하이라이트
지학사

# 개념풀 문제편

지구과학 I

## 정답과 해설



# 정답과 해설 사용 설명서

### + 명쾌한 해설 +

문제에 대한 정답과 명쾌한 해설을 제공하여 문제를 풀면서 개념을 다질 수 있도록 하였어요.

### + 오답 풀이 +

선택지의 진술이 왜 그른지를 쉽고 명확하게 설명하여 학교 시험에서 실수를 줄일 수 있어요.

### + 자료 분석 +

제시된 자료를 심층 분석하여 개념을 완벽하게 이해할 수 있어요.

# 개념풀 문제편

지구과학 I

## 정답과 해설

# Ⅰ 고체 지구

## 01 판 구조론과 대륙 분포의 변화

### 내신 완성 핵심Q

007쪽

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

17 (1) 많아, 길어 (2) 연약권 18 (1) 해령 (2) 해설 참조
19 (1) 수렴형 경계 (2) 해설 참조

**01** ㄱ. 두 대륙이 갈라졌으므로 두 대륙 사이에 발산형 경계인 해령이 발달돼 있다.
ㄴ. 두 대륙이 갈라져 이동하였으므로, 마주보는 해안선의 모양이 비슷하다.
ㄷ. 두 대륙이 과거에 하나로 붙어 있었으므로 고생대 말기의 화석 분포가 연속성을 보인다.

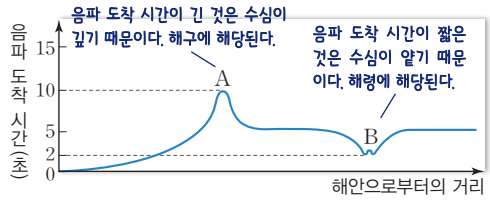
**02** ㄴ. 떨어진 두 대륙에서 같은 종의 육상 파충류 화석이 발견되는 것으로 보아 이 생물이 번성할 당시 대륙은 붙어 있었다.
ㄷ. 과거에 두 대륙이 붙어 있었다면 두 대륙에서는 서로 잘 연결되는 지질 구조가 발견될 수 있다.
[ 오답 풀이 ] ㄱ. 사이노그나투스는 육상 파충류이므로 바다를 건널 수 없다.

**03** ㄱ. 그림 (나)와 같이 고생대 말기에 하나의 대륙으로 합쳐졌던 초대륙을 판게아라 한다.
ㄴ. 인도 대륙은 남극 부근에 있었다가 이후 판의 이동에 의해 적도를 지나 북반구까지 북상하여 유라시아 대륙과 충돌하였으므로 한때 적도에 위치한 적이 있었다.
[ 오답 풀이 ] ㄷ. 고생대 말기에 남극 근처에 빙하가 크게 분포하였다가 이후 대륙이 분열하였으므로 현재 적도 부근에 빙하 흔적이 넓게 분포한다.

**04** ④ B는 맨틀 대류의 하강부이므로 해양 지각이 맨틀 속으로 들어가 소멸한다.
[ 오답 풀이 ] ① A는 맨틀 대류의 상승부이고, B는 맨틀 대류의 하강부이다.
② 맨틀 대류의 상승부인 A에서는 해양 지각이 생성되고, 맨틀 대류의 하강부인 B에서는 해양 지각이 소멸한다.
③ A에서는 해양 지각이 발산하므로 양쪽에서 잡아당기는 장력이 작용한다.
⑤ 홈스의 맨틀 대류설은 맨틀 대류의 증거를 제시하지 못해 발표 당시 많은 지지를 받지 못하였다.

**05**

[ 자료 분석 ]




ㄱ. A 지점에서 음파가 해저에서 반사되어 되돌아오는 데 걸린 시간이 10초이므로 절반으로 나누어 음파 속도 1500 m/s를 곱해 주면 수심은 약 7500 m이다.
[ 오답 풀이 ] ㄴ. B 지점은 수심이 얕은 곳으로 해령과 열곡의 형태가 나타난다. 해령에서는 해양 지각이 생성된다.
ㄷ. 음파의 도착 시간이 길수록 수심이 깊다. A에서 B로 갈수록 음파 도착 시간이 짧아지므로 수심이 대체로 얕아진다.

**06** ⑤ A 지점의 고지자기는 역자극기이므로 현재의 정자극기와 지구 자기장의 방향이 반대이다. 따라서 A가 형성될 때 지구 자기장의 방향은 현재와 반대이다.
[ 오답 풀이 ] ① 해양 지각은 해령에서 생성되어 양쪽으로 발산하므로 A의 해양 지각은 서쪽으로 이동한다.
② A와 B 지점이 해령에서 현재 위치까지 이동하는 동안 지구 자기장의 방향은 각각 3번씩 바뀌었으므로 A와 B 지점은 같은 시기에 생성되었다.
③ A와 B는 같은 시기에 생성되었지만 해령으로부터 이동한 거리는 A가 B보다 멀다. 따라서 해양저의 확장 속도는 (가)가 (나)보다 빠르다.
④ 고지자기의 줄무늬는 (가)와 (나) 모두 해령을 중심으로 거의 대칭이다.

**07** ㄱ. 해양 지각의 나이가 B에서 가장 적고, B에서 양쪽으로 가면서 해양 지각의 나이가 점점 많아지므로 B에는 해령이 위치한다. 해령의 하부에는 맨틀 대류의 상승류가 있다.
ㄷ. B에서 C로 갈수록 해령에서 멀어지므로 해양 지각의 나이가 많아지며, 해저에 오랜 세월 동안 있었으므로 해저 퇴적물의 두께가 두꺼워진다.
[ 오답 풀이 ] ㄴ. B 지점에 해령이 위치하므로 A에서 해령인 B로 갈수록 수심이 대체로 얕아진다.

**08** ㄱ. 지각과 맨틀 최상부의 단단한 부분을 포함하는 암석권을 판이라고 한다.
ㄴ. B는 판 아래에 위치한 연약권으로, 맨틀의 대류가 일어난다.
[ 오답 풀이 ] ㄷ. 연약권은 부분 용융 상태의 유동성이 있는 고체이므로 맨틀의 대류는 매우 느리게 일어난다.

**09** ㄱ. (가)는 대륙 이동설이다. 베게너는 대륙 이동설을 주장하였지만 대륙 이동의 원동력을 설명하지 못하였다.

[ 오답 풀이 ] ㄴ. (나)는 맨틀 대류설이다. 음향 측심법의 발달로 해저 지형이 밝혀진 것은 해저 확장설이 등장할 수 있는 근거를 마련해 주었다.
ㄷ. (다)는 해저 확장설로 해령에서 생성된 해양 지각이 해구에서 침강하여 소멸한다는 주장이다.

**10** ㄴ. 자북극은 자북극의 이동 경로를 따라 변하였으므로 5억 년 전부터 현재까지 자북극의 위치는 계속 변하였다.
ㄷ. 자북극은 하나이므로 자북극의 위치를 겹쳐 보면 대륙의 이동 경로를 추정할 수 있다.
[ 오답 풀이 ] ㄱ. 지질 시대에도 자북극은 하나였다. 자북극의 이동 경로가 두 개인 것은 두 대륙이 이동하였기 때문이다.

**11** ㄱ. 1920~2015년까지 자북극의 위치는 진북에 점점 가까워졌다.
[ 오답 풀이 ] ㄴ. 이 기간 동안 A 지점은 자북극 부근에 있었으므로 복각이 0°인 시기는 없었다. 복각이 0°인 곳은 자기 적도이다.
ㄷ. 1920~2005년까지는 자북극이 A 지점에 점점 가까워졌으므로 복각이 커졌고, 2005~2015년에는 자북극이 점점 멀어졌으므로 복각의 크기는 점점 작아졌다.

**12** ⑤ 자침과 수평면이 이루는 각인 복각의 크기는 자북극에서 +90°이다. 따라서 고지자기 복각이 +90°이면 암석이 생성될 당시 그 지점은 자북극이었다.
[ 오답 풀이 ] ① 복각이 0°인 지점을 자기 적도라고 한다. 지구 자기의 축은 지구의 자전축과 일치하지 않으므로 자기 적도는 적도와 일치하지 않는다.
② 복각은 자침이 수평면과 이루는 각이다.
③ 나침반의 N극이 가리키는 지구 자기의 북극은 S극에 해당한다.
④ 암석 속에 기록된 고지자기는 오랜 시간이 흘러도 그대로 남아 있다.

**13** ㄱ. A는 동태평양 해령이 있는 곳으로 발산형 경계이고, B는 칠레 해구가 발달한 곳으로 수렴형 경계이다.
ㄷ. C는 산안드레아스 단층으로 변환 단층에 해당된다. 변환 단층에서는 판이 생성도 소멸도 하지 않는다.
[ 오답 풀이 ] ㄴ. B는 섭입대가 발달하는 수렴형 경계이다. 발산형 경계에서는 맨틀 대류가 상승하고, 수렴형 경계에서는 맨틀 대류가 하강한다. B는 수렴형 경계이므로 맨틀 대류가 하강한다.

**14** ⑤ 해령에서 생성된 해양 지각은 해구에서 소멸하므로, 지구 대륙 전체의 표면적은 대체로 일정하게 유지된다.
[ 오답 풀이 ] ① 고생대 말에 생성된 판게아는 가장 최근에 생성된 초대륙이다.
② 초대륙이 분리되면서 대서양은 점점 넓어지고 있다.
③ 대륙이 분리하기 시작하면 발산형 경계인 열곡대가 발달한다.
④ 약 2억 년 후에는 새로운 초대륙이 형성될 것으로 알려져 있다.

**15** 초대륙 로디니아가 분리되었다가 다시 판게아를 형성하였고, 그 이후 다시 분리하여 지금과 같은 대륙 분포가 되었다.

**16** ㄴ. C 대륙은 인도 대륙이다. 인도 대륙은 남반구에서 적도를 통과하여 북반구로 이동하였으므로, 복각의 크기가 0°인 자기 적도를 지나갔다.
[ 오답 풀이 ] ㄱ. 고생대 말과 중생대 말 사이에 A, B 대륙이 분리되었으므로 두 대륙 사이에는 발산형 경계인 해령이 발달한다.
ㄷ. 북반구에서 대륙의 넓이는 현재가 고생대 말보다 넓다.

**17** (1) 해양 지각은 해령에서 생성되어 양쪽으로 발산하므로 해령에서 멀어질수록 나이가 많아지고 수심이 깊어진다. 따라서 음파의 왕복 시간도 길어진다.
(2) 판을 이동시키는 힘은 연약권에서 일어나는 맨틀의 대류이다.

**18** (2) |모범 답안| 대양의 중심부는 음파의 왕복 시간이 짧으므로 수심이 얕고, 중심부에서 양쪽으로 가면서 왕복 시간이 길어지는 것으로 보아 수심이 점점 깊어지기 때문이다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 음파의 왕복 시간과 수심의 분포를 통해 옳게 서술한 경우 | 100 |
| 음파의 왕복 시간 언급 없이 서술한 경우 | 50 |

**19** (1) 발산형 경계가 발달해 있으면 시간이 지남에 따라 대양이 넓어지고 수렴형 경계가 발달해 있으면 대양이 좁아진다. (가)에서 (나)로 가면서 대서양이 좁아졌으므로 수렴형 경계가 발달해 있을 것이다.
(2) |모범 답안| (가)에서 (나)로 가면서 대서양의 면적이 줄어들고 대서양 양쪽의 대륙이 가까워지고 있으므로 대서양에는 수렴형 경계가 발달해 있을 것이다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 대서양의 면적 변화로 옳게 서술한 경우 | 100 |
| 대서양의 면적 변화 언급 없이 서술한 경우 | 50 |

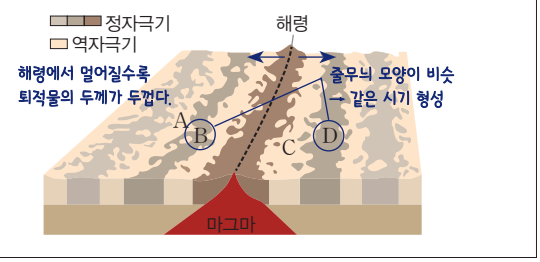
## 1등급 공략 핵심Q

011쪽

01 ⑤ 02 ② 03 ④ 04 ⑤

**01**

[ 자료 분석 ]




ㄴ. B와 D는 줄무늬 색깔이 같고 해령으로부터 같은 거리만큼 떨어져 있으므로 B와 D의 해양 지각은 비슷한 시기에 생성되었다.

ㄷ. A~D 중 해령으로부터 가장 멀리 떨어져 있는 지점은 A이므로 해저 퇴적물의 두께는 A에서 가장 두껍다.

[ 오답 풀이 ] ㄱ. A는 역자극기이므로 A가 생성될 때 지구 자기장의 방향은 현재와 반대였다.

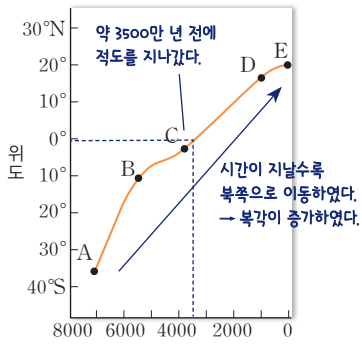
**02** ㄴ. 복각의 크기는 자기 적도에서 자북극으로 갈수록 증가한다. 따라서 자기 적도인 B에서 A로 갈수록 자북극에 가까워지므로 복각이 증가한다.

[ 오답 풀이 ] ㄱ. (나)에서 자기력선은 지면과 50°의 각을 이루므로 (나)에서 측정한 복각은 +50°이다. 따라서 A 지점의 모습이다. B는 자기 적도이므로 복각이 0°이다.

ㄷ. 자북극의 위치가 변하면 자남극과 자기 적도의 위치도 변한다.

**03**

[ 자료 분석 ]




ㄴ. 이 기간에 인도 대륙은 남반구에서 북반구로 이동하였으므로 자기 적도를 통과하였으며, 자기 적도에서 복각의 크기는 0°이다.

ㄷ. 인도 대륙은 점차 북상하여 유라시아판과 충돌하였으므로 인도 대륙과 유라시아판 사이에는 수렴형 경계가 발달한다.

[ 오답 풀이 ] ㄱ. 복각의 크기는 자북극으로 갈수록 증가한다.

**04** ㄱ. 이 지역은 해양판인 인도-오스트레일리아판이 대륙판인 유라시아판 아래로 섭입되는 지역이므로 수렴형 경계인 해구가 발달한다.

ㄴ. 인도-오스트레일리아판이 유라시아판 아래로 섭입하므로 섭입대는 유라시아판 아래에 놓인다.

ㄷ. 판의 두께는 아래로 섭입하는 인도-오스트레일리아 해양판이 대륙판인 유라시아판보다 얇다.

## 02 판 이동의 원동력과 마그마 활동

### 내신 완성 핵심Q

013쪽

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

**15** (1) A: 현무암질 마그마, B: 현무암질 마그마 (2) 해설 참조

**16** (1) A: 화산암, B: 심성암 (2) 해설 참조

**01** ④ C는 해령에서 판을 밀어내는 힘이다. 해령은 맨틀 대류가 상승하는 곳이므로 C에서는 해령에서 멀어지는 방향으로 판을 밀어내는 힘이 작용한다.

[ 오답 풀이 ] ① 판 구조론에서 판을 움직이는 힘은 맨틀 대류이다.

② A는 섭입하는 판이 잡아당기는 힘이다. 섭입대에서는 침강하는 판 자체의 무게가 판 전체를 잡아당기는 힘으로 작용한다.

③ B에서는 해저면 경사에 의해 판이 미끄러지는 힘이 작용한다.

⑤ 해령과 섭입대에서는 맨틀 대류로 판 자체에서 만들어지는 물리적인 힘이 맨틀 대류와 함께 작용하여 판을 이동시킨다.

**02** ㄱ. (나)에서 오스트레일리아판은 오른쪽으로 이동하여 다른 판의 아래로 섭입하므로 섭입대가 발달해 있다.

ㄴ. (가)에서 남아메리카 대륙이 포함된 판은 해령에서 생성되어 양쪽으로 갈라져 이동하고 있으므로 해령에서 밀어내는 힘을 받는다.

ㄷ. 섭입대가 발달하는 오스트레일리아판은 섭입대가 발달하지 않는 남아메리카판보다 빠르게 움직인다.

**03** ㄷ. 해양 지각은 해령에서 생성되어 양쪽으로 발산하므로 해령에서 멀리 떨어진 곳일수록 해양 지각의 연령이 많다. E는 D보다 해령에서 멀리 떨어져 있으므로 해양 지각의 연령이 많다.

[ 오답 풀이 ] ㄱ. 그림에서 판의 경계는 해령과 변환 단층이다. 해령과 변환 단층은 이어져서 판의 경계를 형성한다. 따라서 이 지역에는 두 개의 판이 있다.

ㄴ. 판의 경계인 변환 단층(B)과 해령(C)에서는 천발 지진이 활발하게 일어난다. 하지만 A는 판의 경계가 아니므로 지진이 활발하게 일어나지 않는다.

**04** ② B는 해양판인 나스카판과 대륙판인 남아메리카판이 만나는 경계이다. 해양판과 대륙판이 수렴하면 밀도가 큰 해양판이 대륙판의 아래로 섭입하면서 경계 부분에 해구가 발달한다.

[ 오답 풀이 ] ① A는 해령과 해령 사이에 발달한 변환 단층이다. 변환 단층에서는 지진은 활발하지만 화산 활동은 일어나지 않는다.

③ C는 해령이다. 해령에서는 천발 지진이 활발하며, 심발 지진은 거의 일어나지 않는다.

④ 해양 지각은 해령에서 생성되어 해구에서 소멸된다. A는 해령 부근에 발달한 변환 단층이고, B는 해구, C는 해령이므로 지각의 연령은 B가 가장 많다.

⑤ 남아메리카판은 대륙판이고, 나스카판은 해양판이다. 밀도는 해양판이 대륙판보다 크다.

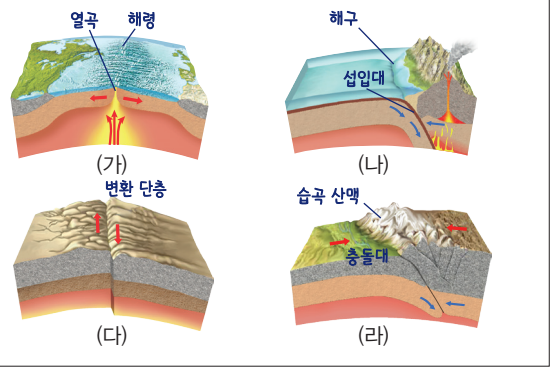
**05** ㄱ. A는 해양판과 대륙판이 만나는 판의 수렴형 경계이다. 해양판과 대륙판이 만나는 수렴형 경계에서는 해양판이 대륙판의 아래로 섭입되는 과정에서 마그마가 생성되므로 화산 활동이 활발하다.

[ 오답 풀이 ] ㄴ. B는 해령이다. 해령에서는 해양판이 생성되어 양쪽으로 발산한다. 습곡 산맥은 수렴형 경계에서 발달한다.

ㄷ. C는 아라비아판과 유라시아판이 수렴하는 판의 수렴형 경계이다.

## 06

[ 자료 분석 ]




⑤ (다)는 보존형 경계인 변환 단층이며, (라)는 수렴형 경계이다.

[ 오답 풀이 ] ① (가)는 발산형 경계인 해령이다. 해령에서 발생하는 천발 지진은 주로 해령 아래에 있는 마그마의 활동과 판의 갈라짐에 의해 발생한다.

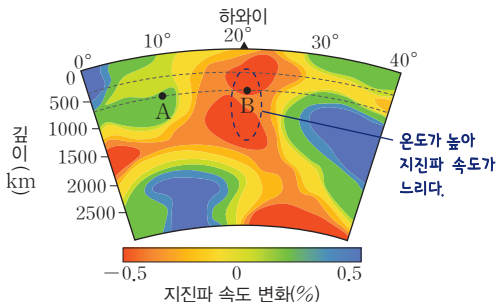
② (나)는 수렴형 경계 중 섭입대가 발달하는 곳이다. 이곳에서는 섭입하는 판의 경계를 따라 지진이 발생하므로 천발 지진과 함께 심발 지진이 활발하다.

③ (라)는 대륙판의 충돌로 습곡 산맥이 형성되는 곳이다.

④ 해령과 섭입대에서는 화산 활동이 활발하다.

## 07

[ 자료 분석 ]




ㄴ. 지구 내부에서 온도가 높은 곳일수록 강성이 낮아져 지진파의 속도가 느려진다. 지진파의 속도는 A보다 B에서 느리므로 지구 내부의 온도는 A보다 B에서 높다.

ㄷ. 하와이 아래쪽에 붉은색으로 표시된 지진파의 속도가 느린 부분이 있다. 이곳은 주위보다 온도가 높은 곳이므로 플룸 상승류가 있는 곳이다.

[ 오답 풀이 ] ㄱ. 파란색으로 표시될수록 지진파의 속도가 빠른 곳이며, 붉은색으로 표시될수록 지진파의 속도가 느린 곳이다. A는 초록색, B는 붉은색으로 표시되어 있으므로 지진파의 속도는 A보다 B에서 느리다.

**08** ㄱ. 해령에서 멀리 이동하여 냉각된 판이 섭입되어 쌓이게 되면 차가운 플룸을 형성하여 맨틀 하부까지 가라앉는다.

ㄴ. 뜨거운 플룸은 맨틀과 핵의 경계에서부터 상부 맨틀까지 상승하여 맨틀 전체를 통과하는 기둥을 형성한다.

ㄷ. 하강하는 차가운 플룸이 핵과 맨틀의 경계 부분까지 가라앉으면 이 충격으로 다른 곳에서 뜨거운 플룸이 상승한다.

**09** ㄱ. 화산 활동은 열점이 위치한 곳에서 일어나므로, 현재 열점이 위치한 하와이섬에서만 일어난다.

ㄷ. 카우아이섬도 현재 하와이섬이 있는 곳에서 화산 활동으로 생성된 후 태평양판의 이동에 의해 이동한 것이므로 암석의 연령은 카우아이섬이 하와이섬보다 많다.

[ 오답 풀이 ] ㄴ. 태평양판이 이동하여도 판 아래에 있는 열점은 이동하지 않지만 화산 활동으로 생성된 섬인 하와이섬은 판 위에 놓여 있으므로 판의 이동 방향으로 이동한다.

**10** ㄱ. 가열된 잉크는 주위의 찬물보다 밀도가 작아지므로 상승하며, 이때 주변의 찬물을 뚫고 상승하므로 기둥 모양으로 상승한다.

ㄴ. 과정 3에서 상승하는 잉크는 뜨거운 플룸이 상승하는 플룸 상승류에 해당한다.

[ 오답 풀이 ] ㄷ. 이 실험은 플룸 구조론에서 설명하는 플룸 상승류를 알아보기 위한 실험이다.

**11** ㄱ. 물이 포함된 화강암의 용융 곡선은 깊이 약 30 km 부근에서 지하의 온도 분포 곡선과 만나므로 지하 약 30 km 아래쪽에서는 화강암이 용융된 상태로 존재한다.

[ 오답 풀이 ] ㄴ. 현무암의 용융 곡선이 지하의 온도 분포 곡선과 만나지 않으므로 일반적으로 현무암은 지하에서 용융되지 않아 고체 상태로 존재하며, 특별한 조건이 있는 경우에만 현무암이 녹아 마그마가 생성된다.

ㄷ. 물이 포함된 현무암의 용융 곡선은 물이 포함되지 않은 현무암의 용융 곡선보다 온도가 낮게 나타나므로 지하에서 물이 포함되어 있는 현무암은 물이 포함되지 않은 현무암보다 쉽게 녹는다.

**12** ㄱ. 해양판이 대륙판 아래로 섭입하는 (가)에서는 섭입하는 해양 지각으로부터 방출된 물이 현무암의 용융점을 낮아지게 하며, 이로 인해 현무암이 녹아 마그마가 생성된다.

ㄴ. 열점이 있는 (나)에서는 플룸의 상승에 의해 맨틀 물질이 상승하므로 압력이 감소한다. 압력이 감소하면 현무암의 용융점이 낮아지므로 현무암이 녹아 마그마가 생성된다.

[ 오답 풀이 ] ㄷ. 해령이 있는 (다)에서는 맨틀 대류로 인해 맨틀 물질이 상승하여 압력이 감소한다. 따라서 압력의 감소로 현무암질 마그마가 생성된다.

**13** ⑤ 유색 광물의 함량(%)은 $SiO_2$ 함량이 적을수록 많아지므로 C가 D보다 많다.

[ 오답 풀이 ] ① A는 염기성암이므로 산성암인 B보다 어두운 색을 띤다.

② A는 C보다 마그마의 냉각 속도가 크므로 C보다 지표 부근에서 생성되었다.

③ 암석을 이루는 광물의 녹는점은 $SiO_2$ 함량이 적을수록 높으므로 암석이 완전히 녹는 온도는 $SiO_2$ 함량이 적은 C가 $SiO_2$ 함량이 많은 B보다 높다.

④ 암석을 이루는 광물 결정의 크기는 마그마가 천천히 냉각될수록 커지므로 마그마의 냉각 속도가 느린 D가 마그마의 냉각 속도가 빠른 B보다 크다.

**14** ㄱ. (가)를 이루는 암석은 심성암인 화강암이므로, 압력 감소로 인해 생성된 판상 절리가 발달한다.
ㄴ. (나)는 화산암인 현무암으로 이루어진 지형이므로 주상 절리가 발달한다.
ㄷ. (가)의 화강암은 중생대에 지하로 관입한 마그마가 냉각되어 만들어졌으며, (나)의 현무암은 신생대에 화산 활동으로 지표로 분출한 용암이 굳어서 생성되었으므로 암석의 생성 시기는 (가)가 (나)보다 빠르다.

**15** (1) 해령과 섭입대에서 생성되는 마그마는 모두 현무암질 마그마이다.
(2) |모범 답안| A에서는 맨틀 물질이 상승하는 과정에서 압력이 감소하여 맨틀 물질로부터 마그마가 생성되며, B에서는 해양 지각의 섭입 과정에서 끌려들어간 암석에 포함되어 있던 물이 방출되면서 현무암의 용융점을 낮춰 마그마가 생성된다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| A, B 마그마의 생성 원인을 모두 옳게 서술한 경우 | 100 |
| A, B 마그마의 생성 원인 중 1가지만 옳게 서술한 경우 | 50 |

**16** (2) 마그마가 지하 깊은 곳에서 굳으면 광물 입자가 큰 조립질 암석이 생성되며, 마그마가 지표로 분출하여 굳으면 광물 입자가 미세한 세립질 암석이 생성된다.
|모범 답안| A에서 생성된 조직은 세립질이며, B에서 생성된 조직은 조립질이다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| A, B 조직에 대한 설명을 모두 옳게 서술한 경우 | 100 |
| A, B 조직에 대한 설명 중 1가지만 옳게 서술한 경우 | 50 |

## 1등급 공략 핵심Q

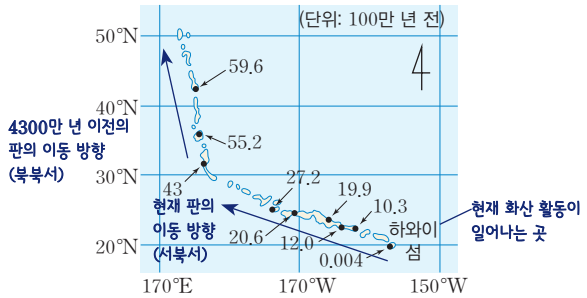
017쪽

01 ④ 02 ① 03 ⑤ 04 ⑤

**01** ㄱ. (가)는 맨틀 전체에서 일어나는 플룸의 운동을, (나)는 상부 맨틀의 연약권에서 일어나는 맨틀 대류를 나타낸 것이다. 플룸 구조론에서도 섭입대가 형성되는 것을 설명할 수 있다.
ㄷ. 플룸 구조론과 맨틀 대류에 의한 판 구조론 모두 맨틀 대류에 의한 해저 확장을 설명할 수 있다.
[ 오답 풀이 ] ㄴ. (나)의 판 구조론으로는 하와이섬에서 일어나는 화산 활동을 설명할 수 없다. 열점에서 일어나는 화산 활동을 설명할 수 있는 것은 플룸 구조론인 (가)이다.

**02**

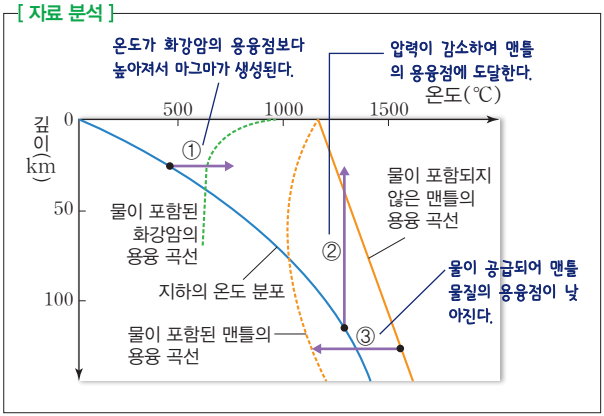
[ 자료 분석 ]




ㄱ. 화산 활동을 일으키는 열점은 이동하지 않고, 하와이섬이 위치한 태평양판은 북서 방향으로 이동하고 있으므로 새로운 섬은 하와이섬의 남동쪽에 생성될 것이다.
[ 오답 풀이 ] ㄴ. 하와이섬의 화산 활동은 플룸 구조론으로 잘 설명된다.
ㄷ. 4300만 년 전에 만들어진 섬을 기준으로 그 이전에 만들어진 섬들은 북북서 방향으로 놓여 있으므로 과거에는 태평양판이 북북서 방향으로 이동하였다. 따라서 태평양판의 이동 방향은 북북서에서 서북서로 바뀌었다.

**03**

[ 자료 분석 ]




ㄱ. 마그마의 관입이 일어나면 마그마의 열에 의해 주변 화강암이 녹아 마그마가 생성될 수 있으므로 ①에 의한 마그마의 생성이 일어날 수 있다.
ㄴ. 해령에서는 맨틀 대류의 상승에 의해 압력 감소로 마그마가 생성되므로 ②에 의한 마그마의 생성이 일어난다.
ㄷ. 섭입대에서는 섭입하는 해양 지각으로부터 방출된 물에 의해 현무암의 용융점이 낮아져 마그마가 생성되므로 ③에 의한 마그마의 생성이 일어난다.

**04** ㄱ. (가)의 반려암은 부산 횡령산에서 볼 수 있으며, (나)의 섬록암은 경상북도 경주시 양북면 해안에서 볼 수 있다.
ㄴ. 반려암과 섬록암은 모두 지하 깊은 곳에서 마그마가 천천히 냉각되어 만들어진 심성암이므로 조립질 조직을 갖는다.
ㄷ. 반려암은 $SiO_2$ 함량이 적은 염기성암이며, 섬록암은 함량이 중간 정도인 중성암이다. $SiO_2$ 함량이 많을수록 Fe와 Mg의 함량(%)은 작으므로 Fe와 Mg의 함량(%)은 반려암이 섬록암보다 크다.

## 03 퇴적 구조와 지질 구조

### 내신 완성 핵심Q

019쪽

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

16 (1) ㉠ 화학적 퇴적암, ㉡ 유기적 퇴적암 (2) 해설 참조
17 해설 참조
18 (1) (가) 판상 절리, (나) 주상 절리 (2) 해설 참조

**01** 다짐 작용은 퇴적물이 쌓이면서 퇴적물 입자들이 치밀해지는 작용이고, 교결 작용은 규질, 석회질, 산화 철 등에 의해 퇴적물 입자들이 서로 연결되는 작용이다.

**02** ㄱ, ㄴ. 속성 작용은 퇴적암이 만들어지는 전 과정을 말하며, 퇴적물이 치밀하게 다져지는 작용과 서로 단단하게 연결되는 과정을 포함한다.
[ 오답 풀이 ] ㄷ. 열과 압력을 받아 구성 광물의 성분이 변하는 과정은 변성 작용에 해당한다.

**03** 퇴적암은 퇴적물의 기원에 따라 쇄설성 퇴적암, 화학적 퇴적암, 유기적 퇴적암으로 분류할 수 있으며, 세 종류의 퇴적암은 모두 속성 작용을 거쳐 만들어진다. 석회암은 화학적 침전물이 굳어지거나, 유기물의 퇴적으로 만들어질 수 있다.

**04** 응회암은 쇄설성 퇴적암, 석탄과 석회암은 유기적 퇴적암에 속한다. 석회암은 해양 환경에서, 석탄은 육지 환경에서 생성된다.

**05** ㄱ. (가)의 사암과 (나)의 셰일은 모두 쇄설성 퇴적암이다.
[ 오답 풀이 ] ㄴ. 사암은 모래 크기의 입자가, 셰일은 점토 크기의 입자가 퇴적되어 형성된다.
ㄷ. 수심이 얕을수록 무거운 입자가 먼저 퇴적되므로, (가)의 사암보다 (나)의 셰일이 수심이 더 깊은 곳에서 형성된다.

**06** ㄱ. A는 육상 퇴적 환경에서 만들어진 선상지이다.
[ 오답 풀이 ] ㄴ. B는 연안 퇴적 환경에서 만들어진 삼각주이다.
ㄷ. 점이 층리는 대륙대와 같은 수심이 비교적 깊은 퇴적 환경에서 만들어진다. 따라서 A, B에서는 점이 층리가 발달하기 어렵다.

**07** ㄱ. (가)는 퇴적물이 수면 위로 노출되어 만들어진 건열이다.
[ 오답 풀이 ] ㄴ. (나)는 물이나 바람에 의해 퇴적물이 이동한 방향을 알 수 있는 사층리로 퇴적물이 이동한 방향은 A → B이다.
ㄷ. (가)의 건열은 퇴적물이 수면 밖의 건조한 환경에 노출되었을 때 만들어진다. (나)의 사층리는 주로 수심이 얕은 물밑이나 사막에서 형성된다.

**08** ㄱ. (가)의 연흔은 지층의 상하를 구별하는 데 이용될 수 있다.
ㄷ. (가)의 연흔은 (나)의 점이 층리보다 수심이 얕은 환경에서 잘 형성된다.
[ 오답 풀이 ] ㄴ. (나)의 점이 층리는 수심이 비교적 깊은 곳에서 크기가 다른 퇴적물이 쌓일 때, 크기가 큰 입자가 먼저 가라앉고 크기가 작은 입자들이 나중에 가라앉아 형성된다.

**09** ㄴ. (나)에서 민물고기 화석이 산출되었으므로 지층이 쌓일 당시 육상 퇴적 환경(호수 또는 하천)이었음을 알 수 있다.
[ 오답 풀이 ] ㄱ. (가)에서 삼엽충이 산출되었으므로 지층이 퇴적될 당시에 고생대 바다 환경이었음을 알 수 있다.
ㄷ. 연흔은 주로 점토 성분의 퇴적층에서 잘 형성된다. 자갈 입자로 이루어진 (나)의 퇴적층에서는 연흔이 잘 형성되지 않는다.

**10** ㄱ. 지층이 힘을 받아 휘어진 지질 구조이므로 습곡이다.
[ 오답 풀이 ] ㄴ. 습곡은 횡압력을 받아 형성된다.
ㄷ. A에는 지층이 위로 휘어진 배사, B에는 아래로 휘어진 향사가 나타난다.

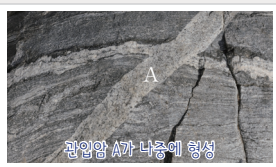
**11** A, B, C 모두 상반이 하반에 대해 아래로 이동한 정단층이다. 정단층은 장력에 의해 만들어진다.

**12** ㄱ. (가)의 절리는 기둥 모양으로 발달한 주상 절리이고, (나)의 절리는 판 모양으로 발달한 판상 절리이다.
ㄷ. 주상 절리는 지표 부근에서 용암이 빠르게 굳을 때 잘 형성되고, 판상 절리는 지하 깊은 곳에서 형성된 암석이 지표로 노출될 때 잘 형성된다. 따라서 암석이 생성된 깊이는 (나)가 (가)보다 깊다.
[ 오답 풀이 ] ㄴ. (나)는 주로 지하 깊은 곳에서 마그마가 굳어져 만들어진 암석에서 잘 형성된다.

**13** ㄱ. (나)는 부정합면을 경계로 상하 지층의 층리가 나란한 평행 부정합이다.
ㄴ. (다)의 난정합은 부정합면 아래에 퇴적암이 아닌 변성암이나 화성암(심성암)이 분포하는 부정합이다.
ㄷ. (가), (나), (다)는 모두 부정합이 존재하므로, 부정합면을 경계로 상하 지층 사이에 큰 시간 간격이 있다.

**14**

[ 자료 분석 ]

| (가) 관입 | (나) 포획 |
|---|---|
|  |  |
| 관입암 A가 나중에 형성 | 포획암 B가 먼저 형성 |

ㄴ. (나)에서 B는 포획암이다. 따라서 주변의 암석보다 포획암 B가 먼저 생성되었다.

ㄷ. (가)에서는 관입암 A가, (나)에서는 B를 포획한 주변의 암석이 마그마가 굳어져 형성된 화성암이다.

[ 오답 풀이 ] ㄱ. (가)의 A는 마그마가 관입하여 생성된 관입암이다.

**15** ㄱ. (가)는 습곡축이 거의 수평으로 누운 횡와 습곡으로 지층의 역전이 일어난다.

ㄷ. (다)는 지층이 융기하면서 형성된 판상 절리이고, (라)는 융기에 의한 침식 과정이 있었던 경사 부정합이다. 따라서 (다)와 (라)는 모두 지층의 융기 과정이 있었다.

[ 오답 풀이 ] ㄴ. (가)는 횡압력에 의해 형성되었으나, (나)는 장력에 의해 형성된 정단층이다.

**16** (1) 퇴적암은 퇴적물의 기원에 따라 쇄설성 퇴적암, 화학적 퇴적암, 유기적 퇴적암으로 구분한다. 쇄설성 퇴적암에는 역암, 사암, 셰일, 응회암 등이 있고, 화학적 퇴적암에는 석회암, 처트, 암염, 석고 등이 있다. 유기적 퇴적암에는 석탄, 석회암, 처트 등이 있다.

(2) |모범 답안| 퇴적물이 형성된 기원을 기준으로 쇄설성 퇴적암, 화학적 퇴적암, 유기적 퇴적암으로 구분한다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 퇴적암의 분류 기준인 '퇴적물의 기원'을 옳게 서술한 경우 | 100 |
| 퇴적암의 분류 기준을 퇴적물의 종류로 설명한 경우 | 50 |

**17** 선상지에서 생성된 역암은 중상류에서 퇴적된 자갈로 이루어져 있기 때문에 자갈의 마모가 충분히 일어나지 않았다. 하지만 해안 지역에서 생성된 역암은 자갈이 이동하는 동안 충분히 마모되었다. 따라서 선상지의 역암은 주로 각진 자갈로, 해안 지역의 역암은 주로 둥근 자갈로 이루어져 있다.

|모범 답안| 선상지의 역암은 중상류에서 퇴적된 자갈로 이루어져 있다. 따라서 상대적으로 각진 자갈로 이루어져 있다. 이와는 달리 해안 지역의 역암은 이동하는 동안 충분히 마모되어 둥근 자갈로 이루어져 있다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 선상지와 해안 지역의 퇴적 환경을 자갈의 마모 정도와 관련지어 옳게 서술한 경우 | 100 |
| 선상지와 해안 지역의 퇴적 환경을 역암의 생성 과정과 관련지어 부분적으로 옳게 서술한 경우 | 50 |

**18** (1) (가)는 지하의 심성암이 지표 노출될 때 잘 만들어지는 판상 절리이다. (나)는 용암이 지표 부근에서 빠르게 냉각될 때 잘 만들어지는 주상 절리이다.

(2) |모범 답안| (가) 판상 절리, 북한산은 지하 깊은 곳에서 마그마가 천천히 냉각되어 형성된 화강암으로 이루어져 있으며, 화강암이 지표로 노출될 때 압력 감소로 판상 절리가 잘 만들어진다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 판상 절리를 옳게 제시하고, 그 까닭에 대해서 옳게 서술한 경우 | 100 |
| 판상 절리만 옳게 제시한 경우 | 30 |

## 1등급 공략 핵심Q

023쪽

01 ③ 02 ① 03 ④ 04 ②

**01** ㄱ. (가)는 퇴적물이 다져지는 다짐 작용이고, (나)는 교결 작용에 해당한다. 퇴적물이 쌓인 후 퇴적암이 되기까지의 전체 과정이 속성 작용에 해당한다.

ㄷ. (나)의 작용은 퇴적물 속의 수분이나 지하수에 녹아 있던 석회질 성분, 규질 성분, 철분 등의 물질이 퇴적 입자 사이에 침전되어 일어난다.

[ 오답 풀이 ] ㄴ. 광물의 재결정 작용은 열과 압력을 받아 형성되는 변성암에서 일어난다.

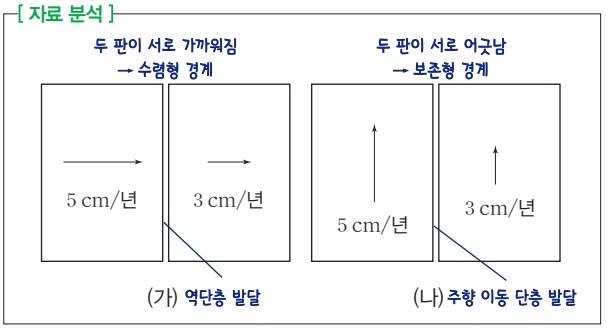
**02** ㄱ. 수면 위에서 생성될 수 있는 퇴적 구조는 (가)의 건열과 (다)의 사층리이다.

[ 오답 풀이 ] ㄴ. (라)의 점이 층리는 해저 경사면에서 퇴적물이 아래로 이동할 때 크기가 큰 입자들이 먼저 대륙대에 쌓이면서 잘 형성된다. (다)의 사층리는 물이나 바람에 의해 퇴적물이 이동하여 형성된다.

ㄷ. (나)의 연흔에서는 물결 무늬가 아래쪽으로 발달해 있으며, (다)의 사층리에서는 퇴적물이 위로 볼록하게 쌓여 있다. 또한 (라)의 점이 층리에서는 큰 입자보다 작은 입자가 아래쪽에 위치해 있다. 따라서 (가)~(라) 중에서 지층이 역전된 곳은 (나), (다), (라)이다.

**03**

[ 자료 분석 ]




(가)에서는 수렴형 경계, (나)에서는 보존형 경계가 나타난다. 따라서 (가)에서는 횡압력에 의한 역단층, (나)에서는 주향 이동 단층이 발달한다.

**04** ㄴ. (나)는 강한 횡압력에 의해 형성된 습곡 구조이다. A는 지층이 위로 휘어져 있는 배사축에 해당한다.

[ 오답 풀이 ] ㄱ. (가)의 지질 구조는 용암이 지표 부근에서 급격하게 냉각될 때 형성된 주상 절리이다.

ㄷ. (가)는 지표 부근에서 형성되었으나, (나)는 지하 깊은 곳에서 열과 압력을 받아 형성된 지형이다. 따라서 구성 암석이 생성된 깊이는 (가)보다 (나)가 깊다.

## 04 지층의 나이

### 내신 완성 핵심Q

025쪽

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

18 동물군 천이의 법칙 19 해설 참조
20 B−C−A−D−E−F 21 해설 참조

**01** (가)는 수평 퇴적의 법칙으로, 퇴적물이 일반적으로 수평으로 쌓인다는 법칙이다. (나)는 지층 누중의 법칙으로, 아래쪽부터 위쪽으로 순서대로 지층이 퇴적되었다는 법칙이다.

**02** 지층에서 발견되는 표준 화석을 이용하여 지층의 선후 관계를 판단하는 지사학 법칙은 동물군 천이의 법칙이다.

**03** 지층 대비에 사용되는 열쇠층은 주로 비교적 넓은 지역에서 짧은 시기 동안 동시에 생성된 응회암층, 석회암층, 석탄층 등이다.

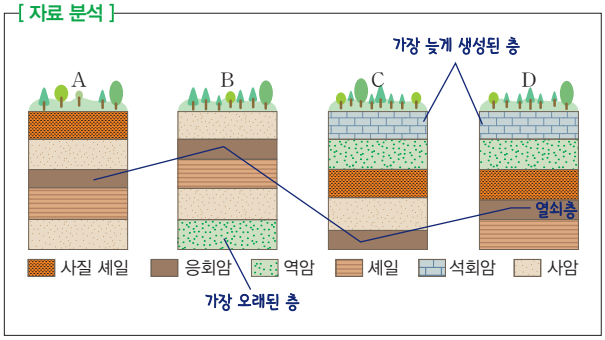
**04** 사암과 셰일 사이에 부정합면이 존재하므로 부정합의 법칙을 적용할 수 있고, 화강암이 사암을 관입하면서 경계부에 접촉 변성암이 생성되었으므로 관입의 법칙을 적용할 수 있다.

**05** ㄱ. 지층의 대비란 지층들을 서로 비교하여 시간적인 선후 관계를 밝히는 것을 말한다.
ㄷ, ㄹ. 암상에 의한 대비는 열쇠층을 이용하여 비교적 가까운 거리의 지층을 대비할 수 있고, 표준 화석에 의한 대비는 가까운 거리뿐만 아니라 멀리 떨어져 있는 지층을 대비하는 데 이용될 수 있다.
[ 오답 풀이 ] ㄴ. 방사성 동위 원소는 지층의 절대 연령을 측정하는 데 이용된다.

**06** 화석을 이용하여 지층을 대비할 경우에는 특정한 지질 시대에 넓게 번성하였던 표준 화석을 주로 이용한다.

**07**

[ 자료 분석 ]




응회암은 A~D 지역에 모두 존재하므로 열쇠층으로 적절하다. 응회암을 열쇠층으로 지층을 대비하면 생성 순서는 역암 → 사암 → 셰일 → 응회암 → 사암 → 사질 셰일 → 역암 → 석회암이다.

**08** E층을 열쇠층으로 이용하여 지층을 대비하면 지층이 쌓인 순서는 E → D → C → B → A이다.

**09** ㄱ. 지층에서 산출된 같은 종류의 화석을 이용하여 지층을 대비하고 있다.
ㄷ. 가장 먼저 쌓인 층은 (나), (다)의 최하부에 있는 석회암이고, 가장 최근에 쌓인 지층은 (나)의 최상부에 있는 사암이다.
[ 오답 풀이 ] ㄴ. 석회암은 서로 다른 시기에 쌓였으므로 열쇠층으로 이용할 수 없다.

**10** 지층의 생성 순서는 편마암 생성 → (부정합) → 셰일 퇴적 → 화강암 관입이다. 따라서 A층에서는 아래로 갈수록 암석의 나이가 증가하고, 부정합을 경계로 편마암층을 만났을 때 암석의 나이가 큰 폭으로 증가한다. 그 후 화강암층을 만났을 때 가장 암석의 나이가 적다.

**11** ㄱ. (가), (나), (다) 지역에 모두 존재하는 응회암층은 지층을 대비하는 열쇠층으로 가장 적절하다.
ㄴ. (가)의 셰일층은 응회암층보다 먼저 퇴적되었고, (다)의 셰일층은 응회암보다 나중에 퇴적되었다.
ㄷ. 가장 오래된 지층은 (가)와 (다)의 최하부에 있는 역암층이고, 가장 최근에 쌓인 지층은 (다)의 최상부에 있는 사암층이다. 따라서 지층의 총 퇴적 기간은 (다)가 (나)보다 길다.

**12** ③ 방사성 동위 원소가 붕괴하여 처음 양의 반으로 줄어드는 반감기는 주변 환경에 관계없이 항상 일정하다.
[ 오답 풀이 ] ① 방사성 동위 원소는 지층의 절대 연령을 알아내는 데 이용된다.
② 퇴적암은 서로 다른 시기에 형성된 퇴적물들로 이루어져 있으므로 방사성 동위 원소를 이용하여 연령을 측정하기 어렵다.
④ 반감기가 매우 짧은 방사성 동위 원소의 경우 오래된 지질 시대의 연대 측정에는 이용하기 어렵다.
⑤ 방사성 동위 원소의 반감기는 온도나 압력 등에 관계없이 항상 일정하다.

**13** ㄷ. 반감기는 모원소의 양이 처음 양의 절반으로 감소하는 데 걸리는 시간이다.
[ 오답 풀이 ] ㄱ. 방사성 동위 원소가 붕괴하면 에너지를 방출하면서 보다 안정한 원소가 된다.
ㄴ. 방사성 동위 원소의 붕괴 비율은 온도와 압력에 관계없이 항상 일정하다. 이를 이용하여 절대 연령을 측정할 수 있다.

**14** 방사성 동위 원소의 반감기가 너무 짧을 경우, 생성된 지 매우 오래된 암석 속에는 모원소가 거의 남아 있지 않기 때문에 절대 연령을 측정하기 어렵다.

**15** ㄱ. ㉠은 모원소와 자원소의 비율이 1 : 1이 되었을 때이므로 50(%)이다.

ㄷ. 어떤 화성암 속에 A가 처음 양의 12.5%$\left(=\frac{1}{8}\right)$가 남아 있다면 반감기가 3회 지난 것이다. 따라서 이 암석의 나이는 6억 년이다.

[ 오답 풀이 ] ㄴ. 4억 년이 지났을 때 반감기는 2회 지났다. 따라서 모원소(A) : 자원소(B)=1 : 3이다.

**16** ㄱ. X가 절반으로 줄어드는 데 걸리는 시간은 1억 년이므로 X의 반감기는 1억 년이다.

[ 오답 풀이 ] ㄴ. 2억 년 후에는 반감기가 2회 지났으므로 $\frac{\text{X의 자원소의 양}}{\text{남아 있는 X의 양}}=3$이다.

ㄷ. 시간이 흐를수록 남아 있는 X의 양이 감소하여 단위 시간당 생성되는 자원소의 양이 감소한다.

**17** ㄴ. B의 반감기가 약 45억 년이고, 지구의 나이도 약 45억 년이므로 지구에 남아 있는 B의 양은 처음 양의 약 $\frac{1}{2}$이다.

[ 오답 풀이 ] ㄱ. A의 반감기는 약 5억 년~10억 년 사이로 세 원소 중에서 가장 짧다.

ㄷ. 지구 탄생 이후 현재까지 생성된 자원소의 비율은 반감기가 가장 짧은 A가 가장 크다. C는 반감기가 가장 길기 때문에 생성된 자원소의 비율이 가장 작다.

**18** 동물군 천이의 법칙은 퇴적 시기가 다른 지층에서는 발견되는 화석의 종류가 다르다는 법칙으로 주로 표준 화석을 이용하여 지층의 선후 관계를 판단한다.

**19** |모범 답안| 비교적 가까운 지역의 지층을 대비하고자 할 경우에는 지층을 구성하는 열쇠층(또는 건층), 암석의 종류 등을 비교하여 지층의 선후 관계를 판단한다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 열쇠층, 암석의 종류, 지질 구조 등을 이용하여 지층을 대비한다고 서술한 경우 | 100 |
| 열쇠층을 이용한다고만 서술한 경우 | 50 |

**20** B와 C층을 화강암 A가 관입하였고, 그 후 침식 작용이 일어났다. 그런 다음 D와 E층이 쌓였으며, 정단층이 형성되었다. 그 후 다시 침식 작용이 일어났고, 가장 나중에 F층이 쌓였다.

**21** |모범 답안| 역사 시대 유물의 연대는 대개 1만 년 미만이다. $^{238}U$의 반감기 45억 년과 비교하여 이 짧은 시간 동안 붕괴된 $^{238}U$의 양이 극히 적기 때문에 $^{238}U$의 측정 오차가 매우 크다. 따라서 상대적으로 반감기가 짧은 $^{14}C$가 측정에 더 유리하다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 방사성 원소의 반감기를 오차와 관련지어 설명한 후 반감기가 짧은 $^{14}C$가 유리하다고 서술한 경우 | 100 |
| 반감기가 짧은 $^{14}C$가 유리하다고만 제시한 경우 | 50 |

## 1등급 공략 핵심Q

029쪽

01 ② 02 ④ 03 ① 04 ⑤

**01** ㄴ. (나)에서 셰일과 화강암은 부정합 관계이므로 화강암이 지표로 노출되어 침식된 시기가 있었다.

[ 오답 풀이 ] ㄱ. (가)에서 화강암이 셰일을 관입하였으므로 아래쪽에 있는 화강암이 나중에 형성되었다. 따라서 (가)에는 지층 누중의 법칙을 적용할 수 없다.

ㄷ. (다)에서 화강암 조각이 셰일에 포획되어 있다. 따라서 화강암이 생성된 이후에 셰일이 생성되었으며 관입의 법칙을 적용할 수 없다.

**02** ㄱ. 지층의 생성 순서는 B−A−D−C−E이므로 지층 B가 가장 먼저 생성되었다.

ㄷ. 부정합이 2회 있었고 현재 침식이 진행 중이므로 이 지역에서는 최소 3회의 융기가 일어났다.

[ 오답 풀이 ] ㄴ. D에서는 공룡 발자국 화석이 발견되었고, 화성암 C는 D을 관입하였다. 따라서 C는 중생대 이후에 관입하였다.

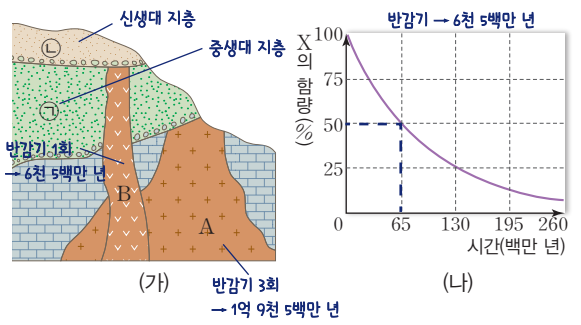
**03** ㄱ. A는 모원소, B는 자원소이다. 따라서 A는 B보다 불안정한 원소이다.

[ 오답 풀이 ] ㄴ. 시간에 따라 모원소 A의 양은 줄어들지만, 붕괴되는 비율은 항상 일정하다.

ㄷ. 방사성 원소가 절반으로 줄어드는 데 걸리는 시간을 반감기라고 한다. 반감기는 온도와 압력 등의 주변 환경에 관계없이 항상 일정하다.

**04**

[ 자료 분석 ]




ㄴ. A는 약 1억 9천 5백만 년 전에, B는 약 6천 5백만 년 전에 관입하였다. 따라서 ㉠ 지층은 중생대에 퇴적되었고, ㉡ 지층은 신생대에 퇴적되었다.

ㄷ. A에 남아 있는 자원소 비율은 $\frac{7}{8}$이고, B에 남아 있는 자원소 비율은 $\frac{1}{2}\left(=\frac{4}{8}\right)$이다. 따라서 화성암에 남아 있는 자원소의 비율은 A가 B의 $\frac{7}{4}$배이다.

[ 오답 풀이 ] ㄱ. ㉠ 지층은 중생대에 퇴적되었으므로 고생대에 살았던 삼엽충 화석이 산출될 수 없다.

## 05 지질 시대의 환경과 생물

### 내신 완성 핵심Q

031쪽

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

18 해설 참조　19 (라)－(가)－(다)－(나)　20 해설 참조

**01** 화석은 지질 시대에 살았던 생물의 유해나 활동의 흔적으로 지질 시대를 구분하는 주요 기준이 된다. 화석이 생성되려면 생물의 사체가 부패하기 전에 퇴적물에 빨리 묻혀야 한다.

**02** 시상 화석은 생존 기간이 길고, 특정한 환경에만 제한적으로 분포해야 한다. 표준 화석은 생존 기간이 상대적으로 짧고, 지리적으로 넓게 분포해야 한다.

**03** 지질 시대는 지구가 탄생한 시기부터 현재까지의 기간이며, 대규모 지각 변동이나 주요 화석을 기준으로 구분할 수 있다. 지질 시대는 누대(이언) → 대 → 기로 세분할 수 있다. 전체 지질 시대 중 가장 많은 기간을 차지하고 있는 것은 선캄브리아 시대이다. 선캄브리아 시대에는 화석이 거의 산출되지 않는다.

**04** ㄷ. (다)와 (라) 사이를 경계로 화석의 종류가 급변하므로 지질 시대를 구분하는 경계로 가장 적절하다.
[ 오답 풀이 ] ㄱ. 시상 화석은 오랜 시간 동안 생존할수록 좋으므로 가장 적합한 화석은 D이다.
ㄴ. 표준 화석은 특정한 시기에 분포할수록 좋으므로 가장 적합한 화석은 C이다.

**05** A는 선캄브리아 시대, B는 신생대, C는 중생대이다.
ㄱ. 최초의 생명체가 탄생한 시기는 선캄브리아 시대 A이다.
[ 오답 풀이 ] ㄴ. 가장 온난했던 지질 시대는 중생대 C이다.
ㄷ. 초대륙 판게아는 고생대 말에 생성되었고, 중생대 C에 분리되었다.

**06** 고기후를 연구하는 방법으로 나무 나이테의 조사, 빙하 얼음 속의 공기 성분 분석, 화석의 종류와 분포 조사, 동굴 내부의 석순에 포함된 산소 동위 원소비 분석 등이 있다. 암석의 방사성 동위 원소비 분석은 암석의 절대 연령을 측정할 경우에 이용한다.

**07** 시추한 빙하 코어 속 공기 방울을 분석하여 과거 대기의 조성을 알아낼 수 있으며, 빙하를 구성하는 물 분자의 동위 원소비를 분석하여 지구의 평균 기온 변화를 추정할 수 있다.

**08** ⑤ 중생대 C는 트라이아스기, 쥐라기, 백악기로 세분되고, 신생대 D는 팔레오기, 네오기, 제4기로 세분된다.
[ 오답 풀이 ] ① A 시대는 지질 시대 중 가장 많은 길이를 차지하는 선캄브리아 시대이다.
② 고생대인 B 시대에는 삼엽충, 완족류, 양치식물 등이 번성하였다.
③ 중생대인 C 시대에는 빙하기가 존재하지 않았다.
④ 생물종의 다양성은 신생대인 D 시대에 가장 풍부하였다.

**09** ㄱ. 판게아는 고생대 말기에 형성되었으며, 이 시기에 큰 빙하기가 나타났다.
[ 오답 풀이 ] ㄴ. 중생대에는 평균 기온이 높았으며, 평균 해수면도 대체로 높았다.
ㄷ. 산호는 지구의 평균 기온이 높을수록 더 고위도까지 넓게 분포한다. 따라서 신생대 전기는 후기에 비해 산호의 분포 범위가 더 넓었다.

**10** ㄱ, ㄴ. 고생대 말기에 해양 동물의 대규모 멸종이 일어났으며, 오존층이 형성된 이후에 육상에 식물이 출현할 수 있었다.
ㄷ. 지질 시대는 새로운 종의 출현이나 멸종을 기준으로 구별할 수 있으므로 해양 동물이 육상 식물보다 유용하게 이용될 수 있다.

**11** ㄷ. 선캄브리아 시대의 지층은 오랜 세월 동안 지각 변동을 받아 지층이 생성될 당시의 환경에 대한 정보가 거의 남아 있지 않다.
[ 오답 풀이 ] ㄱ. 선캄브리아 시대의 기후는 비교적 온난한 편이었고, 빙하기가 몇 차례 나타났다.
ㄴ. 육상 생물은 대기 중에 산소가 충분히 축적되어 오존층이 형성된 고생대 중기 이후부터 등장하였다.

**12** ㄴ. 산호가 서식하고 있으므로 따뜻하고 얕은 바다임을 알 수 있다.
[ 오답 풀이 ] ㄱ. 그림은 삼엽충, 해백합 등이 번성한 고생대 모습이다.
ㄷ. 고생대 초기에는 육상 생물이 존재하지 않았으며, 후기에는 양서류와 곤충 등이 번성하였다.

**13** ㄱ. A는 고생대, B는 중생대, C는 신생대이다. 양치식물은 고생대 말에 번성하였다.
ㄷ. 인류의 조상이 최초로 출현한 시기는 신생대(C) 말이다.
[ 오답 풀이 ] ㄴ. 암모나이트가 멸종한 시기는 중생대(B)와 신생대(C)의 경계이다.

**14** ㄱ. (가)의 암모나이트는 중생대, (나)의 방추충은 고생대, (다)의 화폐석은 신생대 표준 화석이다. 따라서 생물이 번성한 순서는 (나) → (가) → (다)이다.
[ 오답 풀이 ] ㄴ. 암모나이트는 바다 생물이고, 공룡은 육상 생물이므로 동일한 지층에서 산출될 수 없다.

ㄷ. (다)가 번성했던 지질 시대는 신생대이다. 신생대 후기에는 빙하기와 간빙기가 반복적으로 나타났다.

**15** ㄱ. (가)의 지층은 중생대, (나)의 지층은 고생대, (다)의 지층은 신생대에 퇴적되었다. 따라서 지층의 퇴적 순서는 (나) → (가) → (다)이다.
ㄴ. (가)의 공룡과 (다)의 속씨식물은 모두 육상 환경에서 살았으므로 퇴적 환경은 육상 환경이었다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄷ. (나)의 필석은 고생대에 번성했다. 고생대에 번성한 식물은 양치식물이다.

**16** ㄱ. (가)는 양서류와 양치식물이 번성했던 고생대이고, (나)는 파충류와 겉씨식물이 번성했던 중생대이다. (다)는 포유류와 속씨식물이 번성했던 신생대이다. 따라서 지질 시대 순서는 (가) → (나) → (다) 순이다.
ㄴ. 판게아가 형성된 지질 시대는 고생대인 (가)이다.
ㄷ. 극지방의 빙하 면적은 평균 기온이 낮았던 신생대 (다) 시기에 더 넓었다.

**17** ㄱ은 방추충, ㄴ은 삼엽충, ㄷ은 화폐석, ㄹ은 암모나이트이다. 고생대 말(A)에는 방추충과 삼엽충이 멸종하였고, 중생대 말(B)에는 암모나이트가 멸종하였다.

**18** **|모범 답안|** 선캄브리아 시대에는 생물의 다양성과 개체 수가 부족하여 화석으로 산출되기 어려웠다. 또한 오랜 세월 동안 지층이 지각 변동을 받아 화석이 사라질 가능성이 크다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 2가지 까닭을 모두 옳게 서술한 경우 | 100 |
| 2가지 까닭 중 1가지만 옳게 서술한 경우 | 50 |

**19** 삼엽충 출현은 고생대 초기(약 5억 4천만 년 전), 암모나이트 멸종은 중생대 말기(6천 6백만 년 전), 판게아 형성은 고생대 말기(약 3억 년 전), 최초의 광합성 생명체 출현은 시생대(약 35억 년 전)이다. 따라서 (가)~(라)의 사건을 오래된 것부터 순서대로 나열하면 (라)—(가)—(다)—(나)이다.

**20** **|모범 답안|** 산호 화석으로부터 지층이 퇴적될 당시에 따뜻하고 얕은 바다 환경이었음을 알 수 있다. 또한 완족류 화석으로부터 지층이 퇴적된 시기가 고생대임을 알 수 있다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 퇴적 당시의 환경과 지질 시대를 모두 옳게 서술한 경우 | 100 |
| 퇴적 당시의 환경과 지질 시대 중 1가지만 옳게 서술한 경우 | 50 |

## 1등급 공략 핵심Q

035쪽

01 ② 02 ② 03 ⑤ 04 ⑤

**01** 해양 생물 화석의 산소 동위 원소비는 중생대 기간이 고생대와 신생대에 비해 대체로 낮은 편이다. 가장 온난했던 지질 시대는 중생대이므로 해양 생물 화석의 산소 동위 원소비는 평균 기온에 반비례함을 알 수 있다.
ㄴ. 현재는 중생대 말에 비해 평균 기온이 낮은 시기이다. 따라서 평균 해수면의 높이는 현재가 B 시기보다 낮다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄱ. A 시기는 한랭한 시기, B 시기는 온난한 시기에 해당한다.
ㄷ. 빙하를 구성하는 얼음의 산소 동위 원소비는 평균 기온에 비례한다. 따라서 빙하의 산소 동위 원소비($^{18}O/^{16}O$)는 A 시기가 B 시기보다 낮았다.

**02** ㄴ. 산호의 분포 면적은 지구의 평균 기온이 높은 시기일수록 넓다. 따라서 대륙 빙하가 고위도에도 분포하지 않았던 중생대(B)에 더 넓게 분포하였다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄱ. 지구의 평균 기온이 높은 시기에 대륙 빙하의 분포 범위가 좁다. 따라서 중생대(B)에 가장 따뜻했다.
ㄷ. 생물 다양성은 신생대인 C 시기에 가장 풍부하였다.

**03** ㄱ. A는 고생대, B는 신생대, D는 중생대에 퇴적되었다. 따라서 가장 나중에 퇴적된 층은 B이다.
ㄴ. (가)에서 하부층은 고생대, 상부층은 신생대에 퇴적되었다. (나)에서 하부층은 고생대 또는 중생대, 상부층은 중생대에 퇴적되었다. 따라서 퇴적이 중단된 기간은 (가)가 (나)보다 길다.
ㄷ. (가)에서 발견된 삼엽충과 화폐석은 모두 해양 생물이고, (나)에서 발견된 고사리, 공룡은 모두 육상 생물이다.

**04** ㄱ. 지구는 45억 년 전에 형성되었으며 에디아카라 동물군은 선캄브리아 시대 말기(약 7억 년 전)에 출현하였다. 육상 식물은 고생대 중기(4억 년 전)에 출현하였으며 삼엽충은 약 2억 5천만 년 전에 멸종하였다. 따라서 시간 길이는 $T_1 > T_2 > T_3$이다.
ㄴ. 대기 중의 산소 농도가 충분히 높아져 오존층이 형성된 이후에 육상 식물이 출현하였다. 따라서 육상식물이 출현하기 이전인 $T_2$ 기간보다 이후인 $T_3$ 기간에 산소 농도가 높았다.
ㄷ. 완족류는 고생대 초에 최초로 출현하였다. 따라서 $T_2$에 해당한다.

# Ⅱ 대기와 해양

## 06 기압과 날씨 변화

### 내신 완성 핵심Q

037쪽

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

**15** (1) 시계 방향 (2) 해설 참조

**16** (1) (나) → (다) → (가) (2) 해설 참조 (3) 해설 참조

**01** (가)는 주위로 바람이 불어 나가므로 고기압, (나)는 주위로부터 바람이 불어 들어오므로 저기압이다.

**02** 기단은 발원지의 영향을 받아 생성되며, 기단이 이동하는 동안 지표면의 영향을 받아 기단의 성질이 변한다. 한랭 건조한 기단(시베리아 기단)이 남하하면 하층이 가열되고 바다(황해)를 통과할 때 수증기를 공급받아 상승 기류가 발달하며 적운형 구름이 생성되어 폭설이 내린다. 겨울철 서해안 지방의 폭설은 한랭 건조한 공기 덩어리가 북서 계절풍의 영향으로 남하하면서 황해로부터 열과 많은 양의 수증기를 공급받아 눈구름이 형성되기 때문이다.

**03** A는 한랭 전선의 후면 지역을, B는 한랭 전선과 온난 전선 사이 지역을, C는 온난 전선의 전면 지역을 나타낸다.
ㄱ. 한랭 전선의 후면인 A 지역은 북서쪽으로부터 찬 공기가 이동해 오고 있으므로 기온이 낮고, 한랭 전선과 온난 전선 사이인 B 지역은 남서쪽의 따뜻한 공기가 이동해 오고 있으므로 기온이 높다. 따라서 현재 A 지역은 B 지역보다 기온이 낮다.
[ 오답 풀이 ] ㄴ. B 지역은 점차 한랭 전선이 다가와서 통과하게 되어 기압이 높아질 것이다.
ㄷ. C 지역은 현재 온난 전선의 전면에 있으므로 남동풍이 불고 있고, 온난 전선이 통과하게 되면 풍향은 남서풍으로 바뀌며, 그 뒤 한랭 전선이 통과하게 되면 풍향은 북서풍으로 바뀐다. 따라서 C 지역의 풍향은 시계 방향으로 바뀔 것이다.

**04** ㄱ. (가)는 우리나라 중부 지방에 동서로 길게 장마 전선이 걸쳐 있는 것으로 보아 장마철의 일기도이다. 장마철에는 산사태와 집중 호우의 피해가 발생할 수 있어 이에 대한 대비가 필요하다.
ㄴ. (나)는 봄이나 가을에 잘 나타나는 일기도이다. 봄이나 가을철에는 양쯔강 기단으로부터 분리된 이동성 고기압이 자주 우리나라를 통과하면서 날씨의 변화가 심하다.
ㄷ. (다)는 서고동저형의 기압 배치를 보이는 겨울철의 전형적인 일기도이다. 시베리아 기단의 찬 공기 덩어리가 남하하다가 황해를 지나면서 해수면으로부터 열과 수증기를 공급받아 기층의 성질이 불안정해지면서 서해안 지방에 폭설과 한파가 나타난다.
[ 오답 풀이 ] ㄹ. (라)는 남고북저형의 기압 배치를 보이는 여름철의 전형적인 일기도이다. 우리나라의 황사는 봄철에 자주 나타난다.

**05** ㄴ. B 기단의 세력이 강해지면 장마 전선인 C가 북쪽으로 이동한다.
ㄹ. 우리나라가 고온 다습한 B 기단(북태평양 기단)의 영향을 받을 때는 여름철로 무더위가 나타나고 열대야가 나타나기도 한다.
[ 오답 풀이 ] ㄱ. A 기단은 오호츠크해 기단으로 한랭 다습하고, B 기단은 북태평양 기단으로 고온 다습하다.
ㄷ. 장마 전선인 C 전선은 정체 전선으로 이동 속도가 느리며, 우리나라에 오랫동안 머물면서 많은 비를 내린다.

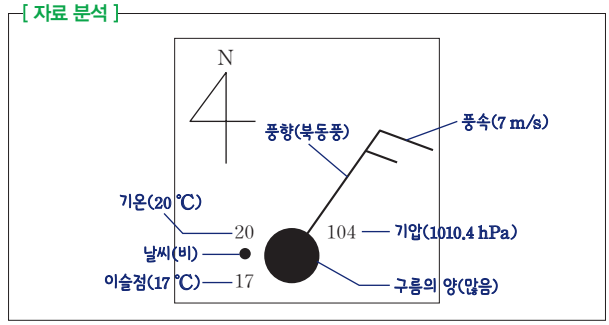
**06** ㄱ. 북반구에서는 저기압 중심을 향하여 공기가 시계 반대 방향으로 돌면서 모여든다.
ㄷ. 온난 전선이 통과하면 따뜻한 공기가 유입되므로 기온은 상승하지만 기압은 하강한다.
[ 오답 풀이 ] ㄴ, ㄹ. 한랭 전선은 온난 전선보다 전선면의 기울기가 급하므로, 한랭 전선이 통과할 때는 비가 내리는 구역이 좁다.

**07** 이 날 정오에는 온난 전선이 이미 통과한 상태이기 때문에 날씨가 맑았을 것이며, 오후에 한랭 전선이 통과한 직후에 적운형 구름으로부터 한차례 소나기가 내렸을 확률이 높다.

**08** ㄱ. 온대 저기압은 편서풍대에서 발생하기 때문에 편서풍의 영향을 받아 서쪽에서 동쪽으로 이동한다.
ㄴ. 온난 전선 통과 시에는 남동풍에서 남서풍으로, 한랭 전선 통과 시에는 남서풍에서 북서풍으로 풍향이 변하므로, A 지점의 풍향은 남동풍 → 남서풍 → 북서풍, 즉 시계 방향으로 변하였다.
[ 오답 풀이 ] ㄷ. 온대 저기압이 이동하면서 한랭 전선과 온난 전선의 간격이 점점 좁아지는 것으로 보아 한랭 전선이 온난 전선보다 이동 속도가 빠름을 알 수 있다.

**09**

[ 자료 분석 ]




일기 기호의 원 안에는 구름의 양을 나타내고, 화살은 풍향, 화살의 깃은 풍속을 나타낸다. 또한 원의 주위에 있는 숫자는 기온, 이슬점, 기압을 의미하며, 원의 왼쪽 옆에 있는 기호는 안개, 비, 소나기와 같은 현재의 날씨를 표시한다. 주어진 일기 기호에서 현재 기온은 20 ℃, 이슬점은 17 ℃이며 기압은 1010.4 hPa이다. 바람은 북동풍이 7 m/s로 불며, 구름이 많고 비가 내린다.

**10** 한랭 전선의 후면에 위치한 A에서는 북서풍, 한랭 전선과 온난 전선 사이에 위치한 B에서는 남서풍, 온난 전선의 전면에 위치한 C에서는 남동풍이 분다.
ㄱ. (나)의 일기 기호에서 관측 지점에는 북서풍이 7 m/s로 불고, 기압은 1001.2 hPa이며 소나기가 내리고 있다. 이와 같은 날씨가 나타날 수 있는 지역은 한랭 전선의 후면에 위치한 A이다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄴ. A는 한랭 전선의 후면에 위치하여 찬 공기의 영향을 받고 있으며, B는 온난 전선과 한랭 전선 사이에 위치하여 따뜻한 공기의 영향을 받고 있다. 찬 공기의 영향을 받고 있는 A의 기온이 14 ℃이므로 B의 기온은 14 ℃보다 높을 것이다.
ㄷ. 풍속은 등압선의 간격이 조밀할수록 빠르다. 등압선의 간격은 A가 C보다 조밀하므로 C의 풍속은 7 m/s보다 느리다.

**11** ㄴ. 흐리고 비가 내리는 곳은 한랭 전선의 후면에 위치하는 B 지점과 온난 전선의 전면에 위치하는 D 지점이다.
ㄷ. A~E 다섯 지점 중 저기압의 중심인 E 지점에서 기압이 가장 낮다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄱ. A 지점은 한랭 전선의 후면으로 찬 기단의 영향을 받고 있으며, 맑고 따뜻한 구역에 속해 있는 곳은 C 지점이다.
ㄹ. C 지점은 한랭 전선이 다가옴에 따라 점차 흐려져서 소나기가 내린 후 기온이 낮아질 것이다.

**12** ㄱ. 전선을 경계로 마주하는 두 공기의 성질이 다르므로, 전선이 통과할 때 기온과 풍향 등 기상 요소들이 급변한다.
ㄷ. 저기압의 이동 방향으로 보아 앞으로 전선이 통과하면서 풍향은 남동풍 → 남서풍 → 북서풍(시계 방향)의 순서로 변한다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄴ. (가)에 나타난 저기압은 전선을 동반한 온대 저기압이다. 현재 A에 부는 바람은 남동풍이므로 13시 이전이다.

**13** ㄱ. (가)에는 한랭 전선과 온난 전선이 겹쳐진 폐색 전선이 나타난다.
ㄷ. 한랭 전선 후면인 A에는 소나기가, 온난 전선 전면인 B에는 지속적인 비가 내린다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄴ. (가)의 폐색 전선은 한랭 전선과 온난 전선이 겹쳐서 형성된 것이므로 온대 저기압은 (나)에서 (가)로 발달한다.

**14** ㄴ. B 지점은 편서풍에 의해 저기압 중심이 동쪽으로 멀어짐에 따라 앞으로 기압이 점차 높아질 것이다.
ㄷ. C 지점은 적운형 구름에서 소나기가 내리고, D 지점은 층운형 구름에서 주로 이슬비가 내린다. 적운형 구름은 층운형 구름보다 좁은 지역에 많은 비를 내린다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄱ. (나)에서 A 지점은 주변보다 기압이 높으므로 고기압이 분포한다. 고기압에서 생성되는 구름은 고도가 높고 얇아서 비를 내리지 않는다.
ㄹ. A 지점은 하강 기류가 발달하므로 지상에서는 공기가 발산하고, B 지점은 지상에서 공기가 수렴하여 상승 기류가 발달한다.

**15** (1) 풍향이 남동풍 → 남서풍 → 북서풍으로 바뀌었으므로 시계 방향으로 변하였다.

(2) **|모범 답안|** • 기온 변화: 온난 전선이 통과한 후에 높아지고, 한랭 전선이 통과한 후에 낮아진다.
• 기압 변화: 온난 전선이 통과한 후에 낮아지고, 한랭 전선이 통과한 후에 높아진다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 기온과 기압 변화 모두 옳게 서술한 경우 | 100 |
| 기온과 기압 변화 중 1가지만 옳게 서술한 경우 | 50 |

**16** (2) **|모범 답안|** 우리나라는 편서풍대에 위치하므로 기압 배치나 전선 등이 서 → 동으로 이동하기 때문이다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 기압 배치나 전선 등의 이동을 편서풍과 관련지어 옳게 설명한 경우 | 100 |
| 편서풍의 언급 없이 기압 배치나 전선 등의 이동만을 설명한 경우 | 50 |

(3) **|모범 답안|** 저기압이 우리나라를 지나 동해 먼 바다로 이동해 감에 따라 서쪽부터 점차 맑아질 것이다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 중부 지방의 날씨를 저기압의 이동과 관련지어 옳게 서술한 경우 | 100 |
| 구체적인 설명 없이 중부 지방의 날씨만 옳게 서술한 경우 | 50 |

## 1등급 공략 핵심Q 041쪽

**01** ① **02** ④ **03** ② **04** ⑤

**01** ㄱ. 한랭 건조한 기단이 따뜻한 바다 위를 지나면 기단의 하층이 가열되어 불안정해지고 상승 기류가 발달하여 적운형 구름이 만들어진다. 이때 황해의 수온이 높을수록 증발 및 열 이동이 잘 일어나 수증기와 열의 공급이 활발하므로 구름이 잘 만들어진다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄴ. A~B 구간은 수증기압의 변화가 거의 없고, B~C 구간은 수증기압이 증가하므로 기권과 수권의 상호 작용은 A~B 구간보다 B~C 구간에서 활발하게 일어난다.
ㄷ. B 지점부터 수증기압이 증가하기 시작한 것으로 보아 육지 위를 이동하던 기단이 B 지점에서 황해로 들어섰음을 알 수 있다.

**02** ㄱ. (가)의 정체 전선(장마 전선)은 북상하는 따뜻한 기단과 남하하는 차가운 기단이 만나 이루어진 것이다. (나)의 전선면의 모양으로부터 따뜻한 공기가 찬 공기를 타고 올라가고 있음을 알 수 있다. 따라서 A는 전선의 남쪽, B는 전선의 북쪽에 위치한 지역이며, 구름은 B 지역 상공에 생성되므로 강수량은 A 지역보다 B 지역에서 더 많다.
ㄷ. 남쪽에서 상승한 공기에 의해 구름이 생성되므로, 강수를 형성하는 수증기는 주로 전선의 남쪽에 위치한 기단에서 공급된다.

[ 오답 풀이 ] ㄴ. B 지역, 즉 전선 북쪽에 영향을 주는 기단의 세력이 더 커지면 전선은 남쪽으로 이동한다.

**03** ㄴ. 저기압은 중심으로 갈수록 기압이 낮아지므로 B 지점의 기압은 C 지점보다 높다.
[ 오답 풀이 ] ㄱ. A 지점은 저기압 중심을 향해 시계 방향으로 바람이 불어 들어가기 때문에 북풍 계열의 바람이 분다.
ㄷ. 온대 저기압은 편서풍에 의해 서에서 동으로 이동한다.

**04** ㄴ. 적외선 영상에서는 높은 구름이 밝게 보이고, 가시광선 영상에서는 두꺼운 구름이 밝게 보인다. 따라서 두 가지 영상에서 모두 밝은 B 지역은 두꺼운 적운형 구름이 끼어있다고 볼 수 있다. 적운형 구름에서는 소나기가 올 가능성이 높다.
ㄷ. 이 시각 현재 경기 지방은 구름의 분포로 보아 한랭 전선의 후면에 위치하므로 북서풍이 우세하다.
[ 오답 풀이 ] ㄱ. 적외선 영상에서는 구름 상부의 고도가 높을수록 밝게 보인다. 따라서 B 지역이 A 지역보다 구름 상부의 고도가 높다.

## 07 태풍과 우리나라의 악기상

### 내신 완성 핵심Q

043쪽

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

**15** (1) 장마 전선 (2) 해설 참조 **16** (1) (나) (2) 해설 참조

**01** 태풍의 중심에는 하강 기류가 나타나는 태풍의 눈이 있고, 태풍 중심으로 갈수록 기압이 낮아지며 풍속은 중심 부근에서 가장 강하다.
ㄴ. 풍속은 저기압 중심에 더 가까운 C가 D보다 강하다.
[ 오답 풀이 ] ㄱ. A는 태풍의 중심 부근에 구름이 두껍게 발달하는 것으로 보아 상승 기류가 나타나고, B는 태풍의 눈에 위치하므로 하강 기류가 나타난다.
ㄷ. D는 위험 반원에 있는 지역이므로 이곳에서 바람은 태풍의 진행 방향과 비슷한 방향으로 분다.

**02** ㄱ. 태풍이 관측소에 다가옴에 따라 대체로 풍속은 증가하고 기압은 감소한다.
ㄴ. 17일 09시경에 기압이 가장 낮고, 풍속이 가장 강한 것으로 보아 태풍의 중심은 관측소 주변을 통과했다.
ㄷ. 태풍에 의한 피해는 태풍이 다가오기 전 풍속이 약한(약 4 m/s) 16일 09시보다 태풍의 중심이 관측소 주변을 통과하여 풍속이 강해진(약 35 m/s) 17일 10시경에 더 컸을 것이다.

**03** 태풍의 에너지원은 수증기가 응결하면서 방출하는 잠열(숨은열)이다. 따라서 표층 해수로부터 지속적으로 열과 수증기를 공급받으면 태풍의 세력이 강해진다.
ㄴ. B는 북태평양 고기압의 중심부에 위치하므로 하강 기류가 발달하여 날씨가 맑다.
ㄷ. 태풍이 우리나라를 통과하는 동안 부산은 태풍 진행 방향의 오른쪽에 위치하므로 위험 반원에 속하고, 서울은 태풍 진행 방향의 왼쪽에 위치하므로 안전 반원에 속한다. 따라서 순간 최대 풍속은 부산이 서울보다 빠르다.
[ 오답 풀이 ] ㄱ. A 해역의 수온이 높으면 태풍은 표층 해수로부터 많은 열과 수증기를 공급받아 상승 기류가 강하게 발달한다. 상승 기류가 발달할수록 더 많은 수증기가 상승하여 응결하므로 태풍의 세력은 더욱 강해진다. 그러나 A 해역의 수온이 태풍의 발원지보다 낮으면 표층 해수로부터 열과 수증기의 공급이 줄어들어 태풍의 세력이 약해진다.

**04** ㄱ. 열대 저기압의 발생 빈도수를 비교해 보면 태평양 동쪽 해역이 14회, 서쪽 해역이 37회이다.
ㄷ. 열대 저기압의 에너지원은 수증기의 잠열이다. 따라서 수온이 26 ℃ 이하로 낮은 A 해역에서는 수증기의 증발량이 적어서 잠열이 충분하지 않기 때문에 열대 저기압이 발생하지 않는다.
[ 오답 풀이 ] ㄴ. 열대 저기압은 적도를 제외한 수온이 높은 무역풍대에서 발생하여 편서풍대로 이동한다.

**05** 북쪽의 차가운 시베리아 기단이 황해를 지나면서 대기 하층이 불안정해지면 적란운이 발달하면서 서해안 지역에 폭설이 내릴 수 있다.
ㄷ. (나)의 서해안 지역에 폭설이 내리고 있으므로 C 지역(황해) 상공에는 적운형 구름이 발달해 있다.
[ 오답 풀이 ] ㄱ. 태풍은 열대 저기압이므로 태풍의 중심을 향해 시계 반대 방향으로 바람이 불어 들어간다. 따라서 (가)의 A 지역에서는 북서풍 계열의 바람이 분다.
ㄴ. 태풍이 우리나라에 영향을 미치는 시기는 주로 7~9월이다. 이 시기에 B 지역에는 북태평양 기단이 발달해 있다.

**06** ㄱ. 제주도는 태풍 경로의 오른쪽 지역에 위치하므로 위험 반원에 속한다.
[ 오답 풀이 ] ㄴ. (가)에서 태풍의 중심 기압은 태풍 발생 당시(20일 15시)에는 1000 hPa이었고, 26일 15시에 920 hPa로 가장 낮았다.
ㄷ. 27일 15시에는 태풍이 제주도의 남쪽에 위치하므로 북동풍이 분다. 따라서 (나)에서 ㉠에 해당한다.

**07** ㄱ. 태풍이 주로 발생하는 해역은 수온이 27 ℃ 이상인 위도 5°에서 25° 사이의 저위도에 위치한다. 따라서 해수면 근처의 따뜻한 공기로 인해 상승 기류가 발달한다.
ㄴ. 태풍 차바는 9월 28일에 발생하여 10월 초에 우리나라를 지나갔다. 태풍 차바의 이동 경로는 그림 (가)의 9월이나 10월에 나타나는 태풍의 평균적인 이동 경로보다 서쪽으로 치우쳤으며, 이는

태풍의 이동 경로에 영향을 미치는 북태평양 기단의 세력이 강했기 때문으로 해석할 수 있다.
ㄷ. 태풍 차바가 지나가는 동안 독도는 태풍 이동 경로의 왼쪽에 위치하였기 때문에 풍향은 시계 반대 방향으로 변하였다.

**08** ㄴ. 태풍에 의한 피해는 안전 반원에 속하는 서울보다 위험 반원에 속하는 부산에서 심했다.
ㄷ. 태풍 이동 경로의 오른쪽 지역은 풍향이 시계 방향으로 변하고, 왼쪽 지역은 시계 반대 방향으로 변하므로 제주도에서는 풍향이 시계 방향으로 변하였다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄱ. 태풍의 에너지원은 수증기가 응결할 때 방출되는 잠열이다. 태풍이 육지에 상륙하면 수증기의 공급이 줄어들고 지면과의 마찰이 증가하여 세력이 급격히 약화된다. 따라서 태풍의 세력은 A 지역보다 B 지역에서 약하다.

**09** ㄴ. 뇌우는 적운 단계 → 성숙 단계 → 소멸 단계를 거치면서 발생하였다가 소멸한다. 천둥, 번개, 우박 등은 상승 기류와 하강 기류가 함께 나타나는 성숙 단계에서 발생한다.
ㄷ. 집중 호우와 천둥, 번개, 우박 등은 주로 강한 상승 기류가 발달할 때, 즉 대기가 불안정할 때 주로 발생한다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄱ. 집중 호우는 국지적으로 단시간에 많은 양의 강한 비가 집중적으로 내리는 현상으로, 강한 상승 기류에 의해 생성되는 적란운에서 많이 발생한다.

**10** 뇌우는 강한 상승 기류에 의해 적란운이 발달하면서 천둥, 번개와 함께 소나기가 내리는 현상으로 (가) 적운 단계 → (나) 성숙 단계 → (다) 소멸 단계를 거치면서 발생하였다가 소멸된다.
ㄱ. 적운 단계에서는 구름 내부의 온도가 같은 높이의 주변 공기의 온도보다 높아 상승 기류가 발달한다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄴ. 성숙 단계에서는 상승 기류와 하강 기류가 함께 나타나면서 강한 비가 내린다. 소멸 단계에서는 하강 기류가 우세 해지면서 약한 비가 내린다.
ㄷ. 천둥과 번개는 성숙 단계에서 많이 발생하므로 낙뢰에 의한 피해는 소멸 단계보다 성숙 단계에서 발생할 가능성이 높다.

**11** ㄱ. 14일에 우리나라의 중부 서해안 지방에 뇌우가 발생한 것으로 보아 이 지역은 대기가 불안정하여 강한 상승 기류에 의해 적란운이 발달했을 것이다.
ㄷ. 우박은 적란운에서 강한 상승 기류를 타고 상승과 하강을 여러 차례 반복하면서 성장한다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄴ. 뇌우의 발달 단계 중 성숙 단계에서는 강한 상승 기류와 하강 기류가 함께 나타나며, 천둥, 번개, 소나기, 우박 등이 나타난다.

**12** ㄱ, ㄴ. 집중 호우는 짧은 시간 동안에 좁은 지역에서 일정량 이상의 비가 집중적으로 내리는 현상을 말한다. 일반적으로 한 시간에 30 mm 이상이나 하루에 80 mm 이상의 비가 내릴 때, 또는 연강수량의 10 %에 상당하는 비가 하루에 내릴 때를 말하며, 지속시간이 수십 분에서 수 시간 정도이지만 1~2일 동안 지속되기도 한다. 태풍, 장마 전선, 저기압과 고기압의 가장자리에서 대기가 불안정할 때 강한 상승 기류에 의해 형성되는 적란운에서 주로 발생하며, 천둥과 번개를 동반하는 경우가 많다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄷ. 집중 호우는 보통 반지름 10~20 km 정도의 비교적 좁은 지역에서 내린다.

**13** ㄱ. (가)는 황사로 중국 내륙에서 발생하여 편서풍을 따라 우리나라에 도달한다.
ㄴ. 태풍의 지속 시간은 수 일~수십 일 정도이고 뇌우는 수 시간~1일 정도이다. 따라서 지속 시간은 태풍이 뇌우보다 길다.
ㄷ. 태풍의 중심 부근에는 강한 상승 기류에 의해 적란운이 발달하며, 뇌우는 강한 상승 기류에 의해 적란운이 발달하면서 천둥, 번개와 함께 강한 소나기가 내리는 현상이다. 따라서 태풍과 뇌우에서는 모두 적란운이 발달한다.

**14** ㄱ. 황사가 중국에서 우리나라 쪽으로 이동하는 것으로 보아 주로 편서풍의 영향을 받는다는 것을 알 수 있다.
ㄷ. 고도가 높은 고비 사막에서 떠오른 황사 입자는 고비 사막과 한반도의 해발 고도 차이로 인한 낙차 때문에 한반도까지 쉽게 이동할 수 있다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄴ. 우리나라에 고기압이 발달해 있을 경우 하강 기류로 인해 황사 피해가 커진다.

**15** 장마 전선은 고온 다습한 북태평양 기단과 북쪽의 찬 기단이 만나서 형성되며, 태풍은 북태평양 고기압의 가장자리를 따라서 이동한다.
(2) **|모범 답안|** 북태평양 고기압의 세력이 강해지면 장마 전선은 현재보다 북쪽으로 이동하며, 태풍의 예상 진로는 현재보다 서쪽으로 치우쳐 북상한다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 전선의 위치와 태풍의 예상 진로 모두 옳게 서술한 경우 | 100 |
| 전선의 위치와 태풍의 예상 진로 중 1가지만 옳게 서술한 경우 | 50 |

**16** (1) 뇌우는 상승 기류와 하강 기류가 함께 나타나는 성숙 단계에서 가장 발달하며, 이때 천둥, 번개, 소나기, 강풍, 우박, 국지성 호우 등이 나타난다.
(2) **|모범 답안|** 천둥, 번개, 소나기, 강풍, 우박, 국지성 호우 등이 나타난다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 기상 현상을 3가지 이상 모두 옳게 서술한 경우 | 100 |
| 기상 현상을 2가지만 옳게 서술한 경우 | 40 |

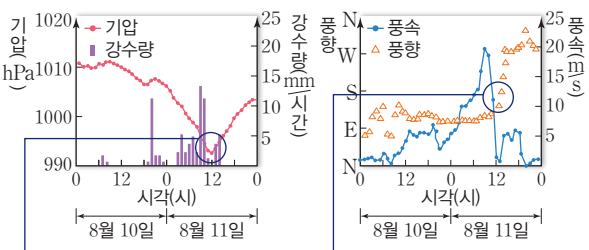
## 1등급 공략 핵심Q

047쪽

01 ① 02 ④ 03 ③ 04 ③

### 01

[ 자료 분석 ]




ㄱ. 8월 11일 12시경에 기압이 가장 낮고, 풍속이 갑자기 약해지며 강수량이 적어지는 것으로 보아 이때 태풍의 중심이 이 관측소와 가장 가까운 곳을 통과하였다.

[ 오답 풀이 ] ㄴ. 태풍이 이동하는 동안 이 관측소의 풍향은 남동풍 계열에서 북서풍 계열, 즉 시계 방향으로 변했으므로 이 관측소는 태풍 진행 방향의 오른쪽에 위치하였다. 따라서 이 관측소는 태풍이 통과하는 동안 위험 반원에 위치하였다.

ㄷ. 시간별 강수량은 태풍의 중심 주변에서 최대가 된다. 태풍의 중심에서 풍속이 감소하는 것으로 보아 이 관측소에는 태풍의 눈이 통과하였으며, 시간별 강수량은 태풍의 눈 주변에서 최대가 된다. 따라서 자료를 보면 태풍의 중심이 통과한 8월 11일 12시경에 시간별 강수량은 그 이전과 그 이후보다 적다.

**02** ㄴ. 태풍이 $T_1$에서 $T_3$로 진행함에 따라 관측 지점의 풍향은 북동풍에서 북서풍으로 바뀌었다. 풍향이 시계 반대 방향으로 바뀌었으므로 관측 지점은 태풍 진행 경로의 왼쪽에 위치한다.

ㄷ. 태풍의 세력이 강할수록 중심 기압이 낮다. $T_3$ 이후 태풍의 세력이 약해지면서 소멸했으므로 태풍의 중심 기압이 높아졌다.

[ 오답 풀이 ] ㄱ. $T_1$일 때 북동풍, $T_3$일 때 북서풍이 불었다. 따라서 두 풍향이 이루는 각은 180°보다 작다.

**03** 태풍의 눈 주위에는 강한 상승 기류에 의해 두꺼운 적운형 구름이 발달한다. 한편, 하강 기류가 나타나는 지역은 날씨가 맑다.

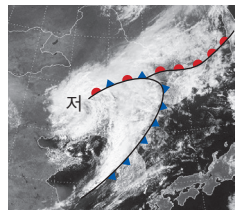
ㄱ. (가)에서 A 지역 상공에 발달한 구름은 태풍으로 인한 것이며, 태풍의 눈 주위에는 강한 상승 기류에 의해 연직으로 두꺼운 적운형 구름(주로 적란운)이 발달한다.

ㄴ. 기상 위성 영상에서 검은 부분은 구름이 없고 날씨가 맑은 지역이므로, B 지역에서는 하강 기류가 발달한다.

[ 오답 풀이 ] ㄷ. C 지역에는 장마 전선 상에 발달한 구름이 위치하고 있다. 장마 전선 상의 구름은 전선 북쪽의 찬 기단 쪽에 발달한다. 따라서 장마 전선은 기상 위성 영상에서 동서 방향으로 분포되어 있는 구름의 남쪽 경계선에 위치한다.

### 04

[ 자료 분석 ]




(가) 온대 저기압



(나) 뇌우

- 기상 영상에서 구름이 있는 위치로 보아 이 온대 저기압은 폐색 전선이 형성된 단계로, 구름은 저기압 중심부의 폐색 전선 부분, 한랭 전선 후면, 온난 전선 전면에 발달한다.
- 온대 저기압의 한랭 전선에서 강한 상승 기류가 나타날 때 뇌우가 발생할 수 있다.

ㄱ. (가)에서 구름의 위치로 보아 한랭 전선은 A선보다 B선 부근에 위치한다.

ㄴ. (나)의 뇌우는 (가)의 온대 저기압의 한랭 전선에서 발생할 수 있다.

[ 오답 풀이 ] ㄷ. (가)는 공간 규모가 커서 일기도에 나타나고, (나)는 공간 규모가 작아서 일기도에 나타나지 않는다.

## 08 해수의 성질

### 내신 완성 핵심Q

049쪽

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

15 (1) A=B<C (2) 해설 참조
16 (1) A: 산소, B: 이산화 탄소 (2) 해설 참조 (3) 해설 참조

**01** 표층 염분에 가장 큰 영향을 미치는 요소는 증발량과 강수량이다.

ㄱ. 표층 염분은 증발량이 많을수록 높고 강수량이 많을수록 낮다. 따라서 (증발량−강수량) 분포와 표층 염분 분포는 비슷한 경향을 보인다.

ㄴ. (증발량−강수량) 값이 큰 곳은 중위도 지역으로 대기 대순환에 의해 하강 기류가 발달하는 중위도 고압대에 위치한다.

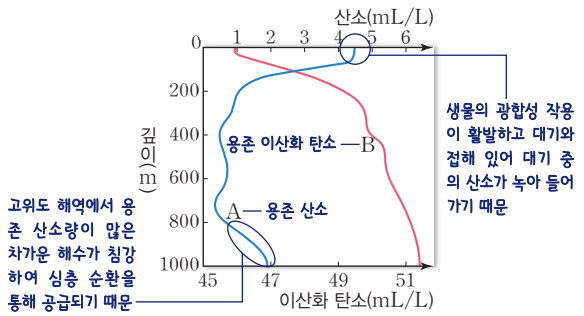
[ 오답 풀이 ] ㄷ. 표층 해수의 밀도에 영향을 주는 주요 요인은 수온과 염분인데, 수온이 염분보다 밀도에 더 큰 영향을 끼친다. 고위도로 갈수록 수온이 낮아져 표층 해수 밀도가 높아지는 경향을 보인다.

**02** ㄷ. 위도 20° 해역의 표층 염분은 북태평양이 34.5~35 psu이고, 남태평양에서 35~36 psu이므로 평균 표층 염분은 북태평양보다 남태평양에서 높게 나타난다.

[ 오답 풀이 ] ㄱ. 대양의 중앙부는 해류의 아열대 순환 등으로 인해 해수의 혼합이 잘 일어나지 않아 표층 염분이 높으며, 대륙 연안의 대양에서는 하천수와 지하수 등 육수의 유입으로 표층 염분이 낮다. 따라서 대양의 중앙부보다 대륙 연안에서 표층 염분이 낮다.
ㄴ. 적도 해역은 저압대로 연중 상승 기류가 발달하여 강수량이 많으며, 중위도 해역은 고압대로 연중 강수량이 적고 날씨가 맑다. 적도보다 중위도 해역에서 (증발량−강수량)의 평균값이 높으므로 적도보다 중위도 해역에서 염분의 평균값이 높다.

**03**

[ 자료 분석 ]




ㄴ. 800 m 이상의 깊이에서 용존 산소의 농도가 깊이에 따라 높아지는 것은 고위도 해역에서 용존 산소량이 많은 차가운 해수가 침강하여 심층 순환을 통해 공급되기 때문이다.
[ 오답 풀이 ] ㄱ. A는 용존 산소, B는 용존 이산화 탄소이다.
ㄷ. 표층에서 용존 산소의 농도가 높은 것은 생물의 광합성 작용이 활발하고 대기와 접해 있어 대기 중의 산소가 녹아 들어가기 때문이다.

**04** ㄱ. 수온이 낮을수록 해수의 기체 용해도가 증가하여 용존 산소량은 대체로 많아지는 경향을 보인다.
ㄴ. A 해역은 북대서양 해류의 영향으로 대체로 해류가 흐르는 방향으로 등온선이 분포한다. A 해역의 용존 산소량 분포도 수온의 분포와 유사하므로 A 해역의 용존 산소량은 북대서양 해류의 영향을 받는다.
ㄷ. 수온의 분포로 보아 B 해역에는 난류가, C 해역에는 한류가 흐른다.

**05** A층은 혼합층, B층은 수온 약층, C층은 심해층이다.
ㄱ. 중위도 해역은 다른 위도대에 비하여 바람이 강하게 불어 혼합층이 두껍게 나타난다.
ㄴ. 수온 약층은 안정하여 해수의 연직 운동이 잘 일어나지 않아 혼합층과 심해층 사이의 직접적인 물질과 에너지 이동을 차단하는 역할을 한다.
[ 오답 풀이 ] ㄷ. 중위도의 경우 심해층과 수온 약층의 경계가 깊은 곳에 위치하나 고위도는 표층 수온이 낮아 모두 심해층에 해당한다.

**06** 혼합층은 태양 복사 에너지에 의한 가열과 바람에 의한 혼합 작용으로 인해 수온이 높고 깊이에 관계없이 수온이 일정한 층이다.
ㄱ. 혼합층은 바람이 강하게 불수록 두껍게 발달한다. 2월이 8월보다 혼합층이 두껍게 발달했으므로 바람은 2월이 8월보다 강하게 불었다.
ㄴ. 표층 염분은 증발량이 많고 강수량이 적을수록 높다. 따라서 (증발량−강수량) 값은 표층 염분이 높은 2월이 8월보다 크다.
ㄷ. 해수의 밀도는 주로 수온과 염분에 의해 결정된다. 수심 600 m 깊이에서는 연중 수온과 염분이 거의 일정하므로 해수의 밀도가 거의 변하지 않는다.

**07** 수온 약층은 깊어짐에 따라 수온이 급하게 하강하므로 등온선이 조밀하게 나타나는 구간이다. 2월에는 90 m 정도까지 수온이 일정한 혼합층이 형성되어 있어 수온 약층이 나타나는 깊이가 깊다.

**08** 표층 수온에 가장 큰 영향을 주는 것은 일사량이므로 등수온선은 대체로 위도와 나란하다.
ㄷ. 한류와 난류가 만나게 되면 남북 방향으로 수온의 변화가 커져서 등수온선이 밀집하게 된다.
[ 오답 풀이 ] ㄱ. 그림의 등수온선 분포를 보면 적도 해역에서는 중위도 해역보다 등수온선이 위도를 가로지르며 나타남을 알 수 있다.
ㄴ. A 해역에 흐르는 해류는 쿠로시오 해류로 난류이며, B 해역에도 난류인 동오스트레일리아 해류가 흘러 성질이 서로 비슷하다. C 해역에는 한류인 페루 해류가 흐른다.

**09** 수온이 낮으면 기체의 용해도가 증가하므로 수온이 낮을수록 용존 산소량은 대체로 많아지는 경향을 보인다. 난류가 흐르는 해역은 용존 산소량이 적고, 한류가 흐르거나 용승이 일어나는 해역은 용존 산소량이 많다.
ㄱ. 대서양의 서쪽에 위치한 A는 난류인 멕시코 만류가 흐르는 해역이고 B는 한류인 카나리아 해류가 흐르는 해역이다.
ㄴ. 표층 해수의 용존 산소량은 난류가 흐르는 해역은 적고, 한류가 흐르는 해역은 많다. 따라서 난류가 흐르는 A보다 한류가 흐르는 B에서 많다.
[ 오답 풀이 ] ㄷ. 해수의 수온은 난류가 흐르는 해역은 같은 위도대의 해역보다 높고, 한류가 흐르는 해역은 같은 위도대의 해역보다 낮다. 따라서 해류의 영향을 많이 받는 곳일수록 등온선이 해류가 흐르는 방향으로 돌출되어 위도와 나란하게 분포하지 않는다.

**10** 해수는 깊이에 따른 수온 분포에 따라 혼합층, 수온 약층, 심해층으로 나누어진다.
ㄱ. 고위도로 갈수록 일사량이 감소하여 표층 수온이 낮아지게 된다. 그 결과 표층 수온과 심해층의 수온이 같아지게 된다. 따라서 C는 고위도의 연직 수온 분포이다.
[ 오답 풀이 ] ㄴ. 바람의 세기가 강할수록 혼합층의 두께가 두꺼워진다. A보다 B의 혼합층 두께가 두꺼우므로 B에서 바람의 세기가 더 강하다.
ㄷ. 수온 약층은 매우 안정하여 표층 해수의 침강을 방해한다. 따라서 수온 약층이 존재하는 B보다 수온 약층이 사라진 C에서 표층 해수의 침강이 더 잘 일어날 수 있다.

**11** ㄱ. 2월의 수온 분포를 보면 등수온선이 밀집된 구간이 보이지 않는다. 이는 표층 수온이 낮아져 수온 약층이 나타나지 않는 것이다.

ㄴ. 6월의 수온을 보면 표층에서 25 m 정도까지 수온이 거의 일정한데 이는 이 구간에서 혼합층이 나타남을 보여준다. 이에 비해 8월에는 혼합층이 10 m 정도까지만 나타난다. 즉, 6월이 8월보다 바람이 강해 표층 해수의 혼합 작용이 활발했다.

**[ 오답 풀이 ]** ㄷ. 8월에는 표층 수온이 높아 수온 약층이 매우 잘 발달되어 있다. 그로 인해 표층 해수의 침강은 일어나기 어렵다.

**12** 해수의 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 크다.

ㄴ. 수심 1~2 km에서는 수온이 약 3 ℃로 깊이에 따라 거의 변화가 없지만 염분은 약 33.2~34.1 psu의 범위에서 변하고 있다. 따라서 이곳의 밀도 변화는 수온보다 염분의 영향이 크다.

**[ 오답 풀이 ]** ㄱ. 혼합층은 수온이 높고 깊이에 관계없이 수온이 일정한 층이다. 해수면~수심 1 km에서는 깊이에 따라 수온이 낮아지고 있으므로 혼합층이 발달하지 않는다.

ㄷ. 해수면~수심 1 km에서 밀도는 1.0255~1.0265 g/cm$^3$의 범위에서 변하지만, 수심 3~4 km에서는 깊이에 따른 밀도 변화가 거의 없다. 따라서 해수면~수심 1 km보다 수심 3~4 km에서의 밀도 변화가 작다.

**13** 해수의 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 크다.

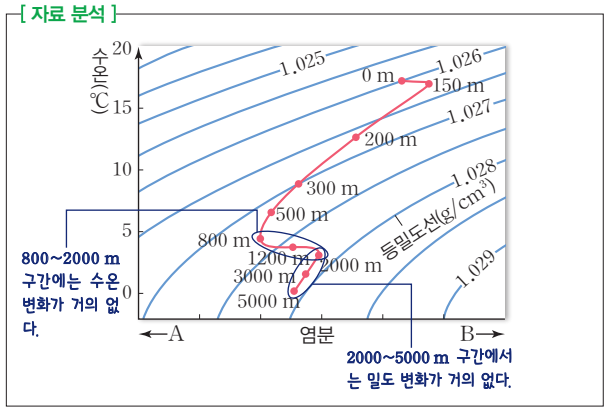
ㄷ. 해수면~1 km 구간은 2~14 ℃ 정도에서 변하는 데 비해 4~5 km 구간은 1 ℃ 근처에서 머물고 있기 때문에 수온의 변화가 작다.

**[ 오답 풀이 ]** ㄱ. A 구간에서 수온이 감소하고 있기 때문에 A 구간 전체가 혼합층인 것은 아니다. 따라서 바람에 의한 혼합 작용으로 인해 염분 변화가 작은 것은 아니다.

ㄴ. 수심 1~2 km 구간의 해수는 수온 변화는 거의 없지만 염분의 변화로 인해 깊이에 따라 밀도가 빠르게 증가하고 있으므로 대류가 활발하게 일어나기는 힘들다.

**14**

**[ 자료 분석 ]**




ㄱ. 염분이 증가할수록 밀도가 증가한다. 따라서 B 방향으로 갈수록 염분은 증가한다.

ㄷ. 2000~5000 m 구간에서는 밀도 변화가 거의 없다.

**[ 오답 풀이 ]** ㄴ. 800~2000 m 구간에서는 수온 변화가 거의 없으므로 수온 약층이 뚜렷하게 나타난다고 볼 수 없다.

**15** (1) 해수 A와 B의 밀도는 1.022 g/cm$^3$로 같고, 해수 C의 밀도는 1.026 g/cm$^3$로 해수 A와 B보다 크다.

(2) **|모범 답안|** 해수 C가 해수 A보다 밀도가 크기 때문에 해수 C가 해수 A의 아래쪽에 위치한다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 두 해수의 위치 변화를 밀도와 연관지어 옳게 서술한 경우 | 100 |
| 밀도의 언급 없이 두 해수의 위치 변화만 서술한 경우 | 30 |

**16** (2) **|모범 답안|** 해수의 표층에서는 대기 중의 산소가 녹아 들어가고 해양 생물의 광합성으로 산소가 공급되므로 산소의 농도가 높게 나타난다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 농도가 높은 까닭 2가지 모두 옳게 서술한 경우 | 100 |
| 농도가 높은 까닭 1가지만 옳게 서술한 경우 | 50 |

(3) **|모범 답안|** 수심이 1000 m보다 깊은 곳에서는 광합성에 의한 이산화 탄소의 소비가 줄어들고, 수온이 낮아지고 수압은 커져 기체의 용해도가 높아지므로 이산화 탄소의 농도가 점차 증가한다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 농도가 증가하는 까닭 2가지 모두 옳게 서술한 경우 | 100 |
| 농도가 증가하는 까닭 1가지만 옳게 서술한 경우 | 50 |

## 1등급 공략 핵심Q

053쪽

01 ⑤ 02 ⑤ 03 ④ 04 ②

**01** ㄱ. (가)에서 가로축은 (증발량−강수량), 세로축은 표층 염분으로 (증발량−강수량) 값이 클수록 표층 염분이 증가함을 알 수 있다.

ㄴ. 위도 30° 부근에서 표층 염분이 약 35.5 psu 이상이다. (가)에서 표층 염분이 35.5 psu이면 (증발량−강수량) 값은 0보다 큰 값을 가지므로 이 지역에서는 증발량이 강수량보다 많다.

ㄷ. 적도 저압대는 적도 부근, 중위도 고압대는 위도 30° 부근으로 적도 저압대 해역보다 중위도 고압대 해역의 표층 염분이 더 높다.

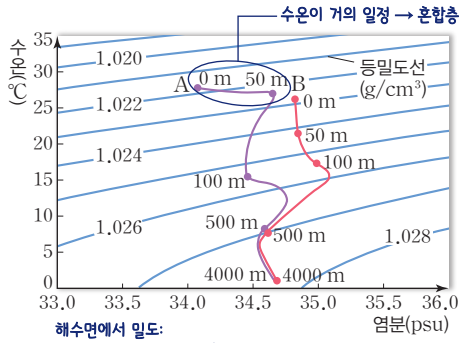
**02** ㄱ. A는 깊어짐에 따라 밀도가 급격히 증가하는 구간이 있지만 B에는 없다. 이는 B가 고위도 지역이어서 표층 해수의 수온이 심해층과 차이가 없기 때문이다.

ㄴ. A의 경우 표층 해수의 밀도는 심층 해수보다 매우 낮아서 표층 해수가 침강하기가 매우 어렵다.

ㄷ. A에서 밀도가 급변하게 되는 것은 주로 이 깊이에서 수온이 급격히 감소하는 수온 약층이 존재하기 때문이다. 해수의 밀도는 대체로 수온에 반비례한다.

## 03

[ 자료 분석 ]



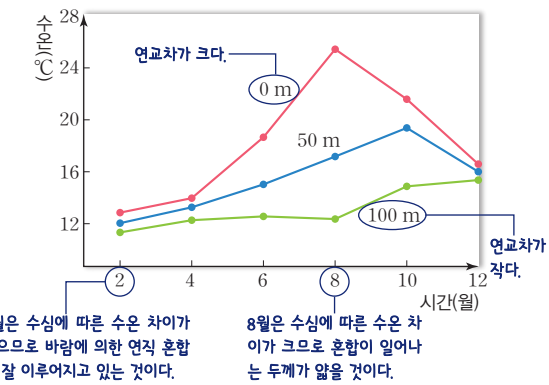

ㄴ. 해수면에서 밀도는 A 해역에서는 약 1.022 g/cm$^3$이고, B 해역에서는 약 1.023 g/cm$^3$이다. 따라서 해수면에서 해수의 밀도는 B 해역이 A 해역보다 크다.

ㄷ. 수심 4000 m인 곳에서는 두 해역 해수의 수온과 염분이 같아진다. 따라서 해수의 밀도가 같아진다.

[ 오답 풀이 ] ㄱ. 바람이 강하게 부는 곳은 혼합층의 두께가 두껍게 나타난다. 혼합층은 깊이에 따른 수온이 일정한 구간이다. A 해역에는 해수 표층 부근에서 수온이 거의 일정한 구간이 나타나는 데 비해 B 해역에는 수온이 일정한 구간이 나타나지 않는다. 따라서 B 해역은 혼합층이 거의 나타나지 않으며 A 해역에 비해 바람이 약한 곳이다.

## 04

[ 자료 분석 ]




ㄴ. 수온의 연교차는 해수면에서는 10 ℃ 이상이지만 수심 100 m에서는 5 ℃ 미만으로 나타난다. 따라서 수심이 깊어질수록 수온의 연교차는 작아진다.

[ 오답 풀이 ] ㄱ. 염분이 일정할 때 해수의 밀도는 수온이 낮을수록 커지므로 표층 수온이 낮은 2월이 8월보다 표층 해수의 밀도가 크다.

ㄷ. 2월의 경우 해수면과 수심 100 m 사이에서 수온의 변화가 크지 않아 해수의 연직 혼합이 활발하게 일어나고 있음을 알 수 있으나, 8월의 경우 해수면과 수심 100 m 사이의 수온 차이가 큰 것으로 보아 혼합층의 두께가 얇음을 알 수 있다. 따라서 해수면과 수심 100 m 사이의 해수 연직 혼합은 2월이 8월보다 활발하게 나타난다.

# 09 해수의 순환

## 내신 완성 핵심Q

055쪽

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 01 ④ | 02 ⑤ | 03 ② | 04 ④ | 05 ③ | 06 ② | 07 ④ |
| 08 ② | 09 ⑤ | 10 ③ | 11 ⑤ | 12 ⑤ | 13 ⑤ | 14 ④ |

15 (1) 북태평양 해류 (2) 해설 참조

16 (1) A: 동한 난류, B: 북한 한류 (2) 해설 참조

**01** ㄱ. 저위도 지방은 지구가 흡수하는 태양 복사 에너지양이 지구가 방출하는 지구 복사 에너지양보다 많고, 고위도 지방은 지구가 방출하는 지구 복사 에너지양이 지구가 흡수하는 태양 복사 에너지양보다 많다. 따라서 저위도 지방은 에너지 과잉 상태이고, 고위도 지방은 에너지 부족 상태이다.

ㄴ. 저위도 지방은 에너지 과잉 상태이고 고위도 지방은 에너지 부족 상태이므로, 저위도 지방과 고위도 지방의 에너지 차이가 발생하여 대기와 해수의 순환이 일어난다. 그중 하나의 예로 태풍은 저위도의 에너지를 고위도로 수송한다.

[ 오답 풀이 ] ㄷ. 위도 38° 부근에서는 지구가 흡수하는 태양 복사 에너지양과 지구가 방출하는 지구 복사 에너지양이 같다. 위도 약 38°를 경계로 저위도 지방은 에너지 과잉 상태이고, 고위도 지방은 에너지 부족 상태이므로, 위도 38° 부근에서 에너지 수송량이 최대가 된다.

**02** 지구 전체 규모에서 일어나는 대기 대순환은 저위도 지방(적도~위도 30°)에서 일어나는 해들리 순환(C), 중위도 지방(위도 30°~60°)에서 일어나는 페렐 순환(B), 극지방(위도 60°~90°)에서 일어나는 극순환(A)으로 이루어져 있다.

ㄱ. 극순환과 해들리 순환은 지표의 가열과 냉각에 의해 형성된 직접 순환이고, 페렐 순환은 해들리 순환과 극순환에 의해 역학적으로 형성된 간접 순환이다.

ㄴ. 페렐 순환과 해들리 순환이 만나는 위도 30° 부근에는 하강 기류가 발달하여 지표에 고압대가 형성되므로 증발량이 많고 강수량이 적어 사막이 많이 분포한다.

ㄷ. 대기 대순환에 의해 저위도 지방의 남는 에너지가 고위도 지방으로 수송된다. 만약 이러한 대기 대순환이 일어나지 않는다면 저위도 지방의 과잉 에너지가 고위도 지방으로 수송되지 않으므로 저위도 지방은 기온이 계속 상승하고, 고위도 지방은 기온이 계속 하강할 것이다.

**03** ㄴ. 전선은 서로 다른 성질을 가진 공기 덩어리가 만날 때 발생한다. 따라서 극지방에서 남하하는 찬 공기와 남쪽에서 북상하는 따뜻한 공기가 만나는 곳인 A가 B보다 전선 발생 가능성이 크다.

[ 오답 풀이 ] ㄱ. 고기압에서는 날씨가 맑고, 전선대에서는 날씨가 흐리거나 비가 오기 때문에 (증발량−강수량)은 중위도 고압대인 B가 한대 전선대인 A보다 많다.

ㄷ. A에서는 주변에서 이동해 온 공기가 상승하므로 지상에 저기압이, B에서는 상공의 차가워진 공기가 하강하므로 지상에 고기압이 형성된다.

**04** ㄱ. 북반구와 남반구에서 아열대 해양의 서쪽 연안에는 저위도에서 고위도로 난류가 흐른다.
ㄴ. 표층 해류를 일으키는 근본적인 원인은 대기 대순환의 바람이고, 표층 해류의 방향은 대륙에 의해 변하여 표층 순환을 이룬다.
ㄹ. 남극 대륙 주변에는 편서풍에 의해 서 → 동으로 남극 순환 해류가 흐르는데, 이 해류는 대륙에 의해 막혀 있지 않으므로 남극 대륙 주위를 순환한다. 따라서 남극 순환 해류는 남극 대륙 주변의 대서양과 태평양의 해수가 섞이게 하는 역할을 한다.
[ 오답 풀이 ] ㄷ. 적도 부근에는 북적도 해류와 남적도 해류가 서쪽으로 흐르고, 그 사이에는 적도 반류가 동쪽으로 흐른다.

**05** ㄱ. A 해역은 한류인 오야시오 해류와 난류인 쿠로시오 해류가 만나는 곳이며 B 해역은 북태평양 해류가 북아메리카 대륙에 부딪쳐 북쪽과 남쪽으로 갈라지는 해역이다. 따라서 남북 간 수온 차이는 A 해역이 B 해역보다 크다.
ㄴ. 북태평양 아열대 해역에서 해류의 순환은 시계 방향이다.
[ 오답 풀이 ] ㄷ. C 해역은 북적도 해류가 흐르는 곳으로 북적도 해류는 북동 무역풍에 의해 형성된다.

**06** ㄷ. B 해역에는 저위도에서 고위도로 멕시코 만류가 흐른다. 멕시코 만류는 저위도의 남는 에너지를 고위도로 수송하므로 이 해류가 강해지면 저위도에서 고위도로 이동하는 에너지의 양이 많아진다.
[ 오답 풀이 ] ㄱ. 한류는 난류에 비하여 수온이 낮고 용존 산소량이 많다. 따라서 a는 한류가 흐르는 A 해역, b는 난류가 흐르는 B 해역에서 측정한 수온과 용존 산소량이다.
ㄴ. A 해역에는 고위도에서 저위도로 캘리포니아 해류가 흐른다. 캘리포니아 해류가 강해지면 북태평양 동쪽 해역의 수온이 낮아지므로 이 해역에서 열대 저기압의 발생 빈도는 줄어든다.

**07** ㄴ. 북태평양 해류(B)는 편서풍에 의해 형성되어 서에서 동으로 흐른다. 남극 순환 해류(D)는 편서풍에 의해 형성되어 남극 대륙 주위를 서에서 동으로 순환한다.
ㄷ. 북반구에서 아열대 순환은 시계 방향으로, 남반구에서 아열대 순환은 시계 반대 방향으로 나타난다.
[ 오답 풀이 ] ㄱ. 쿠로시오 해류(A)는 저위도에서 고위도로 흐르는 난류이고, 페루 해류(C)는 고위도에서 저위도로 흐르는 한류이다. 따라서 쿠로시오 해류(A)만 저위도에서 고위도 지방으로 열을 수송한다.

**08** ㄴ. B는 북태평양 해류로 편서풍에 의해 형성되어 서에서 동으로 흐른다.
[ 오답 풀이 ] ㄱ. 쿠로시오 해류(A)는 난류이고, 캘리포니아 해류(C)는 한류이므로, 용존 산소량은 쿠로시오 해류가 캘리포니아 해류보다 적다.
ㄷ. D는 무역풍대에 위치하는 북적도 해류로, 무역풍에 의해 형성되어 동에서 서로 흐른다.

**09** ㄱ. 우리나라 남해는 여름철, 겨울철뿐만 아니라 연중 쿠로시오 해류의 영향을 받는다.
ㄴ. 황해 난류인 A 해류는 겨울철인 (나)보다 여름철인 (가)일 때 더 북상한다.
ㄷ. 동한 난류인 B 해류와 북한 한류인 C 해류가 만나는 해역의 위도는 여름철인 (가) 시기가 겨울철인 (나) 시기보다 높다.

**10** ㄱ. 수온이 낮고 염분이 높은 고위도의 찬 해수는 밀도가 커서 침강한 후 심층류를 형성한다.
ㄷ. 저위도의 심해층은 극지방의 찬 표층수가 침강하여 이동한 심층류에 의해 산소를 공급받으므로 용존 산소가 많다.
[ 오답 풀이 ] ㄴ. 저위도에서 고위도로 이동한 표층수는 대기에 열을 전달하여 대기를 가열시킨다.

**11** 최근 30년 동안 북극해의 얼음 면적은 감소하는 경향을 보이고 있다.
ㄴ. 북대서양 심층수는 그린란드 해역에서 만들어진 심층수로 북대서양의 심해에 산소를 공급한다. 따라서 그린란드 해역에서 침강이 약해지면 북대서양 심해의 용존 산소량이 감소한다.
ㄷ. 심층 순환은 표층 순환과 연결되어 있으며 표층 순환은 저위도의 에너지를 고위도로 수송하므로 심층 순환이 약해지면 저위도에서 고위도로 수송하는 에너지의 양이 적어진다.
[ 오답 풀이 ] ㄱ. 북극해의 얼음이 녹으면 염분이 낮아지므로 그린란드 해역에서 해수의 침강이 잘 일어나지 않는다.

**12** ㄷ. 빙하가 녹은 물이 A 해역으로 많이 흘러들면 이 해역의 염분이 낮아지므로 해수의 밀도가 작아진다. 밀도가 작아지면 침강하는 속도가 느려져 침강이 약해진다.
ㄹ. B 해역에서 표층수는 고위도로 이동하기 때문에 저위도의 열에너지를 고위도로 이동시키는 역할을 한다.
[ 오답 풀이 ] ㄱ. 심층 순환과 표층수의 순환은 서로 연결되어 있기 때문에 심층 순환이 강해져서 이동 속도가 빨라지면 표층수의 흐름도 이에 영향을 받아 이동 속도가 빨라진다.
ㄴ. 수온이 높은 저위도의 해류는 고위도로 가면서 열에너지를 수송하고, 수온이 낮은 고위도의 해류는 저위도로 가면서 열에너지를 공급받아 위도에 따른 에너지의 불균형을 완화시킨다.

**13** ㄴ. 남극 중층수는 남극에서 침강하여 북쪽으로 이동한다.
ㄷ. 남극 저층수는 밀도가 가장 큰 해수로 구성되므로 수온이 가장 낮다.
[ 오답 풀이 ] ㄱ. 대기 대순환에 의한 바람으로 형성되는 것은 표층 순환이며 심층 순환은 수온과 염분에 의한 밀도 차이로 형성된다.

**14** ㄱ. 심층수는 대부분 대서양의 남극 주변이나 북극의 그린란드 주변의 고위도 표층에서 가라앉은 물이 각 대양으로 퍼져 나가 형성된 것이다.

ㄴ. 심층수는 심층 순환에 의해 각 해양으로 이동하다가 점차 수온이 높아지면서 태평양과 대서양 등에서 용승하여 표층수로 변한다.

[ 오답 풀이 ] ㄷ. A에서 침강한 해수가 심층류를 이루고 B에서 침강한 해수가 저층류를 이루므로, A보다 B에서 침강한 해수의 밀도가 더 크다.

**15** (1) 화물 상자를 잃은 지점이 위도 약 49°N이고, 운동화가 동쪽으로 이동하여 북아메리카 대륙의 서쪽 해안에서 발견되었으므로 운동화는 북태평양의 50°N 부근에서 동쪽으로 흐르는 북태평양 해류에 의해 운반되었다.

(2) |모범 답안| 북태평양 해류는 편서풍의 영향을 받아 서쪽에서 동쪽으로 흐른다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 대기 대순환의 바람과 해류의 방향을 모두 옳게 서술한 경우 | 100 |
| 대기 대순환의 바람과 해류의 방향 중 1가지만 옳게 서술한 경우 | 50 |

**16** (1) 해류 A는 동한 난류이고, 해류 B는 북한 한류이다. 난류는 한류에 비해 수온과 염분이 높다.

(2) |모범 답안| 해류 A는 해류 B보다 수온과 염분이 높다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 수온과 염분 모두 옳게 비교하여 서술한 경우 | 100 |
| 수온과 염분 중 1가지만을 옳게 비교하여 서술한 경우 | 50 |

## 1등급 공략 핵심Q

059쪽

01 ④ 02 ⑤ 03 ④ 04 ④

**01** ㄱ. 남극 순환 해류는 남극 대륙 주위를 서쪽에서 동쪽으로 순환하므로 해류에 의해 이동한 부표도 남극 순환 해류와 같은 방향으로 이동하였을 것이다.

ㄷ. 부표는 60개월 동안 남극 대륙 주위를 약 한 바퀴 반 돌았다. 따라서 해류에 의해 이동하는 부표가 남극 대륙 주위를 한 바퀴 순환하는데 약 40개월(60개월$\times\frac{1}{1.5}$)이 걸린다.

[ 오답 풀이 ] ㄴ. 부표를 이동시킨 해류는 남극 순환 해류이며, 남극 순환 해류는 편서풍에 의해 형성된다.

**02** ㄱ. 바람에 의해 형성된 표층 해류는 대체로 대기 대순환에 의한 바람의 방향과 같은 동서 방향으로 흐른다.

ㄴ. 아열대 순환의 서쪽 해역에서는 저위도에서 고위도로 난류가 흐르면서 저위도의 과잉 에너지를 고위도로 수송한다.

ㄷ. 남북 방향으로 흐르는 해류는 동서 방향으로 흐르던 해류가 대륙에 부딪쳐 형성된다. 따라서 지구 전체가 바다로 덮여 있고 대륙이 존재하지 않는다면 표층 순환은 대체로 위도와 나란하게 일어날 것이다.

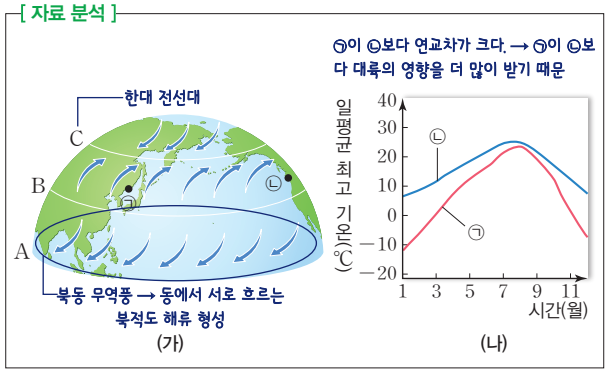
**03** ㄱ. P에서 침강한 해수는 심층으로 하강하여 북대서양 심층수의 일부가 되어 해수의 심층 순환의 한 부분을 구성하게 된다.

ㄷ. P에서의 침강이 약해지면 심층 순환이 잘 일어나지 않아서 표층 순환이 약해지므로 표층 해류인 A도 약해지게 된다.

[ 오답 풀이 ] ㄴ. (나)와 같은 추세로 진행되면 표층 염분이 감소하여 표층 해수의 밀도가 감소하게 되므로, 침강 해역인 P에서 해수의 침강이 약해지게 된다.

**04**

[ 자료 분석 ]




ㄱ. A와 B 사이에는 북동 무역풍이 불기 때문에 바다에는 동에서 서로 흐르는 북적도 해류가 형성된다.

ㄷ. ㉠은 ㉡과 위도는 비슷하지만 기온의 연교차가 크다. 이는 B와 C 지역 사이에서 부는 편서풍에 의해 대륙의 동쪽에 위치하는 ㉠이 서쪽에 위치하는 ㉡보다 대륙의 영향을 더 많이 받기 때문이다.

[ 오답 풀이 ] ㄴ. C는 편서풍과 극동풍이 만나서 상승 기류가 나타나는 곳으로 저기압이 잘 형성되는 한대 전선대이다.

# 10 대기와 해양의 상호 작용

## 내신 완성 핵심Q

061쪽

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

15 (1) D 방향, C 방향 (2) 해설 참조

16 (1) 엘니뇨 (2) 해설 참조

**01** 북반구의 해수면 위에서 바람이 일정하게 지속적으로 불면 표면 해수는 전향력에 의해 바람이 부는 방향의 오른쪽으로 45° 편향되어 흐른다.

ㄷ. 지구가 자전하지 않는다면 전향력이 작용하지 않으므로 해수는 바람이 부는 방향으로 이동한다. 따라서 A와 B는 모두 바람이 부는 방향과 같은 북쪽으로 이동할 것이다.

[ 오답 풀이 ] ㄱ. 현재 이 해역에서는 남풍이 지속적으로 불고 있으므로 표면의 해수는 북동쪽으로 이동한다. 따라서 A는 표면 해수의 흐름을 따라 북동쪽으로 이동한다.

ㄴ. 수심이 깊어짐에 따라 해수의 흐름은 점점 더 오른쪽으로 편향되므로 물체가 이동하는 방향과 풍향 사이의 각도는 해수 표면에 있는 A보다 수심이 깊은 곳에 있는 B가 더 크다.

**02** ㄴ. (나)에서는 북풍이 불고 있으므로 에크만 수송에 의해 연안의 표층 해수는 먼 바다로 이동한다.
ㄷ. (가)는 중심이 저기압이므로 바람에 의한 에크만 수송은 바깥쪽으로 일어난다. 따라서 저기압 중심부의 부족한 물을 채우기 위해 아래로부터 용승이 일어난다. (나)는 에크만 수송이 육지로부터 먼 바다 쪽으로 일어나므로 연안 부근에서 용승이 일어난다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄱ. (가)에서 바람이 시계 반대 방향으로 불고 있으므로 A는 주변보다 기압이 낮은 저기압이다.

**03** ㄱ. 북반구의 적도 해역은 북동 무역풍에 의해 에크만 수송이 북쪽으로 일어나고, 남반구의 적도 해역은 남동 무역풍에 의해 에크만 수송이 남쪽으로 일어난다. 따라서 적도를 기준으로 에크만 수송의 방향은 서로 반대이다.
ㄴ. 에크만 수송량은 풍속에 비례한다. 무역풍이 강하면 에크만 수송이 활발하게 일어나 적도 해역의 표층 해수를 남북 방향으로 더 많이 수송하며, 적도 해역의 수압이 낮아져 적도 용승이 더욱 활발하게 일어난다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄷ. 적도 용승이 활발하면 적도 해역에서 찬물이 활발하게 상승하여 혼합층의 두께가 얇아지며 수온 약층의 깊이는 더욱 얕아진다.

**04** ② B 부근에서는 북동 무역풍과 남동 무역풍에 의한 에크만 수송으로 해수가 각각 고위도로 이동하므로 해수면이 낮아진다.
**[ 오답 풀이 ]** ① 북반구에서 에크만 수송은 풍향의 오른쪽 직각 방향으로 일어난다. A 해역에서 용승이 일어나는 시기에는 표층의 물이 먼 바다로 이동하므로 북풍이 지속적으로 분다.
③ 남반구에서 에크만 수송은 풍향의 왼쪽 직각 방향으로 일어난다. C 해역에서 용승이 일어나는 시기에는 표층의 물이 먼 바다로 이동하므로 남풍이 지속적으로 분다.
④ A~C 해역에서 용승이 일어나면 심층의 해수에 녹아 있는 영양염류가 표층으로 올라오므로 플랑크톤이 증가한다.
⑤ A~C 해역에서 용승이 일어나면 해수면의 수온이 낮아지므로 대기가 냉각되어 안정해진다.

**05** ⑤ A는 심층의 찬 해수가 올라오며, B보다 수온이 낮다. 따라서 수온이 낮고 심층의 물인 A가 표층의 따뜻한 물인 B보다 용존 산소량이 많고 영양염류가 풍부하다.
**[ 오답 풀이 ]** ① (가)에서 남풍이 불어 에크만 수송은 동쪽으로 일어나며 해안의 부족한 해수를 채우기 위해 용승이 일어난다.
② (가)에서 심층의 찬물이 올라오므로 표층 해수의 수온은 A가 B보다 낮다.
③ (나)에서 북풍이 불어 에크만 수송은 서쪽으로 일어나며, 표층 해수는 D에서 C로 흐른다.
④ (나)에서 해수가 해안으로 이동하여 쌓이므로 해수면의 높이는 C가 D보다 높다.

**06** ㄱ. A에서는 해수가 에크만 수송에 의해 남북으로 발산하므로 용승이 일어난다.
ㄴ. B는 에크만 수송에 의해 해수가 모여드는 곳이므로 해수면의 높이가 가장 높다. 따라서 B에서 C로 갈수록 해수면의 높이는 낮아진다.
ㄷ. 무역풍대의 해수는 에크만 수송에 의해 북쪽으로 이동하며, 편서풍대의 해수는 남쪽으로 이동한다. 바람의 세기가 센 곳일수록 에크만 수송을 나타내는 화살표의 길이가 길게 나타나므로 바람이 강할수록 에크만 수송이 강하게 일어나는 것을 알 수 있다.

**07** ㄱ. (가)에서는 바람이 시계 방향으로 불고 있으므로 중심부는 고기압이고, (나)에서는 바람이 시계 반대 방향으로 불고 있으므로 중심부는 저기압이다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄴ, ㄷ. (가)에서는 에크만 수송이 중심을 향하므로 해수가 수렴하여 침강이 일어나고, (나)에서는 에크만 수송이 바깥쪽을 향하므로 해수가 발산하여 용승이 일어난다.

**08** ㄱ. 동해안의 수온이 낮은 것은 용승이 일어났기 때문이며, 이때 바람은 남에서 북으로 부는 남풍이 지속적으로 불었다.
ㄷ. 해수의 용승이 일어나면 플랑크톤이 증가하여 어획량이 증가한다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄴ. A 해역의 수온이 낮은 것은 용승 때문이다. 만약 한류의 영향이라면 한류가 내려오는 해역을 따라 계속 수온이 낮게 나타나야 한다.

**09** ㄱ. 동해안에서 연안 용승이 일어나려면 남풍 계열의 바람이 지속적으로 불어 에크만 수송이 외해 쪽으로 일어나야 한다.
ㄴ. 용승이 일어나면 해수 표층에 차가운 물이 분포하므로, 해수면 위의 대기가 냉각되어 응결되면서 안개가 발생할 수 있다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄷ. 에크만 수송으로 표층수가 외해 쪽으로 이동하면 이를 보충하기 위해서 아래쪽에서 물이 올라와야 하므로 해저에서는 B → A 방향으로 해수의 이동이 일어난다.

**10** 태평양의 적도 부근을 따라 남아메리카 해안에서 태평양 중앙부에 이르는 넓은 범위에서 해수면의 온도가 평상시보다 높아지는 현상은 엘니뇨이고, 해수면의 온도가 평상시보다 낮아지는 현상은 라니냐이다. (가)는 엘니뇨, (나)는 라니냐 발생 시기이다.
ㄴ. 라니냐 발생 시기는 평상시보다 무역풍이 강하게 불기 때문에 동태평양에서의 용승이 강화되어 동태평양의 표층 수온이 낮게 나타난다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄱ. 라니냐 발생 시기에는 평상시보다 동태평양의 수온이 하강하므로 저기압이 약화되어 강수량은 평상시보다 적다.
ㄷ. 라니냐 발생 시기에는 평상시보다 무역풍이 강하게 불어 표층 해수를 서쪽으로 이동시키므로 동태평양에서 해수면의 높이는 평상시보다 낮게 나타난다.

**11** (가)는 엘니뇨, (나)는 라니냐 시기에 해당한다.
ㄴ. 동태평양 적도 해역에서의 강수량은 수온이 높은 (가) 시기가 수온이 낮은 (나) 시기보다 많다.
ㄷ. 동태평양 적도 해역에서의 용승은 수온이 낮은 (나) 시기가 수온이 높은 (가) 시기보다 강하게 일어난다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄱ. 라니냐 시기의 수온 연직 분포는 (나)이다.

**12** A와 B는 엘니뇨 시기이고, C는 라니냐 시기이다. 엘니뇨 시기에는 평상시에 비해 무역풍이 약해지고, 라니냐 시기에는 평상시에 비해 무역풍이 강해진다.
ㄱ. 동태평양 적도 부근 해역의 표층 수온 편차(관측 수온－평균 수온)는 A 시기가 B 시기보다 작게 나타난다. 엘니뇨 시기에는 평상시에 비해 무역풍이 약해져 동태평양 적도 부근 해역의 표층 수온이 상승한다. 따라서 동태평양 적도 부근 해역의 표층 수온 편차가 상대적으로 작은 A 시기는 약한 엘니뇨 시기이고, 동태평양 적도 부근 해역의 표층 수온 편차가 상대적으로 큰 B 시기는 강한 엘니뇨 시기이다. 그러므로 약한 엘니뇨 시기인 A가 강한 엘니뇨 시기인 B보다 평균적인 무역풍의 세기는 더 강했다.
ㄴ. 동태평양 적도 부근 해역의 평균 해수면의 높이는 엘니뇨 시기에는 평상시보다 높고, 라니냐 시기에는 평상시보다 낮다. 따라서 동태평양 적도 부근 해역의 평균 해수면은 엘니뇨 시기인 B가 라니냐 시기인 C보다 높았다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄷ. C는 라니냐 시기이다. 라니냐 시기에는 무역풍이 강해지면서 동태평양 적도 부근 해역의 표층 수온이 평상시보다 낮아지고, 인도네시아에서는 홍수가, 페루 연안에서는 가뭄이 발생할 수 있다.

**13** ㄷ. (가) 엘니뇨 발생 시 동태평양 적도 부근 해역의 해수면 수온이 평상시보다 높아지므로 서태평양 적도 부근 해역과 동태평양 적도 부근 해역의 해수면 수온 차이는 (가) 엘니뇨 발생 시가 (나) 평상시보다 작아진다. 반면 라니냐 발생 시 동태평양 적도 부근 해역의 해수면 수온이 평상시보다 낮아지므로 서태평양 적도 부근 해역과 동태평양 적도 부근 해역의 해수면 수온 차이는 라니냐 발생 시가 평상시보다 커진다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄱ. 무역풍은 (가) 엘니뇨 발생 시가 (나) 평상시보다 약하다.
ㄴ. 동태평양 적도 부근 해역에서 용승은 (가) 엘니뇨 발생 시가 (나) 평상시보다 약하다.

**14** ㄴ. 필리핀, 인도네시아, 오스트레일리아 등 서태평양 지역은 라니냐 현상이 일어나면 해수의 온도가 올라가고, 비가 평소보다 많이 내려 홍수가 발생하며 해수면이 높아진다.
ㄷ. 페루 근해를 비롯한 동태평양 지역은 라니냐가 발생하면 해수의 온도가 내려가 냉해를 입으며, 비가 평상시보다 적게 내려 가뭄이 들고 해수면이 낮아진다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄱ. 무역풍이 평상시보다 약해질 때 발생하는 것은 엘니뇨 현상이다. 라니냐는 그 반대의 원인에 의해 발생한다.

**15** (1) 북반구는 전향력이 운동 방향의 오른쪽으로 작용하기 때문에 표면 해수는 풍향의 오른쪽 45° 방향, 에크만 수송은 풍향의 오른쪽 90° 방향으로 일어난다. 표층 해수가 외해로 이동하므로 연안은 찬물이 용승하여 수온이 낮아진다.
(2) **|모범 답안|** 표층 해수가 외해로 빠져 나가므로 연안은 심해의 찬물이 용승하여 수온이 낮아진다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 연안의 수온 변화와 그 원인을 모두 옳게 서술한 경우 | 100 |
| 연안의 수온 변화와 그 원인 중 1가지만 옳게 서술한 경우 | 50 |

**16** (2) **|모범 답안|** 엘니뇨가 발생하면 동태평양 적도 부근 해역은 무역풍의 약화로 용승이 약해지며 수온이 상승하고, 상승 기류가 나타나 평상시보다 강수량이 많아진다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 동태평양 적도 해역의 수온과 강수량을 모두 옳게 서술한 경우 | 100 |
| 동태평양 적도 해역의 수온과 강수량 중 1가지만 옳게 서술한 경우 | 50 |

## 1등급 공략 핵심Q 065쪽

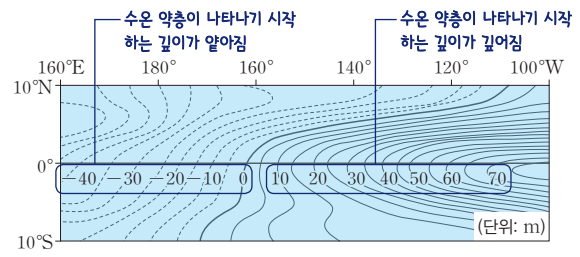
**01** ① **02** ③ **03** ④ **04** ⑤

**01** ㄱ. 북반구에서 저기압 주변의 바람은 시계 반대 방향으로 회전하므로 태풍의 바람에 의한 에크만 수송에 의해 표면의 해수는 태풍의 중심에서 발산한다. 따라서 태풍 중심에서는 용승이 나타난다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄴ. 태풍이 시계 반대 방향으로 회전하므로 표면의 해수는 A에서 태풍 바깥쪽 방향으로 이동한다.
ㄷ. B는 태풍의 눈이 위치한 곳으로 A나 C에 비해 기압이 낮다. 즉, 대기가 해수면을 누르는 힘은 태풍의 가장자리에서 중심부로 갈수록 약해지므로 해수면의 높이가 중심부로 갈수록 높아진다. 이때 태풍의 가장자리와 중심부의 기압 차이가 클수록 해수면의 높이 차이도 커진다.

**02** ㄱ. A는 위도 30°~60° 사이에 위치하는 해역이므로, 서쪽에서 동쪽으로 편서풍이 분다.
ㄴ. A에서는 서쪽에서 동쪽으로 부는 편서풍에 의해 남쪽으로 에크만 수송이 일어나며, C에서는 동쪽에서 서쪽으로 부는 무역풍에 의해 북쪽으로 에크만 수송이 일어난다. 따라서 해수면의 높이는 A에서 B로 갈수록 높아진다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄷ. 에크만 수송은 바람에 의해 일어나므로 풍속이 클수록 강하게 일어난다. 바람이 해수의 표면에 작용하는 힘이 C보다 A에서 크므로 풍속도 C보다 A에서 크다. 따라서 에크만 수송은 C보다 A에서 더 강하게 일어난다.

**03**

[ 자료 분석 ]




동태평양 적도 해역에서 수온 약층이 나타나기 시작하는 깊이의 편차가 (+) → 평년에 비해 동태평양 적도 해역에서 혼합층의 두께 증가 → 엘니뇨 시기 → 평년에 비해 동태평양 적도 해역에서 표층 수온이 높아짐

ㄱ. 이 시기는 평년에 비해 동태평양 적도 해역의 표층 수온이 높아지는 엘니뇨 시기에 해당한다.

ㄴ. 동태평양 적도 해역에서 수온 약층이 나타나기 시작하는 깊이의 편차가 (+)이므로 평년에 비해 동태평양 적도 해역에서 혼합층의 두께가 증가한다.

[ 오답 풀이 ] ㄷ. 엘니뇨 시기에는 평년에 비해 동태평양 적도 해역에서 표층 수온이 높아진다.

**04** ㄴ, ㄷ. A는 엘니뇨, B는 라니냐 시기에 해당한다. 엘니뇨 시기에 비해 라니냐 시기에는 적도 해류의 세기가 강하며, 적도 부근 동태평양 해역에서의 용승이 강하다. 엘니뇨 시기에는 적도 부근 동태평양 해역의 수온이 높아지므로 주로 저기압이 형성되어 강수량이 증가하지만, 라니냐 시기에는 적도 부근 동태평양 해역의 수온이 낮아 주로 고기압이 형성되므로 강수량이 감소한다.

[ 오답 풀이 ] ㄱ. 엘니뇨 시기에는 적도 해류의 세기가 약하고, 라니냐 시기에는 적도 해류의 세기가 강하다.

## 11 지구의 기후 변화

### 내신 완성 핵심Q

067쪽

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

15 해설 참조　16 해설 참조

**01** 태양 복사 에너지양의 변화(A)와 지구 자전축의 경사각 변화(C)는 지구의 기후 변화를 일으키는 지구 외적 요인이다. 화산 분출(B)과 수륙 분포의 변화(D)는 지구의 기후 변화를 일으키는 지구 내적 요인이다.

**02** ㄴ, ㄷ. 1만 년 후에 지구 자전축의 경사가 현재보다 작아지면, 북반구 중위도 지역에서 여름철 태양의 남중 고도는 현재보다 낮아지고 겨울철 태양의 남중 고도는 현재보다 높아진다. 따라서 기온의 연교차는 작아진다.

[ 오답 풀이 ] ㄱ. 지구 자전축의 경사가 변하더라도 북반구 중위도에 위치한 우리나라에서 A는 겨울철, B는 여름철이다.

**03** ㄱ. 지구 자전축의 경사각이 커질수록, 지구 공전 궤도 이심률이 작을수록 기온의 연교차는 커진다.

[ 오답 풀이 ] ㄴ. 태양의 남중 고도는 관측 지점의 위도와 태양의 적위에 따라 달라지므로 지구의 공전 궤도 이심률과 관계가 없다. 그러나 지구 자전축의 경사각이 현재보다 커지면 태양의 적위 변화가 커지므로 우리나라의 여름철 태양의 남중 고도는 높아지고, 겨울철 태양의 남중 고도는 낮아진다.

ㄷ. 지구 자전축 경사각이 현재보다 커지면 우리나라의 겨울철 태양의 남중 고도는 낮아져서 입사되는 태양 복사 에너지의 양이 현재보다 감소한다. 또한, 지구의 공전 궤도 이심률이 작을수록 근일점에서 겨울인 우리나라는 근일점이 태양으로부터 멀어지므로 지표에 도달하는 태양 복사 에너지의 양이 감소한다.

**04** ㄱ. 지구 자전축의 방향이 변하는 것은 지구 자전축이 기울어진 팽이처럼 회전하는 세차 운동을 하기 때문이다. 현재 지구 자전축은 북극성을 향하고 있지만 세차 운동에 의해 약 13000년 후에는 거문고자리 부근을 향하게 된다.

[ 오답 풀이 ] ㄴ. 현재 북반구는 근일점에서 겨울, 원일점에서 여름이다. 세차 운동에 의해 약 13000년 후에 북반구는 근일점에서 여름, 원일점에서 겨울이 된다. 따라서 우리나라는 현재보다 약 13000년 후에 여름은 더 더워지고, 겨울은 더 추워져서 기온의 연교차가 커진다.

ㄷ. 천구의 북극은 지구 자전축이 가리키는 방향이다. 따라서 주극성은 천구의 북극 주변의 별들이므로 세차 운동에 의해 달라진다.

**05** ㄴ. (가)에서는 지구 자전축의 경사각이 크고 지구가 근일점에 위치할 때 북반구는 여름철이며, (나)에서는 지구 자전축의 경사각이 (가)에 비해 작고 지구가 원일점에 위치할 때 북반구는 여름철이므로 북반구 여름철 평균 기온은 (가)가 (나)보다 높다.

ㄷ. 북반구 여름철 평균 기온은 (가)가 (나)보다 높고, 겨울철 평균 기온은 (가)가 (나)보다 낮으므로 북반구 기온의 연교차는 (가)가 (나)보다 크다.

[ 오답 풀이 ] ㄱ. 우리나라가 여름철인 위치는 (가)에서는 근일점일 때이고, (나)에서는 원일점일 때이므로 우리나라가 여름철인 위치는 A이다.

**06** ㄱ. A는 자전축 경사각은 변화가 없고 이심률만 현재보다 작아지는 경우이다. 이심률이 현재보다 작아지면 원일점의 거리가 현재보다 태양에 가까워지게 되므로 북반구의 여름철 기온은 현재보다 높아진다. 반면 근일점의 거리는 멀어지게 되어 북반구의 겨울철 기온은 현재보다 낮아진다. 따라서 북반구의 기온 연교차는 현재보다 커진다.

ㄴ. B는 자전축 경사각과 이심률이 모두 현재보다 작아지는 경우이다. 남반구는 현재 지구가 근일점에 있을 때 여름철이다. 이심률이 작아지면 근일점의 거리는 멀어지게 되어 남반구는 현재보다 여름철 기온이 낮아지게 된다. 또한, 자전축 경사각이 작아지면 계절에 따른 남중 고도 차이가 줄어들게 되므로 여름철 기온은 현재보다 낮아지게 된다. 따라서 남반구의 여름철 기온은 현재보다 낮아지고, 반대로 겨울철 기온은 현재보다 높아지게 된다. 결국 남반구 기온의 연교차는 현재보다 작아진다.
ㄷ. C는 자전축 경사각과 이심률이 현재보다 커지는 경우이다. 지구 전체가 받는 태양 복사 에너지의 양은 자전축 경사각에 따라 달라지지 않는다. 이심률이 커지게 되면 원일점 거리는 현재보다 커지게 되므로 태양과 지구 사이의 거리는 현재보다 멀어진다. 따라서 북반구가 여름철일 때 지구 전체가 받는 태양 복사 에너지의 양은 현재보다 줄어든다.

**07** ㄴ. 탐보라 화산 폭발은 다음 해에 여름이 없었을 정도로 지구의 평균 기온을 매우 낮아지게 하는 역할을 하였다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄱ. 화산 분출은 기후 변화의 지구 내적 요인에 해당한다.
ㄷ. 대기 중에 분출된 이산화 탄소는 온실 효과를 일으켜 지구의 평균 기온을 높이는 역할을 한다. 그러나 오존층처럼 자외선을 차단하여 지표에 도달하는 자외선의 양을 크게 감소시키지는 않는다.

**08** ㄱ. 북극해의 얼음이 녹은 이유는 기온이 상승하였기 때문이다. 또한 북극해의 얼음이 녹으면 지표의 반사율이 감소하므로 지표면이 흡수하는 태양 복사 에너지의 양이 증가하면서 평균 기온이 상승한다.
ㄴ. 얼음은 반사율이 크므로 빙하가 융해되어 얼음 면적이 감소하면 지표면의 반사율은 감소한다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄷ. 염분이 낮은 얼음이 녹아서 해수와 섞이면 표층 해수의 염분은 낮아진다.

**09** ㄱ. 대기가 흡수하는 총 에너지양은 대기와 구름의 흡수(20)+물의 증발(23)+대류와 전도(7)+지표면 복사(102)=152이다.
ㄴ. 대기가 흡수하는 총 에너지양(152) 중 우주로 방출하는 양(58)을 제외한 나머지가 지표로 재복사되므로 A는 94이다.
ㄷ. 지구는 복사 에너지의 흡수량(70)과 방출량(70)이 같아 복사 평형을 이루므로 연평균 기온이 일정하게 유지된다.

**10** ㄱ. 대기가 있는 경우는 반사율이 약 30 % (대기와 지표면 등에 의한 반사)이지만 대기가 없는 경우는 대기에 의한 반사가 없으므로 반사율이 매우 낮다. 따라서 지표면이 태양 복사 에너지를 더 많이 흡수하는 경우는 대기가 없을 때인 (나)이다.
ㄴ. (나)는 대기가 없으므로 온실 효과가 일어나지 않는다. 따라서 낮 동안에는 태양 복사 에너지를 흡수하여 표면 온도가 높아지지만, 밤 동안에는 지표 복사 에너지를 방출하여 표면 온도가 낮아진다. 그 결과 대기에 의한 온실 효과가 나타나는 (가)에 비해 표면 온도의 일교차가 크다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄷ. 지구의 대기는 주로 장파 복사인 지구 복사 에너지를 흡수하지만, 성층권과 대류권에서 각각 태양의 자외선과 적외선을 선택적으로 흡수하기도 한다.

**11** ㄴ. 평균 기온이 상승하면 지구 전체의 증발량이 증가한다.
ㄷ. 평균 기온이 상승하면 한대 기후 지역은 좁아지고 열대나 아열대 기후 지역은 넓어진다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄱ. 이산화 탄소 농도의 증가로 지구 온난화가 진행되어 평균 기온이 상승하면 빙하가 녹으면서 빙하 면적이 줄어들므로 지표면의 반사율이 감소한다.

**12** ㄱ. 우리나라의 연평균 기온 상승률은 1954년부터 1999년에는 0.23 ℃/10년, 1981년부터 2010년에는 0.41 ℃/10년, 2001년부터 2010년에는 0.50 ℃/10년이다. 따라서 우리나라의 연평균 기온은 상승폭이 증가하는 추세이다.
ㄷ. 동해 표층수에 용해되는 이산화 탄소의 양이 증가했으므로, 해수의 pH(수소 이온 농도 지수)는 감소(산성화)하는 추세이다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄴ. 우리나라 주변 해역에서 해수의 온도가 상승하고, 난류의 영향이 강해지면서 조경 수역의 위치는 계속 북상하는 추세이다.

**13** ㄱ. 자료에서 1994년부터 2012년까지 평균 해수면 높이는 대체로 상승하였다. 이 기간에 평균 해수면이 상승한 것으로 보아 해수의 열팽창이 일어났을 것이다.
ㄴ. 주로 지구 온난화로 인해 발생하는 대륙 빙하의 융해와 해수의 열팽창에 의해 평균 해수면의 높이가 상승한다. 이 기간에 평균 해수면의 높이가 상승한 것으로 보아 지구의 평균 기온이 상승하였을 것이다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄷ. 이 기간에 평균 해수면이 상승한 것으로 보아 극지방 빙하의 융해가 활발하게 일어났을 것이다. 따라서 극지방의 빙하 면적은 감소하였을 것이다.

**14** 유엔 기후 변화 협약은 1992년 6월 브라질의 리우 환경 회의에서 지구 온난화에 따른 이상 기후 현상을 예방하기 위한 목적으로 채택되었으며, 1994년 3월 21일 공식 발효되었다.
ㄴ. 지구 온난화는 주로 인위적으로 온실 효과가 증대됨에 따라 발생하는데, 이는 화석 연료 사용량의 증가가 주된 원인이다. 온실 기체의 배출량이 증가하면 지구 온난화가 가속화될 수 있다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄱ. 유엔 기후 변화 협약(리우 협약)은 지구 온난화를 억제하기 위한 협약이다.
ㄷ. 온실 기체의 배출량이 증가하면 온실 효과에 의해 지구의 평균 기온이 상승하므로 극지방의 빙하가 융해된다. 빙하는 지표면을 구성하고 있는 다른 물질에 비해 반사율이 높으므로, 극지방의 빙하가 녹으면 극지방의 지표면 반사율은 감소한다.

**15** 지구 자전축의 경사각이 감소하면 태양의 남중 고도가 여름철에는 낮아지고, 겨울철에는 높아진다.

|모범 답안| 우리나라 여름철 기온은 낮아지며, 겨울철 기온은 높아져 기온의 연교차는 작아진다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 여름철 기온의 변화와 기온의 연교차 변화를 모두 옳게 서술한 경우 | 100 |
| 여름철 기온의 변화와 기온의 연교차 변화 중 1가지만 옳게 서술한 경우 | 50 |

**16** 빙하는 주위의 다른 물질보다 태양 복사 에너지에 대한 반사율이 크다.

|모범 답안| 빙하의 면적이 감소하면 지표의 반사율이 감소하여 지표에 흡수되는 태양 복사 에너지양이 증가하므로 기온이 상승하게 된다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 빙하의 감소가 지구 기후 변화에 미친 영향을 옳게 서술한 경우 | 100 |
| '지구의 기온이 상승한다'라고만 서술한 경우 | 30 |

## 1등급 공략 핵심Q

071쪽

01 ① 02 ③ 03 ① 04 ⑤

**01** ㄱ. 현재 지구는 북반구의 겨울철이 되면 근일점을 지나고, 여름철이 되면 원일점을 지난다. 케플러 제2법칙에 의해 지구의 공전 속도는 근일점보다 원일점에서 느리다.

[ 오답 풀이 ] ㄴ. 약 13000년 후인 R 시기의 여름철에 북반구는 근일점 근처에 위치한다. 따라서 우리나라의 여름철 기온은 R 시기가 P(현재) 시기보다 높게 나타날 것이다.

ㄷ. P(현재) 시기에 우리나라는 원일점에 있을 때 여름철, 근일점에 있을 때 겨울철이다. R 시기에 우리나라는 근일점에 있을 때 여름철, 원일점에 있을 때 겨울철이다. Q 시기와 S 시기에 우리나라의 여름철과 겨울철은 근일점과 원일점의 사이에 있을 때이다. 따라서 우리나라에서 기온의 연교차가 가장 큰 시기는 R이다.

**02** ㄷ. 우리나라는 북반구 중위도 지역으로 태양의 남중 고도가 높을수록 낮의 길이도 길어진다. (가)~(다) 중 동짓날 태양의 남중 고도는 (다)일 때 가장 높으므로 낮의 길이도 (다)의 경우가 가장 길다.

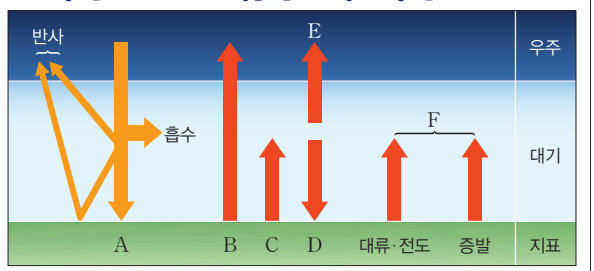
[ 오답 풀이 ] ㄱ. (가)의 경우, 지구가 근일점 부근에 위치할 때 우리나라는 태양의 남중 고도가 가장 낮은 시기가 된다. 따라서 이 시기에 우리나라는 기온이 낮은 겨울철이다.

ㄴ. (가)일 때 우리나라는 근일점 부근에서 겨울철, 원일점 부근에서 여름철이다. (나)일 때 우리나라는 근일점 부근에서 여름철, 원일점 부근에서 겨울철이다. 따라서 기온의 연교차는 (나)의 경우가 (가)보다 크다.

**03**

[ 자료 분석 ]

지구 온난화가 진행되면 지표에서 방출하는 에너지 중 대기가 흡수하는 에너지양 C가 증가함 → 대기에서 지표로 방출하는 에너지양 D도 증가함




지표가 흡수하는 총 에너지 (A+D) = 지표가 방출하는 총 에너지 (B+C+F)

사막의 면적 확대 → 강수량 감소 → 증발량 감소 → 증발에 의한 에너지 이동량 감소 → F가 일정하다면 대류·전도에 의한 열 전달 증가

ㄱ. 지표가 흡수하는 총 에너지는 (A+D)이고, 지표가 방출하는 총 에너지는 (B+C+F)이다. 지구는 복사 평형 상태이므로 (A+D)와 (B+C)의 차는 F와 같다.

[ 오답 풀이 ] ㄴ. 지구 온난화가 진행되면 지표에서 방출하는 에너지 중 대기가 흡수하는 에너지양 C가 증가한다. 동시에 대기에서 지표로 방출하는 에너지양 D도 증가한다.

ㄷ. 사막의 면적이 넓어지면 강수량이 감소한다. 물 수지 평형을 고려하면 증발량도 줄어들고, 그에 따라 증발에 의한 에너지 이동량도 감소한다. 따라서 F가 일정하다면 사막 면적이 넓어질 때 대류·전도에 의한 열 전달이 증가한다.

**04** ㄱ. 그래프 (가)와 (나)를 비교해 보면 지구 기온 변화와 빙하의 분포 면적이 서로 반비례함을 알 수 있다. 따라서 지구 기온의 상승률이 커지면 빙하의 녹는 속도가 가속되므로 빙하의 면적 감소량도 증가한다.

ㄴ. 1950년 이후 자연적 요소에 의한 기온 상승 기여분은 감소하고 있으나 지구 전체 기온이 급격히 올라가는 것으로 보아, 1950년 이후 지구 기온 상승의 주 요인은 인간 활동에 의한 것임을 알 수 있다.

ㄷ. 지구 기온 상승분의 자연적 요소는 태양에서 지구에 들어오는 열의 양이다. 따라서 1950년 이후 자연적 요소에 의한 기온 상승분이 감소한다는 것은 태양에서 들어오는 열이 지구 기온 상승분에 기여하는 비율이 감소한다는 것을 의미한다.

# Ⅲ 우주

## 12 별의 물리량과 H−R도

### 내신 완성 핵심Q

073쪽

01 ③ 02 ① 03 ② 04 ② 05 ① 06 ③ 07 ①
08 ④ 09 ① 10 ④ 11 ③ 12 ④ 13 ② 14 ④
15 ③ 16 ④

17 (1) O−B−A−F−G−K−M (2) G2 (또는 G)
18 (1) 100배 (2) 해설 참조 19 (1) 주계열성 (2) 해설 참조

**01** 별의 표면 온도가 높을수록 파란색으로 보이며, 색지수 값은 작다. 별의 표면 온도에 따라 고유한 흡수선 스펙트럼이 나타나는데, 별의 온도에 따라 스펙트럼을 분류한 것을 스펙트럼형(분광형)이라고 한다.

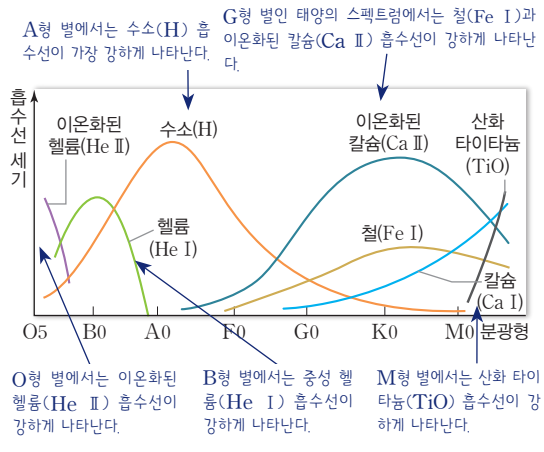
**02** ㄴ. 주계열성에서는 최대 복사 에너지를 방출하는 파장이 짧을수록 표면 온도가 높다.
[ 오답 풀이 ] ㄱ. 주계열성에서는 최대 복사 에너지를 방출하는 파장이 짧을수록 광도가 크다.
ㄷ. $S_1$은 B등급이 V등급보다 작으므로 색지수(B−V)가 (−), $S_2$는 B등급이 V등급보다 크므로 색지수(B−V)가 (+)이다. 따라서 색지수(B−V)는 $S_1$보다 $S_2$가 크다.

**03** 고온·고밀도의 물체에서는 연속 스펙트럼이, 고온·저밀도의 기체에서는 방출 스펙트럼이, 연속 스펙트럼의 광원 앞에 저온의 기체가 있으면 흡수 스펙트럼이 나타난다.

**04** 일반적으로 스펙트럼형에서 O형의 표면 온도가 가장 높고, M형의 표면 온도가 가장 낮다.

**05**

[ 자료 분석 ]




ㄱ. 별빛을 분광기로 분산시키면 별의 표면 온도에 따라 원소들이 각각 특정한 흡수선을 형성하기 때문에 별들마다 다양한 흡수 스펙트럼이 나타난다.
[ 오답 풀이 ] ㄴ. G형에서는 이온화된 칼슘, 철, 중성 수소, 중성 칼슘의 흡수선이 나타난다.
ㄷ. 별의 표면 온도가 약 10000 K인 별은 분광형 A인 별로 수소선이 나타난다.

**06** ㄱ. 10000 K일 때 수소 흡수 스펙트럼선의 세기가 강하며, 이 별의 분광형은 A형으로 흰색에 해당한다.
ㄷ. Ca, Fe 등의 금속 원소의 흡수 스펙트럼은 표면 온도가 낮은 별에서 강하다. 표면 온도가 높은 A형 별보다 표면 온도가 낮은 G형 별에서 금속 원소의 흡수선이 강하게 나타난다.
[ 오답 풀이 ] ㄴ. 별의 분광형은 표면 온도에 따라 결정되지만, 표면 온도가 높을수록 각 원소의 흡수 스펙트럼선 세기가 강한 것은 아니다. He I의 경우에도 약 30000 K 이상에서는 오히려 흡수 스펙트럼선이 약해진다.

**07** 별 A의 거리 지수는 −0.1−(−0.4)=0.3, 별 B의 거리 지수는 0.3−2.5=−2.2, 별 C의 거리 지수는 −1.0−1.4=−2.4이다. 따라서 거리 지수가 가장 큰 별 A가 가장 멀다.
별의 광도는 반지름의 제곱과 표면 온도의 네제곱에 비례한다($L \propto R^2T^4$). 별 A는 색지수가 가장 크므로 표면 온도는 가장 낮은데, 절대 등급이 제일 작아 광도는 가장 크다. 따라서 반지름은 별 A가 가장 크다.

**08** ④ 별 (나)는 분광형이 K로 분광형이 M인 별 (다)보다 표면 온도가 높다.
[ 오답 풀이 ] ① 분광형 F>K>M 순서로 온도가 높다.
② 별 (나)는 겉보기 등급이 가장 크므로 우리 눈에 가장 어둡게 보이는 별은 (나)이다.
③ 별 (다)는 겉보기 등급과 절대 등급이 같으므로 10 pc의 거리에 있는 별이다.
⑤ (겉보기 등급−절대 등급)이 클수록 멀리 있는 별이므로, 거리를 비교하면 (나)>(다)>(가) 순이다.

**09** ㄱ. 빈의 변위 법칙에 따르면 최대 복사 에너지 파장은 표면 온도에 반비례한다. 별의 크기가 같은 경우, 표면 온도가 높은 별의 광도가 표면 온도가 낮은 별의 광도보다 크다.
[ 오답 풀이 ] ㄴ, ㄷ. A는 B보다 최대 에너지를 내는 파장이 짧으므로 표면 온도는 B보다 높다.

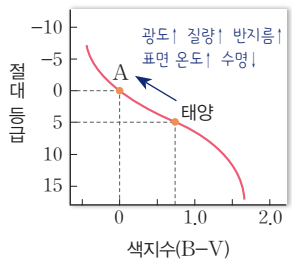
**10** ④ C별은 표면 온도가 약 5000 K이고 D별은 표면 온도가 약 15000 K로 C별은 D별보다 표면 온도가 낮아 붉은색이 강하다.
[ 오답 풀이 ] ① A는 H−R도에서 가장 왼쪽 아래에 위치하므로 크기가 가장 작은 별이다.
② C는 표면 온도는 낮지만 광도가 크므로, 반지름이 매우 큰 별로 밀도가 가장 작다.

③ 광도는 절대 등급이 작을수록 크므로 광도가 가장 큰 별은 C이다.
⑤ 태양의 표면 온도는 5800 K, 절대 등급은 4.8등급이므로 물리적 성질이 태양과 가장 유사한 별은 A이다.

**11** ㄱ. H−R도에서 색지수가 작을수록 분광형은 O형에 가깝고, 색지수가 클수록 분광형은 M형에 가깝다. 또한 절대 등급이 작을수록 광도가 크고, 절대 등급이 클수록 광도가 작다. 따라서 표와 H−R도를 비교해 보면 (가)는 ㉠, (나)는 ㉡, (다)는 ㉢에 해당한다.
ㄷ. H−R도에서 주계열의 오른쪽 상단에는 거성과 초거성이 위치하므로 (나)는 거성 또는 초거성이고, (다)는 백색 왜성으로 밀도가 가장 크다.
**[오답 풀이]** ㄴ. (나)는 분광형이 K로 분광형이 A인 (가)보다 표면 온도가 낮다.

**12**

**[자료 분석]**




ㄴ, ㄷ. 별 A와 태양은 모두 주계열성이다. 별 A의 색지수가 태양보다 더 작으므로 별 A의 표면 온도는 태양보다 높다. 또한 주계열성은 H−R도상에서 왼쪽 상부에 위치할수록 질량과 반지름, 광도 등이 크다.
**[오답 풀이]** ㄱ. 주계열성은 질량이 클수록 수명이 짧아진다.

**13** ㄷ. H−R도의 오른쪽 위에서 왼쪽 아래로 갈수록 밀도가 크다. 따라서 적색 거성인 별 D보다 백색 왜성인 별 E의 평균 밀도가 크다.
**[오답 풀이]** ㄱ. H−R도에서 가로축은 표면 온도, 스펙트럼형, 색지수로 나타내고, 세로축은 절대 등급, 광도로 나타낸다.
ㄴ. H−R도의 왼쪽에 위치한 별일수록 표면 온도가 높다. 따라서 온도는 A>B>C 순이다.

**14** ④ 주계열성은 H−R도의 왼쪽 위에 위치할수록 광도가 크므로, 별 (가)는 (다)보다 광도가 크다.
**[오답 풀이]** ① 주계열성은 H−R도의 왼쪽 위에 위치할수록 질량이 크므로, 별 (가)는 태양보다 질량이 크다.
② 별 (가)와 (나)는 같은 스펙트럼형(B형)을 나타내므로 표면 온도가 거의 같고, 청백색으로 별의 색도 거의 비슷하다.
③ 별 (가)와 (다)는 H−R도의 왼쪽 위에서 오른쪽 아래로 이어지는 좁은 띠 영역에 분포하는 주계열성이다.
⑤ 별 (라)는 적색 거성 또는 초거성이고, 별 (다)는 주계열성이므로, (라)는 (다)보다 반지름이 크다.

**15** ㄱ. 절대 등급이 작을수록 광도가 크다. 따라서 별 ㉠~㉣ 중에서 광도가 가장 큰 별은 절대 등급이 가장 작은 ㉠이다.
ㄴ. 별 ㉡과 태양은 표면 온도는 같으나, 절대 등급이 10등급 작은 ㉡이 태양보다 광도가 10000배 크다. 따라서 별의 광도는 반지름의 제곱과 표면 온도의 4제곱에 비례하므로 별 ㉡은 태양보다 반지름이 100배 크다.
**[오답 풀이]** ㄷ. 별 ㉡은 ㉢보다 표면 온도가 높은데 광도는 같다. 이는 별 ㉡이 ㉢보다 크기가 더 작기 때문이다.

**16** ④ D보다 A의 색지수가 더 작으므로 표면 온도는 A가 더 높다.
**[오답 풀이]** ② B는 등급이 가장 커서 어둡지만 색지수가 작아 표면 온도는 높은 별로 백색 왜성에 해당하며 반지름이 가장 작다.
③ C, D는 같은 색지수를 가지므로 표면 온도가 같다.
⑤ C는 주계열성, D는 적색 거성에 해당하므로 별 D의 반지름이 더 크다.

**17** 태양은 노란색으로 보이며 표면 온도는 약 5800 K이므로 G2형 별이다

**18** (1) 별의 밝기는 거리의 제곱에 반비례한다. 별 A가 별 B보다 10배 멀리 있는데도 같은 밝기로 보이므로, 별 A의 광도는 B의 100배이다.
(2) **|모범 답안|** 2.5배, 별의 광도($L$)는 $L=4\pi R^2\cdot\sigma T^4$이므로 $R\propto\frac{\sqrt{L}}{T^2}$이다. 따라서 별 A는 별 B보다 광도가 100배, 표면 온도는 2배이므로, 별 A의 반지름은 별 B의 2.5배가 된다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 반지름을 옳게 쓰고, 반지름을 구하는 과정을 옳게 서술한 경우 | 100 |
| 반지름의 크기만 옳게 서술한 경우 | 30 |

**19** (1) 별의 약 90 %가 주계열성이다.
(2) **|모범 답안|** H−R도는 별의 표면 온도와 절대 등급을 두 축으로 하여 별의 분포를 나타낸 그래프로, 가로축은 별의 표면 온도나 색지수, 분광형으로 나타내고 세로축은 절대 등급이나 광도로 나타낸다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 가로축과 세로축의 물리량을 모두 옳게 서술한 경우 | 100 |
| 가로축과 세로축의 물리량 중 1가지만 옳게 서술한 경우 | 50 |

## 1등급 공략 핵심Q

077쪽

01 ③ 02 ③ 03 ① 04 ⑤

**01** 별의 등급과 밝기와의 관계인 포그슨 방정식과 별의 밝기가 거리의 제곱에 비례하여 어두워진다는 사실로부터 별의 거리 지수 공식을 유도할 수 있다. 1등급의 별은 6등급의 별보다 100배 밝으므로 1등급 간의 밝기비는 $\sqrt[5]{100}=10^{\frac{2}{5}}$배, 즉 약 2.5배이다. 겉보기 등급이 각각 $m_1$, $m_2$인 두 별의 밝기를 각각 $l_1$, $l_2$라고 할 때,

$m_1-m_2=-2.5\log\frac{l_1}{l_2}$이다. 한편, 별의 밝기는 거리의 제곱에 반비례한다. 절대 등급은 별이 10 pc 거리일 때의 밝기이므로 거리 $r$에서의 밝기 $l$과 10 pc에서의 밝기 $L$의 관계는 $\frac{l}{L}=\frac{10^2}{r^2}$이다. 따라서 별의 겉보기 등급($m$)과 절대 등급($M$)의 관계는 $m-M=-2.5\log\frac{l}{L}$이므로 정리하면, $m-M=5\log r-5$이다.

**02** ㄱ. 저온의 별일수록 V 필터로 관측한 밝기는 점점 증가하고 B 필터로 관측한 밝기는 감소한다. 따라서 표면 온도가 가장 높은 (가)의 색지수 (B−V)가 가장 작다.

ㄷ. 별에서 단위 시간에 방출되는 복사 에너지양은 광도와 같으며, 광도는 별 반지름의 제곱과 표면 온도의 네제곱에 비례한다. 표면 온도가 $T$인 흑체가 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 에너지양($E$)은 $E=\sigma T^4$($\sigma=5.67\times10^{-8}\,\mathrm{W/m^2\cdot K^4}$)이며, 이를 슈테판·볼츠만 법칙이라고 한다. 따라서 반지름이 같은 (가)와 (나)를 비교할 때 단위 시간에 방출되는 복사 에너지양은 (가)가 (나)의 $3^4$배이다.

**[ 오답 풀이 ]** ㄴ. 표면 온도($T$)가 높은 별일수록 최대 에너지를 방출하는 파장($\lambda_{max}$)이 짧아지는데, 이를 빈의 변위 법칙이라고 한다.

$$\lambda_{max}=\frac{a}{T}(a=2.898\times10^{3}\,\mu\mathrm{m\cdot K})$$

**03** ㄱ. 주계열성은 광도가 클수록 질량이 크다. 따라서 질량은 ㉠보다 ㉡이 크다.

**[ 오답 풀이 ]** ㄴ. (가)에서 최대 복사 에너지 파장($\lambda_{max}$)이 짧을수록 표면 온도가 높다. 따라서 표면 온도가 높은 ㉡보다 표면 온도가 낮은 ㉠이 색지수가 크다.

ㄷ. 최대 복사 에너지 파장($\lambda_{max}$)이 길수록 표면 온도가 낮고, 주계열성은 표면 온도가 낮을수록 광도가 작다.

**04** ㄴ. 분광형 O형일수록 별의 표면 온도가 높다. 따라서 별의 표면 온도는 ㉠이 가장 높다.

ㄷ. 별의 반지름은 별의 광도의 제곱근에 비례하고 표면 온도의 제곱에 반비례한다. ㉡, ㉢은 표면 온도는 같고 ㉡이 ㉢보다 광도가 10000배 밝으므로 별의 반지름은 ㉡이 ㉢보다 100배 크다.

**[ 오답 풀이 ]** ㄱ. ㉡은 적색 거성으로 밀도가 가장 작다.

## 13 별의 진화와 에너지원

### 내신 완성 핵심Q

079쪽

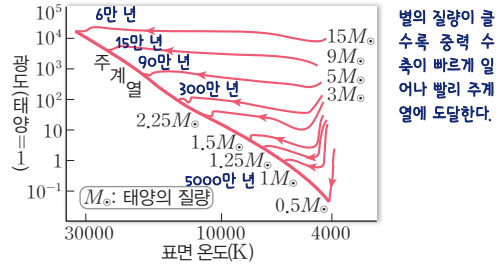
| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 01 ③ | 02 ④ | 03 ② | 04 ③ | 05 ④ | 06 ① | 07 ③ |
| 08 ② | 09 ① | 10 ② | 11 ④ | 12 ① | 13 ⑤ | 14 ① |

**15** (1) 백색 왜성 (2) 해설 참조 **16** (1) 탄소, 질소, 산소 (2) 해설 참조

**17** 해설 참조 **18** 초거성 → 초신성 → 중성자별 또는 블랙홀

**01**

**[ 자료 분석 ]**




ㄱ, ㄴ. 질량이 큰 원시별일수록 표면 온도가 높고, 광도가 큰 주계열성이 된다.

**[ 오답 풀이 ]** ㄷ. 원시별의 질량이 클수록 영년 주계열에 빨리 도달하고, 주계열 단계에서의 진화 속도도 빠르다.

**02** ㄴ. 별 a는 별 b보다 질량이 크고 중심부의 온도, 표면 온도, 광도도 크다. 따라서 별 a의 위치는 P, 별 b의 위치는 Q이다.

ㄷ. 질량이 큰 별일수록 진화 속도가 빨라 먼저 주계열을 떠난다. 따라서 별 a는 별 b보다 주계열에 머무는 시간이 짧다.

**[ 오답 풀이 ]** ㄱ. (가)의 플랑크 곡선에서 별 a는 B 필터 영역의 면적이 V 필터 영역의 면적보다 크므로 B 필터 영역에서의 밝기가 V 필터 영역에서의 밝기보다 밝다. 즉, B등급이 V등급보다 작으므로 색지수(B−V)는 (−)값을 갖는다.

**03** ㄴ. 별은 성간 물질(가스와 티끌)이 중력 수축을 하여 만들어진다.

**[ 오답 풀이 ]** ㄱ. 별을 이루고 있는 기체 입자에 작용하는 압력의 크기는 별의 내부 온도에 비례하므로, 별의 내부 온도가 증가하면 $F$가 커져서 별의 크기가 증가한다.

ㄷ. 주계열성에서는 별을 이루는 기체 입자들에 작용하는 기체압($F$)과 중력($W$)이 평형을 이루고 있지만, 거성으로 진화하면서 기체 압력이 증가하여 반지름이 커진다.

**04** ㄱ. 자료에서 질량이 큰 백색 왜성일수록 반지름이 더 작다.

ㄴ. 별 표면에서의 중력 가속도는 별의 질량에 비례하고 반지름의 제곱에 반비례한다. 따라서 질량이 크고 반지름이 작은 B가 A보다 별 표면에서의 중력 가속도가 더 크다.

**[ 오답 풀이 ]** ㄷ. 초신성 폭발 후 남은 중심핵은 그 질량에 따라 블랙홀이나 중성자별이 된다. 백색 왜성의 질량 한계는 태양 질량의 약 1.44배이며, 초신성 폭발 후 남은 별의 질량이 태양 질량의 1.44배보다 크다면 이 별은 백색 왜성이 될 수 없다.

**05** ㄴ. 주계열성 단계의 별은 대부분 수소로 이루어져 있다. 그러나 별 내부에서 핵융합 반응이 진행됨에 따라 헬륨, 탄소, 산소 등 점점 무거운 원소들이 만들어지게 된다. 따라서 별의 구성 성분은 별이 진화함에 따라 달라지는데, 별 내부의 수소 함량비는 별이 진화할수록 점점 작아진다. 즉, 별 내부의 수소 함량비는 진화가 가장 덜 된 (나)가 제일 높고, 진화가 가장 많이 진행된 (다)가 제일 낮다.

ㄷ. 별의 평균 밀도 순서는 (다)>(나)>(가)이다.

[오답 풀이] ㄱ. 별의 진화 순서는 주계열성 → 거성 → 백색 왜성이다. 따라서 가장 많이 진화한 그룹은 (다)이다.

**06** ㄱ. 별의 최후 단계 직전의 중심부 질량이 태양 질량의 3배 이상이면 초신성 폭발 이후 중심부가 계속 중력 수축하여 밀도와 표면 중력이 너무 커 빛조차 빠져나갈 수 없는 블랙홀이 만들어진다.

[오답 풀이] ㄴ. B는 중성자별로서 초신성 폭발 후 남은 중심핵은 계속 중력 수축하여 밀도가 크게 증가하고 원자를 구성하는 전자가 원자핵 안으로 들어가 양성자와 결합하기 때문에 중성자로 대부분 가득 차게 된다. 이때 B가 모두 Fe로 이루어져 있는 것은 아니다.

ㄷ. 중성자별인 B와 블랙홀인 C는 초신성 폭발 후 남은 중심핵의 최후에 해당한다. 그러나 백색 왜성인 A는 질량이 상대적으로 작은 별의 최후에 해당하는 것으로 초신성 폭발이 아니라 별의 진화 말기에 팽창과 수축을 반복하는 과정에서 물질 일부가 우주 공간으로 방출되는 행성상 성운을 만들고 남은 중심핵이 더욱 중력 수축하여 만들어진 것이다.

**07** ㄱ. 색지수는 별의 표면 온도가 높을수록 작다. 따라서 색지수는 작은 것부터 A, B, C 순이다.

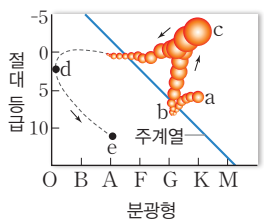
ㄷ. 현재 A별은 백색 왜성, B별은 주계열성, C별은 적색 거성이다. 따라서 A가 가장 진화가 많이 진행되었으며, 중심부에 가장 무거운 원소를 가지고 있다.

[오답 풀이] ㄴ. B는 주계열성으로 중심부에서 수소 핵융합 반응이 일어나며, 별의 내부 온도가 1000만 K 이상일 때 수소 핵융합 반응이 일어난다.

**08** (가)는 원시별, (나)는 주계열성, (다)는 적색 거성, (라)는 백색 왜성이다. 원시별의 에너지원은 중력 수축 에너지이고, 주계열성의 에너지원은 수소 핵융합 반응에 의한 에너지이다. 별의 진화에서 가장 오랜 시간 머무는 단계는 주계열 단계이다. 주계열성에서 적색 거성으로 될 때 반지름이 급격하게 증가하여 광도가 증가한다. 적색 거성 단계 이후 별은 맥동하며 별의 외곽에 있는 물질을 우주 공간으로 방출하는데, 이것이 행성상 성운이다. 행성상 성운 중심에 있는 별의 중심부는 백색 왜성이 된다.

**09**

[자료 분석]




태양과 질량이 비슷한 별의 진화: 원시별(a) → 주계열성(b) → 적색 거성(c) → 행성상 성운(d) → 백색 왜성(e)

원시별(a)에서 분광형이 G형인 주계열성(b)으로 진화한 별은 적색 거성(c) → 행성상 성운(d) → 백색 왜성(e)의 단계로 진화한다.

그림 (나)는 적색 거성 이후 맥동 변광성 단계를 거친 별이 외곽의 물질을 방출하면서 중심핵과 분리되는 모습의 행성상 성운의 단계이다. (가)에서 행성상 성운의 단계는 d이다.

**10** ㄱ. 별의 진화 마지막 단계는 별의 질량에 따라 달라진다. 중심부 질량이 $1.44M_{\odot}$($M_{\odot}$=태양 질량)보다 작은 별들은 백색 왜성으로, $1.44M_{\odot}$보다 무거운 별들은 중성자별이나 블랙홀로 일생을 마무리 한다. 따라서 별 A의 질량이 별 B보다 작다. 별의 진화 과정에서 나타나는 핵융합 반응의 종류에 따라서도 별의 질량을 비교할 수 있다. 질량이 큰 별은 별 내부의 중심 압력과 온도가 높기 때문에 헬륨 핵융합 반응 단계에서 그치지 않고 탄소 핵융합 반응 등 여러 가지 핵융합 반응을 거쳐 별의 내부에서 더 무거운 원소들이 생성된다.

ㄹ. Ⅲ단계에서 별 A와 B는 행성상 성운이나 초신성 폭발의 과정을 거치면서 질량의 일부를 외부로 방출하기 때문에 남아 있는 중심핵으로부터 생성된 백색 왜성이나 중성자별, 블랙홀은 Ⅰ, Ⅱ 단계의 주계열성, 적색 거성, 초거성보다 질량이 작다.

[오답 풀이] ㄴ. 질량이 큰 별일수록 수소 핵융합 반응을 하는 Ⅰ단계의 지속 시간이 짧다.

ㄷ. Ⅰ단계의 수소 핵융합 반응 단계는 주계열성 단계이고, Ⅱ단계는 헬륨 핵융합 반응 등이 진행되는 거성 단계이다. 거성으로 진화하는 단계에서는 별의 표면 온도는 감소하지만 내부 압력의 증가로 별의 반지름이 커지기 때문에 광도가 증가한다.

**11** ㄱ. 주계열성의 질량과 광도 관계에서 질량이 클수록 광도가 크다. 표에서 절대 등급이 작을수록 색지수가 작고 표면 온도가 높다. 따라서 주계열성은 광도가 큰 별이 표면 온도도 높다.

ㄷ. 별 B는 태양보다 절대 등급과 색지수가 큰 것으로 보아 태양보다 질량이 작은 주계열성이다. 질량이 태양 질량의 1.5배 이하인 주계열성의 경우 중심부에서 수소 핵융합 반응으로 에너지를 생산할 때 주로 p−p 연쇄 반응이 일어난다.

[오답 풀이] ㄴ. 별 A의 절대 등급은 태양보다 5등급 낮아서 광도가 태양의 100배이므로 질량은 태양의 1~10배 사이이다.

**12** ㄱ. (가)는 주계열성, (나)는 적색 거성의 내부 구조이다. 별은 주계열성 → 적색 거성의 순서로 진화한다.

[오답 풀이] ㄴ. 주계열성의 중심부에서는 수소 핵융합 반응이 일어난다. 수소 핵융합 반응은 중심부 온도가 1000만 K 이상일 때 일어난다. 적색 거성의 중심부에서는 헬륨 핵융합 반응이 일어나는데, 중심부 온도가 1억 K 이상일 때 일어난다.

ㄷ. 주계열성에서 적색 거성으로 진화하면 H−R도에서 오른쪽 상단으로 이동한다. 이 과정에서 별의 부피는 증가하고 표면 온도는 낮아지고 광도는 커진다.

**13** ㄱ. 헬륨 핵융합 반응을 거쳐 탄소핵이 생성된 (가)보다 여러 핵융합 반응을 거쳐 철(Fe)로 이루어진 중심핵이 생성된 (나)의 질량이 더 크다.

ㄴ. 별의 질량이 클수록 더 많은 에너지를 빠르게 소모하므로 진화 속도가 빠르다.
ㄷ. 질량이 큰 별일수록 별의 중심핵에서의 압력이 크고 온도가 높아서 여러 가지 무거운 원소의 핵융합 반응이 일어난다.

**14** 헬륨은 수소와 마찬가지로 빅뱅 이후의 초기 우주에서 대부분 만들어졌지만, 별 내부의 수소 핵융합 반응을 통해 일부 만들어진다. 탄소는 적색 거성의 내부에서 헬륨 핵융합 반응을 통해 만들어진다. 그러나 별의 내부에서 만들어질 수 있는 원소는 가장 무거운 것이 철이다. 철보다 무거운 원소는 초신성 폭발 과정의 고온, 고압 환경에서 만들어지게 된다. 따라서 우라늄은 별 내부에서 핵융합 반응으로 만들어지는 것이 아니다.

**15** (2) |모범 답안| 태양 정도 질량의 별은 주계열성 이후 적색 거성으로 진화하였다가 행성상 성운을 만들고, 중심은 백색 왜성으로 남은 후 서서히 어두워진다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 제시된 용어를 모두 사용하여 진화 과정을 옳게 서술한 경우 | 100 |
| 제시된 용어 중 2~3개만 사용하여 진화 과정을 서술한 경우 | 50 |

**16** (2) |모범 답안| 수소 원자핵인 양성자 4개가 연쇄적으로 융합하여 1개의 헬륨 원자핵을 만드는 양성자-양성자 연쇄 반응(p-p 반응)은 질량이 태양과 비슷하거나 작은 별에서 우세하게 일어난다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 질량 조건과 수소가 헬륨을 만드는 과정을 모두 옳게 서술한 경우 | 100 |
| 질량 조건과 수소가 헬륨을 만드는 과정 중 1가지만 옳게 서술한 경우 | 50 |

**17** |모범 답안| 양성자-양성자 반응이 나타나는 별의 내부 구조는 중심부터 핵-복사층-대류층으로 이루어져 있으며, CNO 순환 반응이 일어나는 별의 내부 구조는 중심부터 대류핵-복사층으로 이루어져 있다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 별의 내부 구조 2가지를 모두 옳게 서술한 경우 | 100 |
| 별의 내부 구조 중 1가지만 옳게 서술한 경우 | 50 |

**18** 태양보다 질량이 매우 큰 별은 중심부의 온도가 높아서 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 중심부는 더욱 작게 수축되어 중성자별이나 블랙홀이 된다.

## 1등급 공략 핵심Q

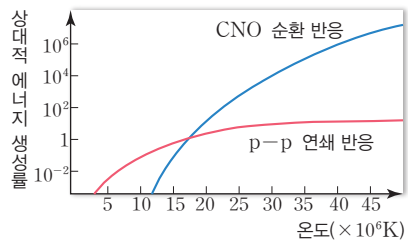
083쪽

01 ② 02 ④ 03 ③ 04 ①

**01** ㄷ. (가)의 원시별에서 주계열성으로 진화하는 과정에서 별의 크기는 점차 작아지고, (나)의 주계열성 이후 거성으로 진화하는 과정에서는 별의 크기가 커진다.
[ 오답 풀이 ] ㄱ. 질량이 큰 별일수록 중력에 의한 수축의 정도가 빨라서 원시별에서 주계열성으로 진화하는 데 걸리는 시간이 짧고, 주계열성 이후 거성이나 초거성으로 진화하는 데 걸리는 시간도 짧다.
ㄴ. (나)에서 A는 초거성으로, B는 적색 거성으로 진화하고 있다.

**02** 별 A와 C는 주계열성이고, B는 초거성이며 D는 백색 왜성이다.
ㄱ. 밀도가 가장 큰 별은 백색 왜성인 별 D이다.
ㄷ. 별의 밝기는 별의 반지름($R$)의 제곱과 별의 표면 온도($T$)의 네 제곱에 비례한다. 별 A가 C보다 $10^6$배 더 밝으므로
$10^6=\left(\frac{R_A}{R_C}\right)^2\cdot 5^4$이므로, $\left(\frac{R_A}{R_C}\right)^2=1600$, $\frac{R_A}{R_C}=40$이다.
따라서 별 A는 C보다 반지름이 40배 크다.
[ 오답 풀이 ] ㄴ. 별 B의 주요 에너지원은 중심핵에서 일어나는 헬륨 핵융합 반응이다.

**03** ㄱ. (가)는 p-p 연쇄 반응, (나)는 CNO 순환 반응으로, (가)의 별에서는 바깥쪽에 대류층이 형성되므로 별의 표면에서 쌀알무늬를 관찰할 수 있다.
ㄷ. CNO 순환 반응에서 탄소는 촉매 역할을 하고, 아무리 온도가 높아도 탄소가 없으면 이 반응은 일어나지 않는다.
[ 오답 풀이 ] ㄴ. (가)에서 첫째 줄과 둘째 줄의 반응은 2번씩 일어나야 하므로 핵융합 반응이 일어나려면 모두 6개의 수소 원자핵이 필요하다.




- 주계열성 중심부의 온도가 약 1800만 K보다 저온인 경우는 p-p 연쇄 반응이, 고온인 경우는 CNO 순환 반응이 우세하다.
- 별이 핵융합 반응을 시작할 때 중심부의 온도는 이전에 일어난 중력 수축에 의해 결정된다.
- 질량이 $1.5M_\odot$보다 큰 별: 중력 수축에 의한 에너지 생성이 많으므로 중심부의 온도가 높아 CNO 순환 반응이 우세하다.
- 질량이 $1.5M_\odot$보다 작은 별: 중력 수축에 의한 에너지 생성이 적으므로 중심부 온도가 낮아 p-p 연쇄 반응이 우세하다.

**04** ㄴ. (다)의 중심부에 있는 헬륨 핵이 헬륨 핵융합 반응을 하기 위해서는 중심핵에서 중력 수축이 일어나 중심부의 온도가 더 높아져야 한다. 별의 중심핵에서 헬륨 핵융합 반응이 일어나게 되는 때는 이 별이 적색 거성에 도달한 후이다.

[ 오답 풀이 ] ㄱ. (가)에서 태양 중심으로부터 표면에 이르기까지 수소와 헬륨의 구성 비율이 동일하므로 헬륨의 대부분이 별의 외곽에 존재하는 것은 아니다.

ㄷ. (가)~(다) 과정에서 별은 정역학 평형 상태를 유지하므로 크기와 표면 온도 등의 변화가 거의 없다.

## 14 외계 행성계와 외계 생명체

### 내신 완성 핵심Q

085쪽

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

15 (1) A (2) 해설 참조 16 해설 참조 17 해설 참조

**01** ㄱ. A는 별의 시선 속도 변화 주기이고, 이 주기는 별과 행성이 공통 질량 중심을 중심으로 회전하는 주기와 같다. 따라서 A는 외계 행성의 공전 주기이다.

[ 오답 풀이 ] ㄴ. 시선 속도가 (+)일 때 중심별이 후퇴하므로 별빛 스펙트럼에서 적색 편이가 나타나며, 행성은 지구 쪽으로 다가온다.

ㄷ. 외계 행성의 공전 궤도면이 시선 방향에 수직일 경우 중심별이 후퇴하거나 접근하는 효과가 나타나지 않기 때문에 B는 0이 된다.

**02** ㄴ. 같은 조건에서 외계 행성의 질량이 커지면 별과 행성의 공통 질량 중심은 별로부터 멀어진다. 또한 케플러 제3법칙에 의하여 행성의 공전 주기가 짧아진다. 따라서 별의 회전 속도가 커져서 별빛의 편이량이 현재보다 커지므로 행성의 존재를 확인하기 쉽다.

ㄷ. 별과 행성은 공통 질량 중심을 돌고 있는데, 별은 행성에 비해 질량이 크므로 움직임은 행성에 비해 작아서 떨림 현상만 관측된다.

[ 오답 풀이 ] ㄱ. 중심별이 행성보다 질량이 크므로, 공통 질량 중심에 가까운 B가 중심별이고, A가 행성이다.

**03** ㄱ. 행성이 1회 공전하는 동안 별의 시선 속도 변화 주기는 1회 나타난다. 자료에서 시선 속도의 변화 주기가 약 6일이므로 행성의 공전 주기도 약 6일이다.

[ 오답 풀이 ] ㄴ. a는 시선 속도 값이 최소일 때이다. 시선 속도가 최소일 때 별은 지구 쪽으로 접근하고 행성은 지구에서 멀어지고 있는 시기이다. 이 시기는 별과 행성이 시선 방향으로 일직선을 이루지 않으므로 식 현상이 일어나지 않는다.

ㄷ. 행성의 공전 궤도 긴반지름이 클수록 공전 주기가 길어져 공전 속도가 느려지므로 별빛의 스펙트럼에서 편이량이 작게 나타난다.

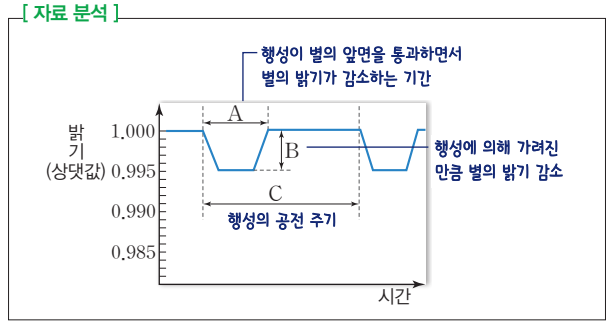
**04** ㄷ. 행성의 질량이 작을수록 공통 질량 중심은 별에 가까워진다.

[ 오답 풀이 ] ㄱ. 공통 질량 중심에 가까운 B가 A보다 질량이 더 큰 중심별이다.

ㄴ. 중심별 스펙트럼은 비교 스펙트럼에 비해 적색 편이가 일어났으므로 중심별은 지구에 대해 후퇴 중이고, 중심별과 행성은 시계 반대 방향인 ㉡ 방향으로 공전하고 있다.

**05**

[ 자료 분석 ]




ㄱ. A 기간에는 중심별과 행성이 시선 방향에 거의 일직선상에 위치하여 중심별과 행성은 시선 방향에 거의 수직한 방향으로 움직인다. 따라서 이 기간에 별빛 스펙트럼의 편이량이 가장 작게 나타난다.

ㄷ. C는 중심별의 밝기 변화가 나타나는 주기이므로 행성의 공전 주기에 해당한다.

[ 오답 풀이 ] ㄴ. B는 행성에 의해 가려진 중심별의 면적과 관계있으므로 행성의 반지름이 클수록 B도 커진다.

**06** ㄴ. 이 방법은 앞쪽에 있는 별과 행성의 중력에 의해 나타나는 뒤쪽 별의 밝기 변화를 감지하여 외계 행성을 탐사한다. 이러한 방법은 미세 중력 렌즈 현상을 이용한 외계 행성 탐사 방법이다.

[ 오답 풀이 ] ㄱ. (나)와 같이 행성이 앞쪽 별 주위를 공전할 때 뒤쪽 별의 밝기가 추가적으로 밝아지는 현상이 나타난다.

ㄷ. 그림에서 앞쪽 별과 뒤쪽 별이 동일한 시선 방향 부근에 위치할 때, 즉 천구상에서 가장 가까울 때 뒤쪽 별은 가장 밝다.

**07** (가)에서는 행성의 질량이 클수록 별빛 스펙트럼의 파장 변화 폭이 크고, (나)에서는 행성의 크기가 클수록 식 현상에 의한 별의 밝기 변화의 폭이 크므로 행성 발견에 유리하다. (나)에서 행성의 반지름이 클수록 밝기가 감소되는 양이 커진다.

**08** ㄴ. 별 S가 행성을 가지고 있는 경우 행성에 의한 미세 중력 렌즈 현상이 나타나, 별 S의 중력 렌즈 현상에 의한 배경별의 밝기 변화에 미세한 변화가 추가적으로 나타난다. 이를 통해 별 S 주위에 행성이 있음을 알 수 있다.

[ 오답 풀이 ] ㄱ. 배경별이 B의 위치를 지날 때, 배경별이 아닌 별 S의 중력에 의해 밝기가 변한다. 별 S의 중력은 시선 방향이 아닌 다른 방향으로 진행하는 배경별의 빛도 휘게 하여 관측자의 눈에 들어오게 한다. 즉, 별 S의 중력 렌즈 현상으로 별의 밝기가 밝게 관측된다.

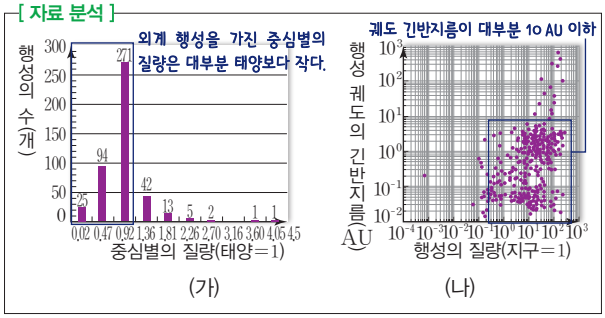
ㄷ. 행성의 질량이 클수록, 공전 궤도 긴반지름이 작을수록 별빛의 도플러 효과가 커져 행성의 존재를 확인하기 쉽다. 반면, 미세 중력 렌즈 현상을 이용한 방법은 다른 외계 행성 탐사 방법에 비해 공전 궤도 긴반지름이 큰 행성을 탐색하는 데 유리하다.

**09** ㄱ. 2017년까지 도플러 효과를 이용하여 발견된 외계 행성이 가장 많다. 도플러 효과를 이용하는 방법은 중심별의 시선 속도 변화를 관측하여 행성의 존재를 탐사한다.

ㄴ. 대부분의 외계 행성들이 도플러 효과와 식 현상을 이용하여 발견되었는데, 이 방법들은 행성의 공전 궤도면이 관측자의 시선 방향과 수직일 때는 사용할 수 없다.

**[ 오답 풀이 ]** ㄷ. 식 현상을 이용하여 발견된 행성들의 공전 궤도 긴반지름은 대부분 0.1 AU 미만으로, 지구의 공전 궤도 긴반지름인 1 AU보다 작다.

**10**




ㄱ. (가)에서 외계 행성을 가진 중심별의 질량은 대부분 태양보다 작다.

ㄴ. 외계 행성 중 질량이 큰 것이 작은 것보다 도플러 효과나 미세 중력 렌즈 현상 등을 이용한 방법으로 발견되기 쉽다. (나)에서도 발견된 외계 행성 중 지구보다 질량이 큰 것이 작은 것보다 더 많다.

ㄷ. (나)에서 발견된 외계 행성의 대부분은 공전 궤도 긴반지름이 10 AU 이하이다.

**11** ㄱ. 별의 질량이 클수록 별의 중심에서 연료 소모율이 커서 광도가 크고 표면 온도가 높다.

ㄴ. 생명 가능 지대의 폭은 A가 0.05 AU이고 B가 1.69 AU이며, B의 질량이 A보다 크다. 따라서 생명 가능 지대의 폭은 질량이 큰 별일수록 더 넓다. 다른 조건이 동일할 때, 생명 가능 지대의 폭이 넓은 B 행성계에 행성이 존재하고 있을 확률이 더 높다.

**[ 오답 풀이 ]** ㄷ. 다른 조건은 동일하다고 가정하였으므로, 중심별의 진화 속도가 느린 A 행성계의 생명체가 지적인 생명체로 진화할 시간이 더 충분하다.

**12** ㄱ. 별의 질량이 클수록 생명 가능 지대의 폭이 넓어지므로 액체 상태의 물이 존재할 수 있는 지대의 폭은 넓어진다.

ㄴ. 자전 주기가 공전 주기와 같아지는 한계 거리보다 중심별에 가까이 위치한 행성은 대부분 자전 주기와 공전 주기가 같으므로 항상 같은 면이 중심별 쪽을 향하게 된다. 따라서 행성 A의 경우 낮과 밤의 변화가 나타나지 않을 수 있으므로 생명체 출현이 어렵다.

ㄷ. 그림에서 중심별의 질량이 태양의 두 배인 경우 생명 가능 지대의 위치는 현재 화성의 위치에 해당한다.

**13** ㄱ. 주계열성은 질량이 작을수록 수명이 길다. 이 주계열성의 질량이 태양의 0.2배이므로 수명은 태양보다 길다.

**[ 오답 풀이 ]** ㄴ. 이 주계열성의 질량이 태양의 0.2배이므로, 광도가 태양보다 작고 생명 가능 지대의 폭도 태양보다 좁다.

ㄷ. A 행성의 단위 면적에 수직으로 입사되는 중심별의 복사 에너지의 양은 지구의 단위 면적에 수직으로 입사되는 태양 복사 에너지의 양과 같다. 주계열성의 질량이 작을수록 광도가 작으므로, A 행성의 단위 면적에 수직으로 입사되는 중심별의 복사 에너지의 양이 지구의 단위 면적에 수직으로 입사되는 태양 복사 에너지의 양과 같으려면 중심별에서 A 행성까지의 거리는 1 AU보다 작아야 한다.

**14** ㄱ. 케플러-186계의 생명 가능 지대가 태양계보다 중심별에 가까우므로 케플러-186은 태양보다 질량이 작은 항성이다. 질량이 작은 항성은 중심부에서 연료 소모율이 작아 수명이 길다.

ㄴ. 케플러-186계에서 공전 궤도 반지름이 1 AU인 행성은 생명 가능 지대의 바깥쪽에 있으므로 액체 상태의 물이 존재할 수 없다.

**[ 오답 풀이 ]** ㄷ. 행성 케플러-186c는 생명 가능 지대보다 중심별에 가까이 위치하므로 액체 상태의 물이 존재할 수 없으며, 중심별의 온도가 더 높아지면 더욱 액체 상태의 물이 존재할 수 없다.

**15** (2) **|모범 답안|** 현재 위치에서 별빛의 파장은 짧아지고(청색 편이), 행성의 질량이 클 경우 편이량이 증가한다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 별빛의 파장 변화와 편이량 모두 옳게 서술한 경우 | 100 |
| 별빛의 파장 변화와 편이량 중 1가지만 옳게 서술한 경우 | 50 |

**16** **|모범 답안|** 행성의 공전 궤도면이 관측자의 시선 방향과 나란할 때, 외계 행성이 중심별의 앞쪽을 통과하면 행성에 의해 중심별의 표면이 가려지므로 그만큼 별의 밝기가 어두워진다. 따라서 중심별의 밝기 변화를 측정해 행성의 존재를 확인할 수 있다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 모범 답안과 같이 옳게 서술한 경우 | 100 |
| 중심별의 밝기 변화를 측정한다는 서술이 빠진 경우 | 50 |

**17** **|모범 답안|** 주계열성은 별의 질량이 클수록 광도가 크고, 광도가 클수록 별의 온도도 높아진다. 따라서 생명 가능 지대가 중심별에서 더 먼 쪽으로 이동한다.

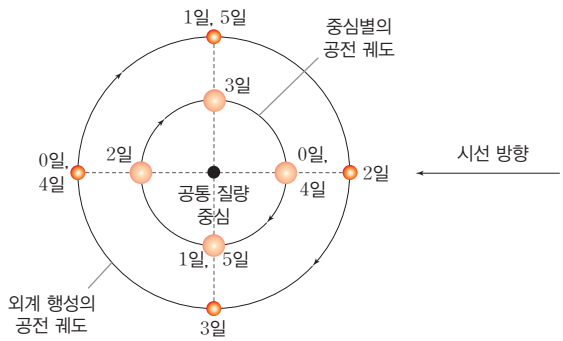
| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 광도와 온도라는 용어를 사용하여 옳게 서술한 경우 | 100 |
| 광도와 온도 중 1가지 용어만을 사용하여 옳게 서술한 경우 | 50 |

**1등급 공략 핵심Q** 089쪽

01 ④ 02 ② 03 ① 04 ③

**01** ㄴ. 행성의 질량이 클수록 중심별과 행성의 공통 질량 중심의 위치가 별에서 멀어진다. 이로 인해 중심별이 공통 질량 중심을 회전하는 속도가 커져 스펙트럼의 최대 편이량 $\Delta\lambda_{max}$이 커진다.
식 현상이 나타나는 외계 행성계에서 중심별과 외계 행성은 공통 질량 중심을 서로 돌고 있다. 이때 청색 편이는 중심별이 지구에 가까워질 때 방출하는 빛을 관측할 때 나타나는 현상이며, 이를 외계 행성이 가까워질 때 방출하는 빛으로 오해하지 말아야 한다.
ㄷ. $t_2$일 때 식 현상이 일어났으므로, $t_3$일 때 행성은 지구로부터 멀어지고 있고, 중심별은 지구와 가까워지고 있다. 따라서 $t_3$일 때 관측한 스펙트럼은 청색 편이가 나타나는 a이다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄱ. 행성의 반지름이 클수록 중심별을 가리는 면적이 커지기 때문에 중심별의 밝기 감소량 A가 커진다. 중심별의 밝기를 측정하므로 행성의 반사율은 관계없다.

**02** ㄷ. 다음 그림과 같이 이 외계 행성은 2일에 중심별을 가리며, 1일에는 중심별을 가리지 못한다.




**[ 오답 풀이 ]** ㄱ. 시선 속도 변화로 보아 중심별의 공전 주기는 4일이며, 이 외계 행성의 공전 주기도 중심별과 같은 4일이다.
ㄴ. 중심별의 공전 속도는 시선 속도의 최댓값인 약 50 km/s이지만, 이 외계 행성의 공전 속도는 50 km/s보다 크다.

**03** ㄱ. 미세 중력 렌즈 현상을 이용한 외계 행성 탐사 방법은 앞쪽에 위치한 별과 행성의 중력에 의해 뒤쪽 별의 밝기가 미세하게 달라지는 현상을 이용하는 것이다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄴ. 식 현상에 의한 별의 밝기 변화는 외계 행성이 중심별을 공전할 때마다 반복되지만 미세 중력 렌즈 현상은 한 번만 나타난다.
ㄷ. 앞쪽에 위치한 별과 행성의 중력에 의해 뒤쪽 별의 밝기가 미세하게 달라지는 현상을 이용하는 것으로, 대기 굴절률이 아니라 중력에 의해 나타나는 현상이다.

**04** ㄱ. 행성에 의한 별의 식 현상이나 별과 행성의 공통 질량 중심을 중심으로 공전하는 별의 스펙트럼 변화 등을 이용하여 외계 행성의 존재를 파악할 수 있다. 행성의 반지름이 클수록 식 현상에 의한 중심별의 밝기 변화가 커진다. 또한 대체로 행성의 반지름이 클수록 질량도 커서 중심별과의 질량 차이가 작으므로 도플러 효과가 크게 나타난다. 따라서 외계 행성은 반지름이 크면 발견되기 쉽다. 자료에서 발견된 외계 행성들은 대부분 지구보다 반지름이 크다.
ㄷ. 자료를 보면 2015년에 발견된 외계 행성들의 반지름은 대부분 목성보다 작다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄴ. 발견된 외계 행성들의 공전 주기는 1년(365일) 이하가 많으므로 대부분 지구보다 짧다.

## 15 외부 은하와 우주 팽창

### 내신 완성 핵심Q

091쪽

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

**18** (1) A: 퀘이사, B: 전파 은하 (2) 해설 참조
**19** (1) 해설 참조 (2) 해설 참조

**01** 나선 은하는 막대 구조의 존재 여부에 따라 정상 나선 은하와 막대 나선 은하로 분류된다.

**02** (가)는 막대 구조와 나선팔이 존재하는 막대 나선 은하이고, (나)는 특정한 형태가 없는 불규칙 은하이다. (다)는 막대 구조가 없고 나선팔이 존재하는 정상 나선 은하이다.

**03** 타원 은하는 은하 원반이 존재하지 않으며, 성간 물질이 거의 없기 때문에 주로 늙은 별들로 이루어져 있다. 중심부에서 바깥쪽으로 갈수록 단위 부피당 별의 개수가 줄어들기 때문에 은하의 밝기가 감소한다.

**04** ㄱ. A는 특정한 모양이 있는 은하이고, B는 특정한 모양이 없는 불규칙 은하이다.
ㄹ. 태양계가 속한 우리은하는 막대 나선 은하인 F에 속한다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄴ. 시간의 흐름에 따라 은하들이 특정한 모양으로 진화하지 않는다는 것이 밝혀졌다.
ㄷ. E와 F의 분류 기준은 막대 구조의 유무이다.

**05** ㄷ. 나선팔 구조를 갖고 있는 은하는 A와 B로 전체 은하의 약 64 %를 차지한다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄱ. 성간 물질의 비율은 타원 은하 C가 다른 은하에 비해 적은 편이다.
ㄴ. 규모가 작은 은하들은 대부분 불규칙 은하 또는 왜소 타원 은하 형태를 띠고 있다.

**06** 이 천체는 두 은하가 중력에 의해 서서히 접근하면서 충돌하는 모습을 나타낸 것이다. 충돌 은하의 내부에서는 가스와 티끌의 밀도가 증가하면서 새로운 별이 형성될 수 있다.

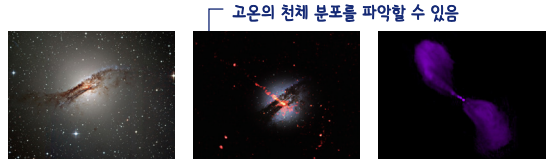
**07** 보통의 은하와 달리 유난히 강한 전파를 방출하는 은하를 전파 은하라고 한다. 전파 은하의 구조는 핵, 로브, 제트로 구성되어 있다.

**08** ㄱ. 퀘이사의 크기는 태양계 크기와 비슷할 것으로 추정되며, 멀리 떨어져 있어 하나의 별처럼 관측된다.

**[ 오답 풀이 ]** ㄴ, ㄷ. 퀘이사는 먼 거리에서 매우 빠른 속도로 후퇴하고 있어 적색 편이가 매우 크다. 또한 퀘이사는 보통의 은하보다 수백 배 이상의 많은 에너지를 방출하는 특이 은하이다.

**09**

**[ 자료 분석 ]**




ㄱ. (가)는 가시광선, (나)는 X선, (다)는 전파 영역에서 관측한 모습이다.

**[ 오답 풀이 ]** ㄴ. 제트와 로브의 구조는 (다)의 전파 영역에서 잘 관측된다.

ㄷ. 고에너지 현상은 (나)의 X선 영역에서 잘 관측된다.

**10** 세이퍼트은하는 대부분 나선 은하의 형태로 관측되며, 넓은 방출선이 나타나므로 은하 내의 성운이 매우 빠른 속도로 움직이고 있다. 이로부터 세이퍼트은하의 중심부에는 거대한 블랙홀이 있을 것으로 추정된다.

**11** ㄱ. 은하의 후퇴 속도는 적색 편이량이 더 큰 B가 A보다 크다.

ㄴ. 거리가 먼 은하일수록 후퇴 속도가 크므로 우리은하로부터의 거리는 B가 A보다 멀다.

ㄷ. A와 B의 흡수 스펙트럼에서 모두 고유 파장보다 길어지는 적색 편이가 나타난다.

**12** 허블은 외부 은하들의 거리와 적색 편이량을 측정하여 외부 은하의 거리와 후퇴 속도가 비례함을 알아냈다. 이를 허블 법칙이라고 하며, 외부 은하의 거리와 후퇴 속도에 비례 관계를 나타내는 비례 상수를 허블 상수라고 한다. 우주가 일정한 속도로 팽창해 왔다고 가정했을 때 허블 상수의 역수는 우주의 나이에 해당한다.

**13** ㄴ. 허블 법칙에 의해 거리가 먼 은하일수록 후퇴 속도가 크므로 우리은하로부터 빠르게 멀어진다.

ㄷ. 멀리 있는 은하들은 우주 팽창으로 인해 우리은하로부터 멀어지기 때문에 스펙트럼에서 적색 편이가 나타난다.

**[ 오답 풀이 ]** ㄱ. 우주의 팽창은 특정한 위치와 방향에 관계없이 균일하게 나타난다. 따라서 우주의 팽창 속도는 거리와 관계없이 모든 지점에서 동일하다.

**14** 멀리 있는 은하일수록 후퇴 속도가 크며, 관측 가능한 은하 중에서 가장 멀리 있는 은하는 빛의 속도($c$)로 멀어지는 은하이다. 따라서 관측 가능한 우주의 크기를 $r$라고 하면, $v=Hr$로부터 $r=\frac{c}{H}$이다.

**15** ㄱ. 허블 상수는 후퇴 속도를 거리로 나눈 값에 해당하므로 70 km/s/Mpc이다.

ㄷ. B의 후퇴 속도는 31500 km/s로 C의 $\frac{1}{2}$배이므로 지구로부터의 거리도 B가 C의 $\frac{1}{2}$배이다.

**[ 오답 풀이 ]** ㄴ. 적색 편이량은 후퇴 속도에 비례한다. 후퇴 속도는 A가 B의 $\frac{1}{3}$배이므로 적색 편이량도 A가 B의 $\frac{1}{3}$배이다.

**16** ㄱ. 허블 상수는 그래프의 기울기에 해당하므로 A>B이다.

**[ 오답 풀이 ]** ㄴ. 우주의 나이는 허블 상수의 역수이므로 A<B이다.

ㄷ. 적색 편이량은 후퇴 속도에 비례하며, 후퇴 속도로부터 결정된 은하의 거리는 A<B이다.

**17** 팽창하는 우주와 멀어지는 은하를 2차원 바둑판과 바둑돌에 빗대어 나타낸 모형이다. 바둑판 격자의 크기는 시간이 지남에 따라 모든 곳에서 같은 비율로 커지지만, 바둑돌은 일정한 크기를 유지한 채 격자점 위에 고정되어 있다.

**18** (1) A는 후퇴 속도가 매우 크고 하나의 별처럼 보이는 퀘이사이다. B는 핵, 제트, 로브의 구조를 갖고 있으며 전파 영역에서 막대한 에너지를 방출하는 전파 은하이다.

(2) **|모범 답안|** 허블의 은하 분류 체계로 분류되지 않는 활동적인 은하로 우리은하와 비교하여 수백 배 이상의 에너지를 방출하고 있다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 공통적인 특징을 2가지 모두 옳게 설명한 경우 | 100 |
| 공통적인 특징 2가지 중 1가지만 옳게 설명한 경우 | 50 |

**19** (1) **|모범 답안|** 허블 법칙으로부터 적색 편이량은 거리에 비례하므로 A의 적색 편이량 $\frac{\lambda_A-\lambda_0}{\lambda_0}$은 B의 적색 편이량 $\frac{\lambda_B-\lambda_0}{\lambda_0}$의 $\frac{3}{4}$배이다.

따라서 $\frac{\lambda_A-\lambda_0}{\lambda_B-\lambda_0}=\frac{3}{4}$이다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| $\frac{\lambda_A-\lambda_0}{\lambda_B-\lambda_0}$ 값과 구하는 과정을 모두 옳게 서술한 경우 | 100 |
| $\frac{\lambda_A-\lambda_0}{\lambda_B-\lambda_0}$ 값만 옳게 쓴 경우 | 50 |

(2) **|모범 답안|** A 은하와 B 은하 사이의 거리는 5 Mpc이다. 허블 법칙으로부터 후퇴 속도는 거리에 비례한다. 따라서 A 은하에서 관측한 B 은하의 후퇴 속도는 $210\text{ km/s}\times\frac{5}{3}=350\text{ km/s}$이다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 후퇴 속도 값을 옳게 쓰고, 구하는 과정을 옳게 서술한 경우 | 100 |
| 후퇴 속도 값만 옳게 쓴 경우 | 50 |

## 1등급 공략 핵심Q

095쪽

01 ② 02 ② 03 ⑤ 04 ②

**01** ㄴ. 타원 은하는 분광형이 K형, G형인 별의 비율이 높고, 나선 은하는 상대적으로 분광형이 F형, A형인 별의 비율이 증가한다. 색지수는 표면 온도가 낮을수록 커지므로 은하의 평균 색지수는 타원 은하가 나선 은하보다 크다.

[오답 풀이] ㄱ. 성간 물질의 비율은 주로 나이가 많은 붉은색 별들로 이루어진 타원 은하 E0~7이 적다.

ㄷ. 나선 은하는 a → b → c로 갈수록 분광형이 K형, G형인 별보다 F형, A형인 별이 더 많아지므로 표면 온도가 높은 별이 증가한다.

**02** ㄴ. 흡수선의 고유 파장이 390 nm, 관측 파장이 448.5 nm이다. 따라서 적색 편이량은 $\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0}=\frac{448.5-390}{390}=0.15$이다.

[오답 풀이] ㄱ. 퀘이사는 허블의 은하 분류 방식으로 분류할 수 없는 특이 은하이다.

ㄷ. 퀘이사의 크기는 태양계 정도로 추정되므로 우리은하에 비해 훨씬 규모가 작다.

**03** 거리와 후퇴 속도를 나타낸 그래프에서 기울기는 허블 상수에 해당한다. 따라서 기울기=70 km/s/Mpc=허블 상수이며, 이 값의 역수는 우주의 나이에 해당한다.

$$\frac{1}{H}=\frac{1}{70\ \mathrm{km/s/Mpc}}=\frac{1\mathrm{Mpc}}{70\ \mathrm{km/s}}$$

$$\fallingdotseq\frac{3\times10^{19}\ \mathrm{km}}{70\ \mathrm{km/s}}\fallingdotseq4.3\times10^{17}\mathrm{s}\fallingdotseq1.43\times10^{10}\text{년}$$

**04** ㄴ. 일정하게 팽창하는 풍선 표면에서 후퇴 속도는 거리가 멀수록 크다. 따라서 A에서 측정한 B의 후퇴 속도는 (가)보다 (나)에서 더 크다.

[오답 풀이] ㄱ. 허블 상수는 우주의 팽창 속도(=후퇴 속도에 대한 거리의 비)에 해당한다. (가)와 (나)일 때 풍선이 팽창하는 속도가 일정하므로 우주의 팽창 속도에 해당하는 허블 상수는 같다.

ㄷ. (가)의 경우, A에서 측정된 B의 적색 편이량은 A에서 측정된 C의 적색 편이량보다 크다. 거리가 멀수록 후퇴 속도가 크고, 후퇴 속도가 클수록 적색 편이량도 크다.

# 16 대폭발 우주론

## 내신 완성 핵심Q

097쪽

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

18 해설 참조 19 해설 참조 20 해설 참조

**01** 정상 우주론은 호일, 본디, 골드 등이 주장한 우주론으로 우주가 항상 같은 상태를 유지한다는 것이다. 이와 달리 대폭발 우주론에서는 과거 약 138억 년 전에 우주가 대폭발로 시작되어 현재에 이르렀다고 주장한다.

**02** ㄱ, ㄴ. 우주가 A에서 B로 팽창함에 따라 우주의 평균 밀도와 온도는 감소한다.

[오답 풀이] ㄷ. 우주가 팽창함에 따라 우주 배경 복사의 온도는 계속 낮아진다.

**03** 허블은 1912년에 세페이드 변광성의 거리를 측정하여 외부 은하의 존재를 확인하였으며, 1929년에 외부 은하의 후퇴 속도와 거리의 관계를 알아내어 우주의 팽창을 확인하였다. 1964년 최초로 우주 배경 복사가 발견되어 대폭발 우주론이 옳다는 것이 확인되었다.

**04** ㄱ, ㄴ. 이 우주론은 정상 우주론으로, 시간이 흐름에 따라 질량이 증가하지만 우주가 팽창하므로 평균 밀도가 일정하게 유지된다.

[오답 풀이] ㄷ. 우주 배경 복사는 과거 초기 우주는 현재보다 온도가 훨씬 높았었음을 나타내는 증거이다. 따라서 우주가 항상 같은 상태를 유지하고 있다는 정상 우주론이 옳지 않다는 근거가 된다.

**05** 우주 배경 복사는 우주의 나이가 약 38만 년 되었을 때, 전자와 원자핵이 결합하여 중성 원자가 생성되면서 우주 전체에 퍼진 복사 에너지이다. 이 시기의 복사 에너지는 물질에 영향을 받지 않고 자유롭게 우주 공간을 진행할 수 있었다. 우주 배경 복사가 생성될 당시 우주의 온도는 약 3000 K이었으나, 현재는 우주의 팽창으로 2.7 K 복사로 관측되며, 앞으로 파장이 더 길어질 것이다.

**06** 초기 우주에서는 최초의 3분 동안 일어난 빅뱅 핵합성에 의해 헬륨 원자핵이 생성되어 수소 원자핵과 헬륨 원자핵의 질량비가 약 3 : 1이 되었다. 헬륨보다 무거운 원소들은 나중에 별의 진화 과정에서 핵융합 반응에 거쳐 형성되었다.

**07** ㄱ. 우주의 급팽창은 빅뱅 직후인 A 시기에 일어났다.

ㄴ. 우주 배경 복사가 형성된 이후인 B 시기부터 투명한 우주가 되었다. 따라서 복사 에너지(광자)가 원자들과 상호 작용하지 않고 우주 공간을 자유롭게 진행하였다.

ㄷ. 무거운 원소들은 별의 진화 과정에서 형성되므로 시간이 흐를수록 증가한다. 따라서 무거운 원소의 비율은 B 시기보다 C 시기에 컸다.

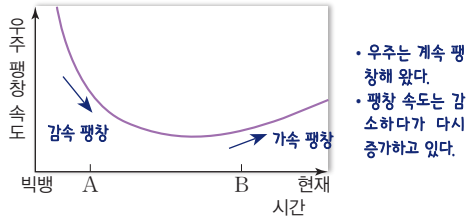
**08** ㄷ. 대폭발 우주론에서는 우주 지평선의 정반대 방향에서 오는 우주 배경 복사가 거의 균일하게 관측되는 까닭을 설명하기 어렵다. 이 문제를 지평선 문제라고 하는데 급팽창 이론은 대폭발 이론이 해결하지 못한 주요 문제점(편평성, 지평선, 자기 단극)들을 잘 설명할 수 있다.

[ 오답 풀이 ] ㄱ. 멀리 있는 은하들에서 모두 적색 편이 현상이 관측되는 까닭은 우주가 팽창하기 때문이며, 대폭발 우주론으로 충분히 설명할 수 있다.
ㄴ. Ia형 초신성의 겉보기 등급이 예상보다 어둡게 관측되는 까닭은 우주가 가속 팽창하기 때문이다. 최신 우주론에서는 우주가 가속 팽창하는 까닭을 암흑 에너지 때문이라고 설명하고 있다.

**09** 대폭발 우주론에서 설명하기 어려운 세 가지 문제점은 (가)의 지평선 문제, (나)의 편평성 문제, (다)의 자기 단극 문제이다.

**10**

[ 자료 분석 ]




③ 허블 상수는 우주의 팽창 속도를 나타내므로 A보다 B일 때 작았다.
[ 오답 풀이 ] ① A일 때 우주는 감속 팽창하였다.
② B일 때 우주 팽창 속도가 점점 증가하는 가속 팽창하였다.
④, ⑤ 우주가 팽창함에 따라 우주의 평균 밀도와 온도는 계속 감소하므로 우주의 평균 밀도와 온도는 A보다 B일 때 더 작다.

**11** 암흑 물질은 전자기파와 상호 작용하지 않으므로 중력과의 상호 작용을 관측하여 그 존재를 확인해야 한다. 우리은하의 회전 속도 분포와 은하단에 의해 나타나는 중력 렌즈 현상을 관측하여 암흑 물질의 존재를 파악할 수 있다.

**12** ④ 거리가 먼 Ia형 초신성일수록 예상했던 것보다 더 어둡게 관측되었으며, 이로부터 우주가 가속 팽창하고 있다는 것이 알려졌다.
[ 오답 풀이 ] ①, ③ Ia형 초신성은 최대로 밝아졌을 때 절대 등급이 거의 일정하다. 따라서 Ia형 초신성은 최대 겉보기 밝기가 밝을수록 거리가 가깝다는 것을 알 수 있다.
② 우주의 가속 팽창을 일으키는 주요 원인은 암흑 에너지이다.
⑤ Ia형 초신성 관측을 통해 우주의 팽창률이 점점 증가하고 있다는 것이 확인되었다.

**13** ㄷ. 현재의 우주는 평탄한 우주에 해당하므로 (다)의 곡률을 갖는다.
[ 오답 풀이 ] ㄱ. (가)는 열린 우주, (나)는 닫힌 우주, (다)는 평탄 우주이다.
ㄴ. (나)는 우주의 밀도가 임계 밀도보다 큰 닫힌 우주에 해당한다.
(가), (나), (다) 중에서 우주의 밀도가 가장 작은 것은 열린 우주에 해당하는 (가)이다.

**14** A는 암흑 에너지, B는 암흑 물질, C는 보통 물질이다. B는 중력과의 상호 작용을 통해 존재를 확인할 수 있다. 우주가 팽창할수록 암흑 물질과 보통 물질이 차지하는 비율은 점점 감소한다.

**15** ㄴ. B는 우주의 밀도가 임계 밀도와 같은 평탄 우주로 팽창 속도가 0으로 수렴한다.
ㄷ. C는 우주의 밀도가 임계 밀도보다 큰 닫힌 우주로 우주의 곡률은 (+)값을 갖는다.
[ 오답 풀이 ] ㄱ. A는 우주의 밀도가 임계 밀도보다 작은 열린 우주이다.

**16** ㄱ. A는 암흑 물질, B는 보통 물질, C는 암흑 에너지이다. 초기 우주는 물질 A에 의한 중력 효과가 우세하여 감속 팽창하였다.
[ 오답 풀이 ] ㄴ. B는 보통 물질로 전자기파와 상호 작용한다.
ㄷ. 시간이 흐를수록 A와 B의 밀도가 감소하므로 우주 팽창에 미치는 C의 영향이 점점 증가하고 있다.

**17** (가)는 닫힌 우주이며, (나)는 암흑 에너지에 의해 가속 팽창하는 우주에 해당한다. 미래의 우주는 팽창 속도가 계속 증가하는 (나)에 가까울 것으로 예상된다.

**18** 대폭발 우주론에서 이론적으로 예측한 우주 배경 복사의 존재와 가벼운 원소의 비율(우주 전역에 존재하는 수소와 헬륨의 질량비)이 실제 관측을 통해 확인된 것과 거의 정확하게 일치하였다. 이 두 가지는 대폭발 우주론이 옳다는 가장 확실한 증거이다.
|모범 답안| 우주 배경 복사의 존재와 수소와 헬륨의 질량비는 대폭발 우주론이 옳다는 가장 확실한 증거이다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 근거 2가지를 모두 옳게 서술한 경우 | 100 |
| 근거 2가지 중에서 1가지만 옳게 서술한 경우 | 50 |

**19** |모범 답안| 은하 중심에서 멀어지더라도 관측되는 속도값이 거의 일정하게 유지되는 것은 은하의 외곽에도 많은 암흑 물질이 분포하고 있기 때문이다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 예측값과 관측값의 차이를 암흑 물질과 관련지어 옳게 서술한 경우 | 100 |
| 구체적인 설명 없이 '암흑 물질'만 제시한 경우 | 50 |

**20** |모범 답안| 적색 편이량은 우주의 팽창 속도에 비례한다. 이 기간 동안 우주가 가속 팽창하였으므로 (가)~(나) 기간보다 (나)~(다) 기간에 우주의 평균 팽창 속도가 크며, 적색 편이량도 크다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 적색 편이량의 차이를 가속 팽창과 관련지어 옳게 서술한 경우 | 100 |
| 적색 편이량이 (나)~(다) 기간에 더 크다는 사실만 제시한 경우 | 50 |

## 1등급 공략 핵심Q

101쪽

01 ⑤ 02 ④ 03 ② 04 ④ 05 ① 06 ③ 07 ② 08 ⑤

**01** ㄱ. 우리은하의 주변의 매우 가까운 곳에는 퀘이사가 존재하지 않는다.
ㄴ. 퀘이사의 개수 밀도가 최대일 때의 적색 편이 값은 약 2.5이다.
ㄷ. 정상 우주론이 옳다면, 단위 부피당 존재하는 퀘이사의 개수 밀도는 일정해야 한다. 하지만 퀘이사의 개수 밀도가 거리에 따라 다른 까닭을 정상 우주론에서는 설명이 불가능하다.

**02** ㄴ. (가) 시기의 빛은 입자들과 상호 작용하여 끊임없이 산란되었기 때문에 현재 우주에서 관측이 불가능하다.
ㄷ. (나) 시기의 빛은 우주의 나이가 약 38만 년 되었을 때 형성된 우주 배경 복사이다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄱ. 우주의 온도는 전자와 원자핵이 결합하여 중성 원자를 형성한 (나) 시기에 더 낮다.

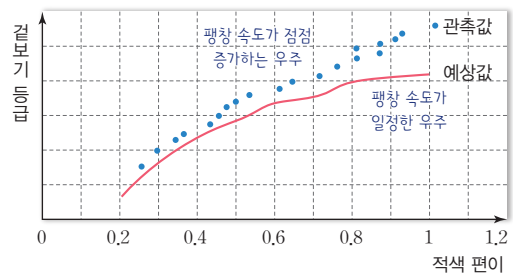
**03** ㄷ. A와 B에서 오는 우주 배경 복사는 거의 균일하므로 적색 편이량도 거의 같다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄱ. 현재 A와 B는 서로 상호 작용할 수 없는 우주 지평선의 정반대 방향에 위치한다.
ㄴ. A와 B는 관측자의 우주 지평선 부근에 위치한다. 우주 지평선 바깥쪽에 있다면 A, B에서 출발한 빛은 지구에 도달할 수 없다.

**04** 급팽창은 빅뱅 직후에 일어났다. 급팽창 우주론에 따르면 급팽창 이전의 우주는 크기가 매우 작았기 때문에 서로 정보 교환이 가능했던 것으로 설명한다. 급팽창에 의해 우주의 크기가 엄청나게 커지면 우주의 밀도값에 관계없이 관측 가능한 우주 영역(전체 우주의 극히 일부 영역)은 매우 편평하게 보일 수 있다.

**05** ㄱ. 암흑 물질의 밀도는 우주가 팽창함에 따라 점점 감소하였다. 따라서 암흑 물질의 밀도는 (가) 시기 이전보다 이후에 작다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄴ. 최초로 은하가 형성된 시기는 별이 탄생한 이후이므로 (나) 시기 이후이다.
ㄷ. (다)의 가속 팽창은 물질에 의한 인력보다 밀어내는 척력이 더 우세하기 때문이며, 주요 원인은 암흑 에너지로 알려져 있다.

**06**

**[ 자료 분석 ]**




- 적색 편이가 클수록 예상값과 관측값의 차가 커진다.
- 적색 편이가 클수록 예상보다 겉보기 등급이 크다.
- 적색 편이가 클수록 예상보다 더 멀리 있다(더 어둡게 보인다.).

ㄱ. Ia형 초신성의 밝기는 거리가 멀수록 어두워지므로 겉보기 등급이 크다.
ㄴ. Ia형 초신성의 겉보기 등급에 대한 예상값과 관측값이 차이나는 주요 원인은 암흑 에너지에 의해 일어나는 가속 팽창 때문이다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄷ. Ia형 초신성은 적색 편이로 예상한 것보다 겉보기 등급이 크게 관측된다. 이로부터 예상한 거리보다 더 먼 곳에 위치한다는 것을 알 수 있다.

**07** ㄱ. (가)는 암흑 에너지에 의해 가속 팽창하는 우주 모형이다.
ㄹ. 최근 Ia형 초신성을 관측한 결과는 (가)의 가속 팽창 우주 모형에 가장 잘 부합된다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄴ. 우주의 밀도는 (나)의 열린 우주보다 (다)의 평탄 우주가 크다.
ㄷ. (다)의 평탄 우주에서 우주의 곡률은 0이고, (라)의 닫힌 우주에서 우주의 곡률은 (+)이다.

**08** ㄴ. B와 C에서 우주의 밀도는 모두 임계 밀도와 같으므로 우주의 곡률은 모두 0(평탄 우주)이다.
ㄷ. B 모형은 시간이 흐를수록 암흑 에너지의 효과가 점점 커지므로 미래에 우주의 팽창 속도가 가장 큰 모형은 B이다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄱ. 우주의 팽창 속도는 열린 우주보다 평탄 우주에서 더 빠르게 감소한다. 따라서 우주의 크기가 점에서 출발하여 현재에 이르기까지 걸린 시간은 평탄 우주보다 열린 우주에서 더 길다.

## 중간·기말고사 대비 대단원 평가 문제

### I 고체 지구 104쪽

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

[집중공략 서답형 문제]

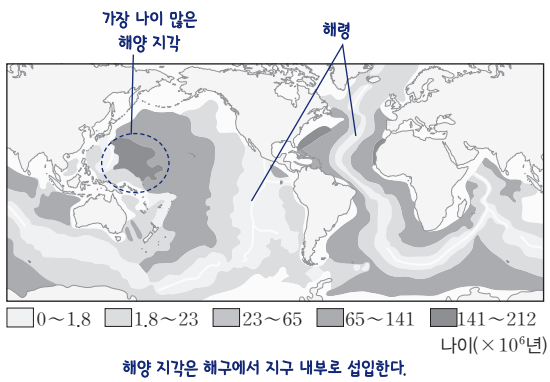
17 해설 참조 18 해설 참조 19 해설 참조
20 (가) 발산형 경계, (나) 수렴형 경계, (다) 보존형 경계
21 (1) 응회암 (2) 가장 먼저 생성된 층: (라)의 셰일, 가장 늦게 생성된 층: (다)의 사암
22 (1) X: 7억 년, Y: 14억 년 (2) (가) $\frac{15}{16}$, (나) $\frac{3}{4}$
23 (1) A: 선캄브리아 시대, B: 고생대, C: 중생대, D: 신생대
(2) A: 에디아카라 동물군, B: 삼엽충(또는 완족류, 필석, 방추충), C: 공룡(또는 암모나이트, 시조새), D: 화폐석(또는 매머드)

**01** (가)는 해저 확장설, (나)는 맨틀 대류설, (다)는 대륙 이동설, (라)는 판 구조론이다. 판 구조론이 정립된 순서는 (다) → (나) → (가) → (라)이다.

**02** ㄴ. 수심이 가장 깊은 지점은 음파 왕복 시간이 가장 긴 a 지점이다.
ㄷ. d 지점은 주변보다 수심이 낮은 지점으로 해저 산맥을 이루고 있다. 따라서 d 지점 부근의 해령 중심부에는 열곡 지형이 존재할 것이다.
[오답 풀이] ㄱ. 이 해역에는 해저 산맥이 발달해 있으므로 판의 발산형 경계가 존재한다.

**03**

[자료 분석]




ㄱ. 현재 존재하는 해양 지각 중 최고 연령은 약 2억 년이므로 3억 년보다 적다.
[오답 풀이] ㄴ. 해령 부근에서는 해양 지각의 나이가 적어 퇴적물이 거의 존재하지 않는다.
ㄷ. 해양 지각은 해령에서 생성되어 양옆으로 멀어지므로 해령에서 멀어질수록 나이가 많아진다.

**04** ㄷ. 북아메리카 대륙과 유럽 대륙에서 측정한 자북극의 이동 경로가 다른 까닭은 대륙이 이동했기 때문이다. 따라서 두 대륙을 이동하기 이전의 위치로 이동시키면 자북극의 이동 경로가 잘 겹쳐진다.
[오답 풀이] ㄱ. 지질 시대 동안 자북극은 항상 하나이다. 3억 년 전에 측정된 자북극이 두 개인 것처럼 나타난 까닭은 대륙이 이동했기 때문이다.
ㄴ. 1억 년 전에 두 대륙에서 측정된 자북극이 일치한다. 자북극이 일치한다고 해서 복각이 같은 것은 아니다. 예를 들어 현재 아시아와 아프리카 대륙에서 측정한 자북극은 일치하지만 두 대륙의 복각은 서로 다르다.

**05** 판을 이동시키는 힘은 크게 맨틀 대류에 의한 힘(A), 해령에서 양옆으로 밀어내는 힘(B), 섭입대에서 판을 잡아당기는 힘(C), 판의 경사에 의해 중력 방향으로 판이 내려가는 힘 등이다.

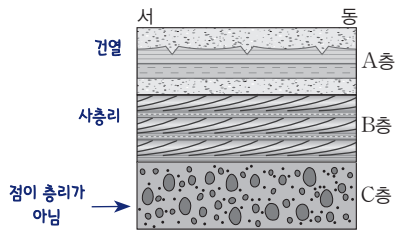
**06** ㄴ. 차가운 플룸은 판의 섭입대가 발달한 아시아 대륙 하부에서 잘 형성된다.
ㄷ. 열점은 뜨거운 플룸의 상승류가 나타나는 대서양 중앙 해령, 태평양(하와이), 아프리카 대륙에서 발달한다.
[오답 풀이] ㄱ. 뜨거운 플룸은 외핵과 맨틀의 경계 부근에서 만들어져 위쪽으로 상승한다.

**07** ㄱ. A에서는 연약권 물질이 섭입하는 판으로부터 물을 공급받아 용융점이 낮아져 현무암질 마그마가 만들어진다.
ㄴ. 판 내부에서 일어나는 화산 활동은 B의 열점 활동에 의해 일어난다.
ㄷ. 판의 발산형 경계가 발달한 C에서는 압력 감소에 의해 현무암질 마그마가 만들어진다.

**08** ㄴ. (가)의 설악산은 주로 화강암, (나)의 한라산은 주로 현무암으로 이루어져 있다. 따라서 구성 암석의 $SiO_2$ 함량은 (가)가 (나)보다 많다.
[오답 풀이] ㄱ. (나)의 암석은 화산 활동으로 분출된 용암이 굳어져 생성되었지만, (가)의 암석은 지하 깊은 곳에서 마그마가 천천히 굳어져 생성되었다.
ㄷ. (가)의 심성암에서는 판상 절리, (나)의 화산암에서는 주상 절리가 잘 발달한다.

## 09

[ 자료 분석 ]




ㄱ. A층에서 건열이 나타나므로, A층이 생성되는 동안 퇴적물이 수면 위로 노출된 시기가 있었음을 알 수 있다.

[ 오답 풀이 ] ㄴ. 사층리에서 퇴적물이 쌓여 있는 방향으로부터 퇴적물이 이동한 방향을 알 수 있다. B층에서 동쪽에 있는 퇴적물이 먼저 쌓였으므로 퇴적물은 동쪽에서 서쪽으로 이동하였음을 알 수 있다.

ㄷ. 점이 층리는 위로 가면서 퇴적 입자의 크기가 점점 작아지는 구조이다. C층에서는 입자의 크기가 불규칙하므로 점이 층리가 발달하지 않았다.

## 10

ㄴ. 부정합면의 아래쪽에 지층이 위쪽으로 볼록한 배사 구조가 발달해 있다.

[ 오답 풀이 ] ㄱ. 난정합은 부정합면 아래 지층이 화성암이나 변성암으로 이루어진 경우를 말한다. 이 부정합은 부정합을 경계로 상하 지층이 기울어져 있는 경사 부정합에 해당한다.

ㄷ. A와 B는 연속적으로 쌓인 정합 관계이고, C와 D는 시간 간격이 매우 큰 부정합 관계이다.

## 11

ㄴ. C 속에 D의 조각이 포함되어 있으므로 C는 A, B, D를 모두 관입하였다. 따라서 A, B, D는 모두 C에 의해 접촉 변성 작용을 받았다.

ㄷ. A와 B 사이에 부정합면이 존재하며, 현재 D층이 육지에 노출되어 있으므로 이 지역에서는 최소 2번의 융기가 일어났다는 것을 알 수 있다.

[ 오답 풀이 ] ㄱ. 지층의 생성 순서는 A → B → D → C이다. 따라서 가장 늦게 생성된 층은 C이다.

## 12

ㄱ. 그래프를 보면 X가 처음 양의 절반으로 줄어드는 데 걸리는 시간인 반감기는 1억 년이다.

[ 오답 풀이 ] ㄴ. 고대 유물의 연대는 대체로 1만 년 미만이므로 반감기가 1억 년인 X를 이용하여 측정하기 어렵다.

ㄷ. 암석 속에 포함된 X의 양이 처음 양의 $\frac{1}{8}$이라면 이 암석은 반감기가 3회 지났다. 따라서 암석의 나이는 3억 년이다.

## 13

ㄴ. 해수면의 높이는 평균 기온이 높을수록 대체로 높다. 따라서 신생대에 해수면의 높이는 초기보다 후기에 낮았다.

[ 오답 풀이 ] ㄱ. 중생대는 지질 시대 중 빙하기가 존재하지 않았던 유일한 시기이다.

ㄷ. 현재 지구의 평균 기온은 과거 지질 시대 동안의 평균 기온에 비해 대체로 낮은 편이다.

## 14

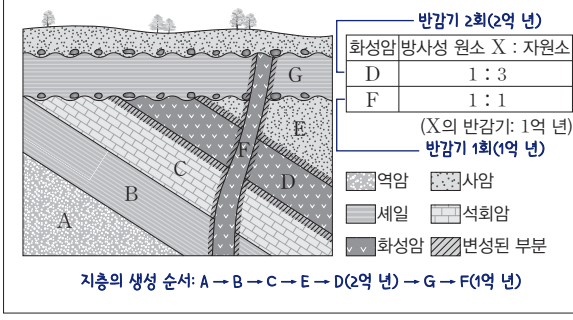
ㄱ. (가) 매머드는 신생대, (나) 암모나이트는 중생대, (다) 삼엽충은 고생대의 표준 화석이다.

ㄴ. 겉씨식물이 번성하던 지질 시대는 중생대이며, 이 시기에 살았던 생물은 (나)이다.

ㄷ. 지질 시대의 길이는 고생대 > 중생대 > 신생대이므로 출현하여 멸종하기까지 걸린 기간은 (다)가 가장 길다.

## 15

[ 자료 분석 ]




④ 화성암 F가 E를 관입했으므로 F에서 E의 조각이 발견될 수 있다.

[ 오답 풀이 ] ① E와 G는 경사 부정합 관계이고, G와 그 위에 쌓인 층은 평행 부정합 관계이다.

② 화성암 D가 C를 관입하였으므로 C는 D보다 먼저 생성되었다.

③ D는 반감기가 2회 지났으므로 관입한 시기는 약 2억 년 전(중생대)이다.

⑤ G는 D와 F가 관입한 시기 사이에 쌓였으므로 중생대에 생성된 층이다. 따라서 겉씨식물이 번성한 시대에 생성되었다.

## 16

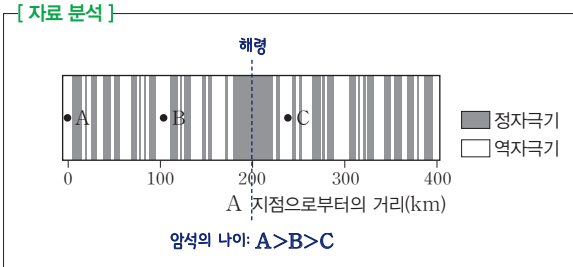
ㄴ. 지층 A와 B는 시간적으로 연속하여 쌓였으므로 정합 관계이다.

ㄷ. 지층 C는 A보다 나중에 생성되었다. A에서 신생대 표준 화석인 화폐석이 산출되었으므로 C도 신생대에 생성되었음을 알 수 있다.

[ 오답 풀이 ] ㄱ. C에서 육상 식물인 고사리가 발견되었으므로 C는 육지 환경에서 퇴적되었다.

## 17

[ 자료 분석 ]



**|모범 답안|** 고지자기 분포는 해령을 중심으로 대칭으로 나타나므로 A 지점으로부터 200 km 거리에 해령이 위치한다. 해령에서 멀어질수록 해양 지각의 나이가 증가하므로 해양 지각의 나이는 A>B>C이다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 해양 지각의 나이 분포를 고지자기 분포와 관련지어 옳게 서술한 경우 | 100 |
| 해양 지각의 나이만 옳게 제시한 경우 | 50 |

**18** **|모범 답안|** 이 기간 동안 인도 대륙의 복각은 (−)에서 (+)로 계속 증가하였다. 복각이 클수록 자북극에 가까우므로 인도 대륙은 북쪽 방향으로 계속 이동하였다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 인도 대륙의 이동 방향을 복각의 크기 변화와 관련지어 옳게 서술한 경우 | 100 |
| 인도 대륙의 이동 방향만 옳게 제시한 경우 | 50 |

**19** 압력 감소에 의한 마그마 생성은 주로 해령이나 열점에서, 물 공급에 의한 마그마 생성은 주로 섭입대에서 일어난다.
**|모범 답안|** A 조건에 있는 연약권 물질은 압력 감소에 의해 용융되거나 물을 공급받아 용융되어 마그마가 될 수 있다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| '압력 감소'와 '물 공급'을 모두 옳게 서술한 경우 | 100 |
| '압력 감소'와 '물 공급' 중 1가지만 옳게 서술한 경우 | 50 |

**20** (가)는 장력에 의해 생성된 정단층이고, (나)는 횡압력에 의해 생성된 역단층이다. (다)는 어긋나는 힘에 의해 생성된 주향 이동 단층이다. 따라서 (가)는 발산형 경계, (나) 수렴형 경계, (다) 보존형 경계에서 잘 발달한다.

**21** ⑴ (가)~(라) 지역에 모두 존재하는 응회암이 열쇠층으로 가장 적절하다.
⑵ 응회암을 기준으로 지층을 대비하면, 가장 먼저 생성된 층은 (라)의 셰일층이고, 가장 늦게 생성된 층은 (다)의 사암층이다.

**22** ⑴ 반감기는 방사성 동위 원소의 양이 처음 양의 절반으로 감소하는 데 걸리는 기간이다. 따라서 (가)의 X는 7억 년, (나)의 Y는 14억 년이다.
⑵ 28억 년이 되었을 때, (가)의 X는 반감기가 4회, (나)의 Y는 반감기가 2회 지난다. 따라서 X의 자원소는 $\frac{15}{16}$, Y의 자원소는 $\frac{3}{4}$이 생성된다.

**23** ⑴ 지질 시대의 길이는 선캄브리아 시대>고생대>중생대>신생대이다. 따라서 A는 선캄브리아 시대, B는 고생대, C는 중생대, D는 신생대이다.
⑵ 선캄브리아 시대의 표준 화석은 에디아카라 동물군 화석, 고생대의 표준 화석은 삼엽충, 완족류, 필석, 방추충, 중생대의 표준 화석은 공룡, 암모나이트, 시조새, 신생대의 표준 화석은 화폐석, 매머드 등이 있다.

## Ⅱ 대기와 해양 109쪽

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

[집중공략 서답형 문제]

21 해설 참조 22 해설 참조 23 해설 참조
24 해설 참조 25 해설 참조
26 (1) 겨울철 (2) 현재보다 높아진다.

**01** 북반구의 고기압에서는 바람이 시계 방향으로 불어 나가고, 저기압에서는 시계 반대 방향으로 불어 들어온다.
ㄱ. A 지역은 바람이 불어 들어오므로 저기압이고, D 지역은 바람이 불어 나가므로 고기압이다. 따라서 기압은 D 지역이 A 지역보다 높다.
[오답 풀이] ㄴ. 풍속은 등압선의 간격이 조밀할수록 빠르다. B 지역의 등압선 간격이 C 지역보다 조밀하므로 풍속은 B 지역이 C 지역보다 빠르다.
ㄷ. D 지역은 고기압으로 하강 기류가 발달하므로 구름이 생성되지 않는다. 구름은 상승 기류가 발달하는 A 지역에서 생성될 가능성이 크다.

**02** ㄴ. A 기단은 B 기단보다 고위도에 위치하므로 기온이 낮아 공기의 밀도가 크다.
ㄷ. 장마 전선에서 구름대는 장마 전선보다 약간 북쪽에 위치한다. 이는 온난한 북태평양 기단(B)이 한랭한 오호츠크해 기단(A) 위로 상승하면서 구름을 생성하기 때문이다. 따라서 강수를 형성하는 수증기는 주로 B 기단에서 공급된다.
[오답 풀이] ㄱ. 30°N 부근에 동서 방향으로 위치한 전선은 정체 전선의 일종인 장마 전선이다.

**03** ㄱ. (가)의 폐색 전선은 한랭 전선의 이동 속도가 온난 전선의 이동 속도보다 빠르기 때문에 형성된다. 한랭 전선 뒤쪽의 찬 공기가 온난 전선 앞쪽의 찬 공기보다 더 찰 때는 한랭형 폐색 전선이 형성되고, 반대로 온난 전선 앞쪽의 찬 공기가 한랭 전선 뒤쪽의 찬 공기보다 더 찰 때는 온난형 폐색 전선이 형성된다.
ㄴ. (나)는 정체 전선으로, 우리나라 주변에서는 초여름에 오호츠크해 기단과 북태평양 기단이 만났을 때 형성된다.
[오답 풀이] ㄷ. (가)와 (나)의 영향을 받는 지역은 모두 구름이 생성되고 날씨가 흐리다.

**04** (가)의 전선은 전선의 앞쪽으로 경사가 완만한 층운형 구름이 전선면을 따라 생성된 것으로 보아 온난 전선이다.
ㄱ. 온난 전선의 전면에서는 남동풍, 후면에서는 남서풍이 분다. (나)에서 깃발이 북동쪽으로 날리고 있으므로 이 지역에서는 남서풍이 불고 있다. 따라서 (나)는 온난 전선의 후면인 A 지역에서 관측한 것이다.
ㄴ. 온난 전선의 후면에 위치한 A 지역에는 따뜻한 기단이, 온난 전선의 전면에 위치한 B 지역에는 찬 기단이 있다. 따라서 기온은 A 지역이 B 지역보다 높다.
ㄷ. 온대 저기압은 편서풍의 영향으로 서쪽에서 동쪽으로 이동한다. 따라서 시간이 지남에 따라 강수 구역은 점점 C 지역 쪽으로 이동한다.

**05** ㄱ. 관측 시간 동안 기온이 낮아지고 풍향이 남서풍에서 북서풍으로 바뀐 것으로 보아 한랭 전선이 통과하였다.
[오답 풀이] ㄴ. 한랭 전선이 통과하면 기온은 하강, 기압은 상승한다.
ㄷ. 18~21시는 한랭 전선 통과 전이므로 기온이 높고 날씨가 맑다.

**06** ㄴ. 북서풍이 불고, 적운형 구름이 관측되며 소나기가 내리고, 뇌우가 발생한 지역은 한랭 전선의 후면인 A 지역이다.
ㄷ. 한랭 전선 앞쪽의 따뜻한 공기가 한랭 전선 뒤쪽의 찬 공기 위로 상승할 때 한랭 전선의 후면에는 적란운이 발달한다.
[오답 풀이] ㄱ. 한랭 전선의 후면인 A 지역에는 북서쪽으로부터 이동해온 찬 공기가, 한랭 전선의 전면인 B 지역에는 따뜻한 공기가 있다. 따라서 A 지역은 B 지역보다 찬 공기의 영향을 받고 있다.

**07** ㄴ. (나)에서 풍향의 변화는 북동 → 남동 → 남서로 시계 방향으로 변한다. 따라서 (나)는 태풍 진행 경로의 오른쪽에서 측정한 자료이다.
ㄷ. (가)와 (나)는 온대 저기압과, 열대 저기압의 일종인 태풍에서 관측한 자료이다. 온대 저기압과 열대 저기압은 주변보다 중심 기압이 낮다.
[오답 풀이] ㄱ. (가)에서 08시에는 남동풍이 불고 있으므로 온난 전선의 앞쪽에 위치할 때이다. 따라서 온난 전선이 통과하기 전이다.

**08** ㄷ. 적도 부근에서는 (증발량−강수량)의 값이 (−)로 나타나 있다. 따라서 증발량이 강수량보다 적기 때문에 표층 염분이 낮은 분포를 이룬다.
[오답 풀이] ㄱ. 염분은 해수 1000 g 속에 녹아 있는 염류의 양을 g수로 나타낸 것이다. (가) 해수 1000 g 속에 녹아 있는 염류의 양을 모두 합하면 35 g이므로, (가) 해수의 염분은 35 psu이다.
ㄴ. 육지에 인접해 있는 연안을 제외한 대양에서는 해수에 포함된 주요 염류들의 비는 염분에 관계없이 일정하게 유지되는 경향이 있다. 하지만 해수에 포함된 주요 염류들의 양은 염분이 높을수록 많아진다.

**09** 황사는 우리나라에서 주로 3~5월에 발생한다.
ㄷ. 황사 발원지에서 강한 상승 기류가 나타나면 상승 기류에 의해 상공으로 올라간 많은 양의 미세한 먼지가 편서풍을 타고 이동하다가 우리나라 부근에서 하강하여 황사 피해가 심해질 수 있다.
[오답 풀이] ㄱ. 우리나라가 북태평양 기단의 영향을 받는 시기는 여름이다. 여름에는 황사 발원지에 강수량이 증가하고 우리나라는 주로 고온 다습한 남동풍의 영향을 받으므로 황사가 거의 발생하지 않는다.

ㄴ. 황사 발원지가 우리나라에 가깝다고 우리나라에 많은 영향을 주는 것은 아니다. 제시된 자료를 보면 우리나라에 가까이 있는 커얼친 사지가 주는 영향(10 %)보다 멀리 떨어져 있는 고비 사막이 주는 영향(24 %)이 더 크다.

**10** 난류는 수온과 염분이 높고, 용존 산소량과 영양염류가 적다. 한류는 수온과 염분이 낮고, 용존 산소량과 영양염류가 많다.
ㄱ. A 해역에서는 난류와 한류가 만나서 조경 수역이 형성되므로 위도에 따른 수온 변화가 커서 등수온선이 조밀하다.
ㄷ. B 해역에는 난류가 흐르고 C 해역에는 한류가 흐른다. 따라서 표층 해수의 용존 산소량은 한류가 흐르는 C 해역이 B 해역보다 많다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄴ. 표층 해수의 염분은 난류가 흐르는 B 해역이 한류가 흐르는 C 해역보다 높다.

**11** ㄴ. 해수의 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 크므로 A는 B보다 밀도가 더 높다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄱ. 수온 염분도에서 가로축의 오른쪽으로 갈수록 염분이 증가하고 세로축의 위쪽으로 갈수록 수온이 증가하므로, A는 B보다 수온은 낮고 염분은 높다.
ㄷ. 빙하가 녹은 물이 섞이면 A는 수온이 이미 낮으므로 수온 감소에 따른 밀도 증가보다 염분 감소에 따른 밀도 감소가 더 크게 나타난다.

**12** ㄱ. A는 북대서양 심층수로, 그린란드 주변 래브라도해와 노르웨이해에서 형성되어 남대서양으로 흘러간다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄴ. B는 남극 저층수로, 북대서양 심층수와 뒤섞인 후 인도양과 태평양으로 흘러들어 표층으로 상승한다.
ㄷ. 빙하가 녹으면 해수는 염분이 낮아져 밀도가 낮아지므로 침강 속도가 느려진다.

**13** A는 쿠로시오 해류, B는 북태평양 해류, C는 페루 해류, D는 남극 순환 해류이다.
ㄴ. 북태평양 해류(B)와 남극 순환 해류(D)는 편서풍의 영향을 받아 서쪽에서 동쪽으로 흐른다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄱ. 쿠로시오 해류(A)는 저위도에서 고위도로 흐르는 난류이고, 페루 해류(C)는 고위도에서 저위도로 흐르는 한류이다.
ㄷ. 남태평양의 아열대 표층 순환은 남적도 해류 → 동오스트레일리아 해류 → 남극 순환 해류 → 페루 해류로 이루어져 있으며, 시계 반대 방향으로 순환한다.

**14** 심층 순환은 저위도에서 고위도로 이동한 고염분의 해수가 수온이 낮아져서 밀도가 커지고, 이 고밀도의 해수가 침강하여 해양의 심층을 따라 흐르면서 시작된다.
ㄴ. B 해역에 흐르는 표층류는 저위도에서 고위도로 흐르므로 난류의 성질을 갖는다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄱ. A 해역에서는 표층수의 흐름이 심층수의 흐름으로 연결되므로 침강 현상이 활발하다.
ㄷ. 해수의 표층 순환과 심층 순환은 서로 연결되어 전 지구를 흐르고 있다. 따라서 심층 순환이 약해질수록 표층 순환도 약해진다.

**15** ㄱ. (나)에서는 난류성 어종에 속하는 멸치와 오징어의 어획량이 증가하였다.
ㄷ. 황해에서 난류성 어종의 어획량이 증가하였다는 점으로 볼 때 수온이 상승하였다는 것을 알 수 있으며, 이는 지구 온난화로 인한 전반적인 현상이므로 동해에서도 수온이 상승하였을 것이다. 한편 난류성 어종과 한류성 어종이 함께 잡힐 수 있는 어장은 주로 난류와 한류가 만나는 조경 수역에서 형성된다. 따라서 수온이 상승하면 난류의 세력이 강해져 조경 수역의 위치가 북쪽으로 치우치게 되므로 어장의 위치도 북상하게 된다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄴ. 지구 온난화로 인해 한반도 주변 해역의 수온이 상승하였기 때문에 동해에서도 난류성 어종인 오징어의 어획량은 증가하였을 것이다.

**16** 북반구에서 에크만 수송은 바람에 대해 오른쪽 직각 방향으로 일어난다.
ㄱ. A와 C에서는 해수가 발산하므로 심층의 찬 해수가 상승하는 용승이 일어나고, B에서는 해수가 수렴하므로 표층의 따뜻한 해수가 하강하는 침강이 일어난다.
ㄴ. 해수가 수렴하는 곳에서는 해수면의 높이가 높고, 해수가 발산하는 곳에서는 해수면의 높이가 낮다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄷ. 그림에서 극동풍의 풍속이 무역풍의 풍속보다 크므로 에크만 수송은 무역풍대보다 극동풍대에서 강하게 일어난다.

**17** ㄱ. 2010년 1월은 A 해역(동태평양 적도 해역)의 수온이 평상시보다 높게 유지되는 엘니뇨 시기이다. 엘니뇨 시기에는 무역풍이 약해지면서 서쪽에서 동쪽으로 따뜻한 해수가 이동한다. 따라서 A 해역에 따뜻한 해수층의 두께가 두꺼워진다.
ㄴ. 엘니뇨 시기에 태평양의 서쪽 해역은 평상시보다 표층 수온이 낮아져 건조해지지만, 태평양 중앙부와 동쪽 해역은 표층 수온이 상승하여 고온 다습해지면서 강수량이 많아진다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄷ. 평상시에는 무역풍에 의해 따뜻한 해수가 서쪽으로 이동하면서 A 해역에서 용승 현상이 뚜렷하다. 엘니뇨 발생 시에는 무역풍이 약해지면서 A 해역에서 용승 현상이 약해진다.

**18** ㄱ. 열대 태평양 동쪽 해역의 해수면은 엘니뇨 시기가 라니냐 시기보다 높다.
ㄷ. 열대 태평양 서쪽 해역에서의 상승 기류는 표층 수온이 높은 (나)일 때 더 활발하다.
**[ 오답 풀이 ]** ㄴ. 열대 태평양 동쪽 해역의 표층 수온은 엘니뇨 시기인 (가)일 때가 더 높다.

**19** ㄱ. (가)에서 지구의 자전축 방향이 현재와 반대이므로 북반구의 경우 근일점에서 여름, 원일점에서 겨울이다. 행성의 공전 속도는 태양에 가까울수록 빠르므로, 북반구의 경우 원일점에서 여름인 현재보다 근일점에서 여름인 (가)에서 여름철 지구의 공전 속도가 더 빠르다.

ㄷ. 지구 전체가 1년 동안 받는 태양 복사 에너지의 양은 지구와 태양 사이의 거리에 따라 달라진다. (가)와 (나)에서 태양과 지구 사이의 거리가 현재와 같으므로 지구 전체가 1년동안 받는 태양 복사 에너지의 양은 현재와 같다.

**[ 오답 풀이 ]** ㄴ. '태양의 남중 고도=90°−위도+적위' 이다. 현재는 하짓날 태양의 적위가 23.5°이지만, (나)에서는 하짓날 태양의 적위가 21.5°이므로 우리나라에서 태양의 남중 고도는 (나)보다 현재가 더 높다.

**20** 화석 연료의 사용량이 증가하면 온실 효과가 크게 일어나므로, 지구의 평균 기온이 상승하는 지구 온난화가 나타난다. 지구 온난화에 의해 해수면 상승, 사막화, 생태계 변화 등이 일어나고, 홍수, 폭염, 폭설 등의 기상 이변이 나타난다.

ㄴ. 지표면의 온도가 상승하면 증발이 활발하게 일어나므로 증발량이 많아질 것이다.

ㄷ. 지구 온난화가 진행되면 대기 중의 수증기량과 에너지 수송량이 변하게 되어 홍수, 가뭄, 폭염, 폭설, 태풍 등의 기상 이변의 횟수와 강도가 증가하고, 이로 인한 피해도 증가할 것이다.

**[ 오답 풀이 ]** ㄱ. 화석 연료 사용량의 증가는 대기 중 온실 기체의 양을 증가시켜 지구의 평균 기온을 상승시킬 것이다.

**21** 15시경에 기온이 급격히 낮아지고 기압이 높아지는 것으로 보아 한랭 전선이 통과하였다. 전선이 통과한 후 풍향은 남서풍에서 북서풍으로 바뀌었다.

**|모범 답안|** 한랭 전선, 전선 통과 후 풍향은 남서풍에서 북서풍으로 바뀌었다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 전선의 종류와 전선 통과 후 풍향의 변화를 모두 옳게 서술한 경우 | 100 |
| 전선의 종류와 전선 통과 후 풍향의 변화 중 1가지만 옳게 서술한 경우 | 50 |

**22** 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 커진다.

**|모범 답안|** 수온이 낮아지면 밀도가 커지지만, 60°N 이상에서는 빙하의 융해로 인해 염분이 낮아지게 되어 밀도가 감소한다.

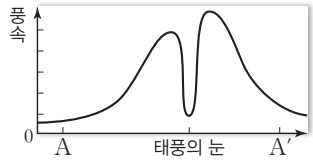
| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 수온과 염분을 포함하여 밀도 감소 이유를 서술한 경우 | 100 |
| 수온이나 염분 중 1가지만 근거로 들어 밀도 감소 이유를 서술한 경우 | 50 |

**23** **|모범 답안|** 화산재는 성층권까지 올라가 햇빛을 차단하므로 지구의 반사율을 높여 평균 기온을 감소시킨다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 모범 답안과 같이 옳게 서술한 경우 | 100 |
| '햇빛을 차단한다'라고만 서술한 경우 | 50 |

**24** 태풍 진행 방향의 오른쪽은 위험 반원으로 풍속이 세다. 태풍의 눈에서는 하강 기류가 있어 날씨가 맑고 바람이 약하다.

**|모범 답안|**




| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 풍속 변화를 옳게 나타낸 경우 | 100 |
| 위험 반원에서의 풍속을 더 크게 나타내지 못한 경우 | 50 |

**25** **|모범 답안|** 무역풍이 약해지면 따뜻한 표층 해수가 서에서 동으로 이동하여 페루 연안에서 용승이 약해지고, 적도 부근 동태평양 표층 수온이 평상시보다 높아지는 엘니뇨가 발생한다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 주어진 용어 3개를 모두 사용하여 옳게 서술한 경우 | 100 |
| 주어진 용어 3개 중 2개를 사용하여 서술한 경우 | 60 |
| 주어진 용어 3개 중 1개만 사용하여 서술한 경우 | 30 |

**26** 약 13000년 후 원일점에서 지구 자전축은 태양의 반대쪽을 향하므로 북반구는 겨울철이 된다. 현재 북반구는 원일점 근처에서 여름철이고, 약 13000년 후에는 근일점 근처에서 여름이 되므로 북반구 여름철의 기온은 현재보다 높아진다.

## III 우주 115쪽

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

[집중공략 서답형 문제]

18 해설 참조 19 해설 참조
20 A: 중력, B: 기체 압력 차에 의한 힘 21 해설 참조
22 해설 참조 23 $\frac{1}{5}$배 24 해설 참조

**01** ㄴ. 붉은색 별은 표면 온도가 낮으므로 분광형은 K형, M형이다. K형, M형 별에서는 수소(H I) 흡수선이 거의 나타나지 않는다.

[오답 풀이] ㄱ. 흰색 별의 분광형은 A형이다. A형 별에서는 수소(H I) 흡수선이 우세하게 나타난다.

ㄷ. 태양은 G형 별이다. 따라서 헬륨 흡수선보다는 수소 흡수선이 더 우세하다.

**02** ③ 주계열성은 질량이 클수록 표면 온도가 높고, 절대 등급이 작다. 따라서 태양은 C보다 질량이 작다.

[오답 풀이] ① 광도는 절대 등급이 작은 A가 B보다 크다.

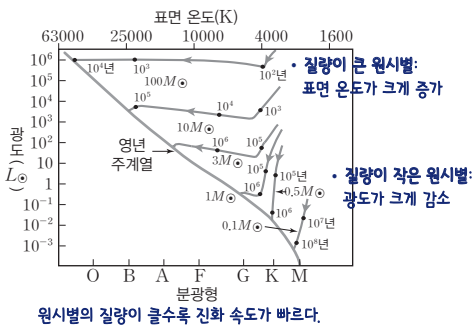
② 표면 온도는 H−R도에서 왼쪽에 위치할수록 높으므로 B가 C보다 낮다.

④ H−R도에서 오른쪽 상단에 위치한 별일수록 반지름이 크다. 따라서 별의 반지름은 태양이 D보다 크다.

⑤ 색지수는 표면 온도가 높을수록 작으므로 D가 A보다 작다.

**03**

[자료 분석]




ㄱ. 질량이 큰 원시별일수록 왼쪽 상단에 위치한 주계열성이 된다. 즉, 표면 온도가 높은 주계열성이 된다.

[오답 풀이] ㄴ. 원시별의 질량이 클수록 진화 속도가 빠르기 때문에 영년 주계열에 도달하는 데 걸리는 시간이 짧다.

ㄷ. 태양보다 질량이 작은 원시별이 주계열로 진화할 때, 표면 온도는 거의 일정하지만 광도는 크게 감소한다.

**04** ㄱ. A → B 과정은 원시별이 주계열성으로 진화하는 과정에 해당한다. 원시별이 중력 수축하면서 H−R도상에서 왼쪽 하단으로 이동하므로 반지름이 계속 감소한다.

[오답 풀이] ㄴ. B → C 과정은 주계열성을 벗어나 거성으로 진화하는 과정에 해당한다. 이 단계에서는 수소각 연소와 헬륨 핵융합 반응이 일어난다. 수소 핵융합 반응이 주요 에너지원인 시기는 주계열성인 B이다.

ㄷ. 태양과 질량이 비슷한 별은 C → D 과정에서 별의 외곽층이 분출되면서 행성상 성운이 형성된다.

**05** 질량이 태양과 비슷한 경우 진화의 최종 단계에서 중심부가 수축하여 백색 왜성이 형성된다. 태양보다 질량이 훨씬 큰 별은 초신성 폭발을 일으키면서 별의 외곽층이 우주 공간으로 흩어지고, 중심부는 심하게 수축하여 중성자별 또는 블랙홀을 형성한다. 이때 중심부의 질량이 태양 질량의 약 1.4~3배이면 중성자별을, 중심부의 질량이 태양 질량의 약 3배 이상이면 블랙홀을 형성한다. 따라서 A는 백색 왜성, B는 중성자별, C는 블랙홀이다.

**06** ㄴ. A층은 대류층, B층은 복사층이다. 따라서 복사에 의한 에너지 전달은 A층보다 B층에서 우세하다.

ㄷ. C층은 중심핵으로 수소 핵융합 반응이 일어나는 영역이다. 따라서 C층의 온도는 수소 핵융합 반응이 일어날 수 있는 1000만 K보다 높다.

[오답 풀이] ㄱ. 태양 질량의 2배 이하인 별의 내부 구조는 핵, 복사층, 대류층으로 이루어져 있고, 태양 질량의 2배 이상인 별의 내부 구조는 대류핵, 복사층으로 이루어져 있다. 따라서 이 별의 질량은 태양 질량의 2배 이하이다.

**07** ⑤ 주계열성은 중심부에서 수소 핵융합 반응이 진행되는 동안 정역학 평형 상태를 유지하므로 별의 크기가 거의 일정하게 유지된다.

[오답 풀이] ① 주계열성은 중심핵에서만 수소 핵융합 반응이 일어난다.

② 핵융합 반응이 진행되는 동안 감소된 질량만큼 에너지로 전환된다.

③ 중심부 온도가 1000만 K 이상일 때 수소 핵융합 반응이 일어날 수 있다.

④ 주계열성의 중심핵에서는 수소 원자핵 4개가 융합하여 헬륨 원자핵 1개를 만드는 핵융합 반응이 일어난다.

**08** ㄴ. 현재 위치에서 별은 지구로 가까워진다. 따라서 지구 관측자에게 별빛의 청색 편이가 나타난다.

[오답 풀이] ㄱ. 행성의 질량이 작을수록 중심별에 미치는 중력 효과가 작기 때문에 별의 시선 속도 변화량이 작다.

ㄷ. 외계 행성과 중심별은 공통 질량 중심을 같은 주기로 회전한다.

**09** ㄱ. 지구의 질량은 목성의 대략 0.003배이다. 따라서 발견된 행성들은 대부분 지구보다 질량이 크다는 것을 알 수 있다.

ㄷ. 식 현상을 이용하여 발견된 행성들은 대부분 평균 공전 궤도 반지름이 1 AU 미만이지만, 도플러 효과를 이용하여 발견된 행성들은 공전 궤도 반지름이 1 AU 이상인 경우도 흔하다.

[ 오답 풀이 ] ㄴ. 도플러 효과는 광원과 관측자의 상대적인 운동에 의해 파장 변화가 나타나는 것을 말한다. 따라서 시선 속도 변화로 행성을 찾는 방법은 도플러 효과를 이용하여 행성을 발견하는 것이며, 이 방법을 이용하여 발견된 행성 수가 많다는 것을 알 수 있다.

**10** ㄴ. 시간이 흐를수록 생명 가능 지대의 거리가 멀어지고 폭이 넓어진다. 따라서 현재보다 40억 년 후에 생명 가능 지대의 폭이 더 넓다.
ㄷ. 지구는 태양으로부터 1 AU 떨어진 곳에 위치해 있다. 따라서 지구는 태양이 생성된 이후부터 현재까지 계속 생명 가능 지대에 위치하였다.
[ 오답 풀이 ] ㄱ. 생명 가능 지대가 점점 태양에서 멀어지므로 태양은 시간이 지날수록 광도가 증가한다. 따라서 절대 등급은 작아진다는 것을 알 수 있다.

**11** A는 타원 은하, B는 정상 나선 은하, C는 막대 나선 은하, D는 불규칙 은하이다.
ㄷ. 타원 은하 A는 불규칙 은하 D에 비해 늙은 별들로 이루어져 있다.
[ 오답 풀이 ] ㄱ. 우리은하는 막대 나선 은하인 C 집단에 속한다.
ㄴ. 은하는 시간의 흐름에 따라 특정한 모양으로 진화하지 않는다는 사실이 확인되었다.

**12** ㄱ. A는 세이퍼트은하, B는 퀘이사이다. 세이퍼트은하는 대부분 나선 은하에 속한다.
ㄷ. 세이퍼트은하 A와 퀘이사 B는 모두 중심부에 블랙홀이 존재하는 특이 은하이다.
[ 오답 풀이 ] ㄴ. 은하의 후퇴 속도는 훨씬 먼 거리에 위치해 있는 퀘이사가 세이퍼트은하보다 크다.

**13** ㄴ, ㄷ. 전파 은하는 대부분 가시광선 영역에서 관측할 때보다 전파 영역에서 관측할 때 구조가 잘 보인다. 이들은 중심에 핵을 가지고 양쪽에 로브라고 불리는 거대한 돌출부가 있으며, 로브와 핵이 제트로 연결되어 있다. 전파 은하는 전파 영역에서 막대한 양의 에너지를 방출한다.
[ 오답 풀이 ] ㄱ. 이 은하는 전파 은하이다.

**14** ㄱ. A~D 은하는 모두 우리은하로부터 멀어지고 있으므로 적색 편이가 관측된다.
ㄷ. A~D 은하의 거리와 후퇴 속도로부터 허블 상수는 약 1690 km/s/억 광년임을 알 수 있다.

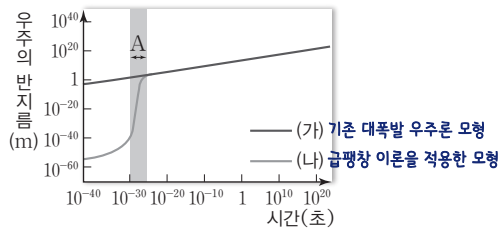
$$\text{허블 상수} = \frac{\text{후퇴 속도}}{\text{거리}} \fallingdotseq \frac{22000}{13} \fallingdotseq \frac{61000}{36} \cdots$$
$$\fallingdotseq 1690\ \text{km/s/억 광년}$$

허블 상수는 우주의 팽창 속도를 의미하므로 우주는 1억 광년 당 약 1690 km/s의 속도로 팽창하고 있다.
[ 오답 풀이 ] ㄴ. 우주의 모든 위치에서 동등하게 허블 법칙이 성립하므로 B에서 관측할 때 A, C, D 은하는 모두 적색 편이가 나타난다.

**15** ㄱ. 현재 하늘의 모든 방향에서 관측되는 우주 배경 복사는 약 2.7 K 흑체 복사에 해당한다.
[ 오답 풀이 ] ㄴ. 이 복사 에너지는 전파 영역에서 관측된다.
ㄷ. 우주가 팽창함에 따라 배경 복사의 온도가 낮아지므로 최대 에너지 세기를 갖는 파장 $\lambda_{max}$은 점점 길어진다.

**16**

[ 자료 분석 ]




급팽창 이론은 빅뱅 직후 우주가 극히 짧은 시간 동안 급격히 팽창했다는 이론으로, 대폭발 우주론이 해결하지 못한 문제점을 해결해 주었다.

ㄴ. (가)는 기존의 대폭발 우주론 모형이고, (나)는 급팽창 이론을 적용한 모형이다. (나)에서는 A 시기에 우주의 급팽창이 일어났다고 설명한다.
[ 오답 풀이 ] ㄱ. 기존의 대폭발 우주론 모형인 (가)에서는 우주 지평선의 정반대 방향에서 오는 우주 배경 복사가 균질한 이유를 설명하기 어려웠다.
ㄷ. 자기 단극이 발견되지 않는 까닭을 기존의 대폭발 우주론 모형 (가)에서는 설명이 불가능하지만 급팽창 이론이 적용된 모형 (나)에서는 설명이 가능하다.

**17** ④ Ia형 초신성을 관측하여 우주가 가속 팽창하고 있음을 확인할 수 있다.
[ 오답 풀이 ] ①, ② 우주는 한 점에서 대폭발로 시작되었고, 팽창함에 따라 우주의 밀도는 계속 감소하였다.
③ 급팽창 이론에서는 팽창을 일으킨 원인을 척력 역할을 하는 암흑 에너지와 관련 있을 것으로 추정하고 있다.
⑤ 우주는 가속 팽창하고 있으므로 미래에도 우주의 크기는 계속 커질 것으로 추정된다.

**18** |모범 답안| 최대 복사 에너지 파장 $\lambda_{max}$는 별의 표면 온도에 반비례하고, 주계열성은 질량이 클수록 표면 온도가 높다. ㉡은 ㉠보다 $\lambda_{max}$가 짧고, 표면 온도가 높으므로 별의 질량은 ㉡이 ㉠보다 크다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 주계열성의 질량을 표면 온도와 관련지어 옳게 서술한 경우 | 100 |
| 구체적인 설명 없이 두 별의 질량만 옳게 비교한 경우 | 50 |

**19** |모범 답안| (가)는 주계열성, (나)는 초거성, (다)는 적색 거성, (라)는 백색 왜성이다. 따라서 평균 밀도는 (라)>(가)>(다)>(나)이다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 별의 평균 밀도를 집단의 종류와 관련지어 옳게 서술한 경우 | 100 |
| 구체적인 설명 없이 별의 평균 밀도만 옳게 비교한 경우 | 50 |

**20** 별 내부에서 연직 방향으로 작용하는 힘은 중력 A와 기체의 압력 차로 발생한 힘 B이다. 이 두 가지 힘이 평형을 이루면 일정한 크기를 유지하는데, 이를 정역학 평형 상태라고 한다.

**21** 행성의 온도는 중심별로부터 입사되는 에너지양에 의해 결정된다. 행성 b의 단위 면적에 입사되는 에너지양은 지구와 같으므로 온도가 지구와 비슷할 것이다. 따라서 b는 생명 가능 지대에 위치해 있다. 한편 행성 a의 단위 면적에 입사되는 에너지양은 금성과 같으므로 금성처럼 생명 가능 지대보다 중심별에 가깝게 위치해 있다. 따라서 액체 상태의 물이 존재할 가능성은 b가 a보다 크다.

**|모범 답안|** 행성 b의 단위 면적에 입사되는 에너지양은 지구와 같으므로 생명 가능 지대에 위치해 있지만, 행성 a는 금성과 같으므로 생명 가능 지대보다 중심별에 가깝게 위치해 있다. 따라서 액체 상태의 물이 존재할 가능성은 b가 a보다 크다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 액체 상태의 물이 존재할 가능성을 생명 가능 지대의 범위와 관련지어 옳게 서술한 경우 | 100 |
| 액체 상태의 물이 존재할 가능성만 옳게 비교한 경우 | 50 |

**22** (가)는 타원 모양이고 나선팔이 없는 타원 은하이다. (나)는 나선팔이 존재하며 막대 구조가 없는 정상 나선 은하이다. 타원 은하는 정상 나선 은하에 비해 표면 온도가 낮은 붉은색 별의 비율이 높다. 따라서 색지수는 타원 은하 (가)가 정상 나선 은하 (나)보다 크다.

**|모범 답안|** 타원 은하 (가)는 정상 나선 은하 (나)에 비해 붉은색 별의 비율이 높다. 따라서 색지수는 (가)가 (나)보다 크다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 붉은색 별의 비율을 비교하여 (가)와 (나)의 색지수를 옳게 서술한 경우 | 100 |
| (가)와 (나)의 색지수만 옳게 비교한 경우 | 50 |

**23** 외부 은하의 적색 편이량은 후퇴 속도에 비례하고, 후퇴 속도는 허블 법칙에 의해 거리에 비례한다. 우리은하와 B 은하의 거리가 20 Mpc이므로 C 은하와 A 은하 사이의 거리 100 Mpc의 $\frac{1}{5}$배이다. 따라서 적색 편이량도 $\frac{1}{5}$배가 된다.

**24** 우주는 약 4.9 %의 보통 물질과 26.8 %의 암흑 물질, 68.3 %의 암흑 에너지로 이루어져 있다. 따라서 A는 암흑 에너지, B는 암흑 물질, C는 보통 물질이다.

**|모범 답안|** 우주가 팽창함에 따라 암흑 물질 B와 보통 물질 C의 밀도는 감소하지만 암흑 에너지 A의 밀도는 일정하게 유지된다. 따라서 시간이 흐를수록 암흑 에너지의 효과가 우세해져서 가속 팽창한다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 암흑 에너지 효과가 우주의 팽창 속도에 미치는 영향에 대해 옳게 서술한 경우 | 100 |
| 구체적인 설명 없이 가속 팽창만 제시한 경우 | 50 |


개념풀
문제편
지구과학 I