

완벽한 자율학습서

완자

자율학습시 비상구 정답친해로 53

정확한 답과 친절한 해설

지구과학 I



I. 고체 지구

1 지권의 변동

1 판 구조론의 정립 과정

개념 확인 문제

15 쪽

- ① 대륙 이동설 ② 지질 구조 ③ 맨틀 대류설 ④ 수심
⑤ 길수록 ⑥ 해구 ⑦ 해령

- 1 (1) ○ (2) ○ (3) × 2 나, 다, 모, 바 3 아틀라스산맥
4 ㉠ 맨틀 대류, ㉡ 온도 5 (가) B (나) A 6 ㉠ 7 (1) A
(2) B (3) 6000 m (4) 4초

1 (1) 대륙 이동설은 과거에 대륙들이 하나로 모여 있던 초대륙인 판게아가 분리되고 이동하여 현재와 같은 대륙 분포를 이루었다는 학설이다.

(2) 멀리 있는 대륙의 해안선 모양이 유사한 것은 과거에 대륙이 붙어 있었음을 설명하므로 대륙 이동의 증거가 될 수 있다.

(3) 베게너가 대륙 이동의 원동력을 명확하게 설명하지 못하여 대륙 이동설은 발표 당시에 인정받지 못하였다.

2 서로 떨어져 있는 대륙에서 빙하의 흔적이 한 곳으로 모아지고(ㄴ), 해안선의 모양이 유사하며(ㄷ), 지질 구조가 연속적으로 이어지고(ㄱ), 같은 고생물 화석이 분포하는 것(ㄴ)은 하나였던 대륙이 분리되어 이동하였다는 대륙 이동설의 증거이다.

맨틀 대류(ㄱ)는 대륙이 이동하는 원동력으로, 홈스가 주장하였다. 해양 지각의 나이(ㄷ)는 베게너 이후에 밝혀진 것으로, 해양저 확장설의 증거이다.

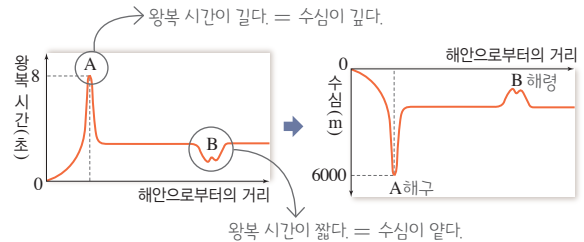
3 애팔래치아산맥과 서로 마주 보고 있는 아틀라스산맥이 과거에 붙어 있었으므로 가장 유사한 지질 구조를 나타낼 것이다.

4 1920년대에 홈스는 맨틀에서 방사성 원소의 붕괴열이나 지구 중심에서 올라오는 열로 온도 차이가 발생하여 열대류가 일어난다고 하였으며, 열대류를 따라 대륙이 이동한다고 주장하였다.

5 A에서는 맨틀 대류의 하강류가 발달하고, B에서는 맨틀 대류의 상승류가 발달한다. 앞으로 맨틀이 상승하는 B 지역에서는 대륙 지각이 분리되어 양쪽으로 이동하면서 해양이 생성되고, 맨틀이 하강하는 A 지역에서는 해구가 형성될 가능성이 있다.

6 수심이 깊을수록 음파가 해저면에 반사되어 돌아오는 데 걸리는 시간이 길다. 해구, 해령, 대륙대, 대륙붕, 대륙 사면 중 대륙붕의 수심이 가장 얇고, 해구의 수심이 가장 깊다.

7 꼼꼼 문제 분석



(1) 수심이 깊을수록 음파의 왕복 시간이 길어지므로 수심이 상대적으로 깊은 곳은 왕복 시간이 더 긴 A 지점이다.

(2) 수심이 가장 깊은 A 지점에는 해구가, 상대적으로 수심이 얇고 열곡이 발달한 B 지점에는 해령이 분포한다.

(3) 해양 관측선에서 발사된 음파의 왕복 시간이 A 지점에서 8초이고, 물속에서 음파의 속도는 약 1500 m/s이므로 수심은

$$\frac{1}{2} \times 8 \text{ s} \times 1500 \text{ m/s} = 6000 \text{ m}$$

(4) 수심이 3000 m이고, 물속에서 음파의 속도는 약 1500 m/s 이므로 다음과 같은 식을 세울 수 있다.

$$3000 \text{ m} = \frac{1}{2} \times \text{음파의 왕복 시간} \times 1500 \text{ m/s}$$

$$\therefore \text{음파의 왕복 시간} = 4 \text{ s}$$

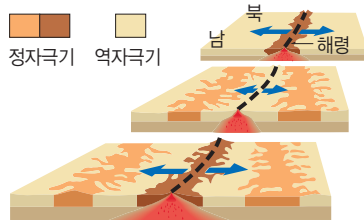
개념 확인 문제

18 쪽

- ① 해양저 확장설 ② 해구 ③ 고지자기 ④ 많아
⑤ 두꺼워 ⑥ 변환 단층 ⑦ 섭입대 ⑧ 판 구조론
⑨ 판 ⑩ 연약권

- 1 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ 2 (1) ㄴ (2) ㄱ (3) ㄷ (4) ㄹ
3 (1) C (2) A (3) A 4 (1) 대륙 (2) 소멸 (3) 작다 (4) 해양저 확장설
5 (나) → (다) → (가) 6 (1) A: 암석권, B: 연약권 (2) A

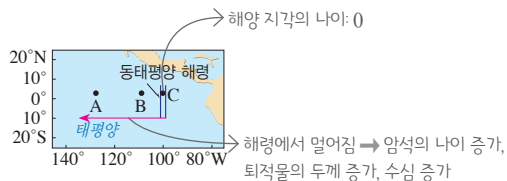
1 (1) 해령에서 해양 지각이 생성될 때 자성을 띤 광물이 지구 자기장을 따라 배열되므로 고지자기는 해령에 평행하게 줄무늬로 나타난다. 고지자기는 정자기기와 역자기기가 반복되어 왔고, 생성된 해양 지각은 해령에서 양쪽으로 이동하므로 고지자기 줄무늬는 해령을 축으로 대칭을 이룬다.



- (2) 해양 지각은 해령에서 생성되어 이동한 후 해구에서 소멸되므로 암석의 나이는 해령보다 해구에서 많다.
- (3) 변환 단층의 존재는 해양지 확장설의 증거이다. 변환 단층의 발견으로 해양지 확장설만으로 설명할 수 없었던 변환 단층 부근의 지진 발생 등을 설명할 수 있게 되었다.
- (4) 섭입대에서 지진의 진원 깊이는 대륙 쪽으로 갈수록 깊어진다. 이것은 밀도가 큰 판이 밀도가 작은 판 아래로 들어가는 것을 뜻하므로 해구에서 해양 지각이 소멸한다는 해양지 확장설의 증거가 된다.

- 2** (1) 음향 측심법으로 수심을 측정하여 다양한 해저 지형이 밝혀졌고, 해저 지형도가 만들어졌다.
- (2) 세계 대전 중 비행기에서 잠수함을 찾기 위해 개발된 자기 수신 장비를 개조하여 자력계가 만들어졌고, 자력계를 이용하여 고지자기 줄무늬 분포를 측정하였다.
- (3) 해양 시추선이 향해하면서 해양 지각의 시료를 채취하였고, 방사성 동위 원소를 이용하여 암석의 나이를 측정하여 해양 지각의 나이를 알아내었다.
- (4) 1960년대에 표준화된 지진 관측망이 구축되면서 섭입대 부근에서 발생하는 지진의 진원 깊이를 알 수 있었다.

3 **꼼꼼** 문제 분석



- (1) 열곡은 해령에서 지각이 양쪽으로 갈라지면서 해령 중앙에 발달하는 V자 모양의 골짜기이므로 C 지점에 분포할 가능성이 가장 크다.
- (2) 해령에서 해양 지각이 생성되어 양쪽으로 이동하므로 해양 지각의 나이가 가장 많은 지점은 해령에서 가장 멀리 떨어진 A이다. ➡ 해양 지각의 나이: $A > B > C$
- (3) 해양 지각의 나이가 많을수록 오랜 시간 퇴적물이 쌓이므로 해저 퇴적물의 두께가 가장 두꺼운 지점은 해령에서 가장 멀리 떨어진 A이다. ➡ 해저 퇴적물의 두께: $A > B > C$

4 판의 수렴형 경계에서 밀도가 큰 태평양판이 밀도가 작은 유라시아판 아래로 들어가면서 섭입대에서 대륙 쪽으로 갈수록 지진이 발생하는 깊이가 깊어지고 있다. 이는 태평양판이 소멸하고 있는 것으로, 해구에서 판이 소멸한다는 해양지 확장설의 증거가 된다.

- 5** (나) → (다) → (가) 순서대로 등장하여 판 구조론이 정립되었다.
- (나) 대륙 이동설: 하나였던 대륙이 분리되고 이동하여 현재와 같은 대륙 분포가 되었다는 학설로, 1912년 베게너가 주장하였다.
- (다) 맨틀 대류설: 대륙은 맨틀 대류를 따라 이동한다는 학설로, 1920년대 후반 홀스가 주장하였다.
- (가) 해양지 확장설: 맨틀 대류의 상승부에서 해양 지각이 생성되고 이동하면서 해양지가 확장된다는 학설로, 1960년대 초에 헤스와 디즈가 주장하였다.

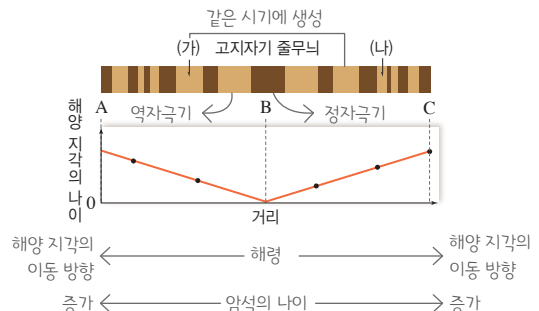
- 6** (1) A는 지각과 맨틀 최상부로 이루어진 암석권이고, B는 맨틀이 부분 용융되어 대류가 일어나는 연약권이다.
- (2) 판에 해당하는 것은 암석권(A)이다.

대표 자료 분석

19쪽

- 자료 1** 1 B 2 대칭을 이룬다. 3 (1) < (2) < (3) < 4 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) ○ (6) ○
- 자료 2** 1 (1) (나) (2) (가) (3) (다) 2 ① 3 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ×

1-1 **꼼꼼** 문제 분석



해령에서 해양 지각이 생성되므로 해양 지각의 나이가 0인 B가 해령이 있는 지점이다.

①-2 해령에서 해양 지각이 생성되면서 고지자기 줄무늬가 만 들어지고, 해양 지각이 해령을 축으로 양쪽으로 이동하여 고지자기 줄무늬가 대칭을 이룬다.

①-3 (1) B와 (가) 지점 사이보다 B와 (나) 지점 사이에 고지자기 줄무늬가 더 많으므로 (가)보다 (나) 지점의 해양 지각의 나이가 더 많다.

(2) (가)보다 (나) 지점이 오래된 해양 지각이므로 해저 퇴적물의 두께가 더 두껍다.

(3) 해령에서 멀어질수록 수심이 깊어지므로 (가)보다 (나) 지점의 수심이 더 깊다.

①-4 (1) (가) 지점은 고지자기가 역전된 상태이므로 지각이 생성될 당시 지구 자기장의 방향은 현재와 반대이다.

(2) B를 중심으로 해양저가 확장되므로 시간이 지남에 따라 (가)와 (나) 사이의 거리는 멀어진다.

(3), (4) 해양 지각은 해령인 B에서 생성된다. A에서 B로 갈수록 해양 지각의 나이가 적어지므로 해저 퇴적물의 두께는 얇다.

(5) C의 해양 지각은 해령인 B에서 생성된 후 이동한 것이다.

(6) 해령에서 마그마가 분출하여 해양 지각이 생성되고, 양쪽으로 이동하면서 식어가므로 A보다 B의 지열이 더 높다.

②-1 (1) (나) 맨틀 대류설에서는 맨틀 내에서 온도 차이로 대류가 일어나 대륙 지각이 갈라져 이동한다고 설명한다.

(2) (가) 대륙 이동설에서는 고생대 말~중생대 초의 판게아라는 초대륙이 분리되고 이동하여 현재와 같은 수륙 분포를 이루었다고 설명한다.

(3) (다) 해양저 확장설에서는 해령에서 맨틀 물질이 상승하여 새로운 해양 지각이 생성되고, 생성된 해양 지각은 해령의 양쪽으로 멀어지면서 해양저가 확장된다고 설명한다.

②-2 ① 빙하 흔적은 대륙 이동설의 증거이다.

②, ③, ④, ⑤ 열곡과 변환 단층의 존재, 해양 지각의 나이 분포, 고지자기 줄무늬의 대칭적인 분포, 섭입대 부근 지진의 진원 깊이 분포는 해양저 확장설의 증거이다.

②-3 (1) (가) 대륙 이동설은 대륙 이동의 원동력을 설명하지 못하여 발표 당시에 인정받지 못하였다.

(2) (나) 맨틀 대류설은 대륙 이동의 원동력을 설명하기 위해 등장하였다.

(3), (4) 음향 측심법으로 해령, 해구 등의 해저 지형이 밝혀졌고, 이를 바탕으로 (다) 해양저 확장설이 등장하였다. 이 확설에 따르면, 해령에서 멀어질수록 해저 퇴적물 최하층의 나이는 많아진다.

(5) (라) 판 구조론에서 판은 지각과 상부 맨틀의 일부로 구성되며 지구 표면은 여러 조각의 판으로 이루어져 있다고 설명한다.

내신 만점 문제

20쪽~23쪽

01 ④	02 ⑤	03 해설 참조	04 ③	05 ④
06 ①	07 ①	08 ②	09 ①	10 ①
11 ②	12 ②	13 해설 참조	14 ③	15 ②
16 ②	17 ③	18 ⑤	19 ③	20 ③
			21 ⑤	

01 ①, ②, ⑤ 멀리 떨어져 있는 대륙 사이에 지질 구조의 연속성이 나타나거나, 같은 종의 식물 화석이 기후가 다른 여러 대륙에서 발견되거나, 인접한 대륙의 해안선이 서로 잘 맞추어지는 것은 대륙 이동설의 증거이다.

③ 고생대 말 남반구 고위도에 있던 인도 대륙에서 형성된 빙하 퇴적층이 대륙이 이동하여 현재 적도 부근에서 나타난다.

▮ **바로알기** ▮ ④ 대륙 이동설은 대륙 이동의 원동력을 설명하지 못하였고, 후에 원동력에 대한 가설로 맨틀 대류설이 등장하였다.

02 ㄱ. 두 대륙이 갈라져 이동하였으므로 두 대륙 사이에는 발산형 경계인 해령이 발달한다.

ㄴ. 두 대륙이 갈라져 이동하였으므로 대서양을 사이에 두고 마주 보는 해안선의 모양이 비슷하다.

ㄷ. 두 대륙은 고생대에 하나로 붙어 있었으므로 발견된 고생대 말기의 식물 화석 분포가 연속성을 보인다.

03 대륙 이동설은 등장하였을 당시에 대륙을 이동시키는 원동력에 대한 문제를 설명하지 못하여 한동안 사장되었다.

▮ **모범답안** ▮ 대륙 이동의 원동력을 설명하지 못하였기 때문이다.

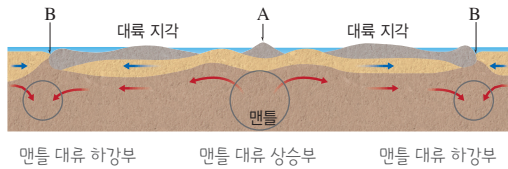
채점 기준	배점
대륙 이동의 원동력을 언급하여 서술한 경우	100 %
대륙 이동의 원인으로 서술한 경우	50 %

04 ㄱ. (나)에서 고생대 말기에는 여러 대륙들이 하나로 모여 판게아를 이루었음을 알 수 있다.

ㄴ. 고생대 말기에 인도 대륙은 남극 부근에 있었으나 현재는 북반구에 있으므로 인도 대륙이 이동하는 동안 적도에 위치한 적이 있었다.

▮ **바로알기** ▮ ㄷ. 현재 적도 부근에서 빙하 흔적이 발견되는 것은 고생대 말기에 남극 부근에 있었던 대륙이 적도 부근으로 이동하였기 때문이다.

05 **꼼꼼** 문제 분석



④ 홈스는 맨틀 내에서 방사성 원소의 붕괴열과 지구 내부의 열 에너지에 의해 맨틀 상부와 하부의 온도 차이가 발생하여 열대류가 일어난다고 설명하였다.

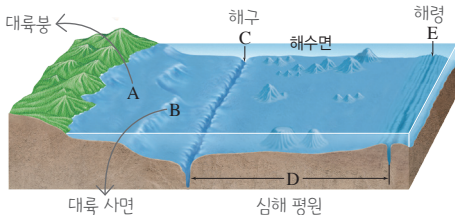
▮ **바로알기** ① A는 맨틀 대류가 상승하는 곳에서 새로 생성된 화산섬이고, B는 맨틀 대류가 하강하는 곳이다.

② A에서 맨틀 대류가 상승하면서 마그마가 분출하여 새로운 해양 지각이 생성되고, B에서는 맨틀 대류가 하강하여 해양 지각이 대륙 지각 아래로 들어가면서 소멸한다.

③ A에서는 장력이 작용하며, 횡압력이 작용하여 습곡 산맥이 발달하기도 하는 곳은 B이다.

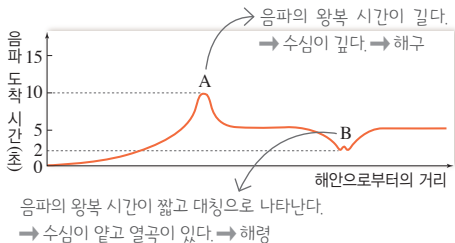
⑤ 홈스는 맨틀 대류로 대륙 이동의 원동력을 설명하였지만, 증거를 제시하지 못하여 발표 당시에는 인정받지 못하였다.

06 **꼼꼼** 문제 분석



해수면에서 음파를 발사하였을 때 반사되어 되돌아오는 데 걸리는 시간이 길수록 수심이 깊다. 따라서 음파가 되돌아오는 데 걸리는 시간은 수심이 가장 얇은 대륙붕(A)에서 가장 짧고, 수심이 가장 깊은 해구(C)에서 가장 길다.

[07~08] **꼼꼼** 문제 분석



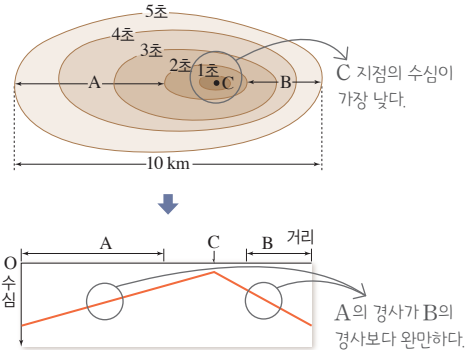
07 A 지점은 수심이 매우 깊고, 주변의 모양으로 볼 때 좁고 긴 골짜기인 해구에 해당한다.

08 나. A 지점의 수심: $\frac{1}{2} \times 10 \text{ s} \times 1500 \text{ m/s} = 7500 \text{ m}$

▮ **바로알기** ㄱ. A에서 B로 갈수록 음파의 왕복 시간이 대체로 짧아지므로 수심은 대체로 얕아진다.

ㄴ. B 지점은 주변에 비해 수심이 얇으므로 해저면에서 높이 솟아 있다. 중심부에는 수심이 다소 깊은 골짜기가 존재하므로 B 지점은 열곡이 발달한 해저 산맥인 해령이다. 해령인 B에서는 새로운 해양 지각이 생성된다.

09 **꼼꼼** 문제 분석



ㄱ. 음파가 반사되어 되돌아오는 데 걸린 시간이 같은 지점 사이의 범위가 좁을수록 같은 수평 거리에서 수심 변화가 크므로 해저면 경사가 급하다. 따라서 A 지역이 B 지역보다 경사가 완만하다. 음파가 반사되어 되돌아오는 데 걸린 시간을 수심으로 변환하여 그려보면 경사를 확인할 수 있다.

▮ **바로알기** 나. C 지점은 음파의 왕복 시간이 가장 짧으므로 주위보다 수심이 얇은 곳이다.

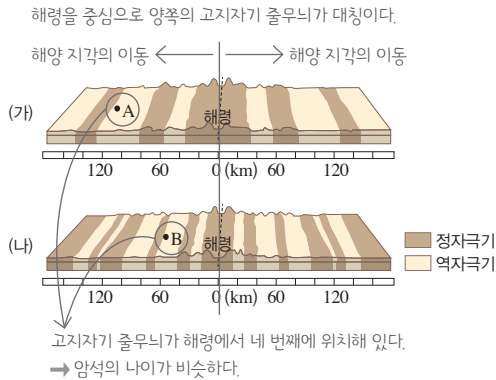
ㄴ. 수심이 C 지점에서 가장 얇고, A나 B 지역으로 갈수록 깊어지므로 이 해역에는 해저로부터 솟아 있는 해산이 분포할 가능성이 크다.

10 해령과 해령 사이에 지진이 자주 발생하는 변환 단층의 존재, 해령 부근의 고지자기 줄무늬 분포의 대칭성, 해령에서 멀어질수록 해저 암석의 나이 증가, 섭입대 부근에서 지진의 진원 깊이 분포는 해양저가 확장되면서 나타나는 현상이다.

▮ **바로알기** ① 고지구 자기의 역전은 지구의 자기장 방향이 현재와 반대가 되는 현상으로, 외핵의 운동 변화와 관련이 있다. 고지구 자기 역전이 반복적으로 나타나 생긴 지구 자기 줄무늬가 해령 부근에서 대칭적으로 나타나는 것이 해양저 확장의 증거이다.

11 고지자기 줄무늬는 해양저의 확장 때문에 해령을 축으로 대칭을 이룬다. 따라서 A 지역에서 고지자기 줄무늬는 ①의 줄무늬와 대칭으로 나타나는 ②이다.

12 **꼼꼼** 문제 분석



- ① (가)와 (나)의 고지자기 줄무늬는 모두 해령을 중심으로 대칭을 이룬다.
- ③ 해양 지각은 해령을 중심으로 양쪽 방향으로 이동하므로 (가)에서 A 지점이 속한 해양 지각은 해령 쪽의 반대 방향으로 이동한다.
- ④ A 지점과 해령, B 지점과 해령 사이의 고지자기 줄무늬 수가 같으므로 A와 B 지점에서 암석의 나이는 비슷하다.
- ⑤ (나)보다 (가) 해령에서 같은 시간 동안 해양 지각이 더 멀리 이동하였으므로 (가)에서 해양저의 확장 속도가 더 빠르다.

▮ **바로알기** ② A 지점은 역자극기이므로 A가 생성될 때 지구 자기장의 방향은 현재와 반대였다.

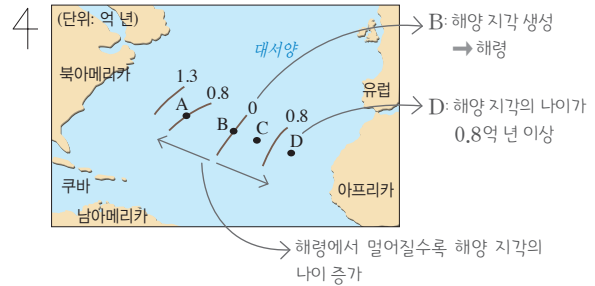
13 해양저 확장설에 따라 해령에서 생성된 해양 지각이 해령을 축으로 양쪽으로 이동하여 해구로 가면서 점차 퇴적물이 쌓이고 냉각된다. 따라서 해령에서 해구로 갈수록 해저 퇴적물 최하층의 나이, 해저 퇴적물의 두께, 해양 지각의 나이는 모두 증가한다.

모범답안 해령에서 해구로 갈수록 (가) 해저 퇴적물 최하층의 나이는 많아지고, (나) 해저 퇴적물의 두께는 두꺼워지며, (다) 해양 지각의 나이는 많아진다.

채점 기준	배점
(가)~(다)를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
(가)~(다) 중 두 가지만 옳게 서술한 경우	60 %
(가)~(다) 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	30 %

14 A 해양 지각의 연령은 66백만 년~208백만 년, B 해양 지각의 연령은 0~5백만 년, C 해양 지각의 연령은 5백만 년~38백만 년이므로 연령이 가장 적은 B가 해령에 해당한다. 따라서 A~C 중 해양 지각이 생성되는 지역은 B이다.
A~C 중 가장 오래된 생물의 화석이 산출될 수 있는 곳은 해령에서 가장 멀리 떨어져 있어 가장 오래된 퇴적물이 퇴적되어 있는 A이다.

15 **꼼꼼** 문제 분석

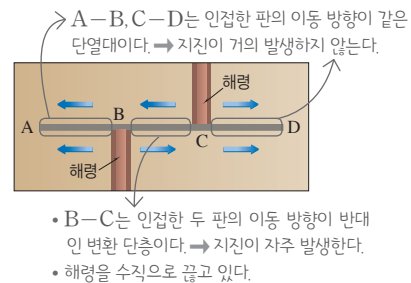


ㄴ. B는 해양 지각의 나이가 0이므로 해령에 해당하고, 하부에는 맨틀 대류의 상승류가 있다.

▮ **바로알기** ㄱ. A에서 B로 갈수록 해양 지각의 나이가 적어지므로 퇴적물의 두께는 얇아진다.

ㄷ. C와 D는 같은 판 위에 있는 지점이므로 두 지점 사이의 거리는 변하지 않는다.

16 **꼼꼼** 문제 분석

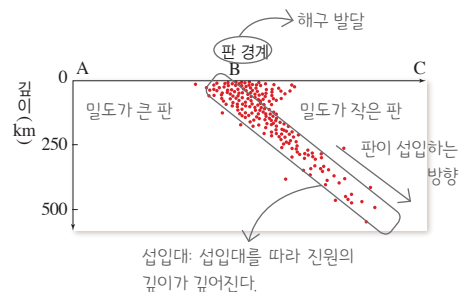


ㄴ. 변환 단층은 판의 이동 방향이 서로 반대로 엇갈리면서 이동하는 B-C 구간에 분포한다.

▮ **바로알기** ㄱ. A-B 구간은 판의 경계가 아니고 주변의 판이 같은 방향으로 이동하므로 지진이 거의 발생하지 않는다.

ㄷ. 변환 단층은 해양 지각의 확장 속도 차이로 생기며, 해령에 수직으로 발달한다.

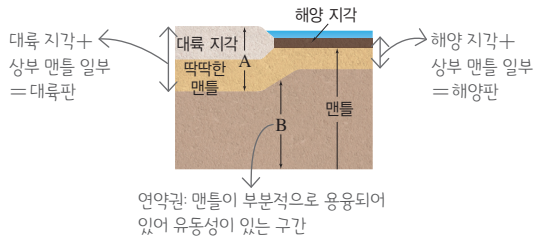
17 **꼼꼼** 문제 분석



ㄱ. 지진의 진원 깊이가 분포로 볼 때 기울어진 섭입대가 발달하므로 판이 다른 판 아래로 들어가 소멸되는 경계이다.
 ㄴ. 섭입대가 C쪽으로 기울어져 있으므로 A-B판이 B-C판보다 밀도가 크고, B-C판 밑으로 섭입하고 있다.
바로알기 ㄷ. 밀도가 큰 판이 섭입하면서 깊은 골짜기인 해구가 발달한다.

18 ⑤ 판의 두께는 포함하는 지각의 두께가 상대적으로 두꺼운 대륙판이 해양판보다 두껍다.
바로알기 ①, ② 판은 지각과 맨틀 최상부로 이루어진 암석권이고, 연약권 위에 위치한다.
 ③ 판은 암석권의 조각으로, 연약권을 포함하지 않는다.
 ④ 판의 이동 방향과 이동 속도는 각기 다르다.

19 꼼꼼 문제 분석



ㄱ. A는 지각과 맨틀 최상부로 이루어진 암석권으로, 판에 해당한다.
 ㄴ. B는 연약권으로, 물질이 부분 용융되어 있어 물질의 대류가 일어난다.
바로알기 ㄷ. 연약권인 B는 고체 상태이다.

20 ㄱ. (가)는 대륙 이동설로, 대륙 이동의 원동력을 설명하지 못하였다.
 ㄴ. (나)는 해양저 확장설로, 맨틀 대류설 이후에 관측 기술이 발달하여 해저 지형이 밝혀지면서 등장하였다.
바로알기 ㄷ. 해령에서 해양 지각이 생성되어 확장되면서 해령을 축으로 고지자기 줄무늬가 대칭적으로 분포하는 것이므로 (나)의 증거가 된다.

21 ㄱ. (가)는 대륙 이동설로, 떨어져 있는 대륙 해안선 모양의 유사성은 (가)의 증거가 된다.
 ㄴ. (나)는 해양저 확장설로, 제2차 세계 대전 이후 음향 측심법이 발달하여 해저 지형에 대한 탐사가 자세히 이루어지면서 등장하였다.
 ㄷ. (가) 대륙 이동설이 (나) 해양저 확장설보다 먼저 등장하였고, 1970년대 초반 통합 이론으로 판 구조론이 정립되었다.

02 대륙 분포의 변화

26 쪽

완자샘

비법 특강

Q1 일치한다

Q2 수렴형 경계

Q1 자북극은 하나이므로 대륙이 이동하지 않았다면 두 대륙에서 측정한 자북극의 이동 경로는 같을 것이다.

Q2 발산형과 보존형 경계에서는 천발 지진이 발생하고, 수렴형 경계에서는 판이 섭입하면서 천발~심발 지진이 발생한다.

개념 확인 문제

27 쪽

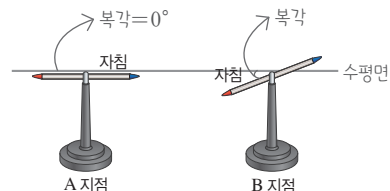
- ① 고지자기 ② 북각 ③ 편각 ④ 북각 ⑤ 히말라야
 ⑥ 발산형 ⑦ 수렴형 ⑧ 보존형

- 1 (1) × (2) × (3) ○ (4) × (5) ○ 2 (가) B 지점 (나) A 지점
 3 커진다 4 두 대륙이 이동하였기 때문 5 남반구에서 북반구로
 6 (1) (나) (2) (다) (3) (나) (4) (가)

- 1 (1) 자북극과 지리상의 북극은 일치하지 않는다. 따라서 자기 적도와 지리상의 적도도 일치하지 않는다.
 (2) 관측 지점에서 자북과 진북이 이루는 각은 편각이다. 북각은 나침반 자침이 수평면과 이루는 각이다.
 (3) 자기 적도에서 북각은 0°이고, 자북극에서 북각은 +90°이므로 자기 적도에서 멀어질수록 북각의 크기는 커진다.
 (4) 지구 자기장이 변해도 암석에 기록된 고지자기의 지구 자기장 방향은 변하지 않는다.
 (5) 북각은 위도에 따라 달라지므로 고지자기의 북각을 측정하면 암석의 생성 당시 위도를 알 수 있다.

2 꼼꼼 문제 분석

수평면과 나침반 자침이 이루는 각이 북각이다.



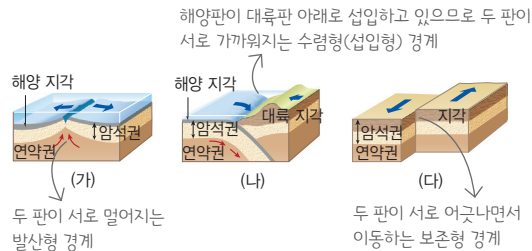
북각의 크기는 B 지점이 A 지점보다 크고, 자극에서 90°, 자기 적도에서 0°이므로 자기 적도에 가까운 지점은 A 지점이다.

3 나침반 자침이 수평면과 이루는 각은 북각이고, 그림에서 북각은 제주도에서 서울로 갈수록 커진다.

4 지구 자기장의 북극은 하나이므로 지질 시대 동안 자북극의 이동 경로는 지구상의 어느 곳에서든 같아야 하지만, 대륙이 각각 이동하였기 때문에 각 대륙에서 고지자기를 측정하여 알아낸 자북극의 이동 경로가 다르게 나타난다.

5 인도 대륙의 고지자기 북극을 시기별로 측정하여 대륙 분포를 복원하였더니 판게아가 분리되면서 남반구에 있었던 인도 대륙이 적도를 거쳐 북반구로 이동하였다.

6 **꼼꼼** 문제 분석



- (1) 맨틀 대류가 하강하는 곳에서는 판이 가까워지는 수렴형 경계가 발달한다. ➡ (나)
- (2) 보존형 경계는 맨틀 대류가 상승하거나 하강하지 않아 판의 생성이나 소멸이 없다. ➡ (다)
- (3) 호상 열도나 습곡 산맥은 밀도가 큰 판이 작은 판 아래로 섭입되면서 마그마가 생성되거나 퇴적물이 솟아올라 형성된다. 따라서 수렴형 경계에서 형성된다. ➡ (나)
- (4) 새로운 해양판은 맨틀 대류가 상승하는 곳에서 마그마가 식어 생성되고, 두 판이 갈라지면서 천발 지진이 발생한다. ➡ (가)

개념 확인 문제

29쪽

1 로디니아 2 판게아 3 수렴형 4 이동 속도

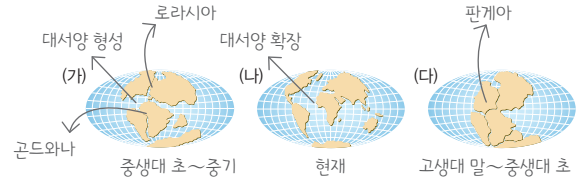
1 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × 2 (1) (다) (2) (다) → (가) → (나) (3) 확장되었다

- (1) 지질 시대 동안 로디니아, 판게아 등 초대륙은 여러 번 있었다.
- (2) 현재의 대륙 분포는 중생대 초 이후 판게아가 분리되어 형성된 것이다.

(3) 대륙에 열곡이 발달하면서 대륙이 분리되기 시작한다.

(4) 해령에서 생성된 해양 지각은 해구에서 소멸되며, 판이 생성되거나 소멸하는 비율은 거의 일정하기 때문에 지구 전체의 표면적은 일정하게 유지된다.

2 **꼼꼼** 문제 분석



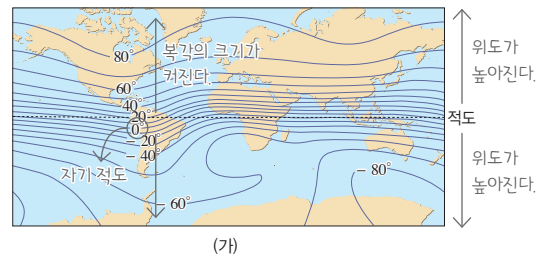
- (1) 판게아가 형성된 시기는 대륙이 모두 모여 있는 (다)이다.
- (2) 판게아가 분리되면서 로라시아와 곤드와나 사이의 대서양이 먼저 벌어지고, 남아메리카와 아프리카 대륙 사이의 대서양이 벌어진 후, 남극 대륙에서 인도, 오스트레일리아 등의 대륙이 떨어져 나와 현재와 같은 대륙 분포를 이루므로 시대 순으로 나열하면 (다) → (가) → (나)이다.
- (3) 판게아가 갈라진 이후 대서양이 형성되기 시작하였고, 대서양 중앙에 발산형 경계가 형성되어 대서양의 크기가 확장되었다.

대표 자료 분석

30쪽

자료 1 1 커진다 2 약 3800만 년 전 3 북쪽으로
4 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ (5) ○
자료 2 1 (가) E (나) A, B, D (다) C 2 (가) E (나) A, B, D
3 ④ 4 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ (5) ○

1-1 **꼼꼼** 문제 분석



	남반구에 있었다.		북반구에 있었다.		
시기(만 년 전)	7100	5500	3800	1000	현재
북각	-49°	-21°	6°	30°	36°

(나)

일반적으로 고위도로 갈수록 북각의 크기는 커진다.

①-2 인도 대륙은 자북극의 위치가 변하지 않았다면 3800만 년 전 이후로 북반구에 있었다. 실제로는 자북극의 위치가 변하였으므로 이를 고려하면 약 5500만 년 전에 적도 부근에 있었다.

①-3 인도 대륙은 7100만 년 전에는 남반구에 있었으며 이후로 점차 북쪽으로 이동하여 현재는 북반구에 있다.

- ①-4 (1) 지구 적도와 자기 적도는 일치하지 않으므로 지구 적도에서 북각이 항상 0° 는 아니다.
 (2) 자북극이나 자남극에 가까울수록 북각의 크기는 커진다.
 (3) 남반구에서 북각은 대체로 (-)이므로, 자침은 대체로 N극이 하늘 쪽을 향하고 S극이 지표 쪽을 향하면서 기울어진다.
 (4) 5500만 년 전 인도 대륙의 북각이 (-)이므로 인도 대륙은 남반구에 있었다.
 (5) 인도 대륙의 북각 변화로부터 위도 변화를 추정하여 인도 대륙의 이동 방향을 알 수 있다.

2-1 꼼꼼 문제 분석



구분	판 경계	지진	화산 활동
A	수렴형 경계(충돌형)	천발~중발 지진	거의 없음
B	수렴형 경계(섭입형)	천발~심발 지진	활발
C	보존형 경계	천발 지진	거의 없음
D	수렴형 경계(섭입형)	천발~심발 지진	활발
E	발산형 경계	천발 지진	활발

(가) 발산형 경계: 판 경계를 중심으로 두 판의 이동 방향이 서로 멀어지는 곳($\leftarrow$ | $\rightarrow$) $\Rightarrow$ E

(나) 수렴형 경계: 판 경계를 중심으로 두 판의 이동 방향이 서로 모이는 곳($\rightarrow$ | $\leftarrow$) $\Rightarrow$ A, B, D

(다) 보존형 경계: 판 경계를 중심으로 두 판의 이동 방향이 서로 어긋나는 곳($\uparrow$ | $\downarrow$) $\Rightarrow$ C

②-2 발산형 경계(E)에서는 맨틀 대류가 상승하여 판이 생성되고, 수렴형 경계(A, B, D)에서는 맨틀 대류가 하강하여 판이 소멸한다.

②-3 ④ D는 해양판인 나스카판이 대륙판인 남아메리카판 아래로 섭입하면서 판 경계 부근에 해구(페루-칠레 해구)와 습곡 산맥(안데스산맥)이 형성된 곳이다.

▮ **바로알기** ▮ A에는 습곡 산맥(히말라야산맥), B에는 해구(일본 해구)와 호상 열도(일본 열도), C에는 변환 단층(산안드레아스 단층), E에는 해령(대서양 중앙 해령)이 발달한다.

②-4 (1) A(대륙판과 대륙판의 수렴형 경계)에서는 화산 활동이 거의 일어나지 않는다.

(2) B(대륙판과 해양판의 수렴형 경계)에서는 섭입대를 따라 천발 지진에서 심발 지진까지 모두 발생한다.

(3) C(보존형 경계)에서는 천발 지진이 자주 발생하고, 화산 활동은 일어나지 않는다.

(4) D(대륙판과 해양판의 수렴형 경계)에서는 밀도가 큰 해양판이 밀도가 작은 대륙판 아래로 섭입한다.

(5) E(해양판과 해양판의 발산형 경계)에서는 새로운 해양 지각이 생성되고, 해저에서 화산 활동이 일어난다.

내신 만점 문제

31쪽~33쪽

01 ⑤	02 ④	03 ③	04 ①	05 ④
06 ⑤	07 해설 참조	08 ③	09 ⑤	10 ②
11 (가) $\rightarrow$ (다) $\rightarrow$ (나)	12 ⑤	13 해설 참조		

01 ⑤ 북각은 자북극에서 $+90^\circ$, 자기 적도에서 0° , 자남극에서 -90° 이다. 고지자기의 북각이 $+90^\circ$ 이면 암석의 생성 당시 위치는 자북극이었다.

▮ **바로알기** ▮ ① 나침반의 N극은 북쪽을 향하고, S극은 남쪽을 향한다. 따라서 지구 자기장은 마치 북쪽에 S극, 남쪽에 N극인 커다란 막대자석이 있는 것처럼 나타난다.

② 자침이 수평면과 이루는 각은 북각이다.

③ 고지자기 북각과 편각을 측정하면 암석 생성 당시의 지점이 자북극에서 얼마나 떨어져 있었는지, 지리상 북극으로부터 어느 방향을 향하는지 알 수 있다. 따라서 대륙 분포를 알 수 있다.

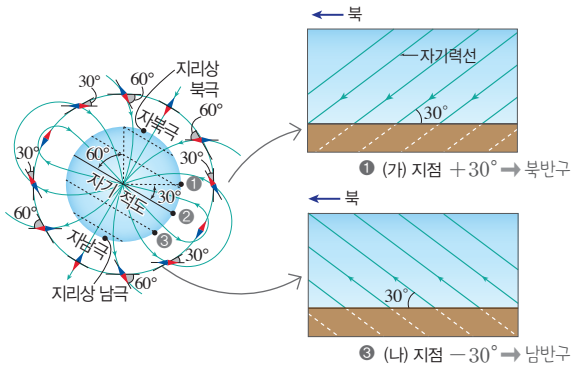
④ 남반구나 북반구 모두 저위도로 갈수록 북각의 크기가 대체로 작다.

02 나. 북각의 크기는 고위도로 갈수록 크다. $\Rightarrow A > B > C$
 르. C 지점은 자기 적도로, 나침반이 자기력선을 따라 수평면에 나란하게 나타나므로 북각이 0° 이다.

▮ **바로알기** ▮ ㄱ. 자북극은 지리상의 북극과 일치하지 않는다.

ㄴ. B 지점은 북반구이므로 나침반의 N극이 지표를 향한다.

03 **문제 분석**



ㄱ. (가) 지점은 자기력선이 지표 쪽을 향하고 있고, 수평면과 이루는 각이 30°이므로 북각은 +30°이다.

ㄴ. (가)와 (나) 지점은 북각의 크기가 30°로 같으므로 자침이 기울어진 각은 같다.

▣ **바로알기** ▣ ㄴ. (나) 지점은 자기력선이 지표에서 하늘을 향하고 있고, 수평면과 이루는 각이 30°이므로 북각은 -30°이다. 따라서 남반구에 위치한다.

04 ㄱ. A 지점은 2005년에 자북극에 가장 가까웠으므로 북각이 가장 컸다. 자북극에서 북각이 +90°이고, 자북극에서 멀어질수록 북각이 작아진다.

▣ **바로알기** ▣ ㄴ. A 지점에서 2005년~2015년 동안 자북극에서 점점 멀어졌으므로 북각의 크기는 감소하였다.

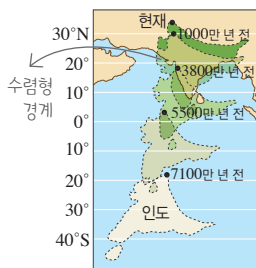
ㄴ. 1920년~2015년 동안 A 지점이 자기 적도에 위치한 적은 없으므로 북각이 0°인 때가 없었다.

05 ㄴ. 5억 년 전부터 현재까지 자북극의 위치는 계속 변하였다. ㄴ. 두 대륙에서 알아낸 지질 시대별 자북극의 위치를 겹쳐 보면 대륙 이동의 경로를 추정할 수 있다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. 지질 시대에도 자북극은 하나였다.

06 **문제 분석**

인도 대륙이 북상하다가 유라시아 대륙과 충돌하여 히말라야산맥이 형성되었다.



시기	위도	북각
현재	북위 33°	증가
1000만 년 전	북위 30°	
3800만 년 전	북위 19°	감소
5500만 년 전	남위 3°	
7100만 년 전	남위 18°	

이 기간 동안 인도 대륙은 남반구에 있다가 자기 적도를 통과하여 현재는 북반구에 있다. 북각은 자기 적도에서 자북극이나 자남극으로 갈수록 커지므로 남반구에서 자기 적도까지 북각이 감소하다가 북반구에서 북상할 때에는 다시 증가하였다.

07 (가) 이 기간 동안 인도 대륙이 이동한 위도는 $33^\circ + 18^\circ = 51^\circ$ 이다. 1°는 110 km에 해당하므로 비례식을 세워 이동 거리를 구할 수 있다.

(나) 이동 거리가 5610 km이고, 이동한 시간은 7100만 년이므로 이동 속도를 구하면 $(5610 \times 100000 \text{ cm}) \div 71000000 \text{ 년} \approx 7.9 \text{ cm/년}$ 이다.

▣ **모범답안** (가) $1^\circ : 110 \text{ km} = 51^\circ : \text{이동 거리}$, 이동 거리 = 5610 km

(나) 약 7.9 cm/년

채점 기준	배점
(가)와 (나)를 모두 옳게 구한 경우	100 %
(가)에서 비례식을 세우지 않고 이동 거리만 옳게 구하고, (나)를 옳게 구한 경우	75 %
(가)에서 이동 거리만 옳게 구한 경우	50 %

08 A는 동태평양 해령, B는 페루-칠레 해구와 안데스산맥, C는 산안드레아스 단층이다.

ㄱ. 판이 이동하는 방향에 따라 A는 판과 판이 멀어지는 발산형 경계, B는 판과 판이 가까워지는 수렴형 경계, C는 판과 판이 서로 어긋나는 보존형 경계이다.

ㄴ. 판 경계 A~C에서는 천발 지진이 공통적으로 일어나며, B에서는 판이 깊은 곳까지 섭입되면서 심발 지진까지 일어난다.

▣ **바로알기** ▣ ㄴ. 맨틀 대류는 해령에서 상승하고, 해구에서 하강하므로 A에서 상승하고, B에서 하강한다.

ㄴ. 습곡 산맥은 두 판이 수렴하는 B와 같은 경계에서 형성된다. C와 같은 경계에서는 변환 단층이 생성된다.

09 **문제 분석**

(라) 로디니아라는 초대륙이 형성되었다. 약 12억 년 전

↓
(다) 판게아를 이루면서 애팔래치아산맥이 형성되었다. 고생대 말

↓
(가) 곤드와나 대륙과 로라시아 대륙이 분리되면서 대서양이 확장되었다. 중생대

↓
(나) 인도 대륙이 유라시아 대륙과 충돌하여 히말라야산맥이 형성되었다. 신생대

10 (가)는 대서양이 확장되고 인도 대륙이 북상하는 모습으로 중생대 말이고, (나)는 판게아가 형성된 모습으로 중생대 초이다.

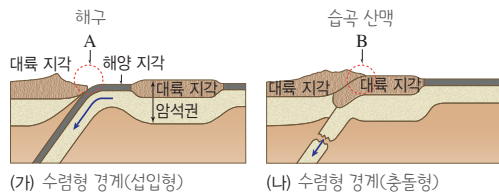
ㄴ. (나)와 같이 초대륙이 형성될 때는 대륙과 대륙이 충돌하면서 융기하여 습곡 산맥이 발달하기도 한다.

■ **바로알기** ㄱ. 고생대 말에 판게아가 형성되었고 중생대 초 이후로 분리되어 대륙이 이동하였으므로 (나)가 (가)보다 이전의 대륙 분포이다.

ㄷ. (나) 이후에 대륙이 분리되는 것은 대륙 내부에 발산형 경계가 발달하면서 대륙이 갈라져 이동하였기 때문이다. 수렴형 경계가 많이 발달하면 초대륙이 형성될 수 있다.

11 초대륙 분리와 형성 과정: (가) 초대륙에서 대륙이 갈라지고 해저가 확장된다. → 해구와 섭입대가 형성된다. → (다) 해양 지각이 소멸한다. → (나) 대륙과 대륙이 충돌한다. → 초대륙이 형성된다. → 이런 과정으로 초대륙의 형성과 분리가 반복된다.

12 **꼼꼼** 문제 분석



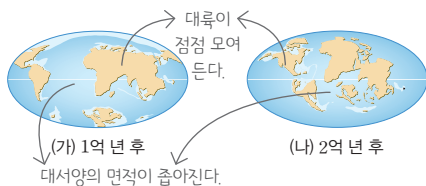
(가) 대륙판 아래로 해양판이 섭입하면서 판이 소멸되고 대륙 지각 사이의 해양이 좁아진다. → (나) 해양이 없어지면 대륙판과 대륙판이 만나 대륙이 합쳐지면서 습곡 산맥이 형성된다. → 대륙이 합쳐진다.

ㄱ. A에서는 해양 지각이 대륙 지각 아래로 섭입하는 경계이므로 해구가 발달한다.

ㄴ. B는 두 대륙 지각이 충돌하는 경계이므로 습곡 산맥이 형성될 수 있다.

ㄷ. 여러 곳의 판 경계에서 (나) 과정이 일어나면 대륙들이 점차 합쳐져서 초대륙이 형성될 수 있다.

13 **꼼꼼** 문제 분석



대륙이 분리되는 초기에는 발산형 경계가 많이 생성되고 대륙이 모일 때는 수렴형 경계가 많이 생성된다.

모범답안 대서양의 면적이 좁아지고 있으므로 대서양에 수렴형 경계가 발달했을 것이다.

채점 기준	배점
수렴형 경계를 쓰고, 그 까닭을 대서양의 면적 변화로 옳게 서술한 경우	100 %
수렴형 경계만 쓴 경우	50 %

3 맨틀 대류와 플룸 구조론

37 쪽

완자샘

비법 특강

Q1 북서쪽

Q2 서북서 → 북북서

Q1 열점에서 생성된 화산섬은 판이 이동하는 방향으로 함께 이동해 가므로, 화산섬의 나이가 많아지는 방향으로 판이 이동했음을 알 수 있다.

Q2 열점에서 멀리 떨어진 화산섬이 생성되어 배열될 때 판은 서북서로 이동하였고, 이동 방향이 바뀌어 열점에서 가까운 화산섬이 생성되어 배열될 때 판은 북북서로 이동하였다.

개념 확인 문제

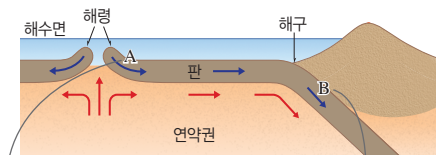
38 쪽

- ① 맨틀 대류 ② 연약권 ③ 해령 ④ 해구 ⑤ 플룸 구조론
⑥ 차가운 플룸 ⑦ 뜨거운 플룸 ⑧ 지진파 ⑨ 열점

- 1 (1) × (2) × (3) ○ (4) × 2 A: 해령에서 판을 밀어내는 힘, B: 해구에서 섭입하는 판이 잡아당기는 힘 3 (1) A: 차가운 플룸, B: 뜨거운 플룸 (2) B 4 (1) 차가운 플룸 (2) 플룸 하강류 (3) 느리다 (4) 변하지 않는다 (5) 많아진다 (6) 플룸 구조론 5 (1) A (2) D (3) B

- 1 (1) 연약권은 맨틀 물질이 부분 용융되어 있어 유동성이 있으므로 고체 상태이지만 대류가 느리게 일어날 수 있다.
(2) 판을 이동시키는 힘에는 맨틀 대류가 끄는 힘 외에도 해구에서 섭입하는 판이 잡아당기는 힘, 해령에서 밀어내는 힘이 있다. 또, 플룸 구조 운동으로도 판이 이동한다.
(3) 맨틀 대류의 상승부에서는 해령이 생성되고, 하강부에서는 해구가 생성되고 섭입대가 발달한다.
(4) 섭입대에서는 해양판이 중력을 받아 침강하면서 기존의 판을 잡아당기는 힘이 작용한다.

2 **꼼꼼** 문제 분석



맨틀 물질이 상승하여 해양 지각을 생성하면서 기존의 판을 양쪽으로 밀어낸다. → 해령에서 판을 밀어내는 힘

섭입대에서 판이 중력을 받아 침강하면서 기존의 판을 잡아당긴다. → 해구에서 섭입하는 판이 잡아당기는 힘

3 (1) A는 해양판이 섭입되어 만들어진 차갑고 밀도가 큰 물질이 외핵 쪽으로 가라앉으면서 형성되는 차가운 플룸이고, B는 맨틀과 외핵의 경계 부근에서 뜨거운 물질이 상승하면서 형성되는 뜨거운 플룸이다.

(2) 열점은 뜨거운 플룸이 상승하여 맨틀 물질이 용융되어 형성되므로 B에서 생성될 가능성이 크다.

4 (1) 차가운 플룸은 판이 섭입하는 경계 아래에서 형성된다. 뜨거운 플룸은 판 경계와 상관없이 맨틀과 외핵의 경계에서 형성된다.

(2) 아시아 지역 아래에는 판이 섭입하면서 거대한 플룸 하강류가 발달해 있다.

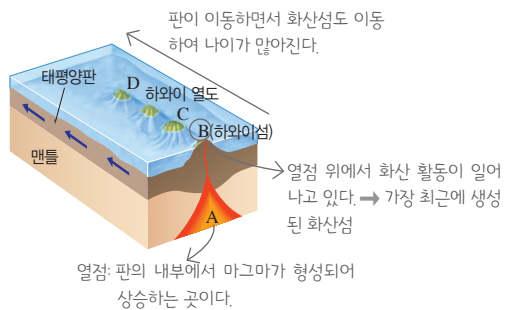
(3) 지진파의 전파 속도는 주변보다 온도가 높은 지역에서 더 느리다. 따라서 뜨거운 플룸이 형성되는 지역은 주변보다 지진파의 전파 속도가 느리다.

(4) 열점은 맨틀 하부에서 솟아오르는 뜨거운 플룸이 지표면과 만나는 지점 아래에서 마그마가 생성되는 곳이다. 따라서 맨틀 내의 열점의 위치는 판의 이동과 관계없이 거의 고정되어 있다.

(5) 열점에서 새로운 화산섬이 생성되고, 생성된 화산섬은 판의 이동에 따라 열점에서 멀어지므로 열점에서 멀어질수록 화산섬의 나이는 많아진다.

(6) 맨틀 대류는 판 경계에서 일어나는 화산 활동을 설명할 수 있고, 판 내부에서 일어나는 화산 활동은 설명할 수 없다. 판 내부의 대규모 화산 활동은 플룸 구조론에서 뜨거운 플룸의 운동으로 설명할 수 있다.

5 꼬꼬 문제 분석



(1) 열점은 맨틀과 외핵의 경계 부근에서 솟아오르는 뜨거운 플룸 때문에 마그마가 생성된 곳이므로 A~D 중 열점이 위치하는 곳은 B점 아래의 A이다.

(2) B~D 중 가장 나이가 많은 화산섬은 열점에서 가장 멀리 떨어진 D이다.

(3) B~D 중 현재 화산 활동이 가장 활발히 일어나고 있는 화산섬은 열점 바로 위에 있는 B이다.

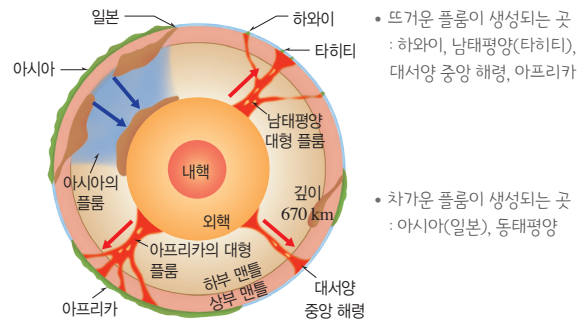
대표 자료 분석

39쪽

자료 1 1 뜨거운 플룸 2 ㉠ 큰, ㉡ 외핵 3 맨틀과 외핵의 경계부 4 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ×

자료 2 1 증가 2 C 3 판의 이동 방향이 바뀌었기 때문이다. 4 (1) × (2) ○ (3) × (4) × (5) × (6) ○

1-1 꼬꼬 문제 분석



남태평양에 플룸 상승류가 보이므로 뜨거운 플룸이 형성된다.

1-2 차가운 플룸은 해양판이 섭입되어 만들어진 차갑고 밀도가 큰 맨틀 물질이 외핵 쪽으로 가라앉으면서 형성된다.

1-3 플룸 상승류는 일반적으로 맨틀 최하부와 외핵의 경계면인 구텐베르크면 부근에서 형성되어 상승한다.

1-4 (1) 플룸의 상승류와 하강류는 일반적으로 맨틀 전체에서 일어난다.

(2) 해구에서 섭입대를 따라 침강한 해양판 물질은 약 670 km 깊이에 축적되었다가 침강하여 맨틀과 핵의 경계까지 도달한다.

(3) 지진파의 속도는 온도가 높은 지역보다 온도가 낮은 지역에서 빠르다. 따라서 플룸 상승류가 있는 지역보다 플룸 하강류가 있는 지역에서 빠르다.

(4) 열점은 플룸 상승류가 있는 지역에서 암석권인 판 아래에 생성된다.

(5) 일본은 섭입대 부근에 위치하므로 일본 아래에는 플룸 하강류가 존재하여 열점이 존재할 확률이 낮다.

2-1 하와이 열도는 태평양판 아래에 있는 열점에서 위로 마그마가 분출되어 형성된 화산섬(현재 하와이섬 부근)이 이동하여 일렬로 배열된 것이다. 따라서 하와이섬에서 멀어질수록 섬의 나이가 증가한다.

2-2 하와이섬은 열점 위에서 가장 최근에 만들어졌으므로 A~C 중 하와이섬의 위치는 나이가 가장 적은 C 지점이다.

②-3 엠파러 해산열도와 하와이 열도의 배열 방향이 다른 까닭은 하와이 열도가 생성될 때 태평양판의 이동 방향이 달라졌기 때문이다.

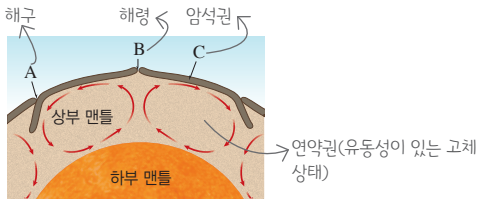
- ②-4 (1) 하와이섬은 판 내부에 있으며, 열점 위에 있어서 화산 활동이 활발하게 일어난다.
 (2) 열점 위에 있는 하와이섬은 플룸의 상승류(뜨거운 플룸)가 있는 지역에 위치한다.
 (3) 태평양판의 이동 방향은 ㉞→㉠로 변화했다. 엠파러 해산열도가 생성될 당시의 이동 방향은 ㉞, 하와이 열도가 생성될 당시의 이동 방향은 ㉠이다.
 (4) 현재 하와이섬에서 화산 활동이 활발하고 태평양판은 북서쪽으로 이동하므로 하와이 열도에서 화산 활동이 활발한 지역은 판 이동의 반대 방향인 이동해간 하와이섬의 남동쪽으로 위치가 변할 것이다.
 (5) 열점은 판의 이동 방향과 관계없이 위치가 변하지 않는다.
 (6) 하와이 열도의 암석 나이와 하와이섬으로부터 거리를 알면 판의 평균 이동 속도를 구할 수 있다.

내신 만점 문제

40쪽~41쪽

- 01 ④ 02 ③ 03 해설 참조 04 ③ 05 ②
 06 해설 참조 07 ④ 08 ⑤ 09 ① 10 ①
 11 ② 12 해설 참조

01 **꼼꼼** 문제 분석



- ① 방사성 원소의 붕괴열과 맨틀 상하부 깊이에 따른 온도 차이 등으로 맨틀 내부에서 대류가 일어난다.
 ② A는 해구로, 상대적으로 밀도가 커서 무거워진 판이 중력을 받아 침강하여 섭입되면서 소멸된다.
 ③ 맨틀 대류의 상승류가 있는 B에서는 해령이 형성된다.
 ⑤ 맨틀 대류의 상승부는 발산형 경계, 맨틀 대류의 하강부는 수렴형 경계와 대체로 일치한다.
바로알기 ④ C는 판으로, 암석권에 해당한다. 맨틀 대류가 일어나는 곳이 연약권이다.

02 가. A는 해구에서 무거워진 해양판이 중력을 받아 침강하여 섭입되면서 판을 잡아당기는 힘이다.

ㄷ. C는 해령에서 고온 저밀도의 물질이 상승하면서 새로운 판을 생성하고 그 과정에서 판을 양쪽으로 밀어내는 힘이다.

바로알기 나. B는 맨틀 대류가 판을 싣고가는 힘(맨틀 대류를 따라 판이 끌려가는 힘)이다. 해령에서 판을 밀어내는 힘은 C이다.

03 (가) 고온 저밀도의 물질이 상승하는 해령에서는 판을 밀어내는 힘이 작용한다.

(나) 차갑고 무거운 해양판이 섭입하여 침강하는 해구에서는 중력에 의해 판을 잡아당기는 힘이 작용한다.

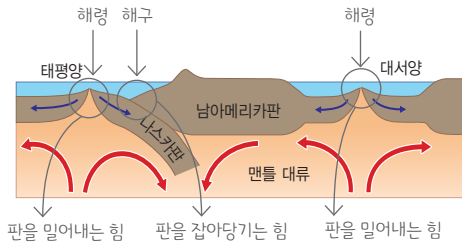
(다) 해저 지형은 해령 쪽이 높고 해구 쪽이 낮다. 해령과 해구 사이의 판에서는 해저면 경사에 의해 판이 미끄러지는 힘이 작용한다.

(라) 연약권에서 일어나는 맨틀 대류에 의해 암석권(판)이 끌려가는 힘이 작용한다.

모범답안 (가) 판을 밀어내는 힘, (나) 판을 잡아당기는 힘, (다) 판이 미끄러지는 힘, (라) 판을 싣고가는 힘(맨틀 끌림 힘)이 작용한다.

채점 기준	배점
네 가지 힘을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
한 가지 힘만 옳게 서술한 경우	25 %

04 **꼼꼼** 문제 분석



가. 남아메리카판은 섭입되는 곳이 없으므로 해구에서 잡아당기는 힘이 작용하지 않는다. 따라서 맨틀 대류와 해령에서 밀어내는 힘에 의해 이동한다.

나. 나스카판은 해령에서 생성되어 해구에서 섭입하므로 해령에서 밀어내는 힘, 해구에서 잡아당기는 힘이 모두 작용하며, 판의 이동에는 해령에서 밀어내는 힘보다 해구에서 잡아당기는 힘의 역할이 크다.

바로알기 ㄷ. 판의 이동 속도는 남아메리카판보다 해구에서 잡아당기는 힘까지 작용하는 나스카판이 크다.

05 동화: 판 구조론은 상부 맨틀의 운동으로 판의 이동을 설명하고, 플룸 구조론은 판이 침강한 후 하부 맨틀까지의 변화를 설명하므로 상대적으로 더 깊은 곳에서 일어나는 변화를 설명한다.

▣ **바로알기** ▣ 우진: 화산 활동과 지진은 주로 판 경계에서 일어나므로 지진대와 화산대의 분포는 판 경계와 대체로 일치하며 판 구조론에서 더 잘 설명된다.

세영: 플룸은 밀도 차이로 발생하는 원통 모양의 상승류와 하강류이므로 물질의 수평적 흐름보다 주로 수직적 흐름과 관련이 있다.

06 섭입대 하부에 쌓여 있는 차가운 지각 용융 물질의 밀도가 커지면 가라앉으면서 차가운 플룸이 형성되고, 그 영향으로 외핵 부근의 뜨거운 물질이 상승하는 뜨거운 플룸이 형성되면서 맨틀 전반에 걸친 원통 모양의 대류 운동이 일어난다.

모범답안 외핵 쪽으로 맨틀 깊은 곳까지 물질이 이동하면서 차가운 플룸이 형성된다.

채점 기준	배점
물질이 외핵 쪽으로 하강함을 포함하여 차가운 플룸을 옮겨 서술한 경우	100 %
차가운 플룸이 형성된다고만 서술한 경우	50 %

07 ㄴ. 하와이 아래의 열점은 뜨거운 플룸이 상승하여 지표면과 만나는 지점 아래에 마그마가 생성되는 곳이다.

ㄷ. 해양 지각이 냉각되어 무거워지면서 물질이 핵 쪽으로 가라앉아 형성된 흐름은 차가운 플룸이다.

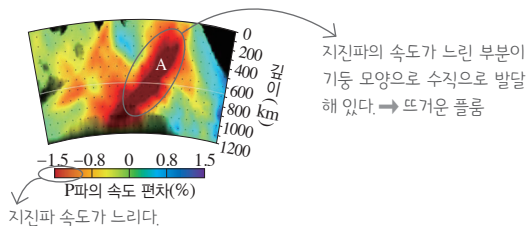
▣ **바로알기** ▣ ㄱ. A는 해양 지각이 냉각되어 무거워진 물질이 핵 쪽으로 가라앉은 것이고, B는 핵과 맨틀의 경계에서 가열되어 상승한 것이므로 온도는 B가 A보다 높다.

08 **꼼꼼** 문제 분석

	뜨거운 플룸	차가운 플룸
① 온도	낮다	높다
② 흐름 방향	외핵 쪽 지표 쪽	지표 쪽 외핵 쪽
③ 생성 장소	섭입대 하부 맨틀과 외핵의 경계부	맨틀과 외핵의 경계부 섭입대 하부
④ 밀도	크다	작다

⑤ 물질의 온도가 낮을수록 밀도가 커서 지진파의 전파 속도는 빠르다. 뜨거운 플룸은 차가운 플룸보다 온도가 높으므로 지진파 속도가 느리다.

09 **꼼꼼** 문제 분석

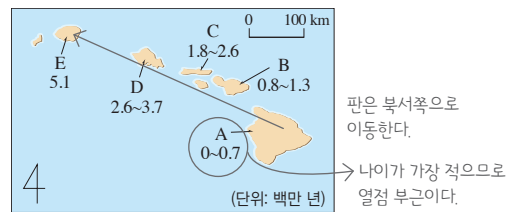


ㄴ. A에는 주변보다 온도가 높은 부분이 맨틀 깊은 곳에서부터 수직으로 가동 모양으로 발달해 있으므로 플룸 상승류(뜨거운 플룸)가 발달해 있다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. 지진과 속도는 온도가 높을수록 느리므로 주변보다 지진과 속도가 느린 A 지점은 주변보다 온도가 높다.

ㄷ. 동아프리카 열곡대는 거대 플룸이 상승하는 지역으로, 뜨거운 플룸은 판 경계와는 관계없이 분포한다. 판의 수렴형 경계 중 섭입대가 발달하는 곳에서는 섭입되는 물질이 가라앉아 차가운 플룸이 생성될 수 있다.

10 **꼼꼼** 문제 분석



ㄱ. 화산섬은 열점에서 생성된 후 판을 따라 이동하여 열점에서 점점 멀어지므로 열점에서 가장 가까운 섬은 암석 연령이 가장 적은 A이다.

ㄷ. 남동쪽으로 오면서 섬의 암석 연령이 적어지므로 섬이 형성되는 동안 판은 북서 방향으로 이동하였다.

▣ **바로알기** ▣ ㄴ. 열점에서 생성된 마그마가 분출하여 화산섬이 되므로 화산 활동이 가장 활발한 섬은 연령이 가장 적고 열점 부근의 지표에 위치한 A이다.

ㄹ. 화산섬들은 판 위에 생성되어 판의 움직임에 따라 이동하므로 화산섬 사이의 거리는 변하지 않는다.

11 ㄷ. 뜨거운 플룸이 상승하면서 압력이 낮아져 용융되면 마그마가 모여 있는 열점이 생성된다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. 열점은 플룸 상승류가 있는 곳에서 형성되므로 판 경계와 상관없이 분포한다.

ㄴ. 열점은 맨틀 하부에서 올라오는 뜨거운 플룸으로 형성되고, 판은 상부 맨틀에 놓여 이동하므로 열점의 위치는 판의 이동을 따라 변하지 않는다.

12 하와이섬 하부에는 뜨거운 플룸이 만든 열점이 있어 화산 활동이 활발하다.

모범답안 하와이섬의 하부에 열점이 형성되어 있으므로 마그마가 계속 분출하여 화산 활동이 활발하다.

채점 기준	배점
열점을 포함하여 옮겨 서술한 경우	100 %
열점을 포함하지 않고 뜨거운 플룸으로만 서술한 경우	50 %

4 변동대의 마그마 활동과 화성암

개념 확인 문제

45쪽

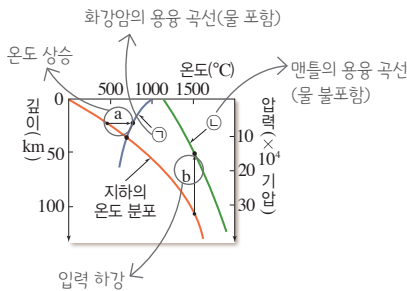
- ① 현무암질 ② 온도 ③ 압력 ④ 물 ⑤ 현무암질
⑥ 섭입대 ⑦ 염기성암 ⑧ 심성암 ⑨ 현무암 ⑩ 화강암

- 1 (1) × (2) ○ (3) × (4) × 2 (1) ① 물을 포함하는 화강암의 용융 곡선, ② 맨틀의 용융 곡선 (2) 온도 (3) 압력 3 (1) 현무암질 마그마 (2) 현무암질 마그마 (3) 유문암질 마그마 (4) 안산암질 마그마 4 (1) 화학 조성 (2) 산성암 (3) 밝다 (4) 조립질 5 A: 현무암, B: 안산암, C: 화강암 6 화강암 7 ③

- 1 (1) 지구 내부에서 지하의 온도가 암석의 용융점보다 높아지는 조건에서 마그마가 생성된다. 일반적인 조건에서는 깊이가 깊어질수록 지하의 온도가 상승하면서 암석의 용융점도 상승하므로 마그마가 생성되기 어렵다.
(2) 지구 내부에서 물이 공급되면 암석의 용융점은 낮아진다.
(3) 마그마는 지구 내부의 물질이 부분 용융되어 생성되므로 지구 내부의 물질과 마그마의 성분은 같지 않다.
(4) 현무암질 마그마는 유문암질 마그마보다 온도가 높고 점성이 작다.

2 문제 분석

지하의 온도와 압력은 지하 깊은 곳으로 갈수록 높아진다.



- (1) ①은 물을 포함하는 화강암의 용융 곡선으로, 깊은 곳으로 갈수록 용융점이 낮아진다. ②는 맨틀의 용융 곡선으로, 깊은 곳으로 갈수록 용융점이 높아진다.
(2) a 과정으로 마그마가 생성되는 경우로는 섭입대에서 상승하는 현무암질 마그마에 의해 대륙 지각 하부에 열이 공급되어 부분 용융이 일어날 때이다. 이때 유문암질 마그마가 생성된다.
(3) b 과정으로 마그마가 생성되는 경우로는 해령에서 맨틀 물질이 상승하면서 압력이 감소할 때와 열점에서 플룸 상승류에 의해 압력이 감소할 때이다.

- 3 (1) 상승하는 플룸이 지표 가까이까지 올라오면 압력이 낮아져서 부분 용융되어 현무암질 마그마가 생성된다.
(2) 해령에서 맨틀 물질이 상승하면 압력이 낮아져서 부분 용융되어 현무암질 마그마가 생성된다.
(3) 섭입대에서 생성된 마그마가 상승하면서 열을 공급하여 대륙 지각 하부를 용융시키면 유문암질 마그마가 생성된다.
(4) 현무암질 마그마와 유문암질 마그마가 혼합되거나 현무암질 마그마의 성분이 변하여 안산암질 마그마가 생성된다.

- 4 (1) 화성암은 화학 조성인 SiO_2 함량에 따라 염기성암, 중성암, 산성암으로 구분한다.
(2) 유문암질 마그마는 SiO_2 함량이 63 % 이상이므로 산성암이 된다.
(3) SiO_2 함량이 많을수록 무색 광물을 많이 포함하여 암석의 색이 밝다.
(4) 마그마가 빨리 냉각될수록 광물 결정이 성장할 시간이 부족하여 결정이 작다. 심성암은 지하 깊은 곳에서 천천히 식은 암석으로, 광물 결정이 큰 조립질 조직을 띤다.

- 5 A는 염기성암이면서 화산암이므로 현무암, B는 중성암이면서 화산암이므로 안산암, C는 산성암이면서 심성암이므로 화강암이다.

- 6 유문암질 마그마는 산성암이 되며, 천천히 식어서 굳으면 심성암인 화강암이 된다.

- 7 우리나라에 분포하는 화성암에는 중생대에 생성된 화강암과 신생대에 생성된 현무암 등이 있는데, 이 중 대부분을 차지하는 암석은 중생대에 생성된 화강암이다.

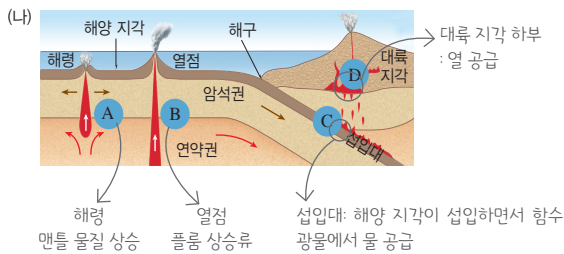
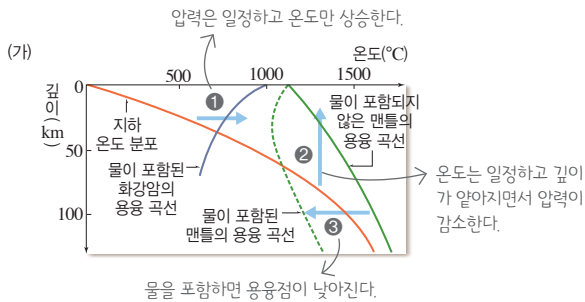
대표 자료 분석

46쪽

- 자료 1 1 ① 지구 내부의 온도 상승, ② 압력의 감소, ③ 물 공급
2 A: 현무암질 마그마, B: 현무암질 마그마, C: 현무암질 마그마, 안산암질 마그마, D: 유문암질 마그마, 안산암질 마그마 3 ① D ② A, B ③ C 4 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○

- 자료 2 1 화학 조성(SiO_2 함량) 2 마그마의 냉각 속도가 빠르기 때문이다. 3 공통점: L, R, 차이점: T, C 4 (1) × (2) ○ (3) × (4) × (5) ○

①-1 **공공** 문제 분석



①은 지구 내부의 온도 상승, ②는 물질의 상승에 따른 압력의 감소, ③은 물 공급에 따른 용융점 하강으로 마그마가 생성된다.

①-2 (나)의 A, B에서는 맨틀 물질이 녹아 현무암질 마그마가 생성된다. C에서는 섭입대 바로 위 맨틀 물질이나 섭입하는 해양 지각이 녹아 현무암질 마그마나 안산암질 마그마가 생성된다. 이 마그마가 상승하다 대륙 지각 하부에 열을 공급하여 D에서는 유문암질 마그마가 생성되고, 현무암질 마그마와 섞이면 안산암질 마그마가 생성된다.

①-3 ①은 섭입대에서 생성되어 상승하는 현무암질 마그마의 열 공급으로 온도가 높아져 대륙 지각 하부가 부분 용융되어 마그마가 생성되는 것으로, D에서 마그마가 생성되는 조건이다.

②는 맨틀 물질이 상승하면서 압력이 감소하여 용융점이 낮아지면서 마그마가 생성되는 것으로, A와 B에서 마그마가 생성되는 조건이다.

③은 해저 퇴적물이나 해양 지각의 함수 광물에서 배출되는 물이 맨틀 물질(연약권)에 공급되면서 맨틀의 용융점이 낮아져 마그마가 생성되는 것으로, C에서 마그마가 생성되는 조건이다.

①-4 (1) (가)에서 지하의 온도 분포 곡선을 보면 지하로 갈수록 온도가 상승하고, 온도 상승률은 작아진다. 물이 포함되지 않은 맨틀의 용융 곡선을 보면 지하로 갈수록 용융점도 높아진다.

(2) A, B, C에서는 모두 맨틀 물질이 부분 용융되어 현무암질 마그마가 생성된다.

(3) A와 B에서 마그마가 생성되는 원리는 압력의 감소로 맨틀 물질의 용융점이 낮아졌기 때문이다.

(4) 안산암질 마그마는 C에서 생성되는 현무암질 마그마와 D에서 생성된 유문암질 마그마가 혼합되어 생성될 수 있다.

②-1 화산암은 화학 조성(SiO_2 함량)을 기준으로 염기성암, 중성암, 산성암으로 분류한다.

②-2 화산암은 지표로 분출된 마그마가 식어 형성되며, 지표 부근에서는 마그마의 냉각 속도가 빨라 상대적으로 냉각 속도가 느린 심성암보다 구성 광물의 결정 크기가 작다.

②-3 • 공통점: 반력암과 화강암은 모두 지하 깊은 곳에서 생성된 심성암으로, 마그마의 냉각 속도가 느려 구성 광물의 결정 크기가 큰 조립질 조직이 나타난다.

• 차이점: 반력암은 어두운색을 띠고 화강암은 밝은색을 띤다. 어두운색을 띤 암석은 밝은색을 띤 암석보다 상대적으로 Ca, Fe 등의 금속 원소가 많으며, 암석의 조직 밀도가 크다.

②-4 (1) 현무암은 SiO_2 함량이 적은 염기성암이고, 유문암은 SiO_2 함량이 많은 산성암이다.

(2) 현무암은 세립질 조직, 반력암은 조립질 조직이다. 마그마의 냉각 속도가 빠를수록 구성 광물의 결정이 작으므로 현무암이 반력암보다 마그마가 빠르게 냉각되어 생성된 암석이다.

(3) 화강암은 SiO_2 함량이 많아 밝은색을 띠고, 마그마가 지하 깊은 곳에서 천천히 식어 구성 광물의 결정 크기가 크다.

(4) 유문암질 마그마가 지표로 분출하여 식은 암석은 산성암 중 화산암에 해당하므로 유문암이다.

(5) 현무암질 마그마는 유문암질 마그마보다 온도가 높아 점성이 작으므로 완만한 화산체를 이룬다.

내신 만점 문제

47쪽~49쪽

01 ②	02 해설 참조	03 ①	04 ②	05 ③
06 해설 참조	07 ②	08 ④	09 ③	10 (가)
현무암 (나) 화강암	11 ②	12 ②	13 ⑤	14 ③
15 A: 독도, B: 백두산, C: 북한산				

01 ① 지하로 갈수록 온도와 압력이 높아지고, 일반적으로 맨틀의 용융점도 높아진다.

③ 용융점은 물질이 녹는 온도이다. 지하의 온도가 맨틀의 용융점에 도달하면 맨틀이 용융되어 마그마가 생성되기 시작하므로 마그마가 생성되려면 지하의 온도가 맨틀의 용융점보다 높아야 한다.

④ 유문암질 마그마는 SiO_2 함량이 많고, 현무암질 마그마는 SiO_2 함량이 적으며, 안산암질 마그마의 SiO_2 함량은 유문암질 마그마와 현무암질 마그마의 중간이다.

⑤ 해령에서는 주로 압력 감소로 맨틀 물질이 녹아 현무암질 마그마가 생성된다.

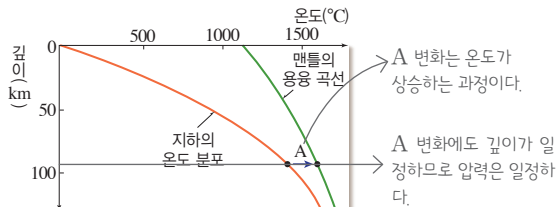
■ **바로알기** ② 물이 공급되면 맨틀의 용융점이 낮아져 마그마가 생성되기 쉬운 조건이 형성된다.

02 (가)는 경사가 급한 종상 화산이고, (나)는 경사가 완만한 순상 화산이다. 따라서 (가) 화산체를 형성한 마그마는 (나) 화산체를 형성한 마그마보다 온도가 낮고 점성이 커 폭발적으로 분출하였고, 경사가 급한 화산체를 이루었다.

■ **모범답안** (나), 현무암질 마그마는 온도가 높고 점성이 작아 경사가 완만한 화산체를 이루기 때문이다.

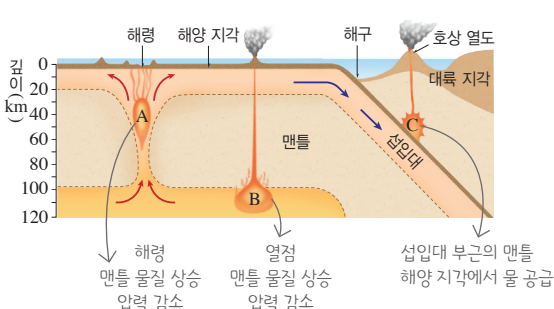
채점 기준	배점
(나)를 고르고, 그 까닭을 마그마의 온도, 점성, 화산체의 경사를 포함하여 서술한 경우	100 %
(나)를 고르고, 그 까닭을 마그마의 온도, 점성, 화산체의 경사 중 한 가지만 포함하여 서술한 경우	70 %
(나)만 고른 경우	40 %

03 **꼼꼼** 문제 분석



A 과정으로 맨틀 물질은 온도가 상승하여 맨틀의 용융 곡선에 도달하므로 부분 용융되어 마그마가 생성된다. 맨틀 물질이 녹으면 현무암질 마그마가 생성된다.

04 **꼼꼼** 문제 분석

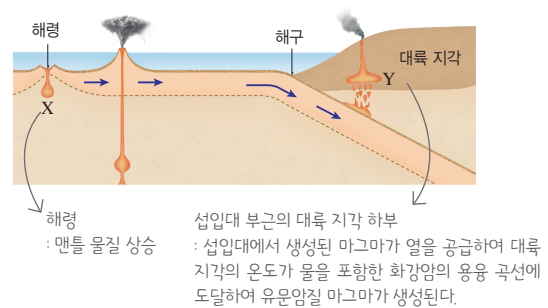


ㄴ. 열점(B)에서는 플룸 상승류를 따라 하부 맨틀에서 맨틀 물질이 상승하면서 압력이 낮아지므로 맨틀 물질의 용융점이 낮아져 현무암질 마그마가 생성된다.

■ **바로알기** ㄱ. 맨틀 대류의 상승부에 위치한 A에서는 압력이 낮아지면서 맨틀 물질의 용융점이 낮아지므로 현무암질 마그마가 생성된다.

ㄷ. 섭입대(C)에서는 해양 지각이 지하로 섭입하면서 압력이 높아져 각섬석이나 운모 등의 함수 광물에서 방출된 물이 맨틀의 용융점을 낮추어 현무암질 마그마가 생성된다.

05 **꼼꼼** 문제 분석



ㄱ. X에서는 맨틀 대류를 따라 상승하는 맨틀 물질이 압력 감소로 부분 용융되어 현무암질 마그마가 생성된다.

ㄴ. Y에서는 섭입대에서 생성되어 상승하는 현무암질 마그마에서 열이 공급되어 온도의 상승으로 대륙 지각 하부가 부분 용융되어 유문암질 마그마가 생성된다.

■ **바로알기** ㄷ. X에서 생성된 현무암질 마그마보다 Y에서 생성된 유문암질 마그마의 점성이 더 크다.

06 A는 플룸 상승류에서 만들어진 열점, B는 맨틀 대류 상승부인 발산형 경계(해령)이다. A와 B에서는 모두 맨틀 물질이 상승하면서 압력이 감소하여 마그마가 생성된다.

■ **모범답안** A와 B에서는 모두 압력의 감소로 맨틀 물질의 용융점이 낮아져 현무암질 마그마가 생성된다.

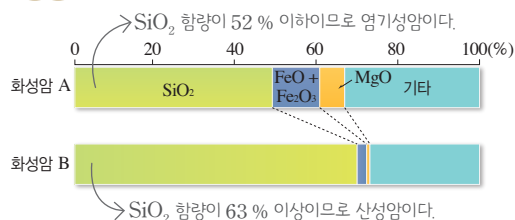
채점 기준	배점
마그마의 종류와 생성 과정을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
마그마의 종류와 생성 과정 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

07 ㄴ. 열점에서는 플룸 상승류를 따라 압력이 낮아지는 P → A 과정으로 마그마가 생성된다.

■ **바로알기** ㄱ. (가)에서 물을 포함한 화강암은 깊이가 깊어져 압력이 커질수록 용융점이 낮아진다.

ㄷ. (나)는 발산형 경계에서 형성되는 해령으로, 맨틀 물질이 상승하면서 압력이 낮아지는 P → A 과정으로 마그마가 생성된다.

08 문제 분석



나. 유문암질 마그마가 지표로 분출하여 식은 암석 성분은 산성 암이므로 B에 가깝다.

ㄷ. Fe와 Mg를 포함하는 광물은 어두운색을 띠므로 유색 광물의 함량비는 A가 B보다 높다.

■ **바로알기** ㄱ. A는 B보다 SiO_2 함량이 적고 52 % 이하이므로 염기성암에 속한다.

09 화성암 A는 지표에서 생성되는 화산암이고, 화성암 B는 지하 깊은 곳에서 생성되는 심성암이다.

7. A는 마그마가 지표로 분출하여 빨리 냉각되어 구성 광물의 결정 크기가 작은 세립질 조직이 관찰된다. B는 마그마가 지하 깊은 곳에서 천천히 냉각되어 구성 광물의 결정 크기가 큰 조립질 조직이 관찰된다.

나. A는 지표로 분출하여 급격히 냉각된 것이고, B는 지하 깊은 곳에서 천천히 냉각된 것이다.

■ **바로알기** ■ **㉔.** 현무암은 화산암에 속하므로 지표에서 생성되는 A로 산출될 수 있으나 지하 깊은 곳에서 생성되는 B로는 산출될 수 없다.

10 (가)는 SiO₂ 함량이 상대적으로 적고 냉각 시간이 짧으므로 현무암질 마그마가 식어서 굳은 염기성암이며, 세립질 조직이 나타나는 화산암이므로 현무암이다.

(나)는 SiO_2 함량이 상대적으로 많고 냉각 시간이 길므로 유문암
질 마그마가 식어서 굳은 산성암이며, 조립질 조직이 나타나는
심성암이므로 화강암이다.

11 문제 분석

어두운색 $\longleftrightarrow$ 밝은색
 SiO_2 적음 $\longleftrightarrow$ SiO_2 많음

구분	염기성암	중성암	산성암
화산암	현무암	안산암	B
심성암	A	섬록암	화강암

바른 냉각

↕

느리 냉각

세립질

↕

조립질

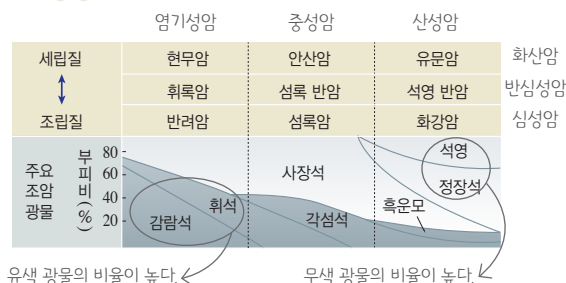
A는 염기성암이면서 심성암인 암석이고, B는 산성암이면서 화산암인 암석이다.

나. 마그마 냉각 속도는 마그마가 지표에서 식은 화산암(B)이 지하 깊은 곳에서 식은 심성암(A)보다 빠르다.

■ **바로알기** ■ ㄱ. 암석의 색은 SiO_2 함량이 적은 염기성암이 유색 광물이 많아 어둡고, SiO_2 함량이 많은 산성암이 무색 광물이 많아 밝다. 따라서 A가 B보다 어둡다.

ㄷ. 반려암은 색이 어둡고 구성 광물의 결정이 큰 암석이므로 염기성암이면서 심성암인 A에 해당한다.

12 문제 분석



나. 규산염 광물 중 유색 광물에는 Fe과 Mg 함량이 많다. 따라서 (Fe+Mg)의 함량은 유색 광물의 함량이 많은 현무암이 화강암보다 많다.

■ **바로알기** 7. 휘록암은 염기성암이고, 석영 반암은 산성암이므로 SiO_2 함량은 휘록암보다 석영 반암이 많다.

ㄷ. 반려암과 화강암은 심성암이고, 암맥으로 주로 산출되는 것은 반심성암이다.

13 ① 우리나라의 화성암 중에서는 중생대의 화강암이 가장 많이 분포하다.

② 지하 깊은 곳에서 생성된 화강암은 위쪽의 지층이 깎여 나가면서 융기하여 지표로 노출되었다.

③ 제주도, 울릉도는 화산 활동으로 형성된 화산섬이므로, 화산암이 분포한다.

④ 우리나라의 화산 활동은 대부분 신생대에 일어났으므로 화산암은 대부분 신생대의 현무암이다.

■ **바로알기** ⑤ 우리나라에는 화산암보다 심성암인 화강암이 더 넓게 분포한다.

14 문제 분석

(가) 북한산 인수봉

중생대의 화강암
암석의 색이 밝다.
암석의 입자가 크고, 판
가 발달하다.



(나) 제주도 주상 절리

신생대의 현무암
암석의 색이 어둡다.
암석의 입자가 작고, 주상 절리
가 발달한다.

ㄱ. (가) 북한산 인수봉은 중생대에 생성된 화강암이고, (나) 제주도 주상 절리는 신생대에 생성된 현무암이다.

ㄴ. 고철질암은 염기성암으로, 암석의 색이 어둡다. (가) 화강암은 산성암, (나) 현무암은 염기성암이다.

▣ **바로알기** ▣ ㄷ. (가)는 심성암인 화강암, (나)는 화산암인 현무암이므로 (나)는 (가)보다 얇은 곳에서 형성되었다.

15 A 독도는 해저 화산 활동으로 형성된 화산섬이다. B 백두산은 육지에서 화산 활동으로 형성된 화산으로, 주로 화산암으로 이루어져 있다. C 북한산은 주로 마그마가 지하 깊은 곳에서 굳은 심성암이 용기하여 지표로 드러난 암석으로 이루어진 산이다.

중단원 핵심 정리

50쪽~51쪽

- | | | | |
|----------|----------|----------|----------|
| ① 대륙 이동설 | ② 맨틀 대류 | ③ 음향 측심법 | ④ 깊다 |
| ⑤ 해령 | ⑥ 변환 단층 | ⑦ 연약권 | ⑧ 위도 |
| ⑨ 수렴형 경계 | ⑩ 섭입대 | ⑪ 차가운 플룸 | ⑫ 뜨거운 플룸 |
| ⑬ 증가 | ⑭ 압력의 감소 | ⑮ 물의 공급 | ⑯ 현무암질 |
| ⑰ 물 | ⑱ 유문암질 | ⑲ 중생대 | |

중단원 마무리 문제

52쪽~56쪽

- | | | | | | |
|------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 01 ④ | 02 ② | 03 ② | 04 ② | 05 ① | 06 ③ |
| 07 ⑤ | 08 ② | 09 ④ | 10 ⑤ | 11 ③ | 12 ① |
| 13 ③ | 14 ④ | 15 ③ | 16 ① | 17 ② | 18 해설 |
| 참조 | 19 해설 참조 | 20 해설 참조 | 21 해설 참조 | 22 해설 참조 | 23 해설 참조 |

01 ㄴ. 해안선의 유사성과 사이노그나투스 화석의 분포로 미루어 남아메리카 대륙과 아프리카 대륙은 사이노그나투스가 번성하던 시기에 서로 붙어 있었을 것이다.

ㄷ. 화석의 분포로 추정한 결과 과거에 두 대륙이 붙어 있었다면 두 대륙에서는 서로 연결되는 지질 구조가 발견될 수 있다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. 사이노그나투스는 남아메리카 대륙과 아프리카 대륙의 일부 지역에 분포하였다.

02 ① 해령에서 멀어질수록 해양 지각이 냉각되고 침강하여 대체로 수심이 깊어진다.

③ 해령에서 해구로 갈수록 해양 지각의 나이가 많아지면서 해저 퇴적물의 두께가 두꺼워진다.

④ 해령에서 생성된 해양 지각은 해구에서 섭입되면서 소멸된다.

⑤ 해령에서 해양 지각이 생성되어 양쪽으로 확장되므로 고지자기 줄무늬는 해령을 중심으로 대칭적으로 분포한다.

▣ **바로알기** ▣ ② 맨틀 대류가 하강하는 곳에서는 밀도가 큰 판이 밀도가 작은 판 아래로 섭입하여 깊은 골짜기인 해구가 형성된다.

03 A는 변환 단층, C는 해령이고, B는 판 경계가 아니다.

① A는 인접한 두 판이 서로 어긋나 이동하므로 변환 단층이다.

③ 해령인 C에서는 해양 지각이 양쪽으로 이동하면서 열곡이 형성된다.

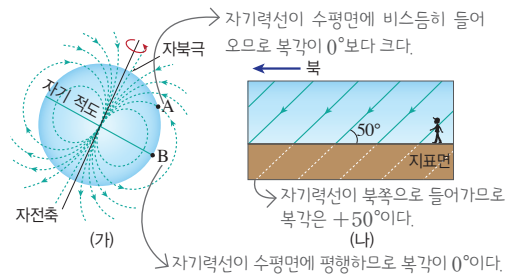
④ 화산 활동은 해령인 C에서만 일어난다.

⑤ 변환 단층(A)과 열곡의 존재는 해양저가 확장한다는 증거이다. 변환 단층은 해양저 확장 속도 차이로 해령과 해령이 끊어지면서 형성된 것이고, 열곡은 해양저가 확장되면서 형성된 것이다.

▣ **바로알기** ▣ ② 지진은 B보다 판 경계인 A에서 활발하다.

04 (가)는 대륙 이동설, (나)는 판 구조론, (다)는 해양저 확장설이고, (가) → 맨틀 대류설 → (다) → (나) 순으로 등장하였다.

05 **꼼꼼** 문제 분석



ㄴ. 자기 적도인 B에서 고위도인 A로 가면서 북각은 증가한다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. (나)는 북각이 +50°이므로 북각이 0°인 B에서 관측한 것이 아니고 A에서 관측한 것이다.

ㄷ. 자북극의 위치가 변하면 북각이 0°인 지점을 연결한 자기 적도도 변한다.

06 (가)는 발산형 경계, (나)는 수렴형(섭입형) 경계, (다)는 보존형 경계이다.

ㄴ. (나)에서는 해양판이 대륙판 밑으로 섭입되면서 상부 맨틀과 하부 맨틀 사이에 쌓이다가 무거워지면 외핵 쪽으로 하강하여 차가운 플룸을 형성하기도 한다.

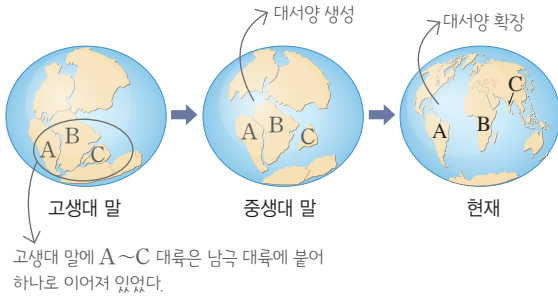
ㄷ. 판과 판이 만나는 경계인 (나)가 많아지면 대륙이 점차 모여 초대륙이 형성될 가능성이 커진다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. (가)는 맨틀 대류가 상승하면서 압력의 감소로 맨틀 물질이 용융되어 현무암질 마그마가 생성된다.

ㄴ. (가)~(다)는 모두 판 경계이므로 지진이 활발하지만, (다) 보존형 경계에서는 화산 활동이 일어나지 않는다.

[07~08]

문제 분석



07 ㄱ. 고생대 말에 A와 B 대륙은 붙어 있었으므로 두 대륙에서 고생대 말기의 빙하 퇴적물 분포를 찾아 서로 연결되는지 조사하면 과거 하나였던 증거가 된다.

ㄷ. A~C 대륙에 분포하는 암석의 지질 시대별 고지자기를 측정하면 자북극의 이동 경로가 나타나고, 이를 추적하면 대륙의 이동 경로를 복원하여 과거의 대륙 분포를 알 수 있다.

▶ **바로알기** ㄴ. A와 C 대륙은 중생대 말에 이미 서로 떨어져 있었으므로 두 대륙에서 중생대 말에 변성한 화석의 분포를 찾아 연속성을 조사하여도 과거 하나였던 증거가 되기 어렵다.

08 ① 초대륙인 판게아가 여러 대륙으로 분리되면서 대서양이 점점 확장되었다.

③ 인도 대륙이 북상하면서 신생대에 유라시아 대륙과 충돌하여 히말라야산맥이 형성되었다.

④ 인도 대륙은 남반구에서부터 북상하여 적도를 지나 현재 북반구로 이동하였으므로 북각의 크기는 남반구에서 북상할 때는 점점 작아졌다가 북반구에서 북상할 때는 점점 커졌다.

⑤ 초대륙의 형성과 분리가 반복되면서 대륙 분포가 변해 왔으므로 미래에 대륙이 다시 모여 초대륙을 형성할 수 있다.

▶ **바로알기** ② 대륙이 분리되어 서로 멀어졌으므로 대륙이 분리될 때 초대륙에 발산형 경계가 발달하였다.

09 ㄴ. 지구 내부로 갈수록 온도가 높아진다. 맨틀 내부의 방사성 원소의 붕괴열과 지구 내부 에너지에 따른 맨틀 상하부의 온도 차이로 열대류가 일어난다.

ㄷ. 맨틀 대류의 상승부에서는 발산형 경계가 발달하고, 맨틀 대류의 하강부에서는 수렴형 경계가 발달하여 판의 상대적인 이동에 따라 판 경계에서 지각 변동이 일어난다.

▶ **바로알기** ㄱ. 암석권은 단단한 고체 상태이다. 연약권은 고체 상태이지만 부분 용융되어 유동성이 있으므로 연약권에서 맨틀 대류가 일어난다.

10 ㄱ. (가)는 해령에서 고온의 마그마가 상승하면서 양쪽의 판을 밀어내는 힘이다.

ㄴ. (나)는 해구와 해령 사이에서 판이 미끄러지는 힘이다.

ㄷ. (다)는 섭입대에서 무거운 판이 중력에 의해 침강하면서 판을 해구 쪽으로 잡아당기는 힘이다. 해구가 포함된 판의 이동 속도는 해구가 포함되지 않은 판의 이동 속도보다 빠르다.

11 ① 열점은 뜨거운 플룸이 상승하면서 마그마가 생성되는 곳이다.

② 아시아 대륙 밑에서 판이 섭입되어 차가운 플룸이 형성된다.

④ 플룸 구조론에서는 판의 내부에서 일어나는 화산 활동을 열점으로 설명할 수 있다.

⑤ 지진파의 속도는 온도가 높은 곳에서 느려지므로 뜨거운 플룸이 이동하는 플룸 상승류 지역을 통과할 때 지진파의 속도는 느려진다.

▶ **바로알기** ③ 판 구조론은 주로 상부 맨틀에서 일어나는 대류와 관련이 있지만 플룸 구조론은 맨틀 전체에서 일어나는 지구 내부의 변화를 설명한다.

12 ㄱ. 열점에서는 화산 활동이 활발하므로 화산섬이 생성된다. 따라서 열점은 암석의 나이가 가장 적은 하와이섬에 가까이 위치한다.

▶ **바로알기** ㄴ. 하와이 열도는 판의 내부에 위치하므로 열도를 따라 판 경계는 없다.

ㄷ. 카우아이섬은 510만 년 전에 하와이섬 위치에서 생성되어 현재 위치까지 판의 이동 방향을 따라 북서쪽으로 이동하였다.

13 마그마의 생성되는 조건 중 A는 온도의 상승, B는 압력의 감소, C는 물의 공급이다.

ㄱ. 발산형 경계에서는 맨틀 물질이 상승하면서 압력이 감소하여 부분 용융되므로 마그마가 생성되는 조건은 B이다.

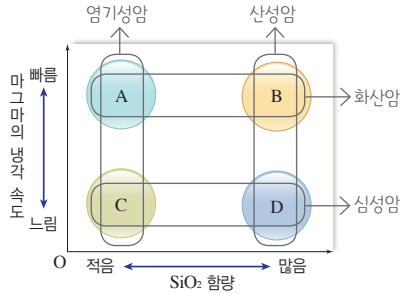
ㄴ. 섭입대에서 생성된 마그마가 대륙 지각 하부의 온도를 높여 부분 용융시키므로 마그마가 생성되는 조건은 A이다.

ㄷ. 섭입대에서 해양 지각으로부터 배출되는 물이 연약권에 공급되어 맨틀의 용융점이 낮아지면서 마그마가 생성되므로 마그마가 생성되는 조건은 C이다.

14 (가)는 섭입대 부근의 연약권, (나)는 열점, (다)는 발산형 경계의 해령이다. (가)~(다)에서 압력 감소로 맨틀 물질이 용융되어 현무암질 마그마가 생성되는 장소는 맨틀 물질이 상승하는 곳에 형성되는 열점인 (나)와 해령인 (다)이다.

▶ **바로알기** (가)에서는 판이 섭입되면서 압력이 높아져 함수 광물에서 배출된 물이 맨틀의 용융점을 낮추어 마그마가 생성된다.

15 **꼼꼼** 문제 분석



ㄱ. A는 B보다 SiO_2 함량이 적으므로 유색 광물의 함량이 많아 B보다 어두운색을 띤다.

ㄴ. 반력암은 염기성암이고 심성암이므로 SiO_2 함량이 적고 냉각 속도가 느린 조건에서 생성된 암석이다. 따라서 반력암의 특성은 B보다 C에 가깝다.

▣ **바로알기** ▣ ㄴ. 마그마 냉각 속도가 빠른 B는 상대적으로 느린 D보다 더 얇은 곳에서 생성되었다.

16 ① 감람석, 휘석 등의 유색 광물이 많이 포함되어 있으면 염기성암이고, 광물 결정이 크고 고르므로 심성암이다. 염기성암이면서 심성암인 것은 반력암이다.

▣ **바로알기** ▣ ②, ⑤ 안산암과 현무암은 화산암이다.

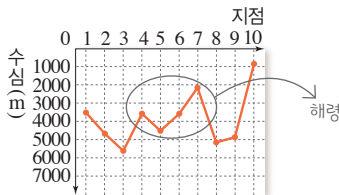
③ 유문암은 밝은색을 띠는 산성암이고, 화산암이다.

④ 화강암은 밝은색을 띠는 산성암이다.

17 ㄱ, ㄴ. 마그마가 지하 깊은 곳에서 식어서 굳어진 암석은 심성암이다. 설악산 울산바위와 북한산 인수봉은 심성암인 화강암으로 이루어져 있다.

▣ **바로알기** ▣ ㄴ, ㄷ. 독도와 한탄강 주변 암석은 화산 활동으로 생성된 화산암으로 이루어져 있다.

18 음과 자료로부터 수심 변화를 보면 대양의 중심부에 해저 산맥인 해령이 존재함을 알 수 있다.



▣ **모범답안** ▣ 해령, 대양의 중심부 수심이 조금 깊고 중심의 양쪽에서 수심이 얕아졌다가 다시 양쪽으로 멀어질수록 수심이 깊어지기 때문이다.

채점 기준	배점
해저 지형을 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
해저 지형만을 옳게 서술한 경우	50 %

19 **모범답안** 고지자기 줄무늬는 해령을 축으로 대칭을 이루고 있으며, 해령에서 멀어질수록 해양 지각의 나이가 많아지고, 해저 퇴적물의 두께가 두꺼워진다.

채점 기준	배점
고지자기 줄무늬, 해양 지각의 나이, 해저 퇴적물의 두께를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
한 가지만 옳게 서술한 경우	30 %

20 지질 시대 동안 자북극은 하나였는데 이동 경로가 둘로 나타난 것은 대륙이 갈라져 이동하였기 때문이다. 이동 경로를 하나로 겹쳐보면, 과거 대륙이 붙어 있었다고 추정할 수 있다.

▣ **모범답안** ▣ 대륙이 이동하였기 때문이다.

채점 기준	배점
자북극의 이동 경로가 일치하지 않는 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
그 외의 경우나 자북극이 두 개였기 때문이라는 서술이 포함된 경우	0 %

21 지진파의 속도는 온도가 높을수록 느리다. 하와이섬은 태평양판 아래의 맨틀 하부에서 올라오는 뜨거운 상승류로 형성된 열점에서 생성된 화산섬이다.

▣ **모범답안** ▣ 하와이섬 아래는 붉은색으로 나타나므로 지진파 속도가 느린 지역이다. 이것은 하와이섬 아래에 뜨거운 플룸이 상승하는 열점이 존재하기 때문이다. 하와이섬은 열점에서 분출된 마그마가 식어서 형성된 화산섬이다.

채점 기준	배점
지진파 속도, 뜨거운 플룸, 열점을 모두 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
지진파 속도를 설명하고, 뜨거운 플룸과 열점 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	70 %
지진파의 속도만 옳게 서술한 경우	40 %

22 안산암선은 해구와 나란하게 분포하고 있다. 이것은 섭입대에서 발생한 현무암질 마그마와 유문암질 마그마가 혼합되어 생성된 안산암질 마그마가 분출하는 지역이기 때문이다.

▣ **모범답안** ▣ 판의 섭입대에서 안산암질 마그마가 생성되어 분출하기 때문이다.

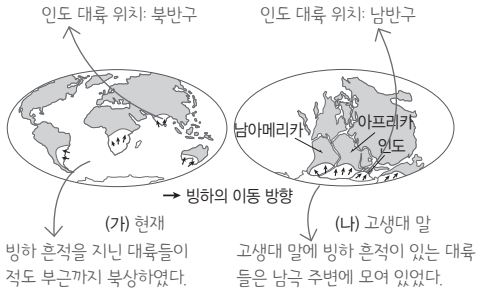
채점 기준	배점
판의 섭입대와 안산암질 마그마의 생성을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
판의 섭입대만 옳게 서술한 경우	50 %

23 **모범답안** 지하 깊은 곳에서 형성된 화강암이 상부 지층이 풍화, 침식 작용을 받아 깎여 나간 후 융기하여 지표로 드러난다.

채점 기준	배점
지하 깊은 곳에서 생성된 점, 풍화·침식 작용을 받은 점, 융기한 점을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
풍화·침식 작용만으로 서술한 경우	50 %

1 ② 2 ① 3 ③ 4 ③ 5 ⑤ 6 ① 7 ⑤
8 ⑤

1 **문제 분석**



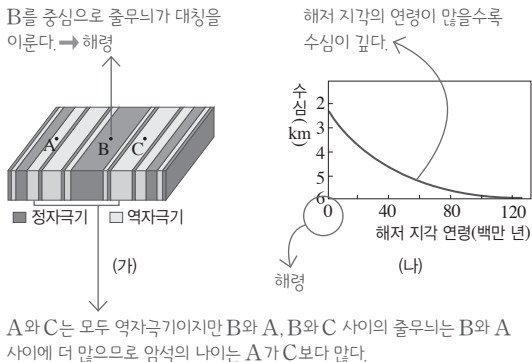
선택지 분석

- ☒ 고생대 말에는 빙하가 적도까지 분포하였다. 남극 주변에
- ☒ 남아메리카와 아프리카에서 같은 종류의 고생대 화석이 발견될 수 있다.
- ☒ 고생대 말 이후 인도 대륙의 고지자기 복각의 크기는 계속 증가하였다. 감소하다가 증가하였다

전략적 풀이 ① 빙하 분포의 원인을 파악한다.

- ㄱ. 고생대 말에 빙하가 적도까지 분포한 것이 아니라 남극 대륙 주변에 대륙이 모여 있을 때 형성된 것이다.
- ㉔. 대륙 분포로 지질 시대 생물의 분포를 추정한다.
- ㄴ. 남아메리카와 아프리카는 고생대 말에 하나로 붙어 있었으므로 같은 종류의 고생대 화석이 발견될 수 있다.
- ㉔. 인도 대륙의 위치 변화로 복각 변화를 추정한다.
- ㄷ. 고생대 말 이후 남반구에 있던 인도 대륙은 계속 북상하여 현재 북반구에 위치하고, 이동하는 동안 자기 적도를 통과하였으므로 고지자기 복각의 크기는 감소하다가 증가하였다.

2 **문제 분석**



A와 C는 모두 역자극기이지만 B와 A, B와 C 사이의 줄무늬는 B와 A 사이에 더 많으므로 암석의 나이는 A가 C보다 많다.

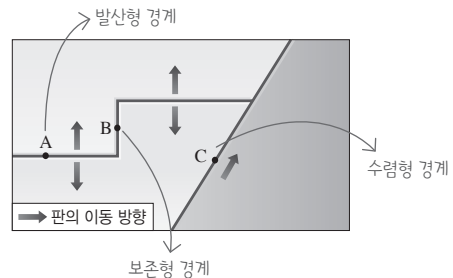
선택지 분석

- ☒ A와 C는 서로 다른 판에 위치한다.
- ☒ A의 고지자기 방향은 생성 당시에는 B와 같았다. 반대였다
- ☒ 수심은 A보다 C에서 더 깊다. 얕다

전략적 풀이 ① 고지자기의 줄무늬 특징으로 해령의 위치를 찾는다.

- ㄱ. B를 중심으로 고지자기 줄무늬가 대칭적으로 나타나므로 B에 해령이 위치한다. 해령을 중심으로 판이 확장되면서 서로 다른 판이 생성되므로 A와 C는 서로 다른 판에 위치한다.
- ㉔. 정자극기와 역자극기로 과거 자기장의 방향을 판단한다.
- ㄴ. A의 고지자기 방향은 생성된 이후 일정하게 유지되었으며 생성 당시 역자극기였다. 현재 지구 자기장의 방향인 B는 정자극기이므로 A의 고지자기 방향은 생성 당시에 B와 반대였다.
- ㉔. (가)에서 해저 지각의 연령을 파악한 후, (나)를 이용하여 수심을 추정한다.
- ㄷ. (가)에서 A와 B 사이에 고지자기 줄무늬 수가 B와 C 사이의 고지자기 줄무늬 수보다 많으므로 A는 C보다 연령이 많다. (나)에서 해저 지각 연령이 많을수록 수심이 깊게 나타나므로 A는 C보다 수심이 더 깊다.

3 **문제 분석**



선택지 분석

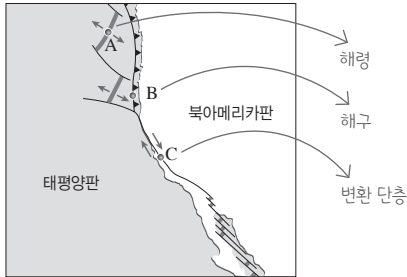
- ☒ 판은 모두 3개가 분포한다.
- ☒ A에서는 판을 밀어내는 힘이 작용한다.
- ☒ A~C 중 열곡이 발달하는 곳은 C이다. A

전략적 풀이 ① 판 경계의 종류를 판단하고, 판을 구분한다.

- ㄱ. A는 발산형 경계, B는 보존형 경계, C는 수렴형 경계에 해당하고, 판 경계로 구분되는 서로 다른 판은 모두 3개이다.
- ㉔. 판 경계의 종류로 맨틀 대류를 추정하여 작용하는 힘과 형성되는 지형을 파악한다.
- ㄴ. 발산형 경계인 A에서는 맨틀 대류가 상승하면서 판을 밀어내는 힘이 판 경계를 기준으로 양쪽으로 작용한다. 수렴형 경계인 C에서는 해구에서 섭입되는 판이 이어지는 판을 잡아당기는 힘이 작용한다.

ㄷ. 열곡은 양쪽에서 당기는 힘으로 형성되므로 발산형 경계인 A에서 발달한다. 수렴형 경계인 C에서는 양쪽에서 미는 힘인 횡압력이 작용하여 습곡 산맥이 발달할 수 있다.

4 **꼼꼼** 문제 분석



선택지 분석

- ㉠ A에서는 압력이 감소하여 형성된 현무암질 마그마가 분출한다. 하강류
- ㉡ B의 하부에서는 플룸 상승류가 형성될 수 있다. X
- ㉢ C는 판의 이동 방향과 나란하게 발달한다. X

전략적 풀이 ① 판 경계의 종류와 지형을 먼저 파악한다.

A는 발산형 경계인 해령, B는 수렴형 경계인 해구, C는 보존형 경계인 변환 단층이다.

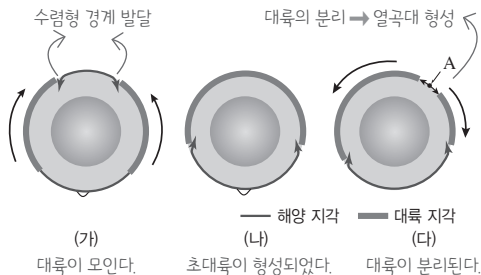
② 각 경계에서 맨틀 대류와 플룸 구조 운동을 바탕으로 마그마 생성 등의 특징을 판단한다.

ㄱ. 해령인 A에서는 맨틀 대류의 상승으로 압력이 낮아지면서 맨틀 물질의 용융점이 낮아져 현무암질 마그마가 생성된다.

ㄴ. B는 해구로, 하부에서 차가운 해양판이 축적되어 밀도가 커지면 외핵 쪽으로 침강하면서 플룸 하강류가 형성될 수 있다.

ㄷ. C는 변환 단층으로, 판이 어긋나면서 판의 이동 방향과 나란하게 발달한다.

5 **꼼꼼** 문제 분석



(가) 대륙이 모여 (나) 초대륙이 형성되었다가 상승하는 플룸의 영향으로 (다) 대륙이 분리되기 시작하고, 이후 (가) 해구가 형성되면서 대륙이 다시 모여 (나) 초대륙이 만들어진다.

선택지 분석

- ㉠ 초대륙이 형성된 단계는 (나)이다. X
- ㉡ (가) 단계 이후에 초대륙이 형성될 수 있다. X
- ㉢ (나) → (다) 과정은 A 아래에서 상승하는 플룸의 영향으로 일어난다. X

전략적 풀이 ① 초대륙이 형성되어 있는 시점을 파악한다.

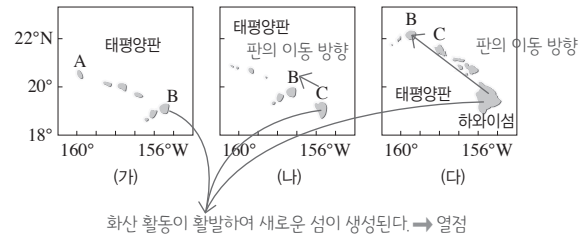
ㄱ. (나)는 대륙 지각이 하나로 붙어 있으므로 초대륙이 형성된 단계이다.

② 지각의 이동 방향으로 대륙의 분리와 이동 과정을 파악한다.

ㄴ. (가)는 판이 섭입되면서 해구가 형성되어 해양 지각이 소멸되고 있는 단계이다. 해양 지각이 소멸되면서 대륙 지각이 점점 가까워진다. (가) 과정이 여러 곳에서 나타나면 대륙이 충돌하면서 하나가 되어 다시 초대륙이 형성될 수 있다.

ㄷ. (나)의 초대륙이 (다)에서 대륙이 갈라지고 해양저가 확장되는 것은 대륙 내의 깊은 곳에서 발생한 상승하는 플룸의 영향으로 일어나며, 열곡대가 발달한다.

6 **꼼꼼** 문제 분석



선택지 분석

- ㉠ 태평양판은 북서쪽으로 이동하였다. 이동하지 않는다
- ㉡ 화산 활동이 일어나는 위치가 북서쪽으로 이동하였다. X
- ㉢ 현재 이후에 화산섬은 C와 하와이섬 사이에 생성될 것이다. 하와이섬 남동쪽에

전략적 풀이 ① A~C점의 위치가 이동한 방향으로 판의 이동 방향을 파악한다.

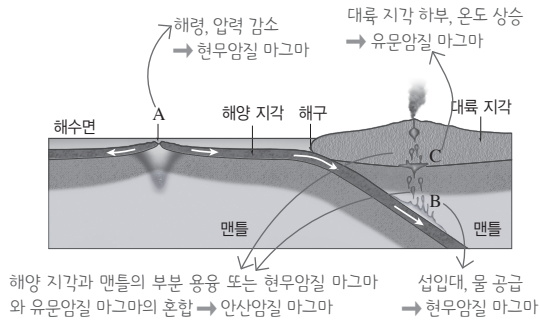
ㄱ. B, C점은 북서쪽으로 이동하고, 하와이섬이 (다)에서 생성되었으므로 태평양판은 북서쪽으로 이동하였다.

② 열점의 특징과 판의 이동 방향의 관계를 찾아낸다.

ㄴ. 화산 활동이 일어나는 위치는 열점 위이다. 판이 이동해도 열점의 위치는 변하지 않으므로 화산 활동이 일어나는 위치도 변하지 않는다.

ㄷ. 현재는 열점 위에 하와이섬이 있지만 태평양판이 북서쪽으로 이동하면 열점의 마그마 분출로 만들어지는 새로운 화산섬은 이동해간 하와이섬의 남동쪽에 생성된다.

7 꼬꼬 문제 분석



선택지 분석

- ㉠ A와 B에서는 현무암질 마그마가 생성된다.
- ㉡ B에서는 함수 광물에서 배출된 물이 맨틀의 용융점을 낮추어 마그마가 생성된다.
- ㉢ C에서는 대륙 지각에 열이 공급되어 유문암질 마그마가 생성된다.

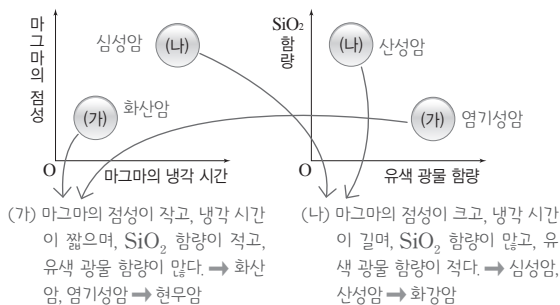
전략적 풀이 ① A~C에서 생성되는 마그마의 종류를 파악한다.

㉠. 해령인 A와 섭입대인 B에서는 맨틀 물질이 용융되어 현무암질 마그마가 생성되고, C에서는 대륙 지각 하부가 부분 용융되어 유문암질 마그마가 생성된다.

② A~C에서 마그마가 생성되는 원리를 파악한다.

㉡. 해령인 A에서는 맨틀 물질의 상승에 따른 압력 감소로 마그마가 생성된다. 섭입대인 B에서는 해양 지각이나 퇴적물 속의 함수 광물에서 배출된 물이 맨틀의 용융점을 낮추어 마그마가 생성된다. ㉢. B에서 생성된 마그마가 상승하여 대륙 지각에 열을 공급하여 온도가 상승하므로 대륙 지각이 부분 용융되어 C에서 유문암질 마그마가 생성된다.

8 꼬꼬 문제 분석



선택지 분석

- ㉠ 구성 광물의 결정 크기는 (가)가 (나)보다 작다.
- ㉡ (가)는 (나)보다 밀도가 크다.
- ㉢ 우리나라에는 (가)보다 (나)가 많이 분포한다.

전략적 풀이 ① (가)와 (나) 암석이 산성암인지 염기성암인지, 화산암인지 심성암인지 분류한다.

㉠. 구성 광물의 결정 크기는 마그마의 냉각 시간이 상대적으로 짧은 화산암인 (가)가 심성암인 (나)보다 작다.

㉡. (가)는 (나)보다 유색 광물의 함량이 많아서 금속 원소가 많이 포함되어 있으므로 밀도가 크다.

② 화강암과 현무암의 조건을 찾고 우리나라에서의 분포를 기억한다.

㉢. 화강암은 심성암이자 산성암으로, 냉각 시간이 길고 유색 광물 함량이 적은 (나)이다. 현무암은 화산암이자 염기성암으로, 냉각 시간이 짧고 유색 광물 함량이 많은 (가)이다. 우리나라에는 화강암이 현무암보다 많이 분포하므로 (가)보다 (나)가 많이 분포한다.



2

지구의 역사

01

퇴적 구조와 퇴적 환경

개념 확인 문제

65쪽

- ① 속성 작용 ② 교결 작용 ③ 쇄설성 ④ 유기적 ⑤ 연안 환경
⑥ 사층리 ⑦ 점이 층리 ⑧ 연흔 ⑨ 건열

- 1 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × 2 ㉠ 다짐, ㉡ 교결, ㉢ 밀도
3 (1) 쇄설성 (2) 유기적 (3) 화학적 (4) 쇄설성 4 (1) 연안
(2) 육상 (3) 해양 5 (1) (가) 사층리 (나) 점이 층리 (다) 연흔
(라) 건열 (2) (가) (3) (라) (4) (나), (라) 6 ㉠ 세일, 석회암,
㉡ 역암, ㉢ 해양 환경, ㉣ 육상 환경

- 1 (1) 속성 작용 중 다짐 작용을 받으면 퇴적물 입자 사이의 간격인 공극이 줄어든다.
(2) 증발로 물에 녹아 있었던 성분이 잔류하여 형성된 암염은 화학적 퇴적암이다.
(3) 퇴적암 중 생물체의 유해가 쌓여 만들어진 퇴적암은 유기적 퇴적암이다.
(4) 점이 층리는 해양 환경인 심해저에서 잘 형성된다.

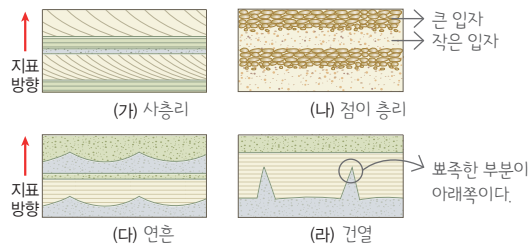
2 퇴적물이 오랫동안 쌓이면 윗부분의 퇴적물 압력 때문에 아래 부분은 퇴적물 입자 사이의 간격이 줄어들고, 물이 빠져나가면서 치밀하게 다져지는데, 이를 다짐 작용이라고 한다. 이후 물속에 녹아 있던 석회 물질, 규질, 철질 물질 등이 침전되면 퇴적물 입자 사이의 간격이 메워지고, 입자들을 단단히 연결시켜 주는데, 이를 교결 작용이라고 한다. 이러한 속성 작용을 받아 공극이 감소하고, 밀도가 증가한다.

- 3 (1), (4) 세일은 풍화·침식 작용으로 만들어진 암석 조각 중 점토가 쌓여 생성된 쇄설성 퇴적암이고, 응회암은 화산 분출물이 쌓여 생성된 쇄설성 퇴적암이다.
(2) 석탄은 식물체가 쌓여 생성되므로 유기적 퇴적암이다.
(3) 암염은 해수의 증발로 남은 물질이 쌓여 생성되므로 화학적 퇴적암이다.

- 4 (1) 삼각주, 해빈 등은 연안 환경에 해당한다.
(2) 하천, 호수, 선상지 등은 육지 환경에 해당한다.
(3) 육지에서 이동해 온 퇴적물과 해수에 녹아 있는 물질이 가라앉아 쌓이는 환경은 해양 환경에 해당한다.

5

문제 분석



- (2) (가) 사층리에서는 바람이 분 방향이나 물이 흐른 방향을 알 수 있다.
(3) 건조한 환경에서는 퇴적물 표면이 V자 모양으로 갈라진 (라) 건열이 형성될 수 있다.
(4) (나)는 지층 내에서 위로 갈수록 입자의 크기가 커지고, (라)는 뾰족한 쪽이 위를 향하고 있으므로 지층이 역전된 것이다.

6 (가) 태백시 구문소는 주로 해양 환경에서 생성된 세일이나 석회암으로 이루어져 있다. (나) 전라북도 진안군 마이산은 호수 환경에서 퇴적된 역암으로 이루어져 있으므로 육상 환경에서 생성되었다.

대표 자료 분석

66쪽

- 자료 1 1 A: 다짐 작용, B: 교결 작용 2 퇴적물의 밀도는 커지고, 공극은 줄어든다. 3 (가) 쇄설성 퇴적암 (나) 화학적 퇴적암 (다) 유기적 퇴적암 4 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) ×
자료 2 1 (1) (가) (2) (나) (3) (가) 2 a → b 3 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ×

①-1 그림에서 A는 퇴적물이 다져지는 다짐 작용이고, B는 물속에 녹아 있는 물질이 침전되면서 퇴적물 입자 사이의 간격을 메우고 단단하게 연결시켜 주는 교결 작용이다.

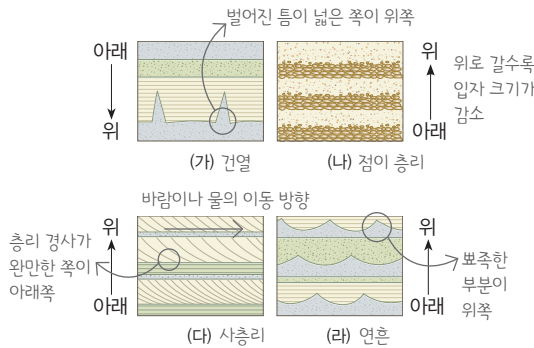
①-2 다짐 작용(A)과 교결 작용(B)을 거치면 퇴적물 입자 사이의 간격이 줄어들기 때문에 퇴적물의 밀도는 커지고, 공극은 줄어든다.

①-3 (가)는 암석의 풍화, 침식 작용으로 생긴 퇴적물이나 화산 분출물이 쌓여 만들어진 쇄설성 퇴적암이다.
(나)는 물속에 녹아 있던 규질, 석회 물질 등이 침전되거나 물이 증발함에 따라 잔류하여 만들어진 화학적 퇴적암이다.

(다)는 생물체의 유해나 골격의 일부가 쌓여 만들어진 유기적 퇴적암이다.

- ①-4 (1) A(다짐 작용)와 B(교결 작용)를 포함하여 퇴적암이 만들어지는 전체 과정을 속성 작용이라고 한다.
 (2) 교결 작용(B)에 관여하는 물질은 주로 규질, 석회 물질이다.
 (3) 쇄설성 퇴적암은 퇴적물 입자의 크기에 따라 세일, 사암, 역암으로 구분하고, 퇴적물의 종류가 화산재이면 응회암이 생성된다.
 (4) 생물체의 유해가 쌓여 만들어진 유기적 퇴적암에서는 화석이 많이 산출된다.

②-1 **문제 분석**



- (1) (가)는 건열로, 수면 아래에서 퇴적물이 쌓인 다음 퇴적물이 건조한 공기 중에 노출되어 수분이 증발하면서 퇴적물 표면이 갈라진 퇴적 구조이므로 건조한 환경에서 형성된 것이다.
 (2) (나)는 대륙 주변부의 해안에 쌓였던 퇴적물이 한꺼번에 쓸려 내려가 수심이 깊은 곳에 쌓일 때 퇴적물 입자의 크기가 큰 것부터 아래쪽에 쌓여 형성된 점이 층리이다. (라)는 수심이 얇은 곳에서 물결의 흔적이 퇴적물에 남아 있는 연흔이다. 따라서 퇴적 환경의 수심은 (나)가 (라)보다 더 깊다.
 (3) (가)는 갈라진 틈인 V자 모양이 뒤집혀 있으므로 지층이 역전되었음을 알 수 있다.

②-2 그림에서 층리가 경사진 방향으로 바람이 불거나 물이 흘렀으므로 바람이나 물의 이동 방향은 a → b이다.

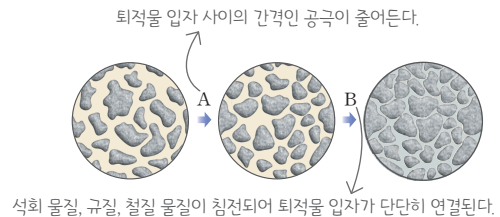
- ②-3 (1) (가)는 건열로, 퇴적 구조가 생성될 당시 퇴적면이 공기 중에 노출된 적이 있다.
 (2) (나) 점이 층리는 일반적으로 수심이 깊은 환경에서 잘 형성된다.
 (3) (다)는 사층리로, 기울어진 경사를 통해 퇴적물이 운반되어 온 방향을 추정할 수 있다.
 (4) (라)는 연흔으로, 역암보다는 퇴적 입자가 해파에 따라 잘 움직일 수 있는 점토로 이루어져 있는 세일에 잘 나타난다.

내신 만점 문제

67쪽~69쪽

- 01 ④ 02 ⑤ 03 해설 참조 04 ① 05 (가)
 암염 (나) 응회암 (다) 역암 06 ⑤ 07 ④ 08 해설
 참조 09 ④ 10 ② 11 ① 12 ③ 13 ③
 14 ② 15 ①

01 **문제 분석**



- ㄱ. A(다짐 작용)에서 퇴적물의 압력으로 압축이 일어나 공극이 줄어든다.
 ㄴ. 퇴적물이 쌓인 후 퇴적암이 되기까지 일어나는 과정을 속성 작용이라고 하므로 A, B를 모두 포함한다.
바로알기 ㄷ. B(교결 작용)에서 공극에 석회 물질, 규질, 철질 물질이 침전되어 채워지므로 밀도가 커진다.

- 02 ㄱ. 퇴적물이 퇴적되는 (가)에서 생물체가 묻히면 후에 화석으로 산출되기도 한다.
 ㄴ. (나)에서 퇴적물이 눌러 다져지는 다짐 작용을 받으므로 퇴적물 입자 사이의 간격(공극)은 줄어든다.
 ㄷ. (다)는 교결 작용으로, 주로 물속에서 규질이나 석회 물질이 공극에 침전되면서 일어난다.

03 **모범답안** A가 쌓여 쇄설성 퇴적암, B가 쌓여 화학적 퇴적암, C가 쌓여 유기적 퇴적암이 생성되고, D 과정에서 퇴적물의 밀도가 커진다.

채점 기준	배점
A~C에 해당하는 퇴적암의 종류와 D 과정에서 퇴적물의 밀도 변화를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
A~C에 해당하는 퇴적암의 종류와 D 과정에서 퇴적물의 밀도 변화 중 한 가지만을 옳게 서술한 경우	50 %

- 04 ㄱ. (가)는 주로 모래가 쌓여 생성된 사암으로, 쇄설성 퇴적암에 속하고, (다) 암염은 화학적 퇴적암에 속한다.
바로알기 ㄴ. 화강암의 풍화로 생성된 물질이 퇴적되어 굳으면 쇄설성 퇴적암이 생성된다. (나) 석회암은 석회질 생물체의 유해가 쌓여 굳거나 증발하고 남은 탄산 칼슘이 굳은 퇴적암이다.
 ㄷ. (다) 암염은 해수에 녹아 있던 물질이 해수가 증발하면서 가라앉아 굳은 화학적 퇴적암으로, 증발암이라고도 한다.

05 (가)는 해수가 증발하고 잔류한 염류가 퇴적되어 굳은 화학적 퇴적암인 암염이다. (나)는 화산 분출물인 화산 쇄설물이 퇴적되어 굳은 쇄설성 퇴적암인 응회암이다. (다)는 자갈이 포함되어 생성된 역암이다.

06 퇴적물이 속성 작용을 받아 퇴적물의 종류에 따라 다양한 퇴적암이 생성된다. 연흔은 암석이 부서져 쌓인 퇴적물 중 입자의 크기가 작을 때 잘 형성되므로 모래가 이에 해당한다. 모래가 굳어 생성되는 쇄설성 퇴적암은 사암이다. 염화 나트륨(NaCl)은 암염, 석회질 생물체는 석회암, 화산재는 응회암이 된다.

07 ㄴ. 대륙 주변부의 얇은 바다에 퇴적된 다양한 크기의 퇴적물이 해저 지진이나 화산 폭발 등으로 한꺼번에 심해로 끌려 내려가는 흐름을 저탁류라고 한다. 심해로 이동한 저탁류에는 크기가 다양한 퇴적물이 섞여 있어 퇴적물이 쌓일 때 크기가 큰 것이 먼저 가라앉고, 크기가 작은 것이 나중에 가라앉아 위로 갈수록 퇴적물의 크기가 작아지는 점이 층리가 형성된다.

ㄷ. 점이 층리는 위로 갈수록 퇴적물 크기가 작아지는 퇴적 구조이므로 지층의 역전 여부를 판단하는 데 이용할 수 있다.

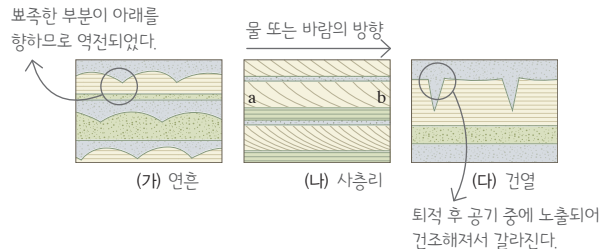
▮ **바로알기** ▮ ㄱ. 물이나 바람의 이동 방향이 자주 바뀌는 환경에서는 사층리가 생길 수 있다.

08 (가)는 사막과 같은 건조한 환경에서 퇴적물 표면이 대기에 노출되어 지층에 갈라진 틈이 생긴 건열이고, (나)는 수심이 얇은 물 밑에서 퇴적물 표면에 흐르는 물이나 파도의 흔적인 물결 자국이 지층에 남아 있는 연흔이다.

◀ **모범답안** (가) 건열, 건조한 환경에서 형성되었다. (나) 연흔, 수심이 얇은 환경에서 형성되었다.

채점 기준	배점
(가)와 (나) 퇴적 구조의 이름과 환경을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
(가)와 (나) 퇴적 구조의 이름과 환경 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

09 **꼼꼼** 문제 분석



① (가)는 연흔으로, 수심이 얇은 물 밑에서 형성되어 퇴적물 표면에 물결 모양이 나타나는 퇴적 구조이다.

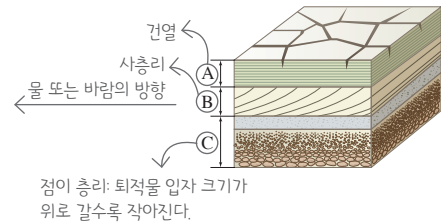
② (나)는 층리가 경사져 나타나므로 사층리이다.

③ (나) 사층리에서 물이나 바람은 층리가 경사진 방향으로 이동한 것이므로 a에서 b로 이동하였다.

⑤ (가) 연흔은 물결의 뾰족한 부분이 아래를 향하고 있으므로 지층이 역전되었고, (다) 건열은 뾰족한 부분이 아래로 향하고 있으므로 지층이 역전되지 않았다.

▮ **바로알기** ▮ ④ (다) 건열은 수면 아래에서 세립질의 퇴적물이 쌓인 후 건조한 환경의 수면 위로 드러나 갈라진 다음 다시 수면 아래로 가라앉아 새로운 퇴적물이 쌓인 것이다.

10 **꼼꼼** 문제 분석



ㄴ. 사층리(B)는 얇은 물속에서 형성되기도 하지만 사막 환경에서도 모래가 바람의 영향으로 쌓이면서 형성될 수 있다.

▮ **바로알기** ▮ ㄱ. 건열(A)은 퇴적층이 건조한 환경에서 대기 중에 노출되었을 때 퇴적층 표면이 갈라져서 형성되고, 점이 층리(C)는 수심이 깊은 환경에서 형성되었다. 따라서 형성된 수심은 C가 더 깊었다.

ㄷ. A~C는 모두 상하가 바뀌지 않았으므로 지각 변동으로 생긴 지층의 역전은 없었다.

11 ㄱ. 그림은 위로 갈수록 퇴적물 입자의 크기가 점점 작아지는 것이 특징인 퇴적 구조이므로 점이 층리이다.

▮ **바로알기** ▮ ㄴ. 점이 층리가 형성될 때 퇴적물 입자의 크기가 큰 것이 먼저 쌓이고, 퇴적물 입자의 크기가 작은 것이 더 나중에 쌓인다. 그림의 점이 층리에서 퇴적물 입자 크기는 아래에서 위로 갈수록 작아지므로 지층이 역전되지 않았음을 알 수 있다.

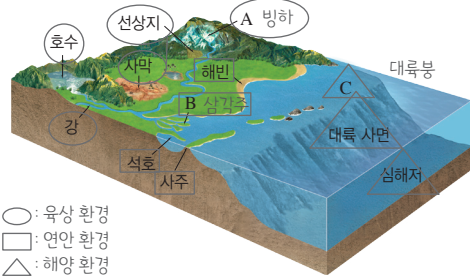
ㄷ. 점이 층리는 심해저에서 저탁류 등으로 운반된 퇴적물이 퇴적되어 만들어지므로 퇴적 구조가 형성되는 동안 지표로 드러나지 않았다.

12 ㄱ. 퇴적 환경은 크게 해양 환경(A), 연안 환경(B), 육상 환경(C)으로 구분할 수 있다. 대륙 사면, 심해저, 대륙붕 등이 해양 환경(A)에 해당한다.

ㄴ. 연안 환경(B)인 해변에서는 해수의 움직임으로 퇴적물의 이동이 일어나면서 사층리가 형성될 수 있다.

▮ **바로알기** ▮ ㄷ. 석회암은 육상 환경(C)인 빙하에서는 잘 생성되지 않고, 해양 환경(A)에서 석회 물질이 침전되거나 석회질 생물체의 유해가 쌓여 생성된다.

13 꼬꼬 문제 분석

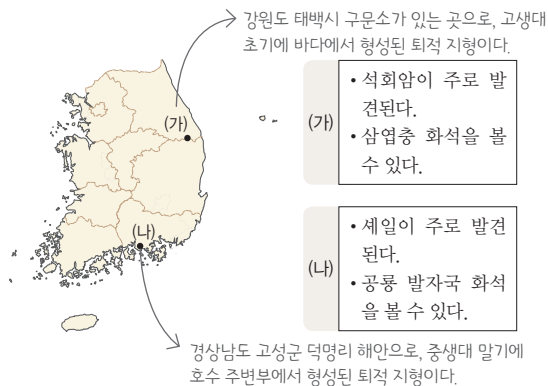


ㄱ. A는 빙하이고, 크고 작은 암석 조각들이 운반되어 퇴적되므로 주로 쇄설성 퇴적암이 생성된다.

ㄴ. B는 삼각주이고, 육상 환경과 해양 환경 사이의 환경에 해당하는 연안 환경이다.

▣ **바로알기** ㄷ. C는 대륙붕이고, 접이 층리는 대륙 사면을 타고 흘러내리는 저탁류 때문에 심해저에서 잘 형성된다.

14 꼬꼬 문제 분석



ㄷ. (가)는 고생대에, (나)는 중생대에 형성되었다. 따라서 (가)의 암석이 (나)의 암석보다 오래되었다.

▣ **바로알기** ㄱ. 셰일은 점토가 퇴적되어 생성된 쇄설성 퇴적암이지만 석회암은 탄산 칼슘 성분이 퇴적되어 생성된 것으로 화학적 퇴적암이거나 유기적 퇴적암이다.

ㄴ. (나)에서 점토가 쌓여 만들어진 셰일이 발견되고, 공룡 발자국 화석이 발견되는 것으로 보아 육상 환경에서 퇴적된 것이다.

15 ㄱ. (가) 제주도 수월봉은 응회암이 있는 퇴적 지형이고, 응회암은 화산 활동으로 분출한 화산 쇄설물이 쌓여 형성되었으므로 퇴적암에서 잘 나타나는 층리가 발달한다.

▣ **바로알기** ㄴ. (나)의 뚝린 구멍은 역암이 형성되었다가 풍화 작용을 받아 자갈이 빠져 나가고 남은 타포니이다.

ㄷ. (가)는 화산 쇄설물이 퇴적된 것이고, (나)는 퇴적물 입자가 큰 자갈 등이 퇴적되어 형성된 것이므로 연흔은 잘 형성되지 않는다.

02 지질 구조

개념 확인 문제

73쪽

- ① 지질 구조 ② 습곡 ③ 횡압력 ④ 단층 ⑤ 절리
⑥ 부정합 ⑦ 습곡 ⑧ 주향 이동 단층 ⑨ 관입 ⑩ 포획
⑪ 생성 순서

- 1 (1) ○ (2) × (3) × (4) × (5) ○ 2 A: 배사, B: 향사, C: 하반, D: 상반, E: 단층면 3 (1) ㉠ 정단층, ㉡ 역단층 (2) 장력 (3) 주향 이동 단층 4 (1) 판상 절리 (2) 평행 부정합 5 ㉠ 침식, ㉡ 침강 6 (1) (나) (2) (다) (3) (가) 7 A

1 (1) 지층이 퇴적된 후 양쪽에서 미는 힘인 횡압력을 받아 휘어지면 습곡이 형성되고, 끊어지면 역단층이 형성된다.

(2) 부정합면은 오랜 시간 간격이 있음을 뜻하므로, 부정합면을 경계로 상하 지층의 연령 차이는 매우 크게 난다.

(3) 경사 부정합은 부정합면을 경계로 상하 지층이 나란하지 않고 경사져 있다.

(4) 히말라야산맥과 같은 습곡 산맥은 주로 횡압력이 작용하여 형성되었으므로 만들어지는 단층은 역단층이다.

(5) 마그마가 관입하여 굳은 암석을 관입암이라 하고, 마그마가 관입한 때 주위의 암석이나 지층의 일부가 마그마 속에 포함되어 함께 굳은 것을 포획암이라고 한다.

2 (가) 습곡에서 A는 위로 볼록한 배사, B는 아래로 볼록한 향사이다. (나) 단층에서 E는 단층면이고, C는 단층면의 아래쪽 부분이므로 하반, D는 단층면의 위쪽 부분이므로 상반이다.

3 (1) 상반이 하반에 대해 상대적으로 아래로 이동한 단층을 정단층이라 하고, 상반이 하반에 대해 상대적으로 위로 이동한 단층을 역단층이라고 한다.

(2) 정단층은 지층이 양쪽에서 잡아당기는 힘인 장력을 받아 만들어진다.

(3) 수평 방향의 힘이 작용하여 상반과 하반이 수평 방향으로 이동한 단층을 주향 이동 단층이라고 한다.

4 (1) 지하 깊은 곳의 암석이 융기할 때 암석을 누르는 압력이 감소하면 판상 절리가 잘 발달한다.

(2) 부정합면을 경계로 상하 지층이 나란한 것은 평행 부정합이다.

5 부정합은 인접한 두 지층 사이에 긴 시간 간격이 있는 관계를 나타낸 것으로, 퇴적 → 융기 → 침식 → 침강 → 퇴적 과정을 거쳐 만들어진다.

- 6 (1) 지층에 작용하는 힘으로 지층이 끊어지면서 서로 어긋난 지질 구조는 (나) 단층이다.
 (2) 인접한 두 지층이 시간적으로 불연속적인 관계를 나타내는 지질 구조는 (다) 부정합이다.
 (3) 지층이 퇴적된 후 횡압력을 받아 지층이 휘어진 지질 구조는 (가) 습곡이다.

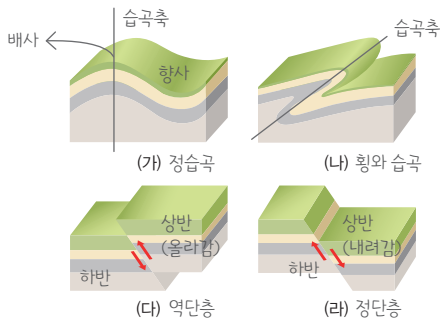
7 B에 A가 포획되어 있으므로 A가 포획암이다. A는 먼저 생성된 암석의 조각이고, 나중에 B가 A를 포획하였다.

대표 자료 분석

74쪽

- 자료 1 1 (가), (나), (다) 2 ③ 3 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) ○ (6) ○
 자료 2 1 (다) 2 B층과 D층 3 경사 부정합 4 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) ○

1-1 꼼꼼 문제 분석



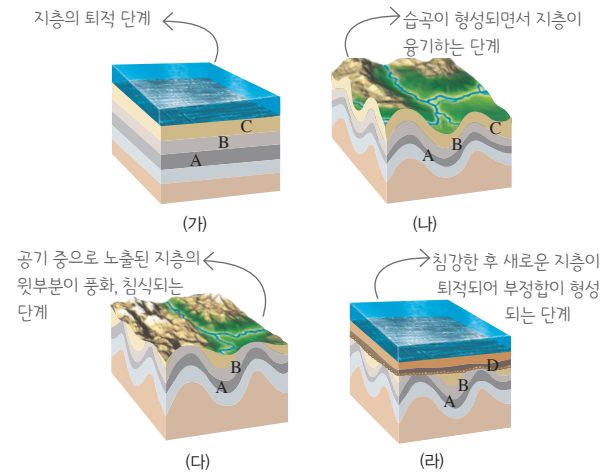
횡압력이 작용하여 만들어지는 지질 구조는 습곡과 역단층이다. 따라서 (가) 정상습곡, (나) 횡와 습곡, (다) 역단층이 이에 해당한다.

- 1-2 ① (가)는 습곡축면이 수평면과 수직인 정상습곡이다.
 ② (나)는 습곡축면이 수평면과 거의 나란한 횡와 습곡이다.
 ③ (가) 정상습곡은 지층의 역전이 나타나지 않고, (나) 횡와 습곡에서 지층의 퇴적 순서가 역전된 곳이 나타난다.
 ④ (다)는 횡압력으로 하반에 대해 상반이 위로 올라간 역단층이다.
 ⑤ (라)는 장력으로 하반에 대해 상반이 아래로 내려간 정단층이다.

- 1-3 (1) (가)에서 위로 볼록한 부분은 배사이고, 아래로 볼록한 부분은 향사이다.
 (2) (가) 정상습곡과 (나) 횡와 습곡은 습곡축면의 기울기로 구분한다.

- (3) (가) 정상습곡은 지하 깊은 곳의 고온, 고압의 환경에서 만들어지고, (다) 역단층은 습곡이 만들어지는 깊이보다 얇은 곳에서 만들어진다.
 (4) (나)에 작용하는 힘은 횡압력이고, 횡압력으로는 (다) 역단층이 만들어진다.
 (5) (라) 정단층은 양쪽에서 잡아당기는 힘인 장력이 작용하여 만들어진 것이다.
 (6) 습곡 산맥은 횡압력이 작용하여 만들어진 것이므로 (라) 정단층보다 (다) 역단층이 잘 만들어진다.

2-1 꼼꼼 문제 분석



풍화나 침식 과정이 일어나는 단계는 (다)이다.

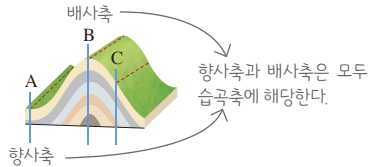
- 2-2 (라)에서 상하 인접한 (A층과 B층)과 (B층과 D층) 중 생성 시간 차이가 크게 나는 지층은 부정합 관계에 있는 (B층과 D층)이다.

- 2-3 (가)~(라) 과정 중 (나)에서 지각 변동을 받아 지층이 휘어졌으므로 부정합면을 경계로 지층이 평행하지 않다. 따라서 지층이 경사져 있는 경사 부정합에 해당한다.

- 2-4 (1) (나)에서 습곡이 형성되면서 지층의 융기가 일어났다.
 (2) (다)에서 공기 증으로 노출되어 풍화, 침식이 일어난 지표면이 (라)에서 부정합면이 된다.
 (3) A층과 B층은 연속적으로 퇴적된 지층이므로 정합 관계이다.
 (4) B층과 D층은 부정합 관계이므로 생성 시기에 시간적 간격이 크다. 따라서 B층과 D층에서 산출되는 화석은 진화 정도에 차이가 크게 날 수 있다.
 (5) B층과 D층의 경계면은 부정합면이므로 위쪽에 기저 역암이 분포하기도 한다.

01 ①	02 ⑤	03 ③	04 ④	05 ⑤
06 ①	07 ⑤	08 ⑤	09 ②	10 해설 참조
11 ⑤	12 해설 참조	13 ③	14 ②	

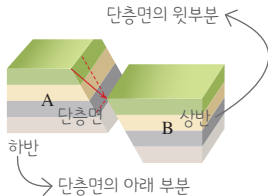
01 **문제 분석**



- ② 암석이 고온·고압인 지하 깊은 곳에서 압력을 받으면 끊어지지 않고 휘어진다.
- ③ A와 B는 습곡축이고, A는 향사층, B는 배사층이다.
- ④ 배사층과 향사층은 습곡 구조에서 가장 많이 휘어진 부분이다. 따라서 B는 C보다 지층이 많이 휘어져 있다.
- ⑤ 습곡의 종류는 습곡축면의 기울기로 구분한다. 습곡축면이 수평면에 대해 거의 수직인 것은 정습곡, 기울어진 것은 경사 습곡, 거의 수평으로 누운 것은 횡와 습곡이다.
- **바로알기** ① 암석이 양쪽에서 미는 힘, 즉 횡압력을 받으면 휘어져 습곡이 형성된다.

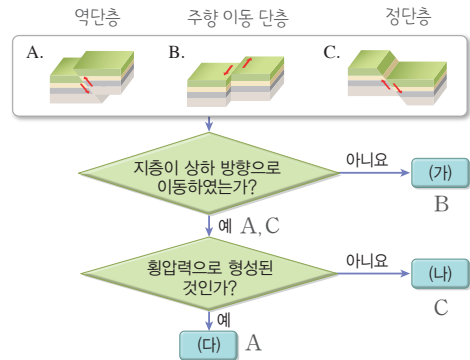
- 02 ㄱ. (가)에서 A는 지층이 위로 볼록하게 휘어진 배사, B는 아래로 볼록하게 휘어진 향사이다.
- ㄴ. (가)는 습곡축면이 수평면과 수직인 정습곡, (나)는 습곡축면이 수평에 가깝게 기울어져 있는 횡와 습곡이다.
- ㄷ. (나)는 횡와 습곡이고, 습곡축면이 수평에 가깝게 기울어져 있으므로 지층이 역전된 부분이 배사층과 향사층 사이에서 나타난다.

03 **문제 분석**



- ㄱ. A는 하반이고, B는 상반이다.
- ㄴ. 장력의 작용으로 상반이 아래로 이동한 정단층이다.
- **바로알기** ㄷ. 이 단층은 상반이 아래로 내려가는 수직 방향으로 이동하면서 수평 방향으로도 이동하였다.

04 **문제 분석**



단층 A는 횡압력으로 상반이 하반에 대해 위로 이동한 역단층이고, 단층 B는 단층면 양쪽의 지층이 수평으로만 이동한 주향 이동 단층이며, 단층 C는 장력으로 상반이 하반에 대해 아래로 이동한 정단층이다. 따라서 지층이 상하 방향으로 이동하지 않은 (가) 단층은 B, 주향 이동 단층이고, 횡압력으로 형성된 (다) 단층은 A, 역단층이며, 장력으로 형성된 (나) 단층은 C, 정단층이다.

- 05 ㄱ, ㄴ. (가)는 지층이 퇴적된 후 횡압력을 받아 휘어진 습곡 구조이고, (나)는 양쪽 지층이 단층면이 뻗어 있는 방향과 나란하게 수평으로만 이동한 주향 이동 단층이다.
- ㄷ. 보존형 경계에는 (나) 주향 이동 단층에 속하는 변환 단층이 발달되어 있다.

06 **문제 분석**



(가) 주상 절리
기둥 모양 — 화산암

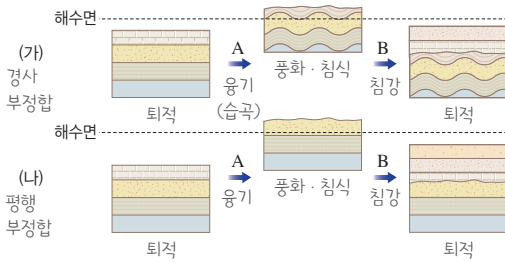
(나) 판상 절리
나란한 판 모양 — 심성암

- ㄱ. (가)는 절리가 육각형의 기둥 모양으로 나타나므로 주상 절리이고, (나)는 절리가 지표와 나란하게 판 모양으로 나타나므로 판상 절리이다.
- **바로알기** ㄴ. (가)는 지표 부근의 용암이 급격히 식는 과정에서 부피가 감소하면서 기둥 모양으로 굳은 것이고, (나)는 지하 깊은 곳의 화강암을 덮고 있던 지층이 풍화와 침식으로 깎여 나가면서 화강암체에 작용한 압력이 감소하여 형성된다.
- ㄷ. (가) 주상 절리는 지표 부근에서 화산암이 생성되는 과정에서 빠르게 냉각되어 만들어지고, (나) 판상 절리는 지하 깊은 곳에서 생성된 심성암이 용기하여 만들어진다. 따라서 암석이 생성된 깊이는 (가)보다 (나)가 깊다.

07 ㄱ. A면의 하부 지층은 휘어져 있으므로 지층이 수평으로 퇴적된 후 횡압력을 받아 습곡이 형성되었다.

ㄴ, ㄷ. A면의 하부 지층은 경사져 있고 상부 지층은 수평으로 퇴적되었으므로 A면은 부정합면이다. 하부 지층이 퇴적된 후 지층이 융기하여 침식 작용을 받았고, 침강하여 새로운 지층이 퇴적되면서 형성되었으므로 A면의 상부 지층과 하부 지층은 퇴적 시간의 간격이 크다.

08 **꼼꼼** 문제 분석



ㄱ. A는 지층이 수면 위로 드러나는 융기의 과정이고, B는 지층이 수면 아래로 가라앉는 침강의 과정이다.

ㄴ. 지층이 융기하여 지표에 노출되면 풍화나 침식 작용이 일어나면서 퇴적 작용은 중단된다. 따라서 A와 B 사이에 퇴적이 중단되는 현상이 일어났다.

ㄷ. (가)에서는 부정합면을 경계로 상부 지층과 하부 지층의 층리면이 경사져 있으므로 경사 부정합이고, (나)에서는 부정합면을 경계로 상부 지층과 하부 지층의 층리면이 나란하므로 평행 부정합이다.

09 ㄷ. 부정합은 부정합면(A)을 포함한 아래 지층이 지각 변동 과정에서 수면 위로 노출되어 풍화·침식을 받은 후 다시 침강하여 새로운 지층이 퇴적되어 생성된다.

▶바로알기 ㄱ. (가)는 평행 부정합, (나)는 경사 부정합이다. 평행 부정합은 부정합면 위아래 지층이 나란하고, 난정합은 부정합면 아래에 심성암이나 변성암이 분포한다.

ㄴ. 부정합에서는 부정합면(A)을 경계로 상하 지층의 생성 시기에 큰 차이가 난다. 따라서 A를 기준으로 상하 지층에서 발견되는 화석의 진화 정도가 다르며, 상하 지층의 나이 차이가 크다.

10 **꼼꼼** 문제 분석

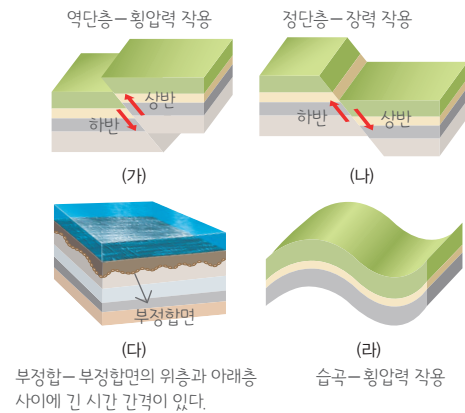


이 지역은 지층이 수평층이므로 습곡은 발달되어 있지 않다. 기저 역암이 있는 부정합면 위층과 아래층 모두 수평층이므로 부정합 중 평행 부정합이 발달되어 있다. 또한, 단층면을 기준으로 상반이 상대적으로 아래로 내려가 있으므로 정단층이 발달되어 있다. 지질 구조는 단층면이 잘려 있고, 그 위에 기저 역암이 존재하는 것으로 보아 정단층이 먼저, 그 다음에 평행 부정합이 형성되었다.

모범답안 평행 부정합과 정단층, 부정합면이 단층면을 자르고 있으므로 부정합면 아래 지층에서 관찰되는 정단층이 먼저 형성된 것이다.

채점 기준	배점
지질 구조 두 개와 생성 순서를 근거와 함께 모두 옳게 서술한 경우	100 %
지질 구조 두 개만 옳게 서술한 경우	50 %

11 **꼼꼼** 문제 분석



ㄴ. 열곡대는 발산형 경계로, 판이 서로 멀어지면서 장력이 작용하므로 (나)와 같은 정단층이 잘 발달한다.

ㄷ. (다)는 지층이 융기 → 침식 → 침강의 과정을 거쳐 형성된 부정합이다. 따라서 (다)에서는 침식을 받아 울퉁불퉁하게 침식된 면인 부정합면이 나타난다.

ㄹ. 습곡 산맥에서는 판이 수렴하면서 횡압력이 우세하게 작용하므로 (가) 역단층이나 (라) 습곡이 잘 발달한다.

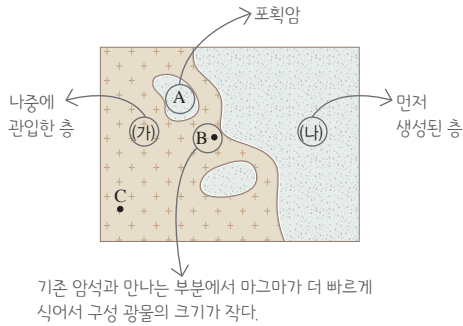
▶바로알기 ㄱ. (가)는 횡압력이 작용하여 상반이 하반에 대해 상대적으로 위로 올라간 역단층이다.

12 A는 기반암이고, B는 기반암을 암맥 모양으로 관입한 것이다. 따라서 A가 먼저 생성된 후 B가 A를 관입한 것이다.

모범답안 A가 먼저 생성되었고, B가 A를 관입한 것이다.

채점 기준	배점
A가 먼저 생성되었다는 내용을 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
B가 A를 관입하였다는 내용만 서술한 경우	50 %

13 꼬꼬 문제 분석

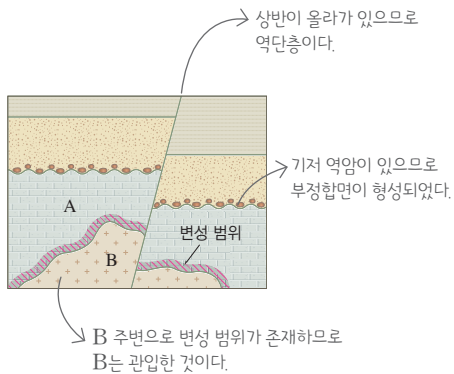


ㄱ. A는 (나)와 같은 종류의 암석이고 (가) 속에 포함되어 있으므로 포획암이다.

ㄴ. 마그마가 관입하여 냉각될 때에는 주변 암석과 접한 부분이 빠르게 식어서 구성 광물의 크기가 작은 결정이 생기지만 상대적으로 중심부는 천천히 식어 구성 광물의 크기가 큰 결정이 생긴다. 따라서 관입암인 (가)에서 구성 광물의 크기는 B 부분보다 C 부분에서 클 것이다.

▣ **바로알기** ▣ 나. A가 포획암이므로 (나)가 먼저 형성되고 나서 (가)가 (나)를 관입한 것이다.

14 꼬꼬 문제 분석



ㄴ. 지층에 기저 역암이 분포하는 것으로 보아 부정합이 형성되었음을 알 수 있다. 부정합의 형성 과정은 퇴적 → 융기 → 침식 → 침강 → 퇴적이므로 부정합면이 나타나는 이 지역은 과거에 오랫동안 퇴적이 중단되고 침식을 받은 시기가 있었다고 해석할 수 있다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. 이 지역에는 지층이 휘어진 습곡 구조가 없으므로 배사는 나타나지 않고 상반이 하반에 대해 위로 올라간 역단층이 나타나 있다.

나. A 부분에 변성 범위가 나타난 것으로 보아 먼저 생성되었음을 알 수 있다. 기존 암석 A를 B가 관입한 것이므로 B가 A의 암석 조각을 포획하고 있을 수 있다.

3 지층의 나이

개념 확인 문제

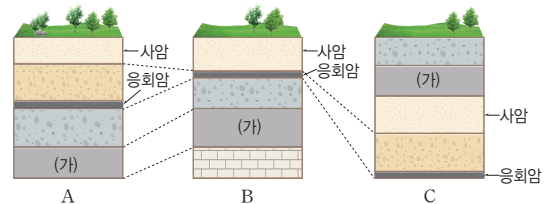
80쪽

- ① 지층 누층의 법칙 ② 관입의 법칙 ③ 동물군 천이의 법칙
④ 상대 연령 ⑤ 지사학 법칙 ⑥ 열쇠층 ⑦ 표준 화석

- 1 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × 2 (1) 응회암층 (2) 같은 시기가 아니다. (3) B 지역 3 (1) ㉠ 부정합, ㉡ 지층 누층 (2) 암상 (3) 표준 화석 4 (1) 동물군 천이의 법칙 (2) 관입의 법칙 (3) D → C → B → E → A 5 A → C → B

- 1 (1) 지층이 역전되지 않았다면 지층 누층의 법칙에 따라 아래 지층이 위 지층보다 먼저 형성되었다.
(2) 동물의 진화 과정에서 최근에 가까울수록 더 복잡하고 진화된 동물이 나타난다. 따라서 동물군 천이의 법칙에 따르면 나중에 형성된 지층일수록 더 진화된 생물 화석이 나타난다.
(3) 부정합의 법칙에 따르면 부정합면을 경계로 상하 지층은 생성 시기의 차이가 크게 난다.
(4) 관입의 법칙에 따르면 관입한 암석이 관입당한 지층보다 나중에 형성되었다.

- 2 A~C 지역의 지층을 대비해 보면 다음과 같다.

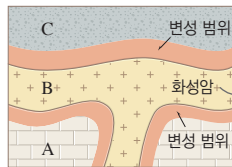


- (1) 열쇠층은 지층 대비에 기준이 되는 층으로, 비교적 짧은 시기 동안 넓은 지역에 분포하는 지층이 이용된다. A~C 세 지역에서 모두 나타나며 화산 활동으로 생성된 지층인 응회암층이 열쇠층이고, 이를 이용하여 지층을 대비할 수 있다.
(2) A, B 지역의 (가) 지층은 같은 시기에 생성되었지만 C 지역의 (가) 지층은 나중에 생성되었다.
(3) 가장 오래된 지층은 B 지역의 최하위에 있는 층이다.

- 3 (1) 상하 두 지층 사이에 시간적 공백이 있는 두 지층의 관계를 부정합이라 하고, 지층 누층의 법칙을 적용하면 위 지층보다 아래 지층이 더 오래된 것이다.
(2) 가까운 거리에 있는 지층은 암석에 의한 대비를 이용하여 지층의 선후 관계를 밝힌다.
(3) 멀리 떨어져 있는 지층에서의 선후 관계는 화석에 의한 대비를 적용하며, 이때 표준 화석을 이용한다.

- 4 (1) B층과 C층의 생성 순서는 발견되는 화석을 이용한 동물군 천이의 법칙을 적용하여 판단할 수 있다. C층에서는 고생대 생물인 삼엽충 화석, B층에서는 중생대 생물인 암모나이트 화석이 발견된다.
- (2) C층과 E층의 생성 순서는 관입당한 지층이 관입한 암석보다 먼저 생성되었다는 관입의 법칙을 적용하여 판단할 수 있다.
- (3) 지층의 생성 순서는 $D \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow E \rightarrow A$ 이다.

5 **꼼꼼** 문제 분석



지층 A, C가 순서대로 생성되고 B가 관입하였으므로 $A \rightarrow C \rightarrow B$ 순으로 생성되었다.

83쪽

원자핵
비법특강

Q1 2T

Q2 13.5억 년

Q1 모원소의 처음 양은 4 mg이고, 붕괴하여 새로운 원소 3 mg이 만들어졌으므로 남은 양은 1 mg이다. 따라서 모원소의 처음 양에 대한 남은 양의 비율은 $\frac{1}{4}$ (25 %)이고, 이때 가로축을 읽으면 절대 연령은 2T이다.

Q2 모원소는 칼륨이고, 자원소는 아르곤이다. 칼륨의 처음 양은 8 mg이고 아르곤 4 mg이 생성되었으므로 남은 양은 4 mg이다. 따라서 처음 양에 대한 남은 양의 비율은 $\frac{1}{2}$ (50 %)이므로 반감기가 1번 지났다. 따라서 절대 연령은 $13.5\text{억 년} \times 1\text{번} = 13.5\text{억 년}$ 이다.

개념 확인 문제

84쪽

- ① 절대 연령 ② 방사성 동위 원소 ③ 모원소 ④ 자원소
⑤ 반감기

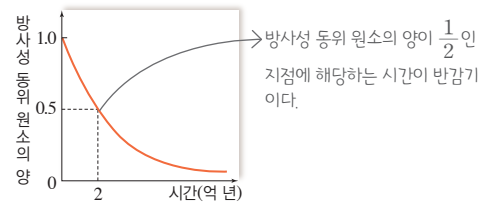
- 1 (1) 반감기 (2) ㉠ 모, ㉡ 자 (3) 일정 2 (1) $\times$ (2) $\circ$ (3) $\times$
(4) $\circ$ 3 2T 4 (1) 2억 년 (2) $0.25(\frac{1}{4})$ (3) 6억 년
5 (1) 21억 년 (2) 1 : 7

- 1 (1) 절대 연령은 암석이나 광물이 생성된 시기를 구체적인 수치로 나타내는 것이고, 방사성 동위 원소의 반감기를 이용하여 측정한다.
- (2) 붕괴하는 방사성 동위 원소를 모원소, 붕괴로 생성되는 원소를 자원소라고 한다.
- (3) 방사성 동위 원소의 붕괴 속도가 온도와 압력 변화에 관계없이 일정하므로 방사성 동위 원소의 반감기도 일정하다.

- 2 (1) 방사성 동위 원소의 반감기가 1번 지나면 모원소 : 자원소 = 1 : 1이다.
- (2) 반감기가 짧은 방사성 동위 원소는 가까운 시기의 연령 측정에, 반감기가 긴 것은 오래된 시기의 연령 측정에 유리하다.
- (3) 쇄설성 퇴적암에서 방사성 동위 원소의 반감기를 이용하여 측정할 연령은 퇴적암의 생성 시기가 아니라 퇴적암을 이루고 있는 퇴적물 근원암의 연령이다.
- (4) 화성암에서 방사성 동위 원소의 반감기를 이용하면 화성암을 이루는 광물의 정출 시기를 알 수 있다. 변성암에서는 방사성 동위 원소의 반감기로 변성 작용이 일어난 시기를 알 수 있다.

- 3 어떤 암석에 들어 있는 방사성 동위 원소의 반감기가 2번 지났다면 암석의 나이는 (반감기 $\times$ 2)로 구할 수 있다. 이 암석 속 방사성 동위 원소의 반감기가 T이므로 암석의 나이는 2T이다.

4 **꼼꼼** 문제 분석

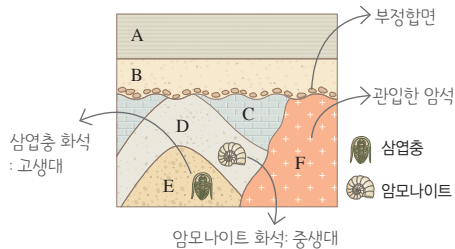


- (1) 주어진 방사성 동위 원소의 양이 처음 양의 절반(0.5)이 되는 데 걸리는 시간을 그래프에서 구하면 2억 년이다. 따라서 반감기는 2억 년이다.
- (2), (3) 반감기가 두 번 지나면 방사성 동위 원소의 양은 처음 양의 $0.25(\frac{1}{4})$ 이 되고, 0.125가 남으면 반감기가 3번 지난 것이다.

- 5 (1) (가) 방사성 동위 원소의 반감기는 21억 년이고, 이 암석에 들어 있는 (가) 방사성 동위 원소의 반감기가 1번 지났으므로 이 암석의 나이는 $21\text{억 년} \times 1\text{번} = 21\text{억 년}$ 이다.
- (2) 이 암석의 나이가 21억 년이므로 반감기가 7억 년인 (나) 방사성 동위 원소는 반감기가 3번 지났다. 따라서 (나) 방사성 동위 원소의 모원소 : 자원소 = 1 : 7이다.

- 자료 1** 1 (1) 수평 퇴적의 법칙 (2) 지층 누층의 법칙 (3) 관입의 법칙 (4) 부정합의 법칙 (5) 동물군 천이의 법칙
 2 (1) 지층 누층의 법칙, B → A (2) 부정합의 법칙, F → B (3) 관입의 법칙, C → F (4) 동물군 천이의 법칙, E → D
 3 (1) × (2) ○
- 자료 2** 1 (1) A → B → C (2) B → A → C (3) A → C → B (4) A → C → B 2 ㄱ, ㄴ, ㄷ 3 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) ×
- 자료 3** 1 석탄층 2 해설 참조 3 역암층과 사질 셰일층 4 B 지역의 역암층 5 (1) × (2) × (3) ○
- 자료 4** 1 A → B → P → C → D → Q → E 2 (1) 받았다 (2) 길다 (3) 1억 년 3 ④ 4 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ×

1-2 꼼꼼 문제 분석



- (1) A와 B 지층은 지층의 역전이 없었으므로 지층 누층의 법칙에 따라 아래에 있는 B 지층이 먼저 생성된 것이다. 따라서 생성 순서는 B → A이다.
- (2) B와 F 지층 사이에는 부정합면이 있으므로 부정합의 법칙에 따라 부정합면 아래에 있는 F 지층이 먼저 생성된 것이다. 따라서 생성 순서는 F → B이다.
- (3) C와 F 지층은 관입의 법칙에 따라 관입한 F 지층이 나중에 생성된 것이다. 따라서 생성 순서는 C → F이다.
- (4) D와 E 지층에서는 화석이 발견되므로 동물군 천이의 법칙을 적용할 수 있다. 삼엽충은 고생대에, 암모나이트는 중생대에 살았던 생물이므로 E 지층이 먼저 생성되었다. 따라서 생성 순서는 E → D이다.

- 1-3** (1) C~E 지층에는 습곡이 나타나므로 수평 퇴적의 법칙에 따라 퇴적되었다가 지각 변동을 받아 휘어진 것이다.
- (2) 지사학 법칙을 적용하여 이 지역에서 지층의 생성 순서를 정리해 보면 E → D → C → F → B → A이다.

- 2-1** (1) (가) 지역은 A가 퇴적된 후 B가 관입하고, C가 퇴적되었다(A → B → C).

(2) (나) 지역은 B가 퇴적된 후 A가 관입하고, C가 퇴적되었다(B → A → C).

(3), (4) (다)와 (라) 지역은 A와 C가 차례대로 퇴적된 후 B가 관입하였다(A → C → B).

2-2 (가)~(라) 모든 지역에서 지층이 역전되지 않았으므로 퇴적층의 순서를 정하는 데 지층 누층의 법칙이 적용되었다. 또, 부정합이 형성되어 있으므로 부정합의 법칙이 적용되었고, 마그마의 관입 작용이 있었으므로 관입의 법칙이 적용되었다.

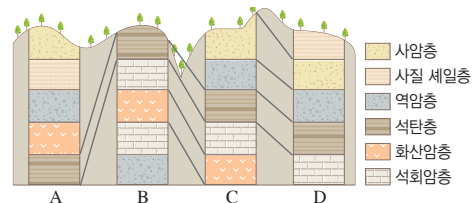
2-3 (2) (가)와 (나) 지역에서는 지층 누층의 법칙과 부정합의 법칙에 따라 C 지층이 가장 나중에 생성되었다.

(3) (다)와 (라) 지역에서는 관입한 B 지층이 가장 나중에 생성되었다.

(4) 지층은 수평 퇴적의 법칙에 따라 수평으로 나란하게 쌓여야 한다. 그런데 (라) 지역에서 A를 이루는 지층들이 경사져 있으므로 지각 변동을 받은 것이다.

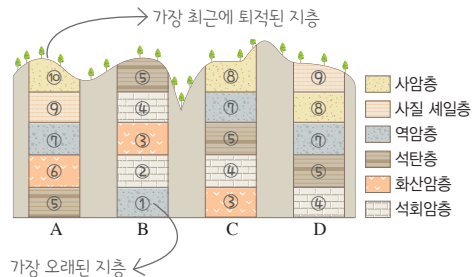
3-1 네 지역에서 모두 나타나고 특징적인 지층인 석탄층을 열쇠층으로 하여 지층의 대비를 할 수 있다.

3-2 꼼꼼 문제 분석



3-3 A 지역의 역암층과 사질 셰일층 사이에 사암층이 겹쳐져 있으므로 부정합이 형성된 것이다.

3-4 꼼꼼 문제 분석



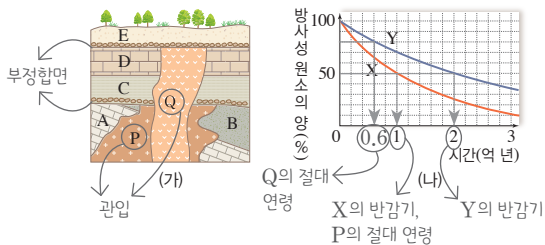
암석에 의한 대비를 통해 판단해 보면 A~D 지역 중 가장 오래된 지층은 B 지역의 역암층이다.

③-5 (1) A 지역의 화산암(⑥)이 C 지역의 화산암(③)보다 나중에 생성되었다.

(2) D 지역의 역암층(⑦)보다 B 지역의 역암층(①)이 먼저 생성되었다.

(3) C 지역에서 석탄층(⑤)과 역암층(⑦) 사이에 있어야 할 또 다른 화산암층(⑥)이 결충되어 있으므로 부정합 관계이다.

4-1 **문제 분석**



이 지역의 지층은 A 퇴적 → B 퇴적 → P 관입 → 부정합 → C 퇴적 → D 퇴적 → Q 관입 → 부정합 → E 퇴적 순으로 생성되었다.

④-2 (1) (가)에서 화성암 P와 Q가 관입한 후 부정합이 형성되어 있으므로 각각 침식 작용을 받았다.

(2) (나)에서 방사성 동위 원소 X의 반감기는 1억 년, 방사성 동위 원소 Y의 반감기는 2억 년이다.

(3) 화성암 P에 포함된 방사성 동위 원소 X의 함량은 처음 양의 50%이므로 반감기가 1번 지났다. 따라서 화성암 P의 절대 연령은 1억 년이다.

④-3 지층 C와 D는 화성암 P보다는 나중에 생성되었고, 화성암 Q보다는 먼저 생성되었다. 화성암 Q에 포함된 방사성 동위 원소 Y의 함량은 처음 양의 80%이므로 (나)에서 절대 연령을 구하면 0.6억 년이다. 따라서 지층 C와 D의 절대 연령은 0.6억 년~1억 년이다.

④-4 (1) (나)에서 방사성 동위 원소 Y의 반감기는 2억 년, X의 반감기는 1억 년이다.

(2) 2억 년 된 암석 속에 포함된 방사성 동위 원소 X는 반감기가 2번 지났으므로 방사성 동위 원소의 양은 생성 당시의 25%가 남아 있다.

(3) 화성암 P 생성 이후 부정합이 형성되었으므로 1억 년 전~0.6억 년 전 동안 이 지역은 융기, 침강 작용을 받았다.

(4) 화성암 P의 절대 연령은 1억 년이므로 포함되어 있는 방사성 동위 원소 X의 모원소와 자원소의 비율은 1 : 1이다.

내신 만점 문제

87쪽~89쪽

01 ④	02 ①	03 해설 참조	04 ②	05 ③
06 해설 참조	07 ㄴ	08 ③	09 ①	10 ③
11 ①	12 ③	13 ⑤	14 ①	15 해설 참조

01 ① A와 B는 수평으로 퇴적되어 있으므로 수평 퇴적의 법칙이 적용된다.

② 지층 누층의 법칙이 적용되어 아래에 있는 B가 A보다 먼저 퇴적되었다고 해석할 수 있다.

③ B에 기저 역암이 있으므로 B와 C는 부정합의 법칙이 적용되어 두 지층 사이의 생성 시기에 큰 차이가 있다.

⑤ D가 C를 관입하였으므로 관입의 법칙이 적용되어 C는 D보다 먼저 생성되었다.

▮ **바로알기** ④ B를 E가 관입하였으므로 관입의 법칙이 적용된다. 이 지역에서는 화석이 발견되지 않았으므로 동물군 천이의 법칙은 적용되지 않는다.

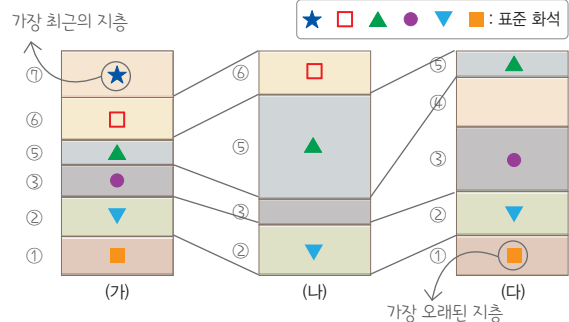
02 ㄱ. (가)에서는 사암에 포함되어 있는 암석 조각이 기저 역암으로 판단되므로 화강암이 먼저 형성되고 사암이 퇴적되었다.

▮ **바로알기** ㄴ. (나)에서 사암이 변성되었으므로 화강암이 사암을 관입하였고, 사암 조각은 화강암에 포획되어 있는 포획암이다.

ㄷ. (가)에서 지층의 생성 순서는 부정합의 법칙을 적용하여 정할 수 있다(화강암 → 사암).

03 **문제 분석**

표준 화석을 이용하여 (가), (나), (다) 지역의 지층을 대비하면 그림과 같다.



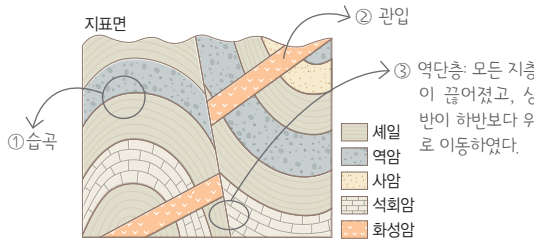
가장 오래된 표준 화석은 (가)~(다) 지역 중 가장 먼저 생성된 지층에 있는 ■이다. 가장 최근에 퇴적된 지층은 (가)의 가장 상부 지층이며, 이 지층에서 산출되는 표준 화석 ★이 가장 새로운 화석이다.

모범답안 (1) 가장 오래된 표준 화석은 ■이다.

(2) 가장 최근에 퇴적된 지층은 (가)에서 가장 상부에 표준 화석 ★이 산출되는 지층이다.

채점 기준	배점
(1)과 (2)를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
(1)과 (2) 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

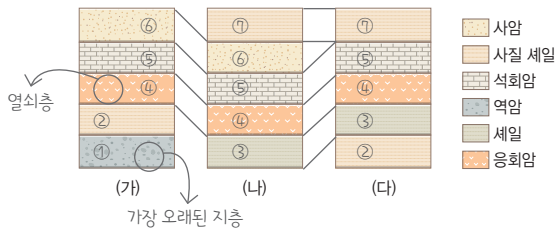
04 **꼼꼼** 문제 분석



이 지역에서는 지층이 퇴적된 후 습곡이 일어났고, 이후 화성암의 관입이 일어난 다음 역단층이 형성되었다.

05 **꼼꼼** 문제 분석

(가), (나), (다) 지역의 지층을 대비하면 그림과 같다.

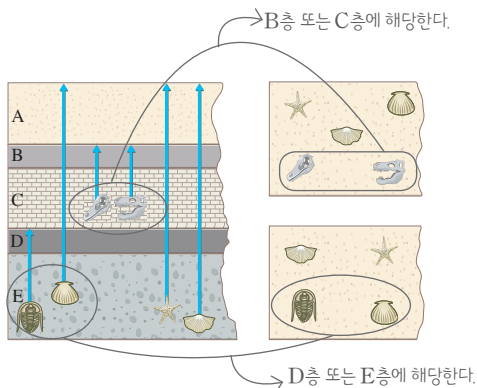


ㄱ. 열쇠층으로 가장 적합한 층은 세 지역에서 모두 나타나고 특징적인 응회암층이다.

ㄴ. 가장 먼저 퇴적된 지층은 (가)에 존재하는 역암층이다.

▮ **바로알기** ㄷ. 지층 대비에서 (나) 지역은 결층이 나타나지 않으므로 부정합이 존재할 가능성이 가장 작다.

06 **꼼꼼** 문제 분석



(나), (다)에서 산출되는 화석으로 미루어 (나)는 (가)의 B층 또는 C층에, (다)는 (가)의 D층 또는 E층에 대비된다. 따라서 (다)가 (나)보다 먼저 생성된 층이다.

▮ **모범답안** (나)는 (가)의 B층 또는 C층에, (다)는 (가)의 D층 또는 E층에 대비되기 때문에 생성 순서는 (다) → (나)이다.

채점 기준	배점
생성 순서와 판단의 근거를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
생성 순서만 옳게 서술한 경우	50 %

07 ㄴ. (다) 지층은 D층 또는 E층에 대비되므로 (가)의 C층보다 먼저 형성되었다.

▮ **바로알기** ㄱ. (다)보다 최근에 형성된 (나)에서 더 진화된 동물 화석이 산출될 가능성이 높다.

ㄷ. D층과 E층을 경계로 생물계의 급변이 일어나지 않으므로 부정합 관계일 가능성이 거의 없다.

08 **꼼꼼** 문제 분석

(가)	(나)	(다)	(라)
방사성 동위 원소 A 20 g	방사성 동위 원소 A 10 g	방사성 동위 원소 B 20 g	방사성 동위 원소 B 10 g
남은 양 5 g	남은 양 2.5 g	남은 양 10 g	남은 양 5 g

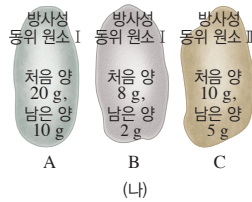
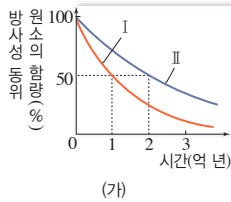
암석이 생성되고 2년이 지났을 때 방사성 동위 원소 A는 반감기가 2년 지났으므로 (가), (나) 암석 속에 남아 있는 방사성 동위 원소의 양은 처음 양의 $\frac{1}{4}$ 이 된다. 이에 따라 방사성 동위 원소 A가 (가) 암석에는 5 g, (나) 암석에는 2.5 g이 남는다. 암석이 생성되고 2년이 지났을 때 방사성 동위 원소 B는 반감기가 1년 지났으므로 (다), (라) 암석 속에 남아 있는 방사성 동위 원소의 양은 처음 양의 $\frac{1}{2}$ 이 된다. 이에 따라 방사성 동위 원소 B가 (다) 암석에는 10 g, (라) 암석에는 5 g이 남는다. 따라서 화성암 (가) ~ (라) 중 방사성 동위 원소가 가장 많이 남아 있는 암석은 (다)이고, 가장 적게 남아 있는 암석은 (나)이다.

09 ㄱ. 방사성 동위 원소 X의 반감기는 7억 년, 방사성 동위 원소 Y의 반감기는 14억 년이다. 따라서 방사성 동위 원소 Y의 반감기는 X의 2배이다.

▮ **바로알기** ㄴ. 14억 년 후 방사성 동위 원소 X는 반감기가 2번 지났으므로 75 %가 감소하였고, 방사성 동위 원소 Y는 반감기가 1번 지났으므로 50 %가 감소하였다.

ㄷ. 이 암석의 나이가 10억 년이라면 X의 반감기는 1번 이상 지났으므로 모원소 함량이 자원소 함량보다 적다. 따라서 $\left(\frac{\text{자원소 함량}}{\text{모원소 함량}}\right)$ 값은 1보다 크다.

10 **공공** 문제 분석



- A: $\frac{\text{남은 양}}{\text{처음 양}} = \frac{1}{2} \Rightarrow$ 반감기 횟수: 1번 $\Rightarrow$ 나이: 1억 년 $\times 1 = 1$ 억 년
- B: $\frac{\text{남은 양}}{\text{처음 양}} = \frac{1}{4} \Rightarrow$ 반감기 횟수: 2번 $\Rightarrow$ 나이: 1억 년 $\times 2 = 2$ 억 년
- C: $\frac{\text{남은 양}}{\text{처음 양}} = \frac{1}{2} \Rightarrow$ 반감기 횟수: 1번 $\Rightarrow$ 나이: 2억 년 $\times 1 = 2$ 억 년

암석의 절대 연령을 비교하면 $B=C > A$ 이다.

11 (가)에서 암석의 생성 순서는 석회암 퇴적 $\rightarrow$ 화성암 Q 관입 $\rightarrow$ 셰일 퇴적 $\rightarrow$ 화성암 P 관입 순이다.

12 (나)에서 방사성 동위 원소 X의 양이 처음의 $\frac{1}{2}$ 로 감소하는 데 걸리는 시간인 반감기는 1억 년이다. 화성암 P와 Q에 포함된 방사성 동위 원소 X의 모원소와 자원소의 비율은 각각 1 : 3, 1 : 7인 것으로 보아 화성암 P와 Q의 절대 연령은 각각 2억 년과 3억 년이다. 따라서 두 관입암의 생성 시기 사이에 퇴적된 셰일층의 절대 연령은 2억 년 ~ 3억 년이다.

13 B는 A를 관입하였으므로 A가 먼저 생성되었고, 생성 순서를 정하는 데 적용된 지사학 법칙은 관입의 법칙이다.

14 ㄱ. 암석 A는 반감기가 2억 년인 방사성 동위 원소 P의 양이 25%가 남아 있으므로 반감기가 2번 지났고, 절대 연령은 4억 년이다. 방사성 동위 원소 Q의 양은 6.25%로 반감기가 4번 지났다. 따라서 Q의 반감기 (가)는 1억 년이다.

▣바로알기▣ ㄴ. 암석의 생성 순서는 $C \rightarrow A \rightarrow D \rightarrow B$ 이므로 가장 나중에 생긴 암석은 B이다.

ㄷ. A의 절대 연령은 약 4억 년이고, B의 절대 연령은 약 2억 년이므로 D의 절대 연령은 2억 년 ~ 4억 년이다.

15 (1) 모원소와 자원소의 비율이 같아지는 데 걸리는 시간이 반감기이므로 반감기는 T 이다.

(2) 모원소와 자원소의 비율이 1 : 7이라면 반감기가 3번 지난 것이므로 절대 연령은 $3T(T \times 3\text{번})$ 이다.

◀모범답안▶ (1) T (2) 반감기가 3번 지났으므로 $3T$ 이다.

채점 기준	배점
(1)과 (2)를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
(1)과 (2) 중 한 가지만을 옳게 서술한 경우	50 %

4 지질 시대의 환경과 생물

92 쪽

완자샘
비법특강

Q1 (나)

Q2 지구의 기온이 높아지고 있다.

Q1 기온이 높을 때 $\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}$ 의 비율이 높게 나타나므로 (가) 시기보다 (나) 시기가 따뜻한 기후였을 것이다.

Q2 지구의 기온은 대기 중 이산화 탄소 농도와 비례한다. 최근에 대기 중 이산화 탄소의 농도가 증가하고 있으므로 지구의 기온도 높아지고 있다.

개념 확인 문제

93 쪽

- ① 지질 시대 ② 표준 화석 ③ 짧고 ④ 시상 화석
- ⑤ 길고 ⑥ 나이트 ⑦ 빙하

1 (1) $\times$ (2) $\times$ (3) $\circ$ (4) $\times$ 2 (가) c (나) b 3 표준 화석: B, 시상 화석: A 4 ④ 5 B, C

1 (1) 표준 화석에 적합한 조건으로는 생존 기간이 짧고, 분포 면적이 넓어야 한다.

(2) 표준 화석을 이용하면 지질 시대를 판단할 수 있고, 화성암의 절대 연령은 방사성 동위 원소의 반감기를 이용하여 알 수 있다.

(4) 시상 화석은 생물이 살았던 당시의 환경을 알려 주는 화석이고, 지질 시대를 구분하는 데 유용한 것은 표준 화석이다.

2 시상 화석은 생존 기간이 길어야 하므로 c가 적합하다. 표준 화석은 생존 기간이 짧아야 하므로 b가 적합하다.

3 표준 화석은 생존 기간이 짧고, 분포 면적이 넓어야 하므로 B가 적합하다. 시상 화석은 생존 기간이 길고, 분포 면적이 좁아야 하므로 A가 적합하다.

4 고기후를 연구하는 방법으로는 나무의 나이테 조사(①), 화석 연구(②), 유공충 화석 분석(③), 꽃가루 화석 연구(⑤), 석순 연구, 빙하 코어 분석 등이 있다. 방사성 탄소를 조사(④)하면 생물체의 나이는 알 수 있지만 고기후를 추정하기는 어렵다.

5 A는 고생대, B는 중생대, C는 신생대이다. 지질 시대 중 온난한 기후가 지속된 지질 시대는 중생대(B)이다. 가장 최근에 빙하가 있었던 지질 시대는 신생대(C)이다.

개념 확인 문제

97쪽

- ① 지각 변동 ② 누대 ③ 선캄브리아 시대 ④ 고생대
⑤ 실루리아기 ⑥ 중생대 ⑦ 신생대 ⑧ 제4기

1 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × (5) × (6) ○ (7) × (8) × 2 A → B → C → D 3 양치식물(고생대) → 겉씨식물(중생대) → 속씨식물(신생대) 4 (1) ㉞ (2) ㉟ (3) ㊦ (4) ㊧ 5 (1) ㄱ (2) ㄴ (3) ㄷ (4) ㄹ 6 ④

- 1 (1) 생물계의 급격한 변화가 일어난 시기와 대규모 지각 운동을 기준으로 지질 시대를 구분할 수 있다.
(2) 현생 누대는 크게 고생대, 중생대, 신생대로 구분된다.
(3) 시생 누대에 광합성을 하는 사이아노박테리아(남세균)가 출현하여 산소를 공급하였다.
(4) 어류가 출현하여 번성한 시대는 고생대이다.
(5) 고생대에는 약 2번의 빙하기가 있었고, 빙하기 없는 온난한 기후가 지속되었던 시대는 중생대이다.
(6) 삼엽충은 고생대 전 기간에 걸쳐 생존하였던 대표적인 생물 종이다.
(7) 암모나이트가 번성한 지질 시대는 중생대이고, 이때 겉씨식물이 번성하였다.
(8) 겉씨식물(페름기 말)은 양치식물(석탄기)보다 나중에 출현하였다.

2 지질 시대를 오래된 것부터 나열하면 선캄브리아 시대 → 고생대 → 중생대 → 신생대이고, 오래된 지질 시대일수록 지속 기간이 길다. 따라서 A는 선캄브리아 시대, B는 고생대, C는 중생대, D는 신생대이다.

3 양치식물은 고생대, 속씨식물은 신생대, 겉씨식물은 중생대에 번성하였다.

- 4 (1) 속씨식물은 신생대에 번성하였다.
(2) 광합성 생물이 처음 출현한 것은 선캄브리아 시대이다.
(3) 파충류가 번성한 것은 중생대이다.
(4) 가장 큰 규모로 생물의 대멸종이 일어난 것은 고생대 말이다.

5 꼼꼼 문제 분석



- (1) 사이아노박테리아가 퇴적물과 함께 층상으로 쌓여 만들어진 화석은 스트로마톨라이트(ㄱ)이다.
(2) 고생대 말기에 번성하였던 바다 생물 화석은 방추충(ㄹ)이다.
(3) 중생대 바다에서 번성하였던 대표적인 화석은 암모나이트(ㄷ)이다.
(4) 신생대 제4기에 번성하였던 대형 육상 포유류 화석은 매머드(ㄴ)이다.

6 ① 삼엽충, ② 필석, ③ 방추충, ④ 화폐석, ⑤ 갑주어 화석이다. ①, ②, ③, ⑤는 고생대에 살았던 생물이고, ④ 화폐석은 신생대에 살았던 생물이다.

대표 자료 분석

98쪽~99쪽

- 자료 1 1 e 2 a 3 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × (5) ○ (6) ○ (7) ×
자료 2 1 강수량이 많고, 기온이 높다. 2 ㉟ 3 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × (5) ×
자료 3 1 (가), (바) 2 (가), (나), (다), (라), (마) 3 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ (5) × (6) × (7) ○
자료 4 1 (가) 고생대 (나) 중생대 2 (가) 시대: 삼엽충 또는 방추충 (나) 시대: 암모나이트 3 (나) 4 (1) × (2) ○ (3) × (4) × (5) × (6) × (7) ×

①-1 표준 화석으로 가장 적합한 화석은 (가)에서 분포 면적이 넓고, (나)에서 생존 기간이 짧은 e이다.

①-2 기상 화석으로 가장 적합한 화석은 (가)에서 분포 면적이 좁고, (나)에서 생존 기간이 긴 a이다.

- ①-3 (1) a는 지층 ㉟~㊦까지 분포하므로 생존 기간이 길고, 분포 면적은 좁다.
(2) a는 c보다 생존 온도가 높으므로 따뜻한 기후에서 살았다.
(3) b는 d보다 분포 면적이 좁고, 생존 온도 범위도 좁으므로 환경 변화에 매우 민감한 생물이다.
(4) 생존 기간이 가장 긴 생물 종은 (나)의 모든 지층에서 산출되는 a이다.
(5) 화석에 의한 지층의 대비에는 기상 화석인 a보다 표준 화석인 e가 유용하다.
(6) 화석이 산출되는 지층의 퇴적 환경을 추정하려면 기상 화석인 a가 유용하다.

(7) e는 표준 화석으로 적합한 생물이고, 산호는 현재까지 살고 있으므로 시상 화석에 해당한다.

2-1 나무의 성장은 기온이 높고, 강수량이 많은 환경에서 빠르고, 이때 나무의 나이테 간격이 넓다. 따라서 나무의 나이테 간격이 넓은 시기는 강수량이 많고, 기온이 높다.

2-2 빙하 코어에서 발견되는 공기 방울은 빙하가 생성되는 과정에서 눈과 함께 쌓인 그 당시의 공기 방울이므로 이를 통해 과거 대기의 성분을 직접적으로 알 수 있다.

2-3 (1) (가)의 ㉠ 빙하 코어 연구에서 빙하 코어에 나타나는 줄무늬를 통해 빙하의 나이를 추정할 수 있다.

(2) 산소 동위 원소비($\frac{^{18}O}{^{16}O}$)는 기온이 높을 때 높게 나타나므로 (가)의 ㉠ 빙하 코어 연구에서 간빙기보다 빙하기에 산소 동위 원소비가 낮다.

(3) (가)의 ㉡ 꽃가루 연구로 당시 번성하였던 식물 종을 알 수 있으므로 과거의 식생 분포를 파악할 수 있다.

(4) (가)의 ㉠ 빙하 코어 연구로는 최고 수십만 년 전의 기후를 조사할 수 있고, ㉢ 나무의 나이테 연구로는 최고 수천 년 전의 기후를 조사할 수 있다. (나)의 A는 2억 5천만 년 전 이전인 고생대이므로 (가)의 ㉠과 ㉢ 방법을 이용하기는 어렵다.

(5) (나)의 C는 신생대이고, 신생대 후기에 빙하기와 간빙기가 반복되면서 해수면의 높이는 전기에 비해 낮았다.

3-1 **꼼꼼** 문제 분석



중생대에는 (다) 암모나이트와 (바) 공룡이 번성하였다.

3-2 (가) 삼엽충, (나) 필석, (다) 암모나이트, (라) 화폐석, (마) 방추충은 모두 바다에서 서식하였던 생물이고, (바) 공룡은 육지에서 서식하였던 생물이다.

3-3 (1) (가)와 (나)는 고생대 바다에서 번성한 생물이다.

(2) 고생대의 생물은 (가) 삼엽충, (나) 필석, (마) 방추충이고, 이중 가장 먼저 출현한 생물은 (가)이다.

(3) (다) 암모나이트는 중생대에, (라) 화폐석은 신생대에 출현하였으므로 (다)가 먼저 출현하였다.

(4) 중생대 말에 멸종된 생물은 중생대 표준 화석인 (다) 암모나이트와 (바) 공룡이다.

(5) (라) 화폐석이 번성한 시기는 신생대이고, 이때 육지에서는 속씨식물이 번성하였다.

(6) (나) 필석은 고생대, (라) 화폐석은 신생대 화석으로 서로 다른 시대의 화석이므로 같은 시기에 형성된 지층에서 함께 산출될 수 없다.

(7) (바)는 중생대 육상 생물이므로 중생대 육상 환경인 호수 환경에서 퇴적된 지층에서 산출될 수 있다.

4-1 (가)는 삼엽충이 번성한 고생대, (나)는 공룡이 번성한 중생대의 환경을 나타낸 것이다.

4-2 (가) 고생대 말에는 삼엽충이나 방추충이, (나) 중생대 말에는 암모나이트가 멸종된 바다 생물이다.

4-3 (나) 시대는 중생대이고, 빙하기가 없이 전반적으로 온난한 기후가 지속되었다.

4-4 (1) (가) 고생대에는 중기와 말기에 빙하기가 있었다.

(2) (가) 고생대에 육지에서는 양치식물이 번성하였다.

(3) (가) 시대의 대멸종 후 생물 종이 더 많아지면서 다양화되었다.

(4) (나) 중생대에는 빙하기가 없었다.

(5) 최초의 육상 식물은 (가) 고생대에 출현하였다.

(6) (가) 고생대보다 (나) 중생대의 지속 시간이 더 짧다.

(7) 에디아카라 동물군은 선캄브리아 시대(원생 누대)의 생물이다.

내신 만점 문제

100쪽~103쪽

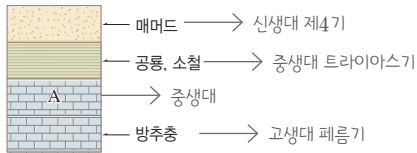
- | | | | | |
|------|--|----------|----------|-------------|
| 01 ③ | 02 ⑤ | 03 해설 참조 | 04 ⑤ | 05 ③ |
| 06 ⑤ | 07 ③ | 08 ④ | 09 해설 참조 | 10 B와 C의 경계 |
| 11 ③ | 12 ② | 13 ④ | 14 ④ | |
| 15 ① | 16 (가) 신생대, 매머드와 화폐석 (나) 고생대, 삼엽충과 갑주어(또는 필석, 방추충) | 17 ② | 18 ③ | |
| 19 ④ | 20 (다) 원생 누대 → (나) 고생대 → (가) 신생대 | | | |
| 21 ⑤ | 22 해설 참조 | | | |

01 ㄱ. 표준 화석은 지질 시대를 알려 주는 화석이므로 이를 이용하여 지층의 생성 순서를 정할 수 있다.

ㄷ. 시상 화석은 퇴적 당시의 환경을 알려 주는 화석이므로 이를 이용하면 지층이 퇴적될 당시의 환경을 알 수 있다.

▣ **바로알기** ▣ ㄴ. 화석을 이용하여 직접적으로 절대 연령을 측정할 수 없다. 절대 연령은 암석 속에 들어 있는 방사성 동위 원소의 반감기를 이용하여 측정한다.

02 **꼼꼼** 문제 분석



A층은 고생대 말 이후에 퇴적되었으므로 고생대 화석이 산출될 수 없다. 따라서 산출될 수 있는 바다 생물 화석은 중생대 암모나이트 화석이다.

03 (가) 방추충은 고생대 표준 화석이고, (나) 고사리와 (다) 산호는 현재까지 생존하고 있는 시상 화석이다.

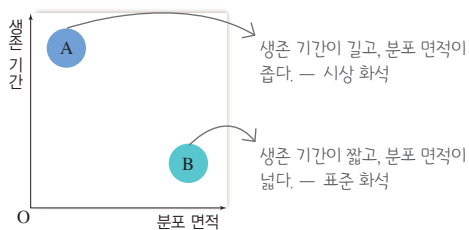
(1) 퇴적 당시의 환경을 알려 주는 화석은 시상 화석인 (나), (다)이다.

(2) 지층이 퇴적된 지질 시대를 추정하는 데 유용한 화석은 표준 화석인 (가)이다.

☞ **모범답안** (1) 시상 화석이고, (나)와 (다)이다. (2) 표준 화석이고, (가)이다.

채점 기준	배점
(1)과 (2)를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
(1)과 (2) 중 한가지만 옳게 서술한 경우	50 %

04 **꼼꼼** 문제 분석



ㄱ. A는 분포 면적이 좁고, 생존 기간이 길므로 시상 화석으로 적합하다.

ㄴ. A는 생존 기간이 길므로 B보다 여러 시대의 지층에 걸쳐 산출된다.

ㄷ. B는 분포 면적이 넓고, 생존 기간이 짧으므로 표준 화석이고, 화석에 의한 지층 대비에는 표준 화석인 B 화석이 적합하다.

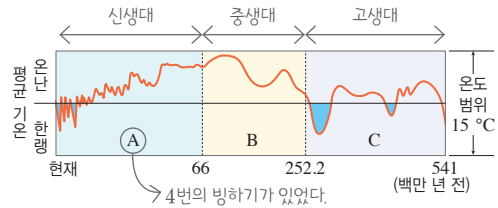
05 ㄱ. 표준 화석이므로 매우 넓은 지역에 걸쳐 분포하였다.

ㄴ. 두 화석은 표준 화석이므로 특정한 지질 시대에만 생존하였던 생물이다. (가) 암모나이트와 (나) 공룡은 중생대의 표준 화석이다.

▣ **바로알기** ▣ ㄷ. (가) 암모나이트는 바다에서, (나) 공룡은 육지에서 서식하였다. 따라서 생물이 생존했을 당시의 서식 환경이 서로 달랐다.

06 ⑤ 암석 속의 방사성 동위 원소 반감기 연구로는 고기후를 추정하기 어렵고, 암석의 절대 연령을 알 수 있다.

07 **꼼꼼** 문제 분석



ㄱ. 신생대인 A 시대의 후기에 평균 기온이 매우 낮은 시기인 빙하기가 4번 있었다.

ㄴ. 중생대인 B 시대에는 빙하기가 없이 평균 기온이 현재보다 높은 온난한 기후가 지속되었다.

▣ **바로알기** ▣ ㄷ. 고생대인 C 시대의 초기에는 온난하였고, 말기에는 빙하기가 있었으므로, 해수면의 평균 높이는 말기보다 초기에 높았을 것이다.

08 (가) 나무의 나이테 간격은 기온이 높고 강수량이 많을 때 넓어진다.

(다) 수온이 높을수록 ^{18}O 의 증발이 잘 일어나므로 바다 생물 화석 속의 산소 동위 원소비($\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}$)는 낮아진다.

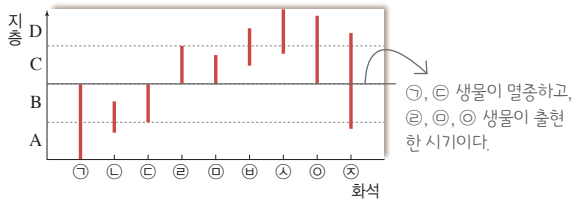
▣ **바로알기** ▣ (나) 빙하 퇴적물은 한랭한 기후에서 만들어지므로 이 시기에 기온이 낮았다.

09 기온이 낮을 때가 기온이 높을 때보다 ^{18}O 의 증발이 잘 일어나지 않으므로 대기 중 ^{18}O 가 적다. 따라서 기온이 낮은 시기의 수증기가 눈이 쌓이는 동안 포함되었다면 $\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}$ 의 값이 낮아진다.

☞ **모범답안** 기온이 낮을수록 ^{18}O 의 증발이 잘 일어나지 않으므로 빙하 속 $\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}$ 의 값이 낮아진다.

채점 기준	배점
^{18}O 의 증발이 잘 일어나지 않음을 언급하여 서술한 경우	100 %
$\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}$ 의 값이 낮아짐만 서술한 경우	50 %

10 꼼꼼 문제 분석



지질 시대는 생물 종의 급변을 경계로 구분한다. B와 C의 경계에서 ㉠, ㉡ 생물이 멸종하고 ㉢, ㉣, ㉤ 생물이 출현하였으므로 생물종의 급변이 일어났다고 판단할 수 있다. 따라서 이를 경계로 지질 시대를 구분하는 것이 적합하다.

11 삼엽충은 고생대 전 기간에 걸쳐 번성하였던 생물이다. 따라서 지구의 역사 46억 년 중 고생대는 (5.41-2.522)억 년의 기간을 차지하므로 삼엽충이 번성하였던 기간을 비율로 나타내면 $\frac{5.41\text{억 년}-2.522\text{억 년}}{46\text{억 년}} \times 100 \approx 6.3(\%)$ 이다.

12 지질 시대의 길이는 선캄브리아 시대 > 고생대 > 중생대 > 신생대이므로 A는 선캄브리아 시대, B는 고생대, C는 중생대, D는 신생대이다.

① 화석이 거의 발견되지 않는 시대는 고생대의 시작 이전인 선캄브리아 시대(A)이다.

③ 고생대 말인 B와 C의 경계 시기에 생물의 대멸종이 있었다.

⑤ 신생대(D)에는 4번의 빙하기가 있었다.

바로알기 ② 선캄브리아 시대인 A 시대에는 모든 생물이 바다에 서식하였다.

13 ④ 공룡이 번성하였으므로 중생대의 환경을 나타낸 것이다. 중생대에 육지에서는 겉씨식물이 번성하였다.

바로알기 ①, ⑤ 어류와 최초의 육상 생물은 고생대에 출현하였다.

②, ③ 초원의 형성과 매머드 출현은 신생대에 해당한다.

14 중생대 기간에는 전반적으로 온난하여 빙하 퇴적층이 발견되지 않으므로 빙하기가 존재하지 않았다. 또한, 초대륙(판게아)이 분리되기 시작하였으며, 이때 생물이 다시 번성하여 늘어나기 시작하였다.

15 ㄱ. 그림은 중생대에 번성하였던 암모나이트 화석이고, 중생대에 식물계에서는 겉씨식물이 번성하였다.

바로알기 ㄴ. 중생대 육지에서는 파충류인 공룡이 번성하였다.

ㄷ. 중생대는 빙하기가 없이 온난한 기후가 지속되었고, 빙하기와 간빙기가 여러 번 반복되었던 시대는 신생대이다.

16 꼼꼼 문제 분석



매머드가 번성한 시기인 신생대로, 육지 환경이었다.

삼엽충이 번성한 시기인 고생대로, 바다 환경이었다.

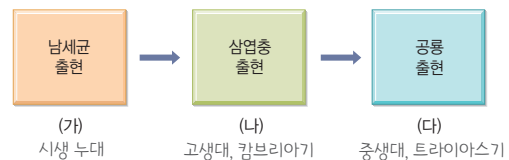
(가)는 매머드와 화폐석이 번성한 신생대의 환경을 복원한 것이고, (나)는 삼엽충, 필석, 갑주어, 방추충이 번성한 고생대의 환경을 복원한 것이다.

17 ㄴ. 육상 생물이 출현하기 전인 (나) 고생대의 초기에는 생물들이 바다에서만 살았다.

바로알기 ㄱ. (가)는 신생대로, 암모나이트는 중생대의 바다에 번성하였다.

ㄷ. 육지에서 양치식물이 번성한 시대는 (나) 고생대이고, (가) 신생대에는 속씨식물이 번성하였다.

18 꼼꼼 문제 분석

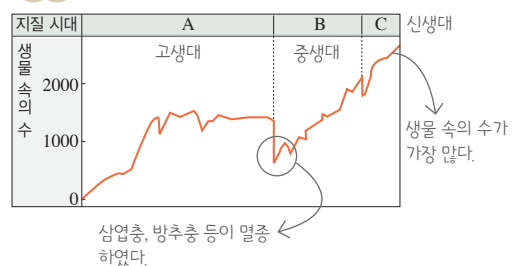


ㄱ. (가) 시기는 시생 누대로, 육상 식물이 출현하기 전이므로 생물이 모두 바다에 서식하였다.

ㄴ. 삼엽충이 출현한 (나) 시기는 고생대 캄브리아기로 생물 종의 수가 급격히 증가하였다.

바로알기 ㄷ. 남세균은 시생 누대에, 삼엽충은 고생대 캄브리아기에, 공룡은 중생대 트라이아스기에 출현하였다. 따라서 (가)~(나) 기간이 (나)~(다) 기간보다 길다.

19 꼼꼼 문제 분석



- ① A는 고생대, B는 중생대, C는 신생대이다.
 ② B 시기는 중생대이고, 이 시대에는 공룡을 비롯한 파충류가 번성하였다.
 ③ 지질 시대의 길이는 가장 최근의 지질 시대인 C가 가장 짧다.
 ⑤ B와 C의 경계 시기인 중생대 말에 중생대에 번성하였던 공룡과 암모나이트가 멸종하였다.

■ **바로알기** ④ 생물 속의 수는 대멸종으로 감소하는 시기가 있지만 최근으로 오면서 점차 증가하였으므로 생물 속의 수가 가장 많은 지질 시대는 신생대(C)이다.

20 (가)는 포유류와 속씨식물이 번성하였던 시기이므로 신생대이다.

(나)는 양치식물이 번성하여 석탄층을 형성한 시기이므로 고생대이다.

(다)에서 광합성을 하는 생물이 출현하였던 시기는 시생 누대이지만, 광합성량이 많아져 대기 중에 산소가 축적되기 시작한 시기는 원생 누대이다.

따라서 시간 순서대로 나열하면 (다) → (나) → (가)이다.

21 ㄱ. (가) 지역은 석회암으로 이루어져 있고, 산호 화석이 산출되므로 따뜻한 바다 환경에서 퇴적되었다.

ㄴ. (나) 지역에서는 고생대 표준 화석인 필석이 산출되므로 고생대에 생성된 것이다.

ㄷ. (가)와 (나) 지역 모두 바다 생물이 산출되므로 퇴적 당시의 환경이 바다였다.

22 **꼼꼼** 문제 분석

(가)		사암 매머드—신생대 육지 환경
(나)		세일 공룡—중생대 육지 환경
(다)		석회암 암모나이트—중생대 바다 환경
(라)		세일 삼엽충—고생대 바다 환경

지층 (가)~(라)에서 산출된 화석을 이용하여 지질 시대와 퇴적 환경을 알아낼 수 있다.

■ **모범답안** (가)는 신생대의 육지, (나)는 중생대의 육지, (다)는 중생대의 바다, (라)는 고생대의 바다에서 퇴적되었다.

채점 기준	배점
(가)~(라)의 지질 시대와 퇴적 환경을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
(가)~(라) 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	25 %

중단원 핵심 정리

104쪽~105쪽

- ① 교결 작용 ② 화학적 ③ 해양 환경 ④ 연흔 ⑤ 건열
 ⑥ 바다 ⑦ 연흔 ⑧ 횡압력 ⑨ 정단층 ⑩ 역단층
 ⑪ 부정합 ⑫ 관입 ⑬ 포획암 ⑭ 동물군 천이 ⑮ 반감기
 ⑯ 표준 화석 ⑰ 시상 화석 ⑱ 빙하 코어 ⑲ 생물계
 ⑳ 누대 ㉑ 화폐석 ㉒ 공룡 ㉓ 육상 생물 ㉔ 단세포

중단원 마무리 문제

106쪽~109쪽

- 01 ⑤ 02 ① 03 ② 04 ③ 05 ① 06 ⑤
 07 ② 08 ⑤ 09 ④ 10 ⑤ 11 ① 12 ⑤
 13 ④ 14 ③ 15 ④ 16 해설 참조 17 해설 참조
 18 해설 참조

01 ①, ②, ③ A 과정은 퇴적물이 쌓이면서 위에 있는 퇴적물의 압력으로 아래 있는 퇴적물이 눌려져 퇴적물 입자의 간격이 좁아지는 다짐 작용이다. 이 과정에서 퇴적물 입자의 밀도는 증가한다.

④ B 과정은 퇴적물 사이의 빈 공간(공극)이 석회 물질이나 규질로 채워지면서 이 물질이 시멘트와 같은 역할을 하여 퇴적물 입자를 서로 연결시켜 주는 교결 작용이다.

■ **바로알기** ⑤ A, B 과정은 퇴적물에서 일어나는 속성 작용으로, 주로 지표 가까이의 물속에서 일어난다.

02 (가)는 역암, (나)는 사암, (다)는 셰일이고, (가)~(다)는 모두 쇄설성 퇴적암이다.

ㄱ. (가)는 주로 자갈 크기의 퇴적물이 굳어서 생성된 역암이다.

■ **바로알기** ㄴ. (나)는 모래 입자들이 굳어진 사암, (다)는 점토가 굳어진 셰일이다. 퇴적물 입자의 크기가 상대적으로 작은 (다)가 수심이 깊은 환경에서 생성된 것이다.

ㄷ. (다)는 쇄설성 퇴적암인 셰일이고, 묽은 염산을 떨어뜨리면 표면에 기포가 발생하는 퇴적암은 탄산 칼슘 성분인 석회암이다.

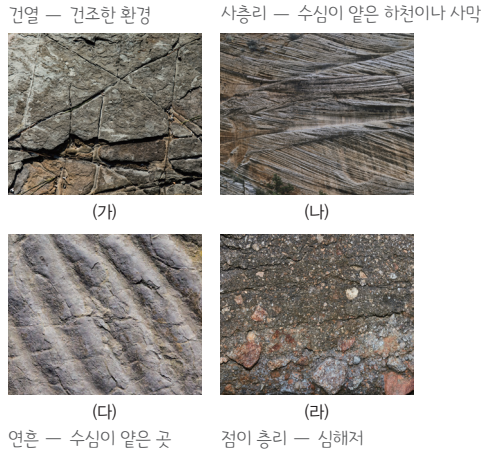
03 계곡과 평지가 만나는 곳에 부채꼴 모양으로 형성되는 (가)는 선상지이고, 육상 환경에 해당한다. 대륙붕과 대륙 사면의 퇴적물이 이동하여 쌓이는 (나)는 심해지이고, 해양 환경에 해당한다.

ㄷ. 대륙붕과 대륙 사면의 퇴적물이 이동하여 쌓여 형성된 저탁암에는 점이 층리가 발달한다.

■ **바로알기** ㄱ. (가) 선상지는 운반되어 온 퇴적물이 속도가 느려지면서 퇴적되는 환경으로, 쇄설성 퇴적암이 잘 형성된다.

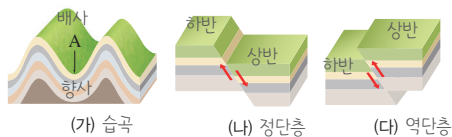
ㄴ. (나)는 대륙붕과 대륙 사면보다 깊은 해양 환경이다.

04 꼬꼬 문제 분석



- ㄱ. (가)는 건열로, 건조한 환경에서 형성된다.
- ㄴ. (라)는 점이 층리로, 크기가 다양한 퇴적물 입자가 한꺼번에 이동하여 쌓이면서 크고 무거운 퇴적물 입자가 먼저 퇴적되고, 작고 가벼운 입자가 나중에 퇴적되어 형성된다. 따라서 퇴적물의 침강 속도 차이 때문에 형성되는 것이다.
- ▣바로알기▣ ㄴ. (나)와 (다)는 각각 사층리와 연흔으로, 수심이 얇은 환경에서 형성된다.

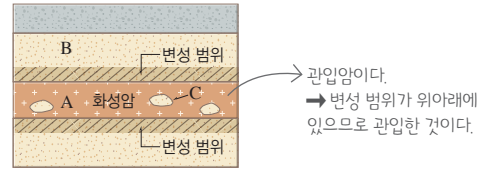
05 꼬꼬 문제 분석



- ㄱ. 습곡의 구조에서 지층이 아래쪽으로 휘어진 부분(A)을 향사라고 한다.
- ▣바로알기▣ ㄴ. (나)는 상반이 내려간 정단층, (다)는 상반이 올라간 역단층이다.
- ㄴ. 발산형 경계에는 장력이 작용하므로 (나) 정단층이 잘 형성된다. (가)와 (다)는 횡압력이 작용하여 형성되므로 수렴형 경계에서 잘 형성된다.

- 06 부정합의 생성 과정은 퇴적 → 융기 → 침식 → 침강 → 퇴적이다.
- ㄱ. (나)는 (가) 지층에 양쪽에서 미는 힘인 횡압력이 가해져 습곡이 형성되는 과정이다.
- ㄴ. (다)는 지층의 윗부분이 침식으로 잘려나가는 과정을 나타낸 것이다.
- ㄴ. (라)는 지층이 침강한 후 새로운 지층이 퇴적되는 과정을 나타낸 것이다.

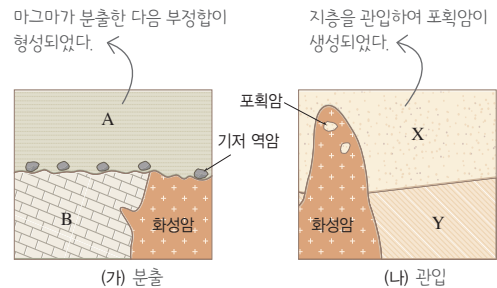
07 꼬꼬 문제 분석



- ㄴ. C는 포획암으로, A(화성암)가 관입할 때 주변의 암석 조각이 포획된 것이다. 따라서 A보다 B와 성분이 유사하다.
- ▣바로알기▣ ㄱ. A와 아래쪽 지층은 부정합 관계가 아니므로 A가 생성되기 전에 지층의 융기, 침강 작용은 없었다.
- ㄴ. A(화성암)의 위와 아래로 변성 범위가 존재하므로 B가 퇴적된 다음 A가 관입한 것이다. 따라서 A와 B의 생성 순서 결정에는 관입의 법칙이 적용된다.

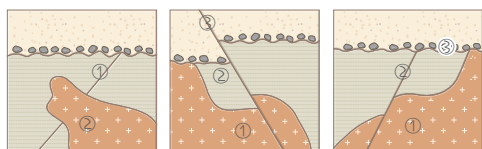
- 08 ㄱ. (가)는 지표 부근에서 화산암이 만들어질 때 용암이 급격히 냉각되면서 기동 모양으로 수축하여 만들어지는 주상 절리에 해당한다.
- ㄴ. (나)는 화강암과 같이 지하 깊은 곳에서 생성된 심성암이 융기하여 지표에 드러날 때 압력 감소에 따라 팽창하면서 잘 형성되는 판상 절리이다.
- ㄴ. 절리가 형성되면서 생긴 암석의 틈 사이로 물 등이 스며들면 암석의 풍화가 촉진된다.

09 꼬꼬 문제 분석



- ㄴ. (나)에서 포획암은 포획한 암석인 화성암보다 먼저 생성된 지층에서 떨어져 나온 것이다.
- ㄴ. (가)에서 A 지층의 퇴적 시기는 화성암보다 나중이고, (나)에서 X 지층의 퇴적 시기는 화성암보다 먼저이다. (가)와 (나) 두 지역에서 화성암의 절대 연령이 같다고 하였으므로 X 지층의 퇴적 시기는 A 지층보다 빠르다.
- ▣바로알기▣ ㄱ. (가)에서 기저 역암이 있으므로 부정합이 형성되었고, B 지층이 퇴적되고 화성암이 관입한 다음 부정합면이 나타나므로 A 지층이 화성암보다 나중에 생성되었다.

10 **꼼꼼** 문제 분석



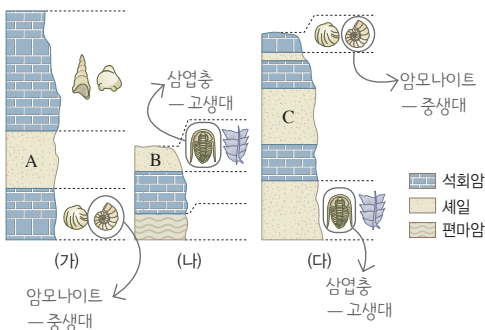
(가) ① 단층 → ② 관입, ③ 단층 → 부정합
(나) ① 관입 → ② 부정합, ③ 단층
(다) ① 관입 → ② 단층, ③ 부정합

ㄱ. (나)는 관입하거나 분출한 마그마와 부정합면 모두 단층으로 어긋나 있으므로, '마그마의 관입(분출) → 부정합 → 단층'의 순서로 생성되었다.

ㄴ. (다)는 관입하거나 분출한 마그마는 단층으로 어긋나 있고, 부정합면은 단층으로 어긋나지 않았으므로 '마그마의 관입(분출) → 단층 → 부정합'의 순서로 생성되었다.

ㄷ. (가)는 관입한 마그마가 단층면의 일부를 자르고 있으므로 '단층 → 마그마의 관입'의 순서이고, 부정합면은 단층으로 어긋나지 않았으므로 '단층 → 부정합'의 순서이다. 그러나 마그마의 관입과 부정합의 선후 관계는 알 수 없다. (가)와 (다)에서 단층이 부정합보다 먼저 형성되었다.

11 **꼼꼼** 문제 분석



ㄱ. 암모나이트와 삼엽충을 근거로 지층을 대비해 보면 가장 오래된 지층은 (나) 지역의 편마암이다.

▣ **바로알기** ㄴ. A~C층이 퇴적된 순서는 B → C → A이다.

ㄷ. C의 하부 지층에서 고생대의 표준 화석인 삼엽충과 펠석이 산출되고, C의 상부 지층에서 중생대의 표준 화석인 암모나이트가 산출되므로 C에서는 신생대의 표준 화석인 화폐석이 산출될 수 없다.

12 ㄱ. A는 모원소인 ^{14}C , B는 자원소인 ^{14}N 의 곡선이다.

ㄴ. 자료에서 ^{14}C 의 반감기는 약 5700년이다.

ㄷ. 반감기가 2번 지나면 ^{14}C 는 붕괴 전의 $\frac{1}{4}$ 만큼 남아 있을 것이므로 ^{14}C 가 11400년이 지났을 때 붕괴되지 않고 남아 있을 비율은 약 25%이다.

13 ㄴ. (나)는 삼엽충으로, 고생대 기간 동안 번성하였으므로 중생대 기간 동안 번성한 (가), (다)보다 번성하였던 기간이 길다. ㄷ. (다)와 (가)는 중생대의 표준 화석으로, 백악기 말에 멸종하였다.

▣ **바로알기** ㄱ. (가)는 중생대 바다 환경에서 퇴적된 지층에서 발견되는 암모나이트이다.

14 ㄱ. 오존층이 형성되어 육상 생물이 출현한 시대는 고생대인 (가)이다.

ㄷ. 중생대인 (다) 시대에는 빙하가 없었고 신생대인 (나) 시대에는 후기에 4번의 빙하가 있었으므로 평균 기온은 (다) 시대가 (나) 시대보다 높았다.

▣ **바로알기** ㄴ. 양치식물은 고생대인 (가) 시대에 번성하였고, 신생대인 (나) 시대에는 속씨식물이 번성하였다.

15 ㄴ. B는 고생대 말의 대멸종 이후 새로운 해양 생물이 출현한 시기로, 중생대이다. 이 시기의 육지에서는 공룡이 번성하였고, 바다에서는 암모나이트가 번성하였다.

ㄷ. A와 B의 경계 시기에 대량 멸종이 일어난 것은 기후 변화, 판게아의 형성 등 지구 환경에 큰 변화가 일어났기 때문이다.

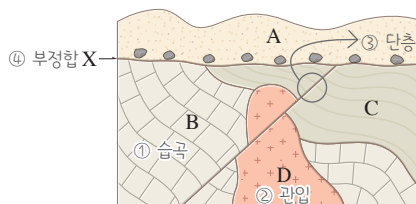
▣ **바로알기** ㄱ. A는 다양한 해양 생물이 출현하기 시작한 시기이므로 고생대이다. 고생대 말에는 여러 대륙이 하나로 모여 초대륙인 판게아를 형성하였다.

16 지층에는 사막에서 바람으로 형성된 사층리가 나타난다. 사층리에서 경사가 급한 부분이 모두 위에 있으므로 역전되지 않았다. 따라서 C → B → A 순서로 생성되었다.

▣ **모범답안** 사층리, 사층리의 경사가 완만한 부분이 아래쪽이고, 지층이 역전되지 않았으므로 지층 누층의 법칙이 적용되어 생성 순서는 C → B → A이다.

채점 기준	배점
퇴적 구조와 순서를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
퇴적 구조와 순서 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

17 **꼼꼼** 문제 분석



B층과 C층이 퇴적되고 습곡 작용을 받은 후 D의 관입이 일어났다. 이후 역단층이 형성되고 융기와 침강 작용이 일어나 부정합 X가 형성되었다.

모범답안 부정합, 습곡, 단층, 관입, 관입의 법칙으로 습곡이 관입보다 먼저 일어났고, 이후 단층이 나타났으며, 그 다음 부정합이 형성되었다. 따라서 습곡 → 관입 → 역단층 → 부정합 순이다.

채점 기준	배점
지질 구조와 형성 순서를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
지질 구조와 형성 순서 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

18 (가)에서 A는 시상 화석의 조건이고, B는 표준 화석의 조건에 해당한다. (나)의 ㉠은 고사리로 시상 화석인 A로 분류되고, ㉡과 ㉢은 각각 삼엽충과 암모나이트로 표준 화석인 B로 분류된다.

모범답안 ㉠ 고사리 화석, ㉡ 삼엽충 화석, ㉢ 암모나이트 화석, ㉠은 시상 화석인 A에 해당하고, ㉡과 ㉢은 표준 화석인 B에 해당한다.

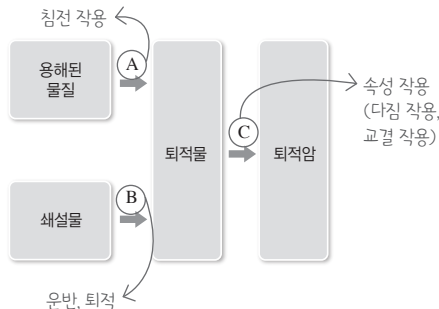
채점 기준	배점
㉠~㉢의 이름과 분류를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
㉠~㉢의 분류만 옳게 서술한 경우	50 %
㉠~㉢의 이름만 옳게 서술한 경우	30 %

수능 실전 문제

111 쪽 ~ 113 쪽

1 ④ 2 ③ 3 ③ 4 ④ 5 ④ 6 ⑤ 7 ②
8 ④ 9 ④ 10 ② 11 ③ 12 ②

1 **꼼꼼** 문제 분석



| 선택지 분석 |

- ☒ A 과정에서 공극이 감소한다. C 과정
- ☒ B는 주로 지표 부근에서 일어난다.
- ☒ C는 숙성 작용에 해당한다.

| 전략적 풀이 | ① 퇴적물이 퇴적되는 과정을 파악한다.

ㄱ. A 과정은 침전 작용으로, 공극이 감소하지는 않는다. 공극 감소는 C 과정의 다짐 작용을 받으면서 일어난다.

ㄴ. B는 퇴적물이 운반, 퇴적되는 작용으로 주로 지표 부근에서 공기나 물의 작용으로 일어난다.

② 퇴적물이 굳어 퇴적암이 되는 과정을 파악한다.

ㄷ. C는 퇴적물이 퇴적암으로 변하는 과정으로, 다짐 작용과 교결 작용이 일어나는 숙성 작용에 해당한다.

2 **꼼꼼** 문제 분석

응회암 (가)	석회암 (나)	암염 (다)
분출된 화산재가 쌓이고 굳어져서 생성된다. → 쇄설물이 퇴적 → 쇄설성 퇴적암	생물체의 유해 등이 해저에 쌓여 굳어져 생성된다. → 유기물이 퇴적 → 유기적 퇴적암	물의 증발로 잔류한 물질이 굳어져 생성된다. → 화학적 작용 → 화학적 퇴적암

| 선택지 분석 |

- ☒ (가)는 쇄설성 퇴적암에 속한다.
- ☒ (나)와 같은 암석에는 사층리가 잘 나타난다. 나타나지 않는다
- ☒ (다)는 건조한 환경에서 잘 형성된다.

| 전략적 풀이 | ① 퇴적물 기원에 따라 퇴적암을 분류한다.

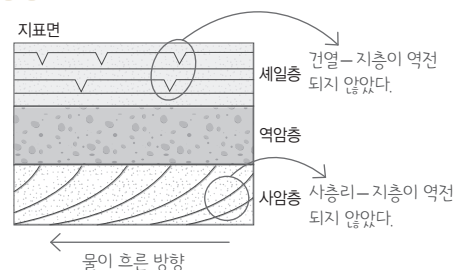
ㄱ. (가)는 화산 활동으로 분출된 화산재가 쌓여서 굳어진 쇄설성 퇴적암이다. (나)는 유기적 퇴적암, (다)는 화학적 퇴적암이다.

② 각 퇴적암의 특징을 옳게 설명하는지 판단한다.

ㄴ. (나)는 생물의 유해가 퇴적되어 굳어진 유기적 퇴적암이다. 사층리는 입자가 조금 굵은 퇴적물이 쌓여서 만들어진 쇄설성 퇴적암에 나타나지만 유기적 퇴적암에는 거의 나타나지 않는다.

ㄷ. (다)는 물의 증발로 잔류한 물질이 침전되어 굳어진 화학적 퇴적암으로, 증발이 잘 일어날 수 있는 건조한 환경에서 잘 형성된다.

3 **꼼꼼** 문제 분석



선택지 분석

- ㉠ 세일층은 건조한 기후에 노출된 적이 있다.
- ㉡ 역암층에서는 점이 층리를 관찰할 수 있다. **없다**
- ㉢ 사암층의 퇴적물은 오른쪽에서 왼쪽으로 공급되었다.

▶ 전략적 풀이 ① 각 층에서 나타나는 퇴적 구조를 파악한다.

세일층에는 건열, 사암층에는 사층리가 나타난다.

② 각 층의 생성 환경 및 조건을 파악한다.

ㄱ. 세일층에서는 건열이 관찰되므로 생성되는 동안 건조한 기후에 노출된 시기가 있었다.

ㄴ. 점이 층리는 다양한 크기의 퇴적물이 한꺼번에 쌓이면서 침강 속도의 차이로 위로 갈수록 퇴적물 입자의 크기가 작아지는 지질 구조이고, 그림의 역암층에서는 점이 층리가 관찰되지 않는다.

③ 퇴적 구조로 알 수 있는 사실을 확인한다.

ㄷ. 사암층에서는 사층리가 관찰되고, 사층리에서는 경사가 완만해지는 방향으로 퇴적물이 운반된 것이므로 퇴적물은 오른쪽에서 왼쪽으로 공급되었다.

4 꼼꼼 문제 분석

- 석회암이 두껍게 퇴적되어 있다. — 유기적, 화학적 퇴적암
- 화석 (가), 완족류 등의 화석이 산출된다. — 바다 환경
- (나)와 같은 퇴적 구조가 나타난다.



(가) 삼엽충 — 고생대

(나) 연흔 — 수심이 얇은 곳

선택지 분석

- ㉠ 주로 **쇄설성** 퇴적암이 분포한다. **유기적, 화학적**
- ㉡ 고생대에 생성된 암석이 분포한다.
- ㉢ (나)는 수심이 얇은 물 밑에서 생성되었다.

▶ 전략적 풀이 ① 석회암으로 퇴적물의 기원을 추정한다.

ㄱ. 이 지역은 석회암이 퇴적되어 있고, 석회암은 주로 탄산 칼슘이 침전된 화학적 퇴적물이나 석회질 생물체의 유해인 유기적 기원의 퇴적물이 쌓여 만들어진 것이다.

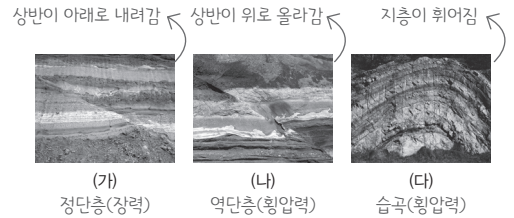
② 화석으로 지질 시대를 추정한다.

ㄴ. (가)는 고생대의 표준 화석인 삼엽충이므로 (가)가 산출되는 지층은 고생대에 퇴적되었다.

③ 퇴적 구조로 퇴적 환경을 추정한다.

ㄷ. (나)는 수심이 얇은 물 밑에서 쌓인 퇴적암에 물결의 흔적이 남아 형성된 퇴적 구조인 연흔(물결 자국)이다.

5 꼼꼼 문제 분석



(가) 정단층(장력)

(나) 역단층(횡압력)

(다) 습곡(횡압력)

선택지 분석

- ㉠ (가)에서 상반은 단층면을 따라 상대적으로 위로 이동하였다. **아래로**
- ㉡ (나)와 (다)는 수렴형 경계에서 형성될 수 있다.
- ㉢ 해령에서 열곡이 형성될 때 (가)가 잘 발달한다.

▶ 전략적 풀이 ① 상반의 이동 방향을 보고 작용한 힘을 판단하여 지질 구조의 종류를 구분한다.

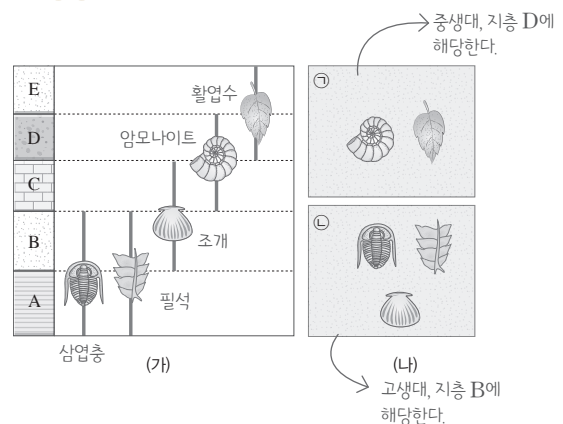
ㄱ. (가)는 지층이 양쪽에서 당기는 힘인 장력을 받아 상반이 단층면을 따라 하반에 비해 상대적으로 아래로 이동한 정단층이다. (나)는 지층이 양쪽에서 미는 힘인 횡압력을 받아 단층면을 따라 상반이 하반에 비해 상대적으로 위로 이동한 역단층이다. (다)는 지층이 횡압력을 받아 휘어진 습곡이다.

② 판 경계에서 작용하는 힘을 파악하여 판 경계에서 생성될 수 있는 지질 구조를 찾는다.

ㄴ. 판 경계 중 수렴형 경계는 판과 판이 만나는 곳이므로 양쪽에서 미는 힘인 횡압력이 작용한다. 따라서 역단층인 (나)와 습곡인 (다)가 형성될 수 있다.

ㄷ. 해령은 판과 판이 멀어지는 발산형 경계이고, 열곡은 장력이 작용하여 (가)와 같은 정단층이 연속적으로 형성되면서 만들어진 V자형의 골짜기 지형이다.

6 꼼꼼 문제 분석



→ 중생대, 지층 D에 해당한다.

(나) 고생대, 지층 B에 해당한다.

선택지 분석

- ㉠ 지층 ㉠은 지층 D에 대비된다.
- ㉡ 지층 ㉠이 지층 ㉡보다 나중에 생성되었다.
- ㉢ 산출 화석군의 변화는 지층 B와 C의 경계에서 가장 크다.

▶ 전략적 풀이 ① (가)와 (나) 지역의 지층을 비교하여 대비되는 지층을 찾는다.

㉠. 지층 ㉠에서 산출되는 화석군은 암모나이트와 활엽수이고, 이는 지층 D에 해당하는 화석군과 일치한다. 따라서 지층 ㉡은 지층 D에 대비된다.

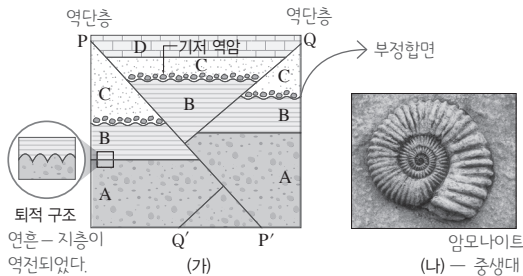
② 표준 화석으로 지질 시대를 비교한다.

㉡. 지층 ㉡의 화석군은 삼엽충, 필석으로, 지층 B에 대비된다. 지층 ㉠은 중생대에 생성되었고, 지층 ㉡은 고생대에 생성되었다.

③ 화석의 산출 여부로 화석의 변화가 가장 큰 경계를 찾는다.

㉣. 지층 B와 C의 경계에서 삼엽충과 필석이 멸종하고, 암모나이트가 출현하여 화석군의 변화가 가장 크다.

[7~8] 문제 분석



7

선택지 분석

- ㉠ A-B 지층: 지층 누층의 법칙 - 지층의 역전이 있었다.
- ㉡ B-C 지층: 부정합의 법칙
- ㉢ C-D 지층: 수평 퇴적의 법칙

▶ 전략적 풀이 ① 퇴적 구조로 지층의 생성 순서를 정하는 데 이용되는 지사학 법칙을 판단한다.

㉠. A-B 지층은 연흔이 뒤집혀서 나타나므로 역전된 지층으로 지층 누층의 법칙이 적용되지 못한다.

② 지질 구조로 지층의 생성 순서를 정하는 데 이용되는 지사학 법칙을 판단한다.

㉡. B-C 지층은 부정합 관계이므로 부정합의 법칙이 적용된다.

㉣. C-D 지층은 수평층이므로 수평 퇴적의 법칙으로 지각 변동을 받지 않았다는 것을 알 수 있지만, 지층의 생성 순서는 알 수 없다.

8

선택지 분석

- ㉠ A에서 삼엽충 화석이 산출될 수 있다. **없다**
- ㉡ 단층 P-P'와 Q-Q'는 횡압력이 작용하여 형성되었다.
- ㉢ 이 지역은 단층 Q-Q'가 생기기 전에 수면 위로 노출된 적이 있다.

▶ 전략적 풀이 ① 화석을 이용하여 지층의 생성 시기를 판단한다.

㉠. B는 암모나이트가 산출되므로 중생대 지층이고, B와 A 사이의 퇴적 구조가 역전되어 있으므로 A는 B보다 나중에 생성되었다. 따라서 A에서는 고생대 화석인 삼엽충이 산출될 수 없다.

② 단층의 종류와 작용한 힘을 파악한다.

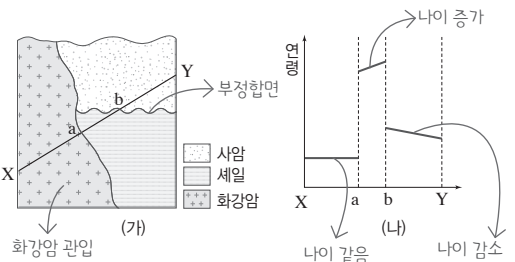
㉡. 단층 P-P'와 Q-Q'는 상반이 위로 올라갔으므로 역단층이다. 역단층은 지층에 횡압력이 작용할 때 형성된 것이다.

③ 단층과 부정합 등 지각 변동과 지층의 생성 순서를 파악한다.

B 퇴적 → A 퇴적 → (지층의 역전) → 부정합 → C 퇴적 → D 퇴적 → 단층 Q-Q' → 단층 P-P'

㉣. 기저 역암이 나타나는 부정합면이 단층 Q-Q'로 절단되었으므로 이 지역은 단층 Q-Q'가 생기기 전에 수면 위로 노출되어 침식 작용을 받았다.

9 문제 분석



선택지 분석

- ㉠ (가)에서 암석의 생성 순서는 화강암 → 셰일 → 사암이다. **셰일 → 사암 → 화강암**
- ㉡ 지층의 역전이 일어난 부분은 a-b 구간이다.
- ㉢ b-Y 구간이 형성되기 전에 지층의 융기, 침강 작용이 있었다.

▶ 전략적 풀이 ① (나)를 이용하여 (가)의 연령을 판단하거나 지사학 법칙을 이용하여 (가)의 암석의 생성 순서를 판단한다.

㉠. (가)와 (나)를 해석해 보면 구간 X-a에는 화강암, a-b에는 셰일, b-Y에는 사암이 분포하고, 암석의 생성 순서는 암석의 연령이 많은 것부터 셰일 → 사암 → 화강암이다.

지사학 법칙 중 부정합의 법칙과 관입의 법칙을 차례로 적용하면 암석의 생성 순서는 셰일 → 사암 → 화강암이다.

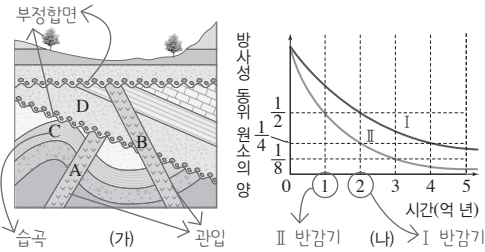
② (나)의 암석의 연령을 이용하여 역전된 지층을 찾는다.

ㄴ. (나)에서 a-b 구간의 세일층은 위로 갈수록 연령이 증가하므로 지층이 역전되었음을 알 수 있다.

③ 지층의 용기와 침강은 부정합이 형성될 때 일어나므로 부정합의 존재 여부를 판단한다.

ㄷ. 세일과 사암 사이에 부정합이 존재하므로 b-Y 구간인 사암이 형성되기 전에 지층의 용기, 침강 작용이 있었다.

10 **문제 분석**



선택지 분석

- ☒ C → D → A → B 순으로 생성되었다. C → A → D → B
- ☒ 지층 D에서는 방추충 화석이 산출될 수 있다. **없다**
- ☒ 이 지역은 최소한 3회의 용기 작용이 있었다.

▶ **전략적 풀이** ① (가)에서 나타나는 지질 구조를 찾고, 지사학 법칙으로 지층의 생성 순서를 정한다.

ㄱ. 화성암과 퇴적층의 생성 순서는 관입의 법칙을 따르므로 C → A → D → B 순으로 생성되었다.

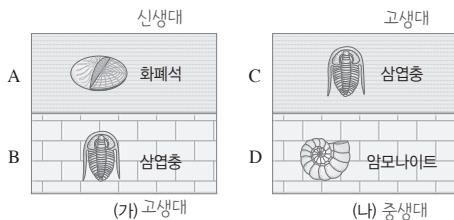
② 반감기를 이용하여 관입한 암석의 연령을 판단하고 산출될 수 있는 화석을 추정한다.

ㄴ. 화성암 A, B는 각각 반감기를 1번 거쳤으므로 나이는 각각 2억 년과 1억 년이다. 따라서 지층 D는 중생대에 퇴적되었으므로 고생대의 표준 화석인 방추충 화석이 산출될 수 없다.

③ 부정합이 나타난 횡수를 찾아 용기가 나타난 횡수를 판단한다.

ㄷ. 이 지역은 2곳의 부정합이 관찰되므로 부정합이 형성되는 과정에서 각각 1회씩의 용기 작용이 있었고, 현재 지층이 육지로 드러나 있으므로 최소한 3회의 용기 작용이 있었다.

11 **문제 분석**



선택지 분석

- ☒ 가장 최근에 퇴적된 지층은 A이다.
- ☒ 지층 B와 D는 같은 지질 시대에 퇴적되었다. **다른**
- ☒ (나) 지역의 지층 C와 D는 역전되었다.

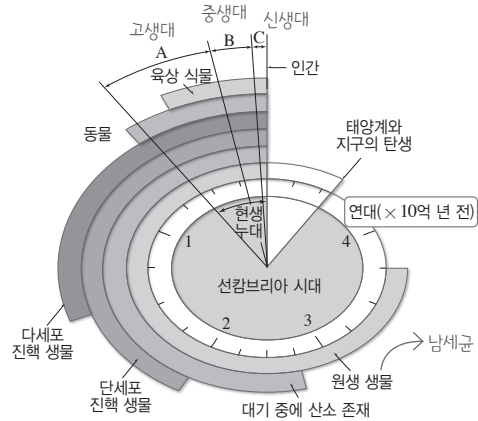
▶ **전략적 풀이** ① 지층에서 발견되는 표준 화석을 이용하여 지층의 생성 시대를 비교한다.

ㄱ, ㄴ. A는 화폐석 화석이 산출되므로 신생대, B와 C는 삼엽충 화석이 산출되므로 고생대, D는 암모나이트 화석이 산출되므로 중생대 지층이다. 따라서 가장 최근에 퇴적된 지층은 A이다.

② 지층이 생성된 시대로 역전 여부를 판단한다.

ㄷ. (나) 지역은 고생대 지층이 중생대 지층보다 위에 놓여 있으므로 지층이 역전되었다.

12 **문제 분석**



선택지 분석

- ☒ 양치식물이 멸종한 시기는 A 시대의 말이다. **멸종하지 않았다**
- ☒ 약 20억 년 전 남세균이 처음으로 출현하였다. **시생 누대에 출현**
- ☒ 동물은 원생 누대 말에 처음 출현하였다.

▶ **전략적 풀이** ① A~C 지질 시대를 판단하고, 양치식물의 특징을 파악한다.

ㄱ. A는 고생대, B는 중생대, C는 신생대이다. A 시대에 양치식물이 번성하였으나 말기에 멸종하지 않고 현재도 지구에 분포하고 있다.

② 광합성 생물의 특징으로 남세균의 출현 시기를 추정한다.

ㄴ. 약 20억 년 전은 이미 대기 중에 산소가 존재하였으므로 광합성을 하는 최초의 생물체인 남세균의 출현은 그 이전이다.

③ 동물이 출현한 시점의 지질 시대를 찾는다.

ㄷ. 동물은 원생 누대 말에 출현하였다.



II. 대기와 해양

1

대기와 해양의 변화



01

기압과 날씨 변화

개념 확인 문제

121쪽

- ① 고기압 ② 하강 ③ 저기압 ④ 상승 ⑤ 기단
⑥ 정체성 고기압 ⑦ 이동성 고기압 ⑧ 시베리아
⑨ 북태평양 ⑩ 봄, 가을

- 1 (1) × (2) × (3) × (4) ○ 2 ㉠ 가시 영상, ㉡ 적외 영상
3 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ 4 A, 시베리아 기단 5 ㉠
양쯔강, ㉡ 편서풍 6 나, 르

- 1 (1) 고기압은 주변으로 공기가 빠져나가므로 중심부에서는 하강 기류가 발달한다.
(2) 고기압에서는 공기 덩어리가 하강하면서 단열 압축되어 구름이 소멸하므로 날씨가 맑다.
(3) 저기압은 주변보다 기압이 상대적으로 낮은 곳이다.
(4) 저기압의 지상에서는 주변의 공기가 중심으로 불어 들어오기 때문에 상승 기류가 발달한다.

2 가시 영상은 구름이나 육지, 바다에서 반사되는 태양광의 세기를 영상으로 관측한 것으로, 햇빛이 없는 야간에는 관측할 수 없다. 적외 영상은 물체가 방출하는 적외선 에너지를 영상으로 관측한 것으로, 낮과 밤에 관계없이 24시간 관측이 가능하다.

- 3 (1) 고위도에서 형성된 기단은 한랭하다.
(2) 대륙에서 형성된 기단은 습도가 낮고, 해양에서 형성된 기단은 습도가 높다.
(3) 기단은 주로 넓은 대륙 위나 해양 위와 같이 성질이 일정하게 유지되는 곳에서 만들어진다.
(4) 한랭한 기단이 따뜻한 바다 위를 통과하면 기단 하층이 가열되어 불안정해지면서 강한 상승 기류가 발달하여 적운형 구름이 발달한다.

4 A는 시베리아 기단, B는 오호츠크해 기단, C는 북태평양 기단, D는 양쯔강 기단이다. 고위도 대륙에서 발생하여 한랭 건조한 시베리아 기단(A)은 우리나라의 겨울철 날씨에 영향을 준다.

5 시베리아 기단에서 일부가 떨어져 나오거나 양쯔강 기단에서 발달하는 비교적 규모가 작은 고기압을 이동성 고기압이라고 한다. 대표적인 예로, 양쯔강 고기압이 있으며, 편서풍을 따라 서에서 동으로 이동하면서 우리나라 날씨에 영향을 준다.

6 북태평양 고기압이 일본 남동쪽에 머무르고 있으므로 여름철 일기도이다. 이때 우리나라에는 고온 다습한 남풍 계열의 바람이 불어 무더위와 열대야 현상이 나타난다.

완자샘

비법 특강

- Q1 편서풍을 따라 이동하기 때문이다.
Q2 C 지역(한랭 전선과 온난 전선 사이)
Q3 남동풍 → 남서풍 → 북서풍

126쪽

Q1 온대 저기압은 편서풍의 영향을 받아 서에서 동으로 이동해 간다.

Q2 한랭 전선과 온난 전선 사이에는 따뜻한 공기가 위치하므로 기온이 가장 높다.

Q3 온난 전선 앞쪽은 남동풍이 불다가 온난 전선이 통과하고 나면 남서풍이 불고, 그 후 한랭 전선이 통과하면 북서풍이 분다.

개념 확인 문제

127쪽

- ① 전선면 ② 한랭 전선 ③ 온난 전선 ④ 폐색 전선
⑤ 정체 전선 ⑥ 전선 ⑦ 온난 전선 ⑧ 한랭 전선
⑨ 편서풍

- 1 (가) 한랭 전선 (나) 온난 전선 2 (1) 한 (2) 온 (3) 한 (4) 온
(5) 온 3 (1) × (2) ○ (3) ○ 4 (가) → (마) → (다) → (나)
→ (라) 5 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ (5) × (6) ×

1 (가)는 찬 공기가 따뜻한 공기의 아래로 파고들면서 만들어지는 한랭 전선이다. (나)는 따뜻한 공기가 찬 공기의 위로 타고 올라 만들어지는 온난 전선이다.

2 (1) 전선면의 경사는 온난 전선보다 한랭 전선이 급하다.
(2) 전선의 이동 속도는 한랭 전선보다 온난 전선이 느리다.

- (3) 한랭 전선의 뒤쪽에는 적운형 구름이 발달한다.
 (4) 온난 전선 앞쪽에는 층운형 구름이 발달하고, 넓은 지역에 지속적인 비가 내린다.
 (5) 온난 전선이 통과하고 나면 따뜻한 공기의 영향을 받아 기온이 높아진다.

- 3** (1) 온대 저기압은 중위도의 온대 지방에서 발생한다.
 (2) 온대 저기압은 찬 공기와 따뜻한 공기가 만나는 온대 지방이나 한대 전선대에서 발생한다.
 (3) 찬 공기와 따뜻한 공기가 섞이면서 위치 에너지가 감소하며, 위치 에너지가 감소한 양만큼 운동 에너지로 바뀐다.

- 4** 찬 공기와 따뜻한 공기가 만나 정체 전선이 형성되고, 남북 간의 기온 차로 파동이 생기면서 온난 전선과 한랭 전선으로 분리된다. 온대 저기압이 발달하여 동쪽으로 이동하고 한랭 전선과 온난 전선이 겹쳐지면서 폐색 전선이 형성된다. 그 후 따뜻한 공기는 위로, 찬 공기는 아래로 이동하면 온대 저기압이 소멸한다.

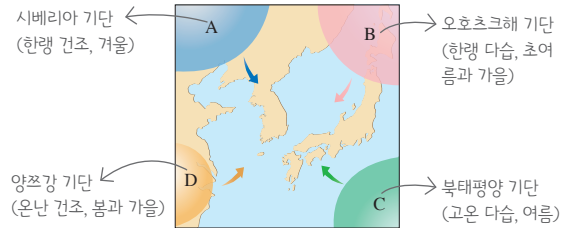
- 5** (1) A 지역은 한랭 전선 뒤쪽이므로 현재 북서풍이 불고 있다.
 (2) 한랭 전선 뒤쪽인 A 지역은 적운형 구름이 잘 발달한다.
 (3) 기온이 가장 높은 곳은 한랭 전선과 온난 전선 사이인 B 지역이다.
 (4) C 지역은 현재 찬 공기의 영향으로 기온이 낮지만 온난 전선이 통과하고 나면 따뜻한 공기의 영향으로 기온이 상승한다.
 (5) 온대 저기압이 통과할 때 온난 전선과 한랭 전선이 차례로 통과하므로 풍향은 남동풍(온난 전선 앞) → 남서풍(온난 전선과 한랭 전선 사이) → 북서풍(한랭 전선 뒤)으로 변한다.
 (6) 온대 저기압은 편서풍의 영향으로 서에서 동으로 이동해 간다.

대표 자료 분석

128쪽~129쪽

- 자료 1** 1 A: 시베리아 기단, B: 오호츠크해 기단, C: 북태평양 기단, D: 양쯔강 기단 2 (1) C (2) A, B, C (3) D (4) A 3 ㉠ 높아, ㉡ 높아, ㉢ 불안정 4 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ○ (5) ○ (6) ×
- 자료 2** 1 시베리아 고기압 2 겨울 3 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ (5) × (6) ○
- 자료 3** 1 (가) 한랭 전선, B (나) 온난 전선, A (다) 폐색 전선, C 2 (다) 3 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × (5) ○ (6) ×
- 자료 4** 1 B 2 A 3 층운형 구름, 넓은 지역에 지속적인 비 4 (나) 5 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × (5) ×

1-1 꼼꼼 문제 분석



기단은 생성된 지역의 이름을 따서 A는 시베리아 기단, B는 오호츠크해 기단, C는 북태평양 기단, D는 양쯔강 기단이라고 한다.

- 1-2** (1) 저위도 해양에서 발생한 북태평양 기단(C)은 고온 다습하다.
 (2) 정체성 기단은 한 지역에 오래 머무는 기단으로 A, B, C가 이에 해당한다.
 (3) 봄과 가을철에는 양쯔강 기단(D)의 영향을 받는다.
 (4) 시베리아 기단(A)은 고위도 대륙에서 발생하여 한랭 건조하며 우리나라의 겨울철 날씨에 영향을 준다.

- 1-3** A 기단이 우리나라로 확장되면 저위도 쪽으로 이동하므로 지표면으로부터 열을 받아 기온이 상승하고, 황해를 지나는 동안 수증기가 공급되므로 습도가 높아진다. 또한 기단의 하층이 가열되므로 기층이 불안정해져 상승 기류가 활발해 적운형 구름이 발달한다.

- 1-4** (1) 대륙에서 생성된 A와 D 기단은 건조한 성질을 갖는다.
 (2) B는 고위도 지역에서, D는 저위도 지역에서 생성되었으므로 B는 D보다 기온이 낮은 기단이다.
 (3) 오호츠크해 기단(B)과 북태평양 기단(C)이 충돌할 때 장마 전선이 생긴다.
 (4) 무더위, 열대야는 북태평양 기단(C)의 영향으로 우리나라의 여름철에 나타난다.
 (5) D의 영향을 받을 때는 봄, 가을철로, 이동성 고기압의 영향을 받아 날씨 변화가 심하다.
 (6) 늦봄에 영서 지방이 영동 지방보다 고온 건조한 날씨가 나타나는 것은 오호츠크해 기단(B)이 확장되면서 태백산맥을 넘어 높새 바람이 불기 때문이다.

- 2-1** A는 시베리아 기단에서 생성된 시베리아 고기압이다.

- 2-2** 우리나라의 겨울철에 시베리아 지역에서는 한랭 건조한 시베리아 고기압이 발달한다.

- ②-3** (1) 시베리아 고기압은 고기압의 중심부가 거의 이동하지 않고 한곳에 머무르는 정체성 고기압이다.
 (2) A 고기압의 중심에는 상층으로부터 공기가 지표면 쪽으로 하강하는 하강 기류가 존재한다.
 (3) A 고기압의 세력이 확장되면 우리나라에는 차고 건조한 북서계절풍이 분다.
 (4) 북반구에서는 고기압의 중심으로부터 주변 지역을 향하여 바람이 시계 방향으로 불어나간다.
 (5) 봄과 가을철에는 이동성 고기압의 영향을 받는다.
 (6) 여름철에는 북태평양 고기압의 중심이 일본의 동쪽 또는 남쪽에 머무르고 이 고기압의 세력이 확장되면 북태평양으로부터 고온 다습한 남풍 계열의 바람이 분다.

③-1 (가)는 찬 공기가 따뜻한 공기를 밀면서 이동하므로 한랭전선으로 전선 기호는 B에 해당하고, (나)는 따뜻한 공기가 찬 공기를 밀면서 이동하므로 온난 전선으로 전선 기호는 A에 해당한다. (다)는 온난 전선과 한랭 전선이 겹쳐서 생기는 폐색 전선으로 전선 기호는 C에 해당한다.

③-2 폐색 전선 (다)는 이동 속도가 빠른 한랭 전선이 이동 속도가 느린 온난 전선을 쫓아가 서로 겹쳐져서 생긴다.

- ③-3** (1) (가)에서는 소나기성 비가, (나)에서는 지속적인 비가 내린다.
 (2) (가)에서는 주로 적운형 구름이 만들어진다.
 (3) (가)는 전선면의 경사가 급하므로 구름이 좁은 지역에만 존재하고, (나)는 전선면의 경사가 완만하여 넓은 지역에 걸쳐 구름이 존재한다.
 (4) (나) 전선 통과 후에는 따뜻한 공기의 영향으로 기온이 높아진다.
 (5) (나) 전선 통과 전에는 남서풍이 불다가 전선이 통과하고 나면 남서풍이 분다.
 (6) (다)는 폐색 전선으로, 한랭 전선과 온난 전선이 겹쳐져서 형성되고, 장마 전선은 정체 전선에 해당한다.

④-1 B 지역은 따뜻한 공기의 영향을 받고, A와 C 지역은 찬 공기의 영향을 받으므로 기온이 가장 높은 지역은 B이다.

④-2 A 지역은 북서풍이, B 지역은 남서풍이, C 지역은 남동풍이 분다.

④-3 C 지역은 온난 전선의 앞쪽에 해당하므로 층운형 구름이 발달하고 넓은 지역에 걸쳐 지속적인 비가 내린다.

④-4 온대 저기압은 서에서 동으로 이동해 가므로 온대 저기압이 더 서쪽에 위치해 있는 (나)가 먼저 관측된 것이다.

- ④-5** (1) 온대 저기압은 온대 지방이나 한대 전선대에서 형성되어 편서풍의 영향을 받아 서에서 동으로 이동해 간다.
 (2) (가)는 온대 저기압의 중심 기압이 996 hPa이고, (나)는 1000 hPa이므로 중심 기압은 (가)보다 (나)에서 높다.
 (3) A 지역은 한랭 전선 뒤쪽으로, 두꺼운 적운형 구름이 발달하여 좁은 지역에 소나기성 비가 내린다.
 (4) 한랭 전선이 통과하기 전인 B 지역은 남서풍이 불고 한랭 전선이 통과한 이후인 A 지역에는 북서풍이 분다.
 (5) C 지역은 온난 전선 앞쪽에 위치하여 넓은 지역에 걸쳐 지속적인 비가 내린다. 날씨가 맑은 지역은 한랭 전선과 온난 전선 사이에 있는 B 지역이다.

내신 만점 문제

130 쪽~133 쪽

01 ②	02 ⑤	03 해설 참조	04 ②	05 ②
06 ④	07 ③	08 ③	09 해설 참조	10 ②
11 ④	12 ④	13 ⑤	14 ②	15 해설 참조
16 해설 참조	17 ④	18 ⑤	19 ⑤	20 ⑤

01 ㄱ, ㄴ. 고기압은 중심부가 주변 지역보다 기압이 높아 하강 기류가 나타나면서 주변 지역으로 바람이 불어나간다.

■ **바로알기** ㄷ. 고기압의 중심부에서는 하강 기류가 나타나면서 단열 압축되므로 구름이 소멸한다.

02 ㄱ. 하강 기류가 나타나는 (가)는 고기압으로 주변보다 기압이 높다.

ㄴ. (가)에서는 하강 기류가 나타나면서 주변 기압이 상승하므로 단열 압축 작용이 일어난다.

ㄷ. (나)에서는 상승 기류가 나타나면서 주변 기압의 감소로 단열 팽창하여 기온이 낮아진다. 따라서 포화 수증기압이 감소하고 현재 수증기압은 일정하므로 상대 습도가 증가한다.

03 지표면 상에서 부는 바람은 고기압에서 저기압 쪽으로 불며, 전향력의 영향을 받아 이동 방향이 북반구에서는 오른쪽으로, 남반구에서는 왼쪽으로 편향되어 나타난다. 이 두 가지 요인에 의해 고기압과 저기압 중심 주변에서 부는 바람의 방향이 정해진다.

모범답안 북반구의 저기압에서는 주변 지역에서 중심을 향하여 바람이 시계 반대 방향으로 불어 들어오고, 상승 기류가 발달하므로 구름이 형성되어 날씨가 흐리다.

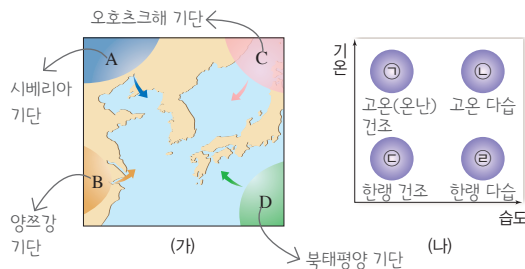
채점 기준	배점
풍향, 공기의 연직 이동 방향, 날씨의 특징을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
풍향, 공기의 연직 이동 방향, 날씨의 특징 중 두 가지만 옳게 서술한 경우	70 %
풍향, 공기의 연직 이동 방향, 날씨의 특징 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	30 %

04 나. (가) 가시 영상에서는 구름의 두께가 두꺼울수록 구름이 태양 빛을 많이 반사하므로 밝게 보인다.

바로알기 ㄱ. (가) 가시 영상은 낮에만, (나) 적외 영상은 24시간 관측이 가능하다.

ㄷ. (나) 적외 영상에서 구름의 높이가 높을수록, 즉 온도가 낮을수록 밝게 관측된다. 따라서 상층운은 하층운보다 밝게 관측된다.

[05~06] 꼬꼬 문제 분석



05 온난 건조한 양쯔강 기단(B)은 우리나라의 봄이나 가을철에 영향을 준다.

바로알기 A(시베리아 기단)는 겨울철, C(오호츠크해 기단)는 초여름과 가을, D(북태평양 기단)는 여름철에 영향을 준다.

- 06** • A(시베리아 기단): 고위도 대륙에서 발생 → 한랭 건조(㉠)
 • B(양쯔강 기단): 저위도 대륙에서 발생 → 온난 건조(㉡)
 • C(오호츠크해 기단): 고위도 해양에서 발생 → 한랭 다습(㉢)
 • D(북태평양 기단): 저위도 해양에서 발생 → 고온 다습(㉣)

07 꼬꼬 문제 분석

영향을 주는 기단	A	B	C	D									
	시베리아 기단	양쯔강 기단	오호츠크해 기단	북태평양 기단									
월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
주요 현상	폭설, 한파	황사, 온난				장마	무더위	온난					
		건조			다습		태풍, 호우					건조	

① A가 우리나라에 영향을 줄 때 폭설과 한파가 발생하고 건조한 날씨가 나타나므로 A는 한랭 건조한 시베리아 기단이다.

② B가 우리나라에 영향을 줄 때 온난 건조한 날씨와 황사가 나타나므로 B는 온난 건조한 양쯔강 기단이다.

④ C(오호츠크해 기단)와 D(북태평양 기단)는 해양에서 발생하여 습도가 높다.

⑤ 여름철 무더위를 일으키는 D는 고온 다습한 북태평양 기단이다.

바로알기 ③ A(시베리아 기단)는 온도가 낮고, D(북태평양 기단)는 온도가 높다.

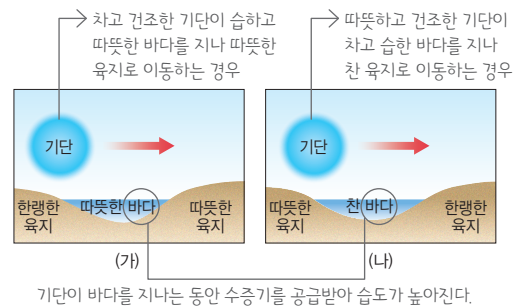
08 발생한 지역에서 기단의 성질은 기온이 낮고 습도가 낮은 A 상태였다. 따라서 기단은 고위도 지역의 건조한 육지에서 발생하였다. 이후 이동하는 동안 기온이 상승하고 습도도 증가(B)한 것으로 보아 기단은 따뜻한 저위도 지역의 바다로 이동하였다.

09 차고 건조한 시베리아 기단이 남하하여 황해를 지나면서 열과 수증기를 공급받아 습도가 높아지고 불안정해지면서 적란운이 형성된다. 이로 인해 서해안에 폭설이 내리기도 한다.

모범답안 시베리아 기단, 서해안 지역에 폭설이 내린다.

채점 기준	배점
기단의 이름을 쓰고, 기상 현상을 옳게 서술한 경우	100 %
기단의 이름만 옳게 쓴 경우	30 %

10 꼬꼬 문제 분석



ㄱ. 시베리아 기단이 우리나라로 남하하는 경우는 차고 건조한 기단이 상대적으로 따뜻한 황해를 지나는 경우이므로 (가)에 해당한다.

ㄴ. 적운형 구름은 기단의 하층부가 가열되어 상승 기류가 활발하게 일어날 때 생성되므로 찬 기단이 따뜻한 바다 위를 지나가는 (가)에서 잘 생성된다.

바로알기 ㄷ. 육지에서 발생한 기단이 바다를 지나면 바다의 온도에 관계없이 수증기를 공급받으므로 (가)와 (나)에서 모두 수증기압이 높아진다.

11 ④ 서쪽에 고기압, 동쪽에 저기압이 존재하여 서고동저형 기압 배치가 나타나므로 겨울철 일기도이다. 겨울철에는 강한 북서 계절풍이 불고 한랭 건조하다.

■ **바로알기** ① 황사 현상은 봄철에 주로 나타나며, 봄철에는 이동성 고기압과 이동성 저기압이 교대로 통과하는 기압 배치가 나타난다.

② 무더위와 열대야 현상은 여름철에 나타나는 현상으로 여름철에는 남고북저형의 기압 배치가 발달한다.

③ 장마 전선은 북태평양 기단과 오호츠크해 기단이 충돌하여 나타나는 정체 전선으로 늦봄과 초여름 사이에 생긴다.

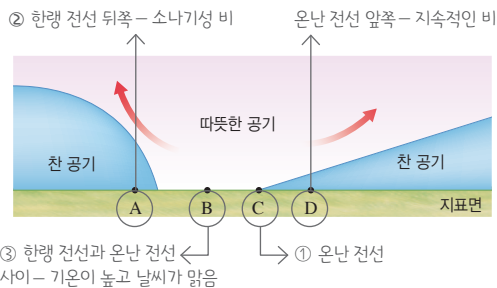
⑤ 북태평양 고기압은 우리나라의 여름철 날씨에 영향을 주는 정체성 고기압이다.

12 ㄴ. (가)는 온난 전선, (나)는 한랭 전선, (다)는 폐색 전선, (라)는 정체 전선이다. 폐색 전선인 (다)는 온난 전선인 (가)와 한랭 전선인 (나)가 만나서 생기는 전선이다.

ㄷ. 정체 전선의 대표적인 예는 장마 전선으로, 여름에 우리나라 부근에 생기는 장마 전선은 습도가 높은 기단의 영향을 받아 형성된다.

■ **바로알기** ㄱ. 구름은 온난 전선보다 전선면의 경사가 급한 한랭 전선에서 더 두껍게 나타난다.

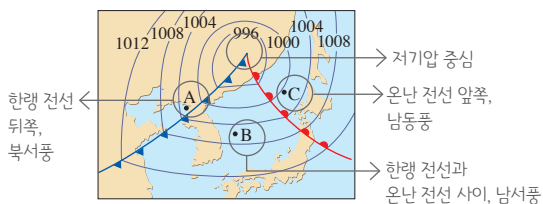
13 **꼼꼼** 문제 분석



④ 온대 저기압은 온대 지방이나 한대 전선대에서 기층의 위치 에너지 감소로 발생한다.

■ **바로알기** ⑤ 온대 저기압은 편서풍에 의해 서에서 동으로 이동하므로 동쪽에 있는 온난 전선이 먼저 통과한다.

[14~15] **꼼꼼** 문제 분석



14 ㄴ. 한랭 전선과 온난 전선 사이에 위치한 B 지역은 따뜻한 공기가 분포하므로 C 지역보다 기온이 높다.

■ **바로알기** ㄱ. 저기압 중심에서 가장 멀리 떨어져 있는 B 지역의 기압이 가장 높다.

ㄷ. C 지역은 온난 전선 앞쪽으로, 남동풍이 분다.

15 A는 한랭 전선의 뒤쪽으로, 전선 부근의 좁은 범위에 적운형 구름이 발달하고, C는 온난 전선의 앞쪽으로, 전선 앞쪽의 넓은 범위에 층운형 구름이 발달한다. B는 한랭 전선과 온난 전선 사이의 지역으로, 구름이 없고 날씨가 맑다.

■ **모범답안** A 지역에는 적운형 구름이 발달하고 강우 범위는 좁다. C 지역에는 층운형 구름이 발달하고 강우 범위가 넓다.

채점 기준	배점
두 지역의 구름의 종류와 강우 범위를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
두 지역의 구름의 종류와 강우 범위 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %
한 지역의 구름의 종류와 강우 범위만 옳게 서술한 경우	50 %

16 온대 저기압이 통과할 때 온난 전선의 앞쪽에서는 남동풍이, 한랭 전선과 온난 전선의 사이에서는 남서풍이, 한랭 전선의 뒤쪽에서는 북서풍이 분다.

■ **모범답안** (나)의 시기에는 풍향이 남동풍에서 남서풍으로 변화하였으므로 온난 전선이 통과하였고, (다)의 시기에는 풍향이 남서풍에서 북서풍으로 변화하였으므로 한랭 전선이 통과하였다.

채점 기준	배점
(나)와 (다) 시기에 통과한 전선을 풍향 변화와 함께 옳게 서술한 경우	100 %
(나)와 (다) 시기에 통과한 전선 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

17 ① (가)는 온대 저기압이 통과할 때 온난 전선의 앞쪽 부분에 발달하는 권운이나 권층운에서 나타나는 햇무리의 모습이다.

② (나)는 한랭 전선의 뒤쪽에 나타나는 적운형 구름이므로 (가)는 (나)보다 온대 저기압이 통과할 때 먼저 관찰된다.

③ 햇무리의 관측은 온난 전선이 접근하고 있음을 알려 주는 현상이다.

⑤ 적운형 구름은 강한 상승 기류가 발생할 때 만들어지는 구름이다.

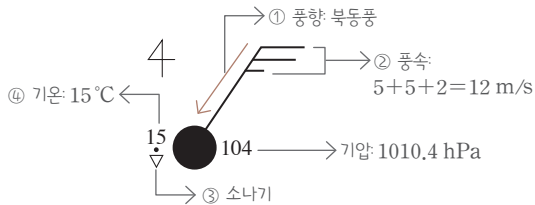
■ **바로알기** ④ (나)의 적운형 구름은 한랭 전선이 지나고 나면 나타나므로 한랭 전선의 뒤쪽에 나타나는 구름이다.

18 ㄱ. 한랭 전선은 온난 전선보다 이동 속도가 빠르기 때문에 시간이 지나면 만나서 폐색 전선으로 변한다.

ㄴ. 온난 전선과 한랭 전선이 나누어져 있는 (가)보다 폐색 전선이 만들어진 (나)가 더 나중에 작성된 것이다. 따라서 온대 저기압은 시간이 지나면 (가)에서 (나)로 변해간다.

ㄷ. 온대 저기압 (가)는 중심 기압이 996 hPa~1000 hPa 사이이고, (나)의 중심 기압은 988 hPa~992 hPa 사이이므로 중심 기압은 (가)보다 (나)에서 더 낮다. 저기압은 중심 기압이 낮을수록 세력이 강하므로 (가)보다 (나)에서 세력이 더 강하다.

19 **꼼꼼** 문제 분석



■ **바로알기** ⑤ 기압값은 천의 자리와 백의 자리를 생략하고 소수점 첫째 자리까지 나타내므로 현재 기압은 1010.4 hPa이다.

20 나. A 지역은 주변보다 기압이 낮은 곳이므로 저기압이 위치하여 흐리고 비가 온다.

ㄷ. 운량에 나타나는 깃대의 방향이 풍향이므로 B 지역에는 남서풍이 분다.

ㄹ. C 지역은 주변보다 기압이 높은 곳이므로 고기압이 위치하여 날씨가 맑다.

■ **바로알기** ㄱ. ㉠은 ㉡에 비하여 등압선의 간격이 넓기 때문에 바람이 약하게 분다.

(2) 태풍은 기단 내에서 지구의 자전 효과에 의한 소용돌이가 발생하여 형성되므로 전선을 동반하지 않는다.

(3) 태풍은 육지에 상륙하면 에너지원인 수증기의 공급이 차단되고 지표면과의 마찰이 증가하여 세력이 급격히 약화된다.

(4) 태풍의 중심에서는 약한 하강 기류가 나타나는데, 이를 태풍의 눈이라고 한다.

(5) 우리나라에서는 주로 7월에서 9월 사이에 집중적으로 태풍의 영향을 받는다.

2 (1) 그래프의 X는 중심으로 갈수록 값이 작아지고 주변으로 갈수록 빠르게 커지는 것으로 보아 기압 분포를 나타낸다. 그래프의 Y는 중심에서 약간 벗어난 부분에서 최댓값을 갖고 주변으로 갈수록 작아지는 것으로 보아 태풍의 풍속 변화를 나타낸다.

(2) 태풍의 중심은 태풍의 눈으로 열대 저기압의 중심에 해당하므로 기압이 가장 낮으며, 약한 하강 기류에 의해 맑은 날씨가 나타나고 바람이 거의 불지 않는다.

3 태풍은 수온이 27°C 이상인 따뜻한 바다, 즉 위도 5°~25°인 열대 해상에서 수권과 기권 사이의 상호 작용에 의해 발생한다. 태풍은 에너지원인 수증기의 공급이 차단되면 세력이 급격히 약해진다.

4 북반구 지역에서는 태풍 이동 경로의 오른쪽 반원이 위험 반원이므로 B와 C가 이에 해당한다.

5 (1) 태풍의 위험 반원에 속한 지역은 태풍 이동 경로의 오른쪽 부분에 해당하므로 풍향이 시계 방향으로 변한다.

(2), (3) 태풍 이동 경로의 오른쪽 부분은 태풍 내 풍향과 태풍의 이동 방향 및 대기 대순환에 의한 바람의 방향이 같아 풍속이 강하다. 이를 위험 반원이라고 한다. 위험 반원에서는 안전 반원에 서보다 강한 바람과 많은 비가 내리므로 더 큰 피해가 생긴다.

2 태풍과 우리나라의 주요 약기상

개념 확인 문제

136쪽

- ① 17 ② 응결열(숨은열) ③ 동심원 ④ 전선 ⑤ 태풍의 눈
⑥ 위험 반원 ⑦ 안전 반원

- 1 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × (5) ○ 2 (1) X: 기압, Y: 풍속
(2) 낮은 3 ㉠ 5°~25°, ㉡ 기권, ㉢ 수증기 4 B, C
5 (1) × (2) ○ (3) ×

1 (1) 태풍은 표층 수온이 27°C 이상인 위도 5°~25°의 열대 해상에서 발생한다.

개념 확인 문제

139쪽

- ① 뇌우 ② 우박 ③ 국지성(집중) 호우 ④ 강풍 ⑤ 한파
⑥ 황사

- 1 ㉠ 적운, ㉡ 성층 2 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × 3 ㉠ 적란운, ㉡ 상층 4 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × 5 (가) 강풍 (나) 우박 6 ㉠ 편서풍, ㉡ 북철

1 뇌우는 강한 상승 기류로 적운이 급격하게 성장하는 적운 단계, 상승 기류와 하강 기류가 공존하는 성숙 단계, 하강 기류가 우세해지면서 뇌우가 소멸하는 소멸 단계로 구분한다.

2 (1) 뇌우는 강한 상승 기류가 나타나는 불안정한 대기에서 적운 또는 적란운이 발생할 때 생긴다.

- (2) 뇌우는 천둥과 번개를 동반하고 강한 소나기가 내린다.
 (3) 상승 기류만 나타나는 뇌우의 발달 단계는 적운 단계이다.
 (4) 강한 상승 기류와 하강 기류가 동시에 나타나는 뇌우의 발달 단계는 성숙 단계이다.

3 우박은 두껍게 발달한 적란운 속에 생긴 눈 결정이 하강하다가 강한 상승 기류를 타고 상승과 하강을 반복하면서 만들어진다.

4 (1) 국지성 호우는 강한 상승 기류가 나타나는 불안정한 대기에서 생기는 현상이다.

- (2) 국지성 호우는 좁은 지역에 짧은 시간 동안 많은 양의 비가 집중적으로 내리는 현상으로, 집중 호우라고도 한다.
 (3) 대기가 안정한 경우에는 맑은 날씨가 주로 나타나며, 불안정한 대기에서 국지성 호우 등의 악기상이 나타난다.
 (4) 층운형 구름은 약한 비를 내리는 구름이고 적운형 구름일 때 국지성 호우가 내린다.

5 (가)는 비닐하우스가 강풍에 의해 찢어진 모습이고, (나)는 우박에 의해 비닐하우스에 많은 구멍이 생긴 모습이다.

6 황사는 주로 우리나라 봄철인 3월에서 5월 사이에 많이 발생하며, 강한 편서풍을 타고 우리나라로 이동해 온다.

대표 자료 분석

140 쪽~141 쪽

자료 1 1 A 2 B 3 A 4 (1) ○ (2) × (3) × (4) × (5) ○

자료 2 1 ㉠ 위험, ㉡ 강, ㉢ 컷을 2 시계 반대 방향
3 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ○ (5) ×

자료 3 1 (가) 적운 단계 (나) 성숙 단계 (다) 소멸 단계
2 ㄱ, ㄴ, ㄷ 3 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ○ (5) ×

자료 4 1 봄, 가을 2 (다) 3 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × (5) × (6) ○

1-1 태풍의 중심인 B보다 중심에서 약간 떨어진 A에서 풍속이 더 빠르다.

1-2 태풍의 중심(B)에는 구름이 없는 맑은 날씨가 나타나는 태풍의 눈이 존재한다.

1-3 태풍 주변에서의 바람은 이동 경로의 왼쪽에 위치하는 지역(A)이 약하며, 이를 안전 반원이라고 한다.

1-4 (1) 태풍 진행 방향의 왼쪽인 A에서는 서풍 계열의 바람이 분다.

(2) 태풍의 중심(B)은 하강 기류에 의해 구름이 소멸하여 맑은 날씨가 나타나지만 저기압의 중심 부분으로 고기압은 아니다.

(3) 태풍의 눈에서는 바람이 거의 불지 않고 맑은 날씨가 나타난다.

(4) 기압은 태풍의 중심에서 멀수록 높아진다.

(5) 태풍의 진행 경로의 오른쪽에 해당하는 C는 위험 반원에 속한다.

2-1 태풍이 B에 있을 때 부산은 태풍 이동 경로의 오른쪽에 해당하므로 위험 반원에 속한다. 따라서 안전 반원에 속하는 서울보다 바람의 세기가 강하고 피해가 컸을 것이다.

2-2 태풍 이동 경로의 왼쪽에 속하는 안전 반원 지역에서는 풍향이 시계 반대 방향으로 변한다.

2-3 (1) 태풍 경로의 오른쪽에 속하는 위험 반원 지역에서는 풍향이 시계 방향으로 변한다.

(2) 태풍이 우리나라를 통과하는 동안 육지 위를 지나면서 수증기의 공급이 이루어지지 않기 때문에 세력이 약해진다.

(3) 저기압 중심으로 바람이 시계 반대 방향으로 불어 들어오므로 태풍이 B에 있을 때 서울에서는 북풍 계열의 바람이 분다.

(4) 태풍은 우리나라를 통과하면서 세력이 약해지고 중심 기압이 높아졌을 것이다.

(5) 태풍이 B에 있을 때는 편서풍의 영향을 받는다.

3-1 뇌우는 적운 단계 → 성숙 단계 → 소멸 단계를 거치면서 발달한다.

3-2 뇌우는 지표면이 국지적으로 가열되어 강한 상승 기류가 생기는 경우에 잘 발생한다. 또, 태풍이나 한랭 전선 위로 공기가 빠르게 상승할 때 잘 발생한다.

3-3 (1) 뇌우는 강한 상승 기류로 인해 적운이나 적란운과 같은 적운형 구름이 발생하는 지역에서 나타난다.

(2) 뇌우는 천둥과 번개를 동반하고 소나기가 내리는 현상을 말하며, 때때로 천둥, 번개만 치고 소나기가 내리지 않는 경우가 발생하기도 한다.

(3) (가)의 단계는 적운이 성장하는 단계로 강한 상승 기류만 존재한다.

(4) (나) 단계에서 소나기가 내리기 시작하면 상승 기류와 하강 기류가 동시에 나타나게 된다.

(5) (다) 단계에서는 약한 비가 내리며 뇌우가 점차 소멸한다.

4-1 (나)의 우박은 주로 봄철이나 가을철에 발생한다.

4-2 (가)는 집중 호우, (나)는 우박, (다)는 폭설, (라)는 황사이다. 이들 중에서 겨울철에만 나타나는 현상은 폭설로 시베리아 기단의 영향으로 나타난다.

4-3 (1) 악기상은 대부분 대기가 불안정하여 상승 기류가 발달할 때 나타난다.

(2) 집중 호우는 시간당 30 mm 이상, 하루에 80 mm 이상의 많은 비가 집중적으로 내리는 현상이다.

(3) (나)의 우박은 구름 내에서 상하 운동을 하는 동안 크기가 커지게 되므로 단면을 쪼개면 나이트와 같은 층상 구조를 볼 수 있다.

(4) (다)는 폭설로 겨울철 시베리아 기단이 황해를 지나면서 수증기가 충분히 공급되어 우리나라로 확장될 때 주로 나타나는 현상이다. 양쯔강 기단은 봄과 가을철에 우리나라에 영향을 주는 기단이다.

(5) 황사는 3월에서 5월 사이, 즉 주로 봄철에 발생한다.

(6) 황사는 사막 지대의 모래가 바람에 날려 이동하다가 서서히 내려오는 현상이므로 기권과 지권의 상호 작용으로 발생한다.

내신 만점 문제

142 쪽~145 쪽

- | | | | | | |
|----------|------|------|------|------|------|
| 01 ④ | 02 ② | 03 ② | 04 ④ | 05 ② | 06 ③ |
| 07 해설 참조 | 08 ⑤ | 09 ④ | 10 ① | 11 ④ | |
| 12 ② | 13 ① | 14 ④ | 15 ④ | 16 ④ | |

01 ㄴ. 열대 저기압은 수온이 높은 따뜻한 바다에서 생성된다.
ㄷ. 태풍의 에너지원은 수증기의 응결열로 수권으로부터 수증기의 공급이 원활할수록 세력이 강해진다. 따라서 태풍은 수권과 기권의 상호 작용으로 발생한다.

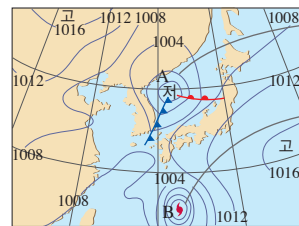
바로알기 ㄱ. 열대 저기압은 서태평양 해역에서 30개(38%)가 발생하므로 서태평양 해역에서 가장 많이 발생한다. 동태평양에서는 14개(17%)가 발생한다.

02 ㄴ. 풍속의 분포를 볼 때 태풍 중심의 오른쪽이 왼쪽보다 강하게 나타나므로 (가)의 C 지역은 A 지역보다 더 강한 바람이 분다.

바로알기 ㄱ. (가)의 B 지역은 태풍의 눈이 존재하는 곳으로 약한 하강 기류가 생긴다.

ㄷ. (나)에서 X는 기압 분포를, Y는 풍속 분포를 나타낸다.

03 꼼꼼 문제 분석



- 온대 저기압 → 전선을 동반
→ 한대 전선대 부근에서 발생, 서에서 동으로 이동
- 열대 저기압(태풍) → 조밀한 동심원 모양의 등압선 → 열대 해상에서 발생, 강한 바람과 비를 동반, 고위도 방향으로 이동

① 태풍(B)의 에너지원은 수증기가 응결할 때 방출되는 숨은열(응결열)이다.

③ 일반적으로 온대 저기압(A)보다 태풍(B)의 중심 기압이 더 낮고, 태풍(B)의 등압선이 온대 저기압(A)보다 조밀하므로 태풍은 더 강한 바람을 동반한다.

④ 일반적으로 온대 저기압(A)은 편서풍에 의해 동쪽 방향으로 이동하고, 태풍(B)은 무역풍과 편서풍에 의해 고위도 방향으로 포물선 궤도를 그리며 이동한다.

⑤ 온대 저기압(A)은 온대 지방이나 한대 전선대 부근에서, 태풍(B)은 위도 5°~25°의 열대 해상에서 발생한다.

바로알기 ② 온대 저기압(A)과 태풍(B)은 모두 저기압이므로 상승 기류가 발달한다. 하지만 태풍(B)의 경우 중심인 태풍의 눈에서 약한 하강 기류가 나타난다.

04 ㄴ. 관측 지역의 풍향은 8월 27일에는 남동풍이 불고, 8월 28일에는 남풍 계열의 바람이 불었으며, 8월 29일에는 서풍 계열의 바람이 불었다. 태풍이 통과하는 동안 풍향이 남동풍에서 남풍, 서풍으로 변하여 시계 방향으로 변해가므로 관측 지역은 위험 반원에 속해 있다.

ㄷ. 태풍의 풍속이 가장 강한 8월 28일에 관측 지역은 태풍에 가장 가까운 거리에 위치하여 가장 많은 피해를 입었다.

바로알기 ㄱ. 8월 28일 10시경에 기압이 가장 낮았지만 풍속이 최대인 것으로 보아 관측 지역은 태풍의 중심에는 위치하지 않았지만 태풍과의 거리가 가장 가까웠다.

05 ㄱ. 7월 9일 이후 태풍은 평균 수온이 낮은 바다와 육지를 통과하게 되므로 수증기의 공급이 원활히 이루어지지 않게 되어 세력이 약해진다. 태풍은 저기압이므로 세력이 약해지면 중심 기압이 높아질 것이다.

ㄴ. 7월 9일 이후 태풍은 우리나라 부근의 편서풍이 부는 지역을 통과하므로 이동 속도가 빨라질 것이다.

▣ **바로알기** ▣ ㄷ. 태풍의 눈은 세력이 강할 때 뚜렷해지며, 태풍의 세력이 약해지면 태풍의 눈이 흐려진다.

06 ㄱ. 태풍이 이동해 갈 경로 상의 A 해역의 수온이 높으면 수증기의 공급이 원활해져 태풍의 세력이 강해진다.

ㄷ. 부산 지역은 태풍이 통과하는 경로의 오른쪽 반원에 속하므로 풍향이 시계 방향으로 변해간다.

▣ **바로알기** ▣ ㄴ. B 고기압의 세력이 강하면 이 고기압이 미치는 힘에 의해서 태풍의 경로가 예상한 경로보다 서쪽으로 치우쳐 나타난다.

07 **꼼꼼** 문제 분석

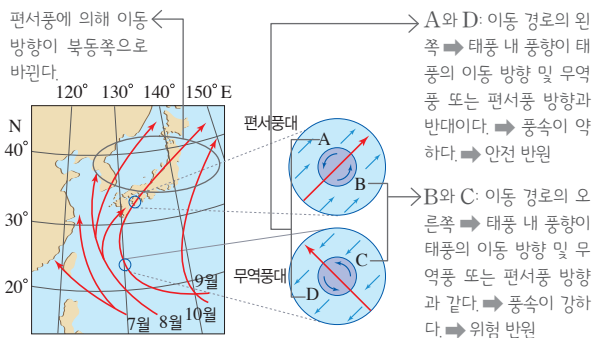


위험 반원은 태풍 내 풍향과 태풍의 이동 방향 및 대기 대순환에 의한 바람의 방향이 같아 풍속이 강하므로 피해가 더 크다.

☞ **모범답안** 편서풍, 부산, 태풍 이동 경로의 오른쪽인 위험 반원에 위치하기 때문이다.

채점 기준	배점
바람의 이름을 쓰고, 피해가 큰 지역과 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
바람의 이름 또는 피해가 큰 지역만 옳게 쓴 경우	20 %

08 **꼼꼼** 문제 분석



ㄴ. 무역풍대에서는 태풍의 이동 방향이 무역풍의 직각 방향이고, 편서풍대에서는 태풍의 이동 방향이 편서풍과 같은 방향이므로 태풍의 이동 속도는 편서풍대에서 더 빠르다.

ㄷ. 태풍 이동 경로의 오른쪽 반원은 태풍 내 풍향이 태풍의 이동 방향 및 대기 대순환에 의한 바람(무역풍, 편서풍)의 방향과 같아 풍속이 왼쪽 반원보다 더 강하다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. 태풍 이동 경로의 오른쪽인 B와 C가 위험 반원이고, 왼쪽인 A와 D가 안전 반원이다.

09 ㄴ. 태풍의 중심은 기압이 가장 낮은 16시경에 통과하였으며, 태풍 통과 전보다 태풍 통과 후에 강수량이 더 많았다.

ㄷ. 풍향은 북동풍에서 북풍, 서풍으로 변하고 있어 시계 반대 방향으로 변하므로 관측 지역은 안전 반원에 속해 있다. 따라서 상대적으로 피해가 작았다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. 태풍의 중심이 통과할 때 풍속이 거의 최대치에 이르고 있다. 따라서 관측 지역은 태풍의 눈이 이동하는 경로 상에 위치하지는 않는다. 태풍의 눈이 이동하는 경로 상에 위치하면 태풍의 중심이 통과할 때 풍속이 매우 약해진다.

10 (가) 지역은 풍향이 시계 방향으로 변하므로 태풍 경로의 오른쪽에 속해 위험 반원에 해당한다. (나)는 풍향이 시계 반대 방향으로 변하므로 태풍 경로의 왼쪽에 속해 안전 반원에 해당한다.

ㄱ. 위험 반원에 속해 있는 (가) 지역은 안전 반원에 속해 있는 (나) 지역보다 강수량이 더 많다.

▣ **바로알기** ▣ ㄴ. (나) 지역은 안전 반원에 속해 있어 (가) 지역에 비해 바람의 세기가 약하므로 강풍에 의한 피해를 덜 입을 수 있다.

ㄷ. 우리나라는 수증기의 공급이 잘 이루어지지 않는 육지이므로 태풍이 우리나라를 통과하는 동안 태풍의 세력이 약해지고 태풍의 눈은 흐려진다.

11 태풍은 강풍과 함께 많은 비를 내린다. 또한 태풍은 중심 기압이 낮아 태풍의 중심 부분은 해수면의 높이가 높아지므로 태풍이 통과하는 동안 폭풍 해일에 의한 피해를 입을 수 있다.

▣ **바로알기** ▣ ㄴ. 태풍은 저위도 지역에서 고위도 지역으로 이동하므로 대체로 기온이 높아 한파는 나타나지 않는다. 한파는 겨울철 시베리아 고기압이 접근하는 경우에 나타난다.

12 (가)는 소멸 단계, (나)는 적운 단계, (다)는 성숙 단계이다.

ㄴ. 적운 단계에서는 강한 상승 기류가 발생하여 적운이 급격히 성장하는 단계이다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. 뇌우의 발달 단계는 적운 단계 → 성숙 단계 → 소멸 단계를 거치므로 순서대로 나열하면 (나) → (다) → (가)이다.

ㄷ. 천둥과 번개를 동반하여 강한 소나기가 내리는 단계는 성숙 단계인 (다)이다.

13 ㄱ. 우박은 강한 상승 기류가 있는 지역에서 상승과 하강을 반복하여 만들어지므로 하늘에 적운이나 적란운이 형성되었을 것이다.

▣ **바로알기** ▣ ㄴ. 우박이 내리는 경우는 뇌우의 발달 과정 중 뇌우가 가장 발달하여 상승 기류와 하강 기류가 공존하는 성숙 단계에 있을 때이다.

ㄷ. 우박은 적란운이 형성된 지역에 내리므로 좁은 지역에 피해를 준다.

14 ① 집중 호우는 시간당 30 mm 이상, 하루에 80 mm 이상, 또는 하루에 연강수량의 10 % 이상의 비가 좁은 지역에 집중되는 현상으로, 국지성 호우라고도 한다.

② 집중 호우는 강한 상승 기류가 발달하는 불안정한 대기에서 발생하는 악기상이다.

③ 집중 호우는 강한 상승 기류로 인해 수직 방향으로 높은 곳까지 두껍게 발달하는 적운형 구름에서 생기는 악기상이다.

⑤ 국지성 호우로 인한 피해를 줄이기 위해 사전에 배수로나 하수구를 점검하고 위험 시설물을 제거해야 한다.

▣ **바로알기** ▣ ④ 집중 호우는 보통 반경 10 km ~ 20 km인 비교적 좁은 지역에서 짧은 시간 동안 많은 비가 내리는 현상이다.

15 ① 모래 먼지는 건조한 토양에서 잘 발생하므로 발원지가 건조할수록 황사가 심해진다.

② 황사는 기권과 지권의 상호 작용으로 발원지에서 강풍이 불거나 햇빛이 강하게 비추어 저기압이 형성될 때 발생한다.

③ 황사는 강한 편서풍을 타고 우리나라를 지나 일본, 태평양, 북아메리카까지 이동하기도 한다.

⑤ 인간의 활동이 증가하여 사막화가 진행될수록 황사의 발생 횟수 및 세기가 증가한다.

▣ **바로알기** ▣ ④ 황사는 발원지에서 저기압이 형성되고 2일~3일 후 우리나라에 고기압이 형성될 때 발생할 확률이 높다.

16 ㄱ. (가)는 미세 먼지에 의해 호흡기 질환이나 안과 질환을 유발하므로 황사이며, 황사는 우리나라의 봄철에 자주 발생하는 현상이다.

ㄷ. (다)는 천둥과 번개를 동반하는 소나기이므로 뇌우이며, 뇌우는 강한 상승 기류로 인해 수직으로 높은 곳까지 두껍게 발달하는 적운이나 적란운이 생길 때 나타난다.

▣ **바로알기** ▣ ㄴ. (나)는 시베리아 기단이 황해를 지나는 동안 많은 수증기를 공급받아 눈구름을 형성할 때 나타나는 폭설이다. 시베리아 기단은 고위도 지역에서 생성되어 저위도 쪽에 위치한 우리나라 쪽으로 확장된다. 따라서 이동하는 동안 지표면으로부터 열을 공급받아 불안정해지므로 상승 기류가 발달한다.

3 해수의 성질

개념 확인 문제

148쪽

① 염분 ② 염분비 일정 법칙 ③ 증발량 ④ 강물 ⑤ 용존 기체 ⑥ 낮을 ⑦ 낮을 ⑧ 용존 산소

1 ㉠ 35, ㉡ 다르, ㉢ 일정 2 A: 31.10 g, B: 40.00 g

3 (1) ㄴ, ㄷ (2) ㄱ (3) ㄷ, ㄹ 4 적도 해역 < 위도 30° 해역

5 ①, ⑤ 6 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ×

1 전 세계 해수의 평균 염분은 약 35 psu이다. 해수는 시간과 장소에 따라 염분이 달라지더라도 염류 사이의 성분 비율은 거의 일정하게 유지되는 염분비 일정 법칙이 성립된다.

2 (가)의 해수와 (나)의 해수는 각 염류의 함량은 달라도 염분비 일정 법칙에 의해 염류 사이의 성분 비율이 일정하므로 다음과 같은 비례식에 의해 A의 양을 알 수 있다.

$$24.88 \text{ g} : 3.48 \text{ g} = A : 4.35 \text{ g}$$

따라서 A의 양은 31.10 g이다.

B는 (나) 해수의 전체 염류를 더한 값이므로 $31.10 \text{ g} + 4.35 \text{ g} + 4.55 \text{ g} = 40.00 \text{ g}$ 이 된다.

3 (1) 해수에서 증발량이 증가하면 순수한 물의 양이 줄어들어 염분이 높아진다. 또한 해수의 결빙이 일어날 때에는 물이 얼면서 염류가 빠져 나가므로 염분이 증가한다.

(2) 대륙의 연안 지역에서는 염분이 낮은 강물 등의 하천수가 바다로 유입되므로 염분이 낮아진다.

(3) 극지방에서는 해수의 결빙이 일어나면 염분이 증가하고 해빙이 일어나면 염분이 낮아진다. 즉, 극지방의 해수는 해빙과 결빙이 염분 변화에 가장 큰 영향을 준다.

4 위도 30° 해역은 증발량이 강수량보다 많으므로 염분이 높게 나타나고, 적도 해역은 강수량이 증발량보다 많으므로 염분이 낮게 나타난다.

5 해양 생물도 광합성 작용을 할 때는 이산화 탄소를 흡수하고 산소를 배출하며, 호흡 활동을 할 때는 산소를 흡수하고 이산화 탄소를 배출한다. 따라서 해양 생물의 생명 활동에 가장 중요한 용존 기체는 산소와 이산화 탄소이다.

6 (1) 용존 기체 중에서 산소의 일부는 해양 식물의 광합성 과정에서 생성되어 공급되므로 용존 기체 전부가 대기로부터 녹아 들어온 것은 아니다.

- (2) 이산화 탄소는 산소보다 물에 더 많이 녹는다. 따라서 산소는 이산화 탄소보다 해수에 적게 녹아 있다.
- (3) 표층 해수에는 대기에서 녹아 들어간 산소뿐만 아니라 해양 식물의 광합성 과정에서 생성된 산소가 함께 녹아 있으므로 심층 해수보다 더 많은 산소가 녹아 있다.
- (4) 해양 생물들도 호흡 활동을 하는 동안에는 해수에 녹아 있는 산소를 흡수하고 이산화 탄소를 배출한다.
- (5) 기체의 용해도는 수온이 낮을수록 증가하므로 해수의 수온이 상승하면 해수에 녹는 산소의 양이 줄어든다.

개념 확인 문제

152쪽

- ① 태양 복사 에너지 ② 혼합층 ③ 수온 약층 ④ 위도
⑤ 계절 ⑥ 낮을수록 ⑦ 높을수록 ⑧ 낮게

- 1 ㉠ 낮아, ㉡ 위도 2 ㉢, ㉣ 3 (1) × (2) ○ (3) ○
4 해수의 밀도 5 1.0255 g/cm³ 6 (1) ○ (2) × (3) ○

1 지구는 등궤기 때문에 지표면이 단위 면적당 받는 태양 복사 에너지량은 고위도로 갈수록 적어진다. 따라서 저위도일수록 해수의 수온이 높고, 고위도로 갈수록 수온이 낮아진다. 지표면에 도달하는 태양 복사 에너지의 양은 같은 위도 상에서는 거의 같다. 이로 인해 표층 해수의 등수온선은 대체로 위도선과 나란한 분포를 보인다.

2 혼합층은 태양 복사 에너지에 의해 가열된 표층 해수가 바람에 의해 강제 혼합되어 깊이에 관계없이 수온이 일정하다. 따라서 혼합층의 형성에는 태양 복사 에너지, 바람의 세기 등이 영향을 준다.

- 3** (1) 중위도 해역은 편서풍이 강하게 분다. 따라서 적도 해역보다 중위도 해역에서 혼합층의 두께가 두껍게 나타난다.
(2) 위도 60° 이상의 고위도 해역은 지표면에 도달하는 태양 복사 에너지보다 지구가 방출하는 지구 복사 에너지의 양이 많기 때문에 냉각된다. 따라서 위도 60° 이상의 해역은 지속적으로 냉각된 표층 해수가 침강하여 해저면까지 가라앉게 되므로 혼합층이 생기지 않는다.
(3) 중위도 해역은 강한 편서풍의 영향으로 혼합층의 두께가 두껍게 나타나므로 수온 약층이 시작되는 위치가 깊게 나타난다.

4 해수의 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 크게 나타난다.

5 가로축에서 염분 34.4 psu를 찾고, 세로축에서 수온 15°C를 찾은 후 두 값의 교차점을 지나는 등밀도선의 값을 읽는다. 따라서 이 해수의 밀도는 1.0255 g/cm³이다.

- 6** (1) 심해층에서는 수심이 달라져도 해수의 밀도가 거의 변하지 않는다.
(2) 수온 약층에서는 깊이에 따라 수온이 급격히 낮아지므로 해수의 밀도가 깊이에 따라 급격히 증가한다.
(3) 적도 해역은 수온이 높고 염분이 낮기 때문에 밀도가 가장 작게 나타난다. 위도 50°~60° 해역은 수온이 낮기 때문에 밀도가 가장 크게 나타난다.

대표 자료 분석

153쪽~154쪽

자료 ① 1 ③ 2 ③ 3 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) ○

자료 ② 1 A: 혼합층, B: 수온 약층, C: 심해층 2 (나)
3 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × (5) ○

자료 ③ 1 50 m~200 m 2 증가한다. 3 수온: 3°C, 염분: 33.8 psu 4 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) ○ (6) ×

자료 ④ 1 8월 2 표층 수온: 8월, 표층 염분: 2월 3 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × (5) ○ (6) × (7) ○

①-1 꼼꼼 문제 분석

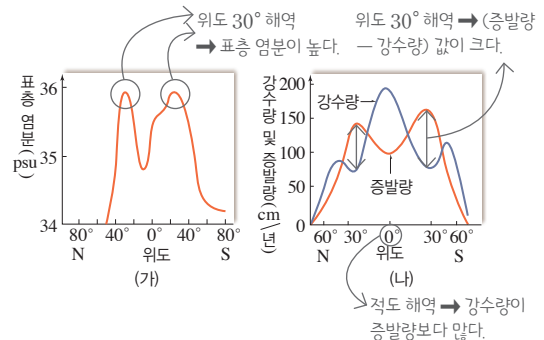


그림 (가)에서 염분은 위도 30° 해역에서 가장 높다.

①-2 (나)에서 (증발량-강수량)의 값이 가장 크게 나타나는 위도는 위도 30° 해역이다.

①-3 (1) 적도 해역은 저압대가 분포하고 상승 기류가 발달하여 구름이 만들어지기 때문에 증발량보다 강수량이 더 많다.

- (2) 적도 해역은 저압대가 발달하고, 위도 30° 해역은 고압대가 발달하므로 증발량은 고압대가 발달하는 위도 30° 해역에서 많다.
- (3) 적도 해역은 태양의 고도가 가장 높아져 지속적으로 가열되어 저압대가 분포하고 상승 기류가 발달한다. 이로 인해 구름이 생성되므로 강수량이 많다.
- (4) 그림 (가)에서 적도 해역은 중위도 해역보다 염분이 낮다.
- (5) 염류 사이의 비율은 시간과 장소에 관계없이 거의 일정하게 나타나는데, 이를 염분비 일정 법칙이라고 한다.

②-1 A는 해수 표층에서 깊이에 관계없이 수온이 일정한 곳이므로 혼합층이고, B는 수심이 깊어짐에 따라 수온이 급격히 낮아지는 층이므로 수온 약층이며, C는 수심이 가장 깊은 곳으로 수온이 거의 일정하게 나타나므로 심해층이다.

②-2 (가) 해역보다 (나) 해역에서 혼합층의 두께가 더 두껍기 때문에 (가) 해역보다 (나) 해역에서 바람이 더 강하게 분다.

- ②-3** (1) 표층 해수인 A층은 태양 복사 에너지를 직접 흡수한다.
- (2) 혼합층의 수온이 (가) 해역이 (나) 해역보다 더 높은 것으로 보아 (가) 해역은 (나) 해역보다 태양 복사 에너지를 더 많이 받는 저위도에 위치한다.
- (3) 혼합층(A)의 두께는 (가) 해역보다 (나) 해역에서 더 두껍게 나타난다.
- (4) 심해층(C)의 수온은 (가) 해역과 (나) 해역이 모두 3°C~4°C로 비슷하게 나타난다.
- (5) 표층 수온이 더 높은 (가) 해역이 (나) 해역보다 수온 약층이 더 뚜렷하게 나타난다.

③-1 수온 약층은 혼합층 바로 아래에서 수심이 깊어짐에 따라 수온이 급격히 낮아지는 층이다. 따라서 수온 약층은 수온이 급격히 낮아지는 50 m~200 m 사이에 나타난다.

③-2 수온 약층에서는 수온이 급격하게 낮아짐에 따라 해수의 밀도가 급격히 증가한다.

③-3 수온 염분도의 세로축은 수온, 가로축은 염분이므로 300 m 지점에서 세로축 값을 읽으면 수온이 3°C이고, 가로축 값을 읽으면 염분은 33.8 psu이다.

- ③-4** (1) 수온이 낮아지면 해수의 밀도는 커진다.
- (2) 염분이 증가하면 해수의 밀도는 커진다.

- (3) 0 m의 해수는 밀도가 1.0255 g/cm³이고, 50 m의 해수는 밀도가 약 1.0257 g/cm³이다. 따라서 0 m의 해수는 50 m의 해수보다 밀도가 작다.
- (4) 혼합층은 해수 표층에서 수온이 일정한 깊이까지에 해당하므로 0~50 m 사이에 존재한다.
- (5) 혼합층은 염분이 34.1 psu~34.2 psu 사이이고, 수온 약층은 염분이 33.7 psu~34.2 psu이므로 염분은 혼합층이 수온 약층보다 더 높다.
- (6) 심해층은 깊이가 증가해도 수온은 거의 변하지 않으므로 심해층의 밀도는 염분의 영향을 더 크게 받는다.

④-1 표층 수온이 높은 8월에 수온 약층이 더 뚜렷하게 발달한다.

④-2 표층 수온은 8월에 더 높고 표층 염분은 2월에 더 높다.

- ④-3** (1) 수온이 높다고 해서 염분이 높은 것이 아니며, 염분이 높다고 해서 수온이 높은 것은 아니다.
- (2) 우리나라 주변에서는 여름보다 겨울철에 더 강한 바람이 불기 때문에 겨울철에 혼합층의 두께가 더 두껍게 나타난다.
- (3) 수심 200 m 이상의 깊이에서는 2월에서 8월로 계절이 달라져도 수온이 거의 변하지 않고 일정하므로 심해층에 해당한다.
- (4) 우리나라는 표층 염분이 겨울철보다 여름철에 더 낮다. 따라서 겨울철보다 여름철에 강수량이 더 많음을 알 수 있다.
- (5) 심해층의 해수는 연중 수온과 염분이 거의 변하지 않고 일정하므로 해수의 밀도도 거의 변하지 않고 일정하다.
- (6) 표층 해수의 밀도는 수온이 낮고 염분이 높은 겨울철에 더 크다.
- (7) 여름철보다 겨울철에 혼합층의 두께가 더 두꺼우므로 겨울철에 바람이 더 강하게 분다는 것을 알 수 있다.

내신 만점 문제

155쪽~159쪽

01 ⑤	02 해설 참조	03 ④	04 ①	05 ③
06 ③	07 ⑤	08 ③	09 ⑤	10 ⑤
11 ①	12 태양 복사 에너지의 입사량	13 ③	14 ②	15 ①
16 ③	17 ②	18 ③	19 ⑤	20 ⑤
21 ⑤	22 ④	23 ④		

01 ㄱ. 해수 1 kg에 녹아 있는 염류가 35 g이므로 해수의 평균 염분은 35 psu이다.

ㄴ. 해수에는 Cl^- 이 가장 많이 녹아 있다.

ㄷ. 염분은 시간과 장소에 따라 달라져도 염류 사이의 성분 비율은 항상 일정하게 유지된다.

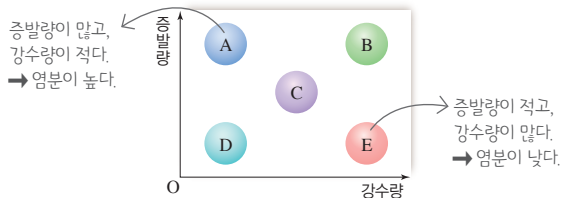
02 평균 해수의 염분이 35 psu일 때 염화 나트륨은 27.2 g이 녹아 있다. 따라서 우리나라 황해에서 채취한 해수의 염화 나트륨 함량이 24.88 g이면 염분을 X라 할 때 $35 : 27.2 = X : 24.88$ 의 비례식을 세울 수 있다.

모범답안 $35 : 27.2 = X : 24.88$, 32 psu

채점 기준	배점
비례식을 세우고, 값을 옳게 구한 경우	100 %
비례식만 옳게 세운 경우	60 %

03 염분은 증발량이 많고 강수량이 적으며, 하천수의 유입량이 적을 때 높다. 또한 극지방에서는 해수의 결빙량이 많고 해빙량이 적을 때 염분이 높다.

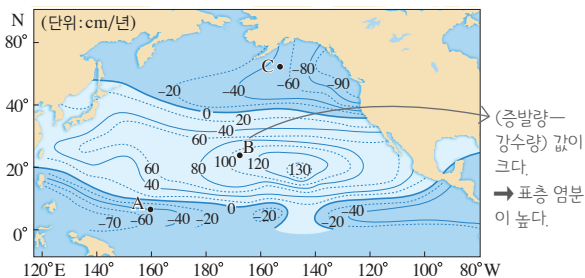
04 **꼼꼼** 문제 분석



표층 염분에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 (증발량-강수량) 값이다. 증발량이 많고 강수량은 적은 A 해역의 염분이 가장 높을 것이다.

05 염분은 강수량과 증발량의 영향을 많이 받는다. 강수량이 적고 증발량이 많을수록 염분은 높아진다. 따라서 주어진 (증발량-강수량) 분포 곡선과 비슷하게 염분의 위도별 분포 곡선도 중위도 해역에서 큰 값을 나타내고, 적도 해역에서 작은 값을 나타낸다.

06 **꼼꼼** 문제 분석



표층 염분은 (증발량-강수량) 값이 클수록 높다. 즉, 증발량이 많고 강수량이 적을수록 염분이 높다.

07 ⑤ 표층 염분은 증발량이 많을수록, 강수량이 적을수록 높으므로 (증발량-강수량) 값이 큰 해역일수록 염분이 높다.

바로알기 ①, ③ 적도 부근은 강수량이 증발량보다 많으므로 표층 염분이 낮다.

② 중위도 해역은 증발량이 강수량보다 많으므로 표층 염분이 높다.

④ 대양에서는 중앙부가 표층 염분이 높으며, 육지에 가까울수록 표층 염분이 낮아진다.

08 ㄱ. 해수에서 용해도는 산소가 질소보다 크다.

ㄷ. 이산화 탄소는 산소보다 물에 대한 용해도가 크다. 따라서 해수에는 이산화 탄소가 산소보다 더 많이 녹아 있다.

바로알기 ㄴ. 용존 기체의 함량은 수온이 낮을수록 많다. 따라서 해수의 수온이 높을수록 녹아 있는 산소의 양은 적어진다.

09 표층 해수에 서식하는 식물성 플랑크톤은 광합성 작용을 통해 산소를 배출하고, 이산화 탄소를 흡수한다. 따라서 표층 해수에서 용존 산소량은 많고, 용존 이산화 탄소량은 적다.

10 ㄱ. 식물성 플랑크톤은 태양 빛을 받아서 광합성 작용을 하므로 대부분 해수 표층에 존재한다.

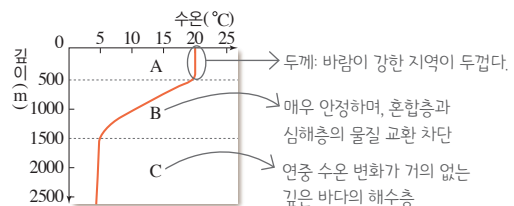
ㄴ. 수심 200 m~800 m는 태양 복사 에너지가 거의 도달하지 않는 깊이이므로 식물보다는 동물의 활동이 더 활발하다.

ㄷ. 수심 800 m 이상의 깊이에서 생물의 활동은 매우 적어지고, 극 해역에서 침강한 용존 산소가 많은 해수가 유입되므로 수심이 깊을수록 용존 산소량이 많아진다.

11 태양의 남중 고도가 높은 해역일수록 지표면에 입사되는 태양 복사 에너지의 양이 많기 때문에 태양의 남중 고도가 가장 높은 위도 0° 해역에서 수온이 가장 높다.

12 위도가 낮을수록 태양의 남중 고도가 높아 지표면에 입사되는 태양 복사 에너지의 양이 많으므로 표층 수온이 높다.

13 **꼼꼼** 문제 분석



혼합층(A)은 바람의 혼합 작용으로 어느 정도 깊이까지 수온이 일정한 층이다. 따라서 바람이 강하게 불수록 더 깊은 곳까지 해수가 혼합되므로 혼합층의 두께가 두꺼워진다.

14 ② 수온 약층(B)은 수심이 깊어질수록 수온이 급격히 낮아지기 때문에 매우 안정하다.

▮ **바로알기** ▮ ①, ④ 계절에 따른 수온 변화가 없는 층은 심해층(C)이다.

③ 고위도 해역은 표층 수온이 낮아서 수심에 따른 수온 차이가 거의 나타나지 않기 때문에 수온 약층이 발달하지 못한다.

⑤ 수온 약층(B)은 매우 안정하기 때문에 해수의 연직 혼합이 거의 일어나지 않는다.

15 표층 수온은 흡수하는 태양 복사 에너지양에 비례하는데, 저위도일수록 단위 면적당 태양 복사 에너지를 더 많이 흡수한다. B 해역의 표층 수온이 A 해역보다 더 높으므로 B 해역이 A 해역보다 저위도에 위치한다. 한편, 혼합층의 두께는 A 해역이 B 해역보다 더 두껍게 발달되어 있다. 바람의 세기가 강한 곳일수록 혼합층이 두껍게 발달하므로 A 해역이 B 해역보다 바람의 세기가 강하다.

16 ㄷ. 부채질을 한 후 혼합층이 형성된 것으로 보아 혼합층은 바람의 혼합 작용에 의해 형성됨을 알 수 있다.

▮ **바로알기** ▮ ㄱ. 수온 약층은 혼합층과 심해층 사이의 수온 차이 때문에 형성된다.

ㄴ. 혼합층은 바람이 강할 때 잘 형성된다.

17 ㄴ. 혼합층은 태양 복사 에너지의 대부분을 흡수하여 가열되는 층이기 때문에 해양의 층상 구조 중 수온이 가장 높은 해수층이다.

▮ **바로알기** ▮ ㄱ. 혼합층이 가장 두꺼운 중위도 해역에서 바람이 가장 강하게 분다.

ㄷ. 위도 약 60° 이상의 고위도 해역에서는 해양의 층상 구조가 나타나지 않는다.

18 ㄱ. 깊이에 따른 수온 변화는 여름철에 가장 크므로 수온 약층은 여름철에 뚜렷하게 나타난다.

ㄴ. 7월과 8월에 혼합층의 두께가 가장 얇고, 8월 이후 혼합층의 두께가 점차 두꺼워졌다.

▮ **바로알기** ▮ ㄷ. 바람은 혼합층의 두께가 두꺼운 겨울철에 가장 강하게 분다.

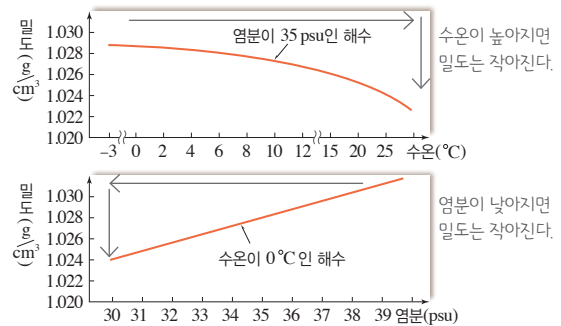
19 ㄱ. 이 해역은 0 m의 수온이 8월에 가장 높은 것으로 보아 북반구 지역에 속한다. 남반구 지역은 2월에 표층 수온이 가장 높다.

ㄴ. 겨울철인 2월에는 0 m인 해수와 100 m 깊이의 해수 수온이 같으므로 혼합층의 두께가 최소한 100 m 이상이다. 하지만 여름철인 8월에는 0 m 깊이의 해수 수온은 13°C 정도인데 40 m 깊이의 해수 수온은 8°C 정도이므로 혼합층의 두께는 최대 40 m 이내이다. 따라서 혼합층의 두께는 여름철보다 겨울철에 더 두껍다.

ㄷ. 수심 100 m 깊이의 해수는 1년 내내 수온 변화가 거의 생기지 않는다.

20 해수의 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 크다. 따라서 수온이 가장 낮고 염분이 가장 높은 ㉠에서 해수의 밀도가 가장 크다.

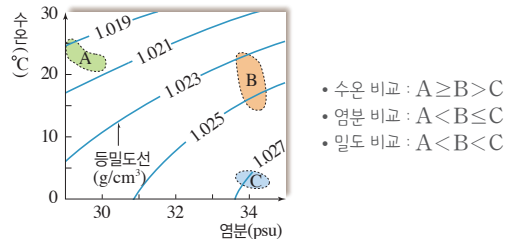
21 **꼼꼼** 문제 분석



ㄴ, ㄷ. 해수의 밀도는 염분에 비례하므로 해수가 결빙하면 주변 해수의 염분이 높아지므로 밀도가 커진다.

▮ **바로알기** ▮ ㄱ. 수온과 밀도는 반비례하므로 수온이 높아지면 해수의 밀도는 작아진다.

22 **꼼꼼** 문제 분석

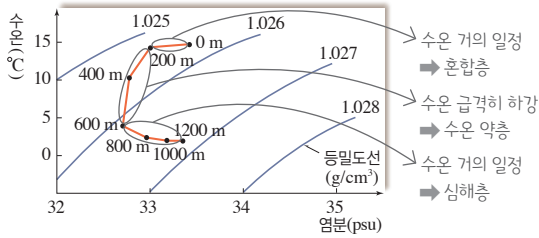


ㄴ. 수온이 일정한 상태에서 수평 방향으로 오른쪽에 위치할수록 밀도가 커지므로 염분이 높아지면 밀도가 증가하는 것을 알 수 있다.

ㄷ. C와 B는 염분이 비슷하지만, C가 수온이 더 낮기 때문에 밀도가 더 크다.

▮ **바로알기** ▮ ㄱ. A는 수온이 가장 높지만, 염분은 가장 낮다.

23 **꼼꼼** 문제 분석



ㄱ. 혼합층은 깊이에 따라 수온이 거의 일정한 해수의 표층으로 자료에서는 수심 200 m까지이며, 이 층 내에서는 수심에 따라 수온이 거의 일정하지만 염분과 밀도는 감소하고 있다.
 ㄴ. 수심 1000 m~1200 m에서 수온은 거의 변하지 않으나 밀도가 증가하는 까닭은 염분이 높아지기 때문이다.
바로알기 ㄷ. 이 자료에서 수심 400 m는 수온 약층에 해당한다. 수온 약층은 매우 안정하기 때문에 해수의 상하 혼합이 일어나지 않는다.

중단원 핵심 정리

160 쪽~161 쪽

- | | | | | |
|-------|------------|------------|-------------|------|
| ① 높은 | ② 낮은 | ③ 시계 반대 방향 | ④ 낮 | ⑤ 밝게 |
| ⑥ 밝게 | ⑦ 오호츠크해 기단 | ⑧ 시베리아 | ⑨ 적운형 | |
| ⑩ 층운형 | ⑪ 남동풍 | ⑫ 수증기의 응결열 | ⑬ 태풍의 눈 | |
| ⑭ 오른쪽 | ⑮ 왼쪽 | ⑯ 편서풍 | ⑰ 염분비 일정 법칙 | |
| ⑱ 많고 | | | | |

중단원 마무리 문제

162 쪽~165 쪽

- | | | | | | |
|------|----------|----------|------|------|-------|
| 01 ④ | 02 ③ | 03 ③ | 04 ① | 05 ③ | 06 ⑤ |
| 07 ④ | 08 ⑤ | 09 ⑤ | 10 ① | 11 ② | 12 ④ |
| 13 ⑤ | 14 ⑤ | 15 ④ | 16 ④ | 17 ③ | 18 해설 |
| 참조 | 19 해설 참조 | 20 해설 참조 | | | |

01 ㄱ. 북반구의 고기압 지역에서는 중심부에서 주변 지역으로 바람이 시계 방향으로 불어간다.
 ㄴ. 바람은 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로, 즉 고기압에서 저기압 쪽으로 불어간다.
바로알기 ㄷ. 기압이 주변보다 낮은 곳은 저기압으로 상승 기류가 존재하며, 상승 기류가 생기는 지역은 단열 팽창에 의해 구름이 생성되므로 흐리거나 비가 내리는 날씨가 나타난다.

02 ㄴ. 저기압인 A에서 고기압인 B로 갈수록 기압은 높아진다.

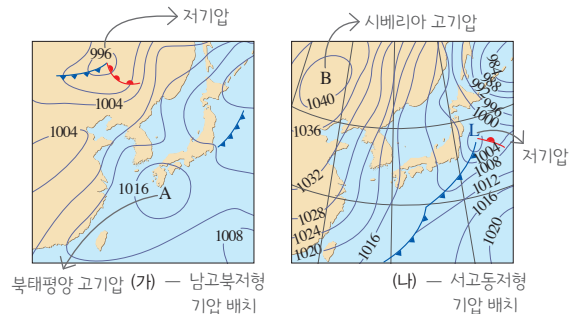
바로알기 ㄱ. A에서는 공기의 수렴이 일어나므로 주변보다 기압이 낮은 저기압이다.
 ㄴ. B에서는 공기의 발산이 일어나므로 고기압이고, 하강 기류가 발달하여 구름이 소멸되므로 날씨가 맑다.

03 A 기단은 기온이 높고 수증기량이 적으며, B 기단은 기온이 낮고 수증기량이 많다.

ㄱ. A 기단은 기온이 높고 수증기량이 적으므로 수증기의 공급이 잘 이루어지지 않는 따뜻한 육지에서 생성되었다.
 ㄴ. 기단의 성질은 A → B로 달라졌으므로 기단은 생성된 이후 수증기의 공급이 원활한 바다 위를 지나갔다.
바로알기 ㄷ. 기단은 생성된 후 이동하는 동안 기온이 낮아졌으므로 하층 공기부터 냉각되어 침강하므로 안정한 기단으로 변질된다.

04 (가)의 가시 영상에서 구름이 북서 방향에서 남동 방향으로 길게 발달하는 것으로 보아 북서풍이 부는 계절에 관측한 것이며, 북서풍은 시베리아 기단인 A 기단이 영향을 주는 계절에 분다.

05 **꼼꼼** 문제 분석



ㄱ. 북태평양 고기압은 북태평양 기단에서 생성되는 정체성 고기압이며, 시베리아 고기압은 시베리아 기단에서 생성되는 정체성 고기압이다. 따라서 A와 B는 모두 정체성 고기압에 해당한다.
 ㄴ. 북태평양 고기압이 우리나라의 남동쪽에 머무르는 계절은 여름철이다.

바로알기 ㄷ. 시베리아 고기압이 확장되면 우리나라는 차고 건조한 북서 계절풍이 분다.

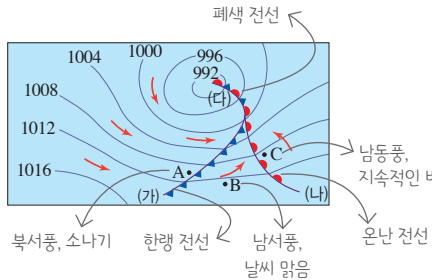
06 ⑤ B 지점은 따뜻한 공기의 영향을 받으므로 A~D 중 기온이 가장 높다.

바로알기 ① (가)에서 A 지점은 한랭 전선의 뒤쪽이므로 흐리고 강한 소나기가 내린다.
 ② (가)에서 A 지점에는 적운형 구름이 형성된다.

③ (나)에서 C 지점에는 따뜻한 공기가 찬 공기 위로 올라가면서 형성되는 전선면이 지표와 만나 온난 전선이 나타난다.

④ (나)에서 D 지점은 온난 전선 앞쪽이므로 층운형 구름이 형성된다.

07 **문제 분석**



(가)는 한랭 전선, (나)는 온난 전선, (다)는 한랭 전선과 온난 전선이 만나 생기는 폐색 전선이다. A는 한랭 전선의 뒤쪽에 위치하고, B는 한랭 전선과 온난 전선의 사이에 위치하며, C는 온난 전선의 앞쪽에 위치한다.

- ① 한랭 전선면에서는 공기가 빠르게 상승하므로 적운형의 구름이 생성된다.
- ② (나)는 온난 전선으로 따뜻한 공기가 차가운 공기를 밀고 갈 때 생성된다.
- ③ 한랭 전선인 (가)는 온난 전선인 (나)보다 이동 속도가 빠르다.
- ⑤ 한랭 전선인 (가)와 온난 전선인 (나)가 만나면 폐색 전선인 (다)가 생성된다.

■ **바로알기** ④ 한랭 전선면은 온난 전선면에 비해서 전선면의 경사가 급하다.

08 ㄱ. A 지역은 한랭 전선의 후면으로 북서풍이 불면서 강한 소나기가 내린다.

ㄴ. B 지역은 온난 전선과 한랭 전선의 사이에 해당하므로 따뜻한 공기의 영향을 받고, C 지역은 온난 전선의 앞쪽으로 차가운 공기의 영향을 받기 때문에 B 지역이 C 지역보다 기온이 높다.

ㄷ. C 지역은 온난 전선의 앞쪽으로 전선면의 경사가 완만하여 낮고 넓게 발달하는 층운형 구름으로 인해 넓은 지역에 지속적인 비가 내린다.

09 A는 한랭 전선의 뒤쪽으로 북서풍이 불고 적운형 구름으로부터 소나기가 내리므로 ㄷ에 해당하며, C는 온난 전선의 앞쪽으로 남동풍이 불면서 지속적인 비가 내리므로 ㄱ에 해당한다.

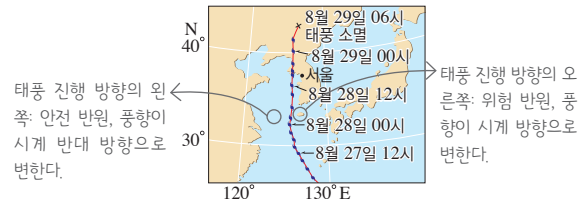
10 ② 태풍은 위도 $5^{\circ} \sim 25^{\circ}$, 수온이 27°C 이상인 열대 해상에서 발생한다.

③ 한랭 전선이나 온난 전선을 동반하는 것은 온대 저기압이고, 태풍은 전선을 동반하지 않는다.

④, ⑤ 태풍은 일기도 상에서 등압선이 원형으로 조밀하게 표시되고, 무역풍과 편서풍의 영향으로 포물선 궤도를 그리며 이동한다.

■ **바로알기** ① 기층의 위치 에너지 감소는 온대 저기압의 에너지 원이고, 태풍의 에너지원은 수증기의 응결열이다.

11 **문제 분석**



ㄴ. 이 기간 동안 우리나라는 태풍의 진행 방향에 대해 오른쪽에 위치하므로 위험 반원에 속한다.

■ **바로알기** ㄱ. 태풍은 육지에 상륙하면 세력이 약해지므로 28일보다 29일에 중심 기압이 더 높았을 것이다.

ㄷ. 태풍이 통과할 때 제주도는 태풍의 진행 방향에 대해 오른쪽에 위치하므로 풍향은 시계 방향(북동풍 → 남동풍 → 남서풍)으로 변화했다.

12 태풍이 육지에 상륙하면 수증기의 공급이 급격히 줄어들기 때문에 수증기가 응결할 때 방출되는 숨은열이 적어져 그 세력이 급격히 약화된다.

13 ㄴ, ㄷ. 국지성 호우와 우박은 강한 상승 기류가 발달하여 적운형 구름이 생성된 지역에서 잘 나타난다.

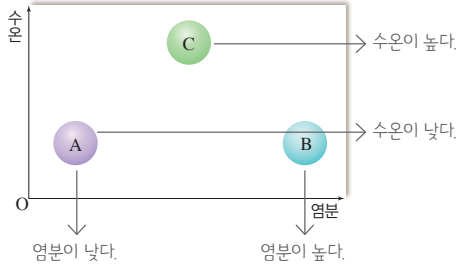
■ **바로알기** ㄱ. 국지성 호우와 우박을 발생시키는 적운형 구름은 대기가 불안정한 지역에서 잘 생성된다.

14 시베리아 고기압이 남쪽으로 확장되면 차고 건조했던 기단이 따뜻한 황해를 건너오면서 열과 수증기를 공급받아 불안정해지고, 적운형 구름이 형성되면서 서해안 지역에 폭설이 내릴 수 있다.

■ **바로알기** ①, ②는 국지성 호우, ③은 맑은 날씨, ④는 무더위가 예상된다.

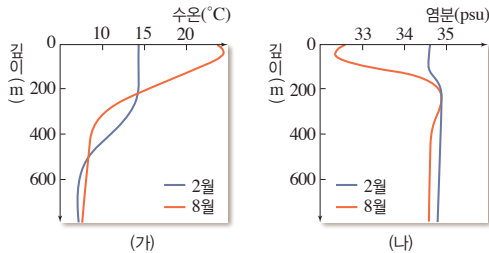
15 염분 34 psu인 해수 3 kg에는 염류가 총 102 g이 들어 있고 나머지 2898 g이 물이다. 해수는 증발하는 동안 순수한 물만 증발하고 염류는 그대로 남기 때문에 이 해수의 질량을 2 kg이 되게 증발시키면 염류는 총 102 g이고 순수한 물은 1898 g이 된다. 따라서 해수 1 kg에는 염류가 51 g, 순수한 물이 949 g이 되므로 염분은 51 psu가 된다.

16 **꼼꼼** 문제 분석



해수의 밀도는 수온이 낮고 염분이 높을수록 크다. 따라서 밀도가 가장 큰 해수는 수온이 낮고 염분이 높은 B이며, 용존 산소량은 수온이 높을수록 적으므로 수온이 가장 높은 C 해수에서 가장 적다.

17 **꼼꼼** 문제 분석



(가)에서 혼합층의 두께는 2월에 더 두껍고, 표층 수온은 8월에 더 높다. 또한 (나)에서 표층 염분은 8월에 더 낮다.

ㄱ. 혼합층은 바람에 의해서 강제 혼합되어 생성되므로 바람이 강하게 불수록 두께가 두껍다. 따라서 여름철보다 겨울철에 바람이 더 강하게 분다.

ㄴ. 해수의 밀도는 수온이 낮을수록 크고, 염분이 높을수록 크므로 표층 해수의 밀도는 수온이 낮고 염분이 높은 겨울철에 더 크게 나타난다.

❖ **바로알기** ㄴ. 비가 많이 오는 지역은 표층 해수의 염분이 낮아진다. 따라서 여름철에 표층 해수의 염분이 낮으므로 겨울철보다 여름철에 강수량이 더 많은 지역에 해당한다.

18 **모범답안** 온난 전선이 지날 때에는 차가운 공기의 영향을 받다가 따뜻한 공기의 영향을 받게 되므로 기온이 상승하고, 한랭 전선이 지날 때에는 따뜻한 공기의 영향을 받다가 차가운 공기의 영향을 받게 되므로 기온이 낮아진다.

채점 기준	배점
온난 전선과 한랭 전선 통과 후 기온이 변하는 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
온난 전선 또는 한랭 전선 통과 후 기온이 변하는 까닭 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

19 태풍의 중심은 낮은 기압으로 인해 주변보다 해수면의 높이가 약 50 cm 높게 나타난다. 이로 인해 태풍이 해안에 상륙하는 경우에 평상시보다 해수면의 높이가 더 높아져 해일에 의한 피해가 더 커진다.

모범답안 태풍의 중심은 주변보다 기압이 낮아 해수면의 높이가 상대적으로 더 높게 나타나기 때문이다.

채점 기준	배점
태풍과 주변 지역의 기압차로 인해 태풍 중심의 해수면 높이가 높아졌다고 옳게 서술한 경우	100 %
태풍 중심의 해수면 높이가 높다는 사실만 언급하여 서술한 경우	50 %

20 혼합층은 깊이에 관계없이 수온이 일정한 표층 해수이다. 따라서 여름철에는 혼합층이 거의 생기지 않고 겨울철에는 수심 150 m 깊이까지 혼합층이 생긴다.

모범답안 수온차가 거의 없으면서 밀도가 거의 일정한 혼합층은 여름철에는 거의 생기지 않고, 겨울철에는 수심 약 150 m 깊이까지 생긴다.

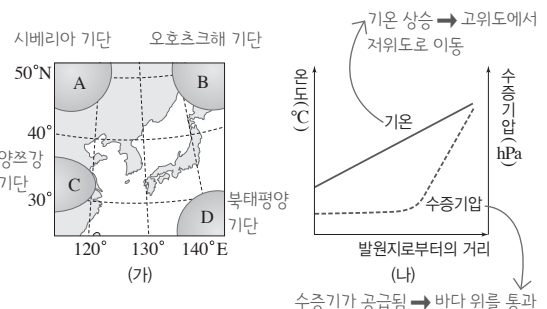
채점 기준	배점
혼합층의 수온과 밀도 변화에 대하여 함께 서술한 경우	100 %
여름보다 겨울에 혼합층이 두껍다는 사실만 언급하여 서술한 경우	50 %

수능 실전 문제

167 쪽~169 쪽

- 1 ③ 2 ③ 3 ① 4 ③ 5 ④ 6 ① 7 ④
8 ④ 9 ⑤ 10 ② 11 ① 12 ⑤

1 **꼼꼼** 문제 분석



선택지 분석

- ㉠ (나)와 같은 변화가 잘 나타나는 기단은 A이다.
 ✕ (나)에서 기단은 이동하는 동안 점점 안정해진다. 불안정해진다
 ㉡ B 기단은 초여름에 우리나라 영서 지방에 고온 건조한 바람을 불게 한다.

▶ 전략적 풀이 ① 기단은 발원지의 성질과 유사함을 이해하고, 기단이 이동하여 성질이 다른 지표면을 만나면 성질이 변함을 파악한다.

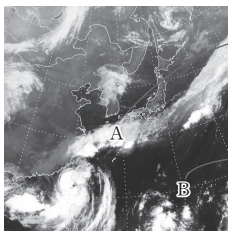
ㄱ. (나)에서 기온이 점점 상승하므로 고위도에서 저위도로 이동하고, 수증기압이 높아지므로 대륙에서 해양으로 이동하는 기단임을 알 수 있다. 따라서 한랭 건조한 A 기단이 남쪽으로 확장될 때 잘 나타나는 변화이다.

ㄴ. (나)에서 기단은 이동하는 동안 기단의 하층부터 가열되어 대류가 활발해지므로 불안정해진다.

㉢ 우리나라 주변의 기단이 영향을 미치는 계절을 파악한다.

ㄷ. B는 오호츠크해 기단으로, 초여름에 동해에서 태백산맥을 넘어오면서 영서 지방에 고온 건조한 바람을 불게 한다.

2 문제 분석



선택지 분석

- ㉠ 장마 전선은 A 지역 구름의 남쪽 경계선 부근에 위치한다.
 ㉡ B 지역 기단의 세력이 확장되면 전선이 북상한다.
 ✕ 이 영상은 가시광선 영역에서 촬영한 것이다. 적외선

▶ 전략적 풀이 ① 장마 전선은 정체 전선의 예임을 파악한다.

ㄱ. 장마 전선이 동서로 발달해 있을 경우 구름대는 대부분 전선의 북쪽에 분포한다. 따라서 장마 전선은 A 지역 구름대의 남쪽 경계선 부근에 위치한다.

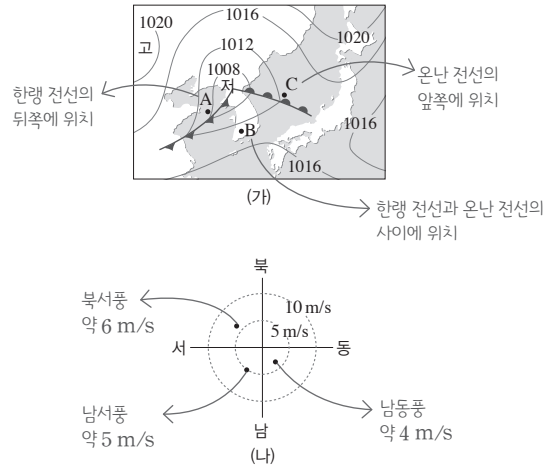
㉢ 장마 전선은 기단의 세력이 확장 또는 축소됨에 따라 남북으로 오르내림을 이해한다.

ㄴ. B 지역의 기단은 북태평양 기단이므로 이 기단의 세력이 확장되면 전선은 북상한다.

㉣ 가시 영상과 적외 영상의 차이점을 파악한다.

ㄷ. 이 영상은 새벽 3시에 촬영한 영상이므로 가시광선이 아닌 적외선 영역에서 촬영한 것이다.

3 문제 분석



선택지 분석

- ㉠ 기압은 B가 A보다 높다.
 ✕ C의 풍속은 5 m/s보다 빠르다. 느리다
 ✕ 온난 전선이 C를 통과하는 동안 이 지점의 풍향은 시계 반대 방향으로 바뀐다. 시계 방향

▶ 전략적 풀이 ① (가)의 A, B, C 위치와 등압선의 기압을 관련지어 이해한다.

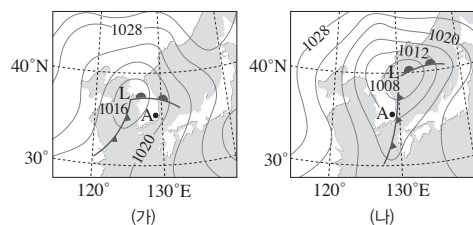
ㄱ. (가)의 B는 기압이 1012 hPa~1016 hPa 사이의 값을 갖는 위치에, A는 1008 hPa~1012 hPa 사이의 값을 갖는 위치에 있으므로 기압은 A보다 B에서 더 높다.

㉢ (나)의 풍향과 (가)의 A, B, C 위치를 서로 연결하여 파악한다.

ㄴ. C는 온난 전선의 앞쪽이므로 남동풍이 불고 지속적인 비가 내린다. (나)와 관련지으면 C는 남동풍이 약 4 m/s로 분다. 따라서 C의 풍속은 5 m/s보다 작다.

ㄷ. A는 북서풍, B는 남서풍, C는 남동풍이 불고 있으므로 관측 지점의 풍향은 남동풍 → 남서풍 → 북서풍으로 바뀐다는 것을 알 수 있다. 따라서 저기압의 중심은 관측 지점의 북쪽으로 통과하였으며, 풍향은 시계 방향으로 바뀐다.

4 문제 분석



관측 지점 A는 (가)에서는 온난 전선과 한랭 전선의 사이에 위치하고, (나)에서는 한랭 전선의 뒤쪽에 위치하고 있다.

선택지 분석

- ㉠ 저기압의 세력은 (가)가 (나)보다 약하다.
 ✕ (가)에서 (나)로 변하는 동안 A에서는 비가 지속적으로 내렸다. 비가 내리지 않다가 한랭 전선 통과 후 내린다
 ㉡ 우리나라를 지나는 온대 저기압은 여름철보다 봄철에 형성되기 쉽다.

▶ 전략적 풀이 ① 저기압은 주변보다 기압이 낮은 곳으로 중심 기압 크기에 의해 세력의 강약을 판단한다는 사실을 이해한다.

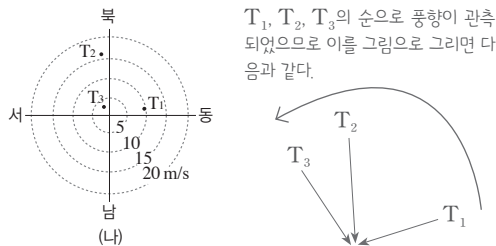
ㄱ. (가)는 저기압 중심 기압이 약 1016 hPa이고, (나)는 저기압 중심 기압이 약 1008 hPa이다. 따라서 중심 기압이 낮은 (나)가 중심 기압이 높은 (가)보다 저기압의 세력이 강하다.

② 온대 저기압의 생성과 저기압 주변의 날씨 변화를 이해한다.

ㄴ. (가)에서 A는 온난 전선과 한랭 전선 사이에 위치하여 맑은 날씨를 보이지만 (나)에서는 한랭 전선의 뒤쪽에 위치하여 강한 소나기가 내린다. 따라서 (가)에서 (나)로 변하는 동안 A에서는 한랭 전선이 다가올 때까지는 비가 내리지 않다가 한랭 전선이 통과한 직후에 비가 내린다.

ㄷ. 우리나라에는 온대 저기압이 주로 봄철과 가을철에 영향을 주고 있으며, 여름철에는 북태평양 고기압의 영향을 많이 받는다.

문제 분석



선택지 분석

- ✕ T₁과 T₃일 때 두 풍향이 이루는 각은 180°보다 작다.
 ㉠ 관측 지점은 태풍 진행 경로의 왼쪽에 위치한다.
 ㉡ T₃ 이후의 태풍 중심 기압은 높아졌다.

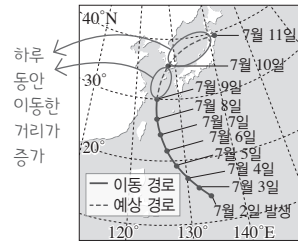
▶ 전략적 풀이 ① 태풍의 통과 기간 동안 관측소의 풍향이 어느 방향으로 변하는지를 파악한다.

ㄱ. ㄴ. 풍향이 시계 반대 방향으로 변해가므로 관측소는 태풍 경로의 왼쪽인 안전 반원에 위치한다.

② 태풍의 세력 변화와 중심 기압의 관계를 이해한다.

ㄷ. 태풍은 저기압에 해당하므로 중심 기압이 낮을수록 강하고 중심 기압이 높을수록 약하다. 따라서 T₃ 지점을 통과한 태풍은 곧바로 소멸하였으므로 태풍은 T₃ 지점을 지나면서 세력이 약화 되어 중심 기압이 점점 높아져 소멸한다.

문제 분석



날짜	중심 기압 (hPa)	최대 풍속 (m/s)
7월 2일	995	19
7월 4일	970	36
7월 6일	920	51
7월 8일	950	41

중심 기압 감소, 풍속 증가

선택지 분석

- ㉠ 7월 9일 이후 태풍의 이동 속도는 빨라졌다.
 ✕ 7월 10일 우리나라 서해안은 태풍의 위험 반원에 위치할 것이다.
 ✕ 중심 기압이 낮을수록 최대 풍속 값은 작다. 크다

▶ 전략적 풀이 ① 태풍이 서쪽에서 동쪽 방향으로 이동하고 있는 것을 통해 편서풍의 영향을 받고 있음을 이해한다.

ㄱ. 태풍은 편서풍의 영향을 받는 지역에서 이동할 때에는 태풍의 이동 방향과 편서풍의 방향이 서로 일치하여 이동하는 속도가 점점 빨라진다. 하지만 태풍이 무역풍의 영향을 받는 지역에서는 느린 속도로 이동한다. 7월 9일에 태풍은 위도 30°에 위치하므로 7월 9일 이후 태풍은 편서풍의 영향을 받아 이동 속도가 빨라질 것이다.

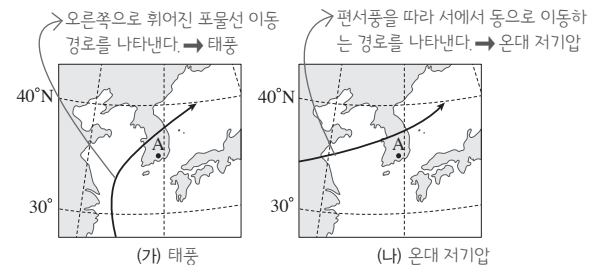
② 태풍이 우리나라에 상륙한 지점과 이후의 세력 변화를 관련지어 이해한다.

ㄴ. 태풍은 우리나라의 남해안을 통해 상륙하였으므로 우리나라의 서해안 지역은 태풍 경로의 왼쪽에 속해 안전 반원에 해당한다.

③ 저기압은 기압이 낮을수록 세력이 강하다.

ㄷ. 표에서 중심 기압이 가장 낮은 7월 6일에 풍속이 가장 빠르게 나타난다.

문제 분석



선택지 분석

- ✕ 전선을 동반한다. (가)는 전선을 동반하지 않는다
 ㉠ 우리나라를 지나는 동안 편서풍의 영향을 받는다.
 ㉡ 우리나라를 지나는 동안 A 지점의 풍향은 시계 방향으로 변한다.

❶ 전략적 풀이 ❶ 그림 자료에서 이동 경로를 통해 온대 저기압과 태풍의 경로를 파악한다.

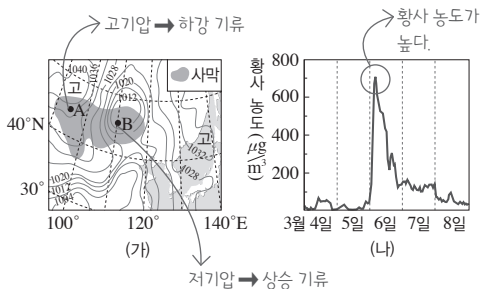
ㄱ. 태풍은 전선을 동반하지 않고, 온대 저기압은 온난 전선과 한랭 전선을 동반한다.

ㄴ. 우리나라는 편서풍의 영향을 받으므로 태풍이나 온대 저기압이 우리나라를 지나는 동안에는 편서풍의 영향을 받아 서에서 동으로 이동한다.

❷ 태풍의 이동 경로에서 안전 반원과 위험 반원을 파악한다.

ㄷ. 북반구에서 저기압 진행 방향의 오른쪽에 있는 지역은 풍향이 시계 방향으로 변한다.

8 꼼꼼 문제 분석



A 지역은 고기압의 영향을, B 지역은 저기압의 영향을 받고 있으며, 3월 6일에 백령도는 황사 농도가 매우 높았다.

선택지 분석

- ✕ (가)에서 황사의 발원지는 B 지역보다 A 지역일 가능성이 크다. A 지역보다 B 지역
- 3월 6일에 백령도에는 하강 기류가 상승 기류보다 강했을 것이다.
- 사막의 면적이 줄어들면 황사의 발생 횟수가 감소할 것이다.

❶ 전략적 풀이 ❶ 황사의 발생 과정에 대하여 이해한다.

ㄱ. 황사는 모래 먼지가 상승 기류를 타고 올라가 편서풍에 의해 이동하여 우리나라에 영향을 준다. 따라서 상승 기류가 생기는 저기압이 머무는 B 지역에서 기류를 타고 상승하였을 것이다.

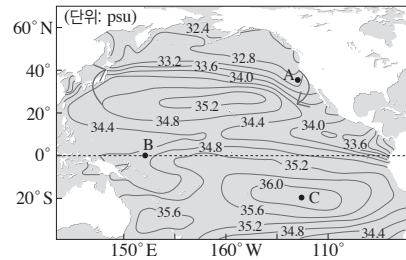
❷ 관측 지점에서 황사 농도가 높아진 과정을 이해한다.

ㄴ. 상승의 공기를 타고 이동하던 모래 먼지가 하강 기류를 타고 지표면 부근으로 하강하여야 관측 지점에 영향을 줄 수 있다. 따라서 3월 6일에 황사 농도가 매우 높게 나타났던 백령도 지역은 하강 기류가 강하여 상승에서 이동하던 황사 먼지가 지표면으로 내려와 영향을 주었을 것이다.

❸ 발원지가 건조할수록 황사의 발생 횟수가 증가함을 이해한다.

ㄷ. 모래 사막이 줄어들면 모래 먼지의 발생이 줄어들게 되어 황사의 발생 횟수도 감소한다.

9 꼼꼼 문제 분석



- 북태평양에서 해류의 아열대 순환은 시계 방향으로 흐르고, 이로 인해 A 지역에는 한류인 캘리포니아 해류가 흐른다.
- B 지점보다 C 지점의 염분이 더 높다.

선택지 분석

- ㄱ A는 한류의 영향을 받는다.
- ㄴ (증발량-강수량) 값은 B가 C보다 작다.
- ㄷ A, B, C의 해수에 녹아 있는 주요 염류의 질량비는 일정하다.

❶ 전략적 풀이 ❶ 북태평양에서 아열대 순환을 이루는 해류를 이해한다.

ㄱ. 북태평양에서 무역풍에 의해 서쪽으로 이동한 북적도 해류는 대양의 서쪽에서 고위도로 흐르는 쿠로시오 해류가 되어 흐르고, 이후 편서풍의 영향을 받아 흐르는 북태평양 해류가 된다. 또한 북태평양 해류는 대양의 동쪽에 도달하여 저위도로 흐르는 캘리포니아 해류가 되어 순환한다. 이처럼 북태평양에서 해류의 아열대 순환은 시계 방향으로 흐르게 되므로 대양의 동쪽 해안에서는 고위도에서 저위도로 흐르는 한류가 존재한다.

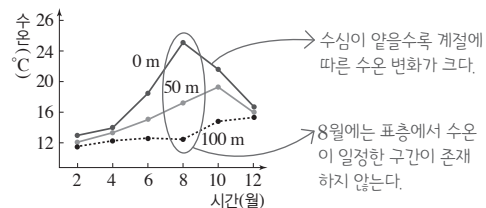
❷ 해수의 염분은 어떤 요인에 의해 변화하는지 이해한다.

ㄴ. 해수의 표층 염분에 가장 큰 영향을 주는 요인은 증발량과 강수량이며, (증발량-강수량)의 값이 클수록 염분이 높다. 따라서 염분이 더 낮은 B 지역은 염분이 더 높은 C 지역보다 (증발량-강수량)의 값이 작다.

❸ 염분비 일정 법칙이 무엇인지 이해한다.

ㄷ. 해수의 염분은 다르더라도 해수 속에 녹아 있는 염류 사이의 질량비는 일정하다.

10 꼼꼼 문제 분석



선택지 분석

- ✗ 표층 해수의 밀도는 2월이 가장 작다. 8월
- 수심이 깊어질수록 수온의 연교차는 작아진다.
- ✗ 해수면과 수심 100 m 사이의 해수 연직 혼합은 8월에 가장 활발하다. 2월

전략적 풀이 ① 해수의 밀도에 영향을 미치는 요인을 이해한다.

ㄱ. 해수의 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 크다. 염분 변화가 없다면 해수의 밀도는 수온이 낮을수록 크다.

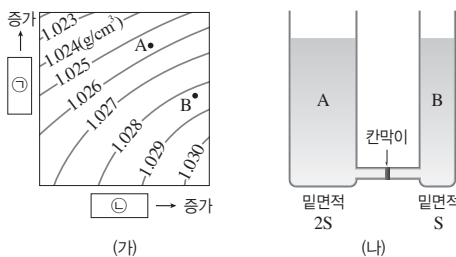
② 그림으로부터 수심이 깊어짐에 따라 수온 변화를 파악한다.

ㄴ. 수심이 0 m → 50 m → 100 m로 깊어질수록 수온을 나타내는 세로축의 변화가 작아진다.

③ 그림으로부터 계절별로 혼합층이 발달하는 두께를 파악한다.

ㄷ. 해수의 연직 혼합이 활발할수록 깊이에 따른 수온 변화가 작게 나타난다. 그러므로 해수의 연직 혼합은 깊이에 따른 수온 변화가 큰 8월에 비해 깊이에 따른 수온 변화가 작은 2월에 활발하다.

11 문제 분석



수온이 낮을수록 밀도가 커지며, 염분이 높을수록 밀도가 커진다. 따라서 A가 B보다 높은 값을 가질 때에 밀도가 작아지려면 ㉠은 수온이며, A보다 B가 큰 값을 가질 때 밀도가 커지려면 ㉡은 염분이다.

선택지 분석

- ㉠은 수온이다.
- ✗ 염분은 A가 B보다 높다. 낮다
- ✗ (나)에서 칸막이를 열면 물은 A → B로 이동한다. B → A

전략적 풀이 ① 해수에서 수온과 염분이 밀도에 미치는 영향을 이해한다.

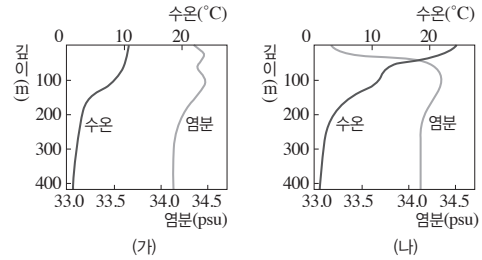
ㄱ. 수온이 높을수록 밀도가 작아지며, 염분이 높을수록 밀도가 커진다. 세로축의 값이 커질수록 밀도가 작아지고 있으므로 세로축의 ㉠ 물리량은 수온, 가로축의 ㉡ 물리량은 염분이 된다.

ㄴ. 가로축의 물리량이 염분이므로 염분은 A보다 B에서 더 높다.

② 밀도 차에 의한 해수의 이동을 이해한다.

ㄷ. 밀도를 비교하면 A보다 B에서 더 큰 값을 갖는다. 따라서 같은 높이의 해수를 넣은 (나)에서는 밀도가 큰 B 해수가 밀도가 작은 A 해수 쪽으로 이동한다.

12 문제 분석



- 혼합층의 두께: (가) > (나)
- 표층 수온: (가) < (나)
- 표층 염분: (가) > (나)

선택지 분석

- 혼합층은 (가)가 (나)보다 두껍다.
- (증발량 - 강수량) 값은 (가)가 (나)보다 크다.
- 표층 해수의 밀도는 (가)가 (나)보다 크다.

전략적 풀이 ① 혼합층의 생성 원인과 염분 변화에 영향을 주는 요인을 이해한다.

ㄱ. 혼합층은 깊이에 관계없이 수온이 일정한 표층 해수를 말하므로 혼합층의 두께는 (가)가 (나)보다 두껍다.

ㄴ. 표층 해수의 염분은 (증발량 - 강수량)의 값에 비례하여 커지므로 표층 염분이 높은 (가)가 (나)보다 (증발량 - 강수량)의 값도 크다.

② 해수의 밀도에 영향을 주는 요인을 이해한다.

ㄷ. 해수의 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 커지므로 수온이 낮고 염분이 높은 (가)가 (나)보다 표층 해수의 밀도가 더 크다.



2

대기와 해양의 상호 작용



01 해수의 표층 순환

개념 확인 문제

175 쪽

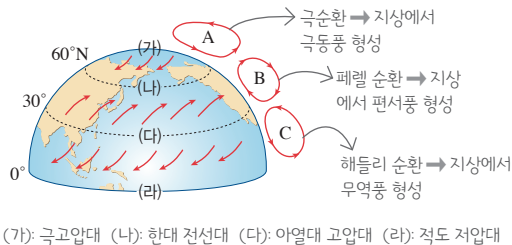
- ① 불균형 ② 무역풍 ③ 편서풍 ④ 아열대 고압대
⑤ 무역풍 ⑥ 편서풍 ⑦ 아열대 순환 ⑧ 쿠로시오 해류
⑨ 동한 난류 ⑩ 북한 한류

- 1 ㉠ 많으므로, ㉡ 남는다 2 (1) ○ (2) × (3) ○ 3 A: 극 순환, B: 페렐 순환, C: 해들리 순환 4 (가) 극고압대 (나) 한대 전선대 (다) 아열대 고압대 (라) 적도 저압대 5 A: 캘리포니아 해류, B: 북적도 해류, C: 쿠로시오 해류, D: 북태평양 해류
6 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ 7 ㉠ 높, ㉡ 적 8 ㉢

1 지구는 구형이므로 위도에 따른 에너지 불균형이 나타난다. 적도~위도 38°인 지역은 태양 복사 에너지의 흡수량이 지구 복사 에너지의 방출량보다 많으므로 에너지가 남고, 위도 38°~극인 지역은 태양 복사 에너지의 흡수량이 지구 복사 에너지의 방출량보다 적으므로 에너지가 부족하다.

- 2 (1) 저위도에서는 에너지가 남고, 고위도에서는 에너지가 부족하다. 이 때문에 대기 대순환이 일어나고, 저위도의 남는 에너지를 고위도로 수송한다.
(2) 지구가 자전하지 않을 때에는 적도와 극 사이에 1개의 순환 세포가 형성된다.
(3) 지구가 자전할 때에는 적도와 극 사이에 해들리 순환, 페렐 순환, 극순환의 3개 순환 세포가 형성된다.

[3~4] 꼬꼬 문제 분석



3 적도~위도 30°에서는 해들리 순환이, 위도 30°~위도 60°에서는 페렐 순환이, 위도 60°~극에서는 극순환이 나타난다.

4 (가)에서는 극 지역의 상공에서 냉각된 공기가 하강하여 극 고압대가 형성되고, (나)에서는 저위도와 고위도에서 각각 이동해 온 편서풍과 극동풍이 만나 한대 전선대가 형성된다. (다)에서는 위도 30° 부근의 상층에서 냉각된 공기가 하강하여 아열대 고압대가 형성되고, (라)에서는 적도에서 가열된 공기가 상승하여 적도 저압대가 형성된다.

5 북태평양에서는 위도 0°~30°N에서 동에서 서로 부는 무역풍에 의해 북적도 해류(B)가 동에서 서로 흐르고, 위도 30°N~60°N에서 서에서 동으로 부는 편서풍에 의해 북태평양 해류(D)가 서에서 동으로 흐른다. 대륙 주변부에서는 저위도에서 고위도로 쿠로시오 해류(C)가, 고위도에서 저위도로 캘리포니아 해류(A)가 흐른다.

- 6 (1) 표층 해류는 대기 대순환의 바람에 의해 동서 방향의 흐름이 생기고, 대륙에 막혀 남북 방향으로 흐름이 변하여 순환을 이룬다.
(2) 북적도 해류는 무역풍에 의해 형성되어 동에서 서로 흐른다. 편서풍에 의해 형성되는 해류는 북태평양 해류, 북대서양 해류, 남극 순환 해류이다.
(3) 북반구의 아열대 해양에서 해류는 시계 방향으로 순환한다.
(4) 열대 순환은 북반구에서 시계 반대 방향, 남반구에서는 시계 방향으로 순환한다. 아열대 순환은 북반구에서 시계 방향, 남반구에서는 시계 반대 방향으로 순환한다. 따라서 북반구와 남반구는 적도를 경계로 표층 순환 방향이 대칭적인 분포를 보인다.

7 난류는 수온과 염분이 높고, 용존 산소량과 영양 염류가 적다.

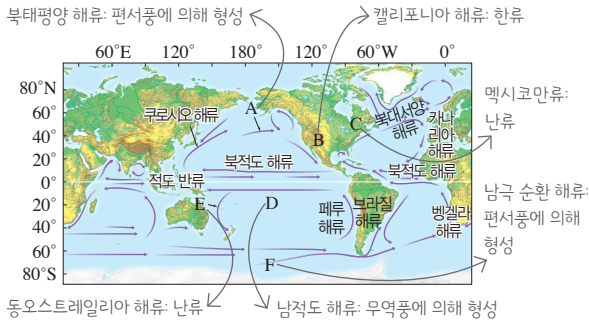
8 우리나라의 주변 난류는 쿠로시오 해류에 근원을 두고 있다. 쿠로시오 해류의 일부가 황해 난류와 동한 난류가 된다.

대표 자료 분석

176 쪽

- 자료 1 1 D: 남적도 해류 2 C: 멕시코만류, E: 동오스트레일리아 해류 3 대칭적 4 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × (5) × (6) ○ (7) ×
자료 2 1 A: 쿠로시오 해류, B: 황해 난류, C: 동한 난류, D: 북한 한류, E: 연해주한류 2 C, D 3 ㉠ 높다, ㉡ 적다, ㉢ 낮다, ㉣ 많다 4 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○

①-1 **꼼꼼** 문제 분석



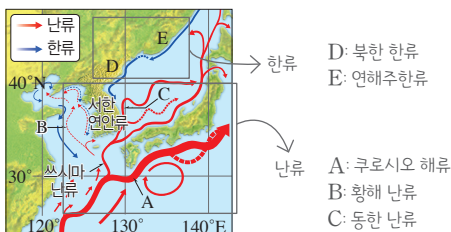
무역풍은 위도 0°~30°에서 부는 바람으로, 동에서 서로 분다. A~F 중 무역풍에 의해 형성된 해류는 남적도 해류(D)이다.

①-2 저위도에서 고위도로 열에너지를 수송하는 해류는 난류이고, A~F 중 멕시코만류(C), 동오스트레일리아 해류(E)가 이에 해당한다.

①-3 아열대 순환은 북반구에서 시계 방향, 남반구에서 시계 반대 방향으로 나타나므로 적도를 경계로 대칭적으로 분포한다.

- ①-4 (1) 북태평양 해류(A)는 위도 30°N~60°N에서 부는 편서풍의 영향으로 형성된다.
 (2) 멕시코만류(C)는 난류이고, 캘리포니아 해류(B)는 한류이다. 난류는 한류보다 고위도로 수송하는 열에너지가 많다.
 (3) 남적도 해류(D)는 동에서 서로 부는 무역풍에 의해 형성되므로 해류도 동에서 서로 흐른다.
 (4) 난류인 동오스트레일리아 해류(E)가 흐르는 주변 지역은 동일 위도의 다른 지역보다 기후가 온난하다.
 (5) 남극 순환 해류(F)는 위도 30°S~60°S에서 부는 편서풍에 의해 형성된다.
 (6) 난류인 쿠로시오 해류가 흐르는 해역이 한류인 캘리포니아 해류(B)가 흐르는 해역보다 수온과 염분이 더 높다.
 (7) 아열대 순환은 북반구에서 시계 방향, 남반구에서 시계 반대 방향으로 나타난다.

②-1 **꼼꼼** 문제 분석



②-2 조경 수역은 난류와 한류가 만나는 해역으로, 우리나라에서는 동해에 동한 난류(C)와 북한 한류(D)가 만나 형성된다.

②-3 쿠로시오 해류(A)는 난류이고, 연해주한류(E)는 한류이다. 난류는 한류보다 수온과 염분이 높고, 영양 염류와 용존 산소량이 적다.

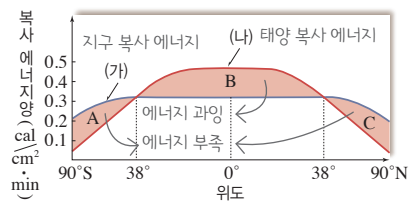
- ②-4 (1) 쿠로시오 해류(A)는 북태평양의 아열대 순환에서 고위도로 흐르는 해류로, 우리나라 주변을 흐르는 난류의 근원이다.
 (2) 난류인 황해 난류(B)는 한류인 북한 한류(D)보다 용존 산소량이 적다.
 (3) 조경 수역은 동한 난류(C)의 흐름이 강해지는 여름철에 북상하고, 북한 한류(D)의 흐름이 강해지는 겨울철에 남하한다.
 (4) 북한 한류(D)는 연해주한류(E)의 일부가 동해안을 따라 남하하는 해류이다.

내신 만점 문제

177쪽~179쪽

01 ⑤	02 ③	03 ⑤	04 ①	05 ④	06 해설
참조	07 ④	08 ①	09 ①	10 ②	11 ⑤
12 해설 참조	13 ③	14 ③	15 해설 참조	16 ④	17 ②

01 **꼼꼼** 문제 분석



위도 38°에서 에너지 흡수량과 방출량이 같고, 에너지 이동량이 가장 많다.

- ①, ② 지구가 둥글기 때문에 위도별로 흡수되는 에너지양 차이가 큰 (나)는 태양 복사 에너지이고, (가)는 지구 복사 에너지이다. 따라서 A와 C는 부족한 에너지양이고, B는 남는 에너지양이다.
 ③ 위도 약 38°에서는 태양 복사 에너지양=지구 복사 에너지양이다.
 ④ 지구는 복사 평형을 이루므로 부족한 에너지양과 남는 에너지양이 같아 (A+C)=B이다.

■ **바로알기** ⑤ 에너지 흡수량과 방출량이 같은 위도 38°에서 에너지 이동량이 가장 많다.

02 ㄱ, ㄴ. 저위도는 에너지 과잉 상태이고, 고위도는 에너지 부족 상태이므로 위도별 에너지는 불균형 상태이다. 따라서 대기와 해수는 에너지 불균형을 해소하기 위해 저위도의 남는 에너지를 고위도로 수송하는 역할을 한다.

▣ **바로알기** ▣ ㄷ. 열대류에 의해 적도에서는 상승 기류가 발달하고, 극에서는 하강 기류가 발달한다.

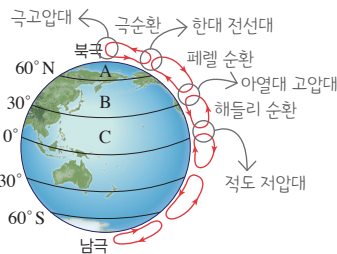
03 ⑤ 지구가 자전하지 않을 때 바람은 북반구의 모든 지역에서 북극에서 적도로 불기 때문에 북풍이 나타난다.

▣ **바로알기** ▣ ①, ②, ③ 지구가 자전하지 않을 때에는 열대류에 의해 적도와 극 사이에 1개의 순환 세포가 형성된다. 열대류와 전향력에 의해 3개의 순환 세포가 형성되는 것은 지구가 자전할 때이다.

④ 적도에서 가열된 공기가 상승하여 이동한다.

[04~05] 꼬꼬 문제 분석

대기 대순환은 지구 자전의 영향을 받아 적도와 극 사이에 3개의 순환 세포(해들리 순환, 페렐 순환, 극순환)가 형성된다.



04 A의 지상에서는 극에서 하강한 공기가 위도 60° 쪽으로 이동하여 극동풍이 분다. B의 지상에서는 위도 30°N에서 하강한 공기가 위도 60° 쪽으로 이동하다가 휘어져 편서풍이 분다. C의 지상에서는 위도 30°N에서 하강한 공기가 적도 쪽으로 이동하여 무역풍이 분다.

05 ㄱ. 북반구와 남반구에 각각 3개의 순환 세포가 나타나므로 지구 자전에 의해 전향력이 작용할 때 나타나는 대기 순환 모형이다.

ㄴ. 적도와 위도 30° 사이에서는 해들리 순환이 일어난다.

▣ **바로알기** ▣ ㄷ. 위도 60° 부근에는 한대 전선대가 형성된다. 아열대 고압대는 위도 30° 부근에서 형성된다.

06 (나)는 지구가 자전할 때의 대기 순환으로, 열대류와 전향력의 영향을 받아 적도와 극 사이에 3개의 순환 세포가 형성된다.

☞ **모범답안** 해들리 순환, 페렐 순환, 극순환, (가)는 열대류로 일어나는 순환이고, (나)는 열대류와 지구 자전에 따른 전향력의 영향을 받기 때문에 더 복잡한 순환이 나타난다.

채점 기준

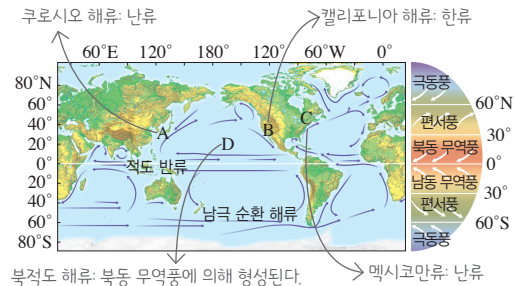
채점 기준	배점
순환 세포의 이름을 모두 쓰고, 전향력을 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
순환 세포의 이름만 모두 쓴 경우	30 %

07 ㄴ. 대기 대순환의 바람에 의해 동서 방향으로 흐르던 해류가 대륙에 막혀 남북 방향으로 흐름이 변하여 해류가 흐른다.

ㄷ. 저위도에서 고위도로 흐르는 해류는 난류이고, 고위도에서 저위도로 흐르는 해류는 한류이다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. 해수면 위에서 부는 대기 대순환의 바람에 의해 동서 방향으로 흐르는 해류가 형성된다.

[08~09] 꼬꼬 문제 분석



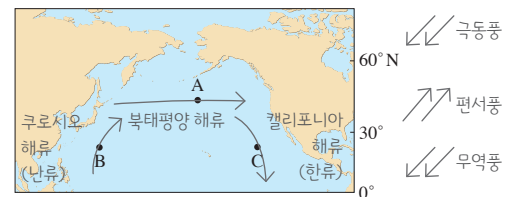
08 ㄱ. 쿠로시오 해류(A)와 멕시코만류(C)는 저위도에서 고위도로 흐르는 난류이다.

▣ **바로알기** ▣ ㄴ. 캘리포니아 해류(B)는 한류이기 때문에 저위도로 흐르면서 열을 흡수한다. 고위도로 에너지를 운반하는 해류는 난류이다.

ㄷ. 동일 위도에서 한류인 캘리포니아 해류(B)가 흐르는 해역은 난류인 멕시코만류(C)가 흐르는 해역보다 수온이 낮다.

09 북적도 해류(D)는 위도 0°~30°N에서 부는 북동 무역풍에 의해 형성된다.

10 꼬꼬 문제 분석



ㄷ. C 해역에는 고위도에서 저위도로 캘리포니아 해류가 흐른다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. A 해역에는 북태평양 해류가 흐른다. 북태평양 해류는 위도 30°N~60°N에서 부는 편서풍에 의해 형성된다.

ㄴ. B 해역에는 난류가 흐르고, C 해역에는 한류가 흐르므로 영양 염류는 B 해역이 C 해역보다 적다.

11 ㄱ. A와 B는 모두 무역풍과 편서풍으로 형성된 표층 해류와 대륙에 막혀 남북 방향으로 흐르는 해류가 이루는 아열대 순환이다.

ㄴ. C는 편서풍에 의해 형성된 남극 순환 해류로, 대륙에 막히지 않아 남극 대륙 주위를 순환한다.

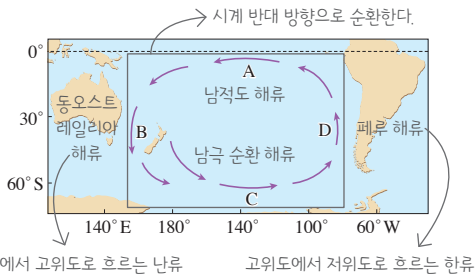
ㄷ. 대기 대순환의 바람은 적도를 기준으로 북반구와 남반구가 대칭을 이룬다. 따라서 표층 순환의 방향도 적도를 기준으로 대칭적으로 나타난다.

12 대기 대순환의 바람의 영향으로 동서 방향으로 흐르는 해류가 형성되고, 대륙에 막혀 남북 방향으로 흐르는 해류가 형성되어 순환을 이룬다.

모범답안 쿠로시오 해류 → 북태평양 해류 → 캘리포니아 해류 → 북적도 해류, 대기 대순환의 바람에 의해 동서 방향으로 흐르는 해류가 대륙의 영향으로 남북 방향으로 흐르면서 아열대 순환을 이룬다.

채점 기준	배점
해류의 이름을 순서대로 쓰고(시작 해류는 상관없음) 대기 대순환의 바람과 대륙의 영향으로 원인을 옮겨 서술한 경우	100 %
원인만 옮겨 서술한 경우	50 %
해류의 이름만 옮겨 쓴 경우	50 %

13 **꼼꼼** 문제 분석



난류는 저위도에서 고위도로 흐르면서 열을 전달하고, 한류는 고위도에서 저위도로 흐르면서 열을 흡수한다.

- A는 남적도 해류로, 무역풍에 의해 형성된다.
- 동오스트레일리아 해류(B)는 저위도에서 고위도로 흐르는 난류이고, 페루 해류(D)는 고위도에서 저위도로 흐르는 한류이므로 같은 위도에서 B는 D보다 수온이 높다.
- 난류인 동오스트레일리아 해류(B)는 고위도로 흐르면서 열을 전달하고, 한류인 페루 해류(D)는 저위도로 흐르면서 열을 흡수한다.
- 남반구에서 아열대 순환의 방향은 시계 반대 방향이다. 북반구에서 아열대 순환의 방향은 시계 방향이다.

바로알기 ③ 남극 순환 해류(C)는 편서풍 때문에 형성되어 서에서 동으로 흐르며, 남극 대륙 주위를 순환한다.

14 A 해역은 난류인 쿠로시오 해류가 흐르는 곳이다. B 해역은 한류인 캘리포니아 해류가 흐르는 곳이다. 난류는 한류에 비해 수온과 염분이 높고, 영양 염류와 용존 산소량이 적다.

15 멕시코만류는 북대서양의 서쪽 연안을 따라 북쪽으로 이동하는 난류이다. 난류는 열에너지를 방출하여 주변 지역의 기후를 따뜻하게 한다. 레이카비크는 뉴욕보다 멕시코만류가 더 가까이 흐르므로 위도가 높아도 1월 평균 기온이 더 높게 나타난다.

모범답안 레이카비크가 뉴욕보다 난류인 멕시코만류의 영향을 더 크게 받기 때문에 1월 평균 기온이 더 높다.

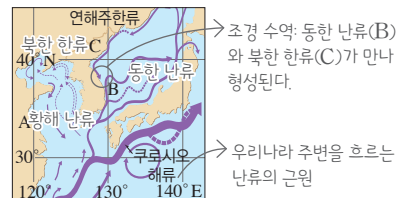
채점 기준	배점
난류와 멕시코만류를 모두 포함하여 옮겨 서술한 경우	100 %
난류와 멕시코만류 중 한 가지만 포함하여 서술한 경우	50 %

16 ㄴ. 한류는 난류보다 용존 산소량이 많다. 따라서 북한 한류는 동한 난류보다 용존 산소량이 풍부하다.

ㄷ. 동해에는 동한 난류와 북한 한류가 만나 조경 수역이 형성되어 좋은 어장을 이룬다.

바로알기 ㄱ. 쓰시마 난류는 쿠로시오 해류의 일부가 우리나라 남해안과 대한 해협을 거쳐 동해로 흐르는 해류이다. 우리나라 주변을 흐르는 난류의 근원은 쿠로시오 해류이다.

17 **꼼꼼** 문제 분석



- 난류: 황해 난류(A), 동한 난류(B), 쿠로시오 해류
- 한류: 북한 한류(C), 연해주 난류

ㄱ. 황해 난류(A)는 쿠로시오 해류의 일부가 제주도 남쪽에서 갈라져 황해를 따라 북상하는 해류이다. 따라서 A의 근원은 쿠로시오 해류이다.

ㄴ. 동한 난류(B)와 북한 한류(C)가 만나 형성되는 조경 수역은 겨울철에는 남하하고, 여름철에는 북상한다. 따라서 조경 수역의 위도는 겨울보다 여름에 높다.

바로알기 ㄴ. 동한 난류(B)의 유속은 여름철에 빠르고, 겨울철에 느리다.

ㄷ. 난류는 한류보다 수온과 염분이 높고, 영양 염류와 용존 산소량이 적다. 따라서 황해 난류(A)는 북한 한류(C)보다 수온과 염분이 높다.



해수의 심층 순환

개념 확인 문제

183쪽

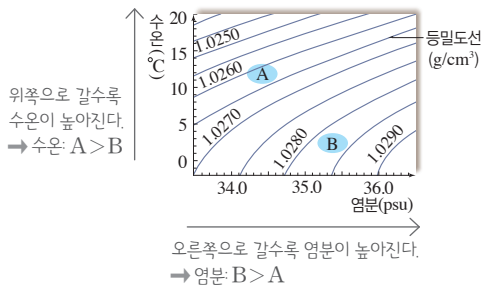
- ① 심층 순환 ② 밀도 ③ 수괴 ④ 남극 저층수
⑤ 북대서양 심층수 ⑥ 열에너지

1 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) × 2 (1) B (2) 수온이 낮아지고, 염분이 높아진다. 3 (1) ① >, ② < (2) B 4 (1) A: 남극 중층수, B: 북대서양 심층수, C: 남극 저층수 (2) $C > B > A$

- 1 (1) 심층 순환은 수온과 염분의 변화 때문에 생기는 해수 밀도의 변화로 일어난다.
(2) 수온이 높아지거나 염분이 낮아지면 해수의 밀도가 작아진다.
(3) 극 해역에서는 해수의 침강이 일어나 저위도로 이동하고, 온대나 열대 해역에서는 해수의 용승이 천천히 일어난다.
(4) 심층 순환은 직접 관측하기 어려우므로 수온과 염분을 측정하여 수온 염분도에 나타내어 수괴를 파악하면 수괴의 기원과 이동 경로를 알 수 있다.
(5) 심층 순환은 표층 순환에 비해 매우 느리게 일어난다.

- 2 (1) A는 심해의 해수가 용승하므로 저위도이고, B는 표층의 해수가 침강하므로 고위도이다.
(2) B 해역에서 해수의 침강이 일어나기 위해서는 밀도가 커져야 한다. 밀도가 커지기 위해서는 수온이 낮아지고, 염분이 높아져야 한다.

3 **문제 분석**



- (1) 수온 염분도(T-S도)에서 세로축의 수온은 위쪽으로 갈수록 높아지고, 가로축의 염분은 오른쪽으로 갈수록 높아지므로 평균 수온은 A가 B보다 높고, 평균 염분은 B가 A보다 높다.
(2) 수괴 A는 밀도가 1.0265 g/cm^3 보다 작고, 수괴 B는 밀도가 1.0280 g/cm^3 보다 크므로 밀도는 B가 A보다 크다. 따라서 두 수괴가 만나면 밀도가 큰 B가 아래쪽으로 가라앉아 흐른다.

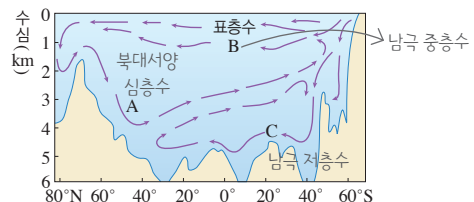
- 4 (1) A는 위도 $50^\circ\text{S} \sim 60^\circ\text{S}$ 에서 침강한 해수이므로 남극 중층수이다. B는 북대서양에서 침강한 해수이므로 북대서양 심층수이다. C는 남극 대륙 주변에서 침강하고, 수심이 가장 깊은 곳을 흐르는 해수이므로 남극 저층수이다.
(2) 밀도가 큰 해수일수록 해저 바닥 가까이 흐르므로 해수의 밀도는 $C > B > A$ 이다.

대표 자료 분석

184쪽

- 자료 1 1 A: 북대서양 심층수, B: 남극 중층수, C: 남극 저층수
2 (1) 느리다 (2) C 3 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ○ (6) ×
자료 2 1 (가) 노르웨이해 (나) 래브라도해 (3) 웨델해 2 남극 저층수 3 약해진다 4 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) ○ (6) ×

①-1 **문제 분석**



C가 가장 깊은 곳을 흐르고, 그 위쪽으로 A, B가 순서대로 흐르므로 밀도는 $C > A > B$ 이다.

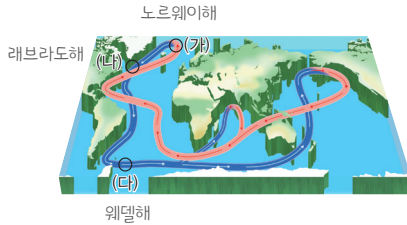
A는 북대서양에서 침강하여 남쪽으로 흐르는 해수이므로 북대서양 심층수이다. B는 위도 $50^\circ\text{S} \sim 60^\circ\text{S}$ 에서 침강하여 중층을 따라 흐르는 해수이므로 남극 중층수이다. C는 남극 대륙 주변에서 침강한 해수이므로 남극 저층수이다.

- ①-2 (1) 심층 해수인 A~C는 표층 해수보다 이동 속도가 매우 느리다.
(2) 밀도가 큰 해수일수록 깊이 가라앉아 해저 바닥을 따라 해류가 흐른다. 따라서 밀도가 가장 큰 해수는 가장 아래쪽에서 흐르는 C이다.

- ①-3 (1) 심층 순환은 표층에서 수온이 낮아지거나 염분이 높아져 밀도가 커진 해수가 침강하여 발생한다. 대기 대순환의 바람에 의해 발생하는 것은 표층 순환이다.
(2) A는 B의 아래쪽에서 흐르므로 B보다 밀도가 크다.
(3) A는 북대서양 심층수로, 북대서양 그린란드 남쪽의 래브라도해와 그린란드 동쪽의 노르웨이해에서 표층 해수가 가라앉아 형성된다.

- (4) C는 남극 저층수로, 해저를 따라 북쪽으로 확장하여 위도 30°N까지 흐르고, 전 세계 해양으로 퍼져 나간다.
- (5) 심층 순환은 용존 산소가 풍부한 표층 해수를 심해로 운반하여 산소를 공급한다.
- (6) 지구 온난화가 진행되면 극지방의 빙하가 녹고 강수량이 증가하여 해수의 염분이 감소한다. 이에 따라 해수의 밀도가 감소하기 때문에 침강이 약해져 심층 순환이 약해진다.

2-1 꼼꼼 문제 분석



대서양의 침강 해역 — 북반구: 노르웨이해, 라브라도해
남반구: 웨델해

심층 순환을 일으키는 침강 해역은 북반구에서는 그린란드 남쪽의 라브라도해와 그린란드 동쪽의 노르웨이해에 있으며, 남반구에서는 남극 대륙 주변의 웨델해에 있다.

2-2 북대서양의 침강 해역에서 침강한 북대서양 심층수는 대서양 서쪽을 따라 흐르고, 남극 주변에 도달하면 남극 저층수와 만나 남극 대륙 주위를 돌다가 인도양과 태평양으로 흘러 들어가 표층으로 용승하여 표층 순환과 연결된다.

2-3 북대서양 침강 해역에 많은 양의 담수가 유입되면 해수의 염분이 낮아져 밀도가 작아지므로 침강이 약해지고, 침강하는 해수와 연결된 표층 해류는 고위도로 이동하는 흐름도 약해진다.

- 2-4 (1) 심층 순환과 표층 순환은 연결되어 전 지구를 순환하고 있다.
- (2) (가) 해역과 (나) 해역에서 해수가 침강하여 북대서양 심층수가 형성되고 남쪽으로 확장하여 흐른다.
- (3) (다) 해역에서는 남극 저층수가 형성되어 북쪽으로 확장하여 흐르고, 전 세계 해양으로 퍼져 나간다.
- (4) 심층 해수가 인도양과 태평양으로 유입되면서 점차 수온이 올라가므로 인도양에서는 표층으로 상승한다.
- (5) 심층 순환은 표층 순환과 연결되어 저위도의 남의 열에너지를 고위도로 수송하여 위도별 에너지 불균형을 해소시킨다.
- (6) 심층 순환은 표층 순환과 연결되어 있으므로 심층 순환이 약해지면 표층 순환도 약해진다.

내신 만점 문제

185쪽~187쪽

- | | | | | |
|----------|------|----------|----------|------------|
| 01 ① | 02 ① | 03 ③ | 04 ② | 05 ㉠ 35.0. |
| ㉡ 1.0285 | 06 ① | 07 ⑤ | 08 ③ | 09 ② |
| 10 ② | 11 ④ | 12 ③ | 13 해설 참조 | 14 ② |
| 15 ③ | 16 ④ | 17 해설 참조 | | |

01 ① 수온이 낮아지면서 해수의 결빙이 일어나면 염분이 높아지므로 해수의 밀도가 커져 침강이 일어난다.

바로알기 ② 해수의 염분이 감소하면 밀도가 작아져 침강이 일어나기 어렵다.

③ 해수의 밀도가 작아지면 침강이 일어나기 어렵다.

④ 하천수의 유입이 증가하면 염분이 감소하여 해수 밀도가 작아지므로 침강이 일어나기 어렵다.

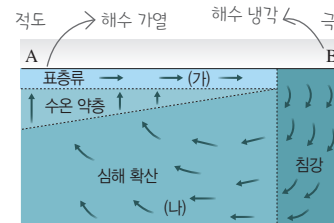
⑤ 증발량에 비해 강수량이 많은 지역은 해수의 염분이 낮아 밀도가 작아지므로 침강이 일어나기 어렵다.

02 ㄱ. 심층 순환은 수온이나 염분의 변화로 표층 해수의 밀도가 커질 때 침강하면서 일어난다.

바로알기 ㄴ. 심층 순환은 해수가 밀도 차이에 의해 침강하여 수온 약층 아래에서 일어나는 순환이다.

ㄷ. 극 해역에서 침강한 해수가 가라앉아 적도 쪽으로 이동하고, 온대나 열대 해역에서 천천히 용승하여 표층을 따라 극 쪽으로 이동한다.

03 꼼꼼 문제 분석



심층 순환의 발생 과정: 극지방에서 냉각된 해수는 밀도가 커져 가라앉는다. → 저위도로 이동하여 온대나 열대 해역에서 천천히 용승한다. → 표층을 따라 극 쪽으로 이동한다.

ㄱ. A는 심층 해수가 용승하는 곳이므로 해수가 가열되는 저위도의 해역이다. B는 표층 해수가 침강하는 곳이므로 해수가 냉각되는 고위도의 해역이다.

ㄷ. 표층 순환은 바람에 의해 일어나고, 심층 순환은 해수의 밀도 차이에 의해 일어나므로 해류의 유속은 (가)가 (나)보다 빠르다.

바로알기 ㄴ. B에서 해수의 염분이 낮아지면 해수의 밀도가 작아지므로 침강이 일어나기 어렵다. 따라서 B에서는 해수의 수온이 낮아지거나 염분이 높아질 때 침강이 일어난다.

04 꼼꼼 문제 분석



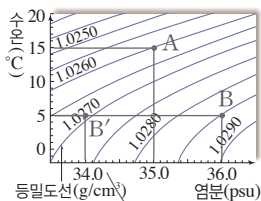
얼음물을 부으면 얼음물은 수조의 바닥으로 가라앉은 후 바닥을 따라 천천히 퍼져 나간다.

ㄷ. 소금물은 수조의 물보다 염분이 높아서 밀도가 크므로 종이컵에 부은 소금물은 수조 바닥으로 가라앉아 천천히 퍼진다.

▮ **바로알기** ▮ ㄱ. 얼음물은 수조의 물보다 온도가 낮아서 밀도가 크므로 수조 바닥으로 가라앉는다. 따라서 종이컵의 위치는 심층 순환에서 침강 해역에 해당한다.

ㄴ. 종이컵에 얼음물을 부으면 얼음물이 수조 바닥을 따라 퍼져 나가면서 표면의 물은 종이컵 쪽으로 모여든다.

[05~06] 꼼꼼 문제 분석



해수	A	B
수온 (°C)	15	5
염분 (psu)	(㉠ 35.0)	36.0
밀도 (g/cm³)	1.0260	(㉡ 1.0285)

→ 수온: A > B, 염분: B > A → 밀도: B > A

05 A는 수온이 15°C이고, 밀도가 1.0260 g/cm³이므로 수온 염분도를 읽으면 염분은 35.0 psu(㉠)이다.

B는 수온이 5°C이고, 염분이 36.0 psu이므로 수온 염분도를 읽으면 밀도는 1.0285 g/cm³(㉡)이다.

06 ㄱ. A와 B가 만나면 밀도가 큰 B가 A의 아래쪽에서 흐를 것이다.

▮ **바로알기** ▮ ㄴ. A 주변 해수의 수온이 10°C이고 염분이 같으면 A는 주변 해수보다 밀도가 작으므로 침강하지 않는다.

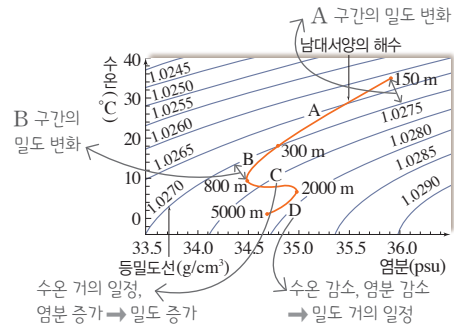
ㄷ. B의 염분이 34.0 psu로 낮아지면(B') 밀도는 1.0265 g/cm³와 1.0270 g/cm³ 사이이므로 A보다 밀도가 크다.

07 ㄱ. A는 B보다 수온과 염분이 높으므로 고온 고염분의 해수이다.

ㄴ. B의 염분이 증가하면 밀도가 증가하므로 B가 A보다 밀도가 커진다.

ㄷ. 밀도가 같지만 수온과 염분이 서로 다른 해수 A와 B가 섞이면 해수의 밀도는 커진다. 따라서 두 해수가 만나 섞이면 밀도가 증가하므로 침강한다.

08 꼼꼼 문제 분석



ㄱ. A 구간은 밀도 변화가 0.0005 g/cm³보다 크고, B 구간은 밀도 변화가 0.0005 g/cm³보다 작다.

ㄴ. C 구간에는 수온이 거의 일정하지만 밀도가 증가하는데, 이는 염분이 높아지기 때문이다.

▮ **바로알기** ▮ ㄷ. D 구간에서는 수심이 깊어져도 밀도 변화가 거의 없는데, 이는 염분이 낮아지지만 수온도 낮아지기 때문이다.

09 ② 찬물이 따뜻한 물보다 밀도가 크므로 간막이를 들어 올리면 찬물이 수조의 바닥을 따라 흘러 (가)와 같은 흐름이 나타난다. 이는 심층 순환이 일어나는 원리를 설명한 것으로, (가)에 해당하는 해류는 남극 저층류이다.

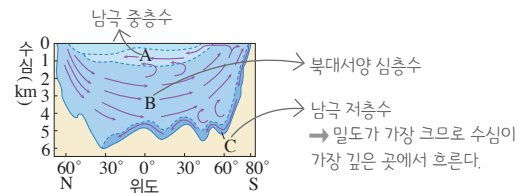
▮ **바로알기** ▮ ①, ③, ④, ⑤ 멕시코만류, 북대서양 해류, 북태평양 해류, 남극 순환 해류는 바람에 의해 형성된 표층 해류이다.

10 ㄴ. 북대서양 심층수는 그린란드 부근의 레브라도해와 노르웨이해에서 침강하여 형성된다.

▮ **바로알기** ▮ ㄱ. 남극 중층수는 남극 저층수보다 밀도가 작으므로 남극 저층수 위로 흐른다.

ㄷ. 남극 저층수는 겨울철에 결빙이 일어나면서 밀도가 커진 해수가 침강하여 형성된다.

11 꼼꼼 문제 분석

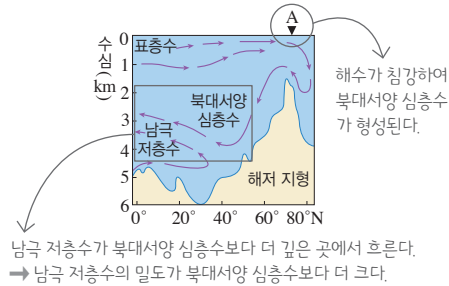


ㄴ. 남극 저층수(C)는 남극 대륙 주변의 웨델해에서 겨울철에 결빙에 의해 침강한 해수이다.

ㄷ. 밀도가 클수록 수심이 깊은 곳을 흐르기 때문에 해수의 밀도는 C > B > A 순으로 크다.

▮ **바로알기** ▮ ㄱ. A는 남극 중층수, B는 북대서양 심층수이다.

12 꼼꼼 문제 분석



ㄱ. A 해역은 북대서양에서 침강이 일어나는 곳으로, 그린란드 부근의 래브라도해나 노르웨이해에 해당한다.

ㄷ. 남극 저층수는 북대서양 심층수 아래로 흐르므로 북대서양 심층수보다 밀도가 크다.

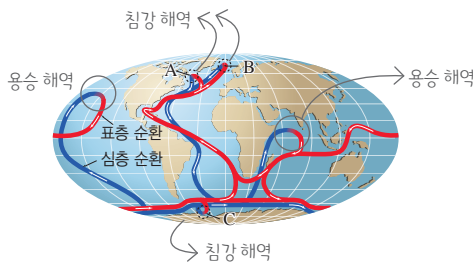
▶ **바로알기** ▶ ㄴ. 북대서양 심층수는 심층 순환을 이루므로 수온 약 4층 아래에서 이동한다.

13 수온 염분도에서 해수의 밀도는 $B > C > A$ 이다. 대서양의 심층 순환 중 남극 저층수가 수심이 가장 깊은 곳을 흐르고, 그 위로 북대서양 심층수, 남극 중층수 순으로 층을 이룬다.

▶ **모범답안** ▶ A는 남극 중층수, B는 남극 저층수, C는 북대서양 심층수이다. 해수의 밀도가 클수록 깊은 수심에서 흐르기 때문이다.

채점 기준	배점
해수 A~C의 이름을 모두 옳게 쓰고, 근거를 옳게 서술한 경우	100 %
해수 A~C의 이름만 모두 옳게 쓴 경우	50 %

14 꼼꼼 문제 분석

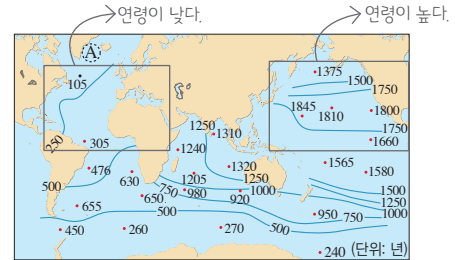


ㄴ. 북대서양 심층수는 대서양의 서쪽을 따라 이동하여 남극 대륙 부근에 도달하면 남극 저층수와 만나며, 대륙 주위를 돌면서 인도양과 태평양으로 유입된다.

▶ **바로알기** ▶ ㄱ. A와 B는 북대서양의 그린란드 부근의 침강 해역이고, C는 남극 대륙 주변의 침강 해역이다. 따라서 A, B, C 모두 침강 해역이다.

ㄷ. 북태평양에는 침강 해역이 없으며, 수온이 높아진 심층 해수가 용승하여 표층 해류와 연결된다.

15 꼼꼼 문제 분석



ㄱ. 북대서양의 연령은 약 300년 이하이고, 북태평양의 연령은 약 1300년 이상이다. 이는 북대서양에서 침강한 해수가 북태평양에 도달하기 때문이다.

ㄷ. 대서양에서 해수의 연령은 남반구로 갈수록 높아지므로 대서양에서는 북반구에서 남반구로 해수가 흐른다는 것을 알 수 있다.

▶ **바로알기** ▶ ㄴ. 해수 중의 산소는 공기 중에서 해수 표면으로 녹아 들어가므로 표면에서 침강한 시간이 길면 용존 산소량은 감소한다. 따라서 남극 주변 수심 4000m에서의 용존 산소량은 다른 해역에 비해 많을 것이다.

16 ① 심층 순환의 변화는 표층 순환의 열 수송량에 변화를 주어 기후 변화를 일으킨다.

② 심층 순환은 거의 전 수심과 전 위도에 걸쳐 일어나며, 이때 해수의 물질과 에너지를 순환시킨다.

③ 표층 순환과 심층 순환은 저위도에서 고위도로 열에너지를 수송하여 에너지 불균형을 해소시키는 역할을 한다.

⑤ 심층 순환에 의해 심층수에 풍부한 영양 염류가 표층으로 공급된다.

▶ **바로알기** ▶ ④ 용존 산소량은 심층보다 표층에 더 많다. 심층 순환은 표층의 용존 산소를 심해로 운반한다.

17 A 기간은 영저 드라이아스 빙하기이다. 영저 드라이아스 빙하기가 나타난 까닭은 기온이 따뜻해지면서 북극의 빙하가 많이 녹아 북대서양으로 많은 양의 담수가 유입되어 해수의 염분이 낮아졌기 때문이다. 이로 인해 해수의 밀도가 작아져 침강이 약화되었고, 심층 순환에 연결된 표층 해류의 흐름이 약해졌다. 멕시코만류가 북상하지 못하여 유럽 지역의 기온이 낮아졌고, 이를 시작으로 전 지구적으로 춥고 건조한 기후가 되었다.

▶ **모범답안** ▶ 북극의 빙하가 녹아 북대서양으로 많은 양의 담수가 유입되었고, 해수의 염분이 낮아지면서 밀도가 작아져 침강이 약화되었다. 이로 인해 표층 순환도 약해지면서 고위도로 열을 전달하지 못하여 춥고 건조한 기후가 되었다.

채점 기준	배점
해수의 밀도 감소, 침강 약화를 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
둘 중 한 가지만 포함하여 옳게 서술한 경우	50 %

3 대기와 해양의 상호 작용

개념 확인 문제

190 쪽

- ① 오른쪽 ② 왼쪽 ③ 융승 ④ 침강 ⑤ 연안 ⑥ 무역풍
⑦ 융승 ⑧ 침강 ⑨ 안개

- 1 (1) ㉠ (2) ㉠ (3) ㉠ (4) ㉠ 2 (1) × (2) ○ (3) × 3 (가) 남풍 (나) 남풍 4 ㉠ 적도 → 북쪽, ㉠ 적도 → 남쪽, ㉠ 융승
5 (1) (나) (2) (가) (3) (가) 6 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○

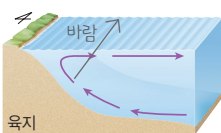
- 1 (1) 북반구에서 표층 해수의 이동 방향은 해수면에서 바람 방향의 오른쪽 45°이므로 ㉠이다.
(2) 북반구에서 표층 해수의 평균적인 이동 방향은 바람 방향의 오른쪽 90°이므로 ㉠이다.
(3) 남반구에서 표층 해수의 이동 방향은 해수면에서 바람 방향의 왼쪽 45°이므로 ㉠이다.
(4) 남반구에서 표층 해수의 평균적인 이동 방향은 바람 방향의 왼쪽 90°이므로 ㉠이다.

- 2 (1) 표층 해수가 연안 쪽으로 계속 이동해오면 모여든 해수가 해저를 따라 아래로 내려가 침강이 일어난다.
(2) 북반구 대륙의 서해안에 북풍이 계속 불면 표층 해수는 바람 방향의 오른쪽인 먼 바다 쪽으로 이동하여 융승이 일어난다.
(3) 남반구 대륙의 서해안에 남풍이 계속 불면 표층 해수는 바람 방향의 왼쪽인 먼 바다 쪽으로 이동하여 융승이 일어난다.

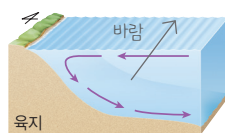
3 꼼꼼 문제 분석

바람 방향의 오른쪽으로 해수 이동

바람 방향의 왼쪽으로 해수 이동



(가) 북반구의 융승



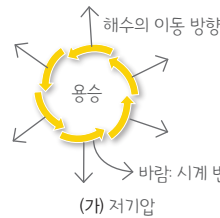
(나) 남반구의 침강

- (가) 북반구에서는 표층 해수가 바람 방향의 오른쪽 90°로 이동한다. 그림에서 표층 해수가 동쪽으로 이동하므로 남풍이 분다.
(나) 남반구에서는 표층 해수가 바람 방향의 왼쪽 90°로 이동한다. 그림에서 표층 해수가 서쪽으로 이동하므로 남풍이 분다.

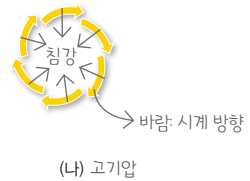
- 4 북동 무역풍과 남동 무역풍에 의해 북반구와 남반구 적도 부근의 표층 해수는 각각 적도에서 고위도로 이동하므로 적도에서는 이를 보충하기 위해 심층의 찬 해수가 표층으로 이동하는데, 이를 적도 융승이라고 한다.

5 꼼꼼 문제 분석

북반구에서는 바람 방향의 오른쪽 90°로 표층 해수가 이동한다.



(가) 저기압



(나) 고기압

- (1) 북반구에서 (가)는 시계 반대 방향으로 바람이 부는 저기압이고, (나)는 시계 방향으로 바람이 부는 고기압이다.
(2) (가)에서는 바람 방향의 오른쪽으로 표층 해수가 이동하여 저기압 중심에서 바깥쪽으로 발산하므로 중심에서는 융승이 일어난다. (나)에서는 바람 방향의 오른쪽으로 표층 해수가 이동하여 고기압 중심으로 해수가 수렴하므로 침강이 일어난다.
(3) 태풍은 열대 저기압으로, 중심부에서 해수의 융승이 일어난다.

- 6 (1) 융승이 일어나는 해역은 심층의 찬 해수가 올라오므로 표층 수온이 낮아진다.
(2) 심층의 해수에는 영양 염류가 풍부하므로 융승이 일어날 때 심층의 영양 염류가 표층으로 공급된다.
(3) 융승이 일어나는 해역에서는 표층 수온이 낮아지므로 대기가 냉각되어 안개가 자주 발생한다.
(4) 표층 해수에는 산소가 많이 녹아 있으므로 침강이 일어나는 해역은 표층의 용존 산소가 심층으로 이동한다.

193 쪽

완자샘

비법 특강

- Q1 ㉠ 고기압, ㉠ 저기압, ㉠ 저기압, ㉠ 고기압

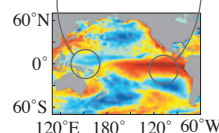
Q1 꼼꼼 문제 분석

수온 편차 (-)
→ 수온 낮음
→ 고기압 형성

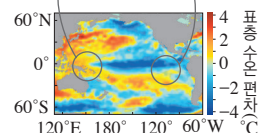
수온 편차 (+)
→ 수온 높음
→ 저기압 형성

수온 편차 (+)
→ 수온 높음
→ 저기압 형성

수온 편차 (-)
→ 수온 낮음
→ 고기압 형성



(가) 엘니뇨 시기



(나) 라니냐 시기

- ㉠ 엘니뇨 시기에 서태평양에서 수온 편차가 (-)이므로 평상시보다 표층 수온이 낮아졌다. → 기온이 낮아져 고기압이 형성된다.
㉠ 엘니뇨 시기에 동태평양에서 수온 편차가 (+)이므로 평상시보다 표층 수온이 높아졌다. → 기온이 높아져 저기압이 형성된다.

- ㉔ 라니냐 시기에 서태평양에서 수온 편차가 (+)이므로 평상시보다 표층 수온이 높아졌다. ➡ 기온이 높아져 저기압이 형성된다.
- ㉕ 라니냐 시기에 동태평양에서 수온 편차가 (-)이므로 평상시보다 표층 수온이 낮아졌다. ➡ 기온이 낮아져 고기압이 형성된다.

개념 확인 문제

194 쪽

- 1 엘니뇨 2 라니냐 3 워커 순환 4 남방 진동 5 고
6 저 7 저 8 고

- 1 B → A 2 (1) A (2) B (3) B 3 (1) × (2) × (3) ×
(4) ○ 4 (1) 두꺼워진다 (2) 깊어진다 (3) 강해진다 (4) 커진다
5 ㉔ 엘니뇨, ㉕ 동, ㉖ 증가 6 (가) 라니냐 (나) 엘니뇨

- 1 무역풍에 의해 따뜻한 표층 해수가 B → A로 흐른다.
- 2 (1) 평상시 따뜻한 해수가 A 해역으로 이동하여 온난 수역이 두꺼우므로 수온 약층의 깊이는 A 해역이 B 해역보다 깊다.
(2) B 해역은 영양 염류가 풍부한 심층의 찬 해수가 용승하므로 A 해역보다 영양 염류가 많다.
(3) 수온이 높은 A 해역에서 상승 기류가 발달하고, 수온이 낮은 B 해역에서 하강 기류가 발달하므로 A 해역에서는 저기압이 형성되고, B 해역에서는 고기압이 형성된다.
- 3 (1) 엘니뇨는 적도 부근 동태평양에서 태평양 중앙부까지의 표층 수온이 평년보다 0.5 °C 이상 높은 상태가 5개월 이상 지속 되는 현상이다.
(2) 엘니뇨는 무역풍이 평상시보다 약해질 때 일어난다.
(3) 엘니뇨 시기에는 무역풍이 약해지므로 적도 부근 동태평양에서 서태평양으로 이동하는 따뜻한 표층 해수가 적어진다.
(4) 엘니뇨 시기에는 따뜻한 표층 해수가 동태평양 쪽으로 이동하므로 동태평양에서 찬 해수의 용승이 약화된다.
- 4 (1), (2) 라니냐 시기에는 무역풍이 강해져 따뜻한 표층 해수가 서태평양으로 이동한다. 서태평양에서는 표층 수온이 상승하면서 온난 수역의 두께가 평상시보다 두꺼워지므로 수온 약층의 깊이가 깊어진다.
(3), (4) 라니냐 시기에는 서태평양의 수온이 높아지고, 동태평양에 찬 해수의 용승이 강해지므로 동태평양과 서태평양의 표층 수온 차이가 평상시보다 커진다.
- 5 엘니뇨가 발생하면 평상시의 워커 순환에서 상승 영역은 적도 중앙 태평양에서 동태평양에 이르는 해역으로 이동한다. 따라서 동태평양에는 저기압이 형성되어 강수량이 증가한다.

- 6 (가)는 동쪽의 해면 기압이 서쪽의 해면 기압보다 높으므로 동쪽의 표층 수온이 평상시보다 낮은 라니냐 시기이다.
(나)는 동쪽의 해면 기압이 서쪽의 해면 기압보다 낮으므로 동쪽의 표층 수온이 평상시보다 높은 엘니뇨 시기이다.

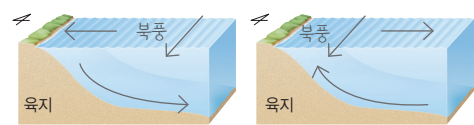
대표 자료 분석

195 쪽

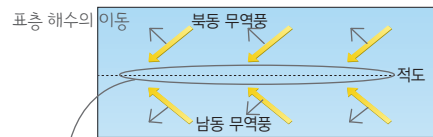
- 자료 1 1 (나) 2 (나) 3 용승 4 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○
자료 2 1 (가) 엘니뇨 시기 (나) 라니냐 시기 2 (1) (가)
(2) (나) (3) (나) 3 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ (5) × (6) ○ (7) ○

1-1 꼼꼼히 문제 분석

오른쪽 90°로 표층 해수 이동 왼쪽 90°로 표층 해수 이동



(가) 북반구 연안 침강 (나) 남반구 연안 용승



(다) 적도 적도 용승

적도 부근의 표층 해수가 남쪽, 북쪽으로 이동하여 용승이 일어난다.

- (가)는 연안에 표층 해수가 쌓여 침강하고, (나)는 먼 바다 쪽으로 이동한 연안의 해수를 채우기 위해 심층의 해수가 용승한다.

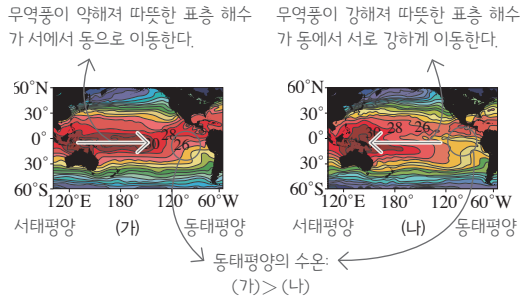
- 1-2 북풍이 불 때 연안 용승이 일어나는 (나)에서는 해안에서 먼 바다 쪽으로 표층 해수가 이동하고, 해안에는 찬 해수가 올라오므로 해안에서 먼 바다 쪽으로 갈수록 해수면 온도가 높다.

- 1-3 북동 무역풍과 남동 무역풍에 의해 표층 해수가 적도에서 고위도 쪽으로 이동하고, 이를 채우기 위해 적도에서는 심층의 찬 해수가 올라오는 용승이 일어난다.

- 1-4 (1) 북반구인 (가)에서 남풍이 불면 표층 해수는 먼 바다 쪽으로 이동하여 연안 용승이 일어난다.
(2) 남반구인 (나)에서 북풍이 불면 표층 해수는 먼 바다 쪽으로 이동하여 연안 용승이 일어나므로 찬 해수에 의해 공기가 냉각되어 안개가 자주 발생한다.

- (3) (나)에서 북풍이 불 때 용승이 일어나고, 남풍이 불 때 침강이 일어나므로 북풍이 불 때 영양 염류가 증가한다.
- (4) (다)에서 적도 해역에서는 용승이 일어나므로 주변 해역보다 해수면 온도가 낮다.

2-1 꼼꼼 문제 분석



동태평양의 수온은 엘니뇨 시기에 높고, 라니냐 시기에 낮으므로 (가)는 엘니뇨 시기이고, (나)는 라니냐 시기이다.

- 2-2** (1) 엘니뇨 시기인 (가)에서는 무역풍이 약하게 불고, 라니냐 시기인 (나)에서는 무역풍이 강하게 분다. 따라서 따뜻한 표층 해수가 (가)에서는 동쪽으로, (나)에서는 서쪽으로 이동한다.
- (2) 엘니뇨 시기에는 따뜻한 표층 해수가 동태평양 쪽으로 이동하면서 동태평양의 용승이 약해지고, 라니냐 시기에는 따뜻한 표층 해수가 서태평양 쪽으로 이동하면서 동태평양의 용승이 강해지므로 동·서태평양의 표층 수온 차이가 더 큰 시기는 (나)이다.
- (3) 강수량은 해수면 온도가 높아 상승 기류가 강할수록 많아지므로 서태평양의 강수량은 (나) 시기에 더 많다. (가) 시기에는 서태평양에 고기압이 형성되어 강수량이 감소한다.

- 2-3** (1) 동에서 서로 이동하는 표층 해수 흐름은 동에서 서로 부는 무역풍이 강한 (나) 시기에 강하게 일어난다.
- (2) 동태평양에서 온난 수역의 두께는 서태평양의 따뜻한 해수가 이동해오는 (가) 시기에 두껍다.
- (3) 서태평양의 상승 기류는 무역풍이 강해져 서태평양의 해수면 온도가 높아지는 (나) 시기에 활발하다.
- (4) 동태평양의 해수면 기압은 찬 해수의 용승이 활발하여 표층 수온이 낮아지는 (나) 시기에 높다.
- (5) 적도 부근 동태평양에서는 (가) 시기에 해수면 온도가 상승하여 홍수 피해가 발생할 수 있고, (나) 시기에 해수면 온도가 하락하여 가뭄 피해가 발생할 수 있다.
- (6) (가) 시기에는 서태평양에 고기압, 동태평양에 저기압이 형성되고, (나) 시기에는 반대가 되는데 이처럼 동·서태평양의 해수면 기압이 반대로 나타나는 현상을 남방 진동이라고 한다.

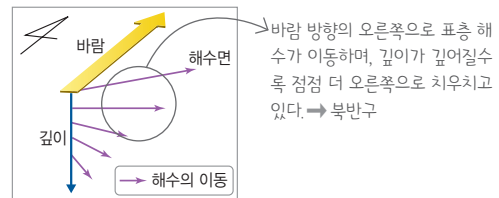
- (7) (가)와 (나) 시기의 해수면 온도 변화와 해수면 기압 변화는 대기와 해수의 상호 작용으로 서로 영향을 미치므로 두 현상을 합쳐 엘니뇨 남방 진동 또는 엔소(ENSO)라고 한다.

내신 만점 문제

196쪽~199쪽

01 ③	02 ⑤	03 해설 참조	04 ⑤	05 ②
06 ④	07 ③	08 ④	09 ④	10 ①
11 ①	12 ④	13 해설 참조	14 ①	15 ②
16 ⑤	17 ③	18 ②	19 ⑤	

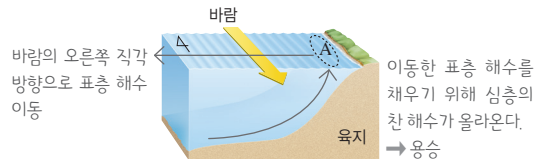
01 꼼꼼 문제 분석



- ㄱ. 표층 해수가 바람 방향의 오른쪽으로 이동하므로 북반구 바다를 가정한 것이다. 남반구에서는 바람 방향의 왼쪽으로 이동한다.
- ㄴ. 바람과의 마찰력이 작용하여 해수가 이동하는데, 바람의 방향과 해수의 이동 방향이 일치하지 않는 것은 지구 자전의 영향을 받기 때문이다.

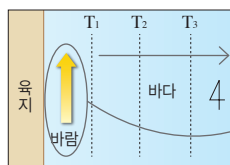
▶바로알기 ㄷ. 표층 해수의 평균적인 이동 방향은 바람 방향의 90° 방향으로, 북반구에서는 바람 방향의 오른쪽 직각 방향이고, 남반구에서는 바람 방향의 왼쪽 직각 방향이다.

02 꼼꼼 문제 분석



- ⑤ 연안 용승이 일어나면서 심층의 영양 염류가 풍부한 해수가 올라오므로 A 해역의 표층 해수에 영양 염류가 증가한다.
- ▶바로알기** ① 바람이 북쪽에서 불어오므로 북풍이 불고 있다.
- ② 북반구에서는 지속적인 바람 방향의 오른쪽으로 표층 해수가 이동하므로 먼 바다 쪽(외해 쪽)으로 해수가 이동한다.
- ③ 먼 바다 쪽으로 이동한 해수를 채우기 위해 심층의 찬 해수가 표층으로 올라오는 연안 용승이 일어난다.
- ④ 심층의 찬 해수가 올라오므로 A 해역의 기온은 하강한다.

03 문제 분석



북반구이므로 바람 방향의 오른쪽
직각 방향으로 표층 해수가 이동한다.

→ 심층의 찬 해수가 용승하므로 표층 수온은 해안 쪽(T_1)이 가장 낮고, 해안에서 멀어질수록 높아진다.

북반구 대륙의 동해안에 남풍이 지속적으로 불면, 표층 해수가 오른쪽 직각 방향인 동쪽으로 이동하면서 찬 해수의 용승이 일어난다. 따라서 해수면의 수온은 $T_3 > T_2 > T_1$ 이고, 해수면 부근의 공기가 냉각되어 안개가 발생할 가능성이 커진다.

모범답안 $T_3 > T_2 > T_1$, 찬 해수의 용승에 의해 안개가 발생한다.

채점 기준	배점
수온과 대기 현상을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
수온만 옳게 서술한 경우	50 %

04 ㄱ, ㄴ. 북반구인 (가)에서는 표층 해수가 북풍의 오른쪽인 서쪽으로 이동하여 해안에서 멀어지므로 연안 용승이 일어나고, 심층의 찬 해수가 올라오므로 해안 지역의 날씨가 서늘해진다.

ㄷ. 남반구인 (나)에서는 표층 해수가 남풍의 왼쪽인 서쪽으로 이동하여 해안 쪽으로 모이므로 연안 침강이 일어난다.

05 그림은 남반구 대륙의 동해안에서 북풍이 지속적으로 부는 모습이다. 표층 해수는 북풍의 왼쪽 직각 방향인 먼 바다 쪽으로 이동하여 연안 용승이 일어난다. 수심이 깊어질수록 해수의 온도는 낮아지고 심층의 찬 해수가 해저를 따라 올라와 해안에서 멀어질수록 해수면 온도가 높아지는 수온 분포는 ②와 같다.

06 ㄴ. 적도를 경계로 북반구의 표층 해수는 북쪽으로, 남반구의 표층 해수는 남쪽으로 이동하여 이를 채우기 위해 적도 부근에서 **용승**이 일어난다. ➡ 적도 용승

ㄷ. 용승이 일어나면 심층의 영양 염류가 풍부한 해수가 표층으로 이동하므로 주변 해역보다 영양 염류가 풍부해진다.

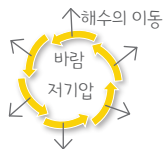
■ **바로알기** ㄱ. 표층 해수는 남반구에서 바람 방향의 왼쪽 직각 방향으로 이동하므로 적도에서 남쪽으로 이동한다.

07 태풍은 열대 저기압으로, 북반구에서 바람이 시계 반대 방향으로 분다.

가. 북반구 저기압에서는 시계 반대 방향으로 부는 바람 방향의 오른쪽으로 표층 해수가 이동하여 저기압 중심에서 바깥쪽으로 표층 해수가 발산한다.

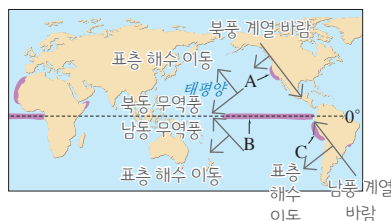
나. 저기압 중심에서 발산한 해수를 채우기 위해 용승이 일어난다.

■ **바로알기** | ㄷ. 저기압 중심에서 찬 해수의 용승이 일어나므로 수온 약층의 깊이는 얕아진다.



08 문제 분석

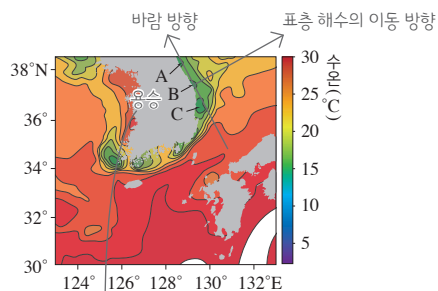
A 해역은 캘리포니아 연안 용승 지역, B 해역은 적도 용승 지역, C 해역은 페루 연안 용승 지역이다.



나. B 해역은 무역풍에 의해 해수의 발산이 일어나므로 이를 채우기 위해 심층의 찬 해수가 올라온다. 따라서 무역풍이 강해지면 해수의 이동이 더 잘 일어나므로 용승이 강해진다.

다. 용승이 일어나면 심층의 찬 해수가 올라오므로 수온이 낮아지고, 찬 해수에 포함되어 있던 영양 염류가 표층으로 운반되어 플랑크톤이 번성하므로 좋은 어장이 형성된다.

▶바로알기 7. A 해역은 북반구에 위치하므로 북풍이 지속적으로 불 때 표층 해수가 바람의 오른쪽 직각 방향인 먼 바다 쪽으로 이동하므로 연안 용승이 일어난다. 반면, C 해역은 남반구에 위치하므로 북풍이 지속적으로 불 때 표층 해수가 바람의 왼쪽 직각 방향인 해안 쪽으로 이동하여 연안 침강이 일어난다. C 해역에서는 남풍이 지속적으로 불 때 연안 용승이 일어난다.

09 문제 분석

A, B, C 해역은 수온이 주변보다 낮아 용승이 일어난 지역임을 알 수 있다.

나. 연안 용승이 일어나 찬 해수가 올라오므로 기온이 낮아져 안개가 발생할 가능성이 컸다.

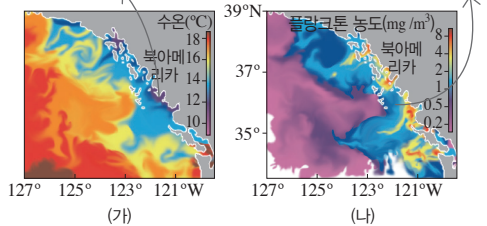
ㄷ. 찬 해수의 용승으로 주변 해역보다 수온이 낮아지므로 난류성 어류의 양식업이 피해를 입을 수 있다.

▶바로알기 7. A~C 해석의 수온은 주변보다 낮으므로 용승이 일어났다. 대륙의 연안에서 용승이 일어나려면 표층 해수가 먼 바다 쪽으로 이동해야 하고, 북반구 동해안에서 표층 해수가 먼 바다 쪽으로 이동하려면 남풍 계열의 바람이 불어야 한다. 우리나라는 6월~8월에 남풍 계열의 계절풍이 부는데, 이 바람에 의해 동해안에 연안 용승이 일어난다.

10 **꼼꼼** 문제 분석

해안 쪽 표층 수온이 낮다.

해안 쪽 플랑크톤의 농도가 높다.

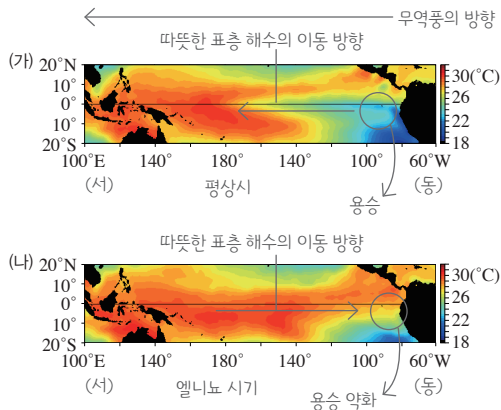


ㄴ. 수온이 낮은 해역에서 플랑크톤의 농도가 높은 것은 심층의 해수가 용승하면서 영양 염류가 표층에 공급되었기 때문이다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. 해안에 가까울수록 수온이 낮아진 것은 연안 용승이 일어났기 때문이다. 북아메리카 대륙은 북반구에 있으므로 대륙의 서해안에 북풍 계열의 바람이 불 때 표층 해수가 먼 바다 쪽으로 이동하여 용승이 일어난다.

ㄷ. 연안 침강이 일어나면 해안으로 갈수록 표층 수온이 낮아지지 않는다.

11 **꼼꼼** 문제 분석

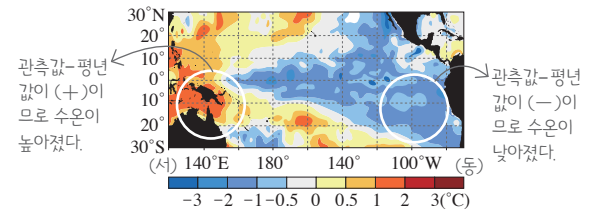


ㄱ. (가)는 따뜻한 표층 해수가 서태평양 쪽으로 이동하므로 정상 시이고, (나)는 따뜻한 표층 해수가 동태평양 쪽으로 이동하여 동태평양의 수온이 높으므로 엘니뇨 시기이다.

▣ **바로알기** ▣ ㄴ. 정상시에는 무역풍에 의해 동 → 서의 표층 해수 흐름이 강하지만, 엘니뇨 시기에는 무역풍이 약해지면서 서 → 동의 표층 해수 흐름이 나타난다. 따라서 무역풍의 세기는 (나)보다 (가) 시기에 강하다.

ㄷ. 정상시에는 열대 태평양의 따뜻한 표층 해수가 동에서 서로 이동하면서 동태평양에 용승이 일어나 표층 수온이 낮다. 엘니뇨 시기에는 표층 해수가 서에서 동으로 이동하면서 동태평양의 용승이 약해져 정상시보다 표층 수온이 높다. 따라서 동태평양의 연안 용승은 (나)보다 표층 수온이 낮은 (가) 시기에 활발하게 일어난다.

12 **꼼꼼** 문제 분석



동태평양의 표층 수온이 평년보다 낮아졌으므로 라니냐 시기이다.

ㄴ. 동태평양에서는 정상시보다 해수면 온도가 낮으므로 용승이 더 활발하게 일어난다.

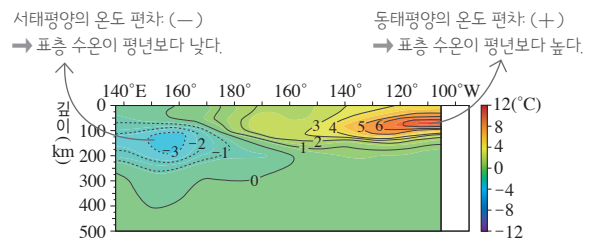
ㄷ. 서태평양에서는 정상시보다 해수면 온도가 높으므로 온난 수역의 두께가 증가하여 수온 약층의 깊이는 깊어진다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. 동에서 서로 이동하는 따뜻한 표층 해수가 증가하여 동태평양의 수온이 낮아졌으므로 정상시보다 무역풍의 세기가 강하다.

13 **모범답안** 무역풍이 약해지면서 열대 태평양의 따뜻한 표층 해수가 서태평양에서 동태평양 쪽으로 이동하여 동태평양의 용승이 약해지고 표층 수온이 높아진다.

채점 기준	배점
제시된 단어를 모두 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
제시된 단어 중 두 가지만 포함하여 옳게 서술한 경우	60 %
표층 수온을 포함하여 서술하지 못한 경우	0 %

14 **꼼꼼** 문제 분석

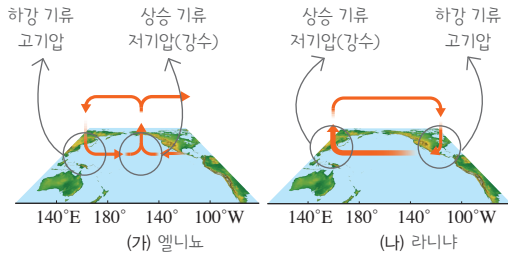


ㄱ. 동태평양의 표층 수온이 평년보다 높아졌으므로 엘니뇨가 발생한 시기에 해당한다.

▣ **바로알기** ▣ ㄴ. 무역풍이 약해지면서 서태평양에서는 따뜻한 표층 해수가 동쪽으로 이동하였으므로 정상시보다 온난 수역의 두께가 얇다.

ㄷ. 동태평양에서 표층 수온이 상승한 것은 서태평양의 따뜻한 해수가 이동해오고, 연안 용승이 약해졌기 때문이다. 따라서 동태평양에서는 표층 해수에 영양 염류가 감소하여 식물성 플랑크톤의 농도가 낮다.

15 **꼼꼼** 문제 분석



동태평양의 표층 수온이 높아 저기압이 형성되는 (가)는 엘니뇨 시기이고, 동태평양의 표층 수온이 낮아 고기압이 형성되는 (나)는 라니냐 시기이다.

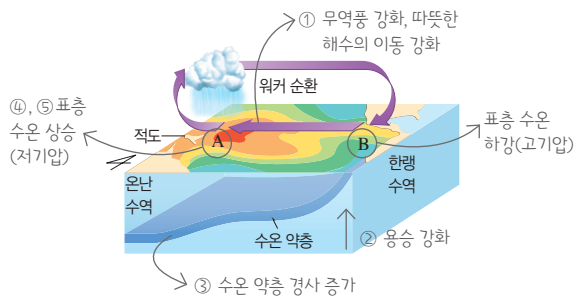
ㄴ. 서태평양에서는 (가) 시기에 하강 기류가 형성되어 고기압이 발달하고, (나) 시기에 상승 기류가 형성되어 저기압이 발달하므로 해수면 기압은 (가)보다 (나) 시기에 낮다.

❏ **바로알기** ㄱ. (가)는 무역풍이 약한 엘니뇨 시기이고, (나)는 무역풍이 강한 라니냐 시기이다.

ㄷ. 비구름은 상승 기류가 발달하면서 나타나므로 (나) 시기에 비구름은 (가)보다 서쪽에 위치한다.

16 **꼼꼼** 문제 분석

적도 부근에서 평상시보다 무역풍이 강해지는 시기에 라니냐가 발생한다.



① 무역풍은 동에서 서로 부는 바람으로, 무역풍이 강해지면 B에서 A로 이동하는 따뜻한 표층 해수의 흐름이 평상시보다 강해진다.

② 표층 해수가 A 해역으로 강하게 이동함에 따라 B 해역의 용승이 강해진다.

③ 따뜻한 표층 해수가 B에서 A로 강하게 이동하므로 A 해역은 온난 수역의 두께가 두꺼워져 수온 약층이 나타나는 깊이가 깊어지고, B 해역은 온난 수역의 두께가 얇아져 수온 약층이 나타나는 깊이가 얕아진다. 따라서 동서 방향의 수온 약층 경사가 평상시보다 급해진다.

④ A 해역의 표층 수온이 평상시보다 높아지므로 상승 기류가 강하게 발생하여 해수면 기압은 낮아진다.

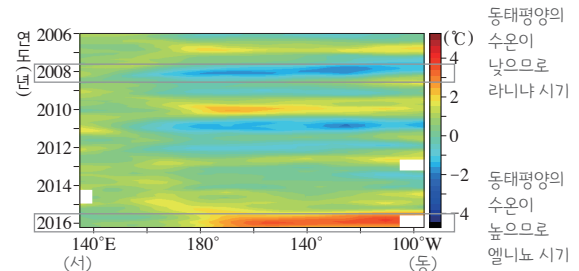
❏ **바로알기** ⑤ A 해역의 표층 수온이 상승하여 저기압이 강하게 형성되므로 평상시보다 강수량이 많아진다.

17 ㄱ. (가) 시기에는 관측한 해면 기압차(B 기압-A 기압)가 (+) 값이므로 해면 기압은 A 해역이 B 해역보다 낮았다. 따라서 라니냐가 발생하였다.

ㄷ. 열대 태평양의 해면 기압 차가 (+) 값과 (-) 값이 번갈아 나타나므로 엘니뇨 시기와 라니냐 시기를 거치면서 동서 방향의 주기적인 변화가 나타나는데, 이를 남방 진동이라고 한다.

❏ **바로알기** ㄴ. (나) 시기에는 A 해역이 B 해역보다 해면 기압이 높으므로 A 해역에서 고기압이, B 해역에서는 저기압이 형성되는 엘니뇨가 발생하였다.

18 **꼼꼼** 문제 분석

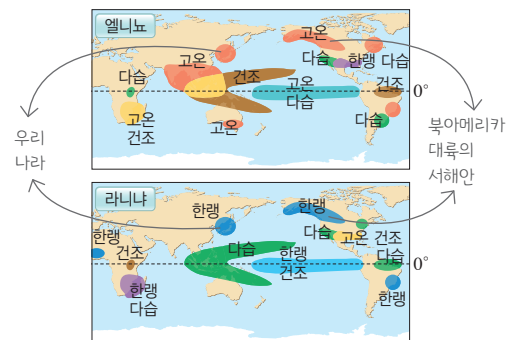


ㄴ. 2008년에 동태평양에서는 해수면 온도가 낮아졌으므로 해수면 기압이 높아져 하강 기류가 발달하므로 강수량이 감소하였다.

❏ **바로알기** ㄱ. 2008년에는 동태평양의 해수면 온도가 평년보다 낮아졌으므로 라니냐가 발생하였다.

ㄷ. 2016년에는 엘니뇨가 발생하였으므로 서태평양에서는 하강 기류가 발달하여 가뭄 피해가 발생하였다.

19 **꼼꼼** 문제 분석



ㄱ. 엘니뇨 시기에 우리나라는 이상 고온 현상이 나타나므로 온난한 겨울이 된다.

ㄴ. 라니냐 시기에 북아메리카 대륙의 서해안에는 이상 저온 현상이 나타나므로 한파 피해가 발생할 수 있다.

ㄷ. 엘니뇨와 라니냐는 대기와 해양의 상호 작용에 의해 해수면 기압 변화를 일으켜 전 지구적인 기후 변화가 나타난다.

4 지구 기후 변화

개념 확인 문제

203쪽

- ① 세차 운동 ② 기울기(경사) ③ 이심률 ④ 많을
⑤ 증가 ⑥ 감소 ⑦ 수권 ⑧ 인위적

- 1 (가) ㄱ, ㅂ (나) ㄴ, ㄷ, ㄹ, ㅁ 2 (1) × (2) ○ 3 ㉠ 작아지고, ㉡ 작아진다 4 (1) ○ (2) ○ (3) × 5 (1) 감소 (2) 증가 (3) 대륙성 6 ㉠ 에어로졸, ㉡ 응결핵

1 기후 변화의 자연적 요인은 천문학적 현상에 의한 지구 외적 요인과 지구 내적 요인으로 구분한다.

(가) 지구 외적 요인

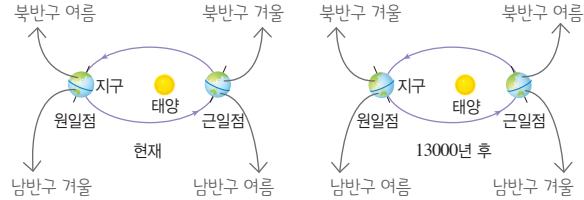
- 세차 운동(ㄱ)
- 지구 자전축의 기울기 변화(ㅂ)
- 지구 공전 궤도의 이심률 변화
- 밀란코비치 주기
- 태양 활동의 변화

(나) 지구 내적 요인

- 수륙 분포의 변화(ㄴ)
- 기권과 수권의 상호 작용(ㄷ)
- 대기의 투과율 변화(ㄹ)
- 지표면의 상태 변화(ㅁ)
- 생물의 변화

2 공공 문제 분석

지구 자전축의 경사 방향이 변하는 현상을 세차 운동이라고 한다.



- (1) 현재 북반구는 지구가 원일점에 있을 때 태양을 향해 기울어져 있으므로 근일점에 있을 때보다 태양의 남중 고도가 더 높다. 따라서 태양 복사 에너지를 더 많이 받으므로 계절은 여름이다.
(2) 현재와 13000년 후에 지구 자전축 경사 방향이 반대로 되므로 근일점과 원일점에서 계절이 반대로 된다.

3 지구 자전축의 기울기가 커지거나 작아질 때, 북반구와 남반구에서 기온의 연교차 변화의 경향성은 같게 나타난다. 북반구와 남반구 모두 기울기가 커질 때 기온의 연교차가 커지고, 기울기가 작아질 때 기온의 연교차가 작아진다.

- 4 (1) 이심률은 타원 모양의 납작한 정도를 나타내므로 공전 궤도 이심률은 A가 B보다 크다.
(2) 공전 궤도 이심률의 변화로 태양과 지구 사이의 거리가 변하면 지구에 도달하는 태양 복사 에너지량이 변하여 기후 변화가 일어난다.

(3) A는 B보다 공전 궤도 이심률이 크므로 근일점에서 태양과 지구 사이의 거리는 더 가깝고, 원일점에서 태양과 지구 사이의 거리는 더 멀다.

5 (1) 빙하는 태양 빛을 잘 반사하므로 빙하가 녹으면 지구의 반사율이 감소하여 대기의 투과율이 증가하므로 지구의 기온이 높아진다.

(2) 대기 중의 화산재는 태양 빛을 반사하므로 지구의 반사율을 증가시켜 지구의 기온을 낮춘다.

(3) 판게아가 형성될 때 건조한 대륙성 기후 지역이 증가하고, 판게아가 분리될 때 해양성 기후 지역이 증가한다.

6 대기 중에 떠 있는 작은 액체나 고체 입자를 에어로졸이라고 한다. 에어로졸은 태양 빛을 산란시키고, 수증기의 응결을 일으키는 응결핵으로 작용한다. 따라서 에어로졸이 많아지면 구름의 양이 증가하여 태양 빛을 반사시키므로 지구의 기온이 낮아진다.

204쪽

완자뽀

비법 특강

Q1 커진다

Q1 지구 자전축의 기울기가 커지면 북반구와 남반구 모두 기온의 연교차가 커지므로 북반구에 있는 우리나라의 기온의 연교차는 커진다.

개념 확인 문제

208쪽

- ① 같다 ② 온실 효과 ③ 지구 온난화 ④ 온실 기체
⑤ 해수면 상승 ⑥ 상승 ⑦ 신재생

- 1 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ (5) × 2 ㄱ 3 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) × 4 ㉠ 5 A, C

1 (1) 태양 복사 에너지는 여러 가지 파장의 복사 에너지로 이루어져 있지만 가시광선 영역의 에너지를 가장 많이 방출한다.

(2) 지구는 태양에 비해 온도가 낮으므로 대부분 적외선을 복사 에너지로 방출한다.

(3) 온실 기체는 지표와 대기가 방출하는 적외선을 흡수하여 온실 효과를 일으키는 기체이므로 지구 복사 에너지를 잘 흡수한다.

(4) 지구는 복사 평형을 이루므로 태양으로부터 흡수한 복사 에너지만큼 지구 복사 에너지를 우주로 방출한다.

(5) 지구는 온실 효과가 일어나지 않더라도 복사 평형을 이루며, 온실 효과가 일어날 때보다 낮은 온도에서 복사 평형을 이룬다.

2 ㄱ. 지구는 복사 평형을 이루므로 태양 복사 에너지의 흡수량(A)과 지구 복사 에너지의 방출량(B)이 같다.

ㄴ. 지표가 흡수하는 복사 에너지는 A+D이고, 지표가 방출하는 복사 에너지는 C+E이므로 A+D=C+E이다.

ㄷ. 지표가 방출하는 복사 에너지 C+E 중 일부는 지표로 재방출(D)되고, 나머지는 우주 공간으로 방출되므로 B=C+E-D이다.

3 (1) 지구 온난화는 대기 중의 온실 기체 농도 증가로 온실 효과가 강화되어 일어난다.

(2) 지구의 평균 기온은 최근 들어 상승 폭이 증가하는 추세이다.

(3) 지구 온난화가 일어나면 지구 전체의 증발량이 증가하므로 강수량도 증가한다.

(4) 한반도는 평균 기온의 상승으로 점차 아열대 기후 지역이 확대되고 있다.

(5) 신재생 에너지의 사용량을 늘리면 화석 연료의 사용량이 줄어들어 대기 중으로 배출되는 온실 기체의 양이 감소한다. 따라서 지구 온난화를 줄일 수 있다.

4 ①, ②, ⑤ 지구 온난화가 일어나면 극지방과 고산 지대의 빙하가 녹고, 열팽창으로 해수 부피가 증가하여 해수면이 상승한다.

③ 온실 기체의 양이 증가하면 해수에 녹은 이산화 탄소의 농도가 증가하여 해양 산성화가 일어날 수 있다.

④ 기온 상승으로 기후대가 변화한다.

5 지구 온난화가 일어나면 해수 온도가 상승한다. 수온이 상승하면 기체의 용해율이 감소하므로 해수의 이산화 탄소 용해율은 감소하고, 대기 중의 이산화 탄소 농도가 증가하여 지구 온난화가 더 심해질 수 있다.

대표 자료 분석

209쪽~210쪽

자료 1 1 높았다 2 산소 동위 원소 3 작았다

4 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ (5) ○

자료 2 1 여름: B와 C, 겨울: A와 D 2 (1) ㉠ 상승,

㉡ 하강, ㉢ 커진다 (2) ㉠ 상승, ㉡ 하강, ㉢ 커진다

3 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ (5) ×

자료 3 1 30% 2 144 3 일정하게 유지된다

4 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) ○

자료 4 1 (1) 컸다 (2) 증가 (3) 상승 (4) 화석 연료 2 (1) ○

(2) ○ (3) × (4) ×

①-1 이산화 탄소는 온실 기체이므로 이산화 탄소 농도가 높았던 시기에 기온이 높았다.

①-2 빙하 얼음을 이루는 물(H₂O)의 산소는 해수로부터 증발한 수증기가 극지방으로 이동한 것이다. H₂O를 이루는 산소 중 ¹⁸O와 ¹⁶O는 질량 차이에 의해 수온에 따라 증발하는 정도가 달라지므로 빙하 얼음에서 산소 동위 원소의 비율을 분석하면 과거 약 40만 년 전까지의 기온을 알 수 있다.

①-3 기온이 높은 시기에는 빙하의 부피가 감소한다.

①-4 (1) 대기 중의 이산화 탄소는 지표가 방출하는 복사 에너지를 흡수하여 온실 효과를 일으켜 기후 변화를 일으킨다.

(2) 기온이 높을수록 빙하 얼음의 산소 동위 원소비 $\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}$ 가 높다.

약 13만 년 전에는 약 5만 년 전보다 기온이 높았으므로 빙하 얼음을 이루는 산소 동위 원소비 $\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}$ 가 높았다.

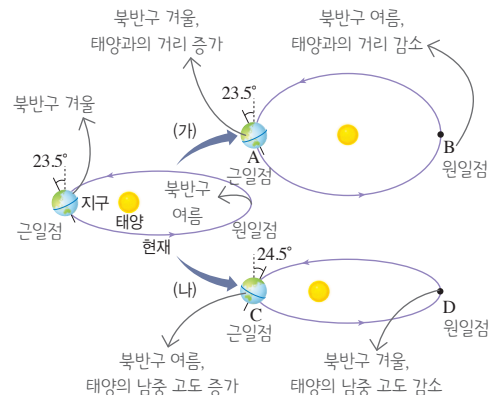
(3) 빙하는 반사율이 높다. 약 20만 년 전에는 약 15만 년 전보다 빙하의 부피가 작았으므로 극지방의 지표면 반사율이 낮았다.

(4) 약 2만 년 전에는 현재보다 빙하의 부피가 크므로 현재보다 해수면 높이가 낮았을 것이다.

(5) 대기 중 이산화 탄소 농도 변화는 지표에서 방출하는 복사 에너지의 흡수율을 변화시켜 기후 변화를 일으키므로 지구 내적 요인에 해당한다.

2-1 **꼼꼼** 문제 분석

(가)는 지구 공전 궤도 이심률의 변화를, (나)는 세차 운동과 지구 자전축의 기울기가 증가한 모습을 나타낸 것이다.



B와 C는 북반구가 태양을 향하여 북반구에서 태양의 남중 고도가 높으므로 여름이고, A와 D는 남반구가 태양을 향하여 북반구에서 태양의 남중 고도가 낮으므로 겨울이다.

②-2 (1) (가)에서 북반구 계절이 여름인 B의 위치는 현재보다 태양과 지구 사이의 거리가 가까워지므로 여름 기온은 상승한다. 북반구 계절이 겨울인 A의 위치는 현재보다 태양과 지구 사이의 거리가 멀어지므로 겨울 기온은 하강한다.

따라서 여름에는 기온이 상승하고, 겨울에는 기온이 하강하므로
기온의 연교차는 커진다.

(2) 현재는 원일점에서 북반구가 여름이지만, (나)에서는 근일점(C)에서 여름이 된다. 여름에 태양과 지구 사이의 거리가 가까워지고, 자전축의 기울기가 커져 태양의 남중 고도가 높아지므로 여름 기온은 상승한다.

현재는 근일점에서 북반구가 겨울이지만, (나)에서는 원일점(D)에서 겨울이 된다. 겨울에 태양과 지구 사이의 거리가 멀어지고, 자전축의 기울기가 커져 태양의 남중 고도가 낮아지므로 겨울 기온은 하강한다.

따라서 여름에는 기온이 상승하고, 겨울에는 기온이 하강하므로
기온의 연교차는 커진다.

2-3 (1) (가)에 의해 근일점인 A에서 태양과 지구 사이의 거리는 현재보다 증가하였다.

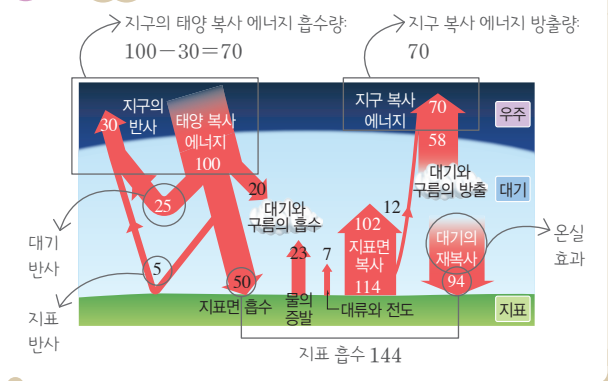
(2) (가)는 공전 궤도 모양이 타원에서 월에 가까워지는 변화이므로 공전 궤도 이심률이 감소한다.

(3) (가)에서 자전축의 경사 방향은 변하지 않으므로 계절은 현재와 같고 자전축의 기울기가 변하여 기온이 변한다.

(4) (나)에서 월일점일 때 계절이 현재와 반대로 되는 것은 자전축의 경사 방향이 변하는 세차 운동 때문이다.

(5) (나)에서 자전축의 기울기가 증가하였으므로 북반구 여름에 지표가 태양 쪽으로 더 기울어져 태양의 남중 고도가 증가한다.

3-1 문제 분석



대기에 의한 반사량이 25이고, 지표에 의한 반사량이 5이므로
 대기와 지표에 의한 태양 복사 에너지의 반사율은 $\frac{25+5}{100} \times 100 = 30(\%)$ 이다.

③-2 지표는 태양으로부터 50, 대기로부터 94의 복사 에너지를 받으므로 태양과 대기로부터 144의 복사 에너지를 받는다.

3-3 복사 에너지의 흡수량과 방출량이 같아 복사 평형을 이루면 물체의 온도가 일정하게 유지된다. 지구는 복사 에너지의 흡수량(70)과 방출량(70)이 같아 복사 평형을 이루므로 연평균 기온이 일정하게 유지된다.

③-4 (1) 지표는 태양으로부터 50을 받고, 대기로부터 94를 받으므로 대기로부터 더 많은 복사 에너지를 받는다.

(2) 지구에 도달한 태양 복사 에너지의 반사율이 30 %이므로 흡수율은 70 %이다.

(3) 지표가 태양과 대기로부터 흡수한 에너지 144 중 23은 물의 증발, 7은 대류와 전도에 의해 방출된다.

(4) 에너지 출입량을 비교해 보면, 대기의 흡수량은 $20+23+7+102=152$ 이고, 방출량은 $58+94=152$ 이다. 지표의 흡수량은 $50+94=144$ 이고, 방출량은 $23+7+114=144$ 이다. 대기와 지표는 모두 흡수량과 방출량이 같아 평형을 이룬다.

(5) 대기 중의 온실 기체는 적외선을 잘 흡수하므로 대기는 태양 복사 에너지보다 지표가 방출하는 복사 에너지를 잘 흡수한다. 대기가 태양으로부터 흡수한 복사 에너지는 20, 지표로부터 흡수한 복사 에너지는 102이다.

4-1 (1) (가)에서 지구의 평균 기온은 상승하는 추세이고, 평균 기온의 상승 폭은 1960년대 이전보다 이후에 컸다.

(2) (나)에서 1750년대 이후 이산화 탄소, 메테인, 산화 이질소 등 대기 중의 온실 기체 농도가 증가하였으며, 1900년대 초반까지는 증가 폭이 매우 작았으나 1960년대 이후 증가 폭이 커졌다.

(3) (다)에서 1900년 이후 지구 온난화의 영향으로 빙하의 용해와 해수의 열팽창에 의해 평균 해수면이 점차 상승하였다.

(4) (라)에서 1960년대 이후 화석 연료, 시멘트, 원유 생산 과정 등의 인간 활동이 활발해지면서 대기 중의 이산화 탄소 농도가 증가하였다.

4-2 (1) 1960년대 이후 화석 연료의 사용량 증가로 대기 중의 이산화 탄소 농도가 급격히 증가하여 지구의 평균 기온이 크게 상승하였다.

(2) 메테인과 산화 이질소는 온실 기체이므로 이들 기체의 농도가 증가하면 지구의 평균 기온이 상승한다.

(3) 해수면 상승은 지구 기온 상승에 의해 해수의 열팽창이 일어나고 빙하가 녹아 빙하 면적이 감소하여 일어난다.

(4) 지구 온난화가 심화되면 빙하 면적이 감소하여 극지방의 지표면 반사율은 감소할 것이다.

- 01 ④ 02 ② 03 ⑤ 04 ③ 05 해설 참조
 06 ② 07 ⑤ 08 ① 09 해설 참조 10 ⑤
 11 ③ 12 ④ 13 ② 14 ④ 15 (다)>(나)>(가)
 16 ③ 17 ⑤ 18 ④ 19 ③ 20 ③ 21 ③
 22 ⑤ 23 해설 참조 24 ④ 25 ㄱ, ㄴ, ㄷ

01 ㄴ. 이산화 탄소 농도와 기온 편차가 같은 경향성을 보인다. 이산화 탄소 농도가 높았던 시기에 기온이 높았다.

ㄷ. 해수 온도가 높을수록 ^{18}O 의 증발이 잘 일어나므로 기온이 높았던 A 시기가 B 시기보다 $\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}$ 비율이 높았을 것이다.

■ **바로알기** ㄱ. 나무의 나이테는 수천 년 단위의 기후 변화를 알 수 있으며, 수십만 년 단위의 기후 변화는 빙하의 얼음을 분석하여 알아낸다.

02 ㄷ. 과잉 벌목은 인간 활동으로, 기후 변화를 일으키는 인위적 요인에 해당한다.

■ **바로알기** ㄱ. 지구 외적 요인은 천문학적인 변화에 의해 일어나므로 주기적인 기후 변화를 일으킨다.

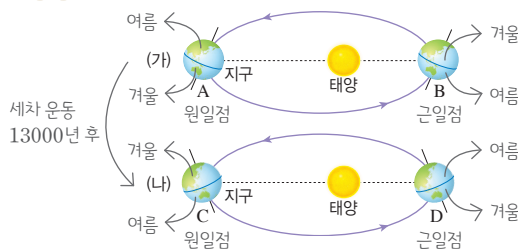
ㄴ. 지구에 도달하는 태양 복사 에너지량의 변화를 일으키는 것은 지구 외적 요인이다.

03 ㄱ. 지구 자전축의 방향이 변하는 것은 세차 운동이 일어나 지구 자전축이 회전하기 때문이다.

ㄴ. 세차 운동의 주기가 약 26000년이므로 자전축의 방향이 A에서 B로 되는 데 13000년이 걸린다.

ㄷ. 자전축의 방향이 A에서 B로 되면 여름인 위치에서 겨울이 되고, 겨울인 위치에서 여름이 되어 계절이 반대로 변한다.

04 **꼼꼼** 문제 분석

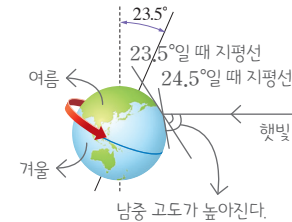


ㄱ. A와 D에서 북반구(우리나라)가 남반구보다 태양의 남중 고도가 높으므로 북반구는 여름이고, 남반구는 겨울이다.

ㄴ. B와 C에서 우리나라는 겨울인데, 태양과의 거리는 B가 C보다 가까우므로 겨울의 기온은 (가) 시기가 (나) 시기보다 높다.

■ **바로알기** ㄷ. (가)에서 (나)로 변하면 태양과의 거리 변화에 의해 여름에는 기온이 상승하고, 겨울에는 기온이 하강하므로 기온의 연교차는 커진다.

05 **꼼꼼** 문제 분석

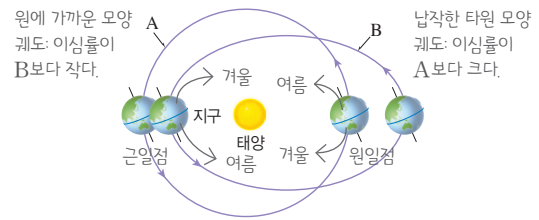


자전축의 기울기가 커지면 햇빛은 평행한데 여름철 북반구 지표면이 태양 쪽으로 더 기울어지므로 태양의 남중 고도가 높아지고, 입사하는 태양 복사 에너지량이 증가하므로 기온은 상승한다.

■ **모범답안** 지구 자전축의 기울기가 커지면 우리나라에서 여름철 태양의 남중 고도가 높아지고, 기온은 상승한다.

채점 기준	배점
태양의 남중 고도와 기온을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
태양의 남중 고도와 기온 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

06 **꼼꼼** 문제 분석



ㄷ. 근일점에서 북반구는 겨울인데, A→B에서 태양과 지구 사이의 거리가 감소하므로 겨울 기온은 상승한다. 원일점에서 북반구는 여름인데, A→B에서 태양과 지구 사이의 거리가 증가하므로 여름 기온은 하강한다. 따라서 기온의 연교차는 작아진다.

■ **바로알기** ㄱ. 공전 궤도 모양이 A에서 B로 변하면 납작한 타원으로 바뀌므로 공전 궤도 이심률은 커진다.

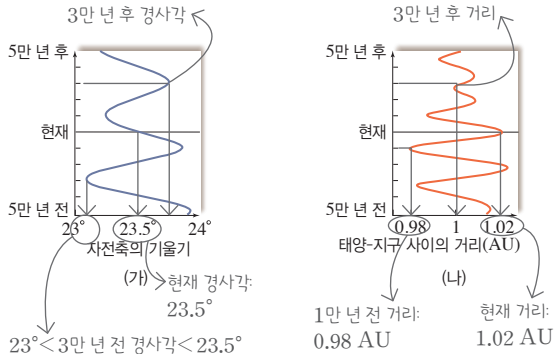
ㄴ. 공전 궤도 이심률 변화에 의해 계절이 반대로 바뀌지는 않는다. A와 B 모두 북반구의 계절은 근일점에서 겨울이고, 원일점에서 여름이다.

07 ㄷ, ㄴ. B→A에서 북반구 겨울의 평균 기온이 낮아지고, 여름의 평균 기온이 높아지므로 기온의 연교차가 커진다.

■ **바로알기** ㄱ. 자전축의 경사는 변하지 않았으므로 태양의 남중 고도는 변하지 않는다.

ㄴ. 우리나라는 북반구에 있다. 공전 궤도가 B에서 A로 변하면 북반구 겨울에 지구와 태양 사이의 거리가 멀어지므로 지표에 도달하는 태양 복사 에너지량이 감소한다.

08 **꼼꼼** 문제 분석



ㄱ. (가)만을 고려할 때, 3만 년 전에는 현재보다 자전축의 기울기(경사각)가 작으므로 여름 기온은 낮고, 겨울 기온은 높아 기온의 연교차가 현재보다 작았다.

▮ **바로알기** ▮ ㄴ. (나)만을 고려할 때, 1만 년 전에는 현재보다 여름의 태양-지구 사이 거리가 가까워지므로 여름의 기온은 높았다.
ㄷ. 3만 년 후에는 현재보다 자전축의 기울기가 커지고, 북반구 여름의 태양-지구 사이 거리가 가까워지므로 여름에는 기온이 높아지고, 겨울에는 기온이 낮아진다. 따라서 기온의 연교차는 커질 것이다.

09 A 시기에는 흑점 수가 적었으므로 이 시기에 태양 활동은 평상시보다 약했으며, 지구에 도달하는 태양 복사 에너지량이 감소하여 기온이 낮아졌다.

▮ **모범답안** ▮ 태양 활동이 약해져 지구에 도달하는 태양 복사 에너지량이 감소하였기 때문이다.

채점 기준	배점
태양 활동과 태양 복사 에너지량을 모두 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
태양 활동만 포함하여 옳게 서술한 경우	70 %

10 ①, ②, ③, ④ 화산 폭발에 의한 화산재 분출, 빙하 면적의 감소, 수륙 분포의 변화, 온실 기체의 농도 변화는 지구 내부에서 일어나는 일로, 기후 변화의 지구 내적 요인이다.

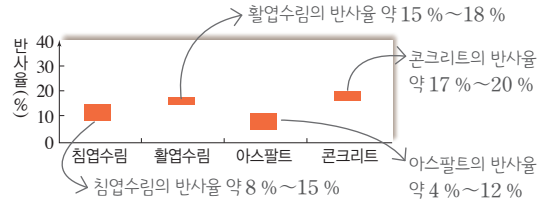
▮ **바로알기** ▮ ⑤ 지구 자전축의 기울기 변화는 천문학적 요인으로, 지구 외적 요인이다.

11 ㄱ. 세 화산 모두 화산 폭발 직후 대기의 투과율이 감소하였다.

ㄴ. 대기의 투과율이 감소하면 지표에 도달하는 태양 복사 에너지가 감소하므로 지표면 기온은 낮아진다.

▮ **바로알기** ▮ ㄷ. 대기로 방출되는 이산화 탄소는 기온을 높이는 역할을 한다. 대기의 투과율에 가장 큰 영향을 준 화산 분출물은 태양 빛을 반사시킨 화산재였다.

12 **꼼꼼** 문제 분석



ㄴ. 콘크리트는 침엽수림보다 반사율이 크므로 침엽수림 지역에 콘크리트 건물을 지으면 태양 복사 에너지의 반사율이 증가한다.
ㄷ. 아스팔트는 활엽수림보다 반사율이 작아 활엽수림을 베어 아스팔트 도로를 만들면 태양 복사 에너지의 흡수율이 증가한다.

▮ **바로알기** ▮ ㄱ. 침엽수림보다 활엽수림의 반사율이 더 크다.

13 ① 판게아가 분리되어 작은 대륙으로 나누어지므로 대륙의 영향이 감소하고, 해양의 영향이 증가하여 해양성 기후 지역이 증가한다.

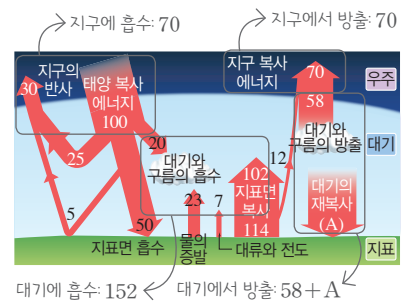
③ 해양성 기후의 특징인 겨울에 온난하고, 여름에 시원하며, 기온의 연교차가 작은 지역이 증가한다.

④ 대륙이 여러 개로 분리되면서 해류의 방향이 다양해지면 지구의 전 지역으로 에너지가 고루 분배될 수 있다.

⑤ 대륙과 해양은 비열, 열용량, 태양 빛의 반사율이 다르므로 대륙과 해양의 분포가 달라지면 기후가 변한다.

▮ **바로알기** ▮ ② 판게아가 형성되면 대륙 내에 건조한 대륙성 기후 지역이 증가하지만 판게아가 분리되면 해양성 기후 지역이 증가한다.

14 **꼼꼼** 문제 분석



ㄱ. 대기가 흡수하는 총 에너지량은 대기와 구름의 흡수(20) + 물의 증발(23) + 대류와 전도(7) + 지표면 복사(102) = 152이다.

ㄷ. 지구는 복사 에너지의 흡수량(70)과 방출량(70)이 같아 복사 평형을 이루므로 연평균 기온이 일정하게 유지된다.

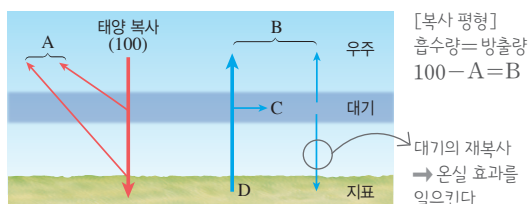
▮ **바로알기** ▮ ㄴ. 대기가 흡수하는 총 에너지량(152) 중 우주로 방출하는 양(58)을 제외한 나머지가 지표로 재복사되므로 A는 94이다.

15 (가) 반사율 = $\frac{\text{반사량}}{\text{입사량}} \times 100(\%)$ 이다. 대기 반사(25) + 지표면 반사(5) = 30이므로 지구의 반사율은 $\frac{30}{100} \times 100 = 30(\%)$ 이다.

(나) 투과율 = $\frac{\text{투과량}}{\text{입사량}} \times 100(\%)$ 이다. 지구에 도달한 태양 복사 에너지(100) 중 지표면에 도달한 에너지는 55이므로 투과율은 $\frac{55}{100} \times 100 = 55(\%)$ 이다.

(다) 흡수율 = $\frac{\text{흡수량}}{\text{입사량}} \times 100(\%)$ 이다. 지표면이 방출하는 복사 에너지(114) 중 대기에 흡수되는 에너지는 102이므로 흡수율은 $\frac{102}{114} \times 100 \approx 89.5(\%)$ 이다.

16 꼭꼭 문제 분석



ㄱ. $100 - A$ 는 지구가 흡수하는 태양 복사 에너지양이고, B는 지구가 우주로 방출하는 복사 에너지양이므로 복사 평형을 이루는 지구에서 $100 - A = B$ 이다.

ㄴ. 대기 중에 온실 기체가 증가하여 지표의 복사 에너지 중 대기의 흡수량(C)이 증가하면 대기가 지표로 재복사하는 에너지양이 증가하므로 D도 증가한다.

바로알기 ㄷ. 지구 온난화는 대기 중의 온실 기체 증가로 인해 대기가 흡수하는 복사 에너지양이 증가하여 지표의 기온이 상승하는 현상으로, C와 D가 증가한다. 지구 온난화가 일어나더라도 지구가 우주로 방출하는 에너지 B는 변하지 않는다.

17 ㄱ. 자연적 요인만 고려했을 때는 기온 변화가 거의 없으며, 1960년 이후 기온이 약간 낮아지는 경향을 보인다.

ㄴ. A와 B의 기온 변화를 비교해 보면, 온실 기체만 고려했을 때보다 화산 활동 등 자연적 요인과 인위적 요인을 모두 고려했을 때 기온이 더 낮게 나타나므로 기후 변화의 자연적 요인 중에는 기온을 낮추는 요인도 있다.

ㄷ. 관측 기온과 B, C를 비교해 보면 B의 기온 변화가 더 크게 나타나므로 현재의 지구 온난화는 인위적 요인의 영향이 더 크다.

18 ㄴ. 해수 온도가 상승하면 해수의 열팽창과 빙하의 용해로 해수면의 높이(B)는 상승하고, 해안 저지대가 침수하여 육지의 면적(C)은 감소한다.

ㄷ. 대륙 빙하의 면적이 감소하여 지표면 반사율(D)이 감소하면 지표면의 태양 복사 에너지의 흡수율이 증가하여 극지방의 지표면 온도는 상승한다.

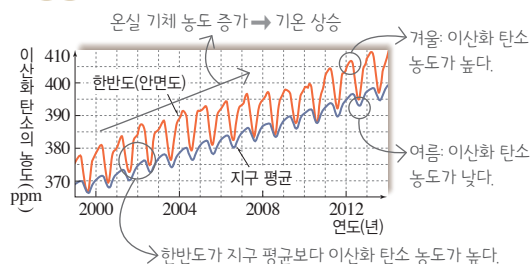
바로알기 ㄱ. 지구 기온이 상승하면 해수의 온도(A)도 상승한다. 해수 온도가 상승하면 해수 밀도는 감소하므로 해수의 연직 순환은 일어나기 어려워진다.

19 ㄱ. 평균 해수면이 상승한 것은 빙하의 용해와 해수 온도의 상승에 따른 부피 증가 때문이다. 빙하가 녹아 해양으로 유입되어 해수의 염분이 낮아지고, 수온이 높아지면 해수 밀도가 감소한다. 이에 따라 대서양 침강 해역에서 해수의 침강이 약화되므로 대서양의 심층 순환이 약해진다.

ㄷ. 강수량과 증발량의 지역적 편중이 심해져 집중 호우, 홍수, 가뭄 등의 피해가 증가한다.

바로알기 ㄴ. 해수 온도가 상승하면 증발량이 증가하므로 대기의 수증기량이 증가하여 강수량도 증가한다.

20 꼭꼭 문제 분석

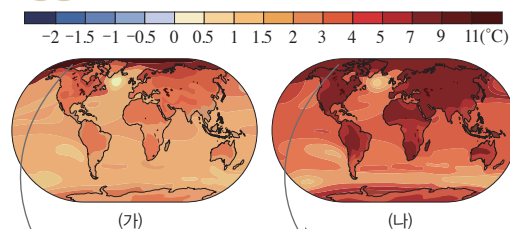


ㄱ. 이산화 탄소 농도의 연간 변화량은 한반도가 10 ppm 이상이고, 지구 전체는 5 ppm 정도이다.

ㄴ. 한반도의 이산화 탄소 농도가 증가하는 추세이므로 연평균 기온도 상승하는 추세를 보일 것이다.

바로알기 ㄷ. 이산화 탄소 농도가 주기적인 변화를 보이는 것은 산불이나 화산 폭발과 같은 불규칙한 자연 현상 때문이 아니라 여름철 광합성량과 겨울철 화석 연료 사용량 때문이다.

21 꼭꼭 문제 분석



• 전체 기온 상승 폭: (가) < (나)

ㄱ. 대기 중의 온실 기체 농도가 높을수록 지구 온난화의 영향이 커지므로 (가)는 (나)보다 온실 기체 농도가 낮은 경우를 가정한 모형이다.

ㄷ. (나)에서 북반구는 남반구보다 기온 편차가 크게 나타나므로 지구 온난화의 영향은 북반구가 더 클 것으로 예측된다.

▶ **바로알기** ▶ ㄴ. 극지방의 빙하가 녹으면서 지표면 반사율이 감소하므로 (가)와 (나) 모두 적도보다 극에서의 기온 상승 폭이 클 것으로 예측된다.

22 ① 수온이 상승하여 난류성 어종이 증가하고, 한류성 어종이 감소한다.

② 겨울의 길이가 점차 짧아지고, 여름의 길이가 점차 길어지는 추세이다.

③ 기온 상승으로 열대야 일수가 증가한다.

④ 대기 중의 이산화 탄소 농도가 증가함에 따라 해수에 녹는 이산화 탄소의 양이 증가하여 해수의 pH가 낮아진다.

▶ **바로알기** ▶ ⑤ 겨울의 길이가 짧아지고, 봄의 시작이 빨라지므로 봄꽃의 개화 시기가 빨라진다.

23 겨울의 길이가 짧아지므로 시베리아 고기압의 영향은 약해진다. 여름의 길이가 길어지므로 기온 상승으로 아열대 기후대가 북쪽으로 이동한다.

▶ **모범답안** ▶ 시베리아 고기압의 영향은 약해지고, 아열대 기후대는 북상한다.

채점 기준	배점
시베리아 고기압과 아열대 기후대를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
시베리아 고기압과 아열대 기후대 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

24 ㄴ. 온실 기체를 배출하지 않는 신재생 에너지의 효율성을 높이면 지구 온난화를 억제할 수 있다.

ㄷ. 이산화 탄소는 온실 기체이므로 대기 중의 이산화 탄소를 포집하여 지층에 저장하면 지구 온난화를 억제할 수 있다.

▶ **바로알기** ▶ ㄱ. 천연 가스는 화석 연료이므로 연소시키면 이산화 탄소를 방출한다. 따라서 화석 연료 대신 신재생 에너지의 사용량을 늘려야 한다.

25 ㄱ. 광합성에 이산화 탄소가 이용되므로 해양 생물의 광합성이 더 활발해지면 해수에 녹아 있는 이산화 탄소의 소비가 증가한다. 이에 따라 해수에 녹을 수 있는 대기 중의 이산화 탄소의 양이 증가하므로 지구 온난화를 억제할 수 있다.

ㄴ. 성층권에 에어로졸을 뿌리면 지구의 반사도가 증가하므로 지구 온난화를 억제할 수 있다.

ㄷ. 우주에 반사막을 설치하면 지구에 흡수되는 태양 복사 에너지의 양을 줄여 지구 온난화를 억제할 수 있다.

중단원 핵심 정리

216 쪽~217 쪽

- | | | | |
|-----------|------------|----------------|---------|
| ① 무역풍 | ② 한대 전선대 | ③ 북적도 | ④ 북태평양 |
| ⑤ 쿠로시오 해류 | ⑥ 밀도 | ⑦ 수온 염분도(T-S도) | |
| ⑧ 남극 저층수 | ⑨ 북대서양 심층수 | ⑩ 약해진다 | |
| ⑪ 오른쪽 | ⑫ 연안 용승 | ⑬ 연안 침강 | ⑭ 남방 진동 |
| ⑮ 약해진다 | ⑯ 강해진다 | ⑰ 커진다 | ⑱ 작아진다 |
| ⑲ 상승 | ⑳ 상승 | | |

중단원 마무리 문제

218 쪽~221 쪽

- | | | | | | |
|----------|----------|-------------|------|------|----------|
| 01 ⑤ | 02 ② | 03 ④ | 04 ① | 05 ④ | 06 ④ |
| 07 ② | 08 ① | 09 (가), (라) | 10 ④ | 11 ④ | 12 ① |
| 13 ③ | 14 ② | 15 ③ | 16 ⑤ | 17 ③ | 18 해설 참조 |
| 19 해설 참조 | 20 해설 참조 | | | | |

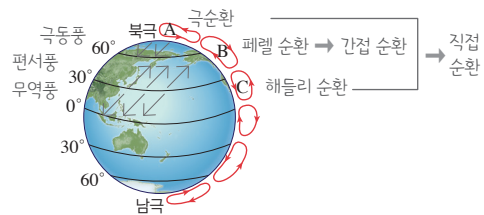
01 ㄱ. 그래프의 면적은 에너지의 총 수송량을 뜻한다. 따라서 대기가 해양보다 에너지의 총 수송량이 많다.

ㄴ. 북반구에서는 0°에서 수송 방향이 (+)이므로 북쪽 방향이고, 남반구에서는 0°에서 수송 방향이 (-)이므로 남쪽 방향이다. 따라서 에너지 수송은 적도에서 극 방향으로 일어난다.

ㄷ. 대기의 에너지 수송량이 최대인 위도는 북반구와 남반구 모두 위도 약 40°이다.

02 **꼼꼼** 문제 분석

지구가 자전하기 때문에 지구 대기는 적도에서 극 사이에 3개의 순환 세로가 나타난다.



ㄴ. B 순환의 위도 30°N에서 위도 60°N 사이의 지상에서는 편서풍이 분다.

▶ **바로알기** ▶ ㄱ. 극순환(A)과 해들리 순환(C)은 열대류 때문에 발생하는 직접 순환이고, 페렐 순환(B)은 A와 C 사이에서 만들어진 간접 순환이다.

ㄷ. 지구가 자전하지 않는다면 전향력의 영향을 받지 않으므로 적도와 극 사이에 1개의 순환 세로만 나타난다.

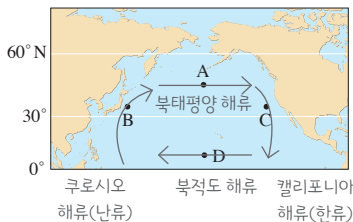
03 ④ 남적도 해류는 위도 $0^{\circ} \sim 30^{\circ}\text{S}$ 에서 부는 남동 무역풍에 의해 형성된다.

■ **바로알기** ① 북적도 해류는 위도 $0^{\circ} \sim 30^{\circ}\text{N}$ 에서 부는 북동 무역풍에 의해 형성된다.

②, ⑤ 쿠로시오 해류, 멕시코만류는 남북 방향으로 흐르는 해류이므로 형성 과정이 대기 대순환의 바람과 직접적인 관련이 없다.

③ 북태평양 해류는 위도 $30^{\circ}\text{N} \sim 60^{\circ}\text{N}$ 에서 부는 편서풍에 의해 형성된다.

04 **문제 분석**



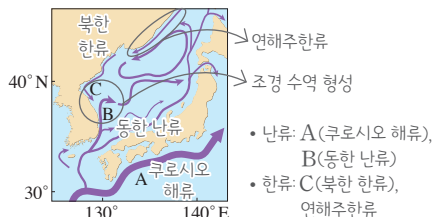
ㄱ. A는 위도 $30^{\circ}\text{N} \sim 60^{\circ}\text{N}$ 의 해역이므로 편서풍에 의해 북태평양 해류가 형성된다.

ㄴ. B에서는 난류인 쿠로시오 해류가 흐르고, C에서는 한류인 캘리포니아 해류가 흐른다. 난류가 한류에 비해 염분이 높으므로 해수의 염분은 B보다 C에서 낮다.

■ **바로알기** ㄷ. B에서는 해수가 고위도로 이동하고, C에서는 해수가 저위도로 이동하므로 고위도로의 열에너지 수송은 B에서 일어난다.

ㄹ. D는 위도 $0^{\circ} \sim 30^{\circ}\text{N}$ 의 해역이므로 무역풍에 의해 북적도 해류가 형성된다.

05 **문제 분석**

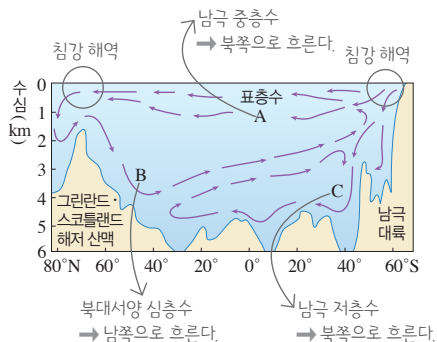


ㄴ. 동한 난류(B)는 쿠로시오 해류(A)의 지류인 쓰시마 난류의 일부가 동해로 흘러가면서 우리나라 남동 연안을 따라 북상하는 해류이다.

ㄷ. 동한 난류(B)와 북한 한류(C)는 동해에서 조정 수역을 이루며, 겨울철에는 조정 수역이 저위도로 이동하고, 여름철에는 조정 수역이 고위도로 이동한다.

■ **바로알기** ㄱ. 난류는 한류보다 용존 산소량이 적으므로 쿠로시오 해류(A)는 북한 한류(C)보다 용존 산소량이 적다.

06 **문제 분석**



ㄴ. 해수의 밀도가 클수록 더 깊은 수심에서 흐른다. 따라서 해수 A~C의 밀도를 비교하면 C(남극 저층수) > B(북대서양 심층수) > A(남극 중층수)이다.

ㄷ. 북반구에는 그린란드 부근의 노르웨이해, 래브라도해에서 침강이 일어나고, 남반구에서는 남극 대륙 주변의 웨델해에서 침강이 일어난다.

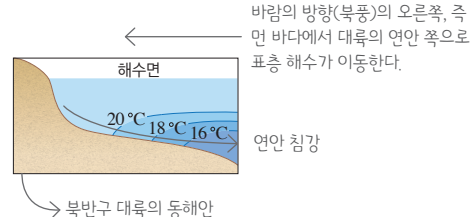
■ **바로알기** ㄱ. B는 북대서양 심층수이다. 남극 중층수는 대서양의 중층을 따라 북쪽으로 이동하는 A이다.

07 ㄴ. A는 그린란드 부근의 침강 해역으로, 수온이 상승하면 해수의 밀도가 작아지므로 침강이 약화된다.

■ **바로알기** ㄱ. 전 지구적인 해수의 순환은 심층 순환과 표층 순환이 연결되어 있으며, 한 번 순환하는 데 약 1000년이 걸린다.

ㄷ. B에서는 심층수의 수온이 상승하면서 심층수가 표층으로 융승하는 해역이다.

08 **문제 분석**

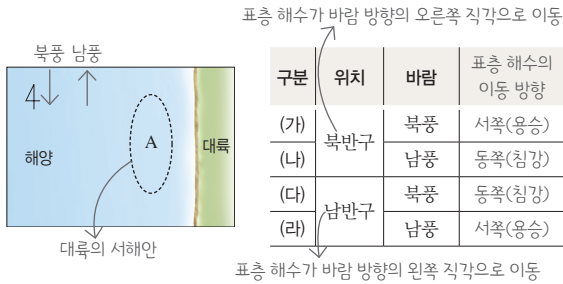


ㄱ. 해안의 해수면 온도가 높고 깊이에 따른 수온 분포로 보아, 따뜻한 표층 해수가 해안 쪽으로 이동하여 해저를 따라 연안 침강이 일어났다.

■ **바로알기** ㄴ. 표층 해수가 대륙의 연안 쪽으로 이동하였고, 바람 방향의 오른쪽으로 이동한 것이므로 북풍이 지속적으로 불었다.

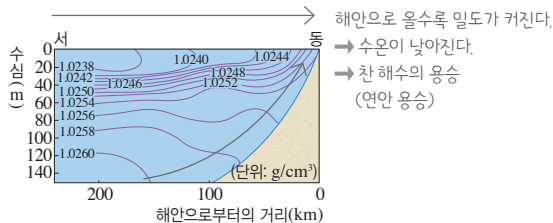
ㄷ. 대륙 연안의 해수면 온도가 높고, 대기는 수온의 영향을 받므로 이 해역은 따뜻한 날씨가 계속되었다.

09 **문제 분석**



북반구에서는 바람 방향의 오른쪽 직각 방향, 남반구에서는 바람 방향의 왼쪽 직각 방향으로 표층 해수가 이동하므로 (가)는 북풍의 오른쪽인 서쪽(먼 바다 쪽)으로, (라)는 남풍의 왼쪽인 서쪽(먼 바다 쪽)으로 표층 해수가 이동하여 연안에서 용승이 일어난다.

10 **문제 분석**

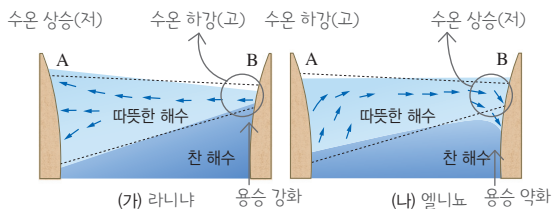


ㄴ. 해안 부근에서 찬 해수의 용승이 일어나 해수 밀도가 커진 것이므로 해수면 온도는 해안에서 떨어질수록 높아진다.

ㄷ. 연안 용승이 일어나면서 영양 염류가 풍부한 심층의 해수가 올라오므로 평상시보다 식물성 플랑크톤의 농도가 높아진다.

▶ **바로알기** ㄱ. 남풍에 의해 표층 해수가 서쪽(먼 바다 쪽)으로 이동하였고, 이는 바람 방향의 왼쪽 직각 방향이므로 이 해역은 남반구에 있다.

11 **문제 분석**



ㄴ. 평상시에 A 해역은 수온이 높아 저기압, B 해역은 수온이 낮아 고기압이 발달한다. (가)의 A에서는 평상시보다 기압이 낮아지고, B에서는 평상시보다 기압이 높아진다. (나)의 A에서는 평상시보다 기압이 높아지고, B에서는 평상시보다 기압이 낮아진다. 따라서 A와 B의 기압 차이는 (가)가 크다.

ㄷ. (나)의 B 해역에서는 용승이 약해지므로 수온 약층은 평상시보다 깊어진다.

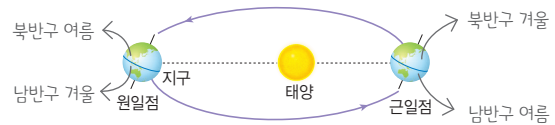
▶ **바로알기** ㄱ. (가)는 따뜻한 해수가 동에서 서로 강하게 이동하므로 무역풍이 강해진 라니냐 시기이고, (나)는 따뜻한 해수가 서에서 동으로 이동하므로 무역풍이 약해진 엘니뇨 시기이다.

12 ㄱ. 동태평양의 수온 편차가 (+)로, 해수면 온도가 상승하였으므로 무역풍이 약하게 불어 엘니뇨가 발생한 시기이다.

▶ **바로알기** ㄴ. 적도 부근 서태평양의 따뜻한 해수가 동쪽으로 이동하여 동태평양의 해수면 온도가 상승하였으므로 동에서 서로 흐르는 남적도 해류가 평상시보다 약하다.

ㄷ. 무역풍이 약해지면서 서태평양의 따뜻한 해수가 동쪽으로 이동하여 동태평양 연안의 용승은 평상시보다 약하다.

13 **문제 분석**



ㄱ. 현재는 원일점에서 북반구는 태양의 남중 고도가 높아 여름이지만, 지구 자전축 경사 방향이 반대로 되면 원일점에서 북반구는 태양의 남중 고도가 낮아져 겨울이 된다.

ㄷ. 지구 자전축 경사 방향이 반대로 되면, 북반구는 원일점에서 겨울, 근일점에서 여름이 되어 지구와 태양 사이의 거리가 현재보다 겨울에는 멀어지고, 여름에는 가까워지므로 기온의 연교차는 현재보다 커진다.

▶ **바로알기** ㄴ. 현재는 원일점에서 북반구가 여름이 되지만, 자전축 경사 방향이 반대로 되면 근일점에서 북반구가 여름이 된다. 따라서 북반구 여름에는 태양과 지구 사이의 거리가 현재보다 가까워진다.

14 A와 비교하여 B 시기에는 공전 궤도 이심률이 더 크다.

ㄷ. 공전 궤도 이심률이 커지면 근일점과 태양 사이의 거리는 가까워지고, 원일점과 태양 사이의 거리는 멀어지므로 근일점과 원일점에서 지구가 받는 태양 복사 에너지량의 차이가 커진다.

▶ **바로알기** ㄱ. 공전 궤도 이심률이 커지면 공전 궤도의 모양이 더 납작한 타원으로 된다.

ㄴ. 공전 궤도의 모양 변화에 따라 원일점과 근일점에서 받는 태양 복사 에너지량이 달라지지만, 태양과 지구의 평균 거리가 변하지 않으므로 지구가 1년 동안 받는 태양 복사 에너지량은 일정하게 유지된다.

15 ㄱ. 화산 분출 이후 기온 편차가 (-) 값으로 나타났으므로 지구의 기온이 낮아졌다.

ㄷ. 화산 분출 이후 지구의 기온이 낮아진 것은 대기를 통과하여 지표에 도달하는 태양 복사 에너지량이 감소하였기 때문이다. 따라서 1992년에는 1991년보다 태양 복사 에너지의 대기 투과율이 작았다.

▣ **바로알기** ▣ ㄴ. 기온 변화에 가장 큰 영향을 준 것은 대기로 방출된 화산재와 이산화 황 등의 에어로졸로, 태양 복사 에너지를 반사시키거나 산란시켜 대기 투과율을 낮춰 기온이 낮아졌다.

16 ①, ② 태양 복사 에너지는 주로 가시광선 영역, 지구 복사 에너지는 대부분 적외선 영역의 에너지이다.

③ 지구는 복사 평형을 이룬다.

④ 대기 중의 온실 기체가 증가하면 지표가 방출하는 복사 에너지의 흡수량이 증가하여 지구 온난화가 일어난다.

▣ **바로알기** ▣ ⑤ 온실 기체는 적외선을 잘 흡수하므로 태양 복사 에너지보다 지구 복사 에너지의 흡수율이 높다.

17 ㄱ. 3월은 빙하 면적이 넓어진 시기이고, 9월은 빙하 면적이 좁아진 시기이다. 3월과 9월에 빙하 면적이 모두 감소하고 있으며, 9월에 감소량이 더 크므로 빙하 면적의 감소량은 증가하는 추세이다.

ㄴ. 북극해 빙하 면적이 감소하면 빙하가 녹아 해수에 유입되므로 해수의 염분은 감소한다.

▣ **바로알기** ▣ ㄷ. 반사율이 높은 빙하 면적이 감소하였으므로 북극해의 지표면 반사율은 감소하였을 것이다.

18 (1) 해수의 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 커지는데, 염분보다 수온 차이의 영향을 더 크게 받는다.

▣ **모범답안** (1) C

(2) 수온이 낮아지거나 염분이 높아지면 해수의 밀도가 커지면서 해수가 가라앉아 해저를 따라 이동하여 심층 순환이 발생한다.

채점 기준	배점
(1) C를 고른 경우	50 %
(2) 수온과 염분의 변화로 밀도의 변화를 설명하고, 심층 순환 발생 원리를 옳게 서술한 경우	50 %
밀도 변화 설명 없이 수온과 염분 변화만 옳게 서술한 경우	25 %

19 A와 B 시기는 모두 동태평양 해역의 관측 수온이 평년보다 높으므로 엘니뇨가 발생하였다. 엘니뇨가 발생한 시기에는 무역풍이 약하여 동태평양 연안의 용승이 약해지고, 해수면 온도가 높아져 강수량이 증가한다.

▣ **모범답안** 용승이 약해지고, 강수량이 증가한다.

채점 기준	배점
용승과 강수량의 변화를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
용승과 강수량의 변화 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

20 최근 대기 중의 이산화 탄소 농도와 기온이 급격히 상승하고 있다. 따라서 대기 중의 이산화 탄소 농도를 낮추기 위해 이산화 탄소 배출을 줄이는 방안(화석 연료의 사용을 억제하는 방안), 대기 중의 이산화 탄소를 감축시키는 방안 등을 찾는다.

▣ **모범답안** 신재생 에너지 사용량을 늘린다, 에너지 효율성을 개선한다, 이산화 탄소의 포집 및 저장 기술을 개발한다, 해양 비옥화를 시행한다, 우주 반사막을 설치한다, 성층권에 에어로졸을 분사한다.

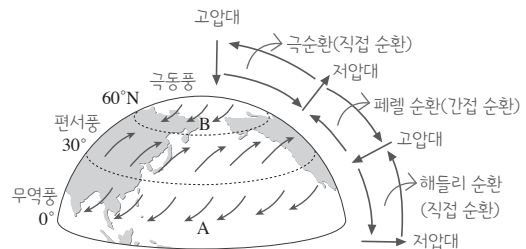
채점 기준	배점
과학적 방안 두 가지를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
과학적 방안 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

수능 실전 문제

223쪽~225쪽

- 1 ③ 2 ② 3 ① 4 ④ 5 ① 6 ③ 7 ③
8 ① 9 ② 10 ③ 11 ② 12 ③

1 **꼼꼼** 문제 분석



선택지 분석

- ㄱ A와 B에서는 열대류에 의한 순환이 일어난다.
 ✕ 해수면 평균 기압은 위도 30°N보다 위도 60°N에서 높다. **낮다**
 ㄷ 해수의 표층 염분은 적도보다 위도 30°N 부근에서 높을 것이다.

▣ **전략적 풀이** ① 대기 대순환이 형성된 원인을 이해한다.

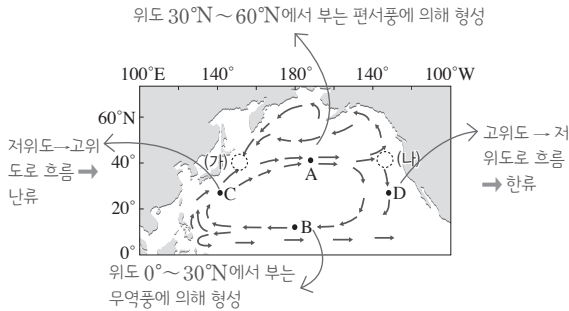
ㄱ. A에서는 적도에서 가열된 공기가 상승하여 순환하고, B에서는 극에서 냉각된 공기가 하강하여 순환하므로 A와 B에서는 열대류에 의한 직접 순환이 일어난다.

② 각 위도의 기압대를 파악한다.

ㄴ. 위도 30°N에서는 하강 기류에 의해 고압대가 형성되고, 위도 60°N에서는 상승 기류에 의해 저압대가 형성되므로 해수면 평균 기압은 위도 60°N보다 위도 30°N에서 더 높다.

ㄷ. 표층 해수의 염분은 증발량이 강수량보다 많을 때 높게 나타난다. 적도에서는 상승 기류에 의해 강수량이 많고, 위도 30°N에서는 하강 기류에 의해 강수량이 적고 증발량이 많으므로 표층 해수의 염분은 적도보다 위도 30°N 부근에서 더 높다.

2 **꼼꼼** 문제 분석



선택지 분석

편서풍

무역풍

- ☒ 해류 A는 무역풍, 해류 B는 편서풍의 영향으로 형성된다.
- ☒ 해류 C는 해류 D보다 고위도로 흐르는 난류이므로 열에너지 수송량이 많다.
- ☒ 표층 해수의 등온선 간격은 (가) 해역보다 (나) 해역에서 좁게 나타날 것이다. 넓게

전략적 풀이 ① 해류가 형성된 원인을 파악한다.

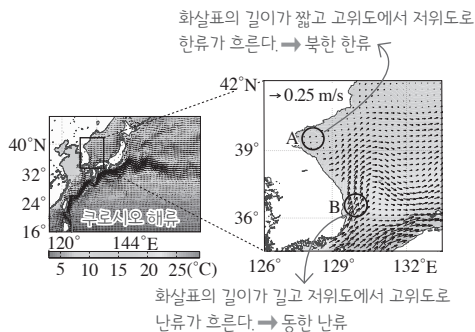
ㄱ. A는 편서풍의 영향으로 형성된 북태평양 해류이고, B는 무역풍의 영향으로 형성된 북적도 해류이다.

② 해류의 특성을 파악한다.

ㄴ. 쿠로시오 해류(C)는 고위도로 흐르는 난류이고, 캘리포니아 해류(D)는 저위도로 흐르는 한류이므로 고위도로의 열에너지 수송량은 C가 많다.

ㄷ. (가) 해역에서는 난류인 쿠로시오 해류와 한류가 만나 수온 변화가 심하여 등온선 간격이 좁게 나타난다.

3 **꼼꼼** 문제 분석



선택지 분석

- ☒ 동한 난류는 북한 한류보다 유속이 빠르다.
- ☒ 동한 난류는 39°N 해역에서 북한 한류가 되어 남하한다. 되지 않는다
- ☒ 동해안에서 표층 해수의 용존 산소량은 A 해역보다 B 해역에서 많다. 적다

전략적 풀이 ① 우리나라 주변의 해류를 파악하고 화살표의 뜻을 이해한다.

ㄱ. 화살표의 길이는 해류의 속도를 뜻한다. 동한 난류가 흐르는 해역의 화살표 길이가 북한 한류가 흐르는 해역의 화살표 길이보다 길다. 따라서 동한 난류는 북한 한류보다 유속이 빠르다.

ㄴ. 북한 한류는 연해주한류가 연해주 연안을 따라 남쪽으로 이동하다가 갈라져 동해안으로 남하하는 해류로, 동한 난류가 변한 것이 아니다.

② 우리나라 주변의 해류를 한류와 난류로 구분한다.

ㄷ. B 해역에는 난류(동한 난류)가 흐르고, A 해역에는 한류(북한 한류)가 흐른다. 수온이 낮을수록 표층 해수의 용존 산소량이 많다. 따라서 B 해역은 A 해역보다 용존 산소량이 적다.

4 **꼼꼼** 문제 분석

[실험 과정]

(가) 수조에 상온의 물을 채우고, 바닥에 작은 구멍이 뚫린 종이컵을 수조의 한쪽 모서리에 고정시킨다.



(나) 잉크로 착색시킨 상온의 소금물을 종이컵에 천천히 부으면서 ㉠종이컵 바닥의 구멍을 통해 흘러나오는 소금물의 흐름을 관찰한다.

수조 바닥으로 가라앉은 후 바닥을 따라 천천히 퍼져나간다.

선택지 분석

- ☒ (나)에서 소금물은 수조 바닥으로 가라앉는다.
- ☒ 소금물의 온도를 낮추면 ㉠이 더 뚜렷해진다.
- ☒ 남반구 해역에서는 ㉠에 해당하는 흐름이 나타나지 않는다. 나타난다

전략적 풀이 ① 수온과 염분 변화에 따른 밀도 변화를 이해한다.

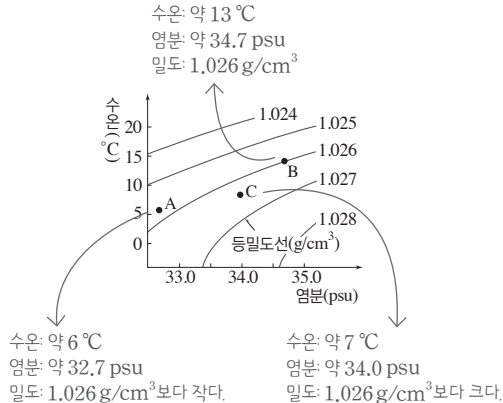
ㄱ. 소금물은 수조의 물보다 염분이 높기 때문에 밀도가 더 크다. 따라서 (나)에서 소금물은 수조 바닥으로 가라앉는다.

ㄴ. 수온이 낮아지면 밀도는 커진다. 따라서 소금물의 온도를 낮추면 밀도가 더 커지므로 상온의 물과 분리되어 ㉠을 더 뚜렷하게 볼 수 있다.

② 해수의 침강이 일어나는 해역을 파악한다.

ㄷ. 소금물이 가라앉는 것은 해수의 침강에 해당하며, 해수의 침강은 북반구와 남반구에서 모두 일어난다. 대표적인 침강 해역은 북대서양에는 그린란드 부근의 레브라도해와 노르웨이해, 남극 대륙 주변에서는 웨델해가 있다.

5 **꼼꼼** 문제 분석



선택지 분석

- ㉠ 밀도가 가장 작은 해수는 A이다.
- ㉡ B는 C보다 염분이 높기 때문에 밀도가 작다.
- ㉢ C에서 결빙이 일어나면 밀도는 작아진다.

▶ 전략적 풀이 ① 수온-염분(T-S도)의 등밀도선 상에서 해수 A~C의 밀도를 파악한다.

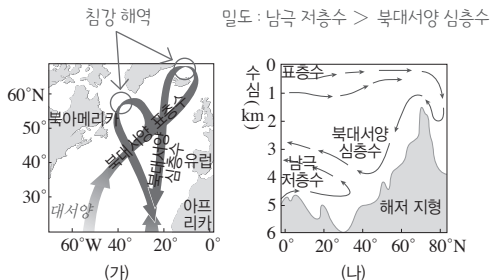
ㄱ. 등밀도선 1.026 g/cm³를 기준으로 밀도를 비교하면 C>B>A 이므로 해수 A의 밀도가 가장 작다.

② 수온, 염분, 밀도의 관계를 이해한다.

ㄴ. 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 밀도는 커진다. B는 C보다 염분이 높지만, 수온이 높기 때문에 밀도가 작다.

ㄷ. C에서 수온이 낮아지면 결빙이 일어난다. 이때 해수의 염분이 높아지므로 밀도가 커진다.

6 **꼼꼼** 문제 분석



선택지 분석

- ㉠ 북대서양 심층수의 침강 해역은 두 군데가 있다.
- ㉡ 북대서양 심층수의 침강은 여름보다 겨울에 잘 일어난다.
- ㉢ 중위도 심해에서는 남극 저층수와 북대서양 심층수의 혼합이 활발하게 일어난다.

▶ 전략적 풀이 ① 표층수에서 심층수가 되는 과정과 원인을 파악한다.

ㄱ. 북대서양 표층수가 북대서양 심층수로 되는 곳을 보면 그린란드 부근에 두 군데의 침강 해역이 있다.

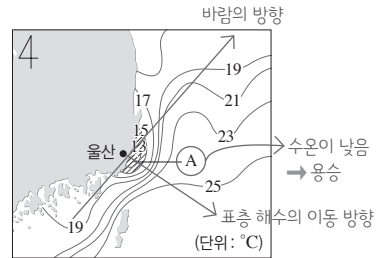
ㄴ. 해수의 밀도가 커지면 침강이 잘 일어나므로 수온이 낮고, 하천수의 유입이 적어 염분이 높은 겨울에 북대서양 심층수의 침강이 잘 일어난다.

② 밀도에 따라 섞이지 않고 흐르는 심층수의 특징을 이해한다.

ㄷ. 성질이 다른 두 수괴는 서로 잘 섞이지 않는다. 북대서양 심층수는 남극 저층수와 섞이지 않고, 남극 저층수 위쪽을 따라 남쪽으로 이동한다.

7 **꼼꼼** 문제 분석

우리나라는 북반구에 위치하며 울산 앞바다는 대륙의 동해안이다.



선택지 분석

- ㉠ 심층의 찬 해수가 용승하였다.
- ㉡ 이 시기에 북풍 계열의 바람이 불었다.
- ㉢ 해수면 부근에서 안개가 발생할 가능성이 컸다.

▶ 전략적 풀이 ① 수온 분포를 해석하여 용승 여부를 판단한다.

ㄱ. 울산 앞바다에서 해안으로 갈수록 표층 수온이 낮아진 것은 심층의 찬 해수가 용승하였기 때문이다.

② 표층 해수의 이동 방향으로부터 바람의 방향을 추정한다.

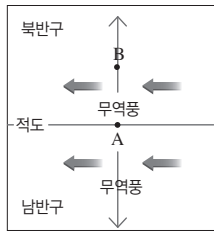
ㄴ. 대륙의 연안에서는 표층 해수가 먼 바다 쪽으로 이동할 때 용승이 일어난다. 북반구에서 표층 해수의 평균적인 이동 방향은 바람 방향의 오른쪽 직각 방향이므로 이 시기에 남풍 계열의 바람이 불어 대륙의 연안에서 먼 바다 쪽으로 표층 해수가 이동하였다.

③ 용승의 영향을 판단한다.

ㄷ. 수온이 낮아지면 해수면 위의 공기가 냉각되므로 해수면 부근에서 안개가 발생할 가능성이 크다.

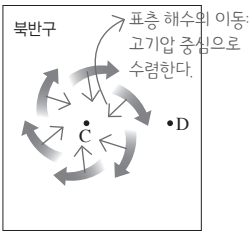
8 꼬꼬 문제 분석

표층 해수의 이동
: 적도에서 고위도로 발산한다.



(가) 적도 용승

바람이 시계 방향으로 분다.
→ 고기압



(나) 고기압, 침강

선택지 분석

- ㉠ 해수면 온도는 A보다 B에서 높다.
- ㉡ 해수면 높이는 C보다 D에서 높다. **낮다**
- ㉢ (가)에서는 침강이, (나)에서는 용승이 일어난다.
용승 **침강**

▶ 전략적 풀이 ① 바람의 방향으로 표층 해수의 이동 방향을 찾아 (가) 지역의 용승과 침강 여부를 판단하고, 표층 수온 분포를 추정한다.

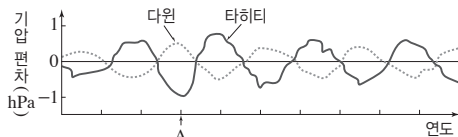
㉠. 북반구에서는 무역풍에 의해 표층 해수가 북쪽으로 이동하고, 남반구에서는 무역풍에 의해 표층 해수가 남쪽으로 이동하므로 적도에서 용승이 일어난다. 따라서 해수면 온도는 A보다 B에서 높다.

② 바람의 방향으로 표층 해수의 이동 방향을 찾아 (나) 지역의 해수면 높이를 추정하고, 용승과 침강 여부를 판단한다.

㉡. 바람 방향의 오른쪽 직각 방향으로 표층 해수가 이동하면 해수는 고기압 중심인 C를 향해 모이므로 C에서 해수면이 가장 높고, 모여든 해수가 가라앉아 침강이 일어난다.

㉢. (가)에서는 A에서 용승이 일어나고, (나)에서는 C에서 침강이 일어난다.

9 꼬꼬 문제 분석



다윈 지방은 기압 상승, 타히티섬은 기압 하강
→ 다윈 지방은 수온 하강, 타히티섬은 수온 상승
→ 동태평양 부근의 수온이 상승하였으므로 엘니뇨 시기

선택지 분석

- ㉠ 다윈 지방에서는 상승 기류가 강했다. **약했다**
- ㉡ 동태평양의 강수량이 감소하였다. **증가**
- ㉢ 페루 연안에서 용승이 약화되었다.

▶ 전략적 풀이 ① 다윈과 타히티의 기압 편차로 대기 순환을 추정하고, 강수량을 판단한다.

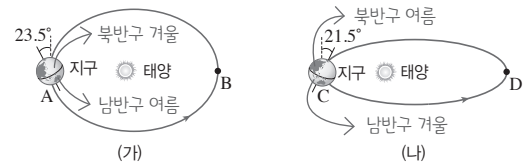
㉠. 다윈 지방은 기압이 높아졌으므로 상승 기류가 약했다.

㉡. 타히티섬 부근은 기압이 낮아졌으므로 상승 기류가 강하여 동태평양의 강수량이 증가하였다.

② 다윈과 타히티의 기압 편차로 해수면 온도를 추정하여 엘니뇨와 라니냐를 판단한다.

㉢. 다윈 지방의 기압이 평년보다 높고, 타히티섬의 기압이 평년보다 낮은 것은 서태평양의 따뜻한 해수가 동쪽으로 이동하여 동태평양의 수온이 상승했기 때문이다. 따라서 A 시기에 엘니뇨가 발생하였으며, 페루 연안에서 용승이 약화되었다.

10 꼬꼬 문제 분석



선택지 분석

- ㉠ A와 C에서 계절은 반대로 나타난다.
- ㉡ 지구의 연평균 기온은 (가)가 (나)보다 높다. **같다**
- ㉢ 북반구가 받는 태양 복사 에너지의 양은 B보다 D에서 적다.

▶ 전략적 풀이 ① 지구 자전축이 기울어진 방향으로 태양의 남중 고도를 추정하여 계절을 판단한다.

㉠. A에서 북반구는 태양의 남중 고도가 낮아 겨울이고, C에서 북반구는 태양의 남중 고도가 높아 여름이므로 계절이 반대로 나타난다.

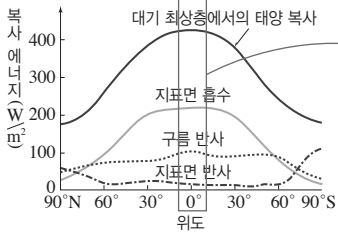
② 지구와 태양 사이의 거리로 지구의 연평균 기온을 판단한다.

㉡. (가)와 (나)에서 지구와 태양 사이의 평균 거리가 같으므로 지구가 1년 동안 받는 태양 복사 에너지의 양은 변하지 않으며, 지구의 연평균 기온도 같다.

③ 지구 자전축의 기울기 방향과 경사각으로 B와 D에서 북반구가 받는 태양 복사 에너지를 비교한다.

㉢. B에서는 북반구가 여름이고, D에서는 북반구가 겨울이다. 또한, 자전축의 경사각이 B가 D보다 크므로 북반구가 받는 태양 복사 에너지의 양은 B가 D보다 많다.

11 **문제 분석**



선택지 분석

- ☒ 적도에서 구름 반사량이 많은 것은 고압대이기 때문이다. 저압대
- ☒ 극에서 지표면 반사량이 많은 것은 빙하의 영향 때문이다.
- ☒ 적도에서 지표면 흡수량이 많은 것은 대기 중의 이산화탄소 농도 차이 때문이다. 대기 최상층에서의 태양 복사

전략적 풀이 ① 적도의 기압대와 구름의 관계를 생각한다.

ㄱ. 적도는 대기 대순환의 상승 기류가 발달하여 저압대가 형성되므로 구름이 잘 형성되어 구름 반사량이 많다.

② 극지방의 빙하의 반사율을 생각한다.

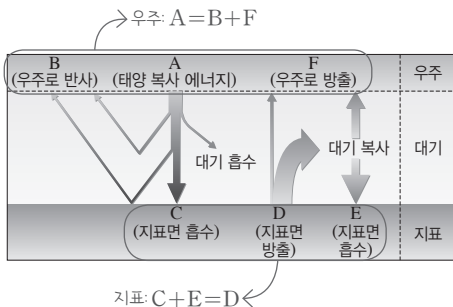
ㄴ. 극에서 지표면 반사량이 많은 것은 빙하가 태양 복사 에너지를 반사하기 때문이다.

③ 적도 부근에서 태양 복사 에너지량과 지표면 흡수량의 관계를 생각한다.

ㄷ. 적도에서 지표면 흡수량이 많은 것은 태양 복사 에너지의 입사량이 많기 때문이다.

12 **문제 분석**

우주, 대기, 지표에서 각각 복사 에너지 흡수량과 방출량이 같아 복사 평형이 이루어진다.



선택지 분석

- ☒ $A = B + F$ 이다.
- ☒ D의 복사 에너지는 대부분 적외선이다.
- ☒ 대기 중에 온실 기체가 증가하면 C+E가 감소한다. 증가

전략적 풀이 ① 각 영역에서 복사 평형이 이루어지므로 흡수량과 방출량을 찾아 비교한다.

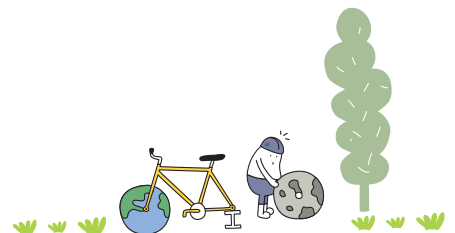
ㄱ. 지구는 복사 평형을 이루므로 태양 복사 흡수량($A - B$)은 지구 복사 방출량(F)과 같다. $(A - B) = F \Rightarrow A = B + F$

② 태양 복사와 지구 복사의 특징을 파악한다.

ㄴ. 지표는 태양으로부터 주로 가시광선을 흡수하고, 적외선을 방출하므로 D는 대부분 적외선이다.

③ 온실 기체 증가로 인한 지구 온난화의 영향을 알고, 온실 기체가 흡수하고 방출하는 것이 무엇인지 파악한다.

ㄷ. 대기 중의 온실 기체가 증가하면 복사 에너지의 대기 흡수량이 증가하여 지표로 재복사하는 양이 증가한다. 따라서 지표의 흡수량($C + E$)이 증가하여 지표의 기온이 높아지고, 지표에서 대기로 방출하는 양(D)도 증가한다.





Ⅲ. 우주

1

별과 외계 행성계



1

별의 물리량

개념 확인 문제

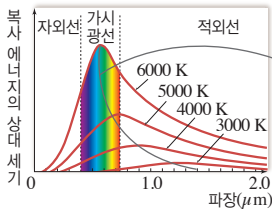
233 쪽

- ① 짧아 ② 높은 ③ 낮은 ④ 색지수 ⑤ 작은 ⑥ 흡수
⑦ 분광형 ⑧ M

- 1 (1) 짧아진다 (2) 낮다 2 ㄱ, ㄷ, ㄹ 3 (1) (나) (2) (가)
(3) (가) 4 (1) ㉠ (2) ㉠ (3) ㉠ 5 O형-B형-A형-F형-G형-K형-M형
6 (1) 표면 온도 (2) ㉠ 고온, ㉠ 저온 (3) ㉠ 높고, ㉠ 작다

1

문제 분석



최대 에너지를 방출하는 파장:
6000 K < 5000 K
< 4000 K < 3000 K

(1) 빈의 변위 법칙에 따르면 별의 표면 온도(T)가 높을수록 최대 에너지를 방출하는 파장(λ_{max})이 짧아진다.

(2) 별은 표면 온도가 높을수록 짧은 파장의 빛을 더 많이 방출하여 파란색으로 보이고, 표면 온도가 낮을수록 긴 파장의 빛을 더 많이 방출하여 붉은색으로 보인다.

2 별은 표면 온도에 따라 색, 분광형, 색지수가 다르다.

3 (1) (가)는 V 필터보다 B 필터를 통과한 별빛이 더 밝고, 밝을수록 등급이 작으므로 B 등급이 V 등급보다 작다. (나)는 B 필터보다 V 필터를 통과한 별빛이 더 밝으므로 B 등급이 V 등급보다 크다.

(2) (가)는 B 등급이 V 등급보다 작아 색지수($B-V$)가 (-) 값이다. (나)는 B 등급이 V 등급보다 커 색지수($B-V$)가 (+) 값이다.

(3) 별의 표면 온도가 높을수록 색지수는 작다. 따라서 (가)의 표면 온도가 (나)보다 높다.

4 (1) 연속 스펙트럼은 고온의 광원에서 방출되는 빛을 분광기로 관측할 때 모든 파장에 걸쳐 빛이 무지개 색깔의 연속적인 띠로 나타나는 것이다. (㉠)

(2) 방출 스펙트럼은 고온·저밀도의 기체가 방출하는 빛을 분광기로 관측할 때, 특정한 파장 영역에서만 밝은색의 방출선이 나타나는 것이다. (㉡)

(3) 흡수 스펙트럼은 연속 스펙트럼을 나타내는 고온의 광원 앞에 저온의 기체가 있을 때 기체를 통과한 빛을 분광기로 관측하면, 연속 스펙트럼 중간 중간에 기체가 흡수한 에너지 때문에 검은색 흡수선이 나타나는 것이다. (㉢)

5 별의 표면 온도는 O형이 가장 높고, M형으로 갈수록 낮아진다.

6 (1), (2) 별의 분광형은 별의 표면 온도에 따라 스펙트럼에 나타나는 흡수선의 종류와 세기를 기준으로 하여 고온에서 저온 순으로 O, B, A, F, G, K, M형의 7가지로 분류한다. 각 분광형은 다시 고온의 O에서 저온의 M까지, 10단계로 세분한다.

예 A형은 F형보다 표면 온도가 높고, A0형은 A9형보다 표면 온도가 높다.

(3) 별의 표면 온도는 O형이 가장 높고, M형으로 갈수록 낮아지며, 표면 온도가 높은 별일수록 B 등급이 V 등급보다 작아 색지수($B-V$)가 작다.

개념 확인 문제

236 쪽

- ① 광도 ② 크다 ③ 거리 ④ 절대 등급 ⑤ 표면 온도
⑥ σT^4 ⑦ 표면 온도 ⑧ 광도

- 1 (1) ㉠ (2) $\times$ (3) ㉠ (4) $\times$ 2 (가) A (나) E 3 ㉠ 2.5, ㉠ 100 4 $L=4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ 5 표면 온도 6 (1) ㉠
(2) $\times$ (3) $\times$ (4) ㉠ 7 (1) 100 (2) $\frac{1}{4}$ (3) 160

1 (1) 별이 단위 시간 동안 표면에서 방출하는 에너지의 총량을 광도라고 한다.

(2) 광도가 같은 별이라도 지구로부터 별까지의 거리가 다르면 겉보기 등급이 서로 다르다.

(3) 절대 등급은 모든 별이 지구로부터 같은 거리(10 pc)에 있다고 가정할 때의 밝기로 정한 등급이므로 실제 밝기를 의미한다. 따라서 절대 등급을 비교하여 별의 광도를 비교할 수 있다.

(4) 등급이 작을수록 밝은 별이므로 절대 등급이 작은 별일수록 광도가 큰 별이다.

2 겉보기 등급은 우리 눈에 보이는 별의 밝기를 나타낸 등급이다. 절대 등급은 별을 10 pc의 거리에 옮겨 놓았다고 가정했을 때의 밝기를 나타낸 등급으로, 절대 등급을 비교하여 별의 광도를 비교할 수 있다. 따라서 (가) 우리 눈에 가장 밝게 보이는 별은 겉보기 등급이 가장 작은 A이고, (나) 광도가 가장 큰 별은 절대 등급이 가장 작은 E이다.

3 별의 밝기는 등급으로 나타내며, 등급이 작을수록 밝은 별이다. 1등급의 별은 6등급의 별보다 100배 밝으므로 1등급 사이의 밝기 차는 $100^{\frac{1}{5}} \approx 2.5$ 배이다. 따라서 절대 등급이 태양보다 5등급 작은 별은 태양보다 광도가 약 100배 크고, 절대 등급이 태양보다 1등급 작은 별은 태양보다 광도가 약 2.5배 크다.

4 슈테판·볼츠만 법칙에 의하면 표면 온도가 T 인 별이 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 복사 에너지양(E)은 σT^4 이다. 반지름이 R 인 별의 광도(L)는 별이 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 에너지양(σT^4)에 별의 표면적($4\pi R^2$)을 곱하여 구할 수 있다. $\Rightarrow L = 4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$

5 반지름 R , 표면 온도가 T 인 별의 광도(L) 식은 $L = 4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ 이므로 별의 광도(L)를 알 때 별의 반지름(R)을 구하기 위해 알아야 하는 다른 물리량은 표면 온도(T)이다.

6 반지름이 R , 표면 온도가 T 인 별의 광도(L) 식은 $L = 4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ 이다.

- (1) 광도 식에서 별의 크기(R)가 같을 경우, 표면 온도(T)가 높을수록 광도(L)가 크다.
- (2) 광도 식에서 별의 표면 온도(T)가 같을 경우, 반지름(R)이 클수록 광도(L)가 크다.
- (3) 광도 식에서 두 별의 크기(R)가 같을 경우, 표면 온도(T)가 2배이면 광도(L)는 $2^4 = 16$ 배이다.
- (4) 광도 식에서 두 별의 표면 온도(T)가 같을 경우, 반지름(R)이 $\frac{1}{2}$ 배이면 광도(L)는 $\left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{4}$ 배이다.

7 (1) 별의 절대 등급은 A가 B보다 5등급이 작으므로 광도는 A가 B의 100배이다.

(2) 별의 표면 온도는 A가 3000 K, B가 12000 K이므로 A가 B의 $\frac{1}{4}$ 배이다.

(3) 별의 광도는 A가 B의 100배, 표면 온도는 A가 B의 $\frac{1}{4}$ 배이므로 A와 B의 반지름을 각각 R_A , R_B 라고 하면,

$$L = 4\pi R^2 \cdot \sigma T^4 (L: \text{광도}) \text{로부터 } \frac{L_A}{L_B} = \frac{R_A^2}{R_B^2} \cdot \frac{T_A^4}{T_B^4} = 100, \\ \left(\frac{R_A}{R_B}\right)^2 = \left(\frac{T_B}{T_A}\right)^4 \cdot 100 = (16 \times 10)^2 \therefore R_A = 160R_B \text{이다.}$$

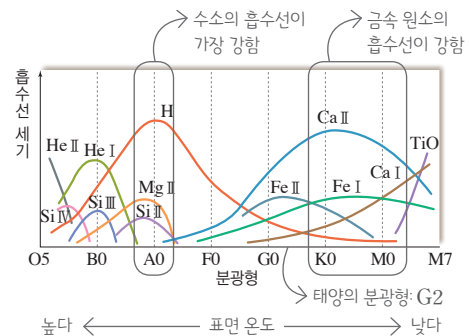
대표 자료 분석

237쪽

자료 1 1 표면 온도 2 낮아진다 3 (1) A0 (2) Ca II의 흡수선 4 (1) $\times$ (2) $\circ$ (3) $\times$ (4) $\times$

자료 2 1 ① $\frac{1}{2}$, ② 2 2 100 3 2.5 4 (1) $\times$ (2) $\circ$ (3) $\times$ (4) $\times$ (5) $\circ$

①-1 문제 분석



별들의 대기 성분은 거의 비슷한데도 별의 스펙트럼에서 흡수선의 종류와 세기가 다르게 나타나는 까닭은 별의 표면 온도에 따라 별의 대기에 존재하는 원소들이 이온화되는 정도가 다르고, 각각 가능한 이온화 단계에서 특정한 흡수선을 형성하기 때문이다.

①-2 별은 표면 온도에 따라 O, B, A, F, G, K, M형의 7가지로 분류하는데, 분광형이 O형인 별에서 M형인 별로 갈수록 표면 온도가 낮아진다.

①-3 (1) 수소(H) 흡수선이 가장 강하게 나타나는 분광형은 A0형이다.

(2) 태양의 분광형은 G2형이므로 칼슘 이온(Ca II)의 흡수선이 가장 강하게 나타난다.

①-4 (1) 표면 온도는 O형인 별이 가장 높고, M형으로 갈수록 낮아지므로 분광형이 G0형인 별은 B0형인 별보다 표면 온도가 낮다.

(2) 분광형이 G0형인 별은 M0형인 별보다 표면 온도가 높고, 별의 표면 온도가 높을수록 색지수는 작다. 따라서 분광형이 G0형인 별은 M0형인 별보다 색지수가 작다.

(3) 수소 흡수선은 A0형인 별(표면 온도 약 10000 K)에서 가장 강하게 나타난다.

(4) 금속 원소의 흡수선은 표면 온도가 낮은 K형 또는 M형인 별에서 강하게 나타난다.

②-1 빈의 변위 법칙($\lambda_{\max} = \frac{a}{T}$)에 따르면, 최대 에너지를 방출하는 파장은 표면 온도에 반비례한다. 최대 에너지를 방출하는 파장이 A가 B의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 표면 온도는 A가 B의 2배이다.

②-2 별의 광도는 절대 등급으로 비교한다. A의 절대 등급은 B보다 5등급 작고, 5등급 사이의 밝기는 100배 차이가 나므로 광도는 A가 B의 100배이다.

②-3 별의 광도 식 $L = 4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ 에서 $\frac{L_A}{L_B} = \frac{R_A^2}{R_B^2} \cdot \frac{T_A^4}{T_B^4} = 100$ 이고, 표면 온도는 A가 B의 2배이므로 $\left(\frac{R_A}{R_B}\right)^2 = \frac{100}{16}$, $R_A = 2.5R_B$ 이다. 따라서 반지름은 A가 B의 2.5배이다.

②-4 (1) 빈의 변위 법칙에 따르면, 별이 최대 에너지를 방출하는 파장은 표면 온도에 반비례한다.

(2) A와 B는 겉보기 등급이 같으므로 겉보기 밝기가 같다.

(3) 별의 광도는 절대 등급으로 비교한다. 절대 등급이 A는 1등급이고, B는 6등급이므로 광도는 A가 B의 100배이다.

(4) 별의 겉보기 밝기는 거리의 제곱에 반비례한다. 별의 광도는 A가 B보다 크지만 겉보기 밝기는 A와 B가 같으므로 A는 B보다 별까지의 거리가 멀다.

(5) 슈테판·볼츠만 법칙에 의하면 단위 시간 동안 단위 면적당 별이 방출하는 에너지량은 표면 온도의 4제곱에 비례한다. 별의 표면 온도는 A가 B보다 높으므로, 단위 시간 동안 단위 면적당 별이 방출하는 에너지량은 A가 B보다 많다.

내신 만점 문제

238쪽~241쪽

01 ③	02 ②	03 ③	04 ②	05 ③	06 ④
07 ④	08 ③	09 ⑤	10 ①	11 해설 참조	
12 ②	13 ③	14 ⑤	15 ⑤	16 ①	17 해설 참조
18 ③	19 ⑤	20 ④	21 해설 참조		

01 ③ 사진 등급과 안시 등급의 차이를 색지수라고 한다. 표면 온도가 낮은 별일수록 눈에 민감한 노란색이나 붉은색 빛을 많이 방출하기 때문에 안시 등급의 값이 작다. 따라서 색지수가 클수록 표면 온도가 낮은 별이다. 별빛의 스펙트럼에 나타난 흡수선을 분석하여 표면 온도에 따라 분류한 것이 분광형이므로 분광형으로 표면 온도를 추정할 수 있다.

▮바로알기▮ 연주 시차로 별까지의 거리를 알 수 있고, 절대 등급으로는 광도를 알 수 있다.

02 ① 흑체는 입사된 모든 에너지를 흡수하고 흡수된 모든 에너지를 완전히 방출하는 이상적인 물체이다. 별은 이상적인 흑체는 아니지만 파장에 따른 복사 에너지의 분포를 보면 거의 흑체에 가깝다.

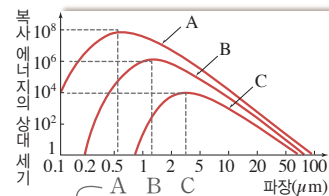
③ 표면 온도가 높은 별일수록 최대 에너지를 방출하는 파장이 짧아져 파란색을 띠고, 표면 온도가 낮은 별일수록 최대 에너지를 방출하는 파장이 길어져 붉은색을 띤다.

④ 표면 온도가 높은 별일수록 색지수가 작으므로 색지수가 (+)인 별은 (-)인 별보다 표면 온도가 낮다.

⑤ 태양의 분광형은 G형이므로 분광형이 O형인 별은 태양보다 표면 온도가 높다.

▮바로알기▮ ② 빈의 변위 법칙에 의하면 흑체가 최대 에너지를 방출하는 파장은 표면 온도에 반비례한다.

03 꼼꼼 문제 분석



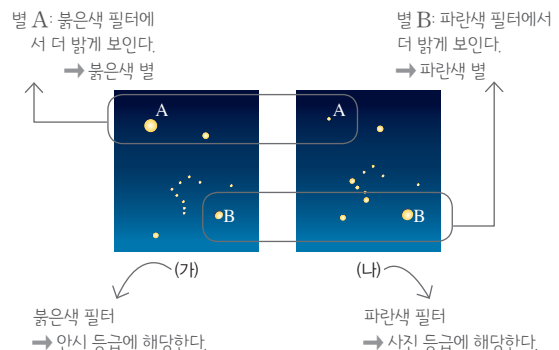
최대 에너지 방출 파장: $A < B < C \rightarrow$ 표면 온도: $A > B > C$

ㄱ. 최대 에너지를 방출하는 파장은 A가 가장 짧다.

ㄴ. 별의 (사진 등급-안시 등급)을 색지수라 하고, 색지수는 표면 온도가 높은 별일수록 작다. 따라서 (사진 등급-안시 등급)은 표면 온도가 가장 낮은 C가 가장 크다.

▮바로알기▮ ㄴ. 빈의 변위 법칙($\lambda_{\max} = \frac{a}{T}$)에 따르면, 별이 최대 에너지를 방출하는 파장은 표면 온도에 반비례한다. 따라서 별의 표면 온도는 최대 에너지를 방출하는 파장이 가장 긴 C가 가장 낮다.

04 꼼꼼 문제 분석

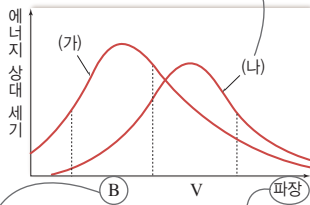


ㄷ. A는 표면 온도가 낮아 붉은색을 띠는 별로, 붉은색 필터에서는 밝게, 파란색 필터에서는 어둡게 관측된다. 반면, B는 표면 온도가 높아 파란색을 띠는 별로, 붉은색 필터에서는 어둡게, 파란색 필터에서는 밝게 관측된다. 색지수는 표면 온도가 낮을수록 크므로, A는 B보다 색지수가 크다.

■ **바로알기** ㄱ. A는 붉은색 필터에서 더 밝게 보이므로 붉은색을 띠고, B는 파란색 필터에서 더 밝게 보이므로 파란색을 띤다.
 ㄴ. 파란색에서 붉은색으로 갈수록 빛의 파장이 길고, 표면 온도가 높을수록 최대 에너지를 방출하는 파장이 짧다. 따라서 붉은색 필터에서 밝게 보이는 A보다 파란색 필터에서 밝게 보이는 B의 표면 온도가 더 높다.

05 **꼼꼼** 문제 분석

ㄴ. 별 (나): B 필터로 관측한 영역의 에너지양
 < V 필터로 관측한 영역의 에너지양
 → B 등급 > V 등급 → 색지수: (+) <



ㄱ. B 필터로 관측한 에너지양: (가) > (나) ㄷ. 최대 에너지 방출 파장: (가) < (나)
 → B 등급: (가) < (나) → 표면 온도: (가) > (나)

ㄱ. B 필터로 관측한 (가)의 에너지양이 (나)의 에너지양보다 더 많으므로 B 등급은 (가)가 (나)보다 작다.

ㄷ. 두 별의 에너지 곡선에서 최대 에너지 방출 파장이 (가)가 (나)보다 짧다. 별의 표면 온도가 높을수록 최대 에너지 방출 파장이 짧으므로 표면 온도는 (가)가 (나)보다 높다.

■ **바로알기** ㄴ. (나)의 에너지 분포 곡선에서 B 필터로 관측한 영역의 에너지양이 V 필터로 관측한 영역의 에너지양보다 적으므로 B 등급은 V 등급보다 크다.

06 (가) — ㄱ. 17세기 중반 뉴턴은 프리즘을 통과한 태양 빛이 무지개처럼 여러 색으로 나누어지는 것을 발견하고, 이를 스펙트럼이라고 불렀다.

(나) — ㄷ. 19세기, 허긴스는 여러 성운의 스펙트럼에서 방출선을 발견하였다.

(다) — ㄴ. 19세기 초, 프라운호퍼는 분광기를 사용하여 태양과 별의 스펙트럼을 자세히 관찰한 결과, 연속 스펙트럼에 나타나는 수백 개의 검은 선(흡수선)들을 확인하였다.

(라) — ㄴ. 20세기 초, 피커링과 캐넌은 수소의 흡수선 세기에 따라 별의 스펙트럼을 A형~P형의 16가지로 구분하였고, 캐넌은 이를 7가지로 재분류하였다.

07 ㄴ, ㄷ. 별의 표면 온도에 따라 스펙트럼의 유형이 달라지며, 흡수선이 나타나는 위치는 기체의 종류에 따라 다르므로, 스펙트럼을 분석하면 별의 표면 온도와 별의 대기 성분을 이루는 기체의 종류를 알아낼 수 있다.

■ **바로알기** ㄱ. 별의 광도는 스펙트럼 분석으로는 직접 알아낼 수 없고 절대 등급으로 구할 수 있다.

08 ㄱ. (가)에서는 흡수 스펙트럼, (나)에서는 방출 스펙트럼이 나타난다.

ㄷ. 동일한 기체라면 이온화하는 데 동일한 파장의 에너지를 흡수하거나 방출하므로 흡수선이나 방출선이 나타나는 파장이 동일하다.

■ **바로알기** ㄴ. 별의 분광형을 분류하는 데 쓰인 것은 (가)와 같은 흡수 스펙트럼이다.

09 별의 스펙트럼에는 별의 대기 중 원소가 빛의 특정한 파장 영역을 흡수하여 어두운 흡수선이 나타난다.

ㄱ. 그림에서 A0형인 별은 표면 온도가 약 10000 K인 별로, H가 흡수하는 파장 영역에서 가장 강한 흡수선이 나타난다.

ㄴ. 표면 온도가 약 6000 K인 G0형인 별은 표면 온도가 약 30000 K인 B0형인 별보다 표면 온도가 낮다.

ㄷ. 태양의 분광형은 G2형이므로, 태양의 스펙트럼에서는 Ca II 흡수선이 H 흡수선보다 강하게 나타난다.

10 ㄱ. 분광형이 B5형인 별의 스펙트럼에서는 M5형인 별에 비해 수소 흡수선이 강하게 나타난다. 분광형은 수소 흡수선의 세기가 강한 것부터 A, B, C ...의 순으로 나열한 것을 나중에 표면 온도가 높은 것부터 O, B, A, F, G, K, M형의 순으로 정렬한 것이다.

■ **바로알기** ㄴ. 표면 온도가 낮은 별은 금속 원소와 분자들에 의한 흡수선이 많으므로 저온의 별이 고온의 별에 비해 흡수선의 개수가 많다.

ㄷ. 별의 최대 에너지를 방출하는 파장은 표면 온도에 따라 다르지만, 동일한 원소가 만드는 흡수선의 파장은 표면 온도와 관계 없다.

11 별의 구성 물질이 같더라도 별의 표면 온도에 따라 원자가 이온화되는 정도가 달라지기 때문에 흡수선의 종류와 세기가 달라진다.

모범답안 별의 표면 온도에 따라 원소들이 이온화되는 정도가 다르고, 각각 가능한 이온화 단계에서 특정한 흡수선이 형성되기 때문이다.

채점 기준	배점
표면 온도와 이온화되는 정도로 옳게 서술한 경우	100 %
별의 표면 온도가 다르기 때문이라고만 서술한 경우	70 %

- 12** ② 절대 등급이 작을수록 실제로 밝은 별이므로 광도가 크다.
- ▮ **바로알기** ① 광도는 단위 시간 동안 별의 전체 표면에서 방출하는 에너지의 총량이다.
- ③ 별의 광도가 같더라도 별까지의 거리가 다르면 겉보기 밝기는 다르다.
- ④, ⑤ 별의 광도(L) 식은 $L=4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ (R : 반지름, T : 표면 온도, σ : 슈테판·볼츠만 상수)이므로 광도는 반지름의 제곱에 비례하고, 표면 온도의 4제곱에 비례한다.

13 **꼼꼼** 문제 분석

별	① 겉보기 등급	② 절대 등급	③ 색지수
센타우루스	-0.29	4.1	0.72
시리우스	-1.46	1.4	0.00
프로키온	0.37	2.6	0.42
스피카	0.96	-3.6	-0.23

- ① 겉보기 밝기: 시리우스 > 센타우루스 > 프로키온 > 스피카
 ② 광도(실제 밝기): 스피카 > 시리우스 > 프로키온 > 센타우루스
 ③ 표면 온도: 스피카 > 시리우스 > 프로키온 > 센타우루스
 ①, ② 별의 거리는 (겉보기 등급 - 절대 등급)이 클수록 멀다.
 스피카 > 프로키온 > 시리우스 > 센타우루스

- ㄱ. 겉보기 등급이 작을수록 우리 눈에 밝게 보이므로 가장 밝게 보이는 별은 시리우스이다.
- ㄴ. 광도가 가장 큰 별은 절대 등급이 가장 작은 스피카이다.
- ▮ **바로알기** ㄷ. 표면 온도가 가장 높은 별은 색지수가 가장 작은 스피카이다.

- 14** ㄱ. 흑체의 단위 면적당 방출되는 에너지량이 σT^4 이므로 표면적이 $4\pi R^2$ 인 흑체의 전체 표면에서 방출되는 에너지의 총량은 $4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ 이다.
- ㄴ. 별의 광도(L)는 $L=4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ 이므로 표면 온도(T)와 광도(L)를 알면 반지름(R)을 구할 수 있다.
- ㄷ. 별의 광도는 반지름의 제곱에 비례하고, 표면 온도의 4제곱에 비례하므로 어느 별이 진화하여 반지름이 10배, 표면 온도가 $\frac{1}{2}$ 배가 되면 별의 광도는 $10^2 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^4$ 배=6.25배 커진다.

- 15** ㄴ. 5등급 사이의 밝기 차는 100배이고 절대 등급이 (가)가 (나)보다 10등급 작으므로 광도는 (가)가 (나)의 10000배이다.
- ㄷ. (가)와 (나)의 분광형이 같으므로 표면 온도는 같다. 표면 온도와 광도 비로부터 다음과 같이 반지름 비를 구할 수 있다.
- $$\frac{L_{(가)}}{L_{(나)}} = \left(\frac{R_{(가)}}{R_{(나)}}\right)^2 \cdot \left(\frac{T_{(가)}}{T_{(나)}}\right)^4, 10000 = \left(\frac{R_{(가)}}{R_{(나)}}\right)^2 \cdot (1)^4$$
- $\therefore \frac{R_{(가)}}{R_{(나)}} = 100$, 즉, 별의 반지름은 (가)가 (나)의 100배이다.
- ▮ **바로알기** ㄱ. (가)와 (나)는 분광형이 같으므로 표면 온도가 같다.

- 16** ㄴ. (가)는 (나)와 크기가 같지만, 광도는 (나)보다 작다. 크기가 같을 때 광도는 표면 온도의 4제곱에 비례하므로 (가)는 (나)보다 표면 온도가 낮다.
- ▮ **바로알기** ㄱ. (가)는 (나)보다 절대 등급이 크므로 광도는 작다.
- ㄷ. (가)는 (나)보다 표면 온도가 낮으므로 분광형이 다르다.

- 17** 주어진 별은 태양과 분광형이 같으므로 표면 온도가 같다. 이 별의 절대 등급은 태양보다 5등급 작으므로 광도는 100배 크다. 별의 표면 온도가 같을 때 광도는 반지름의 제곱에 비례하므로 이 별의 반지름은 태양보다 10배 크다.

▮ **모범답안** 표면 온도는 태양과 같고, 광도는 태양의 100배이며, 반지름은 태양의 10배이다.

채점 기준	배점
세 물리량을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
세 물리량 중 두 가지만 옳게 서술한 경우	60 %
세 물리량 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	30 %

18 **꼼꼼** 문제 분석

별	분광형	색지수	지구에서 관측한 별의 상대적 밝기
A	M	1.41	40
B	B	-0.26	1

표면 온도는 A가 B보다 낮다. A와 B의 지구로부터의 거리가 같으므로 광도는 A가 B보다 40배 크다. A는 B보다 반지름이 매우 크다.

- 분광형이 B형인 별은 M형인 별보다 표면 온도가 높고 색지수가 작을수록 표면 온도가 높으므로 표면 온도는 A가 B보다 낮다. 두 별의 거리가 같으므로 광도는 A가 B보다 40배 크다. 별의 광도 식 $L=4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ 으로부터 A가 B보다 표면 온도는 낮지만 광도가 큰 것은 반지름이 매우 크기 때문이라는 것을 알 수 있다.

19 **꼼꼼** 문제 분석

별	절대 등급	분광형	표면 온도
① A	5	O	30000 K
B	5	B	15000 K
C	-6	G	6000 K
② D	-5	M	3000 K

광도가 같다. O→B→G→M형으로 갈수록 표면 온도가 낮다.

D는 A보다 절대 등급이 10등급 작다. → D의 광도는 A의 10000배

실제로 가장 밝은 별이다.

최대 에너지를 방출하는 파장이 가장 길다.

⑤ D는 A보다 절대 등급이 10등급 작으므로 D의 광도는 A의 10000배이다. 관계식 $L=4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ 에서

$$\frac{L_D}{L_A} = 10000 = \frac{4\pi R_D^2 \sigma \cdot (3000 \text{ K})^4}{4\pi R_A^2 \sigma \cdot (30000 \text{ K})^4} = \left(\frac{R_D}{R_A}\right)^2 \cdot \frac{1}{10^4},$$

$\left(\frac{R_D}{R_A}\right)^2 = 10^8$ 이므로 $\frac{R_D}{R_A} = 10^4$ 이 된다. 따라서 D는 A보다 반지름이 10000배 큰 별이다.

■ **바로알기** ① 실제로 가장 밝은 별은 절대 등급이 가장 작은 C이다.

② 최대 에너지를 방출하는 파장이 가장 긴 별은 표면 온도가 가장 낮은 D이다.

③ 표면에서 단위 시간 동안 단위 면적당 방출하는 에너지 ($E=\sigma T^4$)가 가장 많은 별은 표면 온도가 가장 높은 A이다.

④ 별 A와 B는 절대 등급이 같으므로 광도가 같으며, 표면 온도는 A가 B의 2배이다. 관계식 $L=4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ 으로부터 광도가 같을 때 반지름은 표면 온도의 제곱에 반비례하므로 별의 반지름은 B가 A의 4배이다.

20 별의 표면 온도는 다른 파장 영역의 필터를 이용하여 측정 한 등급의 차이인 색지수를 이용하여 비교할 수 있으며, 색지수 값이 작을수록 표면 온도가 높은 별이다.

ㄴ. 색지수(B-V)가 (가)는 -0.33이고, (나)는 1.06이므로 표면 온도는 (가)가 (나)보다 더 크다.

ㄷ. 반지름이 같을 경우, 광도는 표면 온도에 의해 결정되며 표면 온도의 4제곱에 비례한다. 표면 온도는 (가)가 (나)보다 높으므로 광도도 (가)가 (나)보다 높다.

■ **바로알기** ㄱ. 맨눈으로 관측한 등급과 가까운 것은 V 필터로 측정 한 등급이다. 따라서 V 등급이 더 작게 측정되는 (나)가 (가)보다 밝게 보인다.

21 별의 광도는 별이 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 에너지에 별의 표면적을 곱하여 구한다. 별이 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 에너지는 슈테판·볼츠만 법칙으로부터 σT^4 이고, 별의 표면적은 $4\pi R^2$ 이므로 별의 광도(L)를 구하는 식은 $L=4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ 이다.

■ **모범답안** 별의 크기를 구하기 위해서 알아야 하는 물리량은 표면 온도와 광도이다. 표면 온도는 색지수나 분광형을 측정하여 알 수 있고, 광도는 별의 절대 등급을 태양의 절대 등급과 비교하여 알 수 있다.

채점 기준	배점
별의 크기를 구하기 위해 필요한 두 가지 물리량과 각 물리량을 알 수 있는 방법을 옳게 서술한 경우	100 %
별의 크기를 구하기 위해 필요한 두 가지 물리량과 각 물리량을 알 수 있는 방법 중 어느 하나만 옳게 서술한 경우	70 %
별의 크기를 구하기 위해 필요한 두 가지 물리량만 옳게 고른 경우	50 %

02 H-R도와 별의 분류

개념 확인 문제

244쪽

- ① H-R도 ② 높고 ③ 작다 ④ 주계열성 ⑤ 거성
⑥ 초거성 ⑦ 백색 왜성 ⑧ 광도 계급

- 1 (1) ㄱ, ㄴ, ㄷ (2) ㄴ, ㄷ 2 (1) ㉠ (2) ㉡ (3) ㉢ 3 주계열성
4 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ (5) × 5 (1) 알골, 태양
(2) 프로키온 B 6 (1) ○ (2) ○ (3) ×

1 별의 H-R도는 별의 특성에 따라 가로축은 표면 온도, 세로축은 광도로 하여 나타낸 것이다.

(1) 색(ㄱ), 분광형(ㄴ), 색지수(ㄷ)는 별의 표면 온도와 관련이 있으므로 H-R도의 가로축에 나타낼 수 있다.

(2) 절대 등급(ㄴ)은 별의 광도(ㄴ)와 관련이 있으므로 H-R도의 세로축에 나타낼 수 있다.

2 (1) 절대 등급이 작을수록 광도가 크므로 위쪽 방향(㉠)으로 갈수록 광도가 크다.

(2) 별의 분광형이 O형으로 갈수록 표면 온도가 높고, M형으로 갈수록 표면 온도가 낮으므로 왼쪽 방향(㉡)으로 갈수록 표면 온도가 높다.

(3) 표면 온도가 낮고 광도가 클수록 반지름이 큰 별이므로 오른쪽 위 방향(㉢)으로 갈수록 반지름이 크다.

3 주계열성은 H-R도의 왼쪽 위에서 오른쪽 아래로 이어지는 좁은 띠 영역에 분포하므로 질량과 크기가 매우 다양하다. 별의 약 90 %가 주계열성에 속한다.

4 (1) 별의 표면 온도는 H-R도에서 왼쪽으로 갈수록 높아진다.

(2) H-R도에서 주계열성의 왼쪽 아래에 분포하는 별은 백색 왜성이다.

(3) 주계열성은 질량이 클수록 많은 양의 에너지를 방출하므로 광도가 크다.

(4) 거성은 H-R도에서 주계열성의 오른쪽 위에 분포하므로 표면 온도가 낮고 반지름이 크다.

(5) 백색 왜성은 H-R도에서 주계열성의 왼쪽 아래에 분포하므로 표면 온도가 높고, 광도가 작다.

5 (1) 주계열성은 H-R도에서 왼쪽 위에서 오른쪽 아래로 이어지는 영역에 분포하므로 알골, 태양이 주계열성에 해당한다.

(2) H-R도에서 왼쪽 아래로 갈수록 반지름이 작고 밀도가 크므로, 평균 밀도가 가장 큰 별은 프로키온 B이다.

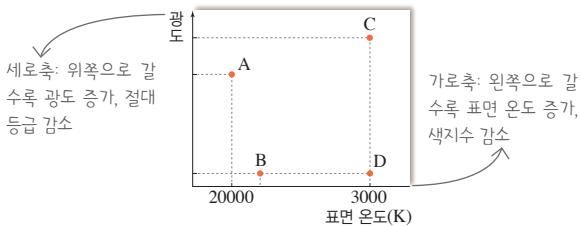
- 6 (1) 광도 계급은 별들을 광도에 따라 계급으로 구분한 것으로, 광도가 큰 I에서 광도가 작은 VII까지 분류한다.
 (2) 광도 계급이 I인 별은 초거성, II는 밝은 거성, III은 거성, IV는 준거성, V는 주계열성, VI는 준왜성, VII은 백색 왜성이다.
 (3) 광도 계급이 II인 별은 광도 계급이 III인 별보다 광도가 크다.

대표 자료 분석

245쪽

- 자료 1 1 (1) A (2) C (3) C 2 (1) < (2) < (3) >
 3 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○
 자료 2 1 (가) 초거성 (나) 거성 (다) 주계열성 (라) 백색 왜성
 2 (가), (라) 3 (1) (다) (2) (나) (3) (라) 4 (1) ○
 (2) × (3) × (4) × (5) ○ (6) ×

1-1 꼼꼼 문제 분석



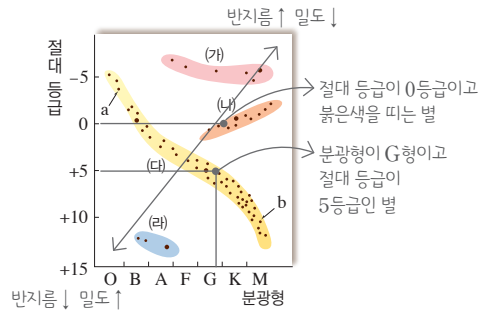
- H-R도의 왼쪽 아래로 갈수록 반지름 감소, 밀도 증가
- H-R도의 오른쪽 위로 갈수록 반지름 증가, 밀도 감소

- (1) H-R도의 가로축에서 왼쪽으로 갈수록 표면 온도가 높다. 따라서 표면 온도가 가장 높은 별은 A이다. $\Rightarrow A > B > C = D$
 (2) H-R도의 세로축에서 위쪽으로 갈수록 광도가 크다. 따라서 광도가 가장 큰 별은 C이다. $\Rightarrow C > A > B = D$
 (3) 별에서 방출되는 에너지의 총량(광도)은 반지름의 제곱에 비례하고, 표면 온도의 4제곱에 비례한다. 별 C와 D의 표면 온도가 가장 낮지만, C가 A, B, D보다 광도가 크기 때문에 반지름이 가장 크다.

- 1-2 (1) 별의 색지수는 표면 온도가 높을수록 작으므로 별 A는 C보다 색지수가 작다.
 (2) 광도가 클수록 절대 등급이 작으므로 별 A는 D보다 절대 등급이 작다.
 (3) H-R도에서 왼쪽 아래로 갈수록 평균 밀도가 크므로 별 B는 C보다 평균 밀도가 크다.

- 1-3 (1) 별 B와 D는 광도가 같으므로 절대 등급이 같다.
 (2) 별 C와 D는 표면 온도가 같은데 광도는 C가 더 크다. 따라서 별 C는 D보다 반지름이 더 크다.
 (3) 별 B에서 D로 갈수록 표면 온도가 낮아지므로 붉은색을 띤다.
 (4) H-R도에서 왼쪽 아래로 갈수록 별의 평균 밀도가 크므로 별 B의 평균 밀도가 가장 크다.

2-1 꼼꼼 문제 분석



(가)는 초거성, (나)는 거성, (다)는 주계열성, (라)는 백색 왜성이다.

- 2-2 H-R도에서 주계열성의 오른쪽 위에 놓인 별들은 표면 온도가 낮아도 광도가 매우 큰 것으로 보아 반지름이 매우 크다. 주계열성의 왼쪽 아래에 놓인 별들은 표면 온도가 매우 높아도 광도가 매우 작은 것으로 보아 반지름이 매우 작다. 따라서 반지름이 가장 큰 별의 종류는 (가)이고, 반지름이 가장 작은 별의 종류는 (라)이다.

- 2-3 (1) 분광형이 G형이고 절대 등급이 5등급인 별은 (다) 주계열성이다.
 (2) 절대 등급이 0등급이고 붉은색을 띠는 별은 (나) 거성이다.
 (3) 표면 온도가 높지만, 크기가 작아 광도가 작은 별은 (라) 백색 왜성이다.

- 2-4 (1) 별의 약 90 %는 주계열성인 (다)에 속한다.
 (2) H-R도에서 왼쪽 아래로 갈수록 평균 밀도가 크므로 (가)는 (라)보다 평균 밀도가 작다.
 (3) 주계열성은 H-R도에서 왼쪽 위에 분포할수록 표면 온도가 높고, 광도가 크며, 질량과 반지름이 크다. 별 a는 b보다 H-R도에서 왼쪽 위에 위치하므로 질량이 크다.
 (4) 태양은 주계열성인 (다)에 속한다.
 (5) (나)와 (다)의 분광형이 동일할 때 (나)는 (다)보다 절대 등급이 작으므로 광도가 더 크다.
 (6) (다)와 (라)의 광도가 동일할 때 (다)는 (라)보다 H-R도 상에서 오른쪽에 분포하므로 표면 온도가 더 낮다.

- 01 ① 02 ① 03 ⑤ 04 ③ 05 ④ 06 해설
참조 07 ② 08 ⑤ 09 해설 참조 10 ②
11 ⑤ 12 ③

01 H-R도는 별의 특성에 따라 가로축은 표면 온도, 색지수, 분광형(스펙트럼형), 세로축은 광도, 절대 등급으로 하여 나타낸 것이다.

02 ② H-R도의 세로축은 별의 실제 밝기와 관련된 물리량을 나타내므로 별의 절대 등급이나 별의 광도가 이에 해당한다.

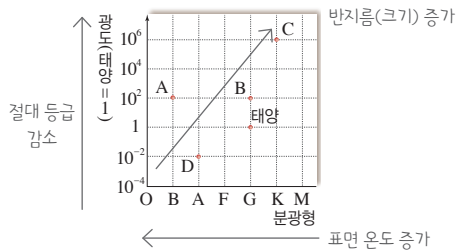
③ 별의 약 90 %가 주계열성에 속한다. 따라서 가장 많은 수의 별이 분포하는 집단은 주계열성이다.

④ 거성과 주계열성의 분광형이 같은 경우 거성이 주계열성보다 반지름이 매우 크므로 광도가 더 크다.

⑤ H-R도에서 반지름이 평균적으로 가장 작은 별의 집단은 표면 온도는 높지만, 광도가 작은 백색 왜성이다.

▮ **바로알기** ▮ ① H-R도의 가로축은 별의 표면 온도, 색지수, 분광형으로 나타낼 수 있다.

03 **꼼꼼** 문제 분석



ㄴ. 별 A는 분광형이 B형이고, 태양은 분광형이 G형이므로 별 A는 태양보다 표면 온도가 높다.

ㄷ. 별 B는 별 C보다 표면 온도가 높는데도 광도는 더 작기 때문에 별 B는 C보다 크기(반지름)가 작다.

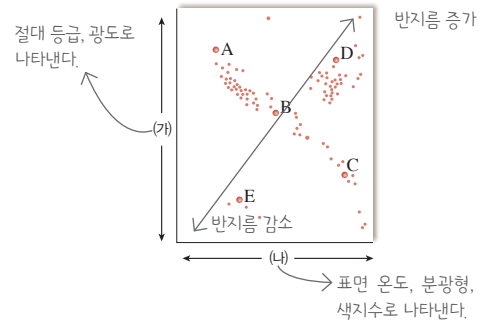
▮ **바로알기** ▮ ㄱ. 절대 등급이 가장 작은 별은 광도가 가장 큰 C이다.

04 알골과 태양은 주계열성, 아르크투루스는 거성이다. 거성은 주계열성보다 반지름이 크므로 아르크투루스가 가장 크다. 주계열성은 표면 온도가 높을수록 반지름이 크다. 따라서 반지름은 아르크투루스가 가장 크고, 태양이 가장 작다.

05 ①, ②, ③, ⑤ 주계열성은 H-R도에서 왼쪽 위에 분포할수록 표면 온도가 높고, 광도가 크며, 질량과 반지름이 크다.

▮ **바로알기** ▮ ④ 별의 색지수는 H-R도에서 오른쪽으로 갈수록 크다.

06 **꼼꼼** 문제 분석



(1) H-R도에서 가로축은 표면 온도, 분광형(스펙트럼형), 색지수로 나타내고, 세로축은 광도, 절대 등급으로 나타낸다.

(2) 주계열성은 질량이 클수록 광도가 크고 표면 온도가 높다. 따라서 H-R도에서 위로 갈수록 광도가 커지고, 왼쪽으로 갈수록 표면 온도가 높아진다. 별 D는 표면 온도가 낮은데도 광도가 매우 크므로 반지름이 가장 크다.

▮ **모범답안** ▮ (1) (가) 광도, 절대 등급 (나) 표면 온도, 분광형(스펙트럼형), 색지수

(2) D, 별 D는 표면 온도가 낮은데도 광도가 크므로 반지름이 가장 크다.

채점 기준		배점
(1)	(가)와 (나) 모두 옳게 서술한 경우	50 %
	(가)와 (나) 중 하나만 옳게 서술한 경우	25 %
(2)	반지름이 가장 큰 별을 고르고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	50 %
	반지름이 가장 큰 별만 고른 경우	20 %

07 ① H-R도에서 왼쪽 아래로 갈수록 별의 평균 밀도가 크다. 따라서 백색 왜성은 거성보다 평균 밀도가 크다.

③ H-R도에서 위로 갈수록 별의 절대 등급이 작아지므로 초거성은 거성보다 절대 등급이 작다.

④ H-R도에서 오른쪽 위로 갈수록 반지름이 큰 별이고, 왼쪽 아래로 갈수록 반지름이 작은 별이다. 초거성은 주계열성에 비해 오른쪽 위에 분포하므로 반지름이 크다.

⑤ 중성자별이나 블랙홀은 광도가 너무 작거나 가시광선을 방출하지 않기 때문에 H-R도에 나타나지 않는다.

▮ **바로알기** ▮ ② H-R도에서 위로 갈수록 광도가 크다. 백색 왜성은 거성보다 아래에 분포하므로 광도가 작다.

08 ①, ②, ③ 주계열성은 표면 온도가 높을수록 광도, 질량, 반지름이 크다.

④ 별은 일생에서 가장 오랜 기간을 주계열성으로 보낸다. 따라서 대부분의 별들은 주계열성에 분포한다.

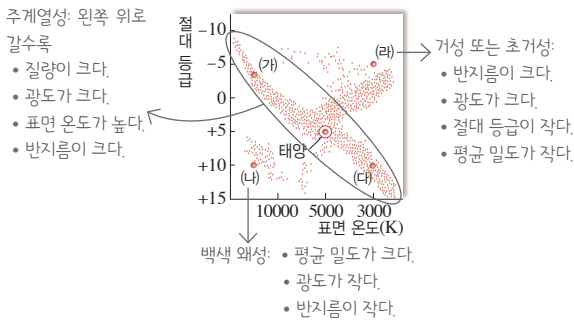
▮ **바로알기** ▮ ⑤ 주계열성의 대표적인 별은 스피카, 시리우스 A, 태양 등이 있다. 알데바란, 아르크투루스는 거성의 대표적인 별이다.

09 별의 광도는 반지름의 제곱에 비례하고, 표면 온도의 4제곱에 비례한다. 백색 왜성은 표면 온도가 높지만, 반지름이 매우 작으므로 광도가 매우 작다.

모범답안 백색 왜성은 표면 온도가 매우 높지만 반지름이 매우 작기 때문에 광도가 매우 작다.

채점 기준	배점
백색 왜성의 광도가 작은 까닭을 반지름을 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
반지름을 포함하지 않고 서술한 경우	0 %

10 **꼼꼼** 문제 분석



- ① 주계열성은 H-R도에서 왼쪽 위로 갈수록 질량이 크므로 별 (가)는 태양보다 질량이 크다.
- ③ 별 (나)는 (다)보다 표면 온도가 높으므로 색지수가 작다.
- ④ 별 (라)는 거성 또는 초거성이고, 별 (나)는 백색 왜성이므로 (나)는 (라)보다 반지름이 작다.
- ⑤ 별 (다)와 (라)는 H-R도 상에서 표면 온도가 거의 같다.

■ 바로알기 ② H-R도에서 위로 갈수록 절대 등급이 작고 별의 광도가 크므로 별 (가)는 (나)보다 광도가 크다.

11 ㄱ. 광도 계급이 ㉠인 별 중 오른쪽으로 갈수록 표면 온도가 낮아도 절대 등급(광도)이 동일하다는 것은 오른쪽으로 갈수록 반지름이 크다는 뜻이다.

ㄴ. 주계열성의 광도 계급은 V이며, 그림에서 ㉡에 해당한다.
ㄷ. 광도 계급은 별의 스펙트럼 분석을 통해 표면 온도가 동일한 별을 광도에 따라 I~Ⅶ 계급으로 분류한 것이다. 따라서 분광형과 광도 계급을 알면 별의 종류나 크기 등을 비교할 수 있다.

12 ㄱ. 분광형이 O>B>A>F>G>K>M 순으로 별의 표면 온도가 높다. (가)는 A형 별, (나)는 G형 별이므로 (가)의 표면 온도가 (나)보다 높다.

ㄴ. (가)는 광도 계급이 V이므로 A형 별 중에서 주계열성에 해당한다.

■ 바로알기 ㄷ. (나)의 분광형이 G0이므로 G형 별 중에서 표면 온도가 가장 높다.

03 별의 진화

개념 확인 문제

251쪽

- ① 크 ② 낮 ③ 원시별 ④ 질량 ⑤ 수소 핵융합
⑥ 중력 ⑦ 짧 ⑧ 적색 거성 ⑨ 초신성

- 1 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ (5) × 2 ⑤ 3 짧다
4 ㄱ → ㄴ → ㄹ → ㄷ → ㄱ → ㄷ 5 ㉠ 철, ㉡ 초신성, ㉢ 철
6 (1) 탄소 (2) 철 7 (1) ○ (2) × (3) ○

1 (1) 별은 성간 물질이 밀집된 성운 내부의 밀도가 크고, 온도가 낮은 영역에서 성운이 중력 수축하여 만들어진다.

(2), (3) 온도가 낮고 밀도가 큰 성운이 중력 수축하여 온도와 밀도가 증가하면 원시별이 형성된다. 원시별이 계속 중력 수축하여 온도가 높아지다가 표면 온도가 약 1000 K에 도달하여 가시광선을 방출하기 시작하는데, 이 단계의 별을 전주계열 단계의 별이라고 한다. 전주계열 단계에서 중력 수축이 계속 일어나 중심부의 온도가 약 1000만 K에 이르면 중심핵에서 수소 핵융합 반응이 시작되어 주계열성이 된다.

(4) 성운에서 주계열성이 탄생하기까지 계속 중력 수축이 일어나므로 이 기간 동안 밀도는 점차 증가한다.

(5) 질량이 큰 원시별일수록 중력 수축이 빠르게 일어나 주계열 단계에 빨리 도달한다.

2 별의 일생 중 가장 오랫동안 머무는 단계는 중심핵에서 수소 핵융합 반응으로 에너지를 방출하는 주계열성이다.

3 주계열성의 질량이 클수록 방출하는 에너지양이 많아져 연료를 빨리 소모하기 때문에 수명이 짧다.

4 태양과 질량이 비슷한 별은 '성운 → 원시별 → 주계열성 → 적색 거성 → 행성상 성운, 백색 왜성'의 진화 단계를 거친다. 태양보다 질량이 매우 큰 별은 '성운 → 원시별 → 주계열성 → 초거성 → 초신성 → 중성자별 또는 블랙홀'의 진화 단계를 거친다.

5 태양보다 질량이 매우 큰 별은 적색 거성보다 훨씬 크고 광도가 큰 초거성으로 진화하는데, 별의 중심부에서 헬륨, 탄소, 산소, 네온, 규소 핵융합 반응이 차례로 일어나 철까지 만들어지면 핵융합 반응이 더 이상 일어나지 않는다. 별의 중심부에 철로 구성된 핵이 만들어지면 중력 수축이 일어나 매우 불안정한 상태를 유지하다가 초신성 폭발이 일어나는데, 폭발 과정에서 철보다 무거운 원소가 생성된다.

6 태양과 질량이 비슷한 별은 중심핵에서 헬륨 핵융합 반응까지 일어나 탄소가 생성될 수 있지만, 중심부의 중력 수축에 의한 온도가 탄소 핵융합 반응이 일어날 수 있는 온도까지는 이르지 못한다. 태양보다 질량이 매우 큰 별은 중력 수축에 의해 중심부의 온도가 더 높아지므로 핵융합 반응이 계속 일어나 마지막에는 철로 이루어진 핵이 만들어진다.

7 (1) 주계열성의 중심에서 수소 핵융합 반응이 끝나면 바깥층의 수소에서 핵융합 반응이 일어나 팽창하므로 크기가 매우 커져 적색 거성 또는 초거성으로 진화한다.

(2) 적색 거성의 중심핵에서는 헬륨 핵융합 반응이 일어나고 중심핵 바깥의 수소층에서는 수소 핵융합 반응이 일어난다.

(3) 태양보다 질량이 매우 큰 별은 초거성 이후 초신성 폭발이 일어나고, 중심핵은 더욱 수축하여 중성자별이나 블랙홀이 된다.

대표 자료 분석

252쪽

자료 1 1 A: 원시별, B: 주계열성, C: 적색 거성, D: 행성상 성운, E: 백색 왜성 2 수소 핵융합 반응 3 ② 4 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ×

자료 2 1 주계열성 2 (나) 3 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × (5) × (6) ○ (7) ×

①-1 A는 원시별이고, B는 H-R도의 왼쪽 위에서 오른쪽 아래로 이어지는 대각선 상에 속하는 주계열성이다. C는 주계열성이 진화하여 광도가 크고 표면 온도가 낮은 적색 거성이고, D와 E는 각각 별의 진화 마지막 단계에 해당하는 행성상 성운과 백색 왜성이다.

①-2 B 단계(주계열 단계)에서의 주요 에너지원은 수소 핵융합 반응으로 발생한 에너지이다.

①-3 그림은 중심부의 헬륨 핵이 중력 수축할 때 발생하는 열 에너지에 의해 중심부 외곽의 수소가 연소하여 바깥층이 팽창하는 모습이다. 별의 바깥층이 팽창하면서 크기가 커지면, 표면 온도는 낮아지고 광도는 증가한다. 따라서 이 내부 구조는 주계열성(B)에서 적색 거성(C)으로 진화하는 단계에 해당한다.

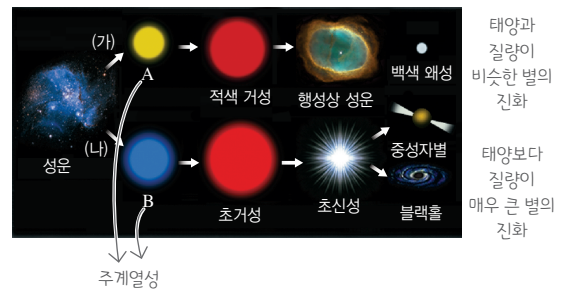
①-4 (1) 원시별이 주계열성으로 진화할 때(A → B) 원시별의 질량이 클수록 H-R도에서 수평 방향으로 진화하여 왼쪽 위에 분포한다.

(2) B 단계의 별(주계열성)은 수소 핵융합 반응으로 내부 온도가 상승하여 압력이 커지고 내부 기체 압력 차이로 발생한 힘과 중력이 평형을 이루어 별의 크기가 일정하게 유지된다.

(3) 주계열성이 적색 거성으로 진화할 때(B → C)에는 중심부 외곽의 수소가 연소하여 바깥층이 팽창하므로 별의 크기가 커진다.

(4) E 단계에서 별은 흰색으로 관측된다. A~E 단계에서 붉은 색으로 관측되는 별은 적색 거성 단계인 C 단계이다.

②-1 꼬꼬 문제 분석



별은 성운에서 만들어져 수소 핵융합 반응이 일어나는 주계열성이 되고, 질량에 따라 다른 진화 과정을 거친 후 소멸된다. 따라서 (가)와 (나)에 공통으로 해당하는 별은 주계열성이다.

②-2 (가)는 태양과 질량이 비슷한 별의 진화 과정이고, (나)는 태양보다 질량이 매우 큰 별의 진화 과정이다.

②-3 (1) 주계열성 이후 별은 질량에 따라 진화 과정이 달라진다.

(2) 행성상 성운은 태양과 질량이 비슷한 별의 진화 과정에서 만들어진다. 적색 거성 단계를 거쳐 별은 주기적으로 팽창과 수축을 반복하는 불안정한 상태가 되다가 별의 바깥층이 우주 공간으로 방출되어 행성상 성운이 만들어지고, 중심핵은 더욱 수축하여 백색 왜성이 된다.

(3) 질량이 태양과 비슷한 별에서는 헬륨 핵융합 반응까지만 일어난다. 질량이 매우 큰 별에서는 중심부의 온도가 계속 높아져 헬륨 핵융합 반응이 끝나면 다른 핵융합 반응이 일어난다. 계속되는 핵융합 반응으로 점점 더 무거운 원소가 만들어져 철까지 만들어지면 핵융합 반응은 멈춘다.

(4) 별의 질량이 클수록 중력 수축에 의해 중심부의 온도가 더 높아지므로 핵융합 반응이 계속 일어나 중심부에서 더 무거운 원소가 만들어진다.

(5) A와 B는 모두 주계열성이므로 중심핵에서 수소 핵융합 반응이 일어난다.

(6) 별의 내부에서 생성될 수 있는 가장 무거운 원소는 철이고, 금이나 우라늄 등 철보다 무거운 원소는 초신성 폭발 과정에서 만들어진 것이다.

(7) 블랙홀은 초신성 폭발 후 별의 중심핵이 수축하여 밀도가 매우 커지면서 중력이 매우 커져 생성된 것으로, 빛조차도 탈출하지 못한다.

나신 만점 문제

253쪽~255쪽

01 ②	02 ③	03 ③	04 ④	05 ⑤	06 ②
07 ⑤	08 ③	09 ①	10 ④	11 ①	12 ③
13 ⑤	14 ④	15 해설 참조			

01 성운의 밀도가 크면 중력이 크게 작용하여 물질이 모인다. 이때 성운의 온도가 높으면 기체가 서로 밀어내는 압력이 높아져 중력 수축하기 어렵다. 따라서 저온의 고밀도 성운일수록 중력 수축하기 쉽기 때문에 별이 탄생할 가능성이 크다.

02 ㄴ. (나) 원시별에서 빛을 내는 에너지원은 중력 수축 에너지이다. 원시별의 중심부 온도는 핵융합 반응이 일어날 정도로 높지 않다.

ㄷ. (가) 성운에서 (나) 원시별이 되는 과정에서 중력 수축에 의해 온도가 높아진다.

▮ **바로알기** ㄱ. (가) 성운은 밀도가 큰 부분이 중력에 의해 수축하여 반지름이 감소하면서 밀도가 증가한다.

ㄷ. (나) 원시별 중심부의 온도가 1000만 K 이상이 되면 수소 핵융합 반응이 일어나 주계열성이 된다.

03 원시별이 중력 수축하여 주계열성으로 진화할 때 반지름이 감소하면서 별의 밀도는 증가한다. 또한, 중력 수축할 때 감소한 위치 에너지의 일부가 열에너지로 전환되므로 중심부 온도는 상승한다.

04 ㄱ. 원시별이 중력 수축하면서 중심부 온도가 점점 상승하는 까닭은 원시별에서 중력 수축 에너지가 방출되기 때문이다.

ㄴ. 주계열성의 에너지원인 수소 핵융합 반응은 4개의 수소 원자핵이 융합하여 1개의 헬륨 원자핵을 만드는 반응이다.

▮ **바로알기** ㄷ. 질량이 태양의 약 0.08배 이하인 별들은 중심 온도가 1000만 K에 이르지 못해 수소 핵융합 반응이 일어나지 않으므로 행성과 비슷한 갈색 왜성이 된다.

05 ㄱ. 원시별의 질량이 클수록 중력 수축이 빠르게 일어나기 때문에 주계열에 빨리 도달한다.

ㄷ. 원시별에서 주계열성으로 진화할 때 원시별의 질량이 작을수록 표면 온도 변화가 작고 광도 변화가 크므로 H-R도에서 수직 방향으로 진화하며, 원시별의 질량이 클수록 표면 온도 변화가 크고 광도 변화가 작으므로 H-R도에서 수평 방향으로 진화한다.

▮ **바로알기** ㄴ. 원시별은 주계열성으로 진화하면서 중력 수축이 일어나 표면 온도가 높아진다.

06 ② 별의 질량이 클수록 중심부의 온도가 높아 핵융합 반응이 빠르게 진행되고, 방출하는 에너지양이 많아져 연료를 빨리 소모하기 때문에 진화 속도가 빠르다. 따라서 별의 진화 속도는 주로 별의 질량에 따라 결정된다.

07 ① 주계열성의 질량이 클수록 방출하는 에너지양이 많아져 연료를 빨리 소모하므로 수명이 짧아진다.

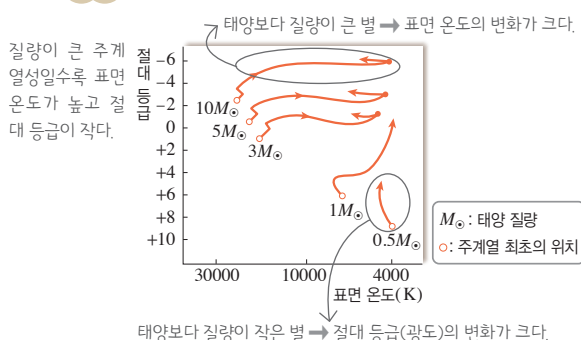
② 주계열성의 중심핵에서는 수소가 반응하여 헬륨을 생성하는 수소 핵융합 반응이 일어난다.

③ 주계열성은 수소 핵융합 반응으로 내부 온도가 높아져 팽창하려는 내부 기체 압력 차이로 발생한 힘과 수축하려는 중력이 평형을 이루어 크기가 일정하게 유지된다.

④ 원시별이 중력 수축하여 중심부 온도가 약 1000만 K에 이르면 수소 핵융합 반응을 하는 주계열성이 탄생한다.

▮ **바로알기** ⑤ 주계열성은 중심부에서 수소 핵융합 반응으로 에너지를 방출하는 별로, 별을 구성하는 원소가 대부분 수소이기 때문에 별은 일생의 대부분을 주계열성으로 보낸다.

08 **문제 분석**

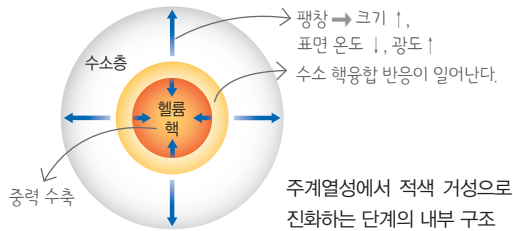


ㄱ. 주계열성의 질량이 클수록 절대 등급이 작으므로 광도가 크다.

ㄴ. 일반적으로 태양보다 질량이 매우 큰 별의 진화 단계는 '원시별 → 주계열성 → 초거성 → 초신성 → 중성자별 또는 블랙홀'이고, 태양과 질량이 비슷한 별은 '원시별 → 주계열성 → 적색 거성 → 행성상 성운, 백색 왜성'의 단계를 거쳐 진화한다. 따라서 주계열성은 적색 거성이나 초거성으로 진화한다.

▮ **바로알기** ▮ **ㄷ.** 태양보다 질량이 작은 별은 진화 과정에서 표면 온도의 변화는 거의 없으나 절대 등급의 변화가 크게 일어나고, 태양보다 질량이 큰 별은 진화 과정에서 절대 등급의 변화보다는 표면 온도의 변화가 크게 일어난다.

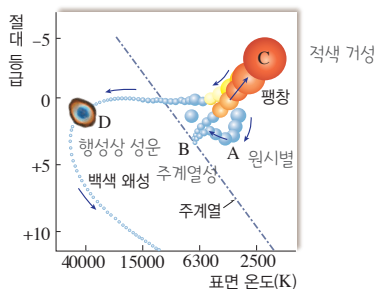
09 **꼼꼼** 문제 분석



태양과 질량이 비슷한 별이 주계열 단계에서 중심부의 수소가 모두 소모되어 헬륨 핵이 되면 더 이상 수소 핵융합 반응이 일어나지 않으므로 내부 기체의 압력 차이로 발생한 힘보다 중력이 커져서 중력 수축이 일어난다. ③ 이때 발생한 중력 수축 에너지에 의해 헬륨 핵 바깥쪽의 수소층이 가열되어 수소 핵융합 반응이 일어난다. ⑤ 이로 인해 별의 바깥층이 팽창하고 표면 온도는 낮아져 ② 붉게 보이는 적색 거성이 된다. ④

▮ **바로알기** ▮ ① 주계열성에서 적색 거성으로 진화하면 크기가 커지면서 광도가 증가한다.

10 **꼼꼼** 문제 분석



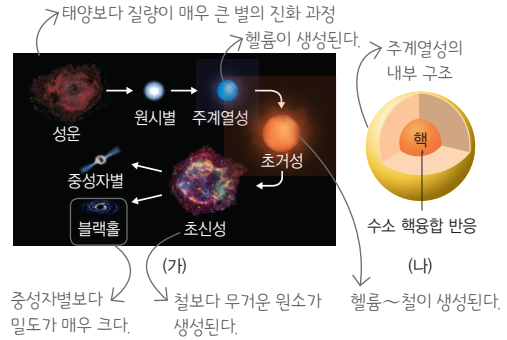
①, ② A → B 과정에서 원시별(A)이 중력 수축에 의해 중심부 온도가 높아져 약 1000만 K에 도달하면 수소 핵융합 반응이 일어나는 주계열성(B)이 된다.

③ B → C 과정에서 헬륨으로 이루어진 중심핵은 중력 수축하고, 이때 발생한 에너지에 의해 헬륨 핵 바깥쪽의 수소층이 가열되어 수소 핵융합 반응이 일어난다. 따라서 별의 바깥층이 팽창하면서 적색 거성(C)으로 진화한다.

⑤ C → D 과정에서는 별의 내부가 불안정하여 팽창과 수축을 반복하다가 바깥층은 행성상 성운(D)이 되고, 중심핵은 백색 왜성이 된다.

▮ **바로알기** ▮ ④ 별은 주계열 단계(B)에 가장 오랫동안 머문다.

11 **꼼꼼** 문제 분석



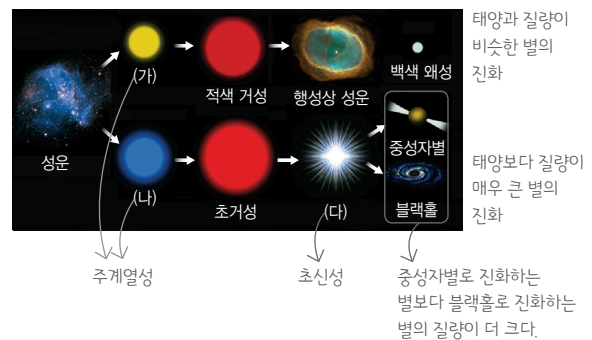
ㄱ. (나)는 별의 중심핵에서 수소 핵융합 반응을 하고 있으므로 주계열성의 내부 구조이다.

▮ **바로알기** ▮ **ㄴ.** 초거성의 중심부에서는 핵융합 반응으로 철까지 만들어지고, 철보다 무거운 원소는 초신성 폭발 과정에서 만들어진다.

ㄷ. 별의 중심핵 질량이 태양 질량의 약 1.4배보다 크고 약 3배보다 작으면 중성자별이 되고, 태양 질량의 약 3배 이상이면 블랙홀이 된다.

12 **꼼꼼** 문제 분석

별은 성운에서 만들어져 주계열성이 되고, 질량에 따라 다른 진화 과정을 거친다.



ㄱ. (가)는 적색 거성을 거쳐 행성상 성운이 만들어지고 백색 왜성이 되므로 질량이 태양과 비슷한 주계열성이다. (나)는 초거성을 거쳐 초신성 폭발이 일어나고 중성자별 또는 블랙홀이 되므로 질량이 태양보다 매우 큰 주계열성이다. 따라서 (나)는 (가)보다 질량이 크다.

ㄴ. 태양보다 질량이 매우 큰 별의 진화 단계는 '원시별 → 주계열성 → 초거성 → 초신성 → 중성자별 또는 블랙홀'이다. 따라서 (다)는 초신성이다.

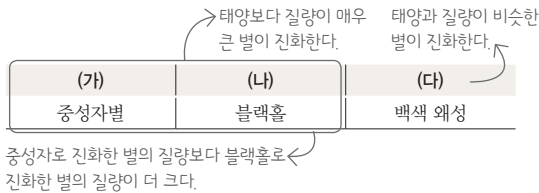
▮ **바로알기** ▮ **ㄷ.** 태양보다 질량이 매우 큰 별의 진화 과정 중 최종적으로 블랙홀로 진화하는 별이 중성자별로 진화하는 별보다 질량이 더 크다.

13 나. 별의 중심부에서 핵융합 반응으로 생성될 수 있는 가장 무거운 원소는 철이다. 철보다 무거운 원소는 초신성 폭발 과정에서 생성된다.

ㄷ. (가) 행성상 성운은 태양과 질량이 비슷한 별의 진화 단계이고, (나) 초신성은 태양보다 질량이 매우 큰 별의 진화 단계이다. ㄹ. 별이 수명을 다하면 별을 이루던 물질들은 행성상 성운이나 초신성을 통해 우주 공간으로 퍼져 나간다. 이 물질은 다시 성운을 이루어 새로운 별이나 행성, 생명체를 만드는 재료가 된다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. 태양과 질량이 비슷한 별은 적색 거성 단계 이후 별이 팽창과 수축을 반복하면서 바깥층의 물질 일부가 우주 공간으로 방출되어 행성상 성운이 만들어지고 중심핵은 더욱 수축하여 백색 왜성이 된다. 태양보다 질량이 매우 큰 별은 초신성 폭발 후 중심핵이 수축하여 중성자별이나 블랙홀이 된다.

14 **꼼꼼** 문제 분석



나. 천체의 밀도는 백색 왜성 < 중성자별 < 블랙홀이므로 최종 진화 단계의 밀도가 가장 큰 천체는 (나)이다.

ㄷ. 주계열성의 질량이 클수록 수소가 빨리 소모되어 주계열에 머무는 기간이 짧다. 따라서 주계열에 머무는 기간은 상대적으로 질량이 작은 (다)가 가장 길다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. 태양이 진화하면 최종적으로 (다)와 같은 단계에 이른다.

15 태양과 질량이 비슷한 주계열성은 중심핵에서 헬륨 핵융합 반응까지 일어나 적색 거성으로 진화한다. 그 후 중심부의 중력 수축에 의한 온도가 탄소 핵융합 반응이 일어날 수 있는 온도까지는 이르지 못하기 때문에 초거성으로 진화하지 못한다. 태양보다 질량이 매우 큰 주계열성은 중심부의 온도가 충분히 높아지기 때문에 적색 거성보다 더욱 팽창하여 초거성이 된다.

모범답안 태양과 질량이 비슷한 주계열성은 적색 거성을 거쳐 행성상 성운, 백색 왜성이 된다. 태양과 질량이 비슷한 별은 중심부에서 헬륨 핵융합 반응 이후 더 무거운 원소를 만드는 핵융합 반응이 일어날 만큼 온도가 높아지지 못하기 때문에 초거성 단계를 거치지 못한다.

채점 기준	배점
태양과 질량이 비슷한 주계열성의 진화 과정과 초거성 단계를 거치지 못하는 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
둘 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

4 별의 에너지원과 내부 구조

개념 확인 문제

259 쪽

- ① 중력 수축 에너지 ② 수소 핵융합 ③ 양성자-양성자 반응 (P-P 반응) ④ 탄소·질소·산소 순환 반응(CNO 순환 반응) ⑤ 정역학 평형 ⑥ 복사층 ⑦ 대류층 ⑧ 철

- 1 중력 수축 에너지 2 ㉠ 수소, ㉡ 헬륨, ㉢ 에너지
3 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × 4 A: 기체 압력 차이로 발생한 힘, B: 중력 5 ㉡ 6 (가) 7 (1) ○ (2) × (3) ○

1 원시별의 에너지원은 중력 수축에 의해 발생하는 에너지이다.

2 수소 핵융합 반응은 4개의 수소 원자핵이 융합하여 1개의 헬륨 원자핵을 만드는 반응으로, 핵융합 반응 과정에서 줄어든 질량이 질량·에너지 등가 원리에 의해 에너지로 전환된다.

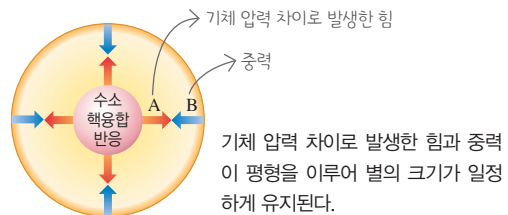
3 (1) 수소 핵융합 반응은 주계열성이 빛을 내는 에너지원으로 쓰인다.

(2) 수소 핵융합 반응은 중심부의 온도가 1000만 K 이상이 되어야 일어나기 시작한다.

(3) 별의 중심부 온도가 1800만 K 이하인 별에서는 양성자·양성자 반응이 우세하게 일어나고, 1800만 K 이상인 별에서는 탄소·질소·산소 순환 반응이 우세하게 일어난다.

(4) 탄소·질소·산소 순환 반응에서는 수소 원자핵 4개가 반응에 참여하여 헬륨 원자핵이 생성된다. 탄소, 질소, 산소는 촉매 역할을 하므로 생성되거나 소멸되지 않는다.

4 **꼼꼼** 문제 분석



주계열성에서는 수소 핵융합 반응으로 내부 온도가 높아져 바깥 쪽으로 팽창하려는 힘(A)과 별의 중심 쪽으로 수축하려는 중력(B)이 평형을 이루어 크기가 일정하게 유지된다.

5 별 내부의 기체압은 온도에 비례하고, 온도는 에너지 생성이 많을수록 높으며, 에너지 생성은 질량과 관계가 있다. 따라서 별의 내부 구조는 질량에 따라 결정된다.

6 (가)는 핵융합 반응이 일어나는 중심핵이 있고, 그 주위로 복사층, 대류층이 차례로 둘러싸고 있으므로 질량이 태양과 비슷한 주계열성의 내부 구조이다. (나)는 중심부에서 대류로 에너지가 전달되고, 바깥층에서는 복사로 에너지가 전달되므로 질량이 태양의 약 2배 이상인 주계열성의 내부 구조이다.

7 (1) 별의 중심부로 갈수록 온도가 높아지므로 무거운 원소가 만들어진다. 질량이 태양보다 매우 큰 별의 내부에서는 헬륨 핵융합 반응 이후에도 핵융합 반응이 계속 일어나고 규소 핵융합 반응이 일어나면 철(Fe)이 생성되므로 ㉠에 들어갈 원소는 Fe이다.

(2) 질량이 태양과 비슷한 별의 중심부에서는 탄소와 산소까지 생성된다. 그림은 탄소와 산소보다 더 무거운 원소가 만들어지므로 태양보다 질량이 매우 큰 별의 내부 구조이다.

(3) 그림에서 별의 중심으로 갈수록 무거운 원소가 분포하므로 별의 중심으로 갈수록 무거운 원소가 만들어졌다.

260 쪽~261 쪽

완자샘
비법 특강

Q1 수소 핵융합 반응 Q2 철

Q1 주계열성은 수소 핵융합 반응으로 빛을 낸다.

Q2 질량이 태양보다 매우 큰 별의 중심부는 온도가 충분히 높기 때문에 헬륨, 탄소, 산소, 네온, 규소 등의 원소가 차례로 생성되고, 최종적으로 철까지 만들어진다.

대표 자료 분석

262 쪽

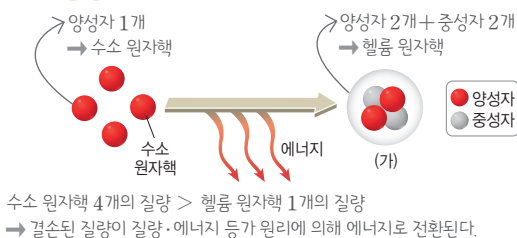
자료 1 1 헬륨 2 주계열성 3 탄소·질소·산소 순환 반응

4 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × (5) ○

자료 2 1 (가) 2 (1) > (2) > (3) < (4) > 3 (1) ×

(2) ○ (3) × (4) ○ (5) × (6) ○ (7) ×

1-1 꼼꼼 문제 분석



수소 핵융합 반응은 4개의 수소 원자핵이 융합하여 1개의 헬륨 원자핵을 만드는 반응이다.

1-2 중심핵에서 수소 핵융합 반응이 일어나는 별은 주계열성이다.

1-3 주계열성에서 일어나는 수소 핵융합 반응에는 양성자·양성자 반응(P-P 반응)과 탄소·질소·산소 순환 반응(CNO 순환 반응)이 있다. 양성자·양성자 반응에서는 양성자의 직접적인 충돌에 의해 헬륨이 생성되고, 탄소·질소·산소 순환 반응에서는 탄소, 질소, 산소가 촉매 역할을 하여 헬륨이 생성된다. 중심부 온도가 1800만 K 이하인 주계열성에서는 양성자·양성자 반응이, 중심부 온도가 1800만 K 이상인 주계열성에서는 탄소·질소·산소 순환 반응이 우세하게 일어난다.

1-4 (1) 수소 핵융합 반응은 원시별이 중력 수축하여 중심부 온도가 1000만 K 이상이 되었을 때 일어난다.

(2) 수소 핵융합 반응에서 반응물인 4개의 수소 원자핵은 생성물인 1개의 헬륨 원자핵 (가)보다 질량이 크다.

(3) 핵융합 반응은 가벼운 원자핵이 충돌하여 무거운 원자핵을 만드는 반응으로, 생성된 원자핵의 질량은 반응하는 원자핵의 총 질량보다 작으며 이때 줄어든 질량은 질량·에너지 등가 원리에 의해 에너지로 전환된다.

(4) 질량·에너지 등가 원리에 의하면 핵융합 반응으로 결손된 질량에 광속의 제곱을 곱한 양만큼 에너지가 발생한다.

(5) 태양과 질량이 비슷한 별의 중심핵에서는 수소 핵융합 반응이 끝난 후 헬륨 핵융합 반응까지 일어날 수 있고, 태양보다 질량이 매우 큰 별의 중심핵에서는 탄소, 네온, 산소, 규소 핵융합 반응이 차례로 일어나 철까지 만들어진다.

2-1 (가)는 질량이 태양의 약 2배 이상인 주계열성의 내부 구조이고, (나)는 질량이 태양과 비슷한 주계열성의 내부 구조이다. 따라서 별 (가)가 (나)보다 질량이 크다.

2-2 (1) 주계열성의 질량이 클수록 크기가 크므로 별 (가)의 크기가 (나)보다 크다.

(2) 주계열성의 질량이 클수록 광도가 크므로 별 (가)의 광도가 (나)보다 크다.

(3) 주계열성의 질량이 클수록 수소가 빨리 소모되어 수명이 짧다. 따라서 별 (가)의 수명이 (나)보다 짧다.

(4) 주계열성의 질량이 클수록 핵융합 반응이 활발히 진행되므로 중심부 온도가 높아진다. 따라서 별 (가)의 중심부 온도가 (나)보다 높다.

- ②-3 (1) 복사층에서는 복사로 에너지를 전달한다. 대류로 에너지를 전달하는 곳은 대류층이다.
- (2) 질량이 태양과 비슷한 별은 (나)와 같이 중심부에서 반지름의 약 70%까지 복사로 에너지를 전달하고, 바깥층에서는 대류로 에너지를 전달한다.
- (3), (4) 주계열성의 질량이 클수록 광도와 반지름이 크고 표면 온도가 높다.
- (5) 별의 표면 온도가 높을수록 최대 에너지를 방출하는 파장이 짧아진다.
- (6) 주계열성의 질량이 클수록 방출하는 에너지양이 많아 연료를 빨리 소모하기 때문에 주계열에 머무는 기간이 짧아진다.
- (7) (가)와 (나) 모두 주계열성이므로 중심핵에서 수소 핵융합 반응이 일어난다.

내신 만점 문제

263 쪽 ~ 265 쪽

- 01 ⑤ 02 ① 03 ③ 04 ⑤ 05 ④ 06 ①
 07 ③ 08 해설 참조 09 ① 10 ② 11 해설 참조
 12 ① 13 ③ 14 ③

01 원시별의 에너지원은 중력 수축에 의해 발생하는 에너지이고, 주계열성의 에너지원은 수소 핵융합 반응에 의한 에너지이다.

02 그림은 4개의 수소 원자핵이 융합하여 1개의 헬륨 원자핵을 만드는 수소 핵융합 반응을 나타낸 것이다.

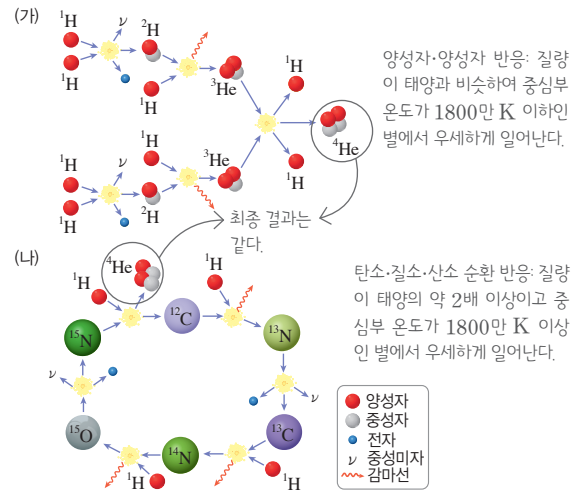
②, ④ 수소 핵융합 반응에서 생성된 1개의 헬륨 원자핵의 질량은 4개의 수소 원자핵을 합한 질량의 약 0.7%가 줄어드는데, 이 줄어든 질량이 질량·에너지 등가 원리에 의해 에너지로 전환된다.

③ 태양은 주계열성이므로 중심부에서 수소 핵융합 반응이 일어난다.

⑤ 주계열성에서 일어나는 수소 핵융합 반응에는 양성자·양성자 반응(P-P 반응)과 탄소·질소·산소 순환 반응(CNO 순환 반응)이 있다. 양성자·양성자 반응은 중심부 온도가 1800만 K 이하인 별에서 우세하게 일어나고, 탄소·질소·산소 순환 반응은 중심부 온도가 1800만 K 이상인 별에서 우세하게 일어난다.

▮ **바로알기** ▮ ① 수소 핵융합 반응은 헬륨 원자핵이 생성되는 반응이다.

03 꼼꼼 문제 분석



ㄱ. (가)는 양성자·양성자 반응이고, (나)는 탄소·질소·산소 순환 반응이다.

ㄷ. 양성자·양성자 반응은 중심부의 온도가 1800만 K 이하일 때, 탄소·질소·산소 순환 반응은 중심부의 온도가 1800만 K 이상일 때 우세하게 일어난다.

▮ **바로알기** ▮ ㄴ. 탄소·질소·산소 순환 반응에서는 수소 원자핵 4개가 융합해서 1개의 헬륨 원자핵이 만들어지며, 탄소는 촉매의 역할만 한다.

04 별의 중심부에서 핵융합 반응이 진행될수록 점차 무거운 원소(헬륨 → 탄소 → 산소 → 마그네슘 → 규소 → 철)가 만들어진다. 따라서 별이 진화하면서 중심부에서 핵융합 반응으로 원소가 만들어지는 순서는 (라) → (다) → (나) → (가)이다.

05 꼼꼼 문제 분석

핵융합 반응	주 연료	주된 반응 생성물	반응 온도(K)
수소	수소	헬륨	$1 \sim 3 \times 10^7$
헬륨	헬륨	탄소, 산소	2×10^8
탄소	탄소	산소, 네온, 마그네슘	8×10^8
산소	산소	규소, 황	2×10^9
규소	규소, 황	철	3×10^9

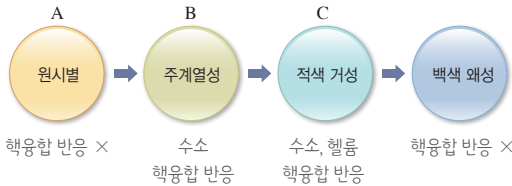
수소 → 헬륨 → 탄소 → 산소 → 규소로 갈수록 무거워진다. 무거운 원소일수록 더 높은 온도에서 핵융합 반응이 일어난다.

ㄴ. 핵융합 반응은 가벼운 원소가 융합하여 더 무거운 원소를 만드는 반응이다.

ㄷ. 헬륨을 만드는 수소 핵융합 반응은 $1 \sim 3 \times 10^7$ K의 온도에서 일어나고, 헬륨보다 더 무거운 탄소, 산소를 만드는 헬륨 핵융합 반응은 2×10^8 K의 온도에서 일어난다. 따라서 더 무거운 원소의 핵융합 반응이 일어나기 위해서는 더 높은 온도가 필요하다.

■ **바로알기** ㄱ. 태양은 현재 주계열성으로, 중심핵에서는 수소 핵융합 반응이 일어나고 있으며, 헬륨 핵융합 반응은 일어나지 않는다. 따라서 현재 태양의 중심핵 온도는 2×10^8 K보다 낮다. 헬륨 핵융합 반응은 태양의 중심핵이 헬륨 핵으로 바뀌고 중심부 온도가 2×10^8 K 이상이 될 때 적색 거성 단계에서 일어난다.

06 **꼼꼼** 문제 분석



ㄱ. 원시별은 중력 수축에 의해 중심부의 온도가 높아진다. 중심부의 온도가 1000만 K에 이르면 수소 핵융합 반응이 일어나 주계열성이 된다.

■ **바로알기** ㄴ. 주계열성의 중심핵에서는 수소 핵융합 반응이 일어나 헬륨이 생성된다.

ㄷ. 질량이 태양과 비슷한 별은 중심부에서 헬륨 핵융합 반응까지 일어나서 탄소와 산소가 생성된다. 철은 질량이 태양보다 매우 큰 별의 중심부에서 핵융합 반응에 의해 생성된다.

07 ㄱ. (가)는 별의 중심 쪽으로 수축하려는 힘인 중력이다. 수소 핵융합 반응 결과로 발생한 열에너지에 의해 별 내부 기체의 압력이 증가하여 바깥쪽으로 팽창하려는 힘과 중력에 의해 중심부로 잡아당기는 힘이 평형을 이루어 별의 크기가 일정하게 유지된다.

ㄴ. 수소 핵융합 반응의 결과로 수소 원자핵으로부터 헬륨 원자핵이 형성된다.

■ **바로알기** ㄷ. 주계열성의 내부에서는 중심 쪽으로 수축하려는 중력이 바깥쪽으로 팽창하려는 기체 압력 차이로 발생하는 힘과 평형을 이루어 모양과 크기가 일정하게 유지된다.

08 별의 내부 한 지점에 미치는 힘에는 바깥쪽으로 팽창하려는 기체 압력 차이로 발생하는 힘과 중심으로 향하는 중력이 있다. 기체 압력 차이로 발생하는 힘은 핵융합 반응 에너지에 의한 팽창력이며, 중력은 별의 질량에 의한 만유인력이다. 두 힘이 평형을 이루면 별의 크기나 모양이 변하지 않는다.

● **모범답안** 별 내부에서 기체 압력 차이로 발생하는 힘과 중력이 평형을 이루고 있는 상태인 정역학 평형을 유지하고 있기 때문이다.

채점 기준	배점
기체 압력 차이로 발생하는 힘과 중력을 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
정역학 평형을 이루기 때문이라고만 서술한 경우	50 %

09 ① 그림은 질량이 태양과 비슷한 별의 중심부에서 생성된 에너지가 표면으로 전달되는 방법을 나타낸 것이다. 현재 태양의 내부에서는 이와 같은 과정이 일어나고 있다.

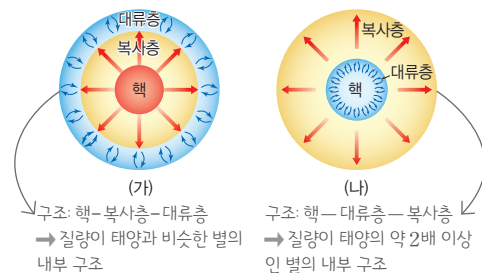
■ **바로알기** ② 질량이 태양과 비슷한 별은 중심부와 표면의 온도 차이가 상대적으로 크지 않아 중심부에서 생성된 에너지가 별의 반지름의 약 70 %에 이르는 거리까지 복사로 전달되고, 바깥층에서는 대류로 표면까지 전달된다. 질량이 태양의 약 2배 이상인 별은 중심부에서 단위 시간 동안 많은 에너지가 생성되어 별의 중심부와 표면의 온도 차이가 매우 크므로 중심부에서 대류로 에너지가 전달되고, 바깥층에서는 복사로 에너지가 전달된다.

③ 질량이 태양과 비슷한 별은 최종 단계에서 백색 왜성이 된다. 질량이 태양보다 매우 큰 별이 최종적으로 진화하여 중성자별 또는 블랙홀이 된다.

④ 에너지가 전달되는 방식으로는 전도, 대류, 복사가 있는데, 별은 주로 복사와 대류로 에너지를 전달한다.

⑤ 질량이 태양과 비슷하여 중심부 온도가 1800만 K 이하인 별에서는 수소 핵융합 반응 중 양성자·양성자 반응이, 질량이 태양의 약 2배 이상이고 중심부 온도가 1800만 K 이상인 별에서는 탄소·질소·산소 순환 반응이 우세하게 일어난다.

[10~11] **꼼꼼** 문제 분석



10 ㄴ. 주계열성의 질량이 클수록 중심 온도가 높다. 따라서 중심 온도는 (가) < (나)이다.

■ **바로알기** ㄱ. (가)는 질량이 태양과 비슷하고, (나)는 질량이 태양의 약 2배 이상인 주계열성이므로 별의 질량은 (가) < (나)이다.

ㄷ. 주계열성의 질량이 클수록 중력 수축이 빠르게 일어나 진화 속도가 빠르다. 따라서 진화 속도는 (가) < (나)이다.

11 ● **모범답안** • 공통점: 두 별 모두 주계열성이므로 수소 핵융합 반응에 의해 에너지가 생성된다.

• 차이점: (가)는 질량이 태양과 비슷한 별의 내부 구조이므로 양성자·양성자 반응이 우세하게 일어나고, (나)는 질량이 태양의 약 2배 이상인 별의 내부 구조이므로 탄소·질소·산소 순환 반응이 우세하게 일어난다.

채점 기준	배점
두 별의 공통점과 차이점을 옳게 서술한 경우	100 %
공통점과 차이점 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

12 (가)는 주계열성이고, (나)는 적색 거성이다.

ㄱ. 현재 태양은 중심부에서 수소 핵융합 반응으로 에너지를 생성하므로 내부 구조는 (가)와 같다.

▣ **바로알기** ▣ 나. (가)의 수소 핵융합 반응은 중심부 온도가 1000만 K 이상일 때 일어나고, (나)의 헬륨 핵융합 반응은 중심부 온도가 1억 K 이상일 때 일어난다.

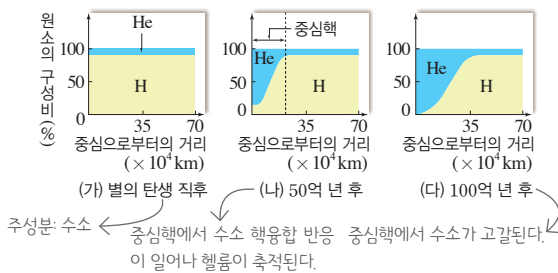
ㄷ. (나) 적색 거성은 (가) 주계열성이 진화한 별로, 주계열성보다 반지름이 크다. 따라서 별 (가)가 진화하여 (나)와 같은 별이 된다.

13 ㄱ. 별 (가)는 수소 핵융합 반응에 의해 헬륨 핵이 생성된 후 더 이상의 핵반응이 일어나지 않는다. (나)는 (가)보다 핵융합 반응에 의해 더 무거운 원소가 생성되었다. 따라서 (가)는 (나)보다 질량이 작다.

ㄷ. 별 내부에서 여러 단계의 핵융합 반응을 거치면 점점 더 무거운 원소가 만들어진다. 따라서 (나)에서 중심 쪽에 있는 원소일수록 무거우므로 나중에 생성된 원소이다.

▣ **바로알기** ▣ 나. (가)는 주계열성 이후 적색 거성으로 팽창하는 단계이고, (나)는 초거성 단계에서 핵융합 반응이 끝난 상태이다.

14 **꼼꼼** 문제 분석



(다) 이후: 중심핵에서 수소를 모두 소모하고 헬륨 핵의 중력 수축으로 인해 바깥층에서 수소 핵융합 반응이 일어난다. → 적색 거성으로 진화한다.

ㄱ. (가)는 주계열성이 되었을 때이고, (나)는 중심핵에 수소와 헬륨이 존재하므로 수소 핵융합 반응을 하고 있는 때이다. (다)는 중심핵에서 수소가 고갈되는 때이다. 따라서 중심핵에서 수소 핵융합 반응이 일어나는 (가)~(다)의 시기는 주계열성 단계이다.

ㄷ. (다) 시기 이후 중심핵에서 수소를 모두 소모하면, 헬륨으로만 이루어진 중심핵에서는 핵융합 반응이 더 이상 일어나지 않아 기체 압력 차이로 발생하는 힘이 감소한다. 따라서 정역학 평형 상태는 깨지고 중력이 기체 압력 차이로 발생한 힘보다 더 커져 중심핵이 수축한다.

▣ **바로알기** ▣ 나. (나)~(다) 시기는 중심핵에서 수소 핵융합 반응이 진행되는 상태이므로 주계열성 단계이다. 별의 표면 온도가 낮아지고 반지름이 증가하는 것은 (다) 시기 이후에 적색 거성의 단계로 변해가는 때이다.

05 외계 행성계와 외계 생명체 탐사

개념 확인 문제

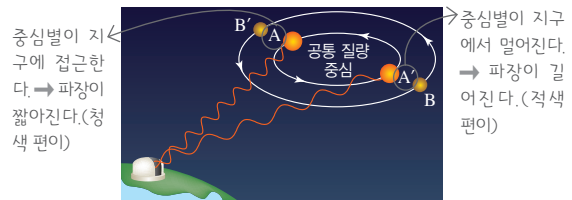
269 쪽

- ① 외계 행성 ② 짧아 ③ 감소 ④ 미세 중력 렌즈
⑤ 케플러 우주 망원경

- 1 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × 2 (1) A: 중심별, B: 행성 (2) ㉠ 짧아, ㉡ 청색 3 A, B 4 ㉠ 미세 중력 렌즈 현상, ㉡ 행성

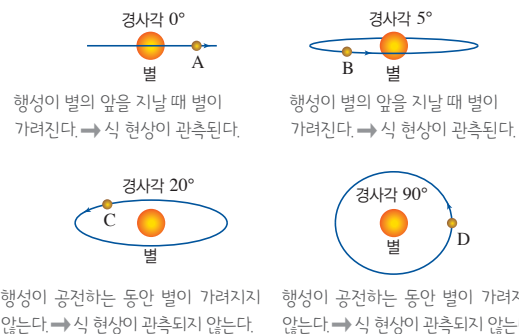
- 1 (1) 행성은 크기가 작고 스스로 빛을 내지 못하므로 별보다 매우 어두워서 찾기 어렵다. 따라서 주로 간접적인 방법으로 찾는다.
(2) 별이 관측자에게서 멀어지면 별빛의 파장이 길어지는 적색 편이가 나타난다.
(3) 식 현상이 일어나면 외계 행성이 중심별을 가리므로 중심별의 밝기가 어두워진다.
(4) 미세 중력 렌즈 현상을 이용하여 행성을 발견하려면 별빛의 밝기 변화를 관측해야 한다.

2 **꼼꼼** 문제 분석



- (1) 중심별과 행성은 공통 질량 중심 주위를 공전하는데, 중심별의 질량이 행성보다 훨씬 크므로 움직임이 작은 A가 중심별이고, 움직임이 큰 B가 행성이다.
(2) 중심별(A)이 지구에 접근하면 도플러 효과에 의해 스펙트럼의 파장이 짧아지는 청색 편이가 나타난다.

3 **꼼꼼** 문제 분석



4 미세 중력 렌즈 현상은 뒤쪽에 있는 별에서 오는 빛이 앞쪽에 있는 별의 중력에 의해 미세하게 굴절되는 현상이다. 이때 앞쪽 별이 행성을 가지고 있다면, 행성의 중력으로 인해 추가적인 밝기 증가가 나타나 뒤쪽 별의 밝기 변화가 불규칙해지는데, 이를 이용하여 외계 행성의 존재 여부를 알 수 있다.

개념 확인 문제

273쪽

① 외계 생명체 ② 액체 ③ 대기 ④ 자전축 ⑤ 전파

1 생명 가능 지대 2 (1) 광도 (2) ㉠ 멀어, ㉡ 넓어 (3) 기체 (4) 지구 3 (1) × (2) × (3) × (4) ○ (5) ○ (6) ○ 4 B 5 ② 6 ④

1 중심별 주위에서 물이 액체 상태로 존재할 수 있는 거리의 영역을 생명 가능 지대라고 한다.

2 (1) 생명 가능 지대는 중심별(주계열성) 주위에서 물이 액체 상태로 존재할 수 있는 거리의 영역으로, 중심별의 광도, 별과 행성 사이의 거리 등의 영향을 받는다.

(2) 중심별의 질량이 크고 표면 온도가 높을수록 광도가 크다. 광도가 클수록 생명 가능 지대는 별에서 멀어지고 폭은 넓어진다.

(3) 별과 행성 사이의 거리가 너무 가까우면 행성의 표면 온도가 높아 물이 증발한다.

(4) 태양계에서 생명 가능 지대는 금성과 화성 사이에 위치하며, 태양계 행성 중 유일하게 지구가 생명 가능 지대에 속한다.

3 (1) 행성에 생명체가 존재하기 위해서는 행성이 중심별에서 적당한 거리에 있어야 한다.

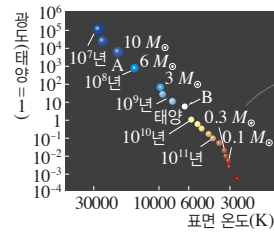
(2) 행성에 생명체가 존재하기 위해서는 행성이 생명 가능 지대에 속하여 액체 상태의 물이 존재해야 한다. 액체 상태의 물은 비열이 높아 많은 양의 열을 오랫동안 보존할 수 있고, 다양한 물질을 녹일 수 있는 좋은 용매이므로 생명체가 탄생하고 진화할 수 있는 환경을 제공한다.

(3), (4) 행성이 탄생한 후 생명체가 탄생하고 진화하기까지 충분한 시간이 필요하므로 중심별의 진화 속도가 느리고 수명이 충분히 길어야 한다.

(5) 행성에 생명체가 존재하기 위해서는 온실 효과를 일으켜 행성의 온도를 알맞게 유지하고, 우주에서 오는 생명체에 해로운 자외선을 차단하는 적절한 두께의 대기가 있어야 한다.

(6) 행성에 생명체가 존재하기 위해서는 우주에서 오는 유해한 우주선으로부터 생명체를 보호하는 자기장이 행성에 존재해야 한다.

4 문제 분석



→ 별 A가 별 B보다 질량, 광도, 반지름이 크고, 표면 온도가 높지만 수명은 짧다.

질량(광도)이 큰 별은 수명이 짧기 때문에 생명체가 탄생하여 진화할 수 있는 시간이 충분하지 않다. 행성이 탄생하여 최초의 생명체가 출현하는 데 약 10억 년이 걸린다고 할 때 외계 생명체 탐사를 위해서는 수명이 10억 년보다 긴 별 B를 조사하는 것이 적합하다. 별 A는 수명이 10^8 (1억)년보다 짧으므로 별 A 주위를 공전하는 외계 행성에 생명체가 존재하기 어렵다.

5 태양계 내의 생명체 탐사를 위해서는 태양계 행성이나 위성에게 직접 탐사정을 보내 탐사(②)한다. 지구의 극한 환경에 사는 생명체를 연구(⑤)하고, 생명체가 생존할 수 있는 조건을 연구하며, 지구에 떨어진 운석을 분석하여(①) 간접적으로 외계 생명체의 존재 여부를 확인한다.

태양계 밖의 생명체 탐사를 위해서는 외계 생명체가 전파로 신호를 보낸다는 가정 하에 전파 망원경에서 수신한 전파를 분석(④)하거나 우주 망원경을 이용(③)하여 외계 행성의 환경을 파악한다.

6 세티(SETI) 프로젝트는 전파 망원경을 이용하여 외계의 지적 생명체가 보내는 인공적인 전파를 찾는 프로젝트이다.

대표 자료 분석

274쪽~275쪽

자료 1 1 (가) ㄴ (나) ㄱ (다) ㄷ 2 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × (5) ×

자료 2 1 시선 속도 변화, 식 현상 2 ③ 3 (1) ○ (2) × (3) ○

자료 3 1 ㉠ 액체, ㉡ 크, ㉢ 멀어진다 2 지구 3 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ×

자료 4 1 ㉠ 높다, ㉡ 낮다, ㉢ 크다, ㉣ 작다, ㉤ 짧다, ㉥ 길다 2 ㉠ 작기, ㉡ 가까워야 3 수명 4 (1) × (2) ○ (3) ×

①-1 (가) 별의 시선 속도 변화 이용: 행성과 별이 공통 질량 중심 주위를 공전하면 별빛의 파장 변화가 나타난다. 따라서 별의 스펙트럼에서 흡수선의 파장 변화로 별의 움직임을 알아낼 수 있고, 이로부터 행성의 존재를 확인할 수 있다.

(나) 식 현상 이용: 중심별 주위를 공전하는 행성이 중심별의 앞을 지날 때 별의 일부가 가려져 밝기가 감소하므로 이로부터 외계 행성의 존재를 확인할 수 있다.

(다) 미세 중력 렌즈 현상 이용: 먼 천체의 빛이 앞쪽에 있는 별의 중력에 의해 미세하게 굴절되는 현상이 나타나는데, 이를 미세 중력 렌즈 현상이라고 한다. 이때 앞쪽 별이 행성을 가지고 있다면, 행성의 중력으로 인해 추가적인 밝기 증가가 나타나 먼 천체의 밝기 변화가 불규칙해지는데, 이를 이용하면 앞쪽 별의 행성의 존재 여부를 확인할 수 있다.

①-2 (1) 행성이 있는 별은 행성과 공통 질량 중심 주위를 서로 공전하므로 지구에서 시선 방향에서 별이 가까워질 때와 멀어질 때 별빛의 도플러 효과를 관측하여 별 주변 외계 행성의 존재를 확인할 수 있다.

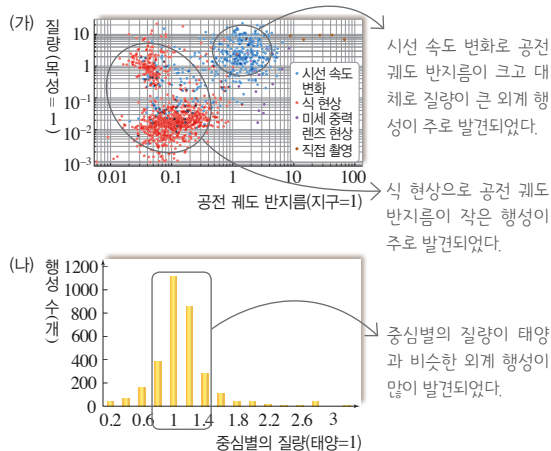
(2) (나)는 행성이 중심별의 앞면을 지날 때 별의 일부가 가려지는 식 현상을 이용하여 외계 행성을 탐사한다. 별빛이 휘어지는 현상을 이용하여 외계 행성을 탐사하는 방법은 (다)이다.

(3) (다)는 먼 천체의 밝기 변화를 관측하여 앞쪽 별 주변의 외계 행성 존재 여부를 확인하는 방법이다.

(4) (가)는 행성의 질량이 클수록 별의 움직임이 커서 도플러 효과가 크게 나타나 탐사에 유리하다. (나)는 행성의 반지름이 클수록 별의 밝기가 크게 감소하므로 탐사에 유리하다.

(5) (다)는 천체의 중력에 의해 빛이 굴절되는 현상을 이용하므로 행성의 공전 궤도면과 관측자의 시선 방향이 나란하지 않아도 행성을 탐사할 수 있다.

②-1 **공공** 문제 분석



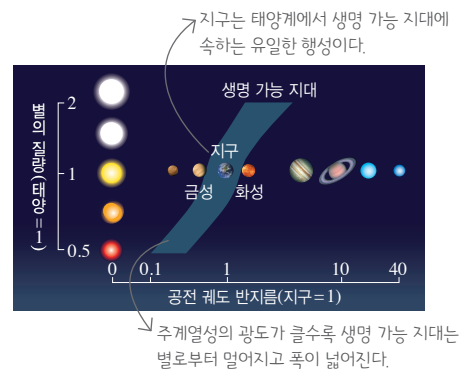
②-2 (나)에서 외계 행성이 많이 발견되는 중심별의 질량은 태양 질량의 0.8배~1.4배이다.

②-3 (1) (가)에서 지구보다 큰 공전 궤도 반지름을 가진 외계 행성들은 질량이 큰 것들이 주로 발견된다. 이는 지구보다 큰 공전 궤도 반지름을 가지면서 질량이 작은 행성들은 중심별에 미치는 영향이 작아서 발견되기 어렵기 때문이다.

(2) 외계 행성의 공전 궤도 반지름은 식 현상보다 시선 속도 변화를 이용하여 알아낸 것이 대체로 크다.

(3) (나)에서 지금까지 태양과 질량이 비슷한 별에서 외계 행성이 가장 많이 발견되었다.

③-1 **공공** 문제 분석



별(주계열성)의 주위에서 물이 액체 상태로 존재할 수 있는 거리의 영역을 생명 가능 지대라고 한다. 중심별의 질량이 클수록 광도가 커지고, 광도가 클수록 생명 가능 지대는 별에서 멀어지고 폭이 넓어진다.

③-2 태양계에서 생명 가능 지대는 금성과 화성 사이이며, 이에 해당하는 행성은 지구가 유일하다.

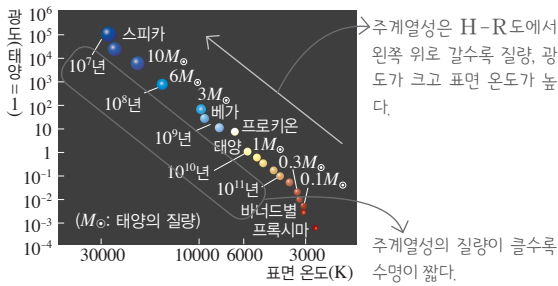
③-3 (1) 중심별의 광도가 클수록 생명 가능 지대는 별에서 멀어지고 폭이 넓어진다.

(2) 중심별의 질량이 클수록 광도가 커서 생명 가능 지대는 별에서 멀어진다. 따라서 별의 질량이 클수록 생명체가 존재할 수 있는 행성의 공전 궤도 반지름은 커진다.

(3) 중심별의 수명이 짧으면 별 주위를 공전하는 행성에서 생명체가 발생하여 진화할 수 있는 시간이 부족하다. 따라서 행성에 생명체가 존재하려면 별의 수명이 충분히 길어서 행성이 생명 가능 지대에 충분히 머물 수 있어야 한다.

(4) 태양이 적색 거성으로 진화하면 크기가 커져 광도가 증가하기 때문에 태양계의 생명 가능 지대는 태양으로부터 현재보다 멀어지고 폭이 넓어질 것이다.

4-1 **공공** 문제 분석



4-2 프록시마는 광도가 매우 작은 별이다. 별(주계열성)의 광도가 작을수록 표면 온도가 낮기 때문에 생명 가능 지대는 중심별에 가까워진다.

4-3 스피카는 질량이 매우 큰 별이다. 중심별의 질량이 크면 중심부의 온도가 매우 높아 핵융합 반응 속도가 빠르다. 따라서 연료 소모율이 커서 별의 수명이 짧아진다. 별의 수명이 짧으면 별 주위를 공전하는 행성에서 생명체가 탄생하여 진화할 수 있는 시간이 부족하다. 따라서 중심별의 질량이 너무 크면 생명체가 존재하기에 적합한 환경을 이루지 못한다.

4-4 (1) 별(주계열성)의 질량이 클수록 중심부의 온도가 높아 별의 중심부에서 일어나는 핵융합 반응이 활발하고 반응 속도가 빠르다. 따라서 수명이 짧다.

(2) 지적 생명체가 존재하려면 중심별의 수명이 충분히 길어야 한다. 스피카보다 프로키온의 수명이 길기 때문에 프로키온을 중심별로 하는 행성에 지적 생명체가 존재할 가능성이 크다.

(3) 바너드별은 표면 온도가 낮은 별이다. 바너드별을 중심별로 하는 행성이 적당한 온도를 가지려면 별에 가까이 있어야 한다. 하지만, 행성이 중심별에 너무 가까이 있으면 행성은 별의 중력을 크게 받아 환경이 불안정해져 생명체가 안정적으로 진화하기 어렵다.

나신 만점 문제

276쪽~279쪽

- | | | | | |
|----------|------|----------|----------|------|
| 01 ③ | 02 ② | 03 ② | 04 해설 참조 | 05 ⑤ |
| 06 ④ | 07 ③ | 08 해설 참조 | 09 ④ | 10 ③ |
| 11 ③ | 12 ⑤ | 13 ③ | 14 ② | 15 ① |
| 17 해설 참조 | 18 ③ | 19 ① | 20 ⑤ | |

01 ① 외계 행성은 별에 비해 크기가 매우 작고 스스로 빛을 내지 못하기 때문에 외계 행성을 직접 관측하는 것은 어렵다. 따라서 대부분의 외계 행성은 주로 별을 이용한 간접적인 방법으로 탐사한다.

② 행성과 중심별이 공통 질량 중심을 공전하면서 별에 미세한 떨림이 일어나면서 별빛의 파장 변화가 나타난다. 따라서 별의 스펙트럼을 분석하여 도플러 효과를 이용하면 별의 움직임을 알아낼 수 있고, 이로부터 외계 행성의 존재를 확인할 수 있다.

④ 미세 중력 렌즈 현상은 거리가 다른 2개의 별이 같은 시선 방향에 있을 때 뒤쪽 별에서 오는 빛이 앞쪽 별의 중력에 의해 미세하게 굴절되어 휘어지는 현상이다. 이때 앞쪽 별이 행성을 가지고 있으면 뒤쪽 별의 밝기 변화가 불규칙해지므로 이를 이용하여 외계 행성을 탐사할 수 있다.

⑤ 외계 행성의 탐사 방법으로 드물지만 외계 행성을 직접 촬영하는 방법도 이용되고 있다. 이때 중심별의 밝기가 행성에 비해 매우 밝기 때문에 중심별을 가리고 행성을 찾는다.

▶ **바로알기** ③ 식 현상은 별의 주기적인 밝기 변화를 관측하여 외계 행성의 존재를 확인하는 방법이다. 별빛의 파장 변화로 외계 행성의 존재를 탐사하는 방법은 중심별의 시선 속도 변화를 이용하는 것이다.

02 시선 속도 변화로 나타나는 도플러 효과를 이용한 외계 행성 탐사는 중심별이 행성과 공통 질량 중심 주위를 공전하면서 별(A)의 스펙트럼에서 흡수선의 파장 변화가 나타나고 이를 분석하여 행성의 존재를 확인하는 방법이다.

03 ㄷ. B(행성)의 질량이 클수록 중심별의 움직임이 커서 도플러 효과가 크게 나타나 행성 탐사에 효과적이다.

▶ **바로알기** ㄱ. 중심별과 행성이 공통 질량 중심 주위를 공전하는데, 중심별의 질량이 행성보다 훨씬 크기 때문에 상대적으로 움직임이 작은 A가 중심별이고, 상대적으로 움직임이 큰 B가 행성이다.

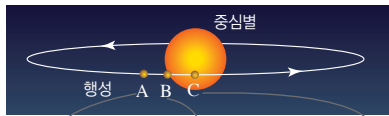
ㄴ. A의 위치에서는 별이 관측자에게 다가오므로 청색 편이가 나타나고, A'의 위치에서는 별이 관측자에게서 멀어지므로 적색 편이가 나타난다.

04 행성의 질량이 클수록 중심별과 행성의 공통 질량 중심이 중심별로부터 멀어져 별의 움직임이 더 크고 빠르게 일어난다.

▶ **모범답안** 행성의 질량이 클수록 중심별의 움직임이 커서(시선 속도 변화가 커서) 도플러 효과가 크게 나타나기 때문에 탐사에 유리하다.

채점 기준	배점
행성의 질량이 클수록 중심별의 움직임이 더 크다는 내용을 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
도플러 효과가 크게 나타나기 때문이라고만 서술한 경우	50 %

05 **꼼꼼** 문제 분석



행성이 중심별을 가리지 않는다 → 별의 밝기가 가장 밝게 관측된다.
 행성의 일부가 중심별의 일부를 가린다 → 별의 밝기가 감소한다.
 행성 전체가 중심별의 일부를 가린다 → 별의 밝기가 가장 어둡게 관측된다.

ㄱ. 행성이 중심별을 공전하면서 식 현상을 일으켜 별의 밝기가 변하고 이를 이용하여 행성의 존재를 확인한다.

ㄴ. 중심별이 가장 어둡게 관측되는 경우는 행성 전체가 중심별을 가리는 C에 있을 때이다.

ㄷ. 식 현상이 일어날 때 행성 대기를 통과하는 별빛을 분석하면 행성의 대기 성분을 알 수 있다.

06 ㄱ. 행성의 반지름이 클수록 중심별을 가리는 면적이 넓어지므로 중심별의 겉보기 밝기(a)는 크게 감소한다.

ㄷ. 관측자의 시선 방향이 행성의 공전 궤도면과 나란할 경우, 행성이 중심별 주위를 공전하면서 별의 일부를 가린다. 따라서 별의 겉보기 밝기는 (나)와 같이 감소하는 구간이 나타난다.

▶바로알기 ㄴ. 별의 밝기는 식 현상이 일어나는 동안 감소하므로 (나)에서 밝기가 감소한 시간은 행성이 중심별의 앞면을 지나는 시간이다.

07 ㄱ. 미세 중력 렌즈 현상을 이용한 외계 행성 탐사 방법은 거리가 다른 두 별에서 행성이 있는 앞쪽의 별(B)이 이동할 때 뒤쪽에 있는 별(A)의 밝기가 미세하게 변하는 것을 이용한다.

ㄴ. A와 B가 관측자의 시선 방향으로 일직선 상에 놓일 때 중력 렌즈 효과가 최대가 되어 별 A의 밝기가 최대(a)로 나타난다.

▶바로알기 ㄷ. 미세 중력 렌즈 현상을 이용한 외계 행성 탐사 방법은 앞쪽에 있는 별과 행성의 중력에 의해 뒤쪽 별의 밝기가 변하는 것이므로 (나)에서 b는 B에 행성이 있기 때문에 나타난다.

08 **모범답안** (1) 미세 중력 렌즈 현상

(2) • 특징: 행성의 공전 궤도면과 관측자의 시선 방향이 나란하지 않아도 행성을 발견할 수 있다. 질량이 작은 행성을 탐사할 때 유리하다. 공전 궤도 반지름이 큰 행성을 탐사할 때 유리하다.

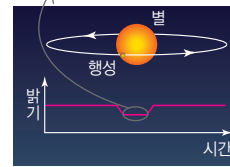
• 한계점: 외계 행성계가 먼 천체 앞을 여러 번 지나가지 않으므로 주기적인 관측이 불가능하다. 항상 하늘을 관측해야 한다.

채점 기준	배점
(1) 미세 중력 렌즈 현상이라고 쓴 경우	50 %
(2) 특징과 한계점을 모두 옳게 서술한 경우	50 %
특징과 한계점 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	25 %

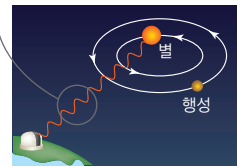
09 **꼼꼼** 문제 분석

행성 전체가 별의 일부를 가리면 별의 밝기가 가장 어둡게 관측된다.

별이 관측자에게 가까워지면 파장이 짧아진다.



(가) 식 현상 이용



(나) 시선 속도 변화 이용

• (가)는 별의 밝기 변화를 관측하여 외계 행성을 탐사하고, (나)는 별빛의 파장 변화를 관측하여 외계 행성을 탐사한다.

• (가)와 (나) 모두 관측자의 시선 방향과 행성의 공전 궤도면이 수직이면 탐사가 불가능하다.

ㄱ. (가)는 별 주위를 공전하는 행성이 별을 가리면 별의 밝기가 감소하는 식 현상을 이용하여 행성을 탐사한다.

ㄴ. (나)에서 행성이 별 주위를 공전할 때 행성과 별은 공통 질량 중심 주위를 서로 공전한다.

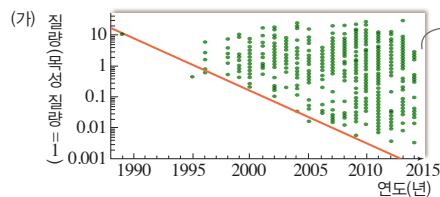
▶바로알기 ㄷ. 관측자의 시선 방향과 행성의 공전 궤도면이 수직이면 별빛의 밝기나 파장 변화가 일어나지 않아 (가)와 (나) 방법을 모두 이용할 수 없다.

10 ㄱ. 케플러 우주 망원경이 지구형 행성을 찾는 까닭은 목성형 행성보다 지구와 비슷한 환경의 행성에 생명체가 존재할 가능성이 크기 때문이다.

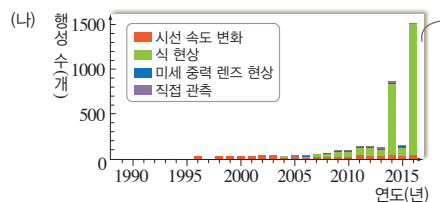
ㄷ. 케플러 우주 망원경은 식 현상을 이용하여 외계 행성을 탐사하는데, 이는 행성의 공전 궤도면이 대부분 관측자의 시선 방향과 나란할 때 이용할 수 있다.

▶바로알기 ㄴ. 케플러 우주 망원경은 외계 행성이 중심별 앞면을 지날 때 별의 밝기가 어두워지는 식 현상을 이용하여 외계 행성을 찾는다.

11 **꼼꼼** 문제 분석



→ 시간이 지날수록 목성보다 질량이 작은 행성을 많이 발견하고 있다.



→ 최근에 케플러 우주 망원경의 영향으로 식 현상을 이용하여 발견한 외계 행성이 많아졌다.

ㄱ. (가)에서 외계 행성 탐사 초기에는 목성보다 질량이 큰 행성들이 주로 발견되었지만, 시간이 지날수록 관측 기술이 발달되면서 목성보다 질량이 작은 행성도 많이 발견되고 있다.

ㄴ. (나)에서 탐사 초기에는 시선 속도 변화를 이용하여 발견된 행성들이 많았으나 최근에는 식 현상을 이용하여 발견된 행성의 수가 가장 많이 증가하였다.

▣ **바로알기** ▣ ㄷ. 최근에 외계 행성의 발견이 급격하게 늘어난 것은 케플러 우주 망원경의 영향이라고 볼 수 있다.

12 생명 가능 지대에서 가장 중요한 요인은 액체 상태의 물이 존재할 수 있는지의 여부이다. 액체 상태의 물은 다양한 물질을 녹일 수 있을 뿐만 아니라 비열이 커서 급격한 온도 변화를 막아주므로 생명체가 탄생하고 진화하는 데 필요한 환경을 제공해 준다.

13 ㄱ. 태양계 행성 중에서는 지구만이 유일하게 생명 가능 지대에 포함되어 액체 상태의 물이 존재한다.

ㄴ. 생명 가능 지대는 중심별 주위에서 액체 상태의 물이 존재할 수 있는 거리의 영역으로, 별의 광도가 증가하면 생명 가능 지대의 거리는 별에서 멀어지고, 폭은 넓어진다.

▣ **바로알기** ▣ ㄷ. 태양의 질량이 현재의 2배라면 생명 가능 지대는 태양으로부터 더 멀어지므로 금성에서 물이 기체 상태로 존재할 것이다.

14 **꼼꼼** 문제 분석

주계열성	질량 (태양=1)	생명 가능 지대 (AU)	공전 궤도 반지름(AU)
A	(1.2보다 작다.)	0.3~0.5	0.4
B	1.2	1.2~2.0	1.5
C	2.0	(2.0보다 크고 폭이 넓어진다.)	3.0

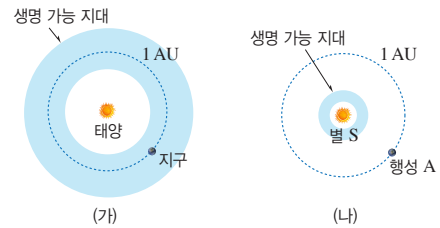
주계열성의 질량이 클수록 생명 가능 지대는 별에서 멀어지고 폭이 넓어지며, 생명 가능 지대에 위치한 행성의 공전 궤도 반지름이 커진다.

ㄷ. 중심별의 질량이 클수록 생명 가능 지대는 별로부터 멀어지고 폭도 넓어진다. C는 B보다 질량이 크기 때문에 생명 가능 지대의 폭도 B보다 넓다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. 주계열성의 질량이 클수록 광도가 커서 생명 가능 지대는 별에서 멀어지고 그 폭도 넓어진다. A의 생명 가능 지대는 B의 생명 가능 지대보다 거리가 가깝고 폭이 좁으므로 A의 질량은 B의 질량인 1.2보다 작다.

ㄴ. 주계열성의 질량이 클수록 중심부의 온도가 높아 핵융합 반응이 빠르게 일어나므로 별의 표면 온도가 높다. 따라서 별의 표면 온도는 질량이 큰 B가 A보다 높다.

15 **꼼꼼** 문제 분석



- 중심별로부터 생명 가능 지대까지의 거리: 태양 > 별 S
- 생명 가능 지대의 폭: 태양 > 별 S
- 태양이 별 S보다 질량이 크다.

ㄱ. 별 S 주변의 생명 가능 지대가 태양 주변의 생명 가능 지대보다 중심별로부터 가깝고 폭도 좁으므로 별 S는 태양보다 질량이 작다.

▣ **바로알기** ▣ ㄴ. 행성 A는 생명 가능 지대보다 멀리 있으므로 물이 존재한다면 고체 상태일 것이다.

ㄷ. 액체 상태의 물이 존재할 수 있는 영역의 폭은 생명 가능 지대의 폭이 넓은 (가)가 (나)보다 넓다.

16 ⑤ 행성에 생명체가 존재하려면 적절한 두께와 조성의 대기가 필요하다. 적절한 두께의 대기는 생명체에 해로운 자외선을 차단하고, 온실 효과를 일으켜 행성의 온도를 유지하며 낮과 밤의 온도 차를 줄여 생명체가 살 수 있는 환경을 만든다.

▣ **바로알기** ▣ ①, ④ 행성의 표면 온도가 높으면 물이 증발하여 기체 상태의 물이 존재할 것이다. 행성의 표면 온도가 낮으면 물이 얼어 고체 상태의 물이 존재할 것이다. 따라서 행성에 생명체가 존재하기 위해서는 액체 상태의 물이 존재해야 하므로 행성의 표면 온도가 적당해야 한다.

② 행성에 생명체가 존재하기 위해서는 행성이 생명 가능 지대에 충분히 오랜 시간 머물러 있어야 한다. 따라서 진화 속도가 빠른 별은 행성에 생명체가 존재하기 어렵다.

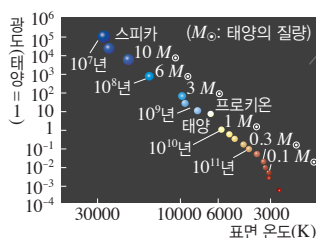
③ 행성에 생명체가 존재하기 위해서는 행성의 자전축이 적당히 기울어져 있어 계절 변화가 극심하게 나타나지 않아야 한다.

17 지구는 생명 가능 지대에 있으면서 생명체가 살아가기에 유리한 조건들을 갖추고 있다.

모범답안 태양에서 적당한 거리에 위치하여 액체 상태의 물이 존재한다. 자전 주기에 따른 낮과 밤의 길이가 적당하다. 자전축이 적당히 기울어져 있어 계절 변화가 나타난다. 적당한 대기압과 대기 성분에 의한 온실 효과에 의해 적절한 온도가 유지된다. 자기장이 존재한다. 위성인 달이 존재한다. 중심별인 태양의 질량이 적당하다 등

채점 기준	배점
지구에 생명체가 존재하는 까닭을 세 가지 모두 옳게 서술한 경우	100 %
지구에 생명체가 존재하는 까닭을 두 가지만 옳게 서술한 경우	70 %
지구에 생명체가 존재하는 까닭을 한 가지만 옳게 서술한 경우	40 %

18 **문제 분석**



주계열성이 왼쪽 위에 분포할수록 광도와 질량이 크고, 표면 온도가 높으며, 수명이 짧다.

ㄱ. 별의 광도가 클수록 에너지 방출량이 많고, 중심부의 연료 소모율이 커진다. 따라서 별의 수명이 짧다.

ㄴ. 프로키온은 스피카보다 질량이 작다. 별의 질량이 작을수록 광도가 작기 때문에 생명 가능 지대는 별에 가까워진다. 따라서 프로키온의 생명 가능 지대의 거리는 스피카의 생명 가능 지대의 거리보다 별에 더 가깝다.

바로알기 ㄷ. 생명체가 탄생하여 진화하기까지는 상당히 긴 시간이 필요하므로 어떤 행성에 생명체가 존재하려면 중심별의 수명이 충분히 길어야 한다. 질량이 매우 큰 별은 수명이 짧으므로 이와 같은 별 주변에 있는 행성에서는 생명체가 탄생하여 진화하기 어렵다. 질량이 매우 작은 별은 광도가 작아서 생명 가능 지대는 별 가까이에서 형성되며 폭도 좁아진다. 이때 행성이 별에 너무 가까이 있으면 행성의 자전 속도가 느려지므로 행성에 밤과 낮의 변화가 없어서 생명체가 살기 어렵다.

19 ② 지구의 극한 환경에 사는 생명체를 연구하여 생명체와 생명체가 살 수 있는 환경에 대해 연구한다.

③ 과학자들은 지구에 떨어진 운석을 분석하여 간접적으로 외계 생명체의 존재 유무를 연구한다.

④ 태양계 밖의 외계 생명체 탐사를 위해 우주 망원경으로 생명 가능 지대에 속한 외계 행성을 찾고, 행성의 대기 성분을 분석하여 생명체가 존재할 수 있는 환경인지 파악하는 연구가 진행되고 있다.

⑤ 외계 생명체 탐사 활동은 지구에서 생명체가 어떻게 탄생하여 진화했는지 연구하는 데 도움이 된다.

바로알기 ① 태양계 내의 외계 생명체 탐사를 위해 별(항성)이 아닌 태양계 행성이나 행성의 위성 탐사정을 보내 탐사한다.

20 ㄱ. 세티(SETI) 프로젝트는 전파를 발사할 수 있을 정도로 문명을 가진 외계의 지적 생명체를 찾는 프로젝트이다.

ㄷ. 세티(SETI) 프로젝트에서는 외계에서 오는 전파 중에서 인공적으로 만들어진 것을 찾는다.

바로알기 ㄴ. 세티(SETI) 프로젝트는 외계에서 날아오는 전파 신호를 찾는 프로젝트이므로 전파 망원경을 이용하며, 전파는 지구 대기를 잘 통과하므로 주로 지상에서 관측한다.

중단원 핵심 정리

280 쪽 ~ 281 쪽

- | | | | | |
|----------------|-------------|--------|----------|----------|
| 1 높을수록 | 2 낮을수록 | 3 작다 | 4 크다 | 5 수소 |
| 6 절대 | 7 크다 | 8 크다 | 9 초거성 | 10 백색 왜성 |
| 11 짧다 | 12 백색 왜성 | 13 초신성 | 14 중력 수축 | |
| 15 수소 핵융합 | 16 중력 | 17 철 | 18 식 현상 | |
| 19 미세 중력 렌즈 현상 | 20 생명 가능 지대 | | | |

중단원 마무리 문제

282 쪽 ~ 285 쪽

- | | | | | | |
|------|------|----------|----------|----------|----------|
| 01 ③ | 02 ⑤ | 03 ② | 04 ① | 05 ④ | 06 ⑤ |
| 07 ⑤ | 08 ④ | 09 ② | 10 ⑤ | 11 ④ | 12 ① |
| 13 ② | 14 ③ | 15 해설 참조 | 16 해설 참조 | 17 해설 참조 | 18 해설 참조 |

01 ③ 사람의 눈은 사진보다 파장이 더 긴 영역의 빛을 감지한다. 맨눈으로 관측했을 때 베텔게우스가 리겔보다 더 밝게 보이는데, 이것은 긴 파장 영역대의 에너지는 베텔게우스가 리겔보다 더 많음을 뜻한다. 반면, 사진으로 관측했을 때 리겔이 베텔게우스보다 더 밝게 보이는데, 이것은 짧은 파장 영역대의 에너지는 리겔이 베텔게우스보다 더 많음을 뜻한다. 즉, 최대 에너지를 방출하는 파장 영역이 베텔게우스는 더 긴 파장 쪽에, 리겔은 더 짧은 파장 쪽에 치우쳐 있음을 나타낸다. 따라서 리겔이 베텔게우스보다 표면 온도가 높고, 색지수가 작다.

바로알기 ①, ④, ⑤ 주어진 안시 관측과 사진 관측의 자료에 의해서는 베텔게우스와 리겔의 겉보기 밝기 또는 겉보기 등급을 비교할 수 있지만, 별까지의 거리를 알 수 없기 때문에 광도나 절대 등급, 크기는 비교할 수 없다.

② 표면 온도는 베텔게우스가 리겔보다 붉은색을 띠므로 낮다.

02 ① (가)는 연속 스펙트럼, (나)는 흡수 스펙트럼, (다)는 방출 스펙트럼이다.

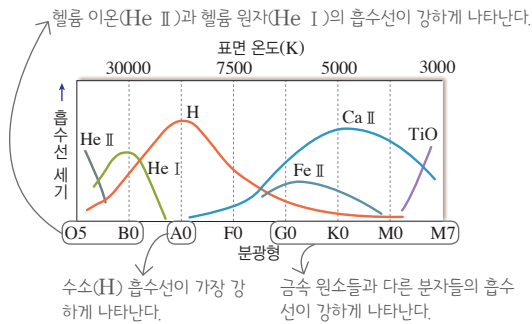
② 고온의 고체에서는 (가)와 같은 연속 스펙트럼이 나타난다.

③ 고온의 별 주위에 저온의 성운이 있으면 성운의 기체에 특정 파장의 빛이 흡수되어 (나)와 같은 흡수 스펙트럼이 나타난다.

④ 분광형은 표면 온도에 따라 별의 스펙트럼에 나타나는 흡수선의 위치와 종류가 달라지는 것을 이용하여 별을 분류한 것이다.

바로알기 ⑤ 고온·고밀도의 기체가 방출하는 빛의 스펙트럼은 (가)와 같은 연속 스펙트럼으로 나타나고, 고온·저밀도(예) 가열된 성운)의 기체가 방출하는 빛의 스펙트럼은 (다)와 같은 방출 스펙트럼으로 나타난다.

03 **꼼꼼** 문제 분석



ㄴ. 헬륨 이온(He II)은 30000 K 이상의 고온에서, 헬륨 원자(He I)는 30000 K 전후에서 흡수선을 강하게 만든다.

ㄷ. K0형인 별의 칼슘 이온(Ca II) 흡수선이 원래 파장보다 길어지는 현상은 적색 편이이므로, 이 별은 관측자로부터 멀어지고 있다.

▶ **바로알기** ㄱ. 수소 흡수선은 약 10000 K인 A형 별에서 가장 강하게 나타난다. 따라서 표면 온도가 높을수록 강한 것은 아니다.

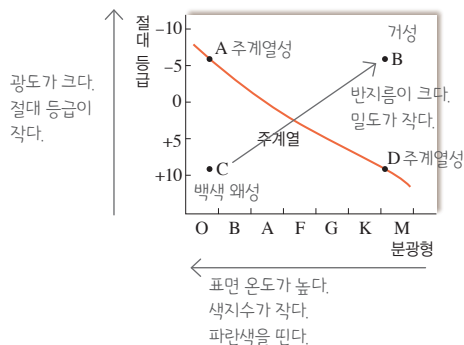
ㄷ. 금속 원소인 칼슘 이온(Ca II)과 철 이온(Fe II)의 흡수선은 표면 온도가 낮은 별에서 강하게 나타난다.

04 ㄱ. 가로축에 표면 온도, 세로축에 절대 등급을 나타낸 H-R도에서 별 A와 C는 왼쪽 위에서 오른쪽 아래로 향하는 대각선에 분포하는 주계열성이다. 주계열성에서 왼쪽 위로 갈수록 질량이 큰 별이므로 A는 C보다 질량이 크다.

▶ **바로알기** ㄴ. 색지수는 표면 온도가 높을수록 작다. B는 C보다 표면 온도가 높으므로 색지수가 작다.

ㄷ. 별의 광도 식 $L=4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ 에서 $R \propto \sqrt{\frac{L}{T^2}}$ 이다. 별 A의 광도(L)는 B의 10000배이고, 표면 온도(T)는 B와 같으므로 반지름(R)은 B의 100배이다.

05 **꼼꼼** 문제 분석



주계열성은 H-R도에서 왼쪽 위로 갈수록 표면 온도가 높고, 광도가 크며, 질량과 반지름이 크다.

④ 거성인 B는 주계열성인 D보다 반지름이 크다.

▶ **바로알기** ①, ② 주계열성 중 H-R도에서 왼쪽 위에 분포하는 A는 오른쪽 아래에 분포하는 D보다 질량과 광도가 크고, 수명이 짧다.

③ 거성인 B는 백색 왜성인 C보다 평균 밀도가 훨씬 작다.

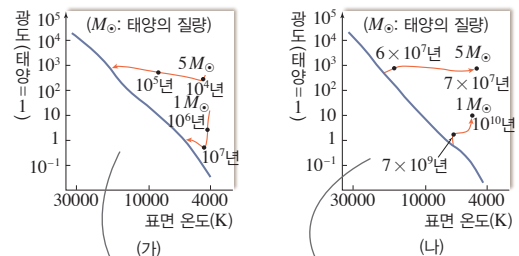
⑤ C와 D는 절대 등급이 같으므로 광도가 같다.

06 ㄱ. 분광형은 동일한데, 광도 계급이 III인 ㉠이 광도 계급이 V인 ㉡보다 광도가 크다.

ㄴ. O>B>A>F>G>K>M 순으로 표면 온도가 높으므로 G형인 ㉠이 M형인 ㉡보다 표면 온도가 더 높다.

ㄷ. 반지름이 가장 큰 별은 표면 온도는 가장 낮으면서 광도는 가장 큰 별 ㉠이다.

07 **꼼꼼** 문제 분석



ㄱ. (가)에서 원시별의 질량이 클수록 H-R도에서 주계열의 왼쪽 위에 분포하여 표면 온도가 높은 주계열성이 된다.

ㄴ. (나)에서 $1M_{\odot}$ 과 $5M_{\odot}$ 인 별이 주계열 단계를 벗어나면 표면 온도는 낮아지지만, 반지름이 커져 광도가 유지되거나 증가한다.

ㄷ. 원시별의 질량이 클수록 주계열성이 되거나 주계열성에서 벗어나 별의 마지막 단계로 진화하는 데 걸리는 시간이 짧다.

08 (가): 별은 탄생 후 일생의 대부분을 중심핵에서 수소 핵융합 반응을 하는 주계열성으로 보낸다. (ㄴ)

(나): 수소 핵융합 반응이 끝나면 반지름이 커지고 표면 온도가 낮아져서 붉은색을 띠는 적색 거성 단계에 머문다. (ㄷ)

(다): 그 후 바깥층은 물질을 외부로 방출하여 행성상 성운이 만들어지고, 중심핵은 수축하여 밀도가 큰 백색 왜성이 된다. (ㄱ)

09 ㄴ. 초신성은 태양보다 질량이 매우 큰 별이 진화할 때 나타나므로 초신성 후에는 중성자별이나 블랙홀로 진화할 것이다.

▶ **바로알기** ㄱ. 태양과 질량이 비슷한 별은 '주계열성 → 적색 거성 → 행성상 성운, 백색 왜성'의 진화 과정을 거친다.

ㄷ. 별의 일생 중 가장 오랫동안 머무는 단계는 주계열 단계이다.

10 ㄱ, ㄴ. 질량이 태양과 비슷한 주계열성(A)은 적색 거성 단계를 거쳐 행성상 성운과 백색 왜성으로 진화하고, 질량이 태양보다 매우 큰 주계열성(B)은 초거성 단계를 지나 초신성 폭발 후 중성자별이나 블랙홀로 진화한다.

ㄷ. 별의 중심부에서 핵융합 반응으로 생성되는 가장 무거운 원소는 철이다. 철보다 무거운 원소는 B와 같이 태양보다 질량이 매우 큰 별의 진화 과정 중 초신성 폭발 과정에서 생성될 수 있다.

11 (가)는 중심핵 주위에 복사층이 있고 바깥에 대류층이 있으므로 질량이 태양과 비슷한 주계열성의 내부 구조이고, (나)는 중심핵 주위에 대류층이 있고 바깥에 복사층이 있으므로 질량이 태양의 약 2배 이상인 주계열성의 내부 구조이다.

ㄴ. 상대적으로 질량이 작은 (가)는 (나)보다 진화 속도가 느리다.
ㄷ. 수소 핵융합 반응 중 양성자·양성자 반응은 질량이 태양과 비슷하여 중심부 온도가 1800만 K 이하인 별에서 우세하게 일어나고, 탄소·질소·산소 순환 반응은 질량이 태양의 약 2배 이상이고 중심부 온도가 1800만 K 이상인 별에서 우세하게 일어난다. 따라서 탄소·질소·산소 순환 반응은 (가)보다 (나)에서 우세하게 일어난다.

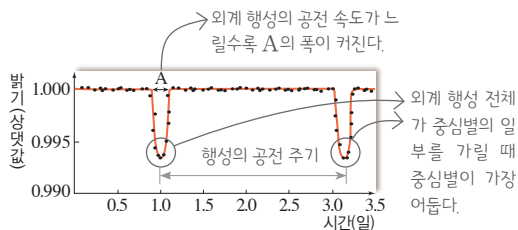
▣ **바로알기** ▣ ㄱ. (가)는 태양과 질량이 비슷한 주계열성이므로 진화의 최종 단계에서 백색 왜성이 된다.

12 ㄱ. 중심부에 탄소가 형성된 별 (가)가 중심부에 철이 형성된 별 (나)보다 질량이 작다.

▣ **바로알기** ▣ ㄴ. (가)는 헬륨 핵융합 반응까지 일어났지만, (나)는 헬륨 핵융합 반응 이후에 더 무거운 원소의 핵융합 반응이 계속 일어났다. 원자핵이 무거울수록 핵융합 반응에 필요한 온도도 증가하므로 중심부의 온도는 (나)가 (가)보다 높다.

ㄷ. (가)와 (나)는 중심부로 갈수록 무거운 원소로 이루어져 있다.

13 **꼼꼼** 문제 분석

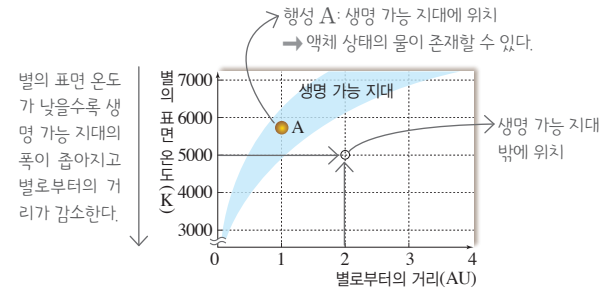


ㄴ. 중심별의 밝기가 감소하는 주기로 보아 외계 행성의 공전 주기는 약 2.2일(3.2일-1.0일)이다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. 중심별의 밝기 변화가 며칠 간격으로 주기적으로 나타나기 때문에 식 현상을 이용한 외계 행성 탐사 방법이다.

ㄷ. 외계 행성의 공전 속도가 느릴수록 중심별 앞을 천천히 지나가므로 식 현상이 지속되는 기간(A의 폭)은 커진다.

14 **꼼꼼** 문제 분석

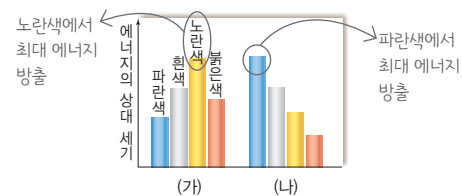


ㄱ. 별의 표면 온도가 낮을수록 생명 가능 지대의 거리는 별로부터 가까워지고 폭은 좁아진다.

ㄴ. 생명 가능 지대는 액체 상태의 물이 존재할 수 있는 영역이므로 행성 A에는 액체 상태의 물이 존재할 수 있다.

▣ **바로알기** ▣ ㄷ. 별의 표면 온도가 5000 K이고, 별로부터의 거리가 2 AU인 행성은 생명 가능 지대의 영역에서 벗어나 있으므로 생명체 존재 가능성이 작다.

15 **꼼꼼** 문제 분석



- 빛의 파장: 파란색 < 흰색 < 노란색 < 붉은색
- 최대 에너지를 방출하는 파장: (가) > (나)
- 별의 표면 온도: (가) < (나)

빈의 변위 법칙에 의하면 별의 표면 온도가 높을수록 최대 에너지를 방출하는 파장이 짧아진다.

▣ **모범답안** (나), 상대적으로 파장이 짧은 파란색 영역에 분포하는 에너지 세기가 가장 강하기 때문이다.

채점 기준	배점
(나)를 고르고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
(나)만 고른 경우	50 %

16 절대 등급이 작은 별일수록 광도가 큰 별이다. 별의 광도는 반지름의 제곱에 비례하고, 표면 온도의 4제곱에 비례한다. 따라서 반지름은 광도가 클수록, 표면 온도가 낮을수록 크다.

▣ **모범답안** C, 별 C는 표면 온도가 가장 낮은데도 광도가 가장 크기에 반지름이 가장 크다.

채점 기준	배점
C를 고르고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
C만 고른 경우	50 %

17 태양보다 질량이 매우 큰 별은 중심부의 온도가 높아 수소 핵융합 반응이 빠르게 진행되고 초거성 단계로 빨리 진화한다. 초거성 단계에서는 별의 중심부에서 탄소, 네온, 산소, 규소 핵융합 반응이 차례로 일어나 철까지 만들어지고, 핵융합 반응이 더 이상 일어나지 않으면 별은 매우 불안정한 상태를 유지하다가 초신성 폭발이 일어난다. 이때 바깥쪽 물질은 우주 공간으로 방출되고 중심핵은 더욱 수축하여 중성자별이나 블랙홀이 된다.

모범답안 초거성으로 진화하여 초신성 폭발이 일어난 후 중성자별이나 블랙홀이 된다.

채점 기준	배점
'초거성 → 초신성 → 중성자별이나 블랙홀'의 진화 과정을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
중성자별이나 블랙홀이 된다고만 서술한 경우	50 %

18 (가) 행성이 있는 별이 지나갈 경우 먼 천체의 밝기가 추가적으로 밝아진다.

(나) 행성이 있는 별의 스펙트럼에서는 적색 편이나 청색 편이가 나타난다.

모범답안 외계 행성의 존재를 탐사하기 위해 (가)는 먼 천체의 밝기 변화를, (나)는 별빛의 스펙트럼 변화를 관측해야 한다.

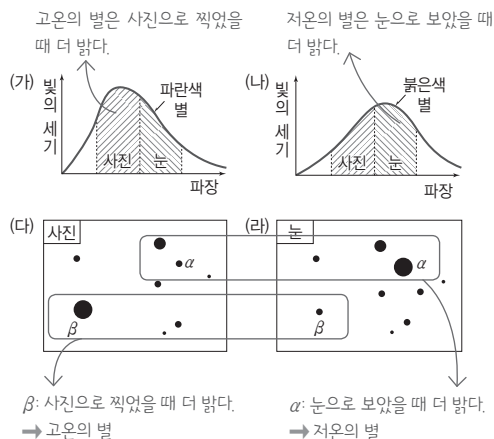
채점 기준	배점
(가)와 (나) 모두 옳게 서술한 경우	100 %
(가)와 (나) 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

수능 실전 문제

287쪽~289쪽

1 ② 2 ② 3 ④ 4 ③ 5 ② 6 ④ 7 ②
8 ① 9 ③ 10 ② 11 ② 12 ③

1 문제 분석



선택지 분석

- ☒ α 별이 β 별보다 표면 온도가 높다. 낮다
- ☒ α 별이 β 별보다 광도가 크다. 작다
- ☒ α 별이 β 별보다 절대 등급이 크다.

전략적 풀이 ① 표면 온도에 따라 사진과 눈으로 보았을 때 별의 밝기가 어떻게 달라지는지를 생각한다.

ㄱ. 그림 (가), (나)의 곡선 아래 빗금 친 면적을 비교하여 '사진 > 눈'이면 사진으로 찍었을 때가 더 밝고, '사진 < 눈'이면 눈으로 보았을 때 더 밝다. 고온의 별(파란색 별)은 사진으로 찍었을 때 더 밝고 저온의 별(붉은색 별)은 눈으로 보았을 때 더 밝다. 따라서 (다), (라)에서 사진으로 찍었을 때 더 밝은 β 별이 고온이고, 눈으로 보았을 때 더 밝은 α 별은 저온이다.

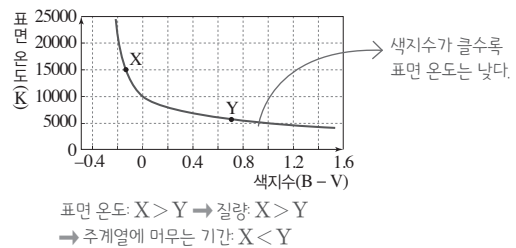
② 별의 광도, 반지름, 표면 온도 사이의 관계를 파악한다.

ㄴ. 별의 광도를 L , 반지름을 R , 표면 온도를 T 라고 했을 때 $L = 4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ 이다. α 별과 β 별의 반지름이 같으므로 광도는 표면 온도가 더 높은 β 별이 α 별보다 더 크다.

③ 절대 등급과 광도 사이의 관계를 파악한다.

ㄷ. α 별이 β 별보다 광도가 작고, 절대 등급이 작을수록 광도가 큰 별이므로 α 별이 β 별보다 절대 등급이 크다.

2 문제 분석



선택지 분석

- ☒ 색지수가 클수록 표면 온도는 낮다. 높다
- ☒ 표면 온도가 5000 K인 별은 B 등급이 V 등급보다 크다.
- ☒ 주계열성에 머무르는 기간은 X가 Y보다 길다. 짧다

전략적 풀이 ① 색지수와 표면 온도의 관계를 이해한다.

ㄱ. 색지수가 클수록 표면 온도는 낮다. 표면 온도가 낮은 별은 최대 에너지를 방출하는 파장이 길어 V 등급이 작게 나타나므로 색지수가 크다.

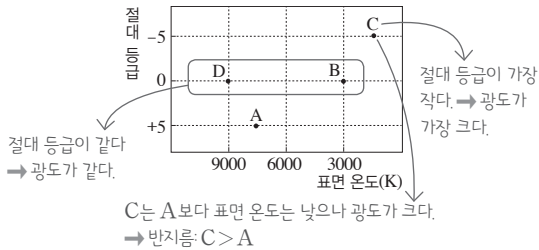
② 색지수는 B 등급, V 등급과 어떤 관계인지를 파악한다.

ㄴ. 표면 온도가 5000 K인 별은 색지수가 (+)이므로, (B 등급 - V 등급)이 0보다 크다. 따라서 B 등급이 V 등급보다 크다.

③ 주계열성의 질량에 따라 주계열 단계에 머무르는 기간이 어떻게 달라지는지 이해한다.

ㄷ. 별이 주계열 단계에 머무르는 기간은 질량이 클수록 짧다. 주계열성은 질량이 클수록 표면 온도가 높으므로 질량은 표면 온도가 더 높은 X가 Y보다 크다. 따라서 주계열성에 머무르는 기간은 X가 Y보다 짧다.

3 **꼼꼼** 문제 분석



선택지 분석

- ☒ 광도가 가장 큰 별은 A이다. C
- ☐ 별의 크기는 C가 A보다 크다.
- ☐ B의 반지름은 D의 9배이다.

▶ **전략적 풀이** ① 별의 광도를 의미하는 물리량을 찾는다.

ㄱ. 광도는 별의 실제 밝기로, 절대 등급으로 비교할 수 있다. 광도가 가장 큰 별은 절대 등급이 가장 작은 C이다.

② 별의 광도를 나타내는 식으로부터 광도, 반지름, 표면 온도 사이의 관계를 이해한다.

ㄴ. 별의 광도(L) 식은 $L = 4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ (R : 반지름, T : 표면 온도)이므로 $L \propto R^2 \cdot T^4$ 이다. C는 A보다 표면 온도는 낮으나 광도가 크다. 따라서 별의 크기(R)는 C가 A보다 매우 크다.

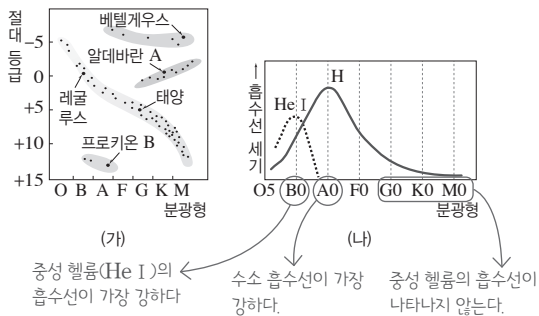
ㄷ. B와 D의 절대 등급이 같으므로 두 별의 광도는 같다. B의 광도를 L_B , D의 광도를 L_D 라고 하면,

$$\frac{L_B}{L_D} = \left(\frac{R_B}{R_D}\right)^2 \cdot \left(\frac{T_B}{T_D}\right)^4 = 1,$$

$$1 = \left(\frac{R_B}{R_D}\right)^2 \cdot \left(\frac{3000}{9000}\right)^4 = \left(\frac{R_B}{R_D}\right)^2 \cdot \left(\frac{1}{3}\right)^4$$

∴ $R_B = 9R_D$ 이므로 B의 반지름은 D의 9배이다.

4 **꼼꼼** 문제 분석



선택지 분석

- ☐ 레굴루스에서는 중성 헬륨(He I)과 수소(H)의 흡수선이 나타난다.
- ☐ 프로키온 B에서는 수소(H)의 흡수선이 강하게 나타난다.
- ☒ 태양, 알데바란 A, 베텔게우스에서는 중성 헬륨(He I)의 흡수선이 나타난다. 나타나지 않는다

▶ **전략적 풀이** ① 별의 분광형에 따른 흡수선의 세기를 해석한다.

ㄱ. 레굴루스의 분광형은 B형이므로 중성 헬륨과 수소의 흡수선이 나타난다.

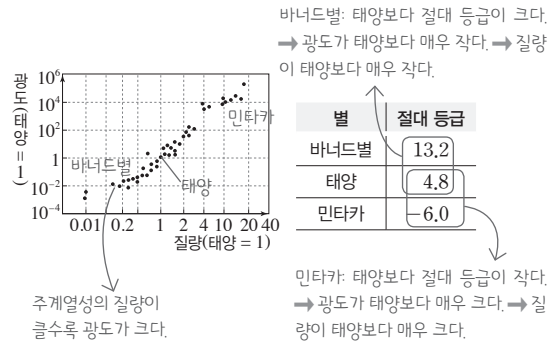
② 수소 흡수선이 가장 강하게 나타나는 분광형을 파악한다.

ㄴ. 프로키온 B의 분광형은 A형이므로 수소 흡수선이 강하게 나타난다.

③ 표면 온도가 낮은 분광형의 스펙트럼을 파악한다.

ㄷ. 중성 헬륨의 흡수선은 분광형이 A형인 별보다 표면 온도가 높은 별에서만 나타난다. 태양, 알데바란 A, 베텔게우스는 분광형이 각각 G형, K형, M형이므로 중성 헬륨의 흡수선이 나타나지 않는다.

5 **꼼꼼** 문제 분석



선택지 분석

- ☒ 바너드별의 내부에서는 탄소·질소·산소 순환 반응이 우세하게 일어날 것이다. 양성자·양성자 반응
- ☐ 바너드별은 태양보다 주계열 단계에 오래 머문다.
- ☒ 민타카는 최종적으로 백색 왜성으로 진화할 것이다. 중성자별이나 블랙홀

▶ **전략적 풀이** ① 주계열성의 질량에 따라 어떤 수소 핵융합 반응이 우세하게 일어나는지 파악한다.

ㄱ. 바너드별은 태양보다 절대 등급이 크므로 광도가 작다. 따라서 바너드별의 질량은 태양보다 작아 중심부 온도가 1800만 K 이하이므로 수소 핵융합 반응은 양성자·양성자 반응이 우세하게 일어날 것이다. 탄소·질소·산소 순환 반응은 중심부 온도가 1800만 K 이상인 별에서 우세하게 일어난다.

② 별의 질량과 진화 속도를 이해한다.

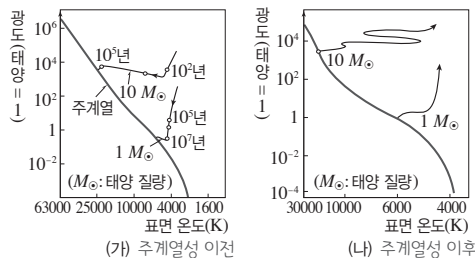
ㄴ. 주계열성의 질량이 클수록 진화 속도가 더 빠르고 수명이 짧다. 바너드별은 태양보다 질량이 작으므로 진화 속도가 느리다. 따라서 바너드별이 태양보다 주계열 단계에 더 오래 머문다.

③ 별의 질량에 따른 진화 단계를 이해한다.

ㄷ. 민타카는 태양보다 절대 등급이 매우 작으므로 광도가 매우 크다. 따라서 민타카의 질량은 태양보다 매우 크므로 진화 단계에 초신성이 나타난다. 초신성 폭발 후 중심핵의 질량에 따라 중성자별이나 블랙홀로 진화하며, 중심핵의 질량이 더 큰 별이 블랙홀이 된다. 백색 왜성은 질량이 태양과 비슷한 별의 진화 최종 단계에 해당한다.

6 **문제 분석**

별의 질량이 클수록 진화 속도가 빠르다.



- 원시별에서 주계열성으로 진화하는 데 걸리는 시간: $1 M_{\odot} > 10 M_{\odot}$.
- 주계열성에 머무는 기간: $1 M_{\odot} > 10 M_{\odot}$.
- 주계열성에서 진화한 거성의 크기: $1 M_{\odot} < 10 M_{\odot}$.

선택지 분석

- ☒ 1. $1 M_{\odot}$ 인 원시별이 $10 M_{\odot}$ 인 원시별보다 주계열성으로 진화하는 데 걸리는 시간이 짧다. **옳다**
- ☒ 2. $1 M_{\odot}$ 인 별이 $10 M_{\odot}$ 인 별보다 주계열 단계에 오래 머문다.
- ☒ 3. $10 M_{\odot}$ 인 주계열성이 $1 M_{\odot}$ 인 주계열성보다 반지름이 더 큰 거성으로 진화한다.

▶ **전략적 풀이** ① 원시별이 주계열성으로 진화하는 데 걸리는 시간은 별의 질량에 따라 어떻게 달라지는지 파악한다.

ㄱ. (가)에서 원시별이 주계열성으로 진화하는 데 걸리는 시간은 $10 M_{\odot}$ 인 원시별은 10^5 년 이상이고, $1 M_{\odot}$ 인 원시별은 10^7 년 이상이다. 따라서 질량이 큰 $10 M_{\odot}$ 인 원시별이 주계열성으로 진화하는 데 걸리는 시간은 질량이 작은 $1 M_{\odot}$ 인 원시별이 주계열성으로 진화하는 데 걸리는 시간보다 짧다.

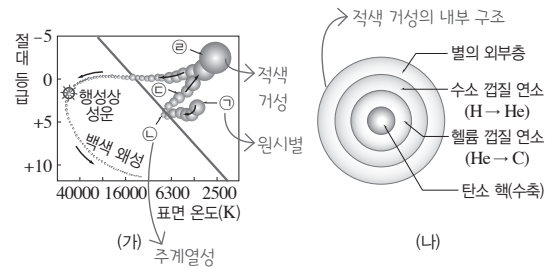
② 주계열성의 질량에 따른 진화 속도와 수명을 이해한다.

ㄴ. 별의 질량이 클수록 진화 속도가 빠르므로 주계열에 머무는 기간이 짧다. 따라서 $1 M_{\odot}$ 인 별이 $10 M_{\odot}$ 인 별보다 주계열 단계에 오래 머문다.

③ 주계열성이 거성(초거성)으로 진화할 때 별의 질량과 반지름의 관계를 파악한다.

ㄷ. (나)의 진화 경로에서 주계열성이 거성으로 진화할 때 표면 온도가 같다 하더라도 $10 M_{\odot}$ 인 주계열성이 진화하는 별의 광도가 $1 M_{\odot}$ 인 주계열성이 진화하는 별의 광도보다 더 큰 것으로 보아 $10 M_{\odot}$ 인 주계열성이 $1 M_{\odot}$ 인 주계열성보다 반지름이 더 큰 거성으로 진화한 것을 알 수 있다.

7 **문제 분석**



- ㉠ → ㉡: 중력 수축 에너지로 인해 중심부 온도가 높아진다.
- ㉢: 중심핵에서 수소 핵융합 반응이 일어난다.
- ㉣: 주계열성에서 적색 거성으로 진화하는 중간 과정이므로 중심핵은 수축하고 바깥층은 팽창한다.
- ㉤: 중심핵에서 헬륨 핵융합 반응이 일어나 탄소를 생성하고 탄소 핵이 된다.

선택지 분석

- ☒ (가)의 ㉠에서 ㉡으로 진화하는 동안 수소 핵융합 반응이 일어난다. **옳아지 않는다**
- ☒ (가)의 ㉣ 단계에서는 중심핵에서 탄소 핵융합 반응이 일어난다. **옳아지 않는다**
- ☒ (나)는 (가)에서 ㉤ 단계의 내부 구조이다.

▶ **전략적 풀이** ① 원시별과 주계열성의 에너지원을 이해한다.

ㄱ. ㉠은 원시별, ㉡은 주계열성이다. 원시별에서 주계열성으로 진화하는 동안 중력 수축 에너지가 방출된다. 수소 핵융합 반응은 주계열성의 내부에서 일어난다.

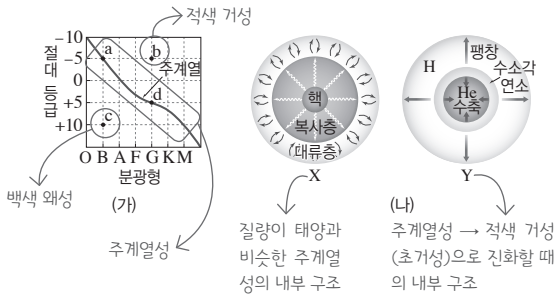
② 주계열성에서 적색 거성으로 진화할 때 별의 내부에서 일어나는 현상을 파악한다.

ㄴ. ㉣ 단계에서는 헬륨으로 이루어진 중심핵은 수축하고 중심핵 외곽에서는 수소 핵융합 반응이 일어나면서 바깥층이 팽창하여 적색 거성으로 진화한다. 태양과 질량이 비슷한 별에서는 중심핵에서 헬륨 핵융합 반응까지 일어나고 탄소 핵융합 반응은 일어나지 않는다. 탄소 핵융합 반응은 태양보다 질량이 매우 큰 별에서 일어난다.

③ (나)의 내부 구조를 파악한다.

ㄷ. 중심핵은 탄소로 이루어져 있고 중심핵을 둘러싸는 바깥층에서 수소 핵융합 반응과 헬륨 핵융합 반응이 일어나고 있는 단계로, (나)는 적색 거성 단계의 내부 구조이다.

8 **문제 분석**



선택지 분석

- ㉠ a는 d보다 질량이 크다.
- ㉡ X는 b의 내부 구조이다. d
- ㉢ c가 진화하면 Y와 같은 구조로 변한다. a, d

전략적 풀이 1 주계열성의 질량-광도 관계를 파악한다.

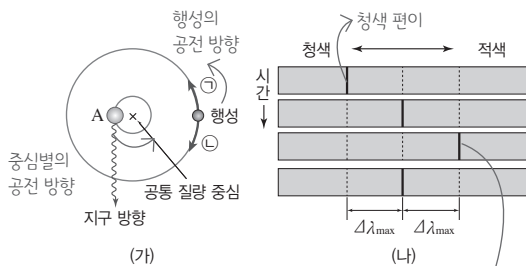
ㄱ. 주계열에 속하는 별은 절대 등급이 작을수록 광도가 크고, 광도가 클수록 질량이 크므로 a는 d보다 질량이 크다.

2 주계열성과 적색 거성의 내부 구조를 이해한다.

ㄴ. X는 질량이 태양과 비슷한 주계열성의 내부 구조이다. 따라서 X는 a~d 중 태양과 질량이 비슷하면서 주계열성인 d의 내부 구조이다. b는 적색 거성이므로 X가 나타나지 않는다.

ㄷ. c는 적색 거성인 b가 진화하여 만들어지는 백색 왜성이다. Y는 주계열성에서 적색 거성(초거성)으로 진화할 때의 내부 구조이다. 따라서 주계열성인 a나 d가 진화하면 Y와 같은 구조로 변한다.

9 **문제 분석**



A에서 청색 편이가 일어난다. → A는 지구로 접근한다. → 행성은 ㉠ 방향으로 공전한다.

선택지 분석

- ㉠ (가)에서 행성의 공전 방향은 ㉠이다.
- ㉡ 행성의 질량이 클수록 (나)의 $\Delta\lambda_{\max}$ 가 커진다.
- ㉢ 행성의 공전 궤도면이 관측자의 시선 방향과 수직일 때 효과적으로 관측할 수 있다.

전략적 풀이 1 별빛의 스펙트럼에서 청색 편이가 일어날 때 별의 운동 방향을 이해한다.

ㄱ. 별이 A의 위치에서 청색 편이가 나타났으므로 지구에 가까워지는 방향으로 공전한다. 중심별과 행성은 공통 질량 중심 주위를 서로 공전하므로 행성의 공전 방향은 지구에서 멀어지는 방향인 ㉠이다.

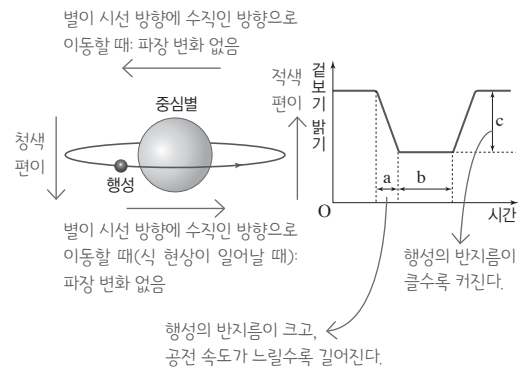
2 행성의 질량에 따라 나타나는 도플러 효과를 파악한다.

ㄴ. 행성의 질량이 클수록 별의 움직임이 커서 도플러 효과가 크게 나타나므로 (나)에서 $\Delta\lambda_{\max}$ 가 커진다.

3 중심별의 시선 속도 변화가 일어나는 조건을 이해한다.

ㄷ. 행성의 공전 궤도면이 관측자의 시선 방향과 수직이면 시선 방향의 속도 변화가 나타나지 않으므로 외계 행성 탐사가 불가능하다.

10 **문제 분석**



선택지 분석

- ㉠ 중심별의 반지름이 클수록 a 구간이 길어진다.
- ㉡ 중심별의 스펙트럼에서 흡수선의 파장 변화는 b 구간에서 가장 크다.
- ㉢ 행성의 반지름이 클수록 c가 커진다.

전략적 풀이 1 식 현상이 길어질 때 행성의 조건을 생각해 본다.

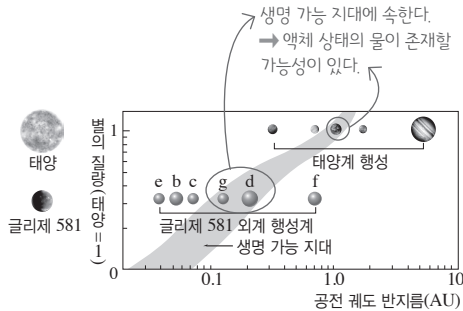
ㄱ. a 구간은 행성의 반지름이 크고, 공전 속도가 느릴수록 길어진다.

2 b 구간에서 중심별과 행성의 운동 방향을 파악한다.

ㄴ. b 구간에서는 공통 질량 중심을 회전하는 행성과 중심별이 관측자의 시선 방향에 거의 수직 방향으로 이동한다. 이때 별의 시선 속도는 0이므로 스펙트럼에서 흡수선의 파장 변화는 나타나지 않고 원래 별빛의 파장대로 관측된다. 스펙트럼에서 흡수선의 파장 변화가 크게 나타날 때는 중심별이 관측자의 시선 방향으로 멀어지거나 가까워질 때이다.

- ③ 행성의 반지름이 클수록 식 현상이 일어날 때 중심별의 밝기 변화가 어떻게 일어나는지 생각해 본다.
- ㄷ. 행성의 반지름이 클수록 식 현상에 의해 중심별을 가리는 면적이 커지므로 c의 크기도 커진다.

11 **꼼꼼** 문제 분석



별의 질량, 광도: 태양 > '글리제 581'
→ 생명 가능 지대의 거리와 폭: 태양 > '글리제 581'

중심별의 질량이 클수록 생명 가능 지대는 별로부터 멀어지고 폭이 넓어져요. 그림에서는 질량이 작을수록 폭이 넓어지는 것처럼 보이지만, 공전 궤도 반지름의 스케일을 자세히 살펴보면 스케일이 매우 작아지기 때문에 실제 폭이 매우 좁아져요.



선택지 분석

- ✗ '글리제 581'은 태양보다 질량이 크다. 작다
- ✗ '글리제 581'의 행성들은 모두 생명 가능 지대에 속한다.
행성 중 '글리제 581 g', '글리제 581 d'만
- ㉡ 액체 상태의 물이 존재할 가능성은 '글리제 581 g'가 '글리제 581 f'보다 크다.

▶ **전략적 풀이** ① 중심별의 질량에 따른 생명 가능 지대의 거리와 폭의 변화를 파악한다.

ㄱ. '글리제 581'의 생명 가능 지대는 태양의 생명 가능 지대보다 중심별에서 가깝고 폭이 좁다. 중심별의 질량이 클수록 생명 가능 지대는 중심별에서 멀어지고 폭이 넓어진다. 따라서 '글리제 581'은 태양보다 질량이 작다.

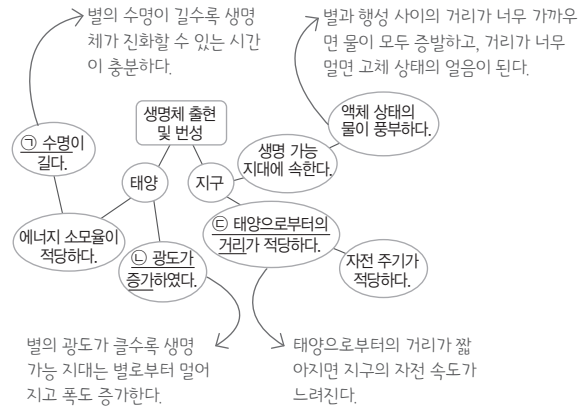
② '글리제 581' 외계 행성계에서 생명 가능 지대에 속하는 행성을 파악한다.

ㄴ. '글리제 581'의 행성들이 모두 생명 가능 지대에 속하는 것은 아니다. '글리제 581'의 행성 중 '글리제 581 g'와 '글리제 581 d'만 생명 가능 지대에 속한다.

③ 생명 가능 지대의 정의를 이해한다.

ㄷ. 생명 가능 지대에 속한 '글리제 581 g'가 생명 가능 지대보다 먼 곳에 있는 '글리제 581 f'보다 액체 상태의 물이 존재할 가능성이 크다.

12 **꼼꼼** 문제 분석



선택지 분석

- ㉠은 생명체가 진화할 수 있는 시간적 환경에 해당한다.
- ✗ ㉡에 의해 태양계에서 생명 가능 지대의 폭은 감소하였다.
증가
- ㉢이 매우 짧았다면 지구의 자전 주기는 현재보다 매우 길었을 것이다.

▶ **전략적 풀이** ① 생명체가 탄생하여 진화하기 위한 중심별의 수명 조건을 이해한다.

ㄱ. 별은 행성의 생명체에 에너지를 공급하므로 별의 수명은 행성에 생명체가 출현하여 진화할 수 있는 시간적 환경에 해당한다. 따라서 별의 수명이 길수록 생명체가 진화할 수 있는 시간이 충분히 길어진다.

② 중심별의 광도에 따른 생명 가능 지대의 폭의 변화를 파악한다.

ㄴ. 중심별의 광도가 클수록 생명 가능 지대의 폭은 넓어지므로 태양의 광도가 증가하면서 태양계에서 생명 가능 지대의 폭은 증가하였다.

③ 태양으로부터의 거리가 지구의 자전 운동에 미치는 영향을 생각해 본다.

ㄷ. 태양으로부터의 거리가 매우 짧으면 중심별로부터 받는 중력의 영향이 커져 행성의 자전 속도가 느려지고, 결국에는 자전 주기가 공전 주기와 같아진다. 따라서 ㉢이 매우 짧았다면 지구의 자전 주기는 현재보다 매우 길었을 것이다.



2

외부 은하와 우주 팽창



01 외부 은하

개념 확인 문제

295 쪽

- ① 형태(모양) ② 타원 ③ 정상 나선 ④ 막대 나선
⑤ 불규칙 ⑥ 전파 ⑦ 세이퍼트 ⑧ 퀘이사

- 1 (가) 정상 나선 은하 (나) 타원 은하 (다) 불규칙 은하 2 ㉠ 막대, ㉡ 정상 나선, ㉢ 막대 나선, ㉣ 막대 나선 3 (1) ○ (2) × (3) × (4) × 4 (가) 전파 은하 (나) 퀘이사 (다) 세이퍼트 은하 5 퀘이사 6 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) ○

1 (가)는 은하핵에서 나선팔이 직접 뻗어 나온 정상 나선 은하이고, (나)는 나선팔이 없는 타원 은하이다. (다)는 일정한 모양이나 규칙적인 구조가 나타나지 않는 불규칙 은하이다.

2 나선 은하는 막대 모양 구조의 유무에 따라 정상 나선 은하와 막대 나선 은하로 구분하며, 우리 은하는 막대 나선 은하에 속한다.

3 (1) 타원 은하에서 모양이 구에 가까운 것은 E0, 가장 납작한 것은 E7로 세분하였다. 따라서 E0은 E7보다 구형에 가깝다. (2) 타원 은하는 대부분 높고 붉은색 별들로 이루어져 있지만 나선 은하의 경우 나선팔에는 젊고 파란색 별들이, 은하핵에는 높고 붉은색 별들이 주로 분포한다. 따라서 높고 붉은색 별의 비율은 나선 은하보다 타원 은하에서 높다. (3) 성간 물질로부터 별이 탄생하므로 성간 물질이 많은 은하일수록 젊은 별을 많이 포함한다. (4) 은하에서 나이가 많은 별들이 차지하는 비율은 나선 은하보다 타원 은하에서 더 높게 나타난다. 따라서 타원 은하에서 나선 은하로 진화하는 것은 아니다. 즉, 허블이 제시한 은하 분류 체계는 은하의 진화 순서와는 상관이 없다.

4 (가)는 중심핵 양쪽에 강력한 전파를 방출하는 로브(lobe)라고 하는 둥근 돌출부가 있고 중심핵에서 로브로 이어지는 제트가 대칭적으로 관측되는 것으로 보아 전파 은하이다. (나)는 매우 멀리 있어 별처럼 보이지만 일반 은하의 수백 배 정도의 에너지를 방출하는 퀘이사이다. (다)는 은하 중심부가 예외적으로 밝고 푸른색을 띠고 있는 세이퍼트 은하이다.

5 퀘이사는 매우 멀리 있어 별처럼 보이지만 일반 은하의 수백 배 정도의 에너지를 방출하는 은하로 적색 편이가 매우 크게 나타난다.

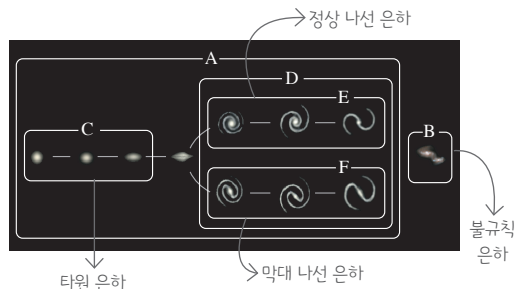
6 (1) 전파 은하는 보통의 은하보다 수백~수백만 배 이상의 강한 전파를 방출하는 은하이다. (2) 은하 중심부에서 강한 전파를 방출하는 은하를 전파 은하라고 한다. (3) 초기 우주에서 형성된 은하는 퀘이사로, 보통의 은하보다 훨씬 먼 곳에서 빠른 속도로 멀어져 가고 있다. (4) 세이퍼트 은하는 은하 전체의 광도에 대한 중심부의 광도가 매우 크다. (5) 은하가 서로 충돌하더라도 별의 크기보다 별 사이의 공간이 훨씬 크기 때문에 내부에 있는 별들이 서로 충돌하는 일은 거의 없다.

대표 자료 분석

296 쪽

- 자료 1 1 (1) 모양의 규칙성 여부 (2) 나선팔의 유무 (3) 막대 모양 구조의 유무 2 F 3 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ×
자료 2 1 (가) 전파 은하 (나) 세이퍼트 은하 (다) 퀘이사 2 ㉠ 적색 편이, ㉡ 초기 우주 3 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × (5) ○

①-1 꼬꼬 문제 분석



허블은 외부 은하의 형태를 기준으로 타원 은하(C), 나선 은하(D), 불규칙 은하(B)로 분류하였다. 나선 은하는 막대 모양 구조의 유무에 따라 정상 나선 은하(E)와 막대 나선 은하(F)로 세분하였다.

(1) A는 타원 은하와 나선 은하가 속해 있고, B는 불규칙 은하이다. 두 집단은 모양의 규칙성 여부에 따라 분류한다.

- (2) C는 타원 은하이고, D는 나선 은하이다. 두 집단은 나선팔의 유무에 따라 분류한다.
- (3) E는 정상 나선 은하이고, F는 막대 나선 은하이다. 두 집단은 은하핵을 가로지르는 막대 모양 구조의 유무에 따라 분류한다.

①-2 나선팔이 있고, 중심핵에 막대 모양의 구조가 있는 은하는 막대 나선 은하(F)이다. 나선 은하는 나선팔이 감긴 정도와 은하핵의 상대적인 크기에 따라 a, b, c로 세분한다.

- ①-3 (1) 허블의 은하 분류 체계는 은하의 진화 순서와는 관계가 없다.
- (2) 타원 은하(C)는 성간 물질이 거의 없고 비교적 높고 붉은색의 별들로 이루어져 있다.
- (3) 나선 은하의 나선팔에는 젊고 파란색의 별들과 성간 물질이 많이 분포한다.
- (4) 나선 은하 중에서 중심부에 나선팔이 연결되어 있는 은하는 정상 나선 은하(E)이다.
- (5) 우리은하는 막대 나선 은하(F)에 속한다.

- ②-1 (가) 보통의 은하에 비해 강한 전파를 방출하는 은하는 전파 은하이다.
- (나) 보통의 은하에 비해 아주 밝은 핵과 넓은 방출선이 나타나는 은하는 세이퍼트 은하이다.
- (다) 수많은 별들이 모여 있는 은하이지만 너무 멀리 떨어져 있어서 별처럼 보이는 것은 퀘이사이다.

②-2 퀘이사는 초기 우주에서 형성된 천체로, 보통의 은하보다 훨씬 더 먼 곳에서 빠른 속도로 멀어져 가고 있어 스펙트럼을 관측하면 적색 편이가 매우 크게 나타난다.

- ②-3 (1) 전파 은하는 가시광선 영역에서 대부분 타원 은하로 관측된다.
- (2) 전파 은하를 가시광선 영역으로 관측하면 대부분 타원 은하로 관측되지만, 전파 영역에서 관측하면 중심핵 양쪽에 강력한 전파를 방출하는 로브(lobe)라고 하는 둥근 돌출부가 있고 중심핵에서 로브로 이어지는 제트가 관측된다. 이처럼 전파 은하에서 전파를 방출하는 영역은 가시광선으로 관측되는 영역과 다르게 나타난다.
- (3) 세이퍼트 은하는 일반 은하에 비해 은하 전체의 광도에 대한 중심부의 광도가 비정상적으로 높게 관측된다.
- (4) 퀘이사는 가시광선뿐만 아니라 모든 파장 영역에서 매우 강한 에너지를 방출하며, 은하 전체의 광도에 대한 중심부의 광도가 세이퍼트 은하보다 더 크다.

- (5) 외부 은하 중에는 특이 은하들이 존재하는데, 특이 은하는 일반 은하에 비해 중심부에서 강한 전파나 X선 등 막대한 양의 에너지를 방출하는 특징이 있다.

나선 만점 문제

297쪽~299쪽

01 ④	02 ⑤	03 ③	04 ②	05 ⑤	06 해설
참조	07 ⑤	08 ⑤	09 ①	10 해설	참조
11 ②	12 ④				

01 B는 불규칙 은하, C는 타원 은하, E는 정상 나선 은하, F는 막대 나선 은하이다.

④ 정상 나선 은하(E)와 막대 나선 은하(F)는 은하핵을 가로지르는 막대 모양 구조의 유무로 분류한다.

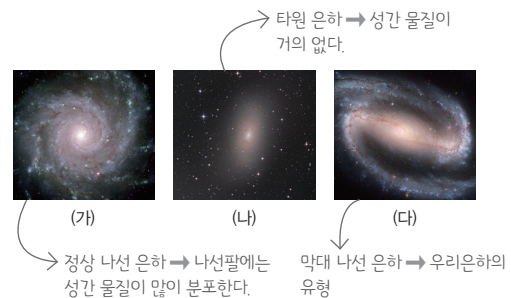
■ **바로알기** ① A와 B는 모양의 규칙성 여부에 따라 분류한다.

②, ③ C는 타원 은하이고, D는 나선 은하이다.

⑤ 허블은 외부 은하를 형태(모양)에 따라 분류하였다.

02 막대 나선 은하에 대한 설명으로, ①은 타원 은하, ②는 정상 나선 은하, ③은 불규칙 은하, ④는 산개 성단, ⑤는 막대 나선 은하이다.

03 꼬꼬 문제 분석



(가)는 정상 나선 은하, (나)는 타원 은하, (다)는 막대 나선 은하이다.

ㄱ. 나선 은하의 나선팔에는 성간 물질이 많이 분포하고, 타원 은하에는 성간 물질이 거의 없다.

ㄴ. 우리은하는 막대 나선 은하에 속하므로 (다)와 같은 유형으로 분류된다.

■ **바로알기** ㄴ. 타원 은하는 비교적 높고 붉은색의 별들로 이루어져 있다.

04 ㄷ. 젊은 별은 B보다 성간 물질이 많은 A에 많이 분포한다.
바로알기 ㄱ. 우리은하는 과거에 정상 나선 은하로 분류되었으나 2005년 우주 망원경으로 관측한 결과 막대 모양의 구조에서 나선팔이 뺀어 나오는 막대 나선 은하로 확인되었다.
 ㄴ. A는 은하 원반으로 성간 물질이 많고 주로 젊은 별들이 분포한다. B는 구상 성단으로 성간 물질이 적고 주로 늙은 별들이 분포한다.

05 허블은 외부 은하를 형태(모양)에 따라 타원 은하, 나선 은하, 불규칙 은하로 분류하였는데, 타원 은하와 나선 은하는 모양에 규칙성이 있고, 불규칙 은하는 규칙성이 없다. 또, 타원 은하와 나선 은하는 나선팔의 유무에 따라 구분되며, 나선 은하는 은하핵을 가로지르는 막대 모양의 구조가 있는 막대 나선 은하와 막대 모양의 구조가 없는 정상 나선 은하로 구분한다. 따라서 A는 타원 은하, B는 정상 나선 은하, C는 막대 나선 은하이다.

06 **모범답안** (1) 은하의 형태(모양), 막대 나선 은하
 (2) 타원 은하는 모양이 규칙적이고, 성간 물질이 거의 없어 별의 탄생이 활발하지 않으며, 주로 늙은 별로 구성되어 있어 붉은색을 띤다. 불규칙 은하는 모양이 규칙적이지 않으며, 성간 물질이 풍부하여 별의 탄생이 활발하고, 젊은 별을 많이 포함하여 파란색을 띤다.

채점 기준	배점
(1) 은하 분류 기준과 우리은하의 형태를 옳게 쓴 경우	50 %
은하 분류 기준 또는 우리은하의 형태 중 한 가지만 옳게 쓴 경우	25 %
(2) 타원 은하와 불규칙 은하의 차이점을 두 가지 이상 서술한 경우	50 %
타원 은하와 불규칙 은하의 차이점을 한 가지만 서술한 경우	25 %

07 꼬꼬 문제 분석

→ 세이퍼트 은하 → 가시광선 영역에서 대부분 나선 은하로 관측되며, 은하 전체의 광도에 대한 중심부의 광도가 매우 크다.



(가)

(나)

전파 은하 → 중심핵 양쪽에 강력한 전파를 방출하는 로브(lobe)가 있고, 중심핵에서 로브로 이어지는 제트가 대칭적으로 관측된다.

ㄱ. 허블의 은하 분류에 의하면 (가)는 나선팔을 가지고 있으므로 나선 은하에 해당한다.
 ㄴ. (나)는 은하핵에서 강한 전파를 방출하는 전파 은하로, 전체적인 모양은 타원체이며 타원 은하로도 분류된다.

ㄷ. (가)와 (나)는 특이한 유형의 스펙트럼을 나타내거나 특정 파장의 전자기파를 방출하기 때문에 모양에 의한 분류 외에 특이 은하로 분류된다.

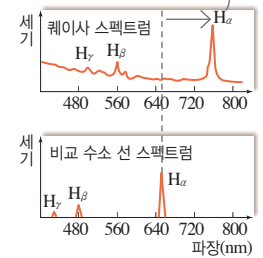
08 꼬꼬 문제 분석

별처럼 점상으로 보인다.

적색 편이 → 빠르게 후퇴하고 있다.



(가)



(나)

ㄱ. 케이사는 매우 멀리 있기 때문에 별처럼 점상으로 보이지만 수많은 별들이 모여 있는 은하이다.

ㄴ. (나)에서 수소가 방출하는 원래의 선 스펙트럼에 비해 케이사의 스펙트럼에서는 파장이 길어져 있다. 이것은 케이사가 매우 빠른 속도로 멀어지기 때문에 적색 편이가 크게 나타나는 것이다.

ㄷ. 케이사의 큰 적색 편이를 통해 케이사의 후퇴 속도가 매우 빠르다는 것을 알 수 있다.

09 ㄱ. (가)는 세이퍼트 은하, (나)는 전파 은하이다.

바로알기 ㄴ. 가시광선 영역에서 세이퍼트 은하는 대부분 나선 은하로 관측되고, 전파 은하는 대부분 타원 은하로 관측된다.

ㄷ. 우주 탄생 초기에 만들어져 적색 편이가 매우 큰 천체는 퀘이사이다.

10 **모범답안** 별의 크기보다 별 사이의 공간이 훨씬 크기 때문에 두 은하 충돌하더라도 은하 내의 별들이 직접 충돌하는 일은 거의 없다.

채점 기준	배점
별들이 직접 충돌하는 일이 거의 없는 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
별 사이의 공간이 크기 때문이라고만 서술한 경우	50 %

11 ㄷ. C는 세이퍼트 은하로, 이와 같은 특이 은하는 강한 전자기파를 방출하는 활동성이 강한 은하핵을 가지고 있으므로 중심부에 블랙홀이 있을 것으로 추정된다.

바로알기 ㄱ. A는 케이사로, 은하 중 적색 편이가 가장 크게 나타나는 천체이며 지구로부터 가장 멀리 떨어져 있으나 강한 에너지를 방출하여 밝게 관측된다.

ㄴ. B는 보통의 은하보다 수백 배 강한 전파를 방출하는 전파 은하로, 케이사인 A보다 후퇴 속도는 작다.

12 ㄴ. 은하의 충돌을 통해 더 큰 은하가 만들어지기도 하고, 기존의 은하가 흩어지거나 변형되기도 한다.

ㄷ. 은하가 충돌하게 되면 은하 내 성간 물질이 압축되고, 이로 인해 성운이 중력 수축하여 별의 생성이 활발해진다.

■ **바로알기** ㄱ. 그림의 모의 실험 결과는 두 은하가 충돌하는 모습을 나타낸 것이다. 은하의 충돌은 은하의 질량에 의해 유발되는 만유인력에 의한 상호 작용으로 일어난다.

2 빅뱅 우주론

개념 확인 문제

303쪽

- ① 허블 ② 허블 상수 ③ 팽창 ④ 멀어 ⑤ 없다
⑥ 빅뱅 우주론 ⑦ 허블 상수 ⑧ 광속

- 1 (1) ○ (2) × (3) ○ 2 ㉠ $\Delta\lambda$, ㉡ λ 3 ㉠ 거리, ㉡ 적색
4 (1) 허블 상수 (2) 50 (3) 크게 5 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ×

- 1** (1) 허블은 외부 은하의 스펙트럼을 조사한 결과 대부분의 외부 은하에서 적색 편이를 관측하였다.
(2) 외부 은하까지의 거리가 멀수록 적색 편이가 크게 나타난다.
(3) 적색 편이량이 클수록 외부 은하의 후퇴 속도가 빠르다.

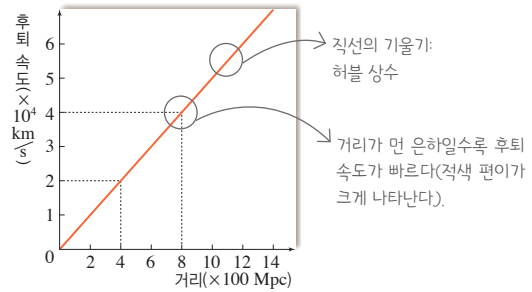
2 외부 은하의 적색 편이량과 후퇴 속도(v) 사이에는 다음과 같은 관계가 성립한다.

$$v = c \times \frac{\Delta\lambda}{\lambda}$$

(c : 빛의 속도, λ : 원래의 흡수선 파장, $\Delta\lambda$: 흡수선의 파장 변화량) 즉, 적색 편이량이 큰 은하일수록 후퇴 속도가 빠르다.

3 은하의 후퇴 속도는 그 은하까지의 거리에 비례한다는 법칙을 허블 법칙이라고 한다. 은하의 후퇴 속도는 도플러 효과에 의한 적색 편이량을 측정하여 구할 수 있다.

4 문제 분석



(1) 외부 은하의 거리와 후퇴 속도의 관계 그래프에서 기울기 ($= \frac{\text{후퇴 속도}}{\text{거리}}$)는 허블 상수(H)를 의미한다.

(2) 그래프에서 허블 상수(H)는 $\frac{40000 \text{ km/s}}{800 \text{ Mpc}} = 50 \text{ km/s/Mpc}$ 이다.

(3) 외부 은하의 스펙트럼을 관측해 보면 거리가 먼 은하일수록 적색 편이가 크게 나타난다. 따라서 거리가 400 Mpc인 은하보다 800 Mpc인 은하의 스펙트럼에서 적색 편이가 크게 나타난다.

5 (1) 우주가 팽창하기 때문에 너무 가까워서 서로 끌어당기는 은하를 제외하고 멀리 있는 모든 은하는 서로 멀어진다.

(2) 우주 공간이 팽창할 때 은하 사이의 거리는 멀어지지만 은하 자체의 크기가 커지는 것은 아니다.

(3) 우주는 모든 방향으로 팽창하고 있으므로 어느 방향의 은하를 보아도 적색 편이가 관측된다.

(4) 다른 은하에서 관측하더라도 우리은하가 멀어지고 있으므로 우리은하를 팽창하는 우주의 중심이라고 할 수 없다.

307쪽

완자뽀

비법 특강

Q1 우주의 편평성 문제

Q1 우주 배경 복사를 관측한 결과, 우주는 대체로 편평하다. 우주가 이처럼 편평하려면 초기 우주의 밀도가 특정값을 가져야 하는데, 빅뱅 우주론에서는 그 근거를 제시하지 못하였다. 이를 우주의 편평성 문제라고 한다.

- ① 빅뱅(대폭발) ② 2.7 ③ 3 : 1 ④ 지평선 ⑤ 작았
⑥ 크다 ⑦ 가속 팽창

- 1 정상 우주론 2 ㉠ 일정, ㉡ 감소 3 (1) ○ (2) ○ (3) ×
(4) × (5) ○ 4 ㉠ 3000, ㉡ 길이, ㉢ 2.7 5 우주의
지평선 문제 6 (1) ○ (2) × (3) ○

1 우주가 팽창하여도 우주의 온도와 밀도는 변하지 않고 항상 일정한 상태를 유지한다는 이론은 정상 우주론이다. 정상 우주론에서는 우주가 팽창하면서 새로 생긴 공간에 물질이 계속 생성되어 우주의 총 질량이 증가한다.

2 빅뱅(대폭발) 우주론에 의하면 우주의 총 질량은 일정하게 계속 팽창하므로 우주의 밀도는 감소하고 온도는 낮아진다.

3 (1), (2) 빅뱅 우주론은 우주의 모든 물질과 에너지가 초고온, 초고밀도 상태로 한 점에 모여 있다가 대폭발을 일으켜 팽창하면서 현재의 상태로 되었다는 이론으로, 우주가 팽창하고 있음을 밝힌 허블의 관측을 바탕으로 한 우주론이다.

(3) 초기 우주에서 생성된 양성자와 중성자의 개수비는 약 7 : 1 이었고, 이로부터 생성된 수소와 헬륨의 질량비는 약 3 : 1이다.

(4) 빅뱅 이후 우주가 팽창하면서 우주의 온도는 점점 낮아졌다.

(5) 빅뱅 이후 우주가 팽창하면서 우주의 밀도가 감소하였으므로 빅뱅 직후의 우주는 현재의 우주보다 밀도가 큰 상태였다.

4 우주 배경 복사는 우주의 온도가 약 3000 K일 때 물질에서 빠져나와 생성되었으며, 우주의 부피가 팽창하여 온도가 낮아지면서 파장이 길어져 현재는 약 2.7 K의 온도를 나타내는 파장으로 관측된다.

5 기존의 빅뱅 우주론은 우주의 지평선 문제, 우주의 편평성 문제, 자기 홀극 문제 등 설명할 수 없는 몇 가지 문제점이 있다.

- 우주의 지평선 문제: 우주 배경 복사가 모든 방향에서 균일하게 관측된다는 것은 빅뱅 직후 초기 우주의 에너지 밀도가 균일했다는 의미인데 빅뱅 우주론에서는 우주가 광속으로 팽창하고 우주의 크기는 우주 지평선의 크기와 같다고 설명하므로, 우주의 지평선에 있는 두 지점은 정보를 교환할 수 없어 초기 우주의 에너지 밀도가 균일할 수 없다.
- 우주의 편평성 문제: 빅뱅 우주론에서는 곡률이 0인 편평한 공간이 될 가능성이 없는데, 관측된 우주 공간은 거의 완벽하게 편평하다.
- 자기 홀극 문제: 빅뱅 우주론에 의하면 초기 우주에서 많은 양의 자기 홀극이 생성되었다고 하는데 아직까지 발견되지 않았다.

6 (1) 급팽창 이론(인플레이션 이론)은 1979년 구스가 제안한 이론으로, 우주의 크기가 급팽창하기 전에는 우주의 지평선보다 작았고, 급팽창 이후에는 우주의 지평선보다 크다고 가정하여 기존 빅뱅 우주론으로 설명할 수 없는 우주의 지평선 문제, 편평성 문제 등을 해결하였다.

(2) 급팽창 이론에서는 빅뱅 이후 약 10^{-36} 초~ 10^{-34} 초 사이에 우주가 빛보다 빠른 속도로 급격하게 팽창하였다고 설명한다.

(3) 우주가 가속 팽창한다면 멀리 있는 Ia형 초신성은 일정한 속도로 팽창하는 우주보다 더 가까운 곳에 있을 것이므로 더 밝게 보여야 하지만, 실제 관측한 결과는 더 어둡게 보였다. 즉, 일정한 속도로 팽창하는 우주보다 더 멀리 있다는 것으로, 이는 우주의 가속 팽창을 뜻한다.

대표 자료 분석

309쪽

자료 ① 1 80 km/s/Mpc 2 ㄱ, ㄴ 3 (1) ○ (2) ×
(3) ○ (4) ○ (5) ×

자료 ② 1 ㉠ 우주 배경 복사, ㉡ 빅뱅(대폭발) 2 (1) × (2) ○
(3) × (4) ○ (5) ○

①-1 그래프에서 직선의 기울기는 허블 상수(H)에 해당한다.

$$H = \frac{v}{r} = \frac{800 \text{ km/s}}{10 \text{ Mpc}} = 80 \text{ km/s/Mpc}$$

①-2 ㄱ. 그래프에서 직선의 기울기는 허블 상수(H)에 해당한다. 우주의 나이는 허블 상수의 역수($\frac{1}{H}$)에 해당하므로, 직선의 기울기(허블 상수)가 작아지는 경우에 우주의 나이는 더 많아진다.

ㄴ. 우주의 크기는 $\frac{c}{H}$ 이므로, 직선의 기울기(허블 상수)가 작아지는 경우에 우주의 크기는 더 커진다.

▮ **바로알기** ▮ ㄷ. 은하의 적색 편이량은 직선의 기울기가 커져 후퇴 속도가 빠른 경우에 더 크게 나타난다.

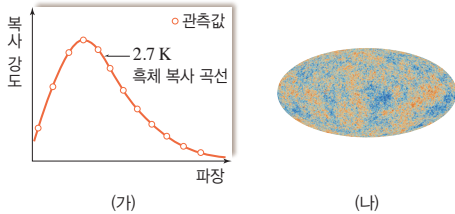
①-3 (1) 허블 법칙($v = H \cdot r$)에서 은하의 후퇴 속도(v)는 거리(r)에 비례한다.

(2) 그래프에서 기울기($\frac{v}{r}$)는 허블 상수(H)를 의미한다.

(3) 그림은 허블 법칙을 나타낸 것으로, 멀리 있는 외부 은하일수록 후퇴 속도가 빠르고 적색 편이가 크게 나타난다. 이는 우주가 팽창하고 있어서 은하들 사이의 간격이 점점 넓어지고 있음을 의미한다.

- (4) 멀리 있는 은하일수록 후퇴 속도가 빠르므로 스펙트럼의 적색 편이량이 크다.
- (5) 우리은하가 아닌 다른 은하에서 보더라도 은하들 사이의 거리는 멀어지는 것으로 관측된다. 따라서 우주의 중심을 특정한 한 점으로 정할 수 없다.

2-1 꼼꼼 문제 분석



- 현재 우주 배경 복사는 2.7 K의 흑체에서 방출되는 복사와 거의 일치한다. → 우주의 온도가 빅뱅 이후 감소하여 현재 2.7 K까지 냉각되었다.
- 우주 배경 복사의 온도는 미세한 차이가 나타난다. → 초기 우주에 미세하게 물질의 밀도 차이가 있었다. → 별과 은하의 생성

빅뱅 우주론에서 예측했던 우주 배경 복사가 실제로 우주 공간 내의 어느 방향에서나 약 2.7 K 복사로 관측된다. 즉, 우주 배경 복사는 빅뱅 우주론의 강력한 증거에 해당한다.

- 2-2** (1) 우주 배경 복사는 대폭발이 일어나고 약 38만 년 후에 우주의 온도가 약 3000 K일 때 물질에서 빠져나왔다.
- (2) 빅뱅 이후 우주가 계속 팽창하여 온도가 낮아졌다.
- (3) 우주 배경 복사는 우주의 온도가 약 3000 K일 때 물질에서 빠져나와 생성되었으며, 우주의 팽창으로 온도가 낮아지면서 현재는 약 2.7 K으로 파장이 길어져서 관측된다.
- (4) (가)와 같이 현재 관측되는 우주 배경 복사는 2.7 K의 흑체에서 방출되는 복사와 거의 일치한다.
- (5) (나)에서 온도의 차이가 나타나는 것으로 보아 우주 배경 복사는 공간 분포에 미세한 차이가 있다.

내신 만점 문제

310쪽~313쪽

- | | | | | |
|------|------|----------|----------|------|
| 01 ⑤ | 02 ⑤ | 03 ③ | 04 해설 참조 | 05 ② |
| 06 ② | 07 ② | 08 해설 참조 | 09 ③ | 10 ③ |
| 11 ④ | 12 ⑤ | 13 ④ | 14 ③ | 15 ③ |
| 16 ② | 17 ⑤ | 18 ③ | | |

01 허블 법칙으로 알 수 있는 사실은 다음과 같다.

- 우주는 팽창하고 있다.
- 허블 상수의 역수가 우주의 나이이다. → ①
- 우주의 나이를 통해 우주의 크기를 파악할 수 있다. → ②
- 대부분의 외부 은하 스펙트럼에서 적색 편이가 관측된다. → ③
- 멀리 있는 외부 은하일수록 적색 편이량이 크므로 후퇴 속도가 크다. → ④

바로알기 ⑤ 허블 법칙으로 우주가 팽창하고 있고, 이에 따라 은하는 서로 멀어지고 있음을 알 수 있다.

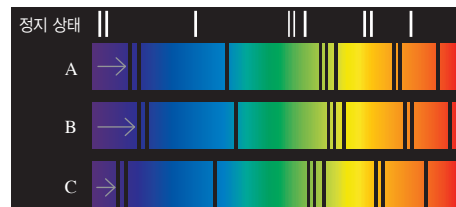
02 그래프에 따르면 은하까지의 거리가 멀수록 후퇴 속도가 빠르다. 따라서 은하 사이의 거리는 점차 멀어지게 되는데 이러한 현상은 우주가 팽창하기 때문에 나타난다.

03 ㄱ. 은하 A와 B의 스펙트럼에서 모두 적색 편이가 나타나므로 우리은하로부터 멀어지고 있다.

ㄴ. 은하 A가 은하 B보다 적색 편이량이 더 작으므로, 은하 A가 B보다 우리은하로부터의 거리가 더 가깝다.

바로알기 ㄷ. 적색 편이량이 클수록 후퇴 속도가 빠르므로 은하 B가 A보다 후퇴 속도가 빠르다.

04 꼼꼼 문제 분석



- 적색 편이량의 크기: $C < A < B$
- 후퇴 속도의 크기: $C < A < B$
- 은하까지의 거리: $C < A < B$

모범답안 (가) B, 후퇴 속도가 큰 은하일수록 흡수선의 적색 편이량이 크게 나타나므로 적색 편이가 가장 큰 B의 후퇴 속도가 가장 크다.

(나) B, 거리가 먼 은하일수록 후퇴 속도가 크므로 후퇴 속도가 가장 큰 B가 가장 멀리 있는 은하이다.

채점 기준	배점
(가)와 (나)를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
(가)와 (나) 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

05 ㄴ. C에서 관측하면 A가 B보다 더 빨리 멀어지므로, C에서 관측한 적색 편이는 A가 B보다 크다.

바로알기 ㄱ. A로부터의 거리는 C가 B보다 더 멀기 때문에 A로부터 멀어지는 속도는 C가 B보다 크다.

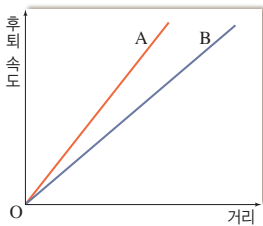
ㄷ. A, B, C 어느 곳에서 관측해도 멀어지는 은하가 관측되므로 팽창하는 우주의 중심은 없다.

06 ㄷ. 허블 법칙은 은하가 서로 멀어지고 있음을 나타내며, 이것은 우주의 팽창에 의한 현상이다. 따라서 팽창하는 우주에서 은하 A와 B 사이의 우주 공간은 확장되고 있다.

▮ **바로알기** ▮ ㄱ. 우린은하로부터의 거리는 A에서 C로 갈수록 멀어지고, 후퇴 속도도 A에서 C로 갈수록 커지므로 은하의 후퇴 속도와 거리는 비례 관계이다. ➡ 허블 법칙($v = H \cdot r$)

ㄴ. 그래프의 가로축은 거리(r), 세로축은 후퇴 속도(v)이므로 그래프의 기울기($\frac{v}{r}$)는 허블 상수(H)에 해당한다. 허블 상수의 역수는 우주의 나이를 나타낸다.

07 **꼼꼼** 문제 분석



- 허블 상수=직선의 기울기
- 허블 상수(H)의 크기: $A > B$
- 우주의 나이($\frac{1}{H}$): $A < B$
- 관측 가능한 우주의 크기($\frac{c}{H}$): $A < B$

허블 법칙은 은하의 후퇴 속도를 v , 허블 상수를 H , 은하까지의 거리를 r 이라고 할 때 $v = H \cdot r$ 이다. 따라서 그래프의 기울기는 $\frac{v}{r}$ 이므로 허블 상수와 같다.

ㄷ. 허블 법칙 $v = H \cdot r$ 에서 은하까지의 거리(r)가 일정할 때 허블 상수(H)가 커지면 은하의 후퇴 속도(v)도 커진다.

▮ **바로알기** ▮ ㄱ. 우주의 나이는 허블 상수의 역수인 $\frac{1}{H}$ 이다. 따라서 기울기가 커지면(허블 상수가 커지면) 우주의 나이는 적어진다.

ㄴ. 관측 가능한 우주의 크기는 허블 상수의 역수에 광속(c)을 곱한 $\frac{c}{H}$ 이다. 따라서 기울기가 커지면(허블 상수가 커지면) 관측 가능한 우주의 크기는 작아진다.

08 (1) 은하의 거리(r)와 후퇴 속도(v)의 관계를 나타낸 허블 법칙($v = H \cdot r$)을 은하 A와 B에 적용하여 허블 상수를 구하면 $14000 \text{ km/s} = H \times 200 \text{ Mpc}$, $31500 \text{ km/s} = H \times 450 \text{ Mpc}$ 에서 허블 상수(H) = 70 km/s/Mpc 이다.

(2) 은하 C는 후퇴 속도가 63000 km/s 이고, (1)에서 구한 허블 상수가 70 km/s/Mpc 이므로 허블 법칙에 적용하여 거리를 구하면 $63000 \text{ km/s} = 70 \text{ km/s/Mpc} \times \text{㉠}$ 에서 $\text{㉠} = 900 \text{ Mpc}$ 이다.

모범답안 (1) 70 km/s/Mpc

(2) $63000 \text{ km/s} = 70 \text{ km/s/Mpc} \times \text{㉠}$, $\text{㉠} = 900 \text{ Mpc}$

채점 기준		배점
(1)	허블 상수를 옳게 구한 경우	50 %
(2)	(1)의 허블 상수로 식을 옳게 세우고, 그 값을 옳게 구한 경우	50 %
	(1)의 허블 상수로 식만 옳게 세운 경우	30 %

09 ① 은하 A는 우린은하에서 멀어지고 있으므로 도플러 효과에 의해 적색 편이가 나타난다.

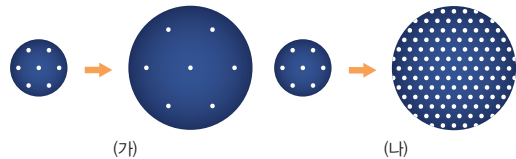
② 은하 B보다 거리가 먼 은하 C의 후퇴 속도가 더 크다.

④ 은하 C의 후퇴 속도가 은하 B의 후퇴 속도보다 빠르므로 은하 C에서 은하 B를 보면 은하 B는 $7100 \text{ km/s} (= 21300 \text{ km/s} - 14200 \text{ km/s})$ 속도로 멀어지고 있다. 따라서 적색 편이가 나타난다.

⑤ 은하 A~C 중 어느 값으로 구해도 허블 상수는 같다. 은하 B의 값으로 구해 보면, 허블 상수는 은하의 후퇴 속도를 거리로 나눈 값이므로 $\frac{14200 \text{ km/s}}{200 \text{ Mpc}} = 71 \text{ km/s/Mpc}$ 이다.

▮ **바로알기** ▮ ③ 우린은하에서 관측할 때 은하 A~C는 멀어지고 있고, A, B, C 어느 은하에서 관측하여도 다른 은하가 멀어지고 있다. 따라서 은하가 멀어지는 중심은 정할 수 없다.

10 **꼼꼼** 문제 분석



- (가): 빅뱅 우주론 ➡ 질량 일정, 온도와 밀도 감소
- (나): 정상 우주론 ➡ 질량 증가, 온도와 밀도 일정

① 빅뱅(대폭발) 우주론은 우주의 모든 물질과 에너지가 한 점에 모여 있다가 대폭발을 일으키면서 팽창하여 현재와 같은 우주가 형성되었다고 하는 이론이다. 우주가 팽창하여 부피가 커지므로 우주의 밀도는 점점 감소한다.

② 빅뱅 약 38만 년 후 물질과 분리되어 빠져나온 빛이 현재 우주 배경 복사로 검출되고 있다.

④ (가)와 (나) 모두 은하의 거리와 후퇴 속도가 비례한다는 허블 법칙을 따른다.

⑤ (가)와 (나) 모두 우주가 팽창하면서 은하들이 서로 멀어지므로 적색 편이가 나타난다.

▮ **바로알기** ▮ ③ 정상 우주론은 우주가 팽창하면서 새로운 물질이 생겨나 평균 밀도가 일정하게 유지된다는 이론이다. 따라서 새로운 물질이 계속 만들어지면서 우주의 질량은 점점 증가한다.

11 빅뱅(대폭발) 우주론의 증거로는 대폭발로 생성된 우주가 팽창하면서 냉각되어 2.7 K의 우주 배경 복사가 하늘의 모든 방향에서 관측된다는 것과 우주 내에서 수소와 헬륨의 질량비가 약 3:1이 된다는 것을 들 수 있다. 빅뱅 우주론에서는 대폭발 후 온도가 낮아지면서 양성자와 중성자의 합성으로 수소, 헬륨 등의 가벼운 원소가 생성되었고, 최종 단계에서는 수소와 헬륨의 질량비가 약 3:1이 되었다고 예측하였으며, 이 값은 오늘날 별들에서 관측되는 값과 거의 일치하고 있다.

12 ⑤ 우주 배경 복사는 대체로 우주 전체에 균일하게 분포하지만 방향에 따라 복사파의 세기가 미세하게 불균일하다.

■ **바로알기** ① 우주 배경 복사는 가보에 의해 예측되었고, 펜지어스와 윌슨에 의해 처음 발견되었다.

② 우주 배경 복사는 빅뱅 우주론을 지지하는 증거이다.

③ 우주 배경 복사는 우주 전체에서 방출되는 복사이다.

④ 우주 배경 복사는 약 3000 K일 때 방출되기 시작하여 우주 팽창으로 점차 식어서 현재는 약 2.7 K인 물체가 방출하는 복사파와 같은 파장으로 관측된다.

13 ㄱ. 우주 배경 복사가 방출된 시기에 우주의 온도는 약 3000 K이었다. 이후 우주가 팽창하였기 때문에 우주가 갖는 질량 및 에너지는 더 넓은 공간으로 분산되면서 우주의 온도는 점차 낮아졌을 것이다.

ㄴ. 빅뱅 우주론에 의해 우주가 팽창한다면 대폭발 이후 어느 시점에서 물질로부터 빠져나온 빛이 파장이 길어진 상태로 우주 전체에서 관측되어야 한다고 생각하였다. 빅뱅 우주론에서 예측했던 우주 배경 복사는 실제로 우주 공간 내의 어느 방향에서나 약 2.7 K 복사로 관측됨으로써 빅뱅 우주론의 증거가 되었다.

■ **바로알기** ㄴ. 현재 관측되는 우주 배경 복사는 처음 온도 3000 K보다 매우 낮은 약 2.7 K 복사로 관측되므로, 가시광선 영역이 아닌 파장이 매우 긴 전파 영역의 빛으로 관측된다.

14 ㄱ. A는 2.7 K 흑체 복사 곡선에서 복사 에너지 세기가 최대가 되는 파장이다. 우주 초기에는 현재보다 온도가 높았으므로 복사 에너지 세기가 최대가 되는 파장은 현재보다 짧았다.

ㄴ. 펜지어스와 윌슨이 처음으로 우주 배경 복사를 발견했을 때는 우주 배경 복사가 약 2.7 K으로 우주 전체에서 균일하게 관측되었으나, WMAP 위성으로 관측한 결과 미세한 온도 차이가 나타난다. 이로 인해 밀도의 불균형이 생겨 별이나 은하가 만들어질 수 있었다.

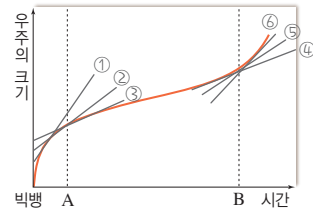
■ **바로알기** ㄴ. (나)의 우주 배경 복사 분포도에서 미세한 온도 차이가 나타나는 까닭은 초기 우주의 물질 분포가 미세하게 불균일했기 때문이다. WMAP 위성은 지구 대기 밖에서 우주 배경 복사를 관측했기 때문에 지구 대기의 영향은 제거되었다.

15 ㄱ. 초기 우주의 크기는 (가) 빅뱅 우주론의 경우가 (나) 급팽창 이론의 경우보다 크다.

ㄴ. (가)는 빅뱅 우주론, (나)는 급팽창 이론으로, 급팽창 이론에서의 급팽창은 A 시기에 발생하였다.

■ **바로알기** ㄴ. (나) 급팽창 이론은 기존의 (가) 빅뱅 우주론이 설명하지 못하는 문제(편평성 문제, 지평선 문제, 자기 홀극 문제)를 설명할 수 있다.

16 **꼼꼼** 문제 분석



A 시기 전후에 우주의 크기 증가 정도의 기울기를 비교하면 시간에 따라 ① → ② → ③으로 갈수록 기울기가 완만해진다. 이것은 우주의 팽창 속도가 점점 감소함을 의미한다.

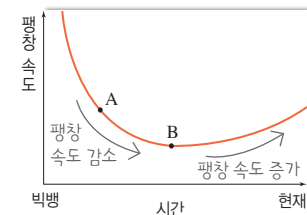
B 시기 전후에는 시간에 따라 ④ → ⑤ → ⑥으로 갈수록 기울기가 급해진다. 이것은 우주의 팽창 속도가 점점 증가하는 가속 팽창을 의미한다.

ㄴ. B 시기에는 우주가 가속 팽창하므로 Ia형 초신성은 일정한 속도로 팽창하는 우주보다 멀리 있어 겉보기 등급이 클 것이다.

■ **바로알기** ㄱ. A 시기에는 시간에 따라 우주의 크기가 증가하는 정도가 작아지므로 감속 팽창하고 있으며, B 시기에는 우주의 크기가 증가하는 정도가 커지므로 가속 팽창하고 있다.

ㄴ. 허블 상수는 우주가 팽창하는 정도를 의미하는데, 우주의 팽창에서 감속 및 가속의 과정이 존재한다면 허블 상수는 시간에 따라 일정하지 않고 변화하는 것이다.

17 **꼼꼼** 문제 분석



우주의 팽창 속도는 시기에 따라 달랐으며 빅뱅 직후에 가장 크고 그 이후 감소하다가 다시 증가하는 경향을 보인다.

ㄱ, ㄴ. 우주의 팽창 속도는 A 시기가 B 시기보다 컸으며 B 시기 이후 점점 증가하고 있다. 따라서 앞으로 우주의 팽창 속도는 증가할 것으로 판단된다.

나. 허블 상수는 우주 팽창 속도와 같은 의미이다. A 시기의 팽창 속도가 B 시기보다 크기 때문에 허블 상수는 A 시기가 B 시기보다 크다.

18 ㄱ. Ia형 초신성은 겉보기 등급이 클수록 적색 편이가 크므로 후퇴 속도가 크다.

나. 절대 등급이 일정한 Ia형 초신성은 거리가 멀수록 더 어둡게 보이므로 겉보기 등급이 커진다. 그래프에서 점선은 우주가 일정한 속도로 팽창하는 경우 초신성의 겉보기 등급을 이론적으로 계산한 결과이다. 실제로 관측된 초신성은 이 값보다 겉보기 등급이 더 큰 것으로 나타나고 있는데, 이는 이론적으로 계산된 값보다 실제로 더 어둡게 보인다는 의미이다.

▣ 바로알기 ▣ 다. 우주가 일정한 속도로 팽창하는 경우 초신성의 겉보기 등급은 그래프의 점선 상의 값을 보이게 된다. 우주가 가속 팽창하는 경우에 초신성의 겉보기 등급은 점선 상의 값보다 더 크게(더 어둡게) 나타나고, 우주가 감속 팽창하는 경우에는 초신성의 겉보기 등급은 점선 상의 값보다 더 작게(더 밝게) 나타난다. 실제로 초신성의 겉보기 등급은 점선에서의 값보다 더 큰 것(더 어두운 것)으로 나타나고 있으므로, 우주가 가속 팽창하고 있다는 것을 알 수 있다.

3 암흑 물질과 암흑 에너지

개념 확인 문제

316쪽

① 보통 물질 ② 암흑 물질 ③ 암흑 에너지 ④ 표준 우주 모형 ⑤ 밀도 ⑥ 암흑 에너지

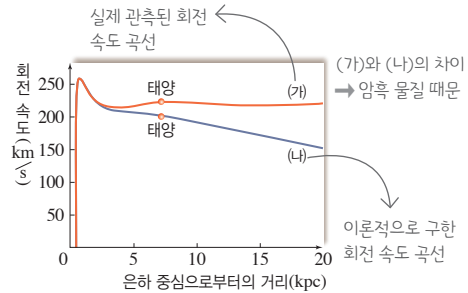
1 (1) ○ (2) ○ (3) × 2 (가) 3 (1) C (2) A 4 ④
5 (1) 열린 (2) 작다 (3) 팽창

1 (1) 최근의 관측 결과 현재의 우주는 가속 팽창하고 있는 것으로 밝혀졌다. 우주가 가속 팽창하기 위해서는 우주에 있는 물질의 중력과 반대 방향으로 작용하는 요소가 있어야 하는데 이와 같이 중력과 반대인 척력으로 작용하면서 우주의 팽창을 가속시키는 우주의 성분을 암흑 에너지라고 한다.

(2) 암흑 물질은 눈에는 보이지 않지만 중력의 작용으로 물질을 끌어당기기 때문에 우주 초기에 별과 은하가 생기는 데 중요한 역할을 하였다.

(3) 물질의 중력 효과로 빛의 경로가 휘는 중력 렌즈 현상으로 암흑 물질의 존재를 추정할 수 있다.

2 문제 분석



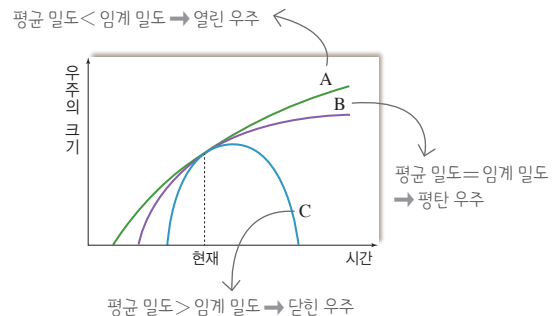
(가)는 실제로 관측된 우리은하의 회전 속도 곡선이고, (나)는 눈에 보이는 물질들만 고려하여 이론적으로 구한 우리은하의 회전 속도 곡선이다. 태양계처럼 회전 중심부에 질량의 대부분이 모여 있는 경우에는 회전 중심(태양)으로부터 거리가 멀수록 회전 속도가 느려지는 케플러 회전을 하게 된다. 우리은하의 실제 회전 곡선이 케플러 회전을 하지 않는 것은 은하 중심부에 대부분의 질량이 모여 있지 않고, 은하 외곽에도 상당한 양의 물질(암흑 물질)이 존재하기 때문이다.

3 (1) A는 암흑 에너지, B는 암흑 물질, C는 보통 물질이다. 이중 광학적으로 관측 가능한 것은 보통 물질이다.

(2) 우주를 구성하는 요소들 중 우주 가속 팽창의 에너지원은 암흑 에너지이다.

4 암흑 에너지를 고려하지 않을 때, 우주가 계속 팽창할 것인지, 팽창하다 수축할 것인지, 팽창하다 정지할 것인지를 결정짓는 가장 중요한 물리량은 우주의 평균 밀도이다.

5 문제 분석



우주의 미래는 우주의 평균 밀도에 따라 결정된다. 암흑 에너지가 없는 우주가 팽창하다가 서서히 감속되어 팽창을 멈추고 일정한 크기가 유지될 때의 밀도를 임계 밀도라고 한다. 우주의 평균 밀도가 임계 밀도보다 작을 때 우주는 영원히 팽창하는 열린 우주(A)가 된다. 우주의 평균 밀도가 임계 밀도보다 클 때 중력의 작용이 우세하여 우주의 팽창 속도가 계속 감소하면서 우주의 크기가 다시 감소하는 닫힌 우주(C)가 된다. 우주의 평균 밀도가 임계 밀도와 같을 때 우주의 팽창 속도가 점점 감소하여 0에 수렴하는 평탄한 우주(B)가 된다.

대표 자료 분석

317쪽

- 자료 1** 1 A: 실제 관측한 회전 속도, B: 예측된 회전 속도
2 ㉠ 크다, ㉡ 암흑 물질 3 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ○
- 자료 2** 1 A: 암흑 에너지, B: 암흑 물질 2 A 3 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ (5) × (6) ×

1-1 나선 은하는 은하 중심부에 질량의 대부분이 모여 있기 때문에 나선 은하의 회전 속도 곡선은 은하의 중심에서 멀어질수록 느려질 것으로 예상되었으나 실제로 관측한 결과는 은하 중심에서 멀어져도 회전 속도가 거의 일정하였다. 이는 은하의 외곽부에 암흑 물질이 존재함을 의미한다. A는 실제 관측한 회전 속도이고 B는 관측 가능한 물질만을 이용하여 예측된 회전 속도이다.

1-2 은하 중심에 대한 별들의 회전 속도는 실제 관측값(A)이 계산 값(B)보다 크다. 나선 은하의 회전 속도 곡선에서 실제 관측값(A)과 계산 값(B)이 서로 다른 것은 은하 중심부에 대부분의 질량이 모여 있지 않고, 은하 외곽에도 상당한 양의 물질(암흑 물질)이 존재함을 의미한다.

1-3 (1) 은하 질량의 대부분은 암흑 물질이 차지하는 것으로 추정된다.
(2) 은하의 회전 속도에 영향을 미치는 물질(암흑 물질)의 질량은 별과 성간 물질(보통 물질)을 관측하여 계산한 질량보다 훨씬 크다.
(3) 암흑 물질이 분포하는 곳에서는 중력 렌즈 현상으로 인해 빛의 경로가 휘어지기도 하고, 주변의 별이나 은하의 운동이 교란되기도 한다. 이러한 중력 렌즈 현상을 통해 암흑 물질의 존재를 추정할 수 있다.

(4) 은하단에 속한 은하들의 이동 속도는 매우 빠르기 때문에 은하단에서 탈출해야 할 것으로 생각되는데, 실제로 은하들이 은하단에 묶여 있는 것은 암흑 물질이 은하단을 유지시키는 데 중요한 역할을 하고 있기 때문으로 추정된다.

2-1 최근 플랑크 망원경 관측 결과, 우주를 구성하는 요소들은 보통 물질이 4.9%, 암흑 물질이 26.8%, 암흑 에너지가 68.3%를 차지한다. 암흑 물질은 눈에는 보이지 않지만 중력의 작용으로 물질을 끌어당기기 때문에 우주의 초기에 중요한 요소였다. 암흑 에너지는 빈 공간에서 나오는 에너지이기 때문에 우주 크기가 작았던 초기에는 거의 존재하지 않았지만 우주가 팽창하여 공간이 커지면서 차츰 암흑 물질을 이기고 우주의 주요 구성 요소가 되었다.

2-2 암흑 에너지(A)는 우주의 가속 팽창을 일으키는 원인으로 추정된다.

2-3 (1) 우주가 가속 팽창하기 위해서는 우주에 있는 물질의 중력과 반대 방향으로 작용하는 힘이 존재해야 한다. 우주 공간 자체의 에너지가 척력으로 작용한다고 여겨지며, 이를 암흑 에너지라고 한다.

(2) 우주를 팽창시키는 요소, 즉 암흑 에너지는 빈 공간에서 나오는 에너지이기 때문에 우주 크기가 작았던 초기보다 우주가 팽창하여 공간이 커진 현재에 그 비율이 더 크다.

(3) 현재 우주를 구성하는 지배적인 성분은 암흑 에너지인 A이다.

(4) 암흑 물질인 B의 존재는 나선 은하의 회전 속도 곡선, 중력 렌즈 현상 등을 통해 추정할 수 있다.

(5) 암흑 물질(B)은 빛을 방출하지 않아 보이지 않지만 질량이 있으므로 중력적인 방법으로 그 존재를 추정할 수 있는 물질을 말한다.

(6) 암흑 물질(B)은 눈에 보이지 않는 물질로, 전자기파를 방출하거나 흡수하지 않는다.

나선 만점 문제

318쪽~319쪽

- 01 ① 02 ① 03 ③ 04 ② 05 ⑤ 06 ①
07 ③ 08 ③

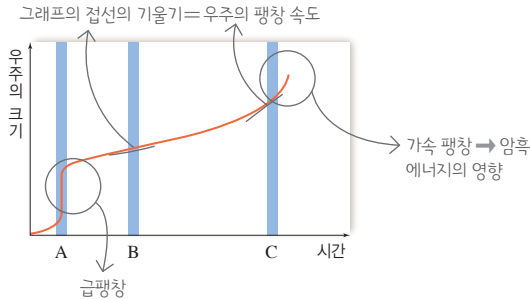
01 우주를 구성하는 물질과 에너지에는 암흑 에너지, 암흑 물질, 보통 물질이 있으며, A는 암흑 에너지, B는 암흑 물질이다.

ㄱ. 우주를 구성하는 물질과 에너지 중에서 가장 많은 양을 차지하는 것은 암흑 에너지로 약 68.3%를 차지한다.

▣ **바로알기** ▣ ㄴ. 현재 우주는 가속 팽창하고 있으며, 이는 암흑 에너지가 우주에 있는 물질의 중력과 반대인 척력으로 작용하기 때문으로 추정된다.

ㄷ. 성간 물질은 우주 공간에 존재하는 기체와 티끌 등의 물질로, 보통 물질에 해당한다.

02 **꼼꼼** 문제 분석



ㄱ. A 시기에 우주의 크기가 급격하게 증가하는 급팽창이 일어났다.

▣ **바로알기** ▣ ㄴ. 우주의 팽창 속도는 그래프의 접선의 기울기와 같다. 그래프에서 접선의 기울기는 $C > B$ 이므로 우주의 팽창 속도는 $C > B$ 이다.

ㄷ. 우주의 팽창에 미치는 암흑 에너지의 영향은 우주가 팽창하여 공간이 늘어날수록 커지므로 B 시기가 C 시기보다 작다.

03 ㄱ, ㄷ. 케플러 회전은 회전 중심으로부터의 거리가 멀어짐에 따라 회전 속도가 느려지는 회전으로, 태양계처럼 회전 중심에 질량의 대부분이 모여 있는 경우에 케플러 회전을 하게 된다. 그러나 우리은하의 실제 회전 곡선이 A와 같이 관측되는 것은 은하 중심에 대부분의 질량이 모여 있지 않고, 은하 원반은 물론 헤일로에도 많은 질량이 존재하기 때문이다. 그리고 이들 질량의 상당량이 암흑 물질로 여겨진다.

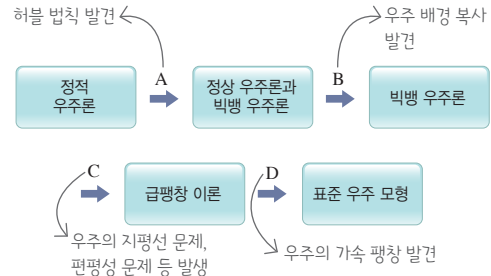
▣ **바로알기** ▣ ㄴ. 우리은하 질량의 대부분이 은하핵에 집중되어 있다면 우리은하의 회전 곡선은 B와 같아야 한다. 실제 우리은하의 회전 곡선이 A와 같이 나타나는 것은 우리은하 질량의 대부분이 은하핵에 집중되어 있지 않다는 증거이다.

04 ㄷ. 퀘이사의 빛이 굴절한 것은 퀘이사와 찬드라 우주 망원경 사이에 위치한 은하 C의 중력 때문이다. 은하 C의 관측 가능한 물질의 양을 이용해 계산한 중력의 크기보다 중력 렌즈 효과를 통해 계산한 중력의 크기가 더 클 경우, 은하 C 주위의 암흑 물질에 의한 중력 효과가 더해진 것으로 판단할 수 있으며, 이를 통해 암흑 물질의 양을 계산할 수 있다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. 이미지 A와 B는 동일한 퀘이사의 빛이므로 스펙트럼은 거의 동일하다.

ㄴ. 퀘이사의 빛이 굴절되는 것은 은하 C의 중력에 의한 것으로 은하 C의 광도가 크기 때문은 아니다.

05 **꼼꼼** 문제 분석



A. 허블 법칙이 발견(ㄷ)된 후 우주가 팽창한다는 사실이 밝혀져 정적 우주론은 팽창 우주의 개념을 포함해 정상 우주론으로 발전하였고, 정상 우주론과 빅뱅 우주론이 경쟁하게 되었다. B. 1965년 우주 배경 복사가 발견(ㄱ)되고 우주에서 수소와 헬륨의 질량비가 확인되면서 빅뱅 우주론이 경쟁에서 승리하였다. 그러나 C. 빅뱅 우주론은 우주의 지평선 문제, 우주의 편평성 문제(ㄷ) 등을 설명하지 못하였다. 이 문제들은 1979년 구스가 급팽창 이론을 제안하면서 해결되었다. 이후 D. 우주의 가속 팽창이 발견(ㄴ)되고, 가속 팽창을 설명하는 암흑 에너지까지 포함한 표준 우주 모형으로 우주의 상태를 설명하고 있다.

06 ㄱ. 그림에서 시간에 따른 우주 크기의 증가율은 점점 더 커진다. 이것은 우주의 팽창 속도가 점점 빨라지고 있음을 의미한다.

▣ **바로알기** ▣ ㄴ. 암흑 물질은 중력을 유발하지만 빛과 상호 작용하지 않는 물질이다. 그러나 암흑 에너지는 우주의 팽창 속도를 빨라지게 하는 에너지로, 중력과 반대되는 척력을 유발한다. 암흑 에너지의 근원은 진공 에너지라고 여겨진다.

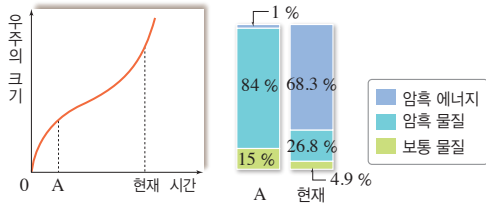
ㄷ. 가시광선으로 관측 가능한 물질은 빛과 상호 작용을 하는 물질인 보통 물질 중에서도 일부분에 해당한다. 따라서 가시광선으로 관측 가능한 물질의 양은 우주의 구성 물질 중 보통 물질의 비율인 4.9%보다 작고, 우주 구성 물질의 대부분을 차지하는 암흑 물질은 빛과 상호 작용하지 않으므로 중력에 의해서만 검출된다.

07 ㄱ. 초신성 관측을 통해 현재 우주가 가속 팽창하고 있음을 알게 되면서 과학자들은 중력에 반하여 우주를 팽창시키는 새로운 원동력으로 암흑 에너지를 들고 있다. 실제 우주에서 암흑 에너지의 양은 우주 구성 요소의 약 68.3%이며, 이 암흑 에너지의 작용으로 우주의 팽창 속도가 빨라지고 있는 것으로 보고 있다. 세 가지 우주 모형에서 암흑 에너지의 작용이 가장 우세한 것은 우주의 팽창 속도가 증가하는 A 모형이다.

ㄴ. 암흑 물질은 눈에 보이지 않으므로 정확한 양을 알 수 없지만 암흑 물질의 양이 많을수록 중력의 작용이 우세해지기 때문에 결국 우주는 다시 수축하는 모형을 따르게 된다. 따라서 우주에 분포하는 암흑 물질의 양이 가장 많은 모형은 우주의 크기가 팽창하다가 다시 수축하게 되는 C이다.

■ **바로알기** ㄷ. Ia형 초신성의 관측으로 과학자들은 현재 우주가 가속 팽창하고 있음을 알게 되었다. 따라서 앞으로 우주는 A 모형을 따라 팽창해 갈 것으로 전망된다.

08 꼭꼭 문제 분석



- 우주의 팽창 속도 = 접선의 기울기
- A 시점과 현재의 물리량 비교
- A 시점: 감속 팽창
- 현재: 가속 팽창
- 우주의 온도: A > 현재
- 우주의 밀도: A > 현재
- 암흑 에너지의 비율: A < 현재

ㄱ. 우주의 팽창 속도는 시간에 따른 크기 변화율인 접선의 기울기와 같다. 접선의 기울기 변화로 볼 때 현재 시점에서 우주는 팽창 속도가 점점 증가하고 있으므로 가속 팽창하고 있다.

ㄴ. 암흑 에너지의 비율은 A 시점일 때 1%, 현재는 68.3%이다.

■ **바로알기** ㄷ. 그림은 빅뱅 우주론에서의 시간에 따른 우주의 크기 변화를 나타낸 것이므로 현재보다 A 시점일 때 우주의 온도가 높다.

중단원 핵심 정리

320쪽~321쪽

- | | | | | |
|------------|------------|----------|---------|---------|
| ① 나선 | ② 막대 모양 구조 | ③ 불규칙 | ④ 전파 | ⑤ 적색 편이 |
| ⑥ 허블 | ⑦ 빅뱅 | ⑧ 증가 | ⑨ 감소 | ⑩ 감소 |
| ⑪ 우주 배경 복사 | ⑫ 지평선 | ⑬ 가속 팽창 | ⑭ 암흑 물질 | |
| ⑮ 중력 렌즈 | ⑯ 암흑 에너지 | ⑰ 암흑 에너지 | | |

중단원 마무리 문제

322쪽~323쪽

- | | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|------|------|
| 01 ⑤ | 02 ⑤ | 03 ① | 04 ④ | 05 ⑤ | 06 ③ |
| 07 해설 참조 | 08 해설 참조 | 09 해설 참조 | 10 해설 참조 | | |

01 꼭꼭 문제 분석

- 타원 은하
- 성간 물질이 적다.
- 대부분 붉은색의 늙은 별로 이루어져 있다.



(가) (나)

- 막대 나선 은하
- 나선팔 → 성간 물질이 많고 파란색의 젊은 별들이 주로 분포한다.
- 은하핵 → 붉은색의 늙은 별들이 주로 분포한다.

ㄴ. (가) 타원 은하에는 성간 물질이 거의 없고, 늙고 붉은색의 별이 많으며, (나) 막대 나선 은하의 나선팔에는 젊은 별이나 성간 물질이 주로 분포한다.

ㄷ. 새로운 별은 성간 물질이 모인 성운에서 만들어진다. (가) 타원 은하는 성간 물질이 거의 없고, (나) 막대 나선 은하의 원반에는 성간 물질이 많으므로 새로운 별은 (나)에서 잘 만들어진다.

■ **바로알기** ㄱ. (가)는 타원 은하이고, (나)는 막대 나선 은하이다.

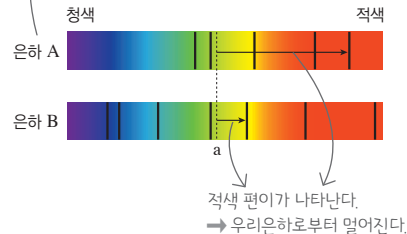
02 ㄱ. (가)는 세이퍼트 은하로 모양에 따라 분류할 경우 나선 은하에 해당한다. 세이퍼트 은하는 일반적인 나선 은하에 비해 중심부가 밝으며, 은하핵에서 넓은 방출 스펙트럼이 관찰된다.

ㄴ. 전파 은하인 (나)는 일반적인 타원 은하에 비해 방출되는 전파의 세기가 강한 특이 은하이다.

ㄷ. 퀘이사는 적색 편이가 매우 크게 나타나는 천체로, 매우 멀리 있기 때문에 강력한 에너지를 방출하는 은하임에도 불구하고 별처럼 점상으로 관측된다.

03 꼭꼭 문제 분석

- 은하 A와 B 비교
- 적색 편이량: A > B
- 후퇴 속도: A > B
- 은하까지의 거리: A > B



ㄱ. 은하 A와 B는 모두 화살표 길이만큼 파장이 길어졌으므로 적색 편이가 나타난다.

■ **바로알기** ㄴ. 적색 편이가 더 큰 A가 B보다 우리 은하로부터 먼 거리에 있다.

ㄷ. 관측자로부터 멀어지는 천체는 적색 편이를 나타내고, 관측자에게 가까워지는 천체는 청색 편이를 나타낸다. 따라서 은하 A와 B는 모두 우리은하로부터 멀어지고 있다.

04 ① 은하 A와 B는 모두 우리은하로부터 멀어지고 있으므로 적색 편이가 관측된다.

② 은하는 서로 멀어지고 있으므로 어느 은하에서 관측하더라도 적색 편이가 나타난다.

③ 우리은하와 거리가 20 Mpc인 은하 A가 1400 km/s로 멀어지고, 거리가 30 Mpc인 은하 B가 2100 km/s로 멀어지므로 허블 법칙($v = H \cdot r$)에 의해 허블 상수는 70 km/s/Mpc이다.

⑤ 모든 은하가 서로 멀어지고 있으므로 팽창하는 우주의 중심은 정할 수 없다.

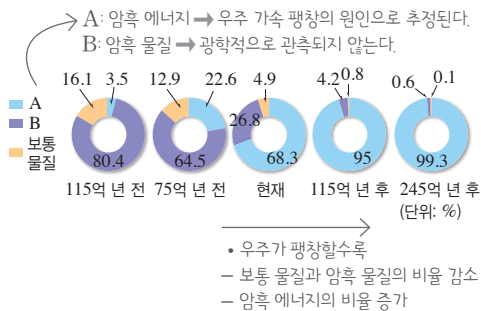
바로알기 ④ 은하 A와 B는 각각 1400 km/s, 2100 km/s로 멀어지고 있으므로 은하 B에서 은하 A를 관측하면 은하 A의 후퇴 속도는 3500 km/s로 관측된다.

05 ㄱ. Ia형 초신성은 겉보기 등급이 클수록 후퇴 속도가 크다. 따라서 Ia형 초신성은 겉보기 등급이 클수록 적색 편이가 크다.

ㄴ. Ia형 초신성을 관측하여 얻은 겉보기 등급이 일정한 속도로 팽창하는 우주 모형에서 예상한 겉보기 등급보다 더 크다. 즉, 더 어렵게 관측된다.

ㄷ. 후퇴 속도를 이용하여 가속 팽창하지 않는 우주에서 예상한 겉보기 등급보다 실제 관측한 초신성의 겉보기 등급이 더 크게 측정되었다. 이는 우주가 가속 팽창하지 않는다고 가정했을 때보다 초신성이 더 멀리 있다는 것을 의미하며, 우주가 가속 팽창하고 있음을 알려 준다.

06 **꼼꼼** 문제 분석



A는 암흑 에너지이고, B는 암흑 물질이다.

ㄱ. 주어진 자료를 보면 우주가 팽창할수록 보통 물질의 비율이 감소함을 알 수 있다.

ㄴ. 현재 우주에서 가장 큰 비중(68.3%)을 차지하는 A는 암흑 에너지로 중력과 반대 방향으로 작용하여 우주를 가속 팽창시키는 원인으로 추정되고 있다.

바로알기 ㄷ. B(암흑 물질)는 광학적으로 관측되지 않아 은하의 회전 속도 곡선이나 중력 렌즈 현상으로부터 그 존재를 추정한다.

07 허블은 외부 은하를 형태에 따라 타원 은하, 나선 은하, 불규칙 은하로 분류하였다. 나선 은하는 은하핵을 가로지르는 막대 모양의 구조가 있는 막대 나선 은하와 막대 모양의 구조가 없는 정상 나선 은하로 구분한다.

모범답안 (가) 은하핵과 나선팔이 있다.

(나) 막대 나선 은하는 은하핵을 가로지르는 막대 모양의 구조가 있고, 정상 나선 은하는 막대 모양의 구조가 없다.

채점 기준	배점
(가)와 (나) 모두 옳게 서술한 경우	100 %
(가)와 (나) 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

08 스펙트럼 (나)는 (가)에 비하여 흡수선이 붉은색 쪽으로 더 많이 이동하였다. 흡수선의 적색 편이량이 클수록 후퇴 속도가 빠르며, 후퇴 속도가 빠를수록 멀리 있는 은하이다.

모범답안 (나), (나)는 (가)보다 스펙트럼 흡수선의 적색 편이가 더 크게 나타나기 때문이다.

채점 기준	배점
(나)를 고르고, 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
(나)만 고르거나, 까닭만 옳게 서술한 경우	50 %

09 우주의 팽창 속도가 일정하다고 가정했을 때 우주의 나이는 허블 상수의 역수이다.

모범답안 우주의 나이는 허블 상수의 역수로 계산할 수 있다. 따라서 허블 상수 값이 현재의 $\frac{1}{2}$ 로 줄어든다면 우주의 나이는 2배로 늘어나 약 276억 년(=138억 년×2)이 될 것이다.

채점 기준	배점
우주의 나이를 허블 상수의 역수로 계산함을 언급하여 옳게 서술한 경우	100 %
'우주의 나이는 2배로 늘어난다'라고만 서술한 경우	50 %

10 빅뱅 우주론에서는 우주가 팽창하는 동안 우주의 총 질량에는 변화가 없고, 밀도와 온도는 감소한다. 정상 우주론에서는 우주가 팽창하는 동안 일정한 밀도와 온도를 유지하므로 새로운 물질이 계속 생겨나 질량이 증가한다.

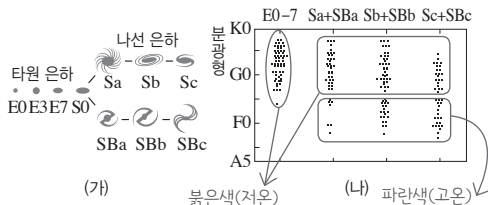
모범답안 빅뱅 우주론에서는 질량이, 정상 우주론에서는 밀도 또는 온도가 일정하다.

채점 기준	배점
두 우주론에서의 물리량을 옳게 서술한 경우	100 %
두 우주론 중 하나의 우주론에서의 물리량만 옳게 서술한 경우	50 %

1 ② 2 ④ 3 ② 4 ③ 5 ② 6 ③ 7 ④
8 ③

1 문제 분석

- 타원 은하
- 성간 물질이 적고 별들의 나이가 많다.
- 모양이 구에 가까운 것은 E0, 가장 납작한 것은 E7로 세분화였다.



- 나선 은하
- 막대 모양 구조의 유무에 따라 정상 나선 은하(S)와 막대 나선 은하(SB)로 구분된다.
- a → c로 가면서 은하 전체에 대한 은하 중심부의 비율이 작아지고 나선팔의 감김이 느슨해진다.

선택지 분석

- ✗ 타원 은하는 E0에서 E7로 갈수록 구에 가깝다. 납작해진다
- ✗ 타원 은하보다 나선 은하에서 붉은색 별의 비율이 더 높다. 낮다
- Ⓒ 나선 은하는 막대 모양 구조의 유무와 나선팔이 감긴 정도에 따라 세분한다.

전략적 풀이 1 타원 은하의 분류 기준을 떠올린다.

1. 타원 은하는 E0 → E7로 갈수록 은하의 모양이 납작해진다.
2. 타원 은하와 나선 은하의 구성원들을 파악한다.
나. 타원 은하는 나선 은하보다 스펙트럼형이 G형과 K형인 별이 많으므로 온도가 낮아 붉은색을 띠는 별들이 많다.
3. 나선 은하의 분류 기준을 떠올린다.
다. 나선 은하는 막대 모양 구조의 유무에 따라 정상 나선 은하와 막대 나선 은하로 분류하며, 나선팔이 감긴 정도와 은하핵의 상대적인 크기에 따라 a, b, c로 세분한다.

2 문제 분석



퀘이사 → 매우 멀리 있어 별처럼 보이지만 일반 은하의 수백 배 정도의 에너지를 방출하는 은하

거리(억 광년)	53
적색 편이량 ($z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0}$)	0.53
겉보기 등급	17.8

$$0.53 = \frac{\Delta\lambda}{400} = \frac{\lambda - 400}{400}$$

$$\lambda = 0.53 \times 400 + 400 = 612 \text{ nm}$$

선택지 분석

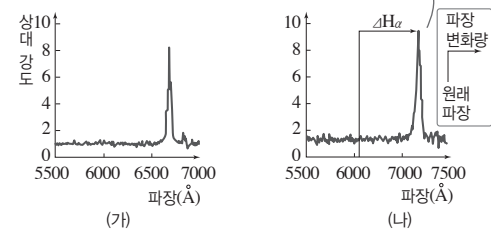
- ✗ 태양과 같은 하나의 별(항성)이다. 별이 아니다
- Ⓒ 도플러 효과가 없을 때 400 nm에서 나타났던 흡수선이 3 C 279에서는 약 612 nm에서 나타날 것이다.
- Ⓒ 현재로부터 53억 년 전 이전에 생성되었다.

전략적 풀이 1 퀘이사의 특성에 대해 떠올려 본다.

1. 퀘이사는 별(항성)처럼 보이지만 그 정체는 매우 강력한 에너지를 방출하는 은하의 핵이다. 퀘이사에서 강한 에너지가 방출되고 있는데도 퀘이사가 점상으로 보이는 것은 수십억 광년의 매우 먼 거리에 위치하기 때문이다.
2. 적색 편이가 나타날 때 파장의 길이 변화를 계산하는 방법을 파악한다.
나. 적색 편이량 z 는 $\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0}$ 를 의미하는데, 퀘이사 3C 279의 적색 편이량은 표에서 0.53이다. 도플러 효과가 없을 때 나타나는 흡수선의 파장을 λ_0 , 적색 편이된 파장을 λ 라고 하면, $0.53 = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} = \frac{\lambda - 400}{400}$ 이다. $\lambda = 0.53 \times 400 + 400 = 612$ 이므로, 3C 279에서는 이 흡수선이 612 nm에서 나타날 것이다.
3. 천체의 거리 단위 중 광년의 의미를 이해한다.
다. 지구로부터 3C 279까지의 거리가 53억 광년이므로 3C 279로부터 빛이 출발하여 지구까지 도달하는 데는 53억 년이 걸린다. 현재 이 퀘이사가 관측되고 있으므로 이 퀘이사는 적어도 53억 년 전 이전에 생성되었다.

3 문제 분석

적색 편이가 크다 → 후퇴 속도가 빠르다 → 멀리 있다.



- 세이퍼트 은하 → 가시광선 영역에서 대부분 나선 은하로 분류

- 퀘이사 → 지구로부터 매우 멀리 있으므로 가시광선 사진에서 은하의 형태를 구분하기 어렵다.

선택지 분석

- ✗ (가)는 퀘이사이다. 세이퍼트 은하
- ✗ 허블의 은하 분류 체계에 의하면 (가)는 대부분 나선 은하, (나)는 타원 은하로 분류된다. 구분이 어렵다
- Ⓒ 우리은하로부터 거리는 (가)보다 (나)가 더 멀다.

❗ 전략적 풀이 ❗ ① 세이퍼트은하와 퀘이사의 특성을 파악한다.

ㄱ. (가)는 방출선의 폭이 일반 은하보다 훨씬 넓고 광학적으로 대부분 나선 은하로 관측되는 세이퍼트은하이고, (나)는 보통 은하보다 훨씬 작고 매우 멀리 있어 별처럼 관측되며 매우 큰 적색 편이가 나타나는 퀘이사이다.

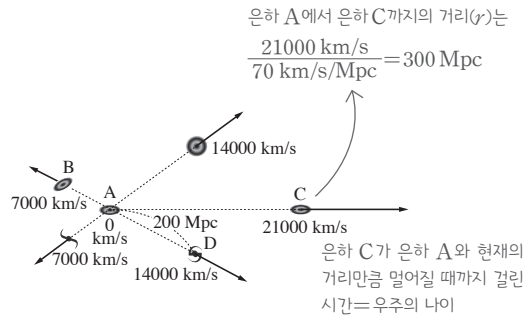
② 허블의 은하 분류 체계에서 분류 기준을 생각해 본다.

ㄴ. 세이퍼트은하는 가시광선 영역에서 대부분 나선 은하로 분류되지만, 퀘이사는 지구로부터 매우 멀리 있으므로 가시광선 사진에서 은하의 형태를 구분하기 어렵다.

③ 허블 법칙과 도플러 효과를 함께 파악한다.

ㄷ. 적색 편이가 클수록 후퇴 속도가 빠르며, 후퇴 속도가 빠를수록 우리은하로부터 멀리 있다. 따라서 (가)보다 (나)가 우리은하로부터 멀리 있다.

4 **꼼꼼** 문제 분석



허블 법칙($v = H \cdot r$)에서 허블 상수(H)는

$$\frac{14000 \text{ km/s}}{200 \text{ Mpc}} = 70 \text{ km/s/Mpc}$$

❗ 선택지 분석 ❗

- ㉠ 은하 A에서 C까지의 거리는 약 300 Mpc이다.
- ㉡ 은하 B에서 보면 D는 적색 편이가 나타난다.
- ㉢ 은하 C가 A로부터 멀어지는 동안 걸린 시간은 우주의 나이에 해당한다.

❗ 전략적 풀이 ❗ ① 허블 법칙을 이용하여 은하의 거리를 구하는 방법을 파악한다.

ㄱ. 은하 A에서 D까지의 거리가 200 Mpc이고, 후퇴 속도가 14000 km/s이므로 허블 법칙($v = H \cdot r$)에서 허블 상수(H)는 $\frac{14000 \text{ km/s}}{200 \text{ Mpc}} = 70 \text{ km/s/Mpc}$ 이다. 따라서 은하 A에서 은하 C까지의 거리(r)는 $\frac{21000 \text{ km/s}}{70 \text{ km/s/Mpc}} = 300 \text{ Mpc}$ 이다.

② 도플러 효과에서 적색 편이가 일어나는 경우를 파악한다.

ㄴ. 은하 B에서 보면 은하 D는 21000 km/s의 속도로 후퇴하고 있으므로 적색 편이가 나타난다.

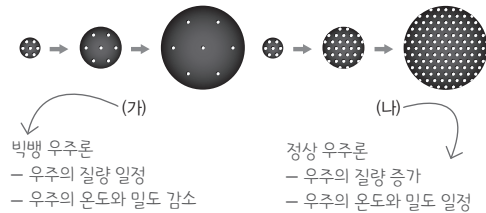
③ 허블 법칙을 이용하여 우주의 나이를 구하는 방법을 이해한다.

ㄷ. 은하 A와 C는 한 점에 모여 있어 거리가 0이었다가 빅뱅 이후 서로 멀어졌으므로, 은하 C가 은하 A와 현재의 거리만큼 멀어질 때까지 걸린 시간은 우주의 나이와 같다.

5 **꼼꼼** 문제 분석

(가), (나) 모두 우주의 팽창을 전제로 하고 있다.

→ 허블 법칙이 적용된다.



❗ 선택지 분석 ❗

- ㉠ 우주의 질량이 증가하는 모형은 (가)이다. (나)
- ㉡ 우주의 온도가 일정하게 유지되는 모형은 (나)이다.
- ㉢ 허블 법칙은 (가)의 우주 모형에만 적용된다. (가), (나)

❗ 전략적 풀이 ❗ ① 빅뱅 우주론과 정상 우주론의 특징을 생각해 본다.

ㄱ. (가)는 빅뱅 우주론, (나)는 정상 우주론이다. 빅뱅 우주론에서는 우주가 팽창하는 동안 우주의 질량이 일정하게 유지된다. 정상 우주론에서는 우주가 팽창하면서 생겨난 공간에 새로운 물질이 계속 생성되므로 우주의 질량이 증가한다.

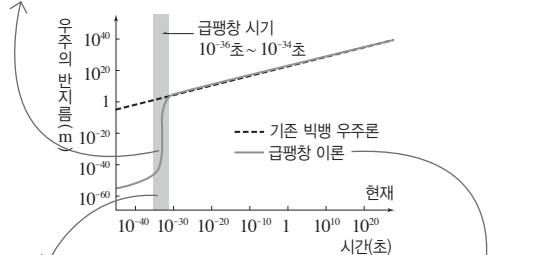
ㄴ. 빅뱅 우주론에서는 우주의 온도가 점점 낮아지고, 정상 우주론에서는 일정하게 유지된다.

② 두 우주론과 허블 법칙의 관계에 대해 파악한다.

ㄷ. 빅뱅 우주론과 정상 우주론 모두 우주의 팽창을 전제로 하고 있으므로 허블 법칙이 적용된다.

6 **꼼꼼** 문제 분석

우주 초기에 급격한 팽창이 이루어졌다면 우주의 반지름은 커지게 되며, 곡률은 작아져 0에 가까워진다.



우주 초기에 급팽창이 일어났다.

빅뱅 우주론에서 설명하지 못한 몇 가지 문제를 설명함으로써 빅뱅 우주론을 보완한 이론

선택지 분석

- ☒ ㉠ 우주 초기에 급팽창이 일어났다.
☒ ㉡ 빅뱅 우주론보다 정상 우주론에 가깝다. 빅뱅 우주론에 가깝다
☒ ㉢ 급팽창 이전보다 이후에 우주의 곡률이 더 작아졌다.

전략적 풀이 ① 급팽창 이론의 정의를 파악한다.

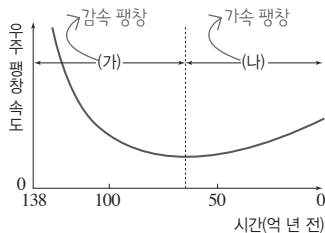
ㄱ. 급팽창 이론은 우주가 탄생한 후 10^{-36} 초~ 10^{-34} 초 사이에 빛보다 빠른 속도로 급팽창하였다는 이론이다.

② 급팽창 이론의 등장 배경이나 특징에 대해 생각해 본다.

ㄴ. 급팽창 이론은 빅뱅 우주론에서 설명하지 못한 몇 가지 문제를 우주 초기에 일어난 급팽창을 이용해 설명함으로써 빅뱅 우주론을 보완한 이론이다. 즉, 급팽창 이론에서도 우주는 빅뱅으로 시작한 후 계속 팽창하면서 우주의 밀도가 점점 작아진다는 것을 전제로 한다. 팽창 과정에서 새로운 물질이 생성되지 않으므로 급팽창 이론은 정상 우주론보다는 빅뱅 우주론에 가깝다.

ㄷ. 급팽창 이론에서는 우주가 급격한 팽창이 일어나면 우주 공간은 더 편평해지며, 이로 인해 우주의 곡률은 점점 0에 가까워진다고 주장한다.

7 **꼼꼼** 문제 분석



- 우주의 팽창은 중력과 반대 방향으로 작용하는 암흑 에너지 때문
- 가속 팽창하는 (나) 시기가 감속 팽창하는 (가) 시기보다 암흑 에너지의 영향이 더 크게 작용하였다.

선택지 분석

- ☒ ㉠ (가) 시기에 우주는 수축하였다. 팽창
☒ ㉡ (나) 시기에 우주는 가속 팽창하였다.
☒ ㉢ 암흑 에너지의 영향은 (가)보다 (나) 시기에 컸다.

전략적 풀이 ① 그래프를 통해 우주 팽창의 속도 변화 경향을 해석해 본다.

우주의 팽창 속도는 시기에 따라 달랐으며 빅뱅 이후에 가장 크고 그 이후 감소하다가 다시 증가하는 경향을 보인다.

ㄱ. (가) 시기에 우주의 팽창 속도가 감소하고 있으나 우주는 여전히 팽창하고 있다.

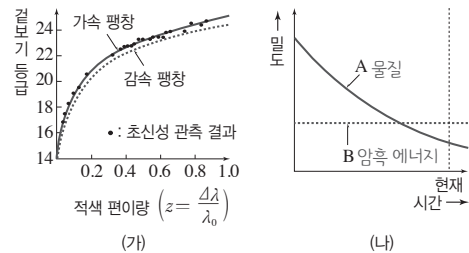
ㄴ. (나) 시기에 우주의 팽창 속도는 점점 증가하고 있으므로 우주는 가속 팽창하고 있다.

② 암흑 에너지의 본질에 대해 파악한다.

ㄷ. 우주의 가속 팽창은 중력과 반대 방향으로 작용하는 암흑 에너지 때문으로 추정된다. 따라서 우주의 팽창 속도가 증가하는 (나) 기간이 우주의 팽창 속도가 감소하는 (가) 기간보다 암흑 에너지의 영향이 더 크게 작용한다.

8 **꼼꼼** 문제 분석

절대 등급이 일정한 Ia형 초신성은 감속 팽창하는 우주보다 가속 팽창하는 우주에서 더 멀리 위치한다. → 더 어렵게 관측되므로 겉보기 등급이 크게 나타난다.



- 암흑 에너지의 밀도는 시간에 따라 일정
 → 우주는 팽창하여 부피가 계속 증가
 → 암흑 에너지의 양은 계속 증가

선택지 분석

- ☒ ㉠ 현재 우주는 가속 팽창하고 있다.
☒ ㉡ 현재 우주의 팽창 속도는 A보다 B의 영향을 많이 받는다.
☒ ㉢ 앞으로 우주 전체에서 B의 양은 일정하게 유지된다. 증가한다

전략적 풀이 ① Ia형 초신성 관측을 통해 우주의 가속 팽창을 밝힌 과정에 대해 생각해 본다.

ㄱ. 절대 등급이 일정한 Ia형 초신성은 감속 팽창하는 우주보다 가속 팽창하는 우주에서 더 멀리 위치하고 있어야 하므로 더 어렵게 관측되어 겉보기 등급이 크게 나타난다. (가)에서 초신성의 관측 결과는 가속 팽창하는 우주 모형과 일치하므로 현재 우주는 가속 팽창하고 있다고 할 수 있다.

② 우주의 가속 팽창에서 암흑 에너지의 역할에 대해 파악한다.

ㄴ. 우주가 팽창하면서 물질의 밀도는 감소하나, 암흑 에너지의 밀도는 일정하게 유지된다. 따라서 A는 물질이고 B는 암흑 에너지이다. 암흑 에너지는 우주에 널리 퍼져 있으며 척력으로 작용해 우주를 가속 팽창시키는 역할을 한다. 반대로 물질은 끌어당기는 힘을 작용하여 팽창을 억제하는 역할을 하고 있다. 현재 우주는 가속 팽창하고 있으므로 물질보다 암흑 에너지의 영향을 많이 받고 있다.

③ 우주의 팽창에 따라 암흑 에너지의 양은 어떻게 변하겠는지 생각해 본다.

ㄷ. 암흑 에너지의 밀도는 시간에 따라 일정하게 유지되는데 우주는 팽창하여 부피가 계속 커지므로 우주 전체에서 암흑 에너지의 양은 계속 증가하게 된다.

Memo



A large, blank white rectangular area with horizontal dashed lines, intended for writing a memo. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. The bottom right corner of the white area is rounded.