HIGH TOP

2권

지구 과학

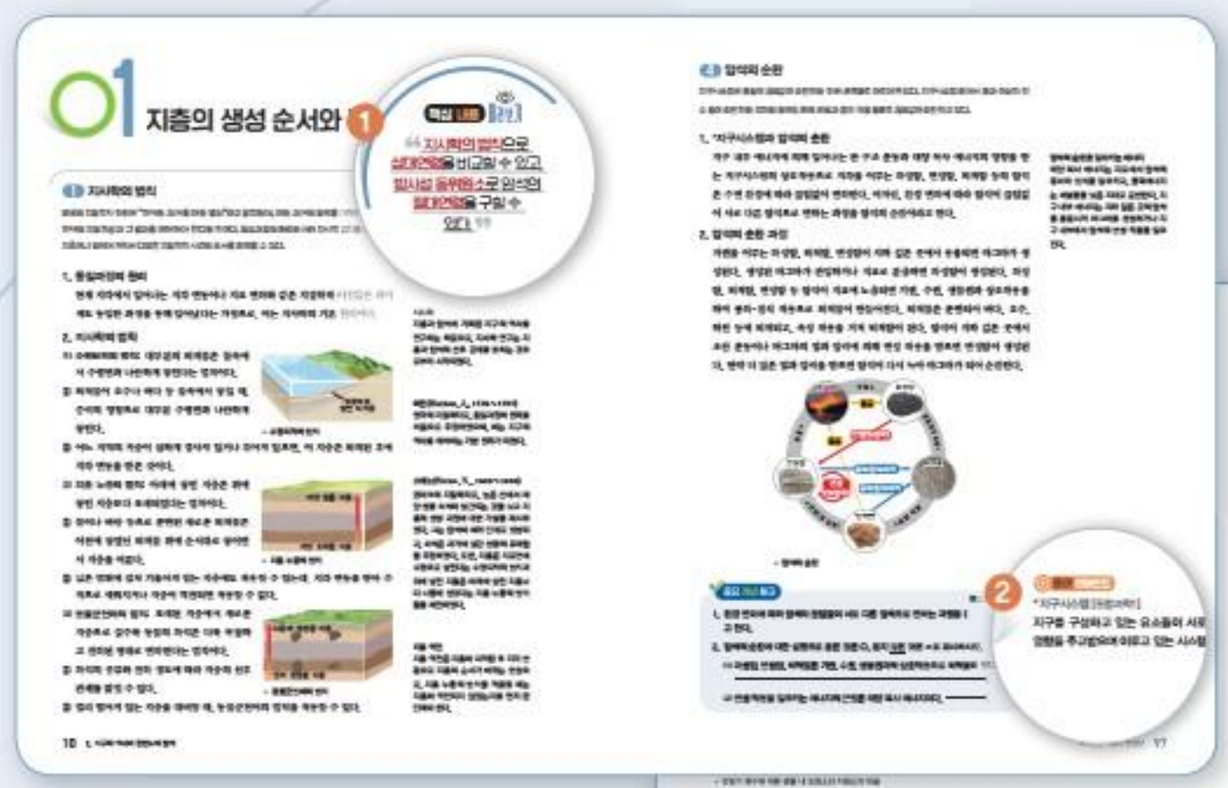
STRUCTURE

HIGH TOP의 구성과 특징

4종 교과서를 완벽 분석한 "과학의 바이블"

1 체계적인 개념 이해의 틀

교과서에서 다루는 내용을 체계적으로 정리하여 개념을 확실하게 이해할 수 있습니다.



❶ **핵심 내용 미리 보기** 본 학습에 들어가기에 앞서 이 소단원의 핵심 내용을 미리 확인할 수 있습니다.

❷ **용어 리마인드** 중학교 과학이나 통합과학에서 학습한 용어를 다시 한 번 확인할 수 있습니다.

❸ **분석+ / 심화+** 핵심 자료 분석과 심화 자료를 통해 실력의 차이를 만들 수 있습니다.

❹ **중요 개념 체크** 주제별 핵심 내용을 잘 이해했는지 간단한 문제로 확인할 수 있습니다.

2 원리 이해를 위한 풍부한 자료



탐구 분석 교과서에 수록된 필수 탐구의 과정과 결과를 정리하고, 탐구 문제로 확인할 수 있습니다.



집중 분석 중요 주제를 집중 분석하고, 예제와 유제로 실전에 대비할 수 있습니다.

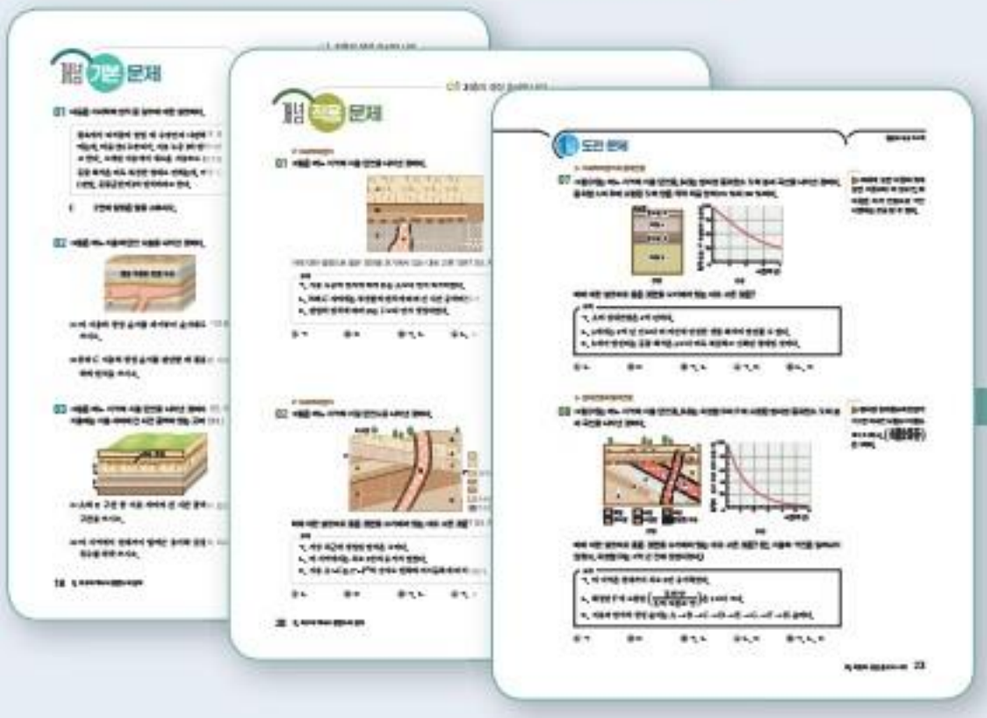


심화 강의 교과서 너머의 폭넓은 내용으로 핵심 주제를 깊이 있게 이해하고, 실력의 격차를 만들 수 있습니다.

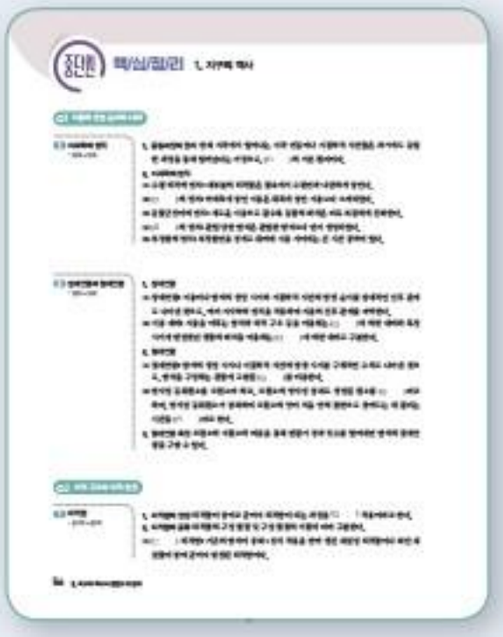


수능 분석 통합과학에서 학습한 내용을 연계하여 비교하고, 대표 예제와 실전 문제로 수능까지 대비할 수 있습니다.

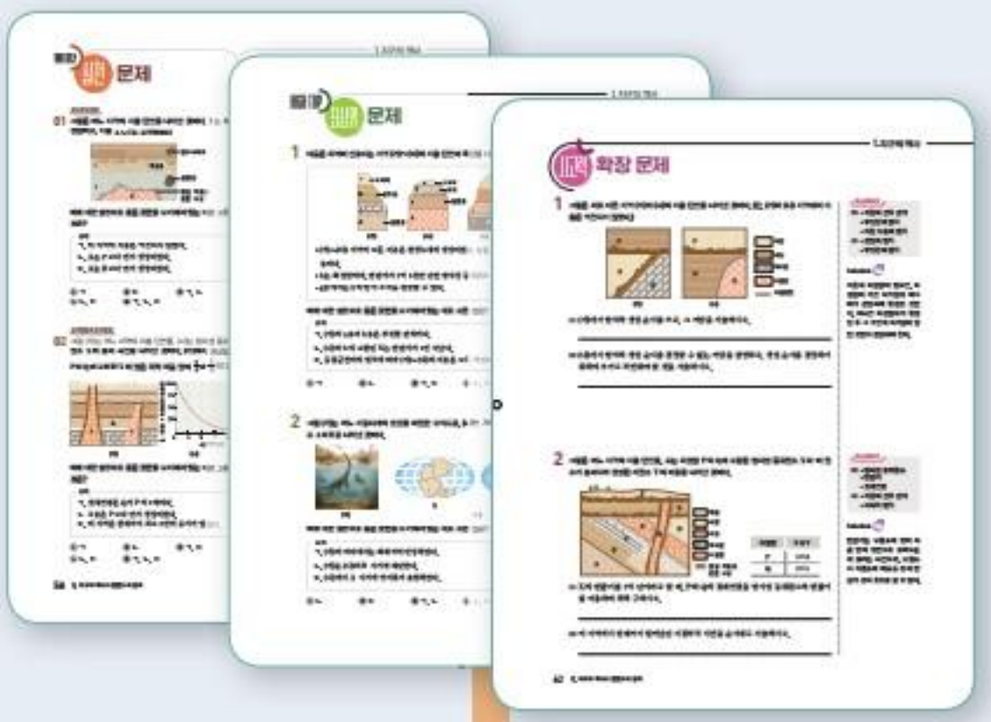
3 다양한 유형의 단계별 문제



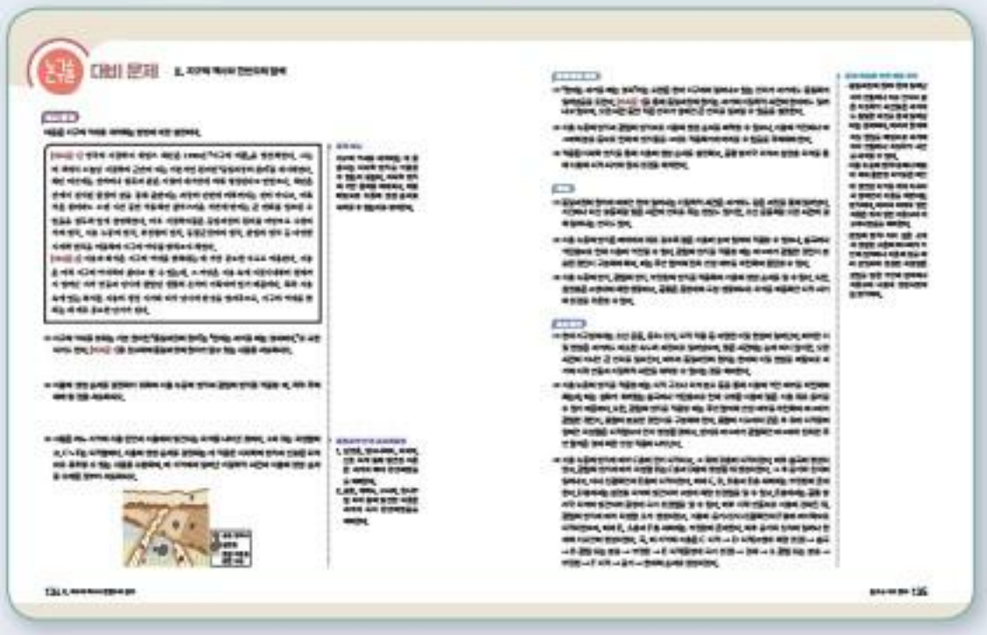
개념 기본 문제 / 개념 적용 문제 교과서 문제와 학교 시험 기출 문제를 변형한 다양한 문제들로 소단원의 핵심 내용을 정확히 이해했는지 점검할 수 있습니다.



중단원 핵심 정리 중단원의 핵심 내용을 요약하여 개념을 확실하게 다질 수 있습니다.



통합 실전 문제 / 최상위 문제 / 사고력 확장 문제 중단원별 개념을 통합한 문제로 실전에 대비하고, 문제 해결력 및 창의력 등 높은 수준의 사고력을 요구하는 문제들로 실력을 완성할 수 있습니다.



논구술 대비 문제 논구술 시험에 출제되었거나, 출제 가능성이 높은 예상 문제로 구성하여 실전에 대비할 수 있습니다.

4 이해하기 쉽고 자세한 정답과 해설



HIGH TOP 지구과학 차례

CONTENTS

1권

Ⅰ 대기와 해양의 상호작용

1. 해수의 성질과 순환
01 해수의 성질 10
02 해수의 순환 26

2. 날씨의 변화와 악기상
01 날씨의 변화 52
02 태풍과 악기상 68

3. 대기와 해양의 상호작용
01 엘니뇨 남방진동 96
02 지구의 기후 변화 112

논구술 대비 문제 138
정답과 해설 146

2권

Ⅱ 지구의 역사와 한반도의 암석

1. 지구의 역사
01 지층의 생성 순서와 나이 10
02 퇴적 구조와 퇴적 환경 24
03 지질시대의 환경과 생물 36

2. 한반도의 암석
01 변동대와 화성암 68
02 변성 작용과 변성암 88
03 우리나라의 지질공원 108

논구술 대비 문제 134
정답과 해설 142

3권

III

태양계 천체와 별과 우주의 진화

1. 태양계 천체

01 태양-달-지구 시스템에서의 식현상 10

02 태양계 행성의 겉보기 운동 24

2. 별의 특성과 진화

01 별의 특성과 분류 52

02 별의 진화 72

3. 은하와 우주

01 외부 은하 108

02 우주의 팽창과 진화 120

논구술 대비 문제 148

정답과 해설 156



II

지구의 역사와 한반도의 암석

지사학의 법칙을 통해 지층과 암석을 해석하면
지질시대의 기후와 생물 및 환경 변화를 알 수 있고,
우리나라 국가지질공원의 암석과 화석을 통해
한반도의 지질 형성 과정을 추론할 수 있다.

1. 지구의 역사

2. 한반도의 암석





이전에 배웠어요

중학교 과학 지권의 변화

- 지권의 구조와 지각의 구성 물질

통합과학1 시스템과 상호작용

- 지구시스템의 권역들은 상호작용하는 과정에서 다양한 자연 현상이 일어난다.

통합과학2 변화와 다양성

- 지질시대 동안 지질 구조를 포함한 환경과 생명체는 끊임없이 변해 왔다.

이 단원에서 배워요

지구과학 지구의 역사

- 지사학의 법칙으로 상대연령과 절대연령을 구할 수 있다.
- 지질시대의 환경과 생물의 변화를 알 수 있다.

지구과학 한반도의 암석

- 암석이 생성되어 다양한 지질 구조와 지형을 만든다.
- 우리나라 국가지질공원은 퇴적암, 화성암, 변성암 지형으로 이루어져 있다.

이후에 배울 수 있어요

지구시스템과학 지구 탄생과 생동하는 지구

- 지구의 탄생과 내부 구조, 마그마와 화성암의 형성 과정을 다룬다.
- 판 구조론과 플룸 구조론으로부터 지구 시스템의 진화 과정을 알아볼 수 있다.

단원 Preview

이 단원에서 배우는 핵심 개념으로 단원 내용을 미리 살펴봅시다.

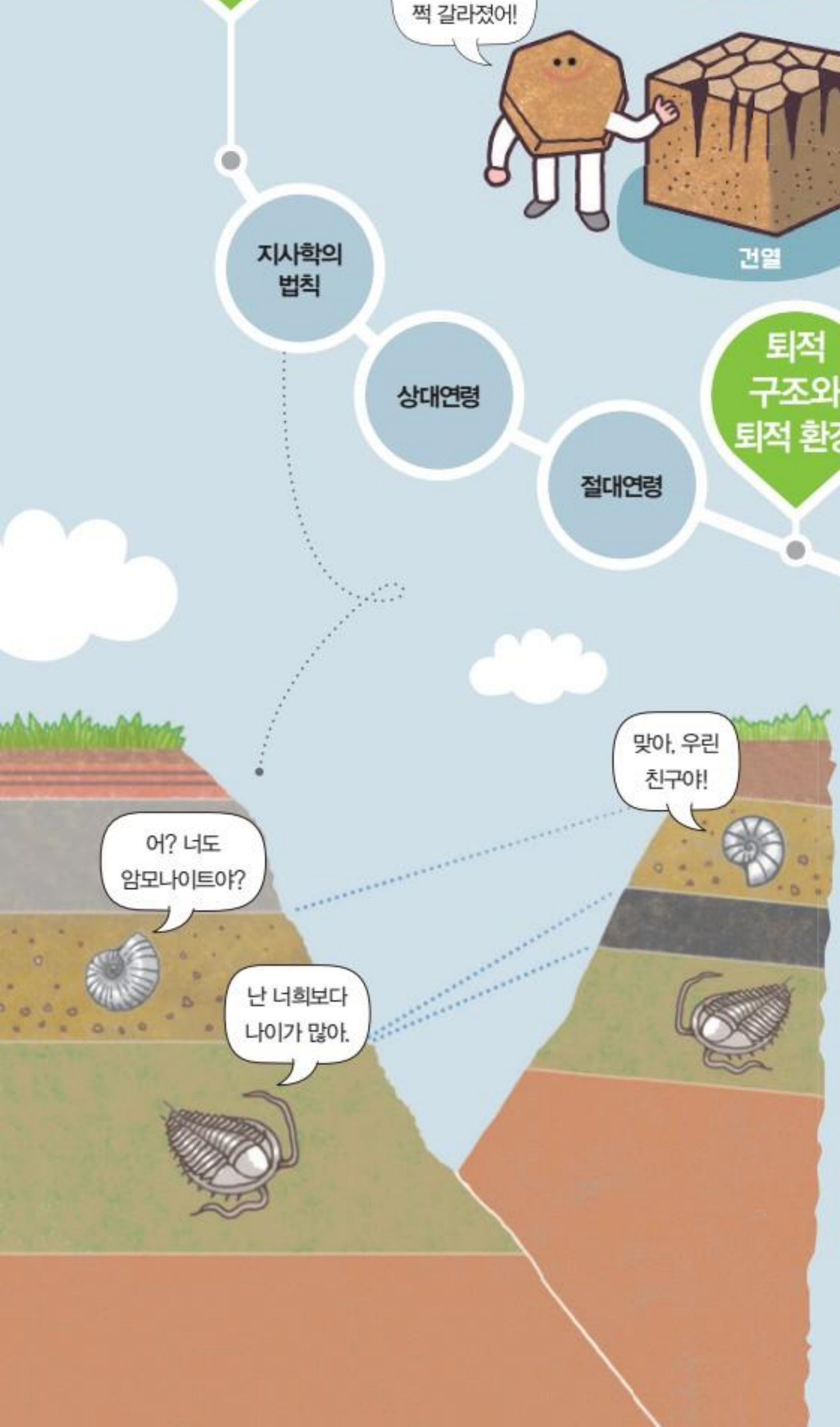
지층의 생성 순서와 나이



- 지사학의 법칙
- 상대연령
- 절대연령

퇴적 구조와 퇴적 환경

- 퇴적암
- 퇴적 구조
- 퇴적 환경





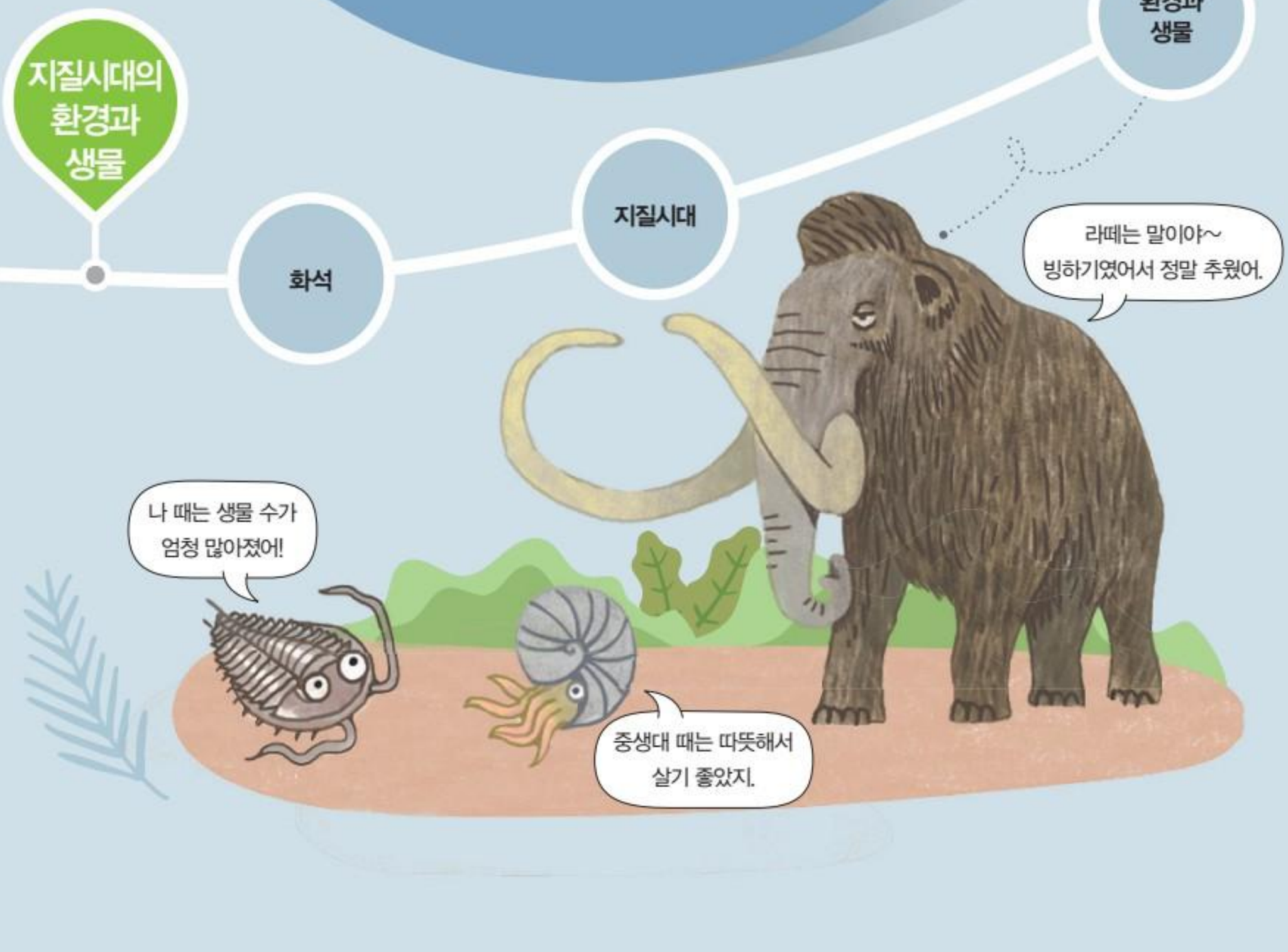
1 지구의 역사

지층과 화석, 퇴적 구조를 통해 지질시대 동안의 지구 환경과 생물의 변천 과정을 이해할 수 있다.

01 지층의 생성 순서와 나이

02 퇴적 구조와 퇴적 환경

03 지질시대의 환경과 생물



01 지층의 생성 순서와 나이

핵심 내용 미리보기

"지시학의 법칙으로 상대연령을 비교할 수 있고, 방사성 동위원소로 암석의 절대연령을 구할 수 있다."

1 지사학의 법칙

영국의 지질학자 허턴은 "현재는 과거를 아는 열쇠"라고 말했는데, 이는 과거의 암석을 이해하려면 먼저 현재의 지질 현상과 그 결과를 이해해야 한다는 뜻이다. 동일과정의 원리와 여러 지사학 법칙을 이용하면, 지층이나 암석에 기록된 다양한 지질학적 사건의 순서를 파악할 수 있다.

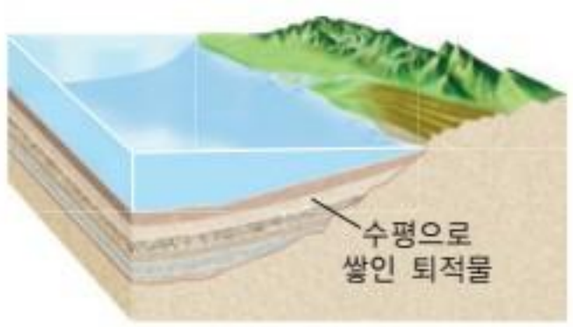
1. 동일과정의 원리

현재 지각에서 일어나는 지각 변동이나 지표 변화와 같은 지질학적 사건들은 과거에도 동일한 과정을 통해 일어났다는 가정으로, 이는 지사학의 기본 원리이다.

2. 지사학의 법칙

(1) **수평퇴적의 법칙:** 대부분의 퇴적물은 물속에서 수평면과 나란하게 쌓인다는 법칙이다.

① 퇴적물이 호수나 바다 등 물속에서 쌓일 때, 중력의 영향으로 대부분 수평면과 나란하게 쌓인다.

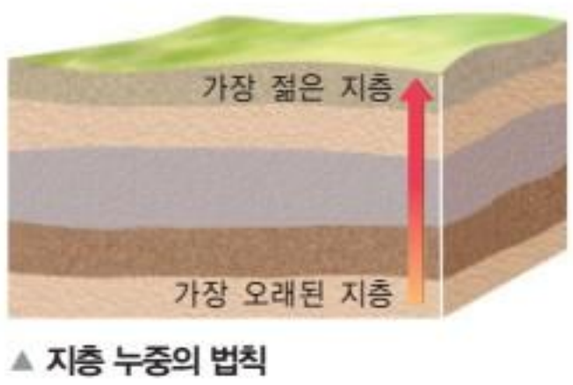


▲ 수평퇴적의 법칙

② 어느 지역의 지층이 심하게 경사져 있거나 휘어져 있으면, 이 지층은 퇴적된 후에 지각 변동을 받은 것이다.

(2) **지층 누중의 법칙:** 아래에 쌓인 지층은 위에 쌓인 지층보다 오래되었다는 법칙이다.

① 물이나 바람 등으로 운반된 새로운 퇴적물은 이전에 쌓였던 퇴적물 위에 순서대로 쌓이면서 지층을 이룬다.



▲ 지층 누중의 법칙

② 넓은 범위에 걸쳐 기울어져 있는 지층에도 적용할 수 있는데, 지각 변동을 받아 수직으로 세워지거나 지층이 역전되면 적용할 수 없다.

(3) **동물군천이의 법칙:** 오래된 지층에서 새로운 지층으로 갈수록 동물의 화석은 더욱 복잡하고 진화된 형태로 변화한다는 법칙이다.

① 화석의 종류와 진화 정도에 따라 지층의 선후 관계를 밝힐 수 있다.



▲ 동물군천이의 법칙

② 멀리 떨어져 있는 지층을 대비할 때, 동물군천이의 법칙을 적용할 수 있다.

지사학
지층과 암석에 기록된 지구의 역사를 연구하는 학문으로, 지사학 연구는 지층과 암석의 선후 관계를 밝히는 것으로부터 시작되었다.

허턴(Hutton, J., 1726~1797)
영국의 지질학자로, 동일과정의 원리를 처음으로 주장하였으며, 이는 지구의 역사를 해석하는 기본 원리가 되었다.

스테노(Steno, N., 1638~1686)
덴마크의 지질학자로, 높은 산에서 해양 생물 화석이 발견되는 것을 보고 지층의 생성 과정에 대한 가설을 제시하였다. 그는 암석이 여러 단계로 생성되고, 화석은 과거에 살던 생물의 유해임을 주장하였다. 또한, 지층은 지표면에 수평으로 쌓인다는 수평퇴적의 법칙과 위에 쌓인 지층은 아래에 쌓인 지층보다 나중에 생겼다는 지층 누중의 법칙 등을 제안하였다.

지층 역전
지층 역전은 지층이 퇴적된 후 지각 변동으로 지층의 순서가 바뀌는 현상으로, 지층 누중의 법칙을 적용할 때는 지층이 역전되지 않았는지를 먼저 판단해야 한다.

(4) **관입의 법칙:** 관입 당한 암석은 관입한 암석보다 먼저 생성되었다는 법칙이다.

① 지하 깊은 곳에서 생성된 고온의 마그마가 주변의 암석이나 지층의 틈을 따라 관입하여 생성된 화성암은 관입 당한 주변의 암석이나 지층보다 나중에 생성되었다.



▲ **관입의 법칙**

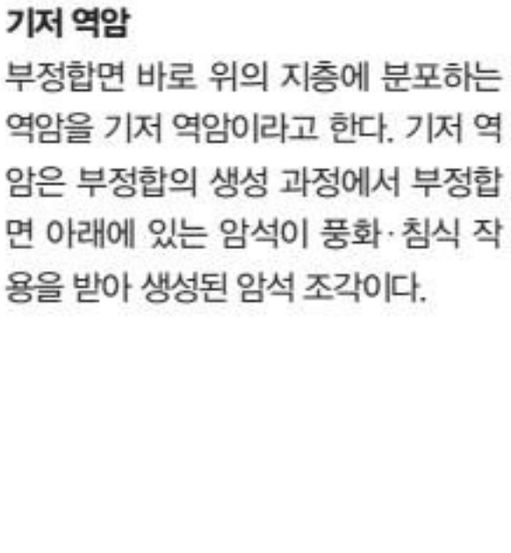
② 마그마가 암석이나 지층의 틈을 따라 관입할 때, 마그마와 접촉하는 주변의 암석은 열에 의한 변성 작용이 일어나므로 이를 이용하여 마그마의 관입 여부와 생성 순서를 파악할 수 있다.

(5) **부정합의 법칙:** 부정합면을 경계로 위아래 지층 사이에는 긴 시간 공백이 있다는 법칙이다.

① 정합: 아래위로 인접한 두 지층이 연속적으로 쌓인 관계이다.

② 부정합: 해저에 쌓인 지층이 지각 변동을 받아 융기하여 침식되고, 다시 침강하여 그 위에 새로운 지층이 쌓여 두 지층 사이에 긴 시간의 공백이 있는 관계이다.

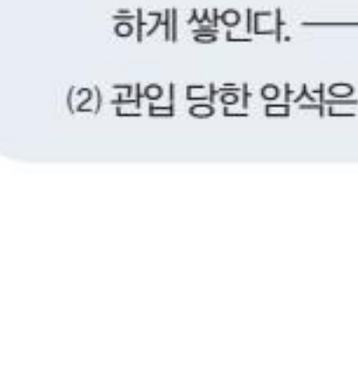
③ 부정합면을 경계로 구성 암석의 종류, 지질 구조, 화석의 종류 등이 급변하는 경우가 많으므로 부정합은 지층의 선후 관계를 밝히거나, 지질시대를 구분하는 기준이 된다.



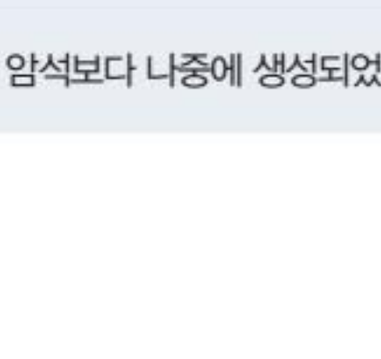
▲ **부정합의 형성 과정**

심화 부정합의 종류

부정합은 부정합면 아래 지층의 상태나 암석의 종류에 따라 구분한다.



▲ **평행 부정합** 부정합면을 경계로 위아래 지층이 나란하다.


▲ **경사 부정합** 부정합면 위 지층은 수평이고, 아래 지층은 경사져 있다.


▲ **난정합** 부정합면 아래 지층이 화성암이나 변성암이다.

중요 개념 체크

정답과 해설 142쪽

1. **현재 지각에서 일어나는 지각 변동이나 지질학적 사건들은 과거에도 동일한 과정을 통해 일어났다고 가정한 것을 (　　)의 원리라고 한다.**
2. **지사학의 법칙에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.**
   (1) 퇴적물이 호수나 바다 등 물속에서 쌓일 때, 중력의 영향으로 대부분 수평면과 나란하게 쌓인다. ——( )
   (2) 관입 당한 암석은 관입한 암석보다 나중에 생성되었다. ——( )

절단 관계의 법칙
암석을 자르거나 관통한 지질 구조는 잘린 암석이나 지층보다 나중에 형성되었다는 것을 의미한다. 절단 관계의 법칙은 암석이나 지질 구조의 선후 관계를 파악할 수 있고, 관입에 의한 절단, 부정합에 의한 절단, 단층에 의한 절단 등을 포함한다.

부정합면
부정합면은 부정합 관계에 있는 두 지층 사이의 경계면으로, 두께가 없는 침식면이다. 이 면을 경계로 상하 지층 사이에는 일반적으로 수백만 년 이상의 오랜 시간 간격이 존재한다.

기저 역암
부정합면 바로 위의 지층에 분포하는 역암을 기저 역암이라고 한다. 기저 역암은 부정합의 생성 과정에서 부정합면 아래에 있는 암석이 풍화·침식 작용을 받아 생성된 암석 조각이다.

2 상대연령과 절대연령

1905년, 영국의 물리학자 러더퍼드는 암석 내 우라늄의 양을 측정하여 암석의 연대 측정에 성공하였다. 이후 많은 방사성 동위원소들이 발견되었고, 연대 측정의 방법도 개선되어 지구의 나이가 약 45.6억 년이라는 사실을 알게 되었다.

1. 상대연령

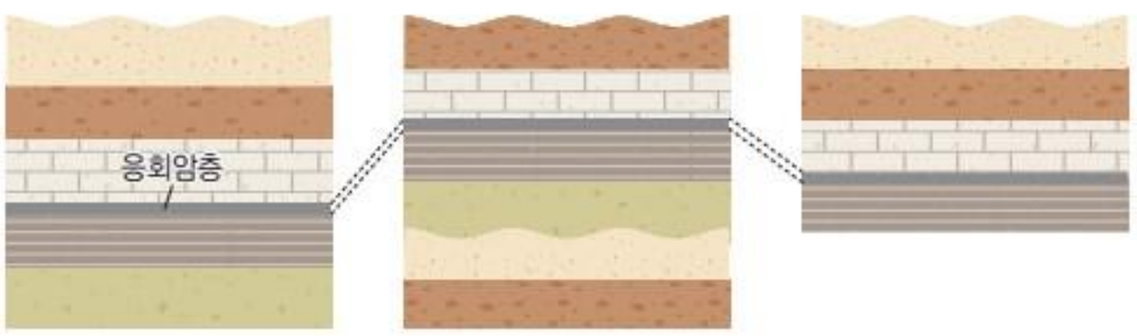
집중 분석 16쪽

(1) **상대연령:** 지층이나 암석의 생성 시기와 지질학적 사건의 발생 순서를 상대적인 선후 관계로 나타낸 것이다. 어떤 지질학적 사건이 먼저 또는 나중에 발생했는지는 알 수 있지만, 그 사건이 일어난 구체적인 연도는 알 수 없으며, 동일과정의 원리를 바탕으로 지사학의 법칙을 적용하여 지층의 선후 관계를 파악할 수 있다.

(2) **지층 대비:** 여러 지역에 분포하는 지층의 암석이나 화석을 이용하여 서로 비교하고 비슷한 시기에 생성된 지층을 파악하는 것으로, 지층 대비를 통해 서로 다른 지역의 지층 간 상대적인 선후 관계를 파악하여 상대연령을 결정할 수 있다.

① 암상에 의한 대비: 비교적 가까이에 있는 지층에서 암석과 퇴적 구조 등을 조사하여 서로 다른 지역의 지층이 같은 시기에 퇴적되었는지를 판단하는 방법이다.

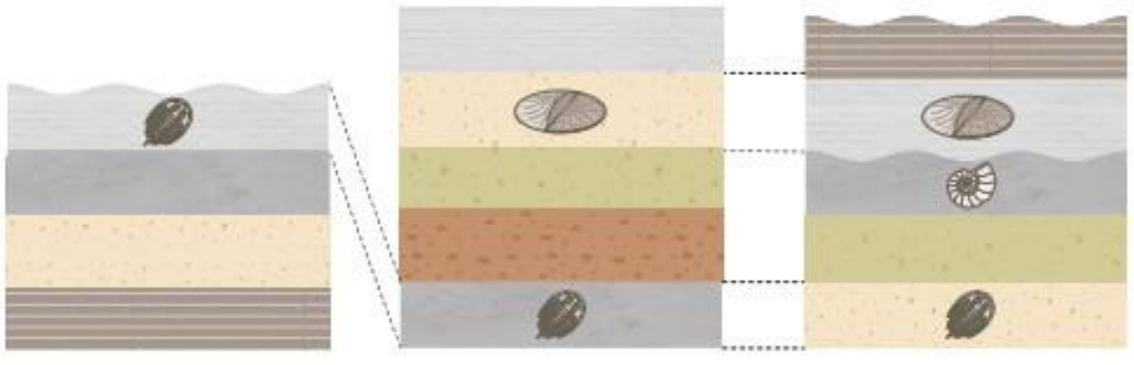
- 짧은 시간에 넓은 지역에서 동시에 퇴적되어 지층 대비의 기준이 되는 지층인 건층(열쇠층)을 주로 이용하며, 건층으로는 응회암층, 석회암층, 석탄층 등이 있다.
- 일반적인 퇴적층과 구별되므로 서로 떨어진 지층에서 건층의 위치를 비교하면 지층의 상대연령을 알아낼 수 있다.



▲ **암상에 의한 지층 대비** 응회암층(건층)을 기준으로 세 지역 지층의 생성 순서를 알아낼 수 있다.

② 화석에 의한 대비: 멀리 떨어져 있는 지층에서 특정한 시기에 번성한 같은 종류의 생물 화석이 발견되면 이 지층들은 같은 시기에 생성된 것으로 판단하는 방법이다.

- 넓은 지역에 특정 시기에만 번성했던 생물의 화석인 표준 화석을 주로 이용한다.
- 화석에 의한 대비는 인접한 지층뿐만 아니라 멀리 떨어진 지층에도 이용된다.



▲ **화석에 의한 지층 대비** 같은 종류의 화석이 발견되는 지층을 기준으로 세 지역 지층의 생성 순서를 알아낼 수 있다.

대비

대비는 서로 맞대어 비교하는 것으로, 지질학에서는 서로 떨어져 있는 지층이 같은 시대에 생성된 지층인지를 판단하는 것을 의미한다.

암상에 의한 대비를 가까운 지역에서만 이용하는 까닭

가까운 지역의 지층을 비교할 때는 다른 층과 구분되면서 짧은 시간 동안 비교적 넓은 지역에 한 번에 쌓이는 특징을 가진 층이 유용하게 이용된다. 응회암층은 특정한 화산이 폭발할 때 방출된 화산재가 주변의 넓은 지역에 퍼져 쌓인 것이고, 석탄층은 육상식물이 번성한 지역에서 특정한 시기에 생성된 것이므로 건층(열쇠층)으로 이용할 수 있다. 건층(열쇠층)은 지구 전체가 아닌 한정된 지역에 분포하는 경우가 많으므로 가까운 거리에 있는 지층을 대비할 때 이용한다.

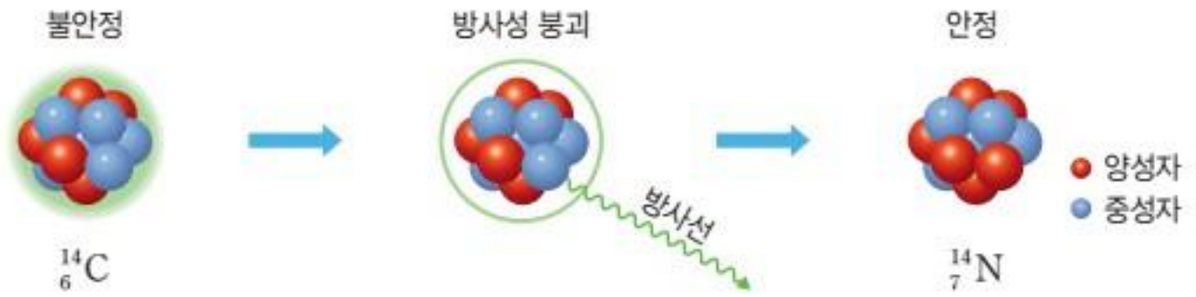
각 지질시대의 대표적인 표준 화석

지질시대	표준 화석
선캄브리아 시대	에디아카라 생물군
고생대	삼엽충, 필석, 방추충
중생대	공룡, 암모나이트
신생대	매머드, 화폐석

2. 절대연령

(1) **절대연령:** 암석의 생성 시기나 지질학적 사건의 발생 시기를 구체적인 수치로 나타낸 것이다. 상대연령은 지층이나 암석의 선후 관계만 나타내고, 정확한 생성 시기는 알려주지 못하므로 지층이나 암석의 정확한 생성 시기는 암석의 절대연령을 측정해야 알 수 있다. 암석의 절대연령을 구하는 여러 방법 중 암석을 구성하는 광물에 포함된 방사성 동위원소를 이용하는 방법이 가장 대표적이다.

(2) **방사성 동위원소:** 동위원소 중 불안정한 원자핵이 시간이 지나면서 자연적으로 붕괴하여 방사선을 방출하고, 안정한 원자핵으로 변하는 원소이다.



▲ **탄소(C)의 방사성 붕괴** 양성자가 6개, 중성자가 8개인 탄소(C)는 불안정하므로 중성자 1개가 양성자로 변하여 양성자가 7개, 중성자가 7개인 안정한 질소(N)로 변한다.

① 모원소와 자원소: 방사성 동위원소를 모원소라 하고, 모원소의 방사성 붕괴로 생성된 안정한 원소를 자원소라고 한다.



▲ **모원소와 자원소** 모원소인 우라늄(U)은 시간이 지남에 따라 자원소인 납(Pb)으로 변한다.

② 반감기: 시간이 지남에 따라 방사성 동위원소가 붕괴하여 모원소의 양이 처음 양의 절반으로 줄어드는 데 걸리는 시간이다.

③ 방사성 동위원소는 온도나 압력 등의 외부 환경에 영향을 받지 않고 일정한 비율로 붕괴하여 안정한 원소로 변하므로, 각 동위원소는 고유한 반감기를 가지며 반감기는 방사성 동위원소의 종류에 따라 달라진다.

방사성 동위원소		반감기(년)	연대 결정 범위(년)	포함 광물
모원소	자원소			
우라늄(^{238}U)	납(^{206}Pb)	45억	1천만~46억	지르콘, 우라니나이트, 피치블렌드
우라늄(^{235}U)	납(^{207}Pb)	7억	1천만~46억	지르콘, 우라니나이트, 피치블렌드
토륨(^{232}Th)	납(^{208}Pb)	140.5억	1천만~46억	지르콘, 우라니나이트
칼륨(^{40}K)	아르곤(^{40}Ar)	13억	5만~46억	흑운모, 백운모, 정장석, 휘석, 화산암
루비듐(^{87}Rb)	스트론튬(^{87}Sr)	492억	1천만~46억	흑운모, 백운모, 정장석, 각섬석
탄소(^{14}C)	질소(^{14}N)	5730	100~7만	탄소를 포함한 유기물

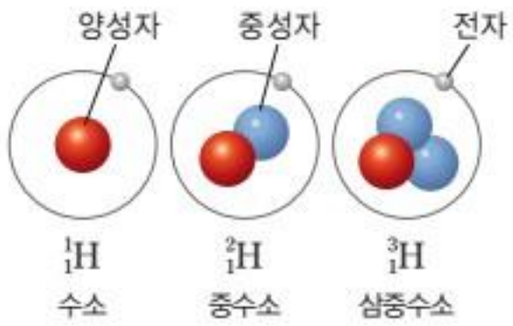
▲ **절대연령 측정에 사용되는 주요 방사성 동위원소**

동위원소

동위원소는 원자핵의 양성자수가 같아 원자 번호는 같지만, 중성자수가 달라서 질량수가 다른 원소이다.

동위원소의 물리적 성질

같은 원소라도 중성자수가 다른 동위원소는 물리적 성질이 달라질 수 있다. 예를 들어, 수소, 중수소, 삼중수소는 모두 양성자수가 1개로 같아 화학적 성질은 같지만, 중성자수가 달라서 녹는점, 끓는점 등의 물리적 성질이 서로 다르다.



3. 절대연령 측정

집중 분석 17쪽

(1) 절대연령 측정의 원리

① 모원소의 비율은 반감기가 1번 지나면 처음 양의 $\frac{1}{2}$, 2번 지나면 $\frac{1}{4}$, 3번 지나면 $\frac{1}{8}$로 줄어드므로, 반감기의 경과 횟수(n)에 따른 모원소의 비율은 다음과 같다.

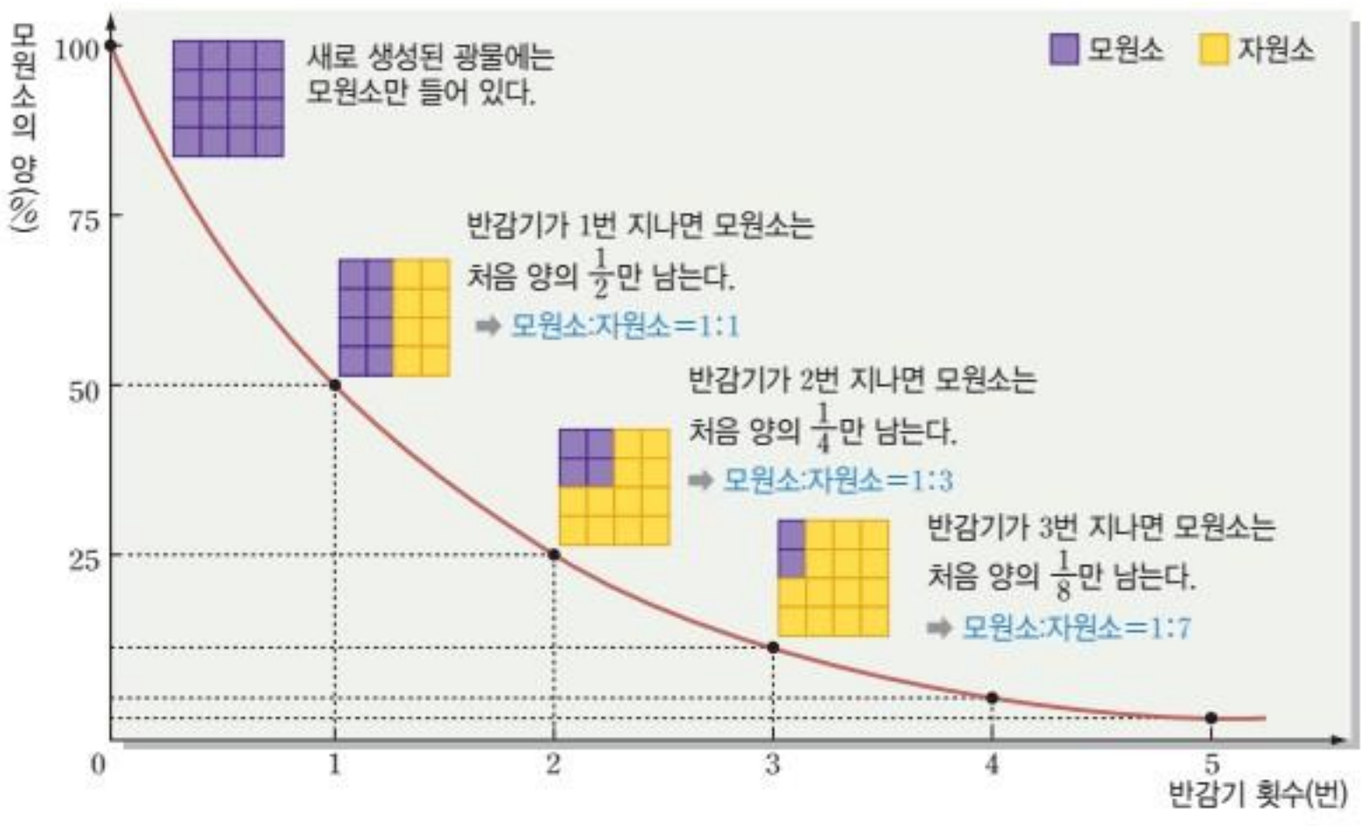
$$\frac{N}{N_0}=\left(\frac{1}{2}\right)^n$$

(N: t년 후 모원소의 양, N_0: 처음 모원소의 양, n: 반감기 경과 횟수)

② 방사성 동위원소를 포함한 광물이나 암석에 들어 있는 모원소와 자원소의 비율을 통해 반감기 경과 횟수(n)를 알아내면 암석의 절대연령(t)을 구할 수 있다.

$$t=n\times T$$

(t: 절대연령, n: 반감기 경과 횟수, T: 반감기)



▲ 반감기 횟수에 따른 광물 내 모원소와 자원소의 비율

방사성 붕괴로 인한 모원소의 양

모원소가 붕괴하여 자원소가 생성됨에 따라 암석이 생성되고 시간(t)이 지난 후 남아 있는 모원소(N)의 양은 다음과 같다.

$$N=N_0\times\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$$

(N: t년 후 모원소의 양, N_0: 처음 모원소의 양, t: 절대연령, T: 반감기)

모원소와 자원소의 비율과 반감기 경과 횟수의 관계

암석이 생성된 후 t년이 지난 후, 모원소의 양(N)과 자원소의 양(D)의 합은 처음 모원소의 양(N_0)과 같다.

$$N_0=N+D$$

$\frac{N}{N_0}=\left(\frac{1}{2}\right)^n$ (n: 반감기 경과 횟수)

에 대입하여 정리하면,

$$\frac{N}{N+D}=\left(\frac{1}{2}\right)^n$$

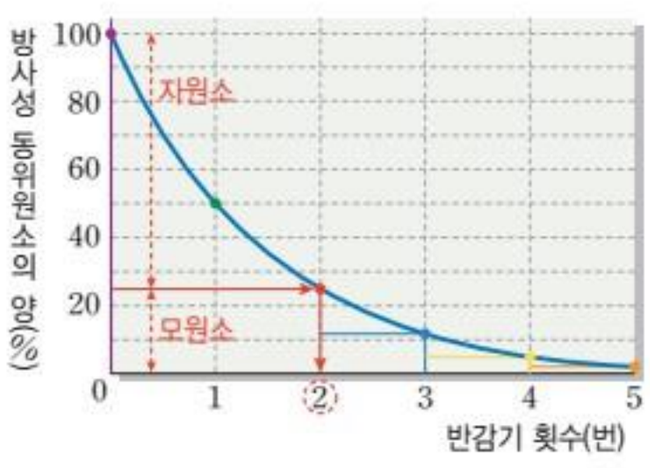
$$\frac{N+D}{N}=2^n$$

$$\therefore \frac{D}{N}+1=2^n$$

분석 암석의 절대연령 구하기

화성암에서 방사성 동위원소 X의 모원소 : 자원소=1 : 3이고, X의 반감기가 5000만 년인 경우, 화성암의 절대연령은 다음과 같다.

- 모원소 : 자원소=1 : 3 → 반감기 2번
- X의 반감기가 5000만 년이고, 반감기를 2번 지났으므로, 이 암석의 절대연령은 1억 년(=2×5000만 년)이다.



(2) 절대연령 측정의 범위: 방사성 동위원소의 반감기는 원소에 따라 다양한 값을 가지므로 방사성 동위원소를 이용하여 암석의 절대연령을 측정할 때는 측정 대상에 따라 적절한 방사성 동위원소를 선택해야 한다.

① 반감기가 긴 방사성 동위원소: 지구의 탄생 시기 등 오래된 지질학적 사건이 발생한 시기나 수백만 년 전 이전의 오래된 암석의 절대연령 측정에 주로 활용되고, 우라늄(^{238}U, ^{235}U), 토륨(^{232}Th), 칼륨(^{40}K), 루비듐(^{87}Rb) 등이 있다.

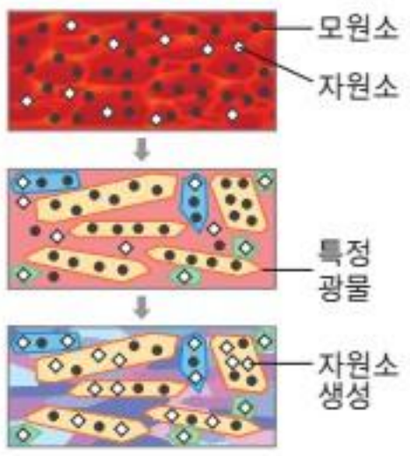
② 반감기가 짧은 방사성 동위원소: 가까운 지질시대에 살았던 생물의 연대 측정, 고고학 등의 연구나 수만 년 이내에 생성된 젊은 암석의 절대연령 측정에 주로 활용되고, 탄소(^{14}C) 등이 있다.

(3) 암석의 종류에 따른 절대연령 측정: 방사성 동위원소를 함유한 광물은 모든 암석에 포함될 수 있지만, 방사성 동위원소를 이용하여 측정한 절대연령은 반드시 그 암석의 생성 시기를 나타내는 것은 아니다.

화성암	모원소와 자원소가 잘 보존되어 있어 방사성 동위원소를 이용한 절대연령 측정에 주로 활용되며, 화성암의 절대연령은 마그마가 식어 광물이 생성된 시기를 나타낸다.
변성암	변성 작용으로 생성된 새로운 광물에 포함된 방사성 동위원소를 이용하며, 변성암의 절대연령은 암석이 변성된 시기를 나타낸다.
퇴적암	생성 시기가 서로 다른 암석 조각으로 이루어진 퇴적물로 생성되므로 암석 전체의 정확한 퇴적 시기를 알기 어렵다. 퇴적암의 절대연령은 퇴적물을 구성하는 암석 조각의 절대연령을 측정한 뒤 암석의 생성 순서를 비교하여 간접적으로 알아내거나, 퇴적층에 포함된 유기물의 방사성 동위원소를 이용하여 추정한다.

심화 화성암의 광물 내 방사성 동위원소의 분포

마그마에는 모원소와 자원소가 불균질하게 분포하지만, 마그마가 식으며 특정 광물이 생성되면 그 광물 내에는 모원소만 포함된다. 이후 특정 광물 내부에서 모원소가 방사성 붕괴를 일으키면 자원소가 생성되며, 특정 광물 내부의 모원소와 자원소의 비율을 분석하면 이 광물이 처음 생성된 시점을 기준으로 하는 절대연령을 구할 수 있다.



중요 개념 체크

정답과 해설 142쪽

1. 암석의 생성 시기나 지질학적 사건의 발생 시기를 구체적인 수치로 나타낸 것을 ( ) 이라고 한다.
2. 상대연령과 절대연령에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.
   (1) 멀리 떨어진 지층을 대비할 때, 주로 건층을 이용한다. ——— ( )
   (2) 반감기를 1번 지나면 방사성 동위원소의 양은 처음 양의 절반이 된다. —— ( )

방사성 동위원소의 반감기

측정하려는 암석의 연령에 비해 방사성 동위원소의 반감기가 너무 길면 자원소의 양이 너무 적고, 암석의 연령에 비해 반감기가 너무 짧으면 모원소의 대부분이 붕괴되어 절대연령을 측정하기 어렵다.

방사성 동위원소로 절대연령을 측정하기 위한 조건

방사성 동위원소를 이용하여 절대연령을 측정하려면, 분석에 사용하는 광물의 모원소나 자원소는 생성된 이후부터 현재까지 외부와의 물질 교환 없이 보존되어야 한다. 또한, 자원소가 처음부터 일부 포함되어 있었다면 그 초기 함량을 알아야 한다.

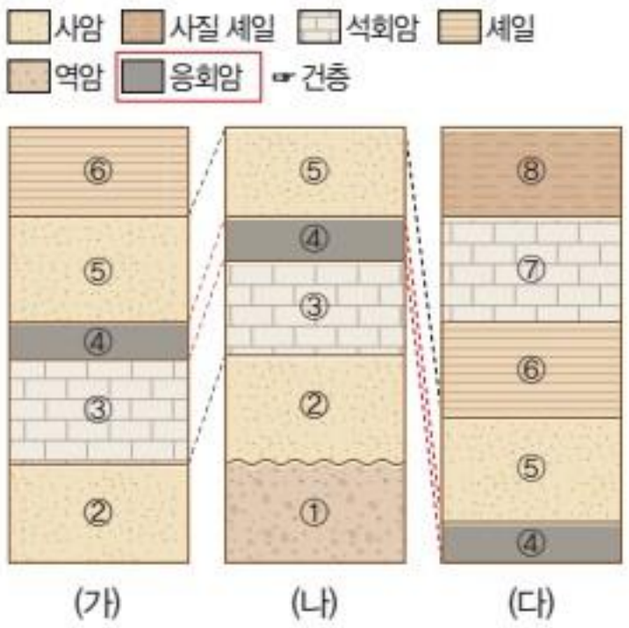
지르콘(Zircon)

지르콘은 화성암, 변성암, 퇴적암에서 모두 발견되는 광물로, 입자의 크기가 약 0.1 mm~0.3 mm로 작아 현미경으로 관찰할 수 있다. 순수한 지르콘은 무색투명하며, 굴절률이 높고 빛을 강하게 분산시킨다. 지르콘은 한 번 생성되면 잘 변하지 않으므로 방사성 동위원소를 이용한 절대연령 측정에 매우 적합하여 1956년, 클레어 패터슨은 지르콘을 분석해 지구의 나이가 약 45.5억 년이라는 것을 밝혀냈다.

HIGH 집중 분석

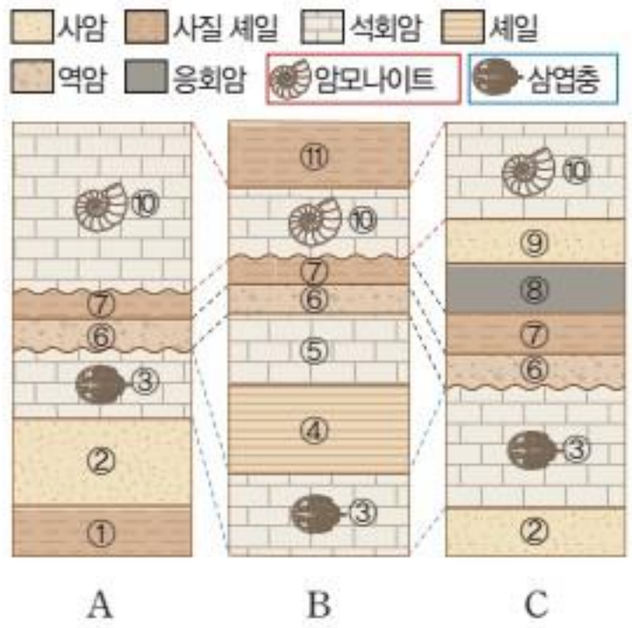
지질 단면도에서 층서는 어떻게 결정할까?

1 암상에 의한 대비



건층(열쇠층)으로 활용할 수 있는 지층을 먼저 찾아 연결한 뒤, 이를 기준으로 같은 종류의 지층끼리 대비한다. 이렇게 연결된 지층은 쌓인 순서에 따라 ①, ②, ③, …의 번호를 매겨 층서를 결정한다. → 가장 오래된 지층은 (나) 지역의 역암층(①)이고, 가장 최근에 형성된 지층은 (다) 지역의 사질 셰일층(⑧)이다.

2 화석에 의한 대비



같은 종류의 화석이 산출되는 지층을 먼저 찾아 연결한 뒤, 이를 기준으로 같은 종류의 지층끼리 대비한다. 이렇게 연결된 지층은 쌓인 순서에 따라 ①, ②, ③, …의 번호를 매겨 층서를 결정한다. → 가장 오래된 지층은 A 지역의 사질 셰일층(①)이고, 가장 최근에 형성된 지층은 B 지역의 사질 셰일층(⑪)이다.

건층(열쇠층)의 결정

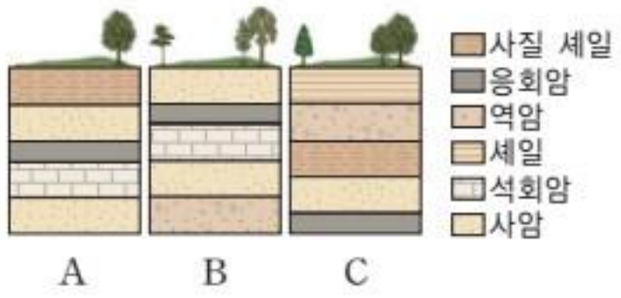
응회암층, 석회암층, 석탄층은 건층으로 자주 활용된다. (가)와 (나) 지역에서는 석회암층 위에 응회암층, 아래에 사암층이 분포하여 지층의 순서가 같지만, (다) 지역에서는 석회암층 위에 사질 셰일층, 아래에 셰일층이 분포하여 세 지역에서 석회암층은 같은 시기의 지층이 아니므로 건층으로 활용할 수 없다.

결층

부정합면을 기준으로 일부 지층이 침식되거나 퇴적되지 않아 나타나지 않는 지층을 결층이라고 한다. A 지역의 ③과 ⑥ 지층 사이에는 B 지역의 ④, ⑤ 지층이 없고, A와 B 지역의 ⑦과 ⑩ 지층 사이에는 C 지역의 ⑧, ⑨ 지층이 없다.

예제

1 그림은 비교적 가까운 거리에 있는 세 지역 A~C의 지질 단면을 나타낸 것이다. (단, 지층의 역전은 일어나지 않았다.)

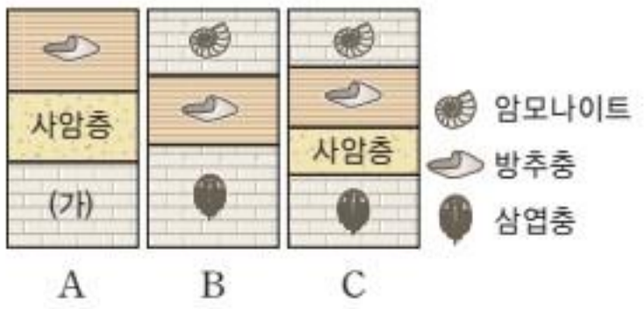


(1) 건층(열쇠층)이 되는 지층을 쓰시오.
(2) 가장 오래된 지층이 있는 지역을 쓰시오.

풀이 (1) 응회암층은 세 지역에 모두 있고, 짧은 시간에 만들어졌으므로 건층(열쇠층)으로 적합하다.
(2) 응회암층을 기준으로 지층을 대비하면, B 지역의 역암층이 가장 오래되었다.

정답 (1) 응회암층 (2) B 지역

2 그림은 역전되지 않은 서로 멀리 떨어진 세 지역 A~C의 지질 단면과 각 지층에서 산출되는 화석을 나타낸 것이다.



(1) (가)에서 산출될 수 있는 화석을 쓰시오.
(2) 오랫동안 퇴적이 중단된 시기가 존재하는 지역을 쓰시오.

풀이 (1) C 지역의 사암층 아래 지층에서 삼엽충 화석이 산출되므로, (가)에서도 삼엽충 화석이 산출될 수 있다.
(2) A와 C 지역에는 삼엽충과 방추충 화석이 산출되는 층 사이에 사암층이 있지만, B 지역에는 사암층이 없으므로 퇴적이 중단된 부정합면이 존재한다.

정답 (1) 삼엽충 (2) B 지역

HIGH 집중 분석

지층의 퇴적 시기를 어떻게 알 수 있을까?

1 지층의 상대연령

그림은 어느 지역의 지질 단면도를 나타낸 것으로, A~J는 퇴적암이고, P와 Q는 화성암이다. 이 지역에서 일어난 지질학적 사건의 순서를 나열하면 다음과 같다.

➔ 지층 A, B, C, D 퇴적(수평퇴적의 법칙, 지층 누중의 법칙) → 지각 변동(습곡) → 화성암 P 관입 또는 분출(관입의 법칙) → 부정합의 법칙(융기·침식·침강) → 지층 E, F, G 퇴적 → 지각 변동(경사) → 화성암 Q 관입 또는 분출(관입의 법칙) → 부정합의 법칙(융기·침식·침강) → 지층 H, I, J 퇴적 → 융기 → 침식



융기와 침강 횟수

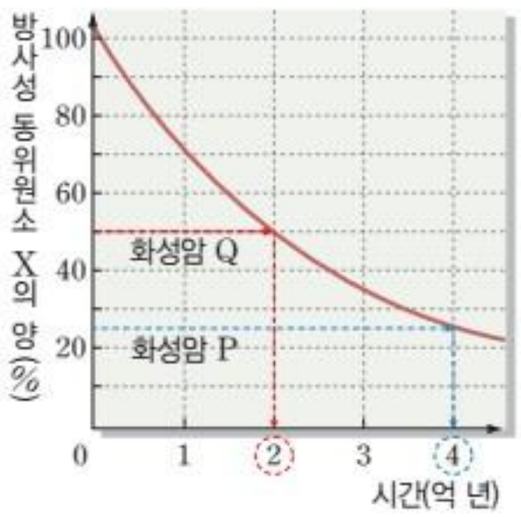
1개의 부정합이 생성되려면 융기와 침강이 각각 최소 1번씩 일어나야 한다. 또한, 2개의 부정합이 생성되려면 융기와 침강이 각각 2번씩 일어나고, 현재의 지표면이 생성되는 과정에서 융기가 1번 더 일어나야 한다. 따라서 이 지역은 2개의 부정합이 있으므로 최소 3번의 융기와 2번의 침강이 있었다.

2 화성암의 절대연령

그림은 화성암 P와 Q에 포함된 방사성 동위원소 X의 붕괴 곡선을 나타낸 것이다. P와 Q에 포함된 X의 모원소 : 자원소가 각각 1 : 3과 1 : 1이라면, P와 Q의 절대연령은 다음과 같다.

➔ 방사성 동위원소 X의 반감기: 2억 년

구분	화성암 P	화성암 Q
모원소 : 자원소	1 : 3	1 : 1
반감기 경과 횟수	2번	1번
절대연령	2번×2억 년 =4억 년	1번×2억 년 =2억 년

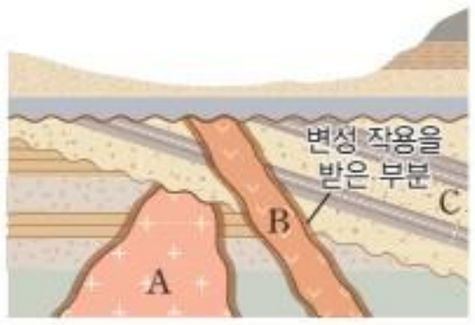


반감기

방사성 동위원소의 반감기는 모원소가 처음 양의 절반이 되는 데 걸린 시간이므로, 모원소 : 자원소=1 : 1이다. 따라서 방사성 동위원소 X의 반감기는 2억 년이다.

예제

1 그림은 어느 지역의 지층 단면을 나타낸 것이다.



(1) 화성암 A, B와 퇴적암 C의 생성 순서를 쓰시오.

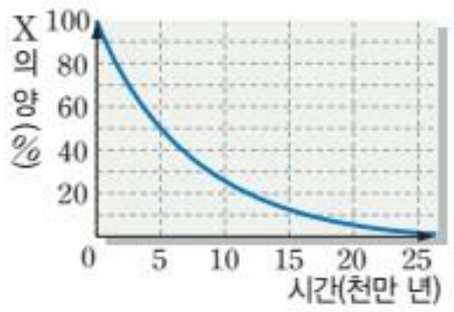
(2) 이 지역이 융기한 횟수는 최소 몇 번인지 쓰시오.

풀이 (1) 화성암 A가 관입한 후 퇴적암 C가 생성되었고, 이후 화성암 B가 관입하였다.

(2) 2번의 부정합이 생성되는 과정에서 2번의 융기가 있었고, 현재의 지표면이 생성되는 과정에서 1번의 융기가 있었다.

정답 (1) 화성암 A → 퇴적암 C → 화성암 B (2) 3번

2 그림은 방사성 동위원소 X의 붕괴 곡선을 나타낸 것이다.



(1) X의 반감기를 구하시오.

(2) 어느 화성암에서 X의 모원소 : 자원소=1 : 7이면, 이 화성암의 절대연령을 구하시오.

풀이 (1) X의 양이 50 %가 되는 데 걸리는 시간이 반감기이므로 5천만 년이다.

(2) 모원소 : 자원소=1 : 7이면, 반감기는 3번 지났으므로 이 화성암의 절대연령은 1억 5천만 년(=5천만 년×3번)이다.

정답 (1) 5천만 년 (2) 1억 5천만 년

개념 기본 문제

01 지층의 생성 순서와 나이

01 다음은 지사학의 법칙 중 일부에 대한 설명이다.

> 물속에서 퇴적물이 쌓일 때 수평면과 나란하게 쌓이는데, 이를 ㉠(수평퇴적, 지층 누중)의 법칙이라고 한다. 오래된 지층에서 새로운 지층으로 갈수록 동물 화석은 더욱 복잡한 형태로 변하는데, 이를 ㉡(관입, 동물군천이)의 법칙이라고 한다.

( ) 안에 알맞은 말을 고르시오.

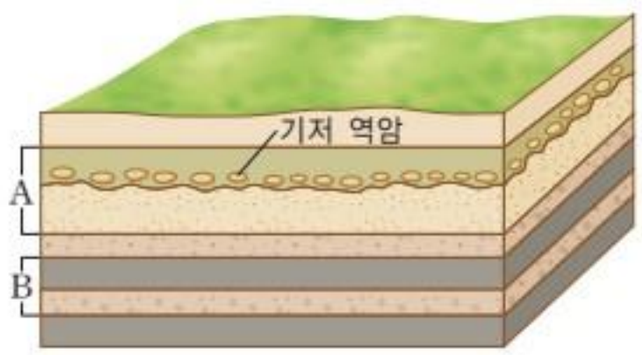
02 그림은 어느 지층의 단면 모습을 나타낸 것이다.



(1) 이 지층의 생성 순서를 과거부터 순서대로 기호를 쓰시오.

(2) B와 C 지층의 생성 순서를 판단할 때 활용한 지사학의 법칙을 쓰시오.

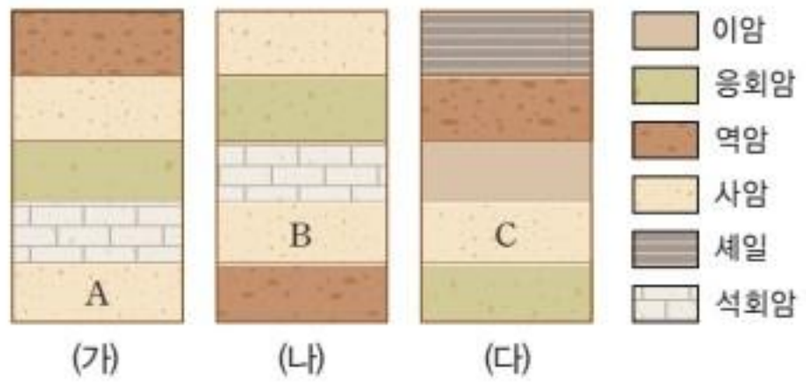
03 그림은 어느 지역의 지층 단면을 나타낸 것이다. (단, 이 지층에는 지층 사이에 긴 시간 공백이 있는 곳이 있다.)



(1) A와 B 구간 중 지층 사이에 긴 시간 공백이 있는 구간을 쓰시오.

(2) 이 지역에서 현재까지 일어난 융기와 침강의 최소 횟수를 각각 쓰시오.

04 그림 (가)~(다)는 인접한 세 지역의 지층 단면을 나타낸 것이다. (단, 지층은 역전되지 않았다.)

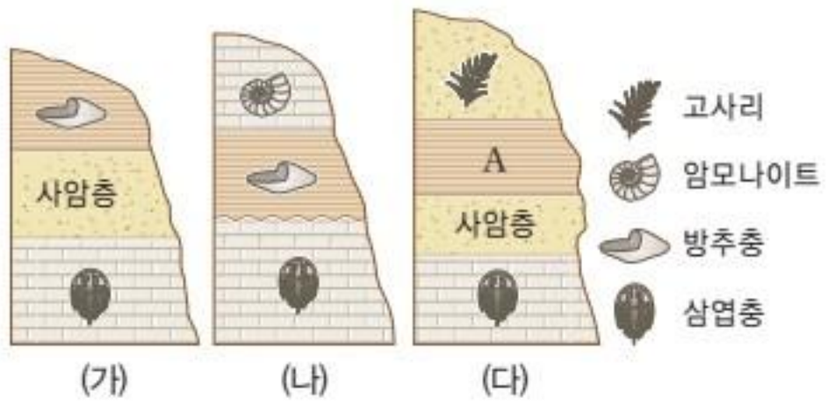


(1) (가)와 (나) 지역의 지층을 대비하기 위한 건층(열쇠층)으로 쓰인 지층을 쓰시오.

(2) 지층 A~C 중 같은 시기에 퇴적된 지층의 기호를 있는 대로 고르시오.

(3) (가)~(다) 지역 중 가장 나중에 퇴적된 지역의 지층을 쓰시오.

05 그림은 서로 멀리 떨어진 세 지역 (가)~(다)의 지층 단면과 각 지층에서 산출되는 화석을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고르시오.

보기

ㄱ. 지층 A에서 산출될 수 있는 화석은 삼엽충이다.
ㄴ. (나) 지역에는 오랫동안 퇴적이 중단된 시기가 있다.
ㄷ. 동물군천이의 법칙을 이용하여 (가)~(다) 지역의 지층 대비를 할 수 있다.

06 다음은 지층의 나이에 대한 설명이다.

> 지층이나 암석의 생성 시기와 지질학적 사건의 발생 순서를 상대적인 선후 관계로 나타낸 것을 (㉠)이라고 한다. 한편, 암석의 생성 시기나 지질학적 발생 시기를 구체적인 수치로 나타낸 것을 (㉡)이라고 하고, 이는 광물에 포함된 (㉢)를 분석하여 계산할 수 있다.

( ) 안에 알맞은 말을 쓰시오.

07 표는 원소 (가)~(다)를 구성하는 양성자와 중성자의 개수, 원소기호를 나타낸 것이다.

구분	(가)	(나)	(다)
양성자수	6	6	7
중성자수	6	8	7
원소기호	$^{12}_{6}C$	$^{14}_{6}C$	$^{14}_{7}N$

(1) (가)~(다) 중 원자핵이 불안정한 원소를 쓰시오.

(2) (가)~(다) 중 불안정한 원자핵의 방사성 붕괴로 새로 생성된 원소를 쓰시오.

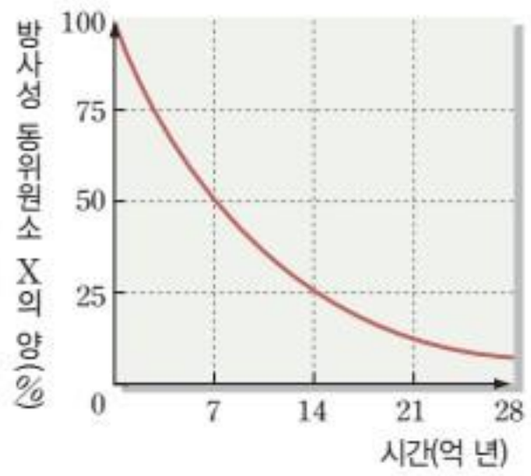
08 그림은 어느 암석에 포함된 원소가 시간이 지난 후 다른 원소로 변하는 과정을 나타낸 것이다.



(1) ㉠~㉢을 모원소와 자원소로 구분하여 각각 쓰시오.

(2) 모원소의 양이 처음 양의 절반으로 줄어드는 데 걸리는 시간은 무엇인지 쓰시오.

09 그림은 방사성 동위원소 X의 붕괴 곡선을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 <u>않은</u> 것은 ×로 표시하시오.

(1) X의 반감기는 7억 년이다. ( )

(2) 모원소 : 자원소 = 1 : 3이라면, 반감기는 3번 지났다. ( )

(3) 외부 온도가 올라가면 X의 반감기는 더욱 짧아질 것이다. ( )

10 다음은 절대연령 측정에 주로 활용하는 방사성 동위원소를 나타낸 것이다.

보기

ㄱ. ^{238}U ㄴ. ^{40}K

ㄷ. ^{87}Rb ㄹ. ^{14}C

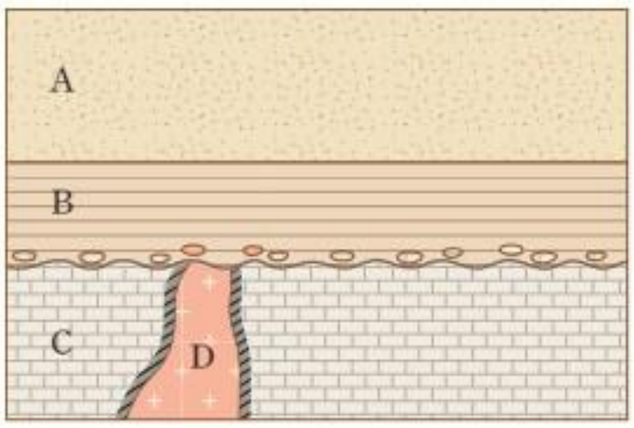
(1) 지구의 탄생 시기나 오래된 암석의 절대연령 측정에 활용되는 방사성 동위원소를 보기에서 있는 대로 고르시오.

(2) 반감기가 가장 짧은 방사성 동위원소를 보기에서 고르시오.

개념 적용 문제

➤ 지사학의 법칙

01 그림은 어느 지역의 지층 단면을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은? (단, 지층은 역전되지 않았다.)

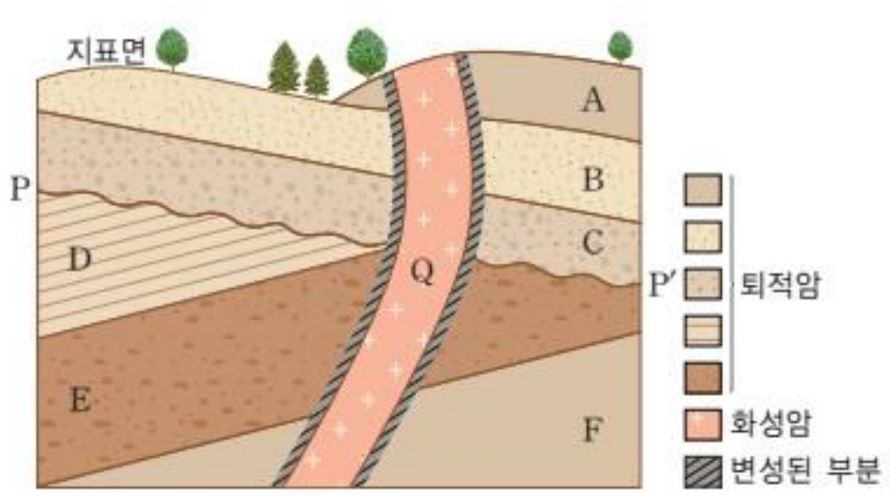
보기

ㄱ. 지층 누중의 법칙에 따라 B는 A보다 먼저 퇴적되었다.
ㄴ. B와 C 사이에는 부정합의 법칙에 따라 긴 시간 공백이 있다.
ㄷ. 관입의 법칙에 따라 D는 C보다 먼저 생성되었다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➤ 지사학의 법칙

02 그림은 어느 지역의 지질 단면도를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은? (단, 지층은 역전되지 않았다.)

보기

ㄱ. 가장 최근에 생성된 암석은 A이다.
ㄴ. 이 지역에서는 최소 2번의 융기가 있었다.
ㄷ. 지층 A~C는 P-P′의 경사로 인하여 비스듬하게 퇴적되었다.

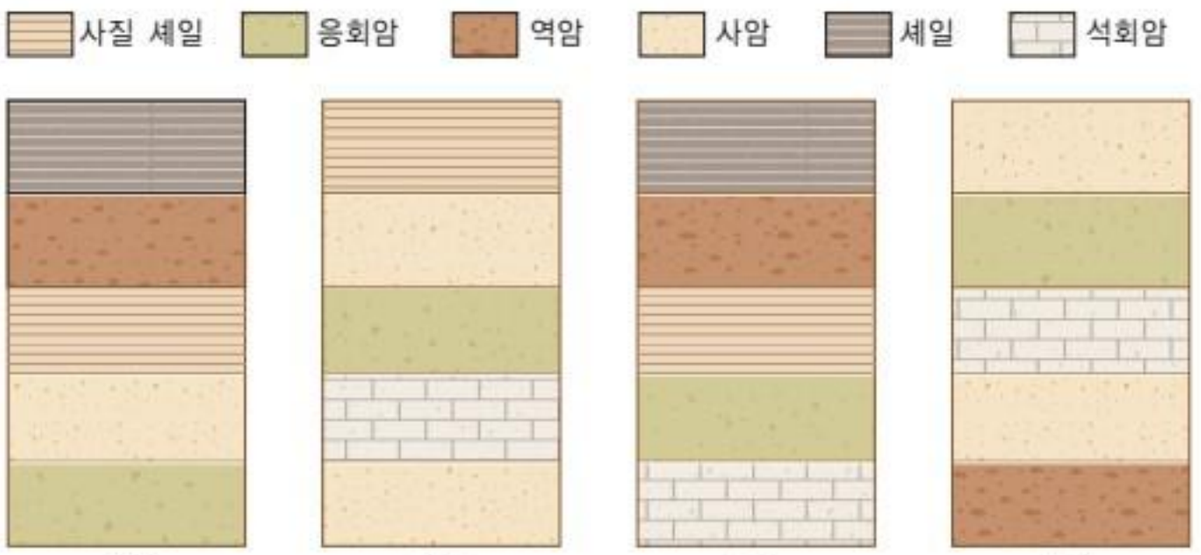
① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

➢ 지사학의 법칙에는 수평퇴적의 법칙, 지층 누중의 법칙, 동물군천이의 법칙, 관입의 법칙, 부정합의 법칙 등이 있다.

➢ 수평퇴적의 법칙에 의해 지층은 수평 방향으로 퇴적되고, 부정합은 융기, 침식, 침강 후 새로운 지층이 쌓여 생성된다.

➤ 상대연령

03 그림은 서로 인접한 지역 (가)~(라)의 지층 단면을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은? (단, 지층은 역전되지 않았다.)

보기

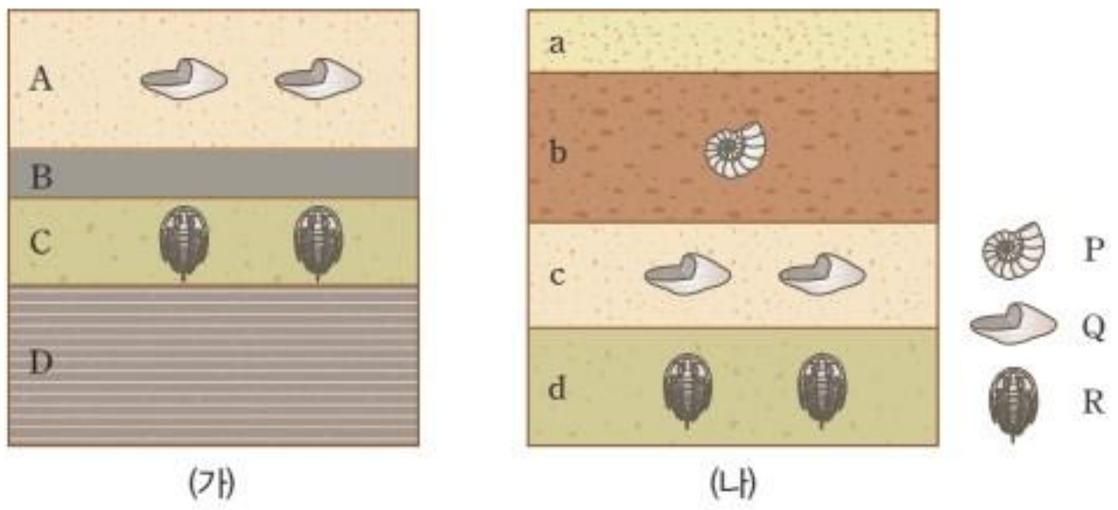
ㄱ. (다)의 지층에는 부정합이 존재한다.
ㄴ. 가장 오래된 암석은 (나)의 지층에 있다.
ㄷ. (라)의 역암은 (가)의 역암보다 먼저 퇴적되었다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

▷ 인접한 지역의 지층 단면에서 건층을 기준으로 같은 종류의 지층을 연결하면, 지층의 선후 관계를 파악할 수 있다.

➤ 상대연령

04 그림은 멀리 떨어진 대륙 (가)와 (나)의 지층에서 산출되는 화석과 지층 단면을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은? (단, 지층은 역전되지 않았다.)

보기

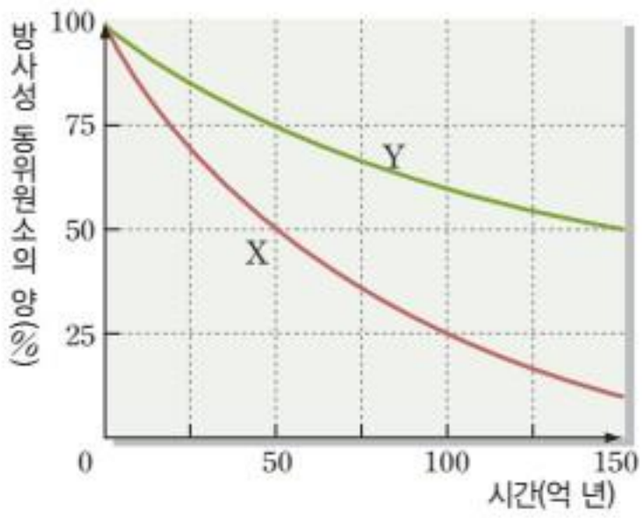
ㄱ. 가장 새로운 지층은 (나)에 분포한다.
ㄴ. (가)의 C 지층과 대비되는 (나)의 지층은 d이다.
ㄷ. 생물은 R → Q → P의 순서로 출현하였다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

▷ 멀리 떨어져 있는 지역이라도 산출되는 생물의 화석이 같으면, 이 지층들은 비슷한 시기에 생성된 것으로 볼 수 있다.

➤ 절대연령 측정

05 그림은 어느 화성암 속에 들어 있는 방사성 동위원소 X와 Y의 붕괴 곡선을 나타낸 것이고, 이 암석이 처음 생길 때 X와 Y의 양은 같았다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

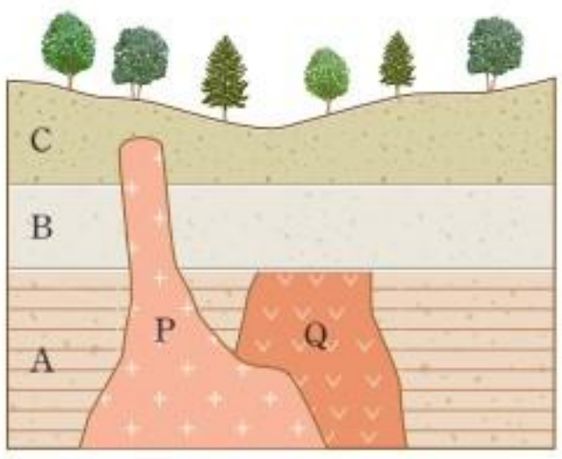
ㄱ. 방사성 동위원소의 붕괴 속도는 X가 Y보다 느리다.
ㄴ. 150억 년 후 암석 속에 남아 있는 Y의 양은 X의 5배이다.
ㄷ. 모원소와 자원소의 비율이 1 : 3이 될 때까지 걸리는 시간은 Y가 X의 3배이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

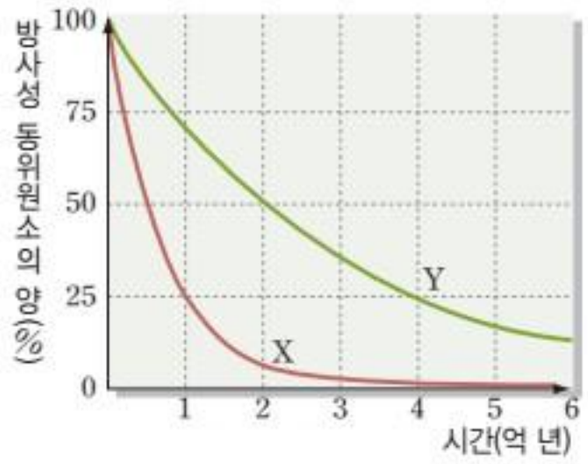
▷ 방사성 동위원소의 양이 처음 양의 절반으로 줄어드는 데 걸리는 시간을 반감기라고 한다. 방사성 동위원소의 붕괴 속도가 빠르면 반감기는 짧게 나타난다.

➤ 절대연령 측정

06 그림 (가)는 어느 지역의 지층 단면을, (나)는 방사성 동위원소 X와 Y의 붕괴 곡선을 나타낸 것이다. 화성암 P와 Q에는 각각 방사성 동위원소가 처음 양의 25 %만 남아 있고, P와 Q에 포함된 방사성 동위원소는 각각 X와 Y 중 하나이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 절대연령은 P가 Q의 2배이다.
ㄴ. Q에는 Y가 포함되어 있다.
ㄷ. 지층 B와 C의 절대연령은 1억 년과 4억 년 사이이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

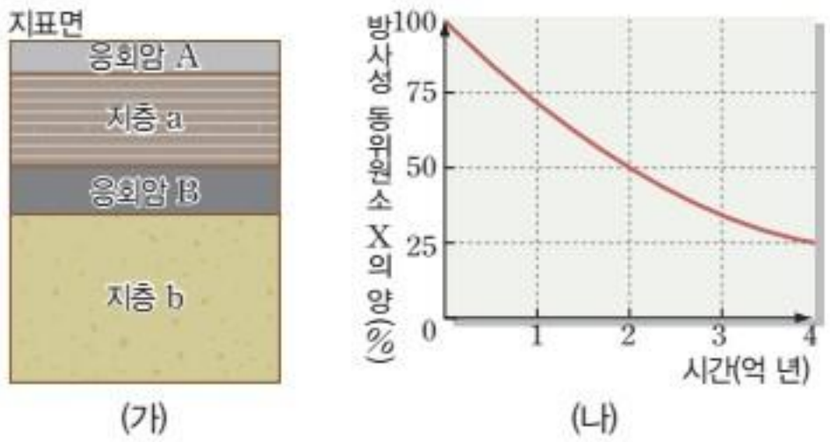
▷ 화성암의 절대연령은 암석에 포함된 방사성 동위원소의 반감기와 모원소와 자원소의 비율을 이용하여 구할 수 있고, 퇴적암의 경우 암석의 선후 관계에 따라 절대연령 범위를 결정할 수 있다.

1등급 도전 문제

➤ 지사학의 법칙과 절대연령

07 그림 (가)는 어느 지역의 지층 단면을, (나)는 방사성 동위원소 X의 붕괴 곡선을 나타낸 것이다. 응회암 A와 B에 포함된 X의 양은 각각 처음 양의 25 %와 50 %이다.

▻ 아래에 놓인 지층이 위에 놓인 지층보다 더 젊으면, 이 지층은 지각 변동으로 역전되었다는 것을 알 수 있다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. A의 절대연령은 4억 년이다.

ㄴ. a에서는 4억 년 전보다 더 이전에 번성한 생물 화석이 발견될 수 있다.

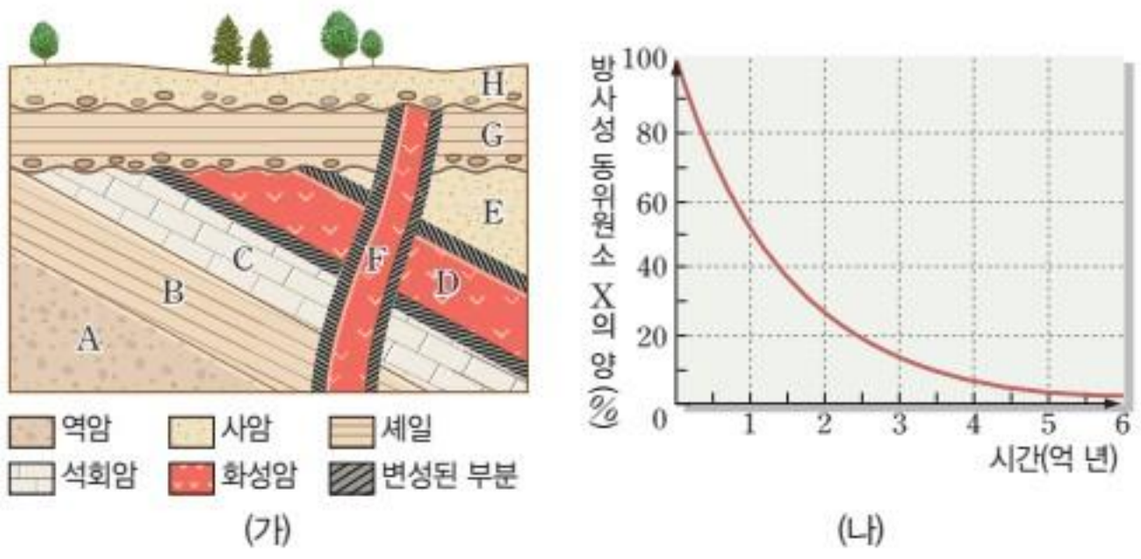
ㄷ. b에서 발견되는 동물 화석은 a보다 더욱 복잡하고 진화된 형태일 것이다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

➤ 상대연령과 절대연령

08 그림 (가)는 어느 지역의 지층 단면을, (나)는 화성암 D와 F에 포함된 방사성 동위원소 X의 붕괴 곡선을 나타낸 것이다.

▻ 방사성 동위원소의 반감기가 1번 지나면 모원소 : 자원소 = 1 : 1이고, $\left(\frac{\text{모원소의 양}}{\text{자원소의 양}}\right)$은 1이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은? (단, 지층의 역전은 일어나지 않았고, 화성암 D는 1억 년 전에 생성되었다.)

보기

ㄱ. 이 지역은 현재까지 최소 3번 융기하였다.

ㄴ. 화성암 F에 포함된 $\left(\frac{\text{X의 양}}{\text{X의 자원소 양}}\right)$은 1보다 크다.

ㄷ. 지층과 암석의 생성 순서는 A → B → C → D → E → G → F → H 순이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 퇴적 구조와 퇴적 환경

핵심 내용 미리보기

"퇴적암에서 나타나는 퇴적 구조를 통해 과거의 퇴적 환경을 알 수 있다."

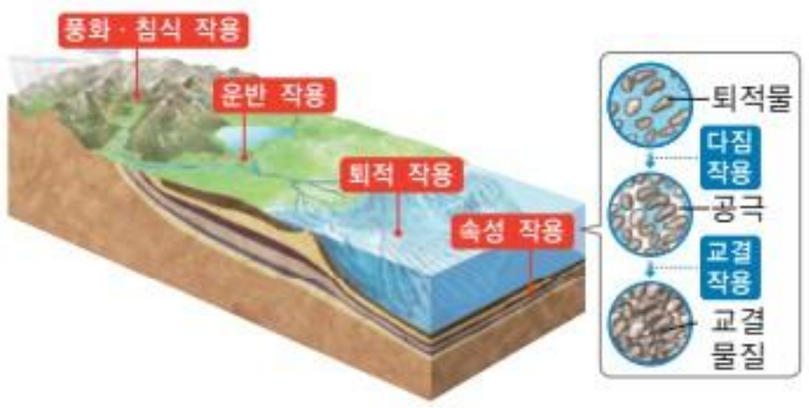
1 퇴적암

퇴적암은 지각 부피의 약 8 %에 불과하지만, 육지 표면의 약 73 %를 덮고 있다. 또한, 퇴적 당시 환경을 잘 보존하고 있어 과거 기후 변화, 해수면 변화, 생물 활동 연구 등에 중요한 자료가 된다.

1. 퇴적암의 생성

(1) **퇴적암:** 지표에 노출된 암석이 풍화·침식 작용을 받아 생긴 쇄설물이나 생물의 유해가 쌓인 것 등을 퇴적물이라 하고, 퇴적물이 다져지고 굳어져 생성된 암석을 퇴적암이라고 한다.

(2) **퇴적암의 생성 과정:** 풍화·침식 작용으로 생성된 퇴적물은 물, 바람 등으로 운반되어 쌓여 퇴적되면 다져지고 굳어져 퇴적암이 되어 지층을 형성한다.



▲ 퇴적암의 생성 과정

① 풍화·침식 작용: 지표면이 깎이고 암석이 잘게 부서지는 과정으로, 물리적 풍화와 화학적 풍화로 구분된다. 물리적 풍화는 암석이 물리적으로 부서지는 작용이고, 화학적 풍화는 암석을 구성하는 광물이 화학적으로 변질되거나 분해되는 작용이다. 화학적 풍화는 암석을 약하게 만들어 물리적 풍화를 촉진시키고, 물리적 풍화로 입자가 잘게 쪼개지면 표면적이 넓어져 화학적 풍화가 잘 일어나게 된다.

② 운반 및 퇴적 작용: 풍화·침식 작용으로 생성된 퇴적물이 물, 바람, 빙하 등에 의해 낮은 곳으로 운반되어 퇴적되는 과정으로, 유속이 감소하면 퇴적물 입자가 가라앉아 퇴적되고, 강물이나 바닷물에 녹은 물질이 침전되어 퇴적된다.

③ 속성 작용: 완전히 굳지 않은 상태의 퇴적물이 쌓여 다져지고 굳어져 퇴적암이 되기까지의 과정으로, 다짐 작용과 교결 작용이 포함된다.

- 다짐 작용: 퇴적물이 오랜 시간 동안 쌓이면, 위에 쌓인 퇴적물의 무게로 인해 아래쪽 퇴적물이 눌려 공극의 부피가 줄어들고 밀도가 높아진다.
- 교결 작용: 다짐 작용을 거친 퇴적물 사이의 공극은 감소하고, 공극을 통해 물이 이동하면서 물에 녹아 있던 규질, 석회 물질, 산화 철 등이 침전되어 입자들을 서로 붙이고 굳게 만든다.

퇴적물의 분류

- 쇄설성 퇴적물: 기존 암석이 물리적·화학적 풍화 작용을 받아 형성된 퇴적물로, 화산 활동으로 분출된 화산재 등의 화산 쇄설물도 포함한다.
- 화학적 퇴적물: 화학적 풍화 작용을 통해 물에 녹아 있는 이온과 분자들이 토양, 강, 호수, 바다 등의 물속에 축적되고 화학적으로 침전되어 형성된 퇴적물이다.
- 유기적 퇴적물: 생물의 유해가 쌓여 형성된 퇴적물로, 동물의 껍데기나 뼈가 퇴적되면 탄산염 광물로 이루어진 퇴적물이, 식물체가 퇴적되면 탄소로 이루어진 석탄 등이 생성된다.

침전
물속에 녹아 있는 물질이 고체로 변해 바닥으로 가라앉는 현상으로, 물이 증발하거나 용해도가 감소하여 액체 속에 녹은 물질이 고체로 변해 퇴적된다.

공극
퇴적물 입자 사이의 빈 공간을 말하며, 입자의 크기가 고를수록 균일하게 쌓여 공극의 크기가 커진다. 공극에는 물이 들어 있는 경우가 많다.

2. 퇴적암의 종류

퇴적암은 퇴적물의 구성 물질 및 구성 물질의 기원에 따라 쇄설성 퇴적암, 화학적 퇴적암, 유기적 퇴적암으로 구분한다.

(1) **쇄설성 퇴적암:** 기존 암석의 풍화·침식 작용으로 생긴 쇄설성 퇴적물이나 화산 쇄설물이 쌓여 굳어져 형성된 퇴적암이다. 자갈, 모래, 점토 등이 굳은 역암, 사암, 셰일, 이암과 화산재 등의 화산 쇄설물이 굳어진 응회암, 집괴암 등이 있다.


▲ 역암


▲ 사암


▲ 셰일


▲ 응회암

(2) **화학적 퇴적암:** 물속에 녹아 있는 석회질이나 규질 물질 등이 화학적으로 침전되거나, 물이 증발하면서 침전되어 형성된 퇴적암이다. 탄산 칼슘이 침전된 석회암($CaCO_3$), 규질 물질이 침전된 처트(SiO_2), 바다나 호수의 물이 증발한 암염(NaCl), 석고($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) 등이 있다.

(3) **유기적 퇴적암:** 동·식물의 유해, 껍데기, 골격 등이 쌓여 형성된 퇴적암으로, 주로 석회질이나 규질 성분이 퇴적된다. 유공충이나 산호의 석회질 부분이 쌓인 석회암, 방산충 등의 규질 껍질이 쌓인 처트, 식물의 잔해가 탄화된 석탄 등이 있다.


▲ 석회암


▲ 처트


▲ 암염


▲ 석고

구분	쇄설성 퇴적암			화학적 퇴적암				유기적 퇴적암		
퇴적물 기원	풍화 작용			화산 분출	침전 작용			생명체		
퇴적물	주로 자갈	주로 모래	점토	화산재	탄산 칼슘	규질 물질	염화 나트륨	석회질 생물체	규질 생물체	식물체
퇴적암	역암	사암	이암, 셰일	응회암	석회암	처트	암염	석회암	처트	석탄

▲ 퇴적물의 기원에 따른 퇴적암의 분류

셰일과 이암의 차이
셰일과 이암은 점토가 굳어 생성된 퇴적암으로, 두 암석을 구성하는 입자의 크기는 약 $\frac{1}{256}$ mm로 비슷하다. 그러나 셰일은 층리가 발달하여 쪼개짐이 있지만, 이암은 층리가 발달하지 않아 쪼개짐이 없다.


▲ 이암

집괴암
화산암괴, 화산탄 등 화산이 폭발할 때 분출되는 암석 조각과 화산재 등이 무질서하게 퇴적된 암석이다.

석회암과 처트
석회암과 처트는 화학적 침전으로 생성되기도 하고, 유기적 과정으로 생성되기도 한다.

석탄의 형성
석탄은 대부분 유기물로 구성되며, 식물 잔해가 늪과 같이 산소가 부족한 환경에서 매몰되는 경우에만 석탄이 만들어질 수 있다.


▲ 석탄

중요 개념 체크

정답과 해설 144쪽

1. 퇴적물에서 퇴적암이 되기까지의 과정을 (　　) 작용이라고 한다.
2. 퇴적암에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.
   (1) 쇄설성 퇴적암은 쇄설성 퇴적물이 쌓여 굳어져 형성된 퇴적암이다. ——— (　　)
   (2) 석회암은 화학적 퇴적암이지만, 유기적 퇴적암은 아니다. ——— (　　)

2 퇴적 구조와 퇴적 환경

퇴적암은 퇴적 환경에 따라 다양한 구조적 특징을 가지며, 이를 통해 퇴적 당시의 환경을 유추할 수 있다. 이러한 퇴적 구조는 과거 지구 환경 변화 연구와 지층의 상하를 판단하는 데 중요한 단서를 제공한다.

1. 퇴적 구조

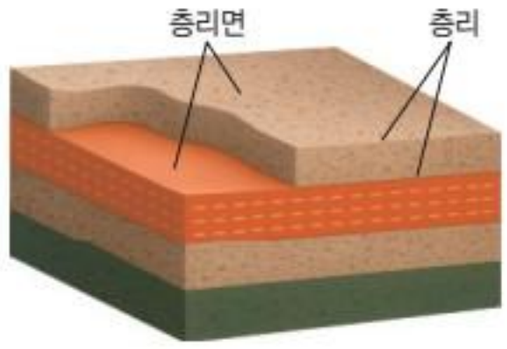
집중 분석 30쪽

퇴적암에는 퇴적 당시의 수심, 유속, 기후 변화 등의 환경을 알려주는 다양한 퇴적 구조가 나타난다. 점이 층리, 사층리, 연흔, 건열과 같은 퇴적 구조는 지층의 상하 관계를 파악하고, 이를 통해 지층의 역전 유무 등을 판단할 수 있다.

(1) **층리:** 입자의 크기, 모양, 색깔 등이 서로 다른 퇴적물이 겹겹이 쌓여 형성된 줄무늬 구조이다.



▲ 퇴적암의 층리



▲ 층리와 층리면

① 층과 층 사이의 경계면을 층리면이라 하고, 퇴적암에서 흔히 나타나는 대표적인 퇴적 구조이다.

② 퇴적물은 보통 수평으로 쌓이므로 층리도 대체로 수평 방향으로 나란하게 형성된다.

(2) **사층리:** 물이나 바람이 일정한 방향으로 흐르는 환경에서 퇴적물이 수평면과 비스듬한 방향으로 쌓여 층리면이 기울어져 나타나는 구조이다.



▲ 사층리(단면)

① 형성 과정: 수심이 얕은 해안, 강 주변, 모래 언덕 등에서 주로 모래 크기의 입자가 일정한 방향으로 흐르는 물이나 바람에 의해 운반되고 쌓이면서 형성된다.

② 사층리의 기울어진 방향은 퇴적 당시 물이나 바람의 흐름 방향을 알려준다.

③ 사층리에서는 층리면이 아래로 오목하게 들어가고, 위로 갈수록 층리와 사층리가 이루는 각이 커지므로, 이를 통해 지층의 상하를 판단할 수 있다.

(3) **점이 층리:** 한 지층 내에서 입자의 크기가 아래에서 위로 갈수록 점점 작아지는 구조이다.



▲ 점이 층리(단면)

① 형성 과정: 주로 수심이 깊은 바다나 호수에 퇴적물이 쌓일 때, 빠르게 흐르던 물이 수심이 깊은 곳에서 유속이 급속히 감소하면서 크고 무거운 입자들이 먼저 가라앉고 이후 작고 가벼운 입자들이 천천히 가라앉아 형성된다.

② 대륙붕 끝이나 대륙 사면에 쌓여 있던 해저 퇴적물이 해저 지진이나 화산 활동 등의 영향으로 수심이 깊고 평탄한 대륙대로 한꺼번에 흘러내려 쌓일 때나, 홍수로 인해 퇴적물이 호수로 급격하게 유입될 때 많이 나타난다.

③ 점이 층리에서는 입자의 크기가 아래에서 위로 갈수록 작아지므로, 이를 통해 지층의 상하를 판단할 수 있다.

(4) **연흔:** 얕은 물에서 퇴적물이 쌓일 때, 퇴적물의 표면에 물결 모양의 자국이 남은 구조이다.



▲ 연흔(층리면)

① 형성 과정: 수심이 얕은 호수나 바다에서 잔물결이나 파도에 의해 물결 모양이 굳어진 후, 그 위로 퇴적물이 다시 쌓이면서 형성된다.

② 물의 흐름이 양방향으로 반복될 때는 대칭적인 연흔이 나타나고, 한 방향으로 흐를 때는 비대칭적인 연흔이 나타난다.

③ 연흔에서는 물결 모양의 뾰족한 부분이 위로 형성되므로, 이를 통해 지층의 상하를 판단할 수 있다.

대칭적인 연흔과 비대칭적인 연흔
대칭적인 연흔은 주로 해변이나 얕은 바다에서 관찰되며, 비대칭적인 연흔은 주로 하천의 사주나 바람의 영향을 받는 사구에서 관찰된다.

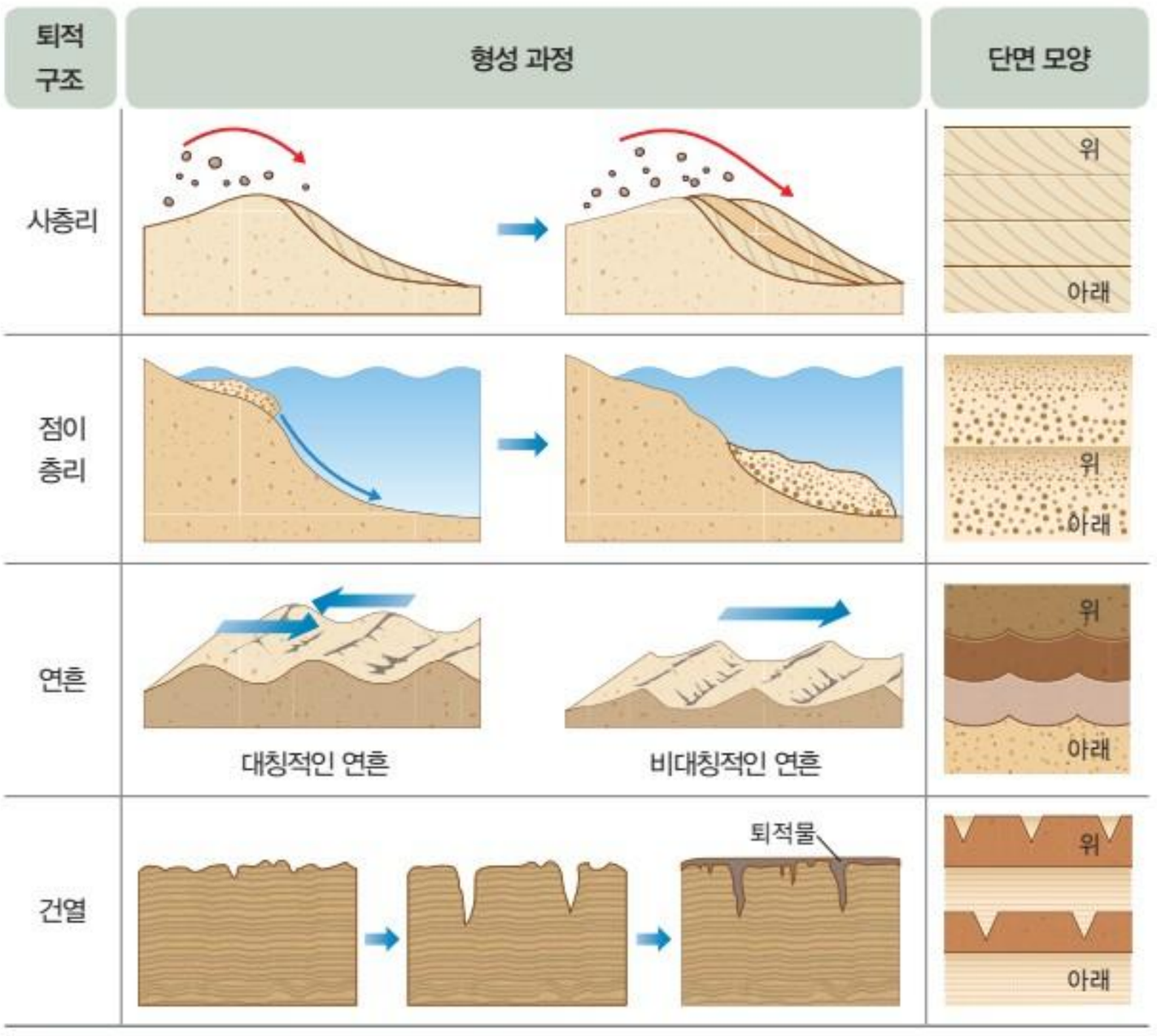
(5) **건열:** 입자가 매우 작은 점토질 퇴적물의 표면이 건조한 대기에 노출되어 갈라진 구조이다.



▲ 건열(층리면)

① 형성 과정: 수심이 얕은 물밑에서 퇴적물이 대기에 노출되어 수분이 증발하면서 수축하고 표면이 갈라져 생긴 틈이 굳어진 후, 그 위로 퇴적물이 다시 쌓이면서 형성된다.

② 건열에서는 단면이 위에서 아래로 갈수록 뾰족한 쐐기 모양으로, 이를 통해 지층의 상하를 판단할 수 있다.

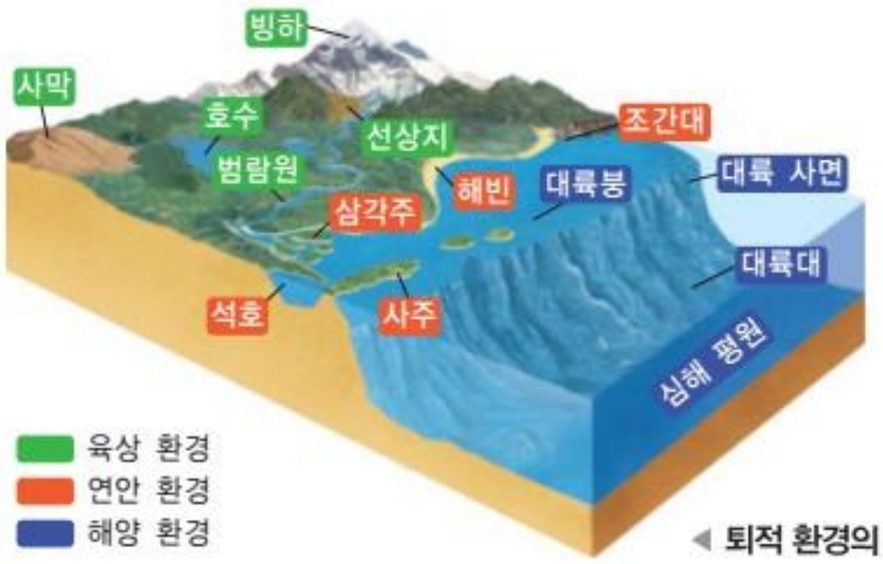


▲ 여러 가지 퇴적 구조의 형성 과정과 단면 모양

2. 퇴적 환경

심화 강의 31쪽

퇴적물은 물, 바람, 빙하 등에 의해 다른 장소로 운반되며, 유속의 변화 등으로 퇴적되는데, 과거 지층이 형성될 때의 환경을 퇴적 환경이라고 한다. 퇴적 환경은 크게 육상 환경, 연안 환경, 해양 환경으로 구분한다.



◀ 퇴적 환경의 종류

퇴적물의 분급

퇴적물 입자의 크기가 균일하면 분급이 양호하다고 하고, 크기가 고르지 않고 다양한 크기의 입자가 섞여 있으면 분급이 불량하다고 한다.

(1) **육상 환경:** 육지에서 주로 쇄설성 퇴적물이 쌓이는 퇴적 환경으로, 빙하, 호수, 선상지, 사막, 범람원 등이 있다.

① 빙하: 고체로 이동하면서 모난 자갈, 모래, 점토 등을 한꺼번에 운반하고, 얼음이 녹을 때 함께 쌓여 분급이 매우 불량한 빙퇴석을 형성한다.



▲ 빙퇴석

② 호수: 작은 호수나 호수의 주변부에서는 수위 변동이 커서 조립질과 세립질 퇴적물이 번갈아 쌓이고, 큰 호수나 호수의 중심부에서는 수위 변동이 작아 세립질 모래나 점토 등의 퇴적물이 쌓인다. 계절 변화에 따라 평행하고 얇은 층리가 주기적으로 나타나며, 주로 점이 층리, 건열, 연흔 등의 퇴적 구조가 형성된다.

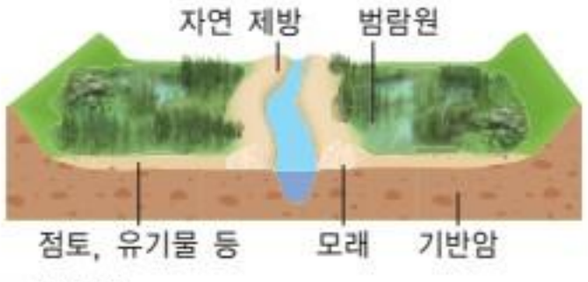
③ 선상지: 산지에서 평지로 경사가 급격히 완만해지는 지점에서 유속이 급격히 느려지며 퇴적물이 부채꼴 모양으로 쌓인다. 선상지에서는 급격한 유속의 변화로 퇴적물의 분급이 불량하고, 선상지의 하부로 갈수록 입자의 평균 크기가 작아진다.



▲ 선상지

④ 사막: 바람에 날린 퇴적물이 풍속이 약해지는 곳에 쌓여 다양한 형태의 사구(모래 언덕)를 이룬다. 퇴적물은 주로 석영 입자로 구성되고 분급이 매우 양호하며, 주로 사층리와 연흔 등의 퇴적 구조가 형성된다.

⑤ 범람원: 홍수로 하천이 자연 제방을 넘을 때 침수되는 곳으로, 하천이 운반한 퇴적물이 넓게 쌓인다. 주로 사층리, 건열 등의 퇴적 구조가 형성된다.



▲ 범람원

하천에 의한 퇴적

하천은 유속에 따라 퇴적물을 운반할 수 있는 입자의 크기가 달라진다. 유속이 빠르면 큰 자갈까지 운반하지만, 느려지면 자갈이 퇴적되어 역암이 형성된다. 따라서 상류에서는 입자가 크고 분급이 불량한 퇴적암이, 하류로 갈수록 입자가 작고 분급이 양호한 퇴적암이 생성된다.

계절 변화에 따른 층리

빙하 근처의 호수에서는 계절 변화에 따라 밝은색 실트층(여름철)과 어두운색 점토층(겨울철)이 교대로 쌓인 호상 점토층이 발달한다. 여름철에는 빙하가 녹아 유량이 많고 유속이 빨라 두껍고 밝은 층이 형성되며, 겨울철에는 유량이 적고 유기물이 많아 얇고 어두운 층이 형성된다. 이러한 한 쌍의 층은 1년을 나타내며, 지층의 두께와 변화 양상을 통해 당시의 연대와 기후 변화를 추정할 수 있다.



▲ 호상점토층

(2) **연안 환경:** 육지와 바다 사이에 있어 하천수와 해수, 바람과 파도 등 육지와 바다의 영향을 모두 받는 퇴적 환경으로, 해빈, 조간대, 삼각주, 사주, 석호 등이 있다.

① 해빈: 파도나 해류의 작용으로 주로 자갈과 모래가 퇴적되는 지형으로, 주로 사층리, 연흔 등의 퇴적 구조가 형성된다.



▲ 해빈

② 조간대: 만조일 때의 해안선과 간조일 때의 해안선 사이의 해안 지역으로, 조류를 따라 운반된 모래나 점토가 퇴적되면서 주로 건열, 사층리, 연흔 등의 퇴적 구조가 형성된다.

③ 삼각주: 강과 바다가 만나는 지역에서 유속이 급격히 느려지며 퇴적물이 삼각형 모양으로 쌓인 지형으로, 주로 사층리, 연흔 등의 퇴적 구조가 형성된다.



▲ 삼각주

④ 사주: 파도나 조류에 의해 이동된 모래나 자갈이 해안과 나란하게 퇴적되어 형성된 길고 좁은 모래톱 지형으로, 주로 사층리, 연흔 등의 퇴적 구조가 형성된다.

⑤ 석호: 사주에 의해 바다와 격리되어 형성된 호수 모양의 지형으로, 주로 세립질 점토나 실트가 퇴적되면서 층리, 점이 층리 등의 퇴적 구조가 형성된다.

(3) **해양 환경:** 바다의 영향만 받는 해수면 아래의 퇴적 환경으로, 가장 넓은 면적을 차지하며 대륙붕, 대륙 사면, 대륙대, 심해 평원 등이 있다.

① 대륙붕: 대륙 주변에 분포하는 완만한 경사의 지형으로, 하천에서 유입된 모래나 점토가 퇴적되어 주로 층리, 연흔 등의 퇴적 구조가 형성된다. 열대나 아열대 해역의 대륙붕에서는 산호 등의 생물 유해가 쌓여 석회암을 형성하기도 한다.

② 대륙 사면: 대륙붕 끝에서 급격히 깊어지는 경사의 지형으로, 저탁류가 발생한다.

③ 대륙대: 대륙 사면 하부에서 완만한 경사의 지형으로, 대륙붕과 대륙 사면에서 흘러온 퇴적물이 저탁류를 따라 쌓이며, 점이 층리 등의 퇴적 구조가 형성된다.

④ 심해 평원: 수심 약 4 km~6 km의 심해저를 이루는 가장 넓은 평원 지형으로, 퇴적물의 입자가 매우 작고, 주로 점이 층리 등의 퇴적 구조가 형성된다.

저탁류

저탁류는 대륙붕 끝이나 대륙 사면에 불안정하게 쌓여 있던 퇴적물이 갑자기 무너져 내리며 대륙 사면을 따라 흘러가는 흐름이다. 저탁류에 의한 퇴적물은 저탁암을 형성하며, 점이 층리가 잘 발달한다. 저탁류는 해저 지진이나 해산 붕괴 등으로 발생하며, 심해 퇴적 환경을 이해하는 중요한 단서를 제공한다.

중요 개념 체크

정답과 해설 144쪽

1. 지층의 역전 유무를 판단할 수 있는 퇴적 구조에는 ( ), 점이 층리, ( ), 건열 등이 있다.

2. 퇴적 구조와 퇴적 환경에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

(1) 점이 층리는 주로 수심이 얕은 바다에서 형성된다. ——— ( )

(2) 연안 환경은 육지와 바다의 영향을 모두 받는 퇴적 환경이다. ——— ( )

HIGH 집중 분석

퇴적 구조로 퇴적 환경을 어떻게 알 수 있을까?

1 퇴적 구조의 외형적 특징

지층의 역전이 일어나지 않았을 때, 여러 퇴적암에서 관찰할 수 있는 사층리, 점이 층리, 연흔, 건열의 외형적 특징은 다음과 같다.

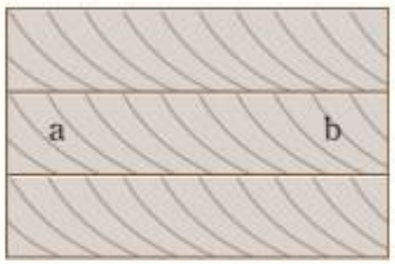
사층리		단면에서 경사진 얇은 층들이 반복적으로 나타난다.	점이 층리		단면에서 아래쪽은 입자가 굵고, 위로 갈수록 입자가 작아진다.
연흔		층리면에 물결무늬가 나타난다.	건열		층리면에 진흙이 말라서 생긴 갈라진 틈이 나타난다.

2 퇴적 환경 추론하기

- 사층리: 물이나 바람의 흐름을 따라 퇴적물이 비스듬하게 쌓이는데, 층이 엇갈린 모습으로 보아 물이나 바람의 흐름 방향이 자주 바뀌는 환경에서 형성된 것으로 보인다.
- 점이 층리: 다양한 크기의 퇴적물이 이동하다 유속이 갑자기 줄어들어 무거운 입자부터 순서대로 쌓이면서 형성된 것으로 보인다.
- 연흔: 얕은 수심에서 물결의 움직임으로 퇴적물 표면에 물결 모양의 자국이 형성된 것으로 보인다.
- 건열: 입자가 작은 퇴적물이 물속에 쌓인 후 건조한 환경에 노출되면서 표면이 갈라지고, 그 위에 퇴적물이 다시 쌓이면서 틈이 메워져 형성된 것으로 보인다.

예제

1 그림은 바람에 의해 만들어진 퇴적 구조의 단면을 나타낸 것이다.

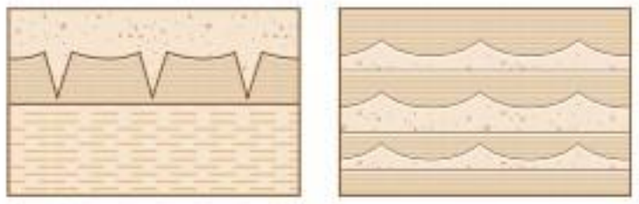


(1) a와 b를 이용하여 퇴적 당시의 바람 방향을 쓰시오.
(2) 이 지층의 역전 여부를 쓰시오.

풀이 (1) 사층리에서 바람은 층리가 경사진 방향으로 흐르므로 a → b 방향으로 불었다.
(2) 사층리에서 층리면의 경사가 위로 갈수록 커지므로 지층의 역전은 일어나지 않았다.

정답 (1) a → b (2) 이 지층은 역전되지 않았다.

2 그림 (가)와 (나)는 서로 다른 퇴적 구조의 단면을 나타낸 것이다.


(가) (나)

(1) 건조한 환경에서 퇴적된 구조는 무엇인지 쓰시오.
(2) (가)와 (나)가 각각 형성될 당시의 수심을 서술하시오.

풀이 (1) (가)는 건열, (나)는 연흔으로, 건열은 퇴적물이 건조한 환경에 노출되어 표면이 쐐기 모양인 퇴적 구조이다.
(2) 건열은 퇴적물이 쌓인 후 표면이 건조해야 하므로 수심이 매우 얕은 환경에서 형성되고, 연흔은 물결의 흔적이 표면에 남아야 하므로 얕은 물밑에서 형성된다.

정답 (1) (가) (2) (가)와 (나)의 형성 당시의 수심은 모두 얕았다.

TOP 심화 강의

우리나라에는 어떤 연안 환경이 있을까?

1 연안 환경

연안 환경은 육상 환경과 해양 환경의 중간에 위치한 전이 환경으로, 하천의 담수와 바닷물인 염수가 만나는 곳이다. 퇴적물은 바람, 하천, 파도의 작용으로 쌓이며, 육지와 바다의 영향을 모두 받는다. 우리나라는 삼면이 바다로 둘러싸여 있어 다양한 연안 지형이 나타난다.



우리나라의 삼각주

낙동강 삼각주는 낙동강이 남해와 만나는 지점에서 형성된 삼각형 모양의 연안 환경이다. 반면, 한강과 금강처럼 서해안으로 흐르는 대부분의 하천은 조수 간만의 차가 매우 커서 퇴적물이 잘 쌓이지 않아 삼각주가 잘 발달하지 않는다.



▲ 삼각주(부산)

2 해빈과 사구

해빈은 해안선을 따라 파도에 의해 모래나 자갈이 쌓여 형성된 지형으로, 구성 물질에 따라 모래로 이루어진 사빈과 자갈로 이루어진 역빈으로 구분된다. 해빈에서는 파도의 반복적인 작용으로, 대칭 연흔과 엇갈린 모양의 사층리 등의 퇴적 구조가 형성된다. 사구는 해빈의 모래가 바람에 의해 육지 쪽으로 운반되어 쌓인 모래 언덕이나 구릉 형태의 지형으로, 한 방향으로 부는 바람의 영향으로 비대칭 연흔과 비스듬히 기울어진 모양의 사층리 등의 퇴적 구조가 형성된다. 우리나라에서는 태안 신두리 해안사구 등이 있다.



▲ 사빈(강원 속초)



▲ 역빈(경북 경주)



▲ 해안사구(충남 태안)

3 사주와 석호

사주(모래톱)는 퇴적물이 해안과 나란하게 길게 쌓여 형성된 지형이다. 사주가 점차 발달하면 바다 일부가 사주에 의해 분리되어 석호가 형성된다. 우리나라에서는 주로 동해안에 분포하며, 강릉 경포호, 속초 영랑호·청초호, 고성 화진포호·송지호 등이 있다.



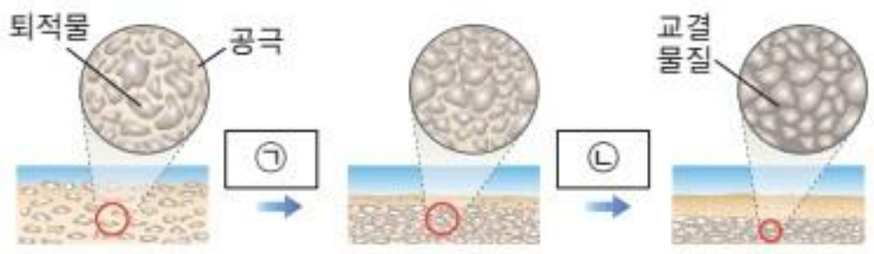
▲ 석호의 생성 과정



▲ 석호(강원 고성)

개념 기본 문제

01 그림은 퇴적물에서 퇴적암이 되기까지의 과정을 나타낸 것이다.



(　　) 안에 알맞은 말을 쓰시오.

02 그림 (가)~(라)는 서로 다른 퇴적암을 나타낸 것이다.



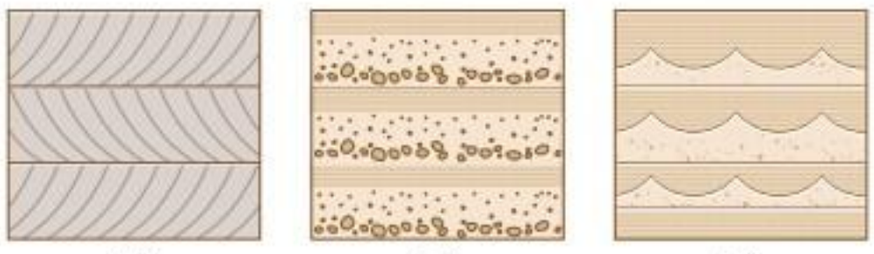
(가) 역암　(나) 석회암　(다) 사암　(라) 암염

(1) (가)~(라)를 쇄설성 퇴적암과 화학적 퇴적암으로 분류하여 쓰시오.

(2) (가)~(라)와 주요 구성 물질을 옳게 짝지으시오.

(가) 역암 •	• ㉠ 염화 나트륨
(나) 석회암 •	• ㉡ 모래
(다) 사암 •	• ㉢ 탄산 칼슘
(라) 암염 •	• ㉣ 자갈

03 그림 (가)~(다)는 여러 가지 퇴적 구조를 나타낸 것이다. (가)~(다)는 각각 사층리, 연흔, 점이 층리 중 하나이다.



(가)　(나)　(다)

이에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

(1) (가)는 사층리, (나)는 점이 층리, (다)는 연흔이다. (　　)

(2) (나)와 (다)는 깊은 바다에서 형성되었다. (　　)

(3) (가)~(다)는 모두 지층이 역전되었다. (　　)

○2 퇴적 구조와 퇴적 환경

04 그림 (가)~(다)는 서로 다른 환경에서 형성된 퇴적 구조를 나타낸 것이다. (가)~(다)는 각각 건열, 연흔, 점이 층리 중 하나이다.



(가)　(나)　(다)

(1) 수심이 얕은 곳에서 형성되는 퇴적 구조를 있는 대로 고르시오.

(2) 건조한 환경에서 형성되는 퇴적 구조를 있는 대로 고르시오.

(3) 대륙붕 끝부분에 불안정하게 있던 퇴적물이 갑자기 흘러내릴 때 형성되는 퇴적 구조를 있는 대로 고르시오.

05 그림 (가)와 (나)는 서로 다른 퇴적 환경을 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 각각 연안 환경과 육상 환경 중 하나이다.



(가) 선상지　(나) 삼각주

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고르시오.

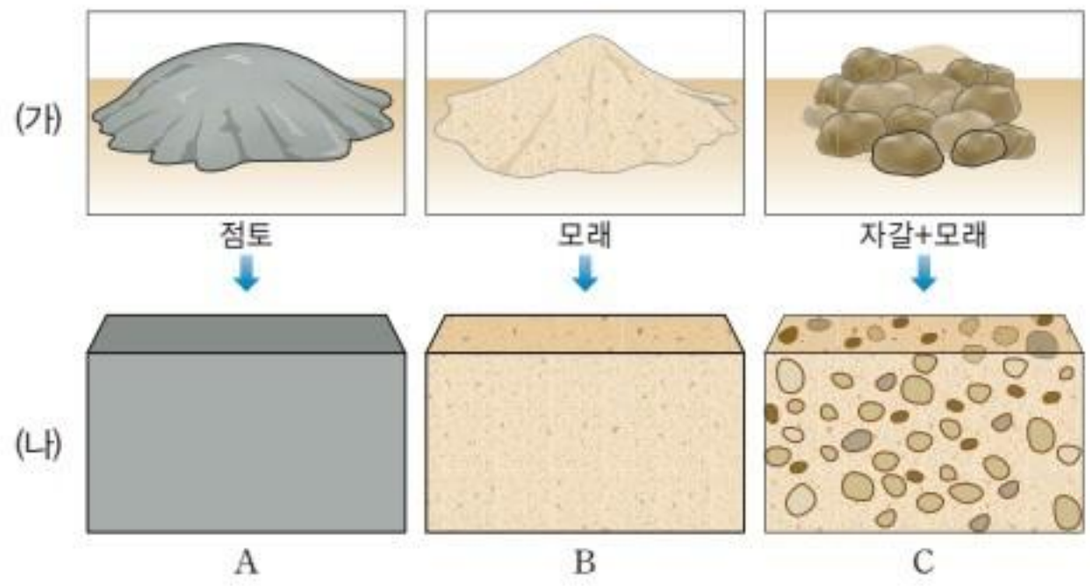
보기

ㄱ. (가)는 육상 환경, (나)는 연안 환경에 해당한다.
ㄴ. (가)에서는 퇴적물의 입자 크기가 매우 고르다.
ㄷ. (가)와 (나)는 모두 유속이 갑자기 느려지는 곳에 형성된다.

개념 적용 문제

➤ 퇴적암의 종류

01 그림 (가)는 여러 종류의 퇴적물을, (나)는 (가)의 퇴적물이 속성 작용을 받아 생성된 퇴적암의 단면을 스케치한 것이다. A~C는 각각 사암, 역암, 이암 중 하나이다.



이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)는 모두 쇄설성 퇴적물이다.
ㄴ. (나)의 A는 이암이다.
ㄷ. C는 B보다 입자 크기의 분포가 더 균질하다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

기존 암석이 물리적, 화학적 풍화 작용을 받아 만들어진 자갈, 모래, 점토 등의 퇴적물을 쇄설성 퇴적물이라고 한다.

➤ 퇴적암의 종류

02 그림 (가)~(다)는 서로 다른 퇴적암을 나타낸 것이다.


(가) 석탄 (나) 암염 (다) 석회암

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)에서는 식물 화석이 산출될 수 있다.
ㄴ. (나)는 바닷물 속의 염화 나트륨(NaCl)이 침전되어 생성된 것이다.
ㄷ. (다)는 화학적 퇴적암 또는 유기적 퇴적암으로 분류할 수 있다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

퇴적암은 생성 과정에 따라 쇄설성 퇴적암, 화학적 퇴적암, 유기적 퇴적암으로 구분한다.

➤ 퇴적 구조

03 그림 (가)와 (나)는 각각 서로 다른 퇴적암에서 발견되는 퇴적 구조를 나타낸 것이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

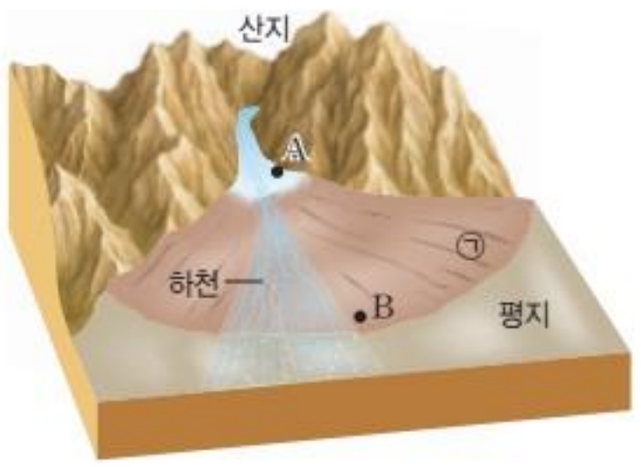
ㄱ. (가)로부터 바람이 불거나 물이 흐른 방향을 알아낼 수 있다.
ㄴ. (나)는 입자가 굵은 퇴적물이 건조한 대기에 노출되어 형성된다.
ㄷ. (가)와 (나)는 모두 지층의 층리면에서 나타나는 모습이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

층리면은 지층을 위에서 본 모습이고, 단면은 지층을 옆에서 본 모습이다. 퇴적암에 나타나는 퇴적 구조를 통해 퇴적 당시의 퇴적 과정, 수심, 유속 등을 추론할 수 있다.

➤ 퇴적 환경

04 다음은 어느 퇴적 환경에 대한 설명이다.



경사가 급한 산지의 좁은 골짜기를 흐르던 하천이 완만한 평지에 이르면 유속이 급격히 감소하여 부채꼴 모양으로 퇴적물이 쌓이면서 (㉠)가 형성된다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. ㉠은 삼각주이다.
ㄴ. A 지점에서 생성된 퇴적암은 입자의 크기가 고를 것이다.
ㄷ. 물의 평균 유속은 B 지점 부근이 A 지점 부근보다 느릴 것이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

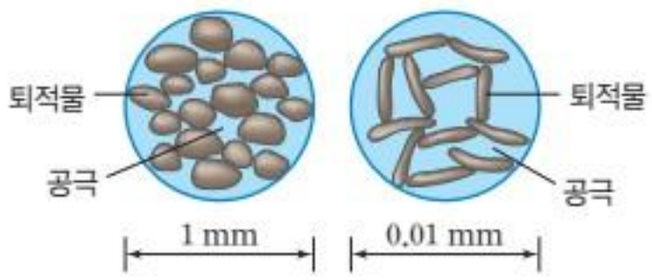
육상 환경에서 유속이 갑자기 느려지면 선상지가, 연안 환경에서 유속이 갑자기 느려지면 삼각주가 형성된다.

1등급 도전 문제

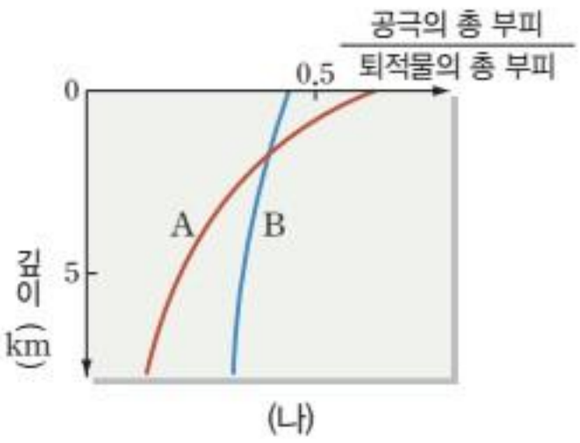
➤ 퇴적암의 생성

05 그림 (가)는 지표면에서 모래층과 진흙층의 모습을 순서 없이 나타낸 것이고, (나)는 속성 작용이 일어나는 동안 모래층과 진흙층에서의 깊이에 따른 $\frac{\text{공극의 총 부피}}{\text{퇴적물의 총 부피}}$의 변화를 나타낸 것이다. A와 B는 각각 모래층과 진흙층 중 하나이다.

▷ 퇴적물 입자 사이의 공간을 공극이라 하고, 퇴적물이 다짐 작용을 받으면 퇴적물의 총 부피 중 공극이 차지하는 비율이 감소한다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (나)에서 A는 모래층이고, B는 진흙층이다.

ㄴ. 지표면에서 $\frac{\text{공극의 총 부피}}{\text{퇴적물의 총 부피}}$는 진흙층이 모래층보다 더 크다.

ㄷ. 깊이 0 km~5 km 구간에서 깊이에 따른 $\frac{\text{공극의 총 부피}}{\text{퇴적물의 총 부피}}$의 감소율은 모래층이 진흙층보다 작다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➤ 퇴적 구조와 퇴적 환경

06 그림 (가)와 (나)는 서로 다른 퇴적 환경에서 형성된 퇴적 구조를 나타낸 것이다. (가)와 (나)가 형성된 곳은 각각 육상 환경과 해양 환경 중 하나이다.

▷ 빙하 근처의 호수에서 계절에 따라 층리가 반복되어 나타나는 퇴적층을 호상점토층이라 하고, 해양 환경에서 저탁류로 형성된 퇴적암에서는 점이 층리가 잘 발달한다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)의 어두운색 층은 겨울철에, 밝은색 층은 여름철에 퇴적된 것이다.

ㄴ. (나)는 퇴적물 입자의 크기에 따른 침강 속도 차이로 형성된다.

ㄷ. (나)는 주로 대륙붕에서 퇴적되어 형성된다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 지질시대의 환경과 생물

핵심 내용 미리보기

"지층과 화석을 통해 지질시대의 생물과 환경 변화를 해석할 수 있다."

1 화석

2022년, 우리나라에서 전 세계 최초로 화성 뿔공룡(코리아케라톱스 화성엔시스) 화석이 발견되었으며, 화석은 지층 속에 보존된 생물의 흔적으로, 지구의 과거 생물과 환경을 이해하는 중요한 단서를 제공한다.

1. 화석의 생성과 종류

(1) **화석의 생성:** 화석은 지질시대에 살았던 생물의 유해나 활동 흔적이 암석에 보존된 것이다. 주로 퇴적암에서 발견되며, 생물이 퇴적물과 함께 묻힌 뒤 오랜 시간이 지나면서 단단한 암석처럼 변하는 화석화 작용을 통해 만들어진다.

(2) **화석의 생성 조건:** 생물이 화석으로 보존되려면 뼈, 줄기, 껍데기 등의 단단한 골격이 있어야 하고, 개체 수가 많아야 하며, 넓은 지역에 분포해야 한다. 또한, 미생물에 의해 분해되기 전에 빠르게 퇴적물에 묻혀야 하고, 매몰된 이후 퇴적암이 심한 지각 변동이나 변성 작용을 겪지 않아야 한다.

(3) **화석의 종류:** 화석은 생물의 종류와 형태뿐만 아니라 이동 방식이나 서식 환경 등 다양한 정보를 제공한다.

① 체화석: 동물의 뼈, 이빨, 껍데기나 식물의 줄기, 잎처럼 생물의 실제 유해가 화석화된 것이다.

② 생흔 화석: 생물의 발자국, 배설물 등 생물의 활동 흔적이 남아 화석화된 것이다.

화석화 작용
생물의 유해가 매몰된 뒤, 단단한 암석처럼 변하기까지의 과정을 화석화 작용이라고 한다. 예를 들어, 동물의 뼈, 이빨, 뿔과 같은 골격이나 식물의 줄기처럼 다공질 구조를 가진 부분에 지하수에 녹아 있는 규산이나 탄산 칼슘 등의 광물질이 침투하여 굳어지면 규화목과 같은 단단한 화석이 된다. 또한, 생물체는 대부분 탄소 화합물로 이루어져 있으므로 땅에 매몰된 뒤, 산소의 유입이 차단된 상태에서 지열과 압력을 받으면 탄화 작용이 일어나고, 석탄과 같이 주로 탄소 성분만 남은 화석이 된다.



▲ 체화석(공룡 뼈 화석)



▲ 생흔 화석(공룡 발자국 화석)

심화 + 화석의 형태

- 몰드: 생물의 유해가 퇴적물과 함께 쌓인 후 오랜 시간이 지나 지하수에 용해되어 사라지고, 생물의 겉모양만 화석으로 남는다.
- 캐스트: 몰드에 다른 물질이 채워져 굳어지며 원래 생물의 형태와 똑같은 복제물이 된다.



삼엽충의 캐스트(왼쪽)와 몰드(오른쪽) ▶

2. 표준 화석과 시상 화석

(1) **표준 화석:** 지층이 퇴적된 시기를 판단하는 근거로 활용되는 화석으로, 특정 시기에 출현하여 일정 기간 번성하다가 멸종한 생물의 화석은 지질시대의 구분, 지층의 상대연령 결정, 지층 대비 등에 이용된다.

① 조건: 일반적으로 생존 기간이 짧고, 넓은 지역에 분포하며, 개체 수가 많은 생물이어야 한다.

② 대표적인 표준 화석: 고생대의 삼엽충과 방추충, 중생대의 공룡과 암모나이트, 신생대의 매머드와 화폐석 등이 있다.



삼엽충(고생대) 암모나이트(중생대) 화폐석(신생대)

▲ **대표적인 표준 화석**

암모나이트
암모나이트는 고생대에 처음 출현하였지만, 중생대에 본격적으로 번성하였으므로 일반적으로 중생대의 대표적인 표준 화석으로 분류된다.

(2) **시상 화석:** 과거 생물이 살던 시기의 환경을 알려주는 화석으로, 환경 변화에 민감하고 특정 환경에서만 서식하는 생물의 화석은 생물이 살았던 당시의 기후 환경 추정에 이용된다.

① 조건: 일반적으로 생존 기간이 길고, 특정한 환경에 제한적으로 분포하며, 환경 변화에 민감한 생물이어야 한다.

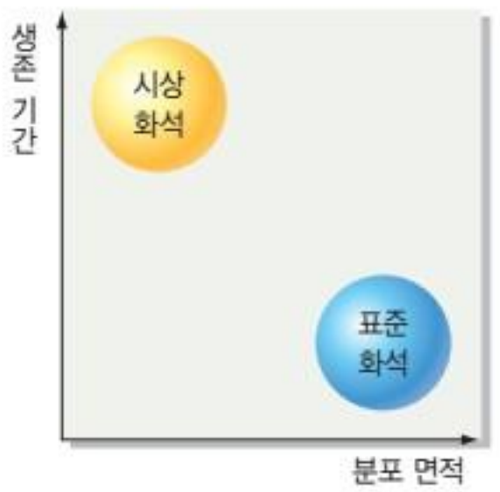
② 대표적인 시상 화석: 온난 습윤한 육지에서 서식하는 고사리, 수심이 얕은 따뜻한 바다에서 서식하는 산호 등이 있다.



고사리 화석 현생 고사리 산호 화석 현생 산호

▲ **대표적인 시상 화석** 따뜻하고 습한 육지에 사는 고사리의 화석이 발견되면 해당 지층은 과거에 따뜻하고 습한 육지 환경에서 퇴적되었음을 알 수 있고, 따뜻하고 얕은 바다에 서식하는 산호의 화석이 발견되면 해당 지층은 따뜻하고 얕은 해양 환경에서 퇴적되었음을 알 수 있다.

표준 화석과 시상 화석의 조건



표준 화석은 생존 기간이 짧고, 분포 면적이 넓다. 반면, 시상 화석은 생존 기간이 길고, 분포 면적이 좁다.

중요 개념 체크

정답과 해설 145쪽

1. 표준 화석은 지층의 생성 시기를 알려주고, (　　)은 당시의 기후 환경을 알려준다.
2. 화석에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.
   (1) 체화석은 생물의 실제 유해가 화석화된 것이다. ——— (　　)
   (2) 과거에 살았던 산호와 현재 살고 있는 산호의 서식 환경은 서로 다르다. — (　　)

2 지질시대

우리나라의 역사를 선사 시대부터 현재까지 시대별로 나누듯, 지구의 역사도 여러 시대로 구분할 수 있다. 수억 년에 걸친 생물의 출현과 멸종, 그 흔적인 화석을 통해 지질시대의 흐름을 이해할 수 있다.

1. 지질시대의 구분

(1) **지질시대:** 지구가 탄생한 약 46억 년 전부터 현재까지의 기간을 말하며, 이 기간 동안 지구에서 일어난 변화는 지층과 암석 속에 기록되어 있고, 지층 속 화석을 통해 고생물의 출현과 멸종 등을 알아낼 수 있다.

(2) **지질시대의 구분:** 지질시대는 주로 생물의 출현과 멸종을 기준으로 크게 구분하며, 지각 변동과 관련된 부정합이나 지층을 구성하는 암석의 변화 등을 기준으로 나누기도 한다. 지질시대는 크게 누대, 대, 기로 구분한다.

① 누대: 지질시대를 구분하는 가장 큰 시간 단위로, 명왕누대, 시생누대, 원생누대, 현생누대로 구분한다.

명왕누대	지구 역사의 가장 처음이자 암석이나 화석의 기록이 없는 시기이다.
시생누대	지구상 가장 오래된 암석이 나타나고, 최초의 생명체가 등장한 시기이다.
원생누대	대기 중 산소의 농도가 증가하고, 다세포 생물이 출현한 시기이다.
현생누대	생물이 폭발적으로 증가하고, 다양한 생물의 화석이 많이 산출되는 시기이다.

② 대: 생물의 출현과 진화 등 생물계의 큰 변화를 기준으로 구분한 시간 단위로, 현생누대는 산출되는 생물 화석의 종류에 따라 고생대, 중생대, 신생대로 구분한다.

③ 기: 대를 세분화한 시간 단위이며, 고생대는 캄브리아기, 오르도비스기, 실루리아기, 데본기, 석탄기, 페름기인 6개의 기로, 중생대는 트라이아스기, 쥐라기, 백악기인 3개의 기로, 신생대는 고진기, 신진기, 제4기인 3개의 기로 구분한다.

지질시대			절대연령 (백만 년 전)
구분	누대	대	
	현생누대	신생대	66.0
		중생대	251.9
		고생대	538.8
선캄브리아 시대	원생누대	신원생대	1000
		중원생대	1600
		고원생대	2500
	시생누대	신시생대	2800
		중시생대	3200
		고시생대	3600
		초시생대	4031
	명왕누대		4567

지질시대		절대연령 (백만 년 전)
대	기	
신생대	제4기	2.58
	신진기	23.0
	고진기	66.0
중생대	백악기	143.1
	쥐라기	201.4
	트라이아스기	251.9
고생대	페름기	298.9
	석탄기	358.9
	데본기	419.6
	실루리아기	443.1
	오르도비스기	486.9
	캄브리아기	538.8

▲ 지질시대의 구분(출처: 국제층서위원회, 2024년)

선캄브리아 시대
명왕누대, 시생누대, 원생누대를 합쳐 선캄브리아 시대라고 한다. 이 시기는 전체 지질시대의 약 88.1 %를 차지한다. 시생누대와 원생누대는 지질시대의 대부분을 차지하지만, 지층이 많이 변성되어 화석이 거의 산출되지 않아 정보가 부족하다.

지질시대의 상대적 길이와 비율



지질시대의 상대적인 비율은 명왕누대는 약 12.4 %, 시생누대는 약 32.8 %, 원생누대는 약 42.9 %, 고생대는 약 6.3 %, 중생대는 약 4.1 %, 신생대는 약 1.5 %이다.

2. 지질시대의 기후 변화

집중 분석 44쪽 심화 강의 45쪽

(1) **고기후:** 기상 관측 이전의 기후를 고기후라고 하며, 과거 기후 변화를 추정할 수 있다.

(2) **고기후 연구 방법:** 수십만 년 전 또는 그보다 최근 시기의 고기후는 빙하 코어, 나무 나이테, 동굴 생성물, 꽃가루 화석, 산소 동위원소비 등을 이용하여 추정한다. 반면, 지질시대처럼 오래된 시기의 고기후는 고생물 화석, 빙하의 흔적, 퇴적물 등을 통해 알아낼 수 있다.

① 빙하 코어: 극지방의 빙하를 시추해 얻은 코어에는 수천 년에서 수십만 년 전의 대기 성분, 기온, 화산 활동 등이 기록되어 있다.

② 나무 나이테: 나무는 매년 나이테가 하나씩 생기므로 약 천 년 이내의 비교적 최근 기후 변화를 연도별로 알 수 있다.

③ 동굴 생성물: 동굴 내부는 환경 변화가 작아 안정된 환경에서 성장한 생성물(종유석, 석순)에 과거의 강수량과 기온 변화 등이 잘 기록되어 있다.

④ 유공충 화석: 유공충의 껍데기는 바닷물 속 산소 동위원소 조성을 반영하여 형성되므로, 이를 분석하여 당시의 해수 온도 등을 추정할 수 있다.

⑤ 꽃가루 화석: 꽃가루는 넓은 지역에 퇴적되고, 이를 통해 당시의 식생과 기후 환경을 추정할 수 있다.



▲ 여러 가지 고기후 연구 방법

빙하 코어
빙하에 구멍을 뚫어 채취한 원통 모양의 얼음 기둥을 빙하 코어라고 한다.

산소 동위원소비
산소의 안정 동위원소인 ^{16}O와 ^{18}O의 비율은 수온과 기온에 따라 달라진다. 기온이 낮아질수록 증발 과정에서 가벼운 ^{16}O가 대기로 쉽게 이동하고, 상대적으로 무거운 ^{18}O가 바닷물에 많이 남는다. 따라서 빙하를 구성하는 물 분자(H_2O)의 산소 안정 동위원소의 질량비$\left(\frac{^{18}O}{^{16}O}\right)$는 기온이 낮을수록 작아진다. 반면, 바닷물이나 유공충 껍데기에는 ^{18}O를 많이 포함하고 있어 산소 안정 동위원소의 질량비$\left(\frac{^{18}O}{^{16}O}\right)$는 기온이 낮을수록 커진다.

(3) **지질시대의 기후 변화:** 지질시대 동안 지구는 여러 요인에 의해 온난한 기후와 한랭한 기후가 반복되며 끊임없이 변해 왔고, 여러 차례 빙하기가 있었다.



▲ 지질시대별 지구의 평균 기온 변화

중요 개념 체크

정답과 해설 145쪽

1. 지질시대를 구분하는 시간 단위에는 누대, (　　), (　　) 등이 있다.
2. 지질시대에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.
   (1) 빙하 코어, 유공충, 꽃가루 화석 등으로 고기후를 연구할 수 있다. ——— (　　)
   (2) 지질시대 동안 기후는 현재와 비교하여 크게 변하지 않았다. ——— (　　)

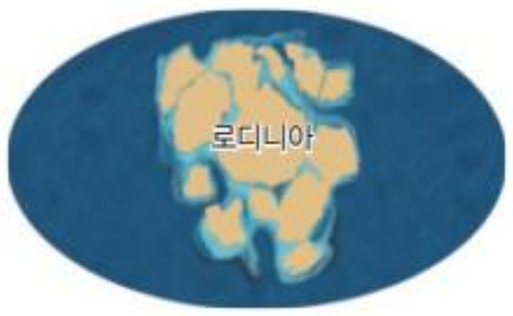
3 지질시대의 환경과 생물

지질시대 동안 지구 환경은 계속 변해 왔고, 그에 따라 생물도 변화하며 진화하거나 멸종하였다. 지층과 화석에 남은 흔적을 통해 우리는 과거 지구 환경과 생물의 변화를 알 수 있다.

1. 선캄브리아 시대

선캄브리아 시대는 지구가 탄생한 약 45.67억 년 전부터 약 5.39억 년 전까지의 시기로, 이 시기에는 생물의 종류와 수가 적고, 지각 변동으로 지층이 많이 변형되어 화석이 거의 남아 있지 않다.

(1) **지각 변동:** 시생누대에 대륙 지각이 형성되기 시작하였고, 흩어져 있던 대륙들이 하나로 모여 초대륙을 형성하였다가 다시 흩어지기를 반복하였다. 선캄브리아 시대 후기인 약 12억 년 전에는 초대륙 로디니아가 형성되었다가 분리되기 시작하였다.



▲ 로디니아(약 12억 년 전)

(2) **환경:** 시생누대 전기의 지층에서 석회암층이 발견되고, 석회 조류 화석이 산출되는 것으로 보아 온난한 기후였을 것으로 추정되고, 원생누대 초기와 후기 지층에서 빙하 퇴적물이 발견되는 것으로 보아 한랭한 기후였을 것으로 추정된다.

(3) **생물계의 변화:** 시생누대의 바다에서 단세포 원핵생물이 처음 출현하였고, 원생누대에는 진핵생물이 출현하였으며, 원생누대 말에는 다세포 생물이 출현하였다.

① 시생누대: 초기의 대기는 주로 질소와 이산화 탄소로 이루어져 있었고, 산소가 거의 없어서 오존층이 형성되지 않아 강한 자외선이 지표까지 도달하여 육지에서 생명체가 살 수 없었다. 약 38억 년 전, 최초의 생명체인 단세포 원핵생물이 바다에서 출현하였고, 약 35억 년 전부터는 광합성을 하는 생물인 남세균이 등장하여 산소를 만들어내기 시작하였다. 생성된 산소는 해수 속 철 이온과 결합하여 호상철광층을 형성하였고, 남세균은 퇴적물과 함께 쌓여 층상 구조를 이루는 스트로마톨라이트를 형성하였다.

② 원생누대: 생물의 광합성으로 이후 대기 중 산소량이 증가하였고, 이에 따라 진핵생물이 출현하였다. 원생누대 말인 약 6.4억 년 전~약 5.4억 년 전에는 에디아카라 생물군과 같은 다세포 생물이 출현하였다.


스트로마톨라이트


에디아카라 생물군

▲ 선캄브리아 시대의 화석

선캄브리아 시대의 지층
선캄브리아 시대의 지층은 캐나다와 유럽 북서부, 동북아시아, 오스트레일리아 등 각 대륙의 중심부에 위치한 순상지에 주로 분포한다. 지각 변동을 많이 받아 편암이나 편마암과 같은 변성암이 대부분을 차지하고 있어 선캄브리아 시대의 환경이나 생물을 추정하기 매우 어렵다.

남세균(사이아노박테리아)
광합성을 하며 산소를 생성하는 원핵생물로, 원시 지구에 산소를 공급하였을 것으로 추정되고 있다.

호상철광층
호상철광층은 약 35억 년 전부터 남세균의 광합성으로 생성된 산소가 당시 바닷물에 녹아 있던 철 이온과 결합하여 생성된 산화 철 광물이 침전된 퇴적층이다. 철 성분이 약 15 % 이상 포함되어 있으며, 산화 철이 풍부한 층과 규질 성분이 많은 층이 반복되어 줄무늬 모양을 이룬다.

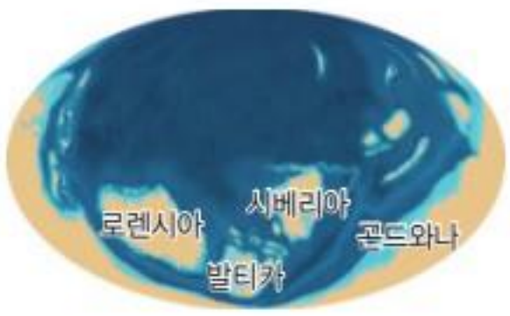

▲ 호상철광층

에디아카라 생물군
원생누대 말에 나타났던 다세포 무척추동물의 화석으로, 오스트레일리아 남부 에디아카라 언덕에서 처음으로 발견되었다. 아프리카, 중국, 시베리아, 캐나다 등의 지역에서도 유사한 동물 화석군을 포함하는 지층이 발견되었다.

2. 고생대

고생대는 약 5.39억 년 전부터 약 2.52억 년 전까지의 시기로, 이 시기에는 다양한 생물이 출현하였으며, 선캄브리아 시대 지층보다 훨씬 더 많은 화석이 발견되었다.

(1) **지각 변동:** 고생대 전기에는 여러 대륙이 흩어져 있었지만, 페름기 말에는 하나로 합쳐져 초대륙 판게아가 형성되며, 대규모 조산 운동이 일어났다.



▲ 캄브리아기 초(약 5.4억 년 전)



▲ 페름기 말(약 2.6억 년 전)

(2) **환경:** 고생대 초기에는 석회암과 증발암 지층이 분포하는 것으로 보아 온난 건조한 기후였을 것이고, 중기에는 한랭했다가 다시 온난해졌으며, 말기에는 빙하기가 도래하여 남극 대륙 부근은 한랭, 적도 부근은 온난한 기후였을 것으로 추정된다.

(3) **생물계의 변화:** 고생대가 시작되면서 해양 생물의 종 수가 급격히 증가하였다. 대기 중 산소 증가로 오존층이 형성되어 육지에 생물이 출현할 수 있게 되었고, 무척추동물, 어류, 양서류, 파충류, 양치식물 등이 출현하였다.

① 캄브리아기: 바다에서 눈, 껍데기 등을 가진 다양한 동물이 출현하였고, 삼엽충, 완족류 등 무척추동물이 번성하였다.

② 오르도비스기: 삼엽충, 완족류, 두족류, 필석류가 번성하였고, 최초의 척추동물인 어류와 육상식물이 출현하였다.

③ 실루리아기: 바다에서는 갑주어와 바다전갈이 번성하였고, 육지에서는 관다발식물이 출현하였다.

④ 데본기: 바다에서는 어류가, 육지에서는 양치식물이 번성하였고, 말기에 양서류가 출현하였다.

⑤ 석탄기: 바다에서는 완족류, 방추충, 산호류가, 육지에서는 양서류가 번성하였고, 파충류가 출현하였다. 대기 중 산소 농도의 증가로 대형 곤충이 나타났다.

⑥ 페름기: 겉씨식물이 출현하였고, 말기에는 삼엽충, 필석류, 방추충 등 해양 생물 종의 약 90 % 이상이 멸종하였다. 이는 판게아 형성과 대규모 화산 활동 등으로 인한 급격한 환경 변화 때문으로 추정된다.

고생대 초부터 화석이 많이 발견되는 까닭
고생대 초에는 단단한 껍데기나 골격을 지닌 생물이 많아지고, 생물의 수와 크기도 증가하여 화석으로 보존된 생물의 수가 크게 늘었기 때문이다.

증발암
증발암은 해수나 호수의 물이 강하게 증발하면서 물속에 녹아 있던 물질들이 침전되어 형성된 퇴적암으로, 대표적으로 암염과 석고가 있다.

캄브리아기에 다양한 생물이 출현한 까닭
눈과 같은 감각 기관의 출현으로 생존 경쟁이 시작되면서 진화가 촉진되어 캄브리아기에 다양한 동물문(門)이 빠르게 등장한 것으로 추정된다.

석탄층의 형성
석탄층은 고생대 석탄기에 따뜻하고 습한 기후에서 울창한 숲을 이루던 양치식물이 죽어 매몰되면서 두꺼운 층을 이루며 형성되었다.



삼엽충



완족류



필석



방추충

▲ 고생대의 화석

3. 중생대

중생대는 약 2.52억 년 전부터 약 0.66억 년 전까지의 시기로, 이 시기에는 비교적 온난한 기후가 지속되었고, 다양한 형태의 파충류가 번성하여 '파충류의 시대'라고도 불린다.

(1) **지각 변동:** 트라이아스기 말에 초대륙 판게아가 분리되기 시작하였고, 쥐라기에는 대서양이, 백악기에는 인도양이 형성되기 시작하였다. 또한, 해양판이 대륙판 아래로 섭입하면서 로키산맥, 안데스산맥과 같은 습곡 산맥이 형성되기 시작하였다.



▲ 쥐라기(약 1.8억 년 전) ▲ 백악기 초(약 1.3억 년 전)

(2) **환경:** 중생대에는 전반적으로 온난한 기후가 지속되었고, 지질시대 중 유일하게 빙하기가 없었던 시기이다. 판게아가 분리되면서 해안선의 길이가 길어졌고, 대륙붕이 넓어졌으며, 고온 다습한 지역이 확대되어 육상식물이 널리 번성하였다.

(3) **생물계의 변화:** 고생대 말의 대멸종 이후, 중생대에는 공룡, 파충류, 암모나이트 등 새로운 생물들이 출현하여 전 시기에 걸쳐 번성하였다.

① 트라이아스기: 바다에서는 암모나이트가 번성하였고, 육지에서는 양서류가 쇠퇴하고 파충류가 번성하기 시작하였다. 또한, 최초의 포유류가 출현하였으며, 고생대에 번성했던 양치식물이 쇠퇴하고, 겉씨식물이 번성하였다.

② 쥐라기: 기온이 높고 강수량이 많아 다양한 동·식물이 출현하였고, 개체의 크기도 커졌다. 공룡 등 파충류가 번성하였고, 말기에는 파충류와 조류의 특징을 모두 지닌 시조새가 출현하였다.

③ 백악기: 공룡 등 파충류와 암모나이트가 전성기를 이루었으며, 속씨식물이 출현하였다. 말기에 대멸종으로 암모나이트와 공룡을 비롯한 많은 생물이 멸종하였다. 이는 소행성 충돌이나 대규모 화산 활동 등으로 인한 급격한 환경 변화 때문으로 추정된다.

공룡, 익룡, 어룡

공룡은 주로 육지에서 살았던 곧은 다리를 가진 파충류이고, 익룡은 날개를 이용하여 날았던 파충류이며, 어룡은 물고기처럼 생긴 비교적 얕은 바다에 서식했던 해양 파충류이다.

우리나라의 중생대 화석

우리나라 중생대 지층에서는 다양한 공룡 발자국 화석과 공룡알 화석이 발견되며, 전남 해남군 우항리에서는 익룡의 발자국 화석이 발견되었다. 그러나 우리나라에서는 중생대 바다에 서식하던 암모나이트 화석이 발견되지 않는데, 이는 당시 우리나라 지역이 주로 육상 환경이었기 때문이다.


공룡


암모나이트


시조새

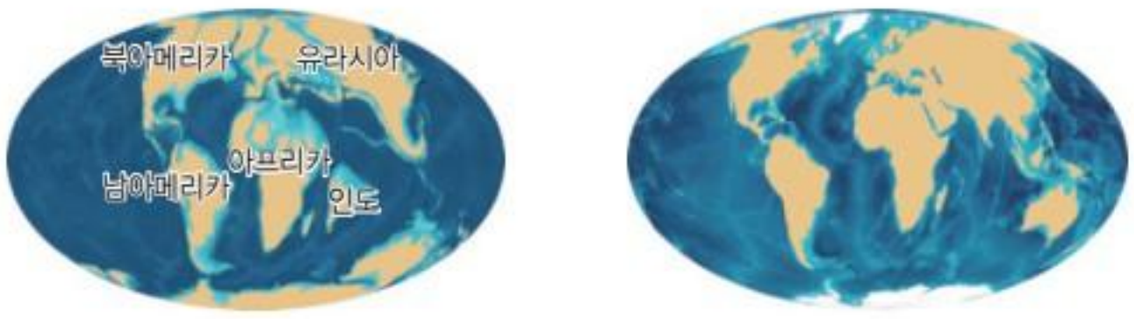

겉씨식물

▲ 중생대의 화석

4. 신생대

신생대는 약 0.66억 년 전부터 현재까지의 시기로, 이 시기에는 생물 대부분이 현생 종과 유사하게 진화하였다.

(1) **지각 변동:** 중생대에 시작된 판게아의 분리가 계속되어 인도-오스트레일리아판과 아프리카판이 북상하여 유라시아판과 충돌하면서 히말라야산맥과 알프스산맥이 형성되었으며, 현재와 비슷한 수륙 분포가 형성되었다.



▲ 고진기 초(약 5천만 년 전) ▲ 현재

(2) **환경:** 신생대 전기인 고진기 초에는 온난한 기후가 지속되었으나, 후기와 신진기를 지나면서 점차 한랭해졌다. 제4기에는 빙하기와 간빙기가 여러 차례 반복되었으며, 약 1만 년 전에 마지막 빙하기가 있었다.

(3) **생물계의 변화:** 신생대에는 육지에서 포유류와 속씨식물이, 바다에서는 화폐석이 번성하였다.

① 고진기와 신진기: 육지에서는 겉씨식물이 쇠퇴하고 속씨식물이 번성하면서 삼림과 초원이 넓게 분포하여 다양한 포유류가 번성할 수 있는 환경이 조성되었고, 바다에서는 화폐석이 출현하여 번성하다가 신진기 말에 급격하게 감소하였다.

② 제4기: 포유류의 종류와 개체 수가 더욱 다양해졌고, 매머드와 같은 대형 포유류가 널리 분포하였다. 또한, 아프리카에서 인류의 조상이 출현하였고, 지구 전역으로 확산하였다. 말기에는 매머드를 비롯한 대형 포유류가 멸종하였다.



매머드 화폐석 속씨식물

▲ 신생대의 화석

빙하기와 간빙기

기후가 한랭하여 중위도 지방이나 높은 산악지대까지 빙하가 발달하였던 시기를 빙하기라 하고, 빙하기와 빙하기 사이에 기후가 비교적 온난하였던 시기를 간빙기라고 한다.

중요 개념 체크

정답과 해설 145쪽

1. 고생대 페름기 말에는 대륙이 하나로 합쳐져 초대륙인 (　　)를 형성하였다.
2. 지질시대의 환경과 생물에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.
   (1) 선캄브리아 시대의 지층은 변형이 심해 남아 있는 화석이 거의 없다. ——(　　)
   (2) 지질시대 중 빙하기가 없었던 시기는 중생대이다. ——(　　)

HIGH 집중 분석

고기후 연구로 무엇을 알 수 있을까?

고기후 연구 방법의 특징 비교

구분	원리	알 수 있는 고기후
빙하 코어	빙하 코어에는 줄무늬가 있고, 빙하 속에는 당시의 대기 성분과 꽃가루가 포함되어 있다.	줄무늬로 연도별 층과 기후, 산소 동위원소비로 당시 기온, 공기 방울로 과거 대기 조성, 꽃가루 화석으로 당시 식생과 기후를 추정할 수 있다.
동굴 생성물 (종유석, 석순)	강수량과 기온에 따라 동굴 내부 생성물의 성장과 산소 동위원소비가 달라진다.	탄소 동위원소 분석으로 석순의 형성 시기를, 산소 동위원소비 분석으로 당시의 기온을 추정할 수 있다.
꽃가루 화석	기온이 낮을수록 침엽수의 꽃가루 화석이 많고, 기온이 높을수록 활엽수의 꽃가루 화석이 많으며, 퇴적층에 포함되어 보존된다.	퇴적층의 절대연령을 측정하고, 꽃가루 화석의 종류와 분포를 분석하여 과거 식생과 기후를 추정할 수 있다.
시상 화석	특정 환경에서만 생존한 생물의 흔적이 화석으로 남는다.	화석을 조사하여 당시의 기후와 환경 조건을 추정할 수 있다.
산호의 골격	계절 변화와 수온에 따라 산호 골격의 밀도가 달라 성장선이 형성된다.	성장선과 산소 동위원소비를 분석하여 과거 수온과 기온 변화를 추정할 수 있다.
나무 나이테	나무의 나이테는 1년 동안의 성장 속도를 나타내며, 기후 조건에 따라 두께가 달라진다.	나이테 두께 분석으로 연도별 기온, 강수량, 일조량 등 기후 요소의 변화를 추정할 수 있다.
지층 퇴적물	호수 바닥에 쌓이는 퇴적물은 기후 변화에 따라 두께와 구성 성분이 달라진다.	퇴적층의 절대연령을 측정하고, 구조와 성분을 분석하여 당시의 기후 환경을 추정할 수 있다.

빙하 코어의 장·단점

- 장점: 수천 년~수백만 년 전의 대기 조성, 온도 등의 정보를 제공하고, 공기 방울을 통해 당시 대기 구성 정보를 직접 얻을 수 있다.
- 단점: 고도의 시추 기술과 많은 비용이 필요하며, 빙하가 형성된 지역의 기후만 반영되어 전 지구적인 기후 변화 파악에는 한계가 있다.

나무 나이테의 장·단점

- 장점: 약 천 년 이내 연도별 기온 등 다양한 기후 요소를 파악할 수 있다.
- 단점: 나이테의 형성은 기후 외 환경 요인의 영향도 받으므로 불확실성이 있고, 장기적인 기후 변화는 파악하기 어렵다.

예제

1 그림 (가)~(다)는 고기후를 연구하는 데 이용되는 재료 중 일부를 나타낸 것이다.


(가) 꽃가루 화석


(나) 나무 나이테


(다) 빙하 코어

(1) 연도별 기후 정보를 알 수 있는 재료를 쓰시오.

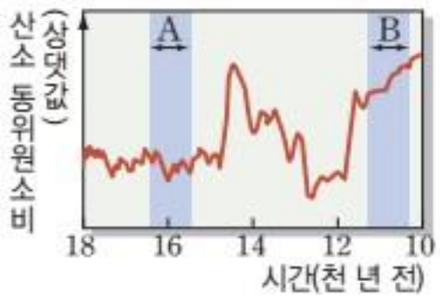
(2) 산소 동위원소비를 분석하여 기온 변화를 알 수 있는 재료를 쓰시오.

풀이 (1) 나무 나이테와 빙하 코어의 줄무늬를 분석하면 연도별 기후 정보를 상세히 알 수 있다.

(2) 빙하 코어는 공기 방울과 산소 동위원소비를 분석하여 과거 기온 변화를 알 수 있다.

정답 (1) (나), (다) (2) (다)

2 그림은 그린란드 빙하 코어를 분석하여 알아낸 산소 동위원소비를 나타낸 것이다. (단, 빙하의 산소 동위원소비가 높을 때 기온이 높다고 추정한다.)



(1) 대륙 빙하의 면적이 좁은 시기를 쓰시오.

(2) 침엽수 꽃가루 화석이 활엽수 꽃가루 화석보다 많은 시기를 쓰시오.

풀이 (1) 빙하의 산소 동위원소비가 높은 B 시기는 기온이 높으므로 대륙 빙하의 면적이 좁다.

(2) 기온이 낮을수록 침엽수 꽃가루 화석이 활엽수 꽃가루 화석보다 많으므로 침엽수 꽃가루 화석이 많은 시기는 A이다.

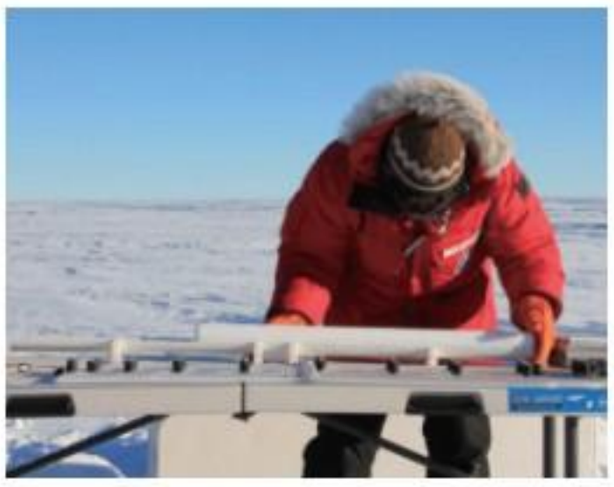
정답 (1) B (2) A

TOP 심화 강의

빙하 코어로 고기후를 어떻게 연구할까?

1 빙하 코어 분석

빙하는 매년 극지방에 내린 눈이 녹지 않고 쌓여 압축되면서 형성되며, 지층처럼 층을 이루고 있다. 빙하의 단면은 시추를 통해 얻은 빙하 코어에서 확인할 수 있다. 빙하 코어의 줄무늬를 분석하면 연도별 층을 구분할 수 있으며, 대기 조성이나 화산 활동 등 과거 기후에 관한 다양한 정보를 알아낼 수 있다. 눈이 쌓이면서 생긴 공기 방울은 시간이 지나면서 압축되어 빙하 속에 보존되어 있다. 이를 분석하면 당시의 대기 조성과 기후 변화를 추정할 수 있다.



▲ 남극의 빙하 코어 채취



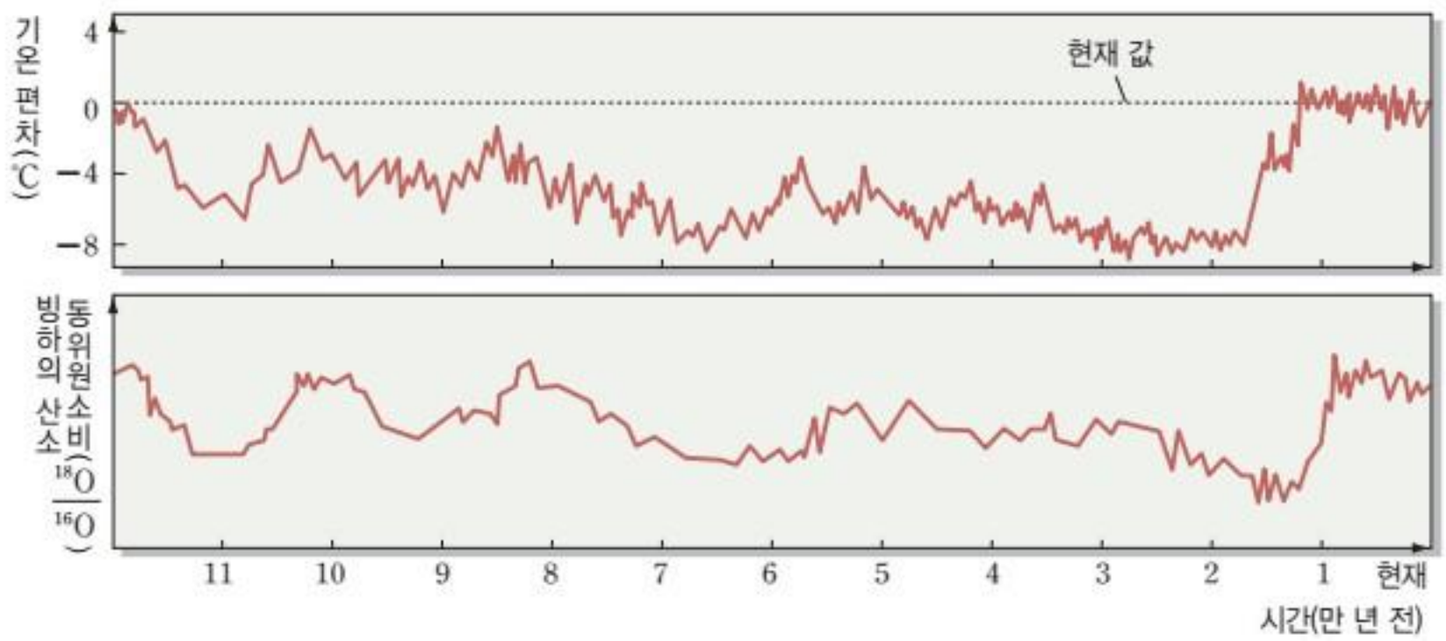
▲ 그린란드의 빙하 코어



▲ 빙하 코어의 줄무늬

2 빙하의 산소 동위원소비 분석

산소는 대부분 질량수가 16인 ^{16}O로 존재하지만, 안정 동위원소인 ^{18}O도 소량 존재한다. 물 분자(H_2O)는 ^{16}O 또는 ^{18}O를 포함할 수 있으며, ^{18}O를 포함한 물 분자는 무거워서 증발이 어렵다. 기온이 높아지면 ^{18}O가 포함된 물 분자의 증발이 활발해지고, 기온이 낮아지면 증발이 줄어든다. 따라서 온난한 간빙기에는 ^{18}O가 포함된 수증기가 더 많이 증발하고 눈으로 내리므로 빙하의 산소 동위원소비 $\left(\frac{^{18}O}{^{16}O}\right)$가 높아진다. 반대로 한랭한 빙하기에 형성된 빙하는 ^{18}O의 함량이 낮아져 산소 동위원소비 $\left(\frac{^{18}O}{^{16}O}\right)$가 낮아진다.



▲ 과거 약 12만 년 동안의 기온 변화와 빙하의 산소 동위원소비

해양 생물의 산소 동위원소비

해양 생물은 껍데기나 골격을 형성할 때 바닷물 속 산소를 이용한다. 따라서 해양 생물에 포함된 산소 동위원소비 $\left(\frac{^{18}O}{^{16}O}\right)$는 당시 바닷물의 산소 동위원소비 $\left(\frac{^{18}O}{^{16}O}\right)$와 유사하다. 온난한 간빙기에는 무거운 ^{18}O가 포함된 물 분자의 증발이 활발하여 바닷물에는 상대적으로 가벼운 ^{16}O가 많아진다. 이에 따라 바닷물의 산소 동위원소비 $\left(\frac{^{18}O}{^{16}O}\right)$가 낮아지고, 해양 생물의 산소 동위원소비 $\left(\frac{^{18}O}{^{16}O}\right)$도 낮아진다. 반대로 빙하기에는 ^{16}O가 빙하에 고정되어 바닷물에 남는 ^{18}O의 비율이 높아진다. 따라서 해양 생물의 산소 동위원소비 $\left(\frac{^{18}O}{^{16}O}\right)$도 높아진다.

개념 기본 문제

01 생물이 화석으로 보존되기 위한 조건으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

(1) 생물의 개체 수가 많아야 한다. ( )

(2) 생물의 유해가 땅속에 천천히 매몰되어야 한다. ( )

(3) 생물체에 뼈, 줄기, 껍데기 등과 같이 단단한 부분이 있어야 한다. ( )

02 다음은 화석의 종류에 대한 설명이다.

> 지질시대에 살았던 고생물의 유해나 흔적이 남아 있는 것을 화석이라 한다. 화석은 지층이 퇴적될 당시의 환경을 알려주는 (㉠)과 지층이 퇴적된 시기를 알려주는 (㉡)으로 구분할 수 있다.

( ) 안에 알맞은 말을 쓰시오.

03 그림 (가)와 (나)는 각각 다른 지층에서 산출된 화석을 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 각각 삼엽충과 화폐석 화석 중 하나이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고르시오.

보기

ㄱ. (가)의 생물은 화폐석이다.

ㄴ. 고생대에 번성한 생물의 화석은 (나)이다.

ㄷ. (가)와 (나)는 화석에 의한 지층 대비에 이용할 수 있다.

○3 지질시대의 환경과 생물

04 다음은 지질시대의 구분에 대한 설명이다.

> 지질시대는 누대, (㉠), 기의 시간 단위로 구분하는데, 현생누대 이전의 명왕누대, 시생누대, 원생누대를 합쳐 (㉡)라고 한다. 상대적으로 시간이 가장 긴 누대는 (㉢)이다.

( ) 안에 알맞은 말을 쓰시오.

05 그림은 지질시대의 상대적 길이를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

(1) ㉠, ㉡, ㉢은 현생누대에 포함된다. ( )

(2) ㉠ 시기에는 빙하기가 없었다. ( )

(3) ㉡ 시기에는 빙하기와 간빙기가 여러 차례 반복되었다. ( )

(4) ㉢ 시기의 대표적인 표준 화석에는 매머드가 있다. ( )

06 그림은 고기후를 연구하기 위한 재료 중 한 가지를 나타낸 것이다.
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고르시오.



보기

ㄱ. 빙하에 구멍을 뚫어 채취한 얼음 기둥이다.

ㄴ. 당시의 대기 조성과 기후 변화를 알 수 있다.

ㄷ. 줄무늬를 분석하면 연도별 층을 구분할 수 있다.

07 다음은 초대륙에 대한 설명이다.

> 선캄브리아 시대 후기인 약 12억 년 전에는 초대륙 ㉠(로디니아, 판게아)가 형성되었다가 분리되었다. 이후, 고생대의 페름기 말에는 대륙이 하나로 합쳐져 초대륙 ㉡(로디니아, 판게아)가 형성되며, 대규모 조산 운동이 일어났다.

( ) 안에 알맞은 말을 고르시오.

08 그림 (가)와 (나)는 선캄브리아 시대의 서로 다른 화석을 나타낸 것이다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고르시오.

보기

ㄱ. (가)의 생물은 대기 중 산소가 없던 시기에 출현하였다.
ㄴ. (나)는 시상 화석으로 활용할 수 있다.
ㄷ. (가)는 (나)보다 먼저 출현하였다.

09 다음은 고생대에 출현한 생물에 대한 설명이다.

> 고생대 캄브리아기에는 삼엽충, 완족류 등 해양 무척추동물이 번성하였고, (㉠)에는 최초의 척추동물인 어류와 육상식물이 출현하였으며, (㉡)에는 육지에서 양서류가 출현하였다.

( ) 안에 알맞은 말을 쓰시오.

10 표는 서로 다른 지역의 지층 A와 B에서 산출된 화석을 나타낸 것이다.

지층	산출된 화석
A	속씨식물, 매머드
B	삼엽충, 완족류

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고르시오.

보기

ㄱ. A는 고생대에 형성된 지층이다.
ㄴ. B에서는 암모나이트 화석도 흔하게 발견할 수 있다.
ㄷ. A는 B보다 나중에 형성되었다.

11 그림 (가)와 (나)는 서로 다른 시기의 수륙 분포를 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 각각 고생대 말기와 중생대 말기 중 하나이다.



(가) (나)

(1) (가)가 나타나는 지질시대를 쓰시오.

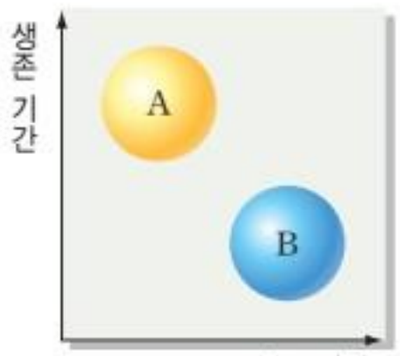
(2) 해양 생물의 약 90 %가 멸종하는 시기의 수륙 분포를 쓰시오.

(3) (나) 시기의 바다에서 번성했다가 멸종한 생물 중 표준 화석으로 활용할 수 있는 생물을 한 가지만 쓰시오.

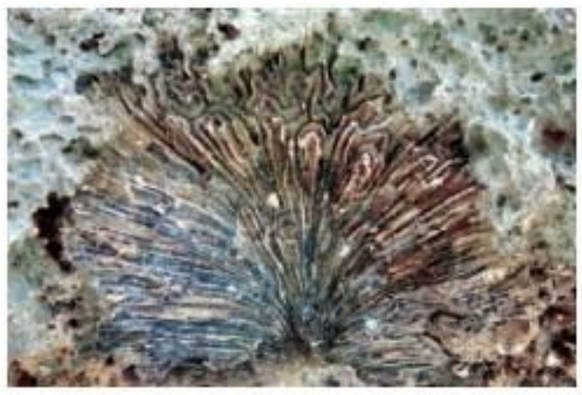
개념 적용 문제

➤ 표준 화석과 시상 화석

01 그림 (가)는 표준 화석과 시상 화석으로 이용할 수 있는 생물의 조건을, (나)는 어느 화석을 나타낸 것이다. A와 B는 각각 표준 화석과 시상 화석 중 하나이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. B는 시상 화석이다.
ㄴ. (나)는 A에 해당한다.
ㄷ. 지질시대를 구분할 때는 주로 B를 이용한다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➢ 표준 화석은 특정 시기에 출현하여 일정 기간 번성하고 멸종한 생물의 화석이고, 시상 화석은 환경 변화에 민감한 생물의 화석이다.

➤ 표준 화석과 시상 화석

02 그림 (가)~(다)는 서로 다른 지질시대의 대표적인 화석을 나타낸 것이다. (가)~(다)는 각각 삼엽충, 암모나이트, 화폐석 화석 중 하나이다.



(가)



(나)



(다)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)의 생물이 번성한 시기에는 속씨식물이 번성하였다.
ㄴ. (나)의 생물은 (가)와 (다)의 생물보다 먼저 출현하여 번성하고 멸종하였다.
ㄷ. (다)는 현재까지 생존하는 생물의 화석으로, 시상 화석으로 활용할 수 있다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

➢ 고생대에는 삼엽충이, 중생대에는 암모나이트가, 신생대에는 화폐석이 바다에서 번성하였고, 이들은 지질시대를 구분하는 기준이 되는 생물이다.

➤ 지질시대의 기후 변화

03 다음은 고기후 연구에 사용되는 여러 가지 방법에 대하여 학생 A, B, C가 나눈 대화를 나타낸 것이다.



제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

① A ② C ③ A, B ④ B, C ⑤ A, B, C

기온이 낮을수록 나무는 잘 생장하지 못하고, 기온이 높을수록 바다에서 ^{18}O가 포함된 물 분자의 증발이 활발해진다.

➤ 지질시대의 기온 변화

04 그림은 지질시대 동안 지구의 평균 기온 변화를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

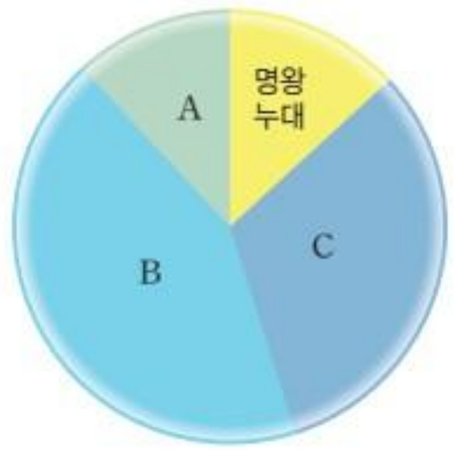
ㄱ. 고생대의 기후는 빙하 코어를 연구하여 알 수 있다.
ㄴ. 중생대는 대체로 온난하였고, 쥐라기 말에 빙하기가 1번 있었다.
ㄷ. 신생대 제4기에는 빙하기와 간빙기가 여러 차례 반복되었다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

지질시대 동안 여러 가지 요인에 의해 온난한 기후와 한랭한 기후가 반복되었으며, 여러 차례에 걸쳐 큰 빙하기가 있었다.

➤ 지질시대의 구분

05 그림은 약 46억 년 전부터 시작된 지구의 역사에서 각 누대의 상대적 길이를 나타낸 것이다. A, B, C는 각각 시생누대, 원생누대, 현생누대 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 오존층이 형성된 시기는 A이다.
ㄴ. 최초의 생물이 출현한 시기는 C이다.
ㄷ. C는 B보다 앞선 지질시대이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➢ 지질시대를 구분하는 가장 큰 시간 단위로는 명왕누대, 시생누대, 원생누대, 현생누대가 있으며, 상대적 길이는 원생누대가 가장 길다.

➤ 지질시대의 환경과 생물

06 다음은 어느 생물군 화석에 대한 설명이다.

에디아카라 생물군 화석은 1933년 아프리카 나미비아와 1946년 호주 에디아카라에서 발견되었으나, 당시에는 큰 주목을 받지 못하였다. 그러나 1957년, 이 생물군에 속하는 ㉠카르니아가 (㉡)의 생물임이 밝혀지면서, (㉢) 이전에도 다양한 생물이 존재했음이 밝혀져 큰 관심을 받게 되었다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

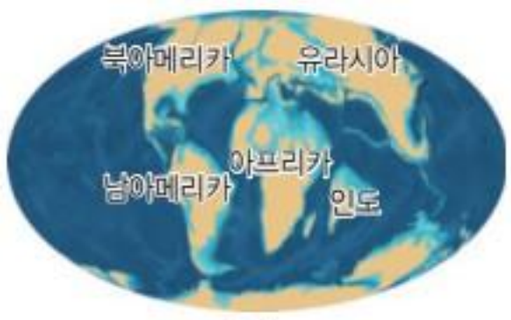
ㄱ. ㉠은 광합성을 하는 식물이다.
ㄴ. '원생누대'는 ㉡에 해당한다.
ㄷ. ㉢에는 다양한 해양 무척추동물이 출현하여 번성하였다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

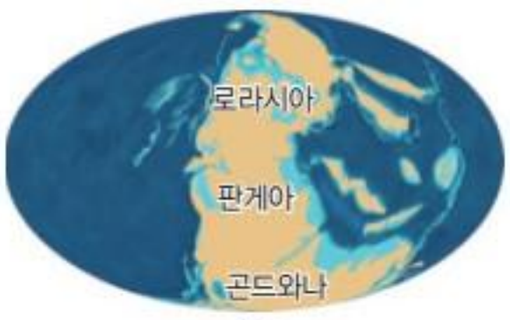
➢ 원생누대 말에는 다세포 생물이 출현하였는데, 이를 에디아카라 생물군이라 한다.

➤ 지질시대의 환경과 생물

07 그림은 서로 다른 시기 (가)와 (나)의 수륙 분포를 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 각각 고생대 페름기와 신생대 고진기 중 하나이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가) 시기에는 히말라야산맥과 알프스산맥이 형성되었다.
ㄴ. (나) 시기에는 삼엽충이 대량으로 멸종하였다.
ㄷ. (가)와 (나) 시기에는 모두 대서양이 존재하였다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➢ 고생대 페름기 말에는 초대륙 판게아가 형성되었고, 신생대에는 점점 현재와 비슷한 수륙 분포를 이루었다.

➤ 지질시대의 환경과 생물

08 그림 (가)는 지질시대 동안 일어난 주요 사건을, (나)는 어느 지질시대의 수륙 분포를 나타낸 것이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. ㉠ 기간은 고생대를 나타낸다.
ㄴ. (나)의 수륙 분포는 ㉡ 기간 중 어느 시기에 해당한다.
ㄷ. ㉢ 기간에는 양치식물의 퇴적으로 석탄층이 생성되었다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

➢ 선캄브리아 시대에는 남세균의 광합성으로 산소가 생성되었고, 이후 산소가 대기로 배출되면서 대기 중 산소량이 증가하였다.

➤ 지질시대의 환경과 생물

09 그림 (가)~(다)는 서로 다른 지질시대의 환경을 복원한 모식도이다. (가)~(다)는 각각 고생대, 중생대, 신생대 중 하나이다.



(가) (나) (다)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

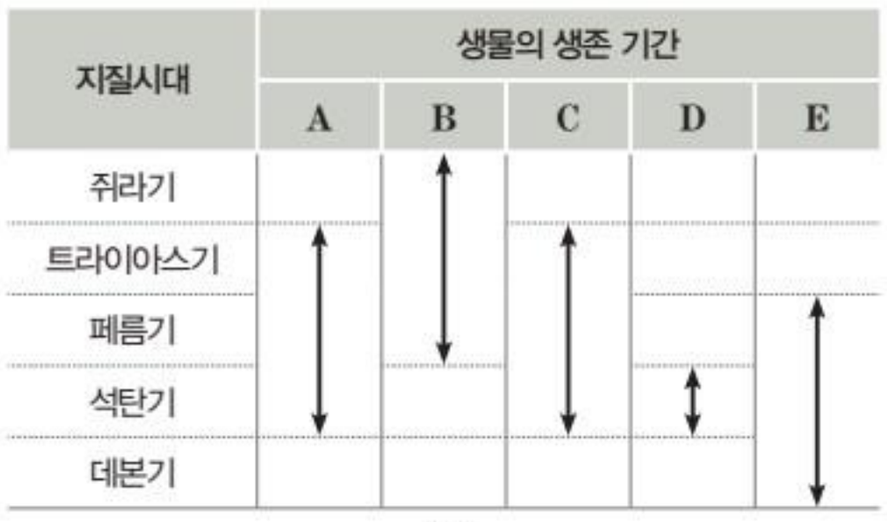
ㄱ. (가)와 (나) 시기에는 빙하기가 있었다.
ㄴ. (다) 시기에는 속씨식물이 처음으로 출현하였다.
ㄷ. 지질시대의 환경은 (가) → (다) → (나)의 순으로 변하였다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➢ 고생대와 신생대에는 빙하기가 있었으나, 중생대에는 기후가 온난하고 빙하기가 없었다. 속씨식물은 중생대 백악기에 출현하여 신생대에 번성하였다.

➤ 지질시대의 환경과 생물

10 표 (가)는 생물 A~E의 생존 기간을, (나)는 어느 지층에서 산출되는 화석의 생물을 나타낸 것이다.



(가)

산출되는 화석의 생물
A, C, D, E

(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. A가 생존하던 기간에 포유류가 출현하였다.
ㄴ. 고생대의 표준 화석으로 가장 적절한 생물은 B이다.
ㄷ. (나)의 지층이 퇴적된 시기에는 삼엽충이 있었다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➢ 표준 화석은 지질시대 중 특정 기간에만 번성했다가 멸종한 생물의 화석으로, 생존 기간이 짧고 분포 면적이 넓을수록 표준 화석으로 적합하다.

1등급 도전 문제

➤ 지질시대의 환경과 생물

11 그림 (가)는 어느 지질시대의 화석을, (나)는 지구의 역사 약 46억 년을 24시간의 지질 시계로 나타낸 것이다. 지질학적 사건 A~C는 각각 에디아카라 생물군의 멸종, 삼엽충의 멸종, 원생누대의 시작 중 하나이다.

▻ 에디아카라 생물군은 선캄브리아 시대에 출현하였고, 암모나이트는 중생대에 본격적으로 번성하였다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

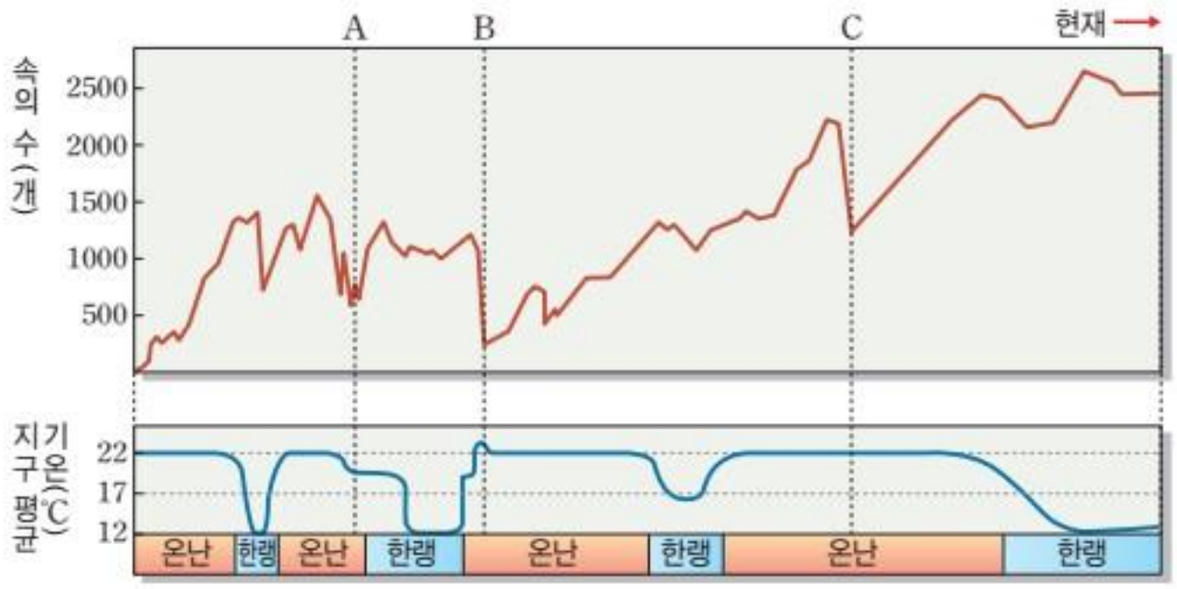
ㄱ. (가)는 A 시기보다 늦게 출현하였다.
ㄴ. 어류는 B와 A 시기 사이에 출현하였다.
ㄷ. 에디아카라 생물군은 C 시기에 출현하여 B 시기에 멸종하였다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➤ 지질시대의 기후 변화

12 그림은 현생누대 동안 생물 속의 수와 지구 평균 기온 변화를 나타낸 것이고, A~C는 생물 속의 수가 급격히 감소한 시기 중 일부이다.

▻ 현생누대의 대와 대를 구분하는 경계에는 생물 속의 수가 급격히 감소하는 대멸종이 있었다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 판게아는 A 시기 이전에 형성되었다.
ㄴ. 중생대는 B 시기부터 C 시기까지이다.
ㄷ. 지구 평균 기온은 대체로 생물 속의 수가 급격히 감소한 시기에 급격히 낮아졌다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

통합과학 연계

능TO분석

지질시대의 환경과 생물

연계 Point 지질시대를 통해 지구 환경이 끊임없이 변화해 온 내용을 지구과학에서는 기(紀) 수준에서 구분하여 지질시대의 생물과 환경 변화를 자세히 설명한다. 기 수준에서의 수륙 분포, 생물의 출현과 멸종 등 지질시대의 환경과 생물의 특징을 묻는 문제가 출제될 수 있다.

통합과학 지질시대의 환경과 생물의 변화

지질시대	선캄브리아 시대	고생대	중생대	신생대
환경 변화	광합성으로 산소 생성 → 해양 생물 출현	오존층 형성 → 육상 생물 출현	온난한 기후 → 파충류와 공룡 등 번성	빙하기와 간빙기 반복 → 포유류 번성
바다 생물	남세균, 에디아카라 생물군	삼엽충, 필석, 어류	암모나이트	화폐석
육지 생물		양서류, 곤충, 양치식물	파충류, 겉씨식물	포유류, 속씨식물

핵심 point 지질시대 동안 지구 환경은 끊임없이 변화해 왔으며, 새로운 환경에 적응한 생물은 다양한 종으로 진화하였다.

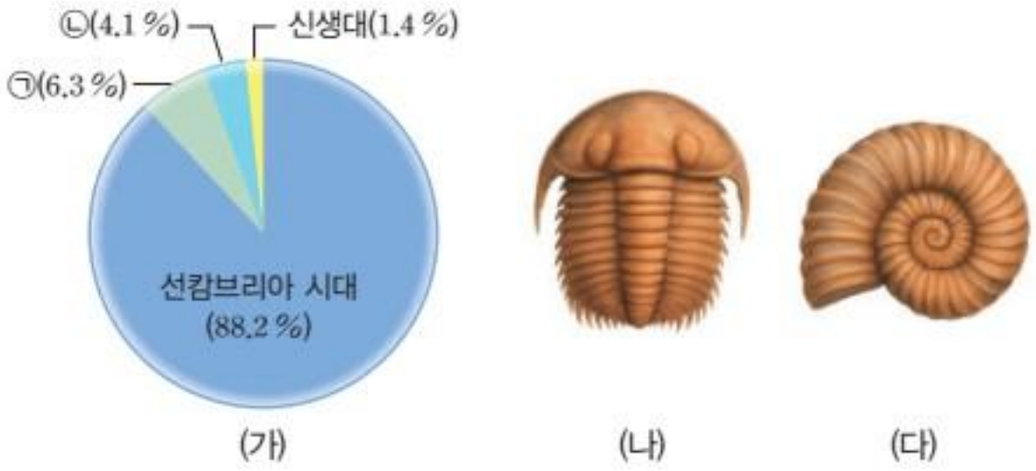
지구과학 지질시대의 환경과 생물

지질시대			생물계의 변화
누대	대	기	
현생누대	신생대	제4기	대형 포유류 번성, 인류 조상 출현
		신진기	화폐석, 포유류, 속씨식물 번성
		고진기	
	중생대	백악기	속씨식물 출현
		쥐라기	파충류 번성, 시조새 출현
		트라이아스기	암모나이트 번성, 포유류 출현
	고생대	페름기	겉씨식물 출현
		석탄기	파충류, 대형 곤충류 출현
		데본기	어류, 양치식물 번성, 양서류 출현
		실루리아기	갑주어 번성, 관다발식물 출현
		오르도비스기	어류, 육상식물 출현
		캄브리아기	생물 대폭발, 무척추동물 번성
원생누대	선캄브리아 시대		진핵생물, 다세포 생물 출현
시생누대			단세포 생물 출현
명왕누대			

핵심 point 지질시대는 생물의 출현과 멸종 등 생물계의 큰 변화를 기준으로 구분한다. 특히, 고생대에는 오존층이 형성되어 해양 생물이 육지로 진출하게 되어 다양한 생물이 출현하여 번성하다가 멸종하였다.

대표 예제 살펴보기

그림 (가)는 지질시대의 지속 기간을 상대적인 비율로 나타낸 것이고, (나)와 (다)는 ㉠과 ㉡ 중 각각 어느 한 시기에 번성한 생물의 화석을 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각 고생대와 중생대 중 하나이고, (나)와 (다)는 각각 삼엽충과 암모나이트 중 하나이다.



(가) (나) (다)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. ㉠은 고생대, ㉡은 중생대이다.
ㄴ. (나)는 ㉡에 번성했던 생물의 화석이다.
ㄷ. (나)와 (다)는 모두 해양에서 만들어진 지층에서 발견된다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

풀이

ㄱ. 지질시대의 상대적 길이는 **선캄브리아 시대 > 고생대 > 중생대 > 신생대** 순이다. 따라서 ㉠은 고생대, ㉡은 중생대이다.
ㄴ. (나)는 삼엽충 화석, (다)는 암모나이트 화석으로 **삼엽충은 고생대**에, **암모나이트는 중생대**에 번성하였다.
ㄷ. **삼엽충과 암모나이트는 모두 해양 생물**이므로 삼엽충 화석과 암모나이트 화석은 모두 해양에서 만들어진 지층에서 발견된다.

정답 ③

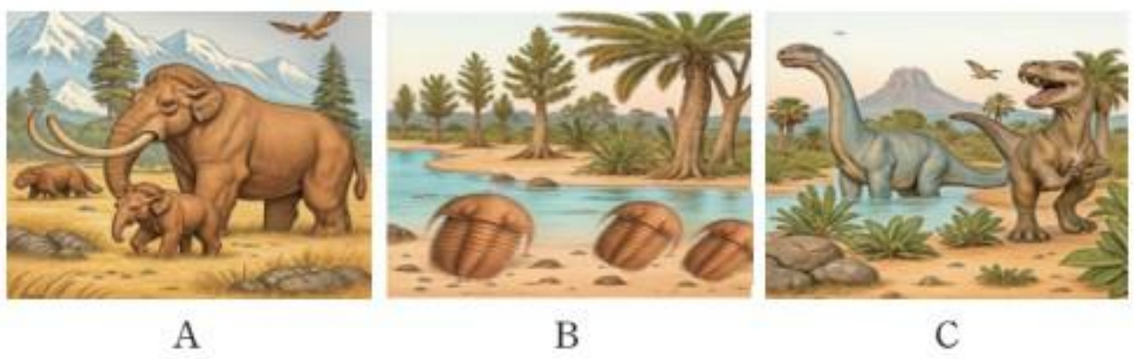
실전 문제 풀어보기

정답과 해설 148쪽

그림 (가)~(다)는 서로 다른 지질시대의 수륙 분포를, A~C는 서로 다른 지질시대의 생물과 환경을 복원한 모식도이다. A~C 시기의 수륙 분포는 각각 (가)~(다) 중 하나이다.



(가) (나) (다)



A B C

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. C 시기의 수륙 분포는 (가)에 해당한다.
ㄴ. 수륙 분포는 (가) → (나) → (다)의 순서로 변하였다.
ㄷ. (나)의 시기에는 해양 생물 종의 약 90 % 이상이 멸종하였다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중단원 핵/심/정/리 1. 지구의 역사

01 지층의 생성 순서와 나이

1 지사학의 법칙
▸ 10쪽~11쪽

1. **동일과정의 원리** 현재 지각에서 일어나는 지각 변동이나 지질학적 사건들은 과거에도 동일한 과정을 통해 일어났다는 가정으로, (1)의 기본 원리이다.

2. **지사학의 법칙**

(1) 수평 퇴적의 법칙: 대부분의 퇴적물은 물속에서 수평면과 나란하게 쌓인다.

(2) (2)의 법칙: 아래쪽에 쌓인 지층은 위쪽에 쌓인 지층보다 오래되었다.

(3) 동물군천이의 법칙: 새로운 지층으로 갈수록 동물의 화석은 더욱 복잡하게 진화한다.

(4) (3)의 법칙: 관입 당한 암석은 관입한 암석보다 먼저 생성되었다.

(5) 부정합의 법칙: 부정합면을 경계로 위아래 지층 사이에는 긴 시간 공백이 있다.

2 상대연령과 절대연령
▸ 12쪽~15쪽

1. **상대연령**

(1) 상대연령: 지층이나 암석의 생성 시기와 지질학적 사건의 발생 순서를 상대적인 선후 관계로 나타낸 것으로, 여러 지사학의 법칙을 적용하여 지층의 선후 관계를 파악한다.

(2) 지층 대비: 지층을 이루는 암석과 퇴적 구조 등을 이용하는 (4)에 의한 대비와 특정 시기에 번성했던 생물의 화석을 이용하는 (5)에 의한 대비로 구분한다.

2. **절대연령**

(1) 절대연령: 암석의 생성 시기나 지질학적 사건의 발생 시기를 구체적인 수치로 나타낸 것으로, 암석을 구성하는 광물에 포함된 (6)를 이용한다.

(2) 방사성 동위원소를 모원소라 하고, 모원소의 방사성 붕괴로 생성된 원소를 (7)라고 하며, 방사성 동위원소가 붕괴하여 모원소의 양이 처음 양의 절반으로 줄어드는 데 걸리는 시간을 (8)라고 한다.

3. **절대연령 측정** 모원소와 자원소의 비율을 통해 반감기 경과 횟수를 알아내면 암석의 절대연령을 구할 수 있다.

02 퇴적 구조와 퇴적 환경

1 퇴적암
▸ 24쪽~25쪽

1. **퇴적암의 생성** 퇴적물이 쌓이고 굳어져 퇴적암이 되는 과정을 (9) 작용이라고 한다.

2. **퇴적암의 종류** 퇴적물의 구성 물질 및 구성 물질의 기원에 따라 구분한다.

(1) (10) 퇴적암: 기존의 암석이 풍화·침식 작용을 받아 생긴 쇄설성 퇴적물이나 화산 쇄설물이 쌓여 굳어져 형성된 퇴적암이다.

정답과 해설 148쪽

(2) 화학적 퇴적암: 물속에 녹아 있는 석회질이나 규질 물질 등이 화학적으로 침전되거나, 물이 증발하면서 침전되어 형성된 퇴적암이다.

(3) (11) 퇴적암: 동 · 식물의 유해, 껍데기, 골격 등이 퇴적되어 형성된 퇴적암이다.

2 퇴적 구조와 퇴적 환경

▸26쪽~29쪽

1. 퇴적 구조 퇴적암에는 퇴적 당시의 환경에 따라 다양한 퇴적 구조가 나타난다.

(1) 층리: 서로 다른 퇴적물이 겹겹이 쌓여 형성된 줄무늬 구조이다.

(2) (12): 물이나 바람이 일정한 방향으로 흐르는 환경에서 퇴적물이 수평면과 비스듬한 방향으로 쌓여 층리면이 기울어진 구조이다.

(3) 점이 층리: 퇴적암의 한 지층 내에서 위로 갈수록 입자 크기가 점점 작아지는 구조이다.

(4) 연흔: 얕은 물에서 퇴적물의 표면에 물결 모양의 자국이 남은 구조이다.

(5) 건열: 입자가 매우 작은 점토질 퇴적물의 표면이 건조한 대기에 노출되어 갈라진 구조이다.

2. 퇴적 환경 과거 지층이 형성될 때의 환경을 퇴적 환경이라고 한다.

(1) 육상 환경: 육지에서 주로 쇄설성 퇴적물이 쌓이는 퇴적 환경이다.

(2) (13) 환경: 육지와 바다의 영향을 모두 받는 퇴적 환경이다.

(3) 해양 환경: 바다의 영향만 받는 해수면 아래의 퇴적 환경이다.

03 지질시대의 환경과 생물

1 화석

▸36쪽~37쪽

1. 화석의 생성과 종류 화석은 지질시대에 살았던 생물의 유해나 생물의 활동 흔적이 암석에 보존된 것이다.

2. 표준 화석과 시상 화석

(1) 표준 화석: 지층이 생성된 (14)를 판단하는 근거로 활용되는 화석으로, 생존 기간이 짧고, 넓은 지역에 분포하며, 개체 수가 많은 생물이 적합하다.

(2) 시상 화석: 과거 생물이 살던 시기의 (15)을 알려주는 화석으로, 생존 기간이 길고, 특정한 환경에 제한적으로 분포하며, 환경 변화에 민감한 생물이 적합하다.

2 지질시대

▸38쪽~39쪽

1. 지질시대의 구분 지구가 탄생한 약 46억 년 전부터 현재까지의 기간을 지질시대라고 한다.

2. 지질시대의 기후 변화 기상 관측 이전의 기후를 (16)라고 한다.

3 지질시대의 환경과 생물

▸40쪽~43쪽

1. 선캄브리아 시대 시생누대의 바다에서 단세포 원핵생물이 처음 출현하였고, 원생누대에는 진핵생물이 출현하였으며, 원생누대 말에는 (17)이 출현하였다.

2. 고생대 고생대가 시작되며 해양 생물이 급격하게 증가하였고, 대기 중 산소의 농도 증가로 오존층이 형성되면서 자외선이 차단되어 (18)에서도 생물이 출현하게 되었다. 이에 따라 무척추동물, 어류, 양서류, 곤충류, 양치식물 등이 번성하였다.

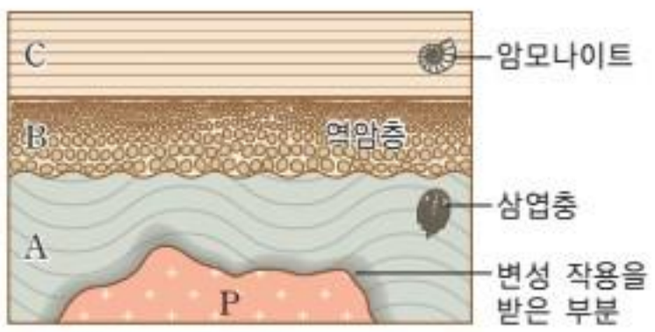
3. 중생대 전반적으로 온난한 기후가 지속되었고, 공룡, 파충류, 암모나이트, (19)식물 등의 새로운 생물들이 출현하여 전 시기에 걸쳐 번성하였다.

4. 신생대 육지에서는 (20)와 속씨식물이, 바다에서는 화폐석 등이 번성하였다.

통합 실전 문제

지사학의 법칙

01 그림은 어느 지역의 지층 단면을 나타낸 것이다. P는 화성암이고, 지층 A~C는 퇴적암이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

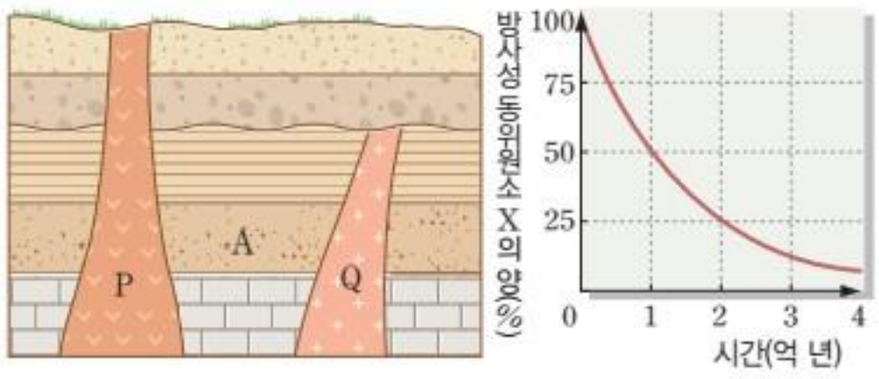
보기

ㄱ. 이 지역의 지층은 역전되지 않았다.
ㄴ. A는 P보다 먼저 생성되었다.
ㄷ. A는 B보다 먼저 생성되었다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

상대연령과 절대연령

02 그림 (가)는 어느 지역의 지층 단면을, (나)는 방사성 동위원소 X의 붕괴 곡선을 나타낸 것이다. (가)에서 화성암 P와 Q에 포함된 X의 양은 각각 처음 양의 $\frac{1}{4}$과 $\frac{1}{8}$이다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

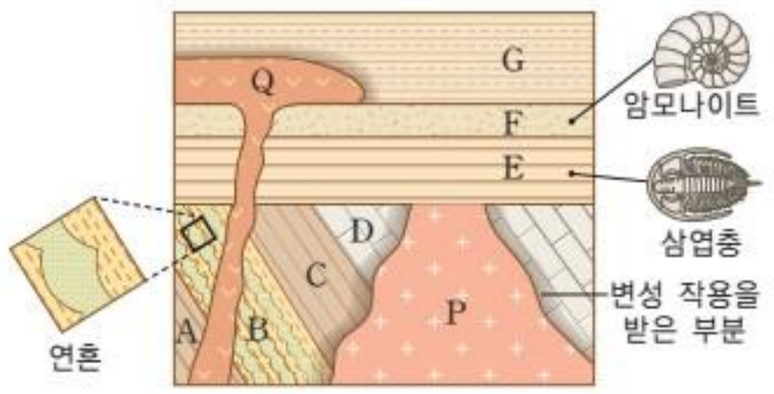
보기

ㄱ. 절대연령은 Q가 P의 2배이다.
ㄴ. A층은 P보다 먼저 생성되었다.
ㄷ. 이 지역은 현재까지 최소 2번의 융기가 있었다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

상대연령과 절대연령 + 지질시대

03 그림은 어느 지역의 지층 단면과 산출되는 화석 및 퇴적 구조를 나타낸 것이다. P와 Q는 관입한 화성암이고, 지층 A~G는 퇴적암이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

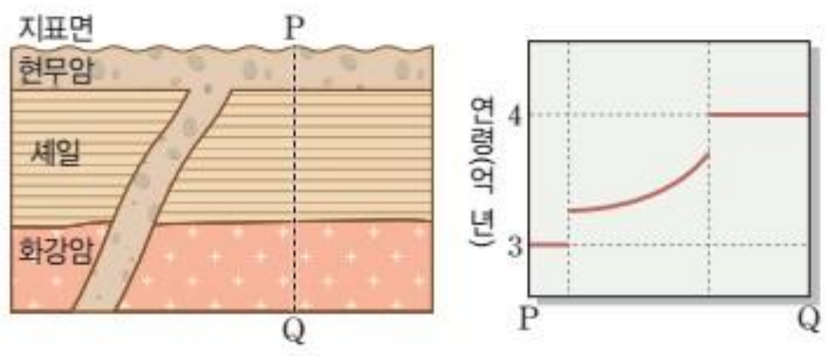
보기

ㄱ. B는 수심이 깊은 바다에서 퇴적되었다.
ㄴ. 지층과 암석의 생성 순서는 A → B → C → D → P → E → F → Q → G이다.
ㄷ. P는 고생대 이전에, Q는 중생대 이후에 관입하였다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

상대연령과 절대연령 + 지질시대

04 그림 (가)는 어느 지역의 지질 단면을, (나)는 (가)의 P-Q 구간에서 깊이에 따른 암석의 연령을 나타낸 것이다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 셰일층에서 삼엽충 화석이 발견될 수 있다.
ㄴ. 화강암 → 셰일 → 현무암의 순서로 생성되었다.
ㄷ. 셰일층과 현무암 사이에는 부정합면이 존재한다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

퇴적암의 종류

05 표는 퇴적암 A~C의 특징을 나타낸 것이다. A~C는 각각 암염, 석회암, 셰일 중 하나이다.

퇴적암	특징
A	• 산호의 유해가 집적되어 생성되었다. • 주성분은 $CaCO_3$이고, 회색을 띤다.
B	• 쇄설성 퇴적물이 퇴적되어 생성되었다. • 얇은 층이 여러 겹으로 나타난다.
C	• 바닷물에 녹아 있던 NaCl이 침전되어 생성되었다. • 백색을 띤다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

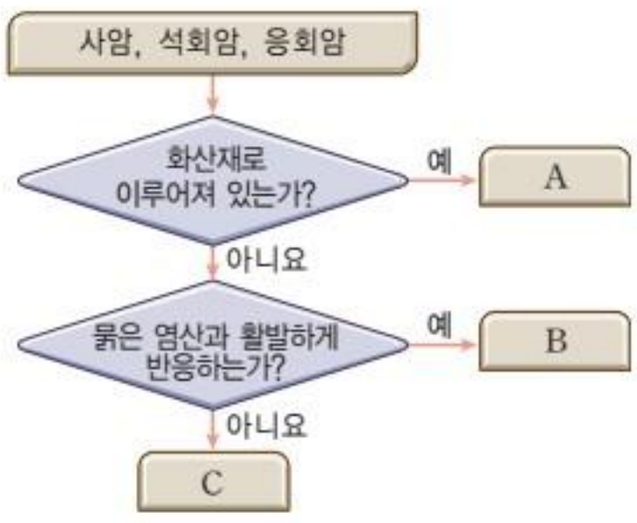
보기

ㄱ. A는 수심이 깊은 바다에서 생성되었다.
ㄴ. B에는 층리가 나타난다.
ㄷ. C는 유기적 퇴적암이다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

퇴적암의 구분

06 그림은 퇴적암을 퇴적물의 기원에 따라 분류하는 과정을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

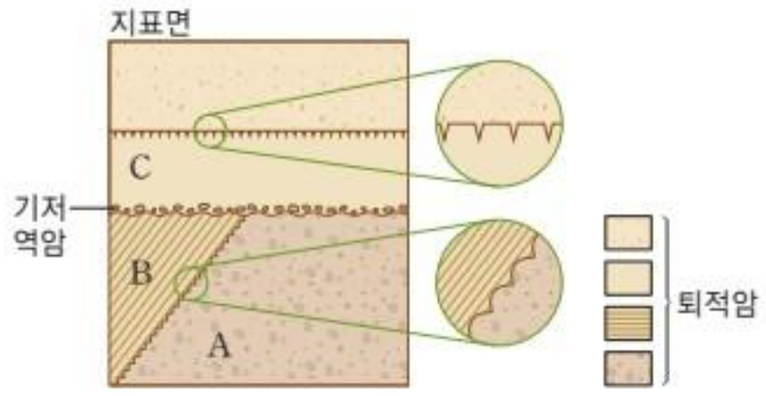
보기

ㄱ. A는 쇄성설 퇴적암에 속한다.
ㄴ. B에서는 석회질 생물체의 화석이 발견될 수 있다.
ㄷ. C는 화학적 퇴적암에 속한다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

지사학의 법칙 + 퇴적 구조

07 그림은 어느 지역의 지층 단면과 지층에서 발견되는 퇴적 구조를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. A층은 B층보다 먼저 생성되었다.
ㄴ. B층과 C층 사이에는 긴 시간 공백이 있다.
ㄷ. C층은 건조한 환경에 노출된 적이 있다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

퇴적 환경

08 표는 서로 다른 퇴적 환경 A~C의 특징을 나타낸 것이다. A~C는 각각 사막, 선상지, 삼각주 중 하나이다.

퇴적 환경	특징
A	다양한 형태의 모래 언덕이 만들어지며, 사층리와 연흔이 형성될 수 있다.
B	하천과 바다가 만나는 곳으로, 사층리가 형성될 수 있다.
C	경사가 급한 산지와 평지 사이에서 자갈, 모래 등 다양한 퇴적물이 쌓인다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

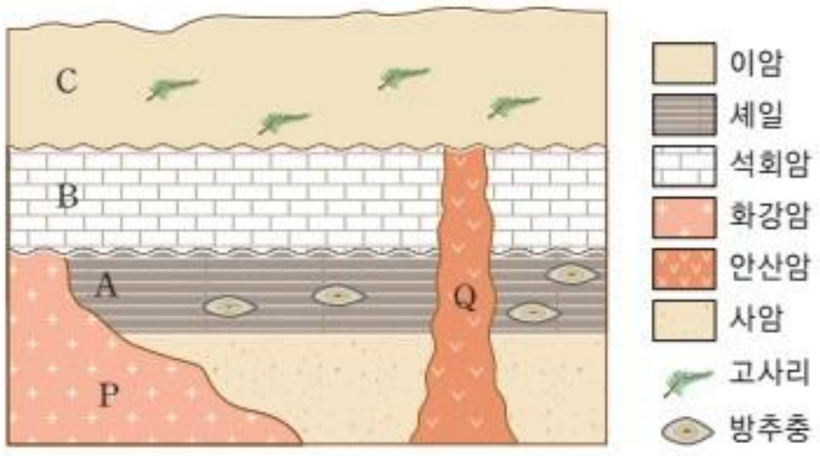
ㄱ. A에서 퇴적물의 분급은 매우 불량하다.
ㄴ. B는 해양 환경에 해당한다.
ㄷ. 퇴적물에 포함된 자갈은 C가 B보다 많다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답과 해설 148쪽

지질시대의 환경과 생물

09 그림은 어느 지역의 지층 단면을 나타낸 것이다. A~C층은 퇴적암이고, 화성암 P와 Q의 절대연령은 각각 2억 5천만 년과 1억 5천만 년이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

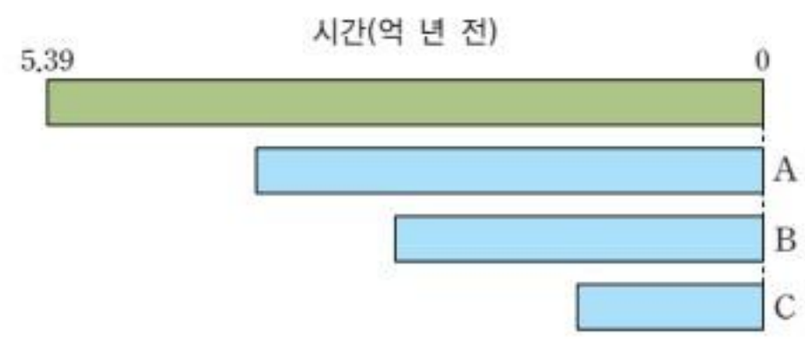
보기

ㄱ. A층은 고생대에 퇴적되었다.
ㄴ. B층에서는 암모나이트 화석이 산출될 수 있다.
ㄷ. C층은 온난 습윤한 육지에서 퇴적되었다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

지질시대의 환경과 생물

10 그림은 현생누대 동안 주요 생물군의 생존 시기를 나타낸 것이다. A~C는 각각 양서류, 조류(새무리), 겉씨식물 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

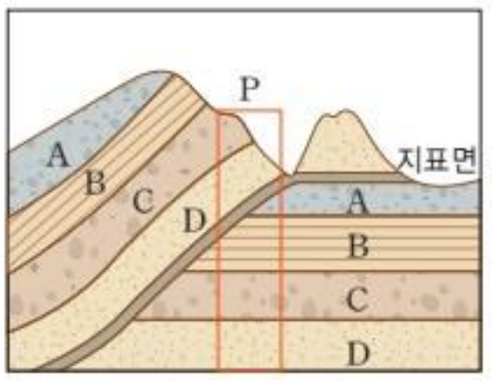
보기

ㄱ. A는 고생대에 출현하였다.
ㄴ. C는 겉씨식물이다.
ㄷ. 삼엽충은 A의 출현 시기와 B의 출현 시기 사이에 멸종하였다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

상대연령 + 지질시대의 환경과 생물

11 그림은 어느 지층의 단면을, 표는 지층 A~D의 퇴적 시기를 나타낸 것이다.



지층	퇴적 시기
A	백악기
B	석탄기
C	데본기
D	캄브리아기

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

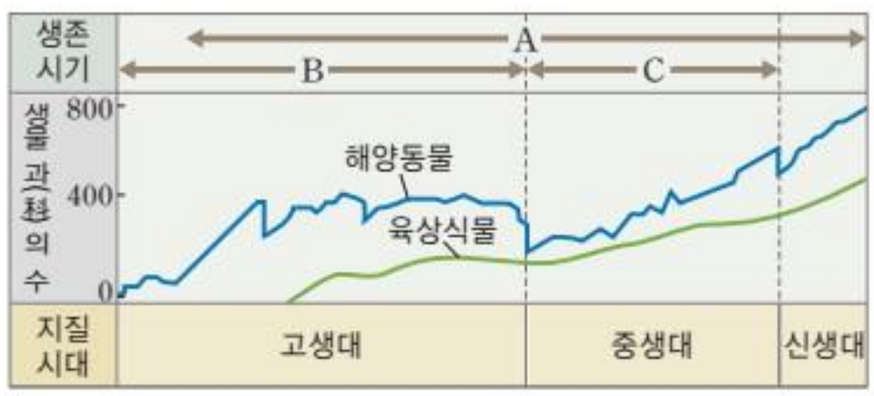
보기

ㄱ. A와 B가 퇴적된 시기 사이에 해양 생물 종의 약 90 % 이상이 멸종하였다.
ㄴ. C와 D에서는 어류 화석이 발견될 수 있다.
ㄷ. P 구간에는 지층이 역전된 곳이 있다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

지질시대의 환경과 생물

12 그림은 현생누대 동안 생물 과(科)의 수와 생물 A~C의 생존 시기를 나타낸 것이다. A~C는 각각 산호, 방추충, 암모나이트 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

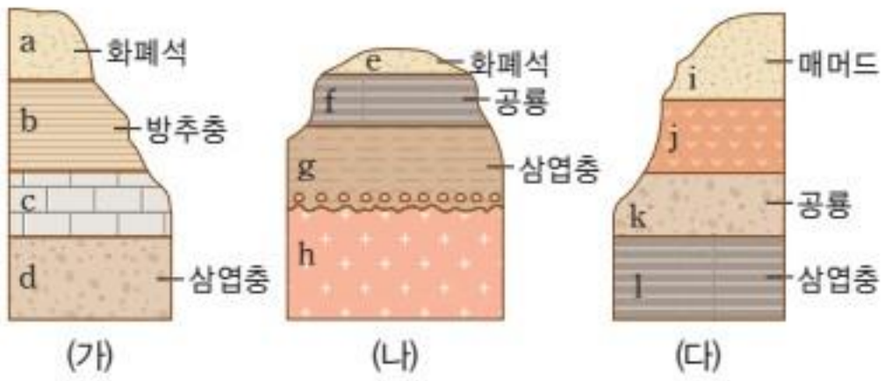
보기

ㄱ. A와 C는 생물이 살던 시기의 환경을 추정할 수 있다.
ㄴ. B가 멸종한 것은 판게아의 형성과 관련이 있다.
ㄷ. 육상식물의 출현은 대기 중 산소 농도의 증가 때문이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

HIGH TOP 최상위 문제

1 다음은 화석이 산출되는 지역 (가)~(다)의 지층 단면과 특징을 나타낸 것이다.



- (가)~(다) 지역의 모든 지층은 현생누대에 생성되었고, h를 제외한 모든 지층은 퇴적층이다.
- h는 화성암이며, 반감기가 1억 5천만 년인 방사성 동위원소 X가 포함되어 있다.
- g층에서는 h의 암석 조각을 관찰할 수 있다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

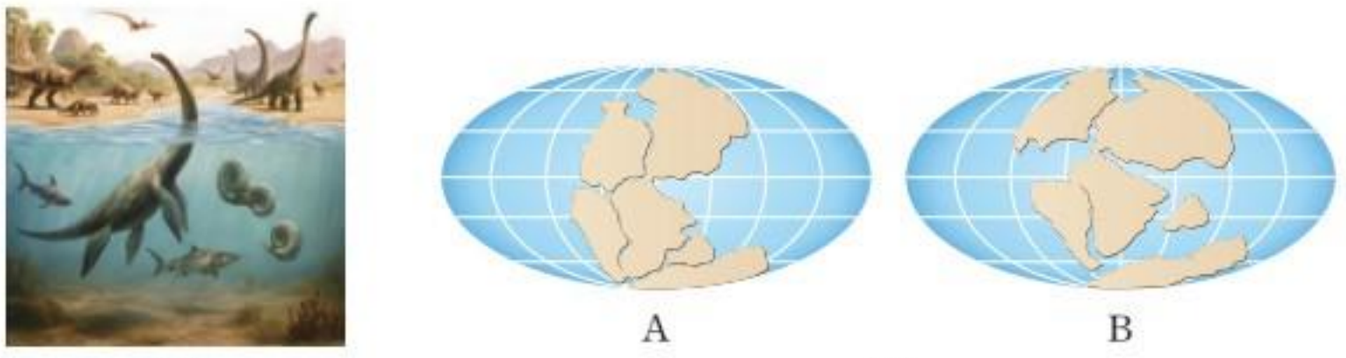
ㄱ. (가)의 a층과 b층은 부정합 관계이다.
ㄴ. (나)의 h에 포함된 X는 반감기가 1번 지났다.
ㄷ. 동물군천이의 법칙에 따라 (가)~(다)의 지층은 모두 역전되지 않았다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

Solution Tip

삼엽충과 방추충은 고생대, 공룡은 중생대, 화폐석과 매머드는 신생대에 번성한 생물이다.

2 그림 (가)는 어느 지질시대의 환경을 복원한 모식도를, (나)는 서로 다른 지질시대의 수륙 분포 A와 B를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)의 바다에서는 화폐석이 번성하였다.
ㄴ. (가)는 (나)의 B 시기에 해당한다.
ㄷ. (나)에서 A 시기에 양서류가 출현하였다.

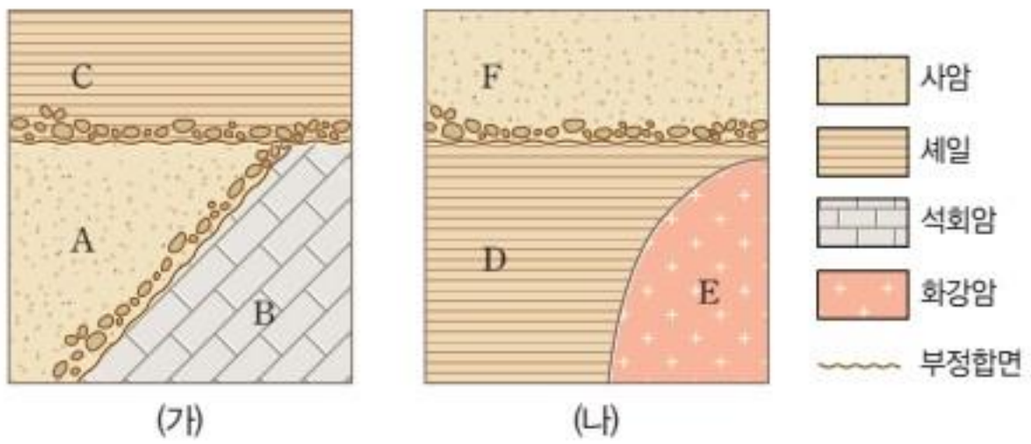
① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

Solution Tip

고생대 페름기 말에 초대륙 판게아가 형성되었으며, 판게아는 중생대 트라이아스기 말에 여러 대륙으로 분리되기 시작하여 쥐라기와 백악기에 각각 대서양과 인도양이 형성되기 시작하였다.

사고력 확장 문제

1 그림은 서로 다른 지역 (가)와 (나)의 지층 단면을 나타낸 것이다. (단, (가)와 (나) 지역에서 지층은 역전되지 않았다.)



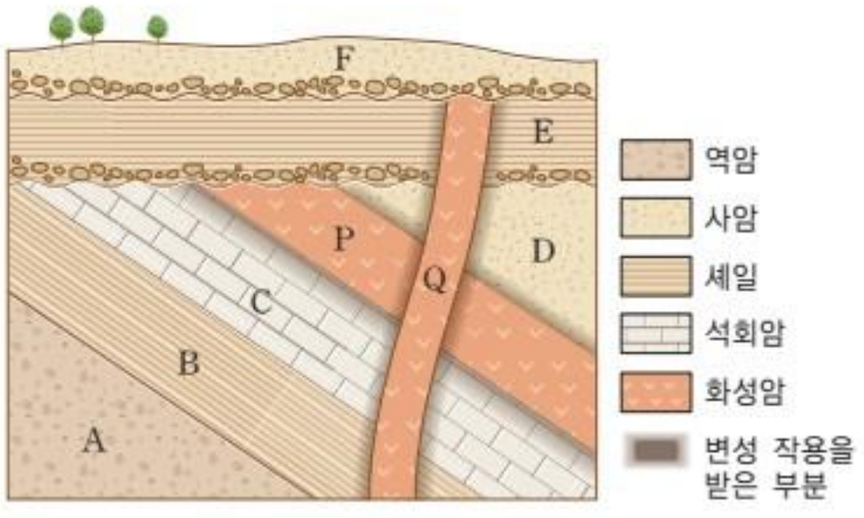
(1) (가)에서 암석의 생성 순서를 쓰고, 그 까닭을 서술하시오.

(2) (나)에서 암석의 생성 순서를 결정할 수 없는 까닭을 설명하고, 생성 순서를 결정하기 위하여 추가로 확인해야 할 것을 서술하시오.

KeyWord
(1) • 지층의 선후 관계
• 부정합의 법칙
• 지층 누중의 법칙
(2) • 관입의 법칙
• 부정합의 법칙

Solution Tip
지층에 화성암이 있으면, 화성암이 기존 퇴적암에 마그마가 관입하여 형성된 것인지, 아니면 화강암체가 형성된 후 그 주변에 퇴적암이 쌓인 것인지 판단해야 한다.

2 그림은 어느 지역의 지층 단면을, 표는 화성암 P와 Q에 포함된 방사성 동위원소 X와 이 원소가 붕괴되어 생성된 자원소 Y의 비율을 나타낸 것이다.



화성암	X : Y
P	1 : 3
Q	1 : 1

(1) X의 반감기를 1억 년이라고 할 때, P와 Q의 절대연령을 방사성 동위원소의 반감기를 이용하여 각각 구하시오.

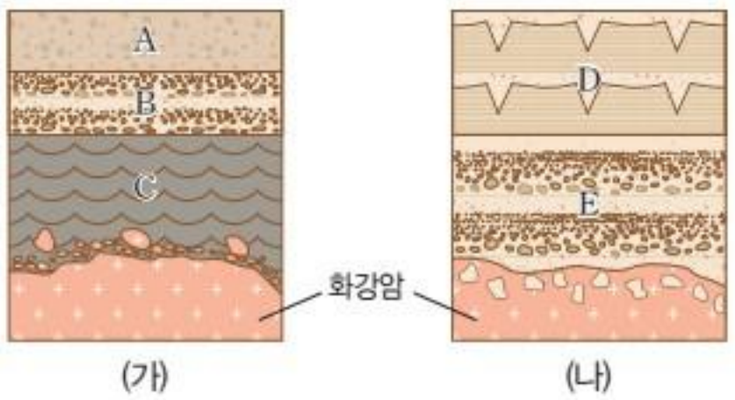
(2) 이 지역에서 현재까지 일어났던 지질학적 사건을 순서대로 서술하시오.

KeyWord
(1) • 방사성 동위원소
• 반감기
• 절대연령
(2) • 지층의 선후 관계
• 지사학 법칙

Solution Tip
반감기는 모원소의 양이 처음 양의 절반으로 줄어드는 데 걸리는 시간으로, 모원소와 자원소의 비율을 통해 반감기 경과 횟수를 알 수 있다.

정답과 해설 150쪽

3 그림 (가)와 (나)는 서로 다른 두 지역의 지층 단면과 지층에서 관찰된 퇴적 구조를 나타낸 것이다. 두 지역에서 화강암의 절대연령은 같다.



(1) (가)와 (나)의 지층이 형성되는 동안 해수면의 높이 변화와 그 까닭을 서술하시오.

(2) C와 E 중 더 오래된 지층을 고르고, 그 까닭을 서술하시오.

KeyWord
(1) • 점이 층리
• 건열
• 연흔
(2) • 부정합의 법칙
• 관입의 법칙

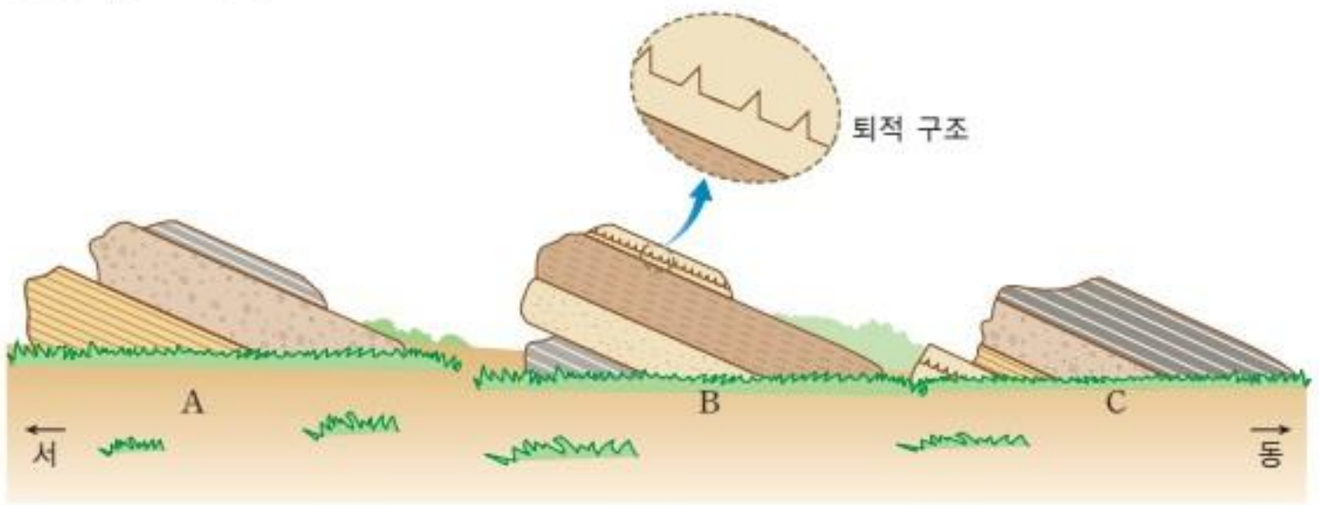
Solution Tip

점이 층리는 수심이 깊은 바다나 호수에서 형성되고, 건열과 연흔은 수심이 얕은 환경에서 형성된다.

4 다음은 어느 지역을 지질 답사한 후 작성한 보고서의 일부이다.

[지질 답사 보고서]

- 관찰 지점: 지층이 지표면 위로 노출된 A, B, C 지점
- 관찰 내용
  - A, B, C 지점은 모두 지층이 동쪽으로 기울어져 있다.
  - B와 C 지점에서는 퇴적 구조가 관찰되었다.
  - 이 지역의 모든 지층은 정합 관계이고, 단층은 없었다.
- 관찰 지점 스케치



(1) B 지점의 퇴적 구조를 통해 알 수 있는 것을 모두 서술하시오.

(2) 가장 오래된 지층이 나타나는 지점을 A~C 중에서 고르고, 그 까닭을 서술하시오.

KeyWord
(1) • 건열
• 퇴적 환경
• 지층의 역전 유무
(2) • 암상에 의한 지층 대비

Solution Tip

점이 층리, 사층리, 연흔, 건열과 같은 퇴적 구조를 이용하여 지층의 상하를 판단할 수 있다.

5 다음은 어떤 지층에 대한 설명이다.

- 이 지층은 빙하가 녹은 물에 의해 운반된 퇴적물이 호수에 쌓여 형성된다.
- 계절에 따라 빙하가 녹은 물의 양과 유속이 달라져서 여름철과 겨울철에 입자 크기가 다른 퇴적물이 교대로 퇴적되어 형성된다.



(1) 여름철에 퇴적된 층을 A층과 B층 중에서 고르고, 그 까닭을 서술하시오.

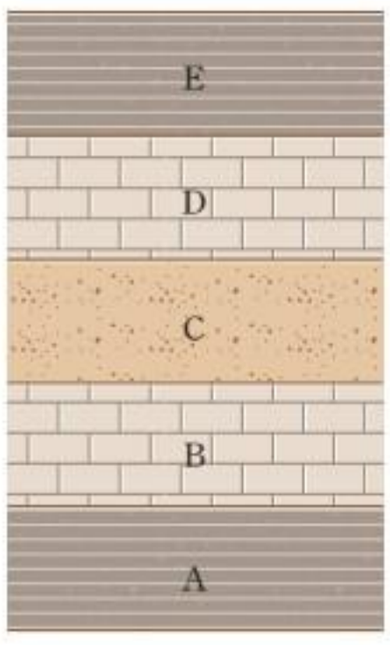
(2) A층과 B층을 구성하는 퇴적 입자의 평균 크기를 비교하여 서술하시오.

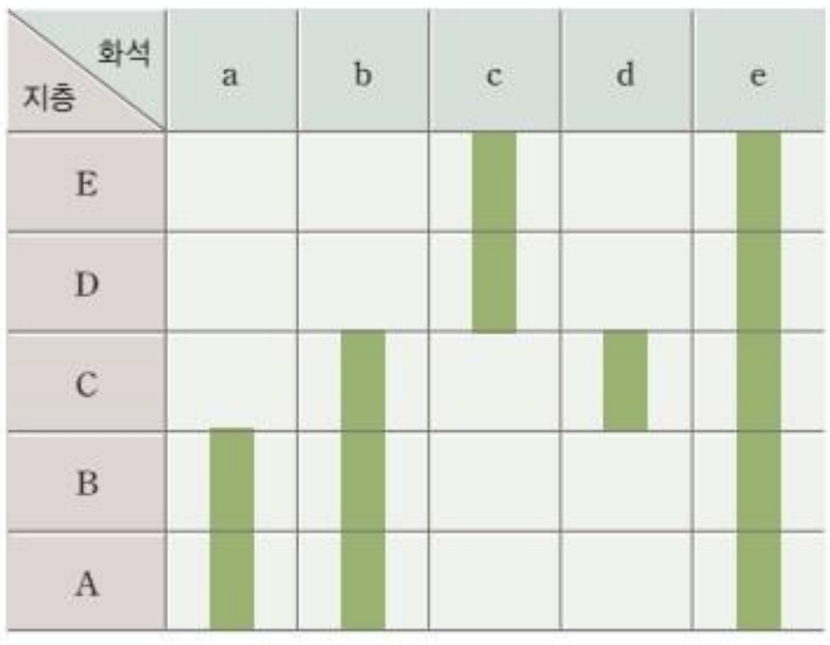
KeyWord
(1) • 호상점토층
(2) • 유속

Solution Tip

여름철에는 빙하가 녹으면서 다량의 퇴적물을 운반하고, 겨울에는 유기물이 많은 퇴적물이 퇴적된다.

6 그림 (가)는 어느 지역의 지층 단면을, (나)는 이 지역의 지층 A~E에서 산출되는 화석 a~e의 분포를 나타낸 것이다.(단, 이 지역의 지층은 역전되지 않았다.)





(1) 표준 화석으로 가장 적절한 화석을 a~e 중에서 고르고, 그 까닭을 서술하시오.

(2) A~E의 경계 중에서 지질시대를 구분할 수 있는 기준이 되는 지층의 경계를 쓰고, 그 까닭을 서술하시오.

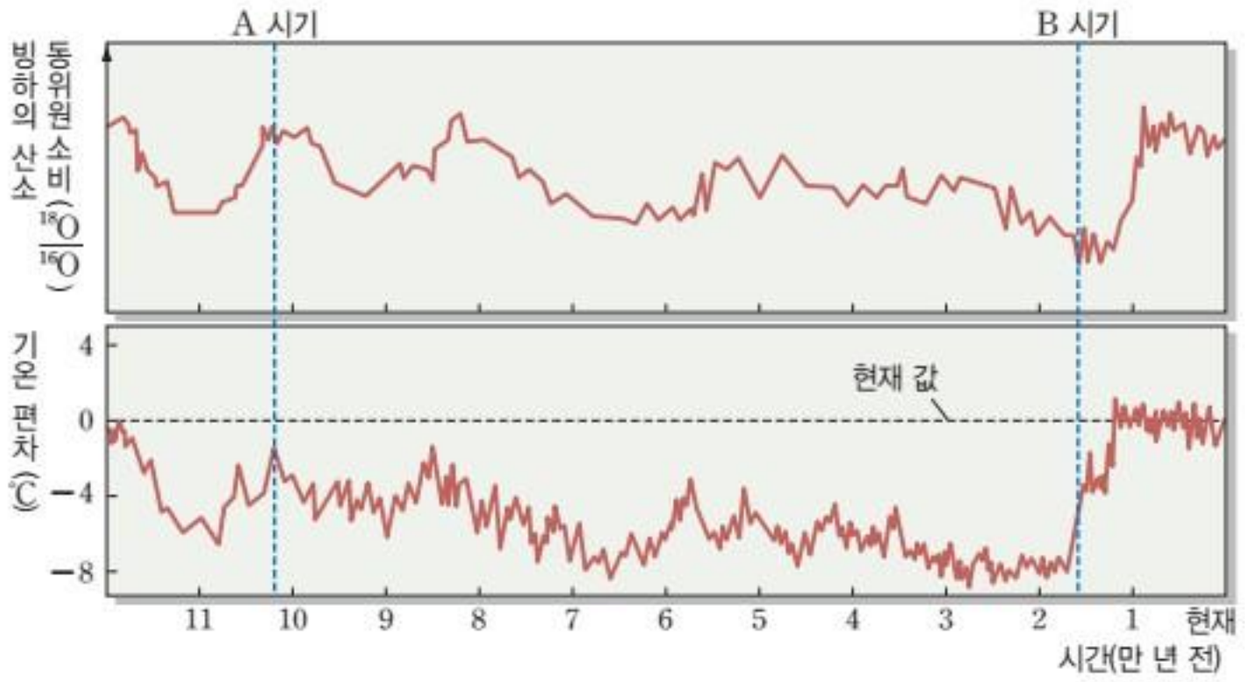
KeyWord
(1) • 표준 화석
• 생존 기간
(2) • 지질시대의 구분
• 표준 화석

Solution Tip

표준 화석은 지질시대를 구분하는 기준이 되는 화석으로, 생존 기간이 짧고 분포 면적이 넓어야 한다.

정답과 해설 150쪽

7 그림은 남극 빙하 코어에서 측정한 과거 12만 년 동안 빙하의 산소 동위원소비$\left(\frac{^{18}O}{^{16}O}\right)$와 이를 통해 추정한 과거의 기온 변화를 나타낸 것이다.



(1) A 시기와 B 시기에 해수에서 증발하는 물 분자의 산소 동위원소비$\left(\frac{^{18}O}{^{16}O}\right)$를 비교하여 서술하시오.

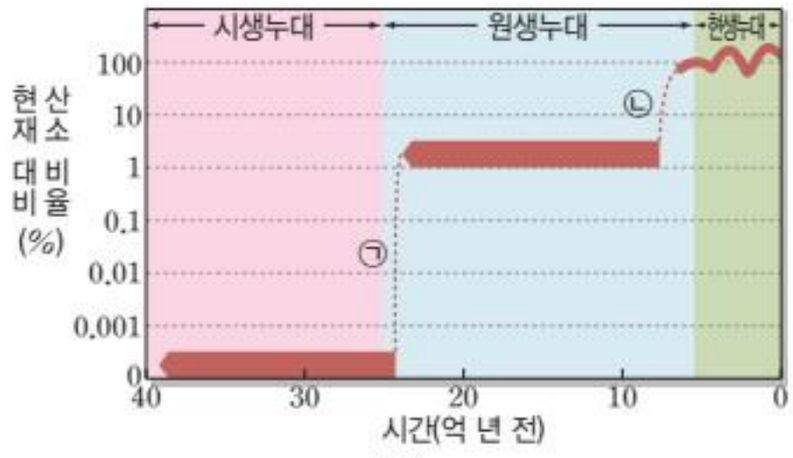
(2) 빙하의 면적이 넓어질수록 해양 생물의 산소 동위원소비$\left(\frac{^{18}O}{^{16}O}\right)$는 어떻게 변할지 서술하시오.

KeyWord
(1) • 산소 동위원소비
• 빙하 코어
(2) • 빙하기
• 산소 동위원소비

Solution Tip

기온이 높아지면 ^{18}O를 포함한 물 분자의 증발이 활발하여, 대기 중에는 상대적으로 ^{18}O를 포함한 물 분자가 많아지고, 바다에는 상대적으로 ^{18}O를 포함한 물 분자가 적어진다.

8 그림 (가)는 지질시대 동안 대기 중 산소의 비율을, (나)는 호상철광층을 나타낸 것이다. (가)의 ㉠과 ㉡은 산소 비율이 크게 변한 기간을 의미한다.



(가)


(나)

(1) 약 35억 년 전부터 남세균의 광합성에 의해 산소가 생성되었으나, ㉠ 시기까지 대기 중 산소의 비율이 증가하지 않은 까닭을 서술하시오.

(2) (가)의 ㉠과 ㉡ 중 산소의 증가량이 큰 시기를 쓰고, 그 까닭을 서술하시오.

KeyWord
(1) • 남세균
• 철 이온
• 호상철광층
(2) • 선캄브리아 시대
• 다세포 생물

Solution Tip

다세포 생물이 출현하고, 생물이 다양해지면서 대기 중의 산소 비율이 높아진다.

단원 Preview

이 단원에서 배우는 핵심 개념으로 단원 내용을 미리 살펴봅시다.



변동대와 화성암

- 마그마의 생성
- 화성암
- **변성 작용과 변성암**
- 변성 작용
- 변성암





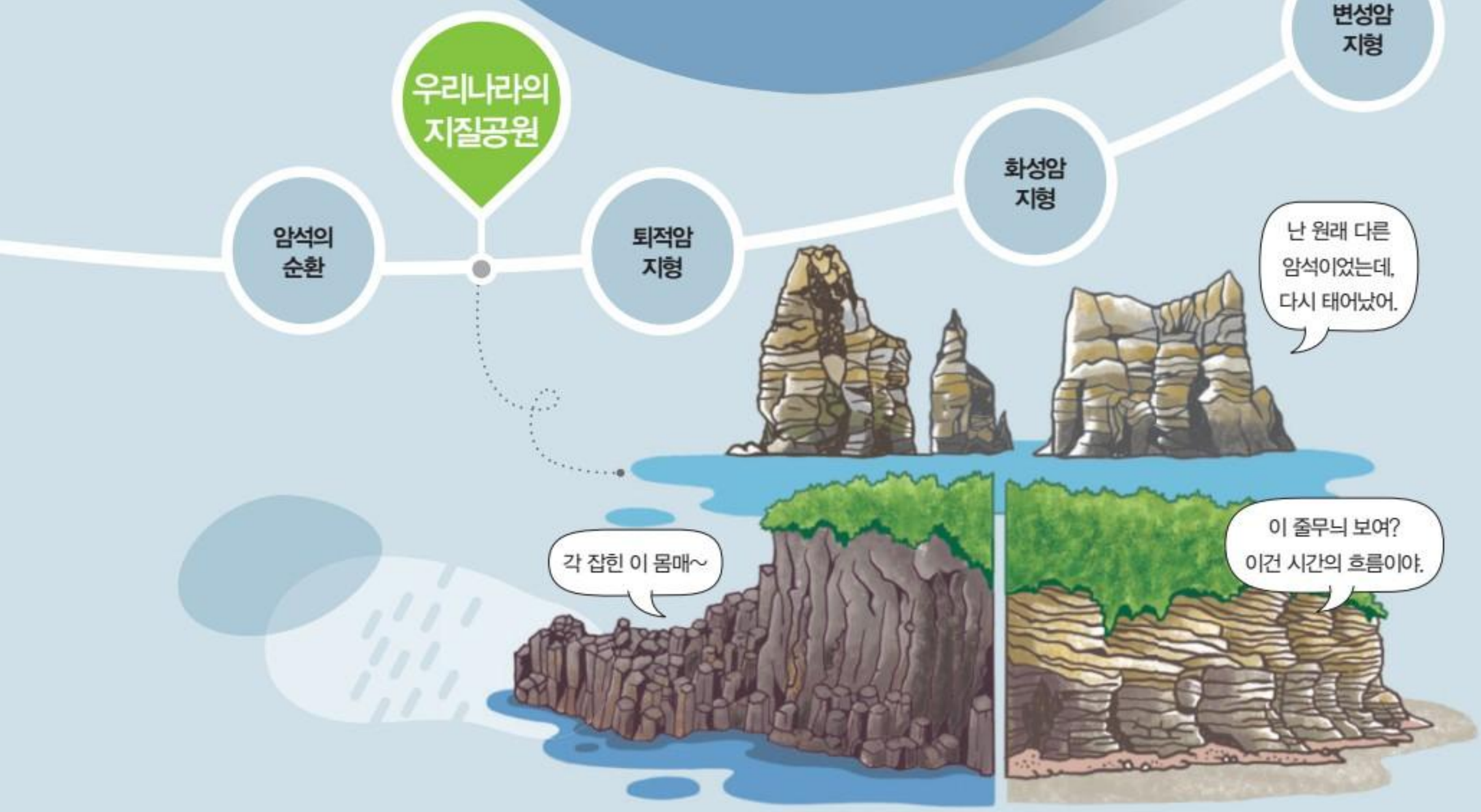
2 한반도의 암석

변동대에서 마그마와 변성 작용으로 화성암과 변성암이 생성되며,
우리나라의 지질공원에서는 다양한 암석과 지형을 관찰할 수 있다.

1 변동대와 화성암

2 변성 작용과 변성암

3 우리나라의 지질공원



01 변동대와 화성암

핵심 내용 미리보기

"변동대에서는 마그마가 식어서 화성암이 되고, 다양한 지질 구조와 화성암 지형이 만들어진다."

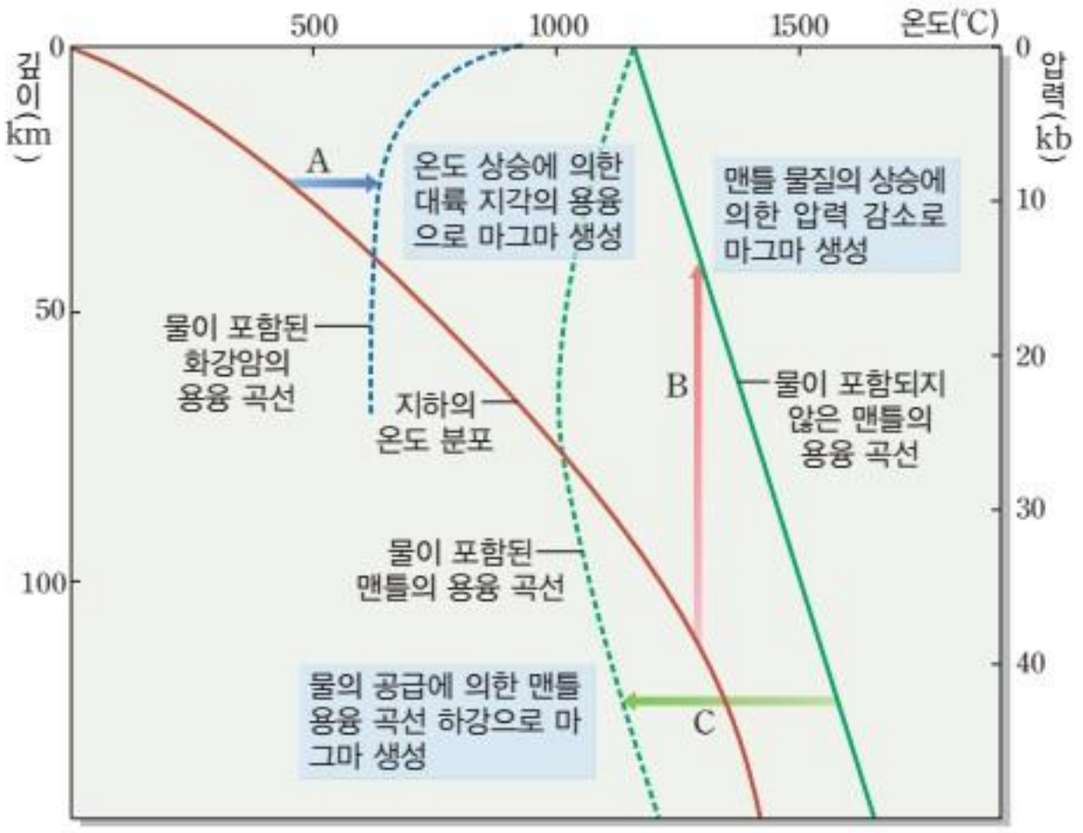
1 마그마의 생성

지구가 형성된 직후, 지구의 표면은 대부분 고온의 마그마로 뒤덮인 상태였으며, 이를 '마그마의 바다'라고 한다. 이런 마그마가 굳어 생성된 암석을 화성암이라고 하며, 이는 지구상에서 형성된 최초의 암석이다.

1. 마그마의 생성 조건

마그마는 지구 내부에서 지각 하부나 상부 맨틀의 물질이 용융되어 생성된다. 일반적으로 깊이가 깊어질수록 온도는 높아지지만, 압력도 함께 증가하기 때문에 지각이나 맨틀 물질의 용융점이 상승한다. 같은 깊이에서 맨틀의 용융점은 지구의 내부 온도보다 높아서 대부분의 맨틀은 고체 상태로 존재하므로 마그마가 쉽게 생성되지 않는다. 따라서 지하에서 지각이나 맨틀 물질이 용융되려면 온도 상승(A), 압력 감소(B), 물의 공급에 의한 용융점 하강(C)과 같은 환경 변화가 필요하다.

용융점과 압력의 관계
용융점은 고체가 액체로 상태가 변하는 온도로, 녹는점이라고도 한다. 같은 물질이라도 압력에 따라 용융점이 달라지는데, 일반적으로 압력이 높아질수록 용융점도 높아진다.



▲ 깊이에 따른 지하의 온도 분포와 암석의 용융 곡선

(1) **온도 상승에 의한 마그마 생성(A):** 대륙 지각의 온도가 상승하여 물을 포함한 화강암의 용융 곡선에 도달하면, 대륙 지각 물질이 부분 용융되어 마그마가 생성된다.

① 대륙 지각을 구성하는 화강암은 물을 포함하고 있어 깊이가 깊어질수록 용융점이 낮아진다.

② 섭입대에서 생성된 마그마가 상승하면 대륙 지각 하부를 가열하여 대륙 지각의 온도가 상승하고 화강암의 용융 곡선과 만나 유문암질 마그마가 생성된다.

부분 용융
두 가지 이상의 물질이 섞여 있는 혼합물은 불규칙한 녹는점을 가지는데, 지구 내부에는 다양한 암석과 광물이 존재하므로 마그마는 두 가지 이상의 물질이 섞여 있는 혼합물이다. 따라서 마그마가 생성될 수 있는 환경이 조성되어 암석이 용융될 때 일부 광물은 용융되고, 일부는 결정 상태로 남아 있는데, 이를 부분 용융이라고 한다. 부분 용융으로 인해 용융된 물질의 성분은 기존 암석의 성분과는 차이를 보이며, 이렇게 생성된 마그마는 주변의 암석보다 밀도가 낮아서 상승하게 된다.

(2) **압력 감소에 의한 마그마 생성(B):** 맨틀 물질이 상승하면 압력이 감소하여 물을 포함하지 않는 맨틀의 용융 곡선에 도달하면서 맨틀 물질이 같은 온도와 압력 조건에서도 부분 용융되어 마그마가 생성된다.

① 물을 포함하지 않는 맨틀 물질은 깊이가 깊어질수록 용융점이 높아진다.

② 해령이나 열점 하부에서 맨틀 물질이 상승하면 압력이 감소하여 맨틀의 용융 곡선과 만나 현무암질 마그마가 생성된다.

(3) **물의 공급으로 용융점 하강에 의한 마그마 생성(C):** 맨틀에 물이 공급되면 맨틀 물질의 용융점이 낮아져 맨틀 물질이 부분 용융되어 마그마가 생성된다.

① 물을 포함하는 맨틀 물질은 물을 포함하지 않는 맨틀 물질보다 용융점이 낮다.

② 해구에서 해양판이 섭입할 때, 해양 지각과 해양 퇴적물의 함수 광물에서 빠져나온 물이 맨틀에 공급되면서 맨틀 물질의 용융점이 낮아져 맨틀 물질이 부분 용융되어 현무암질 마그마가 생성된다.

2. 마그마의 종류와 특성

마그마는 지구 내부에서 지각 하부나 맨틀 물질이 용융되어 생성된 물질로, 마그마의 기원에 따라 화학 조성이 달라진다. 마그마는 SiO_2의 함량에 따라 현무암질 마그마, 안산암질 마그마, 유문암질 마그마로 구분된다.

(1) **현무암질 마그마:** SiO_2의 함량이 52 % 이하로, 주로 맨틀 물질에서 기원하며 철(Fe), 마그네슘(Mg) 함량이 풍부한 고철질 조성을 가진다. 온도가 가장 높고 점성이 낮으며 유동성이 큰 성질을 가지고 있다. 주로 해령과 열점에서 생성되고, 현무암질 마그마가 식어서 굳은 암석에는 현무암, 반려암 등이 있다.

(2) **안산암질 마그마:** SiO_2의 함량이 52 %~63 %로, 현무암질 마그마와 유문암질 마그마의 중간 정도의 화학 조성과 성질을 가진다. 주로 섭입대 상부에서 생성되고, 안산암질 마그마가 식어서 굳은 암석에는 안산암, 섬록암 등이 있다.

(3) **유문암질 마그마:** SiO_2의 함량이 63 % 이상으로, 주로 대륙 지각 물질에서 기원하며, 규소(Si), 알루미늄(Al) 함량이 풍부한 규장질 조성을 가진다. 온도가 낮고 점성이 높으며 유동성이 작은 성질을 가지고 있다. 주로 먼저 생성된 마그마의 화학 조성이 변하거나 대륙 지각 하부에서 부분 용융으로 생성되고, 유문암질 마그마가 식어서 굳은 암석에는 유문암, 화강암 등이 있다.

구분	현무암질 마그마	안산암질 마그마	유문암질 마그마
SiO_2 함량	52 % 이하	52 %~63 %	63 % 이상
온도	높음.	◀——▶	낮음.
점성	낮음.	◀——▶	높음.
유동성	큼.	◀——▶	작음.
화산가스 함량	적음.	◀——▶	많음.

▲ **마그마의 종류와 특성**

암석이 용융될 때 휘발성 성분의 역할

암석 물질에 물 또는 수증기 등의 휘발성 성분이 포함되면 용융점이 낮아진다. 여러 광물이 섞여 있는 암석의 용융점(녹는점)은 단일 광물의 용융점보다 낮고, 암석에 물이나 이산화 탄소와 같은 휘발성 성분이 추가되면 용융점이 더욱 낮아진다. 결과적으로, 암석에 물이 약 0.1 %만 들어가도 용융점은 약 100 ℃가 낮아진다.

함수 광물

결합 구조 내에 수산화 이온(OH^-)을 포함하고 있는 광물로, 온도와 압력이 증가하면 암석을 이루는 함수 광물이 불안정한 상태가 되어 수산화 이온이 빠져나오며 물(H_2O)이 생성되어 방출한다. 대표적인 함수 광물에는 각섬석이나 운모 등이 있다.

마그마의 구성 성분

마그마는 주로 지각과 맨틀을 구성하는 O, Si, Al, Fe, Ca, Na, K, Mg 등과 같은 화학 성분을 함유한 물질과 H_2O, CO_2, SO_2 등과 같은 기체로 구성된다.

3. 마그마의 생성 장소

집중 분석 78쪽~79쪽

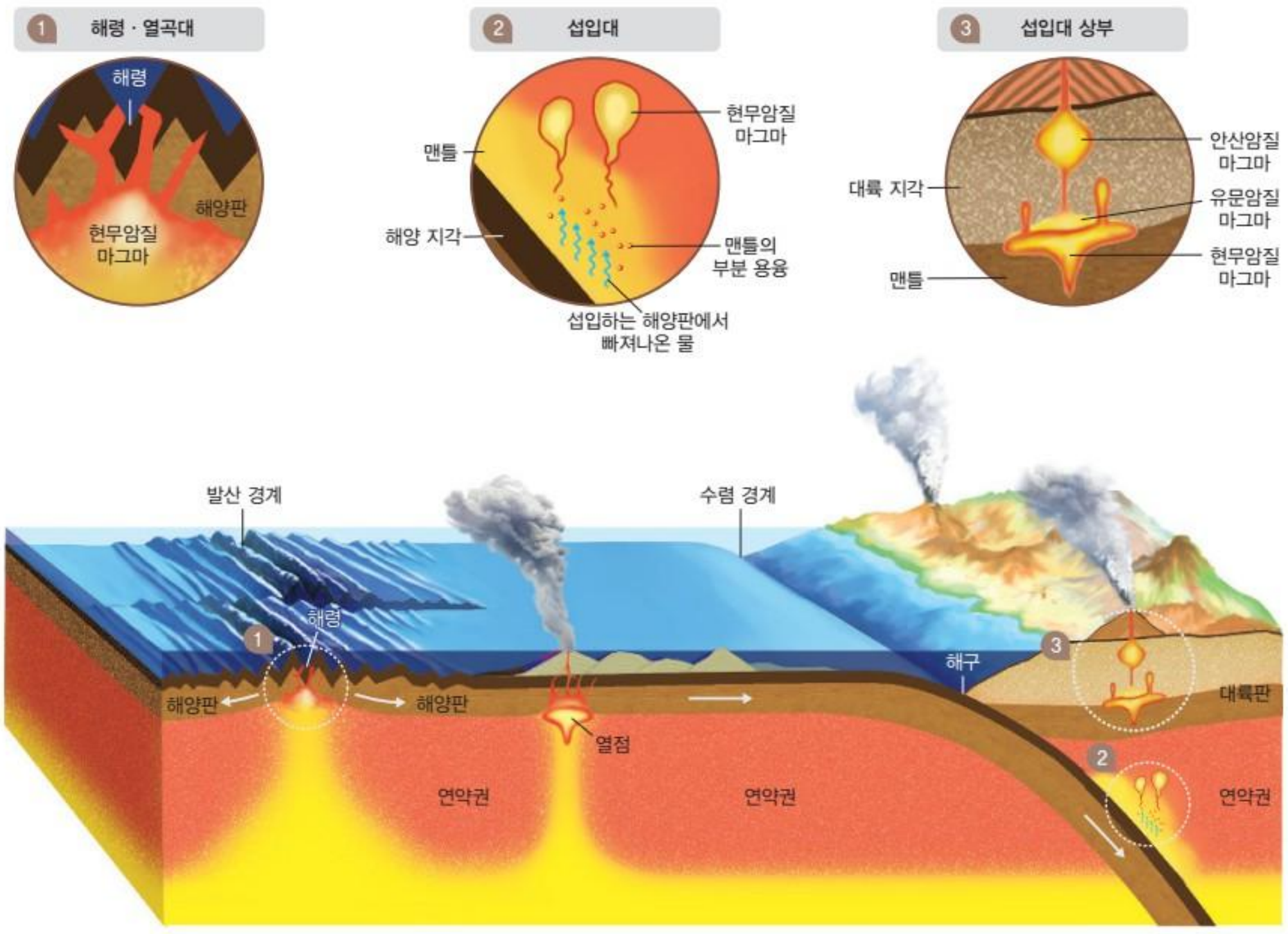
마그마는 주로 지각 변동이 활발한 변동대에 위치하는 판의 경계부에서 생성된다. 판의 발산 경계와 수렴 경계의 섭입대, 그리고 판 내부의 열점에서 마그마가 만들어진다. 이러한 장소에서 온도가 높아지거나, 압력이 낮아지거나, 물이 공급되어 용융점이 낮아지면, 지구 내부의 물질은 부분 용융되어 마그마가 생성된다.

(1) **발산 경계에서 생성되는 마그마:** 판의 발산 경계인 해령과 열곡대 하부에서 고온의 맨틀 물질이 지표 가까이 상승하면 온도는 서서히 낮아지고, 압력이 급격히 감소하여 맨틀 물질이 부분 용융되어 현무암질 마그마가 생성된다.

(2) **열점에서 생성되는 마그마:** 열점에서도 발산 경계와 마찬가지로 맨틀을 이루는 물질이 상승하면서 압력이 감소하면 맨틀 물질이 부분 용융되어 현무암질 마그마가 생성된다. 다만, 열점에서는 발산 경계보다 더 지하 깊은 곳인 외핵과 맨틀의 경계나 하부 맨틀에 있는 맨틀 물질이 상승하여 마그마가 생성되는데, 이 마그마는 해령 하부에서 생성된 현무암질 마그마보다 온도가 높고, 화학 조성도 다르다.

변동대와 순상지

변동대는 지진, 화산 활동, 조산 운동 등 지각 변동이 활발하게 일어나는 지역이다. 습곡 산맥이 형성되었거나 형성되고 있는 조산대, 화산 활동이 활발하게 일어나는 화산대, 지진이 자주 발생하는 지진대 등이 이에 해당한다. 변동대는 대체로 판의 경계부와 일치하고, 마그마의 상승과 분출에 따른 화산 활동이 일어나는 곳에서는 화성암이 생성된다. 이에 비해 순상지는 고생대 이후 지각 변동을 거의 받지 않은 안정한 지역으로, 주로 대륙의 중앙부에 위치한다. 순상지는 오랜 침식 작용으로 넓고 평탄한 지형을 이루며, 지진과 화산 활동이 거의 발생하지 않는다.



▲ 마그마의 생성 장소

(3) **수렴 경계의 섭입대에서 생성되는 마그마:** 판의 수렴 경계인 해구 부근의 섭입대에서 맨틀 물질이 부분 융융되어 현무암질 마그마가 생성되고, 이 마그마가 상승하며 대륙 지각의 물질과 반응하면 유문암질 마그마 및 안산암질 마그마가 생성된다.

① 현무암질 마그마의 생성: 섭입대에서 해양판이 섭입하면, 깊이가 깊어질수록 온도와 압력이 높아지므로 깊이 약 100 km~150 km에 도달하면 해양 지각에 포함된 함수 광물에서 물이 빠져나온다. 이 물이 섭입하는 판 위의 맨틀에 공급되면 맨틀 물질의 용융점이 낮아져 맨틀 물질이 부분 용융되어 현무암질 마그마가 생성된다.

② 유문암질 마그마의 생성: 섭입하는 해양판 위에 대륙판이 위치할 경우, 섭입하는 판 위의 맨틀에서 생성된 현무암질 마그마가 상승하면 대륙 지각 하부에 머물면서 대륙 지각을 가열하는데, 이때 대륙 지각 물질의 온도가 상승하여 대륙 지각 물질이 부분 용융되어 유문암질 마그마가 생성된다.

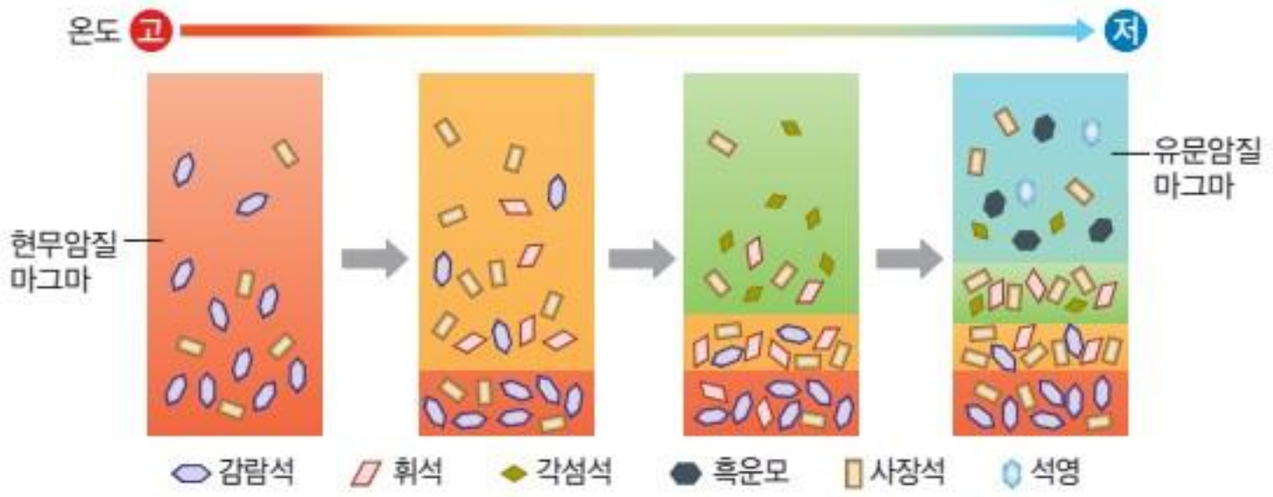
③ 안산암질 마그마의 생성: 안산암질 마그마는 현무암질 마그마와 유문암질 마그마가 혼합되거나, 현무암질 마그마가 상승하며 냉각되는 과정에서 마그마의 조성이 변하는 등 다양한 과정을 거쳐 생성된다.

섭입대에서의 맨틀 용융

섭입대에서 판이 섭입하면서 발생하는 마찰열만으로는 지각을 이루는 암석이 용융되지 않는다. 대부분의 경우, 섭입하는 판 위에 놓인 맨틀 물질이 부분 용융하여 마그마가 생성된다. 해양 지각이나 해양 퇴적물이 직접 용융되는 경우는 극히 드물다.

심화 + 마그마의 결정 분화 작용

고온의 현무암질 마그마가 냉각되기 시작하면 먼저 감람석, 휘석 등이 정출된다. 이러한 광물들은 남아 있는 마그마보다 비중이 커서 아래로 가라앉는다. 그 결과, 남아 있는 마그마의 조성은 처음의 현무암질 마그마와 달라진다. 이처럼 마그마가 냉각될 때 고온에서 정출되는 광물들부터 순서대로 정출되어 마그마로부터 분리되고, 이에 따라 남아 있는 마그마의 화학 성분이 점차 변하는 과정을 결정 분화 작용이라고 한다.



중요 개념 체크

정답과 해설 154쪽

1. 지하에서 지각이나 맨틀 물질이 용융되기 위해서는 온도 상승, (　　) 감소, 용융점 하강 등의 변화가 있어야 한다.

2. 마그마의 생성에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

(1) 발산 경계에서는 압력이 증가하여 현무암질 마그마가 생성된다. ——— (　　)

(2) 수렴 경계에서는 물의 공급으로 맨틀의 용융점이 하강한다. ——— (　　)

2 화성암의 분류와 구조

제주도의 돌하르방은 현무암으로, 경주의 석굴암은 화강암으로 만들어졌다. 현무암과 화강암은 모두 마그마가 식어 굳어진 화성암의 한 종류이다. 마그마의 종류와 생성 환경에 따라 다양한 화성암이 형성되며, 화성암은 산출 상태, 조직, 화학 성분, 광물 조성에 따라 구분할 수 있다.

1. 화성암의 분류

화성암은 지구 내부에서 생성된 마그마가 지표 부근이나 지하에서 냉각되어 굳어진 암석이다. 화성암은 광물 조성과 조직에 따라 분류할 수 있는데, 광물 조성은 마그마의 화학 조성에 의해 결정되고, 조직은 마그마가 냉각되는 속도에 따라 달라진다.

(1) **마그마의 화학 조성에 따른 분류:** 화성암은 SiO_2 함량에 따라 염기성암(고철질암), 중성암, 산성암(규장질암)으로 구분한다.

① 염기성암(고철질암): SiO_2 함량이 52 % 이하인 현무암질 마그마가 식어 생성된다. 감람석, 휘석, 사장석 등 어두운색 광물이 많아 암석의 색이 어둡다. 철(Fe), 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca)의 함량이 높고, 나트륨(Na), 칼륨(K)의 함량이 낮아 고철질암이라고도 한다. 대표적인 염기성암에는 현무암과 반려암이 있다.

② 중성암: SiO_2 함량이 52 %~63 % 사이인 안산암질 마그마가 식어 생성된다. 사장석, 각섬석 등의 광물을 포함하며, 화학 조성은 염기성암과 산성암의 중간 정도이다. 대표적인 중성암에는 안산암과 섬록암이 있다.

③ 산성암(규장질암): SiO_2 함량이 63 % 이상인 유문암질 마그마가 식어 생성된다. 석영, 정장석 등 밝은색 광물이 많아 암석의 색이 밝다. 나트륨(Na), 칼륨(K)의 함량이 높고, 철(Fe), 마그네슘(Mg)의 함량이 낮아 규장질암이라고도 한다. 대표적인 산성암에는 유문암과 화강암이 있다.

염기성암(고철질암)	중성암	산성암(규장질암)
 현무암	 안산암	 유문암
 반려암	 섬록암	 화강암

▲ 마그마의 화학 조성에 따른 분류

고철질암과 규장질암
철(Fe), 마그네슘(Mg) 함량이 많은 화성암을 고철질암이라 하고, 규소(Si), 나트륨(Na) 함량이 많은 화성암을 규장질암이라고 한다.

안산암
안산암(andesite)의 어원은 안데스산맥에서 산출되는 화산암이라는 뜻이다. 사장석, 휘석, 각섬석 등으로 이루어져 있으며, 안산암의 색은 유문암보다 어둡고, 현무암보다 밝다.

(2) **마그마의 냉각 속도에 따른 분류:** 마그마가 냉각되어 굳어지는 속도는 화성암이 생성되는 위치에 따라 달라진다. 따라서 마그마가 굳는 장소에 따라 화산암과 심성암으로 구분한다.

① 화산암: 마그마가 지표로 분출하여 빠르게 냉각되어 굳은 화성암으로, 분출암이라고도 한다. 냉각 속도가 빨라서 빨리 굳으므로 광물 결정의 성장할 시간이 부족하여 결정 크기가 매우 작은 세립질 조직이나, 결정을 거의 형성하지 못한 유리질 조직이 발달한다. 대표적인 화산암에는 현무암, 안산암, 유문암이 있다.

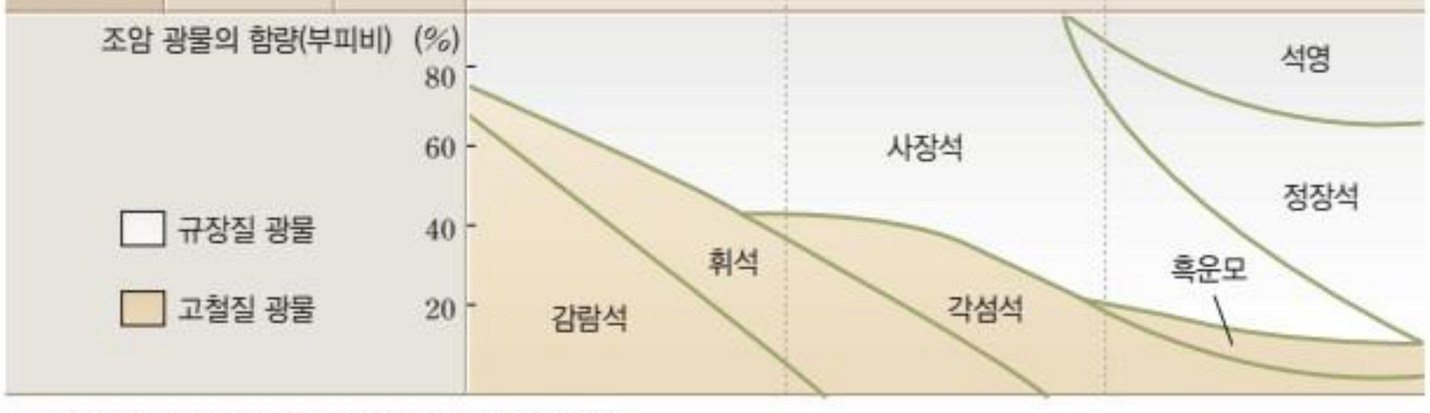
② 심성암: 마그마가 지하 깊은 곳에서 천천히 냉각되어 굳은 화성암으로, 관입암이라고도 한다. 마그마의 냉각 속도가 느려서 천천히 굳으므로 광물 결정의 성장할 시간이 충분하여 결정 크기가 큰 조립질 조직이 발달한다. 대표적인 심성암에는 반려암, 섬록암, 화강암이 있다.



▲ 마그마의 냉각 속도에 따른 분류

(3) **화성암의 광물 조성:** 대부분의 화성암은 사장석, 정장석, 석영, 흑운모, 각섬석, 휘석, 감람석 등의 광물로 이루어져 있으며, 암석을 구성하는 광물의 비율에 따라 색과 밀도가 달라진다. 염기성암은 고철질 광물을 많이 포함하고 있어 전체적으로 암석의 색이 어둡고 밀도가 크지만, 산성암은 규장질 광물을 많이 포함하고 있어 전체적으로 암석의 색이 밝고 밀도가 작다.

산출 상태	화학 성분에 따른 구분		염기성암(고철질암)	중성암	산성암(규장질암)
	성질	SiO_2 함량	적음. ← 52 %		63 % → 많음.
		색	어두운색 ←	중간	→ 밝은색
	조직	냉각 속도	많은 원소		
			Ca, Fe, Mg		K, Na, Si
화산암	세립질 조직	빠르다.	현무암	안산암	유문암
심성암	조립질 조직	느리다.	반려암	섬록암	화강암



▲ 화학 조성과 냉각 속도에 따른 화성암의 구분

화성암의 조직

- 유리질: 마그마가 지표로 분출되어 매우 빠르게 냉각될 때, 광물이 결정을 형성하지 못하고 유리질 상태로만 구성된 조직이다.
- 세립질: 마그마가 지표 부근에서 빠르게 냉각되어 광물 결정이 충분히 성장하지 못해 결정 크기가 매우 작은 조직으로, 맨눈으로 광물 입자를 구별하기 어려우며, 주로 화산암에서 나타난다.
- 조립질: 마그마가 지하 깊은 곳에서 천천히 냉각되어 광물 결정이 충분히 성장하여 결정 크기가 비교적 큰 조직으로, 맨눈으로 광물 입자를 구별할 수 있으며, 주로 심성암에서 나타난다.

고철질 광물과 규장질 광물

조암 광물은 크게 고철질 광물과 규장질 광물로 구분할 수 있다.

- 고철질 광물: 철(Fe), 마그네슘(Mg) 등을 많이 포함하고 있는 광물로, 어두운색을 띤다. 각섬석, 휘석, 감람석, 흑운모 등이 있다.
- 규장질 광물: 규소(Si)를 많이 포함하고 있는 광물로, 밝은색을 띤다. 석영, 장석 등이 있다.

2. 화성암의 구조

(1) **관입:** 마그마가 주변 암석이나 지층의 틈으로 들어가 굳어진 구조를 관입이라 하고, 관입한 마그마가 굳어 생성된 암석을 관입암이라고 한다.

① 대규모의 관입암은 마그마가 천천히 냉각되어 광물 결정의 크기가 큰 조립질로 나타난다. 관입 과정에서 마그마의 온도가 주변 암석보다 높으므로 주변 암석과 지층에서는 열에 의한 변성 작용이 일어나기도 한다. 또한, 관입한 마그마는 주변 암석의 낮은 온도의 영향으로 외곽부터 빠르게 냉각되어 중심부보다 외곽의 광물 결정 크기가 작게 나타난다.

② 생성 순서: 관입 당한 지층이나 암석은 관입암보다 먼저 생성되었다.

③ 소규모의 관입 구조는 주변 지층의 층리 방향과 관입 형태에 따라 암상, 암맥 등으로 구분된다.

- 암상: 마그마가 주변 암석이나 지층의 층리 방향과 평행하게 관입한 화성암체이다.
- 암맥: 마그마가 주변 암석이나 지층의 층리 방향을 가로질러 관입한 화성암체이다.

(2) **포획:** 마그마가 관입하는 과정에서 기존 암석의 일부가 떨어져 나와 마그마 속으로 유입되어 화성암 안에서 기존 암석의 일부가 발견되는 구조를 포획이라 하고, 이때 화성암에 포함된 암석 조각을 포획암이라 한다.

① 마그마가 관입할 때 주변 지층이나 암석의 일부가 떨어져 나와 마그마로 들어가는데, 마그마의 온도가 암석의 용융점보다 높으면 암석 조각이 녹지만, 마그마의 온도가 암석의 용융점보다 낮으면 암석 조각이 녹지 않고 마그마 안에 포획물로 남게 된다.

② 생성 순서: 마그마가 어떤 암석을 포획하려면 그 암석은 이미 관입 이전에 존재해야 하므로, 포획암은 관입한 암석보다 먼저 생성되었다.

③ 맨틀 포획암: 맨틀 부근에서 생성된 현무암질 마그마가 상승하는 과정에서 상부 맨틀의 감람암질의 조각을 포획하여 함께 분출한 암석이다. 이들은 맨틀 고유의 조성을 보존하고 있어 맨틀의 구성 성분과 지구 내부 물질 연구에 중요한 정보를 제공한다.

▲ 맨틀 포획암

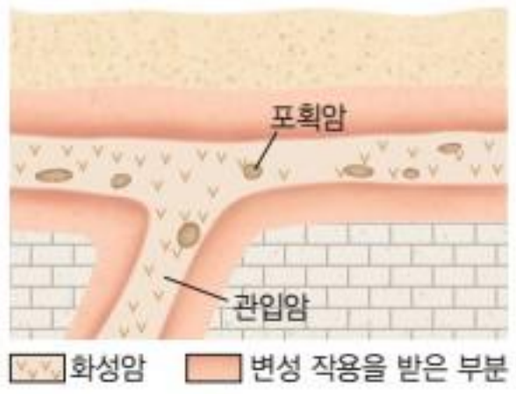
▲ 관입과 포획

▲ 관입암과 포획암

관입암과 분출암

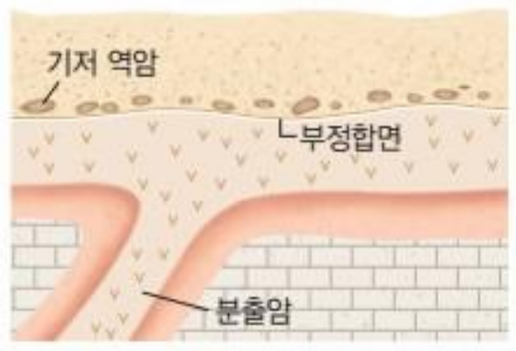
마그마가 관입한 경우와 분출한 경우는 주변 암석의 변성 작용 여부와 포획암 또는 부정합면으로 구분할 수 있다.

- 관입암: 마그마가 관입하면서 관입암 속에 먼저 생성된 기존 암석의 조각이 포획되어 포획암으로 나타나며, 관입암의 상부층과 하부층은 모두 열에 의해 변성된다.



▲ 관입암

- 분출암: 마그마가 분출하면 지표에서 냉각되므로 분출암의 상부층은 변성되지 않고, 하부층만 변성된다. 부정합면 위의 지층에 분출암이 기저 역암으로 나타날 수 있다.

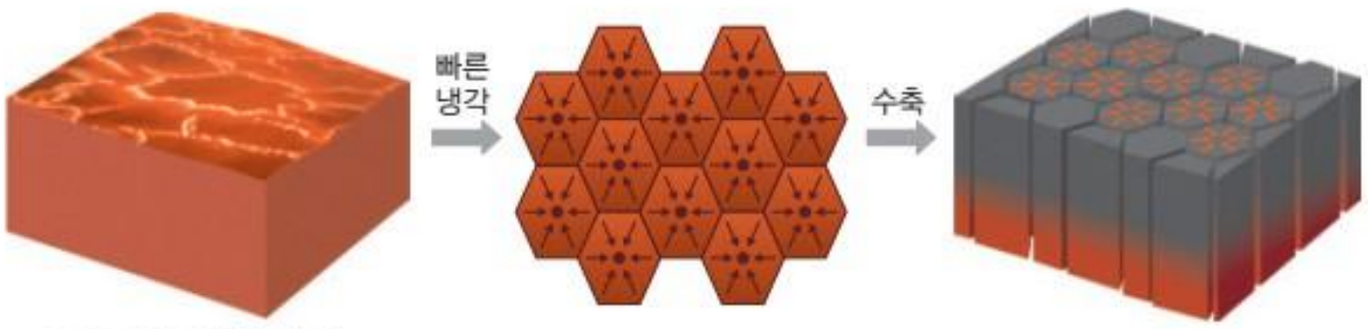


▲ 분출암

(3) **절리:** 암석에 작용하는 압력이나 온도 변화로 인해 암석의 부피가 변할 때, 암석 내부에 틈이나 균열이 생기는데, 이를 절리라고 한다. 절리는 형태에 따라 주상 절리와 판상 절리 등으로 구분된다.

① 주상 절리: 단면이 다각형인 길쭉한 기둥 모양의 절리로, 주로 화산암에서 관찰된다.

- 형성 과정: 지표로 분출한 용암이 공기와 접촉하는 표면부터 빠르게 냉각되어 수축하면서 오각형이나 육각형 등 다각형의 기둥 모양으로 절리가 형성된다.



▲ 주상 절리의 형성 과정

② 판상 절리: 얇고 편평한 판 모양의 절리로, 주로 심성암에서 관찰된다.

- 형성 과정: 지하 깊은 곳에서 생성된 암석이 융기하거나, 암석을 덮고 있던 지층이 제거되어 암석에 작용하는 외부의 압력이 감소하면 암석이 서서히 팽창하면서 표면에서부터 얇은 판 모양으로 쪼개져 절리가 형성된다.



▲ 판상 절리의 형성 과정

판상 절리의 방향과 간격

판상 절리는 일반적으로 지표면과 평행하게 발달하며, 지표에 가까울수록 냉각 속도가 빠르므로 절리의 간격이 좁고, 지하로 갈수록 넓어진다.



▲ 주상 절리



▲ 판상 절리

중요 개념 체크

정답과 해설 154쪽

1. 화성암은 (　　)의 함량에 따라 염기성암, 중성암, 산성암으로 구분한다.
2. 화성암의 분류와 구조에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.
   (1) 마그마가 지하 깊은 곳에서 천천히 식어서 생성된 화성암은 광물의 결정이 크다. ——— (　　)
   (2) 용암이 빠르게 냉각되어 수축하면 주상 절리가 형성된다. ——— (　　)

3 한반도의 화성암 지형

한반도를 구성하는 암석은 선캄브리아 시대부터 고생대, 중생대, 신생대까지 다양한 시기에 생성되어 혼합되어 있다. 그중 화성암은 중생대에 관입한 화강암과 신생대에 분출한 현무암이 대표적이다.

1. 화성암의 분포

한반도에 분포하는 화성암은 대부분 중생대에 관입한 심성암과 신생대의 화산 활동으로 생성된 화산암으로 구분할 수 있다. 심성암은 주로 유문암질 마그마가 관입하여 형성된 화강암으로, 남부 지역에서는 북북동–남남서 방향으로 분포하지만, 북부 지역에서는 방향성 없이 불규칙하게 분포한다. 화산암은 현무암질 마그마가 분출하여 생성된 현무암 등이 있으며, 제주특별자치도, 한탄강 일대, 백두산, 울릉도와 독도 등지에 분포한다.



▲ 화성암의 분포

2. 심성암 분포 지역

중생대 지각 변동으로 생성된 유문암질 마그마가 지하 깊은 곳에서 서서히 냉각되면서 생성된 화강암 등으로 이루어져 있다. 이후 화강암을 덮고 있던 상부 암석이 제거되고 화강암이 융기하면서 그 모습이 드러나게 되었다. 한반도에서 대표적인 심성암 지형으로는 북한산, 설악산, 관악산, 월출산 등이 있다.

(1) **북한산:** 중생대 중기 지각 변동으로 상승한 마그마가 냉각되어 생성된 화강암체가 융기하여 지표에 노출되면서 압력이 감소하여 판상 절리가 형성되었다. 이후 절리에 스며든 물이 얼어 부피가 팽창하는 동결 작용으로 암석이 침식되어 표면이 벗겨지고, 정상부에는 돔 모양의 봉우리가 형성되었다.

(2) **설악산:** 중생대 중기 지하 깊은 곳에서 생성된 화강암으로 이루어져 있으며, 융기와 침식 작용으로 화강암을 덮고 있던 상부 암석이 제거되어 지표에 노출되었다. 이 과정에서 판상 절리가 형성되었고, 현재까지 계속되는 풍화와 침식 작용으로 험준한 기암절벽이 만들어졌다.


▲ 북한산


▲ 설악산

동결 작용
동결 작용은 지표의 크고 작은 구멍이나 갈라진 곳 등에서 물이 얼었다가 녹는 것이 반복되어 일어나는 풍화 작용이다.

3. 화산암 분포 지역

신생대에 발생한 화산 활동으로 현무암질 마그마가 분출하여 빠르게 냉각되면서 생성된 현무암 등으로 이루어져 있다. 한반도에서 대표적인 화산암 지형으로는 제주특별자치도, 한탄강 일대, 백두산, 울릉도, 독도 등이 있다.

(1) **제주특별자치도:** 신생대 화산 활동으로 생성된 현무암질 마그마가 분출하여 급격히 냉각되며 형성된 용암 동굴, 주상 절리, 오름 등 다양한 화산 지형이 발달해 있다.

(2) **한탄강 일대:** 신생대에 유동성이 큰 현무암질 마그마가 분출하여 두께 약 200 m ~500 m의 용암 대지를 형성하였다. 한탄강 주변 절벽에는 현무암 주상 절리가 발달하였고, 용암 대지의 풍화·침식 작용으로 철원 평야가 형성되었다.

(3) **백두산:** 신생대 화산 분출로 형성되었으며, 하부에는 현무암 용암 대지로 이루어져 있고, 상부에는 유문암이 분포한다. 백두산 정상의 천지는 분화구 주변이 붕괴 및 함몰되어 형성된 호수인 칼데라호이며, 백두산 주변에는 용암 대지와 주상 절리 등 다양한 화산 지형이 발달해 있다.

용암 대지
유동성이 큰 현무암질 용암이 대량으로 분출되어 생긴 넓고 평평한 대지로, 대부분 현무암으로 이루어져 있다.

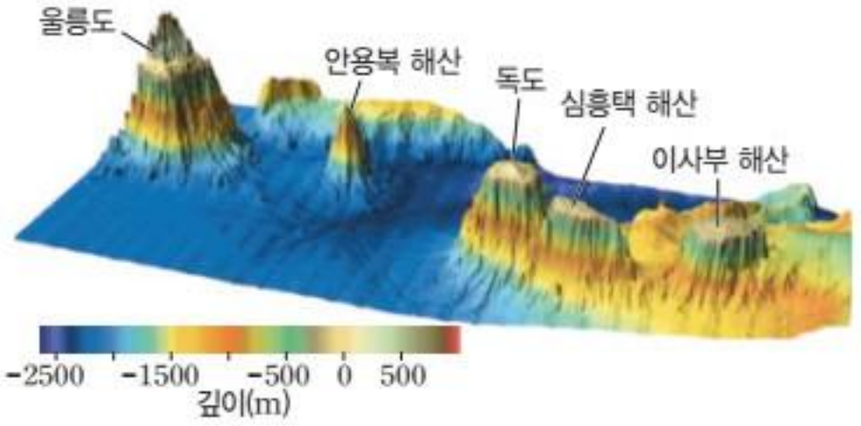

▲ 제주 주상 절리


▲ 철원 용암 대지


▲ 백두산 천지(칼데라호)

심화 울릉도와 독도

울릉도와 독도는 동해 심해저 약 2000 m 깊이에서 솟아오른 거대한 해저 화산체의 일부가 해수면 위로 드러난 것이다. 울릉도는 약 250만 년 전~약 5000년 전 사이에 형성된 해저 화산이며, 독도는 약 460만 년 전~약 250만 년 전 사이에 형성되어 울릉도보다 먼저 생성되었다. 주변에는 안용복 해산, 이사부 해산, 심흥택 해산 등 비슷한 규모의 해저 화산체도 분포한다.



중요 개념 체크

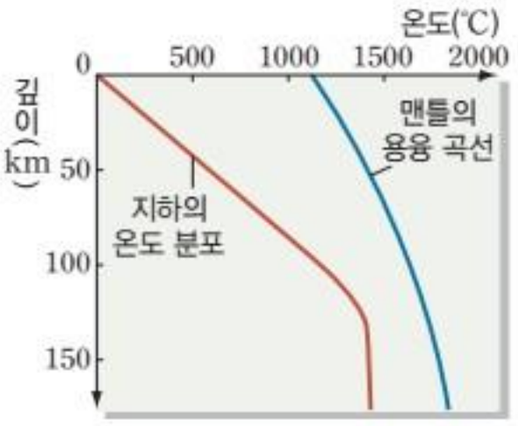
정답과 해설 154쪽

1. 한반도의 화성암 중 화산암은 주로 (　　)에 분출하였다.
2. 한반도의 화성암 지형에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.
   (1) 북한산과 설악산은 대표적인 화산암 지형이다. ——— (　　)
   (2) 한탄강 일대에서는 주상 절리와 용암 대지를 관찰할 수 있다. ——— (　　)

HIGH 집중 분석

마그마가 생성되는 조건은 장소에 따라 어떻게 다를까?

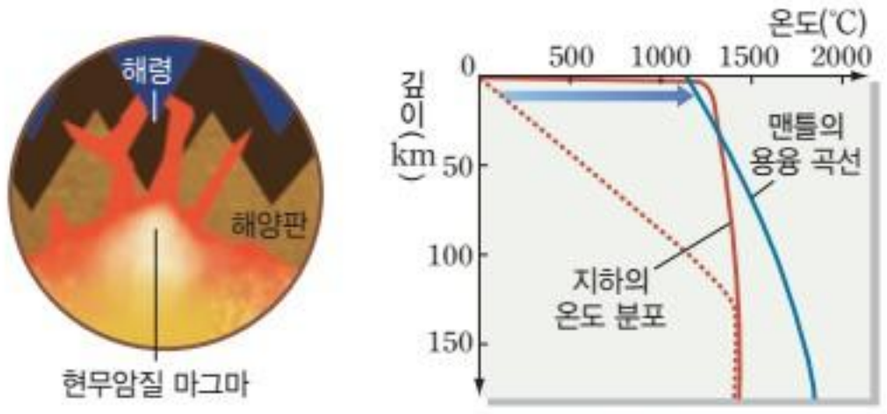
순상지에서는 지하로 깊이 들어갈수록 온도가 높아지지만, 압력도 함께 높아지기 때문에 암석의 용융점이 상승하여 맨틀은 고체 상태로 존재하고, 지각 변동도 거의 없는 곳이다. 그러나 변동대와 같이 지하에서 온도와 압력이 변하거나, 맨틀 물질의 용융점이 낮아지면 마그마가 생성된다.



순상지에서 깊이에 따른 지하의 온도 분포와 맨틀의 용융 곡선 ▶

1-1 해령에서 압력 감소에 따른 마그마 생성

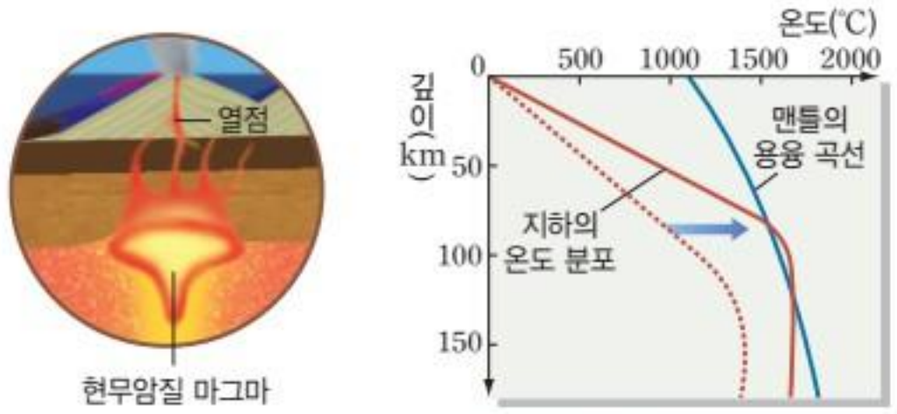
해령에서는 맨틀 대류로 인해 지하 내부에 있는 고온의 맨틀 물질이 상승하며 해양판과 해양판이 멀어진다. 위로 상승할수록 물질의 압력은 감소하는데, 물질의 온도보다 압력이 더 빠르게 감소하므로 지하의 온도 분포는 달라지고, 맨틀 물질의 온도가 용융점보다 높아지면 현무암질 마그마가 생성된다.



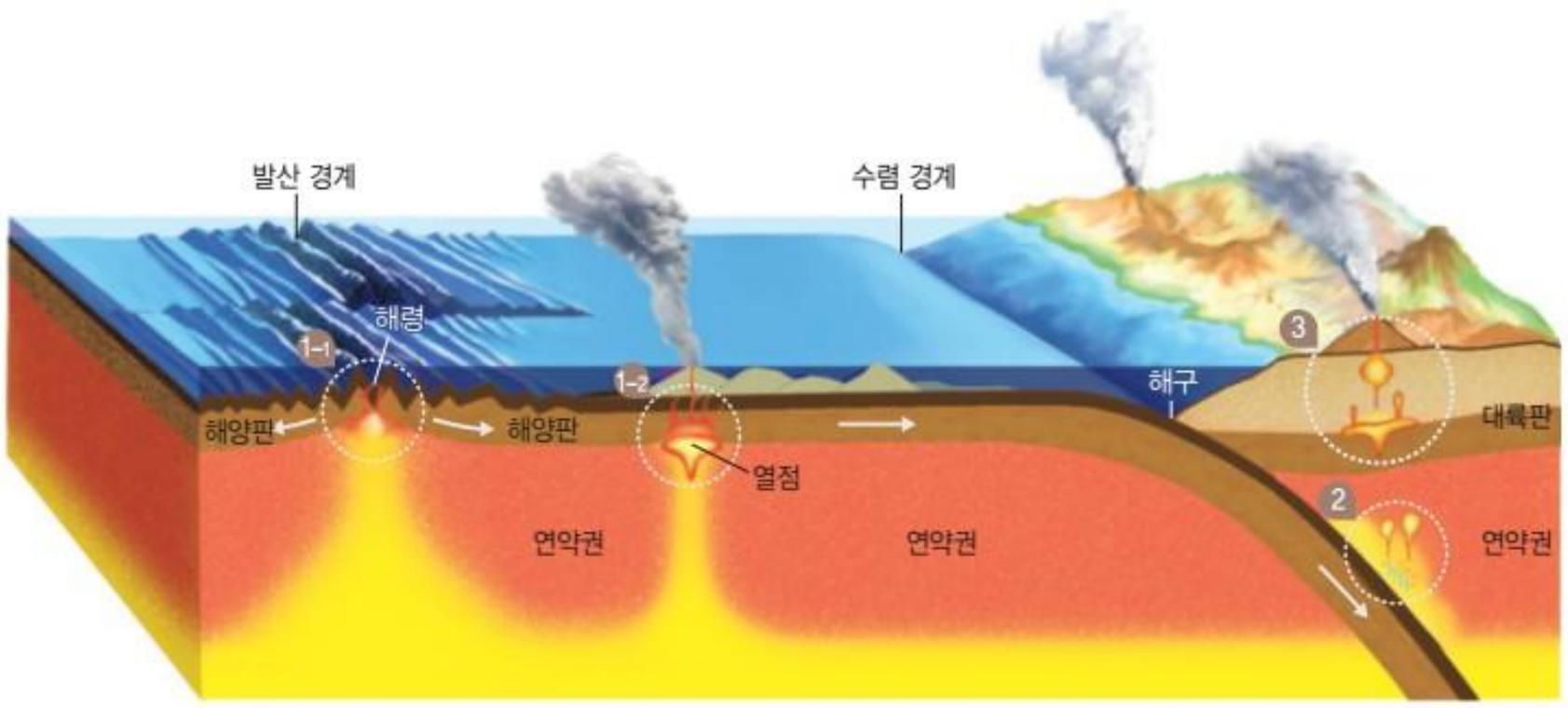
▲ 해령에서의 마그마 생성과 깊이에 따른 온도 분포

1-2 열점에서 압력 감소에 따른 마그마 생성

열점에서는 해령과 유사하게 마그마가 생성되며, 맨틀과 외핵의 경계 부근에서 발생하는 열 교란으로 상승한 하부 맨틀 물질의 압력이 감소하여 마그마가 생성된다. 이때 해령보다 더 지하 깊은 곳에서 주로 현무암질 마그마 또는 그보다 더 고철질의 마그마가 생성된다.



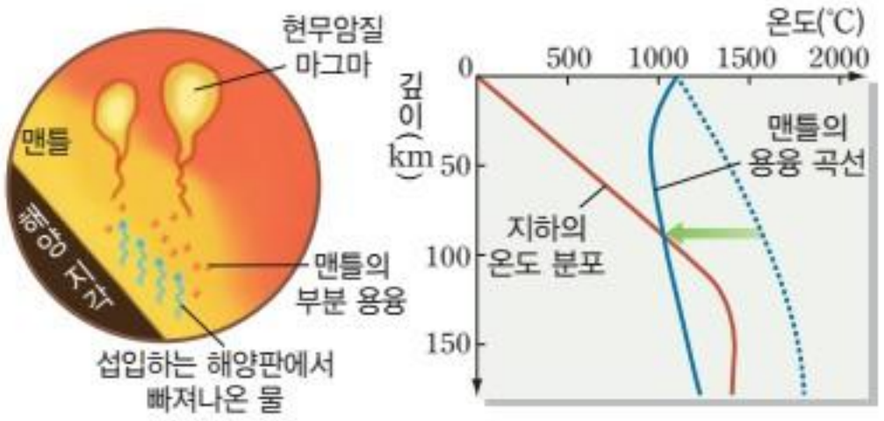
▲ 열점에서의 마그마 생성과 깊이에 따른 온도 분포



▲ 마그마의 생성 장소

2 섭입대에서 용융점 하강에 따른 마그마 생성

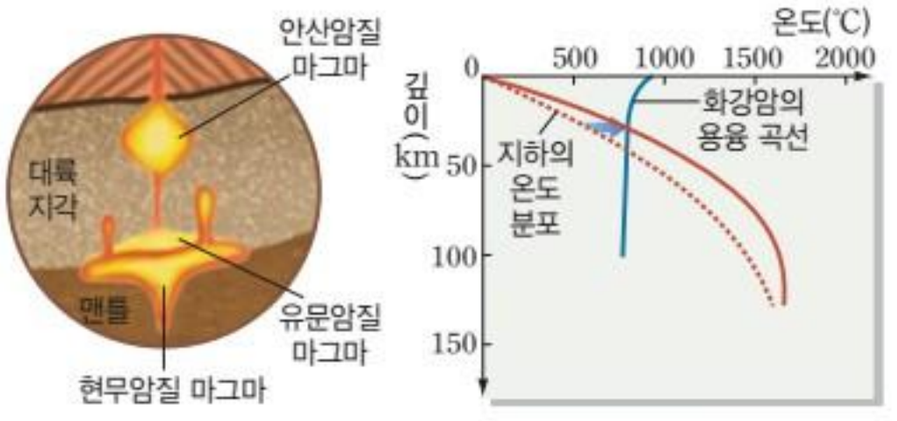
해양판이 섭입하여 지하 깊은 곳으로 하강하면 온도와 압력이 높아져 해양 지각과 해저 퇴적물에 포함된 함수 광물에서 물이 방출된다. 섭입하는 해양판 위에 있는 맨틀 물질에 물이 공급되면 맨틀의 용융 곡선의 위치가 변한다. 같은 깊이에서 물을 포함하지 않을 때보다 물을 포함한 맨틀 물질의 용융점이 낮아져 현무암질 마그마가 생성된다.



▲ 섭입대에서의 마그마 생성과 깊이에 따른 온도 분포

3 섭입대 상부에서 온도 상승에 따른 마그마의 생성

섭입하는 해양판 위에서 현무암질 마그마가 생성되면 주변의 고체 물질보다 밀도가 작아서 상승한다. 상승하는 현무암질 마그마는 대륙 지각 아래에 고이는데, 마그마의 열에 의해 대륙 지각이 가열되면 대륙 지각 물질의 온도가 상승하여 지하의 온도 분포 곡선이 화강암의 용융 곡선과 만나 유문암질 마그마가 생성된다.



▲ 섭입대 상부에서의 마그마 생성과 깊이에 따른 온도 분포

예제

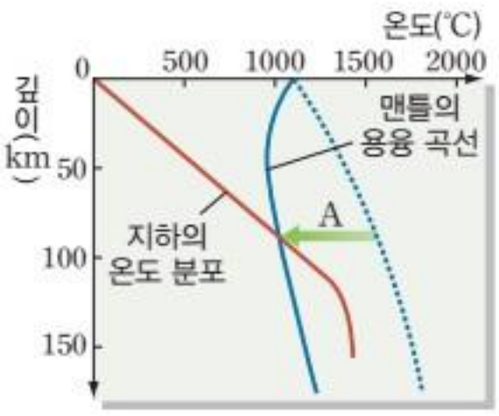
1 그림 (가)는 섭입대에서 마그마가 생성되는 과정을, (나)는 섭입대에서 깊이에 따른 지하의 온도 분포와 맨틀의 용융 곡선을 나타낸 것이다.

(1) (가)에서 생성되는 마그마 종류를 쓰시오.

(2) 용융 곡선이 A와 같이 변하는 까닭을 서술하시오.



(가)



(나)

풀이 (1) 물의 공급으로 맨틀 물질이 부분 용융되어 현무암질 마그마가 생성된다.

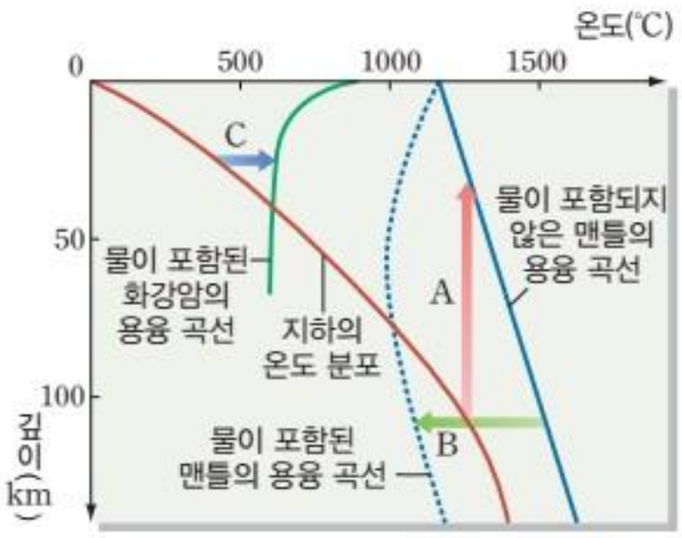
(2) 해양 지각과 해저 퇴적물에 포함된 함수 광물에서 방출된 물이 해양판 위에 있는 맨틀에 공급되어 맨틀의 용융점이 낮아진다.

정답 (1) 현무암질 마그마 (2) 섭입하는 해양판에서 빠져나온 물이 해양판 위에 있는 맨틀에 공급되었기 때문이다.

유제

정답과 해설 154쪽

1 그림은 지하의 온도 분포와 암석의 용융 곡선을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?



보기

ㄱ. A 과정으로 현무암질 마그마가 생성된다.

ㄴ. B 과정에서는 맨틀 물질의 용융점이 하강하여 마그마가 생성된다.

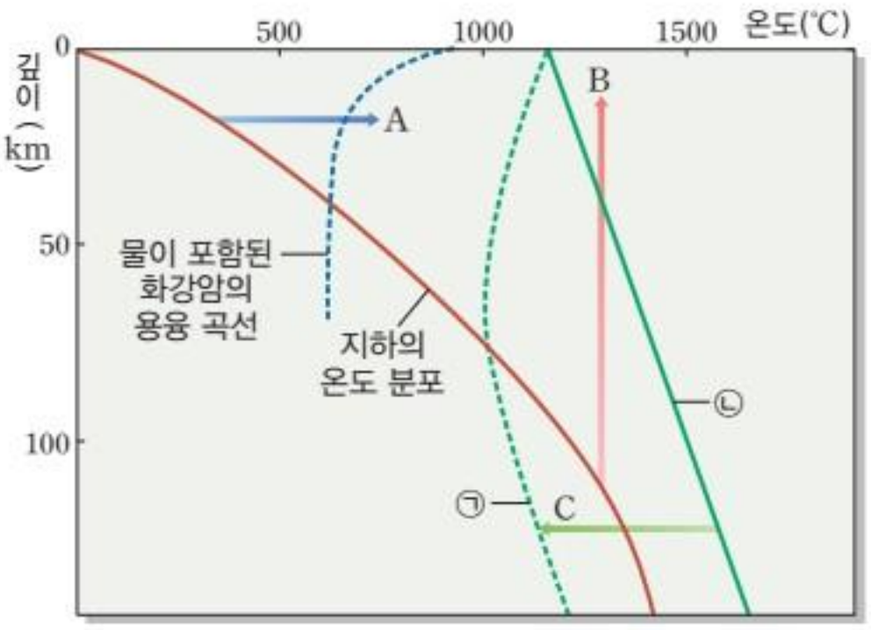
ㄷ. C 과정은 열점에서 일어난다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ

④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

개념 기본 문제

01 그림은 지하의 온도 분포와 암석의 용융 곡선을 나타낸 것이다. A~C는 마그마 생성 과정을, ㉠과 ㉡은 맨틀의 용융 곡선을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

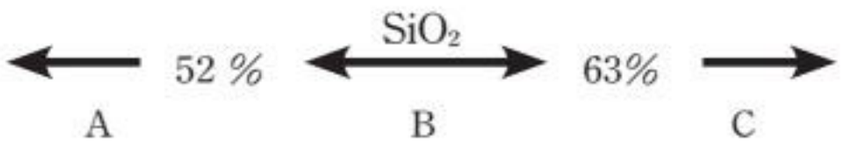
(1) ㉠과 ㉡ 중 물이 포함된 맨틀의 용융 곡선은 ㉠이다. ( )

(2) A 과정은 온도 상승에 의한 마그마의 생성 과정을 나타낸 것이다. ( )

(3) 섭입대에서는 주로 B 과정에 의해 마그마가 생성된다. ( )

(4) C 과정은 지구 내부의 온도 하강에 의한 마그마의 생성 과정을 나타낸 것이다. ( )

02 그림은 SiO_2 함량에 따른 마그마 A~C를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고르시오.

보기

ㄱ. 안산암질 마그마는 B이다.

ㄴ. 점성이 가장 낮은 마그마는 C이다.

ㄷ. 화산가스의 함량이 가장 적은 마그마는 A이다.

03 마그마의 생성 장소에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

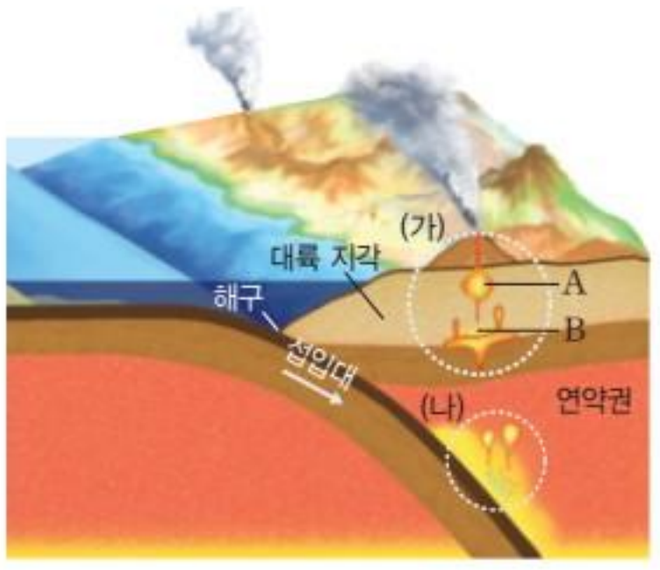
(1) 발산 경계인 해령에서는 주로 현무암질 마그마가 생성된다. ( )

(2) 열점에서 마그마가 생성되는 주된 원인은 맨틀의 온도 상승이다. ( )

(3) 섭입대에서는 해양 지각에 포함된 함수 광물에서 물이 빠져나온다. ( )

(4) 섭입대에서는 판이 섭입하면서 생긴 마찰열로 인해 마그마가 생성된다. ( )

04 그림은 섭입대에서 생성된 마그마를 나타낸 것이다. A와 B는 각각 안산암질 마그마와 유문암질 마그마 중 하나이다.



(1) (가)의 A와 B에서 생성되는 마그마의 종류를 각각 쓰시오.

(2) (나)에서 생성되는 마그마의 종류를 쓰시오.

(3) (가)와 (나) 중에서 맨틀의 용융점이 하강하여 마그마가 생성되는 곳을 쓰시오.

05 화학 성분에 따른 화성암의 분류에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 <u>않은</u> 것은 ×로 표시하시오.

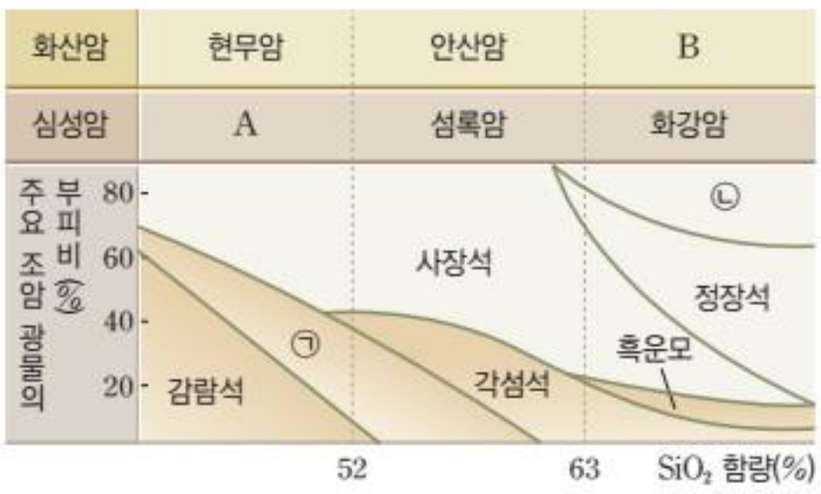
(1) SiO_2 함량이 52 % 이하인 화성암은 상대적으로 나트륨과 칼륨의 함량이 많다. ( )

(2) SiO_2 함량이 52 %~63 %인 화성암 중 대표적인 암석에는 안산암과 섬록암이 있다. ( )

(3) SiO_2 함량이 63 % 이상인 화성암은 산성암 또는 규장질암이라고 한다. ( )

(4) 염기성암은 SiO_2 함량이 52 %~63 %인 마그마가 식어서 생성된 것이다. ( )

06 그림은 화성암의 종류와 이를 구성하는 주요 조암 광물의 부피비를 나타낸 것이다. A와 B는 각각 화성암의 종류 중 하나이고, ㉠과 ㉡은 각각 이를 구성하는 조암 광물 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고르시오.

보기

ㄱ. A는 반려암, B는 유문암이다.

ㄴ. ㉠과 ㉡ 중 더 어두운색 광물은 ㉠이다.

ㄷ. A와 B 중 마그마가 지하 깊은 곳에서 천천히 냉각되어 굳은 암석은 A이다.

07 그림 (가)와 (나)는 서로 다른 화성암의 지질 구조를 나타낸 것이다.



(가)

(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고르시오.

보기

ㄱ. A는 B보다 먼저 생성되었다.

ㄴ. A는 C와 같은 종류의 암석이다.

ㄷ. (나)는 주상 절리이다.

08 그림 (가)와 (나)는 각각 현무암과 화강암의 모습을 나타낸 것이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 <u>않은</u> 것은 ×로 표시하시오.

(1) 암석을 구성하는 광물의 크기는 (가)가 (나)보다 더 크다. ( )

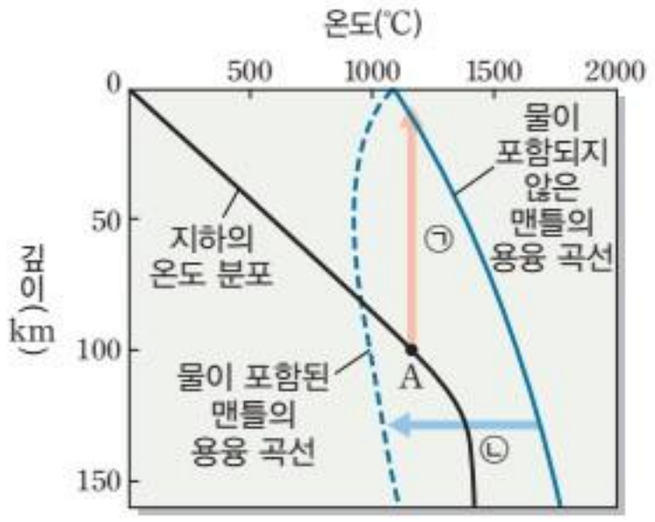
(2) 한반도에서 (가)는 주로 제주도와 한탄강 일대 등에 분포한다. ( )

(3) 한반도에 분포하는 (나)는 주로 중생대에 관입한 마그마에 의해 생성되었다. ( )

개념 적용 문제

➤ 마그마의 생성 조건

01 그림은 지하의 온도 분포와 맨틀 물질의 용융 곡선을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

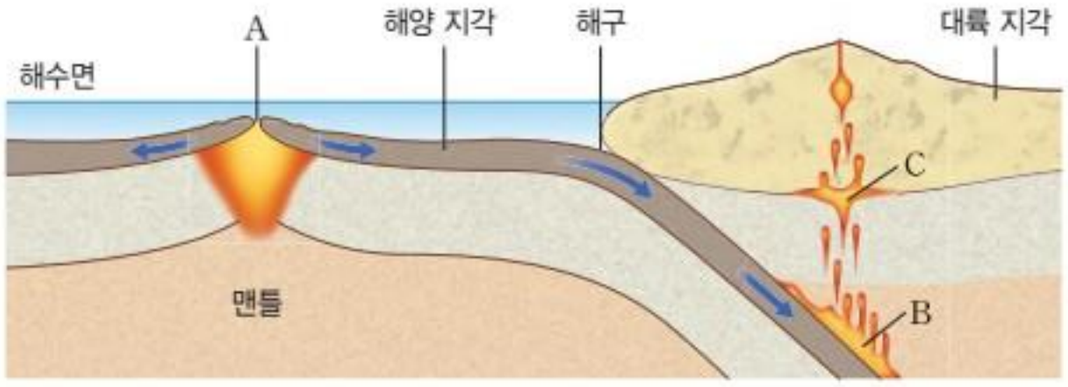
ㄱ. 물이 포함되지 않은 맨틀 물질은 A에서 용융된 상태이다.
ㄴ. ㉠ 과정에서 맨틀 물질의 압력이 감소한다.
ㄷ. ㉡ 과정은 주로 열점에서 일어난다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➤ 온도 상승, 압력 감소, 용융점 하강과 같은 환경 변화가 일어나야 마그마가 생성될 수 있다.

➤ 마그마의 생성 장소

02 그림은 판의 경계에서 마그마가 생성되는 지점 A~C를 나타낸 것이다.



지점 A~C에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. A에서는 맨틀 대류의 상승으로 온도가 낮아져 마그마가 생성된다.
ㄴ. B에서는 물에 의해 맨틀의 용융점이 낮아진다.
ㄷ. 생성되는 마그마의 SiO_2 함량(%)은 C에서 가장 높다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➤ 해령에서는 맨틀 물질이 상승하고, 섭입대에서는 해양 지각으로부터 방출된 물에 의해 맨틀의 용융점이 하강하여 마그마가 생성된다.

➤ 화성암의 분류

03 그림 (가)와 (나)는 화성암을 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 각각 반려암과 안산암 중 하나이다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

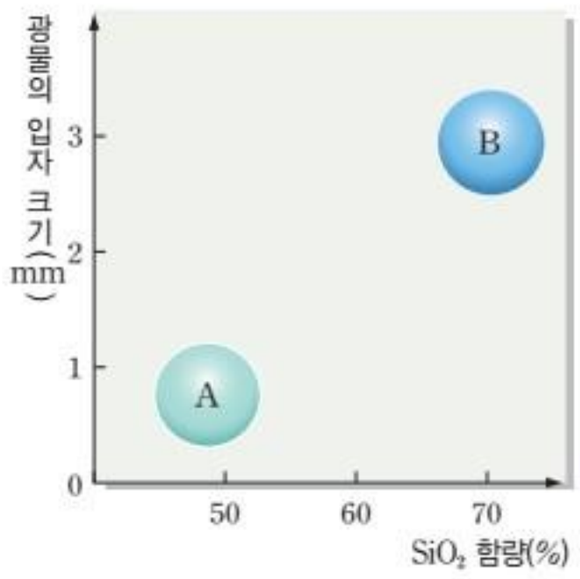
ㄱ. (가)는 반려암이다.
ㄴ. 암석이 생성되는 깊이는 (가)가 (나)보다 깊다.
ㄷ. 암석을 구성하는 광물의 크기는 (나)가 (가)보다 크다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

▷ 반려암은 염기성암이고, 안산암은 중성암이다. 반려암은 조립질 조직이 나타나고, 안산암은 세립질 조직이 나타난다.

➤ 화성암의 분류

04 그림은 서로 다른 화성암 A와 B를 구성하는 광물의 입자 크기와 SiO_2 함량을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 암석의 색은 A가 B보다 어둡다.
ㄴ. 마그마의 냉각 속도는 A가 B보다 빠르다.
ㄷ. 철(Fe)과 마그네슘(Mg)의 함량비는 A가 B보다 높다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

▷ 화성암을 구성하는 광물의 입자 크기는 마그마의 냉각 속도에 따라 달라지고, 화성암의 색은 SiO_2 함량에 따라 달라진다.

➤ 화성암의 구조

05 그림 (가)와 (나)는 화성암에서 나타나는 서로 다른 지질 구조를 나타낸 것이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (나)의 암석은 (가)보다 깊은 곳에서 생성되었다.
ㄴ. (가)는 암석에 가해지는 압력이 감소하면서 형성되었다.
ㄷ. (나)는 용암이 급격히 냉각되면서 수축하여 형성되었다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

▷ 판상 절리는 얇고 편평한 판 모양의 절리이고, 주상 절리는 단면이 다각형인 길쭉한 기둥 모양의 절리이다.

➤ 심성암 분포 지역

06 그림은 설악산의 모습을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 주로 화강암으로 이루어져 있다.
ㄴ. 신생대에 관입한 마그마로부터 생성되었다.
ㄷ. 관입한 마그마가 식으면서 부피가 줄어들어 절리가 형성되었다.

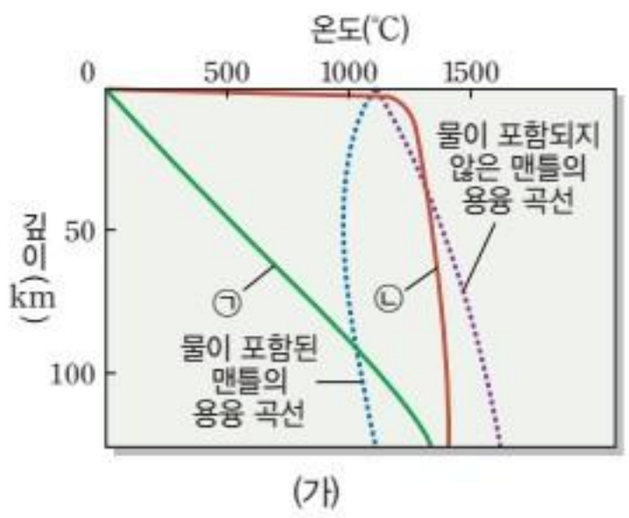
① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

▷ 설악산은 지하 깊은 곳에서 생성된 심성암으로 이루어져 있다.

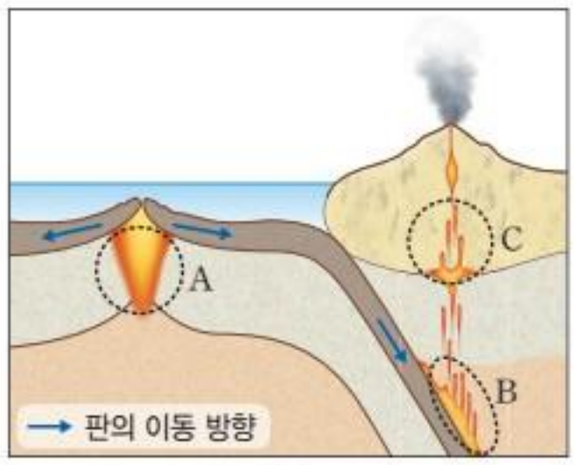
1등급 도전 문제

➤ 마그마의 생성 조건과 생성 장소

07 그림 (가)는 깊이에 따른 맨틀의 용융 곡선과 지역 ㉠, ㉡의 지하 온도 분포를, (나)는 마그마가 생성되는 지역 A~C를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각 A~C 중 하나이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

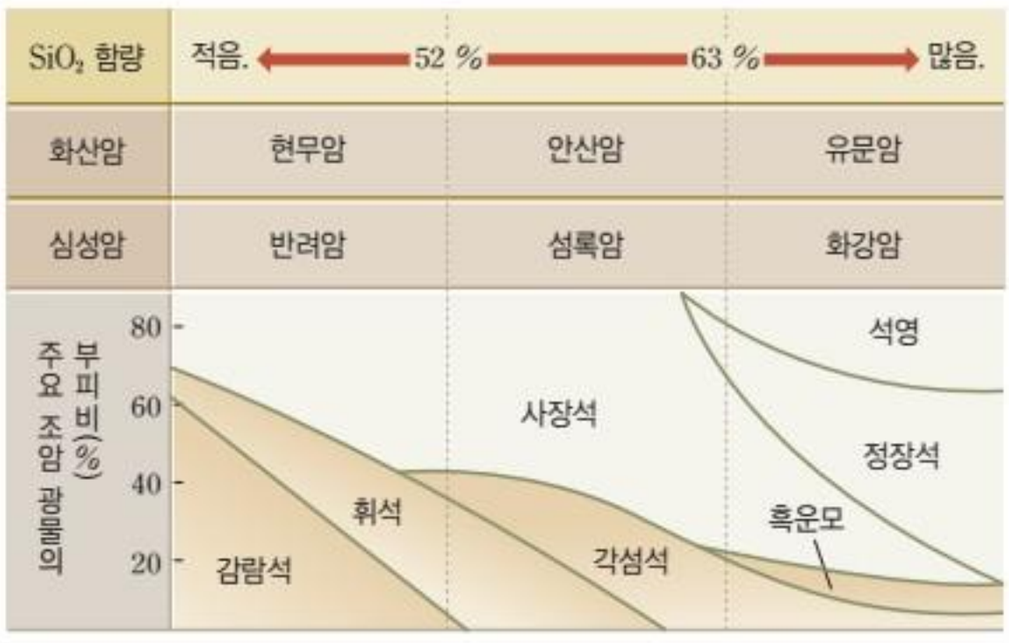
ㄱ. (가)의 ㉡은 (나)의 A이다.
ㄴ. (가)의 ㉠에서 물이 포함된 맨틀 물질은 용융될 수 있다.
ㄷ. (나)에서 생성되는 마그마의 SiO_2 함량(%)은 B에서가 C에서보다 높다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

마그마가 생성되기 위해서는 지하 온도가 맨틀의 용융점보다 높아야 한다. 지하 물질이 상승하여 압력이 감소하거나, 맨틀의 용융점이 하강하면 마그마가 생성될 수 있다.

➤ 화성암의 분류

08 그림은 주요 조암 광물의 부피비와 화학 성분에 따라 분류한 화성암을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 현무암과 반려암을 구성하는 광물의 결정 크기는 비슷하다.
ㄴ. 유문암과 화강암을 구성하는 광물의 종류는 비슷하다.
ㄷ. SiO_2 함량이 높은 암석일수록 나트륨과 칼륨을 많이 포함하는 광물로 구성되어 있다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

화산암에서는 세립질 조직이, 심성암에서는 조립질 조직이 나타나고, SiO_2 함량에 따라 구성하는 광물의 종류가 다르다.

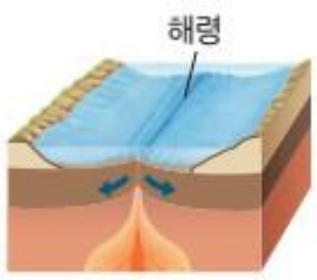
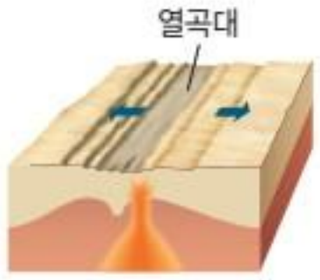
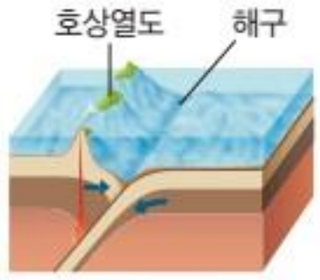
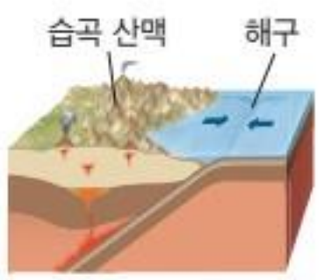
통합과학 연계

능분석 TO

마그마와 변동대

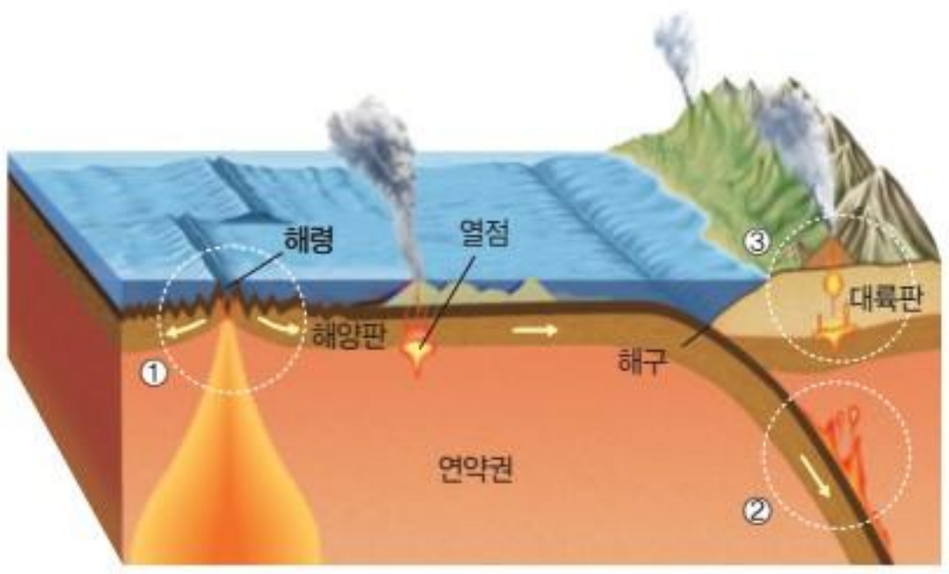
연계 Point 판의 경계에서의 화산 활동과 관련된 내용을 지구과학에서는 마그마의 생성 장소로 자세히 설명한다. 판의 경계에서 나타나는 모습이나 특징을 제시하고, 어떤 종류의 경계인지 확인하는 문제가 출제될 수 있다. 이때 판의 경계에 따른 마그마의 생성 여부와 생성되는 마그마의 종류를 알면 문제를 더 쉽게 해결할 수 있다.

통합과학 판의 경계

발산형 경계		수렴형 경계(섭입형 경계)	
해양판과 해양판 ➔ 해령 발달	대륙판과 대륙판 ➔ 열곡대 발달	해양판과 해양판 ➔ 해구, 호상열도 발달	대륙판과 해양판 ➔ 해구, 습곡 산맥 발달
			
대서양 중앙 해령, 동태평양 해령	동아프리카 열곡대	마리아나 해구	페루-칠레 해구, 안데스산맥

핵심 point 판과 판이 만나는 경계에서는 여러 가지 지각 변동이 일어나는데, 맨틀 대류가 상승하는 발산형 경계와 맨틀 대류가 하강하는 수렴형 경계 중 섭입형 경계에서는 마그마가 생성되어 화산 활동이 일어난다. 따라서 판의 경계 중 화산 활동이 일어나는 곳은 마그마의 생성 여부로 구분할 수 있다.

지구과학 마그마의 생성 장소



핵심 point ①에서는 고온 맨틀 물질이 상승하면서 압력이 감소하여 현무암질 마그마가 생성된다. ②에서는 해양판이 섭입하면서 온도와 압력이 상승하고, 이 과정에서 해양판에서 빠져나온 물이 맨틀로 공급되어 현무암질 마그마가 생성된다. ②에서 생성된 마그마는 위로 상승하여 ③에서 유문암질 마그마가 생성되고, 현무암질 마그마와 유문암질 마그마가 섞여 안산암질 마그마가 생성된다. 따라서 ① 해령에서는 현무암질 마그마가 분출하고, ③ 섭입대에서는 안산암질 마그마에 의한 화산 활동이 일어난다.

대표 예제 살펴보기

그림은 동아프리카 열곡대, 산안드레아스 단층, 안데스산맥을 특징에 따라 구분하는 과정을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. A는 동아프리카 열곡대이다.
ㄴ. B는 발산형 경계에 해당한다.
ㄷ. C에서는 지진이 자주 발생한다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

풀이

ㄱ. 동아프리카 열곡대는 **맨틀 대류가 상승**하여 대륙판과 대륙판이 발산하는 **발산형 경계**로, **현무암질 마그마가 생성**되어 **화산 활동**과 지진이 발생하므로 A이다.

ㄴ. 안데스산맥은 **맨틀 대류가 하강**하여 해양판이 대륙판 아래로 섭입하는 **수렴형 경계**로, **안산암질 마그마가 생성**되어 **화산 활동**과 지진이 발생하므로 B이다.

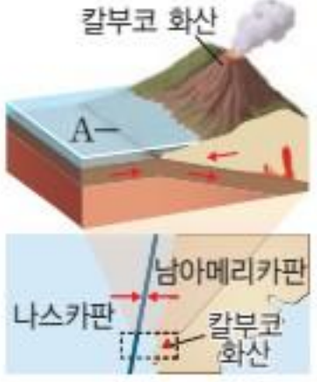
ㄷ. 산안드레아스 단층은 두 판이 서로 반대 방향으로 어긋나게 이동하는 **보존형 경계**로, 지진은 발생하지만, **마그마가 생성되지 않아** 화산 활동이 발생하지 않으므로 C이다.

정답 ③

실전 문제 풀어보기

정답과 해설 156쪽

그림 (가)는 칠레 칼부코 화산 주변에 있는 판의 경계(A)와 이동 방향을, (나)는 2015년에 발생한 칼부코 화산 분출에 관한 신문 기사의 일부를 나타낸 것이다.



(가)

칠레 칼부코 화산이 분출하면서 엄청난 양의 화산재가 하늘을 뒤덮었다. 칠레 정부는 주민들에게 긴급 대피 명령과 휴교령을 내렸으며, 인접한 아르헨티나와 우루과이에서는 화산재로 인해 항공기 운항이 중단되고, 농작물 피해가 발생하였다.

(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. A는 보존 경계이다.
ㄴ. 칼부코 화산은 맨틀 대류가 상승하는 곳에서 발생하였다.
ㄷ. 화산 활동은 주변 국가에 사회적, 경제적인 영향을 준다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 변성 작용과 변성암

핵심 내용 미리보기

"변성 작용으로 다양한 변성암과 지질 구조 등이 나타나며, 지구 시스템에서 암석은 순환하고 있다."

1 변성 작용

암석이 생성될 당시와 다른 온도와 압력 조건에 놓이게 되면, 고체 상태에서 암석을 이루는 광물과 암석의 조직 등이 변화한다. 변성 작용으로 생성된 변성암에는 지질학적 사건과 환경 변화의 흔적이 기록되어 있다.

1. 변성 작용

(1) **변성 작용:** 암석이 생성될 당시와 다른 온도나 압력 환경에 놓여 고체 상태에서 광물의 화학 조성이나 조직 등이 변하는 과정이다.

① 온도와 압력이 높아지면 암석은 새로운 온도와 압력 조건에 맞게 변성된다.

② 암석은 고체 상태를 유지하면서 광물 입자의 배열이 달라지고, 광물이 커지거나 새로운 광물이 형성되면서 화학 조성이 변할 수 있다.

(2) **변성 작용의 요인:** 변성 작용을 일으키는 요인에는 온도, 압력, 활성 유체, 시간 등이 있으며, 온도와 압력이 가장 중요한 요인이다.

① 온도: 지구 내부의 열이나 마그마의 관입에 의한 열은 변성 작용을 일으킨다. 새로운 온도 환경에 맞는 변성 광물이 만들어질 수 있으며, 일반적으로 변성 작용은 약 150 ℃~800 ℃의 온도 범위에서 일어난다.

② 압력: 지구 내부의 깊은 곳에서 받는 압력이나 판이 충돌하는 수렴 경계에서 받는 압력은 암석의 조직과 광물 조성을 변화시킨다. 일반적으로 변성 작용은 약 2000 기압~15000 기압의 압력 범위에서 일어난다.

③ 활성 유체: 암석 내부에 포함된 물(H_2O), 이산화 탄소(CO_2), 메테인(CH_4), 질소(N_2) 등 화학적으로 활성화된 유체는 이온의 이동을 도와 촉매와 같은 역할을 한다. 그 결과, 광물은 더 안정한 형태로 재결정화되거나 새로운 광물이 형성된다.

④ 시간: 변성 작용은 수만 년에서 수백만 년에 걸쳐 매우 느리게 진행된다.

변성 작용을 일으키는 열의 근원
지구 내부에서 변성 작용을 일으키는 열의 근원에는 깊이가 깊어질수록 높아지는 지열과 마그마가 관입하여 주변 암석에 전달하는 열이 있다.

(3) **재결정 작용:** 변성 작용이 일어나는 동안 새로운 온도와 압력 조건에 맞는 변성 광물이 생성되거나 기존 광물의 입자가 커지는 과정이다. 예를 들어, 석회암이나 사암이 변성 작용을 받으면, 방해석 결정이나 석영 입자가 재결정하여 입자 사이의 빈 공간을 채우며 성장하고, 각각 대리암과 규암으로 변한다.



▲ **재결정 작용으로 인한 입자 크기의 변화**

변성 작용에서 시간의 영향
암석이 변성 작용을 받을 때 구성 광물 사이의 화학 반응은 매우 느리게 진행된다. 일반적으로 조립질의 변성암은 고온·고압 조건에서 수백만 년 이상 지속되는 변성 작용에 의해 생성된다. 반면, 세립질의 변성암은 비교적 저온·저압 조건에서 수십만 년 정도의 짧은 시간 동안 변성 작용을 받아 생성되는 경우가 많다.

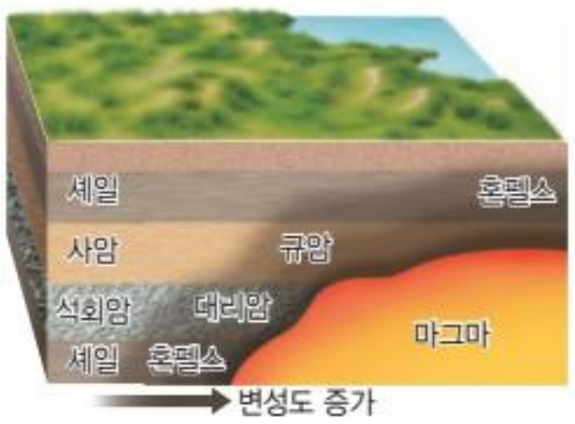
2. 변성 작용의 종류

변성 작용은 주된 변성 요인에 따라 열에 의한 접촉 변성 작용과 온도와 압력 상승에 의한 광역 변성 작용으로 구분된다.

(1) **접촉 변성 작용:** 마그마가 관입하는 부근에서 주로 열에 의해 일어나는 변성 작용으로, 마그마와 접촉하는 부근의 비교적 좁은 지역에서 발생한다.

① 기존 암석에 마그마가 관입하면 마그마의 열과 휘발성 성분에 의해 접촉부에서 광물이 재결정되어 조직이 치밀하고 단단해진다.

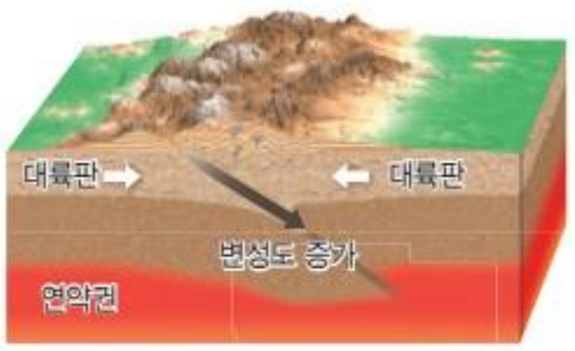
② 범위: 관입한 마그마의 접촉부에서 약 2 km ~3 km의 좁은 범위에서 나타나며, 접촉부에서 멀어질수록 변성도가 감소하여 저온에서 안정한 변성 광물이 형성된다.



▲ 접촉 변성 작용

③ 퇴적암이 접촉 변성 작용을 받으면, 셰일은 혼펠스로, 사암은 규암으로, 석회암은 대리암으로 변한다.

(2) **광역 변성 작용:** 조산 운동과 같은 대규모 지각 변동이 일어나는 곳에서 온도와 압력이 상승함에 따라 발생하는 변성 작용으로, 매우 넓은 지역에서 나타난다.

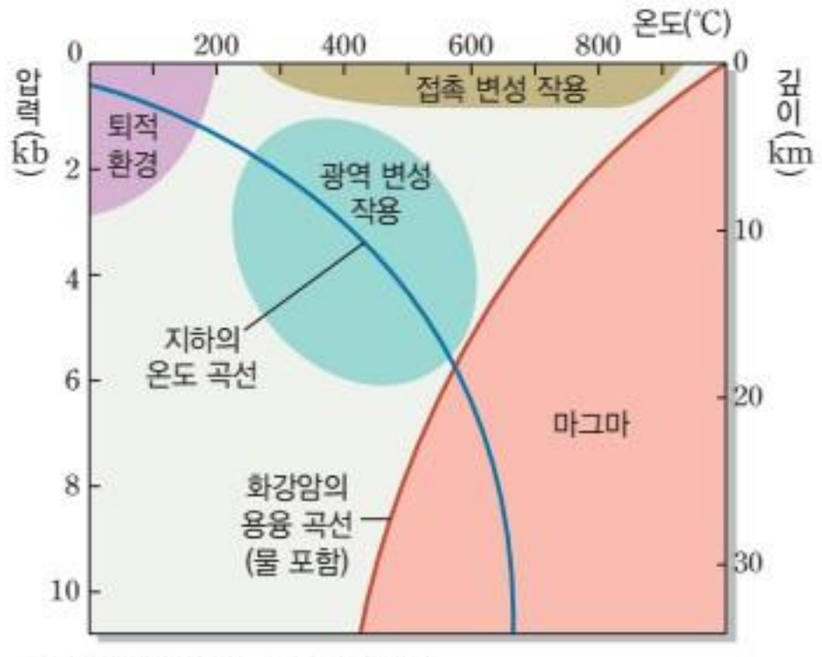


▲ 광역 변성 작용

① 두 대륙판이 충돌하거나 해양판이 대륙판 아래로 섭입하는 과정에서 발생하는 조산 운동 등 대규모 지각 변동 지역에서 암석이 높은 열과 큰 압력을 받으면 광물 조성, 구조, 조직 등이 변한다.

② 범위: 거리는 수백 km ~ 수천 km, 면적은 수만 km^2의 넓은 지역에서 나타난다.

③ 깊이가 깊어질수록 온도와 압력이 증가하므로 변성도가 커진다. 예를 들어, 셰일은 광역 변성 작용을 받으면 변성도에 따라 점판암 → 천매암 → 편암 → 편마암으로 변한다.



▲ 변성 작용의 온도와 압력 범위

휘발성 성분
마그마의 휘발성 성분은 주로 물(H_2O)과 이산화 탄소(CO_2)이며, 이외에도 소량의 규소(Si), 염소(Cl) 등의 다양한 기체가 혼합되어 있다. 일반적으로 마그마에는 약 3 % ~ 5 %의 휘발성 성분이 포함되어 있다.

변성도
변성도는 온도와 압력의 증가에 의한 변성 작용의 정도를 나타낸다. 점판암은 저변성도, 천매암과 편암은 중변성도, 편마암은 고변성도 변성암이다.

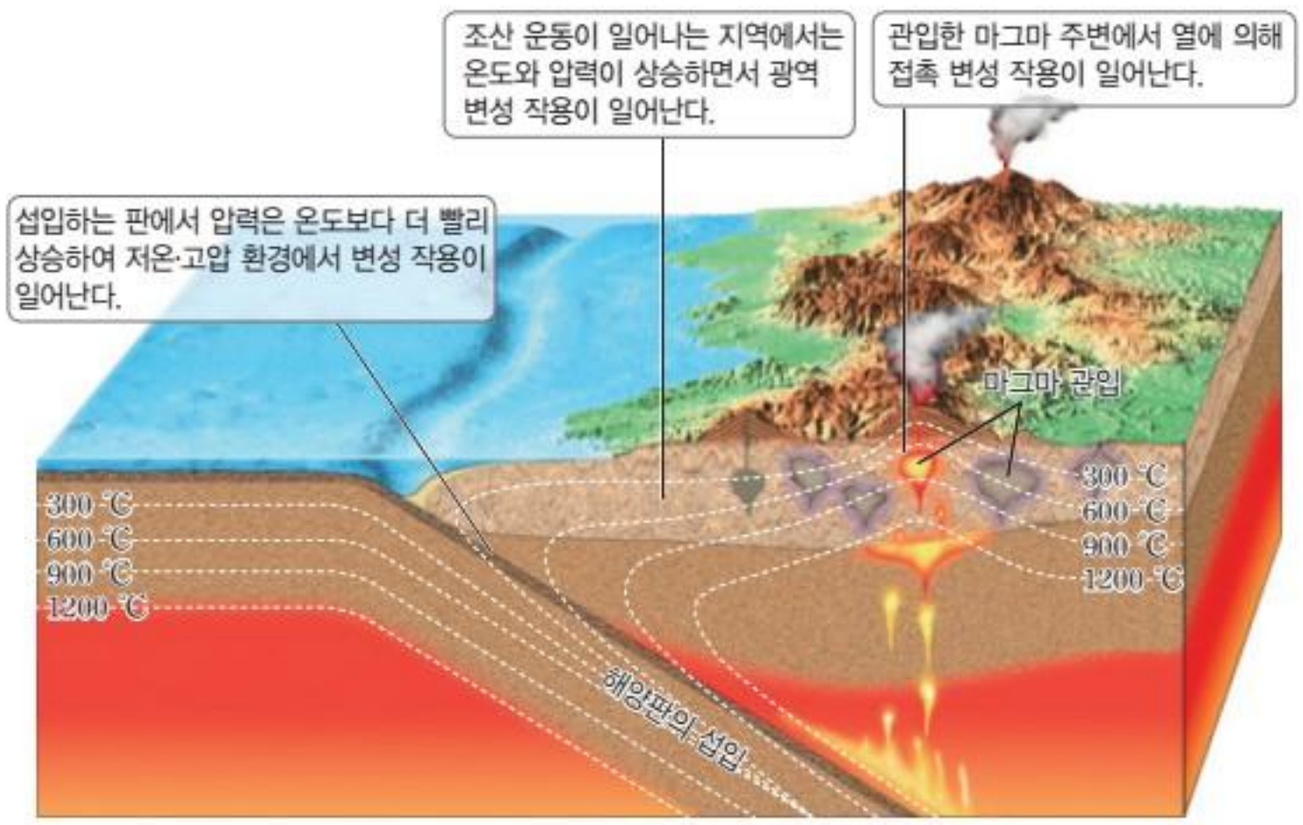
3. 수렴 경계에서의 변성 작용

판의 수렴 경계는 암석이 지하 깊은 곳으로 이동하면서 온도와 압력이 크게 상승하는 환경이다. 대륙판과 대륙판이 충돌하는 충돌대에서는 대륙 지각이 두꺼워져 암석이 지하 깊은 곳으로 내려가고, 그 결과, 온도와 압력이 증가하여 변성 작용이 일어난다. 한편, 해양판이 대륙판이나 다른 해양판 아래로 섭입하는 섭입대에서는 해양판과 그 위에 퇴적된 물질이 지하 깊은 곳으로 끌려 내려가면서 변성 작용을 받으며, 이 과정에서 맨틀이 부분 용융되어 마그마가 생성된다.

(1) **광역 변성 작용:** 섭입대와 충돌대에서는 대륙 지각에 횡압력이 작용하여 지각이 두꺼워지며, 내부의 온도와 압력이 모두 상승한다. 그 결과, 넓은 범위에서 광역 변성 작용이 일어나며, 기존 암석의 종류와 변성 조건에 따라 다양한 변성암이 형성된다.

(2) **접촉 변성 작용:** 섭입하는 해양판 위의 맨틀이 부분 용융되어 생성된 현무암질 마그마가 상승하여 대륙 지각 하부에 모인다. 이 마그마가 상승하여 대륙 지각 하부를 녹여 유문암질 마그마가 생성되고, 유문암질 마그마와 현무암질 마그마의 혼합 등으로 안산암질 마그마가 생성되며, 주변 암석에 관입할 때 마그마에서 공급되는 열로 인해 주로 온도 상승에 따른 접촉 변성 작용이 일어난다.

변성 작용과 화성 작용
변성 작용은 고체 상태에서 진행되고, 암석이 용융되는 환경이 되면 변성 작용의 영역을 지나 마그마가 형성되는 화성 작용의 영역이 된다.



▲ 섭입대에서 일어나는 변성 작용

중요 개념 체크

정답과 해설 156쪽

1. 변성 작용은 열에 의한 (　　) 변성 작용과 온도와 압력 상승에 의한 (　　) 변성 작용으로 구분할 수 있다.
2. 변성 작용에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.
   (1) 변성 작용은 열과 압력으로만 일어나고, 유체는 영향을 주지 않는다. —— (　　)
   (2) 수렴 경계에서는 접촉 변성 작용과 광역 변성 작용이 모두 일어난다. —— (　　)

2 변성암의 조직과 종류

변성 작용으로 암석의 밀도가 증가하고, 광물 입자의 크기가 커지며, 광물이 일정 방향으로 배열되는 등 암석에는 많은 변화가 일어난다. 변성암은 기존 암석의 종류와 변성 작용에 따라 분류한다.

1. 변성암의 조직

(1) **접촉 변성암의 조직:** 접촉 변성 작용을 받아 생성된 접촉 변성암에서는 광물들이 치밀하고 단단하게 짜인 형태의 혼펠스 조직과 입상 변정질 조직이 나타난다.

① 혼펠스 조직: 마그마와 접촉하는 부위에서 광물이 재결정 작용을 통해 입자가 작은 광물들이 치밀하고 단단하게 배열된 조직으로, 주로 셰일이 접촉 변성 작용을 받을 때 형성된다.

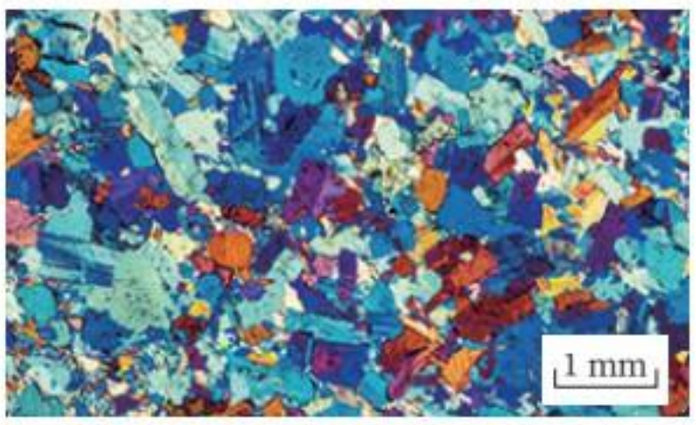


▲ 혼펠스 조직

② 입상 변정질 조직: 광물이 재결정 작용으로 입자들의 방향성이 없고 크기가 거의 비슷한 조립질의 광물 입자들이 치밀하게 배열된 조직으로, 주로 규암과 대리암에 발달한다.



▲ 입상 변정질 조직



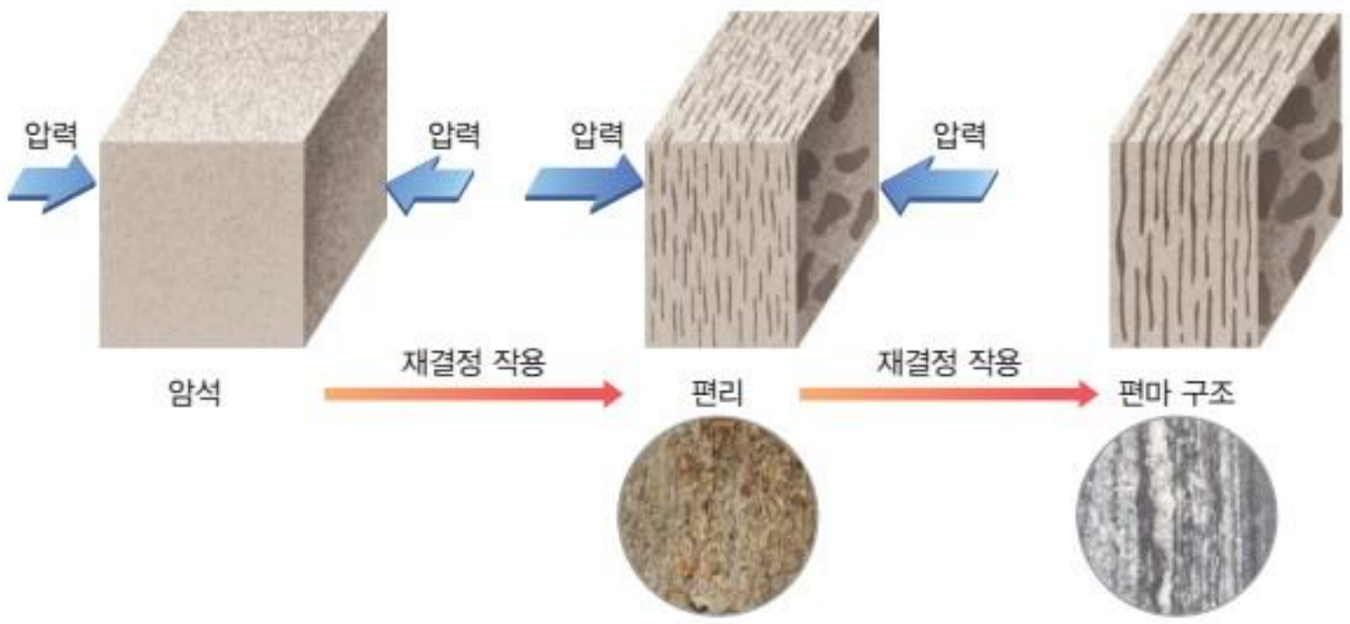
혼펠스 조직(혼펠스)



입상 변정질 조직(대리암)

▲ 혼펠스 조직과 입상 변정질 조직의 비교

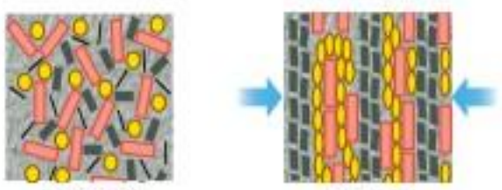
(2) **광역 변성암의 조직:** 광역 변성 작용을 받아 생성된 광역 변성암에서는 광물이 재배열되는 형태인 엽리 조직이 발달한다. 높은 압력에서 광물 입자가 커지고, 광물들이 압력에 직각인 방향으로 평행하게 배열되는 구조를 엽리라고 하며, 편리와 편마 구조 등이 이에 속한다.



▲ 엽리의 발달 과정

편마 구조의 형성

편마암에서 나타나는 편마 구조는 재결정 작용을 통해 광물들이 성장하고 분리되면서 밝은색 광물과 어두운색 광물이 층리처럼 교대로 배열되어 형성된다.



① 편리: 세립질 암석에 압력이 작용하면 운모류 등 특정 광물이 압력에 직각 방향으로 성장하며 평행하게 배열되는 조직으로, 편리가 뚜렷한 암석을 편암이라고 한다.

② 편마 구조: 조립질 암석이 높은 압력과 열을 받아 재결정 작용이 진행되면서 결정이 커지고, 밝은색 광물과 어두운색 광물이 교대로 배열되어 평행한 줄무늬를 이루는 조직으로, 편마 구조가 뚜렷한 암석을 편마암이라고 한다.

편리와 편마 구조
편리는 주로 운모와 같은 판상의 광물이 압력에 따라 평행하게 배열된 조직이며, 편마 구조는 재결정된 석영이나 장석이 이루는 밝은색 줄무늬와 흑운모가 이루는 어두운색 줄무늬가 교차하여 띠 모양을 이루는 구조를 말한다.

2. 변성암의 종류

변성암의 종류는 기존 암석의 종류와 변성 작용의 강도 및 환경에 따라 구분되며, 크게 접촉 변성암과 광역 변성암으로 구분된다.

변성 작용	기존 암석	변성암			
		변성 후 암석	조직		엽리 유무
접촉 변성 작용	셰일	혼펠스	혼펠스 조직		엽리 없음.
	사암	규암	입상 변정질 조직		
	석회암	대리암			
광역 변성 작용	셰일	점판암	쪼개짐	세립질 ↓ 조립질	엽리 발달
		천매암			
		편암	편리		
		편마암	편마 구조		
	현무암	각섬암			
	화강암	(화강)편마암			

▲ 변성암의 종류

(1) **접촉 변성암:** 마그마가 주변 암석과 접촉하여 열에 의해 변성 작용을 일으키며 좁은 범위에서 생성된다. 대표적인 접촉 변성암에는 혼펠스, 규암, 대리암 등이 있다.

① 혼펠스: 셰일이 접촉 변성 작용을 받아 세립질 조직으로 치밀하고 견고해지며, 대체로 어두운색을 띤다.

② 규암: 사암이 열에 의해 재결정 작용을 받아 입상 변정질 조직이 발달한다.

③ 대리암: 석회암이나 돌로마이트가 열에 의해 재결정 작용을 받아 입상 변정질 조직이 발달한다.



혼펠스 규암 대리암

▲ 대표적인 접촉 변성암

규암과 대리암
규암과 대리암은 접촉 변성 작용뿐만 아니라, 광역 변성 작용으로도 생성될 수 있다.

대리암과 묽은 염산
석회암이 변성 작용을 받아 생성된 대리암은 주성분이 탄산 칼슘($CaCO_3$)이므로, 묽은 염산과 반응하여 이산화 탄소 기체가 발생한다. 이처럼 대리암은 산성 물질과 쉽게 반응하여 산성비에 의한 풍화에 약하다.

(2) **광역 변성암:** 대규모 조산 운동 등으로 고온·고압 환경의 넓은 범위에서 변성 작용을 받아 생성된다. 대표적인 광역 변성암에는 점판암, 천매암, 편암, 편마암 등이 있다.

① 점판암: 셰일이 가장 적은 변성을 받아 생성되며, 광물 입자가 매우 작아 눈으로는 구별되지 않고, 광물의 재결정 작용은 일어나지 않으며, 쪼개짐이 발달하여 얇은 판 모양으로 쪼개진다.

② 천매암: 점판암보다 강한 변성을 받아 생성되며, 현미경으로 관찰할 수 있는 결정과 강한 광택이 나타나고, 쪼개짐이 발달한다.

③ 편암: 천매암보다 더 높은 온도와 압력에서 변성을 받아 생성되며, 눈으로 결정이 구별되고, 편리가 뚜렷하게 발달해 있다. 편암에는 셰일 기원의 편암 이외에도 화성암 기원의 편암(흑운모편암, 각섬석편암)도 있다.

④ 편마암: 편암보다 더욱 강한 변성 작용을 받아 생성되며, 변성 작용을 받으며 재결정 작용이 일어나 편리 구조는 사라지고, 흑운모 등 유색 광물과 석영, 장석류 등의 무색 광물이 교대로 배열되어 평행한 줄무늬인 편마 구조가 발달한다.



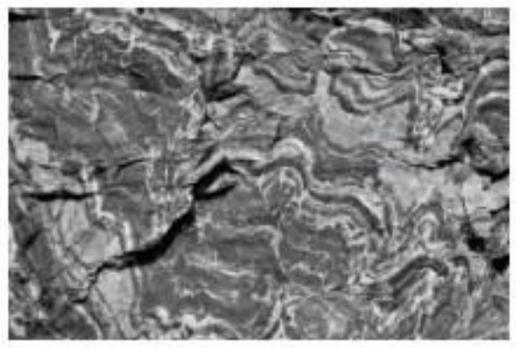
▲ 변성도에 따른 대표적인 광역 변성암

편마암의 구분

편마암은 기존 암석의 종류에 따라 화성암이 변성된 정편마암, 퇴적암이 변성된 준편마암으로 구분한다. 정편마암에는 화강암이 변성된 화강편마암과 섬록암이 변성된 섬록편마암이 있다. 또한, 구성 광물에 따라 흑운모편마암, 각섬석편마암 등으로도 구분한다.

호상편마암

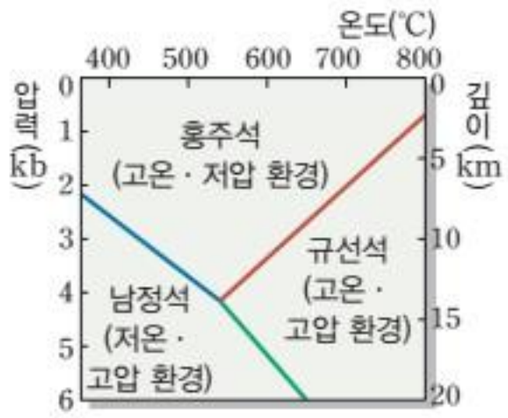
무색 광물과 유색 광물이 교대로 배열되어 줄무늬가 뚜렷하게 발달한 편마암을 호상편마암이라고 한다.



▲ 호상편마암

심화 변성 환경을 알려주는 지시 광물

변성암 내에서 특정한 온도와 압력 조건에서만 안정하게 존재하는 광물을 변성 지시 광물이라고 한다. 이들은 변성 당시의 환경을 반영하므로, 변성암에 포함된 지시 광물을 분석하면 암석이 변성된 온도와 압력을 추정할 수 있다. 예를 들어, 홍주석, 남정석, 규선석은 모두 화학 조성이 Al_2SiO_5이지만, 변성 당시의 온도와 압력 차이에 따라 서로 다른 결정 구조로 형성된다. 따라서 이들 광물의 출현 여부와 종류를 통해 변성 환경을 구체적으로 알 수 있다.



중요 개념 체크

정답과 해설 156쪽

1. 밝은색 광물과 어두운색 광물이 교대로 배열되어 평행한 줄무늬를 이루는 조직을 (　　)라고 하고, 편마암에서 잘 나타난다.

2. 변성암의 조직과 종류에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

(1) 셰일이 광역 변성 작용을 받으면 변성도에 따라 점판암 → 천매암 → 편암 → 편마암으로 변한다. ——( )

(2) 석회암이 광역 변성 작용을 받으면 대리암이 생성된다. ——( )

3 변성 지형에서의 지질 구조

판이 이동하면서 지각의 암석들은 끊임없이 압축되거나 늘어나면서 구부러지거나 끊어지는데, 이러한 변형 작용으로 만들어진 지질 구조를 연구하면 판의 경계에서 일어나는 운동과 판 구조 운동의 역사를 알 수 있다.

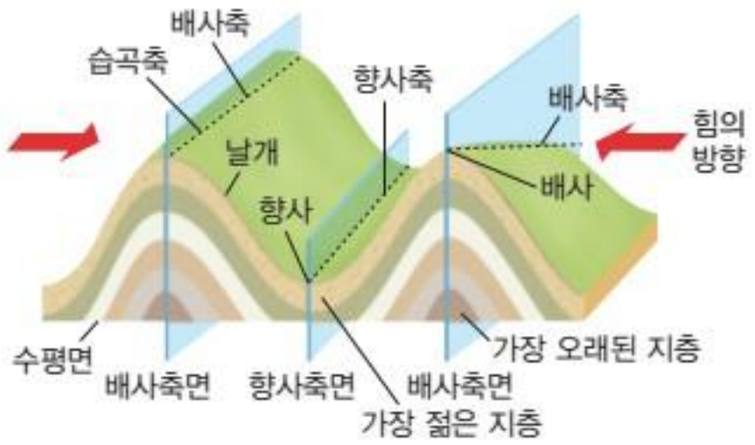
1. 습곡

판의 이동, 마그마의 관입, 지각 변동 등으로 지층이나 암석이 양쪽에서 미는 횡압력을 받아 휘어진 지질 구조이다.

(1) **형성 조건:** 암석은 지표 가까이에서는 압력을 받으면 부서지지만, 지하 깊은 곳처럼 온도와 압력이 높은 곳에서는 휘어지는 성질이 있다. 주로 온도와 압력이 높은 지하 깊은 곳에서 횡압력을 받을 때 습곡이 형성된다.

(2) **습곡의 구조:** 배사의 중심부에는 가장 오래된 암석이, 향사의 중심부에는 가장 젊은 암석이 분포한다.

배사	위로 볼록하게 휘어진 부분이다.
향사	아래로 오목하게 내려간 부분이다.
습곡축	습곡 구조에서 가장 많이 휘어진 부분이다.
습곡축면	습곡축을 이은 면으로, 배사의 봉우리나 향사의 골짜기를 지난다.
날개	습곡축 양쪽의 경사진 면이다.



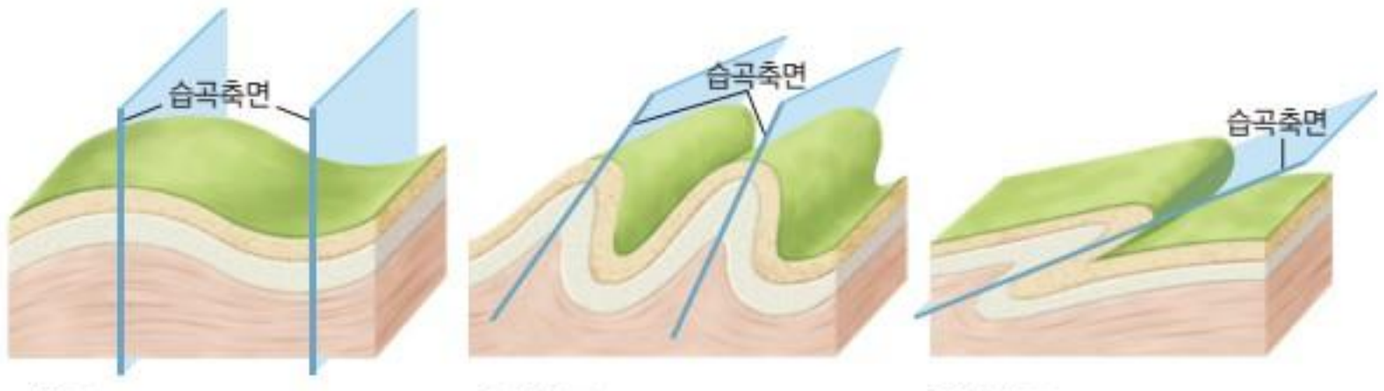
▲ **습곡의 구조**

(3) **습곡의 종류:** 습곡축면의 기울기에 따라 정습곡, 경사 습곡, 횡와 습곡으로 구분한다.

① 정습곡: 습곡축면이 수평면에 대해 수직이고, 습곡축 양 날개의 모양이 대칭이다.

② 경사 습곡: 습곡축면이 기울어져 있고, 습곡축 양 날개의 경사가 다르다.

③ 횡와 습곡: 습곡축면이 거의 수평으로 기울어져 있다.



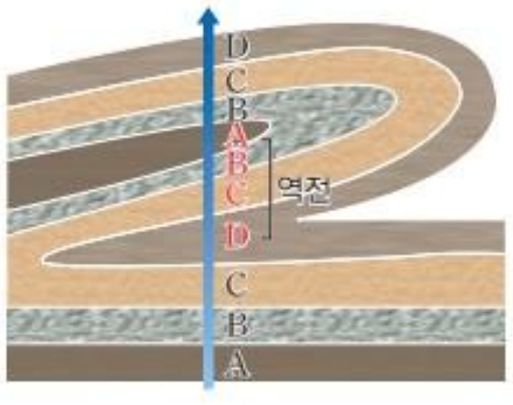
▲ **습곡의 종류** 정습곡 → 경사 습곡 → 횡와 습곡으로 갈수록 횡압력을 강하게 받으므로 습곡축면의 기울기가 커진다.

지질 구조
지층이나 암석이 지각 변동을 받아 여러 모양으로 변형된 상태를 통틀어 지질 구조라고 한다. 지질 구조에는 습곡, 단층, 절리, 부정합 등이 있다.

습곡의 규모
습곡은 조산 운동으로 형성된 거대한 습곡 산맥에서부터 수 cm의 작은 크기에 이르기까지 다양하게 나타난다.

배사축과 향사축
배사에서 나타나는 습곡축과 습곡축면을 배사축과 배사축면이라고 하며, 향사에서 나타나는 습곡축과 습곡축면을 향사축과 향사축면이라고 한다.

횡와 습곡과 지층 역전
지층 역전은 지층이 쌓인 순서가 원래의 순서와 반대로 뒤바뀐 상태를 의미하는데, 횡와 습곡이 발달하면 지층이 역전될 수 있다.



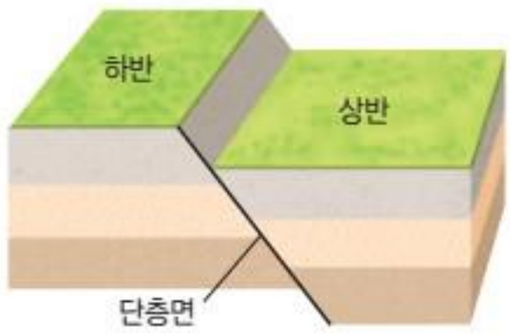
2. 단층

지층이나 암석이 힘을 받아 끊어지면서 끊어진 면을 경계로 양쪽 암반이 상대적으로 이동하여 서로 어긋난 지질 구조이다.

(1) **형성 조건:** 단층은 습곡보다 얕은 지표 부근에서 장력, 횡압력, 전단력 등의 힘이 작용할 때 주로 형성된다.

(2) **단층의 구조**

단층면	지층이나 암석이 끊어진 면이다.
상반	단층이 경사져 있을 때, 단층면 위의 암반이다.
하반	단층이 경사져 있을 때, 단층면 아래의 암반이다.



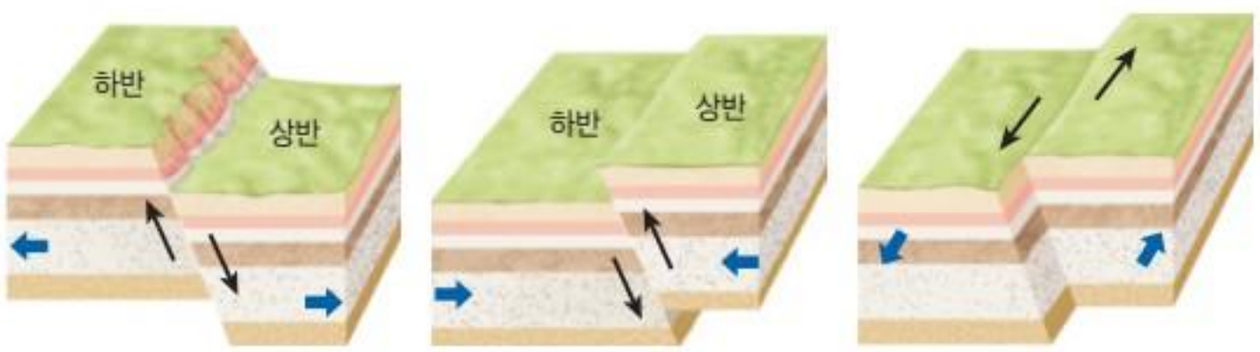
▲ 단층의 구조

(3) **단층의 종류:** 암반의 상대적인 이동 방향에 따라 정단층, 역단층, 주향 이동 단층으로 구분한다.

① 정단층: 지층에 양쪽에서 잡아당기는 장력에 의해 상반이 하반보다 아래로 이동한 단층으로, 지층 사이의 거리가 멀어져서 지표 면적이 늘어난다.

② 역단층: 지층에 양쪽에서 미는 횡압력에 의해 상반이 하반보다 위로 이동한 단층으로, 지층이 겹치므로 지표 면적이 줄어든다.

③ 주향 이동 단층: 지층에 전단력이 수평 방향으로 작용하여 단층면을 경계로 지층이 수평 방향으로만 이동한 단층이다.



▲ 단층의 종류

심화 주향 이동 단층의 종류

주향 이동 단층은 단층면을 따라 지층이 수평 방향으로 어긋나며, 이동 방향에 따라 구분된다.

- 좌수향 주향 이동 단층: 관측자를 기준으로 맞은편 지괴가 왼쪽으로 이동하는 단층이다.
- 우수향 주향 이동 단층: 관측자를 기준으로 맞은편 지괴가 오른쪽으로 이동하는 단층이다.



▲ 좌수향 주향 이동 단층



▲ 우수향 주향 이동 단층

절리와 단층

절리와 단층은 비슷해 보이지만, 절리는 단층과 달리 끊어진 틈을 따라 양쪽 암석이 이동하여 어긋나지 않는다.

암석에 가해지는 힘의 종류

- 장력(인장력): 암석을 양쪽에서 잡아당기는 힘이다.
- 횡압력(압축력): 암석을 양쪽에서 미는 힘이다.
- 전단력: 암석의 양쪽을 서로 반대 방향으로 미는 힘이다.

습곡과 단층이 나타나는 암석

습곡은 변성암뿐만 아니라 퇴적암으로 이루어진 지층에서도 관찰할 수 있고, 단층도 변성암뿐만 아니라 화성암, 퇴적암 등 모든 종류의 암석에서 나타날 수 있다. 따라서 습곡과 단층은 모두 특정 암석에 국한되지 않고, 다양한 암석에서 발견될 수 있다.

3. 판의 경계에서 형성되는 변형 구조

(1) **발산 경계:** 해령, 열곡대와 같이 두 판이 멀어지는 경계로, 장력이 작용하여 주로 정단층이 형성되고, 습곡은 거의 형성되지 않는다.

(2) **수렴 경계:** 해구, 습곡 산맥과 같이 두 판이 가까워지는 경계로, 횡압력이 작용하여 역단층이나 습곡이 형성된다.

(3) **보존 경계:** 변환 단층과 같이 두 판이 스쳐 지나가는 경계로, 힘이 수평 방향으로 어긋나게 작용하여 주향 이동 단층인 변환 단층이 형성된다.



▲ 판의 경계에 따른 변형 구조

4. 한반도의 변성암 지형

집중 분석 98쪽~99쪽

한반도는 다양한 지각 변동과 변성 작용으로 인해 여러 지역에서 다양한 변성암과 지질 구조 등이 형성되어 있다.

(1) **인천광역시 대이작도:** 약 25억 년 전 선캄브리아 시대에 변성 작용을 받아 생성된 혼성암은 한반도에서 가장 오래된 암석이다.

(2) **경기도 화성시 우음도:** 선캄브리아 시대에 생성된 편마암층이 횡압력을 받아 형성된 다양한 습곡과 단층 등이 발달해 있다.

(3) **경상북도 문경시 일대:** 고생대에 퇴적된 석회암이 지각 변동을 받아 형성된 습곡 등이 발달해 있다.

(4) **충청북도 청주시 용소:** 고생대에 생성된 천매암 등 다양한 변성암으로 이루어진 지층이 여러 차례의 변형과 횡압력을 받아 형성된 습곡과 단층 등이 발달해 있다.

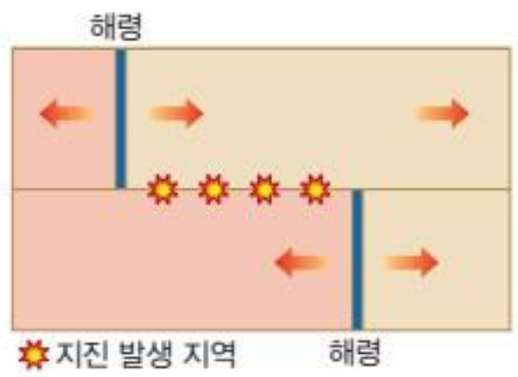
중요 개념 체크

정답과 해설 156쪽

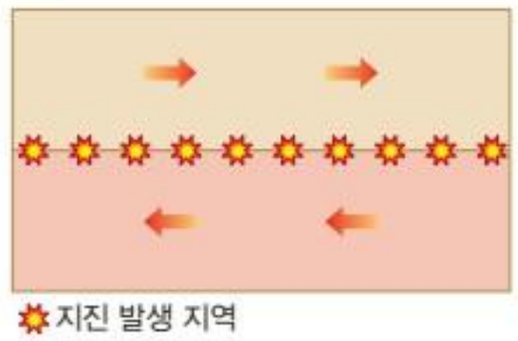
1. 지층이 휘어진 지질 구조를 (　　)이라 하고, 지층이 끊어진 면을 경계로 암반이 상대적으로 이동한 지질 구조를 (　　)이라고 한다.
2. 변성 지형에서의 지질 구조에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.
   (1) 습곡은 지층에 장력이 작용하여 형성된다. ——— (　　)
   (2) 역단층은 상반이 하반보다 상대적으로 위로 이동한 것이다. ——— (　　)

변환 단층과 주향 이동 단층 비교

변환 단층은 주향 이동 단층의 유형 중 하나로, 판의 경계에서 나타난다. 변환 단층과 주향 이동 단층은 지층이 수평으로 어긋나는 공통점이 있지만, 변환 단층은 해령과 해령 사이에서만 지진이 발생하고, 주향 이동 단층은 단층선 전 구간에서 지진이 발생한다.



▲ 변환 단층



▲ 주향 이동 단층

혼성암

혼성암은 고변성 작용과 함께 일부 암석이 용융되어 변성암과 화성암이 불규칙하게 섞여 있는 암석이다. 주로 조산대 중심부에서 편마암과 화강암이 함께 분포하는 형태로 나타난다.

4 암석의 순환

지구시스템은 물질이 끊임없이 순환하는 하위 권역들로 이루어져 있다. 지구시스템 안에서 물과 이산화 탄소 등이 순환하는 것처럼 암석도 판의 운동과 풍화 작용 등으로 끊임없이 순환하고 있다.

1. *지구시스템과 암석의 순환

지구 내부 에너지에 의해 일어나는 판 구조 운동과 태양 복사 에너지의 영향을 받는 지구시스템의 상호작용으로 지각을 이루는 화성암, 변성암, 퇴적암 등의 암석은 주변 환경에 따라 끊임없이 변화한다. 이처럼, 환경 변화에 따라 암석이 끊임없이 서로 다른 암석으로 변하는 과정을 암석의 순환이라고 한다.

2. 암석의 순환 과정

지권을 이루는 화성암, 퇴적암, 변성암이 지하 깊은 곳에서 용융되면 마그마가 생성된다. 생성된 마그마가 관입하거나 지표로 분출하면 화성암이 생성된다. 화성암, 퇴적암, 변성암 등 암석이 지표에 노출되면 기권, 수권, 생물권과 상호작용을 하여 풍화·침식 작용으로 퇴적물이 만들어진다. 퇴적물은 운반되어 바다, 호수, 하천 등에 퇴적되고, 속성 작용을 거쳐 퇴적암이 된다. 암석이 지하 깊은 곳에서 조산 운동이나 마그마의 열과 압력에 의해 변성 작용을 받으면 변성암이 생성된다. 만약 더 많은 열과 압력을 받으면 암석이 다시 녹아 마그마가 되어 순환한다.



▲ 암석의 순환

암석의 순환을 일으키는 에너지
태양 복사 에너지는 지표에서 암석의 풍화와 침식을 일으키고, 중력에너지는 쇄설물을 낮은 지대로 운반한다. 지구 내부 에너지는 지하 깊은 곳의 암석을 용융시켜 마그마를 생성하거나 지구 내부에서 암석의 변성 작용을 일으킨다.

중요 개념 체크

정답과 해설 156쪽

1. 환경 변화에 따라 암석이 끊임없이 서로 다른 암석으로 변하는 과정을 ( )이라고 한다.
2. 암석의 순환에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.
   (1) 화성암, 변성암, 퇴적암은 기권, 수권, 생물권과의 상호작용으로 퇴적물이 된다. ——— ( )
   (2) 변성 작용을 일으키는 에너지의 근원은 태양 복사 에너지이다. ——— ( )

용어 리마인드
*지구시스템 [통합과학1]
지구를 구성하고 있는 요소들이 서로 영향을 주고받으며 이루고 있는 시스템

HIGH 집중 분석

변성암은 한반도의 어디에 분포할까?

한반도를 구성하는 암석 중 변성암은 약 40 %를 차지하여 화성암이나 퇴적암보다 분포 면적이 넓다. 선캄브리아 시대부터 중생대까지 한반도를 형성한 판의 이동에 따라 여러 번 변성 작용을 겪으면서 다양한 변성도를 가진 변성암이 생성되었다. 한반도에서 가장 오래된 암석은 인천 앞바다 대이작도에서 발견되며, 약 25억 년 전에 변성 작용을 받아 형성된 혼성암이다.



▲ 한반도에서 가장 오래된 암석
(인천 대이작도)

1 변성암의 분포

한반도에 분포하는 변성암은 대부분 편마암으로, 주로 선캄브리아 시대에 광역 변성 작용을 받아 생성된 편마암, 편암, 규암, 대리암 등이 있다. 고생대와 중생대에는 퇴적암이 광역 변성 작용을 받아 점판암, 천매암, 편암, 대리암 등이 형성되었다. 또한, 중생대에는 마그마가 관입한 화성암 주변에서 접촉 변성 작용으로 생성된 접촉 변성암도 분포한다.



▲ 편마암의 분포

2 백령도

백령도는 인천에서 서북쪽으로 떨어진 서해안 부근의 섬으로, 대부분이 선캄브리아 시대인 약 8억 년 전에 생성된 규암으로 이루어져 있다. 규암의 주성분인 석영은 풍화에 매우 강해 오랜 시간 동안 잘 남아 있으며, 콩돌 해안의 둥근 자갈과 사곶 해안의 모래는 규암이 풍화되어 형성된 것이다. 또한, 장촌 해안에서는 규암층이 횡압력을 받아 형성된 습곡과 단층 구조도 관찰할 수 있다.



▲ 백령도 콩돌 해안



▲ 백령도 장촌 해안

예제

1 그림은 한반도에 분포하는 편마암을 나타낸 것이다.

(1) 이 암석이 주로 생성된 지질시대를 쓰시오.

(2) 편마암이 형성될 때 받은 변성 작용을 쓰시오.



풀이 (1) 한반도의 편마암은 주로 선캄브리아 시대에 생성되었다.
(2) 편마암은 선캄브리아 시대에 열과 압력에 의한 광역 변성 작용을 받았다.

정답 (1) 선캄브리아 시대 (2) 광역 변성 작용

2 그림은 백령도의 콩돌 해안을 나타낸 것이다.



(1) 이 해안의 자갈은 어떤 암석이 풍화된 것인지 쓰시오.

(2) (1)의 암석이 자갈로 남을 수 있는 까닭을 쓰시오.

풀이 (1) 백령도의 콩돌 해안은 규암의 풍화 작용으로 만들어졌다.
(2) 규암을 구성하는 주성분인 석영은 풍화에 매우 강하여 오랜 세월 동안 남아 있을 수 있다.

정답 (1) 규암 (2) 석영으로 이루어져 있어 풍화에 강하다.

3 지리산

지리산의 천왕봉은 해발 약 1915 m로, 동서로 약 40 km에 걸친 거대한 산악군을 형성한다. 천왕봉을 구성하는 암석은 화성암인 섬록암이지만, 지리산 대부분은 주로 약 20억 년 전에 형성된 선캄브리아 시대의 변성암인 편마암으로 이루어져 있다. 또한, 지리산 국립공원 일부 지역에는 중생대 쥐라기에 형성된 화강암도 분포한다.



▲ 지리산

4 소백산

소백산의 비로봉은 해발 약 1439 m이며, 약 20억 년 전에 형성된 선캄브리아 시대의 변성암인 화강편마암으로 이루어져 있고, 화강편마암 주변에는 중생대에 형성된 화강암류가 소규모로 분포한다. 소백산의 편마암은 매우 치밀하고 단단한 구조로 되어 있어 풍화와 침식 작용이 활발하지 않아 뾰족한 암봉이나 기암괴석으로 이루어진 경관은 드물다.



▲ 소백산

예제

3 그림 (가)는 지리산을, (나)는 소백산을 나타낸 것이다.



(가)



(나)

두 산의 특징에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고르시오.

보기

ㄱ. 지리산의 천왕봉을 구성하는 암석은 편마암이다.
ㄴ. 소백산은 뾰족한 암봉이나 기암괴석으로 이루어져 있어 절경을 이룬다.
ㄷ. 소백산을 구성하는 암석은 주로 선캄브리아 시대에 형성되었다.

풀이 ㄱ. 지리산의 천왕봉을 구성하는 암석은 섬록암이고, 지리산의 대부분은 편마암으로 이루어져 있다.
ㄴ. 소백산의 편마암은 매우 치밀하고 단단한 구조로 되어 있어 풍화와 침식 작용이 활발하지 않아 뾰족한 암봉이나 기암괴석으로 이루어진 경관이 드물다.
ㄷ. 소백산은 주로 약 20억 년 전에 형성된 선캄브리아 시대의 변성암으로 이루어져 있다.

정답 ㄷ

유제

정답과 해설 156쪽

1 그림은 백령도의 장촌 해안에서 관찰한 습곡을 나타낸 것이다.
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?



보기

ㄱ. 과거에 횡압력을 받은 적이 있다.
ㄴ. 한반도에서 가장 오래된 암석이다.
ㄷ. 이 절벽을 이루는 암석은 선캄브리아 시대에 생성되었다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

개념 기본 문제

01 변성 작용에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

(1) 변성 작용은 암석이 녹았다가 새로 생성되는 과정이다. (　　)

(2) 변성 작용의 요인에는 온도, 압력, 활성 유체 등이 있다. (　　)

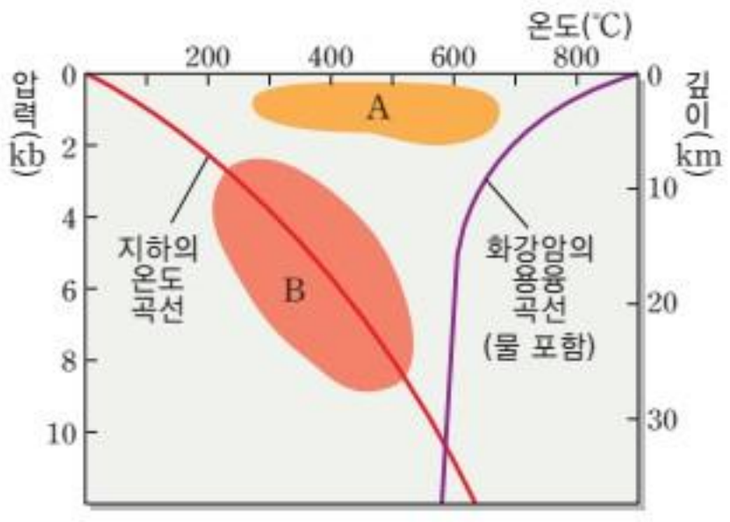
(3) 재결정 작용으로 새로운 광물은 생성되지 않는다. (　　)

02 다음은 변성 작용의 종류에 대한 설명이다.

> 변성 작용은 열에 의한 (㉠) 변성 작용과 온도와 압력 상승에 의한 (㉡) 변성 작용으로 구분할 수 있다. 대륙판과 대륙판이 충돌하는 지역에서는 주로 (㉢) 변성 작용이 일어난다.

(　　) 안에 알맞은 말을 쓰시오.

03 그림은 지하의 온도와 화강암의 용융 곡선 및 변성암이 생성될 수 있는 환경 A, B를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고르시오.

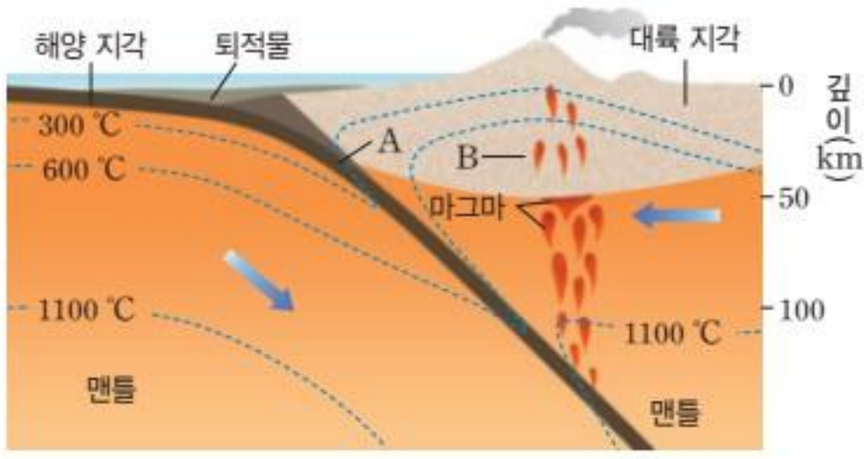
보기

ㄱ. A에서 변성 작용을 일으키는 주된 요인은 열과 압력이다.

ㄴ. 혼펠스가 생성될 수 있는 환경은 A이다.

ㄷ. 편마암이 생성될 수 있는 환경은 B이다.

04 그림은 판의 경계와 지구 내부 온도 분포를 나타낸 것이다. A와 B는 각각 대륙 지각 하부와 섭입대 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

(1) A 지역에서는 깊이가 깊어질수록 변성도가 증가한다. (　　)

(2) B 지역에서는 상승하는 마그마로 인해 주변보다 지각의 온도가 높다. (　　)

(3) 편마암은 A 지역에서 일어나는 변성 작용으로 생성될 수 있다. (　　)

05 표는 서로 다른 변성암 (가)와 (나)를 스케치한 모습과 특징을 나타낸 것이다.

변성암	모습	특징
(가)		• 휘어진 구조가 보임. • 밝은색과 어두운색의 광물이 교대로 띠를 이룸.
(나)		• 어두운색을 띰. • 얇은 판 모양으로 쪼개지고, 쪼개진 면에서 화석이 산출됨.

(1) (가)에서 관찰할 수 있는 구조를 쓰시오.

(2) (나)의 암석 이름을 쓰시오.

(3) (가)와 (나) 중 더 고온 · 고압의 환경에서 생성된 암석을 쓰시오.

(4) (가)와 (나)가 변성 작용을 받기 전의 암석 이름을 각각 쓰시오.

06 그림은 어느 지역의 지층 단면을 나타낸 것이다.

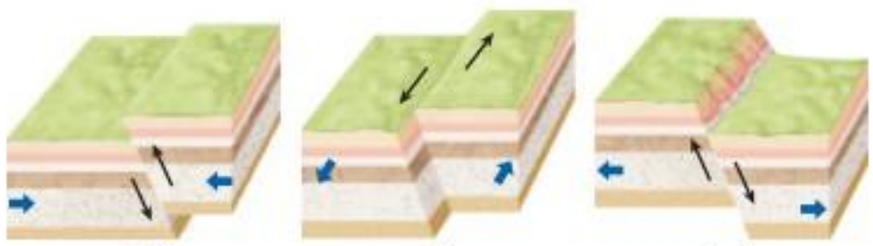


(1) 이 지층의 단면에서 관찰할 수 있는 지질 구조를 쓰시오.

(2) 이러한 지질 구조가 형성될 때 지층에 작용한 힘의 종류를 쓰시오.

(3) 이 지층에서 아래로 오목하게 내려간 부분은 무엇이라 하는지 쓰시오.

07 그림 (가)~(다)는 여러 가지 단층을 나타낸 것이다.



(가) (나) (다)

이에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 <u>않은</u> 것은 ×로 표시하시오.

(1) (가)는 정단층, (다)는 역단층이다. (　　)

(2) (가)의 상반은 아래로 내려가 있다. (　　)

(3) (나)는 지층이 수평 방향으로만 이동한 주향 이동 단층이다. (　　)

(4) (다)는 장력이 작용하여 형성된 단층이다. (　　)

08 그림은 서로 다른 판의 경계 A~C와 그 주변 지형을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고르시오.

보기

ㄱ. A에서는 단층을 관찰할 수 없다.

ㄴ. B에서는 주향 이동 단층을 관찰할 수 있다.

ㄷ. C에서는 횡압력이 작용한다.

09 그림은 암석이 순환하는 과정을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고르시오.

보기

ㄱ. ㉠은 태양 복사 에너지에 의해 일어난다.

ㄴ. ㉡은 교결 작용이다.

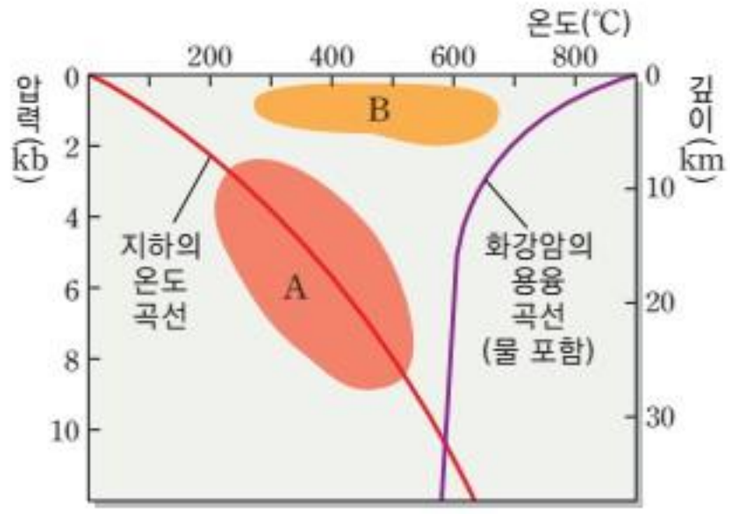
ㄷ. 모든 암석은 끊임없이 다른 암석으로 변한다.

개념 적용 문제

➤ 변성 작용의 종류

01 그림은 깊이에 따른 지하의 온도와 압력 분포이고, A와 B는 변성암이 생성될 수 있는 서로 다른 환경을 나타낸 것이다.

> 접촉 변성 작용은 열에 의해, 광역 변성 작용은 열과 압력에 의해 일어난다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

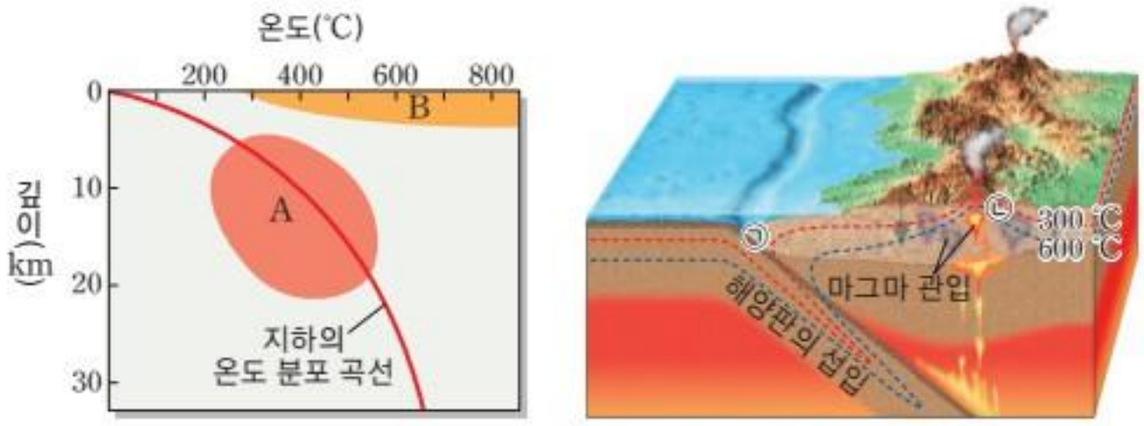
ㄱ. A는 온도와 압력이 함께 상승하는 환경이다.
ㄴ. B에서는 접촉 변성 작용이 일어난다.
ㄷ. 편마암은 B보다 A에서 잘 생성된다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➤ 수렴 경계에서 일어나는 변성 작용

02 그림 (가)는 변성 작용 A와 B가 일어나는 영역을, (나)는 변성암이 생성되는 지점 ㉠과 ㉡을 나타낸 것이다.

> 해양판이 대륙판 아래로 섭입하는 지역에서는 광역 변성 작용이, 마그마가 상승하는 지역에서는 접촉 변성 작용이 일어난다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

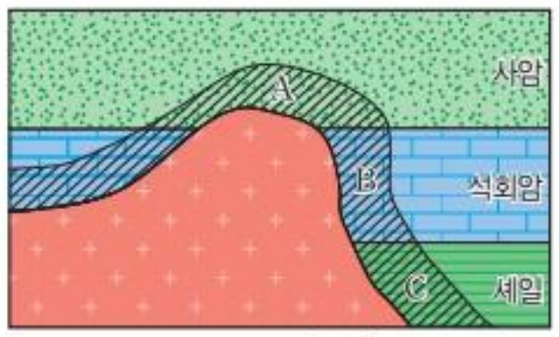
보기

ㄱ. 변성 과정에서 압력의 영향은 A가 B보다 크다.
ㄴ. (나)의 ㉠ 지점에서는 A의 변성 작용이 일어난다.
ㄷ. (나)에서 ㉡ 지점의 암석에는 엽리가 발달할 것이다.

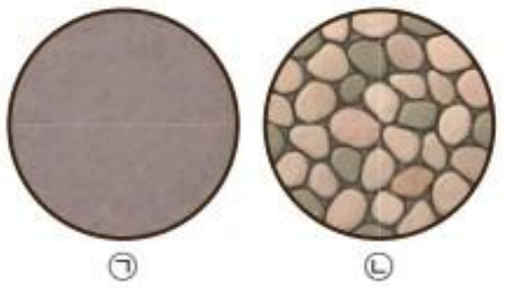
① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➤ 변성암의 조직

03 그림 (가)는 어느 지역의 지층 단면을, (나)는 변성암의 조직을 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각 입상 변정질 조직과 혼펠스 조직 중 하나이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. C에서는 혼펠스가 생성된다.
ㄴ. ㉠은 입상 변정질 조직을 나타낸 것이다.
ㄷ. ㉡은 A와 B에서 잘 나타난다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➤ 혼펠스 조직은 입자가 작은 광물들이 치밀하고 단단하게 짜인 조직이고, 입상 변정질 조직은 크기가 거의 비슷한 조립질 광물 입자들이 치밀하게 짜인 조직이다.

➤ 변성암의 종류

04 그림 (가)~(라)는 셰일이 광역 변성 작용을 받아 생성된 서로 다른 변성도의 변성암을 순서 없이 나타낸 것이다.



(가) 편암



(나) 점판암



(다) 편마암



(라) 천매암

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (나)는 (다)보다 광물 입자의 크기가 작다.
ㄴ. (라)는 (가)보다 편리 조직이 더 발달해 있다.
ㄷ. 변성도는 (다) → (나) → (가) → (라) 순으로 증가한다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➤ 셰일이 광역 변성 작용을 받으면 변성도에 따라 점판암, 천매암, 편암, 편마암으로 변한다. 변성도가 커질수록 압력에 직각 방향의 엽리가 발달한다.

➤ 변성암의 종류

05 그림은 변성 작용 (가)와 (나)에 의해 생성되는 변성암의 종류를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

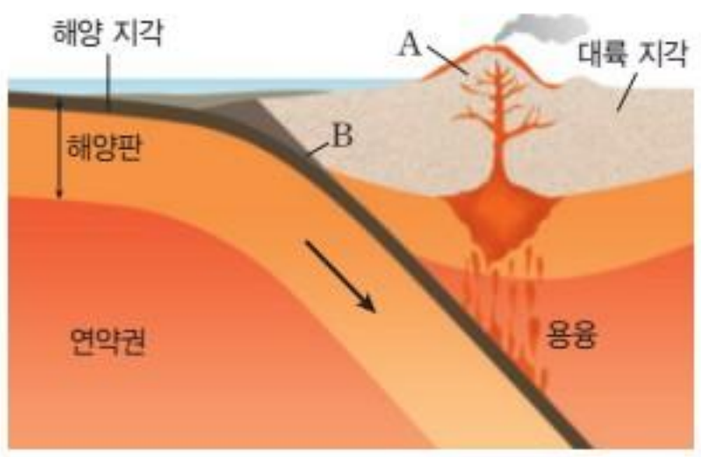
ㄱ. A와 B는 모두 셰일이다.
ㄴ. 규암과 대리암은 (가)에 의해서만 변성이 일어난다.
ㄷ. (나)는 조산 운동이 일어나는 지역에서 잘 나타난다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

셰일이 온도 상승에 따른 접촉 변성 작용을 받으면 혼펠스가 되고, 온도와 압력 상승에 따른 광역 변성 작용을 받으면 점판암, 천매암, 편암, 편마암이 된다.

➤ 수렴 경계에서 일어나는 변성 작용과 변성암의 종류

06 그림 (가)는 해양판이 대륙판 아래로 섭입하는 수렴 경계를, (나)는 A와 B 지역에서 산출되는 변성암을 ㉠과 ㉡으로 순서 없이 나타낸 것이다.



(가)



㉠



㉡

(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

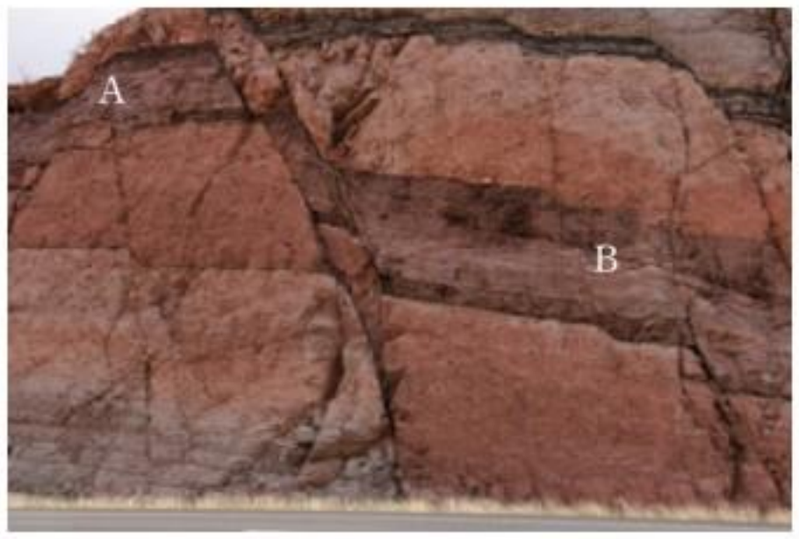
ㄱ. A 지역에서는 접촉 변성 작용이 일어난다.
ㄴ. ㉠은 B 지역에서 생성될 수 있다.
ㄷ. ㉡은 열과 압력이 모두 작용하는 환경에서 생성된다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

해양판이 대륙판 아래로 섭입하는 지역에서는 광역 변성 작용이, 마그마가 상승하는 지역에서는 접촉 변성 작용이 일어난다. 광역 변성 작용을 받은 암석은 압력을 받아 엽리가 나타난다.

➤ 단층

07 그림은 어느 단층의 모습을 나타낸 것이고, 지층 A와 B는 같은 시기에 퇴적된 것이다.



이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 이 단층은 정단층이다.
ㄴ. A 지층이 포함된 암반을 상반이라고 한다.
ㄷ. 단층이 형성된 곳보다 지하 깊은 곳에서는 습곡이 만들어질 수 있다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

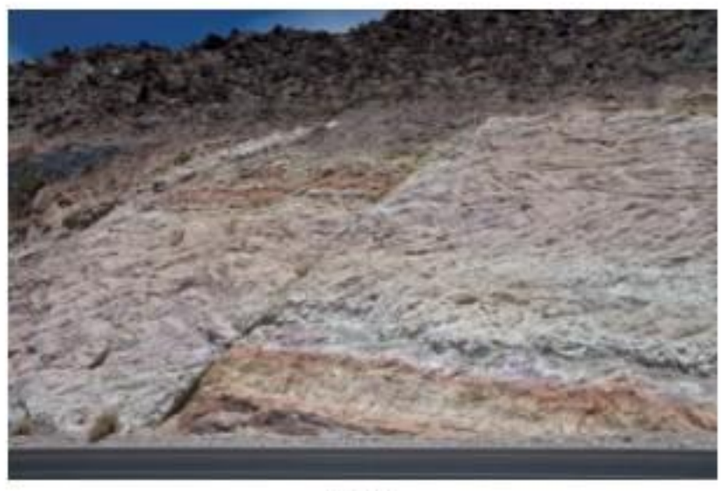
➢ 단층이 경사져 있을 때 단층면 위의 암반을 상반이라 하고, 단층면 아래의 암반을 하반이라고 한다.

➤ 습곡과 단층

08 그림 (가)와 (나)는 서로 다른 두 지역의 지질 구조를 나타낸 것이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

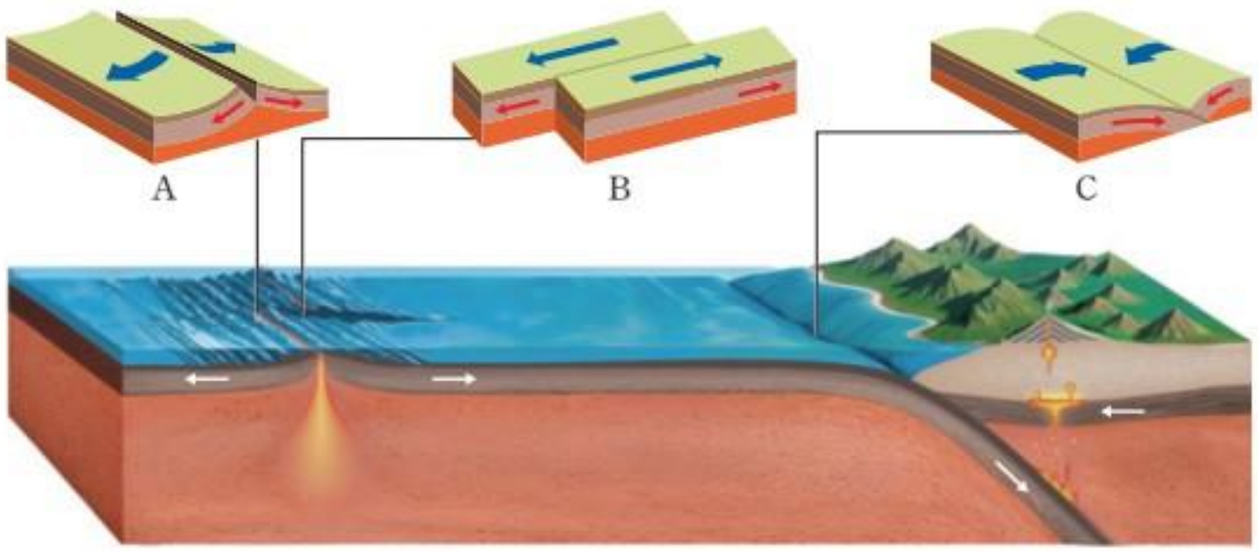
ㄱ. (가)는 횡압력이 작용하여 생성된 습곡이다.
ㄴ. (나)는 장력이 작용하여 생성된 정단층이다.
ㄷ. 온도와 압력이 높은 지각 하부에서는 (가)가 (나)보다 더 잘 형성된다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➢ 습곡과 역단층은 양쪽에서 미는 힘이 작용할 때 형성되며, 지표 부근에서는 암석이 잘 깨지고, 지하 깊은 곳에서는 암석이 잘 휘어진다.

➤ 판의 경계에서 형성되는 변형 구조

09 그림은 판의 경계와 판이 상대적으로 이동한 방향을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

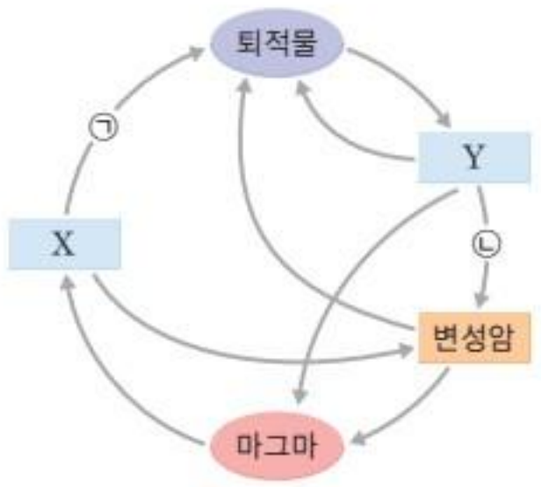
ㄱ. A에서는 전단력이 작용한다.
ㄴ. B에서는 주향 이동 단층이 형성된다.
ㄷ. C에서는 습곡이나 정단층이 형성된다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➢ 발산 경계에서는 장력이, 수렴 경계에서는 횡압력이, 보존 경계에서는 전단력이 작용한다.

➤ 암석의 순환

10 그림 (가)는 암석의 순환 과정을, (나)는 우리나라에서 볼 수 있는 지질 구조를 나타낸 것이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. X는 퇴적암, Y는 화성암이다.
ㄴ. ㉠ 과정의 에너지 근원은 지구 내부 에너지이다.
ㄷ. (나)는 (가)의 ㉡ 과정에 의해 형성되었다.

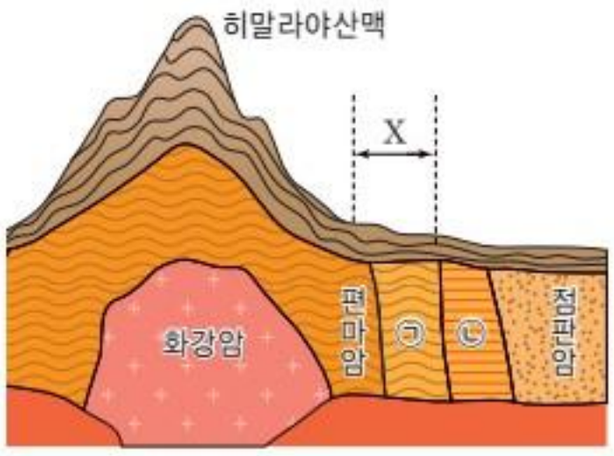
① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➢ 판 구조 운동은 지구 내부 에너지에 의해, 풍화와 침식 등은 태양 복사 에너지에 의해 일어난다.

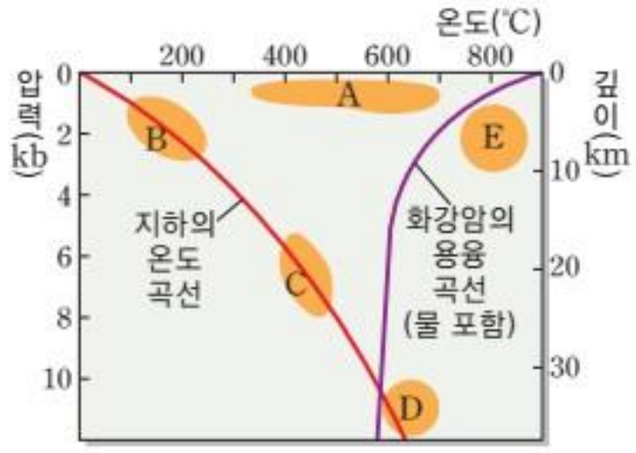
1등급 도전 문제

➤ 변성 작용의 종류

11 그림 (가)는 두 대륙판의 충돌로 형성된 히말라야산맥의 단면을, (나)는 지하의 온도 분포와 화강암의 용융 곡선을 나타낸 것이다. (가)의 ㉠과 ㉡은 각각 천매암과 편암 중 하나이다.



(가)



(나)

이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

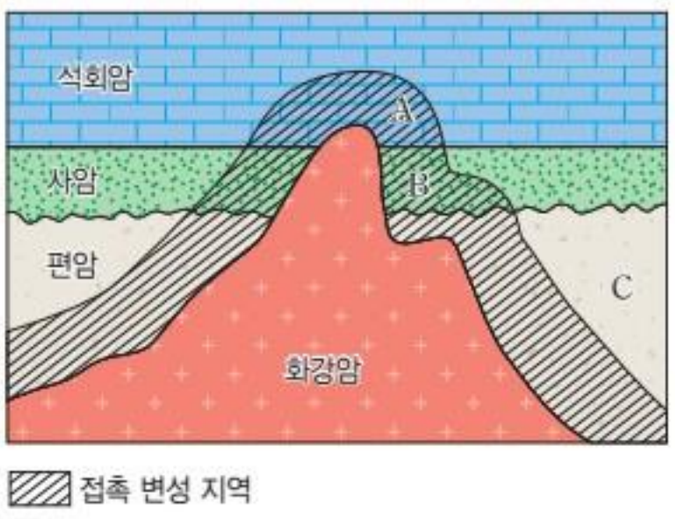
ㄱ. (가)의 ㉠은 천매암, ㉡은 편암이다.
ㄴ. (나)의 A와 E에서 모두 마그마가 생성된다.
ㄷ. (가)의 X 지역에 분포하는 변성암은 (나)의 C 조건에서 잘 생성된다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

조산대에서는 광역 변성 작용이 일어나는데, 온도와 압력이 증가함에 따라 셰일은 점판암 → 천매암 → 편암 → 편마암 순으로 변성암이 생성된다.

➤ 변성암의 종류

12 그림 (가)는 어느 지역의 지층 단면이고, (나)는 A~C 중 한 곳에서 산출된 암석의 모습과 그 특징을 나타낸 것이다.



(가)



- 입상 변정질 조직이 나타난다.
- 묽은 염산과 반응한다.

(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. A에서 (나)의 암석이 산출된다.
ㄴ. B에서 산출되는 암석은 입상 변정질 조직이 나타난다.
ㄷ. C에서 산출되는 암석은 접촉 변성 작용으로 생성되었다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

석회암이 접촉 변성 작용을 받으면 대리암이 되고, 사암이 접촉 변성 작용을 받으면 규암이 된다.

03 우리나라의 지질공원

핵심 내용 미리보기

"우리나라의 국가지질공원에서는 퇴적암, 화성암, 변성암의 지형과 그 특징을 관찰할 수 있다."

1 국가지질공원

국가지질공원은 지질 유산을 보전하고 교육·관광에 활용하여 지역 발전을 추구하는 제도이다. 단순히 지질만을 다루는 것이 아니라, 사람 중심의 활동이 핵심이다.

1. 지질공원과 국가지질공원

(1) **지질공원:** 인류와 동·식물의 터전이 되는 지질과 경관을 보존하기 위해 만든 제도로, 지질뿐만 아니라 그곳에서 살아온 생물과 인간의 역사와 문화를 모두 포함한다.

① 1990년대 초, 지질 유산 보존이 국제적으로 중요한 가치로 인식되면서 1996년에 처음으로 논의가 시작되었고, 2000년에는 유럽 지질공원과 유네스코가 협력 프로그램을 결성하였다. 그 결과, 2015년 11월에 지질공원이 유네스코 공식 프로그램으로 지정되었다.

② 우리나라에서는 2010년 제주도가 최초로 유네스코 세계지질공원에 등재되었으며, 2011년 자연공원법 개정으로 지질공원의 법적인 체계를 갖추게 되었다.

(2) **국가지질공원:** 지구과학적으로 중요하고 경관이 뛰어난 지역을 보전·활용하기 위해 환경부 장관이 인증한 공원이다.

① 지질 명소들은 희귀한 자연 특성을 보이며, 학술적·교육적·생태적·문화적 가치가 높다.

② 국가지질공원 신청 가능 지역

- 특별한 지구과학적 중요성과 희귀한 자연 특성 및 우수한 경관을 지닌 곳
- 지질 관련 고고학적·생태적·문화적 가치가 높은 곳
- 지질 유산의 보호·활용을 통해 그 지역의 경제 발전을 도모할 수 있는 곳
- 지질 명소나 역사적 유물이 있고, 자연경관과 조화를 이루는 곳
- 환경부 장관이 필요하다고 인정하여 고시한 사항에 적합한 곳

지질 유산
지질 유산은 지구의 역사와 생물 진화를 보여주거나 현재의 지질학적 현상을 나타내는 장소나 대상을 말하며, 후대에 전해줘야 할 유산을 의미한다. 또한, 역사·문화·고고학 등과 융합되어 교육 및 관광 자원으로 활용된다.

심화 유네스코 세계지질공원

유네스코 세계지질공원은 세계적으로 지질학적 가치가 있는 자연경관을 보호하고, 지속가능한 발전을 추구하는 곳이다. 2025년 9월 기준으로 우리나라에서는 제주도, 청송, 무등산권, 한탄강, 전북 서해안권, 단양, 경북동해안 지질공원이 유네스코 세계지질공원으로 지정되어 있다.

2. 국가지질공원 현황

우리나라는 2012년 울릉도·독도와 제주도 국가지질공원이 처음으로 인증받았으며, 2025년 9월까지 총 16곳이 국가지질공원으로 인증받았다.



▲ **국가지질공원(2025년 9월 기준)** 번호는 국가지질공원으로 인증받은 순서이다.

국가지질공원 인증 연혁

인증 연도(년)	국가지질공원
2012	울릉도·독도, 제주도
2013	부산
2014	청송, 강원평화지역, 무등산권
2015	한탄강
2017	강원고생대, 경북동해안, 전북 서해안권
2019	백령·대청, 진안·무주
2020	단양
2023	고군산군도, 의성
2024	화성

육성층과 해성층

퇴적층은 형성된 장소에 따라 육성층과 해성층으로 나뉜다. 육성층은 호수나 사막과 같은 육성 환경에서, 해성층은 대륙붕이나 심해저와 같은 해성 환경에서 생성된다.

중요 개념 체크

정답과 해설 158쪽

1. 지구과학적으로 중요하고 경관이 뛰어난 지역을 보전·활용하기 위해 환경부 장관이 인증한 공원을 (　　)이라고 한다.
2. 국가지질공원에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.
   (1) 모든 국가지질공원은 유네스코 세계지질공원으로 지정되어 있다. ——— (　　)
   (2) 제주도 국가지질공원은 2012년에 국가지질공원으로 인증받았다. ——— (　　)

2 퇴적암으로 이루어진 지형

집중 분석 116쪽

우리나라 국가지질공원에 분포하는 퇴적암은 대부분 고생대와 중생대에 형성되었다. 고생대 퇴적암은 바다에서 생성되어 삼엽충 화석 등의 해양 생물 화석이 주로 발견되며, 중생대 퇴적암은 호수에서 형성되어 공룡 화석 등 육상 생물 화석이 주로 발견된다.

1. 해양 환경에서 형성된 지질 명소

강원고생대와 단양 국가지질공원에서는 고생대 캄브리아기와 오르도비스기 동안 해양 환경에서 퇴적된 석회암, 역암, 사암, 이암(셰일) 등을 관찰할 수 있으며, 다양한 퇴적 구조와 해양 생물 화석이 발견된다.

(1) **구문소:** 강원고생대 국가지질공원의 태백시 구문소에서는 석회암, 셰일, 사암으로 이루어진 전기 고생대 지층을 관찰할 수 있다. 이 지층에는 건열, 연흔, 사층리 등 당시의 퇴적 환경을 알려주는 구조가 발달해 있으며, 삼엽충과 필석 등 다양한 해양 생물의 화석이 산출된다.



▲ 구문소(강원 태백)

(2) **석회 동굴:** 단양 국가지질공원에는 카르스트 지형이 잘 발달해 있으며, 고수동굴, 온달동굴, 노동동굴 등의 석회 동굴이 분포한다. 고생대 오르도비스기에 퇴적된 석회암에 형성된 석회 동굴에서는 종유석, 석순, 석주 등 다양한 동굴 생성물과 동굴 생태계를 관찰할 수 있다.



▲ 고수동굴(충북 단양)

카르스트 지형

석회암이 용식과 침전 작용을 거쳐 형성된 지형으로, 석회 동굴, 돌리네, 우발라 등이 있다. 석회 동굴은 석회암이 녹아 내부가 빈 동굴이고, 돌리네는 지표면이 함몰되어 생긴 작은 분지 형태의 구덩이이며, 우발라는 여러 돌리네가 합쳐져 형성된 큰 분지이다.

2. 육상 환경에서 형성된 지질 명소

전북 서해안권, 진안·무주, 부산, 화성 국가지질공원에서는 중생대 동안 육상 환경에서 퇴적된 쇄설성 퇴적암과 응회암을 관찰할 수 있으며, 역암, 사암, 셰일층과 층리, 건열, 연흔 등 다양한 퇴적 구조도 볼 수 있다. 화성, 부산, 의성, 청송 국가지질공원에서는 중생대에 번성했던 공룡과 관련된 다양한 화석을 관찰할 수 있다.

(1) **채석강:** 전북 서해안권 국가지질공원에 속하며, 중생대 백악기 호수의 퇴적 환경과 화산 활동 등으로 생성된 퇴적암이 파도의 침식 작용에 의해 형성된 지형이다. 수만권의 책을 쌓아 놓은 듯한 지층을 볼 수 있으며, 호수에서 퇴적된 역암, 사암, 셰일층과 다양한 퇴적 구조도 관찰된다.



▲ 채석강 해식 절벽의 형성 과정



▲ 채석강(전북 부안)

(2) **마이산:** 진안·무주 국가지질공원에는 고원생대 변성암을 기반으로, 중생대 백악기의 퇴적암과 화산암이 분포한다. 마이산은 약 1억 년 전 중생대에 자갈, 모래, 진흙 등이 퇴적된 뒤 융기하여 형성되었으며, 봉우리는 주로 역암으로 이루어져 있고, 표면에서는 타포니를 관찰할 수 있다.



▲ **마이산**(전북 무안)

타포니

암석이 풍화 작용을 받아 암석 입자가 떨어져 나가면서 형성된 움푹 파인 구멍이 벌집처럼 모여 있는 구조를 타포니라고 한다.

(3) **고정리 공룡알 화석지:** 화성 국가지질공원에서는 습곡, 단층, 암맥 등 다양한 지질 구조를 관찰할 수 있다. 고정리 공룡알 화석지에서는 중생대 백악기 말 육상 환경에서 형성된 역암, 사암, 이암과 층리, 사층리, 연흔 등 다양한 퇴적 구조를 관찰할 수 있으며, 300여 개 이상의 공룡알 화석과 공룡알 둥지 등이 산출된다.



▲ **고정리 공룡알 화석지**(경기 화성)

부산 국가지질공원

송도 반도에서는 중생대 백악기에 형성된 역암, 사암 등 퇴적암 지층에서 다량의 공룡알 화석과 공룡 뼈 화석이 발견되었다.



▲ **송도 반도**(부산)

3. 화산 활동으로 형성된 지질 명소

의성, 청송 국가지질공원에서는 중생대 백악기 화산 활동으로 쌓인 응회암을 관찰할 수 있으며, 제주도 국가지질공원에서는 신생대 수성 화산 활동으로 형성된 다양한 화산 지형을 관찰할 수 있다.

(1) **의성 구산동응회암:** 의성 국가지질공원은 중생대 백악기 경상분지의 중심지로, 다양한 화석과 퇴적 구조를 관찰할 수 있다. 구산동응회암은 약 1억 년 전 짧은 기간 동안 넓은 지역에 퇴적된 응회암층으로, 백악기에 퇴적된 지층을 대비하는 데 건층(열쇠층)으로 활용된다.

(2) **수월봉:** 제주도 국가지질공원에 속하며, 수월봉은 신생대 제4기에 물과 마그마의 혼합으로 발생한 수성 화산 활동에 의해 형성된 응회암으로 이루어져 있다. 화산탄이 화산재층에 떨어져 층리를 아래로 변형시킨 탄낭 구조가 관찰된다.



▲ **수월봉**(제주)

중요 개념 체크

정답과 해설 158쪽

1. 강원고생대 국가지질공원의 지층은 주로 (　　) 환경에서 퇴적되었고, 화성 국가지질공원의 지층은 주로 (　　) 환경에서 퇴적되었다.
2. 퇴적암으로 이루어진 지형에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

(1) 채석강은 중생대 해양 환경에서 퇴적된 지층으로, 암모나이트 화석이 산출된다. ——— (　　)

(2) 수월봉에서는 화산재가 퇴적된 응회암을 관찰할 수 있다. ——— (　　)

3 화성암으로 이루어진 지형

집중 분석 116쪽

우리나라 국가지질공원에 분포하는 화성암은 주로 중생대와 신생대에 마그마가 관입하거나 분출하면서 형성되었다. 제주도, 울릉도, 독도 등 신생대 화산 활동으로 형성된 화산섬에서는 다양한 화산 지형을 관찰할 수 있다.

1. 마그마의 관입으로 형성된 지질 명소

강원평화지역과 무등산권 국가지질공원에서는 중생대에 관입한 유문암질 마그마가 굳어 형성된 화강암과 판상 절리 등의 지질 구조를 관찰할 수 있다.

(1) **송지호 해안(서낭바위):** 강원평화지역 국가지질공원에 속하며, 서낭바위 일대의 기반암은 약 1.7억 년 전 중생대 쥐라기에 형성된 화강암으로, 화강암층 사이로 수평 방향의 규장암 암맥이 관입하였다. 이후 차별 풍화와 침식 작용으로 현재와 같은 지형이 형성되었다.



▲ **서낭바위의 형성 과정**



▲ **서낭바위**(강원 고성)

(2) **무등산 광주화강암:** 무등산권 국가지질공원에 속한 광주화강암은 중생대 쥐라기에 지하에서 마그마가 굳어 형성된 화강암으로, 오랜 침식 작용으로 지표에 노출되었으며, 지각 변동으로 형성된 단층을 관찰할 수 있다.

2. 마그마의 분출로 형성된 지질 명소

심화 강의 117쪽

제주도, 한탄강, 울릉도·독도, 경북동해안 국가지질공원에서는 신생대 화산 활동으로 형성된 화산암과 주상 절리 등의 지질 구조를 관찰할 수 있다. 제주특별자치도는 신생대 제4기 이후 활동한 화산의 분출물로 이루어져 있다.

(1) **한라산:** 제주도 국가지질공원에 속하며, 제주특별자치도의 중심부에 위치한다. 한라산 정상부에는 화구호인 백록담이 있다.

(2) **만장굴:** 제주도 국가지질공원에 속한 만장굴은 세계적으로 규모가 큰 용암 동굴로, 내부 형태와 지형이 잘 보존되어 있으며, 용암 종유, 용암 석주 등 다양한 용암 동굴 생성물이 발달해 있다.



▲ **한라산**(제주)



▲ **만장굴**(제주)

규장암
화강암보다 얕은 곳에서 비교적 빨리 굳어져 석영과 장석 광물의 입자 크기가 작은 반심성암으로, 백색에서 엷은 갈색을 띤다.

화구호
화산의 분화구에 물이 고여 생긴 호수로, 한라산의 백록담이 대표적이다.

(3) **국수바위:** 울릉도·독도 국가지질공원에 속하며, 높이 약 30 m, 폭 약 270 m의 약 157만 년 전 신생대 제4기에 용암 분출로 형성된 거대한 주상 절리이다.



▲ **국수바위**(경북 울릉)

(4) **삼형제굴바위:** 울릉도·독도 국가지질공원에 속하며, 독도에서 분리된 바다 위 바위섬으로, 현무암이 파도의 침식 작용을 받아 형성된 지형이다.

(5) **재인폭포:** 한탄강 국가지질공원에 속하며, 신생대 제4기에 유동성이 큰 용암이 분출하여 한탄강을 따라 흐른 뒤 굳어진 현무암과 주상 절리 위로 하천의 침식 작용이 진행되어 다양한 협곡과 폭포 지형이 형성되었다.

(6) **양남 주상절리군:** 경북동해안 국가지질공원에 속하며, 신생대에 형성된 약 1 km 규모의 다양한 주상 절리가 발달해 있다. 부채꼴 형태, 기둥 형태, 누운 형태, 기울어진 형태 등 여러 형상의 주상 절리가 존재하여 희소성이 높다.



▲ **재인폭포**(경기 연천)



▲ **양남 주상절리군**(경북 경주)

우리나라의 대표적인 주상 절리 명소

국가지질공원	주상 절리 명소
제주도	중문·대포 주상절리대
울릉도·독도	국수바위, 코끼리바위, 대풍감
한탄강	재인폭포, 비둘기낭폭포, 차탄천 주상 절리, 임진강 주상 절리, 남계리 주상 절리
경북동해안	양남 주상절리군, 달전리 주상 절리
무등산권	입석대, 서석대, 광석대, 신선대
청송	급수대 주상 절리, 수락리 주상 절리

심화 무등산권 지질공원의 주상 절리

제주도, 울릉도, 경주, 한탄강 국가지질공원의 주상 절리는 신생대 현무암질 마그마의 분출로 형성되었다. 반면, 무등산권 국가지질공원의 입석대, 서석대, 광석대의 주상 절리는 중생대 백악기의 화산 쇄설물이 서로 재용융하여 굳어진 용결응회암(무등산응회암)으로, 냉각 과정에서 부피가 줄어들며 주상 절리가 형성되었다.



▲ **입석대**(전남 화순)

중요 개념 체크

정답과 해설 158쪽

1. 우리나라 국가지질공원에 분포하는 화성암은 주로 (　　)와 신생대에 마그마의 관입 또는 분출로 형성되었다.
2. 화성암으로 이루어진 지형에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.
   (1) 서낭바위는 화강암층 사이로 암맥이 관입하여 형성되었다. ——— (　　)
   (2) 울릉도·독도 국가지질공원에서는 주상 절리를 관찰할 수 없다. ——— (　　)

4 변성암으로 이루어진 지형

집중 분석 116쪽

우리나라 국가지질공원에 분포하는 변성암은 대부분 선캄브리아 시대에 형성되었으며, 일부는 고생대와 중생대에 형성되었다. 선캄브리아 시대 변성암은 변성 전 퇴적 구조를 간직하고 있어, 한반도의 지질학적 변화 과정을 이해하는 데 중요한 자료가 된다.

1. 선캄브리아 시대에 형성된 지질 명소

우리나라 국가지질공원에서 관찰할 수 있는 변성암은 대부분 선캄브리아 시대에 형성되었다. 백령·대청, 강원평화지역, 고군산군도, 화성, 경북동해안 국가지질공원에서는 선캄브리아 시대의 변성암과 변성 작용으로 생긴 엽리와 습곡 구조 등을 관찰할 수 있다.

(1) **두무진:** 백령·대청 국가지질공원에 속하며, 약 10억 년 전 선캄브리아 시대에 퇴적된 사암이 고온·고압의 변성 작용을 받아 규암으로 변하였다. 지층에서는 퇴적 당시 연흔, 사층리 등의 퇴적 구조도 관찰할 수 있다.



▲ **두무진의 형성 과정**



▲ **두무진**(인천 백령도)

(2) **분바위와 월띠:** 백령·대청 국가지질공원에 속하며, 소청도의 분바위는 선캄브리아 시대의 대리암으로 이루어져 있어 바위가 하얗게 보인다. 대리암은 따뜻한 바다에서 번성한 산호 등의 생물이 죽은 뒤 형성된 석회암이 고온·고압의 변성 작용을 거쳐 형성되었으며, 분바위에서는 선캄브리아 시대의 스트로마톨라이트 화석도 산출된다.

분바위와 월띠
소청도 주민들이 바위에 분칠한 것처럼 하얗다 하여 '분바위'라고 불렀으며, 달빛이 비치는 밤바다에서 바라보면 소청도를 하얀 띠가 둘러싸고 있다고 하여 '월띠'라고도 불렀다.



▲ **분바위**(인천 소청도)



▲ **분바위와 스트로마톨라이트**

(3) **해안분지:** 강원평화지역 국가지질공원에 속하며, 강원도 양구군 해안분지는 차별 침식으로 형성된 대표적인 침식 분지이다. 분지 외곽의 높은 산지는 선캄브리아 시대 편마암으로 이루어져 있고, 분지 내부의 바닥은 중생대 화강암으로 구성되어 있다.



▲ **해안분지**(강원 양구)

펀치볼
강원도 양구의 해안분지는 '펀치볼'로 더 잘 알려져 있는데, 이는 한국전쟁 때 외국 종군기자가 해안분지의 독특한 지형을 보고 '화채 그릇(Punch Bowl)' 같다고 하여 펀치볼로 불리게 되었다.

(4) **원생대 변성암:** 경북동해안 국가지질공원에 속하며, 영덕 해안에는 약 20억 년 전 선캄브리아 시대에 형성된 편마암이 동해의 파도에 의해 침식되어 드러나 있다. 편마암의 줄무늬 구조인 편마 구조가 복잡하게 휘어져 발달하고 있다.

(5) **말도 습곡 구조:** 고군산군도 국가지질공원에 속하며, 군산시 말도에는 선캄브리아 시대 규암층이 횡압력을 받아 형성된 대규모 습곡 구조가 발달해 있다. 일부 구간에서는 퇴적 당시의 사층리와 연흔 등의 퇴적 구조도 관찰할 수 있다.

(6) **우음도:** 화성 국가지질공원에 속하며, 선캄브리아 시대 변성암류와 중생대 쥐라기 화강암류가 함께 분포한다. 페그마타이트, 고철질 암맥, 포획암과 함께 습곡, 단층, 절리 등의 지질 구조가 다양하게 관찰된다.



▲ **말도 습곡 구조**(전북 군산)



▲ **우음도의 습곡 구조**(경기 화성)

페그마타이트

페그마타이트는 지하 깊은 곳에서 마그마의 남은 일부가 화강암보다 낮은 온도에서 천천히 식어 석영, 장석, 운모 등 거친 입자의 결정으로 이루어진 화강암질 암석이다.

2. 고생대에 형성된 지질 명소

화성, 단양 국가지질공원의 일부 지역에는 고생대 변성암이 분포한다. 화성에서는 편암과 규암, 엽리와 습곡 구조를, 단양에서는 선캄브리아 시대의 화강편마암과 고생대의 규암을 관찰할 수 있다.

(1) **국화도:** 화성 국가지질공원에 속하며, 해안을 따라 분포하는 절벽과 기암괴석은 고생대 데본기 퇴적암이 지각 변동을 받아 생성된 것이다. 편암 등의 변성암과 단층, 습곡, 암맥 등 다양한 지질 구조를 관찰할 수 있다.



▲ **국화도**(경기 화성)

(2) **다리안 연성전단대:** 단양 국가지질공원에 속하며, 선캄브리아 시대 화강편마암과 고생대 캄브리아기 규암이 부정합을 이루고 있는데, 두 지층 사이의 시간적 간격은 약 13억 년이다.

중요 개념 체크

정답과 해설 158쪽

1. **강원평화지역 국가지질공원과 고군산군도 국가지질공원에서는 (　　)에 형성된 변성암을 볼 수 있다.**
2. **변성암으로 이루어진 지형에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.**
   (1) 두무진에서는 퇴적 당시의 퇴적 구조를 관찰할 수 있다. ——— (　　)
   (2) 고군산군도와 화성 국가지질공원에서는 습곡 구조를 관찰할 수 있다. —— (　　)

HIGH 집중 분석

국가지질공원에서 어떤 암석과 지질 구조를 관찰할 수 있을까?

1 퇴적암과 퇴적 구조

국가지질공원	강원고생대	부산	화성	제주도
지질 명소	구문소	송도 반도	고정리 공룡알 화석지	수월봉 응회환
지질시대	고생대 오르도비스기	중생대 백악기	중생대 백악기	신생대 제4기
대표 암석	석회암, 셰일, 사암 등	역암, 사암, 이암 등	역암, 사암, 이암 등	응회암
퇴적 구조	건열, 연흔 등	사층리 등	사층리, 연흔 등	층리, 탄낭 구조 등

2 화성암과 화성 구조

국가지질공원	강원평화지역	무등산권	한탄강	제주도
지질 명소	송지호 해안	입석대, 서석대 등	재인폭포	만장굴
지질시대	중생대 쥐라기	중생대 백악기	신생대 제4기	신생대 제4기
대표 암석	화강암, 규장암	용결응회암	현무암	현무암
화성 구조	절리, 암맥 등	주상 절리	주상 절리	용암 동굴

3 변성암과 변성 구조

국가지질공원	백령·대청	고군산군도	화성	경북동해안
지질 명소	용틀임 바위	말도 습곡 구조	국화도	원생대 변성암
지질시대	선캄브리아 시대	선캄브리아 시대	고생대 데본기	선캄브리아 시대
대표 암석	규암	규암	편암, 섬록암	편마암
변성 구조	습곡, 단층	습곡	습곡, 단층, 암맥	편마 구조, 습곡

예제

1 그림은 태백 구문소의 어느 지층 모습을 나타낸 것이다.



(1) 이 지층이 퇴적된 지질 시대를 쓰시오.

(2) 이 지층에서 대표적으로 산출되는 화석을 한 가지만 쓰시오.

풀이 (1) 이 지층은 고생대 오르도비스기에 퇴적되었다.

(2) 고생대 해양 환경에서 형성된 지층이므로, 삼엽충 화석이 많이 발견된다.

정답 (1) 고생대 (2) 삼엽충 화석

2 그림 (가)와 (나)는 서로 다른 국가지질공원의 지질 명소를 나타낸 것이다.



(가) 입석대



(나) 재인폭포

(1) (가)와 (나)에서 공통으로 관찰되는 지질 구조를 쓰시오.

(2) (가)와 (나) 중 먼저 형성된 지질 명소를 쓰시오.

풀이 (1) 위로 길쭉한 기둥 모양의 주상 절리가 나타난다.

(2) (가)는 중생대 백악기, (나)는 신생대 제4기에 형성되었다.

정답 (1) 주상 절리 (2) (가)

TOP 심화 강의

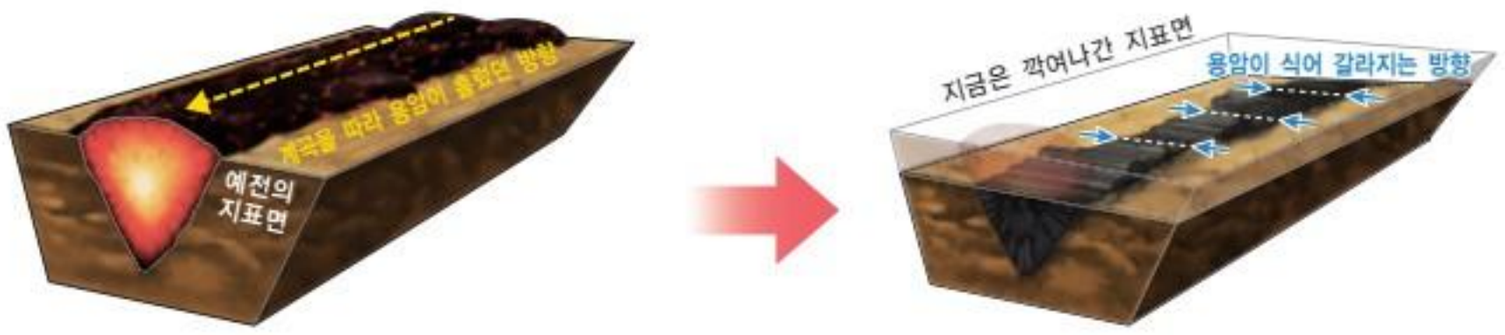
부채꼴 형태의 주상 절리는 어떻게 만들어졌을까?

일반적인 주상 절리는 땅 위로 흐르는 용암이 차가운 공기와 지표에 맞닿은 부분부터 식으면서 위로 솟은 형태가 만들어진다. 그러나 경주 양남 주상절리군에서는 누운 형태와 부채꼴 형태 등 다양한 주상 절리를 관찰할 수 있다.



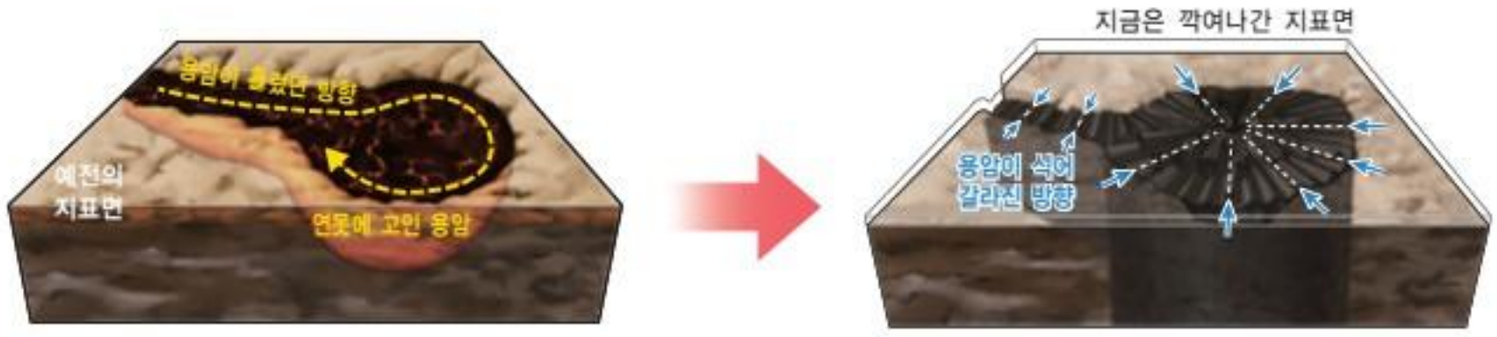
1 누운 형태의 주상 절리

계곡을 흐르는 용암은 공기보다 차가운 지면과 접촉하는 부분이 더 빨리 냉각된다. 계곡의 양쪽 측면을 따라 용암은 더 빨리 냉각되면서 용암의 부피가 줄어 갈라지기 시작하고, 이후 계속 냉각되면서 가로 방향으로 누운 형태의 주상 절리가 형성된다.



2 부채꼴 형태의 주상 절리

계곡 끝에 연못처럼 둥근 구덩이가 있으면, 용암은 둥글게 고인다. 둥근 벽면과 닿은 부분에서 냉각이 시작되고, 부피가 줄어들면서 갈라지기 시작한다. 이후 계속 냉각되면서 갈라짐이 원의 중심부 쪽으로 향하며, 부채꼴 형태의 주상 절리가 형성된다.



따라서 경주 양남 주상 절리는 위와 같은 과정으로 형성되었을 것으로 추정되지만, 다른 가능성도 고려할 필요가 있다.

틈을 따라 올라온 용암

틈을 따라 올라온 현무암질 마그마는 갈라진 틈을 따라 지표로 빠르게 분출될 수 있다. 차가운 벽과 접한 부분에서 용암이 수축하며 갈라지면, 누운 형태의 주상 절리가 형성될 수 있다.



개념 기본 문제

01 다음은 지질공원에 대한 설명이다.

> 지질공원은 인류와 동·식물의 터전이 되는 지질과 경관을 보존하기 위해 만든 제도이다. (㉠)적으로 중요하고 경관이 우수한 지역을 보전·활용하기 위해 환경부 장관이 인증한 공원을 (㉡)이라고 한다.

( ) 안에 알맞은 말을 쓰시오.

02 국가지질공원에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 <u>않은</u> 것은 ×로 표시하시오.

(1) 우리나라 국가지질공원 중 최초로 인증받은 곳은 강원고생대 국가지질공원이다. ( )

(2) 우리나라에서는 2025년 9월까지 16곳이 국가지질공원으로 인증받았다. ( )

(3) 우리나라의 국가지질공원 중 유네스코 세계지질공원으로 지정된 곳은 없다. ( )

(4) 국가지질공원은 지질 유산의 훼손을 방지하기 위하여 개발을 제한하고 있다. ( )

03 그림은 강원고생대 국가지질공원의 구문소를 나타낸 것이다.



(1) 화성암, 변성암, 퇴적암 중 이 지역에서 주로 관찰할 수 있는 암석을 쓰시오.

(2) 구문소의 지층에서는 삼엽충 화석이 산출되는데, 퇴적될 당시 바다와 육지 중 어디에서 형성되었는지 쓰시오.

04 그림은 화성 국가지질공원의 지질 명소 중 하나를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고르시오.

보기

ㄱ. 이 지역에서는 300여 개 이상의 공룡알 화석을 관찰할 수 있다.

ㄴ. 이 지역의 지층은 중생대 백악기 말에 퇴적된 것이다.

ㄷ. 사층리, 연흔 등의 퇴적 구조는 관찰할 수 없다.

05 그림 (가)는 채석강 주변의 지층 단면을, (나)는 수월봉 주변의 지층 단면을 나타낸 것이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 <u>않은</u> 것은 ×로 표시하시오.

(1) (가)의 지층은 (나)의 지층보다 나중에 생성되었다. ( )

(2) (가)는 바다에서 퇴적된 지층이다. ( )

(3) (나)는 주로 응회암으로 이루어져 있다. ( )

(4) (나)는 제주도 국가지질공원의 지질 명소 중 한 곳이다. ( )

06 다음은 강원평화지역 국가지질공원의 서낭바위에 대한 설명이다.



서낭바위 일대는 중생대 쥐라기 (㉠)층 사이로 수평 방향의 규장암 (㉡)이 관입하여 형성되었다.

( ) 안에 알맞은 말을 쓰시오.

07 그림 (가)와 (나)는 서로 다른 화산암 지형에서 관찰한 지질 구조를 나타낸 것이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고르시오.

보기

ㄱ. (가)와 (나)는 모두 주상 절리이다.
ㄴ. (가)는 중생대에 관입한 마그마에 의해 형성되었다.
ㄷ. (나)는 신생대의 화산 활동으로 형성되었다.

08 그림 (가)는 단양 국가지질공원의 고수동굴을, (나)는 제주도 국가지질공원의 만장굴을 나타낸 것이다.



(가)



(나)

(1) (가)를 구성하는 암석과 생성된 지질시대를 쓰시오.

(2) (나)를 구성하는 암석과 생성된 지질시대를 쓰시오.

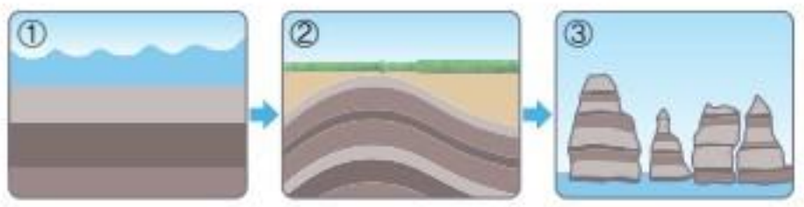
09 그림은 고군산군도 국가지질공원의 말도에서 관찰한 규암층을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

(1) 습곡 구조가 발달해 있다. ( )
(2) 세일이 광역 변성 작용을 받아 생성된 암석으로 이루어져 있다. ( )
(3) 퇴적 당시에 발달한 퇴적 구조를 관찰할 수 있다. ( )
(4) 형성 과정에서 장력을 받은 적이 있다. ( )

10 다음은 백령·대청 국가지질공원의 지질 명소 중 하나인 두무진의 형성 과정에 대한 설명이다.



① (㉠) 후기의 얕은 바다에 퇴적물이 쌓였다.
② 형성된 사암은 지하 깊은 곳에서 고온·고압을 받아 변성암인 (㉡)으로 변하였다.
③ 이후 ㉡은 (㉢)한 뒤, 파도와 비바람의 침식 작용으로 현재와 같은 모습을 형성하였다.

( ) 안에 알맞은 말을 쓰시오.

개념 적용 문제

➤ 퇴적암으로 이루어진 지형

01 그림은 전북 서해안권 국가지질공원의 지질 명소인 채석강을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 지층은 고생대 후기에 퇴적물이 쌓여 생성되었다.
ㄴ. 퇴적암의 지층은 자갈, 모래, 점토 등으로 구성되어 있다.
ㄷ. 깊은 바다에서 퇴적된 후 융기하여 현재의 지형을 형성하였다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➢ 채석강을 이루고 있는 지층에서는 역암, 사암, 셰일과 함께 다양한 퇴적 구조를 관찰할 수 있다.

➤ 퇴적암으로 이루어진 지형

02 그림 (가)는 강원고생대 국가지질공원의 지질 명소를, (나)는 진안·무주 국가지질공원의 지질 명소를 나타낸 것이다.



(가) 구문소



(나) 마이산

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)는 바다에서 퇴적되어 삼엽충 화석을 관찰할 수 있다.
ㄴ. (나)에서는 타포니를 관찰할 수 있다.
ㄷ. (가)와 (나)는 모두 고생대에 생성된 퇴적암이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➢ 구문소에서는 석회암, 셰일, 사암 등으로 이루어진 전기 고생대 지층을 관찰할 수 있고, 마이산의 봉우리는 대부분 역암으로 구성되어 있다.

➤ 화성암으로 이루어진 지형

03 표는 제주도 국가지질공원의 지질 명소인 만장굴의 모습과 만장굴에서 관찰한 암석의 특징을 나타낸 것이다.

> 만장굴은 신생대에 생성된 용암 동굴이다.

모습	관찰한 암석의 특징
	• 어두운색을 띠며, 세립질 조직이 보임. • 동굴의 벽면에는 선 구조가 나타남. • 바닥에는 새끼줄을 꼬아 놓은 것과 같은 형태의 구조가 관찰됨.

만장굴에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 반려암으로 구성되어 있다.
ㄴ. 용암이 흐르면서 생성된 동굴이다.
ㄷ. 동굴 벽면에는 지하수에 의한 침식 작용으로 선 구조가 만들어졌다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

➤ 화성암으로 이루어진 지형

04 그림 (가)는 경북동해안 국가지질공원의 지질 명소를, (나)는 무등산권 국가지질공원의 지질 명소를 나타낸 것이다.

> 주상 절리는 용암이 급격하게 식으면서 수축하여 형성되는 것으로, 주로 화산암에서 잘 나타난다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)는 용암이 수축하여 만들어졌다.
ㄴ. (나)는 판상 절리이다.
ㄷ. (나)는 (가)보다 더 오래된 암석으로 이루어져 있다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➤ 변성암으로 이루어진 지형

05 그림 (가)와 (나)는 백령·대청 국가지질공원의 지질 명소를 나타낸 것이다.



(가) 두무진



(나) 분바위와 월띠

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)는 규암으로 이루어져 있다.
ㄴ. (나)는 석회암이 변성 작용을 받아 생성된 암석으로 이루어져 있다.
ㄷ. (가)와 (나)를 구성하는 암석은 모두 선캄브리아 시대에 생성되었다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

▷ 두무진과 분바위는 지하 깊은 곳에서 고온·고압의 변성 작용을 받아 형성된 암석으로 이루어져 있다.

➤ 변성암으로 이루어진 지형

06 표는 서로 다른 지질 명소 (가)와 (나)의 특징을 나타낸 것이다.

구분	국가지질공원	지질 명소	특징
(가)	경북동해안	원생대 변성암	암석 표면에는 ㉠밝은색과 어두운색의 줄무늬가 교대로 발달해 있으며, 줄무늬는 복잡하게 휘어져 있음.
(나)	단양	다리안 연성전단대	선캄브리아 시대의 ㉡화강편마암과 고생대 캄브리아기의 규암이 부정합을 이루고 있음.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. ㉠은 편마 구조이다.
ㄴ. ㉡은 세일이 광역 변성 작용을 받아 생성된 것이다.
ㄷ. (가)는 변성암, (나)는 화성암으로 이루어져 있다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

▷ (가)의 원생대 변성암은 약 20억 년 전에 생성된 편마암이 바다의 침식 작용으로 드러났으며, (나)의 다리안 연성전단대에 있는 두 지층 사이에는 약 13억 년의 시간 간격이 있다.

1등급 도전 문제

➤ 화성암과 변성암으로 이루어진 지형

07 그림은 서로 다른 국가지질공원에서 어느 지질 명소 (가)와 (나)의 모습을 나타낸 것이다.



(가)

(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)는 과거에 횡압력을 받은 적이 있다.
ㄴ. (나)는 용암이 급격히 식어서 형성된 지질 구조이다.
ㄷ. (가)는 선캄브리아 시대에, (나)는 중생대에 생성된 암석이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➤ (가)는 고군산군도 국가지질공원의 말도 습곡 구조를, (나)는 울릉도·독도 국가지질공원의 국수바위를 나타낸 것이다.

➤ 퇴적암과 변성암으로 이루어진 지형

08 그림 (가)는 전북 서해안권 국가지질공원의 지질 명소를, (나)는 백령·대청 국가지질공원의 지질 명소를 나타낸 것이다.



(가) 채석강

(나) 두무진

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)는 신생대에 퇴적층이 융기하여 지표면에 드러났다.
ㄴ. (나)를 구성하는 암석은 깊은 바다에서 생성된 퇴적암이 변성 작용을 받은 것이다.
ㄷ. (가)와 (나)의 지형은 모두 풍화와 침식 작용을 받아 형성되었다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➤ 채석강은 중생대 백악기의 퇴적암이, 두무진은 선캄브리아 시대의 변성암이 풍화와 침식 작용을 받아 형성된 지질 명소이다.

중단원 핵/심/정/리 2. 한반도의 암석

01 변동대와 화성암

1 마그마의 생성

▸ 68쪽~71쪽

1. **마그마의 생성 조건** 마그마가 생성되려면 온도 상승, 압력 감소, (1)의 공급으로 맨틀 물질의 용융점 하강 등의 환경 변화가 필요하다.
2. **마그마의 종류와 특성** 마그마는 (2) 함량에 따라 현무암질 마그마, 안산암질 마그마, 유문암질 마그마로 구분한다.
3. **마그마의 생성 장소**

(1) 발산 경계: 해령과 열곡대 하부에서 맨틀 물질이 상승하면 (3)이 감소하여 부분 용융되어 현무암질 마그마가 생성된다.

(2) 수렴 경계: 섭입대에서 해양 지각의 함수 광물에서 물이 방출되어 해양판 위의 맨틀로 공급되면 맨틀 물질의 (4)이 낮아져 부분 용융되어 현무암질 마그마가 생성된다. 이 마그마가 상승하여 대륙 지각의 하부를 가열하면 대륙 지각 물질이 부분 용융되어 유문암질 마그마가 생성되고, 현무암질 마그마와 유문암질 마그마가 혼합되어 안산암질 마그마가 생성된다.

2 화성암의 분류와 구조

▸ 72쪽~75쪽

1. **화성암의 분류** 화성암은 마그마의 화학 조성에 따라 염기성암, 중성암, 산성암으로 구분하고, 마그마의 냉각 속도에 따라 화산암과 심성암으로 구분한다.
2. **화성암의 구조**

(1) 관입과 포획: 마그마가 주변 암석의 틈으로 들어가 굳어진 구조를 관입이라 하고, 화성암 안에서 기존 암석의 일부가 발견되는 구조를 포획이라고 한다.

(2) 절리: 암석에 생긴 틈이나 균열로, 단면이 다각형인 길쭉한 기둥 모양의 절리인 (5)와 편평한 판 모양의 절리인 판상 절리가 있다.

3 한반도의 화성암 지형

▸ 76쪽~77쪽

1. **심성암 분포 지역** 북한산 등 주로 중생대에 관입한 화강암으로 이루어져 있다.
2. **화산암 분포 지역** 제주특별자치도 등 주로 신생대에 분출한 (6)으로 이루어져 있다.

02 변성 작용과 변성암

1 변성 작용

▸ 88쪽~90쪽

1. **변성 작용** 암석이 생성될 당시와 다른 온도와 압력 환경에 놓여 고체 상태에서 광물의 화학 조성이나 조직이 변하는 과정이다.
2. **변성 작용의 종류** 마그마의 (7)에 의한 접촉 변성 작용과 온도와 (8) 상승에 따른 광역 변성 작용으로 구분된다.

2 변성암의 조직과 종류

▸ 91쪽~93쪽

1. **변성암의 조직** 접촉 변성 작용을 받은 암석은 혼펠스 조직과 (9) 조직이 나타나고, 광역 변성 작용을 받은 암석은 엽리 조직이 발달하며, 엽리에는 편리와 (10)가 있다.

정답과 해설 160쪽

2. 변성암의 종류

(1) 접촉 변성암: 마그마의 열에 의해 주변 암석이 변성 작용을 받아 좁은 범위에서 생성되며, (11), 규암, 대리암 등이 있다.

(2) 광역 변성암: 고온·고압 환경의 넓은 범위에서 변성 작용을 받아 생성되며, 점판암, (12), 편암, (13), 규암, 대리암 등이 있다.

3 변성 지형에서의 지질 구조
▸ 94쪽~96쪽

1. 습곡 지층이나 암석이 양쪽에서 미는 횡압력을 받아 휘어진 지질 구조로, 위로 볼록하게 휘어진 부분을 (14)라 하고, 아래로 오목하게 내려간 부분을 향사라고 한다.

2. 단층 지층이나 암석이 힘을 받아 끊어지면서 양쪽 암반이 어긋나 있는 지질 구조이다.

(1) 정단층: 지층에 수평 방향의 (15)이 작용하여 형성된 단층이다.

(2) 역단층: 지층에 수평 방향의 횡압력이 작용하여 형성된 단층이다.

(3) 주향 이동 단층: 지층이 수평 방향으로만 이동한 단층이다.

4 암석의 순환
▸ 97쪽

1. 지구시스템과 암석의 순환 지구 내부 에너지와 태양 복사 에너지의 영향을 받아 암석이 다른 암석으로 끊임없이 변하는 과정을 (16)이라고 한다.

2. 암석의 순환 과정 지하 깊은 곳에서 암석이 녹아 마그마가 생성되며, 마그마가 식으면 화성암이 된다. 암석이 지표에 노출되면 풍화·침식 작용을 받아 퇴적물이 되고, 이 퇴적물이 굳어져 퇴적암이 되며, 지구 내부에서 열과 압력을 받으면 변성암이 된다. 온도가 더 높아지면 암석은 다시 녹아 마그마가 되고, 이 과정을 통해 암석은 끊임없이 순환한다.

03 우리나라의 지질공원

1 국가지질공원
▸ 108쪽~109쪽

1. 지질공원과 국가지질공원 인류와 동·식물의 터전이 되는 지질과 경관을 보존하기 위해 만든 제도를 지질공원이라 하고, 지구과학적으로 중요하고 경관이 뛰어난 지역을 보전·활용하기 위해 환경부 장관이 인증한 공원을 (17)이라고 한다.

2. 국가지질공원 현황 우리나라는 2025년 9월까지 총 16곳이 국가지질공원으로 인증받았다.

2 퇴적암으로 이루어진 지형
▸ 110쪽~111쪽

1. 해양 환경 고생대에 퇴적된 퇴적암은 바다에서 생성되어 해양 생물 화석이 주로 발견된다.

2. 육상 환경 (18)에 퇴적된 퇴적암은 호수에서 형성되어 육지 생물 화석이 주로 발견된다.

3. 화산 활동 중생대와 신생대의 화산 활동으로 쌓인 응회암과 화산 지형 등을 관찰할 수 있다.

3 화성암으로 이루어진 지형
▸ 112쪽~113쪽

1. 마그마의 관입 중생대에 관입하여 형성된 심성암과 다양한 지질 구조 등을 관찰할 수 있다.

2. 마그마의 분출 신생대에 (19) 활동으로 분출된 화산암과 다양한 화산 지형 등을 관찰할 수 있다.

4 변성암으로 이루어진 지형
▸ 114쪽~115쪽

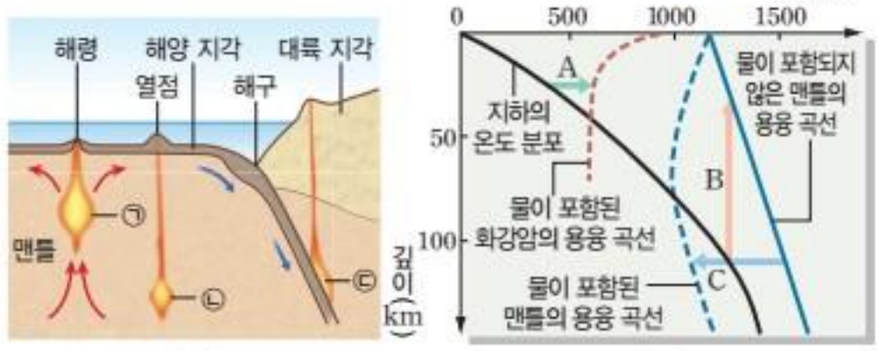
1. 선캄브리아 시대 우리나라 국가지질공원에서 관찰되는 대부분의 변성암은 (20)에 형성되었으며, 편마암, 규암 등의 변성암과 변성 구조 등을 관찰할 수 있다.

2. 고생대 화성과 단양 국가지질공원의 일부 지역에서는 고생대 변성암과 변성 구조 등을 관찰할 수 있다.

통합 실전 문제

마그마의 생성 조건

01 그림 (가)는 생성 장소가 서로 다른 마그마 ㉠~㉢을, (나)는 마그마의 생성 과정 A~C를 나타낸 것이다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. ㉠은 B 과정으로 생성된 현무암질 마그마이다.
ㄴ. ㉡은 A 과정으로 생성된 유문암질 마그마이다.
ㄷ. ㉢은 맨틀에 물이 공급되어 C 과정으로 생성된 현무암질 마그마이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

마그마의 종류와 특성

02 표는 서로 다른 마그마 (가), (나)의 특징을 나타낸 것이다.

구분	(가)	(나)
SiO_2 함량	52 % 이하	63 % 이상
화학 조성	고철질	규장질
온도	높음.	낮음.
기원	맨틀 물질	대륙 지각 물질

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

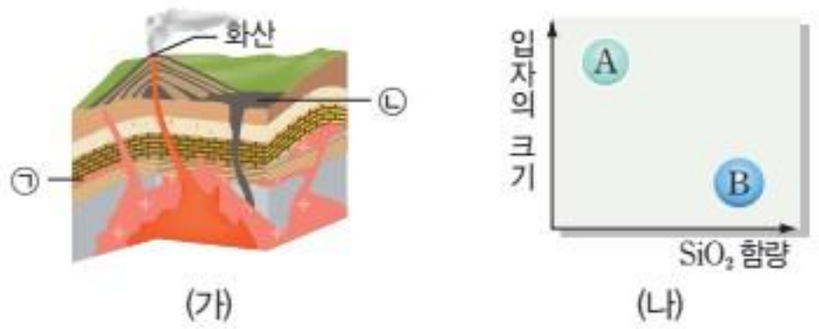
보기

ㄱ. 점성은 (가)가 (나)보다 높다.
ㄴ. 생성된 암석의 색은 (가)가 (나)보다 어둡다.
ㄷ. 화산가스 함량은 (가)가 (나)보다 많다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

화성암의 분류와 구조

03 그림 (가)는 화성암이 생성될 수 있는 위치를, (나)는 화성암 A와 B의 성질을 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡에서 산출되는 화성암은 각각 A와 B 중 하나이다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. ㉠은 마그마가 관입하여 만들어진 암맥이다.
ㄴ. ㉡은 ㉠보다 암석의 색이 밝다.
ㄷ. A는 ㉠에서, B는 ㉡에서 산출된다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

화성암의 분류와 구조 + 국가지질공원

04 표는 북한산과 한탄강에서 관찰된 특징을 나타낸 것이다.

(가) 북한산	(나) 한탄강
	
• 광물 결정의 크기가 크고, 밝은색의 ㉠암석이 분포한다. • 정상에서 ㉡얇은 판 모양의 구조가 보인다.	• 광물 결정의 크기가 작고, 어두운색의 ㉢암석이 분포한다. • 암석 절벽에서 ㉣다각형 기둥 모양의 구조가 보인다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

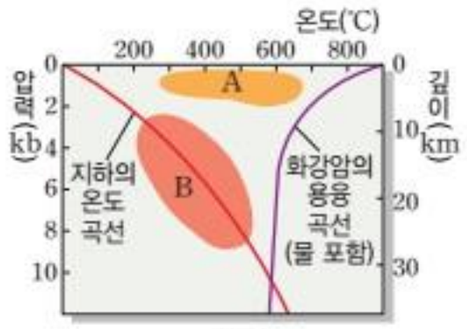
보기

ㄱ. ㉠은 ㉢보다 지하 깊은 곳에서 생성되었다.
ㄴ. ㉡과 ㉣ 중 화산암에서 생성되는 구조는 ㉣이다.
ㄷ. (가)와 (나)는 모두 국가지질공원에 해당한다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

변성 작용

05 그림 (가)는 서로 다른 변성 환경 A와 B를, (나)는 어느 지역에서 산출되는 변성암을 나타낸 것이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

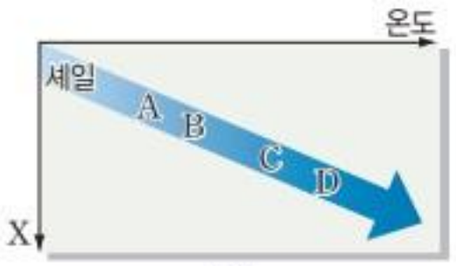
보기

ㄱ. 조산 운동이 일어나는 지역의 변성 환경은 B보다 A에 가깝다.
ㄴ. 주요 변성 요인이 열과 압력인 환경은 A보다 B에 가깝다.
ㄷ. (나)는 주로 B에서 생성된다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

변성암의 종류

06 그림 (가)는 온도와 물리량 X의 증가에 따라 셰일이 변성되어 생성된 암석 A~D의 위치를, (나)는 A~D 중 어느 암석을 나타낸 것이다. A~D는 각각 편암, 점판암, 천매암, 편마암 중 하나이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

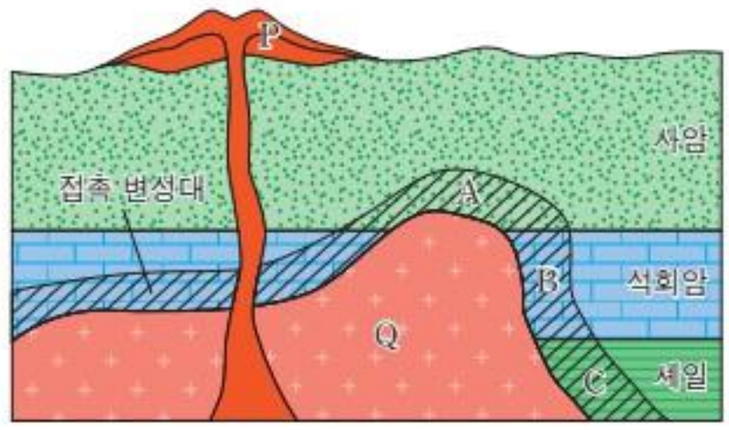
보기

ㄱ. 물리량 X는 압력이 적합하다.
ㄴ. (나)는 D에서 생성된 암석이다.
ㄷ. A에서 D로 갈수록 암석을 이루는 광물 입자의 크기가 커진다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

화성암의 분류 + 변성암의 종류

07 그림은 어느 지역의 지층 단면을 나타낸 것이다. A~C는 변성암이고, P와 Q는 화성암이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

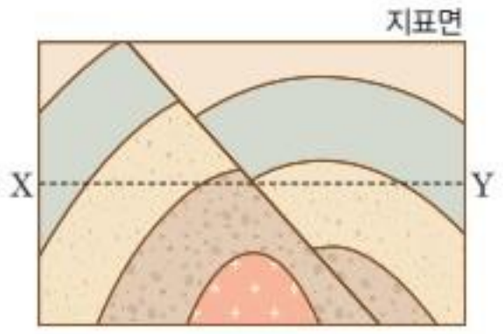
보기

ㄱ. A와 B는 입상 변정질 조직을 이룬다.
ㄴ. C에서는 엽리가 관찰된다.
ㄷ. 광물 결정의 크기는 Q가 P보다 크다.

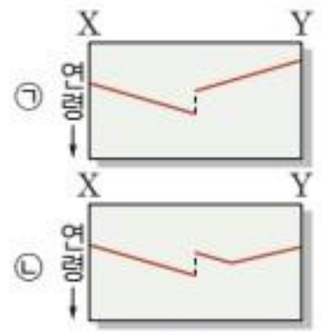
① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

습곡 + 단층

08 그림 (가)는 어느 지역의 지층 단면을, (나)의 ㉠과 ㉡ 중 하나는 X−Y 구간에 해당하는 지층의 연령 분포를 나타낸 것이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

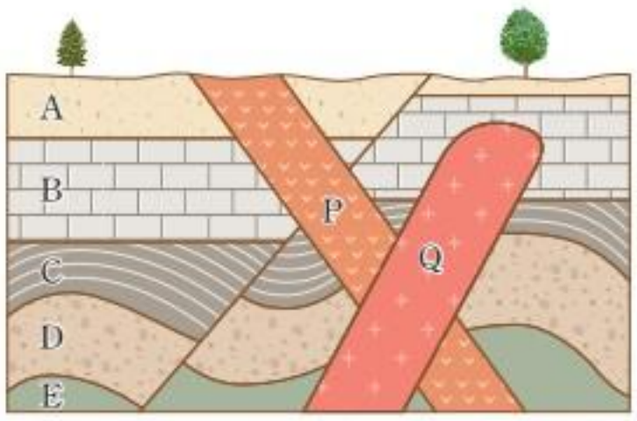
보기

ㄱ. 이 지역의 단층은 역단층이다.
ㄴ. 습곡에서 배사 구조가 나타난다.
ㄷ. X−Y 구간에 해당하는 지층의 연령 분포는 ㉡이 ㉠보다 더 적절하다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

화성암의 구조 + 습곡 + 단층

09 그림은 어느 지역의 지층 단면을 나타낸 것이다. 지층 A~E는 퇴적암이고, P와 Q는 화성암이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

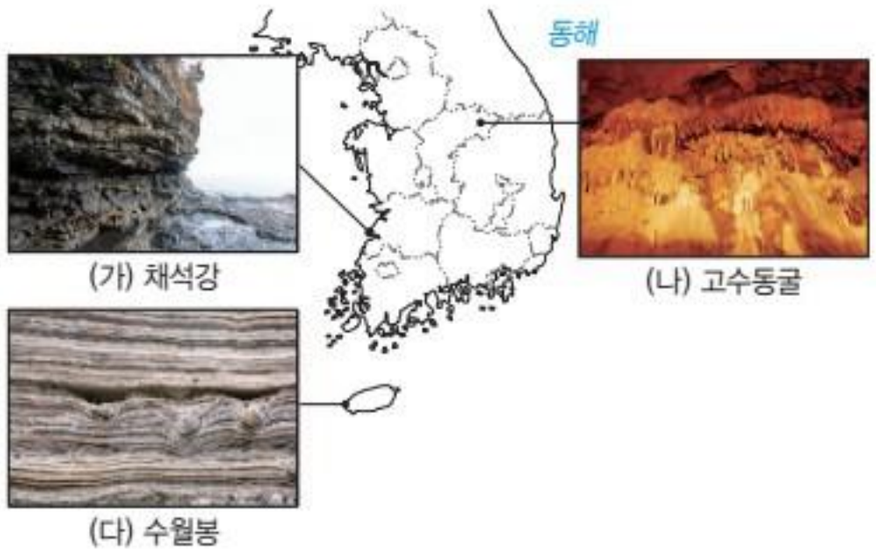
보기

ㄱ. Q에는 P의 조각이 포획될 수 있다.
ㄴ. 단층은 습곡보다 먼저 형성되었다.
ㄷ. 습곡과 단층은 횡압력에 의해 형성되었다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

퇴적암으로 이루어진 지형

10 그림은 여러 국가지질공원의 지질 명소를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (나)를 구성하는 암석은 석회암이다.
ㄴ. (가)와 (다)는 같은 암석으로 이루어져 있다.
ㄷ. 각 지역의 암석이 생성된 순서는 (나) → (가) → (다)이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

암석의 순환 + 국가지질공원

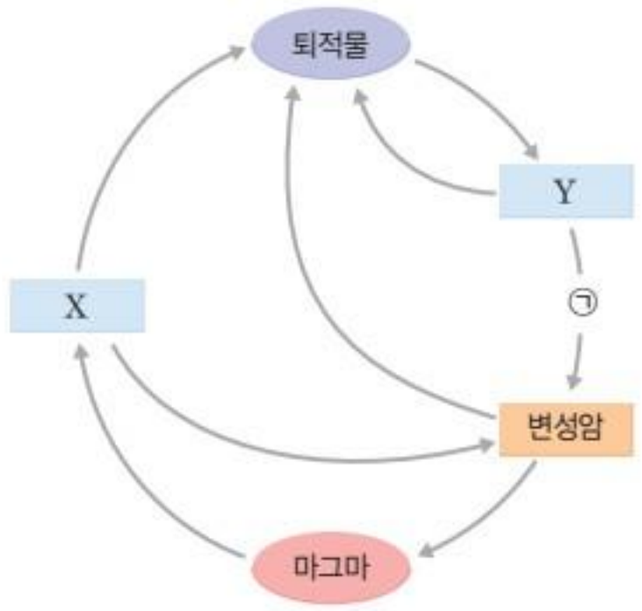
11 그림 (가)는 서로 다른 국가지질공원의 지질 명소 A~C를, (나)는 암석의 순환 과정을 나타낸 것이다.

(가)



A. 입석대 B. 말도 습곡 구조 C. 구문소

(나)



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

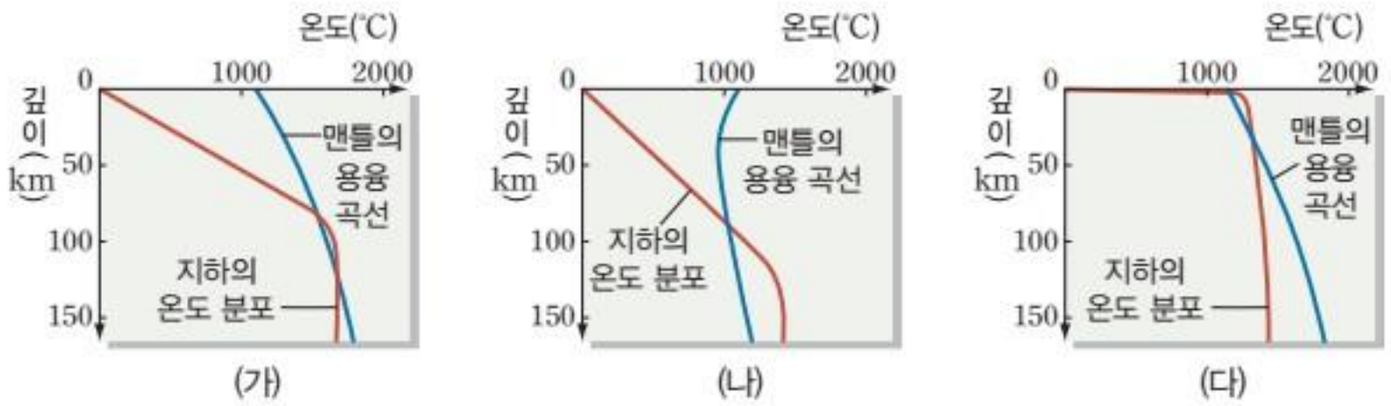
보기

ㄱ. A의 암석은 X와 Y 중 X에 해당한다.
ㄴ. A~C 중 가장 높은 압력에서 생성된 지질 명소는 B이다.
ㄷ. ㉠은 주로 태양 복사 에너지에 의해 일어난다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

HIGH TOP 최상위 문제

1 그림 (가)~(다)는 서로 다른 세 지역에서 측정한 지하의 온도 분포와 맨틀의 용융 곡선을 나타낸 것이다. (가)~(다)는 각각 해령, 열점, 섭입대 부근 중 하나이다.



(가) (나) (다)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

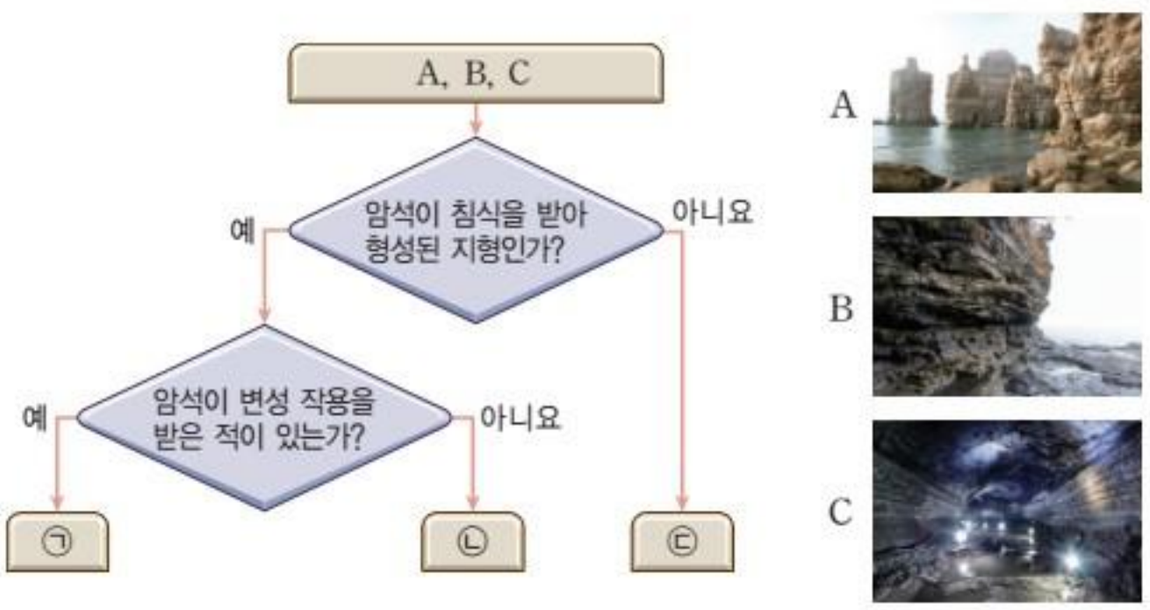
ㄱ. (나)는 섭입대 부근을 나타낸다.
ㄴ. (가)와 (다)는 맨틀 물질이 상승하면서 압력이 감소하여 마그마가 생성된다.
ㄷ. 열점에서는 해령에서보다 더 깊은 곳에서 마그마가 생성된다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

Solution Tip

지하의 온도가 맨틀의 용융 온도보다 높으면 마그마가 생성될 수 있다. 섭입대 부근에서는 함수 광물에서 빠져나온 물의 영향으로 맨틀의 용융 온도가 낮아져 마그마가 생성될 수 있다.

2 그림 (가)는 지질 명소의 지형을 형성 원인에 따라 분류하는 과정을, (나)는 서로 다른 국가지질공원의 지질 명소 A~C를 나타낸 것이다. A~C는 각각 두무진, 만장굴, 채석강 중 하나이고, (가)의 ㉠~㉢ 중 하나에 해당한다.



(가)

(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. A는 퇴적암으로 이루어져 있다.
ㄴ. B는 ㉡에 해당한다.
ㄷ. ㉢은 ㉠보다 나중에 생성되었다.

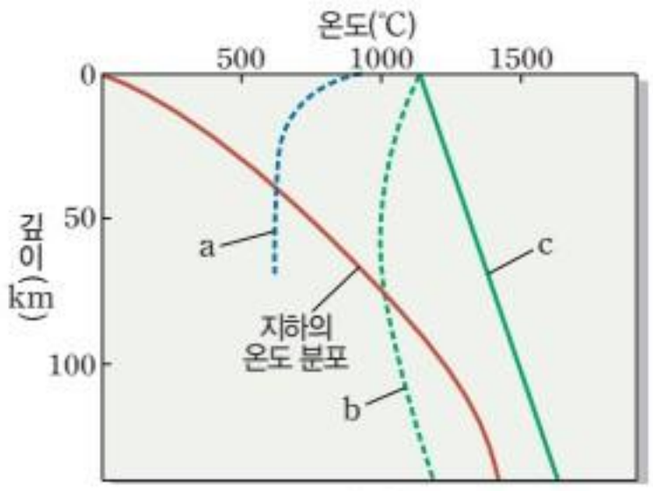
① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

Solution Tip

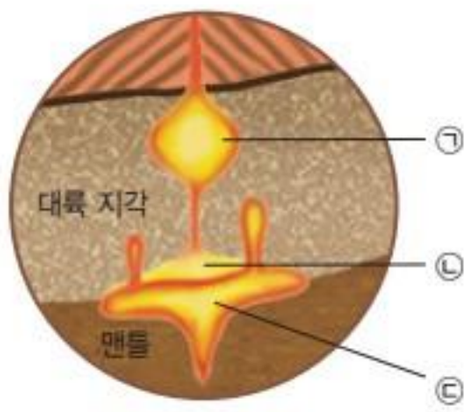
두무진은 변성암이 융기하여 물 위로 드러나 침식 작용을 받아 현재의 모습을 형성하였고, 채석강의 절벽은 지층이 융기하여 침식 작용을 받아 형성되었다.

사고력 확장 문제

1 그림 (가)는 깊이에 따른 지하의 온도 분포와 지구 내부 물질의 용융 곡선 a~c를, (나)는 섭입대 주변에서 생성되는 서로 다른 마그마 ㉠~㉢을 나타낸 것이다. ㉠~㉢은 각각 현무암질 마그마, 안산암질 마그마, 유문암질 마그마 중 하나이다.



(가)



(나)

(1) (가)의 a~c는 각각 어떤 물질의 용융 곡선인지 쓰시오.

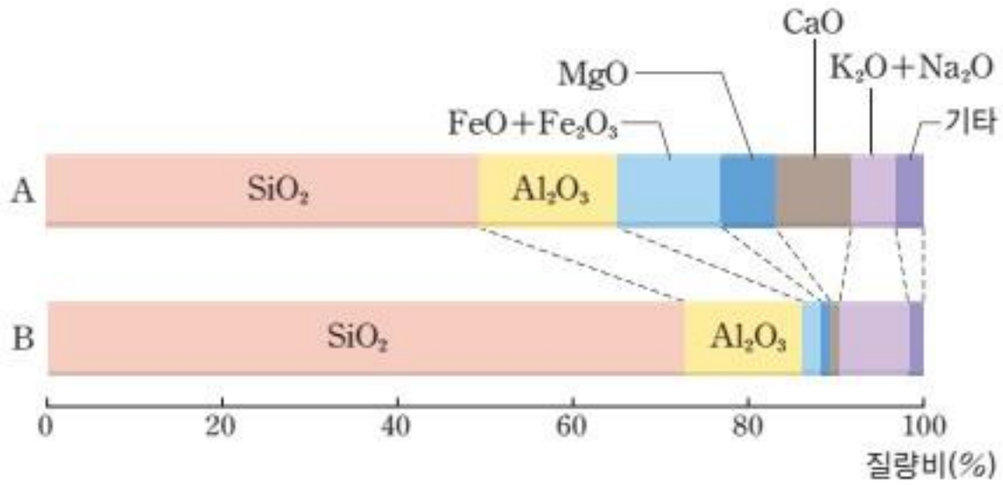
(2) (나)의 ㉠~㉢의 마그마 종류를 쓰고, 각각의 마그마는 어떻게 생성되는지 (가)를 활용하여 서술하시오.

KeyWord
(1) • 물
• 맨틀
• 화강암
(2) • 용융점 하강
• 온도 상승

Solution Tip

섭입대 부근에서는 물의 공급에 따라 맨틀 물질의 용융점이 하강하여 마그마가 생성된다. 이 마그마는 상승하여 대륙 지각 하부에 도달하면 대륙 지각을 가열하여 다른 마그마를 생성할 수 있다.

2 그림 (가)는 서로 다른 종류의 화성암 A와 B의 화학 조성을, (나)는 A와 B 중 어느 한 암석의 모습을 나타낸 것이다.



(가)



(나)

(1) A와 B를 구성하는 광물을 서로 비교하여 서술하시오.

(2) (나)는 A와 B 중에서 어떤 암석인지 고르고, 그 까닭을 서술하시오.

KeyWord
(1) • 고철질 광물
• 규장질 광물
(2) • 염기성암
• 철과 마그네슘

Solution Tip

철, 마그네슘, 칼슘 함량이 높은 광물에는 감람석, 휘석, 사장석 등이 많고, 칼륨, 나트륨, 규소 함량이 높은 광물에는 정장석, 석영 등이 많다.

3 그림 (가)는 마그마가 관입하여 형성된 지질 구조를, (나)는 화성암이 양파 껍질처럼 벗겨진 구조를 나타낸 것이다.



(가)



(나)

(1) 마그마가 관입할 때, (가)의 A와 같이 관입암 속에 암석 조각이 남게 되는 과정을 서술하시오.

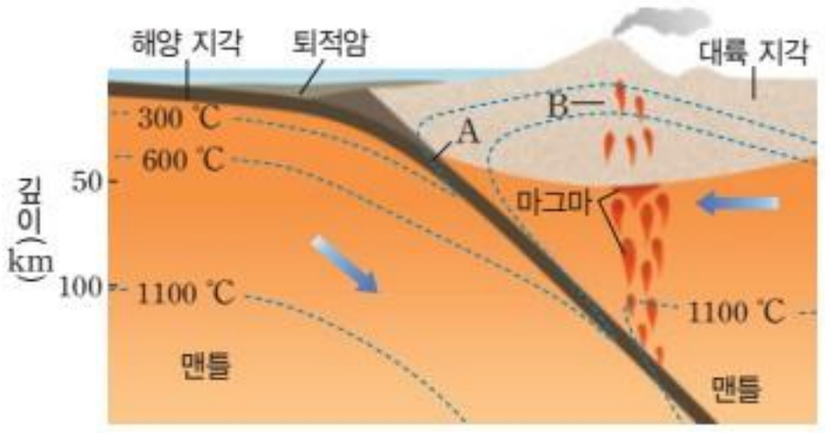
(2) (나)와 같은 구조가 형성되는 과정을 서술하시오.

KeyWord
(1) • 관입암
• 포획암
(2) • 심성암
• 판상 절리

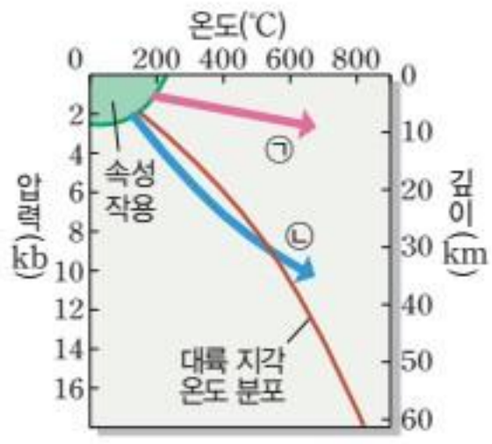
Solution Tip

마그마가 관입하는 과정에서 기존 암석에서 떨어져 나온 암석 조각이 화성암 안에 남아 있는 구조를 포획이라 하고, 심성암에서 생성되는 얇은 판 모양의 절리를 판상 절리라고 한다.

4 그림 (가)는 수렴 경계 부근의 서로 다른 변성 작용이 일어나는 장소 A와 B를, (나)는 온도와 압력에 따른 변성 과정 ㉠과 ㉡을 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡이 일어나는 장소는 각각 A와 B 중 하나이다.



(가)



(나)

(1) A와 B의 변성 환경을 서로 비교하여 서술하시오.

(2) A와 B에서 각각 변성 작용이 일어나는 과정을 (나)의 ㉠과 ㉡을 활용하여 서술하시오.

KeyWord
(1) • 온도
• 압력
(2) • 접촉 변성 작용
• 광역 변성 작용

Solution Tip

광역 변성 작용은 암석이 높은 열과 압력을 받아 넓은 범위에 걸쳐 일어나는 변성 작용이고, 접촉 변성 작용은 주로 마그마의 열에 의해 일어나는 변성 작용이다.

5 그림은 원래의 암석과 변성 작용 A와 B에 의해 생성된 변성암을 나타낸 것이다.



(1) A와 B의 ㉠에 들어갈 수 있는 예를 '원래의 암석 → 변성암'의 형태로 두 가지만 쓰시오.

(2) B의 ㉡과 ㉢에 들어갈 암석의 이름을 쓰고, 두 암석에서 나타나는 조직을 비교하여 서술하시오.

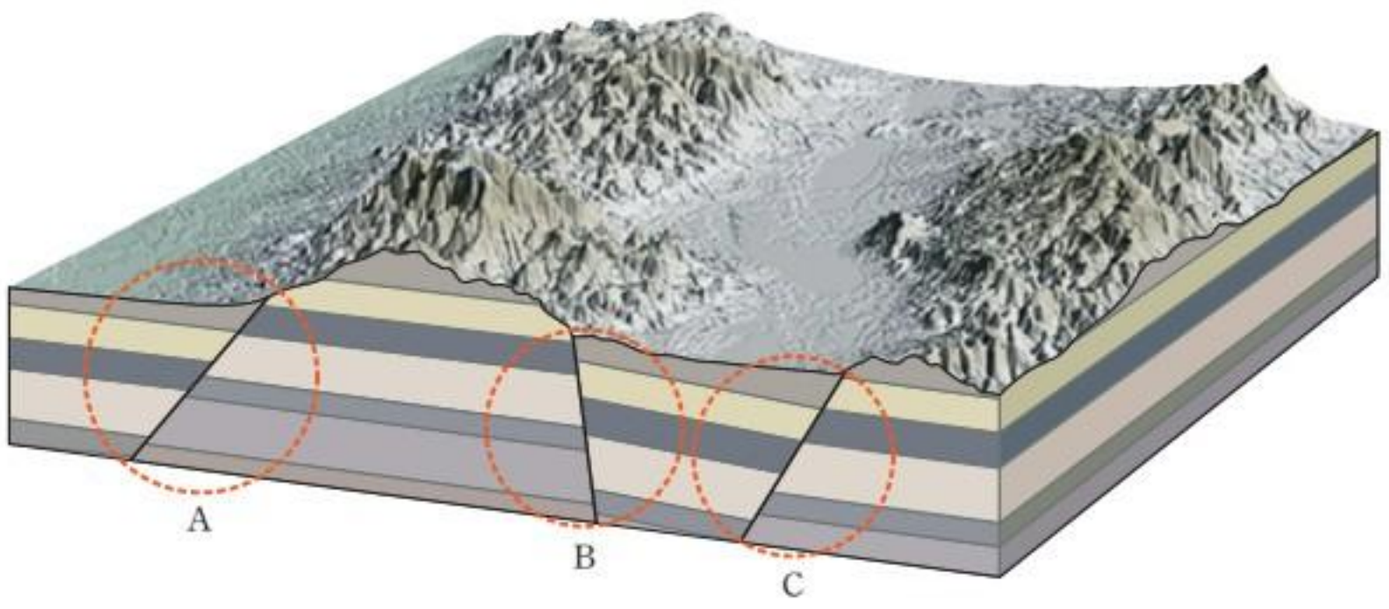
KeyWord

(1) • 사암
• 석회암
(2) • 편리
• 편마 구조

Solution Tip

변성암에서 광물들이 압력에 직각 방향으로 평행하게 배열된 구조를 엽리라고 하고, 엽리에는 편리와 편마 구조가 있다.

6 그림은 어느 지역의 지형과 지층 단면을 나타낸 것이다.



(1) A~C에 나타나는 단층의 종류를 각각 쓰고, 그 까닭을 서술하시오.

(2) 이 지역의 지형이 나타날 수 있는 판의 경계를 쓰고, 그 까닭을 서술하시오.

KeyWord

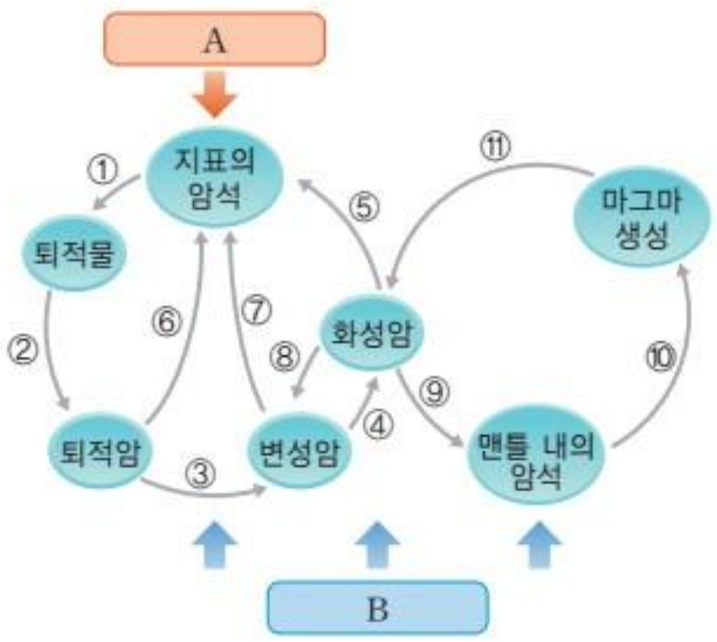
(1) • 상반
• 하반
(2) • 장력

Solution Tip

정단층은 지층에 양쪽에서 잡아당기는 힘이 작용하여 상반이 하반보다 상대적으로 아래로 이동한 단층이고, 역단층은 지층에 양쪽에서 미는 힘이 작용하여 상반이 하반보다 상대적으로 위로 이동한 단층이다.

정답과 해설 163쪽

7 그림 (가)는 암석의 순환 과정을, (나)는 고군산군도 국가지질공원의 말도 습곡 구조와 그 특징을 나타낸 것이다. A와 B는 각각 지구 내부 에너지와 태양 복사 에너지 중 하나이다.



(가)



- 규암층이 횡압력을 받았다.
- 사층리와 연흔 등의 퇴적 구조를 관찰할 수 있다.

(나)

(1) (가)의 A와 B에 해당하는 에너지를 쓰고, 그 까닭을 서술하시오.

(2) (나)가 형성되는 과정을 (가)의 '지표의 암석'에서부터 시작하여 ①~⑪ 중에서 옳은 과정을 선택하여 서술하시오.

KeyWord

(1) • 풍화·침식
• 변성 작용
(2) • 퇴적물
• 습곡
• 융기

Solution Tip

지표에서 암석의 풍화와 침식 작용을 일으키는 에너지의 근원은 태양 복사 에너지이고, 지하 깊은 곳의 암석을 용융시켜 마그마를 생성하거나 암석의 변성 작용을 일으키는 에너지의 근원은 지구 내부 에너지이다.

8 그림 (가)와 (나)는 각각 강원고생대 국가지질공원과 화성 국가지질공원에서 발견된 화석을 나타낸 것이다.



(가)



(나)

(1) 고생대에서 중생대까지 한반도의 퇴적 환경이 어떻게 변하였을지 (가)와 (나)를 통해 유추하여 서술하시오.

(2) 한반도에서 중생대의 암모나이트 화석이 발견되지 않는 까닭을 (1)을 활용하여 서술하시오.

KeyWord

(1) • 삼엽충 화석
• 공룡알 화석
(2) • 해양 생물
• 육상 환경

Solution Tip

퇴적 환경은 크게 해양 환경, 연안 환경, 육상 환경으로 구분할 수 있다. 삼엽충과 암모나이트는 해양 생물이고, 공룡은 육상 생물이다.

논술 대비 문제 Ⅱ. 지구의 역사와 한반도의 암석

예시 문제

다음은 지구의 역사를 해석하는 방법에 대한 설명이다.

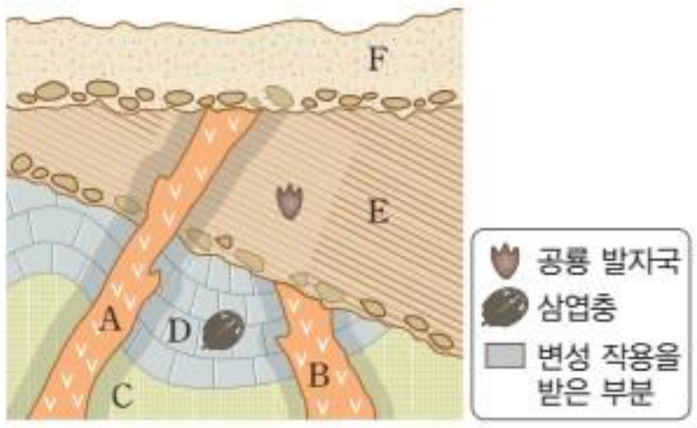
[제시문 1] 영국의 지질학자 제임스 허턴은 1795년 『지구의 이론』을 발간하였다. 그는 이 책에서 오늘날 지질학의 근간이 되는 기본적인 원리인 '동일과정의 원리'를 제시하였다. 허턴 이전에는 산맥이나 협곡과 같은 지형이 대격변에 의해 형성된다고 믿었으나, 허턴은 산에서 침식된 물질이 강을 통해 운반되는 과정이 단번에 이루어지는 것이 아니고, 비록 작은 힘이라도 오랜 시간 동안 작용하면 갑작스러운 격변에 맞먹는 큰 변화를 일으킬 수 있음을 설득력 있게 설명하였다. 이후 지질학자들은 동일과정의 원리를 바탕으로 수평퇴적의 법칙, 지층 누중의 법칙, 부정합의 법칙, 동물군천이의 법칙, 관입의 법칙 등 다양한 지사학 법칙을 이용하여 지구의 역사를 밝히고자 하였다.

[제시문 2] 지층과 화석은 지구의 역사를 밝혀내는 데 가장 중요한 자료로 이용된다. 지층은 마치 지구의 역사책과 같다고 할 수 있는데, 그 까닭은 지층 속에 지질시대부터 현재까지 일어난 지각 변동과 당시에 살았던 생물의 흔적이 기록되어 있기 때문이다. 특히 지층 속에 있는 화석은 지층의 생성 시기와 퇴적 당시의 환경을 알려주므로, 지구의 역사를 밝히는 데 매우 중요한 단서가 된다.

(1) 지구의 역사를 밝히는 기본 원리인 '동일과정의 원리'는 "현재는 과거를 아는 열쇠이다."로 표현되기도 한다. [제시문 1]을 참고하여 동일과정의 원리가 담고 있는 내용을 서술하시오.

(2) 지층의 생성 순서를 결정하기 위하여 지층 누중의 법칙과 관입의 법칙을 적용할 때, 각각 주의해야 할 점을 서술하시오.

(3) 그림은 어느 지역의 지층 단면과 지층에서 발견되는 화석을 나타낸 것이다. A와 B는 화성암이고, C~F는 퇴적암이다. 지층의 생성 순서를 결정하는 데 적용한 지사학의 법칙과 산출된 화석으로 유추할 수 있는 내용을 포함하여, 이 지역에서 일어난 지질학적 사건과 지층의 생성 순서를 오래된 것부터 서술하시오.



출제 의도

지구의 역사를 해석하는 데 활용되는 지사학 법칙을 적용할 수 있는지 묻는다. 지사학 법칙의 기본 원리를 이해하고, 이를 바탕으로 지층의 생성 순서를 해석할 수 있는지를 평가한다.

통합과학 연계 프로파일링

1. 삼엽충, 암모나이트, 화폐석, 산호 화석 등이 발견된 지층은 과거에 바다 환경이었음을 의미한다.
2. 공룡, 매머드, 고사리, 참나무 잎 화석 등이 발견된 지층은 과거에 육지 환경이었음을 의미한다.

문제 해결 과정

(1) "현재는 과거를 아는 열쇠"라는 표현은 현재 지구에서 일어나고 있는 변화가 과거에도 동일하게 일어났음을 뜻한다. [제시문 1]을 통해 동일과정의 원리는 과거의 지질학적 사건이 현재에도 일어나고 있으며, 오랜 시간 동안 작은 변화가 쌓이면 큰 변화를 일으킬 수 있음을 설명한다.

(2) 지층 누중의 법칙과 관입의 법칙으로 지층의 생성 순서를 파악할 수 있으나, 지층의 역전이나 마그마의 분출 등으로 인해 이 법칙들을 그대로 적용하기에 어려울 수 있음을 주의해야 한다.

(3) 적용된 지사학 법칙을 통해 지층의 생성 순서를 설명하고, 공룡 발자국 화석과 삼엽충 화석을 통해 지층의 퇴적 시기와 당시 환경을 해석한다.

해설

(1) 동일과정의 원리에 따르면 현재 일어나는 지질학적 사건은 과거에도 같은 과정을 통해 일어났다. 지진이나 화산 활동처럼 짧은 시간에 변화를 주는 현상도 있지만, 조산 운동처럼 오랜 시간에 걸쳐 일어나는 변화도 있다.

(2) 지층 누중의 법칙은 아래에서 위로 갈수록 젊은 지층이 놓여 있어야 적용할 수 있으나, 습곡이나 역단층으로 인해 지층이 역전될 수 있다. 관입의 법칙을 적용할 때는 마그마가 관입한 것인지 분출한 것인지 구분해야 하며, 이는 주변 암석의 접촉 변성 여부를 확인하여 판단할 수 있다.

(3) 지층 누중의 법칙, 관입의 법칙, 부정합의 법칙을 적용하여 지층의 생성 순서를 알 수 있다. 또한, 삼엽충은 고생대의 해양 생물이고, 공룡은 중생대의 육상 생물이므로 화석을 이용하면 퇴적 시기와 환경을 추론할 수 있다.

예시 답안

(1) 현재 지구상에서는 조산 운동, 풍화·침식, 퇴적 작용 등 다양한 지질 현상이 일어난다. 이러한 지질 현상은 과거에도 비슷한 속도와 과정으로 일어났으며, 짧은 시간에는 눈에 띄지 않지만, 오랜 시간이 지나면 큰 변화를 일으킨다. 따라서 동일과정의 원리는 현재의 지질 현상을 바탕으로 과거의 지각 변동과 지질학적 사건을 해석할 수 있다는 것을 의미한다.

(2) 지층 누중의 법칙을 적용할 때는 퇴적 구조나 화석 분포 등을 통해 지층의 역전 여부를 확인해야 하는데, 이는 심하게 휘어있는 습곡이나 역단층으로 인해 오래된 지층이 젊은 지층 위로 올라갈 수 있기 때문이다. 또한, 관입의 법칙을 적용할 때는 주변 암석의 변성 여부를 확인하여 마그마가 관입한 것인지, 용암이 분출한 것인지를 구분해야 한다. 용암이 지표에서 굳은 후 위에 퇴적물이 쌓이면 화성암은 퇴적암보다 먼저 형성된 것이고, 반대로 마그마가 관입하면 마그마와 접촉한 주변 암석은 열에 의한 변성 작용이 나타난다.

(3) 지층 누중의 법칙에 따라 C층이 먼저 퇴적되고, 그 위에 D층이 퇴적되었다. 이후 습곡이 형성되었고, 관입의 법칙에 따라 화성암 B는 C층과 D층이 형성된 뒤 생성되었다. 그 후 융기와 침식이 일어나고, 다시 침강하면서 E층이 퇴적되었다. 이때 C, D, B층과 E층 사이에는 부정합이 존재한다. D층에서는 삼엽충 화석이 발견되어 고생대 해양 환경임을 알 수 있고, E층에서는 공룡 발자국 화석이 발견되어 중생대 육지 환경임을 알 수 있다. 이후 지각 변동으로 지층이 경사진 뒤, 관입의 법칙에 따라 화성암 A가 생성되었고, 지층이 융기·침식·침강하면서 F층이 마지막으로 퇴적되었으며, 이때 E, A층과 F층 사이에는 부정합이 존재한다. 이후 융기와 침식이 일어나 현재의 지표면이 형성되었다. 즉, 이 지역의 지층은 C 퇴적 → D 퇴적(고생대 해양 환경) → 습곡 → B 관입 또는 분출 → 부정합 → E 퇴적(중생대 육지 환경) → 경사 → A 관입 또는 분출 → 부정합 → F 퇴적 → 융기 → 현재의 순서로 생성되었다.

문제 해결을 위한 배경 지식

- **동일과정의 원리**: 현재 일어난 지각 변동이나 지표 변화와 같은 지질학적 사건들은 과거에도 동일한 과정을 통해 일어났다는 원리이다. 따라서 현재의 지질 현상을 바탕으로 과거의 지각 변동이나 지질학적 사건을 해석할 수 있다.
- **지층 누중의 법칙**: 물이나 바람에 의해 운반된 퇴적물은 이전에 쌓였던 퇴적물 위에 차곡차곡 쌓이면서 지층을 이룬다는 법칙이다. 따라서 아래에 쌓인 지층은 위에 쌓인 지층보다 더 오래되었음을 의미한다.
- **관입의 법칙**: 지하 깊은 곳에서 생성된 고온의 마그마가 주변의 암석이나 지층의 틈을 따라 관입하여 생성된 화성암은 관입을 당한 주변의 암석이나 지층보다 나중에 생성되었다는 법칙이다.

논구술 대비 문제

실전 문제

1 다음은 지질시대의 환경 변화에 대한 설명이다.

[제시문 1] 지질시대의 기후는 당시에 살았던 생물 화석이나 퇴적물을 연구하여 알 수 있다. 예를 들어, 석회암과 증발암은 당시 기후가 온난하고 건조했음을 알려주고, 빙퇴석과 빙하 역암층은 당시 빙하기가 있었음을 알려준다. 또한, 수십만 년 전이나 그보다 가까운 시기의 기후는 나무 나이테, 빙하 코어 등을 분석하여 알아낼 수 있다.



▲ 지질시대의 기후 변화

[제시문 2] 고생대 페름기 말에는 여러 개로 흩어져 있던 대륙이 합쳐져 초대륙 판게아가 형성되었고, 이 과정에서 화산 활동이 활발하게 일어났다. 지질학자들은 판게아 이전에도 여러 차례 초대륙이 형성되었을 것으로 추정한다. 예를 들어, 약 27억 년 전~약 24억 년 전에 형성된 초대륙 케놀랜드, 약 22억 년 전~약 18억 년 전 사이에 형성된 컬럼비아, 약 12억 년 전에 형성된 로디니아 등이 있다. 이처럼 지구의 대륙은 한 덩어리의 초대륙으로 뭉쳐졌다가 다시 흩어지는 과정을 반복해 왔다.

(1) 다음은 학생 A가 대멸종의 원인으로 주장한 내용이다. [제시문 1]과 [제시문 2]를 참고하여 학생 A의 주장에 오류가 있는 까닭을 서술하시오.

> 학생 A: 고생대 오르도비스기 말에 기온이 급격히 낮아져 삼엽충과 완족류의 개체 수가 감소한 것처럼, 지구에서 일어나는 대멸종은 모두 빙하기에 일어난다.

답안

(2) 초대륙이 형성되고 분리되는 과정이 암석의 순환 과정에 미치는 영향을 [제시문 2]를 바탕으로 서술하시오.

답안

출제 의도

지질시대의 기후와 수륙 분포의 변화를 이해하는지를 묻는다. 지질시대 동안 지구의 평균 기온과 수륙 분포는 끊임없이 변화했으며, 이러한 변화가 생물과 지구 환경에 미친 영향을 설명할 수 있는지를 평가한다.

문제 해결을 위한 배경 지식

- **빙퇴석**: 빙하가 운반하여 퇴적된 모래, 자갈, 점토로 구성된 쇄설물이다.
- **증발암**: 석고, 암염처럼 해수나 호수의 물이 심하게 증발할 때 생성되는 화학적 퇴적암이다.
- **초대륙**: 지구상 대부분의 대륙이 하나로 합쳐져 형성된 거대한 대륙이다.

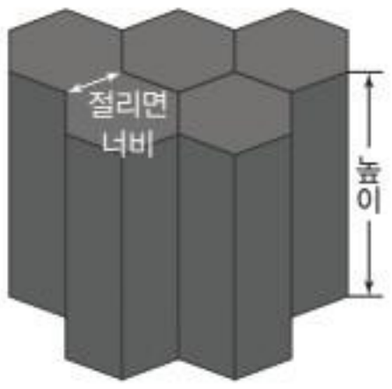
통합과학 연계 프로파일링

1. **오르도비스기 대멸종**: 급격한 기후 변화로 삼엽충과 완족류가 큰 피해를 보았다.
2. **데본기 대멸종**: 해양 무산소화와 소행성 충돌로 갑주어가 멸종하고, 삼엽충과 완족류가 쇠퇴하였다.
3. **페름기 대멸종**: 판게아 형성과 대규모 화산 폭발로 인한 온실 효과, 해양 무산소화 등으로 삼엽충을 비롯한 해양 생물 대부분이 멸종하였다.
4. **트라이아스기 대멸종**: 판게아 분리 과정에서의 화산 활동과 기후 변화로 많은 파충류와 원시 포유류가 멸종하였다.
5. **백악기 대멸종**: 소행성 충돌과 화산 폭발로 공룡과 암모나이트가 멸종하였다.

정답과 해설 166쪽

2 다음은 주상 절리에 대한 설명이다.

[제시문 1] 주상 절리는 암석이 다각형의 기둥 모양으로 쪼개진 구조이다. 용암이 냉각되면 수축이 일어나는데, 냉각 초기에 용암 표면에는 수축점들이 고르게 생긴다. 수축점에서 잡아당기는 힘이 일정하면 육각형 패턴이 만들어지고, 일정하지 않으면 오각형이나 불규칙한 다각형이 주로 형성된다. 주상 절리가 만들어질 때 용암이 서서히 식으면 절리면 너비가 넓고 육각형이 잘 나타나며, 빠르게 식으면 절리면 너비가 좁고 형태가 불규칙해진다.



▲ 주상 절리의 개략도

[제시문 2] 클링커는 먼저 굳은 용암 표면이 뒤따르는 뜨거운 용암에 밀리면서 깨지고 뒤틀려 형성된 거친 층이다. 용암 표면이 빠르게 식으면 클링커층이 발달하며, 이 층이 단열재 역할을 하여 아래에 있는 용암의 냉각을 늦춘다. 그 결과, 클링커층 바로 아래의 용암은 쉽게 식지 않아 주상 절리가 잘 발달하지 않는다.

(1) 어느 지역의 주상절리대 A와 B의 높이는 각각 50 m와 10 m이다. A와 B 중 어느 주상절리대의 절리면 너비가 큰지 쓰고, 그 까닭을 [제시문 1]을 근거로 서술하시오. (단, A와 B는 같은 환경에서 냉각되었고, 주상절리대가 형성된 이후 풍화는 거의 겪지 않았다고 가정한다.)

답안

(2) 그림은 제주도 국가지질공원의 중문-대포 주상절리대를 나타낸 것이다. 절리대의 하부에는 주상 절리가 잘 발달해 있지만, 상부에는 주상 절리가 잘 나타나지 않는 까닭을 [제시문 2]를 근거로 서술하시오.



답안

출제 의도

주상 절리의 형태가 다른 까닭을 주상 절리의 형성 과정을 바탕으로 설명할 수 있는지를 묻는다. 자연에서 관찰되는 주상 절리는 다양한 형태를 띠는데, 이러한 다양성을 이해하고 설명할 수 있는지를 평가한다.

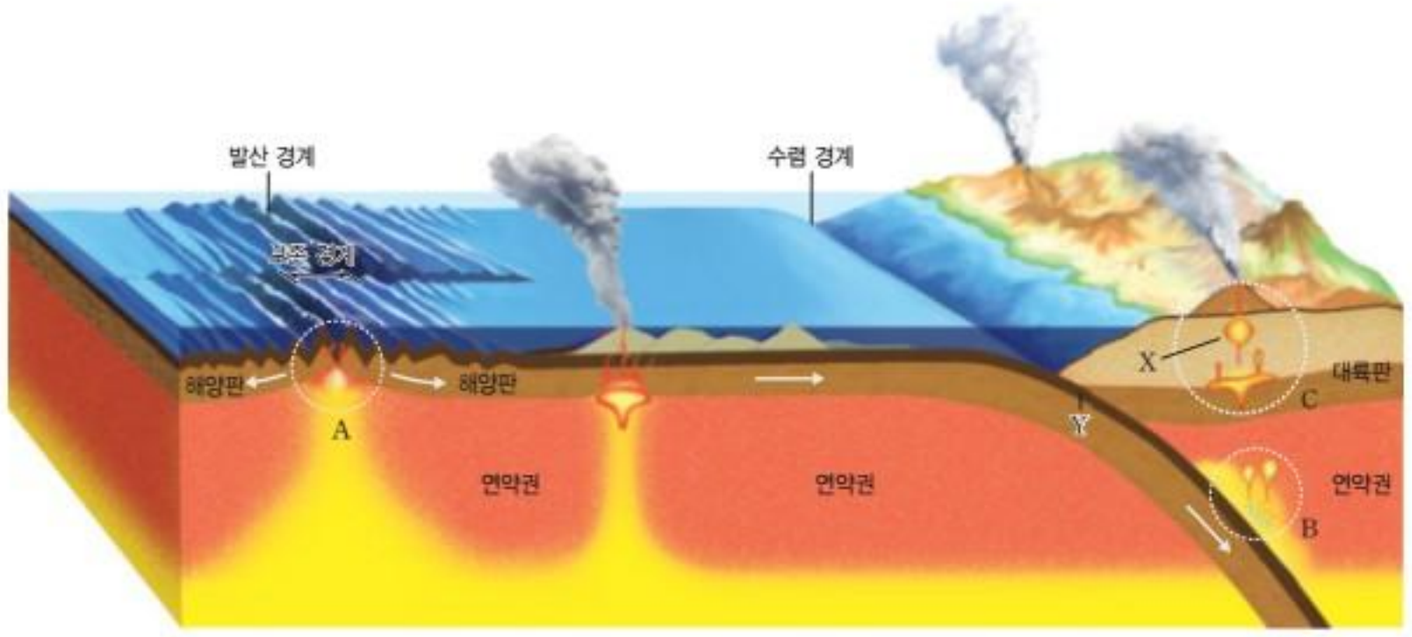
문제 해결을 위한 배경 지식

- **주상 절리**: 지표로 분출한 용암이 공기와 접촉하여 표면부터 급격히 냉각되면서 수축해 오각형이나 육각형 등 다각형 기둥 모양으로 절리가 형성된 구조이다.
- **수축점**: 용암이 냉각·응고될 때 부피가 줄면서 발생하는 수축의 중심점이다. 냉각 속도가 느리면 수축점에서 형성되는 균열의 면 사이의 각이 120°(Y형)로 나타난다.
- **클링커층**: 용암이 흐르는 과정에서 표면이 공기와 접촉하며 굳었다가 다시 부서지면서 쌓인 파쇄 암편층이다. 입자 사이에 빈 공간이 많아 단열 효과가 있어 아래쪽 용암이 빠르게 식지 않고 오랫동안 뜨거운 상태를 유지하게 한다.

논구술 대비 문제

3 다음은 판의 경계와 마그마의 생성 및 변성 작용에 대한 설명이다.

[제시문 1] 판의 경계는 두 판의 상대적인 이동 방향에 따라 크게 발산 경계, 수렴 경계, 보존 경계로 구분된다. 발산 경계는 장력이 작용하여 두 판이 서로 멀어지는 곳이고, 수렴 경계는 횡압력이 작용하여 두 판이 서로 가까워지는 곳이며, 보존 경계는 전단력이 작용하여 두 판이 서로 수평 방향으로 어긋나는 곳이다. 판의 경계에서는 이러한 힘의 작용으로 화산 활동과 지진 등 지각 변동이 자주 발생한다.



▲ [그림 1] 판의 경계

[제시문 2] 마그마는 지각의 하부나 상부 맨틀의 물질이 온도와 압력 변화로 부분 용융되어 생성된다. 지하로 깊어질수록 온도와 압력은 높아지고, 맨틀 물질의 용융점도 높아지므로 같은 깊이에서 맨틀의 용융점은 지구 내부의 온도보다 높아서 마그마가 쉽게 생성되지 않는다. 따라서 마그마가 생성되기 위해서는 해당 장소의 온도가 암석의 용융점보다 높아야 한다.

[제시문 3] 변성 작용은 암석이 온도, 압력, 활성 유체, 시간 등의 영향으로 화학적·물리적 성질이 변하는 과정이다. 마그마가 관입할 때 발생하는 접촉 변성 작용은 마그마에서 방출되는 열과 휘발 성분에 의해 마그마 접촉부로부터 수 km 이내의 비교적 좁은 지역에서 일어난다. 또한, 판이 충돌하거나 지각 내부 압력이 증가하는 지역에서 발생하는 광역 변성 작용은 온도와 압력의 상승으로 넓은 지역에서 일어난다.

(1) 판의 경계에서는 두 판의 상대적인 이동 방향에 따라 지각에 서로 다른 힘이 작용한다. 발산 경계, 수렴 경계, 보존 경계에서 작용하는 힘의 방향을 설명하고, 각각의 경계에서 형성되는 지질 구조를 서술하시오.

답안

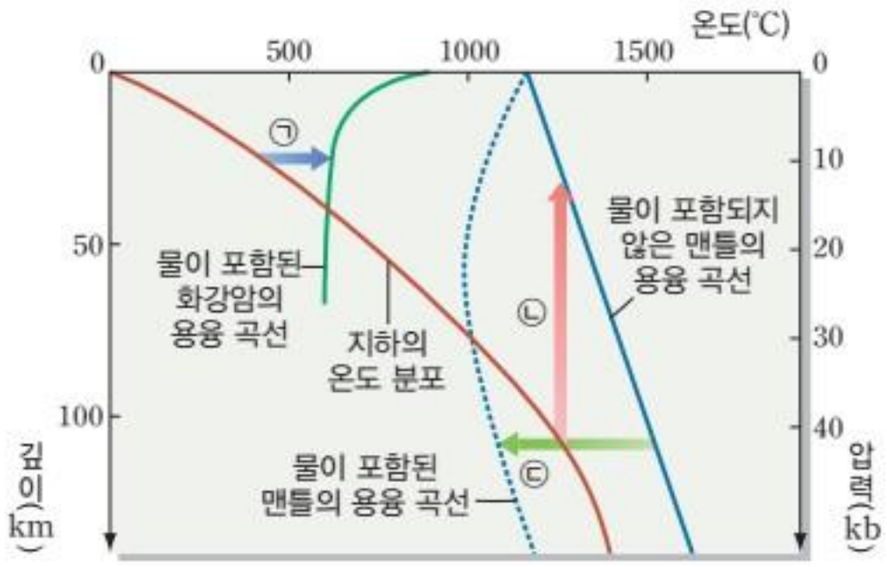
출제 의도

판의 경계에서의 변형 구조와 마그마의 생성 및 변성 작용을 묻는다. 판의 운동으로 변형 구조가 무엇이 다른지를 설명하고, 판의 경계에서 일어나는 마그마의 생성과 변성 작용을 종합적으로 설명할 수 있는지를 평가한다.

문제 해결을 위한 배경 지식

- **마그마의 생성**: 맨틀 물질이 상승하여 압력이 감소하거나, 맨틀 물질에 물이 공급되어 맨틀의 용융점이 하강하는 경우 맨틀 물질이 부분 용융되어 현무암질 마그마가 생성된다. 현무암질 마그마가 상승하여 대륙 지각 하부에 도달하면, 대륙 지각이 가열되어 대륙 지각 물질이 부분 용융되어 유문암질 마그마가 생성된다.
- **안산암질 마그마**: 현무암질 마그마와 유문암질 마그마의 중간 정도의 화학 조성을 보인다. 안산암질 마그마의 생성 과정은 다양하지만, 섭입대에서는 주로 현무암질 마그마와 유문암질 마그마의 혼합으로 생성된다.
- **변형 구조**: 지층이 양쪽에서 미는 힘인 횡압력을 받으면 습곡과 역단층이 형성되고, 양쪽에서 잡아당기는 힘인 장력을 받으면 정단층이 형성된다. 한편, 지층이 서로 반대 방향으로 미는 힘인 전단력이 작용하면 주향 이동 단층이 형성된다.

(2) [그림 2]는 지구 내부의 깊이에 따른 온도 및 압력 분포와 대륙 지각과 맨틀의 용융 곡선을 나타낸 것이다.



▲ [그림 2] 마그마의 생성 과정

[그림 1]의 A~C에서 각각 생성되는 마그마의 종류와 생성 과정을 [제시문 2]와 [그림 2]를 근거로 서술하시오.

답안

(3) [그림 1]의 X와 Y에서 일어나는 변성 작용은 각각 광역 변성 작용과 접촉 변성 작용 중 하나이다. [제시문 3]을 참고하여 X와 Y에 셰일이 분포한다면, 셰일은 어떤 암석으로 변하는지 각각 서술하시오.

답안