

와자

정답친해



지구시스템과학

지구의 탄생과 생동하는 지구

1 지구의 탄생과 진화

01 / 지구의 탄생과 진화

개념확인문제

13쪽

① 회전 ② 핵과 맨틀 ③ 원시 지각 ④ 큰 ⑤ 작은 ⑥ 감소
⑦ 증가 ⑧ 오존층

1 (1) ○ (2) × (3) × (4) × 2 (1) ㉠ 증가, ㉡ 상승 (2) ㉢ 분화, ㉣ 밀도 (3) 원시 지각 3 ㉠ 염화, ㉡ 지각 4 (1) × (2) × (3) ○ 5 ㉠ 액체, ㉡ 대기

1 (1) 태양계 성운은 우리은하에 있던 거대한 성운이 주변에서 발생한 초신성 폭발로 생긴 충격파의 영향으로 수축하여 형성되었다.

(2) 각운동량보존 법칙에 따르면, 회전하는 물체의 운동 속도는 회전 반지름이 작아지면 빨라진다. 따라서 태양계 성운은 중력으로 인해 수축하면서 회전 속도가 점점 빨라졌다.

(3) 태양계 성운의 물질 중 중심부는 원시 태양이 되고, 원반부의 구성 물질 대부분은 미행성체를 거쳐 원시 행성이 되었다.

(4) 구성 물질의 밀도가 작은 행성은 목성형 행성으로 원시 태양으로부터 먼 곳에서 형성되었고, 구성 물질의 밀도가 큰 행성은 지구형 행성으로 원시 태양 가까이에서 형성되었다.

2 (1) 미행성체가 계속 충돌함에 따라 지구의 크기와 질량은 증가(㉠)하였고, 미행성체의 충돌로 발생한 열, 방사성 동위원소의 붕괴로 발생한 열 등으로 지구의 온도는 상승(㉡)하였다.

(2) 마그마 바다가 형성된 뒤 지구는 중력에 의해 밀도가 큰 물질로 된 핵과 밀도가 작은 물질로 이루어진 맨틀로 분화하였다.

(3) 지구는 미행성체 충돌 → 마그마 바다 형성 → 핵과 맨틀의 분리 → 원시 지각의 형성 → 원시 바다의 형성 → 바다에서 생명체 탄생의 순서로 진화하였다.

3 원시 바다는 생성된 후 해저 화산 활동으로 많은 양의 염화이온이 공급되었고, 지각에서 공급된 나트륨, 마그네슘 등이 빗물에 녹아 해수에 공급되어 염분이 증가하였다.

4 (1) 원시 지구에는 오존층이 형성되어 있지 않아서 자외선이 매우 강하였다. 따라서 원시 생명체는 수권이 형성된 이후 자외선이 차단되는 바다 속에서 처음 탄생한 것으로 추정된다.

(2) 약 35억 년 전 광합성을 하는 남세균에 의해 바다에 산소가 공급되기 시작했고, 약 5억 년~4억 년 전에는 오존층이 자외선을 차단하여 육상 생물이 서식할 수 있는 환경이 조성되었다.

(3) 오존층은 태양의 자외선을 흡수하며, 자외선은 생명체의 세포를 파괴하는 화학적 반응을 일으킨다. 따라서 오존층이 형성되기 전에는 주로 바다에서 생물이 서식하였고, 오존층이 형성된 후 지표면에 도달하는 자외선의 양이 크게 줄어들면서 육상에서도 생물이 살 수 있는 환경이 조성되었다.

5 지구는 태양과의 거리가 적당하여 액체 상태의 물이 존재할 수 있다. 또한 지구는 크기와 질량이 적당하여 대기를 붙잡아 둘 수 있어 자외선이나 해로운 방사선 등을 차단하는 등 생명체가 살기에 적절한 환경을 유지해 주어 생명체 존재에 기여한다.

대표자료분석 1

14쪽

1 (1) 감소 (2) 증가 (3) 증가 2 ㉠은 지구형 행성, ㉡은 목성형 행성이다. 평균 반지름은 ㉡이 ㉠보다 크고, 평균 밀도는 ㉠이 ㉡보다 크다. 3 (1) (다) (2) 적다 (3) 커졌다 (4) 같다 (5) 낮아 4 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ (5) ○

1 (1) (가) → (나) 시기 성운은 수축하므로 크기는 감소한다.
(2) 성운이 수축하면서 감소한 위치 에너지의 일부는 내부의 온도를 높이므로 중심부 온도는 증가한다.
(3) 회전하는 물체의 운동 속도는 회전 반지름이 작아지면 빨라지므로, 성운의 크기가 감소함에 따라 성운의 회전 속도는 빨라진다.

2 ㉠은 지구형 행성, ㉡은 목성형 행성이다. 지구형 행성은 주로 철, 규소 등 무거운 성분으로 구성되어 크기가 작고 밀도가 크다. 목성형 행성은 주로 수소, 헬륨 등 가벼운 성분으로 구성되어 크기가 크고 밀도가 작다. 따라서 평균 반지름은 ㉡이 ㉠보다 크고, 평균 밀도는 ㉠이 ㉡보다 크다.

3 (1) 스스로 에너지를 합성하여 빛을 내는 천체는 별로, 태양계에서 별은 태양이다. 따라서 태양은 (가) 시기에는 형성되기 전이므로 존재하지 않고, 태양이 형성된 이후인 (다) 시기에 존재한다.
(2) (다)는 행성이 형성된 시기로, (나)에서 큰 미행성체는 작은 미행성체를 끌어당겨 서로 합쳐지면서 성장하여 행성으로 진화하였다. 따라서 고체 천체의 개수는 (나)보다 행성이 형성된 (다) 시기에 더 적다.

(3) (나) → (다) 시기에는 형성된 원시 지구에 수많은 미행성체가 충돌하면서 지구의 질량과 크기가 점점 커졌다.

(4) 태양계는 태양계 성운이 수축하며 회전하면서 형성되었고, 성운의 회전 방향이 그대로 유지되었다. 따라서 A의 방향과 ㉠(지구형 행성)과 ㉡(목성형 행성)의 공전 방향이 같다.

(5) 태양계 원반이 식어가면서 온도가 낮아지면 물질이 응축하여 고체 입자가 형성되고, 입자들이 서로 충돌하고 결합하여 성장하면서 미행성체가 형성된다. 따라서 (나)의 미행성체는 태양계 원반의 온도가 낮아지면서 응축한 입자가 성장한 것이다.

4 (1) 우주에서 가장 풍부한 원소인 수소와 헬륨이 대부분을 차지하므로, 성운의 주요 성분은 수소와 헬륨이다.

(2) 성운이 수축하면서 감소한 위치 에너지의 일부는 빛으로 방출되고, 일부는 열에너지로 변환되어 내부의 온도를 높이는 데 사용된다.

(3) (나)에서 태양과 가까이 있는 미행성체는 주로 무거운 규산염 물질이나 철, 니켈 등의 금속 물질로 이루어져 있고, 태양에서 멀리 있는 미행성체는 상대적으로 밀도가 작은 수소, 헬륨 등의 기체와 얼음 입자들로 이루어져 있다. 따라서 미행성체 구성 물질의 평균 밀도는 태양에서 먼 곳이 가까운 곳보다 작다.

(4) ㉠은 지구형 행성이다. 지구형 행성을 구성하는 주요 물질은 규산염 물질과 철, 니켈과 같은 금속 물질이다.

(5) 원시 태양이 형성된 후 수소, 헬륨 등 가벼운 물질은 태양풍에 의해 중심부에서 바깥쪽으로 밀려나갔다.

(가)는 태양계 성운의 수축과 회전, (나)는 원시 행성의 형성을 나타낸 것이다.

ㄱ. 태양계의 형성 과정은 태양계 성운 형성 → (가) 태양계 성운의 수축과 회전 → 원시 태양의 형성 → (나) 원시 행성의 형성의 순서로 나타난다.

ㄴ. 회전하는 태양계 성운에서 행성이 형성되었으므로 태양계 성운의 회전 방향과 행성의 공전 방향이 같다.

ㄷ. 원시 행성은 미행성체의 충돌과 집적 과정을 통해 성장하였다.

바로알기 ㄴ. (가)에서 태양계 성운은 공간 물질이 밀집되어 중심부로 수축하므로 중심부의 질량은 성운이 충분히 수축된 (나)에서 더 크다.

02 ㄴ. 태양계 성운은 수축하며 회전하여 중심부에는 원시 태양이 형성되었고, 주변부에는 원반이 형성되었다.

ㄷ. 원시 행성이 되지 못한 미행성체는 주로 위성, 소행성, 혜성 등이 되었다.

바로알기 ㄱ. (가) 원시 태양이 형성된 후 원반에서 수많은 미행성체가 형성되었고, 미행성체들이 서로 충돌하고 뭉쳐져 (다) 원시 행성이 형성되었다. 따라서 (가)가 (다)보다 먼저 일어났다.

03 지구형 행성은 수소, 헬륨보다 밀도가 큰 규산염 물질과 철, 니켈과 같은 금속 물질 등으로 구성되어 있다.

모범 답안 지구형 행성이 형성된 지역은 온도가 높아 비교적 가벼운 수소와 헬륨 같은 기체가 원시 태양에서 먼 곳으로 날아갔기 때문이다.

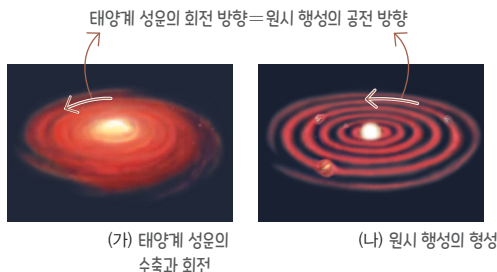
채점 기준	배점
높은 온도를 포함하여 수소와 헬륨이 적은 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
태양과 가깝다고만 서술한 경우	30 %

내신 만점 문제

15쪽~17쪽

- 01 ㉠ 02 ㉡ 03 해설 참조 04 (가) → (라) → (나) → (다) 05 ㉠ 06 ㉡ 07 해설 참조 08 ㉠ 09 A: 핵, B: 바다, C: 생명체 10 ㉠ 11 ㉠ 12 ㉠

01 품격 문제 분석

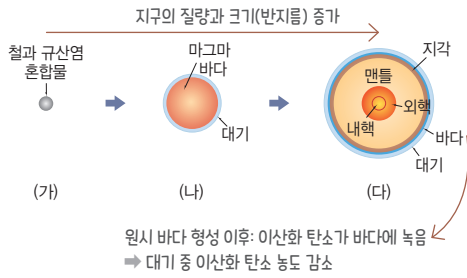


04 (가)는 미행성체 충돌, (나)는 핵과 맨틀의 분리, (다)는 원시 바다의 형성, (라)는 마그마 바다의 형성이다. 따라서 지구의 형성과 진화를 순서대로 나열하면 (가) → (라) → (나) → (다)이다.

05 ㄴ, ㄷ. A 시기에는 지구 구성 물질이 혼합되어 있었다. B 시기에 지구의 중력에 의해 상대적으로 밀도가 높은 철, 니켈 등은 지구 중심부로 가라앉았고, 밀도가 작은 규산염 성분은 지구 표면 쪽으로 이동하는 분화가 일어났다. 따라서 지구 중심부의 밀도는 B 시기가 A 시기보다 크다.

바로알기 ㄱ. A 시기는 지구의 온도가 높아 지구를 구성하는 물질의 상당 부분이 녹아 마그마 바다를 형성한 것이고, C 시기는 표면 온도가 낮아져 지각이 형성된 이후 많은 비가 내려 원시 바다가 형성된 시기이다. 따라서 지구의 표면 온도는 A 시기가 C 시기보다 높다.

06 **꼼꼼 문제 분석**



ㄱ. (가) → (나) 과정에서 지구에는 미행성체가 계속 충돌하여 질량이 증가하였다.

ㄴ. (나) → (다) 과정에서 미행성체는 계속 충돌하여 지구에 합쳐졌으므로 지구의 평균 반지름은 지속적으로 커졌다.

ㄷ. 바닷물에 존재하는 염화 이온은 원시 바다 형성 후 주로 해저 화산 활동에서 방출된 염소가 바닷물에 녹아 공급된 것이다.

[바로알기] ㄷ. 원시 바다가 형성된 이후 이산화 탄소는 많은 양이 바다에 녹아 대기 중 농도가 감소하였다.

07 (1) (가) → (나) 과정 사이에 마그마 바다 형성 시기를 거친다. 이 시기에는 미행성체의 충돌 등으로 많은 에너지가 공급되어 지구의 온도가 높아졌다.

(2) 마그마 바다 시기에 지권의 분화가 나타나 중심부로 갈수록 밀도가 크고 지구 표면 쪽으로 갈수록 밀도가 작아진다.

[모범 답안] (1) 미행성체가 충돌할 때 발생한 열로 온도가 높아졌다. 방사성 동위원소의 붕괴열로 온도가 높아졌다. 중력 수축으로 발생한 열로 온도가 높아졌다.

(2) 밀도는 큰 것부터 나열하면 핵, 맨틀, 지각이다. 핵은 주로 철과 니켈 같은 금속으로 구성되어 있고, 맨틀은 주로 규산염 물질로 구성되어 있다.

채점 기준	배점
(1) 온도가 높아진 까닭 두 가지를 모두 옳게 서술한 경우	50 %
온도가 높아진 까닭을 한 가지만 옳게 서술한 경우	30 %
(2) 밀도를 큰 것부터 옳게 쓰고, 핵과 맨틀의 구성 성분의 차이를 옳게 서술한 경우	50 %
밀도 비교와 핵과 맨틀의 구성 성분의 차이 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	30 %

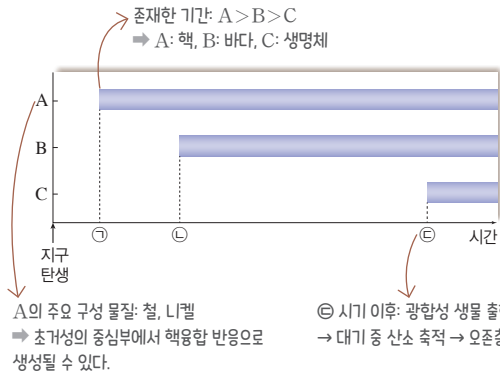
08 ㄱ. 최초의 생명체는 자외선을 막아주는 바다에서 처음 출현하였다.

ㄷ. 광합성 생물이 바다에서 출현한 이후 해수 중에 산소가 축적되었다가 대기로 방출되어 대기 중에도 축적되기 시작하였다. 따라서 대기 중 산소의 대부분은 생물권으로부터 유래하였다.

ㄷ. 대기 중 산소의 농도가 높아지면서 오존층이 형성되었고, 오존층이 자외선을 흡수하여 육상 생물이 등장할 수 있는 환경이 조성되었다.

[바로알기] ㄴ. 남세균은 광합성을 하였으며, 광합성 결과 바다 속 산소의 농도는 점차 증가하였다.

[09~10] **꼼꼼 문제 분석**



09 지구의 진화 과정에서 핵과 맨틀의 분화 이후 원시 지각이 형성되고 원시 바다가 형성되었으며, 생명체는 바다에서 출현하였다. 따라서 A는 핵, B는 바다, C는 생명체이다.

10 ㄱ. A(핵)의 주요 구성 물질은 철과 니켈이다. 철과 니켈은 초거성의 중심부에서 핵융합 반응으로 생성될 수 있다.

[바로알기] ㄴ. B(바다)가 형성된 후 해저 화산 활동으로 염소가 바닷물에 녹아들고, 빗물에 지각의 나트륨, 마그네슘 등의 성분이 녹아 염분이 증가하였다.

ㄷ. 오존층은 생명체 탄생 이후에 형성되었으므로 ㉔ 시기 이후에 형성되었다.

11 ㄷ. 금성은 수성보다 태양으로부터 멀리 있지만 두꺼운 이산화 탄소 대기에 의해 강한 온실 효과가 나타나므로 태양계 행성 중 표면 온도가 가장 높다.

ㄷ. 표에 따르면 액체 상태의 물이 존재하는 유일한 행성은 지구이다.

[바로알기] ㄱ. 태양과의 거리가 멀수록 복사 에너지가 적은 면적에 분산되므로 단위 면적당 받는 에너지량은 감소한다.

ㄴ. 표에서 지구와 금성은 표면 중력이 상대적으로 크고, 수성과 화성은 작다. 또한 대기압은 지구와 금성이 상대적으로 더 크므로, 표면 중력이 작을수록 대기압이 크다는 설명은 옳지 않다.

12 ㄱ. (가) 수성과 (나) 지구는 지구형 행성이다. 지구형 행성의 주요 구성 성분은 철, 니켈과 같은 금속 물질과 규산염 물질이다.

바로알기 나. 지구와는 달리 수성은 판 구조 운동이 멈추었고, 풍화·침식과 같은 지질 활동이 거의 발생하지 않기 때문에 크레이터의 개수가 많다.

ㄷ. 행성의 크기가 작을수록 단위 부피당 표면적이 늘어나 행성 내부에서 외부로의 열 손실이 크므로 상대적으로 냉각 속도가 빠르다.

바로알기 가. 미행성체들이 서로 충돌하고 합쳐져 원시 행성이 형성되었으므로, 원시 행성이 형성된 ㉠ 시기에 미행성체의 충돌이 활발하게 나타났다.

나. ㉡의 원시 지구는 주로 규산염 물질과 철, 니켈 등이 포함된 물질이 충돌하여 합쳐져 형성되었다. 이 물질들은 대부분 태양 주변의 원반에서 응축된 것이다.

실력 UP 문제 17쪽

01 ② ②

01 **꼼꼼 문제 분석**

B: 표면 온도가 가장 높고, A~C 중 두 번째로 크다.
 → 지구의 상당 부분이 녹은 마그마 바다 형성 시기

A: 표면 온도가 가장 낮고, 반지름이 가장 작다.
 → 원시 지구 초기

C: 미행성체 충돌 빛수 감소로 표면 온도가 낮아지고, 반지름이 가장 크다.
 → 원시 바다 형성 시기

ㄷ. 원시 지각은 마그마 바다 형성 시기(B)와 원시 바다 형성 시기(C) 사이에 형성되었다.

바로알기 가. 원시 지구 초기는 미행성체와 충돌이 일어나는 시기로 이때 지구의 크기는 현재의 약 10%였으며, 시간이 지남에 따라 점차 크기가 커졌다. 따라서 A는 원시 지구 초기이다. 마그마 바다가 형성된 시기에는 미행성체가 계속 충돌하여 표면 온도가 원시 바다가 형성된 시기보다 높았으므로, B는 마그마 바다 형성 시기, C는 원시 바다 형성 시기이다. 따라서 지구 진화 과정을 오래된 시기부터 나열하면 A → B → C이다.

나. 핵과 맨틀의 분리가 이루어진 이후에는 지구 표면에서 중심 쪽으로 갈수록 밀도가 커지며, 지구 중심부는 철 등의 무거운 물질로 이루어져 있다. 따라서 중심부의 평균 밀도가 가장 큰 시기는 핵과 맨틀의 분리가 이루어진 이후인 C이다.

02 ㄷ. 미행성체의 충돌로 발생한 에너지 중 일부는 지구 내부에 축적되어 지진이나 화산 활동을 일으키는 지구 내부 에너지가 되었다.

02 / 지구시스템의 진화와 물질의 순환

개념 확인 문제 21쪽

① 남세균 ② 산소 ③ 호상철광층 ④ 산소 ⑤ 얼음덩어리 지구
 ⑥ 석회암 ⑦ 태양 복사 에너지 ⑧ 풍화 ⑨ 공진화

1 A: 이산화 탄소, B: 산소 2 (1) ○ (2) ○ (3) × 3 ㉠ 지권, ㉡ 이산화 탄소, ㉢ 생물권 4 (1) × (2) × (3) ○ (4) × 5 ㉠ 곡류, ㉡ 삼각주 6 가, 나, 르

1 이산화 탄소는 바다에 녹고 광합성에 사용되어 기체의 분압이 점점 감소하였고, 산소는 생명체 탄생 이후 대기에 공급되어 기체의 분압이 점점 증가하였다.

2 (1) 지구 대기 중 산소는 대부분 생물의 광합성에 의해 생성된 것이므로, 생물권에 의해 생성된 것이다.

(2) 호상철광층은 바다에 있던 철 이온이 생물의 광합성으로 생긴 산소와 결합하여 산화 철이 된 후 퇴적되어 형성된 것이다. 따라서 호상철광층은 생명체 등장 이후 형성되었다.

(3) 오존층은 생명체 등장 이후 광합성으로 생성된 산소가 대기로 방출되고 축적되면서 형성된 것이므로, 생명체 등장에 가장 중요한 요소는 아니다.

3 지구에 존재하는 탄소의 대부분은 지권에 석회암의 형태로 고정되어 있다. 지구 내부의 탄소는 이산화 탄소의 형태로 화산 활동을 통해 지권으로 방출되며, 지권의 이산화 탄소는 광합성을 통해 생물권으로 이동하기도 한다. 또한 일부 탄소는 해수에 탄산 이온의 형태로 녹아 수권에 존재하기도 한다.

4 (1) 얼음덩어리 지구였던 시기에는 지구의 극 지역뿐만 아니라 적도 부근까지 빙하가 분포하였다.

- (2) 얼음덩어리 지구는 대부분 원생누대에 형성되었다.
 (3) 대기 중 이산화 탄소는 바닷물에 녹아들고, 생물의 광합성으로 농도가 감소하였고, 그 결과 온실 효과가 약화되어 얼음덩어리 지구가 형성되었다. 따라서 기권의 이산화 탄소 농도 감소는 얼음덩어리 지구가 형성된 원인 중 하나이다.
 (4) 석회암층이 빙하 퇴적층 위에 쌓인 지층은 얼음덩어리 지구가 급격한 온난화를 겪었다는 것을 보여주는 것으로, 얼음덩어리 지구가 존재했다는 증거이다.

5 강의 종류나 하류에서는 안쪽은 유속이 느려 퇴적 작용이, 바깥쪽은 유속이 빨라 침식 작용이 일어나 구불구불 흐르는 곡류가 형성된다. 바다와 강이 만나는 곳에서는 유속이 급격히 느려져 모래나 흙이 쌓여 편평한 지형인 삼각주가 형성된다.

- 6** ㄱ. 호상철광층은 남세균과 같은 생물의 광합성으로 발생한 산소와 해수 속 철 이온이 만나 침전·퇴적되어 형성된 것이다.
 ㄴ. 생물의 광합성으로 발생한 산소와 금속 성분이 결합해 다양한 산화 광물이 형성된다.
 ㄷ. 대규모 용암 분출은 지구 내부 에너지에 의해 발생하는 것으로, 용암이 분출하는 현상은 지구와 생물의 공진화와 관련 있지 않다.
 ㄹ. 생물의 광합성으로 생성된 산소가 대기 중에 축적되어 오존층이 형성되었다.

대표자료분석 1 22쪽

1 (1) 증가 (2) 증가 2 지구 전체가 얼음으로 덮여 있어 화산 활동으로 방출된 이산화 탄소가 바다에 녹아들어가지 못하고 대기에 축적되었기 때문이다. 3 (1) (다) (2) (다) (3) 활발하였다 (4) 이후
 4 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○

- 1** (1) (나)와 같은 전 지구적 결빙 상태에서는 화산 활동으로 방출된 이산화 탄소가 충분히 제거되지 못해 대기에 점차 축적되었다. 이에 따라 지구의 온실 효과로 기온이 점점 높아지면서 (다)와 같은 전 지구적 해빙이 나타났다.
 (2) (가) → (나) 시기에는 빙하 면적이 늘어났기 때문에 지구의 반사율이 증가하였다.
2 (나) 시기에 지구 전체가 얼음으로 덮여 있어 화산 활동으로 방출된 이산화 탄소가 바다에 녹아들어가지 못하고 대기에 축적되어 이산화 탄소 농도가 높아졌고, 온실 효과가 강화되어 (다)와 같이 지구 전체가 녹았다.

- 3** (1) 대기 중 이산화 탄소의 농도는 (다) 시기가 (가) 시기보다 높으므로, 온실 효과도 (다) 시기에 더 강하게 나타났다.
 (2) 얼음덩어리 지구를 덮고 있던 얼음이 녹으면서 대기 중 이산화 탄소가 바닷물에 녹아들어가 탄산 이온이 된 뒤, 칼슘 이온과 결합하여 석회암이 형성되었다. 따라서 이 석회암은 주로 (다) 시기에 형성된 것이다.
 (3) (나) 시기에는 지구가 얼음으로 뒤덮여 있어 기권과 수권의 상호작용이 거의 일어나지 않았다. 따라서 기권과 수권의 상호작용은 (나)보다 지구의 얼음이 더 녹은 (다) 시기에 더 활발하였다.
 (4) 얼음덩어리 지구 상태를 벗어난 뒤 온난해진 지구에서는 바다 속 생물의 광합성이 활발해지며 산소의 농도가 증가했고, 이후 생물들은 산소를 이용하여 다양하게 진화했고 다세포 생물인 에디아카라 생물군이 출현하였다.

- 4** (1) (나) → (다) 시기에는 지권의 화산 활동으로 방출된 이산화 탄소가 기권에 축적되어 온실 효과가 강화되었고, 그 결과 얼음덩어리 지구의 얼음이 녹았다. 따라서 (나) → (다) 시기는 지권과 기권의 상호작용에 의해 나타났다.
 (2) 얼음의 면적이 (다) 시기에 가장 작았으므로 지구의 반사율은 (다) 시기에 가장 작았다.
 (3) 기권에서 온실 기체가 감소하면 온실 효과가 약화되어 지구의 온도가 낮아지므로, 기권의 온실 기체 감소는 얼음덩어리 지구의 주요 형성 원인이다.
 (4) (나) 시기에는 기온이 낮고 지구 전체가 얼음으로 덮여 있어 광합성이 약화되었다. 따라서 생물의 광합성은 (다) 시기에 더 활발하였다.

내신만점문제 23쪽-25쪽

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

- 01** ㄱ. 30억 년 전부터 현재까지 질소의 분압이 가장 크므로, 대기 성분 중 가장 높은 비율을 차지한다.
 ㄷ. 이산화 탄소는 현재까지 계속해서 대체로 분압이 작아지고 있으므로, 이산화 탄소 농도가 감소하는 경향을 보인다.
 (바로알기) ㄴ. 대기에 산소가 축적되기 시작한 것은 약 25억 년 전부터이다. 따라서 광합성을 하는 생물은 그 이전부터 존재하였다.

02 **모범 답안** 최초의 생명체는 바다에서 등장하였는데, 바다는 자외선을 어느 정도 차단해 주었다. 그러나 육상에서는 자외선을 차단할 오존층이 필요하였으므로, 오존층이 형성된 이후에야 육상 생물이 등장할 수 있었다.

채점 기준	배점
오존층의 역할 및 형성과 관련지어 옳게 서술한 경우	100 %
오존층의 형성이 늦었기 때문이라고만 서술한 경우	50 %

03 **꼼꼼 문제 분석**



ㄱ. 호상철광층은 해수 속에 녹아 있던 철 이온이 산소와 반응하여 산화 철로 침전되어 형성된 것이다.

바로알기 ㄴ. 층상 구조는 철 성분이 풍부한 층과 규질 성분이 풍부한 층이 번갈아가며 퇴적되어 나타난다.

ㄷ. 호상철광층은 광합성으로 생성된 산소가 철 이온과 결합하여 생성된 것이다.

04 ㄱ. 남세균은 광합성을 하여 산소를 생성하는 생명체이다.
 ㄴ. 남세균에 의해 만들어진 퇴적 구조를 스트로마톨라이트라고 한다.

ㄷ. 남세균은 광합성을 통해 산소를 생성하여 지구 산소 순환의 중요한 공급원 역할을 하였으므로, 산소의 순환에 기여하였다.

05 ㄱ. 탄소는 대부분 석회암 등 탄산염 형태로 지권에 가장 많이 분포한다.

ㄴ. 수권에 있는 탄소는 주로 탄산 이온 또는 탄산수소 이온으로 존재한다.

ㄷ. 기권의 탄소는 주로 이산화 탄소(CO₂)로 존재한다.

06 ① 화산 활동으로 이산화 탄소가 대기로 방출되므로 지각에서 대기로의 이동인 A에 해당한다.

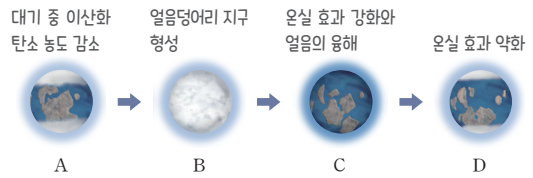
② 생물의 사체가 땅에 매몰되므로 생물에서 지각으로의 이동인 B에 해당한다.

③ 생물은 호흡하면서 이산화 탄소를 대기로 방출하므로 생물에서 대기로의 이동인 C에 해당한다.

④ 대기의 이산화 탄소가 바다에 용해되므로 대기에서 해양으로의 이동인 D에 해당한다.

바로알기 ⑤ 산소 유해가 퇴적되는 것은 생물권에서 지권으로의 이동이므로 B에 해당한다.

[07~08] **꼼꼼 문제 분석**



07 ㄴ. D 시기는 대기 중에 축적되었던 이산화 탄소가 바닷물에 녹아 온실 효과가 현재와 비슷해진 시기이고, C 시기는 대기 중 이산화 탄소 농도 증가로 강력한 온실 효과가 나타나 지구의 얼음이 모두 녹은 시기이다. 따라서 대기 중 이산화 탄소의 농도는 C 시기가 D 시기보다 높다.

ㄷ. C 시기에 지구의 얼음이 모두 녹았으므로 지구의 평균 기온은 C 시기에 가장 높다.

바로알기 ㄱ. 석회암은 바다에 용해된 탄산 이온이 칼슘 이온과 만나 형성된다. B 시기에는 지구 전체가 얼음에 덮여 있어 대기 중 이산화 탄소가 바다에 용해되지 못해 석회암이 형성되기 어려웠다.

08 **모범 답안** B 시기에 바다가 얼음으로 뒤덮여 있어 화산 활동으로 대기에 공급된 이산화 탄소가 바다에 녹아들어가지 못하고 축적되어 강력한 온실 효과가 일어났기 때문이다.

채점 기준	배점
이산화 탄소가 인하여 온실 효과가 일어났기 때문이라고 옳게 서술한 경우	100 %
이산화 탄소와 온실 효과 중 하나만 언급하여 서술한 경우	50 %

09 **모범 답안** 지층은 역전되지 않았다. 얼음덩어리 지구 시기에 빙하 퇴적물이 먼저 형성되었고, 이후 전 지구적 해빙으로 이산화 탄소가 바닷물에 녹아 석회암이 형성되었다. 따라서 지층의 생성 순서는 빙하 퇴적층 → 석회암층이다. 지층의 아래쪽에 빙하 퇴적층이 분포하므로, 이 지층은 역전되지 않았다.

채점 기준	배점
지층의 역전 여부를 옳게 판단하고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
지층의 역전 여부만 옳게 판단하고, 그 까닭을 옳게 서술하지 못한 경우	50 %

10 ②, ③ 얼음덩어리 지구가 종료된 후 빙하가 녹으면서 해양에 다양한 영양 물질이 공급되어 광합성 생물이 번성하였으며, 이에 따라 대기와 해양의 산소 농도가 증가하였다.

④ 전 지구적 해빙 이후 해양 환경이 안정되고 산소 농도가 증가하면서 에디아카라 생물군과 같은 다세포 생물이 등장하였다.

⑤ 얼음덩어리 지구 시기보다 빙하의 면적이 감소하였으므로 지구의 반사율은 감소하였다.

바로알기 ① 호상철광층은 얼음덩어리 지구가 나타나기 전에 형성된 것이다.

11 ㄱ. 광합성 과정에서 생물은 이산화 탄소를 흡수하여 유기물을 합성하므로, 이산화 탄소는 생물권으로 이동한다.

ㄴ. 원시 대기의 이산화 탄소는 주로 해수에 녹아 탄산 이온이 된 후 칼슘 이온과 결합하여 석회암으로 지권에 고정되었다.

바로알기 ㄷ. 대기의 이산화 탄소는 바닷물에 녹아 탄산 이온 등의 형태로 존재하거나 석회암으로 고정되므로, 이산화 탄소가 바다에 녹는 과정은 대기 중 이산화 탄소 농도를 증가시키지는 않는다.

12 ㄱ. 태양 복사 에너지가 지표와 해수를 가열하여 물이 증발하고 수증기가 응결하여 강수가 이루어지므로, 태양 복사 에너지는 물의 순환을 일으키는 주요 에너지원이다.

ㄴ. 물은 순환 과정에서 증발과 응결을 통해 열에너지를 흡수하고 방출하며, 태양 복사 에너지를 지구 전역에 고르게 분배한다. 이로써 지구 전체가 에너지 평형을 이루는 데 기여한다.

바로알기 ㄷ. A 지역은 강의 하류이다. V자곡은 주로 강의 상류에서 나타난다.

13 (가)는 삼각주이고, (나)는 석회 동굴이다.

ㄴ. (나) 석회 동굴은 이산화 탄소가 녹아 약한 산성을 띠는 지하수에 의해 석회암이 용해되고 침식되어 형성된다.

바로알기 ㄱ. (가) 삼각주는 하천수가 바다와 만나는 부근에서 유속이 느려지며 하천수가 운반해 온 퇴적물이 넓게 쌓여 만들어진 다. 따라서 물에 의한 퇴적 작용으로 형성된다.

ㄷ. (나) 석회 동굴은 물의 순환에 의해 형성된 지형으로, 가장 큰 영향을 주는 에너지원은 태양 복사 에너지이다.

14 (1) 해식 절벽은 파도와 같은 바닷물의 침식 작용으로 해안의 지표가 깎여 형성된 지형이다. 이는 수권의 작용이 지권에 영향을 미친 사례이므로 C에 해당한다.

모범 답안 (1) C

(2) 물이 증발한다. 등

채점 기준	배점
(1) C라고 옳게 쓴 경우	50 %
(2) A에 해당하는 적절한 예 한 가지를 옳게 서술한 경우	50 %

15 ㄱ. 호상철광층은 생물의 광합성으로 생성된 산소가 해수 속 철 이온과 반응하여 생성된 산화 철이 퇴적되어 형성된 지층이다. 이 과정에서 수권의 철 이온이 산소와 반응하여 지권에 퇴적되었으므로, (가)는 생물권이 수권과 지권에 영향을 준 예이다.

ㄴ. 오존층이 형성되면서 유해한 자외선이 차단되어 육상 생물이 등장할 수 있었으므로 생물권의 분포 범위가 확장되었다.

ㄷ. 고생대 말 대멸종의 원인은 판게아의 형성, 몇 백 년 동안 이어진 화산 활동 등 지권의 변화로 나타났다는 것이 일반적인 견해이다.

16 ⑤ 광합성 생물의 등장 이후 대기 중 산소 농도가 증가하였고, 이 산소가 다른 금속 원소와 반응하여 다양한 산화 광물이 형성되었다.

바로알기 ① 점토 광물은 미생물의 신진 대사를 통해 생성될 수 있다.

② 화성과 금성보다 지구에 더 많은 종류의 광물이 존재한다. 화성과 금성에는 약 500여 종류의 광물이 존재하고, 지구에는 약 4000여 개가 넘는 광물이 존재한다.

③ 금속 산화물은 산소와 금속 원소가 반응하여 생성된 것이다.

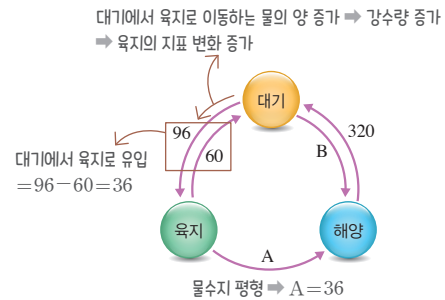
④ 지구에 존재하는 광물의 종류는 광합성 생물의 등장으로 대기 중 산소 농도가 증가한 이후 크게 증가하였다.

실력 UP 문제

26쪽

- 01 ③ 02 ③ 03 해설 참조 04 ⑤

01 **꼼꼼 문제 분석**



ㄱ. 물수지 평형을 이루고 있으므로 육지는 유입량과 유출량이 같아야 한다. 대기에서 육지로의 유입량은 96 - 60 = 36 단위이므로 육지에서 해양으로의 유출량도 36 단위이다. 따라서 A는 36 단위이므로, 30 단위보다 크다.

ㄷ. 대기에서 해양으로 이동하는 물은 대부분 강수의 형태로 나타난다. 강수 과정에서 물은 아래로 떨어지면서 위치 에너지가 감소하고, 이로 인해 에너지가 이동한다.

바로알기 ㄴ. 대기에서 육지로 이동하는 물은 대부분 강수의 형태로 나타난다. 따라서 대기에서 육지로 이동하는 물의 양이 증가하면 강수에 의한 지표의 변화가 증가한다.

02 ㄱ. 남세균의 출현 이후 광합성이 활발해지면서 산소가 생성되었고, 그 결과 약 25억 년 전~20억 년 전에 호상철광층이 형성되었다. 선캄브리아 시대 말기 얼음덩어리 지구는 신원생대에 형성되었다. 따라서 (가)는 (나)보다 먼저 형성되었다.

ㄴ. 호상철광층은 남세균과 같은 광합성 생물이 생성한 산소가 바닷물에 녹아 있던 철 이온과 결합하여 형성된 지층이다. 따라서 호상철광층은 지구와 생물의 공진화의 결과이다.

바로알기 ㄷ. 대기 중 이산화 탄소 농도는 장기적으로 감소하는 경향을 보인다. 따라서 대기 중 이산화 탄소 농도는 더 이후 시기인 (나)의 형성 직전 시기가 (가)가 형성된 시기보다 낮다.

03 **모범 답안** (1) 화학적 풍화

(2) 대기 중 이산화 탄소 농도가 감소하였고, 이로 인해 온실 효과가 약화되었다. 그 결과 지구의 평균 기온이 낮아져 얼음덩어리 지구가 형성되었다.

채점 기준	배점
(1) 화학적 풍화라고 옳게 쓴 경우	40 %
대기 중 이산화 탄소 농도 감소와 기온 하강(또는 얼음덩어리 지구 형성)을 모두 포함하여 옳게 서술한 경우	60 %
대기 중 이산화 탄소 농도 감소와 기온 하강(또는 얼음덩어리 지구 형성) 중 한 가지만 포함하여 옳게 서술한 경우	30 %

04 ㄱ. 얼음에 뒤덮인 지구가 녹은 것은 지권의 화산 활동으로 방출된 이산화 탄소가 기권에 축적되어 온실 효과가 강화되었기 때문이다. 따라서 이는 지권과 기권의 상호작용인 ㉠ 과정에 의해 나타났다.

ㄴ. X는 산소이다. 대기 중 산소는 생물의 광합성으로 등장했으므로 생물권과 기권의 상호작용인 ㉡ 과정에 해당한다.

ㄷ. 해양 생물의 광합성은 수권에 녹아 있는 이산화 탄소를 이용하는 과정이므로 수권과 생물권의 상호작용인 ㉢ 과정에 해당한다.

중단원 핵심정리

27쪽

- ① 초신성 ② 지구형 ③ 목성형 ④ 마그마 바다 ⑤ 맨틀
- ⑥ 액체 ⑦ 호상철광층 ⑧ 이산화 탄소 ⑨ 석회암
- ⑩ 에디아카라

중단원 마무리 문제

28쪽~30쪽

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

01 ① 태양계 성운은 우리은하의 나선팔에 위치하고 있던 거대한 성운이 뭉쳐져 형성되었다.

②, ③ 태양계 성운은 인근 초신성 폭발의 충격파에 의해 수축이 시작되었으며, 이후 자체 중력에 의해 계속 수축하였다.

④ 태양계 성운은 성간 물질이 밀집되어 중력에 의해 수축하므로 중심부의 온도가 높아진다.

바로알기 ⑤ 중심부에서는 먼지와 기체 같은 성간 물질이 모이면서 밀도가 증가하여 원시 태양이 형성되었다.

02 ㄱ. 태양계 성운이 수축하면서 중력 수축에 의해 중심부의 온도가 상승하므로, 중심부 온도는 B일 때가 A일 때보다 높다.

바로알기 ㄴ. 태양계 성운이 회전하며 수축하는 과정에서 납작한 원반 형태가 형성되며, 원시 태양 형성 후 원반 내의 물질들로부터 미행성체가 형성되었다. 따라서 미행성체는 원시 태양을 중심으로 원반 모양으로 분포하였다.

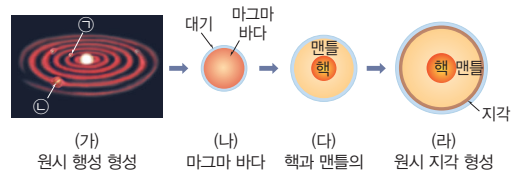
ㄷ. 태양계가 형성될 때 태양 근처에서 지구형 행성이 형성되었고, 태양으로부터 먼 거리에서 목성형 행성이 형성되었다.

03 ㄱ. (가) 미행성체가 충돌한 시기는 밀도 차에 의한 분화가 이루어지기 전이므로 중심부의 밀도가 가장 작다. (나) 핵과 맨틀로 분리되는 과정에서 밀도가 큰 금속 성분이 중심부로 이동하여 중심부의 밀도가 증가하였으며, (다) 원시 바다가 형성된 시기에는 분화가 더욱 진행되어 중심부의 밀도가 가장 크다.

바로알기 ㄴ. (나) 시기에 상대적으로 밀도가 작은 규산염 성분은 지표 가까이에서 맨틀을 이루었다.

ㄷ. 미행성체가 충돌할 때 지구에 축적된 열에너지는 현재에도 지구 내부에 일부가 저장되어 있다.

04 **꼼꼼 문제 분석**



㉠: 주로 철, 규산염 물질로 구성
 ㉡: 주로 수소, 헬륨으로 구성
 ⇒ 평균 밀도: ㉠ > ㉡
 미행성체가 계속 충돌하여 지구의 질량이 증가

ㄱ. 태양과 가까운 영역에는 밀도가 큰 금속과 규산염 물질이 주로 분포하였고, 태양에서 먼 영역에는 밀도가 작은 얼음과 휘발성 물질이 많이 포함되었다. 따라서 태양에 가까운 원시 행성(㉠)이 태양에서 먼 원시 행성(㉡)보다 평균 밀도가 크다.

ㄴ. 지구는 태양계 성운의 원반에서 형성되었으며, 미행성체들이 충돌하고 합쳐지면서 성장하였다. (가)에서 (라)로 진행되는 동안에도 미행성체의 충돌이 계속되어 지구의 질량과 크기가 증가하였다. 따라서 지구의 질량은 (나)보다 (다)에서 더 크다.

바로알기 ㄷ. 원시 지각 형성 시기에는 물이 액체 상태로 존재하기에는 지표 온도가 높았으므로 물은 기체 상태로 존재하였다.

05 ㄴ. B 시기에 오존층이 형성되면서 자외선이 지표에 도달하지 않으므로 B 시기 이후 육상 생물이 등장할 수 있었다.

바로알기 ㄱ. A 시기는 생명체가 출현한 이후이며, 생명체는 수권에서 출현하였다. 이보다 이전 시기에 대기 중 수증기가 비로 내려 원시 바다가 형성되었으므로, A 시기의 대기 중에 가장 많은 기체는 수증기가 아니다.

ㄷ. 밀도 차에 의해 핵과 맨틀이 분리된 시기는 수권이 생성되기 이전 시기이므로 A 시기보다 더 이전이다.

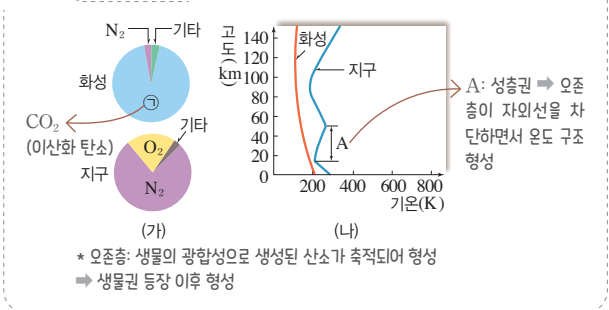
06 C는 반지름이 가장 크고, 물이 고체, 액체, 기체 상태로 존재하므로 지구이다. A는 반지름이 가장 작고, 물이 존재하지 않으므로 수성이다. B는 화성이다.

ㄱ. 행성의 반지름은 C가 가장 크다. 화산 활동은 지구형 행성 중 반지름이 상대적으로 큰 금성과 지구에서 활발하게 일어나며, 그 중 반지름이 가장 큰 지구(C)에서 가장 활발하게 일어난다.

ㄴ. 태양과의 거리가 가까울수록 태양 복사 에너지를 많이 받아 표면 온도가 높은 경향이 있다. 수성(A)은 태양에 가장 가까워서 행성 중 평균 표면 온도가 가장 높다. 지구(C)는 화성(B)보다 태양에 더 가깝고, 대기의 온실 효과로 화성보다 평균 표면 온도가 높다. 따라서 행성의 평균 표면 온도는 A > C > B이다.

ㄷ. C는 물이 고체, 액체, 기체 상태로 존재하므로 지구이다.

07 **꼼꼼 문제 분석**

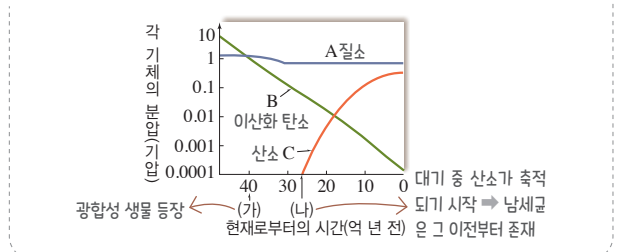


ㄴ. A층은 성층권으로, 성층권의 온도 구조는 오존이 자외선을 흡수하면서 나타난다. 오존은 생물의 광합성으로 대기 중 산소가 증가한 이후 형성되었으므로, A층의 온도 구조는 생물권 탄생 이후 형성되었다.

ㄷ. 지구는 다른 행성과 달리 수권과 생물권이 존재한다. 따라서 태양계 행성 중 가장 다양하게 권역 간 상호작용이 나타난다.

바로알기 ㄱ. A는 성층권으로, 성층권의 온도 구조는 산소가 축적되어 오존층이 형성되어 자외선을 흡수하여 나타난 것이다.

08 **꼼꼼 문제 분석**



ㄱ. 현재 대기의 조성으로부터 A는 질소, C는 산소, B는 이산화 탄소이다.

바로알기 ㄴ. (가) 시기에 이산화 탄소(B)의 분압이 감소한 주요 원인은 이산화 탄소가 바다에 용해되었기 때문이다.

ㄷ. 대기 중 산소는 (나) 시기에 축적되기 시작하였으므로, 남세균은 (나) 시기 이전에 출현하였다.

09 ㄴ. (나)는 남세균이다. 남세균은 광합성 과정에서 이산화 탄소를 소모하고 산소를 방출하여 대기의 성분 변화에 기여하였다.

ㄷ. 호상철광층은 산소가 바닷속의 철 이온과 반응하여 생성된 산화 철이 대규모로 퇴적되어 형성된 것이다. 따라서 (다)는 산소이다.

바로알기 ㄱ. (가)는 선캄브리아이다. 선캄브리아 시대에는 삼엽충과 같은 단단한 골격이 있는 생물은 아직 번성하지 않았다.

10 ① 광합성에 의해 기권의 이산화 탄소가 생물체로 이동하므로 기권에서 생물권으로의 이동(A)이다.

② 화산 가스가 분출하면서 이산화 탄소가 대기 중으로 방출되므로 지권에서 기권으로의 이동(B)이다.

③ 이산화 탄소가 바다(수권)에 용해되는 것은 기권에서 수권으로의 이동(C)이다.

⑤ 수권의 탄산 이온이 석회암으로 형성되어 지권에 퇴적되므로, 석회암의 생성은 수권에서 지권으로의 이동(E)이다.

바로알기 ④ 화석 연료 연소는 지권에 저장된 탄소가 기권으로 이동(B)하는 예이다.

11 ㄱ. (가) → (나) 동안 지구에 존재하는 얼음의 양이 증가하였다. 즉, 지구의 평균 기온은 낮아졌다.

ㄴ. 빙하에 덮인 면적이 증가할수록 지구의 반사율이 커진다. 빙하에 덮인 면적은 (나) 시기가 가장 넓으므로, (나) 시기에 지구의 반사율이 가장 크다.

ㄷ. (가) 시기는 이산화 탄소 농도가 감소하여 지구의 일부가 얼음에 덮였고, (나) 시기는 이산화 탄소 농도가 상승하여 온실 효과가 강하게 나타나 극지방까지 빙하가 녹았다. 따라서 이산화 탄소의 농도는 (나) 시기가 (가) 시기보다 크다.

12 **모범 답안** 지구형 행성은 태양과 가까워 온도가 높았고, 태양풍의 영향으로 질량이 작은 가벼운 물질은 대부분 날아갔다. 그 결과 규산염과 철과 같은 질량이 크고 밀도가 큰 물질이 주로 남아 지구형 행성이 형성되었으며, 이로 인해 목성형 행성보다 평균 밀도가 크다.

채점 기준	배점
온도와 태양풍의 영향을 모두 언급하여 옳게 서술한 경우	100 %
온도와 태양풍의 영향 중 하나만 언급하여 서술한 경우	50 %

13 빙하 퇴적층 위에 석회암층이 분포하는 것은 얼음덩어리 지구 이후 온난화로 석회암이 형성되었기 때문으로, 이는 얼음덩어리 지구가 존재했다는 증거이다.

모범 답안 전 세계 곳곳에서 빙하 퇴적층 위에 석회암층이 분포한다.

채점 기준	배점
빙하 퇴적층과 석회암층을 함께 언급하여 옳게 서술한 경우	100 %
빙하 퇴적층과 석회암층 중 하나만 언급하여 서술한 경우	50 %

14 **모범 답안** B, B는 A에 비해 반지름이 크므로 부피에 비해 표면적이 작다. 이로 인해 단위 표면을 통한 열손실이 감소하여 행성 내부가 천천히 냉각된다. 따라서 내부의 열을 오래 유지할 수 있어 화산 활동이 더 오래 지속된다.

채점 기준	배점
B를 고르고, 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
B를 골랐으나 까닭을 옳게 서술하지 못한 경우	50 %

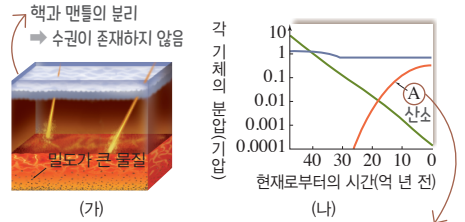
15 **모범 답안** 오존층은 생물권이 광합성을 통해 방출한 산소가 대기 중에 축적되면서 형성된 것으로, 생물 활동과 지구 환경이 함께 변화한 결과이기 때문이다.

채점 기준	배점
오존층의 형성 원리를 공진화의 관점과 연결지어 옳게 서술한 경우	100 %
오존층의 형성 원리만 옳게 서술한 경우	50 %

중단원 고난도 문제

01 ① 02 ① 03 ⑤ 04 ②

01 — **꼼꼼 문제 분석**



(가) 시기 이전: 규산염 광물과 철이 혼합되어 있었음 → (가) 시기 이후 중심부의 철의 비율이 더 높다.
A: 산소 → 규산염 형태로 가장 많이 존재

선택지 분석

- ㉠ 지구 중심부를 구성하는 철의 비율은 (가) 시기 이후가 (가) 시기 이전에 비해 크다.
- ㉡ (가) 시기에 지구에는 수권이 존재하였다. 존재하지 않았다
- ㉢ A는 (가) 시기에 산화 철의 형태로 가장 많이 존재하였다. 규산염 광물

전략적 풀이 ① 마그마 바다 시기에 일어나는 분화에 대해 파악한다.

ㄱ. (가) 핵과 맨틀의 분리 시기 이전의 지구는 밀도 차에 의한 분화가 일어나지 않았고, (가) 시기에 분화가 일어났다. 핵을 구성하는 주요 물질은 철이므로, 중심부를 구성하는 철의 비율은 (가) 시기 이후가 (가) 시기 이전에 비해 크다.

② 지구의 형성과 진화 과정에서 권역이 생성된 순서를 파악한다.
ㄴ. 수권은 지각이 형성된 이후 저지대에 물이 고이면서 형성될 수 있으므로, 지각이 형성되기 이전인 핵과 맨틀의 분리 시기에 수권이 존재하지 못했다.

③ 지구에 산소는 어떠한 형태로 존재하는지 파악한다.
ㄷ. A는 산소이다. 지구에 산소 원소는 대부분 규산염 광물 형태로 존재한다. 따라서 (가) 시기에 산소 원소는 규산염 광물로 가장 많이 존재하고 있었을 것이다.

02 — **꼼꼼 문제 분석**

물질	응축 온도(K)
수소, 헬륨	응축 안됨.
수소 화합물	< 150
암석	500 ~ 1300
금속	1000 ~ 1600



부파: A가 B보다 매우 크다.
질량: 차이가 크지 않다.
→ 평균 밀도: A < B

목성형 행성의 주요 구성 성분, 응축되지는 않는다.

선택지 분석

- ㉠ 태양계의 형성 과정 중 평균 밀도는 B 단계가 A 단계보다 크다.
- ㉡ B 단계에서 원시 태양과 가까울수록 미행성체의 평균 밀도는 작아진다. 작아지지 않는다
- ㉢ 목성은 주로 수소(H₂)와 헬륨(He)이 응축되어 형성되었다. 수소와 헬륨은 응축되지 않는다

전략적 풀이 ① 밀도는 단위부피당 질량이라는 것을 생각해 본다.

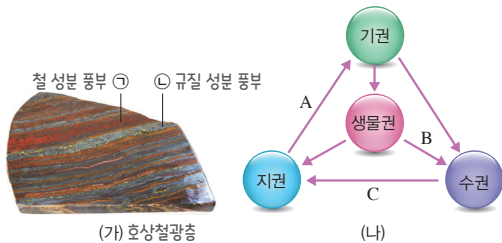
ㄱ. A는 태양계 성운의 수축 및 회전이 나타나는 단계로 크기가 매우 큰 반면, B는 수축으로 A에 비해 크기가 매우 작아진 단계이다. 따라서 평균 밀도는 B 단계가 A 단계보다 크다.

② 표에서 물질의 응축 온도를 이해하고, 원시 태양과의 거리에 따른 온도와 그에 따라 응축되는 물질을 파악한다.

ㄴ. 표에서 물질의 응축 온도는 금속 > 암석 > 수소 화합물이다. 원시 태양 부근의 온도는 외곽보다 높으므로, 원시 태양과 가까운 곳에서는 주로 응축 온도가 높은 금속과 암석 물질로 이루어진 미행성체가 형성된다. 따라서 중심부로 갈수록 미행성체의 밀도가 감소한다고 보기 어렵다.

ㄷ. 표에서 수소와 헬륨은 응축되지 않으므로 목성은 수소와 헬륨이 응축되어 형성된 것은 아니며, 중력으로 주로 수소와 헬륨을 끌어모아 형성되었다.

03 **꼼꼼 문제 분석**



바닷속 철 이온이 생물의 광합성으로 생성된 산소와 결합하여 산화 철이 된 뒤 해저로 가라앉아 형성된다.
 → 지구시스템과 생물의 공진화의 예에 해당한다.
 → 철 이온의 이동: C

선택지 분석

- ㉠ (가)의 형성 과정에서 철의 이동은 (나)의 C에 해당한다.
- ㉡ 철 산화 광물은 ㉠층이 ㉡층보다 풍부하다.
- ㉢ (가)는 생물과 지구시스템의 공진화의 예에 해당한다.

전략적 풀이 ① 호상철광층의 형성 과정을 파악한다.

ㄱ. 호상철광층은 바다에 존재하는 철 이온이 산소와 결합하여 산화 철이 된 뒤 해저로 가라앉아 형성된 지층이다. 따라서 호상철광층에서 철의 이동은 수권에서 지권으로의 이동(C)에 해당한다.

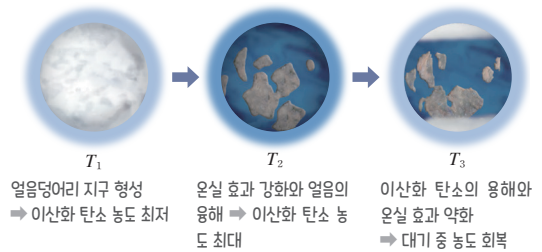
② 호상철광층에서 붉은색 층과 회색 층을 구성하는 성분의 차이를 파악한다.

ㄴ. 호상철광층에서 붉은색 층은 산화 철이 풍부하고, 회색 층은 규질 성분이 풍부하다. 따라서 철 산화 광물은 회색 층인 ㉠보다 붉은색 층인 ㉡에서 풍부하다.

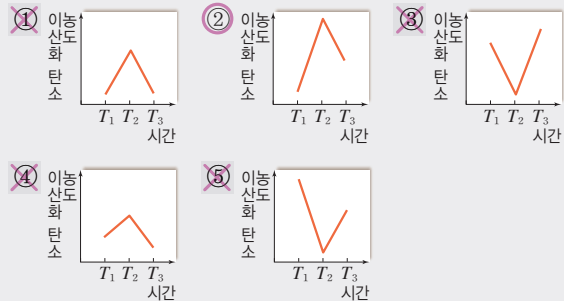
③ 공진화의 의미를 이해하고, 호상철광층의 형성 과정과 연결지어 이해한다.

ㄷ. 호상철광층은 생물이 광합성으로 방출한 산소가 수권의 철 이온과 결합하여 형성된 것이다. 따라서 (가)는 생물과 지구시스템의 공진화의 예에 해당한다.

04 **꼼꼼 문제 분석**



선택지 분석



전략적 풀이 ① 얼음덩어리 지구의 형성과 변화 과정을 이해하고, 그 과정에서 이산화 탄소의 농도 변화를 추론한다.

② • T₁ 시기: 대기 중 이산화 탄소가 감소하여 온실 효과가 약화되고, 그 결과 지구의 기온이 낮아지면서 얼음덩어리 지구가 형성되었다.

• T₂ 시기: T₂ 시기가 되는 동안 지구가 얼음으로 뒤덮인 상태에서 화산 활동으로 방출된 이산화 탄소가 대기 중에 누적되어 온실 효과가 크게 강화되었고, 이로 인해 지구의 얼음이 녹았다.

• T₃ 시기: 대기 중 이산화 탄소가 바다에 용해되거나 광합성에 이용되어 이산화 탄소 농도가 다시 감소하였고, 온실 효과가 약화되면서 지구의 기온도 낮아져 현재와 유사한 상태가 되었다.

→ 대기 중 이산화 탄소 농도는 T₁ 시기일 때 가장 낮고 T₂ 시기일 때 가장 높으며, T₃ 시기에는 T₁ 시기와 T₂ 시기의 사이이다.

2 지권의 변동

01 / 판 구조론의 정립 과정

개념 확인문제

38쪽

- 1 대륙 이동설 2 대륙 이동 3 맨틀 대류설 4 해양저 확장설
5 고지자기 6 섭입대 7 판 구조론 8 변환 단층

- 1 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × 2 ㉠ 온도, ㉡ 상승, ㉢ 하강
3 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ 4 가, 다

1 (3) 베게너가 제시한 대륙 이동의 증거는 해안선 모양의 유사성, 화석과 빙하 흔적의 연결, 지질 구조의 연속성 등이다.

(4) 대륙 이동의 원동력을 맨틀 대류로 설명한 과학자는 홈스이다.

2 홈스는 맨틀 내부의 온도 차로 대류가 발생하며 상승부에서 새로운 지각(화산섬)이 형성되고, 하강부에서 지각이 소멸한다고 주장하였다.

3 (2) 해양 지각에 기록된 고지자기는 띠 모양의 줄무늬를 이루고 있으며, 해령을 축으로 좌우 대칭으로 분포한다.

4 가. 윗층은 해령과 해령 사이 구간에서 천발 지진이 발생하는 새로운 형태의 단층을 발견하였고, 이를 변환 단층이라 하였다. 또한 판이라는 용어를 처음 사용하였다.

나. 판은 지각과 상부 맨틀을 포함하는 평균 두께가 약 100 km 인 단단한 암석층의 조각이다.

다. 판 구조론은 지구에서 일어나는 지각 변동을 설명하는 통합 이론이다.

대표 자료 분석 1

39쪽

- 1 B → A → C 2 ㉠, ㉡, ㉢, ㉣ 3 대륙이 이동한 원동력을 설명하지 못했기 때문이다. 4 (1) B (2) C (3) 좁다 (4) B
5 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) ○ (6) ○

1 A는 중생대 말, B는 고생대 말, C는 신생대 말의 대륙 분포이다.

2 베게너가 주장한 대륙 이동의 증거는 해안선 모양의 유사성, 화석 분포의 연속성, 지질 구조의 연속성, 빙하의 흔적과 이동 방향이다.

3 베게너는 대륙 이동의 증거를 여러 가지 제시하였으나, 대륙을 움직일 수 있는 원동력을 설명하지 못했기 때문에 당시 과학자들로부터 인정받지 못하였다.

- 4 (1) 초대륙 판게아가 형성된 시기의 수륙 분포는 B이다.
(2) 대륙이 여러 조각으로 나누어질수록 대륙 연안에 분포하는 대륙붕의 총 면적이 넓다.
(3) 대서양의 면적은 A가 C보다 좁다.
(4) 판게아가 존재할 당시 인도 대륙은 남극 대륙과 붙어 있었으며, 이 시기에 빙하 퇴적층이 형성되었다.

5 (3) 고생대 말에 형성된 빙하 퇴적층이 적도 부근에 분포하는 까닭은 추운 지역에 있던 대륙이 적도까지 이동했기 때문이다.

(4) 메소사우루스는 고생대 말에 살았던 육상 생물로, 대서양이 형성되기 시작한 중생대 초에는 이미 멸종하였다.

(5) 대서양 중앙 해령을 중심으로 대칭으로 나타나는 고지자기 줄무늬는 해양저 확장설의 증거이면서 대륙 이동의 증거가 될 수 있다.

(6) 판게아가 형성될 당시 인도와 오스트레일리아 대륙은 모두 남극 대륙 부근에 위치하였고, 현재 인도 대륙은 북반구에, 오스트레일리아 대륙은 남반구에 위치한다. 따라서 판게아부터 현재까지 대륙이 이동한 거리는 인도 대륙이 오스트레일리아 대륙보다 크다.

대표 자료 분석 2

40쪽

- 1 수심이 가장 깊은 곳: P₁, 수심이 가장 얇은 곳: P₄ 2 ㉠ 해령, ㉡ 발산형 3 (1) 비례 (2) 짧다 (3) 길다 (4) 증가 4 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ×

1 수심은 음파 왕복 시간이 길수록 깊다. 따라서 P₁~P₆ 중 수심이 가장 깊은 곳은 P₁이고, 수심이 가장 얇은 곳은 P₄이다.

2 이 해역의 수심은 P₄에서 가장 낮고, P₄에서 멀어짐에 따라 수심이 깊어진다. 따라서 이 해역에는 판의 발산형 경계인 해령이 존재함을 알 수 있다.

3 (2), (3) 음파 왕복 시간은 수심이 얇은 해령에서 짧고, 수심이 깊은 해구에서 길다.

(4) P₁과 P₆은 발산형 경계를 기준으로 서로 다른 판에 위치한다. 따라서 두 판이 서로 멀어짐에 따라 P₁과 P₆에 존재하는 해양 지각 사이의 거리는 멀어진다.

4 (1) 판의 경계에서 가장 가까운 지점은 수심이 가장 얇은 P₄이다.

(2) 이 해역의 판의 경계는 해령으로, 해양 지각이 생성된다.

(3), (4) P₄는 수심이 가장 얇으므로 해령의 중심축에서 가장 가깝다. 따라서 해양 지각의 연령은 P₄에서 가장 적고, 심해 퇴적물의 두께도 P₄에서 가장 얇다.

(5) 수심 변화는 P₁-P₂보다 P₃-P₄에서 크고, 수평 거리는 P₁-P₂와 P₃-P₄가 같다. 따라서 해저면의 기울기는 P₁-P₂보다 P₃-P₄에서 크다.

나신 단점 문제

41쪽~44쪽

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

01 베게너는 대서양 양쪽에 있는 대륙의 해안선 모양이 유사하고 지질 구조와 빙하 흔적이 연속적이며, 멀리 떨어진 여러 대륙에서 같은 종의 고생물 화석이 발견된다는 증거들을 바탕으로 대륙 이동설을 발표하였다.

바로알기 ④ 베게너의 대륙 이동설은 1912년에 발표되었고, 해저 탐사 기술의 발달이 이루어진 것은 제2차 세계 대전 이후인 1940년대이다.

02 나, 다. 초대륙 판게아는 고생대 말부터 중생대 초까지 존재했으며, 이 시기에 살았던 육상 생물들이 여러 대륙에서 화석으로 발견된다. 화석 분포를 연결하면 당시의 대륙 분포를 추정할 수 있다.

바로알기 가. 메소사우루스는 판게아가 존재했던 고생대 말에 살았던 육상 동물이다.

03 나. 자료에서 제시된 빙하 퇴적층은 판게아가 존재했던 고생대 말에 형성되었다.

바로알기 가. 빙하의 이동 방향은 과거의 남극으로부터 멀어지는 방향을 향한다.

다. 과거에 극지방에서 형성된 빙하 흔적이 현재는 대륙 이동으로 적도 부근까지 분포하고 있다.

04 나. (가) 시기는 판게아가 존재했던 고생대 말에 해당한다. 이 시기에 북아메리카의 애플래치아산맥과 유럽의 칼레도니아산맥이 생성되었다.

바로알기 가. (가)는 고생대 말, (나)는 신생대 말, (다)는 중생대 말의 대륙 분포이므로 순서는 (가) → (다) → (나)이다.

다. 이 시기 동안 인도 대륙은 대체로 북쪽으로 이동하였다.

05 **모범 답안** 베게너는 대륙 이동에 관한 여러 가지 과학적인 증거를 제시했지만 대륙 이동의 원동력을 설명하지 못했기 때문에 당시 대부분의 과학자는 대륙 이동설을 받아들이지 않았다.

채점 기준	배점
대륙 이동의 원동력을 제시하지 못한 점을 옳게 서술한 경우	100 %
증거 부족이나 과학 기술의 부족 등이라고 서술한 경우	50 %

06 나. 흠스는 맨틀 내 온도 차이로 맨틀에서 열대류가 발생한다고 주장하였다.

바로알기 가. 흠스의 맨틀 대류설은 1920년대 후반 베게너가 설명하지 못한 대륙 이동의 원동력을 설명하기 위해 등장하였다.

다. 흠스는 맨틀 대류를 뒷받침할 만한 증거를 제시하지 못했다.

07 ⑤ 흠스는 맨틀 대류가 상승하는 곳에서는 마그마의 활동으로 새로운 지각이 형성되고 맨틀 대류가 하강하는 곳에서는 지각이 맨틀 속으로 들어간다고 설명하였다.

08 가. 맨틀 대류설에 따르면, ㉠은 맨틀 대류의 상승으로 대륙이 분리되어 이동하면서 만들어진다.

바로알기 나. 맨틀 대류설에 따르면, ㉡에서 지각이 맨틀 내부로 들어가며, 횡압력이 우세하게 나타난다.

다. 흠스는 맨틀 대류를 일으키는 에너지원이 방사성 원소의 붕괴열이라고 설명하였다.

09 해양저 확장설은 해령을 중심으로 해양 지각이 양쪽으로 확장된다는 학설이다. 띠 모양의 고지자기의 역전 줄무늬가 해령을 중심으로 대칭으로 나타나는 것은 해양저 확장설의 주요 증거이다.

10 가. (가)의 ㉠에는 수심이 6 km보다 깊은 해구가 존재한다. 나. (나)에는 중심부에 수심이 얇은 해령(해저 산맥)이 존재하며, 해저 산맥의 중심에 V자 모양의 열곡이 나타난다. 따라서 (나)에는 해양저가 확장되는 중심축이 존재한다.

바로알기 다. (가)에는 해양 지각이 소멸하는 해구가, (나)에는 새로운 해양 지각이 생성되는 해령이 발달해 있으므로 해양 지각의 평균 연령은 ㉠ 부근(해구)이 ㉡ 부근(해령)보다 많다.

11 대륙 지각은 지구 내부로 소멸하지 않기 때문에 나이가 수십억 년 이상인 대륙 지각이 존재한다. 하지만 오래된 해양 지각은 해구에서 소멸하기 때문에 대륙 지각에 비해 해양 지각의 평균 연령이 훨씬 적다.

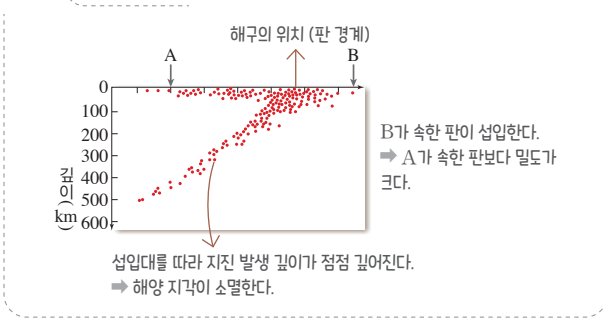
모범 답안 해령에서 생성된 해양 지각이 양쪽으로 이동한 후 해구에서 맨틀 내부로 들어가 소멸하기 때문에 해양 지각의 나이는 최대 2억 년을 넘지 않는다.

채점 기준	배점
해양 지각이 해령에서 생성되어 해구에서 소멸된다는 점을 설명하고, 오래된 해양 지각의 소멸 때문이라는 점을 옮겨 서술한 경우	100 %
오래된 해양 지각이 소멸한다는 사실만 언급한 경우	50 %

12 ㄱ, ㄷ. 고지자기의 역전 줄무늬는 해령을 기준으로 대칭적으로 나타나며, 해령에서 멀어질수록 해양 지각의 나이가 많아진다는 사실로부터 해양 지각의 나이는 $A > C > B$ 이다.

바로알기 ㄴ. ㉠은 현재 지구 자기장의 방향과 같은 정자극기이다. 따라서 C가 생성될 당시 지구 자기장의 방향은 현재와 반대 방향이었다.

13 **꼼꼼 문제 분석**



ㄷ. 해구 부근에서 지진은 섭입대를 따라 발생한다. 따라서 B를 포함한 판은 A를 포함한 판 아래로 비스듬하게 섭입하고 있으며, 이 자료는 해양 지각의 소멸을 설명하는 증거가 될 수 있다.

바로알기 ㄱ. 판의 섭입이 시작되는 해구의 위치는 A보다 B에 더 가깝다.

ㄴ. 섭입하는 판의 밀도가 더 크므로 B가 속한 판은 A가 속한 판보다 밀도가 크다.

14 판 구조론은 판의 상대적인 운동으로 판 경계에서 지진이나 화산 활동 등이 활발하게 일어난다는 것을 설명할 수 있는 이론이다. 판의 내부에서 일어나는 지각 변동은 판 구조론으로 설명하기 어렵다.

15 ㄱ. ㉠은 지각과 상부 맨틀을 포함하는 평균 두께가 약 100 km인 암석권이다.

바로알기 ㄴ. 암석권의 두께는 대륙보다 해양에서 얇다.

ㄷ. ㉡은 연약권으로 고체 상태이지만 유동성이 있어 대류가 일어나는 영역이다.

16 ㄱ. A는 해령과 해령 사이 구간에서 천발 지진이 발생하는 변환 단층이다.

바로알기 ㄴ. 새로운 해양 지각이 생성되는 곳은 발산형 경계인 해령이다.

ㄷ. 고지자기 줄무늬는 해령을 중심으로 대칭으로 나타난다.

17 판 구조론이 정립되는 과정에서 등장한 학설의 순서는 (다) 대륙 이동설 → (나) 맨틀 대류설 → (라) 해양저 확장설 → (가) 판 구조론이다.

18 (가)는 판 구조론, (나)는 대륙 이동설, (다)는 맨틀 대류설, (라)는 해양저 확장설이다.

ㄱ. 학설이 등장한 순서는 (나) 대륙 이동설 → (다) 맨틀 대류설 → (라) 해양저 확장설 → (가) 판 구조론이다.

ㄷ. 심해 퇴적물의 두께는 해양 지각의 나이가 많을수록 대체로 두껍다. 따라서 해령보다 해구에서 두껍다.

바로알기 ㄴ. 맨틀 내부의 열대류를 일으키는 에너지원은 방사성 원소의 붕괴열과 지구 중심부로부터 공급되는 열에너지이다.

19 C는 해령과 해령 사이 구간에서 천발 지진이 발생하는 변환 단층이다. D는 새로운 해양 지각이 생성되는 해령이므로 화산 활동이 활발하다. E는 판의 경계가 아니므로 지진이 거의 일어나지 않는다.

바로알기 ① A와 B는 같은 판에 위치하므로 상대적 이동 방향은 같다.

20 ㄴ. A와 D는 해령의 중심부에 위치하므로 하부에서 맨틀 대류의 상승이 나타난다.

ㄷ. 해저 퇴적물의 두께는 해양 지각의 연령이 적은 B보다 해양 지각의 연령이 많은 C에서 두껍다.

바로알기 ㄱ. 해령으로부터의 거리가 멀어질수록 해양 지각의 연령이 증가하는데, 태평양보다 대서양에서 연령이 빠르게 증가한다. 따라서 해령에서 해양저 확장 속도는 태평양이 대서양보다 빠르다.

21 A. 지진계를 이용하여 섭입대에서 진원의 깊이가 점점 깊어진다는 것을 확인할 수 있다.

C. 자력계를 이용하여 해양 지각에 기록된 고지자기 역전 현상을 관측할 수 있다.

바로알기 B. 음향 측심기를 이용하여 해저 지형을 파악하게 되었고, 이는 해양저 확장설이 등장하는 배경이 되었다.

실력 UP 문제

45쪽

01 ④ 02 ① 03 ⑤ 04 ②

01 ㄱ. A는 맨틀 대류설보다 먼저 등장한 대륙 이동설이다. ㄴ. ㉠은 메소사우루스, ㉡은 글로소프테리스 화석이다. ㉢과 ㉣은 모두 대륙들이 하나로 모여 있을 때 살았던 육상 생물이다.

바로알기 ㄷ. (나)는 판게아가 존재할 당시 생성된 빙하가 남극 대륙을 중심으로 이동하는 방향을 나타낸 것이다.

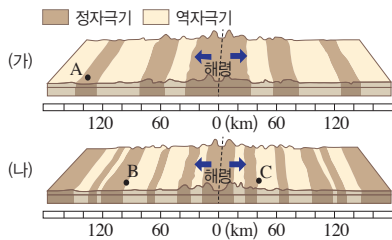
02 ㄱ. A 지점에서 음파 왕복 시간이 8초이므로 수심은 $\frac{1}{2} \times 8 \text{ s} \times 1500 \text{ m/s} = 6000 \text{ m}$ 이다.

바로알기 ㄴ. A는 해구, B는 해령이다. 따라서 해양 지각의 나이는 B에서 A로 갈수록 많아진다.

ㄷ. 해구에서는 해양 지각이 섭입하므로 섭입대를 따라 지진이 발생하는 깊이가 점점 깊어지지만, 해령에서는 천발 지진만 발생한다. 따라서 지진이 일어나는 평균 깊이는 A 부근이 B 부근보다 깊다.

03 - 꼼꼼 문제 분석

해령을 중심으로 고지자기 줄무늬는 대칭으로 나타난다. → 판의 확장 속도는 (가)가 (나)보다 빠르다.
 줄무늬 간격은 (가)가 (나)보다 넓다. → 판의 확장 속도는 (가)가 (나)보다 빠르다.



(가)와 (나)에서 판이 일정한 속도로 확장하므로 해령으로부터의 거리는 해양 지각의 나이에 비례한다. → B의 거리는 C의 약 2.5배이다. → B의 나이는 C의 약 2.5배이다.

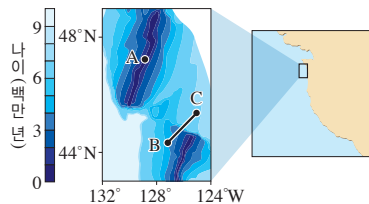
ㄱ. 해양 지각은 해령의 중심축에서 형성되어 양옆으로 밀려나간다. 따라서 고지자기는 해령을 중심으로 대칭적인 분포를 보인다.

ㄴ. (가)에서 A와 해령 중심축 사이에 2번의 역자극기가 있고, (나)에서 B와 해령 중심축 사이에 3번의 역자극기가 있다. 따라서 해양 지각의 나이는 A가 B보다 적다.

ㄷ. B는 해령 중심축으로부터의 거리가 약 100 km이고, C는 약 40 km이다. 판의 확장 속도와 퇴적물이 쌓이는 속도가 일정하므로 해양 지각의 나이는 B가 C의 약 2.5배이고, 퇴적물의 두께도 약 2.5배이다.

04 - 꼼꼼 문제 분석

A는 해양 지각이 생성되는 해령에 위치
 → 맨틀 대류의 상승부에 위치



B-C 사이에 변환 단층이 존재
 → 천발 지진이 활발하고, 나이가 불연속적으로 나타난다.

ㄴ. B-C 구간엔 변환 단층이 존재하며, 변환 단층을 경계로 해양 지각의 나이가 불연속적으로 나타난다.

바로알기 ㄱ. A는 새로운 해양 지각이 생성되는 해령이므로 A의 하부에서 맨틀 대류의 상승류가 나타난다.

ㄷ. B-C 구간에는 두 판이 서로 어긋나는 변환 단층이 존재하며, 변환 단층에서는 천발 지진이 발생한다.

02 / 플룸 구조 운동

완자샘 비법 특강

49쪽

Q1 ㉠, ㉡

Q2 판의 평균 이동 속도는 현재~12만 년 전이 12만 년 전~22만 년 전보다 빠르다.

Q1 화산섬 ㉠~㉡은 모두 열점에서 분출된 마그마가 굳어져 생성된 후 판이 이동하는 방향으로 배열된 것이다. 따라서 화산섬의 생성 순서는 ㉠ → ㉡ → ㉢ → ㉣이다.

Q2 현재~12만 년 전 동안 화산섬의 간격은 12만 년 전~22만 년 전 동안 화산섬의 간격보다 훨씬 넓다. 따라서 판의 평균 이동 속도는 현재~12만 년 전이 12만 년 전~22만 년 전보다 빠르다는 것을 추정할 수 있다.

개념 확인 문제

50쪽

- ① 방사성 원소 ② 플룸 ③ 판 ④ 차가운 ⑤ 뜨거운 ⑥ 느리게
 ⑦ 많다 ⑧ 섭입대

1 (1) × (2) ○ (3) × (4) × **2** (1) 외핵 (2) 차가운 (3) 상승류
 (4) 지진파 **3** (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ **4** ㄴ

1 (1) 맨틀은 유동성이 있는 고체 상태로 대류가 일어난다.
 (3) 맨틀 대류의 하강부에서는 해구, 습곡 산맥 등의 지형이 발달한다.

(4) 맨틀 대류 모형에는 크게 층상 대류 모형과 맨틀 전체 대류 모형이 있다.

2 (1) 뜨거운 플룸은 맨틀과 외핵 경계부의 고온인 부분에서 형성되어 상승한다.

(2) 차가운 플룸은 판이 섭입하는 지역에서 해양판이 섭입되어 형성되며, 섭입된 해양판은 하부 맨틀로 하강하는 것으로 추정된다.

- (3) 뜨거운 플룸은 폭이 100 km 미만인 가늘고 긴 원기둥 형태로 지표까지 상승한다.
- (4) 지진파 단면 영상에 나타난 지구 내부의 지진파 전달 속도를 분석하면 온도 분포를 알아내고, 이를 이용하여 플룸 구조를 파악할 수 있다.

- 3** (2) 열점은 지구 내부에 고정된 지점에 위치하므로 판이 이동하더라도 열점의 위치는 이동하지 않는다.
- (3) 열점 활동으로 형성된 화산섬은 판의 이동 방향을 따라 배열되며, 열점에서 먼 화산섬일수록 나이가 많다.

- 4** ㄱ. 판을 이동시키는 가장 주요한 힘은 섭입대에서 잡아당기는 힘이다.
- ㄷ. 섭입대가 발달한 해양판이 섭입대에서 판을 잡아당기는 힘에 의해 대륙판보다 대체로 이동 속도가 빠르다.

대표자료분석 1

51쪽

1 (나) **2** 지진파의 속도: A > B, 온도: A < B **3** 지진파의 속도: ㉠ > ㉡, 밀도: ㉠ > ㉡ **4** (1) A (2) 하강 (3) 현무암질 (4) 맨틀과 외핵 **5** (1) ○ (2) × (3) × (4) × (5) ○

1 (가)에서는 냉각된 판이 섭입하면서 차가운 플룸을 형성하고, (나)에서는 뜨거운 플룸이 상승하여 지표면에서 화산 활동을 일으킨다.

2 A는 B보다 온도가 낮아 지진파의 속도가 빠르다. 따라서 지진파의 속도는 A > B이고, 온도는 A < B이다.

3 ㉠은 뜨거운 플룸이 상승하는 영역에 위치하므로 주변보다 밀도가 작고, 지진파의 속도가 느리다. 따라서 지진파의 속도는 ㉠ > ㉡이고, 맨틀 물질의 밀도는 ㉠ > ㉡이다.

4 (1) (가)에서는 섭입대를 따라 지진이 활발하므로 A에서 지진이 자주 일어난다.

(4) (나)의 뜨거운 플룸은 맨틀과 외핵의 경계 부근에서부터 상승하기 시작한다.

5 (2) 플룸 상승류가 나타나는 영역에서는 지진파의 속도가 주변 영역보다 느리기 때문에 속도 편차가 (-) 값을 갖는다.

(3) 열점은 플룸 상승류가 나타나는 곳에서 생성된다.

(4) (나)의 화산은 열점에 의한 화산 활동으로 생성된 섬이다. 이 섬은 판이 이동함에 따라 판과 같은 방향으로 이동한다.

내신만점문제

52쪽~54쪽

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

01 ㄱ. 판을 이동시키는 주요 힘은 상부 맨틀에서만 대류가 일어나는 모형으로도 설명이 가능하다.

ㄷ. 해령은 맨틀 대류의 상승부로 새로운 해양 지각이 생성되고, 해구는 맨틀 대류의 하강부에 위치하여 오래된 해양 지각이 소멸하므로 이 모형을 이용하여 해령에서 해구로 갈수록 해양 지각의 연령이 증가하는 것을 설명할 수 있다.

바로알기 ㄴ. 뜨거운 플룸은 맨틀과 외핵의 경계 부근에서 생성되어 상승하기 시작하므로 맨틀 전체에서 일어나는 대류 모형으로 설명이 가능하다.

02 ① 판 구조론에 따르면 판의 경계에서 주로 지각 변동이 발생하므로 변동대가 띠 모양으로 나타난다.

② 섭입대를 따라 판이 소멸하므로 진원의 깊이가 점점 깊어진다.

③, ⑤ 해령에서 새로운 해양 지각이 생성되어 양옆으로 확장되므로 고지자기의 역전 줄무늬가 해령을 중심으로 대칭으로 나타나며, 해령에서 해구로 갈수록 해양 지각의 나이가 증가한다.

바로알기 ④ 판 구조론에서는 지진과 화산 활동 등의 지각 변동이 주로 판의 경계에서 발생하는 것으로 설명한다. 하지만 하와이섬과 같이 판의 내부에서 발생하는 대규모 화산 활동은 설명하기 어렵다.

03 ㄷ. 플룸 구조 운동은 판의 내부에서 일어나는 화산 활동을 열점에 의한 화산 활동으로 설명할 수 있다.

바로알기 ㄱ. 수렴형 경계에서 섭입된 냉각된 판은 상부 맨틀과 하부 맨틀의 경계 부근에 쌓여 있다가 지구 내부로 가라앉으면서 차가운 플룸을 생성한다.

ㄴ. 플룸 상승류가 있는 곳은 같은 깊이의 주변 지역보다 온도가 높고 밀도가 작다.

04 ㄱ. 상승하는 잉크는 플룸 상승류에 해당하며, 같은 깊이의 주변 물질보다 밀도가 작다.

바로알기 ㄴ. 맨틀 내부에서 주변보다 온도가 높은 영역은 상대적으로 밀도가 작으므로 상승한다. 따라서 ㉠은 '플룸 상승류'에 해당한다.

ㄷ. 이 실험은 맨틀 물질이 상승하는 플룸 상승류를 알아보기 위한 실험이다. 따라서 물과 잉크는 모두 맨틀에 해당하며, 잉크가 상승하기 시작하는 비커 바닥은 맨틀과 외핵의 경계에 해당한다.

05 ㄱ. 차가운 플룸은 냉각된 판이 섭입하는 영역에서 잘 형성된다.

ㄷ. 뜨거운 플룸이 상승하여 지표면과 만나는 지점 아래에 마그마가 생성되는 곳을 열점이라고 한다. ㉠~㉣은 모두 뜨거운 플룸이 나타나는 곳이므로 하부에 열점이 나타난다.

바로알기 ㄴ. 뜨거운 플룸은 맨틀과 외핵의 경계에서부터 상승한다.

06 ㄴ. 열점에는 상승하는 맨틀 물질이 녹아 형성된 마그마가 존재하므로 지표에서 화산 활동이 매우 활발하게 일어난다.

ㄷ. 열점은 지구 내부의 고정된 지점에 위치하므로, 임의의 두 열점 사이의 거리는 변하지 않는다.

바로알기 ㄱ. 지구상에는 수십 개의 열점이 분포한다. 열점은 하와이섬처럼 판의 내부에 존재하는 것도 있고, 아이슬란드처럼 판 경계에 존재하는 것도 있다.

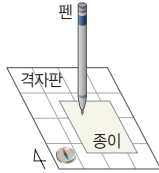
07 **꼼꼼 문제 분석**

[탐구 과정]

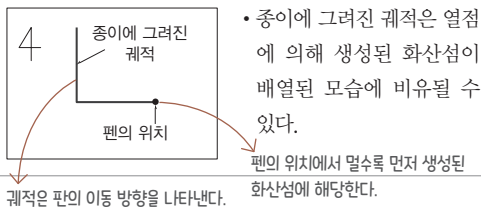
(가) 나침반이 부착되어 있는 균일한 간격의 큰 격자판을 준비하고 그 위에 종이를 올려 둔다.

(나) 종이에 펜이 닿도록 하고 격자판과 펜이 움직이지 않도록 고정한다. → 펜의 위치는 지구 내부에 고정된 열점에 해당한다.

(다) 격자판의 격자를 기준으로 종이를 북쪽 방향으로 한 칸 이동시킨 다음, ㉠ 방향으로 한 칸 이동시킨다. → 서쪽 → 판에 해당한다.



[결과 및 정리]



ㄴ. 이 실험에서 움직이는 종이는 판에 해당한다.
 ㄷ. 고정된 펜은 화산 활동이 일어나는 열점의 위치에 해당한다.

바로알기 ㄱ. 종이에 그려진 궤적으로부터 종이는 북쪽으로 이동한 후 서쪽으로 이동하였다는 것을 알 수 있다.

08 ㄱ. A에서는 밀도가 큰 판이 지구 내부로 섭입하면서 차가운 플룸을 형성한다.

바로알기 ㄴ. B에서는 뜨거운 플룸이 나타나므로 온도가 높고 밀도가 작다. 따라서 지진파의 속도 편차는 (-) 값을 갖는다.

ㄷ. 판 구조 운동에 의해 화산섬 C는 ㉡ 방향으로 이동한다.

09 (1) 현재 일어나는 화산 활동에 의해 화산섬 c가 생성되었으므로 c에서 먼 화산섬일수록 먼저 생성되었다. 따라서 생성 순서는 a → b → c이다.

(2) 지진파는 온도가 높고, 밀도가 작은 영역에서 더 느리게 전파된다.

모범 답안 (1) a → b → c

(2) 지진파의 속도는 ㉡이 ㉠보다 느리다. ㉡은 뜨거운 플룸에 위치하므로 ㉠에 비해 온도가 높고 밀도가 작기 때문이다.

채점 기준	배점
(1) 생성 순서대로 옳게 쓴 경우	20 %
(2) ㉠과 ㉡의 지진파 속도를 옳게 비교하고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	80 %
㉠과 ㉡의 지진파 속도만 옳게 비교한 경우	40 %

10 ㄱ. 화산섬 A~C는 남북 방향으로 배열되어 있고, 생성 순서는 A가 가장 먼저이므로 화산섬이 속한 판은 북쪽으로 이동하고 있다.

ㄴ. 화산섬 A의 생성 시기는 650만 년 전이고, 열점으로부터의 거리는 400 km이다. 따라서 이 화산섬이 속한 판의 이동 속력은 $\frac{400 \text{ km}}{650 \text{ 만 년}} \approx 6.2 \text{ cm/년}$ 이다.

바로알기 ㄷ. 판의 이동 속력이 일정하므로 열점으로부터의 거리와 생성 시기 사이에 비례 관계가 성립한다. 따라서 B는 열점으로부터의 거리가 $\frac{400 \text{ km}}{650 \text{ 만 년}} \times 300 \text{ 만 년} \approx 185 \text{ km}$ 이다.

ㄹ. C는 열점에서 북쪽으로 조금 벗어난 곳에 위치해 있으므로 현재는 화산 활동이 일어나지 않는다.

11 B. 판을 움직이는 힘 중에서 가장 주된 힘은 섭입하는 판이 잡아당기는 힘으로 알려져 있다.

바로알기 A. 지구 자전에 의한 원심력은 크기가 작아 판을 이동시킬 수 없다.

C. 맨틀 대류는 판을 움직이는 주요 힘 중 하나이다.

12 ㄴ. B는 발산형 경계인 해령에서 중력에 의해 두 판을 밀어내는 힘이다.

바로알기 ㄱ. A는 섭입하는 판이 잡아당기는 힘이다. 따라서 A는 해양판에 주로 작용하는 힘이다.

ㄷ. 판을 움직이는 데 미치는 효과는 A(섭입대에서 잡아당기는 힘)가 가장 큰 것으로 알려져 있다.

13 **모범 답안** 판 B, 판의 경계에서 A판 쪽으로 갈수록 진원 깊이가 점점 깊어진다. 따라서 판 B가 판 A 아래로 섭입하고 있으며, 판 B는 섭입하는 판이 잡아당기는 힘을 받고 있다.

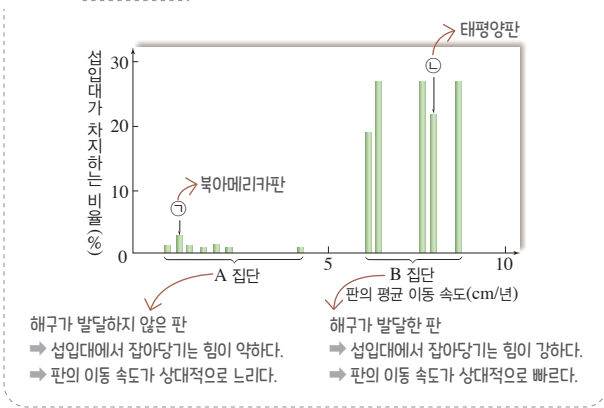
채점 기준	배점
섭입하는 판을 옮겨 제시하고, 그 근거를 진원의 깊이 분포와 관련지어 옮겨 서술한 경우	100 %
섭입하는 판만 옮겨 제시한 경우	40 %

14 ㄱ. 해령에서 밀어내는 힘은 남아메리카판과 오스트레일리아판에 모두 작용한다.

ㄷ. 오스트레일리아판은 해령에서 밀어내는 힘과 섭입대에서 잡아당기는 힘을 모두 받고 있으므로 판의 평균 이동 속력이 남아메리카판보다 빠르다.

바로알기 ㄴ. 섭입대에서 판을 잡아당기는 힘은 해구가 있는 오스트레일리아판에서만 작용한다.

15 **꼼꼼 문제 분석**



ㄴ. 판의 섭입은 해구에서 일어나므로 판의 경계 중 해구가 차지하는 비율은 A 집단보다 B 집단에서 높다.

ㄷ. 북아메리카판의 경계에는 대서양 중앙 해령, 태평양판의 경계에는 동태평양 해령이 있으므로 ㉠과 ㉡은 모두 해령에서 판을 밀어내는 힘을 받는다.

바로알기 ㄱ. 태평양판은 섭입대가 발달한 해양판이다. 따라서 ㉡은 태평양판이고, ㉠은 북아메리카판이다.

실력 UP 문제

55쪽

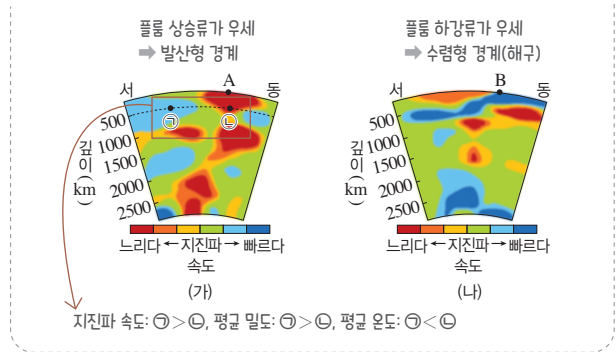
01 ③ 02 ① 03 ③ 04 ③

01 ㄷ. 뜨거운 플룸 B에 의해 지구 내부의 고정된 위치에 열점이 생성된다. 따라서 지표에서 마그마가 분출하는 위치는 판이 이동해도 변하지 않는다.

바로알기 ㄱ. ㉠에는 해구가 발달하므로 섭입하는 판이 잡아당기는 힘이 작용한다.

ㄴ. A는 차가운 플룸이다. 차가운 플룸은 맨틀과 외핵의 경계 부근까지 가라앉는다.

02 **꼼꼼 문제 분석**



ㄱ. 지진파 속도는 ㉠ 지점이 ㉡ 지점보다 빠르므로 구성 물질의 평균 밀도는 ㉠ 지점이 ㉡ 지점보다 크다.

바로알기 ㄴ. B에서는 차가운 판이 섭입하고 있으므로 해양 지각이 소멸한다.

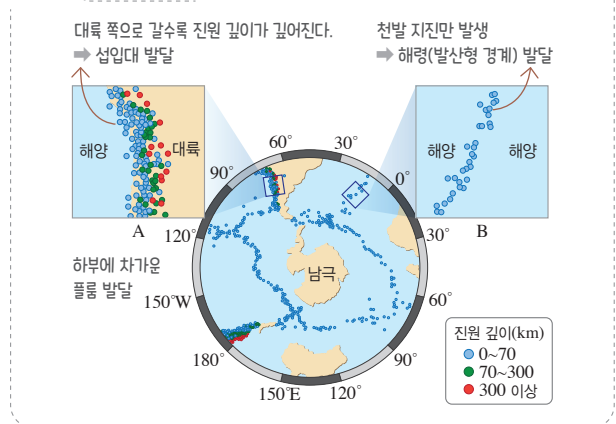
ㄷ. (가)에서는 플룸 상승류, (나)에서는 플룸 하강류가 우세하게 나타난다.

03 ㄱ. 열점에서 먼 곳에 위치한 화산섬의 연령이 더 많다. 따라서 최초의 화산 활동은 A가 B보다 먼저 시작되었다.

ㄷ. A, B, C에서는 모두 열점 활동이 활발하므로 하부에 플룸 상승류가 나타난다.

바로알기 ㄴ. A와 B에서 최근에 생성된 화산섬들은 같은 방향으로 배열되어 있지만, C에서 생성된 화산섬들은 다른 방향으로 배열되어 있다. 따라서 A와 B는 같은 판에, C는 다른 판에 분포한다.

04 **꼼꼼 문제 분석**



ㄱ. A에서는 해양에서 대륙으로 갈수록 진원 깊이가 점점 깊어지므로 섭입대가 발달하여 해양판은 섭입대가 잡아당기는 힘을 받는다.

ㄴ. B에서는 두 해양판 사이에 발산형 경계(대서양 중앙 해령)가 발달하여 해령에서 판을 밀어내는 힘이 작용한다.

바로알기 ㄷ. 차가운 플룸은 섭입대가 발달한 A에서 잘 형성된다.

03 / 암석의 순환과 화산 활동

개념 확인문제

58쪽

- 1 마그마 2 용암 3 SiO₂ 4 현무암질 5 유문암질 6 낮
7 많 8 순상 9 성층

- 1 화산 활동 2 (1) A: 현무암질 마그마, B: 안산암질 마그마, C: 유문암질 마그마 (2) A>B>C 3 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ×
4 (1) < (2) < (3) > (4) <

1 화산 활동은 지구 내부 에너지에 의해 다양한 화산 쇄설물 등을 지표로 방출하는 활동으로 암석의 순환 과정에서 매우 중요한 역할을 한다.

2 (1) 마그마에 포함된 SiO₂ 함량은 유문암질 마그마>안산암질 마그마>현무암질 마그마이다.

(2) 마그마의 점성도가 클수록 유동성이 작다. 마그마의 점성도는 SiO₂ 함량이 클수록 대체로 크다.

3 (3) 화산 가스에서 가장 많은 양을 차지하는 성분은 수증기이고, 두 번째는 이산화 탄소이다.

(4) 화산 쇄설물은 화산 활동으로 분출되는 고체 물질로, 입자의 크기에 따라 화산진, 화산재, 화산력, 화산암괴 등으로 구분한다.

4 순상 화산은 현무암질 마그마가 분출하여 용암이 연속적으로 흘러 만들어진 방패 모양의 화산이고, 성층 화산은 주로 안산암질 마그마와 화산 쇄설물이 반복적으로 분출되어 만들어진 원뿔 모양의 화산이다. 따라서 용암의 점성도와 화산체의 경사도, 화산 쇄설물의 비율은 성층 화산이 순상 화산보다 크지만, 용암의 평균 온도는 성층 화산이 순상 화산보다 낮다.

개념 확인문제

62쪽

- 1 유리질 2 세립질 3 반정 4 조립질 5 염기성암 6 산성암

- 1 A → B → C 2 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ 3 A-㉔, B-㉕, C-㉖ 4 A: 상부 편광판, B: 재물대, C: 하부 편광판

1 A는 자형, B는 반자형, C는 타형이다. 따라서 광물 결정의 생성 순서는 A → B → C이다.

2 (1), (2) 마그마가 지표 부근에서 빠르게 식으면 결정의 크기가 작은 세립질 조직이 나타나고, 지하 깊은 곳에서 천천히 식으면 결정의 크기가 큰 조립질 조직이 나타난다.

(3) 반심성암에서는 비교적 결정이 큰 반정과 결정을 형성하지 못한 석기가 함께 나타난다.

3 A는 반정과 석기가 함께 나타나는 반상 조직이고, B는 광물 결정의 크기가 큰 조립질 조직이다. C는 광물 결정이 작은 세립질 조직이다.

4 A는 넣거나 뺀 상태로 관찰 가능한 상부 편광판이고, B는 박편을 올려놓는 재물대이다. C는 하부에 고정된 채로 관찰하는 하부 편광판이다.

대표 자료 분석 1

63쪽

- 1 화산암: (가), 심성암: (나), (다) 2 (가) 세립질 조직, (나) 조립질 조직, (다) 조립질 조직 3 (가) 현무암, (나) 반려암, (다) 화강암
4 (1) (가) (2) 알다 (3) 적다 (4) 작다 (5) 감람석 5 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) ×

1 (가)는 광물 결정의 크기가 가장 작고, (나)와 (다)는 비교적 큰 광물 결정으로 이루어져 있다. 따라서 (가)는 화산암, (나)와 (다)는 심성암이다.

2 (가)에서는 작은 결정으로 이루어진 세립질 조직이, (나)와 (다)에서는 비교적 큰 결정으로 이루어진 조립질 조직이 나타난다.

3 현무암은 화산암이고, 화강암과 반려암은 심성암이다. 따라서 현무암은 (가)이다. (나)의 주요 광물은 유색 광물인 감람석이고, (다)의 주요 광물은 무색 광물인 석영이다. 따라서 (나)는 염기성암인 반려암이고, (다)는 산성암인 화강암이다.

4 (1) 화산 활동으로 형성된 암석은 화산암인 (가)이다.

(3) 반려암 (나)는 SiO₂ 함량이 적은 염기성암이고, 화강암 (다)는 SiO₂ 함량이 많은 산성암이다.

(5) Mg, Fe을 포함한 광물은 어두운색 광물이며, 감람석이 이에 해당한다.

5 (2) (가)는 현무암이므로, (가)를 형성한 마그마는 현무암질 마그마이고, SiO₂ 함량은 52 % 이하이다.

(3) (나)에서는 광물 결정이 비교적 크고 석기가 관찰되지 않으므로 조립질 조직이 나타난다.

(5) (다)의 석영은 주변 광물에 의해 결정이 성장하지 못했으므로 타형이다.

내신 만점 문제 64쪽~66쪽

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

01 ㄴ. 화산 활동으로 분출된 용암은 화성암을 형성하고 화산재 등은 퇴적암을 형성한다.

ㄷ. 화산 활동은 지구 표면의 화성암, 퇴적암, 변성암을 변성시키거나 용융시킬 수 있다.

바로알기 ㄱ. 화산 활동을 일으키는 주요 에너지원은 지구 내부 에너지이다.

02 ㄱ. 화산 분출물은 화산 활동으로 분출되는 화산 가스, 화산 쇄설물, 용암 등을 말한다.

ㄷ. 화산 활동 과정에서 분출된 용암은 해양 지각이나 대륙 지각을 생성한다.

바로알기 ㄴ. 화산 가스에는 수증기, 이산화 탄소 등의 온실 기체가 포함되어 있어 지구의 평균 기온을 높이는 역할을 한다.

03 응회암은 화산재가 굳어져 만들어지므로 ㉠은 화산재이다. 화산 가스에 의해 지구 대기의 성분이 변할 수 있다. 용암은 SiO₂ 함량에 따라 세분할 수 있으며, 용암이 분출되면 지형의 변화가 일어난다.

바로알기 ① 화산 가스에 가장 많이 포함된 성분은 수증기이고 두 번째로 많은 것은 이산화 탄소이다.

04 ㄷ. (가)와 (나)의 화산 활동이 일어날 때, 지구 내부의 열에너지가 지표로 방출된다.

바로알기 ㄱ. 항공기 운항 중단을 일으키는 화산 분출물은 주로 화산재이다. 화산 가스는 마그마에 녹아 있던 기체 성분으로 대부분 수증기이다.

ㄴ. (나)의 용암은 유동성이 매우 크므로 점성도가 작다.

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

바로알기 ㄴ. 마그마의 온도는 현무암질 마그마인 (가)가 가장 높다. ㄷ. Fe과 Mg의 비율은 (가)가 가장 높다.

06 A는 SiO₂ 함량이 59 %이므로 안산암질 마그마이고, B는 SiO₂ 함량이 48 %이므로 현무암질 마그마이다. C는 SiO₂ 함량이 70 %이므로 유문암질 마그마이다.

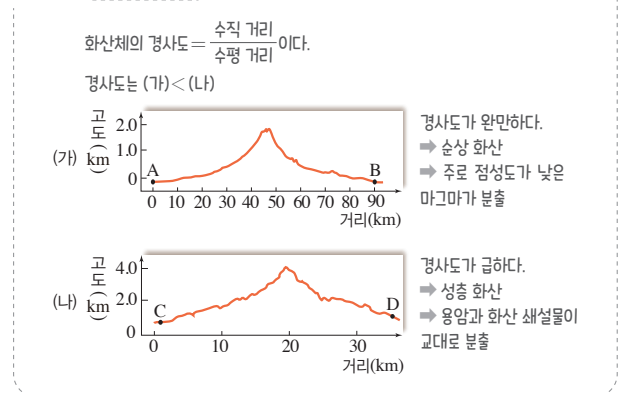
모범 답안 B, 마그마의 유동성은 SiO₂ 함량이 적을수록, 온도가 높을수록 크기 때문이다.

채점 기준	배점
유동성이 가장 큰 마그마를 옳게 고르고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
유동성이 가장 큰 마그마만 옳게 고른 경우	40 %

07 ㄱ. (가)는 화산 가스를 많이 포함하여 폭발적으로 분출한다. **바로알기** ㄴ. (나)의 용암은 점성도가 매우 낮은 현무암질 마그마가 분출한 것으로 SiO₂ 함량은 52 %보다 적다.

ㄷ. (가)는 화산 쇄설물의 양이 상대적으로 많고, (나)는 용암의 양이 상대적으로 많다. 따라서 $\frac{\text{용암의 양}}{\text{화산 쇄설물의 양}}$ 은 (가)가 (나)보다 작다.

08 — **꼼꼼 문제 분석**



(가)는 수평 거리에 비해 고도가 낮은 순상 화산이고, (나)는 수평 거리에 비해 고도가 높은 성층 화산이다.

ㄴ. 화산체의 경사도는 (나)가 (가)보다 크다. 따라서 화산체를 형성한 용암의 점성도는 (가)가 (나)보다 작다.

바로알기 ㄱ. 마그마와 화산 쇄설물이 반복적으로 분출되어 형성된 화산은 성층 화산인 (나)이다.

ㄷ. 한라산은 순상 화산이므로 형성 과정은 주로 현무암질 마그마가 분출되어 만들어진 (가)에 가깝다.

09 A는 조립질 조직, B는 세립질 조직, C는 반상 조직이다. ㄱ. 암석이 생성된 깊이가 깊을수록 광물 결정의 크기가 크므로 암석이 생성된 깊이는 A가 가장 깊다.

ㄷ. C의 반상 조직에서는 결정의 크기가 큰 반정을 볼 수 있다.

바로알기 ㄴ. 반려암은 심성암이므로 조립질 조직인 A가 잘 나타난다.

10 ㄱ. ㉠은 지표에서 급격하게 냉각되어 생성되었으므로 광물 입자의 평균 크기는 가장 작다.

바로알기 ㄴ. 반정과 석기가 함께 나오는 조직은 반상 조직이며, 반상 조직은 반심성암이 만들어지는 ㉠에서 잘 나타난다.
 ㄷ. 화성암의 조직은 깊이에 따른 마그마의 냉각 속도에 따라 달라진다. 따라서 마그마의 화학 조성이 같더라도 ㉠~㉢의 조직은 서로 다르다.

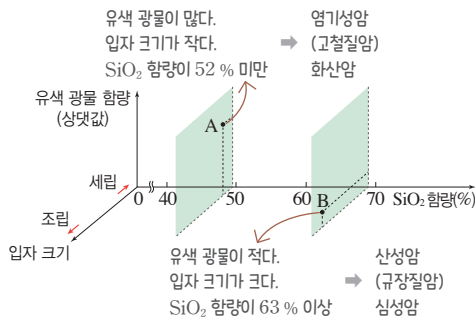
11 ㄱ. 개방 니콜은 상부 편광판(A)을 뺀 상태에서 관찰하는 것이다.

ㄴ. 편광 현미경으로 암석 박편을 관찰할 경우, 회전 재물대(B)에 박편을 올려 놓고 관찰한다.

바로알기 ㄷ. 상부 편광판(A)과 하부 편광판(C)을 통과한 빛은 진동 방향이 서로 수직이다.

12 ⑤ A는 하부 편광판을 통과한 빛이 접안렌즈로 들어오는 모습이고, B는 개방 니콜 상태에서 화강암 박편을 관찰하는 모습이다. C는 상부 편광판을 넣은 직교 니콜 상태이다. D는 직교 니콜 상태에서 화강암 박편을 관찰하는 모습이다.

13 **꼼꼼 문제 분석**



ㄴ. 암석을 형성한 마그마의 온도는 SiO₂ 함량이 적은 A가 B보다 높다.

바로알기 ㄱ. A는 SiO₂ 함량이 적은 현무암질 마그마가 빠르게 굳어져 생성된 화산암이다.

ㄷ. 암석에 포함된 Na, K 함량은 규장질 암석인 B가 A보다 많다.

14 ㄴ. A는 어두운색 광물이므로 휘석이고, B는 밝은색 광물인 사장석이다.

ㄷ. 유리질 물질은 광물 결정이 생성된 이후에 가장 늦게 생성되었다.

바로알기 ㄱ. 조립질 광물과 유리질 물질이 함께 나오는 반상 조직이 나타난다.

실력 UP 문제

01 ① **02** ④ **03** ③ **04** ②

01 A는 화산 가스, B는 화산 쇄설물, C는 용암이다.

ㄱ. 화산 가스(A)에서 가장 풍부한 성분은 수증기(H₂O)이다.

바로알기 ㄴ. 화산 쇄설물(B)이 굳어지면 퇴적암(예 응회암)이 된다.

ㄷ. 용암(C)은 SiO₂ 함량이 많을수록 대체로 밝은색의 화산암을 형성한다.

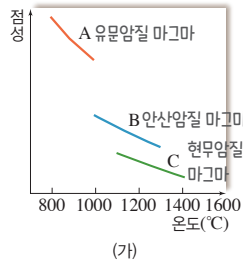
02 ㄱ. (가)는 SiO₂ 함량이 약 50 %이므로 현무암질 마그마이고, (나)는 SiO₂ 함량이 약 70 %이므로 유문암질 마그마이다.

ㄷ. 석영과 정장석은 밝은색 광물이므로 (가)보다 (나)에 풍부하다. 따라서 마그마가 굳어져 생성된 암석에서 석영과 정장석의 함량은 (가)보다 (나)에서 많다.

바로알기 ㄴ. 반려암은 염기성암이므로 화학 조성이 (나)보다 (가)에 가깝다.

03 **꼼꼼 문제 분석**

마그마의 온도가 높을수록 점성이 작다.
 ⇒ 유동성이 크다.



화산체 경사가 매우 완만하다.

- ⇒ 순상 화산
- ⇒ 비교적 조용히 분출
- ⇒ 현무암질 용암 분출



(나)

A는 유문암질 마그마, B는 안산암질 마그마, C는 현무암질 마그마이다.

ㄱ. A, B, C에서 모두 온도가 높을수록 점성이 작으므로, 온도가 높을수록 유동성이 크다는 것을 알 수 있다.

ㄴ. (나)는 순상 화산이며, SiO₂ 함량이 많은 현무암질 마그마(C)가 조용히 분출되어 형성되었다.

바로알기 ㄷ. 순상 화산은 안산암질 마그마나 유문암질 마그마에 비해 상대적으로 화산 쇄설물의 양이 적은 현무암질 마그마가 분출하여 형성되며, 화산체의 경사가 완만하다. 화산 쇄설물이 폭발적으로 분출하는 경우 성층 화산이 형성된다.

04 ㄴ. (가)는 조립질 조직이 발달한 화강암이고, (나)는 세립질 조직이 발달한 현무암이다.

바로알기 ㄱ. A는 화강암에 풍부한 석영으로 밝은색 광물이다. 감람석은 염기성암에 풍부하며 산성암인 화강암에는 거의 존재하지 않는다.

ㄷ. (가)와 (나)는 모두 직교 니콜에서 관찰했으므로 상부 편광판을 넣은 상태에서 관찰한 모습이다.

04 / 지진파와 지구 내부 구조

개념 확인 문제

71쪽

① 진원 ② 진앙 ③ 실체파 ④ 고체 ⑤ PS시 ⑥ 진앙 거리
⑦ 교차 거리 ⑧ 직접파 ⑨ 굴절파

1 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ 2 (1) ㉠ P파, ㉡ S파, ㉢ L파
(2) 25초 3 A: S, B: P, C: PS, D: 진앙 4 (1) ○ (2) ×
(3) ○ (4) ×

1 (2) 지진은 지구 내부에 오랫동안 축적된 지구 내부 에너지가 파동 에너지(지진파) 형태로 방출되는 현상이다.

(4) 지진은 대부분 단층 활동으로 발생하며, 화산이 폭발하거나 지하 동굴이 붕괴될 때에도 발생한다.

2 (1) 지진파의 전파 속도는 P파 > S파 > L파이므로 도착 순서에 따라 ㉠은 P파, ㉡은 S파, ㉢은 L파이다.

(2) PS시는 P파가 도착한 후부터 S파가 도착하기까지 걸린 시간이므로 25초이다.

3 주시 곡선은 진앙 거리에 따른 지진파의 도착 시간을 나타낸 그래프이다. 지진파의 속도는 P파가 S파보다 빠르므로 B가 P파이고, A가 S파이다. 따라서 A와 B 사이의 시간 간격인 C는 PS시이다. 주시 곡선에서 PS시를 이용하여 가로축에 해당하는 진앙 거리(D)를 구할 수 있다.

4 (1) 지진파의 속도는 지각보다 맨틀에서 빠르다.

(2) 맨틀을 통과한 후, 관측소에 도달한 지진파는 굴절파이다.

(3) 직접파와 굴절파가 동시에 도달하는 관측소까지의 진앙 거리를 교차 거리라고 한다.

(4) 지각의 두께가 두꺼울수록 교차 거리가 길다.

개념 확인 문제

75쪽

① 지진파 ② 4 ③ 모호로비치치 ④ 암염대 ⑤ 구텐베르크 불연속면
⑥ 외핵 ⑦ 중간권 ⑧ 밀도 ⑨ 지진파 단면

1 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ 2 (1) A: P파, B: S파 (2) ㉠ 고체, ㉡ 액체, ㉢ 고체 3 (1) 두껍다 (2) 감람암질 (3) 화학 조성 (4) 상태 4 ㄱ, ㄴ

1 (2) 깊이에 따른 지진파의 속도 분포를 기준으로 지구 내부의 3개의 불연속면을 찾을 수 있다.

(3) 지구 내부에서 P파의 속도 변화가 가장 크게 나타나는 곳은 구텐베르크 불연속면이다.

(4) 레만 불연속면은 외핵과 내핵의 경계, 구텐베르크 불연속면은 맨틀과 외핵의 경계에 위치한다.

2 (1) 지진파의 속도는 P파가 S파보다 빠르므로 A는 P파, B는 S파이다.

(2) ㉠은 지각과 맨틀을 포함한 층이고, ㉡은 외핵, ㉢은 내핵이다. 물질의 상태는 ㉠과 ㉢은 고체, ㉡은 액체 상태이다.

3 (1) 대륙 지각의 평균 두께는 약 35 km이고, 해양 지각의 평균 두께는 약 5 km이다.

(2) 맨틀은 Mg와 Fe이 풍부한 감람암질 암석으로 이루어져 있다.

(3) 지구 내부는 화학 조성에 따라 지각, 맨틀, 핵으로 구분할 수 있다.

(4) 지구 내부의 핵은 물질의 상태에 따라 액체 상태인 외핵과 고체 상태인 내핵으로 구분할 수 있다.

4 ㄱ. 밀도는 지구 내부의 경계면에서 불연속적으로 증가한다. ㄴ. 깊이에 따른 압력의 증가율은 암석 성분으로 이루어진 맨틀보다 금속 성분으로 이루어진 외핵에서 크다.

ㄷ. 깊이에 따른 온도의 증가율은 지각에서 크고, 지구 내부로 갈수록 작아진다.

대표 자료 분석 1

76쪽

1 직접파: A, 굴절파: B 2 60 km 3 $V_1=5$ km/s, $V_2=10$ km/s 4 (1) 12 (2) V_1 (3) 크다 5 (1) × (2) ○
(3) ○ (4) × (5) ○

1 A는 제1층만을 통과해 온 직접파이고, B는 제2층을 통과해 온 굴절파이다.

2 교차 거리는 직접파와 굴절파가 동시에 도달하는 지점까지의 거리이므로 그래프 A와 B가 만난 지점까지의 거리이다.

3 A의 기울기는 $\frac{12}{60}$ 이고, 기울기의 역수값은 직접파의 속도 V_1 과 같으므로 V_1 은 5 km/s이다. 한편, 굴절의 법칙으로부터 임계각이 θ 일 때, $\sin\theta = \frac{V_1}{V_2}$ 이므로, $\sin 30^\circ = \frac{V_1}{V_2} = 0.5$ 이다. 따라서 V_2 는 V_1 의 2배인 10 km/s이다.

4 (1) 교차 거리가 60 km이므로 굴절파가 교차 거리까지 도달하는 데 걸린 시간은 12초이다.
 (2) A의 기울기의 역수값은 직접파의 속도인 V_1 에 해당한다.
 (3) ㉠은 직접파가 제2층에서 반사되어 지표에 도달하는 지점의 진앙 거리이다. 따라서 ㉠은 제1층의 두께 d 보다 크다.

5 (1) 제1층에서 지진파의 임계각은 30° 이다.
 (3) 진앙 거리 120 km인 지점은 교차 거리보다 멀기 때문에 직접파가 굴절파보다 나중에 도달한다.
 (4) 교차 거리는 제1층의 두께가 증가할수록 두꺼워지며, 제2층의 두께와는 관계 없다.
 (5) 제1층의 두께 $d = \frac{\text{교차거리}}{2} \sqrt{\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}}$ 이므로, $\frac{60}{2} \sqrt{\frac{(10-5)}{(10+5)}}$
 $= 10\sqrt{3}$ 이다.

대표 자료 분석 2

77쪽

1 P파 암영대: $103^\circ \sim 142^\circ$, S파 암영대: $103^\circ \sim 180^\circ$ 2 a: 구텐베르크 불연속면, b: 레만 불연속면 3 (1) P파와 S파 (2) 있다 (3) 액체 (4) 크다 4 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ○

1 A는 P파 암영대이고, A와 B는 S파 암영대이다. P파 암영대 범위는 $103^\circ \sim 142^\circ$ 이고, S파 암영대 범위는 $103^\circ \sim 180^\circ$ 이다.

2 a는 맨틀과 외핵의 경계인 구텐베르크 불연속면이고, b는 외핵과 내핵의 경계인 레만 불연속면이다.

3 (1) 진앙에서 각거리 $0^\circ \sim 103^\circ$ 사이의 구간에는 P파와 S파가 모두 도달할 수 있다.
 (2) 진앙에서 각거리 $142^\circ \sim 180^\circ$ 사이의 구간에 도달하는 지진파는 P파이다. P파는 액체 상태인 외핵을 통과할 수 있다.

(3) a는 맨틀과 외핵의 경계면인 구텐베르크 불연속면이고, b는 외핵과 내핵의 경계면인 레만 불연속면이다. a와 b 사이에는 액체 상태인 외핵이 존재한다.

(4) 지구 내부에서 불연속면을 경계로 나타나는 밀도 변화는 맨틀과 외핵의 경계에서 가장 크다.

4 (1) 진앙에서 각거리 $0^\circ \sim 103^\circ$ 사이에서는 속도가 빠른 P파가 S파보다 먼저 도달한다.

(2) 진앙에서 각거리 $103^\circ \sim 142^\circ$ 사이 구간에는 S파가 도달할 수 없다.

(3) 진앙에서 각거리 $142^\circ \sim 180^\circ$ 사이의 구간에는 외핵을 통과할 수 있는 P파만 도달할 수 있다.

(4) 외핵에서는 물질의 온도가 용융 온도보다 높기 때문에 액체 상태로 존재한다.

(5) 지구 내부에 액체 상태인 외핵이 존재하기 때문에 S파가 통과하지 못하는 S파 암영대가 나타난다.

내신 만점 문제

78쪽~80쪽

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

01 B는 지진이 발생한 진원이다. 따라서 B로부터 거리는 진원 거리에 해당하며, 진원 거리가 멀수록 PS시가 길어진다.

〔바로알기〕 ③ A는 진앙이므로 A로부터 관측소까지의 거리는 진앙 거리이다.

02 ② S파는 횡파이므로 고체 물질만 통과할 수 있다.

〔바로알기〕 ① P파는 매질의 진동 방향과 파의 진행 방향이 나란한 종파이다.

③ 진폭은 P파 < S파 < L파이다.

④ 가장 많은 피해를 주는 지진파는 표면파인 L파이다.

⑤ 관측소에 가장 먼저 도착하는 지진파는 속도가 가장 빠른 P파이다.

03 ㄱ. ㉠파는 P파, ㉡파는 S파, ㉢파는 L파이다. 지구 내부를 통과하는 실체파는 ㉠파와 ㉡파이다.

〔바로알기〕 ㄴ. 지진파의 속도는 P파가 가장 빠르다.

ㄷ. PS시는 P파와 S파의 도착 시간 차이이다.

04 나. (나)는 L파이므로 횡파이다. 횡파는 지진파의 진행 방향과 매질의 진동 방향이 수직이다.

ㄷ. 지진파의 전파 속도는 P파>S파>L파이므로 (다)>(가)>(나)이다.

바로알기 ㄱ. (가)는 횡파인 S파, (나)는 지표면을 따라 전파되는 L파, (다)는 종파인 P파가 진행하는 모습이다.

05 ㄱ. 지진 발생 횟수를 비교해 보면 (가)의 지진 발생 횟수가 (나)보다 많다.

ㄷ. 지진은 단층 활동, 화산 활동, 동굴 함몰, 판 구조 운동 등에 의해 발생한다. 이 중에서 우리나라에서 발생하는 지진의 대부분은 단층 활동에 의해 일어난다.

바로알기 나. (가)에서 지진 발생 횟수는 2016년에 최대였으며, 2016년 이후 감소하였다.

06 ㄱ. X는 P파, Y는 S파이다.

ㄷ. 주시 곡선에서 가로축은 진앙 거리를 나타낸다. 따라서 B와 C의 진앙 거리 차이는 약 3000 km이다.

바로알기 나. PS시는 P파와 S파가 도착한 시간 차이이므로 A에서 PS시는 4분보다 짧다.

07 (1) 관측소에 P파 도착 시각은 12시 32분 25초이고, S파 도착 시각은 12시 32분 45초이다. 따라서 PS시는 20초이다.

(2) 진원 거리(d)는 PS시를 이용하여 다음과 같이 구할 수 있다.

$$d = \frac{V_p \times V_s}{V_p - V_s} \times \text{PS시}$$

(d : 진원 거리, V_p : P파의 속도, V_s : S파의 속도)

모범 답안 (1) 20초

(2) 240 km, P파의 속도는 6 km/s, S파의 속도는 4 km/s, PS시가 20초이므로 진원 거리는 $\frac{6 \times 4}{6 - 4} \times 20 = 240$ km이다.

채점 기준	배점
(1) 관측소의 PS시를 옳게 쓴 경우	30%
(2) 진원 거리를 구하는 과정과 답을 모두 옳게 서술한 경우	70%
진원 거리만 옳게 구한 경우	40%

08 ㄱ. 지각의 두께를 구하려면 주시 곡선에서 교차 거리를 구해야 하며 이 지점은 직접파와 굴절파가 동시에 도착하는 지점의 진앙 거리이다.

나. 직접파와 굴절파의 도달 시각으로 그래프를 그린 후, 직접파와 굴절파 그래프의 기울기의 역수로부터 지각과 맨틀에서의 지진파의 속도를 구할 수 있다.

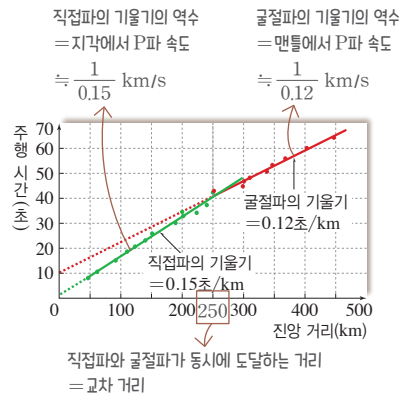
바로알기 ㄷ. 직접파와 굴절파의 교차 거리와 지각의 두께는 비례한다. 교차 거리가 작을수록 지각의 두께는 얇다.

09 ㄱ. A는 지각과 맨틀의 경계면에서 반사된 지진파가 도달하는 곳이므로 맨틀을 통과하여 지진파가 도달하는 교차 거리 X보다 가까운 곳에 위치한다.

나. ㉠은 맨틀을 거쳐 지표에 도달한 굴절파의 주시 곡선이다.

바로알기 ㄷ. 모호면의 깊이는 지각의 두께에 해당하며, 지각의 두께가 두꺼울수록 교차 거리 X는 커진다.

10 **꼼꼼 문제 분석**



ㄱ. 직접파 기울기의 역수는 지각에서 P파의 속도를 나타내고, 굴절파 기울기의 역수는 맨틀에서 P파의 속도를 나타낸다. 따라서 맨틀에서 P파의 속도 = $\frac{0.15}{0.12} = 1.25$ 이다.

바로알기 나. 진앙 거리가 300 km인 관측소에도 지각을 통과해 온 직접파가 도달하지만, 굴절파보다 늦게 도달한다.

ㄷ. 지각의 두께가 현재보다 두껍다면 교차 거리가 더 멀어지므로, 현재의 교차 거리 250 km인 관측소에는 직접파가 굴절파보다 먼저 도달할 것이다.

11 ④ 지구 내부를 진행하는 지진파의 속도 분포로부터 지구 내부의 밀도, 압력, 온도 등을 알아낼 수 있다.

바로알기 ① (가)는 지구 내부 물질을 분석할 수 있으므로 직접적인 탐사 방법이다.

② (나)를 통해 상부 맨틀을 구성하는 물질을 알 수 있다.

③ (다)에서는 지구 내부로 전파될 수 있는 실체파를 이용하여 연구한다.

⑤ 지구의 층상 구조를 파악하기 가장 적절한 방법은 지진파 연구이다.

12 ③ ㉠은 P파, ㉡은 S파이다. A는 맨틀, B는 외핵, C는 내핵이다. B의 주요 성분은 철과 니켈이다.

바로알기 ① ㉠은 P파이고, ㉡은 S파이다.

② A는 고체 상태인 맨틀이다.

- ④ 지진파의 속도는 맨틀과 외핵의 경계에서 크게 감소했다가 다시 증가한다.
 ⑤ 지진파의 속도가 가장 크게 변하는 곳은 맨틀과 외핵의 경계이다.

13 **ㄷ.** B에 도달한 지진파는 액체 상태의 외핵을 통과한 P파이다.

바로알기 **ㄱ.** A에는 맨틀을 통과한 지진파가 도달하므로 P파와 S파가 모두 도달할 수 있다.

ㄴ. 110° 지점에는 매우 약한 P파가 도달한다. 이 지진파는 외핵과 내핵의 경계면에서 굴절된 P파이다.

14 **ㄴ.** ㉠은 온도, ㉡은 밀도이다. 지구 내부의 층상 구조를 구분할 경우, 온도보다 밀도가 유용하다.

바로알기 **ㄱ.** 지구 내부에서 온도는 연속적으로 증가하지만, 밀도는 불연속면에서 급격하게 증가한다.

ㄷ. 지구 구성 성분은 맨틀과 외핵의 경계인 A와 B의 경계에서 가장 크게 변한다.

15 **ㄱ.** A-B 구간은 지구 내부의 온도가 용융 곡선의 온도보다 높으므로 물질이 액체 상태로 존재한다.

바로알기 **ㄴ.** A는 구텐베르크 불연속면이고, B는 레만 불연속면이다. 불연속면에서 지진파의 속도 변화는 구텐베르크 불연속면에서 가장 크다.

ㄷ. 구텐베르크는 P파 암영대의 범위로부터 맨틀과 외핵의 경계(A)가 깊이 약 2900 km에 존재함을 알아냈다.

16 지진파 단면 영상에 나타난 지진파의 속도 분포로부터 지구 내부의 온도와 밀도 분포를 추정할 수 있다.

모범 답안 지구 내부의 같은 깊이에서는 온도가 낮고 밀도가 클수록 지진파의 속도가 빠르다. ㉠은 ㉡보다 지진파의 속도가 빠르므로 온도가 낮고, 밀도가 크다.

채점 기준	배점
온도와 밀도의 크기를 지진파 속도 분포와 관련지어 옳게 비교하여 서술한 경우	100 %
온도와 밀도의 크기만 옳게 비교한 경우	50 %

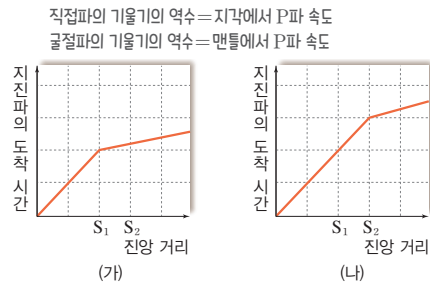
실력 UP 문제 81쪽

01 ⑤ **02** ③ **03** ④ **04** ①

01 **ㄱ.** 진원의 깊이가 50 km이므로 이 지진은 천발 지진이다.
ㄴ. P파 도달 시간이 15초이고, S파 도달 시간은 25초이다. 같은 거리를 이동하는 데 걸린 시간이 P파가 S파의 $\frac{3}{5}$ 배이므로 속도는 P파가 S파의 $\frac{5}{3}$ 배이다.

ㄷ. 진앙 거리가 200 km이면, 진원 거리는 200 km보다 멀다. 진원 거리가 100 km일 때 PS시가 10초이므로 진원 거리가 200 km보다 먼 경우 PS시는 20초보다 길다.

02 **▶** 꼼꼼 문제 분석



- (가)와 (나)에서 직접파의 기울기가 같다. → 지각에서 지진파의 속도는 같다.
- 교차 거리는 (가)보다 (나)에서 크다. → 지각의 두께는 (가)보다 (나)에서 두껍다.

ㄱ, ㄷ. 교차 거리는 (가)가 (나)보다 가까우므로 지각의 두께는 (가)가 (나)보다 얇다.

바로알기 **ㄴ.** (가)와 (나)에서 직접파의 기울기가 같으므로 지각에서 P파의 속도가 같다. 따라서 직접파가 진앙 거리 S₂까지 도달하는 데 걸리는 시간은 (가)와 (나)에서 같다.

03 **ㄴ.** A는 P파 암영대이며, 이로부터 맨틀과 핵 사이에 불연속면이 존재한다는 것을 알아냈다.

ㄷ. 남극점에서 지진이 발생했다고 가정할 때, P파 암영대에 해당하는 A의 각거리를 위도 범위로 환산하면 13°N~52°N이 된다.

바로알기 **ㄱ.** 이 지진파는 액체 상태의 외핵을 통과할 수 있는 P파이다. P파는 매질의 진동 방향과 파동의 진행 방향이 나란한 종파이다.

04 **ㄱ.** A에는 냉각된 해양판이 섭입하는 해구가 존재한다.

바로알기 **ㄴ.** ㉠은 차가운 플룸이 최대로 하강할 수 있는 맨틀과 외핵의 경계이다. 이 곳에 구텐베르크 불연속면이 존재한다.

ㄷ. 지진파의 속도 편차가 (+)인 곳에서 플룸 하강류가 우세하고, (-)인 곳에서 플룸 상승류가 우세하다.

중단원 핵심정리

82쪽~83쪽

- 1 대륙
- 2 해령
- 3 해구
- 4 해령
- 5 변환
- 6 연약권
- 7 차가운
- 8 열점
- 9 판
- 10 SiO₂
- 11 성층
- 12 반상
- 13 박편
- 14 PS시
- 15 교차
- 16 구텐베르크
- 17 P파
- 18 뜨거운

중단원 마무리 문제

84쪽~87쪽

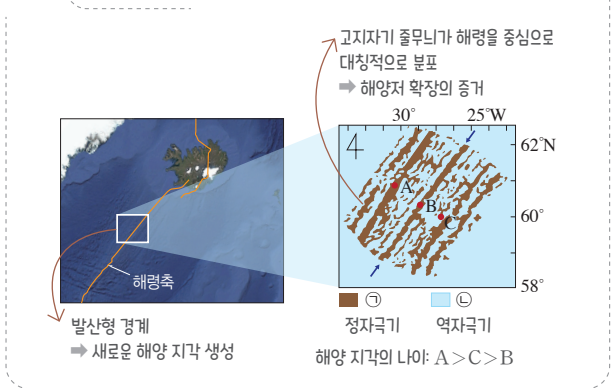
- 01 ㉠ 대륙 이동설, ㉡ 해양저 확장설, ㉢ 맨틀 대류설
- 02 ㉣
- 03 ㉠
- 04 ㉡
- 05 ㉡
- 06 ㉣
- 07 ㉤
- 08 ㉣
- 09 ㉢
- 10 ㉠
- 11 ㉢
- 12 ㉢
- 13 4초
- 14 ㉡
- 15 ㉤
- 16 ㉠
- 17 해설 참조
- 18 해설 참조
- 19 해설 참조

01 ㉠은 베게너가 제시한 대륙 이동설이고, ㉡은 헤스와 디츠가 제시한 해양저 확장설이다. ㉢은 홈스가 제시한 맨틀 대류설이다.

02 ㄱ. 수심은 음파 왕복 시간에 비례하므로 b에서 수심은 a의 1.2배이다.
 ㄴ. 음파 왕복 시간 차는 b-c 구간이 d-e 구간보다 크다. 따라서 수심 변화는 b-c 구간이 d-e 구간보다 크다.

바로알기 ㄴ. 이 해역에는 판의 수렴형 경계인 해구가 있으므로 판 경계에 가장 가까운 지점은 수심이 가장 깊은 c이다.

03 **꼼꼼 문제 분석**



ㄱ. 고지자기 줄무늬는 해령축을 중심으로 대칭적인 분포를 보인다.

바로알기 ㄴ. 해령축에 위치한 해양 지각은 가장 최근에 생성되었다. 따라서 현재의 지구 자기장과 같은 방향인 ㉠은 정자극기이고, ㉡은 역자극기이다.

ㄴ. B는 해령축에 위치하므로 해양 지각의 나이가 가장 적다.

04 ㄱ. A는 대륙 이동설, B는 맨틀 대류설, C는 해양저 확장설, D는 판 구조론이다.

ㄴ. 판 구조론은 주로 판 경계에서 일어나는 지권의 지각 변동을 통합적으로 설명할 수 있는 이론이다.

바로알기 ㄴ. 음향 측심 기술의 발달에 영향을 받아 제시된 이론은 해양저 확장설이다.

ㄴ. 지구의 겉부분을 암석권과 연약권으로 구분하여 설명하는 이론은 판 구조론이다.

05 ㄴ. B는 주변보다 밀도가 큰 맨틀 물질이 아래로 가라앉는 영역에서 잘 나타난다.

바로알기 ㄱ. A는 뜨거운 플룸, B는 차가운 플룸에 해당한다.

ㄴ. 열점은 플룸 상승류에 해당하는 A에 의해 잘 형성된다.

06 ㉠ ㉠의 하부에는 해양판이 소멸하는 섭입대가 존재한다.

㉡ 심발 지진은 해양판이 섭입하는 수렴형 경계 부근인 ㉡에서 잘 일어난다.

㉢ ㉢에는 해령이 존재하며, 해령에서는 중력에 의해 판을 밀어내는 힘이 작용한다.

㉤ 열점 X의 하부에서는 뜨거운 플룸이 나타난다.

바로알기 ㉣ 열점은 지구 내부의 고정된 지점에 위치하여 판이 이동하더라도 열점의 위치는 변하지 않는다.

07 ㉠은 섭입대에서 판을 잡아당기는 힘이고, ㉡은 맨틀 대류에 의한 힘이다. ㉢은 해령에서 중력에 의해 판을 밀어내는 힘이다.

㉠ ㉠은 판이 섭입할 수 있는 해양판에 작용한다.

㉡ ㉡은 맨틀 내부의 온도 차에 의한 열대류 운동에 의해 발생하는 힘이다.

㉢ ㉢은 주로 판의 발산형 경계인 해령에서 작용하는 힘이다.

㉣ ㉣은 냉각되어 밀도가 커진 판이 섭입하면서 발생하는 힘이다.

바로알기 ㉤ 판을 이동시키는 가장 주요한 힘은 섭입대에서 판을 잡아당기는 힘(㉠)으로 알려져 있다.

08 ㄱ. 화산 가스는 대부분 온실 효과를 일으키는 성분으로 이루어져 있어 지구의 기온을 높이는 역할을 할 수 있다.

ㄴ. 화산 쇄설물은 크기에 따라 화산진, 화산재, 화산력, 화산 암괴 등으로 세분할 수 있다.

바로알기 ㄴ. SiO₂ 함량이 낮은 마그마는 현무암질 마그마이므로 지표로 분출하여 현무암을 생성한다.

09 ㄱ. 암석 박편은 두께가 0.03 mm 이하로 빛이 통과할 수 있도록 만든 것이다.

ㄷ. 편광 현미경을 이용하면 화성암의 조직뿐만 아니라 구성 광물의 종류와 특징을 확인할 수 있다.

바로알기 ㄴ. 상부 편광판을 뺀 상태로 관찰하는 방법을 개방 니콜이라고 하고, 상부 편광판을 넣은 상태로 관찰하는 방법을 직교 니콜이라고 한다.

10 ① (가)는 기울기가 매우 완만한 순상 화산이고, (나)는 기울기가 매우 급한 중상 화산이다. 마그마의 점성은 SiO_2 함량에 비례하므로 (가)는 (나)보다 SiO_2 함량과 점성이 모두 작다.

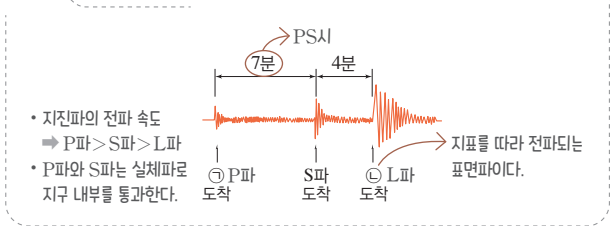
11 ①, ② (가)에서는 세립질 조직, (나)에서는 반상 조직이 나타난다.

④ 암석을 형성한 마그마의 SiO_2 함량은 (가)의 현무암이 (나)의 안산암보다 적다.

⑤ 유색 광물의 함량은 (가)의 현무암이 (나)의 안산암보다 많다.

바로알기 ③ ㉠은 반정이고, ㉡은 석기이다. ㉠은 마그마가 지하에서 천천히 굳어져 만들어졌고, 이후 마그마가 지표로 분출할 때 급격히 굳어지면서 ㉡이 만들어졌다.

12 **꼼꼼 문제 분석**



ㄱ. ㉠은 진폭이 가장 작고 전파 속도가 가장 빠른 P파이고, ㉡은 진폭이 가장 크고 전파 속도가 가장 느린 L파이다.

ㄷ. PS시는 P파 도착 시간과 S파 도착 시간 차이이므로 7분이다.

바로알기 ㄴ. L파는 지표를 따라 전파되는 표면파이므로 지구 내부로 전파될 수 없다.

13 A에서 진원 거리가 30 km이고, S파 도달 시간이 5초이므로 S파의 속도는 6 km/s이다. B에서 진원 거리가 96 km일 때, S파 도달 시간은 16초이다. 따라서 B에서 PS시는 16초 - 12초 = 4초이다.

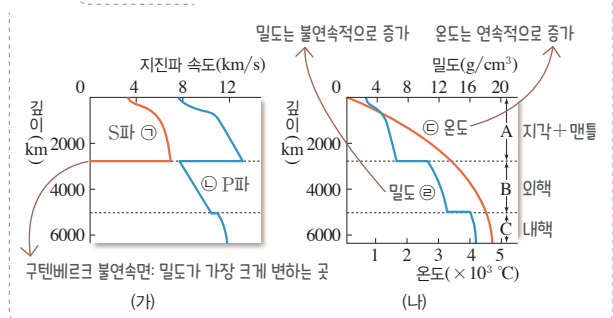
14 ㄱ. 그림에서 직접파의 기울기는 굴절파의 기울기보다 크다. 따라서 P파의 속도는 제1층보다 제2층에서 빠르다.

ㄴ. 교차 거리(㉠)는 제1층의 두께에 비례한다.

바로알기 ㄴ. A는 직접파, B는 굴절파의 주시 곡선이다.

ㄷ. A의 기울기는 제1층에서의 P파 속도의 역수에 해당하고, B의 기울기는 제2층에서의 P파 속도의 역수에 해당한다.

15 **꼼꼼 문제 분석**



ㄱ. ㉠은 S파, ㉡은 P파이다. 암영대의 각거리 범위는 S파가 P파보다 넓다.

ㄴ. ㉢은 온도, ㉣은 밀도이다. 지구 내부에서 온도 상승률은 지구 중심으로 갈수록 점점 작아진다.

ㄷ. 밀도가 가장 급격하게 변하는 곳은 맨틀과 외핵의 경계인 구텐베르크 불연속면이다.

16 ㄱ. ㉠에서는 지진파의 속도 편차가 (+) 값이므로 온도가 낮고 밀도가 커서 플룸 하강류가 나타난다.

바로알기 ㄴ. ㉡은 주변보다 온도가 높고 밀도가 작아 지진파의 속도가 느리게 나타나는 곳이다.

ㄷ. ㉢은 뜨거운 플룸이 상승하기 시작하는 맨틀과 외핵의 경계에 위치한다.

17 (1) 해령에서 새로운 해양 지각이 생성되므로 해령에서 해양 지각의 연령이 가장 적다.

(2) 해양저 확장 속도가 클수록 해령 중심으로부터 같은 거리를 이동하는 데 걸리는 시간이 짧아 상대적으로 나이가 적은 암석이 분포한다.

모범 답안 (1) ㉠, 발산형 경계, ㉡을 기준으로 양쪽으로 갈수록 해양 지각의 연령이 증가하기 때문이다.

(2) 해령을 기준으로 같은 거리에 위치한 해양 지각의 연령은 서쪽에 위치한 판이 동쪽에 위치한 판보다 적다. 따라서 판의 이동 속도는 판 경계의 서쪽에 위치한 판이 동쪽에 위치한 판보다 빠르다.

채점 기준	배점
(1) 판의 경계 지점과 종류를 옳게 제시하고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	50%
	판의 경계 지점과 종류만 옳게 제시한 경우
(2) 판의 이동 속도를 해양 지각의 연령 분포와 관련지어 옳게 서술한 경우	50%
	판의 이동 속도만 옳게 비교한 경우

18 (1) 해양판이 섭입하면서 진원의 깊이가 점점 깊어지고 있으므로 판의 경계에서 해구가 발달한다.

(2) 밀도가 큰 해양판이 밀도가 작은 판 아래로 섭입한다. 따라서 심발 지진은 섭입하지 않는 판의 지하에서 발생한다.

모범 답안 (1) 해구

(2) 판 경계에서 A 방향으로 갈수록 지진이 발생하는 깊이가 깊어진다. 따라서 B가 A 아래로 섭입하고 있으며, 섭입대에서 잡아당기는 힘이 작용하는 판은 B이다.

채점 기준	배점
(1) 해구라고 쓴 경우	20 %
(2) B가 섭입하고 있으며 섭입대에서 잡아당기는 힘이 작용하고 있다는 것을 옳게 서술한 경우	80 %
	B가 섭입한다는 것만 옳게 서술한 경우

19 주시 곡선에서 PS시를 찾은 다음, 해당 PS시에 해당하는 가로축 눈금이 진앙 거리이다.

모범 답안 표에서 PS시는 7분이다. 주시 곡선에서 PS시가 7분일 때의 진앙 거리는 5000 km이다.

채점 기준	배점
PS시를 고려하여 주시 곡선에서 진앙 거리를 옳게 구하고 그 과정을 서술한 경우	100 %
PS시만 옳게 구한 경우	50 %

중단원 고난도 문제

88쪽~89쪽

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

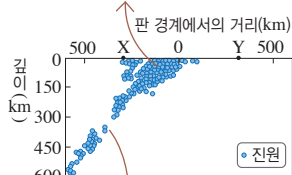
01 - 꼼꼼 문제 분석

수렴형 경계, 해구 분포
→ 수심이 깊다.



발산형 경계, 해령 분포
→ 수심이 얕다.

해구가 위치한다.



지진의 깊이가 점점 깊어진다.
→ 판이 섭입한다. → A에서 관측하였다.

선택지 분석

- ㉠ 해수면에서 측정한 음파 왕복 시간은 A가 B보다 길다.
㉡ (나)는 B 주변에서 관측한 것이다. A
㉢ (나)에서 관측한 지진의 진원 분포는 해양저 확장설의 증거가 될 수 있다.

전략적 풀이 ① (가)의 A와 B에 위치한 판 경계의 종류를 구분하여 수심을 파악한다.

㉠. A에는 해구, B에는 해령이 발달한다. 따라서 수심은 A가 B보다 깊고, 해수면에서 측정한 음파 왕복 시간도 A가 B보다 길다.

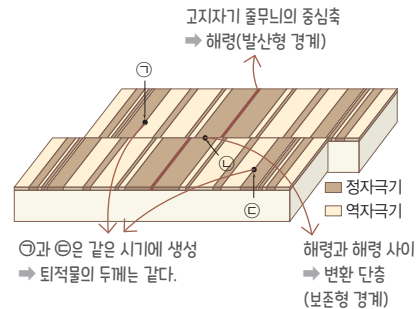
② (나)에서 지진의 진원 분포로부터 판 경계의 종류를 파악한다.

㉡. (나)에서 지진의 진원 깊이는 왼쪽으로 갈수록 점점 깊어진다. 따라서 판이 섭입하고 있으며, 해구가 존재하는 A 주변에서 관측한 자료이다.

③ (나)의 자료가 판 구조론의 정립 과정에서 제시된 이론 중 무엇과 관련 있는지 파악한다.

㉢. (나)에서 관측한 지진의 진원 분포는 해구에서 오래된 해양 지각이 소멸한다고 설명하는 해양저 확장설의 증거가 될 수 있다.

02 - 꼼꼼 문제 분석



㉠과 ㉡은 같은 시기에 생성
→ 퇴적물의 두께는 같다.
해령과 해령 사이
→ 변환 단층 (보존형 경계)

선택지 분석

- ㉠ 고지자기 줄무늬 분포는 베게너가 제시한 대륙 이동의 증거 중 하나이다. **해양저 확장설**
㉡ 해저 퇴적물의 두께는 ㉠과 ㉡에서 같다.
㉢ ㉠은 윌슨이 발견한 새로운 형태의 단층대에 위치한다.

전략적 풀이 ① 판 구조론의 정립 과정에서 제시된 이론 중 고지자기 줄무늬 분포와 관련된 이론을 생각한다.

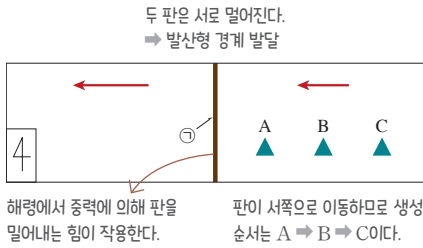
㉠. 고지자기 줄무늬 분포는 해령을 중심으로 새로운 해양 지각이 생성되어 확장된다는 해양저 확장설의 증거 중 하나이다.

㉡. 윌슨은 해령과 해령 사이에서 새로운 형태의 단층을 발견하였고, 이를 변환 단층이라고 하였다. ㉢은 두 판이 서로 어긋나는 변환 단층에 위치한다.

② 판의 경계에서 나타나는 특징을 파악한다.

㉡. 해령을 중심으로 고지자기 줄무늬는 대칭으로 분포하므로 ㉠과 ㉡은 같은 시기에 생성되었음을 알 수 있다. 따라서 두 지점의 해양 지각의 나이는 같고, 동일한 두께의 해저 퇴적물이 쌓여 있다.

03 **꼼꼼 문제 분석**



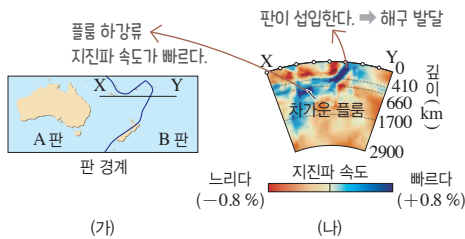
선택지 분석

- ㉠ ㉠은 발산형 경계이다.
- ㉡ A~C 중 가장 먼저 형성된 화산섬은 A이다.
- ㉢ 화산섬이 위치한 판은 섭입대에서 잡아당기는 힘을 받는다. 해령에서 밀어내는 힘

전략적 풀이 ① 판의 이동 속도를 비교하여 판 경계의 종류를 알아내고, 판 경계에서 판에 작용하는 힘의 종류를 파악한다.

- ㄱ. ㉠을 중심으로 두 판은 상대적으로 서로 멀어지고 있다. 따라서 ㉠은 발산형 경계이다.
- ㄴ. 화산섬이 위치한 판은 해령에서 중력에 의해 판을 밀어내는 힘을 받고 있다.
- ㉡ 판의 이동 방향을 고려하여 화산섬의 생성 시기를 파악한다.
- ㄴ. 화산섬이 위치한 판이 서쪽으로 이동하고 있으므로 판의 생성 순서는 A → B → C이며, 현재 C의 하부에 열점이 위치한다.

04 **꼼꼼 문제 분석**



X-Y에 수렴형 경계가 있다.
→ 섭입대의 경사 방향으로부터 B 판이 섭입함을 알 수 있다.

선택지 분석

- ㉠ (가)에서 X-Y는 해구를 지난다.
- ㉡ (나)에서는 지진파의 속도가 주변보다 빠른 곳에서 플룸 상승류가 나타난다. 하강류
- ㉢ (가)의 X-Y에서 A 판이 B 판 아래로 섭입한다. B 판이 A 판 아래로

전략적 풀이 ① X-Y에 존재하는 판 경계의 종류를 파악한다. 이때 지진파 단면 영상을 이용하여 섭입대의 존재와 섭입하는 판의 종류를 알아낸다.

- ㄱ. X-Y에는 밀도가 큰 해양판이 섭입하는 해구가 나타난다.
- ㄴ. (나)에서 섭입하는 판의 경사가 Y에서 X 방향으로 기울어져 있으므로 B 판이 A 판 아래로 섭입한다는 것을 알 수 있다.
- ㉡ 지진파의 속도 분포를 플룸 운동과 관련지어 이해한다.
- ㄴ. 지진파의 속도가 주변보다 빠른 곳은 온도가 낮고 밀도가 큰 지역이므로 플룸 하강류가 나타난다.

05 **꼼꼼 문제 분석**



선택지 분석

- ㉠ A의 용암은 (가)의 화산에서 분출되었다. (나)
- ㉡ 화산체의 경사는 (가)가 (나)보다 완만하다.
- ㉢ 화산쇄설물의 양은 (나)가 (가)보다 용암의 양은 (가)가 (나)보다 크다.

전략적 풀이 ① (가)와 (나)의 분출 모습으로부터 화산체의 종류를 파악한다.

- ㄱ. A는 폭발적으로 분출하는 성층 화산이고, B는 조용히 분출하는 순상 화산이다. 용암의 유동성은 B가 A보다 크므로 (가)에서 B가 분출하였고, (나)에서 A가 분출하였다.
- ㉡ 화산 분출의 특성을 비교한다.
- ㄴ. 화산체의 경사는 유동성이 큰 용암이 분출되는 (나)가 (가)보다 완만하다.
- ㄴ. 화산쇄설물의 양은 성층 화산인 (가)가 순상 화산인 (나)보다 크다.

06 **꼼꼼 문제 분석**

㉠은 자형, ㉡은 타형
→ 생성 순서: ㉠ → ㉡ ㉢은 석기, ㉣은 반정

화성암	A	B
모습		
주요 광물	석영, 장석, 흑운모	석영, 장석, 흑운모
	조립질 조직 → 심성암 밝은색 광물 → 산성암	반상 조직 → 반심성암 또는 화산암 밝은색 광물 → 산성암

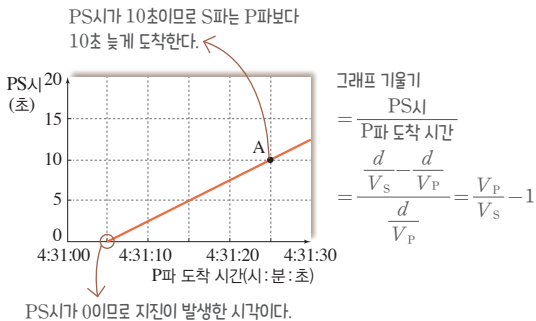
선택지 분석

- ㄱ. ㉠은 ㉡보다 먼저 생성되었다.
- ㄴ. 마그마의 냉각 속도는 ㉢이 ㉣보다 빠르다.
- ㄷ. 유문암 박편의 조직은 A보다 B에 가깝다.

전략적 풀이 ① (가)와 (나)의 모습을 비교하여 광물의 생성 순서와 화성암의 조직을 파악한다.

- ㄱ. ㉠과 ㉡의 경계면을 보면, ㉠은 자형, ㉡은 타형임을 알 수 있다. 따라서 ㉠은 ㉡보다 먼저 생성되었다.
- ㄴ. ㉢은 석기, ㉣은 반정이다. 따라서 광물 결정의 크기가 큰 ㉣이 더 천천히 냉각되어 생성되었다.
- ② 화성암의 조직과 구성 광물을 이용하여 암석의 종류를 알아낸다.
- ㄷ. 유문암은 화산암이므로 박편에서 관찰되는 특징은 조립질 조직의 A보다 반상 조직의 B와 유사하다.

07 **꼼꼼 문제 분석**



선택지 분석

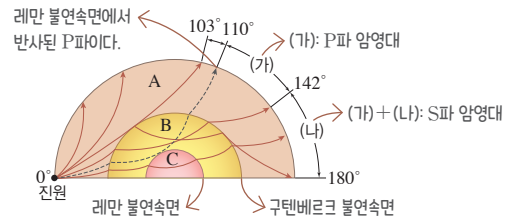
- ㄱ. 지진이 발생한 시각은 4시 31분 05초이다.
- ㄴ. A에 S파가 도착한 시각은 4시 31분 35초이다.
- ㄷ. 직선의 기울기는 $\frac{P파 속도}{S파 속도} - 1$ 이다.

전략적 풀이 ① PS시로부터 지진이 발생한 시각을 알아낸다.

- ㄱ. PS시가 0인 지점은 진원에 해당하므로 지진이 발생한 시각은 4시 31분 05초이다.
- ② P파 도착 시각과 PS시를 비교하여 S파 도착 시각과 그래프의 의미를 알아낸다.
- ㄴ. 관측소 A에 P파가 도착한 시각은 4시 31분 25초이고, PS시가 10초이므로 S파가 도착한 시각은 4시 31분 35초이다.
- ㄷ. 진원 거리를 d , P파 속력과 S파 속력을 각각 V_p, V_s 라고 하면, 그래프의 기울기는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{PS시}{P파 도착 시간} = \frac{\frac{d}{V_s} - \frac{d}{V_p}}{\frac{d}{V_p}} = \frac{V_p}{V_s} - 1 \text{이다.}$$

08 **꼼꼼 문제 분석**



선택지 분석

- ㄱ. (가)와 (나)에는 S파가 도달할 수 없다.
- ㄴ. (나)에 도착한 지진파는 모두 P파이다.
- ✕. 110°에 도착하는 지진파는 구텐베르크 불연속면에서 반사된 것이다. 레만 불연속면

전략적 풀이 ① (가)와 (나)의 도달 가능한 지진파에 대해 파악한다.

- ㄱ. (가)와 (나)는 모두 S파 암영대에 해당하므로 S파가 도달할 수 없다.
- ㄴ. (나)에 도착한 지진파는 액체 상태인 외핵을 통과한 P파이다.
- ② 암영대에 도달한 지진파를 지구 내부의 불연속면과 관련지어 파악한다.
- ㄷ. 110°에 도착하는 지진파는 외핵과 내핵의 경계면인 레만 불연속면에서 반사된 P파이다.

해수의 운동

1 메르만 수송과 지형류

01 / 해수를 움직이는 힘

개념 확인 문제

94쪽

① 수압 경도력 ② 중력 ③ 경사 ④ 전향력(코리올리 힘)

- 1 (1) × (2) ○ (3) × (4) × 2 (1) (가) 연직 방향의 수압 경도력 (연직 수압 경도력) (나) 중력 (2) $\Delta P = \rho g \Delta Z$ (또는 $\frac{1}{\rho} \frac{\Delta P}{\Delta Z} = g$)
- 3 (1) ㉠ 높은, ㉡ 낮은 (2) ㉠ 비례, ㉡ 반비례 (3) 따뜻한 해수에서 찬 해수 4 (1) 자전 (2) 오른쪽 (3) 크다 (4) 크다

- 1 (1) 정역학 평형은 해수의 연직 방향의 수압 경도력과 중력이 평형을 이룬 상태를 말한다.
 (2) 수압 경도력은 수압 차이에 의해 수압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용하는 힘으로, 수압 차이가 클수록 커진다.
 (3) 해수를 움직이게 하는 원인이 되는 힘은 수압 경도력이다. 전향력은 해수의 이동 방향만 바꾼다.
 (4) 정지한 물체, 적도에서는 물체에 전향력이 작용하지 않는다.

- 2 (1) (가)는 해수의 깊이에 따른 수압 차 때문에 생기는 연직 방향의 수압 경도력(연직 수압 경도력)이다. 해수에서는 수심이 깊어질수록 수압이 커지므로, 아래에서 위로 연직 방향의 수압 경도력이 작용한다. (나)는 해수의 무게에 의해 생기는 중력이다. 중력은 지구 중심 쪽으로 작용하므로 위에서 아래로 작용한다.
 (2) 정역학 평형 상태에서 연직 방향의 수압 경도력과 중력이 평형을 이루므로 $\Delta P = \rho g \Delta Z$ (또는 $\frac{1}{\rho} \frac{\Delta P}{\Delta Z} = g$)이다.

- 3 (1) 수압 경도력은 수압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용한다. 해수면이 높은 곳이 낮은 곳보다 수압이 높으므로 수평 방향의 수압 경도력은 해수면이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용한다.
 (2) 수평 방향의 수압 경도력은 수압 차이에 비례하고, 두 지점 사이의 거리에 반비례한다. 즉, 수압 차이가 클수록 수압 경도력이 커지고, 두 지점 사이의 거리가 멀수록 수압 경도력이 작아진다.
 (3) 밀면에서의 수압이 같을 때, 따뜻한 해수는 밀도가 낮아 해수면이 높고 찬 해수는 밀도가 높아 해수면이 낮기 때문에 등수압면이 찬 해수 쪽으로 기울어진다. 따라서 수평 방향의 수압 경도력이 따뜻한 해수에서 찬 해수 쪽으로 작용한다.

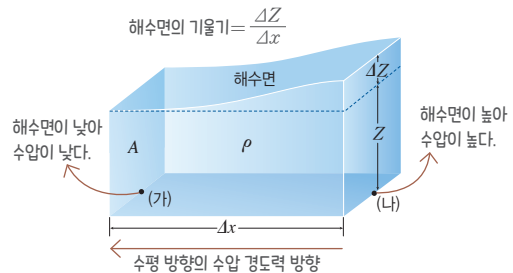
- 4 (1) 전향력은 실제의 힘이 아니고 지구의 자전으로 생기는 가상의 힘이다.
 (2) 전향력은 지구 자전에 의해 북반구에서는 물체의 운동 방향에 오른쪽 직각 방향으로 작용하고, 남반구에서는 물체의 운동 방향에 왼쪽 직각 방향으로 작용한다.
 (3), (4) 단위 질량에 작용하는 전향력(C)은 $C = 2v\Omega \sin\theta$ (v : 물체의 속도, Ω : 지구 자전 각속도, θ : 위도)이다. 따라서 전향력의 크기는 물체의 운동 속도가 빠를수록 크고, 고위도로 갈수록 커진다.

대표 자료 분석 1

95쪽

- 1 (나) → (가) 2 $\Delta P = \rho g \Delta Z$ 3 $P_H = g \frac{\Delta Z}{\Delta x}$ 4 (1) ○
 (2) × (3) × (4) ○

꼼꼼 문제 분석



- 1 수압 차이에 의해 수평 방향으로 작용하는 힘(수평 방향의 수압 경도력)은 수압이 높은 (나) 쪽에서 수압이 낮은 (가) 쪽으로 작용한다.
- 2 두 지점의 수압 차이는 $\Delta P = P_{(나)} - P_{(가)} = \rho g \Delta Z$ 이다.
- 3 단위 질량의 해수에 작용하는 수평 방향의 수압 경도력(P_H)을 해수면의 기울기($\frac{\Delta Z}{\Delta x}$)로 나타내면 $g \frac{\Delta Z}{\Delta x}$ 이다.

$$P_H = \frac{1}{m} \times \Delta P \times \Delta A = \frac{1}{\rho} \frac{\Delta P}{\Delta x} = g \frac{\Delta Z}{\Delta x}$$
 (g : 중력 가속도)
- 4 (1) 해수면이 기울어져 있으면 수압 차이가 생겨 수평 방향의 수압 경도력이 발생한다.

(2) 수압 정도력은 수압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용한다. 밀도가 일정할 때, 해수면이 높은 곳은 수압이 높고 해수면이 낮은 곳은 수압이 낮다. 따라서 수평 방향의 수압 정도력은 해수면이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용한다.

(3) 밀도(ρ)와 Δx 가 변하지 않고 ΔZ 가 커지면 해수면의 기울기가 커져 수압 차이가 커지므로 수평 방향의 수압 정도력은 커진다.

(4) 해수면의 기울기인 $\frac{\Delta Z}{\Delta x}$ 가 커지면 수평 방향의 수압 정도력은 커진다.

내신 만점문제

96쪽~97쪽

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

01 ㄱ. A는 연직 방향의 수압 정도력으로, 깊이에 따른 수압 차이(ΔP) 때문에 발생하는 힘이다.

ㄴ. 해수는 연직 방향의 수압 정도력(A)과 중력(B)이 평형을 이루는 정역학 평형 상태이므로, A와 B의 크기는 같다.

바로알기 ㄷ. A는 B와 평형을 이루고 있으므로, A에 의해 해수의 이동은 일어나지 않는다.

ㄹ. 단면적이 S 인 해수에 ΔP 만큼 수압 차이가 나타난다면, 이 해수가 연직 방향으로 받는 힘(F)의 크기는 $\Delta P \times S$ 이다. 해수의 질량(m)은 밀도(ρ) \times 부피(V)이고, 부피는 단면적(S) \times 깊이 차(ΔZ)이다. 따라서 단위 질량의 해수에 작용하는 연직 방향의 수압 정도력인 A의 크기는 $\frac{F}{m} = \frac{\Delta P \times S}{\rho \times S \times \Delta Z} = \frac{1}{\rho} \frac{\Delta P}{\Delta Z}$ 이다.

02 수평 방향의 수압 정도력은 수압이 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 작용하며, 두 지점 사이의 수압 차이에 비례한다.

ㄱ. 수압은 수심이 깊을수록 크다. 즉, 수면에서 아래쪽으로 얼마나 깊은 곳에 있는가에 따라 수압이 결정된다. A는 B보다 수면으로부터의 연직 방향 깊이가 작으므로 수압은 A가 B보다 작다.

ㄴ. B가 A보다 수압이 높으므로 수평 방향의 수압 정도력은 B 쪽에서 A 쪽으로 나타난다. 따라서 마개를 열면 물은 B 쪽에서 A 쪽으로 이동한다.

바로알기 ㄷ. 두 지점의 수압 차이는 수면의 높이 차이에 의해 결정되며, 그 차이에 따라 물 흐름의 세기도 달라진다. 같은 양의 물을 A와 B 쪽에 추가할 시에는 양쪽 물의 높이 차이가 변하지 않기 때문에 물 흐름의 세기는 변하지 않는다.

03 ㄱ. B는 A보다 ΔZ 만큼 해수면이 높다. 따라서 A와 B의 수압 차는 $\rho g \Delta Z$ 이다.

ㄴ. 단위 질량의 해수에 작용하는 수평 방향의 수압 정도력은 해수면의 경사에 비례한다. 따라서 Δx 가 작을수록, ΔZ 가 클수록 수평 방향의 수압 정도력은 크다.

ㄷ. 수압 정도력은 수압 차이에 의해 수압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용하므로 B 쪽에서 A 쪽으로 작용한다. 따라서 수압 정도력 외에 다른 힘이 작용하지 않는다면, 해수는 수압 정도력이 작용하는 방향인 B 쪽에서 A 쪽으로 이동할 것이다.

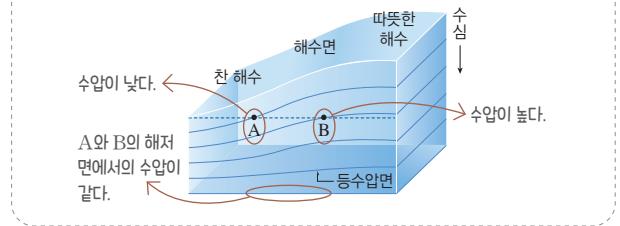
04 해수면이 경사져 있을 때, 단위 질량의 해수에 작용하는 수평 방향의 수압 정도력은 $g \frac{\Delta Z}{\Delta x}$ (g : 중력 가속도, Δx : 수평 거리, ΔZ : 높이 차) = $10 \text{ m/s}^2 \times \frac{1 \text{ m}}{10^5 \text{ m}} = 10^{-4} \text{ m/s}^2$ 이다.

따라서 단위 질량(해수 1 kg)에 작용하는 수압 정도력은 $F = ma$ 로부터 $1 \text{ kg} \times 10^{-4} \text{ m/s}^2 = 10^{-4} \text{ N}$ 이다.

모범 답안 단위 질량의 해수에 작용하는 수평 방향의 수압 정도력 크기는 $g \frac{\Delta Z}{\Delta x} = 10 \text{ m/s}^2 \times \frac{1 \text{ m}}{10^5 \text{ m}} = 10^{-4} \text{ m/s}^2 = 10^{-4} \text{ N/kg}$ 이다.

채점 기준	배점
수평 방향의 수압 정도력 크기를 구하는 계산 과정을 옳게 서술한 경우	100 %
계산 과정없이 수평 방향의 수압 정도력 크기만 옳게 구한 경우	50 %

05 **품평 문제 분석**



③ 수압 정도력은 수압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용하므로 B 지점에서 A 지점으로 작용한다.

바로알기 ①, ② 수심이 깊어질수록 수압이 높아진다. 따라서 A 지점이 B 지점보다 더 낮은 등수압면에 위치하기 때문에 수압은 A 지점이 B 지점보다 낮다.

④ 해저면에서의 수압이 거의 같을 때, A 지점이 B 지점보다 해수면이 낮으므로 해수의 밀도가 높다.

⑤ 수평 방향으로 수압 정도력이 작용하므로 해수는 수평 방향으로 이동한다.

06 ② 전향력은 북반구에서 물체의 운동 방향에 오른쪽 직각 방향으로, 남반구에서 물체의 운동 방향에 왼쪽 직각 방향으로 작용한다

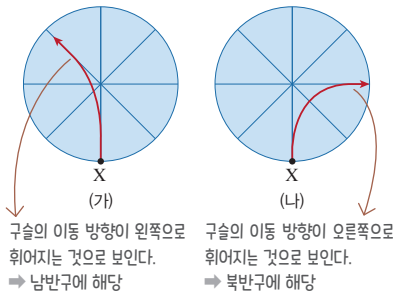
③ 전향력은 지구의 자전으로 생기는 가상의 힘이므로 지구가 자전하지 않는다면 나타나지 않는다.

④ 전향력의 크기는 $2v\Omega\sin\theta$ (v : 물체의 속도, Ω : 지구 자전 각속도, θ : 위도)이므로 해수의 속도가 빠를수록, 위도가 높을수록 크게 작용한다. 따라서 해수의 속도가 일정할 때 전향력은 고위도로 갈수록 커진다.

⑤ 전향력은 작은 규모에서는 그 효과가 너무 작아 잘 나타나지 않지만 수백에서 수천 km를 움직이는 해류에서는 그 영향이 뚜렷하게 나타난다.

바로알기 ① 적도에서는 전향력이 나타나지 않는다.

07 **꼼꼼 문제 분석**



구슬은 실제로 직선 운동을 하고 있지만, 회전판 위에서의 궤적은 곡선으로 나타나며, 이를 통해 지구 자전에 의해 전향력이 발생함을 설명할 수 있다.

ㄷ. 남반구에서는 물체의 운동 방향의 왼쪽 직각 방향으로 전향력이 작용한다. 따라서 남반구에서 전향력의 작용을 설명하기 위해서는 (가)가 적합하다.

바로알기 ㄱ. 직선 운동을 하는 구슬에 대해 (가)와 같은 궤적을 보이기 위해서는 회전판이 시계 방향으로 회전해야 한다.

ㄴ. 구슬 궤적의 곡률이 (나)가 (가)보다 크므로, 회전판의 회전 속도는 (나)가 (가)보다 빠르다.

08 **모범 답안** A, B, C, D, 발사 지점 P는 북반구에 위치하므로 전향력이 포탄의 운동 방향에 오른쪽 직각 방향으로 작용한다. 따라서 P 지점에서 포탄을 A, B, C, D 어느 방향으로 발사하더라도 포탄의 운동 방향은 오른쪽으로 휘어진다.

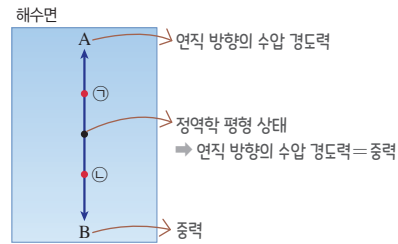
채점 기준	배점
포탄의 운동 방향이 오른쪽으로 휘어지는 경우를 옳게 쓰고, 그 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
포탄의 운동 방향이 오른쪽으로 휘어지는 경우만 옳게 쓴 경우	50 %
포탄의 운동 방향이 오른쪽으로 휘어지는 까닭만 옳게 서술한 경우	50 %

실력 UP 문제

97쪽

01 ③ 02 ④

01 **꼼꼼 문제 분석**



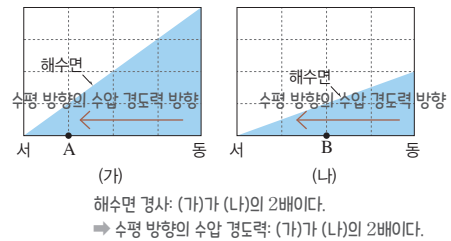
해수에 작용하는 연직 방향의 수압 경도력과 중력이 평형을 이루고 있는 상태를 정역학 평형이라고 한다. 따라서 위로 향하는 A는 연직 방향의 수압 경도력이고, 아래로 향하는 B는 중력이다.

ㄱ. 정역학 평형 상태에서 연직 방향의 수압 경도력 A와 중력 B는 힘의 크기가 서로 같고, 작용하는 방향은 서로 반대 방향이다. 따라서 A와 B의 합력은 0이다.

ㄷ. 연직 방향의 수압 경도력은 해수의 깊이에 따른 수압 차 때문에 생기는 힘으로, 단위 질량의 해수에 작용하는 연직 방향의 수압 경도력 크기는 일정하다. 따라서 연직 방향의 수압 경도력 크기는 ㉠ 지점과 ㉡ 지점이 서로 같다.

바로알기 ㄴ. 수압은 물속의 한 지점에서 받는 압력의 세기로 크기는 ρgZ (ρ : 해수의 밀도, g : 중력 가속도, Z : 깊이)이다. 따라서 해수면으로부터의 깊이가 얇은 ㉠ 지점이 깊이가 깊은 ㉡ 지점보다 수압이 작다.

02 **꼼꼼 문제 분석**



수평 방향의 수압 경도력 크기는 해수면의 경사와 중력 가속도의 곱에 비례한다.

ㄴ. (가), (나) 지역의 중력 가속도가 같을 때, 동서 양끝의 해수면 높이 차는 (가)가 (나)의 2배이다. 따라서 단위 질량의 해수에 작용하는 수평 방향의 수압 경도력 크기는 (가)가 (나)의 2배이다.

ㄷ. 수평 방향의 수압 경도력은 해수면의 높이가 상대적으로 낮은 방향으로 작용한다. 따라서 두 지역에서 수평 방향의 수압 경도력은 모두 서쪽으로 작용한다.

바로알기 ㄱ. A, B 지점은 중력 가속도와 수심이 같고, 해수의 밀도는 A 지점이 B 지점보다 높아 A 지점의 수압은 B 지점보다 크다.

02 / 지형류

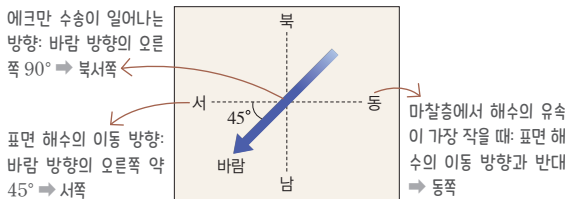
개념 확인문제

101쪽

- ① 에크만 수송 ② 오른쪽 ③ 마찰층(에크만층) ④ 수압 경도력
 ⑤ 오른쪽 ⑥ 서 ⑦ 서안 ⑧ 동안

- 1 (1) 서쪽 (2) 동쪽 (3) 북서쪽 2 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) ○
 3 (1) A: 수압 경도력, B: 전향력, A=B (2) 북쪽 (3) A: 커진다, B: 커진다 (4) 작아진다 4 (1) A: 편서풍, B: 무역풍(북동 무역풍)
 (2) C: 서안 경계류, D: 동안 경계류 (3) 증가 (4) ㉠ 좁고, ㉡ 빠르다

1 — 꼼꼼 문제 분석



- (1) 북반구에서 표면 해수는 바람 방향의 오른쪽 약 45° 방향으로 흐르므로 서쪽으로 흐른다.
 (2) 에크만 나선 운동에서 마찰층에서 유속이 가장 작은 흐름은 표면 해수의 흐름과 반대 방향으로 일어나므로 동쪽으로 일어난다.
 (3) 북반구에서 에크만 수송은 바람 방향의 오른쪽 90° 방향으로 일어나므로 북서쪽으로 일어난다.

2 (1) 수압 경도력과 전향력이 평형을 이룬 상태를 지형류 평형이라고 하고, 지형류 평형 상태에서 흐르는 해류를 지형류라고 한다.

- (2) 북반구에서는 지형류가 수압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로 흐르고, 남반구에서는 지형류가 수압 경도력의 왼쪽 직각 방향으로 흐른다.
 (3) 지형류에 작용하는 전향력은 유속에 비례하므로 지형류의 유속이 빨라지면 전향력의 크기는 커진다.
 (4) 지형류의 유속은 해수면의 경사가 같을 때 위도가 낮을수록 빠르고, 같은 위도에서는 해수면의 경사가 클수록 빠르다.
 (5) 지형류는 수압 경도력의 직각 방향으로 흐르므로 등수압선에 나란하게 흐른다.

3 (1) 수압 경도력은 해수면이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용하므로 A는 수압 경도력이다. 지형류가 흐를 때 수압 경도력과 반대 방향으로 전향력이 작용하므로 B는 전향력이다. 지형류는 수압 경도력과 전향력이 평형을 이루며 흐르는 해류이므로 두 힘의 크기는 같다.

(2) 북반구에서는 지형류가 수압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로 흐르므로 북쪽으로 흐른다.

(3) 해수면의 경사가 커질 때 수압 경도력인 A가 커지고, 유속이 빨라지면서 전향력인 B도 커진다.

(4) 해수면 경사로 발생하는 수압 경도력의 크기는 중력 가속도 (g)와 해수면 경사($\frac{\Delta Z}{\Delta x}$)에 비례한다. 따라서 중력의 크기가 갑자기 작아지면 수압 경도력의 크기가 감소하여 지형류의 유속은 작아진다.

4 (1) 아열대 순환은 무역풍대의 해류와 편서풍대의 해류로 이루어진 순환으로, A에서는 편서풍이 불고 B에서는 무역풍(북동 무역풍)이 분다.

(2) C에서는 서안 경계류가, D에서는 동안 경계류가 흐른다.

(3) 전향력은 저위도에서 고위도로 갈수록 커지므로 표층 해수는 무역풍대보다 편서풍대에서 전향력의 영향을 더 크게 받는다. 따라서 편서풍대에서 무역풍대로 이동하는 표층 해수의 양이 무역풍대에서 편서풍대로 이동하는 표층 해수의 양보다 많고, 이 표층 해수는 적도 해류와 함께 대양의 서쪽으로 이동하므로 대양의 동쪽보다 서쪽에 더 많은 해수가 모이게 된다. 그 결과 아열대 순환의 중심이 서쪽으로 치우치게 된다.

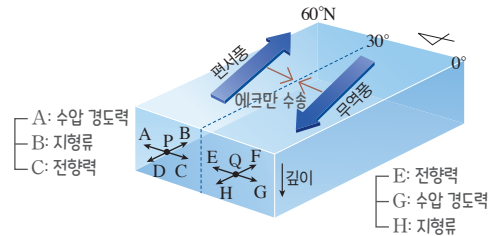
(4) 북태평양의 아열대 순환은 서안 강화 현상으로 순환의 중심이 서쪽으로 치우쳐 C에서 흐르는 서안 경계류는 D에서 흐르는 동안 경계류보다 폭이 좁고, 유속이 빠르다.

대표 자료 분석 1

102쪽

- 1 (1) ㉠ 북, ㉡ 남 (2) 높다 (3) 같다 (4) 시계 2 P 지점: B, Q 지점: H 3 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × (5) ○ (6) × (7) × (8) ○

꼼꼼 문제 분석



1 (1) 북반구에서 에크만 수송은 바람 방향의 오른쪽 직각 방향으로 일어난다. 따라서 무역풍에 의한 에크만 수송은 북쪽으로, 편서풍에 의한 에크만 수송은 남쪽으로 일어난다.

- (2) 에크만 수송으로 해수가 이동하여 위도 30°N 해역으로 모이므로 위도 30°N 해역의 해수면 높이는 주변 해역보다 높다.
- (3) 지형류는 수압 경도력과 전향력이 평형을 이루면서 흐르는 해류이므로, 무역풍대와 편서풍대의 지형류에 작용하는 수압 경도력과 전향력은 크기가 서로 같다.
- (4) 북반구 아열대 해역의 무역풍대에서는 동쪽에서 서쪽으로, 편서풍대에서는 서쪽에서 동쪽으로 지형류가 흐른다. 동서 방향으로 위도와 나란하게 흐르던 지형류는 육지에 부딪혀 남북으로 나누어지며, 북반구의 아열대 해역을 중심으로 커다란 시계 방향의 환류를 형성한다.

2 북반구에서 지형류는 수압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로 흐르며, 해수면이 높은 곳에서 낮은 곳으로 수압 경도력이 작용한다. P 지점에서 수압 경도력이 북쪽(A)으로 작용하므로 지형류는 동쪽(B)으로 흐르고, Q 지점에서 수압 경도력이 남쪽(G)으로 작용하므로 지형류는 서쪽(H)으로 흐른다.

- 3** (1) 에크만 수송은 북반구에서 바람 방향의 오른쪽 직각 방향으로 일어나고, 남반구에서 바람 방향의 왼쪽 직각 방향으로 일어난다.
- (2) 북반구에서 무역풍에 의한 에크만 수송은 북쪽으로, 편서풍에 의한 에크만 수송은 남쪽으로 일어나게 되어 30°N 해역의 해수면 높이는 적도 해역보다 높다. 따라서 적도에서 30°N 로 갈수록 해수면의 높이는 높아진다.
- (3) 위도 30°N 해역의 해수면이 주변보다 높고, 수압 경도력은 해수면이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용하므로 수압 경도력은 편서풍대에서 북쪽으로, 무역풍대에서 남쪽으로 작용한다. 따라서 편서풍대의 P 지점에서 지형류에 작용하는 수압 경도력은 A 방향이다.
- (4) Q 지점에서 수압 경도력이 남쪽(G)으로 작용하므로 전향력은 수압 경도력의 반대 방향인 북쪽(E)으로 작용한다.
- (5) P 지점의 지형류에 작용하는 수압 경도력의 방향은 A, 전향력의 방향은 C로, 두 힘의 방향은 서로 반대이고 크기는 같아 평형을 이룬다.
- (6) 위도 $30^{\circ}\text{N} \sim 60^{\circ}\text{N}$ 해역은 편서풍의 영향으로 지형류가 흐르는 곳으로, 지형류는 수압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로 흐른다.
- (7) 자전하는 지구에서 전향력은 저위도에서 고위도로 갈수록 커지므로 표층 해수는 무역풍대보다 편서풍대에서 전향력의 영향을 더 크게 받는다. 따라서 편서풍대에서 무역풍대로 이동하는 표층 해수의 양이 무역풍대에서 편서풍대로 이동하는 표층 해수의 양보다 많고, 이 표층 해수는 적도 해류와 함께 대양의 서쪽으로 이동하므로 대양의 동쪽보다 서쪽에 더 많은 해수가 모이게 된다. 그 결과, 해수면이 가장 높은 해역이 대양의 서쪽으로 치우

- 쳐 대양의 서쪽 해수면의 경사가 동쪽 해수면의 경사보다 더 급해지므로 대양의 서안을 따라 흐르는 해수의 유속이 빨라지고 유량이 많아지는 현상이 나타나게 된다.
- (8) 아열대 해양에서 환류의 중심이 서쪽으로 치우치면서 해수면의 경사가 환류의 동쪽보다 서쪽에서 급하기 때문에 수압 경도력이 해양의 동쪽보다 서쪽에서 더 크게 작용해 지형류의 유속은 해양의 동안보다 서안에서 빠르다.

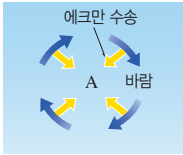
내신만점문제

103쪽~105쪽

- | | | | |
|--------------------|----------|----------|------|
| 01 ① | 02 ㉠, ㉡ | 03 해설 참조 | 04 ② |
| 05 ㉠ 서쪽 → 동쪽, ㉡ 남쪽 | 06 ⑤ | 07 ④ | 08 ③ |
| 09 ④ | 10 해설 참조 | 11 ① | 12 ⑤ |
| 13 ④ | 14 ②, ③ | 15 ③ | 16 ⑤ |

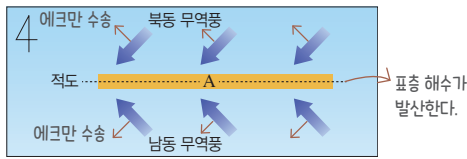
- 01** 에크만 수송은 바람이 해수에 작용하는 힘, 전향력, 해수 간의 마찰력의 영향을 받아 일어난다. 표면 해수는 북반구에서 바람 방향의 오른쪽 약 45° 방향으로 흐르고, 수심이 깊어질수록 해수의 이동 방향은 시계 방향으로 바뀌면서 유속이 느려진다.
- ㄴ. 에크만 수송이 일어나기 위해서는 바람이 일정한 방향으로 지속적으로 불어야 한다.
- [바로알기]** ㄱ. 바람 방향의 오른쪽 약 45° 방향으로 표면 해수가 흐르므로 이 지역은 북반구이다.
- ㄷ. 수심이 깊어질수록 해수의 이동 방향이 점점 오른쪽으로 휘어지는 것은 전향력이 북반구에서 물체의 운동 방향에 오른쪽 직각 방향으로 작용하기 때문이다.
- 02** ㉠ 바람이 불어가는 방향이 북쪽이라고 할 때, 전향력을 받아 바람 방향의 오른쪽으로 약 45° 방향으로 흐르는 A는 표면 해수의 이동 방향이다.
- ㉡ 에크만 수송은 마찰층 내에서 바람에 의해 이동하는 해수의 평균적인 흐름으로, 북반구에서는 바람 방향의 오른쪽 직각 방향으로 일어난다. 따라서 마찰층 내에서 해수의 평균적인 이동 방향은 B이다.
- [바로알기]** ㉢ 마찰저항심도에서 해수의 이동 방향은 표면 해수의 이동 방향과 반대이므로 A와 반대 방향(남서쪽)이다.
- 03** 북반구에서 에크만 수송은 바람 방향의 오른쪽 직각 방향으로 일어나므로 고기압에서 에크만 수송은 바깥쪽에서 중심부 쪽으로 일어난다. 그 결과, 고기압 중심 부근(A)에서는 표층 해수가 수렴하면서 해수면이 높아진다.

모범 답안 A 부근에서는 표층 해수가 수렴한다.



채점 기준	배점
에크만 수송 방향을 옳게 그리고, A에서 표층 해수의 수렴이 일어난다고 옳게 서술한 경우	100 %
에크만 수송 방향만 옳게 그린 경우	50 %
A에서 표층 해수의 수렴이 일어난다고만 옳게 서술한 경우	50 %

04 **꼼꼼 문제 분석**



ㄷ. A 해역에서는 표층 해수의 발산이 일어나므로 주변보다 해수면의 높이가 낮다.

바로알기 ㄱ. 에크만 수송이 북반구에서는 북서쪽으로, 남반구에서는 남서쪽으로 일어난다.

ㄴ. 에크만 수송에 의해 적도 부근 해역에서는 표층 해수가 주위로 빠져나가므로 표층 해수의 발산이 일어난다.

05 깊이에 따른 수온 분포를 보면 수온이 높고 밀도가 낮은 해수가 서쪽에 분포하고, 수온이 낮고 밀도가 높은 해수가 동쪽에 분포한다. 따라서 해수면의 높이는 서쪽 해역이 높고, 동쪽 해역이 낮아서 이 해역에서 수압 경도력(㉠)은 동쪽으로 작용한다. 지형류(㉡)는 북반구에서 수압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로 흐르므로 남쪽으로 흐른다.

06 ①, ② 해수면이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용하는 힘 B는 수압 경도력으로, 해수를 움직이게 하는 원인이 되는 힘이다. 수압 경도력의 반대 방향으로 작용하는 힘 A는 지구 자전으로 생기는 가상의 힘인 전향력이다.

③ 지형류는 북반구에서 수압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로 흐르므로 남쪽으로 흐른다.

④ A는 B와 방향이 반대이고, 크기가 같다.

바로알기 ⑤ 해수면의 경사가 커지면 유속이 빨라지므로 전향력인 A의 크기도 커진다.

07 ㄴ. 단위 질량의 해수에 작용하는 전향력 $C=2v\Omega\sin\theta$ (Ω : 지구 자전 각속도, θ : 위도)로 전향력은 물체의 속도 v 에 비례한다. 따라서 수압 경도력에 의해 해수가 가속될수록 해수의 속도가

가 빨라지므로 전향력도 증가한다. B보다 D에서 해수의 속도가 빠르므로 전향력 또한 D에서 B에서보다 크다.

ㄷ. D에서는 해수의 속력이 일정하므로 힘의 평형을 이루고 있다. 따라서 D에서는 수압 경도력과 전향력의 크기가 같다.

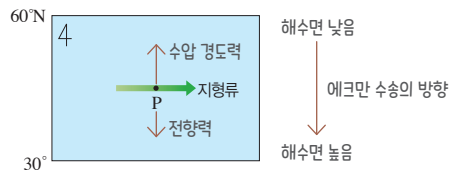
바로알기 ㄱ. 일반적으로 수평 방향의 수압 경도력은 해수면의 기울기(경사)에 비례한다. 해수면의 기울기가 일정하게 유지되는 지역에서 지형류가 형성되므로 해수면의 기울기가 같은 지점에서는 수압 경도력이 모두 같다. 따라서 해수에 작용하는 수압 경도력의 크기는 A~D에서 모두 같다.

08 ㄱ. 수압 경도력은 두 지점 사이의 수압 차이에 비례하고, 수평 거리에 반비례한다. 두 지점 사이의 수압 차이는 두 지점 사이의 해수면 경사에 비례하기 때문에 이 해역에서는 해수면의 경사가 커졌으므로 수압 경도력이 커졌다.

ㄴ. 지형류 평형에서 수압 경도력과 전향력은 크기가 같고, 서로 반대 방향으로 작용한다. 수압 경도력이 커졌으므로 전향력도 커졌다. 해수에 작용하는 전향력은 해수의 유속에 비례하므로 이 해역에서 유속이 빨라지면서 전향력이 커졌다.

바로알기 ㄷ. 지형류는 북반구에서 수압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로 흐르므로 해수면의 경사가 변하기 전과 후 모두 지형류가 흐르는 방향은 변하지 않는다.

09 **꼼꼼 문제 분석**



ㄴ. 수압 경도력은 해수면이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용한다. 수압 경도력이 북쪽으로 작용하므로 해수면의 높이는 남쪽이 북쪽보다 높다.

ㄷ. 에크만 수송은 북반구에서 바람 방향의 오른쪽 직각 방향으로 일어난다. 따라서 에크만 수송에 의해 표층 해수가 남쪽으로 이동하여 남쪽 해수면의 높이가 높아졌으므로 바람은 서풍이 지속적으로 불었을 것이다.

바로알기 ㄱ. 북반구에서 지형류는 수압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로 흐르므로 P 지점에서 수압 경도력은 북쪽으로 작용한다. 전향력은 수압 경도력의 반대 방향으로 작용하므로 P 지점에서 전향력은 남쪽으로 작용한다.

10 지형류는 수압 경도력과 전향력이 평형을 이루고 있으므로 $g \frac{\Delta Z}{\Delta x} = 2v\Omega\sin\theta$ (g : 중력 가속도, ΔZ : 해수면 높이 차, Δx :

수평 거리, Ω : 지구 자전 각속도, θ : 위도)로부터 지형류의 유속(v)은 $v = \frac{1}{2\Omega \sin\theta} \cdot g \frac{\Delta Z}{\Delta x}$ 이다.

모범 답안 지형류의 유속(v)은 $v = \frac{1}{2\Omega \sin\theta} \cdot g \frac{\Delta Z}{\Delta x}$ 이다. 따라서 지형류의 유속은 $\frac{1}{2 \times (7.3 \times 10^{-5}/s) \times \frac{1}{2}} \cdot \frac{10 \text{ m/s}^2 \times 1 \text{ m}}{10^5 \text{ m}} = \text{약 } 1.4 \text{ m/s}$ 이다.

채점 기준	배점
지형류의 유속을 구하는 과정을 옳게 서술한 경우	100 %
지형류의 유속만 옳게 구한 경우	50 %

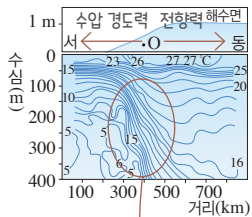
11 ㄱ. A에서 수압 경도력은 해수면이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용하므로 북쪽으로 작용하고, 전향력은 수압 경도력의 반대 방향이므로 남쪽으로 작용한다.

바로알기 ㄴ. 북반구에서 에크만 수송은 바람 방향의 오른쪽 직각 방향으로 일어난다. 따라서 B에서 에크만 수송은 북쪽으로 일어났으므로 동풍 계열의 바람이 분다.

ㄷ. 지형류의 유속(v)은 $v = \frac{1}{2\Omega \sin\theta} \cdot g \frac{\Delta Z}{\Delta x}$ (Ω : 지구 자전 각속도, θ : 위도, g : 중력 가속도, ΔZ : 해수면 높이 차, Δx : 수평 거리)이다. A와 B 구간의 수평 거리와 해수면 높이 차는 같으므로 지형류의 유속은 $\frac{1}{\sin\theta}$ 에 비례한다. 따라서 지형류의 유속은 $\sin\theta$ 값이 더 작은 B에서 더 빠르다.

12 - 꼼꼼 문제 분석

지형류의 방향: 북쪽 \Rightarrow 북반구에서는 수압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로 지형류가 흐르기 때문



해수의 수온 변화가 크다. \Rightarrow 해수면 경사가 크다.

ㄱ, ㄴ. O 지점에서 해수면은 서쪽으로 경사져 있으므로 수압 경도력은 서쪽으로 작용한다. 북반구에서 지형류는 수압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로 흐르므로 이 연안에서 지형류는 북쪽으로 흐른다.

ㄷ. 기준점으로부터 300 km~400 km 해역에서는 동서 방향의 수온 변화가 크게 나타나는데, 이곳의 해수면 경사가 급하게 나타난다. 이는 수온 변화가 큰 곳에서 해수의 밀도가 크게 달라지기 때문이다.

13 ㄴ. (나)에서는 해류의 순환 중심이 서쪽으로 치우쳐 서쪽에서 해류가 더 강하게 흐르는 서안 강화 현상이 나타난다.

ㄷ. (나)에서 해류의 순환 중심이 서쪽으로 치우치는 것은 지구 자전의 영향으로 해수에 작용하는 전향력의 크기가 고위도로 갈수록 커지기 때문이다.

바로알기 ㄱ. (가)는 서안 강화 현상이 나타나지 않아 해류의 순환이 대칭적으로 나타나므로 위도에 관계없이 전향력이 일정한 경우에 해당한다.

14 ②, ③ 서안 경계류는 동안 경계류보다 폭이 좁고, 깊이가 깊으며, 유속이 빠르고, 유량이 많다.

바로알기 서안 경계류는 동안 경계류보다 수온과 염분은 높고, 영양 염류와 용존산소량이 적다.

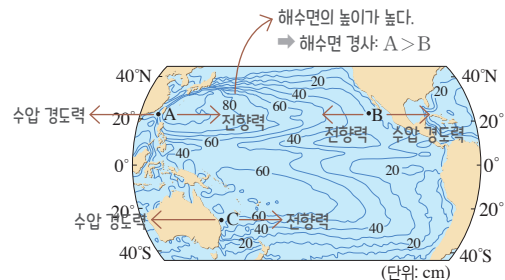
15 전향력이 저위도에서 고위도로 갈수록 커지기 때문에 아열대 해양에서는 해수의 순환 중심이 서쪽으로 치우치는 서안 강화 현상이 나타난다.

ㄱ. 해류의 속력은 수압 경도력이 클수록 빠르다. 해수면의 경사는 C 지점보다 A 지점에서 급하므로 수압 경도력은 C 지점보다 A 지점에서 크다. 따라서 해류의 속력은 A 지점이 C 지점보다 빠르다.

ㄴ. 대양의 서쪽인 A 지점에서는 서안 경계류가, 동쪽인 C 지점에서는 동안 경계류가 흐른다. 서안 강화 현상에 의해 서안 경계류는 동안 경계류보다 해류의 폭이 좁고 깊으며, 유속이 빠르고 유량이 많다. 따라서 $\frac{\text{해류의 평균 폭}}{\text{해류의 평균 깊이}}$ 은 서안 경계류가 흐르는 A 지점이 동안 경계류가 흐르는 C 지점보다 작다.

바로알기 ㄷ. 서안 강화 현상은 위도에 따른 전향력의 크기 변화 때문에 나타나는 현상으로, 그 효과가 클수록 순환의 중심은 서쪽으로 치우쳐서 나타나 서안 경계류와 동안 경계류의 유속 차이가 커지게 된다. 따라서 현재보다 위도에 따른 전향력의 크기 변화가 커지면 B 지점의 위치는 현재보다 서쪽으로 이동한다.

16 - 꼼꼼 문제 분석



ㄱ. 해수면의 경사는 등수위선이 조밀할수록 크다. 따라서 해수면의 경사는 A 해역이 B 해역보다 크다.

ㄴ. 단위 시간에 단위 면적을 통과하는 해수의 양은 해수의 수송량을 의미한다. B 해역에서는 동안 경계류가 흐르고, C 해역에서는 서안 경계류가 흐른다. 아열대 순환에서 서안 경계류가 동안 경계류보다 해수의 수송량이 많으므로 해수의 수송량은 B 해역보다 C 해역에서 많다.

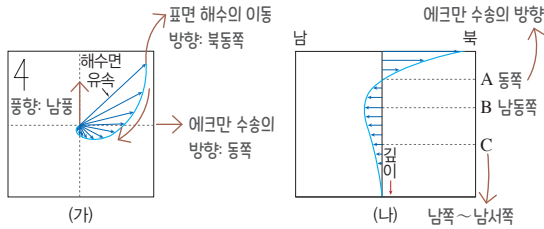
ㄷ. 서안 경계류가 흐르는 A와 C 해역에서 해수면의 높이가 서쪽에서 동쪽으로 갈수록 높아지므로 지형류에 작용하는 수압 경도력은 동쪽에서 서쪽으로 작용한다. 따라서 지형류에 작용하는 수압 경도력의 방향은 A와 C 해역에서 모두 서쪽 계열이다.

실력 UP 문제

106쪽

01 ② 02 ⑤ 03 ③ 04 ⑤

01 ← **꼼꼼 문제 분석**



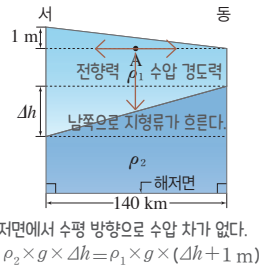
수심이 깊어질수록 유속이 느려지면서 오른쪽으로 더 편향된다. ⇒ 북반구

ㄷ. 북반구에서는 에크만 수송이 바람 방향의 오른쪽 직각 방향으로 일어난다. 남풍이 일정하게 불고 있을 때, 북반구에서 에크만 수송의 방향은 동쪽이다. 해수가 A에서는 동쪽, B에서는 남동쪽, C에서는 남쪽~남서쪽으로 흐르므로, 해수의 이동 방향이 에크만 수송의 방향과 같은 깊이는 A이다.

[바로알기] ㄱ. 북반구에서는 해수면 위에 바람이 일정한 방향으로 계속 불면, 표면 해수는 바람 방향의 오른쪽 약 45° 방향으로 이동한다. 표면 해수의 이동 방향이 북동쪽이므로 북반구인 이 해역에서는 남풍이 계속 불고 있다.

ㄴ. (가)의 해수면에서는 지구 자전의 영향으로 해수가 바람 방향의 오른쪽 약 45°로 이동하고, 해수면 아래의 층에서는 수심이 깊어짐에 따라 전향력의 영향으로 아래층 해수는 위층 해수에 대해 조금씩 오른쪽으로 이동하고, 마찰에 의해 유속은 점점 작아진다. 따라서 (가)에서 수심이 깊어짐에 따라 해수의 이동 방향은 시계 방향으로 변한다.

02 ← **꼼꼼 문제 분석**

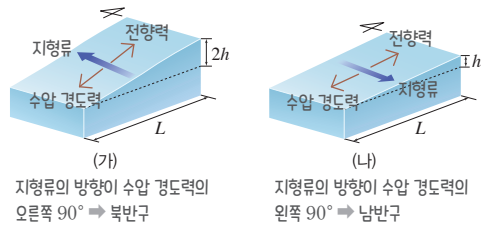


ㄱ. 이 지역은 해수면이 동쪽을 향해 경사져 있으므로 수압 경도력은 동쪽으로 작용한다. 이 지역은 북반구에 위치하므로 지형류는 수압 경도력의 오른쪽 직각 방향인 남쪽으로 흐르게 된다.

ㄴ. 지형류의 유속(v)은 $v = \frac{1}{2\Omega \sin\theta} \cdot g \frac{\Delta Z}{\Delta x}$ (Ω : 지구 자전 각속도, θ : 위도, g : 중력 가속도, ΔZ : 해수면 높이 차, Δx : 수평 거리)이다. $\Delta x = 140 \text{ km}$, $\Delta Z = 1 \text{ m}$ 일 때 A 지점에서 흐르는 지형류의 유속(v)은 $v = \frac{9.8 \text{ m/s}^2}{2 \times 7 \times 10^{-5} / \text{s} \times \sin 30^\circ} \times \frac{1 \text{ m}}{140000 \text{ m}} = 1 \text{ m/s}$ 이다.

ㄷ. 해저면에서 수평 방향의 수압 차이가 없으므로, 정역학 방정식 ($\Delta P = \rho g \Delta Z$)을 이용하면 $\rho_2 \times g \times \Delta h = \rho_1 \times g \times (\Delta h + 1 \text{ m})$ 이므로 $\Delta h = \frac{\rho_1}{\rho_2 - \rho_1} \text{ m}$ 이다.

03 ← **꼼꼼 문제 분석**



ㄱ. (가)에서 지형류가 흐르는 방향이 수압 경도력의 오른쪽 직각 방향인 것으로 보아 (가)의 위도는 30°N이다.

ㄷ. 지형류의 유속(v)은 $v = \frac{1}{2\Omega \sin\theta} \cdot g \frac{\Delta Z}{\Delta x}$ (Ω : 지구 자전 각속도, θ : 위도, g : 중력 가속도, ΔZ : 해수면 높이 차, Δx : 수평 거리)이므로, 두 해역의 중력 가속도와 수평 거리가 같을 때 유속은 위도(θ)와 해수면 높이 차(ΔZ)에 따라 달라진다. 해수면 높이 차는 (가)가 (나)의 2배이고, $\frac{1}{\sin\theta}$ 은 (가)가 (나)의 $\sqrt{2}$ 배이므로 지형류의 유속은 (가) 30°N 지역이 (나) 45°S 지역의 $2\sqrt{2}$ 배이다.

[바로알기] ㄴ. (가)는 위도가 30°N인 지역으로 서쪽을 향해 지형

류가 흐를 때 전향력의 방향은 북쪽이다. (나)는 위도가 45°S인 지역으로 동쪽을 향해 지형류가 흐를 때 전향력의 방향은 북쪽이다. 따라서 지형류에 작용하는 전향력의 방향은 (가)와 (나)가 모두 북쪽으로 같다.

04 아열대 순환에서 해류에 작용하는 전향력의 크기는 저위도에서 고위도로 갈수록 커지므로 해수면이 높은 순환의 중심이 서쪽으로 치우치는 서안 강화 현상이 나타난다.

ㄱ. 지형류는 수압 경도력과 전향력의 평형에 의해 형성되므로, $g \frac{\Delta Z}{\Delta x} = 2v\Omega \sin\theta$ (g : 중력 가속도, ΔZ : 해수면 높이 차, Δx : 수평 거리, v : 속도, Ω : 지구 자전 각속도, θ : 위도)의 관계가 성립한다. (가)에서는 위도에 관계없이 전향력이 일정하므로 $\Omega \sin\theta$ 를 일정한 상수 값 k 로 두면, 전향력 $C = 2vk$ 로 표현할 수 있고, 이를 수압 경도력과 평형식으로 다시 정리하면 $g \frac{\Delta Z}{\Delta x} = 2vk$ 가 된다. 이를 v 에 대해 정리하면 $v = \frac{1}{2k} g \frac{\Delta Z}{\Delta x}$ 가 된다. 따라서 해

수면의 경사 $\left(\frac{\Delta Z}{\Delta x}\right)$ 에 의해서만 지형류의 속력이 결정되기 때문에 A와 B 해역은 해수면의 경사가 같으므로 지형류의 속력이 같다.

ㄴ. (나)는 위도가 높아질수록 전향력이 커진다. 이러한 상황에서 지형류의 유속(v)은 $v = \frac{1}{2\Omega \sin\theta} \cdot g \frac{\Delta Z}{\Delta x}$ (Ω : 지구 자전 각속도, θ : 위도, g : 중력 가속도, ΔZ : 해수면 높이 차, Δx : 수평 거리)가 된다. C와 D 해역에서 해수의 밀도, 중력 가속도, 해수면의 경사가 같으므로 수압 경도력은 같다. 그런데 위도가 다르므로 위도가 높은 C 해역이 위도가 낮은 D 해역보다 지형류의 속력이 느리다.

ㄷ. 수압 경도력의 방향이 A에서는 북쪽, B에서는 남쪽, C에서는 북쪽, D에서는 남쪽이다. 따라서 수압 경도력은 해수면이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용하므로 지구가 자전하고 있는 두 모델의 순환의 중심은 주변보다 해수면이 높게 나타난다.

중단원 핵심 정리 107쪽

① 수압 ② 정역학 평형 ③ 높 ④ 낮 ⑤ 낮은(작은)
 ⑥ 높은(큰) ⑦ 자전 ⑧ 고 ⑨ 오른쪽 ⑩ 전향력
 ⑪ 수압 경도력 ⑫ 저 ⑬ 무역풍 ⑭ 고

중단원 마무리 문제 108쪽~110쪽

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

01 ㄷ. 전향력은 물체의 속도에 비례한다. 따라서 같은 위도를 따라 흐르는 해류도 유속이 다르면 작용하는 전향력의 크기가 다르다.

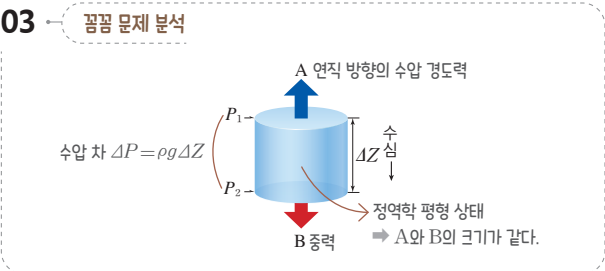
바로알기 ㄱ. 수평 방향의 수압 경도력은 해수면의 기울기에 비례하므로 해수면의 경사가 급할수록 크다.

ㄴ. 전향력은 운동하는 물체에만 작용하는 가상의 힘으로, 정지되어 있는 물체에는 작용하지 않는다.

02 ㄱ. 소금물의 밀도는 일반적으로 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 커진다. U자관의 오른쪽에는 왼쪽과 염분은 같고 수온이 높은 소금물 B를 넣었으므로 밀도는 소금물 A가 소금물 B보다 높다.

ㄷ. 소금물 B에 소금물 A와 수온은 같고 염분이 낮은 소금물을 넣으면 밀도는 왼쪽 소금물이 오른쪽 소금물보다 더 높아지므로 비슷한 결과가 나타날 것이다.

바로알기 ㄴ. 밀도는 U자관의 오른쪽이 왼쪽보다 낮기 때문에 곡을 천천히 열었을 때 밀도가 높은 왼쪽의 물이 밀도가 낮은 오른쪽의 물을 밀어 올려 물의 높이는 U자관의 왼쪽이 오른쪽보다 낮게 된다.



ㄱ. 해수의 깊이에 따른 수압 차 때문에 생기는 힘은 연직 방향의 수압 경도력이다. 수심이 깊어질수록 수압이 커지고, 수압 경도력은 수압이 큰 쪽에서 작은 쪽으로 작용한다. 따라서 연직 방향의 수압 경도력은 아래쪽에서 위쪽인 A 방향으로 작용한다.

ㄴ. 위쪽으로 향하는 A는 연직 방향의 수압 경도력이고 아래쪽으로 향하는 B는 중력이다. 정역학 평형 상태에서 A와 B의 크기는 같다.

바로알기 ㄷ. 이 해수는 정역학 평형 상태에 있으므로 P_1 과 P_2 의 수압 차는 $\rho g \Delta Z$ (ρ : 해수의 밀도, g : 중력 가속도, ΔZ : 깊이 차)이다. 따라서 해수의 밀도와 중력 가속도가 일정할 때, ΔZ 가 2배가 되면 P_1 과 P_2 의 수압 차도 2배가 된다.

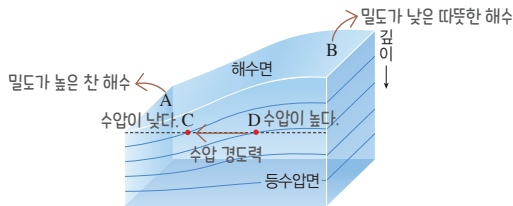
04 나. A와 B 지점에서 해수면 높이 차이는 ΔZ 이므로, A와 B 사이의 수압 차이는 $\Delta P = (P_B - P_A) = \rho g \Delta Z$ 이다.

다. 단위 질량의 해수에 작용하는 수평 방향의 수압 경도력(P_H)은 $\frac{1}{\rho} \frac{\Delta P}{\Delta x}$ 이고, $\Delta P = \rho g \Delta Z$ 이다. 따라서 단위 질량의 해수에

작용하는 수평 방향의 수압 경도력은 $\frac{1}{\rho} \frac{\Delta P}{\Delta x} = g \frac{\Delta Z}{\Delta x}$ 이다.

바로알기 ㄱ. A에서의 수압을 P_A , B에서의 수압을 P_B 라고 하면 A와 B 사이의 수압 차이는 $(P_B - P_A)$ 이다. 압력은 단위 면적당 작용하는 힘이므로, A와 B 사이의 수압 차이에 의해 수평 방향으로 작용하는 힘은 $(P_B - P_A) \times \Delta S$ 이다.

05 **꼼꼼 문제 분석**



나. 깊이가 깊어질수록 수압이 증가하므로 아래에 있는 등수압선 일수록 수압이 높다. 수압 경도력은 수압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용하므로 D에서 C 방향으로 작용한다.

다. 단위 질량의 해수에 작용하는 수평 방향의 수압 경도력은 $g \frac{\Delta Z}{\Delta x}$ (g : 중력 가속도, Δx : 수평 거리, ΔZ : 해수면의 높이 차)이다. 따라서 1 kg의 해수에 작용하는 수평 방향의 수압 경도력 크기는 $1 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times \frac{1 \text{ m}}{100 \times 1000 \text{ m}} = 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2 = 10^{-4} \text{ N}$ 이다.

바로알기 ㄱ. 밀면에서 수압이 같다면 해수면의 높이가 더 높은 B 쪽의 밀도가 A 쪽보다 더 낮다.

06 나. 원판의 회전 속도가 빨라지면 전향력이 더 크게 작용하는 효과와 같으므로 공의 궤적이 더 많이 휘다.

바로알기 ㄱ. 시계 반대 방향으로 회전하는 원판에서 공을 굴리면 공의 궤적이 오른쪽으로 휘어지므로 이 실험은 북반구에서 작용하는 전향력의 방향을 설명할 수 있다.

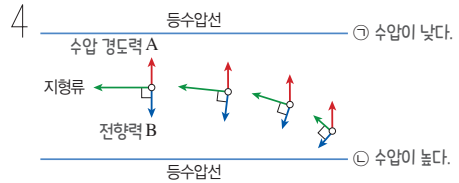
다. 공의 궤적은 원판에서 보면 휘어지지만, 원판 밖에서 보면 휘어지지 않는다.

07 ㄱ. 표면 해수의 이동 방향이 바람 방향의 오른쪽 약 45° 이므로 이 해역은 북반구에 위치한다.

바로알기 나. 해수의 평균 이동 방향은 에크만 수층이 일어나는 방향으로 바람과 90° 의 각(직각)을 이룬다.

다. 수심이 깊어질수록 전향력의 영향으로 해수의 이동 방향은 점점 더 오른쪽으로 치우쳐 시계 방향으로 변한다.

08 **꼼꼼 문제 분석**



수압 경도력에 의해 해수의 속력이 빨라지고, 이로 인한 전향력의 증가로 남반구에서 해수는 진행 방향의 왼쪽으로 편향된다. 이 과정에서 전향력이 수압 경도력과 평형을 이룰 때 지형류가 형성된다.

ㄱ. 지형류에서 등수압선에 직각 방향으로 작용하는 A는 수압 경도력이고, 수압 경도력의 반대 방향으로 작용하는 B는 전향력이다.

다. 수압 경도력의 왼쪽 직각 방향으로 지형류가 흐르므로 이 해역은 남반구에 위치한다.

바로알기 나. 수압 경도력은 수압이 높은 곳에서 수압이 낮은 곳으로 작용하므로 수압의 크기는 ㉠이 ㉡보다 작다.

리. 지형류에서 수압 경도력과 전향력의 크기는 같으므로 수압 경도력인 A의 크기가 일정하면 전향력인 B의 크기도 같다.

09 ㄱ. 수압 경도력은 해수면의 높이가 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 작용하므로 A 지점에서 수압 경도력은 남쪽으로 작용한다.

나. 지형류에서 전향력은 수압 경도력의 반대 방향으로 작용한다. B 지점에서 수압 경도력은 북쪽으로 작용하므로 전향력은 남쪽으로 작용한다.

다. 북반구에서는 지형류가 수압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로 흐르므로 A 지점에서 지형류는 서쪽으로 흐른다. 남반구에서는 지형류가 수압 경도력의 왼쪽 직각 방향으로 흐르므로 B 지점에서 지형류는 서쪽으로 흐른다. 따라서 A와 B 지점에서 지형류는 같은 방향으로 흐른다.

10 ㄱ. 표층 수온이 높아지면 해수가 팽창하므로 해수면의 높이가 높아진다.

바로알기 나. 연안에서 먼바다 쪽으로 갈수록 해수면의 수온이 높고, 해수면의 높이가 높은 것으로 보아 동쪽으로 에크만 수층이 일어났다. 북반구에서 에크만 수층은 바람 방향의 오른쪽 직각 방향으로 일어나므로 A 해역 부근에서는 남쪽에서 북쪽으로 바람(남풍)이 불었을 것이다.

ㄷ. 지형류의 유속은 해수면의 경사가 급할수록 빠르므로 C보다 B에서 빠르다.

11 정역학 방정식 $\Delta P = \rho g \Delta Z$ (ΔP : 수압 차, ρ : 해수의 밀도, g : 중력 가속도, ΔZ : 깊이 차)를 이용한다.

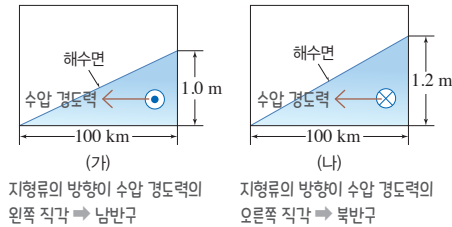
모범 답안 $\Delta P = \rho g \Delta Z = 1030 \text{ kg/m}^3 \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 1000 \text{ m} = 10094000 \text{ kg/m} \cdot \text{s}^2 = 10094000 \text{ N/m}^2 = \text{약 } 100\text{기압이다.}$

채점 기준	배점
정역학 방정식을 옳게 쓰고, 계산 과정을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
기압으로 나타내지 못하고, 식과 계산 결과만 옳게 서술한 경우	50 %

12 **모범 답안** 연직 방향의 수압 경도력과 중력이 정역학 평형을 이루기 때문이다.

채점 기준	배점
연직 방향의 수압 경도력과 중력이 같아 정역학 평형을 이루기 때문이라고 옳게 서술한 경우	100 %
정역학 평형을 이루기 때문이라고만 옳게 서술한 경우	70 %

13 **꼼꼼 문제 분석**



(1) (가)에서 지형류는 수압 경도력의 왼쪽 직각 방향으로 흐르므로 (가)는 남반구에 위치한다. (나)에서 지형류는 수압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로 흐르므로 (나)는 북반구에 위치한다.

(2) 정사진 해수면에서 수평 방향의 수압 경도력은 해수면의 경사 $\left(\frac{\Delta Z}{\Delta x}\right)$ 에 비례한다.

(3) 지형류의 유속(v)은 $v = \frac{1}{2\Omega \sin\theta} \cdot g \frac{\Delta Z}{\Delta x}$ (Ω : 지구 자전 각속도, θ : 위도, g : 중력 가속도, ΔZ : 해수면의 높이 차, Δx : 수평 거리)이다. 두 해역에서 g 와 Δx 가 같으므로 지형류의 유속은 $\frac{\Delta Z}{\sin\theta}$ 에 비례한다. $\frac{\Delta Z}{\sin\theta}$ 값은 (가)에서는 2이고, (나)에서는 $1.2 \times \sqrt{2} \approx 1.7$ 이므로 지형류의 유속은 (가)가 (나)보다 빠르다.

모범 답안 (1) (가) 30°S (나) 45°N

(2) 수압 경도력은 해수면의 경사가 더 큰 (나)가 (가)보다 크다.

(3) 지형류의 유속은 $\frac{\Delta Z}{\sin\theta}$ (θ : 위도, ΔZ : 해수면의 높이 차) 값이 더 큰 (가)가 (나)보다 빠르다.

채점 기준	배점
(1)~(3)을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
(1)~(3) 중 두 가지만 옳게 서술한 경우	60 %
(1)~(3) 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	30 %

14 서안 강화 현상은 위도에 따른 지구 자전 효과(전향력)의 크기 차이가 원인이 되어 대양의 서쪽 경계를 따라 고위도로 흐르는 해류가 강해지는 현상이다.

모범 답안 전향력의 크기가 고위도로 갈수록 커지기 때문에 중위도 아열대 해역의 순환 중심이 서쪽으로 치우치게 되어 해양의 서쪽 해수면의 경사가 급해진다. 따라서 해양의 서쪽에는 유속이 빠르며, 해류의 폭이 좁고, 깊이가 깊은 서안 경계류가 저위도에서 고위도 해역으로 흐르게 된다.

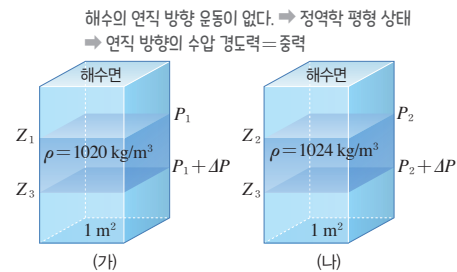
채점 기준	배점
서안 강화 현상의 원인과 서안 경계류의 특징을 세 가지 이상 모두 옳게 서술한 경우	100 %
서안 강화 현상의 원인과 서안 경계류의 특징을 두 가지만 옳게 서술한 경우	60 %
서안 경계류의 특징만 두 가지 옳게 서술한 경우	40 %
서안 경계류의 특징만 한 가지 옳게 서술한 경우	20 %

중단원 고난도 문제

111쪽

01 ④ 02 ③ 03 ⑤ 04 ②

01 **꼼꼼 문제 분석**



• 중력 = $1020 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 = 1.02 \times 10^4 \text{ N}$
 ⇒ 연직 방향의 수압 경도력
 • $\Delta P = \rho g \Delta Z$ 에서 ΔP 와 g 는 (가) = (나)이고, ρ 는 (가) < (나)이므로 깊이는 $Z_1 < Z_2$ 이다.
 ⇒ $P_1 < P_2$

선택지 분석

✗ (가)와 (나)는 정역학 평형 상태가 아니다.

㉞ $P_1 < P_2$ 이다. 정역학 평형 상태이다

㉜ (가)에서 깊이 $(Z_3 - Z_1)$ 이 1 m일 때, 깊이 $(Z_1 \sim Z_3)$ 의 해수 덩어리에 작용하는 연직 방향의 수압 경도력은 $1.02 \times 10^4 \text{ N}$ 이다.

전략적 풀이 ① 정역학 평형 상태의 의미를 이해한다.

ㄱ. 해수의 깊이에 따른 수압 차 때문에 생기는 힘(연직 방향의 수압 경도력)이 해수에 작용하는 중력과 평형을 이룬 상태를 정역학 평형이라고 한다. 정역학 평형 상태에서는 해수의 연직 방향의 움직임이 없다. (가)와 (나)는 모두 해수의 연직 방향의 운동이 없으므로 연직 방향의 수압 경도력과 중력이 평형을 이루고 있는 정역학 평형 상태이다.

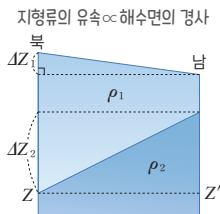
② 수압과 정역학 평형 상태를 나타내는 식(정역학 방정식)을 적용한다.

ㄴ. 정역학 평형 상태인 해수에서 $\Delta P = \rho g \Delta Z$ (ΔP : 수압 차, ρ : 해수의 밀도, g : 중력 가속도, ΔZ : 깊이 차)이다. (가)와 (나)의 ($Z_1 \sim Z_3$)층과 ($Z_2 \sim Z_3$)층의 ΔP 와 g 는 서로 같고, ρ 는 ($Z_1 \sim Z_3$)층이 ($Z_2 \sim Z_3$)층보다 작으므로 ΔZ 는 ($Z_1 \sim Z_3$)층이 ($Z_2 \sim Z_3$)층보다 크다. 즉, Z_1 이 Z_2 보다 깊이가 얕다. 수압(P)은 $P = \rho g Z$ 인데, Z_1 이 Z_2 보다 깊이가 얕고 해수의 밀도도 (가)가 (나)보다 작으므로 Z_1 에서의 수압 P_1 은 Z_2 에서의 수압 P_2 보다 작다.

③ 정역학 평형 상태에서 중력과 수압 경도력의 크기를 비교한다.

ㄷ. (가)에서 깊이 ($Z_1 \sim Z_3$)의 해수 덩어리의 부피는 1 m^3 이므로, 질량은 '부피 \times 밀도'로부터 1020 kg 이고, 중력은 '질량 \times 중력 가속도'이므로 $1020 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 = 1.02 \times 10^4 \text{ N}$ ($\because 1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$)이다. 정역학 평형 상태에서 중력과 연직 방향의 수압 경도력 크기는 같으므로, 깊이 ($Z_1 \sim Z_3$)의 해수 덩어리에 작용하는 연직 방향의 수압 경도력은 $1.02 \times 10^4 \text{ N}$ 이다.

02 — 꼼꼼 문제 분석



깊이 ($Z - Z'$)에서 수평 방향의 수압 차가 없다.

$$\rho_1 g (\Delta Z_1 + \Delta Z_2) = \rho_2 g \Delta Z_2 \text{로부터 } \Delta Z_2 = \frac{\rho_1}{\rho_2 - \rho_1} \times \Delta Z_1$$

선택지 분석

- ㉠ 해수면의 경사가 클수록 지형류의 유속이 빠르다.
- ㉡ 해수면의 경사가 일정할 때, ρ_1 과 ρ_2 의 차이가 커지면 ΔZ_2 는 증가한다. **감소한다**
- ㉢ 지형류가 흐를 때 해류에 작용하는 전향력의 방향은 북쪽이다.

전략적 풀이 ① 지형류의 유속에 영향을 미치는 요인과 지형류에 작용하는 두 힘의 관계를 이해한다.

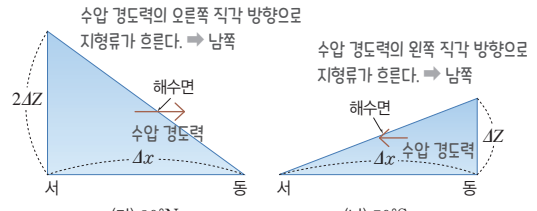
ㄱ. 지형류의 유속은 해수면의 경사에 비례한다. 따라서 해수면의 경사가 커지면 지형류의 유속은 빨라진다.

ㄷ. 지형류 평형 상태이므로 남반구, 북반구에 상관없이 지형류에 작용하는 전향력은 수압 경도력 방향(남쪽)의 반대 방향인 북쪽 방향으로 나타난다.

② 수압을 나타내는 관계식을 파악한다.

ㄴ. 깊이 ($Z - Z'$)에서 수평 방향의 수압 차가 없으므로 깊이 Z 와 Z' 에서의 수압이 서로 같아 $\rho_1 g (\Delta Z_1 + \Delta Z_2) = \rho_2 g \Delta Z_2$ 가 성립한다. 따라서 $\Delta Z_2 = \frac{\rho_1}{\rho_2 - \rho_1} \times \Delta Z_1$ 이다. 해수면의 경사가 일정하므로, ΔZ_1 이 동일하고 ρ_1 과 ρ_2 의 차이가 커지면 ΔZ_2 는 감소한다.

03 — 꼼꼼 문제 분석



- 해수면의 경사: (가) > (나)
- 지형류의 유속: (가) > (나) \Rightarrow 해수면의 경사가 크고, 저위도에 위치하기 때문
- \Rightarrow 수압 경도력: (가) > (나)
- \Rightarrow 전향력: (가) > (나)
- (수압 경도력 = 전향력이기 때문)

선택지 분석

- ㉠ 전향력의 크기는 (가)가 (나)보다 크다.
- ㉡ 지형류의 유속은 (가)가 (나)보다 빠르다.
- ㉢ 지형류가 흐르는 방향은 (가)와 (나) 모두 남쪽이다.

전략적 풀이 ① 지형류의 정의와 지형류의 유속에 영향을 미치는 요인을 이해한다.

ㄱ. 수압 경도력은 두 지점 사이의 수압 차에 비례하고 거리에 반비례하며, 두 지점 사이의 수압 차는 두 지점 사이의 해수면 경사에 비례한다. 따라서 해수면의 경사가 큰 (가)가 해수면의 경사가 작은 (나)보다 수압 경도력이 크다. 지형류 평형에서 수압 경도력과 전향력은 크기가 같고 방향이 서로 반대 방향으로 작용하므로, 전향력의 크기는 수압 경도력이 큰 (가)가 (나)보다 크다.

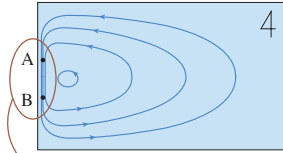
ㄴ. 지형류는 수압 경도력과 전향력이 평형을 이루어 흐르는 해류이다. 지형류의 유속은 해수면의 경사가 클수록, 저위도일수록 빠르다. 따라서 지형류의 유속은 해수면의 경사가 크고, 저위도에 위치하는 (가)가 (나)보다 빠르다.

② 지형류의 방향과 수압 경도력의 관계를 이해한다.

ㄷ. 수압 경도력은 해수면이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용하므로 수압 경도력이 (가)에서는 동쪽으로, (나)에서는 서쪽으로 작용한다. 북반구에서는 수압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로, 남반구에서는 수압 경도력의 왼쪽 직각 방향으로 지형류가 흐른다. 따라서 지형류가 흐르는 방향은 (가)와 (나) 모두 남쪽이다.

04 **꼼꼼 문제 분석**

아열대 순환이 시계 반대 방향이다. ⇒ 남반구 ⇒ 위도: A < B



- 해수면의 경사가 같다. ⇒ 수압 경도력이 같다. (전향력이 같다.) ⇒ 지형류의 속력은 고위도인 B보다 저위도인 A에서 빠르다.
- 지구가 자전하지 않는다면 전향력이 생기지 않는다. ⇒ 해류의 방향 = 수압 경도력의 방향

선택지 분석

- 해류에 작용하는 전향력의 크기는 A 지점보다 B 지점에서 작다. **같다**
- 해류의 속력은 A 지점보다 B 지점에서 빠르다. **느리다**
- 지구가 자전하지 않는다면, 해수면의 경사가 있을 때 해류의 방향과 수압 경도력의 방향은 같다.

전략적 풀이 고위도로 갈수록 지구의 자전으로 인한 전향력이 커지기 때문에 순환의 중심이 서쪽으로 치우치면서 대양의 서쪽 연안을 따라 흐르는 해류의 흐름이 강해지는 현상을 서안 강화 현상이라고 한다.

① 지형류에 작용하는 두 힘과 지형류의 유속을 나타내는 관계식을 파악한다.

ㄱ. 지형류는 수압 경도력과 전향력이 평형을 이루고 있는 상태이므로 해류에 작용하는 수압 경도력이 같다면 전향력의 크기도 같다. A와 B 지점에서 해수면의 경사가 같기 때문에 두 지점에서 수압 경도력이 같고, 전향력 또한 같다.

ㄴ. 해류의 순환이 시계 반대 방향으로 일어난다는 것으로 보아 그림은 남반구의 아열대 순환을 나타내며, 남반구이므로 A보다 B의 위도가 높다. 지형류의 유속(v)은 $v = \frac{1}{2\Omega \sin\theta} \cdot g \frac{\Delta Z}{\Delta x}$ (Ω : 지구 자전 각속도, θ : 위도, g : 중력 가속도, ΔZ : 해수면의 높이차, Δx : 수평 거리)이다. 따라서 해류의 속력은 고위도인 B보다 저위도인 A에서 빠르다.

② 전향력의 발생 원인을 이해한다.

ㄷ. 지구가 자전하지 않는다면 전향력이 생기지 않으므로 해류는 수압 경도력의 방향으로 흐른다.

2 해파, 해일, 조석

01 / 해파와 해일

개념 확인문제

117쪽

- ① 해파 ② 풍랑 ③ 너울 ④ 연안 쇄파 ⑤ 심해파 ⑥ 천해파
⑦ 전이파(천이파) ⑧ 해일

1 ㉠ 바람, ㉡ 해저 지진 2 A: 마루, B: 파고, C: 골, D: 파장

3 (1) A: 풍랑, B: 너울, C: 연안 쇄파 (2) A (3) C 4 ㉠ $\frac{L}{2}$,

㉡ 원, ㉢ 타원, ㉣ $\sqrt{\frac{gL}{2\pi}}$ 5 (1) ○ (2) × (3) ○ 6 (1) 천해파

(2) 높아 (3) ㉠ 짧아, ㉡ 높아 (4) 느려

1 해파는 주로 해수면 위에서 부는 바람에 의해 발생하며, 해일은 주로 태풍이나 강한 저기압에 의한 기압의 변화나 해저 지진 등에 의해 발생한다.

2 A는 해파에서 해수면이 가장 높은 곳이므로 마루이고, C는 해파에서 해수면이 가장 낮은 곳이므로 골이다. B는 골에서 마루까지의 높이이므로 파고이고, D는 마루에서 마루까지의 거리이므로 파장이다.

3 (1) A는 마루가 뾰족하므로 풍랑이며, B는 마루가 둥글고 규칙적이므로 너울이다. C는 파고가 높아져 파의 봉우리가 해안 쪽으로 넘어지면서 부서지는 연안 쇄파이다.

(2) 풍역대에서 바람에 의해 해수면이 거칠어져 발생한 여러 파장의 해파가 합쳐져 풍랑(A)이 일어난다. 풍랑이 풍역대를 벗어나 전파되어 너울(B)이 되고, 너울이 해안에 도달하여 연안 쇄파(C)가 된다.

(3) 파장이 짧고 파고가 높은 것은 연안 쇄파이다.

4 ㉠ 수심이 파장의 $\frac{1}{2}$ 보다 깊으면($h > \frac{L}{2}$) 심해파이고, 수심이 파장의 $\frac{1}{20}$ 보다 얕으면($h < \frac{L}{20}$) 천해파이며, 수심이 파장의 $\frac{1}{2}$ 보다 얕고 $\frac{1}{20}$ 보다 깊으면 전이파(천이파)로 분류된다.

㉡, ㉢ 심해파는 물 입자가 해저면의 영향을 받지 않아 원운동을 하고, 천해파는 물 입자가 해저면의 영향을 받아 타원 운동을 한다.

㉣ 심해파의 전파 속도는 $\sqrt{\frac{gL}{2\pi}}$ (g : 중력 가속도, L : 파장)이므로 파장이 길수록 빠르고, 천해파의 전파 속도는 \sqrt{gh} (h : 수심)이므로 수심이 깊을수록 빠르다.

- 5 (1) 해파가 해안으로 접근하면 곳 부분에서는 수심이 상대적으로 얇아지므로 전파 속도가 느려진다.
 (2) 해안가의 만에서는 해파의 에너지가 분산되어 퇴적 작용이 활발하다.
 (3) 해식 절벽은 침식 작용이 활발한 곳에서 주로 발달한다.

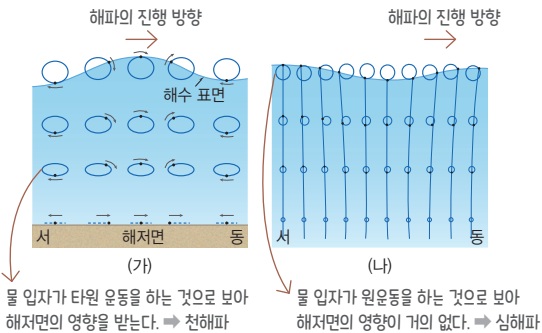
- 6 (1) 폭풍 해일, 지진 해일(쓰나미)은 파장이 매우 길어 천해파의 특성을 가지고 있다.
 (2) 폭풍 해일이 일어나면 기압 변화에 의해 해수면이 높아지고, 만조 때는 달의 인력에 의해 해수면이 높아진다. 따라서 폭풍 해일이 만조와 겹치면 해수면이 더 높아져 큰 피해가 발생한다.
 (3) 지진 해일은 해안에 접근하면 해저면의 영향으로 파장이 짧아지고, 파고가 높아진다.
 (4) 지진 해일은 천해파이므로 수심이 깊을수록 전파 속도가 빠르다. 따라서 지진 해일은 해안에 접근하면 전파 속도가 느려진다.

대표자료 분석 1

118쪽

- 1 (가) 타원 운동 (나) 원운동 2 (가) $h < \frac{L}{20}$ (나) $h > \frac{L}{2}$
 3 (가) 수심 (나) 파장 4 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) × (6) × (7) ○

꼼꼼 문제 분석



- 1 천해파인 (가)는 해저면의 영향을 받아 물 입자의 운동이 타원 운동으로 나타나고, 심해파인 (나)는 수심이 깊어져도 물 입자의 운동이 원운동으로 나타난다.
 2 천해파인 (가)는 수심이 파장의 $\frac{1}{20}$ 보다 얇은 곳에서 전달되는 해파이고, 심해파인 (나)는 수심이 파장의 $\frac{1}{2}$ 보다 깊은 곳에서 전달되는 해파이다.

- 3 천해파인 (가)의 전파 속도는 \sqrt{gh} (g : 중력 가속도, h : 수심)로, 수심의 영향을 받는다. 심해파인 (나)의 전파 속도는 $\sqrt{\frac{gL}{2\pi}}$ (L : 파장)로, 파장의 영향을 받는다.

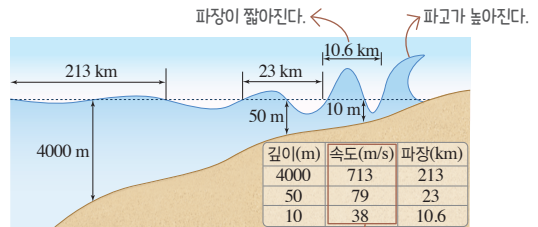
- 4 (1) (가) 해파는 천해파로, 물 입자의 운동이 해저에 도달하므로 해저면의 마찰에 의한 영향을 받는다.
 (2) (가) 해파는 천해파로, 수심이 파장의 $\frac{1}{20}$ 보다 얇기 때문에 파장이 100 m일 때 수심이 5 m보다 얇다.
 (3) 원운동 또는 타원 운동 하는 물 입자의 위쪽에서의 움직임이 해파가 진행하는 방향이므로 (가) 해파는 동쪽으로 진행한다.
 (4) (나) 해파는 심해파로, 수심이 깊어질수록 물 입자의 운동 궤적의 반지름이 점점 작아진다.
 (5) (나) 해파는 심해파이므로 전파 속도가 파장의 제곱근에 비례한다.
 (6) 연흔은 퇴적물 표면에 생긴 물결 모양이 남은 퇴적 구조이다. (가)는 해저면에 물 입자의 운동 에너지가 전달되므로 해저면에 연흔을 형성할 수 있다.
 (7) 천해파인 (가)는 심해파인 (나)보다 수심이 얇은 바다에서 잘 형성된다.

대표자료 분석 2

119쪽

- 1 천해파 2 느려진다 3 파장: 짧아진다, 파고: 높아진다
 4 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ (5) × (6) × (7) ○

꼼꼼 문제 분석



- 지진 해일이 전파되는 세 지점에서 모두 수심이 파장의 $\frac{1}{20}$ 보다 얇으므로 지진 해일(쓰나미)은 천해파이다.
- $4000 \text{ m} < \frac{213000 \text{ m}}{20} = 10650 \text{ m}$
 - $50 \text{ m} < \frac{23000 \text{ m}}{20} = 1150 \text{ m}$
 - $10 \text{ m} < \frac{10600 \text{ m}}{20} = 530 \text{ m}$

1 지진 해일의 파장은 수백 km 이상으로, 바다의 평균 깊이인 5000 m보다 매우 길므로 천해파의 성질을 띤다.

2 천해파의 전파 속도(v)는 \sqrt{gh} (g : 중력 가속도, h : 수심)로, 수심의 제곱근에 비례하므로 지진 해일이 해안에 가까이 오면 수심이 얕아지면서 전파 속도는 점점 느려진다.

3 지진 해일은 해안에 가까이 올수록 전파 속도가 느려지면서 파장이 짧아진다. 파장이 짧아지면 에너지의 밀도가 커지면서 파고가 높아진다.

4 (1) 지진 해일의 발생 원인은 해저에서 발생한 지진이나 화산 폭발, 단층 등이다.

(2) 지진 해일의 파장은 수백 km 이상으로 항상 최고 수심이 약 11 km 인 바다의 수심보다 깊어 크다.

(3) 지진 해일은 천해파이므로 수심이 깊을수록 전파 속도가 빠르다.

(4) 중력 가속도가 일정하다고 할 때 지진 해일의 전파 속도는 수심의 제곱근에 비례하므로 수심 4000 m인 곳이 수심 10 m 인 곳보다 $\sqrt{\frac{4000 \text{ m}}{10 \text{ m}}} = 20$ 배 빠르다.

(5) 지진 해일은 해저 지진에 의해 지반의 상하 이동이 있어야 해수면이 상승하거나 하강하면서 일어난다.

(6) 우리나라는 지진 해일이 거의 일어나지 않고, 폭풍 해일의 피해를 상대적으로 자주 받는다. 태풍이 지나가는 여름이나 초가을에 남해안 등에서 폭풍 해일이 발생한다.

(7) 지진 해일이 발생하면 매우 큰 파도가 해안을 덮치게 되므로 해안에서 멀리 떨어진 높은 지대로 대피해야 한다.

나신 만점 문제

120쪽~122쪽

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

01 ③ 해파가 해안에 가까워지면 파장이 짧아지면서 에너지의 밀도가 커져 파고가 높아진다.

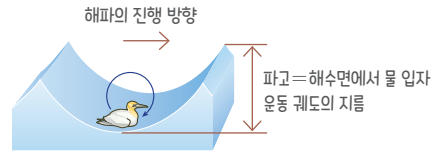
바로알기 ① 해파는 주로 해수면 위를 부는 바람의 에너지를 받아 발생하지만 해저 지진, 화산 활동 등에 의해서도 발생한다.

② 해파는 모양에 따라 풍랑, 너울, 연안 쇄파로 구분하며, 파장과 수심의 관계에 따라 심해파, 전이파(천이파), 천해파로 구분한다.

④ 해파가 해안에 가까워지면 파장이 짧아진다.

⑤ 해파가 해안에 가까워지면 해저면의 마찰에 의해 전파 속도가 느려진다.

02 **꼼꼼 문제 분석**



ㄱ. 파고는 골과 마루의 높이 차이이므로 해수면에서는 물 입자 운동 궤도의 지름이 파고에 해당한다.

바로알기 ㄴ. 물 입자의 운동이 시계 방향으로 일어나므로 해파의 진행 방향은 오른쪽이다.

ㄷ. 물 입자는 그 자리에서 원을 그리며 전후 상하 운동만 하므로 해파를 따라 이동하지 않는다. 해파를 따라 에너지만 전달된다.

03 A는 풍랑, B는 너울, C는 연안 쇄파이다.

①, ④, ⑤ 바람이 지속적으로 부는 해역에서 발생한 풍랑이 바람이 부는 지역을 벗어나면 파장에 따라 해파가 분산되어 파장과 주기는 길어지고 파고가 낮아지는데, 이것이 너울이다.

③ 연안 쇄파는 해파의 전파 속도가 느려지면서 파장이 짧아진다.

바로알기 ② 바람이 강하게 불어 해파를 만들어 내고 있는 해역은 A이다. B 해역은 풍랑 해역을 벗어나 해파가 파장에 따라 분산되었기 때문에 해파의 모양이 뾰족한 모양에서 둥근 모양으로 바뀌어 있다.

04 **모범 답안** 먼바다에서 발생한 해파가 수심이 얇은 해안으로 접근하면 해저와의 마찰로 전파 속도가 느려지면서 파장은 짧아지고, 파고는 높아진다.

채점 기준	배점
해파의 전파 속도, 파장, 파고의 변화를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
해파의 전파 속도, 파장, 파고의 변화 중 두 가지만 옳게 서술한 경우	60 %
해파의 전파 속도, 파장, 파고의 변화 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	30 %

05 ①, ②, ③ A 지점의 수심은 $h = \frac{1}{20} \times$ 해파의 파장이므로, 해파가 A 지점을 지나 해안에 접근하면 천해파로 바뀐다. 천해파의 전파 속도는 수심이 깊을수록 빠르기 때문에 해파가 수심이 얇은 해안에 접근하면, 전파 속도가 느려지고 파장이 짧아지며 파고가 높아진다.

⑤ 천해파는 물 입자의 운동이 수심이 깊어짐에 따라 점차 납작한 타원 운동으로 되어 해저에서는 전후 방향으로 왕복 운동만 하게 된다. 따라서 해저가 침식되기도 하고, 해저 퇴적물이 해파의 영향으로 왕복 운동을 한다.

바로알기 ④ 천해파의 물 입자는 타원 궤도를 그리는 운동을 한다.

06 ㄷ. 심해파는 수심이 파장의 $\frac{1}{2}$ 보다 깊은 곳에서 전달되는 해파이다.

바로알기 ㄱ. 물 입자의 운동이 원이므로 심해파에 해당한다.

ㄴ. 심해파의 전파 속도는 $\sqrt{\frac{gL}{2\pi}}$ (g : 중력 가속도, L : 파장)이므로 파장이 길수록 전파 속도가 빠르다.

07 그림에서 물 입자의 운동이 타원이므로 천해파이다.

모범 답안 수심, 해저면의 영향으로 마찰력이 작용하므로 물 입자의 운동이 타원을 그린다.

채점 기준	배점
해파의 전파 속도에 영향을 주는 요인을 옳게 쓰고, 물 입자의 운동이 타원인 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
물 입자의 운동이 타원인 까닭만 옳게 서술한 경우	60 %
해파의 전파 속도에 영향을 주는 요인만 옳게 쓴 경우	40 %

08 ㄴ. 천해파 구간에서는 수심이 얇아질수록 해파의 전파 속도가 느려지고, 파고는 높아진다. 이 때문에 천해파 구간을 지나고 있는 C 지점에서의 파고가 B 지점에서보다 높다.

ㄷ. 수심이 파장의 $\frac{1}{2}$ 보다 깊은 곳에서 진행하는 해파는 심해파

이고, 수심이 파장의 $\frac{1}{20}$ 보다 얇은 곳에서 진행하는 해파는 천해파이다. 이때 심해파의 파장이 길수록 파장의 $\frac{1}{20}$ 값도 커지기 때문에 천해파로 바뀌는 수심은 심해파의 파장이 길수록 깊어진다.

바로알기 ㄱ. 해파는 A 지점과 B 지점에서 심해파이다. 심해파에서 해파의 전파 속도는 파장이 길수록 빠르며, 수심의 영향을 받지 않는다. 따라서 심해파 구간인 A 지점과 B 지점에서 해파의 전파 속도는 같다.

09 **꼼꼼 문제 분석**

해파	A	B	C	D
수심(m)	2	4	2	4
파장(m)	2	2	100	100

수심이 파장의 $\frac{1}{2}$ 보다 깊다. \rightarrow 심해파에 해당
 \rightarrow 심해파는 파장이 길수록 전파 속도가 빠르다.

수심이 파장의 $\frac{1}{20}$ 보다 얇다. \rightarrow 천해파에 해당
 \rightarrow 천해파는 수심이 깊을수록 전파 속도가 빠르다.

ㄴ. C는 수심이 파장의 $\frac{1}{20}$ 보다 작은 천해파이므로 물 입자가 타원 운동을 한다.

ㄷ. C와 D는 천해파이다. 따라서 수심이 깊은 곳일수록 전파 속도가 빠르므로 C의 전파 속도가 D보다 느리다.

바로알기 ㄱ. A와 B는 심해파이다. 따라서 파장이 같은 두 해파의 전파 속도는 같다.

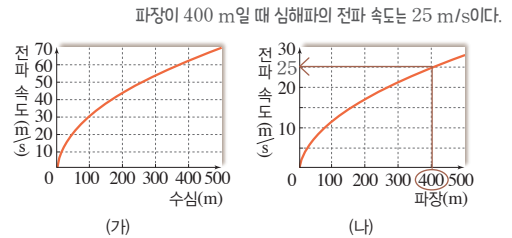
10 파장이 100 m인 해파가 수심이 2 m인 곳을 지나는 경우, 수심이 파장의 $\frac{1}{20}$ 보다 작으므로 천해파이다.

모범 답안 천해파는 전파 속도가 수심의 제곱근에 비례한다. 따라서 파장이 100 m인 해파가 수심이 2 m인 곳을 지나고 있을 때의 전파 속도를 v 라고 하면 수심 1 m인 곳을 지날 때의 전파 속도 v' 는 $v : v' = \sqrt{2} : 1$ 이므로 $\frac{1}{\sqrt{2}}v$ 가 된다.

채점 기준	배점
전파 속도를 풀이 과정을 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
풀이 과정은 옳게 서술했으나 전파 속도를 잘못 구한 경우	60 %
전파 속도만 옳게 구한 경우	30 %

11 **꼼꼼 문제 분석**

파장이 400 m인 해파는 수심이 300 m인 해역을 지날 때 수심이 파장의 $\frac{1}{2}$ 보다 깊다. $(300 \text{ m} > \frac{400 \text{ m}}{2}) \rightarrow$ 심해파에 해당

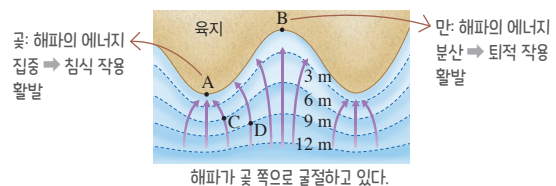


ㄱ. 수심이 300 m이고 해파의 파장이 400 m이므로 수심이 $\frac{1}{2}$ × 파장보다 깊으므로 심해파이다.

바로알기 ㄴ. 심해파이므로 그림 (나)에서 파장이 400 m일 때 해파의 전파 속도는 약 25 m/s이다.

ㄷ. 심해파는 해저의 영향을 받지 않으므로 해파가 전파될 때 물 입자는 원운동을 한다.

12 **꼼꼼 문제 분석**



⑤ 해파가 해안에 접근할수록 수심이 얇아져 전파 속도가 느려지며, 해파는 수심이 깊은 곳에서 수심이 얇은 곳으로 굴절한다. 따라서 해파가 해안에 접근하면서 수심이 얇은 곳으로 굴절한다.

바로알기 ① 해수욕장은 퇴적 지형으로, 해파의 에너지가 분산되어 퇴적 작용이 활발한 만(B) 지역에서 잘 발달한다. 해파의 에너지가 집중되어 침식 작용이 활발한 곳(A)에서는 해식 절벽이 형성된다.

② 파장이 300 m인 해파는 수심이 15 m 이내 도달하면 천해파가 된다. 천해파는 수심이 깊을수록 전파 속도가 빠르다. C보다 D에서 수심이 깊으므로 해파의 전파 속도는 C보다 D에서 빠르다.

③ 해안에서 돌출된 부분(곶)에서는 해파가 집중되어 침식 작용이 우세하게 진행되고, 오목하게 들어간 지역(만)에서는 해파가 약하게 도달하여 퇴적 작용이 우세하게 진행된다. 따라서 시간이 지날수록 돌출된 부분은 침식되어 없어지고, 오목하게 들어간 부분은 퇴적이 진행되어 해안선은 단순해진다.

④ 해파가 해안에 접근할수록 수심이 얇아져 전파 속도가 느려진다. 전파 속도가 느려진 해파를 뒤따라오는 해파가 밀어서 파장이 짧아지고, 파고는 높아진다.

13 수심이 얇은 해안으로 밀려오는 파도는 대부분 천해파의 특징을 가진다. 천해파의 전파 속도는 수심의 제곱근에 비례한다.

모범 답안 천해파가 해안에 비스듬하게 밀려오면 해안에서 먼 수심이 깊은 곳은 파의 전파 속도가 빠르고, 해안에서 가까운 수심이 얇은 곳은 파의 전파 속도가 느려져 해파는 해안 쪽으로 굴절한다. 결국 대부분의 파도는 해안에 나란하게 밀려온다.

채점 기준	배점
천해파의 특성을 언급하여 옳게 서술한 경우	100 %
천해파의 특성을 언급하지 않고 해파의 전파 속도 차이로만 옳게 서술한 경우	50 %

14 ① 태풍이나 강한 저기압이 지나갈 때, 낮은 중심 기압과 저기압에 동반된 강풍에 의해 해수면의 높이가 급격히 상승하면 폭풍 해일이 발생한다.

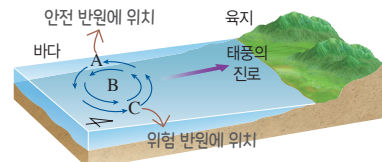
② 해저 지진, 화산 폭발, 단층 운동 등에 의한 지각 변동으로 해수면의 높이가 급격하게 상승하면 지진 해일(쓰나미)이 발생한다.

④ 지진 해일은 파장이 수백 km 이상으로 매우 길어 천해파의 성질을 띤다.

⑤ 해안에 방파제를 설치하면 해수의 직접적인 유입을 막을 수 있어 해일에 의한 피해를 줄일 수 있다.

바로알기 ③ 지진 해일이 해안에 도달하기 직전 파고가 높아지면 서 해안의 물이 일시적으로 바깥쪽으로 빠져나간다.

15 **꼼꼼 문제 분석**



• 바람에 의한 파도의 높이
 $\Rightarrow A < C$ (위험 반원이 안전 반원보다 풍속이 크기 때문)

• 기압: $A > B \Rightarrow$ 해수면의 높이: $A < B$

ㄱ. 태풍은 열대 저기압이므로 중심으로 갈수록 기압이 낮아진다. 따라서 기압만 고려한다면, 해수면의 높이는 A보다 태풍의 중심에 가까운 B에서 높다.

ㄴ. 태풍 진행 경로에 대해 오른쪽 반원(위험 반원)은 왼쪽 반원(안전 반원)보다 풍속이 크다. 따라서 풍속만 고려한다면, 바람에 의한 파도의 높이는 A보다 태풍 진행 경로의 오른쪽에 위치한 C에서 높다.

ㄷ. 폭풍 해일은 태풍 또는 강한 저기압의 접근 시 기압 하강에 따른 해수면의 상승이나 바람에 의한 해수면의 유동에 의해 일어나고, 지진 해일(쓰나미)은 해저 지진이나 해저 화산 활동에 의해 일어난다. 우리나라는 여름과 초가을에 태풍의 영향을 받는 횟수가 해저 지진이나 화산 활동의 영향을 받는 횟수보다 많기 때문에 폭풍 해일이 지진 해일보다 더 자주 일어난다.

바로알기 ㄷ. 태풍이 해안에 도착하는 시각이 만조 시각과 겹치면 기압 차에 의한 해수면 상승과 만조에 의한 해수면 상승이 겹쳐 해일에 의한 피해가 더 크게 발생한다.

16 ㄱ. 지진 해일(쓰나미)은 해저에서 단층으로 지진이 발생할 때나 화산 폭발이 있을 때 발생하므로, 주로 해저에 있는 판 경계 부근에서 발생한 지진에 의해 발생한다.

ㄴ. 지진 해일은 단층 작용으로 해수면의 상하 이동이 있어야 발생하므로 단층 작용이 수평 방향보다 수직 방향으로 일어날 때 잘 발생한다.

바로알기 ㄷ. 지진 해일은 천해파의 특성을 띠므로 해안가로 다가올수록 해저면과의 마찰이 커짐에 따라 해파의 전파 속도가 느려지고 파고가 높아져 막대한 인명과 재산 피해를 준다.

17 지진 해일은 파장이 매우 길어 천해파의 성질을 띤다.

모범 답안 지진 해일은 천해파의 성질을 띠므로, 지진 해일의 전파 속도는 $\sqrt{gh} = \sqrt{9.8 \text{ m/s}^2 \times 2000 \text{ m}} = 140 \text{ m/s}$ 이다.

채점 기준	배점
천해파의 전파 속도 식을 쓰고, 계산 과정을 옳게 서술한 경우	100 %
천해파의 전파 속도 식만 옳게 쓴 경우	50 %

18 ㄱ. 해저 지진에 의해 발생한 해파는 파장이 보통 100 km ~ 200 km 정도로 매우 길어서 천해파의 성질을 띠는데, 이러한

해파를 지진 해일 또는 쓰나미라고 한다. 풍량은 파장이 수 m~수십 m로 지진 해일에 비해 매우 짧다.

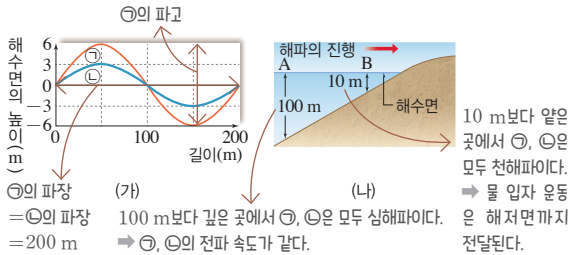
ㄴ, ㄷ. 지진 해일은 천해파이므로 해안에 가까워지면 파고가 높아지고, 파의 전파 속도가 느려진다.

실력 UP 문제

123쪽

01 ⑤ 02 ③ 03 ④ 04 ②

01 품평 문제 분석



ㄴ. 수심이 A(100 m)보다 깊은 곳에서 ㉠과 ㉡은 모두 수심이 파장의 $\frac{1}{2}$ 보다 깊으므로 심해파이다. 심해파의 전파 속도는 파장의 제곱근에 비례하므로 ㉠과 ㉡은 파장이 200 m로 같아서 ㉠과 ㉡의 전파 속도가 같다.

ㄷ. 천해파는 수심이 파장의 $\frac{1}{20}$ 보다 얇은 곳에서 전달되는 해파이므로 수심이 B(10 m)보다 얇은 구간에서 ㉠과 ㉡은 모두 천해파가 된다. 천해파는 물 입자의 운동이 해저면까지 전달되어 마찰에 의해 해저면에서 직선 왕복 운동을 한다.

바로알기 ㄱ. 파고는 진폭의 2배이다. 따라서 ㉠의 진폭은 6 m이고, ㉡의 파고는 12 m이다.

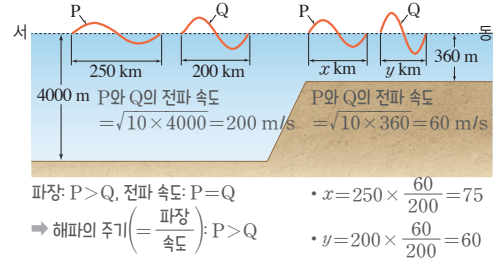
02 ㄱ. (가)의 파장은 150 m, (나)의 파장은 200 m이고, A의 수심은 200 m이므로 A에서 수심이 파장의 $\frac{1}{2}$ 보다 깊기 때문에 (가)와 (나)는 모두 심해파이다. 심해파의 전파 속도는 파장의 제곱근에 비례하므로 A에서 전파 속도는 (가)가 (나)의 $\frac{\sqrt{150}}{\sqrt{200}} = \frac{\sqrt{3}}{2}$ 배이다.

ㄴ. 심해파가 전파될 때 물 입자는 원운동을 하며, 해수면에서 원궤도의 지름은 파고와 같다. 따라서 (가)가 A를 지날 때 해수면의 물 입자는 반지름이 1 m인 원운동을 한다.

바로알기 ㄷ. A의 수심은 200 m, B의 수심은 100 m이므로 A와 B에서 수심이 파장의 $\frac{1}{2}$ 보다 깊기 때문에 (가)는 심해파이다.

심해파가 전파될 때 파장은 변하지 않으므로 A에서 B로 이동할 때 (가)의 파장은 150 m로 일정하다.

03 품평 문제 분석



ㄴ. 천해파의 전파 속도(v)는 $v = \sqrt{gh}$ (g : 중력 가속도, h : 수심)이므로, 수심 4000 m인 해역에서 P와 Q의 전파 속도는 $v = \sqrt{gh} = \sqrt{10 \text{ m/s}^2 \times 4000 \text{ m}} = 200 \text{ m/s}$ 이다. 해파의 주기는 $\frac{\text{파장}}{\text{속도}}$

인데, 수심 4000 m인 해역에서 파장은 P가 Q보다 길고, 전파 속도는 P와 Q가 같기 때문에 해파의 주기는 P가 Q보다 길다.

ㄷ. 수심 360 m인 해역에서 P와 Q의 전파 속도는 $v = \sqrt{gh} = \sqrt{10 \text{ m/s}^2 \times 360 \text{ m}} = 60 \text{ m/s}$ 이다. 해파가 전파될 때 각각의 해파의 주기는 변하지 않으므로 수심 360 m인 해역에서 P의 파장은 $250 \text{ km} \times \frac{60 \text{ m/s}}{200 \text{ m/s}} = 75 \text{ km}$, Q의 파장은 $200 \text{ km} \times \frac{60 \text{ m/s}}{200 \text{ m/s}} = 60 \text{ km}$ 이다. 따라서 $x = 75$, $y = 60$ 이므로 $(x+y) = 135$ 이다.

바로알기 ㄱ. P는 수심이 4000 m일 때 파장이 250 km이므로 수심이 파장의 $\frac{1}{20}$ 보다 얇은 해역에서 진행하는 해파인 천해파이다. 천해파는 해저의 마찰을 받으므로 물 입자는 타원 운동을 하며, 수심이 깊어질수록 타원의 모양이 더욱 납작해지고 해저면 가까이에서는 수평으로 왕복 운동을 한다. 따라서 천해파인 P가 진행할 때 수심 4000 m인 해역에서 표층의 물 입자는 타원 운동을 한다.

04 ㄴ. A와 B의 경로상의 거리는 같으나 천해파가 도달하는 데 걸린 시간이 A는 70분, B는 140분이므로 해파가 이동한 경로상의 평균 속도는 A가 B보다 빠르다. 천해파의 전파 속도는 수심이 깊을수록 빠르다. 따라서 해파가 이동한 경로상의 평균 속도는 A가 B보다 빠르므로 평균 수심은 A가 B보다 깊다.

바로알기 ㄱ. 등시선의 간격이 넓을수록 같은 시간에 이동한 거리가 길어지므로 해파의 전파 속도는 빠르다.

ㄷ. 지진 해일(쓰나미)은 발생 시부터 천해파로 전파되므로 포항에 도착한 해파는 울릉도 부근에서도 천해파로 전파되어 왔다.

개념 확인문제

127쪽

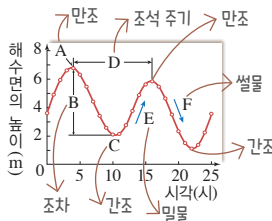
- 1 조석 2 인력(만유인력) 3 원심력 4 조석 주기 5 일주조
6 혼합조 7 반일주조 8 대조(사리) 9 소조(조금) 10 상현, 하현

- 1 (1) ㉠ 클, ㉡ 가까울 (2) 크 (3) 중심 (4) ㉠ 같, ㉡ 반대, ㉢ 만조
2 (1) < (2) = (3) = 3 A: 만조, B: 조차, C: 간조, D: 조석 주기, E: 밀물, F: 썰물 4 (1) ㉡, ㉠ (2) ㉣, ㉡ (3) ㉠, ㉠ (4) ㉢, ㉡
5 (1) × (2) ○ (3) × (4) × (5) ○

- 1 (1) 기조력은 천체의 질량에 비례하고, 천체까지 거리의 세 제곱에 반비례한다. 따라서 기조력은 천체의 질량이 클수록, 천체까지의 거리가 가까울수록 크다.
(2) 달은 태양보다 질량이 훨씬 작지만, 태양에 비해 지구까지의 거리가 매우 가까우므로 달에 의한 기조력은 태양에 의한 기조력의 약 2배이다.
(3) 달의 인력과 원심력의 크기가 같고, 방향이 반대이기 때문에 기조력이 0인 곳은 지구 중심이다.
(4) 지구상에서 달에서 가장 가까운 쪽과 달에서 가장 먼 쪽에서는 기조력의 크기가 같지만, 기조력의 방향이 정반대이며, 기조력이 커서 해수면의 높이가 가장 높은 만조가 나타난다.

- 2 (1), (2) 달에 가까울수록 달의 인력이 크므로 A 지점보다 B 지점에 작용하는 달의 인력이 더 크다. 원심력은 지구상의 모든 지점에서 같으므로 A와 B 지점에서 같다.
(3) A 지점에서는 원심력이 달의 인력보다 커서 기조력이 달의 반대쪽으로 작용하고, B 지점에서는 달의 인력이 원심력보다 커서 기조력이 달 쪽으로 작용한다. A와 B 지점에 작용하는 기조력의 방향은 서로 반대이지만, 크기는 서로 같다.

3 - 꼼꼼 문제 분석

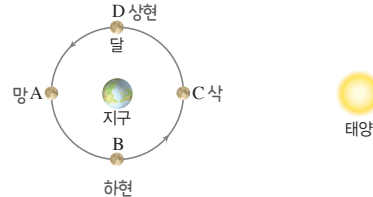


A는 하루 중 해수면의 높이가 가장 높으므로 만조이다. B는 만조와 간조 때의 해수면 높이 차이인 조차이다. C는 하루 중 해수면의 높이가 가장 낮으므로 간조이다. D는 만조에서 다음 만조

까지 걸리는 시간이므로 조석 주기이다. E는 간조에서 만조로 될 때로, 해수면의 높이가 점점 높아지므로 해안 쪽으로 해수가 밀려 들어오는 밀물이 나타난다. F는 만조에서 간조로 될 때로, 해수면의 높이가 점점 낮아지므로 해안에서 해수가 빠져나가는 썰물이 나타난다.

4 - 꼼꼼 문제 분석

- B, D: 달과 태양이 지구를 중심으로 직각으로 배열(하현, 상현)되어 달과 태양에 의한 기조력이 상쇄되어 조차가 최소가 된다. ⇒ 소조(조금)



- A, C: 달, 지구, 태양이 같은 방향(망, 삭)에 있어 달과 태양에 의한 기조력이 합쳐지므로 조차가 최대가 된다. ⇒ 대조(사리)

- (1) 지구에서 볼 때 A 위치의 달은 보름달로 보이는 망이며, 달과 태양에 의한 기조력이 합쳐져 조차가 최대가 되는 대조(사리)이다.
(2) 지구에서 볼 때 B 위치의 달은 왼쪽 반원이 밝게 보이는 하현이며, 달과 태양에 의한 기조력이 상쇄되어 조차가 최소가 되는 소조(조금)이다.
(3) 지구에서 볼 때 C 위치의 달은 보이지 않는 삭이며, 달과 태양에 의한 기조력이 합쳐져 조차가 최대가 되는 대조(사리)이다.
(4) 지구에서 볼 때 D 위치의 달은 오른쪽 반원이 밝게 보이는 상현이며, 달과 태양에 의한 기조력이 상쇄되어 조차가 최소가 되는 소조(조금)이다.

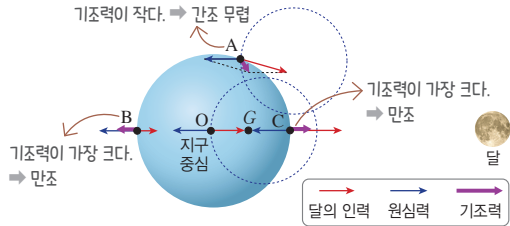
- 5 (1) 반일주조는 하루 동안 만조와 간조가 각각 2회씩 나타나며, 조차가 비슷하다. 따라서 반일주조의 조석 주기는 약 12시간 25분이다.
(2) 고위도 지역에서는 하루 동안 만조와 간조가 각각 1회씩 나타난다.(일주조) 저위도 지역에서는 하루 동안 만조와 간조가 각각 2회씩 나타나며, 조차가 비슷하다.(반일주조) 중위도 지역에서는 하루 동안 만조와 간조가 각각 2회씩 나타나지만 만조와 간조 사이의 시간 간격이 일정하지 않고, 조차가 다르다.(혼합조)
(3) 유체인 해수는 지구의 원심력과 달의 인력의 영향으로 쉽게 변형되므로 기조력이 가장 큰 시기에 조차가 가장 크게 나타난다.
(4) 태양, 지구, 달이 일직선상에 위치하면 태양의 기조력과 달의 기조력이 합쳐져 조차가 가장 큰 대조(사리)가 된다.
(5) 음력 7일경에는 달의 위상이 상현이다. 달의 위상이 상현이나 하현일 때는 달의 기조력과 태양의 기조력이 상쇄되어 조차가 가장 작다.

대표 자료 분석 1

128쪽

1 $C > A > B$ 2 $A = B = C$ 3 B: 원심력 > 달의 인력, O: 원심력 = 달의 인력, C: 원심력 < 달의 인력 4 B: 달의 반대 방향, C: 달 방향 5 (1) × (2) ○ (3) × (4) × (5) ○ (6) × (7) ○ (8) ×

꼼꼼 문제 분석



1 달의 인력은 달에 가까울수록 크다. 달까지의 거리는 $B > A > C$ 이므로 달의 인력 크기는 $C > A > B$ 이다.

2 지구와 달이 공통 질량 중심을 중심으로 회전하기 때문에 생기는 원심력은 지구상의 모든 지점에서 크기와 방향이 같으므로 원심력의 크기는 $A = B = C$ 이다.

3 B 지점에서는 원심력이 달의 인력보다 크고, 방향은 반대이다. 지구 중심인 O 지점에서는 원심력과 달의 인력의 크기는 같고, 방향은 반대이다. C 지점에서는 원심력보다 달의 인력이 크고, 방향은 반대이다.

4 B 지점에서는 원심력이 달의 인력보다 크며, 원심력이 달의 반대 방향으로 작용하므로 기조력이 달의 반대 방향으로 작용한다. C 지점에서는 달의 인력이 원심력보다 크며, 달의 인력이 달 방향으로 작용하므로 기조력이 달 방향으로 작용한다. 따라서 B와 C 지점에서 기조력의 크기는 같고, 방향은 반대이다.

5 (1) 기조력은 지구와 달이 공통 질량 중심을 중심으로 회전할 때 생기는 지구의 원심력과 달의 인력의 합력으로 나타난다.
 (2) 기조력의 크기는 달의 질량에 비례하고, 달까지 거리의 제곱에 반비례한다.
 (3) 원심력은 지구상의 모든 지점에서 같다.
 (4) 달의 인력은 달에서 멀수록 작으므로 B 지점에서 가장 작다.
 (5) 지구 중심인 O 지점에서는 원심력과 달의 인력이 평형을 이루기 때문에 기조력이 0이 된다.
 (6) 기조력은 원심력 때문에 항상 달의 중심을 향하지는 않는다.
 (7) 달의 반대쪽인 B 지점에서는 원심력이 달의 인력보다 크므로 달의 반대쪽으로 기조력이 작용하고, 달을 향한 쪽 C 지점에서는

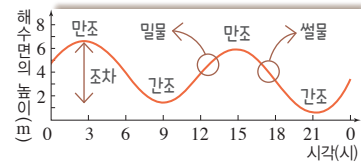
달의 인력이 원심력보다 크므로 달 쪽으로 기조력이 작용한다. B와 C 지점에서 기조력의 크기는 같고 최대이며, 방향은 반대이다. (8) B 지점과 C 지점에서는 모두 기조력이 가장 크므로 만조가 나타난다.

대표 자료 분석 2

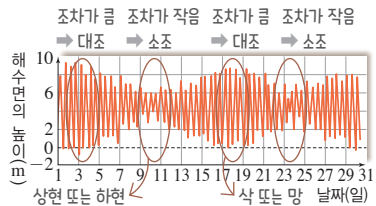
129쪽

1 만조 2회, 조차가 비슷하다 2 3일경, 18일경 3 상현이나 하현 4 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ (5) × (6) × (7) ○ (8) × (9) ×

꼼꼼 문제 분석



(가)



(나)

1 (가)에서 이 지역에는 하루 동안 만조와 간조가 각각 2회씩 나타나며, 만조와 간조 때의 해수면의 높이 차이인 조차는 비슷하게 나타난다.

2 대조(사리)는 조차가 가장 클 때이므로 3일경과 18일경이다.

3 10일은 조차가 가장 작은 소조(조금)이므로 달과 태양이 지구를 중심으로 직각을 이룰 때이다. 따라서 달의 위상은 상현이나 하현에 해당한다.

4 (1) (가)에서 하루 동안 만조와 간조가 각각 2회씩 나타나고, 조차가 비슷하므로 조석 양상은 반일주조에 해당한다. 혼합조는 하루 동안 만조와 간조가 각각 2회씩 나타나지만 만조와 간조 사이의 시간 간격이 일정하지 않고, 조차가 다르다.

(2) 이 지역에서는 하루 동안 만조와 간조가 각각 약 2회씩 나타나므로 조석 주기는 약 12시간 25분이다.

(3) (가)에서 13시에는 간조에서 만조가 되면서 해수면의 높이가 높아지고 있으므로 바닷물이 해안으로 밀려 들어오는 밀물이 나타난다.

- (4) 달이 공전하는 동안 지구, 태양과 일직선상에 위치할 때가 2번이고, 지구를 중심으로 태양과 직각 방향에 위치할 때가 2번이므로 (나) 시기에 약 한 달 동안 대조가 2회, 소조가 2회 나타난다.
- (5) 기조력이 클수록 조차가 크므로 기조력은 조차가 큰 3일일 조차가 작은 10일보다 크다.
- (6) 상현이나 하현일 때는 달의 기조력과 태양의 기조력의 방향이 직각을 이루므로 조차가 가장 작다. 23일경은 조금(소조)이므로 달의 기조력과 태양의 기조력의 방향이 직각을 이룬다.
- (7) 조차가 큰 대조(사리)일 때 만조와 간조의 해수면의 높이 차이가 크므로 썰물로 드러나는 갯벌의 면적이 넓다. 따라서 썰물일 때 드러나는 갯벌의 면적은 소조(조금)인 10일경보다 대조(사리)인 18일경이 더 넓다.
- (8) 23일경은 조차가 가장 작은 시기이므로 이때 달의 위상은 상현 또는 하현이다.
- (9) 23일경은 조차가 최소인 소조(조금)이다. 소조는 태양과 달이 지구를 중심으로 직각을 이루는 위치일 때 생긴다.

나신만점문제

130쪽~132쪽

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

01 ⑤ 하현일 때 달의 기조력과 태양의 기조력의 합력은 기조력이 상대적으로 큰 달 쪽으로 작용한다.

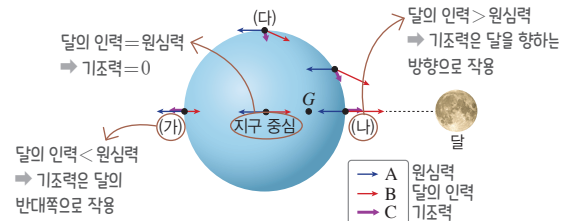
- 바로알기** ① 기조력은 천체의 질량에 비례하고, 천체까지 거리의 세제곱에 반비례한다.
 ② 태양계의 천체 중 지구에 가장 큰 기조력을 미치는 천체는 지구와 거리가 가장 가까운 달이다.
 ③ 지구의 질량이 달보다 매우 크므로 지구와 달의 공통 질량 중심은 지구 내부에 있다.
 ④ 지구의 자전축이 기울어져 지구의 적도면이 달의 공전 궤도면과 일치하지 않은 상태로 지구가 자전하기 때문에 위도에 따라 하루 동안 만조와 간조가 일어나는 횟수와 조차가 다르게 나타난다.

02 기조력은 지구와 천체 사이의 공통 질량 중심을 중심으로 회전하는 원운동에 의한 지구의 원심력과 천체가 지구에 작용하는 인력(만유인력)의 합력이다.

모범 답안 기조력은 천체의 질량에 비례하고, 지구에서 천체까지 거리의 세제곱에 반비례한다. 달은 태양에 비해 질량은 훨씬 작지만 지구와의 거리가 가깝기 때문에 달에 의한 기조력이 태양에 의한 기조력보다 크다.

채점 기준	배점
기조력의 크기에 대한 설명과 함께 달과 태양의 질량, 지구와의 거리 관계를 비교하여 옳게 서술한 경우	100 %
기조력의 크기에 대한 설명없이 달과 태양의 질량, 지구와의 거리 관계를 비교하여 옳게 서술한 경우	75 %
지구에서 태양이 달보다 멀리 위치하기 때문이라고만 옳게 서술한 경우	50 %

03 품평 문제 분석



- ① 지구가 달과의 공통 질량 중심(G)을 중심으로 원운동하여 생기는 원심력(A)은 지표상의 모든 지점에서 크기와 방향이 같다.
 ② B는 달과의 거리가 가까울수록 크기가 커지므로 달의 인력이다.
 ③ 달의 반대쪽인 (가)에서는 달의 인력(B)에 비해 원심력(A)이 크므로 기조력(C)이 달의 반대 방향으로 작용한다.
 ④ 두 지점 (가)와 (나)에서 기조력(C)의 방향은 반대이지만 크기는 같다.
바로알기 ⑤ (다)와 같이 달과 직각 방향을 이루는 곳에서는 기조력(C)의 크기가 작다. 기조력은 (가), (나)에서 가장 크다.

04 ㉠은 달의 인력, ㉡은 지구가 달과의 공통 질량 중심을 중심으로 회전함에 따라 발생하는 지구의 원심력이다. ㉠과 ㉡의 합력은 기조력이다.

㉠. 기조력은 A에서 달의 반대 방향으로, C에서 달 방향으로 작용하기 때문에 A와 C에서는 해수면이 높아지는 만조가 나타나고, D에서는 해수면이 낮아지는 간조가 나타난다.

바로알기 ㉢. B에서 ㉠과 ㉡의 크기가 같지 않고 방향이 완전히 반대가 아니기 때문에 기조력의 크기는 0이 아니며, 기조력의 작용 방향은 지구 중심 방향 부근이다.

㉣. 기조력은 천체까지 거리의 세제곱에 반비례하기 때문에 지구와 달 사이의 거리가 2배가 되면 기조력의 크기는 $\frac{1}{8}$ 배가 된다.

05 **모범 답안** 지구가 한 바퀴 자전하는 동안 달이 지구 주위를 약 13°만큼 공전하기 때문에 지구는 한 바퀴 자전하고 나서 약 13° 더 자전해야 달이 전날과 같은 위치에 오게 된다. 지구는 1시간에 약 15° 자전하므로 약 13° 자전하는 데 약 50분이 걸리므로 조석 주기가 매일 약 50분씩 늦어진다.

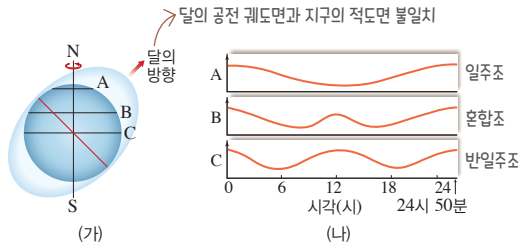
채점 기준	배점
지구가 더 자전해야 하는 각(약 13°)을 언급하여 옳게 서술한 경우	100 %
지구가 자전하는 동안 달이 공전하기 때문이라고만 옳게 서술한 경우	50 %

06 조석 양상이 (가)는 하루 동안 각각 1회씩 만조와 간조가 나타나는 일주조이므로 고위도 지역이다. (나)는 하루 동안 각각 2회씩 만조와 간조가 나타나고 조차가 비슷한 반일주조이므로 저위도 지역이다.

모범 답안 (가), 고위도 지역에서는 일주조가 나타나고, 저위도 지역에서는 반일주조가 나타나기 때문이다.

채점 기준	배점
위도가 높은 지역을 옳게 쓰고, 그 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
위도가 높은 지역만 옳게 쓴 경우	50 %

07 **꼼꼼 문제 분석**



ㄴ. B 지역의 조석 양상은 하루 동안 만조와 간조가 각각 2회씩 나타나지만 만조와 간조 사이의 시간 간격이 일정하지 않고, 조차가 다른 혼합조에 해당한다.

ㄷ. 지구의 자전축이 기울어져 달의 공전 궤도면과 지구의 적도면이 일치하지 않은 상태로 지구가 자전하기 때문에 위도에 따라 조석 주기와 조차가 다르게 나타난다.

바로알기 ㄱ. A 지역의 조석 양상은 일주조로, 하루 동안 만조와 간조가 각각 1회씩 일어난다.

ㄷ. C 지역의 조석 양상은 반일주조로, 하루 동안 만조와 간조가 각각 약 2회씩 일어나며 조차가 비슷하다. 반일주조의 조석 주기는 약 12시간 25분이다.

08 ㄱ. 달의 위치가 A일 때는 망이므로 조차가 최대인 대조(사리)이고, 달의 위치가 B일 때는 하현이므로 조차가 최소인 소조(조금)이다.

ㄷ. 달이 A에서 B로 가는 동안은 조차가 최대인 대조에서 조차가 최소인 소조로 바뀌므로 조차는 점점 작아진다.

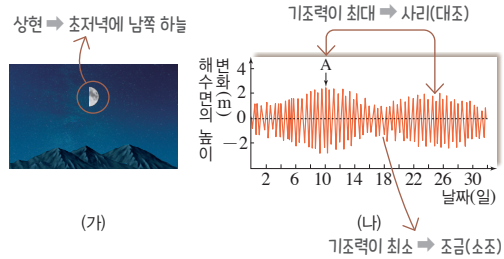
바로알기 ㄴ. 달의 위치가 A일 때 지구의 ☉은 달에서 가장 가까운 지역이므로 기조력이 최대가 되어 만조가 나타난다.

ㄷ. 달이 B에 있을 때 달은 왼쪽 반달 모양으로 보이므로 위상은 하현이다.

09 ㄴ, ㄷ. 달이 A에 위치할 때는 달의 기조력과 태양의 기조력의 합력이 최대가 되어 대조(사리)이지만, B에 위치할 때는 달의 기조력과 태양의 기조력의 합력이 최소가 되어 소조(조금)이다. 따라서 달이 A에서 B로 이동할 때 달의 기조력과 태양의 기조력의 합력은 점차 감소하기 때문에 만조와 간조 때의 해수면의 높이 차이가 점차 감소한다.

바로알기 ㄱ. 조석 주기는 약 12시간 25분이기 때문에 만조와 간조가 나타나는 시각은 점점 늦어진다.

10 **꼼꼼 문제 분석**



ㄴ. 상현이 떠 있을 때에는 조차가 최소인 조금(소조)이므로 약 7일 후에는 사리(대조)가 된다.

바로알기 ㄱ. 상현은 초저녁에 남쪽 하늘에서 오른쪽 반달 모양으로 관측되는 달이므로 관측 시각은 초저녁이다.

ㄷ. 상현은 태양과 달이 지구를 중심으로 직각으로 위치할 때 나타나는 위상이며, 이때 기조력은 최소가 되어 만조와 간조 때의 해수면 높이 차가 최소인 조금이 된다. (나)의 A 시기는 만조와 간조 때의 해수면 높이 차이인 조차가 최대인 사리일 때이다.

11 **꼼꼼 문제 분석**

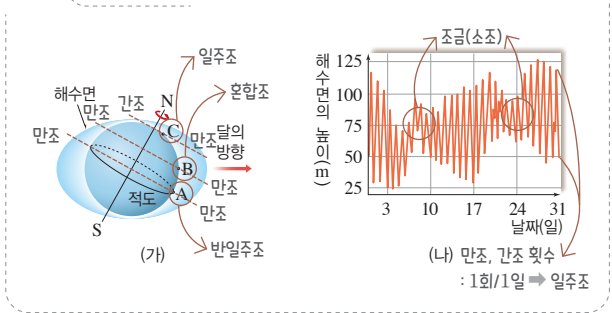
달의 위상	날짜	시 : 분	시 : 분	시 : 분	시 : 분
		해수면의 높이(cm)	해수면의 높이(cm)	해수면의 높이(cm)	해수면의 높이(cm)
14일		3 : 43 (766)	10 : 04 (102)	15 : 57 (759)	22 : 19 (46)
		만조	간조	만조	간조
		조차: 664 cm		조차: 713 cm	
15일		4 : 25 (823)	10 : 49 (70)	16 : 38 (779)	22 : 59 (10)
		만조	간조	만조	간조
		조차: 753 cm		조차: 769 cm	
삭	16일	5 : 06 (852)	11 : 32 (55)	17 : 19 (784)	23 : 40 (-8)
		만조	간조	만조	간조
		조차: 797 cm		조차: 792 cm	

ㄱ. 갯벌에서 조개 잡는 것은 해수면의 높이가 가장 낮을 때 하는 것이 좋으므로 15일에는 오전에 간조가 되는 11시경이 가장 적당하다.

ㄴ. 조차는 만조와 간조 때의 해수면의 높이 차이이므로 조차가 가장 큰 날은 16일이다. 이때 달의 위상은 삭이므로 태양, 달, 지구가 일직선상에 위치하여 기조력이 가장 크다.

바로알기 ㄷ. 16일에는 태양, 달, 지구가 일직선상에 위치하다가 16일 이후에는 달이 공전하여 달의 기조력과 태양의 기조력이 상쇄되므로 조차가 점점 작아진다. 따라서 16일 이후에는 만조일 때 해수면의 높이는 낮아지고, 간조일 때 해수면의 높이는 높아질 것이다.

12 **꼼꼼 문제 분석**



조금(소조)은 달의 위상이 상현이나 하현일 때로 달과 태양이 지구를 중심으로 직각으로 위치하여 달의 기조력과 태양의 기조력이 상쇄되어 조차가 최소로 되는 시기이다.

ㄱ. (나)는 만조와 간조가 하루 동안 1회씩 나타나므로 일주조에 해당하며, C 지점과 같은 고위도 지역에서 나타나는 해수면의 높이 변화이다.

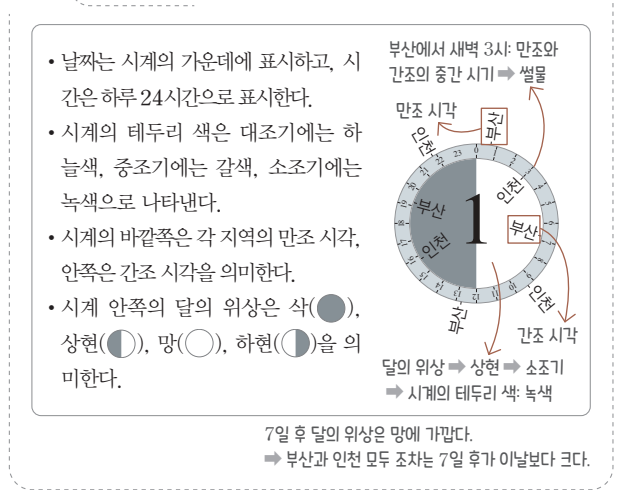
바로알기 ㄴ. B 지점에서 조석 양상은 하루 동안 만조가 2회 나타나지만 만조 때 해수면의 높이가 다른 혼합조이다.

ㄷ. 조금(소조)은 달의 위상이 상현 또는 하현일 때 일어나며, 한 달에 약 2회 일어난다.

안 약 13°만큼 지구 주위를 공전한다. 따라서 (나)에서 A 지점은 약 13°만큼 지구가 더 자전해야 만조가 되므로 약 50분 후에 만조가 된다.

ㄷ. (가)에서 달의 위상은 삭이고, (가)에서 1주일 후 달의 위상은 상현에 가까우므로 A 지점에서의 조차는 (가)일 때보다 1주일 후가 더 작다. 조력 발전은 밀물과 썰물에 의해 발생하는 해수면의 높이 차(조차)를 이용하여 위치 에너지를 전기 에너지로 전환하는 발전 방식이므로, A 지점에서 조력 발전으로 얻을 수 있는 에너지는 (가)일 때보다 1주일 후가 더 적다.

02 **꼼꼼 문제 분석**



ㄱ. 시계의 중심에 표현된 달의 위상이 상현이므로, 이날은 조차가 최소가 되는 시기인 소조기에 해당한다. 따라서 이날 시계의 테두리 색은 녹색이다.

바로알기 ㄴ. 시계의 안쪽에는 간조 시각이, 시계의 바깥쪽에는 만조 시각이 표시되어 있으므로 부산의 간조 시각은 약 7시경, 약 19시경 무렵이고, 만조 시각은 약 1시경, 약 13시경이다. 따라서 부산에서 새벽 3시는 만조와 간조의 중간 시기이므로 썰물이 나타난다.

ㄷ. 이날 달의 위상이 상현이므로 7일 후에는 망에 가깝다. 조차는 달의 위상이 망일 때가 상현일 때보다 크다. 따라서 부산과 인천 모두 조차는 7일 후가 이날보다 크다.

실력 UP 문제 132쪽

01 ① 02 ①

01 ㄱ. (가)에서 달의 위상이 삭이므로, D_1 일 정도 무렵에 A 지점은 만조가 나타난다. 따라서 오전 9시에는 간조에서 만조가 될 때이므로 밀물이 나타났을 것이다.

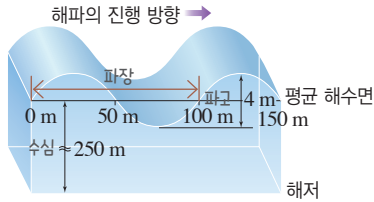
바로알기 ㄴ. 달의 공전 주기는 약 27.3일이므로 달은 24시간 동

중단원 핵심정리 133쪽

- ① 연안 쇠파
- ② 원
- ③ 타원
- ④ 침식
- ⑤ 천해파
- ⑥ 원심력
- ⑦ 만조
- ⑧ 일주조
- ⑨ 소조(조금)
- ⑩ 망

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

01 **꼼꼼 문제 분석**



① 이 해파가 진행하고 있는 해역은 수심이 250 m로 수심이 파장의 $\frac{1}{2}$ 인 50 m보다 깊으므로 해파는 심해파에 해당한다.

바로알기 ②, ③ 이 해파는 파장이 100 m이고, 파고는 파의 골에서 마루까지의 높이이므로 4 m이며, 진폭은 2 m이다.

④ 심해파의 전파 속도는 $\sqrt{\frac{gL}{2\pi}}$ (g : 중력 가속도, L : 파장)이므로 파장의 제곱근에 비례한다.

⑤ 심해파는 파장에 비해 수심이 깊으므로 해저면의 영향을 받지 않아 물 입자의 운동은 원 궤도를 그리며, 원 궤도의 크기는 수심이 깊어짐에 따라 급격히 작아진다.

02 **ㄱ.** 물 입자가 원운동을 하는 (가)는 심해파이고, 물 입자가 타원 운동을 하는 (나)는 천해파이다.

바로알기 **ㄴ.** (가) 심해파의 전파 속도는 파장이 길수록 빠르고, (나) 천해파의 전파 속도는 수심이 깊을수록 빠르다.
ㄷ. (가) 심해파가 진행할 때에는 해저의 영향을 받지 않지만, (나) 천해파가 진행할 때에는 해저의 영향을 받는다.

03 파장이 300 m인 해파는 수심 10 m를 지날 때 파장의 $\frac{1}{20}$ 보다 수심이 얇으므로 천해파의 성질을 띤다.

ㄱ. 해안에 접근하여 천해파의 성질을 가지는 해파의 전파 속도는 수심의 제곱근에 비례한다. 따라서 수심이 6 m인 A 지점과 B 지점에서 해파의 전파 속도는 같다.

ㄷ. B' 지점의 해안에서는 해파의 에너지가 집중되어 침식 작용이 활발하고, A' 지점의 해안에서는 해파의 에너지가 분산되어 퇴적 작용이 활발하다.

바로알기 **ㄴ.** 해안 가까이 접근하는 해파는 해저와의 마찰로 전파 속도가 느려지고 파장이 짧아지며 파고가 높아진다. A' 지점에서는 해파의 에너지가 분산되고, B' 지점에서는 해파의 에너지가 집중되어 파고는 A' 지점이 B' 지점보다 낮다.

04 **ㄷ.** 달이 상현과 하현일 때는 조차가 가장 작은 조금(소조)이 되고, 삭과 망일 때는 조차가 가장 큰 사리(대조)가 된다. 따라서 해일은 달의 위치가 상현인 Q보다 삭인 P에 있을 때 만조 시기에 큰 피해를 입힌다.

바로알기 **ㄱ.** 고기압일 때 해수면은 공기가 누르는 힘(기압)이 강해 해수면이 상대적으로 내려가고, 저기압일 때 해수면은 공기가 누르는 힘이 감소해 상대적으로 올라간다. 따라서 (가)의 해일은 고기압보다 저기압일 때 잘 발생한다.

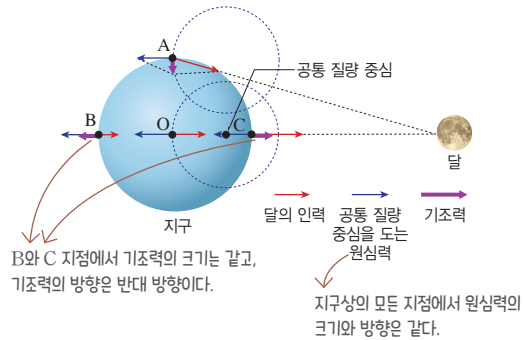
ㄴ. 간조보다 만조일 때 해수면의 높이가 높으므로 (가)에서 해일은 간조보다 만조일 때 피해가 크다.

05 **ㄱ.** 해파의 전파 속도는 그림에 나타난 선들의 간격을 비교하여 알 수 있다. 각 선들의 간격이 10분 간격이므로 선들이 밀집되어 나타나는 B 지역에서의 전파 속도가 A 지역에서보다 느리다.

ㄴ. A에서 B로 전파되는 동안 해파의 전파 속도가 느려지기 때문에 파장은 짧아지는 대신 파고가 높아진다.

바로알기 **ㄷ.** 지진으로 인해 발생한 지진 해일(쓰나미)은 파장이 100 km~200 km에 달한다. 이 해파가 수심 3 km~4 km의 바다를 지날 때는 천해파의 특성을 나타내므로, A와 B를 포함한 모든 지점에서 물 입자는 타원 운동을 하게 된다.

06 **꼼꼼 문제 분석**



ㄱ. 지구 중심 O에서는 달의 인력과 원심력의 크기가 같고, 방향이 반대이므로 평형을 이룬다.

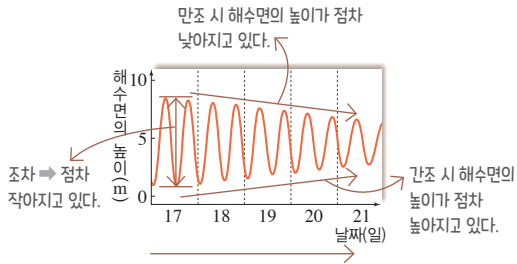
ㄴ. 기조력은 달의 인력과 원심력의 합력으로 B 지점에 작용하는 힘은 원심력이 달의 인력보다 크고, C 지점에 작용하는 힘은 달의 인력이 원심력보다 크다. 따라서 B와 C 지점에 작용하는 기조력의 크기는 같고, 방향은 반대가 된다.

바로알기 **ㄴ.** 달과 직각을 이루는 A 지점에서는 간조가, 달에서 가장 먼 B 지점과 달에서 가장 가까운 C 지점에서는 만조가 나타난다.

ㄷ. 지구와 달은 공통 질량 중심을 중심으로 서로 회전하며, 지구

중심이 공통 질량 중심을 회전하는 원운동과 같은 반경을 그리며 회전 운동하여 지구상의 모든 지점에서 원심력이 모두 같다.

07 - 꼼꼼 문제 분석



- 밀물의 세기가 점차 약해지고 있다.
- 달의 위상이 망에서 하현 또는 삭에서 상현으로 변해간다.
- 달의 기조력과 태양의 기조력의 합력은 감소한다.

④ 조차가 작아지는 때는 해수면의 높이가 만조일 때 점차 낮아지고, 간조일 때 점차 높아진다.

바로알기 ① 만조 때 해수면의 높이는 낮아지고, 간조 때 해수면의 높이는 높아지고 있으므로 조차는 점차 작아지고 있다.

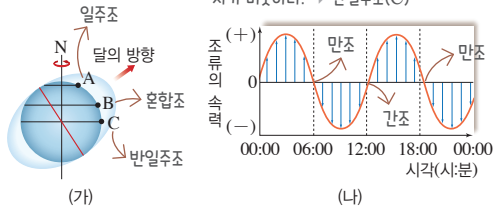
② 조류의 세기는 조차가 클수록 증가하므로, 밀물의 세기가 점차 약해지고 있다.

③ 조차가 작아져 점차 조금(소조)이 되어가는 시기이므로 달의 위상이 망에서 하현 또는 삭에서 상현으로 변해가는 시기이다.

⑤ 상현이나 하현일 때는 지구를 중심으로 달과 태양이 직각을 이루므로 두 천체에 의해 나타나는 기조력의 합력은 감소한다.

08 - 꼼꼼 문제 분석

- 하루 동안 만조와 간조가 약 2회씩 일어난다.
- 밀물과 썰물 때 조류의 속력 변화가 같아서 조차가 비슷하다. ⇒ 반일주조(C)



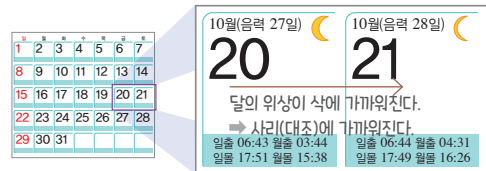
나. (나)는 하루 동안 만조와 간조가 약 2회씩 일어나고 밀물과 썰물 때 조류의 속력 변화가 같아서 조차가 비슷할 것이므로, 조석 양상은 반일주조로 C 지점에서 나타나는 조류에 해당한다. B는 혼합조로, 하루 동안 조차가 다르므로 조류의 속력 변화도 일정하지 않다.

다. 지구의 자전축이 기울어져 지구의 적도면과 달의 공전 궤도면이 일치하지 않으므로 조석에 의한 해수면 변화는 위도에 따라 다르게 나타난다. 만약 달의 공전 궤도와 지구의 적도가 동일한

평면상에 있다면 달을 향하는 쪽과 그 반대편에서 물이 부풀어 오르는 정도가 같기 때문에 A, B, C 지점에서 모두 반일주조가 나타날 것이다.

바로알기 7. 달의 기조력은 지구와 달의 공통 질량 중심을 중심으로 지구가 원운동을 하여 생긴 원심력과 달이 지구에 작용하는 달의 인력의 합력이다. A, B, C 각 지점에서 하루 동안 원심력의 크기는 일정하지만 달이 지구 주위를 공전할 때 지구와 달 사이의 거리가 변하므로 달의 인력은 달라진다. 따라서 하루 동안 A, B, C 지점에 작용하는 기조력의 크기는 일정하지 않다.

09 - 꼼꼼 문제 분석



날짜 (일)	▲: 고조 ▼: 저조 단위(cm)	
	시:분 (수위)	시:분 (수위)
20	02:31 (596)▲	08:46 (92)▼
21	03:27 (638)▲	09:40 (52)▼

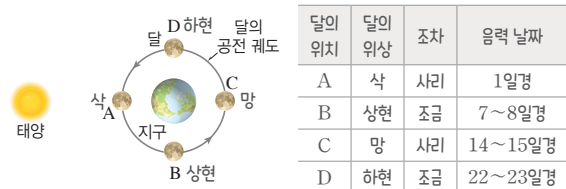
해수면의 높이가 가장 낮다. ⇒ 갯벌이 가장 넓게 드러난다. (21일 오전 9시~10시경)

나. 자료에서 해수면의 높이가 가장 낮은 때는 21일 오전 9시~10시경이고, 이때 갯벌이 가장 넓게 드러날 것이다.

바로알기 7. 그림에서 달의 위상 및 음력 날짜를 비교하면 22일에 삭에 가까운 위상이 나타날 것으로 예측된다. 따라서 22일경은 대략 삭에 가까워지므로 사리(대조)가 되는 때이다.

다. 만조(고조)와 간조(저조)가 나타나는 시기가 매일 약 1시간 정도씩 느려지므로 22일에 갯벌 탐사를 위해 방문하려면 21일보다 약 1시간 정도 늦은 시기가 좋다.

10 - 꼼꼼 문제 분석



7. 달이 태양-달-지구의 순서로 일직선을 이루면 달의 위상은 삭이다.

ㄴ. 태양, 지구, 달이 일직선상에 위치하는 삭(A)이나 망(C)이 되면 태양의 기조력과 달의 기조력이 합쳐져서 최대가 되므로 조차가 가장 커지는데, 이때를 사리라고 한다.

바로알기 ㄷ. 달이 B → C → D → A로 이동하는 동안 사리(대조)와 조금(소조)은 각각 2회씩 나타나지만, 만조와 간조는 하루 동안 각각 약 2회씩 나타난다.

11 심해파는 수심이 파장의 $\frac{1}{2}$ 보다 깊은 곳에서 진행되는 해파이고, 천해파는 수심이 파장의 $\frac{1}{20}$ 보다 얇은 곳에서 진행되는 해파이다. 그림에서 수심은 100 m이고, 해파의 파장은 60 m이며, 파고는 4 m이다.

모범 답안 심해파, 수심이 파장의 $\frac{1}{2}$ 보다 크기 때문이다.

채점 기준	배점
심해파라고 옳게 쓰고, 까닭을 수심과 파장의 관계를 비교하여 옳게 서술한 경우	100 %
까닭만 수심과 파장의 관계를 비교하여 옳게 서술한 경우	70 %
심해파만 옳게 쓴 경우	30 %

12 지진 해일은 천해파이므로 중력 가속도를 g , 수심을 h 라고 할 때 전파 속도는 \sqrt{gh} 로 구할 수 있다.

모범 답안 이 해역에서 지진 해일이 전파될 때의 속도는 $\sqrt{10 \text{ m/s}^2 \times 4000 \text{ m}} = 200 \text{ m/s}$ 이다. 따라서 발생한 지점으로부터 1200 km(=1200000 m) 떨어진 해안까지 도달하는 데 걸리는 시간은 $\frac{1200000 \text{ m}}{200 \text{ m/s}} = 6000 \text{ 초} = 1 \text{ 시간 } 40 \text{ 분}$ 이다. 지진 해일은 발생한 시각으로부터 1시간 40분이 지난 오전 8시 40분경에 도달하게 된다.

채점 기준	배점
풀이 과정을 포함하여 도달 시간을 옳게 서술한 경우	100 %
풀이 과정만 옳게 서술한 경우	70 %
도달 시간만 옳게 구한 경우	30 %

13 달 쪽의 해수가 부푼 것은 달의 인력이 지구가 달과의 공통 질량 중심을 중심으로 회전하여 생긴 원심력보다 커서 두 힘의 합력인 기조력이 달 쪽을 향하기 때문이다.

모범 답안 A 지역은 지구가 달과의 공통 질량 중심을 중심으로 회전하여 생긴 원심력이 달의 인력보다 크기 때문에 달의 반대쪽으로 기조력이 작용하여 해수면이 부푼다.

채점 기준	배점
기조력을 구성하는 원심력과 인력의 크기를 비교하여 옳게 서술한 경우	100 %

14 이날은 달의 위상이 망이므로 달의 기조력과 태양의 기조력이 합쳐져 조차가 가장 큰 시기인 대조(사리)이다.

모범 답안 약 7일 후에는 달의 위상이 하현이 되어 기조력이 작아지므로 조차가 이날보다 작아진다.

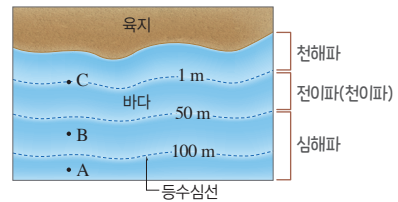
채점 기준	배점
달의 위상과 함께 조차의 변화를 옳게 서술한 경우	100 %
달의 위상만 옳게 쓴 경우	50 %
조차의 변화만 옳게 서술한 경우	50 %

중단원 고난도 문제

137쪽

01 ② 02 ④ 03 ③ 04 ③

01 품평 문제 분석



$$\bullet \text{ 파장} = \frac{80 \text{ m}}{20} = 4 \text{ m}$$

➔ 파장이 80 m인 해파가 수심 4 m보다 얇은 곳(C)을 지날 때는 천해파의 특성을 띤다.

$$\bullet \text{ 파장} = \frac{100 \text{ m}}{2} = 50 \text{ m}$$

➔ 파장이 100 m인 해파가 수심 50 m보다 깊은 곳을 지날 때는 심해파의 특성을 띤다.

선택지 분석

- A 지점에서 B 지점으로 가는 동안 파장이 100 m로 일정할 때 해파의 전파 속도는 느려진다. **일정하다**
- C 지점에서 해파의 표층 물 입자는 타원 운동을 한다.
- C 지점에서 해안으로 가는 동안 해파의 파장은 길어진다. **짧아진다**

전략적 풀이 ① 천해파와 심해파의 전파 속도에 영향을 미치는 요인을 파악한다.

ㄱ. B 지점에서 해파는 수심 50 m보다 깊은 곳에서는 심해파인데, A에서 B 지점으로 해파가 이동하는 동안 파장은 일정하므로 해파의 전파 속도는 수심의 영향을 받지 않고 일정하게 나타난다.

② 천해파와 심해파의 수심과 파장의 관계 및 물 입자 운동의 차이점을 이해한다.

ㄴ. 해파는 수심 4 m보다 얇은 곳에서는 천해파의 특성을 나타내므로 C 지점에서 천해파이다. 따라서 C 지점에서 표층 물 입자가 타원 운동을 한다.

③ 천해파는 해저면 마찰의 영향을 받는다는 점을 이해한다.

ㄷ. C 지점에서 해안으로 가는 동안 해파는 해저와의 마찰에 의해 파장이 짧아지고, 파고가 높아진다.

02 — **꼼꼼 문제 분석**

	마루가 뾰족하다. → 풍랑	마루가 둥글다. → 너울
구분	(가)	(나)
모양		
파장과 수심의 관계	$h > \frac{L}{2}$ 심해파	$h < \frac{L}{20}$ 천해파

선택지 분석

- (가)는 바람에 의해 직접 형성된 해파이다.
- (나)가 전파되면서 (가)로 변화했다.
- (나)는 (가)보다 해저 마찰의 영향을 많이 받는다.

전략적 풀이 ① 해파를 모양에 따라 풍랑과 너울로 분류해 보고, 각각의 발생 원인과 특징을 파악한다.

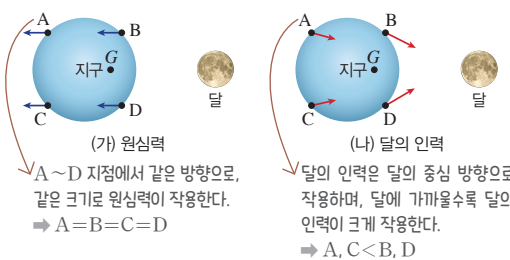
ㄱ. (가)는 풍랑, (나)는 너울이다. 풍랑은 바람에 의해 직접적으로 형성된 해파이다.

ㄴ. 너울은 풍랑이 전파되어 오면서 마루 끝이 둥글게 변한 해파이므로 (가)가 전파되어 오면서 (나)로 변화했다.

② 천해파와 심해파의 파장과 수심 관계를 이해한다.

ㄷ. (가)는 수심이 파장의 $\frac{1}{2}$ 보다 깊으므로 심해파이고, (나)는 수심이 파장의 $\frac{1}{20}$ 보다 얇으므로 천해파이다. 따라서 해저 마찰의 영향은 (나)만 받는다.

03 — **꼼꼼 문제 분석**



선택지 분석

- B와 C 지점에 작용하는 원심력의 크기와 방향은 모두 같다.
- A와 C 지점에 작용하는 원심력은 달의 인력보다 크기가 작다. **크다**
- B와 D 지점에서 기조력은 달의 방향을 향한다.

전략적 풀이 ① 각 지점에서 기조력을 구성하는 힘들의 크기와 방향을 파악한다.

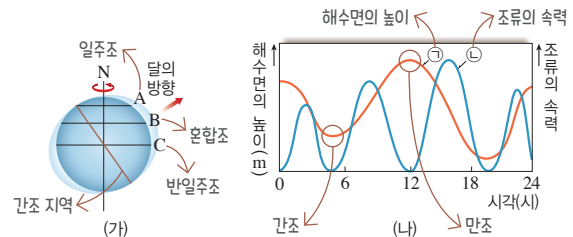
ㄱ. 지구가 달과의 공통 질량 중심(G)을 중심으로 회전할 때 지표상의 모든 지점은 같은 주기로 같은 크기의 원운동을 하므로, A~D 지점에 작용하는 원심력의 크기와 방향은 모두 같다.

ㄷ. B와 D 지점은 달의 인력이 원심력보다 크므로 두 힘의 합력인 기조력은 달의 방향을 향한다.

② 각 지점에서 기조력을 구성하는 힘들의 크기를 비교한다.

ㄴ. A와 C 지점은 지구 중심보다 달로부터 더 멀리 떨어져 있으므로 달의 인력보다 원심력이 크다.

04 — **꼼꼼 문제 분석**



하루 동안 만조와 간조가 각각 약 2회씩 나타나고, 만조와 간조 사이의 시간 간격이 일정하지 않으며, 조차가 다르다. → 혼합조

선택지 분석

- 해수면의 높이를 나타내는 것은 ㉠이다.
- (나)는 B 지점에서 측정된 자료이다.
- 달의 인력 방향과 기조력 방향이 이루는 각의 크기는 5시경보다 12시경이 **크다**. **작다**

전략적 풀이 ① 만조와 간조 시에 해수면의 높이와 조류의 속력이 어떻게 변하겠는지 파악한다.

ㄱ. 만조나 간조 때는 조류의 속력이 0에 가까워진다. 따라서 ㉠은 해수면의 높이, ㉡은 조류의 속력을 나타낸다.

② (나)의 자료로부터 이날의 조석 양상을 파악한다.

ㄴ. 해수면의 높이(㉠) 변화를 보았을 때 이 지역에서는 하루 동안 만조와 간조가 각각 약 2회씩 일어나고, 만조와 간조 사이의 시간 간격이 일정하지 않으며, 조차가 다르다. 따라서 (나)는 혼합조가 일어나는 B 지점에서 측정된 자료이다.

③ 만조와 간조 시에 기조력의 방향과 달의 인력 방향을 파악한다.

ㄷ. 이 지역은 5시경에 간조이므로 달 방향의 수직면 위에 위치한다. 12시경은 2개의 만조 중 상대적으로 해수면 높이가 더 높은 만조이므로 5시경에서 12시경으로 시간이 흐를수록 달 방향을 향하게 된다. 달의 인력은 항상 달 방향을 향하므로 5시경에서 12시경으로 진행할수록 기조력이 향하는 방향은 달의 인력 방향에 가까워지게 된다. 따라서 달의 인력 방향과 기조력 방향이 이루는 각의 크기는 5시경보다 12시경이 작다.



강수 과정과 대기의 운동

1 지구 열수지

01 / 지구 대기의 역할과 열수지

개념 확인문제 142쪽

- 1 태양 복사 에너지 2 지구 복사 에너지 3 선택적 4 자외선
5 이산화 탄소 6 액체 7 온실 효과 8 오존층 9 생명 가능 지대
- 1 (1) ○ (2) × (3) × (4) × (5) ○ 2 대기의 창 3 (1) ㉠ 액체 상태의 물, ㉡ 지구 (2) ㉠ 온실 효과, ㉡ 높 (3) 자외선 4 ㉠ 클, ㉡ 넓어

- 1 (1) 지구 대기에는 질소가 약 78 %로 가장 많은 양을 차지한다.
(2) 지구 대기를 구성하는 기체는 파장에 따라 선택적으로 복사 에너지를 흡수한다.
(3) 지구 복사 에너지에서 최대 에너지를 방출하는 파장은 적외선 영역에 해당한다.
(4) 적외선 영역을 주로 흡수하는 기체는 수증기와 이산화 탄소이다.
(5) 수증기는 지구 복사 에너지 중 가장 많은 양을 흡수하며, 약 60 %를 흡수한다.

2 지구 복사 에너지 중 약 8 μm ~ 13 μm인 적외선 영역은 지구 대기에 잘 흡수되지 않고 우주 공간으로 빠져나가며, 이 파장 영역을 대기의 창이라고 한다.

3 (1) 액체 상태의 물은 생명체의 존재 조건으로, 비열이 커서 쉽게 가열되거나 냉각되지 않으며, 다양한 물질을 쉽게 녹이는 성질이 있어 생명체의 탄생과 진화에 필수적이다. 액체 상태의 물은 태양계 행성 중 지구에 가장 풍부하게 존재한다.
(2) 지구의 대기는 온실 효과를 일으켜 대기가 없다고 가정했을 때보다 지구의 평균 표면 온도를 높여주며, 이로 인해 지구에는 액체 상태의 물이 존재할 수 있다.
(3) 오존층은 성층권에 위치하여 생명체에게 해로운 자외선을 흡수하여 생명체를 보호하는 역할을 한다.

4 생명 가능 지대는 중심별의 광도와 밀접한 연관이 있다. 중심별의 광도가 클수록 생명 가능 지대는 중심별로부터 멀어지고, 생명 가능 지대의 폭이 증가한다.

완자샘 비법 특강 145쪽

- Q1 지표로 입사하는 에너지의 양과 지표가 방출하는 에너지의 양은 같다.
Q2 지구 전체의 평균 온도와 지표의 평균 온도는 높아진다.

Q1 복사 평형 상태일 때는 지구는 흡수한 태양 복사 에너지만큼 지구 복사 에너지를 우주로 방출한다. 지구 온난화가 진행되어 평균 기온이 높아졌더라도 복사 평형 상태이므로 지표로 입사하는 에너지의 양과 지표가 방출하는 에너지의 양은 같다.

Q2 지구 전체와 지표에서 모두 흡수하는 에너지가 방출하는 에너지보다 크므로, 지구 전체의 평균 온도와 지표의 평균 온도는 높아진다.

개념 확인문제 146쪽

- 1 산란 2 반사 3 굴절 4 흡수 5 복사 평형 6 숨은열 (잠열) 7 열수지
- 1 (1) × (2) ○ (3) × 2 ㄱ 3 (1) 낮아 (2) 방출 (3) 감소
4 ㉠ 지구, ㉡ 감소, ㉢ 상승

1 (1) 산란은 태양에서 온 빛이 작은 입자와 부딪혀 진행하던 방향과 다르게 여러 방향으로 퍼져 나가는 현상이다.
(2) 빛의 굴절은 매질의 굴절률 차이에 의해 일어나며, 대기에서는 밀도가 다른 대기층을 통과할 때 빛이 굴절된다.
(3) 대기에 의한 반사가 증가하면 태양 복사 에너지 중 우주로 반사되는 양이 증가하여 지구가 흡수하는 에너지가 감소하므로 지구의 평균 기온은 낮아진다.

2 ㄱ. 지구는 복사 평형을 이루므로 태양 복사 에너지의 흡수량(A)과 지구 복사 에너지의 방출량(B)이 같다.
나. 지표가 흡수하는 복사 에너지는 A+D이고, 지표가 방출하는 복사 에너지는 C+E이므로 A+D=C+E이다.
다. 지표가 방출하는 복사 에너지 C+E 중 일부는 지표로 재방출(D)되고, 나머지는 우주로 방출되므로 B=C+E-D이다.

3 (1) 지표의 물이 증발할 때 주변으로부터 열을 흡수하여 수증기로 변한다. 이때 흡수되는 열을 숨은열이라고 하며, 지표의 열이 사용되므로 지표의 온도는 낮아진다.

(2) 상층 대기에서 수증기가 응결하여 구름이 형성될 때 숨은열이 방출된다. 방출된 열은 주변 공기를 가열하므로 구름이 형성되기 이전에 비해 대기의 온도가 높아진다.

(3) 지표가 가열되면 따뜻해진 공기가 상승하여 구름 생성을 유도하며, 이때 숨은열은 지표의 냉각과 상층 대기의 가열을 일어난게 하여 지상과 상층 대기의 온도 차를 줄이는 역할을 한다.

4 화석 연료 사용이 증가하면 대기 중 온실 기체의 농도가 증가한다. 온실 기체는 지표에서 방출되는 지구 복사 에너지 중 많은 양을 흡수하므로 온실 기체의 지구 복사 에너지 흡수량이 증가한다. 이로 인해 우주로 방출되는 지구 복사 에너지량이 감소하여 지구 열수지가 불균형 상태가 되고, 그 결과 지구의 평균 기온이 상승하여 지구 온난화가 일어난다.

대표자료분석 1

147쪽

1 70 2 지표로 입사하는 에너지의 총량: 145, 지표가 방출하는 에너지의 총량: 145 3 복사 평형 상태이므로 각 권의 연평균 온도는 일정하게 유지된다. 4 같다 5 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) ×

1 입사하는 태양 복사 에너지는 우주로 반사 또는 산란되는 양을 제외하고 대기와 구름, 지표에 흡수된다. 반사 또는 산란으로 우주로 나가는 양이 30이므로 대기와 구름, 지표에 흡수되는 태양 복사 에너지의 양은 70이다.

2 • 지표로 입사하는 에너지의 총량: 47(태양 복사 에너지) + 98(대기에서 지표로 재복사되는 에너지) = 145
• 지표가 방출하는 에너지의 총량: 5(전도와 대류) + 24(물의 증발(숨은열)) + 116(지표에서 대기로 복사 + 지표에서 우주로 방출) = 145

3 복사 평형 상태일 때는 지구 전체의 에너지 흡수량과 방출량이 같고, 각 권에서도 에너지 흡수량과 방출량이 같다. 따라서 각 권의 연평균 온도는 일정하게 유지된다.

4 복사 평형 상태이므로 지구가 흡수하는 에너지의 양과 우주로 방출하는 에너지의 양이 같아 에너지 출입이 균형을 이룬다.

5 (1) 지표는 태양으로부터 47을 받고, 대기로부터 98을 받으므로 대기로부터 더 많은 복사 에너지를 받는다.
(2) 태양 복사 에너지 100 중 30이 우주로 반사 또는 산란되었으므로, 지구에 도달하는 태양 복사 에너지의 흡수율은 70 %이다.

(3) 대기는 주로 자외선과 적외선 영역의 복사 에너지를 흡수하지만, 대기가 방출하는 에너지는 대부분 적외선 영역의 복사 에너지이다. 따라서 대기가 흡수하는 에너지의 파장과 방출하는 에너지의 파장이 항상 같은 것은 아니다.

(4) 지표에서 방출되는 에너지 중 복사로 인한 순 손실량은 18이고, 숨은열에 의한 순 손실량은 24이므로, 숨은열에 의한 순 손실량이 더 크다.

(5) 온실 기체의 양이 증가하면 적외선 흡수량이 증가하여 대기에서 지표로 재복사되는 에너지의 양도 증가한다.

내신 만점문제

148쪽~150쪽

01 ⑤ 02 해설 참조 03 ⑤ 04 ④ 05 ④
06 ③ 07 ③ 08 ② 09 ② 10 9
11 해설 참조 12 (1) 104 (2) 물의 증발(숨은열) 13 ⑤

01 ① A는 질소, B는 산소, C는 아르곤, D는 이산화 탄소이다.

② 산소(B)는 생물의 광합성으로 생성될 수 있다.

③ 아르곤(C)은 적외선을 거의 흡수하지 않아 온실 효과에 기여하지 않는다.

④ 이산화 탄소(D)는 대표적인 온실 기체 중 하나로, 주로 적외선 영역의 지구 복사 에너지를 흡수한 후 지표로 재복사하여 온실 효과에 기여한다.

(바로알기) ⑤ A~D는 복사 에너지를 파장에 따라 선택적으로 흡수한다.

02 **모범 답안** A, 오존은 자외선 영역의 복사 에너지를 잘 흡수하는 기체이다. 그림에서 A는 자외선 영역에서 흡수율이 높고, B는 적외선 영역에서 흡수율이 높다. 따라서 오존은 A이다.

채점 기준

A를 고르고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우

배점

100 %

A만 옳게 고른 경우

50 %

까닭만 옳게 서술한 경우

50 %

03 ㄱ. 최대 에너지를 방출하는 파장은 태양 복사 에너지가 약 0.5 μm, 지구 복사 에너지는 약 10 μm이므로, 태양 복사 에너지가 지구 복사 에너지보다 짧다.

ㄴ. 지구 대기의 흡수율을 보면, 가시광선보다 적외선 영역의 흡수율 값이 대체로 더 크다. 따라서 대기의 평균 흡수율은 태양 복사 에너지보다 지구 복사 에너지에서 더 크다.

ㄷ. 지구 대기를 구성하는 기체는 파장에 따라 복사 에너지의 흡수율이 다르므로 빛을 선택적으로 흡수한다.

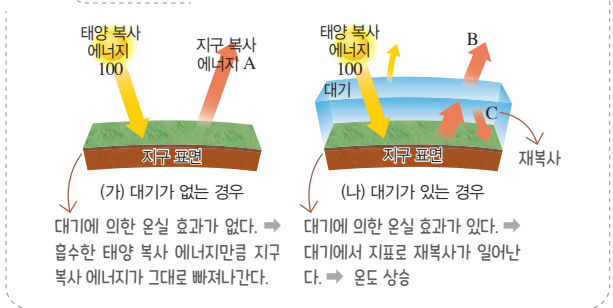
04 ㄱ. 액체 상태의 물은 얼음보다 밀도가 크다. 따라서 물이 표면부터 얼기 때문에 수중 생태계가 보전될 수 있다.

ㄴ. 액체 상태의 물은 생명체가 살기에 필수적인 존재로 여겨진다. 이는 비열이 크고, 좋은 용매이며, 얼음일 때보다 밀도가 커서 얼어도 생명체가 살 수 있는 조건을 제공하기 때문이다.

ㄷ. 액체 상태의 물은 다양한 물질을 녹일 수 있는 좋은 용매로, 생명체의 탄생과 진화에 필요한 다양한 물질을 녹여서 포함한다.

[바로알기] ㄹ. 액체 상태의 물은 비열이 크므로 온도 변화가 크지 않아 비교적 많은 열을 가해야 온도를 높일 수 있다.

05 **꼼꼼 문제 분석**



ㄴ. C는 대기에서 지표로 향하는 복사 에너지로, 대기가 흡수한 지구 복사 에너지를 다시 지표로 방출하는 재복사를 나타낸다.

ㄷ. 지표의 평균 온도는 온실 효과가 나타나는 (나)에서 더 높다.

[바로알기] ㄱ. 지구에 도달하는 태양 복사 에너지가 100이므로, 복사 평형 상태에서 지구에서 방출하는 지구 복사 에너지도 100이다. 따라서 A는 100이다. 대기가 있는 경우 대기에 의한 반사와 산란이 나타나므로 B는 100보다 작다. 따라서 A는 B보다 크다.

06 ㄱ. 그림에서 태양계 행성 중 지구만이 생명 가능 지대에 위치한다.

ㄴ. 주계열성의 질량이 클수록 액체 상태의 물이 존재할 수 있는 행성의 공전 궤도 반지름이 커지므로 생명 가능 지대는 중심별로부터 멀어진다.

[바로알기] ㄷ. 태양의 질량이 현재의 2배라면 생명 가능 지대는 화성과 목성 사이의 영역에 형성된다. 토성은 그보다 멀리 있으므로 생명 가능 지대에 포함되지 않는다.

07 ㄱ. 그림에서 태양과의 거리에 따른 복사 평형 온도는 태양과의 거리가 멀수록 낮아지고 있다.

ㄴ. 행성의 실제 표면 온도는 반사율과 온실 효과의 영향을 받기 때문에 태양과의 거리에 따른 복사 평형 온도와 다르게 나타난다.

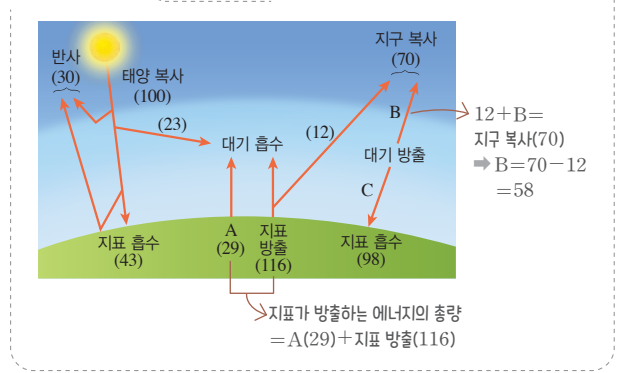
[바로알기] ㄷ. 실제 표면 온도와 태양과의 거리에 따른 복사 평형 온도가 가장 큰 차이를 나타내는 것은 금성이다. 이는 금성의 온실 효과가 가장 크기 때문이다.

08 ㄴ. 굴절은 지구 대기의 밀도 차에 의해 발생하는 현상이다. 대기 상공에서는 공기 입자 수가 적어 밀도가 작으므로 빛의 진행 속도가 빠르는데, 지표 부근에서는 중력에 의해 공기 입자가 많이 모여 있어 상대적으로 밀도가 크고 빛의 진행 속도가 느려진다. 따라서 빛의 진행 방향이 바뀐다.

[바로알기] ㄱ. 태양 빛은 지구 대기의 밀도 차에 의해 굴절되어 실제보다 높은 위치에서 오는 것처럼 보이므로 일몰이 실제보다 늦게 나타난다. 따라서 ㉠은 굴절이다.

ㄷ. 지표나 대기의 온도를 높이는 데 기여하는 것은 흡수와 관련이 있다.

[09~11] **꼼꼼 문제 분석**



09 ㄴ. 지구는 복사 평형 상태이므로 지표와 대기 모두 흡수한 에너지의 양만큼 에너지를 방출한다.

[바로알기] ㄱ. A는 대류와 전도, 습윤열에 의해 지표에서 대기로 방출되는 에너지이다.

ㄷ. 지표가 방출하는 에너지의 총량은 A(29) + 지표 방출(116) = 145이다.

10 B는 대기와 구름에서 우주로 방출되는 지구 복사 에너지의 합이다. 그림에서 B는 58이고, 이 중 대기에서 우주로 방출되는 복사 에너지가 49이므로 구름에서 우주로 방출되는 복사 에너지는 58 - 49 = 9이다.

11 **모범 답안** 이산화 탄소는 온실 기체이므로 대기 중 농도가 증가하면 대기가 지표에서 방출되는 에너지를 더 많이 흡수한다. 이에 따라 대기에서 지표로 재복사되는 에너지(C)의 양이 증가한다. 그 결과 지표가 흡수하는 에너지의 양이 증가하여 지표면 부근 온도는 높아진다.

채점 기준	배점
C의 변화와 지표면 부근의 온도 변화를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
C의 변화와 지표면 부근의 온도 변화 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

12 (1) 그림에서 지표에서 방출되는 복사 에너지는 104이다. 지표에서 방출된 복사 에너지는 대기로부터 지표로 들어오는 복사 에너지 A와, 일부는 대기가 흡수하는 지표 복사 에너지 B의 합과 같다. 따라서 지표에서 방출되는 복사 에너지의 총량과 A+B가 같으므로 $A+B=104$ 이다.

(2) 지표의 순 에너지 손실은 전도와 대류(5), 물의 증발에 따른 숨은열(24), 복사에 의한 순 손실(18)로 나타나며, 이 중 숨은열이 가장 크다. 따라서 지표의 순 에너지 방출에 가장 크게 기여하는 것은 숨은열이다.

13 ㄱ. 고도에 따른 온도 차가 작은 A는 수증기 증발 및 구름 생성 이후의 연직 기온 분포이고, B는 수증기 증발 및 구름 생성 이전의 연직 기온 분포이다.

ㄴ. B가 A보다 $\frac{\text{기온 감소}}{\text{높이}}$ 의 정도가 더 크므로, 고도에 따른 기온의 감소 비율이 A보다 크다.

ㄷ. 지표 부근에서는 물의 증발로 숨은열이 흡수되고, 상공에서는 수증기가 응결하여 구름이 형성될 때 숨은열이 방출된다. 이 과정은 지표 부근의 온도를 낮추고 상층 대기의 온도를 높여 상층과 하층의 온도 차를 줄인다. 따라서 A와 B의 차이는 숨은열의 흡수와 방출에 의해 나타난다.

실력UP문제

151쪽

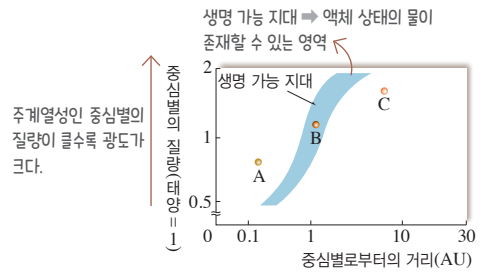
01 ⑤ 02 ⑤ 03 ③ 04 ③

01 ㄱ. 자외선은 주로 산소(O₂)와 오존(O₃)에 의해 흡수된다. 따라서 ㉠은 O₃(오존)이다.

ㄴ. 대기의 흡수 정도는 특정 파장의 빛을 대기가 얼마나 잘 흡수하는지를 의미한다. 자외선은 산소와 오존에 잘 흡수되고, 적외선은 이산화 탄소에 잘 흡수되지만, 가시광선은 대기에 거의 흡수되지 않아 지표까지 잘 도달한다. 따라서 흡수 정도가 가장 작은 것은 B이다.

ㄷ. 대기를 구성하는 기체는 선택적 흡수체로, 기체마다 흡수하는 빛의 파장 영역이 서로 다르다. 따라서 각 기체마다 흡수하는 파장이 고유하게 나타난다.

02 품평 문제 분석



ㄱ. 생명 가능 지대는 물이 액체 상태로 존재할 수 있는 정도의 에너지를 받고 있으며 이 영역에서는 비슷한 세기의 복사 에너지를 받는 것으로 간주할 수 있다. B는 생명 가능 지대에, A는 생명 가능 지대보다 가까운 곳에, C는 생명 가능 지대보다 먼 곳에 위치한다. 따라서 중심별로부터 받는 복사 에너지의 세기는 $A > B > C$ 이다.

ㄴ. 행성의 표면 온도는 중심별로부터 받는 복사 에너지의 양이 많을수록 높다. 따라서 표면 온도는 에너지를 가장 많이 받는 A가 가장 높고, C가 가장 낮다.

ㄷ. 생명 가능 지대는 액체 상태의 물이 존재할 수 있는 영역이다. B가 생명 가능 지대에 위치하므로, B에서 액체 상태의 물이 존재할 가능성이 가장 높다.

03 ㄱ. 지구는 복사 평형 상태에 있으므로 지표가 흡수하는 복사 에너지와 방출하는 복사 에너지의 양이 같다. 지표가 흡수하는 양은 A+D, 지표가 방출하는 양은 B+C+F이므로, $A+D=B+C+F$ 이다. 따라서 $A-F=B+C-D$ 이다.

ㄷ. 지구의 평균 기온이 높아지면 바다를 포함한 지표 전반에서 증발이 활발해진다. 따라서 증발에 의해 이동하는 에너지의 양은 증가한다.

[바로알기] ㄴ. 이산화 탄소는 온실 기체로 대기 중 농도가 증가하면 지표에서 방출되는 복사 에너지를 대기가 더 많이 흡수한다. 이에 따라 대기에서 지표로 재복사되는 에너지(D)의 양이 증가한다.

04 ㄱ. 실제 평균 표면 온도를 섭씨(°C)로 변환하면, A는 464 °C, B는 15 °C, C는 -63 °C이다. 따라서 A는 금성, B는 지구, C는 화성이며, 이 중 액체 상태의 물이 존재하는 행성은 B이다.

ㄷ. 온실 효과를 고려하지 않았을 때의 표면 온도는 A(금성)가 232 K이고, B(지구)가 254 K으로 B가 A보다 높다. 따라서 온실 효과가 없다면 표면 온도는 B(지구)가 금성(A)보다 높을 것이다.

[바로알기] ㄴ. 표면에 액체 상태의 물이 존재하는 행성은 B이므로 생명체가 살아가기에 가장 적절한 행성은 B이다.

중단원 핵심정리

152쪽

- ① 단파 ② 장파 ③ 선택적 ④ 자외선 ⑤ 이산화 탄소
 ⑥ 액체 ⑦ 넓어 ⑧ 반사 ⑨ 지구 온난화

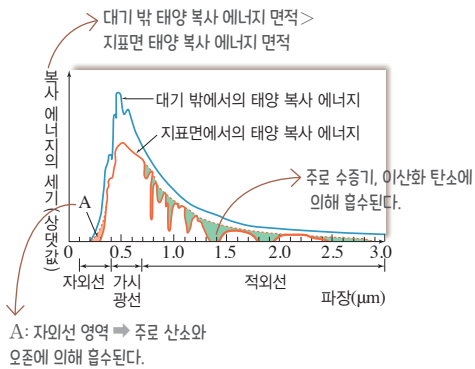
중단원 마무리 문제

153쪽~155쪽

- 01 ④ 02 ⑤ 03 ② 04 (1) 성층권 (2) 자외선
 05 ㉠ 증발, ㉡ 수증기(기체), ㉢ 액체 06 ① 07 ①
 08 ③ 09 ② 10 해설 참조 11 해설 참조
 12 해설 참조

- 01 ① A는 지구 대기 중 가장 많은 부피를 차지하므로 질소이다.
 ② B는 지구 대기 중 약 0.04 %의 부피비를 차지하는 이산화 탄소이다. 이산화 탄소는 온실 기체 중 하나이다.
 ③ 무색 무취의 기체이고, 대기 중 세 번째로 많은 기체는 아르곤이다.
 ⑤ 지구 형성 초기에는 대기 중 산소는 거의 없었지만, 산소는 규산염 광물 등의 형태로 지구 내부에 존재하였다.
바로알기 ④ 산소는 생명체의 호흡에 필요하며 물질의 연소에도 필수적인 기체이다. 따라서 D는 산소이다. 산소는 부피비가 약 21 % (㉢)이고, 아르곤은 부피비가 약 0.93 % (㉡)이므로, ㉡은 ㉢보다 작다.

02 — 낱말 문제 분석



- ㄱ. 그래프와 가로축이 이루는 면적은 대기 밖에서의 태양 복사 에너지가 지표면에서의 태양 복사 에너지보다 크다. 따라서 대기 밖의 태양 복사 에너지의 양이 지표면에 도달한 태양 복사 에너지의 양보다 크다.
 ㄴ. 지표면에 도달한 태양 복사 에너지의 양이 더 적은 까닭은 지구 대기에 반사되거나 흡수되었기 때문이다. 특히 적외선 영역은 지구 대기의 온실 기체에 잘 흡수된다.
 ㄷ. A는 자외선 영역으로 주로 산소와 오존에 의해 흡수된다.

03 오존(O₃)은 성층권에 주로 존재하며 자외선 영역(약 0.2 μm ~ 0.3 μm)의 복사 에너지를 강하게 흡수한다. 이산화 탄소(CO₂)는 주로 적외선 영역의 복사 에너지를 흡수하는 대표적인 온실 기체이다. 따라서 (가)는 오존, (나)는 이산화 탄소이다.

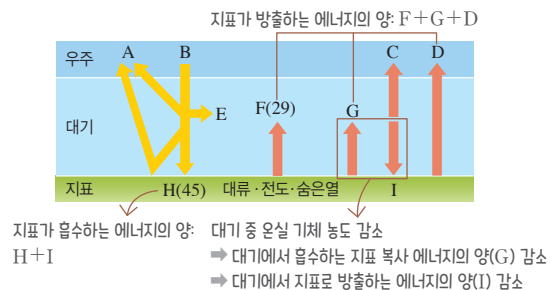
04 (1) 오존이 생성되고 소멸되는 과정은 성층권에서 활발하게 일어난다.
 (2) 오존은 자외선을 흡수하며 산소 원자와 산소 분자로 분해된다(오존의 소멸 과정).

05 생명 가능 지대는 액체 상태의 물이 존재할 수 있는 영역이다. 태양의 광도가 커지면 생명 가능 지대는 태양으로부터 멀어지고, 지구의 온도가 높아져 물은 모두 증발(㉠)하여 수증기(기체)(㉡) 상태로 존재할 것이다. 따라서 액체(㉢) 상태의 물이 존재하지 못해 생명체가 살기 어려운 환경이 될 것이다.

06 ㄱ. 빛이 물체의 표면에 충돌하여 같은 각도와 강도로 튕겨 나가는 현상은 반사이다.
바로알기 ㄴ. B는 반사율이다. 반사율은 눈이 80 %~90 %이고, 초원은 15 %~25 %이므로 눈이 초원보다 높다. 따라서 눈으로 덮인 지표면은 초원으로 덮인 지표면보다 입사한 태양 복사 에너지를 상대적으로 덜 흡수한다.
 ㄷ. 지구의 평균 기온이 높아지면 빙하가 녹아 전 지구적인 반사율(B)은 감소한다.

07 ㄱ. 생명 가능 지대는 중심별의 광도가 클수록 중심별에서 멀리 떨어져 있다. 그림에서 주계열성의 질량이 커질수록 생명 가능 지대가 중심별로부터 멀어지므로, 주계열성은 질량이 클수록 광도가 크다는 것을 알 수 있다.
바로알기 ㄴ. 생명 가능 지대의 폭은 별의 광도가 클수록 넓어진다. 주계열성의 질량이 커지면 광도도 커지므로 생명 가능 지대의 폭 역시 넓어진다.
 ㄷ. 그림에서 주계열성의 질량이 태양의 2배일 경우 지구는 생명 가능 지대의 안쪽 경계보다 더 안쪽에 있다.

08 — 낱말 문제 분석



ㄱ. 지구는 복사 평형 상태이므로 지표가 흡수하는 에너지의 양은 $H+I$ 이고, 방출하는 에너지의 양은 $F+G+D$ 이므로 $H+I=F+G+D$ 이다. 우주에서 $B=A+C+D$ 이므로 $D=B-A-C$ 를 대입하면 $H+I=F+G+B-A-C$ 이다. 따라서 $H+I+C=F+G+B-A$ 이므로 $H+I+C$ 보다 $F+G+B$ 가 크다.
 ㄷ. 지표는 태양 복사 에너지(H)와 대기에서 방출되는 적외선 복사 에너지(I)를 흡수한다. 이 중 H 에는 가시광선이 포함되어 있다. 한편 지표는 복사 에너지를 적외선 형태로 방출한다. 따라서 적외선 복사 에너지의 흡수량은 방출량보다 적다.

바로알기 ㄴ. 대기 중 온실 기체의 농도가 감소하면 대기에서 흡수하는 지표 복사 에너지의 양(G)이 감소한다. 대기에서 흡수하는 에너지의 양이 감소하므로 대기에서 지표로 방출하는 에너지인 I 도 감소한다.

09 ㄴ. 이 기간 동안 지구의 평균 온도가 상승하고 있으므로 입사하는 복사 에너지의 양이 방출하는 복사 에너지의 양보다 많다. 따라서 A 기간 동안 지구에는 에너지가 축적되었다.

바로알기 ㄱ. 이 기간 동안 지구의 평균 온도가 상승하고 있으므로 입사하는 복사 에너지가 방출하는 복사 에너지보다 많다. 따라서 A는 '<'이다.

ㄷ. 해양은 대기에 비해 많은 열을 흡수하여 저장할 수 있다. 따라서 축적된 에너지를 가장 많이 저장하는 곳은 바다이다.

10 **모범 답안** 대기 중 온실 기체의 농도가 증가하면 지표에서 방출되는 지구 복사 에너지의 흡수량이 증가한다. 그 결과 대기에서 지표로 방출되는 재복사량이 증가하여 지표 부근의 온도는 상승한다.

채점 기준	배점
지구 복사 에너지의 흡수량 증가와 재복사량 증가를 모두 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
지구 복사 에너지의 흡수량 증가와 재복사량 증가 중 한 가지만 포함하여 옳게 서술한 경우	50 %

11 **모범 답안** 대기는 특정 파장 영역의 복사 에너지를 선택적으로 흡수한다. $10.5 \mu\text{m}$ 의 적외선은 대기의 창 영역에 해당하여 대기에 의한 흡수가 잘 일어나지 않는다. 따라서 이 파장 영역을 이용하면 해수면에서 방출된 복사 에너지를 효과적으로 관측할 수 있어 해수의 온도를 파악하기에 용이하다.

채점 기준	배점
대기의 창 내용을 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
대기의 창을 언급하지 않고 해당 파장에서 잘 관측할 수 있다라고만 서술한 경우	30 %

12 지표에서 습은열을 흡수하여 상층 대기에서 방출하므로 지상과 상층의 온도 차는 구름 생성 이후가 이전보다 작다.

모범 답안 (1) 지상과 상층의 온도 차는 구름 생성 이후가 이전보다 작다.
 (2) 지표의 물이 증발하면서 습은열을 흡수하여 지상 부근의 온도는 낮아진다. 이후 수증기가 상승하여 구름이 생성될 때 습은열이 상층 대기에서 방출되어 상층 대기의 온도가 높아진다. 그 결과 지상과 상층 대기의 온도 차가 감소한다.

채점 기준	배점
(1) 지상과 상층의 온도 차를 옳게 비교한 경우	50 %
(2) 지상과 상층의 온도 차가 변화하는 까닭을 옳게 서술한 경우	50 %

중단원 고난도 문제

153쪽

01 ④ 02 ⑤

01 **꼼꼼 문제 분석**

복사 평형: 흡수량=방출량
 흡수량=방출량이므로 방출량의 합은 1450이어야 한다. $\Rightarrow A+5+24=145$

구분	태양 복사	지구 복사
지표	흡수	지표면 흡수(47) + 대기 복사(98) = 145
	방출	지표면 복사(A), 대류와 전도(5), 습은열(24)
대기	흡수	지표면 복사(B), 대류와 전도(5), 습은열(24)
	방출	대기 복사(156) = 156

흡수량=방출량이므로 흡수량의 합은 1560이어야 한다.
 $\Rightarrow 23+B+5+24=156$

선택지 분석

- A-B는 8이다. 12
- 지표에서 대기로의 순 에너지 방출 중 가장 큰 것은 습은열이다.
- 지표에서 우주로 직접 방출되는 에너지의 양은 12이다.

전략적 풀이 ① 복사 평형 상태는 흡수량=방출량인 것을 이해한다.

ㄱ. 지표가 흡수하는 에너지는 태양 복사 47과 대기 복사 98의 합이므로 $47+98=145$ 이다. 복사 평형 상태에서는 $A+5+24=145$ 이므로 $A=116$ 이다.

• 대기가 흡수하는 에너지는 대기 흡수(23)+지표 복사(B)+대류 전도(5)+습은열(24)이며, 이는 대기가 방출하는 에너지인 156과 같으므로, $23+B+5+24=156$ 에서 $B=104$ 이다.

$\Rightarrow A-B=116-104=12$

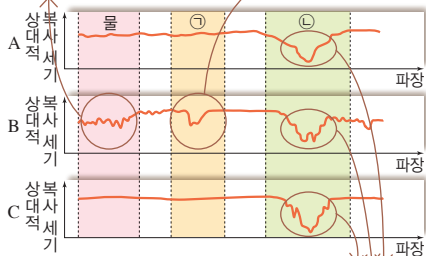
ㄷ. 지표에서 방출되는 복사 에너지는 $A=116$ 이고, 이 중 $B=104$ 가 대기에 흡수된다. 따라서 대기에 흡수되지 않고 우주로 직접 방출되는 에너지는 $116-104=12$ 이다.

㉓ 순 방출은 방출하는 에너지의 양에서 입사하는 에너지의 양을 뺀 값이라는 것을 이해하고, 문제에 적용한다.

ㄴ. 지표에서 대기로 방출하는 복사 에너지의 양은 104 이고, 대기에서 지표로 방출하는 양은 98 이므로 복사에 의한 순 방출량은 $104-98=6$ 이다. 한편 대류와 전도는 5 , 숨은열은 24 이다. 따라서 순 에너지 방출 중 가장 크게 기여하는 것은 숨은열이다.

02 / 꼼꼼 문제 분석

행성 B에만 물(수증기)에 의한 흡수선이 강하게 나타난다. → B에는 수증기가 있고, 나머지 행성에는 대기 중 수증기가 거의 없다. 행성 B에만 \ominus 에 의한 흡수선이 나타난다. → B만 \ominus 이 존재한다.



\ominus 에 의한 흡수선이 모든 행성에 나타난다. → 모든 행성에 \ominus 이 존재한다. → \ominus : 이산화 탄소

선택지 분석

- ㉑ 대기를 구성하는 기체는 선택적으로 파장을 흡수한다.
- ㉒ \ominus 은 오존이다.
- ㉓ 강수 현상이 나타날 수 있는 행성은 B이다.

전략적 풀이 ① 기체는 선택적 흡수체라는 것을 이해한다.

기체는 특정 파장의 복사 에너지를 선택적으로 흡수하며, 특정 파장에서 흡수선이 나타나면 해당 파장을 흡수하는 기체가 존재함을 알 수 있다.

ㄱ. 그림에서 각각의 기체는 서로 다른 파장 영역에서 흡수선이 나타난다. 즉, 대기를 구성하는 기체는 선택적으로 파장을 흡수한다.

㉓ A~C의 흡수선의 특징을 파악하고, 행성의 특징과 연결한다.

ㄴ. 금성, 지구, 화성은 모두 대기 중에 이산화 탄소를 포함하고 있으므로 세 행성에 모두 나타나는 \ominus 은 이산화 탄소이고, $\omin�$ 은 오존이다.

ㄷ. 강수 현상이 나타나려면 대기 중에 수증기가 존재해야 한다. 그림에서 수증기(물)에 의한 흡수 영역이 뚜렷하게 나타나는 것은 B이며, 이는 수증기가 존재하는 지구에 해당한다. 따라서 강수 현상이 나타날 수 있는 행성은 B이다.

2 대기의 운동과 순환

01 / 대기 안정도와 강수 과정

완자샘 비법 특강

160쪽

Q1 (1) 1625 m (2) 기온: 15°C , 이슬점: 2°C

Q1 (1) 상승 응결 고도(H) = 125(지표에서의 기온 - 지표에서의 이슬점)이므로, $125(15-2) = 1625$ m이다.

(2) 기온은 $15^\circ\text{C} - \left(1500 \text{ m} \times \frac{1^\circ\text{C}}{100 \text{ m}}\right) + \left(1500 \text{ m} \times \frac{1^\circ\text{C}}{100 \text{ m}}\right) = 15^\circ\text{C}$ 이고, 이슬점은 $2^\circ\text{C} - \left(1500 \text{ m} \times \frac{0.2^\circ\text{C}}{100 \text{ m}}\right) + \left(1500 \text{ m} \times \frac{0.2^\circ\text{C}}{100 \text{ m}}\right) = 2^\circ\text{C}$ 이다.

개념 확인문제

161쪽

- ① 단열 팽창 ② 낮 ③ 단열 압축 ④ 높 ⑤ 건조 ⑥ 1
- ⑦ 습윤 ⑧ 0.5 ⑨ 이슬점 ⑩ 0.2 ⑪ 0.5 ⑫ 구름 ⑬ 125
- ⑭ 핀

1 (1) \times (2) \circ (3) \times 2 (1) 포화 (2) 1 (3) 습윤 (4) 높 3 ㉑ 약 $0.2^\circ\text{C}/100 \text{ m}$, ㉒ 약 $0.5^\circ\text{C}/100 \text{ m}$ 4 (1) 500 m (2) 기온: 5°C , 이슬점: 5°C 5 ㉑ 팽창, ㉒ 압축, ㉓ 상승, ㉔ 감소, ㉕ 핀

1 (1) 상승하거나 하강하는 공기 덩어리는 열교환이 거의 없어 단열 과정으로 근사하여 설명할 수 있다.

(2) 공기 덩어리 상승 시 주변 기압이 낮아져 공기 덩어리가 팽창하면서 내부 에너지가 감소하여 기온이 낮아진다.

(3) 단열 압축이 일어나면 공기 덩어리가 압축되면서 내부 공기 분자의 운동 에너지가 증가한다.

2 (1) 포화 공기의 상대 습도는 100%, 불포화 공기의 상대 습도는 100% 미만이다.

(2) 불포화 공기가 단열 변화할 때 높이 100 m당 기온이 약 1°C 씩 변한다.

(3) 포화 공기의 이슬점 감률은 습윤 단열 감률과 같은 $0.5^\circ\text{C}/100 \text{ m}$ 이다.

(4) 상승 응결 고도 = 125(지표에서의 기온 - 지표에서의 이슬점)이므로, 기온과 이슬점의 차이가 클수록 상승 응결 고도는 높아진다.

3 상대 습도가 100 % 미만인 불포화 공기의 이슬점 감률은 약 $0.2\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 이고, 상대 습도가 100 %인 포화 공기의 이슬점 감률은 습윤 단열 감률과 같은 약 $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 이다.

4 (1) 상승 응결 고도(H)= $125(\text{지표에서의 기온}-\text{지표에서의 이슬점})=125(20-16)=500\text{ m}$ 이다.

(2) 기온은 $20\text{ }^{\circ}\text{C}-\left(500\text{ m}\times\frac{1\text{ }^{\circ}\text{C}}{100\text{ m}}\right)-\left(2000\text{ m}\times\frac{0.5\text{ }^{\circ}\text{C}}{100\text{ m}}\right)$
 $=5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 이고, 이슬점은 $16\text{ }^{\circ}\text{C}-\left(500\text{ m}\times\frac{0.2\text{ }^{\circ}\text{C}}{100\text{ m}}\right)-\left(2000\text{ m}\times\frac{0.5\text{ }^{\circ}\text{C}}{100\text{ m}}\right)=5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 이다.

5 공기 덩어리는 산을 오르면서 단열 팽창하고, 산을 넘어 내려오면서 단열 압축한다. 이 과정에서 산을 넘어온 공기는 산을 넘기 전보다 기온은 상승하고 이슬점은 하강하여 상대 습도가 낮은 고온 건조한 공기가 되는데, 이와 같이 불포화 공기 덩어리가 산을 넘어오면서 고온 건조해지는 현상을 편이라고 한다.

개념 확인 문제

165쪽

- 1 절대 안정 2 절대 불안정 3 조건부 불안정 4 역전층
 5 층운 6 적운 7 안개 8 병합설 9 빙정설

1 ㉠ 안정, ㉡ 습윤, ㉢ 불안정, ㉣ 건조 2 B, E, 안정(대기의 안정도가 높음) 3 (가) 복사 안개 (나) 증발 안개 (다) 이류 안개 4 ㉠ 과냉각 물방울, ㉡ 빙정, ㉢ 과냉각 물방울, ㉣ 빙정, ㉤ 빙정설

1 기온 감률 < 습윤 단열 감률인 경우 절대 안정 상태이고, 기온 감률 > 건조 단열 감률인 경우 절대 불안정 상태이다.

2 역전층은 높이가 높아질수록 기온이 높아지는 층으로, 공기의 연직 운동이 억제되어 대기의 안정도가 높다.

3 안개는 지표 부근에서 수증기가 응결하여 생성된 작은 물방울이 떠 있는 현상으로, 냉각에 의해 생성되는 복사 안개, 이류 안개, 활승 안개와 수증기량 증가에 의해 생성되는 전선 안개, 증발 안개가 있다.

4 병합설은 중위도나 고위도 지역의 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 보다 낮은 온도의 구름에서 비나 눈이 만들어지는 과정으로, $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 사이에서는 같은 온도일 때 과냉각 물방울의 포화 수증기압이 빙정의 포화 수증기압보다 높기 때문에 특정 수증기압 내 공기에서 과냉각 물방울은 불포화 상태, 빙정은 과포화 상태가 되어 과냉각 물

방울에서 증발이 일어나고, 이 수증기가 빙정에 달라붙으면서 강수 입자가 성장한다.

대표 자료 분석 1

166쪽

1 ㉠ 1, ㉡ 건조, ㉢ 0.2, ㉣ 100 % 미만, ㉤ 0.5, ㉥ 습윤, ㉦ 0.5, ㉧ 100 % 2 $17\text{ }^{\circ}\text{C}$ 3 상승하는 공기 덩어리의 주변 기온이 단열 변화로 기온 감소가 발생한 공기 덩어리의 기온보다 높으므로 공기가 더 이상 상승하지 못한다. 4 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ (5) × (6) ○

1 A 구간에서는 상대 습도가 100 % 미만인 불포화 상태의 공기 덩어리가 상승하여 기온은 건조 단열 감률(약 $1\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$)에 따라 낮아지고, 이슬점은 이슬점 감률(약 $0.2\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$)에 따라 낮아진다. B 구간에서는 상대 습도가 100 %인 포화 상태의 공기 덩어리가 계속 상승하여 습윤 단열 감률(약 $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$)에 따라 기온과 이슬점이 낮아진다.

2 상승 응결 고도(H)= $125(\text{지표에서의 기온}-\text{지표에서의 이슬점})=125(25-T_d)=1000\text{ m}$ 이므로, $T_d=17\text{ }^{\circ}\text{C}$ 이다.

3 상승하는 공기 덩어리의 주변 기온이 단열 변화로 기온 감소가 발생한 공기 덩어리의 기온보다 높기 때문에 공기 덩어리는 더 이상 상승하지 못한다.

4 (1) A 구간에서는 불포화 상태의 공기 덩어리가 건조 단열 변화를 하였다.

(2) 불포화 상태의 공기 덩어리의 기온은 이슬점보다 높으며, 기온은 약 $1\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$, 이슬점은 약 $0.2\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 로 감소하므로 높이가 높아질수록 기온과 이슬점의 차이는 감소한다.

(3) B 구간에서는 포화 상태의 공기 덩어리가 습윤 단열 변화를 하였다.

(4) B 구간에서는 포화 상태의 공기 덩어리가 습윤 단열 감률(약 $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$)에 따라 기온과 이슬점이 같은 비율로 감소한다.

(5) B 구간의 포화 공기에서는 수증기의 응결로 습윤열이 방출되어 공기 덩어리의 부피가 팽창하며 기온이 감소하는 효과를 어느 정도 상쇄시켜 공기 덩어리의 기온 감소율이 불포화 공기보다 작게 나타난다.

(6) A 구간에서는 상대 습도가 100 % 미만인 불포화 상태의 공기 덩어리가, B 구간에서는 상대 습도가 100 %인 포화 상태의 공기 덩어리가 상승하므로 상대 습도는 A 구간보다 B 구간에서 더 크게 나타난다.

대표 자료 분석 2

167쪽

1 ㉠ 14, ㉡ >, ㉢ 절대 불안정, ㉣ 4, ㉤ <, ㉥ 절대 안정, ㉦ 18, ㉧ <, ㉨ <, ㉩ 조건부 불안정 2 (가) 적운형 구름 (나) 층운형 구름 3 (가), 상승하는 공기 덩어리의 기온이 주변 공기보다 높아지면 자발적으로 상승 가능하다. 4 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ×

1 (가)는 지표면의 기온이 30 °C, 상승 응결 고도가 2000 m 이므로 $125(30 - T_d) = 2000$ m에서 $T_d = 14$ °C이고, 기온 감률이 건조 단열 감률보다 크기 때문에 절대 불안정한 대기 상태이다. (나)는 지표면의 기온이 20 °C, 상승 응결 고도가 2000 m 이므로 $125(20 - T_d) = 2000$ m에서 $T_d = 4$ °C이고, 기온 감률이 습윤 단열 감률보다 작기 때문에 절대 안정한 대기 상태이다. (다)는 지표면의 기온이 30 °C, 상승 응결 고도가 1500 m 이므로 $125(30 - T_d) = 1500$ m에서 $T_d = 18$ °C이고, 기온 감률이 습윤 단열 감률보다 크고 건조 단열 감률보다 작기 때문에 조건부 불안정한 대기 상태이다.

2 (가) 지역은 절대 불안정한 대기로 연직 운동이 활발하게 일어나므로 수직적으로 높이 성장한 적운형 구름이 생성되고, (나) 지역은 절대 안정한 대기로 연직 운동이 제한되어 수평적으로 넓게 퍼진 층운형 구름이 생성된다.

3 (가) 지역은 연직 운동이 활발하게 일어나므로 공기 덩어리가 상승 응결 고도에 도달해 구름이 생성되기 시작한 후에도 공기 덩어리의 기온이 주변 공기보다 높아지면 자발적 상승이 일어나 구름이 생성될 수 있다.

4 (1) (가)는 기온 감률이 건조 단열 감률보다 크기 때문에 절대 불안정한 대기이다.

(2) 절대 안정한 대기 상태인 (나) 지역의 지표에서 강제로 상승한 공기는 원래의 위치로 되돌아가려고 한다.

(3) (나)는 기온 감률이 습윤 단열 감률보다 작기 때문에 절대 안정한 대기 상태이므로, 연직 운동이 제한되어 층운형 구름이 생성될 수 있다.

(4) (다)에서 기온 감률과 단열 감률의 교차점인 높이 약 2.3 km 까지 상승한 공기는 이후 습윤 단열 감률에 따라 상승하여 공기 덩어리의 기온이 주변 공기보다 높아지면 자발적으로 상승하면서 적운형 구름이 만들어진다.

(5) 대기 오염 물질의 확산이 가장 잘 일어나는 지역은 절대 불안정한 대기 상태인 (가)이다.

대표 자료 분석 3

168쪽

1 ㉠ 빙정설, ㉡ 중위도나 고위도, ㉢ 병합설, ㉣ 저위도나 여름철 중위도 2 ㉠ 복사, ㉡ 냉각, ㉢ 이류, ㉣ 냉각, ㉤ 증발, ㉥ 수증기량 증가 3 (1) 과냉각 (2) 물방울 4 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○

1 (가)는 구름 내 빙정과 과냉각 물방울이 함께 존재하므로 빙정설이며, 중위도나 고위도 지역의 0 °C보다 낮은 온도의 구름에서 비나 눈이 만들어지는 과정이다. (나)는 구름 내 크기가 다양한 물방울들이 존재하므로 병합설이며, 저위도나 여름철 중위도 지역의 구름, 즉 0 °C보다 높은 온도의 구름에서 비가 만들어지는 과정이다.

2 복사 안개(A)는 지표면의 복사 냉각에 의해 생성되고, 이류 안개(B)는 온난 습윤한 공기가 찬 지표 위로 이동하여 냉각되면서 생성되며, 증발 안개(C)는 찬 공기가 따뜻한 수면 위로 이동할 때 수면에서 증발한 수증기가 응결하여 생성된다.

3 (1) 0 °C 이하에서도 얼지 않고 액체 상태로 존재하는 물방울을 과냉각 물방울이라고 한다.

(2) 안개는 지표 부근에서 수증기가 응결하여 생성된 작은 물방울들이 떠 있는 현상이다.

4 (1) -40 °C ~ 0 °C에서 같은 온도일 때, 포화 수증기압은 과냉각 물방울이 빙정보다 높기 때문에 특정 수증기압 내 공기에서 과냉각 물방울은 불포화 상태, 빙정은 과포화 상태이다.

(2) 구름 내부 물방울들의 크기가 다양해야 낙하 속도 차이에 따른 충돌과 병합이 잘 발생하므로 강수 현상이 더 빠르게 나타날 수 있다.

(3) 복사 안개는 지면의 냉각으로 역전층이 형성되는 안정한 대기층에서 주로 발생한다.

(4) 증발 안개는 찬 공기가 따뜻한 수면 위로 이동할 때 수면에서 증발한 수증기가 응결하여 생성된다.

내신 만점 문제

169쪽~172쪽

01 ㉠ 02 ㉢ 03 ㉤ 04 ㉡ 05 해설 참조
06 ㉠ 07 ㉢ 08 ㉣ 09 ㉣ 10 ㉠ 11 ㉣
12 ㉣ 13 ㉡ 14 해설 참조 15 ㉤ 16 ㉠
17 ㉠

01 ㄱ. (가)에서는 공기 덩어리 상승 시 주변 기압이 낮아져 공기 덩어리가 팽창하면서 내부 에너지가 감소하여 기온이 낮아지는 단열 팽창이 일어났다.

바로알기 나. (나)에서 공기 덩어리 하강 시 주변 기압이 높아져 공기 덩어리가 압축되면서 내부 에너지가 증가한다.

다. 공기 덩어리의 단열 변화 시 불포화 공기의 이슬점은 약 $0.2\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$, 포화 공기의 이슬점은 약 $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 의 비율로 변한다.

02 가, 나. 공기 덩어리의 기온과 이슬점이 같아져 구름이 생성되기 시작하는 높이를 상승 응결 고도라고 하며, 상승 응결 고도는 $125(32-16)=2000\text{ m}$ 이다. 따라서 1 km 지점에서 공기는 불포화 상태이다.

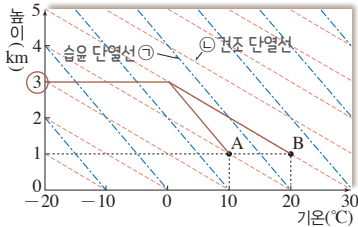
바로알기 다. 공기 덩어리는 기온과 이슬점이 같아지는 2 km 지점부터는 포화 상태가 되어 이후 기온이 습윤 단열 감률에 따라 감소하므로 상대 습도가 100 %로 유지된다.

03 가. 주사기 피스톤을 빠르게 최대 밀어 넣으면 부피가 압축되면서 내부 에너지가 증가하여 기온이 높아지고, 주사기 피스톤을 빠르게 빼면 부피가 팽창하면서 내부 에너지가 감소하여 기온이 낮아진다. 따라서 온도는 ㉠보다 ㉡에서 더 낮다.

나. 주사기 피스톤을 빠르게 최대 밀어 넣으면 부피가 압축되면서 플라스크 내부 기압이 증가한다.

다. (다) 과정에서는 단열 팽창이 발생하여 플라스크 내부 온도가 낮아지므로 플라스크 내부 공기 중 수증기가 응결하여 플라스크 안이 일시적으로 뿌영계 흐려질 수 있다.

04 — **포괄 문제 분석**



- 습윤 단열선(㉠): 상대 습도가 100 %인 포화 공기가 약 $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 비율로 기온 변화
- 건조 단열선(㉡): 상대 습도가 100 % 미만인 불포화 공기가 약 $1\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 비율로 기온 변화

나. ㉡은 높이가 1 km 높아질수록 약 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 의 기온이 감소하므로, 약 $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$ 의 단열 감률을 가진다.

바로알기 가. ㉠은 약 $5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$ 의 기온 변화를 보이므로, 습윤 단열선이다.

다. A는 포화 공기이므로 습윤 단열선(㉠)을 따라, B는 불포화 공기이므로 건조 단열선(㉡)을 따라 공기의 기온이 감소하며 상승하는 두 공기의 기온은 약 3 km 지점에서 같아진다.

05 상승 응결 고도(H)에서의 기온은 $T - \frac{1\text{ }^{\circ}\text{C}}{100\text{ m}} \times H$ 이고, 이슬점은 $T_d - \frac{0.2\text{ }^{\circ}\text{C}}{100\text{ m}} \times H$ 이다. 상승 응결 고도(H)에서는 기온과 이슬점이 같으므로 $T - \frac{1\text{ }^{\circ}\text{C}}{100\text{ m}} \times H = T_d - \frac{0.2\text{ }^{\circ}\text{C}}{100\text{ m}} \times H$ 와 같이 나타낼 수 있다.

모범 답안 $T - \frac{1\text{ }^{\circ}\text{C}}{100\text{ m}} \times H = T_d - \frac{0.2\text{ }^{\circ}\text{C}}{100\text{ m}} \times H$ 에서 $H(\text{m}) = 125(T - T_d)$ 이다.

채점 기준	배점
상승 응결 고도(H)를 계산하는 식을 옳게 유도한 경우	100 %
상승 응결 고도(H)를 계산하는 식만 제시한 경우	50 %

06 가. 상승 응결 고도는 불포화 공기가 상승하여 응결이 일어나 구름이 생성되기 시작하는 높이이므로 (나)보다 (가)에서 낮다.

바로알기 나. 기온과 이슬점의 차이가 작을수록 상승 응결 고도는 낮아진다. 따라서 A 지점의 이슬점은 (나)보다 상승 응결 고도가 낮은 (가)에서 높다.

다. 상승 응결 고도 이후 공기 덩어리는 습윤 단열 감률에 따라 기온이 감소하므로 산 정상에서의 기온은 상승 응결 고도가 낮을수록 더 높게 나타난다. 이후 산을 넘어선 공기는 건조 단열 감률에 따라 기온이 증가하므로, 산을 넘어선 공기의 기온은 (나)보다 (가)에서 높다.

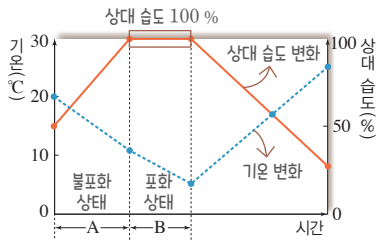
07 다. B 지점에서 공기 덩어리 P와 Q의 기온은 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 이며, 산 정상에서 B 지점까지 두 공기 덩어리는 모두 건조 단열 감률 ($1\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$)에 따라 기온이 증가하므로, 산 정상에서 두 공기 덩어리의 기온과 이슬점은 $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 로 같다.

바로알기 가. 산을 넘어선 공기는 건조 단열 감률($1\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$)에 따라 기온이 증가하므로, 산 정상인 높이 3000 m 지점에서 공기 덩어리 P의 기온은 $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 이며, 이 공기는 처음 불포화 상태에서 이후 상승 응결 고도(H)에서 구름을 생성하고 강수 현상이 나타나며 포화 상태에 이르렀으므로, 이를 토대로 식을 세우면 $-5\text{ }^{\circ}\text{C} = 20\text{ }^{\circ}\text{C} - \frac{1\text{ }^{\circ}\text{C}}{100\text{ m}} \times H - \frac{0.5\text{ }^{\circ}\text{C}}{100\text{ m}} \times (3000\text{ m} - H)$

이므로, H 는 2000 m이다.

나. A 지점에서 공기 덩어리 Q의 기온은 $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 이며, 이때 이슬점이 $17\text{ }^{\circ}\text{C}$ 일 경우 Q는 A 지점부터 산 정상까지 습윤 단열 감률($1\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$)에 따라 기온이 감소해야 하므로 산 정상에서 Q의 기온은 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 가 되어야 한다. 그러나 실제 산 정상에서 Q의 기온은 $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 이므로 A 지점에서 Q의 이슬점은 $17\text{ }^{\circ}\text{C}$ 가 될 수 없다.

08 — 꼼꼼 문제 분석



ㄴ. A 구간에서 상대 습도(—)는 100 % 미만이므로 이 공기는 수증기에 대해 불포화 상태이다.

ㄷ. B 구간은 상대 습도(—)가 100 %인 포화 상태이므로 공기 덩어리의 기온과 이슬점은 습윤 단열 감률($0.5\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$)에 따라 변한다.

바로알기 ㄱ. 실선(—)은 상대 습도, 점선(⋯)은 기온 변화이다.

09 ㄱ. 상승 응결 고도는 구름이 생성되기 시작하는 높이로, 공기 덩어리가 상승하여 기온과 이슬점이 같아지면 상대 습도가 100 %에 도달하고, 수증기가 응결하여 구름이 만들어지기 시작한다. (나)에서 상대 습도가 100 %에 도달한 높이는 1 km이므로 이 공기의 상승 응결 고도는 1 km이다.

ㄷ. 공기 덩어리가 불포화 상태일 때 이슬점은 수증기량의 변화에 따라 약 $0.2\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 의 일정한 비율로 변하므로, 불포화 공기가 상승하는 A-B 구간과 불포화 공기가 하강하는 C-D 구간에서 이슬점 감률은 서로 같다.

바로알기 ㄴ. 공기 덩어리의 상승 응결 고도(H)는 1000 m이므로, $1000\text{ m}=125(15-T_d)$ 에서 이슬점(T_d)은 $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ 이다.

10 ㄱ. A의 기온 감률은 건조 단열 감률보다 크므로 절대 불안정한 상태이다.

바로알기 ㄴ. B의 기온 감률은 습윤 단열 감률보다 크고 건조 단열 감률보다 작으므로 조건부 불안정한 상태이다.

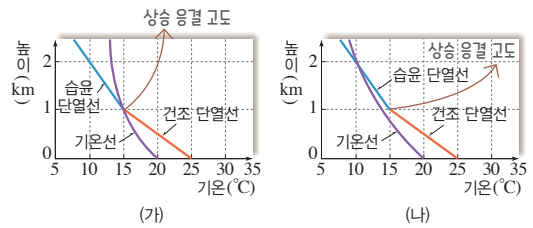
ㄷ. 오염 물질의 확산은 안정 상태(C)의 대기보다 불안정한 상태(A)의 대기에서 활발하게 일어난다.

11 ㄱ. (가)는 기온 감률이 습윤 단열 감률보다 작으므로 절대 안정 상태이다.

ㄴ. 역전층은 높이가 높아질수록 기온이 높아지는 절대 안정 상태인 대기층으로, 조건부 불안정한 (나)보다 절대 안정한 (가)의 조건에서 잘 생성된다.

바로알기 ㄷ. (나)에서 지표의 포화 공기 덩어리를 강제로 상승시키면 습윤 단열선을 따라 기온이 감소하므로 주변 공기보다 기온이 높아진다.

12 — 꼼꼼 문제 분석



주변 공기보다 기온이 높아 공기의 자발적 상승이 가능한 구간
 → (가): 1 km, (나): 2 km

ㄱ. 상승하는 공기 덩어리의 기온이 주변 공기보다 높을 때 자발적 상승이 일어날 수 있다. (가)는 높이 약 1 km까지, (나)는 약 2 km까지 자발적 상승이 일어나므로, 공기의 자발적 상승이 일어나는 한계 고도는 (가)보다 (나)에서 더 높다.

ㄴ. 1.5 km 상공에서 상승하는 공기 덩어리의 자발적 상승은 (나)에서만 가능하므로, (가)는 (나)보다 더 안정한 대기에 속한다.

바로알기 ㄷ. 층운형 구름은 안정한 대기에서 형성된다. (가)는 상승 응결 고도보다 높은 구간에서는 상승한 공기의 기온이 주변보다 낮고 기층이 안정하므로 층운형 구름은 (나)보다 (가)에서 더 잘 만들어진다.

13 ㄴ. (가)와 (나) 지역에서 구름이 생성되는 높이는 상승하는 공기의 단열 변화가 건조 단열선에서 습윤 단열선으로 바뀌는 지점이므로, 이 지점은 (가)와 (나) 지역에서 모두 높이 1.0 km 지점으로 같다.

바로알기 ㄱ. 높이에 따른 기온선의 변화율인 기온 감률은 (가)보다 (나)에서 더 크게 나타난다.

ㄷ. (가)는 안정한 대기층, (나)는 불안정한 대기층이므로 생성되는 구름의 두께는 기층의 불안정도가 높아 연직 운동이 활발한 (나)에서 더 두껍다.

14 냉각에 의한 안개로는 복사 안개, 이류 안개, 활승 안개가 있고, 수증기량 증가에 의한 안개로는 전선 안개, 증발 안개가 있다.

모범 답안 (가) 증발 안개는 찬 공기가 따뜻한 수면 위로 이동할 때 수면에서 증발한 수증기가 응결하여 수증기량 증가에 의해 생성되었고, (나) 이류 안개는 온난 습윤한 공기가 찬 지표 위로 이동하면서 냉각에 의해 생성되었다.

채점 기준	배점
증발 안개와 이류 안개의 생성 과정과 원인을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
증발 안개와 이류 안개의 생성 과정과 원인 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

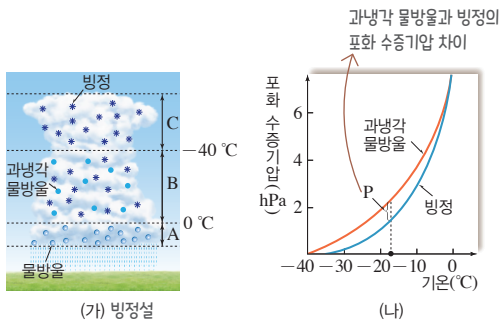
15 나, 다. $-40^{\circ}\text{C} \sim 0^{\circ}\text{C}$ 사이에서 같은 온도일 때 포화 수증기압은 과냉각 물방울이 얼음보다 높다. 따라서 칸막이를 들어 올리면 과냉각 물방울에서 증발한 수증기가 얼음에 달라붙으면서 얼음 알갱이의 크기는 점차 커질 것이다.

바로알기 가. 위 실험 장치는 빙정과 과냉각 물방울이 함께 존재하는 빙정설의 원리를 알아보는 실험 장치로, 중위도나 고위도 지역의 강수 과정을 설명한다. 열대 지방의 강수 과정은 병합설로 설명할 수 있다.

16 가. 구름 내 크기가 다양한 물방울들만 존재하므로 저위도나 여름철 중위도 지역의 강수를 설명하기에 적합하다.

바로알기 나. 그림은 구름 내부 온도가 0°C 이상인 빙정이 없고 물방울만 존재하는 병합설에 따른 강수 과정을 설명하고 있다. 다. 물방울의 크기가 다양할수록 낙하 속도의 차이가 커져 충돌과 병합이 잘 발생한다.

17 **꼼꼼 문제 분석**



- A(0°C 이상): 주로 물방울로 이루어져 있다.
- B($-40^{\circ}\text{C} \sim 0^{\circ}\text{C}$): 빙정과 과냉각 물방울이 함께 존재한다.
- C(-40°C 이하): 주로 빙정으로 이루어져 있다.

가. 구름 내 빙정과 과냉각 물방울이 존재하므로 중위도나 고위도 지역의 강수 현상을 설명하는 빙정설이다.

바로알기 나. 빙정은 과냉각 물방울이 존재하는 환경에서 잘 성장한다.

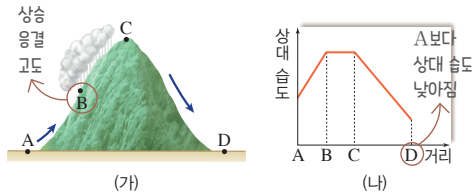
다. 과냉각 물방울과 빙정의 포화 수증기압 차이(P)가 클수록 과냉각 물방울의 증발이 더 활발하게 일어나 빙정에 달라붙어 빙정의 성장 속도가 빨라진다.

실력 UP 문제

173쪽

- 01 ③ 02 ② 03 ① 04 ⑤

01 **꼼꼼 문제 분석**



- A-B 구간: 상대 습도 100% 미만, 불포화 상태
- B-C 구간: 상대 습도 100%, 포화 상태
- C-D 구간: 상대 습도 100% 미만, 불포화 상태

가. 공기 덩어리가 산을 넘으면서 강수 현상이 일어났으므로, 산을 넘은 후 공기 내 수증기량이 줄어들어 기온과 이슬점 차이가 더 커진다.

나. A-B 구간은 불포화 상태, B-C 구간은 포화 상태이다. 불포화 공기의 이슬점 감률은 $0.2^{\circ}\text{C}/100\text{m}$, 포화 공기의 이슬점 감률은 $0.5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 이므로 이슬점 감률은 A-B 구간보다 B-C 구간에서 더 크다.

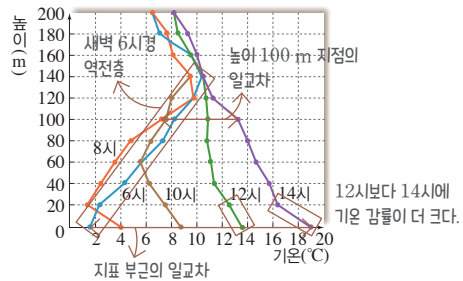
바로알기 다. D 지점에 도달한 공기 덩어리는 A 지점보다 기온과 이슬점 차이가 커지므로 상대 습도가 낮아져 고온 건조하다.

02 나. 높이 1 km~3 km 구간에서 기온과 이슬점 차이가 커지므로 상대 습도는 점차 낮아진다.

바로알기 가. 높이 0 km~1 km 구간의 공기는 불포화 상태이며, 기온 감률은 건조 단열 감률보다 작게 나타나므로 기층은 안정한 상태이다.

다. 강제로 상승시킨 지표의 공기는 건조 단열선을 따라 이동하며, 높이 약 1 km 지점에서 이슬점선과 만나 구름을 생성한다.

03 **꼼꼼 문제 분석**



가. 역전층은 높이가 높아질수록 기온이 높아지는 절대 안정 상태의 대기층으로, 새벽 6시경 지표~높이 140 m 구간에는 역전층이 나타나고 있다.

바로알기 나. 대기 온도의 일변화인 일교차는 지표 복사의 영향을 가장 크게 받는 지표 근처 대기에서 가장 크게 나타난다.

다. 높이 20 m 내 대기의 기온 감률은 12시보다 14시에 더 크게 나타나 대기가 불안정해지고, 이로 인해 오염 물질의 확산이 활발하므로 대기 오염 물질의 농도는 12시보다 14시에 더 낮을 것이다.

04 가. 물방울의 크기가 다양할수록 낙하 속도가 다양해져 물방울의 충돌과 병합이 잘 발생한다.

나. A 구간은 과냉각 물방울과 빙정이 모두 존재할 수 있으며, 같은 온도일 때 과냉각 물방울의 포화 수증기압이 빙정의 포화 수증기압보다 높기 때문에 특정 수증기압 구간에서 빙정은 포화, 과냉각 물방울은 불포화 상태가 되어 과냉각 물방울에서 증발이 일어나고, 이 수증기가 빙정에 달라붙는다.

다. 병합설(가)은 저위도나 여름철 중위도 지역, 빙정설(나)은 중위도나 고위도 지역의 강수 현상을 설명한다.

02 / 대기를 움직이는 힘

개념 확인문제

176쪽

- ① 기압 ② 76 ③ 1013 ④ 정역학 평형 ⑤ 기압 경도력 ⑥ 바람
⑦ 전향력 ⑧ 오른 ⑨ 왼 ⑩ 구심력 ⑪ 마찰력

- 1 (1) × (2) ○ 2 (1) A: 기압 경도력, B: 중력 (2) 정역학 평형
3 ㉠ 클, ㉡ 좁을 4 ㉢ 빠를, ㉣ 고위도 5 (1) ○ (2) ○
(3) ○ (4) ○

1 (1) 1기압은 약 1013 hPa에 해당한다.
(2) 지표면에서 위로 올라갈수록 공기의 밀도가 작아져 공기 분자의 운동에 따른 충돌 횟수가 적어지므로 기압이 감소한다.

2 (1) A는 기압 차에 의해 발생하는 기압 경도력, B는 지구 중심부로 향하는 중력이다.
(2) 기압 경도력(A)과 중력(B)이 평형을 이루는 상태를 정역학 평형이라고 한다.

3 기압 경도력은 두 지점 사이의 기압 차로 발생하며, 공기의 밀도가 일정할 때 두 지점 사이의 기압 차가 클수록, 등압선 간격이 좁을수록 크게 작용한다.

4 전향력은 지구 자전에 의해 발생하는 겉보기 힘으로, 공기 덩어리의 속력이 빠를수록, 고위도로 갈수록 크게 작용한다.

5 (1), (2) A는 마찰력의 영향을 거의 받지 않는 자유 대기, B는 바람이 마찰력의 영향을 받는 대기 경계층이다.

(3) 지표면의 성질에 따라 마찰력이 변하므로, 마찰력이 작용하는 대기 경계층(B)은 지표면의 성질에 따라 그 높이가 달라진다.

(4) 대기 경계층(B)에는 마찰력이 작용하여 물체의 운동을 방해하므로 자유 대기(A)에 비해 바람의 세기가 약하다.

대표 자료 분석 1

177쪽

- 1 A=B 2 $\Delta P = -\rho g \Delta Z$ 3 C: 기압 경도력, D: 마찰력, E: 전향력 4 등압선 간격이 좁을수록 기압 경도력이 커지므로 풍속의 크기는 커진다. 5 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ (5) × (6) ○ (7) ×

1 정역학 평형 상태이므로 A와 B의 크기는 같다.

2 대기의 정역학 평형 상태의 조건을 만족하는 정역학 방정식은 $\Delta P = -\rho g \Delta Z$ 이다.

3 C는 고기압에서 저기압으로 등압선에 직각인 방향으로 작용하므로 기압 경도력, D는 바람의 반대 방향으로 작용하므로 마찰력, E는 바람의 오른쪽 직각 방향으로 작용하므로 전향력이다.

4 기압 경도력은 등압선 간격이 좁을수록 크게 작용하므로, 등압선 간격이 좁아질 경우 풍속의 크기는 커진다.

5 (1) A는 높이에 따른 기압 차이 때문에 작용하는 기압 경도력이다.

(2) B는 지구 중심부로 향하는 중력이다.

(3) 기압 경도력(A)과 중력(B)은 크기는 같고 방향은 반대인 정역학 평형 상태이다.

(4) 기압 경도력(C)은 공기 덩어리를 움직이게 하여 바람을 일으키는 근본적인 힘이다.

(5) 마찰력(D)은 지표면에 가까울수록 크기가 커진다.

(6) 전향력(E)은 지구 자전에 의해 나타나는 가상적인 힘이다.

(7) 기압 경도력(C)은 고기압에서 저기압 쪽으로 등압선에 직각인 방향으로 작용하므로, 등압선 ㉠은 등압선 ㉡보다 기압이 높다.

내신 만점문제

178쪽~179쪽

- 01 ① 02 ③ 03 ① 04 ⑤ 05 ② 06 ⑤
07 ③ 08 해설 참조

01 ㄱ. 기압은 단위 면적에 작용하는 공기의 힘으로, 밀도가 일정한 공기 기동을 가정하여 크기를 구한다.

ㄴ. 기압의 단위로는 보통 hPa(헥토파스칼)을 사용하며, 1기압의 크기는 약 1013 hPa이다.

바로알기 ㄷ. 공기는 항상 움직이므로 시간과 장소에 따라 온도와 밀도 등이 달라지고, 이로 인해 측정하는 시간과 장소에 따라 기압이 달라진다.

ㄹ. 1 hPa는 1 m²의 면적에 100 N의 힘이 작용하는 압력이다.

02 어느 높이에서의 기압은 그 높이보다 위에 있는 공기의 압력이므로, (1000-750) : 750 = 1 : 3이다.

03 ㄱ. 토리첼리의 기압 실험에서 1기압은 76 cm 높이의 수은 기둥이 수은 면을 누르는 압력을 의미한다. 따라서 이 지역의 기압은 1기압, 약 1013 hPa이다.

바로알기 ㄴ. 고도가 높아질수록 기압이 낮아지므로 수은 기둥이 수은 면을 누르는 압력도 낮아져 수은 기둥의 높이는 낮아질 것이다.

ㄷ. 수은 기둥의 압력과 기압은 평형을 이루므로 유리관의 굽기에 관계없이 동일 장소와 시점에서 수은 기둥의 높이는 항상 같다.

04 ㄱ. 고기압에서 저기압 쪽으로 작용하는 A는 기압 경도력이고, 이와 정역학 평형을 이루고 있는 B는 중력이다.

ㄴ. 정역학 평형 상태에서 기압 경도력(A)과 중력(B)은 크기는 같고 방향은 반대이다.

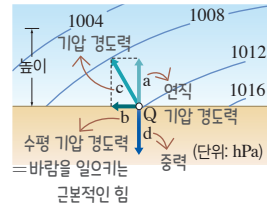
ㄷ. 정역학 평형 상태에서는 기압 경도력(A)과 중력(B)이 평형을 이루므로 $\Delta P = -\rho g \Delta Z$ 가 성립한다. 두 지점 사이의 기압차는 $100 \text{ hPa} = 10^4 \text{ N/m}^2$ 이고, $10^4 \text{ N/m}^2 = \rho \times 10 \text{ m/s}^2 \times 1000 \text{ m}$ 이므로, 공기의 평균 밀도(ρ) = 1 kg/m^3 이다.

05 ㄷ. 단위 질량의 공기 덩어리에 작용하는 기압 경도력의 크기는 $\frac{\Delta P \times S}{\rho \times S \times d} = \frac{1}{\rho} \frac{\Delta P}{d}$ 이다.

바로알기 ㄱ. $\Delta P > 0$ 이므로 오른쪽 면의 기압이 더 크다. 기압 경도력은 고기압에서 저기압 쪽으로 작용하므로, ㉠ 방향으로 작용한다.

ㄴ. 기압 경도력은 등압선 간격이 좁을수록 즉, d 가 짧을수록 크게 작용한다.

06 품평 문제 분석



정역학 평형으로 연직 기압 경도력(a)은 중력(d)과 상쇄되므로 실제로는 수평 기압 경도력(b)이 바람을 일으키는 근본적인 힘이다.

ㄱ, ㄴ. 연직 기압 경도력(a)과 중력(d)은 방향은 반대이지만 크기가 같은 정역학 평형 상태를 이루고 있으므로 Q 지점에서 실제로 바람을 일으키는 근본적인 힘은 수평 기압 경도력(b)이다.

ㄷ. 기압 경도력은 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 등압선에 직각인 방향으로 작용하므로, Q 지점에 작용하는 기압 경도력은 c이다.

07 ㄷ. 지표면에서 높이 1 km까지의 대기 경계층에서는 마찰력(다)이 크게 작용하여 풍속과 풍향에 영향을 주지만, 높이 1 km 이상의 자유 대기에서는 마찰력(다)이 거의 영향을 미치지 않는다.

바로알기 ㄱ. 구심력(가)은 회전 속도가 빠를수록, 회전 반경이 작을수록 커진다.

ㄴ. 전향력(나)은 공기 덩어리의 속력이 빠를수록, 고위도로 갈수록 커진다.

08 전향력은 북반구에서는 물체 운동 방향의 오른쪽 직각 방향, 남반구에서는 물체 운동 방향의 왼쪽 직각 방향으로 작용한다.

모범 답안 ㉠. 전향력은 지구 자전에 의해 발생하는 겉보기 힘이므로 자전하는 지구에서 물체를 움직이면 전향력에 의해 운동 경로가 휘어지는 ㉠의 운동 경로를 따른다.

채점 기준	배점
전향력에 의한 물체의 운동 경로를 옳게 고르고, 그 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
전향력에 의한 물체의 운동 경로만 옳게 고른 경우	50 %

실력 UP 문제

179쪽

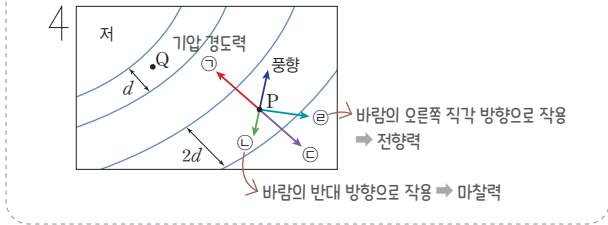
- 01 ① 02 ③

01 ㄱ. 지표에서 기압은 1000 hPa이고, 높이 5 km에서 기압은 500 hPa이므로 높이 5 km 이내에 전체 공기의 50 %가 존재한다.

바로알기 나. 지표와 높이 12 km의 기압 차는 900 hPa이므로, 900 hPa = $9 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ 의 공기가 있다. $P = \rho g Z$ 에서 $9 \times 10^4 \text{ N/m}^2 = \rho \times 10 \text{ m/s}^2 \times 12000 \text{ m}$ 이므로, 높이 12 km 이 내 공기의 평균 밀도(ρ) = 0.75 kg/m^3 이다.

다. 높이가 높아질수록 기압이 낮아지므로 ΔZ 에 해당하는 기압 차는 높이 12 km 부근이 5 km 부근보다 작다.

02 꼼꼼 문제 분석



ㄱ. ㉠은 고기압에서 저기압 쪽으로 등압선에 대해 직각 방향으로 작용하는 기압 경도력이다.

나. 마찰력은 바람이 부는 방향과 반대 방향으로 작용하므로 ㉡에 해당하고, 북반구에서 전향력은 바람이 부는 방향의 오른쪽 직각 방향으로 작용하므로 ㉢에 해당한다. 따라서 ㉣은 마찰력(㉡)과 전향력(㉢)의 합력이다.

바로알기 다. Q 지점 사이의 등압선 간격은 P 지점 사이 등압선 간격의 $\frac{1}{2}$ 배이지만, 기압 차는 동일하다. 기압 차가 같을 때 기압 경도력은 등압선 간격이 좁을수록 커지므로, Q 지점의 수평 기압 경도력은 P 지점의 2배이다.

03 바람의 종류

개념 확인문제

183쪽

- 1 지균풍
- 2 전향력
- 3 경도풍
- 4 구심력
- 5 시계 반대
- 6 시계
- 7 지상풍
- 8 마찰력
- 9 지상풍
- 10 지균풍
- 11 지상
- 12 상층

1 (1) 기압 경도력, 전향력 (2) 지균풍, ㉡ **2** (가) 저기압성 경도풍 (나) 고기압성 경도풍 (2) (나) > 지균풍 > (가) **3** A: 기압 경도력, B: 마찰력, C: 전향력 **4** (가) 저기압 (나) 고기압 **5** (1) 〇 (2) 〇 (3) × (4) × (5) 〇

1 (1) A는 고기압에서 저기압 쪽으로 등압선에 직각인 방향으로 작용하는 기압 경도력, B는 기압 경도력(A)과 평형을 이루는 전향력이다.

(2) 기압 경도력(A)과 전향력(B)이 평형을 이룬 상태에서 부는 바람은 지균풍이며, 북반구에서는 기압 경도력(A)의 오른쪽 직각 방향(㉢)으로 나타난다.

2 (1) (가)는 풍향이 시계 반대 방향으로 나타나므로 저기압성 경도풍, (나)는 풍향이 시계 방향으로 나타나므로 고기압성 경도풍이다.

(2) 풍속은 전향력의 크기에 비례하므로 기압 경도력이 같을 때 고기압성 경도풍(나)은 저기압성 경도풍(가)보다 전향력이 크게 작용한다. 따라서 풍속의 크기는 고기압성 경도풍(나) > 지균풍 > 저기압성 경도풍(가) 순이다.

3 A는 고기압에서 저기압 쪽으로 등압선에 직각인 방향으로 작용하는 기압 경도력, B는 바람 방향의 반대 방향으로 작용하는 마찰력, C는 바람 방향의 오른쪽 직각 방향으로 작용하는 전향력이다.

4 북반구 저기압 부근에서는 바람이 시계 반대 방향으로 불어 들어가고, 북반구 고기압 부근에서는 바람이 시계 방향으로 불어 나가므로 (가) 지역의 중심부는 저기압, (나) 지역의 중심부는 고기압이다.

5 (1), (2) 지균풍과 경도풍은 마찰력의 영향을 거의 받지 않는 높이 약 1 km 이상의 자유 대기에서 부는 바람이다.

(3) 지상풍은 지표면의 영향으로 마찰력이 작용하여 등압선을 가로질러 분다.

(4) 지상풍은 전향력과 마찰력의 합력이 기압 경도력과 평형을 이룬다.

(5) 북반구에서 전향력은 물체 운동 방향의 오른쪽 직각 방향으로 작용하며, 높이가 높아질수록 풍속이 빨라져 전향력이 커지므로 북반구 지상에서 부는 바람은 높이 약 1 km로 올라갈수록 풍향이 시계 방향으로 변한다.

대표 자료 분석 1

184쪽

1 A: 기압 경도력, B: 전향력, A=B **2** P < Q **3** a: 증가한다, b: 변하지 않는다. **4** (1) 자유 대기 (2) 지균풍 (3) 높 **5** (1) 〇 (2) × (3) × (4) 〇 (5) 〇

1 (가)는 바람이 등압선과 나란하게 부는 지균풍이고, 북반구에서 지균풍은 기압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로 나타나므로 A는 기압 경도력, B는 기압 경도력(A)과 평형을 이루는 전향력이다. 기압 경도력(A)과 전향력(B)은 크기가 같고 방향은 반대로 작용한다.

2 등압선 간격이 좁을수록 기압 경도력이 커지므로 풍속이 증가한다. 따라서 등압선 간격이 좁은 Q 지점은 P 지점보다 풍속이 빠르다.

3 (나)에서 힘 a는 바람의 오른쪽 직각 방향으로 작용하므로 전향력이고, b는 기압 경도력이다. 경도풍이 형성될 때까지 기압 경도력(b)은 일정하지만, 풍속이 점차 증가하면서 전향력(a)의 크기는 증가한다.

4 (1) 지균풍(가)과 고기압성 경도풍(나)은 마찰력의 영향을 거의 받지 않는 자유 대기에서 분다.

(2) (가)에서 부는 바람은 등압선과 나란하게 부는 지균풍이다.
 (3) (나)에서 풍향이 시계 방향으로 나타나므로 (나)에서 부는 바람은 중심으로 갈수록 기압이 높아지는 고기압성 경도풍이다.

5 (1) (가)의 A와 (나)의 b는 기압 경도력으로, 바람을 일으키는 근원적인 힘이다.

(2) (가)에서 기압 경도력(A)이 같을 때, 풍속은 저위도로 갈수록 빠르다.

(3) (가)에서 기압 경도력(A)은 고기압에서 저기압 쪽으로 등압선에 직각인 방향으로 작용하므로, ㉠은 ㉡보다 크다.

(4) 고기압성 경도풍(나)은 '전향력 - 기압 경도력 = 구심력'으로 힘의 평형을 유지하므로, (나)에서 경도풍이 형성된 후 기압 경도력과 구심력의 크기를 합하면 전향력의 크기와 같다.

(5) 전향력의 크기는 풍속에 비례하며 전향력은 (가)에서는 기압 경도력과 같고, (나)에서는 기압 경도력보다 크다. 따라서 기압 경도력이 같다면, 풍속은 (가)보다 (나)에서 더 빠르다.

대표 자료 분석 2

185쪽

1 A: 기압 경도력, B: 마찰력, C: 전향력, D: 기압 경도력, E: 전향력, F: 마찰력 2 A: 일정, B: 감소, C: 증가, θ : 감소 3 (1) 대기 경계층 (2) A (3) ㉠ 저기압, ㉡ 고기압 4 (1) ㉠ (2) ㉢ (3) ㉠ (4) \times (5) \times (6) \times (7) ㉠

1 북반구에서 바람은 기압 경도력에 대해 오른쪽으로 비스듬하게 고기압에서 저기압 쪽으로 분다. 따라서 A와 D는 기압 경도력, B와 F는 바람 방향의 반대 방향으로 작용하는 마찰력, C와 E는 바람 방향의 오른쪽 직각 방향으로 작용하는 전향력이다.

2 높이에 따른 공기의 밀도가 일정하고 등압선의 간격이 변하지 않는 상태에서 지표면으로부터 고도가 높아질 경우 기압 경도력(A)의 크기는 일정하고, 마찰력(B)의 크기는 작아진다. 마찰력(B)의 크기가 작아지면서 풍속이 증가하고 전향력(C)의 크기도 증가하면서 바람과 등압선이 이루는 각인 θ 는 작아진다.

3 (1) 지상풍은 마찰력이 작용하는 높이 약 1 km 이하의 대기 경계층에서 부는 바람이다.

(2) 기압 경도력(A)은 전향력(C)과 마찰력(B)의 합력과 평형을 이루므로, 힘 A~C 중 기압 경도력(A)의 크기가 가장 크다.

(3) 북반구에서 등압선이 곡선일 때 저기압 부근에서는 바람이 시계 반대 방향으로 불어 들어가고, 고기압 부근에서는 바람이 시계 방향으로 불어 나간다. 따라서 (나)는 지상 저기압, (다)는 지상 고기압에서 부는 바람이다.

4 (1) 지상풍은 마찰력이 작용하는 대기 경계층에서 부는 바람이다.

(2) 지상풍에서 기압 경도력은 전향력과 마찰력의 합력과 평형을 이루어 나타난다.

(3) 기압 경도력(A)이 작아지면 풍속이 감소하면서 전향력(C)도 작아진다.

(4), (5) 마찰력(B)이 커지면 풍속이 감소하고 전향력(C)도 감소하므로 바람과 등압선이 이루는 각인 θ 의 크기는 커진다.

(6), (7) 북반구의 고기압 지역에서는 바람이 시계 방향으로 불어 나가고, 북반구의 저기압 지역에서는 바람이 시계 반대 방향으로 불어 들어간다.

내신 만점 문제

186쪽~188쪽

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

01 지균풍은 높이 약 1 km 이상의 상공에서 등압선이 직선일 때 등압선과 나란하게 부는 바람으로, 기압 경도력과 전향력이 평형을 이루어 나타난다.

모범 답안 C: 지균풍, 고기압에서 저기압 쪽으로 기압 경도력(A)이 작용하고, 기압 경도력(A)과 전향력(D)이 평형을 이루어 나타난다. 북반구에서 기압 경도력(A)의 오른쪽 직각 방향으로 지균풍(C)이 분다.

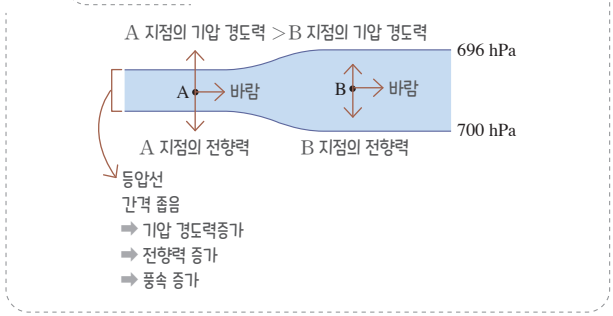
채점 기준	배점
바람 방향의 기호와 이름, 이에 작용하는 힘에 대해 모두 옳게 서술한 경우	100 %
바람 방향의 기호와 이름만 옳게 쓴 경우	40 %

02 ㄱ. 500 hPa 등압면의 상층 일기도는 등압면의 고도가 높은 곳은 기압이 높고, 등압면의 고도가 낮은 곳은 기압이 낮다. 따라서 A는 기압이 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 작용하는 기압 경도력이고, B는 기압 경도력(A)과 평형을 이루어 나타나므로 전향력이다.

바로알기 나. 지균풍이 기압 경도력(A)의 오른쪽 직각 방향으로 나타나므로 이 지역은 북반구에 위치한다.

다. 500 hPa 등압면의 상층 일기도는 등압면의 고도가 높은 곳은 기압이 높고, 등압면의 고도가 낮은 곳은 기압이 낮으므로 고도 5200 m 지점에서 기압은 북쪽보다 남쪽이 높다.

03 **꼼꼼 문제 분석**



ㄱ. 지균풍은 등압선과 나란하게 불기 때문에 풍향은 A와 B에서 같다.

바로알기 나. 밀도가 일정할 때 기압 경도력은 등압선 간격이 좁을수록 크다. 전향력은 기압 경도력과 방향은 반대이지만 크기는 같으므로, B보다 기압 경도력이 큰 A에서 전향력도 더 크다.

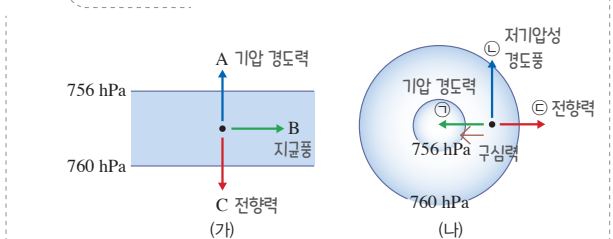
다. 지균풍의 풍속은 기압 차이가 클수록, 즉 등압선 간격이 좁을수록 빠르므로 B보다 A에서 빠르다.

04 ㄱ. 기압 경도력이 중심 쪽으로 작용하므로 중심 기압이 주위보다 낮은 저기압성 경도풍이다.

나. 전향력이 바람 방향의 오른쪽 직각 방향으로 작용하므로 북반구에서 부는 바람이다.

다. 경도풍은 마찰력이 작용하지 않는 자유 대기에서 등압선이 곡선일 때 등압선과 나란하게 부는 바람이다.

05 **꼼꼼 문제 분석**



- (가): 기압 경도력(A)과 전향력(C)이 평형을 이루어 지균풍(B)이 분다.
- (나): 기압 경도력(㉠)과 전향력(㉡)의 차이가 구심력으로 작용하여 저기압성 경도풍(㉢)이 분다.

ㄱ. 높이 1 km 이상의 상공에서는 등압선이 직선이거나 곡선일 때 등압선과 나란하게 바람이 분다. 따라서 B는 등압선이 직선일 때 등압선과 나란하게 부는 지균풍, ㉠은 등압선이 곡선이고 중심부가 저기압일 때 부는 저기압성 경도풍이다.

바로알기 나. (가)에서는 기압 경도력(A)과 전향력(C)의 크기가 같으므로 A=C가 성립하지만, (나)에서는 기압 경도력(㉠)과 전향력(㉡)의 차이가 구심력으로 작용하므로 ㉠=㉡이 성립하지 않는다.

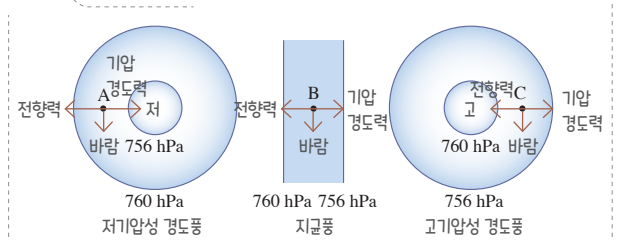
다. 전향력(C)의 크기는 $2v\Omega\sin\theta$ (v : 운동 속도, Ω : 지구 자전 각속도, θ : 위도)이므로, 적도 지역에서는 0이 되고, 고위도로 갈수록 커진다.

06 나. 기압 경도력이 작용하여 공기가 움직이기 시작하면 움직이는 공기에 전향력이 작용하여 바람의 방향이 휘어지고, 이 과정 동안 기압 경도력은 계속 작용하므로 공기도 계속 가속된다. 이에 따라 전향력의 크기는 점차 증가하며, 기압 경도력과 전향력의 차이가 평형을 이루게 되면 지균풍이 불고, 기압 경도력과 전향력의 차이가 구심력으로 작용하면 경도풍이 분다.

다. D에서는 전향력과 기압 경도력의 차이가 구심력으로 작용하여 공기 덩어리가 원운동을 하게 된다.

바로알기 ㄱ. (나)에서 중심부가 고기압이며 바람이 시계 방향으로 불고 있으므로, 이 지역은 북반구에 위치한다.

07 **꼼꼼 문제 분석**

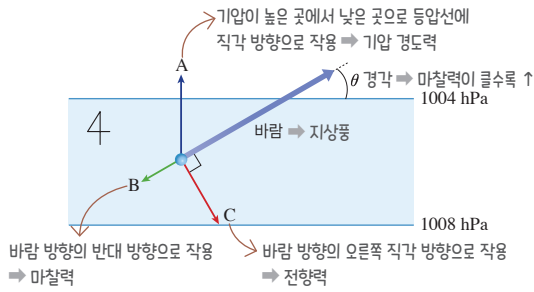


ㄱ. A~C는 같은 위도이며, 공기의 밀도와 두 등압선 사이의 거리가 모두 같으므로 기압 경도력은 A~C에서 모두 동일하다.

바로알기 나. 남반구의 풍향은 적도를 경계로 북반구와 대칭 형태로 나타나므로, 남반구의 고기압성 경도풍은 북반구의 저기압성 경도풍(A)과 같이 시계 반대 방향으로 나타난다.

다. 풍속은 전향력의 크기에 비례한다. A 지점에서의 전향력=기압 경도력-구심력, B 지점에서의 전향력=기압 경도력, C 지점에서의 전향력=기압 경도력+구심력이므로 풍속은 C>B>A이다.

08 **꼼꼼 문제 분석**



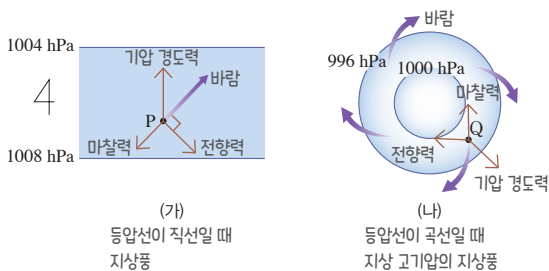
- ㄱ. 마찰력이 존재하지 않는 상공에서 바람은 등압선과 나란하게 불고, 그림의 지역은 바람이 지표면의 영향으로 마찰력이 작용하여 등압선을 비스듬하게 가로질러 불기 때문에 지표 근처 대기 경계층 내의 지상풍에 해당한다.
- ㄴ. 마찰력(B)이 커지면 풍속이 감소하고 전향력(C)도 감소하므로 바람과 등압선이 이루는 각(θ)은 커진다.
- ㄷ. 마찰력(B)과 전향력(C)의 합력이 기압 경도력(A)과 평형을 이루어 지상풍이 분다.

09 바람과 등압선이 이루는 각인 경각은 마찰력이 클수록 증가한다. 일반적으로 고도가 높아질수록 마찰력이 작아지므로 경각도 작아진다.

모범 답안 기압 경도력(A)이 일정하고 고도만 증가할 경우, 지표와의 마찰 감소로 마찰력(B)의 크기는 작아지고, 이에 따라 풍속이 증가하여 전향력(C)의 크기는 커지므로 바람이 더욱 휘어지면서 바람과 등압선이 이루는 각(θ)은 점차 작아진다.

채점 기준	배점
B와 C의 크기 변화와 바람과 등압선이 이루는 각(θ)의 변화를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
B와 C의 크기 변화와 바람과 등압선이 이루는 각(θ)의 변화 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

10 **꼼꼼 문제 분석**



- ㄱ. (가)와 (나)에서 바람은 지표면의 영향으로 마찰력이 작용하여 등압선을 비스듬하게 가로질러 분다.

바로알기 ㄴ. P 지점에서 전향력은 바람 방향의 오른쪽 직각 방향인 남동쪽으로 작용한다.

ㄷ. (나)에서 바람이 시계 방향으로 불어 나가므로, (나)의 중심에는 고기압이 위치한다. 따라서 Q 지점에서 기압 경도력은 남동쪽으로 작용한다.

11 ㄱ. 지표면으로부터 높이 올라갈수록 마찰력이 감소하므로 바람과 등압선이 이루는 각이 작아지면서 풍향은 등압선에 나란해진다.

ㄴ. 1 km 높이에서는 풍향이 등압선에 나란한 지균풍으로 변했으므로 기압 경도력과 전향력이 평형을 이룬다.

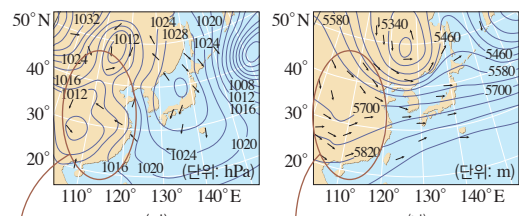
ㄷ. 높이 올라갈수록 마찰력이 감소하고, 이에 따라 풍속이 증가한다. 전향력은 풍속에 비례하므로 높이 올라갈수록 바람에 작용하는 전향력은 커진다.

12 ㄱ. (가)와 (나)는 바람이 시계 반대 방향으로 회전을 하면서 불고 있으므로 (가)와 (나)의 중심부는 모두 저기압이다.

ㄷ. (가)는 바람이 등압선에 나란하게 불고 있으므로 마찰력이 거의 작용하지 않지만, (나)는 바람이 등압선을 가로질러 불고 있으므로 마찰력이 작용한다.

바로알기 ㄴ. (가)는 바람이 등압선에 나란하게 불고 있으므로 마찰력이 거의 작용하지 않는 상층에서 불고, (나)는 바람이 등압선을 가로질러 불고 있으므로 마찰력이 작용하는 지상에서 분다.

13 **꼼꼼 문제 분석**



- 바람이 등압선을 가로질러 불고 있다. → 마찰력이 작용한다. → 지상 일기도
- 바람이 등고선과 나란하게 불고 있다. → 마찰력이 거의 작용하지 않는다. → 상층 일기도

- 지상 일기도(가): 기압이 같은 지점을 연결한 등압선으로 기압의 분포를 나타낸다.
- 상층 일기도(나): 특정 기압에서 등압면의 고도가 같은 지점을 연결한 등고선으로 기압의 분포를 나타낸다.

ㄱ. 지상 일기도(가)는 기압이 같은 지점을 연결한 등압선으로 기압의 분포를 나타낸 일기도로, 등압선 간격이 좁을수록 기압 경도력이 크다.

나. 상층 일기도(나)는 등압면의 고도를 측정하여 값이 같은 지점을 등고선으로 나타낸 일기도이다. 따라서 숫자는 고도를 의미하며, 등압면의 고도가 높은 곳은 기압이 높고, 등압면의 고도가 낮은 곳은 기압이 낮다.

다. 기압 경도력이 같다면, (가)보다 마찰력이 거의 작용하지 않는 (나)에서 풍속이 더 빠를 것이다.

14 다. 북반구 상공에서 기압 경도력은 북쪽으로 작용하여 풍향은 기압 경도력의 오른쪽 직각 방향인 동쪽 방향으로 나타나므로, A 지점과 B 지점에서는 서풍이 나타난다.

바로알기 가. 저위도는 지표 기온이 높아 공기의 상승이 더 잘 일어나므로 상층까지 기압이 높게 나타난다. 따라서 P는 Q보다 위도가 낮다.

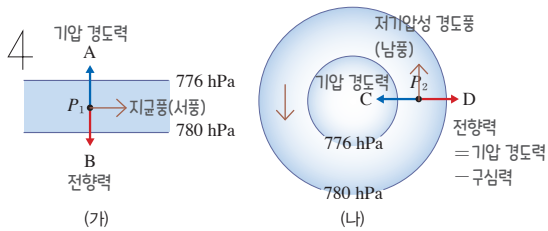
나. 전향력은 고위도로 갈수록 커지므로 A 지점보다 B 지점에서 더 크다.

실력 UP 문제

189쪽

01 ④ 02 ① 03 ② 04 ①

01 **꼼꼼 문제 분석**



가, 다. 지균풍(가)의 속력(v) = $\frac{1}{2\Omega \sin\theta} \frac{1}{\rho} \frac{\Delta P}{\Delta L} = \frac{1}{10^{-4} \text{s}^{-1}} \frac{1}{1 \text{ kg/m}^3} \frac{400 \text{ N/m}^2}{400000 \text{ m}} = 10 \text{ m/s}$ 이다. 저기압성 경도풍(나)은 기압 경도력이 전향력과 구심력의 합력과 평형을 이루어 나타나므로, 같은 조건의 지균풍보다 속력이 작아 전향력도 작게 나타난다.

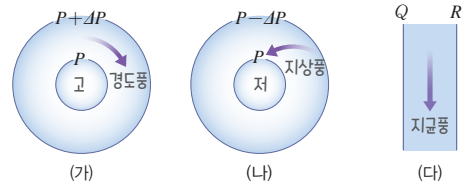
바로알기 나. P_1 에서는 서쪽에서 동쪽으로 서풍, P_2 에서는 남쪽에서 북쪽으로 남풍이 나타난다.

02 가. 지표면으로부터 고도가 증가하면서 마찰력이 감소하므로 바람과 등압선이 이루는 각이 작아지면서 풍향은 등압선에 나란해진다. 따라서 고도가 높은 것부터 순서대로 나열하면 (가) → (다) → (나)이다.

바로알기 나. 기압 경도력(A)의 크기는 $\frac{1}{\rho} \frac{\Delta P}{\Delta L}$ (ρ : 공기의 밀도, ΔP : 기압 차, ΔL : 등압선 간격)이고, 공기의 밀도, 기압 차, 등압선 간격이 모두 같으므로 기압 경도력(A)은 (가)~(다)에서 모두 동일하다.

다. 마찰력(B)의 크기는 고도가 증가함에 따라 감소하지만, 전향력(C)은 풍속에 비례하므로 고도가 증가함에 따라 증가한다.

03 **꼼꼼 문제 분석**



다. 북반구의 지균풍(다)에서는 바람 방향의 왼쪽 직각 방향으로 기압 경도력이 작용하며, 기압 경도력은 고기압에서 저기압 쪽으로 분다. 따라서 (다)에서 기압은 Q보다 R에서 더 낮게 나타난다.

바로알기 가. (가)는 바람이 시계 방향으로 등압선과 나란하게 불고 있으므로 고기압성 경도풍, (나)는 바람이 시계 반대 방향으로 등압선을 가로질러 불고 있으므로 저기압성 경도풍이다. 따라서 고기압성 경도풍(가)에서 $P > P + \Delta P$ 가 성립해야 하므로, $\Delta P < 0$ 이다.

나. 고기압성 경도풍(가)이 불 때 전향력=기압 경도력+구심력, 저기압성 경도풍(나)이 불 때 전향력=기압 경도력-마찰력-구심력, 지균풍(다)이 불 때 전향력=기압 경도력이 성립하므로 전향력의 크기는 (가) > (다) > (나)이다.

04 가. 상층 일기도는 특정 기압에서 등압면의 고도가 같은 지점을 연결한 등고선으로 기압의 분포를 나타낸 것이다. A는 700 hPa 기압을 나타내는 지점 중에서 고도가 가장 높으므로 700 hPa 등압면 일기도에서 A는 고기압 중심 부근에 위치한다.

바로알기 나. 이 지역은 700 hPa 등압면에 고기압이 형성되어 있고, B 지점은 등고선이 원형 또는 곡선인 지역에 위치하므로 이 지역에서는 고기압성 경도풍이 분다. 고기압성 경도풍이 불 때 전향력=기압 경도력+구심력이 성립하므로, B에서 부는 바람에 작용하는 기압 경도력은 전향력보다 작다.

다. B에서는 고기압성 경도풍이 불고 이 지역은 북반구에 위치하므로, 바람은 시계 방향으로 분다.

04 / 편서풍 파동

개념 확인문제

194쪽

- ① 복사 평형 ② 과잉 ③ 부족 ④ 단일 세포 순환 모델 ⑤ 3세포 순환 모델 ⑥ 해들리 순환 ⑦ 무역풍 ⑧ 극동풍 ⑨ 편서풍 ⑩ 편서풍 파동 ⑪ 제트류 ⑫ 수렴 ⑬ 하강 ⑭ 고기압 ⑮ 발산 ⑯ 상승 ⑰ 저기압

- 1 (1) ㉠: 태양 복사 에너지, ㉡: 지구 복사 에너지 (2) B (3) 위도에 따라 태양 고도가 달라지기 때문이다. 2 (1) A: 해들리 순환, B: 페렐 순환, C: 극순환 (2) A, C (3) A: 무역풍, B: 편서풍, C: 극동풍 3 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ 4 (1) (가) (2) $A > B > C$

1 (1) ㉠은 위도별로 흡수되는 에너지량의 차이가 크므로 태양 복사 에너지, ㉡은 위도별로 흡수되는 에너지량의 차이가 적으므로 지구 복사 에너지이다.

(2) A는 태양 복사 에너지 흡수량(㉠)이 지구 복사 에너지 방출량(㉡)보다 적으므로 에너지 부족, B는 태양 복사 에너지 흡수량(㉠)이 지구 복사 에너지 방출량(㉡)보다 많으므로 에너지 과잉에 해당한다.

(3) 지구는 구형이므로 위도에 따라 태양 고도가 달라지기 때문에 지표면의 단위 면적당 흡수되는 태양 복사 에너지의 양이 달라진다.

2 (1) A는 적도 부근에서 가열되어 상승한 공기가 이루는 해들리 순환, B는 위도 30° 부근에서 하강한 공기의 일부가 고위도 쪽으로 이동하고 위도 60° 부근에서 상승하는 페렐 순환, C는 극에서 냉각된 공기가 하강하여 이루는 극순환이다.

(2) 해들리 순환(A)과 극순환(C)은 열적 차이에 의해 나타나는 직접 순환, 페렐 순환(B)은 역학적 과정에 의해 나타나는 간접 순환이다.

(3) 해들리 순환(A)은 지상에서 무역풍, 페렐 순환(B)은 지상에서 편서풍, 극순환(C)은 지상에서 극동풍을 형성한다.

3 (1) 지표 부근에서 무역풍, 편서풍, 극동풍이 부는 것과는 달리 중위도 지역의 상층에서는 편서풍이 강하게 발달한다.

(2) 중위도 지역의 상층에서 편서풍은 남북 간의 기온 차로 발생하고, 지구 자전의 영향을 받아 고위도로 갈수록 전향력이 커지므로 파장이 수천 km인 파동이 형성된다.

(3) 편서풍 파동은 남북 간의 기온 차로 발생하기 때문에 남북 간의 기온 차가 클수록 편서풍 파동의 흐름이 빨라진다.

(4) 편서풍 파동은 남북 방향으로 크게 굽이치면서 저위도 지역의 열에너지를 고위도 지역으로 수송하여 지구의 위도별 에너지 불균형을 해소한다.

4 (1) 공기의 흐름이 시계 방향으로 고기압성 회전이 형성된 (가)에는 고기압, 시계 반대 방향으로 저기압성 회전이 형성된 (나)에는 저기압이 발달한다.

(2) A 지점에서는 고기압성 경도풍, B 지점에서는 지균풍, C 지점에서는 저기압성 경도풍이 불고 있다. 풍속은 전향력의 크기에 비례하므로 고기압성 경도풍(A) > 지균풍(B) > 저기압성 경도풍(C)이다.

대표 자료 분석 1

195쪽

- 1 (라) → (나) → (가) → (다) 2 저기압 3 제트류 4 저위도 지역의 열에너지를 고위도 지역으로 수송하여 지구의 위도별 에너지 불균형을 해소한다. 5 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) ○

1 (가)는 파동이 남북 방향으로 커지면서 성장하고 파동의 일부가 분리되기 시작하는 단계, (나)는 남북 간의 기온 차가 커지면서 편서풍 파동이 발달하기 시작하는 단계, (다)는 저기압이 떨어져 나가면서 남북 간의 에너지 불균형이 해소되는 단계, (라)는 남북 간의 기온 차가 점점 커지는 단계이므로 순서대로 나열하면 (라) → (나) → (가) → (다)이다.

2 공기의 흐름이 시계 반대 방향으로 일어나므로 저기압에 해당한다.

3 제트류는 대류권 계면의 편서풍 파동 내에서 주위보다 풍속이 매우 강한 흐름이다.

4 편서풍 파동은 남북 방향으로 크게 굽이치면서 저위도 지역의 열에너지를 고위도 지역으로 수송하여 지구의 위도별 에너지 불균형을 해소한다.

5 (1) 편서풍 파동은 남북 간의 기온 차이로 발생하므로, 남북 간의 기온 차가 클수록 편서풍 파동이 강해진다.

(2) 중위도 지역에서 남북 간의 기온 차가 클수록 파동의 진폭이 커지므로 남북 간의 기온 차가 더 큰 경우는 (나)이다.

(3) (다) 이후에는 파동의 진폭이 작아 남북 간의 열에너지 수송이 잘 일어나지 않으므로 남북 간의 기온 차가 점점 커지면서 다시 편서풍 파동이 발생한다.

(4) 편서풍 파동의 진폭이 클수록 남북 방향으로 크게 굽이치면서 에너지 수송이 잘 이루어진다.

(5) 북반구의 편서풍 파동은 겨울철에 저위도 쪽으로 이동하고, 여름철에는 고위도 쪽으로 이동한다.

대표 자료 분석 2

196쪽

- 1 기압골: ㉠, 기압 마루: ㉡ 2 풍속이 느려지다가 빨라진다.
 3 수렴: A, 발산: B 4 고기압: C, 저기압: D 5 (1) × (2) × (3) ○ (4) × (5) ○

1 기압골은 등고선이 저위도 쪽으로 내려간 부분, 기압 마루는 등고선이 고위도 쪽으로 올라간 부분이다.

2 A는 기압 마루에서 기압골로 가면서 풍속이 느려지고, B는 기압골에서 기압 마루로 가면서 풍속이 빨라진다.

3 A는 기압골의 서쪽으로 바람이 기압 마루에서 기압골로 불 때 풍속이 점점 감소하면서 공기의 수렴이 일어나고, B는 기압골의 동쪽으로 바람이 기압골에서 기압 마루로 불 때 풍속이 점점 증가하면서 공기의 발산이 일어난다.

4 상층의 편서풍 파동에서 기압골의 서쪽(A)에서는 공기의 수렴으로 하강 기류가 발달하여 지상에 고기압이 발달하고, 기압골의 동쪽(B)에서는 공기의 발산으로 상승 기류가 발달하여 지상에 저기압이 발달한다.

5 (1) ㉠에서는 기압 마루를 돌아서 부는 고기압성 경도풍, ㉡에서는 기압골을 돌아서 부는 저기압성 경도풍이 불기 때문에 ㉠은 ㉡보다 풍속이 빠르다.

(2) 상층에서 편서풍은 남북 방향으로 진동하며 서쪽에서 동쪽으로 이동한다.

(3) 상층에서 공기의 수렴으로 하강 기류가 발달한다.

(4) 상층의 편서풍 파동에서 기압골의 서쪽(A)에서는 공기의 수렴으로 하강 기류가 발달한다.

(5) 상층의 기압골과 기압 마루는 편서풍 파동과 함께 서쪽에서 동쪽으로 이동하므로, 이에 따라 지상 고기압과 저기압도 서쪽에서 동쪽으로 이동한다.

내신 만점 문제

197쪽~199쪽

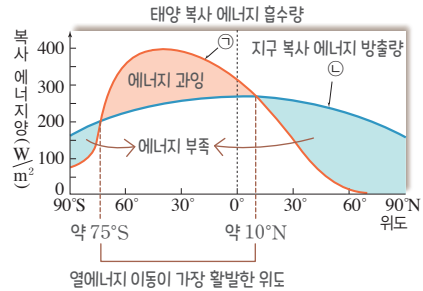
- 01 ⑤ 02 ④ 03 ③ 04 ③ 05 ③ 06 ①
 07 해설 참조 08 ④ 09 ⑤ 10 해설 참조
 11 ① 12 ⑤ 13 ③ 14 ①

01 ㄱ. 태양 상수(S)는 지구 대기권 밖에서 단위 시간 동안 태양 빛에 수직인 단위 면적에 도달하는 태양 복사 에너지의 양으로, 약 1367 W/m^2 이다.

ㄴ. 단위 시간 동안 지구의 단위 면적에 도달하는 평균 태양 복사 에너지의 양은 태양 상수(S)의 $\frac{1}{4}$ 배이다.

ㄷ. 지구는 구형이므로 고위도 지역은 태양 고도가 낮기 때문에 단위 시간 동안 단위 면적에 도달하는 태양 복사 에너지의 양은 고위도 지역이 저위도 지역보다 적다.

02 품평 문제 분석



ㄱ. 태양 복사 에너지 흡수량(㉠)이 가장 많이 들어오는 곳이 남반구 쪽에 치우쳐 있으므로, 남반구는 여름철, 북반구는 겨울철에 해당한다.

ㄴ. 지구는 전체적으로 복사 평형을 이루고 있으므로 태양 복사 에너지 흡수량(㉠)과 지구 복사 에너지 방출량(㉡)이 서로 같다.

바로알기 ㄷ. 위도 75°S 부근과 10°N 부근을 경계로 에너지 과잉과 에너지 부족이 교차하므로 이 부근에서 열에너지 이동량이 가장 많다.

03 ① (가)는 지구 자전으로 인한 전향력의 영향으로 북반구와 남반구에 각각 3개씩 대기 순환 세포가 생성된다.

② (가)에서는 극 부근에서 냉각된 공기가 하강하여 저위도 쪽으로 이동하다가 위도 60° 부근에서 상승하여 극으로 이동하며, 지상에는 극동풍이 형성된다.

④ (나)에서는 적도 부근의 가열된 공기가 상승하고 극 부근의 냉각된 공기가 하강하여 북반구와 남반구에 대기 순환이 각각 하나씩 생성되므로 열적 순환만 나타난다.

⑤ (가)는 전향력의 영향을 받으므로 위도 15°N 지역의 지상에서 북동 무역풍이 불고, (나)는 전향력의 영향을 받지 않으므로 위도 15°N 지역의 지상에서 북풍이 분다.

바로알기 ③ 위도 60°N 부근에서는 고위도에서 이동해 온 공기와 저위도에서 이동해 온 공기가 만나 상승하여 저기압이 잘 발달한다.

04 ㄱ. 등압면의 기울기가 클수록 기압 차이가 커지므로 기압 경도력은 A보다 등압면의 남북 경사가 큰 B에서 더 크다.

ㄴ. 상층 대기에서 기압은 온도가 낮은 고위도 지역이 더 낮으므로 기압 경도력은 북쪽, 전향력은 남쪽으로 작용하고 서쪽에서 동쪽으로 편서풍이 나타난다.

바로알기 ㄷ. P는 저위도, Q는 고위도 지역이므로 연평균 태양 복사 에너지 흡수량은 P보다 Q에서 더 적다.

05 ㄱ. 회전판의 회전은 지구 자전에 의해 나타나는 전향력과 같은 효과를 준다.

ㄴ. 회전 속도가 증가할수록 파동의 수가 증가하고 소용돌이가 생겨 파동이 복잡해진다. 따라서 원통의 회전 속도는 (가)보다 (나)에서 더 빠르다.

바로알기 ㄷ. A는 시계 방향의 고기압성 회전을, B는 시계 반대 방향의 저기압성 회전을 보인다.

06 ② 남북 간의 기온 차가 클수록 편서풍 파동의 진폭이 크게 발달하므로 남북 간의 기온 차는 (나)가 (가)보다 더 크다.

③ A는 같은 위도의 주변 공기보다 온도가 낮은 저기압이다.

④ B는 편서풍 파동에 의해 떨어져 나온 저기압 덩어리이다.

⑤ (가)~(다) 과정을 통해 편서풍 파동이 남북 방향으로 크게 굽이치면서 저위도 지역의 열에너지를 고위도 지역으로 수송하여 남북 간의 에너지 불균형이 해소된다.

바로알기 ① (나)는 (가)보다 파동이 남북으로 더 크게 굽이치므로 파동의 진폭은 (나)가 (가)보다 더 크다.

07 한대 전선 제트류는 남북 간의 기온 차가 큰 한대 전선대의 대류권 계면에서 나타나고, 아열대 제트류는 위도 30° 부근의 대류권 계면에서 나타난다.

모범 답안 A: 한대 전선 제트류, B: 아열대 제트류, 한대 전선 제트류(A)는 여름철에는 고위도로 이동하고 겨울철에는 저위도로 이동하며, 여름철보다 남북 간의 기온 차가 큰 겨울철에 풍속이 더 빠르다.

채점 기준	배점
A와 B를 모두 옳게 쓰고, 계절에 따른 A의 위치와 풍속을 모두 옳게 비교한 경우	100 %
A와 B만 옳게 쓴 경우	40 %
계절에 따른 A의 위치와 풍속 중 한 가지만 옳게 비교한 경우	40 %

08 ㄱ. 제트류의 세기는 등고도선 간격이 더 좁은 (가)에서 더 크다.

ㄷ. A는 위도 60° 부근에 위치한 한대 전선 제트류, B는 위도 30° 부근에 위치한 아열대 제트류이므로 A는 한대 전선대, B는 아열대 고압대의 상공에 존재한다.

바로알기 ㄴ. (가)는 위도별 기온 차가 커 제트류의 세기가 큰 겨울철에 해당하므로 1월, (나)는 위도별 기온 차가 작아 제트류의 세기가 작은 여름철에 해당하므로 7월의 평균 등고도선이다.

09 ㄱ. A 지점은 높이가 약 1 km 이상이므로 마찰력이 작용하지 않는 자유 대기이다.

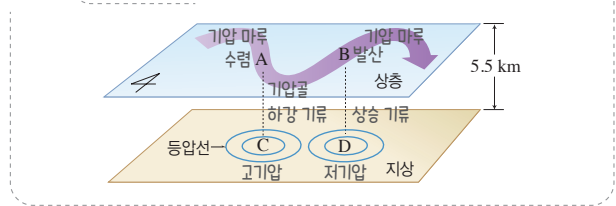
ㄴ, ㄷ. 제트류(B)는 대류권 계면의 편서풍 파동 내에서 주위보다 풍속이 매우 강한 흐름으로, 지상 저기압이 발달하는 데 영향을 미친다.

10 편서풍 파동 내에서 주위보다 풍속이 매우 강한 흐름을 제트류라고 하며, 제트류는 남북 간의 기온 차에 큰 영향을 받기 때문에 남북 간의 기온 차가 큰 겨울철에는 여름철보다 저위도 지역에서 나타나고 풍속도 빠르다.

모범 답안 겨울, 제트류는 남북 간 기온 차가 큰 겨울철에는 저위도로 이동하고 풍속이 빠르기 때문이다.

채점 기준	배점
계절과 그 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
계절만 옳게 쓴 경우	40 %

11 **꼼꼼 문제 분석**



ㄱ. A는 기압골의 서쪽으로 바람이 기압 마루에서 기압골로 불 때 풍속이 점점 감소하면서 공기의 수렴이 일어나고, B는 기압골의 동쪽으로 바람이 기압골에서 기압 마루로 불 때 풍속이 점점 증가하면서 공기의 발산이 일어난다.

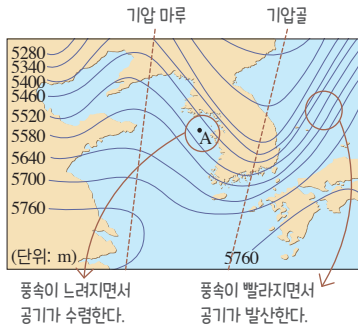
바로알기 ㄴ, ㄷ. 상층의 편서풍 파동에서 기압골의 서쪽(A)에서는 공기의 수렴으로 하강 기류가 발달하여 지상에 고기압(C)이 발달하고, 기압골의 동쪽(B)에서는 공기의 발산으로 상승 기류가 발달하여 지상에 저기압(D)이 발달한다. 따라서 공기의 연직 흐름은 D → B 방향으로 발생한다.

12 ㄱ. A에는 남쪽에서 올라온 따뜻한 공기, B에는 북쪽에서 내려온 찬 공기가 분포하므로 상층의 기온은 A 지점이 B 지점보다 높다.

ㄴ. 편서풍 파동에서 풍속은 기압 마루에서 빠르고, 기압골에서 느리므로 풍속이 가장 느린 지점은 b이다.

ㄷ. B에는 상층의 기압골이 남북 방향으로 발달한다.

13 — **꼼꼼 문제 분석**



ㄱ. 상층 일기도에서 기압골의 서쪽(A)에서는 공기가 수렴하여 하강 기류가 발달한다.
 ㄴ. 상층에서는 지표면 마찰의 영향이 거의 없어 등고선에 나란하게 바람이 불기 때문에 A에서는 북서풍이 우세하게 분다.
바로알기 ㄷ. 등고선 분포로 보아 500 hPa 등압면은 북쪽으로 기울어져 있으므로 높이 5700 m에서는 북쪽으로 갈수록 기압이 낮아진다.

14 ㄱ. ㉠은 등고선이 저위도 쪽으로 내려가 상대적으로 주변보다 기압이 낮은 기압골에 해당한다.
바로알기 ㄴ. A는 기압골의 동쪽으로 풍속이 점점 증가하면서 공기의 발산이 일어나고, 상승 기류로 인해 B에서는 저기압이 발달하여 공기가 수렴한다.
 ㄷ. 상층 저기압과 지상 저기압은 모두 편서풍을 타고 서쪽에서 동쪽으로 이동한다.

실력 UP 문제

200쪽

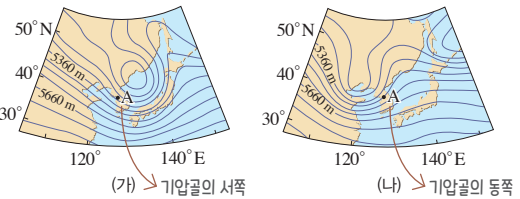
01 ⑤ 02 ③ 03 ① 04 ②

01 ㄱ. 얼음물이 담긴 안쪽 원통은 찬 공기가 분포하는 극지역, 뜨거운 물이 담긴 바깥쪽 원통은 따뜻한 공기가 분포하는 저위도 지역에 해당한다.
 ㄴ. 회전판의 회전은 지구 자전에 의한 전향력 효과를 만들어낸다. 이때 회전 속도의 변화는 전향력의 크기 변화를 의미하므로 지구 상의 위도 변화에 해당한다.
 ㄷ. 원통이 회전하지 않을 때 실온의 물은 원통의 안쪽에서 냉각되어 하강하고 바깥쪽에서 가열되어 상승하는 대류가 나타나므로 이때 실온의 물의 흐름은 열적 순환으로 일어나는 해들리 순환에 해당한다.

02 ㄱ. 최대 풍속은 겨울이 약 40 m/s, 여름이 약 20 m/s이다. 제트류의 풍속은 남북 간의 기온 차가 큰 겨울철에 더 빠르다.
 ㄴ. 제트류는 대류권 계면의 편서풍 파동 내에서 주위보다 풍속이 매우 강한 흐름이다.
바로알기 ㄷ. 제트류의 중심은 겨울에는 위도 30°N 부근, 여름에는 위도 45°N 부근에 위치해 있으므로 겨울이 여름보다 저위도에 위치한다.

03 ㄱ. 상층의 A에서는 마찰력이 작용하지 않으므로 바람이 등고선과 나란하게 분다.
바로알기 ㄴ. 상층 기압골의 동쪽에서는 공기의 발산으로 상승 기류가 발달하여 지상에 저기압이 발달한다.
 ㄷ. 중위도 저기압의 중심에서는 상승 기류가 발달하여 구름이 잘 발생하므로 흐린 날씨가 나타난다.

04 — **꼼꼼 문제 분석**



- (가): A 지점이 기압골의 서쪽에 위치하므로 바람이 기압 마루에서 기압골로 불 때 풍속이 점점 감소하면서 공기의 수렴이 일어남 → 하강 기류 → 지상에 고기압 발달
- (나): A 지점이 기압골의 동쪽에 위치하므로 바람이 기압골에서 기압 마루로 불 때 풍속이 점점 증가하면서 공기의 발산이 일어남 → 상승 기류 → 지상에 저기압 발달

ㄴ. (가)에서는 A 지점이 기압골의 서쪽에 위치하여 지상에 고기압이 발달하고, (나)에서는 A 지점이 기압골의 동쪽에 위치하여 지상에 저기압이 발달한다. 따라서 강수 확률은 지상에 저기압이 발달한 (나)에서 더 높다.

바로알기 ㄱ. 상층의 기압골과 기압 마루는 편서풍 파동과 함께 서쪽에서 동쪽으로 이동한다. (가)에서 기압골은 A 지점의 동쪽에 있고, (나)에서 기압골은 A 지점의 서쪽에 있으므로 시간 순서대로 나열하면 (나) → (가)이다.
 ㄷ. 500 hPa 등압면의 상층 일기도에서 기압 마루를 돌아서 부는 고기압성 경도풍은 기압골을 돌아서 부는 저기압성 경도풍에 비해 풍속이 빠르다. A 지점 통과 전후 바람이 (가)에서는 고기압성 경도풍에서 저기압성 경도풍으로 변하고, (나)에서는 저기압성 경도풍에서 고기압성 경도풍으로 변하므로 상층에서 A 지점 통과 후 풍속 / A 지점 통과 전 풍속 값은 (가)보다 (나)에서 더 크다.

중단원 핵심 정리

201쪽~202쪽

- 1 팽창
- 2 압축
- 3 이슬점
- 4 구름
- 5 층운형
- 6 적운형
- 7 조건부 불안정
- 8 병합설
- 9 빙정설
- 10 중력
- 11 자전
- 12 오른쪽
- 13 왼쪽
- 14 마찰력
- 15 지균풍
- 16 저기압성
- 17 고기압성
- 18 직선
- 19 곡선
- 20 전향력
- 21 한대 전선
- 22 아열대
- 23 수렴
- 24 발산

중단원 마무리 문제

203쪽~206쪽

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

01 ㄱ. 압축되었던 밀폐 용기에서 공기가 밖으로 빠지면 기압이 낮아지면서 밀폐 용기 내부의 공기가 팽창한다. 공기가 팽창하면 내부 에너지가 감소하여 기온이 낮아지므로 ㉠ > ㉡이다.
 ㄴ. 밀폐 용기 내부의 기온이 내려가면 공기 중 수증기가 응결하여 물방울이 생기므로 밀폐 용기 내부가 뿌옇게 흐려진다.
【바로알기】 ㄷ. 공기 덩어리 상승 시 주변 기압이 낮아져 공기 덩어리가 팽창하면서 내부 에너지가 감소하여 기온이 낮아지므로, 이 과정은 (나)와 유사하다.

02 — **골킴 문제 분석**

↗ 500 m에 2 °C 하강

높이(m)	0	500	1000	1500	2000
기온(°C)	30	27	25	20	18
이슬점(°C)	26	21	20	20	10

↘ 상대 습도 100 %

ㄴ. 높이 500 m~1000 m 구간은 기온이 이슬점보다 높으므로 공기는 불포화 상태이고, 기온 감률은 0.4 °C/100 m로 건조 단열 감률(1 °C/100 m)보다 작으므로 대기는 안정하다.
 ㄷ. 지표의 공기 덩어리가 강제로 상승될 때의 상승 응결 고도는 $125 \times (30 - 26) = 500$ m이다.
【바로알기】 ㄱ. 높이 1500 m에서 기온과 이슬점이 같으므로 포화 상태이고 상대 습도는 100 %이다. 지표면에서는 기온이 이슬점보다 높아 불포화 상태이므로 상대 습도는 지표면보다 높이 1500 m에서 더 높다.

03 ㄱ. 역전층은 높이가 높아질수록 기온이 높아지는 절대 안정 상태인 대기층으로, 지표면으로부터 높이 5 km 구간까지 역전층은 두 번 나타난다.

ㄷ. 지표면에서 공기 덩어리의 이슬점은 12 °C이며, 지표의 가열로 공기 덩어리의 기온이 20 °C가 되면 상승 응결 고도는 $125(20 - 12) = 1000$ m가 된다.

【바로알기】 ㄴ. 기온과 이슬점 차이는 높이 1 km 지점에서 약 3 °C이고, 높이 4 km 지점에서 약 16 °C이다. 기온과 이슬점 차이가 작을수록 상대 습도가 높으므로 상대 습도는 1 km 지점이 4 km 지점보다 더 높다.

04 ㄱ. 높이 1 km~2 km 구간은 습윤 단열 감률 < 기온 감률 < 건조 단열 감률이므로 공기 덩어리가 불포화 상태일 때는 대기가 안정, 포화 상태일 때는 대기가 불안정한 조건부 불안정 상태이다.

【바로알기】 ㄴ. A의 상승 응결 고도는 $125(25 - 17) = 1000$ m이며, 공기 덩어리의 기온이 주변 공기보다 높아지면 스스로 상승하면서 구름이 만들어지므로 A는 약 600 m까지 스스로 상승할 수 있다.

ㄷ. B의 상승 응결 고도는 $125(30 - 18) = 1500$ m이며, 이 공기는 이후 습윤 단열선을 따라 주변 공기와 기온이 같아지는 약 3.7 km 높이까지 상승하여 구름을 만들 수 있으므로 생성할 수 있는 구름의 두께는 약 2.2 km이다.

05 ㄱ. 해발 고도가 0 m인 지점에서 기압은 1기압이며, 1기압은 76 cm 높이의 수은 기둥이 수은 면을 누르는 압력이다.

【바로알기】 ㄴ. 수은 기둥의 기울기에 관계없이 대기압에 의해 수은 기둥 내 수은을 들어 올리는 힘의 크기는 동일하므로 A의 길이는 76 cm로 일정하다.

ㄷ. 1기압은 약 1013 hPa이며, 수은 기둥의 높이는 기압에 비례하므로 이 지역보다 기압이 100 hPa 낮은 곳에서 실험하면 A는 약 68.5 cm가 된다.

06 ㄷ. 북반구에서 전향력은 물체 운동 방향의 오른쪽으로 작용하므로, B는 북반구의 전향 효과를 관측하기 위한 결과이다.

【바로알기】 ㄱ. 회전 원판의 회전 속도가 빨라질수록 궤적이 휘어지는 정도가 커지므로, 회전 속도는 A가 B보다 빠르다.

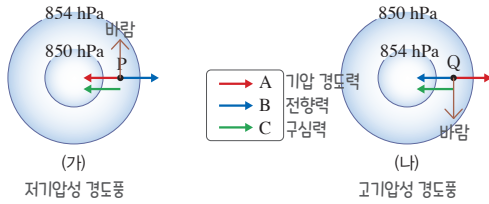
ㄴ. 회전 원판을 시계 방향으로 회전시키면 왼쪽으로 휘어진 궤적, 시계 반대 방향으로 회전시키면 오른쪽으로 휘어진 궤적이 나타나므로 A는 회전 원판을 시계 방향으로 회전시킨 것이다.

07 ㄴ. A는 기압 경도력이 작용하여 공기가 움직이기 시작한 시점이고, B는 전향력의 크기가 증가하여 기압 경도력과 평형을 이룬 시점이므로 전향력은 A보다 B에서 더 크다.

바로알기 ㄱ. 등압선이 직선일 때 등압선과 나란하게 부는 지균풍의 형성 과정을 나타낸 것이다.

ㄷ. 밀도가 일정할 때 등압선 간격이 좁을수록 기압 경도력이 커지므로, d 가 $\frac{1}{2}$ 배가 되면 기압 경도력은 커진다.

08 **꼼꼼 문제 분석**



풍속은 전향력의 크기에 비례하므로 기압 경도력이 같을 때 고기압성 경도풍은 저기압성 경도풍보다 전향력이 크게 작용한다.

ㄴ. A는 고기압에서 저기압 쪽으로 등압선에 직각인 방향으로 작용하는 기압 경도력이며, 기압 경도력은 두 지점 사이의 거리와 기압 차, 공기의 밀도가 일정할 경우 같다.

ㄷ. (가)에서는 전향력(B)=기압 경도력(A)-구심력(C), (나)에서는 전향력(B)=기압 경도력(A)+구심력(C)의 관계를 갖는다. 두 지역에서 기압 경도력(A)의 크기는 같으므로 전향력(B)과 풍속은 (나)에서 더 크고, 구심력(C)은 풍속이 빠를수록 커진다.

바로알기 ㄱ. (가)는 저기압성 경도풍이 나타나는 지역이므로 풍향은 시계 반대 방향이다.

09 ㄷ. 고위도로 갈수록 전향력의 크기가 커지므로, 풍향은 더 오른쪽으로 편향되어 등압선과 더 나란하게 불기 때문에 바람과 등압선이 이루는 각은 작아진다.

바로알기 ㄱ. 북반구에서 전향력은 풍향의 오른쪽 직각 방향으로 작용하므로 P에서는 남서풍이 나타나고, 중심부에는 고기압이 위치한다.

ㄴ. (나)에서 마찰력은 풍향의 반대 방향으로 작용하므로 Q에서는 북동풍이 나타나며, 풍향은 시계 반대 방향이다.

10 ㄱ. 페렐 순환(A)은 열대류와 관계없이 해들리 순환(B)과 극순환의 영향으로 나타나는 간접 순환이며, 해들리 순환(B)은 열적 차이에 의해 나타나는 직접 순환이다.

ㄴ. 해들리 순환(B)은 적도 부근에서 가열된 공기가 상승하여 이동하다가 위도 30° 부근에서 하강하여 적도 부근으로 이동하며, 지상에는 무역풍이 형성된다.

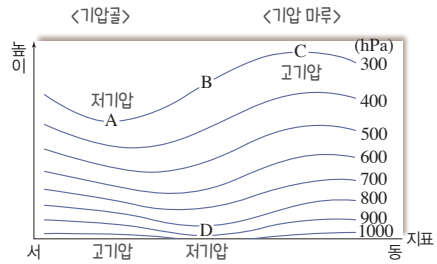
ㄷ. 페렐 순환(A)과 해들리 순환(B) 사이에는 중위도 고압대가 형성되어 하강 기류가 나타난다.

11 ㄴ. B는 기압골의 동쪽으로 바람이 기압골에서 기압 마루로 불 때 풍속이 점점 증가하면서 공기의 발산이 일어난다.

바로알기 ㄱ. 기압 마루는 등고선이 고위도 쪽으로 올라간 부분, 기압골은 등고선이 저위도 쪽으로 내려간 부분이므로, A는 기압 마루의 동쪽, 기압골의 서쪽에 위치한다.

ㄷ. 상층의 편서풍 파동에서 기압골의 서쪽(A)에서는 고기압성 경도풍에서 저기압성 경도풍으로 바뀌면서 풍속이 점점 감소하여 공기의 수렴으로 하강 기류가 발달하므로 지상에 고기압이 발달한다.

12 **꼼꼼 문제 분석**



ㄱ. A는 등압선이 아래로 내려가 상대적으로 주변보다 기압이 낮은 기압골에 해당한다.

바로알기 ㄴ. 수평 기압 경도력은 거리가 같을 때 공기의 밀도가 작을수록, 두 지점 사이의 기압 차이가 클수록 커진다. B는 D보다 기압이 낮아 공기의 밀도가 작고, 수평 방향으로 기압 차이가 더 크게 나타나므로 수평 기압 경도력은 D보다 B에서 더 크게 나타난다.

ㄷ. C는 상층에 고기압이, D는 지상에 저기압이 발달한다.

13 ㄱ. 편서풍 파동은 시간이 지남에 따라 서쪽에서 동쪽으로 이동한다.

바로알기 ㄴ. 상층의 편서풍 파동에서 기압골의 동쪽(A)에서는 저기압성 경도풍에서 고기압성 경도풍으로 바뀌면서 풍속이 증가하여 공기의 발산으로 상승 기류가 발달하므로 지상에 저기압이 발달한다.

ㄷ. 북극점 부근은 기온이 낮아 상층에 저기압이 발달한다.

14 ㄷ. 풍속은 저기압성 경도풍에서 고기압성 경도풍으로 바뀌는 C에서 더 빠르다.

바로알기 ㄱ. 고도가 높아질수록 지표의 기온 차에 따른 기압 차이가 커지므로 등압면의 고도 분포가 위도와 나란한 경향을 보인다. 따라서 500 hPa 등압면의 상층 일기도는 (나)이다.

ㄴ. C는 상층의 편서풍 파동에서 기압골의 동쪽에 위치하므로 공기의 발산으로 상승 기류가 발달하여 지상에 저기압이 발달한다. A는 C 하부의 지상에 위치한 지점이므로, 저기압이 발달한다.

15 상승 응결 고도(H)는 125(지표면에서의 기온-지표면에서의 이슬점)이다. 공기 덩어리는 산을 오르면서 단열 팽창하고, 산을 넘어 내려오면서 단열 압축하여 이 과정에서 산을 넘어온 공기는 산을 넘기 전보다 기온은 상승하고 이슬점은 하강한다.

모범 답안 상승 응결 고도(H)=125(22-14)=1000 m이다. 따라서 기온은 $(22\text{ }^\circ\text{C} - 1000\text{ m} \times \frac{1\text{ }^\circ\text{C}}{100\text{ m}}) - (1000\text{ m} \times \frac{0.5\text{ }^\circ\text{C}}{100\text{ m}}) + (2000\text{ m} \times \frac{1\text{ }^\circ\text{C}}{100\text{ m}}) = 27\text{ }^\circ\text{C}$, 이슬점은 $(14\text{ }^\circ\text{C} - 1000\text{ m} \times \frac{0.2\text{ }^\circ\text{C}}{100\text{ m}}) - (1000\text{ m} \times \frac{0.5\text{ }^\circ\text{C}}{100\text{ m}}) + (2000\text{ m} \times \frac{0.2\text{ }^\circ\text{C}}{100\text{ m}}) = 11\text{ }^\circ\text{C}$ 이다.

채점 기준	배점
기온과 이슬점을 풀이 과정과 함께 옳게 구한 경우	100 %
기온과 이슬점 중 한 가지만 풀이 과정과 함께 옳게 구한 경우	50 %

16 저기압성 경도풍은 기압 경도력과 전향력의 차이가 구심력으로 작용하여 바람이 불고, 고기압성 경도풍은 전향력과 기압 경도력의 차이가 구심력으로 작용하여 바람이 분다.

모범 답안 $C > B > A$, 풍속은 전향력의 크기에 비례하므로 기압 경도력이 같을 때 고기압성 경도풍은 저기압성 경도풍보다 전향력이 크게 작용한다. A 지점에는 저기압성 경도풍이 불고 있으므로 전향력=기압 경도력-구심력이며, B 지점에는 지균풍이 불고 있으므로 전향력=기압 경도력, C 지점에는 고기압성 경도풍이 불고 있으므로 전향력=기압 경도력+구심력이다. 따라서 풍속은 고기압성 경도풍(C) > 지균풍(B) > 저기압성 경도풍(A) 순이다.

채점 기준	배점
A~C 지점의 풍속을 옳게 비교하고, 그 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
A~C 지점의 풍속을 옳게 비교한 한 경우	40 %

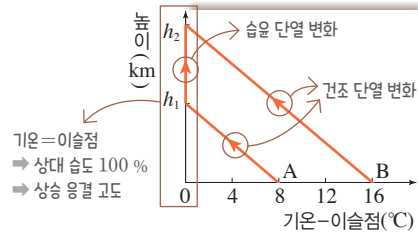
17 편서풍 파동은 중위도 지역의 상층에서 발생하는 행성파로, 파장이 수천 km인 파동이 지구 둘레를 감싸며 천천히 움직인다.

모범 답안 편서풍 파동은 저위도와 고위도의 기온 차이 및 지구 자전에 의한 전향력으로 발생하며, 남북 방향으로 크게 굽이치면서 저위도 지역의 열에너지와 고위도 지역으로 수송하여 지구의 위도별 에너지 불균형을 해소하는 역할을 한다.

채점 기준	배점
발생 원인과 역할을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
발생 원인과 역할 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

01 ④ 02 ⑤ 03 ① 04 ②

01 — **포괄 문제 분석**



선택지 분석

- A. 상승 응결 고도는 A가 B보다 높다. **낮다**
- B. 높이 $h_1 \sim h_2$ 구간에서 이슬점 감률은 A가 B보다 크다.
- C. 높이 h_2 에서 이슬점은 A가 B보다 낮다.

전략적 풀이 ① 구름이 생성되기 시작하는 높이인 상승 응결 고도를 비교한다.

ㄱ. A의 상승 응결 고도는 높이 h_1 이고, B의 상승 응결 고도는 높이 h_2 이므로, 상승 응결 고도는 A가 B보다 낮다.

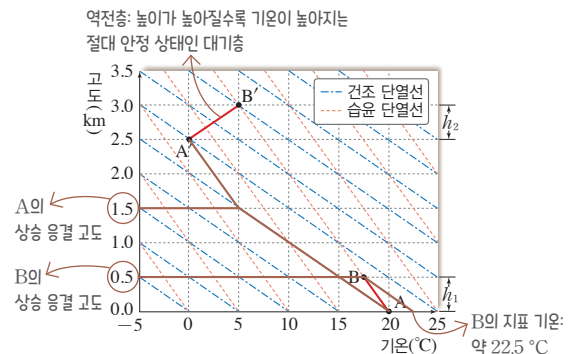
② 기온-이슬점을 통해 A와 B의 이슬점 감률을 비교한다.

ㄴ. 높이 $h_1 \sim h_2$ 구간에서 A는 기온과 이슬점이 같으므로 포화 상태이고, B는 불포화 상태이다. 포화 상태에서의 이슬점 감률은 $0.5\text{ }^\circ\text{C}/100\text{ m}$ 이고, 불포화 상태에서의 이슬점 감률은 $0.2\text{ }^\circ\text{C}/100\text{ m}$ 이므로 높이 $h_1 \sim h_2$ 구간에서 이슬점 감률은 A가 B보다 크다.

③ 이슬점 감률을 통해 이슬점을 비교한다.

ㄷ. 지표면에서 A와 B의 이슬점은 같지만, 높이 $h_1 \sim h_2$ 구간에서 이슬점 감률은 A가 B보다 크므로 높이 h_2 에서 이슬점은 A가 B보다 낮다.

02 — **포괄 문제 분석**





Memo

A large white rectangular area with rounded corners, containing 20 horizontal dashed lines for writing.



Memo

A large white rectangular area with rounded corners, containing 20 horizontal dashed lines for writing.



Memo

A large white rectangular area with rounded corners, containing 20 horizontal dashed lines for writing.