

개념과 정리가 한번에 끝나는 기본서

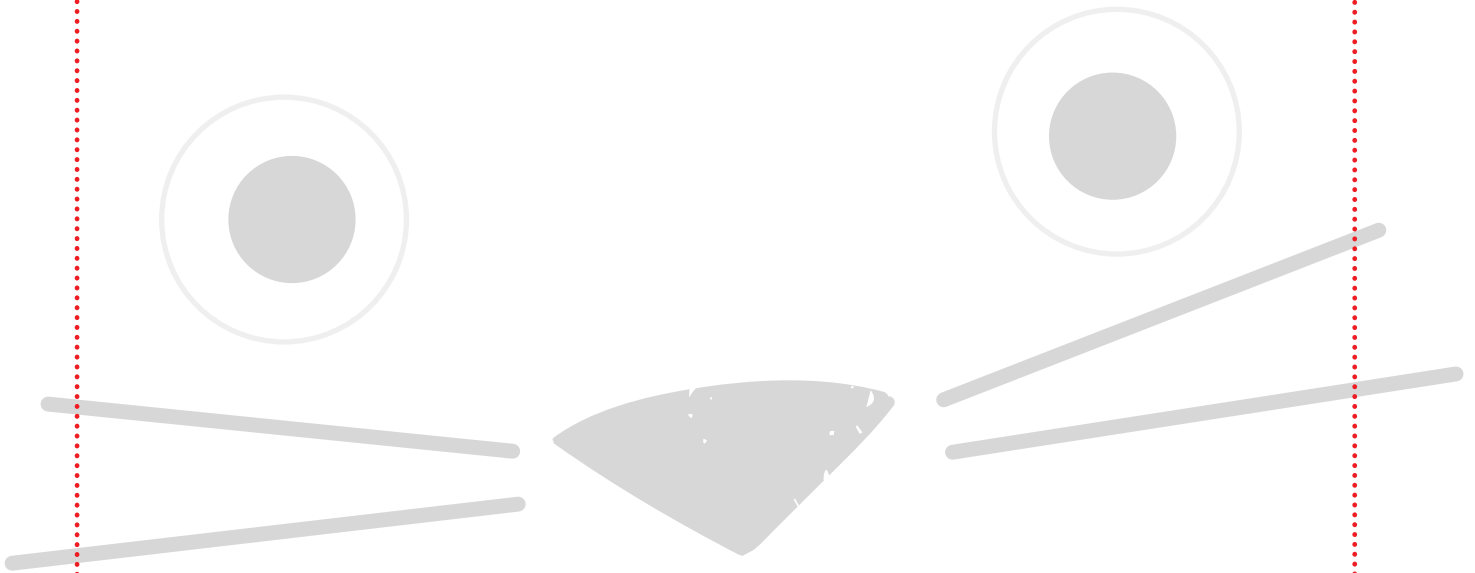
개념풀

— 지구과학 I —



의구심이 남지 않는 완벽한

정답과 해설





1 >>> 지권의 변동

01~ 판 구조론의 정립 과정

탐구POOL

014쪽

01 (1) × (2) × (3) ○ 02 발산형 경계
03 음파 왕복 시간이 점점 길어진다.

03 대륙붕에서 대륙대까지 음파 왕복 시간이 점점 길어진다. 이때 대륙 사면에서 경사가 크므로 음파 왕복 시간이 빠르게 증가한다.

꼭꼭! 개념 확인하기

015쪽

✓ 잠깐 확인!

1 판게아 02 대륙 이동설 03 맨틀 대류설 04 음향 측심법
05 해저 확장설 06 변환 단층 07 판 구조론

01 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × 02 원동력
03 ㉠ 온도 ㉡ 대륙 04 (1) ○ (2) ○ (3) ×
05 ㉠ 판 ㉡ 지각 변동

02 대륙 이동에 대한 여러 증거에도 불구하고 베게너는 대륙을 이동시키는 원동력을 충분히 설명하지 못해 대륙 이동설은 많은 과학자들에게 받아들여지지 않았다.

03 홈스는 맨틀 내부의 온도 차로 일어나는 맨틀 대류가 대륙을 이동시키는 원동력이라고 주장하였다.

05 판 구조론을 통해 서로 관계없이 일어난다고 생각하였던 여러 가지 지각 변동(화산 활동, 지진, 조산 운동 등)을 통합적으로 해석할 수 있게 되었다.

탄탄! 내신 다지기

016쪽~017쪽

01 ㉠ 02 ㉠ 03 대륙의 이동 04 판게아, 고생대 말
05 ㉠ 06 ㉣ 07 ㉣ 08 ㉡ 09 c-d
10 ㉠ 맨틀 대류설 ㉡ 해저 확장설 11 ㉢ 12 ㉤

01 20세기 초 베게너는 멀리 떨어진 두 대륙의 해안선 모양이 유사하다는 것에 착안하여 여러 가지 증거를 제시하면서 대륙 이동설을 주장하였다.

02 | 선택지 분석 |

- ① 맨틀 대류에 의해 거대한 대륙이 이동한다.
 - ➔ 베게너는 대륙 이동의 원동력을 설명하지 못하였다.
- ② 대서양을 사이에 두고 화석 분포가 연속적이다.
 - ➔ 대서양의 양쪽에 위치한 두 대륙에서 고생물 화석의 분포가 연속적으로 나타난다.
- ③ 고생대 말기 빙하의 흔적이 남극을 중심으로 잘 연결된다.
 - ➔ 고생대 말기에 형성된 빙하의 흔적 분포를 남극을 중심으로 연결하면 하나로 잘 모아진다.
- ④ 멀리 떨어져 있는 두 대륙에서 지질 구조가 연속적으로 나타난다.
 - ➔ 아프리카 대륙과 남아메리카 대륙에서 지질 구조가 연속적으로 이어진다.
- ⑤ 남아메리카 대륙의 동해안과 아프리카 대륙의 서해안 모양이 거의 일치한다.
 - ➔ 대서양 양쪽에 위치한 남아메리카 대륙의 동해안과 아프리카 대륙의 서해안 모양이 잘 일치한다.

03 과거에는 여러 대륙들이 하나로 모여 있었고, 이 당시의 고생물 분포 지역이 현재에는 멀리 떨어져 있는 여러 대륙에서 발견된다. 베게너는 메소사우루스(고생대 파충류), 글로소포테리스(양치식물) 등의 화석 분포를 근거로 대륙 이동설을 주장하였다.

04 베게너는 고생대 말에 하나로 모여 있던 초대륙을 판게아라고 하였다.

05 홈스는 맨틀 내부에서 온도 차에 의해 열대류가 일어나며, 이로 인해 대륙이 분리되고 이동할 수 있다고 주장하였다.

06 | 선택지 분석 |

- ① 맨틀 내부의 온도 차이로 맨틀에서 열대류가 발생한다.
 - ➔ 방사성 동위원소의 붕괴열로 맨틀 내부의 열대류가 발생한다고 주장하였다.
- ② 맨틀 대류가 상승하는 곳에서는 마그마의 활동으로 새로운 지각이 형성된다.
 - ➔ 맨틀 대류의 상승부에서 대륙이 분리되어 새로운 섬이 형성된다고 주장하였다.
- ③ 맨틀 대류가 하강하는 곳에서는 지각이 맨틀 속으로 들어간다.
 - ➔ 맨틀 대류의 하강부에서 대륙이 소멸된다고 설명하였다.
- ④ 맨틀 대류설이 제시되면서 대륙 이동설을 정설로 받아들이기 시작하였다.
 - ➔ 당시에는 맨틀 대류설을 뒷받침할 만한 결정적인 증거가 없어 받아들여지지 않았다.
- ⑤ 맨틀 대류를 뒷받침할 만한 결정적인 증거를 제시하지 못하였다.
 - ➔ 홈스는 맨틀 대류의 결정적인 증거를 제시하지 못하였다.

07 | 선택지 분석 |

- ① 제2차 세계 대전 이후 탐사 장비와 기술이 크게 발전하였다.
 - ➔ 탐사 기술의 발달로 해저 지형을 자세하게 조사할 수 있게 되었다.
- ② 음향 측심법을 활용하여 해령과 해구 등의 해저 지형을 알게 되었다.
 - ➔ 음파를 이용한 해저 지형 조사를 통해 해령, 해구, 심해저 평원 등의 존재를 확인하였다.
- ③ 음파가 해저면에 반사되어 되돌아오기까지 걸리는 시간을 재어 수심을 측정한다.
 - ➔ 음파가 선박과 해저면 사이를 왕복하는 시간을 측정하여 수심을 알아낼 수 있다.
- ④ 수심은 (음파의 평균 속력 × 음파 왕복 시간)에 해당한다.
 - ➔ 수심은 $\frac{1}{2} \times (\text{음파의 평균 속력} \times \text{음파 왕복 시간})$ 에 해당한다.
- ⑤ 해저 지형의 발견은 해저 확장설의 바탕이 되었다.
 - ➔ 해저 지형이 자세하게 알려지면서 해저 확장설이 등장하였다.

08 | 선택지 분석 |

- ① 해령 부근에는 나이가 적은 암석이 분포한다.
 - ➔ 해령 부근에는 해령의 중심부에서 형성된 젊은 암석이 분포한다.
- ② 대륙 주변부에 거대한 습곡 산맥이 발달한다.
 - ➔ 습곡 산맥은 판과 판의 충돌에 의한 조산 운동으로 만들어지므로 해저 확장과 직접적인 관계가 없다.
- ③ 해령과 해령 사이에는 변환 단층이 존재한다.
 - ➔ 해령을 기준으로 해저가 양쪽으로 확장되므로 두 해령 사이에 변환 단층이 존재한다.
- ④ 해령에서 멀어질수록 해저 퇴적물의 두께가 증가한다.
 - ➔ 해령에서 해구 쪽으로 갈수록 해저 퇴적물의 두께가 두껍다.
- ⑤ 해령을 중심으로 고지자기의 줄무늬가 대칭적으로 나타난다.
 - ➔ 해령에 대해 대칭적으로 분포하는 고지자기 줄무늬는 해저 확장설의 증거이다.

09 변환 단층은 해령과 해령 사이에 수직으로 발달한 단층으로 서로 어긋나게 움직이는 부분이다. a-c와 d-f가 해령이므로 변환 단층은 c-d 구간에 해당한다.

10 판 구조론은 대륙 이동설과 맨틀 대류설을 거쳐 해저 확장설의 증거들이 차례로 발견되면서 통합 이론으로 확립되었다.

11 | 선택지 분석 |

- ① 지각과 상부 맨틀을 포함하는 평균 두께가 약 100 km 인 부분을 암석권이라고 한다.
 - ➔ 암석권은 두께 약 100 km 인 단단한 지구의 겉 부분으로 지각과 상부 맨틀의 일부로 이루어져 있다.
- ② 해양판의 밀도는 대륙판보다 크다.

➔ 해양판을 구성하는 해양 지각이 대륙판을 구성하는 대륙 지각보다 밀도가 크기 때문에 해양판의 밀도는 대륙판의 밀도보다 크다.

- ③ 지구의 겉 부분은 하나로 연결된 거대한 판으로 이루어져 있다.
 - ➔ 지구의 겉 부분을 이루고 있는 암석권은 크고 작은 여러 개의 판으로 나누어져 있다.
- ④ 탐사 기술의 발전은 판 구조론이 정립되는 데 중요한 역할을 하였다.
 - ➔ 제2차 세계 대전 이후에 탐사 기술이 급격하게 발달하였고, 이를 바탕으로 해저 확장설을 거쳐 판 구조론이 정립되었다.
- ⑤ 1970년대 초 지각 변동을 설명하는 통합 이론으로 판 구조론이 탄생하였다.
 - ➔ 1970년대 초 지구 겉 부분이 10여 개의 판들로 구분되며, 판의 운동에 의해 다양한 지질 현상이 일어난다는 통합적인 이론인 판 구조론이 정립되었다.

12 변환 단층은 두 판이 서로 어긋나는 보존형 경계에서, 열곡대는 두 판이 서로 멀어지는 발산형 경계에서, 습곡 산맥은 두 판이 서로 가까워지는 수렴형 경계에서 형성된다.

018쪽~019쪽

도전! 실력 올리기

01 ⑤ 02 ③ 03 ② 04 ④ 05 ⑤ 06 ④

07 지점 6, 7500 m

08 | 모범 답안 | 고지자기의 줄무늬가 해령을 축으로 대칭을 이루는 까닭은 해령에서 생성된 지각이 양쪽으로 이동하였기 때문이다. 즉, 해양저가 확장되었음을 나타낸다.

09 | 모범 답안 | A에서 해령으로 가는 동안 해양 지각의 나이는 감소하고, 해령에서 B로 가는 동안 다시 증가한다.

01 | 선택지 분석 |

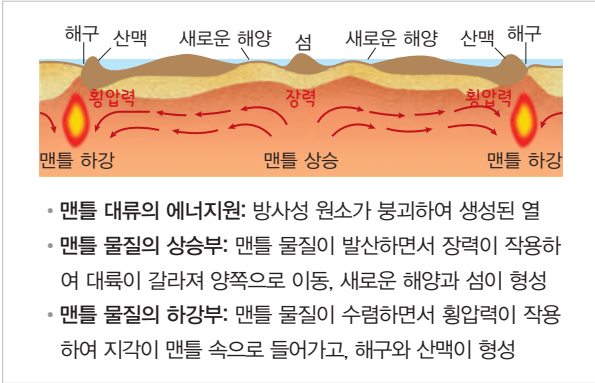
- ㉠ 고생대에는 대서양이 존재하지 않았다.
 - ➔ 대서양은 중생대 중기에 판게아가 분리된 이후에 생성되었다.
- ㉡ 인도 대륙은 과거에 남반구에 위치하였다.
 - ➔ 인도는 고생대 말에 남극 대륙과 붙어 있었다.
- ㉢ 남아메리카 동해안과 아프리카 서해안의 해안선 모양이 거의 일치한다.
 - ➔ 고생대 말에는 남아메리카와 아프리카가 연결되어 있었으므로 해안선 모양이 거의 일치한다.

02 | 선택지 분석 |

- ㉠ 화석 ㉠~㉢의 분포는 대륙 이동의 증거이다.
 - ➔ 화석 ㉠~㉢의 분포를 기준으로 각 대륙을 연결하면 과거의 대륙 분포를 파악할 수 있다. 고생물 화석의 분포는 대륙 이동의 중요한 증거이다.
- ㉡ ㉠~㉢은 모두 대륙이 분리되기 이전에 살았던 생물들이다.
 - ➔ 화석 ㉠~㉢은 모두 판게아가 분리되기 이전에 살았던 생물들이다.

- ✗ 대륙이 분리된 이후에 살았던 생물 분포도 연속적으로 나타날 것이다.
 - ➔ 대륙이 분리된 이후에는 각 대륙에서 서로 다른 종의 생물 화석이 산출된다.

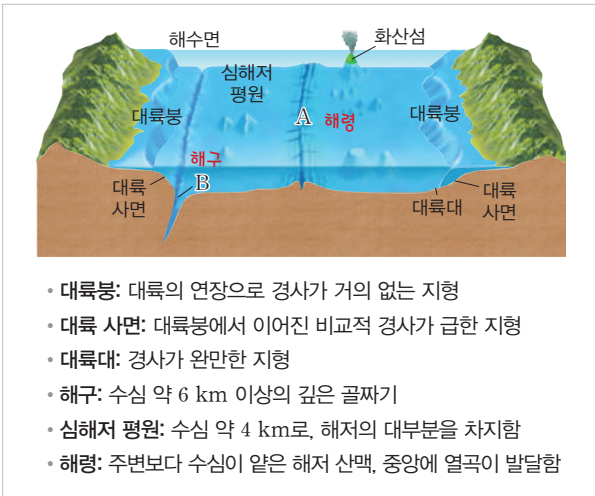
03 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

- ✗ 맨틀 대류의 상승부에서 횡압력이 작용한다.
 - ➔ 맨틀 대류의 상승부에서는 장력이, 하강부에서는 횡압력이 작용한다.
- ✗ 맨틀 대류의 하강부에서 대륙 지각이 분리된다.
 - ➔ 맨틀 대류의 하강부에서는 횡압력이 작용하면서 산맥과 해구가 형성된다.
- ㉠ 맨틀 대류에 의해 새로운 해양과 섬이 생성된다.
 - ➔ 홀스의 맨틀 대류설에 따르면 맨틀 대류의 상승부에서는 대륙 지각이 분리되면서 새로운 해양과 섬이 생성된다.

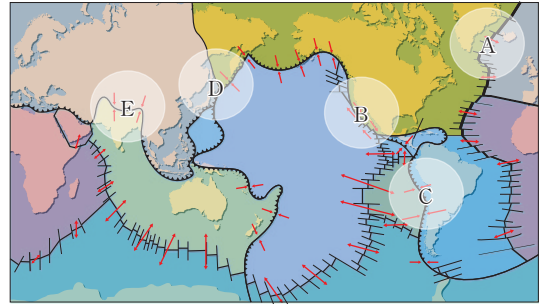
04 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

- ✗ 대륙붕은 대륙 사면보다 경사가 크다.
 - ➔ 대륙붕은 대륙의 연장으로 경사가 거의 없는 완만한 지형이다.
- ㉠ A의 중심부에 V자 모양의 열곡이 있다.
 - ➔ A는 해양저에 존재하는 해령(해저 산맥)으로, 중심부에 V자 모양의 열곡이 발달한다.
- ㉡ B는 수심 약 6 km 이상의 깊은 골짜기이다.
 - ➔ B는 수심이 가장 깊은 해구이다.

05 | 자료 분석 |



- A: 발산형 경계, 대서양 중앙 해령
- B: 보존형 경계, 산안드레아스 단층(변환 단층)
- C: 수렴형 경계, 페루-칠레 해구, 안데스산맥
- D: 수렴형 경계, 일본 해구
- E: 수렴형 경계, 히말라야산맥

| 선택지 분석 |

- ㉠ A에서는 새로운 해양 지각이 생성된다.
 - ➔ A는 발산형 경계인 해령으로 새로운 해양 지각이 생성된다.
- ㉡ B에는 변환 단층이 발달한다.
 - ➔ B는 보존형 경계로 변환 단층이 발달한다.
- ㉢ C, D, E는 맨틀 대류의 하강부에 위치한다.
 - ➔ C, D, E는 맨틀 대류의 하강부인 수렴형 경계이다. C와 D에서는 해구, E에서는 습곡 산맥이 발달한다.

06 (가)는 해저 확장설, (나)는 맨틀 대류설, (다)는 대륙 이동설, (라)는 판 구조론이다. 정립된 순서는 대륙 이동설(다) → 맨틀 대류설(나) → 해저 확장설(가) → 판 구조론(라) 순이다.

07 음파의 왕복 시간이 오래 걸릴수록 수심이 깊은 곳이다. 지점 6에서 음파의 왕복 시간이 10초이고, 음파의 평균 속력은 1500 m/s이다. 따라서 수심은 $\frac{1}{2} \times 10 \times 1500 = 7500$ m이다.

08 해양 지각에 분포하는 지구 자기를 측정할 결과 지구 자기장의 남극과 북극이 반복적으로 바뀌었다는 것을 밝혀내었는데, 이를 고지자기의 역전이라고 한다. 고지자기 역전은 해령을 축으로 대칭으로 나타나는데, 이는 해령을 중심으로 해양저가 양쪽으로 확장되었기 때문이다.

채점 기준	배점
해령을 중심으로 해저가 확장된다는 설명이 포함된 경우	100 %
해저 확장에 대해서만 언급하고, 구체적인 설명이 부족한 경우	50 %

09 A와 B 사이에 발산형 경계인 해령이 존재한다. 해령에서는 새로운 해양 지각이 생성되어 양쪽으로 이동하므로 해령 부근에는 매우 젊은 암석이 분포한다. 따라서 A에서 해령까지는 해양 지각의 나이가 감소하고, 해령에서 B로 가는 동안 다시 증가한다.

채점 기준	배점
해양 지각의 나이를 해령을 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
나이 변화 경향성만 서술한 경우	50 %

02~ 고지자기와 대륙 분포의 변화

탐구POOL

024쪽

- 01 (1) × (2) ○ 02 북쪽
03 해구에서 해양 지각이 소멸하기 때문이다.

03 해양 지각은 대륙 지각에 비해 밀도가 커서 지구 내부로 들어가 소멸될 수 있다. 해령에서 멀리 떨어져 있는 해구에서는 나이가 많은 해양 지각이 지구 내부로 섭입하여 소멸된다. 따라서 대륙 지각과 달리 해양 지각은 나이가 많은 암석이 존재하지 않는다.

꼭꼭! 개념 확인하기

025쪽

✓ 잠깐 확인!

- 1 지구 자기장 2 자북극 3 잔류 자기 4 고생대, 중생대
5 신생대 6 판

- 01 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ 02 대륙이 이동
03 (1) 판게아 (2) 습곡 산맥 (3) 상승
04 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○

02 같은 시기에 지구의 자극이 2개 있을 수는 없으므로 북아메리카와 유럽이 갈라져 서로 다른 방향으로 이동하였음을 알 수 있다.

03 판게아는 고생대 말에 형성되었으며, 형성 과정에서 판의 충돌로 거대한 습곡 산맥들이 형성되었다. 중생대 초인 약 2억 년 전부터 판게아가 분리되기 시작하여 현재의 수륙 분포를 이루었다.

탄탄! 내신 다지기

026쪽~027쪽

- 01 ③ 02 (가) 자기 적도 (나) 북반구 중위도 (다) 남반구 중위도 03 ② 04 ① 05 ④ 06 계속 증가하였다. 07 ②
08 ⑤ 09 (가) → (나) → (다) 10 ③ 11 ②

01 | 선택지 분석 |

- ① A는 자북극이다.
→ A는 지리상 북극이고, B는 자북극이다.

- ② A에서 북각은 90°이다.
→ 북각은 자북극에서 90°이다.
③ 시간에 따라 B의 위치는 달라진다.
→ A의 위치는 시간에 따라 변하지 않지만, B의 위치는 변한다.
④ B는 지구 자전축과 지표면이 만난 점이다.
→ B는 자북극이며, 지구 자전축과 지표면이 만난 점은 A이다.
⑤ 자기 적도에서는 A의 방향과 B의 방향이 같다.
→ 자기 적도는 북각이 0°이 되는 지점이다.

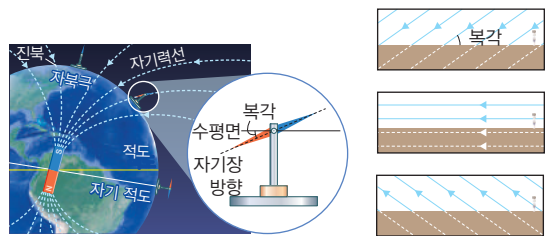
02 나침반의 자침이 수평면과 이루는 각도를 북각이라 한다. 북각이 0°인 곳을 자기 적도, 90°인 곳을 자북극이라고 한다. 지구 자기력선은 북반구에서 지평선 아래, 남반구에서는 지평선 위쪽을 향한다.

03 | 선택지 분석 |

- ✗ 자성을 띤 물질은 뜨거운 용암 상태에서도 자성을 잃지 않는다.
입어버린다.
→ 암석에 포함된 자성을 띤 물질은 뜨거운 용암 상태에서는 자성을 잃었다가 냉각되는 과정에서 다시 자성을 띤다.
① 자성이 있는 광물 입자가 물속에서 퇴적될 때 그 당시의 자기장 방향으로 배열될 수 있다.
→ 자성이 있는 광물 입자가 물속에서 퇴적되어 가라앉을 때, 퇴적물 속의 자성 광물은 그 당시의 자기장 방향으로 배열된다. 퇴적이 형성된 후에는 배열 방향이 바뀌지 않는다.
✗ 광물 입자는 항상 지구 자기장 방향에 따라 배열해 있다.
→ 암석이 형성된 이후에는 지구 자기장의 방향이 변해도 암석 속 광물의 자화 방향은 보존된다.

04 암석의 잔류 자기에 기록된 북각 변화를 측정하여 과거 암석이 생성될 당시의 위도를 알아낼 수 있다.

더 알아보기 북각



- 북각: 나침반의 자침이 수평면과 이루는 각도
- 북각이 0°인 곳을 자기 적도, 90°인 곳을 자북극이라고 한다.

05 유럽 대륙과 북아메리카 대륙에서 측정한 자북극의 겹보기 이동 경로가 서로 다른 까닭은 지질 시대 동안 두 대륙이 서로 다른 방향으로 이동하였기 때문이다.

06 남반구에 위치했을 때 북각은 (-)이고, 자기 적도에서 0, 북반구에서 (+)값을 갖는다. 따라서 북각은 계속 증가하였다.

07 | 선택지 분석 |

- ① 가장 최근에 존재했던 초대륙은 판게아이다.
 - ➔ 지구상에 존재했던 마지막 초대륙은 고생대 말에 형성된 판게아이다.
- ② 초대륙을 형성하는 에너지원은 태양 에너지이다.
 - ➔ 초대륙을 형성하거나 분리시키는 에너지원은 지구 내부 에너지이다.
- ③ 초대륙이 작은 대륙으로 나누어지면 다양한 기후대가 형성된다.
 - ➔ 초대륙이 여러 대륙으로 분리될수록 대륙에서는 다양한 기후대가 나타난다.
- ④ 지질 시대 동안 초대륙을 형성한 시기는 몇 차례 있었다.
 - ➔ 초대륙이 형성되는 주기는 대략 3억 년~5억 년으로 추정하고 있다.
- ⑤ 미래에 대륙이 모여 새로운 초대륙을 형성할 것이다.
 - ➔ 앞으로 약 2억 년~2억 5천만 년 후에는 현재의 대륙들이 모여 새로운 초대륙을 형성할 것으로 예측된다.

08 고생대 말에 판게아가 형성되었으며, 중생대 초에 판게아에서 열곡대가 발달하면서 서서히 분리되기 시작하였다. 인도 대륙은 남극 대륙과 붙어 있다가 분리되어 북상하였고, 유라시아 대륙과 충돌하여 히말라야산맥을 형성하였다.

09 (가)는 고생대 말, (나)는 중생대, (다)는 신생대에 해당한다. 따라서 지질 시대에 따른 수륙 분포는 (가) → (나) → (다) 순이다.

10 현재 태평양에는 섭입대가 있어 판이 소멸되고 있다. 대서양에서는 섭입대가 없고 해령에서 해양지가 확장되고 있다. 따라서 미래에는 대서양이 넓어지고, 태평양이 좁아질 것이다. 한편 아프리카판이 계속 북상하고 있으므로 유라시아판과 충돌하게 되고, 지중해는 사라질 것이다.

11 | 선택지 분석 |

- ✗ 약 1억 년 후 초대륙이 형성된다.
 - ➔ 1억 년 후에도 여러 대륙으로 분리되어 있다.
- ㄷ 태평양의 면적은 (가)보다 (나)에서 좁다.
 - ➔ (가)에서 (나)로 될 때 태평양의 면적은 좁아지고, 대서양은 넓어진다.
- ✗ 이 기간 동안 대륙은 대체로 남쪽으로 이동하였다.
 - ➔ 전체적으로 대륙들은 북쪽으로 이동하였다.

도전! 실력 올리기

028쪽~029쪽

01 ⑤ 02 ① 03 ③ 04 ④ 05 ④ 06 ④

07 약 4천만 년 전

08 | 모범 답안 | 최근 1000만 년 동안 위도는 5° 변했으므로 이동 거리는 약 550 km이다. 따라서 이동 속도는

$$\frac{550 \text{ km}}{1000 \text{ 만 년}} = \frac{5.5 \times 10^7 \text{ cm}}{1 \times 10^7 \text{ 년}} = 5.5 \text{ cm/년이다.}$$

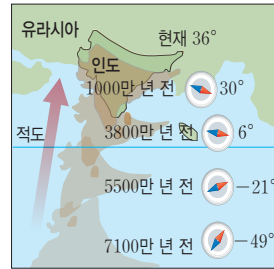
09 | 모범 답안 | 다양한 기후대의 형성으로 생물 다양성이 증가할 수 있다. 그리고 대륙붕 면적(대륙 연안 환경)이 증가하여 풍부한 생태계가 형성될 수 있다.

01 | 선택지 분석 |

- ㄱ ㉠은 자기 적도이다.
 - ➔ ㉠에서 나침반의 자침이 기울어지지 않고 지평선과 나란하므로 자기 적도임을 알 수 있다.
- ㄴ ㉡은 북각이다.
 - ➔ ㉡은 북각으로 나침반의 자침이 수평면과 이루는 각도이다.
- ㄷ ㉢은 진북보다 자북극에서 크다.
 - ➔ 북각은 자북극에서 90°가 되므로 가장 큰 값을 갖는다.

02 | 자료 분석 |

- 인도 대륙에서 북각은 -49°에서 +36°로 바뀌었다.
- 3800만 년 전을 기준으로 그 이전 시기의 위도 변화량이 그 이후 시기의 위도 변화량보다 크다. → 인도 대륙의 이동 속도는 느려졌다.
- 약 3800만 년 전부터 대륙이 충돌하기 시작하여 히말라야산맥이 형성되기 시작하였다.



| 선택지 분석 |

- ㄱ 이 기간 동안 인도 대륙은 자북극에 계속 가까워졌다.
 - ➔ 이 기간 동안 인도 대륙의 북각이 계속 증가하였으므로 자북극에 가까워졌다.
- ✗ 이 기간 동안 인도 대륙의 이동 속도는 점점 빨라졌다.
 - ➔ 인도 대륙의 위치 변화량은 시간에 따라 조금씩 줄어들었다.
- ✗ 히말라야산맥은 약 7100만 년 전부터 형성되기 시작하였다.
 - ➔ 히말라야산맥은 인도 대륙과 유라시아 대륙이 충돌하기 시작한 약 3800만 년 전부터 형성되기 시작하였다.

03 | 선택지 분석 |

- ✗ 과거에는 자북극이 2곳이었다.
 - ➔ 자북극은 항상 1곳만 존재할 수 있다.

- ✗ 북아메리카 대륙과 유라시아 대륙은 현재보다 과거에 더 거리가 멀었다.
→ 과거에 두 대륙은 서로 가까운 곳에 위치하였다.
- ㉔ (나)의 결과는 대륙이 이동했다는 증거이다.
→ 자북극의 이동 경로가 2개로 나타나는 것은 대륙이 이동하였음을 뜻하고, 이를 거꾸로 추적하면 과거 대륙의 이동 경로를 알 수 있다.

04 | 선택지 분석 |

- ㉑ (가)는 (나)보다 먼저 형성되었다.
→ (가)는 약 12억 년 전에 형성된 로디니아 초대륙이고, (나)는 약 2억 4천만 년 전에 형성된 판게아 초대륙의 모습이다.
- ✗ (가)의 초대륙은 화석 자료를 이용하여 복원할 수 있다.
→ 로디니아 초대륙은 화석 자료가 거의 없어 지층 순서를 비교하여 복원하였다.
- ㉔ (나)의 초대륙이 분리될 때 열곡대가 발달하였다.
→ 대륙이 분리될 때 대륙 내부에서 열곡대가 발달한다.

05 | 선택지 분석 |

- ① 판의 이동 방향과 속력은 모두 다르다.
→ 판의 이동 방향과 속력은 제각각 다르다.
- ② 대서양의 면적은 계속 넓어질 것이다.
→ 대서양에는 해구가 없고, 해령만 있으므로 넓어질 것이다.
- ③ 태평양 가장자리에서 판의 소멸이 활발하다.
→ 태평양 가장자리에는 해구가 발달해 있다.
- ④ 오스트레일리아 대륙은 남극에 더 가까워질 것이다.
→ 오스트레일리아 대륙이 포함되어 있는 판은 현재 북쪽으로 이동 중이다.
- ⑤ 히말라야산맥의 높이는 현재보다 더 높아질 것이다.
→ 인도-오스트레일리아판이 계속 북쪽으로 이동하고 있으므로 히말라야산맥은 현재보다 더 높아질 것이다.

06 | 선택지 분석 |

- ✗ (가) → (나) 과정에서 습곡 산맥이 형성된다.
→ 습곡 산맥은 초대륙이 형성될 때 잘 형성된다.
- ㉑ (다)에서 해양 중앙부에 발산형 경계가 발달한다.
→ (다)에서 해양의 중앙부에 발산형 경계인 해령이 발달한다.
- ㉔ 대륙의 기후대는 (가) 시기보다 (다) 시기에 다양하다.
→ 대륙이 작게 분리되었을 때 기후대가 다양하다.

더 알아보기 초대륙의 형성과 분리

- 초대륙 형성: 대륙판 아래로 해양판이 섭입 → 대륙과 대륙이 충돌 → 대륙은 합쳐져 초대륙 형성, 습곡 산맥 발달
- 초대륙 분리: 초대륙 내부에서 맨틀 대류의 상승류 발달 → 초대륙 분리 → 여러 대륙에서 다양한 기후대 발달

07 그래프에서 북각이 0°일 때 적도에 위치한다. 표에서 북각이 0°인 시기는 대략 4천만 년 전이다.

08 최근 1000만 년 동안 인도 대륙의 북각은 30°에서 36°로 변했으므로 위도는 15°에서 20°로 5° 변했다. 따라서 이동 거리는 약 550 km이다. 이동 속도는

$$\frac{550 \text{ km}}{1000 \text{ 만 년}} = \frac{5.5 \times 10^7 \text{ cm}}{1 \times 10^7 \text{ 년}} = 5.5 \text{ cm/년이다.}$$

채점 기준	배점
풀이 과정과 답을 모두 옳게 제시한 경우	100 %
이동 속도를 구하는 풀이 과정은 옳으나, 계산 과정(단위 처리)이 틀린 경우	50 %

09 대륙이 작은 조각으로 분리되어 다양한 위도에 분포하면, 기후대가 다양하게 형성되기 때문에 생물 다양성이 증가할 수 있다. 또한 대륙붕 면적(대륙 연안 환경)이 증가하여 풍부한 생태계가 형성될 수 있다.

채점 기준	배점
긍정적인 영향을 2가지 모두 옳게 서술한 경우	100 %
긍정적인 영향을 1가지만 옳게 서술한 경우	50 %

실전! 수능 도전하기

031쪽~033쪽

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

01 베게너가 주장한 대륙 이동설의 증거는 두 대륙의 해안선 모양 유사, 화석 분포와 지질 구조의 연속성, 빙하의 흔적 등이다.

| 선택지 분석 |

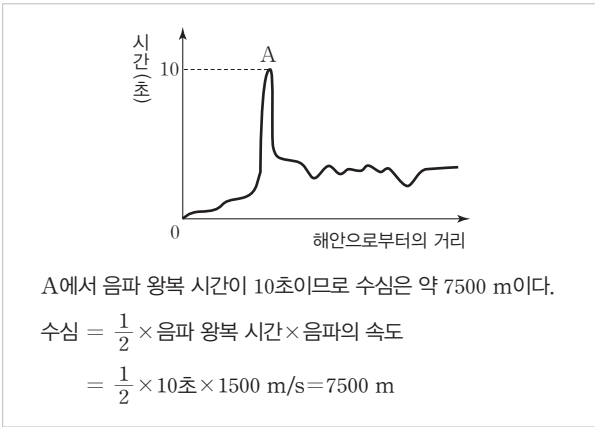
- ㉑ A 대륙의 동쪽 해안선과 B 대륙의 서쪽 해안선 모양이 유사하다.
→ 판게아 형성 당시 붙어 있었던 두 대륙은 분리된 이후에도 유사한 해안선 모양이 유지된다.
- ㉒ C 대륙과 D 대륙에서 산맥 구조가 연속적으로 나타난다.
→ 판게아 당시 형성된 산맥이 현재 멀리 떨어져 있는 두 대륙에서 연속적으로 나타난다.
- ✗ A~D 대륙에서 모두 고생대 말의 빙하 퇴적층이 분포한다.
→ 고생대 말의 빙하 퇴적층은 남극 대륙을 중심으로 분포하였으므로 C와 D 대륙에서는 발견되지 않는다.

02 | 선택지 분석 |

- ㉑ 시간 순서는 (나) → (가) → (라) → (다)이다.
→ (가)는 맨틀 대류설, (나)는 대륙 이동설, (다)는 판 구조론, (라)는 해저 확장설에 해당한다. 이론이나 주장이 제시된 순서는 (나) → (가) → (라) → (다)이다.

- ㉠ 판은 지각과 맨틀의 최상부로 이루어져 있다.
 - 판은 암석권의 조각으로 지각과 맨틀 최상부로 이루어져 있다.
- ㉡ (라)는 음향 측심법이 발달한 이후에 등장하였다.
 - 해저 확장설은 음향 측심법을 이용하여 정확한 해저 지형 탐사가 이루어진 이후에 등장하였다.

03 | 자료 분석 |



- ✗ 주변보다 수심이 매우 얇은 곳이다.
 - A는 음파 왕복 시간이 가장 긴 곳으로 해구에 해당한다.
- ✗ 심해저에 발달한 해저 산맥이다.
 - 해구는 수심이 매우 깊은 골짜기이다.
- ㉡ 두 판의 서로 가까워지는 수렴형 경계에서 형성된 지형이다.
 - 해구는 판이 섭입하는 수렴형 경계에서 형성된다.

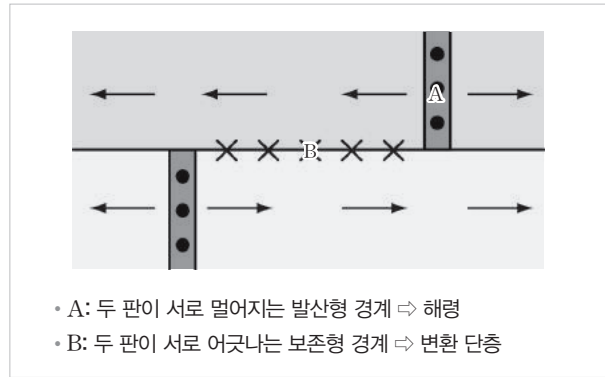
04 | 선택지 분석 |

- ㉠ A, B, C의 암석은 모두 대서양 중앙 해령에서 생성되었다.
 - 해양 지각은 해령의 중심축에서 생성되어 양쪽으로 이동한다. 따라서 A, B, C의 암석은 모두 중앙 해령에서 생성되었다.
- ✗ A에서 B로 갈수록 퇴적물의 두께는 두껍다. **얇다**
 - 퇴적물의 두께는 암석의 나이가 많은 A가 B보다 두껍다.
- ✗ B와 C 사이의 거리는 일정하게 유지될 것이다. **멀어질**
 - 해저가 확장됨에 따라 B와 C 사이의 거리는 점점 멀어질 것이다.

05 | 선택지 분석 |

- ㉠ 해양 지각의 연령은 (나)의 세로축 물리량으로 적절하다.
 - 대서양의 중앙에는 새로운 해양 지각이 생성되는 해령이 발달해 있으므로 해양 지각의 연령은 (나)의 세로축 물리량으로 적절하다.
- ㉡ ㉠ 주변에는 해저 산맥이 발달한다.
 - ㉠에는 주변보다 수심이 얇은 해저 산맥이 발달해 있다.
- ㉢ ㉠에서 새로운 해양 지각이 생성된다.
 - 해령에서 새로운 해양 지각이 생성되어 양쪽으로 이동한다.

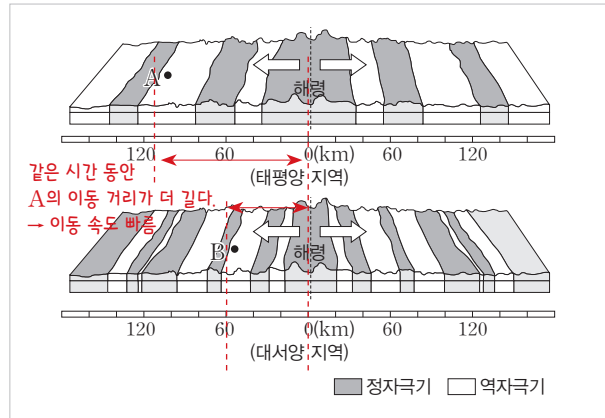
06 | 자료 분석 |



- A: 두 판이 서로 멀어지는 발산형 경계 → 해령
- B: 두 판이 서로 어긋나는 보존형 경계 → 변환 단층

A는 발산형 경계인 해령이고, B는 보존형 경계인 변환 단층이다. 따라서 A와 B에서는 모두 지진이 활발하다. 열곡은 A의 중심부에서 발달하고, 해양 지각도 A에서만 생성된다.

07 | 자료 분석 |



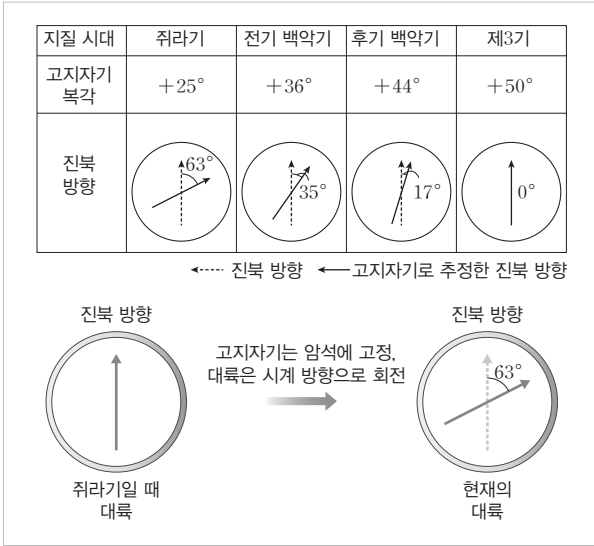
| 선택지 분석 |

- ㉠ 고지자기 분포는 해령을 중심으로 대칭적이다.
 - 해령에서 생성된 해양 지각이 양쪽으로 이동하므로 고지자기는 해령을 중심으로 대칭적으로 나타난다.
- ㉡ 해양 지각의 암석 연령은 해령에서 멀어질수록 증가한다.
 - 해령에서 생성된 해양 지각이 양쪽으로 이동하므로 해령에서 멀어질수록 해양 지각의 나이는 많아진다.
- ✗ 지각의 이동 속도는 태평양 지역이 대서양 지역보다 느리다.
 - A와 B는 모두 같은 시기에 형성된 암석이므로 해령에서 지각이 이동하는 속도는 태평양 지역이 대서양 지역보다 빠르다.

08 | 선택지 분석 |

- ✗ 지질 시대는 (가)가 (나)보다 오래되었다.
 - (가)는 중생대 중기, (나)는 고생대 말에 해당한다.
- ㉡ 대륙붕의 총넓이는 (가)가 (나)보다 넓다.
 - 대륙붕의 총넓이는 대륙이 분리되어 이동하는 (가)가 더 넓다.
- ㉢ 생물의 서식 환경은 (가)가 (나)보다 다양하다.
 - 대륙이 분리된 (가)일 때 생물의 서식 환경이 더 다양하다.

09 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

- ㉠ 제3기에 북반구에 위치하였다.
→ 제3기에 복각이 +50°이므로 북반구에 위치하였다.
- ㉡ 백악기 동안 고위도 방향으로 이동하였다.
→ 자북극에 가까울수록 복각이 커진다. 쥐라기에서 백악기를 거쳐 제3기로 오는 동안 복각이 계속 증가하였으므로 이 대륙은 고위도로 이동하였다.
- ㉢ 쥐라기 이후 시계 방향으로 회전하였다.
→ 이 기간 동안 고지자기로 추정된 진북 방향이 점점 시계 반대 방향으로 회전하였다. 진북 방향은 변하지 않았으므로 대륙이 시계 방향으로 회전하였음을 알 수 있다.

10 | 선택지 분석 |

- ㉠ A 시기는 고생대이다.
→ A 시기 말에 초대륙 판게아가 존재했다. 따라서 A 시기는 고생대, B 시기는 중생대이다.
- ㉡ 초대륙이 형성되면서 해수면은 상승했다.
→ A 시기 말에 판게아가 형성되면서 해수면은 대체로 낮아졌다.
- ㉢ 지구의 평균 기온은 A 시기 말기보다 B 시기 말기에 높았을 것이다.
→ 지구의 평균 기온이 높을수록 해수면이 대체로 높아지므로 A 시기 말기보다 B 시기 말기에 평균 기온이 높았을 것이다.

11 | 선택지 분석 |

- ㉠ 맨틀이 상승하는 지역에서 암석권의 두께가 얇아진다.
→ 맨틀 대류의 상승부에서 대륙 지각이 나누어짐에 따라 암석권의 두께가 얇아지면서 열곡대가 발달한다.
- ㉡ (나) 이후 암석권이 분리되면 해양 지각이 생성된다.
→ 암석권이 분리되면 해양 지각이 생성되는 해령이 발달하기 시작한다.
- ㉢ 동아프리카 열곡대는 이러한 과정을 거쳐 형성되었다.
→ 동아프리카 열곡대는 현재 대륙이 분리되는 과정에 있으므로 (나)에 해당한다.

12 | 선택지 분석 |

- ㉠ 유라시아판과 북아메리카판은 서로 가까워진다.
→ 유라시아판과 북아메리카판은 서로 가까워지는 방향으로 이동하고 있다.
- ㉡ 대서양은 현재보다 넓어진다.
→ 태평양은 좁아지고, 대서양은 넓어진다.
- ㉢ 남극판의 크기는 현재보다 커진다.
→ 남극판은 섭입대가 없고, 해령이 발달해 있으므로 점점 넓어질 것이다.

03~ 맨틀 대류와 플룸 구조론

개념 POOL

036쪽

- 01 ㉠ → ㉡ → ㉢
- 02 (1) × (2) × (3) × (4) ○

- 01 현재 열점은 하와이섬(㉢)에 위치해 있다. 카우아이섬(㉠)과 마우이섬(㉡)은 하와이섬 위치에서 생성된 후 판의 이동으로 북서쪽으로 이동하였다. 따라서 암석의 나이는 ㉠ → ㉡ → ㉢이다.

꼭꼭! 개념 확인하기

037쪽

✓ 잠깐 확인

1 용융 2 맨틀 3 해구 4 플룸 5 수렴 6 플룸 구조론

- 01 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○
- 02 (1) ㉠ (2) ㉡ (3) ㉠ (4) ㉢
- 03 (1) 차가운 플룸 (2) 느리다 (3) 플룸 구조론
- 04 (1) ○ (2) × (3) ×

- 03 플룸 구조론은 플룸의 상승이나 하강으로 지구 내부의 변동이 일어난다는 이론이다. 판의 내부(하와이섬이나 동아프리카 지역 등)에서 일어나는 화산 활동은 판 구조론으로 설명하기 어렵지만, 플룸 구조론을 이용하면 쉽게 설명된다.

탄탄! 내신 다지기

038쪽~039쪽

- 01 ㉢ 02 ㉢ 03 ㉢ 04 ㉣ 05 ㉠ 06 해구 07 ㉡
- 08 플룸 구조론 09 ㉠ 플룸 ㉡ 연약권 10 ㉤ 11 ㉣ 12 ㉡

01 | 선택지 분석 |

- ㉠ ㉠은 암석권이다.
→ ㉠은 지각과 상부 맨틀의 일부로 이루어진 암석권이다.
- ㉡ ㉡은 연약권이다.
→ ㉡은 맨틀의 부분 용융으로 유동성이 있는 연약권이다.

- ①은 부분 용융되어 있다.
 - 암석권은 단단한 성질을 가지고 있다. 부분 용융되어 있는 영역은 ㉠이다.
- ④ ①의 조각을 판이라고 한다.
 - 암석권의 조각을 판이라고 한다.
- ⑤ ㉠에서 맨틀의 열대류가 나타난다.
 - 연약권은 유동성이 있어 맨틀 대류가 일어난다.

02 | 선택지 분석 |

- ㉠ 맨틀은 고체 상태이다.
 - 맨틀은 부분 용융 상태인 일부 영역이 있으나 전체적으로 고체 상태이다.
- ㉡ 상부 맨틀에는 부분 용융 상태인 연약권이 존재한다.
 - 깊이 100~400 km에는 일부가 부분 용융 상태인 연약권이 존재한다.
- ㉢ 맨틀은 전체적으로 거의 일정한 온도를 유지하고 있다.
 - 맨틀 내부에서는 깊이가 깊어질수록 온도가 높아진다. 따라서 맨틀에서는 깊이에 따른 온도 차이로 열대류가 일어난다.

03 맨틀의 열대류를 일으키는 근원 에너지는 지구 내부 에너지이며, 이 에너지는 주로 방사성 동위 원소의 붕괴열에 의해 공급된다.

04 해령과 열곡대는 맨틀 대류의 상승부에서 발달하는 지형으로 발산형 경계에 해당한다. 해구와 습곡 산맥은 맨틀 대류의 하강부에서 발달하는 지형으로 수렴형 경계에 해당한다.

05 판을 움직이는 주요 원동력에는 맨틀 대류 이외에 판 자체에서 발생하는 힘도 있다. A는 맨틀 대류에 의한 힘, B는 해령에서 밀어내는 힘, C는 섭입대에서 잡아당기는 힘이다.

06 해구에서 섭입하는 해양판은 판 자체의 무게에 의해 끌어당기는 힘이 작용한다. 따라서 해구가 발달한 판은 대체로 판의 이동 속도가 빠르다.

07 | 선택지 분석 |

- ㉣ 해령과 해령 사이에 변환 단층이 발달한다.
 - 변환 단층은 보존형 경계에서 발달하며, 판 구조론으로 설명이 가능하다.
- ㉤ 판의 내부에서 대규모 화산 활동이 일어난다.
 - 하와이섬이나 동아프리카 지역 등 판의 내부에서 일어나는 화산 활동은 판 구조론으로 설명하기 어려운 현상이다.
- ㉥ 고지자기의 줄무늬가 해령을 중심으로 대칭적으로 나타난다.
 - 고지자기의 줄무늬는 발산형 경계인 해령을 중심으로 대칭으로 나타나며, 판 구조론으로 설명이 가능하다.

08 플룸 구조론은 플룸의 상승이나 하강으로 지구 내부의 변동이 일어난다는 이론이다.

09 플룸은 맨틀 전체 영역에서 일어나는 상승과 하강으로 설명된다. 뜨거운 플룸은 외핵과 맨틀의 경계부에서 형성된 뜨거운 물질로, 폭이 100 km 미만인 가늘고 긴 원기둥 형태로 지표까지 빠르게 상승한다. 차가운 플룸은 수렴형 경계에서 섭입된 판의 물질이 상부 맨틀과 하부 맨틀의 경계 부근에 쌓여 있다가 가라앉아 생성된다. 이에 반해 상부 맨틀에서의 운동은 주로 연약권에서 일어나는 열대류로 설명된다.

10 | 선택지 분석 |

- ① 화산대와 지진대의 분포를 설명할 수 있다.
 - 화산대와 지진대의 분포는 판 구조론으로 잘 설명된다.
- ② 해저 지형의 탐사 기술이 발달하면서 등장한 이론이다.
 - 해저 탐사 기술의 발달로 정립된 이론은 판 구조론이다.
- ③ 섭입대에서 뜨거운 플룸이 형성된다.
 - 차가운 플룸은 수렴형 경계에서 섭입된 판의 물질이 가라앉아 생성된다.
- ④ 하와이는 차가운 플룸의 하강 지역에 위치한다.
 - 하와이는 뜨거운 플룸의 상승 지역에 해당하는 열점에 위치한다.
- ㉦ 대규모의 뜨거운 플룸은 초대륙을 분리시킬 수 있다.
 - 플룸 운동은 지질 시대에 있었던 초대륙을 분리시키는 역할을 하였던 것으로 추정된다.

11 | 선택지 분석 |

- ㉧ 뜨거운 플룸은 차가운 플룸보다 밀도가 크다.
 - 뜨거운 플룸은 차가운 플룸보다 온도가 높아 밀도가 작다.
- ㉨ 차가운 플룸은 수렴형 경계에서 섭입된 판이 가라앉아 생성된다.
 - 차가운 플룸은 해구에서 섭입된 판이 가라앉아 생성된다.
- ㉩ 플룸 상승류가 있는 곳은 주변의 맨틀보다 온도가 높으므로 지진파의 속도가 느리다.
 - 지진파로 지구 내부의 온도를 추정한 결과, 플룸 상승류가 있는 곳에서 온도가 높으며 지진파의 속도가 느리다.

12 뜨거운 플룸이 상승하여 지표면과 만나는 지점 아래 마그마가 생성되는 곳을 열점이라고 한다. 열점에서 분출하는 마그마는 연약권보다 깊은 곳에서 형성되기 때문에 상부 맨틀이 대류하여 판이 이동해도 열점의 위치는 변하지 않는다.

| 선택지 분석 |

- ㉪ 열점은 대부분 판의 경계에 분포한다.
 - 열점은 판의 경계와 판의 내부에 모두 분포한다.
- ㉫ 열점은 뜨거운 플룸이 상승하여 지각을 뚫고 분출하는 곳이다.
 - 열점은 뜨거운 플룸의 상승류가 발달한 곳이다.

- ✗ 판이 이동하면 열점의 위치도 함께 이동한다.
 → 열점에서 분출하는 마그마는 연약권보다 깊은 곳에서 형성되기 때문에 상부 맨틀이 대류하여 판이 이동해도 열점의 위치는 변하지 않는다.

도전! 실력 올리기

040쪽~041쪽

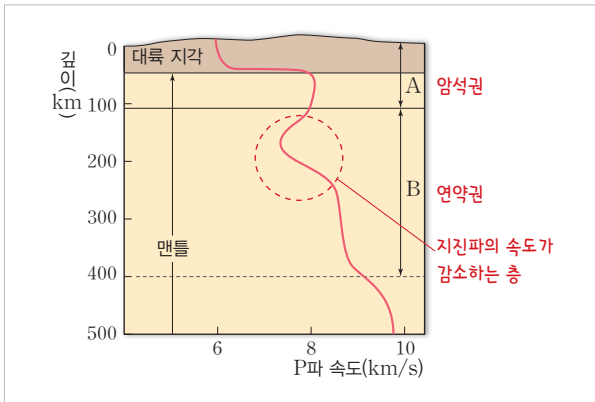
01 ⑤ 02 ③ 03 ③ 04 ① 05 ① 06 ②

07 A, C

08 | 모범 답안 | B는 판의 내부에서 형성된 화산으로, 연약권보다 깊은 곳에 분포한 열점에서 생성된 마그마가 분출하여 형성되었다.

09 | 모범 답안 | A, B, C는 모두 지구 내부의 고정된 위치에 분포하는 열점에 의해 생성되었다. 따라서 생성 위치는 열점의 바로 위이며, 생성된 순서는 A → B → C이므로 구성 암석의 평균 연령은 A > B > C이다.

01 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

- ㄱ A는 암석권이다.
 → A는 암석권, B는 연약권이다.
- ㄴ B에는 지진파의 속도가 감소하는 층이 존재한다.
 → 연약권은 부분 용융되어 있으며, 지진파의 속도가 감소하는 구간이 존재한다.
- ㄷ B의 대류에 의해 A가 이동할 수 있다.
 → 연약권인 B에서 일어나는 맨틀 대류에 의해 암석권인 A가 이동할 수 있다.

02 | 선택지 분석 |

- ㄱ 연약권에서 일어나는 맨틀 대류를 나타낸 모형이다.
 → 이 맨틀 모형은 연약권에서 맨틀 대류가 일어나는 모형이다.
- ㄴ A에서 새로운 해양 지각이 생성된다.
 → A에서는 맨틀 대류가 상승하므로 발산형 경계가 형성되며, 새로운 해양 지각이 생성된다.
- ✗ B에서 해령이 발달한다.
 → B에서는 맨틀 대류가 하강하면서 섭입대인 해구가 발달한다.

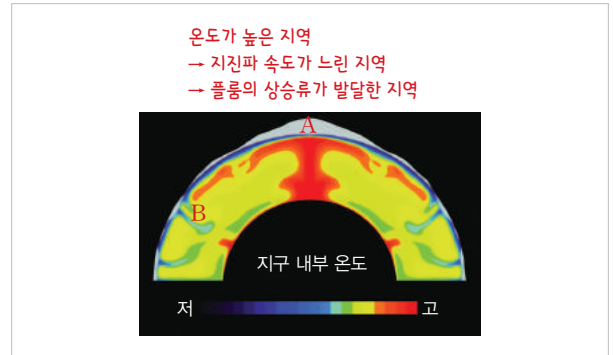
03 | 선택지 분석 |

- ✗ A는 섭입하는 판의 밀도가 작을수록 크다.
 → 섭입대에서 판을 당기는 힘 A는 섭입하는 판의 밀도가 클수록 커진다.
- ✗ B는 해저면의 경사가 완만할수록 크다.
 → 해저면의 경사로 인해 나타나는 힘 B는 해저면의 경사가 급할수록 커진다.
- ㄷ C는 발산형 경계에서 발생하는 힘이다.
 → C는 해령에서 판을 밀어내는 힘이다.
- ㄹ D는 맨틀의 열대류에 의해 발생하는 힘이다.
 → D는 맨틀 대류에 의해 판을 이동시키는 힘이다.

04 | 선택지 분석 |

- ㄱ 수심은 A보다 B에서 깊다.
 → 수심은 해령인 A보다 해구인 B에서 깊다.
- ✗ B에서 밀도가 작은 판이 밀도가 큰 판 아래로 섭입한다.
 → 해구에서는 밀도가 큰 판이 밀도가 작은 판 아래로 섭입한다.
- ✗ 맨틀 대류의 상승부에서 심발 지진이 자주 발생한다.
 → 심발 지진은 맨틀 대류가 하강하는 섭입대에서 발생한다. 맨틀 대류의 상승부에서는 두 판이 서로 멀어지면서 천발 지진이 발생한다.

05 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

- ㄱ A에서 화산 활동이 활발하다.
 → A에서는 뜨거운 플룸의 상승류에 의한 화산 활동이 활발하다.
- ✗ B의 하부에서 플룸의 상승류가 발달한다.
 → B에서는 차가운 플룸의 하강류가 나타난다.
- ✗ 지진파의 속도는 온도가 높은 영역일수록 빠르다.
 → 지구 내부에서 온도가 높은 영역은 주변 영역에 비해 지진파의 속도가 느리다.

06 | 선택지 분석 |

- ✗ 뜨거운 플룸은 내핵에서 형성된다.
 → 뜨거운 플룸은 외핵과 맨틀의 경계부에서 형성된다.
- ㄴ 플룸 상승류는 태평양과 대서양에 모두 존재한다.
 → 현재 플룸 상승류가 올라오는 곳은 태평양, 아프리카 대륙, 대서양 중앙 해령이다. 차가운 플룸은 섭입대가 발달한 아시아 대륙의 하부에서 나타난다.

X 열곡대는 아프리카 대륙보다 아시아 대륙에 발달한다.
 → 열곡대는 플룸 상승류가 나타나는 아프리카 대륙에서 발달한다.

07 A와 C는 해양판의 섭입에 의해 형성된 화산이고, D는 발산형 경계에서 형성된 화산이다. B는 열점에 의해 형성된 화산이다.

08 B는 판의 내부에서 열점 활동으로 형성된 하와이 화산이다. 이곳은 연약권보다 훨씬 깊은 곳에 분포한 열점에서 생성된 마그마가 분출하는 지역이다.

채점 기준	배점
B를 옳게 제시하고, 열점에 대해 옳게 서술한 경우	100 %
B만 옳게 제시한 경우	40 %

09 A, B, C는 모두 지구 내부의 고정된 위치에 분포하는 열점에서 분출된 마그마에 의해 생성된 섬들이다. 따라서 생성 위치는 현재 열점이 위치한 곳의 바로 위이며, 생성된 순서는 A → B → C이다. 따라서 구성 암석의 평균 연령은 A > B > C이다.

채점 기준	배점
생성 위치와 암석의 평균 연령을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
생성 위치와 암석의 평균 연령 중 1가지만 옳게 서술한 경우	50 %

04~ 마그마의 생성과 화성암

개념POOL

046쪽

- 01** A: 안산암질 마그마(또는 유문암질 마그마)
 B: 현무암질 마그마 C: 현무암질 마그마
02 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○

01 A는 지각 하부에서 부분 용융에 의해 안산암질(유문암질) 마그마가 생성되는 과정에 해당하며, B는 해령이나 열점에서 압력 감소로 현무암질 마그마가 생성되는 과정에 해당한다. C는 섭입대에서 물의 공급으로 현무암질 마그마가 생성되는 과정에 해당한다.

꼭꼭! 개념 확인하기

047쪽

- ✓ **잠깐 확인!**
1 마그마 **2** 현무암질 **3** 화성암 **4** 조립질 **5** 화강암
6 현무암 **7** 주상 절리
-
- 01** (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ **02** (1) ㉠ (2) ㉡ (3) ㉢
03 (1) SiO₂ (2) 심성암 (3) 세립질 (4) 반력암
04 (1) ㉠ (2) ㉡ (3) ㉢ (4) ㉣

탄탄! 내신 다지기

048쪽~049쪽

- 01** ① **02** ② **03** ② **04** ③ **05** ② **06** ㉠ > ㉡ > ㉢
07 화학 조성(또는 SiO₂ 함량)과 냉각 속도(또는 구성 광물의 크기, 조직) **08** ⑤ **09** 반력암 **10** ④ **11** ② **12** ④

01 현무암질 마그마는 유문암질 마그마보다 온도가 높고, 유동성이 크지만, SiO₂ 함량이 적어 점성이 작고 화산체의 경사가 완만하다.

02 해령(A)에서는 맨틀 물질이 상승하면서 압력 감소에 의해 마그마가 생성된다. 섭입대(B)에서는 지각에서 공급된 물에 의해 용융점이 낮아져 마그마가 생성된다. 대륙 하부(C)에서는 상승한 마그마에 의해 온도가 상승하여 부분 용융이 일어나 마그마가 생성된다.

03 해령과 섭입대에서는 현무암질 마그마가 생성되고, 섭입대에서 상승한 현무암질 마그마는 대륙 하부에서 부분 용융에 의해 안산암질 마그마가 된다.

04 | 선택지 분석 |

- X** 연약권의 온도는 암석의 용융점보다 높다.
 → 연약권은 고체 상태이므로 용융점보다 온도가 낮은 상태이다.
- X** 판의 섭입대에서는 P → A 과정을 거쳐 마그마가 생성된다.
 → 판의 섭입대에서는 물이 공급되어 암석의 용융 온도가 낮아져 마그마가 생성된다.
- ㉠** 해령에서는 P → B 과정을 거쳐 마그마가 생성된다.
 → 해령에서는 압력 감소(P → B) 과정에 의해 마그마가 생성된다.

05 현무암은 염기성암, 화강암은 산성암이다.

| 선택지 분석 |

- ① 염기성암은 산성암보다 색이 어둡다.
 → 염기성암은 산성암보다 어두운 색 광물이 많다.
- ② 현무암은 화강암보다 SiO₂ 함량이 **적다**.
 → 현무암은 SiO₂ 함량이 52 % 이하인 염기성암이고, 화강암은 SiO₂ 함량이 63 % 이상인 산성암이다.
- ③ 섬록암은 안산암보다 광물 결정의 크기가 크다.
 → 섬록암은 심성암, 안산암은 화산암이므로 광물 결정의 크기는 섬록암이 더 크다.
- ④ 현무암과 반력암을 구성하는 광물의 종류는 비슷하다.
 → 현무암과 반력암은 모두 염기성암이므로 화학 조성이 비슷하다.
- ⑤ 화강암은 유문암보다 마그마가 천천히 냉각되어 생성되었다.
 → 화강암은 심성암이므로 화산암인 유문암보다 마그마가 천천히 냉각되어 생성되었다.

06 지하 깊은 곳에서 형성된 암석일수록 구성 광물의 입자 크기가 크다.

07 화성암은 화학 조성에 따라 염기성암, 중성암, 산성암으로 구분하며, 마그마의 냉각 속도에 따라 화산암과 심성암으로 구분한다.

08 밝기, 광물 크기, SiO₂ 함량은 화강암이 현무암보다 크고, 냉각 속도는 현무암이 화강암보다 크다.

09 어두운색 광물이 많고, SiO₂ 함량이 52 % 이하이므로 염기성 암석이며, 지하 깊은 곳에서 형성된 암석이므로 조립질 조직을 갖는다. 따라서 이 암석은 반려암이다.

더 알아보기 화성암의 분류

조직에 따른 분류	조직	냉각 속도	화학적 조성에 따른 분류	염기성암	중성암	산성암
			색	적음 → 52 %	63 % → 많음	→ 많음
조직에 따른 분류	조직	냉각 속도	어두운 색	→ 중간	→ 밝은 색	
			많은 원소	Ca, Fe, Mg	→ Na, K, Si	적음
화산암	세립질 조직	빠름	현무암	안산암	유문암	
심성암	조립질 조직	느림	반려암	섬록암	화강암	

- 화학 조성에 의한 분류: SiO₂ 함량을 기준으로 염기성암, 중성암, 산성암으로 구분
- 조직에 따른 분류: 마그마의 냉각 속도(조직)에 따라 화산암(세립질)과 심성암(조립질)으로 구분한다.

10 화강암은 지하 깊은 곳에서 형성된 심성암이고, 밝은 색 광물이 많은 조립질 암석이다. 화강암은 SiO₂ 함량이 63 % 이상인 산성암이다.

| 선택지 분석 |

- ① 염기성암이다. → 화강암은 SiO₂ 함량이 63 % 이상인 산성암이다.
- ② 세립질 암석이다. → 심성암이므로 조립질 암석이다.
- ③ 암석의 색은 현무암보다 어둡다. → 밝은 색 광물이 많은 암석이다.
- ④ SiO₂의 함량이 반려암보다 많다. → 반려암은 SiO₂ 함량이 52 % 이하인 염기성암이다.
- ⑤ 지표 부근에서 빠르게 식어 형성되었다. → 화강암은 지하 깊은 곳에서 천천히 식어 형성되었다.

11 | 선택지 분석 |

- ✗ 주요 구성 암석은 화강암이다. → 주요 구성 암석은 현무암이다.
- ✗ 조립질 암석으로 이루어져 있다. → 화산암이므로 세립질 조직의 암석이다.
- ㉠ 유동성이 큰 용암이 굳어져 형성되었다. → 철원의 용암 대지는 유동성이 매우 큰 현무암질 마그마가 굳어져 형성되었다.

12 (가)는 현무암, (나)는 화강암으로 이루어져 있다.

| 선택지 분석 |

- ㉠ (가)는 화산 활동에 의해 형성되었다. → (가)의 울릉도는 신생대에 일어난 화산 활동으로 형성되었다.
- ✗ (나)에서는 주상 절리가 잘 나타난다. → 주상 절리는 화산암으로 이루어진 (가)의 암석에서 잘 나타난다.
- ㉡ 주요 구성 암석의 SiO₂의 함량은 (가)가 (나)보다 적다. → 암석의 SiO₂ 함량은 (가)의 현무암이 (나)의 화강암보다 적다.

도전! 실력 올리기

050쪽~051쪽

01 ② 02 ① 03 ① 04 ① 05 ⑤ 06 ④

07 (1) | 모범 답안 | A에서는 해양 지각이 섭입하면서 공급한 물에 의해 맨틀 물질의 용융점이 감소하여 마그마가 생성된다.

(2) | 모범 답안 | A는 현무암질 마그마이고, B는 안산암질 마그마이므로, SiO₂ 함량은 B가 A보다 많다.

08 반려암은 화강암보다 색이 어둡고, SiO₂ 함량이 적다.

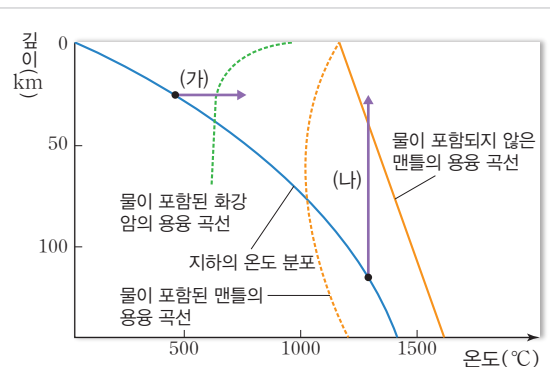
09 | 모범 답안 | 암석에서 관찰되는 기동 모양의 구조는 주상 절리이다. 주상 절리는 마그마가 지표 부근에서 빠르게 냉각 될 때 기동 모양으로 수축이 일어나면서 형성된다.

01 (가)는 현무암질 마그마, (나)는 안산암질 마그마, (다)는 유문암질 마그마이다.

| 선택지 분석 |

- ✗ 점성이 가장 큰 마그마는 (가)이다. → 마그마의 점성은 (가) < (나) < (다) 순이다.
- ㉠ 마그마의 온도는 (가)가 (다)보다 높다. → 마그마의 온도는 (가) > (나) > (다) 순이다.
- ✗ 발산형 경계에서 생성되는 마그마의 화학 조성은 (나)에 가깝다. → 발산형 경계에서는 현무암질 마그마인 (가)가 생성된다.

02 | 자료 분석 |



(가): 물이 포함된 화강암의 용융 곡선과 대륙 지각의 온도 곡선이 만나면 안산암질(유문암질) 마그마가 생성된다.

(나): 압력 감소로 지구 내부의 온도 곡선이 맨틀의 용융 곡선과 만나면 현무암질 마그마가 생성된다.

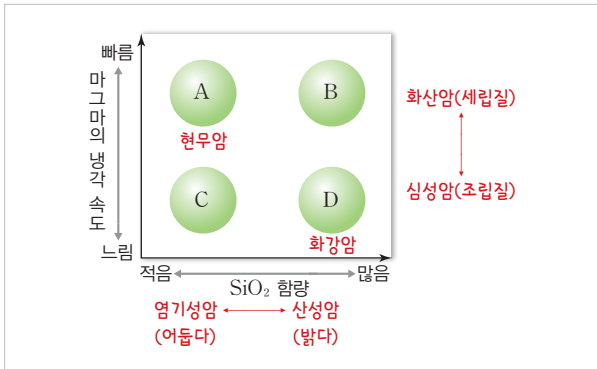
선택지 분석

- ㉠ 대륙 하부에서는 (가) 과정에 의해 마그마가 생성된다.
 - 대륙 하부에서는 (가)의 온도 상승 과정에 의해 안산암질(유문암질) 마그마가 생성될 수 있다.
- ✗ (나) 과정에서 암석의 용융점이 증가한다.
 - (나) 과정은 압력 감소에 의해 용융점이 낮아져 마그마가 생성되는 과정에 해당한다.
- ✗ 물은 암석의 용융점을 증가시키는 역할을 한다.
 - 물은 암석의 용융점을 감소시켜 마그마가 쉽게 생성되도록 도와주는 역할을 한다.

03 | 선택지 분석

- ㉠ A에서 압력 감소에 의해 마그마가 생성된다.
 - A(해령)에서는 맨틀 물질이 상승하는 과정에서 압력 감소에 의해 마그마가 생성된다.
- ✗ B에서 생성된 마그마의 SiO₂ 함량은 63 % 이상이다.
 - B(열점)에서 생성된 마그마는 SiO₂ 함량이 52 % 이하인 현무암질 마그마이다.
- ✗ C에서 온도 상승에 의해 마그마가 생성된다.
 - C(섭입대)에서는 섭입하는 해양 지각에서 물을 공급받아 맨틀 물질의 용융점이 낮아져 현무암질 마그마가 생성된다.

04 | 자료 분석



A와 B는 화산암이고, C와 D는 심성암이다. A와 C는 염기성암이고, B와 D는 산성암이다. 구성 광물의 크기와 암석의 생성 깊이는 심성암이 화산암보다 크다.

선택지 분석

- ㉠ A는 B보다 어두운 색깔을 띤다.
 - 염기성암은 산성암보다 색이 어둡다.
- ✗ A는 C보다 구성 광물의 크기가 크다.
 - 화산암은 심성암보다 구성 광물의 크기가 작다.
- ✗ 암석의 생성 깊이는 A가 D보다 깊다.
 - 암석의 생성 깊이는 화산암이 심성암보다 얕다.

05 | 선택지 분석

- ㉠ SiO₂의 함량은 (가)보다 (나)의 암석에 많다.
 - (가)는 (나)보다 암석의 색이 어두우므로 SiO₂ 함량이 적다.
- ㉡ 암석을 생성한 용암의 점성은 (가)보다 (나)가 크다.
 - 용암의 점성은 SiO₂ 함량에 비례하므로 (나)가 (가)보다 크다.

- ㉢ (가)와 (나)는 모두 지표 부근에서 급격하게 냉각되어 형성되었다.
 - (가)와 (나)는 모두 화산암이며, 주상 절리가 나타나므로 지표 부근에서 급격하게 냉각되어 형성되었다.

06 | 선택지 분석

- ✗ 화산체의 경사는 (가)가 (나)보다 완만하다.
 - (가)는 중상 화산, (나)는 순상 화산이므로 화산체의 경사는 (나)가 더 완만하다.
- ㉠ 암석의 생성 깊이는 (다)가 가장 깊다.
 - (가)와 (나)는 화산암이고, (다)는 심성암인 화강암으로 이루어져 있다.
- ㉡ (가), (나), (다)를 형성한 주요 구성 암석은 모두 화산암이다.
 - (가), (나), (다)는 모두 마그마가 굳어져 생성된 화성암으로 이루어져 있다.

- 07 (1) A에서는 해양 지각이 섭입하면서 연약권으로 물이 공급되어 맨틀 물질의 용융점이 감소하고, 그에 따라 현무암질 마그마가 생성된다.

채점 기준	배점
해양 지각의 물 공급과 용융점 감소를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
해양 지각의 물 공급과 용융점 감소 중 1가지만 옳게 서술한 경우	50 %

(2) A에서 생성된 현무암질 마그마는 위로 상승하여 지각 하부에 도달한다. 마그마에 의해 지각 물질의 일부가 부분 용융되어 마그마에 포함되고, 마그마에서 일부 성분이 빠져나가면서 점차 안산암질 마그마로 변한다. 따라서 마그마의 SiO₂ 함량은 B가 A보다 많다.

채점 기준	배점
마그마의 종류를 옳게 쓰고, SiO ₂ 함량을 옳게 비교한 경우	100 %
마그마의 종류와 SiO ₂ 함량 중 1가지만 옳게 비교한 경우	50 %

- 08 반려암은 염기성암이고, 화강암은 산성암이다. 따라서 반려암은 화강암에 비해 암석의 색이 어둡고, SiO₂ 함량이 적다.

- 09 한탄강 유역을 이루고 있는 주요 구성 암석은 현무암이다. 현무암이 지표 부근에서 빠르게 냉각되면서 기둥 모양의 주상 절리를 형성하였다.

채점 기준	배점
주상 절리와 생성 과정을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
주상 절리만 옳게 쓴 경우	40 %

실전! 수능 도전하기

053쪽~054쪽

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

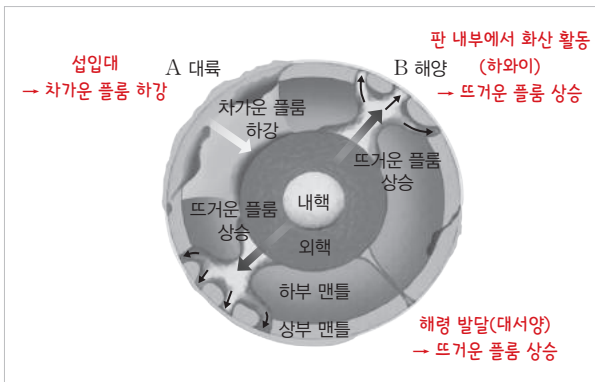
01 | 선택지 분석 |

- ㉠ 연약권은 고체 상태이다.
 - S파는 액체에서 전달되지 못한다. 따라서 연약권은 고체 상태이다.
- ㉡ 지하 100 km ~ 400 km 구간에서 지진파의 속도가 느려지는 저속도층이 존재한다.
 - 연약권에서는 부분 용융에 의해 지진파의 속도가 느려진다.
- ㉢ 맨틀 대류는 **자각** 하부의 상부 맨틀에서 일어난다.
 - 맨틀 대류는 암석권 하부의 연약권에서 일어난다.

02 | 선택지 분석 |

- ㉠ (가)에서 해령은 A 판을 서쪽으로 밀어낸다.
 - 해령은 판을 양쪽으로 밀어내므로 (가)에서 A 판을 서쪽으로 밀어낸다.
- ㉡ (나)에서 섭입대는 B 판을 동쪽으로 잡아당긴다.
 - 섭입대에서는 판을 잡아당기는 힘이 작용하므로 (나)의 섭입대는 B 판을 동쪽으로 잡아당긴다.
- ㉢ 판의 이동 속력은 A 판이 B 판보다 빠르다.
 - A 판은 해령에서 밀어내는 힘만 받지만, B 판은 해령에서 밀어내는 힘과 섭입대에서 잡아당기는 힘을 모두 받는다. 따라서 판의 이동 속력은 A 판보다 B 판이 빠르다.

03 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

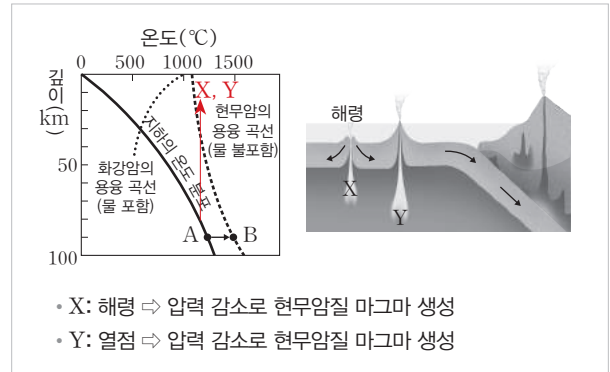
- ㉠ A 대륙에서 열곡대가 발달한다.
 - A 대륙에서는 차가운 플룸이 하강하므로 섭입대가 발달한다.
- ㉡ B 해양의 가장자리에는 섭입대가 발달한다.
 - B 해양은 태평양으로 가장자리에서는 섭입대가 발달한다.
- ㉢ 차가운 플룸은 뜨거운 플룸보다 밀도가 크다.
 - 뜨거운 플룸은 밀도가 작아 상승하며, 차가운 플룸은 밀도가 커서 맨틀 바닥까지 내려간다.

04 | 선택지 분석 |

- ㉠ 해구에서 냉각된 판이 섭입하고 있다.
 - 해구에서 섭입되는 판의 온도는 주변의 온도보다 낮다.
- ㉡ 섭입대를 따라 지진의 발생 깊이가 점점 깊어진다.
 - 판이 섭입함에 따라 천발 지진, 중발 지진, 심발 지진이 발생한다.

- ㉢ 섭입대에서 온도 상승에 의해 마그마가 생성될 수 있다.
 - 섭입대에서 연약권으로 공급된 물에 의해 용융점이 낮아져서 연약권 물질이 녹아 마그마가 생성될 수 있다.

05 | 자료 분석 |



- X: 해령 ⇨ 압력 감소로 현무암질 마그마 생성
- Y: 열점 ⇨ 압력 감소로 현무암질 마그마 생성

| 선택지 분석 |

- ㉠ 20 km 깊이에서 암석의 용융 온도는 물을 포함하지 않은 현무암이 물을 포함한 화강암보다 높다.
 - 20 km 깊이에서 물을 포함하지 않은 현무암의 용융 온도는 1000 °C보다 높지만, 물을 포함한 화강암의 용융 온도는 1000 °C보다 낮다.
- ㉢ X에서는 A → B와 같은 과정으로 마그마가 생성된다.
 - 해령 X에서는 압력 감소에 의해 마그마가 형성된다.
- ㉣ Y에서는 화강암질 마그마가 생성된다.
 - 열점 Y에서는 현무암질 마그마가 생성된다.

06 | 선택지 분석 |

- ㉠ (가)는 현무암이다.
 - (가)는 세립질 조직을 갖고 있는 현무암이고, (나)는 조립질 조직을 갖고 있는 화강암이다.
- ㉢ SiO₂ 함량은 (가)가 (나)보다 많다.
 - SiO₂ 함량은 현무암보다 화강암이 많다.
- ㉣ (가)의 조직은 조립질, (나)의 조직은 세립질이다.
 - (가)의 조직은 입자가 매우 작은 세립질, (나)의 조직은 입자가 비교적 큰 조립질이다.

- 07 A는 SiO₂ 함량이 약 50 %인 염기성암이고, 세립질이므로 입자의 크기는 작다. 유색 광물의 함량은 B보다 많으므로 어둡게 보인다. 한편, B는 SiO₂ 함량이 약 70 %인 산성암이고 조립질이므로 입자의 크기는 크다. 유색 광물의 함량은 A보다 적어 밝게 보인다. 따라서 A는 현무암, B는 화강암이다.

- 08 독도는 화산암으로, 북한산은 심성암으로 이루어져 있다.

| 선택지 분석 |

- ㉠ 구성 광물의 크기는 (가)가 (나)보다 크다.
 - 구성 광물의 크기는 심성암으로 이루어진 (나)가 (가)보다 크다.

- ㉠ 암석을 형성한 마그마의 냉각 속도는 (가)가 (나)보다 빠르다.
 - ➔ 마그마의 냉각 속도는 화산암으로 이루어진 (가)가 (나)보다 빠르다.
- ✗ (가)와 (나)에는 모두 주상 절리가 발달한다.
 - ➔ 주상 절리는 마그마가 빠르게 냉각될 때 형성되므로 (가)에서만 발달한다.

Success follows doing what you want to do.
There is no other way to be successful.

- Malcolm Forbes

하고 싶은 것을 해야만 성공할 수 있다.
이것이 유일한 성공 비결이다.

- 말콤 포브스



2 >>> 지구의 역사

01~ 퇴적 구조와 퇴적 환경

개념POOL

060쪽

- 01 (1) 점이 층리 (2) 사층리 (3) 건열
- 02 (1) × (2) ○ (3) ○

02 (3) 증발암은 건조한 환경에서 물이 증발하여 그 속에 녹아 있던 광물 성분이 침전, 퇴적되어 형성된 암석이므로 주로 건열과 함께 발견된다.

꼭꼭! 개념 확인하기

061쪽

✓ 잠깐 확인!

- 1 속성 작용 2 공극, 밀도 3 규질 4 유기적 퇴적암
- 5 사층리 6 건열 7 선상지 8 대륙붕

- 01 (1) ⊖ (2) ⊖ (3) ⊕ 02 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ×
- 03 사층리, 연흔 04 ⊕ 점이 층리 ⊖ 저탁류
- 05 (1) ⊖ (2) ⊕ (3) ⊕ 06 점이 층리

03 사층리와 연흔 모두 물이 흐르거나 사막과 같이 바람이 잘 부는 환경에서 형성될 수 있다.

04 점이 층리는 저탁류가 흐르는 깊은 호수나 바다에서 퇴적물의 침강 속도 차이에 의해 형성된다.

탄탄! 내신 다지기

062쪽~063쪽

- 01 ③ 02 ① 03 ④ 04 입자의 크기 05 (가) 연흔 (나) 사층리 06 ① 07 ② 08 ⑤ 09 해빈, 삼각주, 해안 사구 10 ② 11 ② 12 ⊕ 연안 ⊖ 육지 13 ①

01 | 선택지 분석 |

- ㉠ 공극의 크기
 - ➔ 퇴적물은 속성 작용을 거치는 동안 압축되므로 공극의 크기가 감소한다.
- ㉡ 퇴적물의 부피
 - ➔ 공극의 크기가 감소하면 퇴적물의 부피도 감소한다.
- ✗ 퇴적물의 밀도
 - ➔ 퇴적물이 속성 작용을 거치는 동안 질량은 거의 일정한데 부피가 감소하므로 밀도는 증가한다.

02 | 선택지 분석 |

- ① 퇴적암은 육지보다 바다에서 더 많이 형성된다.
 - ➔ 퇴적물은 육지보다 높이가 낮고 해수로 덮여있는 바다에서 많이 쌓인다.
- ② 화석은 퇴적암보다 화성암에서 더 많이 산출된다.
 - ➔ 화석은 마그마가 굳어져 형성된 화성암에서는 산출될 수 없으며, 대부분 퇴적암에서 산출된다.
- ③ 퇴적물이 다짐 작용을 받으면 단단한 암석이 된다.
 - ➔ 퇴적물이 퇴적암이 되기 위해서는 다짐 작용과 교결 작용을 받아야 한다.
- ④ 화산 활동 시 분출된 용암이 굳으면 퇴적암이 된다.
 - ➔ 화산 활동으로 분출된 용암이 굳어서 형성된 암석은 화산암(화성암)이다.
- ⑤ 퇴적암은 모두 풍화·침식에 의해 잘게 부서진 입자가 쌓여서 형성된다.
 - ➔ 퇴적암은 풍화·침식에 의해 잘게 부서진 입자가 쌓여 형성되는 쇄설성 퇴적암 외에도 화학적 퇴적암과 유기적 퇴적암이 있다.

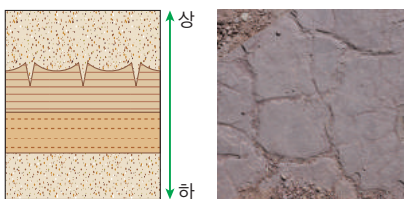
03 | 선택지 분석 |

- ① 사암
 - ➔ 주로 모래가 퇴적되어 형성된 쇄설성 퇴적암이다.
- ② 석탄
 - ➔ 주로 육상 식물의 사체가 퇴적되어 형성된 유기적 퇴적암이다.
- ③ 셰일
 - ➔ 주로 점토가 퇴적되어 형성된 쇄설성 퇴적암이다.
- ④ 치트
 - ➔ 규질 생물체의 껍데기가 퇴적되어 형성된 유기적 퇴적암 또는 화학적으로 침전된 규질 물질이 쌓여서 형성된 화학적 퇴적암이다.
- ⑤ 석회암
 - ➔ 물속에서 탄산 이온과 칼슘 이온이 결합·침전되어 형성된 화학적 퇴적암 또는 석회질 껍데기를 가진 생물체의 사체가 퇴적되어 형성된 유기적 퇴적암이다.

04 셰일, 사암, 역암 등의 쇄설성 퇴적암은 입자의 크기로 구분한다. 입자의 크기는 역암 > 사암 > 셰일 순으로 크다.

05 연흔은 흐르는 물, 파도, 바람 등에 의해 퇴적물의 표면에 생긴 물결 모양의 구조이며, 사층리는 바람이 강하게 불거나 물이 흐르는 환경에서 지층이 기울어진 상태로 쌓인 구조이다.

06 퇴적 당시의 환경에 따라 점이 층리, 사층리, 연흔, 건열 등의 다양한 퇴적 구조가 나타난다. 건조한 기후에서 물이 빠른 속도로 증발하여 퇴적층 표면이 갈라져서 형성된 퇴적 구조는 건열이다.



07 (가)는 바람이 불거나 물이 흐르는 환경에서 지층이 기울어진 상태로 쌓인 사층리이고, (나)는 흐르는 물, 파도, 바람 등에 의해 퇴적물의 표면에 생긴 물결 모양의 연흔이다.

08 (가)에서는 점이 층리, (나)에서는 연흔, (다)에서는 건열이 나타나는데 세 퇴적 구조 모두 역전된 모습이다.

구분	정상적인 모습	역전된 모습
(가) 점이 층리	위쪽: 점층, 아래쪽: 점층	아래쪽: 점층, 위쪽: 점층
(나) 연흔	위쪽: 물결, 아래쪽: 물결	아래쪽: 물결, 위쪽: 물결
(다) 건열	위쪽: 균열, 아래쪽: 균열	아래쪽: 균열, 위쪽: 균열

09 연안 환경은 육상 환경과 해양 환경이 만나는 곳에서 퇴적물이 퇴적되는 곳으로, 해빈, 삼각주, 해안 사구 등이 있다.

더 알아보기 주요 퇴적 환경

퇴적 환경	지형	주요 퇴적 구조
육상 환경	강	사층리
	호수	점이 층리, 연흔, 건열
	사막	사층리, 연흔
	빙하	-
연안 환경	삼각주	사층리, 연흔
	해빈	사층리, 연흔
해양 환경	대륙붕	층리, 연흔
	대륙대	점이 층리
	심해저	층리

10 | 선택지 분석 |

- ✗ 퇴적물은 해양 환경보다 육상 환경에서 더 많이 쌓인다.
 - ➔ 퇴적물은 육지보다 바다에서 더 많이 퇴적된다.
- ✗ 빙하 지대에서 퇴적되는 주요 퇴적물은 얼음이다.
 - ➔ 빙하가 운반하여 퇴적시킨 물질은 주로 암석 쇄설물로 다양한 크기의 각진 자갈들이 혼합되어 있다. 얼음은 수권에 해당하므로 퇴적물이 아니다.
- ㉠ 선상지는 삼각주보다 지형의 경사가 급변하는 곳에 형성된다.
 - ➔ 선상지는 산지와 평지 사이의 경사가 급변하는 곳에서 유속의 감소로 퇴적물이 쌓여 형성된다.

11 | 선택지 분석 |

- ✗ 연흔은 주로 심해저에서 형성된다.
 - ➔ 연흔은 주로 얕은 물 밑 환경에서 형성된다.

- ✗ 건열은 주로 고온 다습한 환경에서 형성된다.
 - ➔ 건열은 주로 건조한 기후에서 퇴적물이 물 밖으로 노출된 후 표면이 갈라져서 형성된다.
- ㉠ 사층리는 주로 물이 흐르거나 바람이 부는 환경에서 형성된다.
 - ➔ 사층리는 바람이 불거나 물이 흐르는 환경에서 지층이 기울어진 상태로 쌓여서 형성된다.

12 퇴적 환경 중 연안 환경은 육상 환경과 해양 환경이 만나는 영역으로 주로 육지에서 공급된 퇴적물이 쌓인다.

13 제주도 수월봉은 화산재가 쌓여 이루어진 응회암이 분포하고, 진안 마이산에는 주로 역암이 분포한다.

도전! 실력 올리기

064쪽~065쪽

01 ⑤ 02 ③ 03 ④ 04 ④ 05 ① 06 ③

07 사암

08 | 모범 답안 | 점이 층리는 대륙붕이나 대륙 사면에 있던 퇴적물들이 해저 지진 등으로 발생한 저탁류에 의해 심해로 가라앉는 동안 입자 크기에 따른 퇴적 속도의 차이로 인해 큰 입자는 아래쪽에 먼저 가라앉고 위쪽으로 갈수록 점차 작은 입자가 퇴적되어 형성된다.

09 | 모범 답안 | 퇴적물의 종류와 크기, 수심과 유속, 해안으로부터의 거리 등에 의해 다양한 퇴적 환경이 조성된다.

01 A는 유기적 퇴적암, B는 화학적 퇴적암, C는 쇄설성 퇴적암이 형성되는 과정이며, D는 속성 작용이다.

| 선택지 분석 |

- ㉠ 석회암은 대부분 A와 B 과정으로 형성된다.
 - ➔ 석회암은 물속에서 탄산 이온과 칼슘 이온이 결합한 후 침전되어 형성된 화학적 석회암과 탄산 칼슘 성분의 껍데기를 가지고 있는 생물의 사체가 퇴적되어 형성된 유기적 석회암이 있다. 따라서 석회암은 대부분 A와 B 과정으로 형성된다.
- ㉡ 사암은 C 과정으로 형성된다.
 - ➔ 사암은 모래가 굳어져서 형성된 쇄설성 퇴적암이므로 C 과정으로 형성된다.
- ㉢ D 과정에서 속성 작용이 일어난다.
 - ➔ 퇴적물이 속성 작용(D)을 거치면 퇴적암이 된다.

02 | 선택지 분석 |

- ㉠ 화학적 퇴적암에 해당한다.
 - ➔ 암염은 건조한 기후에서 바닷물이 증발하여 소금 결정이 퇴적되어 형성된 증발암으로 화학적 퇴적암에 해당한다.
- ✗ 주로 점이 층리와 함께 발견된다.
 - ➔ 점이 층리는 주로 깊은 물밑에서 형성되므로 암염과 함께 발견

되기 어렵다. 암염과 함께 발견될 수 있는 퇴적 구조는 건조한 환경에서 형성되는 건열이다.

- ㉡ 수권과 지권의 상호 작용으로 형성된다.
 - ➔ 암염은 바닷물(수권)이 증발하여 형성된 증발암(지권)이므로 수권과 지권의 상호 작용으로 형성된다고 할 수 있다.

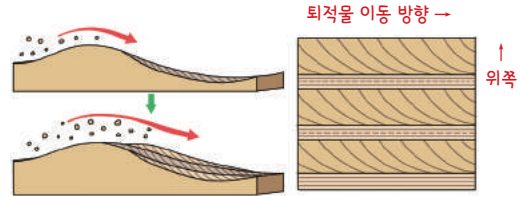
03 A에는 점이 층리, B에는 사층리, C에는 건열이 나타난다.

| 선택지 분석 |

- ✗ A는 기반암이 풍화·침식 작용을 받아 형성되었다.
 - ➔ A에 나타나는 점이 층리는 저탁류가 흐르는 깊은 호수나 바다에서 퇴적물의 침강 속도 차이에 의해 형성된다.
- ㉡ B가 퇴적될 당시 물은 ㉠ 방향으로 흘렀다.
 - ➔ B에 나타나는 사층리는 물이나 바람에 의해 운반된 퇴적물이 기울어져 퇴적된 구조이며, B가 퇴적될 당시 물은 ㉠ 방향으로 흘렀다.
- ㉢ C는 과거에 건조한 대기에 노출된 적이 있었다.
 - ➔ 건열은 주로 건조한 기후에서 퇴적물이 물 밖으로 노출된 후 표면이 갈라져서 형성된다.

더 알아보기 사층리의 형성 과정

사막이나 수심이 얇은 곳에서 바람이 불거나 물이 흘러가는 방향 쪽의 비탈면에 입자가 쌓일 때 형성되므로, 사층리의 형태를 보고 지층의 역전 여부와 퇴적 당시 퇴적물이 이동한 방향을 추정할 수 있다.



04 | 선택지 분석 |

- ✗ 심한 압력을 받아 형성되었다.
 - ➔ 그림의 퇴적 구조는 연흔으로 주로 흐르는 물, 파도, 바람에 의해 형성된다.
- ㉡ 지층의 상하 판단을 하는 데 이용할 수 있다.
 - ➔ 연흔은 특징적인 모양을 가지고 있어 지층의 상하 판단을 하는 데 이용할 수 있다.
- ㉢ 수권과 지권의 상호 작용 또는 기권과 지권의 상호 작용으로 형성된다.
 - ➔ 연흔은 주로 흐르는 물, 파도, 바람에 의해서 형성되므로, 수권과 지권 또는 기권과 지권의 상호 작용으로 형성된다.

05 선상지는 육상 환경, 삼각주는 연안 환경, 대륙붕은 해양 환경이며, 삼각주의 퇴적물은 선상지의 퇴적물에 비해 입자 크기가 고른 편이다.

06 | 선택지 분석 |

- ㉠ 점이 층리이다.
 - ➔ 그림처럼 한 지층 내에서 위로 갈수록 입자 크기가 점점 작아지는 퇴적 구조는 점이 층리이다.

- ✗ 해양 환경보다 연안 환경에서 잘 형성된다.
→ 점이 층리는 주로 깊은 호수나 바다에서 형성되며, 연안 환경에서는 거의 형성되지 않는다.
- ㉔ 퇴적물의 입자 크기에 따른 퇴적 속도 차이로 형성된다.
→ 깊은 바다나 깊은 호수로 저탁류가 유입될 때 무거운 입자는 빨리 가라앉고, 가벼운 입자는 느리게 가라앉는다. 이와 같이 입자 크기에 따른 퇴적 속도 차이로 형성되는 퇴적 구조가 점이 층리이다.

07 사암은 주로 모래로 이루어진 퇴적물이 퇴적된 후 다짐 작용 및 교결 작용을 거쳐 형성된다.

08 점이 층리는 퇴적물들이 해저 지진 등으로 발생한 저탁류에 의해 심해로 가라앉는 동안 입자 크기에 따른 퇴적 속도 차이로 큰 입자는 먼저 가라앉고 위쪽으로 갈수록 점차 작은 입자가 늦게 가라앉아 형성된다.

채점 기준	배점
저탁류를 이용하여 점이 층리의 구조적 특징을 옳게 서술한 경우	100 %
저탁류의 언급 없이 입자 크기에 따른 퇴적물의 퇴적 속도 차이로만 서술한 경우	70 %

09 퇴적 환경은 퇴적물의 종류와 크기, 수심과 유속, 해안으로부터의 거리 등에 의해 다양하게 조성된다.

채점 기준	배점
퇴적물의 종류와 크기, 수심과 유속, 해안으로부터의 거리 중 2가지 모두 옳게 서술한 경우	100 %
퇴적물의 종류와 크기, 수심과 유속, 해안으로부터의 거리 중 1가지만 옳게 서술한 경우	50 %

02~ 지질 구조와 지층의 나이

탐구POOL

070쪽

- 01 변성 영역 및 포획암의 존재 여부
- 02 기저 역암의 존재 여부

02 지층이 융기하여 육지가 되면 침식을 받아 기저 역암이 형성된다.

꼭꼭! 개념 확인하기

071쪽

✓ 잠깐 확인!

1 횡와 2 정단층 3 응기 4 난정합 5 관입 6 표준 7 반감기

- 01 (1) 횡와 습곡 (2) 역단층 (3) 경사 부정합 (4) 판상 절리
- 02 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × (5) ○ 03 (1) 지층 누층의 법칙 (2) 동물군 천이의 법칙 (3) 수평 퇴적의 법칙
- 04 응회암층, 석탄층 05 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ○

04 지층을 대비할 때 비교적 짧은 시간 동안 넓은 지역에 퇴적되는 응회암층이나 석탄층과 같은 지층을 건층으로 이용한다.

05 (2) 방사성 동위 원소는 일정한 시간 동안에 일정한 비율로 붕괴되므로 시간이 지날수록 같은 시간 동안에 감소하는 양은 점차 감소한다.

탄탄! 내신 다지기

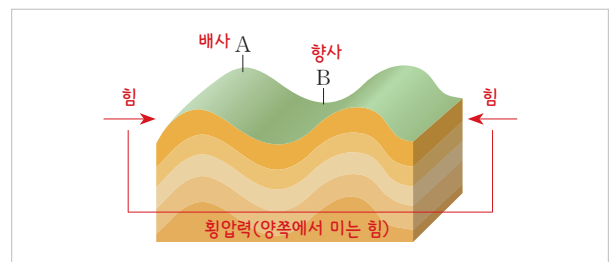
072쪽~073쪽

- 01 ① 02 A: 배사 B: 향사 03 ④ 04 ① 05 ② 06 ④
- 07 ① 08 관입의 법칙, 부정합의 법칙 09 표준 화석
- 10 ② 11 ⑤ 12 ③ 13 1억 년

01 | 선택지 분석 |

- ㉔ 습곡
→ 습곡은 지층이 지각 변동에 의한 횡압력을 받아 휘어진 지질 구조이다.
- ㉔ 역단층
→ 역단층은 횡압력을 받아 상반이 하반에 대해 위로 이동한 단층이다.
- ✗ 정단층
→ 정단층은 장력을 받아 상반이 하반에 대해 아래로 이동한 단층이다.
- ✗ 주상 절리
→ 주상 절리는 용암이 분출할 때 급격히 냉각·수축하여 형성된 기둥 모양의 절리이다.

02 | 자료 분석 |



습곡의 구조에서 위로 볼록 올라간 부분(A)을 배사, 아래로 볼록 내려간 부분(B)을 향사라고 한다.

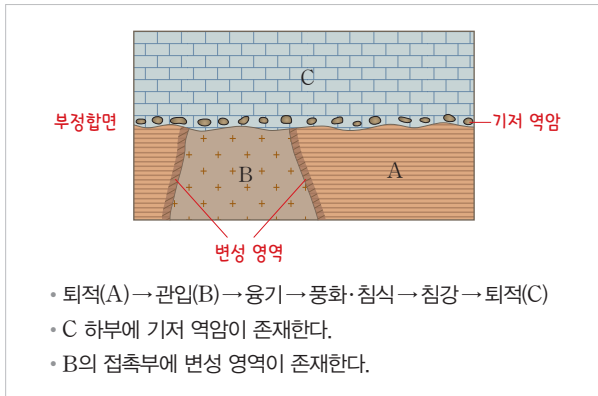
03 상반(B)이 하반(A)에 대해 아래쪽으로 이동한 단층은 정 단층으로 장력이 작용할 때 생성될 수 있다.

04 (가)는 용암이 분출할 때 급격히 냉각·수축되어 형성된 주 상 절리이고, (나)는 지하에서 마그마가 지층의 갈라진 틈 사이로 들어가 형성된 관입 구조이다.

05 C 하부에 변성을 받은 영역이 분포하므로 B는 관입암이다. 따라서 B가 A와 C를 관입하였으므로 지층의 생성 순서는 A → C → B이다.

06 지층 누층의 법칙은 지층의 역전이 없다면 아래 놓인 지층이 위에 놓인 지층보다 먼저 형성되었다는 법칙이다. 아래에 놓인 퇴적층(A)이 위에 놓인 퇴적층(C)보다 먼저 생성되었다고 해석할 수 있으므로 지층 누층의 법칙을 이용하여 A가 C보다 먼저 생성되었다고 판단할 수 있다.

07 | 자료 분석 |



관입한 암석은 관입당한 암석보다 나중에 생성되었으며, 부정합면을 경계로 상하 두 지층 사이에는 오랜 시간 간격이 존재한다. B는 A를 관입하였으며, C는 A 및 B와 부정합 관계이다. 따라서 지층은 A → B → C 순으로 생성되었다.

08 A와 B의 선후 판단은 관입의 법칙을, A, B와 C의 선후 판단은 부정합의 법칙을 이용하여 판단할 수 있다.

09 지층 대비는 건축 또는 표준 화석을 이용하여 지층의 선후를 판단하고 동물군 천이의 법칙은 표준 화석을 이용한다. 따라서 지층 대비 및 동물군 천이의 법칙을 이용하여 지층의 선후를 판단할 때 공통으로 이용할 수 있는 것은 표준 화석이다.

10 | 선택지 분석 |

✗ 퇴적 구조 등을 이용하여 지층의 생성 순서를 결정하는 방법이다.

→ 절대 연령은 암석 속에 들어있는 방사성 동위 원소의 양을 측정하여 암석이 생성된 시기를 결정하는 방법이다. 퇴적 구조나 표준 화석 등을 이용하여 지층의 생성 순서를 결정하는 방법은 상대 연령 측정법이다.

㉠ 시간이 지날수록 암석 속에 포함된 방사성 동위 원소의 양은 감소한다.

→ 방사성 동위 원소가 붕괴하여 처음 양의 절반으로 감소하는 데 걸리는 시간을 반감기라고 한다.

✗ 방사성 동위 원소의 반감기는 주변 온도나 압력에 따라 달라진다.

→ 방사성 동위 원소의 반감기는 주변 온도와 압력에 관계없이 일정하다.

11 | 선택지 분석 |

㉡ ㉠은 25이다.

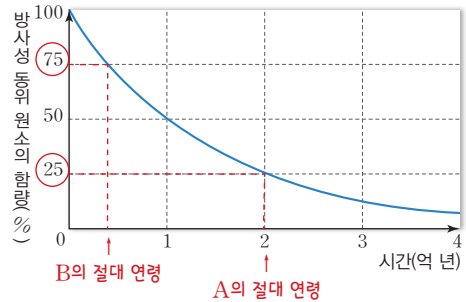
→ 암석 속에 포함된 방사성 동위 원소(X)의 함량비와 자원소의 함량비의 합은 시간에 관계없이 100%로 항상 같다. 따라서 ㉠은 25이다.

㉢ A의 절대 연령은 2억 년이다.

→ A는 반감기를 2번 거쳤으므로 절대 연령은 2억 년이다.

㉣ A가 B보다 먼저 형성되었다.

→ A 속에는 방사성 동위 원소(X)가 처음 양의 $\frac{1}{4}$ 이 남아 있고, B 속에는 X가 처음 양의 $\frac{3}{4}$ 이 남아 있으므로 A가 B보다 먼저 형성되었다.



방사성 동위 원소 반감기 그래프와 A와 B의 절대 연령

12 | 선택지 분석 |

㉠ 방사성 동위 원소는 A이다.

→ 시간이 지날수록 원소의 양이 일정한 비율로 감소하는 A가 방사성 동위 원소이고, 시간이 지날수록 원소의 양이 증가하는 B는 안정한 원소이다.

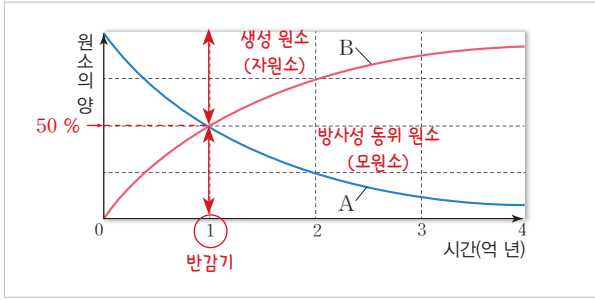
㉡ 암석이 생성될 당시 B는 없었다.

→ 그래프를 보면 암석이 생성될 당시 B는 없었다. 따라서 특정 시기에 암석 속에 들어있는 B의 양은 방사성 동위 원소(A)의 감소량이라고 판단할 수 있다.

✗ 시간이 지날수록 A가 처음 양의 절반으로 감소하는 데 걸리는 시간은 짧아진다.

→ 방사성 동위 원소의 반감기는 주변 환경에 관계없이 일정하다.

13 | 자료 분석 |



반감기 그래프에서 방사성 동위 원소(A)와 생성 원소(B)가 만난 점에 해당하는 시간이 반감기이다.

도전! 실력 올리기

074쪽~075쪽

01 ① 02 ④ 03 ③ 04 ③ 05 ⑤ 06 ①

07 | 모범 답안 | 적어도 3번 이상 발생하였다. 부정합의 형성 과정은 '퇴적 → 용기 → 풍화·침식 → 침강 → 퇴적'이므로 1개의 부정합이 형성되기 위해서는 적어도 1번의 용기가 있어야 한다. 그런데 이 지역은 부정합면이 2개 있으며, 현재 육지이므로 과거에 적어도 3번의 용기가 있었다.

08 | 모범 답안 | 생존 기간이 짧아야 한다. 표준 화석으로 이용하기 위해서는 특정 지질 시대에만 살아야 하므로 생존 기간이 상대적으로 짧아야 한다.

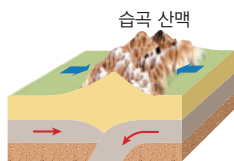
09 4억 년

01 그림의 판 경계는 대륙판과 대륙판이 충돌하는 수렴형 경계로 횡압력이 작용되어 습곡 산맥이 형성된다.

선택지 분석 |

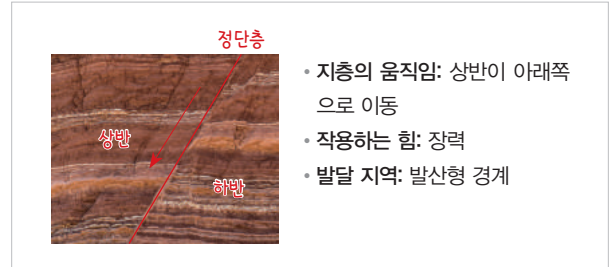
- 습곡
→ 습곡은 지층이 지각 변동에 의한 횡압력을 받아 휘어진 지질 구조로 수렴형 경계에서 잘 형성된다.
- 역단층
→ 역단층은 횡압력을 받아 상반이 하반에 대해 위쪽으로 이동한 단층으로 수렴형 경계에서 잘 형성된다.
- 정단층
→ 정단층은 장력을 받아 상반이 하반에 대해 아래쪽으로 이동한 단층으로 주로 발산형 경계에서 잘 형성된다.
- 주상 절리
→ 주상 절리는 용암이 분출할 때 급격히 냉각·수축하여 형성된 기둥 모양의 절리로 화산 지대에서 잘 형성된다. 대륙판과 대륙판의 수렴형 경계에서는 화산 활동이 거의 일어나지 않는다.

더 알아보기 대륙판과 대륙판의 수렴형 경계 특징



- 작용하는 힘: 횡압력
- 지질 구조: 습곡, 역단층
- 화산 활동: 거의 없음
- 지형: 습곡 산맥

02 | 자료 분석 |



- 지층의 움직임: 상반이 아래쪽으로 이동
- 작용하는 힘: 장력
- 발달 지역: 발산형 경계

(가)는 습곡으로 횡압력을 받아 형성되므로 주로 수렴형 경계에서, (나)는 정단층으로 장력을 받아 형성되므로 주로 발산형 경계에서 형성된다.

03 | 선택지 분석 |

- B는 화성암이다.
→ B는 A와 C를 관입하였으므로 화성암이다.
- C 하부에서 B 성분의 침식물이 발견될 수 있다.
→ B가 A와 C를 관입할 때 C의 일부 암석이 마그마에 포획되어 B에서 C 성분의 암석이 발견될 수 있다. C 하부에 B 성분의 침식물이 발견되는 경우는 B와 C가 부정합 관계일 때이다.
- A와 C의 생성 순서를 결정할 때 지층 누층의 법칙을 이용한다.
→ 아래 놓인 지층(A)과 위에 놓인 지층(C)의 생성 순서는 지층 누층의 법칙을 이용하여 판단할 수 있다. 아래 놓인 지층 A는 위에 놓인 지층 C보다 먼저 생성되었다.

04 | 선택지 분석 |

- ㉠은 가장 최근까지 변성했던 생물의 화석이다.
→ A~D층 중 가장 나중에 퇴적된 D층에서 발견되는 ㉠이 가장 최근까지 변성했던 생물의 화석이다.
- ㉡은 가장 진화된 생물의 화석이다.
→ 일반적으로 가장 최근까지 변성했던 생물(㉠)이 가장 진화된 생물이라고 판단할 수 있다.
- ㉢은 ㉡보다 지층 대비에 유용하다.
→ C층에서만 산출되는 ㉢은 ㉠과 ㉡에 비해 표준 화석으로 적합하므로 지층 대비에 유용하다. 표준 화석은 지질 시대를 결정하는 기준이 되는 화석으로 생존 기간이 짧고, 분포 면적이 넓어야 한다.

05 | 선택지 분석 |

- 현재 화성암 속에 포함된 A의 양은 $\frac{1}{4}$ mg이다.
→ 반감기가 2억 년인 A는 4억 년 후에 처음 양의 $\frac{1}{4}$ 로 감소한다.
- 방사성 동위 원소의 붕괴 속도는 A가 B보다 느리다.
→ 방사성 동위 원소는 반감기가 짧을수록 붕괴 속도가 빠르다. 따라서 반감기가 긴 A가 반감기가 짧은 B보다 붕괴 속도가 느리다.
- 암석이 생성된 후 6억 년이 지났을 때 원소의 양은 A가 B보다 많다.
→ 암석이 생성된 후 6억 년이 지났을 때 A의 양은 $\frac{1}{8}$ mg이고, B의 양은 $\frac{1}{16}$ mg이다.

구분	원소의 양(mg)			반감기
	생성 당시	4억 년 후(현재)	6억 년 후	
A	1	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	2억 년
B	4	$\frac{4}{16} = \frac{1}{4}$	$\frac{4}{64} = \frac{1}{16}$	1억 년

06 | 선택지 분석 |

- ㉠ 암석이 생성된 후 2억 년이 지났을 때 A의 양은 B의 $\frac{1}{3}$ 배이다.
 - ▶ 방사성 동위 원소 A의 반감기는 1억 년이므로 암석이 생성된 후 2억 년이 지났을 때 A의 양은 처음 양의 $\frac{1}{4}$ 로 감소하고, 감소한 $\frac{3}{4}$ 은 B가 된다. 따라서 암석이 생성된 후 2억 년이 지났을 때 A의 양은 B의 $\frac{1}{3}$ 배이다.
- ✕ 암석이 생성된 후 약 4억 년 이상이 되면 방사성 동위 원소는 모두 없어진다.
 - ▶ 방사성 동위 원소는 반감기를 거치는 동안 $\frac{1}{2}$ 씩 감소하므로 이론적으로 오랜 시간이 지나도 완전히 없어지지는 않는다.
- ✕ B가 처음 양의 2배로 증가하는 데 걸리는 시간은 A의 반감기와 같다.
 - ▶ 방사성 동위 원소(A)가 붕괴하여 생성된 안정한 원소(B)가 처음 양의 2배가 되는 시간은 일정하지 않으므로 방사성 동위 원소의 반감기와 같을 수 없다.

07 부정합은 퇴적물이 용기하여 풍화·침식 과정을 거치고 다시 침강·퇴적되어 생성된다. 따라서 부정합면 1개가 형성되려면 적어도 1번의 용기가 있어야 한다. 이 지역은 부정합면이 2개 있고 현재 육지이므로 적어도 3번의 용기가 있었다.

채점 기준	배점
용기한 횟수와 끼얹을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
용기한 횟수는 틀렸지만 부정합 형성 과정을 바탕으로 1개의 부정합이 형성되기 위해서 최소한 1번의 용기가 필요하다는 내용을 언급한 경우	50 %

08 표준 화석으로 이용되는 고생물은 특정 지질 시대를 대표해야 하므로 생존 기간이 짧아야 하고 분포 면적은 넓어야 한다.

채점 기준	배점
생존 기간과 끼얹을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
생존 기간만 옳게 서술한 경우	30 %

09 현재 화강암 A 속에 포함된 방사성 동위 원소 X의 양(1.0×10^{-6})은 처음 양($X + Y = 1.6 \times 10^{-5}$)의 $\frac{1}{16}$ 이므로 반감기를 4번 거쳤다. 따라서 화강암 A의 절대 연령은 4억 년이다.

03 ~ 지질 시대의 환경과 생물

개념POOL

079쪽

- 01 필석 → 방추충 → 암모나이트 → 화폐석 → 매머드
- 02 화폐석

개념POOL

080쪽

- 01 기온은 높고 강수량은 많다.
- 02 높아진다.

01 기온이 높고 강수량이 많은 시기에는 나무의 성장이 빨라서 나이트의 폭이 넓다.

02 기온이 높아지면 상대적으로 ^{18}O 의 증발이 활발해지므로 빙하 속의 산소 동위 원소비($\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}$)가 높아진다.

꼭꼭! 개념 확인하기

081쪽

✓ 잠깐 확인

- 1 화석 2 표준 화석 3 시상 화석 4 산소 5 빙하
- 6 누대 7 고생, 중생, 신생 8 고생, 중생

01 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × 02 L, R, M, B

03 ㉠ 줄무늬 ㉡ 산소 동위 원소비($\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}$) 04 낮다.

05 (1) ㉠ (2) ㉡ (3) ㉢ (4) ㉣ (5) ㉤

02 갑주어와 완족류는 고생대, 시조새는 중생대, 화폐석은 신생대의 표준 화석이다. 산호와 고사리는 과거의 환경을 알아내는 데 이용하는 시상 화석이다.

03 계절에 따라 빙하의 생성 조건이 달라서 1년에 밝은 줄무늬와 어두운 줄무늬가 각각 1개씩 나타나므로 줄무늬의 개수를 세면 빙하의 생성 시기를 알 수 있다.

탄탄! 내신 다지기

082쪽~083쪽

- 01 ④ 02 ③ 03 B 04 ⑤ 05 ⑤ 06 ① 07 ③
- 08 A 지역 09 ② 10 ⑤ 11 ② 12 신생대 13 ①

01 | 선택지 분석 |

- ✕ 암석의 절대 연령
 - ▶ 암석의 절대 연령은 방사성 동위 원소의 반감기를 이용하여 구할 수 있다.
- ㉠ 지층의 생성 순서
 - ▶ 표준 화석을 이용하여 지층의 상대적 생성 순서를 결정할 수 있다.

- ㉔ 지층이 퇴적될 당시의 환경
→ 시상 화석을 이용하여 지층이 퇴적될 당시의 환경을 추정할 수 있다.

02 | 선택지 분석 |

- ✗ 생존 기간이 길었다.
→ 상대적으로 생존 기간이 길었던 생물의 화석은 시상 화석으로 적합하다.
- ㉔ 분포 면적이 넓었다.
→ 분포 면적이 넓었던 생물의 화석은 표준 화석으로 적합하다.
- ✗ 특정 환경에만 분포하였다.
→ 특정 환경에만 분포하였던 생물의 화석은 시상 화석으로 적합하다.
- ㉔ 특정 지질 시대에만 번성하였다.
→ 특정 지질 시대에만 번성하였던 생물의 화석은 화석이 산출되는 지층이 퇴적될 당시의 지질 시대를 알려주므로 표준 화석으로 적합하다.

03 지질 시대를 구분하고 지층을 대비하는 데 유용한 화석은 표준 화석이다. 따라서 그림에서 생존 기간이 짧고 분포 면적이 넓은 B이다.

04 산호와 고사리는 시상 화석, 삼엽충과 화폐석은 표준 화석이다.

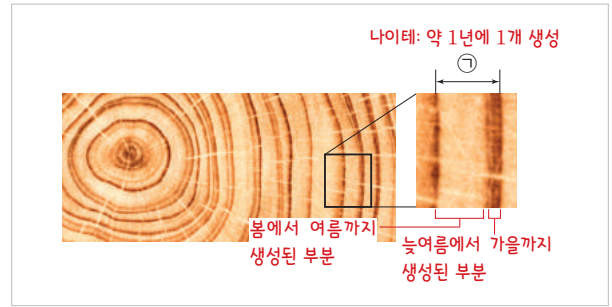
05 | 선택지 분석 |

- ㉔ 매머드 화석은 표준 화석으로 이용된다.
→ 매머드는 신생대 제4기에 번성하였으므로 매머드의 화석은 신생대 제4기의 표준 화석으로 이용할 수 있다.
- ㉔ 산호 화석이 산출되는 지층은 따뜻하고 얕은 바다에서 형성되었다.
→ 산호는 과거에 따뜻하고 얕은 바다에서 번성하였다.
- ㉔ 산호의 생존 기간은 매머드의 생존 기간보다 길다.
→ 생존 기간은 상대적으로 시상 화석인 산호가 표준 화석인 매머드보다 길다.

06 | 선택지 분석 |

- ① 변성암 연구
→ 변성암은 지하 깊은 곳에서 암석이 열과 압력을 받아 조직과 성분이 변한 암석으로 생성 당시 기후와는 전혀 관계가 없다.
- ② 시상 화석 연구
→ 시상 화석을 이용하여 과거의 기후 및 퇴적 환경을 추정할 수 있다.
- ③ 나무의 나이테 조사
→ 나무 나이테의 밝기와 폭을 이용하여 과거의 기온과 강수량 변화를 추정할 수 있다.
- ④ 빙하 코어 속 공기 방울과 꽃가루 연구
→ 빙하 코어 속 공기 방울을 이용하여 과거 대기 조성을 알 수 있고, 꽃가루 화석을 이용하여 과거 기후 환경을 추정할 수 있다.
- ⑤ 해양 생물 화석 속의 산소 동위 원소비($\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}$) 측정
→ 해양 생물 화석 속의 산소 동위 원소비를 이용하여 과거의 기온 변화를 추정할 수 있다.

07 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

- ㉔ 온대 지방에서 나무는 가을보다 여름에 더 잘 자란다.
→ 온대 지방에서 나무는 기온이 높고 강수량이 많은 여름에 잘 자란다.
- ✗ ㉔의 두께는 기온이 높을수록 좁다.
→ 기온이 높고 강수량이 많은 시기에는 나무의 성장이 빨라서 나이테의 폭(㉔)이 넓다.
- ㉔ ㉔이 생성되는 데 걸리는 시간은 약 1년이다.
→ 1년에 밝은 줄무늬와 어두운 줄무늬가 1개씩 형성된다. 따라서 밝은 줄무늬 1개와 어두운 줄무늬 1개로 이루어진 ㉔이 생성되는 데 걸리는 시간은 약 1년이다.

08 기온이 높고 강수량이 많은 시기에는 나무의 성장이 빨라서 나이테의 폭이 넓다. 따라서 나무가 성장했던 시기의 기온은 나무 화석의 나이테가 두꺼운 A 지역이 B 지역보다 높았다.

09 | 선택지 분석 |

- ✗ ^{18}O 의 질량은 ^{16}O 와 같다.
→ ^{18}O 과 ^{16}O 의 원자량은 각각 18, 16으로 ^{18}O 이 ^{16}O 보다 무겁다.
- ✗ 평상시보다 기온이 높아지면 ^{18}O 의 증발 비율은 감소한다.
→ ^{18}O 은 ^{16}O 보다 무거워서 ^{18}O 을 포함한 물 분자는 ^{16}O 을 포함한 물 분자에 비하여 증발이 어렵지만, 기후가 따뜻해지면 ^{18}O 을 포함한 물 분자도 증발이 활발해진다.
- ㉔ 빙하 속의 산소 동위 원소비($\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}$)는 빙하기보다 간빙기에 더 높다.
→ 기온이 높아지면 상대적으로 ^{18}O 의 증발이 활발해지므로 빙하 속의 산소 동위 원소비($\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}$)가 높아진다. 따라서 빙하 속의 산소 동위 원소비는 빙하기보다 간빙기에 더 높다.

구분	빙하의 산소 동위 원소비 $\left(\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}\right)$	해양 생물의 산소 동위 원소비 $\left(\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}\right)$
빙하기	낮다	높다
간빙기	높다	낮다

10 갑주어는 고생대, 암모나이트는 중생대, 스트로마톨라이트는 선캄브리아 시대의 표준 화석이다.

11 | 선택지 분석 |

- 식물 화석이다.
 동물
 → 필석은 고생대의 캄브리아기 중기부터 석탄기 초기까지 지구 상에 군체를 이루어 살았던 해양 동물의 화석이다.
- 고생대에 번성한 생물의 화석이다.
 → 필석은 고생대 초기에 번성하였다.
- 육지에서 번성한 생물의 화석이다.
 해양
 → 필석은 해양에서 번성한 생물의 화석이다.

12 매머드는 약 480만 년 전부터 4천 년 전까지 신생대 제4기에 번성했던 포유류로, 혹심한 추위에도 견딜 수 있게 온몸이 털로 뒤덮여 있었지만 마지막 빙하기 때 멸종한 것으로 추정된다.

13 (가)는 고생대에 번성했던 삼엽충 화석, (나)는 중생대에 번성했던 시조새 화석, (다)는 신생대에 번성했던 화폐석의 화석이다.

도전! 실력 올리기

084쪽~085쪽

01 ⑤ 02 ③ 03 ⑤ 04 ③ 05 ① 06 ④

07 A: 산호 B: 삼엽충 C: 공룡

08 | 모범 답안 | 공룡은 중생대에 육지에서 번성한 생물이므로 이 지역은 중생대 육지에서 형성되었다.

09 | 모범 답안 | A 시기는 고생대와 중생대의 경계 시기로 고생대 말에 빙하기가 시작되어 한랭해졌으며, 흩어져 있던 대륙이 모여 판게아가 형성되면서 해양 생물의 서식지가 감소하였기 때문이다.

01 | 선택지 분석 |

- A는 표준 화석이다.
 → A와 B는 각각 표준 화석과 시상 화석 중 하나이므로 특정 지층에서만 산출되는 A가 표준 화석이다.
- 고사리 화석은 B에 해당한다.
 → B는 여러 시대의 지층에서 산출되므로 시상 화석이며, 고사리 화석은 시상 화석에 해당한다.
- 지층 대비에는 B보다 A가 적합하다.
 → 지층 대비에는 시상 화석(B)보다 표준 화석(A)이 적합하다.

02 | 선택지 분석 |

- (가)는 시상 화석으로 적합하다.
 → 고사리 화석은 시상 화석에 해당한다.
- (나)는 지층을 대비할 때 유용하다.
 → 암모나이트는 중생대에 번성한 표준 화석으로 지층을 대비할 때 이용할 수 있다.
- (나)는 암석의 절대 연령을 측정할 때 이용된다.
 → 암석의 절대 연령은 방사성 동위 원소의 반감기를 이용하여 구할 수 있다.

03 | 선택지 분석 |

- (가)와 (나) 모두 줄무늬가 나타난다.
 → 빙하와 나무는 모두 계절에 따른 성장 속도가 달라서 줄무늬가 형성된다.
- (가)에 포함된 기포를 이용하여 과거 대기 조성을 알아낼 수 있다.
 → 빙하 코어 속에 포함된 기포(공기 방울)를 분석하여 과거 대기 조성을 알아낼 수 있다.
- (나)에서 밝은 줄무늬가 형성된 시기가 어두운 줄무늬가 형성된 시기보다 따뜻했다.
 → 나무 나이테에서 밝은 부분은 기온이 높은 시기에 나무가 빠르게 성장하여 형성된다.

04 기온이 낮아지면 ^{16}O 에 비해 상대적으로 ^{18}O 의 증발량이 더 감소하므로 해수 속의 산소 동위 원소비($\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}$)가 증가한다. 따라서 기온이 낮아지면 해양 생물과 해양 생물 화석 속의 산소 동위 원소비($\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}$)는 증가한다.

05 | 자료 분석 |

- 삼엽충
- 고생대, 해양
- 암모나이트
- 중생대, 해양
- 필석
- 고생대 초기, 해양
- 화폐석
- 신생대 팔레오기와 네오기, 해양
- 공룡
- 중생대, 육지

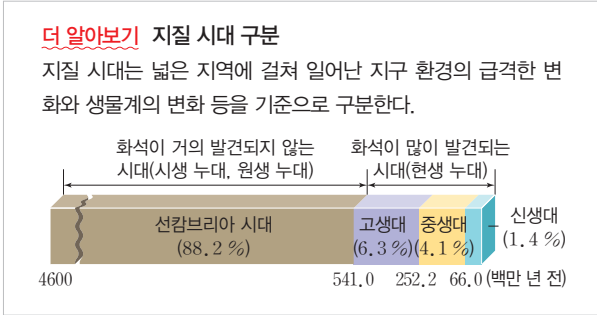
①은 고생대 해양에서 전체적으로 번성한 삼엽충, ②는 중생대 해양에서 번성한 암모나이트, ③은 고생대 초기 해양에서 번성한 필석, ④는 신생대 팔레오기와 네오기 해양에서 번성한 화폐석, ⑤는 중생대 육지에서 번성한 공룡이다.

06 (가)는 삼엽충, (나)는 시조새, (다)는 화폐석이다.

| 선택지 분석 |

- (가), (나), (다) 모두 해양 생물의 화석이다.
 → 삼엽충은 고생대 바다에서, 시조새는 중생대 육지에서, 화폐석은 신생대 바다에서 각각 번성하였다.

- ㉠ (가)는 (나)보다 생존 기간이 길다.
→ 삼엽충은 고생대에 전체적으로 번성하였으므로 중생대에 번성한 시조새보다 생존 기간이 길다.
- ㉡ 가장 나중에 출현한 생물의 화석은 (다)이다.
→ 삼엽충은 고생대, 시조새는 중생대, 화석은 신생대에 각각 번성하였다. 따라서 가장 나중에 출현한 생물의 화석은 (다)이다.



- 07 삼엽충과 공룡 화석은 각각 고생대와 중생대의 표준 화석으로 지층 대비에 이용되며, 삼엽충은 해양 동물, 공룡은 육상 동물이다.
- 08 공룡은 중생대에 육지에서 번성하였으므로 공룡 발자국 화석이 발견되는 지층은 중생대에 육지에서 퇴적된 지층이다.

채점 기준	배점
지질 시대와 퇴적 환경을 모두 옳게 서술한 경우	100%
지질 시대와 퇴적 환경 중에서 1가지만 옳게 서술한 경우	50%

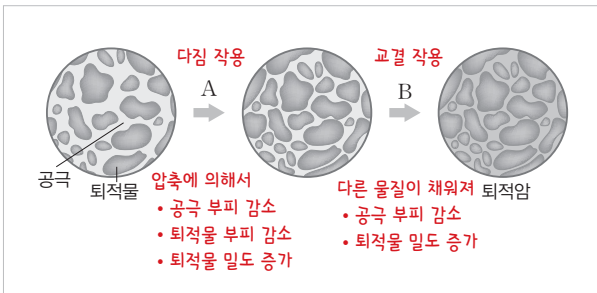
- 09 고생대 말기에 판게아의 형성으로 해양 생물 서식지가 줄어들고 빙하기가 시작되면서 생물종 수가 크게 감소하였다.

채점 기준	배점
기후 변화와 수륙 분포의 변화를 모두 옳게 서술한 경우	100%
기후 변화와 수륙 분포의 변화 중 1가지만 옳게 서술한 경우	50%

실전! 수능 도전하기 087쪽~091쪽

01 ㉠ 02 ㉠ 03 ㉠ 04 ㉠ 05 ㉠ 06 ㉠ 07 ㉠ 08 ㉠
 09 ㉠ 10 ㉠ 11 ㉠ 12 ㉠ 13 ㉠ 14 ㉠ 15 ㉠ 16 ㉠
 17 ㉠ 18 ㉠ 19 ㉠ 20 ㉠

01 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

- ㉠ A 과정에서 퇴적물의 밀도가 증가한다.
→ A는 다짐 작용으로 퇴적물이 압축되면서 부피가 감소하므로 밀도가 증가한다.
- ㉡ B 과정에서 공극의 부피가 감소한다.
→ B는 교결 작용으로 퇴적물의 공극에 다른 물질이 채워지므로 공극의 부피가 감소한다.
- ✗ A와 B 과정을 거쳐 형성된 퇴적암은 모두 쇄설성 퇴적암이다.
→ 화학적 퇴적암과 유기적 퇴적암도 속성 작용에 의해 형성된다.

02 | 선택지 분석 |

- ㉠ A의 형성은 수권과 지권의 상호 작용 또는 생물권과 지권의 상호 작용에 해당한다.
→ 석회암은 대부분 해양에서 화학적 침전에 의해 형성되거나 해양 생물의 사체가 퇴적되어 형성된다. 따라서 석회암은 수권과 지권의 상호 작용 또는 생물권과 지권의 상호 작용으로 형성된다.
- ✗ ㉡은 주로 풍화·침식 작용에 의해 퇴적되는 과정이다.
→ ㉡은 주로 물속에서 탄산 이온과 칼슘 이온이 화학적으로 결합·침전되거나 생물의 사체가 퇴적되는 과정이다.
- ㉢ ㉢ 과정에서 퇴적물 사이의 간격은 감소한다.
→ 퇴적물은 퇴적암이 되면서 퇴적물 입자 사이의 간격인 공극이 줄어든다.

- 03 암염은 건조한 환경에서 형성되는 증발암으로 화학적 퇴적암이고, 역암은 주로 자갈이 쌓여서 형성된 쇄설성 퇴적암이다. 응회암은 주로 화산재가 쌓여서 형성된 쇄설성 퇴적암이다.

04 | 자료 분석 |

구분	(가) 건열	(나) 연흔	(다) 사층리
단면 모습			
역전 여부	역전 안 됨	역전 됨	역전 됨
퇴적 환경	건조 환경	수심이 얇은 물밑, 사막	하천, 사막

(가)는 건열, (나)는 연흔, (다)는 사층리이다.

| 선택지 분석 |

- ㉠ (가)는 점토질 토양에서 잘 형성된다.
→ 건열은 주로 건조 기후에서 점토질 토양이 공기 중에 노출될 때 형성된다.
- ㉡ 역전된 퇴적 구조는 (나)와 (다)이다.
→ 그림에서 (나)와 (다)는 역전된 모습이다.
- ㉢ (나)와 (다)는 모두 사막에서 형성될 수 있다.
→ 연흔과 사층리는 모두 흐르는 물, 바람이 잘 부는 사막 등에서 형성될 수 있다.

05 (가)는 연흔, (나)는 점이 층리이다.

| 선택지 분석 |

- ✗ (가)는 수권과 지권의 상호 작용에 의해서만 형성된다.
 - 연흔은 흐르는 물, 파도, 바람 등에 의해 퇴적물의 표면에 생긴 물결 모양의 구조이다. 따라서 수권과 지권의 상호 작용뿐만 아니라 기권과 지권의 상호 작용으로도 형성된다.
- ✗ (나)는 해양 환경보다 연안 환경에서 잘 형성된다.
 - 점이 층리는 주로 저탁류에 의해 많은 퇴적물이 공급되는 대륙 대(해양 환경)에서 형성된다.
- ㉠ (가)는 층리면에서 관찰할 수 있지만, (나)는 층리면에서 관찰할 수 없다.
 - 연흔은 퇴적물 표면에 생긴 물결 모양의 구조이므로 층리면에서 관찰할 수 있지만, 한 지층 내에서 위로 갈수록 입자의 크기가 점점 작아지는 구조인 점이 층리는 지층의 단면에서만 관찰할 수 있다.

06 A는 점이 층리, B는 건열, C는 연흔이다.

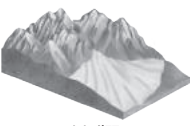
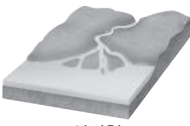
| 선택지 분석 |

- ㉠ 수심이 가장 깊은 환경에서 형성될 수 있는 구조는 A이다.
 - 점이 층리(A)는 건열(B)이나 연흔(C)에 비해 수심이 깊은 환경에서 형성된다.
- ✗ B는 모든 쇄설성 퇴적암에서 잘 형성된다.
 - 건열(B)은 주로 점토질 퇴적층이 건조한 대기에 노출되었을 때 형성된다. 역암과 같이 입자의 크기가 큰 쇄설성 퇴적암에서는 거의 형성되지 않는다.
- ✗ C는 육상 환경에서는 형성되지 않는다.
 - 연흔(C)은 사막 등 바람의 영향을 받는 환경에서 형성될 수 있다.

07 | 선택지 분석 |

- ✗ A는 삼각주, B는 선상지이다.
 - 선상지 삼각주
- ㉠ A는 육상 환경, B는 연안 환경에 해당한다.
 - 선상지(A)는 육상 환경, 삼각주(B)는 연안 환경에 해당한다.
- ㉡ 퇴적물 입자의 평균 크기는 A가 B보다 크다.
 - 삼각주는 선상지에 비해 퇴적물 입자의 평균 크기가 작고 입자 크기가 고른 편이다.

더 알아보기 선상지와 삼각주 퇴적 환경 비교

구분	선상지	삼각주
모양	 부채꼴	 삼각형
생성 장소	급경사의 산지와 평지가 만나는 곳 → 강 상류	하천과 바다가 만나는 곳 → 강 하구
퇴적물 입자 크기	크다.	작다.

08 (가)는 정단층, (나)는 습곡, (다)는 부정합이다.

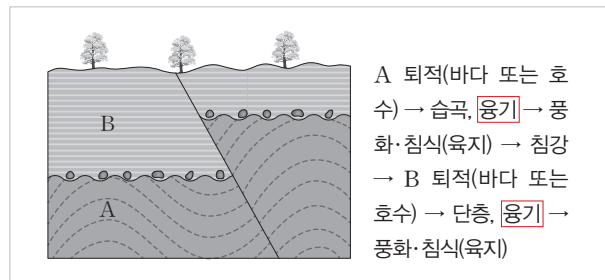
| 선택지 분석 |

- ㉠ (가)는 단층 구조가 발달되어 있다.
 - (가)는 장력에 의해 형성된 정단층이다.
- ㉡ (나)는 횡압력에 의해 형성되었다.
 - (나)는 횡압력에 의해 형성된 습곡이다.
- ㉢ (다)는 퇴적이 중단된 시기가 있었다.
 - (다)는 조륙 운동이나 조산 운동에 의한 퇴적 환경의 변화로 오랫동안 퇴적이 중단된 후 다시 퇴적이 일어나 형성된 부정합이다.

09 | 선택지 분석 |

- ㉠ 단층이 관찰된다.
 - 이 지역에서는 지층이 어긋난 단층이 관찰된다.
- ㉡ 습곡 구조가 관찰된다.
 - 이 지역에서는 지층이 휘어진 습곡 구조가 관찰된다.
- ✗ 사암층이 셰일층보다 먼저 형성되었다.
 - 그림에서 건열의 형태를 보면 지층이 역전되었다. 따라서 아래에 놓인 사암층이 위에 놓인 셰일층보다 나중에 형성되었다.

10 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

- ㉠ A와 B층 모두 횡압력을 받은 적이 있었다.
 - A층은 습곡과 역단층이 형성될 때, B층은 역단층이 형성될 때 횡압력을 받았다.
- ㉡ 습곡 작용을 받은 후 단층이 생겼다.
 - 그림을 보면 A층의 습곡이 단층에 의해 어긋나 있으므로 이 지역 지층은 습곡 작용을 받은 후 단층이 형성되었다.
- ㉢ 적어도 2번의 융기가 있었다.
 - 이 지역에는 부정합면이 1개 있으며, 현재 육지이므로 과거에 적어도 2번의 융기가 있었다.

11 (가)에서 화강암은 석회암을 관입하였으며, (나)에서 화강암과 석회암은 부정합 관계이다.

| 선택지 분석 |

- ㉠ (가)에는 경사 부정합이 나타난다.
 - (가)에는 부정합면을 경계로 상하 지층의 층리가 경사진 경사 부정합이 나타난다.
- ㉡ (나)의 셰일은 화강암의 관입에 의해 접촉 변성 작용을 받았다.
 - (나)의 셰일은 화강암이 관입하였으므로 접촉 변성 작용을 받았다.

- ✗ (가)의 석회암은 (나)의 석회암보다 나중에 생성되었다.
 → (가)에서 화강암은 석회암을 관입하였으며, (나)에서 화강암과 석회암은 부정합 관계이다. 따라서 (가)와 (나)에서 화강암과 석회암의 생성 순서는 (가)의 석회암 → 화강암 → (나)의 석회암이다.

12 (가)에서 B와 C는 부정합 관계이며, (나)에서 E와 F는 관입 관계이다.

| 선택지 분석 |

- ✗ ㉠은 **카저** 역암이다.
 포획암
 → 마그마가 관입할 때 주변에 이미 존재하던 암석 조각이 마그마 속으로 들어가 있는 것을 포획암이라고 한다.
- ㉡ C는 F보다 나중에 형성되었다.
 → (가)에서 지층의 생성 순서는 A → B → C이며, (나)에서 지층의 생성 순서는 D → F → E이다. 그런데 화성암 B와 E의 생성 시기가 같으므로 C는 F보다 나중에 형성되었다.
- ✗ B와 C의 선후 판단을 할 때 **관입의 법칙**을 이용한다.
 부정합의 법칙

13 이 지역에서 지층은 B → A → C 순으로 생성되었으며, ㉠은 고생대 바다에서 번성했던 삼엽충 화석이고, ㉡은 중생대 바다에서 번성했던 암모나이트 화석이다.

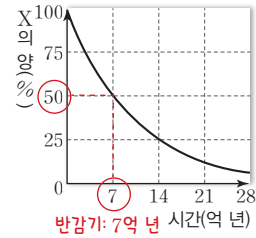
| 선택지 분석 |

- ✗ 이 지역에는 육지에서 퇴적된 지층이 분포한다.
 → 이 지역 지층에는 삼엽충과 암모나이트가 산출되므로 모두 바다에서 퇴적된 지층이다.
- ✗ A가 형성된 시기는 원생 누대이다.
 → A는 B가 퇴적된 이후에 관입하였으므로 고생대 이후에 관입하였다고 판단할 수 있다.
- ㉡ ㉠은 B에서, ㉡은 C에서 산출된다.
 → B가 C보다 먼저 생성되었다. 따라서 B에서는 삼엽충 화석(㉠)이 산출되고, C에서는 암모나이트 화석(㉡)이 산출된다.

14 | 선택지 분석 |

- ㉡ 이 암석의 절대 연령은 6억 년이다.
 → 반감기가 2억 년인 B가 처음 양의 $\frac{1}{8}$ 로 감소하였으므로(반감기를 3번 거쳤으므로) 이 암석의 절대 연령은 6억 년이다.
- ㉢ ㉠은 3이다.
 → 암석의 절대 연령이 6억 년이고, A는 처음 양의 $\frac{1}{4}$ 로 감소하였으므로(반감기를 2번 거쳤으므로) 반감기가 3억 년이다.
- ㉡ 생성될 당시 이 암석에는 A보다 B가 더 많았다.
 → 현재 암석 속에 A와 B의 자원소 양이 같다고 했으므로 생성 당시에는 반감기를 거친 횟수가 적은 A보다 반감기를 거친 횟수가 많은 B가 더 많았다.

15 | 자료 분석 |



- 화성암 P에 포함된 방사성 원소 X의 양은 암석이 생성될 당시의 $\frac{1}{2}$ 이므로 반감기를 1번 거쳤다. → 절대 연령: 7억 년
- 화성암 Q에 포함된 방사성 원소 X의 양은 암석이 생성될 당시의 $\frac{1}{4}$ 이므로 반감기를 2번 거쳤다. → 절대 연령: 14억 년

| 선택지 분석 |

- ㉡ 가장 오래된 지층은 C이다.
 → (가)에서 지층의 생성 순서는 C → Q → B → A → P이므로 가장 오래된 지층은 C이다.
- ✗ 지층 A는 중생대 지층이다.
 → P와 Q의 절대 연령은 각각 7억 년, 14억 년이므로 P와 Q의 관입 사이에 퇴적된 A는 선캄브리아 시대 지층이다.
- ㉡ 지층 B와 C 사이에 퇴적이 중단된 시기가 있었다.
 → B와 C는 부정합 관계이므로 과거에 퇴적이 중단된 시기가 있었다.

16 | 선택지 분석 |

- ✗ ㉠은 선캄브리아 시대이다.
 → 화석으로 산출되는 최초의 육상 식물인 쿡소니아는 오존층이 형성된 후 고생대 실루리아기에 출현하였다.
- ✗ 이 화석이 발견되는 지층은 마그마가 굳어져 형성되었다.
 → 화석은 대부분 퇴적층에서 산출되며, 화성암에서는 화석이 산출되지 않는다.
- ㉡ 표준 화석으로 이용할 수 있다.
 → 쿡소니아는 고생대 실루리아기부터 데본기초까지 산출되므로 고생대 표준 화석으로 이용할 수 있다.

17 | 선택지 분석 |

- ✗ (가)가 산출되는 지층은 (나)가 산출되는 지층보다 나중에 퇴적되었다.
 먼저
 → (가)는 삼엽충 화석과 같은 지층에서 산출되므로 고생대에 번성했던 산호의 화석이다. 따라서 (가)가 산출되는 지층은 중생대에 번성했던 (나) 공룡 뼈 화석이 산출되는 지층보다 먼저 퇴적되었다.
- ㉡ (가)가 퇴적물에 의해 매몰될 당시 이 지역은 바다였다.
 → 산호는 따뜻하고 얕은 바다에서 서식하므로, 산호가 산출되는 지층은 과거에 바다에서 형성되었다.
- ✗ (나)는 암모나이트 화석과 같은 지층에서 산출될 수 있다.
 → 공룡과 같이 중생대에 번성했던 암모나이트는 해양 생물이므로 육상 공룡 뼈와 같은 지층에서 산출될 수 없다.

18 화폐석은 신생대, 암모나이트는 중생대, 삼엽충은 고생대에 번성하였으며, 세 동물 모두 바다에서 번성하였다.

선택지 분석

- ✗ A의 지질 시대 초기에 판게아가 분리되었다.
 - 삼엽충이 발견되는 A는 고생대 지층이다. 고생대 말에 판게아가 생성되었다.
- ㄴ B의 지질 시대에는 공룡이 번성하였다.
 - 암모나이트가 발견되는 B는 중생대 지층이다. 중생대에는 공룡이 번성하였다.
- ㄷ C의 지질 시대에는 포유류가 번성하였다.
 - 화폐석이 발견되는 C는 신생대 지층이다. 신생대에는 포유류가 번성하였다.
- ✗ A, B, C는 모두 육지에서 형성되었다.
 - A, B, C에서는 해양 동물인 삼엽충, 암모나이트, 화폐석의 화석이 발견되므로 이 지층들은 모두 바다에서 형성되었다.

19 선택지 분석

- ㉠ ㉠은 빙하가 형성되는 과정에서 포함된다.
 - 빙하가 형성될 때 그 당시 대기가 미세한 공기 방울로 빙하에 갇힌다. 이 공기 방울을 분석하면 과거의 대기 중 이산화 탄소 농도를 추정할 수 있다.
- ✗ 해수에서 증발하는 수증기의 ㉠은 A 시기가 B 시기보다 높다.
 - 온난한 시기일수록 해수에서 증발하는 수증기의 산소 동위 원소 비($\frac{^{18}O}{^{16}O}$)가 높고, 이 수증기의 일부가 눈으로 내려 빙하를 형성하므로 빙하의 산소 동위 원소비도 높다. 따라서 해수에서 증발하는 수증기의 산소 동위 원소비는 A 시기보다 B 시기에 높다.
- ✗ 대륙 빙하의 면적은 A 시기가 B 시기보다 좁다.
 - 대륙 빙하의 면적은 추운 시기일수록 더 넓게 분포하므로 한랭한 A 시기가 온난한 B 시기보다 넓다.

20 A 시기는 고생대와 중생대의 경계, B 시기는 중생대와 신생대의 경계이다.

선택지 분석

- ㉠ 삼엽충은 A 시기에 멸종되었다.
 - 삼엽충은 고생대 말(A 시기에) 멸종되었다.
- ㄴ 화폐석은 B 시기 이후에 번성하였다.
 - 화폐석은 신생대 팔레오기와 네오기에 번성하였다. 따라서 화폐석은 B 시기 이후에 번성하였다.
- ㄷ A 시기와 B 시기 사이에 겉씨식물이 번성하였다.
 - 중생대(A~B)에 번성했던 육상 식물은 겉씨식물이다.

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

16 | 모범 답안 | 오래된 해양 지각은 판의 수렴형 경계인 해구에서 섭입하여 지구 내부로 들어가 소멸한다. 따라서 해양 지각 중 2억 년 이상인 암석이 존재하지 않는다.

17 A: 맨틀 대류에 의한 힘 B: 해령에서 판을 밀어내는 힘 C: 섭입하는 판이 잡아당기는 힘

18 | 모범 답안 | 열점은 하와이섬 아래에 위치한다. 태평양판의 이동 속도는 $\frac{510 \text{ km}}{510\text{만 년}} = \frac{5.1 \times 10^7 \text{ cm}}{5.1 \times 10^6 \text{ 년}} = 10 \text{ cm/년}$ 이다.

19 | 모범 답안 | 최소한 3번 이상 유입되었다. 많은 퇴적물을 포함한 저탁류가 1번 유입되면 점이 층리 1개가 형성된다. 그런데 그림에서 점이 층리가 3개 나타나므로 과거 이 지역에는 최소한 3번 이상의 저탁류 유입이 있었다고 판단할 수 있다.

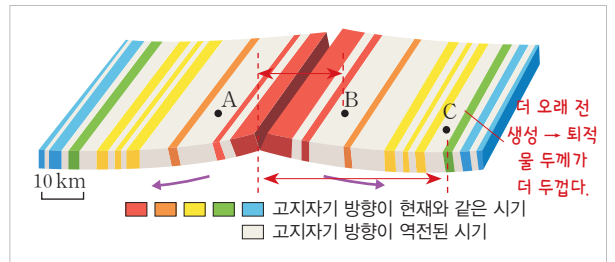
20 B 퇴적 → A 관입 → 용기 → 풍화·침식 → 침강 → D 퇴적 → f-f' 역단층 형성 → C 관입 → 용기 → 풍화·침식

21 | 모범 답안 | 고생대 초(약 5억 년 전)의 대기 성분은 현재와 비슷하므로 오존층이 형성되었다고 판단할 수 있고, 오존층이 형성된 후 태양의 유해한 자외선이 차단되면서 생물이 육지로 상륙하는 등, 생물이 살아가기 적합한 환경이 조성되었다. 따라서 생물의 수가 크게 증가하였다.

01 베게너가 제시한 대륙 이동의 증거는 멀리 떨어진 두 대륙의 해안선 모양 일치, 지질 구조의 연속성, 동일한 고생물 화석 산출, 빙하의 흔적 등이다. 해저 지각에서 측정된 고지자기 줄무늬의 대칭은 해저 확장설의 증거이다.

02 (가)는 대륙 이동설, (나)는 맨틀 대류설, (다)는 판 구조론, (라)는 해저 확장설과 관련된 내용이다. 판 구조론이 정립된 순서는 대륙 이동설 → 맨틀 대류설 → 해저 확장설 → 판 구조론이다.

03 | 자료 분석 |



선택지 분석

- ✗ 고지자기의 역전 현상은 일정한 주기로 반복되었다.
 - 지질 시대 동안 지구 자기장의 역전 현상은 불규칙하게 일어났다.
- ㄴ A, B, C의 해양 지각은 모두 해령에서 생성되었다.

→ 해령에서 생성된 지각이 양옆으로 이동하므로 A, B, C의 해양 지각은 모두 해령에서 생성되었다.

- ㉔ 퇴적물의 두께는 B보다 C에서 두껍다.
→ 퇴적층의 두께는 해령으로부터 더 멀리 있는 C에서 더 두껍다.

04 판게아는 고생대 말부터 존재하였으며, 중생대에 분리되기 시작하였다. 판게아가 형성될 때 많은 습곡 산맥이 형성되었다.

05 | 선택지 분석 |

- ㉑ 오스트레일리아 대륙은 남극에서 멀어질 것이다.
→ 오스트레일리아 대륙은 현재 북상 중이므로 남극에서 멀어질 것이다.
- ㉒ 유라시아 대륙과 북아메리카 대륙은 점점 가까워질 것이다.
→ 태평양이 좁아지면서 유라시아 대륙과 북아메리카 대륙은 점점 가까워질 것이다.
- ㉓ 아프리카 대륙과 남아메리카 대륙 사이의 거리는 점점 멀어질 것이다.
→ 대서양이 확장되면서 아프리카와 남아메리카 대륙 사이의 거리는 점점 멀어질 것이다.

06 맨틀 대류와 플룸 운동을 일으키는 주요 에너지원은 지구 내부 에너지이다. 뜨거운 플룸과 차가운 플룸은 온도 차에 의한 밀도 차로 상승과 하강이 나타난다. 플룸 구조론은 판 내부의 화산 활동을 잘 설명할 수 있다.

07 | 선택지 분석 |

- ㉑ (가) 과정에 의해 유문암질 마그마가 생성될 수 있다.
→ (가)는 대륙 하부에서 온도 상승에 의해 유문암질(안산암질) 마그마가 생성되는 과정이다.
- ✗ (나) 과정은 주로 맨틀 대류의 하강부에서 일어난다.
→ (나)는 해령에서 압력 감소로 현무암질 마그마가 생성되는 과정이다.
- ✗ (다) 과정에 의해 섭입대에서 해양 지각이 녹아 현무암질 마그마가 생성된다.
→ (다)는 섭입대에서 연약권 물질이 물을 공급 받아 마그마가 생성되는 과정에 해당한다.

08 | 선택지 분석 |

- ✗ A의 분출로 순상 화산체가 형성된다.
→ 순상 화산체는 유동성이 큰 현무암질 마그마가 분출할 때 형성된다. 안산암질 마그마가 분출할 경우 주로 성층 화산이 형성된다.
- ✗ A는 C보다 어두운 색을 띤다.
→ 동일한 마그마에서 생성되었으므로 A와 C의 색은 비슷하다.
- ㉑ C는 B보다 구성 광물의 크기가 크다.
→ C는 B보다 천천히 냉각되므로 구성 광물의 크기가 크다.

09 북한산과 설악산은 주로 화강암(심성암), 한라산(화산암)은 주로 현무암으로 이루어져 있다.

10 | 선택지 분석 |

- ✗ (가)에서 퇴적물은 모두 무기물이다.
→ 퇴적물은 기원에 따라 암석이 풍화·침식을 받아 형성된 쇄설성 퇴적물, 물속에서 화학적 침전에 의해 형성된 화학적 퇴적물, 생물의 사체가 쌓여 형성된 유기적 퇴적물로 구분할 수 있다. 따라서 무기물과 유기물 모두 퇴적물이 될 수 있다.
- ㉒ (나)와 (다)에서 공극의 부피는 감소한다.
→ (나)는 다짐 작용, (다)는 교결 작용으로 두 과정 모두 공극의 부피가 감소한다.
- ㉓ (라)의 퇴적암이 응회암이면, (가)의 퇴적물은 화산재이다.
→ 화산재가 굳어져 형성된 퇴적암은 응회암이다.

11 | 선택지 분석 |

- ㉑ A층을 형성한 퇴적물은 저탁류에 의해 공급되었다.
→ A의 점이 층리는 주로 저탁류에 의해 공급된 퇴적물이 수심이 깊은 대륙대에 쌓여 형성된다.
- ㉒ 입자의 평균 크기는 A층 하부가 B층 상부보다 크다.
→ A층 아래쪽에는 자갈과 같은 큰 입자가 있고 위로 갈수록 입자 크기가 작아지며, B층에 있는 건열은 점토질 물질이 건조 환경에 노출되어 형성된다. 따라서 입자의 평균 크기는 A층 하부가 B층 상부보다 크다.
- ㉓ 이 지역의 수심은 과거에 한동안 얕아졌다가 다시 깊어졌다.
→ 이 지역의 점이 층리가 나타나는 A층이 퇴적될 당시 수심이 매우 깊었고, 건열이 나타나는 B층이 퇴적될 당시 지표로 노출된 시기가 있었으며, 현재는 바다 환경이다. 따라서 이 지역의 수심은 과거에 한동안 얕아졌다가 다시 깊어졌다고 판단할 수 있다.

12 지층이 끊어지지 않고 횡압력을 받아 형성된 지질 구조는 습곡이며, 상반이 하반에 대해 위쪽으로 이동한 지질 구조는 역단층이다. 따라서 A는 습곡, B는 역단층, C는 정단층이다.

13 | 선택지 분석 |

- ✗ D는 2억 년 전~4억 년 전 사이에 형성되었다.
→ 화성암 E의 절대 연령은 4억 년이며, D는 E보다 먼저 생성되었으므로 D는 4억 년 전 이전에 형성되었다.
- ㉒ B의 절대 연령은 C보다 A와 비슷하다.
→ B는 A와 정합 관계이고 C와 부정합 관계이므로, B의 절대 연령은 C보다 A와 비슷하다.
- ✗ B와 F의 경계부에서는 변성암이 분포한다.
→ B와 F는 부정합 관계이므로(관입한 것이 아니므로) B와 F의 경계부에서는 변성암이 분포하지 않는다.

14 | 선택지 분석 |

- ㉑ (가)로부터 과거의 기온과 강수량 변화를 추정할 수 있다.
→ 나무 나이테의 폭과 밝기를 조사하면 과거의 기온과 강수량 변화를 추정할 수 있다.

- ㉠ (나)로부터 과거의 대기 조성을 추정할 수 있다.
 ➔ 빙하에 포함된 공기 방울을 분석하면 빙하가 생성될 당시의 대기 조성을 추정할 수 있다.
- ✗ (가)와 (나) 모두 고생대 이전의 기후를 연구하는 데 이용할 수 있다.
 ➔ 빙하 코어를 이용하는 경우 약 40만 년 전까지의 기후 변화를 연구할 수 있으며, 나무 나이테를 이용하는 경우 더 가까운 시대의 기후 변화를 연구할 수 있다. 고생대는 지금으로부터 약 5.41억 년 전~2.52억 년 전 시기이다.

15 A는 원생 누대, B는 신생대, C는 중생대, D는 고생대이다.

선택지 분석

- ㉠ A 시대의 지층에서는 에디아카라 동물군 화석이 산출될 수 있다.
 ➔ 에디아카라 동물군 화석은 원생 누대(A)의 표준 화석이다.
- ㉡ 매머드는 B 시대에 번성하였다.
 ➔ 매머드는 신생대(B)의 표준 화석이다.
- ✗ 판게아는 C 시대에 형성되었다가 D 시대에 분리되었다.
 ➔ 판게아는 고생대(D) 말에 형성되었다가 중생대(C) 초에 분리되기 시작하였다.

16 대륙 지각은 밀도가 작아 지구 내부로 들어갈 수 없으므로 나이가 많은 지각이 흔하게 발견된다. 하지만 해양 지각은 판의 수렴형 경계인 해구에서 섭입하여 지구 내부로 들어가 소멸하기 때문에 나이가 많은 암석이 거의 발견되지 않는다. 현재 해양 지각 중 2억 년 이상인 암석은 존재하지 않는다.

채점 기준	배점
오래된 해양 지각이 해구에서 섭입하여 소멸한다는 것을 옳게 서술한 경우	100 %
오래된 해양 지각의 소멸에 대해 부분적으로 옳게 서술한 경우	50 %

17 A, B, C는 판을 이동시키는 대표적인 힘이다. A는 맨틀 대류에 의한 힘이고, B는 해령에서 판을 밀어내는 힘이다. C는 섭입하는 판이 잡아당기는 힘이다.

18 현재 열점은 하와이섬 아래에 위치하며, 열점 활동에 의해 생성된 섬은 판이 이동할 때 함께 이동한다. 따라서 암석의 나이와 암석이 열점으로부터 멀어진 거리를 이용하여 판의 이동 속도를 구할 수 있다. 태평양판의 이동 속도는 약 $\frac{510 \text{ km}}{510\text{만 년}} = \frac{5.1 \times 10^7 \text{ cm}}{5.1 \times 10^6 \text{ 년}} = 10 \text{ cm/년}$ 이다.

채점 기준	배점
열점의 위치와 태평양판의 이동 속도를 모두 옳게 제시한 경우	100 %
태평양판의 이동 속도만 옳게 제시한 경우	60 %
열점의 위치만 옳게 제시한 경우	40 %

19 점이 층리는 주로 깊은 호수나 바다에서 저탁류에 의해 형성된다. 그림을 보면 점이 층리가 3개 나타나므로 이 지역에는 과거 최소한 3번의 저탁류가 유입되었다.

채점 기준	배점
유입된 횡수와 근거를 모두 옳게 쓴 경우	100 %
유입된 횡수만 옳게 쓴 경우	30 %

20 A가 B를 관입하였고, A와 D 사이에 부정합면이 발견된다. 부정합면에 역단층이 형성되었으므로 $f-f'$ 역단층은 부정합 다음에 일어났으며, 그 후에 C가 관입하였다. 그 이후 융기하여 풍화·침식 과정을 거치고 있다.

21 그림 (가)에서 고생대 초기(약 5억 년 전)의 대기 성분을 보면 현재와 거의 비슷한 대기 조성임을 알 수 있다. 따라서 오존층이 형성되고, 태양의 유해한 자외선을 차단되어 지상에 생물이 살아갈 수 있는 환경이 조성되었을 것이다. 따라서 생물의 수가 크게 증가하였을 것이다.

채점 기준	배점
고생대 생물의 수가 증가한 원인을 대기 성분 변화 및 오존층 형성과 관련지어 옳게 서술한 경우	100 %
고생대 초기에 오존층이 형성되었기 때문이라고만 서술한 경우	50 %

I find the harder I work, the more luck I have.

- Thomas Jefferson

노력할수록 행운은 따른다.

- 토머스 제퍼슨





1 >>> 대기와 해양의 변화

01 ~ 기압과 날씨 변화

탐구POOL

104쪽

- 01 (1) ○ (2) × (3) ×
- 02 시계 방향(남동풍 → 남서풍 → 북서풍)

02 온대 저기압의 중심이 A 지역의 북쪽을 지나갔으므로 풍향은 점차 시계 방향(남동풍 → 남서풍 → 북서풍)으로 변하였을 것이다.

꼭꼭! 개념 확인하기

105쪽

✓ 잠깐 확인!

- 1 고기압, 저기압 2 시베리아 3 층운 4 편서풍 5 한랭 6 폐색 7 일기 기호

- 01 (1) ○ (2) × (3) ○ 02 (1) 기단 (2) 북태평양 (3) 적란운
- 03 (1) ⊕ (2) ⊖ (3) ⊕ (4) ⊕ 04 (1) ○ (2) ○ (3) ×
- 05 (1) 등압선 (2) 적외 (3) 가시 (4) 레이더

02 (3) 기단이 발원지에서 벗어나 이동하면 통과하는 지역의 지표면 영향으로 성질이 변하는데, 특히 찬 기단이 따뜻한 수면을 만나면 열과 수증기를 공급받아 대기가 불안정해진다.

04 중위도 지역에서는 전선을 동반한 저기압이 발생하는데, 이를 온대 저기압이라고 한다. 온대 저기압은 발생에서 소멸까지 대체로 5일~7일이 걸리며, 편서풍의 영향으로 서쪽에서 동쪽으로 이동한다.

탄탄! 내신 다지기

106쪽~107쪽

- 01 ① 02 ㉠ 저기압 ㉡ 팽창 03 ② 04 ④ 05 ④
- 06 (가) 여름철 (나) 겨울철 (다) 봄철 07 ④ 08 ④
- 09 (가) → (다) → (나) 10 ④ 11 ① 12 (가) 구름의 두께 (나) 강수 구역

01 | 선택지 분석 |

- ㉠ 이 지역은 북반구에 위치한다.
 - 시계 방향으로 바람이 불어 나가고 있으므로 북반구 지역이다.
- ✗ A는 주변보다 기압이 낮다.
 - A에서 주변으로 바람이 불어 나가므로 A는 고기압이다.
- ✗ A에서 상승 기류가 나타난다.
 - 고기압 지역에서는 하강 기류가 발달한다.

02 저기압 중심부에서는 상승 기류가 발달하며, 공기가 상승함에 따라 단열 팽창이 일어나 공기가 포화되면 구름이 생성된다.

03 | 선택지 분석 |

- ① 해양성 기단은 대륙성 기단보다 습하다.
 - 해양성 기단은 바다에서 증발된 수증기로 인해 습하다.
- ㉠ 기단은 한 번 형성되면 성질이 변하지 않는다.
 - 기단이 발원지를 떠나 다른 지역으로 이동하면 지표면의 영향을 받아 성질이 변하는데, 이를 기단의 변질이라고 한다.
- ③ 기단은 온도와 습도가 비슷한 거대한 공기 덩어리이다.
 - 공기 덩어리가 지표면의 성질을 닮아 온도와 습도 등의 성질이 비슷해진 것을 기단이라고 한다.
- ④ 기단은 넓은 범위의 지표면과 오랫동안 접촉하여 생성된다.
 - 기단은 공기 덩어리가 넓은 해양이나 대륙 위에 오랫동안 머무를 때 생성된다.
- ⑤ 고위도에서 형성된 기단은 저위도에서 형성된 기단보다 기온이 낮다.
 - 고위도의 추운 지역에서 형성된 기단이 저위도의 따뜻한 지역에서 형성된 기단보다 상대적으로 기온이 낮다.

04 | 선택지 분석 |

- ① A 기단은 온난 다습하다.
 - 시베리아 기단(A)은 한랭 건조하다.
- ② 겨울철에는 B 기단의 영향을 받는다.
 - 겨울철에는 주로 A 기단의 영향을 받는다.
- ③ 꽃샘 추위는 C 기단의 영향으로 나타난다.
 - 꽃샘 추위는 A 기단의 영향으로 나타난다.
- ㉠ D 기단의 영향으로 무더운 날씨가 된다.
 - 북태평양 기단(D)의 영향으로 무더운 날씨가 나타난다.
- ⑤ A와 C 기단은 장마철에 많은 비가 내리게 한다.
 - 장마철에 많은 비를 내리게 하는 기단은 C와 D이다.

05 | 선택지 분석 |

- ㉠ 북서풍이 우세하다.
 - 북서쪽에 위치한 고기압의 영향으로 북서풍이 우세하다.
- ✗ 오호츠크해 기단의 영향을 받는다.
 - 이날 우리나라는 시베리아 고기압의 영향을 받는다.
- ㉡ 기단의 변질로 서해안에 많은 눈이 내릴 수 있다.
 - 시베리아 기단의 변질로 서해안에 폭설이 내릴 수 있다.

06 | 자료 분석 |

(가) 여름	(나) 겨울	(다) 봄

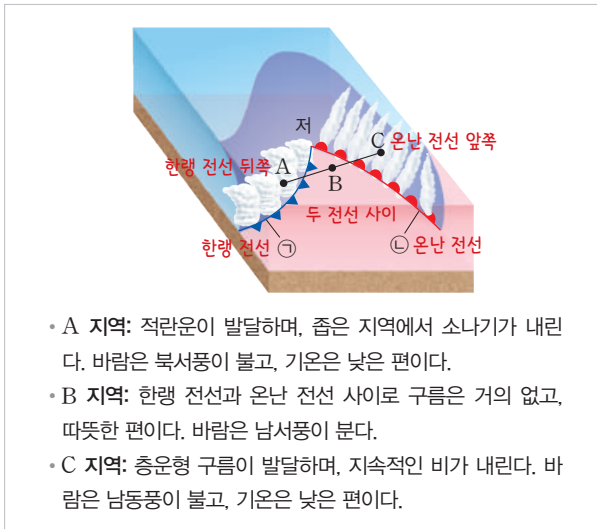
- (가): 북태평양 고기압의 영향, 남동풍 우세, 고온 다습
- (나): 시베리아 고기압의 영향, 북서풍 우세, 한랭 건조
- (다): 이동성 고기압 통과, 날씨 변화가 큼, 대체로 건조

(가)는 북태평양 고기압이 발달한 여름철 일기도이고, (나)는 시베리아 고기압이 발달한 겨울철 일기도이다. (다)는 이동성 고기압이 보이는 봄철 일기도이다.

07 | 선택지 분석 |

- ① 온난 전선이 발달한다.
 - ➔ 적란운이 발달하였으므로 한랭 전선이 위치한다.
- ② 공기의 온도는 A가 B보다 높다.
 - ➔ A는 찬 공기, B는 따뜻한 공기이다.
- ③ 전선은 서쪽으로 이동하고 있다.
 - ➔ 전선은 찬 공기에 의해 동쪽으로 이동한다.
- ④ 강수 구역은 주로 전선의 뒤쪽에 나타난다.
 - ➔ 강수 구역은 주로 한랭 전선의 뒤쪽에 나타난다.
- ⑤ 전선은 거의 이동하지 않고 오랫동안 머문다.
 - ➔ 한랭 전선은 비교적 빠르게 이동하며, 거의 이동하지 않고 오랫동안 머무는 전선은 정체 전선이다.

08 | 자료 분석 |



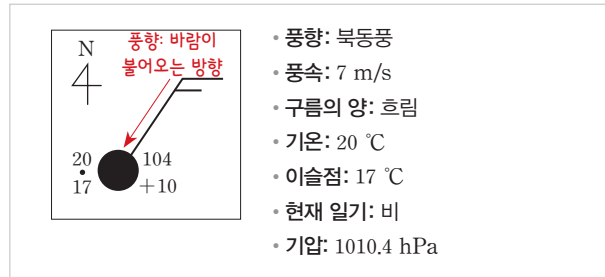
| 선택지 분석 |

- ① A 지역은 넓은 지역에 이슬비가 내린다.
 - ➔ A 지역은 소나기가 내린다.
- ② 현재 B 지역의 기온이 가장 낮다.
 - ➔ B 지역은 현재 따뜻한 공기가 있어 기온이 가장 높다.
- ③ C 지역에서는 북서풍이 분다.
 - ➔ C 지역에서는 남동풍이 분다.
- ④ B 지역은 ㉠ 전선 통과 후 기압이 높아질 것이다.
 - ➔ B 지역은 한랭 전선 통과 후 기압이 상승할 것이다.
- ⑤ C 지역은 ㉡ 전선 통과 후 기온이 낮아질 것이다.
 - ➔ C 지역은 온난 전선 통과 후에 기온이 상승할 것이다.

09 온난 전선이 접근하면 넓은 지역에서 지속적인 비가 내린다. 온난 전선이 통과할 때 풍향은 남동풍에서 남서풍으로 바뀐다. 한랭 전선이 통과하면 기온이 낮아지고, 소나기가 내린다.

10 온난 전선은 따뜻한 공기가 찬 공기 쪽으로 이동할 때 만 들어지는 경계선이고, 정체 전선은 찬 공기와 따뜻한 공기의 세력이 비슷하여 한곳에 오래 머무르는 경계선이다. 따라서 (가)는 온난 전선이고, (나)는 정체 전선이다.

11 | 자료 분석 |



일기도에서는 일기 현상, 구름의 양, 풍향과 풍속, 전선과 기압 등을 일기 기호로 나타낸다. 현재 관측소에서는 북동풍이 7 m/s로 불고 있다.

12 가시 영상에서는 구름이 두꺼울수록 밝게 나타난다. 기상 레이더 영상을 분석하면 강수 구역의 위치와 시간당 강수량, 강수 구역의 이동 방향 등을 쉽게 파악할 수 있다.

도전! 실력 올리기

108쪽~109쪽

01 ② 02 ④ 03 ④ 04 ① 05 ⑤ 06 ⑤

07 | 모범 답안 | (가)는 고기압, (나)는 저기압이다. (가)에서 바람은 시계 방향으로 불어 나가고, (나)에서 바람은 반시계 방향으로 불어 들어온다.

08 (가) A 구역, 소나기 (나) D 구역, 지속적인 비(이슬비)

09 | 모범 답안 | 우리나라에 위치한 전선은 정체 전선이다. 북태평양 고기압이 강하게 발달하면 따뜻한 기단의 세력이 강해져 정체 전선은 북상하며, 반대로 북태평양 고기압이 약해질 때 정체 전선은 남하한다.

01 | 선택지 분석 |

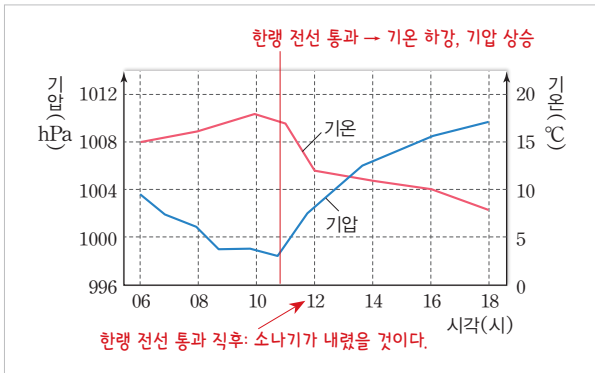
- ✗ A는 주변 지역보다 기압이 낮다.
 - ➔ A는 주변보다 기압이 높은 고기압 지역이다.
- ㉠ B에서 상승하는 공기는 단열 팽창한다.
 - ➔ 저기압이 B에서는 모여든 공기가 상승하면서 단열 팽창을 일으켜 구름이 생성된다.
- ✗ 비가 내릴 가능성은 A가 B보다 크다.
 - ➔ 비가 올 가능성은 저기압이 발달한 B에서 크다.

02 A는 한랭 건조한 시베리아 기단, B는 한랭 다습한 오호츠크해 기단, C는 온난 건조한 양쯔강 기단, D는 고온 다습한 북태평양 기단이다.

03 | 선택지 분석 |

- 시베리아 기단의 하층부는 점점 안정해진다.
 - 시베리아 기단의 하층부가 가열되면 기층이 불안정해지면서 적란운이 형성된다.
- 시베리아 기단은 따뜻한 바다를 지나는 동안 열과 수증기를 공급받는다.
 - 한랭 건조한 시베리아 기단이 상대적으로 따뜻한 황해를 지나는 동안 열과 수증기를 공급받을 수 있다.
- 겨울철 우리나라 서해안 지방에 폭설이 내리는 현상이 이 과정으로 설명할 수 있다.
 - 겨울철에 서해안 지방의 폭설은 시베리아 기단의 변질로 발생하는 경우가 많다.

04 | 자료 분석 |



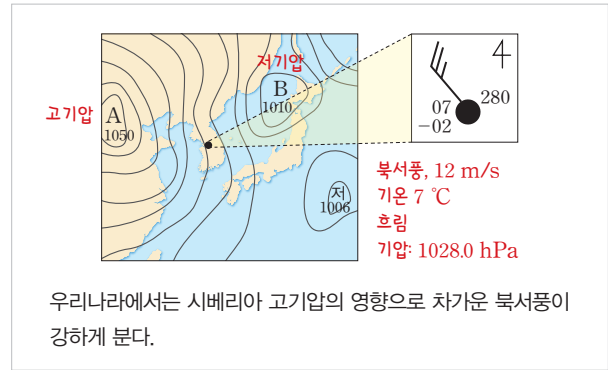
| 선택지 분석 |

- 08시경에 남동풍이 불었다.
 - 08시경에는 한랭 전선이 통과하기 전이므로 남서풍이 불었다.
- 10시~12시 사이에 한랭 전선이 통과하였다.
 - 10시~12시 사이에 기온이 급격하게 낮아졌으므로 한랭 전선이 통과하였다.
- 12시 이후에 지속적으로 비가 내렸다.
 - 12시 무렵에는 한랭 전선이 통과한 직후이므로 소나기가 내렸을 것이다.

05 | 선택지 분석 |

- (가)는 (나)보다 먼저 작성되었다.
 - 온대 저기압은 편서풍의 영향으로 서쪽에서 동쪽으로 이동하므로 (가)가 (나)보다 하루 전 일기도이다.
- 이 기간 동안 온대 저기압의 세력은 강화되었다.
 - (나)에서 온대 저기압의 중심 기압은 (가)보다 낮다. 따라서 (나)가 (가)보다 강하게 발달하였다.
- 온대 저기압이 우리나라를 지나는 동안 제주도의 풍향은 시계 방향으로 변했다.
 - 온대 저기압이 우리나라를 지나는 동안 제주도의 풍향은 남서풍에서 북서풍으로 바뀌었으므로 시계 방향으로 변화하였다.

06 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

- ① 구름의 양은 A보다 B에서 많다.
 - A는 고기압, B는 저기압이므로, 구름의 양은 A보다 B에서 많다.
- ② A에서는 하강 기류가 우세하다.
 - 고기압 A에서는 하강 기류가 발달한다.
- ③ 서울에서는 북서풍이 강하게 분다.
 - 서울에서는 북서풍이 12 m/s로 강하게 불고 있다.
- ④ 이날 우리나라는 한랭 건조한 날씨가 나타난다.
 - 우리나라는 시베리아 고기압의 영향으로 한랭 건조한 날씨가 나타난다.
- 다음날 우리나라는 B의 영향을 받을 것이다.
 - 다음날 저기압 B는 편서풍의 영향으로 이날보다 동쪽에 위치할 것이다.

- 07 (가)는 중심부의 기압이 주변보다 높은 고기압, (나)는 중심부의 기압이 주변보다 낮은 저기압이다. (가)에서 바람은 시계 방향으로 불어 나가고, (나)에서 바람은 반시계 방향으로 불어 들어온다.

채점 기준	배점
바람의 발산과 수렴, 풍향을 모두 옳게 설명한 경우	100 %
바람의 발산과 수렴, 풍향 중 1가지만 옳게 설명한 경우	50 %

- 08 (가)에서는 한랭 전선의 뒤쪽에 위치한 A 구역에서 소나기가 내리고, (나)에서는 온난 전선의 앞쪽에 위치한 D 구역에 지속적인 비(이슬비)가 내린다.

- 09 우리나라의 남부 지방에 위치한 전선은 정체 전선이다. 정체 전선은 따뜻한 기단과 찬 기단의 세력이 비슷하여 한 곳에 오래 머무는 전선이다. 만약 북태평양 고기압이 강하게 발달하면 따뜻한 기단의 세력이 강해져 정체 전선은 북상하며, 반대로 북태평양 고기압이 약해질 때 정체 전선은 남하한다.

채점 기준	배점
북태평양 고기압의 세력과 정체 전선의 위치 변화를 옳게 설명한 경우	100 %
정체 전선만 옳게 쓴 경우	40 %

02~ 태풍과 우리나라의 약기상

탐구 POOL

114쪽

01 높아진다. 02 오른쪽

01 태풍이 북상하여 찬 바다로 이동하면 수증기의 공급이 줄어들어 태풍의 세력이 약해지므로 중심 기압은 높아진다.

꼭꼭! 개념 확인하기

115쪽

✓ 잠깐 확인!

1 태풍 2 하강, 약 3 낮아 4 위험, 안전 5 뇌우 6 우박
7 시베리아 8 황사

01 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ 02 수증기의 응결열(숨은열 또는 잠열) 03 ㉠ 폭풍 해일 ㉡ 만조 04 ㉠ 폭설 ㉡ 시베리아 05 우박, 폭설과 한파, 황사 06 강풍, 폭설과 한파

03 폭풍 해일은 태풍 등의 강한 바람에 의해 바닷물이 비정상적으로 높아져 육지로 넘쳐 들어오는 현상으로, 조석 현상에 의해 하루 중 해수면이 가장 높아지는 만조와 겹치면 피해가 커진다.

05 고온 다습한 여름철에는 우박, 폭설과 한파, 황사는 거의 발생하지 않는다.

탄탄! 내신 다지기

116쪽~117쪽

01 ④ 02 ④ 03 A: 풍속 B: 기압 04 적란운 05 ③
06 ② 07 높아진다. 08 ③ 09 (가) → (다) → (나) 10 ⑤
11 ② 12 ③ 13 ④

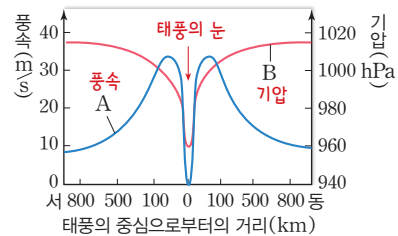
01 | 선택지 분석 |

- ① 에너지원은 수증기의 응결열이다.
→ 태풍의 에너지원은 수증기가 물방울로 응결될 때 방출되는 응결열이다.
- ② 수온이 27°C 이상인 열대 해상에서 발생한다.
→ 태풍은 육지와 수온이 낮은 바다에서는 발생하지 않는다.
- ③ 중심 부근 순간 최대 풍속이 17 m/s 이상이다.
→ 북서태평양에서 발생한 태풍의 기준은 중심 부근 순간 최대 풍속이 17 m/s 이상이다.
- ④ 중심(태풍의 눈)에서 강한 상승 기류가 발달한다.
→ 태풍의 눈에서는 약한 하강 기류가 나타나 날씨가 맑고 바람이 약하다.
- ⑤ 위도 30°N~60°N에서는 편서풍의 영향으로 대체로 북동쪽으로 이동한다.
→ 태풍은 편서풍대에서 대체로 북동쪽으로 진행한다.

02 | 선택지 분석 |

- ① 이 지역은 남반구이다.
→ 바람이 태풍 중심부를 향해 반시계 방향으로 불어 들어가므로 이 지역은 북반구이다. 남반구에서는 시계 방향으로 불어 들어간다.
- ② 이 지역은 무역풍대에 위치한다.
→ 북반구에서 태풍이 북동쪽으로 진행되는 곳은 편서풍의 영향을 받는 지역이다. 무역풍대에서는 북서쪽으로 진행한다.
- ③ A는 위험 반원이다.
→ A는 태풍의 풍향과 진행 방향이 반대인 안전 반원이다.
- ④ B에서는 풍향이 태풍의 진행 방향과 대체로 비슷하다.
→ B에서는 태풍의 풍향과 진행 방향이 비슷하여 바람과 상승 기류가 강한 위험 반원이다.
- ⑤ A에서는 하강 기류가, B에서는 상승 기류가 발달한다.
→ A와 B 모두에서 대체로 상승 기류가 발달한다.

03 | 자료 분석 |



- 풍속: 태풍의 중심부로 갈수록 증가하다가 태풍의 눈에서 약해진다. ⇨ 풍속은 태풍의 눈 주위에서 가장 세다.
- 기압: 태풍의 중심으로 갈수록 계속 낮아진다.
- 태풍의 눈: 주변부에 비해 기압은 낮고 바람은 약하며, 약한 하강 기류가 있어 날씨가 맑다.

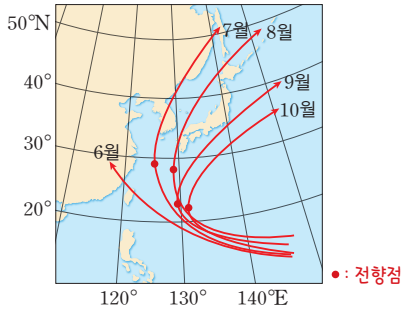
태풍의 중심부로 갈수록 바람이 강해지다가 태풍의 눈에서 약해지며, 기압은 중심으로 갈수록 계속 낮아진다. 따라서 A는 풍속, B는 기압 변화이다.

04 태풍은 전체적으로 상승 기류가 발달하여 중심부로 갈수록 두꺼운 적란운이 발달한다.

05 A는 태풍의 눈으로 주변부에 비해 기압은 낮고 바람은 약하며, 약한 하강 기류가 있어 날씨가 맑다.

06 전향점은 태풍의 진로가 북서쪽에서 북동쪽으로 바뀌는 지점으로, 그림을 보면 7월에 전향점이 가장 고위도에 위치한다.

더 알아보기 태풍의 진행 경로와 월별 전향점의 위치



- 태풍의 전향점은 7월에 가장 고위도에 위치하며, 그 이후에 점차 저위도로 위치가 변한다.
- 6월에 발생한 태풍은 대부분 무역풍대에서 북서쪽으로 진행하다가 육지(중국)에 상륙하여 소멸하므로 전향점이 나타나지 않는다.

07 태풍은 저기압이므로 중심 기압이 낮을수록 세력이 강하다. 그런데 태풍이 육지에 상륙하면 수증기가 거의 공급되지 않으며 지표면과의 마찰로 태풍의 세력이 급격히 약해지므로 중심 기압은 높아진다.

08 뇌우는 여름철 등 대기가 불안정할 때 적란운이 발달하면서 천둥, 번개와 함께 소나기나 우박 등이 내리는 현상으로 하강 기류가 발달한 곳에서 많은 비가 내린다.

09 (가)는 적운 단계, (나)는 소멸 단계, (다)는 성숙 단계이다. 뇌우는 적운 단계 → 성숙 단계 → 소멸 단계 순으로 발달한다.

10 뇌우의 발달 과정 중 성숙 단계에서 적란운 내에는 상승 기류와 하강 기류가 함께 나타나며 강한 돌풍과 함께 천둥, 번개, 소나기, 우박 등의 현상이 나타난다.

11 국지성 호우는 국지적으로 짧은 시간 동안 많은 양의 비가 집중적으로 내리는 현상이다. 한 시간에 30 mm 이상, 하루에 80 mm 이상의 비가 내릴 때 또는 하루에 연 강수량의 10 % 정도의 비가 내릴 때 집중 호우라고 한다.

| 선택지 분석 |

- ① 주로 **중운형** 구름에서 발생한다.
적운형
- ② 태풍에 비해 일기 예보가 어렵다.
→ 비교적 좁은 지역에 짧은 시간 동안 내리므로 정확한 예보가 어렵다.
- ③ 매우 더울 때는 잘 발생하지 않는다.
→ 매우 더워서 대기가 불안정할 때 잘 발생한다.
- ④ 하루에 30 mm 이상 내리는 비이다.
한 시간에
- ⑤ 비교적 넓은 지역에 지속적으로 내린다.
→ 비교적 좁은 지역에 짧은 시간 동안에 내린다.

12 | 선택지 분석 |

- ① 황사는 주로 봄철에 발생한다.
→ 황사는 토양이 얼었다가 녹는 3월~5월에 많이 발생한다.
- ② 황사의 이동은 편서풍의 영향을 받는다.
→ 황사 발원지에서 바람에 날려 대기에 퍼진 다량의 모래 먼지가 상층의 편서풍을 타고 이동한다.
- ③ 발원지에 강수량이 많을 때 황사는 자주 발생한다.
→ 황사를 이루는 모래 먼지는 건조한 토양에서 잘 발생하므로 황사 발원지에 눈이 많이 쌓여 있거나 비가 많이 왔다면 지표면이 젖어 있어 황사가 발생하기 어렵다.
- ④ 중국 북부 지역의 사막화가 진행될수록 황사는 자주 발생한다.
→ 황사 발원지의 사막화가 진행되면 지표면이 더 건조해져 모래 먼지가 많이 발생하므로 황사는 자주 발생한다.
- ⑤ 황사는 호흡기 질환 및 눈병 유발 등 사람의 건강을 위협하고, 농작물의 성장을 방해한다.
→ 황사는 호흡기 질환 및 눈병 유발 등 사람의 건강을 위협하고, 농작물의 성장을 방해한다. 또한 항공, 운수, 정밀 산업 등에 피해를 준다.

13 뇌우와 국지성 호우는 주로 대기가 불안정할 때 강한 상승 기류에 의해 형성된 적란운에서 잘 발생한다. 그런데 태풍은 적란운과 강한 바람을 동반하므로 태풍과 함께 발생할 수 있는 악기상은 강풍, 뇌우, 국지성 호우이다. 황사는 중국 북부나 몽골 사막 또는 황토 지대에서 발생하여 하늘 높이 올라간 다량의 모래 먼지가 상층의 편서풍을 타고 우리나라까지 이동한 후 서서히 하강하는 현상으로 주로 건조한 봄철에 발생한다.

도전! 실력 올리기

118쪽~119쪽

01 ③ 02 ② 03 ③ 04 ⑤ 05 ⑤ 06 ②

07 | 모범 답안 | 태풍 진행 방향의 오른쪽은 태풍의 풍향과 이동 방향이 비슷하여 풍속이 강해 태풍에 의한 피해가 상대적으로 크다.

08 | 모범 답안 | 태풍은 풍속이 매우 큰데, 바람이 강할수록 지구 자전 효과가 커서 바람은 오른쪽으로 많이 휘어서 분다. 태풍 중심 주변에서 부는 강한 바람은 중심으로 수렴하지 못하고 주변에서 맴돌듯 상승한 후 그 중 일부가 상층부에서 중심쪽으로 이동하여 하강 기류를 형성하게 되므로 맑은 날씨가 나타난다.

09 기권과 지권

01 | 선택지 분석 |

- ① 적란운이 발달해 있다.
→ 태풍은 전체적으로 상승 기류가 발달하여 중심부로 갈수록 두꺼운 적란운이 발달한다.

- ✗ 풍속은 중심에서 가장 빠르다.
 - ➔ 태풍의 중심부로 갈수록 바람이 강해지다가 태풍의 눈에서 약해진다.
- ㉠ 중심 기압은 주변 기압보다 낮다.
 - ➔ 기압은 태풍의 중심으로 갈수록 계속 낮아진다.

02 | 선택지 분석 |

- ✗ 우리나라는 안전 반원에 있었다.
 - ➔ 태풍 진행 방향의 오른쪽 지역은 왼쪽 지역에 비해 바람이 강하고 강수량이 많은 위험 반원이며, 태풍이 황해를 지나갔으므로 우리나라는 위험 반원에 있었다.
- ✗ 25일 태풍의 세력은 점점 약해졌다.
 - ➔ 24일 15시부터 26일 15시까지 태풍의 중심 기압은 점차 낮아졌으므로 25일 태풍의 세력은 강해졌다고 판단할 수 있다.
- ㉠ 태풍의 평균 이동 속력은 무역풍대보다 편서풍대에서 더 빨랐다.
 - ➔ 편서풍대는 태풍의 진행 방향과 편서풍의 방향이 비슷하므로 무역풍대에 비해 태풍의 이동 속력이 대체로 빠르다.

03 | 선택지 분석 |



- ㉠ (가)는 (나)에 동반되어 나타날 수 있다.
 - ➔ 뇌우는 적란운이 발달한 태풍에 동반되어 나타날 수 있다.
- ✗ (가)와 (나)는 모두 육지에서 발생할 수 있다.
 - ➔ 뇌우는 육지와 바다에서 모두 발생할 수 있지만 태풍은 열대 해상에서만 발생한다.
- ㉠ (가)와 (나)에서 모두 집중 호우가 나타날 수 있다.
 - ➔ 뇌우와 태풍 모두 대기가 불안정한 상태에서 적란운이 형성되므로 집중 호우가 나타날 수 있다.

04 뇌우와 우박은 대기가 불안정할 때 형성된 적란운에서 잘 나타나며, 우박은 기온이 매우 높은 여름철에는 얼음 결정이 성장하지 못해서 잘 발생하지 않는다. 한파는 겨울철에 나타나는 이례적인 저온 현상으로 시베리아 기단의 영향으로 발생하므로 대기가 불안정할 때 발생하는 기상 현상이 아니다.

05 | 선택지 분석 |

- ㉠ 이 시기는 겨울철이다.
 - ➔ 시베리아 기단은 겨울철에 우리나라에 영향을 주어 한파 등의 기상 현상이 나타난다.
- ㉠ B 지역에서는 폭설이 나타날 수 있다.
 - ➔ 시베리아 고기압의 찬 공기가 상대적으로 따뜻한 황해를 지나면서 열과 수증기를 공급받아 상승 기류가 활발해져 서해안에 폭설이 내릴 수 있다.
- ㉠ 기단이 A→B로 이동하는 동안 기온과 습도가 높아졌다.
 - ➔ 시베리아 기단의 찬 공기가 황해를 지나면서 열과 수증기를 공급받으므로 A→B로 이동하는 동안 기온과 습도가 높아진다.

더 알아보기 기단의 변질

구분	한랭 기단의 변질	온난 기단의 변질
모습		
특징	<ul style="list-style-type: none"> • 기층이 불안정해진다. • 적운이나 적란운이 형성된다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 기층이 안정해진다. • 층운이나 안개가 형성된다.
예	시베리아 기단의 변질	북태평양 기단의 변질

06 | 선택지 분석 |

- ✗ 황사는 극동풍에 의해 이동한다.
 - 편서풍
- ㉠ 황사는 (나) → (가) → (다) 순으로 이동하였다.
 - ➔ 황사는 상층의 편서풍을 타고 서쪽에서 동쪽으로 이동한다. 따라서 황사의 이동 순서는 (나) → (가) → (다)이다.
- ✗ 우리나라에서 황사는 주로 북서 계절풍의 영향을 받는 겨울철에 나타난다.
 - ➔ 황사는 주로 토양이 얼었다가 녹는 봄철에 많이 발생한다.

07 태풍 진행 방향의 오른쪽은 태풍의 풍향과 이동 방향 및 대기 대순환의 바람 방향이 비슷하여 풍속이 강해 태풍에 의한 피해가 크게 나타나므로 위험 반원이라고 한다.

채점 기준	배점
태풍의 풍향과 태풍의 이동 방향을 비교하여 옳게 서술한 경우	100 %
위험 반원에 위치하기 때문이라고만 서술한 경우	40 %

08 태풍의 눈에서는 약한 하강 기류의 발달로 날씨가 맑고, 바람이 약하다.

채점 기준	배점
태풍의 풍속 및 지구 자전 효과와 연관지어 옳게 서술한 경우	100 %
태풍의 풍속 및 지구 자전 효과가 언급하지 않고 태풍 중심에서 하강 기류가 발달하는 과정을 언급하여 서술한 경우	60 %
태풍 중심에서 하강 기류가 나타나기 때문이라고만 서술한 경우	30 %

09 황사는 중국 북부나 몽골 사막 또는 건조한 황토 지대에서 바람에 날려 대기에 퍼진 다량의 모래 먼지가 상층의 편서풍을 타고 이동한 후 서서히 하강하는 현상으로, 기권과 지권의 상호 작용에 해당한다.

03~ 해수의 성질

개념 POOL

124쪽

01 강수량과 증발량 02 대륙 주변부

02 대륙 주변부에는 육지로부터 염분이 매우 낮은 하천수가 유입되므로 해양 중앙부에 비해 표층 염분이 낮게 나타난다.

꼭꼭! 개념 확인하기

125쪽

✓ 잠깐 확인!

1 염분 2 증발, 강수 3 태양 복사 4 수온 약층
5 낮을, 높을 6 깊어 7 온도(수온) 8 높

01 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × 02 (1) ○ (2) × (3) ○

03 혼합층, 수온 약층, 심해층 04 (1) 염분이 같은 해수: B, 밀도가 같은 해수: C (2) 수온이 낮고 염분이 높은 경우

05 ㉠ 광합성 ㉡ 호흡

04 (2) 해수의 밀도는 주로 수온과 염분에 의해 결정되며, 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 커진다.

05 용존 산소량은 해양 생물의 광합성에 의해 증가하고, 해양 생물의 호흡에 의해 감소한다.

탄탄! 내신 다지기

126쪽~127쪽

01 A: 강수량 B: 증발량 02 ㉡ 03 ㉤ 04 ㉣ 05 ㉣

06 A: 혼합층 B: 수온 약층 C: 심해층 07 ㉤ 08 ㉡

09 A: 수온 B: 염분 10 ㉣ 11 ㉡ 12 A: 산소 B: 이산화탄소 13 ㉤

01 적도 부근(저압대)에서 가장 크고 중위도(위도 30° 부근, 고압대) 지역에서 작은 값을 나타내는 A는 강수량이며, 중위도 지역에서 가장 큰 값을 나타내는 B는 증발량이다.

02 표층 염분이 가장 높게 나타나는 지역은 증발량이 많고 강수량이 적은 아열대 고압대(위도 30° 부근) 해역이다.

03 | 선택지 분석 |

① 강수량 증가

감소

② 빙하의 용해

→ 빙하가 용해되어 담수가 해수에 흘러 들어가 섞이면 염분이 낮아진다.

③ 육수의 유입

→ 육수가 유입되면 해수에 담수가 섞여 염분이 낮아진다.

④ 증발량 감소

→ 평소보다 증발량이 감소하면 상대적으로 염분이 낮아진다.

㉠ 해수의 결빙

→ 해수가 결빙되면 염류는 빠져 나가고 순수한 물만 얼기 때문에 표층 염분이 높아진다.

04 염분은 해수 1 kg 속에 녹아 있는 염류의 g수로 단위는 psu를 쓴다. 1 psu는 1 ‰과 같다.

05 | 선택지 분석 |

✗ 해수의 염분

→ 해수의 염분은 수온 변화에 영향을 주지 못한다.

㉠ 위도에 따른 태양 복사 에너지의 양

→ 표층 해수의 수온 분포에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 태양 복사 에너지이며, 태양 복사 에너지는 위도와 계절에 따라 달라진다.

㉡ 수륙 분포에 따른 해양과 대륙의 열용량 차이

→ 대륙은 해양에 비해 열용량이 작아 온도 변화 폭이 크다. 따라서 대륙 주변 해수는 대륙의 온도 변화에 영향을 받아 해양 중앙부보다 온도 변화가 크게 나타난다.

06 A층은 바람에 의한 혼합 작용으로 깊이에 따라 수온이 거의 일정한 혼합층이고, B층은 혼합층 아래로 깊어질수록 수온이 급격히 낮아지는 수온 약층이며, C층은 햇빛을 거의 받지 못하여 수온이 낮고 깊이에 따른 수온 변화가 거의 없는 심해층이다.

07 | 선택지 분석 |

㉠ A층은 바람이 강할수록 두껍게 형성된다.

→ A는 혼합층으로 바람이 강할수록 깊은 곳까지 혼합되어 수온이 일정한 층이 두껍게 나타난다.

㉡ B층은 햇빛이 강할수록 뚜렷하게 형성된다.

→ B는 수온 약층으로 햇빛이 강할수록 표층 수온이 높아 뚜렷하게 형성된다.

㉢ C의 수온은 고위도와 저위도에서 거의 비슷하다.

→ C는 심해층으로 햇빛을 거의 받지 못하며, 극지방에서 침강한 찬 해수가 유입되므로 위도와 관계없이 수온이 거의 일정하다.

08 | 선택지 분석 |

✗ 온실 효과로 지구의 평균 기온이 상승하면 극지방 해수의 밀도는 증가한다.

감소

→ 온실 효과로 지구의 평균 기온이 상승하면 극지방 해수의 온도가 상승하고, 극지방의 빙하가 녹아 주변 해역으로 유입되므로 염분이 낮아져 해수의 밀도가 감소한다.

✗ 어느 해역의 표층 해수가 고위도에서 저위도로 이동하면 해수의 밀도는 증가한다.

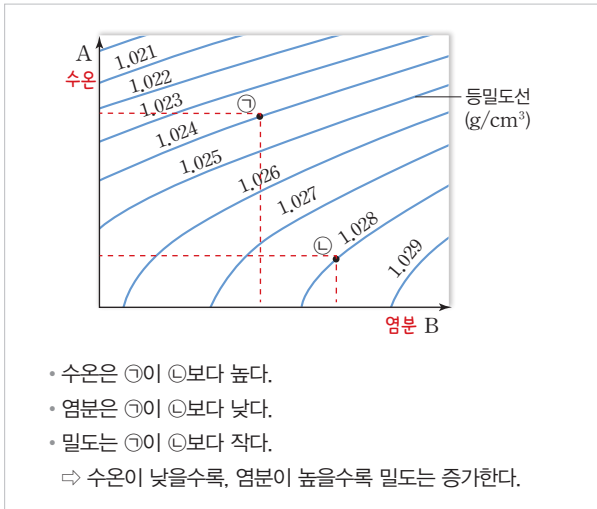
감소

→ 고위도의 찬 해수가 저위도로 이동하면 수온이 높아지므로 해수의 밀도가 감소한다.

- ㉔ 대륙 주변부 해역에서 육지로부터 유입되는 담수의 양이 감소하면 해수의 밀도는 증가한다.
 - ➔ 육지로부터 담수의 유입량이 감소하면 해수의 평균 염분이 낮아져 밀도가 증가한다.

09 그래프에서 왼쪽 위에서 오른쪽 아래로 갈수록 밀도가 증가하므로 A는 수온, B는 염분이다.

10 | 자료 분석 |



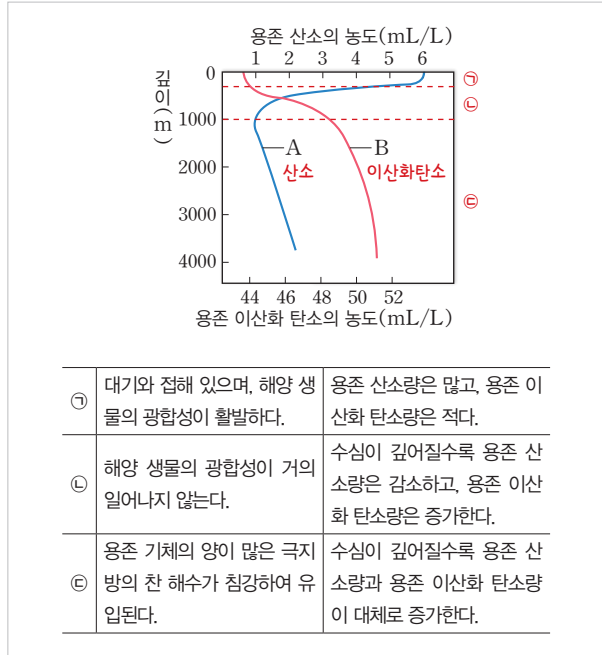
A는 수온, B는 염분이다. 따라서 ㉕은 ㉔보다 수온은 낮고, 염분은 높다. 또한 밀도는 ㉕이 1.028 g/cm³로 1.024 g/cm³인 ㉔보다 크다.

11 | 선택지 분석 |

- ~~X~~ 수온이 높은 경우
 - ➔ 수온이 높을수록 물에 대한 기체 용해도가 작아지므로 용존 기체의 양은 감소한다.
- ~~X~~ 염분이 높은 경우
 - ➔ 염분이 높을수록 물에 대한 기체 용해도가 작아지므로 용존 기체의 양은 감소한다.
- ㉔ 수압이 높은 경우
 - ➔ 수압이 높을수록 물에 대한 기체 용해도가 커지므로 용존 기체의 양은 증가한다.

12 용존 산소량은 표층에서 가장 많고 일정 구간 수심이 깊어질수록 감소하다가 심층에서는 다시 증가한다. 반면 용존 이산화 탄소량은 표층에서 가장 적고 수심이 깊어질수록 증가한다. 따라서 A와 B에 해당하는 기체는 각각 산소, 이산화 탄소이다.

13 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

- ① 해양 생물의 호흡이 활발해지기 때문이다.
 - ➔ 해수의 심층에는 생물의 수가 적으며, 생물의 호흡에 의해 용존 산소량은 감소한다.
- ② 해양 생물의 광합성이 활발해지기 때문이다.
 - ➔ 해수의 심층에는 햇빛이 들어가지 못하므로 광합성 작용이 일어나지 않는다.
- ③ 해저 화산 활동으로 A가 공급되기 때문이다.
 - ➔ 해저 화산 활동으로 분출되는 화산 가스는 대부분 수증기와 이산화 탄소이다. 산소는 거의 배출되지 않는다.
- ④ 해양 지각 속의 A가 해수에 용해되기 때문이다.
 - ➔ 해양 지각 속의 산소는 해수에 거의 용해되지 않는다.
- ㉔ 극지방에서 침강한 찬 해수가 유입되기 때문이다.
 - ➔ 심층에서는 용존 산소가 풍부한 극지방의 찬 해수가 침강하여 유입되므로 수심이 깊어질수록 용존 산소량이 증가한다.

도전! 실력 올리기

128쪽~129쪽

01 ⑤ 02 ① 03 ⑤ 04 ② 05 ④ 06 ②

07 | 모범 답안 | 11월, 혼합층의 두께는 바람이 강할수록 두꺼워지는데 11월이 다른 달에 비해 혼합층의 두께가 가장 두껍다.

08 A: 약 1.026 g/cm³ B: 약 1.024 g/cm³

09 | 모범 답안 | 북반구 고위도 해역에서는 빙하가 녹은 물이 많이 유입되므로 같은 위도의 남반구 고위도 해역에 비해 염분이 낮아 밀도가 작게 나타난다.

01 | 선택지 분석 |

- ㉔ 표층 염분은 적도보다 위도 30°에서 높다.
 - ➔ 적도는 증발량보다 강수량이 많고, 위도 30° 부근은 고압대가

형성되어 강수량보다 증발량이 많으므로 표층 염분은 적도보다 위도 30°에서 높게 나타난다.

ㄴ 중위도에서 강수량보다 증발량이 많은 까닭은 고압대가 형성되기 때문이다.

→ 중위도(위도 30° 부근)에서는 대기 대순환에 의한 하강 기류가 발달하여 고압대가 형성된다. 고압대가 형성되면 구름이 잘 생성되지 않아 강수량이 적고 기후가 건조하여 증발량이 많다.

ㄷ 극지방에서 빙하의 용해량은 북반구가 남반구보다 많다.
→ 최근 지구 온난화로 빙하가 용해되어 극지방의 표층 염분이 대체로 낮아지는데, 남반구보다 북반구에서 빙하가 더 많이 용해된다. 그래서 남반구 고위도보다 북반구 고위도에서 표층 해수의 염분이 낮다.

02 | 선택지 분석 |

ㄱ (가)는 2월, (나)는 8월에 측정한 것이다.

→ 우리나라 주변 해역의 표층 염분은 강수량이 많은 8월이 2월보다 낮게 나타나므로, 표층 염분이 높은 (가)는 2월, 표층 염분이 낮은 (나)는 8월에 관측한 자료이다.

✗ 같은 위도에서 표층 염분은 동해보다 황해에서 높다.

→ 같은 위도에서 표층 염분은 육수의 유입이 많은 황해가 동해보다 낮게 나타난다.

✗ 표층 염분이 (나)보다 (가)에서 대체로 높게 나타나는 주된 요인은 해수의 결빙이다.

→ 표층 염분이 (나)보다 (가)에서 대체로 높게 나타나는 주된 요인은 강수량과 육수의 유입량이다. 강수량과 육수의 유입량은 겨울철인 (가) 시기보다 여름철인 (나) 시기에 더 많다.

03 | 선택지 분석 |

ㄱ 표층 수온은 고위도로 갈수록 대체로 낮아진다.

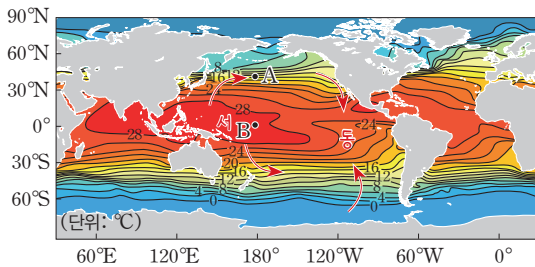
→ 고위도로 갈수록 해수면에 도달하는 태양 복사 에너지의 양이 감소하므로 표층 수온은 대체로 낮아진다.

ㄴ 수온 약층은 A보다 B 해역에서 뚜렷하게 발달한다.

→ 수온 약층은 표층 수온이 높은 지역에서 더 뚜렷하게 발달한다. 따라서 수온 약층은 표층 수온이 낮은 A보다 표층 수온이 높은 B 해역에서 뚜렷하게 발달한다.

ㄷ 태평양의 중위도에서 동쪽 해역은 서쪽 해역보다 대체로 표층 수온이 낮다.

→ 아래 그림처럼 표층 수온은 한류의 영향을 받는 태평양 동쪽 해역이 난류의 영향을 받는 서쪽 해역보다 대체로 낮다.



04 A가 가장 고위도이고, C가 가장 저위도이다.

| 선택지 분석 |

✗ A에서는 혼합층만 나타난다.

→ 고위도 해역에서는 표층과 심층의 수온 차이가 거의 없어 심해층만 나타난다.

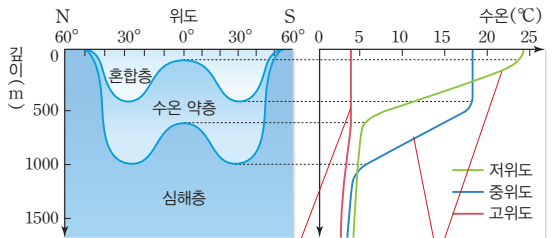
✗ 바람은 B보다 C에서 강하게 분다.

→ 혼합층은 바람이 강하게 불수록 두껍게 발달한다. 따라서 바람은 혼합층의 두께가 두꺼운 B보다 얇은 C에서 약하게 분다.

ㄷ 수온 약층은 B보다 C에서 더 안정하다.

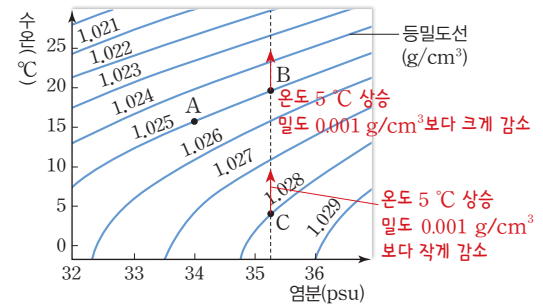
→ 수온 약층은 깊이에 따른 수온 변화가 클수록 더 안정하다. 따라서 수온 약층은 수온 변화가 작은 B보다 수온 변화가 큰 C에서 더 안정하다.

더 알아보기 위도와 깊이에 따른 해수의 층상 구조



고위도 해역은 표층과 심층의 온도 차이가 거의 없어서 수온에 따른 층상 구조가 발달하지 않는다. 수온 약층이 잘 발달한다.

05 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

✗ 밀도는 A보다 B에서 크다.

→ A와 B 해수의 밀도는 1.025 g/cm³로 같다.

ㄴ A는 C보다 저위도에 위치한다.

→ 수온이 높은 A가 C보다 저위도에 위치한 해역이다.

ㄷ 수온 변화에 따른 밀도 변화는 B보다 C에서 작게 나타난다.

→ 수온 변화에 따른 밀도 변화는 수온 변화량이 같을 때 밀도 변화량이 큰 B보다 밀도 변화량이 작은 C에서 작게 나타난다.

06 | 선택지 분석 |

✗ 표층에는 이산화 탄소보다 산소가 더 많이 녹아 있다.

→ 표층에서 용존 이산화 탄소량은 약 44 mL/L이고, 용존 산소량은 약 6 mL/L이다.

ㄴ 표층에서 용존 기체의 양은 해양 생물의 호흡보다 광합성의 영향을 더 많이 받는다.

→ 표층에서는 해양 생물의 광합성에 의해 상대적으로 용존 산소량은 많고 용존 이산화 탄소량은 적다.

- 심층에서 용존 산소량과 용존 이산화 탄소량은 반비례하는 경향을 보인다.
 - 심층에는 고위도에서 침강한 용존 기체가 풍부한 해수가 유입되므로 용존 산소량과 용존 이산화 탄소량 모두 깊어질수록 증가하는 경향을 보인다.

07 혼합층의 두께는 바람이 강할수록 두꺼워진다.

채점 기준	배점
풍속이 가장 큰 달과 판단 끼움을 모두 옳게 쓴 경우	100 %
풍속이 가장 큰 달만 옳게 쓴 경우	30 %

08 수온 염분도를 보면 A는 수온이 15 °C이고 염분이 35 psu 이므로 밀도가 약 1.026 g/cm³이며, B는 수온이 20 °C이고 염분이 34 psu이므로 밀도가 약 1.024 g/cm³이다.

09 해수의 밀도는 수온과 염분에 따라 달라진다. 북반구 고위도 해역에서는 수온이 낮아도 빙하가 녹은 물이 해양으로 많이 유입되기 때문에 염분이 낮아져 밀도가 작게 나타난다.

채점 기준	배점
북반구 고위도 해역의 염분 변화를 빙하가 녹은 물과 연관지어 서술한 경우	100 %
북반구 고위도 해역의 염분 변화만 언급하여 서술한 경우	50 %

실전! 수능 도전하기

131쪽~134쪽

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

01 A는 한랭 건조한 시베리아 기단, B는 한랭 다습한 오호츠크 해 기단, C는 온난 건조한 양쯔강 기단, D는 고온 다습한 북태평양 기단이다.

선택지 분석

- A는 B보다 건조하다.
 - 대륙성 기단인 시베리아 기단(A)은 해양성 기단인 오호츠크 해 기단(B)보다 건조하다.
- C에서는 주로 이동성 고기압이 발달한다.
 - 양쯔강 기단(C)에서 발달하는 고기압은 비교적 규모가 작은 이동성 고기압이다.
- D는 태풍을 형성하는 기단이다.
 - 북태평양 기단(D)에서는 규모가 큰 정체성 고기압이 발달한다. 태풍은 적도 부근의 열대 해상에서 발생하는 열대 저기압이다.

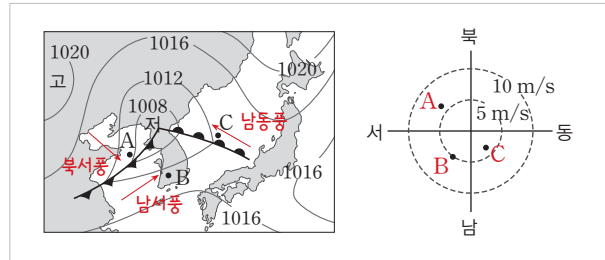
02 (가)는 온난 전선, (나)는 한랭 전선이다.

선택지 분석

- A 지역은 B 지역보다 기온이 높다.
 - 온난 전선의 뒤쪽(A)은 앞쪽(B)보다 기온이 높다.
- B 지역과 D 지역에는 강수 현상이 있다.
 - 온난 전선 앞쪽(B)과 한랭 전선 뒤쪽(C)에서 강수 현상이 있다.

- 온대 저기압이 지나갈 때 (나)가 (가)보다 먼저 통과한다.
 - 온대 저기압이 지나갈 때 온난 전선이 한랭 전선보다 먼저 통과한다.

03 | 자료 분석 |



선택지 분석

- 기압은 B가 A보다 높다.
 - A 지점의 기압은 1012 hPa보다 낮고 B 지점의 기압은 1012 hPa보다 높으므로 기압은 B가 A보다 높다.
- C의 풍속은 5 m/s보다 크다.
 - 남서풍이 불고 있는 B 지점에서 풍속은 약 5 m/s이다. 또한 등압선 간격이 좁을수록 바람이 강하게 불므로 등압선 간격이 가장 넓은 C 지점의 풍속이 가장 작다. 따라서 C 지점의 풍속은 5 m/s보다 작다.
- 온난 전선이 C를 통과하는 동안 이 지점의 풍향은 반시계 방향으로 바뀐다.
 - 온난 전선이 통과하는 동안 C 지점의 풍향은 남동풍에서 남서풍으로 바뀌므로 풍향은 시계 방향으로 변한다.

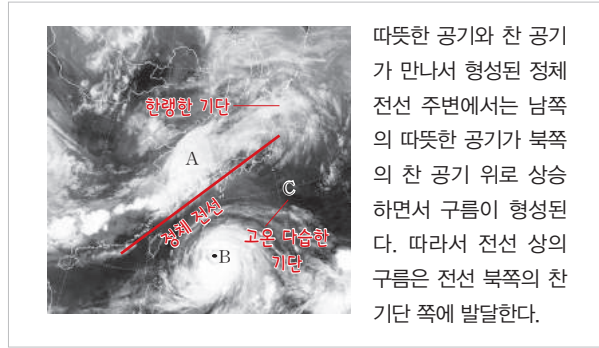
04 | 선택지 분석 |

- (가)가 (나)보다 먼저 작성되었다.
 - 온대 저기압은 편서풍의 영향으로 서쪽에서 동쪽으로 이동하므로 (가)가 (나)보다 먼저 작성된 것이다.
- 이 기간 동안 A 지역의 풍향은 시계 방향으로 변화했다.
 - 온대 저기압에서 온난 전선과 한랭 전선 사이의 지역에서는 대체로 남서풍이 불고, 한랭 전선 뒤쪽에서는 대체로 북서풍이 분다. 따라서 A 지역의 풍향은 (가)에서 남서풍, (나)에서 북서풍으로 바뀌었으므로 이 기간 동안 A 지역의 풍향은 시계 방향으로 변화했다.
- 이 기간 동안 우리나라를 통과한 저기압은 열대 저기압이다.
 - 이 기간 동안 우리나라를 통과한 저기압은 전선을 동반하였으므로 온대 저기압이다.

05 | 선택지 분석 |

- 발달 과정은 (나) → (다) → (가)이다.
 - 온대 저기압은 (나) 정체 전선 형성 → (다) 온난 전선과 한랭 전선 발달 → (가) 폐색 전선 형성 순으로 발달한다.
- A 지역과 B 지역 사이에는 정체 전선이 존재한다.
 - A 지역과 B 지역 사이에는 이동 속도가 빠른 한랭 전선이 온난 전선을 따라잡아 겹쳐진 폐색 전선이 존재한다.
- C 지역에서는 남동풍이 분다.
 - 온난 전선과 한랭 전선 사이(C 지역)에서는 남서풍이 분다.

06 | 자료 분석 |



따뜻한 공기와 찬 공기가 만나서 형성된 정체 전선 주변에서는 남쪽의 따뜻한 공기가 북쪽의 찬 공기 위로 상승하면서 구름이 형성된다. 따라서 전선 상의 구름은 전선 북쪽의 찬 기단 쪽에 발달한다.

| 선택지 분석 |

- ㉠ C 지역에는 북태평양 기단이 발달되어 있다.
→ 정체 전선 남쪽(C 지역)에는 고온 다습한 북태평양 기단이 분포한다.
- ㉡ 정체 전선은 A 지역 구름의 북쪽 경계선에 위치한다.
→ 정체 전선(장마 전선)에서는 남쪽의 따뜻한 공기가 북쪽의 찬 공기 위로 상승하면서 구름이 생성되므로, 정체 전선 상의 구름은 전선 북쪽의 찬 기단 쪽에 발달한다. 따라서 정체 전선은 동서 방향으로 분포되어 있는 A 지역 구름의 남쪽 경계선에 위치한다.
- ㉢ A 지역의 저기압 중심과 B 지역의 태풍의 눈에는 모두 상승 기류가 발달한다.
→ A 지역의 저기압 중심에서는 상승 기류가 발달하지만, 태풍의 눈에서는 약한 하강 기류가 나타난다.

07 | 선택지 분석 |

- ㉠ 전향점은 9월보다 7월에 고위도에 위치한다.
→ 태풍의 진로가 바뀌는 전향점은 9월에 약 25°N에 위치하고, 7월에 약 35°N에 위치한다.
- ㉡ 태풍은 주로 가을철에 우리나라에 영향을 준다.
→ 북서 태평양에서 발생한 태풍 중에서 우리나라에 영향을 주는 태풍은 주로 7월과 8월에 발생한 것이다.
- ㉢ 봄철에 발생한 태풍은 주로 편서풍의 영향을 받아 이동한다.
→ 그림을 보면 북서 태평양에서 봄철에 발생한 태풍은 대부분 무역풍대에서만 이동하다가 소멸된다.

08 | 선택지 분석 |

- ㉠ 태풍의 세력은 10일이 16일보다 약하다.
→ 태풍의 중심 기압은 10일에 1000 hPa, 16일에 955 hPa이므로 태풍의 세력은 10일이 16일보다 약하다.
- ㉡ 14일 태풍 중심의 이동 방향과 이동 속도는 ㉠에 해당한다.
→ (가)에서 하루 동안 태풍이 이동해 간 방향과 이동 거리로부터 ㉠은 12일, ㉡은 14일, ㉢은 16일에 관측한 자료라는 것을 판단할 수 있다.
- ㉢ 16일과 17일 사이에는 A 지점의 풍향이 반시계 방향으로 변한다.
→ 16일과 17일 사이에 A 지점은 태풍 진행 방향의 왼쪽에 위치하였으므로 풍향은 반시계 방향으로 변한다.

09 | 선택지 분석 |

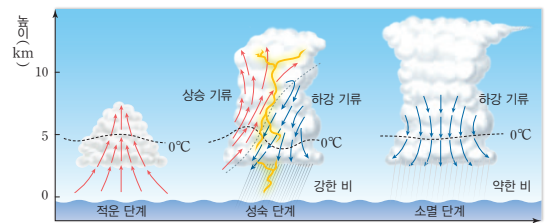
- ㉠ 이 기간 동안 태풍의 중심 기압은 낮아질 것이다.
→ 이 기간 동안 태풍의 중심부 최대 풍속이 감소하므로 태풍의 세력은 약해질 것이므로 중심 기압은 높아질 것이다.
- ㉡ 7월 3일 15시에 태풍은 편서풍대에 위치할 것이다.
→ 7월 3일 15시에 태풍은 북북동쪽으로 이동하였으므로 편서풍대에 위치할 것이다.
- ㉢ 태풍이 지나가는 동안 A 지역은 위험 반원에 위치할 것이다.
→ 그림에서 A 지역은 태풍이 지나가는 동안 풍향 변화가 반시계 방향이다. 따라서 A 지역은 태풍이 지나가는 동안 태풍 진행 방향의 왼쪽(안전 반원)에 위치한다.

10 (가)는 성숙 단계, (나)는 소멸 단계이다.

| 선택지 분석 |

- ㉠ (가)가 (나)보다 먼저 나타난다.
→ 뇌우는 적운 단계 → 성숙 단계 → 소멸 단계 순으로 발달한다.
- ㉡ 우박은 (나)보다 (가)에서 잘 나타난다.
→ 성숙 단계에서는 대기가 불안정하여 천둥, 번개, 우박이 동반될 수 있다.
- ㉢ (가)에서 비는 A보다 B에서 많이 내린다.
→ 성숙 단계에서는 하강 기류가 있는 쪽에서 강한 비가 내린다.

더 알아보기 뇌우의 발달 단계



11 A는 집중 호우, B는 뇌우, C는 황사이다.

| 선택지 분석 |

- ㉠ A는 주로 층운형 구름에서 잘 나타난다.
→ A는 국지성 호우로 대기가 불안정할 때 형성된 적운형 구름에서 잘 나타난다.
- ㉡ B는 수권과 기권의 상호 작용에 의해서만 발생한다.
→ B는 뇌우로 국지적으로 가열된 육지로부터 열을 받아 형성된 적란운에서도 발생하므로 지권과 기권의 상호 작용에 해당하기도 한다.
- ㉢ 중국에서 사막화가 가속화되면 C에 의한 피해는 커진다.
→ 황사 발원지가 분포하는 중국에서 사막화가 가속화되면 황사에 의한 피해는 커진다.

12 | 선택지 분석 |

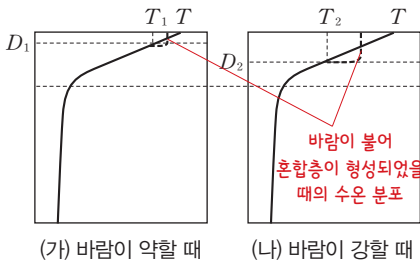
- ㉠ 혼합층은 (가)가 (나)보다 두껍다.
→ 혼합층은 해수의 표면 위로 부는 바람의 영향으로 표층 해수의 혼합이 이루어져 깊이에 따른 온도 변화가 거의 없이 일정한 층이다. (가)에는 혼합층이 약 100 m 깊이까지 두껍게 발달해 있지만, (나)에는 표층부터 수온 약층이 형성되어 있고 혼합층이 거의 나타나지 않는다.

- ㉠ (증발량-강수량) 값은 (가)보다 크다.
 - ▶ 표층 염분에 영향을 주는 요인 중 가장 큰 영향을 주는 것은 증발량과 강수량이다. (증발량-강수량)의 값이 클수록 표층 염분이 높으므로, 표층 염분이 높은 (가) 계절이 (나) 계절보다 (증발량-강수량)의 값이 크다.
- ㉡ 표층 해수의 밀도는 (가)보다 크다.
 - ▶ 표층 해수의 밀도는 수온이 낮고 염분이 높을수록 크므로 (가)가 (나)보다 크다.

13 | 선택지 분석 |

- ✗ (가)는 여름철에 관측한 것이다.
 - ▶ 우리나라의 겨울철은 여름철에 비해 기온이 낮고 바람이 강하게 분다. 따라서 (가)는 표층 수온이 낮고 혼합층이 두꺼우므로 겨울철에 관측한 자료이다.
- ㉠ 수온 약층은 (가)보다 (나)일 때 두껍다.
 - ▶ 수온 약층은 깊이에 따라 수온이 급격히 낮아지는 층으로 (가)보다 (나)일 때 두껍게 발달해 있다.
- ㉡ A층은 기권과 수권의 상호 작용으로 형성된다.
 - ▶ A층은 바람에 의한 혼합 작용으로 형성된 혼합층으로 기권과 수권의 상호 작용으로 형성된다.

더 알아보기 혼합층의 수온



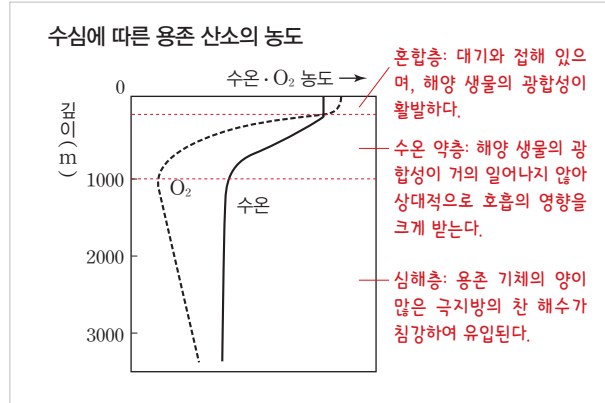
T : 바람이 불지 않았을 때의 표면 수온 ⇒ (가)와 (나)에서 같음
 T₁ : 수심 D₁에서의 수온
 T₂ : 수심 D₂에서의 수온

구분	(가)	크기 비교	(나)
혼합층의 두께	D ₁	<	D ₂
혼합층의 평균 수온	$\frac{T_1+T}{2}$	>	$\frac{T_2+T}{2}$

14 | 선택지 분석 |

- ㉠ 이 해수의 밀도는 1.027 g/cm³보다 크다.
 - ▶ 수온 염분도를 보면 수온이 -0.5 °C이고 염분이 34.5 %인 해수의 밀도는 1.027 g/cm³과 1.028 g/cm³ 사이의 값을 갖는다. 따라서 이 해수의 밀도는 1.027 g/cm³보다 크다.
- ✗ 결빙이 일어나면 얼음 주변의 해수 밀도는 작아진다.
 - ▶ 해수의 결빙이 일어날 때에는 포함되어 있던 염류가 주변 해수로 이동하고 물만 얼어붙는다. 따라서 결빙이 일어나면 얼음 주변의 해수는 염분이 높아지므로 밀도는 커진다.
- ㉡ 이 해수와 밀도는 같으나 수온이 높은 해수의 염분은 34.5 %보다 크다.
 - ▶ 해수의 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 크므로, 밀도가 같은 상태에서 수온이 높으면 염분도 높다.

15 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

- ㉠ 용존 산소량은 수온 약층보다 혼합층에서 많다.
 - ▶ 그림을 보면 용존 산소량은 수온 약층보다 혼합층에서 많다는 것을 확인할 수 있다. 해양에서 용존 산소량은 일반적으로 대기와 접해 있고 생물의 광합성이 활발한 혼합층에서 가장 높게 나타난다.
- ㉡ 수온 약층에서 용존 산소의 농도는 주로 수권과 생물권의 상호 작용으로 감소한다.
 - ▶ 깊이 100 m 이상의 수온 약층에서는 생물의 호흡에 의해 용존 산소량이 급속히 감소한다. 따라서 수온 약층에서는 용존 산소의 농도가 주로 수권과 생물권의 상호 작용으로 감소한다.
- ✗ 심해층에서 용존 산소의 농도가 증가하는 것은 심해 생물의 광합성 때문이다.
 - ▶ 심해층에서는 용존 산소가 풍부한 극 지역 해수가 침강하여 유입된 심층 해류에 의해 깊어질수록 용존 산소량이 증가한다.

16 동해는 (나)보다 (가)에서 난류의 영향을 더 크게 받으며, A 해역은 (가)에서 난류의 영향을, (나)에서 한류의 영향을 받는다.

| 선택지 분석 |

- ㉠ (가)는 여름철, (나)는 겨울철이다.
 - ▶ 그림을 보면 황해와 동해 모두 (나)보다 (가)에서 난류의 영향을 더 크게 받고 있으므로 (가)는 여름철이다.
- ㉡ A 해역 표층 해수의 밀도는 (가)보다 (나)에서 크다.
 - ▶ 저위도에서 고위도로 흐르는 해류는 난류로 한류에 비해 수온과 염분은 높고 용존 산소량과 밀도는 작다.
- ㉢ 표층 해수의 염분은 대체로 동해보다 남해가 높다.
 - ▶ 표층 염분은 연중 난류의 영향을 크게 받는 남해가 동해보다 대체로 높다.



2 >>> 대기와 해양의 상호 작용

01 ~ 해수의 표층 순환

탐구POOL

140쪽

- 01 무역풍: 북적도 해류, 편서풍: 북태평양 해류
- 02 서로 반대 방향

02 아열대 순환 방향은 북태평양에서는 시계 방향으로, 남태평양에서는 반시계 방향으로 일어난다.

꼭꼭! 개념 확인하기

141쪽

✓ 잠깐 확인!

- 1 지구 복사 2 페렐 순환 3 서풍 피류 4 북적도
- 5 쿠로시오 6 북한 한류

- 01 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × 02 ㉠ 태양 ㉡ 지구 ㉢ 과잉
- 03 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ 04 (1) 대칭 (2) 높 (3) 쿠로시오
- 05 (1) ㉡ (2) ㉠ (3) ㉢

02 저위도 지역은 태양 복사 에너지양이 지구 복사 에너지양보다 많으므로 에너지가 과잉되고, 이 에너지는 대기와 해수의 순환에 의해 고위도로 수송된다.

- 05 (1) 동한 난류는 북한 한류와 만나 조경 수역을 이룬다.
- (2) 우리나라 난류의 근원이 되는 해류는 쿠로시오 해류이다.
- (3) 북한 한류는 연해주 한류의 지류로 용존 산소량과 영양염류가 풍부하다.

탄탄! 내신 다지기

142쪽~143쪽

- 01 ② 02 ④ 03 ④ 04 ② 05 ⑤ 06 ③ 7 ④ 8 ⑤
- 9 (1) 북적도 해류 (2) 북태평양 해류, 북대서양 해류, 남극 순환 해류 10 ③ 11 ③

01 | 선택지 분석 |

- ✗ 적도 지역은 기온이 계속 상승한다.
 - ➔ 적도 지역의 과잉되는 에너지는 대기와 해수의 순환에 의해 고위도로 수송되므로 적도 지역의 기온은 계속 상승하지 않는다.
- ✗ 에너지 수송량은 적도에서 가장 많다.
 - ➔ 에너지 수송량은 에너지 과잉과 부족의 경계에 위치하는 위도 약 38°에서 가장 많다.

- ㉠ 지표가 받는 태양 복사 에너지양은 고위도로 갈수록 적어진다.
 - ➔ 고위도로 갈수록 태양의 남중 고도가 낮아지므로 지표가 받는 태양 복사 에너지는 적어진다.

- 02 적도~위도 30°에서는 해들리 순환이 형성되고 지표 부근에서는 무역풍이 분다.
 - 위도 30°~60°에서는 페렐 순환이 형성되고 지표 부근에서는 편서풍이 분다.
 - 위도 60°~극에서는 극순환이 형성되고 지표 부근에서는 극동풍이 분다.

03 적도 부근은 북동 무역풍과 남동 무역풍이 수렴하여 상승하면서 상승 기류가 발달하고, 그에 따라 저압대가 형성된다.

04 | 선택지 분석 |

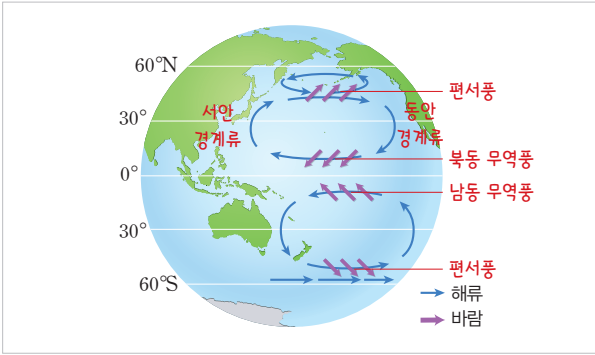
- ✗ 남반구 지상에서는 북풍이 분다.
 - ➔ 단일 순환 세포의 경우 남반구 지상에서는 남풍이 분다.
- ㉠ 적도 지역은 저기압이 발달한다.
 - ➔ 적도 지역은 상승 기류가 발달하므로 저기압이 발달한다.
- ✗ 저위도의 에너지가 고위도로 수송되지 못한다.
 - ➔ 지구가 자전하지 않는다면 단순히 적도 지역에서 가열된 공기가 상승하여 북쪽으로 이동하고, 극 지역에서 냉각된 공기는 하강하여 남쪽으로 이동하면서 열에너지가 수송된다.

05 표층 해류를 발생시키는 주 원인은 해수면 위를 지속적으로 부는 바람이다.

06 | 선택지 분석 |

- ① 대기 대순환의 영향을 받는다.
 - ➔ 표층 순환은 무역풍과 편서풍과 같은 해수면 위를 지속적으로 부는 대기 대순환의 바람에 의해 형성된다.
- ② 지구 자전에 따른 영향을 받는다.
 - ➔ 표층 순환은 지구 자전에 따른 영향을 받아 순환 중심이 서쪽으로 치우쳐 있다.
- ✓ 순환의 방향이 주기적으로 바뀐다.
 - ➔ 해류는 거의 일정한 방향과 속도를 가지고 흐르므로 표층 순환도 방향과 속도는 거의 일정하게 유지된다.
- ④ 저위도 → 고위도로 열에너지를 수송한다.
 - ➔ 표층 순환을 통해서 저위도의 과잉되는 에너지를 고위도로 수송한다.
- ⑤ 아열대 순환이 규모가 가장 크고 뚜렷하게 발달되어 있다.
 - ➔ 아열대 순환이 규모가 가장 크고 뚜렷하게 발달한다.

07 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

- 편서풍대에서 형성된 해류는 서쪽으로 흐른다.
 - ➔ 위도 30°~60° 사이의 편서풍대에서는 편서풍에 의해 형성된 해류가 동쪽으로 흐른다.
- 해수의 표층 순환을 일으키는 직접적인 원인은 바람이다.
 - ➔ 표층 해류는 바람에 의해 해수의 이동이 일어나면서 발생하므로 표층 순환을 일으키는 직접적인 원인은 바람이다.
- 아열대 순환의 서안에 남북 방향으로 흐르는 해류는 난류이다.
 - ➔ 아열대 해역의 서안에는 저위도에서 고위도로 흐르는 해류가 있으며, 이 해류는 난류이다.

08 A~E는 모두 아열대 순환을 이루고 있는 해류이다. 이 중 편서풍에 의해 형성된 해류는 B와 E이다. B와 E 중 지구를 한 바퀴 도는 해류는 남극 순환 해류인 E이다.

09 북적도 해류는 무역풍에 의해, 북대서양 해류, 북태평양 해류, 남극 순환 해류는 모두 편서풍에 의해 형성된 해류이다.

10 | 선택지 분석 |

- ① A는 동한 난류이다.
 - ➔ 쿠로시오 해류의 일부가 황해로 유입되어 흐르는 C는 황해 난류이고, 쿠로시오 해류의 일부가 대한 해협을 통과하여 북상하면서 형성된 A는 동한 난류이다.
- ② B는 북한 한류이다.
 - ➔ B는 고위도에서 저위도로 흐르는 한류로 연해주 한류의 일부가 남하하여 형성된 북한 한류이다.
- A가 B보다 수온이 높고 영양 염류가 많다.
 - ➔ A는 난류이므로 한류인 B보다 수온과 염분은 높으나 용존 산소와 영양 염류는 더 적다.
- ④ A, B 해류가 만나는 곳에 조경 수역이 형성된다.
 - ➔ 난류와 한류인 A와 B 해류가 만나는 동해의 위도 40° 부근 해역에서는 조경 수역이 형성된다.
- ⑤ A, C의 근원이 되는 해류는 쿠로시오 해류이다.
 - ➔ 쿠로시오 해류는 북태평양의 남서쪽에서 북동쪽으로 북상하는 따뜻한 해류이다.

11 | 선택지 분석 |

- 황해는 동해보다 해류의 속력이 빠르다.

➔ 황해는 대륙에 의해 막혀 있으므로 동해보다 해류의 속력이 느리다.

- 동한 난류는 겨울보다 여름에 강해진다.
 - ➔ 동한 난류는 겨울보다 수온이 높아지는 여름에 강해진다.
- 북한 한류는 동한 난류보다 용존 산소량이 많다.
 - ➔ 북한 한류는 동한 난류보다 수온이 낮으므로 용존 산소량이 많다.
- 조경 수역이 형성되는 해역의 수온은 연중 일정하다.
 - ➔ 조경 수역이 형성되는 해역은 한류와 난류가 만나는 해역으로 계절에 따라 한류와 난류의 세력이 변하므로 수온은 일정하게 유지되지 않는다.

도전! 실력 올리기

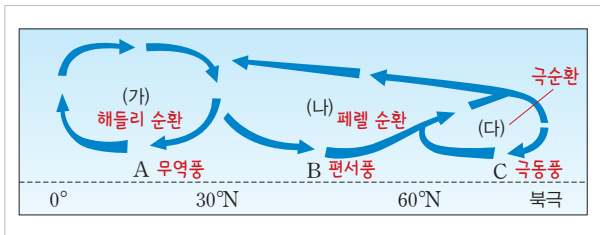
144쪽~145쪽

01 ① 02 ③ 03 ⑤ 04 ③ 05 ② 06 ③ 07 ③

08 난류: A와 B, 한류: C, 에너지 수송: A와 B

09 | 모범 답안 | 위도 약 38° 부근에서 열에너지의 이동량이 최대이다. 이 위도를 경계로 온도차가 가장 커서 열에너지 수송이 빠르게 일어나기 때문이다.

01 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

- B는 편서풍에 해당한다.
 - ➔ 해드리 순환의 지표 부근에서 부는 A는 북동 무역풍, 페렐 순환의 지표 부근에서 부는 B는 편서풍, 극순환의 지표 부근에서 부는 C는 극동풍이다.
- (가)~(다)는 모두 직접 순환에 해당한다.
 - ➔ (가)는 해드리 순환, (나)는 페렐 순환, (다)는 극순환이다. (가)와 (다)는 직접 순환이나 (나)는 두 순환 사이에서 역학적으로 일어나는 간접 순환이다.
- 고위도로 에너지 수송이 가장 활발한 것은 (나)이다.
 - ➔ (나)는 순환이 약하게 일어나므로 고위도로 에너지 수송이 활발하지 못하다.

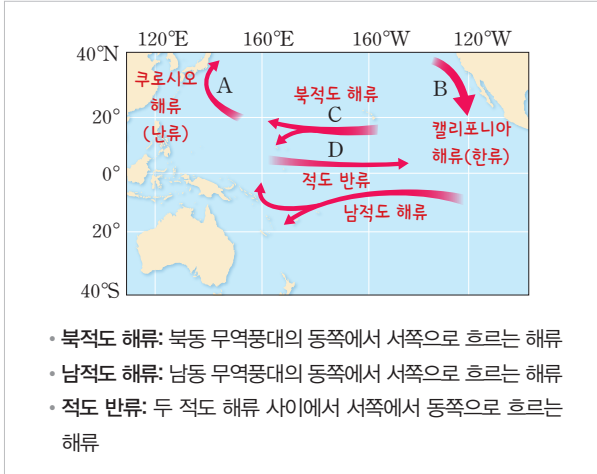
02 | 선택지 분석 |

- 대기 대순환의 세포 수는 자전하는 경우가 더 많다.
 - ➔ 자전하지 않는 (가)에서는 적도에서 상승한 공기가 극에서 냉각되는 1개의 열적 순환이 나타나지만 자전하는 경우인 (나)에서는 적도~위도 30°, 위도 30°~60°, 위도 60°~극에서 각각 순환하는 3개의 순환이 나타난다.

X (나)에서 지표면 평균 기압은 적도가 위도 30°보다 높다.
 → (나)에서는 적도에서 상승한 공기가 위도 30°에서 하강하므로 적도는 저압대가 형성되고, 위도 30°에서는 고압대가 형성되므로 지표면 평균 기압은 위도 30°에서 더 높다.

㉔ (가)와 (나)는 위도에 따른 에너지 불균형에 의해 일어난다.
 → (가)와 (나)의 대기 대순환은 저위도에서 과잉된 에너지가 고위도로 이동하는 과정에서 일어나므로 위도에 따른 에너지 불균형에 의해 일어난다.

03 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

- ① 수온은 A가 B보다 높다.
 → 수온은 난류인 A가 한류인 B보다 높다.
- ② 용존 산소량은 A가 B보다 적다.
 → 쿠로시오 해류(A)는 난류이므로 한류인 캘리포니아 해류(B)보다 수온이 높고, 용존 산소량이 적다.
- ③ A는 저위도의 열을 고위도로 운반한다.
 → 쿠로시오 해류(A)는 북상하는 동안 저위도의 열을 고위도로 운반하는 역할을 한다.
- ④ C는 북동 무역풍의 영향으로 형성된 북적도 해류이다.
 → C는 북동 무역풍의 영향으로 서쪽으로 흐르는 북적도 해류이다.
- ㉔** D는 남동 무역풍에 의한 남적도 해류이다.
 → D는 북적도 해류와 남적도 해류 사이에서 서에서 동으로 흐르는 적도 반류이다.

04 | 선택지 분석 |

- ㉔** 적도 해류는 무역풍에 의해 형성된 해류이다.
 → 북적도 해류와 남적도 해류는 무역풍대에서 무역풍에 의해 형성되어 서쪽으로 흐르는 해류이다.
- X** 남반구와 북반구에서 아열대 순환의 방향은 같다.
 → 남반구와 북반구에서 아열대 순환은 대칭적이며, 순환의 방향은 각각 반시계 방향과 시계 방향으로 서로 반대이다.
- ㉔** 우리나라 주변의 난류는 A 해류에서 갈라져 나온 해류이다.

→ A는 쿠로시오 해류로 이 중 일부가 우리나라 쪽으로 북상하여 우리나라 난류인 동한 난류와 황해 난류를 이룬다.

05 | 선택지 분석 |

- X** 유속은 C보다 A가 느리다.
 → C는 동안 경계류이고 A는 서안 경계류이므로 유속은 C보다 A가 빠르다.
- ㉔** B는 북동 무역풍이 강해지면 유속이 빨라진다.
 → B는 북동 무역풍에 의해 형성된 북적도 해류이므로 북동 무역풍이 강해지면 유속이 빨라진다.
- X** C의 영향을 받는 지역의 기후는 매우 따뜻하다.
 → C는 고위도에서 저위도 쪽으로 흐르는 한류이므로 C의 영향을 받는 지역의 기후는 서늘하다.

06 | 선택지 분석 |

- ㉔** A~C는 아열대 순환을 이루는 해류이다.
 → A~C는 중위도에서 시계 방향으로 순환하는 해류이므로 아열대 순환을 이루는 해류이다.
- X** B 해류는 서풍 계열의 바람의 영향으로 형성되었다.
 → 해류는 바람의 방향과 거의 일치하므로 동쪽에서 서쪽으로 흐르는 B 해류는 동풍 계열의 바람에 의해 형성되었다.
- ㉔** 북태평양의 캘리포니아 해류는 C에 해당하는 해류이다.
 → 북태평양의 캘리포니아 해류는 아열대 순환에서 동안 경계류에 해당하므로 C에 해당하는 해류이다.

07 | 선택지 분석 |

- ㉔** B와 C는 A에서 갈라져 나온 해류이다.
 → B와 C는 우리나라의 난류로 쿠로시오 해류인 A에서 갈라져 나온 해류이다.
- X** C는 D보다 용존 산소량이 많다.
 → 난류인 C는 한류인 D보다 용존 산소량이 적다.
- ㉔** D는 겨울철에 더 남쪽까지 내려온다.
 → 북한 한류 D는 여름철보다 수온이 낮은 겨울철에 세력이 더 강해져 더 남쪽까지 내려온다.

08 A와 B는 저위도에서 고위도로 흐르는 난류이고, C는 고위도에서 저위도로 흐르는 한류이다. 따라서 난류인 A, B가 고위도로 에너지를 수송하는 역할을 한다.

09 열에너지 이동량은 에너지 과잉과 부족이 일어나는 지역의 경계가 되는 위도 약 38° 부근에서 가장 많다. 이것은 이 위도를 경계로 온도차가 가장 커서 열에너지 수송이 빠르게 일어나기 때문이다.

채점 기준	배점
위도대와 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
위도대만 옳게 서술한 경우	40 %

02~해수의 심층 순환

탐구POOL

150쪽

01 수온은 낮고, 염분은 높다. 02 고위도나 극 해역

01 해수의 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 크다.

02 밀도가 높은 표층수가 형성되는 해역은 수온이 낮고 해수가 결빙하는 고위도나 극에 가까운 해역이다.

꼭꼭! 개념 확인하기

151쪽

✓ 잠깐 확인!

1 심층 순환 2 수괴 3 수온 염분도 4 열염 순환 5 남극 저층수 6 대서양

01 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ○ 02 (1) 남극 저층수 (2) 북대서양 심층수 (3) 남극 중층수 03 (1) 위의 혼합층 → 아래의 심해층 (2) 수온이 높고 염분이 낮음 → 수온이 낮고 염분이 높음 (3) 태평양 → 대서양 04 (1) 표층 순환 (2) 산소, 영양 염류 (3) 약해 (4) 낮아, 약해 (5) 약해

03 (1) 수온 약층의 위에서는 표층 순환이, 아래에서는 심층 순환이 일어난다.
(2) 표층수가 가라앉으려면 수온이 낮고 염분이 높아 밀도가 커야 한다.
(3) 세계 해양에 분포하는 대부분의 심층수는 대서양에서 침강한 해수가 이동한 것이다.

탄탄! 내신 다지기

152쪽~153쪽

01 ④ 02 ② 03 ③ 04 ① 05 ③ 06 ① 07 ⑤ 08 ③
09 ③ 10 ③

01 심층 순환은 주로 수온과 염분 변화에 따른 밀도의 변화가 생길 때 발생한다. 해수면 위를 지속적으로 부는 바람에 의해서는 표층 순환이 형성된다.

02 | 선택지 분석 |

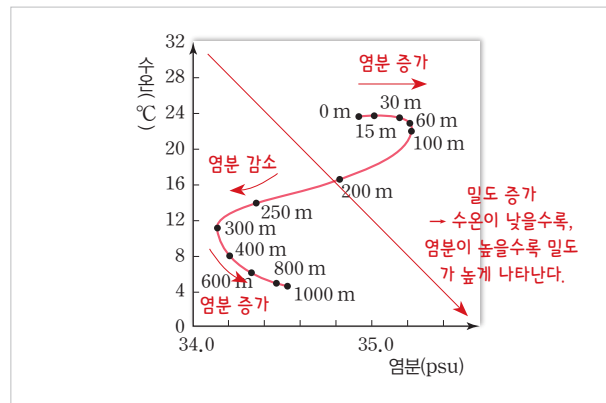
- ✗ 표층 순환에 비하여 유속이 더 빠르다.
→ 심층 순환은 표층 순환에 비하여 유속이 매우 느리다.
- ㉠ 수온과 염분의 변화에 의하여 발생한다.
→ 심층 순환은 수온과 염분의 변화에 의한 밀도 변화로 발생한다.
- ✗ 심층 순환은 주로 적도 지방에서 발생한다.
→ 밀도가 큰 해수가 형성되어야 하므로 수온이 낮은 극지방에서 주로 발생한다.

03 심층 순환은 밀도가 커진 해수가 침강하여 형성되므로 수온은 낮고 염분이 높아서 밀도가 큰 해수가 있는 지역에서 잘 발생한다.

04 | 선택지 분석 |

- ㉠ 유속은 B보다 A가 빠르다.
→ 유속은 표층 해수인 A가 심층수인 B보다 빠르다.
- ✗ 극지방에서 수온이 높아진 해수가 침강한다.
→ 해수의 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 높아진다. 따라서 해수의 온도가 낮아질수록 밀도가 커져 침강하기 쉬워진다.
- ✗ 표층에서는 고위도에서 저위도로 에너지가 이동한다.
→ 표층에서는 해류가 저위도의 남는 에너지를 고위도로 수송한다.

05 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

- ✗ 수심에 따라 수온이 낮아지는 층에서는 염분이 감소한다.
→ 수심 300 m 아래에서는 수온이 낮아지지만 염분은 높아진다.
- ✗ 수심이 깊어짐에 따라 염분이 계속 감소하는 경향이 있다.
→ 해수 표면부터 100 m 사이와 수심 300 m 아래에서는 수심이 깊어짐에 따라 염분이 증가한다.
- ㉠ 수심 300 m 아래에서는 수심이 깊어짐에 따라 해수의 밀도가 증가한다.
→ 해수의 밀도는 수온이 낮을수록, 염분과 수압이 높을수록 증가한다. 수심 300 m 아래에서는 수온이 낮아지고, 염분과 수압이 높아지므로 해수의 밀도가 증가한다.

06 대서양의 심층 해류는 남극 대륙 주변의 웨델해에서 침강하여 해저를 따라 이동하는 남극 저층수(C)와 북대서양의 그린란드 해역에서 침강하여 저층수 바로 위를 흐르는 북대서양 심층수(B), 그리고 남위 60° 부근에서 가라앉아 수심 약 1000 m 깊이를 따라 북쪽으로 흐르는 남극 중층수(A)가 있다.

07 | 선택지 분석 |

- ㉠ A에서 흐르는 해류는 주로 바람에 의해 형성된 것이다.
→ A는 표층 해류이므로 주로 바람에 의해 형성된다.

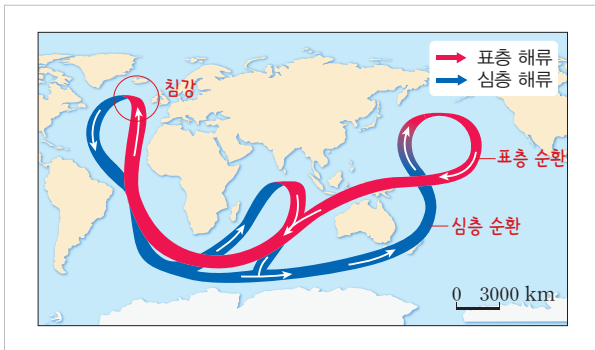
- C 해수가 B 해수보다 수온이 높다.
→ B가 C보다 위에 분포하는 것으로 보아 밀도가 작으므로 수온이 높을 것이다.
- D에 분포하는 해수의 밀도가 가장 크다.
→ D는 B, C보다 밑에 분포하고 있으므로 밀도가 가장 크다.

08 | 선택지 분석 |

- ① 깊은 바다까지 산소를 운반하는 역할을 한다.
→ 해수가 침강할 때는 깊은 바다 속까지도 산소를 운반하여 생물이 살 수 있도록 해 준다.
- ② 거의 전 수심에 걸쳐서 일어나면서 해수를 순환시킨다.
→ 심층 순환은 거의 전 수심에 걸쳐서 일어나므로 해수를 순환시키는 데 큰 역할을 하고 있다.
- 유속계 등을 이용하여 직접 흐름을 관측하여 알아낸다.
→ 심층 순환은 속도가 매우 느려서 유속계 등을 이용하여 직접 흐름을 관측할 수 없고, 수온이나 염분을 조사하여 간접적으로 알아낸다.
- ④ 수온과 염분 변화에 따라 일어나므로 열염 순환이라고도 한다.
→ 심층 순환은 수온과 염분 변화에 의한 해수의 밀도 차이에 의해 일어나는 순환으로 열염 순환이라고도 한다.
- ⑤ 심층수에 많이 포함된 영양 염류를 표층으로 운반하는 역할을 한다.
→ 해수가 표층으로 올라올 때 심층수에 많이 포함되어 있는 영양 염류 등을 표층으로 운반한다.

09 지구 온난화가 지속되면 극지방의 빙하가 녹아서 녹은 물이 바다로 유입되어 주변 해수의 염분이 낮아지면서 밀도가 작아진다. 또한 지구 온난화로 수온이 높아지면 역시 해수의 밀도가 작아진다. 이와 같이 지구 온난화가 지속되어 해수의 밀도가 작아져 침강이 약화된다.

10 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

- 표층 순환과 심층 순환은 서로 연결되어 있다.
→ 표층 순환과 심층 순환은 서로 연결되어 순환하고 있다.
- 태평양과 인도양의 심층수는 융승하여 표층수로 변한다.
→ 심층수는 심층 순환을 따라 이동하다가 점차 수온이 높아지면서 인도양이나 태평양에서 융승하여 표층수로 변하고, 복잡한 여러 단계를 거쳐 다시 북대서양으로 돌아가는 순환을 하고 있다.

- 대양의 심층수는 대부분 각 대양의 고위도에서 공급된 것이다.
→ 대양의 심층수는 대부분 남극 대륙 주변이나 북대서양의 그린란드 주변의 고위도 표층에서 가라앉은 물이 대서양은 물론 태평양과 인도양으로 퍼져나가 형성된 것이다.

도전! 실력 올리기

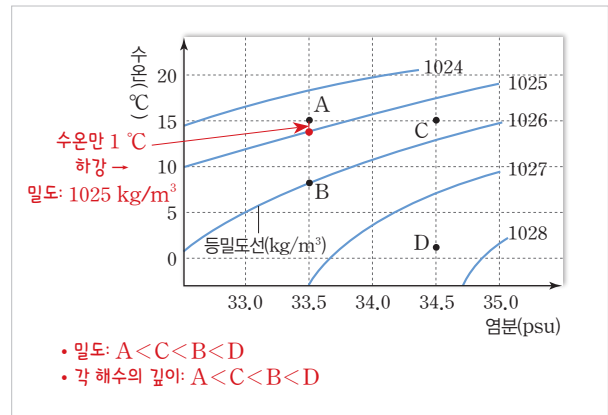
154쪽~155쪽

01 ③ 02 ⑤ 03 ③ 04 ② 05 ③ 06 ② 07 ⑤

08 A, B, C

09 | **모범 답안** | A보다 B가 염분은 낮으나 밀도가 큰 까닭은 B가 A보다 수온이 낮기 때문이다.

01 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

- 표층에 가장 가까이 있는 해수는 A이다.
→ 해수의 밀도는 깊어질수록 커진다. A~D 중 밀도가 가장 작은 물은 A이므로 A가 표층에 가장 가까운 해수이다.
- 가장 깊은 곳의 해수는 D이다.
→ 해수의 밀도는 깊어질수록 커지므로 가장 밀도가 큰 D가 가장 깊은 곳에 있다.
- A의 수온만 1°C 낮아지면 C보다 밀도가 커진다.
→ A의 수온만 1°C 낮아지면 밀도는 약 1025 kg/m³로 C보다 밀도가 작다.

02 | 선택지 분석 |

- 지중해 해수가 대서양 해수보다 평균 염분이 높다.
- 지브롤터 해협의 표층에서는 대서양 해수가 지중해로 흘러든다.
→ 지중해 해수는 염분이 높아 밀도가 크므로 지브롤터 해협을 통하여 대서양으로 흘러 들어오고, 빠져 나온 해수를 보충하기 위해 표층에서는 대서양 해수가 지중해로 유입되고 있다.
- 대서양의 수심 1200 m 이하의 해수는 지중해 해수보다 밀도가 크다.
→ 대서양으로 흘러 들어온 지중해 해수는 수심 약 1200 m까지는 주변 해수보다 밀도가 크므로 침강하다가 수심 1200 m에서는 주변 해수와 밀도가 같아지면서 수평 방향으로 흘러간다. 따라서

대서양 수심 1200 m 이하의 해수는 지중해에서 유입된 해수보다 밀도가 큼을 알 수 있다.

03 심층 해류는 주변보다 밀도가 큰 해역에서 표층수가 침강하여 형성되므로 주변보다 수온이 낮고 염분이 높은 해역에서 잘 발생한다. 따라서 주변보다 수온이 가장 낮고 염분이 가장 높은 C 해역에서 발생할 가능성이 가장 크다.

04 | 선택지 분석 |

- A 표면에 있는 물은 종이컵 쪽으로 이동할 것이다.
 - 종이컵에서 흘러나온 차가운 물이 가라앉으므로 이를 보충하기 위해 표면에 있는 물은 종이컵 쪽으로 이동할 것이다.
- B 종이컵에서 멀리 떨어진 온도계의 눈금이 먼저 내려간다.
 - 얼음물은 아래로 가라앉은 후 바닥을 타고 이동하므로 종이컵에 가까이 놓인 온도계의 눈금이 먼저 내려간다.
- C 얼음을 넣은 종이컵은 수온이 낮은 극지방의 해수에 해당한다.
 - 얼음을 넣은 종이컵은 수온이 낮은 극지방에서 냉각된 해수의 효과를 내기 위한 것이다.
- D 파란색 잉크로 착색한 물의 이동은 해양의 표층 순환에 해당한다.
 - 파란색 잉크로 착색한 물의 이동은 밀도 차이로 생기는 해양의 심층 순환에 해당한다.

05 | 선택지 분석 |

- A C는 심해에 산소를 공급하는 역할을 한다.
 - C는 표층의 용존 산소량이 많은 해수가 심해로 가라앉아 생성되므로 심해에 산소를 공급하는 역할을 한다.
- B 심층 순환은 주로 바람의 영향으로 일어난다.
 - 심층 순환은 주로 밀도 차에 의해 일어난다.
- C A~C는 무거워진 표층수가 가라앉아 생성된다.
 - 심층 해류 A~C는 고위도나 극 해역에서 무거워진 표층 해수가 가라앉아 생성된다.

06 | 선택지 분석 |

- A 심층 순환이 강해지면 고위도로 열에너지 수송이 약화된다.
 - 심층 순환과 표층 순환은 연결되어 있으므로 심층 순환이 강해지면 표층 순환도 강해지면서 고위도로 열에너지 수송이 강화된다.
- B A 해역에서는 북대서양 심층수가 형성되어 남쪽으로 흘러간다.
 - A 해역에서는 무거워진 표층수가 가라앉아 북대서양 심층수가 형성되어 남쪽으로 흘러간다.
- C A 해역에 그린란드의 해빙수가 유입되면 해수의 침강이 활발해진다.
 - A 해역에 그린란드의 해빙수가 유입되면 염분이 낮아져 밀도가 작아지므로 A 해역에서 해수의 침강이 약해진다.

07 | 선택지 분석 |

- A 현재보다 빙하 면적이 넓었을 것이다.
 - 기온이 큰 폭으로 내려갔으므로 현재보다 빙하 면적이 넓었을 것이다.

- B 현재보다 평균 해수면이 낮았을 것이다.
 - 빙하 면적이 늘어났을 것이므로 평균 해수면은 현재보다 낮았을 것이다.
- C A 시기는 대량의 담수가 북대서양에 유입되어 나타났다.
 - A 시기에 그린란드 지역의 기온이 큰 폭으로 떨어진 까닭은 대량의 담수가 북대서양 지역으로 유입되어 침강이 약해져 난류에 의한 열 수송이 감소했기 때문이다.

08 표층 해류는 전 세계 해양에서 주로 바람에 의해 발생한다.

09 해수의 온도가 낮고, 염분이 높을수록 밀도가 크다. B는 A보다 염분은 낮지만 온도가 낮기 때문에 밀도가 더 클 수 있다.

채점 기준	배점
염분과 수온을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
염분과 수온 중 1가지만 옳게 서술한 경우	50 %

실전! 수능 도전하기

157쪽~159쪽

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

01 | 선택지 분석 |

- A P와 Q의 총 에너지량은 서로 같다.
 - P는 지구 복사 에너지, Q는 태양 복사 에너지이다. 지구는 복사 평형을 이루고 있으므로 지구가 흡수하는 태양 복사 에너지의 총량과 방출하는 지구 복사 에너지의 총량은 같다.
- B Q의 위도에 따른 차이는 태양의 고도차 때문이다.
 - 태양 복사 에너지의 위도에 따른 차이는 태양의 고도차로 인해 단위 면적당 받는 복사 에너지량이 다르기 때문이다.
- C 열에너지 이동은 위도에 따른 에너지 불균형 때문에 일어난다.
 - 저위도는 열에너지가 과잉되고, 고위도는 열에너지가 부족하므로 위도에 따른 에너지 불균형이 생긴다. 그 결과 대기와 해수의 순환이 일어나고, 순환 과정에서 에너지 이동이 일어나 에너지 불균형이 해소된다.

02 | 선택지 분석 |

- A B는 A와 C에 의해 형성된 간접 순환이다.
 - 페렐 순환인 B는 A와 C에 의해 역학적으로 형성된 간접 순환이다.
- B B와 C의 경계 부근의 지상에는 사막이 발달한다.
 - B와 C의 경계 부근의 지상에는 하강 기류가 발달하면서 고기압이 형성되므로 증발량이 많고 강수량이 적어서 사막이 발달한다.
- C A, B, C의 순환이 일어나지 않는다면 적도와 극지방의 기온 차이는 점점 작아질 것이다.
 - A, B, C의 순환이 일어나지 않는다면 저위도의 과잉 에너지가

고위도로 수송되지 않으므로 적도와 극지방의 기온 차이는 점점 커질 것이다.

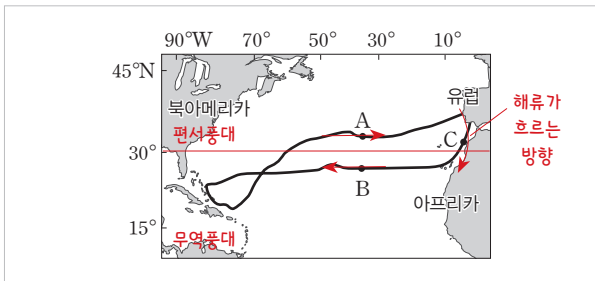
03 | 선택지 분석 |

- A와 C의 해류의 특성은 거의 같다.
 → 무역풍과 편서풍의 영향을 받아 형성된 순환은 북반구에서는 시계 방향으로, 남반구에서는 반시계 방향으로 순환하는 아열대 순환이다. 따라서 A에는 서안 경계류인 난류가 흐르고 C에는 동안 경계류인 한류가 흐르므로 두 해류의 특성은 차이가 크다.
- B와 D에서 해류는 모두 서쪽으로 흐른다.
 → B와 D에서 흐르는 해류는 모두 무역풍에 의해서 형성된 적도 해류이므로 같은 방향인 서쪽으로 흐른다.
- C에서 해류는 저위도에서 고위도로 흐른다.
 → C에서 흐르는 해류는 남태평양의 동안 경계류이므로 고위도에서 저위도로 흐른다.

04 | 선택지 분석 |

- A와 B 해수 순환은 아열대 순환이다.
- 아열대 순환의 서안에는 난류가 흐른다.
 → A와 B 해수 순환은 아열대 순환으로, 무역풍의 영향으로 서쪽으로 흐르는 해류와 편서풍의 영향으로 동쪽으로 흐르는 해류가 대륙과 부딪히면서 남북 방향으로 흐름이 생기면서 형성된 순환으로 무역풍과 편서풍의 영향으로 형성되었다.
- 육지가 없다면 A와 B 해수 순환은 형성되지 않는다.
 → 육지가 없다면 남북 방향으로 흐르는 해류가 형성되지 않아서 A와 B 해수 순환은 형성되지 않는다.

05 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

- A를 향해할 때는 무역풍을 이용하였다.
 → 중위도를 따라 이동한 A를 향해할 때는 이 곳에 부는 편서풍을 이용하여 항해하였다.
- B를 통과할 때는 동쪽에서 서쪽으로 항해하였다.
 → B를 통과할 때는 이 지역에 부는 무역풍과 북적도 해류를 이용하여 동쪽에서 서쪽으로 항해하였다.
- C에 흐르는 해류는 난류이다.
 → C에 흐르는 해류는 북대서양의 동안을 따라 남쪽으로 흐르므로 한류이다.

06 | 선택지 분석 |

- 부산과 대마도 사이에서 유속이 빨라진다.
 → 부산과 대마도 사이는 바다의 폭이 좁아지면서 유속이 빨라진다.

- (가)의 해류는 북쪽으로 이동하여 북한 한류가 된다.
 → (가)의 해류는 동안 난류이다. 난류가 북쪽으로 이동하여도 한류가 되지는 않는다.
- (나)의 해류는 (가) 해류의 근원 해류이다.
 → (나)의 해류는 쿠로시오 해류로 (가)를 비롯한 우리나라 난류의 근원 해류이다.

07 | 선택지 분석 |

- A는 북태평양 아열대 표층 순환의 일부이다.
 → A는 북태평양 아열대 표층 순환에서 대양의 서쪽 연안을 따라 북상하는 쿠로시오 해류이다.
- B는 겨울에 주변 대기로 열을 공급한다.
 → B는 동해안을 따라 북상하는 동안 난류로, 주위보다 수온이 높으므로 겨울에 주변 대기로 열을 공급한다.
- 용존 산소량은 C가 B보다 적다.
 → 수온이 낮을수록 용존 산소량이 많으므로 북한 한류인 C가 동안 난류인 B보다 용존 산소량이 많다.

08 | 선택지 분석 |

- 실험 결과에서 ㉠은 8보다 크다.
 → 실험 II에서는 소금량의 감소에 따른 염분 감소로 침강 속도가 감소하여 소금물이 도달하는 시간은 8초보다 길어졌을 것이다.
- 소금물은 극지방의 침강하는 표층 해수에 해당한다.
 → 염분이 커지면 해수의 밀도가 커져서 해수의 침강이 일어날 수 있다. 따라서 실험에서 소금물은 극지방에서 염분 증가에 따른 밀도 증가로 침강하는 표층 해수에 해당한다.
- 실험 II에서 소금물의 농도를 낮춘 것은 극지방 표층 해수가 결빙되는 경우에 해당한다.
 → 극지방의 표층 해수가 결빙되면 어는 과정 중에 염류가 빠져나오므로 주변 해수의 염분이 증가한다. 염분이 낮아지는 경우는 빙하가 녹은 물이 유입되는 경우 등이다.

09 | 선택지 분석 |

- A 해수가 냉각되면 밀도는 작아진다.
 → A 해수가 냉각되어 온도가 낮아진다면 밀도는 커진다.
- 밀도가 가장 높은 해수는 B이다.
 → 밀도가 가장 높은 해수는 밀도가 1.028 g/cm³인 B이다.
- 해수 C와 D가 혼합된다면 해수의 밀도는 커진다.
 → 해수 C와 D가 혼합된다면 C와 D의 수온과 염분의 중간값을 나타내는 해수가 되면서 해수의 밀도는 커진다.

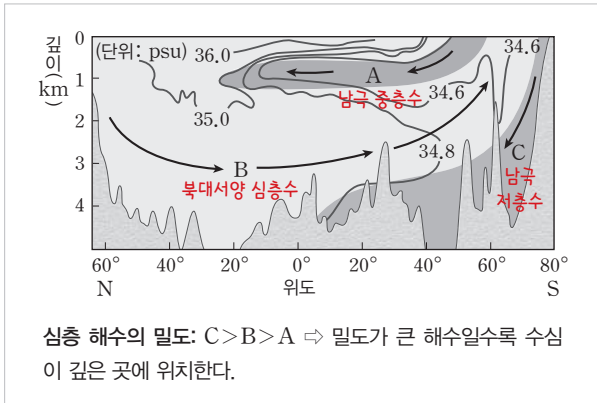
10 | 선택지 분석 |

- 소금물이 가라앉는 이유는 소금물의 밀도가 수돗물보다 크기 때문이다.
 → 심층 순환은 수온과 염분차에 의한 밀도차에 의해 나타나며, 밀도가 클수록 더 아래쪽에서 이동하게 된다. A와 B의 소금물이 가라앉아 수돗물보다 아래쪽에서 이동하는 것은 소금물의 밀도가 수돗물보다 크기 때문이다.

㉠ A에 넣은 소금물의 온도는 4 °C이다.
 ➔ A의 소금물이 B의 소금물보다 더 아래쪽에서 이동하므로 밀도는 A의 소금물이 B의 소금물보다 크다. 소금물의 농도가 같을 때 수온이 낮을수록 밀도가 커지므로 밀도가 큰 A의 소금물이 수온이 더 낮다. 따라서 A의 소금물의 온도는 4 °C, B의 소금물의 온도는 15 °C이다.

✗ B에서 나온 소금물은 남극 저층수에 해당한다.
 ➔ 남극 저층수는 북대서양 심층수보다 밀도가 크기 때문에 북대서양 심층수보다 수심이 더 깊은 곳에서 이동한다. 따라서 밀도가 큰 A의 소금물이 남극 저층수에 해당한다.

11 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

㉠ A는 남극 중층수이다.
 ➔ A는 남극 대륙 주변에서 표층수가 침강하여 형성된 남극 중층수이다.

㉡ B는 그린란드 부근 해역에서 표층 해수가 침강하여 생성된다.
 ➔ B는 그린란드 부근 해역에서 표층 해수가 침강하여 생성된 북대서양 심층수이다.

✗ C는 B보다 염분이 높으므로 밀도가 크다.
 ➔ 남극 저층수인 C가 북대서양 심층수인 B보다 염분이 더 낮음에도 불구하고 밀도가 큰 이유는 수온이 더 낮기 때문이다.

12 | 선택지 분석 |

✗ A는 용승 해역, B는 침강 해역이다.
 ➔ A에서는 표층의 해수가 심층으로 침강하고, B에서는 심층의 해수가 표층으로 용승한다.

✗ 심층 순환을 일으키는 주된 원인은 대기 대순환이다.
 ➔ 해수 순환은 표층 해류의 침강과 심층 해류의 용승이 이어지는 순환이다. 심층 순환을 일으키는 주된 원인은 수온과 염분 변화에 의한 밀도 변화이다.

㉠ A에서 표층 염분이 감소하면 C 해류의 속력은 감소한다.
 ➔ A는 침강 해역이므로 A에서 표층 염분이 감소하면 해수 밀도가 감소하여 침강이 일어나기 어려워지며, 이에 따라 C 해류의 속력도 감소한다.

03 ~ 대기와의 상호 작용

개념 POOL

164쪽

01 (가) 엘니뇨 (나) 라니냐
 02 (1) ○ (2) × (3) ×

02 (1) 수온 편차는 (측정값 - 평년값)이므로 평상시보다 수온이 상승하는 엘니뇨 발생시에 동태평양의 수온 편차가 크게 나타난다.

꼭꼭! 개념 확인하기

165쪽

✓ 잠깐 확인!
 1 연안 용승 2 적도 용승 3 연안 침강 4 엘니뇨
 5 라니냐 6 남방 진동

01 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ (5) ○ (6) ○
 02 (1) × (2) ○ (3) × (4) × 03 (가) 엘니뇨 (나) 라니냐
 04 (1) 기압 (2) 라니냐 (3) 남방 진동 (4) 상승, 하강 (5) 낮

01 (1) 북반구에서 대륙의 서해안에 남풍이 계속 불면 해수의 이동이 연안 쪽으로 일어나면서 침강이 일어난다.
 (6) 용승이 일어나면 심해의 찬 해수가 상승하면서 주변 해수보다 용존 산소량과 영양 염류가 많아진다.

02 (4) 엘니뇨와 라니냐는 대체로 교대로 나타나지만 그 주기가 일정하지는 않다.

03 동태평양의 수온 약층이 시작되는 깊이가 상대적으로 깊은 (가)가 엘니뇨, 얇은 (나)가 라니냐 시기이다.

04 (5) 서태평양 해역은 라니냐 발생시가 평상시보다 기압이 낮아 상승 기류가 강하게 발달한다.

탄탄! 내신 다지기

166쪽~167쪽

01 ① 02 ③ 03 ④ 04 수온 하강, 용존 산소량 증가
 05 (가) 침강 (나) 용승 06 (가) 평상시 (나) 엘니뇨 시기
 (다) 라니냐 시기 07 ③ 08 ① 09 ② 10 ③

01 해안을 따라 남풍이 지속적으로 불면 표층 부근의 해수의 이동이 외해 쪽으로 일어나면서 표층수가 이동함에 따라 연안 용승이 일어난다. 따라서 해저로부터 차가운 물이 솟아오르므로 육지에 가까울수록 표층 수온이 낮은 ①번과 같은 수온 분포를 보인다.

02 | 선택지 분석 |

㉠ 적도를 따라 용승이 일어난다.

➔ 적도 해역에서는 해수의 발산이 일어나므로 밑으로부터 찬 해수가 올라오면서 적도를 따라 용승이 일어난다.

X 표층 해수는 적도 쪽으로 수렴한다.

➔ 해수면 위를 부는 무역풍에 의해 북반구에서는 해수의 이동이 북쪽으로 일어나고, 남반구에서는 남쪽으로 일어나므로 적도 해역에서는 해수의 발산이 일어난다.

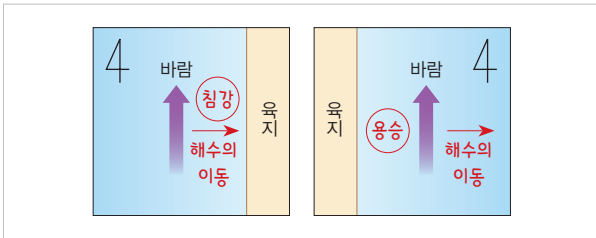
㉔ 적도 해역은 주변 해수보다 영양 염류가 많아진다.

➔ 용승이 일어나므로 영양 염류와 용존 산소량이 주변보다 많아진다.

03 북반구 저기압 주변에서 바람은 반시계 방향으로 회전하면서 중심으로 불어 들어간다. 그에 따라 바람에 의한 표층 해수의 이동은 바람 방향의 오른쪽, 즉, 저기압 중심에서 바깥쪽으로 일어난다. 따라서 중심부에서는 발산한 표층의 해수를 채워 주기 위해 용승이 나타난다.

04 강한 무역풍에 의해 북반구에서는 해수의 이동이 북쪽으로, 남반구에서는 남쪽으로 일어나므로 해수의 발산이 일어나면서 적도 해역에서는 용승이 일어난다. 용승이 일어나면서 수온은 이전보다 낮아지고 그에 따라 용존 산소량은 증가한다.

05 | 자료 분석 |



북반구에서 바람에 의한 해수의 이동은 풍향의 오른쪽 90° 방향으로 일어나므로 (가)의 경우 연안에 해수의 수렴이 일어나면서 침강이 발생한다. 반면에 (나)의 경우 해수의 이동이 외해 쪽으로 일어나면서 연안 용승이 일어난다.

06 동태평양 적도 해역의 수온이 중간 정도인 (가)가 평상시 수온 분포이다. (가)보다 동태평양 적도 해역의 수온이 더 높은 (나)가 엘니뇨 시기이고, 더 낮은 (다)가 라니냐 시기이다.

07 | 선택지 분석 |

- ① 엘니뇨가 발생하면 무역풍이 강해진다.
 - ➔ 엘니뇨가 발생하면 무역풍이 약해진다.
- ② 라니냐가 발생하면 동태평양 적도 해역의 수온이 상승한다.
 - ➔ 라니냐가 발생하면 동태평양 적도 해역은 용승이 더 활발하므로 수온이 하강한다.

㉕ 남적도 해류가 강화되면 서태평양 적도 해역은 홍수가 예상된다.

➔ 남적도 해류가 강화되면 라니냐의 발생 가능성이 커지고 그에 따라 서태평양 적도 해역은 강수량이 증가하고 홍수가 예상된다.

④ 엘니뇨가 발생하면 적도 부근 동태평양 지역은 강수량이 감소하여 가뭄이 예상된다.

➔ 엘니뇨가 발생하면 적도 부근 동태평양 지역은 상승 기류 발달로 강수량이 증가한다.

⑤ 엘니뇨나 라니냐가 발생하면 적도 부근에 위치한 나라에서만 기상 이변 현상이 나타난다.

➔ 엘니뇨나 라니냐가 발생하면 적도 부근에 위치한 나라뿐만 아니라 전 세계에서 기상 이변 현상이 나타난다.

08 ㉔ 엘니뇨 시기에는 적도 부근의 무역풍이 평소보다 약해진다.

㉔ 무역풍이 약해지면 서쪽으로 흐르는 적도 해류가 약해지고 그에 따라 동태평양 적도 부근의 용승이 약해지면서 표층 수온은 높아진다.

㉕ 엘니뇨에 의해 평소에 형성되는 서태평양의 저기압이 고기압으로 바뀌면서 강수량은 적어진다.

09 | 선택지 분석 |

X 수온 증가

X 강수량 증가

➔ 용승 현상이 강해지면 이 해역의 수온이 낮아지고 고기압이 발달하여 강수량이 감소한다.

㉔ 따뜻한 해수층의 두께 감소

➔ 태평양 적도 부근에서 부는 무역풍이 평상시보다 강해지면 적도 가까운 곳에서 서쪽으로 흐르는 적도 해류가 강해진다. 이로 인해 동태평양 적도 해역의 깊은 곳에서 찬 해수가 올라오는 용승이 강해지고 따뜻한 해수층의 두께는 얇아진다.

10 온도 편차가 (-)일 때가 라니냐 시기이고, (+)일 때가 엘니뇨 시기이다.

| 선택지 분석 |

- ① 무역풍의 세기가 감소한다.
 - ➔ 엘니뇨 시기에 무역풍의 세기가 감소한다.
- ② 동태평양의 수온이 높아진다.
 - ➔ 엘니뇨 시기에 동태평양의 수온이 평상시보다 높아진다.
- ㉕** 서태평양 지역의 기압이 낮아진다.
 - ➔ 엘니뇨 시기에 서태평양 지역은 고기압이 발달하므로 기압은 높아진다.
- ④ 동태평양 해역의 해수면 높이가 높아진다.
 - ➔ 엘니뇨 시기에 서쪽의 표층 해류가 동쪽으로 이동하고, 동태평양 해역의 따뜻한 해수층의 두께가 두꺼워지므로 해수면 높이가 높아진다.
- ⑤ 동태평양 지역에 폭우와 홍수 피해가 발생한다.
 - ➔ 엘니뇨 시기에 동태평양 지역은 저기압 발달로 폭우와 홍수 피해가 발생한다.

01 ③ 02 ③ 03 ⑤ 04 ④ 05 ② 06 ④ 07 ②

08 남풍, 용승

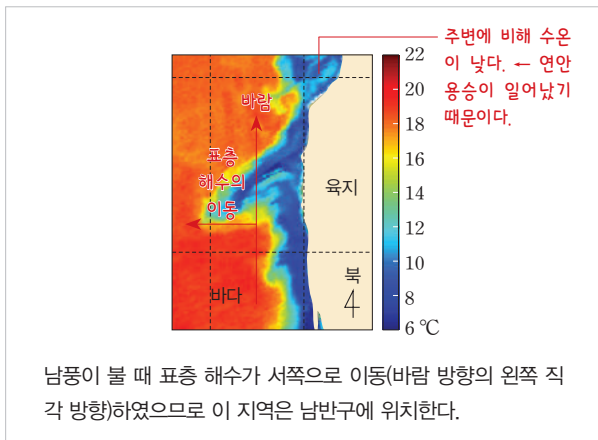
09 | 모범 답안 | 수온 약층이 시작되는 깊이가 깊고, 동태평양의 평균 기압은 낮다.

10 | 모범 답안 | (가) 엘니뇨 시기보다 (나) 라니냐 시기에 서태평양과 동태평양의 수온 차이가 크다.

01 | 선택지 분석 |

- ① 연안 용승이 일어난다.
 - ➔ 남풍에 의해 외해 쪽으로 빠져나간 표층수를 보충하기 위해 이 지역에는 연안 용승 현상이 일어난다.
- ② 해수 중의 영양 염류가 증가한다.
 - ➔ 연안 용승으로 심층의 찬물이 올라오면서 영양 염류가 증가한다.
- ⓧ 에크만 수송은 해안 쪽으로 일어난다.
 - ➔ 이 지역은 남풍이 불고 있으므로 해수의 이동은 풍향의 오른쪽 직각 방향인 외해 쪽으로 일어난다.
- ④ 심해의 찬 해수가 표층으로 올라온다.
- ⑤ 해안 지방은 서늘한 날씨가 될 수 있다.
 - ➔ 연안 용승으로 올라온 찬물의 영향으로 해안 지방은 다른 지역에 비해 서늘한 기후를 나타낼 것이다.

02 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

- ⓧ 서늘한 날씨가 나타난다.
 - ➔ 낮아진 수온의 영향으로 이 지역은 서늘한 날씨가 나타난다.
- Ⓝ 이 지역은 남반구에 위치한다.
 - ➔ 표층 해수의 이동이 풍향에 대하여 왼쪽으로 일어났으므로 이 지역은 남반구이다.
- ✗ 표층 해수는 동쪽으로 이동했다.
 - ➔ 남풍이 불 때 연안의 수온이 하강했으므로 연안 용승이 나타나며 표층 해수는 서쪽으로 이동했다.

03 | 선택지 분석 |

- ⓐ A 해역은 좋은 어장이 형성될 수 있다.

➔ 용승이 일어나면 심층의 찬 해수가 솟아오르므로 수온이 낮아지고, 찬 해수에 포함된 영양 염류가 표층으로 운반되어 플랑크톤이 번성하므로 좋은 어장이 형성된다.

- Ⓝ B 해역은 무역풍에 의해 용승이 발생하였다.
 - ➔ B 해역은 무역풍에 의해 해수가 양극 쪽으로 이동하면서 해수의 발산이 일어나므로 적도 용승이 일어난다.
- Ⓝ C 해역은 남풍이 우세하게 불 때 용승이 일어난다.
 - ➔ C 해역은 남반구에 있으므로 남풍이 불어야 해수의 이동이 풍향에 대해 왼쪽인 외해 쪽으로 일어나면서 연안 용승이 일어난다.

04 | 선택지 분석 |

- ✗ 연안에서 해수의 침강이 일어난다.
 - ➔ 연안에서 표층 수온이 먼 바다보다 낮고 식물성 플랑크톤의 농도가 높다. 이는 북풍에 의해 해수의 이동이 오른쪽인 서쪽으로 일어나 연안에서 해수의 용승이 일어나기 때문이다.
- Ⓝ 해상과 연안에 안개가 잘 발생한다.
 - ➔ 해수면의 수온이 낮아 해상과 연안의 공기가 냉각되므로 안개가 잘 발생한다.
- Ⓝ 북풍 계열의 바람이 불면서 서쪽으로 해수의 이동이 일어났다.

05 적도 해역을 따라 수온 편차(관측값-평년값)가 (-)값으로 나타나므로 평년보다 수온이 낮아진 라니냐 시기이다.

| 선택지 분석 |

- ✗ 적도 용승이 약해진다.
 - ➔ 라니냐 시기로 적도 용승이 강해지면서 수온이 낮아졌다.
- Ⓝ 동태평양에 허리케인의 발생이 줄어든다.
 - ➔ 수온이 낮아졌으므로 동태평양에 허리케인의 발생이 줄어든다.
- ✗ 동태평양에 평년보다 강수량이 많아진다.
 - ➔ 라니냐로 인해 동태평양에 강한 고기압이 발달하므로 평년보다 강수량이 적어진다.

06 | 선택지 분석 |

- ✗ (가)는 라니냐 시기에 해당한다.
 - ➔ (가)와 (나)에서 동태평양의 표층 수온을 비교해 보면 (가) 시기가 더 높으므로 (가)는 엘니뇨, (나)는 라니냐 시기에 해당한다.
- Ⓝ 서태평양에서 평균 해수면 높이는 (가)보다 (나) 시기에 높다.
 - ➔ (나) 시기에는 강한 무역풍에 의해 서태평양 쪽으로 이동하는 따뜻한 해수의 양이 증가하므로 서태평양의 평균 해수면 높이는 (가)보다 (나) 시기에 높다.
- Ⓝ 동태평양에서 수온 약층이 시작되는 깊이는 (가)보다 (나) 시기에 얕다.
 - ➔ 등수온선의 간격이 조밀한 곳이 수심에 따른 수온 변화가 큰 수온 약층이므로 동태평양에서 수온 약층이 시작되는 수심은 (가)보다 (나) 시기에 얕다.

07 | 선택지 분석 |

- ✗ A 시기에 엘니뇨가 발생하였다.

→ 남방 진동 지수가 양의 값일 때 라니냐가 발생하고, 음의 값일 때 엘니뇨가 발생한다. 따라서 A 시기에 라니냐가, B 시기에 엘니뇨가 발생하였다.

X B 시기에 서태평양 해역에는 상승 기류가 발달한다.
→ 엘니뇨가 발생한 B 시기에 서태평양 해역은 평소보다 수온이 낮고 하강 기류가 발달한다.

㉔ 동태평양 해수면의 높이는 A보다 B 시기에 높다.
→ 동태평양 해수면의 높이는 표층에 찬 해수가 분포하는 라니냐의 발생 시기인 A보다 따뜻한 해수가 분포하는 엘니뇨 발생 시기인 B 시기에 높다.

08 해안에서 멀어지면서 수온이 높아지므로 바람에 의한 해수의 이동이 외해 쪽으로 일어나면서 연안 용승이 일어났다. 해수의 이동이 외해 쪽으로 일어나려면 해안선을 따라 북쪽으로 바람이 불어야 하므로 남풍이 불었다.

09 서태평양에 하강 기류가 발달하고 동태평양에 상승 기류가 발달하므로 엘니뇨가 발생한 시기이다. 따라서 평상시와 비교하여 이 시기에는 동태평양의 수온 약층이 시작되는 깊이가 깊고, 동태평양의 평균 기압은 낮다.

채점 기준	배점
수온 약층의 시작 깊이와 평균 기압 변화를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
수온 약층의 시작 깊이와 평균 기압 변화 중 1가지만 옳게 서술한 경우	40 %

10 (가)는 동태평양 부근이 상대적으로 수온이 높은 엘니뇨 시기이고, (나)는 수온이 상대적으로 낮은 라니냐 시기이다. 주어진 자료에서 (가) 시기에는 서태평양과 동태평양의 수온 차이가 거의 없으나 (나) 시기에는 상대적으로 수온 차이가 크다.

채점 기준	배점
(가)와 (나)의 시기와 수온 차이를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
(가)와 (나)의 시기만 옳게 쓴 경우	40 %

04~ 지구의 기후 변화

탐구POOL

174쪽

- 01 지구 온난화가 가속화되고 있다.
- 02 인간 활동에 의한 온실 기체 증가

01 최근으로 오면서 온실 기체 증가율과 기온 상승률이 더 커지고 있다.

02 화석 연료 사용 증가, 산림 파괴 등 인간 활동에 의해 대기 중에 온실 기체 농도가 증가하기 때문이다.

꼭꼭! 개념 확인하기

175쪽

✓ 잠깐 확인

- 1 세차 운동 2 이심률 3 근일점 4 원일점 5 복사 평형
- 6 온실 기체 7 파리 기후 변화 협약

- 01 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ 02 (1) ㄱ, ㄴ (2) ㄴ, ㄷ
- 03 (1) 태양, 지구 (2) 해수 열팽창 (3) 아열대 (4) 길어, 짧아
- 04 (1) 온실 기체 농도 증가 (2) 기온 상승, 해수면 상승, 육지 면적 감소, 사막 증가, 이상 기후, 기상 재해 증가
- 05 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○

01 (3) 공전 궤도 이심률이 현재보다 커지면 근일점이 더 가까워지고, 근일점에서 겨울철인 우리나라 겨울철 기온은 높아진다.

02 (1) 자연적인 요인에는 ㄱ, ㄷ, ㄹ이 해당되고 이 중 지구 내적인 요인은 ㄱ, ㄹ이다.

04 인간의 활동에 의한 화석 연료의 사용량 증가, 산림의 벌채 등에 의해 적외선을 잘 흡수하는 온실 기체의 발생량이 증가하고, 이로 인해 지구의 기온이 상승한다. 이러한 지구 온난화에 의해 해빙과 해수면 상승, 육지 면적 감소, 사막 증가, 이상 기후, 기상 재해 증가 등이 나타난다.

탄탄! 내신 다지기

176쪽~177쪽

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

01 지구 자전축 경사각의 변화, 지구의 세차 운동, 공전 궤도 이심률 변화, 태양의 활동 변화는 기후를 변화시키는 지구 외적 요인이다. 화산 폭발, 수륙 분포 변화, 화석 연료 사용 증가는 기후 변화의 내적 요인에 해당한다.

02 | 선택지 분석 |

- 온실 효과를 억제하는 효과가 있다.
 - ➔ 열대 우림의 파괴는 이산화 탄소의 농도 증가에 의해 온실 효과를 증대시킨다.
- 대기 중 이산화 탄소의 농도가 증가한다.
 - ➔ 열대 우림이 파괴되면 광합성에 의한 이산화 탄소 흡수율이 작아지므로 대기 중 이산화 탄소의 농도가 증가한다.
- 열대 우림이 경작지로 바뀌면 반사율이 감소한다.
 - ➔ 열대 우림이 경작지로 바뀌면 반사율이 증가한다.

03 | 선택지 분석 |

- 우리나라는 여름은 더 덥고, 겨울은 더 추워진다.
 - ➔ 지구 자전축 기울기가 커지면 우리나라에서 태양의 남중 고도가 여름에는 높아지므로 더 덥고, 겨울에는 낮아지므로 더 추워진다.
- 북반구와 남반구의 계절이 지금과는 반대로 바뀐다.
 - ➔ 계절이 지금과 반대로 되는 것은 세차 운동으로 자전축 경사 방향이 반대로 될 때이다.
- 지구 전체가 태양으로부터 받는 복사 에너지양에는 변화가 없다.
 - ➔ 지구 자전축 기울기가 변하여도 지구 전체가 태양으로부터 받는 복사 에너지양에는 변화가 없다.

04 지표면의 상태 변화, 수륙 분포의 변화, 화산재 분출은 모두 기후 변화의 내적 요인이다.

05 빙하 면적의 감소는 지구 온난화로 기온이 상승하면서 빙하가 녹았기 때문이고, 그에 따라 지표면의 반사율은 감소한다. 기온이 상승하면 빙하가 녹은 물이 바다로 유입되어 해수면이 상승한다.

06 | 선택지 분석 |

- 자전축 방향 변화는 기후 변화의 원인이 된다.
 - ➔ 지구의 세차 운동은 계절에 따라 지구의 북반구와 남반구에 입사하는 일사량을 변화시켜 지구의 기후가 장기적으로 변동하는 원인이 된다.
- 지구 자전축 방향은 약 26000년을 주기로 변한다.
 - ➔ 자료에서 지구 자전축 방향의 변화는 약 26000년을 주기로 변한다.
- 약 13000년 후에는 우리나라에 계절 변화가 일어나지 않는다.
 - ➔ 약 13000년 후에도 자전축 경사가 있고 지구가 공전하므로 우리나라에 계절 변화는 일어난다.

07 온실 효과는 지표면에서 방출되는 지구 복사 에너지의 대부분이 적외선 영역으로 대기에 흡수되었다가 지표로 재방출되기 때문에 일어난다.

08 최근 평균 기온이 상승하는 지구 온난화의 가장 큰 원인은 화석 연료 사용량 증가에 따른 대기 중 이산화 탄소 농도의 증가이다.

09 해수면을 상승시키는 가장 큰 원인은 지구 온난화에 따른 수온 상승으로 해수의 부피가 팽창한 것이다.

10 오존층 파괴의 주 원인은 프레온 가스의 사용이고 지구 온난화는 오존층 파괴에 거의 영향을 주지 않는다. 지구 온난화에 의해 대기와 해수의 순환에 이상이 생기면서 기상 재해가 증가하고 있으며, 강수량의 감소 등에 의해 사막 지역이 확대되고 있다. 또한 대륙 빙하가 녹아서 감소하고 있고, 해수면이 상승하고 있다.

11 | 선택지 분석 |

- 여름이 짧아지고 있다.
 - ➔ 평균 기온 상승으로 겨울은 짧아지고 여름은 길어지고 있다.
- 아열대 기후 지역이 확산되고 있다.
- 봄철의 개화 시기가 빨라지고 있다.
 - ➔ 우리나라의 연평균 기온은 상승하는 추세에 있다. 그에 따라 아열대 기후 지역이 확산되고 있으며 봄철의 개화 시기가 빨라지고 있다.

12 남극 조약은 남극 지역의 자원 개발 등 평화적인 이용에 관한 국제 조약이다. 유엔 기후 변화 협약, 교토 의정서, 파리 기후 변화 협약은 지구 평균 기온 상승의 억제에 관한 국제 협약이고, 몬트리올 의정서는 오존층 파괴 물질인 프레온 가스 사용 규제에 관한 협약이다.

도전! 실력 올리기

178쪽~179쪽

01 ② 02 ⑤ 03 ① 04 ② 05 ① 06 ③ 07 ⑤

08 | 모범 답안 | 계절 변화의 폭과 연교차는 커진다.

09 | 모범 답안 | 메테인의 농도가 높아지고 평균 기온은 상승하고 있다.

10 A, C, D

01 | 선택지 분석 |

- 연교차는 현재보다 작아진다.
 - ➔ 여름철에는 태양의 남중 고도가 높아져 평균 기온이 높아지고, 겨울철에는 태양의 남중 고도가 낮아져 평균 기온이 낮아지므로 연교차는 현재보다 커진다.
- A 위치에서 우리나라는 겨울철이 된다.
 - ➔ 자전축 경사 방향은 변하지 않으므로 A 위치에서 우리나라는 여름철이 된다.
- 여름철 평균 기온은 현재보다 높아진다.
 - ➔ 경사각이 커지면 우리나라의 여름철에는 태양의 남중 고도가 높아지므로 여름철 평균 기온은 현재보다 상승한다.

02 대규모의 화산 폭발이 일어날 때 방출되는 화산재는 지구의 반사율을 높여서 흡수되는 태양 복사 에너지를 감소시킨다. 그 결과 지구의 평균 기온은 일시적으로 낮아진다.

03 | 선택지 분석 |

- ㉠ 화석 연료의 사용 증가로 지구의 기온이 상승하고 있다.
 - 화석 연료 사용에 의한 환경 변화는 인간 활동에서 비롯된 것이다.
- ㉡ 태양의 활동이 활발해지면서 지구의 기온이 상승하였다.
 - 태양의 활동 변화는 지구 외적인 요인이다.
- ㉢ 화산 활동으로 분출된 화산재로 인해 지구의 기온이 하강하였다.
 - 화산 활동으로 인한 기온 하강은 지구 내부 요인이나 인간 활동에서 비롯된 것은 아니다.

04 | 선택지 분석 |

- ㉠ 지표면의 반사율 감소
 - 지표면의 반사율이 감소하면 흡수율이 커지므로 평균 기온은 상승한다.
- ㉡ 대기 중의 에어로졸 증가
 - 대기 중 에어로졸의 증가는 지구의 반사율을 높여서 기온 하강을 유발한다.
- ㉢ 대기 중 이산화 탄소 농도 증가
 - 대기 중 이산화 탄소 농도 증가는 지구 온난화를 증대시켜 기온을 상승시킨다.

05 | 선택지 분석 |

- ㉠ 태양의 흑점 수가 증가하는 경우
 - 흑점 수가 증가하면 태양 활동이 활발해지면서 지구에 도달하는 복사 에너지량이 증가하여 평균 기온은 상승하나 계절 변화가 뚜렷해지지는 않는다.
- ㉡ 지구 자전축의 기울기만 현재보다 큰 경우
 - 자전축 기울기가 커지면 겨울은 더 추워지고 여름은 더 더워지면서 계절 변화가 뚜렷해진다.
- ㉢ 지구 공전 궤도 이심률만 현재보다 큰 경우
 - 공전 궤도 이심률이 커지면 겨울은 따뜻해지고 여름은 서늘해지면서 연교차가 줄어들고 계절 변화가 약해진다.

06 | 선택지 분석 |

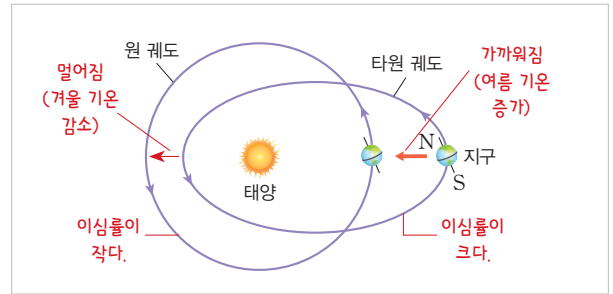
- ㉠ 연안 수온이 상승한다.
- ㉡ 연평균 기온이 상승한다.
 - 개화 시기가 빨라지고, 대나무 서식지가 북상하며 한류성 어종의 어획량이 감소하고 적조 현상이 증가하는 것은 연평균 기온과 수온이 상승하는 지구 온난화에 따른 현상이다.
- ㉢ 겨울의 길이가 길어진다.
 - 지구 온난화에 따라 우리나라 겨울의 길이는 짧아지고 있다.

07 | 선택지 분석 |

- ㉠ 해수면은 상승하였다.
 - 해수면의 높이 편차가 증가하고 있으므로 해수면은 상승하였다.

- ㉡ 국지적인 홍수와 가뭄 피해가 증가한다.
 - 기온 상승으로 증발량이 증가하므로 국지적인 홍수와 가뭄 피해가 증가한다.
- ㉢ 해수 온도 상승으로 해수의 부피가 팽창하였다.
 - 해수면의 상승은 해수 온도 상승으로 해수의 부피가 팽창하였기 때문이다.

08 | 자료 분석 |



현재 지구가 근일점에 위치할 때 북반구는 겨울철이고, 원일점에 위치할 때 북반구는 여름철이다. 지구 공전 궤도의 이심률이 작아지면 근일점은 태양에서 멀어지므로 겨울철은 온도가 내려가고, 원일점은 태양에 가까워지므로 여름철은 온도가 올라간다. 따라서 우리나라에서 계절 변화의 폭과 연교차는 커진다.

채점 기준	배점
계절 변화의 폭과 연교차를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
계절 변화의 폭과 연교차 중 1가지만 옳게 서술한 경우	50 %

09 수온 상승으로 해저에 있는 메테인 수화물이 기화되면서 대기 중에 온실 기체인 메테인의 양이 증가하고 있으며 메테인의 농도가 높아지므로 온실 효과는 더 커지면서 평균 기온은 상승하고 있다.

채점 기준	배점
메테인의 농도와 평균 기온의 변화를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
메테인의 농도와 평균 기온의 변화 중 1가지만 옳게 서술한 경우	50 %

10 지구 온난화가 진행되면 극지방의 빙하가 녹으면서 빙하 면적(A)이 감소하고 그에 따라 지표면의 태양 빛 반사율(D)이 작아진다. 지구 온난화로 인해 해수의 온도가 높아지면 이산화 탄소 용해율(C)이 감소한다.

실전! 수능 도전하기

181쪽~183쪽

- 01 ㉡ 02 ㉢ 03 ㉠ 04 ㉡ 05 ㉤ 06 ㉤ 07 ㉣ 08 ㉡
- 09 ㉡ 10 ㉡ 11 ㉤ 12 ㉢

01 | 선택지 분석 |

- ㉠ 북풍이 지속적으로 분다.

→ 해수의 이동 방향이 외해 쪽으로 일어나고 그에 따라 연안 용승이 일어나고 있다. 따라서 이 지역에는 남풍이 지속적으로 불고 있다.

X 바람의 방향과 해수의 이동 방향은 같다.

→ 해수의 이동 방향이 풍향과 일치하지 않는 것은 지구 자전에 따른 전향력에 의해 편향되기 때문이다.

㉔ 연안 표층 해수 중의 영양 염류량은 이전보다 많아진다.

→ 연안 용승이 일어나므로 용승을 따라 심층에서 영양 염류가 올라와 표층 해수 중의 영양 염류량은 이전보다 많아진다.

02 | 선택지 분석 |

㉓ A 지점은 주위보다 해수면의 높이가 높다.

→ A 지점은 해수가 수렴하므로 주위보다 해수면의 높이가 높다.

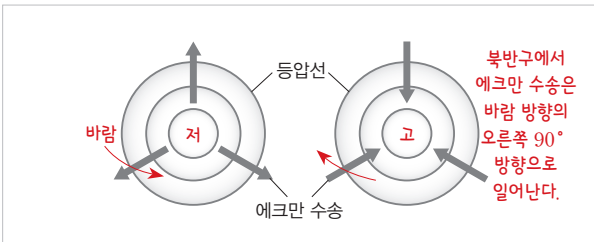
X B 지점은 주위보다 표층 수온이 높다.

→ B에서는 용승이 일어나므로 주위보다 표층 수온이 낮다.

㉔ A에서는 침강이, B에서는 용승이 일어난다.

→ 북반구에서 바람이 시계 방향으로 부는 A 지점은 고기압, 반시계 방향으로 부는 B 지점은 저기압이다. 바람에 의한 해수의 이동으로 A에서는 침강이, B에서는 용승이 일어난다.

03 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

㉓ (가) 중심부는 저기압이다.

→ (가)는 중심부에서 해수의 발산이 일어나므로 바람이 시계 반대 방향으로 불고 있다. 따라서 중심부는 저기압이다.

X 중심부에서 수온 약층이 나타나는 깊이는 (가)가 (나)보다 깊다.

→ (가)에서는 용승이, (나)에서는 침강이 일어나므로 중심부에서 수온 약층이 나타나는 깊이는 용승이 일어나는 (가)가 (나)보다 얕다.

X 남반구에서는 (가)와 같은 기압 배치에서 에크만 수송에 의해 해수가 중심부로 수렴한다.

→ 남반구에서는 바람에 의한 해수의 이동이 풍향의 왼쪽으로 일어나고 중심부가 저기압인 (가)와 같은 기압 배치에서 바람은 시계 방향으로 불므로 해수의 이동이 바깥쪽으로 일어나 해수가 발산한다.

04 | 선택지 분석 |

X 엘니뇨 발생시 대기 순환은 (가)이다.

→ 수온이 높은 해역에서 상승 기류가 발달한다. 동태평양에서 상승 기류가 발달하는 (나)가 엘니뇨 발생시 대기 순환이다.

X B에서 표층 수온은 (가)가 (나)보다 높다.

→ B에서 표층 수온은 엘니뇨가 나타나는 (나)가 평상시인 (가)보다 높다.

㉔ A, B의 기압차인 남방 진동 지수는 (나)가 (가)보다 낮다.

→ (가)에서는 A에 저기압, B에 고기압이 발달하므로 (B에서 기압 - A에서 기압) 값인 남방 진동 지수는 (+)이다. (나)에서는 반대 현상이 일어나므로 남방 진동 지수는 (-)이다.

05 | 선택지 분석 |

㉓ 무역풍은 (나)보다 (가)에서 강하게 분다.

→ (가)는 평상시, (나)는 엘니뇨 발생 시의 모습이다. 따라서 무역풍이 더 강하게 부는 시기는 (가) 시기이다.

㉔ 인도네시아에서 강수량은 (나)보다 (가)에서 많다.

→ 인도네시아에서 강수량은 (나)보다 평상시인 (가)에서 많다.

㉔ 페루 연안 해수의 용존 산소량은 (가)보다 (나)에서 적다.

→ 페루 연안 해수 중의 용존 산소량이 더 많은 시기는 페루 연안에 용승이 강해질 때인 평상시인 (가) 시기이다.

06 | 선택지 분석 |

X 강수량 편차가 +0.5 mm/일 이상인 해역은 주로 동태평양 적도 부근에 위치한다.

→ 동태평양 적도 부근에서는 강수량의 편차가 거의 나타나지 않으며, 강수량 편차가 +0.5 mm/일 이상인 해역은 주로 서태평양에 있다.

㉔ 서태평양 적도 해역과 동태평양 적도 해역 사이의 해수면 높이 차가 크다.

→ 서태평양에서 강수량이 크게 증가한 것은 라니냐가 발생하여 서태평양의 해수면 온도가 높아졌기 때문이다. 따라서 서태평양 적도 해역과 동태평양 적도 해역 사이의 해수면 높이 차가 평년보다 크다.

㉔ 남적도 해류가 강하다.

→ 라니냐가 발생한 시기에는 무역풍이 평년보다 강하게 불어 동→서로 따뜻한 해수를 운반하는 남적도 해류가 강하게 나타난다.

07 | 선택지 분석 |

X (가)에서 북반구는 근일점에서 여름이다.

→ (가)에서 지구가 근일점에 있을 때 북반구는 태양의 남중 고도가 가장 낮은 시기이므로 겨울이다.

㉔ A는 북반구의 여름 기온을 상승시키는 요인이다.

→ 지구 자전축 경사각이 현재보다 증가하면 (가)의 원일점 위치에서 북반구 여름철 태양의 남중 고도가 높아지므로 여름 기온이 상승한다.

㉔ B로 인해 북반구의 계절은 현재와 정반대로 된다.

→ 지구 자전축 경사 방향이 현재의 정반대로 되면 북반구 계절은 (가)의 근일점에서 여름이 되고, 원일점에서 겨울이 되므로 현재와 정반대로 된다.

08 대기가 있는 경우 온실 효과로 대기가 지표를 보온하므로 지표의 온도가 더 높으나 대기가 없는 경우는 온도가 가장 낮다. 이산화 탄소는 온실 기체로서 지표의 온도를 상승시키므로 이산화 탄소 양이 2배 증가한 경우가 현재보다 기온이 높다. 화산재는 지구의 반사율을 증가시켜 햇빛을 가

로막으므로 지표의 온도를 낮추는 역할을 하여 현재보다 기온이 낮다.

09 | 선택지 분석 |

- 우리나라 기온의 연교차는 (가)보다 작아진다.
 - (나)는 자전축의 경사각이 더 커지고, 자전축의 방향이 반대로 바뀐 세차 운동이 일어난 시기이다. 따라서 현재에 비하여 여름철 태양의 남중 고도는 높아지고, 겨울철 태양의 남중 고도는 낮아진다. 그리고 북반구에서 여름에 태양과의 거리는 가까워지고, 겨울에 태양과의 거리는 멀어지므로 우리나라에서 기온의 연교차는 커진다.
- 북반구 여름 동안 대륙 빙하의 면적은 (가)보다 좁아진다.
 - 북반구 여름 동안은 (가)보다 (나)에서 거리가 가까우므로 지구에 입사하는 복사 에너지가 많아져 대륙 빙하의 면적은 현재보다 좁아진다.
- 지구에 입사하는 태양 복사 에너지량은 7월이 1월보다 많다.
 - 지구에 입사하는 태양 복사 에너지는 태양과 지구의 거리에 의하여 결정된다. 그런데 (나)에서 1월과 7월에 태양과 지구의 거리가 같으므로 지구에 입사하는 태양 복사 에너지는 동일하다.

10 | 선택지 분석 |

- 오존홀의 면적 증가에 의한 현상이다.
 - 남극 대륙과 그린란드 빙하가 감소한 것은 전 지구적인 온난화의 영향이며, 성층권의 오존 감소에 의한 오존홀과는 관련이 없다.
- 두 지역의 지표면 반사율은 감소하였을 것이다.
 - 빙하 면적이 감소하면 지표면의 반사율이 감소한다.
- 평균 해수면 상승에 준 영향은 남극 대륙이 그린란드보다 컸을 것이다.
 - 빙하가 녹은 물이 주변 해양으로 유입되면 평균 해수면이 상승하므로 해수면 상승에 준 영향은 남극 대륙보다 빙하 변화량이 더 큰 그린란드가 컸을 것이다.

11 | 선택지 분석 |

- 벚꽃의 개화 시기가 빨라질 것이다.
 - 전국적으로 기온이 상승하여 벚꽃의 개화 시기는 빨라질 것으로 예상된다.
- 동해의 표층 수온이 상승할 것이다.
 - 해수는 대기와 끊임없이 에너지를 교환하고 있으므로 동해의 표층 수온도 높아질 것이다.
- 1월의 0 °C 기온선은 북쪽으로 이동할 것이다.
 - 2100년의 기온선은 2011년에 비해 기온선이 모두 북쪽으로 올라가 있다.

12 | 선택지 분석 |

- 적외선등을 상자 아래에서 쬐 것은 지표 복사를 나타낸다.
 - 지표는 태양으로부터 받은 에너지를 적외선으로 방출하므로 적외선등을 상자 아래에서 쬐 것은 지표 복사를 나타낸다.

- 상자 안 기체의 적외선 흡수량은 (나)가 (다)보다 많다.
 - (나)보다 (다)의 온도가 높은 것은 상자 안 기체의 적외선 흡수량이 (나)보다 (다)가 많기 때문이다.
- ㉠은 15.1보다 크다.
 - 이산화 탄소는 온실 기체이므로 이산화 탄소량이 많을수록 적외선 흡수량이 많아져 상자 내부의 온도가 높아지게 된다. 따라서 ㉠은 (다)의 온도 값인 15.1보다 크다.

한번에 끝내는 대단원 문제	186쪽~189쪽
<p>01 ④ 02 ④ 03 ④ 04 ④ 05 ⑤ 06 ⑤ 07 ③ 08 ① 09 ④ 10 ③ 11 ⑤ 12 ③ 13 ④ 14 ③ 15 ⑤ 16 ④</p>	
17 강수 구역: A, D, 기온이 높은 지역: B, C	
18 수온: A > B, 유속: A > B, 영양 염류량: A < B	
19 모범 답안 무역풍의 세기는 약해지고, 동태평양의 해면 기압은 낮아지며, 강수량은 많아진다.	
20 (가) 침강 (나) 융승 (다) 융승	
21 모범 답안 (나)일 때가 태양의 남중 고도가 높고 태양과의 거리가 가까우므로 평균 기온이 높다.	
22 ㉠ 가시광선 ㉡ 적외선 ㉢ 온실 효과	

01 | 선택지 분석 |

- 기압
 - B 지점이 A 지점보다 저기압 중심에 가까우므로 기압은 더 낮다.
- 기온
 - A 지점은 한랭한 기단의 영향으로 온난한 기단의 영향을 받는 B 지점보다 기온이 낮다.
- 강수 확률
- 구름의 두께
 - A 지점은 한랭 전선의 후면에 위치하고 B 지점은 온난 전선과 한랭 전선의 사이에 위치한다. A 지점에는 적운형 구름이 발달하고 B 지점은 대체로 낄씨가 많다. 따라서 B 지점보다 A 지점이 구름의 두께가 두껍고 강수 확률이 높다.

02 | 선택지 분석 |

- ① 바람의 세기는 서울이 부산보다 약하다.
 - 바람의 세기는 안전 반원에 위치한 서울이 부산보다 약하였다.
- ② 태풍의 이동 방향은 편서풍의 영향을 받는다.
 - 우리나라를 통과할 때 태풍은 북동쪽으로 이동하였으므로 편서풍의 영향을 받는다.
- ③ 서울 지방의 풍향은 반시계 방향으로 바뀐다.
 - 서울 지방은 태풍의 진행 방향의 왼쪽에 위치하므로 풍향은 반시계 방향으로 바뀐다.
- 우리나라를 통과하면서 중심 기압은 더 낮아진다.
 - 태풍은 우리나라를 통과하면서 세력이 약해지므로 중심 기압은 높아진다.
- ⑤ 태풍의 눈의 영향을 받는 지역은 바람이 약하고 날씨가 맑다.

→ 하강 기류가 나타나는 태풍의 눈의 영향을 받는 지역은 바람이 약하고 날씨가 맑다.

03 | 선택지 분석 |

- ① 온대 저기압은 전선을 동반한다.
 - 온대 저기압은 전선을 동반하며 편서풍을 따라 이동하므로 동쪽으로 이동한다.
- ② 태풍의 에너지원은 수증기의 응결열이다.
 - 태풍은 수증기가 응결할 때 방출되는 잠열(응결열)을 에너지원으로 한다.
- ③ 태풍은 등압선이 원형이고 상대적으로 조밀하다.
 - 태풍은 등압선이 원형이고 매우 조밀하다.
- ④ 태풍의 발생 장소는 수온이 높은 적도 해상이다.
 - 태풍은 수증기 공급이 활발한 수온이 높은 바다에서 형성되나 적도에서는 지구 자전 효과에 의한 소용돌이가 일어나지 않으므로 발생하지 않는다.
- ⑤ 온대 저기압은 편서풍을 따라 동쪽으로 이동한다.

04 | 선택지 분석 |

- ✗ 적도 부근의 수온은 동태평양이 서태평양보다 높다.
 - 자료에서처럼 평상시 무역풍에 의한 따뜻한 표층 해수의 서쪽 이동으로 적도 부근의 수온은 동태평양이 서태평양보다 낮다.
- ㉠ 표층 수온은 저위도에서 고위도로 갈수록 대체로 낮아진다.
 - 표층 수온은 태양 복사 에너지량이 많은 적도 부근에서 가장 높고 고위도로 갈수록 대체로 낮아진다.
- ㉡ 대양의 중심부에서는 등온선이 위도와 대체로 나란하게 분포한다.
 - 대양의 중심부에서는 수온이 대부분 태양 복사 에너지량의 영향을 받으므로 등온선이 위도와 대체로 나란하다.

05 | 선택지 분석 |

- ① 적도 부근은 증발량이 강수량보다 많다.
 - 적도 부근은 강수량이 증발량보다 많으므로 표층 염분이 낮다.
- ② 대양에서 염분은 육지에 가까울수록 높다.
 - 대양에서는 해수의 혼합이 상대적으로 덜 일어나는 중앙부가 염분이 높으며, 육지에 가까울수록 대체로 염분이 낮아진다.
- ③ (증발량 - 강수량) 값이 클수록 염분이 낮다.
 - 표층 염분은 증발량이 클수록, 강수량이 적을수록 높으므로 (증발량 - 강수량) 값이 큰 해역일수록 염분이 높다.
- ④ 표층 염분은 적도 부근 해역에서 높게 나타난다.
 - 중위도 지역은 증발량이 강수량보다 많아서 염분이 높다.
 - 중위도 지역은 증발량이 강수량보다 많으므로 표층 염분이 높다.

06 | 선택지 분석 |

- ✗ A는 수온과 염분이 가장 높다.
 - A는 수온이 가장 높으나 염분은 가장 낮다.
- ㉠ 수온이 일정하고 염분이 높아지면 밀도는 커진다.
 - 수온이 일정한 상태에서 수평 방향으로 오른쪽에 위치할수록

밀도가 커지므로 염분이 높아지면 밀도는 커진다.

- ㉡ C가 B보다 밀도가 높은 것은 수온이 낮기 때문이다.
 - C와 B는 염분은 비슷하나 C가 수온이 낮기 때문에 밀도가 높다.

07 | 선택지 분석 |

- ㉠ A, C 순환은 아열대 순환이다.
 - A는 북반구에서 시계 방향으로 순환하고, C는 남반구에서 반시계 방향으로 순환하므로 아열대 순환이다.
- ✗ B 해류는 적도 해류에 해당한다.
 - B는 해수면 경사로 인해 적도를 따라 동쪽으로 흐르는 적도 반류이다. 무역풍에 의해 형성된 적도 해류는 서쪽으로 흐른다.
- ㉡ A, C 순환은 무역풍과 편서풍에 의해 형성된다.
 - 아열대 순환은 무역풍과 편서풍의 영향으로 형성된다.

08 표층 해류를 일으키는 주 원인은 해수면 위를 부는 바람이고, 심층 해류를 일으키는 주 원인은 수온과 염분 변화에 따른 밀도 변화이다.

09 | 선택지 분석 |

- ✗ A는 열대류에 의한 직접 순환이다.
 - A는 해들리 순환과 극순환 사이에서 역학적으로 일어나는 간접 순환이다.
- ㉠ 위도 30° 지역은 고압대에 해당한다.
 - 위도 30° 지역은 하강 기류가 발달하므로 고기압이 잘 형성되는 고압대에 해당한다.
- ㉡ 무역풍은 해들리 순환의 지표에서 부는 바람이다.
 - 무역풍은 0°~30° 사이에 형성된 해들리 순환의 지표 부근에서 부는 바람이다.

10 | 선택지 분석 |

- ㉠ 남극 저층수가 북대서양 심층수보다 밀도가 크다.
 - 가장 깊은 곳까지 가라앉아 해저를 따라 이동하는 남극 저층수가 상대적으로 위쪽에서 흐르는 북대서양 심층수보다 밀도가 크다.
- ✗ 남극 중층수의 흐름은 바람의 영향으로 형성된 것이다.
 - 남극 중층수의 흐름을 포함한 심층 순환은 바람에 의해 형성된 것이 아니고 밀도 차에 의하여 형성된 밀도류이다.
- ㉡ 북대서양 심층수의 흐름이 강해지면 표층수의 흐름도 강해진다.
 - 북대서양 심층수의 흐름이 강해지면 표면에서 침강한 해수를 보충하기 위해 표층수의 흐름도 강해진다.

11 | 선택지 분석 |

- ㉠ A와 C는 고위도로 열에너지를 수송한다.
 - A와 C는 저위도에서 고위도로 흐르는 난류로 열에너지를 수송한다.
- ㉡ B의 특성은 C보다 D의 특성에 가깝다.
 - B, D는 한류이고 C는 난류이다. 따라서 B의 특성은 C보다 D의 특성에 가깝다.
- ㉢ 태평양과 대서양의 북적도 해류는 무역풍에 의해 형성되었다.

→ 태평양과 대서양에서 북적도 해류는 서쪽으로 부는 북동 무역풍에 의해 형성되었다.

12 남반구에서는 에크만 수송이 풍향의 왼쪽 직각 방향으로 일어나므로 A 해역에서는 해수의 발산이 일어나면서 용승이 일어난다. 용승이 일어나면서 수온은 이전보다 낮아진다.

13 | 선택지 분석 |

- ㉠ (가)는 지구 평균 기온을 높일 것이다.
 - 태양 활동이 현재보다 더 활발해지면 태양 복사 에너지량이 증가하므로 지구 평균 기온은 높아질 것이다.
- ㉡ (나)의 경우 우리나라의 겨울철 기온은 더 낮아진다.
 - 지구 자전축 경사 방향이 현재와 반대로 되면 우리나라는 원일점에서 겨울이 되므로 겨울철 기온은 더 낮아진다.
- ㉢ (다)는 기후 변화의 지구 외적 요인이다.
 - 지표면의 태양 복사 에너지 흡수율의 변화는 기후 변화의 지구 내적 요인이다.

14 | 선택지 분석 |

- ㉠ (가)는 엘니뇨 발생시의 모습이다.
 - 엘니뇨는 따뜻한 표층 해수가 동쪽으로 흘러 동태평양의 표층 수온이 높아지는 현상이다. 따라서 (가)가 엘니뇨 발생시의 모습이다.
- ㉡ 서태평양의 표층 수온은 (가)보다 (나)에서 더 높다.
 - 따뜻한 해수가 서쪽으로 흐를 때 서태평양의 표층 수온이 높게 나타난다. 따라서 (가)보다 (나)에서 서태평양의 표층 수온이 더 높게 나타난다.
- ㉢ 동태평양에서 홍수가 발생할 가능성은 (나) 시기에 더 높다.
 - 엘니뇨가 발생하면 동태평양에서 수온이 상승하므로 증발량과 강수량이 많아져 홍수가 발생하기도 한다.

15 A는 온실 효과 기여도가 가장 큰 이산화 탄소이고, B는 메테인으로 유기물이 부패되거나 분해될 때 방출된다. 이산화 탄소인 A가 온실 효과 기여도가 가장 높은 것은 대기 중의 농도가 가장 높기 때문이다.

16 | 선택지 분석 |

- ① 재활용 상품을 이용한다.
 - 재활용 상품을 이용하여 자원을 절약하면 화석 연료 사용량을 줄일 수 있다.
- ② 실내 온도를 적정하게 유지한다.
 - 실내 온도를 적정하게 유지하거나 에너지를 절약하는 생활 습관을 기르며, 에너지 효율이 높은 전기 기구를 구입하여 사용하면 화석 연료 사용량을 줄일 수 있으므로 지구 온난화를 억제할 수 있다.
- ③ 에너지를 절약하는 생활 습관을 기른다.
- ㉠ 천연 가스를 이용한 화력 발전 비율을 높인다.
 - 천연 가스도 화석 연료로 연소시 이산화 탄소를 생성하므로 이를 이용한 화력 발전 비율을 높이는 것은 지구 온난화를 촉진한다.
- ⑤ 에너지 효율이 높은 전기 기구를 구입하여 사용한다.

17 한랭 전선의 앞(B)에는 따뜻한 기단이 있고, 뒤(A)에는 찬 기단이 있다. 온난 전선의 앞(D)에는 찬 기단이 있고, 뒤(C)에는 따뜻한 기단이 있다. 따라서 상대적으로 기온이 높은 지역은 B, C이다.

한랭 전선의 뒤(A)에는 적운형의 구름이 발달하여 좁은 구역에 소나기성 강수 현상이 있고, 온난 전선의 앞(D)에는 층운형의 구름이 발달하여 넓은 구역에 지속적으로 가랑비가 내린다. 따라서 강수 지역은 A, D이다.

18 A는 북태평양의 서안을 따라 저위도에서 고위도로 흐르는 서안 경계류인 난류이고, B는 북태평양의 동안을 따라 고위도에서 저위도로 흐르는 동안 경계류인 한류이다. 따라서 A가 수온이 높고 유속이 빠르며 영양 염류량은 적다.

19 평상시보다 남동 무역풍이 약해져 표층의 따뜻한 해수가 동태평양으로 흘러 동태평양의 표층 수온이 높아졌다. 동태평양 표층 수온이 높아졌으므로 해면 기압이 평상시보다 낮아진다. 동태평양의 표층 수온이 높아져 상승 기류가 발달하므로 강수량은 평상시보다 많아진다.

채점 기준	배점
무역풍의 세기, 해면 기압, 강수량을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
무역풍의 세기, 해면 기압, 강수량 중 2가지만 옳게 서술한 경우	50 %

20 북반구에서 에크만 수송은 풍향의 오른쪽으로 일어나므로 (가) 해역에는 해수의 수렴이 일어나 침강이 일어난다. (나) 해역에는 무역풍에 의해 에크만 수송이 고위도로 일어나면서 해수의 발산이 일어나 적도 용승이 일어난다. (다)와 같은 저기압 중심부에는 에크만 수송이 풍향의 오른쪽 방향인 바깥쪽으로 일어나 해수의 발산이 일어난다. 따라서 발산된 해수를 보충하기 위해 밑에서부터 해수가 올라오는 용승이 일어난다.

21 A와 B에서 우리나라의 계절은 여름이다. 그런데 (가)보다 (나)일 때 태양의 남중 고도가 높고 근일점에 위치하여 태양과의 거리가 가까우므로 평균 기온이 높다.

채점 기준	배점
남중 고도와 태양과의 거리를 언급하여 옳게 서술한 경우	100 %
남중 고도와 태양과의 거리에 대한 언급 없이 평균 기온만 옳게 서술한 경우	50 %

22 온실 효과는 대기가 가시광선인 태양 복사 에너지를 잘 통과시키고 적외선인 지구 복사 에너지를 흡수하여 지표로 재방출하면서 일어나는 현상이다.



1 >>> 별과 외계 행성계

01~ 별의 물리량

개념POOL

196쪽

01 (1) 반지름이 큰 별이 광도가 크다. (2) 표면 온도가 높은 별이 광도가 크다. **02** 4배 **03** (1) A가 100배 더 밝다. (2) A가 2배 더 높다. (3) A가 2.5배 더 크다.

01 (1) $L=4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ 에서 분광형이 같으면 표면 온도(T)가 같으므로 반지름(R)과 광도(L)는 비례 관계에 있다.
(2) $L=4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ 에서 반지름(R)이 같으므로 표면 온도(T)와 광도(L)는 비례 관계에 있다.

02 슈테판·볼츠만의 법칙에 의해

$$L : L_{\odot} = 4\pi \left(\frac{1}{2} R_{\odot}\right)^2 \cdot \sigma (2T_{\odot})^4 : 4\pi R_{\odot}^2 \cdot \sigma T_{\odot}^4$$

이므로 $L=4L_{\odot}$ 이다. (L, R, T : 별의 광도, 별의 반지름, 별의 표면 온도, $L_{\odot}, R_{\odot}, T_{\odot}$: 태양의 광도, 태양의 반지름, 태양의 표면 온도)

03 (1) A의 절대 등급이 B보다 5등급 작으므로 광도는 100배 더 밝다.
(2) A의 최대 에너지 방출 파장이 B의 $\frac{1}{2}$ 이므로 표면 온도는 A가 B보다 2배 더 높다.
(3) $L \propto R^2 \cdot T^4$ 에서 $R \propto \sqrt{\frac{L}{T^4}} = \sqrt{\frac{100}{16}}$ 이므로, A가 B보다 크기가 2.5배 더 크다.

꼭꼭! 개념 확인하기

197쪽

✓ 잠깐 확인!

1 흑체 **2** 사진 등급 **3** 안시 등급 **4** 색지수 **5** 스펙트럼
6 광도 **7** 절대 등급 **8** 겉보기 등급

01 (1) ○ (2) × (3) ○ **02** (1) ㉠ (2) ㉡ (3) ㉢ **03** G형(G2형) **04** O, B, A, F, G, K, M **05** 광도 **06** 반지름

01 (2) 흑체는 입사된 에너지를 모두 흡수하고 방출하는 이상적인 물체를 말한다.

03 태양은 노란색의 빛이 가장 강하며, 이를 분광형에서 찾아보면 G형이다.

04 별의 표면 온도는 O형이 가장 높고, M형으로 갈수록 낮아진다.

05 광도(L)는 별이 단위 시간 동안 표면에서 방출하는 에너지의 총량으로, 단위 면적당 단위 시간에 방출하는 복사 에너지(σT^4)와 별의 겉넓이(표면적)($4\pi R^2$)의 곱으로 결정된다.
 $\Rightarrow L=4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$

06 분광형이 같은 두 별 A, B는 표면 온도가 같지만 반지름이 다르기 때문에 절대 등급이 다르다.

탄탄! 내신 다지기

198쪽~199쪽

01 ④ **02** ② **03** ③ **04** ㉠ 흡수 스펙트럼 ㉡ 흡수 **05** ③
06 ⑤ **07** ② **08** 별의 표면 온도 **09** ② **10** ② **11** ③
12 ①

01 별의 표면 온도와 관련 있는 물리량은 색, 색지수, 분광형(스펙트럼형)이다.

02 광도가 가장 큰 별은 절대 등급이 가장 작은 A이다. 별의 표면 온도가 가장 높은 별의 색은 파란색이고, 가장 낮은 별의 색은 붉은색이다. A는 B보다 절대 등급이 작아 더 밝지만, 표면 온도가 더 낮으므로, 반지름은 더 크다. B는 C보다 절대 등급이 5등급 작으므로 밝기는 100배 더 밝은 별이다. D는 흰색 별로 표면 온도가 매우 높지만, 절대 등급이 가장 큰 어두운 별로, 반지름이 가장 작다.

03 (가) 태양 빛의 스펙트럼에서 수백 개의 검은 선(흡수선)을 관찰하였다.

→ 19세기 초반 프라운호퍼의 업적

(나) 프리즘을 통과한 햇빛이 무지개처럼 여러 색으로 나누어지는 것을 발견하였다.

→ 17세기 뉴턴의 업적

(다) 수소 흡수 스펙트럼선의 세기에 따라 별의 스펙트럼을 A형~P형의 16가지로 구분하였다.

→ 19세기 후반 피커링과 케년의 업적

(라) 금속 원소가 빛을 흡수하여 생긴 검은 선을 관찰하였다.

→ 19세기 중엽 키르히호프와 본젠의 업적

04 흡수 스펙트럼은 별로부터 나온 빛이 대기를 통과하는 동안 대기를 구성하고 있는 원소에 특정 파장의 에너지가 흡수되어 나타난다.

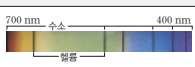
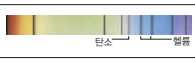
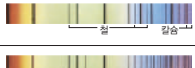

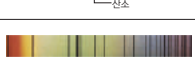


05 | 선택지 분석 |

- ㉠ 별의 대기에 존재하는 저온의 기체는 흡수 스펙트럼을 만든다.
 - ➔ 흡수 스펙트럼은 연속으로 색이 변화하는 중간에 기체가 흡수한 에너지로 인해 검은색의 흡수선이 나타나는 스펙트럼이다.
- ㉡ 방출 스펙트럼은 별의 내부에서 나온 빛이 밝은 선으로 나타난 것이다.
 - ➔ 방출 스펙트럼은 별의 내부의 빛이 스펙트럼으로 나타나는 것이 아니라, 기체가 고온으로 가열되어 특정한 파장의 빛을 방출하여 나타난다.
- ㉢ 별과 같은 고온의 광원에서 방출되는 빛의 스펙트럼은 연속적인 띠로 나타난다.
 - ➔ 연속 스펙트럼은 방출되는 빛의 파장이 무지개색의 연속적인 띠로 나타나는 스펙트럼이다.

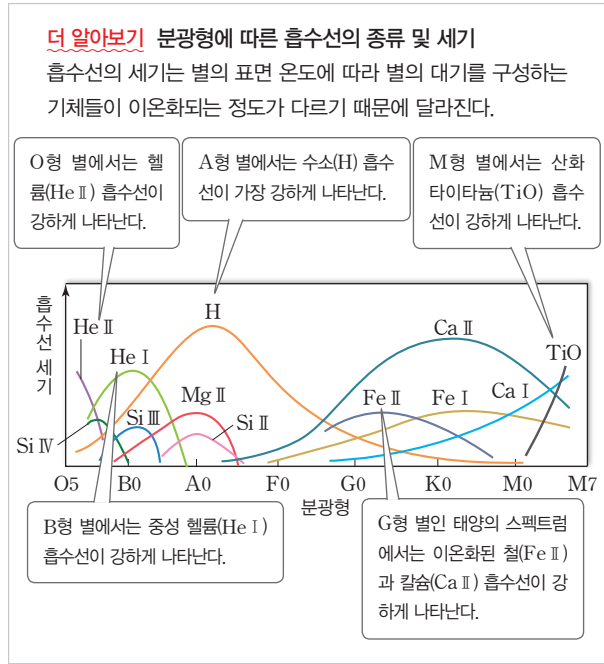
06 선 스펙트럼에는 흡수 스펙트럼과 방출 스펙트럼이 있다. 저온의 기체는 별빛의 특정 파장대를 흡수하여 흡수 스펙트럼을, 고온의 기체는 방출 스펙트럼을 형성한다. (가)는 흡수 스펙트럼을, (나)는 방출 스펙트럼을 나타낸다. 흡수 스펙트럼은 기체의 종류에 따라 다른 종류의 선 스펙트럼이 나타난다. 별의 분광형을 분류하는 데에는 흡수 스펙트럼이 사용된다.

07 별의 표면 온도에 따라 흡수선의 세기가 달라지는데, 이러한 차이를 이용하여 별을 분류하였다. 별의 표면 온도에 따라 나타나는 흡수선의 기본 패턴을 기준으로 온도가 높은 별부터 O, B, A, F, G, K, M형의 7가지로 분류한다. 각 분광형은 고온의 0에서 저온의 9까지 10단계로 세분화한다.

더 알아보기 표면 온도에 따른 분광형 분류

분광형	스펙트럼 모습	표면 온도(K)	색
O		> 30000	파란색
B		10000~30000	청백색
A		7500~10000	흰색
F		6000~7500	황백색
G		5000~6000	노란색
K		3500~5000	주황색
M		< 3500	붉은색

08 별빛을 분광기로 분산시키면 별의 표면 온도에 따라 원소들이 각각 특정한 흡수선을 형성하기 때문에 별들마다 다양한 흡수 스펙트럼이 나타난다.



09 | 선택지 분석 |

- ① 광도는 별의 실제 밝기를 나타낸다.
 - ➔ 별이 단위 시간 동안 표면에서 방출하는 에너지의 총 에너지량으로 별의 실제 밝기를 나타내는 용어이다.
- ㉠ 별의 광도가 클수록 절대 등급은 크다.
 - ➔ 광도가 클수록 절대 등급은 작다.
- ③ 광도는 별이 단위 시간에 방출하는 총 에너지량이다.
 - ➔ 별의 광도(L)는 별의 표면적과 단위 면적당, 단위 시간에 방출하는 복사 에너지의 곱으로 결정된다.
- ④ 반지름이 같다면 표면 온도가 높은 별일수록 광도는 크다.
 - ➔ $L = 4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ 이므로 광도(L)는 표면 온도(T)의 4제곱에 비례한다.
- ⑤ 표면 온도가 같은 경우 반지름이 2배가 되면 광도는 4배가 된다.
 - ➔ 광도는 별의 표면 온도의 4제곱과 반지름의 제곱에 비례하므로 표면 온도가 같은 경우 반지름이 2배가 되면 광도는 4배가 된다.

10 | 선택지 분석 |

- ㉡ (가)는 10 pc보다 멀리 있다.
 - ➔ (가)는 절대 등급과 겉보기 등급이 같으므로 10 pc의 위치에 있다.
- ㉢ (나)는 10 pc보다 가까이 있다.
 - ➔ (나)는 절대 등급보다 겉보기 등급이 작으므로 10 pc보다 가까이 있다.
- ㉠ 광도는 (가)가 (나)보다 100배 크다.
 - ➔ (가)는 (나)보다 절대 등급이 5등급 크므로 광도는 100배 더 작다.

11 별의 밝기는 거리의 제곱에 반비례한다.

| 선택지 분석 |

- A, B, C의 광도는 같다.
→ 세 별의 표면 온도와 크기가 동일하므로, A, B, C의 광도는 같다.
- A는 C보다 3배 밝게 보인다.
→ 별의 밝기는 거리의 제곱에 반비례하므로 A는 C보다 9배 밝게 보인다.
- B는 절대 등급과 겉보기 등급이 같다.
→ 10 pc의 거리에 있는 별은 절대 등급과 겉보기 등급이 같다.

12 별은 흑체와 같이 복사하므로 슈테판·볼츠만 법칙에 따라 에너지를 방출하므로 슈테판·볼츠만 법칙에 의해 유도되는 별의 광도(L)의 식은 $L = 4\pi R^2 \times \sigma T^4$ 에서 $R \propto \frac{\sqrt{L}}{T^2}$ 이다. 따라서 별의 광도(L)와 표면 온도(T)를 알면 별의 반지름(R)을 구할 수 있다.

도전! 실력 올리기

200쪽~201쪽

01 ④ 02 ② 03 ② 04 ⑤ 05 ④ 06 ①

07 (1) D (2) A

08 | 모범 답안 | 별 A의 절대 등급은 겉보기 등급과 같은 -0.2등급이고, 별 A는 태양보다 5등급 작으므로 100배 더 밝다. 따라서 광도는 3.9×10^{28} W이다.

별 B의 절대 등급은 2.8등급으로, 태양보다 2등급 작으므로 밝기는 $10^{\frac{2}{5}} = 2.5^2 = 6.25$ 배 더 밝다. 따라서 광도는 $3.9 \times 10^{26} \times 6.25 = 2.4375 \times 10^{27}$ W이다.

09 | 모범 답안 | 안타레스 A와 안타레스 B의 두 별까지의 거리는 같고, 안타레스 A는 안타레스 B보다 표면 온도가 낮다. 안타레스 A가 지구에서 관측한 별의 상대적 밝기가 큰 것으로 보아 안타레스 A가 안타레스 B보다 더 큰 반지름을 가지고 있다는 것을 알 수 있다.

01 | 선택지 분석 |

- ① 10 pc의 거리에 있는 별은 (다)이다.
→ 10pc의 거리에 있는 별은 절대 등급과 겉보기 등급이 같다.
- ② 표면 온도가 가장 높은 별은 (가)이다.
→ 별의 분광형에서 B형이 G형보다 표면 온도가 더 높다.
- ③ 별 (나)와 (다)의 표면 온도는 거의 같다.
→ 별 (나)와 (다)는 분광형이 같으므로 표면 온도는 거의 같다.
- 우리 눈에 가장 어둡게 보이는 별은 (다)이다.
→ 겉보기 등급이 클수록 어둡게 보이므로 우리 눈에 가장 어둡게 보이는 별은 (나)이다.
- ⑤ 별의 거리를 비교하면 (나) > (다) > (가) 순이다.
→ (겉보기 등급-절대 등급)의 값이 클수록 멀리 있는 별이므로 별까지의 거리는 (나) > (다) > (가) 순이다.

02 | 선택지 분석 |

- 별 (가)는 별 (나)보다 표면 온도가 낮다.
→ $(U-B)$ 또는 $(B-V)$ 값을 색지수라고 한다. 색지수는 표면 온도가 높을수록 작고 표면 온도가 낮을수록 크므로, 별 (가)는 별 (나)보다 표면 온도가 낮다.
- $(B-V)$ 값은 별 (가)가 별 (나)보다 크다.
→ 별 (가)는 별 (나)보다 표면 온도가 낮으므로, $(B-V)$ 값은 별 (가)가 별 (나)보다 크다.
- 별 (나)는 U 등급이 V 등급보다 크다.
→ 빛의 세기가 강할수록 등급이 낮으므로, 별 (나)의 U 등급이 V 등급보다 작다.

03 | 선택지 분석 |

- 색지수가 클수록 표면 온도는 낮다.
→ 색지수가 클수록 표면 온도는 낮고, 색지수가 작으면 표면 온도는 높다.
- 표면 온도가 5000 K인 별은 B 등급이 V 등급보다 크다.
→ 그래프에서 표면 온도가 5000 K인 별은 색지수가 (+)이므로 B 등급이 V 등급보다 크다.
- 별 X는 붉은색 별이고, 별 Y는 파란색 별이다.
→ 별 X는 색지수가 (-)이므로 파란색 별이고, 별 Y는 색지수가 (+)이므로 붉은색 별이다.

04 | 선택지 분석 |

- 별의 흡수선 세기로 별의 분광형을 결정할 수 있다.
→ 별의 흡수선의 종류와 세기로 별의 분광형을 알 수 있다.
- 태양의 흡수선에서는 이온화된 철과 칼슘의 흡수선이 강하게 나타난다.
→ 태양은 G형 별이므로 이온화된 철과 칼슘의 흡수선이 강하게 나타난다.
- 중성 수소의 흡수선이 가장 강하게 나타나는 분광형은 A형이다.
→ A형 별에서는 수소(H) 흡수선이 가장 강하게 나타난다.

05 | 선택지 분석 |

- 리겔이 더 멀리 있는 별이다.
→ (겉보기 등급-절대 등급)이 클수록 멀리 있는 별이므로, 리겔의 거리가 더 멀다.
- 베텔게우스의 표면 온도가 더 높다.
→ 분광형이 B형인 리겔이 M형인 베텔게우스보다 표면 온도가 더 높다.
- 광도는 리겔이 더 크다.
→ 절대 등급은 숫자가 작을수록 광도가 큰 별이므로 리겔이 광도가 더 크다.

06 | 선택지 분석 |

- 거리가 가장 가까운 별은 A이다.
→ A는 거리 지수(겉보기 등급-절대 등급)가 가장 작으므로 거리가 가장 가깝다.
- ② 가장 밝게 보이는 별은 B이다.
→ B는 겉보기 등급이 가장 크므로 가장 어둡게 보인다.

- ③ 표면 온도가 가장 낮은 별은 C이다.
→ C는 색지수가 가장 작으므로 표면 온도가 가장 높다.
- ④ B는 C보다 광도가 작다.
→ B가 C보다 절대 등급이 더 작으므로 광도는 더 크다.
- ⑤ A는 B보다 반지름이 크다.
→ 별의 광도는 표면 온도의 4제곱과 반지름의 제곱에 비례하므로, 상대적으로 광도가 작고 표면 온도가 높은 A가 B보다 반지름이 작다.

07 겉보기 등급의 숫자가 작을수록 우리 눈에 밝게 보이므로 별 D가 가장 밝게 보인다. 절대 등급의 숫자가 작을수록 실제 광도가 큰 별이므로 별 A의 광도가 가장 크다.

08 별 A는 거리가 10 pc이므로 절대 등급은 겉보기 등급과 같은 -0.2 등급이다. 별 A는 태양보다 5등급 작으므로 100배 더 밝다. 따라서 광도는 3.9×10^{28} W이다.
별 B는 100 pc에서 겉보기 등급이 7.8등급이므로 10 pc에서는 100배(5등급) 밝은 2.8등급이다. 별 B의 절대 등급은 2.8등급으로, 태양보다 2등급 작으므로 밝기는 6.25배 더 밝다. 따라서 광도는 $3.9 \times 10^{26} \times 6.25 = 2.4375 \times 10^{27}$ W이다.

채점 기준	배점
별의 광도를 구하는 과정을 옳게 쓰고, 별 A와 B의 광도를 정확히 구한 경우	100 %
별의 광도를 구하는 과정을 옳게 쓰고, 별 A와 B의 광도 중 하나만 정확히 구한 경우	50 %

09 안타레스 A와 안타레스 B는 쌍성계를 이루고 있으므로 두 별까지의 거리는 같다. 분광형을 보면 안타레스 A가 안타레스 B보다 표면 온도가 낮음을 알 수 있다. 따라서 별의 광도 $L = 4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ 으로부터 안타레스 A가 안타레스 B보다 더 큰 반지름을 가지고 있다는 것을 알 수 있다.

채점 기준	배점
안타레스 A가 안타레스 B보다 더 밝게 보이는 까닭을 표면 온도와 반지름을 비교하여 옳게 서술한 경우	100 %
안타레스 A가 안타레스 B보다 더 밝게 보이는 까닭을 표면 온도와 반지름 중에서 하나만 비교하여 서술한 경우	50 %

02~ 별의 분류와 진화

개념 POOL

206쪽

- 01** ① 적색 거성 ② 행성상 성운 ③ 백색 왜성 ④ 초거성
⑤ 초신성 ⑥ 중성자별 ⑦ 블랙홀 **02** 성운 → 원시별 → 주계열성 → 적색 거성 → 행성상 성운 → 백색 왜성
03 초신성 폭발

꼭꼭! 개념 확인하기

207쪽

✓ 잠깐 확인!

- 1** H-R도 **2** 주계열성 **3** 블랙홀 **4** 광도 계급 **5** 백색 왜성 **6** 중성자별

- 01** (1) 광도, 절대 등급 (2) 표면 온도, 분광형(스펙트럼형), 색지수 **02** (1) (가) 초거성 (나) 적색 거성 (다) 주계열성 (라) 백색 왜성 (2) (다) 주계열성 **03** (1) × (2) ○ (3) × (4) ○

- 04** ㉠ 적색 거성 ㉡ 백색 왜성

03 (1) 원시별은 밀도가 높고 온도가 낮은 성운이 중력 수축하여 생성된다. 행성상 성운은 태양 정도의 질량을 가진 별의 진화 단계에서 나타나는 천체이다.

(3) 원시별은 중력 수축에 의해 에너지가 발생한다. 중심부에서 수소 핵융합 반응이 일어나는 것은 주계열성이다.

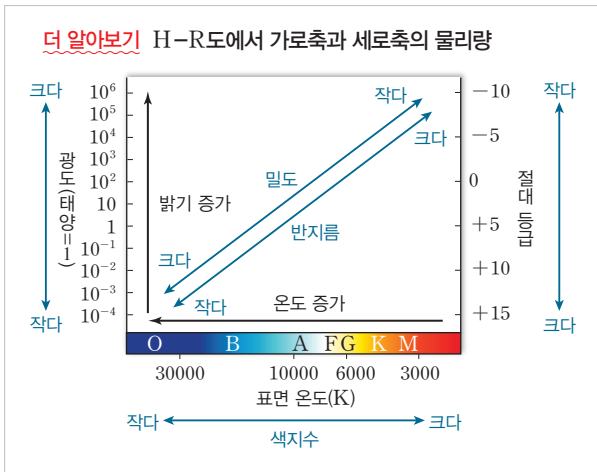
탄탄! 내신 다지기

208쪽~209쪽

- 01** ㄱ, ㄴ, ㄷ **02** ① **03** ④ **04** (가) 주계열성, (나), (다) 적색 거성, (라) 백색 왜성 **05** ⑤ **06** ① **07** ② **08** 질량: $A > B$, 경과 시간: $A < B$ **09** c, 적색 거성 **10** ② **11** (가) 백색 왜성, (나) 중성자별이나 블랙홀, 질량: (가) < (나) **12** ⑤

01 H-R도에서 가로축은 별의 온도와 관련된 표면 온도, 분광형(스펙트럼형), 색지수로 나타내고, 세로축은 별의 밝기와 관련된 절대 등급, 광도로 나타낸다.

02 H-R도에서 세로축 위로 갈수록 광도가 크고, 오른쪽 위로 갈수록 밀도가 작으며, 가로축 왼쪽으로 갈수록 표면 온도가 높다.



03 | 선택지 분석 |

- ㉠ (가)는 절대 등급, (나)는 표면 온도를 나타낸다.
 - 세로축 물리량에는 별의 광도, 절대 등급이, 가로축 물리량에는 별의 표면 온도, 분광형(스펙트럼형), 색지수가 들어간다.
- ❌ 주계열성의 표면 온도는 $A < B < C$ 순이다.
 - H-R도에서 왼쪽으로 갈수록 표면 온도가 높다. 따라서 주계열성의 표면 온도는 $A > B > C$ 순이다.
- ㉡ 별 D는 별 E보다 평균 밀도가 작다.
 - 오른쪽 위에서 왼쪽 아래로 갈수록 밀도가 크다.

04 H-R도상의 별을 그룹별로 나누었을 때, (가)는 왼쪽 상단에서 오른쪽 하단으로 내려오는 선 상에 있으므로 주계열성이다. (나)와 (다)는 H-R도의 오른쪽 위에 분포하므로 적색 거성이다. (라)는 H-R도의 왼쪽 아래에 분포하므로 백색 왜성이다.

05 적색 거성은 표면 온도가 낮은 별이지만 반지름이 매우 커서 밝게 보이며, 백색 왜성은 표면 온도는 높지만 반지름이 매우 작아서 어둡게 보이는 별이다.

06 알데바란 A는 적색 거성, 프로키온 B는 백색 왜성이다.

| 선택지 분석 |

- ㉠ 레굴루스는 태양보다 질량이 작다.
 - 주계열성에서는 광도가 큰 별일수록 표면 온도가 높고 질량이 큰 별이다. 따라서 레굴루스는 태양보다 질량이 크다.
- ㉡ 프로키온 B는 태양보다 표면 온도가 높다.
 - 프로키온 B는 백색 왜성이고, 태양은 주계열성이다. 프로키온 B의 분광형은 태양보다 표면 온도가 높은 A형이다.
- ㉢ 알데바란 A는 태양보다 반지름이 크다.
 - 알데바란 A는 적색 거성으로 주계열성인 태양보다 반지름이 크다.
- ㉣ 레굴루스의 광도는 태양의 약 100배이다.
 - 레굴루스와 태양은 모두 주계열성으로 등급 차이가 약 5등급이므로 광도는 약 100배 차이가 난다.

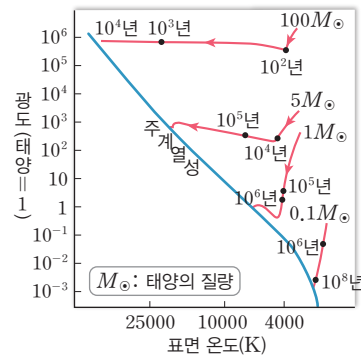
⑤ 레굴루스의 반지름은 알데바란 A보다 작다.

→ 알데바란 A는 적색 거성으로 주계열성인 레굴루스보다 반지름이 크다. 또한 알데바란 A는 레굴루스보다 표면 온도는 낮지만 절대 등급이 같으므로 반지름은 알데바란 A가 레굴루스보다 더 크다는 것을 알 수 있다.

07 원시별의 에너지원은 중력 수축 에너지이고, 주계열성의 에너지원은 수소 핵융합 에너지이다.

08 주계열성이 되기까지의 경과 시간은 질량이 클수록 짧다. 원시별의 질량이 클수록 중력 수축 에너지가 많이 만들어져 별의 중심부와 표면 온도가 높고 밝게 보인다. 따라서 A가 B보다 질량이 크며, 주계열성이 되기까지의 경과 시간이 짧다.

더 알아보기 질량에 따른 원시별의 진화 경로와 원시별이 주계열성에 도달하는 데 걸리는 시간



- 별의 질량이 클수록 중력 수축이 빠르게 일어나 빨리 주계열에 도달한다.
- 질량이 큰 원시별은 표면 온도가 높고, 광도가 큰 주계열성이 된다.

09 적색 거성은 별의 중심에서 수소 핵융합이 끝나고 헬륨으로 이루어진 중심핵이 중력 수축하며, 핵 외곽 수소 껍질부의 핵융합 반응으로 별의 바깥 부분이 급격히 팽창하여 형성된다.

10 | 선택지 분석 |

- ① 별의 중심핵은 중력 수축한다.
 - 주계열성에서 거성 단계로 진화하는 과정에서 바깥층이 팽창하는 동안 중심부는 기체압보다 중력이 커져 수축한다.
- ㉠ 별의 중심핵을 이루는 물질은 수소이다.
 - 별의 중심부에서 수소가 소진되어 헬륨 핵이 된다.
- ③ 별 외곽부가 팽창하면서 광도가 크게 증가한다.
 - 별 바깥층의 수소 핵융합으로 인해 부피가 엄청나게 팽창하면서 광도가 급증한다.
- ④ 중심핵 외곽부의 수소 껍질에서 수소 핵융합 반응이 일어난다.
 - 별 바깥층에서 수소 핵융합이 일어난다.

- ⑤ 중심핵 외곽부에서 일어나는 수소 핵융합 반응으로 별의 표면 온도는 하강한다.
 - ➔ 별의 외곽부에서 수소 핵융합에 의해 별의 바깥 부분이 팽창하면서 반지름이 증가한다. 이때 별의 광도는 증가하지만 별의 부피가 팽창함에 따라 별의 표면 온도는 감소한다.

11 질량이 태양 정도인 별은 백색 왜성으로, 질량이 매우 큰 별은 중성자별이나 블랙홀로 진화한다.

12 (가)는 원시별, (나)는 주계열성, (다)는 적색 거성, (라)는 백색 왜성이다. 적색 거성 단계 이후 별은 맥동하며 별의 외곽에 있는 물질을 우주 공간으로 방출하는데, 이것이 행성상 성운이다.

도전! 실력 올리기

210쪽~211쪽

01 ③ 02 ④ 03 ④ 04 ① 05 ⑤ 06 ④

07 백색 왜성, C

08 | 모범 답안 | A: 원시별, B: 주계열성, 원시별(A)이 중력 수축에 의해 중심부 온도가 높아져서 약 1000만 K에 도달하면 수소 핵융합 반응이 일어나서 주계열성(B)이 된다.

09 | 모범 답안 | C: 적색 거성, 헬륨으로 이루어진 중심부의 중력 수축으로 발생한 에너지에 의해 헬륨 핵 바깥쪽의 수소 층이 가열되어 수소 핵융합 반응이 일어난다. 따라서 별의 바깥층이 급격히 팽창하면서 적색 거성(C)으로 진화한다.

01 | 선택지 분석 |

- ✗ 밀도가 가장 큰 별은 베텔게우스이다.
 - ➔ H-R도에서 왼쪽 아래에 위치한 별일수록 밀도가 큰 별이므로 시리우스의 밀도가 가장 크다.
- ✗ 반지름이 가장 큰 별은 시리우스이다.
 - ➔ H-R도에서 오른쪽 위에 위치한 별일수록 반지름이 큰 별이므로 베텔게우스의 반지름이 가장 크다.
- ㉠ 표면 온도가 가장 높은 별은 스피카이다.
 - ➔ 분광형이 O형인 별의 표면 온도가 가장 높고, 분광형이 M형 쪽으로 갈수록 별의 표면 온도가 낮아진다. 따라서 표면 온도가 가장 높은 별은 스피카이다.

02 | 선택지 분석 |

- ✗ A는 D보다 질량이 작다.
 - ➔ 주계열에서 왼쪽 위에 있을수록 질량이 크므로 A는 D보다 질량이 크다.
- ㉠ B와 D의 색은 비슷하다.
 - ➔ B와 D는 표면 온도가 비슷하므로 색이 비슷하다.
- ㉠ A~D 중에서 가장 많이 진화한 단계의 별은 C이다.
 - ➔ A와 D는 주계열성, B는 거성, C는 백색 왜성이므로, A~D 중에서 C가 가장 많이 진화한 단계의 별이다.

03 | 선택지 분석 |

- ㉠ 레굴루스의 질량은 태양보다 크다.
 - ➔ H-R도에서 주계열성에 속하는 별들 중 왼쪽 위에 있는 별일수록 질량이 큰 별이다.
- ✗ 프로키온 B의 밀도는 알데바란 A보다 작다.
 - ➔ H-R도에서 왼쪽 아래에 있는 표면 온도가 높고 광도가 작은 별들은 백색 왜성으로 크기는 매우 작고 밀도는 크다. 반면, H-R도에서 오른쪽 위에 있는 표면 온도가 낮고 광도가 큰 별들은 거성으로 크기는 매우 크고 밀도는 작다.
- ㉠ 반지름은 알데바란 A > 레굴루스 > 태양 > 프로키온 B의 순이다.
 - ➔ 적색 거성인 알데바란 A의 크기가 가장 크고, 백색 왜성인 프로키온 B의 크기가 가장 작다. 주계열성 중에서는 광도가 큰 별일수록 반지름이 크다.

04 원시별에서 주계열성으로 진화하는 과정에서 에너지원은 중력 수축에 의한 에너지이다. 원시별에서 주계열성으로 진화할 때 반지름은 감소한다. 주계열에 도달할 때 질량이 가장 큰 별의 광도 변화가 가장 작다. 질량이 큰 원시별일수록 주계열에 빨리 도달하고, 중심핵의 온도가 높으며, 진화 속도도 빠르다.

05 | 선택지 분석 |

- ㉠ A는 백색 왜성이다.
 - ➔ 태양과 비슷한 질량을 가진 별의 최종 진화 단계는 백색 왜성이다.
- ㉠ (가)는 (다)보다 별의 진화 속도가 느리다.
 - ➔ 별의 질량이 클수록 진화 속도가 빠르다. 따라서 (가)가 (다)보다 진화 속도가 느리다.
- ㉠ (가)는 (나)보다 주계열성 단계에 머무는 시간이 길다.
 - ➔ 별의 질량이 작을수록 에너지의 소모가 작아서 주계열성 단계에 머무는 시간이 길어진다. 따라서 (가)가 (나)보다 주계열성에 머무는 시간이 더 길다.

06 | 선택지 분석 |

- ㉠ 질량이 큰 주계열성일수록 더 빠른 속도로 진화한다.
 - ➔ 질량이 큰 주계열성일수록 핵반응이 빠르게 일어나 더 빠른 속도로 진화한다.
- ✗ 질량이 작은 주계열성일수록 진화 과정에서 표면 온도의 변화가 크게 일어난다.
 - ➔ 태양보다 질량이 작은 별은 진화 과정에서 표면 온도의 변화는 거의 없으나 절대 등급의 변화가 크게 일어나고, 태양보다 질량이 큰 별은 진화 과정에서 절대 등급의 변화보다는 표면 온도의 변화가 크게 일어난다.
- ㉠ 태양보다 질량이 작은 주계열성은 적색 거성이나 초거성으로 진화하지 못하기도 한다.
 - ➔ 태양보다 질량이 작은 별들은 거성이나 초거성의 단계를 거치지 못하고 백색 왜성으로 바로 진화하기도 한다.

07 백색 왜성은 밀도가 매우 큰 별로, 표면 온도가 높고 반지름이 태양보다 수십 배 이상 작다.

08 A: 원시별, B: 주계열성, 원시별(A)이 중력 수축에 의해 중심부 온도가 높아져서 약 1000만 K에 도달하면 수소 핵융합 반응이 일어나서 주계열성(B)이 된다.

채점 기준	배점
명칭을 모두 옳게 쓰고, 과정을 옳게 서술한 경우	100 %
명칭만 옳게 쓴 경우	50 %

09 헬륨으로 이루어진 중심부는 중력 수축하며, 이때 발생한 에너지에 의해 헬륨 핵 바깥쪽의 수소층이 가열되어 수소 핵융합 반응이 일어난다. 따라서 별의 바깥층이 급격히 팽창하면서 적색 거성(C)으로 진화한다.

채점 기준	배점
명칭을 옳게 쓰고, 과정을 옳게 서술한 경우	100 %
명칭만 옳게 쓴 경우	50 %

실전! 수능 도전하기

213쪽~215쪽

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

01 | 선택지 분석 |

- ㉠ (가)는 (나)보다 표면 온도가 높다.
→ 빈의 변위 법칙에 의해 최대 복사 에너지를 방출하는 파장(λ_{max})은 표면 온도(T)와 반비례하므로, 표면 온도는 (가)가 (나)보다 높다.
- ㉡ (가)의 색지수인 ($B-V$)는 (-)이다.
→ (가)는 B 필터의 파장 영역에 해당하는 면적이 V 필터의 파장 영역에 해당하는 면적보다 넓다. 따라서 B 등급이 V 등급보다 작으므로 색지수인 ($B-V$)는 (-)이다.
- ㉢ (나)는 U 등급이 B 등급보다 크다.
→ (나)는 U 필터의 파장 영역에 해당하는 면적이 B 필터의 파장 영역에 해당하는 면적보다 좁다. 따라서 (나)는 U 등급이 B 등급보다 크다.

02 | 선택지 분석 |

- ㉠ a별은 태양과 같은 색의 별이다.
→ 태양은 G형의 별로 b와 색이 같다.
- ㉡ b별의 표면 온도가 가장 낮다.
→ 별의 표면 온도는 $c > a > b$ 의 순이다.
- ㉢ c별의 반지름이 가장 크다.
→ $L = 4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ 에서 $R \propto \frac{\sqrt{L}}{T^2}$ 이다. 별 a와 b의 광도가 c보다 크고 별 b의 표면 온도가 가장 낮으므로 별 b의 반지름이 가장 크다.

03 | 선택지 분석 |

- ㉠ (가)는 ㉡, (나)는 ㉢, (다)는 ㉣에 해당한다.
→ H-R도에서 광도는 절대 등급과 관련이 있으며, 색지수는 표면 온도나 스펙트럼형(분광형)과 관련이 있다. 따라서 표와 그림을 비교해 보면 (가)는 ㉡, (나)는 ㉢, (다)는 ㉣이다.
- ㉡ 밀도가 가장 작은 별은 (나)이다.
→ H-R도에서 왼쪽 아래에 위치할수록 밀도가 크다.
- ㉢ (다)는 거성 또는 초거성이다.
→ 주계열의 오른쪽 위에 위치한 (나)는 거성 또는 초거성이고, 주계열성의 왼쪽 아래에 위치한 (다)는 백색 왜성이다.

04 | 선택지 분석 |

- ① A의 중심핵은 철(Fe)로 이루어져 있다.
→ A는 백색 왜성으로 중심핵에는 철(Fe)을 갖지 않는다.
- ② B의 중심에서는 헬륨 핵융합이 일어나고 있다.
→ B는 태양과 표면 온도나 광도가 비슷한 주계열성으로 중심에서는 수소 핵융합 반응 중 양성자·양성자 반응(p-p 반응)이 일어나고 있다.
- ③ 색지수는 C가 가장 크다.
→ C는 적색 거성으로 표면 온도가 가장 낮으므로 색지수는 가장 크다.
- ④ 밀도는 A가 B보다 작다.
→ 밀도는 백색 왜성인 A가 주계열성인 B보다 크다.
- ⑤ 겉보기 등급은 B가 C보다 작다.
→ 별 A, B, C는 거리가 거의 비슷하므로, 절대 등급이 작은 C가 B보다 겉보기 등급도 작다.

05 | 선택지 분석 |

- ㉠ 밀도
→ A는 주계열성이고, B는 적색 거성이다. H-R도에서 오른쪽 위로 갈수록 밀도가 작으므로 A가 B보다 밀도가 크다.
- ㉡ 반지름
→ 광도(L)는 비슷한데 표면 온도(T)는 A가 B보다 높으므로 반지름(R)은 A가 B보다 작다. ($L \propto R^2 \cdot T^4$)
- ㉢ 중심부에서의 수소 함량비
→ 중심부에서 수소 핵융합 반응을 하는 A가 B보다 중심부에서의 수소 함량비가 더 크다.

06 | 선택지 분석 |

- ㉠ 색지수가 클수록 별의 질량은 크다.
→ H-R도에서 주계열성은 좌측 상단에 분포할수록 표면 온도가 높고 광도가 크며, 질량이 크다.
- ㉡ 질량이 클수록 별의 반지름은 크다.
→ H-R도에서 주계열성은 좌측 상단에 분포할수록 표면 온도가 높고 광도가 크며, 반지름과 질량이 크고, 색지수가 작다.
- ㉢ 별 A의 질량은 태양의 10배이다.
→ 그림 (가)에서 별 A는 태양보다 절대 등급이 5등급 낮으므로 광도는 100배 더 밝다. 그림 (나)에서 태양보다 광도가 100배인 경우 질량은 태양의 10배가 되지 못한다.

07 | 선택지 분석 |

- ㉠ A는 B보다 질량이 크다.
→ 원시별의 질량이 클수록 주계열의 왼쪽 위에 도달하여 광도가 큰 주계열성이 된다.
- ㉡ A는 B보다 더 빠른 시간에 주계열성이 된다.
→ 원시별의 질량이 클수록 주계열에 도달하는 데 걸리는 시간이 짧다.
- ㉢ A와 B 모두 주계열성이 될 때까지 중력 수축 에너지가 주요 에너지원이다.
→ 주계열 단계에 이르기 전까지의 주요 에너지원은 중력 수축 에너지이다.

08 | 선택지 분석 |

- ① B는 파란색 별이다.
→ B는 색지수가 0.6 정도로 노란색 별이다. 색지수가 0인 별이 표면 온도 10000 K인 흰색 별이고, 색지수가 0보다 작은 별은 파란색을 나타내므로 B는 파란색 별이 아니다.
- ㉣ 실제 밝기는 A가 B보다 밝다.
→ A의 절대 등급은 약 3등급, B의 절대 등급은 약 5등급이다. 그러므로 실제 밝기는 A가 B보다 밝다.
- ③ 질량은 A가 B보다 작다.
→ H-R도에서 A가 B보다 더 왼쪽 위에 위치하므로 질량은 A가 B보다 크다.
- ④ 반지름은 A가 B보다 작다.
→ H-R도에서 A가 B보다 더 왼쪽 위에 위치하므로 반지름은 A가 B보다 크다.
- ⑤ 표면 온도는 A가 B보다 낮다.
→ 색지수가 A가 B보다 작으므로 표면 온도는 A가 B보다 높다.

09 | 선택지 분석 |

- ① 색지수는 A가 C보다 크다.
→ A는 C보다 표면 온도가 높으므로 색지수가 작다.
- ② 질량은 B가 A보다 크다.
→ B는 A보다 표면 온도가 낮고 광도도 작으므로 질량이 작다.
- ③ 절대 등급은 D가 B보다 크다.
→ D는 B보다 광도가 크므로 절대 등급이 작다.
- ㉣ 주계열에 머무는 기간은 B가 A보다 길다.
→ B는 A보다 질량이 작아 에너지 소모도 적으므로 주계열에 머무는 기간이 길다.
- ⑤ B의 중심핵에서는 헬륨 핵융합 반응이 일어난다.
→ B는 주계열성이므로 중심핵에서 수소 핵융합 반응이 일어난다.

10 | 선택지 분석 |

- ㉠ (가)의 ㉠에서 ㉡으로 진화하는 동안 광도는 증가한다.
→ ㉠에서 ㉡으로 진화하는 동안 절대 등급이 커지므로 광도는 감소한다.
- ㉡ (가)의 ㉡에 도달하면 중심에서 수소 핵융합 반응이 시작된다.
→ 원시별이 ㉡에 도달하면 수소 핵융합이 시작되며 영년 주계열에 위치한다.

- ㉢ (나)는 (가)의 ㉢ 단계에 해당하는 별의 내부 모습이다.
→ (나)는 (가)의 ㉢ 단계에 해당하는 적색 거성의 내부 구조이다.

11 | 선택지 분석 |

- ㉠ A → B 과정에서 별의 반지름이 작아진다.
→ 전주계열성은 중력 수축에 의해 반지름이 점점 줄어들면서 별 내부의 불투명도가 증가해 광도가 감소한다.
- ㉡ B → C 과정에서 별의 중심부에서의 주요 에너지원은 수소 핵융합 반응이다.
→ 주계열성의 중심부에서는 수소 핵융합 반응이 일어난다. 주계열성의 중심부에서 수소가 고갈되면 더 이상 수소 핵융합 반응이 일어나지 않으므로 헬륨으로 이루어진 중심부가 수축한다. 이때 별의 바깥층은 팽창하여 반지름이 커지고 광도가 급증하면서 적색 거성이 된다.
- ㉢ A~C 중 C의 표면 온도가 가장 높다.
→ H-R도의 왼쪽에 위치할수록 표면 온도가 높으므로 A~C 중 B의 표면 온도가 가장 높다.

12 | 선택지 분석 |

- ㉠ 별의 질량은 (가)가 (나)보다 크다.
→ 초신성 폭발을 거쳐 중성자별이나 블랙홀이 되는 (가)는 상대적으로 질량이 큰 별의 진화 경로이고, 마지막 단계가 백색 왜성인 (나)는 상대적으로 질량이 작은 별의 진화 경로이다.
- ㉡ A 과정에 머무는 시간은 (가)가 (나)보다 짧다.
→ 질량이 큰 별은 수소 핵융합 반응을 통해 더 많은 에너지를 만들어내는데, 이때 소모되는 수소의 양이 많아 주계열성으로 지내는 시간이 짧고 수명이 짧다.
- ㉢ 천체의 밀도는 (나)가 (가)보다 크다.
→ 백색 왜성보다 중성자별과 블랙홀의 밀도와 중력이 더 크다.

03~ 별의 에너지원과 내부 구조

꼭꼭! 개념 확인하기 219쪽

✓ **잠깐 확인**

1 질량 에너지 등가 원리 2 핵융합 3 CNO 순환 반응
4 정역학 평형 5 복사 6 대류

01 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ 02 (1) 수소 핵융합 반응
(2) 양성자·양성자(p-p) (3) 탄소·질소·산소(CNO)
03 ㉠ 복사, ㉡ 대류 04 (가) < (나) 05 (1) 철 (2) 무거운

01~02 수소 핵융합 반응은 주계열성의 에너지원으로, 중심부의 온도가 1000만 K 이상일 때 수소 원자핵 4개가 융합하여 1개의 헬륨 원자핵을 만들며, 이 과정에서 줄어드는 질량이 에너지로 전환된다. 별의 질량에 따라 태양 정도의 별

에서는 양성자·양성자(p-p) 반응이, 태양 질량의 약 1.5배가 넘는 별에서는 탄소·질소·산소 순환 반응이 우세하게 일어난다.

04 질량이 태양 정도인 주계열성은 중심부에 복사층, 바깥쪽에 대류층이 발달한다. 질량이 태양의 약 1.5배가 넘는 별은 대류핵과 복사층으로 구성되어 있다.

개념POOL

221쪽

- 01 B가 A보다 질량이 크고 온도가 높다.
- 02 (1) 양성자·양성자 반응 (2) 탄소·질소·산소 순환 반응

탄탄! 내신 다지기

222쪽~223쪽

- 01 중력 수축 에너지 02 ⑤ 03 18×10^{16} J 04 ④
- 05 C(탄소), N(질소), O(산소) 06 ④ 07 ③ 08 태양과 질량이 비슷한 별, 질량이 태양의 약 1.5배 이하 09 ④
- 10 ⑤ 11 (나) 12 ⑤

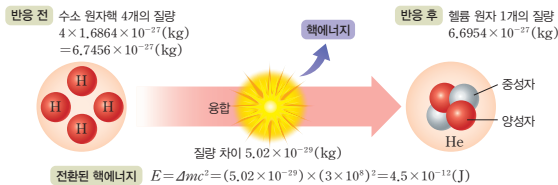
01 원시별에서는 기체압보다 중력이 더 크게 작용하여 중력 수축이 일어나고, 이때 위치 에너지가 다른 에너지(열에너지와 운동 에너지)로 바뀐다.

02 | 선택지 분석 |

- ㉠ 수소 원자핵 4개가 융합하여 헬륨 원자핵 1개를 생성한다.
 - ➔ 수소 핵융합 반응은 수소 원자핵 4개가 융합하여 헬륨 원자핵 1개를 생성하는 반응이다.
- ㉡ 핵융합 반응에서 감소한 질량이 에너지로 변한다.
 - ➔ 핵융합 반응 후에 질량이 줄어드는데, 이 줄어든 질량이 에너지로 전환된다.
- ㉢ 태양도 이와 같은 반응으로 에너지를 생성한다.
 - ➔ 태양도 주계열성이므로 수소 핵융합 과정을 통해 에너지를 생성한다.

03 질량 에너지 등가 원리에 의해 핵융합을 통해 만들어지는 에너지의 양 $E = \Delta mc^2$ 이다. 따라서 생성된 에너지의 양은 $2 \text{ kg} \times (3 \times 10^8 \text{ m/s})^2 = 18 \times 10^{16} \text{ J}$ 이다.

더 알아보기 수소 핵융합 반응 시 질량 결손 비율

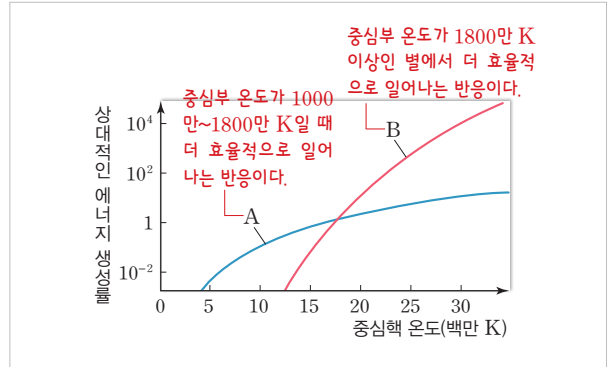


수소 원자핵 4개가 반응할 때 $5.02 \times 10^{-29} \text{ kg}$ 의 질량 결손이 생긴다. 즉, 수소 핵융합 반응 시에는 약 0.7 %의 질량 결손이 생긴다. 태양의 수소 중 핵융합 반응을 일으키는 양은 중심부의 약 15 %인데, 현재 태양의 광도를 고려할 때 태양 중심부의 수소가 모두 헬륨으로 변하는 데 약 100억 년이 걸린다.

04 그림은 양성자·양성자 반응(p-p 반응)으로 태양 정도의 질량을 가진 주계열성에서 우세하게 일어난다. 핵융합 과정에서 결손된 질량이 에너지로 변환되어 방출된다.

05 그림은 탄소·질소·산소 순환 반응(CNO 순환 반응)이다. 이 과정에서 탄소, 질소, 산소는 촉매 역할을 하며, 소모된 물질과 최종 산물은 p-p 반응과 동일하다.

06 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

- ㉠ 태양의 내부에서는 A가 우세하게 일어난다.
 - ➔ A는 별의 질량이 태양과 비슷하거나 질량이 작은 별에서 일어나는 p-p 반응이다.
- ㉡ B는 p-p 반응이다.
 - ➔ B는 질량이 태양 질량보다 1.5배가 넘는 별에서 일어나는 CNO 순환 반응이다.
- ㉢ A, B 반응 후에 헬륨이 만들어진다.
 - ➔ 두 반응 모두 마지막에 헬륨이 만들어진다.

07 태양과 같은 주계열성의 내부는 수축하려는 중력과 팽창하려는 기체압이 평형을 이루고 있어 별의 크기가 일정하게 유지된다.

08 안쪽에 복사층, 바깥층에 대류층으로 구성되어 있으므로 질량이 태양의 약 1.5배 이하인 주계열성이다.

09 (가)는 질량이 태양 정도인 별, (나)는 질량이 태양의 약 1.5배보다 큰 별의 에너지 전달 방식이다.

| 선택지 분석 |

- ㉠ 질량
 - ➔ (나)의 내부에 대류가 일어나는 것으로 보아 질량은 (나)가 (가)보다 크다.
- ㉡ 표면 온도
 - ➔ 질량이 큰 주계열성일수록 표면 온도가 높다.
- ㉢ 반지름
 - ➔ 질량이 큰 주계열성일수록 반지름도 크다.

✗ 별의 수명

→ 질량이 큰 주계열성일수록 진화 속도가 빨라 수명이 짧다.

10 별의 중심에서 핵융합으로 만들어질 수 있는 원소는 철보다 원자량이 작은 원소들이다.

더 알아보기 핵융합 반응이 일어나는 순서

반응 원소	생성 원소	온도
수소	헬륨	↓ 높다
헬륨	탄소, 산소	
탄소	산소, 네온, 마그네슘	
네온	마그네슘	
산소	규소, 황	
규소	철	

11 질량이 충분히 큰 별은 적색 거성 단계를 지나 여러 단계의 핵반응을 거쳐 마지막에는 중심부에 철로 된 핵이 생성된다.

더 알아보기 핵융합의 종착점

핵융합의 경우 철보다 무거운 원자핵이 만들어지면 불안정해지고, 핵분열의 경우 철보다 가벼운 원자핵이 만들어지면 불안정해지므로, 두 핵반응의 종착점에 만들어지는 원소는 모두 철이다.

12 | 선택지 분석 |

- ㉠ (나)는 (가)보다 별의 질량이 크다.
→ 태양 질량의 10배 이상인 별은 내부의 온도가 높아 철을 생성하는 핵융합 반응이 일어난다. (나)의 별의 내부에 철까지 생성되었으므로, 별의 질량은 (나)가 (가)보다 크다.
- ㉡ (나)는 (가)보다 별의 중심 온도가 더 높다.
→ (나)의 별에서 철이 생성된 것으로 보아 내부의 온도가 (가)보다 높다.
- ㉢ 초신성 폭발을 일으키는 별은 (나)이다.
→ 철이 생성된 질량이 큰 별에서 초신성 폭발을 일으킨다.

도전! 실력 올리기

224쪽~225쪽

01 ① 02 ⑤ 03 ① 04 ② 05 ③ 06 ①

07 | 모범 답안 | (가)는 질량이 태양 정도인 별의 내부 구조이고, (나)는 태양 질량의 약 1.5배 이상인 별의 내부 구조이다. 질량이 클수록 중심 온도가 높으므로, 질량이 작은 (가)가 (나)보다 중심 온도가 낮고, 진화 속도가 느리다.

08 (가) 양성자·양성자 반응 (나) 탄소·질소·산소 순환 반응

09 | 모범 답안 | 철(Fe), 철보다 원자량이 큰 물질은 초신성 폭발 시 방출되는 에너지에 의해 생성된다.

01 | 선택지 분석 |

- ㉠ (가)와 (나)에서는 수소 핵융합 반응이 일어난다.
→ 주계열성은 수소 핵융합 반응을 통해 에너지를 생성한다.
- ✗ (다)의 에너지원은 중력 수축 에너지이다.
→ (가)~(다) 모두 주계열성이므로 수소 핵융합 반응을 한다. 중력 수축 에너지는 아직 주계열에 도달하지 못한 원시별의 에너지원이다.
- ✗ (가)~(다) 중 (다)에서 CNO 순환 반응이 가장 활발하다.
→ CNO 순환 반응은 질량이 큰 별에서 주로 일어난다. 따라서 왼쪽 위에 있는 (가)에서 가장 활발하다.

02 | 선택지 분석 |

- ㉠ 탄소, 질소, 산소는 촉매의 역할을 한다.
→ 그림은 수소 핵융합 반응 중 CNO 순환 반응을 나타낸 것으로, 별의 질량이 태양의 약 1.5배 이상인 별에서 우세하게 일어나는 반응이다.
- ㉡ 이 별은 정역학적 평형 상태를 유지하고 있다.
→ 수소 핵융합 반응이 일어나고 있는 별은 주계열 단계에 있는 별이므로 정역학 평형 상태를 유지하는 별이다.
- ㉢ 이 별의 중심부에서는 대류의 형태로 에너지가 전달된다.
→ 질량이 큰 별의 중심부는 대류의 형태로 에너지가 전달되고, 표면에서는 복사의 형태로 에너지가 전달된다.

03 | 선택지 분석 |

- ㉠ (가)의 질량은 (나)보다 작다.
→ (가)는 질량이 태양 정도인 별의 내부이고, (나)는 질량이 태양의 약 1.5배 이상인 별의 내부이다.
- ✗ (가)의 중심핵에서는 탄소가 촉매 역할을 하는 반응이 우세하다.
→ 질량이 태양 정도인 별에서는 양성자·양성자 반응이 우세하다.
- ✗ (나)의 중심핵에서는 양성자·양성자 반응이 우세하다.
→ 질량이 태양의 약 1.5배 이상인 별에서는 탄소·질소·산소 순환 반응이 우세하다.

04 | 선택지 분석 |

- ✗ 광도와 표면 온도 모두 증가한다.
→ 주계열성에서 거성으로 진화할 때 반지름이 증가하므로 별의 광도는 증가하고 표면 온도는 약간 감소한다.
- ✗ 거성에서 초거성으로 진화하는 단계이다.
→ 중심부는 수축하고 수소각 연소가 이루어지고 있으며, 외층은 팽창하고 있는 것으로 보아 주계열성에서 거성으로 진화하는 단계를 알 수 있다.
- ㉢ 헬륨의 중력 수축 에너지가 바깥쪽의 수소를 융합시킨다.
→ 중심부의 헬륨이 중력 수축을 하면서 발생한 에너지가 바깥쪽의 수소에 공급되어 수소각 연소가 이루어진다.

05 | 선택지 분석 |

- ㄱ (가)는 거성의 내부 구조를 나타낸 것이다.
 → (가)는 중심부에 헬륨 핵이 있으므로 거성의 내부 구조이다.
- ㄴ (나)는 (다)보다 질량이 작다.
 → (나)는 질량이 태양 정도인 주계열성의 내부 구조이고, (다)는 태양 질량의 약 1.5배 이상인 주계열성의 내부 구조이다.
- ✗ (다)는 중심핵의 수소핵 융합 반응이 끝난 별의 내부 구조이다.
 → 주계열을 이탈한 별의 내부 구조는 거성의 내부 구조인 (가)이다.

06 | 선택지 분석 |

- ㄱ 질량은 (가)가 (나)보다 작다.
 → 헬륨 핵융합 반응을 거쳐 탄소 핵이 생성된 (가)보다 여러 가지 핵융합 반응을 거쳐 철(Fe)로 이루어진 중심핵이 생성된 (나)가 질량이 더 크다.
- ✗ 중심 온도 및 압력은 (가)가 (나)보다 높다.
 → 질량이 큰 별일수록 중심핵에서의 압력과 온도가 더 높아서 무거운 원소의 핵융합 반응이 일어나게 된다.
- ✗ (가)는 주계열성, (나)는 적색 거성의 내부 구조이다.
 → (가)와 같이 헬륨 핵융합 반응을 통해 탄소 핵이 만들어진 별은 적색 거성 단계의 내부 구조이고, (나)와 같이 여러 가지 원소들이 층을 이루고, 가장 중심에 철(Fe)의 핵이 나타나는 별은 초거성 단계의 내부 구조이다.

07 (가)는 질량이 태양 정도인 별의 내부 구조이고, (나)는 태양 질량의 약 1.5배 이상인 별의 내부 구조이다. 질량이 클수록 중심 온도가 높으므로, 질량이 작은 (가)가 (나)보다 중심부의 온도가 낮고, 진화 속도가 느리다.

채점 기준	배점
질량, 중심 온도, 진화 속도를 모두 비교하여 서술한 경우	100 %
질량, 중심 온도, 진화 속도 중 하나만 비교하여 서술한 경우	50 %

08 핵융합 반응 중 탄소·질소·산소 순환 반응은 중심부의 온도가 높은 (나)에서 우세하게 일어난다.

09 별의 중심부에서 핵융합 반응으로 만들어질 수 있는 원소 중 원자량이 가장 큰 원소는 철(Fe)이고, 철보다 원자량이 큰 물질은 초신성 폭발 시 방출되는 에너지에 의해 생성된다.

채점 기준	배점
원소의 명칭을 적고, 초신성 폭발을 언급하여 물질 생성 과정을 옮겨 서술한 경우	100 %
원소의 명칭만 옮겨 쓴 경우	50 %

04~ 외계 행성계와 외계 생명체 탐사

탐구POOL

230쪽

01 (1) 증가, 멀어 (2) G형 (3) 높고, 크다

꼭꼭! 개념 확인하기

231쪽

✓ 잠깐 확인!

1 외계 행성계 2 도플러 효과 3 중력 렌즈 현상 4 생명 가능 지대 5 물 6 세티 프로젝트

01 (1) 외계 행성 (2) 도플러 효과 02 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ 03 중력 렌즈 04 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × 05 ㉠ 액체 ㉡ 물

02 (1) 별이 관측자에게 다가오면 별빛의 파장이 짧아지고, 멀어지면 파장이 길어진다.
 (2) 도플러 효과를 이용하여 외계 행성을 탐사하려면 행성을 거느린 별에서 나오는 빛의 스펙트럼을 관측해야 한다.

03 앞쪽 별의 중력 때문에 뒤에서 오는 별빛이 휘어져 관찰되는 현상은 중력 렌즈 현상이다.

04 (2) 별의 광도가 클수록 생명 가능 지대는 중심별로부터 멀어진다.
 (4) 생명 가능 지대는 별의 진화에 따라 폭이 넓어지고 거리가 멀어진다.

05 생명 탄생에 가장 중요한 요소는 액체 상태의 물이며, 외계 생명체의 기본 구성 물질은 탄소일 가능성이 높다.

탄탄! 내신 다지기

232쪽~233쪽

01 ㄱ, ㄷ 02 ㉢ 03 ㉢ 04 ㉤ 05 ㉢ 06 ㉣ 07 ㉢ 08 ㉤ 09 ㉢

01 외계 행성계 탐사 방법에는 중심별의 시선 속도 변화를 이용하는 방법, 식현상을 이용하는 방법, 미세 중력 렌즈 효과를 이용하는 방법 등이 있다.

| 선택지 분석 |

- ㄱ 외계 행성에 의한 식현상을 이용하는 방법
 → 지구의 관측자와 시선 방향이 나란한 경우 식현상을 이용해 외계 행성을 찾아낼 수 있다.
- ✗ 우주 망복선을 보내어 외계 행성계를 촬영하는 방법
 → 외계 행성계는 태양계 밖의 천체로 우주 망복선을 직접 보낼 만큼의 과학 기술이 발달하지 못했다.

㉔ 중심별의 스펙트럼에 나타나는 도플러 효과를 이용하는 방법
 → 중심별의 시선 속도 변화를 이용하여 외계 행성계를 찾아낼 수 있다.

✗ 외계 행성의 위상 변화를 관찰하는 방법
 → 외계 행성은 너무 멀리 있어서 행성 자체를 직접 관측하기는 불가능하며, 특히 위상 변화와 같은 현상은 달이나 금성처럼 가까운 천체만 관측이 가능하다.

02 | 선택지 분석 |

㉓ (가)는 별의 밝기 변화를 관측하여 외계 행성을 탐사한다.
 → (가)는 식현상에 의한 밝기 변화를 이용한 탐사 방법이다.

㉒ (나)는 도플러 효과를 이용하여 행성을 찾아낸다.
 → (나)는 도플러 효과를 이용한 탐사 방법으로 중심별의 도플러 효과를 측정한다.

✗ 질량이 작은 행성은 (나)와 같은 방법으로 관측하기 유리하다.
 → (나)는 도플러 효과를 이용한 외계 행성 탐사 방법으로, 행성의 질량이 클수록 행성의 존재를 확인하기 쉽다.

03 행성과 중심별은 공통 질량 중심 주위를 공전하므로 별의 스펙트럼을 분석하면 도플러 효과에 의한 이동 정도를 알아낼 수 있다.

04 | 선택지 분석 |

㉑ 행성이 중심별 앞을 지날 때는 별의 밝기가 줄어든다.
 → 행성은 빛을 내지 못하기 때문에 별의 앞을 지나가면 행성의 면적만큼 별의 밝기가 감소한다.

㉒ 행성의 지름이 클수록 별의 밝기 변화가 심하다.
 → 행성의 면적이 크면 별의 빛을 가리는 면적이 늘어나 밝기가 더 많이 감소한다.

㉓ 식현상이 일어날 때 행성의 크기와 대기 성분을 알 수 있다.
 → 행성의 크기는 식현상으로 감소한 광도로 구할 수 있고, 대기 성분은 식이 일어날 때 별빛의 스펙트럼을 관측하여 알 수 있다.

05 | 선택지 분석 |

㉑ 행성의 반지름은 A가 B보다 크다.
 → A에 의한 광도의 감소 폭이 B보다 더 크게 나타나므로, A가 B보다 반지름이 크다.

㉒ A에 의한 식현상이 B보다 더 자주 일어난다.
 → B는 A보다 공전 궤도 반지름이 길어 공전 주기가 더 길기 때문에 식현상이 일어나는 주기가 더 길다.

✗ A에 의한 식현상은 B보다 오래 지속된다.
 → B는 A보다 공전 궤도 반지름이 길어 공전 주기가 더 길기 때문에 더 오래 지속된다.

06 | 선택지 분석 |

✗ 외계 행성의 시선 속도 변화를 직접 측정하여 알아낸 자료이다.
 → 도플러 효과를 이용한 외계 행성 탐사법은 중심별의 스펙트럼

에 나타난 시선 속도 변화를 측정하는 것이다.

㉒ 외계 행성이 중심별에 가까이 있을수록 쉽게 발견된다.
 → 외계 행성이 중심별에서 멀리 떨어져 있을수록 중심별에 미치는 중력 효과가 감소하여 도플러 효과에 의한 파장 변화도 감소한다.

㉓ 발견된 외계 행성들의 질량은 대부분 지구보다 클 것이다.
 → 외계 행성들의 질량은 대부분 목성 질량의 0.1~10배 정도(지구 질량의 30~3000배 정도)이다.

07 중심별에서 멀어지면 행성의 온도가 낮아져 생명체가 살기 어렵다.

08 | 선택지 분석 |

㉑ 생명 가능 지대에 있는 행성에는 액체 상태의 물이 존재할 수 있다.
 → 별의 둘레에서 물이 액체 상태로 존재할 수 있는 범위를 생명 가능 지대라고 한다.

㉒ 중심별의 질량이 클수록 생명 가능 지대의 거리는 별에서 멀어진다.
 → 중심별의 질량이 클수록 별의 광도가 증가하므로 생명 가능 지대는 별에서 멀어진다.

㉓ 태양계 행성 중 지구만이 생명 가능 지대에 위치한다.
 → 태양계 행성 중에서 지구만이 생명체가 거주할 가능성이 있는 영역에 포함된다.

09 | 선택지 분석 |

㉑ 케플러-186 행성계 중심별의 질량이 가장 작다.
 → 생명 가능 지대는 별의 광도가 클수록 중심별로부터 더 멀리, 더 넓게 분포한다. 따라서 케플러-186 행성계 중심별의 질량이 가장 작고, 케플러-452b 행성계 중심별의 질량이 가장 크다.

✗ 케플러-452 행성계 중심별의 수명이 케플러-186 행성계 중심별보다 길 것이다.
 → 질량이 큰 별일수록 표면 온도는 높고, 수명은 짧다.

㉒ 외계 행성 케플러-452b에는 액체 상태의 물이 존재할 수 있다.
 → 외계 행성 케플러-452b는 생명 가능 지대 안에 있으므로 물이 존재할 수 있다.

도전! 실력 올리기

234쪽~235쪽

01 ⑤ 02 ③ 03 ⑤ 04 ② 05 ③ 06 ③

07 | 모범 답안 | ㉑ 방향으로 공전, A에서 청색 편이가 가장 크게 나타나고 이후 파장이 길어지다가 다시 짧아지므로 별이 처음에 지구와 가까워졌다가 다시 멀어져야 한다. 따라서 행성은 ㉑ 방향으로 공전해야 한다.

08 별 B의 밝기 변화

09 | 모범 답안 | 뒤쪽 별의 밝기가 불규칙하게 변하는 까닭은 행성의 중력에 의한 미세 중력 렌즈 현상이 추가로 작용하기 때문이다.

01 | 선택지 분석 |

- ㉠ 중심별의 위치를 나타낸 것은 1, 2이다.
 - ➔ 공통 질량 중심으로부터 가까운 위치에 있는 1, 2가 중심별이다.
- ㉡ 외계 행성을 탐사하기 위해서는 1, 2의 스펙트럼을 관측해야 한다.
 - ➔ 중심별의 스펙트럼을 통해 중심별의 도플러 효과를 측정한다.
- ㉢ 1', 2'의 질량이 클수록 탐사에 유리하다.
 - ➔ 외계 행성의 질량이 클수록 중심별의 움직임이 커서 도플러 효과가 더 크게 일어난다.

02 | 선택지 분석 |

- ㉠ 지구형 행성을 찾는 까닭은 목성형 행성에 비해 생체체가 존재할 가능성이 더 크기 때문이다.
 - ➔ 지구형 행성을 찾는 까닭은 지구와 비슷한 환경의 행성에 생체체가 존재할 가능성이 크기 때문이다.
- ✕ 케플러 우주 망원경은 도플러 효과를 이용하여 외계 행성을 찾는다.
 - ➔ 케플러 우주 망원경은 식현상을 이용하여 외계 행성을 찾는다.
- ㉡ 발견된 외계 행성의 공전 궤도면은 대부분 시선 방향에 나란하다.
 - ➔ 외계 행성의 공전 궤도면이 시선 방향과 거의 나란해야 식현상이 일어날 수 있다.

03 | 선택지 분석 |

- ㉠ 중심별의 밝기가 어두워지는 까닭은 식현상 때문이다.
 - ➔ 중심별의 밝기가 어두워지는 까닭은 식현상 때문이다.
- ㉡ A는 행성의 공전 주기가 길수록 길어진다.
 - ➔ A는 행성이 중심별 앞면을 통과하는 데 걸린 시간으로 공전 주기가 길수록 길어진다.
- ㉢ B는 행성의 반지름이 클수록 커진다.
 - ➔ 행성의 반지름이 클수록 중심별을 가리는 면적이 커서 중심별의 밝기가 어두워지는 정도(B)가 크다.

04 | 선택지 분석 |

- ✕ (가)는 이동하고 있는 별의 광도 변화를 나타낸다.
 - ➔ (가)의 밝기 변화는 멀리 있는 별의 광도 변화이다
- ㉡ (나)는 외계 행성에 의해서 추가된 효과이다.
 - ➔ (나)는 외계 행성에 의해 추가된 효과로 나타나는 미세 중력 렌즈 현상이다.
- ✕ 외계 행성의 공전에 의해 주기적으로 나타난다.
 - ➔ 미세 중력 렌즈 현상은 같은 별에서 2번 이상 일어나는 경우가 거의 없는 우연히 일어나는 현상이다.

05 | 선택지 분석 |

- ㉠ 중심별까지의 거리가 가까운 행성들이 식현상에 의한 탐사가 비교적 쉽게 이루어진다.
 - ➔ 중심별까지의 거리가 가까워야 식현상을 구별하기 쉽다.

- ✕ 목성과 질량이 같은 외계 행성들은 중심별로부터의 거리가 거의 같다.
 - ➔ 목성과 질량이 같은 외계 행성들 중에는 목성보다 중심별로부터의 거리가 작은 것도 있고 큰 것도 있다.
- ㉡ 목성보다 질량이 큰 외계 행성들의 궤도 긴반지름은 다양하다.
 - ➔ 목성보다 질량이 큰 외계 행성들 중에는 목성보다 중심별에서 먼 곳에 있는 것도 있고 가까운 것도 있다.

06 | 선택지 분석 |

- ㉠ 광도가 클수록 별의 수명이 짧다.
 - ➔ 광도가 큰 별일수록 에너지 방출량이 많고, 중심부의 연료 소모율이 커진다. 따라서 별의 수명이 짧다.
- ㉡ 스피카의 생명 가능 지대는 프로키온의 생명 가능 지대보다 별에서 더 먼 거리에 위치한다.
 - ➔ 질량이 큰 스피카의 생명 가능 지대가 질량이 작은 프로키온의 생명 가능 지대보다 별에서 더 먼 거리에 위치한다.
- ✕ 질량이 작은 별보다 질량이 큰 별 주변의 행성에서 생명체가 진화할 수 있는 안정된 환경이 오래 유지된다.
 - ➔ 질량이 큰 별보다 질량이 작은 별 주변의 행성에서 생명체가 진화할 수 있는 안정된 환경이 오래 유지된다.

- 07 ㉠ 방향으로 공전, A에서 청색 편이가 가장 크게 나타나고 이후 파장이 길어지다가 다시 짧아지므로 별이 처음에 지구와 가까워졌다가 다시 멀어져야 한다. 따라서 행성은 ㉠ 방향으로 공전해야 한다.

채점 기준	배점
방향을 옳게 쓰고, 그 까닭을 도플러 이동과 관련지어 옳게 서술한 경우	100 %
방향만 옳게 쓴 경우	50 %

- 08 뒤쪽 별 B에서 오는 빛이 앞쪽 별(A)의 중력 때문에 굴절되어 보이는데, 외계 행성을 가지고 있다면 굴절되는 정도에 미세한 차이가 나타난다.

- 09 그림에서 뒤쪽 별의 밝기가 불규칙하게 변하는 까닭은 행성의 중력에 의한 미세 중력 렌즈 현상이 추가로 작용하기 때문이다.

채점 기준	배점
행성의 중력과 미세 중력 렌즈 현상을 2가지 모두 서술한 경우	100 %
행성의 중력과 미세 중력 렌즈 현상 중 1가지만 서술한 경우	50 %

실전! 수능 도전하기

237쪽~240쪽

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

01 | 선택지 분석 |

- ㉠ (가)의 중심에서는 CNO 순환 반응이 우세하다.
→ (가)는 주계열에, (나)는 전주계열에 있는 별을 나타낸다. (가)는 주계열성 중 질량이 큰 별이므로 CNO 순환 반응이 우세하게 일어난다.
- ㉡ (나)는 중력 수축 에너지가 주된 에너지원이다.
→ (나)는 전주계열 단계에 있으므로 중력 수축 에너지가 주된 에너지원이다.
- ✗ 중심부의 온도는 (가)보다 (나)가 더 높다.
→ (가)는 스펙트럼형이 B형에, (나)는 G형에 해당하므로 중심부의 온도는 (가)보다 (나)가 더 낮다

02 | 선택지 분석 |

- ㉠ 태양과 질량이 비슷한 별의 주계열 단계에서 일어나는 반응이다.
→ 이 반응은 중심부의 온도가 1800만 K 이하인 주계열성에서 일어나는 p-p 반응으로 태양과 질량이 비슷한 별에서 나타나는 반응이다.
- ✗ 이 반응에서 감마선은 촉매 작용을 한다.
→ 이 반응에서 남은 에너지가 감마선의 형태로 빠져나가게 된다.
- ✗ 헬륨 원자핵 1개의 질량은 수소 원자핵 4개의 질량의 합보다 크다.
→ 수소 핵융합 반응에서는 핵융합 반응으로 생성된 헬륨 원자핵 1개의 질량이 반응에 참여한 수소 원자핵 4개의 질량의 합보다 작아 질량 손실이 일어나며, 손실된 질량이 에너지로 방출된다.

03 | 선택지 분석 |

- ㉠ (가)는 (나)보다 질량이 작다.
→ 대류핵과 복사층으로 이루어진 (나)가 (가)보다 질량이 크고 중심 온도도 높다.
- ㉡ (나)에서 핵은 복사층보다 온도가 높다.
→ (나)에서 대류가 일어나는 대류핵은 복사층보다 온도가 높다.
- ✗ 태양은 (나)와 같은 내부 구조를 갖는다.
→ 태양 정도의 질량을 가진 주계열성은 핵융합 반응이 일어나는 중심핵을 복사층과 대류층이 차례로 둘러싸고 있는 (가)와 같은 내부 구조를 갖는다.

04 | 선택지 분석 |

- ㉠ A가 팽창하면서 표면 온도는 낮아진다.
→ 바깥층은 팽창하여 크기가 커지고 표면 온도는 낮아지면서 적색 거성이 된다.
- ✗ B에서는 헬륨 핵융합 반응이 일어난다.
→ 헬륨 핵의 중력 수축으로 발생한 에너지가 중심부 외곽에 공급되어 수소각에서 수소 핵융합 반응이 일어난다.
- ✗ 핵의 수축으로 온도가 높아지면서 중심부에서는 수소 핵융합 반응이 다시 시작된다.
→ 중심부의 온도가 높아짐에 따라 중심부에서는 헬륨 핵융합 반응이 일어난다.

05 | 선택지 분석 |

- ✗ 행성이 A에 있을 때 청색 편이가 관측된다.
→ 행성은 광도가 너무 낮아 직접 관측이 불가능하며, 행성이 아닌 별의 도플러 효과를 측정해야 한다. 별빛이 관측자에게서 멀어지고 있으므로 적색 편이가 관측된다.
- ✗ 별빛의 파장 변화는 별까지의 거리에 비례한다.
→ 별빛의 파장 변화는 지구에서 별까지의 거리에 관계없이 별의 시선 속도 크기에 따라 달라진다.
- ㉠ 행성의 질량이 클수록 별빛의 편이량이 커진다.
→ 행성의 질량이 클수록 공통 질량 중심은 별에서 멀어진다. 이로 인해 별의 흔들림이 더 커져 별빛의 편이량도 커진다.

06 | 선택지 분석 |

- ㉠ 도플러 효과를 이용한 방법이다.
→ (가)는 도플러 효과를 이용한 외계 행성 탐사 방법이다.
- ㉡ A 위치일 때 별빛의 파장이 길게 관측되었다.
→ (나)에서 A 위치일 때 별빛 스펙트럼이 파장이 긴 빨간색 쪽으로 치우쳐 있으므로 적색 편이가 나타난다.
- ✗ 행성은 ㉠ 방향으로 공전하고 있다.
→ 별이 A 위치일 때 적색 편이가 나타나므로 중심별은 지구로부터 멀어지고 있다. 중심별과 행성은 공통 질량 중심을 같은 방향으로 회전하므로 둘 다 시계 방향으로 돌고 있다.

07 | 선택지 분석 |

- ㉠ 행성에 의한 별의 식현상을 관측한다.
→ 공전하는 행성이 별의 일부분을 가리면 별의 밝기가 약간 어두워진다. 이를 통해 행성의 존재를 알아낼 수 있다.
- ✗ 행성에 의한 별의 표면 온도 변화를 관측한다.
→ 행성은 별의 표면 온도에 영향을 미치지 않는다. 따라서 별의 표면 온도 변화를 관측하여 행성의 존재를 알아낼 수 없다.
- ㉡ 행성에 의한 별의 스펙트럼선 편이를 관측한다.
→ 행성과 별이 공통 질량 중심을 공전하므로 별의 스펙트럼에 나타난 도플러 효과를 분석하면 행성의 존재를 확인할 수 있다.

08 | 선택지 분석 |

- ㉠ 중심별과 행성은 공통 질량 중심을 공전한다.
→ 중심별과 행성은 공통 질량 중심을 서로 공전한다.
- ✗ (나)는 (가)보다 도플러 효과에 의한 별빛의 최대 편이량이 작다.
→ (나)의 경우 (가)보다 행성의 질량이 크므로 중심별의 공전 궤도가 커져 지구에서 관측되는 도플러 효과가 더 크게 나타난다.
- ㉡ 행성에 의한 식이 진행되는 시간은 (다)가 (나)보다 길다.
→ (나)와 (다)는 행성의 질량이 같지만, (다)의 공전 궤도 반지름이 더 길기 때문에 공전 속도가 느리고 공전 주기가 길다. 따라서 식이 진행되는 시간은 (다)가 (나)보다 길다.

- 09 스타이로폼 공이 전구를 중심으로 회전하므로 스타이로폼 공은 외계 행성, 전구는 중심별로 볼 수 있다. 두 스타이로폼 공의 크기가 다르기 때문에 전구의 밝기 변화 정도가 다른 것이다. 따라서 이 실험은 외계 행성의 크기가 클수

록 중심별을 많이 가려 중심별의 밝기 변화가 크게 관측된다는 것을 검증하고자 하는 것이다.

10 | 선택지 분석 |

- ㉠ (가)에서 행성의 반지름이 클수록 별의 밝기 변화가 크다.
 - ➔ (가)에서 행성의 반지름이 클수록 중심별이 많이 가려지므로 별의 밝기 변화가 크다.
- ㉡ (나)에서 A는 별의 중력 때문에 나타난다.
 - ➔ (나)에서 A는 행성의 중력에 의한 추가적인 밝기 변화가 나타난 것이다.
- ㉢ (가)와 (나)는 행성에 의한 중심별의 밝기 변화를 이용한다.
 - ➔ (가)는 행성에 의한 중심별의 밝기 변화를 이용하며, (나)는 중심별과 행성에 의한 배경별의 밝기 변화를 이용한다.

11 | 선택지 분석 |

- ㉠ 외계 행성들의 질량은 대부분 지구보다 크다.
 - ➔ 발견된 외계 행성들의 질량은 대부분 지구보다 크다.
- ㉡ 외계 행성들의 공전 궤도 긴반지름은 대부분 지구보다 크다.
 - ➔ 외계 행성들의 공전 궤도 긴반지름은 대부분 지구(1 AU)보다 작다.
- ㉢ 이 방법을 이용한 외계 행성 탐사는 관측자의 시선 방향이 외계 행성의 공전 궤도면에 수직일 때 가능하다.
 - ➔ 외계 행성의 공전 궤도면에 관측자의 시선 방향이 수직일 경우에는 식현상이 일어나지 않기 때문에 외계 행성의 존재 여부를 알 수 없다.

12 | 선택지 분석 |

- ㉠ 별의 광도는 A가 B보다 크다.
 - ➔ 행성의 공전 궤도 반지름이 클수록 중심별로부터 생명 가능 지대까지의 거리가 멀다. 주계열성은 질량이 클수록 광도가 크고, 생명 가능 지대까지의 거리가 멀어지므로 별의 광도는 A가 B보다 크다.
- ㉡ A에서 생명 가능 지대의 폭은 0.8 AU보다 크다.
 - ➔ A보다 질량이 작은 C의 생명 가능 지대의 폭은 0.8 AU이므로, A의 생명 가능 지대의 폭은 0.8 AU보다 크다.
- ㉢ 생명 가능 지대에 머무르는 기간은 B의 행성이 C의 행성보다 길다.
 - ➔ B는 생명 가능 지대가 중심별에서 가장 가까우므로 중심별의 질량이 가장 작다. 별의 질량이 작을수록 별의 수명은 증가하므로 행성이 생명 가능 지대에 머물 수 있는 시간이 길어진다.

13 | 선택지 분석 |

- ㉠ 지구는 생명 가능 지대에 속한다.
 - ➔ 태양계의 생명 가능 지대는 태양으로부터 약 0.95~1.15 AU 사이의 영역이므로, 지구는 생명 가능 지대에 속한다.

- ㉡ 질량이 작은 별일수록 생명 가능 지대의 폭이 좁아진다.
 - ➔ 별의 질량이 작을수록 생명 가능 지대는 폭이 좁아지고, 별의 가까운 곳에 위치한다.
- ㉢ 태양의 질량이 0.5배가 되면 현재 화성의 위치에 액체 상태의 물이 존재한다.
 - ➔ 태양의 질량이 0.5배가 되면 생명 가능 지대는 현재보다 태양에 더 가까운 곳에 존재한다. 따라서 화성의 위치에 액체 상태의 물이 존재하기 어렵다.

14 | 선택지 분석 |

- ㉠ 시간이 지날수록 태양의 광도는 커진다.
 - ➔ 시간이 지남에 따라 생명 가능 지대의 위치가 태양으로부터 멀어지고, 폭이 증가하므로 태양의 광도는 점차 증가함을 알 수 있다.
- ㉡ 시간이 지날수록 태양계 생명 가능 지대의 폭은 넓어진다.
 - ➔ 태양의 광도가 커지면 생명 가능 지대의 폭은 넓어진다.
- ㉢ 현재로부터 40억 년 후에 지구상에는 액체 상태의 물이 존재하지 않을 것이다.
 - ➔ 현재로부터 40억 년 후 태양계의 생명 가능 지대는 약 1.3~2.0 AU 거리에 위치하므로, 태양으로부터 1 AU 떨어진 지역은 온도가 매우 높아 물이 기체 상태로 존재할 것이다.

15 | 선택지 분석 |

- ㉠ 별의 질량은 태양보다 크다.
 - ➔ 태양의 생명 가능 지대는 0.95~1.15 AU 사이이며, 문제에 제시된 별의 생명 가능 지대는 약 1.5~2.0 AU로 태양의 생명 가능 지대보다 멀기 때문에 이 별의 질량은 태양보다 크다.
- ㉡ 현재의 외계 행성에는 액체 상태의 물이 존재할 수 있다.
 - ➔ 현재 외계 행성은 생명 가능 지대 안에 위치하므로 액체 상태의 물이 존재할 수 있다.
- ㉢ 20억 년 후에 별의 광도는 현재보다 크다.
 - ➔ 20억 년 후 생명 가능 지대의 위치가 현재보다 멀어지고 폭도 넓어지는 것으로 볼 때 별의 광도가 증가했다는 것을 알 수 있다.



2 >>> 외부 은하와 우주 팽창

01~ 외부 은하

탐구POOL

245쪽

- 01 (1) × (2) × (3) × 02 은하의 형태
- 03 (가) 타원 은하 (나) 나선 은하 (다) 불규칙 은하

- 01 (1) 모두 우리은하 밖의 외부 은하이다.
 (2) ②는 정상 나선 은하이고, ⑧은 타원 은하이다.
 (3) 은하들은 형태에 따라 한 가지 그룹에 속한다.

꼭꼭! 개념 확인하기

246쪽

✓ 잠깐 확인!

- 1 외부 은하 2 타원 은하 3 나선 은하 4 불규칙 은하
- 5 전파 은하 6 세이퍼트 은하 7 퀘이사 8 충돌 은하

- 01 (1) 형태 (2) ⊖ 타원 ⊖ 나선 ⊖ 불규칙 02 (1) × (2) ⊖ (3) × 03 특이 04 (1) ⊖ (2) ⊖ (3) ⊖ 05 안드로메다

- 02 (1) 타원 은하는 찌그러진 정도에 따라 E0~E7으로 분류한다.
 (3) 허블은 모양이 일정하지 않고 규칙적인 구조가 없는 은하를 불규칙 은하로 구분하였다.

탄탄! 내신 다지기

247쪽~249쪽

- 01 ② 02 ④ 03 (1)(나) (2)(가) (3)(다) 04 ④ 05 (1) 모양의 규칙성 (2) 나선팔의 유무 (3) 막대 모양 구조의 유무
- 06 ① 07 ① 08 ③ 09 ③ 10 ④ 11 ③ 12 ②

- 01 허블은 외부 은하를 형태에 따라 구분하였으며, 크게 타원 은하, 나선 은하(정상 나선 은하, 막대 나선 은하), 불규칙 은하로 나누었다.

- 02 그림은 정상 나선 은하의 모습이다.

| 선택지 분석 |

- ① 대부분의 별들이 나이가 많고, 색이 일반적으로 붉다.
→ 타원 은하
- ② 중심부를 관통하는 막대가 있으며, 우리은하가 이에 해당한다.
→ 막대 나선 은하
- ③ 차가운 기체나 먼지가 매우 적어 새로운 별을 거의 만들지 않는다.

들지 않는다.

→ 타원 은하

- ④ 나선팔이 감긴 정도에 따라 a, b, c로 세분하는데, a로 갈수록 나선팔이 단단하게 감겨 있다.

→ 나선 은하

- ⑤ 별이 둥글게 모여 있는 모양으로 중심부의 밀도가 높고 바깥쪽으로 갈수록 낮아진다.

→ 타원 은하

- 03 (1) 성간 물질이 거의 없으며, 주로 나이가 많은 붉은색의 별들로 이루어져 있는 은하는 타원 은하이다.

- (2) 규칙적인 모양이 없고, 주로 젊은 별과 성간 물질로 이루어져 있어 새로운 별의 형성이 매우 활발한 은하는 불규칙 은하이다.
- (3) SB는 막대 나선 은하를 말한다.

- 04 우리은하는 나선팔과 막대 구조를 갖고 있는 막대 나선 은하에 속한다. A와 B는 타원 은하, C는 정상 나선 은하, D는 막대 나선 은하, E는 불규칙 은하이다.

- 05 (1) A는 타원 은하와 나선 은하가 속해 있고, B는 불규칙 은하이다.

(2) C는 타원 은하이고, D는 나선 은하이다.

(3) E는 정상 나선 은하이고, F는 막대 나선 은하이다.

06 | 선택지 분석 |

- ⊖ 우리은하는 위에서 보면 막대 나선 모양이다.

→ 우리은하는 옆에서 보면 중심부가 불룩한 원반 모양이고, 위에서 보면 막대 모양의 중심 구조와 나선팔을 가지고 있는 막대 나선 모양이다.

- ✗ 성간 물질은 A보다 B에 많이 분포한다.

- ✗ 늙은 별은 B보다 A에 많이 분포한다.

→ A는 은하 원반으로 성간 물질이 많고 주로 젊은 별들이 분포한다. B는 구상 성단으로 성간 물질이 적고 주로 늙은 별들이 분포한다.

07 | 선택지 분석 |

- ⊖ A는 로브로 거대한 전파 방출 영역이다.

→ A는 로브, B는 제트이다.

- ✗ B는 제트로 전파 영역에서만 관측이 가능하다.

→ 제트는 전파 영역뿐만 아니라 가시광선이나 X선에서 관측되기도 한다.

- ✗ 광학 망원경으로 로브와 제트를 모두 관측할 수 있다.

→ 로브는 전파 영역으로 관측해야 한다.

더 알아보기 전파 은하가 강한 전파를 방출하는 까닭

⇨ 은하끼리 충돌했거나 은하 내에서 큰 폭발이 일어났기 때문으로 추정된다.

제트와 로브에서 방출되는 강한 X선을 통해 강한 자기장이 있고 전자가 매우 빠르게 움직이고 있음을 짐작할 수 있다.

08 퀘이사는 너무 멀리 있어 별처럼 보이지만 실제로는 별이 아닌 수천~수만 개의 별로 이루어진 은하이다.

더 알아보기 퀘이사의 후퇴 속도로부터 알 수 있는 것

- ⇒ 퀘이사는 후퇴 속도가 매우 크며, 광속의 거의 90 %의 속도로 멀어지는 것도 있다.
- ⇒ 허블의 법칙에 의하면 이것은 어떤 외부 은하보다도 더 멀리 있다는 것을 뜻한다.
- ⇒ 이는 우주가 훨씬 거대하다는 것을 의미하기도 하며, 그만큼 오래 전에 만들어진 천체라는 것을 알 수 있다.

09 세이퍼트은하는 가시광선으로 관측하면 나선팔 구조를 볼 수 있다. 퀘이사는 적색 편이가 매우 크게 나타나는데, 이는 우리은하 밖 매우 먼 거리에 있기 때문이다.

10 | 선택지 분석 |

- (가)는 자외선으로 관측한 영상이다.
 - ⇒ (가)는 세이퍼트 은하를 가시광선으로 관측하여 나선 은하로 보이는 모습이다.
- (나)는 매우 큰 적색 편이를 나타낸다.
 - ⇒ (나)는 퀘이사로 적색 편이가 매우 크다.
- (가)와 (나)는 모두 특이 은하에 해당한다.
 - ⇒ 허블의 분류 체계로는 분류하기 어려운 전파 은하, 세이퍼트 은하, 퀘이사와 같은 은하들을 특이 은하라고 한다.

11 (가)는 충돌 은하, (나)는 세이퍼트은하(자외선 영상)이다. 세이퍼트은하는 다른 은하에 비해 넓은 방출선이 보이는데, 이는 가스가 매우 빠른 속도로 움직이기 때문인 것으로 추정된다.

12 충돌 은하에서는 별의 크기보다 별 사이의 공간이 매우 크기 때문에 은하의 충돌이 일어나는 동안에도 별들은 거의 충돌하지 않는다.

도전! 실력 올리기

250쪽~251쪽

01 ④ 02 ③ 03 ⑤ 04 ③ 05 ③ 06 ②

07 은하들의 형태(모양)에 따라 분류

08 | 모범 답안 | 공통점은 (가)와 (다) 모두 별과 성운으로 이루어진 나선팔이 은하 중심부에서 나와 팽대부를 휘감고 있는 나선 은하이다. 차이점은 (가)는 중앙 팽대부가 공처럼 생긴 정상 나선 은하이고, (나)는 중앙 팽대부가 막대처럼 생긴 막대 나선 은하이다.

09 | 모범 답안 | 전파 은하는 보통의 은하에 비해 강한 전파를 방출하는 은하이다. 세이퍼트은하는 보통의 은하에 비해 아주 밝은 핵과 넓은 방출선이 나타나는 은하이다. 퀘이사는 수많은 별들이 모여 있는 은하이지만 너무 멀리 떨어져 있어서 별처럼 보이며, 적색 편이가 매우 크게 나타나는 은하이다.

01 | 선택지 분석 |

- A 집단 은하에서부터 시작하여 시간이 흐름에 따라 B, C 집단으로 진화한다.
 - ⇒ 은하의 모양과 진화는 관련이 없음이 밝혀졌다.
- B 우리은하는 C 집단에 해당한다.
 - ⇒ 우리은하는 막대 나선 은하로 C 집단에 해당한다.
- C D 집단은 주로 젊고 밝은 별들이 많이 포함되어 있다.
 - ⇒ D 집단은 불규칙 은하로 구성 성분이 나선 은하의 나선팔과 유사하다.

02 | 선택지 분석 |

- (가)는 (나)보다 성간 물질의 비율이 높다.
- (나)는 (가)보다 젊은 별의 비율이 높다.
 - ⇒ (가)는 막대 나선 은하, (나)는 타원 은하이다. 타원 은하는 내부에 기체나 먼지 등의 성간 물질이 거의 없고, 비교적 나이가 많은 별들로 이루어져 있어 붉거나 노란색으로 보인다. 나선 은하의 나선팔에는 나이가 적은 푸른색의 별과 많은 양의 성간 물질이 분포하고 있다.
- D 우리은하의 모양은 (나)보다 (가)에 가깝다.
 - ⇒ 우리은하는 막대 나선 은하에 속한다.

더 알아보기 우리은하의 구조



03 | 선택지 분석 |

- (가)는 X선으로 관측했을 때의 모습으로 제트를 관측할 수 있다.
- (나)는 전파 영역으로 관측한 것으로, 이 은하가 전파 은하임을 알 수 있다.
 - ⇒ (나)는 전파 영역으로 관측한 모습으로, 로브를 관측할 수 있다.
- (다)에서 양쪽으로 넓게 퍼진 로브를 관측할 수 없다.
 - ⇒ (다)는 가시광선으로 관측했을 때의 모습으로, 로브를 관측할 수 없다.

04 | 선택지 분석 |

- 타원 은하에는 나선 은하보다 붉은색을 띠는 별들이 많다.
 - ⇒ (나)에서 타원 은하는 K형에 가까우므로 나선 은하보다 붉은색을 띠는 별들이 많다.
- 나선 은하는 a → b → c로 갈수록 붉은색을 띠는 별들이 많다.
 - ⇒ (나)에서 은하의 분광형 분포를 보면 a에서 c로 갈수록 분광형이 A형에 가깝다. 따라서 나선 은하는 a → b → c로 갈수록 파란색을 띠는 별들이 많다.

- ㉔ 정상 나선 은하는 $a \rightarrow b \rightarrow c$ 로 갈수록 은하핵의 크기가 작다.
 → 나선 은하는 $a \rightarrow b \rightarrow c$ 로 갈수록 나선팔이 느슨하게 감겨 있고 은하핵의 크기가 작다.

더알아보기 S0 은하

타원 은하와 나선 은하의 중간 형태의 은하로, 렌즈 모양을 띠므로 렌즈형 은하라고도 한다.

05 | 선택지 분석 |

- ㉔ 성운 X에서 퀘이사까지의 거리는 성운 X와 Y 사이의 거리보다 멀다.
 → 그림 (나)의 D에서 관측한 흡수선과 방출선의 편이량을 비교해 보면 성운 X로부터 퀘이사까지의 거리가 성운 X와 Y 사이의 거리보다 더 멀다고 추론할 수 있다.
- ㉕ 현재 성운 X에서 관측한 퀘이사와 지구에서 관측한 퀘이사는 나이가 다르다.
 → 성운 X가 지구보다 퀘이사에 가까이 있으므로 퀘이사에서 출발한 빛이 성운 X에 먼저 도착하게 되고 동일한 빛이 지구에는 나중에 도착한다. 따라서 현재 성운 X와 지구에서 관측하는 퀘이사는 나이가 다르다.
- ㉖ 퀘이사에서 성운 Y를 관측하면 스펙트럼의 청색 편이가 나타난다.
 → 우주의 팽창은 3 차원의 공간이 모든 방향으로 균일하게 늘어나는 것을 의미하므로 퀘이사와 성운 Y도 서로 멀어질 것이다. 따라서 퀘이사에서 성운 Y를 본다면 적색 편이가 나타날 것이다.

06 | 선택지 분석 |

- ㉗ 은하는 서로 충돌하더라도 각각 은하의 원래 모습을 유지한다.
 → 은하들이 서로 가까이 다가가면 중력장이 뒤돌아지면서 은하의 형태가 변하기도 한다.
- ㉘ 큰 나선 은하들이 충돌하면 거대 타원 은하가 생기기도 한다.
 → 약 수십 억 년 후 안드로메다은하와 우리은하는 충돌한 후 완전히 합쳐져서 거대한 타원 은하가 될 것이다.
- ㉙ 은하들이 충돌하면 은하 안의 별들이 충돌하며 초신성 폭발을 일으킨다.
 → 은하가 충돌하더라도 별의 크기보다 별 사이의 공간이 크기 때문에 은하의 충돌이 일어나는 동안에도 별들은 거의 충돌하지 않는다.

07 허블은 외부 은하를 형태(모양)에 따라 분류하였으며, (가) 정상 나선 은하, (나) 타원 은하, (다) 막대 나선 은하, (라) 불규칙 은하이다.

08 (가)와 (다)는 모두 나선팔이 있는 나선 은하이며, 나선 은하는 중심부의 모양에 따라 정상 나선 은하와 막대 나선 은하로 분류한다.

채점 기준	배점
공통점과 차이점을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
공통점과 차이점 중 1가지만 옳게 서술한 경우	50 %

09 외부 은하 중 허블의 은하 분류 기준으로는 분류하기 어려운 전파 은하, 세이퍼트은하, 퀘이사와 같은 것을 특이 은하라고 한다.

채점 기준	배점
3가지 은하의 특징을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
3가지 중 2가지의 특징만을 옳게 서술한 경우	50 %
3가지 중 1가지의 특징만을 옳게 서술한 경우	30 %

02~ 빅뱅 우주론

개념 POOL

257쪽

01 우주 배경 복사, 수소와 헬륨의 질량비

02 (1) ○ (2) × (3) ○

꼭꼭! 개념 확인하기

258쪽

✓ **잠깐 확인**

1 후퇴 속도 **2** 허블 법칙 **3** 정상 우주론 **4** 빅뱅 우주론
5 급팽창 이론 **6** 우주의 지평선 **7** 가속 팽창 우주

01 (1) 적색 편이 (2) 멀어 (3) ㉠ 크게 ㉡ 빨리

02 (1) ㉠ 허블 법칙 ㉡ $v = H \times r$ (2) 우주의 중심 (3) 우주의 나이 (4) 빅뱅 우주론 (5) 수소와 헬륨의 질량비, 우주 배경 복사 **03** (1) 자기 단극자, 우주의 지평선, 우주의 평탄성 (2) 가속 팽창

탄탄! 내신 다지기

259쪽~261쪽

01 ⑤ **02** ④ **03** ⑤ **04** ⑤ **05** ② **06** ③ **07** (1) ㉠ 고온 ㉡ 고밀도 (2) ㉠ 배경 ㉡ 수소 (3) 낮아지고 **08** ① **09** ③ **10** ⑤ **11** ① **12** ⑤

01 | 선택지 분석 |

- ㉔ (가) 은하는 지구로부터 멀어지고 있다.
 → (가)와 (나) 모두 적색 편이 현상이 관찰되므로 (가), (나) 모두 지구로부터 멀어지고 있다.
- ㉕ (가) 은하의 후퇴 속도가 (나) 은하보다 느리다.
 → 흡수선의 적색 편이 정도를 보면, (나) 은하의 후퇴 속도가 (가) 은하의 후퇴 속도보다 빠르다.
- ㉖ (가), (나)를 보았을 때 우주가 팽창하고 있음을 알 수 있다.
 → (가)와 (나) 모두 적색 편이 현상이 관찰되므로 우주가 팽창하고 있다고 유추할 수 있다.

더 알아보기 모든 외부 은하는 적색 편이만 나타나는가?

- ⇒ 대부분의 은하들은 우리은하로부터 멀어지고 있지만 어떤 은하들은 우리은하에 가까워지고 있어 스펙트럼에서 청색 편이가 나타난다.
- ⇒ 이는 우리은하와 거리가 가까워 중력이 크게 작용하기 때문이다.

02 허블 상수는 은하의 거리에 대한 후퇴 속도의 비이다. 후퇴 속도는 스펙트럼의 적색 편이량으로 구할 수 있다.

03 | 선택지 분석 |

- 거리가 먼 은하일수록 후퇴 속도가 더 빠르다.
 - ⇒ 그래프에서 거리가 멀수록 후퇴 속도가 크다.
- 거리를 r , 속도를 v , 비례 상수를 H 라고 하면 $v=Hr$ 로 표현할 수 있다.
 - ⇒ 그래프에서 거리가 멀수록 후퇴 속도가 크다. 이 관계를 식으로 표현하면 $v=Hr$ 로 표현할 수 있다.
- 기울기는 대략 500 km/s/Mpc이다.
 - ⇒ 기울기는 $\frac{15000 \text{ km/s}}{30 \text{ Mpc}}=500 \text{ km/s/Mpc}$ 이다.

04 | 선택지 분석 |

- 허블 상수는 후퇴 속도와 은하까지의 거리에 대한 관계로 알 수 있다.
 - ⇒ 허블 상수는 외부 은하까지의 거리와 후퇴 속도와 관계에서 비례 상수이다.
- 허블 상수의 역수는 우주의 나이에 해당한다.
 - ⇒ 허블 상수의 역수는 우주의 나이이다.
- 허블 상수의 값은 관측치의 정확도에 따라 조금씩 변해 왔다.
 - ⇒ 허블 상수의 값은 관측의 발달에 따라 조금씩 변하고 있다.

05 풍선 모형 실험에서 3 차원 우주는 풍선 표면, 동전은 외부 은하에 해당한다. 멀리 있는 동전 사이의 거리가 더 빨리 멀어진다.

| 선택지 분석 |

- ① 풍선 내부는 우주에 해당한다.
 - ⇒ 풍선 표면이 우주에 해당한다.
- 풍선 표면에서는 팽창의 중심이 없다.
- ③ 동전은 우리은하 안에 있는 별에 해당한다.
 - ⇒ 동전은 우주 안의 은하에 해당한다.
- ④ 가까운 동전 사이의 거리가 더 빨리 멀어진다.
 - ⇒ 멀리 있는 동전 사이의 거리가 더 빨리 멀어진다.
- ⑤ 풍선이 계속 팽창하더라도 동전 사이의 거리는 일정하게 유지된다.
 - ⇒ 풍선이 팽창할수록 동전 사이의 거리는 계속 멀어진다.

06 우주의 팽창에는 특별한 중심이 없다. 은하 내부에서는 우

주의 팽창 효과보다 중력 효과가 훨씬 더 크기 때문에 별 사이의 거리가 넓어지지 않는다. 멀리 있는 외부 은하일수록 거리에 비례하여 적색 편이량이 커지기 때문에 후퇴 속도가 증가함을 알 수 있다.

더 알아보기 우주의 팽창

- 우주가 팽창하기 때문에 은하 내의 별과 별 사이의 거리가 점점 멀어진다고 생각하기 쉽다. 은하 내의 별들은 서로 간의 인력에 의해 큰 영향을 받고 있기 때문에 우주 팽창으로 별들 사이의 간격이 넓어져 은하가 커지는 것은 아니다.
- ⇒ 우주 팽창의 단위는 별이 아니라 은하이다.

- 07** (1) 초기 우주의 온도와 밀도는 고온, 고밀도 상태였다.
- (2) 빅뱅 우주론을 뒷받침하는 관측적인 증거는 우주 배경 복사, 수소와 헬륨의 질량비이다.
- (3) 대폭발 이후 우주의 온도는 점점 낮아지고, 어두운 상태가 된다.

08 | 선택지 분석 |

- (가)와 (나) 모두 팽창하는 우주를 기본으로 전제한다.
 - ⇒ (가)는 정상 우주론, (나)는 빅뱅 우주론으로 모두 팽창하는 우주를 표현하고 있다.
- (가)는 현재 가장 설득력 있는 우주론으로 받아들여지고 있다.
 - ⇒ 현재는 빅뱅 우주론이 가장 설득력이 있는 우주론으로 받아들여지고 있다.
- (나)는 우주의 크기와 상관없이 밀도가 일정하게 유지된다.
 - ⇒ 정상 우주론에서는 우주의 크기와 상관없이 밀도가 일정하게 유지된다.

09 빅뱅 우주론의 증거로는 우주 배경 복사, 수소와 헬륨의 질량비 등이 있다.

10 우주는 급팽창 이후 팽창 속도가 느려지다가 현재는 가속 팽창하고 있다.

더 알아보기 Ia형 초신성

- 매우 밝으며, 일정한 질량에서 폭발하여 절대 밝기가 일정하기 때문에 멀리 있는 외부 은하의 거리 측정에 사용된다.
- ⇒ 거리에 따라 밝기가 다르므로 이를 분석하여 과거 우주의 팽창 속도를 알 수 있다.

11 | 선택지 분석 |

- A - 가속 팽창 우주
- ② B - 평탄 우주 ⇒ 텅 빈 우주
- ③ C - 닫힌 우주 ⇒ 열린 우주
- ④ D - 열린 우주 ⇒ 평탄 우주
- ⑤ E - 텅 빈 우주 ⇒ 닫힌 우주

12 | 선택지 분석 |

- ㉠ Ia형 초신성 관측을 통해 얻은 자료는 A 모형과 일치한다.
 → Ia형 초신성 관측을 통해 얻은 자료는 A 모형인 가속 팽창 우주와 일치한다.
- ㉡ B 모형은 우주에 중력을 미칠 수 있는 물질이 없다고 가정했을 때에 나타나는 모습을 나타낸 것이다.
 → B 모형인 텅 빈 우주는 우주에 중력을 미칠 수 있는 물질이 없다고 가정했을 때에 나타나는 모습이다.
- ㉢ 현재 과학자들은 우리 우주의 모습을 A 모형에 해당한다고 생각하고 있다.
 → 현재 과학자들은 여러 가지 증거들을 통해 우리 우주의 모습을 가속 팽창 우주로 보고 있다.

도전! 실력 올리기

262쪽~263쪽

01 ㉠ 02 ㉢ 03 ㉠ 04 ㉡ 05 ㉢ 06 ㉡

07 (1) 50 nm (2) 3×10^4 km/s (3) 300 Mpc

08 | 모범 답안 | 약 140억 년, 우주의 나이는 허블 상수의 역수이다. $1 \text{ Mpc} = 326 \times 10^4$ 광년이고, 1광년은 9.46×10^{12} km이므로 우주의 나이 $= \frac{1}{H} = \frac{1}{70 \text{ km/s/Mpc}}$
 $= \frac{1 \text{ Mpc} \cdot \text{s}}{70 \text{ km}} = \frac{(326 \times 10^4)(9.46 \times 10^{12})}{70} \approx 4.4 \times 10^{17}$ (초)
 ≈ 140 (억 년)이다.

09 | 모범 답안 | 약 4286 Mpc, 우주의 크기는 $H = \frac{v}{r}$ 에서 $r = \frac{v}{H}$ 로 구할 수 있다. 여기서 v 는 빛의 속도(c)이다. 따라서 우주의 크기 $r = \frac{3 \times 10^5 \text{ km/s}}{70 \text{ km/s/Mpc}} \approx 4286 \text{ Mpc}$ 이다.

01 거리가 먼 은하일수록 스펙트럼에서 적색 편이가 크게 나타난다. 적색 편이량은 $B > C > A$ 순이다. 따라서 은하까지의 거리는 $B > C > A$ 순이다.

02 | 선택지 분석 |

- ㉠ A 은하는 B 은하보다 적색 편이량이 작다.
 → 멀리 있는 은하일수록 후퇴 속도가 크다. 따라서 B 은하가 A 은하보다 더 빨리 멀어지고 있기 때문에 더 큰 적색 편이량을 갖게 된다.
- ㉡ 그래프의 기울기의 역수는 허블 상수를 의미한다.
 → 그래프의 기울기는 허블 상수이고, 허블 상수의 역수는 우주의 나이이다.
- ㉢ 멀리 있는 은하일수록 더 빨리 멀어지고 있다.
 → 멀리 있는 은하일수록 후퇴 속도가 크므로 더 빨리 멀어지고 있다.

03 | 선택지 분석 |

- ㉠ A~B가 3 cm 멀어진다면, A~C도 3 cm 멀어진다.
 → 각각의 은하들이 같은 비율로 멀어지는 것이지 같은 거리만큼 멀어지는 것은 아니다.

- ㉡ (가)에서 (나)로 팽창하는 동안 팽선의 팽창에는 중심이 없다.
 → 팽선이 팽창하는 것을 우주에 비교하여 생각해 보면, 팽선의 팽창에 중심이 없는 것처럼 우주의 팽창에도 중심이 없다.
- ㉢ A~C 사이의 거리가 2배 멀어지는 동안 A~B 사이의 거리도 2배 멀어진다.
 → 각각의 은하들이 같은 비율로 멀어진다.

04 | 선택지 분석 |

- ㉠ (가)는 지상에서 전파 망원경을 통해 관측된 것이다.
 → (가)는 지상의 전파 망원경, (나)는 COBE 망원경, (다)는 WMAP 망원경, (라)는 Plank 망원경으로 촬영한 우주 배경 복사이며, (가)에서 (라)로 갈수록 최근 관측 자료이다.
- ㉡ (나)는 우주에서 관측한 것으로 우주 배경 복사의 비균일성을 보여 준다.
 → (나)에서 전 하늘에 걸쳐 10만분의 1 정도의 매우 작은 온도 차이의 비균일성을 보여 준다.
- ㉢ (다), (라)는 해상도가 높은 관측 결과로 국지적으로 미세한 온도 차이를 보여 준다.
 → (나)에서 전 하늘에 걸쳐 10만분의 1 정도의 매우 작은 온도 차이가 나타나며, (다)와 (라)에서 더욱 정밀하게 측정되었다.

05 | 선택지 분석 |

- ㉠ 현재 우주의 평균 온도는 약 2.7 K이다.
 → 우주 배경 복사는 온도가 약 2.7 K인 흑체가 방출하는 복사와 일치한다. 빅뱅 후 우주의 온도가 약 3000 K일 때 중성 원자가 생성되면서 빛이 물질로부터 분리되어 사방으로 방출되기 시작하였는데, 팽창하면서 우주가 점점 식어서 현재 2.7 K 정도가 된 것이다.
- ㉡ 우주 배경 복사는 주로 전파 영역에서 강하게 나타난다.
 → 우주 배경 복사는 수 mm 정도의 전파 영역에서 강하게 나타난다.
- ㉢ (나)의 온도 차이는 현재 별의 진화 과정에서 나타난 결과이다.
 → 우주 배경 복사의 미세한 온도 차이는 우주 초기에 미세한 밀도 불균일이 존재했다는 증거이다.

06 | 선택지 분석 |

- ㉠ 우주 탄생 직후 극히 짧은 시간 동안 우주가 급격히 팽창했다는 이론이다.
 → 급팽창 이론은 대폭발 직후 극히 짧은 시간 동안 일어났던 사건에 관한 이론이다.
- ㉡ 급팽창 이전에는 우주의 크기가 우주의 지평선보다 작았고, 급팽창 이후에는 우주의 지평선보다 크다고 설명한다.
 → 급팽창 이론은 급팽창 이전에는 우주의 크기가 우주의 지평선보다 작았고, 급팽창 이후에는 우주의 지평선보다 크다고 설명한다.
- ㉢ 빅뱅 우주론이 해결하지 못한 자기 단극자 문제, 우주의 지평선 문제, 우주의 평탄성 문제 등을 설명하였다.
 → 급팽창 이론을 통해 빅뱅 우주론이 해결하지 못한 자기 단극자 문제, 우주의 지평선 문제, 우주의 평탄성 문제 등을 설명하였다.

- 07 (1) $\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0 = 550 - 500 = 50$ (nm)
 (2) $v = 3 \times 10^5 \times \frac{550 - 500}{500} = 3 \times 10^4$ (km/s)
 (3) $r = \frac{v}{H} = \frac{3 \times 10^4}{100} = 300$ (Mpc)

08 우주의 나이는 허블 상수의 역수이다.

채점 기준	배점
풀이 과정과 답을 모두 옳게 설명한 경우	100 %
풀이 과정이나 답 중 하나만 옳게 설명한 경우	50 %

09 은하의 후퇴 속도는 광속을 넘을 수 없으므로, 관측 가능한 우주의 크기(r)는 광속(c)으로 멀어지는 은하까지의 거리에 해당한다.

채점 기준	배점
풀이 과정과 답을 모두 옳게 설명한 경우	100 %
풀이 과정이나 답 중 하나만 옳게 설명한 경우	50 %

03~ 우주의 구성 물질과 미래

개념POOL

266쪽

- 01 암흑 에너지 02 암흑 물질
 03 암흑 에너지와 암흑 물질 04 밀도

꼭꼭! 개념 확인하기

267쪽

✓ 잠깐 확인!

- 1 암흑 물질 2 보통 물질 3 암흑 에너지 4 표준 우주 모형
 5 중력 6 우주론

- 01 (1) 암흑 물질 (2) ㉠ 나선 은하 ㉡ 이동 ㉢ 중력 렌즈
 02 (1) 암흑 물질 (2) 암흑 에너지 03 (1) 암흑 에너지 (2) 증가
 04 (1) 가속 팽창 (2) 표준 우주 모형

02 (2) 우주가 가속 팽창하기 위해서는 우주의 물질 중 중력과 반대 방향으로 작용하는 힘이 존재해야 하는데, 이러한 힘을 발생시키는 에너지가 암흑 에너지이다.

탄탄! 내신 다지기

268쪽~269쪽

- 01 ③ 02 ① 03 ③ 04 ③ 05 ① 06 암흑 에너지
 07 ③ 08 ② 09 ② 10 ①

01 | 선택지 분석 |

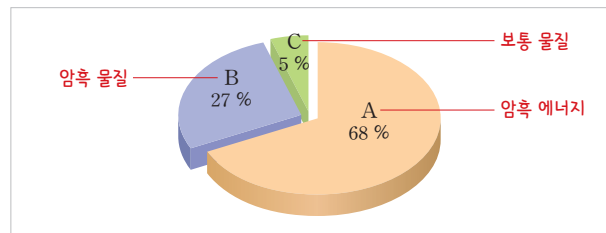
- ✗ 우리은하의 질량은 대부분 중심에 집중되어 있다.
 → 우리은하의 질량이 은하 중심에 집중되어 있는 것이 아니라 바깥쪽에 암흑 물질이 상당량 분포하고 있다.
- ✗ 우리은하의 외곽에서 회전 속도가 감소하지 않는 이유는 별이 많이 분포하기 때문이다.
 → 우리은하는 은하 중심에서 거리가 멀어져도 회전 속도가 감소하지 않고 거의 일정하게 유지되는데, 이는 우리은하의 질량이 은하 중심에 집중되어 있는 것이 아니라 바깥쪽에 암흑 물질이 상당량 분포하고 있음을 의미한다.
- ㉠ 중력 렌즈 현상을 이용하여 암흑 물질의 존재를 간접적으로 확인할 수 있다.
 → 암흑 물질은 빛을 방출하지 않기 때문에 우리 눈에 보이지 않으며, 중력 렌즈 현상을 통해 간접적으로 확인할 수 있다.

02 | 선택지 분석 |

- ㉠ 암흑 물질은 중력 렌즈 효과로 인해 그 존재를 추정할 수 있다.
 → 암흑 물질은 중력 렌즈 효과, 나선 은하의 회전 속도 등으로 그 존재를 추정할 수 있다.
- ✗ 암흑 에너지로 인해 우주는 점차 감속 팽창하고 있다.
 → 우주의 팽창을 가속하는 성분을 암흑 에너지라고 부른다.
- ✗ 우주를 이루고 있는 요소 중 암흑 물질의 비율이 가장 크다.
 → 암흑 에너지가 68 %로 가장 많은 비율을 차지하고 있다.

03 우주의 구성 성분은 대략 보통 물질 5 %, 암흑 물질 27 %, 암흑 에너지 68 %로 이루어져 있다. 보통 물질은 전자기파를 통해 확인할 수 있다.

04 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

- ㉠ A는 팽창 속도를 가속시키는 역할을 한다.
 → A는 암흑 에너지로, 팽창을 가속시키는 역할을 한다.
- ✗ A와 B는 중력을 일으키는 힘으로 작용한다.
 → B는 암흑 물질, C는 보통 물질로 중력을 일으키는 힘으로 작용하며, A는 암흑 에너지로 중력의 반대되는 힘으로 작용한다.
- ㉡ 우리가 눈으로 볼 수 있는 보통 물질은 C에 해당한다.
 → C는 보통 물질로 우리가 눈으로 볼 수 있다.

05 | 선택지 분석 |

- ㉠ 입자 물리학의 표준 모형에는 암흑 물질을 설명할 수 있는 입자가 없다.
 - 표준 모형에는 암흑 물질이 될 수 있는 입자가 없으며, 아직 발견되지 않은 힉스와 엑시온을 그 후보로 보고 있다.
- ✗ 암흑 에너지는 우주의 팽창 속도를 늦추는 암흑 물질과는 같은 개념이다.
 - 암흑 에너지는 우주의 팽창 속도를 빠르게 한다.
- ✗ 암흑 물질은 전파 관측을 통해 그 존재를 알 수 있으며 물질을 끌어당기는 역할을 한다.
 - 암흑 물질은 전파로 관측이 불가능하므로 중력의 작용으로 그 존재를 확인한다.

더 알아보기 표준 모형

우주를 구성하는 입자와 이들 사이의 상호 작용을 밝힌 현대 입자 물리학 이론을 표준 모형이라고 한다.

- ⇨ 기본 입자는 보통 물질을 구성하는 가장 작은 단위이다.
- ⇨ **기본 입자의 예:** 쿼크나 전자와 같이 물질을 구성하는 입자, 광자나 글루온과 같이 힘을 전달하는 입자, 다른 기본 입자들이 질량을 갖게 하는 힉스 입자
- ⇨ 기본 입자들은 우주의 탄생 초기에 다양한 방식으로 상호 작용하여 우주의 기본 물질들을 만들어냈다.

06 우주의 팽창률이 점점 더 커지려면 물질과는 반대로 척력으로 작용하는 요소가 있어야 한다. 우주의 팽창을 가속하는 성분을 암흑 에너지라고 부른다.

07 | 선택지 분석 |

- ㉠ 현재 우주의 팽창 속도는 점점 빨라지고 있다.
 - (나)에서 시간에 따른 우주 크기의 변화율이 점점 커지므로 우주의 팽창 속도는 점점 빨라지고 있다.
- ✗ 암흑 에너지는 우주의 팽창 속도를 늦추는 작용을 한다.
 - 암흑 에너지는 우주의 팽창 속도를 빨라지게 한다.
- ㉡ 우주에는 우리 눈으로 볼 수 없는 물질이 볼 수 있는 물질보다 많다.
 - 우주에는 암흑 물질이 보통 물질보다 훨씬 많으므로 우리 눈으로 볼 수 있는 물질보다 볼 수 없는 물질이 더 많다.

08 | 선택지 분석 |

- ✗ A는 암흑 에너지이다.
 - A는 암흑 물질이다. 현재 우주의 구성은 암흑 에너지(C)가 가장 많고, 그 다음으로 암흑 물질(A)과 보통 물질(B) 순으로 많다.
- ✗ 우주에 존재하는 암흑 에너지의 총량은 시간에 따라 감소한다.
 - 우주가 팽창하고 있는데 암흑 에너지인 C의 밀도는 일정하므로 암흑 에너지의 총량은 시간에 따라 증가한다.
- ㉡ 보통 물질이 차지하는 비율은 시간에 따라 감소한다.
 - 그림에서 보통 물질인 B가 차지하는 비율은 시간에 따라 감소하고 있다.

09 | 선택지 분석 |

- ✗ 만약 중력의 힘이 팽창을 이긴다면, 우주는 결국 모든 물질들이 찢어지는 빅립이 된다.
 - 중력이 팽창을 이기면 결국 우주는 하나의 점으로 수축하여 빅 크런치가 될 것이라고 예상된다.
- ✗ 만약 팽창이 중력의 힘을 이긴다면, 우주는 밀도가 점점 증가하며 결국 모두 하나의 점으로 수축할 것이다.
 - 팽창이 중력을 이긴다면 우주는 점차 팽창하여 결국 빅립이 되거나 혹은 모두 빛으로 사라져 버릴 것으로 예상된다.
- ㉡ 현재 과학자들은 현재 우주의 팽창률이 증가하고 있다고 본다.
 - 현재 시점에서 시간에 따른 우주의 크기 변화율이 증가하므로 우주의 팽창률은 증가하고 있다.

10 | 선택지 분석 |

- ㉠ (가)는 암흑 에너지이다.
 - 우주 배경 복사의 관측 결과를 근거로 우주에는 68 %의 암흑 에너지가 존재한다고 추정한다.
- ✗ A는 B보다 작다.
 - 우주에 존재하는 암흑 물질은 약 27 %를 차지하고, 보통 물질은 약 5 %를 차지한다. 즉, 암흑 물질이 보통 물질보다 훨씬 많다.
- ✗ 암흑 물질은 우주를 가속 팽창시키는 원인이 된다.
 - 우주를 가속 팽창시키는 역할을 하는 것은 척력으로 작용하는 암흑 에너지인 것으로 설명되고 있다.

도전! 실력 올리기

270쪽~271쪽

01 ⑤ 02 ⑤ 03 ③ 04 ④ 05 ③ 06 ④

- 07 (1) A: 암흑 에너지 B: 암흑 물질 C: 보통 물질 (2) A
- 08 | **모범 답안** | 멀리 있는 초신성일수록 예상했던 것보다 거리 지수가 더 크게 관측된다. 이것은 멀리 있는 초신성일수록 예상보다 더 멀리 있다는 의미이고, 우주의 팽창 속도가 점점 더 빨라지고 있다는 뜻이다.
- 09 | **모범 답안** | 물질에 의한 수축 효과보다 중력의 반대 방향으로 작용하는 암흑 에너지의 효과가 증가하기 때문인 것으로 추정하고 있다.

01 | 선택지 분석 |

- ㉠ 은하의 바깥쪽에도 많은 질량이 존재한다.
 - 은하의 회전 속도가 중심에서 멀어져도 거의 일정한 것은 은하의 바깥쪽에도 많은 질량이 존재하기 때문이다.
- ㉡ 암흑 물질이 존재한다는 증거 중 하나이다.
 - 암흑 물질 존재의 증거로는 나선 은하의 회전 속도, 중력 렌즈 현상 등이 있다.
- ㉢ 예측된 회전 속도가 실제와 다른 이유는 우리가 관측할 수 없는 물질이 존재하기 때문이다.
 - 은하의 회전 속도가 중심에서 멀어져도 거의 일정한 것은 은하의 바깥쪽에도 많은 질량이 존재하기 때문인데 바깥쪽에는 암흑 물질이 존재하는 것으로 보인다.

02 | 선택지 분석 |

- ㉠ A는 우주를 가속 팽창시키는 원인이 된다.
 - ➔ 현재 우주를 구성하는 비율이 가장 높은 A는 암흑 에너지이며 현재 우주의 가속 팽창의 원인이 되는 것으로 알려져 있다.
- ㉡ B는 암흑 물질이다.
 - ➔ 우주를 구성하는 비율은 암흑 에너지 > 암흑 물질 > 보통 물질 순이다.
- ㉢ 보통 물질은 대부분 수소와 헬륨으로 이루어져 있다.
 - ➔ 별과 은하, 성간 물질을 이루는 보통 물질은 대부분 수소와 헬륨으로 이루어져 있다.

03 | 선택지 분석 |

- ㉣ Ia형 초신성은 밝게 보일수록 빠르게 멀어진다.
 - ➔ Ia형 초신성들은 겉보기 등급이 클수록, 즉 어둡게 보일수록 후퇴 속도가 크다.
- ㉤ Ia형 초신성은 후퇴 속도로 예상한 것보다 밝게 관측된다.
 - ➔ Ia형 초신성을 관측하여 얻어진 등급이 일정한 속도로 팽창하는 우주 모형에서 계산된 등급보다 더 크므로 더 어둡게 관측된다.
- ㉥ 우주는 가속 팽창하고 있다.
 - ➔ 가속 팽창하지 않는 우주에서 예상되는 겉보기 등급을 이론적으로 계산한 것보다 실제 관측한 겉보기 등급이 더 크게 측정되었다. 이는 우주의 팽창 속도가 점점 빨라지고 있음을 의미한다.

04 | 선택지 분석 |

- ㉦ 현재 우주의 팽창 속도는 점점 느려지고 있다.
 - ➔ 그림에서 시간에 따른 우주 크기의 증가율은 현재 점점 커지고 있다. 이는 우주 팽창 속도가 점점 빨라지고 있음을 의미한다.
- ㉧ (가)는 은하 간의 중력을 유발한다.
 - ➔ (가)는 암흑 물질로 우리 눈에 보이지 않으며 중력을 유발한다.
- ㉨ A는 B보다 크다.
 - ➔ 우주에서 암흑 에너지는 약 68%, 보통 물질은 약 5%의 구성비를 보인다.

05 | 선택지 분석 |

- ㉩ A는 우주의 가속 팽창을 일으키는 원인으로 추정된다.
 - ➔ A는 암흑 에너지로 우주 가속 팽창의 원인으로 추정되고 있다.
- ㉪ B는 전자기파를 방출하거나 흡수하는 물질이다.
 - ➔ B는 암흑 물질로 전자기파를 방출하거나 흡수하지 않아 관측을 통해 발견할 수 없다.
- ㉫ C는 관측을 통해서 그 존재를 확인할 수 있다.
 - ➔ C는 보통 물질로 관측을 통해 발견할 수 있다.

06 암흑 에너지를 고려하지 않을 때 우주가 영원히 팽창하게 될지 아니면 팽창을 멈추게 될지는 우주의 밀도에 따라 결정된다. 평탄한 우주가 되기 위해서는 우주의 밀도가 정확히 임계 밀도와 같아야 한다. 그러나 암흑 에너지가 많은 부분을 차지하면 평탄한 우주라도 우주는 가속 팽창한다.

| 선택지 분석 |

- ㉬ (가)는 우주의 밀도가 매우 작은 우주이다.
 - ➔ 닫힌 우주의 모형으로 우주의 평균 밀도가 임계 밀도보다 클 때 중력의 작용이 우세하여 닫힌 우주가 된다.
- ㉭ (나)는 암흑 에너지가 없을 때 우주의 밀도가 임계 밀도와 같은 우주이다.
 - ➔ 평탄 우주 모형으로 우주의 평균 밀도가 임계 밀도와 같을 때 우주의 팽창 속도가 점점 감소하여 0에 수렴하는 평탄한 우주가 된다.
- ㉮ (다)는 암흑 에너지가 우주의 대부분을 차지하는 우주이다.
 - ➔ 열린 우주의 모형으로 우주의 평균 밀도가 임계 밀도보다 작을 때 우주는 영원히 팽창한다.

- 07 (1) 최근 플랑크 망원경 관측 결과에 의하면 우주 전체에 존재하는 에너지와 물질 가운데 약 68.3%는 암흑 에너지이고, 약 26.8%는 암흑 물질, 나머지 약 4.9%가 보통 물질로 밝혀졌다.
- (2) 암흑 에너지는 중력과 반대 방향으로 작용하는 미지의 에너지이다.

08 멀리 있는 Ia형 초신성일수록 거리 지수가 예상보다 더 크게 관측되었다. 이것은 이 초신성들이 예상했던 것보다 훨씬 더 멀리 있다는 것을 의미하며, 우주의 팽창 속도가 점점 빨라지고 있다고 결론내릴 수 있다.

채점 기준	배점
예시 답안과 같이 옳게 서술한 경우	100%
우주의 팽창 속도가 빨라지고 있다는 서술이 빠진 경우	50%

09 우주를 가속 팽창시키는 역할을 하는 것은 중력에 척력으로 작용하는 암흑 에너지이다.

채점 기준	배점
예시 답안과 같이 옳게 서술한 경우	100%
암흑 에너지에 의한 효과라는 서술이 빠진 경우	50%

실전! 수능 도전하기 273쪽~275쪽

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

01 | 선택지 분석 |

- ㉯ A는 불규칙 은하이다.
 - ➔ A는 규칙적인 모양이 보이지 않고 비대칭적이므로 불규칙 은하에 해당한다.
- ㉺ B의 경우 별의 평균 색지수는 은하 중심부보다 나선팔에서 크다.

→ B는 나선 은하로 중심부에는 늙은 별이, 나선팔에는 젊은 별이 많아서 별의 평균 색지수는 은하 중심부보다 나선팔에서 작다.

㉔ 보통 물질 중 성간 물질이 차지하는 질량의 비율은 B가 C보다 크다.

→ C는 타원 은하로 성간 물질이 거의 없지만, 나선 은하 B의 나선팔에는 성간 물질이 많이 있다.

02 | 선택지 분석 |

㉔ 푸른 별은 (가)보다 (나)에 많다.

→ 타원 은하인 (가)는 나선 은하인 (나)에 비해 비교적 나이가 많은 별들로 이루어져 있다.

✗ (나)가 진화하면 (가)와 같은 형태가 된다.

→ 타원 은하나 나선 은하와 같은 허블의 은하 분류는 은하의 진화 단계를 나타내는 것이 아니다.

㉔ 성간 기체는 (가)보다 (나)에 많이 분포한다.

→ 성간 기체를 비롯한 성간 물질은 타원 은하에는 거의 없고 나선 은하의 나선팔에 특히 많이 분포한다.

03 | 선택지 분석 |

㉔ 이 은하는 강한 전파를 방출한다.

→ (나)에서 강한 전파가 방출되고 있음을 관찰할 수 있다.

㉔ 중심핵에서는 물질이 분출되고 있다.

→ (나)에서 중심핵에서 물질이 분출되고 있음을 관찰할 수 있다.

㉔ 이 은하를 허블의 분류에 따라 분류하면 타원 은하에 해당한다.

→ (가)에서 이 은하는 나선팔이 없고 원에 가까운 타원 은하임을 알 수 있다.

04 | 선택지 분석 |

㉔ 광도는 항성보다 크다.

→ 퀘이사는 아주 멀리 있음에도 우리은하의 항성과 비슷한 겉보기 등급을 보이므로 항성보다 광도가 훨씬 큼을 알 수 있다.

✗ 연주 시차를 측정하여 거리를 구한다.

→ 퀘이사까지의 거리는 스펙트럼선의 적색 편이량을 이용하여 구한다.

✗ 퀘이사는 질량이 매우 큰 별로 판단된다.

→ 퀘이사는 많은 별들로 된 거대한 은하이지만 너무 멀리 있어서 별처럼 보인다.

05 | 선택지 분석 |

✗ 멀리 있는 외부 은하일수록 Δz 는 작아진다.

→ 먼 은하일수록 더 빨리 멀어지므로 Δz 가 커진다.

㉔ X의 후퇴 속도는 15000 km/s이다.

→ X의 후퇴 속도 = $\frac{200 \text{ \AA}}{4000 \text{ \AA}} \times 3 \times 10^5 \text{ km/s} = 15000 \text{ km/s}$ 이다.

✗ X를 이용하여 구한 허블 상수는 75 km/s/Mpc이다.

→ X를 이용하여 구한 허블 상수 = $\frac{15000 \text{ km/s}}{300 \text{ Mpc}} = 50 \text{ km/s/Mpc}$ 이다.

06 | 선택지 분석 |

㉔ 풍선 표면의 A, B, C는 서로 멀어진다.

→ 풍선의 크기가 커짐에 따라 풍선 표면의 A, B, C는 서로 멀어지게 된다.

✗ 풍선 표면의 중심은 B의 위치에 있다.

→ 우주에는 특정한 중심이 없다. 풍선 표면의 중심 또한 특정한 지점이 아니다.

㉔ 우주가 팽창하면 우주 배경 복사의 파장이 길어진다.

→ 풍선 표면에 그려진 물결 무늬가 풍선의 크기가 커짐에 따라 커지는 것처럼, 우주가 팽창하면 우주 배경 복사의 파장도 길어진다.

07 | 선택지 분석 |

✗ 우리은하가 우주의 중심이다.

→ 팽창하는 우주에는 특별한 중심이 없으므로 우리은하도 우주의 중심이 아니다.

㉔ 우리은하에서 측정된 적색 편이 값은 B가 가장 작다.

→ 멀리 있는 은하가 더 빠르게 멀어지는 것으로 우주가 팽창하고 있음을 알 수 있다. B는 우리은하에서 가장 가까이 있고 후퇴 속도가 1400 km/s로 가장 작으므로 적색 편이 값도 가장 작다.

㉔ A에서 측정된 후퇴 속도는 우리은하가 C보다 작다.

→ A에서는 우리은하가 C보다 가까이 있으므로 후퇴 속도는 우리은하가 C보다 작다.

08 | 선택지 분석 |

㉔ A에서 관측하면 B는 적색 편이가 나타난다.

→ A, B 은하는 서로 멀어지고 있으므로 적색 편이가 나타난다.

✗ A와 B 사이에 우주의 중심이 존재한다.

→ 팽창하는 우주에서 우주의 중심을 정할 수 없다.

㉔ B에서 측정되는 허블 상수의 값은 70 km/s/Mpc이다.

→ 허블 상수의 값은 은하의 후퇴 속도를 거리로 나눈 값이므로 $\frac{14000 \text{ km/s}}{200 \text{ Mpc}} = 70 \text{ km/s/Mpc}$ 이다.

09 | 선택지 분석 |

㉔ 우주 배경 복사의 온도

→ 우주 배경 복사는 우주 온도가 약 3000 K일 때 방출되었던 복사가 현재 2.7 K로 관측되고 있는 것이다.

㉔ 우주에서 관측되는 수소와 헬륨의 질량비

→ 우주를 구성하는 물질의 약 75 %가 수소, 약 25 %가 헬륨으로 되어 있다는 관측 결과는 빅뱅 우주론에서 예측한 것과 잘 일치한다.

✗ 우주의 평탄성 문제

→ 우주의 평탄성 문제는 빅뱅 우주론으로는 설명할 수 없다.

10 | 선택지 분석 |

✗ (가)는 별과 은하와 같은 천체이다.

→ 우주를 구성하는 요소 중 가장 많은 비율을 차지하는 것은 암흑 에너지이다.

㉔ A는 B보다 크다.

→ A는 약 27 %, B는 약 5 %로, 암흑 물질이 보통 물질보다 그 양이 훨씬 더 많다.

- ✗ 암흑 물질은 우주를 가속 팽창시키는 원인이 된다.
 - 우주가 중력을 가진 물질로만 되어 있다면 우주 자체는 물질들의 중력에 의해 수축되어야 하지만, 우주는 암흑 에너지에 의해 현재 가속 팽창하고 있다.

11 | 선택지 분석 |

- ✗ 현재 시점에서 우주의 팽창 속도는 감소하고 있다.
 - 우주의 팽창 속도가 점점 빨라지는 것은 척력으로 작용하는 암흑 에너지 때문인 것으로 설명되고 있다. 그림의 현재 시점에서 가속 팽창이 관찰되고 있다.
- ㉠ 암흑 에너지의 비율은 A 시점보다 현재가 크다.
 - 암흑 에너지의 비율은 A 시점일 때 1%, 현재는 68%이다.
- ㉡ 우주의 평균 밀도는 A 시점보다 현재가 작다.
 - 질량은 같으나 부피가 작은 A 시점이 평균 밀도가 더 크다.

12 | 선택지 분석 |

- ✗ Ia형 초신성의 절대 등급은 거리가 멀수록 커진다.
 - Ia형 초신성은 일정한 질량에서 폭발하기 때문에 절대 등급이 일정하다.
- ㉠ $z=1.2$ 인 Ia형 초신성의 거리 예측값은 A가 B보다 크다.
 - 그래프에서 거리 지수가 큰 A가 B보다 거리 예측값이 크다.
- ㉡ 관측 자료에 나타난 우주의 팽창을 설명하기 위해서는 암흑 에너지도 고려해야 한다.
 - Ia형 초신성 관측을 통해 우주가 가속 팽창하고 있음이 밝혀졌고 그 원인으로 암흑 에너지를 가정한다. 암흑 에너지는 척력으로 작용해 우주를 가속 팽창시키는 역할을 하는 것으로 여겨진다.

한번에 끝내는 대단원 문제 278쪽~280쪽

01 ④ 02 ④ 03 ③ 04 ③ 05 ④ 06 ③ 07 ⑤ 08 ⑤
09 ③ 10 ① 11 ⑤

12 | 모범 답안 | 행성상 성운 이전에는 적색 거성 단계, 그 이후에는 백색 왜성이 된다. 행성상 성운을 거쳐 백색 왜성이 되는 별은 질량이 태양 질량 정도이다.

13 | 모범 답안 | 15000 km/s , $V_R = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} \times c = \frac{20}{400} \times 3 \times 10^5 \text{ km/s} = 1.5 \times 10^4 \text{ km/s}$ 이다.

18 | 모범 답안 | 300 Mpc , 그림 (나)로부터 시선 속도는 거리에 비례함을 알 수 있다. 따라서 $80 : 4000 = \text{거리} : 15000$ 에서 거리는 300 Mpc 이다.

01 | 선택지 분석 |

- ✗ 표면 온도는 ㉠보다 ㉡쪽으로 갈수록 높아진다.
 - 표면 온도는 분광형과 밀접한 관련이 있다. B형으로 갈수록 표면 온도가 높다. 따라서 표면 온도는 ㉡쪽으로 갈수록 높다.

- ㉠ 중성 수소 흡수선은 A형 별에서 가장 세다.
 - 중성 수소 흡수선은 A형에서 가장 세게 나타난다.
- ㉡ 태양보다 고온인 별에서 헬륨 흡수선이 나타난다.
 - 태양(G형)보다 고온인 별에서 헬륨 흡수선이 나타난다.

02 | 선택지 분석 |

- ✗ 별의 표면 온도는 ㉠이 가장 낮다.
 - 분광형이 O형으로 갈수록 별의 표면 온도가 높다. 따라서 별의 표면 온도는 ㉠이 가장 높다.
- ㉠ 별의 반지름은 ㉡이 ㉢보다 100배 크다.
 - 별의 반지름은 별의 광도의 제곱근에 비례하고 표면 온도의 제곱에 반비례한다. ㉠, ㉡은 표면 온도가 같고 ㉡이 ㉢보다 밝기가 10000배 밝으므로 별의 반지름은 ㉡이 ㉢보다 100배 크다.
- ㉡ 앞으로 수명이 가장 긴 것은 ㉢이다.
 - ㉢은 이미 거성으로 진화하였고 ㉡은 질량이 커서 먼저 거성으로 진화할 것이다. 따라서 가장 수명이 긴 것은 ㉢이다.

03 | 선택지 분석 |

- ㉠ 원시별은 질량이 클수록 주계열에 도달하는 속도가 빠르다.
 - 원시별은 질량이 클수록 진화 속도가 빨라서 주계열성에 도달하는 시간이 적게 걸린다.
- ㉡ 원시별이 중심핵에서 수소 핵융합 반응을 시작하면 주계열에 도달한다.
 - 원시별의 중심 온도가 1000만 K에 도달하면 수소 핵융합 반응을 시작하면서 주계열성으로 진화한다.
- ✗ 질량이 작은 원시별일수록 진화 과정 중 표면 온도 변화가 크게 일어난다.
 - 원시별이 주계열성으로 진화하는 과정에서 질량이 큰 원시별일수록 표면 온도가 크게 증가하고, 질량이 작은 원시별일수록 표면 온도가 작게 증가한다.

04 | 선택지 분석 |

- ㉠ 행성의 공전 주기가 길수록 $t_1 \sim t_3$ 까지의 밝기가 변화하는 시간이 길어진다.
 - 식 현상이 반복되는 시간 간격이 행성의 공전 주기로 주기가 길면 공전 속도가 느리므로, $t_1 \sim t_3$ 까지 밝기가 변화하는 시간도 길어진다.
- ㉡ 행성의 반지름이 클수록 별의 밝기 변화가 크다.
 - 행성의 반지름이 클수록 식 현상으로 가려지는 별의 부분이 넓어져 밝기의 변화 정도가 크다.
- ✗ 행성이 1→3으로 이동하는 동안 중심별의 스펙트럼에서는 청색 편이가 일어난다.
 - 행성이 1에서 3으로 이동하는 동안에는 시선 방향에 수평으로 움직이므로 편이가 나타나지 않는다.

05 | 선택지 분석 |

- ✗ 행성이 A의 위치에 있을 때 중심별은 청색 편이가 관측된다.

→ 행성이 A에 위치할 때 중심별은 B에 위치하며, 멀어지고 있으므로 적색 편이가 관측된다.

㉠ 공통 질량 중심을 회전하는 주기는 A와 B가 같다.
→ 공통 질량 중심을 회전하는 천체의 주기는 같다.

㉡ B와 B'의 시선 속도 방향은 반대이다.
→ 중심별이 B에 위치할 때는 시선에서 멀어지는 방향, B'에 위치할 때는 시선에서 가까워지는 방향이다.

06 | 선택지 분석 |

㉠ 태양계의 생명 가능 지대는 1 AU 내외의 범위에 존재한다.

→ 태양계의 생명 가능 지대는 0.95 AU~1.15 AU 사이이며, 지구가 이 영역 안에 있다.

✗ 화성에는 기체 상태의 물이 존재할 것이다.

→ 화성은 생명 가능 지대보다 멀리 있으므로 물이 존재한다면 온도가 낮아 고체 상태의 얼음으로 존재할 것이다.

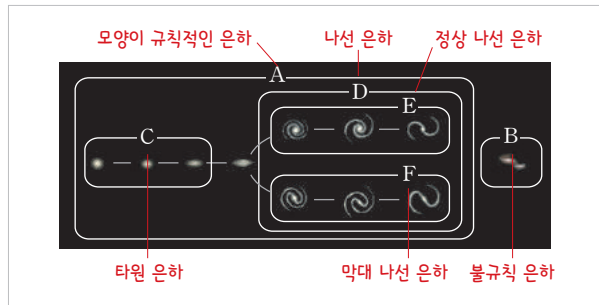
㉡ 태양의 질량이 현재보다 컸다면 생명 가능 지대는 태양에서 더 멀어졌을 것이다.

→ 중심별의 질량이 클수록 생명 가능 지대의 거리가 더 멀어지고 폭이 더 넓어진다.

더 알아보기 골디락스 지대

생명체가 살아가기 위해서는 물이 있어야 하고, 기온이 높지도 낮지도 않아야 하며, 태양과 같은 항성의 빛을 꾸준히 받을 수 있는 위치에 행성이 존재해야 한다. 이 같은 조건을 갖춘 지역을 골디락스 지대라고 하는데, '골디락스'는 영국의 전래동화인 '골디락스와 세 마리의 곰'에 등장하는 소녀의 이름에서 유래했다.

07 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

㉠ A와 B의 분류 기준은 모양의 규칙성 여부이다.

→ 불규칙 은하(B)는 일정한 모양이 없는 은하이다.

㉡ C와 D의 분류 기준은 나선팔의 유무이다.

→ 나선 은하(D)는 타원 은하(C)와 달리 나선팔을 가진다.

㉢ E와 F의 분류 기준은 중심부에 막대 구조의 유무이다.

→ 나선 은하는 막대 구조 유무에 따라 정상 나선 은하(E)와 막대 나선 은하(F)로 나눌 수 있다.

08 | 선택지 분석 |

㉠ 강한 방출선이 관측된다.

㉠ 선 스펙트럼의 폭이 넓게 나타난다.

→ 세이퍼트는 은하 중심부에 블랙홀이 있을 것으로 추정되는 활동 은하이다. 세이퍼트는 일반적인 은하에 비해 아주 밝은 핵과 스펙트럼에서 넓고 강한 방출선을 보인다.

㉡ 가시광선 영역에서 대부분 나선 은하로 관측된다.

→ 세이퍼트는 가시광선 영역에서 대부분 나선 은하로 관측된다.

09 | 선택지 분석 |

㉠ Ia형 초신성의 겉보기 등급은 멀리 있을수록 더 어렵게 관측된다.

→ Ia형 초신성의 절대 등급은 거의 일정하므로 겉보기 등급은 멀리 있을수록 더 어렵게 관측된다.

✗ 빅뱅 이후 우주의 팽창 속도는 계속 증가하고 있다.

→ 빅뱅 이후 급팽창 시기를 거쳐 점차 우주의 팽창 속도가 감속하다가 약 70억 년 전부터 현재까지 다시 가속 팽창하고 있다.

㉡ 우주가 가속 팽창하는 까닭은 암흑 에너지에 의한 척력 때문이다.

→ 우주가 가속 팽창하는 까닭은 암흑 에너지에 의한 우주 척력 때문인 것으로 추정하고 있다.

10 | 선택지 분석 |

㉠ 우주 배경 복사는 2.7 K 흑체 복사와 일치한다.

→ 그래프에서 흑체의 복사 곡선과 관측값이 일치한다.

✗ 이 관측 결과는 빅뱅 우주론이 설명하지 못하는 취약점이다.

→ 이 관측 결과는 빅뱅 우주론의 강력한 증거이다.

✗ 이 그래프는 우주 전체의 국지적으로 미세한 온도 변화를 보여 준다.

→ 이 그래프는 우주 전체의 국지적인 미세한 온도 변화를 확인할 수 없다. 우주 배경 복사 지도를 살펴보았을 때 알 수 있다.

11 | 선택지 분석 |

㉠ A 구간은 급팽창이 일어났음을 의미한다.

→ A 구간에서 반지름이 급격하게 늘어난 것으로 급팽창이 일어났음을 알 수 있다.

㉡ B 구간은 A 구간보다는 느린 속도이지만, 우주가 계속 팽창하고 있음을 나타낸다.

→ B 구간에서는 A 구간보다 기울기가 작지만, 양의 값을 가지므로, 계속 팽창하고 있음을 나타낸다.

✗ 이 우주론은 기존 빅뱅 이론의 우주의 지평선 문제를 해결하였다.

→ 급팽창 이론을 통해, 우주의 크기가 급팽창 이전에는 우주의 지평선보다 작았고, 급팽창 이후에는 우주의 지평선보다 크다고 가정하여 기존 빅뱅 우주론의 문제점을 해결하였다.

12 그림은 행성상 성운의 모습으로, 태양과 질량이 비슷한 별은 적색 거성을 거쳐 행성상 성운을 만들고 백색 왜성이 된다.

채점 기준	배점
적색 거성, 백색 왜성, 별의 질량 범위를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
적색 거성, 백색 왜성만 옳게 서술한 경우	60 %
별의 질량 범위만 옳게 서술한 경우	40 %

더 알아보기 행성상 성운



행성상 성운은 적색 거성의 외곽 물질이 팽창하여 형성되며, 수명은 약 수만 년에 불과하다.

13 $V_R = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} \times c = \frac{20}{400} \times 3 \times 10^5 \text{ km/s} = 1.5 \times 10^4 \text{ km/s}$

이다.

채점 기준	배점
풀이 과정과 답을 모두 옳게 설명한 경우	100 %
풀이 과정이나 답 중 한 가지만 옳게 설명한 경우	50 %

14 그림 (나)로부터 시선 속도는 거리에 비례함을 알 수 있다.

채점 기준	배점
풀이 과정과 답을 모두 옳게 설명한 경우	100 %
풀이 과정이나 답 중 하나만 옳게 설명한 경우	50 %

Never, never, never, never give up.

- Winston Churchill

절대로, 절대로, 절대로, 절대로 포기하지 마라.

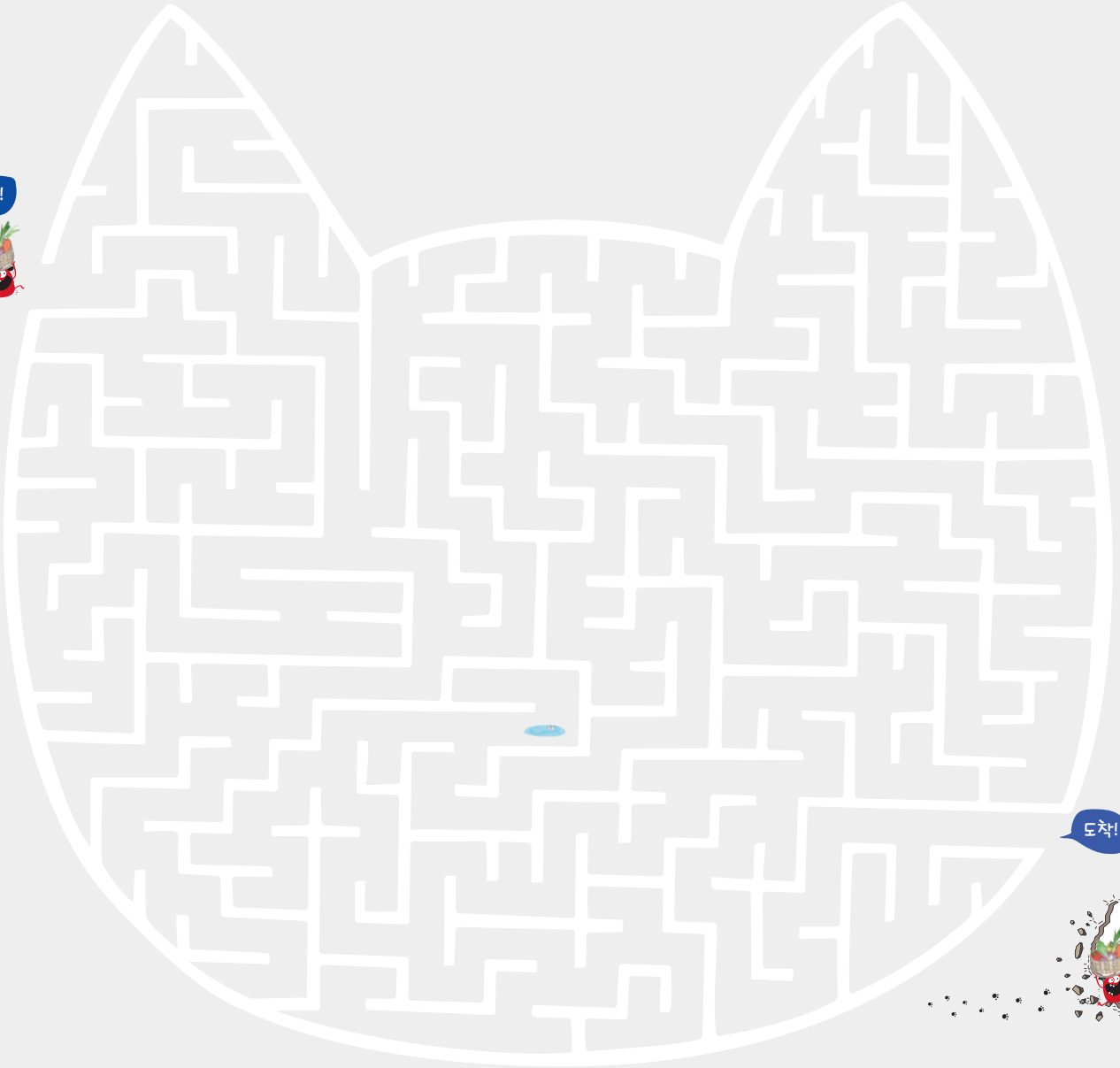
- 윈스턴 처칠



집중력을 높이는 미로 Game

주방보도 몬스터!

냥웍에게 요리 재료를 무사히 전달하라!



도착!



집중력을 높이는 미로 Game

주방보조 몬스터!

냥뽀에게 요리 재료를 무사히 전달하라!

