

완자

정답친해



지구과학

대기와 해양의 상호작용

1 해수의 순환과 대기의 변화

01 / 해수의 성질

개념 확인문제

12쪽

- ① 염분 ② 일정 ③ 강수량 ④ 낮다 ⑤ 결빙 ⑥ 해빙
⑦ 용존기체 ⑧ 광합성 ⑨ 용존 이산화 탄소

- 1 (1) × (2) × (3) ○ (4) × 2 ㉠ 적도, ㉡ 중위도 3 ㄱ, ㄴ
4 ㉠ 용존산소, ㉡ 용존 이산화 탄소 5 (1) ○ (2) × (3) ×
(4) × (5) ○

- 1 (1) 전 세계 해수의 평균 염분은 약 35 psu이다.
(2) 해수에 녹아 있는 염분의 양은 해양마다 서로 다르지만, 해수에 녹아 있는 주요 염류들의 상대적 비율은 거의 일정하다.
(4) 결빙이 일어나면 물이 얼면서 염류가 주위로 빠져나가므로 주변 해수의 염분이 높아진다.
- 2 적도(㉠) 해역은 저압대가 위치하여 강수량이 증발량보다 많으므로 표층 염분이 낮고, 중위도(㉡) 해역은 고압대가 위치하여 증발량이 강수량보다 많으므로 표층 염분이 높다.
- 3 ㄴ. 수압이 높을수록 기체의 용해도가 높아진다.
ㄷ. 이산화 탄소는 산소보다 물에 잘 녹으므로 용해도가 높다.
- 4 용존산소(㉠)는 대기 중의 산소가 해수 표면으로 녹아 들어 오거나 해양 식물이나 식물성 플랑크톤의 광합성 작용으로 생성되어 공급된다. 용존 이산화 탄소(㉡)는 대기 중의 이산화 탄소가 해수 표면으로 녹아들거나 해양 생물의 호흡 과정에서 생성되어 존재하며, 중탄산 이온(HCO_3^-)이나 탄산 이온(CO_3^{2-})의 형태로 존재한다.
- 5 (2) 용존기체 중에서 산소의 일부는 해양 식물에 의한 광합성 작용에서 생성되어 공급되므로 용존기체 전부가 대기로부터 녹아 들어온 것은 아니다.
(3), (4) 용존산소량은 표층 해수에서 가장 많고, 수심이 깊어질수록 해양 생물의 호흡 활동과 사체 분해 등에 산소가 사용되어 급격히 감소하였다가 심층 해수에 산소가 풍부한 극 해역의 표층 해수가 유입되면서 다시 증가한다.

개념 확인문제

16쪽

- ① 태양 복사 에너지 ② 혼합층 ③ 심해층 ④ 수온 ⑤ 낮
⑥ 높 ⑦ 반비례 ⑧ 높 ⑨ 낮

- 1 A: 혼합층, B: 수온 약층, C: 심해층 2 (1) × (2) ○ (3) ×
(4) ○ 3 ㄴ, ㄷ 4 ㉠ 밀도, ㉡ 수온, ㉢ 크다, ㉣ 염분 5 (1) ×
(2) ○ (3) ○ (4) × (5) ○

- 1 A는 바람에 의한 혼합으로 인해 깊이에 관계없이 수온이 거의 일정한 혼합층, B는 수심이 깊어질수록 수온이 급격하게 감소하는 수온 약층, C는 위도와 계절에 관계없이 수온이 거의 일정한 심해층이다.
- 2 (1) 중위도 해역은 바람이 강하게 불기 때문에 혼합층의 두께가 적도 해역보다 두껍다.
(3) 저위도 해역은 혼합층의 두께가 얇아 수온 약층이 시작되는 깊이가 얕고, 중위도 해역은 바람이 강하게 불어 비교적 두꺼운 혼합층이 형성되므로 수온 약층이 시작되는 깊이가 깊다.
(4) 극 해역은 수온 약층이 거의 발달하지 않아 해수의 연직 운동이 다른 해역에 비해 활발하게 일어나므로 차가운 표층수가 침강하여 심층수를 공급한다.
- 3 혼합층은 태양 복사 에너지에 의해 가열된 표층 해수가 바람에 의해 혼합되어 깊이에 관계없이 수온이 거의 일정한 층이다.
- 4 A 해역과 B 해역은 같은 등밀도선 위에 있으므로 밀도(㉠)가 같다. A 해역과 C 해역은 수온(㉡)이 5 °C로 같지만, 밀도는 A 해역보다 C 해역이 더 크다(㉢). 이는 C 해역이 A 해역보다 염분(㉣)이 높기 때문이다.
- 5 (1) 해수의 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 커진다.
(2) 적도 해역에서는 수온이 가장 높고 강수량이 많아 염분이 낮으므로 위도별 표층 해수의 밀도가 가장 작다.
(4) 심해층에서는 깊이에 관계없이 수온이 거의 일정하기 때문에 수심이 달라져도 밀도가 거의 변하지 않는다.

대표 자료 분석 1

17쪽

- 1 ③ 2 A, (증발량 - 강수량) 값이 가장 크기 때문이다. 3 ㄱ, ㄴ
4 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ○

1 표층 염분의 분포는 (증발량 - 강수량)의 분포와 비슷하므로 (증발량 - 강수량) 값이 가장 크게 나타나는 곳은 위도 30° 부근 해역이다.

2 A~D 중 (증발량 - 강수량) 값이 가장 큰 A 해역의 염분이 가장 높다.

3 북극 부근은 육지로부터 유입되는 하천수가 많고, 빙하가 녹은 물이 대량 공급되면서 해수의 염분이 낮아진다.

4 (1), (2) 적도 해역은 저압대가 위치하여 강수량이 증발량보다 많고 위도 30° 부근 해역은 고압대가 위치하여 증발량이 강수량보다 많다.

(5) 고위도 해역에서 해수의 결빙이 일어나면 물 분자만 얼음이 되고 대부분의 염류는 주위로 빠져나가므로 주변 해수의 염분은 높아진다.

대표 자료 분석 2

18쪽

1 A: 혼합층, B: 수온 약층, C: 심해층 2 중위도 해역 3 겨울

4 (1) 혼합층 (2) 적어 5 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ○ (5) ○ (6) ×

1 A는 바람에 의한 혼합으로 인해 깊이에 관계없이 수온이 거의 일정한 혼합층, B는 수심이 깊어질수록 수온이 급격하게 감소하는 수온 약층, C는 위도와 계절에 관계없이 수온이 거의 일정한 심해층이다.

2 혼합층은 깊이에 관계없이 수온이 거의 일정한 층으로 바람이 세게 불수록 두껍게 형성되므로, 중위도 해역이 저위도 해역보다 바람이 더 강하다.

3 혼합층은 바람이 세게 불수록 두껍게 형성되므로, 바람이 강한 겨울이 여름보다 혼합층의 두께가 더 두껍다.

4 (1) 혼합층은 태양 복사 에너지에 의한 가열로 수온이 높은 해수층이다.

(2) 위도 60° 이상의 고위도 해역은 표층과 심층의 수온 차이가 거의 없어 층상 구조가 발달하지 않는다.

5 (1) 혼합층(A)은 바람에 의한 혼합 작용으로 인해 깊이에 따라 수온이 거의 일정한 층이다.

(6) 구간 h는 위도 30°N 해역에서는 수온 약층이고, 적도 해역에서는 심해층이다. 수온 약층은 심해층보다 깊이에 따른 수온 변화가 크다.

대표 자료 분석 3

19쪽

1 (1) A와 C (2) A와 D (3) A와 B, C와 D 2 A 3 50 m

4 (1) 커진다 (2) 커진다 (3) B (4) 높다 5 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ×

1 (1) A와 C의 수온은 약 8 °C로 같다.

(2) A와 D의 염분은 36 psu로 같다.

(3) A와 B의 밀도는 1.028 g/cm³, C와 D의 밀도는 1.027 g/cm³로 같다.

2 밀도가 다른 두 해수가 만났을 때 밀도가 더 큰 A 해역의 해수가 아래로 가라앉는다.

3 혼합층은 바람에 의한 혼합으로 인해 깊이에 관계없이 수온이 거의 일정한 층이므로, (나)의 해역에서 혼합층 두께는 약 50 m이다.

4 (3) 밀도가 다른 해수가 만나면 잘 섞이지 않고 층을 이루지만, A 해역과 B 해역의 해수는 밀도가 같으므로 만나면 혼합될 수 있다.

(4) 그림 (나)의 해역에서 혼합층의 염분은 34.1 psu~34.2 psu에 분포하고, 수온 약층의 염분은 33.7 psu~34.2 psu에 분포하므로 평균 염분은 혼합층이 수온 약층보다 높다.

5 (2) 수심 100 m 깊이는 수온 약층에 해당하며, 수온 약층은 매우 안정하여 해수의 상하 운동이 일어나지 않는다.

(4) 수심 200 m 이상의 심해층은 수심이 달라져도 수온 변화가 거의 없으므로 주로 염분에 의해 밀도 변화가 나타난다.

나신 만점문제

20쪽~24쪽

01 ⑤

02 ①

03 해설 참조

04 해설 참조

05 ⑤

06 ③

07 ④

08 ⑤

09 해설 참조

10 ②

11 태양 복사 에너지량

12 ③

13 ④

14 ④

15 ⑤

16 ②

17 ①

18 ㉠

19 ④

20 A:

밀도, B: 염분, C: 수온

21 ③

22 ①

23 ②

24 ④

01 ㄱ. 염분은 해수 1 kg 속에 녹아 있는 염류의 총량을 g 수로 표시한 것으로, 해수 1 kg에 녹아 있는 염류가 35 g이므로 표층 해수의 평균 염분은 35 psu이다.

ㄴ. 염분은 시간과 장소에 따라 달라져도 해수에 녹아 있는 주요 염류들의 비율은 거의 일정하게 유지된다.

ㄷ. 빗물은 염류가 거의 없는 담수로, 이 해역에 강수량이 증가하면 해수 1 kg 속에 녹아 있는 염류의 총량이 감소하므로 염분이 감소할 것이다.

02 염분은 증발량이 많을수록, 강수량이 적을수록, 하천수의 유입량이 많을수록 높아진다. 또한 극 해역에서 해수의 결빙량이 많을수록, 해빙량이 적을수록 염분이 높아진다.

03 염분이 달라져도 해수에 녹아 있는 주요 염류들의 비율은 거의 일정하므로, 염분이 35 psu인 해수에 포함된 염화 나트륨의 함량이 27.21 g이라면, 염분이 30 psu인 해수에 녹아 있는 염화 나트륨(x)도 같은 비율을 차지하고 있다. 따라서 35 psu : 27.21 g = 30 psu : x g의 비례식을 세워 $x = 23.32$ g임을 알 수 있다.

모범 답안 35 psu : 27.21 g = 30 psu : x g, $x = 23.32$ g

채점 기준	배점
비례식을 세우고, 값을 옮겨 구한 경우	100 %
비례식만 옮겨 세운 경우	60 %

04 표층 염분은 증발량이 많을수록, 강수량이 적을수록 높게 나타난다.

모범 답안 A, A는 증발량이 많고 강수량이 적으므로 표층 염분이 가장 높을 것이다.

채점 기준	배점
표층 염분이 가장 높을 것으로 예상되는 해역과 그 까닭을 모두 옮겨 서술한 경우	100 %
표층 염분이 가장 높을 것으로 예상되는 해역만 옮겨 쓴 경우	50 %

05 ㄱ. 태평양 해역은 표층 염분이 32 psu~36.5 psu이고, 대서양 해역은 염분이 높은 지중해수 등의 유입으로 인해 표층 염분이 34 psu~37.3 psu로 높게 나타난다.

ㄴ. 대륙 주변부는 육지로부터 담수가 유입되므로 대양의 중심 해역보다 표층 염분이 낮다.

ㄷ. 위도 30° 부근의 중위도 해역은 증발량이 강수량보다 많으므로 사막이 많이 발달할 것이다.

06 ㄷ. 극 해역은 증발량과 강수량이 모두 매우 낮으므로 빙하의 영향을 더 크게 받는다.

바로알기 ㄴ. 적도 해역은 저압대가 위치하여 강수량이 증발량보다 많으므로 표층 염분(A)이 낮게 나타난다.

07 ㄴ. 8월(나)에는 강수량이 많아 하천수의 유입이 증가하므로 2월(가)보다 염분이 낮다.

ㄷ. 우리나라와 중국의 하천수 대부분이 황해로 유입되므로, 황해의 염분은 동해보다 낮다.

바로알기 ㄱ. 우리나라는 여름철에 하천수의 유입이 증가하여 염분이 낮으므로, (가)는 2월, (나)는 8월의 평균 표층 염분 분포이다.

08 표층 해수에서 농도가 높은 A는 산소, 수심이 깊어짐에 따라 농도가 증가하는 B는 이산화 탄소이다.

ㄱ. 이산화 탄소는 산소보다 물에 잘 녹으므로, 용존 이산화 탄소(B)는 용존산소(A)보다 용해도가 크다.

ㄴ. 수심 1000 m 이상의 심층 해수에서는 산소가 풍부하게 녹아 있는 극 해역의 표층 해수가 심해로 공급되므로 용존산소(A)가 증가한다.

ㄷ. 용존 이산화 탄소(B)는 생물의 호흡과 사체 분해 과정에서 생성된다.

09 **모범 답안** 용존산소(A)는 대기로부터 유입되는 산소와 해양 식물의 광합성 작용으로 생성되어 높게 나타나고, 용존 이산화 탄소(B)는 해양 식물의 광합성 작용에 사용되어 매우 낮게 나타난다.

채점 기준	배점
A와 B의 농도를 모두 옮겨 서술한 경우	100 %
A와 B의 농도 중 한 가지만 옮겨 서술한 경우	50 %

10 ㄴ. 햇빛의 약 85 %가 수심 10 m 이내에서 흡수되며 수심 200 m 이상에서는 햇빛이 거의 없어 광합성 생물이 살지 못하고, 호흡 활동과 사체 분해 등에 산소가 사용되어 용존산소량이 급격히 감소한다.

바로알기 ㄱ. 수심 200 m 이내의 깊이에서는 식물성 플랑크톤의 광합성 작용으로 생성되는 산소가 공급되므로 용존산소량이 많다.

ㄷ. 수심 800 m 이상의 깊이에서는 극 해역의 산소가 풍부한 표층 해수가 심해로 공급되므로 용존산소량이 증가한다.

11 저위도에서 고위도로 갈수록 단위넓이당 지표면에 도달하는 태양 복사 에너지량이 적어지므로 해수의 표층 수온이 낮아진다.

12 ㄱ. 같은 위도 상에서 태평양의 서쪽은 난류의 영향을 받고, 동쪽은 한류의 영향을 받으므로 태평양의 서쪽은 동쪽보다 수온이 높다.

ㄷ. 위도 60° 이상은 표층 수온이 0 °C~4 °C이므로, 심해층과 차이가 거의 없어 층상 구조가 나타나지 않을 것이다.

바로알기 ㄴ. A 해역은 B 해역보다 입사하는 태양 복사 에너지량이 적으므로 표층 수온이 B 해역보다 낮게 나타난다.

13 나. 혼합층의 두께는 바람이 세게 불수록 두껍게 형성되므로, 우리나라에서 혼합층의 두께는 바람의 세기가 센 겨울이 여름보다 두껍다.

다. 혼합층은 태양 복사 에너지에 의해 가열된 후 바람에 의한 혼합 작용으로 수온이 거의 일정해진 표층 해수층이다. 저위도 해역은 고위도 해역보다 태양 복사 에너지의 세기가 강하므로, 혼합층의 수온은 저위도 해역이 고위도 해역보다 높게 나타난다.

바로알기 가. 혼합층은 바람에 의한 혼합 작용으로 인해 깊이에 따라 수온이 거의 일정한 층이다.

14 나. 혼합층은 해양 표층에서 수심에 따라 수온이 거의 일정한 층으로, 바람이 세게 불수록 두껍게 형성되므로 A 해역보다 혼합층이 두꺼운 B 해역의 바람의 세기가 더 강하다.

다. 수온 약층은 혼합층 아래에서 수심이 깊어짐에 따라 수온이 급격하게 감소하는 층으로, 저위도 해역은 표층 수온이 높아 심층과 온도 차이가 크므로 수온 약층이 형성되는 깊이가 얕다.

바로알기 가. 위도가 높을수록 해수 표면에 입사된 태양 복사에 에너지량이 적어 수온이 낮으므로, 위도가 높은 순으로 나열하면 $C > B > A$ 이다.

15 가. 혼합층(A)은 태양 복사 에너지를 직접 흡수하므로, 수온이 높게 나타난다.

나. 수온 약층(B)은 해수의 상하 운동이 일어나지 않고, 혼합층(A)과 심해층(C) 사이에서 물질과 에너지 전달을 차단하는 역할을 한다.

다. 심해층(C)은 수심이 깊어 태양 복사 에너지의 영향을 받지 않으므로 위도별, 계절별 수온 차이가 거의 없다.

16 **바로알기** 가. 표층에서 수온이 가장 높은 9월의 표층 수온은 $12^{\circ}\text{C} \sim 13^{\circ}\text{C}$ 이고, 가장 낮은 1월의 표층 수온은 $5^{\circ}\text{C} \sim 6^{\circ}\text{C}$ 이므로 표층에서 수온의 연교차는 10°C 보다 작다.

나. 수온 약층은 깊이가 깊어짐에 따라 수온이 급격하게 변하는 층으로, 9월에 수온 약층은 약 20 m 깊이에서 발달하기 시작한다.

17 가. (가)에는 깊이에 따라 수온이 거의 일정한 혼합층이 나타나며, 혼합층은 바람이 세게 불수록 두껍게 형성된다. 따라서 평균 풍속은 (가) 시기가 (나) 시기보다 세다.

바로알기 나. (증발량-강수량) 값이 클수록 표층 염분이 높으므로, (증발량-강수량) 값은 표층 염분이 높은 (가) 시기가 (나) 시기보다 크다.

다. 표층에서 수심 100 m까지의 해수 밀도 변화는 계절별 차이가 작은 염분보다 수온의 영향을 더 크게 받으므로, 표층 수온이 높아 수온 약층이 발달한 (나) 시기가 (가) 시기보다 크다.

18 해수의 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 크다. 따라서 수온이 가장 낮고 염분이 가장 높은 ㉠ 해역에서 해수의 밀도가 가장 크다.

19 나. A와 C는 밀도가 같지만 염분은 A가 C보다 높으므로, C의 수온(㉡)은 8보다 작다.

다. 표층 해수의 염분은 (증발량-강수량) 값이 클수록 높으므로, 염분이 높은 A는 C보다 (증발량-강수량) 값이 크다.

바로알기 가. A와 B는 염분이 같지만 수온은 B가 A보다 높으므로, B의 밀도(㉢)는 1.0275보다 작다.

20 A는 수온과 염분의 영향으로 저위도에서 고위도로 갈수록 값이 커지므로 밀도를 나타내고, B는 강수량이 증발량보다 많은 적도 해역에서는 낮게 나타나고, 증발량이 강수량보다 많은 중위도 해역에서는 높게 나타나므로 염분을 나타낸다. C는 저위도에서 고위도로 갈수록 값이 작아지므로 수온을 나타낸다.

21 나. 수온 염분도에서 수온이 같을 경우 수평 방향으로 오른 쪽에 위치할수록 밀도가 커지므로 염분이 높을수록 밀도가 커지는 것을 알 수 있다.

바로알기 다. 밀도는 A가 B보다 작으므로, 동일한 양의 A와 B 해수가 만날 경우 밀도가 작은 A가 위로 올라간다.

22 가. 혼합층은 해양 표층에서 수심에 따라 수온이 거의 일정한 층으로, 이 해역의 표층에서는 수온이 일정한 구간이 나타나지 않으므로 혼합층이 거의 나타나지 않는다.

바로알기 나. 수심 500 m~1000 m 구간의 밀도 변화는 0.0025 g/cm^3 정도이며, 수심 3000 m~4000 m 구간의 밀도 변화는 0.0005 g/cm^3 정도이다.

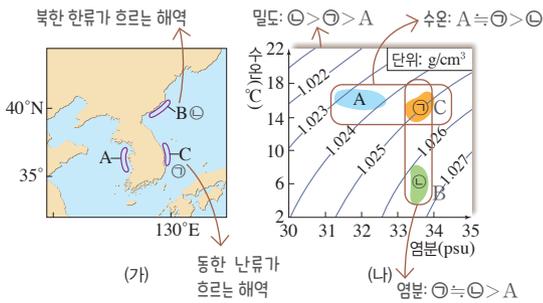
다. 수심 1000 m~2000 m 구간에서 수온은 거의 일정하지만 밀도가 증가하는 까닭은 염분이 높아지기 때문이다.

23 나. A 해수의 염분 분포는 약 34 psu~35 psu이고, B 해수의 염분 분포는 약 32 psu~34.5 psu이므로, 평균 염분은 A 해수가 B 해수보다 더 높다.

바로알기 가. A 해수는 수심이 깊어짐에 따라 염분은 거의 일정하지만 수온이 낮아져 안정하므로 해수의 상하 혼합이 잘 일어나지 않는다.

다. 해수의 밀도는 염분보다 수온의 영향을 더 많이 받으므로, A 해수의 밀도 범위를 (나)에 표시하면 B 해수의 밀도 범위보다 더 넓을 것이다.

24 ◀ **꼼꼼 문제 분석**



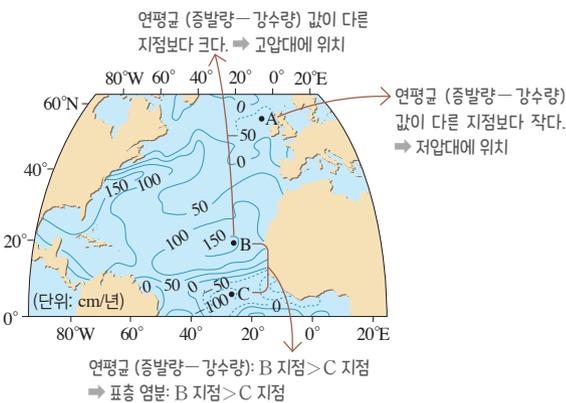
ㄴ. A는 중국과 우리나라로부터 하천수의 유입이 많은 지역이므로, A가 C보다 염분이 낮은 것은 하천수의 유입 때문이다.
 ㄷ. B(㉠)의 밀도는 약 1.0265 g/cm^3 이고, C(㉡)의 밀도는 약 1.025 g/cm^3 이므로 해수의 밀도는 B가 C보다 크다.
바로알기 ㄱ. B는 한류, C는 난류가 흐르는 해역이므로 B는 C보다 표층 수온이 낮다. (나)에서 ㉠은 ㉡보다 표층 수온이 낮으므로 ㉠은 C, ㉡은 B에 해당한다.

실력UP문제

25쪽

01 ⑤ 02 ① 03 ② 04 ③

01 ◀ **꼼꼼 문제 분석**



ㄱ. A 지점은 위도 60° 부근 해역으로 저압대에 위치하여 강수량이 증발량보다 많다.
 ㄴ. 해수의 표층 염분은 (증발량-강수량) 값이 클수록 높게 나타나므로, B 지점이 C 지점보다 높다.
 ㄷ. C 지점은 (증발량-강수량) 값이 -100 cm/년 이므로 강수량이 증발량보다 많은 해역이다.

02 ㄱ. 이 해역은 수심 0 m의 수온이 8월에 가장 높게 나타나므로 북반구에 속한다.

바로알기 ㄴ. (나)는 수심 0 m의 수온이 10°C 보다 낮고, 깊이에 따라 수온이 거의 일정한 혼합층의 두께가 약 40 m이므로 10월의 연직 수온 분포에 해당한다. 8월에는 혼합층이 거의 없고 수심 0 m부터 40 m까지 수온이 감소하는 수온 약층이 나타난다.

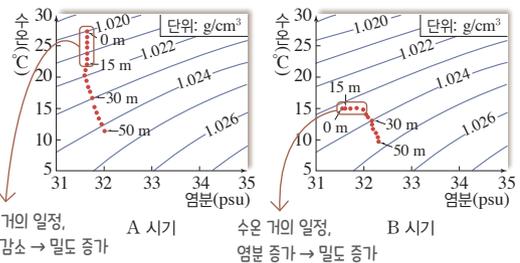
ㄷ. ㉠은 수심이 깊어질수록 수온이 급격하게 감소하는 수온 약층이다. 2월에는 수심 0 m인 해수와 수심 100 m인 해수의 수온이 같으므로 ㉠은 표층과 심층의 수온 차이가 큰 8월에 뚜렷하게 발달한다.

03 ㄴ. ㉠은 수온이 낮아지는 과정이므로 해수에 입사하는 태양 복사 에너지량이 감소하면 수온이 낮아진다. 따라서 태양의 고도가 점차 낮아지면 ㉠이 나타난다.

바로알기 ㄱ. ㉠은 수온이 일정하지만 염분이 높아지는 과정이며, 강수량이 증가하면 염분은 낮아진다.

ㄷ. B의 밀도는 1.026 g/cm^3 보다 낮고, C의 밀도는 1.026 g/cm^3 보다 높으므로 해수의 밀도는 C가 B보다 크다.

04 ◀ **꼼꼼 문제 분석**



ㄱ. 혼합층은 깊이에 따라 수온이 거의 일정한 층으로, A 시기에는 수심이 깊어짐에 따라 수온이 크게 변하고, B 시기에는 표층 부근 해수에 수심에 따른 수온 변화가 거의 없으므로 혼합층의 두께는 A 시기보다 B 시기에 더 두껍다.

ㄷ. 수심 15 m에서 A 시기의 수온은 약 22°C , B 시기의 수온은 약 15°C 이며, 수심 50 m에서 A 시기의 수온은 약 11°C , B 시기의 수온은 약 9°C 이다. 따라서 A 시기와 B 시기 사이의 수온 변화는 수심 15 m보다 수심 50 m에서 더 작다.

바로알기 ㄴ. 수심 30 m에서 A 시기의 밀도는 약 1.023 g/cm^3 이고, B 시기의 밀도는 약 1.024 g/cm^3 이므로 A 시기보다 B 시기에 더 크다.

02 / 해수의 순환

개념 확인문제

28쪽

- 1 대기 대순환 2 불균형 3 바람 4 무역풍 5 편서풍
6 북태평양 해류 7 아열대 순환 8 쿠로시오 해류 9 서한 연안류

1 (1) (가) 편서풍 (나) 무역풍 (2) (가) 북태평양 해류 (나) 북적도 해류 2 (1) A: 북태평양 해류, B: 캘리포니아 해류, C: 북적도 해류, D: 쿠로시오 해류 (2) D 3 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × 4 (1) A: 쿠로시오 해류, B: 황해 난류, C: 동한 난류, D: 북한 한류, E: 연해주 한류 (2) ㉠ 높다, ㉡ 적다, ㉢ 낮다, ㉣ 많다

1 (1) 대기 대순환에 의해 위도 30°~60°의 지상에서는 편서풍(가)이 불고, 위도 0°~30°의 지상에서는 무역풍(나)이 분다.
(2) 편서풍(가)에 의해 북태평양에 형성된 표층 해류는 북태평양 해류, 무역풍(나)에 의해 북태평양에 형성된 표층 해류는 북적도 해류이다.

2 (1), (2) 북태평양에서는 위도 0°~30°에서 무역풍에 의해 동에서 서로 북적도 해류(C)가 흐르고, 위도 30°~60°에서 편서풍에 의해 서에서 동으로 북태평양 해류(A)가 흐른다. 대륙 주변부에서는 고위도에서 저위도로 캘리포니아 해류(B), 저위도에서 고위도로 쿠로시오 해류(D)가 흐른다.

3 (4) 북반구의 아열대 해양에서 해류는 시계 방향으로 순환한다.

4 (1) A는 북태평양의 서쪽을 따라 북상하는 쿠로시오 해류, B는 황해 중앙부에서 북쪽으로 흐르는 황해 난류, C는 대마 난류의 일부가 남해를 통과하여 동해로 흘러가면서 우리나라 동해안을 따라 흐르는 동한 난류, D는 북한 동쪽 연안을 따라 남쪽으로 흐르는 북한 한류, E는 동해 북부에서 러시아 연안을 따라 남하하는 연해주 한류이다.

(2) 쿠로시오 해류(A)는 난류, 연해주 한류(E)는 한류이다. 난류는 한류보다 수온과 염분이 높고, 용존산소량과 영양 염류가 적다.

개념 확인문제

32쪽

- 1 심층 순환 2 밀도 3 수괴 4 북대서양 심층수 5 남극 저층수 6 난류 7 한류 8 열에너지 9 기후

1 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ○ (6) × 2 남극 저층수 > 북대서양 심층수 > 남극 중층수 3 (1) ㉠ >, ㉡ < (2) B 4 ㉠ 표층, ㉡ 심층

1 (1) 심층 순환은 수온과 염분의 변화에 따른 밀도 변화 때문에 일어난다.

(2) 표층의 해수가 침강하려면 밀도가 커져야 하므로 수온은 낮아지고, 염분은 높아져야 한다.

(6) 심층 순환은 표층 순환에 비해 매우 느리게 일어난다.

2 밀도가 큰 수괴일수록 아래쪽에 분포하므로, 밀도는 남극 저층수 > 북대서양 심층수 > 남극 중층수 순이다.

3 (1) 수온 염분도에서 세로축의 수온은 위쪽으로 갈수록 높아지고, 가로축의 염분은 오른쪽으로 갈수록 높아지므로 평균 수온은 A가 B보다 높고, 평균 염분은 B가 A보다 높다.

(2) 수괴 A와 B가 만나면 밀도가 더 큰 B가 A 아래쪽으로 가라앉아 흐른다.

4 대기 대순환으로 발생하는 표층(㉠) 순환과 수온과 염분 변화에 따른 밀도 차이로 발생하는 심층(㉡) 순환은 거대한 컨베이어 벨트와 같이 서로 연결되어 전 지구를 순환한다.

대표 자료 분석 1

33쪽

- 1 D, 남적도 해류 2 E, 페루 해류 3 북적도 해류, 쿠로시오 해류, 북태평양 해류, 캘리포니아 해류 4 ㉠ 높다, ㉡ 적다, ㉢ 낮다, ㉣ 많다 5 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × (5) × (6) ×

1 무역풍은 위도 0°~30°에서 부는 바람으로, 동에서 서로 분다. A~F 중 무역풍에 의해 형성된 해류는 남적도 해류(D)이다.

2 고위도에서 저위도로 흐르는 해류는 한류로, A~F 중 한류는 페루 해류(E)이다.

3 북태평양 해역에서는 북적도 해류, 쿠로시오 해류, 북태평양 해류, 캘리포니아 해류가 하나의 환류를 이루고 있다.

4 쿠로시오 해류(B)는 난류, 페루 해류(E)는 한류이다. 난류는 한류보다 수온과 염분이 높고, 용존산소량과 영양 염류가 적다.

5 (4) 한류인 페루 해류(E)가 흐르는 주변 지역은 동일 위도의 다른 지역보다 기후가 한랭하다.

(5) 남극 순환 해류(F)는 편서풍에 의해 형성되어 서에서 동으로 흐르며, 대륙의 영향을 받지 않고 지구를 순환한다.

(6) 아열대 순환은 북반구에서 시계 방향, 남반구에서 시계 반대 방향으로 나타난다.

대표자료분석 2

34쪽

- 1 B 2 (나) 3 수괴 4 (1) 낮 (2) 높 (3) 약해진다 (4) 남쪽
5 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) ○

1 해수의 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 크고, 밀도가 주변의 물보다 큰 해수 덩어리는 아래로 가라앉는다. B는 수조 속의 물과 염분이 같지만, 수온이 낮아 밀도가 더 크기 때문에 바닥으로 가라앉는다.

2 B가 가라앉아 수조의 바닥을 따라 퍼져나가므로 (나) 방향으로 이동한다.

3 수괴는 수온과 염분이 거의 같은 해수 덩어리로, 성질이 다른 수괴는 서로 쉽게 섞이지 않으므로 수괴의 수온과 염분은 상당 기간 일정하게 유지된다. 해수의 심층 순환은 표층 순환에 비해 매우 느리게 일어나기 때문에 그 흐름을 직접 관측하기 어려우므로 수괴의 수온과 염분, 용존산소, 방사성 동위원소 등을 측정하여 심층 순환의 흐름과 기원을 추정한다.

4 (1), (2) 해수의 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 크다. 착색한 물과 수조 속의 밀도 차가 클수록 착색한 물은 빠르게 바닥으로 가라앉아 퍼져나간다.

5 (2) B는 수온이 낮으므로, B를 부은 종이컵이 위치한 곳은 고위도 해역에 해당한다.

(3) 극지방의 해수는 주로 침강하여 심층 순환을 형성하여 저위도로 이동한다.

대표자료분석 3

35쪽

- 1 (가) 노르웨이해 (나) 레브라도해 (다) 웨들해 2 ㉠ 남극 저층수, ㉡ 용승 3 (1) 약해진다 (2) 약해진다 (3) 약해진다 4 (1) ○ (2) × (3) × (4) × (5) ○ (6) ○

1 심층 순환을 일으키는 침강 해역은 북반구에서는 그린란드 동쪽의 노르웨이해(가)와 남쪽의 레브라도해(나), 남반구에서는 남극 대륙 주변의 웨들해(다)에 있다.

2 북대서양 심층수는 남쪽으로 확장하여 남대서양으로 흘러가며, 남극 대륙 주변에서 남극 저층수(㉠)와 만난 후 인도양과 태평양으로 퍼져나가 매우 느린 속도로 용승(㉡)한다.

3 (1) 북대서양의 침강 해역에 많은 양의 담수가 유입되면 해수의 염분이 낮아져 밀도가 작아지므로 침강이 약해진다.

(2) 해수의 표층 순환과 심층 순환은 연결되어 있으므로 심층 순환이 약해지면 표층 순환도 약해진다.

(3) 지구 온난화가 진행되면 극지방의 빙하가 녹아 염분이 낮아지므로 침강이 약해지고, 심층 순환은 약해진다.

4 (2) 노르웨이해(가)와 레브라도해(나)의 해수가 침강하여 형성된 북대서양 심층수는 남쪽으로 흐른다.

(3) 웨들해(다)에서 결빙이 일어나 염분이 높아지면서 해수가 심층으로 가라앉아 남극 저층수가 형성된다.

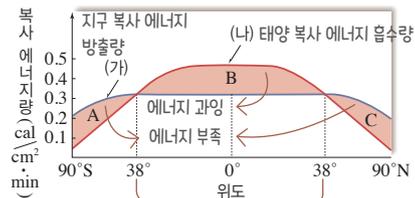
(4) 심층 해수가 인도양과 태평양으로 유입되면서 점차 수온이 높아지므로 인도양에서는 표층으로 상승한다.

나선만점문제

36쪽~40쪽

- 01 ⑤ 02 ③ 03 ③ 04 ① 05 ⑤ 06 ③
07 ② 08 ④ 09 ⑤ 10 해설 참조 11 ④
12 ③ 13 ③ 14 해설 참조 15 ④
16 ㉠ 15, ㉡ 1.0285 17 ② 18 ② 19 ② 20 ①
21 ④ 22 ② 23 ④ 24 ② 25 ⑤
26 해설 참조

01 품평 문제 분석



위도 약 38°에서 에너지 흡수량과 방출량이 같고, 에너지 이동량이 가장 많다.

가, 다. (가)는 위도별로 흡수되는 에너지량의 차이가 적으므로 지구 복사 에너지 방출량, (나)는 위도별로 흡수되는 에너지량의 차이가 크므로 태양 복사 에너지 흡수량이다. 따라서 A와 C는 부족한 에너지량이고, B는 남는 에너지량이다. 지구는 복사 평형을 이루기 때문에 부족한 에너지량과 남는 에너지량이 같으므로 A와 C의 합은 B와 같다.

나. 에너지 흡수량과 방출량이 같은 위도 약 38°에서 에너지 이동량이 가장 많다.

02 가, 나. 대기 대순환은 위도에 따른 에너지 불균형을 해소하기 위해 발생하고, 지구 자전의 영향을 받아 순환이 나타난다.

바로알기 다. 위도 30°~60° 부근 사이의 지상에서는 주로 서풍 계열의 바람인 편서풍이 분다.

03 ㄴ. 대기 대순환에 의해 동서 방향으로 흐르던 해류가 대륙에 막히면 남북 방향으로 변한다.

바로알기 ㄷ. 한류는 고위도에서 저위도로 흐르고, 난류는 저위도에서 고위도로 흐른다.

04 ㄱ. A 해역의 해류는 위도 30°~60°에서 부는 편서풍에 의해 형성된다.

바로알기 ㄴ. B 해역에는 저위도에서 고위도로 난류인 쿠로시오 해류가 흐른다.

ㄷ. C 해역에는 고위도에서 저위도로 한류인 캘리포니아 해류가 흐른다.

05 ㄱ. A와 B는 모두 무역풍과 편서풍으로 형성된 표층 해류와 대륙에 막혀 남북 방향으로 흐르는 해류가 이루는 아열대 순환이다.

ㄴ. C는 편서풍에 의해 형성된 남극 순환 해류로, 대륙에 막혀 있지 않아 남극 대륙 주위를 순환한다.

ㄷ. 아열대 순환의 방향은 북반구는 시계 방향, 남반구는 시계 반대 방향으로 서로 대칭적인 분포를 보인다.

06 ③ D는 대륙에 막혀 있지 않아 남극 대륙 주위를 순환하는 남극 순환 해류이다.

바로알기 ①, ② A는 편서풍에 의해 형성된 북태평양 해류이고, B와 C는 무역풍에 의해 형성된 북적도 해류와 남적도 해류이다.

④ 아열대 해양의 서쪽 연안에서는 저위도에서 고위도 방향으로 난류가 흐르고, 동쪽 연안에서는 고위도에서 저위도 방향으로 한류가 흐른다.

⑤ 북반구와 남반구의 아열대 순환 방향은 적도를 기준으로 대칭을 이루기 때문에 북태평양과 남대서양에서 아열대 순환의 방향은 서로 반대이다.

07 ㉠ 해역에서는 북태평양의 서쪽 연안을 따라 북쪽으로 난류인 쿠로시오 해류가 흐르고, ㉡ 해역에서는 북태평양의 동쪽 연안을 따라 남쪽으로 한류인 캘리포니아 해류가 흐른다. 난류는 한류에 비해 수온과 염분이 높고, 영양 염류와 용존산소량이 적다.

08 ㄴ. 한류는 난류보다 수온이 낮아 용존산소량이 풍부하다. ㄷ. 서한 연안류는 해류의 방향이 여름에는 난류, 겨울에는 한류로 계절에 따라 바뀌기 때문에 해류도에서는 두 개의 선으로 표시한다.

바로알기 ㄱ. 우리나라 주변 난류의 근원은 쿠로시오 해류이다. 대마 난류는 쿠로시오 해류의 일부가 대한 해협을 지나 동해로 유입되어 흐르는 해류이다.

09 ㄱ. A는 황해 중앙부에서 북쪽으로 흐르는 황해 난류로, 쿠로시오 해류의 일부가 제주도 남쪽에서 갈라져 북상한다.

ㄴ. B는 대마 난류의 일부가 남해를 통과하여 동해로 흘러가면서 우리나라 동해안을 따라 흐르는 동한 난류이다.

ㄷ. 북한 한류(C)는 동한 난류(B)보다 수온과 염분이 낮다.

10 우리나라 주변 난류의 근원은 북태평양의 서쪽을 따라 북상하는 쿠로시오 해류로, 고온 고염의 해수로 구성되어 있다.

모범 답안 C. 쿠로시오 해류

채점 기준	배점
우리나라 주변 난류의 근원이 되는 해류가 흐르는 해역과 해류의 이름을 모두 옳게 쓴 경우	100 %
우리나라 주변 난류의 근원이 되는 해류가 흐르는 해역과 해류의 이름 중 한 가지만 옳게 쓴 경우	50 %

11 ㄴ, ㄷ. C에는 쿠로시오 해류, D에는 북적도 해류가 흐르며, 북태평양 아열대 순환을 이루는 해류는 북적도 해류, 쿠로시오 해류, 북태평양 해류, 캘리포니아 해류이다.

바로알기 ㄱ. A에는 북한 한류, B에는 대마 난류가 흐른다. 같은 위도에 위치한 두 해역 중 표층 수온은 한류가 흐르는 A가 B보다 낮고, 용존산소량은 A가 B보다 많다.

12 ① 심층 순환은 주로 수온과 염분 변화에 따른 밀도 차이로 발생하므로 열염 순환이라고도 한다.

② 심층 순환은 용존산소가 풍부한 표층 해수를 심해로 운반하여 심해에 산소를 공급한다.

⑤ 심층 순환은 표층 순환과 연결되어 저위도의 남는 열에너지를 고위도로 수송하여 위도별 에너지 불균형을 해소시킨다.

바로알기 ③ 심층 순환은 수온과 염분 변화에 따른 밀도 차에 의해 발생한다.

13 ㄱ. A는 표층 해수가 침강하는 곳이므로 해수가 냉각되는 고위도의 해역, B는 심층 해수가 용승하는 곳이므로 해수가 가열되는 저위도의 해역이다. 따라서 위도는 A가 B보다 높다.

ㄷ. 표층 순환은 바람에 의해 발생하고, 심층 순환은 해수의 밀도 차에 의해 발생하므로 해류의 평균 속력은 (가)가 (나)보다 빠르다.

바로알기 ㄴ. A에서 해수의 염분이 낮아지면 해수의 밀도가 작아지므로 침강이 일어나기 어렵다. 따라서 A에서는 해수의 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 침강이 잘 일어난다.

14 (1) 해수의 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 크다. 수온이 같은 상태에서 C는 B보다 염분이 높으므로 밀도는 C>B이고, 염분이 같은 상태에서 B는 A보다 수온이 낮으므로 밀도는 B>A이다.

(2) 표층에서 결빙이 일어날 때는 수온이 낮아지고 염분이 높아져 해수의 성질은 ㉠ 방향으로 변한다. 그에 따라 해수의 밀도가 커지므로 해수가 침강한다.

모범 답안 (1) $A < B < C$

(2) ㉠, 해수의 침강이 일어난다.

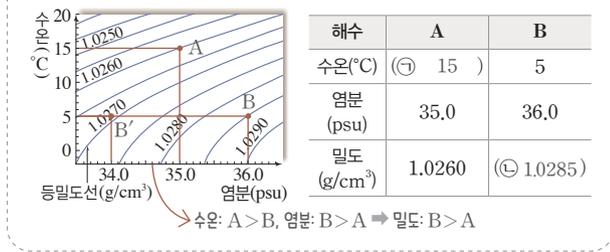
채점 기준	배점
(1) 해수의 밀도를 옳게 비교한 경우	30 %
해수의 성질이 변하는 방향을 옳게 고르고, 해수의 운동을 옳게 서술한 경우	70 %
(2) 해수의 운동만 옳게 서술한 경우	50 %
해수의 성질이 변하는 방향만 옳게 고른 경우	30 %

15 나. A는 냉각된 해수를 의미하므로 A로 실험할 때 종이컵의 위치는 실제 지구의 고위도에 해당한다.

다. B는 수조의 물보다 염분이 높아 밀도가 크기 때문에 B를 종이컵에 부으면 가라앉은 후 수조의 바닥을 따라 퍼지게 된다.

바로알기 가. A는 수조의 물보다 온도가 낮아 밀도가 크다.

[16~17] **꼼꼼 문제 분석**



16 A는 염분이 35.0 psu이고, 밀도가 1.0260 g/cm^3 이므로 수온 염분도를 읽으면 수온(㉠)은 15°C 이다. B는 수온이 5°C 이고, 염분이 36.0 psu이므로 수온 염분도를 읽으면 밀도(㉠)은 1.0285 g/cm^3 이다.

17 나. A 주변 해수의 수온이 10°C 이고, 염분이 같으면 A는 주변 해수보다 밀도가 작으므로 침강하지 않는다.

바로알기 가. A와 B가 만나면 밀도가 큰 B가 A의 아래쪽에서 흐를 것이다.

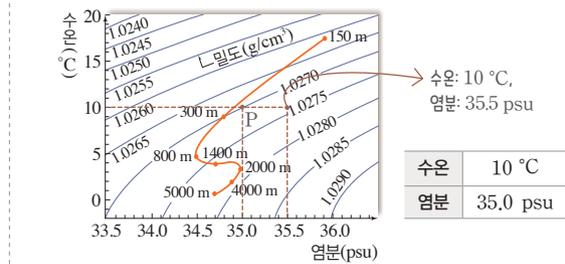
다. B의 염분이 34.0 psu로 낮아지면(B') 해수의 밀도는 약 1.0270 g/cm^3 이므로 A보다 밀도가 크다.

18 다. 밀도 차이가 클수록 이동 속도가 빠르므로, A와 B의 염분 차이를 더 크게 하면 소금물의 이동 속도는 빨라진다.

바로알기 가. 해수의 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 크기 때문에 밀도는 B가 A보다 크다.

나. 칸막이를 들어 올리면 하층에서는 소금물이 밀도가 큰 B에서 A 방향으로 이동하고, 표층에서는 A에서 B 방향으로 이동한다.

19 **꼼꼼 문제 분석**



나. 표층 해수 P를 수온 염분도에 표시하면 밀도가 약 1.0270 g/cm^3 이므로 수심 150 m 해수보다 밀도가 크다.

바로알기 가. 수심 800 m~1400 m 구간의 수온은 거의 일정하지만 염분이 증가하여 밀도가 증가하고, 수심 2000 m~4000 m 구간은 수온과 염분이 함께 낮아지면서 밀도 변화가 거의 없다.

다. P의 염분이 35.5 psu로 높아지면 밀도는 약 1.0274 g/cm^3 가 되므로 수심 약 800 m 구간까지 침강한다.

20 남극 저층류는 해수의 밀도 차이에 의해 발생하는 심층 해류이고, ㉠~㉡는 바람에 의해 발생하는 표층 해류이다.

21 나. 남극 중층수는 북대서양 심층수보다 밀도가 작으므로 북대서양 심층수 위쪽으로 흐른다.

다. 남극 저층수는 밀도가 가장 큰 해수로, 대서양에서 수심이 가장 깊은 곳을 흐른다.

바로알기 가. 북대서양 심층수는 그린란드 남쪽의 래브라도해와 동쪽의 노르웨이해에서 침강하여 형성된 해수이다.

22 A는 남극 중층수, B는 북대서양 심층수, C는 남극 저층수이다.

나. 북대서양 심층수(B)는 북반구 고위도 지역에서 침강하여 이동한 것이다.

바로알기 다. 밀도가 클수록 수심이 깊은 곳을 흐르므로, 해수의 밀도는 남극 저층수(C)가 남극 중층수(A)보다 크다.

23 ㉠은 남극 중층수, ㉡은 북대서양 심층수, ㉢은 남극 저층수이다.

나. 수온 염분도에서 등밀도선은 오른쪽 아래로 갈수록 값이 커진다. 따라서 ㉠~㉢ 중 평균 밀도가 가장 큰 것은 남극 저층수(㉢)이다.

ㄷ. 해수의 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 크다. 남극 저층수는 북대서양 심층수보다 염분이 낮은데도 불구하고 밀도가 큰데, 이는 남극 저층수의 수온이 더 낮기 때문이다.

24 ㄷ. 침강 해역에 빙하가 녹은 물이 유입되면 해수의 염분이 낮아지면서 밀도가 감소하므로 해수의 침강이 약해진다.

바로알기 ㄱ. A와 B는 그린란드 주변의 침강 해역이고, C와 D는 남극 대륙 주변의 침강 해역이다.

ㄴ. 북대서양 심층수는 대서양의 서쪽을 따라 이동하여 남극 저층수의 위쪽으로 흘러 남극 대륙 부근에 도달한 후, 대륙 주위를 돌면서 인도양과 태평양으로 유입된다.

25 ㄱ. 침강 해역의 위치로 보아 ㉠은 표층 해류, ㉡은 심층 해류이며 평균 밀도는 표층 해류(㉠)보다 심층 해류(㉡)가 크다.

ㄴ, ㄷ. 표층 순환과 심층 순환은 연결되어 있으므로 침강이 강할수록 해류의 흐름이 강하고, 해류의 흐름이 강할수록 많은 양의 에너지가 저위도에서 고위도로 수송된다. (가)에서 해류를 나타내는 선의 두께가 두꺼우므로 해수 흐름이 강하다는 것을 알 수 있다.

26 A 기간은 영저 드라이아스 빙하기이다. 영저 드라이아스 빙하기가 나타난 까닭은 따뜻해진 기후로 북아메리카 대륙의 빙하가 녹아 북대서양으로 많은 양의 담수가 유입되어 표층 해수의 염분이 낮아졌기 때문이다. 이로 인해 해수의 밀도가 작아져 침강이 약화되었고, 심층 순환이 약해져 저위도에서 고위도로 열을 전달하지 못해 춥고 건조한 기후가 되었다.

모범 답안 표층 해수의 염분이 낮아지면서 밀도가 작아져 해수의 침강이 약화되었다.

채점 기준	배점
해수의 밀도 감소, 침강 약화를 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
둘 중 한 가지만 포함하여 옳게 서술한 경우	50 %

실력UP문제

41쪽

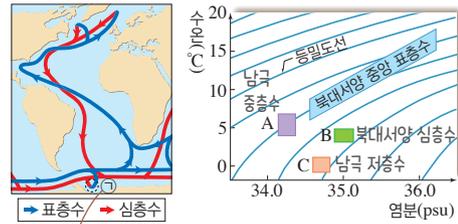
01 ⑤ 02 ④ 03 ② 04 ④

01 ㄱ. A는 멕시코만류이며, 멕시코만류(A)는 편서풍대에 진입하면 북대서양 해류가 되어 동쪽으로 흐른다.

ㄴ. 멕시코만류(A)는 난류이고, 카나리아 해류는 한류이므로 동일 위도에서 멕시코만류(A)는 카나리아 해류보다 수온과 염분이 높다.

ㄷ. 위도 약 65°N에 있는 레이카비크는 난류인 멕시코만류(A)의 영향을 받아 위도 약 40°N에 있는 뉴욕보다 1월 평균 기온이 높다.

02 품평 문제 분석



㉠에서 침강한 해수가 남극 저층수를 형성한다.

ㄴ. 북대서양 심층수(B)는 그린란드 부근 해역에서 해수의 침강으로 형성된 후 남쪽으로 확장하여 남대서양으로 흘러간다.

ㄷ. 해수는 밀도가 클수록 아래에 위치하므로, 해수의 밀도는 $A < B < C$ 이다. 따라서 표층수부터 아래로 내려갈수록 $A \rightarrow B \rightarrow C$ 순으로 해수를 만나게 된다.

바로알기 ㄱ. ㉠ 해역은 해수의 침강이 일어나는 곳으로 남극 저층수가 형성된다. 남극 저층수는 남극 중층수(A)나 북대서양 심층수(B)보다 밀도가 크므로, ㉠에서 형성되는 수괴는 남극 저층수(C)이다.

03 북대서양 심층 순환의 세기 편차는 A 시기가 B 시기보다 크다. 편차는 관측값 또는 예측값에서 평균값을 뺀 값이므로, 북대서양 심층 순환의 세기는 A 시기가 B 시기보다 강하다.

ㄴ. 심층 순환은 표층 순환과 연결되어 하나의 거대한 순환을 이루므로, 심층 순환이 약해지면 표층 순환도 약해진다. A 시기는 B 시기보다 북대서양 심층 순환의 세기가 강하므로 북대서양에서 고위도로 이동하는 표층 해류의 흐름이 강하다.

바로알기 ㄱ. 북대서양 심층수가 형성되는 그린란드 부근 해역에서 표층수의 침강이 약해지면 북대서양 심층 순환이 약해진다. B 시기는 A 시기보다 북대서양 심층 순환의 세기가 약하므로 북대서양 심층 순환이 형성되는 해역에서 표층수의 침강이 약하다.

ㄷ. 심층 순환은 표층 순환과 연결되어 저위도의 남의 열에너지를 고위도로 수송하여 위도별 에너지 불균형을 해소하는 역할을 한다. 따라서 심층 순환이 활발할수록 저위도에서 고위도로 이동하는 에너지 수송이 활발하여 저위도와 고위도의 표층 수온 차가 작아진다. A 시기는 B 시기보다 북대서양 심층 순환의 세기가 강하므로 북대서양에서 저위도와 고위도의 표층 수온 차가 작을 것이다.

04 ㄴ. 북대서양에서는 서쪽 연안이 동쪽 연안보다 해수의 나이가 적는데, 이는 북대서양의 그린란드 주변 해역에서 침강한 북대서양 심층수가 대체로 서쪽 연안을 따라 남하하여 남극 대륙 부근까지 이동하기 때문이다.

ㄷ. 인도양의 저위도 해역에는 나이가 가장 오래된 해수가 있으므로 이곳에서 심층수의 일부는 용승하여 표층수로 되어 표층 순환과 연결된다.

03 / 기압과 날씨 변화

개념 확인문제

45쪽

- 1 관측 2 일기도 3 일기 기호 4 등압선 5 4 6 전선
7 맑게 8 높이 9 레이더 10 하강 11 상승

- 1 (1) ○ (2) × (3) ○ 2 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ 3 (1) 가
(2) 적 (3) 가 (4) 적 (5) 레 4 (1) 고 (2) 저 (3) 고 (4) 저

1 (2) 일기도는 지상 관측, 고층 관측, 레이더 및 위성 영상 관측 등 다양한 관측 방법으로 수집된 기상 요소 자료를 바탕으로 그려진다.

2 (1) 지표 부근의 바람은 고기압에서 저기압으로 불기 때문에 A 지역의 풍향은 ㉠ 방향이다.

(2) 바람의 세기는 등압선 간격이 좁을수록 강하므로, B보다 A에서 강하다.

(3) 일기도에서 H는 고기압, L은 저기압을 나타낸다. 우리나라에는 L이 표시되어 있으므로 저기압이 위치하고 있다.

3 (1), (3) 가시 영상은 태양 빛의 반사 강도를 나타내므로 태양 빛이 없는 밤에는 관측할 수 없고, 두꺼운 구름일수록 태양 빛을 더 많이 반사하므로 맑게 관측된다.

(2), (4) 적외선 영상은 온도가 낮고 구름의 최상부 높이가 높을수록 적외선 방출량이 적어 맑게 관측된다.

(5) 레이더 영상은 레이더에서 대기 중으로 전파를 발사한 뒤 구름 속 강수 입자에 부딪혀 되돌아오는 반사파를 분석하여 나타낸 영상으로, 구름 속 강수 입자의 분포나 강수량을 파악할 수 있다.

4 (1), (3) 고기압 중심부에서는 하강 기류가 발달하여 단열 압축이 일어나 기온이 상승하고 상대 습도가 감소하여 구름이 소멸되므로 날씨가 맑다.

(2), (4) 저기압은 중심부의 기압이 주변보다 낮은 곳으로 북반구에서는 전향력의 영향으로 바람이 저기압 중심을 향해 시계 반대 방향으로 휘어져 불어 들어온다.

완자샘 비법 특강

50쪽

Q1 남동풍 → 남서풍 → 북서풍

Q1 A 지역이 온난 전선 앞쪽에 위치할 때는 남동풍이 불다가 시간이 흐르면서 온난 전선과 한랭 전선 사이에 위치할 때는 남

서풍이 불고, 이후 한랭 전선이 통과하면 북서풍이 분다. 중위도 저기압은 온난 전선, 한랭 전선 순으로 통과하므로 풍향은 남동풍 → 남서풍 → 북서풍 순으로 변한다.

개념 확인문제

51쪽

- 1 정체성 2 이동성 3 기단 4 북태평양 5 시베리아
6 중위도 저기압 7 전선 8 편서풍 9 한랭 10 온난
11 폐색 전선

- 1 ㄷ, ㄹ 2 (1) × (2) ○ (3) × 3 ㉠ A, ㉡ B, ㉢ 빠르다
4 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ (5) ○

1 북태평양에 위치한 고기압의 영향을 받아 고온 다습한 날씨가 이어지는 여름철 일기도이므로, 무더위와 함께 열대야 현상이 나타날 수 있다.

2 (1) 종관 규모 저기압에 속하는 중위도 저기압은 규모가 크고, 중규모 저기압은 종관 규모 저기압에 비해 규모가 작다.

(3) 중위도 저기압은 중위도 지역에서 전선을 동반하여 발생한 종관 규모 저기압이다.

3 전선면의 기울기는 한랭 전선이 온난 전선보다 크므로, A는 한랭 전선, B는 온난 전선이다. 상대적으로 무거운 찬 공기가 상대적으로 가벼운 따뜻한 공기를 미는 것(한랭 전선)은 상대적으로 가벼운 따뜻한 공기가 상대적으로 무거운 찬 공기를 미는 것(온난 전선)보다 더 쉽기 때문에 한랭 전선(A)은 온난 전선(B)보다 이동 속도가 빠르다.

4 (1) A 지역은 한랭 전선 뒤쪽에 위치하고 있으므로 적운형 구름이 잘 발달한다.

(3) B 지역은 현재 온난 전선과 한랭 전선 사이에 위치하고 있으므로 남서풍이 불고 있다.

대표 자료 분석 1

52쪽

- 1 (다) 2 ㉠ 어렵게, ㉡ 맑게 3 (1) 두껍다 (2) 높다 (3) 상승
4 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ×

1 레이더 영상(다)은 대기 중으로 전파를 발사한 뒤 강수 입자에 부딪혀 되돌아오는 반사파를 분석하여 구름 속에 강수 입자가 얼마나 있는지를 나타낸 영상이다.

2 가지 영상에서는 두꺼운 구름일수록 태양 빛을 더 많이 반사하므로 밝게 보이고, 적외 영상에서는 온도가 낮고 구름의 최상부 높이가 높을수록 적외선 방출량이 적어 밝게 보인다.

3 (1) 가지 영상(가)에서 두꺼운 구름일수록 밝게 보이므로, 구름의 두께는 B가 A보다 두껍다.

(2) 적외 영상(나)에서 구름의 최상부 높이가 높을수록 밝게 보이므로, 구름의 최상부 높이는 C가 A보다 높다.

(3) B에는 두꺼운 구름이 발달해 있으므로 상승 기류가 발달해 있다는 것을 알 수 있다.

4 (3) 가지 영상(가)은 태양 빛이 없는 밤에는 관측할 수 없지만, 적외 영상(나)과 레이더 영상(다)은 24시간 관측 가능하다.

(4) 레이더 영상(다)에서 시간당 강수량이 많을수록 빨간색, 강수량이 적을수록 파란색에 가깝게 표시되므로 A~C 중 비가 가장 많이 내리는 곳은 B이다.

대표자료분석 2

53쪽

1 A: 시베리아 기단, B: 오호츠크해 기단, C: 북태평양 기단, D: 양쯔강 기단 2 (1) 겨울 (2) 북서풍 (3) A 3 ㉠ 고위도, ㉡ 상승, ㉢ 서해안 4 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × (5) ○

1 기단은 생성된 지역의 이름을 따서 A는 시베리아 기단, B는 오호츠크해 기단, C는 북태평양 기단, D는 양쯔강 기단이라고 한다.

2 (1), (3) (나)는 북서쪽에서 발달한 시베리아 고기압의 영향을 받는 겨울의 기압 배치를 나타낸 일기도이다.

(2) 우리나라 북서쪽에 고기압이 있으므로 주로 북서풍이 분다.

3 시베리아 고기압은 고위도에서 생성되어 우리나라로 세력을 확장할수록 기단의 아래쪽부터 가열되어 기온이 상승하므로 불안정해지고 강한 상승 기류가 발생한다. 이때 따뜻한 황해에서 열과 수증기가 공급되면 서해안에 폭설이 내릴 수 있다.

4 (1) 건조한 성질을 갖는 기단은 육지에서 발생한 시베리아 기단(A)과 양쯔강 기단(D)이다.

(2) 오호츠크해 기단(B)은 북태평양 기단(C)보다 고위도에 위치하므로 기온이 낮다.

(4), (5) 양쯔강 유역에서 발달하는 양쯔강 기단(D)은 우리나라의 봄·가을에 영향을 주는 이동성 고기압으로 이동성 고기압과 저기압이 교대로 지나가기 때문에 날씨가 자주 바뀐다.

대표자료분석 3

54쪽

1 (가) 2 (가) 남서풍 (나) 북서풍 3 기온이 하강한다. 4 (1) ㉠ → ㉡ → ㉢ (2) 층운형 구름이 형성되고, 지속적인 비가 내렸을 것이다. 5 (1) ○ (2) × (3) × (4) ×

1 우리나라 주변에 발달한 중위도 저기압은 편서풍의 영향으로 서에서 동으로 이동하므로 중위도 저기압이 더 서쪽에 위치한(가)가 먼저 관측된 것이다.

2 (가)에서 A 지역은 온난 전선과 한랭 전선 사이에 위치하므로 남서풍, (나)에서 A 지역은 한랭 전선 뒤쪽에 위치하므로 북서풍이 분다.

3 중위도 저기압이 (가)에서 (나)로 이동하면서 A 지역은 한랭 전선이 통과하므로 기온이 하강한다.

4 (1) 온난 전선 앞쪽에는 남동풍, 온난 전선이 통과한 후에는 남서풍, 한랭 전선 뒤쪽에는 북서풍이 불고, 중위도 저기압은 온난 전선, 한랭 전선 순으로 통과하므로 풍향은 ㉠ → ㉡ → ㉢ 순으로 변한다.

(2) 중위도 저기압에서 남동풍이 부는 시기는 온난 전선 앞쪽에 위치할 때이다.

5 (2) (가) 시기 이전에 A 지역은 온난 전선 앞쪽에 위치했으므로 지속적인 비가 내렸을 것이다.

(3) A 지점은 저기압 중심의 진행 방향의 오른쪽에 위치하므로 풍향이 시계 방향으로 바뀌었다.

(4) 한랭 전선이 통과한 후 A 지역의 기압은 높아졌다.

내신 만점문제

55쪽-58쪽

01 ㉠ 02 해설 참조 03 A: 레이더 영상, B: 적외 영상, C: 가지 영상 04 ㉢ 05 강수 입자의 분포, 강수량, 강수대의 위치와 이동 방향 06 ㉡ 07 ㉠ 08 ㉠ 정체성, ㉡ 이동성 09 ㉢ 10 ㉡ 11 ㉠ 12 ㉤ 13 (가) 한랭 전선 (나) 온난 전선 14 A: 한랭 전선, B: 온난 전선, C: 정체 전선 15 ㉠ 16 ㉠ 17 해설 참조 18 ㉢ 19 해설 참조 20 ㉢ 21 ㉠ 22 ㉤

01 나. 기압은 오전에 1012.0 hPa, 오후에 1002.0 hPa이므로 이날 기압은 오전이 오후보다 더 높았다.

ㄷ. 전선은 기온, 풍향, 기압 등 기상 조건이 급격하게 바뀌는 곳에 주로 나타나므로 이날 오전과 오후 사이에 전선이 통과했을 것이다.

02 (1) 일기도의 등압선은 4 hPa 간격으로 그린다.

모범 답안 (1) 1004

(2) A, 일기도의 등압선 간격이 좁을수록 바람의 세기가 강하기 때문에 등압선 간격이 좁은 A 지점이 B 지점보다 풍속이 빠르다.

채점 기준	배점
A 지점과 B 지점 중 풍속이 빠른 곳과 그 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
A 지점과 B 지점 중 풍속이 빠른 곳만 옳게 쓴 경우	50 %

03 레이더 영상은 레이더에서 대기 중으로 전파를 발사한 뒤 반사된 전파의 강도를 관측하여 영상으로 나타낸 것이므로 지상 관측소에서 데이터를 수집한다. 가시 영상은 구름이나 지표면에서 반사된 태양 빛의 반사 강도를 관측하고, 적외 영상은 물체가 온도에 따라 방출하는 적외선의 에너지량을 관측하므로 지상 관측소에서는 데이터를 수집하기 어렵다. 또한 가시 영상은 태양 빛의 반사 강도를 나타내므로 태양 빛이 있는 낮에만 관측이 가능하고, 적외 영상은 낮과 밤에 관계없이 24시간 관측 가능하다.

04 ㄱ. 가시 영상(가)은 태양 빛의 반사 강도를 나타내므로 태양 빛이 있는 낮에만 관측이 가능하다.

ㄷ. 적외 영상(나)에서는 구름의 높이가 높을수록, 즉 온도가 낮을수록 밝게 보인다.

바로알기 ㄴ. 두꺼운 구름일수록 태양 빛을 더 많이 반사하므로 밝게 보인다.

05 제시된 자료는 레이더 영상으로 대기 중으로 전파를 발사한 뒤 구름 속 강수 입자에 부딪혀 되돌아오는 반사파를 분석하여 나타낸 영상이다. 이 영상 자료를 통해 구름 속 강수 입자의 분포나 강수량, 강수대의 위치와 이동 방향을 파악할 수 있다.

06 ② 고기압(가)은 하강 기류가 발달하여 단열 압축되므로 기온이 상승하고 상대 습도가 감소하여 구름이 소멸하기 때문에 맑은 날씨가 나타난다.

바로알기 ① (가)의 중심부에는 하강 기류가 생기므로 고기압, (나)의 중심부에는 상승 기류가 생기므로 저기압이 나타난다.

③ 고기압(가)은 하강 기류에 의해 단열 압축이 일어난다.

④ 북반구에서 고기압(가)은 중심에서 바람이 시계 방향으로 휘어져 불어 나간다.

⑤ 북반구 저기압(나)에서 상승하는 공기 덩어리는 주변 기압의 감소로 부피가 팽창하면서 기온이 점차 낮아진다.

07 ㄱ. H는 고기압, L은 저기압을 나타내며, 저기압에서는 공기가 수렴한다.

바로알기 ㄴ. A 지역의 동쪽에 고기압이 있으며, 바람은 고기압에서 저기압으로 불기 때문에 A 지역에서는 동풍 계열의 바람이 분다.

ㄷ. 고기압(H)의 중심에서는 하강 기류가 발생하며 날씨가 맑다.

08 정체성(㉠) 고기압은 중심부가 거의 이동하지 않고 한자리에 머무르며 수축과 확장을 하여 주변 지역의 날씨에 영향을 주는 규모가 큰 고기압, 이동성(㉡) 고기압은 정체성 고기압에서 떨어져 나와 편서풍의 영향으로 서쪽에서 동쪽으로 이동하면서 주변 지역의 날씨에 영향을 주는 상대적으로 규모가 작은 고기압이다.

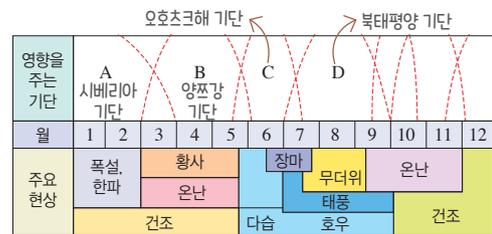
09 A는 시베리아 기단, B는 양쯔강 기단, C는 오호츠크해 기단, D는 북태평양 기단이다.

ㄱ. 시베리아 기단(A)은 한랭 건조하고, 북태평양 기단(D)은 고온 다습하므로 시베리아 기단(A)은 북태평양 기단(D)보다 기온과 습도가 낮다.

ㄴ. 우리나라 봄과 가을철에는 중국의 양쯔강 부근에서 발원한 양쯔강 기단(B)의 영향을 받는다.

바로알기 ㄷ. 겨울에는 시베리아 기단(A)의 영향으로 한파가 나타나고 폭설이 내린다.

10 **▶** **꼼꼼 문제 분석**



① A가 우리나라에 영향을 줄 때 한파가 나타나고 폭설이 내리며 건조한 날씨가 나타나므로 A는 한랭 건조한 시베리아 기단이다.

③, ④ 시베리아 기단(A)은 한랭 건조, 오호츠크해 기단(C)은 한랭 다습, 북태평양 기단(D)은 고온 다습한 성질을 갖는다.

바로알기 ② B는 우리나라 봄과 가을에 영향을 주며 온난 건조한 성질을 갖는 양쯔강 기단이다.

11 ① 이동성 고기압은 편서풍의 영향을 받아 동쪽으로 이동하며, 우리나라의 봄·가을에 영향을 미친다. 이 시기에는 이동성 고기압과 저기압이 교대로 지나가기 때문에 날씨가 자주 바뀌며 꽃샘추위나 황사가 나타나기도 한다.

바로알기 ② 무더위와 열대야 현상은 여름철에 나타나는 현상으로 여름철에는 남고북저형의 기압 배치가 나타난다.

③ 장마 전선은 남쪽의 따뜻한 기단과 북쪽의 찬 기단이 만나 형성되는 정체 전선으로 주로 늦봄과 초여름 사이에 생긴다.

④ 서고동저형 기압 배치가 나타나고 강한 북서 계절풍이 부는 계절은 겨울이다.

⑤ 북태평양 고기압은 우리나라의 여름철 날씨에 영향을 주는 정체성 고기압이다.

12 ㄱ. 등압선의 간격이 좁을수록 바람의 세기가 강하므로 평균 풍속은 등압선의 간격이 좁은 (가)가 (나)보다 빠르다.

ㄴ. (가)의 북서쪽에서 발달한 시베리아 고기압이 남쪽으로 세력을 확장하면 우리나라는 한랭 건조한 북풍 계열의 바람이 분다.

ㄷ. 우리나라 여름철(나)에는 북태평양 고기압이 확장하여 주변 지역의 날씨에 영향을 준다.

13 (가)는 찬 공기가 따뜻한 공기의 아래로 파고들면서 형성되는 한랭 전선이고, (나)는 따뜻한 공기가 찬 공기의 위로 올라가면서 형성되는 온난 전선이다.

14 A는 중위도 저기압의 중심에서 남서쪽에 위치하므로 한랭 전선이고, B는 중위도 저기압의 중심에서 남동쪽에 위치하므로 온난 전선이다. C는 세력이 비슷한 찬 공기와 따뜻한 공기가 한 곳에 오래 머무르며 형성되는 정체 전선이다.

15 ㄴ. 온난 전선(B)은 따뜻한 공기가 찬 공기의 위쪽으로 올라가면서 형성되는 전선으로, 온난 전선(B)이 통과하고 나면 따뜻한 공기가 이동해 오므로 기온이 높아진다.

ㄷ. 우리나라에 정체 전선(C)이 머물면 지속적으로 비가 내리는 장마 현상이 나타난다.

바로알기 ㄱ. 한랭 전선(A)의 전선면을 따라 적운형 구름이 형성된다.

16 ㄱ. (가)는 온난 전선면과 전선을 나타낸 것이다. 온난 전선은 따뜻한 공기가 찬 공기의 위쪽으로 올라가면서 형성되는 전선으로, 온난 전선의 앞쪽 전선면을 따라 층운형 구름이 발달한다.

바로알기 ㄴ. (나)는 남서풍이 불고 있을 때 나타나는 깃발의 모습이므로 온난 전선 뒤쪽인 A 지역에서 본 모습이다.

ㄷ. (나)가 관측되는 A 지역은 온난 전선이 통과한 후이므로 맑은 날씨가 나타날 것이다.

17 (1) 중위도 저기압의 발달 과정은 정체 전선 형성(나) → 파동 형성(라) → 중위도 저기압 발달(다) → 폐색 시작 → 폐색 전선 발달(가) → 중위도 저기압 소멸 순이다.

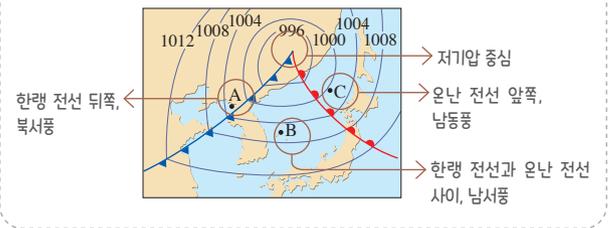
(2) 상대적으로 무거운 찬 공기가 상대적으로 가벼운 따뜻한 공기를 미는 것(한랭 전선)이 상대적으로 가벼운 따뜻한 공기가 상대적으로 무거운 찬 공기를 미는 것(온난 전선)보다 더 쉬우므로 한랭 전선은 온난 전선보다 이동 속도가 빠르다.

모범 답안 (1) (나) → (라) → (다) → (가)

(2) 중위도 저기압 중심의 남서쪽에 발달한 한랭 전선이 남동쪽에 발달한 온난 전선보다 이동 속도가 빨라 두 전선이 겹쳐지면서 폐색 전선이 발달한다.

채점 기준	배점
(1) 중위도 저기압의 발달 과정을 순서대로 옳게 나열한 경우	50 %
(2) 폐색 전선이 발달하는 까닭을 전선의 이동 속도와 관련지어 옳게 서술한 경우	50 %

18 — **필름 문제 분석**



ㄱ. A 지역은 한랭 전선 뒤쪽이므로 북서풍이 분다.

ㄴ. B 지역은 한랭 전선과 온난 전선 사이에 위치하므로 날씨가 맑고, C 지역은 온난 전선 앞쪽에 위치하므로 층운형 구름이 발달한다. 따라서 B 지역은 C 지역보다 구름이 적을 것이다.

바로알기 ㄷ. 저기압 중심에서 가장 멀리 떨어져 있는 B 지역의 기압이 가장 높다.

19 중위도 저기압이 통과할 때 온난 전선의 앞쪽에서는 남동풍, 한랭 전선과 온난 전선 사이에서는 남서풍, 한랭 전선의 뒤쪽에서는 북서풍이 분다.

모범 답안 (가) 시기에는 풍향이 남동풍에서 남서풍으로 변하였으므로 온난 전선이 통과하였고, (나) 시기에는 풍향이 남서풍에서 북서풍으로 변하였으므로 한랭 전선이 통과하였다.

채점 기준	배점
(가)와 (나) 시기에 통과한 전선을 풍향 변화와 함께 옳게 서술한 경우	100 %
(가)와 (나) 시기에 통과한 전선 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

20 (가)는 층운형 구름, (나)는 적운형 구름이다.

ㄱ. 층운형 구름(가)은 온난 전선의 앞쪽에 형성되고, 적운형 구름(나)은 한랭 전선의 뒤쪽에 형성되므로 층운형 구름(가)은 적운형 구름(나)보다 먼저 관찰된다.

ㄷ. 적운형 구름(나)은 강한 상승 기류가 발달할 때 만들어지는 구름이다.

바로알기 나. 층운형 구름(가)은 온난 전선의 앞쪽에 형성되므로 온난 전선의 접근을 알려준다.

21 가. 중위도 저기압은 편서풍의 영향으로 서쪽에서 동쪽으로 이동하므로, 중위도 저기압이 더 서쪽에 위치한 (나)가 먼저 작성된 일기도이다.

바로알기 나. (나)의 A 지역은 온난 전선과 한랭 전선 사이에 위치하므로 남서풍이 분다.

다. 일기도가 (나)에서 (가)로 이동하는 동안 A 지역은 한랭 전선이 통과하면서 찬 공기의 영향을 받았으므로, 기온이 낮아졌다.

22 ①, ② A는 북서풍이 불고 있으므로 한랭 전선의 뒤쪽에 위치하여 찬 공기의 영향을 받고, C는 남서풍이 불고 있으므로 온난 전선과 한랭 전선 사이에 위치하여 따뜻한 공기의 영향을 받는다. 찬 공기의 영향을 받는 A는 따뜻한 공기의 영향을 받는 C보다 기온이 낮다.

③ B는 남동풍이 불고 있으므로 온난 전선의 앞쪽에 위치해 있으며, 이 지역에는 층운형 구름으로부터 지속적인 비가 내린다.

④ 중위도 저기압이 통과할 때 온난 전선의 앞쪽에는 남동풍, 온난 전선과 한랭 전선 사이에는 남서풍, 한랭 전선 뒤쪽에는 북서풍이 분다. 따라서 온난 전선은 남동풍이 부는 B와 남서풍이 부는 C 사이에 위치한다.

바로알기 ⑤ A~C 중 기압이 가장 낮은 지역은 저기압의 중심으로부터 가장 가까운 A이다.

실력UP문제

59쪽

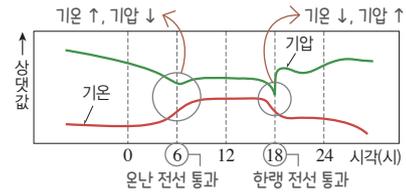
- 01 ③ 02 ③ 03 ⑤ 04 ②

01 가. 우리나라 부근에 정체 전선이 형성되어 있으므로 지속적인 비가 내리는 장마 현상이 나타난다.

나. A 기단은 북태평양에 발달한 북태평양 기단으로 고온 다습하다. 따라서 A 기단의 세력이 확장되면 무더위와 함께 열대야 현상이 나타나기도 한다.

바로알기 다. 우리나라 부근의 전선은 정체 전선으로 세력이 비슷한 찬 공기와 따뜻한 공기가 한곳에 오래 머무르며 형성되는 전선이고, 중위도 저기압의 소멸 과정에서 형성된 전선은 폐색 전선이다.

02 — **꼼꼼 문제 분석**

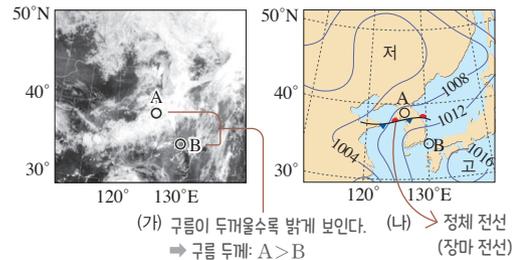


가. 4시경은 온난 전선이 통과하기 전이므로 남동풍이 분다.

나. 6시경에 기온이 상승하고 기압이 하강한 것으로 보아 온난 전선이 통과하였고 18시경에 기온이 하강하고 기압이 상승한 것으로 보아 한랭 전선이 통과하였다. 따라서 12시경은 온난 전선이 통과하고 한랭 전선이 통과하기 전이므로, 따뜻한 공기의 영향을 받아 구름이 없는 맑은 날씨가 나타났다.

바로알기 다. 서울에 온난 전선과 한랭 전선이 차례대로 통과하고 있으므로 풍향은 남동풍 → 남서풍 → 북서풍 순인 시계 방향으로 변했다.

03 — **꼼꼼 문제 분석**



가. 가시 영상인 (가)는 태양 빛의 반사 강도를 나타내므로 태양 빛이 있는 낮에만 관측이 가능하다.

나. 가시 영상에서 두꺼운 구름일수록 태양 빛을 더 많이 반사하여 밝게 보이므로 구름의 두께는 A 지역이 B 지역보다 두껍다.

다. A 지역은 정체 전선의 북쪽에 위치한다. 정체 전선은 북쪽의 찬 공기 위로 남쪽의 따뜻한 공기가 상승하면서 수증기가 응결하여 구름이 형성되므로 A 지역의 구름은 주로 전선 남쪽의 기단에서 공급받은 수증기가 응결하여 형성된다.

04 나. t_2 일 때 P는 온난 전선과 한랭 전선 사이에 위치하므로 구름이 없고 남서풍이 부는 A의 기상 요소가 관측된다.

바로알기 가. t_1 일 때 P는 온난 전선 앞쪽에 위치하므로 층운형 구름이 관측된다.

다. B는 북서풍이 불고 소나기가 내리는 것으로 보아 한랭 전선의 뒤쪽에서 관측한 기상 요소이고, C는 남동풍이 불고 비가 내리는 것으로 보아 온난 전선의 앞쪽에서 관측한 기상 요소이므로 P의 기온은 B일 때가 C일 때보다 낮다.

04 / 태풍과 우리나라의 주요 약기상

완자샘 비법 특강

62쪽

Q1 무역풍 Q2 편서풍 Q3 위험 반원

Q1 태풍은 발생 초기에는 무역풍과 북태평양 고기압의 영향을 받아 북서쪽으로 이동한다.

Q2 태풍은 북위 25°~30° 부근을 지나면서 편서풍의 영향을 받아 북동쪽으로 이동 방향이 바뀐다. 따라서 태풍은 우리나라를 지날 때 편서풍의 영향을 받아 북동쪽으로 이동한다.

Q3 풍향이 시계 방향으로 변하였으므로 태풍 이동 방향의 오른쪽인 위험 반원에 속한다.

개념 확인문제

63쪽

1 태풍 2 응결 3 상승 4 적운형 5 동심원 6 전선
7 하강 8 북서쪽 9 북동쪽 10 위험 11 강 12 가항
13 약

1 (1) × (2) × (3) × (4) ○ 2 (1) A: 풍속, B: 기압 (2) 하강, 낮은 3 B, C 4 가항 반원 5 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ×

1 (1) 태풍은 위도 5°~25°, 수온 약 27 °C 이상인 열대 해상에서 발생한다.

(2) 태풍의 눈에서는 약한 하강 기류가 발생하여 날씨가 맑다.

(3) 태풍은 기단 내에서 지구의 자전 효과에 의한 소용돌이가 발생하여 형성되므로 전선을 동반하지 않는다.

2 (1) A는 중심에서 약간 벗어난 부분에서 최댓값을 갖고 주변으로 갈수록 작아지는 것으로 보아 풍속이며, B는 중심으로 갈수록 값이 작아지고 주변으로 갈수록 빠르게 커지는 것으로 보아 기압이다.

(2) 태풍의 중심은 태풍의 눈으로 열대 저기압의 중심에 해당하므로 기압이 가장 낮으며, 약한 하강 기류에 의해 맑은 날씨가 나타난다.

3 북반구 지역에서는 태풍 이동 방향의 오른쪽 반원이 위험 반원이므로 B와 C가 이에 해당한다.

4 풍향이 북동풍 → 북서풍 → 남서풍 순인 시계 반대 방향으로 변했으므로 가항 반원에 위치한다.

5 (1) A는 태풍 이동 방향의 왼쪽 지역에 해당하므로 가항 반원에 속한다.

(2) B는 태풍의 눈에 해당하며, 약한 하강 기류가 발생한다.

(3) A는 가항 반원에 속하고, C는 위험 반원에 속하므로 A보다 C에서 풍속이 강하다.

(4) B는 태풍의 중심이므로 기압이 가장 낮으며, 약한 하강 기류가 발생하여 날씨가 맑은 곳이다.

개념 확인문제

67쪽

1 뇌우 2 적운 3 우박 4 집중 호우 5 폭설 6 시베리아
7 강풍 8 편서풍

1 (1) × (2) ○ (3) ○ 2 ㉠ 상승, ㉡ 적란운 3 ㉢ 4 ㉠ 편서풍, ㉡ 봄철 5 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × (5) ○

1 (1), (2) 적운 단계에서는 비가 거의 내리지 않고, 성숙 단계에서는 상승 기류와 하강 기류가 함께 발달하며 천둥, 번개, 소나기, 우박 등을 동반한다.

(3) 소멸 단계에서는 전체적으로 약한 하강 기류만 남게 되어 비가 약해지고, 구름이 사라진다.

2 우박은 강한 상승 기류가 있는 적란운 내에서 얼음 결정이 상승과 하강을 반복하면서 주위에 과냉각 물방울이 얼어붙는 과정이 반복되면서 지름 5 mm 이상의 얼음 덩어리가 지표면으로 비처럼 떨어지는 현상이다.

3 집중 호우는 짧은 시간 동안 좁은 지역에 많은 양의 비가 내리는 현상으로, 시간당 30 mm 이상의 비가 내리거나 하루 동안 80 mm 이상 또는 연 강수량의 10 % 정도의 비가 내리는 것을 말한다.

4 우리나라에서 황사는 편서풍을 따라서 서쪽에서 동쪽으로 이동해 간다. 우리나라에서 황사가 가장 많이 발생하는 계절은 봄철이며, 최근에는 가을과 겨울철에도 발생하기도 한다.

5 (1) 뇌우는 한랭 전선에서 강한 상승 기류가 발달하여 적란운이 생성될 때 잘 발생한다.

(2) 한여름에는 기온이 높아서 얼음 알갱이가 쉽게 녹기 때문에 우박이 잘 발달하지 않는다.

(4) 강풍은 10분 동안 평균 풍속 14 m/s 이상의 바람이 지속되는 현상이다.

(5) 우리나라에 영향을 미치는 황사의 발원지는 대부분 중국 북부와 몽골의 건조한 지역이므로, 중국과 몽골의 사막화가 가속화 되면 황사 발생 일수가 증가할 것이다.

대표자료분석 1

68쪽

1 A: 풍속, B: 기압 2 T_1 3 T_2 4 (1) 하강 (2) 낮아진다
(3) 낮을수록 5 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ○ (5) ×

1 A는 중심에서 약간 벗어난 부분에서 최댓값을 갖고 주변으로 갈수록 작아지는 것으로 보아 풍속이며, B는 중심으로 갈수록 값이 작아지고 주변으로 갈수록 빠르게 커지는 것으로 보아 기압이다.

2 풍속(A)은 T_3 보다 T_1 에서 더 강하다.

3 태풍의 눈(㉠)에서 기압이 가장 낮고 풍속이 약하다. T_2 일 때 기압이 가장 낮고, 풍속이 약하므로 태풍의 눈(㉠)이 통과한 시기는 T_2 이다.

4 (1) 태풍의 중심에는 약한 하강 기류가 발생하여 날씨가 맑고 바람이 약하다.

(2) 태풍의 주변에서 중심으로 갈수록 기압이 점차 낮아지고, 태풍의 중심에서 기압이 가장 낮다.

(3) 태풍은 중심부의 기압이 낮을수록 세력이 강하다.

5 (1) 태풍의 바람은 태풍의 눈 주위에서 가장 강하게 분다.

(2) 태풍의 강수량은 태풍의 눈 가장자리에서 가장 많으므로, 시간당 강수량은 T_1 일 때가 T_2 일 때보다 많다.

(3) T_2 에서 기압이 가장 낮으므로 태풍의 눈에 해당한다.

(5) 태풍의 중심은 기압이 가장 낮다.

대표자료분석 2

69쪽

1 (나) 2 태풍의 세력은 10일 21시가 더 강하다. 3 ㉠ 가항, ㉡ 위험, ㉢ 약, ㉣ 작은 4 ㉠ 북풍, ㉡ 북서풍, ㉢ 서풍 5 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ×

1 관측소의 풍향이 동 → 남동 → 남남서 → 남서 순인 시계 방향으로 변했으므로 관측소 A는 태풍 이동 방향의 오른쪽인 (나)에 위치한다.

2 태풍의 중심 기압이 낮을수록 세력이 강하므로, 태풍의 세력은 10일 21시가 11일 06시보다 더 강하다.

3 태풍 이동 방향의 오른쪽인 위험 반원은 태풍의 이동 방향이 태풍 내 바람 방향과 같으므로 풍속이 상대적으로 강하고, 태풍 이동 방향의 왼쪽인 가항 반원은 태풍의 이동 방향이 태풍 내 바람 방향과 반대이므로 풍속이 상대적으로 약하다.

4 태풍 이동 방향의 왼쪽에서는 풍향이 시계 반대 방향으로 변한다.

5 (1) 현재 태풍은 편서풍의 영향을 받아 북동쪽으로 이동한다.

(2) 태풍이 이동하는 동안 (가) 지점은 태풍 이동 방향의 왼쪽에 위치하므로, (가) 지점의 풍향은 시계 반대 방향으로 변한다.

(3), (4) 태풍이 우리나라를 통과하는 동안 중심 기압이 높아져 세력이 약해지고 있으므로, 태풍의 에너지원으로 사용되는 수증기의 공급이 줄어들고 있을 것이다.

대표자료분석 3

70쪽

1 (가) 소멸 단계 (나) 적운 단계 (다) 성숙 단계
2 (나) - (다) - (가) 3 ㉠, ㉡, ㉢ 4 ㉠, ㉡, ㉢ 5 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) ○

1 (가)는 약한 하강 기류만 남게 되어 비가 약해지고, 구름이 사라지는 소멸 단계, (나)는 강한 상승 기류로 적운이 발달하는 적운 단계, (다)는 상승 기류와 하강 기류가 함께 발달하며 천둥, 번개, 소나기, 우박 등을 동반하는 성숙 단계이다.

2 뇌우의 발달 단계는 적운 단계(나) → 성숙 단계(다) → 소멸 단계(가) 순이다.

3 뇌우는 태풍 등에 의해 강한 상승 기류가 발달할 때(㉠), 강한 태양 빛에 의해 지표 부근이 국지적으로 가열되어 공기가 활발하게 상승할 때(㉡), 한랭 전선에서 찬 공기 위로 따뜻한 공기가 빠르게 상승할 때(㉢) 발생한다.

4 뇌우는 성숙 단계에 상승 기류와 하강 기류가 함께 발달하며 집중 호우(㉠), 우박(㉡), 낙뢰(㉢) 등을 동반한다.

5 (2) 소멸 단계(가)에서는 약한 하강 기류만 남는다.

(3) 적운 단계(나)에서는 비가 거의 내리지 않고, 성숙 단계(다)에서는 천둥과 번개를 동반한 강한 소나기가 내린다.

나신 만점문제

71쪽~74쪽

- 01 ④ 02 해설 참조 03 ⑤ 04 ⑤ 05 ③
 06 해설 참조 07 ① 08 A: 풍속, B: 기압, C: 강수량
 09 ③ 10 ③ 11 ② 12 ② 13 ③ 14 ⑤
 15 ⑤ 16 ① 17 해설 참조 18 ① 19 ⑤

01 ④ 태풍 발생 초기에는 무역풍의 영향으로 북서쪽으로 이동하다가 위도 25°~30° 부근에서는 편서풍의 영향을 받아 북동쪽으로 방향을 바꾸어 포물선 궤도를 그리며 이동한다.

바로알기 ①, ② 태풍은 열대 저기압 중에서 중심 부근의 최대 풍속이 17 m/s 이상인 것으로, 전선을 동반하지 않고 등압선은 등심원의 형태를 보인다.

③ 태풍은 위도 5°~25°의 열대 해상에서 발생한다. 위도 0°~5°의 적도 부근 해상에서는 지구 자전 효과가 약해 태풍이 발생하기 어렵다.

⑤ 태풍은 열대 해상에서 발생하는 열대 저기압이므로 폭설을 동반하지 않는다.

02 **모범 답안** 태풍(열대 저기압), 태풍(열대 저기압)의 에너지원은 수증기가 물방울로 응결하면서 방출되는 숨은열이다.

채점 기준	배점
저기압 B의 명칭과 에너지원이 무엇인지 모두 옳게 서술한 경우	100 %
저기압 B의 명칭과 에너지원 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

03 ⑤ 일반적으로 태풍(B)의 등압선이 중위도 저기압(A)보다 조밀하므로 태풍(B)은 더 강한 바람을 동반한다.

바로알기 ① 중위도 저기압(A)은 우리나라 부근에서 편서풍의 영향으로 서쪽에서 동쪽으로 이동한다.

② 태풍(B)은 무역풍과 편서풍에 의해 저위도에서 고위도 방향으로 포물선 궤도를 그리며 이동한다.

③ 태풍(B)은 육지에 상륙하면 중심 기압이 높아지면서 세력이 급격하게 약해진다.

④ 중위도 저기압(A)과 태풍(B)은 모두 저기압이므로 상승 기류가 발달하지만, 태풍(B)의 눈에서는 약한 하강 기류가 나타난다.

04 나. 태풍이 통과하는 동안 풍향이 시계 반대 방향으로 변했으므로, 이 지점은 태풍 이동 방향의 왼쪽인 가항 반원에 위치하였다.

다. 12시경에는 태풍이 접근 중이므로 기압(A)이 점점 낮아져 약한 상승 기류가 나타나고, 16시경에는 태풍의 중심에 가까워져 강한 상승 기류가 나타난다.

05 가. 풍향이 동풍 → 남동풍 → 남풍 → 서풍 순인 시계 방향으로 변했으므로 이 지점은 태풍 이동 방향의 오른쪽인 위험 반

원에 위치하였다.

다. 태풍의 풍속이 가장 강한 8월 28일에 관측 지역은 태풍에 가장 가까운 거리에 위치하여 가장 많은 피해를 입었다.

바로알기 나. 8월 28일 10시경에 기압이 가장 낮았지만 풍속이 최대인 것으로 보아 태풍이 관측 지점에 가장 가까이 접근한 것일 뿐, 태풍의 눈에 위치한 것은 아니다.

06 **모범 답안** 태풍의 중심에는 약한 하강 기류가 발생하여 날씨가 맑고 바람이 약하기 때문이다.

채점 기준	배점
태풍의 중심에 약한 하강 기류가 발생한다는 내용을 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %

07 가. 9월 9일 이후 태풍은 우리나라 부근의 편서풍이 부는 지역을 통과하므로 이동 속도가 빨라질 것이다.

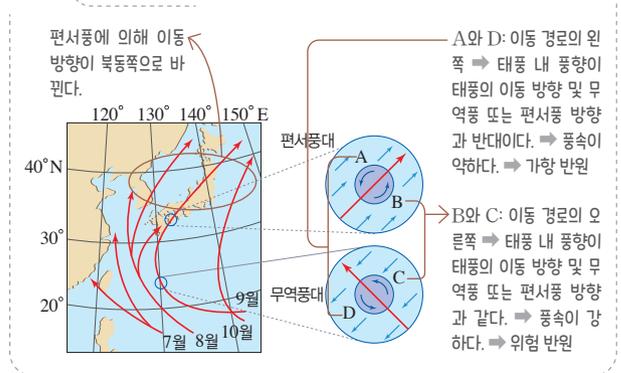
바로알기 나, 다. 태풍이 북상하여 수온이 낮은 해안을 지나거나 육지에 상륙하면 수증기의 공급이 줄어들어 세력이 약해지므로 중심 기압은 높아지고, 태풍의 눈은 흐려질 것이다.

08 기압은 태풍의 중심으로 갈수록 낮아지고, 풍속은 태풍의 중심부로 갈수록 강해지다가 태풍의 눈에서 약해진다. 강수량은 태풍의 눈을 벗어난 지점에서 가장 많고, 중심부에서 멀어질수록 대체로 감소하지만 구름이 특히 더 많은 부분에서는 강수량도 더 많이 나타난다.

09 가, 나. 풍속이 가장 약한 A 지역은 가항 반원, 풍속이 가장 강한 D 지역은 위험 반원에 속하므로 태풍은 북동쪽으로 이동하고 있다.

바로알기 다. 태풍은 발생 초기에는 무역풍의 영향으로 북서쪽으로 이동하다가 위도 25°~30° 부근에서는 편서풍의 영향을 받아 북동쪽으로 방향을 바꾸어 이동하므로, 태풍 이동 경로에 영향을 미치는 바람은 편서풍이다.

10 **꼼꼼 문제 분석**



ㄴ. 북태평양 고기압의 확장 정도에 따라 태풍의 월별 이동 경로의 위치가 달라지는데, 9월로 접어들면 북태평양 고기압의 세력이 약화되어 더 동쪽으로 치우쳐서 진행한다.

ㄷ. 무역풍대에서는 태풍이 무역풍의 방향과 반대 방향으로 이동하려 하고, 편서풍대에서는 태풍의 이동 방향이 편서풍과 같은 방향이므로 태풍의 이동 속도는 무역풍대보다 편서풍대에서 더 빠르다.

바로알기 ㄱ. 태풍 이동 경로의 왼쪽 반원인 A와 D는 가항 반원, 오른쪽 반원인 B와 C는 위험 반원이다.

ㄴ. 태풍 이동 경로의 오른쪽 반원은 태풍의 이동 방향이 태풍 내 바람 방향과 같으므로 풍속이 상대적으로 강하고, 태풍 이동 경로의 왼쪽 반원은 태풍의 이동 방향이 태풍 내 바람 방향과 반대이므로 풍속이 상대적으로 약하다.

11 ㄷ. 태풍이 ㉔에 위치할 때 ㉕은 태풍 중심의 남서쪽에 위치하고, 태풍은 공기가 시계 반대 방향으로 회전하면서 중심부로 모여 들기 때문에 ㉕에서는 동풍 계열의 바람이 서풍 계열의 바람보다 우세하다.

바로알기 ㄱ. 태풍은 저위도에 있을수록 세력이 강하므로 ㉑의 기압 변화는 해면 기압이 가장 낮은 C이다.

ㄴ. 태풍의 세력은 저위도인 ㉑에 위치할 때 가장 강하므로, 태풍의 최대 풍속은 태풍이 ㉕에 위치할 때보다 ㉑에 위치할 때 더 강하다.

12 ㄴ. 9월 3일과 5일에는 태풍이 북서쪽(㉑, ㉒)으로 이동하였고, 7일에는 북동쪽(㉓)으로 이동하였다. 9월 3일은 하루 동안 이동한 거리가 5일보다 길기 때문에 9월 3일 태풍 중심의 이동 방향과 이동 속도는 ㉑과 ㉒ 중 이동 속도가 빠른 ㉑에 해당한다.

바로알기 ㄱ. 태풍의 중심 기압이 낮을수록 세력이 강하며, 태풍의 중심 기압은 9월 1일에 1000 hPa, 6일에 945 hPa이므로 태풍의 세력은 9월 6일이 1일보다 강하다.

ㄷ. 9월 7일과 8일 사이에 A 지점은 태풍 이동 방향의 오른쪽인 위험 반원에 위치하였으므로, 풍향이 시계 방향으로 변했을 것이다.

13 (가)는 적은 단계, (나)는 성숙 단계, (다)는 소멸 단계이다. ㄱ. 뇌우의 발달 과정은 적은 단계(가) → 성숙 단계(다) → 소멸 단계(나)이다.

ㄷ. 소멸 단계(나)에서는 하강 기류만 남게 되어 비가 약해지고, 성숙 단계(다)에서는 천둥, 번개, 소나기 등을 동반하므로 단위 시간당 강수량은 소멸 단계(나)보다 성숙 단계(다)일 때 많다.

바로알기 ㄴ. 천둥과 번개는 상승 기류와 하강 기류가 공존하는 성숙 단계(다)에서 발생할 가능성이 높다.

14 A. 뇌우는 강한 상승 기류에 의해 형성되는 적란운에서 발생하며, 열대 저기압의 강한 상승 기류는 적란운을 형성한다.

B. 뇌우가 발생하는 경우 천둥, 번개와 함께 소나기와 우박 등이 발생할 수 있다.

C. 우리나라 여름철에 우박 일수가 가장 적은 까닭은 여름철에는 기온이 높아 얼음 알갱이가 쉽게 녹기 때문이다.

15 **바로알기** ㉕ 며칠 동안 지속적으로 내리는 비는 장마일 수 있다. 집중 호우는 짧은 시간 동안 좁은 지역에서 많은 비가 내리는 현상으로, 갑작스럽게 발생하여 예측하기가 어렵다.

16 ㄱ. 우리나라 서쪽에 고기압, 동쪽에 저기압이 배치되는 경우는 겨울철이며, 우리나라는 겨울철에 시베리아 기단으로부터 발생한 시베리아 고기압의 영향으로 강한 북서풍이 분다.

바로알기 ㄴ. (나)를 통해 눈구름이 황해와 서해안 연안에 집중되어 있는 것을 알 수 있다.

ㄷ. 우리나라는 겨울철에 시베리아 고기압의 영향을 받아 폭설이 내린다.

17 겨울철 시베리아 고기압의 찬 공기가 남하하면서 황해상에서 열과 수증기를 공급받으면 기층이 불안정해져 상승 기류가 발달하고, 이때 폭설이 잘 발생한다. (나)의 위성 영상에서 서해안 지역인 A에는 구름이 많지만 동해안 지역인 B에는 구름이 보이지 않는다.

모범 답안 A, 겨울철에 시베리아 고기압으로부터 확장해 온 차고 건조한 공기가 상대적으로 따뜻한 황해를 지나면서 수증기와 열을 공급받아 눈구름이 발달하여 폭설이 내리기 때문이다.

채점 기준	배점
폭설이 내릴 가능성이 높은 지역과 그 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
폭설이 내릴 가능성이 높은 지역만 옳게 고른 경우	50 %

18 ㄱ. 황사의 발원지로부터 가까운 곳일수록 황사의 발생 일수가 많아지므로 황사 발생 일수가 많이 관측된 B가 관측소 ㉑에 해당한다.

바로알기 ㄴ. 우리나라에 영향을 미치는 황사의 발원지는 대부분 중국 북부와 몽골의 건조한 지역이므로, 중국과 몽골의 사막화가 가속화되면 황사 발생 일수가 증가할 것이다.

ㄷ. 북태평양 기단은 우리나라의 여름철에 주로 영향을 미치며, 여름철에는 황사 발생 일수가 적다.

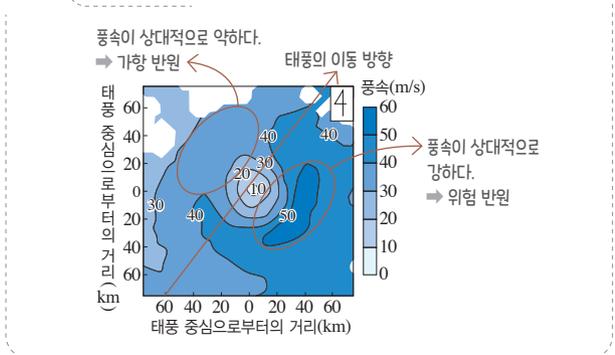
19 (가)는 강풍, (나)는 우박, (다)는 폭설이다.

ㄷ. 폭설(다)은 시베리아 기단이 이동하는 동안 열을 공급받아 불안정해지므로 기단 내에 상승 기류가 발달한다.

- 01 ① 02 ② 03 ③ 04 ③

01 **바로알기** 나. 태풍은 무역풍이 부는 곳에서부터 편서풍이 부는 방향으로 포물선 궤도를 그리며 이동하므로 편서풍이 부는 곳에서는 북동 방향으로 이동하고 있다.
 다. 태풍의 중심 기압이 높을수록 세력이 약해진다. 7월 3일 이후 태풍의 중심 기압이 높아지는 것으로 보아 태풍의 세력이 약해지고 있으므로 7월 4일 18시 이후에도 태풍의 세력은 약해질 것이다.

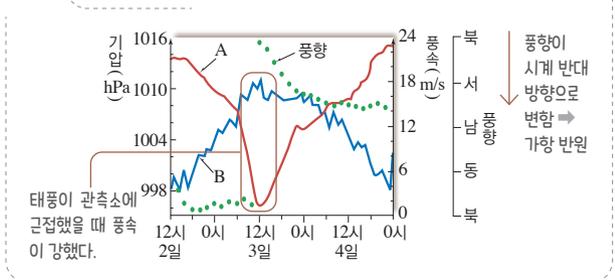
02 **꼼꼼 문제 분석**



나. 태풍이 이동할 때 태풍 이동 방향의 오른쪽 반원인 위험 반원은 왼쪽 반원인 기항 반원보다 풍속이 강하게 나타난다. 태풍의 중심을 기준으로 남동쪽이 북서쪽보다 풍속이 강하게 나타나므로 남동쪽이 위험 반원, 북서쪽이 기항 반원이다. 따라서 태풍은 편서풍의 영향을 받으면서 북동쪽으로 이동한다.

바로알기 가. 풍속이 상대적으로 강한 위험 반원은 태풍 이동 방향의 오른쪽에 위치하므로, 태풍은 북동쪽으로 이동하고 있다.
 다. 무역풍의 영향을 받는 경우에는 태풍이 무역풍과 반대 방향으로 이동하려는 성향을 가지고 있어 이동 속도가 느리고, 편서풍의 영향을 받는 경우에는 태풍의 이동 방향이 편서풍과 같은 방향이므로 이동 속도가 빠르다. 따라서 태풍은 편서풍의 영향을 받아 이동하고 있으므로 태풍이 이동하는 속도는 빨라질 것이다.

03 **꼼꼼 문제 분석**



가. 태풍이 다가올수록 기압(A)은 낮아지고, 풍속(B)은 증가한다.
 다. 태풍에 의한 강한 바람으로 표층 해수가 뒤섞여 연직 혼합이 일어나면 표층 수온이 낮아지므로, 해수의 표층 수온은 3일 12시경보다 4일 12시경에 더 낮을 것이다.

바로알기 나. 태풍이 통과하는 동안 풍향은 북동풍 → 북서풍 → 남서풍 순인 시계 반대 방향으로 변했으므로, 이 지점은 태풍 이동 방향의 왼쪽인 기항 반원에 위치하였다.

04 다. (다)에서 황사 발원지 부근에 저기압이 위치하고 황사 발원지의 북서쪽에 고기압이 위치하므로 황사 발원지 부근에서 북서풍이 불었을 것이다. 따라서 황사 발원지에서 강한 바람에 의해 황사 먼지가 발생하였으며, 저기압의 상승 기류를 따라 황사 먼지가 상승했을 것이므로 (다)는 (나) 시기의 일기도이다.

바로알기 나. (가)는 황사 발원지에서 모래 먼지가 바람을 타고 남하한 모습이고, (나)는 황사 발원지에서 모래 먼지가 떠올라 황사가 발생한 상황이므로 시간 순서대로 나열하면 (나) → (가)이다.

중단원 핵심 정리

76쪽~78쪽

- ① 염분
- ② 결빙
- ③ 하천수
- ④ 태양 복사 에너지량
- ⑤ 수온 약층
- ⑥ 쿠로시오
- ⑦ 동한
- ⑧ 수괴
- ⑨ 북대서양 심층수
- ⑩ 남극 저층수
- ⑪ 산소
- ⑫ 가시
- ⑬ 적외
- ⑭ 하강
- ⑮ 상승
- ⑯ 시베리아
- ⑰ 북서풍
- ⑱ 태풍의 눈
- ⑲ 북서쪽
- ⑳ 북동쪽
- ㉑ 기항
- ㉒ 뇌우
- ㉓ 폭설
- ㉔ 황사

중단원 마무리 문제

79쪽~83쪽

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

01 나. 햇빛의 입사각은 (가)보다 (나)에서 작으므로 해수면에 도달하는 태양 복사 에너지량도 적다. 따라서 해수면의 연평균 수온은 (가)보다 (나)에서 낮다.

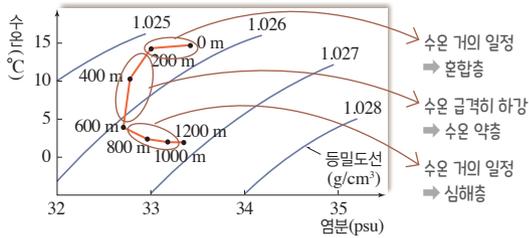
바로알기 가. (가)는 햇빛의 입사각이 90°이므로 적도이고, (나)는 중위도, (다)는 햇빛의 입사각이 가장 작은 고위도 해역이므로 위도가 가장 높은 지역은 (다)이다.

다. 태양의 고도가 높을수록 햇빛의 입사각이 커지므로, 태양의 고도만 고려했을 때, 고도가 가장 높은 (가)에서 태양 에너지가 가장 많이 흡수된다.

02 해수의 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 커지고, 용존산소량은 수온이 높을수록 적다. 따라서 밀도가 가장 큰 해역은 C이며, 용존산소량이 가장 적은 해역은 A이다.

03 ㄱ. A는 저위도에서 높고 고위도로 갈수록 낮아지므로 단위넓이당 태양 복사 에너지량에 따라 달라지는 수온이다.
 ㄴ. B는 위도 30°S 부근에서 가장 높으므로 염분이며, 염분은 대체로 (증발량-강수량) 값에 비례한다.
 ㄷ. C는 대체로 수온 분포와 반비례하므로 밀도이며, 주로 수온과 염분에 의해 결정된다.

04 **꼼꼼 문제 분석**



ㄱ. 혼합층은 해양 표층에서 깊이에 따라 수온이 거의 일정한 층으로, 이 자료에서 혼합층은 수심 200 m까지이며, 이 층 내에서는 수심에 따라 수온이 거의 일정하지만 염분과 밀도는 감소하고 있다.

바로알기 ㄴ. 이 자료에서 수심 400 m는 수온 약층에 해당한다. 수온 약층은 매우 안정하기 때문에 해수의 상하 혼합이 일어나지 않는다.

ㄷ. 수심 800 m~1200 m 구간은 수온 약층 아래에서 계절이나 깊이에 따른 수온 변화가 거의 없는 심해층이다.

05 ㄴ. B 해역에는 한류, D 해역에는 난류가 흐르므로 표층 염분은 한류가 흐르는 B가 D보다 낮다.

ㄷ. 무역풍은 동쪽에서 서쪽으로 부는 바람이므로, 무역풍의 영향으로 형성된 해류는 C이다.

06 ㄱ. A 해역에는 편서풍의 영향으로 서쪽에서 동쪽으로 흐르는 북대서양 해류가 형성된다.

ㄷ. C 해역에 흐르는 해류는 남극 순환 해류이며, 남극 순환 해류는 대기 대순환의 결과로 부는 편서풍에 의해 형성된 해류이다.

바로알기 ㄴ. B 해역은 적도 부근이므로 상승 기류가 우세하여 강수량이 많다.

07 ㄱ. 염분은 해수 1 kg에 녹아 있는 염류의 총량을 g 수로 표시한 것이다. 소금물 500 g에 16 g의 소금이 포함되어 있으므로, 같은 비율로 소금물 1 kg에는 32 g의 염류가 포함되어 있다. 따라서 (가)에서 만든 소금물의 염분은 32 psu이다.

ㄴ. 결빙이 일어나면 주변의 염분이 높아지므로 B의 소금물은 A보다 염분이 높다. 따라서 A와 B의 소금물이 만나면 염분이 낮은 A가 B의 위로 이동한다.

ㄷ. 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 커지며 해수의 밀도가 커지면 침강 속도가 빨라진다.

08 ㄷ. (증발량-강수량) 값이 감소하면 염분이 낮아지므로 해수의 밀도가 작아져 침강이 약해질 것이다.

바로알기 ㄱ. 남극 중층수(A)는 위도 50°S~60°S에서 침강하여 표층수 아래로 이동한다.

09 ㄱ. 밀도는 남극 저층수 > 북대서양 심층수 > 남극 중층수 순이므로, ㉠은 남극 중층수, ㉡은 남극 저층수, ㉢은 북대서양 심층수이다.

ㄴ, ㄷ. A 해역의 3000 m의 수온과 염분 특성은 북대서양 심층수(㉢)에 해당하므로 남극 저층수(㉡)는 더 깊은 곳을 흐른다.

10 ㄱ. A에서는 해수의 결빙으로 염분이 높고 수온이 낮아 밀도가 커진 해수가 침강하여 심층수를 형성하므로, A에서 수온이 상승하면 표층수의 밀도가 작아져 침강이 약화된다. 표층 순환과 심층 순환은 서로 연결되어 전 지구를 순환하므로 심층 순환이 약해지면 표층 순환도 약해진다.

바로알기 ㄴ. B에서는 심층수가 표층으로 용승한다.

ㄷ. 해수의 표층 순환과 심층 순환은 거대한 컨베이어 벨트와 같이 서로 연결되어 전 지구를 순환하며, 이러한 해수의 순환은 지구를 한 번 순환하는 데 약 1000년~1500년의 시간이 걸린다.

11 ㄱ. 한랭 전선(가)이 접근하면, 전선 앞의 따뜻한 공기가 찬 공기에 의해 빠르게 밀려 위로 상승한다.

ㄴ. B 지역은 온난 전선(나) 앞쪽에 위치하므로, 층운형 구름이 형성된다.

바로알기 ㄴ. 중위도 저기압의 중심에서 남동쪽으로 온난 전선(나)이 발달하므로, 중위도 저기압의 중심은 온난 전선(나)의 북서쪽에 위치한다.

ㄷ. A 지역은 한랭 전선(가)이 통과하기 전이므로 남서풍이 분다.

12 ㄱ, ㄷ. (가)에서 정체 전선, 즉 장마 전선이 우리나라의 남쪽에 동서로 길게 분포하므로 우리나라는 한랭 다습한 오호츠크해 기단의 영향을 받고, (나)에서는 고온 다습한 북태평양 기단의 영향을 받는다. 따라서 서울의 하루 중 최고 기온은 (나)보다 (가)일 때 더 낮다.

바로알기 ㄴ. (나)일 때 우리나라의 남부 지방은 북태평양 고기압의 영향을 받으므로 하강 기류가 발달한다.

13 ㄴ, ㄷ. 이동 속도가 빠른 한랭 전선이 온난 전선 쪽으로 이동하면서 폐색 전선이 형성되기 시작하고, 폐색 전선이 발달하면서 중위도 저기압은 소멸한다.

바로알기 ㄱ. 중심 기압이 낮을수록 세력이 강하므로, (나)보다 중심 기압이 더 낮은 (가)에서 세력이 더 강하다.

14 ㄷ. 중위도 저기압의 중심에서 남서쪽으로는 한랭 전선, 남동쪽으로는 온난 전선이 발달하며, 12시에 B 지역은 한랭 전선과 온난 전선 사이에 있으므로 대체로 맑고 기온이 높을 것이다.
ㄴ. 18시 이후 B 지역에 한랭 전선이 통과하면 기온은 낮아지고, 기압은 높아질 것이다.

바로알기 ㄱ. (나)에서 풍향은 시계 방향으로 변했으므로, (나)는 중위도 저기압 중심의 아래쪽에 위치한 B에서 관측한 자료이다.
ㄴ. 중위도 저기압의 중심보다 북쪽에 있는 A 지역은 주로 찬 기단의 영향을 받아 기온 변화가 크지 않다.

15 ㄱ. 가시 영상(가)은 태양 빛의 반사 강도를 나타내므로 태양 빛이 있는 낮에만 관측 가능하다.

ㄴ. 적외 영상(나)에서는 구름의 최상부 높이가 높을수록 적외선 방출량이 적어 밝게 보이므로, 구름의 최상부 높이는 밝게 보이는 A 지역이 B 지역보다 높다.

ㄷ. A 지역은 구름이 많고 흐리며 비가 많이 내리므로 저기압의 영향을 받아 상승 기류가 발달해 있다.

16 **바로알기** ② 태풍은 수온이 높은 열대 바다에서 생성되므로 대부분 위도 5°~25° 해역에서 발생한다.

③, ⑤ 태풍의 에너지원은 수증기가 물방울로 응결하면서 방출되는 습윤열이므로 육지에 상륙하면 수증기를 더 이상 공급받을 수 없어 중심 기압이 높아진다.

17 ㄱ. 태풍은 발생 초기에 무역풍의 영향을 받아 북서쪽으로 이동하다가 북위 25°~30° 부근을 지나면서 편서풍의 영향을 받아 북동쪽으로 이동 방향이 바뀐다. 무역풍의 영향을 받는 지역에서는 태풍이 느린 속도로 이동하지만, 편서풍의 영향을 받는 지점으로 진입한 이후부터는 이동 속도가 대체로 빨라진다. 따라서 태풍의 이동 속도는 A보다 B에서 더 빠르다.

ㄷ. 서울은 태풍 이동 방향의 왼쪽에 위치하므로 가항 반원에 속했다.

바로알기 ㄴ. B를 지날 때 중심 기압이 가장 낮았다는 것은 태풍의 세력이 가장 강했다는 것이므로 태풍 주변의 풍속은 C보다 B에서 더 강할 것이다.

18 ㄷ. 중위도 저기압(A)은 찬 공기와 따뜻한 공기가 만나는 중위도 지역에서 발생하고, 태풍(B)은 열대 해상에서 발생하므로 지표면에서 남북 방향 기온 차는 중위도 저기압(A)이 발생하는 지역이 더 크다.

바로알기 ㄱ. 중위도 저기압(A)의 에너지원은 기층의 위치 에너지이고, 태풍(B)의 에너지원은 수증기의 습윤열이다.

ㄴ. A와 B는 모두 저기압이므로 바람이 주변 지역에서 저기압 중심을 향해 시계 반대 방향으로 휘어져 불어 들어온다.

19 집중 호우(가)와 우박(나)은 강한 상승 기류가 발달하여 적운형 구름이 생성된 지역에서 잘 나타나며, 적운형 구름은 대기가 불안정한 지역에서 잘 생성된다.

20 **모범 답안** (1) A 해역의 밀도보다 작다. 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 커지는데, 수온은 A 해역이 B 해역보다 낮고, 염분은 A 해역과 B 해역이 같으므로 B 해역의 밀도(㉠)는 A 해역의 밀도보다 작다.
(2) A 해역의 수온보다 낮다. 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 커지는데, 밀도는 A 해역과 C 해역이 같지만, 염분은 A 해역이 C 해역보다 높으므로 C 해역의 수온(㉡)은 A 해역의 수온보다 낮다.

채점 기준		배점
(1)	㉠을 A 해역의 밀도와 옳게 비교하고, 그 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	50 %
	㉠을 A 해역의 밀도와 옳게 비교한 경우	30 %
(2)	㉡을 A 해역의 수온과 옳게 비교하고, 그 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	50 %
	㉡을 A 해역의 수온과 옳게 비교한 경우	30 %

21 북대서양 심층수는 그린란드 남쪽의 레브라도해와 동쪽의 노르웨이해에서 해수가 수 km 깊이까지 가라앉아 형성된다.

모범 답안 (1) 북대서양 심층수

(2) 약해진다. 빙하가 녹으면 주변의 염분이 낮아지고, 표층수의 밀도가 작아지므로 침강의 세기는 약해진다.

채점 기준		배점
(1)	A 해역에서 침강하여 형성되는 대서양 심층 순환의 수괴를 옳게 쓴 경우	30 %
(2)	A 해역의 침강 세기 변화와 그 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	70 %
	A 해역의 침강 세기 변화만 옳게 서술한 경우	50 %

22 **모범 답안** ㉔. 태풍의 중심은 주변 지역보다 기압이 상대적으로 낮다. 해수면의 높이는 기압이 낮은 곳에서 높아지므로 태풍이 이동하는 경로를 따라 해수면의 높이가 주변보다 상대적으로 높게 나타난다.

채점 기준	배점
태풍 중심의 이동 경로를 옳게 고르고, 그 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
태풍 중심의 이동 경로만 옳게 고른 경우	50 %

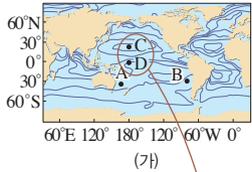
중단원 고난도 문제

84쪽~85쪽

- 01 ② 02 ④ 03 ③ 04 ③ 05 ③ 06 ②
07 ② 08 ④

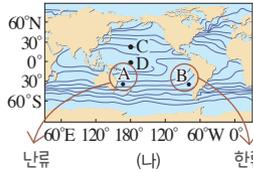
01 **꼼꼼 문제 분석**

염분은 연안 해역에서 대양의 중앙으로 갈수록 높게 나타난다.



표층 염분 분포
중위도 해역은 적도 부근 해역보다 염분이 높다.
→ 염분: C > D

등수온선은 대체로 위도와 나란한 분포를 보인다.



표층 수온 분포
난류는 한류보다 수온이 높다.
→ 수온: A > B

선택지 분석

- 표층 수온 분포는 (가)이다. (나)
- 평균 표층 수온은 A 해역이 B 해역보다 낮다. 높다
- 평균 표층 염분은 C 해역이 D 해역보다 높다.

전략적 풀이 ① 수온 분포의 특징을 바탕으로 수온 분포를 나타낸 그림을 찾는다.

ㄱ. 표층 수온은 태양 복사 에너지량의 영향을 받으므로, 등수온선이 위도와 대체로 나란하게 나타난다. 따라서 전 세계 해양의 표층 수온 분포는 (나)이다.

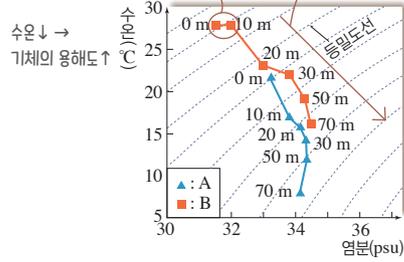
② 수온 분포를 해석하여 A 해역과 B 해역의 수온을 비교한다.
ㄴ. A 해역에는 난류가 흐르고, B 해역에는 한류가 흐르므로 평균 표층 수온은 A 해역이 B 해역보다 높다.

③ 염분 분포를 해석하여 C 해역과 D 해역의 (증발량 - 강수량) 값을 비교한다.

ㄷ. 표층 해수의 염분은 (증발량 - 강수량) 값이 클수록 높아지므로, 평균 표층 염분은 중위도 해역인 C 해역이 적도 해역인 D 해역보다 높다.

02 **꼼꼼 문제 분석**

깊이에 따라 수온이 거의 일정 → 혼합층
수온 염분도에서 오른쪽 아래로 갈수록 밀도는 증가한다.



선택지 분석

- A 해역의 특성은 바람이 강한 시기에 측정된 것이다.
- 70 m에서 해수의 밀도는 A 해역이 B 해역보다 크다.
- 수온만을 고려할 때, 표층에서 산소 기체의 용해도는 A 해역이 B 해역보다 높다.

전략적 풀이 ① 혼합층의 특징을 바탕으로 A와 B 해역의 해수 특성을 파악한다.

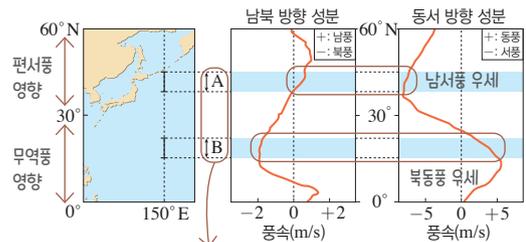
ㄱ. 혼합층은 깊이에 따라 수온이 거의 일정한 층으로, 바람이 세게 불수록 두껍게 형성된다. A 해역에서는 혼합층이 거의 나타나지 않으므로 바람이 거의 없는 시기에 측정된 것이다.

② 수온 염분도에서 밀도 분포를 이해한다.
ㄴ. 수온 염분도에서 오른쪽 아래로 갈수록 밀도는 커지므로, 70 m에서 해수의 밀도는 A 해역이 B 해역보다 크다.

③ 수온에 따른 기체의 용해도를 파악하고, A와 B 해역에서 기체의 용해도를 비교한다.

ㄷ. 수온이 낮을수록 해수의 기체 용해도가 높으므로, 수온만을 고려할 때 표층에서 산소 기체의 용해도는 수온이 낮은 A 해역이 B 해역보다 높다.

03 **꼼꼼 문제 분석**



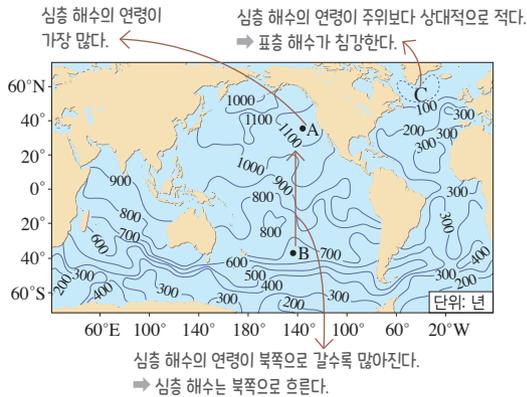
표층 수온: A 구간(중위도) < B 구간(저위도)

선택지 분석

- ㉠ A 구간의 해역에 흐르는 해류는 편서풍의 영향을 받는다.
- ㉡ B 구간의 해역에서 발생하는 태풍은 서쪽으로 이동한다.
- ㉢ 표층 수온은 A 구간의 해역보다 B 구간의 해역에서 낮다.

전략적 풀이 ① A 구간과 B 구간에 부는 바람의 방향을 파악한다.
 ㄱ. A 구간은 편서풍의 영향을 받는 곳으로 평균적으로 남풍과 서풍 성분이 나타난다.
 ② 위도에 따른 태풍의 이동 방향을 파악한다.
 ㄴ. B 구간은 무역풍의 영향을 받으므로 B 구간의 해역에서 발생하는 태풍은 동쪽에서 서쪽으로 이동한다.
 ③ 위도에 따른 태양 복사 에너지량을 파악한다.
 ㄷ. 표층 수온은 태양 복사 에너지량의 영향을 받으므로 중위도인 A 구간의 해역보다 저위도인 B 구간의 해역에서 높다.

04 — 낚시 문제 분석

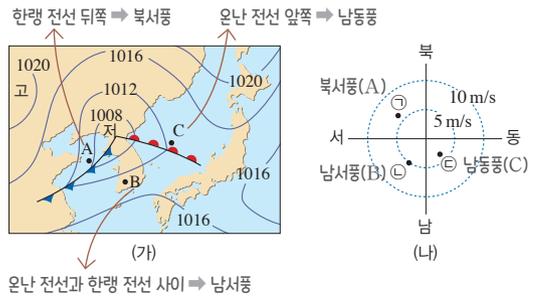


선택지 분석

- ㉠ A는 북태평양의 용승 해역이다.
- ㉡ B에서 심층 해수는 남쪽으로 흐른다. 북쪽
- ㉢ C 해역에서는 북대서양 심층수가 형성된다.

전략적 풀이 ① 태평양 해수의 연령을 해석하여 심층 해수의 이동 방향을 파악한다.
 ㄱ. A는 심층 해수의 연령이 전 대양에 걸쳐 가장 많으므로 심층 해수가 수온이 상승하면서 용승하여 표층 순환과 연결되는 곳이다.
 ㄴ. B에서는 북쪽으로 갈수록 심층 해수의 연령이 많아지는 것으로 보아 심층 해수가 북쪽으로 흐른다는 것을 알 수 있다.
 ② 북대서양 해수의 연령을 해석하여 표층 해수가 침강하여 심층수가 형성되는 지역인지 파악한다.
 ㄷ. C는 그린란드 인근 해역이므로 표층 해수가 침강하여 북대서양 심층수가 형성된다.

05 — 낚시 문제 분석

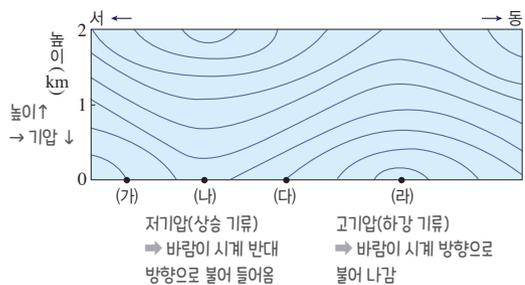


선택지 분석

- ㉠ A의 풍향과 풍속은 ㉠이다.
- ㉡ 기압은 B가 A보다 낮다. 높다
- ㉢ 온난 전선이 C를 통과하는 동안 이 지점의 풍향은 시계 방향으로 변한다.

전략적 풀이 ① (가)의 A~C 위치와 (나)의 풍향 및 풍속을 서로 연결하여 파악한다.
 ㄱ. A는 한랭 전선의 뒤쪽이므로 북서풍이 불고 등압선의 폭이 가장 좁으므로 풍속이 가장 강한 ㉠이다.
 ② (가)의 A~C 위치와 등압선의 기압을 관련지어 이해한다.
 ㄴ. (가)에서 A의 기압은 1008 hPa~1012 hPa 사이의 값을 갖고, B의 기압은 1012 hPa~1016 hPa 사이의 값을 갖는다. 따라서 기압은 B가 A보다 높다.
 ③ 중위도 저기압의 이동에 따른 풍향 변화를 파악한다.
 ㄷ. C는 온난 전선의 앞쪽이므로 남동풍이 불고, 온난 전선이 통과하면 남서풍으로 풍향이 바뀌므로, 온난 전선이 C를 통과하는 동안 이 지점의 풍향은 시계 방향으로 변한다.

06 — 낚시 문제 분석



선택지 분석

- ㉠ 기압이 가장 높은 곳은 (나)이다. (라)
- ㉡ (가)와 (다) 모두 동풍 계열의 바람이 우세하게 분다.
- ㉢ 하강 기류는 (나)보다 (라)에서 활발하다.

전략적 풀이 ① 연직 방향의 기압 분포 특징을 이해한다.

고기압은 주변보다 기압이 높은 곳이고, 저기압은 주변보다 기압이 낮은 곳이다. 등압선은 기압이 같은 지점을 연결한 선이고, 연직 기압 분포에서 높아질수록 기압이 낮아진다.

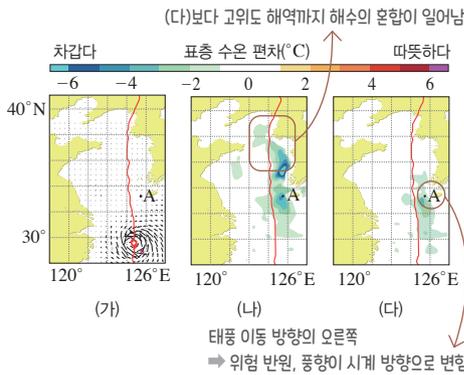
ㄱ. 지표면에 가까워질수록 등압선의 기압이 높으므로 기압이 가장 높은 곳은 (라)이다.

② 고기압과 저기압에서의 바람 방향과 발달하는 기류를 파악한다.

ㄴ. (나)에는 저기압이 형성되므로, (나)를 향해 바람이 시계 반대 방향으로 휘어져 불어 들어온다. 따라서 (가)에서는 서풍 계열, (다)에서는 동풍 계열의 바람이 우세하게 분다.

ㄷ. (나)에는 저기압, (라)에는 고기압이 형성되었으므로 하강 기류는 (나)보다 (라)에서 활발하다.

07 — **꼼꼼 문제 분석**



선택지 분석

- A 해역에서 표층 해수의 연직 혼합은 (가)일 때가 (나)일 때보다 강하다. **해수의 혼합 작용 ↑ → 표층 수온 ↓**
- (나)는 (다)보다 나중에 관측한 자료이다.
- 관측 기간 동안 A 지역에서는 풍향이 **시계 반대 방향**으로 변한다.

전략적 풀이 ① 태풍의 영향을 받을 때 강한 바람에 의해 해수의 혼합 작용이 활발해짐을 이해한다.

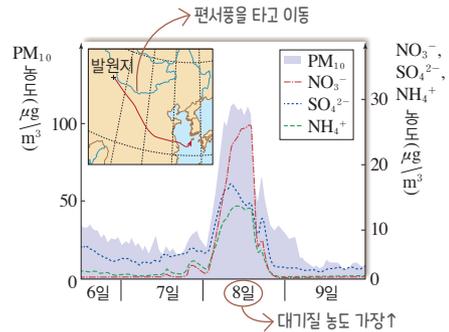
ㄱ. A 해역에서 표층 수온은 (나)일 때가 (가)일 때보다 낮으므로 (나)일 때 표층 해수의 연직 혼합이 강하게 일어났다.

ㄴ. (나)는 (다)보다 고위도 해역까지 해수의 혼합이 일어났으므로 태풍이 더 북상했다는 것을 보여준다. 따라서 (나)는 (다)보다 나중에 관측한 자료이다.

② 태풍의 이동 방향에 따른 위험 반원과 가항 반원을 구분하여 특징을 파악한다.

ㄷ. A 해역은 태풍 이동 방향의 오른쪽에 위치하므로 풍향이 시계 방향으로 변하는 위험 반원에 속한다.

08 — **꼼꼼 문제 분석**



선택지 분석

- 황사는 발원지로부터 동풍 계열의 바람을 타고 제주도로 이동한다. **서풍**
- 8일에 제주도는 고기압의 영향을 받았을 것이다.
- 8일에 제주도에서는 호흡기 계통의 환자 발생이 증가하였을 것이다.

전략적 풀이 ① 황사의 발생과 이동 방향을 파악한다.

ㄱ. 제주도는 발원지로부터 동쪽에 위치하고 있으므로 황사는 발원지로부터 서풍 계열의 바람을 타고 제주도로 이동한다.

ㄴ. 황사는 발생 지역에 저기압이 있어 상승 기류가, 영향을 받는 지역에서 하강 기류가 나타나는 고기압이 존재할 때 심해진다. 따라서 대기에 미세 먼지 농도가 증가한 8일에 제주도는 고기압의 영향을 받았을 것이다.

② 황사의 피해를 파악한다.

ㄷ. 황사가 발생하는 경우 사람들에게는 호흡기 계통의 질환이 발생할 확률이 높아진다. 8일에 제주도 지역은 황사로 인해 대기 질의 미세 먼지 농도가 매우 높아 호흡기 계통의 환자가 증가했을 것이다.

2 대기과 해양의 상호작용과 기후 변화

01 / 대기과 해양의 상호작용

개념 확인 문제

90쪽

- 1 오른쪽 2 왼쪽 3 용승 4 침강 5 무역풍 6 어장
7 안개

- 1 ① 2 (1) 침강 (2) 용승 (3) 침강 3 (가) 북풍 (나) 북풍
4 (1) 용승 (2) 높아진다 5 ① 무역풍, ㉠ 북쪽, ㉡ 남쪽, ㉢ 용승
6 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ○

1 표층 해수의 평균적인 이동 방향은 북반구에서 바람 방향(북풍)의 오른쪽 90° 방향이므로 ①이다.

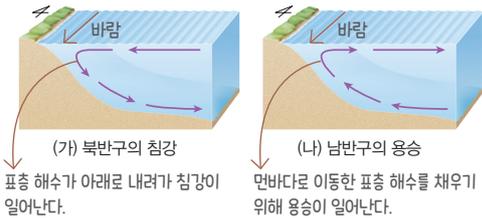
2 (1) 표층 해수가 연안 쪽으로 계속 이동해 오면 모여든 해수가 해저를 따라 아래로 내려가 연안 침강이 일어난다.

(2) 북반구 대륙의 서해안에 북풍(북쪽에서 남쪽으로 부는 바람)이 지속적으로 불면 표층 해수는 바람 방향의 오른쪽 90° 방향인 먼바다 쪽으로 이동하여 연안 용승이 일어난다.

(3) 남반구 대륙의 동해안에 남풍(남쪽에서 북쪽으로 부는 바람)이 지속적으로 불면 표층 해수는 바람 방향의 왼쪽 90° 방향인 연안 쪽으로 이동하여 연안 침강이 일어난다.

3 - 꼼꼼 문제 분석

북반구에서는 바람 방향의 오른쪽 90° 방향으로 표층 해수가 이동한다. 남반구에서는 바람 방향의 왼쪽 90° 방향으로 표층 해수가 이동한다.



(가) 북반구에서는 표층 해수가 바람 방향의 오른쪽 90° 방향으로 이동한다. 표층 해수가 서쪽으로 이동하므로 북풍이 분다.

(나) 남반구에서는 표층 해수가 바람 방향의 왼쪽 90° 방향으로 이동한다. 표층 해수가 동쪽으로 이동하므로 북풍이 분다.

4 (1) 북반구에서 남풍이 지속적으로 불면 표층 해수의 이동은 바람의 오른쪽 90° 방향인 동쪽으로 일어난다. 따라서 이 해역에서는 표층 해수가 먼바다 쪽으로 이동하므로 연안 용승이 일어난다.

(2) 연안 용승에 의해 심층의 찬 해수가 표층으로 올라오므로 표층 수온은 연안(A) 쪽이 먼바다(B)보다 더 낮다.

5 적도 부근 해역에서는 북반구와 남반구 모두 동풍 계열의 무역풍이 분다. 무역풍과 지구 자전의 효과(전향력)로 표층 해수가 북반구에서는 북쪽으로, 남반구에서는 남쪽으로 이동한다. 그 결과, 적도 부근에서 표층 해수의 발산이 일어나고 이를 보충하기 위해 용승이 일어나는데, 이를 적도 용승이라고 한다.

6 (1) 용승이 일어나는 해역은 심층의 찬 해수가 표층으로 올라오므로 표층 수온이 낮아진다.

(2) 심층의 해수에는 영양 염류가 풍부하므로 용승이 일어날 때 심층의 영양 염류가 표층으로 공급된다.

(3) 심층의 해수에는 심층으로 가라앉은 유기물이 분해되어 생긴 질산염이나 인산염 등의 영양 염류가 풍부하다. 용승이 일어나면 영양 염류가 풍부한 심층의 해수가 표층으로 올라와 식물성 플랑크톤이 잘 번식하므로 용승이 일어나는 해역의 표층에는 식물성 플랑크톤의 농도가 높다.

(4) 표층 해수에는 산소가 많이 녹아 있으므로 침강이 일어나는 해역에서는 표층의 용존산소가 심층으로 이동한다.

완자샘 비법 특강

94쪽

Q1 ① +, ㉠ +, ㉡ 고, ㉢ 고

Q1 ①, ㉡ 엘니뇨 시기에는 무역풍의 약화로 인해 서쪽으로 이동하는 따뜻한 표층 해수의 양이 적어지기 때문에 열대 동태평양에서는 평년보다 용승이 약해져 표층 수온이 평년보다 높아지고, 열대 서태평양에서는 평년보다 표층 수온이 낮아진다. 따라서 엘니뇨 시기에는 열대 동태평양에서 표층 수온 편차가 (+) 값이고, 열대 서태평양에 고기압이 분포한다.

㉠, ㉢ 라니냐 시기에는 무역풍의 강화로 인해 서쪽으로 이동하는 따뜻한 표층 해수의 양이 많아지기 때문에 열대 서태평양에서는 평년보다 표층 수온이 높아지고, 열대 동태평양에서는 평년보다 용승이 강화되어 표층 수온이 낮아진다. 따라서 라니냐 시기에는 열대 서태평양에서 표층 수온 편차가 (+) 값이고, 열대 동태평양에 고기압이 분포한다.

개념 확인 문제

95쪽

- 1 엘니뇨 2 라니냐 3 워커 순환 4 남방진동 5 고
6 저 7 저 8 고 9 엔스(ENSO) 또는 엘니뇨 남방진동

- 1 (1) A (2) B (3) A (4) B 2 (1) × (2) ○ (3) × (4) ×
(5) ○ 3 (나) 4 가, 나, 다 5 ① 약화, ㉠ 약, ㉡ 동, ㉢ 저, ㉣ 증가

1 (1), (3) 평상시에는 무역풍에 의해 따뜻한 표층 해수가 서쪽으로 이동하여 표층 수온은 A 해역이 B 해역보다 높기 때문에 A 해역이 B 해역보다 온난 수역의 두께가 두꺼우며, 해수면의 높이는 A 해역이 B 해역보다 약간 높다.

(2) B 해역에서는 이동한 표층 해수를 채우기 위해 용승이 일어난다.

(4) 해수면 온도가 높은 A 해역에서 상승 기류가 발달하고, 해수면 온도가 낮은 B 해역에서 하강 기류가 발달하므로 A 해역에서는 저기압이 형성되고, B 해역에서는 고기압이 형성된다.

2 (1) 엘니뇨는 평상시보다 무역풍이 약하게 불 때 페루 연안 해역에서의 용승 현상이 약해져서 발생한다.

(2) 엘니뇨가 발생하면 열대 서태평양 해역은 평년보다 표층 수온이 낮아지고, 고기압이 형성되어 하강 기류가 발달한다. 따라서 열대 서태평양 해역은 평년보다 강수량이 감소하여 가뭄의 피해가 생긴다. 반면에, 엘니뇨가 발생하면 열대 동태평양 해역은 평년보다 표층 수온이 높아지고, 저기압이 형성되어 상승 기류가 발달한다.

(3) 라니냐 시기에는 엘니뇨와 반대로 평상시보다 무역풍이 강하게 불어 페루 연안 해역에서의 용승 현상이 강해지기 때문에 열대 동태평양 해역의 표층 수온이 평년보다 낮아진다.

(4) 라니냐 시기에는 열대 서태평양 해역의 온난 수역의 두께가 평년보다 두꺼워지므로 수온 약층이 시작되는 깊이가 평년보다 깊어진다.

(5) 엘니뇨 시기에는 무역풍의 약화로 서쪽으로 이동하는 따뜻한 표층 해수의 양이 평년보다 줄어 열대 동태평양 해역에서 평년보다 용승이 약해진다. 반면에, 라니냐 시기에는 무역풍의 강화로 서쪽으로 이동하는 따뜻한 표층 해수의 양이 늘어 열대 동태평양 해역에서 용승이 강해진다. 따라서 열대 태평양 동-서 해역의 해수면 경사와 수온 약층의 경사는 모두 엘니뇨 시기보다 라니냐 시기에 급하다.

3 열대 동태평양 해역의 표층 수온은 엘니뇨 시기에는 평년보다 높고, 라니냐 시기에는 평년보다 낮다. 따라서 열대 동태평양 해역의 표층 수온 편차가 (-) 값인 (가)는 라니냐 시기이고, (+) 값인 (나)는 엘니뇨 시기이다.

4 ㄱ. 엘니뇨 시기에는 평상시보다 무역풍이 약하게 불어 서쪽으로 이동하는 따뜻한 표층 해수가 적어져 열대 동태평양 해역에서 평년보다 용승이 약해지기 때문에 열대 동태평양 해역의 표층 수온이 평년보다 상승하여 열대 동·서 태평양의 표층 수온 차이가 평년보다 작아진다. 반면에, 라니냐 시기에는 평상시보다 무역풍이 강하게 불어 서쪽으로 이동하는 따뜻한 표층 해수가 많아져 열대 동태평양 해역에서 평년보다 용승이 강해지기 때문에 열

대 동태평양 해역의 표층 수온이 평년보다 하강하여 열대 동·서 태평양의 표층 수온 차이가 평년보다 커진다.

ㄴ. 엘니뇨 시기에는 열대 서태평양 해역에 고기압이 형성되어 하강 기류가 발달하기 때문에 구름이 잘 형성되지 않는다. 반면에, 라니냐 시기에는 열대 서태평양 해역에 저기압이 형성되어 상승 기류가 발달하기 때문에 구름이 많이 형성된다.

ㄷ. 용승이 활발할수록 표층 해수에 포함된 영양 염류가 많다. 따라서 열대 동태평양 해역에서 표층 해수에 포함된 영양 염류는 용승이 활발한 라니냐 시기가 용승이 약한 엘니뇨 시기보다 많다.

5 엘니뇨가 발생하면 평상시의 위커 순환에서 상승 영역은 열대 중앙 태평양에서 열대 동태평양에 이르는 해역으로 이동한다. 따라서 열대 동태평양에는 저기압이 형성되어 강수량이 증가한다.

대표자료분석 1

96쪽

1(가) 2(나) 3(용승) 4(1)○ (2)× (3)× (4)○

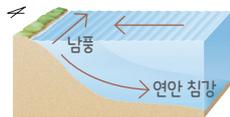
필름 문제 분석

바람 방향의 오른쪽 90°로 표층 해수 이동



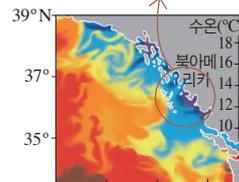
(가) 북반구

바람 방향의 왼쪽 90°로 표층 해수 이동



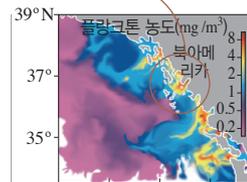
(나) 남반구

주변보다 표층 수온이 낮다.
→ 찬 해수가 용승하는 해역



(다)

주변보다 식물성 플랑크톤의 농도가 높다.
→ 심층에 포함된 영양 염류가 표층으로 올라왔기 때문



(라)

1 남풍(남쪽에서 북쪽으로 부는 바람)이 지속적으로 불 때 북반구인 (가)에서는 남풍의 오른쪽 90° 방향인 먼바다 쪽으로 표층 해수가 이동하기 때문에 연안의 해수를 채우기 위해 심층의 찬 해수가 용승하고, 남반구인 (나)에서는 남풍의 왼쪽 90° 방향인 연안 쪽으로 이동하여 모인 표층 해수가 아래로 내려가 침강이 일어난다.

2 북풍이 지속적으로 불 때 북반구인 (가)에서는 북풍의 오른쪽 90° 방향인 연안 쪽으로 이동하여 모인 표층 해수가 아래로

내려가 침강이 일어나고, 남반구인 (나)에서는 북풍의 왼쪽 90° 방향인 연안에서 먼바다 쪽으로 표층 해수가 이동하여 연안에는 심층의 찬 해수가 올라오므로 해안에서 먼바다 쪽으로 갈수록 해수면 온도가 높아진다.

3 (다), (라)에서 북아메리카 대륙 서해안은 동일 위도대의 주변보다 표층 수온이 낮고, 표층 수온이 낮은 해역과 식물성 플랑크톤의 농도가 높은 해역이 거의 일치한다. 따라서 북아메리카 대륙 서해안에서는 심층의 차가운 해수가 올라오는 연안 용승이 일어났다는 것을 알 수 있다.

4 (1) 북반구인 (가)에서 지속적으로 북풍이 불면 바람 방향의 오른쪽 90° 방향(서쪽)으로 표층 해수가 이동하므로 표층 해수는 먼바다에서 해안 쪽으로 이동하여 침강이 일어난다.

(2) 남반구인 (나)에서 지속적으로 남풍이 불면 바람 방향의 왼쪽 90° 방향(서쪽)으로 표층 해수가 이동하므로 표층 해수는 먼바다에서 연안 쪽으로 이동한다. 따라서 해수면 온도가 먼바다보다 연안에서 높기 때문에 연안에서 안개의 발생 빈도가 낮아진다.

(3) 연안 용승이 일어나는 해역은 찬 해수의 영향으로 안정한 대기 상태가 되어 서늘한 날씨가 나타나고, 찬 해수에 의해 공기가 냉각될 때 안개가 자주 발생한다. 따라서 (다)에서는 북아메리카 대륙 서해안에서 용승이 일어나므로 대기가 안정하여 적운형 구름이 잘 발달하지 않는다.

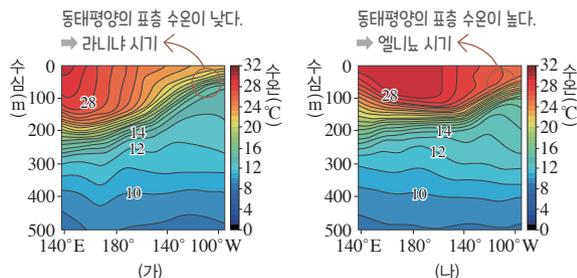
(4) (라)에서 북아메리카 대륙 서해안에서 연안 용승이 일어나고, 연안 용승이 일어나는 해역은 영양 염류가 포함된 심층의 해수가 표층으로 공급되며 이를 먹이로 하는 식물성 플랑크톤이 번식하므로 좋은 어장이 형성된다.

대표 자료 분석 2

97쪽

1 (가) 라니냐 시기 (나) 엘니뇨 시기 **2** ㉠ 남방진동, ㉡ ENSO (ENSO) 또는 엘니뇨 남방진동 **3** (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) × (6) ○ (7) ○ (8) ×

포맷 문제 분석



1 엘니뇨 시기에는 무역풍 약화로 인해 열대 태평양에서 서쪽으로 이동하는 따뜻한 표층 해수의 양이 평년보다 줄어들고, 페루 연안을 포함한 열대 동태평양 해역에서 용승이 약해지기 때문에 평년보다 열대 동태평양 해역에서 해수면 온도가 높아지고, 온난 수역의 두께가 두꺼워진다. 라니냐 시기에는 무역풍 강화로 인해 서쪽으로 이동하는 따뜻한 표층 해수의 양이 평년보다 늘어나 열대 서태평양 해역의 따뜻한 해수층이 평년보다 두꺼워지고, 열대 동태평양 해역에서 용승이 활발하게 일어나기 때문에 평년보다 열대 동태평양 해역에서 해수면 온도가 낮아지고 온난 수역의 두께가 얇아진다. 따라서 (가)는 열대 동태평양 해역에서 해수면 온도가 낮으므로 라니냐 시기에 해당하고, (나)는 열대 동태평양 해역에서 해수면 온도가 높으므로 엘니뇨 시기에 해당한다.

2 (가) 시기에는 열대 서태평양 해역에 저기압, 열대 동태평양 해역에 고기압이 형성되고 (나) 시기에는 반대가 되는데, 이처럼 열대 태평양의 동·서 기압 분포가 서로 반대로 나타나는 주기적인 현상을 남방진동이라고 한다. (가)와 (나) 시기의 해수의 표층 수온 변화와 기압 분포 변화는 대기와 해수의 상호작용으로 서로 영향을 미치므로 두 현상을 합쳐 ENSO 또는 엘니뇨 남방진동이라고 한다.

3 (1) 무역풍의 세기가 강할수록 열대 태평양 해역의 따뜻한 표층 해수가 서쪽으로 더 많이 이동하여 열대 서태평양 해역에서 온난 수역의 두께가 두꺼워지므로 무역풍의 세기는 엘니뇨 시기인 (나)보다 라니냐 시기인 (가)일 때 강하다.

(2) 라니냐 시기에는 평상시보다 강한 무역풍으로 인해 서쪽으로 이동하는 따뜻한 표층 해수의 양이 증가하므로 열대 서태평양 해역의 표층 수온은 평년보다 라니냐 시기인 (가)일 때 높다.

(3) 엘니뇨 시기에는 무역풍이 평상시보다 약해지면서 동태평양의 따뜻한 표층 해수가 서쪽으로 평상시보다 더 적게 이동한다. 따라서 열대 동태평양 해역의 해수면 높이는 평년보다 엘니뇨 시기인 (나)일 때 높다.

(4) 열대 동태평양 해역은 엘니뇨 시기일 때 평년보다 해수면 온도가 높아 상승 기류가 발달하여 비가 내린다. 따라서 열대 동태평양 해역의 강수량은 엘니뇨 시기인 (나)보다 라니냐 시기인 (가)일 때 적다.

(5) 라니냐 시기일 때 열대 서태평양 해역에서는 평년보다 표층 수온이 상승하면서 온난 수역의 두께가 두꺼워져 수온 약층이 시작되는 깊이가 깊어진다.

(6) 엘니뇨 시기에는 열대 해역에서 동태평양의 해면 기압이 평년보다 낮고, 서태평양의 해면 기압이 평년보다 높다. 라니냐 시기에는 열대 해역에서 동태평양의 해면 기압이 평년보다 높고, 서태평양의 해면 기압이 평년보다 낮다. 따라서 열대 해역에서

(동태평양의 해면 기압—서태평양의 해면 기압) 값은 (가) 시기
가 (나) 시기보다 크다.

(7) 열대 동태평양 해역에서는 엘니뇨 시기보다 라니냐 시기일
때 연안 용승이 활발하여 심층의 영양 염류가 표층으로 더 많이
공급된다. 따라서 열대 동태평양 해역에서 표층에 분포하는 식물
성 플랑크톤의 양은 엘니뇨 시기인 (나)보다 라니냐 시기인 (가)
일 때 더 많다.

(8) 열대 동태평양 해역에서는 엘니뇨 시기인 (나)일 때 평년보다
해수면 온도가 상승하여 상승 기류가 발달하여 비가 내리므로 홍
수 피해가 발생할 수 있고, 라니냐 시기인 (가)일 때 평년보다 해
수면 온도가 하강하여 하강 기류가 발달하여 날씨가 건조해지므
로 가뭄 피해가 발생할 수 있다.

나신 만점 문제

98쪽~102쪽

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

01 ㄱ. 북반구에서는 표층 해수가 바람 방향의 오른쪽 90° 방
향으로 이동하고, 남반구에서는 표층 해수가 바람 방향의 왼쪽
90° 방향으로 이동한다. 따라서 적도 부근 해역에서 북동 무역풍
은 표층 해수를 북서쪽으로, 남동 무역풍은 표층 해수를 남서쪽으
로 이동시키기 때문에 이를 채우기 위해 적도 부근 해역에서는 용
승이 일어난다.

ㄴ. 남풍이 지속적으로 부는 남아메리카 페루 앞바다에서는 표층
해수가 바람 방향의 왼쪽 90° 방향(서쪽)으로 이동한다. 따라서
표층 해수가 해안에서 먼바다 쪽으로 이동하여 용승이 일어난다.

바로알기 ㄷ. 우리나라의 동해안을 따라 북풍이 지속적으로 불면
표층 해수는 바람 방향의 오른쪽 90° 방향(서쪽)으로 이동한다.
따라서 표층 해수가 먼바다 쪽에서 연안으로 이동하여 연안 쪽에
쌓이면 아래로 내려가 침강이 일어난다.

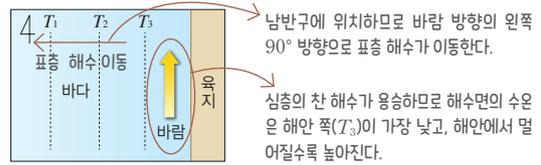
02 북반구에서는 표층 해수가 바람 방향의 오른쪽 90° 방
향으로 이동한다.

ㄱ. (가)에서는 표층 해수가 바람 방향의 오른쪽 90° 방
향(해안에서 먼바다 쪽)으로 이동하므로 해안에서 이를 보충하기 위해 심
층의 찬 해수가 올라오는 연안 용승이 일어난다.

ㄴ. (나)에서는 표층 해수가 바람 방향의 오른쪽 90° 방
향, 즉 먼 바다에서 해안 쪽으로 이동한다.

바로알기 ㄷ. (가)와 (나)가 같은 지역이라면 A에서는 심층의 찬
해수가 용승하며, B에서는 따뜻한 표층 해수가 아래로 침강하므
로 표층 해수에 포함된 영양 염류는 A보다 B에서 더 적을 것이다.

03 **꼼꼼 문제 분석**



남반구 대륙의 서해안에 남풍이 지속적으로 불면, 표층 해수가
바람 방향의 왼쪽 90° 방향인 서쪽으로 이동하면서 해안에서 심
층의 찬 해수가 올라오는 용승이 일어난다. 따라서 해수면의 수
온은 $T_1 > T_2 > T_3$ 이고, 해안이 해수면 부근의 공기가 냉각되어
안개가 발생할 가능성이 커진다.

모범 답안 $T_1 > T_2 > T_3$, 찬 해수의 용승에 의해 안개가 발생한다.

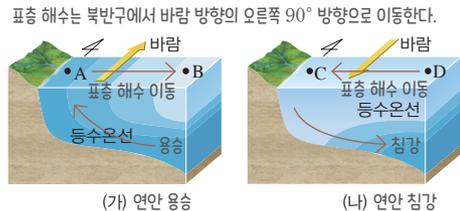
채점 기준	배점
수온을 높은 것 순으로 나열하고, 해안가의 해수면 부근에서 일어나는 대기 현상을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
수온만 높은 것 순으로 나열하여 옳게 쓴 경우	50 %
해안가의 해수면 부근에서 일어나는 대기 현상만 옳게 서술한 경우	50 %

04 ㄱ. A 해역에서 표면 해수의 7월 평균 수온은 14 °C~18 °C
이지만 같은 위도의 먼바다에서는 16 °C~20 °C이다. 실제로
이 해역은 연안 용승에 의해 표면 해수의 수온이 다른 해역보다 낮다.

ㄴ. B에서의 연안 용승은 표층 해수가 해안에서 먼바다 쪽(서쪽)
으로 이동하여 해안에서 심층의 찬 해수가 올라오면서 나타나는
것이다. 따라서 남반구에서는 바람 방향의 왼쪽 90° 방향으로 표
층 해수가 이동하므로 서쪽 방향으로 표층 해수가 이동하려면 남
풍이 지속적으로 불어야 한다.

ㄷ. A와 B에서 연안 용승이 일어나므로, 해안에서 먼바다 쪽으
로 표층 해수가 이동할 것이다.

05 **꼼꼼 문제 분석**



ㄴ. (가)에서는 해안에서 연안 용승이 일어나 심층의 차가우면서
영양 염류가 많은 해수가 올라오므로 해안에 있는 A가 해안에서

멀리 떨어진 B보다 용존산소량이 많고, 영양 염류가 풍부하다.

바로알기 ㄱ. (가)에서는 해안을 따라 남풍이 불므로 바람 방향의 오른쪽 90° 방향인 동쪽(면바다 쪽)으로 표층 해수가 이동하며, 해안의 부족한 해수를 채우기 위해 심층의 찬 해수가 올라오는 연안 용승이 일어난다. 따라서 (가)에서는 해안에서 심층의 찬 해수가 올라오므로 표면 해수의 수온은 A가 B보다 낮다.

ㄷ. (나)에서는 해안을 따라 북풍이 불므로 표층 해수는 바람 방향의 오른쪽 90° 방향인 서쪽(해안 쪽)으로 이동한다. 따라서 면바다의 표층 해수가 해안으로 이동하여 쌓이므로 해수면의 높이는 C가 D보다 높다.

06 ㄱ. (가)에서는 북풍이 지속적으로 불므로 바람 방향의 오른쪽 90° 방향(면바다 쪽)으로 표층 해수가 이동하기 때문에 해안에서 용승이 일어난다. 심층의 차가운 해수가 용승하는 해안이 해수의 표면 수온이 낮으므로 해수면의 수온은 A보다 B가 높다. ㄷ. C에서는 표층 해수가 북쪽으로, D에서는 표층 해수가 남쪽으로 이동하므로 적도 부근에서는 부족한 해수를 채우기 위해 용승이 일어난다.

바로알기 ㄴ. 북반구에서는 바람 방향의 오른쪽 90° 방향으로 표층 해수가 이동하므로 C에서는 표층 해수가 북쪽으로 이동한다. 남반구에서는 바람 방향의 왼쪽 90° 방향으로 표층 해수가 이동하므로 D에서는 표층 해수가 남쪽으로 이동한다.

07 — **꼼꼼 문제 분석**

- A 해역은 캘리포니아 연안 용승 지역, B 해역은 적도 부근 용승 지역, C 해역은 페루 연안 용승 지역이다.
- 연안 용승이 일어나는 해역에서는 표층 해수가 해안에서 면바다 쪽으로 이동한다.

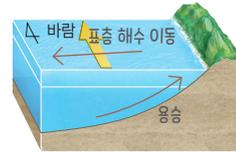


ㄷ. 용승이 일어나면 심층의 찬 해수가 올라오므로 해수 표층의 수온이 낮아지고, 찬 해수에 포함되어 있던 영양 염류가 표층으로 운반되어 식물성 플랑크톤이 번성하므로 좋은 어장이 형성된다.

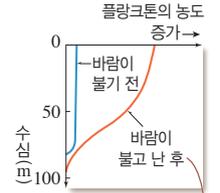
바로알기 ㄱ. A 해역은 북반구에 위치하고, 표층 해수가 바람 방향의 오른쪽 90° 방향인 면바다 쪽으로 이동할 때 연안 용승이 일어나므로 북풍이 지속적으로 불 것이다. C 해역은 남반구에 위치하고, 표층 해수가 바람 방향의 왼쪽 90° 방향인 면바다 쪽으로 이동할 때 연안 용승이 일어나므로 남풍이 지속적으로 불 것이다. ㄴ. B 해역은 무역풍에 의해 해수의 발산이 일어나므로 이를 채

우기 위해 심층의 찬 해수가 올라온다. 따라서 무역풍이 강해지면 표층 해수의 이동이 더 잘 일어나므로 적도 부근 B 해역에서 용승이 강해진다.

08 — **꼼꼼 문제 분석**



연안 용승이 일어나려면 표층 해수가 면바다 쪽(서쪽)으로 이동해야 한다. → 표층 해수가 바람 방향의 왼쪽 90° 방향으로 이동했으므로 이 지역은 남반구에 위치한다.



해수의 표층에서 식물성 플랑크톤의 농도가 증가 → 연안 용승이 일어났기 때문

(나)에서 바람이 불고 난 후 해수의 표층에서 식물성 플랑크톤의 농도가 높아졌으므로 지속적으로 한 방향으로 부는 바람에 의해 해안에서 연안 용승이 일어났다는 것을 알 수 있다.

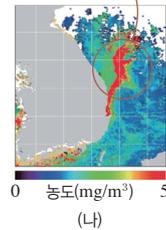
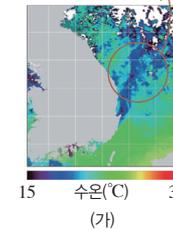
ㄴ. 연안 용승이 일어났으므로 표층 해수가 해안에서 면바다 쪽으로 이동하였다. 따라서 (가)에서는 바람에 의한 표층 해수의 이동 방향이 서쪽이다.

바로알기 ㄱ. 해안에서 남풍이 불고 있고, 연안 용승이 일어났으므로 표층 해수가 면바다 쪽(서쪽)으로 이동하였다는 것을 알 수 있다. 남반구에서는 표층 해수가 바람 방향(남쪽에서 북쪽으로 부는 바람)의 왼쪽 90° 방향(서쪽)으로 이동하므로 이 지역은 남반구에 위치한다.

ㄷ. 연안 용승이 일어나면 해안에서 심층에서 찬 해수가 표층으로 올라온다. 따라서 해수면의 수온은 해안에서 낮고, 해안에서 멀어질수록 대체로 높아진다.

09 — **꼼꼼 문제 분석**

주변보다 표층 수온이 낮다. → 찬 해수가 용승하는 해역
주변보다 식물성 플랑크톤의 농도가 높다. → 심층에 포함된 영양 염류가 표층에 공급되었기 때문



ㄴ. (가), (나)에서 표층 수온이 낮은 해역에서 식물성 플랑크톤의 농도가 높은 것은 심층의 찬 해수가 용승하면서 영양 염류가 표층에 공급되었기 때문이다.

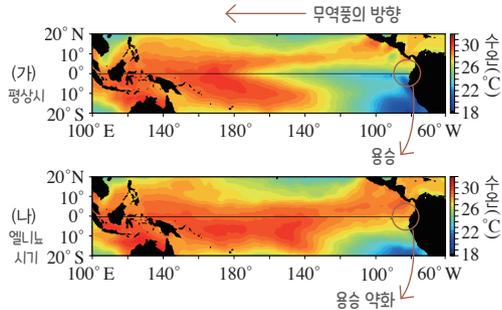
바로알기 ㄱ, ㄷ. (가)에서 해안에 가까울수록 표층 수온이 대체로 낮아진 것은 연안 용승이 일어났기 때문이다. 우리나라는 북반구에 위치하므로 동해안에 남풍 계열의 바람이 지속적으로 불 때 표층 해수가 먼바다 쪽(동쪽)으로 이동하여 연안 용승이 일어난다.

10 ㄴ. (나)의 엘니뇨 시기에 무역풍이 약해져 서쪽으로의 따뜻한 표층 해수의 이동이 약화되면 열대 서태평양 해역은 평상시인 (가)보다 온난 수역의 두께가 얇아져 수온 약층이 나타나기 시작하는 깊이가 얕아진다.

ㄷ. 열대 동태평양 해역에서는 무역풍에 의해 따뜻한 표층 해수가 서쪽으로 이동하므로 이를 채우기 위해 연안 용승이 일어난다. 따라서 열대 동태평양 해역에서는 평상시인 (가)일 때가 엘니뇨 시기인 (나)일 때보다 무역풍이 세게 불어 따뜻한 표층 해수의 이동이 더 많으므로 용승이 활발하게 일어난다.

바로알기 ㄱ. 평상시에는 엘니뇨 시기일 때보다 무역풍이 강하게 불어 서쪽으로 따뜻한 표층 해수의 이동이 많아 열대 동태평양 해역의 해수면 높이가 엘니뇨 시기일 때보다 낮아진다. 따라서 (가)는 평상시의 해수면과 수온 약층의 모습이다.

11 **꼼꼼 문제 분석**



무역풍이 약할수록 열대 동태평양 해역에서 용승이 약해진다.
 ⇒ 열대 동태평양 해역의 해수면 수온이 평상시보다 높아진다.
 ⇒ (나)는 엘니뇨 시기이다.

ㄱ. 열대 동태평양 해역의 해수면 수온이 (가)보다 (나) 시기에 높으므로 (나)는 엘니뇨 시기에 해당한다. 따라서 (가)는 평상시이다.
 ㄷ. 엘니뇨 시기에는 열대 서태평양 해수면이 평상시보다 낮아지고 열대 동태평양 해수면이 평상시보다 높아지므로, (서태평양 해수면 높이 - 동태평양 해수면 높이)의 값은 평상시보다 엘니뇨 시기에 작다.

바로알기 ㄴ. 엘니뇨 시기보다 평상시에 열대 동태평양 해역에서는 심층 해수의 용승이 활발하다. 따라서 엘니뇨 시기인 (나)보다 평상시인 (가)일 때 열대 동태평양 해역에서는 심층의 차가운 해수가 용승하면서 공급된 영양 염류로 인해 식물성 플랑크톤이 번

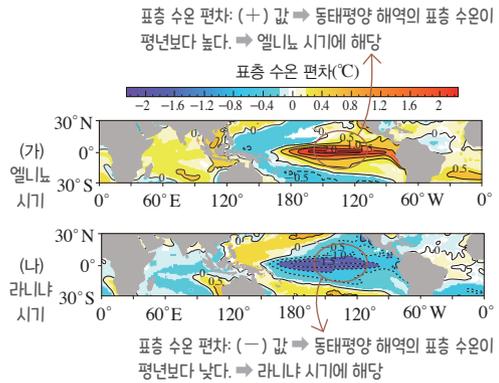
식함으로써 좋은 어장이 형성된다.

12 ㄱ, ㄷ. 무역풍이 평상시보다 약해지는 엘니뇨 시기에는 열대 동태평양 해역에서 평상시보다 용승이 약해지기 때문에 심층에 포함되어 있는 영양 염류의 공급이 줄어 어획량이 감소하고, 평상시보다 해수면 수온이 높기 때문에 해면 기압이 낮아진다.

바로알기 ㄴ. 평상시에 열대 동태평양 해역은 해수면 수온이 열대 서태평양 해역보다 낮아 고기압이 형성되지만, 엘니뇨 시기에 열대 동태평양 해역은 해수면 수온이 평상시보다 상승하여 저기압이 형성되어 상승 기류가 발달하므로 강수량이 증가한다.

ㄷ. 무역풍이 평상시보다 약해지는 엘니뇨 시기에는 열대 동태평양 해역에서 용승이 약해지기 때문에 표층 수온이 상승하고, 수온 약층이 나타나기 시작하는 깊이가 평상시보다 깊어진다.

13 **꼼꼼 문제 분석**



엘니뇨 시기에는 열대 동태평양 해역의 표층 수온이 평년보다 높기 때문에 표층 수온 편차가 (+) 값을 나타내고, 라니냐 시기에는 열대 동태평양 해역의 표층 수온이 평년보다 낮기 때문에 표층 수온 편차가 (-) 값을 나타낸다. 따라서 (가)는 엘니뇨 시기이고, (나)는 라니냐 시기이다.

ㄴ. 열대 동태평양 해역에서의 용승은 서쪽으로 따뜻한 표층 해수의 이동이 많은 라니냐 시기에 활발하므로 (가) 시기보다 (나) 시기에 더 활발하다.

ㄷ. 열대 서태평양 해역에서는 저기압이 형성되어 상승 기류가 발달하는 (나) 시기가 (가) 시기보다 강수량이 많다.

바로알기 ㄱ. 무역풍은 엘니뇨 시기에 약하고, 라니냐 시기에 강하므로 (가)보다 (나) 시기에 강하다.

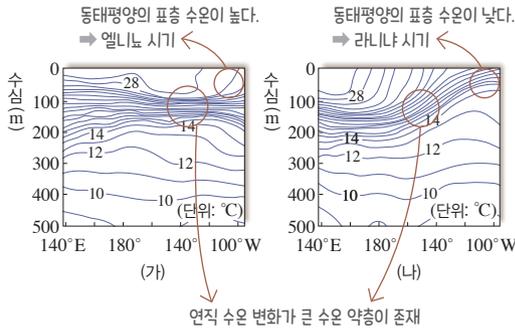
14 ㄱ. A는 열대 동태평양 해역의 표층 수온 편차가 (+) 값이므로 평년보다 표층 수온이 높은 엘니뇨 시기에 해당한다.

바로알기 ㄴ. 엘니뇨는 무역풍이 평상시보다 약하게 불 때 발생하고, 라니냐는 무역풍이 평상시보다 강하게 불 때 발생한다. 엘니뇨 시기인 A보다 라니냐 시기인 B일 때 무역풍의 세기가 강하

므로 무역풍의 영향으로 흐르는 남적도 해류의 세기는 A 시기보다 B 시기일 때 강하다.

ㄷ. 엘니뇨 시기인 A와 라니냐 시기인 B에서 열대 태평양 해역에 부는 바람은 동풍 계열의 무역풍이다. 따라서 A와 B 시기에 열대 태평양 해역에서 부는 바람의 평균 풍향은 같다.

15 — **꼼꼼 문제 분석**

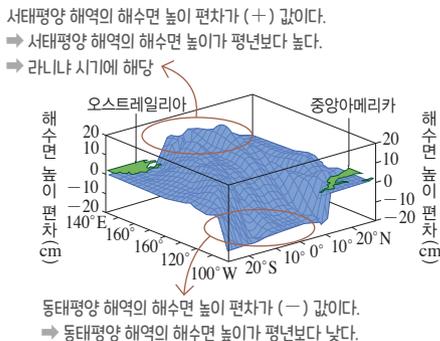


ㄴ. 연직 수온 변화가 큰 부분에는 수온 약층이 존재한다. 따라서 (가)에서는 수온 약층이 나타나기 시작하는 깊이가 열대 서태평양 해역이 열대 동태평양 해역보다 약간 깊다. 반면에, (나)에서는 수온 약층이 나타나기 시작하는 깊이가 열대 서태평양 해역은 깊고, 열대 동태평양 해역은 얕다. 따라서 동-서 열대 태평양에서 수온 약층이 나타나기 시작하는 깊이 차이는 (가)보다 (나)에서 크다.

ㄷ. 해수의 용존산소량은 수온이 낮을수록 많으므로 열대 동태평양 해역에서 표층 해수의 용존산소량은 표층 수온이 높은 (가)보다 표층 수온이 낮은 (나) 시기에 더 많다.

바로알기 ㄱ. 열대 동태평양 해역에서 평상시에 비해 용승이 약하게 일어나 해수의 표층 수온이 높은 (가)는 엘니뇨가 발생했을 때의 연직 수온 분포이고, 평상시에 비해 용승이 활발하게 일어나 해수의 표층 수온이 낮은 (나)는 라니냐가 발생했을 때의 연직 수온 분포이다.

16 — **꼼꼼 문제 분석**



ㄴ. 라니냐 시기에는 강한 무역풍으로 인해 서쪽으로 이동하는 따뜻한 표층 해수의 양이 평년보다 증가하고, 열대 동태평양 해역은 차가운 심층 해수의 용승이 활발해지기 때문에 열대 서태평양 해역과 동태평양 해역의 표층 수온 차이가 평년보다 커진다.

ㄷ. 라니냐 시기에는 열대 동태평양 해역에서 평년보다 용승이 강해진다. 이때 용승하는 해수의 흐름을 따라 해저의 영양 염류가 함께 상승하므로 열대 동태평양 해역의 표층에서 영양 염류가 평년보다 많아진다.

바로알기 ㄱ. 그림에서 열대 서태평양 해역은 해수면 높이가 편차가 (+) 값이고, 열대 동태평양 해역은 해수면 높이가 편차가 (-) 값이므로 열대 서태평양 해역의 해수면 높이가 평년보다 높고, 열대 동태평양 해역의 해수면 높이가 평년보다 낮아 열대 태평양 해역에서 동-서 방향의 해수면 경사가 평년보다 급하다는 것을 알 수 있다. 따라서 무역풍이 강하게 불 때 서쪽으로 이동하는 따뜻한 표층 해수의 양이 많아져 열대 태평양 해역에서 동-서 방향의 해수면 경사가 급해지는 것이므로 무역풍이 강하게 부는 라니냐가 발생한 시기에 해당한다.

17 평상시에 열대 해역에서 동태평양의 표층 수온이 서태평양보다 낮기 때문에 서태평양의 지상 저기압 영역에서 따뜻한 공기가 상승하고, 동태평양에서는 고기압이 형성되어 공기가 하강한다. 따라서 열대 태평양에서는 동서 방향의 거대한 대기 순환이 형성되는데, 이 순환을 워커 순환이라고 한다.

모범 답안 무역풍이 약해져 엘니뇨가 발생하면 평년보다 열대 동태평양 해역의 표층 수온은 높아지고, 열대 서태평양 해역의 표층 수온은 낮아진다. 이에 따라 평년보다 열대 동태평양 해역의 해면 기압은 낮아지고, 열대 서태평양 해역의 해면 기압은 높아져 동-서의 기압 차가 평년보다 작아지며, 워커 순환이 약해진다.

채점 기준	배점
단계 4개를 포함하여 모두 옳게 서술한 경우	100 %
단계 3개만 포함하여 옳게 서술한 경우	60 %
단계 2개만 포함하여 옳게 서술한 경우	40 %
단계 1개만 포함하여 옳게 서술한 경우	20 %

18 ㄱ. 무역풍이 평상시보다 강해지면 따뜻한 표층 해수가 서쪽으로 더 많이 이동하므로 A 해역(서태평양 해역)에서는 해수의 표층 수온이 높아져 저기압이 형성되므로 상승 기류가 발달하여 강수량이 증가한다.

ㄴ. 무역풍이 평상시보다 강해지면 B 해역(동태평양 해역)에서는 용승이 강해져 해수의 표층 수온이 낮아지기 때문에 따뜻한 해수층의 두께가 얇아진다.

바로알기 ㄷ. 무역풍이 평상시보다 강해지면 따뜻한 표층 해수가 서쪽으로 더 많이 이동하므로 A 해역의 해수면은 평년보다 높아

지고, B 해역의 해수면은 평년보다 낮아지므로 A 해역과 B 해역의 해수면 높이 차는 평년보다 커진다.

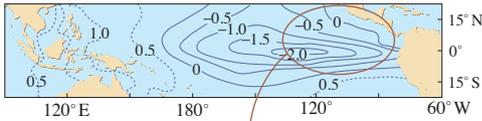
19 무역풍이 약해져 엘니뇨가 발생하면 열대 동태평양 해역의 표층 수온은 평년보다 높아지고, 열대 서태평양 해역의 표층 수온은 평년보다 낮아진다. 이에 따라 열대 동태평양 해역의 해면 기압은 낮아지고, 열대 서태평양 해역의 해면 기압은 높아진다. 무역풍이 강해져 라니냐가 발생하면 열대 동태평양 해역의 표층 수온은 평년보다 낮아지고, 열대 서태평양 해역의 표층 수온은 평년보다 높아진다. 이에 따라 열대 동태평양 해역의 해면 기압은 높아지고, 열대 서태평양 해역의 해면 기압은 낮아진다.

모범 답안 A는 열대 태평양 동쪽의 해면 기압이 서쪽의 해면 기압보다 높으므로 열대 태평양 동쪽의 표층 수온이 평년보다 낮은 라니냐 시기이다. B는 열대 태평양 동쪽의 해면 기압이 서쪽의 해면 기압보다 낮으므로 열대 태평양 동쪽의 표층 수온이 평년보다 높은 엘니뇨 시기이다.

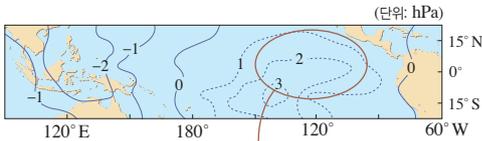
채점 기준	배점
A와 B를 근거를 들어 엘니뇨, 라니냐 시기를 옳게 서술한 경우	100 %
A와 B를 근거를 들지 못하고 엘니뇨, 라니냐 시기만 옳게 쓴 경우	30 %

20 **꼼꼼 문제 분석**

서태평양: 평년보다 해수면이 높아진다. ← 강한 무역풍 → 동태평양: 평년보다 해수면이 낮아진다. (단위: °C)



동태평양 해역의 표층 수온 편차가 (-) 값이다. → 동태평양 해역의 표층 수온이 평년보다 낮고, 평년보다 용승이 강하다. → 라니냐 시기에 해당



동태평양 해역의 해면 기압 편차가 (+) 값이다. → 동태평양 해역은 평년보다 해면 기압이 높아 고기압이 형성된다. → 라니냐 시기에 해당

ㄴ. 라니냐 시기에는 무역풍의 강화로 서쪽으로 이동하는 따뜻한 표층 해수의 양이 많아지기 때문에 열대 동태평양 해역에서 용승이 강해져 해수의 표층 수온이 평년보다 낮아지므로 표층 해수의 용존산소량이 평년보다 많아진다.

ㄷ. 라니냐 시기에는 평년보다 따뜻한 표층 해수가 서쪽으로 더 많이 이동하므로 열대 서태평양의 해수면 높이는 높아지고, 열대 동태평양의 해수면 높이는 낮아져 (서태평양의 해수면 높이 - 동태평양의 해수면 높이) 값이 평년보다 크다.

바로알기 ㄱ. 라니냐 시기에는 평년보다 무역풍이 세계 불기 때문에 열대 동태평양과 서태평양의 기압 차가 커서 평년보다 위커 순환이 강하다.

21 ㄱ. 엘니뇨가 발생하면 열대 동태평양 해역은 평년보다 표층 수온이 높아져 저기압이 형성되어 상승 기류가 발달하기 때문에 강수량이 평년보다 증가한다.

ㄷ. 그림에서 우리나라의 겨울철 기온은 '고온'으로 나타나므로 상승하였음을 알 수 있다.

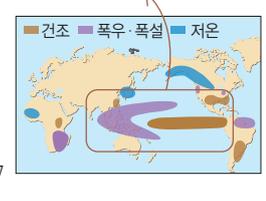
바로알기 ㄴ. 엘니뇨가 발생하면 열대 서태평양 해역은 평년보다 표층 수온이 낮아져 고기압이 형성되어 하강 기류가 발달하기 때문에 날씨가 건조해진다.

22 **꼼꼼 문제 분석**

열대 동태평양 해역의 해수면 수온이 평년보다 높다. → 엘니뇨 시기



열대 서태평양 해역은 폭우, 열대 동태평양 해역은 건조 → 라니냐 시기(A)



열대 동태평양 해역의 해수면 수온이 평년보다 낮다. → 라니냐 시기

열대 동태평양 해역의 해수면 수온 편차가 A 시기에는 (-) 값이고, B 시기에는 (+) 값이므로 해수면 수온이 평년보다 낮은 A는 라니냐 시기이고, 평년보다 높은 B는 엘니뇨 시기이다.

ㄴ. 무역풍이 약해진 시기에 엘니뇨가 발생하고, 무역풍이 강해진 시기에 라니냐가 발생하므로 동풍 계열인 무역풍 세기는 엘니뇨 시기(B)보다 라니냐 시기(A)에 강하다.

바로알기 ㄱ. 열대 동태평양 해역에서 용승은 라니냐 시기에 활발하게 일어나므로 A 시기보다 B 시기에 약하게 일어날 것이다.

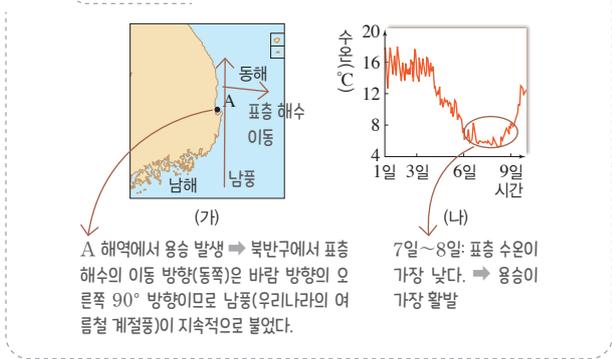
ㄷ. 열대 서태평양 해역에 폭우가 발생하고, 열대 동태평양 해역이 건조해지는 시기는 열대 서태평양 해역의 해수면 수온이 평년보다 높아 저기압이 형성되고, 열대 동태평양 해역의 해수면 수온이 평년보다 낮아 고기압이 형성되는 라니냐 시기(A)이다.

실력 UP 문제

103쪽

- 01 ③
- 02 ⑤
- 03 ②
- 04 ④

01 — **꼼꼼 문제 분석**



북반구에서는 지속적으로 부는 바람 방향의 오른쪽 90° 방향으로 표층 해수가 이동하고, 표층 해수가 해안에서 먼바다 쪽으로 이동하면 이를 채우기 위해 심층의 차가운 해수가 올라오면서 연안 용승이 일어난다.

ㄱ. 우리나라의 동해안 일부 해안 부근에서 연안 용승으로 냉수대가 형성되기 위해서는 남풍 계열의 바람이 지속적으로 불어야 하는데, 우리나라에서 남풍은 겨울철보다 여름철에 우세하다. 따라서 (나)와 같은 표층 수온 변화는 주로 여름철에 관측된다.

ㄷ. 기체의 용해도는 수온이 낮을수록 증가한다. 따라서 표층 해수의 용존산소량은 표층 수온이 높은 1일보다 표층 수온이 낮은 8일에 높았다.

(바로알기) ㄴ. 연안 용승이 일어나는 기간에 A 해역의 표층 해수는 평균적으로 먼바다 쪽(동쪽)으로 이동해야 하므로 남풍 계열의 바람이 우세하였다.

02 ㄱ. (가)는 열대 서태평양 해역의 강수량이 평년보다 감소하고, 열대 동태평양 해역의 강수량이 평년보다 증가한 엘니뇨 시기이다. (나)는 열대 서태평양 해역의 강수량이 평년보다 증가하고, 열대 동태평양 해역의 강수량이 평년보다 감소한 라니냐 시기이다.

ㄴ. 열대 동태평양 해역의 혼합층 두께는 평년보다 용승이 약해지는 엘니뇨 시기에 더 두꺼워지므로 (가) 시기가 (나) 시기일 때보다 두껍다.

ㄷ. 엘니뇨 시기에 열대 서태평양 해역의 해면 기압은 평년보다 높고, 열대 동태평양 해역의 해면 기압은 평년보다 낮다. 라니냐 시기에 열대 서태평양 해역의 해면 기압은 평년보다 낮고, 열대 동태평양 해역의 해면 기압은 평년보다 높다. 따라서 열대 해역에서 동태평양의 해면 기압 < 서태평양의 해면 기압 < 엘니뇨 시기인 (가)가 라니냐 시기인 (나)보다 작다.

03 ㄷ. 그림과 같은 표층 수온 분포가 지속되면 A 해역에는 하강 기류에 의한 고기압이 장기화되어 건조해지기 때문에 가뭄

이 심해지고, B 해역에는 상승 기류의 발달로 구름이 형성되어 강수량이 증가하기 때문에 홍수가 발생한다.

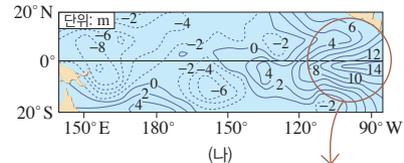
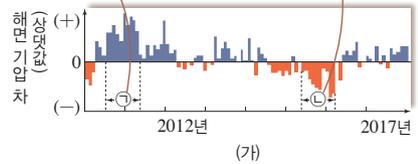
(바로알기) ㄱ. 엘니뇨 발생 시에는 열대 태평양의 서쪽 해역(A)은 평년보다 표층 수온이 낮아져 고기압이 형성되고, 열대 태평양의 동쪽 해역(B)은 평년보다 표층 수온이 높아져 저기압이 형성된다.

ㄴ. 엘니뇨 시기에는 무역풍의 약화로 평년보다 서쪽으로 이동하는 따뜻한 표층 해수의 양이 적어 열대 동태평양 해역에서는 용승이 평년보다 약해진다. 따라서 B 해역은 엘니뇨 시기에 평년보다 용승 현상이 약화된다.

04 — **꼼꼼 문제 분석**

- 엘니뇨 시기: 서태평양은 평년보다 표층 수온이 낮고, 동태평양은 평년보다 표층 수온이 높다.
 - ➔ 서태평양에는 고기압이, 동태평양에는 저기압이 분포한다.
- 라니냐 시기: 서태평양은 평년보다 표층 수온이 높고, 동태평양은 평년보다 표층 수온이 낮다.
 - ➔ 서태평양에는 저기압이, 동태평양에는 고기압이 분포한다.

동태평양의 해면 기압 > 서태평양의 해면 기압 ⇒ 라니냐 시기 동태평양의 해면 기압 < 서태평양의 해면 기압 ⇒ 엘니뇨 시기



따뜻한 해수층의 두께가 평년보다 두껍다. ⇒ 엘니뇨 시기(㉠)

ㄱ. (가)의 ㉠은 열대 해역에서 동태평양의 해면 기압이 서태평양의 해면 기압보다 높으므로 라니냐 시기이고, ㉡은 동태평양의 해면 기압이 서태평양의 해면 기압보다 낮으므로 엘니뇨 시기이다.

ㄷ. (나) 엘니뇨 시기에는 열대 동태평양의 표층 수온이 평년보다 높으므로 열대 동태평양의 표층 수온 편차(관측값 - 평년값)는 (+) 값을 가진다.

(바로알기) ㄴ. (나)에서는 열대 동태평양의 해역에서 따뜻한 해수층의 두께가 (+) 값을 나타내므로 (나)는 용승이 약해져 평년보다 따뜻한 해수층이 더 두꺼워진 엘니뇨 시기이다. 따라서 (나)는 (가)의 ㉠에 해당한다.

02 / 지구의 기후 변화

완자샘 비법 특강

107쪽

Q1 커진다

Q1 지구 공전 궤도 이심률이 현재보다 작아지면(타원 궤도 → 원 궤도) 근일점에서 지구와 태양 사이의 거리는 현재보다 멀어지고, 원일점에서 지구와 태양 사이의 거리는 현재보다 가까워진다. 따라서 북반구에 있는 우리나라에서 여름 기온은 현재보다 상승하고, 겨울 기온은 현재보다 하강하여 기온의 연교차가 현재보다 커진다.

개념 확인 문제

108쪽

- ① 세차 운동 ② 41000 ③ 이심률 ④ 많 ⑤ 감소 ⑥ 감소
⑦ 수권 ⑧ 온실 기체

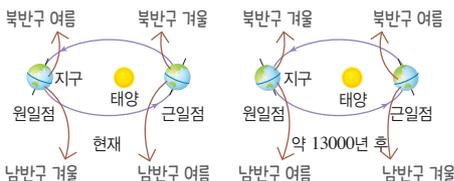
1 (가) ㄱ, ㄴ (나) ㄴ, ㄷ 2 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ 3 ㉠ 커지고, ㉡ 커진다 4 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × 5 (1) 감소한다 (2) 하강한다 (3) 해양성 (4) 낮춘다

1 (가) 지구 자전축의 세차 운동, 지구 자전축의 기울기 변화, 지구 공전 궤도 이심률의 변화, 태양 활동의 변화 등은 지구의 운동과 태양에 의한 기후 변화의 자연적 요인 중 지구 외적 요인에 해당한다.

(나) 지표면의 반사율 변화, 대규모 화산 분출, 수륙 분포의 변화 등은 지구상에서 일어나는 변화로 인해 기후 변화가 나타나므로 기후 변화의 자연적 요인 중 지구 내적 요인에 해당한다.

2 품평 문제 분석

- 지구 자전축의 경사 방향이 변하는 현상을 세차 운동이라고 한다.
- 지구와 태양 사이의 거리가 가까울수록 지구가 받는 태양 복사 에너지의 양이 많아진다.



(1) 우리나라는 북반구에 위치하므로 현재 근일점에서 겨울이고, 원일점에서 여름이다.

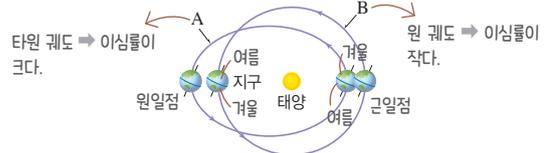
(2) 현재 지구가 받는 태양 복사 에너지의 양은 태양으로부터 거리가 가까운 근일점보다 태양으로부터 거리가 먼 원일점에서 더 적다.

(3) 현재 북반구는 지구가 원일점에 있을 때 태양 복사 에너지(햇빛)의 입사각이 크므로 근일점에 있을 때보다 태양의 남중 고도가 더 높다.

(4) 약 13000년 후 북반구는 근일점에서 여름이고, 원일점에서 겨울이므로 여름의 기온은 현재보다 높아지고, 겨울의 기온은 현재보다 낮아져 기온의 연교차가 현재보다 커진다. 약 13000년 후 남반구는 근일점에서 겨울이고, 원일점에서 여름이므로 여름의 기온은 현재보다 낮아지고, 겨울의 기온은 현재보다 높아져 기온의 연교차가 현재보다 작아진다. 따라서 약 13000년 후 기온의 연교차는 북반구가 남반구보다 크다.

3 지구 자전축의 기울기가 커지거나 작아질 때, 북반구와 남반구에서 기온의 연교차 변화의 경향성은 같게 나타난다. 지구 자전축의 기울기가 커지면 북반구와 남반구는 모두 중위도와 고위도의 태양의 남중 고도가 여름에는 높아지고 겨울에는 낮아지기 때문에 여름의 기온은 현재보다 높아지고, 겨울의 기온은 현재보다 낮아져 기온의 연교차가 현재보다 커진다.

4 품평 문제 분석



- 지구의 공전 궤도가 A에서 B로 변할 때 → 지구의 공전 궤도 이심률이 작아진다.

┌ 근일점에서 태양과 지구 사이의 거리: 멀어진다.
└ 원일점에서 태양과 지구 사이의 거리: 가까워진다.

(1) 이심률은 타원의 납작한 정도를 나타내므로 이심률이 0이면 원이고, 이심률이 클수록 납작한 타원이다. 따라서 지구 공전 궤도 이심률은 타원 궤도인 A가 원 궤도인 B보다 크다.

(2) 지구 공전 궤도 이심률이 A에서 B로 변하면 원일점에서 태양과 지구 사이의 거리(원일점 거리)가 가까워지므로 지구에 도달하는 태양 복사 에너지의 양이 증가한다.

(3) 북반구에서 여름인 원일점에서 태양과 지구 사이의 거리는 지구 공전 궤도가 A일 때보다 B일 때가 더 가까우므로 북반구의 여름 기온은 A보다 B에서 높다.

(4) 남반구에서 여름인 근일점에서 태양과 지구 사이의 거리는 A보다 B에서 멀고, 겨울인 원일점에서 태양과 지구 사이의 거리

는 A보다 B에서 가깝다. 따라서 남반구에서 기온의 연교차는 A보다 B에서 작다.

5 (1) 빙하는 태양 복사 에너지를 잘 반사하므로 극지방과 고산 지대의 빙하가 많이 녹으면 지구의 반사율이 감소하여 지구의 평균 기온이 높아진다.

(2) 대기 중의 화산재는 태양 복사 에너지를 반사하므로 화산 폭발로 많은 양의 화산재가 분출하면 지구의 반사율을 증가시켜 지구의 평균 기온을 낮춘다.

(3) 판게아가 형성될 때는 대륙성 기후 지역의 면적이 증가하고, 판게아가 분리될 때는 해양성 기후 지역의 면적이 증가한다.

(4) 대기 중에 떠 있는 1 nm~100 μm의 작은 액체나 고체 입자를 에어로졸(Aerosol)이라고 한다. 일부 에어로졸은 태양 빛을 산란시키고, 수증기의 응결을 일으키는 응결핵으로 작용한다. 따라서 이러한 에어로졸이 많아지면 구름의 양이 증가하여 태양 빛을 반사시키므로 지구의 평균 기온이 낮아진다.

개념확인문제

112쪽

- 1 적외선 2 온실 효과 3 강화 4 온실 기체 5 빙하의 융해
5 신재생

- 1 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × (5) × 2 (1) 감소 (2) 증가 (3) 상승
3 (1) × (2) × (3) ○ (4) × (5) ○ 4 B 5 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) ×

1 (1) 태양 복사 에너지는 여러 가지 파장의 복사 에너지로 이루어져 있지만 가시광선 영역의 에너지를 가장 많이 방출한다. 지구는 태양에 비해 온도가 낮으므로 대부분 적외선을 복사 에너지로 방출한다.

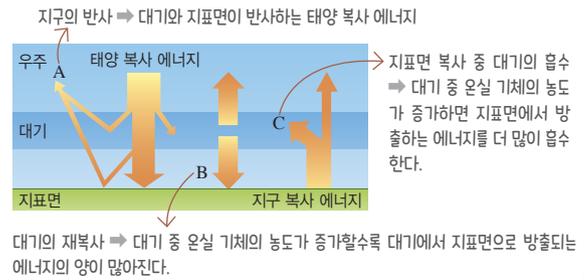
(2) 대기 중의 온실 기체는 지표와 대기가 방출하는 적외선을 흡수하여 온실 효과를 일으키는 기체이므로 지구 복사 에너지를 잘 흡수하고, 태양 복사 에너지를 대부분 통과시킨다.

(3) 지구는 복사 평형을 이루므로 태양으로부터 흡수한 태양 복사 에너지의 양만큼 지구 복사 에너지를 우주로 방출한다.

(4) 지구에 대기가 없다면 온실 효과가 일어나지 않아 대기가 있을 때보다 지구의 평균 온도가 낮고, 지표로 대기의 재복사가 일어나지 않으므로 지표에서 방출하는 복사 에너지의 양도 적다.

(5) 대기 중 온실 기체의 양이 증가하면 대기가 흡수하는 지구 복사 에너지의 양이 증가하여 대기에서 지표로 재복사되는 에너지의 양이 증가하므로 지표가 대기로부터 흡수하는 에너지의 양과 지표에서 방출하는 에너지의 양이 모두 증가한다.

2 품평 문제 분석



(1) A는 지구의 대기와 지표면에서 반사되는 태양 복사 에너지이다. 따라서 지구 온난화로 극지방과 고산 지대의 빙하가 많이 녹으면 지표면의 반사율이 감소하므로 지구의 반사(A)가 감소한다.

(2) 지구 온난화가 진행될수록 지구의 평균 기온이 높아지므로 대기에서 지표로 방출되는 에너지(대기의 재복사)인 B가 증가한다.

(3) C는 지표면에서 방출된 에너지 중 대기에 흡수되는 에너지이다. C가 증가하면 대기의 재복사(B)가 증가하여 지구의 평균 기온이 상승한다.

3 (1) 대기 중 온실 기체의 농도 증가로 온실 효과가 강화되면 지구의 평균 기온이 점점 상승하는 지구 온난화가 일어난다.

(2) 지구의 평균 기온은 최근 들어 상승 폭이 증가하는 추세이다.

(3) 지구 전체적으로 물수지 평형이 이루어지기 때문에 지구 온난화가 일어나면 지구 전체의 증발량이 증가하므로 강수량도 증가한다.

(4) 최근의 지구 온난화 원인은 산업 혁명 이후 인간의 활동으로 석유, 석탄 등 화석 연료의 사용량이 늘어나면서 나타난 대기 중 온실 기체의 농도 증가이다. 따라서 최근의 지구 온난화는 기후 변화의 여러 요인 중 주로 인위적 요인으로 일어나고 있다.

(5) 신재생 에너지의 사용량을 늘리면 화석 연료의 사용량이 줄어들어 대기 중으로 배출되는 온실 기체의 양이 감소하기 때문에 지구 온난화를 줄일 수 있다.

4 지구 온난화가 일어나면 해수의 온도가 상승(A)한다. 해수의 온도가 상승하면 해수의 이산화 탄소 용해도가 감소(B)하여 해수에 녹은 이산화 탄소의 양이 적어지기 때문에 대기 중 이산화 탄소의 양이 증가(C)하여 지구 온난화가 더 심해질 수 있다.

5 (1) 대규모 산림을 조성하면 광합성으로 식물이 대기 중 이산화 탄소를 흡수하는 양이 증가하여 대기 중 이산화 탄소의 농도를 줄일 수 있다.

(2) 에너지 효율을 높이는 기술을 개발하면 화석 연료의 사용을 줄여 대기 중 온실 기체의 배출량을 줄일 수 있다.

- (3) 해양 비옥화를 통해 식물성 플랑크톤의 양을 증가시키면 식물성 플랑크톤의 광합성이 활발해져 해수에 용해된 이산화 탄소를 소비하므로 대기 중 이산화 탄소의 농도를 줄일 수 있다.
- (4) 우주에 반사막을 설치하면 지구에 도달하는 태양 복사 에너지의 양을 줄일 수 있다.

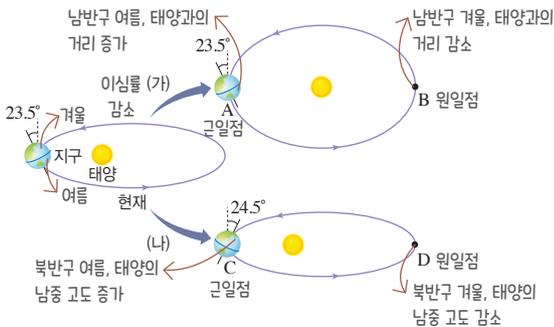
대표 자료 분석 1

113쪽

- 1 여름: A와 D, 겨울: B와 C 2 작아졌다 3 (1) ㉠ 하강, ㉡ 상승, ㉢ 작아진다 (2) ㉠ 상승, ㉡ 하강, ㉢ 커진다 4 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × (5) ○ (6) × (7) ○

꼭꼭 문제 분석

(가)는 지구 공전 궤도 이심률의 변화를, (나)는 세차 운동과 지구 자전축의 기울기가 커진 모습을 나타낸 것이다.



1 A와 D에서는 남반구가 태양을 향하여 남반구에서 태양의 남중 고도가 높으므로 여름이고, B와 C에서는 북반구가 태양을 향하여 남반구에서 태양의 남중 고도가 낮으므로 겨울이다.

2 지구 공전 궤도의 모양은 이심률(e)이 클수록 납작한 타원 ($0 < e < 1$)이고, 이심률이 작을수록 원($e=0$)에 가깝다. (가)에서 지구 공전 궤도의 모양이 원에 가까워졌으므로 지구 공전 궤도의 이심률은 작아졌다.

3 (1) (가)에서 남반구 계절이 여름인 A의 위치는 현재보다 태양과 지구 사이의 거리가 멀어지므로 여름의 기온은 하강한다. 남반구 계절이 겨울인 B의 위치는 현재보다 태양과 지구 사이의 거리가 가까워지므로 겨울의 기온은 상승한다. 따라서 남반구에서는 기온의 연교차가 작아진다.

(2) 현재는 원일점에서 북반구가 여름이지만, (나)에서는 근일점(C)에서 북반구가 여름이 된다. (나)에서는 북반구에서 여름에 태

양과 지구 사이의 거리가 가까워지고, 지구 자전축의 기울기가 커져 태양의 남중 고도가 높아지므로 여름의 기온은 상승한다. 현재는 근일점에서 북반구가 겨울이지만, (나)에서는 원일점(D)에서 북반구가 겨울이 된다. (나)에서는 북반구에서 겨울에 태양과 지구 사이의 거리가 멀어지고, 지구 자전축의 기울기가 커져 태양의 남중 고도가 낮아지므로 겨울의 기온은 하강한다. 따라서 북반구에서는 기온의 연교차가 커진다.

4 (1) (가)는 현재보다 공전 궤도가 원에 가까우므로 근일점인 A에서 태양과 지구 사이의 거리는 현재보다 증가하였다.

(2) (가)에서 지구 자전축의 경사 방향은 변하지 않았으므로 근일점과 원일점의 계절은 현재와 같다.

(3) (가)에서 북반구 계절이 여름인 B의 위치(원일점)는 현재보다 태양과 지구 사이의 거리가 가까워지므로 여름 기온은 상승한다.

(4) 지구 자전축이 세차 운동하는 주기는 약 26000년이다. 따라서 (나)는 지구 자전축의 경사 방향이 현재와 반대이므로 약 26000년 후의 모습이 아니다.

(5) (나)에서는 지구 자전축의 경사 방향이 변하는 세차 운동 때문에 원일점에서 북반구와 남반구의 계절이 현재와 반대로 바뀐다.

(6) (나)에서 지구 자전축의 기울기가 현재보다 커졌으므로 북반구의 여름에는 지표가 태양 쪽으로 더 기울어져 태양의 남중 고도가 현재보다 높아진다.

(7) 연간 지구 전체가 받는 태양 복사 에너지의 양은 지구와 태양 사이의 거리에 따라 달라진다. (나)에서 지구 공전 궤도의 모양이 변하지 않았으므로 연간 지구에 입사하는 태양 복사 에너지의 양은 현재와 같다.

대표 자료 분석 2

114쪽

- 1 (1) 컷다 (2) 증가 (3) 상승 (4) 화석 연료 2 (1) ○ (2) × (3) × (4) × (5) ○ (6) × (7) ×

1 (1) (가)에서 지구의 평균 기온 편차가 1960년대 이후에는 (+) 값이므로 지구의 평균 기온이 상승하는 추세이다. 따라서 지구 평균 기온의 상승 폭은 1960년대 이전보다 이후에 컷다.

(2) (나)에서 1880년대 이후 대기 중 온실 기체인 이산화 탄소, 메테인의 농도가 대체로 증가하였다.

(3) (다)에서 1900년 이후 지구 온난화의 영향으로 인해 빙하의 용해와 해수의 열팽창이 일어나 지구의 평균 해수면은 계속 상승하였다.

(4) (라)에서 1960년대 이후 화석 연료 사용, 시멘트 사용, 플레

어링 등의 인간 활동이 활발해지면서 대기 중 이산화 탄소의 농도가 증가하였다.

2 (1) 1960년대 이후 화석 연료의 사용량 증가로 대기 중 이산화 탄소의 농도가 급격히 증가하여 지구의 평균 기온이 급격하게 상승하였다.

(2) 대기 중의 이산화 탄소와 메테인은 지표가 방출하는 복사 에너지를 흡수하여 온실 효과를 일으켜 기후 변화를 일으킨다.

(3) 이산화 탄소, 메테인은 온실 기체이므로 대기 중 이산화 탄소와 메테인의 농도가 증가하면 온실 효과가 강화되어 지구의 평균 기온이 상승한다.

(4) 지표 복사 에너지는 대부분 파장이 긴 적외선으로, 대기 중의 온실 기체에 잘 흡수된다. 따라서 대기 중 이산화 탄소와 메테인의 농도가 증가하면 지표 복사 에너지의 대기 흡수율이 증가할 것이다.

(5) 대기 중의 온실 기체는 주로 파장이 짧은 가시광선 형태인 태양 복사 에너지는 대부분 통과시키지만 주로 파장이 긴 적외선 형태인 지구 복사 에너지는 흡수하였다가 일부를 지표로 재복사하여 지표면의 온도를 높인다. 따라서 대기 중 이산화 탄소와 메테인의 농도가 증가하면 대기가 지표로 재복사하는 에너지의 양이 증가할 것이다.

(6) 지구의 평균 해수면 상승은 지구의 평균 기온 상승에 의한 해수의 열팽창과 빙하의 용해 때문에 일어난다. 이때 빙하의 용해로 빙하의 면적이 감소하면 극지방의 지표면 반사율은 감소한다.

(7) 지구 온난화가 심화되면 해수의 온도가 상승하여 기체의 용해도가 감소하기 때문에 해수의 온실 기체 저장 능력이 감소할 것이다.

내신만점문제

115쪽~118쪽

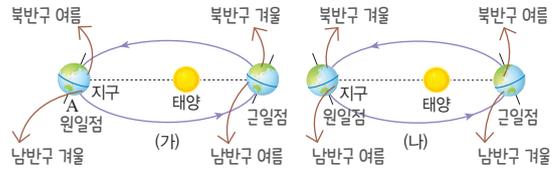
- | | | | | |
|----------------|------|------|----------|----------|
| 01 ⑤ | 02 ② | 03 ⑤ | 04 ② | 05 해설 참조 |
| 06 ② | 07 ① | 08 ④ | 09 ④ | 10 해설 참조 |
| 11 ⑤ | 12 ③ | 13 ⑤ | 14 해설 참조 | 15 ③ |
| 16 (다)>(나)>(가) | 17 ③ | 18 ① | 19 ① | |
| 20 해설 참조 | 21 ③ | | | |

01 ㄱ. 기후 변화의 자연적 요인 중 지구 외적 요인(A)으로는 지구 자전축의 세차 운동, 지구 자전축의 기울기(경사각) 변화, 지구 공전 궤도 이심률의 변화, 태양 활동의 변화가 있다.

ㄴ. 기후 변화의 자연적 요인 중 지구 내적 요인(B)으로는 지표면의 상태 변화, 대기의 투과율 변화, 수륙 분포의 변화 등이 있다.

ㄷ. 기후 변화의 인위적 요인(C)으로는 인간 활동에 의한 화석 연료 사용에 따른 온실 기체 배출, 에어로졸 배출, 도시화 등이 있다.

02 품茗 문제 분석



ㄷ. 약 13000년 후 북반구는 겨울에 원일점, 여름에 근일점에 위치하지만 남반구는 겨울에 근일점, 여름에 원일점에 위치한다. 따라서 약 13000년 후 북반구는 현재보다 기온의 연교차가 커지고, 남반구는 현재보다 기온의 연교차가 작아지므로 남반구는 북반구보다 기온의 연교차가 작을 것이다.

[바로알기] ㄱ. (가)의 A(원일점)에 위치할 때 태양이 23.5°N을 수직으로 비추므로 북반구에 위치한 우리나라는 여름이다.

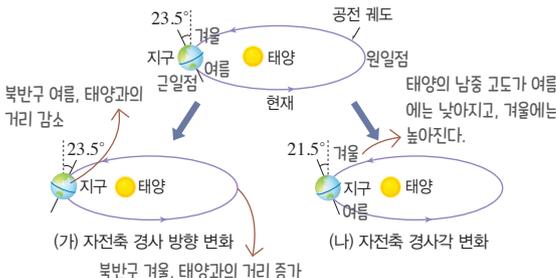
ㄴ. 약 13000년 후에는 지구 자전축의 경사 방향이 현재와 반대로 바뀐다. 따라서 북반구는 현재 근일점에 있을 때 겨울이고 약 13000년 후에 원일점에 있을 때 겨울이기 때문에 우리나라의 겨울 평균 기온은 현재보다 낮아질 것이다.

03 ㄱ. 현재 지구가 원일점에 위치해 있고 북반구가 태양을 향하여 북반구에서 태양의 남중 고도가 높으므로 a 지역은 여름이고, 남반구에 위치한 b 지역은 겨울이다.

ㄴ. 지구가 원일점에 위치할 때 북반구는 여름이고, 남반구는 겨울이다. 따라서 북반구에 위치한 a 지역은 남반구에 위치한 b 지역보다 지표면에 도달하는 단위 면적당 태양 복사 에너지의 양이 많다.

ㄷ. 지구 자전축의 경사각이 현재보다 커지면 북반구와 남반구 모두 중위도와 고위도의 태양의 남중 고도가 여름에는 현재보다 높아지고, 겨울에는 현재보다 낮아져 기온의 연교차가 현재보다 커진다. 따라서 지구 자전축의 경사각이 현재보다 커지면 a와 b 지역은 모두 기온의 연교차가 현재보다 커진다.

04 품茗 문제 분석



ㄴ. 현재 북반구는 근일점에서 겨울, 원일점에서 여름이다. (가) 시기에 지구 자전축의 경사 방향이 현재와 반대가 되므로 북반구는 근일점에서 여름, 원일점에서 겨울이 된다. 따라서 북반구에서는 현재보다 여름의 평균 기온이 상승하고, 겨울의 평균 기온이 하강하여 기온의 연교차가 현재보다 커진다.

바로알기 ㄱ. (가)에서 지구가 근일점에 위치할 때 남반구는 햇빛의 입사각이 작아 태양의 남중 고도가 낮으므로 겨울이다.

ㄷ. 연간 지구 전체가 받는 태양 복사 에너지의 양은 지구와 태양 사이의 거리에 따라 달라진다. (나)에서 지구 공전 궤도의 모양은 변하지 않았으므로 연간 지구에 입사하는 태양 복사 에너지의 양은 현재와 같다.

05 (1) 지구 자전축의 기울기가 커지면 북반구와 남반구의 중위도와 고위도는 모두 여름에는 태양의 남중 고도가 현재보다 높아지고, 겨울에는 태양의 남중 고도가 현재보다 낮아진다.

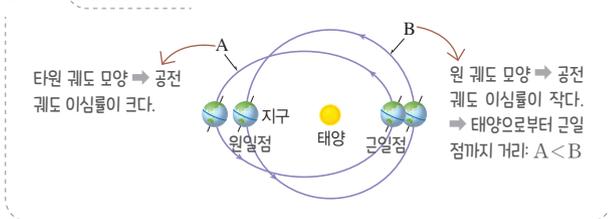
(2) 지구 자전축의 기울기가 작아지면 북반구와 남반구의 중위도와 고위도는 모두 여름에는 태양의 남중 고도가 현재보다 낮아지고, 겨울에는 태양의 남중 고도가 현재보다 높아지므로 남반구 중위도 지역에서 기온의 연교차가 현재보다 작아진다.

모범 답안 (1) 현재보다 높아진다.

(2) 남반구 중위도 지역에서 여름에는 태양의 남중 고도가 현재보다 낮아지고, 겨울에는 태양의 남중 고도가 현재보다 높아지므로 기온의 연교차가 현재보다 작아진다.

채점 기준	배점
(1) 태양의 남중 고도 변화를 옳게 쓴 경우	40 %
(2) 판단의 근거와 함께 기온의 연교차 변화를 옳게 서술한 경우	60 %
판단의 근거없이 기온의 연교차 변화만 옳게 쓴 경우	30 %

06 **포괄 문제 분석**



ㄷ. 태양으로부터 근일점까지의 거리는 B일 때가 A일 때보다 멀고, 태양으로부터 원일점까지의 거리는 B일 때가 A일 때보다 가깝다.

바로알기 ㄱ. 이심률은 타원의 납작한 정도를 나타낸다. 이심률이 0이면 원이고, 0에서 1 사이의 값이면 타원이다. B는 A보다 공전 궤도 모양이 원에 가까우므로 공전 궤도 이심률은 B가 A보다 작다.

ㄴ. B일 때는 A일 때보다 태양으로부터 원일점까지의 거리(= 원일점 거리)가 가까워지기 때문에 남반구의 겨울 기온이 높아지

고, 태양으로부터 근일점까지의 거리(= 근일점 거리)는 멀어지기 때문에 남반구의 여름 기온은 낮아진다. 따라서 B일 때는 A일 때보다 남반구에서 기온의 연교차가 작다.

07 ㄴ. 지구 자전축의 경사각이 증가하거나 감소하면 태양의 남중 고도가 변하므로 북반구와 남반구에서 여름이나 겨울의 기온 변화가 생기지만 계절이 변하는 것은 아니다. 지구 공전 궤도 상에서 북반구와 남반구에서 여름과 겨울이 나타나는 위치가 변하는 것은 지구 자전축의 세차 운동인 (가) 때문이다.

바로알기 ㄱ. 지구는 시계 반대 방향으로 자전하지만, 세차 운동에 의한 지구 자전축의 회전 방향은 시계 방향이므로 지구의 자전 방향과 반대이다.

ㄷ. 지구 공전 궤도 이심률이 증가할수록 지구 공전 궤도가 납작한 타원 모양이 되므로 ㉠(지구 공전 궤도 이심률)이 증가하면 원일점과 태양 사이의 거리가 멀어져 원일점에서 태양 복사 에너지의 입사량이 감소한다.

08 ㄴ. 지구 공전 궤도 이심률이 현재보다 작아지면 원 궤도에 더 가까워져 북반구에 위치한 우리나라에서는 현재보다 근일점(겨울)일 때 태양과 더 멀어지고, 원일점(여름)일 때 태양과 더 가까워지므로 기온의 연교차가 현재보다 커진다.

ㄷ. 현재 북반구는 근일점에서 겨울이고, 원일점에서 여름이다. 지구 자전축의 경사 방향이 현재와 반대가 되면 북반구에서는 근일점에서 여름이 되고, 원일점에서 겨울이 되어 기온의 연교차가 현재보다 커진다.

바로알기 ㄱ. 지구 자전축의 경사각이 22.5°로 감소하면 북반구에 위치한 우리나라는 태양의 남중 고도가 여름에 낮아지고, 겨울에 높아지므로 기온의 연교차가 현재보다 감소한다.

09 ㄴ. 소빙하기는 지구의 평균 기온이 간빙기에 비해 낮았던 시기이다. 지구의 평균 기온이 낮으면 해수의 열적 수축이 일어나고, 결빙이 일어나므로 소빙하기에는 지구의 평균 해수면이 낮아졌을 것이다.

ㄷ. 태양의 활동이 활발할수록 지구에 도달하는 태양 복사 에너지의 양이 많아진다. 따라서 태양의 활동 변화에 의해 지구에 도달하는 태양 복사 에너지의 양이 변한다.

바로알기 ㄱ. 태양의 흑점 수가 많은 시기에는 태양의 활동이 활발하다. 소빙하기에는 태양의 흑점이 거의 관측되지 않으므로 태양의 활동이 활발하지 않았다.

ㄷ. 태양의 활동이 활발할 때는 흑점 수가 많아지고, 지구에 도달하는 태양 복사 에너지의 양이 많아져 지구의 평균 기온이 상승한다. 따라서 태양의 흑점 수 변화는 지구의 평균 기온 변화와 관계가 있다.

10 아스팔트는 지표면의 반사율이 작고, 콘크리트는 지표면의 반사율이 크다. 지표면의 반사율이 감소하면 지표가 흡수하는 태양 복사 에너지의 양이 증가하여 기온이 상승한다.

모범 답안 아스팔트 면적이 증가하면 평균 기온이 상승하고, 콘크리트 면적이 증가하면 평균 기온이 하강한다.

채점 기준	배점
두 경우의 기온 변화를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
두 경우의 기온 변화 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

11 화산 폭발 이후 지구의 평균 기온 편차가 (－) 값이므로 지구의 평균 기온이 낮아졌다는 것을 알 수 있다. 이는 화산 폭발 시 대기 중으로 방출된 많은 양의 화산재와 관계가 있다.

ㄱ, ㄴ, ㄷ. 대규모 화산 폭발은 많은 양의 화산재와 화산 가스를 방출한다. 화산재는 성층권까지 올라가 태양 복사 에너지의 반사율(=지구의 반사율)을 증가시키고, 태양 복사 에너지의 대기 투과율을 감소시켜 지구의 평균 기온을 낮추지만 이산화 탄소, 수증기 등의 화산 가스는 온실 효과를 강화시켜 지구의 평균 기온을 높이는 요인으로 작용한다.

12 ①, ② 모든 대륙들이 모여 하나의 판게아를 형성하면 대륙의 영향이 증가하고, 해양의 영향이 감소하여 대륙 내의 건조한 기후인 대륙성 기후 지역이 증가한다.

④ 판게아가 형성되면 해류의 방향이 단순해지면서 대기과 해수의 순환에 영향을 주어 기후를 변화시킨다.

⑤ 대륙과 해양은 열용량, 태양 복사 에너지의 반사율이 다르므로 대륙과 해양의 분포가 달라지면 기후가 변한다.

바로알기 ③ 겨울에 온난하고, 여름에 시원한 것은 해양성 기후의 특징이다. 따라서 판게아가 형성되면 해양성 기후가 나타나는 지역이 감소한다.

13 ㄱ. 인간 활동으로 배출되는 온실 기체 중 지구의 평균 기온 상승에 영향을 미치는 정도는 이산화 탄소>메테인>산화 질소 순이다. 따라서 ㉠은 이산화 탄소이다.

ㄴ. 에어로졸은 대기 중에 떠 있는 1 nm~100 μm의 작은 액체나 고체 입자이다. 산업 활동이나 화석 연료의 연소 과정에서 대기 중으로 배출된 에어로졸은 지표면에 도달하는 태양 복사 에너지의 양을 감소시켜 지구의 평균 기온을 낮추는 역할을 한다. 따라서 에어로졸은 ㉡에 기여한다.

ㄷ. 화산이 폭발하면 많은 양의 화산재가 성층권에 도달하여 지구의 반사율이 높아지기 때문에 지표에 도달하는 태양 복사 에너지의 양이 감소하여 지구의 평균 기온이 낮아진다. 따라서 화산

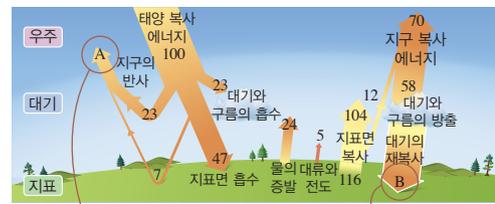
폭발에 의해 분출된 화산재는 기후 변화를 일으키는 자연적 요인 중 지구 내적 요인에 해당한다.

14 대기 중 온실 기체는 파장이 짧은 가시광선 영역의 태양 복사 에너지는 대부분 통과시키지만, 파장이 긴 적외선 영역의 지구 복사 에너지는 흡수하였다가 일부를 지표면으로 재복사하여 지구의 평균 지표면 온도를 높인다.

모범 답안 (가)<(나), (가)에서는 지표면이 흡수한 태양 복사 에너지만큼 모두 우주로 방출하지만, (나)에서는 지표면이 방출한 에너지를 대기가 흡수하여 일부를 지표면으로 재복사하기 때문이다.

채점 기준	배점
(가)와 (나)에서 지구의 평균 지표면 온도를 옳게 비교하고, 그렇게 판단한 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
(가)와 (나)에서 지구의 평균 지표면 온도만 옳게 비교한 경우	30 %

15 품평 문제 분석



지구의 반사: 대기과 구름의 반사(23)+ 지표면 반사(7)=30 ⇒ 대륙 빙하의 면적이 감소하면 A가 감소한다.

온실 효과를 일으키는 에너지

ㄱ. 대륙 빙하의 면적이 감소하면 지표면의 반사율이 감소하여 지구의 반사(A)가 감소한다.

ㄷ. 대기 중 온실 기체가 지표가 방출한 에너지를 흡수한 후 일부를 지표면으로 재복사(B)하기 때문에 이를 지표면이 흡수하여 온실 효과가 일어난다.

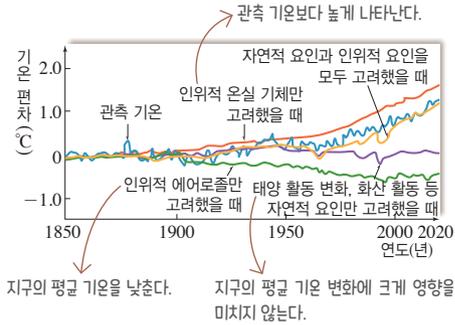
바로알기 ㄴ. 대기 중 온실 기체는 파장이 짧은 가시광선 영역의 태양 복사 에너지는 대부분 통과시키지만, 파장이 긴 적외선 영역의 지구 복사 에너지는 흡수하였다가 일부를 지표면으로 재복사하여 지표면의 온도를 높이는데, 이를 온실 효과라고 한다.

16 (가) 반사율 = $\frac{\text{반사량}}{\text{입사량}} \times 100(\%)$ 이다. 대기 반사(23)+지표면 반사(7)=30이므로 지구의 반사율은 $\frac{30}{100} \times 100 = 30\%$ 이다.

(나) 투과율 = $\frac{\text{투과량}}{\text{입사량}} \times 100(\%)$ 이다. 지구에 도달한 태양 복사 에너지(100) 중 지표면에 도달한 에너지는 54(=47+7)이므로 태양 복사 에너지의 대기 투과율은 $\frac{54}{100} \times 100 = 54\%$ 이다.

(다) 흡수율 = $\frac{\text{흡수량}}{\text{입사량}} \times 100(\%)$ 이다. 지표면이 방출하는 복사 에너지(116) 중 대기에 흡수되는 에너지는 104이므로 지표면 복사 에너지의 대기 흡수율은 $\frac{104}{116} \times 100 \approx 89.7\%$ 이다.

17 꼼꼼 문제 분석



ㄱ. 실제 관측한 지구의 평균 기온 변화율은 해당 기간 동안의 그래프 기울기로 판별할 수 있는데, 1960년 이전보다 1960년 이후 관측 기온의 평균 기울기가 더 크다. 따라서 실제 관측한 지구의 평균 기온 변화율은 1960년 이전보다 이후가 크다.

ㄴ. 모의실험에서 인위적 온실 기체만을 고려했을 때는 실제 관측 기온 값보다 지구의 기온 상승이 더 크게 예상되었다. 반면에, 인위적 에어로졸만을 고려했을 때는 지구의 평균 기온이 낮아졌는데, 이는 에어로졸이 태양 복사 에너지를 차단하여 지표 냉각을 초래했기 때문이다. 화산재는 지표면에 도달하는 태양 복사 에너지의 양을 감소시켜 지구의 평균 기온을 하강시키는 역할을 한다. 따라서 화산재가 지구의 평균 기온에 미치는 영향은 인위적 온실 기체보다 인위적 에어로졸에 가깝다고 할 수 있다.

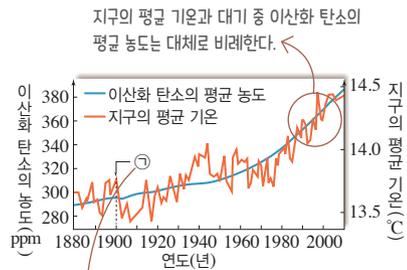
바로알기 ㄴ. 기후 모형에서 자연적 요인만을 고려했을 때 지구의 평균 기온은 장기간 큰 변화가 없었지만, 자연적 요인과 인위적 요인을 함께 고려했을 때는 관측 기온과 대체로 비슷하므로 최근의 지구 평균 기온 변화는 자연적 요인보다 인위적 요인이 더 크게 영향을 주고 있음을 알 수 있다.

18 ②, ③ 해수의 온도(A)가 상승하면 해수의 열팽창과 빙하의 용해로 해수면의 높이(B)가 상승하고, 이로 인해 해안 저지대가 침수하여 육지의 면적(C)이 감소한다.

④, ⑤ 지구 온난화로 빙하가 녹아 대륙 빙하의 면적이 감소하여 지표면의 반사율(D)이 감소하면 지표면은 태양 복사 에너지의 흡수율이 증가하여 극지방의 지표면 온도가 상승한다.

바로알기 ① 지구의 평균 기온이 상승하면 해수의 온도(A)도 상승한다. 해수의 온도가 상승하면 해수의 밀도가 감소하므로 해수의 연직 순환은 일어나기 어려워진다.

19 꼼꼼 문제 분석



대기 중 이산화탄소의 평균 농도: ㉠ 시기 < 현재
 → 대기 중 온실 기체의 농도 증가로 인한 온실 효과 강화로 지구의 평균 기온이 ㉡ 시기 < 현재이다.
 → 극지방의 대륙 빙하 면적: ㉢ 시기 > 현재

ㄱ. 그림을 보면 지구의 평균 기온 변화와 대기 중 이산화탄소의 평균 농도 변화는 대체로 비례한다는 것을 알 수 있다.

바로알기 ㄴ. 대기 중 이산화탄소의 평균 농도와 지구의 평균 기온은 ㉠ 시기보다 현재가 더 높다. 따라서 지구의 평균 기온이 높으면 빙하가 녹으므로 극지방의 대륙 빙하 면적은 ㉠ 시기 현재보다 넓었을 것이다.

ㄷ. 대기 중 이산화탄소의 평균 농도가 높을수록 온실 효과가 더 크게 일어난다. 따라서 지구 대기의 온실 효과는 ㉠ 시기보다 현재가 더 클 것이다.

20 인간 활동으로 인한 지구 온난화와 같은 기후 변화에 대처하려면 주된 원인인 온실 기체의 배출량을 줄이는 방법, 대기 중의 온실 기체를 흡수(제거)하는 방법, 지구의 태양 복사 에너지 흡수량을 감소시키는 방법이 있다.

모범 답안 신재생 에너지의 사용량을 늘린다. 에너지 효율성을 높이는 기술을 개발한다. 이산화탄소의 포집 및 저장 기술을 개발한다. 해양 비옥화를 시행한다. 대규모 숲을 조성한다. 우주 반사막을 설치한다. 성층권에 에어로졸을 분사한다 등

채집 기준	배점
세 가지를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
두 가지만 옳게 서술한 경우	60 %
한 가지만 옳게 서술한 경우	30 %

21 ㄱ. 식물의 광합성에 이산화탄소가 이용되므로 해양 생물의 광합성이 더 활발해지면 해수에 녹아 있는 이산화탄소의 소비가 증가한다. 이에 따라 해수에 녹을 수 있는 대기 중 이산화탄소의 양이 증가하므로 지구 온난화를 억제할 수 있다.

ㄴ. 성층권에 에어로졸을 뿌리면 지구의 반사도(반사율)가 증가하므로 지구 온난화를 억제할 수 있다.

ㄷ. 발전소나 제철소 등 산업 시설에서 발생하는 이산화탄소를 포집하여 해양이나 육지의 지층 속에 저장하면 대기로 배출되는 온실 기체를 줄여 지구 온난화를 억제할 수 있다.

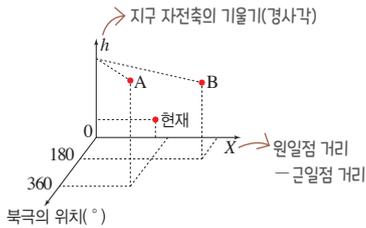
바로알기 르. 천연 가스는 화석 연료이므로 연소시키면 대기 중으로 이산화 탄소가 방출된다. 따라서 화석 연료 대신 온실 기체를 배출하지 않는 신재생 에너지의 사용량을 늘려야 한다.

실력 UP 문제

119쪽

01 ④ 02 ② 03 ⑤ 04 ③

01 **꼼꼼 문제 분석**



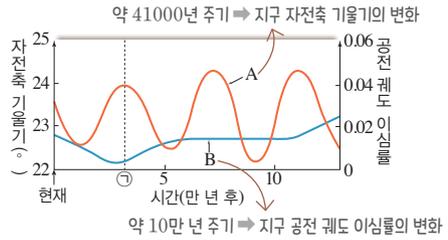
- 원일점 거리-근일점 거리(X): 지구 공전 궤도 이심률이 클수록 원일점-근일점 거리가 크다. → 지구 공전 궤도 이심률: B 시기 > A 시기 > 현재
- 북극의 위치: 세차 운동으로 지구 자전축의 경사 방향 변화를 알 수 있다. → A는 360°이므로 지구 자전축의 경사 방향이 현재와 같고, B는 180°이므로 지구 자전축의 경사 방향이 현재와 반대이다. → A 시기와 현재 남반구는 근일점에서 여름, 원일점에서 겨울이다. B 시기에 북반구는 근일점에서 여름, 원일점에서 겨울이다.
- 지구 자전축의 기울기(h): 지구 자전축의 기울기가 현재보다 커지면 여름 기온이 현재보다 높아지고, 겨울 기온은 현재보다 낮아진다. → 남반구의 여름 기온은 A 시기 = B 시기 > 현재 순이다.

나. 남반구에서 A 시기는 현재와 마찬가지로 근일점에서 여름, 원일점에서 겨울이며, 지구 자전축의 기울기(경사각)가 현재보다 크므로 여름에 태양의 남중 고도가 현재보다 높아 여름 기온이 현재보다 높다. 또한, A 시기는 현재보다 지구 공전 궤도 이심률이 더 크므로 근일점 거리가 더 가까워 남반구의 여름 기온은 A 시기가 현재보다 높다.

다. 북반구에 위치한 우리나라는 현재 근일점에서 겨울, 원일점에서 여름이지만 B 시기에는 근일점에서 여름, 원일점에서 겨울이다. 또한, B 시기는 현재보다 지구 자전축의 기울기가 커서 여름과 겨울의 기온 차이가 크고, 공전 궤도 이심률이 커서 근일점 거리는 현재보다 가깝고 원일점 거리는 현재보다 멀다. 따라서 우리나라에서 기온의 연교차는 B 시기가 현재보다 크다.

바로알기 ㄱ. 지구 공전 궤도 이심률이 클수록(납작한 타원 궤도일수록) 원일점 거리와 근일점 거리의 차이가 크다. 그럼에서 (원일점 거리-근일점 거리)의 값인 X는 B 시기가 A 시기보다 크므로 지구 공전 궤도 이심률은 B 시기가 A 시기보다 크다.

02 **꼼꼼 문제 분석**



다. 지구 자전축의 기울기는 현재보다 ㉠ 시기가 크므로 북반구 중위도에 위치한 우리나라는 ㉠ 시기에 여름에는 태양의 남중 고도가 높아지고, 겨울에는 태양의 남중 고도가 낮아져 기온의 연교차가 커진다. 또한, 지구 공전 궤도 이심률은 현재보다 ㉠ 시기가 작으므로(공전 궤도가 원 궤도에 가까우므로) 북반구가 여름인 원일점에서 지구와 태양 사이의 거리는 현재보다 ㉠ 시기가 가깝고, 북반구가 겨울인 근일점에서 지구와 태양 사이의 거리는 현재보다 ㉠ 시기가 멀어서 기온의 연교차가 커진다. 따라서 ㉠ 시기에 우리나라에서 기온의 연교차는 현재보다 커진다.

바로알기 ㄱ. 지구 자전축의 기울기는 약 41000년을 주기로 변하고, 지구 공전 궤도 이심률은 약 10만 년을 주기로 변한다. 따라서 변화 주기가 상대적으로 짧은 A는 지구 자전축 기울기의 변화를, 변화 주기가 상대적으로 긴 B는 지구 공전 궤도 이심률의 변화를 나타낸다.

나. 10만 년 후 지구 공전 궤도 이심률(B)과 지구 자전축 기울기(A)는 현재와 유사하다. 계절 변화에 영향을 주는 요인은 지구 자전축의 세차 운동인데 고려하지 않았으므로 지구가 원일점에 있을 때 우리나라는 여름이다.

03 나. 화산이 폭발할 때 분출된 화산재가 성층권에 퍼지면 태양 복사 에너지의 산란이 많이 일어나 지구의 반사율이 커지므로 지구의 평균 기온이 하강한다. (나)에서 지구의 반사율은 평균 기온이 높은 ㉠ 시기보다 평균 기온이 낮은 ㉡ 시기일 때 높다.

다. 기후 변화의 자연적 요인에는 지구 외적 요인과 지구 내적 요인이 있다. (가) 태양 활동의 변화는 지구 외적 요인에 해당하고, (나) 화산 폭발은 지구 내적 요인에 해당한다.

바로알기 ㄱ. 태양의 흑점 수는 약 11년을 주기로 변하는데, 태양 활동이 활발할 때 흑점 수가 많다. 따라서 태양 활동은 B 시기가 A 시기보다 활발하다.

04 ㄱ. 대기 중으로 온실 기체인 이산화 탄소의 배출량이 많을수록 지구의 평균 기온이 상승하는 지구 온난화가 심화된다. 따라서 대기 중으로 이산화 탄소 배출량이 많을 경우는 지구의 평균 기온 편차 값이 큰 (가)이다.

ㄷ. (나)에서 북반구는 남반구보다 기온 편차가 크게 나타나므로 지구 온난화의 영향은 북반구가 남반구보다 더 클 것으로 예측된다.

바로알기 ㄴ. 극지방의 빙하가 녹으면서 지표면의 반사율이 감소하므로 (가)와 (나)는 모두 적도보다 북극에서의 기온 상승 폭이 클 것으로 예측된다.

중단원 핵심 정리 120쪽

① 오른쪽 ② 연안 용승 ③ 연안 침강 ④ 북서 ⑤ 남서
 ⑥ 약 ⑦ 강 ⑧ 커진다 ⑨ 작아진다 ⑩ 상승 ⑪ 이산화탄소

중단원 마무리 문제 121쪽~123쪽

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

01 ㄴ. 동해안 부근은 용승이 일어나 표층에 영양 염류가 공급되기 때문에 먼바다보다 영양 염류가 풍부하다.

ㄷ. 고온 다습한 공기가 용승에 의해 차가워진 해수면 위를 이동하면 냉각에 의해 안개가 발생하게 된다.

바로알기 ㄱ. 우리나라 동해안에서 표층 수온은 해안 쪽이 낮고, 해안에서 먼바다로 갈수록 높아진다. 이는 남풍 계열의 바람이 지속적으로 불어 표층 해수가 바람 방향의 오른쪽 90° 방향인 먼바다 쪽(동쪽)으로 이동하였고, 이를 채우기 위해 해안에서 심층의 차가운 해수가 용승하여 표층 수온이 낮아진 것이다.

02 **꼼꼼 문제 분석**

엘니뇨 시기 (가) ㄱ. 저온, 해수면 높이 낮음 → 고기압(하강 기류)
 엘니뇨 시기 (나) ㄴ. 고온, 해수면 높이 높음 → 저기압(상승 기류)
 라니냐 시기 (가) ㄱ. 저온, 해수면 높이 낮음 → 고기압(하강 기류)
 라니냐 시기 (나) ㄴ. 저온, 해수면 높이 낮음 → 고기압(하강 기류)

ㄴ. 열대 동태평양 해역의 표층 수온은 평년보다 용승이 약하게 일어나는 엘니뇨 시기인 (가)일 때가 (나)일 때보다 더 높다.

바로알기 ㄱ. 엘니뇨 시기에는 무역풍의 약화로 평상시보다 서쪽으로 이동하는 따뜻한 표층 해수의 흐름이 약해져 평년보다 열대

동태평양 해역의 해수면 높이가 높아진다. 라니냐 시기에는 무역풍의 강화로 평상시보다 서쪽으로 이동하는 따뜻한 표층 해수의 흐름이 강해져 평년보다 열대 동태평양 해역의 해수면 높이가 낮아진다. 따라서 열대 동태평양 해역의 해수면은 엘니뇨 시기라니냐 시기보다 높으므로 (가)는 엘니뇨 시기, (나)는 라니냐 시기이다.

ㄷ. 열대 서태평양 해역에서의 상승 기류는 평년보다 표층 수온이 높아 저기압이 형성되는 (나) 시기일 때가 (가) 시기일 때보다 활발하다.

03 ㄱ. 열대 동태평양 해역의 표층 수온 편차가 (+) 값이므로 이 시기는 열대 동태평양 해역의 표층 수온이 평년보다 높은 엘니뇨 시기에 해당한다.

바로알기 ㄴ. 엘니뇨 시기에는 무역풍의 약화로 서쪽으로 흐르는 따뜻한 표층 해수의 흐름이 약해져 열대 서태평양 해역의 표층 수온이 평년보다 낮아진다. 따라서 열대 서태평양 해역에서는 고기압이 형성되어 하강 기류가 발달하기 때문에 평년보다 건조해져 강수량이 적어진다.

ㄷ. 열대 동태평양 해역에서 표층 수온이 평년보다 상승한 것은 무역풍의 약화로 서쪽으로 흐르는 따뜻한 표층 해수의 흐름이 약해져 평년보다 연안 용승이 약해졌기 때문이다. 따라서 열대 동태평양 해역에서는 평년보다 심층의 찬 해수가 덜 올라오기 때문에 표층 해수에 포함된 영양 염류가 감소하여 식물성 플랑크톤의 농도가 낮아진다.

04 **꼼꼼 문제 분석**

(가) 엘니뇨 시기: (-)인 동풍(무역풍)이 약하게 부는 시기이다. → 엘니뇨 시기
 (나) 라니냐 시기: (+)인 동풍(무역풍)이 세게 부는 시기이다. → 라니냐 시기

(가) 시기는 (나) 시기에 비해 바람의 (-) 값이 작으므로 상대적으로 동풍이 약하다. 따라서 (가)는 무역풍(동풍)이 평상시보다 약하게 불 때의 엘니뇨 시기이고, (나)는 무역풍이 평상시보다 강하게 불 때의 라니냐 시기이다.

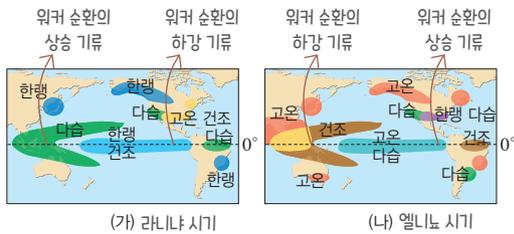
ㄱ. 엘니뇨 시기에는 무역풍이 평상시보다 약하게 불기 때문에 서쪽으로 이동하는 따뜻한 표층 해수의 양이 적어 열대 동태평양 해역의 평균 해수면 높이가 평년보다 높아지고, 라니냐 시기에는

무역풍이 평상시보다 강하게 불기 때문에 서쪽으로 이동하는 따뜻한 표층 해수의 양이 많아 열대 동태평양 해역의 해수면 높이가 평년보다 낮아진다. 따라서 열대 동태평양 해역의 평균 해수면 높이는 (가) 엘니뇨 시기가 (나) 라니냐 시기일 때보다 높다.

ㄴ. 열대 동태평양 해역에서 엘니뇨 시기에는 평년보다 용승이 약하게 일어나고, 라니냐 시기에는 평년보다 용승이 활발하게 일어나기 때문에 열대 동태평양 해역의 해수면 수온은 라니냐 시기보다 엘니뇨 시기에 높다. 따라서 해수면 수온이 높으면 평균 해면 기압이 낮으므로 열대 동태평양 해역의 평균 해면 기압은 (가) 엘니뇨 시기가 (나) 라니냐 시기일 때보다 낮다.

바로알기 ㄷ. (가) 엘니뇨 시기에는 무역풍이 평상시보다 약하게 불기 때문에 적도 해류도 약하게 흐른다. 반면에, (나) 라니냐 시기에는 무역풍이 평상시보다 강하게 불기 때문에 적도 해류가 강하게 흐른다.

05 품평 문제 분석



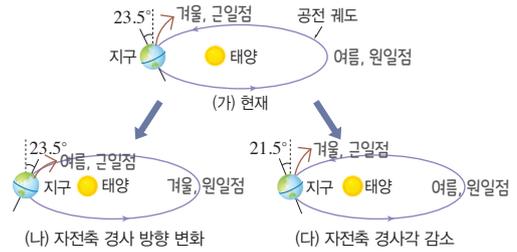
(가)는 열대 서태평양 해역에서 다습한 기후가, 열대 동태평양 해역에서 건조한 기후가 나타나므로 라니냐 시기이다. (나)는 열대 서태평양 해역에서 건조한 기후가, 열대 동태평양 해역에서 다습한 기후가 나타나므로 엘니뇨 시기이다.

ㄴ. 열대 서태평양 해역에서 홍수가 발생할 가능성은 열대 서태평양 해역에 강수량이 많은 시기에 높다. 열대 서태평양 해역의 강수량은 평상시보다 무역풍이 강해져 열대 서태평양 해역의 표층 수온이 높아지는 라니냐 시기에 많다. 따라서 열대 서태평양 해역에서 홍수가 발생할 가능성은 라니냐 시기인 (가)일 때가 엘니뇨 시기인 (나)일 때보다 높다.

바로알기 ㄱ. (가) 라니냐 시기에는 무역풍이 평상시보다 강해지므로 위커 순환에서 열대 서태평양 해역에서의 상승 기류와 열대 동태평양 해역에서의 하강 기류는 평상시보다 모두 강해진다. (나) 엘니뇨 시기에는 무역풍이 평상시보다 약해지므로 서쪽으로 이동하는 따뜻한 표층 해수의 흐름이 약해져 따뜻한 표층 해수가 중앙 태평양 부근까지 분포하게 되고, 이에 따라 열대 서태평양 해역에서 상승 기류가 나타나던 지역이 동쪽으로 이동한다. 따라서 열대 태평양에서 위커 순환의 상승 기류가 나타나는 지역은 엘니뇨 시기인 (나)일 때가 라니냐 시기인 (가)일 때보다 동쪽에 위치한다.

ㄷ. 라니냐 시기에는 열대 동태평양 해역에서 평년보다 용승이 강해져 온난 수역의 두께가 얇아지므로 수온 약층이 시작되는 깊이가 얕아지고, 엘니뇨 시기에는 열대 동태평양 해역에서 평년보다 용승이 약해져 온난 수역의 두께가 두꺼워지므로 수온 약층이 시작되는 깊이가 깊어진다. 따라서 열대 동태평양 해역에서 수온 약층이 시작되는 깊이는 라니냐 시기인 (가)일 때가 엘니뇨 시기인 (나)일 때보다 얕다.

06 품평 문제 분석

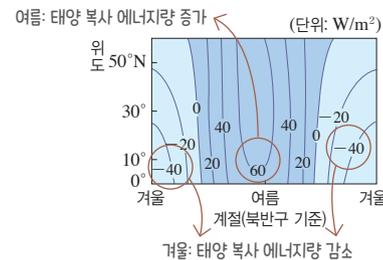


ㄱ. (가)에서는 근일점에서 우리나라가 겨울이므로 지구가 근일점에 가까울수록 우리나라의 평균 기온이 낮아진다.

바로알기 ㄴ. (가) → (나)로 변하면 근일점일 때 우리나라는 여름이고, 원일점일 때 우리나라는 겨울이므로 여름의 기온은 현재보다 상승하고, 겨울의 기온은 현재보다 하강하여 기온의 연교차가 현재보다 커진다.

ㄷ. 지구 자전축의 경사각이 감소하면 우리나라는 하짓날에 태양의 남중 고도가 낮아지고, 낮의 길이가 짧아진다. 지구 자전축의 경사각은 (가)=(나)>(다)이므로 우리나라의 하짓날 낮의 길이는 (다)의 경우가 가장 짧다.

07 품평 문제 분석



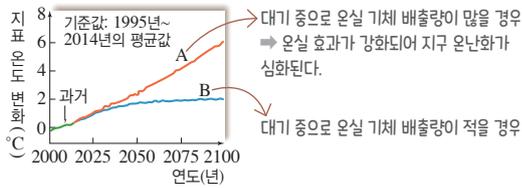
시점 A: 북반구에서 여름 기온이 현재보다 상승하고, 겨울 기온이 현재보다 하강한다. → 기온의 연교차가 현재보다 커진다.

ㄱ. 지구 공전 궤도 이심률이 현재보다 작아지는 경우에는 공전 궤도 모양이 현재보다 원에 가까워 근일점 거리가 더 멀어지고, 원일점 거리가 더 가까워지므로 북반구에서 여름 기온이 현재보다 상승하고, 겨울 기온이 현재보다 하강한다.

ㄴ. 지구 자전축의 경사각이 현재보다 커지는 경우에는 북반구에서 여름에 태양의 남중 고도가 높아지고, 겨울에 태양의 남중 고도가 낮아지므로 여름 기온이 현재보다 상승하고, 겨울 기온이 현재보다 하강한다.

ㄷ. 현재 북반구는 원일점에서 여름이다. 세차 운동에 의해 지구 자전축의 경사 방향이 현재와 반대가 되면 북반구는 근일점에서 여름이 되고, 원일점에서 겨울이 되므로 북반구에서 여름 기온이 현재보다 상승하고, 겨울 기온이 현재보다 하강한다.

08 고풍 문제 분석



ㄱ, ㄴ. 미래 시나리오 A의 지표 온도 변화가 B보다 더 큰 까닭은 A가 B보다 대기 중 온실 기체의 농도가 더 높아 온실 효과가 더 활발하게 일어나기 때문이다. 지구 온난화로 지표 온도와 수온이 상승하면 해수의 증발량이 증가하여 대기 중의 수증기가 많아지므로 지구 전체의 강수량이 증가한다. 따라서 지구 전체의 강수량은 지표 온도 변화가 큰 미래 시나리오 A가 B보다 더 크게 증가한다.

ㄷ. 미래 시나리오 A가 B보다 지표 온도가 더 크게 상승하므로 빙하의 용해와 해수의 열팽창에 의한 지구의 평균 해수면 높이 상승 폭은 A가 B보다 더 크게 나타난다.

바로알기 ㄷ. 미래 시나리오 A가 B보다 지표 온도가 더 크게 상승하여 빙하의 용해가 더 잘 일어나므로 극지방의 대륙 빙하 면적은 A가 B보다 더 작게 나타난다.

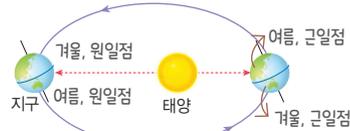
09 엘니뇨 시기에는 약한 무역풍으로 인해 서쪽으로 이동하는 따뜻한 표층 해수의 양이 줄어 열대 동태평양 해역에서 평년보다 용승이 약해진다. 따라서 열대 동태평양 해역의 표층 수온이 평년보다 높아지고, 온난 수역의 두께가 두꺼워지며, 수온 약층이 시작되는 깊이가 깊어진다. 라니냐 시기에는 강한 무역풍으로 인해 서쪽으로 이동하는 따뜻한 표층 해수의 양이 늘어 열대 동태평양 해역에서 평년보다 용승이 강해진다. 따라서 열대 동태평양 해역의 표층 수온이 평년보다 낮아지고, 온난 수역의 두께가 얇아지며, 수온 약층이 시작되는 깊이가 얕아진다.

모범 답안 엘니뇨 시기에는 열대 동태평양 해역에서 평년보다 용승이 약해져 표층 수온이 높아지므로 수온 약층이 시작되는 깊이가 깊어진다. 라니

냐 시기에는 열대 동태평양 해역에서 평년보다 용승이 강해져 표층 수온이 낮아지므로 수온 약층이 시작되는 깊이가 얕아진다.

채점 기준	배점
엘니뇨 시기와 라니냐 시기의 열대 동태평양 해역에서 용승과 수온 약층이 시작되는 깊이를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
엘니뇨 시기와 라니냐 시기 중에서 한 가지만 열대 동태평양 해역에서 용승과 수온 약층이 시작되는 깊이를 옳게 서술한 경우	50 %

10 고풍 문제 분석



약 13000년 후 근일점에서 남반구는 겨울이 된다. 현재 북반구는 원일점에서 여름이고, 약 13000년 후에는 근일점에서 여름이 되므로 북반구의 여름 기온은 현재보다 높아진다.

모범 답안 겨울, 북반구의 여름 기온은 현재보다 높아진다.

채점 기준	배점
근일점에서 남반구의 계절과 북반구의 여름 기온 변화를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
근일점에서 남반구의 계절만 옳게 쓴 경우	50 %
북반구의 여름 기온 변화만 옳게 서술한 경우	50 %

11 지구는 흡수한 태양 복사 에너지만큼 지구 복사 에너지를 방출하면서 우주와 에너지를 주고받는다. 이때 대기 중의 온실 기체는 주로 파장이 짧은 가시광선 형태인 태양 복사 에너지를 대부분 통과시키지만, 주로 파장이 긴 적외선 형태인 지구 복사 에너지를 흡수한다.

모범 답안 지구 대기 중의 온실 기체가 태양 복사 에너지는 대부분 통과시키고, 지구 복사 에너지는 흡수하였다가 일부를 지표면으로 재복사하는 과정에서 지표면의 온도를 높인다.

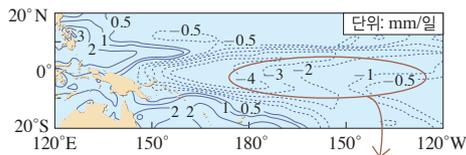
채점 기준	배점
모범 답안과 같이 서술한 경우	100 %
온실 기체에 의해 대기의 재복사로 지표면의 온도가 상승한다고만 옳게 서술한 경우	40 %
온실 기체에 의해 지표면의 온도가 상승한다고만 옳게 서술한 경우	20 %

중단원 고난도 문제

123쪽

01 ③ 02 ②

01 — 꼼꼼 문제 분석



열대 해역의 중앙 태평양과 동태평양에서 강수량이 평년보다 적다. → 라니냐 시기에 해당

선택지 분석

- ㉠ 워커 순환은 평상시보다 강하게 나타난다.
- ㉡ 열대 서태평양 해역에서 표층 수온 편차는 0보다 작다. 크다.
- ㉢ 평균 해면 기압은 열대 동태평양 해역보다 서태평양 해역이 작다.

전략적 풀이 ① 강수량 편차를 통해 엘니뇨 시기인지 라니냐 시기인지를 파악한다.

열대 서태평양 해역은 강수량 편차가 (+) 값이므로 평년보다 강수량이 많고, 열대 중앙 태평양~동태평양 해역은 강수량 편차가 (-) 값이므로 평년보다 강수량이 적다. 따라서 이 시기는 열대 동태평양 해역에서 고기압이 형성되어 하강 기류가 발달하는 라니냐 시기이다.

② 라니냐 시기와 평상시의 워커 순환을 무역풍의 세기와 연관시켜 서로 비교한다.

ㄱ. 평상시에는 무역풍으로 인해 열대 서태평양 해역에서는 따뜻한 표층 해수로부터 열과 수증기를 공급받은 공기가 상승하여 강수대가 형성되고, 상대적으로 온도가 낮은 열대 동태평양 해역은 공기가 하강한다. 이로 인해 열대 태평양 해역에서는 동서 방향의 거대한 순환이 형성되는데, 이를 워커 순환이라고 한다. 따라서 워커 순환은 평상시보다 무역풍이 세게 부는 라니냐 시기에 강하게 나타난다.

㉢ 무역풍의 세기와 이동하는 따뜻한 표층 해수 양과의 관계를 파악하여 라니냐 시기에 열대 서태평양 해역의 표층 수온 변화를 알아본다.

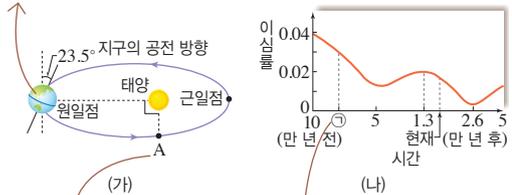
ㄴ. 라니냐 시기에는 무역풍의 강화로 평상시보다 서쪽으로 이동하는 따뜻한 표층 해수의 양이 많아져 열대 서태평양 해역의 표층 수온이 평년보다 높아지고, 열대 동태평양 해역의 표층 수온이 평년보다 낮아지므로 열대 서태평양 해역의 표층 수온 편차는 (+) 값으로 나타난다.

④ 강수량 편차 자료를 통해 라니냐 시기에 열대 동태평양 해역과 서태평양 해역의 기압 분포를 파악하여 열대 동태평양 해역과 서태평양 해역의 평균 해면 기압의 크기를 비교한다.

ㄷ. 열대 서태평양 해역은 평년보다 강수량이 많으므로 저기압을 형성하고, 열대 중앙 태평양~동태평양 해역은 평년보다 강수량이 적으므로 고기압을 형성한다. 따라서 라니냐 시기에 평균 해면 기압은 열대 동태평양 해역보다 서태평양 해역이 작다.

02 — 꼼꼼 문제 분석

현재 지구 자전축의 경사각이 약 23.5°이고, 북반구는 원일점에서 여름이며 근일점에서 겨울이다.



세차 운동 방향은 지구의 자전 방향과 반대이고, 주기는 약 26000년이다. → 현재보다 근일점 거리는 가깝고, 원일점 거리는 멀다. → 근일점과 원일점에서의 평균적인 일사량의 차이는 현재보다 컸다.

선택지 분석

- ㉠ 약 6500년 후 북반구는 A 부근에서 가을이 된다. 겨울
- ㉡ ㉠ 시기에 근일점과 원일점에서의 일사량 차이는 현재보다 컸다.
- ㉢ 약 26000년 후 우리나라는 기온의 연교차가 현재보다 작아진다. 커진다.

전략적 풀이 ① (가)로부터 현재 지구 자전축의 경사 방향과 근일점, 원일점에서의 계절을 파악한다.

(가)에서 현재 지구 자전축의 경사각이 약 23.5°이고, 북반구는 원일점에서 여름이며 근일점에서 겨울이다. (나)에서 ㉠ 시기에 는 지구 공전 궤도 이심률이 현재보다 크다.

② 지구 자전축의 세차 운동으로 약 6500년 후와 약 26000년 후 지구 자전축의 회전을 파악하고, 지구 공전 궤도 이심률과 연계하여 우리나라에서 기온의 연교차를 알아본다.

ㄱ. (가)에서 세차 운동 결과, 약 6500년 후에 지구 자전축의 경사 방향은 시계 방향으로 약 90° 돌아가 있을 것이다. 그 상태에서 지구가 A 부근에 위치하면 현재 지구가 근일점에 있을 때처럼 지구 자전축의 남쪽이 태양을 향하므로 북반구에서 태양의 남중 고도가 낮게 나타나는 겨울이 된다.

ㄷ. (가), (나)에서 약 26000년 후 세차 운동에 의해 지구의 자전축은 현재와 같은 방향이 되어 북반구는 원일점에서 여름, 근일점에서 겨울이 되며, 지구 공전 궤도 이심률이 현재보다 작아져 원일점 거리가 가까워지고 근일점 거리가 멀어진다. 약 26000년 후 우리나라는 여름 기온이 현재보다 상승하고, 겨울 기온이 현재보다 하강하여 기온의 연교차가 현재보다 커진다.

③ 지구 공전 궤도 이심률의 변화에 따른 근일점 거리와 원일점 거리의 변화를 이해한다.

ㄴ. ㉠ 시기에 지구 공전 궤도 이심률이 현재보다 크기 때문에 근일점 거리는 현재보다 가까웠고, 원일점 거리는 현재보다 멀었다. 따라서 근일점과 원일점에서의 평균적인 일사량의 차이는 현재보다 컸다.

지구의 역사와 한반도의 암석

1 지구의 역사

01 / 지층의 형성 순서와 나이

개념 확인 문제

128쪽

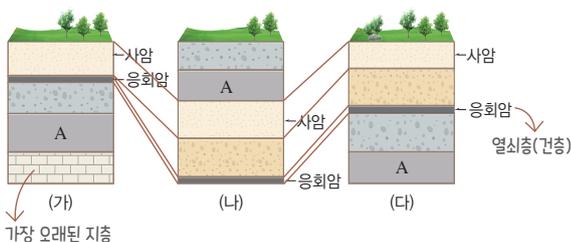
① 상대연령 ② 동일과정의 원리 ③ 수평 ④ 먼저 ⑤ 동물군천이의 법칙 ⑥ 나중에 ⑦ 부정합면 ⑧ 열쇠층(건층) ⑨ 표준 화석

1 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ (5) × 2 (가) A → C → B (나) A → B → C 3 (1) 응회암층 (2) 같은 시기가 아니다 (3) (가) 지역 4 (1) 동물군천이의 법칙 (2) 관입의 법칙 (3) D → C → B → E → A

- (1) 수평퇴적의 법칙에 따르면 일반적으로 퇴적물은 수평으로 쌓인다. 따라서 현재 지층이 기울어져 있거나 휘어져 있다면 지층이 쌓인 후 지각 변동이 있었을 것이다.
(2) 지층이 역전되지 않았다면 지층 누층의 법칙에 따라 아래쪽 지층이 위쪽 지층보다 먼저 생성되었다.
(3) 동물군천이의 법칙에 따르면 나중에 생성된 지층일수록 더 진화된 생물 화석이 나타난다.
(4) 부정합의 법칙에 따르면 부정합면을 경계로 상하 지층은 생성 시기의 차이가 크게 나타난다.
(5) 관입의 법칙에 따르면 관입한 암석이 관입당한 지층보다 나중에 생성되었다.

- (가) 지역에서는 화성암(B)의 위아래 암석 A와 C에 모두 변성 부분이 나타나므로 A, C가 생성된 후 B가 관입한 것이다.
(나) 지역에서는 화성암(B) 위의 암석 C에는 변성 부분이 없고, 기저 역암이 나타나므로 B가 분출한 후 C가 생성된 것이다.

3 - 꼼꼼 문제 분석

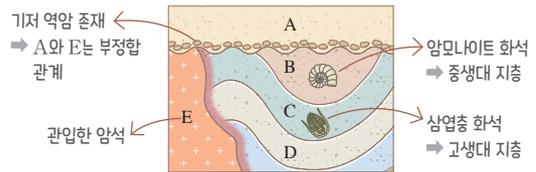


(1) 열쇠층(건층)은 지층 대비에 기준이 되는 층으로, 비교적 짧은 시기 동안 퇴적되었으면서 넓은 지역에 분포하는 지층이 이용된다. 열쇠층으로는 보통 응회암층, 석탄층 등이 많이 이용되는데, (가)~(다) 세 지역에서는 모두 화산 활동으로 화산재가 퇴적되어 생성된 응회암층이 나타나므로 이를 이용하여 지층을 대비할 수 있다.

(2) (가), (다) 지역의 A 지층은 같은 시기에 생성되었지만, (나) 지역의 A 지층은 나중에 생성되었다.

(3) 가장 오래된 지층은 (가) 지역의 맨아래에 있는 지층이다.

4 - 꼼꼼 문제 분석



(1) B층과 C층의 생성 순서는 동물군천이의 법칙을 적용하여 발견되는 화석을 이용하여 판단할 수 있다. C층에서는 고생대의 생물인 삼엽충 화석, B층에서는 중생대의 생물인 암모나이트 화석이 발견되므로 C층이 B층보다 먼저 생성되었다는 것을 알 수 있다.

(2) C층과 E층의 생성 순서는 관입당한 지층이 관입한 암석보다 먼저 생성되었다는 관입의 법칙을 적용하여 판단할 수 있다. 따라서 C층이 생성된 이후에 화성암 E가 관입되었다.

(3) A층에는 기저 역암이 나타나므로 A층과 A층 아래에 있는 지층과 암석은 시간적 간격이 큰 부정합 관계에 있다. 따라서 지층과 암석의 생성 순서는 D층 퇴적 → C층 퇴적 → B층 퇴적 → (습곡) → 화성암 E 관입 → (부정합) → A층 퇴적이다.

완자샘 비법 특강

131쪽

Q1 3T Q2 26억 년

Q1 모원소의 처음 양은 16 mg이고, 붕괴하여 생성된 원소가 14 mg이므로 모원소의 남은 양은 2 mg이다. 따라서 모원소의 처음 양에 대한 남은 양의 비율은 $\frac{2}{16} = \frac{1}{8} (=12.5\%)$ 이므로 반감기가 3번 지났기 때문에 절대연령은 반감기 × 반감기 횟수 = 3T이다.

Q2 모원소는 칼륨이고, 자원소는 아르곤이다. 칼륨의 처음 양은 80 mg이고, 남은 칼륨의 양은 20 mg이다. 따라서 모원소의 처음 양에 대한 남은 양의 비율은 $\frac{20}{80} = \frac{1}{4}$ (=25 %)이므로 반감기가 2번 지났다. 따라서 절대연령은 반감기×반감기 횟수 = 13억 년×2번=26억 년이다.

개념 확인문제

132쪽

- 1 절대연령 2 방사성 동위원소 3 모원소 4 자원소 5 반감기
6 반감기 횟수

- 1 ㉠ 모원소, ㉡ 자원소, ㉢ 일정, ㉣ 반감기 2 (1) ○ (2) ×
(3) × (4) ○ (5) × 3 3T 4 3억 년 5 (나), (라)
6 (1) A: 모원소, B: 자원소, 반감기: 2억 년 (2) 1 : 3 (3) 6억 년

1 방사성 동위원소의 붕괴 속도가 온도와 압력 변화에 관계없이 일정하므로 방사성 동위원소의 반감기도 일정하다. 절대연령은 암석이나 광물의 생성 시기를 수치로 나타내는 것으로, 방사성 동위원소의 반감기를 이용하여 측정한다.

2 (1) 방사성 동위원소의 반감기가 2번 지나면 남아 있는 모원소의 양은 처음 양의 25 % (= $\frac{1}{4}$)이므로 모원소 : 자원소 = 1 : 3이다.

(2) 반감기가 짧은 방사성 동위원소는 가까운 시기의 절대연령 측정에, 반감기가 긴 방사성 동위원소는 오래된 시기의 절대연령 측정에 유리하다.

(3) 쇄설성 퇴적암에서 방사성 동위원소의 반감기를 이용하여 측정한 절대연령은 퇴적암의 생성 시기가 아니라 퇴적암을 이루고 있는 퇴적물 근원암의 절대연령이다.

(4) 화성암에서 방사성 동위원소의 반감기를 이용하면 화성암을 이루는 광물의 정출 시기를 알 수 있다.

(5) 서로 떨어진 지층을 대비하여 지층의 생성 순서를 상대적으로 나타낸 것은 상대연령이다. 절대연령은 지층의 암석이 생성된 시기를 수치로 나타내는 것이다.

3 어떤 암석에 포함되어 있는 방사성 동위원소의 반감기가 3번 지났다면 암석의 나이는 반감기×반감기 횟수로 구할 수 있다. 따라서 이 암석에 포함되어 있는 방사성 동위원소의 반감기가 T이므로 암석의 나이는 3T이다.

4 방사성 동위원소 X가 5개, 자원소 X'는 15개로 모원소 : 자원소 = 1 : 3이고, 남은 방사성 동위원소의 양은 처음 양의 $\frac{5}{20} = \frac{1}{4}$ (=25 %)이므로 반감기가 2번 지났다. 따라서 화성암이 생성된 후 6억 년 동안 X의 반감기가 2번 지났으므로 X의 반감기는 6억 년÷2번=3억 년이다.

5 — 품평 문제 분석

- X의 반감기 횟수: 2억 년÷1억 년=2번
- Y의 반감기 횟수: 2억 년÷2억 년=1번
- 2억 년 후 남아 있는 모원소의 양 = $(\frac{1}{2})^{\text{반감기 횟수}} \times \text{모원소의 처음 양}$

암석	(가)	(나)	(다)	(라)
방사성 동위원소	X	Y	Y	X
생성 당시 방사성 동위원소의 양	40 g	24 g	12 g	20 g
반감기 횟수	2번	1번	1번	2번
2억 년 후 남아 있는 모원소의 양	10 g	12 g	6 g	5 g

방사성 동위원소 X의 반감기는 1억 년, Y의 반감기는 2억 년이다. 따라서 암석이 생성된 후 2억 년이 지났을 때 방사성 동위원소 X는 반감기가 2번, Y는 반감기가 1번 지났으므로 모원소의 양은 각각 처음 양의 $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ 이 남아 있다. 따라서 암석이 생성되고 2억 년 후 모원소의 양이 가장 많이 남아 있는 것은 (나)이고, 가장 적게 남아 있는 것은 (라)이다.

6 (1) 모원소의 양은 시간이 지날수록 감소하고 자원소의 양은 시간이 지날수록 증가하므로 A는 모원소, B는 자원소이다. 모원소가 처음 양의 절반(50 %)이 되는 데 걸리는 시간이 반감기이므로 그림에서 방사성 동위원소의 반감기는 2억 년이다.

(2) 모원소가 처음 양의 25 % (= $\frac{1}{4}$)가 남아 있으면 반감기가 2번 지난 것이므로 A : B(모원소 : 자원소)는 1 : 3이다.

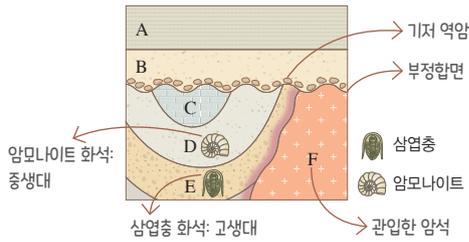
(3) 남아 있는 모원소의 양이 처음 양의 $\frac{1}{8}$ 이므로 반감기가 3번 지났다. 따라서 암석의 절대연령은 2억 년×3번=6억 년이다.

대표 자료 분석 1

133쪽

- 1** 상대연령 **2** (1) 지층 누층의 법칙 (2) 수평퇴적의 법칙 (3) 관입의 법칙 (4) 동물군천이의 법칙 (5) 부정합의 법칙 **3** (1) 지층 누층의 법칙, B → A (2) 부정합의 법칙, F → B (3) 동물군천이의 법칙, E → D (4) 관입의 법칙, E → F **4** (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ (5) × (6) ○

꼼꼼 문제 분석



- B와 C 지층 사이, B 지층과 F 암석 사이에는 부정합면이 존재한다.
- 부정합은 퇴적 → 융기 → 침식 → 침강 → 퇴적의 과정을 거쳐 만들어진다. → 부정합면이 있으면 퇴적이 중단된 적이 있고, 과거에 융기한 적이 있음을 알 수 있다.

1 동일과정의 원리를 기본 원리로 지사학 법칙이나 지층 대비를 이용하여 지층이나 암석의 생성 순서와 지질학적 사건의 선후 관계를 상대적으로 나타낸 것을 상대연령이라고 한다.

- 2** (1) 지층이 역전되지 않았다면 아래쪽 지층일수록 먼저 생성된 지층이라는 것은 지층 누층의 법칙에 해당한다.
 (2) 퇴적물이 중력의 영향으로 수평으로 쌓인다는 것은 수평퇴적의 법칙에 해당한다.
 (3) 관입한 암석이 관입당한 암석보다 나중에 생성되었다는 것은 관입의 법칙에 해당한다.
 (4) 퇴적 시기가 다른 지층에서 발견되는 화석의 종류가 달라진다는 것은 동물군천이의 법칙에 해당한다.
 (5) 부정합면을 경계로 상하 지층 사이에 긴 시간 간격이 있다는 것은 부정합의 법칙에 해당한다.

- 3** (1) 지층이 역전되지 않았으므로 A와 B 지층은 지층 누층의 법칙에 따라 아래에 있는 B 지층이 먼저 생성된 것이다. 따라서 지층의 생성 순서는 B → A이다.
 (2) B 지층과 F 사이에는 부정합면이 있으므로 부정합의 법칙에 따라 부정합면 아래에 있는 F가 먼저 생성된 것이다. 따라서 지층의 생성 순서는 F → B이다.
 (3) D와 E 지층에서는 화석이 발견되므로 동물군천이의 법칙을 적용할 수 있다. 삼엽충은 고생대에, 암모나이트는 중생대에 살았던 생물이므로 E 지층이 D 지층보다 먼저 생성되었다. 따라서 지층의 생성 순서는 E → D이다.
 (4) E 지층과 F는 관입의 법칙에 따라 관입한 F가 나중에 생성된 것이다. 따라서 지층의 생성 순서는 E → F이다.

4 (1) C, D, E 지층에는 습곡이 나타나므로 수평퇴적의 법칙에 따라 지층이 퇴적되었다가 지각 변동을 받아 휘어진 것이다.

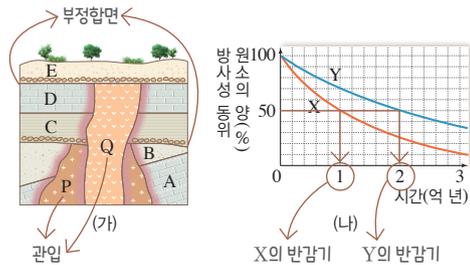
- (2), (3) 부정합면과 기저 역암이 존재하므로 부정합이 형성되었다. 따라서 이 지역은 과거에 융기한 적이 있고, 과거에 퇴적이 중단된 적이 있다.
 (4) 지사학 법칙을 적용하면 이 지역에서 지층과 암석의 생성 순서는 E → D → C → F → B → A이다.
 (5) B 지층과 화성암 F 사이에 부정합면이 있으므로 B 지층과 화성암 F의 생성 시기가 크게 차이가 난다. 따라서 B 지층과 화성암 F의 접촉부에서 B 지층은 변성 작용을 받지 않았다.
 (6) E 지층에서는 고생대에 살았던 삼엽충 화석이 발견되므로 E 지층은 고생대에 생성되었다.

대표 자료 분석 2

134쪽

- 1** A → B → P → C → D → Q → E **2** (1) 받았다 (2) 짧다
(3) 0.6억 년 **3** ② **4** (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) ○ (6) ×

꼼꼼 문제 분석



- 1** 이 지역의 지층과 암석의 생성 순서는 A 퇴적 → B 퇴적 → P 관입 → (부정합) → C 퇴적 → D 퇴적 → Q 관입 → (부정합) → E 퇴적이다.
- 2** (1) (가)에서 화성암 P와 Q가 관입한 후 부정합이 형성되었으므로 각각 침식 작용을 받았다.
 (2) (나)에서 방사성 동위원소 X의 반감기는 1억 년이고, 방사성 동위원소 Y의 반감기는 2억 년이다.
 (3) 화성암 Q에 포함된 방사성 동위원소 Y의 양은 처음 양의 80%이므로 (나)에서 절대연령을 구하면 0.6억 년이다.
- 3** ② 지층 C와 D는 화성암 P보다 나중에 생성되었고, 화성암 Q보다 먼저 생성되었다. 화성암 P에 포함된 방사성 동위원소 X의 양은 처음 양의 50%이므로 반감기가 1번 지났기 때문에 화성암 P의 절대연령은 1억 년이고, 화성암 Q의 절대연령은 0.6억 년이다. 따라서 지층 C와 D의 절대연령의 범위는 0.6억 년~1억 년이다.

4 (1) 반감기는 방사성 동위원소가 처음 양의 절반(50%)이 되는 데 걸리는 시간이므로 (나)에서 방사성 동위원소 Y의 반감기는 2억 년이다.

(2) (나)에서 방사성 동위원소 X의 반감기는 1억 년이고, Y의 반감기는 2억 년이므로 $\frac{Y \text{의 반감기}}{X \text{의 반감기}} = 2$ 이다.

(3) 2억 년 된 암석 속에 포함된 방사성 동위원소 X는 반감기가 2억 지났으므로 방사성 동위원소 X의 양은 생성 당시의 25%가 남아 있다.

(4) 화성암 P가 생성(1억 년 전)된 이후 부정합이 형성되었고, 지층 C와 D가 퇴적된 이후 화성암 Q가 생성(0.6억 년 전)되었으며 이후 부정합이 형성되었다. 따라서 1억 년 전~0.6억 년 전 기간 동안 이 지역은 융기, 침강 작용을 받았다.

(5) (가)의 지질 단면도에서 2개의 부정합면이 관찰된다. 부정합이 형성되기 위해서는 지층이 생성된 후 융기하여 침식 작용을 받고 다시 침강한 후 그 위에 새로운 지층이 퇴적되어야 한다. 이 과정을 최소한 2번 겪어야 2개의 부정합면이 형성된다. 그리고 다시 융기해야 지층이 육지에 드러나 발견이 된다. 따라서 과거 이 지역에서는 최소 3번의 융기와 2번의 침강이 있었을 것이다.

(6) 화성암 P에 포함되어 있는 방사성 동위원소 X의 양은 처음 양의 50%이므로 모원소와 자원소의 비율은 50% : 50% = 1 : 1이다.

내신 만점 문제

135쪽~138쪽

- 01 동일과정의 원리 02 ③ 03 해설 참조 04 ④
 05 ③ 06 ③ 07 ① 08 해설참조
 09 세일층 10 ③ 11 ③ 12 ⑤ 13 ② 14 ①
 15 ⑤ 16 A=C>B 17 1억 년~2억 년 18 ④
 19 해설 참조

01 현재 지구상에서 일어나고 있는 지질 현상은 과거에도 동일한 과정을 거쳐 일어났기 때문에 현재 일어나는 지질 현상을 관찰하여 과거를 해석할 수 있다는 것을 동일과정의 원리라고 한다. 동일과정의 원리는 지구의 지형이 홍수, 화산 활동, 지진 등과 같은 격변으로 형성되었다는 기존의 생각과 대비되는 새로운 주장으로 지질 현상을 관찰하고 설명하는 지사학의 기본 원리가 되었다.

02 나. 동물군천이의 법칙에 의하면 진화된 생물 화석이 발견되는 지층일수록 더 나중에 생성된 지층이다. 따라서 (나)는 A에

서 고생대의 삼엽충 화석이, B에서 중생대의 암모나이트 화석이 발견되므로 A가 B보다 더 오래된 지층이다.

르. (라)에서 A에는 기저 역암이 나타나므로 A와 B 사이에는 부정합면이 존재한다. 따라서 부정합의 법칙에 의하면 부정합면을 경계로 상하 지층 사이에는 긴 시간 간격이 있으므로 B는 A보다 매우 오래된 지층이다.

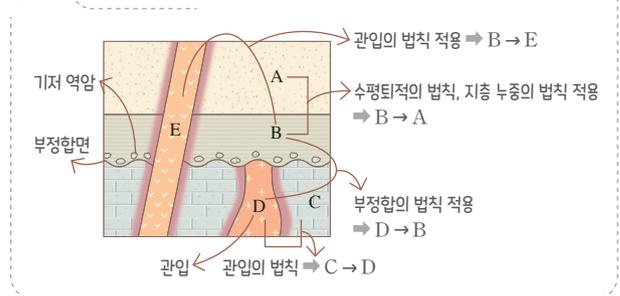
바로알기 가, 다. 화성암이 관입하면 관입당한 지층의 경계에서 변성암이 나타나며, 포획암이 있는 지층이 나중에 생성된 것이다. (가)는 관입의 법칙에 의해 B가 A를 관입하였으므로 A가 B보다 먼저 생성되었다. (다)는 지층 A 속에 B의 화성암 조각들이 나타나는 것으로 보아 B의 화성암이 침식되고, 그 위에 지층 A가 퇴적되었다.

03 (가) 지역에서는 화성암 A에 의해 변성을 받은 부분(변성암)이 존재하므로 B가 퇴적된 후 A가 관입하였다. (나) 지역에서는 신생대의 표준 화석인 화폐석 화석이 산출되는 D가 중생대의 표준 화석인 암모나이트 화석이 산출되는 C보다 나중에 생성되었다. (가) 지역은 B가 퇴적되고 A가 관입하였으므로 관입의 법칙이 적용되었고, (나)는 표준 화석을 이용하였으므로 동물군천이의 법칙이 적용되었다.

모범 답안 (가)는 지층과 암석의 생성 순서가 B → A이고, 관입의 법칙이 적용된다. (나)는 지층의 생성 순서가 C → D이고, 동물군천이의 법칙이 적용된다.

채점 기준	배점
(가)와 (나)에서 지층과 암석의 생성 순서와 적용된 지사학 법칙을 모두 옳게 서술한 경우	100%
(가)와 (나) 중 한 가지만 지층과 암석의 생성 순서와 적용된 지사학 법칙을 옳게 서술한 경우	50%
(가)와 (나)에서 지층과 암석의 생성 순서만 옳게 쓴 경우	40%

04 - 꼼꼼 문제 분석



① A와 B는 지층이 수평으로 퇴적되어 있으므로 수평퇴적의 법칙이 적용된다.

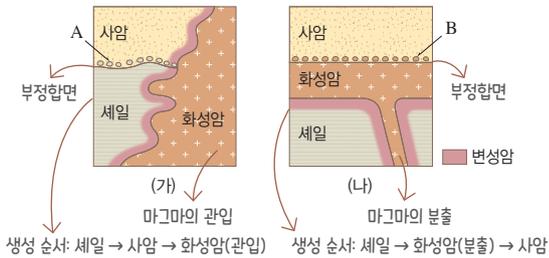
② 지층 누층의 법칙이 적용되어 아래에 있는 B가 A보다 먼저 퇴적되었다.

③ B에 기저 역암이 있으므로 B와 D는 부정합의 법칙이 적용되어 두 지층의 생성 시기 사이에는 긴 시간적 간격이 있다.

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

바로알기 ④ B를 E가 관입하였으므로 관입의 법칙이 적용된다. 이 지역에서는 화석이 발견되지 않았으므로 동물군천이의 법칙이 적용되지 않는다.

05 **꼼꼼 문제 분석**



마그마가 지층이나 암석을 관입할 때와 지표로 분출할 때 마그마의 열에 의한 변성대와 부정합면 위에 존재하는 지저 역암의 근원암이 달라진다.

ㄱ. (가)에서는 변성암이 세일과 사암 주변에서 모두 나타나므로 세일과 사암이 퇴적된 후 마그마가 관입한 것이다.

ㄷ. (가)에서 지층과 암석의 생성 순서는 세일 → 사암 → 화성암이고, (나)에서 지층과 암석의 생성 순서는 세일 → 화성암 → 사암이다.

바로알기 ㄴ. A는 세일이 풍화·침식되면서 생긴 조각이 사암에 포함된 것이고, B는 화성암이 풍화·침식되면서 생긴 조각이 사암에 포함된 것이다.

06 ㄱ. D, E의 최상부가 O-O'에 의해 깎여 있는 것으로 보아 O-O'는 부정합면이다.

ㄴ. 지층 누층의 법칙, 관입의 법칙, 부정합의 법칙 등 지사학 법칙을 적용하면 지층과 암석의 생성 순서는 D 퇴적 → E 관입 → (부정합) → C 퇴적 → (단층) → (부정합) → B 퇴적 → A 퇴적 → F 분출이다. 따라서 가장 최근에 생성된 암석은 F이다.

바로알기 ㄷ. 부정합면 O-O'를 단층 P-P'가 끊었으므로 단층이 나중에 형성되었다.

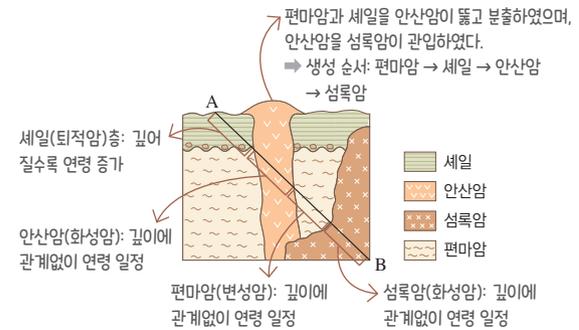
07 ① 지층 누층의 법칙에 의하면 지각 변동으로 지층이 역전되지 않았다면 아래에 있는 지층일수록 연령(나이)이 많고, 같은 지층 내에서도 아래쪽에 위치한 암석의 연령이 더 많다. 관입의 법칙에 의하면 관입한 화성암은 기존의 지층을 구성하는 암석보다 나중에 생성되기 때문에 연령이 적다. 지층과 암석의 생성 순서는 사암 → 세일 → 석회암 → 화강암이고, 화강암은 마그마의 관입으로 생성되었으므로 화강암이 나타나는 부분은 연령이 일

정하다. 따라서 X-X'에 해당하는 지층과 암석의 연령은 화강암이 나타나는 가운데 부분에서 연령이 가장 적고, 사암이 나타나는 부분에서 연령이 가장 많다.

개념 보충 암석의 연령

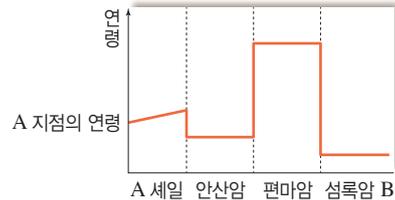
- 퇴적암: 하나의 지층에서 아랫부분이 윗부분보다 먼저 퇴적되어 암석이 생성되었으므로 위로 올라갈수록 연령이 적어진다.
- 화성암: 마그마가 식어 거의 동시에 굳어져 생성되므로 연령이 거의 유사하다.
- 변성암: 암석이 거의 동시에 변성 작용(높은 열과 압력)을 받아 생성되므로 화성암처럼 연령이 거의 유사하다.

08 **꼼꼼 문제 분석**



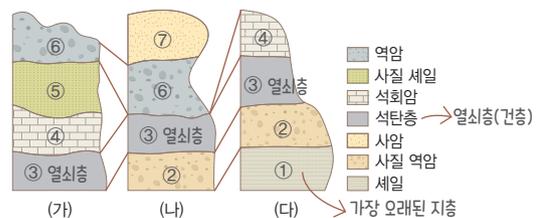
A에서 B로 갈수록 퇴적암인 세일층 내에서의 연령이 증가한다. 화성암인 안산암, 변성암인 편마암, 화성암인 섬록암 내에서는 연령이 거의 일정하며, 세 암석 중에서는 편마암의 연령이 가장 많고, 섬록암의 연령이 가장 적다.

모범 답안



채점 기준	배점
네 암석의 연령을 그래프에 모두 옳게 나타낸 경우	100 %

09 **꼼꼼 문제 분석**

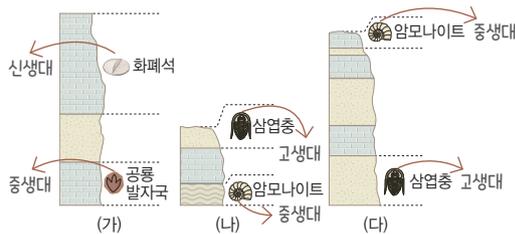


(가)~(다) 지역에서 지층의 생성 순서는 셰일층 → 사질 역암층 → 석탄층 → 석회암층 → 사질 셰일층 → 역암층 → 사암층이다. 따라서 가장 오래된 지층은 셰일층이다.

10 ③ D의 삼엽충과 H의 필척은 고생대에, C의 암모나이트와 E의 공룡은 중생대에 서식했던 생물이다. 따라서 C와 E는 중생대에 퇴적된 지층이고, D와 H는 고생대에 퇴적된 지층이다.

바로알기 A, G와 B, F 지층에서는 고사리와 산호 화석이 각각 발견된다. 고사리와 산호는 과거부터 현재까지 오랜 기간 동안 서식하는 생물이므로 이들 화석이 발견되는 지층(A, G, B, F)의 정확한 생성 시대를 알 수 없다.

11 **꼼꼼 문제 분석**

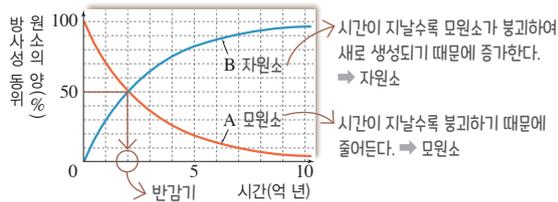


ㄱ. 가장 나중에 퇴적된 지층은 신생대의 표준 화석인 화폐석 화석이 발견되는 (가) 지역의 지층이다.

ㄴ. (나) 지역에서는 삼엽충 화석이 발견된 고생대 지층이 암모나이트 화석이 발견된 중생대 지층보다 위에 나타나므로 지층이 역전되었다는 것을 알 수 있다.

바로알기 ㄷ. 공룡은 육지에서 서식하는 생물이므로 (가) 지역에서 공룡 발자국 화석이 발견된 지층은 육지 환경에서 생성되었다.

12 **꼼꼼 문제 분석**



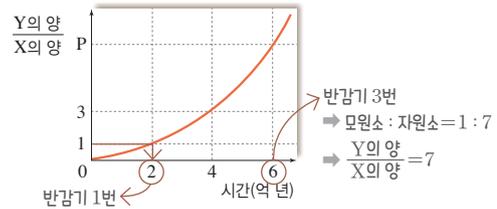
ㄱ. A는 처음에 100 % 들어 있던 방사성 동위원소로 모원소이며, B는 A의 붕괴로 생성된 안정한 원소인 자원소이다.

ㄴ. 반감기는 모원소가 처음 양의 절반(50 %)으로 되는 데 걸리는 시간이므로 그래프에서 반감기는 모원소의 양이 50 %일 때의 시간을 찾으면 2억 년이다.

ㄷ. A와 B의 함량비가 A : B = 1 : 3이면 남은 모원소의 양은

처음 양의 $\frac{1}{1+3} = \frac{1}{4}$ (=25 %)이므로 반감기가 2번 지났다. 따라서 이 암석의 절대연령은 반감기 × 반감기 횟수 = 2억 년 × 2번 = 4억 년이다.

13 **꼼꼼 문제 분석**



ㄷ. 화성암 A에 포함된 방사성 동위원소 X의 양은 처음 양의 25 % (= $\frac{1}{4}$)이므로 반감기가 2번 지났기 때문에 화성암 A의 절대연령은 4억 년이다. 화성암 B에 포함된 방사성 동위원소 X의 양은 처음 양의 12.5 % (= $\frac{1}{8}$)이므로 반감기가 3번 지났기 때문에 화성암 B의 절대연령은 6억 년이다. 따라서 화성암 B의 절대연령은 화성암 A보다 $\frac{6억\ 년}{4억\ 년} = 1.5$ 배 많다.

바로알기 ㄱ. 방사성 동위원소 X가 처음 양의 50 %가 되면 자원소의 양도 50 %가 되므로 $\frac{Y의\ 양}{X의\ 양} = \frac{50\%}{50\%} = 1$ 이 된다. 따라서

그래프에서 $\frac{Y의\ 양}{X의\ 양} = 1$ 일 때의 시간이 반감기이므로 반감기는 2억 년이다.

ㄴ. P에 해당하는 시간인 6억 년은 방사성 동위원소 X가 반감기를 3번 (= 6억 년 ÷ 2억 년) 지난 시간에 해당한다. 따라서 반감기가 3번 지날 때 모원소와 자원소의 양은 X : Y = 1 : 7이므로

P는 $\frac{Y의\ 양}{X의\ 양} = \frac{7}{1} = 7$ 이다.

14 ㄱ. 그래프에서는 방사성 동위원소가 처음 양의 50 %가 될 때의 시간이 반감기에 해당한다. 따라서 (가)에서 방사성 동위원소 X의 반감기는 6억 년이고, (나)에서 방사성 동위원소 Y의 반감기는 12억 년이다. 따라서 방사성 동위원소 X의 반감기는 Y의 6억 년 ÷ 12억 년 = 0.5배이다.

바로알기 ㄴ. 12억 년 후 방사성 동위원소 X는 반감기가 2번 지났으므로 처음 양의 75 %가 감소하였고, 방사성 동위원소 Y는 반감기가 1번 지났으므로 처음 양의 50 %가 감소하였다. 따라서 12억 년 후 감소한 방사성 동위원소의 양은 X가 Y의 75 % ÷ 50 % = 1.5배이다.

ㄷ. 이 암석의 나이가 9억 년이라면 X의 반감기는 1번 이상 지

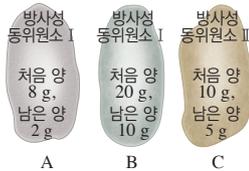
났으므로 모원소 함량이 자원소 함량보다 적다. 따라서 $\left(\frac{\text{자원소 함량}}{\text{모원소 함량}}\right)$ 값은 1보다 크다.

15 ㄱ. 자원소의 함량이 모원소의 함량보다 많을수록 화성암의 연령이 많으므로 (가)는 화성암이 생성된 후 4억 년일 때이고, (나)는 화성암이 생성된 후 2억 년일 때이다.

ㄴ. (가)에서 방사성 동위원소 X의 함량 : 자원소의 함량은 6개 : 18개 = 1 : 3이므로 반감기가 2번 지났다. (가)는 화성암이 생성된 후 4억 년일 때이므로 반감기는 4억 년 ÷ 2번 = 2억 년이다. (나)에서 방사성 동위원소 X의 함량 : 자원소의 함량은 12개 : 12개 = 1 : 1이므로 반감기가 1번 지났다. (나)는 화성암이 생성된 후 2억 년일 때이므로 반감기는 2억 년이다.

ㄷ. 방사성 동위원소 X의 반감기가 2억 년이므로, 화성암이 생성되고 7.5억 년 후에는 이미 반감기가 3번 경과된 시간보다 더 지났고, 반감기가 3번 지날 때 모원소 : 자원소 = 1 : 7이다. 따라서 화성암이 생성되고 7.5억 년 후 화성암에 포함된 $\frac{X \text{의 양}}{X \text{의 자원소 양}}$ 은 $\frac{1}{7}$ 보다 큰 수 $\frac{1}{7}$ 보다 작다.

16 - **꼼꼼 문제 분석**



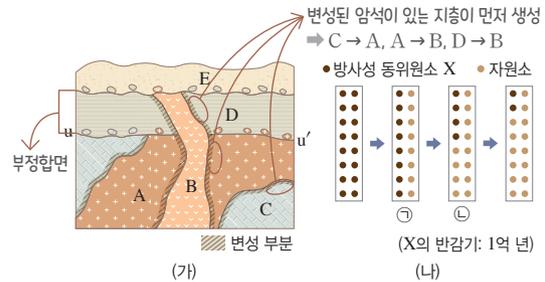
- A: $\frac{\text{남은 양}}{\text{처음 양}} = \frac{2\text{g}}{8\text{g}} = \frac{1}{4} \Rightarrow$ 반감기 횟수: 2번
 \Rightarrow 나이: 1억 년 \times 2번 = 2억 년
- B: $\frac{\text{남은 양}}{\text{처음 양}} = \frac{10\text{g}}{20\text{g}} = \frac{1}{2} \Rightarrow$ 반감기 횟수: 1번
 \Rightarrow 나이: 1억 년 \times 1번 = 1억 년
- C: $\frac{\text{남은 양}}{\text{처음 양}} = \frac{5\text{g}}{10\text{g}} = \frac{1}{2} \Rightarrow$ 반감기 횟수: 1번
 \Rightarrow 나이: 2억 년 \times 1번 = 2억 년

화성암 A, B, C의 나이를 비교하면 $A=C > B$ 이다.

17 (나)에서 방사성 동위원소의 양이 처음 양의 50%일 때의 시간이 반감기이므로 반감기는 1억 년이다. A와 B에 들어 있는 방사성 동위원소의 양이 각각 처음 양의 $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$ 이므로 반감기가 각각 1번, 2번 지난 것이기 때문에 화성암 A의 절대연령은 1억 년이고, 화성암 B의 절대연령은 2억 년이다. 따라서 (가)에서 암

석의 생성 순서는 B 관입 \rightarrow C 퇴적 \rightarrow A 분출이므로 퇴적암 C는 절대연령이 1억 년~2억 년이다.

18 - **꼼꼼 문제 분석**



- ㉠: 모원소 : 자원소 = 8개 : 2개 = 4 : 1 \Rightarrow 반감기 1번
 \Rightarrow 절대연령 = 1억 년 \times 1번 = 1억 년 \Rightarrow 화성암 B이다.
- ㉡: 모원소 : 자원소 = 4개 : 4개 = 1 : 1 \Rightarrow 반감기 2번
 \Rightarrow 절대연령 = 1억 년 \times 2번 = 2억 년 \Rightarrow 화성암 A이다.

ㄴ. 화성암 A를 화성암 B가 관입했으므로 화성암 A는 화성암 B보다 연령이 많다. ㉠은 반감기가 1번, ㉡은 반감기가 2번 지났으므로 화성암 A에 포함된 방사성 동위원소 X와 자원소의 양은 ㉡이다.

ㄷ. 화성암 A는 절대연령이 2억 년이고, 화성암 B는 절대연령이 1억 년이다. 부정합면 u-u'는 화성암 A와 B 사이에 형성되었으므로 현재로부터 2억 년 전~1억 년 전에 형성된 것이다.

바로알기 ㄱ. 이 지역에서 지층과 암석의 생성 순서는 C 퇴적 \rightarrow A 관입 \rightarrow (부정합면 u-u') \rightarrow D 퇴적 \rightarrow B 관입 \rightarrow (부정합) \rightarrow E 퇴적이다.

19 (1) (가)에서 암석의 생성 순서는 C 퇴적 \rightarrow B 퇴적 \rightarrow E 관입 \rightarrow (부정합) \rightarrow A 퇴적 \rightarrow D 분출이다.

(2) (나)에서 방사성 동위원소 X의 양이 처음 양의 50%가 되는 데 걸리는 시간(반감기)은 0.5억 년이다. D와 E의 방사성 동위원소 X의 양은 각각 처음 양의 $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{16}$ 이므로 반감기가 각각 2번, 4번 지났다.

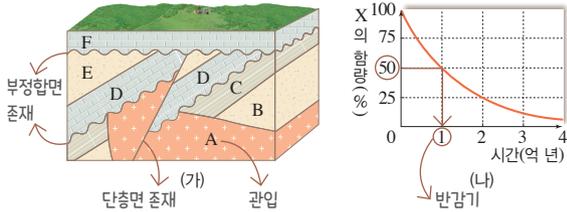
모범 답안 (1) C \rightarrow B \rightarrow E \rightarrow A \rightarrow D

(2) 방사성 동위원소 X의 반감기는 0.5억 년이다. 화성암 D와 E에 포함된 방사성 동위원소 X는 각각 반감기가 2번, 4번 지났으므로 절대연령은 각각 1억 년, 2억 년이다.

채점 기준	배점
(1) 암석 A~E를 생성 순서대로 옳게 나열한 경우	20%
풀이 과정을 포함하여 D와 E의 절대연령을 모두 옳게 구한 경우	80%
(2) D와 E 중 한 가지만 풀이 과정을 포함하여 절대연령을 옳게 구한 경우	40%
풀이 과정 없이 D와 E의 절대연령만 옳게 구한 경우	40%

- 01 ② 02 ③ 03 ④ 04 ⑤

01 ← **꼼꼼 문제 분석**



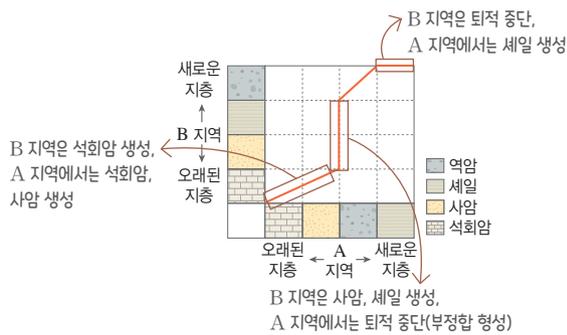
생성 순서: B 퇴적 → C 퇴적 → A 관입 → (부정합) → D 퇴적 → E 퇴적 → (단층) → (부정합) → F 퇴적

ㄴ. 단층면이 부정합으로 단절되어 있으므로 단층이 형성되고 지반이 융기하여 지표에 드러났고, 이후 F가 퇴적되고 다시 지반이 융기하여 지표에 드러나 있으므로 단층이 형성된 후 적어도 2번의 융기가 있었다.

바로알기 ㄱ. 암석 A에 포함되어 있는 방사성 동위원소 X의 모원소와 자원소의 비율은 1 : 7로 반감기가 3번 지났으므로 암석 A의 절대연령은 3억 년이고, 암석 A는 고생대(약 5.39억 년 전 ~ 약 2.52억 년 전)에 생성되었다. 따라서 A보다 이전에 퇴적된 C에서는 중생대의 암모나이트 화석이 산출될 수 없다.

ㄷ. 이 지역의 지층에서는 화석이 발견되지 않으므로 동물군천이의 법칙이 적용되지 않는다.

02 ← **꼼꼼 문제 분석**

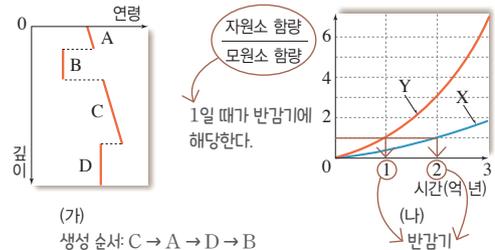


ㄱ. B 지역에서 석회암이 퇴적되는 동안 A 지역에서는 석회암, 사암이 퇴적되었다. A 지역의 석회암층과 B 지역의 석회암층의 두께가 같으므로, 석회암의 퇴적 속도는 A 지역이 B 지역보다 빨랐다.

ㄷ. B 지역에서 사암이 퇴적되는 동안 A 지역은 퇴적이 중단되었다. 따라서 B 지역에서 사암이 퇴적될 당시 A 지역은 수면 위로 노출되었을 가능성이 크다.

바로알기 ㄴ. B 지역에서 셰일이 퇴적되는 동안 A 지역은 퇴적이 중단되었고, A 지역에서 셰일이 퇴적되는 동안 B 지역은 퇴적이 중단되었다. 따라서 A 지역과 B 지역의 셰일은 같은 시기에 퇴적되지 않았다.

03 ← **꼼꼼 문제 분석**



ㄴ. 방사성 동위원소가 1번의 반감기를 거치면 모원소와 자원소의 비율은 1 : 1이 되므로 $\frac{\text{자원소 함량}}{\text{모원소 함량}}$ 이 0에서 1이 되기까지 걸린 시간이 방사성 동위원소의 반감기이다. X의 반감기는 2억 년, Y의 반감기는 1억 년이므로 반감기는 X가 Y의 2배이다.

ㄷ. B와 D에 포함된 모원소의 함량은 각각 처음 양의 50%, 25%이므로 B, D에 포함된 방사성 동위원소는 반감기가 각각 1번, 2번 지났다. 만약 B에 포함된 방사성 동위원소가 X이고, D에 포함된 방사성 동위원소가 Y라면 B와 D의 절대연령은 2억 년으로 같다. 하지만 절대연령은 B가 D보다 적으므로 B에 포함된 방사성 동위원소는 Y이고, D에 포함된 방사성 동위원소는 X이며, B의 절대연령은 1억 년이고, D의 절대연령은 4억 년이다. 따라서 B와 D의 절대연령 차이는 3억 년이다.

바로알기 ㄱ. 지층과 암석의 연령을 비교하면 B가 A보다 연령이 적다. 즉, B가 A보다 나중에 생성되었으므로 A와 B는 부정합 관계가 아니다. 따라서 A층 하부의 기저 역암에는 B의 암석 조각이 존재하지 않는다.

04 ㄱ. (가)에서 모원소와 자원소의 비가 A는 12개 : 12개 = 1 : 1이므로 반감기가 1번 지났고, B는 6개 : 18개 = 1 : 3이므로 반감기가 2번 지났다. (나)에서 원소의 양이 $\frac{1}{2}$ 일 때의 시간이 반감기이므로 X는 반감기가 1억 년, Y는 반감기가 2억 년이다. A, B의 반감기로 구한 화성암의 절대연령은 같으므로 A가 B보다 반감기가 2배 길다. 따라서 A의 시간에 따른 함량 변화는 Y이다.

ㄴ. 화성암의 절대연령은 2억 년이다. 따라서 화성암은 중생대(약 2.52억 년 전 ~ 0.66억 년 전)에 생성되었다.

ㄷ. B의 반감기는 1억 년이다. 현재로부터 2억 년 후에는 반감기가 2번 추가되어 4번이 되므로 B와 B'의 개수비는 1 : 15가 된다.

02 / 퇴적암과 퇴적 구조

개념 확인문제

143쪽

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

- 1 (1) × (2) × (3) ○ (4) × (5) × 2 (1) 쇄설성 (2) 유기적
(3) 쇄설성 (4) 화학적 (5) 쇄설성 (6) 화학적, 유기적 3 ②, ④
4 (1) (가) (2) (나) (3) (다) (4) (나), (라) (5) (라) 5 (가) ㄱ, ㄴ, ㄷ
(나) ㄴ, ㄷ, ㄱ (다) ㄹ, ㅁ 6 ㄴ, ㄷ

- 1 (1) 퇴적물은 쌓인 후 다짐 작용과 교결 작용을 거쳐 퇴적암이 된다.
(2) 속성 작용 중 다짐 작용을 받으면 퇴적물이 오랫동안 쌓여 아랫부분의 퇴적물이 위에 쌓인 퇴적물의 무게에 눌리면서 퇴적물 입자와 입자 사이의 간격이 줄어들어 공극이 감소하고, 물이 빠져나가며, 퇴적물의 밀도가 증가한다.
(3) 증발로 물에 녹아 있던 성분이 침전되어 생성된 암염은 화학적 퇴적암이다.
(4) 퇴적암 중 생물의 유해가 쌓여 만들어진 퇴적암은 유기적 퇴적암이다. 쇄설성 퇴적암은 기존의 암석이 풍화, 침식을 받아 생성된 쇄설성 퇴적물이나 화산 분출물이 쌓여 만들어진 퇴적암이다.
(5) 퇴적암에는 입자의 크기, 색, 모양 등이 서로 다른 퇴적물이 겹겹이 쌓여 만들어진 줄무늬인 층리와, 생물체의 변화 과정이나 지구의 역사를 이해하는 중요한 자료가 되는 화석이 나타난다. 엽리는 변성암에서 광물들이 압력 방향에 수직으로 배열되면서 형성된 줄무늬이다.

- 2 (1) 셰일은 기존의 암석이 풍화·침식을 받아 생성된 쇄설성 퇴적물 중 점토가 쌓여 생성된 쇄설성 퇴적암이다.
(2) 석탄은 육상 식물이 매몰되어 땅속 깊은 곳에서 퇴적된 후 탄화되어 생성되었으므로 유기적 퇴적암이다.
(3) 사암은 쇄설성 퇴적물 중 주로 모래, 점토가 쌓여 생성된 쇄설성 퇴적암이다.
(4) 암염은 해수의 증발로 남은 물질이 침전되어 생성된 화학적 퇴적암이다.
(5) 응회암은 화산 분출물 중 화산재가 쌓여 생성된 쇄설성 퇴적암이다.
(6) 석회암은 물속에 녹아 있던 석회질 물질이 화학적으로 침전되어 생성되기도 하고, 석회질 생물체(예 산호, 조개, 유공충 등)가 쌓여서 생성되기도 한다. 따라서 석회암은 퇴적물 기원에 따라 화학적 퇴적암, 유기적 퇴적암으로 구분한다.

3 ②, ④ 쇄설성 퇴적암인 역암, 사암, 셰일, 응회암은 입자의 크기와 구성 물질의 종류에 따라 구분한 것이다.

개념 보충 쇄설성 퇴적암의 구분

쇄설성 퇴적암은 암석을 이루는 퇴적물 입자의 크기에 따라 구분하며, 주로 크기가 큰 자갈로 이루어진 퇴적암의 경우에는 자갈의 모양이 각진 것을 각력암으로 따로 분류하기도 한다.

입자 크기(mm)	퇴적물	퇴적암
256	거력	역암, 각력암
	왕자갈	
	종자갈	
4	잔자갈	사암
2	모래	
1/16	실트	실트암
1/256	점토	이암, 셰일

4 - 꼼꼼 문제 분석

(가) 사층리	(나) 건열	(다) 연흔	(라) 점이 층리
층리면의 넓은 쪽이 위쪽이다. → 지층이 역전되지 않았다.	벌어진 틈이 넓은 쪽이 아래쪽이다. → 지층이 역전되었다.	뾰족한 부분이 위쪽이다. → 지층이 역전되지 않았다.	퇴적물 입자의 크기가 위로 갈수록 커진다. → 지층이 역전되었다.
사막, 수심이 얇은 바다나 하천 주변에서 형성	건조한 환경에서 형성	수심이 얇은 곳, 사막에서 형성	수심이 깊은 바다나 호수에서 형성

- (1) (가) 사층리에서는 과거에 바람이 불었던 방향이나 물이 흘렀던 방향을 알 수 있다.
(2) 건조한 환경에 노출되면 퇴적물 표면이 V자 모양으로 갈라진 퇴적 구조인 (나) 건열이 형성될 수 있다.
(3) 흐르는 물, 파도 등에 의해 퇴적물 표면에 물결 모양의 자국이 생긴 퇴적 구조는 (다) 연흔이다.
(4) (나)는 벌어진 틈이 아래쪽으로 갈수록 넓고, (라)는 한 지층 내에서 위로 갈수록 퇴적물 입자의 크기가 커지므로 지층이 역전된 것이다.
(5) (라) 점이 층리는 수심이 깊은 바다나 호수에서 다양한 크기의 입자를 포함한 퇴적물이 한꺼번에 쌓일 때 형성된다.

5 (가) 육상 환경에 해당하는 것은 빙하(ㄱ), 호수(ㄴ), 산상지(ㅇ)이다. (나) 연안 환경은 육지와 바다의 사이에 존재하는 곳으로 석호(ㄴ), 해변(ㄷ), 삼각주(ㄱ)가 해당한다. (다) 해양 환경에 해당하는 것은 대륙대(ㄹ), 대륙붕(ㅁ)이다.

6 그. 대륙붕은 수심이 얇은 바다이므로 층리, 연흔 등이 형성될 수 있다. 접이 층리는 수심이 깊은 호수나 수심이 깊은 바다(대륙대, 심해)에서 형성된다.

나. 얇은 호수에서는 연흔이 형성될 수 있고, 호수가 마르면 건열이 형성될 수 있다.

다. 사막에서는 바람에 의해 경사가 큰 쪽에서 작은 쪽으로 퇴적물이 이동하여 쌓이면 사층리가 형성될 수 있다.

르. 삼각주에서는 사층리, 연흔 등이 형성될 수 있다.

대표자료분석 1

144쪽

1 A: 다짐 작용, B: 교결 작용 2 ㉠ 커지고, ㉡ 줄어든다

3 (가) 쇄설성 퇴적암 (나) 유기적 퇴적암 (다) 화학적 퇴적암

4 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ○ (5) ○ (6) × (7) ×

1 그림에서 A는 퇴적물이 다져지는 다짐 작용이고, B는 물속에 녹아 있던 물질이 퇴적물 사이에 침전되어 퇴적물 입자 사이를 메워 서로 붙어 굳어지게 하는 교결 작용이다.

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

3 (가)는 기존의 암석이 풍화, 침식을 받아 생성된 쇄설성 퇴적물이나 화산 분출물이 쌓여 만들어진 쇄설성 퇴적암이다. (나)는 생물체의 유해나 골격, 껍데기의 일부가 쌓여 만들어진 유기적 퇴적암이다. (다)는 물속에 녹아 있던 석회질 물질, 규질 물질 등이 화학적으로 침전되거나 물이 증발하면서 침전되어 만들어진 화학적 퇴적암이다.

4 (1) A 과정은 퇴적물이 오랫동안 쌓이면서 아랫부분의 퇴적물이 위에 쌓인 퇴적물의 무게에 눌리면서 퇴적물 입자 사이의 간격이 좁아져 조적이 치밀하게 다져지는 다짐 작용이다. 따라서 다짐 작용은 퇴적물의 상부보다 하부에서 잘 일어난다.

(2) A 과정에서 퇴적물 입자 사이에 존재하는 물이 빠져나가게 된다.

(3) 교결 작용(B)에 관여하는 물질은 주로 석회질 물질, 규질 물질, 산화 철 등이다.

(4) 다짐 작용(A)과 교결 작용(B)을 포함하여 퇴적암이 만들어지는 전체 과정을 속성 작용이라고 한다.

(5) (가) 쇄설성 퇴적암은 퇴적물 입자의 크기에 따라 셰일, 사암, 역암으로 구분하고, 퇴적물의 종류가 화산재이면 응회암이 생성된다.

(6) 생물체의 유해나 골격, 껍데기가 쌓여 만들어진 (나) 유기적 퇴적암에서는 화석이 많이 산출된다.

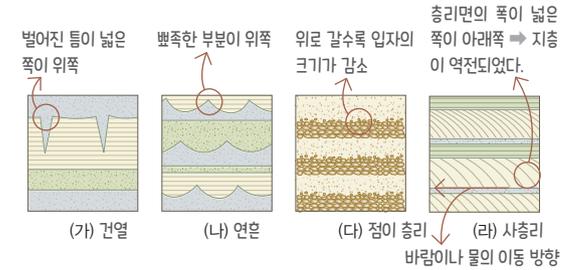
(7) 석회암은 바다에서 석회질 물질(탄산 칼슘)이 화학적으로 침전되거나 석회질 생물체가 해저에 퇴적되어 생성되므로 주로 해양 퇴적 환경에서 생성된다.

대표자료분석 2

145쪽

1 (1) (가) (2) (다) (3) (라) 2 a 3 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × (5) × (6) × (7) × (8) ○

꼼꼼 문제 분석



1 (1) (가)는 건열로, 수면 아래에서 퇴적물이 쌓인 다음 퇴적물이 건조한 공기 중에 노출되어 수분이 증발하면서 퇴적물 표면이 갈라진 퇴적 구조이므로 건조한 환경에서 형성된 것이다.

(2) (다)는 대륙 주변부의 해안에 쌓여 있던 다양한 크기의 입자를 포함한 퇴적물이 한꺼번에 쓸려 내려가 수심이 깊은 곳에서 쌓일 때 퇴적물 입자의 크기가 큰 것부터 아래쪽에 쌓여 형성된 점이 층리이다.

(3) (가)는 위로 갈수록 벌어진 틈이 넓어지므로 지층이 역전되지 않았고, (나)는 뾰족한 부분이 위로 향해 있으므로 지층이 역전되지 않았다. (다)는 위로 갈수록 퇴적물 입자의 크기가 작아지므로 지층이 역전되지 않았고, (라)는 지층이 역전되지 않았다면 층리면의 폭이 넓은 쪽이 위쪽이지만 현재 층리면의 폭이 넓은 쪽이 아래쪽이므로 지층이 역전되었다.

2 그림에서 층리가 경사진 방향으로 과거에 바람이 불었거나 물이 흘렀으므로 바람이나 물의 이동 방향은 a이다.

3 (1) (가)는 건열로, 퇴적 구조가 형성될 당시 퇴적물 표면이 대기 중에 노출된 적이 있다.

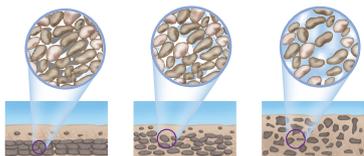
- (2) (나) 연흔은 수심이 얇은 환경, 사막에서 형성된다.
 (3) (나) 연흔은 역암보다는 퇴적물 입자가 해파에 따라 잘 움직일 수 있는 점토로 이루어져 있는 셰일에서 잘 나타난다.
 (4) (다)는 점이 층리로, 퇴적물이 운반되어 온 방향을 알 수 없다. (라)는 사층리로, 층리가 기울어진 경사를 통해 퇴적물이 운반되어 온 방향을 추정할 수 있다.
 (5) (라) 사층리는 바람이 불거나 물이 흘러가는 방향 쪽으로 퇴적물 입자가 쌓여 형성되는 것이므로, 횡압력과는 관계가 없다.
 (6) (가)는 주로 셰일층에서 형성되고, (라)는 주로 사암층에서 발달하므로 (가)는 (라)보다 퇴적물 입자의 평균 크기가 작은 퇴적층에서 형성된다.
 (7) (라) 사층리는 삼각주, 해변, 조간대와 같은 연안 환경에서 형성되지만, (다) 점이 층리는 주로 대륙대, 심해와 같은 해양 환경에서 형성된다.
 (8) (가)~(라)는 모두 모양이나 퇴적물 입자 크기 변화 등을 파악하여 지층의 역전 여부를 판단할 수 있는 퇴적 구조이다.

내신 만점 문제

146쪽~148쪽

- 01 ④ 02 ③ 03 해설 참조 04 ⑤ 05 ⑤
 06 ④ 07 ② 08 ④ 09 A: 사층리, B: 건열, C: 점
 이 층리 10 ① 11 ④ 12 ① 13 ⑤
 14 해설 참조 15 ② 16 ③ 17 해설 참조

01 품평 문제 분석



(가) ③ 교결 작용 (나) ② 다짐 작용 (다) ① 퇴적 작용

- 공극의 크기: (가)<(나)<(다) ⇒ 퇴적물 사이의 공극(빈 틈)은 속성 작용(다짐 작용, 교결 작용)을 거치면서 감소한다.
- 퇴적층의 밀도: (가)>(나)>(다) ⇒ 퇴적층의 밀도는 속성 작용을 거치면서 증가한다.

퇴적물이 쌓인 후 다져지고 굳어져 퇴적암이 생성되기까지의 전체 과정을 속성 작용이라고 하고, 속성 작용은 다짐 작용과 교결 작용을 거쳐 일어난다.

나. 퇴적물이 다짐 작용과 교결 작용을 거치면서 대체로 퇴적물 사이의 공극 크기는 감소한다. 따라서 퇴적물 사이의 공극 크기는 (가)<(나)<(다)이다.

다. 속성 작용을 받으면서 퇴적층의 밀도는 증가하므로 퇴적층의 밀도는 (가)>(나)>(다)이다.

바로알기 ㄱ. 퇴적암은 퇴적물이 퇴적된 후 다짐 작용과 교결 작용을 거쳐서 생성되므로 생성 순서는 (다) → (나) → (가)이다.

02 퇴적암은 일반적으로 퇴적물의 기원에 따라 쇄설성 퇴적암, 화학적 퇴적암, 유기적 퇴적암으로 구분한다.

ㄱ. 암석이 풍화·침식 작용을 받아 생성된 쇄설성 퇴적물(A)이 쌓여 만들어진 쇄설성 퇴적암은 퇴적물 입자의 크기에 따라 역암, 사암, 셰일 등으로 구분한다.

다. 석회암과 처트는 물에 용해되어 있던 탄산 칼슘과 규질 성분이 화학적으로 침전되어 생성되거나 석회질 생물과 규질 생물의 유해가 퇴적되어 생성될 수 있다.

바로알기 ㄴ. 호수나 바다에서 물에 용해되어 있던 물질(B)이 화학적으로 침전되거나 물이 증발함에 따라 침전되어 만들어진 퇴적암은 화학적 퇴적암이다. 화산재가 쌓여 만들어진 응회암은 A 과정을 통해 생성된다.

03 **모범 답안** A 과정을 거쳐 만들어진 암석은 쇄설성 퇴적암이고, B 과정을 거쳐 만들어진 암석은 화학적 퇴적암이며, C 과정을 거쳐 만들어진 암석은 유기적 퇴적암이다. D 과정에서 퇴적물의 밀도가 커진다.

채점 기준	배점
A~C 과정을 거쳐 만들어진 퇴적암의 종류와 D 과정에서 퇴적물의 밀도 변화를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
A~C 과정을 거쳐 만들어진 퇴적암의 종류만 옳게 쓴 경우	60 %
D 과정에서 퇴적물의 밀도 변화만 옳게 서술한 경우	40 %

04 ㄱ. 셰일과 ㉠은 쇄설성 퇴적암이다. 따라서 ㉠은 응회암으로, 화산 쇄설물이 퇴적되어 생성된 암석이다.

ㄴ. 제시된 암석 중 쇄설성 퇴적암이 아닌 암석은 석탄과 암염이므로 ㉡은 석탄이다.

다. 석탄은 육상 식물이 매몰되어 땅속 깊은 곳에서 퇴적된 후 탄화되어 생성되었으므로 유기적 퇴적암이고, 암염은 물속에 녹아 있는 염분 물질이 물이 증발함에 따라 침전되어 만들어진 화학적 퇴적암이므로 두 암석을 구분하는 기준으로 '유기적 퇴적암인가?'가 적합하다.

05 ㄱ. 기존 암석의 파편이 쌓여 만들어진 암석을 쇄설성 퇴적암이라고 하며, 퇴적물 입자의 크기에 따라 큰 것부터 역암, 사암, 셰일 등으로 구분한다. 역암은 주로 산상지나 천해 환경에서 생성된다. 심해 환경과 같이 수심이 깊은 환경에서는 퇴적물 입자의 크기가 작은 셰일 등이 생성된다. 따라서 셰일인 (가)는 역암인 (다)보다 수심이 깊은 환경에서 생성된다.

ㄴ. 암염은 해수가 증발되면서 해수에 녹아 있던 염분 물질이 침전되어 굳어져 생성된다. 따라서 건조한 기후에서 생성될 가능성이 가장 높은 것은 암염인 (나)이다.

ㄷ. 석회암은 화학적 퇴적암뿐만 아니라 유기적 퇴적암으로도 생성될 수 있다. 따라서 (라) 석회암은 생물의 사체가 쌓여서 생성될 수 있는 퇴적암이다.

06 ④ 퇴적물이 속성 작용을 받으면 퇴적물의 종류에 따라 다양한 퇴적암이 생성된다. 물속에 녹아 있던 염분 물질이 물이 증발하면서 침전되어 염화 나트륨이 굳어져 만들어진 퇴적암은 암염이다.

바로알기 ①, ②, ③, ⑤ 주로 모래가 쌓여서 굳어지면 사암이 생성되고, 화산재가 쌓여서 굳어지면 응회암이 생성되며, 점토가 쌓여서 굳어지면 셰일이 생성되고, 물속에 녹아 있던 석회질 물질이 침전되어 굳어지면 석회암이 생성된다.

07 (가)는 퇴적물 표면에 물결 모양의 자국이 생긴 연흔이고, (나)는 퇴적물 표면이 V자 모양으로 갈라진 건열이며, (다)는 층리가 수평면에 기울어진 상태로 나타나는 사층리이다.

ㄷ. (다) 사층리는 건조한 지역에서 퇴적물이 바람의 방향을 따라 퇴적되거나 얇은 물밑에서 퇴적물이 물이 흐르는 방향을 따라 비스듬히 퇴적되어 생성되므로 과거에 물이 흘렀던 방향을 알 수 있다.

바로알기 ㄱ, ㄴ. (가) 연흔은 얇은 물 아래에서 물결을 따라 퇴적물이 굳은 퇴적 구조로, 과거에 이 지층은 얇은 물 아래에서 생성되었다. (나) 건열은 건조한 기후에서 퇴적물 표면이 갈라진 퇴적 구조로, 과거에 이 지층은 건조한 기후에서 생성되었을 것이다.

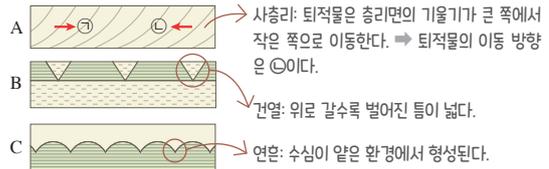
08 ㄴ, ㄷ. 점이 층리는 운반된 퇴적물 입자의 무게 차이로 크고 무거운 입자가 먼저 가라앉고, 작고 가벼운 입자가 나중에 가라앉게 되어 한 지층 내에서 아래에서 위로 갈수록 퇴적물 입자의 크기가 작아지는 퇴적 구조이다. 대륙 사면에 불안정하게 쌓여 있던 퇴적물들이 해저 지진 등의 영향으로 흩탕물처럼 대륙 사면을 따라 흐르면 저탁류가 되는데, 저탁류의 퇴적물이 한꺼번에 쌓일 때 점이 층리가 잘 나타난다. 점이 층리는 퇴적물 입자가 큰 쪽이 항상 아래에 있으므로 지층의 역전 여부를 판단할 수 있다.

바로알기 ㄱ. 점이 층리는 퇴적물이 수직 방향으로 쌓여서 형성된 퇴적 구조이기 때문에 과거에 퇴적물이 수평적으로 이동했던 방향을 알 수 없다.

09 사층리(A)는 층리가 나란하지 않고 비스듬히 기울어지거나 엇갈려 나타나는 퇴적 구조로, 과거에 물이 흘렀던 방향이나 바람이 불었던 방향을 알 수 있다. 건열(B)은 퇴적물 표면이 갈라져서 썩기 모양의 틈이 생긴 퇴적 구조로, 수심이 얇은 물밑에

서 점토질 물질이 쌓인 후 퇴적물 표면이 건조한 대기에 노출될 때 잘 형성된다. 점이 층리(C)는 한 지층 내에서 위로 갈수록 퇴적물 입자의 크기가 작아지는 퇴적 구조로, 대륙 주변부의 해저에 쌓여 있던 다양한 크기의 입자를 포함한 퇴적물이 빠르게 이동하여 수심이 깊은 바다에서 한꺼번에 쌓일 때나 홍수가 일어나 다양한 크기의 입자를 포함한 퇴적물이 수심이 깊은 호수로 한꺼번에 유입될 때 잘 형성된다.

10 **꼼꼼 문제 분석**

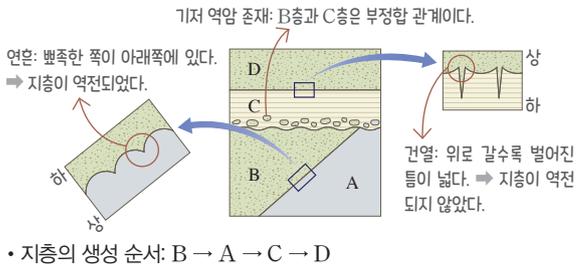


ㄱ. A에는 층리가 수평면에 기울어진 퇴적 구조인 사층리가 나타난다. 사층리가 형성될 당시 퇴적물의 이동 방향은 층리면의 기울기가 큰 쪽에서 작은 쪽 방향이다. 따라서 A가 형성될 당시 퇴적물은 ㉠ 방향으로 운반되었다.

바로알기 ㄴ. B에는 건열이 나타난다. 건열에 나타나는 썩기 모양의 틈은 수심이 얇은 물밑에 쌓인 점토와 같은 퇴적물이 건조한 대기에 노출되어 수분이 빠져나가고 부피가 수축되어 퇴적물 표면이 V자 모양으로 갈라진 것이다.

ㄷ. C에는 물결 모양의 퇴적 구조인 연흔이 나타난다. 연흔은 주로 수심이 얇은 물밑에서 물결의 영향으로 형성된다.

11 **꼼꼼 문제 분석**



ㄴ. 건열은 퇴적물이 건조한 대기에 노출되어 표면이 갈라진 다음에 다른 퇴적물이 그 틈을 메워서 형성되므로, C층은 퇴적된 후에 건조한 대기에 노출된 적이 있었다.

ㄷ. 연흔은 수심이 얇은 물밑에서 생성된 물결 모양의 퇴적 구조이므로, 이 지역은 한때 수심이 얇은 물밑이었다.

바로알기 ㄱ. A와 B 사이에서 관찰되는 연흔이 역전되어 있으므로 A는 B보다 나중에 퇴적되었고, C와 D 사이에서 관찰되는

건열이 역전되지 않았으므로 D는 C보다 나중에 퇴적되었다. 따라서 이 지역의 지층은 B → A → C → D 순으로 퇴적되었다.

12 ㄱ. 파도, 흐르는 물 등에 의해 퇴적물 표면에 생긴 물결 모양의 퇴적 구조는 연흔이다. 연흔은 호수, 사막과 같은 육상 환경과 삼각주, 조간대, 해변과 같은 연안 환경에서 형성될 수 있다.

바로알기 ㄴ. 연흔은 퇴적물 입자의 크기가 큰 자갈이 퇴적될 때보다 퇴적물 입자의 크기가 작은 모래나 점토가 퇴적될 때 주로 형성된다. 따라서 연흔은 역암층보다는 사암층에서 주로 관찰된다.

ㄷ. 얇은 물밑에서 파도처럼 물의 운동이 양쪽 방향으로 반복적으로 나타날 경우에는 ㉠ 대칭 형태를 보이는 연흔이 잘 만들어지고, 유수처럼 물의 운동이 한쪽 방향으로 나타날 경우에는 ㉡ 비대칭 형태를 보이는 연흔이 잘 만들어진다.



㉠ 대칭 형태의 연흔

㉡ 비대칭 형태의 연흔

13 선상지, 하천, 호수는 모두 육지에 있는 퇴적 환경이므로 A는 육상 환경이다. 삼각주, 해변, 사주는 육지와 바다가 접하는 곳에 있는 퇴적 환경이므로 B는 연안 환경이다. 대륙붕, 대륙 사면, 대륙대는 바닷속에 있는 퇴적 환경이므로 C는 해양 환경이다.

ㄱ. 건열은 범람원이나 호수 바닥과 같은 육상 환경에서 형성되므로 건열이 가장 잘 형성될 수 있는 환경은 A이다.

ㄴ. 석회암은 물속에 녹아 있던 탄산 칼슘 성분이 화학적으로 침전되어 생성되며, 육지로부터 이동해 온 퇴적물의 영향을 덜 받는 곳에서 잘 생성되므로 어느 정도 수심이 깊은 해양 환경에서 잘 생성된다. 따라서 석회암은 B보다 C의 환경에서 잘 생성된다.

ㄷ. 점이 층리는 퇴적물 입자의 크기에 따라 가라앉는 속도가 다르기 때문에 형성되는 퇴적 구조이다. 점이 층리는 수심이 비교적 깊은 곳에서 다양한 크기의 입자를 포함한 퇴적물이 한꺼번에 쌓일 때 형성되므로 수심이 얇은 ㉠ 대륙붕보다 수심이 깊은 ㉡ 대륙대에서 잘 형성된다.

14 범람원은 하천의 종류, 하류에서 홍수 때 하천이 넘쳐 운반된 물질이 하천 주변에 퇴적되어 형성된다.

모범 답안 사층리와 건열이 형성된다. 홍수가 발생하여 하천이 범람하면 제방을 넘친 물에 의해 운반된 모래, 점토 등의 퇴적물이 범람원에 쌓이면 사층리가 형성될 수 있고, 점토층이 대기에 노출되어 건조해지면서 퇴적물 표면이 썩기 모양(V자 모양)으로 갈라져 건열이 형성될 수 있다.

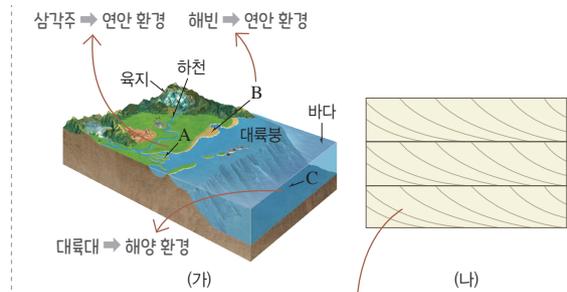
채점 기준	배점
범람원에서 형성될 수 있는 퇴적 구조와 그 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
범람원에서 형성될 수 있는 퇴적 구조만 옳게 쓴 경우	40 %

15 ㄴ. (가) 선상지는 지표 경사가 급격히 줄어들면서 유속이 큰 쪽으로 감소하는 장소에서 형성된다.

바로알기 ㄱ. (가) 선상지는 경사가 급한 골짜기에서 평지로 이어지는 곳으로 육상 환경에 속하고, (나) 삼각주는 강이 바다와 만나는 곳으로 연안 환경에 속한다.

ㄷ. (나) 삼각주에서는 점이 층리가 잘 발달하지 않는다. 점이 층리는 대륙 주변부의 해저에 쌓여 있던 다양한 크기의 입자를 포함한 퇴적물이 빠르게 이동하여 수심이 깊은 바다에서 한꺼번에 쌓일 때나 홍수가 일어나 다양한 크기의 입자를 포함한 퇴적물이 수심이 깊은 호수로 한꺼번에 유입될 때 잘 형성된다.

16 **▶** 품평 문제 분석



사층리: 층리가 비스듬하게 기울어져 나타나는 퇴적 구조
 → 얇은 바다, 하천 주변, 사막 등에서 형성

ㄱ. A는 삼각주, B는 해변으로 육상 환경과 해양 환경이 만나는 연안 환경에 해당하고, C는 대륙대로 해양 환경에 해당한다.

ㄴ. (나)는 사층리로, 바람이나 물에 의해 퇴적물이 운반되어 운 방향을 알 수 있다.

바로알기 ㄷ. (나)는 층리가 비스듬히 기울어져 나타나는 퇴적 구조인 사층리이다. 사층리는 주로 수심이 얇은 물밑이나 바람의 방향이 자주 바뀌는 곳에서 물이 흘러가거나 바람이 불어가는 방향의 비탈면에 퇴적물이 쌓여 형성된다. 따라서 사층리는 연안 환경인 A, B에서는 형성될 수 있으나, 해양 환경의 대륙대인 C에서는 형성되기 어렵다.

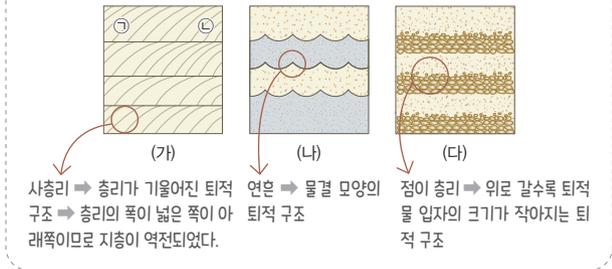
17 삼각주가 점차 바다 쪽으로 진행하면서 입자의 크기가 작은 퇴적물은 멀리 이동하여 아래쪽에 쌓이고, 입자의 크기가 큰 퇴적물은 멀리 이동하지 못하므로 이 지역에서는 퇴적물 입자의 크기가 위로 갈수록 커진다.

모범 답안 위로 갈수록 퇴적물 입자의 크기가 커진다.

채점 기준	배점
위로 갈수록 퇴적물 입자의 크기가 커진다고 옳게 서술한 경우	100 %
퇴적물 입자의 크기가 커진다는 의미로 해석할 수 있게 서술한 경우	70 %

- 01 ① 02 ② 03 ② 04 ④

01 — **꼼꼼 문제 분석**

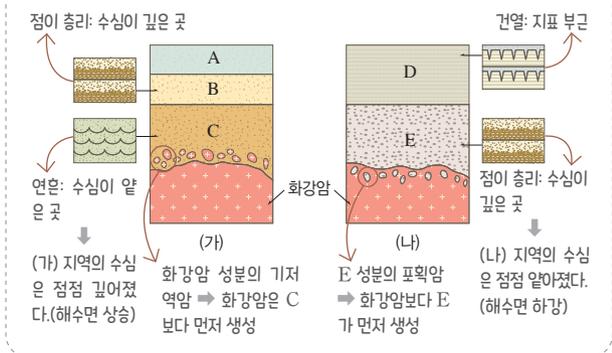


㉠. 사층리는 물이나 바람에 의해 퇴적물이 이동하면서 쌓여 형성된 퇴적 구조로, 층리가 수평면에 기울어진 상태로 나타난다. 사층리의 층리면은 퇴적물이 공급되는 방향이 높고, 퇴적물이 이동하는 방향이 낮다. (가) 사층리는 상하가 역전된 구조를 하고 있으므로 퇴적물은 ㉠에서 ㉡ 쪽으로 이동하였다.

바로알기 ㉡. (나) 연흔은 파도와 같이 물의 흐름이 양쪽 방향으로 반복적으로 나타날 경우에는 대칭 형태를 보이고, 유수와 같이 물의 흐름이 한쪽 방향으로 나타날 경우에는 비대칭 형태를 보인다.

㉢. (가) 사층리는 퇴적물이 물이나 바람에 의해 이동하면서 퇴적되어 만들어지므로 사막, 수심이 얇은 바다, 하천 주변에서 형성된다. (다) 점이 층리는 빠르게 흐르는 물을 따라 이동하던 퇴적물이 수심이 깊은 곳에 도달해 유속이 느려질 때 퇴적물 입자의 크기에 따라 가라앉은 속도가 다르기 때문에 형성된다. 따라서 (다)는 (가)보다 대체로 수심이 깊은 환경에서 형성된다.

02 — **꼼꼼 문제 분석**



㉡. (가)에서 퇴적 구조의 모습을 보면 지층은 역전되지 않았고, 화강암이 C의 하부에서 기저역암으로 나타나므로 암석의 생성 순서는 화강암 → C → B → A이다.

바로알기 ㉢. (가)는 C에서 연흔이, B에서 점이 층리가 관찰된다. 연흔보다 점이 층리가 수심이 깊은 지역에서 형성되는 퇴적 구조이므로 (가)는 해수면이 상승하는 지역에서 생성된 퇴적층이다. (나)는 E에서 점이 층리가, D에서 건열이 관찰된다. 건열이 점이 층리보다 수심이 얇은 지역에서 형성되는 퇴적 구조이므로 (나)는 해수면이 하강하는 지역에서 생성된 퇴적층이다.

㉣. 화강암은 절대연령이 1억 년이므로 중생대(약 2.52억 년 전 ~ 약 0.66억 년 전)에 생성되었다. (나)에서 E의 조각이 화강암 안에 포획되어 있으므로 E는 화강암보다 먼저 생성되었다. 따라서 E에서는 신생대(약 0.66억 년 전 ~ 현재)의 표준 화석인 화폐석 화석이 발견될 수 없다.

03 점이 층리는 다양한 크기의 입자를 포함한 퇴적물이 한꺼번에 퇴적 지역에 공급되었을 때, 큰 입자가 바닥에 먼저 퇴적되고 작은 입자가 나중에 퇴적되어 형성된다.

㉡. 건조시킨 모래 입자 사이에는 공극이 존재하는데, 과정 (다)에서는 물의 일부가 공극을 채우게 되고 큰 입자와 큰 입자 사이의 공극에 작은 입자가 들어가기도 한다. 따라서 과정 (다)에서 비커 속 흡탕물의 부피는 400 mL보다 작다.

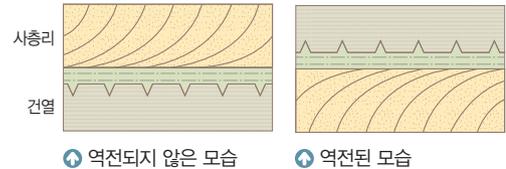
바로알기 ㉢. 탐구 활동에서 다양한 크기의 입자를 물에 넣고 세게 저어서 부유 상태로 만들었다가 다시 가라앉힌 후 퇴적층 상부와 하부의 입자 크기를 확인하였다. 따라서 이 탐구 활동은 점이 층리가 형성되는 과정을 알아보기 위한 실험이다.

㉣. 점이 층리는 주로 세설성 퇴적암에서 관찰되는 퇴적 구조이다. 화학적 퇴적암에서는 점이 층리가 관찰되지 않는다.

04 층리가 나란하지 않고 기울어지거나 엇갈려 나타나는 퇴적 구조 A는 사층리이고, 퇴적물이 건조한 대기에 노출되어 갈라진 퇴적 구조 B는 건열이다.

㉠. A(사층리)는 물이 흐르거나 바람이 부는 환경에서 퇴적물이 경사진 상태로 쌓인 퇴적 구조이다. 따라서 A(사층리)를 이용하여 퇴적물이 공급된 방향을 추정할 수 있다.

㉣. A(사층리)와 B(건열)는 모두 퇴적 구조의 모습을 이용해 지층의 역전 여부를 추정할 수 있다.



바로알기 ㉡. 건열은 주로 입자의 크기가 작은 퇴적물이 물에 의해 퇴적된 이후 건조한 대기에 노출되면 퇴적물 내에 존재하던 물이 증발하면서 수축하여 퇴적물 표면이 갈라져서 만들어진다. 따라서 B(건열)는 사암층보다 세일층에서 잘 나타난다.

03 / 지질 시대의 환경과 생물

개념 확인문제

153쪽

- 1 현재 2 생물계 3 누대 4 지질 시대 5 환경 6 빙하
7 중생대

- 1 (1) ○ (2) × (3) × 2 D, C, B, A 3 (1) ○ (2) × (3) ○
(4) ○ (5) × 4 표준 화석: E, 시상 화석: A 5 (1) × (2) ○
(3) ○ 6 (가) B (나) C

- 1 (1) 생물계의 큰 변화가 나타난 시기와 대규모 지각 변동의 기록(예 부정합 등)을 기준으로 지질 시대를 구분할 수 있다.
(2) 현생누대는 크게 고생대, 중생대, 신생대로 구분한다.
(3) 기는 대를 세분하는 단위이다. 고생대는 6개의 기로 구분한다.

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

- 3 (1) 표준 화석에 적합하려면 생물의 생존 기간이 짧고, 분포 면적이 넓어야 한다.
(2) 표준 화석을 이용하면 지층과 퇴적암이 생성된 지질 시대를 판단할 수 있다. 화석암의 절대연령은 방사성 동위원소의 반감기를 이용하여 알 수 있다.
(3) 지질 시대를 구분하는 데 유용한 것은 표준 화석이다.
(4) 시상 화석은 생물이 살았던 당시의 환경을 알려 주는 화석이므로 특정한 환경에서만 서식하는 생물일수록 시상 화석으로 적합하다.
(5) 공룡 화석은 중생대의 대표적인 표준 화석이다.

- 4 표준 화석으로는 비교적 넓은 지역에 분포하고, 생존 기간이 짧은(특정한 시기에 살았던) 생물이 적합하다. → E
시상 화석으로는 좁은 지역(특정 환경)에 분포하고, 생존 기간이 긴 생물이 적합하다. → A

- 5 (1) 나무 나이테의 개수와 폭을 조사하면 비교적 가까운 과거의 기온과 강수량 변화에 관한 기후를 알아낼 수 있다. 과거 대기 성분은 시추한 빙하 코어에서 빙하에 포함된 공기 방울 분석으로부터 파악할 수 있다.
(2) 석순의 산소 동위원소비를 분석하면 생성 당시 기온을 추정할 수 있다. 석순에 포함된 탄소 방사성 동위원소의 반감기를 조사하면 석순의 생성 시기를 계산할 수 있다.

(3) 빙하에는 눈이 쌓일 당시의 꽃가루가 포함될 수 있으므로 당시 환경에 관한 여러 가지 자료를 얻을 수 있다.

- 6 A는 고생대, B는 중생대, C는 신생대이다. 지질 시대 중 빙하기 없이 온난한 기후가 지속되었던 시기는 중생대(B)이고, 가장 최근에 빙하기가 있었던 시기는 신생대(C)이다.

개념 확인문제

157쪽

- 1 에디아카라 생물군 2 판게아 3 육상 식물 4 빙하기 5 암모나이트 6 제4기 7 화폐석

- 1 (1) × (2) × (3) × (4) ○ 2 (1) 남세균(사이아노박테리아)
(2) 고생대 (3) 암모나이트 (4) 포유 3 (다) → (가) → (나)
4 (1) ㅅ (2) ㄱ (3) ㄹ (4) ㄷ, ㅂ (5) ㄷ (6) ㄴ 5 양치식물 →
겉씨식물 → 속씨식물 6 고생대

- 1 (1) 시생누대에는 광합성을 하는 남세균이 출현하여 바다에서 산소가 생성되었고, 산소는 해수 중의 철 이온과 결합하여 호상철광층을 형성하였다. 그 후 원생누대에는 남세균의 광합성으로 대기 중 산소의 양이 점차 증가하였다.
(2) 대기 중에 산소가 많이 축적되면서 고생대에 오존층이 형성되어 태양의 유해한 자외선을 차단하였기 때문에 고생대 실루리아기에는 최초로 생물이 육지로 진출할 수 있었다.
(3) 빙하기와 간빙기가 반복되어 나타난 시기는 신생대 제4기이다.
(4) 대서양과 인도양은 중생대 트라이아스기 말에 판게아가 분리되면서 형성되기 시작하였다.

- 2 (1) 시생누대에는 남세균이 출현하였다.
(2) 해양 생물인 삼엽충, 방추충이 번성한 지질 시대는 고생대이다.
(3) 겉씨식물이 번성한 지질 시대는 중생대이다. 중생대에는 육지에서 공룡이, 바다에서 암모나이트가 번성하였다.
(4) 최초의 인류는 신생대 말기에 출현하였고, 신생대에는 포유류와 조류, 속씨식물이 번성하였다.

3 - 꼼꼼 문제 분석



(다) 고생대 말기에는 모든 대륙들이 하나로 모여 판게아를 형성하였고, (가) 중생대에는 판게아가 분리되기 시작하면서 대서양과 인도양이 형성되기 시작하였으며, (나) 신생대에는 현재와 수륙 분포가 비슷했다.

4. 꼼꼼 문제 분석

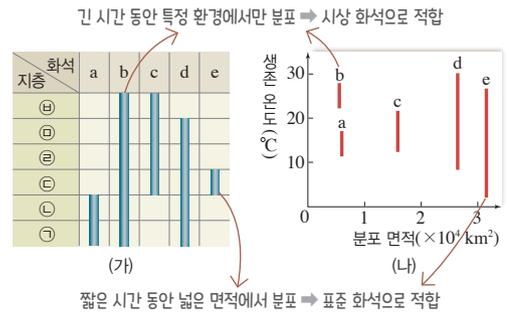


- (1) 최초의 척추동물 화석은 고생대에 출현한 갑주어(사)이다.
- (2) 최초의 광합성 생물인 남세균이 퇴적물과 함께 층상으로 쌓여 만들어진 화석은 스트로마톨라이트(가)이다.
- (3) 유공충의 일종으로, 신생대에 바다에서 번성한 생물의 화석은 화폐석(마)이다.
- (4) 고생대 말기에 멸종한 바다 생물의 화석은 방추충(라), 삼엽충(바)이다. 갑주어(사)는 고생대 데본기 말에 멸종하였다.
- (5) 중생대 바다에서 번성하였던 대표적인 생물의 화석은 암모나이트(다)이다.
- (6) 신생대 제4기에 번성하였던 대형 육상 포유류의 화석은 매머드(나)이다.

5 양치식물은 고생대에, 겉씨식물은 중생대에, 속씨식물은 신생대에 번성하였다.

6 지질 시대 동안 총 5번의 생물 대멸종이 있었는데, 가장 큰 규모의 생물 대멸종은 고생대 말에 일어났다.

꼼꼼 문제 분석



- 지질 시대를 구분하는 지층의 경계: 많은 종류의 생물이 멸종하거나 출현한 시기를 경계로 지질 시대를 구분한다.
- ➔ (가)에서 지층 ㉠과 ㉢ 사이에서 a 화석의 생물이 멸종하고, c와 e 화석의 생물이 출현하였으므로 지질 시대를 구분하는 지층의 경계는 지층 ㉠과 ㉢ 사이이다.

1 시상 화석으로 가장 적합한 화석은 (가)에서 생물의 생존 기간이 길고, (나)에서 생물의 분포 면적이 좁은 b이다.

2 표준 화석으로 가장 적합한 화석은 (가)에서 생물의 생존 기간이 짧고, (나)에서 생물의 분포 면적이 넓은 e이다.

3 (1) (나)에서 b는 a보다 생물의 생존 온도가 높으므로 따뜻한 기후에서 살았다.

(2) (나)에서 a는 d보다 생물의 분포 면적이 좁고, 생존 온도 범위도 좁으므로 환경 변화에 민감한 생물이다.

(3) (가), (나)에서 b는 지층 ㉠~㉤까지 분포하므로 생존 기간이 길고, 분포 면적이 좁다.

(4) 화석에 의한 지층 대비에는 시상 화석인 b보다 표준 화석인 e가 유용하다.

(5) 화석이 산출되는 지층의 퇴적 당시의 환경을 추정하려면 시상 화석인 b가 유용하다.

(6) 생존 기간이 가장 긴 생물종은 (가)의 모든 지층에서 화석이 산출되는 b이다.

(7) e는 표준 화석으로 적합한 생물 화석이다. 고사리와 산호는 과거부터 현재까지 살고 있으므로 시상 화석에 해당한다.

(8) 지질 시대는 표준 화석으로 나타나는 생물계의 큰 변화나 대규모 지각 변동의 기록(예 부정합)을 기준으로 구분한다. 지층 ㉢과 ㉤의 경계보다 지층 ㉠과 ㉢의 경계에서 생물계의 변화가 크므로, 지질 시대를 구분할 때 지층 ㉢과 ㉤의 경계보다 지층 ㉠과 ㉢의 경계가 더 적합하다.

대표 자료 분석 1

158쪽

- 1 b 2 e 3 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ○ (5) × (6) × (7) × (8) ○

대표 자료 분석 2

159쪽

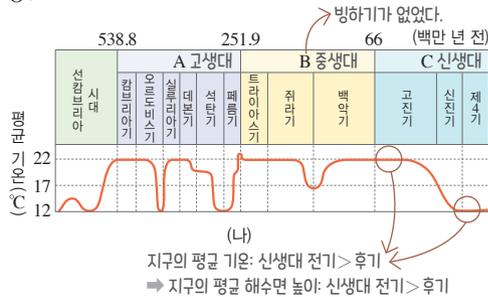
- 1 기온이 높았고, 강수량이 많았다. 2 ㉠, ㉡ 3 (1) × (2) ○
 (3) ○ (4) × (5) ○ (6) ○

꼼꼼 문제 분석



㉠ 나무 나이테 조사 ㉡ 꽃가루 화석 연구 ㉢ 빙하 코어 분석 ㉣ 유공충 화석 분석

- ㉠ 나무 나이테 조사: 나무 나이테의 개수와 폭을 연구하여 과거의 기온과 강수량 변화를 추정한다.
- ㉡ 꽃가루 화석 연구: 과거의 식생 분포 등을 알 수 있다.
- ㉢ 빙하 코어 분석: 빙하 속 물 분자의 산소 동위원소비($\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}$)는 기온이 높을수록 높다.
- ㉣ 유공충 화석 분석: 해양 생물체 화석 속의 산소 동위원소비($\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}$)는 수온이 높을수록 낮다.



1 나무의 성장은 기온이 높고, 강수량이 많은 환경에서 빠르고, 이때 나무의 나이테 간격이 넓다. 따라서 나무의 나이테 간격이 비교적 넓은 시기에는 기온이 높았고, 강수량이 많았다.

2 빙하 코어에서 발견되는 공기 방울은 빙하가 생성되는 과정에서 눈과 함께 쌓인 그 당시의 공기 방울이므로 이를 통해 과거 대기의 성분을 알 수 있다. 바다에서 살았던 유공충 껍데기의 산소 동위원소비를 이용하여 당시의 해수 온도를 추정할 수 있다.

3 (1) (가)의 ㉡ 꽃가루 화석 연구로 당시 번성하였던 식물 종을 알 수 있으므로 과거의 식생 분포를 파악할 수 있다. ㉠ 나무 나이테의 개수와 폭을 조사하여 과거의 기온과 강수량 변화를 추정할 수 있다.

(2) 빙하 속 물 분자의 산소 동위원소비($\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}$)는 기온이 높을수록 높게 나타나므로 (가)의 ㉢ 빙하 코어 분석에서 간빙기보다

빙하기에 산소 동위원소비가 낮다.

(3) (가)의 ㉡에서 해양 생물체 화석(예 유공충 화석) 속의 산소 동위원소비($\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}$)는 수온이 높을수록 낮다.

(4) (가)의 ㉠ 나무의 나이테로는 최고 수천 년 전까지의 기후를 조사할 수 있고, ㉢ 빙하 코어 분석으로는 최고 수십만 년 전까지의 기후를 조사할 수 있다. (나)의 A는 약 5.388억 년 전~약 2.519억 년 전인 고생대이므로 A 시대 기후 조사에는 (가)의 ㉠과 ㉢ 방법을 이용하기는 어렵다.

(5) (나)의 B는 약 2.519억 년 전~약 0.66억 년 전이므로 중생대이고, (나)에서 중생대에는 지구의 평균 기온이 현재(약 15°C)보다 계속 높았으므로 빙하기가 없이 대체로 온난하였다.

(6) (나)의 C는 약 0.66억 년 전~현재이므로 신생대이고, 지구의 평균 기온이 높을수록 빙하의 용해와 해수의 열팽창으로 인해 지구의 평균 해수면 높이가 높아진다. 따라서 신생대 후기에는 빙하기와 간빙기가 반복되었기 때문에 지구의 평균 해수면 높이가 전기에 비해 낮았을 것이다.

대표 자료 분석 3

160쪽

- 1 (라), (사) 2 (가), (나), (다), (라), (마), (자) 3 (1) ○ (2) ○
 (3) ○ (4) × (5) × (6) × (7) ○ (8) × (9) ×

꼼꼼 문제 분석

고생대	• 바다: (가) 삼엽충, (나) 필석, (마) 방추충, (자) 갑주어 번성 • 육지: 양치식물 번성, 겉씨식물 출현
중생대	• 바다: (다) 암모나이트 번성 • 육지: (바) 공룡, (아) 시조새, 겉씨식물 번성, 속씨식물 출현
신생대	• 바다: (라) 화폐석 번성 • 육지: (사) 매머드, 속씨식물 번성

1 (라) 화폐석과 (사) 매머드는 신생대에 번성했던 생물이다.

2 (가) 삼엽충, (나) 필석, (다) 암모나이트, (라) 화폐석, (마) 방추충, (자) 갑주어는 바다에서 서식했던 생물이고, (바) 공룡, (사) 매머드, (아) 시조새는 육지에서 서식했던 생물이다.

3 (1) 고생대의 생물은 (가) 삼엽충, (나) 필석, (마) 방추충, (자) 갑주어이고, 이 중 가장 먼저 출현한 생물은 (가)이다.

(2) 중생대에 바다에서 번성했던 생물의 화석은 (다) 암모나이트이다.

- (3) 중생대 말에 생물 대멸종이 일어나 (다) 암모나이트와 (바) 공룡을 비롯한 수많은 생물이 사라졌는데, 이 시기의 생물 대멸종의 가장 유력한 원인은 유성체의 충돌로 추정된다.
- (4) (라) 화폐석이 변성한 시기는 신생대 고진기와 신진기이고, 이때 육지에서는 속씨식물이 번성하였다.
- (5) (마) 방추충이 번성한 시기는 고생대 후기이고, 이때 양치식물이 번성하였다.
- (6) (나) 필석은 고생대 화석이고, (라) 화폐석은 신생대 화석이므로 같은 시기에 형성된 지층에서 함께 산출될 수 없다.
- (7) (바) 공룡은 중생대의 육상 생물이므로 중생대 육상 환경인 호수 환경에서 퇴적된 지층에서 산출될 수 있다.
- (8) (사) 매머드는 신생대 제4기에 번성하였고, 신생대 제4기에는 빙하기와 간빙기가 여러 차례 반복되었다.
- (9) 최초의 척추동물이자 어류의 조상인 (자) 갑주어는 고생대 오르도비스기에 출현하여 실루리아기와 데본기에 번성하였다. 판게아가 형성된 시기는 고생대 페름기 말이다.

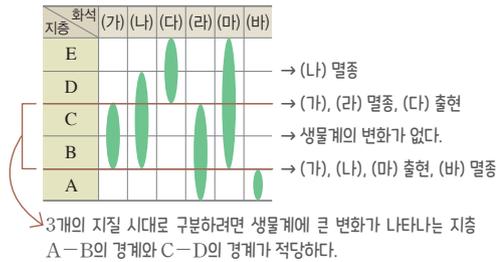
내신 만점 문제

161쪽~164쪽

- 01 ③ 02 ②, ④ 03 해설 참조 04 ③ 05 ①
 06 ④ 07 ④ 08 ② 09 ② 10 ⑤ 11 해
 설 참조 12 ⑤ 13 ⑤ 14 ③ 15 L-Γ-□-
 □-□ 16 ③ 17 ④ 18 ① 19 ① 20 ②
 21 ③ 22 해설 참조

- 01** ㄴ. 지질 시대는 누대, 대, 기로 세분한다.
 ㄹ. 현생누대는 생물계의 큰 변화를 기준으로 고생대, 중생대, 신생대로 구분하고, 현생누대의 각 대는 기로 구분한다.
바로알기 ㄱ. 지질 시대는 지구가 탄생한 약 46억 년 전부터 현재까지의 기간이다.
 ㄷ. 가장 오래 지속된 지질 시대는 전체 지질 시대의 약 88.1%를 차지하는 선캄브리아 시대(명왕누대, 시생누대, 원생누대)로, 생물의 개체 수가 적었고 생물체에 단단한 부분이 없었으며 오랜 시간 지각 변동을 많이 받았기 때문에 발견되는 화석이 매우 적다. 현생누대는 생물의 수가 많아 발견되는 화석이 많다.
- 02** ②, ④ 지질 시대를 구분하는 기준은 생물계에서 일어나는 급격한 변화(표준 화석의 변화), 대규모 지각 변동의 기록(예 부정합)이다.

03 꼼꼼 문제 분석



지질 시대는 생물계의 큰 변화와 대규모 지각 변동의 기록(예 부정합)을 기준으로 구분한다. 즉, 지층에서 산출되는 화석의 생물이 출현하거나 멸종하는 시기를 기준으로 지질 시대를 구분할 수 있다. 그림에서 지층 A와 B 사이에서는 (바) 화석의 생물이 멸종하고 (가), (나), (마) 화석의 생물이 출현하였으며, 지층 C와 D 사이에서는 (가), (라) 화석의 생물이 멸종하고 (다) 화석의 생물이 출현하였다. 따라서 지질 시대를 구분하는 지층의 경계는 지층 A와 B 사이, C와 D 사이이다.

모범 답안 지층 A와 B 사이, C와 D 사이를 경계로 산출되는 화석이 급격하게 변하기 때문이다.

채점 기준	배점
지층의 경계 2개를 옳게 쓰고, 그 까닭을 옳게 모두 서술한 경우	100 %
지층의 경계 2개만 옳게 쓴 경우	60 %
그 까닭만 옳게 서술한 경우	40 %

- 04** ㄱ. A 시대는 지질 시대 중 상대적 길이가 가장 길므로 선캄브리아 시대이다.
 ㄴ. 고생대(B)는 약 5.39억 년 전부터 약 2.52억 년 전까지이고, 중생대(C)는 약 2.52억 년 전부터 약 0.66억 년 전까지이다. 따라서 B 시대가 C 시대보다 지속 기간이 길다.
바로알기 ㄷ. A~D 시대 중 선캄브리아 시대(A)의 화석이 가장 적게 발견되고, 신생대(D)의 화석이 가장 많이 발견된다.
- 05** ㄱ. 지구의 나이가 46억 년이고, 지구의 나이에 해당하는 종이 띠 길이가 92 cm이므로 1억 년은 $92 \text{ cm} \div 46 \text{ 억 년} = 2 \text{ cm}$ 에 해당한다.
바로알기 ㄴ. ㉠은 종이 띠에서 중생대가 시작되는 시기이며, 중생대는 약 2.52억 년 전에 시작되었다. 따라서 ㉠은 $92 \text{ cm} - (2.52 \text{ 억 년} \times 2 \text{ cm}) = 86.96 \text{ cm}$ 에 해당한다.
 ㄷ. 삼엽충은 고생대 전 기간 동안 번성하였으므로 5.39억 년 전 - 2.52억 년 전 = 2.87억 년에 해당한다. 따라서 삼엽충이 번성했던 기간은 전체 지질 시대 중 $\frac{2.87 \text{ 억 년}}{46 \text{ 억 년}} \times 100 \approx 6.2 \%$ 를 차지한다.

06 ① 화석은 지질 시대에 살았던 생물의 뼈, 껍데기 등과 같은 유해나 생물이 기어간 자국, 배설물 등과 같은 흔적이 지층 속에 남아 있는 것이다.

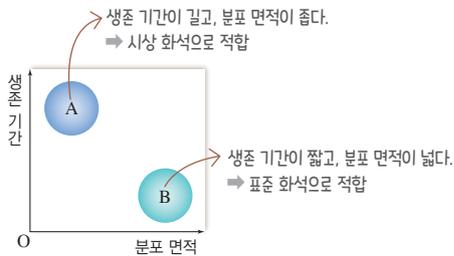
② 생물에 단단한 부분이 적을수록 화석이 되기 전에 지각 변동 등에 의해 생물의 유해나 흔적이 없어지기 쉽다.

③ 생존 기간이 짧고, 넓은 지역에 분포하던 생물의 화석은 생물이 살았던 지질 시대를 알려줄 수 있으므로 표준 화석으로 적당하다.

⑤ 화석으로 발견된 생물의 서식 환경을 통해 과거의 기후를 추정할 수 있으며, 멀리 떨어진 대륙의 화석을 비교하여 대륙의 이동을 알아낼 수 있다.

바로알기 ④ 표준 화석으로는 지층이 생성된 지질 시대를, 시상 화석으로는 지층이 생성될 당시의 환경을 알 수 있다.

07 **꼼꼼 문제 분석**



④ 시상 화석(A)으로는 고사리, 산호 등이 있으며, 표준 화석(B)으로는 삼엽충, 암모나이트, 공룡, 갑주어 등이 있다.

08 (가)는 삼엽충, (나)는 고사리, (다)는 화폐석 화석이다.

나. (나)는 지층이 생성될 당시의 환경을 알려 주는 시상 화석으로, 고사리는 현재 따뜻하고 습한 육지에서 서식한다. 따라서 (나)가 발견되는 지층이 퇴적될 당시 환경은 따뜻하고 습한 육지였다.

바로알기 가. (가) 삼엽충은 고생대, (다) 화폐석은 신생대의 표준 화석이다.

다. (가) 삼엽충은 고생대에, (다) 화폐석은 신생대에 번성하였으므로 (다)의 생물은 (가)의 생물보다 나중에 번성하였다.

09 ① 지질 시대의 기후 변화를 추정할 때는 환경 변화에 민감한 생물의 화석일수록 유용하다.

③ 빙하 속 공기 방울의 이산화 탄소 농도가 높았던 시기에는 그 당시 대기 중에 온실 기체인 이산화 탄소 농도가 높았던 것이므로 기온이 높았을 것이다.

④ 빙하를 구성하는 물 분자의 산소 동위원소비($\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}$)는 온난한

시기에 생성된 빙하일수록 높고, 한랭한 시기에 생성된 빙하일수록 낮게 나타난다.

⑤ 빙하나 퇴적물 속에 보존되어 있는 꽃가루 화석을 이용하면 빙하가 생성될 당시나 퇴적물이 쌓일 당시 식물의 분포나 기후를 추정할 수 있다.

바로알기 ② 기온이 높고 강수량이 많으면 나무 나이테의 폭이 넓고, 밀도가 작아진다. 따라서 고온 다습한 기후에서는 나무의 나이테 간격이 넓어 덜 조밀하다.

10 A는 고생대, B는 중생대, C는 신생대이다.

가. 고생대(A) 말기에는 지구의 평균 기온이 10 °C로 현재 지구의 평균 기온(15 °C)보다 낮으므로 빙하기가 있었다.

나. 중생대(B)는 고생대(A)보다 지구의 평균 기온이 대체로 높았고, 지속적으로 온난했으므로 빙하기가 없었다.

다. 신생대(C) 후기에는 빙하기와 간빙기가 여러 번 반복되었다.

11 **모범 답안** 생물의 개체 수가 적었고, 생물체에 단단한 부분(뼈, 껍데기 등)이 없었으며, 화석이 되어도 오랜 시간 동안 지각 변동을 받아 변형되었거나 소실되었기 때문이다.

채점 기준	배점
선캄브리아 시대의 화석이 거의 발견되지 않는 까닭을 세 가지 모두 옳게 서술한 경우	100 %
선캄브리아 시대의 화석이 거의 발견되지 않는 까닭을 두 가지만 옳게 서술한 경우	60 %
선캄브리아 시대의 화석이 거의 발견되지 않는 까닭을 한 가지만 옳게 서술한 경우	30 %

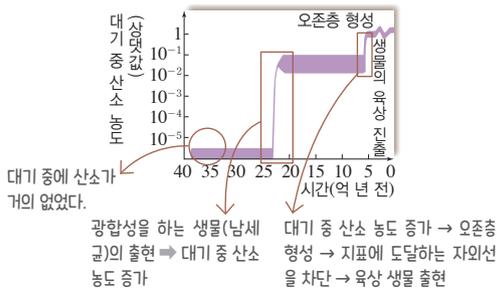
12 ① 선캄브리아 시대는 약 46억 년 전 지구가 탄생한 후부터 고생대가 시작된 약 5.39억 년 전까지이다. 따라서 지질 시대 중 상대적 길이가 가장 길다.

② 선캄브리아 시대에는 생물의 개체 수가 적었고, 생물체에 단단한 부분(뼈, 껍데기 등)이 없었으며, 화석이 되어도 오랜 시간 동안 많은 지각 변동과 풍화 작용을 받아 변형되거나 소실되었기 때문에 화석이 매우 적게 발견된다.

③, ④ 선캄브리아 시대에는 초기에 대기 중에 산소가 거의 없어 오존층이 형성되지 않아 생물에 유해한 태양의 강한 자외선이 지표에 도달하였기 때문에 육지에서 생물이 출현할 수 없었다. 따라서 태양의 자외선이 도달하지 않는 바다에서 지구상에 최초의 생명체가 탄생하였다.

바로알기 ⑤ 선캄브리아 시대의 바다에서 최초로 광합성을 하는 남세균(시아노박테리아)이 출현하였고, 남세균이 퇴적물과 함께 층상으로 쌓여 바다 환경에서 스트로마톨라이트를 형성하였다.

13 **꼼꼼 문제 분석**

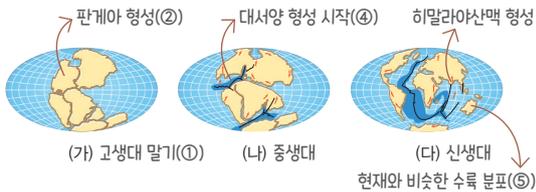


ㄱ. 선캄브리아 시대 초기에는 대기가 주로 질소와 이산화 탄소가 구성되어 있고, 대기 중에 산소가 거의 없었으므로 오존층이 형성되지 않아 생물에 유해한 태양의 자외선이 지표에 도달하였다. 따라서 최초의 생명체는 유해한 자외선이 도달하지 않는 바다 속에서 탄생하였을 것이다.

ㄴ. 광합성을 하는 남세균에 의해 산소가 바다에 포화된 후 대기로 방출되었으므로 점차 대기 중 산소 농도가 증가하였다.

ㄷ. 오존층의 형성 이후에는 생물에 유해한 태양의 자외선이 오존층에 의해 지표에 도달하는 것이 차단되었기 때문에 육상 생물이 출현할 수 있었고, 이로 인해 수권으로만 제한되었던 생물권의 분포 범위는 지권과 기권으로까지 점차 확대되었다.

14 **꼼꼼 문제 분석**



바로알기 ③ (나) 중생대에는 로키산맥과 안데스산맥이 형성되기 시작하였고, 히말라야산맥은 (다) 신생대에 북상한 인도 대륙이 유라시아 대륙과 충돌하면서 형성되었다.

15 어류는 고생대에 번성(ㄱ)하였고, 남세균은 선캄브리아 시대에 출현(ㄴ)하였으며, 시조새는 중생대에 출현(ㄷ)하였다. 인류의 조상은 신생대에 출현(ㄹ)하였고, 삼엽충, 방추충의 멸종(ㄴ)은 고생대 말에 일어났다.

16 ㄱ. (가) 방추충은 고생대, (나) 매머드는 신생대, (다) 암모나이트는 중생대의 표준 화석이다.

ㄷ. (다) 암모나이트가 번성한 중생대에는 육지에서 공룡이 번성하였다.

바로알기 ㄴ. (나) 매머드가 번성한 신생대에는 속씨식물이 번성하였다.

17 지질 시대 중 상대적 길이가 가장 긴 시대부터 나열하면 선캄브리아 시대, 고생대, 중생대, 신생대이므로 A는 고생대, B는 중생대, C는 신생대, D는 선캄브리아 시대이다.

ㄱ. 삼엽충은 고생대 캄브리아기에 출현하여 페름기 말에 멸종하였으므로 고생대(A) 전 기간에 걸쳐 번성하였다.

ㄴ. 중생대(B)는 현재보다 온난했던 시기이므로 지구의 평균 해수면 높이가 현재보다 높았을 것이다.

ㄹ. 에디아카라 생물군 화석은 다세포 생물의 일부가 화석으로 남은 것으로 선캄브리아 시대(D)인 원생누대에 생성되었다.

바로알기 ㄷ. 양서류는 고생대(A) 데본기에 출현하였다.

18 **꼼꼼 문제 분석**



(가) 단단한 부분(뼈, 껍데기 등)이 공룡 번성 → 중생대 없는 생물 → 선캄브리아 시대
(나) 삼엽충 번성, 육상 식물 존재 → 고생대 중기~말기

ㄱ. (가) 선캄브리아 시대에는 광합성을 하는 남세균의 등장으로 스트로마톨라이트가 형성되었다.

바로알기 ㄴ. 판게아는 중생대 초기인 트라이아스기 말에 분리되기 시작하였다.

ㄷ. (다) 시대에는 바다에 삼엽충이 있고, 육지에 식물이 존재하는 것으로 보아 자외선을 차단하는 오존층이 형성된 이후(고생대 중기~말기)이다.

19 해양 무척추동물이 번성한 A는 고생대, 파충류가 번성한 B는 중생대, 포유류가 번성한 C는 신생대이다.

ㄱ. 최초의 척추동물은 원시 어류(갑주어)로, 고생대 오르도비스기에 출현하였다.

바로알기 ㄴ. 양치식물은 고생대인 A 시기에 출현하여 번성하였다.

ㄷ. 암모나이트는 중생대인 B 시기에 바다에서 번성하였다. 신생대인 C 시기에 바다에서 번성한 생물은 화폐석이다.

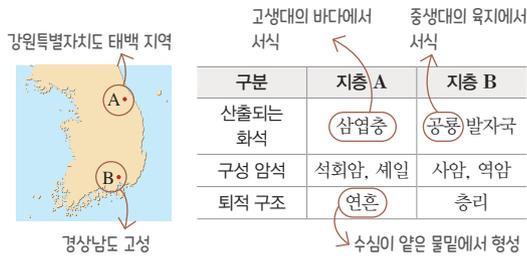
20 A는 고생대 오르도비스기 말의 생물 대멸종이고, B는 고생대 페름기 말의 생물 대멸종이며, C는 중생대 백악기 말의 생물 대멸종에 해당한다.

ㄷ. C 시기의 생물 대멸종은 중생대 말에 일어났으므로 C 시기는 중생대와 신생대의 구분 기준이 된다.

바로알기 ㄱ. 판게아는 고생대 페름기 말에 형성되었다. 따라서 A 시기는 판게아가 형성되기 전이고, B 시기에는 판게아가 형성되었다.

ㄴ. 갑주어는 고생대 데본기 말에 멸종하였으므로 A와 B 시기 사이에 멸종하였다. B 시기는 고생대 페름기 말의 생물 대멸종으로 삼엽충, 방추충 등이 멸종하였다.

21 **꼼꼼 문제 분석**



ㄱ. 지층 A에서는 고생대의 표준 화석인 삼엽충 화석이 산출되고, 지층 B에서는 중생대의 표준 화석인 공룡 발자국 화석이 산출되므로 지층 A는 B보다 먼저 퇴적되었다.

ㄴ. 지층 A에서 발견되는 연흔은 수심이 얇은 물밑에서 형성된 물결 모양의 퇴적 구조이다. 따라서 지층 A는 수심이 얇은 환경에서 퇴적되었다.

바로알기 ㄷ. 삼엽충은 바다에서 서식하였고, 공룡은 육지에서 서식하였다. 따라서 삼엽충 화석이 산출되는 지층 A는 바다에서, 공룡 발자국 화석이 산출되는 지층 B는 육지에서 퇴적되었다.

22 삼엽충 화석이 발견되는 지층은 고생대에, 공룡 발자국 화석이 발견되는 지층은 중생대에 퇴적되었다. 삼엽충 화석이 육지에서 발견되는 것은 지층이 퇴적될 당시에는 바다 환경이었으나 퇴적 후 융기하여 육지 환경이 되었기 때문이다.

모범 답안 지층 A는 고생대에, B는 중생대에 생성되었다. 삼엽충 화석을 포함한 지층이 바다 밑에서 퇴적된 후 수면 위로 융기했기 때문에 육지에서 삼엽충 화석이 발견된 것이다.

채점 기준	배점
두 화석이 발견된 지층의 생성 시기를 옳게 쓰고, 삼엽충 화석이 육지에서 발견되는 까닭을 지층의 융기로 옳게 서술한 경우	100 %
두 화석이 발견된 지층의 생성 시기만 옳게 쓴 경우	50 %
삼엽충 화석이 육지에서 발견되는 까닭만 옳게 서술한 경우	50 %

실력 UP 문제

165쪽

- 01 ④ 02 ⑤ 03 ③ 04 ④

01 ㄴ. 지구의 역사 약 46억 년 동안 선캄브리아 시대가 차지하는 비율은 약 88.1 %이므로, 고생대는 지질 시계에서 약 21.1시(=24시× $\frac{88.1}{100}$)에 시작된다. 지질 시계에서 중생대는 약 22.7시(=24시× $\frac{88.1+6.3}{100}$), 신생대는 약 23.6시(=24시× $\frac{88.1+6.3+4.1}{100}$)에 시작된다.

ㄷ. 공룡은 중생대 말에 멸종하였고, 신생대가 차지하는 비율이 약 1.5 %이므로 지질 시계에서 중생대는 약 23.6시(=24시-24시× $\frac{1.5}{100}$)에 끝난다. 따라서 지질 시계에서 공룡이 멸종한 시기는 23시와 24시 사이이다.

바로알기 ㄱ. 46억 년이 지질 시계의 24시간에 해당하므로 1억 년에 해당하는 시간은 $\frac{24시간}{46억 년} \approx 0.52시간$ 이다.

02 ㄴ. 중생대는 전체적으로 온난하였고 대륙 빙하 분포 범위가 나타나지 않으므로 빙하기가 없었다.

ㄷ. 지구의 평균 해수면 높이는 지구의 평균 기온이 높을수록 높아진다. 따라서 신생대 전기는 후기보다 대륙 빙하의 분포 범위가 좁고 온난했으므로 지구의 평균 해수면 높이가 더 높았을 것이다.

바로알기 ㄱ. 고생대 말기에는 기후가 한랭해졌기 때문에 대륙 빙하의 분포 범위가 넓어졌다. 따라서 산호는 수심이 얇고 따뜻한 바다 환경에서 서식하므로 산호의 서식지는 고생대 말기보다 온난한 고생대 초기에 더 고위도까지 분포했을 것이다.

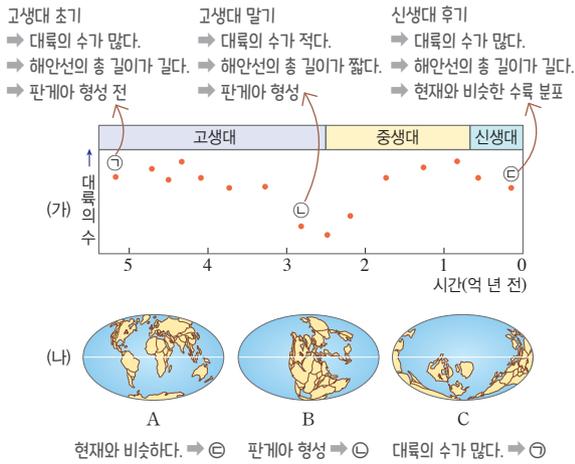
03 시생누대는 약 40억 년 전부터 약 25억 년 전까지이고, 원생누대는 약 25억 년 전부터 약 5.39억 년 전까지이며, 현생누대는 약 5.39억 년 전부터 현재까지이므로 지속 기간은 현생누대 < 시생누대 < 원생누대이다. 따라서 A는 원생누대, B는 현생누대, C는 시생누대이다.

ㄱ. C 시기(시생누대)에는 대기 중에 산소가 거의 없었으며, A 시기(원생누대)에는 남세균의 광합성으로 대기 중에 산소의 양이 점차 증가하였다. 따라서 대기 중 산소의 농도는 A 시기가 C 시기보다 높았다.

ㄴ. 단단한 껍데기를 가진 최초의 생물이 출현한 시기는 고생대 초기이므로 B 시기(현생누대)이다.

바로알기 ㄷ. (나)는 다세포 생물인 에디아카라 생물군으로, 최초의 다세포 생물은 원생누대 말기에 출현하였다. 따라서 판게아는 고생대 말기~중생대 초기에 존재했으므로 (나)가 출현한 시기에는 판게아가 존재하지 않았다.

04 — 꼼꼼 문제 분석



(나)에서 A는 현재와 비슷한 신생대의 수륙 분포이고, B는 대륙들이 모여 판게아가 형성된 고생대 말기의 수륙 분포이며, C는 판게아가 형성되기 전 고생대 초기의 수륙 분포이다.

ㄴ. 대륙이 여러 개로 갈라져 있을수록 해안선의 총 길이가 길다. 따라서 대륙의 수가 많은 ⊖은 대륙의 수가 적은 ⊕ 시기보다 해안선의 총 길이가 길었다.

ㄷ. 최초의 육상 식물은 고생대 실루리아기에 출현하였으므로 B와 C 시기 사이에 출현하였다.

바로알기 ㄱ. (가)에서 고생대 초기의 ⊕은 대륙의 수가 많으므로 대륙이 여러 개로 갈라져 있고 현재와는 다른 모습이므로 (나)의 C이다.

중단원 핵심정리

166쪽~168쪽

- ① 동물군천이 ② 먼저 ③ 부정합면 ④ 열쇠층(건축) ⑤ 표준
- ⑥ 반감기 ⑦ $\frac{1}{8}$ ⑧ 감소 ⑨ 증가 ⑩ 화학적 ⑪ 사
- 층리 ⑫ 건열 ⑬ 점층리 ⑭ 생물계 ⑮ 누대 ⑯ 표준
- ⑰ 시상 ⑱ 빙하 코어 ⑲ 빙하기 ⑳ 바다 ㉑ 남세
- 균(사이아노박테리아) ㉒ 판게아 ㉓ 육상 식물 ㉔ 빙하기
- ㉕ 히말라야산맥 ㉖ 스트로마톨라이트 ㉗ 삼엽충

중단원 마무리 문제

169쪽~173쪽

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

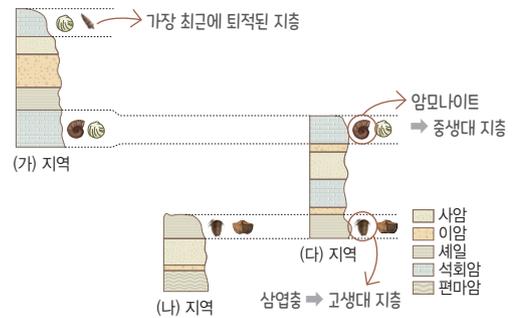
01 • 학생 A: 부정합의 법칙은 상하 지층 사이에 오랜 시간 간격이 있음을 설명한다.

• 학생 B: 관입의 법칙에 따르면 관입당한 암석이 관입암보다 먼저 생성되었다.

• 학생 C: 신생대의 표준 화석인 화폐석이 고생대의 표준 화석인 삼엽충보다 아래쪽 지층에 분포하므로 동물군천이의 법칙을 적용하면 지층이 역전되었음을 설명할 수 있다.

02 — 꼼꼼 문제 분석

서로 떨어져 있는 지역에서 같은 종류의 표준 화석이 산출되는 지층을 서로 연결하여 지층을 대비하면 지층의 선후 관계를 판단할 수 있다.

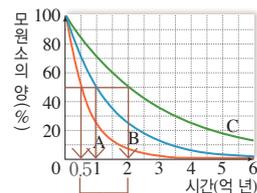


ㄱ. (나) 지역의 셰일층은 (가) 지역의 셰일층과 같은 시기에 퇴적되었으며, (나) 지역의 상부 석회암층은 (가) 지역의 하부 석회암층과 같은 시기에 퇴적되었다. 따라서 가장 최근에 퇴적된 지층은 (가) 지역에 분포한다.

바로알기 ㄴ. (나) 지역의 사암층은 셰일층보다 먼저 퇴적되었고, (나) 지역의 사암층은 셰일층보다 나중에 퇴적되었다. 따라서 (나) 지역의 사암층이 (나) 지역의 사암층보다 먼저 퇴적되었다.

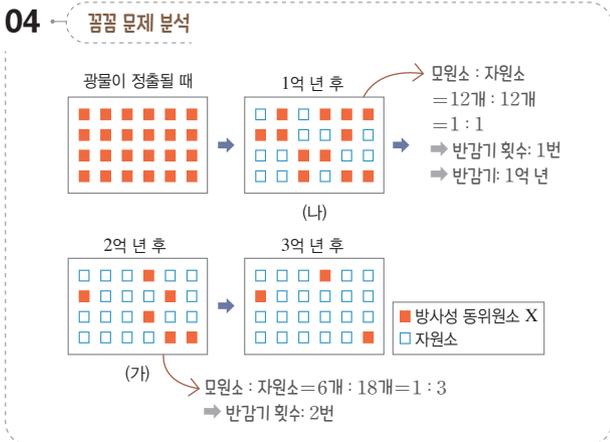
ㄷ. 열쇠층(건축)은 암상에 의한 대비를 할 때 기준이 되는 층으로, 주로 응회암층, 석탄층이 이용된다. 표준 화석을 이용하여 지층을 대비할 때는 열쇠층을 이용하지 않는다.

03 — 꼼꼼 문제 분석



- 반감기: A는 0.5억 년, B는 1억 년, C는 2억 년이다. → A < B < C
- 자원소의 생성 속도: 반감기가 짧을수록 자원소의 생성 속도가 빠르다. → A > B > C

ㄱ. 자원소의 생성 속도는 반감기가 가장 짧은 A가 가장 빠르다.
바로알기 ㄴ. 4억 년 후에 B는 반감기가 4번, C는 반감기가 2번 지날 것이다. 따라서 모원소의 양 : 자원소의 양은 B가 1 : 15, C가 1 : 3이므로 $\frac{\text{자원소의 양}}{\text{모원소의 양}}$ 은 B가 15, C가 3이다. 따라서 4억 년 후에 $\frac{\text{자원소의 양}}{\text{모원소의 양}}$ 은 C가 B의 $\frac{1}{5}$ 배이다.
 ㄷ. 선사 시대 유물은 가까운 과거의 물건이므로 연대 측정에 가장 적합한 것은 반감기가 가장 짧은 A이다.

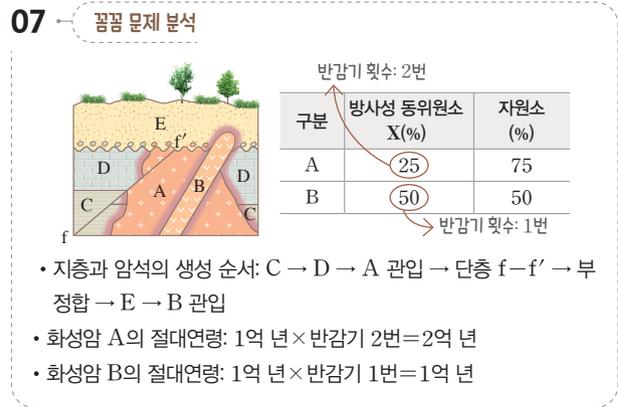


ㄱ, ㄴ. 방사성 동위원소 X의 함량 : 자원소의 함량은 (가)에서 6개 : 18개 = 1 : 3이고, (나)에서 12개 : 12개 = 1 : 1이다. (가)는 광물이 정출되고 2억 년 후이고, (나)는 광물이 정출되고 1억 년 후이다. 따라서 방사성 동위원소 X의 반감기는 1억 년이다.
 ㄷ. 방사성 동위원소 X의 반감기가 1억 년이므로, 광물이 정출되고 3억 년 후에는 반감기가 3번 지났으므로 방사성 동위원소 X의 함량은 처음 양의 $\frac{1}{8}$ 이다.

05 ㄱ. 화성암 A가 세일을 뚫고 분출한 후 화성암 B가 화성암 A를 관입하였으므로 지층과 암석은 세일 → 화성암 A → 화성암 B의 순으로 생성되었다. 화성암 B와 사암의 생성 순서는 알기 어렵다. 지층의 역전은 없었으므로 사암은 세일보다 나중에 생성되었다. 따라서 가장 오래된 지층은 세일층이다.
 ㄴ. 화성암 A와 B에 남아 있는 방사성 동위원소의 양이 각각 처음 양의 $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{4}$ 이므로 반감기가 각각 3번, 2번 지났다. 화성암 A의 나이 : 화성암 B의 나이는 3 : 2이므로 화성암 A의 나이는 화성암 B보다 $\frac{3}{2}$ 배 많다.
 ㄷ. 사암층은 퇴적된 후 지표에 노출되어 침식 작용을 받았다.

06 ㄴ. 화성암 A와 지층 D 사이에 부정합이 형성되어 있고, 화성암 B의 위쪽에 화성암의 침식물이 나타나는 것으로 보아 A와 B는 지표면에 노출되어 침식을 받았던 적이 있음을 알 수 있다.
 ㄷ. 지층과 암석의 생성 순서는 C → A → D → B → E이다. 화성암 B의 절대연령이 1억 년이므로 지층 E의 생성 시기는 1억 년 전 이후이다.

바로알기 ㄱ. 반감기는 방사성 동위원소가 처음 양의 절반($\frac{1}{2}$)이 되는 데 걸리는 시간이므로 (나)에서 방사성 동위원소 I과 II의 반감기는 각각 2억 년, 1억 년이다. 화성암 A, B에 포함된 방사성 동위원소의 모원소와 자원소 양의 비가 모두 1 : 1이므로 반감기가 1번 지났기 때문에 두 화성암의 절대연령은 각각 2억 년, 1억 년이다. 관입의 법칙에 따라 화성암 A가 B보다 먼저 생성되었으므로 화성암 A와 B에 포함된 방사성 동위원소는 각각 I과 II이다.



ㄴ. A, C, D는 단층 f-f'에 의해 끊어져 있고 B, E는 단층 f-f'에 의해 끊어져 있지 않으므로 단층 f-f'는 A가 생성된 이후, E가 생성되기 이전에 형성되었다. A가 2억 년 전에, E는 2억 년 전과 1억 년 전 사이에 생성되었으므로 단층 f-f'는 중생대(약 2.52억 년 전 ~ 약 0.66억 년 전)에 형성되었다.

바로알기 ㄱ. 화성암 A가 지층 C와 D를 관입하였고, 화성암 B가 지층 E를 관입하였으므로 지층과 암석의 생성 순서는 C → D → A → E → B이다.
 ㄷ. E는 중생대 지층이고, 화폐석 화석은 신생대의 표준 화석이므로 E에서는 화폐석 화석이 발견될 수 없다.

08 ㄱ. (가) → (나)의 다짐 작용으로 퇴적물이 압축되고, (나) → (다)의 교결 작용으로 공극 사이에 물질이 채워지면서 퇴적물 내 공극이 감소한다.
 ㄴ. (나) → (다)의 교결 작용은 공극 속의 물에 녹아 있는 석회질 물질, 규질 물질, 산화 철 등이 침전되면서 일어난다.

바로알기 ㄷ. (가) → (나) → (다)는 퇴적암이 만들어지는 속성 작용이므로 쇄설성 퇴적암뿐만 아니라 유기적 퇴적암, 화학적 퇴적암에서도 일어난다.

09 **꼼꼼 문제 분석**

지층이 퇴적된 환경과 지층의 상하 관계(역전 여부)를 알 수 있다.

구분	(가) 점이 층리	(나) 연흔	(다) 건열
퇴적 구조의 단면			
퇴적 환경	수심이 깊은 바다나 호수	수심이 얇은 곳, 사막	건조한 기후 지역
상하 관계	위로 갈수록 퇴적물 입자의 크기가 작아진다.	뾰족한 부분이 아래쪽이다. ⇒ 지층이 역전되었다.	위로 갈수록 벌어진 틈이 넓다.

⑤ (가)는 입자의 크기가 다양한 퇴적물이 깊은 바다로 한꺼번에 쓸려 가면서 퇴적물 입자의 크기가 큰 것부터 순서대로 퇴적된 것이므로 (나)보다 수심이 깊은 곳에서 형성된다.

바로알기 ① (가)는 위로 갈수록 퇴적물 입자의 크기가 점점 작아지는 점이 층리이다.

② (나) 연흔에서 뾰족한 부분이 아래를 향하고 있으므로 지층이 역전되었다.

③ 퇴적물 표면이 갈라진 구조는 (다) 건열이다. (나)는 퇴적물 표면에 생긴 물결 모양의 자국인 연흔으로, 수심이 얇은 곳에서 형성된다.

④ (다)는 퇴적물 표면이 건조한 환경에 노출되어 생긴 것으로, 과거에 물이 흘렀던 방향을 알 수 없다. 과거에 물이 흘렀던 방향이나 바람이 불었던 방향을 알 수 있는 퇴적 구조는 사층리이다.

10 ㄱ. 부정합면을 경계로 상하 지층의 퇴적 시기 사이에는 큰 시간 간격이 존재한다. 부정합면 u-u'를 경계로 상부 지층과 하부 지층은 부정합 관계이고, B와 C의 경계부에서는 건열이 역전된 형태로 나타나므로 B가 C보다 먼저 퇴적되었다. 따라서 이 지역에서는 B 퇴적 → C 퇴적 → 부정합 u-u' 형성 → D 퇴적 → A 분출의 순으로 지질학적 사건이 일어났다.

ㄴ. 부정합은 퇴적 → 용기 → 침식 → 침강 → 퇴적의 과정을 거쳐 형성되므로 부정합이 1번 형성될 때마다 용기와 침강이 각각 1번씩 일어난다. 이 지역에는 부정합면이 1개 나타나고, 현재 지표면이 해수면 위로 용기한 상태이다. 따라서 이 지역에서는 현재까지 적어도 2회의 용기와 1회의 침강이 있었다.

바로알기 ㄷ. 부정합면 u-u'를 경계로 지층 C와 D는 부정합 관

계이므로 시간 간격이 크다. 따라서 부정합 관계인 지층 C와 D 사이의 시간 간격은 지층 B와 C 사이의 시간 간격보다 크다.

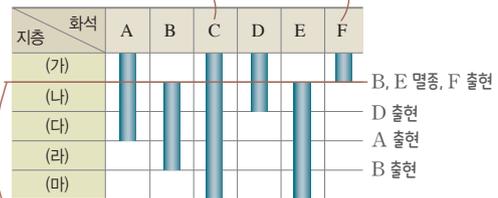
11 ㄱ. A는 육상 환경이므로 육지 내의 하천, 호수, 사막 등에서 주로 쇄설성 퇴적물이 퇴적된다.

ㄴ. 삼각주는 강의 하구에서 형성되는 하천의 퇴적 지형으로, 육상 환경(A)과 해양 환경(C) 사이에 존재하는 연안 환경(B)에서 형성된다.

ㄷ. 퇴적 환경 중에서 해양 환경(C)은 가장 넓은 면적을 차지한다.

12 **꼼꼼 문제 분석**

- (가)~(마) 지층에서 모두 발견된다. ⇒ 생물의 생존 기간이 길다. ⇒ 시상 화석에 적합하다.
- (가) 지층에서만 발견된다. ⇒ 생물의 생존 기간이 짧다. ⇒ 표준 화석에 적합하다.



(가)와 (나) 지층 사이: 생물의 멸종과 출현으로 화석이 급격하게 변한다. ⇒ 지질 시대를 구분하는 경계에 해당한다.

ㄴ. 부정합면을 경계로 상하 지층을 이루는 화석의 종류가 크게 달라진다. 지층 (가)와 (나)의 경계에서 생물의 멸종과 출현으로 화석의 변화가 크게 나타난다. 따라서 지층 (가)와 (나)는 상하 지층 사이에 시간의 단절이 크게 있는 부정합 관계일 가능성이 가장 크다.

바로알기 ㄱ. 화석 C는 지층 (가)~(마)에서 모두 발견되므로 지층의 생성 시기를 알려 주지 않기 때문에 표준 화석으로 적합하지 않다. 반면에, 화석 F는 지층 (가)에서만 발견되므로 특정한 시기에만 생존한 생물의 화석이기에 때문에 표준 화석으로 가장 적합하다.

ㄷ. 지층 (가)~(마)에서 화석의 변화가 가장 크게 나타나는 경계는 (가)와 (나) 사이이다. 따라서 2개의 지질 시대로 구분한다면 가장 적합한 것은 지층 (가)와 (나)의 경계이다.

13 ③ 원생누대는 약 25억 년 전~약 5.39억 년 전까지이고, 현생누대는 약 5.39억 년 전~현재까지이므로 원생누대가 현생누대보다 더 오래 지속되었다.

바로알기 ① 지질 시대를 구분하는 가장 큰 시간 단위는 '누대'이다.

② 생물계의 큰 변화(표준 화석의 변화), 대규모 지각 변동의 기록(예 부정합)은 지질 시대 구분의 기준이 될 수 있다.

- ④ 중생대 지층보다 신생대 지층에서 더 진화된 생물 화석이 발견된다.
- ⑤ 최초의 생물은 이미 시생누대에 출현하였다. 원생누대에는 에디아카라 생물군과 같은 생물이 살았으나 단단한 골격이 없는 생물이므로 원생누대의 화석이 거의 발견되지 않는다.

14 A는 생물의 생존 기간이 길고, 분포 면적이 좁으므로 시상 화석에 적합하다. B는 생물의 생존 기간이 짧고, 분포 면적이 넓으므로 표준 화석에 적합하다.

- ① 지질 시대를 구분하는 기준이 되는 화석은 표준 화석이므로 B 화석이 적합하다.
- ② 화석에 의한 지층 대비에는 생물의 진화 속도가 빠르거나 비교적 짧은 시기 동안 번성하여 지층의 퇴적 시기를 알려 주는 표준 화석을 이용한다. 따라서 화석에 의한 지층 대비에는 시상 화석인 A 화석보다 표준 화석인 B 화석이 적합하다.
- ③ A는 B보다 생물의 생존 기간이 길므로 여러 시대의 지층에 걸쳐 산출된다.
- ④ (나)는 산호 화석이다. 산호 화석은 지층이 퇴적될 당시의 환경을 알려 주므로 (가)에서 시상 화석인 A에 해당한다.

바로알기 ⑤ 산호는 현재 따뜻하고 얕은 바다에 서식하므로 산호 화석 (나)가 발견되는 지층은 퇴적될 당시에 따뜻하고 얕은 바다 환경이었을 것이다.

15 품목 문제 분석



- ㄱ. 최초의 육상 식물이 출현한 시기는 고생대 실루리아기(C)이다.
- 바로알기** ㄴ. A 시기 이후에도 대기 중 산소 농도는 계속해서 증가하였고, 오존층이 형성된 시기(육상 식물이 출현하기 이전 시기)에는 현재와 비슷한 산소 농도가 되었다. 따라서 오존층이 형성되기 전인 캄브리아기(A)는 데본기(D)보다 대기 중의 산소 농도가 낮았다.

ㄷ. 판게아는 고생대 페름기(F) 말에 형성되어 중생대 트라이아스기 말에 분리되기 시작하였다. 페름기 말에는 판게아의 형성, 대규모 화산 활동 등으로 인해 삼엽충, 방추충 등이 멸종하였다.

- 16** ① 선캄브리아 시대의 중기와 말기에는 빙하기가 있었다.
- ③ 중생대는 전 기간 동안 온난하여 빙하기가 없었다.
- ④ 지구의 평균 기온이 높을수록 빙하의 용해, 해수의 열팽창이

일어나 지구의 평균 해수면이 상승한다. 따라서 신생대 초기에는 현재보다 지구의 평균 기온이 높았으므로 지구의 평균 해수면이 높았을 것이다.

- ⑤ 지질 시대 동안 한랭한 기후와 온난한 기후가 번갈아가며 나타나므로 지구의 평균 기온이 상승과 하강을 반복하였음을 알 수 있다.

바로알기 ② 석회암층은 온난한 지역에서, 증발암은 건조한 지역에서 생성된다. 따라서 고생대 초기는 온난 건조하였기 때문에 고생대 초기 지층에는 석회암층과 증발암이 두껍게 나타난다.

- 17** ㄱ, ㄴ. (가)의 삼엽충은 고생대, (나)의 화폐석은 신생대, (다)의 암모나이트는 중생대의 표준 화석이다. 삼엽충, 화폐석, 암모나이트는 모두 해양 생물들이므로 (가)~(다) 화석은 모두 바다에서 퇴적된 지층에서 산출된다.

바로알기 ㄷ. (가) 삼엽충은 고생대 전 기간 동안 번성하였다. 판게아가 분리되기 시작한 것은 중생대 트라이아스기 말이다.

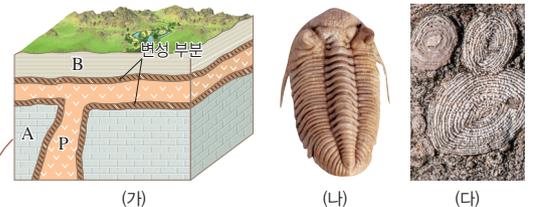
- 18** 다세포 생물은 원생누대 후기에, 삼엽충은 고생대 캄브리아기에, 공룡은 중생대 트라이아스기에, 시조새는 중생대 쥐라기에 출현하였다.

ㄴ. 판게아가 형성된 시기는 고생대 말기이므로 B 기간이다.

ㄷ. C는 중생대 기간으로, 중생대의 기후는 현재보다 온난하였다.

바로알기 ㄱ. 양치식물이 출현한 시기는 육상 식물이 출현한 고생대 실루리아기 이후이므로 B 기간이다.

19 품목 문제 분석



(나) 삼엽충 화석은 고생대의 표준 화석이고, (다) 화폐석 화석은 신생대 고진기와 신진기의 표준 화석이다.

- ㄱ. 지층 누층의 법칙에 의하면 지층이 역전되지 않았다면 아래에 있는 지층은 위에 있는 지층보다 먼저 생성된 것이므로, 지층 A는 B보다 먼저 생성되었다. 따라서 지층 A에서는 (나)의 고생대 삼엽충 화석이 산출되고, 지층 B에서는 (다)의 신생대 화폐석

화석이 산출된다.

바로알기 ㄴ. 최초의 포유류는 중생대 트라이아스기에 출현하였으므로 (다)가 번성하던 시기에 출현하지 않았다.

ㄷ. 화성암 P와 지층 A, B의 경계부에 번성 부분이 나타나므로, 화성암 P는 지층 A와 B가 퇴적된 후에 관입하였다. 화성암 P가 관입한 시기는 신생대이고, 신생대에는 속씨식물이 번성하였다.

20 ^{14}C 는 반감기가 약 5730년으로 짧아 가까운 과거의 정확한 연대를 측정할 수 있다. 반면에, ^{238}U 의 반감기는 약 45억 년으로 매우 길어 지질 시대 암석의 연령을 측정하는 데 유리하다.

모범 답안 ^{14}C 의 반감기가 짧아 가까운 과거의 정확한 연대 측정에 유리하기 때문이다.

채점 기준	배점
반감기가 짧아 가까운 과거의 정확한 연대 측정에 유리하다고 옳게 서술한 경우	100 %
반감기가 짧기 때문이라고만 옳게 서술한 경우	70 %

21 (가)는 연흔으로, 얇은 바다나 호수 환경에서 형성된다. (나)는 건열로, 건조한 기후에서 형성된다. (다)는 중생대에 살았던 공룡 발자국 화석이다.

모범 답안 중생대, 연흔이 생성될 때는 얇은 바다나 호수 환경이었고, 건열이 생성될 때는 건조한 기후였다.

채점 기준	배점
중생대와 퇴적 환경 두 가지를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
중생대와 퇴적 환경 한 가지만 옳게 서술한 경우	70 %
퇴적 환경 두 가지만 옳게 서술한 경우	60 %
중생대만 옳게 쓴 경우	40 %

22 **모범 답안** 지구의 탄생은 1월 1일 0시, 현재는 12월 31일 24시로 하면 신생대는 현재로부터 $\frac{0.66\text{억년}}{46\text{억년}} \times 365\text{일}$ 전에 시작되었으므로 12월 31일 24시 - $\left(\frac{0.66\text{억년}}{46\text{억년}} \times 365\text{일}\right)$ = 약 12월 26일 18시 19분에 시작된다.

채점 기준	배점
풀이 과정과 답을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
풀이 과정만 옳게 서술한 경우	60 %
답만 옳게 쓴 경우	40 %

23 (1) 그림의 환경을 보면 매머드가 번성한 신생대이다. 신생대에는 속씨식물이 번성하였다.

(2) 신생대 전기에는 온난하여 넓은 초원이 형성되었고, 후기에는 빙하기와 간빙기가 반복되었다.

모범 답안 (1) 신생대, 속씨식물
(2) 전기에는 대체로 온난하였고, 후기에는 빙하기와 간빙기가 반복되었다.

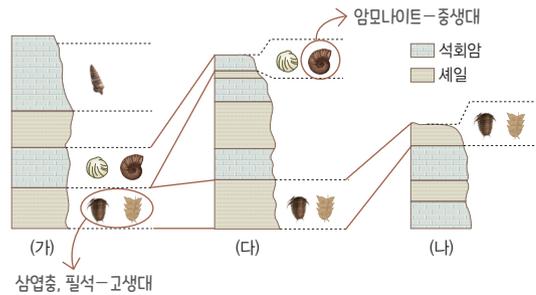
채점 기준	배점
(1) 지질 시대의 이름과 번성한 식물을 모두 옳게 쓴 경우	40 %
지질 시대의 이름만 옳게 쓴 경우	20 %
번성한 식물만 옳게 쓴 경우	20 %
(2) 전기와 후기로 나누어 기후 특징을 모두 옳게 서술한 경우	60 %
전기과 후기 중 기후 특징을 한 가지만 옳게 서술한 경우	30 %

중단원 고난도 문제

174쪽~175쪽

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

01 품평 문제 분석



선택지 분석

- ㉠ 가장 최근에 쌓인 지층은 (가) 지역에 분포한다.
- ㉡ (나) 지역에는 중생대에 쌓인 지층이 있다. 없다.
- ㉢ 전체 지층이 퇴적되는 데 걸린 시간은 (가) 지역이 (다) 지역보다 짧다. 길다.

전략적 풀이 ① 표준 화석을 이용하여 세 지역의 지층을 대비한다.

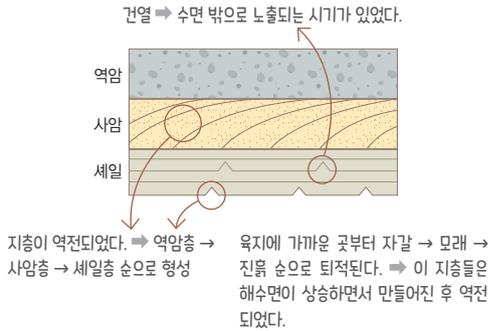
㉠. 같은 표준 화석이 산출되는 지층은 같은 지질 시대에 생성된 지층이라고 할 수 있다. 삼엽충, 필석은 고생대의 표준 화석이고, 암모나이트는 중생대의 표준 화석이다. 각 지층 속에 포함된 표준 화석(삼엽충, 필석, 암모나이트)을 이용해 세 지역 (가), (나), (다) 지역의 지층을 대비해 보면, (가) 지역의 최상층인 석회암층이 가장 최근에 쌓인 지층임을 알 수 있다.

㉡. (나) 지역에서는 최상층에 고생대의 삼엽충 화석이 산출되므로 중생대 지층이 없다.

② 세 지역의 지층 사이에 존재하는 부정합면을 파악한다.

㉢. (가) 지역에서는 하부에 있는 세일층과 석회암층 사이에 부정합면이 나타나고, (다) 지역의 하부에 있는 세일층과 상부에 있는 석회암층은 (가) 지역의 하부에 있는 세일층과 석회암층에 각각 대비되므로 전체 지층이 퇴적되는 데 걸린 시간은 (가) 지역이 (다) 지역보다 길다.

02 품평 문제 분석



선택지 분석

- 점이 층리가 관찰된다. 관찰되지 않는다.
- 이 지층들은 해수면이 하강하면서 만들어졌다. 상승
- 셰일층은 형성되는 동안 수면 밖으로 노출되는 시기가 있었다.

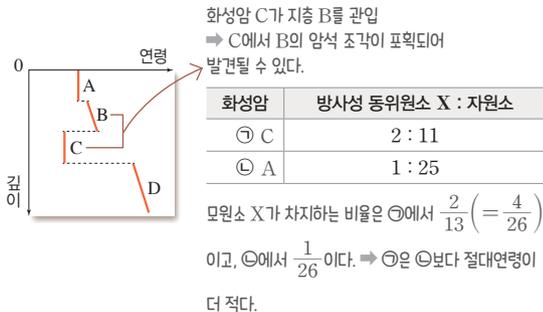
전략적 풀이 ① 퇴적 구조 중 점이 층리와 건열의 형성 과정과 모습을 파악한다.

- ㄱ. 점이 층리는 한 지층 내에서 위로 갈수록 퇴적물 입자의 크기가 점점 작아지는 퇴적 구조이다. 이 지역의 역암층은 퇴적물 입자 크기가 다양하게 분포하는 것으로 보아 점이 층리가 아니다.
- ㄴ. 셰일층에서 건열이 관찰되는 것으로 보아 셰일층은 형성되는 동안 수면 밖으로 노출되는 시기가 있었다.

② 지층의 역전 여부와 각 지층의 형성 과정을 파악한다.

- ㄴ. 사층리는 층리면의 폭이 넓은 쪽이 아래쪽이고, 건열은 아래로 갈수록 벌어진 틈이 넓으므로 이 지역의 지층은 역전되었다. 지층은 역암층 → 사암층 → 셰일층 순으로 생성되었다. 육지에 가까운 곳부터 자갈 → 모래 → 진흙 순으로 퇴적되므로 이 지층들은 해수면이 상승하면서 만들어진 후 역전되었다.

03 품평 문제 분석



선택지 분석

- A는 ㉠에 해당한다. ㉡
- C에서 B의 암석 조각이 발견될 수 있다.
- 이 지역은 최소 1번의 침강이 일어났다.

전략적 풀이 ① 화성암에 포함된 방사성 동위원소 X가 차지하는 비율로부터 화성암 A, C의 절대연령 차이를 비교한다.

ㄱ. ㉠에서 모원소 X가 차지하는 비율은 $\frac{2}{2+11} (= \frac{4}{26})$ 이고,

㉡에서 모원소 X가 차지하는 비율은 $\frac{1}{1+25}$ 이다. ㉠은 ㉡보다

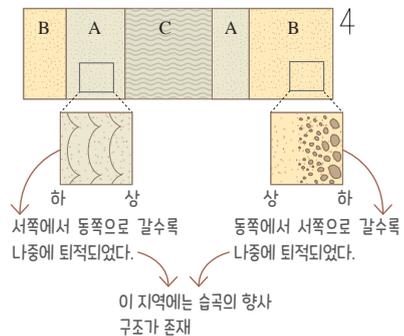
모원소가 차지하는 비율이 크므로 화성암의 절대연령이 적다. 따라서 그림에서 화성암 A는 C보다 연령이 많으므로 A는 ㉡이고, C는 ㉠이다.

② 지층과 화성암의 깊이에 따른 연령 분포로부터 이 지역의 지층과 암석의 생성 순서를 파악한다.

ㄴ. 화성암 C가 지층 B를 관입했기 때문에 화성암 C에서 B의 암석 조각이 포획되어 발견될 수 있다.

ㄴ. 지층 B와 D의 퇴적 속도는 일정하므로, 깊이에 따라 연령은 지금과 같은 기울기로 그래프가 그려질 것이다. 이때, 지층 B와 D의 연장한 그래프 선이 만나지 않기 때문에 중간에 퇴적이 중단된 것을 알 수 있다. 부정합면이 형성되었으므로 이 지역은 최소 1번의 침강이 일어났다.

04 품평 문제 분석

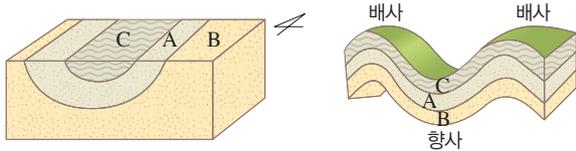


선택지 분석

- 가장 먼저 퇴적된 지층은 B이다.
- A는 B보다 수심이 얇은 곳에서 생성되었다.
- 향사 구조가 존재한다.

전략적 풀이 ① 주어진 퇴적 구조의 모습을 보고 지층의 상하 관계를 파악한 후 지층의 지질 구조를 판단한다.

ㄷ. 연흔은 뾰족한 부분이 위쪽이고, 점이 층리는 위로 갈수록 퇴적물 입자의 크기가 작아진다. 이 지역의 서쪽 A에서 발견된 연흔의 모습을 보았을 때 서쪽에서 동쪽으로 갈수록 나중에 퇴적된 지층임을 알 수 있고, 동쪽의 B에서 발견된 점이 층리의 모습을 보았을 때 동쪽에서 서쪽으로 갈수록 나중에 퇴적된 지층임을 알 수 있다. 따라서 최상부인 C가 중심에 나타나므로 중심부가 아래 방향으로 오목하게 내려간 모양인 습곡의 향사 구조가 존재한다는 것을 알 수 있다.



① 지층의 단면 모습

② 습곡의 배사, 향사 구조

② 지사학 법칙을 적용하여 지층의 퇴적 순서를 정하고, 퇴적 구조로부터 지층이 형성될 당시의 환경을 추정한다.

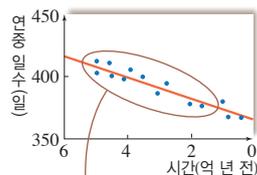
ㄱ. 역전된 지층이 없으므로 지층의 퇴적 순서는 B → A → C이다. 따라서 가장 먼저 퇴적된 지층은 B이다.

ㄴ. 연흔은 수심이 얇은 물밑 환경이나 사막에서, 점이 층리는 수심이 깊은 환경에서 형성되므로 A는 B보다 수심이 얇은 곳에서 생성되었다.

05 **꼼꼼 문제 분석**



산호의 성장선 개수는 1년 동안의 날짜 수(연중 일수)에 해당한다.



- 과거의 1년의 일수가 현재보다 더 많다.
→ 과거에는 지구가 더 빠르게 자전하였다.
- 현생 산호와 마찬가지로 과거의 산호도 동일한 방법으로 성장선을 만들었다고 보았다.
→ 동일과정의 원리 적용

선택지 분석

- ㄱ. 과거에는 지구의 자전 속도가 지금보다 빨랐다.
- ㄴ. 산호는 시상 화석으로 적합하다.
- ✗. 산호의 성장선 개수를 이용한 1년의 일수 해석은 동물 균천이의 법칙을 적용한 것이다. 동일과정의 원리

전략적 풀이 ① 지구의 공전 속도가 일정하다는 가정하에 산호의 성장선 개수가 의미하는 것이 무엇인지 파악한다.

ㄱ. 산호의 성장선으로 알아낸 과거의 1년의 일수(연중 일수)가 현재보다 더 많으므로 과거에는 지구가 더 빠르게 자전하였다는 것을 알 수 있다.

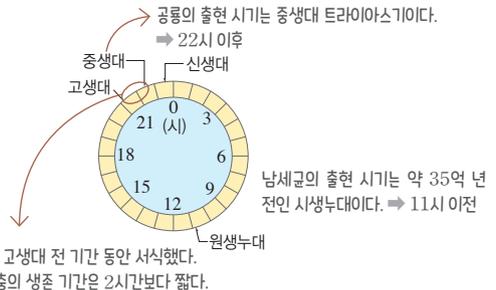
② 산호의 화석으로서 가치를 알아본다.

ㄴ. 산호는 현재 수심이 얇은 따뜻한 바다에서 살고, 고생대부터 현재까지 생존하고 있다. 따라서 산호는 특정한 환경에서 서식하고 생존 기간이 길므로 과거의 환경을 알려 주는 시상 화석으로 적합하다.

③ 산호의 성장선 연구에 적용된 지사 연구의 원리나 지사학 법칙을 파악한다.

ㄷ. 현생 산호는 조수간만에 따라 골격에 성장선이 나타나고, 이 성장선은 계절의 변화를 반영하므로 1년 동안의 일수를 기록한다. 현생 산호와 마찬가지로 과거의 산호도 동일한 방법으로 성장선을 만들었다고 본 것이므로, 산호의 성장선 개수를 이용한 1년의 일수 해석은 동일과정의 원리를 적용한 것이다.

06 **꼼꼼 문제 분석**



선택지 분석

- ㄱ. 남세균의 출현 시기는 11시 이전이다.
- ✗. 삼엽충의 생존 기간은 2시간보다 길다. 짧다.
- ㄷ. 공룡의 출현 시기는 22시 이후이다.

전략적 풀이 ① 지질 시계에서 각 지질 시대의 시작 시기를 확인한다.

지질 시계에서 원생누대는 약 11시, 고생대는 약 21.1시, 중생대는 약 22.7시, 신생대는 약 23.6시에 시작된다

② 남세균과 공룡의 출현 시기를 파악한다.

ㄱ. 남세균의 출현 시기는 약 35억 년 전인 시생누대이다. 따라서 지질 시계에서 남세균의 출현 시기는 원생누대 이전이므로 11시 이전이다.

ㄷ. 지질 시계에서 중생대의 시작은 약 22.7시이다. 따라서 중생대 트라이아스기에 출현한 공룡의 출현 시기는 지질 시계에서 22시 이후이다.

③ 삼엽충이 출현해서 멸종하기까지의 기간을 파악한다.

ㄴ. 삼엽충은 고생대 전 기간 동안 살아 있던 생물이다. 따라서 지질 시계에서 삼엽충의 생존 기간은 중생대 시작 시간—고생대 시작 시간이므로 약 22.7시—약 21.1시=약 1.6시간이다.

07 — 꼼꼼 문제 분석



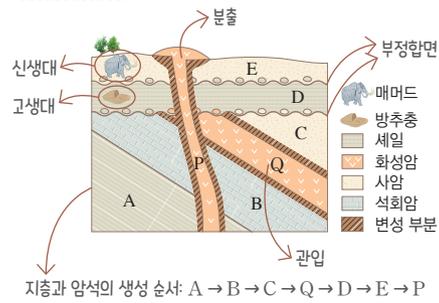
선택지 분석

- ① 선캄브리아 시대의 화석으로는 남세균이 쌓여 생성된 스트로마톨라이트가 있다.
- ② 오존층은 양치식물이 번성하기 전에 형성되었다.
- ③ 절지동물이 번성한 시대에는 빙하기가 있었다. **없었다.**
- ④ 인류의 조상은 속씨식물이 번성한 시대에 출현하였다.
- ⑤ 포유류가 번성한 시대에는 히말라야산맥이 형성되었다.

전략적 풀이 ① 선캄브리아 시대의 화석을 파악한다.

- ① 선캄브리아 시대의 화석으로는 남세균이 퇴적물과 함께 층상으로 쌓여 생성된 퇴적 구조인 스트로마톨라이트가 있다.
- ② 자료에서 현생누대 동안 지구의 평균 기온 변화와 생물계 변화를 살펴본다.
- ③ 오존층은 고생대에 대기 중에 산소가 증가하면서 형성되었고, 오존층의 형성으로 인해 태양의 자외선이 차단되어 육지에서 생물이 출현할 수 있게 되었다. 따라서 양치식물은 육상 생물로 오존층이 형성된 후 태양의 자외선이 차단되어 육지에서 번성할 수 있었다.
- ④ 절지동물이 번성한 시대는 중생대로, 빙하기가 없이 전반적으로 온난하였다.
- ⑤ 인류의 조상이 출현한 시대는 신생대로, 신생대에는 속씨식물이 번성하였다.
- ⑥ 포유류가 번성한 시대는 신생대로, 신생대에는 인도 대륙과 유라시아 대륙이 충돌하여 히말라야산맥이 형성되었다.

08 — 꼼꼼 문제 분석



선택지 분석

- ✗ 지층과 암석의 생성 순서는 A → B → Q → C → D → E → P이다. A → B → C → Q → D → E → P
- Ⓒ 방사성 동위원소의 반감기는 ㉠이 ㉡보다 짧다.
- ✗ 화성암 Q가 관입한 시기에는 겉씨식물이 번성하였다. **번성하지 않았다.**

전략적 풀이 ① 지사학 법칙을 이용하여 지층과 암석의 생성 순서를 결정하고, 지질 시대에 번성한 식물에 대해 살펴본다.

ㄱ. Q의 양옆으로 변성 부분이 나타나므로 Q는 지층 B와 C를 관입하였다. 따라서 지층과 암석의 생성 순서는 A → B → C → Q → D → E → P이다.

ㄴ. Q와 D는 부정합 관계이고, D에서는 고생대 표준 화석인 방추충 화석이 발견된다. 따라서 Q는 고생대나 고생대 이전에 생성되었다. 겉씨식물은 중생대에 번성하였으므로 Q가 관입한 시기에 번성하지 않았다.

② 화성암에 포함된 방사성 동위원소의 $\frac{\text{자원소의 함량}}{\text{모원소의 함량}}$ 으로부터 각 방사성 동위원소의 반감기 횟수를 결정하고, 지층과 암석의 상대연령으로부터 방사성 동위원소의 반감기를 비교한다.

ㄴ. ㉠은 $\frac{\text{자원소의 함량}}{\text{모원소의 함량}} = 1$ 이므로 모원소가 처음 양의 $\frac{1}{2}$ 로 될 때이기 때문에 반감기가 1번 지났다. P는 신생대의 표준 화석인 매머드 화석이 발견된 E를 뚫고 분출하였으므로 신생대에 생성되었다. 신생대는 약 0.66억 년 전에 시작되었으므로 P의 나이(㉠의 반감기 × 1번)는 약 0.66억 년보다 적을 것이다. 따라서 ㉠의 반감기는 약 0.66억 년보다 짧다. ㉡은 $\frac{\text{자원소의 함량}}{\text{모원소의 함량}} = \frac{1}{8}$ 이므로 모원소가 처음 양의 $\frac{1}{8}$ 로 될 때이기 때문에 반감기가 3번 지났다. Q는 방추충 화석이 발견된 D가 퇴적되기 전에 관입하였으므로 고생대나 고생대 이전에 관입하였다. 고생대는 약 2.52억 년 전에 끝났으므로 Q의 나이(㉡의 반감기 × 3번)는 약 2.52억 년보다 많기 때문에 ㉡의 반감기는 약 8400만 년(=2.52억 년 ÷ 3번)보다 길다. 따라서 방사성 동위원소의 반감기는 ㉠이 ㉡보다 짧다.

2 한반도의 암석

01 / 마그마로부터 생성되는 화성암

완자쌤 비법 특강

181쪽

- Q1 깊이 약 10 km~40 km
- Q2 깊이 약 80 km~110 km
- Q3 약 80 km

Q1 해령 하부에서는 맨틀 대류가 상승한다. 이때 온도는 거의 변하지 않지만, 압력(깊이)이 감소하여 맨틀의 용융이 일어난다. 그래프에서 용융 곡선의 온도보다 지구 내부 온도가 더 높은 영역은 깊이 약 10 km~40 km에 위치하며, 이 깊이에서 현무암질 마그마가 생성된다.

Q2 열점에서는 해령에서와 같이 맨틀의 상승에 의한 압력 감소로 맨틀의 용융이 일어난다. 이때 마그마가 상승하는 깊이는 해령보다 깊은 맨틀과 외핵의 경계이다. 그래프에서 용융 곡선의 온도보다 지구 내부 온도가 더 높은 영역은 깊이 약 80 km~110 km에 위치하며, 이 깊이에서 현무암질 마그마가 생성된다.

Q3 섭입대에서는 섭입하는 판에서 공급된 물에 의해 연약권에서 부분 용융이 일어난다. 그래프에서 용융 곡선의 온도보다 지구 내부 온도가 더 높은 깊이 약 80 km부터 마그마가 생성될 수 있다.

개념 확인문제

182쪽

- 1 마그마 2 압력 3 온도 4 유문암질 5 물 6 화강암
- 7 주상 8 포획

1 (1) 압력 감소 (2) 섭입대 (3) 대륙 지각 2 ㉠ 온도, ㉡ 압력, ㉢ 물 3 ㉠ SiO₂, ㉡ 조립질, ㉢ 안산암 4 (가) 판상 절리 (나) 주상 절리 (다) 관입

- 1 (1) 해령 하부에서는 맨틀 대류 상승에 의한 압력 감소가 일어나 현무암질 마그마가 생성된다.
- (2) 섭입대 부근에서는 섭입하는 판에서 물이 공급되어 용융점을 낮추어 현무암질 마그마가 생성된다.
- (3) 현무암질 마그마가 상승하여 대륙 지각 하부에 도달하면 대륙 지각이 부분 용융되어 유문암질 마그마가 생성된다.

2 A는 온도 상승에 의해 유문암질 마그마가 생성되는 과정이고, B는 압력 감소에 의해 현무암질 마그마가 생성되는 과정이다. C는 물 공급에 의해 용융점이 낮아져 현무암질 마그마가 생성되는 과정이다.

3 화성암은 SiO₂ 함량을 기준으로 염기성암, 중성암, 산성암으로 분류하고, 마그마의 냉각 속도에 따라 화산암과 심성암으로 분류한다. 화산암은 세립질 또는 유리질 조직이 나타나고, 심성암은 조립질 조직이 나타난다. SiO₂ 함량이 52%~63%이고 세립질 조직을 갖는 암석은 안산암이다.

4 (가)는 얇은 판 모양의 판상 절리이고, (나)는 기둥 모양의 주상 절리이다. (다)는 마그마가 암석을 뚫고 들어간 관입이다.

대표 자료 분석 1

183쪽

1 ㉠ 물을 포함한 화강암, ㉡ 물을 포함한 맨틀, ㉢ 물을 포함하지 않은 맨틀 2 X: 온도 상승, Y: 압력 감소, Z: 물 공급 3 A: 현무암질 마그마, B: 현무암질 마그마, C: 유문암질 마그마 4 ㉠ 높아, ㉡ Y, ㉢ Z, ㉣ X 5 (1) ○ (2) × (3) × (4) × (5) ○

1 암석의 용융점은 화강암이 맨틀보다 낮고, 물을 포함한 경우가 물을 포함하지 않은 경우보다 낮다. 따라서 ㉠은 물을 포함한 화강암, ㉡는 물을 포함한 맨틀, ㉢는 물을 포함하지 않은 맨틀의 용융 곡선이다.

2 X는 온도 상승에 의해 유문암질 마그마가 생성되는 과정이고, Y는 압력 감소에 의해 현무암질 마그마가 생성되는 과정이다. Z 과정으로는 물 공급에 의해 현무암질 마그마가 생성된다.

3 A는 해령 하부에서 생성된 현무암질 마그마이고, B는 섭입대 하부에서 생성된 현무암질 마그마이다. C는 대륙 지각 하부에서 생성된 유문암질 마그마이다.

4 마그마는 암석(맨틀)의 온도가 용융점보다 높아질 때 생성된다. (나)의 A에서는 Y 조건(압력 감소)에 의해 현무암질 마그마, B에서는 Z 조건(물 공급)에 의해 현무암질 마그마가 생성된다. C에서는 X 조건(온도 상승)에 의해 유문암질 마그마가 생성된다.

5 (1) 깊이 50 km에서 지구 내부의 온도는 화강암의 용융점보다 높으므로 화강암은 마그마 상태로 존재한다.
(2) 물을 포함하지 않은 맨틀 물질의 용융 곡선은 깊이가 깊어질수록(압력이 증가할수록) 용융 온도가 높아진다.

- (3) A에서는 SiO_2 함량이 52 % 이하인 현무암질 마그마가 생성되고, C에서는 SiO_2 함량이 63 % 이상인 유문암질 마그마가 생성된다.
- (4) 열점에서는 뜨거운 맨틀이 깊은 곳에서 상승하면서 압력 감소에 의해 마그마가 생성된다.
- (5) B와 C에서 생성된 현무암질 마그마와 유문암질 마그마가 혼합되면 지표에서 안산암질 마그마가 분출할 수 있다.

대표자료 분석 2

184쪽

- 1 화산암: A, C, 심성암: B, D 2 염기성암: A, B, 산성암: C, D
 3 A: 현무암, B: 반력암, C: 유문암, D: 화강암 4 (1) 화학 조성
 (2) 냉각 속도 (3) 적을수록 (4) 크 5 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○
 (5) ×

- 1 A와 C는 세립질 조직이 나타나는 화산암이고, B와 D는 조립질 조직이 나타나는 심성암이다.
- 2 A와 B는 SiO_2 함량이 52 % 이하인 염기성암이고, C와 D는 SiO_2 함량이 63 % 이상인 산성암이다.
- 3 화성암은 화학 성분(SiO_2 함량)과 냉각 속도(조직)에 따라 분류할 수 있다. A는 화산암이면서 염기성암인 현무암이고, B는 심성암이면서 염기성암인 반력암이다. C는 화산암이면서 산성암인 유문암이고, D는 심성암이면서 산성암인 화강암이다.
- 4 (1), (2) 화성암은 화학 조성에 따라 염기성암, 중성암, 산성암으로 분류하며, 냉각 속도에 따라 화산암과 심성암으로 분류할 수 있다.
 (3) SiO_2 함량이 적을수록 Mg, Fe이 풍부한 유색 광물의 함량이 많다.
 (4) 마그마는 냉각된 장소가 깊을수록 광물 입자의 크기가 크다.
- 5 (1) 암석에 포함된 Fe, Mg의 함량은 염기성암인 A가 산성암인 C보다 많다.
 (2) 암석의 색은 산성암인 D가 염기성암인 B보다 밝다.
 (3) C는 지표 부근에서 생성된 화산암이고, D는 지하 깊은 곳에서 생성된 심성암이다.
 (4) 염기성암에 많이 포함된 Fe, Mg의 밀도가 높으므로 화성암의 평균 밀도는 염기성암(A)이 산성암(D)보다 크다.
 (5) 해양 지각은 주로 현무암(A), 대륙 지각은 주로 화강암(D)으로 이루어져 있다.

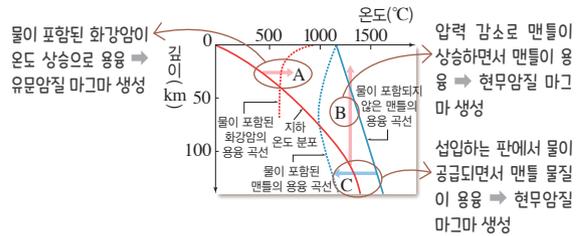
내신만점문제

185쪽~188쪽

- 01 ④ 02 A: 유문암질 마그마, B: 현무암질 마그마, C: 현무암질 마그마 03 ⑤ 04 ㉠ 물, ㉡ 현무암질, ㉢ 유문암질
 05 ①, ③, ⑤ 06 ③ 07 ③ 08 ㉠, ㉡ 09 ③
 10 ② 11 해설 참조 12 ① 13 ⑤ 14 ②
 15 ② 16 ③ 17 ㉠, ㉡ 18 ③ 19 ④ 20 ㉠
 현무암, ㉢ 감람암(맨틀 조각) 21 ⑤ 22 ④

- 01 ㉠. 광물의 온도가 용융점보다 높아지면 부분 용융이 일어난다.
 ㉡. 맨틀에 물이 공급되면 용융점이 낮아져 부분 용융이 일어난다.
 ㉢. 일반적인 지구 내부의 온도에서는 지각이나 맨틀 물질이 녹지 않으므로 마그마가 생성되지 않는다.
 ㉣. 맨틀 물질의 상승에 따른 압력 감소로 용융점이 낮아지면 마그마가 생성될 수 있다.

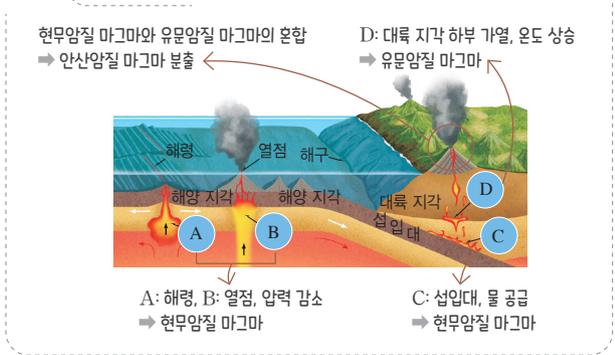
02 - 꼼꼼 문제 분석



- A 과정에서는 물이 포함된 화강암이 온도 상승에 의해 용융되어 유문암질 마그마가 생성되고, B 과정에서는 물이 포함되지 않은 맨틀이 상승하면서 압력 감소로 용융되어 현무암질 마그마가 생성된다. C 과정에서는 물이 공급되면서 맨틀이 용융되어 현무암질 마그마가 생성된다.
- 03 ㉠. A는 대륙 지각에서 마그마가 생성되는 과정이다.
 ㉡. B는 맨틀 물질이 상승하여 압력 감소로 마그마가 생성되는 과정이다.
 ㉣. C는 맨틀에 물이 공급되어 용융점이 낮아져 마그마가 생성되는 과정이다.
- 04 섭입대에서 물이 맨틀에 공급되어 현무암질 마그마가 생성되고, 이 마그마가 상승하여 대륙 지각 하부를 가열하면 부분 용융으로 유문암질 마그마가 생성된다. 이후 현무암질 마그마와 유문암질 마그마의 혼합 작용으로 안산암질 마그마가 생성된다.
- 05 해령과 열점에서는 압력 감소에 의해 현무암질 마그마가 생성되고, 섭입대에서는 물 공급에 의한 용융점 감소로 현무암질 마그마가 생성된다. 대륙 지각 하부에서는 섭입대에서 상승한 마

그마에 의한 온도 상승으로 유문암질 마그마가 생성된다. 변환 단층에서는 마그마가 생성되지 않는다.

06 — **꼼꼼 문제 분석**



ㄱ. A와 B에서는 상승하는 맨틀 물질이 압력 감소에 의해 용융되어 현무암질 마그마가 생성된다.
 ㄴ. C에서는 섭입하는 판으로부터 물이 공급되어 현무암질 마그마가 생성된다. D에서는 대륙 지각의 부분 용융으로 유문암질 마그마가 생성되는데, C에서 생성된 마그마와 혼합되면 안산암질 마그마가 생성될 수 있다.
바로알기 ㄴ. C에서는 물 공급으로 현무암질 마그마가 생성되므로, 마그마의 SiO₂ 함량이 52 % 이하이다.

07 SiO₂ 함량과 마그마의 냉각 속도 및 산출 상태를 기준으로 화성암을 분류할 수 있다.
바로알기 ③ 지표 부근에서 빠르게 냉각되어 생성된 화성암은 세립질 또는 유리질 조직이 나타난다.

08 오른쪽으로 갈수록 암석의 색이 밝아지며, ㉠은 오른쪽으로 갈수록 증가한다. 따라서 ㉠에 들어갈 수 있는 것은 SiO₂ 함량과 무색 광물의 함량이다.

09 ㄱ, ㄴ. A와 C는 SiO₂ 함량이 상대적으로 적으므로 색이 어두운 암석이고, B와 D는 색이 밝은 암석이다. 광물 입자의 크기는 A와 B가 C와 D보다 크므로 더 천천히 냉각되어 생성되었다.
바로알기 ㄴ. A와 C는 Fe, Mg를 상대적으로 많이 포함한 고철질암이므로 Si, Na를 상대적으로 많이 포함한 B와 D보다 밀도가 크다.

10 ㄴ. (나)는 암석 표면에 기포가 빠져 나가면서 만들어진 구멍이 보이므로 지표 부근에서 빠르게 냉각된 화산암이다. 따라서 세립질 또는 유리질 조직을 갖는다.

바로알기 ㄱ. (가)는 산성암이면서 심성암에 해당하므로 화강암이다.
 ㄴ. 광물 입자의 크기는 (가)가 (나)보다 크므로 암석이 산출된 깊이는 (가)가 (나)보다 깊다.

11 A는 지표 부근이므로 이곳에서 생성된 암석은 화산암이고, B는 지하 깊은 곳이므로 이곳에서 생성된 암석은 심성암이다.

모범 답안 A는 지표 부근이므로, 분출된 마그마가 빠르게 냉각되어 광물 입자의 크기가 작은 세립질 또는 유리질 조직인 화성암이 생성된다. B는 A보다 지하 깊은 곳이므로, 마그마가 천천히 냉각되어 조립질 조직인 화성암이 생성된다.

채점 기준	배점
A와 B에서 생성된 화성암의 조직을 생성 환경(냉각 속도)과 관련지어 옳게 서술한 경우	100 %
A와 B에서 생성된 화성암의 조직만 옳게 쓴 경우	40 %

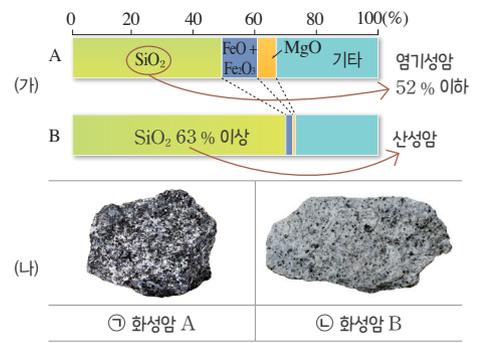
12 ㄱ. SiO₂ 함량이 적을수록 Fe, Mg이 풍부하다. 따라서 A는 SiO₂ 함량이 많은 산성암이며, 세립질 조직을 갖고 있으므로 유문암이다. B는 SiO₂ 함량이 적은 염기성암이며 세립질 조직을 갖고 있으므로 현무암이다. C는 염기성암이며 조립질 조직을 갖고 있으므로 반려암이다.

바로알기 ㄴ. 화성암이 생성된 깊이는 조립질 암석이 세립질 암석보다 깊으므로 C가 B보다 깊다.
 ㄴ. 제주도에서 가장 풍부한 암석은 현무암(B)이다.

13 ㄱ. ㉠은 조립질 조직이 나타나는 심성암이므로 반려암이다.
 ㄴ. ㉡은 중성암이므로 안산암이다. ㉢은 염기성암이므로 현무암이다. 따라서 암석의 색은 안산암(㉡)이 현무암(㉢)보다 밝다.
 ㄴ. 대륙 지각이 부분 용융되어 생성된 마그마는 유문암질 마그마이고, 이 마그마가 지표 부근에서 굳어지면 유문암이 생성된다.

14 — **꼼꼼 문제 분석**

(가)의 화성암 A: SiO₂ 함량이 52 % 이하이므로 염기성암이다.
 → (나) 중 어두운 색 암석인 ㉠이 화성암 A에 해당한다.
 (가)의 화성암 B: SiO₂ 함량이 63 % 이상이므로 산성암이다.
 → (나) 중 밝은 색 암석인 ㉡이 화성암 B에 해당한다.



(나)의 두 암석 모두 알갱이의 크기가 보이는 조립질 암석이므로, 지하 깊은 곳에서 생성된 심성암이다. → ㉠은 반려암, ㉡은 화강암이다.

ㄴ. A와 B는 모두 맨눈으로 광물 입자의 크기를 확인할 수 있는 조립질 암석이므로 심성암이다.

바로알기 ㄱ. A는 SiO₂ 함량이 52 % 이하인 염기성암이고, B는 SiO₂ 함량이 63 % 이상인 산성암이다. ㉠은 ㉡보다 상대적으로 어두우므로 염기성암인 A에 해당한다.

ㄷ. 해양 지각을 이루는 암석은 주로 현무암이므로 화학 성분은 염기성암인 A에 가깝다.

15 ㄴ. 지하 깊은 곳에 있던 암석이 지표로 노출될 때, 암석에 작용하는 주변 압력이 감소하면서 판상 절리(㉡)가 만들어진다.

바로알기 ㄱ. ㉠은 주상 절리, ㉡은 판상 절리이다.

ㄷ. ㉠은 마그마가 냉각되는 과정에서 만들어지고, ㉡은 심성암이 지표로 노출되는 과정에서 만들어진다.

16 **꼼꼼 문제 분석**



(가) 제주특별자치도 해안



(나) 서울특별시 북한산

제주도 주상 절리: 신생대의 현무암으로 암석의 색이 어둡다. 암석의 입자가 작고, 주상 절리가 발달한다.

북한산 화강암: 중생대의 화강암으로, 암석의 색이 밝다. 암석의 입자가 크고, 판상 절리가 발달한다.

ㄱ. (가)의 주요 구성 암석은 현무암이며, 주상 절리가 발달해 있다.
 ㄷ. (나)는 (가)보다 암석이 색이 밝으므로, 암석을 형성한 마그마의 SiO₂ 함량은 (가)가 (나)보다 적다.

바로알기 ㄴ. (가)의 암석은 화산 활동으로 형성된 현무암이고, (나)의 암석은 지하 깊은 곳에서 만들어진 화강암이다.

17 ㄴ. 소규모로 산출되는 관입암의 대표적인 예로 암상과 암맥이 있다.

ㄷ. 관입암은 지구 내부를 이루는 물질을 연구하거나 지층과 암석이 생성된 순서를 결정할 때 활용할 수 있다.

바로알기 ㄱ. 관입은 마그마가 주변의 지층이나 암석을 뚫고 들어가는 것이다. 마그마 내부로 주변의 암석 조각이 유입되는 것은 포획이다.

18 ㄱ, ㄴ. A는 마그마가 주변 암석의 층상 구조를 가로질러 관입한 후 식어 굳어진 암맥이고, B는 마그마가 주변 암석의 층상 구조와 평행하게 관입한 후 식어 굳어진 암상이다.

바로알기 ㄷ. 암맥과 암상은 모두 관입암이며, 주변 암석보다 나중에 생성된 것이다.

19 ㄴ, ㄷ. ㉡은 ㉠을 형성한 마그마 속으로 유입된 포획암이다. 따라서 ㉡이 ㉠보다 먼저 생성되었다.

바로알기 ㄱ. ㉠은 화강암이므로 지하 깊은 곳에서 굳어진 심성암이다.

20 ㉠은 맨틀 조각을 포획한 마그마가 굳어져 만들어진 암석이고, ㉡은 포획된 맨틀 조각이다. 따라서 ㉠은 현무암이고, ㉡은 감람암이다.

21 ㄱ. ㉠은 A를 형성한 마그마에 포획된 포획암이다.

ㄴ. C가 B에서 포획암으로 산출되므로 B는 C를 관입하였다.

ㄷ. 포획당한 암석이 먼저 생성되었으므로 암석의 생성 순서는 C → B → A이다.

22 ㄱ. 암석의 색은 A가 B보다 밝으므로 암석에 포함된 SiO₂ 함량은 A가 B보다 많다.

ㄴ. D는 C에 포획된 암석 조각이므로 포획암이다.

바로알기 ㄷ. 암석의 나이는 A > B이고, D > C이다. A와 C가 같은 시기에 형성되었다면 암석의 나이는 D > A = C > B이다. 따라서 B는 D보다 나중에 생성되었다.

실력 UP 문제

189쪽

01 ③ 02 ④ 03 ① 04 ①

01 ㄷ. 열점에서 맨틀 물질이 상승할 때, 압력 감소에 의해 부분 용융이 일어나며, 이 과정은 B → B'에 해당한다.

바로알기 ㄱ. ㉠은 물을 포함한 화강암의 용융 곡선이고, ㉡은 물을 포함하지 않은 맨틀의 용융 곡선이다. 현무암의 용융점은 맨틀 물질의 용융점과 비슷하므로 지표 부근에서 용융점은 화강암이 현무암보다 낮다.

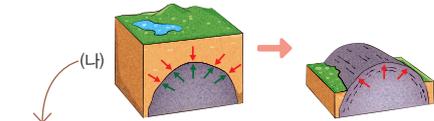
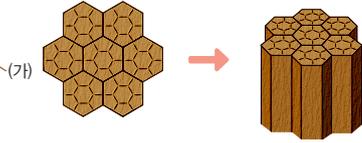
ㄴ. A 지점에 위치한 화강암은 이미 용융 상태로 존재한다.

02 ㄴ. Fe, Mg 함량은 염기성암인 A가 산성암인 B보다 많다. ㄷ. 안산암은 중성암이면서 화산암이므로 가장 적절한 위치는 ㉡이다.

바로알기 ㄱ. A는 조립질 염기성암인 반려암이고, B는 세립질 산성암인 유문암이다. 냉각 속도는 유문암이 반려암보다 빠르므로 물리량 X가 될 수 없다.

03 - 꼼꼼 문제 분석

용암이 빠르게 냉각
→ 부피 수축 → 다각형 모양의 기둥 모양으로 절리가 발달 → 주상 절리



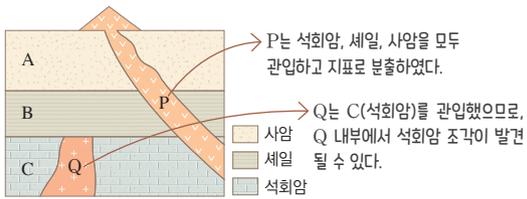
심성암이 지표로 용기
→ 암석에 작용하는 압력 감소 → 팽창 → 얇은 판 모양의 절리 발달 → 판상 절리

ㄱ. (가)는 용암이 빠르게 냉각될 때 부피가 감소하면서 만들어지는 주상 절리이다.

바로알기 ㄴ. (나)는 판상 절리로, 심성암이 지표로 노출될 때 잘 만들어진다. 화산 시대에서는 용암이 빠르게 굳으면서 (가)의 주상 절리가 잘 만들어진다.

ㄷ. 판상 절리는 변성암에서도 나타날 수 있지만 주상 절리는 변성암에서 나타날 수 없다.

04 - 꼼꼼 문제 분석

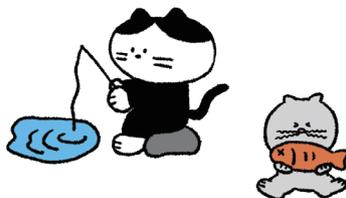


지층 생성 순서: C(석회암) → Q(관입) → B(셰일) → A(사암) → P(관입)

ㄱ. Q는 C만 관입했고, P는 A, B, C를 모두 관입했다. 따라서 화성암의 생성 순서는 Q → P이다.

바로알기 ㄴ. P에서 지표로 분출된 부분은 빠르게 냉각되었으므로 주상 절리가 발달할 수 있다.

ㄷ. 생성 순서는 Q가 셰일보다 먼저이므로 Q의 내부에서 셰일 조각이 포화암으로 발견될 수 없다.



02 / 변성 작용으로 생성되는 변성암

개념 확인문제

193쪽

- ① 변성 ② 재결정 ③ 접촉 ④ 광역 ⑤ 습곡 ⑥ 단층
⑦ 지구 내부

1 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × 2 ㉠ 열, ㉡ 조산 운동 3 (가) 주향 이동 단층 (나) 역단층 (다) 정단층 4 ㉠ 지구 내부, ㉡ 태양 복사

1 (1) 변성 작용은 열 또는 열과 압력에 의해 광물의 조성이나 조직이 변하는 작용이다.

(2) 변성 작용을 일으키는 주요 에너지원은 지구 내부 에너지이다.

(3) 변성 작용으로 재결정 작용이 일어나면 새로운 광물이 생성되거나 광물의 크기가 커진다.

(4) 암석에 압력이 가해지면 가해진 압력 방향과 수직으로 기존 광물이 재배열되어 방향성이 있는 엽리가 형성된다.

2 접촉 변성 작용은 주로 마그마의 열에 의해 일어나며, 광역 변성 작용은 넓은 지역에 걸쳐서 높은 열과 압력이 함께 작용하는 조산 운동이 일어나는 수렴형 경계에서 잘 발생한다.

3 (가)는 단층면을 경계로 지층이 수평 방향으로만 이동한 주향 이동 단층이고, (나)는 지층이 횡압력을 받아 하반에 대해 상반이 위로 이동한 역단층이다. (다)는 지층이 장력을 받아 하반에 대해 상반이 아래로 이동한 정단층이다.

4 암석의 순환을 일으키는 주요 에너지원은 지구 내부 에너지와 태양 복사 에너지이다. 특히 판 구조 운동은 지구 내부 에너지에 의해 일어나고, 풍화·침식 작용 등은 태양 에너지에 의해 일어난다.

대표 자료 분석 1

194쪽

- 1 원래 암석: 셰일, ㉠ 편암, ㉡ 편마암 2 (1) 광역 (2) 열과 압력 (3) 엽리 (4) 높아 (5) ㉢ 3 ㉠ 재결정, ㉡ 엽리, ㉢ 편마 구조 4 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○

1 변성 작용을 받아 점판암, 천매암 등으로 변했으므로 변성되기 전의 암석은 셰일이다. 셰일이 광역 변성 작용을 받으면 변성 정도가 증가함에 따라 점판암, 천매암, 편암, 편마암 순서로 변한다. 따라서 ㉠은 편암, ㉡은 편마암이다.

2 (1), (2) 이 지역에서는 열과 압력에 의한 광역 변성 작용이 일어난다.

(3) 광역 변성 작용을 받으면 엽리가 발달한다.

(4) 점판암 → 천매암 → 편암(㉠) → 편마암(㉡)으로 갈수록 변성 정도가 증가하여 온도와 압력이 높아진다.

(5) 엽리가 두꺼운 줄무늬로 나타날 때, 이를 편마 구조라고 한다. 편마 구조는 편마암에서 발달한다.

3 변성 작용이 일어나면서 새로운 광물이 생성되거나 광물의 크기가 커지는 작용을 재결정 작용이라고 한다. 재결정 작용은 고체 상태에서 일어나며, 변성 작용이 진행될수록 엽리도 점점 뚜렷하게 발달한다.

4 (1) 점판암 → 천매암 → ㉠(편암) → ㉡(편마암)으로 갈수록 엽리가 발달한다.

(2) 변성 정도가 증가함에 따라 광물 결정의 크기는 커진다. 따라서 광물 입자의 크기는 ㉠이 ㉡보다 작다.

(3) ㉠은 편리가 발달한 편암이다. 방향성이 없는 치밀한 조직은 혼펠스 조직으로 접촉 변성 작용에 의해 만들어진다.

(4) 편마암이 더 높은 열과 압력을 받으면 용융점이 낮은 광물부터 용융되기 시작하여 마그마가 생성된다.

대표 자료 분석 2

195쪽

1 횡압력: C, 장력: B 2 X: 정단층, Y: 정단층 3 (1) A (2) 아래로 (3) 역단층 (4) 장력 4 ㉠ 정단층, ㉡ 역단층, ㉢ 주향 이동 단층 5 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) ×

1 A는 보존형 경계, B는 발산형 경계, C는 수렴형 경계이다. 따라서 B에서 장력, C에서 횡압력이 작용한다.

2 단층 X와 단층 Y는 모두 상반이 하반에 대해 아래로 이동한 정단층이다.

3 (1) 주향 이동 단층은 (가)에서 변환 단층인 A에 발달한다. 변환 단층은 주향 이동 단층에 해당한다.

(2) B는 발산형 경계인 해령으로 장력에 의해 형성된 정단층이 발달한다. 정단층은 상반이 하반에 대해 아래로 이동하여 형성된다.

(3) C는 수렴형 경계인 해구로 횡압력에 의해 역단층이 발달한다.

(4) (나)의 단층 X와 단층 Y는 모두 장력에 의해 형성된 정단층이다.

4 단층은 상반과 하반의 상대적인 이동을 기준으로 정단층과 역단층으로 구분하며, 수평 방향으로 어긋나는 경우에는 주향 이동 단층이라고 한다.

5 (1) A에서는 변환 단층이 발달한다. 변환 단층은 주향 이동 단층의 예이다.

(2) (나)에서 ㉠은 단층면을 기준으로 아래쪽에 위치하므로 하반이다.

(3) 배사와 향사는 습곡에서 나타나는 지질 구조이다.

(4) 단층 X는 정단층이므로 발산형 경계 B에서 잘 나타난다.

(5) (나)의 단층 Y는 정단층이다. 역단층에서 상반이 하반에 대해 위로 이동하므로 나이가 많은 지층이 나이가 적은 지층 위쪽에서 나타날 수 있다.

내신 만점 문제

196쪽~198쪽

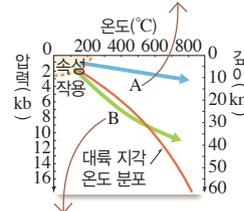
- | | | | | |
|----------|---------------------|------|------|------|
| 01 ⑤ | 02 ③ | 03 ④ | 04 ② | 05 ③ |
| 06 해설 참조 | 07 ① | 08 ④ | 09 ⑤ | 10 ③ |
| 11 ② | 12 학생 A, 학생 B, 학생 C | 13 ③ | 14 ① | |
| 15 나, 다 | 16 ④ | 17 ② | | |

01 가, 나, 기 존 암석이 지하 깊은 곳의 고온·고압 환경에서 고체 상태인 채로 광물과 조직이 변하는 것을 변성 작용이라고 한다.

다, 암석이 열 또는 열과 압력을 받으면 재결정 작용이 일어나 새로운 변성 광물이 만들어진다.

02 품평 문제 분석

A는 깊이에 따른 압력 변화는 작고, 온도의 변화가 크게 일어난다. → 변성 작용의 주요 원인은 온도 상승으로, 좁은 지역에서 발생한다.



B는 깊이에 따른 압력 변화와 온도 변화가 모두 크다. → 변성 작용의 주요 원인은 온도 상승과 압력 상승으로, 넓은 영역에서 발생한다.

다, 변성 작용이 일어나는 지역의 범위는 접촉 변성 작용에 해당하는 A가 광역 변성 작용에 해당하는 B보다 좁다.

바로알기 가, 나, A는 주로 관입한 마그마와 접촉한 암석의 변성 작용을, B는 주로 조산 운동에 의한 변성 작용을 나타낸다.

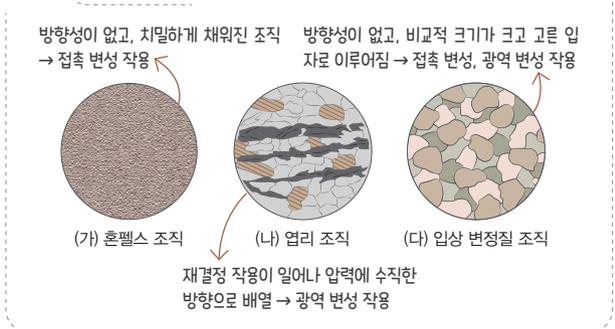
03 ① 암석이 지하 깊은 곳의 고온·고압 환경에서 고체인 상태로 변성 작용을 받아 조직이 변하면 변성암이 된다.

②, ③ 접촉 변성 작용은 마그마의 접촉부에서, 광역 변성 작용은 조산 운동이 활발한 판의 수렴형 경계에서 잘 일어난다.

⑤ 암석에 높은 압력이 작용하면 광물들이 압력과 수직인 방향으로 배열되면서 엽리가 발달한다.

바로알기 ④ 혼펠스 조직은 방향성이 없는 치밀하고 단단한 조직이다.

04 **꼼꼼 문제 분석**



ㄴ. 엽리 조직은 광역 변성 작용을 받아 만들어진 편암 또는 편마암에서 잘 나타난다.

바로알기 ㄱ. 혼펠스 조직은 접촉 변성 작용을 받을 때 만들어진다.

ㄷ. 입상 변정질 조직은 접촉 변성 작용 및 광역 변성 작용에 의해 만들어질 수 있다.

05 ㄱ. A~C는 모두 마그마의 열에 의해 접촉 변성 작용을 받았다.

ㄴ. 사암이 접촉 변성 작용을 받으면 규암이 된다.

바로알기 ㄷ. C에는 석회암이 변성 작용을 받아 형성된 대리암이 분포한다. 대리암에는 입자의 크기가 비슷하고 조립질로 이루어진 입상 변정질 조직이 나타난다.

06 이 변성암은 편마암으로, 비교적 두꺼운 줄무늬가 교대로 반복되어 나타난다.

모범 답안 이 암석의 줄무늬는 암석이 광역 변성 작용을 받아 광물 입자들이 압력에 수직인 방향으로 유색 광물과 무색 광물이 교대로 배열되면서 재결정 작용이 일어나 만들어진다.

채점 기준	배점
압력에 수직인 방향으로 배열된다는 것과 광물의 재결정 작용에 의해 줄무늬가 나타난다는 것을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
재결정 작용에 대해서만 옳게 서술하였거나 압력을 받아 광물이 배열된다는 사실만 서술한 경우	50 %

07 ㄱ. ㉠은 암석에 작용하는 압력에 의해 만들어진 엽리이다.

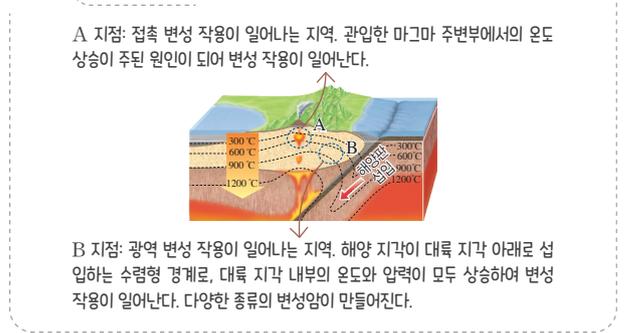
바로알기 ㄴ. 엽리는 암석을 이루는 광물이 암석에 가해진 압력 방향과 수직인 방향으로 재배열되거나 새로 만들어진 광물이 배열되어 만들어진다.

ㄷ. 엽리는 광역 변성 작용을 받을 때 만들어진다.

08 세일에 작용하는 변성 정도가 증가할수록 (나) 점판암 → (다) 천매암 → (가) 편암 → 편마암으로 변해간다.

바로알기 ④ 변성 정도는 (가) > (다) > (나)이므로 (다)는 (나)보다 고온·고압 환경에서 생성된다.

09 **꼼꼼 문제 분석**



ㄱ. A에서는 좁은 범위에서 주로 열에 의한 접촉 변성 작용이 일어나 방향성이 없는 조직이 발달한다.

ㄷ. A는 열에 의한 변성 작용, B는 열과 압력에 의한 변성 작용이 일어나므로 압력은 A보다 B에서 크다.

바로알기 ㄴ. B에서는 넓은 범위에서 열과 압력에 의한 광역 변성 작용이 일어난다.

10 ㄱ, ㄷ. 습곡 구조는 조산 운동이 활발한 곳에서 지층이 횡압력을 받아 형성된다.

바로알기 ㄴ. A에는 지층이 위로 볼록하게 올라간 배사가 나타난다.

11 ㄴ. (가)는 정단층, (나)는 주향 이동 단층, (다)는 역단층이다. 판의 보존형 경계에서는 (나)에 해당하는 변환 단층이 발달한다.

바로알기 ㄱ. ㉠은 경사진 단층면을 경계로 단층면의 아랫부분에 해당하므로 하반이다.

ㄷ. 해령과 열곡대는 판의 발산형 경계에 해당하므로 장력에 의해 정단층이 발달한다.

12 • 학생 A. 습곡은 지하 깊은 곳에서 지층이 횡압력을 받아 휘어져 형성된다. 단층은 습곡이 형성되는 깊이보다 얇은 지표 부근의 암석층이 힘을 받아 지층이 끊어지면서 이동하여 형성된다.

• 학생 B, 학생 C. 습곡은 횡압력이 작용하는 수렴형 경계에서 잘 형성되지만, 단층은 장력이 작용하는 발산형 경계와 수평하게

어긋나는 힘이 작용하는 보존형 경계에서도 잘 형성된다.

13 ③ (가)에서는 두 대륙판이 충돌하고, (나)에서는 두 대륙판이 멀어진다. 따라서 (가)에서는 횡압력에 의해 역단층이 발달하고, (나)에서는 장력에 의해 정단층이 발달한다.

14 **포맷 문제 분석**



(가)

단층면을 기준으로 상반이 하반에 대해 아래로 내려갔다. → 정단층, 양쪽으로 잡아당기는 장력에 의해 형성되었다.



(나)

양쪽에서 미는 힘인 횡압력을 받아 형성된 습곡이다.

ㄱ. (가)는 정단층으로, 상반이 하반에 대해 아래로 이동하였다.
바로알기 ㄴ. (가)는 장력에 의해 형성된 정단층이고, (나)는 횡압력을 받아 형성된 습곡이다.
 ㄷ. 대체로 단층보다 습곡이 지하 깊은 곳에서 형성된다.

15 ㄴ, ㄷ. 해양판과 대륙판이 수렴할 때, 섭입대에서 만들어진 마그마가 상승하면서 접촉 변성 작용이 일어날 수 있다. 또한 두 판이 수렴하면서 조산 운동이 일어나 광역 변성 작용이 활발하게 일어난다.

바로알기 ㄱ. 두 판이 수렴하므로 횡압력에 의한 역단층이 발달한다.

16 ㄴ. 속성 작용은 퇴적물이 다져지고 굳어져 퇴적암이 되는 전체 과정을 말하므로 ㉠에서 속성 작용이 일어난다.
 ㄷ. 지구시스템에서는 화성암, 변성암, 퇴적암이 다양한 지질학적 작용을 받아 지속적으로 재순환하는데 이를 암석의 순환이라고 한다.

바로알기 ㄱ. 마그마를 생성하는 주요 에너지원은 지구 내부 에너지이다.

17 ① 화산 활동(㉠)에 의해 지표로 분출된 마그마가 굳어져 화성암이 생성된다.

③ 퇴적물은 물, 바람 등의 운반 작용(㉡)에 의해 고지대에서 저지대로 이동하므로 주로 중력에 의해 일어난다.

④ 퇴적 작용(㉢)이 일어나는 환경은 크게 육상 환경, 해양 환경, 연안 환경으로 나눌 수 있다.

⑤ 판 구조 운동으로 암석에 작용하는 열과 압력이 증가하면 변성 작용(㉣)이 일어난다.

바로알기 ② 풍화, 침식 작용(㉤)은 주로 태양 복사 에너지에 의해 일어난다.

실력 UP 문제

01 ⑤ 02 ② 03 ① 04 ④

01 ㄱ. A는 접촉 변성 작용이 일어나는 변성 환경이므로 A에서 혼펠스가 생성될 수 있다.

ㄴ. B는 광역 변성 작용이 일어나는 변성 환경이다. 입상 변정질 조직은 접촉 변성 작용과 광역 변성 작용에 의해 모두 만들어질 수 있다.

ㄷ. C는 B보다 고온, 고압 환경이므로 엽리가 더 뚜렷하게 발달한다.

02 **포맷 문제 분석**

변성 작용	기존 암석	변성암	특징
접촉 변성 작용	세일	A 혼펠스	입상 변정질 조직
	사암	B 규암	
	석회암	C 대리암	
광역 변성 작용	세일	천매암	세립 ↓ 조립
		D 편암	
		E 편마암	

좁은 범위에서 일어난다.

방향성이 없는 조직이 나타난다.

넓은 범위에서 일어난다.

방향성이 있는 조직이 나타난다.

ㄴ. A는 혼펠스, B는 규암, C는 대리암, D는 편암, E는 편마암이다. B와 C는 접촉 변성 작용으로 생성된 변성암이므로 엽리가 나타나지 않는다.

바로알기 ㄱ. A는 방향이 없는 치밀한 조직을 갖고 있기 때문에 쪼개지는 성질이 나타나지 않는다.

ㄷ. 편마암은 편암보다 엽리가 두꺼운 줄무늬 형태로 나타난다.

03 ㄱ. 지괴 ㉠은 단층면의 위쪽에 놓여 있는 상반이다.

바로알기 ㄴ. 단층 A는 주향 이동 단층으로 보존형 경계에서 나타나는 변환 단층에서 볼 수 있다.

ㄷ. 이 지역에는 정단층과 주향 이동 단층만 존재한다.

04 ㄱ. 재결정 작용은 변성암이 만들어지는 ㉠ 과정에서 일어난다.

ㄴ. (나)는 주상 절리이므로 마그마가 냉각되는 ㉡ 과정에서 형성될 수 있다.

바로알기 ㄷ. (다)는 습곡이므로 고온, 고압 환경에서 지층이 횡압력을 받을 수 있는 ㉢ 과정에서 만들어질 수 있다. ㉤은 풍화, 침식이 일어나는 과정이다.

03 / 우리나라 지질공원

개념 확인문제

203쪽

- 1 국가지질공원 2 변성암 3 화석 4 주상 절리 5 중생대
6 습곡

- 1 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ 2 (1) 선캄브리아 시대 (2) 화석
(3) 화성암 3 (1) ㉠ (2) ㉡ (3) ㉢ 4 ㄷ 5 ㉠ 신생대,
㉡ 주상

1 (1), (3), (4) 지질학적으로 중요하고 자연 경관이 아름다운 지역을 국가에서 인증하여 운영하고 있다. 2024년까지 16개의 국가지질공원이 인증받았으며, 해당 지역의 지질과 역사, 문화 등을 연계하여 운영하고 있다.

(2) 16개의 국가지질공원 중 5개는 세계지질공원으로도 인증받았다.

2 지질 명소를 구성하는 암석은 화성암이 가장 많고, 그 다음으로 퇴적암과 변성암이 차지한다. 지질 명소의 암석들이 생성된 시기는 선캄브리아 시대에서부터 신생대 제4기에 이르기까지 매우 다양하며, 그 당시에 변성했던 생물의 화석이 산출된다.

3 퇴적암으로 이루어진 지형에서는 주로 층리와 화석을 볼 수 있으며, 화성암으로 이루어진 지형에서는 절리, 포획암 등을 볼 수 있다. 변성암으로 이루어진 지형에서는 엽리와 습곡 등을 볼 수 있다.

4 ㄷ. 변성암이 분포하는 국가지질공원에서는 변성 작용으로 형성된 엽리와 습곡 구조를 볼 수 있다.

바로알기 ㄱ. 변성암은 대부분 선캄브리아 시대에 형성되었다.
ㄴ. 편암, 편마암은 엽리가 발달한 변성암으로 광역 변성 작용을 받아 형성되었다.

5 제주도는 신생대 제4기의 화산 활동으로 형성된 화산섬이다. 섬 전체 면적의 90% 이상이 현무암으로 이루어져 있으며, 주상 절리대, 용암 동굴, 오름(기생 화산) 등의 지질 명소가 있다.

대표 자료 분석 1

204쪽

- 1 (다), (라) 2 (나) 3 (1) 층리 (2) 고생대 (3) 세립질 (4) 화산암
4 ㉠ 선캄브리아 시대, ㉡ 응회암, ㉢ 침식 5 (1) ○ (2) × (3) ×
(4) ×

1 (가)와 (나)는 주로 퇴적암으로 이루어진 지질 구조가 발달하며, (다)와 (라)는 화성암으로 이루어진 지질 구조가 발달한다.

2 (나)의 석회 동굴은 석회암층이 지하수에 의해 용해되어 만들어진 것이다.

3 (1) (가)에서는 퇴적물이 수평하게 쌓이면서 만들어진 층리가 발달하며, 연흔과 건열 등의 퇴적 구조를 볼 수 있다.

(2) (나)의 주요 구성 암석은 고생대 석회암이다. 이 지역에서는 삼엽충, 완족류 등의 해양생물 화석이 산출된다.

(3) (다)의 용암 동굴은 화산 활동으로 분출한 용암에 의해 만들어진 것이다. 따라서 이 지역의 주요 구성 암석은 세립질 조석이 나타난다.

(4) (라)의 울릉도 주상 절리는 분출된 용암이 빠르게 냉각되면서 생성된 지형으로, 주로 화산암으로 이루어져 있다.

4 전북서해안권 국가지질공원은 다양한 지질 시대의 암석이 분포한다. 특히 부안군 격포리 해안에서는 선캄브리아 시대의 변성암과 중생대 화산 활동으로 형성된 응회암도 볼 수 있다. 또한 파도에 의한 침식 작용으로 형성된 다양한 지형도 볼 수 있다.

5 (1) (가)의 주요 구성 암석은 층리가 발달한 퇴적암이다.

(2) (나)는 고생대 퇴적암으로 이루어져 있으므로 중생대 표준 화석인 공룡 발자국 화석이 산출되지 않는다.

(3) (다)의 구성 암석은 화산암이므로 퇴적암에서 볼 수 있는 퇴적 구조가 관찰되지 않는다.

(4) 주상 절리는 용암이 빠르게 냉각되면서 부피가 감소하는 과정을 거쳐 형성된다.

나신 만점 문제

205쪽~207쪽

- 01 ㄱ, ㄴ 02 ③ 03 ② 04 ⑤ 05 ② 06 ⑤
07 ④ 08 ④ 09 ③ 10 ⑤ 11 ⑤
12 학생 A, 학생 B

01 우리나라는 지질학적으로 중요하고 자연 경관이 아름다운 지역을 정부 기관에서 국가지질공원으로 인증하여, 지질 유산을 보존하고 교육과 관광 등에 활용하고 있다.

02 ①, ② 2024년까지 16개의 국가지질공원이 운영 중이며, 5개는 유네스코 세계지질공원으로도 인증받았다.

④, ⑤ 국가지질공원의 지질 명소에서는 선캄브리아 시대에서부터 신생대까지 다양한 암석을 볼 수 있으며, 지질 시대별로 다양한 화석이 산출된다.

바로알기 ③ 지질 명소를 구성하는 암석은 화성암이 가장 많고, 그 다음으로 퇴적암과 변성암이 차지한다.

03 나. 삼엽충, 완족류 등이 발견되므로 고생대에 형성되었다.

바로알기 가. 석회암은 화학적 퇴적암 또는 유기적 퇴적암에 해당한다.

다. 연흔, 건열 등의 퇴적 구조는 수심이 얇은 곳에서 형성된다.

04 가. 16개 국가지질공원에는 각각 8곳~28곳의 지질 명소가 있으며 총 200여 곳이 지질 명소로 지정되어 있다.

다. 국가지질공원 중 제주도와 울릉도·독도를 구성하는 암석은 신생대 화산 활동으로 생성되었다.

바로알기 나. 지질 명소에 분포하는 암석의 생성 시기는 선캄브리아 시대에서부터 신생대까지 매우 다양하다. 특히 선캄브리아 시대의 변성암은 백령·대청, 고군산군도 등에 풍부하다.

05 다. (다)의 주요 구성 암석은 현무암이다. 현무암은 화산암이므로 이 지역에서는 주상 절리를 관찰할 가능성이 있다.

바로알기 가. (가)의 암석에서 해양생물인 삼엽충과 필석이 화석으로 산출되므로, 이 퇴적암은 해양 환경에서 형성되었다.

나. (가)의 퇴적암은 고생대, (나)의 퇴적암은 중생대에 퇴적되었다.

06 가, 나. (가)는 판상 절리가 발달한 화강암(심성암)이고, (나)는 주상 절리가 발달한 안산암(화산암)이다.

다. 암석에 포함된 SiO₂ 함량은 밝은색 암석이 분포하는 (가)가 상대적으로 어두운색의 암석이 분포하는 (나)보다 많다.

07 가. (가)는 화산 분출로 형성된 화산재가 쌓여 만들어진 응회암으로 층리가 잘 발달해 있다.

다. 응회암과 현무암은 모두 화산 활동으로 형성되었다.

바로알기 나. (나)의 현무암은 용암이 급격하게 굳어져 만들어진 세립질 염기성암이다.

08 가. 편마암에서는 편마 구조가 발달하여 밝고 어두운 광물로 이루어진 줄무늬가 교대로 나타난다.

다. 편마암은 고온·고압 상태에서 생성되고, 현무암은 마그마가 지표 부근에서 냉각될 때 생성되므로, 생성될 당시의 압력은 (가)보다 크다.

바로알기 나. (나)에서 마그마가 급격하게 냉각되어 부피의 감소로 만들어진 기동 모양의 절리가 발달한다.

09 다. 습곡(㉔)은 지층이 횡압력을 받아 형성된다.

바로알기 가. 규암은 사암의 변성암으로, 접촉 변성 작용뿐만 아니라 광역 변성 작용에 의해서도 생성될 수 있다. 이 지역에는 규암(㉕)이 넓게 분포하므로 광역 변성 작용이 일어났다.

나. 해식 절벽(㉔)은 파도에 의한 침식 작용으로 형성되므로 주요 에너지원은 태양 복사 에너지이다.

10 나, 다. 광역 변성 작용을 받아 만들어진 변성암의 예로 편암, 편마암, 규암 등이 있으며, 이 암석들이 분포하는 지역에서는 엽리와 습곡 구조 등을 볼 수 있다.

바로알기 가. 우리나라 국가지질공원에서 관찰할 수 있는 변성암은 대부분 선캄브리아 시대에 형성되었고, 일부 지역은 고생대와 중생대에 형성되었다.

11 가, 나, 다. 국가지질공원이 만들어진 중요한 까닭 중 하나는 지질, 교육, 관광 등의 프로그램을 이용하여 평생 교육의 확대와 양질의 일자리 창출 등 지역 경제의 활성화와 지속가능한 발전을 위한 것이다.

12 학생 A, 학생 B. 국가지질공원은 지질, 자연, 문화, 역사, 생물 등을 연계하여 교육과 관광 등에 활용하고 있으며, 지역 경제 활성화와 일자리 창출에 많은 기여를 하고 있다.

바로알기 학생 C. 국가지질공원은 지질 유산과 지질 명소를 보존하는 것뿐만 아니라 지역 주민의 소득과 삶의 질을 제고할 수 있는 적극적인 운영을 함께해야 지속가능한 발전이 가능하다.

실력 UP 문제

207쪽

01 ⑤ 02 ③

01 **필름 문제 분석**

화성 국가지질공원 (A. 공룡알) → 중생대 퇴적암
 강원고생대 국가지질공원 (B. 필석) → 고생대 퇴적암
 경북동해안 국가지질공원 (C. 단풍나무) → 신생대 퇴적암

A. 공룡알	B. 필석	C. 단풍나무
중생대, 육상 환경	고생대, 해양 환경	신생대, 육상 환경

가. 공룡알은 중생대 표준 화석이고, 필석은 고생대 표준 화석이다. 단풍나무는 신생대에 번성했던 속씨식물이다. 따라서 지층이 쌓인 시기는 B → A → C이다.

나. B는 고생대 지층이므로 삼엽충, 완족류 등이 산출될 수 있다.

다. 공룡은 중생대 육상에서 살았던 파충류이고, C는 육상식물이다. 따라서 A와 C의 지층은 육상 퇴적 환경에서 형성되었다.

02 **ㄷ.** 중생대 심성암(화강암)이 존재하므로 이 지역에서는 관입과 포획 등의 지질 구조를 볼 수 있다.

바로알기 **ㄱ.** (가)의 상부층과 하부층 사이에 부정합이 존재하며, 기저 역암은 상부층인 규암층에서 나타난다.

ㄴ. (나)의 절리는 중생대의 화강암이 지표로 노출되는 과정에서 만들어진 판상 절리이다.

중단원 핵심정리

208쪽~209쪽

- ① 물 ② 압력 감소 ③ 안산암질 ④ 관입 ⑤ 넓은
- ⑥ 혼펠스 ⑦ 엽리 ⑧ 태양 복사 에너지 ⑨ 제주도
- ⑩ 지속가능

중단원 마무리 문제

210쪽~213쪽

- 01** ③ **02** ② **03** ⑤ **04** ③ **05** ① **06** ②
- 07** ② **08** A: 혼펠스, B: 대리암, C: 규암 **09** ③ **10** ④
- 11** ③ **12** ④ **13** (가) 주향 이동 단층 (나) 정단층 (다) 역 단층 **14** ⑤ **15** ④ **16** ② **17** ⑤
- 18** 해설 참조 **19** 해설 참조 **20** 해설 참조

01 **ㄱ.** 연약권에 물이 공급되면 용융점이 낮아져 현무암질 마그마가 생성된다.

ㄴ. 화강암의 온도가 용융점까지 증가하면 유문암질 마그마가 생성될 수 있다.

바로알기 **ㄷ.** 맨틀에 작용하는 압력이 증가하면 용융점이 상승하므로 마그마가 생성되지 않는다.

02 ② A에서는 압력 감소에 의해 현무암질 마그마가 생성된다.

바로알기 ① A는 맨틀 대류에 의해 맨틀이 상승하는 곳으로, 현무암질 마그마가 분출하여 해양 지각이 생성된다.

③, ④, ⑤ B에서는 섭입하는 판의 함수 광물에서 빠져 나온 물의 공급에 의해 현무암질 마그마가 생성되고, C에서는 대륙 지각이 용융되어 유문암질 마그마가 생성된다.

03 **ㄱ.** 깊이 50 km에서 온도가 1500 °C인 맨틀은 용융 곡선의 오른쪽에 위치하므로 마그마 상태로 존재한다.

ㄷ. B 상태의 마그마는 화강암의 용융점보다 온도가 높으므로 화강암을 부분 용융시킬 수 있다.

바로알기 **ㄴ.** A → B 과정을 거쳐 생성된 마그마는 현무암질 마그마이므로 SiO₂ 함량이 52 % 이하이다.

04 ③ 반력암은 심성암이고 유문암은 화산암이므로 광물 입자의 크기는 A가 될 수 있다. 화강암은 산성암이고, 현무암은 염기성암이므로 SiO₂ 함량은 B가 될 수 있다.

05 **ㄱ.** A는 유색 광물의 상대적 비율이 높은 염기성암이다.

바로알기 **ㄴ.** Fe와 Mg 성분은 유색 광물에 많이 포함되어 있으므로 B가 C보다 함량이 많다.

ㄷ. 유색 광물이 많을수록 어렵게 보이므로 A가 C보다 어둡다.

06 **ㄷ.** A가 지표에 노출됨에 따라 압력 감소에 의해 얇은 판 모양의 판상 절리가 발달한다.

바로알기 **ㄱ.** A는 지하 깊은 곳에서 형성된 심성암이다.

ㄴ. A에 작용하는 압력은 지하 깊은 곳에 위치한 (가)일 때가 지표에 위치한 (나)일 때보다 크다.

07 **ㄴ.** 마그마가 층리를 따라 평행하게 뚫고 들어와 굳어졌다.

바로알기 **ㄱ.** 관입한 화성암은 암상에 해당한다.

ㄷ. 화성암이 퇴적암을 관입했으므로 화성암이 퇴적암보다 나중에 생성되었다.

08 셰일, 석회암, 사암이 관입한 화강암(마그마)의 열에 의해 접촉 변성 작용을 받으면 각각 혼펠스, 대리암, 규암이 된다.

09 **ㄷ.** 대리암은 접촉 변성 작용(B)과 광역 변성 작용(C)에 의해 모두 생성될 수 있다.

바로알기 **ㄱ.** A는 퇴적암이 형성되는 속성 작용의 조건이다. 접촉 변성 작용의 조건을 나타낸 것은 B이다.

ㄴ. B의 변성암에서는 방향성이 없는 치밀한 조직이 나타난다.

10 A는 셰일이고, B는 편마암, C는 혼펠스이다.

ㄴ. B는 광역 변성 작용에 의해 생성되므로 조산 운동이 활발한 지역에서 잘 생성된다.

ㄷ. 암석이 생성될 당시의 압력은 엽리가 발달한 B가 C보다 높다.

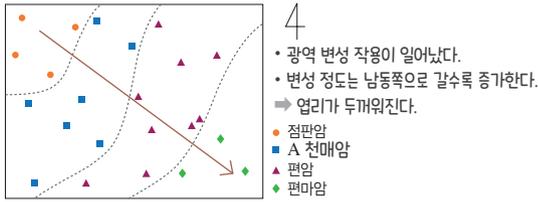
바로알기 **ㄱ.** C는 접촉 변성 작용에 의해 생성되므로 생성 당시의 온도가 A보다 높다.

11 **ㄱ.** 화성암과 퇴적암의 경계부에서만 변성 작용이 나타나므로 접촉 변성 작용이 일어났다.

ㄴ. 화성암이 사암과 셰일을 관입했으므로, 화성암 내부에서 사암 조각이 발견될 수 있다.

바로알기 **ㄷ.** 편마 구조는 광역 변성 작용이 일어날 때 만들어질 수 있다.

12 **포퓰 문제 분석**



ㄴ. 이 지역에서는 조산 운동이 일어났으므로 단층이나 습곡 구조가 발달할 수 있다.

ㄷ. 변성 정도가 증가할수록 엽리의 두께가 증가하므로, 남동쪽으로 갈수록 엽리가 두꺼워진다.

바로알기 ㄱ. 이 지역에서는 남동쪽으로 갈수록 변성 정도가 증가하여 점판암 → 천매암 → 편암 → 편마암 순으로 나타난다. 따라서 A는 천매암이다.

13 (가)에서는 두 판이 서로 어긋나고 있으므로 보존형 경계가 나타난다. (나)에서는 두 판이 서로 멀어지고 있으므로 발산형 경계가 나타난다. (다)에서는 두 판이 서로 가까워지고 있으므로 수렴형 경계가 나타난다. 따라서 (가)에서는 주향 이동 단층, (나)에서는 정단층, (다)에서는 역단층이 잘 나타난다.

14 ㄱ. (가)에서는 횡압력에 의해 만들어진 습곡이 나타난다.
 ㄴ. (나)에서는 용암이 급격하게 냉각, 수축되면서 만들어진 주상 절리가 나타난다.
 ㄷ. (다)는 바다 밑에서 퇴적 작용에 의해 겹겹이 쌓인 층리의 모습이다.

15 ㄴ. (나)의 지층에서 육상 생물 화석이 산출되므로 (나)의 지층은 육상 퇴적 환경에서 형성되었다.
 ㄷ. (다)의 ㉠은 약 9억 년 전에 형성된 스토로마톨라이트로, 백령·대청 국가지질공원에서 볼 수 있다.
바로알기 ㄱ. (가)의 지층에서 삼엽충, 완족류 화석이 산출되므로, (가)의 지층은 고생대에 퇴적되었다.

16 ㄴ. (나)의 지층에서 공룡 발자국 화석이 발견되므로 이 지층이 형성된 지질 시대는 중생대이다.
바로알기 ㄱ. (가)의 줄무늬는 퇴적층이 쌓일 때 만들어진 층리이다.
 ㄷ. 공룡은 육상 생물이므로 그 당시 이 지역은 육상 퇴적 환경이었다.

17 ㄴ. 역암은 주로 자갈로 이루어진 쇄설성 퇴적암이다.
 ㄷ. (가)는 지하에서 생성된 심성암이고, (나)는 지하에서 속성 작용을 받아 생성된 퇴적암이다. 따라서 (가)와 (나)는 생성된 이후 용기가 일어나 현재와 같은 모습을 이루고 있다.

바로알기 ㄱ. 용암 동굴은 화산암이 분포하는 곳에서 형성될 수 있다.

18 마그마가 관입할 때에는 주변 암석에서 떨어져 나온 암석 조각들이 마그마 속으로 유입되어 포획암이 나타날 수 있다.

모범 답안 B는 A에 포획된 포획암으로, B가 A보다 먼저 생성되었다. B는 A를 형성한 마그마가 지구 내부에서 상승할 때 마그마에 포획된 감람암(맨틀)이고, A는 지표로 상승한 마그마가 굳어져 생성된 현무암이다.

채점 기준	배점
A와 B의 생성 순서를 옳게 비교하고, 이를 포획암의 형성과 관련지어 옳게 서술한 경우	100 %
A와 B의 생성 순서만 옳게 비교한 경우	40 %

19 석회암이 변성 작용을 받으면 대리암이 된다. 대리암은 입자가 비교적 크고 고른 입상 변정질 조직을 갖는다.

모범 답안 A는 대리암이다. A는 입상 변정질 조직을 갖고 있으며, 화성암과 퇴적암 사이의 좁은 범위에 분포하므로 접촉 변성 작용을 받아 생성된 변성암이라는 것을 알 수 있다. 또한 묽은 염산에 반응하므로 탄산염 광물로 이루어진 변성암인 대리암이다.

채점 기준	배점
암석의 종류를 옳게 쓰고, 그 근거를 변성암의 조직 및 분포 범위, 묽은 염산과의 반응과 관련지어 옳게 서술한 경우	100 %
암석의 종류만 옳게 쓴 경우	40 %

20 지층의 끊어진 면을 단층면이라 하고, 단층면이 기울어져 있을 때 단층면 위에 놓인 부분을 상반, 단층면 아래에 놓인 부분을 하반이라고 한다. (가)는 상반이 하반에 대해 위쪽으로 이동하였고, (나)는 상반이 하반에 대해 아래쪽으로 이동하였다.

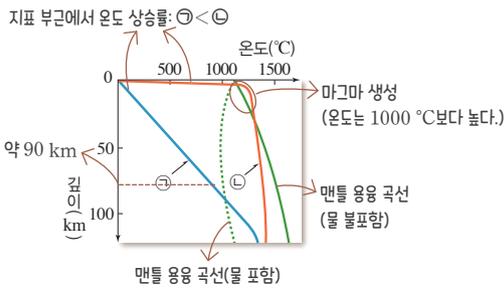
모범 답안 (1) (가) 역단층 (나) 정단층
 (2) (가)의 역단층에서 지층의 역전이 나타날 수 있다. 역단층에서는 아래쪽에 있는 오래된 지층이 위쪽으로 이동하므로 지층의 역전이 나타날 수 있다.

채점 기준	배점
(1) (가), (나)에 해당하는 단층의 이름을 옳게 쓴 경우	30 %
(2) 역단층에서 지층의 역전이 나타날 수 있는 까닭을 상반의 이동과 관련지어 옳게 설명한 경우	70 %
역단층에서 지층의 역전이 가능하다는 사실만 옳게 쓴 경우	30 %

중단원 고난도 문제 214쪽~215쪽

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

01 — 품평 문제 분석



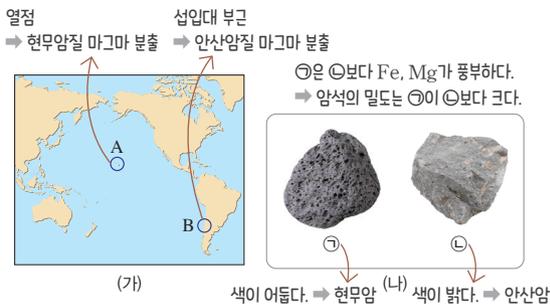
선택지 분석

- ✗ 지표 부근에서 깊이에 따른 온도 상승률은 섬입대가 해령보다 크다. **작다**
- ✗ ㉠에서 물 공급에 의해 마그마가 생성될 수 있는 최소 깊이는 100 km보다 깊다. **얕다**
- ⓐ ㉡에서 생성된 마그마의 온도는 1000 °C보다 높다.

전략적 풀이 ① 자료에서 지하 온도 분포와 암석의 용융 곡선이 각각 무엇에 해당하는지 파악한다.

- ㄱ. ㉠은 섬입대, ㉡은 해령의 지하 온도 분포이다. 지표 부근에서 깊이에 따른 온도 상승률은 섬입대(㉠)가 해령(㉡)보다 작다.
- ② 지하 온도 분포와 암석의 용융 곡선을 비교하여 마그마 생성 여부와 마그마가 생성되는 깊이를 알아낸다.
 - ㄴ. ㉠에서는 섬입하는 해양판에서 공급된 물에 의해 깊이 약 90 km부터 마그마가 생성될 수 있다.
 - ㄷ. ㉡에서는 맨틀 대류에 의한 맨틀 물질 상승으로 해령 바로 아래쪽에서 마그마가 생성된다. 이때 마그마의 온도는 약 1200 °C ~ 1300 °C이다.

02 — 품평 문제 분석



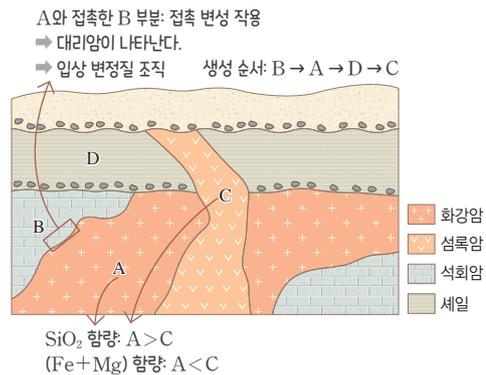
선택지 분석

- ✗ 분출하는 마그마의 SiO₂ 함량은 A가 B보다 많다. **적다**
- ㉡ ㉠은 A에서 생성된 암석이다.
- ⓐ 암석의 밀도는 ㉠이 ㉡보다 크다.

전략적 풀이 ① 마그마가 분출하는 A와 B 지역의 특징을 판 경계와 관련지어 파악한다.

- ㄱ. A는 하와이 열점이 위치한 곳으로 현무암질 마그마가 분출하고, B는 섬입대 부근에 위치한 안데스산맥이 있는 곳으로 주로 안산암질 마그마가 분출한다. 따라서 분출하는 마그마의 SiO₂ 함량은 A가 B보다 적다.
- ② (나)에서 제시한 화성암 ㉠과 ㉡의 색을 비교해 보고, 마그마 종류와 관련지어 화성암의 이름을 알아낸다.
 - ㄴ. 암석의 색은 ㉠이 ㉡보다 어둡다. 따라서 ㉠은 A에서 생성된 현무암이고, ㉡은 B에서 생성된 안산암이다.
 - ㄷ. 암석의 밀도는 SiO₂ 함량이 적고, Fe과 Mg의 함량이 많은 염기성암(고철질암)인 ㉠이 ㉡보다 크다.

03 — 품평 문제 분석



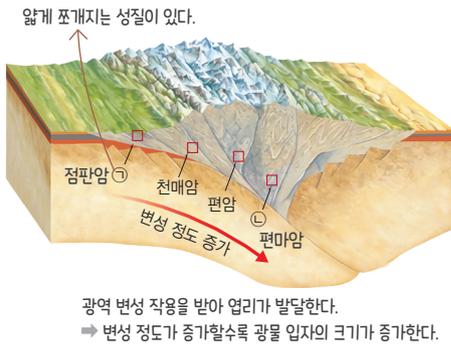
선택지 분석

- ㉠ 암석이 생성된 순서는 B → A → D → C이다.
- ㉡ 암석에 포함된 $\frac{(Fe+Mg) \text{ 함량}}{SiO_2 \text{ 함량}}$ 은 A가 C보다 작다.
- ⓐ A와 접촉한 B의 경계부 암석에서 입상 변정질 조직이 나타난다.

전략적 풀이 ① 지질 단면을 분석하여 지층과 암석의 생성 순서를 파악한다.

- ㄱ. A와 C는 기존의 암석을 관입하였으므로 생성 순서는 B → A → D → C이다.
- ② 화성암의 종류를 비교하여 특징을 알아내고, 마그마가 관입하는 과정에서 일어난 변성 작용의 특징을 파악한다.
 - ㄴ. 화강암은 산성암, 섬록암은 중성암이므로 SiO₂ 함량은 화강암이 섬록암보다 많고, (Fe+Mg) 함량은 섬록암이 화강암보다 많다.
 - ㄷ. A와 접촉한 B의 경계부에서는 석회암이 접촉 변성 작용을 받아 만들어진 대리암이 나타난다. 대리암에서는 방향성이 없고 입자가 크고 고른 입상 변정질 조직이 나타난다.

04 - 꼼꼼 문제 분석



선택지 분석

- ㉠ 이 암석들은 모두 엽리가 나타난다.
- ㉡ 얇은 판으로 쪼개지는 성질은 ㉠이 ㉡보다 뚜렷하다.
- ㉢ 재결정 작용으로 생성된 광물 입자의 크기는 편암이 ㉡보다 크다. 적다

전략적 풀이 ① 변성 정도가 증가하는 방향으로부터 변성암의 종류와 특징을 알아낸다.

셰일이 광역 변성 작용을 받으면 점판암 → 천매암 → 편암 → 편마암으로 변해간다. 따라서 ㉠은 점판암이고, ㉡은 편마암이다. ㉢. 이 암석들은 모두 광역 변성 작용을 받아 형성된 변성암이므로 엽리가 나타난다.

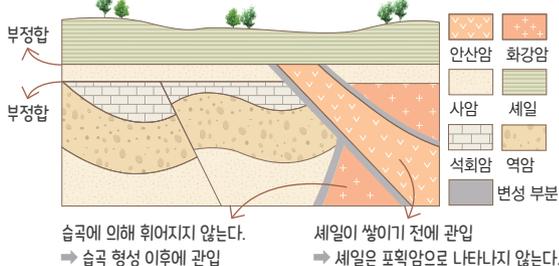
② 셰일이 변성 작용을 받아 엽리가 발달함에 따라 어떤 특징이 나타나는지 생각해 본다.

ㄴ. 점판암은 엽리가 얇게 발달하면서 얇은 판으로 쪼개지는 성질이 발달한다. 엽리가 두껍게 발달한 편마암에서는 쪼개지는 성질이 나타나지 않는다.

ㄷ. 변성 정도가 증가함에 따라 재결정 작용이 활발하게 일어나 형성되는 광물 입자의 크기가 점점 커진다. 따라서 광물 입자의 크기는 편암이 편마암(㉡)보다 작다.

05 - 꼼꼼 문제 분석

사암 → 역암 → 석회암 → 습곡 → 역단층 → 화강암 관입 → 부정합 → 사암 → 안산암 관입 → 부정합 → 셰일



선택지 분석

- ㉠ 화강암은 습곡 작용을 받았다. 받지 않았다
- ㉡ 안산암 내부에서 셰일 조각이 발견된다. 발견되지 않는다
- ㉢ 화강암과 안산암이 생성된 시기 사이에 최소 1번의 부정합이 있었다.

전략적 풀이 ① 지층의 생성 시기와 지각 변동이 일어난 순서를 파악한다.

이 지역에서 일어난 지층의 생성 순서와 지각 변동의 순서는 사암(최하부층) → 역암 → 석회암 → 습곡 → 역단층 → 화강암 관입 → 부정합 → 사암 → 안산암 관입 → 부정합 → 셰일 순이다.

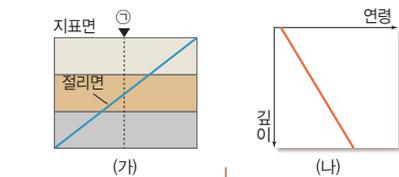
② 관입이 일어난 시기를 전후하여 발생한 지각 변동을 파악한다.

ㄱ. 화강암과 화강암에 의한 변성 부분은 습곡에 의해 휘어지지 않았다. 따라서 화강암은 습곡 작용이 일어난 이후에 관입하였다.

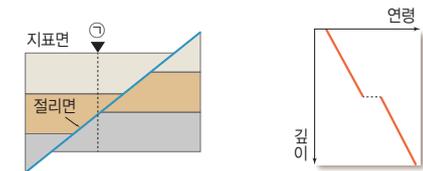
ㄴ. 셰일층은 안산암이 관입한 이후에 생성되었으므로 안산암 내부에서 포획암으로 발견되지 않는다.

ㄷ. 이 지역에 부정합은 2회 나타나며, 화강암과 안산암이 생성된 시기 사이에 1번의 부정합이 나타난다.

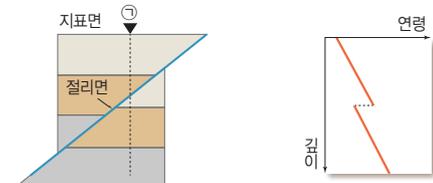
06 - 꼼꼼 문제 분석

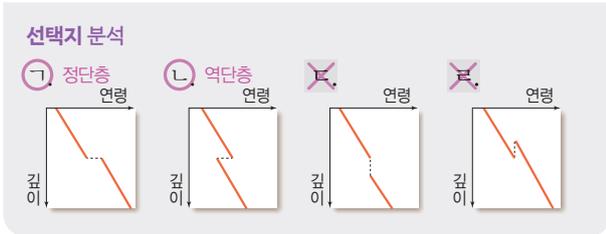


• 정단층이 형성되었을 때: 단층면 위쪽과 아래쪽의 연령 차이가 커진다.



• 역단층이 형성되었을 때: 단층면 위쪽의 연령이 아래쪽의 연령보다 많다.





전략적 풀이 ① 정단층과 역단층이 형성되었을 지층 단면을 예상한다. 정단층은 상반이 하반에 대해 아래로 이동하면서 형성되고, 역단층은 상반이 하반에 대해 위로 이동하면서 형성된다.

② 정단층 또는 역단층이 일어났을 때, 연직 방향으로 깊이에 따른 퇴적층의 나이 분포를 그래프로 작성해 본다.

① 역단층이 일어나면 상반이 하반에 대해 위로 올라가기 때문에 나이가 많은 하부 지층이 위로 올라간다. 이로 인해 단층면을 경계로 지층의 역전이 일어난다. 하지만 정단층에서는 위에 있는 젊은 지층이 아래로 이동하기 때문에 단층면을 경계로 나이의 차이는 급격히 증가하지만, 역전이 일어나지는 않는다.

07 **꼼꼼 문제 분석**

퇴적층의 층리, 해식 절벽, 해식 동굴



(가) 전북서해안



(다) 제주도
신생대 현무암, 주상 절리

고생대 퇴적암, 삼엽충, 완족류 화석 산출



(나) 강원고생대



(라) 울릉도·독도
신생대 화산 활동, 화산암, 응회암

선택지 분석

(가)에서 볼 수 있는 줄무늬는 **엽리**이다. **층리**

(나)의 지층에서 삼엽충, 완족류 화석이 산출된다.

(다)와 (라)의 지질 구조는 **중생대 화산 활동**으로 생성되었다.

전략적 풀이 ① (가)~(라)의 지질 명소 모습에서 볼 수 있는 특징을 파악한다.

(가) 층리와 해식 절벽, 해식 동굴 등이 나타난다.

(나) 고생대 퇴적암(주로 석회암)이 분포하며, 석회 동굴이 발달한다.

(다) 현무암으로 이루어진 주상 절리가 나타난다.

(라) 화산 활동으로 형성된 화산섬이다.

② (가)~(라)의 지질 명소의 특징을 바탕으로, 주요 구성 암석과 화석의 종류, 지질 구조의 특징 등을 비교한다.

ㄱ. (가)에서는 수평 방향으로 퇴적층이 쌓이면서 형성된 층리를 볼 수 있다.

ㄴ. (나)의 지층에서 고생대 표준 화석인 삼엽충, 완족류 화석이 산출된다.

ㄷ. (다)의 제주도과 (라)의 울릉도·독도는 모두 신생대 화산 활동으로 생성된 화산섬이다.

08 **꼼꼼 문제 분석**

해식 절벽 발달

층리 발달

(가) 백령도 해안

(나) 부안군 격포리 해안



규암

사암, 응회암

광역 변성 작용으로 생성

쇄설성 퇴적암

넓은 지역에 분포

선택지 분석

(가)의 암석은 **접촉 변성 작용**으로 생성되었다. **광역**

(나)의 암석은 모두 **쇄설성 퇴적암**에 속한다.

(가)와 (나)에서는 **주상 절리가 발달한다**. **나타나지 않는다**

전략적 풀이 ① (가)와 (나)의 사진에 나타난 특징을 파악한다.

ㄱ. 접촉 변성 작용은 좁은 범위에서 일어나며, 주변에 화성암이 분포해야 한다. (가) 지역의 주요 구성 암석이 규암이므로, 이 지역의 규암은 광역 변성 작용으로 생성되었다.

② (가)와 (나)의 주요 구성 암석의 종류를 비교하여 지질 구조의 특징을 생각해 본다.

ㄴ. (나)의 주요 구성 암석은 사암과 응회암이므로 모두 **쇄설성 퇴적암**에 속한다.

ㄷ. 주상 절리는 화산암에서 발달한다. (가)의 변성암과 (나)의 퇴적암에서는 주상 절리가 나타나지 않는다.

태양계 천체와 별과 우주의 진화

1 태양계 천체

01 / 태양계 행성의 겉보기 운동

개념 확인문제 220쪽

- 1 겉보기 2 공전 3 순행 4 역행 5 유 6 역행
7 공전 8 가까워
- 1 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × 2 ㉠ 유, ㉡ 순행, ㉢ 유, ㉣ 역행
3 ㉠ 유, ㉡ 역행, ㉢ 순행 4 ㉠ 가까운, ㉡ 빠르다, ㉢ 가까운
5 E → B → C → D → A 6 ㄱ, ㄴ

- 1 (1), (2), (3) 행성은 별을 배경으로 상대적인 위치 변화가 나타나는데 이를 행성의 겉보기 운동이라고 한다. 이때 행성이 별에 대해 서에서 동으로 이동하면 순행, 동에서 서로 이동하면 역행이라고 한다.
(4) 행성의 겉보기 운동이 순행에서 역행, 역행에서 순행으로 바뀔 때 행성이 정지한 것처럼 보이는데 이 시기를 유라고 한다.
- 2 멀리 있는 배경 별을 기준으로 행성이 서에서 동으로 이동하는 겉보기 운동을 순행, 동에서 서로 이동하는 겉보기 운동을 역행, 정지한 것처럼 보이는 것을 유라고 한다.
- 3 행성의 겉보기 운동은 순행 → 유 → 역행 → 유 → 순행을 반복한다.
- 4 내행성은 지구보다 공전 속도가 빠르기 때문에 지구와의 거리가 가까운 위치 부근을 지날 때 지구에서는 행성의 역행이 관측된다.
- 5 행성의 겉보기 운동은 서에서 동으로 이동하는 순행, 동에서 서로 이동하는 역행을 반복한다. 따라서 E → B → C → D → A로 위치가 변한다.
- 6 ㄱ. 밤하늘의 천체를 관측하면 멀리 있는 별이나 별자리는 그 위치가 상대적으로 고정되어 있다.
ㄴ. 태양은 지구의 공전으로 인해 1년에 한 바퀴씩 서에서 동으로 이동하는 겉보기 운동이 나타난다.
바로알기 ㄷ. 행성이 동에서 서로 이동하는 겉보기 운동은 역행이다.
ㄹ. 행성은 대부분의 기간 동안 순행하고, 역행하는 기간은 상대적으로 짧다.

완자샘 비법 특강 223쪽

- Q1 금성은 동방 최대이각 부근에 위치하고, 목성은 충~동구 사이에 위치하므로, 금성보다 목성을 관측할 수 있는 시간이 길다.
Q2 금성은 2025년 2월 28일~2025년 4월 11일까지 약 40일 동안 역행한다. 목성은 2024년 10월 9일~2025년 2월 4일까지 약 4개월 동안 역행한다.

- Q1 2025년 1월 1일에 금성은 태양의 동쪽에 위치하며 이때 이각이 가장 크게 나타나는 시기이므로 최대이각 부근에 위치한다. 한편, 목성은 충~동구 사이에 위치하여 태양과의 이각이 금성보다 크다. 따라서 행성을 관측할 수 있는 시간은 목성이 금성보다 길다.
- Q2 금성은 2025년 2월 28일과 2025년 4월 11일에 유에 위치하므로 이 사이의 기간 동안 역행하고, 목성은 2024년 10월 9일과 2025년 2월 4일에 유에 위치하므로 이 사이의 기간 동안 역행한다. 따라서 역행 기간은 목성이 금성보다 길다.

개념 확인문제 224쪽

- 1 이각 2 최대이각 3 합 4 충 5 동방 6 서방
7 내합 8 충
- 1 ㉠ 각거리, ㉡ 클수록 2 (1) C (2) B (3) A (4) D 3 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × 4 ㉠ 느리므로, ㉡ 서구, ㉢ 동구

- 1 이각은 지구의 관측자가 볼 때 행성이 태양으로부터 떨어져 있는 각거리이다. 태양과 멀리 떨어져 있을수록, 즉 이각이 클수록 지구에서 긴 시간 동안 관측할 수 있다.
- 2 (1) 금성의 시지름이 가장 큰 위치는 지구로부터의 거리가 가장 가까운 C(내합)이다.
(2), (4) B는 동방 최대이각으로, 초저녁에 서쪽 하늘에서 관측된다. D는 서방 최대이각으로, 새벽에 동쪽 하늘에서 관측된다.
(3) 금성이 외합(A) 부근에 위치할 때 보름달 모양의 위상을 갖는다.
- 3 (1) A는 동구이다. 화성이 동구에 위치하면 해가 질 무렵에 남중한다.

(2), (4) B는 충, D는 합이다. 화성이 충에 위치할 때는 가장 크고 밝게 보이므로 관측하기 좋은 위치이다. 한편, 합 부근에 위치할 때는 상대적으로 작고 어두운 보름달 모양으로 보이지만, 태양과 함께 뜨고 지므로 관측하기 어렵다.

(3) C는 서구이다. 화성이 서구에 위치할 때, 자정 무렵에 동쪽 하늘에서 뜨기 때문에 자정부터 해가 뜨기 전까지 관측할 수 있다.

4 외행성의 공전 속도는 지구보다 느리다. 따라서 외행성의 위치 관계는 공전 방향과 반대 방향인 합 → 서구 → 충 → 동구 → 합의 순서로 나타난다.

대표 자료 분석 1

225쪽

1 동 → 서(역행) **2** 새벽(해가 뜨기 전), 동쪽 하늘 **3** 10월 초
4 (1) 수성 (2) 동쪽 (3) 있다 (4) 길다 **5** (1) ○ (2) × (3) × (4) × (5) ○

1 1월 초에 화성이 지는 시각은 06시경이므로 화성이 충 부근에 위치한다. 이때 화성은 역행한다.

2 3월 초에 수성은 16시경에 지므로 태양보다 먼저 진다. 따라서 이 시기에 수성은 태양이 진 이후에는 볼 수 없고, 새벽에 동쪽 하늘에서 볼 수 있다.

3 해가 지기 직전에 목성이 남쪽 하늘에서 관측되는 시기는 동구 부근에 위치할 때이다. 이때 목성이 지는 시각은 자정 무렵이므로, 10월 초이다.

4 (1) 태양계 행성 중 수성이 공전 속도가 가장 빠르다.
 (2) 3월에 태양은 18시 무렵에 지고, 화성은 03시 무렵에 진다. 따라서 태양이 질 때 화성은 남동쪽 하늘에 위치한다.
 (3) 6월에 목성이 지는 시각은 08시 무렵이므로 태양이 뜨기 직전에 서쪽 하늘에서 목성을 볼 수 있다.
 (4) 태양이 지는 시각과 수성이 지는 시각의 차이는 1월 말보다 2월 말에 크다. 따라서 하루 중 수성을 볼 수 있는 시간은 1월 말보다 2월 말에 길다.

5 (1) 1월 중순에 화성은 06시 무렵에 진다. 따라서 태양의 반대 방향인 충 부근에 위치한다.
 (2) 5월 중순에 수성은 태양보다 나중에 지므로 초저녁에 서쪽 하늘에서 볼 수 있고, 새벽에는 볼 수 없다.
 (3) 10월 초에 목성은 자정 무렵에 지므로 동구 부근에 위치한다.

(4) 5월 중순에 수성은 태양보다 나중에 지므로 태양의 동쪽에 위치하며, 수성과 태양이 지는 시각이 최대로 차이나는 시기를 지나므로 이 무렵에 동방 최대이각에 위치하는 시기가 있다.

(5) 목성은 6월 말에 충 부근, 10월 초에 동구 부근에 위치하므로 지구와 목성 사이의 거리는 6월 말보다 10월 초에 멀다.

대표 자료 분석 2

226쪽

1 외합 **2** 금성: 감소, 화성: 증가 **3** (1) 서방 이각 (2) 늦어졌다
 (3) 외합 (4) 충 **4** (1) 외합 (2) 서방 최대이각 (3) 충 (4) 서구
5 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ○

1 수성은 (가)에서 태양의 서쪽에, (나)에서는 태양의 동쪽에 위치하였다. 따라서 이 기간 동안 수성은 외합을 통과하였다.

2 이각은 행성과 태양 사이의 각거리이므로, 이 기간 동안 금성의 이각은 감소하였고 화성의 이각은 증가하였다.

3 (1) (가)에서 수성은 태양보다 고도가 높으므로 태양보다 먼저 뜨고, 먼저 진다. 따라서 수성은 서방 이각에 위치한다.
 (2) 오전 7시를 기준으로 태양의 위치가 점점 지평선에 가까워지므로 태양이 뜨는 시각은 점점 늦어졌다.
 (3) 이 기간 동안 금성은 새벽에 관측되었고 이각이 감소하였으므로 서방 최대 이각과 외합 사이에 위치하였다.
 (4) 이 기간 동안 화성은 새벽에 동쪽 하늘에서 관측되었고 이각이 증가하였으므로 합과 서구 사이에 위치하였다.

4 (1) 내행성이 외합 부근에 위치하면 보름달 모양으로 관측된다.
 (2) 내행성이 서방 최대이각에 위치하면 새벽에 동쪽 하늘에서 가장 오랫동안 관측할 수 있다.
 (3) 외행성은 충에 위치할 때 가장 밝게 보인다.
 (4) 외행성이 서구에 위치하면, 해가 뜰 무렵에 남중한다.

5 (1) 수성, 화성, 금성은 모두 서방 이각에 위치하므로 해가 뜨기 전에 볼 수 있다.
 (2) (나)에서 행성의 이각은 화성이 금성보다 크다.
 (3) 이 기간 동안 금성은 외합에 가까워졌으므로 지구로부터의 거리는 멀어졌다.
 (4) 이 기간 동안 화성은 합과 서구 사이에 위치하였고, 서구에 점점 가까워졌으므로 지구로부터의 거리는 가까워졌다.
 (5) (가) → (다) 동안 금성의 이각은 작아졌으므로 하루 중 금성을 관측할 수 있는 시간은 감소하였다.

- 01 ④ 02 ⑤ 03 해설 참조 04 ② 05 ③
 06 ⑤ 07 ① 08 ② 09 해설 참조 10 ①
 11 해설 참조 12 ① 13 ② 14 ② 15 ②
 16 ③ 17 해설 참조 18 ⑤ 19 ④ 20 ③
 21 ㉠ 동구, ㉡ 서구, ㉢ 총, ㉣ 합 22 ② 23 ④ 24 ⑤

01 ① 행성은 밤하늘에서 별을 배경으로 상대적 위치가 변하는 겉보기 운동을 한다.
 ② 배경이 되는 별들은 지구로부터 매우 멀리 떨어져 있기 때문에 지구에서 볼 때 상대적으로 위치가 거의 고정되어 있다.
 ③ 행성이 서에서 동으로 이동할 때를 순행, 동에서 서로 이동할 때를 역행이라고 한다.
 ⑤ 행성의 겉보기 운동은 순행 → 유 → 역행 → 유 → 순행의 순서로 나타난다.
바로알기 ④ 행성이 역행할 때, 배경이 되는 별을 기준으로 행성이 동에서 서로 이동하는 겉보기 운동을 한다.

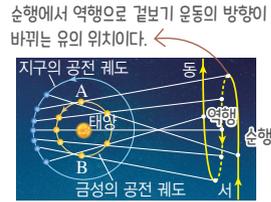
02 ㄱ. 관측 기간 동안 토성과 태양 사이의 각거리(이각)는 증가하였다.
 ㄴ. 목성, 금성, 화성은 배경 별자리에 대해 서에서 동으로 이동하였으므로 순행하였다.
 ㄷ. 수성은 배경 별자리에 대해 동에서 서로 이동하였으므로 역행하였다.

03 행성이 공전 방향과 같은 방향(서 → 동)으로 겉보기 운동하는 것을 순행, 공전 방향과 반대 방향(동 → 서)으로 겉보기 운동하는 것을 역행이라고 한다.
모범 답안 배경 별을 기준으로 동에서 서로 이동하는 것을 역행이라고 하므로, 행성의 역행이 일어난 기간은 7월 29일~9월 17일 사이이다.

채점 기준	배점
역행이 일어난 기간을 옳게 쓰고, 그렇게 생각한 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
역행이 일어난 기간만 옳게 쓴 경우	50 %

04 ㄷ. 내행성은 내합 부근에서, 외행성은 총 부근에서 역행한다. 따라서 행성은 지구와의 거리가 가장 가까워진 시기를 전후하여 역행이 일어난다.
바로알기 ㄱ. 수성은 태양계 행성 중 태양과 가장 가까운 행성으로, 공전 속도가 가장 빠르다.
 ㄴ. 태양으로부터의 거리가 먼 행성일수록 공전 속도가 느려지므로 공전 주기도 길어진다.

05 — 꼼꼼 문제 분석



- 내행성의 겉보기 운동: 순행 → 유 → 역행 → 유 → 순행
- 내행성의 역행이 일어나는 위치: 내합 부근(지구와 내행성의 거리가 가장 가까울 때)

ㄱ. 금성은 내행성이므로 지구보다 공전 속도가 빠르다.
 ㄷ. 금성은 지구와의 거리가 상대적으로 가까워졌을 때 역행이 일어난다.
바로알기 ㄴ. 금성은 A~B 기간 중 동에서 서로 역행하는 시기가 나타난다.

06 ㄱ. 행성의 겉보기 운동은 배경 별을 기준으로 판단한다. 따라서 별 ㉠은 행성의 순행과 역행을 판단하는 기준이 된다.
 ㄴ. 3' → 5' 동안 행성의 역행이 나타나며, 이때 행성의 겉보기 운동 방향은 공전 방향과 반대이다.
 ㄷ. 태양계 행성의 공전 궤도면이 지구의 공전 궤도면과 거의 나란하기 때문에 행성의 겉보기 운동 경로는 지구의 공전 궤도면인 황도와 거의 나란하게 나타난다.

07 ② 밤하늘에서 화성을 관측했을 때 ㉠은 동쪽, ㉡은 서쪽이다.
 ③, ④ 행성은 순행하는 기간이 역행하는 기간보다 훨씬 길다. 따라서 화성이 역행한 기간은 B~D이며, 그 외의 기간은 순행한 기간이다.
 ⑤ 화성이 B와 D에 위치할 때 행성의 겉보기 이동 방향이 바뀐다. 이때 배경 별에 대해 정지한 것처럼 보이는데 이러한 시기를 유라고 한다.
바로알기 ① 화성의 겉보기 운동은 E → B → C → D → A의 순으로 나타난다.

08 ㄴ. 1'~7' 사이에 외행성은 순행, 역행, 순행하므로, 이 기간 동안 유는 2번 나타난다.
바로알기 ㄱ. 3'~5' 사이에 외행성이 별에 대해 동에서 서로 이동하는 역행이 나타난다.
 ㄷ. 행성의 공전 속도는 지구가 외행성보다 빠르므로 공전한 거리는 지구가 외행성보다 길다.

09 황도는 지구의 공전 궤도를 천구에 투영한 것이고, 행성들의 공전 궤도를 천구에 투영하면 황도와 거의 나란하게 나타난다.

모범 답안 행성의 공전 궤도면은 지구의 공전 궤도면과 거의 나란하다. 따라서 지구에서 관측되는 행성의 겉보기 운동 경로가 황도와 거의 나란하게 나타난다.

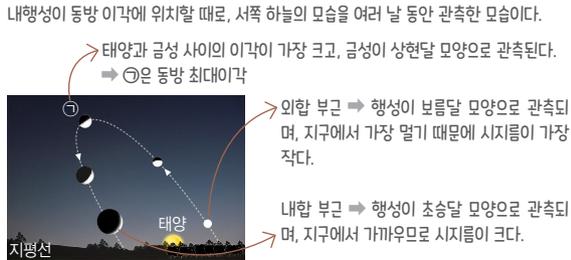
채점 기준	배점
행성들의 공전 궤도면과 황도가 나란하기 때문이라는 것을 옳게 서술한 경우	100 %
행성들의 공전 궤도면이 거의 나란하다는 것만 서술한 경우	50 %

10 ㄱ. 내행성의 내합은 태양-행성-지구 순으로 일직선을 이룰 때의 위치로 이각이 0°이다.

바로알기 ㄴ. 내행성의 외합은 행성-태양-지구 순으로 일직선을 이루어 지구로부터의 거리가 가장 먼 위치에 해당한다.

ㄷ. 내행성은 태양 반대 방향에서 관측될 수 없으며, 최대이각은 태양과 내행성 사이의 이각이 최대일 때의 위치이다.

11 **꼼꼼 문제 분석**

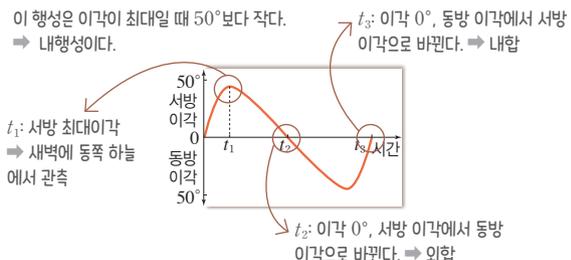


금성의 오른쪽 부분이 밝게 보이므로 동방 이각에 위치하였다. 또한 이 기간 동안 금성의 시지름이 점점 커졌으므로 지구와 금성 사이의 거리는 점점 가까워졌다.

모범 답안 (1) 해가 질 무렵(약 18시)에 서쪽 하늘을 관측하였다. (2) 동방 최대이각, 금성의 위상이 상현달 모양으로 관측되기 때문이다.(또는 금성이 서쪽 하늘에서 관측되고 태양과 금성 사이의 이각이 가장 크기 때문이다.)

채점 기준	배점
(1) 관측 시각과 관측 방향을 모두 옳게 서술한 경우	50 %
관측 시각과 관측 방향 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	25 %
(2) 위치 관계를 옳게 쓰고, 근거를 옳게 서술한 경우	50 %
위치 관계만 옳게 쓴 경우	25 %

12 **꼼꼼 문제 분석**



ㄱ. 이 행성은 최대이각을 벗어나지 못하므로 내행성이다. **바로알기** ㄴ. t_1 일 때 서방 최대이각에 위치하므로 새벽에 동쪽 하늘에서 관측된다.

ㄷ. t_2 일 때 외합, t_3 일 때 내합이므로 지구로부터의 거리는 t_3 일 때가 더 가깝다.

13 ㄴ. B는 동방 최대이각, D는 서방 최대이각이다. 따라서 B일 때 서쪽 하늘, D일 때 동쪽 하늘에서 관측된다.

바로알기 ㄱ. A는 외합으로 태양과 거의 같은 시각에 뜨고 지므로 관측하기 어렵다.

ㄷ. 내합(C) 부근에서는 내행성의 역행 현상이 관측된다.

14 ② 내행성의 위치 관계는 외합 → 동방 최대이각 → 내합 → 서방 최대이각 → 외합의 순서로 변한다.

바로알기 ① 최대이각이 존재하므로 내행성이다.

③ 3월 8일에 동방 이각에 위치하므로 서쪽 하늘에서 관측된다.

④ 3월 25일에 내합에 위치하므로 역행한다.

⑤ 3월 25일에 위상은 삭이다.

15 ② (가)는 보름달 모양으로 외합 부근에서 관측된다. (나)는 하현달 모양으로 서방 최대이각에서 관측된다. (다)는 초승달 모양으로 동방 최대이각과 내합 사이에서 관측된다.

16 ㄱ. 행성 P는 지는 시각이 태양과 크게 차이나지 않는 내행성이므로 지구보다 공전 속도가 빠르다.

ㄴ. 행성 P는 4월에 태양보다 먼저 지므로 서방 이각에 위치하며, 새벽에 동쪽 하늘에서 관측된다.

바로알기 ㄷ. 행성 P는 10월 초에 외합 부근에 위치하므로 순행한다.

17 태양은 남쪽 하늘에 남중했고, 금성은 태양보다 동쪽 방향에 위치하고 있다.

모범 답안 이날 금성은 태양보다 늦게 뜨고 나중에 지므로 위치 관계는 동방 최대이각이며, 최대이각이 약 45°이므로 약 3시간 동안 관측 가능하다.

채점 기준	배점
위치 관계와 관측 가능한 시간을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
위치 관계와 관측 가능한 시간 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

18 ㄱ. 태양과 행성의 뜨는 시각 차이를 비교할 때, 수성보다 금성이 크므로 이각은 금성이 수성보다 크다.

ㄴ. 수성은 태양보다 먼저 뜨므로, 해가 뜨기 전에 동쪽 하늘에서 관측된다.

ㄷ. 금성은 태양보다 나중에 뜨므로 태양의 동쪽에 위치한다. 따라서 금성은 동방 이각에 위치하므로 지구로부터 거리는 이날보다 다음날에 가깝다.

- 19** ① 외행성의 이각은 최대 180°까지 나타난다.
 ② 외행성은 태양의 반대편에 위치하기도 하므로 한밤중에도 관측이 가능하다.
 ③, ⑤ 외행성이 충 부근에 있을 때 배경 별에 대해 동에서 서로 움직이는 역행이 일어나며 이때 보름달 모양으로 관측된다.
바로알기 ④ 외행성이 합 부근에 위치할 때는 겉보기 크기가 작은 보름달 모양으로 보이며, 태양과 함께 뜨고 지므로 관측하기 어렵다.

- 20** ㄴ. 행성이 충(B)에 위치할 때, 행성은 태양의 반대 방향에 위치하여 관측 가능한 시간이 가장 길다.
 ㄷ. 서구(C)에 위치할 때 자정 무렵에 떠서 해가 뜰 무렵에 남중한다.
바로알기 ㄱ. A는 동구이다.
 ㄹ. 외행성은 충 부근에서 역행한다. 합(D) 부근에서는 순행한다.

- 21** 외행성의 위치 관계는 합 → 서구 → 충 → 동구 → 합으로 변한다. 이중 가장 오랜 시간 동안 관측할 수 있는 위치는 충이고, 관측하기 어려운 위치는 합이다. 동구에 위치할 때는 해 질 무렵에 남중하고, 서구에 위치할 때는 해 뜰 무렵에 남중한다.

- 22** ② 목성의 이각이 180°일 때는 태양의 반대 방향인 충에 위치하며, 밤하늘에서 역행한다. 따라서 목성은 태양이 질 때 뜨고, 태양이 뜰 때 지며, 자정 무렵에 남중한다. 이때 가장 오랜 시간 관측 가능하며, 겉보기 크기가 가장 크다.

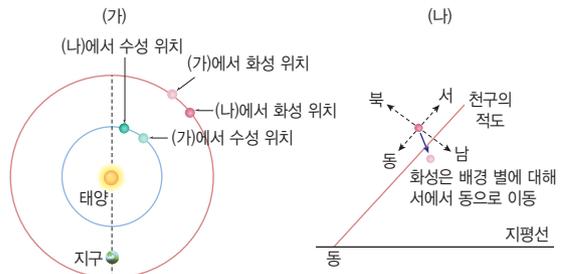
- 23** ④ 외행성의 위치 관계는 합 → 서구 → 충 → 동구 → 합 순서로 변한다. 따라서 3월 5일~9월 27일 사이에 목성은 서구를 지난다.
바로알기 ① 2월 5일에 토성은 합에 위치하므로 순행한다.
 ② 3월 5일에 지구-태양-목성 순으로 배열된다.
 ③ 2월 5일~8월 15일 사이에 토성의 이각은 증가한다.
 ⑤ 합에서 충까지 걸리는 시간은 토성이 목성보다 짧다.

- 24** ㄱ. t_1 는 합, t_2 는 충에 해당하므로 $t_1 \sim t_2$ 동안 화성의 이각은 증가한다.
 ㄴ. t_2 일 때 행성은 충에 위치하므로 자정 무렵에 남쪽 하늘에서 볼 수 있다.
 ㄷ. 합 또는 충에 위치할 때, 화성의 위상은 모두 보름달 모양이다.

01 **꼼꼼 문제 분석**

수성과 화성이 동쪽 하늘에서 보인다.
 → 새벽, 서방 이각

별을 기준으로 수성과 화성은 모두 동쪽으로 이동한다. → 순행



- ㄱ. 수성이 동쪽 하늘에서 보이므로, 태양이 뜨기 전에 관측하였다.
 ㄴ. 배경 별은 순행과 역행을 판단하는 기준이다. 배경 별의 위치를 고정시켰을 때, 수성과 화성은 상대적으로 별의 동쪽 방향(위 그림에서 동쪽 지평선 방향)으로 이동하였으므로 순행하였다.
바로알기 ㄷ. 화성은 서방 이각에 위치하며 이 기간 동안 이각이 커졌다. 화성은 서구 쪽으로 이동하고 있으므로 지구로부터의 거리는 가까워졌다.

- 02** ㄱ. (가)는 내합을 지난 후이고, (나)는 내합, (다)는 외합과 동방 최대이각 사이이며, (라)는 동방 최대이각이다. 따라서 관측된 순서는 (다) → (라) → (나) → (가)이다.
바로알기 ㄴ. (가)일 때 금성은 태양보다 서쪽에 위치하여 동쪽 하늘에서 관측된다.
 ㄷ. 지구로부터의 거리는 내합인 (나)일 때 가장 가깝다.

- 03** ㄱ. 1월에 화성이 충 부근에 위치하므로 관측하기에 가장 좋다.
바로알기 ㄴ. 8월 초에 태양과 화성의 이각은 90°보다 작으므로 자정 무렵에 볼 수 없다.
 ㄷ. 1월에 충 부근에 위치하고, 3월에 동구 부근에 위치한다. 12월에는 합에 가까워진다. 따라서 이 기간 중에 화성은 서구에 위치한 시기가 없었다.

- 04** ㄴ. 5월에 목성은 시지름이 가장 크므로 충 부근에 위치하며, 가장 밝게 보인다.
 ㄷ. 11월에 금성의 시지름이 가장 작으므로 외합에 위치하며, 금성의 위상은 보름달 모양이다.

실력UP문제 231쪽
01 ③ **02** ① **03** ① **04** ④

바로알기 ㄱ. 3월에 금성의 시지름이 작아지고 있으므로 지구와의 거리가 멀어지고 있다. 따라서 금성은 서방 이각에 위치하여 태양보다 먼저 뜬다.

02 / 태양, 지구, 달 시스템에서의 식 현상

완자쌤 비법 특강 235쪽

Q1 태양-달-지구 순으로 일직선으로 배열되었다.
Q2 서에서 동으로 이동한다.

Q1 이날 일식이 일어났으므로 태양-달-지구 순으로 일직선 상에 위치하였다.

Q2 태양을 기준으로 할 때, 달이 태양의 서쪽부터 가리기 시작하므로 달의 이동 방향은 서에서 동이다.

개념 확인 문제 236쪽

① 식 ② 일식 ③ 개기 ④ 부분 ⑤ 작을 ⑥ 혼성
 ⑦ 서쪽

1 ㄱ, ㄷ **2** (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ **3** (다) → (가) → (나)
4 A: 개기일식, B: 금환일식, C: 부분일식 **5** ㄴ, ㄷ **6** ㉠ 혼성 일식, ㉡ 달

1 ㄱ, ㄷ. 식 현상은 하나의 천체가 다른 천체를 가리는 현상으로, 대표적으로 태양이 가려지는 일식과 달이 가려지는 월식이 있다.

바로알기 ㄴ. 식 현상은 태양, 지구, 달 시스템에서 달과 지구의 운동에 의해 일어난다.

- 2** (1) 일식은 달의 위상이 삭일 때 일어난다.
 (2) 달의 본그림자가 위치한 지역에서는 개기일식이 관측되고, 반그림자가 위치한 지역에서는 부분일식이 관측된다.
 (3) 태양-달-지구 순으로 일직선일 때 달이 태양을 가리는 일식이 일어날 수 있다.
 (4) 달의 시지름이 태양보다 작을 경우, 태양이 고리 모양으로 보이는 금환일식이 일어날 수 있다.

3 일식이 진행될 때 달이 태양에 대해 서에서 동으로 이동하므로 북반구에서 하늘을 보았을 때 태양의 오른쪽(태양의 서쪽)부터 가려진다.

4 A에는 달의 본그림자가 위치하므로 개기일식이 관측되고, C에는 달의 반그림자가 위치하므로 부분일식이 관측된다. B에서는 달의 시지름이 태양보다 작게 나타나므로 금환일식이 관측된다.

5 ㄴ, ㄷ. 금환일식은 태양이 고리 모양으로 관측되는 현상이다. 개기일식 때는 달이 태양의 광구 전체를 가리므로 태양의 대기층을 맨눈으로 관측할 수 있다.

바로알기 ㄱ. 달의 시지름이 태양보다 작을 때 금환일식이 일어날 수 있다.

6 일식이 진행되는 동안 지역에 따라 개기일식 또는 금환일식이 나타나는 경우를 혼성일식이라고 한다.

완자쌤 비법 특강 239쪽

Q1 180°
Q2 1시간 3분

Q1 개기월식이 일어날 때 달은 태양의 반대 방향에 위치하므로 이각은 180°이다.

Q2 달이 지구의 본그림자 안으로 들어가기 시작하면 부분월식이 시작되고, 달 전체가 본그림자 안으로 들어가면 개기월식이 시작된다. 따라서 달이 본그림자 안으로 들어가기 시작하여 달 전체가 들어가기까지 걸린 시간은 20시 48분부터 21시 51분까지이므로, 1시간 3분이다.

개념 확인 문제 240쪽

① 월식 ② 망 ③ 개기 ④ 부분 ⑤ 반그림자 ⑥ 동쪽
 ⑦ 달

1 ㄴ **2** (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ **3** (나) → (다) → (가)
4 A: ㉡, B: ㉠, C: ㉢, D: ㉣ **5** ㄷ **6** ㉠ 개기, ㉡ 파란색, ㉢ 붉은색

- 1** ㄴ. 월식은 달의 위상이 망일 때 일어날 수 있다.
바로알기 ㄱ. 월식은 달이 지구 그림자 안으로 들어가는 현상이다.
 ㄷ. 부분월식과 개기월식은 맨눈으로 확인할 수 있다.

- 2** (1) 월식은 달의 위상이 망인 음력 15일경에 일어난다.
 (2) 태양-지구-달 순으로 일직선상에 놓이게 될 때 달이 지구 그림자 안으로 들어가는 월식이 관측된다.
 (3) 달이 지구의 반그림자에 위치할 때 반영식이 나타난다.
 (4) 지구의 본그림자 영역의 크기는 보름달의 시지름보다 크기 때문에 개기월식은 최대 약 1시간 40분 동안 관측할 수 있다.

3 월식이 진행될 때 달의 동쪽부터 지구 그림자 안으로 들어간다. 따라서 북반구에서 관측할 때 달의 왼쪽부터 가려지기 시작하고, 지구 그림자에서 빠져나올 때에도 왼쪽부터 보이기 시작한다.

4 A는 지구의 본그림자 영역이고, B는 반그림자 영역이다. C일 때 달의 일부가 지구의 본그림자 안에 있으므로 부분월식이 나타나고, D일 때 달 전체가 지구의 본그림자 안에 들어가 있으므로 개기월식이 나타난다.

5 ㄷ. 반영식은 달이 지구 반그림자에 들어갈 때 일어나며, 맨눈 관측으로는 월식의 진행 여부를 알아내기 어렵다.
바로알기 ㄱ. 개기월식은 최대 약 1시간 40분까지도 진행되므로 개기일식에 비해 훨씬 길다.
 ㄴ. 월식이 진행될 때 달의 동쪽부터 가려지기 시작한다.

6 개기월식 때는 파장이 짧은 파란색 빛은 산란되고, 파장이 긴 붉은색 빛이 달에서 반사되어 붉은색 달을 볼 수 있다.

대표 자료 분석 1

241쪽

1 부분일식, 반그림자 **2** A **3** (1) 1일 (2) 0° (3) 부분일식 (4) 작다 **4** ㉠ 삭, ㉡ 본, ㉢ 코로나 **5** (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) ×

- 1** 이날 우리나라는 달의 반그림자 영역에 위치하여 부분일식이 관측된다.
- 2** 지구 표면에 드리워진 달 그림자는 서쪽에서 동쪽으로 이동하므로 개기일식이 먼저 관측되는 지역은 서쪽에 위치한 A이다.
- 3** (1), (2) 개기일식은 달의 위상이 삭일 때 일어날 수 있으므로 음력 1일경에 일어난다. 이때 태양과 달이 이루는 이각의 크기는 0°이다.
 (3) 이날 A 지역에서는 10시 30분 이전에 개기일식이 일어나므로 11시에는 부분일식이 관측된다.
 (4) 이날 B에서는 태양이 달에 의해 100% 가려지는 개기일식이 관측되므로 태양의 시지름이 달의 시지름보다 작다.

4 이날 달의 본그림자는 우리나라의 남쪽 지역을 통과한다. 따라서 우리나라에서는 부분일식이 일어나 태양의 일부가 가려진 모습을 볼 수 있다. 한편, 개기일식이 관측된 지역에서는 태양의 대기층을 맨눈으로 볼 수 있다.

- 5** (1) A 지역에서는 개기일식이 일어나는 시점을 전후하여 부분일식도 관측할 수 있다.
 (3) 달은 지구 주위를 서에서 동으로 공전하므로 지구 표면의 달 그림자도 서에서 동(A → B)으로 이동한다.
 (4) 달은 태양의 서쪽에서 동쪽으로 이동하므로 일식이 끝난 후 달은 태양보다 동쪽에 위치한다. 따라서 달보다 태양이 먼저 진다.
 (5) 우리나라에서는 부분일식이 관측되므로 태양의 대기층을 볼 수 없다. 태양의 대기층은 개기일식이 일어날 때 볼 수 있다.

대표 자료 분석 2

242쪽

1 (가) 삭 (나) 망 **2** 개기일식보다 개기월식의 지속 시간이 길다.
3 (1) 태양-달-지구 (2) 본그림자 (3) 서쪽 (4) 동쪽 **4** ㉠ 개기일식, ㉡ 달, ㉢ 개기월식, ㉣ 지구 **5** (1) × (2) × (3) ○ (4) ×

- 1** 일식이 일어날 때 달의 위상은 삭이고, 월식이 일어날 때 달의 위상은 망이다.
- 2** 개기일식의 지속 시간은 최대 수 분이고, 개기월식의 지속 시간은 최대 2시간 정도이다.
- 3** (1) (가)의 일식이 일어날 때, 태양-달-지구 순으로 배열된다.
 (2) 부분월식은 달의 일부가 지구의 본그림자에 들어갈 때 나타나고, 개기월식은 달 전체가 지구의 본그림자에 들어갈 때 나타난다.
 (3), (4) 일식이 진행될 때는 태양의 동쪽부터 가려지기 시작하고, 월식이 진행될 때는 달의 서쪽부터 가려지기 시작한다.
- 4** 개기일식이 진행될 때 태양의 대기층을 맨눈으로 볼 수 있고, 개기월식 진행될 때 붉은색의 보름달을 볼 수 있다.
- 5** (1) 개기일식 때 달이 태양의 광구 전체를 가리므로 광구를 볼 수 없다.
 (2) 개기월식 때 달은 지구의 본그림자 영역에 위치한다. 이때 지구 대기에서 굴절된 붉은색 빛이 달에 입사할 수 있기 때문에 달이 붉게 보인다.

- (3) 달은 지구 주위를 서에서 동으로 이동하므로 지구 그림자를 기준으로 서에서 동으로 이동한다.
- (4) 일식과 월식이 매달 일어나지 않는 까닭은 달의 공전 궤도면과 지구의 공전 궤도면이 기울어져 있기 때문이다.

내신만점 문제

243쪽~246쪽

- 01 ㄱ, ㄴ, ㄷ 02 (가) 삭 (나) 망 03 ① 04 ②
 05 ③ 06 해설 참조 07 ⑤ 08 ③ 09 ④
 10 해설 참조 11 ② 12 ⑤ 13 ①
 14 A → C → D → B 15 ⑤ 16 해설 참조 17 ③
 18 ② 19 A: 반영식, B: 부분월식, C: 개기월식 20 해
 설 참조 21 ④ 22 ④

01 ㄱ, ㄴ. 태양, 지구, 달이 나란하게 배열되면 태양이나 달의 일부 또는 전체가 보이지 않는 식 현상이 나타날 수 있다.
 ㄷ. 개기월식이 일어날 때 달은 지구의 본그림자 안에 위치하므로 달에서는 지구에 의해 태양이 가려지는 현상이 나타난다.

02 (가)에서 개기일식이 관측되므로 달의 위상은 삭이다. (나)에서 개기월식이 관측되므로 달의 위상은 망이다.

03 ㄱ. 식 현상은 달의 위상이 삭 또는 망일 때 일어날 수 있다.
바로알기 ㄴ. (나)는 개기월식 때의 모습이므로 C일 때 관측 가능하다.
 ㄷ. 달의 공전 궤도면과 지구의 공전 궤도면은 기울어져 있으므로 삭이나 망일 때마다 식 현상이 매달 일어나지는 않는다.

04 ㄴ. 일식은 달의 그림자가 지나가는 지역에서만 관측되지만, 월식은 지구상의 밤인 곳에서는 어디서나 관측된다.
바로알기 ㄱ. (가)는 일식, (나)는 월식을 관측한 것이다.
 ㄷ. 달의 위상은 (가)일 때 삭, (나)일 때 망이므로 달과 태양 사이의 거리는 (가)보다 (나)일 때 멀다.

05 ㄷ. 태양과 달 사이의 이각은 달의 위상이 망인 (가)보다 달의 위상이 삭인 (나)일 때 작다.
바로알기 ㄱ. (가)는 개기월식, (나)는 부분일식이다.
 ㄴ. (나)는 부분일식이 일어날 때로, 태양-달-지구 순으로 배열된다.

06 ㉠은 달의 본그림자 영역이고, ㉡은 달의 반그림자 영역이다.

모범 답안 ㉠에서는 태양이 달에 의해 완전히 가려져 태양의 대기층을 볼 수 있다. ㉡에서는 달이 태양의 일부를 가리므로 태양의 일부분이 보인다.

채점 기준	배점
㉠과 ㉡을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
㉠과 ㉡ 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

07 ⑤ 금환일식은 지구에서 달까지의 거리가 멀어져 달의 시지름이 태양의 시지름보다 작아졌을 때 일어날 수 있다.

- 바로알기** ① 일식은 달의 위상이 삭일 때 일어난다.
 ② 달과 태양 사이의 이각이 0°일 때 일어난다.
 ③ 달의 본그림자 영역에서는 개기일식이 일어난다.
 ④ 개기일식 때 맨눈으로 태양의 대기층을 볼 수 있다.

08 — 품평 문제 분석

개기일식
 ⇒ 태양의 대기층이 관측된다.

태양의 고도가 높아지고 있다. ⇒ 오전에 동쪽 하늘을 관측한 모습이다.

일주 운동 속도는 태양이 달보다 빠르다. ⇒ 달의 상대적 위치가 태양의 서쪽에서 동쪽으로 바뀐다.

태양의 오른쪽부터 가려지기 시작한다.
 ⇒ 북반구에서 태양의 오른쪽은 천구상에서 서쪽에 해당한다.

ㄱ. 이 지역에서는 달이 태양 전체를 가리는 개기일식이 일어난다.

ㄴ. 태양의 고도가 높아지고 있으므로 오전에 동쪽 하늘에서 관측한 모습이다.

바로알기 ㄷ. 일식이 진행될 때 태양의 서쪽(우리나라에서 태양을 보았을 때 태양의 오른쪽)이 먼저 가려지기 시작한다.

09 (가)는 개기일식, (나)는 금환일식, (다)는 부분일식이다.

바로알기 ④ 금환일식은 지구로부터 달까지의 거리가 멀어져 달의 시지름이 태양의 시지름보다 작아졌을 때 일어난다.

10 이 실험은 전등과 스타이로폼 공을 이용하여 일식이 일어나는 원리를 알아보기 위한 모형실험이다.

- 실험에서 전등은 태양, 스타이로폼 공은 달에 해당한다.
- 실험 결과 (나)에서는 스타이로폼 공이 전등을 완전히 가렸고, (다)에서는 스타이로폼 공이 전등의 가운데 부분만 가려 전등이 고리 모양으로 나타난다.

모범 답안 (1) 전등: 태양, 스타이로폼 공: 달
 (2) (나)는 태양이 달에 의해 완전히 가려지는 개기일식에 해당하고, (다)는 태양이 달에 의해 일부분이 가려져 고리 모양으로 보이는 금환일식에 해당한다.

채점 기준	배점
(1) 전등은 태양, 스타이로폼 공은 달이라고 쓴 경우	30 %
(2) (나)와 (다)를 모두 옳게 서술한 경우	70 %
(나)와 (다) 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	35 %

11 ㄷ. 이날 일부 지역에서는 개기일식, 다른 일부 지역에서는 금환일식이 관측된다. 이와 같이 일부 지역에서는 개기일식, 다른 지역에서는 금환일식이 관측되는 현상을 혼성일식이라고 한다.

바로알기 ㄱ. 이날 일식이 일어나므로 달의 위상은 삭이다.

ㄴ. 지구로부터 달까지의 거리는 A보다 B에서 가까우므로 달의 시지름은 A보다 B에서 크다.

12 ① 일식이 일어났으므로 태양-달-지구의 순으로 일직선상에 위치하였다.

② 달이 지구 주위를 서에서 동으로 공전하므로 달 그림자도 지구 표면에서 서쪽에서 동쪽으로 이동한다.

③, ④ 이날 우리나라는 반그림자 영역에 위치하므로 부분일식이 관측되고, A와 B는 본그림자 영역에 위치하므로 개기일식이 관측된다. 개기일식 때는 태양의 대기층을 맨눈으로 볼 수 있다.

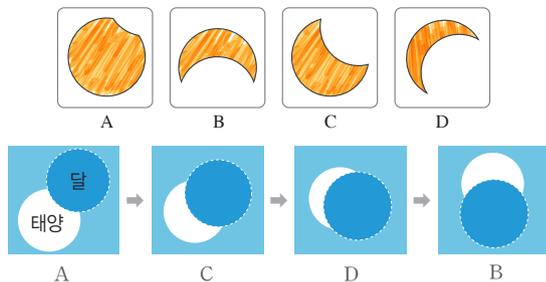
바로알기 ⑤ 달 그림자가 서쪽에서 동쪽으로 이동하므로 A가 달의 본그림자에 위치할 때, B는 달의 본그림자에 위치하지 않는다.

13 ㄱ. A는 달의 본그림자에 위치하므로 개기일식이 관측되는 지역이다.

바로알기 ㄴ. B는 달의 반그림자 영역에 위치해 있어 부분일식이 관측되는 지역이다.

ㄷ. 반영식은 월식이 일어날 때 달이 지구의 반그림자 영역에 위치할 때 일어나는 현상이다.

14 **꼼꼼 문제 분석**



일식의 진행 순서: A → C → D → B
 ⇒ 태양의 서쪽(북반구에서 태양을 바라볼 때 태양의 오른쪽)부터 가려지기 시작한다.

일식이 진행되면 달이 태양을 서쪽부터 가리기 시작해서 동쪽으로 빠져나간다.

15 ㄱ. ㉠은 개기월식이므로 붉은색의 달을 볼 수 있다.

ㄴ, ㄷ. ㉡은 부분월식, ㉢은 반영식이다. 반영식에서는 달빛이 약간 흐려지는 정도이므로 식 현상이 진행되고 있다는 것을 인식하기 어렵다.

16 달은 지구 주위를 서에서 동으로 공전하기 때문에 밤하늘에서 배경 별이나 태양에 대한 상대적 위치가 서에서 동으로 이동한다. 따라서 월식이 일어날 때 달의 위치는 지구 그림자에 대해 서에서 동으로 이동한다.

모범 답안 C → B → A, 달은 서에서 동으로 공전하므로 달의 동쪽부터 지구 그림자 안으로 들어간다. 따라서 월식의 진행 순서는 C → B → A이다.

채점 기준	배점
관측 순서를 옳게 쓰고, 그 까닭을 달의 공전과 관련지어 옳게 서술한 경우	100 %
관측 순서만 옳게 쓴 경우	40 %

17 ③ ㉠일 때 개기월식이 관측되며, 이때 지구 대기에서 굴절된 붉은색 빛이 달에 반사되어 붉은색 달을 볼 수 있다.

바로알기 ① ㉡은 달이 반그림자 영역에 있으므로 반영식이다.

② ㉠일 때 개기월식이 관측된다. 태양의 대기는 개기일식 때 관측할 수 있다.

④, ⑤ ㉢일 때 부분월식이 일어나므로 달의 위상은 망이다. 부분월식 때는 달의 일부가 가려진 모습으로 보이고, 붉은색의 달은 개기월식 때 볼 수 있다.

18 ㄴ. (나)일 때, 달 전체가 지구의 본그림자 영역 안에 들어간다.

바로알기 ㄱ. (가)는 달의 동쪽 일부가 보이지 않으므로, 개기월식이 일어나기 전의 모습이다. 따라서 자정 전의 모습이다.

ㄷ. 월식은 태양-지구-달 순으로 배열될 때 일어날 수 있다.

19 맨눈으로는 반영식의 진행 여부를 인식하기 어렵다. 따라서 A는 반영식이다. 달 전체가 지구의 본그림자 안에 들어갈 때 개기월식(C)이 관측되고, 일부가 지구의 본그림자 안에 들어갈 때 부분월식(B)이 관측된다.

20 매달 식 현상이 일어나지 않는 까닭은 달의 공전 궤도면과 지구의 공전 궤도면이 약 5° 기울어져 있기 때문이다.

모범 답안 A와 C, 달의 공전 궤도면과 지구의 공전 궤도면이 만나는 교선 부근에서 삭 또는 망이 될 경우에만 태양, 지구, 달이 일직선상에 위치할 수 있다. 따라서 식 현상이 일어날 수 있는 경우는 A와 C이다.

채점 기준	배점
A와 C를 옳게 쓰고, 그 까닭을 공전 궤도면의 경사와 관련지어 옳게 서술한 경우	100 %
A와 C만 옳게 쓴 경우	30 %

21 나. ㉠일 때 달의 일부분이 지구의 본그림자 안에 들어가므로 부분월식이 나타난다.

㉡일 때 달 전체가 지구의 반그림자 안에 위치하므로 반영식이 나타난다.

바로알기 ㄱ. 달은 서에서 동으로 공전하므로 지구 그림자에 대해 달의 이동 방향은 서쪽에서 동쪽으로 나타난다.

22 나. 개기월식이 진행되는 동안 달 전체가 지구의 본그림자 안에 들어가 있다.

㉡. 부분월식이 종료된 이후에는 달이 지구의 반그림자 영역을 지나면서 반영식이 나타난다.

바로알기 ㄱ. 월식이 일어날 때 달의 위상은 망이며, 보름달은 해가 질 때 동쪽 하늘에서 뜬다. 따라서 이날 개기월식이 관측된 시각은 초저녁~자정 사이이다.

실력 UP 문제

247쪽

01 ⑤ 02 ③ 03 ④ 04 ②

01 ㄱ. 일식이 일어날 때 태양은 서쪽부터 가려지기 시작한다. 따라서 관측 순서는 (가) → (다) → (나)이다.

나. 달은 서쪽에서 동쪽으로 공전하므로 태양에 대해 서쪽에서 동쪽으로 이동한다. 따라서 이날 해가 뜰 무렵에 달은 태양의 서쪽에 위치하므로, 달이 태양보다 먼저 뜬다.

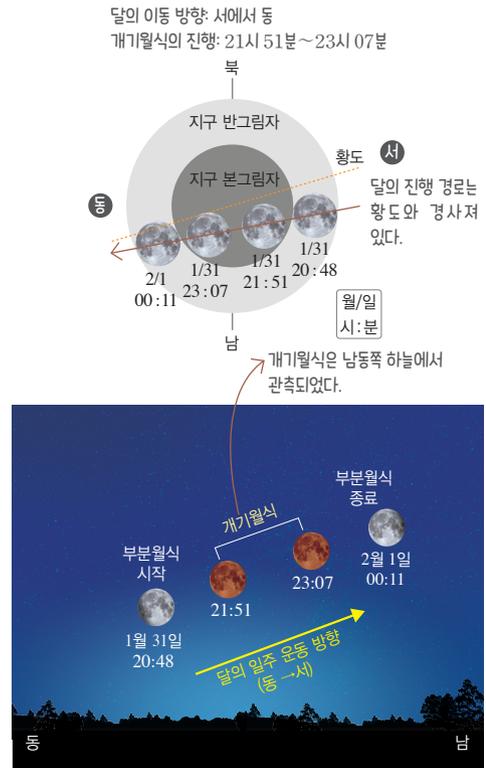
㉡. (다)일 때 부분일식이 관측되었으므로 서울은 달의 반그림자 영역에 위치하였다.

02 ㉡. (나)에서 본그림자가 위치한 지역에서는 달의 시지름이 태양의 시지름보다 크므로 개기일식이 관측된다.

바로알기 ㄱ. 달 그림자는 서에서 동으로 이동하므로 관측 순서는 (가) → (나)이다.

나. 이날 우리나라에서는 달이 태양의 아래쪽을 지나가는 부분일식이 관측된다.

03 **꼼꼼 문제 분석**



ㄱ. 1월 31일 22시에 달 전체가 지구의 본그림자 안에 위치하므로 개기월식이 관측된다. 개기월식 때에는 붉은색 달을 맨눈으로 볼 수 있다.

㉡. 달은 지구 주위를 서에서 동으로 공전하므로, 지구 그림자에 대해서도 서에서 동으로 이동한다.

바로알기 나. 보름달은 자정에 남중하므로 자정이 될 때까지 달의 고도는 높아진다. 이날 개기월식은 자정이 되기 전에 일어났으므로, 달이 본그림자 안에 있는 동안 달의 고도는 높아졌다.

04 나. 달이 남중할 B일 때는 자정이다. 따라서 자정에 달은 지구의 본그림자에 위치하였다.

바로알기 ㄱ. 달은 동쪽에서 떠서 남중할 후 서쪽으로 진다. 따라서 달의 위치는 A → B → C로 변했다.

㉡. 월식이 일어날 때 달은 동쪽부터 가려지므로 (나)는 A일 때 관측한 것이다.

중단원 핵심정리

248쪽~249쪽

- ① 역행
- ② 공전 속도
- ③ 외합
- ④ 초저녁
- ⑤ 총
- ⑥ 개기
- ⑦ 혼성일식
- ⑧ 반영식
- ⑨ 망

- 01 ④ 02 ① 03 ④ 04 ③ 05 ① 06 ㄱ
 07 ③ 08 총: 2008년 1월, 2010년 2월, 합: 2008년 11월
 09 ② 10 ② 11 ① 12 ③ 13 (1) (가) (2) (다)
 14 ③ 15 ④ 16 ② 17 ④ 18 ④
 19 해설 참조 20 해설 참조 21 해설 참조

01 ㄴ. 금성은 내행성이므로 새벽이나 초저녁에만 관측된다.
 ㄷ. 화성이 충 부근에 위치할 때, 별자리에 대해 동에서 서로 이동하는 역행 현상이 관측된다.

바로알기 ㄱ. 수성은 내행성으로, 태양 근처에서만 관측되므로 한밤중에 볼 수 없다.

02 ㄱ. 행성은 겉보기 운동 방향이 바뀌는 시기에 유에 위치하므로 이 기간 중 2번 유에 위치하였다.

바로알기 ㄴ. 금성은 순행 → 역행 → 순행하였다.
 ㄷ. 행성의 겉보기 운동 방향이 바뀌는 까닭은 지구와의 공전 속도 차이 때문이다.

03 A는 외합, B는 외합~동방 최대이각 사이, C는 동방 최대이각 부근, D는 내합, E는 서방 최대이각 부근이다. 금성은 내합 부근에 위치할 때 역행이 관측된다.

바로알기 ② B일 때 보름달 모양에 가깝게 보인다.
 ③ C일 때 동방 최대이각 부근에 위치한다.
 ⑤ E일 때 새벽에 동쪽 하늘에서 볼 수 있다.

04 ㄱ, ㄴ. 화성은 지구보다 태양으로부터의 거리가 멀기 때문에 공전 속도가 지구보다 느리고, 충 부근인 B'~D' 동안 역행한다.

바로알기 ㄷ. 화성은 충 부근에서 역행하며, 다른 위치에서는 순행한다. 따라서 순행하는 기간이 역행하는 기간보다 훨씬 길다.

05 ㄱ. 이 행성은 태양과 지구 사이를 통과하므로 내행성이다.

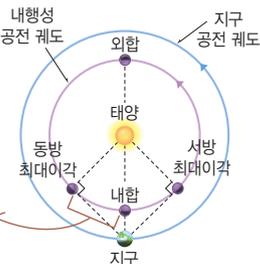
바로알기 ㄴ, ㄷ. 이날 내합 위치를 통과하였다. 따라서 다음 날 서방 이각에 위치하여 새벽에 동쪽 하늘에서 볼 수 있다.

10 **꼼꼼 문제 분석**

지구와 가까워지기 때문에 시지름이 증가하고, 태양과의 이각 감소로 하루 관측 가능한 시간이 짧아진다.



동방 최대이각 부근에서 내합으로 접근할 때 금성의 위상 변화이다.



이 기간 동안 금성은 동방 최대이각 부근에서 내합으로 접근하였다. 따라서 태양과의 이각이 감소하여 관측 가능한 시간이 줄어들었으며, 지구로부터의 거리가 가까워져 시지름이 증가하였다.

07 ③ ㉔일 때 하현달 모양으로 보이고 태양과의 이각이 가장 크다. 따라서 행성은 서방 최대이각에 위치한다.

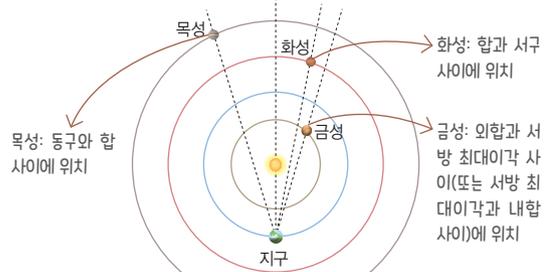
바로알기 ① 행성이 최대이각을 벗어나지 않으므로 내행성이다.
 ② 시지름은 겉보기 크기이므로 ㉔보다 ㉔일 때 작다.
 ④ 내합 부근에 위치하는 ㉔ 부근일 때 역행한다.
 ⑤ ㉔에서 ㉔으로 갈수록 태양과의 이각은 작아진다.

08 화성의 겉보기 크기(시지름)는 충에서 최대, 합에서 최소로 나타난다. 따라서 2008년 1월, 2010년 2월에 충에 위치하였고, 2008년 11월에 합에 위치하였다.

09 ㄷ. (가)에서 화성은 서구와 충 사이, (나)에서 화성은 충과 동구 사이에 위치했다. 따라서 이 기간 중 화성은 충에 위치한 적이 있었다.

바로알기 ㄱ. (가)일 때 화성은 서구와 충 사이에 있으므로 서방 이각에 위치한다. 따라서 초저녁에는 관측할 수 없다.
 ㄴ. (나) 이후 화성은 점차 동구에 가까워진다.

10 **꼼꼼 문제 분석**



다음 날 목성은 지구에서 멀어지고, 화성은 지구에 가까워진다.

ㄴ. 이각은 태양과 행성 사이의 각거리이다. 따라서 이날 화성의 이각이 금성의 이각보다 작다.

바로알기 ㄱ. 목성은 태양의 동쪽에 위치한다. 따라서 목성은 동구와 합 사이에 있다.

ㄷ. 화성은 합과 서구 사이에 위치하므로, 다음 날 서구 쪽으로 이동한다. 따라서 화성과 지구 사이의 거리는 이날보다 다음날이 가깝다.

11 ㄱ. 외행성인 목성은 1년에 총 또는 합이 여러 차례 반복될 수 없다. 따라서 목성은 A이고, B는 수성이다.

바로알기 ㄴ. 수성은 시지름이 가장 클 때 내합 부근에 위치한다. 따라서 시지름이 가장 큰 시기에는 관측하기 어렵다.
ㄷ. 9월 초에 목성은 합 부근에 위치하여 정오 무렵에 남중한다.

12 ㄱ, ㄴ. 이날 태양-달-지구 순으로 배열되어 달이 태양 전체를 가리는 개기일식이 관측되었다.

바로알기 ㄷ. A는 개기일식 때 맨눈으로 볼 수 있는 태양의 대기층(코로나)이다.

13 (1) (가)는 달의 본그림자 영역에서 관측되는 개기일식이다.
(2) (다)는 달의 시지름이 태양보다 작아 태양이 고리 모양으로 관측되는 금환일식이다.

14 ㄱ. ㉠은 본그림자, ㉡은 반그림자이다.
ㄷ. B 지역에 반그림자(㉡)가 위치하므로 부분일식이 관측된다.
바로알기 ㄴ. A 지역에 본그림자(㉠)가 위치하므로 개기일식이 관측된다.

15 ㄴ. 서울에서 일식이 진행될 때 태양의 오른쪽(서쪽)부터 가려지므로 진행 방향은 A → B이다.
ㄷ. 서울에서 부분일식이 관측되었으므로 서울은 달의 반그림자 영역에 위치하였다.

바로알기 ㄱ. 일식이 일어나는 날에 달의 위상은 삭이다.

16 ㄴ. 달의 본그림자 지역에서는 개기일식이 관측되므로 맨눈으로 태양의 대기를 볼 수 있다.
바로알기 ㄱ. 달이 서에서 동으로 공전하고 지구는 서에서 동으로 자전하는데, 달의 공전 속도가 지구의 자전 속도보다 빠르므로 지구 표면에 드리워진 달 그림자는 서에서 동으로 이동한다.
ㄷ. 일식이 진행될 때 태양의 서쪽부터 가려진다. (나)의 ㉠에서는 일식이 시작되는 시기이므로 태양의 서쪽이 가려진 부분일식이 관측된다.

17 **꼼꼼 문제 분석**



B: 달의 위상은 망이다. 이때 지구의 그림자 안에 달이 들어가지 않으므로 월식이 일어나지 않는다.

ㄴ. 달이 B에 위치할 때, 태양의 반대 방향에 있으므로 달의 위상은 망이다.

ㄷ. 지구의 공전 궤도면(황도)과 달의 공전 궤도면(백도)은 약 5° 기울어져 있다.

바로알기 ㄱ. 달이 A에 위치할 때 달의 위상은 삭이지만 달의 그림자가 지구 표면에 드리워지지 않기 때문에 일식이 관측되지 않는다.

18 ㄴ. B일 때 달 전체가 지구의 본그림자 안에 위치하므로 개기일식이 일어난다. 이때 붉은색 달을 볼 수 있다.

ㄷ. A와 C일 때 달 전체가 지구의 반그림자에 위치하므로 반영식이 나타난다. 반영식은 달 전체 또는 달의 일부가 지구의 반그림자에 위치할 때 일어난다.

바로알기 ㄱ. 달은 서쪽에서 동쪽으로 공전하므로 달의 이동 순서는 C → B → A이다.

19 행성의 역행 현상은 행성과 지구 사이의 거리가 가까워졌을 때 나타난다.

모범 답안 지구와 행성의 거리가 가까워졌을 때 행성의 역행이 일어난다. 따라서 내행성은 내합 부근에서, 외행성은 총 부근에서 역행이 나타난다.

채점 기준	배점
내행성과 외행성을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
내행성과 외행성 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

20 (1) 이날 화성의 이각은 0°, 목성의 이각은 180°이다. 금성은 태양의 동쪽 방향으로 최대이각에 위치한다.

(2) 금성은 태양의 동쪽에 위치하므로 태양보다 늦게 뜨고 늦게 진다. 따라서 태양이 지고 난 후에 관측할 수 있다.

(3) 외행성인 화성의 위치 관계 변화는 합 → 서구 → 총 → 동구 → 합이다.

모범 답안 (1) 금성: 동방 최대이각, 화성: 합, 목성: 총
(2) 태양이 지고 난 후에 서쪽 하늘에서 약 3시간 관측할 수 있다.
(3) 화성이 합에서 서구 쪽으로 이동하므로 한 달 후 화성을 새벽에 동쪽 하늘에서 관측할 수 있다.

채점 기준	배점
(1) 금성, 화성, 목성의 위치 관계를 모두 옳게 쓴 경우	20 %
금성의 관측 방향과 관측 가능한 시간을 모두 옳게 서술한 경우	40 %
(2) 금성의 관측 방향과 관측 가능한 시간 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	25 %
화성의 관측 방향과 관측 가능한 시간(새벽 또는 해 뜨기 전)을 모두 옳게 서술한 경우	40 %
(3) 화성의 관측 방향과 관측 가능한 시간(새벽 또는 해 뜨기 전) 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	25 %

21 이날 서쪽 하늘에서 부분일식이 관측되었다. 일식이 진행될 때 태양의 서쪽(오른쪽)부터 가려진다.

모범 답안 일식이 진행될 때 태양의 서쪽부터 가려지기 시작한다. 따라서 (나)를 시간 순서로 나열하면 ㉠ → ㉡ → ㉢이다.

채점 기준	배점
관측 순서와 그 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
관측 순서만 옳게 쓴 경우	50 %

중단원 고난도 문제 254쪽~255쪽

01 ㉠ 02 ㉢ 03 ㉣ 04 ㉠ 05 ㉢ 06 ㉤
 07 ㉡ 08 ㉣

01 **꼼꼼 문제 분석**

행성	특징
A	<ul style="list-style-type: none"> 서쪽 하늘에서 관측되었다. 태양이 진 직후부터 약 2시간 관측할 수 있었다.
B	<ul style="list-style-type: none"> 해가 진 직후에 남쪽 하늘에서 관측되었다. 위상은 (㉠)이다.

동구에 위치 → 보름달과 상현달 사이의 모양
 → 다음 날 합 쪽으로 이동, 이각이 감소한다.

선택지 분석

- ㉠ A의 최대이각은 약 30°이다.
- ㉡ ㉠은 '상현달 모양'이다. 보름달과 상현달 사이의 모양
- ㉢ 다음 날 A와 B를 관측할 수 있는 시간은 이날보다 짧다.

전략적 풀이 ① 행성 A와 B의 현재 위치 관계를 파악한다.

㉠. A는 최대이각에 위치하므로 내행성이고, 해가 진 직후부터 약 2시간 관측할 수 있었으므로 최대이각은 약 30°이다.

㉡. B는 해가 진 직후 남쪽 하늘에서 관측되었으므로 B는 동구에 위치한 외행성이다. 따라서 B의 위상은 보름달과 상현달 사이의 모양이다.

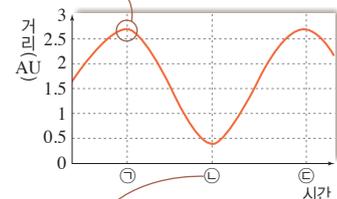
② 행성 A와 B의 현재 위치 관계로부터 앞으로의 위치 변화를 알아낸다.

㉢. 다음 날 A는 동방 최대이각에서 내합 쪽으로 이동하므로 이각이 이날보다 작고, B는 동구에서 합 쪽으로 이동하므로 이각이 이날보다 작다. 따라서 A와 B는 모두 관측할 수 있는 시간이 이날보다 다음 날이 짧다.

02 **꼼꼼 문제 분석**

최대로 멀어졌을 때의 거리가 2.5 AU보다 멀다.

→ 외행성이다.



㉠: 출 → 역행한다. (동에서 서로 이동)
 ㉡: 출 → ㉢: 출에서 합으로 이동 (동에서 서로 이동) → 동방 이각이므로 해가 진 후에 관측 가능

선택지 분석

- ㉠ 외행성이다.
- ㉡ ㉠일 때 배경 별에 대해 동에서 서로 이동한다.
- ㉢ ㉡ → ㉢ 동안 해가 뜨기 전에 관측 가능하다. **진 후에**

전략적 풀이 ① 거리 변화 자료를 해석하여 외행성임을 알아낸다.

㉠. 내행성은 지구로부터 가장 멀어졌을 때, 거리가 2 AU보다 클 수 없다. 하지만 이 행성은 지구로부터의 거리가 2.5 AU보다 멀어지는 시기가 있으므로 외행성이다.

② 거리에 따른 위치 관계를 알아내어 관측 특징을 파악한다.

㉡. ㉠일 때 출에 위치하므로 역행한다.

㉢. ㉡ → ㉢ 동안 이 행성은 출에서 동구를 거쳐 합으로 이동한다. 따라서 이 시기에는 태양의 동쪽에 있으므로 해가 진 후에 행성을 관측할 수 있다.

03 - 꼼꼼 문제 분석

금성 $\left\{ \begin{array}{l} \text{태양보다 먼저 뜬다.} \rightarrow \text{서방 이각} \\ \text{보름달 모양에 가까운 위상} \rightarrow \text{서방 최대이각과 외합 사이에 위치한다.} \\ \text{다음 날: 외합 쪽으로 이동} \rightarrow \text{이각 감소} \end{array} \right.$

구분	뜨는 시각	남중 시각	지는 시각
태양	07 : 23	12 : 36	17 : 50
금성	06 : 40	11 : 38	16 : 37
목성	23 : 02	04 : 50	10 : 34

목성 $\left\{ \begin{array}{l} \text{자정이 되기 약 1시간 전에 뜬다.} \rightarrow \text{서구와 충 사이에 위치한다.} \\ \text{다음 날: 충 쪽으로 이동} \rightarrow \text{이각 증가, 남중 시각이 느려진다.} \end{array} \right.$

선택지 분석

- 금성은 서방 최대이각과 내합 사이에 위치한다. 외합
- 다음 날 목성의 남중 시각은 이날보다 느리다.
- 다음 날 금성과 목성 사이의 각거리는 이날보다 크다.

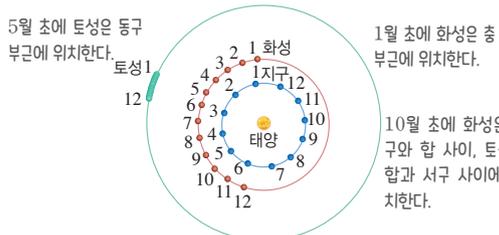
전략적 풀이 ① 행성이 뜨는 시각과 지는 시각을 태양과 비교하여 위치 관계를 파악한다.

금성은 태양보다 먼저 뜨고, 목성은 자정보다 약 1시간 전에 뜬다.
 ㄱ. 금성은 태양보다 먼저 뜨므로 서방 이각에 위치한다. 또한 금성의 위상이 보름달 모양에 가까웠다고 했으므로 서방 최대이각과 외합 사이에 위치한다. 한편, 목성은 자정이 되기 전에 뜨므로 서구와 충 사이에 위치한다.

② 이날 행성의 위치 관계로부터 다음 날 행성의 관측 특징을 알아낸다.
 ㄴ. 목성은 서구와 충 사이에 위치하여 다음 날 충에 가까워지므로 남중 시각이 이날보다 느려진다. 이후 충이 되었을 때 자정 무렵에 남중한다.

ㄷ. 다음 날 금성은 외합에 가까워지고, 목성은 충에 가까워지므로 금성과 목성 사이의 각거리는 이날보다 다음 날이 크다.

04 - 꼼꼼 문제 분석



선택지 분석

- 1월 초에 화성은 역행한다.
- 5월 초에 토성은 상현달 모양으로 관측된다. 상현달과 보름달 사이의 모양
- 10월 초에 화성과 토성을 같은 시각에 관측할 수 있다.

전략적 풀이 ① 각 시기별로 태양, 지구, 행성의 상대적 위치를 알아낸다.

1월 초: 화성은 충 부근에 위치한다.

5월 초: 토성은 동구 부근에 위치한다.

10월 초: 화성은 동구와 합 사이, 토성은 합과 서구 사이에 위치한다.

② 행성의 위치 관계에 따른 겉보기 운동과 관측 특징을 생각해 본다.

ㄱ. 1월 초에 화성은 충 부근에 위치하여 역행한다.

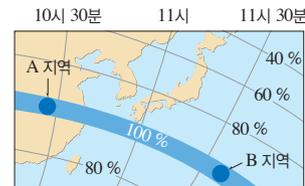
ㄴ. 5월 초에 토성은 동구 부근에 위치하며, 위상은 상현달에서 보름달 사이의 모양으로 관측된다. 외행성의 위상은 항상 반달보다 크다.

ㄷ. 10월에 토성은 해가 뜨기 전 동쪽 하늘에서 관측되고, 화성은 해가 진 후 서쪽 하늘에서 관측된다.

05 - 꼼꼼 문제 분석

동쪽으로 갈수록 시간이 늦어진다.
 → 달 그림자는 서에서 동으로 이동

태양의 서쪽이 가려졌다.
 → 개기일식이 일어나기 이전이다.



(가)

(나)

11시에 B에서 관측한 모습

우리나라에서 10시 30분~11시 사이에 부분일식이 관측된다.

→ 달은 일식 시작 전에 태양보다 서쪽에 위치하고, 일식이 끝난 후에는 태양보다 동쪽에 위치한다.

선택지 분석

- 지구 표면에서 달 그림자는 서에서 동으로 이동한다.
- (나)는 A에서 관측한 모습이다. B
- 이날 우리나라에서는 달이 태양보다 먼저 떴다.

전략적 풀이 ① 자료에서 달의 본그림자가 지구 표면에서 이동하는 방향을 파악한다.

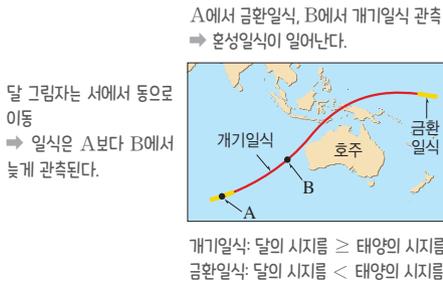
ㄱ. 태양이 최대로 가려지는 시각이 동쪽으로 갈수록 늦어진다. 이는 지구 표면에서 달 그림자가 서쪽에서 동쪽으로 이동하기 때문이다.

② 달의 공전 방향과 관련지어 하늘에서 달과 태양의 상대적 위치 변화를 생각해 본다.

ㄴ. 일식이 일어날 때 태양은 서쪽부터 가려진다. (나)에서 태양의 모습은 개기일식이 일어나기 전이므로 B에서 관측한 것이다.

ㄷ. 달은 태양에 대해서 서쪽에서 동쪽으로 움직이고, 따라서 이날 아침에는 달이 태양의 서쪽에 위치해야 하므로 달이 태양보다 먼저 떴다.

06 **꼼꼼 문제 분석**



선택지 분석

- ㉠ 이날 혼성일식이 관측되었다.
- ㉡ 일식은 A보다 B에서 먼저 시작되었다. **늦게**
- ㉢ 이날 $\frac{\text{달의 시지름}}{\text{태양의 시지름}}$ 은 A보다 B에서 컸다.

전략적 풀이 ① 이날 관측된 일식의 종류를 파악한다.

- ㉠. 이날 지역에 따라 금환일식과 개기일식이 나타나므로 혼성일식이 관측되었다.
- ㉡. 지구 표면에서 달 그림자가 이동해 가는 방향과 일식의 종류에 따른 특징을 생각해 본다.
 - ㄴ. 달 그림자는 서에서 동으로 이동하므로 일식은 A에서 먼저 시작되었다.
 - ㄷ. 태양에 대한 달의 시지름은 개기일식이 관측된 지점이 금환일식이 관측된 지점보다 크므로 $\frac{\text{달의 시지름}}{\text{태양의 시지름}}$ 은 A보다 B에서 크다.

07 **꼼꼼 문제 분석**

달이 가려질 때 달의 동쪽부터 가려진다.
보름달은 자정 무렵에 남중한다. → 개기월식이 일어난 시각은 자정 이전이다.



달의 이동 궤적: C → B → A
달의 이동 궤적(달의 공전 궤도면)은 황도(지구의 공전 궤도면)와 경사져 있다.

선택지 분석

- ㉠ 개기월식은 자정 이후에 일어났다. **자정 이전**
- ㉡ (나)에서 달의 이동 방향은 C → B → A이다.
- ㉢ 달의 이동 궤적은 지구의 공전 궤도면과 **나란하다.** **경사져 있다**

전략적 풀이 ① (가)를 이용하여 이날 개기월식이 일어난 시각을 알아낸다.

- ㉠. 보름달은 자정 무렵에 남중한다. 이날 개기월식은 달이 동쪽 하늘에 위치할 때 관측되었으므로 자정 이전에 일어났다.
- ㉡ (나)에서 달의 이동 방향과 이동 궤적에 나타난 특징을 파악한다.
 - ㄴ. 달은 서에서 동으로 이동하므로 C → B → A로 이동하였다.
 - ㄷ. 달은 달의 공전 궤도면(백도면)을 따라 이동한다. (나)에서 백도면과 황도면(지구의 공전 궤도면)이 기울어져 있음을 확인할 수 있다.

08 **꼼꼼 문제 분석**

A : 태양과 달이 반대 방향에 위치한다. → 월식
B : 태양과 달이 같은 방향에 위치한다. → 일식

날짜	천체	남중 시각(시:분)	지는 시각(시:분)
A	태양	12 : 45	18 : 45
	달	다음 날 00 : 38	다음 날 7 : 15
B	태양	12 : 42	18 : 34
	달	13 : 01	18 : 58

태양과 달 사이의 거리
→ A(월식) > B(일식)

남중 시각은 태양이 빠르다.
→ 일식은 오전에 일어났다.

선택지 분석

- ㉠ A일 때 월식이 관측되었다.
- ㉡ B일 때 식 현상은 오전에 관측되었다.
- ㉢ 달과 태양 사이의 거리는 A보다 B일 때 **멀다.** **가깝다**

전략적 풀이 ① 태양과 달의 남중 시각과 지는 시각을 비교하여 태양과 달의 상대적 위치를 파악한다.

- ㉠. A일 때 태양과 달의 남중 시각 차이는 약 12시간이다. 따라서 태양과 달이 반대 방향에 위치하며, 이날 월식이 관측되었다. 같은 원리로 B일 때는 일식이 관측되었다.
- ㉡. A일 때 태양-지구-달 순으로 배열되고, B일 때 태양-달-지구 순으로 배열된다. 따라서 달과 태양 사이의 거리는 월식이 일어난 A보다 일식이 일어난 B일 때 가깝다.
- ㉢. 태양과 달의 남중 시각과 지는 시각을 비교하여 식 현상이 일어난 시간을 파악한다.
 - ㄴ. 일식이 시작되기 전에 달은 태양의 서쪽에 위치하고, 일식이 끝난 후 달은 태양의 동쪽에 위치한다. B일 때 태양이 달보다 먼저 남중했으므로 달이 태양을 가리는 일식은 오전에 일어났다.

2 별과 우주의 진화

01 / 별의 물리량

개념 확인문제

260쪽

- 1 스펙트럼 2 흡수 스펙트럼 3 분광형(스펙트럼형) 4 O
5 M 6 G2 7 중성 수소(HI) 8 이온화된 칼슘(CaII)

1 (가) 방출 스펙트럼 (나) 흡수 스펙트럼 2 d, k 3 O형, B형, A형, F형, G형, K형, M형 4 (1) (가) (2) (라) 5 (1) × (2) × (3) ○

1 (가)는 검은 바탕에 밝은색 방출선이 나타나는 방출 스펙트럼이고, (나)는 연속 스펙트럼에 검은색 흡수선이 나타나는 흡수 스펙트럼이다.

2 스펙트럼에서 흡수선이 나타나는 위치는 원소의 종류에 따라 다르므로, 별의 대기 성분을 이루는 원소의 종류를 알아낼 수 있다. 별의 표면 온도에 따라 스펙트럼 유형이 달라지므로 스펙트럼을 분석하면 표면 온도를 알 수 있다.

3 별은 표면 온도에 따라 O, B, A, F, G, K, M형으로 분류하는데, 분광형이 O형인 별에서 M형인 별로 갈수록 표면 온도가 낮아진다.

4 (1) 중성 수소 흡수선은 A형 별인 (가)에서 가장 강하게 나타난다.
(2) 태양은 표면 온도가 약 5800 K으로 분광형은 G2형이다. 따라서 태양의 스펙트럼은 태양과 표면 온도가 가장 비슷한 G형 별인 (라)의 스펙트럼과 가장 비슷할 것이다.

5 (1) 표면 온도가 높은 O형 별에서는 이온화된 헬륨(HeII) 흡수선이 강하게 나타난다. 산화 타이타늄(TiO)과 같은 분자 흡수선은 상대적으로 표면 온도가 낮은 M형 별에서 강하게 나타난다.
(2) 태양은 표면 온도가 약 5800 K으로 분광형은 G2형이다. 따라서 태양의 스펙트럼에서는 이온화된 칼슘(CaII) 흡수선이 강하게 나타난다.

(3) 별은 표면 온도에 따라 대기의 구성 원소들이 이온화된 정도가 달라 흡수선의 종류와 세기가 달라진다. 별의 분광형은 별의 표면 온도에 따라 스펙트럼에 나타나는 흡수선의 종류와 세기를 기준으로 분류한다.

개념 확인문제

264쪽

- 1 흑체 2 짧아 3 4제곱 4 광도 5 밝은 6 겠보기
7 10 8 σT^4 9 표면 온도

1 (1) × (2) ○ (3) × 2 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ×
3 (1) D (2) D (3) C (4) E 4 (1) × (2) ○ 5 (1) A (2) B (3) 400배

1 (1) 빈의 변위 법칙에 따르면 별의 표면 온도(T)가 높을수록 최대 에너지를 방출하는 파장(λ_{max})이 짧아진다.

(2) 플랑크 곡선 아래의 넓이는 흑체가 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 총 에너지량을 의미한다. 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 에너지량은 표면 온도의 4제곱에 반비례하므로, 흑체의 표면 온도가 높을수록 플랑크 곡선 아래의 넓이가 넓다.

(3) 슈테판-볼츠만 법칙에 따르면 흑체가 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 에너지량은 표면 온도의 4제곱에 비례한다.

2 (1) 광도는 별이 전체 표면에서 단위 시간 동안 방출하는 에너지의 총량이다.

(2) 별의 광도가 클수록 실제 밝기는 밝고, 등급이 작을수록 밝은 별이다.

(3) 절대 등급은 모든 별이 지구로부터 같은 거리(10 pc)에 있다고 가정할 때의 밝기로 정한 등급이므로 실제 밝기를 의미한다. 따라서 절대 등급은 별까지의 거리와 관계없이 일정하다.

(4) 별이 10 pc보다 가까운 거리에 있을 때 겠보기 등급은 절대 등급보다 작다.

(5) 별의 등급이 작을수록 밝은 별이다. 별까지의 거리가 가까울수록, 별의 광도가 클수록 겠보기 밝기가 밝은 별이므로 겠보기 등급이 작다.

3 품평 문제 분석

겠보기 등급이 작을수록 맨눈으로 보이는 별의 밝기가 밝다.

별	A	B	C	D	E
겠보기 등급	-0.2	-1.2	4.8	-1.7	-0.2
절대 등급	4.8	8.8	-5.2	-6.7	-0.2
겠보기 등급 - 절대 등급	-5	-10	10	5	0

광도가 클수록 절대 등급이 작다.

겠보기 등급 - 절대 등급이 클수록 별까지의 거리가 멀다.

(1) 절대 등급은 별을 10 pc의 거리에 옮겨 놓았다고 가정했을 때의 밝기를 나타낸 등급으로, 절대 등급을 비교하여 별의 광도를 비교할 수 있다. 절대 등급이 작을수록 광도가 크므로 광도가 가장 큰 별은 절대 등급이 가장 작은 D이다.

(2) 겉보기 등급이 작을수록 우리 눈에 밝은 별이다. 겉보기 등급은 D가 가장 작으므로 우리 눈에 가장 밝게 보인다.

(3) (겉보기 등급-절대 등급)이 클수록 멀리 있는 별이다. (겉보기 등급-절대 등급)은 C가 $4.8 - (-5.2) = 10$ 으로 가장 크므로 가장 먼 거리에 있다.

(4) (겉보기 등급-절대 등급)=0이면 10 pc의 거리에 있는 별이다. 따라서 10 pc의 거리에 위치한 별은 (겉보기 등급-절대 등급) $= (-0.2) - (-0.2) = 0$ 인 E이다.

4 반지름이 R , 표면 온도가 T 인 별의 광도(L) 식은 $L = 4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ 이다.

(1) 광도 식에서 두 별의 반지름(R)이 같을 경우, 표면 온도(T)가 4배이면 광도(L)는 $4^4 = 256$ 배이다.

(2) 광도 식에서 두 별의 표면 온도(T)가 같을 경우, 반지름(R)이 4배이면 광도(L)는 $4^2 = 16$ 배이다.

5 (1) 절대 등급은 A가 B보다 5등급 작으므로 광도는 A가 B보다 100배 크다.

(2) 빈의 변위 법칙에 따르면 별의 표면 온도(T)가 높을수록 최대 에너지를 방출하는 파장(λ_{max})이 짧아진다. 표면 온도는 B가 가장 높으므로, 최대 에너지를 방출하는 파장이 가장 짧다.

(3) 별의 절대 등급은 A가 C보다 10등급 작으므로 광도는 A가 C의 $100^2 = 10000$ 배이다. 광도 식 $L = 4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ 에서 $\frac{L_A}{L_C} = \frac{R_A^2}{R_C^2} \cdot \frac{T_A^4}{T_C^4} = 10000$ 이고 표면 온도는 A가 C의 $\frac{1}{2}$ 이므로, $(\frac{R_A}{R_C})^2 = 10000 \times 16$, $R_A = 400R_C$ 이다. 따라서 반지름은 A가 C의 400배이다.

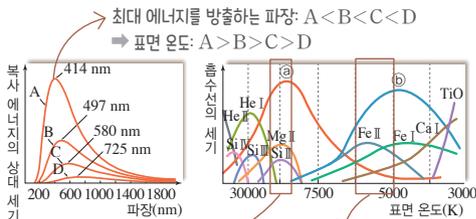
대표자료분석 1

265쪽

1 A, B, C, D **2** (1) 5등급 (2) A (3) 많다 (4) ㉠ HI, ㉡ CaII

3 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × (5) ×

꼼꼼 문제 분석



1 빈의 변위 법칙에 따르면 별의 표면 온도(T)가 높을수록 최대 에너지를 방출하는 파장(λ_{max})이 짧아진다. 최대 에너지를 방출하는 파장은 A가 가장 짧고 D가 가장 길므로 표면 온도가 높은 것부터 순서대로 나열하면 A, B, C, D이다.

2 별의 광도를 구하는 식은 $L = 4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ (L : 광도, R : 반지름, T : 표면 온도)이다.

(1) 표면 온도가 같을 때 광도는 반지름의 제곱에 비례한다. 태양과 표면 온도가 같고, 반지름이 태양보다 10배 큰 별은 광도가 태양의 $10^2 = 100$ 배이다. 따라서 절대 등급은 태양보다 5등급 작다.

(2) 별의 반지름이 같을 경우, 별이 단위 시간 동안 방출하는 에너지의 총량은 표면 온도의 4제곱에 비례한다. 표면 온도는 A가 가장 높으므로, 단위 시간 동안 가장 많은 에너지를 방출한다.

(3) 슈테판·볼츠만 법칙에 따르면 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 에너지량은 표면 온도의 4제곱에 비례한다. 표면 온도는 C가 D보다 높으므로, 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 에너지량은 C가 D보다 많다.

(4) 표면 온도가 약 10000 K인 A0형 별에서는 중성 수소(HI) 흡수선이 강하게 나타나므로 ㉠은 HI 흡수선이다. 표면 온도가 약 5000 K인 별에서는 이온화된 칼슘(CaII) 흡수선이 강하게 나타나므로 ㉡는 CaII 흡수선이다.

3 (1) 별은 표면 온도가 높을수록 파란색으로 보이고, 표면 온도가 낮을수록 붉은색으로 보인다. 표면 온도는 D가 가장 낮으므로 가장 붉게 보인다.

(2) 별의 절대 등급은 광도로 비교한다. 광도 식 $L = 4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ (L : 광도, R : 반지름, T : 표면 온도)에서 별의 반지름이 같을 경우 광도는 표면 온도의 4제곱에 비례한다. 표면 온도는 A가 가장 높으므로 광도는 A가 가장 크다. 광도가 클수록 절대 등급이 작으므로 A는 절대 등급이 가장 작은 별이다.

(3) 최대 에너지를 방출하는 파장은 표면 온도가 높을수록 짧아진다. 분광형이 M형인 별은 O형인 별보다 표면 온도가 낮으므로, 최대 에너지를 방출하는 파장이 길다.

(4) 빈의 변위 법칙 $\lambda_{max} = \frac{a}{T}$ (λ_{max} : 최대 에너지를 방출하는 파장, a : 빈의 변위 상수, T : 표면 온도)에서 $T = \frac{a}{\lambda_{max}}$ 이므로, B의 표면 온도는 $T = \frac{3 \times 10^3 \mu\text{m} \cdot \text{K}}{497 \text{ nm}} \approx 6036 \text{ K}$ 다. 따라서 별 B에서는 ㉡(CaII) 흡수선이 ㉠(HI) 흡수선보다 강하게 나타난다.

(5) 분광형이 A0형인 별은 표면 온도가 약 10000 K으로 ㉠(HI) 흡수선이 가장 강하게 나타난다.

- 1 $L=4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ 2 100배 3 (1) A (2) B (3) C (4) $\sqrt{10}$ 배
 (5) 10배 4 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × (5) ×

1 별의 광도(L)는 별이 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 에너지량인 $E=\sigma T^4$ 에 별의 표면적인 $4\pi R^2$ 을 곱하여 나타낼 수 있다. 따라서 $L=4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ 이다.

2 A와 D는 절대 등급이 같으므로 광도가 같고, 최대 에너지를 방출하는 파장은 A가 D의 10배이므로 표면 온도는 A가 D의 $\frac{1}{10}$ 이다. $L=4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ 에서 $\frac{L_A}{L_D} = \frac{R_A^2}{R_D^2} \cdot \frac{T_A^4}{T_D^4} = 1, \left(\frac{R_A}{R_D}\right)^2 = 10000 \therefore R_A = 100R_D$

3 광도 식은 $L=4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ 이다.

(1) A의 겉보기 등급이 가장 작으므로 맨눈으로 보았을 때 가장 밝은 별이다.

(2) A는 겉보기 등급과 절대 등급이 같으므로 10 pc의 거리에 있다. 따라서 A와 같은 거리에 있는 별은 겉보기 등급과 절대 등급이 같은 별인 B이다.

(3) B와 광도가 같은 별은 B와 절대 등급이 같은 C이다.

(4) C는 E보다 절대 등급이 5등급 크므로 광도는 E가 C보다 100배 크다. C와 E의 반지름이 같을 경우 $\frac{L_E}{L_C} = \frac{R_E^2}{R_C^2} \cdot \frac{T_E^4}{T_C^4} = 100, \left(\frac{T_E}{T_C}\right)^4 = 100 \therefore T_E = \sqrt{10} T_C$

(5) D는 E보다 절대 등급이 5등급 작으므로 광도는 D가 E보다 100배 크다. D와 E의 표면 온도가 같을 경우 $\frac{L_D}{L_E} = \frac{R_D^2}{R_E^2} \cdot \frac{T_D^4}{T_E^4} = 100, \left(\frac{R_D}{R_E}\right)^2 = 100 \therefore R_D = 10R_E$

4 (1) 별의 광도는 절대 등급으로 비교할 수 있다. 두 별의 광도가 같을 경우 절대 등급이 같고, 광도가 클수록 절대 등급이 작다.

(2) $L=4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ 에서 두 별의 반지름(R)과 표면 온도(T)가 같다면 별의 광도(L)도 같다.

(3) 겉보기 밝기는 거리의 제곱에 반비례하므로, 거리가 10배 멀어지면 밝기는 $\frac{1}{10^2} = \frac{1}{100}$ 로 감소한다. 5등급의 밝기 차는 100배이므로 거리가 10배 멀어지면 겉보기 등급은 5등급 커진다.

(4) $L=4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ 에서 두 별의 반지름(R)이 같고, 표면 온도(T) 차이가 2배이면 광도(L) 차는 $2^4 = 16$ 배이다.

(5) 겉보기 등급과 절대 등급이 같은 경우 별의 거리는 10 pc이다.

- 01 ⑤ 02 ⑤ 03 해설 참조 04 ②
 05 O3형, A4형, F2형, F9형, K8형, M1형 06 ② 07 ③
 08 ② 09 ④ 10 ③ 11 ② 12 ① 13 C
 14 ④ 15 해설 참조 16 ② 17 ⑤ 18 ⑤
 19 ②

01 ㄱ. 빛이 파장에 따라 분해되어 나타난 것을 스펙트럼이라고 한다.

ㄴ. 태양의 스펙트럼에 나타나는 검은색 흡수선을 프라운호퍼 선이라고 한다.

ㄷ. 스펙트럼은 원소의 고유한 특성을 나타내며, 원소의 종류에 따라 스펙트럼에 나타나는 방출선이나 흡수선의 위치(파장)가 다르다.

02 ㄱ. 백열등과 같은 광원에서 방출되는 빛은 연속 스펙트럼이 나타난다.

ㄴ. A는 광원에서 방출된 빛이 상대적으로 저온의 기체를 통과하면서 특정 파장의 빛이 흡수되어 나타나기 때문에 흡수 스펙트럼이다. B는 광원에 의해 가열된 기체가 특정 파장의 빛을 방출하여 나타난 방출 스펙트럼이다.

ㄷ. A와 B는 동일한 기체에 의해 나타나므로 A에서 나타난 흡수선과 B에서 나타난 방출선의 위치는 같다.

03 태양의 스펙트럼은 연속 스펙트럼에 검은색 선이 나타나는 흡수 스펙트럼이다.

모범 답안 흡수 스펙트럼, 태양 빛이 태양의 대기층을 통과하면서 대기층을 구성하는 원소에 의해 특정 파장의 빛이 흡수되어 나타난다.

채점 기준	배점
흡수 스펙트럼을 쓰고, 스펙트럼이 나타나는 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
흡수 스펙트럼이라고만 쓴 경우	50 %

04 ㄴ. 태양의 스펙트럼에 나타나는 흡수선은 원소 A, B, D의 방출선과 일치하므로 태양의 대기에는 원소 A, B, D가 포함되어 있다.

바로알기 ㄱ. 태양의 스펙트럼은 연속 스펙트럼에 검은색 흡수선이 나타나는 흡수 스펙트럼이다.

ㄷ. 원소가 특정 파장의 에너지를 흡수하여 스펙트럼에 흡수선이 나타난다.

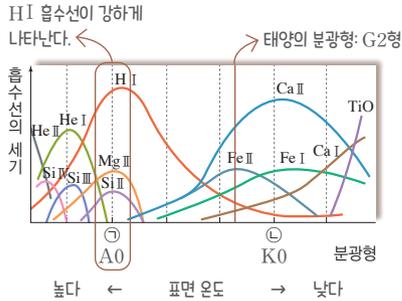
05 별의 분광형은 별의 표면 온도에 따라 고온에서 저온 순으로 O, B, A, F, G, K, M형으로 분류한다. 각 분광형은 다시 고온의 0에서 저온의 9까지, 10단계로 세분한다.

06 ㄷ. 태양은 표면 온도가 약 5800 K으로 G형 별에 해당한다.

바로알기 ㄱ. 분광형은 별을 표면 온도에 따라 스펙트럼에 나타나는 흡수선의 종류와 세기를 기준으로 분류한다.

ㄴ. 별의 분광형은 표면 온도가 높은 것부터 순서대로 O, B, A, F, G, K, M형이다. 따라서 B형 별보다 A형 별의 표면 온도가 더 낮다.

07 **꼼꼼 문제 분석**



㉠은 분광형이 A0형이고, ㉡은 분광형이 K0형이다.

ㄱ. 분광형이 O, B, A, F, G, K, M형인 별로 갈수록 표면 온도가 낮아진다. 따라서 표면 온도는 분광형이 ㉡(K0형)인 별이 ㉠(A0형)인 별보다 낮다.

ㄷ. 태양의 분광형은 G2형이므로 태양에서는 CaII 흡수선이 강하게 나타난다.

바로알기 ㄴ. A0형 별은 표면 온도가 약 10000 K인 별로, HI가 흡수하는 파장 영역에서 가장 강한 흡수선이 나타난다.

08 ㄴ. 중성 수소 흡수선은 표면 온도가 약 10000 K인 A0형 별에서 가장 강하게 나타나며, A0형 별은 흰색을 띤다.

바로알기 ㄱ. 표면 온도가 높을수록 짧은 파장의 빛을 더 많이 방출하므로 파란색으로 보인다. 따라서 파란색 별인 C의 표면 온도가 가장 높다.

ㄷ. 겉보기 등급이 작을수록 관측자에게 밝게 보인다. 겉보기 등급은 A가 가장 작으므로 관측자에게 가장 밝게 보인다.

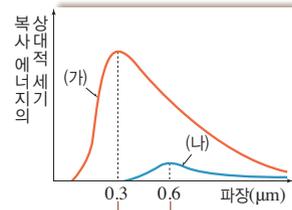
09 ㉠은 O형 별의 스펙트럼, ㉡은 A형 별의 스펙트럼, ㉢은 M형 별의 스펙트럼이다.

ㄴ. ㉡은 A형 별의 스펙트럼으로, 중성 수소(HI) 흡수선이 강하게 나타난다.

ㄷ. 분광형이 O, B, A, F, G, K, M형 별로 갈수록 표면 온도가 낮아진다. 따라서 표면 온도가 가장 낮은 별의 스펙트럼은 M형 별의 스펙트럼인 ㉢이다.

바로알기 ㄱ. ㉠은 O형 별의 스펙트럼으로, 이온화된 헬륨(He II) 흡수선이 강하게 나타난다. 금속 원소와 분자에 의한 흡수선은 ㉢에서 강하게 나타난다.

10 **꼼꼼 문제 분석**



최대 에너지를 방출하는 파장: (나)가 (가)의 2배이다.
 ⇒ 표면 온도: (가)가 (나)의 2배이다.
 ⇒ (가)가 (나)보다 파랗게 보인다.

ㄱ. 빈의 변위 법칙에 따르면 최대 에너지를 방출하는 파장은 표면 온도에 반비례한다. 최대 에너지를 방출하는 파장은 (나)가 (가)의 2배이므로, 표면 온도는 (가)가 (나)의 2배이다.

ㄷ. 표면 온도가 높은 별일수록 짧은 파장의 빛을 많이 방출하므로 파랗게 보인다. (가)는 (나)보다 표면 온도가 높으므로 파랗게 보인다.

바로알기 ㄴ. 슈테판·볼츠만 법칙에 따르면 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 에너지량은 표면 온도의 4제곱에 비례한다. 표면 온도는 (가)가 (나)의 2배이므로, 단위 시간 동안 1 m²에서 방출하는 에너지량은 (가)가 (나)의 2⁴=16배이다.

11 ㄴ. 별은 표면 온도가 높을수록 파란색을 띠고, 표면 온도가 낮을수록 붉은색을 띤다. B는 A보다 파란색을 띠는 별이므로 표면 온도가 높다.

바로알기 ㄱ. 별은 표면 온도가 높을수록 최대 에너지를 방출하는 파장이 짧으므로 파란색을 띤다. A는 B보다 붉은색을 띠므로 최대 에너지를 방출하는 파장이 더 길다. (나)에서 최대 에너지를 방출하는 파장은 ㉠이 ㉡보다 길므로, A의 파장에 따른 상대적 에너지 세기는 ㉠이다.

ㄷ. 태양은 표면 온도가 약 5800 K인 노란색 별로, 파란색을 띠는 B보다 표면 온도가 낮다.

12 ㄱ. (가)는 0.5 μm에서 에너지 세기가 가장 높으므로 최대 에너지를 방출한다.

바로알기 ㄴ. 빈의 변위 법칙에 따르면 최대 에너지를 방출하는 파장은 표면 온도에 반비례한다. 최대 에너지를 방출하는 파장은 (가)가 0.5 μm, (나)가 1 μm로 (나)가 (가)의 2배이므로, 표면 온도는 (가)가 (나)보다 2배 높다.

ㄷ. 슈테판·볼츠만 법칙에 따르면 단위 시간(1초) 동안 단위 면적(1 m²)에서 방출하는 에너지량은 표면 온도의 4제곱에 비례한다. 최대 에너지를 방출하는 파장은 (가)가 가장 짧으므로 표면 온도가 가장 높다. 따라서 (가)가 1초 동안 1 m²에서 가장 많은 에너지를 방출한다.

13 **꼼꼼 문제 분석**

별까지의 거리(pc) = $\frac{1}{\text{연주 시차(")}}$ 의 관계로 구한다.

별	연주 시차(")	별까지의 거리	겉보기 등급	절대 등급
A	0.1	10 pc	3	3
B	0.01	100 pc	7	2
C	0.001	1000 pc	10	0

$m - M = 5 \log d - 5$ (m : 겉보기 등급, M : 절대 등급, d : 별까지의 거리의 관계로 절대 등급을 구한다.

별의 실제 밝기는 절대 등급으로 비교할 수 있으며, 절대 등급은 별까지의 거리와 겉보기 등급의 관계 식 $m - M = 5 \log d - 5$ (m : 겉보기 등급, M : 절대 등급, d : 별까지의 거리)로 구한다.

① 별까지의 거리 구하기: 별까지의 거리(pc) = $\frac{1}{\text{연주 시차(")}}$ 이므로, 별까지의 거리는 A는 $\frac{1}{0.1''} = 10$ pc, B는 $\frac{1}{0.01''} = 100$ pc, C는 $\frac{1}{0.001''} = 1000$ pc이다.

② 절대 등급 구하기: $m - M = 5 \log d - 5$ 에 겉보기 등급(m)과 별까지의 거리(d)를 대입하여 절대 등급을 구하면, 절대 등급은 (가)는 3등급, (나)는 2등급, (다)는 0등급이다.

→ 절대 등급이 작을수록 실제 밝기가 밝으므로 C가 실제 밝기가 가장 밝은 별이다.

14 (가): 분광형이 O, B, A, F, G, K, M형인 별로 갈수록 표면 온도가 낮아진다. ㉠은 O형, ㉡은 A형, ㉢은 G형이므로 표면 온도가 가장 낮은 별은 ㉢이다.

(나): 절대 등급은 별이 10 pc에 있을 때의 밝기를 등급으로 나타낸 것이다. 별이 10 pc의 거리에 있다고 가정한다면 거리는 $\frac{1}{10}$ 로 가까워지므로 밝기는 100배 밝아진다. 100배의 밝기 차는 5등급의 차이가 있으므로, 절대 등급은 겉보기 등급보다 5등급 작아진다. 따라서 절대 등급은 ㉠이 0등급이고, ㉡이 -5등급, ㉢이 -10등급이다.

(다): 광도 식 $L = 4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ 에서 $R \propto \sqrt{\frac{L}{T^2}}$ 이므로, 별의 반지름은 광도(L)가 클수록, 표면 온도(T)가 낮을수록 크다. 절대 등급이 가장 작아 광도가 가장 큰 별은 ㉢이고 표면 온도가 가장 낮은 별은 ㉢이므로, 반지름은 ㉢이 가장 크다.

15 별의 광도를 L , 반지름을 R , 표면 온도를 T 라고 할 때 광도 식은 $L = 4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ 이다.

모범 답안 $L = 4\pi R^2 \cdot \sigma T^4 = 4\pi (5 \times 10^8 \text{ m})^2 \cdot (6 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}) \times (10000 \text{ K})^4 = 6\pi \times 10^{26} \text{ W}$

채점 기준	배점
별의 광도를 풀이 과정을 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
광도 식($L = 4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$)만 옳게 쓴 경우	50 %

16 나. B는 태양과 광도가 같으므로 절대 등급이 같다.

바로알기 가. 반지름은 A가 B의 0.5배이고, 광도는 A가 B의 0.015배이다. 광도 식 $L = 4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ 에서 $\frac{L_A}{L_B} = \frac{R_A^2}{R_B^2} \cdot \frac{T_A^4}{T_B^4} =$

0.015이고, $\frac{1}{4} \cdot \frac{T_A^4}{T_B^4} = 0.015$, $T_A^4 = \frac{3}{200} T_B^4$ 이므로 표면 온도는 A가 B보다 낮고 C의 표면 온도가 가장 높다. 표면 온도가 높을수록 최대 에너지를 방출하는 파장이 짧으므로, 최대 에너지를 방출하는 파장은 C가 가장 짧다.

다. 반지름은 C가 B의 2배이다. 광도 식 $L = 4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ 에서 $\frac{L_C}{L_B} = 4 \cdot \frac{(9000 \text{ K})^4}{(6000 \text{ K})^4}$, $L_C = \frac{81}{4} L_B$ 이다. 따라서 광도는 C가 B보다 크다.

17 **꼼꼼 문제 분석**

겉보기 등급: (나) > (가) > (다)
→ 맨눈으로 관측한 밝기: (다) > (가) > (나)

별	(가)	(나)	(다)
겉보기 등급	-0.1	2.7	-1.4
절대 등급	-5.1	-7.3	3.6
분광형	M2	B2	F5

절대 등급: (다) > (가) > (나) 표면 온도: (나) > (다) > (가)
→ 광도: (나) > (가) > (다)

가. 절대 등급이 작을수록 광도가 크다. 절대 등급은 (나)가 가장 작으므로 (나)의 광도가 가장 크다.

나. 겉보기 등급이 작을수록 우리 눈에 밝게 보인다. 겉보기 등급은 (다)가 가장 작으므로, (다)가 우리 눈에 가장 밝게 보인다.

다. 광도 식 $L = 4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ 에서 $R \propto \sqrt{\frac{L}{T^2}}$ 이므로, 별의 반지름(R)은 광도(L)가 클수록, 표면 온도(T)가 낮을수록 크다. (다)는 (가)보다 광도가 작고, 표면 온도는 높으므로 반지름이 작다.

18 가. 광도 식 $L = 4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ 에서 $L \propto R^2 \cdot T^4$ 이다. A와 B는 반지름(R)이 같고, 표면 온도(T)는 A가 B의 5배이므로, 광도는 A가 B의 $5^4 = 625$ 배이다. 5등급 사이의 밝기 차는 100배이고, 광도는 A가 B의 100배보다 크므로, 절대 등급은 $5 - 5 = 0$ 등급보다 작다.

나. C는 표면 온도가 15000 K이므로 분광형이 B형이다.

다. D는 분광형이 A0형으로 흰색을 띤다.

19 ㉔. 빈의 변위 법칙에 따르면 최대 에너지를 방출하는 파장은 표면 온도에 반비례한다. 최대 에너지를 방출하는 파장은 (가)가 (나)의 2배이므로, 표면 온도는 (가)가 (나)의 $\frac{1}{2}$ 이다.

바로알기 ㉔. 광도 식은 $L=4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ (L : 광도, R : 반지름, T : 표면 온도)이다. (가)와 (나)는 반지름이 같지만 표면 온도가 다르므로 광도가 다르다.

㉔. (가)와 (나)는 광도가 다르지만 관측자에게 같은 밝기로 보이므로 별까지의 거리가 서로 다르다.

실력UP문제

271쪽

- 01 ② 02 ④ 03 해설 참조 04 ⑤ 05 ②

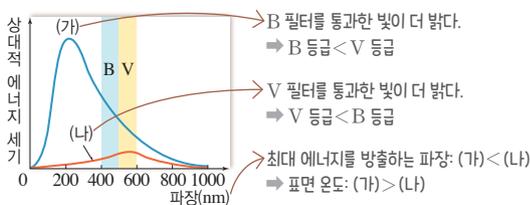
01 (가)는 이온화된 칼슘(CaII) 흡수선이 강하게 나타나므로 G형 별, (나)는 중성 수소(HI) 흡수선이 강하게 나타나므로 A형 별, (다)는 M형 별이다.

㉔. 분광형이 O, B, A, F, G, K, M형인 별로 갈수록 표면 온도가 낮아지므로 표면 온도가 가장 높은 별은 A형 별인 (나)이다.

바로알기 ㉔. (다)에서 분자 흡수선인 산화 타이타늄(TiO) 흡수선이 관측되므로 분광형이 M형인 별의 스펙트럼은 (다)이다.

㉔. 절대 등급은 광도로 비교할 수 있다. 광도(L)는 $L=4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ 에서 반지름(R)이 같다면 표면 온도(T)가 높을수록 크고, 표면 온도는 (나)가 가장 높으므로 (나)의 광도가 가장 크다. 광도가 클수록 절대 등급이 작으므로, 절대 등급은 (나)가 가장 작다.

02 — **깜빡 문제 분석**



㉔. 광도(L)는 $L=4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ 에서 반지름(R)이 같다면 표면 온도(T)가 높을수록 크다. 표면 온도는 (가)가 (나)보다 높으므로 광도는 (가)가 (나)보다 크다.

㉔. (나)는 V 필터를 통과한 빛이 B 필터를 통과한 빛보다 밝으므로 B 등급이 V 등급보다 크다.

바로알기 ㉔. 표면 온도가 높은 별일수록 최대 에너지를 방출하는 파장이 짧다. (가)가 (나)보다 최대 에너지를 방출하는 파장이 짧으므로 표면 온도는 (가)가 (나)보다 높다.

03 별의 광도를 L , 반지름을 R , 표면 온도를 T 라고 할 때 광도 식 $L=4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ 이다.

모범답안 최대 에너지를 방출하는 파장이 B가 A의 $\frac{1}{2}$ 이므로, B의 표면 온도는 A의 2배인 8000 K이다. 광도는 B가 A의 100배이므로, 광도 식 $L=4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ 에서 $\frac{L_B}{L_A} = \frac{R_B^2}{R_A^2} \cdot \frac{T_B^4}{T_A^4} = 100$, $\left(\frac{R_B}{R_A}\right)^2 = \frac{100}{16}$, $R_B=2.5R_A$ 이다. 따라서 B의 반지름은 A의 2.5배이다.

채점 기준	배점
B의 반지름이 A의 몇 배인지 풀이 과정을 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
광도 식($L=4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$)만 옳게 쓴 경우	40 %

04 ㉔. 빈의 변위 법칙에 따르면 최대 에너지를 방출하는 파장은 표면 온도에 반비례한다. 따라서 최대 에너지를 방출하는 파장이 길수록 별의 표면 온도는 낮아진다.

㉔. 최대 에너지를 방출하는 파장은 a가 b의 $\frac{750}{600} = \frac{5}{4}$ 배이므로, 표면 온도는 b가 a의 $\frac{5}{4}$ 배이다. 두 별의 반지름(R)이 같다면 광도 식 $L=4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$, $L \propto R^2 \cdot T^4$ 에서 광도(L)는 b가 a의 $\left(\frac{5}{4}\right)^4 \approx 2.4$ 배이므로 광도 차는 2배가 넘는다.

㉔. 최대 에너지를 방출하는 파장은 c가 d의 $\frac{400}{300} = \frac{4}{3}$ 배이므로, 표면 온도는 d가 c의 $\frac{4}{3}$ 배이다. 두 별의 광도(L)가 같다면 광도 식 $L=4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$, $R \propto \sqrt{\frac{L}{T^2}}$ 에서 반지름(R)은 c가 d의 $\frac{1}{\left(\frac{3}{4}\right)^2} \approx 1.8$ 배이므로 반지름의 차는 2배보다 작다.

05 ㉔. 별은 표면 온도가 높을수록 파란색을 띠고, 표면 온도가 낮을수록 붉은색을 띤다. B는 A보다 표면 온도가 낮으므로 붉게 보인다.

바로알기 ㉔. 베텔게우스는 V 필터를 통과한 빛이 B 필터를 통과한 빛보다 밝으므로, B 등급이 V 등급보다 크다. 따라서 색지수가 양(+)의 값이다. 리겔은 B 필터를 통과한 빛이 V 필터를 통과한 빛보다 밝으므로 B 등급이 V 등급보다 작아 색지수가 음(-)의 값이다. 따라서 색지수가 -0.03 인 A는 리겔이고, $+1.85$ 인 B는 베텔게우스이다.

㉔. 반지름(R)은 A가 B의 $\frac{1}{10}$ 이고, 표면 온도는 A가 B의 $\frac{10}{3}$ 배이므로 광도 식 $L=4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$, $L \propto R^2 \cdot T^4$ 에서 광도는 A가 B의 $\left(\frac{1}{10}\right)^2 \cdot \left(\frac{10}{3}\right)^4 = \frac{100}{81}$ 배이다. 두 별의 밝기 차이는 2.5배보다 작으므로, 두 별의 절대 등급의 차는 1등급보다 작다.

02 / H-R도와 별의 분류

개념 확인문제

275쪽

- 1 H-R도 2 분광형(스펙트럼형) 3 절대 등급 4 크고
5 주계열성 6 거성 7 초거성 8 백색왜성 9 광도 계급

- 1 (1) 다, 르, 사 (2) ㄱ, ㅁ (3) 바 (4) ㄴ 2 ㉠ A, ㉡ E, ㉢ C, ㉣ D, ㉤ B 3 (1) 초거성 (2) 백색왜성 4 (1) 증가 (2) 증가 (3) 증가 (4) 증가 5 ㉠ G2V, ㉡ G2III

1 H-R도는 별의 특성에 따라 가로축은 분광형, 세로축은 절대 등급으로 하여 나타낸 것이다.

- (1) 분광형(ㄷ), 색지수(ㄹ)는 별의 표면 온도(ㅅ)와 관련이 있으므로 H-R도의 가로축에 나타낼 수 있다.
(2) 별의 광도(ㄱ)와 광도와 관련 있는 절대 등급(ㅁ)은 H-R도의 세로축에 나타낼 수 있다.
(3), (4) H-R도의 오른쪽 위로 갈수록 별의 평균 밀도(ㅂ)는 감소하고, 반지름(ㄴ)은 증가한다.

2 H-R도에서 오른쪽으로 갈수록 분광형은 O → B → A → F → G → K → M형 순으로 분포하므로 A와 D는 O8형, C는 A5형, B와 E는 M1형이다. H-R도에서 위로 갈수록 절대 등급은 작아지므로 A와 B는 -10등급, C는 0등급, D와 E는 +10등급이다. 따라서 ㉠은 A, ㉡은 E, ㉢은 C, ㉣은 D, ㉤은 B이다.

- 3 (1) 초거성은 H-R도에서 거성보다 위쪽에 분포하며, 반지름이 태양의 수백 배~1000배로 매우 커서 광도가 매우 큰 별로, 평균 밀도는 거성보다 작다.
(2) 백색왜성은 H-R도에서 주계열성의 왼쪽 아래에 분포하며 표면 온도는 높지만 크기가 지구 정도로 작아 광도가 작다. 백색왜성은 크기는 지구 정도지만 질량은 태양과 비슷하여 평균 밀도가 매우 크다.

4 주계열성은 H-R도의 왼쪽 위에서 오른쪽 아래로 이어지는 얇은 띠 영역에 분포한다. 주계열성은 H-R도에서 왼쪽 위에 분포할수록 표면 온도가 높고, 광도가 크며, 질량과 반지름이 크다.

5 태양은 분광형이 G2형이고, 주계열성이므로 광도 계급은 V이다. 따라서 태양의 광도 계급을 분광형과 함께 나타내면 G2V이다. 태양과 표면 온도가 같은 거성의 경우 분광형은 태양과 같은 G2형이고, 광도 계급은 III이므로 G2III으로 나타낸다.

대표 자료 분석 1

276쪽

- 1 (1) A (2) D (3) C (4) B 2 ㉠ 초거성, ㉡ 거성, ㉢ 주계열성, ㉣ 백색왜성 3 (1) ㉠ (2) ㉢ (3) ㉣ 4 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) × (6) × (7) ○

1 (1) H-R도의 세로축에서 위로 갈수록 광도가 크다. A가 H-R도에서 C보다 위쪽에 위치하므로 광도가 더 크다.

(2) H-R도의 가로축에서 왼쪽으로 갈수록 표면 온도가 높다. D가 H-R도에서 C보다 오른쪽에 위치하므로 표면 온도가 더 낮다.

(3) H-R도에서 오른쪽 위로 갈수록 반지름이 크다. C는 H-R도에서 가장 왼쪽 아래에 위치하므로 반지름이 가장 작다.

(4) H-R도에서 왼쪽 아래로 갈수록 평균 밀도가 크다. B는 H-R도에서 가장 오른쪽 위에 위치하므로 평균 밀도가 가장 작다.

2 H-R도에서 가장 위쪽에 분포하여 광도가 매우 큰 ㉠은 초거성이고, 초거성의 아래에 분포하는 광도가 큰 ㉡은 거성이다. H-R도의 왼쪽 위에서 오른쪽 아래로 이어지는 얇은 띠 영역에 분포하는 ㉢은 주계열성, 주계열성의 왼쪽 아래에 분포하는 ㉣은 백색왜성이다.

3 (1) 분광형이 같을 경우 일반적으로 광도가 큰 별의 스펙트럼은 흡수선의 폭이 좁다. 광도 계급이 I로 광도가 매우 큰 별은 초거성인 ㉠이다.

(2) 표면 온도가 높지만 반지름이 매우 작아 절대 등급이 큰 별은 백색왜성인 ㉣이다.

(3) H-R도에서 왼쪽 위에서 오른쪽 아래로 이어지는 대각선 영역에 분포하는 별은 주계열성인 ㉢이다.

4 (1) B는 표면 온도가 낮은데도 광도가 매우 커서 반지름이 매우 큰 초거성(㉠)에 해당한다.

(2) 태양은 주계열성이므로 ㉢에 해당한다.

(3) 전체 별의 약 80%~90%는 주계열성인 ㉢에 속한다.

(4) H-R도에서 왼쪽 아래로 갈수록 평균 밀도가 크다. ㉣(백색왜성)은 H-R도에서 ㉡(거성)보다 왼쪽 아래에 위치하므로 평균 밀도가 크다.

(5) ㉢은 주계열성이다. 주계열성은 표면 온도가 높을수록 광도가 크고, 질량과 반지름이 크다.

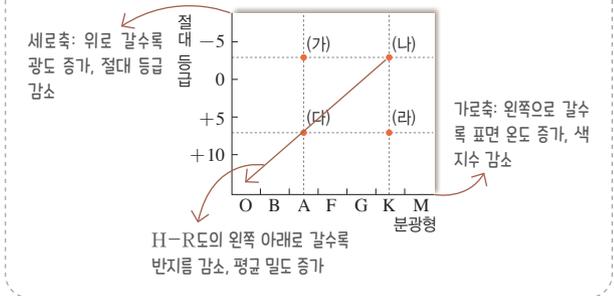
(6) H-R도의 가로축에는 별의 표면 온도, 분광형, 색지수를 사용할 수 있다.

(7) H-R도의 세로축은 광도, 절대 등급을 사용할 수 있다.

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

01 H-R도의 가로축은 별의 표면 온도와 관련된 축으로 표면 온도, 분광형, 색지수로 나타낼 수 있다. H-R도의 세로축은 별의 실제 밝기와 관련된 축으로 광도, 절대 등급으로 나타낼 수 있다. 연주 시차로는 태양으로부터 가까운 별까지의 거리를 알 수 있다.

02 **꼼꼼 문제 분석**



ㄴ. H-R도에서 오른쪽 위로 갈수록 반지름이 크다. (다)는 H-R도에서 (나)보다 왼쪽 아래에 위치하므로 반지름이 작다.
 ㄷ. H-R도에서 오른쪽으로 갈수록 표면 온도가 낮으므로 색지수가 크다. (라)는 H-R도에서 (다)보다 오른쪽에 위치하므로 색지수가 크다.

바로알기 ㄱ. H-R도에서 왼쪽으로 갈수록 표면 온도가 높다. (가)는 H-R도에서 (나)보다 왼쪽에 위치하므로 표면 온도가 높다.

03 H-R도의 왼쪽 위에서 오른쪽 아래로 이어지는 얇은 띠 영역에 분포하는 별은 주계열성이다. 주계열성은 H-R도에서 오른쪽 아래로 내려갈수록 표면 온도가 낮아지고, 광도와 반지름, 질량이 작아진다.

모범 답안 광도가 작아진다, 절대 등급이 커진다, 표면 온도가 낮아진다, 색지수가 커진다, 반지름이 작아진다, 질량이 작아진다.

채점 기준	배점
별의 물리량 두 가지를 증감의 변화와 함께 옳게 서술한 경우	100 %
별의 물리량 두 가지를 옳게 썼지만 증감의 변화를 옳게 서술하지 못한 경우	30 %

04 ㄱ. a와 b는 절대 등급이 같으므로 광도가 같다.
 ㄴ. a, c, d는 모두 주계열에 위치하므로 주계열성이다.

ㄷ. H-R도에서 오른쪽 위로 갈수록 반지름이 크므로 반지름은 b가 가장 크고, e가 가장 작다. 주계열성은 표면 온도가 높을수록 반지름이 크다. 표면 온도는 $a > c > d$ 이므로 반지름은 $a > c > d$ 이다. 따라서 반지름은 $b > a > c > d > e$ 이다.

05 ㄷ. 별이 모두 같은 거리에 있다고 가정할 경우 가장 어렵게 보이는 별은 실제 밝기가 가장 어두운 별이다. 실제 밝기는 광도를 의미하며, 광도는 절대 등급이 클수록 작다. 절대 등급은 프로키온 B가 가장 크므로 가장 어렵게 보인다.

바로알기 ㄱ. 레굴루스와 태양은 주계열성이다. 주계열성은 H-R도의 왼쪽 위에 분포할수록 표면 온도가 높고, 광도가 크며 반지름과 질량이 크다. 레굴루스는 H-R도에서 태양보다 왼쪽 위에 위치하므로 반지름이 크다.

ㄴ. 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 에너지량(E)은 $E = \sigma T^4$ 에서 표면 온도(T)의 4제곱에 비례한다. 알데바란은 분광형이 K형, 태양은 분광형이 G형으로 알데바란이 태양보다 표면 온도가 낮다. 따라서 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 에너지량은 알데바란이 태양보다 작다.

06 (가)는 주계열성, (나)는 초거성, (다)는 거성, (라)는 백색왜성이다.

ㄱ. 전체 별의 약 80%~90%는 주계열성인 (가)에 속한다.
 ㄴ. (나)가 (다)에 비해 절대 등급이 작아 광도가 더 크므로 실제 밝기가 더 밝다.
 ㄷ. 별의 표면 온도는 O형이 가장 높고 M형으로 갈수록 낮아지므로, (다)는 (라)보다 표면 온도가 낮다. 표면 온도가 낮을수록 색지수가 크므로 (다)는 (라)보다 색지수가 크다.

07 ㉠과 ㉡은 주계열성이다.

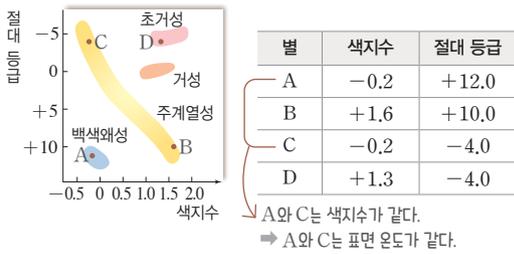
ㄱ. 주계열성은 H-R도의 왼쪽 위에 분포할수록 반지름이 크다. ㉠은 H-R도에서 ㉡보다 왼쪽 위에 위치하므로 반지름이 크다.
 ㄴ. 주계열성은 H-R도의 왼쪽 위에 분포할수록 표면 온도가 높다. ㉠은 H-R도에서 ㉡보다 왼쪽 위에 위치하므로 표면 온도가 높다.

ㄷ. 단위 시간 동안 방출하는 에너지의 총량은 광도를 의미한다. 광도 식 $L = 4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ 에서 광도(L)는 반지름(R)이 클수록, 표면 온도(T)가 높을수록 크다. ㉠은 ㉡보다 반지름이 크고 표면 온도가 높으므로 단위 시간 동안 더 많은 에너지를 방출한다.

08 **모범 답안** 블랙홀이나 중성자별은 광도가 너무 작거나 가시광선을 거의 방출하지 않기 때문에 H-R도에 나타내기 어렵다.

채점 기준	배점
블랙홀과 중성자별의 H-R도에서의 위치를 그 까닭과 함께 옳게 서술한 경우	100 %
블랙홀과 중성자별은 H-R도에 나타내기 어렵다고만 쓴 경우	50 %

09 **꼼꼼 문제 분석**



ㄴ. A와 C는 색지수가 같으므로 표면 온도가 같다.
 ㄷ. H-R도에서 오른쪽 위로 갈수록 반지름이 크다. D는 H-R도에서 가장 오른쪽 위에 위치하여 표면 온도는 낮으나 광도가 매우 커서 반지름이 가장 큰 별이다.
바로알기 ㄱ. A~D의 색지수와 절대 등급을 H-R도에 나타내면 A는 백색왜성, B와 C는 주계열성, D는 초거성이다.

10 ㄱ. 광도 계급이 I인 별은 초거성, III인 별은 거성, V인 별은 주계열성이다. 분광형이 같을 때 일반적으로 광도가 큰 별의 스펙트럼의 흡수선의 폭이 상대적으로 좁다. 광도는 큰 것부터 순서대로 초거성, 거성, 주계열성이고, 흡수선의 폭은 좁은 것부터 (나), (가), (다)이다. 따라서 (가)는 거성, (나)는 초거성, (다)는 주계열성이다.

ㄷ. 평균 밀도는 주계열성인 (다)가 거성이나 초거성보다 크다.
바로알기 ㄴ. 별의 분광형이 같다면 광도 계급의 숫자가 작을수록 광도와 반지름이 크다. 따라서 광도 계급이 V인 (다)가 반지름이 가장 작다.

11 광도 계급이 I인 (가)는 초거성, III인 (나)는 거성, VII인 (다)는 백색왜성이다.

ㄱ. 반지름은 초거성인 (가)가 가장 크다.
바로알기 ㄴ. 태양은 주계열성이므로 광도 계급이 V이다.
 ㄷ. 광도 계급의 숫자가 작을수록 광도가 크다. 따라서 광도가 가장 큰 별은 광도 계급이 I인 (가)이다.

실력 UP 문제 279쪽

01 ② 02 ③ 03 ③ 04 ①

01 (가)는 주계열성, (나)는 거성, (다)는 백색왜성이다.
 ㄷ. H-R도에서 오른쪽 위로 갈수록 반지름이 크다. (다)는 H-R도에서 태양보다 왼쪽 아래에 위치하므로 반지름이 작다.

바로알기 ㄱ. (가)와 태양은 주계열성이다. 주계열성은 H-R도의 왼쪽 위에 분포할수록 표면 온도가 높고, 광도와 반지름, 질량이 크다. (가)는 H-R도에서 태양보다 왼쪽 위에 위치하므로 질량이 크다.

ㄴ. 표면 온도는 O형이 가장 높고, M형으로 갈수록 낮아지므로 (나)는 태양보다 표면 온도가 낮다. 색지수는 표면 온도가 낮을수록 크므로 (나)는 태양보다 색지수가 크다.

02 별의 표면 온도가 높은 것부터 분광형을 나열하면 O, B, A, F, G, K, M형이다. 따라서 (가)는 O형, (나)는 M형, (다)는 G형, (라)는 A형이다.

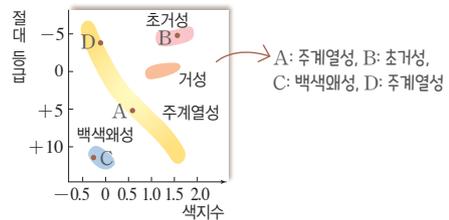
ㄱ. 최대 에너지를 방출하는 파장은 표면 온도에 반비례한다. (가)는 (나)보다 표면 온도가 높으므로 최대 에너지를 방출하는 파장이 짧다.

ㄷ. (라)는 표면 온도가 약 10000 K이므로 분광형이 A형인 별이다.

바로알기 ㄴ. (다)는 주계열성이므로 광도 계급이 V이다. 광도 계급이 VII인 별은 백색왜성이다.

03 **꼼꼼 문제 분석**

별	색지수	겉보기 등급	거리(pc)	절대 등급
A	+0.52	0.2	1	5.2
B	+1.57	5.1	1000	-4.9
C	-0.31	16.8	100	11.8
D	-0.02	-3.6	10	-3.6



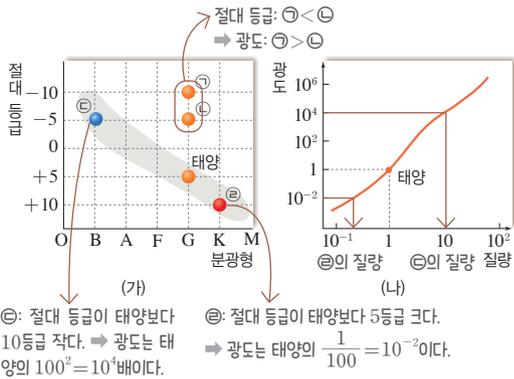
$m - M = 5 \log d - 5$ (m : 겉보기 등급, M : 절대 등급, d : 거리)를 이용하여 절대 등급을 구하면 A는 5.2등급, B는 -4.9등급, C는 11.8등급, D는 -3.6등급이다. H-R도에서 색지수와 절대 등급으로 별의 종류를 찾아보면 A와 D는 주계열성, B는 초거성, C는 백색왜성이다.

ㄱ. A는 주계열성으로 광도 계급이 V이고, B는 초거성으로 광도 계급이 I이므로 A는 B보다 광도 계급이 크다.

ㄴ. H-R도에서 오른쪽 위로 갈수록 반지름이 크다. C는 H-R도에서 가장 왼쪽 아래에 위치하므로 반지름이 가장 작다.

바로알기 ㄷ. 표면 온도가 높을수록 색지수가 작다. 색지수는 C가 가장 작으므로 표면 온도가 가장 높다.

04 품공 문제 분석



ㄱ. 광도 식 $L = 4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ (L : 광도, R : 반지름, T : 표면 온도)에서 $R \propto \sqrt{\frac{L}{T^2}}$ 이다. \odot 과 \ominus 은 표면 온도가 같으나 \odot 이 \ominus 보다 절대 등급이 작아 광도가 크므로 반지름이 크다.

(바로알기) ㄴ. \ominus 은 태양보다 절대 등급이 10등급 작으므로 광도는 태양보다 $100^2 = 10^4$ 배 크고, \ominus 은 태양보다 절대 등급이 5등급 크므로 광도는 태양의 $\frac{1}{100} = 10^{-2}$ 이다. (나)의 질량-광도 관계에 따르면 \ominus 은 질량이 태양의 10배이고, \ominus 은 질량이 태양의 $\frac{1}{10}$ 보다 크다. 따라서 \ominus 은 \ominus 보다 질량이 100배만큼 크지 않다.

ㄷ. 태양과 \odot , \ominus 은 모두 분광형이 G형으로, G형 별에서는 CaII 흡수선이 강하게 나타난다. 태양과 \odot , \ominus 은 광도가 다르므로 분광형이 같더라도 흡수선의 폭이 다르게 나타난다.

- (1) 별은 온도가 낮고, 밀도가 큰 성운에서 탄생한다.
 (2) 질량이 태양의 15배인 원시별은 표면 온도의 증가 폭이 크고 광도의 감소 폭은 작아 H-R도에서 상대적으로 수평 방향으로 진화하여 주계열에 도달한다.
 (3) 별의 중심부 온도가 약 1000만 K에 도달하면 수소 핵융합 반응이 일어나는 주계열 단계에 도달한다.
 (4) 정역학 평형은 별의 외부로 팽창하려는 기체의 압력 차에 의한 힘과 중심으로 수축하려는 중력의 크기가 같은 상태이다.
 (5) 질량이 태양의 약 1.5배 이상인 별은 중심핵에서 대류로 에너지를 전달한다.

2 수소 핵융합 반응은 4개의 수소 원자핵이 융합하여 1개의 헬륨 원자핵을 만드는 반응이다.

3 (가)는 양성자 양성자 연쇄반응(p-p 반응)이고, (나)는 탄소·질소·산소 순환 반응(CNO 순환 반응)이다.

- (1) (가) 양성자 양성자 연쇄반응과 (나) 탄소·질소·산소 순환 반응은 모두 수소 핵융합 반응이다.
 (2) (가) 양성자 양성자 연쇄반응은 중심부 온도가 약 1800만 K 이하인 별에서 우세하게 일어난다.
 (3) 중심부의 온도 증가에 따른 상대적 에너지 생성량 차이는 (나) 탄소·질소·산소 순환 반응이 (가) 양성자 양성자 연쇄반응에 비해 크다.
 (4) (나) 탄소·질소·산소 순환 반응에서 탄소, 질소, 산소는 촉매 역할을 하므로 수소 핵융합 반응에 관여하지만 소모되지 않는다.

- (1) 질량이 태양의 약 0.08배~0.26배인 별은 내부 전체가 대류층으로 이루어져 대류로만 에너지가 전달된다.
 (2) 질량이 태양의 약 1.5배 이상인 별의 중심부는 중심으로부터의 거리에 따른 온도 차가 매우 커 대류핵이 형성되고, 이를 복사층이 둘러싸고 있다.

03 별의 진화

개념 확인문제

283쪽

- ① 낮 ② 큰 ③ 중력 수축 에너지 ④ 질량 ⑤ 수소 핵융합 반응
 ⑥ 양성자 양성자 연쇄반응(p-p 반응) ⑦ 탄소·질소·산소 순환 반응(CNO 순환 반응) ⑧ 정역학 평형 ⑨ 복사층 ⑩ 대류핵

- 1 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ (5) × 2 헬륨 원자핵 3 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ 4 (1) 대류 (2) \odot 대류핵, \ominus 복사층

원자샘 비법 특강

287쪽

- Q1 $\odot - \odot'$ 방향으로 진화하는 별
 Q2 광도, 반지름, 질량, 표면 온도

Q1 $\odot \rightarrow \odot'$ 방향으로 진화하는 별은 질량이 태양보다 매우 큰 별로, 반지름은 증가하지만 표면 온도가 크게 낮아져 광도 변화가 작으므로 H-R도에서 수평 방향으로 진화한다. $\ominus \rightarrow \ominus'$ 방향으로 진화하는 별은 질량이 태양 정도인 별로, 표면 온도의 변화는 작으나 반지름이 크게 증가하여 광도가 크게 증가하므로 H-R도에서 수직 방향으로 진화한다.

Q2 주계열성은 질량이 클수록 표면 온도가 높고, 광도와 반지름이 크다.

개념 확인문제

288쪽

1 수소 핵융합 2 증가 3 낮아 4 탄소 5 철 6 백색 왜성 7 중성자별 8 블랙홀

1 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ (5) × (6) ○ 2 ㉠ 헬륨, ㉡ 수축, ㉢ 수소층, ㉣ 팽창 3 (1) ○ (2) × (3) ○ 4 ㉠ → ㉡ → ㉢ → ㉣ → ㉤ 5 ㉠ 백색왜성, ㉡ 중성자별, ㉢ 블랙홀

1 (1) 주계열성의 중심핵에서 수소 핵융합 반응이 끝나면 헬륨으로 구성된 중심핵을 둘러싼 수소층에서 수소 핵융합 반응이 일어나 바깥층이 크게 팽창한다.

(2) 질량이 태양의 약 0.08배~0.26배인 별은 중심핵에서 수소 핵융합 반응이 멈춘 후 중력 수축하여도 핵융합 반응이 일어나는 온도에 도달하지 못하므로 거성 단계가 나타나지 않는다.

(3) 태양의 중심부에서는 헬륨 핵융합 반응까지 일어나 탄소와 산소가 생성된다. 질량이 태양보다 매우 큰 별의 중심부에서는 핵융합 반응으로 철까지 생성될 수 있다.

(4) 헬륨 핵융합 반응은 헬륨 원자핵 3개가 융합하여 탄소 원자핵 1개를 만들며 에너지를 생성하는 반응이다.

(5) 질량이 태양 정도인 별은 적색 거성 이후 별이 팽창과 수축을 반복하면서 바깥층이 우주 공간으로 방출되어 행성상 성운이 만들어지고, 중심핵은 더욱 수축하고 백색왜성이 된다. 따라서 태양은 진화의 마지막 단계에서 중심핵이 백색왜성이 될 것이다.

(6) 우주 초기에는 주로 수소와 헬륨이 생성되었지만, 별의 진화 과정과 초신성 폭발을 거쳐 점점 무거운 원소들이 만들어지고, 우주 공간으로 방출된다. 따라서 시간이 흐를수록 우주 내 무거운 원소들의 함량은 증가할 것이다.

2 주계열성 중심부에서 수소 핵융합 반응이 멈추면 기체의 압력 차에 의한 힘이 줄어들어 헬륨(㉠)으로 이루어진 중심핵은 수축(㉡)한다. 이때 발생한 열에너지는 헬륨 핵을 둘러싼 수소층(㉢)을 가열하여 수소 핵융합 반응이 일어나고, 별의 외곽 부분이 팽창(㉣)하면서 크기가 커진다.

3 (1) 질량이 태양보다 매우 큰 별은 중심부의 온도가 높아 헬륨 핵융합 반응 이후에도 무거운 원소의 핵융합 반응이 계속 일어나 최종적으로 철(Fe)까지 생성된다.

(2) 질량이 태양 정도인 별의 중심부에서는 헬륨 핵융합 반응까지 일어나 탄소와 산소까지 생성된다. 그림에서 탄소와 산소보다 무거운 원소가 만들어졌으므로 질량이 태양보다 매우 큰 별의 내부 구조이다.

(3) 그림에서 별의 중심으로 갈수록 무거운 원소가 분포하므로 별의 중심으로 갈수록 무거운 원소가 만들어졌다.

4 질량이 태양 정도인 별은 '성운(㉠) → 원시별(㉡) → 주계열성(㉢) → 적색 거성(㉣) → 행성상 성운, 백색왜성(㉤)'의 진화 단계를 거친다.

5 최종 진화 단계에서 중심핵의 질량이 태양 질량의 약 1.4배 이하인 별은 백색왜성이 되고, 태양 질량의 약 1.4배보다 크고, 약 3배보다 작은 별은 중성자별이 된다. 중심핵의 질량이 태양 질량의 약 3배 이상인 별은 블랙홀이 된다.

대표 자료 분석 1

289쪽

1 ㉠ 주계열성, ㉡ 거성(적색 거성), ㉢ 행성상 성운 2 A: 주계열성, B: 초거성, C: 초신성 3 수소 핵융합 반응 4 (1) 탄소 (2) 철 5 초신성 6 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) ○ (6) × (7) ×

1 질량이 태양 정도인 별은 성운 → 원시별 → 주계열성(㉠) → 거성(적색 거성)(㉡) → 행성상 성운(㉢), 백색왜성의 진화 단계를 거친다.

2 질량이 태양보다 매우 큰 별은 성운 → 원시별 → 주계열성(A) → 초거성(B) → 초신성(C) 폭발 → 중성자별 또는 블랙홀의 진화 단계를 거친다.

3 ㉠과 A는 주계열성이다. 주계열성은 중심부에서 수소 핵융합 반응으로 에너지를 생성한다.

4 질량이 태양 정도인 별의 중심부에서는 헬륨 핵융합 반응까지 일어나 탄소가 생성될 수 있다. 질량이 태양보다 매우 큰 별은 중력 수축에 의해 중심부 온도가 더 높아지므로 더 무거운 원소의 핵융합 반응이 일어나 마지막에는 철로 이루어진 핵이 만들어진다.

5 초신성 폭발이 일어나면 막대한 에너지가 방출되고, 금, 은, 우라늄 등 철보다 무거운 원소가 생성된다.

6 (1) 밀도가 크고, 온도가 낮은 성운일수록 중력 수축하기 쉽기 때문에 별이 탄생할 가능성이 크다.

- (2) 원시별은 중력 수축할 때 위치 에너지가 감소하고, 감소한 에너지 중 일부가 내부의 온도를 높인다.
- (3) 별의 중심부 온도가 약 1000만 K에 도달하면 수소 핵융합 반응이 일어난다.
- (4) 별은 질량이 클수록 에너지 소모율이 커져 수명이 짧아진다.
- (5) 별은 주계열 단계에서 가장 오랫동안 머무르므로 관측되는 별의 약 80%~90%는 주계열성에 속한다.
- (6) ㉠은 질량이 태양 정도인 주계열성으로, 내부 구조는 중심부 핵 → 복사층 → 대류층으로 이루어져 있다.
- (7) 중심부 온도가 약 1800만 K 이상인 별은 탄소·질소·산소 순환 반응이 우세하게 일어난다.

대표 자료 분석 2

290쪽

1 (1) A: 원시별, B: 주계열성, C: 거성, D: 백색왜성 (2) ㉠ 원시별, ㉢ 주계열성, ㉡ 초거성 2 ㉠ 핵-복사층-대류층, ㉡ 대류 핵-복사층 3 1 M_{\odot} 인 별 4 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × (5) ○

1 (1) 질량이 태양 정도인 별($1 M_{\odot}$)은 원시별(A) → 주계열성(B) → 거성(C) → 행성상 성운, 백색왜성(D)의 진화 단계를 거친다.

(2) 질량이 태양의 10배인 별($10 M_{\odot}$)은 원시별(㉠) → 주계열성(㉢) → 초거성(㉡) → 중성자별 또는 블랙홀의 진화 단계를 거친다.

2 질량이 태양 정도인 별($1 M_{\odot}$)은 내부 구조가 중심부 '핵-복사층-대류층'으로 이루어져 있고, 질량이 태양의 10배인 별($10 M_{\odot}$)은 질량이 태양의 1.5배가 넘으므로 중심부 '대류핵-복사층'으로 구성되어 있다.

3 질량이 태양 정도인 별($1 M_{\odot}$)은 진화의 마지막 단계에서 별의 바깥층이 방출되어 행성상 성운이 형성되고, 중심핵은 더욱 수축하여 백색왜성이 된다.

4 (1) B 단계(주계열 단계)의 주요 에너지원은 수소 핵융합 반응으로 발생한 에너지이다.

(2) B 단계의 별(주계열성)은 내부 기체의 압력 차이로 발생한 힘과 중력이 평형을 이루어 별의 크기가 일정하게 유지된다.

(3) ㉢ 단계의 별(주계열성)은 질량이 태양의 1.5배가 넘고, 중심부 온도가 약 1800만 K 이상인 주계열성이다. 따라서 중심부에서는 탄소·질소·산소 순환 반응이 우세하게 일어난다.

(4) 주계열성이 초거성으로 진화할 때(㉢ → ㉡)에는 중심핵을 둘러싼 수소층에서 수소 핵융합 반응이 일어나 바깥층이 팽창하므로 별의 크기가 커진다.

(5) 질량이 $10 M_{\odot}$ 인 별은 중심부의 온도가 계속 높아져 헬륨보다 무거운 원소들의 핵융합 반응이 일어나 최종적으로 철까지 만들어 낼 수 있다.

내신 만점 문제

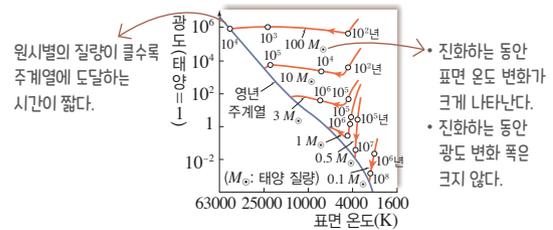
291쪽~294쪽

- 01 ㉡ 02 ㉣ 03 원시별 A: 경로 a, 원시별 B: 경로 d
 04 ㉢ 05 ㉣ 06 ㉤ 07 ㉤ 08 해설 참조
 09 ㉣ 10 ㉢ 11 ㉠ 12 ㉤ 13 ㉤ 14 ㉠
 15 ㉢ 16 ㉠ 17 ㉡ 18 A: 백색왜성, B: 중성자별, C: 블랙홀 19 ㉢

01 나. 원시별은 중력 수축 과정에서 줄어드는 위치 에너지의 일부가 열에너지로 바뀌며 온도가 상승한다.

바로알기 가. 별은 밀도가 크고 온도가 낮은 성운에서 탄생한다. 다. 전주계열성이 중력 수축하여 온도가 약 1000만 K에 이르렀을 중심부에서 수소 핵융합 반응을 하는 주계열에 도달한다.

02 곱셈 문제 분석



나. 주계열에 도달하는 동안 표면 온도의 변화는 원시별의 질량이 $100 M_{\odot} > 10 M_{\odot} > 3 M_{\odot} > 1 M_{\odot} > 0.5 M_{\odot} > 0.1 M_{\odot}$ 인 순서로 나타나고 있다. 따라서 원시별의 질량이 클수록 표면 온도의 변화가 크게 나타난다.

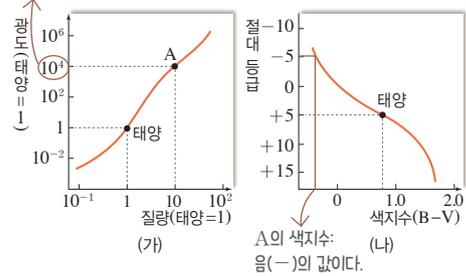
다. 원시별의 질량이 클수록 중력 수축이 빠르게 일어나 중심부 온도가 수소 핵융합 반응이 가능한 온도까지 상승하는 데 걸리는 시간이 짧다. 즉, 원시별의 질량이 클수록 주계열에 도달하는 시간이 짧다.

바로알기 가. 원시별의 질량이 클수록 광도의 변화 폭은 크지 않으며, 광도의 변화는 원시별의 질량이 태양과 비슷하거나 작은 경우 크게 나타난다.

03 A는 질량이 큰 원시별이고, B는 질량이 태양 정도인 원시별이다. 질량이 큰 원시별(A)은 H-R도에서 상대적으로 수평 방향(a)으로 진화하여 표면 온도 변화가 크게 나타난다. 질량이 태양 정도인 원시별(B)은 H-R도에서 상대적으로 수직 방향(d)으로 진화하여 광도 변화가 크게 나타난다.

04 꼼꼼 문제 분석

광도가 태양보다 $10^4 = 100^2$ 배 크다.
 → 태양보다 절대 등급이 10등급 작다. → -5등급

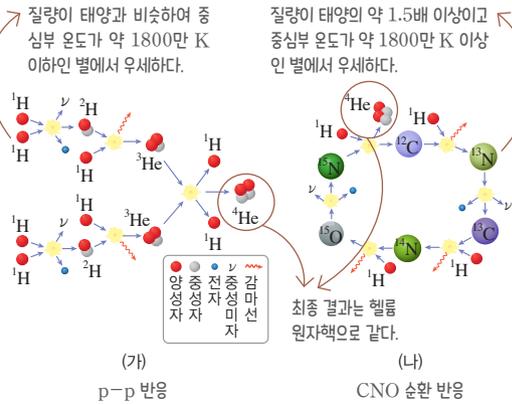


ㄱ. (가)에서 A는 광도가 태양보다 $10^4 = 100^2$ 배 크므로 절대 등급은 태양보다 10등급 작다. 따라서 A는 절대 등급이 -5등급이다. (나)에서 절대 등급이 -5등급인 별의 색지수는 0보다 작으므로, A는 색지수가 음(-)의 값으로 나타난다.

ㄴ. A는 태양보다 질량이 큰 주계열성이므로 중심부 온도는 태양보다 높다. 중심부 온도가 높아질수록 탄소·질소·산소 순환 반응이 우세하게 일어나지만 양성자 양성자 연쇄반응이 멈추는 것은 아니므로, A의 중심부에서는 양성자 양성자 연쇄반응이 일어난다.

바로알기 ㄷ. 주계열성은 질량이 클수록 진화 속도가 빠르다. A는 질량이 태양보다 크므로 태양보다 빠르게 주계열에 도달하였으며, 주계열 단계에 머무는 기간은 태양보다 짧다.

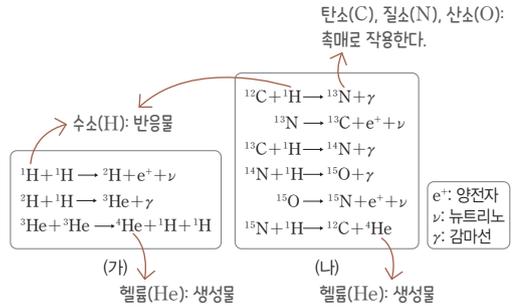
05 꼼꼼 문제 분석



(가)는 p-p 반응이고, (나)는 CNO 순환 반응이다.
 ㄴ. (나)는 수소 핵융합 반응으로, 수소 핵융합 반응은 4개의 수소 원자핵이 융합하여 1개의 헬륨 원자핵을 만드는 반응이다.
 ㄷ. (가) p-p 반응은 질량이 태양 정도인 중심부 온도가 약 1800만 K 이하인 별에서, (나) CNO 순환 반응은 질량이 태양의 약 1.5배 이상이고 중심부 온도가 약 1800만 K 이상인 별에서 우세하게 일어난다. 따라서 중심부에서 (가)가 우세하게 일어나는 별은 (나)가 우세하게 일어나는 별보다 질량이 작다.

바로알기 ㄱ. (가)와 (나)는 수소 핵융합 반응으로 주계열성의 중심핵에서 일어난다.

06 꼼꼼 문제 분석



(가)는 양성자 양성자 연쇄반응(p-p 반응)이고, (나)는 탄소·질소·산소 순환 반응(CNO 순환 반응)이다.

ㄱ. 질량이 태양 정도인 별에서는 양성자 양성자 연쇄반응이 우세하게 일어나므로, 현재 태양에서는 (가) 반응이 우세하게 일어난다.

ㄴ. (나)는 탄소·질소·산소 순환 반응으로, 탄소(C), 질소(N), 산소(O)는 촉매 역할을 한다.

ㄷ. (가)와 (나)의 수소 핵융합 반응 과정에서 감소한 질량은 질량 에너지 등가 원리에 따라 에너지로 전환된다.

07 ㄱ. (가)는 기체의 압력 차에 의한 힘보다 중력이 크다. 원시별은 (가)의 과정으로 중력 수축하면서 줄어든 위치 에너지의 일부가 열에너지로 전환되어 내부 온도가 높아진다.

ㄴ. (나)는 기체의 압력 차에 의한 힘과 중력의 크기가 같아 평형을 이루는 상태로, 이를 정역학 평형이라고 한다.

ㄷ. (다)는 기체의 압력 차에 의한 힘이 중력보다 커서 팽창하는 단계로 거성 단계에 해당한다. 거성 단계에서 별은 팽창하면서 표면 온도가 낮아진다.

08 별 내부의 한 지점에 미치는 힘에는 바깥쪽으로 팽창하려는 기체의 압력 차에 의한 힘과 중심으로 향하는 중력이 있다. 두 힘이 평형을 이루면 별의 크기가 일정하게 유지된다.

모범 답안 별 내부에서 기체의 압력 차에 의한 힘과 중력이 평형을 이루고 있는 상태인 정역학 평형을 유지하고 있기 때문이다.

채점 기준	배점
기체의 압력 차에 의한 힘과 중력을 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
정역학 평형 상태라고만 서술한 경우	50 %

09 ㄴ. 별의 질량이 클수록 수명이 짧다. (가)는 (나)보다 질량이 작은 주계열성이므로 수명이 더 길다.

ㄷ. (가)는 중심부에서 양성자 양성자 연쇄반응이 우세하게 일어나고, (나)는 중심부에서 탄소·질소·산소 순환 반응이 우세하게 일어난다. 따라서 $\frac{\text{양성자 양성자 연쇄반응에 의한 에너지 생성량}}{\text{탄소·질소·산소 순환 반응에 의한 에너지 생성량}}$ 은 (가)가 (나)보다 크다.

바로알기 ㄱ. (가)는 내부 구조가 중심부에서 '핵-복사층-대류층'이므로 질량이 태양 정도인 별이고, (나)는 내부 구조가 중심부에서 '대류핵-복사층'이므로 질량이 태양의 약 1.5배 이상인 별이다. 따라서 질량은 (가)가 (나)보다 작다.

10 질량이 $0.2 M_{\odot}$ 인 별은 전체에서 대류로 에너지를 전달하므로 전체가 주황색 영역인 (다)이다. 주황색은 대류로, 파란색은 복사로 에너지를 전달하는 영역이다. (가)는 중심부에서 대류로 에너지를 전달하고, 복사층이 이를 둘러싸고 있으므로 $5 M_{\odot}$ 인 별이다. (나)는 중심부에서 복사로 에너지를 전달하고, 대류층이 이를 둘러싸고 있으므로 $1 M_{\odot}$ 인 별이다.

ㄱ. (가)~(다)는 모두 주계열성이므로 정역학 평형 상태이다.
 ㄴ. (가)는 $5 M_{\odot}$ 인 별이고, (나)는 $1 M_{\odot}$ 인 별이므로 (가)는 (나)보다 질량이 큰 주계열성이다.

바로알기 ㄷ. (다)는 $0.2 M_{\odot}$ 인 별로, 수소 핵융합 반응이 종료된 후 중력 수축해도 핵융합 반응이 일어나는 온도에 도달하지 못해 거성 단계가 나타나지 않는다.

11 ㄱ. 현재 태양은 주계열성으로 중심핵에서 수소 핵융합 반응이 일어나고 있다. (가)는 중심핵에서 수소 핵융합 반응이 일어나 헬륨이 축적되고 있으므로 현재 시기이다.

바로알기 ㄴ. (나)는 수소와 헬륨의 비율이 별 전체에서 일정한 것으로 보아 주계열성이 된 직후이다.

ㄷ. (다)는 중심핵에서 수소의 비율이 0이므로 수소 핵융합 반응이 종료된 직후이다. 주계열성인 태양의 내부에서 수소 핵융합 반응이 일어나는 곳은 중심핵이므로, 중심에서 멀리 떨어진 곳의 헬륨은 수소 핵융합 반응으로 생성되지 않았다.

12 ㄱ. B는 질량이 태양 정도인 주계열성이고, A는 B보다 H-R도에서 왼쪽 위에 위치하여 질량이 태양의 1.5배가 넘는 주계열성이다. 따라서 A의 중심에는 대류핵이 나타난다.

ㄴ. 별의 질량이 클수록 진화 속도가 빠르다. A는 B보다 질량이 크므로 진화 속도가 빠르다.

ㄷ. 질량이 큰 별(A)은 주계열 이후 광도 변화는 작고, 표면 온도 변화는 크게 나타난다. 질량이 태양 정도인 별(B)은 주계열 이후 표면 온도 변화는 작지만 광도 변화는 상대적으로 크게 나타난다. 따라서 $\frac{\text{표면 온도 변화량}}{\text{광도 변화량}}$ 은 A가 B보다 크다.

13 ㄱ. 별의 질량이 클수록 진화 속도가 빠르므로 진화 속도는 $15 M_{\odot}$ 인 별이 $4 M_{\odot}$ 인 별보다 빠르다.

ㄴ. 주계열성은 질량이 클수록 방출하는 에너지량이 많아 연료를 빨리 소모하기 때문에 주계열에 머무는 기간이 짧아진다. 따라서 주계열에 머무는 기간은 $1 M_{\odot}$ 인 별이 $4 M_{\odot}$ 인 별보다 길다.

ㄷ. 세 별 모두 거성 또는 초거성으로 진화하므로 별이 팽창하면서 평균 밀도가 감소한다.

14 ㄱ. 주계열성은 H-R도의 왼쪽 위에 위치할수록 질량이 크다. 주계열 단계에서 A_0 은 H-R도에서 B_0 보다 오른쪽 아래에 위치하므로 (가)는 (나)보다 질량이 작은 별의 진화 경로이다.

바로알기 ㄴ. (가)는 질량이 태양 정도인 별의 진화 경로이다. 따라서 별이 $A_1 \rightarrow A_4$ 동안 적색 거성으로 진화하면서 중심부에서 탄소, 산소까지 생성된다. (나)는 질량이 태양보다 매우 큰 별의 진화 경로이다. 따라서 별이 $B_1 \rightarrow B_4$ 동안 초거성으로 진화하여 중심부에서 더 무거운 원소의 핵융합 반응이 일어나 철까지 생성될 수 있다.

ㄷ. (가)의 $A_0 \rightarrow A_4$ 동안의 광도 변화량은 (나)의 $B_1 \rightarrow B_4$ 동안의 광도 변화량보다 크므로, 절대 등급의 변화량은 (가)가 (나)보다 크다.

15 ㄱ. 질량이 태양보다 매우 큰 별은 중심부의 온도가 높아 헬륨 핵융합 반응 이후에도 무거운 원소의 핵융합 반응이 일어나 최종적으로 철(Fe)까지 생성된다. 그림에서 중심핵에 철(Fe)이 분포하므로 질량이 태양보다 매우 큰 별의 내부 구조이다.

ㄷ. 별의 중심핵에서는 점점 높은 온도에서 핵융합 반응이 일어나 무거운 원소가 생성되므로, 중심으로 갈수록 무거운 원소로 이루어진 구조가 된다. 따라서 중심 쪽에 있는 원소일수록 높은 온도에서 생성된 것이다.

바로알기 ㄴ. 질량이 태양보다 매우 큰 별은 초신성 폭발 후 초신성 잔해와 중심부에 밀도가 높은 중성자별이나 블랙홀을 형성할 것이다.

16 ㄱ. (가)는 중심부에 최종적으로 탄소와 산소로 구성된 핵이 존재하므로 질량이 태양 정도인 별이다. (나)는 중심부에 최종적으로 철로 구성된 핵이 존재하므로 질량이 태양보다 매우 큰 별이다. 따라서 질량은 (가)가 (나)보다 작다.

바로알기 ㄴ. 별의 질량이 클수록 수명이 짧다. (가)는 (나)보다 질량이 작으므로 수명이 더 길다.

ㄷ. (가)의 중심부에는 헬륨 핵융합 반응으로 만들어진 탄소(C)가 존재한다. 헬륨 핵융합 반응은 중심부 온도가 약 1억 K 이상일 때 일어난다.

17 **ㄷ.** 별의 진화 과정에서 만들어진 무거운 원소들은 행성상 성운 형성이나 초신성 폭발 등의 과정으로 우주로 방출되어 성간 물질로 존재하다가, 새로운 별의 재료로 사용될 것이다.

ㄱ. 태양보다 질량이 매우 큰 별의 진화 과정에서 초신성 폭발 후 (가)의 초신성 잔해가 형성되고, 중심핵은 중성자별 또는 블랙홀이 된다. 블랙홀은 내부의 빛을 관측할 수 없으므로, A는 중성자별이다. 질량이 태양 정도인 별은 수축과 팽창을 반복하다가 별의 바깥 부분이 우주 공간으로 방출되어 (나)의 행성상 성운이 만들어진 후 중심핵은 백색왜성(B)이 된다.

ㄴ. (가)는 질량이 태양보다 매우 큰 별의 진화 과정에서 형성되고, (나)는 질량이 태양 정도인 별의 진화 과정에서 형성된다. 따라서 (가)는 (나)보다 질량이 큰 별의 진화 과정에서 형성되었다.

18 중심핵 질량이 태양 질량의 1.4배 이하인 별의 최종 진화 단계는 백색왜성(A)이고, 중심핵 질량이 태양 질량의 1.4배보다 크고 3배보다 작은 별의 최종 진화 단계는 중성자별(B)이다. 중심핵 질량이 태양 질량의 3배 이상이면 최종적으로 블랙홀(C)이 형성된다.

19 **ㄱ.** 중심핵의 질량이 클수록 중력이 크게 작용하므로 밀도가 커진다. A는 백색왜성이고, C는 블랙홀이므로 A는 C보다 밀도가 작다.

ㄴ. B는 중성자별이므로 주로 중성자로 구성되어 있다.

ㄷ. 중성자별(B)과 블랙홀(C)은 초신성 폭발 과정을 거치면서 형성되지만, 백색왜성(A)는 행성상 성운 과정을 거치면서 형성된다.

실력 UP 문제

295쪽

- 01 ① 02 ③ 03 ② 04 ③

01 헬륨 핵융합 반응은 p-p 반응과 CNO 순환 반응보다 높은 온도에서 일어난다. 따라서 상대적으로 가장 높은 온도에서 일어나는 (다)는 헬륨 핵융합 반응이다. 상대적으로 낮은 온도에서는 p-p 반응이 CNO 순환 반응보다 우세하게 일어나므로 (가)는 p-p 반응이고, (나)는 CNO 순환 반응이다.

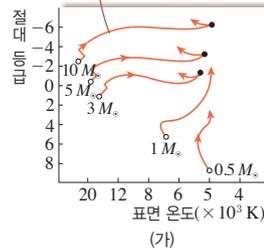
ㄱ. (가)의 p-p 반응과 (나)의 CNO 순환 반응은 모두 수소 핵융합 반응이다.

ㄴ. 질량이 태양 정도인 별의 중심부에서는 (가) p-p 반응이 (나) CNO 순환 반응보다 우세하게 일어난다.

ㄷ. 거성의 중심핵에서는 헬륨 핵융합 반응이 일어나고, 중심핵을 둘러싼 수소층에서는 수소 핵융합 반응이 일어난다.

02 — **꼼꼼 문제 분석**

단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 에너지량(E)은 표면 온도(T)의 4제곱에 비례한다. ($E = \sigma T^4$)
 ⇒ 표면 온도가 낮아지는 동안 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 에너지량은 감소한다.



ㄱ. 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 에너지량(E)은 표면 온도(T)의 4제곱에 비례한다. ($E = \sigma T^4$) 따라서 (가)에서 별은 표면 온도가 낮아지는 동안 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 에너지량이 감소한다.

ㄴ. (나)에서 헬륨 핵은 수축하고 바깥층은 팽창하므로 거성 또는 초거성으로 진화하는 단계의 내부 구조이다. 이 과정에서 별은 팽창하므로 별의 반지름은 커지고 평균 밀도는 작아진다.

ㄷ. 정역학 평형은 기체의 압력 차에 의한 힘과 중력이 평형을 이루어 크기가 일정하게 유지되는 상태이다. (나)는 팽창하고 있으므로 정역학 평형 상태가 아니다.

03 — **꼼꼼 문제 분석**

중심부의 수소 비율이 0이다.
 ⇒ 수소 핵융합 반응이 종료된 상태 중심부의 수소 비율이 별 전체에서 같다.
 ⇒ 주계열 단계가 종료되는 시점 ⇒ 주계열이 된 직후: 영년 주계열



중심부의 수소 비율이 낮아졌지만 0이 아니다. ㉠ 구간: 수소 비율이 일정하다.
 ⇒ 수소 핵융합 반응이 진행 중인 상태 ⇒ 물질이 뒤섞이는 구간이다.
 ⇒ 주계열 단계 ⇒ 대류로 에너지가 전달된다.

ㄴ. ㉠ 구간은 깊이에 따른 수소의 질량비가 일정하다. 이는 ㉠ 구간에서 물질이 뒤섞인다는 것을 의미하므로 물질의 직접적인 이동인 대류에 의해 에너지가 전달된다.

바로알기 ㄱ. (가)는 중심부에서 수소의 질량비가 0이므로 주계열 단계가 종료되는 시점이고, (나)는 수소의 질량비가 별 전체에서 같으므로 영년 주계열 시기이다. (다)는 중심부에서 수소의 질량비가 (나)보다 낮지만 0은 아니므로 수소 핵융합 반응이 진행되는 상태, 즉 주계열 단계이다. 따라서 오래된 시기부터 나열하면 (나) → (다) → (가)이다.

ㄷ. 이 별은 중심부에 대류핵이 존재하므로 질량이 태양의 약 1.5배 이상인 별이다. 질량이 태양의 약 1.5배 이상인 별은 중심부 온도가 약 1800만 K 이상으로, p-p 반응보다 CNO 순환 반응으로 더 많은 에너지가 생성된다.

04 I은 주계열 단계, II는 거성 단계, III은 별의 마지막 단계이다.

ㄱ. 진화의 마지막 단계에서 A는 행성상 성운이 생성되므로 질량이 태양 정도인 별이고, B는 초신성 폭발이 일어나므로 질량이 태양보다 매우 큰 별이다. 별은 질량이 클수록 주계열 단계(I)에 짧게 머무르므로 A가 B보다 I 단계의 지속 시간이 길다.

ㄴ. 거성 단계에서 별은 팽창하면서 광도가 커지므로 절대 등급은 작아진다. 따라서 별은 주계열 단계(I)보다 거성 단계(II)에서 절대 등급이 작다.

바로알기 ㄷ. (가)는 질량이 태양 정도인 별의 마지막 단계이므로 백색왜성이고, (나)는 질량이 태양보다 매우 큰 별의 마지막 단계이므로 중성자별 또는 블랙홀이다.

04 / 은하의 분류와 특징

개념 확인 문제

299쪽

- 1 가시광선 2 타원 3 나선 4 불규칙 5 전파 6 세이퍼트
- 7 퀘이사 8 중력

- 1 (가) 타원 은하 (나) 정상나선 은하 (다) 불규칙 은하 2 ㉠ 막대, ㉡ 정상나선, ㉢ 막대나선, ㉣ 막대나선 3 (1) × (2) ○ (3) ×
- 4 블랙홀 5 (1) 세이퍼트 은하 (2) 퀘이사 (3) 전파 은하
- 6 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○

1 (가)는 타원 모양의 타원 은하이고, (나)는 중심부의 모양이 둥근 정상나선 은하이다. (다)는 일정한 모양이나 규칙적인 구조가 나타나지 않는 불규칙 은하이다.

2 나선 은하는 막대 모양 구조의 유무에 따라 중심부에 막대 모양 구조가 없이 둥근 정상나선 은하와 막대 모양의 구조가 있는 막대나선 은하로 구분하며, 우리은하는 막대나선 은하에 속한다.

3 (1) 타원 은하는 타원의 편평한 정도에 따라 E0~E7의 8가지로 세분하며, 가장 납작한 형태는 E7이다.

(2) 나선 은하의 나선팔에는 성간 물질이 상대적으로 풍부하고, 젊고 파란색을 띠는 별이 많이 분포한다.

(3) 타원 은하는 대부분 늙고 붉은색을 띠는 별들로 이루어져 있고, 불규칙 은하는 주로 젊고 파란색을 띠는 별들로 이루어져 있다. 따라서 늙고 붉은색인 별의 비율은 타원 은하가 불규칙 은하보다 높다.

4 특이 은하에는 유난히 밝은 중심핵이 있으며, 중심부에는 거대 질량의 블랙홀이 존재하는 것으로 추정된다. 따라서 강한 중력으로 물질이 가속되면서 엄청난 양의 에너지를 제트 형태로 방출하는 것으로 알려져 있다.

5 (1) 세이퍼트 은하는 가시광선 영역에서 대부분 나선 은하로 관측되며, 일반 은하에 비해 밝은 핵과 스펙트럼에서 강하고 폭이 넓은 방출선이 나타난다.

(2) 퀘이사는 매우 멀리 있어 별처럼 관측되며, 우주 초기에 형성된 은하이다. 퀘이사는 은하 전체의 광도에 대한 중심부의 광도가 매우 크다.

(3) 전파 은하는 일반 은하에 비해 전파 영역에서 강한 에너지를 방출하는 은하이다. 전파 영역에서 보면 전파 은하는 은하 중심핵에서 양쪽으로 뻗은 제트와 둥근 로브를 관측할 수 있다.

6 (1) 전파 은하는 가시광선 영역에서 관측하면 대부분 타원 은하로 관측된다.

(2) 세이퍼트 은하는 스펙트럼에서 폭이 넓은 방출선이 나타나는데, 이는 중심핵 주변의 성운이 은하의 중심 주위를 빠르게 회전하고 있다는 것을 의미한다.

(3) 퀘이사는 매우 먼 거리에 위치하며, 초기 우주에서 형성된 천체이다.

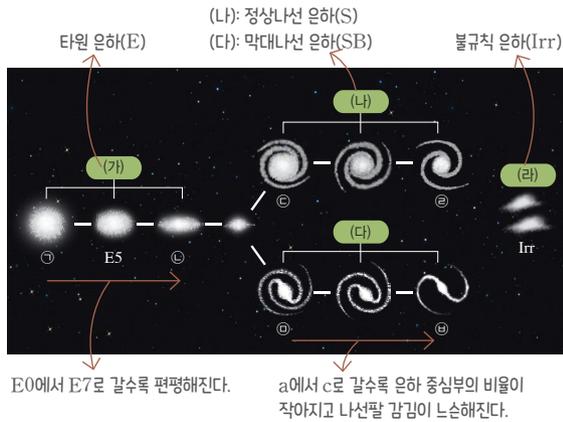
(4) 은하들은 서로 가까워지는 중력의 영향으로 충돌하고 병합될 수 있으며, 그 과정에서 새로운 별이 탄생하기도 한다.

대표 자료 분석 1

300쪽

- 1 (가) 타원 은하 (나) 정상나선 은하 (다) 막대나선 은하 (라) 불규칙 은하 2 ㉠ E0, ㉡ E7, ㉢ Sa, ㉣ Sc, ㉤ SBa, ㉥ SBc
- 3 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○

꼼꼼 문제 분석



1 허블은 외부 은하를 모양(형태)을 기준으로 (가) 타원 은하, (나), (다) 나선 은하, (라) 불규칙 은하로 분류하였다. 나선 은하는 막대 모양 구조의 유무에 따라 (나) 정상나선 은하와 (다) 막대 나선 은하로 세분하였다.

2 • ㉠, ㉡: 타원 은하(E)는 E0에서 E7로 갈수록 편평해진다. ㉠은 원 모양이고, ㉡은 납작한 타원 모양이므로 ㉠은 E0, ㉡은 E7이다.

• ㉢, ㉣, ㉤, ㉥: 정상나선 은하(S)와 막대나선 은하(SB)는 a에서 c로 갈수록 은하 중심부의 비율이 작아지고 나선팔 감김이 느슨해진다. ㉣은 ㉢보다, ㉥은 ㉤보다 은하 중심부의 비율이 작고 나선팔의 감김이 느슨하므로 ㉢은 Sa, ㉣은 Sc, ㉤은 SBa, ㉥은 SBc이다.

3 (1) 허블의 은하 분류 체계는 은하를 모양(형태)에 따라 분류한 것으로, 진화 과정과는 관계가 없다.

(2) (가) 타원 은하는 대부분 높고 붉은색 별들로 이루어져 있다.

(3) 나선 은하는 나선팔에 성간 물질이 많이 분포하고, 타원 은하에는 성간 물질이 거의 없다. 따라서 정상나선 은하인 (나)는 타원 은하인 (가)보다 성간 물질의 비율이 높다.

(4) 우리은하는 막대나선 은하인 (다)에 속한다.

01 A는 규칙적인 모양(형태)이 있는 은하이고, B는 불규칙 은하이다. C는 타원 은하이고, D는 나선 은하이다. 나선 은하 중 D₁는 정상나선 은하, D₂는 막대나선 은하이다.

ㄱ. 허블은 가시광선 영역에서 관측되는 은하를 모양에 따라 분류하였다.

ㄴ. 우리은하는 허블의 은하 분류의 따르면 막대나선 은하이므로 D₂에 속한다.

바로알기 ㄴ. 허블의 은하 분류는 은하의 진화와는 관련이 없는 형태학적 은하 분류이다.

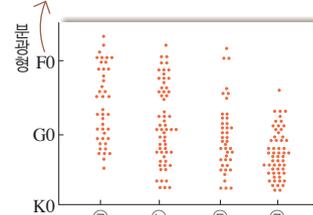
02 ㄱ. (가)는 특정한 모양이 없는 은하이므로 불규칙 은하이다. 불규칙 은하는 상대적으로 파란색을 띤다.

바로알기 ㄴ. (나)는 타원 은하이다. 타원 은하는 성간 물질이 거의 없고, 불규칙 은하는 성간 물질이 풍부하게 존재한다. 따라서 타원 은하는 나선 은하보다 성간 물질의 비율이 낮다.

ㄴ. (다)는 나선팔이 있는 나선 은하이다. 나선 은하는 은하 전체에 대한 중심부의 비율과 나선팔이 감긴 정도에 따라 a, b, c로 세분된다.

03 꼼꼼 문제 분석

분광형이 F0 → G0 → K0형으로 갈수록 표면 온도가 낮아진다.
 → ㉠ → ㉡ → ㉢ → ㉣로 갈수록 표면 온도가 낮은 별이 많다.



나선 은하 → Sa → Sb → Sc로 갈수록 은하 중심부의 비율이 작다. → Sa → Sb → Sc로 갈수록 표면 온도가 낮은 별이 적다.
 타원 은하 → 대체로 별의 표면 온도가 낮다.

㉠ → ㉡ → ㉢ → ㉣로 갈수록 표면 온도가 낮은 별이 많이 분포한다. 타원 은하는 나선 은하보다 표면 온도가 낮은 붉은색 별이 많이 분포하므로, ㉢은 타원 은하(E3), ㉠~㉡은 나선 은하이다. 나선 은하의 은하핵에는 표면 온도가 낮은 붉은색 별이 주로 분포하고, a에서 c로 갈수록 은하 중심부의 비율이 낮아진다. 따라서 ㉠은 Sc 은하, ㉡은 Sb 은하, ㉢은 Sa 은하이다.

ㄱ. ㉠은 나선 은하이므로 나선팔이 존재한다.

ㄴ. 안드로메다은하는 우리은하를 향해 다가오고 있으며, 충돌하여 거대 타원 은하가 될 것으로 예측하고 있다.

바로알기 ㄴ. a에서 c로 갈수록 은하 중심부의 비율이 낮아진다. ㉡은 Sb 은하, ㉢은 Sa 은하이므로 ㉡은 ㉢보다 은하 중심부의 비율이 낮다.

나신 만점 문제

301쪽~303쪽

- 01 ㉢
- 02 ㉠
- 03 ㉢
- 04 ㉠
- 05 ㉠
- 06 ㉠
- 07 ㉤
- 08 ㉡
- 09 ㉣
- 10 해설 참조
- 11 ㉢

04 (가)는 타원 은하, (나)는 막대나선 은하이다.

ㄱ. 우리은하는 막대나선 은하에 속하므로, (나)와 형태가 유사하다.

바로알기 ㄴ. 타원 은하는 비교적 늙고 붉은색 별들로 이루어져 있고, 나선 은하의 나선팔에는 젊고 파란색의 별들이 주로 분포한다. 따라서 은하를 구성하는 별들의 평균 나이는 타원 은하인 (가)가 막대나선 은하인 (나)보다 많다.

ㄷ. 어떤 모양의 은하가 다른 특정한 모양의 은하로 진화하지는 않는다.

05 ㄱ. (가)~(다) 모두 중심부를 가로지르는 막대 모양의 구조가 있는 막대나선 은하이다.

바로알기 ㄴ. a에서 c로 갈수록 은하 전체에 대한 중심부의 비율이 작아지고 나선팔의 감김이 느슨해진다. (나) → (다) → (가)로 갈수록 은하 중심부의 비율이 작아지고 나선팔의 감김이 느슨해지므로, (가)는 c로, (나)는 a로, (다)는 b로 세분된다.

ㄷ. 나선팔은 중심부에 비해 성간 물질의 비율이 높다. 은하 전체에 대한 중심부의 비율은 (가)가 가장 작으므로, 성간 물질의 비율은 (가)가 가장 높다.

06 ㄱ. 전파 영상에서는 중심핵에서 뿔어나오는 제트와, 제트와 연결된 대칭적인 둥근 로브가 보인다.

바로알기 ㄴ. 전파 영역이 엑스선과 가시광선보다 긴 파장 영역에 있으므로 가장 긴 파장 영역으로 관측한 것은 (가)이다.

ㄷ. 허블의 은하 분류는 가시광선 영역에서 관측되는 은하의 형태를 기준으로 분류한 것으로, 전파 은하는 허블의 분류에 따르면 주로 타원 은하로 분류된다.

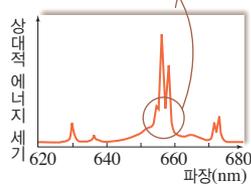
07 **꼼꼼 문제 분석**

가시광선 영역에서 나선 은하로 관측된다.



(가)

스펙트럼의 선폭이 넓다.



(나)

ㄱ. 가시광선 영역에서 나선 은하로 관측되고, 스펙트럼의 선폭이 넓은 것으로 보아 세이퍼트 은하이다.

ㄴ. 세이퍼트 은하는 특이 은하이다. 특이 은하는 강한 에너지를 방출하는 활동성이 강한 은하핵이 있으므로 중심부에 거대 질량의 블랙홀이 있을 것으로 추정된다.

ㄷ. 넓은 방출선은 은하의 중심핵 부근의 성운이 중심 주위를 빠른 속도로 회전하기 때문에 나타난다.

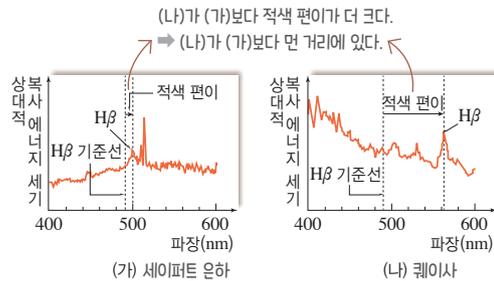
08 그림은 가시광선 영역에서 특정한 구조로 관측되지 않고, 별처럼 보이는 퀘이사이다.

ㄷ. 퀘이사는 특이 은하이다. 특이 은하는 일반 은하에 비해 중심부에서 강한 전파나 X선 등 막대한 양의 에너지를 방출하는 특징이 있다.

바로알기 ㄱ. 퀘이사는 수 일~ 수 주에 걸쳐 빠르게 밝기가 변한다.

ㄴ. 퀘이사는 매우 먼 거리에서 빠른 속도로 멀어져 가고 있어 적색 편이가 매우 크게 나타난다.

09 **꼼꼼 문제 분석**



스펙트럼의 적색 편이가 훨씬 크게 나타나는 (나)가 퀘이사이고, (가)는 세이퍼트 은하이다.

ㄴ. (나)는 스펙트럼의 적색 편이가 나타나므로 우리은하로부터 멀어지고 있다.

ㄷ. (가)는 (나)보다 적색 편이가 작게 나타나므로 더 가까운 거리에 위치한다.

바로알기 ㄱ. 세이퍼트 은하는 가시광선 영역에서 대부분 나선 은하로 관측된다.

10 **모범 답안** 중심부에서 엄청난 양의 에너지를 방출한다. 중심부에 거대 질량의 블랙홀이 존재한다. 등

채점 기준	배점
전파 은하, 세이퍼트 은하, 퀘이사에서 나타나는 공통점 한 가지를 옳게 서술한 경우	100 %
공통점을 옳게 서술하지 못한 경우	0 %

11 ㄱ. 충돌하는 두 은하 사이에는 중력이 작용하므로 서로 가까워지다가 충돌하게 된다.

ㄴ. 두 은하가 충돌하는 과정에서 은하 내의 성간 물질이 압축되어 밀도가 커지고, 이로 인해 성운이 중력 수축하여 새로운 별의 탄생이 활발해진다.

바로알기 ㄷ. 별의 크기보다 별 사이의 공간이 훨씬 크기 때문에 두 은하가 충돌하더라도 은하 내의 별들이 직접 충돌하는 일은 거의 없다.

01 ④ 02 ⑤

01 불규칙 은하는 표면 온도가 높고 젊은 별이 많이 분포한다. 따라서 불규칙 은하는 색지수가 가장 작게 나타나는 (나)이다. 타원 은하는 규모가 다양하고, 표면 온도가 낮아 늙은 별들이 많다. 따라서 타원 은하는 지름의 범위가 다양하고, 색지수가 가장 크게 나타나는 (다)이다. (가)는 나선 은하이다.

나. (나)는 불규칙 은하이다. 불규칙 은하는 성간 물질이 풍부하여 새로운 별의 탄생을 활발하다.

다. (다)는 타원 은하이다. 타원 은하는 상대적으로 늙고 붉은색을 띠는 별이 많이 분포하여 상대적으로 가장 붉은색을 띤다.

바로알기 가. (가)는 나선 은하이므로 나선팔이 관측된다.

02 가. (가)는 나선 은하이다. (나)는 별처럼 보이고, 스펙트럼의 적색 편이가 크게 나타나는 것으로 보아 퀘이사이다. 따라서 (가)와 (나)는 모두 은하이다.

나. NGC 2276의 스펙트럼에서는 적색 편이가 나타나므로, 우리은하로부터 멀어지고 있다.

다. 3C 273은 퀘이사로, 중심핵 주변의 성운의 빠른 회전으로 인해 스펙트럼의 방출선의 폭이 넓게 나타난다.

05 / 우주의 진화

개념 확인 문제

- 1 정적 2 팽창 3 적색 4 빠르다 5 허블-르메트르
6 허블 상수 7 허블 상수 8 팽창

- 1 (1) (다) (2) (가) 2 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ 3 (1) 70
(2) 200 4 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) ×

1 (1) 적색 편이량이 클수록 은하의 후퇴 속도가 빠르다. 은하 (다)가 적색 편이량이 가장 크므로 가장 빠른 속도로 멀어진다.

(2) 후퇴 속도가 빠를수록 멀리 있는 은하이다. (가)가 적색 편이량이 가장 작아 후퇴 속도가 가장 느리므로 가장 가까운 거리에 위치한다.

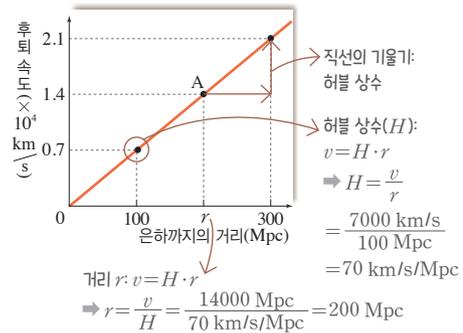
2 (1) 허블-르메트르 법칙에 따르면 외부 은하의 후퇴 속도는 그 은하까지의 거리에 비례하여 커진다.

(2) 외부 은하의 후퇴 속도가 빠를수록 멀리 있는 은하이므로 스펙트럼에서 적색 편이량이 크게 나타난다.

(3) 허블-르메트르 법칙에서 그래프의 기울기($\frac{\text{후퇴 속도}}{\text{거리}}$)는 허블 상수를 의미한다. 따라서 허블 상수는 외부 은하의 후퇴 속도를 거리로 나눈 값이다.

(4) 허블 상수는 우주가 얼마나 빠르게 팽창하는지를 나타내는 상수이므로, 허블 상수가 클수록 우주의 팽창 속도가 빠르다는 것을 의미한다.

3 - **꼼꼼 문제 분석**



(1) 허블 상수(H)는 $v = H \cdot r$ 에서 $H = \frac{v}{r}$ 이므로 $\frac{7000 \text{ km/s}}{100 \text{ Mpc}} = 70 \text{ km/s/Mpc}$ 이다.

(2) 은하 A까지의 거리(r)는 $v = H \cdot r$ 에서 $r = \frac{v}{H}$ 이므로 $\frac{14000 \text{ km/s}}{70 \text{ km/s/Mpc}} = 200 \text{ Mpc}$ 이다.

4 (1) 은하가 멀어지는 속력이 거리에 비례하여 증가하는 것은 우주 공간이 모든 방향에서 균일하게 팽창한다는 것을 의미한다.

(2) 우주는 모든 방향으로 팽창하고 있으므로 어느 방향의 은하를 보아도 적색 편이가 관측된다.

(3) 멀리 있는 은하일수록 거리에 비례하여 더 빠른 속도로 멀어진다.

(4) 다른 은하에서 관측하더라도 우리은하가 멀어지고 있으므로 우리은하를 팽창하는 우주의 중심이라고 할 수 없다.

완자샘 비법 특강

Q1 현재 우주는 팽창 속도가 점점 빨라지고 있다(가속 팽창).

Q1 현재 우주는 암흑 에너지의 비율이 점점 증가하여 팽창 속도가 점점 빨라지고 있다.

개념 확인문제

312쪽

- 1 빅뱅(대폭발) 2 정상 3 3 : 1 4 우주 배경 복사 5 평탄성 6 급팽창 7 암흑 물질 8 암흑 에너지 9 가속 팽창

1 (1) ㉠ 일정하고, ㉡ 감소하며, ㉢ 감소한다 (2) ㉠ 증가하고, ㉡ 일정하다 2 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) ○ 3 ㉠ 지평선, ㉡ 평탄성, ㉢ 급팽창 4 A: 암흑 에너지, B: 암흑 물질, C: 보통 물질 5 ㉠ 가속 팽창, ㉡ 암흑 에너지

1 (1) 빅뱅(대폭발) 우주론에 따르면 우주는 총 질량이 일정(㉠)한데 계속 팽창하므로 우주의 평균 밀도는 감소(㉡)하고 온도는 낮아진다(㉢).

(2) 정상 우주론에 따르면 우주는 팽창하면서 새로 생긴 공간에 새로운 물질이 만들어지며, 질량은 증가(㉠)하고 밀도는 일정(㉡)하다.

2 (1) 빅뱅 우주론은 가모프가 주장한 우주론이다.

(2) 현재 우주에 존재하는 헬륨은 대부분 초기 우주에서 일어난 핵합성으로 생성되었으므로 초기 우주에서 수소와 헬륨의 질량비 약 3 : 1은 현재 우주에서 관측되는 수소와 헬륨의 질량비와 거의 같다. 우주에 분포하는 수소와 헬륨의 질량비는 빅뱅 우주론에서 예측한 값과 일치하므로 빅뱅 우주론의 증거가 된다.

(3) 빅뱅 이후 약 3분이 되었을 때 양성자 2개와 중성자 2개가 결합하여 헬륨 원자핵이 형성되었다.

(4) 우주 배경 복사는 빅뱅 이후 약 38만 년이 되었을 때 물질로부터 빠져나와 우주 전체에 균일하게 퍼져 있는 빛이다.

(5) 우주 배경 복사는 우주의 온도가 약 3000 K일 때 방출되었으며, 우주 팽창으로 점차 식어서 현재는 약 2.7 K의 흑체 복사와 같은 파장으로 관측된다.

3 빅뱅 우주론은 우주에 분포하는 수소와 헬륨의 질량비, 우주 배경 복사와 같은 강력한 관측적 증거들이 발견되었으나, 설명할 수 없는 문제들이 있었다.

• 지평선 문제: 우주의 지평선의 반대쪽 양 끝 지역은 서로 상호작용할 수 없는데, 모든 하늘에서 거의 같은 온도로 관측되는 까닭을 설명할 수 없는 문제이다.

• 평탄성 문제: 현재 우주는 거의 평탄하게 관측되는데, 우주의 밀도가 임계 밀도와 거의 일치하는 까닭을 설명할 수 없는 문제이다.

➔ 기존 빅뱅 우주론 모형으로 설명하기 어려운 문제들을 보완하기 위해 구스는 우주가 빅뱅 직후 매우 짧은 시간 동안 급격하게 팽창하였다는 급팽창 우주론을 제시하였다.

4 현재 우주는 물질(보통 물질+암흑 물질)과 암흑 에너지로 구성되어 있으며, 암흑 에너지 > 암흑 물질 > 보통 물질 순으로 분포한다.

5 우주가 가속 팽창한다면 멀리 있는 Ia형 초신성은 일정한 속도로 팽창하는 우주에서 예상한 밝기보다 밝게 보여야 하지만 실제 관측 결과는 먼 거리에 위치할수록 어둡게 보였다. 이 현상은 가속 팽창(㉠) 우주론으로 설명되며, 가속 팽창 우주는 현재 우주의 팽창 속도가 점점 빨라지고 있다는 것을 의미한다. 현재 우주가 가속 팽창하려면 우주에서 척력으로 작용하는 미지의 성분인 암흑 에너지(㉡)가 필요하다.

대표 자료 분석 1

313쪽

1 ㉠ 16, ㉡ 0.04, ㉢ 12000 2 60 km/s/Mpc 3 ㉠ 허블 상수, ㉡ 빨라, ㉢ 적어 4 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ○ (5) ○ (6) × (7) ×

1 • ㉠: 파장 변화량은 $416 \text{ nm} - 400 \text{ nm} = 16 \text{ nm}$ 이다.

• ㉡: 적색 편이(z)는 파장 변화량($\Delta\lambda$)을 원래의 흡수선 파장(λ_0)으로 나눈 값이므로, $z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{16 \text{ nm}}{400 \text{ nm}} = 0.04$ 이다.

• ㉢: 후퇴 속도는 $v = c \times \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = c \times z = (3 \times 10^5 \text{ km/s}) \times 0.04 = 12000 \text{ km/s}$ 이다.

2 은하 (가)의 관측 결과로 허블 상수(H)를 구하면, $v = H \cdot r$

에서 $H = \frac{v}{r} = \frac{12000 \text{ km/s}}{200 \text{ Mpc}} = 60 \text{ km/s/Mpc}$ 이다.

3 ㉠: 외부 은하의 거리와 후퇴 속도의 관계 그래프에서 가로축은 거리(r), 세로축은 후퇴 속도(v)이므로 기울기($\frac{v}{r}$)는 허블 상수(H)를 의미한다.

㉡: 기울기인 허블 상수는 우주의 팽창 속도를 의미하므로, 허블 상수가 커질수록 은하의 후퇴 속도는 빨라진다.

㉢: 우주의 나이는 허블 상수의 역수로 구할 수 있으므로 기울기인 허블 상수가 커질수록 우주의 나이는 적어진다.

4 (1) (가)~(다)의 스펙트럼에서는 흡수선의 파장이 길어졌으므로 적색 편이가 나타난다.

(2) 은하와의 거리가 가까울수록 흡수선의 파장 변화량이 작게 나타난다.

- (3) $v=c \times \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0}$ 에서 흡수선의 파장 변화량($\Delta\lambda$)은 후퇴 속도(v)에 비례하고, 후퇴 속도는 은하까지의 거리에 비례하므로, 흡수선의 파장 변화량은 은하까지의 거리에 비례한다. 은하 (가)의 스펙트럼의 파장 변화량은 16 nm이므로, (가)보다 2배 멀리 떨어진 스펙트럼의 파장 변화량은 32 nm이다. 따라서 $400 \text{ nm} + 32 \text{ nm} = 432 \text{ nm}$ 로 관측된다.
- (4) 외부 은하의 거리와 후퇴 속도의 관계 그래프에서 외부 은하의 후퇴 속도는 그 은하까지의 거리에 비례하여 커진다.
- (5) 외부 은하의 거리(r)와 후퇴 속도(v)의 관계 그래프에서 기울기의 역수($\frac{r}{v}$)는 우주의 나이를 의미한다.
- (6) 멀리 있는 외부 은하일수록 후퇴 속도가 빠르고 적색 편이가 크게 나타난다. 이는 우주가 팽창하여 은하들 사이의 간격이 점점 멀어지고 있음을 의미한다.
- (7) 우리은하가 아닌 다른 은하에서 보더라도 은하들 사이의 거리는 멀어지는 것으로 관측된다. 따라서 우주의 중심을 특정한 한 점으로 정할 수 없다.

- (4) 우주 배경 복사는 빅뱅 이후 약 38만 년이 지났을 때 방출된 빛이다.
- (5) 현재 우주는 완벽할 정도로 평탄한 곡률이 거의 0인 우주인데, 빅뱅 우주론에서는 그 까닭을 설명하지 못한다. 급팽창 우주론(㉠)에서는 우주가 급격히 팽창하여 공간의 크기가 매우 커지면 관측되는 우주의 영역은 평탄하게 보인다고 설명한다.
- (6) 현재 관측 가능한 우주의 크기가 실제 우주보다 크기가 작은 까닭은 우주 탄생 초기에 우주가 급격히 팽창하였다는 급팽창 우주론(㉠)으로 설명할 수 있다.
- (7) 현재 우주 배경 복사의 온도가 하늘의 모든 방향에서 거의 같은 것(=지평선 문제)은 ㉠의 A 시기에 일어난 급팽창으로 설명된다.
- (8) (나)의 B 시기에 곡선의 기울기가 점점 감소하므로 우주는 팽창 속도가 점점 감소하고 있다. B 시기에 우주는 감속 팽창하므로 우주에서 중력으로 작용하는 물질의 밀도가 척력으로 작용하는 암흑 에너지의 밀도보다 크다.
- (9) (나)의 C 시기에 곡선의 기울기가 점점 증가하므로 우주는 팽창 속도가 점점 증가하고 있다. C 시기에 우주는 물질보다 암흑 에너지가 우세하게 작용하여 가속 팽창하며, 암흑 에너지는 시간이 지나도 항상 밀도가 일정하다.

대표 자료 분석 2

314쪽

1 ㉠ 빅뱅(대폭발) 우주론, ㉡ 급팽창 우주론 2 지평선 문제, 평탄성 문제, 자기 홀극 문제 3 ㉠ 가속, ㉡ 암흑 에너지 4 (1) × (2) ○ (3) × (4) × (5) × (6) ○ (7) ○ (8) ○ (9) ×

- 1 ㉡에서 우주의 크기가 급격히 커지는 구간이 있으므로 ㉡은 급팽창 우주론이고, ㉠은 빅뱅(대폭발) 우주론이다.
- 2 급팽창 우주론은 빅뱅 우주론으로 설명할 수 없었던 지평선 문제, 평탄성 문제, 자기 홀극 문제를 해결하였다.
- 3 C 시기에는 곡선의 기울기가 증가하고 있으므로, 우주는 가속 팽창한다. 팽창 속도를 변화시키는 요인은 우주에서 척력으로 작용하여 팽창을 가속시키는 암흑 에너지이다.
- 4 (1) ㉠ 빅뱅(대폭발) 우주론은 가모프가 주장하였고, ㉡ 급팽창 우주론은 구스가 주장하였다.
 (2) (가)에서 A 시기 이전 우주의 크기는 빅뱅(대폭발) 우주론(㉠)이 급팽창 우주론(㉡)보다 크다.
 (3) 급팽창 우주론(㉡)에 따르면 A 시기에 우주는 빛보다 빠른 속도로 급격하게 팽창하였다.

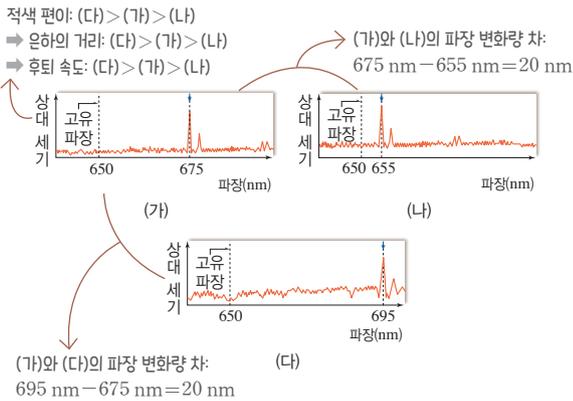
나신 만점 문제

315쪽~318쪽

01 ③ 02 ③ 03 해설 참조 04 ②
 05 C, B, A 06 ③ 07 ① 08 ㄱ, ㄷ 09 ②
 10 ㄷ 11 ② 12 ① 13 ⑤ 14 ⑤ 15 ②
 16 ⑤ 17 ② 18 ①

- 01 ㄱ. (가)는 르메트르의 팽창 우주론, (나)는 아인슈타인의 정적 우주론이다.
 ㄴ. 아인슈타인은 우주에는 수축하려는 중력에 반대되는 척력이 존재할 것이라고 생각하고, 척력의 성질을 가진 우주 상수를 도입하여 우주의 크기가 일정하게 유지된다고 주장하였다.
 (바로알기) ㄷ. (가)에서는 우주가 팽창하면서 은하가 멀어지므로 스펙트럼에 적색 편이가 나타나지만, (나)에서는 우주가 팽창하지 않으므로 적색 편이가 나타나지 않는다.

02 품목 문제 분석



ㄱ. 멀리 있는 외부 은하일수록 적색 편이가 크게 나타난다. 적색 편이는 (다)가 가장 크므로, 우리은하로부터 가장 멀리 있다.
 ㄷ. 파장 변화량은 큰 것부터 (다) → (가) → (나)이므로, (가) 은하는 (나)와 (다) 은하 사이에 위치한다. 파장 변화량의 차는 (가)와 (나) 은하의 경우 $675 \text{ nm} - 655 \text{ nm} = 20 \text{ nm}$ 이고, (가)와 (다) 은하의 경우 $695 \text{ nm} - 675 \text{ nm} = 20 \text{ nm}$ 로 같다. 파장 변화량은 후퇴 속도에 비례하므로 (가) 은하에서 관측한 (나)와 (다) 은하의 후퇴 속도는 같다.

바로알기 ㄴ. 외부 은하의 적색 편이가 클수록 후퇴 속도가 크다. 적색 편이는 (다)가 가장 크게 나타나므로 우리은하로부터 가장 빠르게 멀어진다.

03 **모범 답안** (1) A의 후퇴 속도는 $v = c \times \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = (3 \times 10^5 \text{ km/s}) \times \frac{16 \text{ nm}}{400 \text{ nm}} = 12000 \text{ km/s}$ 이다.

(2) 허블 법칙($v = H \cdot r$)을 은하 A에 적용하여 허블 상수를 구하면, $12000 \text{ km/s} = H \times 200 \text{ Mpc}$ 에서 허블 상수(H)는 60 km/s/Mpc 이다.

채점 기준	배점
(1) 풀이 과정을 포함하여 후퇴 속도를 옳게 구한 경우	50 %
후퇴 속도 식만 옳게 쓰고, 후퇴 속도를 구하지 못한 경우	30 %
(2) 풀이 과정을 포함하여 허블 상수를 옳게 구한 경우	50 %
허블 상수 식만 옳게 쓰고, 허블 상수를 구하지 못한 경우	30 %

04 ㄷ. 우주의 나이는 허블 상수의 역수로 구할 수 있다. 허블 상수는 B가 A의 2배이므로, 우주의 나이는 A가 B의 2배이다.

바로알기 ㄱ. 은하의 후퇴 속도는 B가 A보다 빠르므로 우주의 팽창 속도는 B가 A보다 빠르다.

ㄴ. $v = H \cdot r$ 에서 허블 상수(H)는 $\frac{v}{r}$ 이다. 허블 상수는 A가 $\frac{10000 \text{ km/s}}{200 \text{ Mpc}} = 50 \text{ km/s/Mpc}$ 이고, B가 $\frac{20000 \text{ km/s}}{200 \text{ Mpc}} = 100 \text{ km/s/Mpc}$ 이므로, B가 A의 2배이다.

05 허블 법칙($v = H \cdot r$)에 따르면 은하까지의 거리(r)가 멀수록 후퇴 속도(v)가 빠르다. O 지점에서 은하까지의 거리가 먼 것부터 나열하면 C, B, A이므로, 후퇴 속도를 빠른 것부터 나열하면 C, B, A이다.

06 ㄱ. $T_1 \rightarrow T_2$ 동안 은하 A와 은하 B 사이에는 우주가 팽창하여 새로운 공간이 만들어져 두 은하 사이의 거리가 멀어졌다.

ㄷ. 은하 A와 은하 B는 우주가 팽창함에 따라 서로 멀어진다. 은하 A에서 관측한 은하 B의 후퇴 속도와 은하 B에서 관측한 은하 A의 후퇴 속도는 같으므로 적색 편이가 같게 나타난다.

바로알기 ㄴ. 어느 은하를 기준으로 하여도 은하가 멀어지고 있으므로 팽창하는 우주의 중심은 없다.

07 ㄱ. (가)는 시간이 지날수록 우주의 밀도가 감소하는 빅뱅 우주론 모형이고, (나)는 시간이 지나도 우주의 밀도가 일정한 정상 우주론 모형이다.

바로알기 ㄴ. (가)의 빅뱅 우주론에서는 질량이 일정한 상태에서 우주가 계속 팽창하므로 우주의 평균 밀도는 감소한다. (나)의 정상 우주론에서는 우주가 팽창하면서 빈 공간에 새로운 물질이 계속 생겨나므로 우주의 평균 밀도는 일정하게 유지된다. 따라서 우주의 평균 밀도 변화는 (가)에서만 나타난다.

ㄷ. 우주 배경 복사는 빅뱅 우주론의 증거이므로 (가)를 설명할 수 있다.

08 ㄱ. (가)는 우주가 팽창해도 새로 생긴 공간에 새로운 물질이 생겨 밀도가 일정하게 유지되는 정상 우주론이고, (나)는 우주가 팽창해도 질량이 일정하게 유지되는 빅뱅 우주론이다.

ㄷ. (가)의 정상 우주론과 (나)의 빅뱅 우주론은 모두 허블-르메트르 법칙을 토대로 제시되어 우주의 팽창이 전제되어 있다.

바로알기 ㄴ. (나)의 빅뱅 우주론에서 온도와 밀도가 매우 높은 한 점에서 대폭발이 일어나 형성된 우주는 시간이 지날수록 팽창하면서 온도가 낮아지고 밀도는 감소한다.

09 ㄷ. 양성자 1개는 수소 원자핵 1개이므로 수소 원자핵과 중성자의 개수비는 $14 : 2 = 7 : 1$ 이다. 따라서 중성자 1개당 7개의 수소 원자핵이 존재한다.

바로알기 ㄱ. 헬륨 원자핵이 형성될 때 양성자와 중성자의 개수비는 약 $7 : 1$ 이었으며 빅뱅 이후 약 3분이 되었을 때이므로, 그 림은 빅뱅 이후 약 38만 년보다 이전의 시점이다.

나. 우주의 온도는 빅뱅 이후 약 38년이 지났을 때 약 3000 K이었다. 양성자와 중성자의 개수비가 약 7 : 1이었다가 빅뱅 이후 약 3분이 되었을 때 헬륨 원자핵이 형성되었으므로, 우주의 온도는 3000 K보다 훨씬 높았다.

10 다. 우주는 대폭발 이후 팽창하고 있으므로, 평균 밀도는 점점 감소한다. 따라서 (나) 시기가 (가) 시기보다 우주의 평균 밀도가 작다.

바로알기 가. (가)는 원자 형성 전 빛이 전하를 띠는 전자와 상호작용하여 자유롭게 이동하지 못한 시기의 불투명한 우주이고, (나)는 원자가 형성된 후 빛이 진로를 방해받지 않아 직진할 수 있게 된 시기의 투명한 우주이다.

나. 우주 배경 복사는 빅뱅 이후 약 38만 년이 지나고 우주의 온도가 약 3000 K일 때 원자가 형성되면서 방출되었으므로, (가) 시기보다 이후에 생성되었다.

11 나. 우주 배경 복사는 현재 모든 하늘에서 거의 같은 온도로 관측된다.

바로알기 가. 우주의 지평선 부근인 A와 B에서 방출된 빛은 약 138억 년 동안 이동하였다. 그러나 빛이 진행하는 동안 우주가 팽창하였으므로 현재 우주 척도에서 관측 가능한 거리는 약 470억 광년으로 늘어난다. 따라서 A와 B 사이의 거리는 470억 광년의 2배인 약 940억 광년이다.

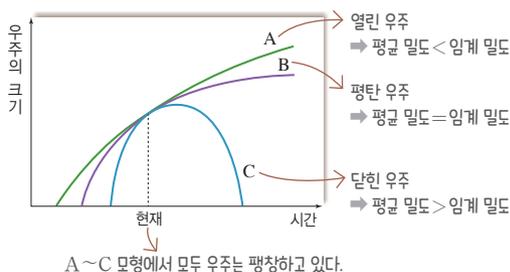
다. A와 B에서 방출된 우주 배경 복사는 우주의 나이인 약 138억 년 동안 진행하여 이제 막 지구에 도달하였다. 따라서 우주 배경 복사가 방출된 시점에 A와 B 지점은 서로 정보 전달이 불가능했다.

12 (가)는 평탄 우주, (나)는 닫힌 우주, (다)는 열린 우주이다. 가. 현재 우주는 곡률이 0에 가까운 평탄 우주이므로 (가)와 가장 비슷하다.

바로알기 나. 열린 우주는 (다)와 같은 형태이다.

다. (다)는 열린 우주 모형으로, 열린 우주는 우주의 평균 밀도가 임계 밀도보다 작다.

13 **꼼꼼 문제 분석**



가. A는 열린 우주, B는 평탄 우주, C는 닫힌 우주이다.

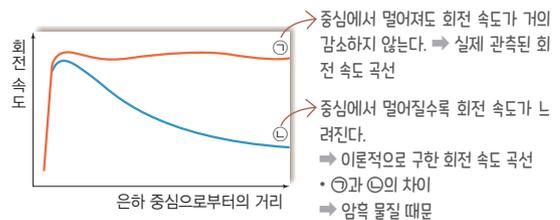
나. 열린 우주(A)와 평탄 우주(B)에서 우주는 영원히 팽창한다.
 다. 열린 우주(A)는 우주의 평균 밀도가 임계 밀도보다 작고, 평탄 우주(B)는 우주의 평균 밀도가 임계 밀도와 같다. 닫힌 우주(C)는 우주의 평균 밀도가 임계 밀도보다 크다. 따라서 현재 우주의 평균 밀도는 열린 우주(A)가 가장 작다.

14 가. (가)는 기존의 빅뱅 우주론이고, (나)는 A 시기에 우주가 급격하게 커졌으므로 급팽창 우주론이다.

나. 우주 배경 복사는 전 하늘에서 거의 같은 온도로 균질하게 관측되는데, (가)의 빅뱅 우주론에서는 그 까닭을 설명하지 못한다.

다. (나)에서 우주의 나이가 10^{-30} 초가 되기 전 매우 짧은 시간 동안(A 시기) 우주는 급격하게 커졌다.

15 **꼼꼼 문제 분석**



다. 태양계처럼 회전 중심에 질량의 대부분이 모여 있는 경우에 ㉠과 같이 회전 중심에서 멀어질수록 회전 속도가 느려지게 된다. 그러나 나선 은하의 실제 회전 속도 곡선이 ㉠과 같이 관측되는 것은 은하 원반은 물론 헤일로에도 많은 질량이 존재하기 때문이다. 그리고 이들 질량의 상당량이 암흑 물질로 여겨진다.

바로알기 가. 실제로 관측한 우리은하의 회전 속도 곡선은 은하 중심으로부터의 거리가 멀어져도 회전 속도가 거의 감소하지 않으므로 ㉠과 유사하다.

나. 나선 은하의 질량 대부분이 중심부에 집중되어 있다면 회전 속도 곡선은 ㉡과 같아야 하는데, 실제로 ㉠과 같이 나타나는 것은 은하의 외곽에 빛을 내지 않는 물질이 훨씬 많이 분포하기 때문이다. 이 물질은 은하 질량의 대부분을 차지하고 있다.

16 가. 현대 우주론에서의 우주는 암흑 에너지가 있는 우주이다. 우주가 팽창할수록 암흑 에너지가 우주에서 차지하는 비율이 높아지므로 시간이 지날수록 비율이 높아지는 B는 암흑 에너지이다. 물질은 암흑 물질의 비율이 보통 물질보다 높으므로, A는 암흑 물질, C는 보통 물질이다.

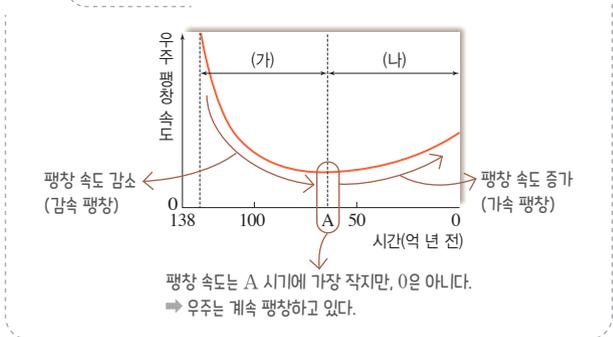
나. 암흑 에너지(B)는 공간 자체가 가지는 에너지로, 우주가 팽창하여도 우주에서의 밀도가 항상 일정하다.

다. 보통 물질(C)은 원자로 이루어져 있는 물질로, 전자기파를 흡수하거나 방출할 수 있다.

17 다. Ia형 초신성은 최대 광도가 일정하므로 겉보기 등급을 비교하여 거리를 추정할 수 있다.

바로알기 가. Ia형 초신성은 폭발 시 최대 광도가 일정하므로 절대 등급이 일정하다. 따라서 겉보기 등급은 거리에 따라 달라진다.
 나. Ia형 초신성의 적색 편이가 커질수록 겉보기 등급이 등속 팽창 우주에서 예상한 것보다 크게 나타나므로 더 어둡게 보인다.

18 **꼼꼼 문제 분석**



가. (가) 시기에는 우주의 팽창 속도가 감소하고 있고(감속 팽창), (나) 시기에는 우주의 팽창 속도가 증가하고 있다(가속 팽창).

바로알기 나. 우주에서 암흑 에너지의 밀도는 시간이 지나도 일정하다.
 다. A 시점에 우주는 팽창 속도가 0이 아니므로 계속 팽창한다.

실력 UP 문제 319쪽
 01 ② 02 ④ 03 ① 04 ⑤

01 나. 우주 배경 복사는 원자핵과 전자가 결합하여 원자가 형성되면서 물질로부터 빠져나와 우주 전체에 균일하게 퍼져 있는 빛이므로, 중성 원자가 형성된 B 시기에 방출되었다.

바로알기 가. 빅뱅 이후 우주가 팽창하면서 우주의 온도는 점점 낮아진다. 따라서 우주의 온도는 B 시기가 A 시기보다 낮다.
 다. 헬륨보다 무거운 원소는 별의 진화 과정에서 형성되므로, 탄소는 A와 B 시기 사이에 만들어질 수 없다.

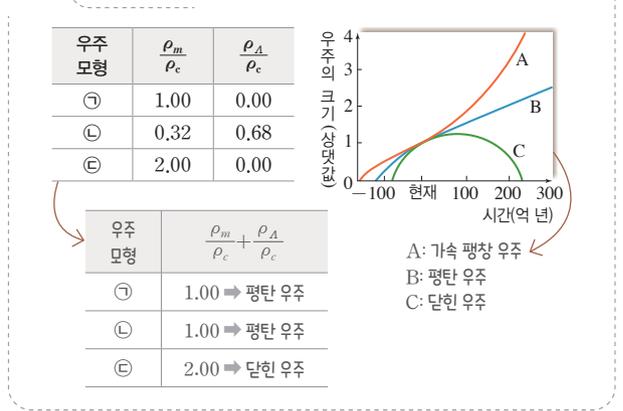
02 나. 우주의 가속 팽창은 암흑 에너지 밀도가 물질 밀도보다 클 때 나타난다. 따라서 가속 팽창하기 시작하는 ㉠ 시기 이후에 $\frac{\text{물질 밀도}}{\text{암흑 에너지 밀도}}$ 는 1보다 작다.

다. 빅뱅 이후 우주는 계속 팽창하였으므로 우주의 온도는 점점 낮아졌다.
바로알기 가. ㉠ 시기에 곡선의 기울기가 점점 작아지므로 우주의 팽창 속도가 점점 느려진다.

03 가. 우주는 가속 팽창하고 있으므로 동일한 10억 년의 시간이라도 10억 년 전부터 현재가 20억 년 전부터 10억 년 전보다 우주 팽창의 정도가 더 크고, 빛의 적색 편이 변화량이 더 커진다. 따라서 $\lambda_2 - \lambda_1$ 이 $\lambda_1 - \lambda_0$ 보다 크며, $\lambda_2 - \lambda_1 > \lambda_1 - \lambda_0$ 이다.

바로알기 나. 암흑 에너지는 공간 자체의 에너지로, 우주가 팽창해도 밀도가 일정하다. 따라서 시간이 지날수록 우주가 팽창하면서 암흑 에너지의 총량은 점점 증가하고 있다.
 다. 은하 A에서 출발한 빛이 실제 이동한 거리는 20억 광년이지만 우주는 계속 팽창하여 커졌다. 따라서 빛이 출발할 당시 은하 A까지의 거리는 20억 광년보다 작았다.

04 **꼼꼼 문제 분석**



• $\frac{\rho_m}{\rho_c} + \frac{\rho_A}{\rho_c} = 1$ 이면 $\rho_m + \rho_A$ (우주의 평균 밀도)가 ρ_c (임계 밀도)와 같은 평탄 우주이다. $\frac{\rho_m}{\rho_c} + \frac{\rho_A}{\rho_c} > 1$ 이면 우주의 평균 밀도가 임계 밀도보다 큰 닫힌 우주이다. $\frac{\rho_m}{\rho_c} + \frac{\rho_A}{\rho_c} < 1$ 이면 우주의 평균 밀도가 임계 밀도보다 작은 열린 우주이다.
 • A는 우주의 크기가 점점 더 빠르게 커지는 가속 팽창 우주이고, B는 평탄 우주, C는 닫힌 우주이다.
 가. ㉠과 ㉡은 $\frac{\rho_m}{\rho_c} + \frac{\rho_A}{\rho_c} = 1$ 이므로 평탄 우주이다.
 나. 현재 우주는 암흑 에너지에 의해 가속 팽창하는 우주이므로 그림에서 A에 해당한다. 또한 평탄 우주이므로 현재 우주의 특성을 잘 나타내려면 $\frac{\rho_m}{\rho_c} + \frac{\rho_A}{\rho_c} = 1$ 이 되고, 암흑 에너지를 포함해야 한다. ㉠~㉢ 중 ㉡이 $\frac{\rho_m}{\rho_c} + \frac{\rho_A}{\rho_c} = 0.32 + 0.68 = 1$ 이고, 암흑 에너지 밀도(ρ_A)가 물질 밀도(ρ_m)보다 크므로 현재 우주와 가장 유사하다.
 다. ㉠과 ㉡은 평탄 우주이므로 우주의 곡률이 0이고, ㉢은 닫힌 우주이므로 우주의 곡률이 양(+)의 값을 가진다. 따라서 우주의 곡률은 ㉢에서 가장 크게 나타난다.

중단원 핵심정리

320쪽~322쪽

- 1 분광형 2 반비례 3 4제곱 4 직을 5 주계열성
- 6 G2V 7 1000만 8 중력 수축 9 수소 핵융합
- 10 정역학 평형 11 수소 핵융합 12 백색왜성 13 블랙홀
- 14 막대나선 15 불규칙 16 퀘이사 17 블랙홀 18 비례
- 19 빅뱅(대폭발) 20 3 : 1 21 우주 배경 복사 22 평탄
- 23 급팽창 24 암흑 물질 25 암흑 에너지

중단원 마무리문제

323쪽~326쪽

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

01 ㄱ. 빈의 변위 법칙에 따르면, 별이 최대 에너지를 방출하는 파장은 표면 온도에 반비례한다. 최대 에너지를 방출하는 파장은 B가 A의 2배이므로, 표면 온도는 A가 B의 2배이다.

ㄴ. A와 B의 플랑크 곡선에서 가로축과 곡선이 이루는 면적은 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 총 에너지량이다. 슈테판·볼츠만 법칙($E = \sigma T^4$)에 따르면 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 에너지량(E)은 표면 온도(T)의 4제곱에 비례한다. 표면 온도는 A가 B의 2배이므로, 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 에너지량은 A가 B의 16배이다. 따라서 가로축과 곡선이 이루는 면적은 A : B = 16 : 1이다.

ㄷ. 절대 등급은 광도로 알아낼 수 있다. 반지름(R)은 A가 B의 10배이고, 표면 온도(T)는 A가 B의 2배이므로 $L = 4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ 에서 광도는 A가 B의 $1600 = 10^2 \times 2^4$ 배이다. 5등급 사이의 밝기 차는 100배이고, 10등급 사이의 밝기 차는 $100^2 = 10000$ 배이므로 A의 절대 등급은 5등급에서 10등급 사이이다. 따라서 ㉠은 5보다 크고 10보다 작다.

02 ㄱ. 표면 온도가 높을수록 최대 에너지를 방출하는 파장이 짧다. (나)는 (가)보다 최대 에너지를 방출하는 파장이 짧으므로 표면 온도가 높고, A형 별은 K형 별보다 표면 온도가 높다. 따라서 (가)는 K형 별, (나)는 A형 별이다.

바로알기 ㄴ. (나)의 A형 별은 (가)의 K형 별보다 표면 온도가 높고, 질량이 큰 주계열성이므로 중심부 온도가 높아 CNO 순환 반응에 의한 에너지 생성량이 더 크다.

ㄴ. 진화 과정에서 초신성 폭발이 일어나는 별은 태양보다 질량이 매우 큰 별로, 주계열 단계에서의 분광형은 O형~B형으로 표면 온도가 매우 높다. (가)는 K형 별, (나)는 A형 별이므로 진화 단계에서 초신성 폭발이 일어나지 않는다.

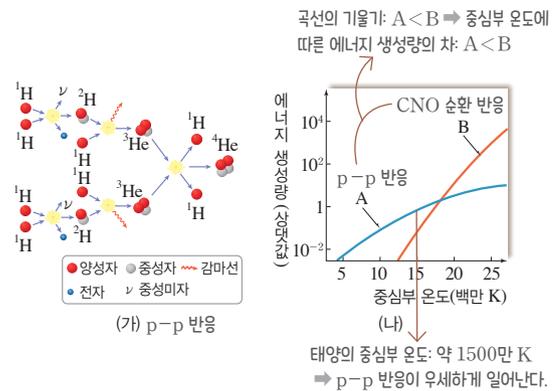
03 ㉠은 초거성, ㉡은 거성 ㉢은 주계열성, ㉣은 백색왜성이다.

ㄱ. 초거성은 거성보다 질량이 큰 별이 진화한 것이다. 별은 질량이 클수록 에너지 소모율이 높아 수명이 짧아지므로 평균 수명은 거성인 ㉡이 초거성인 ㉠보다 길다.

ㄴ. 주계열성(㉢)은 질량이 클수록 H-R도의 왼쪽 위에 위치하여 표면 온도가 높고, 광도와 반지름이 크다.

바로알기 ㄷ. 철은 질량이 태양보다 매우 큰 별의 진화 과정에서 합성될 수 있다. 백색왜성(㉣)은 질량이 태양 정도인 별의 진화 마지막 단계의 천체이므로, 주요 구성 원소는 철이 아니다.

04 품평 문제 분석



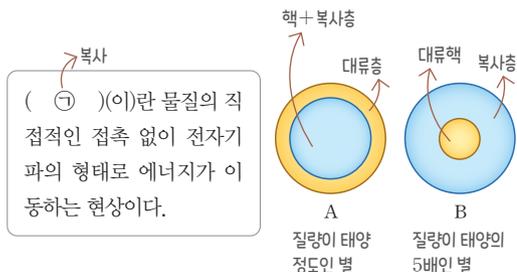
(가)는 p-p 반응이다. (나)의 A는 별의 중심부 온도가 약 1800만 K 이하일 때 우세하게 일어나므로 p-p 반응이다. B는 별의 중심부 온도가 약 1800만 K 이상일 때 우세하게 일어나므로 CNO 순환 반응이다.

ㄱ. (가)는 p-p 반응이므로, (나)에서 A에 해당한다.

바로알기 ㄴ. 태양의 중심부 온도는 약 1500만 K이므로 A(p-p 반응)가 B(CNO 순환 반응)보다 우세하게 일어난다.

ㄷ. (나)에서 B가 A보다 곡선의 기울기가 큰 것으로 보아 중심부의 온도에 따른 에너지 생성량의 차이가 크다.

05 품평 문제 분석



㉠은 복사에 대한 설명이다. 따라서 A는 중심부에서 핵 → 복사층이 있고, 대류층이 둘러싸고 있는 질량이 태양 정도인 주계열성이다. B는 대류가 일어나는 핵을 복사층이 둘러싸고 있는 질량이 태양의 5배인 주계열성이다.

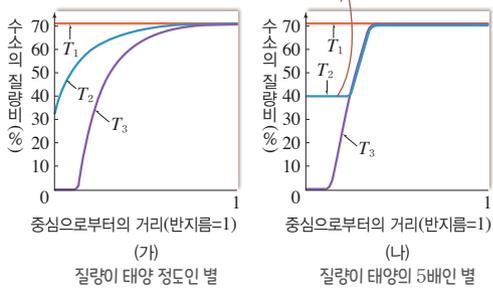
㉡. 대류는 중심으로부터의 온도 차가 클 때 효과적으로 에너지를 전달하는 방법이다. B는 중심부에서 대류로 에너지를 전달하므로, 중심부로부터 거리에 따른 온도 차가 A보다 크다.

바로알기 ㉢. 주계열성은 질량이 클수록 표면 온도가 높다. B는 A보다 질량이 큰 주계열성이므로 표면 온도가 더 높다.

㉣. 주계열성은 질량이 클수록 더 큰 광도를 유지하기 위해 더 많은 에너지를 생성한다. 따라서 질량이 클수록 수소 핵융합 반응이 활발하게 일어나므로 단위 시간 동안 질량 감소율이 더 커진다. B는 A보다 질량이 크므로 단위 시간 동안 질량 감소율이 더 크다.

06 **꼼꼼 문제 분석**

중심으로부터의 일정 구간에서 수소의 질량비가 일정하다. → 중심부에서 대류가 나타난다.
→ 질량이 태양의 5배인 별



(나)는 중심에서 일정한 거리까지 수소의 질량비가 일정한 구간이 나타나는데, 이는 별의 중심부에서 대류가 나타나기 때문이다. (나)는 중심부에서 대류로 에너지를 전달하므로 태양 질량의 5배인 별이고, (가)는 질량이 태양 정도인 별이다.

㉣. 별의 질량이 클수록 진화 속도가 빨라 주계열 단계에 짧게 머무른다. 질량은 (나)가 (가)보다 크므로, $T_1 \sim T_3$ 사이의 시간은 (가)가 (나)보다 길다.

바로알기 ㉤. 주계열성은 질량이 클수록 반지름이 크다. (나)가 (가)보다 질량이 큰 주계열성이므로, 반지름은 (나)가 (가)보다 크다.

㉥. p-p 반응은 (가)와 (나)의 중심부에서 모두 일어나며, 별의 중심부 온도가 높을수록 단위 시간 동안 에너지 생성량이 증가한다. 별의 중심부 온도는 질량이 큰 (나)가 더 높으므로, p-p 반응으로 단위 시간 동안 생성되는 에너지량은 (나)가 (가)보다 많다.

07 ㉣. H-R도에서 오른쪽 위로 갈수록 별의 반지름이 크므로, 반지름은 ㉠ 방향으로 갈수록 커진다.

바로알기 ㉤. 주계열 단계에서 별의 질량이 클수록 광도가 크다. 광도는 A가 B보다 크므로 A는 질량이 태양의 5배인 별이고, B는 질량이 태양 정도인 별이다.

㉥. 질량이 태양의 5배인 별(A)은 H-R도에서 주로 수평 방향으로 진화하여 표면 온도 변화가 크게 나타난다. 질량이 태양 정도인 별(B)은 H-R도에서 주로 수직 방향으로 진화하여 광도 변화가 크게 나타난다. 따라서 주계열 이후 단계에서 $\frac{\text{절대 등급 변화량}}{\text{표면 온도 변화량}}$ 은 B가 A보다 크다.

08 헬륨 핵은 수축하고 별의 바깥층은 팽창하므로 주계열성에서 적색 거성으로 진화하는 단계의 내부 구조이다.

㉣. ㉠ 영역은 헬륨 핵을 둘러싼 수소층이다. 헬륨 핵이 수축하면서 발생한 열에너지가 헬륨 핵을 둘러싼 수소층의 온도를 높이면 수소층에서 수소 핵융합 반응이 일어난다.

㉥. 중심핵이 수축하면서 발생하는 열에너지로 중심부는 온도가 높아지고, 바깥층은 팽창하면서 표면 온도는 낮아진다.

바로알기 ㉤. 현재 주계열성인 태양의 나이는 약 50억 년이므로, 질량이 태양 정도인 별은 탄생 후 50억 년이 지난 시기에는 주계열성으로 정역학 평형을 이루고 있다.

09 (가)는 타원 모양이므로 타원 은하이고, (나)는 중심부에 막대 모양의 구조가 관측되므로 막대나선 은하이다. (다)는 둥근 중심부를 나선팔이 감싸고 있으므로 정상나선 은하이다.

㉣. (나)의 나선 은하의 외곽부에는 전자기파로 관측할 수 없는 다량의 암흑 물질이 분포하는 것으로 추정된다.

바로알기 ㉤. (가)는 타원 은하이다. 허블의 은하 분류에 따르면 타원 은하는 E0~E7까지 세분되는데, E0은 원에 가까운 모양이고, E7로 갈수록 납작한 타원 모양이다. (가)는 납작한 타원 모양이므로 E0에 해당하지 않는다.

㉥. 우리은하는 막대나선 은하이므로 (나)와 가장 형태가 비슷하다.

10 ㉣. (나)에서 제트와 로브가 관측되므로 헤라클레스 A는 전파 은하이다. 전파 은하의 중심에는 거대 질량의 블랙홀이 존재하여 물질과 에너지의 흐름인 제트와 거대한 전파 방출 영역인 로브가 관측된다.

바로알기 ㉤. 가시광선 영상에서 타원 은하로 관측되므로 모양에 따라 분류하면 타원 은하에 해당한다.

㉥. 헤라클레스 A는 가시광선 영상에서 타원 은하에 속하며, 타원 은하는 주로 표면 온도가 낮은 붉은색 별들로 이루어져 있다. 우리은하는 나선 은하로, 나선 은하의 은하핵에는 표면 온도가 낮은 붉은색 별들이 주로 분포하고, 나선팔에는 표면 온도가 높은 파란색 별들이 주로 분포한다. 따라서 은하를 구성하는 별의 평균 표면 온도는 우리은하가 더 높다.

11 ㄱ. (가)에서 밝은 중심핵이 관측되고, (나)에서 강하고 폭이 넓은 방출선이 나타나므로 세이퍼트 은하이다.

ㄷ. (나)에서 폭이 넓은 방출선이 나타나는데, 이는 은하 중심 주변의 성운이 빠르게 회전하고 있다는 것을 의미한다.

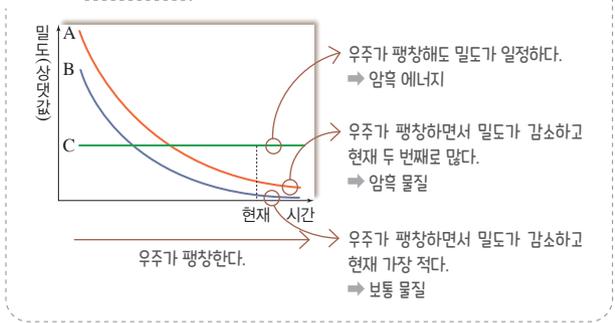
바로알기 ㄴ. (가)의 가시광선 영상에서 중심부의 모양이 둥글고 나선팔이 관측되므로 막대나선 은하에 해당한다.

12 ㄱ. 허블-르메트르 법칙 $v=H \cdot r$ 을 적용하여 구한 A의 허블 상수(H)는 $15000 \text{ km/s} = H \times 200 \text{ Mpc}$ 에서 $H=75 \text{ km/s/Mpc}$ 이다. B의 허블 상수는 $10000 \text{ km/s} = H \times 200 \text{ Mpc}$ 에서 $H=50 \text{ km/s/Mpc}$ 이다. 따라서 허블 상수는 A가 B의 1.5배이다.

ㄷ. 허블-르메트르 법칙에서 $v=H \cdot r=c \cdot z$ 이므로 거리가 같은 경우 은하의 적색 편이(z)는 허블 상수(H)에 비례한다. 허블 상수는 A가 B의 1.5배이므로, 적색 편이는 A가 B의 1.5배이다.

바로알기 ㄴ. 허블 상수(H)는 A는 75 km/s/Mpc , B는 50 km/s/Mpc 으로, A가 B보다 크다. 우주의 나이는 허블 상수의 역수로 구할 수 있으므로 B가 A보다 크다.

13 **꼼꼼 문제 분석**



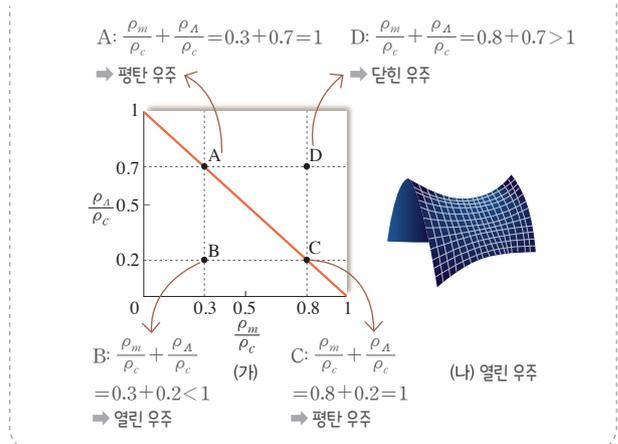
현재 우주 구성 요소의 비율은 암흑 에너지 > 암흑 물질 > 보통 물질 순이다. A와 B는 우주가 팽창하면서 밀도가 감소하므로 물질에 해당한다. 상대적으로 밀도가 큰 A는 암흑 물질이고, B는 보통 물질이다. C는 우주가 팽창해도 밀도가 일정하므로 암흑 에너지이다.

ㄱ. 암흑 물질(A)은 전자기파 영역에서 직접 관측할 수 없지만 질량이 있어 중력과 상호작용하므로 중력을 이용하여 존재를 추정할 수 있다.

ㄴ. 별과 행성 등 원자로 이루어져 있는 물질은 보통 물질(B)이다.

ㄷ. 암흑 에너지(C)는 우주에서 척력으로 작용하며, 우주의 팽창을 가속시키는 구성 요소이다. 암흑 에너지는 우주의 팽창과 관계없이 밀도가 항상 일정하므로 시간이 흐르면서 우주에서의 암흑 에너지의 비율은 점점 높아져 우주의 팽창이 가속화된다.

14 **꼼꼼 문제 분석**



우주의 밀도 = 물질 밀도 + 암흑 에너지 밀도이다. $\frac{\rho_m}{\rho_c}$ 과 $\frac{\rho_A}{\rho_c}$ 의 합이 1이면(우주의 밀도 = 임계 밀도) 평탄 우주, 1보다 작으면(우주의 밀도 < 임계 밀도) 열린 우주, 1보다 크면(우주의 밀도 > 임계 밀도) 닫힌 우주이다.

ㄱ. A와 C는 $\frac{\rho_m}{\rho_c} + \frac{\rho_A}{\rho_c} = 1$ 이므로 평탄 우주이다.

ㄴ. (나)는 열린 우주 모형의 기하학적 구조이다. B는 $\frac{\rho_m}{\rho_c} + \frac{\rho_A}{\rho_c} < 1$ 인 열린 우주이므로 (나)의 기하학적 구조를 가지고 있다.

바로알기 ㄷ. D는 $\frac{\rho_m}{\rho_c} + \frac{\rho_A}{\rho_c} = 0.8 + 0.7 > 1$ 이므로 닫힌 우주이다. 닫힌 우주는 양(+)의 곡률을 가진다.

15 (가)는 질량이 태양 정도인 별의 내부 구조, (나)는 질량이 태양보다 매우 큰 별의 내부 구조이다. 질량이 태양 정도인 별은 중심부에서 헬륨 핵융합 반응까지 일어나고, 질량이 태양보다 매우 큰 별은 중심부 온도가 높아 더 많은 핵융합 반응을 거친다.

모범 답안 별은 질량이 클수록 중심부 온도가 높아 더 무거운 원소의 핵융합 반응이 일어날 수 있다. (가) 질량이 태양 정도인 별은 중심부에서 헬륨 핵융합 반응까지 일어나 탄소, 산소까지 생성되고, (나) 질량이 태양보다 매우 큰 별은 더 많은 과정의 핵융합 반응을 거치므로 최종적으로 철까지 생성된다.

채점 기준	배점
내부 구조의 차이를 별의 질량에 따른 핵융합 반응과 관련지어 옳게 서술한 경우	100 %
별의 질량만 옳게 구분한 경우	30 %

16 **모범 답안** (1) 가속 팽창 우주

(2) Ia형 초신성의 관측 결과는 감속 팽창 우주와 등속 팽창 우주에서 예상한 것보다 더 멀리 있어 겉보기 밝기가 더 어둡게 나타났다. 이는 우주의 팽창 속도가 점점 빨라진다는 것을 의미한다. 따라서 현대 우주 모형은 가속 팽창 우주 모형을 지지하고 있다.

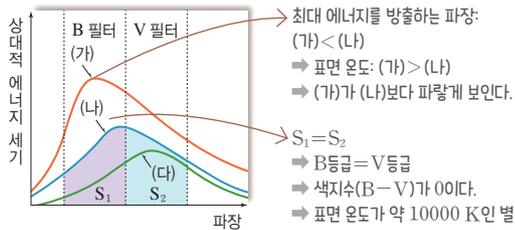
채점 기준	배점
(1) 가속 팽창 우주라고 옳게 쓴 경우	50 %
(2) 가속 팽창 우주 모형을 지지하는 까닭을 Ia형 초신성 관측 결과와 관련지어 옳게 서술한 경우	50 %

중단원 고난도 문제

327쪽~328쪽

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

01 품공 문제 분석



선택지 분석

- (가)는 (나)보다 붉게 보인다. 파랗게
- (나)의 색지수(B-V)는 0이다.
- 중성 수소 흡수선은 (다)에서 가장 강하게 나타난다. (나)

전략적 풀이 ① 최대 에너지를 방출하는 파장과 색의 관계를 파악한다.

ㄱ. 별은 표면 온도가 높을수록 최대 에너지를 방출하는 파장이 짧아 파란색을 띠고, 표면 온도가 낮을수록 최대 에너지를 방출하는 파장이 길어 붉은색을 띤다. (가)는 (나)보다 최대 에너지를 방출하는 파장이 짧아 표면 온도가 높으므로 (나)보다 파랗게 보인다.

② (나)의 곡선에서 B 필터와 V 필터의 면적을 비교하여 색지수를 구한다.

ㄴ. (나)에서 B 필터 영역의 넓이인 S_1 과 V 필터 영역의 넓이인 S_2 가 같으므로 B등급과 V등급이 같다. 따라서 (나)의 색지수(B-V)는 0이다.

③ 중성 수소 흡수선이 강하게 나타나는 분광형과 표면 온도를 파악하고, 해당 표면 온도인 별의 색지수를 찾는다.

ㄷ. 중성 수소 흡수선은 표면 온도가 약 10000 K인 A0형 별에서 가장 강하게 나타난다. 표면 온도가 약 10000 K인 별은 색지수가 0인 별인 (나)이므로, (나)에서 중성 수소 흡수선이 가장 강하게 나타난다.

02 품공 문제 분석

$$m - M = 5 \log d - 5$$

$$\Rightarrow 4.8 - M = 5 \log 10000 - 5$$

별	A	B
겉보기 등급	4.8	4.8
거리(pc)	10	10000
표면 온도(K)	6000	()
광도(태양=1)	1	62500
반지름(태양=1)	1	10
광도 계급	V	V

광도 계급: V
→ 주계열성
→ 중심부에서 수소 핵융합 반응이 일어난다.

B의 광도: A의 62500배,
B의 반지름: A의 10배

선택지 분석

- 중심부에서 수소 핵융합 반응이 일어난다.
- 절대 등급은 -10.2등급이다.
- 최대 에너지를 방출하는 파장은 $0.2 \mu\text{m}$ 이다. $0.1 \mu\text{m}$

전략적 풀이 ① 광도 계급에 따른 별의 종류를 이해한다.

ㄱ. 별 B의 광도 계급은 V로 주계열성에 해당한다. 주계열성은 중심부에서 수소 핵융합 반응으로 에너지를 생성한다.

② (겉보기 등급 - 절대 등급) 관계식으로 절대 등급을 구한다.

ㄴ. 별 B의 겉보기 등급(m)은 4.8등급이고, 거리(d)는 10000 pc 이므로 $m - M = 5 \log d - 5$ 에서 절대 등급(M)을 구하면 -10.2 등급이다.

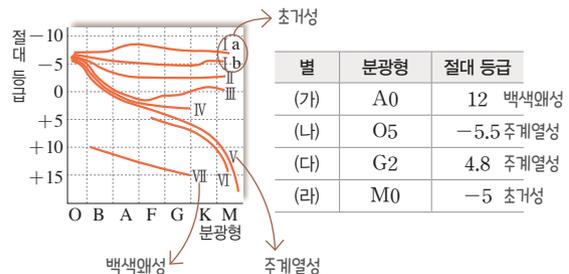
③ 광도 식을 이용하여 표면 온도를 구하고, 빈의 변위 법칙을 이용하여 최대 에너지를 방출하는 파장을 구한다.

ㄷ. 별 B의 광도는 A의 62500배, 반지름은 A의 10배이므로 광도 식 $L = 4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ 에서 $\frac{L_B}{L_A} = \frac{R_B^2}{R_A^2} \cdot \frac{T_B^4}{T_A^4} = 62500$ 이고

$100 \cdot \frac{T_B^4}{6000^4} = 62500$, $T_B = 30000$ K이다. 빈의 변위 법칙

$\lambda_{\text{max}} = \frac{a}{T}$ 이므로 $\lambda_{\text{max}} = \frac{3 \times 10^3 \mu\text{m} \cdot \text{K}}{30000 \text{ K}} = 0.1 \mu\text{m}$ 이다.

03 품공 문제 분석

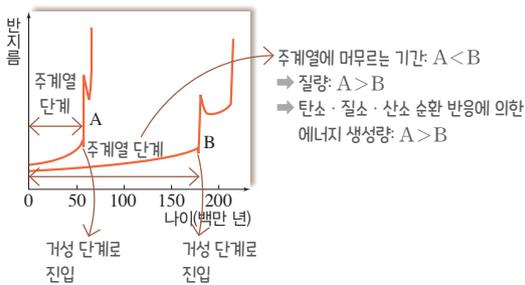


선택지 분석

- ㉠ 광도 계급은 (가)가 (나)보다 크다.
- ㉡ 중심핵에서 대류는 (나)가 (다)보다 활발하다.
- ㉢ $\frac{(다)의 반지름}{(다)의 표면 온도} < \frac{(라)의 반지름}{(라)의 표면 온도}$ 이다.

전략적 풀이 ① 별의 종류에 따른 광도 계급을 파악하여 비교한다.
 ㄱ. (가)는 백색왜성이므로 광도 계급이 VII이고, (나)는 주계열성이므로 광도 계급이 V이다. 따라서 광도 계급은 (가)가 (나)보다 크다.
 ② 질량에 따른 주계열성의 에너지 전달 방식을 파악한다.
 ㄴ. (나)와 (다)는 주계열성이다. (나)는 H-R도에서 왼쪽 상단에 위치하므로 질량이 태양의 1.5배 이상인 별이고, (다)는 질량이 태양 정도인 별이다. 질량이 태양의 1.5배 이상인 별은 중심부에서 깊이에 따른 온도 차가 커 대류로 에너지를 전달하므로, (나)는 (다)보다 중심핵에서 대류가 활발하다.
 ③ 주계열성과 초거성의 반지름과 표면 온도를 파악한다.
 ㄷ. 분광형이 (다)는 G2형이고, (라)는 M0형이므로 표면 온도는 (다)가 (라)보다 높다. (다)는 주계열성이고, (라)는 초거성이므로 (다)는 (라)보다 반지름이 작다. 따라서 $\frac{(다)의 반지름}{(다)의 표면 온도}$ 은 $\frac{(라)의 반지름}{(라)의 표면 온도}$ 보다 작다.

04 — 꼼꼼 문제 분석



선택지 분석

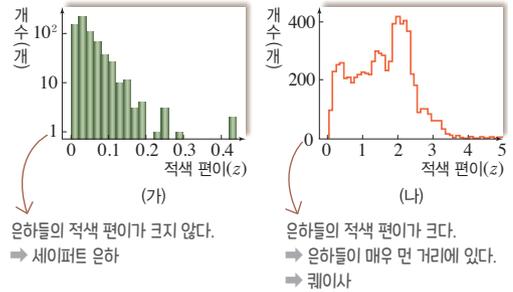
- ㉠ A와 B 모두 태양보다 질량이 크다.
- ㉡ 주계열성일 때 절대 등급은 A가 B보다 작다.
- ㉢ 주계열성일 때 탄소·질소·산소 순환 반응에 의한 에너지 생성량은 A가 B보다 크다.

전략적 풀이 ① 주계열에 머무르는 기간을 파악하고, A와 B의 질량을 태양과 비교한다.

ㄱ. 반지름이 거의 일정하게 유지되는 시기가 주계열 단계이다. 주계열 단계가 끝나는 시점은 A는 약 5천만 년, B는 약 1억 8천만 년이다. 현재 주계열성인 태양의 나이는 약 50억 년이므로 A와 B 모두 태양보다 주계열성으로 짧게 머물렀다. 별의 질량이 클수록 진화 속도가 빨라 주계열에 짧게 머무르므로, A와 B 모두 태양보다 질량이 크고, A는 B보다 질량이 크다.

- ② A와 B의 질량으로 광도를 파악하고, 절대 등급을 비교한다.
 ㄴ. A는 B보다 질량이 크므로 주계열성일 때 광도는 A가 B보다 크다. 따라서 주계열성일 때 절대 등급은 A가 B보다 작다.
- ③ 별의 질량에 따른 탄소·질소·산소 순환 반응에 의한 에너지 생성량을 파악한다.
 ㄷ. 별의 질량이 클수록 중심부의 온도가 높으므로 탄소·질소·산소 순환 반응에 의한 에너지 생성량이 증가한다. A는 B보다 질량이 크므로 탄소·질소·산소 순환 반응에 의한 에너지 생성량이 크다.

05 — 꼼꼼 문제 분석



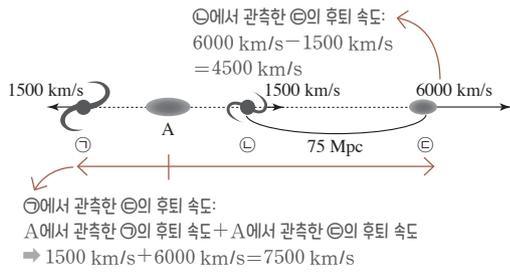
선택지 분석

- ㉠ (가)는 우주 초기에 형성된 천체이다. (나) ^{하나의 별처럼 보인다}
- ㉡ (나)는 가시광선 영역에서 대체로 나선 은하로 관측된다.
- ㉢ (가)와 (나)는 모두 가시광선 영역에서 유난히 밝은 중심핵이 나타난다.

전략적 풀이 ① 적색 편이로 은하까지의 거리를 비교하여 (가)와 (나)에 해당하는 은하를 찾고, 각 은하의 특징을 파악한다.

- ㄱ. (나)는 (가)에 비해 은하들의 적색 편이가 매우 크므로 은하들이 매우 먼 거리에 위치한다. 따라서 (나)는 퀘이사이고, (가)는 세이퍼트 은하이다. 퀘이사가 매우 먼 거리에 있다는 것은 그만큼 오래 전에 형성된 천체로, 우주 초기에 형성된 것이다.
- ② 퀘이사와 세이퍼트 은하의 특징을 비교한다.
 ㄴ. (나)의 퀘이사는 매우 먼 거리에 위치하기 때문에 가시광선 영역에서 하나의 별처럼 보인다.
- ③ 특이 은하의 공통점을 파악한다.
 ㄷ. 세이퍼트는 은하와 퀘이사는 모두 중심에 밝은 은하핵이 존재하여 은하 전체의 광도에 대한 중심부의 광도가 매우 크다.

06 품공 문제 분석



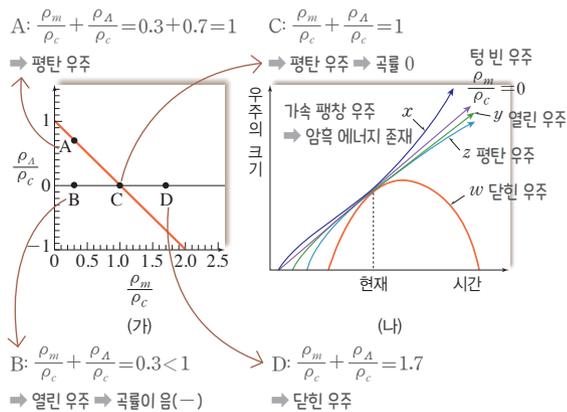
선택지 분석

- A는 우주의 중심에 위치한다. 팽창하는 우주는 중심이 없다
- 허블 상수는 60 km/s/Mpc이다.
- B에서 관측한 C의 후퇴 속도는 9000 km/s이다.

전략적 풀이 ① 허블-르메트르 법칙의 의미를 이해한다.

- ㄱ. 우주는 특정한 곳에 중심을 두지 않고 팽창한다.
- ② 외부 은하의 후퇴 속도와 거리의 관계로 허블 상수를 계산한다.
 - ㄴ. B에서 관측한 C의 후퇴 속도(v)는 4500 km/s이고 거리(r)는 75 Mpc이므로, 허블-르메트르 법칙($v = H \cdot r$)에서 허블 상수(H)는 60 km/s/Mpc이다.
- ③ 은하의 상대적인 위치를 파악하여 후퇴 속도를 계산한다.
 - ㄷ. 외부 은하의 후퇴 속도는 관측 위치에 따라 달라진다. B에서 관측한 C의 후퇴 속도는 1500 km/s + 6000 km/s = 7500 km/s이다.

07 품공 문제 분석



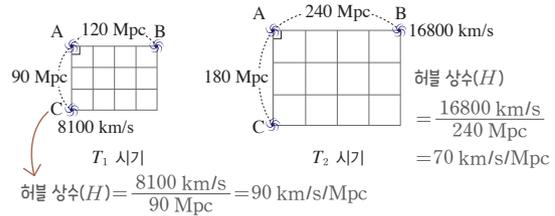
선택지 분석

- A는 암흑 에너지가 존재하는 평탄 우주이다.
- B의 곡률은 음(-)의 값이고, C의 곡률은 0이다.
- D는 x 에 해당한다. w

전략적 풀이 ① 우주의 밀도와 임계 밀도의 관계를 이해한다.

- ㄱ. $\frac{\rho_m}{\rho_c} + \frac{\rho_A}{\rho_c} = 1$ 이면 평탄 우주, $\frac{\rho_m}{\rho_c} + \frac{\rho_A}{\rho_c} > 1$ 이면 닫힌 우주, $\frac{\rho_m}{\rho_c} + \frac{\rho_A}{\rho_c} < 1$ 이면 열린 우주이다. A는 $\frac{\rho_m}{\rho_c} + \frac{\rho_A}{\rho_c} = 0.3 + 0.7 = 1$ 인 평탄 우주이고, $\frac{\rho_A}{\rho_c} = 0.7$ 이므로 암흑 에너지가 존재한다.
- ㄴ. B는 $\frac{\rho_m}{\rho_c} + \frac{\rho_A}{\rho_c} = 0.3 < 1$ 인 열린 우주이므로 곡률의 음(-)의 값이다. C는 $\frac{\rho_m}{\rho_c} + \frac{\rho_A}{\rho_c} = 1$ 인 평탄 우주이므로 곡률이 0이다.
- ② 고전 우주론에서의 우주와 암흑 에너지를 고려한 현대 우주론에서의 우주의 시간에 따른 크기 변화를 파악한다.
- ㄷ. x 는 가속 팽창 우주, y 는 열린 우주, z 는 평탄 우주, w 는 닫힌 우주이다. D는 $\frac{\rho_m}{\rho_c} + \frac{\rho_A}{\rho_c} = 1.7 > 1$ 로 닫힌 우주이므로 w 에 해당한다.

08 품공 문제 분석



선택지 분석

- 허블 상수는 T_1 시기와 T_2 시기가 같다. 다르다
- 암흑 에너지의 밀도는 T_1 시기와 T_2 시기가 같다.
- A에서 측정한 B의 적색 편이량은 T_1 시기와 T_2 시기가 같다. 다르다

전략적 풀이 ① 허블-르메트르 법칙으로 허블 상수를 계산하여 비교하고, 허블 상수의 의미를 이해한다.

- ㄱ. $v = H \cdot r$ 에서 $H = \frac{v}{r}$ 이므로 허블 상수(H)는 T_1 시기는 $\frac{90 \text{ km/s}}{120 \text{ Mpc}} = 0.75 \text{ km/s/Mpc}$ 이고, T_2 시기는 $\frac{16800 \text{ km/s}}{240 \text{ Mpc}} = 70 \text{ km/s/Mpc}$ 이다.
- ㄷ. 허블 상수는 우주의 팽창 속도를 의미하므로 허블 상수가 다르면 은하의 후퇴 속도가 다르고, 적색 편이량도 다르다. 허블 상수는 T_1 시기와 T_2 시기가 다르므로 A에서 측정한 B의 적색 편이량은 T_1 시기와 T_2 시기가 다르다.
- ② 암흑 에너지의 개념을 이해한다.
 - ㄴ. 암흑 에너지는 공간 자체가 가지는 에너지로, 밀도가 항상 일정하다.