

고등학교

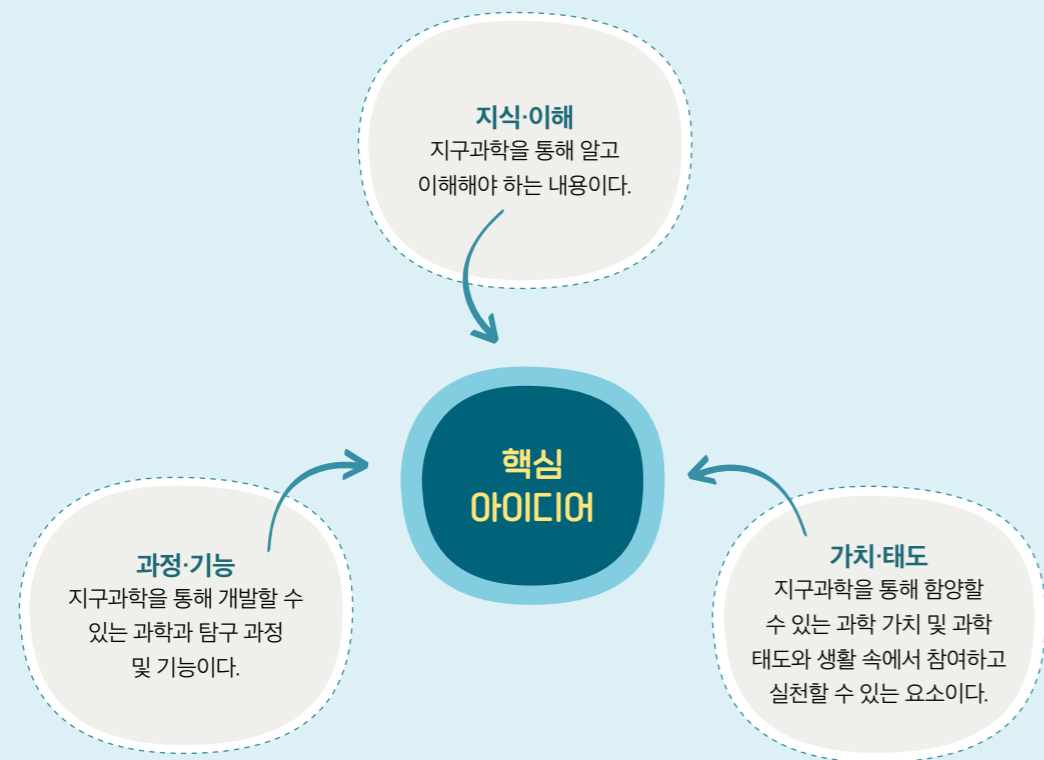
지구과학

김연귀
문무현
박창용
박재용
장유순
최윤옥





지구과학 교과서를 통해 다양한 활동과 탐구를 중심으로 한 학습을 하면서
 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 세 차원을 상호 보완적으로 함양함으로써
 핵심 아이디어에 도달할 수 있다.



지구과학은 지구 구성 물질과 지구의 역사, 대기와 해양의 변화, 태양계와 우주 등 매우 폭넓은 분야에 걸쳐 자연 세계를 탐구하는 학문이다. 인류 문명의 역사를 보면 농경 사회에서부터 산업 혁명을 거쳐 현대의 첨단 기술 사회에 이르기까지 일상의 삶은 지구과학에서 다루는 자연 현상과 매우 밀접한 연관성이 있었음을 알 수 있다.

지구과학에서 다루는 학문적 내용과 실생활 소재를 비교해 보면, 지질 현상과 자연재해, 날씨 변화와 농사, 해류와 항해, 천문 현상과 역법 등이 있다. 지구과학은 내가 살아가는 일상과 가장 관련 깊은 과목이라고 할 수 있다. 따라서 지구과학을 배우면 실제로 일상생활에 활용할 수 있을 뿐만 아니라 내 주변 환경을 보다 깊이 이해하는 밑거름이 된다.

이 교과서는 과학 교육의 핵심 목표인 미래 사회를 살아갈 시민으로서 과학적 소양을 갖추고 더불어 살아가는 창의적인 사람을 육성하는 것을 목표로 구성했다. 또 2022 개정 교육과정에서 중점을 두고 있는 과학적 탐구와 문제해결 능력, 과학적 의사결정 능력을 향상할 수 있도록 구성했다. 특히 생태 소양과 디지털 소양을 갖추고 다가올 미래 사회에 유연하게 대응할 수 있는 사람을 양성하는 것에 주안점을 두었다.

이 교과서에서는 유체 지구 영역에서 순환하는 해양과 역동적인 대기의 특성을 다루고, 대기와 해양의 상호작용으로 인한 다양한 기후 변화를 다룬다. 또 고체 지구 영역에서는 한반도의 암석, 지구의 역사를 통해 한반도와 지구시스템의 변화를 다룬다. 마지막으로 천체 영역에서는 태양계 전체의 관측과 운동, 별과 우주의 진화를 통해 지구와 태양계, 그리고 별과 우주의 과거와 미래를 추적해 본다. 이러한 구성은 첨단 과학기술을 기반으로 융복합적 지식을 요구하는 미래 사회에서 지구·환경·우주 분야로 진출할 수 있는 기초 역량을 갖추는 데 기여할 것이다.

이 교과서를 학습한 학생이 지식·이해뿐만 아니라 과정·기능, 가치·태도를 균형 있게 발달시키고, 행위 주체로서 자신의 역량을 키워 미래 사회의 주역이 되기를 바란다.

이 책의 구성과 특징



대단원 시작 학습

I 대기과 해양의 상호작용

1. 대기-해양 상호작용의 중요성
2. 대기-해양 상호작용의 과정
3. 대기-해양 상호작용의 영향

- ### 대단원 도입
- 대단원에서 학습할 내용을 중단원 제목과 핵심 아이디어를 보면서 한눈에 파악할 수 있다.
 - 대단원 내용을 아우르는 개방형 질문에 대해 보면서 호기심을 가질 수 있다.
 - 중학교 과학, 통합과학, 진로 선택 과목과의 연계를 통해 학습 구조를 파악할 수 있다.

단원 학습

I 해수의 성질과 순환

1. 해수의 성질
2. 해수의 순환

- ### 학습 도우미
- 용어에 대한 보충 설명
 - 과학 잇기 다른 과학 영역과의 연계 설명
 - 다른 단원, 다른 학년 단원과의 연계 설명
 - 디지털 인터넷을 통해 자료를 얻거나 학습할 수 있는 누리집 등을 소개해 디지털 소양 함양
 - 자료 연계 물음으로 자료 분석과 수리 역량 강화
 - QR 코드를 통해 실험 영상, 시뮬레이션, 누리집 방문 등 다양한 디지털 콘텐츠 활용

중단원 도입

중단원에서 학습해야 할 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 파악하고, 스스로 학습 계획을 세울 수 있다.

본문

일상생활에서 경험할 수 있는 흥미로운 소재로 단원을 시작하고, 다양한 시각 자료를 보면서 학습 개념을 쉽게 이해할 수 있다.

해 보기 / 탐구

조사, 실험, 자료 분석 등 다양한 활동으로 학습 개념을 이해하고 과학 역량을 키우며, 활동을 스스로 평가하고 점검할 수 있다.

확인 / 스스로 확인하기

간단한 문제를 풀면서 배운 내용을 확인하고, 소단원별 학습 내용을 스스로 평가하고 창의력을 키울 수 있다.

대단원 마무리 학습

기후 변화 대응 정책 결정하기

1. 기후 변화의 심각성
2. 기후 변화 대응 정책의 필요성
3. 기후 변화 대응 정책의 결정

창의적 문제해결

산출물 제작, 프로젝트, 토의/토론 등의 활동을 하면서 다양한 문제를 창의적으로 해결할 수 있다.

대단원 마무리

생각 그물과 여러 가지 유형의 문제 풀이, 과학 글쓰기를 하면서 학습 내용을 최종 점검하고 과학 역량을 기를 수 있다. 대단원 도입의 질문에 다시 답해 보고, 활동 자료를 모아 포트폴리오를 만들어 공유할 수 있다.

대단원 마무리

1. 대단원 학습 내용 점검
2. 대단원 학습 내용 평가

중단원 마무리

1. 중단원 학습 내용 점검
2. 중단원 학습 내용 평가

중단원 마무리 학습

1. 중단원 학습 내용 점검
2. 중단원 학습 내용 평가

우리가 바닷물의 미래 해양학자

1. 해양학자의 역할
2. 해양학자의 미래

과학과 미래 / 과학 이야기

- 단원과 관련된 진로, 기술, 환경, 사회적 주제의 내용으로 창의적 활동을 하면서 가치·태도를 함양할 수 있다.
- 최신 과학, 과학사 등 다양한 읽기 자료를 보고 관련 물음에 대해 보면서 창의력을 키울 수 있다.



이 책의 차례



I 대기과 해양의 상호작용

1 해수의 성질과 순환

01 해수의 성질	13
02 해수의 순환	20
● 과학과 미래	26
● 중단원 마무리	27

2 날씨 변화와 악기상

01 기압과 날씨 변화	31
02 태풍과 주요 악기상	38
● 과학과 미래	46
● 중단원 마무리	47

3 대기과 해양의 상호작용

01 엘니뇨와 남방진동	51
02 지구의 기후 변화	58
● 과학과 미래	64
● 중단원 마무리	65
● 창의적 문제해결	68
● 대단원 마무리	70

II 지구의 역사와 한반도의 암석

1 지구의 역사

01 지층과 암석의 나이	77
02 퇴적암과 퇴적 환경	84
03 지질시대의 생물과 환경	88
● 과학과 미래	100
● 중단원 마무리	101

2 한반도의 암석

01 마그마와 화성암	105
02 변성 작용과 변성암	112
03 국가지질공원	118
● 과학과 미래	124
● 중단원 마무리	125
● 창의적 문제해결	128
● 대단원 마무리	130



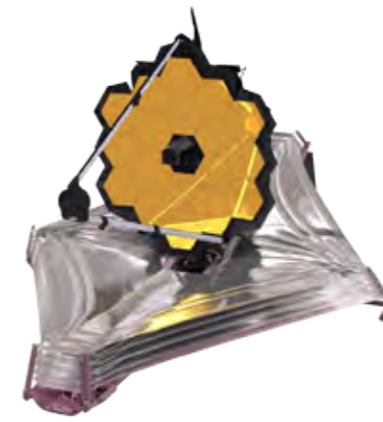
III 태양계 천체와 별과 우주의 진화

1 태양계 천체와 별

01 태양계 천체의 운동	137
02 별의 물리량	144
03 H-R도와 별의 진화	148
● 과학과 미래	156
● 중단원 마무리	157

2 은하와 우주

01 외부 은하	161
02 허블-르메트르 법칙과 우주 팽창	170
03 현대 우주론의 정립	174
● 과학과 미래	182
● 중단원 마무리	183
● 창의적 문제해결	186
● 대단원 마무리	188



부록

학습 자료실 194

- 단위와 상수
- 일기도와 일기 기호
- 지구과학사
- 천체 관측 프로그램 사용법

정답 및 해설 199

찾아보기 211

자료 출처 213



실험실 안전 수칙

실험하기 전에

실험복, 실험용 장갑과 같은 안전 장비를 착용하고, 긴 머리는 단정하게 묶는다.

실험 기구의 사용 방법을 미리 알아 둔다.

소화기와 비상구 위치를 숙지하고, 소화기 사용법을 알아 둔다.

실험 재료를 함부로 맛보거나 냄새를 직접 맡지 않는다.

날카로운 도구를 사용할 때에는 손을 다치지 않게 주의한다.

실험하는 동안에

실험실에서는 음식을 먹거나 음료를 마시지 않는다.

뜨거운 것을 만질 때에는 내열 장갑을 착용하고 화상에 주의한다.

실험실 안전 기호

- 화학 물질, 열로부터 보호하기 위해 보안경을 쓴다.
- 날카로운 물체에 다치지 않게 주의한다.
- 가열 장치를 사용할 때에는 화재에 주의한다.
- 위험한 물질로부터 보호하기 위해 실험복을 입는다.
- 화학 물질이 피부에 묻었을 때에는 흐르는 물에 충분히 씻는다.
- 사용하고 남은 재료와 화학 약품은 선생님의 지도에 따라 처리한다.
- 뜨거운 기구나 화학 물질을 다룰 때에는 장갑을 낀다.
- 유리 기구를 다룰 때에는 깨지지 않게 주의한다.
- 화학 물질이 피부에 닿지 않게 하고, 독성 기체를 흡입하지 않는다.

실험한 뒤에

약품 사용하거나 기체가 발생하는 실험을 할 때에는 환기가 잘 되도록 창문을 열어 둔다.

시약병을 함부로 들고 다니지 않는다.

젖은 손으로 전기 기구를 다루지 않는다.

실험에 사용한 기구는 깨끗이 씻어서 제자리에 가져다 둔다.

실험이 모두 끝나면 비누로 손을 씻는다.

실험한 뒤 남은 약품은 선생님의 지도에 따라 정해진 곳에 버린다.

응급 처치 방법

- 감전 사고가 나면 감전된 기구의 전원을 끄고, 감전당한 사람을 전기 기구와 떨어뜨린 뒤 119에 신고한다.
- 불이 나면 "불이야!"라고 외쳐 다른 사람들에게 상황을 알리고, 젖은 걸레나 실험복 등으로 불을 덮어서 끈다. 큰불이 나면 소화기로 불을 끄며 화재경보기를 울리고 119에 신고한 뒤 대피한다.
- 화상을 입으면 화상 부위를 차가운 물로 씻어 열기를 식힌 뒤 적절한 치료를 받는다.
- 유리 기구가 깨지면 깨진 유리 조각은 만지지 않고, 선생님께 알린 뒤 지시에 따라 처리한다.
- 상처가 났을 때 피가 나면 소독약으로 소독하고, 깨끗한 천으로 눌러 지혈한 뒤 적절한 치료를 받는다.
- 화학 약품이 몸에 닿으면 많은 양의 흐르는 물로 충분한 시간 동안 씻는다.

I

대기와 해양의 상호작용

지구 표면을 덮고 있는 대기와 해양은 물질과 에너지를 주고받으며 끊임없이 상호작용 한다. 대기와 해양의 상호작용으로 일어나는 현상에는 어떤 것이 있을까?

이 단원에서 학습할 핵심 아이디어

- 1 **해수의 성질과 순환**
해수는 담수와 구별되는 성질을 가지고 있으며 바람, 밀도 차 등 다양한 요인에 의해 운동하고 순환한다.
- 2 **날씨 변화와 악기상**
대기와 해양이 상호작용 하여 에너지와 물질을 교환하는 과정에서 여러 가지 기상 현상이 발생한다.
- 3 **대기와 해양의 상호작용**
대기와 해양의 상호작용으로 엘니뇨와 남방진동이 나타나며 다양한 요인으로 기후 변화가 나타난다.

창의적 문제해결 기후 변화 대응 정책 결정하기

기후 변화는 다양한 요인들의 상호작용으로 일어나는데, 오늘날 전 지구적으로 일어나고 있는 기후 변화는 인류의 미래를 위협하고 있다. 다양한 분야의 입장을 고려해 기후 변화 대응 정책을 결정해 본다.



1

해수의 성질과 순환

- 01 해수의 성질
- 02 해수의 순환



해안으로 밀려온 플라스틱병은 다른 나라에서 온 것 같아. 어떻게 여기까지 온 걸까?

☀️ 해수의 물리적, 화학적 성질과 해수의 순환을 배우면 질문을 해결할 수 있다.



학습 계획하기

내가 알고 있는 것을 파악한 다음, 이 단원의 학습 내용을 확인하고 질문을 해결하기 위한 학습 계획을 세워 봅시다.

이전 학습 내용

- 해양의 층상 구조
- 수권과 수자원
- 염분과 해류

이 단원의 학습 내용

- 지식·이해**
 - 해수의 물리적, 화학적 성질을 설명할 수 있다.
 - 심층 순환의 발생 원리와 분포를 알고, 표층 순환과의 관계를 설명할 수 있다.
- 과정·기능**
 - 실측 자료를 활용해 해수의 특징을 분석하고 해석할 수 있다.
 - 심층 순환이 표층 순환, 기후 변화와 어떤 관련성이 있는지 추론할 수 있다.
- 가치·태도**
 - 전 지구 규모의 빅데이터 자료가 해수의 성질을 비교하는 데 유용함을 인식할 수 있다.

나의 학습 계획



01

해수의 성질

- 학습 목표**
- 해수의 물리적, 화학적 성질을 설명할 수 있다.
 - 실측 자료를 활용하여 해수의 온도, 염분, 밀도, 용존산소량 등의 분포를 분석·해석할 수 있다.

바닷물은 대부분 0°C에서도 얼지 않는다.
어떤 바다에서는 사람이 떠다니며 책을 읽을 수도 있다.
우리가 마시는 물과 바닷물은 어떻게 다를까?



해양은 지구 표면의 약 70%를 덮고 있으며 해양 생태계뿐만 아니라 우리 생활에 큰 영향을 미친다. 수온, 염분, 밀도, 용존기체 등 해수의 다양한 물리적, 화학적 성질을 알아보자.

수온

해수의 온도는 주로 태양 복사 에너지의 흡수량에 따라 달라진다. 전 세계 해양의 표층 수온은 그림 I-1과 같이 일반적으로 저위도에서 고위도로 갈수록 낮아진다. 이는 저위도에서 고위도로 갈수록 해양에 흡수되는 태양 복사 에너지의 양이 적어지기 때문이다. 그러나 같은 위도대라도 지형 분포, 바람과 해류 등 다양한 요인으로 표층 수온 분포가 달라질 수 있다.

고위도로 갈수록 지표면(해수면)에서 흡수하는 태양 복사 에너지의 양이 적어지는 까닭
고위도로 갈수록 태양의 평균 고도가 낮아지고, 반사율은 증가하기 때문이다.

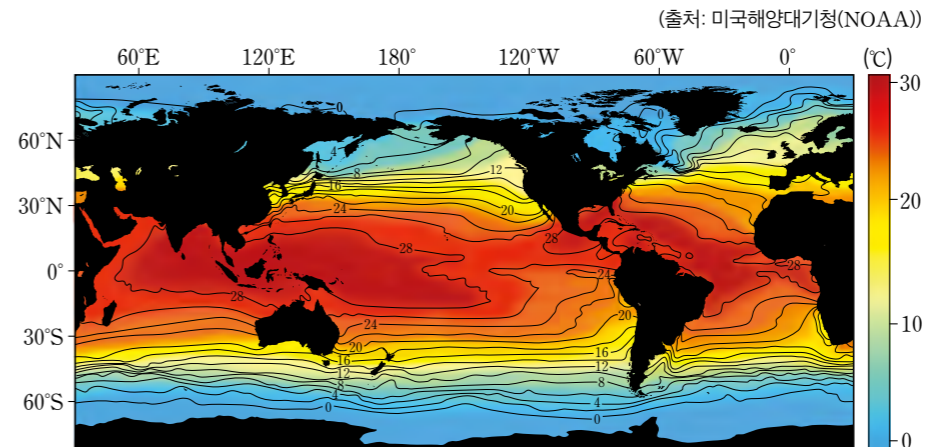


그림 I-1 전 세계 해양의 표층 수온 분포(1991년~2020년 평균) 등온선이 대체로 위도와 나란하게 분포한다.

❓ 위 그림에서 등온선이 위도와 나란하지 않은 해역을 찾아보자.

대기 대순환과 해수의 표층 순환과의 관계는 중학교 과학에서 배웠다.

심층 순환과 표층 순환

해수의 밀도 차로 발생하는 심층 순환과 달리 대기 대순환에 의한 바람 때문에 발생하는 수평 방향의 해수 흐름을 **표층 순환** 또는 **풍성 순환**이라고 한다. 그림 I-8과 같이 위도 0°~30° 해역에서는 무역풍의 영향으로 해류가 서쪽으로 흐르고, 위도 30°~60° 해역에서는 편서풍의 영향으로 해류가 동쪽으로 흐른다. 위도에 평행하게 흐르던 해류는 대륙에 막혀서 남북 방향으로 나누어져 결국 큰 규모로 순환하는 환류를 이룬다.

우리나라 주변의 해류



우리나라 주변에는 쿠로시오 해류(1), 대마 난류(2), 동한 난류(3), 북한 한류(4), 연해주 한류(5), 황해 난류(6), 제주 난류(7), 서한 연안류(8) 등이 흐른다.

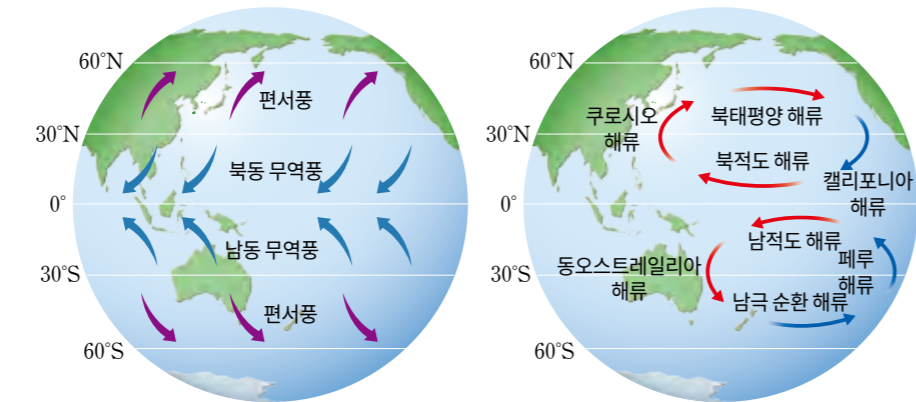


그림 I-8 대기 대순환과 북태평양 아열대 환류

표층 순환은 각각 분리되어 독립적으로 일어나는 것이 아니라 그림 I-9와 같이 아열대 순환, 아한대 순환, 남극 순환, 대양 간 순환 등이 서로 연결되어 있다.

(출처: 《Ocean Circulation and Climate》, 2013.)

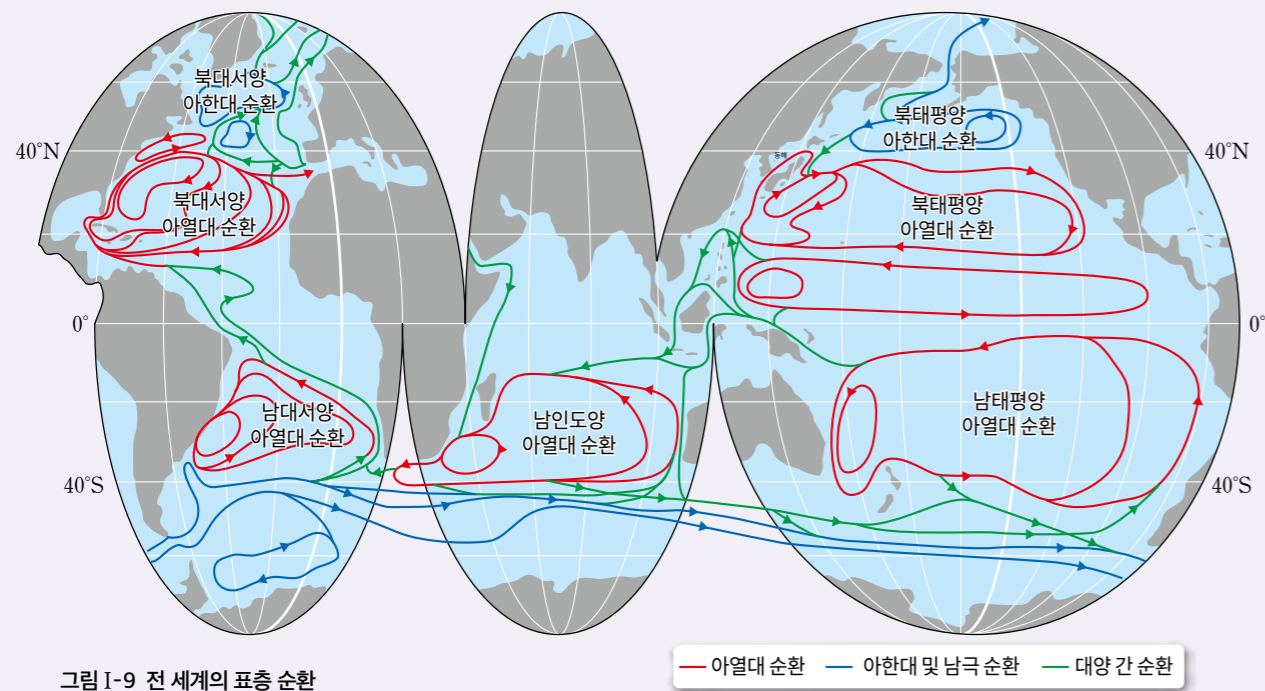


그림 I-9 전 세계의 표층 순환

해수의 심층 순환과 표층 순환은 어떤 관계가 있을까? 그림 I-10은 심층 순환과 표층 순환이 연결되어 흐르는 모습을 나타낸 것이다. 북대서양 심층수는 대서양 서쪽을 따라 남하해 남극 저층수를 만나다. 남극 주위의 해저를 따라 순환하던 남극 저층수는 북대서양 심층수와 함께 인도양과 태평양 심층의 저위도로 유입된 뒤 서서히 상승해 표층 순환과 다시 연결된다. 태평양 심층에서부터 연결된 표층 순환은 인도양과 남대서양을 거쳐 북대서양까지 이어진다. 이러한 표층 순환은 다시 그린란드 해역에서 냉각된 뒤 침강해 심층 순환과 연결되면서 전체 해양은 마치 컨베이어 벨트와 같이 큰 순환계를 이룬다.

(출처: 미국해양대기청(NOAA))

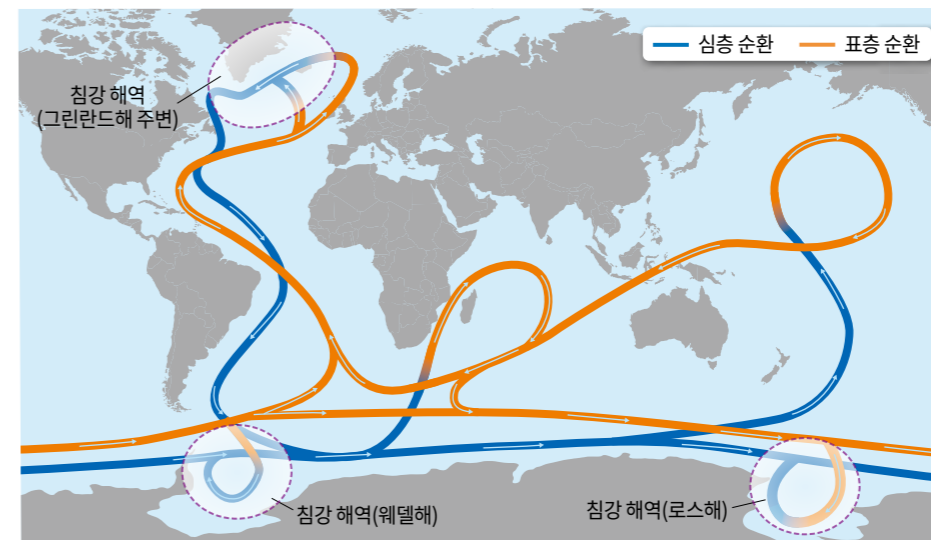


그림 I-10 심층 순환과 표층 순환 원으로 표시된 침강 해역에서 심층수가 형성된다.

해수가 심층 순환과 표층 순환을 거쳐 다시 처음 위치로 돌아오는 데 약 1000년이 걸려.

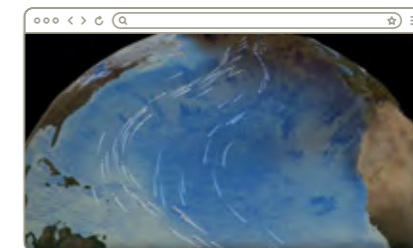


자료실 해수의 순환 시뮬레이션

해양 조사선 등으로 모든 해류를 직접 관측하는 것은 불가능하다. 또 인공위성을 이용한 관측은 날씨의 영향을 많이 받고 심해 환경도 파악하기 어렵다. 그러나 실제와 가장 가까운 조건을 적용한 시뮬레이션을 활용하면 해수의 순환을 분석하고 예측할 수 있다. 미국항공우주국(NASA) 비주얼 스튜디오 누리집(<https://svs.gsfc.nasa.gov>)에서 전 세계의 표층 순환과 심층 순환 모습을 확인할 수 있다.



표층 순환
<https://gmt.kr/BuKW9>



심층 순환
<https://gmt.kr/0LGp0>

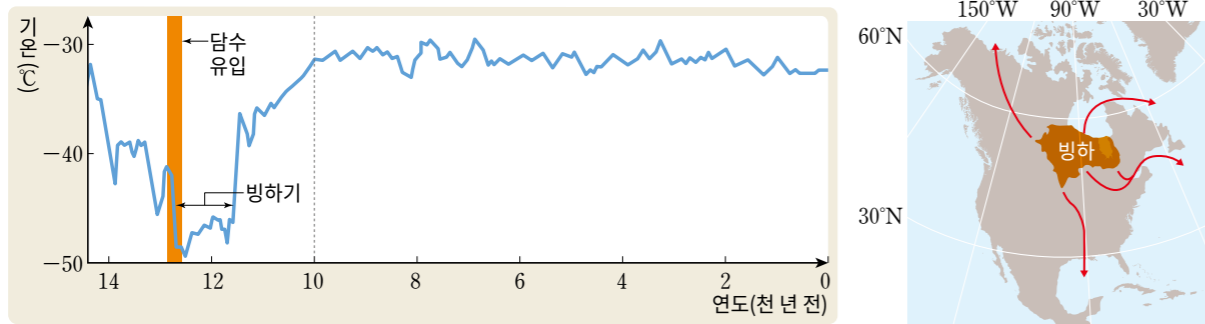
해수의 순환과 기후 변화

지구가 흡수하는 태양 복사 에너지의 양은 위도에 따라 다르며 이는 대기와 해수의 순환을 일으킨다. 대기 대순환으로 형성된 표층 순환은 위도에 따른 에너지 불균형을 완화하는 역할을 한다. 또 고위도에서 시작된 해수의 침강은 심층 순환으로 이어지면서 차가운 해수를 저위도로 운반해 고위도와 저위도 사이의 에너지를 재분배하는 역할을 한다. 다음 활동에서 해수의 순환이 기후 변화에 어떻게 영향을 미치는지 알아보자.

해보기 탐구 능력

해수의 순환이 기후 변화에 미치는 영향 추론하기

그림 (가)는 약 14500 년 전부터 현재까지 그린란드의 기온 변화를, (나)는 이 기간 중 북아메리카의 빙하가 녹아 생긴 담수의 이동 경로를 나타낸 것이다.



(가) 그린란드의 기온 변화

(나) 담수의 이동 경로

활동 (태도) 돌아보기

해수의 순환이 기후 변화에 미치는 영향을 인식하고, 관련 사례에 흥미를 가지게 됐는지 확인해 보자.

1. 담수가 해양으로 흘러 들어가면 심층 순환과 표층 순환이 어떻게 변할지 추론해 보자.
2. 해수의 순환이 기후 변화에 어떤 영향을 미치는지 친구들과 이야기해 보자.

약 12900 년 전부터 약 11700 년 전까지 약 1200 년 동안 짧은 빙하기가 나타났는데, 이 시기를 영저 드라이아스라고 한다. 영저 드라이아스는 북아메리카 대륙의 거대한 빙하가 녹아 북대서양으로 담수가 대량 유입되면서 시작됐다. 담수의 대량 유입으로 북대서양의 표층 염분이 낮아져 해수의 침강이 중단되었고 심층 순환이 약해져 고위도에 따뜻한 표층수 공급이 중단되었다.

이에 따라 북대서양의 한랭한 기후가 지속되었고 빙하의 분포 면적이 넓어지고 태양 복사 에너지의 반사율도 증가했다. 이는 지구에 흡수되는 태양 복사 에너지의 양을 더욱 감소시켜 전 세계 기후 변화에 큰 영향을 주었다.

드라이아스(dryas)는 고위도 고산 지역에서 변성하는 꽃의 이름으로, 영저 드라이아스 시기에 이 꽃이 번성했다고 해서 붙여진 이름이야.



현재 대서양의 표층 해류는 저위도의 따뜻한 해수를 고위도로 운반해 고위도 지역의 기후를 상대적으로 온화하게 만들어 준다. 만약 어떤 원인으로 극 지역의 빙하가 다시 녹아 표층 염분이 낮아진다면 표층수의 밀도도 작아질 것이다. 따라서 해수의 침강이 잘 이루어지지 않아 심층 순환과 표층 순환이 약해지고 북상하는 표층수의 양이 감소하므로, 북대서양 주변 고위도 지역은 더 이상 온난한 기후를 유지하기 어려울 것이다.

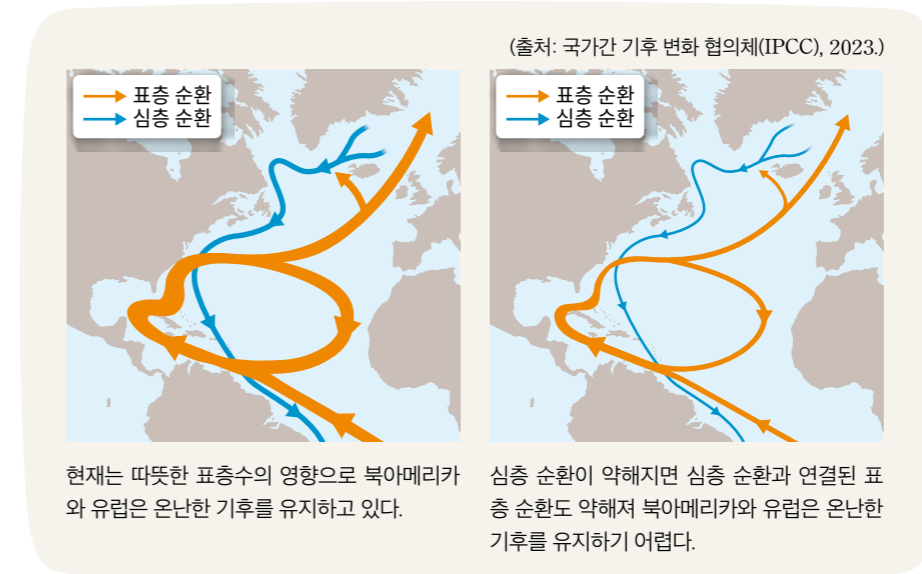


그림 I-11 해수의 순환과 기후 변화

표층 순환과 심층 순환은 연결되어 있어 하나의 순환에 변화가 생기면 전체 해수의 순환에 변화가 나타난다. 이는 전 지구적인 기후 변화를 가져올 수 있다. 과학자들은 해수의 순환과 기후 변화에 관심을 가지고 꾸준히 연구하고 있다.

- 확인**
1. 북태평양에서 편서풍의 영향으로 동쪽으로 흐르는 해류는 ()이다.
 2. 북대서양의 심층 순환이 약해지면 고위도로 이동하는 표층 해류가 (약, 강)해진다.

스스로 확인하기

- 1 심층 순환의 발생 원리와 심층수가 형성되는 대표적인 해역을 설명해 보자.
- 2 해수의 순환이 전 세계 기후에 미치는 영향을 설명해 보자.
- 3 | 창의력 더하기 | 심층 순환이 현재보다 더 강해진다면 어떤 현상이 발생할지 예상해 보자.

빙하기의 회복

북대서양의 한랭한 기후가 지속되면 표층수의 밀도가 커져 심층 순환이 강해질 것이다. 따라서 표층 순환도 강해져 북상하는 표층수의 양도 증가하므로, 북대서양 주변 고위도 지역은 다시 온난한 기후가 된다.

그림 I-14와 같이 레이더 영상은 대기 중 전파를 발사한 뒤 구름 속 강수 입자에 부딪혀 되돌아오는 반사파를 영상으로 나타낸 것이다. 레이더 영상으로 구름 속 강수 입자의 분포나 강수량, 비나 눈이 내리는 구역의 이동 방향 등을 파악할 수 있다.

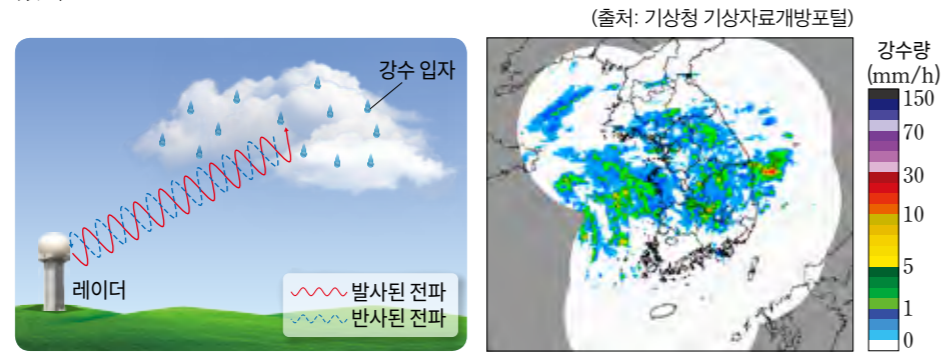


그림 I-14 레이더로 구름 속 강수 입자의 분포를 관측하는 과정과 레이더 영상

기압과 날씨

날씨는 기압계의 영향을 크게 받는다. 기압은 시간이나 장소에 따라 변하는데, 주변보다 기압이 높은 곳을 **고기압**이라고 하고 주변보다 기압이 낮은 곳을 **저기압**이라고 한다. 그림 I-15와 같이 고기압의 중심 부근에서는 하강 기류가 발달해 구름이 없고 날씨가 맑다. 저기압의 중심 부근에서는 상승 기류가 발달해 구름이 생성되므로 날씨가 대체로 흐리거나 비가 내린다.

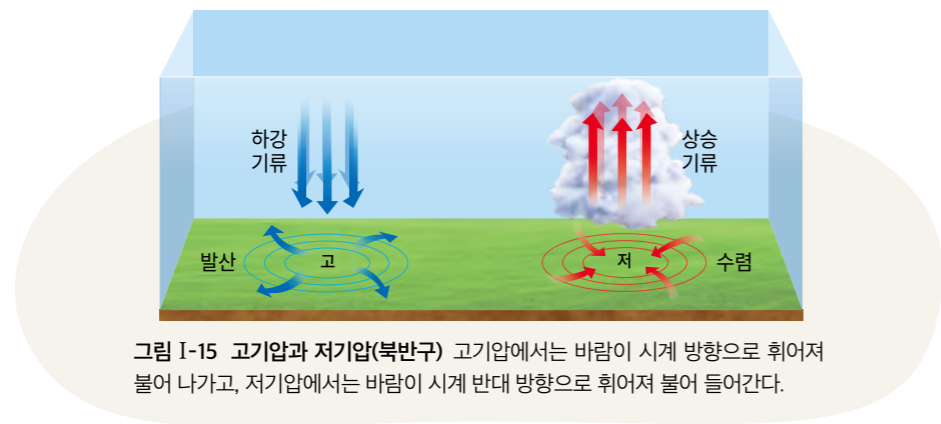


그림 I-15 고기압과 저기압(북반구) 고기압에서는 바람이 시계 방향으로 휘어져 불어 나가고, 저기압에서는 바람이 시계 반대 방향으로 휘어져 불어 들어간다.

고기압과 날씨 >> 고기압은 중심부의 이동 여부에 따라 정체성 고기압과 이동성 고기압으로 구분한다. 우리나라는 계절에 따라 성질이 다른 고기압의 영향을 받는다.

정체성 고기압은 중심부의 위치가 거의 이동하지 않고 한곳에 머무르며 세력을 확장해 주변 지역의 날씨에 영향을 주는 고기압이다. 정체성 고기압의 영향을 받으면 하강 기류가 발달하므로 대체로 맑은 날씨가 나타난다.

우리나라에 영향을 주는 기단 공기 덩어리가 어느 지역에 오랫동안 머무르면 공기의 성질이 그 지역의 온도, 습도와 비슷해진다. 이렇게 성질이 비슷한 대규모 공기 덩어리를 기단이라고 한다. 정체성 고기압이 형성되는 곳은 기단의 발원지가 될 수 있다.



우리나라에 영향을 주는 정체성 고기압에는 시베리아 고기압, 북태평양 고기압 등이 있다. 그림 I-16과 같이 겨울에 북서쪽에서 발달한 시베리아 고기압이 남쪽으로 세력을 확장하면 우리나라는 한랭 건조한 북풍 계열의 바람이 분다. 이때는 한파와 폭설이 나타나기도 한다. 여름에 남동쪽 해상에서 발달한 북태평양 고기압이 북쪽으로 세력을 확장하면 우리나라는 장마가 끝나고 고온 다습한 남풍 계열의 바람이 분다. 이때는 무더위와 열대야 현상이 나타나기도 한다.

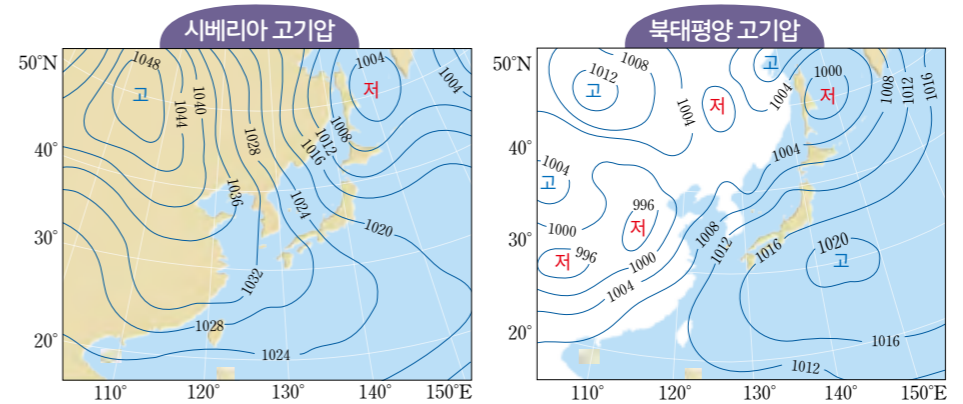


그림 I-16 우리나라가 정체성 고기압의 영향을 받을 때의 일기도

이동성 고기압은 정체성 고기압에서 떨어져 나와 이동하면서 주변 지역의 날씨에 영향을 주는 고기압으로, 정체성 고기압에 비해 규모가 작다. 중위도 지역에서 이동성 고기압은 편서풍의 영향을 받아 대체로 서쪽에서 동쪽으로 이동한다. 그림 I-17과 같이 우리나라의 봄과 가을에는 중국의 양쯔강 유역에서 발달한 이동성 고기압과 뒤이어 다가오는 저기압의 영향을 받아 날씨가 자주 변한다. 이때는 2일~3일 정도 맑은 날씨가 나타나다가 흐려지고 비가 내리기도 한다.

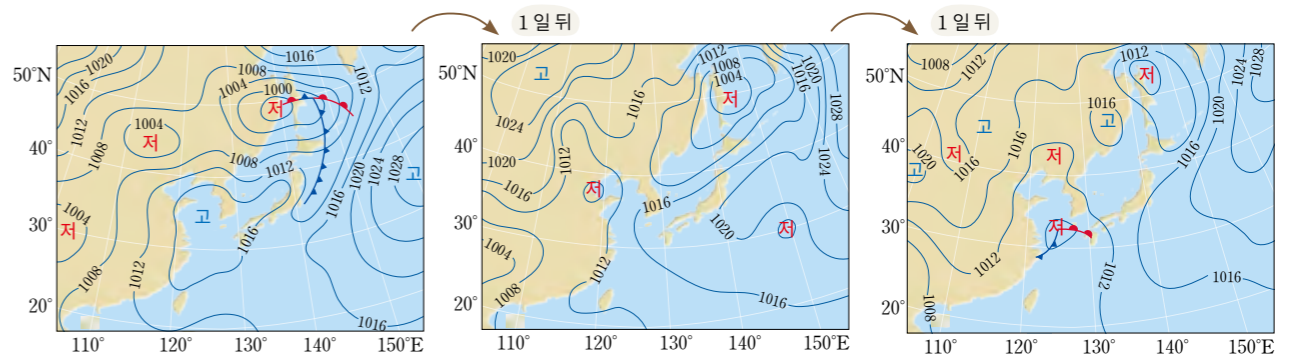


그림 I-17 우리나라가 이동성 고기압의 영향을 받을 때 3일 동안의 일기도

- 확인**
- 적외 영상에서 밝은 부분일수록 높이가 높은 구름이 분포하는 지역이다. (○, ×)
 - 중위도 지역에서 이동성 고기압은 ()쪽에서 ()쪽으로 이동한다.

3

대기와 해양의 상호작용

- 01 엘니뇨와 남방진동
- 02 지구의 기후 변화

바다에 구름이 비쳐 보여!
대기와 해양이 에너지와 물질을 주고 받으면서 나타나는 현상에는 어떤 것들이 있을까?

☀️ 대기와 해양의 상호작용으로 나타나는 용승과 침강, 엘니뇨와 남방진동 및 지구의 기후 변화를 배우면 질문을 해결할 수 있다.



학습 계획하기

내가 알고 있는 것을 파악한 다음, 이 단원의 학습 내용을 확인하고 질문을 해결하기 위한 학습 계획을 세워 봅시다.

이전 학습 내용

- 온실 효과와 지구 온난화
- 지구시스템의 구성과 상호작용
- 대기와 해양의 상호작용

지식·이해

- 해수의 용승과 침강, 엘니뇨(ENSO)의 진행 과정과 현상을 설명할 수 있다.
- 기후 변화의 요인을 자연적 요인과 인위적 요인으로 구분해 설명할 수 있다.

이 단원의 학습 내용

과정·기능

- 남방진동이 우리 생활에 주는 영향에 대해 다양한 자료를 조사하여 발표할 수 있다.
- 기후 변화의 원인을 설명하는 다양한 가설을 추론할 수 있다.

가치·태도

- 기후 변화의 원인과 문제점을 인식하고, 과학적으로 해결하는 방법을 탐색할 수 있다.

나의 학습 계획



01

엘니뇨와 남방진동

학습 목표

- 해수의 용승과 침강을 설명할 수 있다.
- 엘니뇨(ENSO)의 진행 과정 및 관련 현상을 설명할 수 있다.

엘니뇨가 발생하면 커피 원두의 가격이 오른다고 한다. 그 까닭은 무엇일까?



용승과 침강

해수면 위로 일정하게 계속 바람이 불면 표층 해수는 수평 방향으로 이동한다. 이렇게 이동한 해수를 보충하기 위해 심층의 차가운 해수가 표층으로 올라오는 현상을 **용승**이라고 한다. 용승과 반대로 표층 해수가 심층으로 가라앉는 현상을 **침강**이라고 한다.

그림 I-34는 북반구의 동해안에서 해안선과 평행한 바람이 불 때 일어나는 용승과 침강을 나타낸 것이다. 이처럼 해안선에 평행하게 부는 바람과 지구 자전 효과로 표층 해수는 먼바다로 이동하고, 이동한 해수를 보충하기 위해 심층에서 차가운 해수가 올라오는 현상을 **연안 용승**이라고 한다.

표층 해수가 지구 자전 효과로 북반구(남반구)에서 바람 방향의 오른쪽(왼쪽) 직각 방향으로 이동하는 현상을 **에크만 수송**이라고 해.

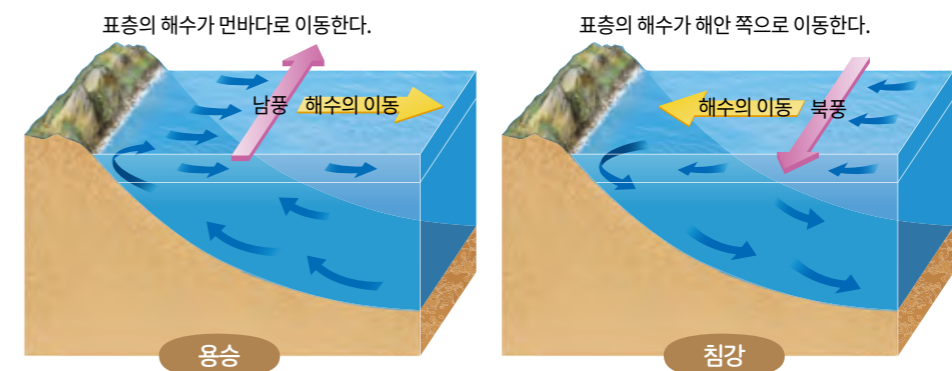


그림 I-34 북반구의 동해안에서 일어나는 용승과 침강 북반구 동해안에 남풍이 계속 불면 표층 해수가 먼바다로 이동하므로 용승이 일어나고, 북풍이 계속 불면 표층 해수가 해안 쪽으로 이동하므로 침강이 일어난다.

용승이 일어나면 표층 수온이 낮아지므로 해양 환경에 영향을 미치며, 기온이 낮아지고 안개가 자주 발생하는 등 날씨에도 영향을 준다. 다음 활동에서 연안 용승이 해양 생태계에 미치는 영향을 알아보자.

기후 변화의 영향과 과학적 해결 방법

대기 중 온실 기체는 온실 효과를 일으켜 지구 환경을 생명체가 살기에 적당한 온도로 유지하는 역할을 한다. 그런데 최근에는 그림 I-47과 같이 대기 중 온실 기체 농도가 증가하면서 지구의 평균 기온이 상승하는 **지구 온난화**가 나타나고 있다. 이러한 지구 온난화는 기후 변화의 여러 요인 중 주로 인위적 요인으로 일어난다. 특히 산업 혁명 이후 석유, 석탄 등 화석연료 사용량이 늘어나면서 대기 중 온실 기체 농도가 높아진 것을 가장 큰 원인으로 보고 있다.

(출처: 정부간 기후 변화 협의체(IPCC), 2023.)

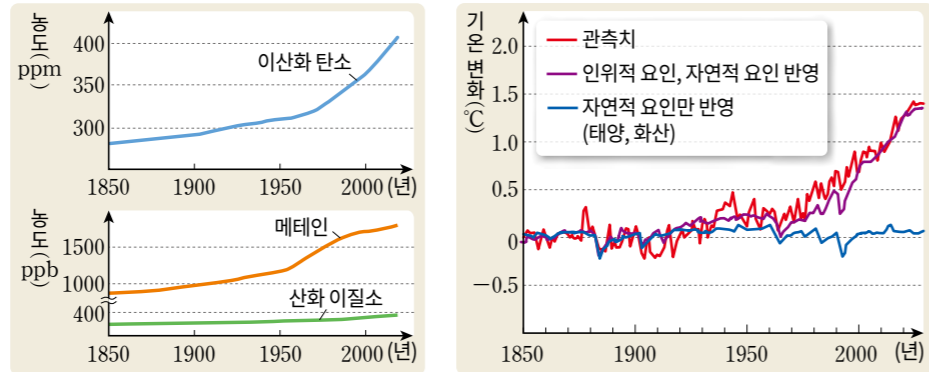


그림 I-47 온실 기체의 농도 변화와 기온 변화

기후 변화는 기권뿐만 아니라 그림 I-48과 같이 지구 환경 전체에 영향을 준다. 전 세계적으로 일어나는 기후 변화의 영향으로 기후대가 전반적으로 고위도로 이동하고 있으며 가뭄, 폭설, 폭염과 같은 이상 기상이 발생하기도 한다. 이와 함께 농작물의 생산성이 떨어지고 기근이나 각종 질병이 발생해 여러 가지 사회·경제적 문제가 나타날 수 있다.

그림 I-48 기후 변화가 지구 환경에 미치는 영향

대기	해양	생물	빙하
<ul style="list-style-type: none"> • 폭염의 강도와 빈도 증가 • 열대 저기압의 강도 증가 • 집중 호우나 가뭄 피해 발생 	<ul style="list-style-type: none"> • 수온과 해수면 상승 • 이산화 탄소 저장 능력 감소 • 해양 산성화 	<ul style="list-style-type: none"> • 생물의 서식지 변화 • 멸종 위기 생물종 증가 • 해안 생태계 변화 	<ul style="list-style-type: none"> • 빙하 면적 감소 • 영구 동토층 감소 • 지표의 반사율 감소

기후 변화에 대응하기 위해서는 기후 변화를 완화하고, 기후 변화에 적응하려고 노력해야 한다. 다음 활동에서 기후 변화를 과학적으로 해결하는 방법을 알아보자.

해보기

탐구 능력 | 문제해결 능력

기후 변화 문제를 과학적으로 해결하는 방법 탐색하기

다음은 기후 변화 문제를 과학적으로 해결하기 위한 방법이다.

- 대기로 배출되는 온실 기체를 줄이거나 대기 중 온실 기체를 제거한다.
- 지구가 흡수하는 태양 복사 에너지의 양을 줄인다.

1. 각 방법의 구체적인 예와 원리를 조사해 보자.
2. 조사한 내용을 친구들과 공유하고, 각 방법의 장점과 한계를 정리해 보자.



화석연료를 대체할 수 있는 신재생 에너지를 개발하고 그 에너지의 효율성을 높이거나 이산화 탄소 포집·저장 기술을 적용하면 대기로 배출되는 온실 기체를 줄일 수 있다. 또 대규모 숲을 조성하면 대기 중에 존재하는 온실 기체를 줄일 수 있다. 이 밖에 우주에 거울을 설치하거나 성층권에 에어로졸을 뿌려 지구가 흡수하는 태양 복사 에너지의 양을 줄이는 방법도 연구되고 있다. 기후 변화에 적응하는 방법에는 기상 재난에 대한 대책을 강화하고 옥상 정원을 설치하거나 기후 변화에 적응하는 농법을 개발하는 등의 방법이 있다.

이산화 탄소 포집·저장 기술
산업 시설에서 발생하는 이산화 탄소를 포집해 육지나 해양의 지층 등에 저장하는 것이다.

기후 변화에 대응하고 지속가능한 발전을 위해 국제 사회가 협력해야 할 뿐만 아니라 민간이나 개인 차원에서도 노력이 필요하며, 일상생활에서 에너지 절약과 자원 재활용 등을 실천해야 한다.

- 확인**
1. 지구 온난화의 주요 원인은 인간 활동에 의한 대기 중 온실 기체의 농도 증가이다. (○, ×)
 2. 신재생 에너지 개발이나 () 포집·저장 기술 적용은 대기로 배출되는 온실 기체를 줄이는 방법이다.

스스로 확인하기

- 1 기후 변화의 자연적 요인 중 지구 외적 요인을 써 보자.
- 2 인간 활동에 의한 기후 변화 문제를 과학적으로 해결하는 방법 중 한 가지를 설명해 보자.
- 3 | 창의력 더하기 | 기후 변화에 대응하기 위해 학교나 가정에서 실천할 수 있는 것을 생각해 보고, 구체적인 실천 계획을 세워 보자.



기후 변화 대응 정책 결정하기

오늘날 전 지구적으로 일어나고 있는 기후 변화에 대응하기 위해 인류는 국제 협약을 맺고 함께 노력하고 있다. 1992 년에 세계 각국은 유엔 기후 변화 협약을 체결했으며, 1997 년 유엔 기후 변화 협약 당사국총회에서는 선진국의 온실 기체 배출량을 1990 년 기준으로 5.2 % 감축하는 교토 의정서를 채택했다. 또 2015 년에 채택한 파리 협정에서는 2100 년까지 지구 기온 상승 폭을 2 °C 이하로 제한하자는 데 합의했다. 그러나 정부간 기후 변화 협의체(IPCC) 제6 차 종합 보고서에 따르면, 현재의 온실 기체 방출량을 2030 년 이후 절반 수준으로 감축해야 평균 기온 상승을 2 °C 이하로 제한할 수 있다.

이렇게 많은 양의 온실 기체를 감축하려면 개인의 노력도 중요하지만 각국 정부와 국제 사회의 역할이 필요하다. 2022 년 유엔 기후 변화 협약 당사국총회에서는 온실 기체 감축을 위한 감축 작업 프로그램과 온실 기체 배출량에 비해 기후 변화의 피해를 크게 입게 되는 국가를 위한 손실과 피해 기금 마련에 합의했다. 우리나라는 2050 년까지 순 탄소 배출량을 0 으로 만든다는 탄소 중립 시나리오를 수립하고 다양한 방안을 마련하고 있다.

기후 변화 대응 정책을 다양한 분야의 입장을 고려해 결정해 보고, 지역 주민들을 설득하는 글을 써 보자.

기후 변화로 나타나는 현상



1 조사하기

자신의 진로와 관련된 분야에서 기후 변화에 대응하는 방법을 조사해 보자.

활동 도우미 +
기후 변화를 완화하는 방법뿐만 아니라, 기후 변화로 발생하는 피해를 줄이고 기후 변화에 적응하는 방법까지 고려한다.

2 토의/글쓰기

- 희망하는 진로가 다른 친구들과 모둠을 구성하고, 각자 조사한 내용을 바탕으로 하여 기후 변화 대응 방안을 토의하고, 어떤 정책을 시행해야 할지 결정해 보자.
- 자신이 정책 결정자라고 가정하고, 기후 변화를 완화하고 적응하기 위해 지역 주민들을 설득하는 글을 써 보자.

3 평가하기

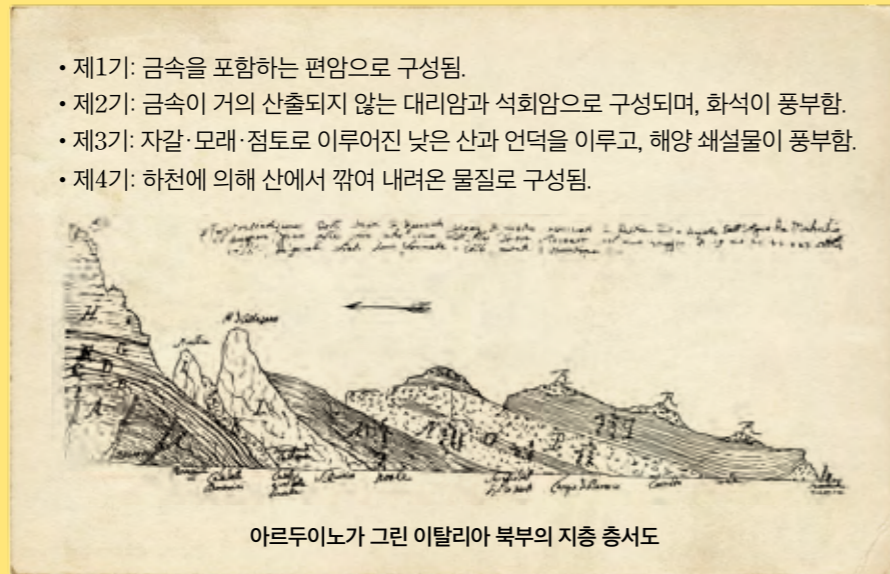
나와 모둠원의 활동 과정을 다음 기준에 따라 평가해 보자.

평가 내용	평가
지식·이해 역할에 맞는 기후 변화 대응 방법을 조사했는가?	☆☆☆
과정·기능 모둠원과 협업해 기후 변화 대응 정책을 합리적으로 결정했는가?	☆☆☆
가치·태도 기후 변화 문제에 대한 다양한 상황을 이해하고, 사회·경제·교육 등의 분야에서 기후 변화에 대처하는 방법을 제안했는가?	☆☆☆

지질시대, 너의 이름은?

코페르니쿠스(Copernicus, N., 1473~1543)가 태양 중심설을 발표하며 시작된 과학 혁명 시기에 지질학도 크게 발전했다. 암석의 생성 순서와 지질시대를 결정하는 층서학이 자리 잡기 시작한 것이다.

암석의 생성 순서에 대해 처음으로 인식한 학자는 스테노(Steno, N., 1638~1686)였다. 그는 수평퇴적의 법칙, 지층 누층의 법칙 등 층서 해석의 기초가 되는 법칙을 발표했다. 지질학자들은 이 법칙을 받아들여 지층의 상대적인 순서를 결정하기 시작했고, 레만(Lehmann, J. G., 1719~1767)은 1756년 최초의 지질 연대표를 만들었다. 한편 아르두이노(Arduino, G., 1714~1795)는 지각을 구성하는 암석을 생성 시기에 따라 다음과 같이 네 가지로 구분했다.



- 제1기: 금속을 포함하는 편암으로 구성됨.
- 제2기: 금속이 거의 산출되지 않는 대리암과 석회암으로 구성되며, 화석이 풍부함.
- 제3기: 자갈·모래·점토로 이루어진 낮은 산과 언덕을 이루고, 해양 생물체가 풍부함.
- 제4기: 하천에 의해 산에서 깎여 내려온 물질로 구성됨.

아르두이노가 그린 이탈리아 북부의 지층 층서도

지질시대 연구 초기에 지질학자들은 암석의 특성만을 기준으로 삼았으나, 이후 지층에서 발견되는 화석을 기준으로 지질시대를 다시 구분하기 시작했다. 제1기는 현생 생물과 매우 다른 생물이 나타나 고생대로 명명했고, 제2기는 약간 다른 생물이 나타나 중생대로 명명했다. 제3기와 제4기는 현생 생물과 거의 유사한 생물이 나타나 신생대로 명명했다. 최근 신생대 제3기를 고진기와 신진기로 구분함에 따라 현재는 제4기의 이름만 남게 되었다.

현재 지질시대는 누대, 대, 기 등으로 구분하고 있다. 각각의 이름을 들여다보면 페름기, 오르도비스기처럼 생소한 것이 많다. 지질시대의 이름은 과거 지질학자들이 각자의 연구 지역에서 독자적으로 붙였던 것을 후대의 학자들이 정리한 것이다. 그 결과 현재 사용하는 지질시대의 이름은 기원이 다양해졌다.

고생대 다섯 기의 이름은 모두 영국에서 제안되었지만, 마지막 페름기는 수천 km 떨어진 러시아에서 제안되었다. 이렇게 멀리 떨어진 지역에서 유래된 시대 간의 경계를 정확하게 결정하기 위해 지질학자들은 국제층서분류위원회를 결성해 지질시대의 시작점이 되는 지층을 지정하고 있다.



제4기
아르두이노의 암석 구분에서 유래했다.

백악기
해양 생물이 만든 탄산 칼슘으로 된 백악층이 대규모로 나타나는 데서 유래했다.

트라이아스기
트라이아스는 세 부분으로 이루어졌다는 뜻이다. 해당 시기 지층이 분포하는 독일 남부에 붉은색 사암, 백색 석회암, 회색 사암의 세 지층이 겹쳐 나타나는 것에서 유래했다.

석탄기
해당 시기 지층에 석탄이 많이 산출되는 것에서 유래했다.

데본기
해당 시기의 지층이 많이 분포한 데본 지역의 이름에서 유래했다.

오르도비스기, 실루리아기
해당 시기의 지층이 많이 분포한 지역에 살았던 오르도비스족, 실루리스족의 이름에서 유래했다.



참의력 기르기

우리나라의 독도는 약 460만 년 전~210만 년 전 해저 화산 활동으로 만들어져 응회암을 비롯한 퇴적암과 다양한 화성암이 분포한다. 이러한 특징을 바탕으로 하여 독도의 지층이 생성된 시기의 이름을 정해 보자.

2 한반도의 암석

- 01 마그마와 화성암
- 02 변성 작용과 변성암
- 03 국가지질공원

병풍처럼 우뚝 솟은 거대한 바위가 웅장한 모습을 뽐내고 있어. 이 바위는 어떻게 만들어진 걸까?

☆ 지구시스템을 이루는 권역의 상호작용으로 다양한 암석과 지형이 형성되는 과정을 배우면 질문을 해결할 수 있다.



학습 계획하기

내가 알고 있는 것을 파악한 다음, 이 단원의 학습 내용을 확인하고 질문을 해결하기 위한 학습 계획을 세워 봅시다.

이전 학습 내용

- 광물과 암석
- 암석의 순환
- 판과 대륙 이동설
- 지진대와 화산대

- 지식·이해**
- 변동대에서 생성되는 마그마의 조성에 따라 다양한 화성암이 생성됨을 설명할 수 있다.
 - 변성 작용의 종류와 지각 변동에 따른 구조를 변동대와 관련지어 설명할 수 있다.

이 단원의 학습 내용

- 과정·기능**
- 지구시스템에서 암석이 순환함을 추론할 수 있다.
 - 우리나라 지질공원의 지질학적 형성 과정을 추론하고, 지속가능한 발전 방안을 제안할 수 있다.

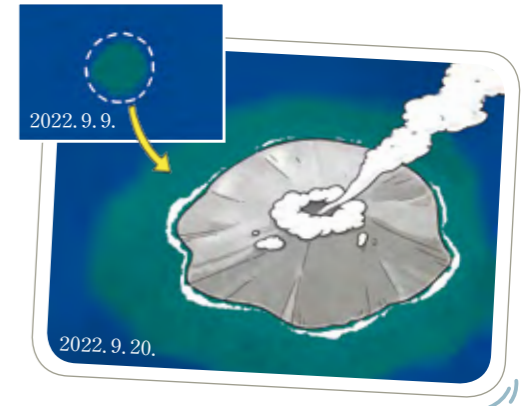
- 가치·태도**
- 우리 주변에서 관찰할 수 있는 암석과 지질 구조의 형성 과정에 흥미를 가지고, 자연의 아름다움과 소중함을 인식할 수 있다.

나의 학습 계획

01 마그마와 화성암

- 학습 목표**
- 변동대에서 다양한 종류의 마그마가 생성되고, 마그마의 조성에 따라 다양한 화성암이 생성됨을 설명할 수 있다.
 - 화성암에 나타나는 지질 구조의 생성 과정과 특징을 설명할 수 있다.

최근 남태평양에서는 잇따라 일어난 화산 활동으로 새로운 섬들이 생겼다. 우리에게 새로운 땅을 선물하기도 하는 마그마는 어떻게 생성될까?



마그마의 생성 조건

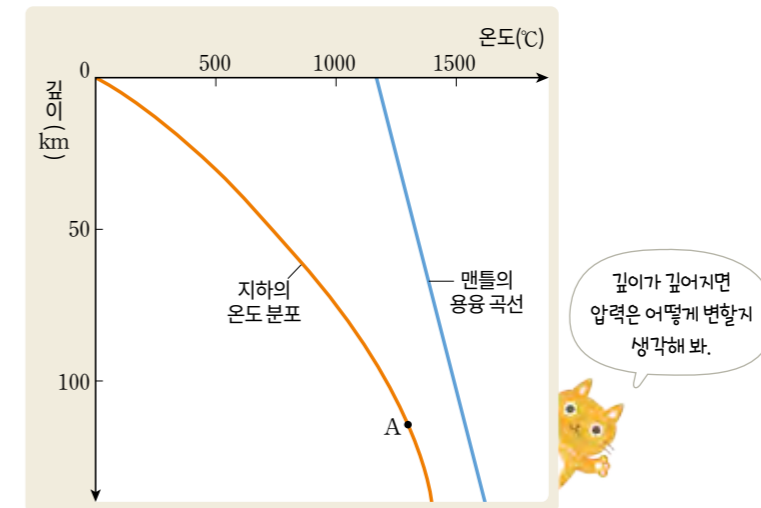
지각의 하부나 맨틀 물질이 용융되어 생성된 물질을 **마그마**라고 한다. 지구 내부에서 생성된 고온의 마그마는 주변의 암석보다 밀도가 작기 때문에 지표 부근으로 상승한다. 다음 활동에서 마그마가 어떤 조건에서 만들어지는지 알아보자.

해보기

암석의 용융 조건 알아보기

탐구 능력

그림은 깊이에 따른 지구 내부의 온도 분포와 맨틀의 용융 곡선을 나타낸 것이다.



1. 지구 내부로 갈수록 온도와 압력이 어떻게 변하는지 설명해 보자.
2. 그래프에서 맨틀 물질이 액체 상태로 존재할 수 있는 영역을 칠해 보자.
3. 깊이와 온도가 A와 같은 맨틀 물질이 용융되어 마그마가 생성되려면 온도와 압력이 어떻게 변해야 할지 설명해 보자.

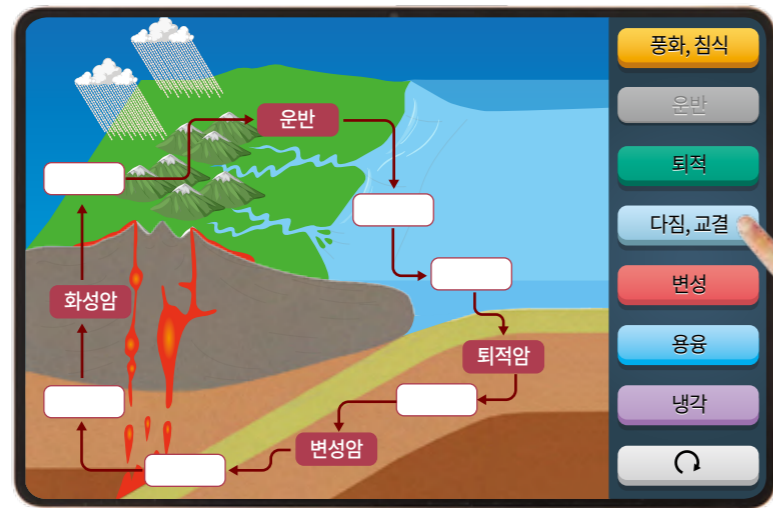
암석의 순환

지각을 이루는 암석은 주변 환경이 달라지면 새로운 암석으로 변하기도 한다. 암석이 환경 변화에 따라 끊임없이 다른 암석으로 변하는 과정을 **암석의 순환**이라고 한다. 다음 활동에서 지구시스템을 이루는 권역의 상호작용에 따라 암석이 순환하는 과정을 추론하여 시뮬레이션해 보자.

해보기

지구시스템에서 암석의 순환 과정 추론하기

그림은 지구시스템에서 암석이 순환하는 과정의 예를 나타낸 것이다.



활동 (과정) 돌아보기

지구시스템에서 권역 간의 상호작용으로 암석이 순환하는 과정을 합리적으로 추론했는지 확인해 보자.

1. 빈칸에 들어갈 작용을 찾아 암석의 순환 과정을 시뮬레이션해 보자.
2. 암석이 순환하는 과정을 지구시스템을 이루는 권역 간의 상호작용과 관련지어 추론해 보자.

암석의 순환을 일으키는 에너지
지표에서 암석의 풍화와 침식을 일으키는 에너지의 근원은 태양 복사 에너지이고, 쇄설물을 낮은 지대로 운반하는 에너지는 중력 에너지이다. 지하 깊은 곳의 암석을 용융시켜 마그마를 생성하거나 지구 내부에서 암석의 변성 작용을 일으키는 에너지의 근원은 지구 내부 에너지이다.

지권을 이루는 암석이 지하 깊은 곳에서 용융되면 마그마가 생성되고, 마그마가 지하나 지표 부근에서 식으면 화성암이 생성된다. 화성암이 지각 변동으로 지표에 드러나면 기권, 수권, 생물권과 영향을 주고받으며 풍화와 침식 작용을 받아 잘게 부서진다. 이렇게 생성된 쇄설물은 물, 바람, 빙하 등 기권과 수권의 영향을 받아 낮은 곳으로 운반되어 퇴적되고, 다짐 작용과 교결 작용을 거쳐 퇴적암이 된다.

퇴적암이 지하 깊은 곳에 매몰되면 조산 운동이나 관입하는 마그마의 영향으로 변성 작용이 일어날 수 있다. 이 과정에서 퇴적암은 변성암이 된다. 변성암이 더 높은 열을 받으면 용융되어 마그마가 생성되고, 다시 화성암이 되어 또 다른 순환을 시작한다.

지구는 하나의 시스템이다. 지권의 암석은 수권, 기권, 생물권 등 지구시스템의 다른 권역과 상호작용 하며 오랜 시간에 걸쳐 순환하고 있다. 그림 II-33은 암석의 다양한 순환 과정을 나타낸 것으로, 암석들이 서로 어떻게 관련되어 있으며 주변 환경에 따라 어떻게 변하는지를 보여 준다.

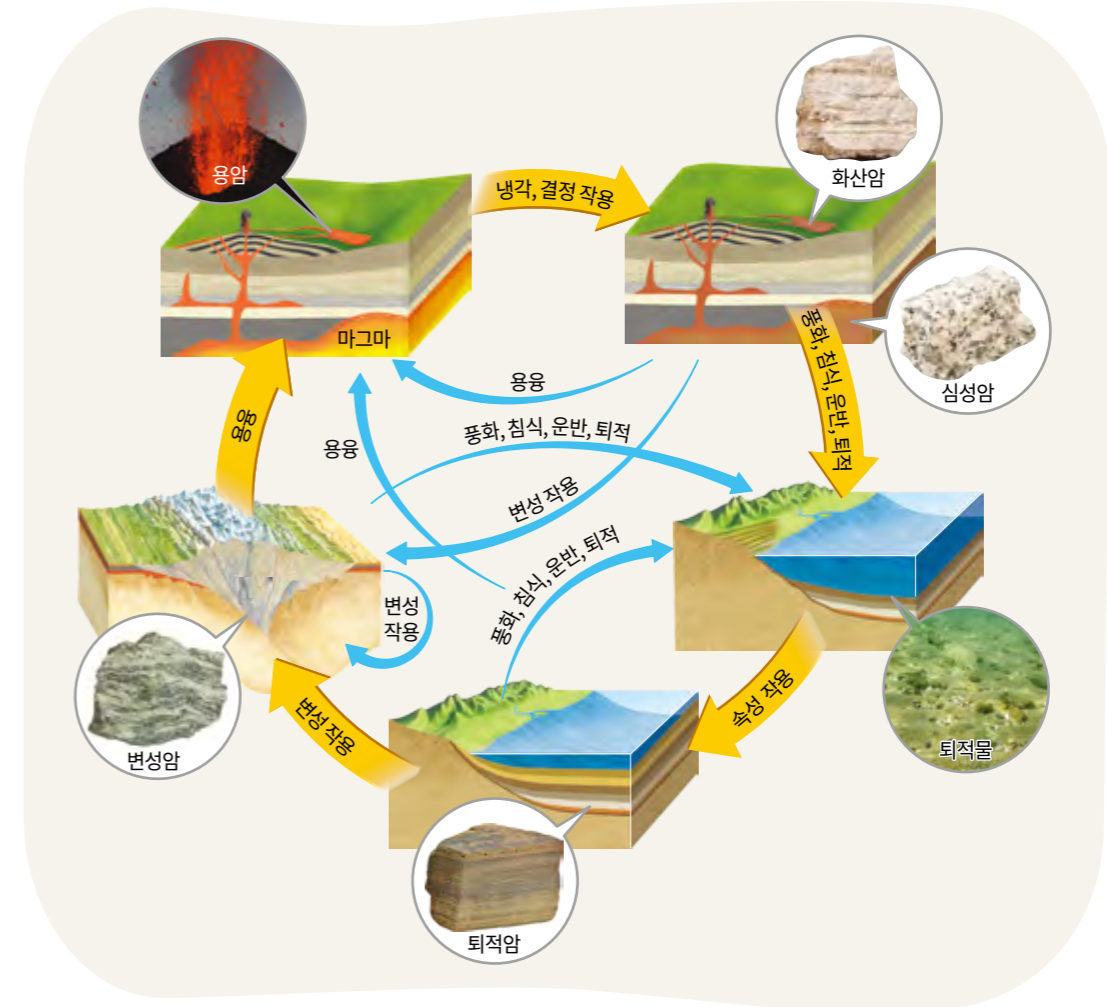


그림 II-33 암석의 순환 암석은 권역 간의 상호작용에 따라 다양한 경로로 순환한다.

- 확인**
1. 지권의 암석은 지구시스템의 각 권역과 () 하며 순환한다.
 2. 암석의 순환은 다양한 과정으로 일어난다. (O, X)

스스로 확인하기

1. 접촉 변성 작용과 광역 변성 작용의 특징을 설명해 보자.
2. 판 경계에서 형성되는 지질 구조의 종류를 설명해 보자.
- 3 | 창의력 더하기 | 오른쪽과 같이 밝은색의 심성암과 어두운색의 변성암이 경계를 이루는 지형이 발견되었을 때 변성 작용 및 암석의 순환과 관련지어 이 지역의 지질학적 역사를 추론해 보자.



III

태양계 천체와 별과 우주의 진화

최초의 달 탐사를 시작으로 본격적인 태양계 탐사가 진행되었고, 현재는 은하를 관측하면서 우주의 진화를 이해하고 있다. 앞으로 우리는 태양계와 우주에 대해 얼마나 더 알게 될까?

이 단원에서 학습할 핵심 아이디어

- 1 태양계 천체와 별
행성의 겉보기 운동은 태양계 모형으로 나타낼 수 있으며, 태양계의 식 현상은 태양-지구-달 시스템의 운동을 통해 추론한다. 별의 관측을 통해 별의 질량에 따른 진화 과정과 물리량을 결정한다.
- 2 은하와 우주
별과 성간 물질 등으로 구성된 은하 관측에 근거하여 우주가 팽창하고 있음을 추론한다.

창의적 문제해결 우주 쓰레기 대응 방안 마련하기

태양계 천체의 운동과 특징, 우주의 팽창과 진화를 밝혀내기 위해 우주에서 오는 빛을 관측한다. 이러한 관측을 방해하는 우주 쓰레기에 대응하는 방안을 마련해 본다.

