성 퇴적물, 화학적 퇴적물, 유기적 퇴적물 등으로 나눌 수 있다.

쇄설성 퇴적물

부서진 암석 조각이나 광물로 이루어진 퇴적물로서 하나하나의 입자를 부르는 이름은 쇄설물이다. 쇄설물은 그 굵기에 따라 자갈, 모래, 잔모래(실트), 진흙(점토)의 4가지로 나눌 수 있으며 자갈은 거력, 왕자갈, 잔자갈 등으로 다시 분류할 수 있다.

화학적 퇴적물

대부분의 퇴적물은 고체 상태로 운반되어 온 쇄설물이지만 쇄설성 입자를 전혀 포함하지 않은 퇴적물도 있다. 이런 퇴적물은 물에 녹아 수용액 상태로 운반된 후 화학적으로 침전된 것이다.

화학적 퇴적물은 생화학적 작용을 통한 퇴적으로 바닷물 속에 사는 미세한 식물 플랑크톤이 주변 바닷물의 산도를 낮추어 탄산칼슘을 침전시킨 경우를 예로 들 수 있다.

또 한 가지는 무기적 작용의 결과로 생성되는 방법인데, 온천수가 식을 때 단백석이나 방해석을 침전시키는 경우나 바닷물이 증발하여 물속에 녹아있던 물질들이 농축되어 염(鹽)들이 화학적 퇴적물로서 침전되는 경우이다.

유기적 퇴적물

생물이 죽은 후 그 잔해, 특히 골격들의 잔해들로 구성된 퇴적물을 유기적 퇴적물이라 한다. 어떤 퇴적물의 대부분이 이런 화석의 조각들로 구성되어 있을 때 이를 유기적 퇴적물이라 한다.

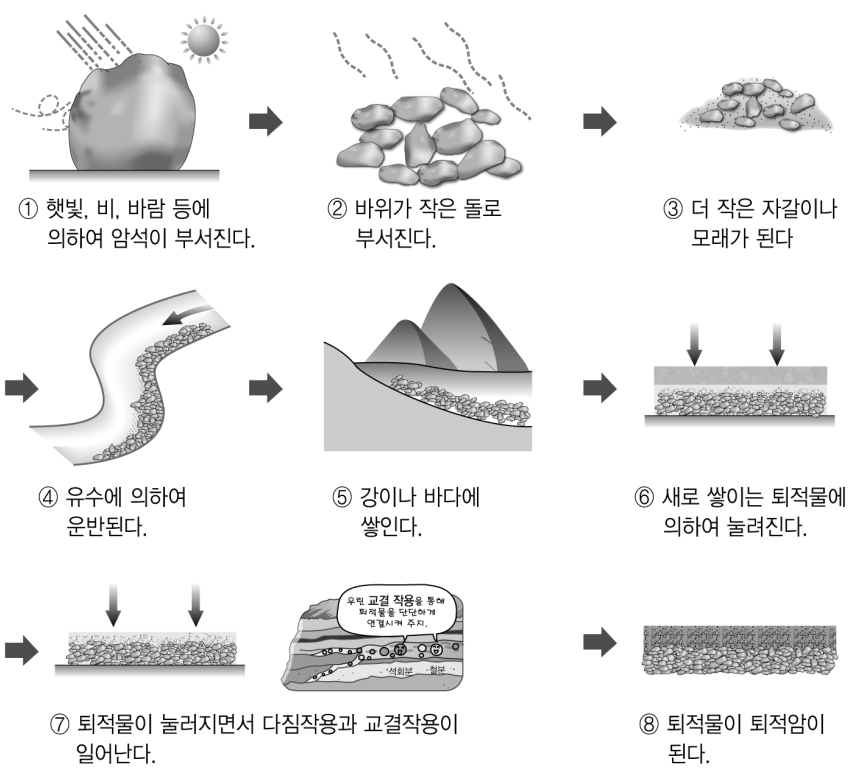
유기적 퇴적물 중 해양 생물의 단단한 껍질이나 골격 조각 등은 화학적 작용을 거쳐 석회암의 재료가 된다. 또한, 이끼, 잎, 가지, 뿌리, 줄기 등의 식물 조각이 쌓인 뒤 압력을 받아 석탄이 되는 과정도 유기적 퇴적물의 결과라 할 수 있다.

8. 퇴적암이 만들어지는 과정

교과서에서는 퇴적물의 정의를 오랜 시간 단단하게 쌓이고 굳어져서 만들어진 암석이라고 제시하고 있다. 학생들은 퇴적물이 오랫동안 쌓여 있기만 하면 자연스럽게 굳어진다고 생각하는 경우가 있다. 하지만 퇴적물이 퇴적암이 되기 위해서는 쌓이기만 하는 게 아니라 이른바 '속성작용'을 거쳐 암석으로 만들어진다.

속성작용은 다짐작용과 교결작용으로 이루어진다. 다짐작용이란 쌓인 퇴적물의 무게 때문에 퇴적물 입자들 간에 힘이 가해져 입자와 입자 사이의 공간인 공극(空隙)이 줄어드는 것이다. 이때 공극을 채우고 있던 물(공극수)이 퇴적물 밖으로 나오게 된다. 교결작용이란, 공극수에 용해된 탄산칼슘 성분이나 규산, 석회분, 철분 등의 물질이 입자 사이의 공간에 침전하여 입자들을 엉겨 붙게 하는 작용을 말한다.

이와 같이, 다져지고 엉겨 붙어서 속성작용을 거치게 되면 퇴적암이 형성되는 것이다.



9. 퇴적암의 종류

교과서에서는 퇴적물의 정의를 물이나 바람으로 부서진 자갈, 모래 진흙 등이 운반되어 쌓인 것이라고 설명하고 있다. 이로 인해 학생들은 퇴적암이 암석 조각이나 광물로만 이루어져 있다고 생각하는 경우가 있다. 하지만 암석 조각이나 광물 이외의 다른 것으로 만들어진 퇴적암도 있다. 퇴적암에는 어떤 종류가 있을까?

퇴적암은 암석이 되기 전의 재료인 퇴적물의 종류나 암석이 되는 과정의 차이에 따라 쇄설성 퇴적암, 화학적 퇴적암, 유기적 퇴적암으로 나눌 수 있다.

쇄설성 퇴적암

풍화와 침식에 의해 생긴 암석 입자들이 처음부터 끝까지 고체로 유지되다가 퇴적된 물질로 이루어진 암석이다. 역암, 사암, 미사암, 이암 등이 있다.

화학적 퇴적암

유기물이나 무기물의 광물질이 용액 속에 녹아 있다가 침전되어 만들어진 암석이다.

이런 암석의 대부분은 한 성분의 광물로만 구성되는데 가장 흔한 화학적 퇴적암으로 바닷물이나 호수물의 증발에 의해 만들어진 암염이 있다. 처트는 미세한 석영 결정들로 구성된 극히 치밀한 퇴적암으로, 패각상(조개 껍질 모양)으로 깨지는 특징을 갖고 있어 원시인들의 공구 제작에 유용하게 쓰였다.



▲ 암염



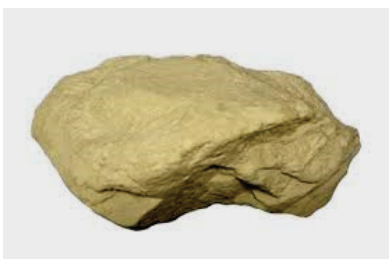
▲ 처트

유기적 퇴적암

생물로부터 시작된 퇴적물이나 높은 유기물 함량을 가진 퇴적물이 굳어져 만들어진 암석이다. 유기물에 의한 퇴적암으로는 산호초 내에 서식하는 산호나 해조류의 생화학적 작용으로 방해석의 침전에 의하여 형성되는 석회암이 있고, 그 밖에 규조토, 석탄 등이 있다.



▲ 석회암



▲ 규조토

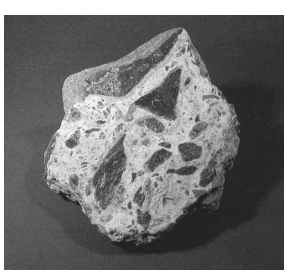
10. 화산 활동으로 생긴 퇴적암

교과서에서는 화산 활동으로 마그마나 용암이 식어서 만들어진 암석을 화성암이라 제시하고 있다. 이로 인해 학생들은 화산 활동으로 만들어진 암석이면 모두 화성암이라고 생각하는 경우가 있다. 그러나 화산 활동의 결과로 퇴적암이 만들어지기도 한다.

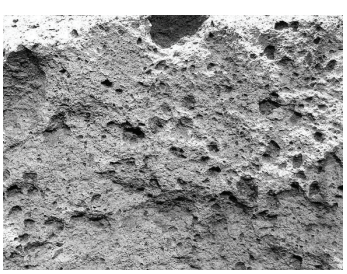
화산 활동의 결과로 생성된 쇄설물인 화산재, 화산자갈, 화산탄 등이 퇴적되어 암석이 된 것도 있는데 이를 '화산쇄설암'이라고 한다. 화산쇄설암은 화산탄 크기의 암석들이 퇴적되어 만들어진 집괴암, 화산자갈이 주로 퇴적되어 만들어진 화산 각력암, 화산재 크기의 알갱이가 주로 퇴적되어 만들어진 응회암 등이 있다.



▲ 집괴암



▲ 화산 각력암



▲ 응회암

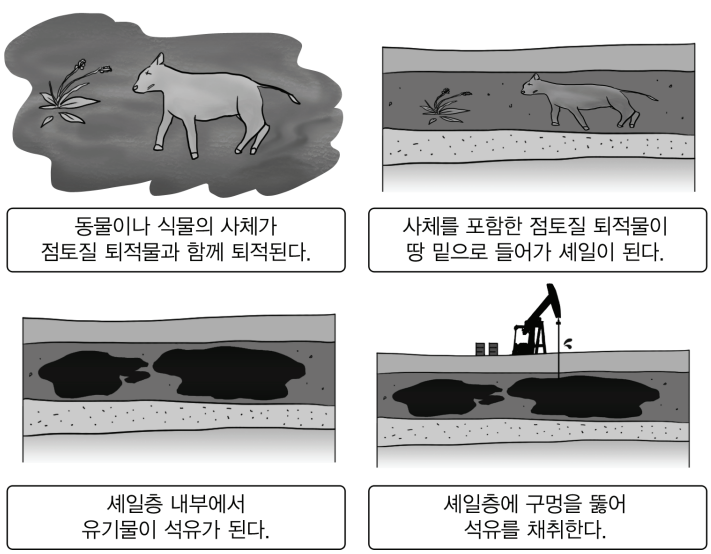
11. 석탄과 석유

교과서에서는 화석이 우리생활에 이용되는 예로 석탄을 소개하고 있으나 석탄이 만들어지는 과정에 대한 설명은 없다. 따라서 중요한 에너지 자원인 석탄과 석유가 만들어진 과정에 대한 안내가 필요하다.

석탄은 주로 다른 퇴적암이 많은 곳에서 볼 수 있는데, 석탄의 조각을 확대해서 관찰하면 육상 실물의 몸체, 껍질, 잎, 뿌리 등이 흔적이 보이기도 한다. 따라서 석탄은 오랜 옛날의 식물이 퇴적되었다가 화학적 변형 과정을 거쳐 만들어진 퇴적암이라는 것을 알 수 있다. 석탄은 토탄(유기물이 완전히 분해되지 못한 석탄)이 속성 작용을 거치면서 갈탄으로 변하여 마지막에는 역청탄이 만들어지는 것인데, 갈탄과 역청탄을 합하여 석탄이라고 부르며, 모두 퇴적암으로 분류할 수 있다.

석유는 땅 속에 묻힌 동물이나 식물의 사체가 지하 깊은 곳에서 오랜 시간동안 열과 압력을 받아서 만들어진다. 주로 바다에 살던 식물성 플랑크톤이나 박테리아가 점토질 퇴적물 내에 축적되었다가 점토 퇴적물이 천천히 셰일로 변하는 과정에서 내부에 축적된 유기물이 석유와 천연가스로 전환된다. 따라서 석유는 주로 셰일층의 내부에서 발견할 수 있다.

그러나 석유는 오랜 기간 동안의 복잡한 퇴적 과정과 지구 내부의 힘에 의한 변형 작용으로 만들어지기 때문에 땅 속에 묻힌 유기물이 모두 석유가 되지 않고 제한된 지역에 집중되어 발견된다.



▲ 석유가 만들어지는 과정

12. 몸체 화석이 만들어지는 과정

몸체 화석이 만들어지기 위해서는 어떤 환경과 조건이 필요할까?

몸체 화석이 만들어지는 방법은 몸체의 원형이 그대로 남거나 암석으로 치환되어 화석이 되는 경우와 몸체가 퇴적물 속에서 분해되어 사라지고 그 빈자리를 자리를 다른 물질이 채워서 화석이 되는 방법이 있다.

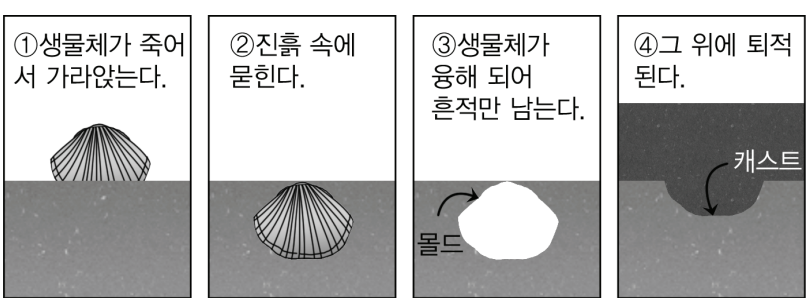
화석이 되려면 생물체의 유해가 암석의 침투를 받아 돌로 변하거나 식물의 목질부가 이산화규소로 치환, 또는 탄화되는 등의 화석화 작용을 받아야 한다.

생물 그 자체와 주위 환경이 다음과 같은 적당한 조건을 갖추고 있으면 몸체 화석이 만들어질 가능성이 높다.

- 지표면에 퇴적층이 형성되어야 한다.
- 생물의 개체수가 많고 넓게 분포되어 있으며 모여 있어야 한다.
- 생물의 유해가 퇴적층에 빨리 매몰되어야 한다.
- 지속적으로 퇴적활동이 일어나는 장소에서 매몰되어야 화석이 안정적으로 형성될 수 있는 압력을 받을 수 있다.
- 생물체에 단단한 부분이 있어야 한다.

동식물의 몸체가 퇴적물 속에 갇혔다가 미생물에 의해 분해되거나 용해되어 만들어진 빈 공간을 몰드(mold)라고 하고, 이 공간을 다른 광물이 채워 만들어진 화석을 캐스트(cast)라고 한다.

주로 지하수에 녹아있던 광물질이 몰드 속에 침전하여 캐스트를 만들게 되는데, 이 때 몰드가 뒤집어진 모양으로 화석이 만들어지므로 원래 생물의 모습이 원형에 가깝게 복원되게 된다.



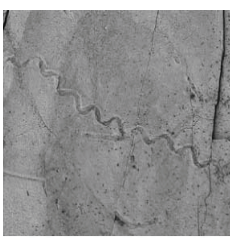
▲ 몰드와 캐스트의 형성 과정

13. 흔적 화석이 만들어지는 과정

학생들은 동식물의 몸체로 만들어진 것만 화석이라고 생각하고 발자국 등의 흔적으로 만들어진 것은 화석이 아니라고 생각하는 경우가 있다. 그러므로 흔적으로 화석이 만들어지는 과정을 자세히 안내할 필요가 있다.

흔적화석(trace fossil)이란 퇴적물이 쌓인 부드러운 표면을 동물이 움직인 흔적이 굳어서 화석으로 남은 것을 말한다.

벌레나 연체동물이 기어 다닌 자국이나 공룡의 발자국 등이 대표적인 흔적화석인데, 동물의 배설물이 화석으로 만들어진 것도 흔적화석이라고 할 수 있다.



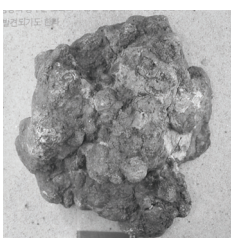
▲ 연체동물 자국



▲ 새 발자국

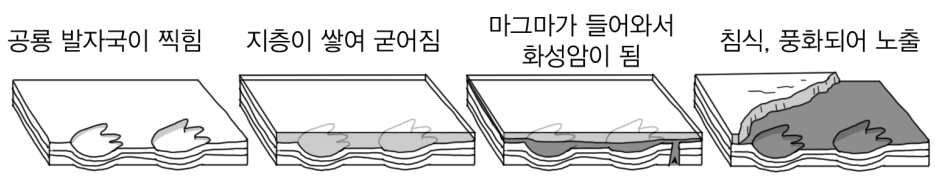


▲ 초식공룡의 똥



▲ 육식공룡의 똥

흔적화석이 만들어지는 과정을 살펴보면 다음과 같다.



▲ 공룡 발자국 화석이 만들어지는 과정

생물이 살던 장소나 기어 다닌 흔적 등으로 된 흔적화석은 생물의 서식 환경이나 생활양식을 알려준다. 발자국 흔적화석을 통해 생물의 몸체의 크기, 운동 방법 등을 추정할 수 있다. 동물의 배설물로 만들어진 흔적화석은 동물의 식생을 알려주며, 그 동물이 살았던 당시의 다른 생물을 연구하는 자료가 되기도 한다.

14. 표준화석과 시상화석

화석을 연구하면 옛날에 살고 있었던 생물이나 그 생물이 살았던 시대와 환경에 대해 알 수 있으며, 그 대표적인 예로 표준화석과 시상화석이 있다.

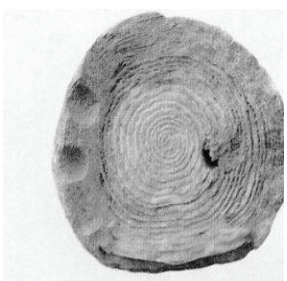
표준화석이란, 일정한 지층에서 발견되어 그 지층이 형성된 지질시대를 짐작할 수 있게 하는 화석을 말한다. 표준화석이 되기 위해서는 넓게 분포한 생물이어야 하고, 생물의 진화 속도가 빨라야 한다. 대표적인 표준화석으로는 고생대의 삼엽충, 중생대의 암모나이트와 공룡, 신생대의 화폐석, 매머드 등이 있다.



▲ 삼엽충



▲ 암모나이트



▲ 화폐석

시상화석이란, 특정한 환경에서 살았던 생물의 화석을 말한다. 시상화석을 통해 생물이 살았던 지질시대의 생태학적 환경을 짐작할 수 있다. 대표적인 시상화석으로는 고사리, 산호 등이 있다. 특히 산호는 수온이 18℃~25℃ 정도의 따뜻하고 얕은 바다에서 살고 있으므로, 어떤 지층에서 산호의 화석이 발견된다면 그곳은 예전에 따뜻하고 얕은 바다였음을 알 수 있다.



▲ 산호가 살았던 장소



▲ 화석이 된 산호

15. 지질 시대의 구분

교과서에서는 퇴적암, 지층, 화석이 만들어진 과정을 설명할 때 지질시대라는 용어를 사용하고 있으나 지질시대에 대한 자세한 안내나 활동이 별도로 제시되어있지 않다. 이로 인해 학생들은 지질시대에 대한 이해가 부족하고 한 지질시대가 얼마나 긴 시간인지 느끼지 못하는 경우가 있다. 지질 시대는 어떻게 구분할까? 지질시대의 기간은 어느 정도일까?

지질 시대는 지구가 탄생한 이후부터 빙하기를 이겨낸 인류가 문명을 시작하게 되는 약 1만 년 전까지를 이르는 말이다. 이러한 지질 시대는 시간 단위에 따라 이언(eon), 대(era), 기(period), 세(epoch) 그리고 절(age) 등으로 나눈다.

▲ 지질 시대에 따른 주요 환경과 생물

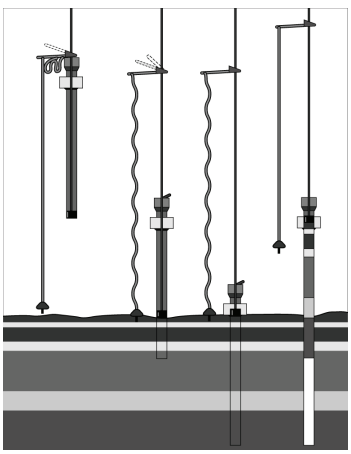
대(era)	기(period)	연대	주요 환경과 생물
선캄브리아대	(구분하지 않음)	46억 년 전 ~ 5억 4천 3백만 년 전	
고생대	캄브리아기	4억 9천만 년 전	지구의 대부분이 바다 삼엽충 번성
	오르도비스기	4억 4천 3백만 년 전	
	최초의 대멸종		
	실루리아기	4억 1천 7백만 년 전	척추동물(물고기), 육상식물
	데본기	3억 5천 4백만 년 전	
	두 번째 대멸종		
	석탄기	2억 9천만 년 전	상어 번성, 거대 양치식물 숲 (석탄층 형성)
	페름기	2억 4천 8백만 년 전	파충류 출현
세 번째 대멸종 : 바다생물의 90% 멸종, 육지 생물의 80% 멸종, 삼엽충 멸종			
중생대	트라이아스기	2억 6백만 년 전	공룡(파충류)의 시대 속씨식물 출현
	네 번째 대멸종		
	쥐라기	1억 4천 4백만 년 전	
	백악기	6천 5백만 년 전	
다섯 번째 대멸종 : 지구생물 50% 멸종, 거대 파충류(공룡) 멸종			
신생대	제3기	1백 8십만 년 전	열대 지구 포유류의 시대, 최초의 인류 출현
	제4기	1만 년 전	빙하기 지구

한편, 현재부터 선캄브리아대까지 시간의 양을 수직선으로 표현하는 조작활동을 통해 지질시대의 시간을 느껴보게 하는 활동을 하는 것도 좋다.

16. 지층 형성 시기(지층 연대)를 알아내는 방법

지층의 형성 시기를 알아내는 일은 지구의 나이, 역사와 지각 변동의 맥락을 이해하는데 매우 중요한 일이다.

지층의 연대를 비교하는 데는 두 가지 관점이 있는데, 어느 지층이 더 오래되었고 어느 지층이 나중에 만들어졌는지를 나타내는 상대연대(相對年代)와, 지금부터 몇 년 전인가 하는 연수로 나타내는 절대연대(絕對年代)가 있다.



▲ 지층 구성 물질을 채취하는 방법

예를 들면, 연속된 지층의 단면에서 지층의 구성 물질이나 화석 등을 관찰하여 하위층이 상위층보다 오래되었다고 판단하는 것은 상대연대로 측정하는 것이고, 화석이나 암석 자체에 대한 실험적 관찰을 통해 얼마나 오래 전에 만들어졌는지 판단하는 일은 절대연대로 판정하는 것이다.

특히, 절대연대를 측정할 때는 암석 속에 있는 방사성 동위원소를 이용하여 측정하는데 시간이 흐름에 따라 특정 암석 속에 포함된 방사성 동위원소의 양이 절반으로 줄어드는 '반감기(half-life)'를 이용한 것이다.

예를 들어, 우라늄-235의 반감기가 7억년인데, 어떤 암석 속의 방사성 동위원소가 처음에는 10g이었다가 현재 5g이 남았다면 그 지층의 나이는 7억년인 것으로 판단할 수 있다.

연대를 알고자하는 물질이 암석이 아닌 유기물일 경우에는 유기물 속에 포함된 탄소를 이용하는데, 탄소-14의 반감기는 약 5,700년이라고 한다. 이를 '방사성 탄소 연대측정법'이라고 한다.

Ⅲ

질문 있어요

1. 암석으로 쌓은 탑이나 성곽도 지층인가요?

암석으로 쌓은 탑이나 성곽은 지층이 아니다. 그러나 학생들은 암석이 쌓인 '구조'를 보고 암석으로 쌓은 탑이나 성곽도 지층이라고 생각하는 경우가 있다. 그러나 지층은 퇴적물이 수평하게 쌓여 단단하게 굳어지면서 암석으로 변하여 만들어지는 것이기 때문에 처음부터 암석이었던 것이 쌓여있다고 해서 지층이라고 할 수는 없다. 교과서에서는 식빵과 잼을 이용하여 지층 모형실험을 하도록 안내하고 있지만 퇴적물이 암석이 되는 과정이 생략되었다는 점을 안내할 필요가 있다.



▲ 돌탑

〈이미 완성된 암석이 그저 쌓여 있다.〉



▲ 성곽



▲ 지층

〈퇴적물이 쌓인 후 지층이 되었다.〉

2. 역암은 자갈로만 만들어졌나요?

자갈(礫)이 쌓여 굳어진 암석(巖)을 역암(礫巖)이라고 한다. 그러나 역암은 자갈로만 만들어진 것은 아니다.

대부분의 퇴적암은 주로 구성하는 퇴적물이 오랜 기간 동안 열과 압력에 의한 다짐작용과 교결 물질에 의한 교결작용에 의해 암석으로 굳어지게 된다.(속성작용) 역암에서는 모래, 점토나 그 밖의 퇴적물들이 자갈 사이의 빈자리를 메워 속성작용에 의해 굳어지게 되므로 오히려 역암이 자갈로만 이루어졌다고 할 수는 없다.



▲ 역암

3. 지층 속에는 퇴적암만 들어 있나요?

지층 속에는 퇴적암만 있는 것은 아니다. 여러 과정을 통해 퇴적암의 지층에 화성암이 함께 발견되기도 한다.



사진에서는 층리 구조가 잘 보이는 퇴적암 층을 다른 성질의 암석이 가로질러 자리 잡고 있는 것을 볼 수 있다. 이와 같이 퇴적물이 굳어 만들어진 퇴적암 지층이 아직 지구 내부에 있을 때 암석 틈에 마그마가 뚫고 들어가서 화성암으로 굳어지는 일이 일어날 수도 있다. 이와 같은 과정을 '관입'(intrusion)이라고 하고, 지층 사이에 관입하여 만들어진 암석을 '관입암'(intrusive rock)이라고 한다.

관입암은 마그마가 지각 내에서 천천히 냉각되는 심성암으로 화강암, 섬록암, 반려암 등이 있다. 반대로, 지표에서의 분출에 의해 만들어지는 화성암은 분출암(extrusive rock)이라고 하며 유문암, 안산암, 현무암 등이 있다.

4. 변성암에 있는 줄무늬도 층리인가요?

변성암에 있는 줄무늬는 층리가 아니라 엽리라고 한다. 지층을 이루는 암석에서는 꼭 퇴적암이 아니더라도 다양한 줄무늬를 가질 수 있는데, 세일이 변성한 점판암(slate)이나 편암, 석회암이 변성한 대리암 등에서 관찰할 수 있다.

퇴적암에 나타나는 줄무늬는 서로 다른 퇴적물이 층을 이루어 겹겹이 쌓인 모양에서 위층과 아래층을 이루는 퇴적암의 질이 서로 달라서 생기는 것으로 이런 구조를 '층리'라고 부른다.

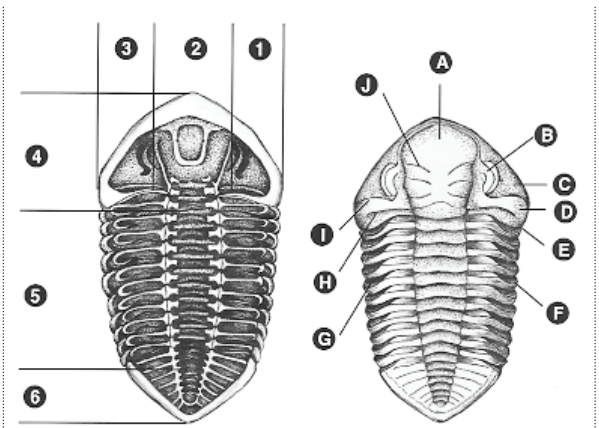
하지만 변성암에서 나타나는 줄무늬는 생성 과정이 층리에서의 줄무늬와는 다르다.

변성암에서 본래의 암석이 광역 변성작용 중에 높은 횡압력을 받아 운모와 같은 구성 광물이 평행하게 배열되는 것을 층리와는 달리 엽리(foliation)라고 부른다.

엽리 중에 특히 편암에서 좀 더 짙은 색깔의 광물이 얇은 띠를 형성하여 잘 쪼개지는 구조로 만들어진 것을 편리(schistosity)라고 하고, 그 밖에 슬레이트 엽리도 있다.

5. 삼엽충은 어떤 구조를 갖고 있나요?

삼엽충은 곤충이나 거미처럼 절지동물에 속하며 일반적으로 머리, 가슴, 꼬리의 세 부분으로 구분할 수 있고, 가운데의 축부와 좌우의 늑부로 나눌 수 있다. 즉, 몸이 세 부분으로 되어 있다고 해서 삼엽충이라는 이름이 붙여졌다. 몸은 키틴질로 덮여 있는데 등 부분이 석회 성분이나 인산 성분으로 되어 있어 비교적 화석으로 보존되기 쉽다.



▲ 삼엽충의 구조

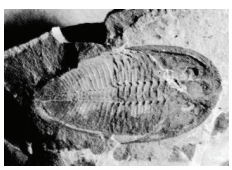
중생대가 공룡의 시대라면 고생대는 삼엽충의 시대라고 할 수 있을 정도로 삼엽충이 번성했다. 삼엽충은 고생대 캄브리아기(약 5억 4,000만 년 전)에 나타나 약 1억 년 동안 바다 속을 주름잡던 동물이었다. 실루리아기 후기에 들어 줄어들기 시작해 페름기(약 2억 5,000만 년 전) 말에 지구상에서 완전히 사라져 고생대를 대표하는 화석이 되었다.

삼엽충은 그다지 깊지 않은 바다 속을 기어 다니며 토양층의 영양분을 섭취하였으며, 이로 인하여 바다 속 다른 생물과 먹이 경쟁을 하지 않았기 때문에 오랜 세월 바다 속을 지배했던 것으로 추측된다. 삼엽충의 멸망과 어류의 번성이 같은 시기였던 것에서 볼 수 있듯이 어류의 먹이가 되어 멸종했다는 원인으로 추측할 수도 있다.

6. 화석의 색깔을 보면 생물체의 색깔을 알 수 있나요?

화석의 색깔로 생물체의 색깔을 알 수 있는 것은 아니다. 암모나이트 화석이나 삼엽충 화석 등을 관찰하다보면 일반적인 암석의 색 뿐 아니라 좀 더 밝거나 어두운 색, 때로는 갈색이나 초록색에 가까운 여러 색깔과 광택을 발견할 수 있다. 학생들은 교사의 충분한 안내가 없이 이런 화석을 관찰할 때 다양한 색이 화석의 원래 주인인 생물이 갖고 있던 색이라고 착각하기 쉽다. 그러나 화석에서 나타나는 색깔은 원래의 생물이 묻힌 퇴적암의 퇴적물과 생물이 분해된 자리를 채운 암석의 종류가 달라서 구별되는 색깔이거나 화석을 발굴한 후 다듬는 과정에서 광택을 낸 것에 불과하다.

우리가 영화에서 본 공룡의 피부색은 공룡 화석이나 흔적으로부터 알아낸 색깔이 아니라 공룡이 살았던 시대의 지구 환경으로부터 추측한 색깔을 상상으로 재구성한 것이다.

	• 주변 암석과, 삼엽충이 있던 자리를 채운 암석의 조성 광물이 다르다. 또한, 삼엽충이 있던 자리를 채운 암석이 산화되어 붉게 변했다.
	• 암모나이트 화석의 표면에 광택을 낸 것이다.

7. 규화목은 나무인가요? 화석인가요?

규화목은 나무가 아니라, 원래 나무였던 것이 지층 속에 묻혀 오랜 세월동안 암석으로 변한 화석이다. 나무는 죽거나 가지가 부러지면 대개 미생물에 의하여 천천히 분해되어 없어지는데, 늪지대나 갯벌, 진흙지대 혹은 화산재에 의해 빠른 속도록 묻히게 되면 미생물의 영향을 받지 않고 서서히 암석화가 일어날 수 있다.

땅 속에 묻힌 나무의 조직 틈을 지하수 속에 녹아있던 규산(SiO_2)이나 탄산칼슘($CaCO_3$)등의 광물이 서서히 스며들어 메우고 원래 나무의 성분이 사라지면 규화목이 만들어지게 된다.

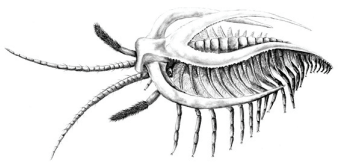


▲ 규화목

8. 역사 속의 화석 발견 이야기에는 어떤 것이 있나요?

수많은 생물이 갑자기 출현한 캄브리아기 대폭발

미국의 고생물학자 찰스 월컷(Charles D. Walcott)은 1909년 가족과 함께 북아메리카 캐나디언 로키의 워프타 산에서 야영을 하고 있었다. 그 산에서는 삼엽충 화석이 많이 발견되는 것으로 알려져 있었는데, 월컷은 가족과 함께 삼엽충 화석을 채집하러 간 것이다.



▲ 마렐라

돌아오는 길에 그의 처 헬레나가 탄 말이 미끄러졌는데, 그 아래에서 월컷은 지금까지 본 적이 없는 화석을 발견하게 되었다. 2㎝정도의 크기에 머리에 두 쌍의 가시와 두 쌍의 촉각이 튀어나와 있는 이 화석은 '마렐라'라는 이름이 붙여졌다. 마렐라를 비롯한 120여 종, 65,000점에 이르는 이 화석은 진화론을 주창한 다윈이 생각한 것보다 훨씬 복잡하고 다양한 동물들이 캄브리아기에 나타나고 있었다는 증거가 되었다.

공룡 화석 발견 이야기

1822년, 화석을 모으는 취미를 가진 영국인 의사 기드온 맨텔은 부인과 함께 왕진하던 중 채석장 근처에서 화석처럼 보이는 특이한 돌을 발견하였다. 맨텔은 어떤 동물의 화석인지 알 수가 없어서 그 화석을 퀴비에박사에게 보냈는데, 그는 멸종된 하마의 이빨일 것으로 추정하였다. 이 해석에 만족하지 못한 맨텔은 이 화석을 다시 이구아나를 전문적으로 다루는 친구에게 보내어 거대 파충류의 이빨임을 밝혀내고, 이 이빨의 주인에게 '이구아노돈(이구아나의 이빨이라는 뜻)'이라는 이름을 붙이게 된다.

화석에 관한 연구를 계속하던 맨텔은 1834년, 이구아노돈의 골격 일부가 발견되었다는 소식을 듣고 곧장 그 화석을 사들여 이구아노돈의 모습을 복원하는 모형을 만든다.

세월이 한참 흐른 1878년에 맨텔은 벨기에에서 광부들이 이구아노돈의 뼈 화석 40여개를 무더기로 발견하였다는 소식을 듣게 된다.

공룡을 부르는 지금의 이름은 1841년 영국의 고생물학자인 리처드 오언(Richard Owen)이 한 강연에서 무시무시한 도마뱀이라는 뜻으로 'dinosaur'라는 말을 처음으로 사용하면서 시작되었다.



Brian J.Skinner, Stephen C.Porter. 생동하는 지구. 박수인·손영관·안중호·이동진·장태우·전승수·정공수·조봉곤·황정 공역. 시그마프레스(주). 2010.

초등학교 3학년 과학 탐구수업 지도자료. 교육인적자원부, 한국교원대학교 과학교육연구소. 2007.

일본 뉴턴프레스 편. 지구의 과학. 뉴턴코리아. 2009.

손영운. 손에 잡히는 과학교과서 지구편. 길벗스쿨. 2007.

에리카 켈리, 리차드 키셀. 진화하는 지구. 임종덕 역. 현암사. 2010.

한규호. 선생님도 놀란 초등과학 뒤집기 지층과 화석편. 성우주니어. 2013.

이성한, 이주훈. 초등학생 과학사전. 지경사. 2009.

(사)한국지구과학회 편. 지구과학 사전. 북스힐. 2009.

MEMO



3

지도서에 나오지 않는 과학이야기

액체와 기체





Ⅰ. 단원의 주안점 152

Ⅱ. 기본 개념 153

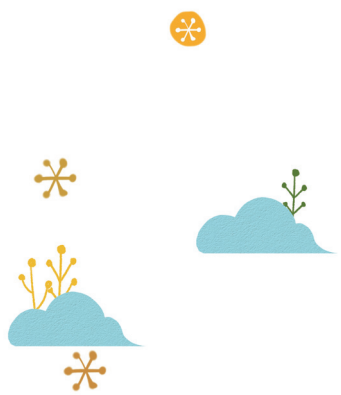
1. 액체와 기체의 분자배열 153
2. 액체가 가지는 일반적인 성질 154
3. 눈금실린더로 액체의 부피 측정하기 155
4. 액체의 부피를 측정하는 도구 156
5. 법정 계량 단위 157
6. 비법정 계량 단위의 예 158
7. 올바른 단위 표기법 159
8. 과학자 이름에서 유래된 단위 기호 160
9. 부피의 단위인 리터의 정의 161
10. 세계 여러 나라의 부피 단위 162
11. 수도계량기와 가스계량기의 부피 측정 원리 163
12. 물과 알코올을 섞었을 때의 부피 변화 164
13. 기체의 성질을 이용한 잠수종 165
14. 공기의 무게 계산 166
15. 물질이 없는 상태, 진공에 대하여 167

Ⅲ. 질문 있어요 168

1. 부피와 들이는 어떤 차이가 있나요? 168
2. 두 컵에 담긴 액체를 한 컵으로 모으면 어떻게 되나요? 169
3. 왜 법정 계량 단위를 써야 하나요? 170
4. 눈높이를 메니스커스와 같이 하여 눈금을 읽는 이유는 무엇인가요? 171
5. 비커는 부피 측정도구가 아닌가요? 172
6. '기체 옮기기' 활동으로 다른 장난감도 만들 수 있나요? 173
7. 공기를 가열하면 공기는 어떻게 분포하나요? 174
8. 탄산음료를 개봉하면 질량이 어떻게 되나요? 175

I

단원의 주안점



핵심 개념

- 액체, 기체
- 눈금실린더
- 진공
- 부피, 무게
- 단위 표기

HISTORY

- 2007 개정 교육과정에서 새롭게 도입되었으며, 물질의 특성을 액체와 기체에 한정하여 지도한다.

지도 수준

- 학습한 내용이 실생활에서 어떻게 활용되고 있는지 생활 속에서 볼 수 있는 소재를 활용하여 설명하도록 한다.
- 가시적인 현상 중심의 내용으로 구성한다.

학생들의 어려움

- 학생들은 부피와 크기, 들이 개념을 혼용하여 사용하고 있다.
- 눈에 보이지 않는 기체도 무게가 있다는 것을 이해하는데 어려움이 있다.



Ⅱ

기본 개념

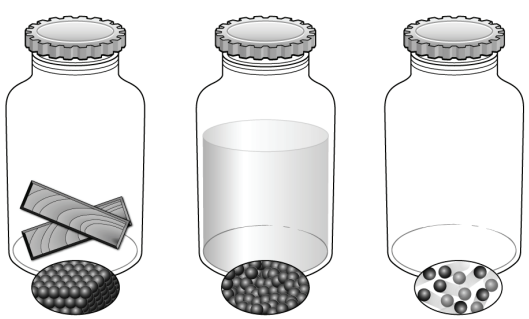
1. 액체와 기체의 분자배열

초등학교에서는 '액체와 기체' 관련하여 3학년 1학기 '우리 생활과 물질', 4학년 1학기 '모습을 바꾸는 물' 단원을 연계하여 다루고 있다.

그럼 액체와 기체는 어떤 특징이 있을까? 액체하면 물이 떠오르고, 기체하면 공기가 떠오른다. 물과 공기를 생각하면서 액체와 기체의 성질을 비교해 보면 좋을 듯하다.

액체는 일정한 부피는 가지고 있으나, 일정한 모양이 없어 그릇의 모양에 따라 자유로이 유동하고 변형되는 물질의 상태를 말한다. 기체에서보다 액체는 분자들이 서로 더 근접해 있다. 나노 크기(1나노미터는 10^{-9}미터로 머리카락 굵기의 1/50,000에 해당하는 크기이다.) 영역으로 들어가면 아주 좁은 영역에서는 액체 분자가 분자 사이의 인력을 일시적으로 규칙적인 배열을 할 수 있으나, 대부분의 분자들은 계속적으로 불규칙하게 움직이고 있다.

기체는 모양과 부피가 일정하지 않으며 액체처럼 흐르는 성질이 있고, 힘을 가하면 부피가 줄어드는 물질의 상태를 말한다. 기체는 어떤 모양의 그릇에도 들어가고, 또 그 용기 안에서 확산하여 그릇 속을 가득 채운다. 또 기체는 고체나 액체에 비해서 매우 가볍고 압축하기도 쉽다. 이것은 고체나 액체의 입자가 거의 달라붙어 밀집해 있는데 비해, 기체는 입자 사이의 거리가 멀어 빈 공간이 많기 때문이다. 기체를 이루고 있는 입자는 모두 분자이며, 항상 공간 속을 자유롭게 날아다니고 있다.



고체 액체 기체

2. 액체가 가지는 일반적인 성질

점도(viscosity)

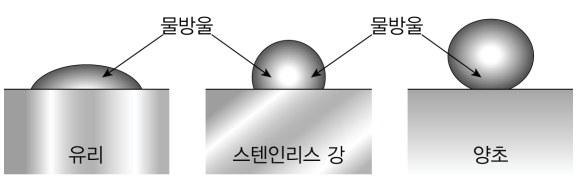
점도는 흐름에 대한 액체의 저항을 나타낸다. 물은 부드럽고, 빠르게 흐르지만(저점도), 자동차 오일이나 꿀 같은 것은 더 느리게 흐른다(고점도). 액체의 점도는 분자 상호간에 작용하는 힘과 관련이 있는데, 이 힘은 분자들이 서로 얼마나 빠르게 흐를 수 있는 정도와 분자들이 서로 얼마나 관계하느냐를 결정해 준다. 분자들은 더 높은 온도에서 더 큰 운동에너지를 가지므로 분자간의 인력을 쉽게 극복할 수 있는데, 이로 인해 액체는 온도가 높을수록 점도는 감소한다.

표면장력(surface tension)

또한 액체는 기체와 달리 표면적인 성질을 갖고 있다. 액체 표면 아래에 있는 분자들은 다른 분자들로 둘러싸여 있어 모든 방향으로 분자 간 인력을 받게 된다. 반면에 표면에 있는 분자들은 옆이나 아래에 있는 분자들에 의해서만 끌리게 된다. 이와 같은 액체 표면에서의 분자 간 인력의 불균형 때문에 액체의 표면은 줄어들려는 경향이 있다. 이를 표면장력(surface tension)이라고 한다.

액체	표면장력(dynes/cm)	액체	표면장력(dynes/cm)
수은	482	석유	26.0
물	73	비눗물	25.0
글리세롤	64.0	에탄올	22.3
벤젠	29.0	실리콘오일	19.0

모세관 현상(capillary phenomenon)



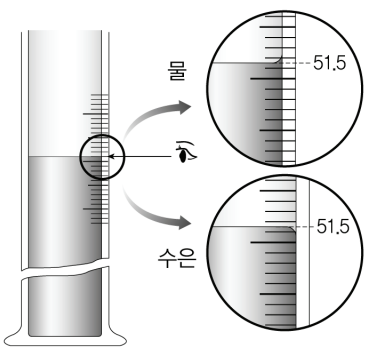
지름이 작은 유리관을 물에 꽂으면 모세관 현상때문에 유리관을 타고 물이 올라간다. 유리관의 벽은 주로 이산화규소이므로 물 분자와 유리벽의 산소와의 수소결합이 생긴다. 이 수소결합의 인력(부착력)이 물 분자끼리의 수소결합 인력(응집력)보다 더 강하다. 그 결과, 물이 유리관 벽을 타고 올라가는 것이다. 물과 유리관 벽 사이의 수소 결합력과 중력이 균형을 이룰 때까지 물이 올라간다. 또한 물의 부착력은 주위의 물질에 따라 다르며, 유리 〉 스테인리스강 〉 양초(파라핀)의 순으로 강하다.

3. 눈금실린더로 액체의 부피 측정하기

눈금실린더는 원통형으로 된 유리 기구에 액체의 부피를 정확하게 잴 수 있도록 눈금을 그어 놓은 기구이다. 보통 10mL에서 1L까지 잴 수 있는 것이 있으며, 안정성을 위해 보통은 바닥이 편평하게 되어 있다.

눈금실린더 표면에는 측정할 수 있는 액체의 부피와 온도가 쓰여 있다. 온도가 달라지면 눈금이 가리키는 수치는 정확한 값이 되지 않는다.

일정한 부피의 액체를 측정할 때는 다음과 같은 순서를 따른다.



▲ 눈금실린더에 담긴 액체의 부피

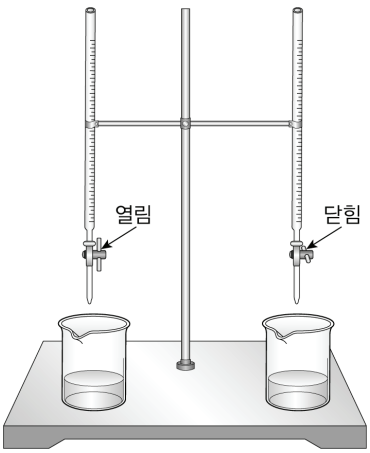
(가) 재려고 하는 양보다 약간 큰 눈금실린더를 고르고 눈금의 크기를 확인한다. 이때 선택한 눈금실린더의 한 눈금의 크기가 얼마인가를 확인하도록 한다.
(나) 액체를 눈금실린더에 옮겨 담을 때는 눈금실린더를 기울여서 안쪽 벽면을 따라 흘러내리도록 하고 재려는 양보다 조금 적게 따른다.
(다) 편평한 곳에 놓는다. 그리고 눈금실린더에 담긴 용액의 표면과 눈높이가 같게 수평으로 유지하면서 스포이트로 액체를 소량씩 넣으면서 정확한 용량을 조절한다.

또한 담긴 액체의 부피가 얼마인지 측정할 때는 다음에 유의한다.

(가) 30cm 정도 떨어진 거리에서 액체의 기둥 높이와 같게 눈의 높이를 조절해서 눈금을 읽는다. 눈금은 눈의 높이가 액체의 표면과 수평이 되도록 하여 읽는다. 이 때 물의 경우는 액면의 아랫부분을, 수은의 경우는 액면의 윗부분을 읽는다. 즉 액체가 오목하게 들어갔을 때는 오목한 아래의 눈금을 읽고, 볼록하게 위로 나왔을 때는 볼록한 윗부분의 눈금을 읽는다.
(나) 눈금을 읽을 때에는 눈금 실린더에 그어진 최소 눈금의 1/10까지 눈대중으로 어림하여 읽어야 한다. 예들 들면 수면의 위치가 눈금 51mL와 52mL의 중간쯤에 있다고 판단되면 51.5mL라고 읽으면 된다.

4. 액체의 부피를 측정하는 도구

눈금실린더 외에 액체의 부피를 정밀하게 측정하는 기구에는 뷰렛, 피펫이 있다.

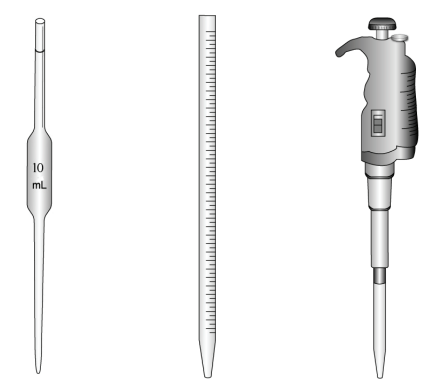


▲ 뷰렛

뷰렛은 적정(titration) 등에서 옮겨진 액체의 부피를 측정할 수 있는 실험기구로, 0mL 표시는 윗부분에 있다. 아래쪽 끝에는 유리로나 테플론으로 만든 콕이 있는 가느다란 유리관이 붙어 있다. 이것을 열고 닫으면서 내부의 액체를 조금씩 떨어뜨린다. 이때 떨어뜨리기 후의 눈금에서 떨어뜨리기 전의 눈금을 빼면 옮겨진 부피가 계산된다. 눈금은 0.1mL까지 읽을 수 있다.

피펫은 알고 있는 부피의 액체를 옮기는데 사용된다. 보통 유리관으로 되어 있지만 플라스틱으로 만들기도 하며, 홀피펫, 눈금피펫, 마이크로피펫이 있다. 홀피펫은 정해진 한 부피를 옮길 수 있도록 눈금이 매겨져 있는데, 액체의 마지막 방울은 피펫으로부터 흘러내리지 않으나 불어내면 안 된다. 눈금피펫은 뷰렛처럼 눈금이 매겨져 있다. 이것은 2.0mL 눈금에서 옮기기 시작하여 7.6mL에서 끝냄으로써 5.6mL의 액체를 옮기는 것처럼 여러 부피를 옮기는데 사용한다. 실험실에서는 피펫에 시약을 흡입하는 힘을 주기 위하여 피펫필러를 끼워 사용한다.

분자 생물학이나 병리학 등에서는 마이크로피펫을 많이 사용하는데, 1~1,000μL 범위의 정밀한 부피($1\mu L = 10^{-6}L$)를 옮길 수 있다. 액체는 분리할 수 있는 일회용 폴리프로필렌 팁 속에 들어 있다.



▲ 홀피펫 ▲ 눈금피펫 ▲ 마이크로피펫

5. 법정 계량 단위

법정 계량 단위는 계량의 기준이 되는 단위를 말한다. 교과서에 제시된 mL, L는 부피의 단위이며, 현재 모든 나라에서 국제 단위 체계(International system of units, SI)라는 기본단위를 사용하고 있다. 법정 계량 단위는 기본 단위와 유도 단위, 보조 단위 및 특수 단위로 구분된다. 기본 단위는 국제적으로 확립된 길이, 무게, 부피 등에 대한 단위 체계로 "m(미터; 길이), kg(킬로그램; 질량), s(초; 시간), cd(칸델라; 광도), K(켈빈; 온도), A(암페어; 전류), mol(몰; 물질량)" 등 7개 단위를 기본으로 한다.

또한, 기본 단위 등의 조합으로 이루어진 유도 단위 57개와 십진배수나 분수 등을 나타내는 보조 단위 31개 및 특수한 용도에 사용이 허용된 특수 단위 47개를 계량에 관한 법률에서 규정하고 있다.

물리량	단위	정의
길이	미터(m)	1미터는 빛이 진공에서 1/299,792,458초 동안 진행한 경로의 길이이다.(1983년)
질량	킬로그램(kg)	1킬로그램은 프랑스의 국립표준기술연구소에 보관되어 있는 백금-이리듐 원통의 국제 킬로그램 원기의 질량과 같다. (1901년)
시간	초(s)	1초는 세슘-133원자(^{133}Cs)의 바닥상태에 있는 두 초미세 준위간의 전이에 대응하는 복사선의 9,192,631,770주기의 지속시간이다. (1967년)
광도	칸델라(cd)	칸델라는 진동수 5.40×10^{12} 헤르츠(Hz)인 단색광을 방출하는 광원의 복사도가 어떤 주어진 방향으로 매 스테라디안(sr)당 1/683 와트(W)일때 이 방향에 대한 광도이다.(1979년)
온도	캘빈(k)	물의 삼중점의 열역학적 온도의 1/273.16이다. (1967년)
전류	암페어(A)	1암페어는 무한히 길고 무시할 수 있을 만큼 작은 원형 단면적을 가진 두 개의 평행한 직선 도체가 진공 중에서 1미터의 간격으로 유지될 때, 두 도체 사이에 매 미터당 2×10^{-7} 뉴턴(N)의 힘을 생기게 하는 일정한 전류이다. (1948년)
물질량	몰(mol)	1몰은 탄소 12의 0.012킬로그램에 있는 원자의 개수와 같은 수의 구성요소를 포함한 어떤 계의 물질량이다. (1971년)



6. 비법정 계량 단위의 예

비법정 계량 단위는 계량에 관한 법률에서 정하고 있는 법정 계량 단위 이외의 단위로 "자, 마, 리, 인치, 피트, 마일, 야드, 평, 마지기, 홉, 되, 말, 갤런, 관, 근, 냥, 돈, 온스" 등이다. 우리나라는 1961년 국제 단위계(미터법이 현대화 된 것)를 「계량에 관한 법률」에 의해 채택하고 비법정 계량 단위 사용을 금지하고 있다.



우리나라의 결부속파법(結負束把法)이라는 면적 단위는 단군조선부터 고종황제시절까지 4000여 년 동안 사용된 전통 단위이다. 한 줌(把)은 가로, 세로 약 38cm 정도로 적은 면적에서 나오는 벼의 양을 나타낸다. 한 줌의 10배를 의미하는 한 단 혹은 한 뭇(束, 속)은 장정이 볏짚을 팔에 안고 갈 수 있는 양을 나타내고, 한 단의 10배는 한 짐(負, 부)이라고 한다. 또 한 멱(結, 결)은 한 짐의 100배로 가로, 세로 3,800m를 말한다. 결, 속, 부, 파 모두 비법정 단위이다.

우리 속담에 '되로 주고 말로 받는다'라는 표현이 있다. 되, 말은 부피를 나타내는 비법정 단위이다. 되는 약 1.8L이고, 말은 되의 10배가 되는 약 18L이다. 작은 것을 주고, 큰 것을 얻었다는 뜻으로 쓰이는 속담이다. 우리나라는 작, 홉, 되, 말, 섬을 사용하였다. 홉은 한 줌 되는 양의 부피로 약 180mL 정도 되며, 되의 1/10이며, 작의 10배가 되는 양이다. 1말은 10되를, 1섬은 10말을 나타낸다.



▲ 홉 되 말

7. 올바른 단위 표기법

SI 단위 기호(많은 SI 이외의 단위 기호도 포함)는 다음과 같이 표기한다. 언어에 따라 단위 명칭은 다를지라도, 단위 기호는 국제적으로 공통이며 같은 방법으로 사용한다.

(가) 단위 기호는 일반적으로 로마체(직립체)를 쓴다. 이 말은 본문의 활자체와는 관계없이, 양의 기호는 이탤릭체(사체)로 쓰며, 단위 기호는 로마체로 써야 함을 뜻한다. 일반적으로 단위 기호는 소문자로 표기하지만 단위의 명칭이 사람의 이름에서 유래하였으면 그 기호의 첫 글자는 대문자로 한다. 단위 명칭의 철자를 모두 써야 할 경우에는 문장의 첫 글자 또는 섭씨도(degree Celcius)를 제외하고는 항상 소문자로 표기한다.

- 보기) 양: m (질량), t (시간) 등, 단위: kg, s, K, Pa, kHz, 등

(나) 단위 기호는 복수의 경우에도 변하지 않으며, 마침표 등 다른 기호나 다른 문자를 첨가해서는 안 된다. 다만 문장의 끝에 구두법 상으로 오는 마침표는 예외이다.

- 보기) kg이며, 비록 문장의 시작이라도 Kg이 될 수 없음. 5s이며, 5sec.나 5sec 또는 5secs가 아님.



▲ 단위 표기의 잘못된 예

위 그림에서 화장실을 나타내는 60M는 60m로 단위를 소문자로 표기하여야 하고, 쌀의 무게를 나타내는 15Kg은 15kg로 보조단위인 k는 소문자로 표기하여야 한다. 주차장에서 볼 수 있는 표기는 각각 400m, 100m로 표기하여야 한다. 고속도로의 남은 거리를 나타낼 때는 47_{km}, 10_{km}가 아니라 47km, 10km로 표기하여야 한다.

8. 과학자 이름에서 유래된 단위 기호

과학을 공부한 사람이라면 누구나 힘의 단위 뉴턴(N)이나 일이나 에너지의 단위 줄(J), 전압을 나타내는 볼트(V) 등의 단위를 알고 있을 것이다. 이것들의 공통점은 인류 역사상 위대한 업적을 세운 사람들의 이름이라는 것이다.



일반적으로 단위 기호는 소문자로 표기하지만 단위의 명칭이 사람의 이름에서 유래하였으면 그 기호의 첫 글자는 대문자로 한다. 앞에서 설명한 뉴턴은 힘의 단위, 퀴리는 방사성 핵종의 측정 단위, 가우스는 자속밀도의 단위, 뢴트겐은 X선과 감마선 양의 단위, 와트는 전력의 단위이다.

기본 단위 중에는 2개(A–암페어, K–켈빈), 특별한 명칭을 가진 유도 단위 중 17개(Hz–헤르츠, N–뉴턴, Pa–파스칼, J–줄, W–와트, Wb–웨버, T–테슬라, H–헨리, ℃–섭씨도, Bq–베크렐, Gy–그레이, Sv–시버트)가 사람 이름에서 유래된 것들이다. 사람 이름에서 온 단위는 이 밖에도 많이 있다.

하지만 예외인 경우가 있는데, 바로 리터이다. 1979년 제 16회 도량형총회에서는 리터의 기호인 l(인쇄체 소문자 엘)과 숫자 1은 혼돈되므로 대문자인 L을 사용할 수 있도록 하였다.



9. 부피의 단위인 리터의 정의

부피의 기본 단위는 m^3, 보조 단위로 dm^3, cm^3, mL, L를 사용한다. 리터(litre)가 $1dm^3$와 같다고 맨 처음 정해진 것은 1795년 프랑스 법률에 의해서이다.

당시의 프랑스 정부가 부피 $1dm^3$, 온도 4℃의 물의 질량을 1kg이라고 정의하기는 했어도 1889년 제1차 국제 도량형총회에서 채택된 현행의 킬로그램의 정의는 '국제 킬로그램원기의 질량'이며, 새 정의와 낡은 정의 간에 모순이 있는지 없는지를 가려내는 것은 중요한 검토의 과제가 되었다.

19세기말 국제도량형국에서 고정밀 측정을 한 결과, 킬로그램원기의 질량을 기준으로 하여 측정한 부피 $1dm^3$, 온도 4℃의 물의 질량은 약 0.999972kg, 거꾸로 말한다면 질량 1kg, 온도 4℃의 물의 체적은 약 $1.000028dm^3$이라는 사실이 밝혀져 1901년 제3차 국제 도량형총회는 리터의 정의를 dm^3과는 별도로 "질량 1kg, 온도 4℃의 물의 부피" 곧 $1.000028dm^3$이라고 개정하기로 결정하였다. 리터와 세제곱데시미터 간에 이처럼 매우 근소한 차가 설정된 것은 부피측정의 정밀도가 향상된 2차 대전 후의 연대로 들어와서는 매우 바람직하지 못한 혼란을 가져오는 원인이 되어 그 결과, 1960년의 제11차 국제도량형 총회는 이 문제의 해결책 검토를 국제도량형위원회에 위임하여 동위원회의 답신에 따라 1964년 제12차 국제도량형총회는 1901년의 제3차 총회의 리터 정의를 폐지하고 "리터는 세제곱데시미터의 특별한 명칭으로 한다"고 의결했다.

이로써 현재의 리터의 정의는 당초 1795년 프랑스 법률에서의 정의로 되돌아갔으며 동시에 부피의 고정밀도 표시에서 야기된 혼란도 해소하게 된 것이다.



10. 세계 여러 나라의 부피 단위

리터는 가로, 세로, 높이의 길이가 각각 10cm인 정육면체가 차지하는 공간의 크기로, 부피의 보조 단위이다. 생활 속에서 부피와 관련하여 다양한 표현들이 사용되는데 대체로 입방미터, cc, 갤런, 뷔셀, 배럴 등이 사용된다.

흔히 어른들이 입방미터로 부르는 것은 $1m^3$를 일본식으로 잘못 표현한 것으로 $1m^3$는 부피의 기본단위이다. 더불어 $1cm^3$를 입방센티미터라고 하는 것도 일본식의 잘못된 표현이다.

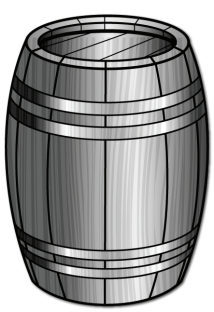
1L는 1,000mL로 1mL는 $1cm^3$의 크기이다. 병원이나 약국에서 처방해주는 물약에는 cc라는 표현이 있는데 ㎤를 나타내는 영어식 표현인 cubic centimeter의 첫 글자를 따서 읽은 것으로 현재는 사용을 권장하고 있지 않다.

예전에 미국과 영국에서는 갤런(gal)이라는 부피단위를 사용하였다. 영국 갤런과 미국 갤런의 부피에 차이가 있는데, 양자를 구별하기 위하여 U.S.gal 과 U.K.gal 등으로 나타낸다.

1U.S.gal=3.785412L이고, 1U.K.gal=4.54609L의 크기를 나타낸다.



4 quarts = 1 gallon
8 pints = 1 gallon
32 gills = 1 gallon
128 ounces = 1 gallon



▲ 배럴

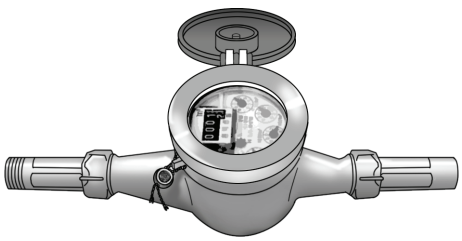
영국에서는 부셸(bushel)이라는 단위도 사용하였는데, 갤런이 액체용이라면 부셸은 곡물용으로 사용되었다. 현재 1 bushel(U.K)=36.371L이다.

국제적으로 석유를 거래할 때 많이 사용되는 단위는 배럴이다. 배럴은 bbl로 쓰고, 리터로 환산하면 159L 쯤 된다. 이 배럴은 영어로 나무통이라는 의미로, 1859년 미국 펜실베니아주 도르크라는 사람이 처음으로 석유의 기계 채유에 성공해 55갤런 크기의 나무통에 채워 팔면서 시작되었다. 당시는 수송사정이 무척이나 나빠서 55갤런을 꽉 채워 보내도 중간에 기름이 새버려서 도착할 때는 42갤런쯤이 남았다고 한다. 그래서 자연스럽게 42갤런이 1배럴이 된 것이다.

11. 수도계량기와 가스계량기의 부피 측정 원리

계량기는 가정에서 사용하는 가스나 물, 전기 등을 측정하는 도구이다. 가정용 계량기에는 수도계량기, 가스계량기, 전기계량기가 있는데, 여기서는 수도계량기(액체)와 가스계량기(기체)만 다루고자 한다.

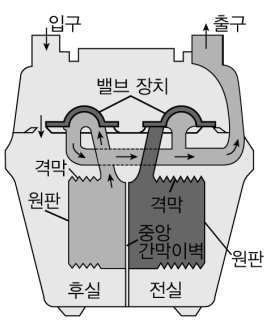
수도계량기는 물의 흐름양을 측정하는 것으로 물 흐름의 세기가 수차를 돌릴 수 있을 정도로 강하기 때문에 수차를 이용하여 물의 양을 측정한다. 수도계량기에는 수차가 들어 있고, 이미 수차가 설치된 부분의 관의 굵기를 알고 있기 때문에 수차의 회전수를 알면 관을 통과한 물의 양을 측정할 수 있다.



▲ 수도계량기

가스계량기는 사용가스의 양을 재는 것으로 가스의 흐름이 강하지 않기 때문에 가스의 흐름양을 측정하기는 쉽지 않다. 따라서 계량기 속에 풍구와 같은 장치를 하고, 사용가스가 흘러들어올 때 칸막이가 좌우로 이동할 수 있도록 하여 가스의 사용량을 잰다. 칸막이가 한번 이동할 때마다 톱니바퀴가 돌아가면서 왕복 횟수를 잴 수 있고, 한번 왕복시 유입되는 가스의 양을 알고 있기 때문에 사용한 도시가스의 양을 측정할 수 있는 것이다.





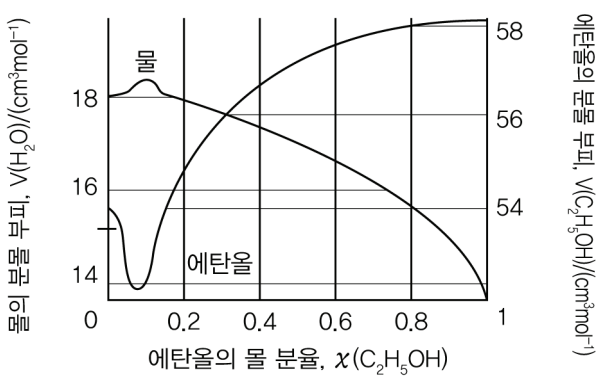
▲ 가스계량기(좌)와 내부구조(우)

12. 물과 알코올을 섞었을 때의 부피 변화

일정한 온도와 압력에서 특정한 조성을 가진 무한량의 용액에 1몰의 1성분을 가했을 때의 부피 변화를 분몰 부피라고 한다. 지금 25℃에서 무한히 큰 부피의 순수한 물이 있다고 하자. 여기에 1㏖의 물을 더 가해주면 그 부피가 18㎤ 만큼 증가한다. 이 18㎤/㏖이라는 양을 순수한 물의 몰부피라고 한다. 그러나 큰 부피의 순수한 에탄올에다 1㏖의 물을 가해주면 부피가 14㎤밖에 증가하지 않게 된다. 이것은 일정수의 물 분자가 차지하는 부피가 이 물 분자들을 둘러싸고 있는 분자들의 종류에 따라 달라지기 때문이다. 이때에는 에탄올이 너무 많기 때문에 모든 물 분자가 순수한 에탄올로 둘러싸이며, 이러한 방식으로 둘러싸일 때에는 물 분자가 14㎤ 밖에 차지하지 못하는 것이다.

혼합물의 조성이 순수한 A로부터 순수한 B로 변함에 따라서 성분 분자들의 환경이 변하므로 각 성분들의 분몰 부피는 혼합물의 조성에 따라 달라지게 되고, 바로 이 변화하는 분자 환경과 그 때문에 초래되는 분자간의 힘의 변화 때문에 이러한 성질이 나타나게 되는 것이다.

통상적으로 몰부피는 항상 같은 양의 값을 갖지만 분몰량은 그렇지 않을 수도 있다. 그 예로는 $MgSO_4$의 극한 분몰 부피는 −1.4㎤/㏖이며 따라서 다량의 물에다 1㏖의 $MgSO_4$를 가하면 1.4㎤만큼 부피가 감소하는데 이것은 가해준 염의 이온들이 수화되면서 물의 성긴 구조를 깨어 물의 구조를 부분적으로 허물어 주기 때문이다.

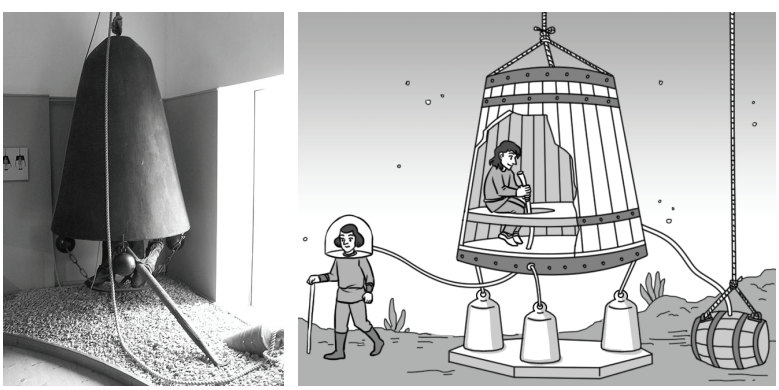


13. 기체의 성질을 이용한 잠수종

인간의 잠수 기록은 약 2천 년 전 그리스의 잠수부에 관한 것이 있지만, 최초의 잠수 기구는 1690년 영국의 천문학자 에드먼드 핼리 경이 만든 잠수종이었다. 최초의 잠수종은 바다 밑으로 내려갈 때 종 안에 공기가 채워져 잠수부가 해저에서 숨을 쉬면서 일을 할 수 있게 고안된 것으로, 지금도 유사한 장치가 사용되고 있다.

이 통에 추를 달아 물속에 가라앉히면 통 속의 공기는 수압으로 압축되어 부피가 작아지고 그 만큼 통 속에 물이 채워지게 되는데, 압축된 공기는 가볍기 때문에 통의 위쪽에 모여 있게 된다. 따라서 잠수부는 그 통 속에 들어가 수압으로 압축된 잠수종 내부의 공기를 호흡하는 것이다. 그러나 통 속에 갇혀진 공기는 잠수부가 숨 쉴 때마다 산소는 감소하고, 이산화탄소는 증가하므로 오랫동안 물속에 머무르지 못하는 문제점이 있었다.

이후 1961년 영국의 헬리(Edmund Halley, 1656~1742)는 수상에서 잠수종에 공기를 불어넣는 방법을 이용하여 템즈강 수심 20m에서 1시간 30분 동안 체류하는 기록을 수립하였으며, 이를 더욱 개량하여 26년 후에는 수심 20m에서 4시간 동안 체류하는데 성공하였다. 수중 체류 시간을 연장할 수 있었던 이유는 잠수종 속에 신선한 공기를 계속해서 공급할 수 있었기 때문이었고, 이러한 잠수법은 오늘날에도 각종 잠수에서 요긴하게 사용되고 있다.



▲ 잠수종(좌)와 잠수종의 작동 원리(우)

14. 공기의 무게 계산

공기의 무게를 알아보는 방법은 여러 가지이다. 첫 번째, 공기의 조성을 이용하여 공기의 무게를 계산하는 방법이다. 공기의 조성은 질소가 78.08%, 산소가 20.95%, 아르곤이 0.93%, 이산화탄소가 0.03%, 기타 네온, 헬륨, 크립톤 등의 비활성 기체와 메테인, 수소, 오존 등의 기체가 0.04% 차지한다. 또한 원자마다 질량이 모두 다른데, 1몰(0℃, 1기압, 22.4L)을 기준으로 질소는 약 14g, 산소는 약 16g, 아르곤은 약 40g, 탄소는 약 12g, 수소는 약 1g을 갖는다.

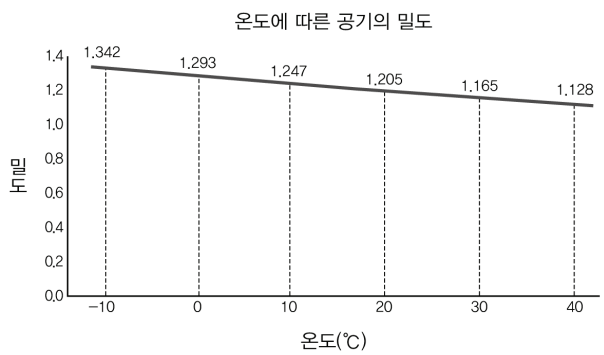
이것을 이용하여 공기의 무게를 계산하면,

$$0.78084 \times 14 \times 2(N_2) + 0.20946 \times 16 \times 2(O_2) + 0.00934 \times 40(Ar) + 0.00035 \times 44(CO_2) + \fallingdotseq 28.955g$$

따라서 0℃, 1기압, 1L 안의 공기의 질량은 28.955g /22.4L ≒ 1.293g/L가 된다. 즉 건조한 공기는 0℃, 1기압에서 1m³의 부피에 1.293kg의 무게를 가진다.

두 번째는 공기의 대략적인 무게를 재는 방법으로, 플라스크에 고무호스를 핀치콕으로 고정시키고, 진공펌프로 공기를 뺀 다음 감소한 무게를 측정한다. 물속에서 콕을 열어 들어가는 물의 부피에 의해서 감소한 공기의 양을 알 수가 있다. 또 반대로 용기에 자전거용 펌프 등으로 공기를 밀어 넣어 증가한 무게를 재고, 물속에 거꾸로 세운 눈금실린더에 공기의 증가분을 넣어 부피를 재는 방법도 있다.

온도(℃)	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40
밀도 (kg/m³)	1.342	1.317	1.293	1.27	1.247	1.226	1.205	1.185	1.165	1.146	1.128



15. 물질이 없는 상태, 진공에 대하여



▲ 방진복을 입고 작업하는 모습

진공은 물질이 전혀 존재하지 않는 공간을 의미하지만, 실제로는 이렇게 만들기가 어렵기 때문에 1/1000 ㎜Hg 정도 이하의 저압을 일컫는다. 이런 진공은 생활용품에서 과학 기술 전반에 이르기까지 응용되고 있다. 가정에서 진공 포장을 하여 음식물을 보관할 때가 있다. 진공포장은 공기를 제거하기 때문에 미생물이 번식하지 못한다. 그래서 그 안에 들어 있는 음식물의 신선도가 오래 지속된다.

진공은 첨단 제품의 부품으로 들어가는 반도체를 생산할 때에도 유용하게 사용되는 기술이다. 반도체는 미세한 먼지에도 불량품이 만들어진다. 공기 속에는 여러 가지 작은 먼지와 세균들이 있기 때문에 진공 상태에서 작업을 해야 한다. 반도체 생산 현장에 있는 사람들이 방진복이라는 특수 복장을 하고 눈만 내놓은 채 일하는 것도 바로 이 먼지를 없애기 위해서이다.

공기가 희박해지면 낮은 전압에서 방전을 쉽게 일으킨다. 이것은 전자가 낮은 압력에서 먼 거리를 이동하므로 기체 분자를 전리시킬 수 있는 충분한 에너지를 쉽게 얻을 수 있기 때문이다. 이것을 이용한 것이 진공관인데, 백열등이나 형광등도 이런 진공관에 해당한다.

한편 많은 나라들이 인공 태양을 만들어 에너지를 얻으려고 많은 노력을 기울이고 있다. 이때 1억℃ 이상의 높은 온도를 만들어야 한다. 하지만, 이 정도의 열에는 모든 물체가 녹아버릴 것이다. 그래서 이때에도 진공 상태를 이용하여 열을 차단한다. 진공 상태가 되면 열을 잘 전달하지 못하는 특징이 있기 때문이다. 보온병에도 진공 공간이 있는데, 열의 전달을 차단한다.



▲ 공기를 빼기 전의 이불(좌)과 압축 팩에 넣어 공기를 뺀 후의 이불(우)

Ⅲ

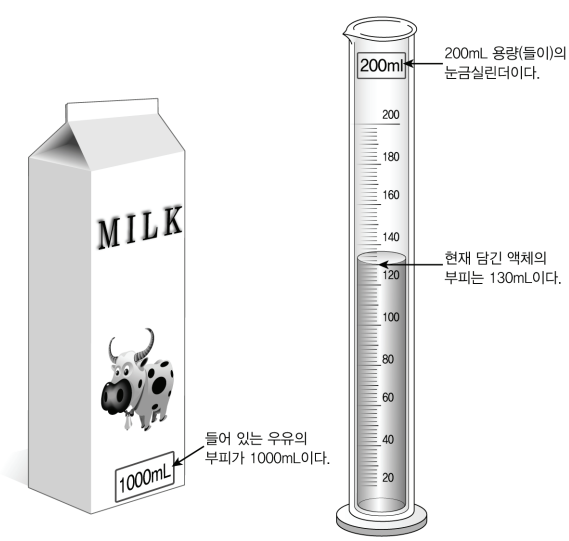
질문 있어요

1. 부피와 들이는 어떤 차이가 있나요?

생활 속에서 부피와 들이는 혼돈되어 사용되는 경향이 다소 있다. 물체나 물질이 공간에서 차지하는 크기를 부피라 한다. 즉 부피는 넓이와 높이를 가진 물체나 물질이 차지하는 공간적 크기이다.

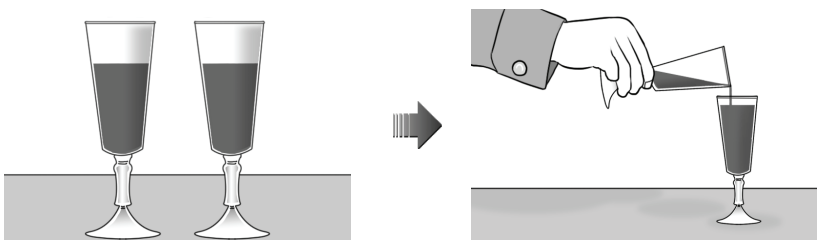
들이의 사전적 의미는 주로 수량을 나타내는 명사구 뒤에 쓰여, 그만큼 담을 수 있는 용량 뜻을 나타내는 말 또는 통이나 그릇 따위의 안쪽이 차지하는 부피의 크기를 말한다.

시중에 파는 음료수를 예를 들어 보자. 음료수 병에는 200mL, 500mL, 1.5L와 같이 음료수의 양이 표시되어 있다. 이 양은 용기 속에 들어있는 음료수의 부피를 나타내는 표현이다. 즉 음료수 용기에 들어 있는 음료수의 부피이다. 하지만, 음료수 용기의 들이는 그 음료수 부피 표시보다 약간 더 크다고 보면 될 것이다. 왜냐하면 음료수가 담긴 병의 윗부분에 약간의 공간이 있어 그만큼 더 음료수를 담을 수 있기 때문이다.



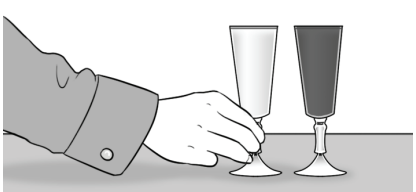
2. 두 컵에 담긴 액체를 한 컵으로 모으면 어떻게 되나요?

액체의 부피를 이용하여 다음과 같은 마술로 수업을 시작할 수 있다. 사진처럼 액체가 담긴 유리컵 두 개를 보여 주고, 학생들에게 두 컵의 내용물을 한 컵으로 모으면 어떻게 될지 물어본다. 대부분의 학생들은 내용물이 넘칠 것이라고 이야기할 것이다.



이 실험을 하기 위해서는 원뿔 모양의 똑같은 컵 두 개가 필요하다. 가장자리까지 액체를 채우고 그 중 절반을 다른 잔에 붓는다. 이 두 유리컵에 담긴 액체는 이미 절반 이상이 따라져 있는 것처럼 보여 한 곳에 넣는 것이 불가능해 보인다.

하지만 유리컵 중 하나를 들어 나머지 하나에 액체를 따라보면 놀랍게도 전부 한 곳에 들어간다. 이것은 컵이 원뿔 모양이기 때문에 일어나는 착시 효과이다. 착시 효과는 물리적 계측 수단으로 조절된 길이, 크기, 각도, 방향 또는 그것들의 기하학적 관계가 어떤 조건 위에서 그것과 현저하게 다르게 보이는 현상을 말한다. 주변의 다른 정보의 영향으로 시각 자극을 인지하는 과정에서 원래의 사물에 대한 시각적인 착각을 일으키는 것이 착시이다. 주요한 착시에는 세 가지 종류가 있다. 첫 번째는 사물의 이미지를 받아들이면서 착각을 일으키는 글자 그대로의 착시 현상이다. 두 번째는 명암, 기울기, 색상, 움직임 등의 특정한 자극의 과도한 수용으로 인해 일어나는 생리적 착시이다. 세 번째로는 뇌가 눈에서 받아들인 자극을 무의식적으로 추론하는 과정에서 발생하는 인지적인 착시이다. 이는 윗부분이 넓기 때문에 좁은 아랫부분보다 훨씬 많은 양의 액체를 담을 수 있다.



3. 왜 법정 계량 단위를 써야 하나요?

우리나라는 공정한 상거래 질서를 유지하고자 1964년부터 미터법을 기준으로 한 국제단위를 법정계량단위로 채택, 비법정 계량 단위의 사용은 금지하고 있다. 2007년부터는 생활 경제에서 많이 쓰이는 무게(g), 넓이(㎡) 단위부터 법정 계량 단위를 홍보하고, 사용을 이끌어내고 있으며, 2010년 6월에는 일간지 광고에 평, 돈을 상습적으로 사용할 경우 과태료도 부과하고 있다.

미국미터협회(USMA)에 따르면, 2005년을 기준으로 미터법을 공식적으로 쓰지 않는 나라는 미국, 라이베리아, 미얀마 뿐이라고 한다.

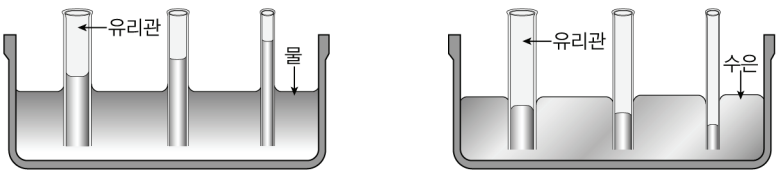
그럼 비법정 계량 단위를 사용할 때 일어나는 일들에는 어떤 것들이 있을까?

- 미국항공우주국(NASA)에서 1999년 1억 2500만 달러를 들여 발사한 무인 화성기후탐사선이 화성에 도착하자마자 폭발해 버렸다. 탐사선을 제작한 록히드마틴사는 탐사선의 각종 길이를 야드(yard) 단위로 작성했으나, NASA의 제트추진연구소 조종팀은 미터법 (1야드 = 0.9144m)으로 착각하여, 탐사선을 훨씬 낮은 궤도에 진입하게 했기 때문에 탐사선이 폭발해 버렸다고 한다.
- 2001.6월 국내 K항공사의 화물기가 중국 공항에 착륙을 시도하다 추락한 사고가 발생했다. 원인으로는 부조종사가 중국의 고도단위는 미터인데 피트로 순간적으로 착각하여 무리하게 하강을 시도하다 사고가 났다고 한다.
- 캐나다는 우리나라와 같이 자동차 속도 제한이정표를 km/h로 표시하고 있지만, 미국은 아직도 일부만 km/h와 mile/h를 병기하고 있을 뿐 대부분은 mile/h를 사용하고 있다. 이러한 미국의 관행으로 인해 미국과 캐나다의 국경지대에서 자동차 사고가 빈번히 발생하고 있다.



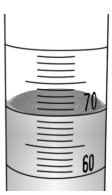
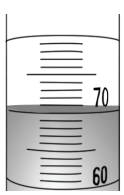
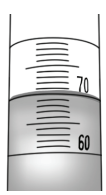
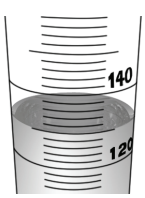
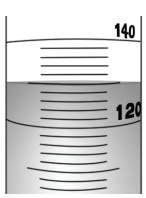
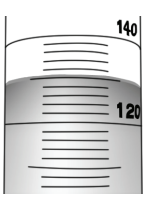
4. 눈높이를 메니스커스와 같이 하여 눈금을 읽는 이유는 무엇인가요?

물이 담긴 눈금실린더를 자세히 보면 수면이 눈금 실린더 유리벽을 따라 올라간 것을 볼 수 있다. 모세관 안의 액체 표면은 계면 장력에 의해 관 벽을 따라 주위가 중앙에 비해 올라가든지 내려가든지하여 일종의 곡면을 형성하는데 이 상태를 메니스커스라고 한다. 메니스커스는 초승달을 의미하는 그리스어에서 유래하였다.



눈금실린더를 이용하여 액체의 부피를 측정할 때는 눈높이를 이 메니스커스와 같게 하여 눈금을 읽어야 한다. 만약 메니스커스보다 위나 아래의 위치에서 액면을 보게 되면 부정확하게 부피를 측정하는 실수를 범하게 된다.

아래 사진은 100mL 눈금실린더에는 70mL의 물을, 200mL 눈금실린더에는 130mL의 물을 담고 수면보다 위쪽에서, 수면과 수평으로, 수면보다 아래쪽에서 각각 본 모습을 나타낸 것이다. 눈을 메니스커스보다 위쪽에서 바라보거나 아래쪽에서 바라보면서 부피를 측정하면 기준량보다 더 많이 담긴 것처럼 보인다. 이는 눈금실린더와 물이 만나는 부분(중앙에 비해 약간 올라간 부분)을 읽게 되기 때문이다.

	위쪽에서 본 모습	수평으로 본 모습	아래쪽에서 본 모습
100mL 용량 눈금실린더			
200mL 용량 눈금실린더			

5. 비커는 부피 측정도구가 아닌가요?

투명한 유리로 된 비커는 액체를 보관하거나 조작을 할 때 사용하는 실험도구이다. 즉 액체를 잠시 보관할 때, 가열할 때와 액체를 따를 때, 약품을 녹일 때, 용액을 농축시킬 때, 용액의 색을 관찰할 때 주로 사용한다.

하지만 많은 학생들이 비커를 부피를 측정하는 실험도구로 생각한다. 이는 비커에 눈금이 표시되어 있어서 나타나는 결과로 여겨진다. 비커를 이용하여 액체의 부피를 대략적으로는 측정할 수도 있지만, 과학에서 정확한 부피를 측정할 때는 사용하지 않는다. 그 이유는 비커의 경우 측정하는 액면이 넓어 오차가 크기 때문이다.

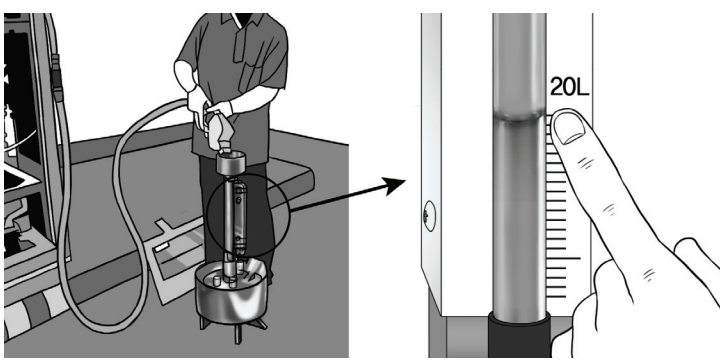
즉, 과학에서 정확한 부피를 측정할 때는 액면이 좁은 실험 도구인 눈금실린더를 사용하고, 더 정확성을 요구할 때는 뷰렛, 피펫 등의 도구를 사용한다.

가끔 TV 뉴스 보도를 통해 주유소에서 기름의 양을 속여 팔다가 단속반에 걸려 행정조치를 받는 모습을 보게 되는 경우가 있다. 이때 단속반이 사용하는 측정 장비는 메스 플라스크와 같이 아래쪽의 기름을 담는 용기 부분은 부피가 매우 크지만, 그 위쪽의 액면이 보이는 부분은 직경이 좁은 관으로 되어 있고, 그 곳에 눈금이 표시되어 있다.

단속반은 주유소에 설치된 전자 게이지를 통해 20L의 기름을 가지고 간 측정 장비에 주입하고, 측정 장비에 들어간 기름의 눈금과 비교하여 20L가 되는지 확인한다. 기름은 1%의 허용 오차 범위를 인정하고 있는데 이는 ±200mL의 범위이다.



▲ 메스 플라스크



▲ 기름의 양을 검사하는 모습

6. '기체 옮기기' 활동으로 다른 장난감도 만들 수 있나요?

기체가 공간을 차지하고 있고, 다른 곳으로 쉽게 이동하는 성질을 이용하여 다양한 실험을 할 수 있다. 교과서에서는 주사기 두 개를 비닐관으로 연결하여 움직이는 두더지 장난감을 만들어 보는 활동을 한다. 여기서는 주변에서 일회용 비닐장갑과 아이스크림 용기, 빨대를 이용하여 활동을 구성해 보았다.

시중에서 쉽게 구할 수 있는 일회용 비닐장갑(위생 장갑)을 이용하여 유성 매직으로 무늬를 꾸민다. 아이스크림 용기를 비닐장갑 입구로 감싸고 테이프로 묶는다. 이때 아이스크림 용기의 직경이 비닐장갑의 입구보다 약간 작아야 한다. 테이프 대신에 고무줄을 사용할 수도 있으나, 나중에 바람을 불어넣었을 때 비닐장갑이 벗겨지는 경우가 있다. 테이프를 3~4회 정도 감아 공기가 새는 틈이 없도록 한다. 아이스크림 용기 옆면에 빨대를 끼워 고정할 때, 빨대는 주름이 진 곳에서 짧은 쪽을 용기에 연결하도록 하며, 빨대가 용기 속에 2cm 정도 깊게 들어갈 수 있도록 한다. 빨대를 통하여 입으로 공기를 천천히 불어 넣어보고, 반대로 천천히 빼내어보도록 한다. 빨대와 용기 사이에 공간이 생기면 비닐장갑의 크기 변화가 잘 일어나지 않을 수 있다. 이때에는 고무찰흙이나 접착제를 이용하여 공간을 메우도록 한다.






7. 공기를 가열하면 공기는 어떻게 분포하나요?

오른쪽 그림과 같이 공기가 들어 있는 플라스크에 고무풍선을 매단 후 알코올램프를 이용하여 플라스크를 가열했다고 하자. 그럼 당연히 고무풍선은 팽창할 것이다. 만약 기체를 볼 수 있다고 가정하고, 가열 한 후 기체의 분포를 그려보라고 할 때 학생들은 어떻게 대답할까?

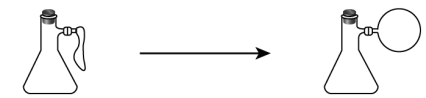
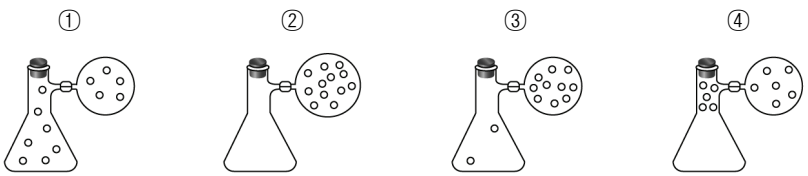


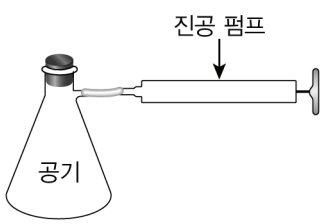
그림 1 (가열 전) 그림 2 (가열 후)



많은 학생들은 풍선이 부풀어 오르는 모습을 보고 ②번이나 ④번과 같이 대답을 한다. 즉 플라스크 속에 있던 공기 입자들이 고무풍선 쪽으로 이동하여 풍선을 부풀게 하고, 플라스크 속에는 아무것도 남아 있지 않는 상태일 것이라고 생각한다. 혹은 삼각플라스크의 위쪽으로 이동하였을 것이라고 생각한다. 과학적 개념은 ①번을 택한 경우이다.

플라스크 속이나 고무풍선 속에는 공기가 존재한다. 기체는 압력이 일정할 때 온도가 상승하면 부피가 팽창하는 성질이 있다. 즉 기체 입자간 거리가 멀어지면서 부피가 팽창하게 되는 것이다. 그리고 기체는 그것을 담고 있는 용기를 골고루 가득 채우는 성질이 있다. 즉 플라스크 속이나 고무풍선 속에 공기 입자는 골고루 퍼져서 존재하게 된다.

공기 입자들은 다음과 같이 가지달린 삼각플라스크에 진공 펌프를 연결하여 피스톤을 뒤로 당겼을 때에도 위 실험과 비슷한 경우로 존재하게 된다.

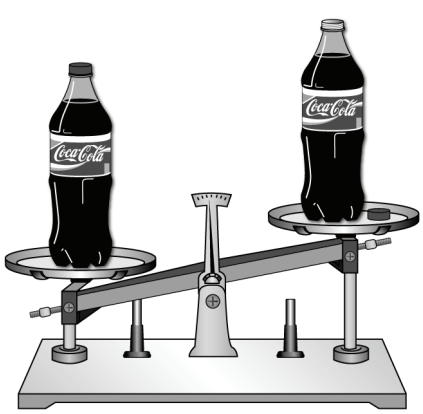


8. 탄산음료를 개봉하면 질량이 어떻게 되나요?

탄산음료(콜라, 사이다)에는 이산화탄소가 약 3기압 정도 녹아 있다. 3기압은 45psi 또는 300 kPa로 자동차 타이어의 압력보다 더 큰 것이다. 병마개를 완전히 막지 않으면 입구쪽 공간이 있는 가스압력은 떨어지게 된다. 그러나 재빨리 뚜껑을 닫아주면 빈 공간의 가스와 액체 속의 가스가 평형을 이루어 원래의 압력을 갖게 된다. 물속에서 탄산을 형성하는 반응이 있어도 물속의 탄산가스는 5기압 또는 10기압까지 헨리의 법칙을 따르게 된다. 만약 뚜껑을 닫은 채로 흔든다면 기체상의 압력에는 변화가 없으나 수많은 가스 방울들이 만들어진다. 이때 병마개를 따면 탈출하는 가스들이 그 내용물을 함께 밖으로 밀어내게 된다. 이때 병마개를 따면 탈출하는 가스들이 그 내용물을 함께 밖으로 밀어내게 된다.

샴페인에는 3~6기압의 이산화탄소가 녹아 있는데, 병을 흔들지 않고 열면 거품이 쉽게 생기지 않는다. 이것은 이산화탄소가 일정 압력 하에서 오랫동안 녹아 있으면서 병 내부 표면과 완전히 접촉되어 기포를 생성할 만한 공간이 없기 때문이다. 샴페인을 깨끗하게 말린 잔에 부으면 액체가 잔과 접촉할 시간이 충분하지 않기 때문에 작은 기포를 만들게 된다.

그럼 탄산음료를 개봉하기 전과 개봉한 후의 질량에는 어떤 차이가 있을까? 탄산음료에는 많은 양의 이산화탄소가 녹아 있고, 이산화탄소는 공기보다 무거운 성질이 있다. 즉 공기의 평균 분자량은 28.95 정도이지만, 이산화탄소는 44이다. 따라서 탄산음료를 개방하면 압력이 낮아져 녹아 있던 이산화탄소가 공기 중으로 탈출하게 된다. 따라서 개봉하기 전보다 무게가 줄어들게 된다. 학생들은 기체가 가볍고, 이산화탄소 가스가 음료수 병 밖으로 나가려하기 때문에 개봉하기 전이 더 가볍다고 생각하는 경향을 보이는 경우가 있다.





과학기술표준원 http://www.kats.go.kr

네이버 http://www.naver.com

문화컨텐츠 http://www.culturecontent.com

한국계량측정협회 http://www.kasto.or.kr

한국표준과학연구원 www.kriss.re.kr

해우리 해양 환경교실 http://haeuri.kcg.go.kr

강홍렬(1987), 알기 쉬운 국제단위계 해설, 한국표준과학연구원.

교육과학기술부·한국과학창의재단(2009), 초등학교 과학실험 탐구요목 개발(초등학교, 3,4학년용). 경인교육대학교 과학교육연구소.

교육부(2013), 3~4학년군 과학 교사용 지도서, 교육부.

김봉래, 김득호(2006). 고등학교 화학 Ⅱ. 두산동아.

안운선 역(2013), 애킨스 물리화학 9판, 교보문고.

여상인(2012), 생활 속의 화학탐구. 북스힐.

이광웅(2007), Why? 바다, 예림당.

한국표준과학연구원(2001), 국제단위계(SI)해설 사용지침서, 한국표준과학연구원.

화학교재편찬위원회 역(2006), 생활속의 화학, 한승

Rosalind Driver, Edith Guesne and Andree Tiberghien(1998), Children's Ideas in Science. Open University Press.

MEMO





4

지도서에 나오지 않는 과학이야기

소리의 성질



Ⅰ. 단원의 주안점 180

Ⅱ. 기본 개념 181

1. 파동과 진동 181
2. 파동의 표현 182
3. 파동의 전달 183
4. 파동의 간섭 184
5. 소리의 발생과 전달 185
6. 소리의 3요소 186
7. 고유진동수와 공명 187
8. 소리의 반사 188
9. 정상파(standing wave, 定常波) 189
10. 도플러 효과 190
11. 소리 감각 191
12. 소음성 난청 192
13. 여러 가지 악기 193

Ⅲ. 질문 있어요 194

1. 1층보다는 10층이 더 시끄러운가요? 194
2. 귀는 왜 2개일까? 195
3. 동물은 어떻게 소리를 낼까요? 195
4. 어린이만 들을 수 있는 벨 소리가 있나요? 196
5. 소리는 어떻게 이용되나요? 197
6. 실전화기 어떻게 만들어야 할까요? 198

I

단원의 주안점

핵심 개념

- 파동과 진동, 파동의 표현, 파동의 전달, 파동의 간섭, 소리의 발생과 전달, 소리의 3요소, 고유 진동수, 공명, 소리의 반사, 굴절, 정상파, 도플러효과, 소리 감각

HISTORY

- 7차 교육과정에서는 3학년 과정에서 다루었으며, 2007 개정교육과정에서는 과학과 교육과정에는 포함되지 않았다.

지도 수준

- 가락을 연주할 수 있는 악기를 학생스스로 고안하여 만들기에서 다소 어려움이 따른다. 따라서 실제 수업에서는 교사의 자세한 안내와 준비물 제공이 필요하다.

학생들의 어려움

- 학생들은 조작활동의 정교함이 부족하여 악기의 음정을 맞추는 것에서 어려움을 겪고 있다.



Ⅱ

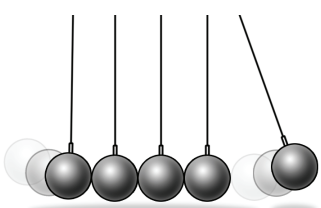
기본 개념

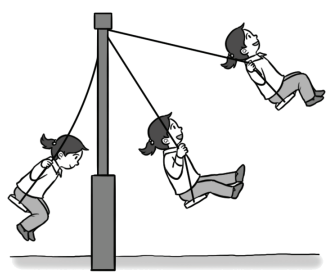
1. 파동과 진동

파동과 진동은 어떻게 다를까? 물체가 하나의 점을 중심으로 흔들리는 것을 진동이라고 하며 진동 상태가 물질(매질)을 따라 퍼져나가는 것을 파동이라고 한다.

한쪽 끝 부분이 고정되어 매달려 있는 용수철의 다른 쪽 끝부분을 길게 늘였다가 놓았을 때, 현악기의 줄을 튕겼다 놓았을 때, 그리고 시계추를 잠시 옆으로 들었다가 놓았을 때, 대상물체가 어떤 기준점을 중심으로 왔다 갔다 하면서 움직이는 모습을 관찰할 수 있다.

이를 진동이라 한다. 피아노와 같은 악기는 모두 이러한 진동을 이용하여 소리를 내는 것이다. 초기에 변위 또는 운동이 외부로부터 주어지고, 그것에 의해 진동이 시작된다. 일반적으로는 진동 중에 에너지가 소멸되기 때문에, 그 진폭은 점차 감쇠해 간다.

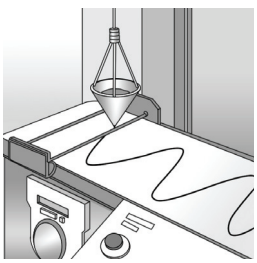




파동은 공간의 한 점에서 다른 점으로 퍼져 나가는 성질을 가지고 있으며, 빛과 소리는 파동의 형태로 주위 공간으로 에너지를 전달한다.



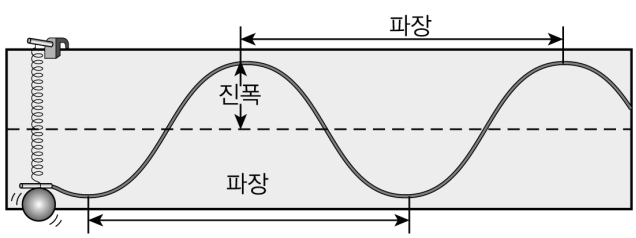
2. 파동의 표현



오른쪽 그림과 같이 일정한 속력으로 움직이고 있는 컨베이어 벨트 위에서 모래가 담긴 흔들이 통이 진동할 때, 모래는 사인 곡선을 그린다. 또 수직으로 진동하는 용수철 진자의 추에 펜을 매달아 수평 방향으로 일정한 속력으로 움직이는 종이 위에 놓아도 같은 형태의 사인 곡선을 얻을 수 있다.

파동은 파장, 진폭, 진동수 등으로 표현할 수 있다.

파동에서 가장 높이 올라간 부분을 '마루', 가장 낮은 부분을 '골'이라고 하며 '마루'와 '마루' 또는 '골'과 '골' 사이를 '파장'이라고 한다. 빛의 파장은 나노미터, 연못에서 생기는 잔물결의 파장은 센티미터, 일반적으로 해변으로 밀려오는 파동의 파장은 미터 단위이다. 막대한 피해를 입히기도 하는 지진 해일인 쓰나미의 파장은 수 킬로미터에서 수 백 킬로미터에 이르기도 한다.



진폭은 진동 중심으로부터 최대 변위까지의 길이를 말한다.

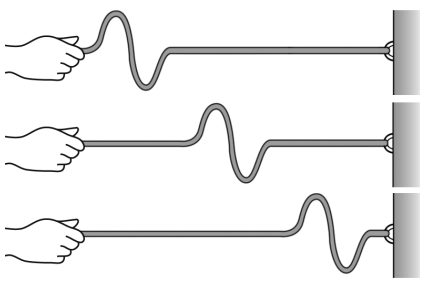
파동이 전파해 갈 때 어느 한 지점에서 매질이 한 번 진동하는데 걸리는 시간을 주기라고 한다. 또 진동수는 1초 동안 진동한 횟수를 나타내는 양으로 단위는 헤르츠(Hz)이다. 예를 들어 어떤 진자가 1초에 2번 진동할 경우 이 진자의 진동수는 2Hz이고, 주기는 1/2초이다. 방송에 사용되는 AM 라디오파는 kHz 단위의 전파이고 FM라디오는 MHz 단위의 전파이다. 또 레이더나 전자오븐에서 사용하는 파는 GHz[1]단위의 전자기파이다.

[1] k(킬로) : 10^3, M(메가) : 10^6, G(기가) : 10^9

3. 파동의 전달

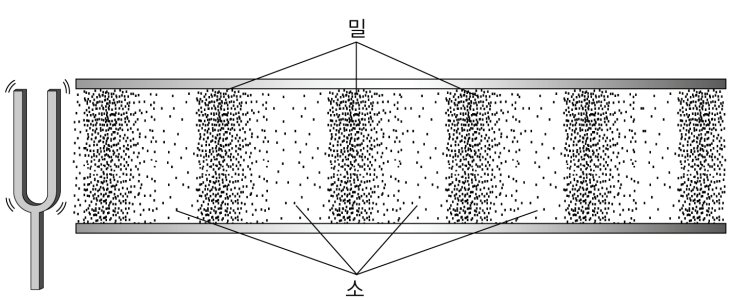
우리 주변에 있는 대부분의 정보는 우리에게 파동의 한 형태로 전달된다. 소리는 공기의 진동을 통해 우리 귀에 도달하며, 빛은 매질이 따로 필요없는 전자기파의 한 종류이다.

그림과 같이 손으로 줄을 잡고 한쪽 끝은 위아래로 흔들고 가만히 있으면 규칙적인 진동이 줄을 따라 이동한다. 그러나 실제로 줄이 이동하는 것이 아니라 줄의 위아래 흔들림이 위치를 옮겨가며 나타나는 것이다. 이 때 줄은 위 아래로 수직 방향으로 움직이며 파동은 수평방향으로 이동한다. 이와 같이 파동이 매질을 통과해 지나갈 때 파동의 전파 방향과 매질의 진동방향이 서로 수직한 것을 '횡파'라고 한다.



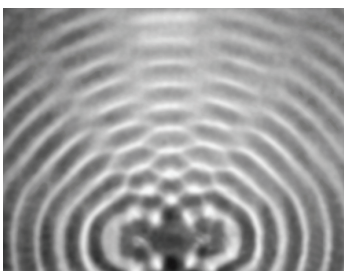
또 잔잔한 연못에 돌을 떨어뜨렸을 때 나타내는 수면파의 경우도 물 자체가 움직이는 것이 아니라 이동하는 것은 흔들림이다. 소리가 전달될 때도 같은 현상이 나타난다. 두 사람이 서로 대화를 나눌 경우, 소리는 하나의 파동이 되어 공기로 전달된다. 그러나 바람과 같이 공기 분자가 이동하는 것이 아니라 줄이나 물처럼 파동 에너지가 전달되는 것이다. 즉 파동은 물질이 아닌 진동이 전달되는 현상이다. 이 때 진동을 전달하는 물질을 '매질'이라고 한다.

손뼉을 치면 모든 방향으로 퍼져 나가는 하나의 파동이 만들어진다. 이 파동은 공기를 진동시키게 되는데 이 때 공기 분자들은 퍼져나가는 파동이 운동방향과 나란하게 앞뒤로 움직이게 된다. 이와 같은 파동의 전달 방법을 '종파'라고 한다.

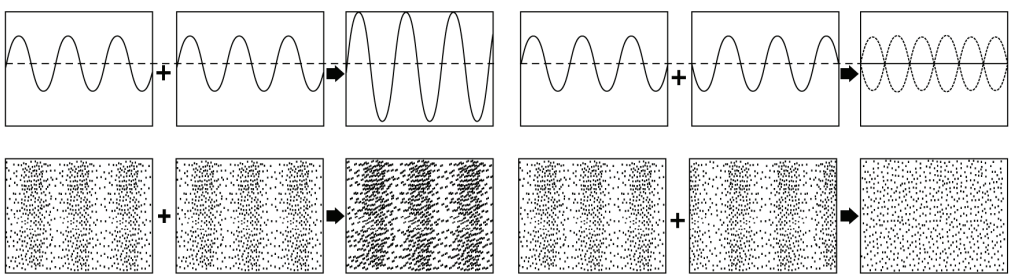


4. 파동의 간섭

서로 다른 두 물체는 같은 공간에 존재할 수 없다. 그러나 진동이나 파동의 경우는 같은 공간에 동시에 여러 개가 함께 존재할 수 있다. 예를 들어 두 개의 돌을 물에 떨어뜨린 경우, 각각에 의해 만들어진 파동이 중첩되어 그림과 같은 무늬가 만들어진다.



두 개 이상의 파동이 같은 공간에 존재할 때, 중첩된 파동은 커지거나 작아지거나 또 없어질 수 있다. 예를 들어 파동의 마루와 다른 파동의 마루가 중첩될 때 각 파동의 효과는 서로 더해진다. 이런 간섭을 보강간섭이라고 한다. 반면 한 파동의 마루가 다른 파동의 골과 만나면 각 파동의 효과는 줄어든다. 한 파동의 높은 부분이 다른 파동의 낮은 부분을 채우게 되어 진폭이 0이 되는 경우가 발생할 수 있는 데 이를 소멸간섭 또는 상쇄간섭이라고 한다.



▲ 보강간섭 ▲ 소멸간섭

음파의 소멸간섭은 소음 방지 기술에 있어서 유용하게 이용된다. 굴착기처럼 소음이 큰 장치에 마이크로폰을 장착하고 이 마이크로폰을 통하여 입력된 소리와 정반대 모양인 파형의 음파를 만들어 낸다. 그리고 복제된 음파는 다시 굴착기 작업자의 이어폰으로 보낸다. 굴착기로부터 오는 밀한 부분(또는 소한 부분)은 똑같이 복제되어 이어폰에 보내진 음파의 소한 부분(또는 밀한 부분)과 간섭을 일으키므로 굴착기의 소음을 줄어든다. 소음 제거용 이어폰은 조종사들에게도 보편화된 장치이다.

5. 소리의 발생과 전달

소리는 물체가 떨리면서 나게 된다. 피아노, 바이올린, 첼로, 비올라, 기타와 같은 현악기는 현의 진동에 의해 소리가 만들어지고 색소폰, 클라리넷은 리드의 진동에 의해 소리가 만들어진다. 또 플루트, 단소, 소금의 경우는 입을 대고 부는 시점의 공기 기둥이 진동하면서, 목소리는 성대 등의 떨림에 의해 만들어진다. 이들 모두 처음 만들어진 진동이 음판, 관악기의 공기 기둥, 목과 입 안의 공기 등과 같은 더 크거나 무거운 물체를 진동시키게 된다.

우리가 듣는 대부분의 소리는 처음의 진동이 공기를 통해 우리 귀에 전달되는 것이다. 소리는 공기뿐만 아니라 고체나 액체 속에서도 전달된다. 인디언의 경우는 멀리서 달려오는 말의 말발굽 소리를 귀를 지면에 가까이 대고 보다 빠르게 들으며, 물속에도 소리가 전달되기 때문에 싱크로나이즈드 스위밍과 같은 스포츠를 즐길 수도 있다. 고체와 액체는 공기보다 소리를 훨씬 더 잘 전달해주는 물질이다.

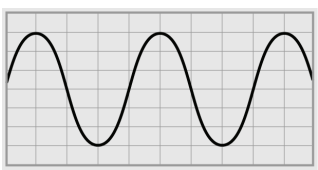
상태	물질	소리의 속력(m/s, 25℃)
고체	알루미늄	6520
	철	5950
	유리	3980
액체	물	1531
	에탄올	1207
	메탄올	1103
기체	수소	1284
	헬륨	965
	공기	346
	산소	316

소리의 전달 속도는 온도에 영향을 받는다. 기온이 높을수록 공기 중의 분자들이 더 빠르게 운동하기 때문에, 기온이 높을수록 소리의 전달 속도가 빠르다. 기온이 1℃올라갈 때 음속은 약 0.6m/s 빨라진다. 공기 중의 소리의 전달 속력은 0℃일 때 331m/s 이며, 15℃일 때 340m/s이다.

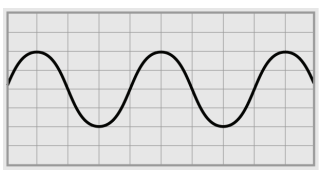
6. 소리의 3요소

소리의 특징은 소리의 세기, 높낮이, 음색(또는 맵시)으로 나타낸다. 소리의 세기는 진폭, 높낮이는 진동수, 음색은 파동의 모양과 관계가 있다.

소리의 세기는 음파의 진폭과 관계가 있고, 이는 공기 분자가 얼마나 크게 흔들렸는지를 나타낸다. 크게 진동하는 물체는 주변의 공기를 크게 진동시키기 때문에 진폭이 큰 음파를 말한다. 소리의 세기는 데시벨(db)[2]로 나타낸다. 10db은 0db보다 10배 크며, 20db은 0db보다 100배 크다.

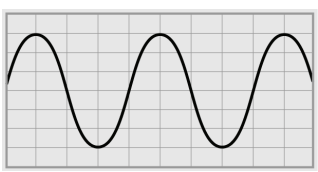


▲ 큰 소리

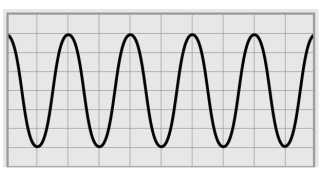


▲ 작은 소리

소리의 높낮이는 음파의 진동수와 관계가 있다. 이는 공기 분자가 얼마나 자주 떨렸는지를 나타낸다. 자주 떨릴수록 더 높은 소리가 난다. 흔히 남자보다 여자가 더 높은 소리를 낸다. 여자가 더 높은 소리를 낸다는 것은 여자의 진동수가 더 크다는 것을 의미한다(소프라노 250~1170Hz, 베이스는 90~340Hz).



▲ 낮은 소리



▲ 높은 소리

파형의 세부적인 모양의 차이로 같은 음을 내는 서로 다른 악기의 소리가 전혀 다른 느낌으로 다가온다. 소리의 맵시는 파형의 세부 모양을 의미한다.



▲ 피아노



▲ 바이올린

[2] 0db : 인간이 들을 수 있는 가장 작은 소리

7. 고유진동수와 공명

공과 나무도막을 땅에 떨어뜨리면 서로 다른 소리가 난다. 이는 두 물체가 땅에 부딪쳤을 때 각기 다른 진동을 하기 때문이다. 이렇듯 탄성체를 교란시킨 경우 탄성체는 자신의 고유한 진동수로 떨게 되는데 이 때문에 자기만의 독특한 소리를 내게 된다. 물체의 고유 진동수는 탄성이나 물체의 모양과 같은 요소들에 의해 결정된다.

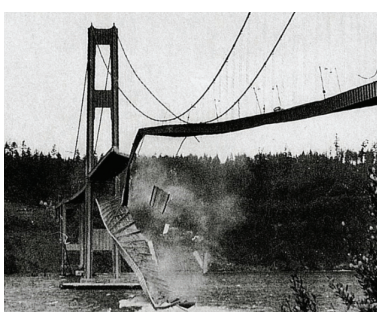
강제 진동의 진동수가 그 물체의 고유 진동수와 같을 때 진폭은 엄청나게 커지는데 이러한 현상을 공명이라고 한다. 어떤 물체가 공명하기 위해서는 진동이 일어날 수 있는 시작점까지 잡아당길 수 있는 힘과 진동을 유지시키기 위한 충분한 에너지가 필요하다.

고유진동수가 같은 두 개의 소리굽쇠를 나란히 놓고 한쪽 소리굽쇠를 때리면 공기의 진동에 의해 다른 쪽 소리굽쇠도 진동을 시작하는 것을 볼 수 있다.

1940년 미국 워싱턴 주의 타코마 협곡을 지나는 60km/h의 바람 때문에 다리가 붕괴된 사건이 있었다. 이 다리는 지어진지 4개월 밖에 되지 않았으나 바람과 다리가 공명을 일으켜 몇 시간 만에 다리를 출렁이게 만들었고 마침내는 붕괴되었다. 타코마 다리가 붕괴된 까닭은 바람이 불규칙적으로 다리에 힘을 가하는 횟수와 다리의 자연 진동수가 일치하여 진폭이 점점 커졌기 때문이다.



▲ 다리가 휘어진 모습



▲ 다리가 붕괴된 모습

공명현상은 우리 주변에서 흔히 볼 수 있으며 일상생활에 유용하게 이용된다. 라디오 주파수를 맞추거나 TV채널을 바꾸는 것, 전자레인지는 공명현상의 원리를 활용한 것이다.

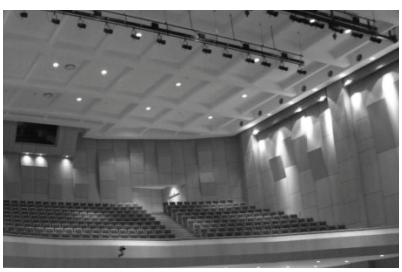
8. 소리의 반사

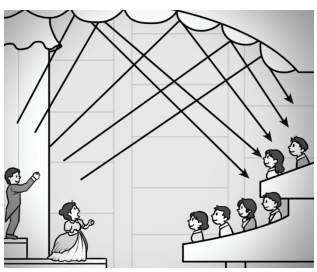
소리가 공기와 물의 경계처럼 한 매질에서 다른 매질로 진행할 때, 일부는 물질 속으로 들어가고 나머지는 반사된다. 이 때 소리의 속력이 달라져서 파동의 진행 방행이 꺾이는 현상을 굴절이라 하고 그 경계면에서 처음의 매질로 되돌아 나오는 현상을 반사라고 한다. 또 파동이 장애물이나 좁은 틈을 통과할 때 그 뒤편까지 전달되는 현상을 회절이라고 한다.

소리의 반사는 표면이 넓고 딱딱하고 평평할수록 잘 일어나며, 좁고 부드럽고 울퉁불퉁할수록 통과되거나 흡수되는 에너지가 많다. 산에서 '야호~'를 외칠 때 듣게 되는 메아리는 소리의 반사를 잘 보여 준다.

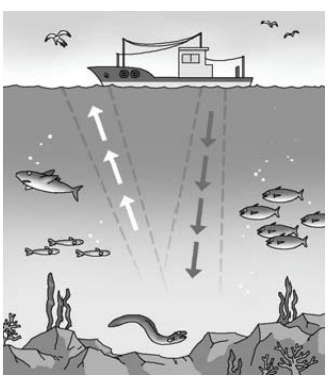
공연장은 이러한 현상을 적절하게 이용해야 한다. 소리의 반사가 전혀 일어나지 않으면 울림이 없고 또 그 반대인 경우는 잔향으로 인해 소리를 제대로 들을 수 없기 때문이다.

공연장의 무대 위에는 반사판을 붙인다. 이는 소리가 일정한 방향으로 적절히 반사되어 가능한 많은 자리에서 고르고 적절한 소리를 들을 수 있도록 하기 위해서다.





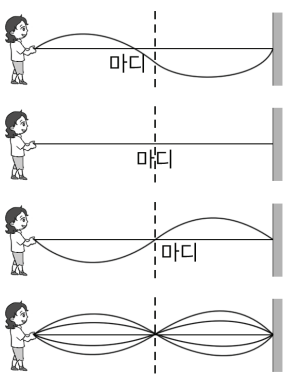
빛은 깊은 바다 속까지 도달하지 않기 때문에, 바다 속을 탐사할 때는 소리의 반사를 이용한다. 바다 속으로 쏜 소리가 되돌아 올 때까지의 시간을 측정하면 바다의 깊이를 알 수 있다. 예를 들어 25℃ 물에 쏜 소리가 2초 만에 돌아온 경우 바다의 깊이는 약 1530m이다.



9. 정상파(standing wave, 定常波)

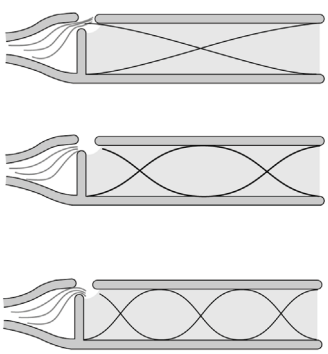
정상파란 전파하지 않고 정지해 있는 것처럼 보이는 파동이다. 진폭과 진동수가 같은 파동이 서로 반대 방향으로 이동할 때 파동의 합성에 의해 발생하며 정지파 혹은 정재파라고도 한다.

그림과 같이 줄의 한 끝을 벽에 고정시키고 다른 한 끝을 위 아래로 흔들어 주면 파동이 만들어 지는데 이 때 한쪽 끝이 고정되어 있으므로 파동이 반사되어 다시 줄을 따라 되돌아오게 된다.

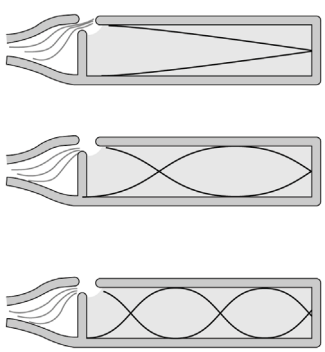


진폭과 진동수가 같은 두 파동이 서로 반대방향으로 진행하여 간섭될 때 마디 부분은 두 파동의 위상이 서로 반대되는 곳으로 항상 소멸간섭이 일어나는 곳이다.

기타, 바이올린, 피아노등은 양쪽을 고정시킨 줄을 진동시켜 줄에서 생기는 정상파를 이용한 것이고, 색소폰, 트럼펫과 같은 관악기 등은 공기 기둥을 진동시켜 공기 기둥에서 생기는 정상파를 이용한 것이다.



▲ 끝이 열린 관악기



▲ 끝이 막힌 관악기

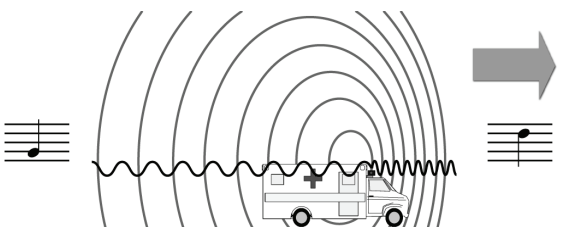
파의 마디라고 하는 곳은 모양 그대로 보면 진폭이 0이 되는 곳으로 관의 막힌 곳, 현이 묶인 곳이 마디가 된다. 반대로 열린 곳은 배가 된다. 관의 막힌 곳이나 현이 묶인 곳이 마디가 되는 이유는 끝이 고정되어 있어 진동을 할 수 없기 때문이며, 관의 열린 곳이 배가 되는 이유는 최대로 자유진동을 할 수 있기 때문이다.

10. 도플러 효과

자동차가 경적 소리를 내며 지나갈 때, 자동차가 가까이 다가오는 것인지 멀어지고 있는 것인지를 구분할 수 있다. 자동차가 나를 향해 다가올 때는 더 높은 음의 소리를 듣게 되고 자동차가 멀어질 때는 낮은 음의 소리를 듣게 된다. 이것은 매초 우리에게 도달하는 마루의 수가 달라지기 때문이다.



음원과 관측자 사이의
거리가 일정할 때



음원이 관측자에게
가까이 다가갈 때

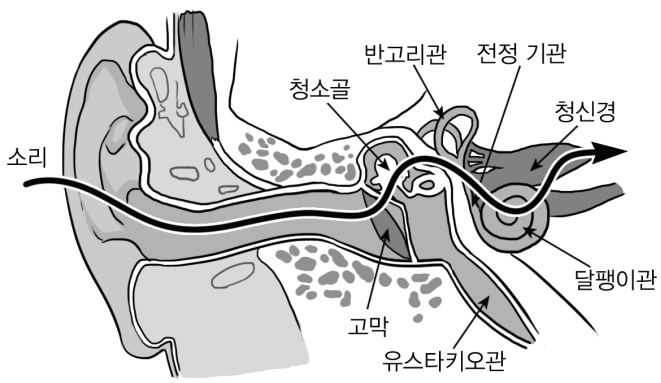
그림에서 보듯이 자동차가 오른쪽으로 움직이면, 오른쪽은 마루 사이의 거리가 짧아지고 왼쪽은 길어진다. 매초 우리 귀에 도달하는 마루의 수에 따라 소리의 높낮이가 달라지는데 자동차가 나를 향해 다가올 때는 1초 동안 우리 귀에 도달하는 마루의 수가 많아지기 때문에 높은 음의 소리를 듣게 되고, 자동차가 멀어질 때는 우리 귀에 도달하는 음파의 마루의 수가 적어지기 때문에 더 낮은 음을 듣게 된다.

이처럼 관측자와 소리를 내는 물체 사이의 거리가 시간에 따라 변할 때 소리의 높낮이가 변한다. 즉 도플러 효과란 파동을 발생시키는 파원과 그 파동을 관측하는 관측자 중 하나 이상이 운동하고 있을 때 발생하는 효과로, 파원과 관측자 사이의 거리가 좁아질 때에는 파동의 주파수가 더 높게, 거리가 멀어질 때에는 파동의 주파수가 더 낮게 관측되는 현상이다.[3]

3] 두산백과

11. 소리 감각

사람의 소리 감각 기관인 귀는 신체 외부의 공기의 압력 변화(소리)를 전기적 신호로 바꾸는 역할을 한다.



소리가 뇌에 전달되는 과정은 다음과 같다.

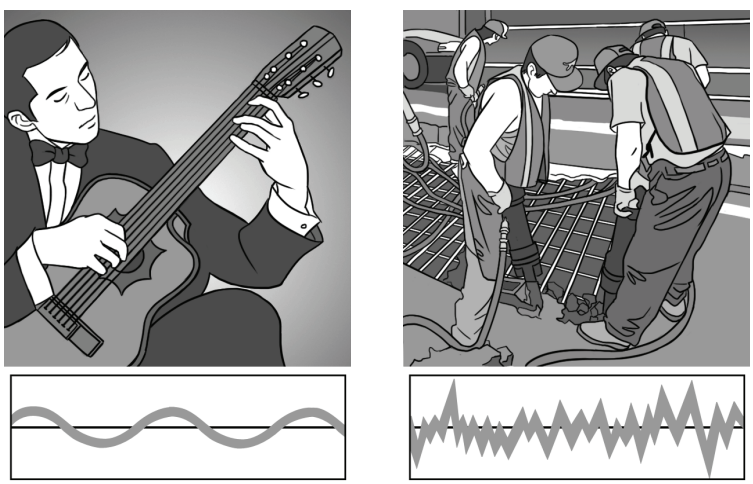
소리 → 귓바퀴 → 귓구멍 → 고막 → 청소골 → 달팽이관 → 청세포 → 청신경 → 뇌

귓바퀴에 의해 모아진 소리가 좁은 관은 통해 들어오면서 소리가 커진다. 이 소리가 얇은 막인 고막을 진동시켜 청소골로 보내면 망치뼈, 모루뼈, 등자뼈라는 세 개의 뼈가 서로 부딪치면서 진동을 50배 크게 만들어 달팽이관으로 보낸다. 이 진동이 달팽이관 속의 림프액을 진동시키고 림프액의 진동은 다시 청세포를 통해 뇌로 전달된다.

귀는 소리를 전달하는 것 이외에 운동 감각이나 균형을 조절하는 역할도 한다. 달팽이관과 반고리관 사이에 있는 전정기관에는 이석이라는 작은 돌이 들어 있어 몸의 균형을 잡아주는 역할을 한다. 또 유스타키와관은 인두와 연결되어 있다. 유스타키오관은 평소에 닫혀 있다가 하품을 하거나 침을 삼킬 때 열려서 귀 안과 귀 밖의 압력의 차를 조절해 주는 역할을 한다.

12. 소음성 난청

사람의 노래 소리를 녹음하여 파형을 보면 적당한 변화의 규칙성이 있는 것을 알 수 있다. 반면 소음은 규칙성을 찾기 어려운 경우가 많다. 그러나 음악의 경우도 듣는 사람의 상태에 따라 소음으로 느끼는 경우 있다. 너무 큰 소리를 지속적으로 듣게 되는 경우 청각에 이상이 올 수도 있다.



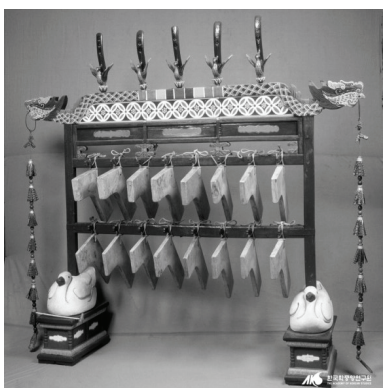
시끄러운 소리를 들은 뒤 한동안 귀가 멍멍해지는 것은 청각을 담당하는 귓속 달팽이관의 유모세포가 일시적인 충격을 받기 때문이다. 이러한 충격이 장시간에 걸쳐 지속될 때 귀가 머는 현상이 바로 소음성 난청이다. 소리를 전달하는 길에 염증이 생기는 중이염을 앓아 발생한 전음성(傳音性) 난청에 비해 소음성 난청은 소리를 듣는 감각신경자체가 손상됐기 때문에 아무리 보청기로 음을 증폭해도 들을 수 없게 된다. 따라서 치료보다 예방이 훨씬 중요하다.

소음성 난청이 우려되는 소음강도는 85㏈정도 이다. 85㏈의 소음 환경에서 하루 8시간씩 10년가량 보내게 되면 소음성 난청이 생긴다. 보통 대화가 50㏈, 자동차 소음은 80㏈, 지하철 소음이 100㏈, 귀가 찢어지는 듯한 음악이 110㏈정도이며 귀에서 통증이 유발되는 강도가 140㏈임을 감안한다면 하루 한 두 시간 이어폰으로 라디오나 음악을 듣는 정도로는 청력 저하를 걱정할 필요가 없다. 그러나 출력이 큰 헤드폰으로 장시간 헤비메탈 음악을 즐기는 사람이라면 소음성 난청이 생기지 않도록 유의해야 한다.

13. 여러 가지 악기

종, 장구와 같은 타악기나 바이올린, 가야금과 같은 현악기는 악기 자체를 떨게 한 후 그 떨림을 공기가 전달하는 방식으로 소리를 낸다. 반면 리코더, 플루트와 같은 관악기는 악기 자체를 떨게 하는 것이 아니라 악기 안의 공기 기둥을 떨게 하여 소리를 낸다.

북, 장구와 같은 타악기는 소리의 높낮이를 정확하게 낼 수 없지만 실로폰, 편종, 편경과 같은 타악기는 정확한 음계를 가지고 있다.



▲ 편경



▲ 편종



현악기는 줄을 뜯거나, 무언가로 문질러 줄을 떨리게 해서 소리를 낸다. 현악기는 현이 팽팽하고 짧고 가벼울수록 높은 소리가 나고 현이 느슨하고 길고 무거울수록 낮은 소리가 난다. 피아노는 건반을 누를 때 그 건반과 연결된 작은 망치가 망치 밑의 현을 때려 소리를 내는 현악기이다.

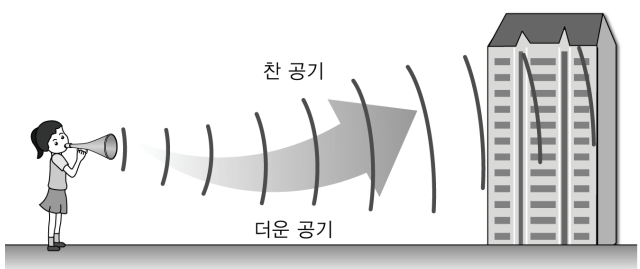
관악기는 관에 입으로 공기를 불어넣어서 소리를 내는 악기를 말한다. 관악기는 크게 목관 악기와 금관 악기로 분류한다. 역사적으로 유럽에서 목관 악기는 나무로, 금관 악기는 금속으로 만들어 왔기 때문에 붙은 이름이지만, 오늘날엔 목관 악기인 플루트와 색소폰은 금속으로, 금관 악기인 코넷은 나무로 만드는 등 재료에 따른 구분은 없어졌다. 금관 악기는 입술을 진동시켜 소리를 내고 목관 악기는 리드를 진동시켜 또는 숨을 불어넣어 소리를 낸다.

Ⅲ

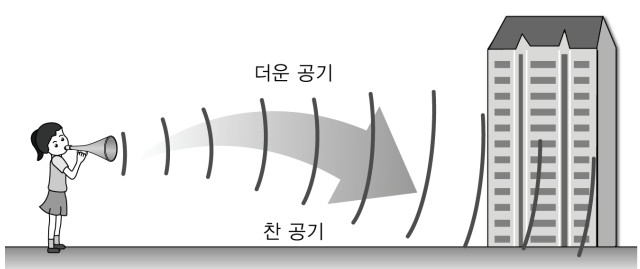
질문 있어요

1. 1층보다는 10층이 더 시끄러운가요?

매질의 밀도가 달라지면 소리의 전달 속도가 달라진다. 소리의 전달 속도가 달라지면 그 경계면에서 소리도 빛과 같이 굴절하게 된다. 소리의 속력이 달라져서 파동의 진행 방행이 꺾이는 현상을 굴절이라고 한다. 공기는 온도에 따라 밀도가 변한다. 차가운 공기는 밀도가 높고 따뜻한 공기는 밀도가 낮다. 따라서 기온 분포에 따라 소리가 굴절하는 방향이 달라진다. 소리의 굴절 방향에 따라 높이에 따른 시끄러운 정도가 달라질 수 있다.

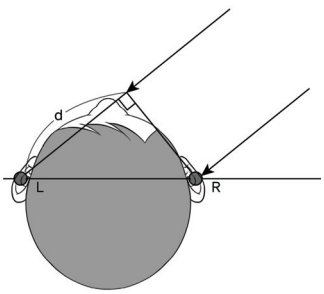


위의 그림에서 보듯이 일반적으로 낮에는 지면에 더운 공기가 있고 위쪽 공기가 차갑다. 때문에 소리가 위쪽으로 굴절된다. 따라서 낮에 아파트 고층의 소음이 더 심하게 느껴질 수 있다.



반면에 밤에는 지면의 공기가 더 차갑다. 때문에 소리가 아래쪽으로 굴절된다. 지면까지 소리가 잘 전달된다. 따라서 밤에는 아파트 저층의 소음이 더 심하게 느껴질 수 있다.

2. 귀는 왜 2개일까?



누군가가 나를 부르면 소리가 나는 방향으로 고개를 돌릴 수 있다. 나는 어떻게 소리가 나는 쪽을 알 수 있었을까? 소리 발생원으로부터 양쪽 귀의 거리가 다르기 때문이다. 소리 발생원으로 부터의 거리가 다르다면, 소리는 어느 한쪽 귀에 먼저 도달하고 더 크게 들릴 것이다. 아래 그림에서 왼쪽 귀에 들리는 소리는 오른쪽 귀에 들리는 소리보다, 소리가 거리 d를 이동하는 데 걸리는 시간만큼 늦게 도착한다.

우리는 두 귀로 들을 수 있기 때문에 소리가 발생한 위치를 훨씬 정확하게 구분할 수 있다. 이것을 가리켜 '쌍청각 작용'이라고 한다. 사람의 뇌는 두 귀에 도달하는 소리 사이의 아주 작은 차이(약 13마이크로초, 1마이크로초는 100만분의 1초)를 감지할 수 있다. 이러한 차이를 느끼기 때문에 뇌는 소리가 나는 방향을 알 수 있는 것이다. 따라서 한쪽 귀가 들리지 않는 사람은 들리는 소리를 서로 비교할 수 없어서 소리의 위치를 정확히 찾는 데 어려움을 겪는다.[4]

3. 동물은 어떻게 소리를 낼까요?

고래와 박쥐가 소리를 내는 방법은 사람과 거의 비슷하다. 그렇지만 소리의 진동수 범위는 다르다.

긴수염고래는 20㎐의 주파수로 피아노의 가장 낮은 음에 가까운 소리를 낸다. 이 같은 저주파수의 소리는 바다 속에서 거의 흡수되지 않기 때문에 20㎐의 소리를 내는 고래는 세계 어디서나 통신이 가능하다고 한다. 또 박쥐는 5만~10만㎐의 소리를 낸다. 2만㎐ 이상인 소리를 초음파라고 하는데 초음파는 파장이 짧아서 직진성이 강하다. 박쥐는 초음파를 발사하고 그 반사파로 나방과 같은 먹이의 위치를 탐지하는데, 박쥐는 진동수가 약 12만㎐에 이르는 소리까지 들을 수 있다. 반면 밤나방, 풍뎅이, 하늘소 같은 곤충들은 박쥐가 쏘는 초음파를 몸에 난 가늘고 부드러운 털로 교란시켜, 초음파의 신호를 약하게 하여 공격을 피한다.

귀뚜라미의 수컷은 앞날개를 마찰시켜서 소리를 내는데, 오른쪽 앞날개 뒷면의 아래쪽 줄 부분에다 왼쪽 앞날개의 뒤쪽 가장자리에 있는 두꺼운 부분을 비벼서 소리를 낸다. 앞날개의 나머지 부분은 소리의 울림통 역할을 해서 좋은 소리가 나도록 해 준다.

4) 살아있는 과학 교과서

수컷 매미는 뱃속에 있는 발음 기관으로 만든 소리를, 텅 빈 뱃속에서 증폭시켜서 울음소리를 낸다. 그러나 암컷에게는 발음 기관이 없다. 수컷은 귀뚜라미와 마찬가지로 멋진 노래로 암컷을 유혹하는 데 성공해야 후손을 남길 수가 있다. 또 매미는 경쟁자인 다른 수컷의 접근을 막기 위해 경고의 소리를 내기도 하고, 붙잡혔을 때에는 비명을 지르기도 한다.

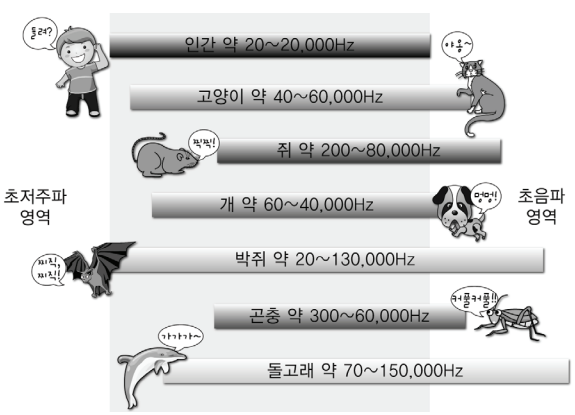
여름 밤 우리를 괴롭히는 모기도 앵~~하는 시끄러운 소리가 난다. 모기는 매우 빠른 날갯짓으로 공기를 진동시켜 소리를 낸다. 풍뎅이는 1초에 200번, 파리는 352번, 벌은 440번 모기는 무려 580번이나 날갯짓을 할 수 있다고 한다. 모기가 풍뎅이, 파리, 벌보다 우리 귀에 거슬리는 높은 소리를 내는 것은 빠른 날갯짓으로 높은 진동수의 소리를 발생시키기 때문이다.

4. 어린이만 들을 수 있는 벨 소리가 있나요?

사람이 들을 수 있는 소리의 범위를 '가청 진동수'라고 하는데 대략 진동수가 20~20000Hz인 영역이다. 나이가 들어감에 따라 들을 수 있는 영역이 점점 좁아진다. 나이가 들면 진동수가 높은 소리를 듣지 못하게 되는데 이를 이용하여 어린이들만 들을 수 있는 벨소리가 개발되고 있다.

사람이 아닌 동물도 청각 기관을 가지고 있으므로 이들도 소리를 감지할 수 있으나 각각의 종에 따라 들을 수 있는 소리와 진동수 영역이 다르다. 가끔 사람에게는 아무 소리도 들리지 않는데, 개나 고양이가 짖거나 우는 경우가 있다. 이는 개나 고양이가 사람이 들을 수 없는 영역의 소리를 들을 수 있기 때문이다.

사람이 들을 수 없는 소리 영역을 이용하여 모기를 쫓을 수 있다. 모기 퇴치 소리는 16000~20000Hz 사이의 초음파를 이용한다. 암컷 모기는 짝짓기 후에는 수컷 모기를 피하려고 하는데 모기 퇴치 소리는 수컷 모기가 내는 초음파를 발생시켜 암컷 모기를 쫓는 것이다. 이는 사람을 무는 모기가 주로 암컷이기 때문이다.



5. 소리는 어떻게 이용되나요?

초음파를 이용한 역사는 1916년에 프랑스의 물리학자인 랑주벵이 초음파를 이용한 수중 음파 탐지기인 소나(sonar)를 개발하여 잠수함을 탐지한 것에서 비롯되었다. 우리 주변에서도 초음파를 이용한 경우는 많다.

초음파 영상

몸 안을 살펴보는 방법에는 내시경, X선, 초음파, MRI 등이 있다. 그 중 초음파는 인체에 아무런 영향을 주지 않기 때문에 태아의 성장을 살펴보는데 흔히 사용한다. 몸 안으로 들어간 초음파는 기관을 이루는 물질에 따라 반사되는 정도가 다르다. 초음파 영상은 이를 이용하여 기관의 모습을 보는 것이다. 움직이는 물체에 초음파가 입사되는 경우에는 반사되는 음파의 진동수가 달라진다. 의사들은 이러한 도플러 효과를 이용하여 태아의 심장이 뛰는 모습을 볼 수 있다. 또 초음파가 생체 조직에 따라 반사되는 정도가 다르다는 것을 이용하여 환자에게 필요한 여러 가지 정보를 얻기도 하고 담석이나 신장 결석에 초음파를 쏘아 결석을 잘게 부수기도 한다.



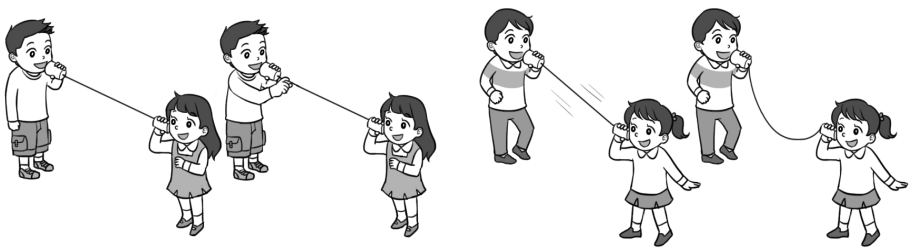
안경 세척기

시계점이나 안경점에서 초음파 세척기를 볼 수 있는데, 이것은 초음파로 세정액을 진동시켜 먼지나 기름, 녹 심지어 음식물 찌꺼기까지 씻어 내는 장치이다. 이 초음파 세척은 세척 시간이 짧을 뿐만 아니라 깨끗이 세척한다는 장점이 있다.

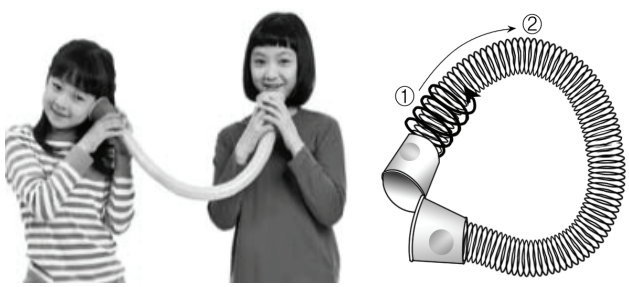
세척기에 초음파를 발생시키면 세정액에 매우 빠른 진동이 일어나고, 이 진동에 의해 엄청나게 많은 공기 방울이 생긴다. 이렇게 발생된 공기방울은 진동하면서 더러운 물질들을 떼어내 안경을 세척한다. 초음파 세척은 세척 시간이 짧을 뿐만 아니라 깨끗이 세척한다는 장점이 있다.

6. 실전화기 어떻게 만들어야 할까요?

실전화기에서는 실의 떨림으로 소리가 전달된다. 때문에 실이 팽팽하지 않거나, 실을 손으로 잡거나, 종이컵에 실을 연결할 때 실에 직접 테이프를 붙이면 소리가 잘 전달되지 않는다.



실에 초칠을 하거나 물을 묻히면 소리가 더 잘 전달된다. 실에 초칠을 하거나 물을 묻히면 실 사이의 작은 공간이 고체나 액체로 채워지고 실이 더 단단해 지기 때문에 소리가 더 잘 전달되는 것이다. 또 실전화기의 실이 두꺼울수록 소리가 더 크게 전달되며 가는 실은 소리의 소리는 작기만 더 또렷하게 소리가 전달된다. 실 대신에 용수철, 구리선, 막대 풍선을 이용할 수 있다.



탄성이 큰 금속인 용수철을 이용하면 큰 소리의 실전화기를 만들 수 있다. 그런데 용수철을 이용한 실전화기 소리를 가만히 들어보면 실을 이용한 것과 달리 소리가 울리는 현상이 나타난다. 그 까닭은 무엇일까? 그 까닭은 그림에서 ①과 같이 용수철을 이루는 금속선을 따라 전달되는 소리와 ②와 같이 용수철 자체 면을 따라 전달되는 소리의 차이 때문이다.



참고자료

Basic 고교생을 위한 물리 용어사전, 2002. (주)신원문화사
알기쉬운 물리학 강의. 1997. 청범 출판사
살아있는 과학 교과서, 2011. 휴머니스트
특수교육학 용어사전. 2009. 국립특수교육원
살아있는 과학 교과서. 2011. 휴머니스트
마법전사 호머와 사막의 괴물, 2011, 아이세움
2009개정 3학년 과학과 교과용 도서, 2013, 교육부
초등학교 3학년 과학 탐구수업 지도자료, 2007, 교육인적자원부

기획위원 조재익(교육부)
이승표(교육부)
김윤기(교육부)
이 현(교육부)

집필위원

물질과 에너지 영역 집필진

여상인(경인교육대학교)
김태영(강원 홍천 오안초등학교)
심병주(서울사대부설초등학교)
김희정(인천청량초등학교)
박상희(인천청량초등학교)
전영석(서울교육대학교)
이현정(서울도봉초등학교)
서영선(경기 평택 송북초등학교)
이수아(서울신상계초등학교)
박준형(서울마천초등학교)

생명과 지구 영역 집필진

신영준(경인교육대학교)
이민종(경인교대부설초등학교)
장수미(서울광진초등학교)
박지환(경기 시흥 냉정초등학교)
박순흥(경기 고양 정발초등학교)
오필석(경인교육대학교)
선종희(경기 고양 율동초등학교)
권용인(경북 포항 죽장초등학교)
이환규(경기 성남 보평초등학교)
이학래(경기 고양 토당초등학교)

검토위원 임희준(경인교육대학교)
권경필(경인교육대학교)
신동훈(서울교육대학교)
이규호(경인교육대학교)

초등 3~4학년군 과학과 보완교재

지도서에 나오지 않는 과학이야기(3학년)

발행일 2013년 12월
발행처 교육부
주 소 세종특별자치시 갈매로 408 정부세종청사 14동
인쇄처 (사)한국시각장애인연합회 031) 906-7735

OPEN 출처표시 상업용금지 변경금지
공공누리 공공저작물 자유이용허락