

기술
PICK

정답과 해설

지구시스템과학

01 지구의 탄생과 진화

빈출 자료 보기

5쪽

001 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ (5) × (6) × (7) ×

002 (1) × (2) × (3) ○ (4) × (5) × (6) ○ (7) ○

001 태양계 형성 과정을 시간 순서대로 나열하면 (나) 태양계 성운 형성 → (다) 성운의 회전과 수축 → (가) 원시 행성의 형성 → (라) 태양계 형성이다.

바로알기 | (3) (나)의 성운은 기체와 먼지로 이루어져 있다.

(5) (다)에서 성운이 수축함에 따라 각운동량보존 법칙에 의해 회전 속도가 점점 빨라졌다.

(6) 원시 태양이 형성된 이후에 미행성체가 만들어졌고, 미행성체가 충돌 과정을 거쳐 합쳐지면서 원시 행성이 형성되었다.

(7) 태양계에서 밀도가 큰 지구형 행성들은 태양에서 가까운 곳에, 밀도가 작은 목성형 행성들은 태양에서 먼 곳에 분포한다.

002 원시 지구가 형성되는 과정에서 지구 내부의 층상 구조는 마그마 바다 상태에서 핵과 맨틀의 분리로 만들어졌다.

바로알기 | (1) 시간 순서대로 나열하면 (라) 미행성체 충돌 시작 → (다) 마그마 바다 형성 → (나) 핵과 맨틀의 분리 → (가) 원시 바다 형성이다.

(2) 원시 바다는 원시 지각이 형성된 이후에 수증기가 응결하여 비로 내려 만들어졌다.

(4) 마그마 바다를 형성한 주요 에너지는 미행성체의 충돌열과 방사성 원소의 붕괴열 등이다.

(5) 미행성체의 주요 성분은 암석과 금속 성분이었다.

난이도별 필수 기출

6쪽~9쪽

003 ①, ③	004 ④	005 ③	006 ①, ③, ⑦
007 ①	008 ④	009 ⑤	010 ③
011 ①			
012 해설 참조	013 ⑤	014 ④	015 ③
016 ⑤			
017 ④	018 ③	019 해설 참조	020 ①, ④, ⑥
021 해설 참조	022 ①	023 ③, ⑦	
024 해설 참조	025 ①		

003 ①, ③ 현재 태양계가 우리은하의 나선팔에 위치하고 있으므로 태양계 성운도 같은 위치에 있었으며 초신성 폭발의 영향으로 중력 수축이 일어나 태양계가 형성되기 시작하였다.

바로알기 | ② 성운의 주요 구성 성분은 기체와 먼지이다.

④ 태양계 성운의 중심부에서 원시 태양이 만들어졌고, 원반에서 원시 행성들이 형성되었다.

⑤ 태양계 성운에서 유일한 별인 태양이 형성되었다.

004 ④ 성운이 수축함에 따라 중심부에서 원시 태양이 만들어졌다. 이후 납작한 원반에서는 원시 태양으로부터의 거리에 따라 성분이 다른 미행성체가 형성되었고, 미행성체들이 집적되어 원시 행성이 만들어졌다.

005 ㄱ, ㄴ. 성운이 중력 수축하면 중력 위치 에너지가 열에너지로 전환되므로 성운 내부의 온도가 점점 상승한다. 또한 회전하는 성운이 수축하면 각운동량보존 법칙에 따라 회전 속도는 점점 빨라진다.

바로알기 | ㄷ. ㉔은 회전축에서 멀어지는 방향으로 작용하는 원심력이다.

006 ① 현재 태양계의 형성 과정을 설명하는 가장 유력한 가설은 성운설이다.

③, ⑦ 태양계 성운이 회전 및 수축하면서 납작한 원반 모양이 만들어졌고, 이 원반에서 형성된 원시 행성들은 중심부에 있는 원시 태양 주위를 모두 같은 방향으로 공전하였다.

바로알기 | ② 태양계 성운이 수축하여 현재의 태양계가 형성되었으므로 성운의 크기가 태양계 크기보다 훨씬 컸다.

④, ⑤ 성운이 수축함에 따라 성운 중심부의 밀도와 온도는 계속 높아졌다.

⑥ 원시 태양과 가까운 곳에서는 주로 암석과 금속 성분의 미행성체가 형성되었다.

007 ㄱ. 성운이 수축하면서 중심부에 원시 태양이 형성된 이후에 원반에서 고체 물질이 응축되면서 미행성체들이 형성되기 시작하였다.

바로알기 | ㄴ. (가)의 미행성체는 고체 물질이므로 기체로 이루어진 원시 태양과 주요 성분이 다르다.

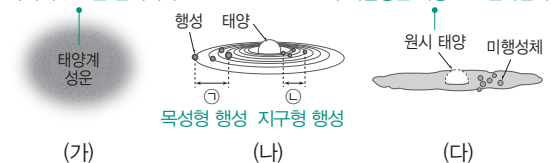
ㄷ. 원시 태양은 원시별에 해당하므로 수소 핵융합 반응이 일어나지 않는다.

008 ㄱ. 태양계 성운이 수축하여 대부분의 물질이 중심부에 모여 원시 태양을 형성하였다.

ㄴ. 원심력의 영향으로 회전축에 수직인 평면상에 납작한 원반이 형성되었다.

바로알기 | ㄷ. 원시 행성은 주로 고체 물질로 이루어진 미행성체가 집적되어 형성되었다.

009 성운의 약 99 %는 수소와 헬륨이고 나머지 1 %는 먼지이다. 원시 태양은 계속 중력 수축하여 주계열성인 태양으로 진화한다.



ㄱ. (가)의 성운에서 가장 풍부한 성분은 수소이다.

ㄴ. 행성의 질량은 태양에서 가까운 곳에 있는 ㉔보다 먼 곳에 있는 ㉓ 이 크다.

ㄷ. 원시 태양이 중력 수축하여 태양이 되므로 평균 밀도는 태양이 원시 태양보다 크다.

010 ㄱ. 원반에서 형성된 미행성체는 원시 태양 주위를 공전하였다.

ㄴ. 메테인은 금속이나 암석에 비해 응축 온도가 낮으므로 ㉓은 500보다 작다.

바로알기 | ㄷ. 원시 태양으로부터 가까운 곳에서는 주로 암석과 금속 성분의 미행성체가, 먼 곳에서는 주로 암석과 메테인 성분의 미행성체가 형성되었다.

011 ① 태양계 행성들은 모두 미행성체의 집적 과정을 거쳐 만들어졌다.

바로알기 | ② 화성은 암석과 금속으로 이루어진 지구형 행성에 속한다. ③, ④, ⑤ 지구형 행성은 목성형 행성보다 태양으로부터의 거리가 가깝고, 크기가 작지만 밀도가 크다.

012 **모범 답안** 태양에서 가까운 곳은 온도가 높아 응축 온도가 높은 규산염 물질과 철 등의 밀도가 큰 물질이 주로 남아 지구형 행성을 형성하였기 때문이다.

해설 태양에서 가까운 곳은 온도가 높아 가벼운 기체가 남지 못하고 철·규소 등의 무거운 원소만 응축하여 지구형 행성이 만들어졌다. 반면 태양에서 먼 곳은 온도가 낮아 수소·헬륨 등의 가벼운 기체까지 모여 목성형 행성이 형성되었으므로, 지구형 행성이 목성형 행성보다 밀도가 큰 물질로 이루어지게 되었다.

채점 기준	배점
지구형 행성이 목성형 행성보다 밀도가 큰 까닭을 태양으로부터의 거리와 물질의 응축 온도의 관계를 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
지구형 행성을 형성한 미행성체의 성분만 옳게 서술한 경우	60 %

013 ㄱ. 원시 태양에서 가까운 곳에서는 응축 온도가 높은 암석과 금속 성분의 미행성체가 형성되었다.

ㄴ. A 과정에서 미행성체의 충돌과 집적이 일어나 원시 행성이 형성되었다.

ㄷ. B 과정에서 원시 태양이 태양으로 진화하는 동안 강한 태양풍에 의해 원반에 남아 있던 가스가 태양계 밖으로 밀려났다.

014 ④ 밀도가 큰 금속 성분이 중심부로 이동하여 핵을 형성하였고, 규산염 물질이 위로 떠올라 맨틀을 형성하였다.

바로알기 | ①, ② 원시 지구는 약 46억 년 전에 미행성체의 충돌과 집적 과정을 거쳐 형성되었다.

③ 마그마 바다 상태에서 지표 부근에 있던 마그마가 굳어져 원시 지각을 형성하였다.

⑤ 지구의 온도가 충분히 낮아진 후에 대기 중의 수증기가 비로 내려 원시 바다를 이루었다.

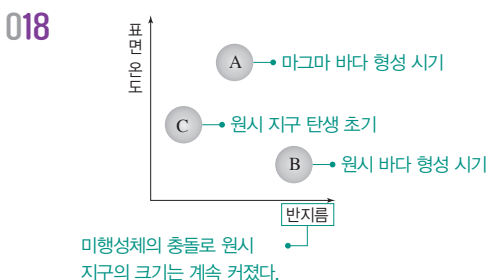
015 ㄱ. 미행성체의 충돌로 원시 지구의 상당 부분이 녹아 마그마 바다가 만들어졌다.

ㄷ. 마그마 바다 시기에 밀도가 큰 물질과 작은 물질이 분리되어 핵과 맨틀을 형성하였다.

바로알기 | ㄴ. 마그마 바다는 미행성체의 충돌이 시작된 이후에 형성되었다.

016 ⑤ 마그마 바다를 이루는 성분 중 상대적으로 밀도가 작은 규산염 성분은 지구 표면 가까이에서 맨틀을 구성하였고, 철과 니켈 등 상대적으로 밀도가 큰 금속 성분은 지구 중심부로 가라앉아 핵을 구성하였다.

017 ④ 원시 지구가 형성된 순서는 (라) 마그마 바다 형성 → (다) 핵과 맨틀의 분리 → (가) 원시 지각 형성 → (나) 원시 바다 형성이다.



ㄱ. A는 표면 온도가 가장 높은 마그마 바다 형성 시기이고, B는 지구의 크기가 가장 큰 원시 바다 형성 시기이다. C는 지구의 크기가 가장 작으므로 원시 지구 탄생 초기이다. 따라서 시간 순서는 C → A → B이다.

ㄴ. 지구 중심부의 평균 밀도는 핵과 맨틀이 분리된 B 시기가 A 시기보다 크다.

바로알기 | ㄷ. 원시 지각은 원시 바다가 형성된 B 시기 이전에 형성되었다.

019 **모범 답안** 원시 지구가 탄생한 초기에 미행성체가 계속 충돌함에 따라 발생한 열, 방사성 원소의 붕괴로 발생한 열, 중력 수축에 따라 발생한 열 등으로 원시 지구의 온도는 점점 높아졌다. 그 결과 마그마 바다가 형성되었다.

채점 기준	배점
미행성체 충돌열, 방사성 원소 붕괴열, 중력 수축 에너지 중 두 가지를 옳게 서술한 경우	100 %
미행성체 충돌열, 방사성 원소 붕괴열, 중력 수축 에너지 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

020 ① (가)에서 미행성체의 충돌열, 방사성 원소의 붕괴열 등으로 지구의 온도는 높아졌다.

④ (나)에서 밀도가 큰 물질이 지구 중심부로 이동하여 핵을 형성하였다.

⑥ (다)에서 대기 중의 수증기가 응결하여 비로 내려 원시 바다를 만들었다.

바로알기 | ② 마그마 바다 시기에 가장 풍부한 대기 성분은 수증기와 이산화 탄소이다.

③ 원시 지구를 형성한 미행성체의 주성분은 암석과 금속 성분이다.

⑤ (다)에서 지각을 생성한 마그마는 맨틀 성분이 녹아 만들어진 마그마의 성분과 유사하므로 대부분 현무암질 마그마이다.

⑦ 원시 지구에서 처음 생성된 해양은 염분이 매우 낮아 거의 담수에 가까웠다.

021 **모범 답안** 원시 지구의 진화 과정에서 지권은 마그마 바다에서 맨틀과 핵이 분리되고 지표의 마그마가 굳어지면서 형성되었으며, 이후 대기 중의 수증기가 비로 내려 수권이 형성되었다. 생물권은 바다에서 최초의 생명체가 탄생하면서 형성되었다. 따라서 지권 → 수권 → 생물권의 순서로 형성되었다.

채점 기준	배점
지권, 수권, 생물권의 형성 순서를 지구의 진화 과정과 관련지어 옳게 서술한 경우	100 %
지권, 수권, 생물권의 형성 순서만 옳게 제시한 경우	50 %

022 ㄱ. ①은 밀도가 커서 지구 내부로 가라앉은 물질로, 주성분은 금속 성분인 철과 니켈이다.

바로알기 | ㄴ. 미행성체의 충돌로 원시 지구의 반지름은 증가한다. 따라서 지구의 반지름은 (가)가 (다)보다 작다.

ㄷ. 지표면 온도는 마그마 바다가 존재했던 (나)가 원시 지각이 형성된 (다)보다 높다.

023 ① 단위넓이당 받는 태양 복사 에너지량은 태양과의 거리가 가장 가까운 A가 가장 많다.

- ② 표면 중력은 행성의 질량에 비례하고, 반지름의 제곱에 반비례하므로, 표면 중력은 질량이 가장 작은 A가 크기가 가장 작다.
- ④ A~C는 모두 태양으로부터 비교적 가까운 거리에 있는 지구형 행성이다.
- ⑤ A~C의 표면 온도를 고려하면, 세 행성 모두 물이 액체 상태로 존재하기 어렵다.
- ⑥ 대기의 온실 효과는 이산화 탄소가 이루어진 대기층이 두껍게 존재하는 B가 C보다 우세하다.
- 바로알기** | ③ 대체로 행성의 표면 중력이 커야 대기가 행성을 탈출하지 못하도록 붙잡아 둘 수 있다.
- ⑦ 행성의 질량이 큰 B가 C보다 행성 내부의 열을 오래 유지할 수 있다.

024 **모범 답안** 크기가 클수록 부피에 비해 표면적이 작아 열이 빠져나가는 속도가 느리므로 행성 내부의 열이 오랫동안 유지된다. 따라서 수성과 화성에 비해 크기가 큰 금성에서는 최근까지 지각 변동이 일어날 수 있다.

채점 기준	배점
행성의 내부 에너지와 행성의 크기와의 관계를 옳게 서술한 경우	100 %
행성 내부의 열에너지 크기만 옳게 비교한 경우	50 %

025 ㄱ. 네 행성 모두 핵과 맨틀이 분리된 층상 구조를 갖고 있으므로, 원시 행성 단계에서 마그마 바다 상태를 거쳤다.

바로알기 | ㄴ. 수성은 행성 내부에서 핵이 차지하는 부피비가 가장 크다.

ㄷ. 행성의 단위 부피당 표면적의 넓이는 행성의 반지름이 작을수록 크므로, 수성이 가장 크다.

02 지구시스템의 진화와 물질의 순환

빈출 자료 보기

12쪽

026 (1) ○ (2) × (3) × (4) × (5) × (6) ○

027 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ (5) × (6) × (7) ○

026 (1) 30억 년 전부터 현재까지 질소의 분압이 가장 크므로, 질소가 대기 성분 중 가장 높은 비율을 차지한다.

(6) 광합성으로 발생한 초기의 산소는 수권의 철 이온과 반응하여 호상철광층을 형성하였다. 이후 수권의 철이 대부분 제거된 이후부터 대기에 산소가 쌓이기 시작하였다. 따라서 호상철광층은 산소가 축적되기 시작한 ㉠ 시기 이전에 형성되었다.

바로알기 | (2) 최초의 생명체는 원시 바다가 형성된 이후에 출현하였고, 지권의 층상 구조는 마그마 바다 시기에 형성되었다.

(3) 대기 중 이산화 탄소가 감소한 주된 요인은 바다에 이산화 탄소가 용해되었기 때문이다.

(4) 대기 중 산소가 축적되기 시작한 것은 약 25억 년 전부터이다. 따라서 광합성을 하는 생물은 그 이전부터 존재하였다.

(5) 오존층은 대기 중에 산소가 축적된 이후에 형성되었으므로, ㉠ 시기 이후에 기권에 형성되었다.

027 (1), (4) (가) → (나) 동안 지구의 평균 기온이 낮아지면서 얼음덩어리 지구가 형성되었다.

(3) (가) 시기에 고위도 지방에 얼음이 분포하므로 대기 중 이산화 탄소의 농도는 (다) 시기가 (가) 시기보다 높다.

(7) (나) → (다) 동안 지구를 덮고 있던 빙하가 녹으면서 대기 중 이산화 탄소가 액체 상태의 바다에 녹아 탄산 이온이 된 뒤, 칼슘 이온과 결합하여 석회암을 형성하였다. 따라서 지구 전역에서 빙하 퇴적층 위에 석회암층이 발견된다.

바로알기 | (2) 지구의 반사율은 얼음덩어리 지구 상태인 (나) 시기가 가장 높다.

(5) (나)에서 대기 중 이산화 탄소는 얼음에 의해 바다에 쉽게 녹아들어가지 못한다.

(6) (나) 시기는 얼음덩어리 지구가 형성된 시기이고, (다) 시기는 온실 효과가 강화되어 지구의 온도가 높아져 얼음이 용해된 시기이다.

난이도별 필수 기출

13쪽~18쪽

028 ①	029 ①	030 ②, ④	031 ②	032 ④
033 ②	034 ①	035 ⑤	036 해설 참조	037 ③
038 ④	039 ③	040 ④	041 ①	042 ⑤
044 ③, ④, ⑥	045 ②	046 해설 참조	047 ①	
048 ①	049 ③	050 ④	051 ⑤	052 ②, ⑤
053 ④	054 ⑤	055 ⑤	056 ①, ⑧	057 ⑤
058 ③	059 해설 참조			

028 ① 지구시스템은 각 권역 사이의 상호작용을 통해 끊임없이 진화해 왔다.

바로알기 | ② 마그마 바다가 형성된 이후 맨틀과 핵이 분리되었고, 마지막 단계에 원시 지각이 만들어졌다.

③ 지구 탄생 이후 기권의 성분은 수권, 지권, 생물권과의 상호작용을 통해 변화했다.

④ 원시 바다가 처음 형성되었을 때 담수로 이루어져 있었고, 이후 염류가 공급되어 염분이 증가하였다. 과거 어느 시점부터 새로 공급되는 염류의 양과 바다에서 제거되는 염류의 양이 균형 상태가 되었고, 그때 이후 염분은 거의 일정한 값을 유지하고 있다.

⑤ 지구시스템의 구성 요소 중 가장 늦게 형성된 권역은 생물권이다.

029 ㄱ. 원시 대기에는 산소가 거의 없었다. 산소는 광합성 생물이 출현한 이후에 존재할 수 있었다.

바로알기 | ㄴ. 대기 중에서 산소가 조금씩 축적된 이후에 산소로 호흡하는 진핵생물이 등장하였다.

ㄷ. 산소는 반응이 매우 크기 때문에 다른 물질과 결합하여 다양한 산화물을 형성한다.

030 ② 원시 대기의 이산화 탄소는 대부분 수권에 녹은 다음 지권에 저장되었다.

④ A 시점 이후 대기 중에 산소(L)가 축적되기 시작하였다.

바로알기 | ① 원시 지구는 현재의 지구보다 이산화 탄소 농도가 높았기 때문에 온실 효과가 컸다.

③ ㉠은 질소이고, ㉡은 산소이다. 산화 철은 산소가 철 이온과 반응하여 만들어진다.

⑤ 최초의 광합성 생물은 약 35억 년 전에 출현하였고, 대기 중의 산소는 바닷물에 녹아 있던 철 이온과 충분히 반응한 이후부터 대기 중에 쌓이기 시작하였다.

⑥ 기권의 오존층은 대기 중에 산소가 충분히 쌓인 이후에 형성되었다.

⑦ 이산화 탄소의 농도가 감소한 주요 원인은 수권에 용해되었기 때문이다.

031 ② 최초의 원시 지구에는 수소가 가장 풍부하였고, 마그마 바다가 형성 이후에는 수증기와 이산화 탄소가 가장 풍부하였다. 원시 바다가 생성된 이후에는 질소가 가장 풍부한 기체가 되었다.

032 ㄴ, ㄷ. 호상철광층은 바다에서 생성된 산화 철이 대규모로 퇴적된 층으로, 얇은 띠 모양으로 나타난다.

바로알기 | ㄱ. 호상철광층은 해수에 녹아 있던 철 이온이 광합성으로 발생한 산소와 결합하여 퇴적되어 형성되었다.

033 ㄴ. ㉠은 광합성 수중 생물이므로 남세균이 여기에 해당한다.

바로알기 | ㄱ. ㉠ 시기는 약 25억 년 전~20억 년 전이므로 원생누대에 해당한다.

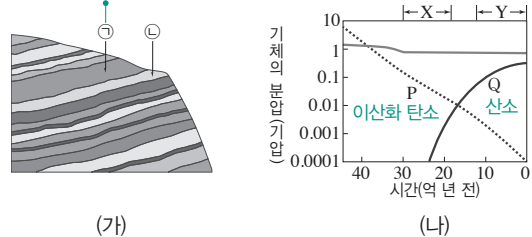
ㄷ. 현재 바닷속에는 철 이온이 극히 적게 존재하기 때문에 해저에 퇴적되는 산화 철의 양이 매우 적다.

034 ㄱ. 남세균은 광합성을 하는 생물로 원핵생물이다.

바로알기 | ㄴ. 산화 철은 해수에 녹지 않으므로 해저에 퇴적된다.

ㄷ. 호상철광층이 형성되는 데 이용된 산소는 대기 중에 존재하고 있던 산소가 아니므로, 이 시기에 대기 중 산소 농도가 감소하지 않았다.

035 산화 철이 많이 포함된 퇴적층



ㄱ. (가)에서 철 산화물은 회색을 띠는 ㉡층보다 붉은색을 띠는 ㉠층에 풍부하다.

ㄷ. (가)의 호상철광층은 대기 중에 산소가 쌓이기 직전인 X 시기에 많이 형성되었다.

바로알기 | ㄴ. 이산화 탄소(P)는 수권에 녹아 지권에 저장되었고, 산소(Q)는 광합성 생물에 의해 대기에 축적되었다.

✓ 개념 보충

호상철광층

호상철광층은 철 성분이 풍부한 광물이 퇴적된 붉은색 층과 규질 성분이 풍부한 회색 층이 반복되어 줄무늬가 나타난다. 이러한 호상철광층은 주로 대기 중에 산소가 쌓이기 시작하는 시점 직전에 형성되었으며, 바닷물 속의 철 이온이 대부분 제거된 이후에 산소가 대기에 축적될 수 있었다.

036 **모범 답안** 최초의 생명체는 바다에서 등장하였는데, 이는 바다 환경이 육상 환경과 달리 태양으로부터 오는 자외선을 막아줄 수 있었기 때문이다. 육상 생물은 대기 중에 오존층이 형성되어 자외선이 차단된 이후에 등장할 수 있었다.

채점 기준	배점
육상 생물의 출현을 대기 중 산소 농도의 증가와 오존층 형성과 관련지어 옳게 서술한 경우	100 %
육상 생물의 출현을 오존층 형성과 관련지어 부분적으로 옳게 서술한 경우	50 %

037 ㄱ. 지구시스템의 탄소는 대부분 지권에 탄산염 광물이나 화석 연료로 분포한다.

ㄴ. 광합성 생물은 기권의 탄소를 유기물로 저장하는 역할을 하므로 광합성 생물의 증가는 기권의 탄소량을 감소시키는 역할을 한다.

바로알기 | ㄷ. 탄소의 순환에 따라 지구시스템의 각 권역에 분포하는 탄소량은 조금씩 달라질 수 있지만, 지구 전체의 총 탄소량은 일정하게 유지된다.

038 ㄱ, ㄴ. 얼음덩어리 지구는 신원생대에 지구 전체가 얼음으로 뒤덮인 시기로, 빙하가 적도 지역까지 확대되었다.

바로알기 | ㄷ. 얼음덩어리 지구가 형성된 주요 원인은 대기 중의 이산화 탄소 농도가 감소하였기 때문이다.

039 ③ 암석의 풍화 작용 등으로 대기 중 온실 기체의 농도가 감소하여 지구의 평균 기온이 낮아지면서 얼음덩어리 지구가 형성되었다.

040 ㄴ, ㄹ. 얼음덩어리 지구가 종료되면 얼음으로 덮여 있던 해양에서 해수의 순환이 활발해진다. 또한 대기에서 해수로 녹아 들어가는 이산화 탄소의 양이 증가하여 해양에서 용존 이산화 탄소의 농도가 증가한다.

바로알기 | ㄱ. 단세포생물은 얼음덩어리 지구가 존재할 당시에 개체수가 크게 감소하였다.

ㄷ. 얼음덩어리 지구가 종료될 때, 얼음의 면적이 감소하면서 지구의 반사율은 감소한다.

041 **바로알기** | ① 생물의 호흡은 생물권에서 기권으로 탄소가 이동하는 예이다.

042 ㄱ. 석회 동굴이 생성될 때 지권의 탄소가 지하수에 녹아 수권으로 이동한다.

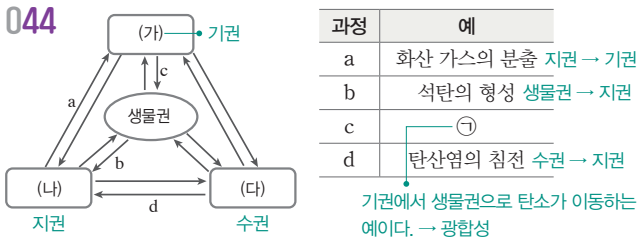
ㄴ. 화석 연료 사용량이 많아질수록 대기 중 이산화 탄소의 농도가 증가하므로 기권의 탄소량이 증가한다.

ㄷ. 지구에서 생물이 출현한 이후, 각 권역 사이의 상호작용이 복잡해지면서 탄소 순환 과정도 훨씬 복잡해졌다.

043 ㄴ. B에서 탄소의 주요 분포 형태는 탄산 이온이다. 따라서 B는 수권이다.

바로알기 | ㄱ. A는 기권이므로 지구시스템의 각 권역 중에서 탄소 분포량이 가장 적다.

ㄷ. 화석 연료는 지권에 분포하는 탄소의 주요 형태이므로 ㉠에 해당한다. ㉠은 생물권에 분포하는 탄소 형태이므로 유기물이다.



③ 광합성은 기권에서 생물권으로 탄소가 이동하는 예이므로 ㉠에 해당한다.

④ a가 증가할수록 기권의 탄소량이 증가하여 온실 효과가 심해진다.

⑥ 지구 온난화가 심해지면 바다에서 이산화 탄소의 용해도가 감소하므로 수권에서 기권으로 이동하는 탄소량이 증가한다.

바로알기 | ① (가)는 기권, (나)는 지권, (다)는 수권이다.

② 각 권역에 분포하는 탄소의 양은 지권 > 수권 > 생물권 > 기권이다.

⑤ 지권에서 탄소는 주로 탄산염 형태로 존재한다.

⑦ 화석 연료의 사용량이 증가하면 지권의 탄소가 기권으로 이동한다. 이때 지구 전체의 탄소량은 변하지 않는다.

045 ㄴ. (나) → (다)에서 기권의 이산화 탄소가 바다에 녹아 들어가면서 석회암 형성이 활발해진다.

바로알기 | ㄱ. (가) → (나)에서 대기의 온실 효과가 약화되어 지구의 평균 기온이 낮아진다.

ㄷ. (나)에서는 얼음이 기권의 산소가 해수에 녹아들어가는 것을 막아 해수 속 산소 농도가 낮아진다.

046 **모범 답안** 얼음덩어리 지구에서는 이산화 탄소가 해수에 녹지 못해 대기 중에 축적되었고, 얼음이 녹은 직후 해수에 많은 양의 이산화 탄소가 용해되면서 지구 전역에서 석회암을 형성하였다. 따라서 빙하 퇴적층 위에 발견되는 석회암층은 얼음덩어리 지구가 존재했었다는 증거가 될 수 있다.

채점 기준	배점
얼음이 대기 중 이산화 탄소의 농도에 미치는 영향과 석회암 형성 과정에 대해 모두 옳게 서술한 경우	100 %
얼음이 대기 중 이산화 탄소의 농도에 미치는 영향과 석회암 형성 과정에 대해 부분적으로 옳게 서술한 경우	50 %

047 ㄱ. 석회 동굴은 석회암이 지하수에 용해되어 만들어진다. 이 과정에서 탄소는 지권에서 수권으로 이동한다.

바로알기 | ㄴ. 해양 산성화가 심화되면 산호 골격(탄산칼슘 성분)이 해수에 녹는 현상이 일어나므로 (나)의 과정이 어려워진다.

ㄷ. (가)와 (나)에서 공통으로 관여하는 권역은 수권이다.

048 석탄 형성은 탄소가 생물권에서 지권으로 이동하는 과정이므로 A는 생물권, B는 지권이다. 석회 동굴 형성은 탄소가 지권에서 수권으로 이동하는 과정이므로 C는 수권이다.

ㄱ. A~C 중 탄소의 분포량은 지권인 B에 가장 많다.

바로알기 | ㄴ. 광합성은 탄소가 기권에서 생물권으로 이동하는 과정에 해당한다. ㉠은 탄소가 생물권에서 수권으로 이동하므로 수중 생물의 호흡이 여기에 해당한다.

ㄷ. 얼음덩어리 지구에서는 얼음의 영향으로 수권으로 이동하는 탄소의 양이 매우 적었다.

049 ㄱ. 물의 순환 과정에서 각 권역의 상호작용을 통해 에너지와 물질의 이동이 함께 일어난다.

ㄷ. 지구시스템에서 대륙과 해양은 각각 물 수지 평형 상태를 유지하고 있다.

바로알기 | ㄴ. 생물권은 증산 작용 등을 통해 물의 순환에 직접적인 영향을 준다.

050 ㄱ. 해양과 육지에서는 증발량과 강수량이 다르지만, 지구 전체에서는 증발량과 강수량은 같다.

ㄷ. 물의 순환을 일으키는 주요 에너지원은 태양 에너지이다.

바로알기 | ㄴ. 육지에서는 강수량이 증발량보다 많고, 그 차이만큼 물이 육지에서 해양으로 이동한다. 따라서 육지와 해양 사이에 물이 직접 이동하는 양은 B 과정이 A 과정보다 많다.

051 ㄴ. 물은 순환 과정에서 에너지 수송이 일어나므로 물의 순환은 지구의 에너지 평형에 기여한다.

ㄷ. A에 의해 육지의 물이 해양으로 공급된다. 이때 물속에 다양한 성분이 용해되어 해양으로 유입되므로 해양 생명체에게 필요한 물질을 공급해 주는 역할을 한다.

바로알기 | ㄱ. 물의 순환을 일으키는 주요 에너지원은 태양 에너지이다.

052 ① 육지에서는 강수량이 증발량보다 A만큼 많다.

③ 육지에서는 물 수지 평형을 이루므로 A 과정으로 이동하는 물의 양은 25-16=9이다.

- ④ A 과정에서 물은 지표의 풍화·침식을 일으킨다.
 ⑥ 하천수와 지하수가 바다로 이동하는 과정에서 바다에 영양염을 공급해 주는 역할을 한다.
 ⑦ 물의 순환 과정에서 물질 교환과 에너지의 이동이 함께 나타난다.
바로알기 | ② 바다에서는 유출량(증발 84)과 유입량(강수 75+육지 유입 9)이 같으므로 물 수지 평형을 유지한다.
 ⑤ 물이 수증기로 증발하는 과정에서 태양 에너지를 흡수한다.

053 ㄴ. (다)의 형성 과정에서 석회암에 포함된 탄소가 수권으로 이동한다.

ㄷ. (가)와 (나)는 하천수에 의한 풍화·침식 작용, (다)는 지하수에 의한 풍화·침식 작용으로 형성되었다.

바로알기 | ㄱ. V자곡은 경사가 비교적 급한 곳에서 물에 의한 침식 작용을 거쳐 형성되고, 곡류는 경사가 매우 완만한 곳에서 물에 의한 침식과 퇴적 작용을 거쳐 형성된다.

✓ 개념 보충

- **V자곡**: 주로 경사가 급한 하천의 상류 지역에서 빠른 속도로 흐르는 물에 의해 침식 작용이 일어나 폭이 좁은 V자 형태의 계곡이 형성된다.
- **곡류**: 하천이 흐르면서 침식과 퇴적 작용이 일어나 강물이 구불구불 흐르며 곡류를 이룬다.
- **석회 동굴**: 대기 중 이산화 탄소가 녹아 약한 산성을 띠는 빗물이나 지하수가 석회암을 기반암으로 하는 지층을 용해하고 침식하는 과정이 오랫동안 지속되어 동굴이 형성된다.

054 ㄷ. (다)의 탄소 순환 중 화산 활동은 지구 내부 에너지의 영향을 받는다.

ㄹ. 생물권은 광합성을 통해 산소 순환과 탄소 순환에 기여하고, 증산 작용을 통해 물의 순환에 기여한다.

바로알기 | ㄱ. 기체의 용해도는 수온이 낮을수록 높다.

ㄴ. 지구 온난화는 지구 전체의 증발량과 강수량을 증가시키므로 (나)의 물의 순환을 강화시킬 수 있다.

055 A. 생물권이 형성된 이후부터 지구시스템의 구성 요소 사이의 상호작용이 훨씬 다양하고 복잡해졌다.

B. 지구와 생물은 서로 영향을 주고 받으며 함께 진화하는데, 이를 공진화라고 한다.

C. 생물권이 형성된 이후 산소가 형성되었고, 이후 지각에서 다양한 종류의 산화 광물이 만들어질 수 있게 되었다.

056 ② (가)의 호상철광층은 광합성 생물인 남세균이 출현한 이후에 형성되었다.

③ 호상철광층이 형성되는 과정에서 수권에 녹아 있던 물질이 지권에 퇴적되었다. 따라서 (가)는 생물권이 수권과 지권에 영향을 준 사례이다.

④ 오존층이 형성되면서 기권은 현재와 같은 4개(대류권, 성층권, 중간권, 열권)의 층상 구조가 되었다.

⑤ (나)의 오존층이 형성되면서 생물권의 분포 범위가 육상으로 확대될 수 있었다.

⑥ (다)는 지구 환경의 급격한 변화로 생물다양성에 큰 영향을 미친 사례이다.

⑦ (다)의 대멸종 이후 육상에서는 파충류와 겉씨식물이 번성하였고, 해양에서는 암모나이트가 번성하였다.

바로알기 | ① (가)는 약 25억 년 전~20억 년 전, (나)는 약 5억 년 전, (다)는 약 2억 5천만 년 전이다. 따라서 시간 순서는 (가) → (나) → (다)이다.

⑧ 현재 지구에서도 지구 환경과 생물의 공진화는 계속 일어나고 있다.

057 ㄱ. 식물과 미생물에 의한 상호작용으로 지표 부근에서는 다양한 종류의 점토 광물이 만들어진다.

ㄴ. 생물의 영향을 받아 생성된 산화 광물의 예로 적철석과 자철석이 있다.

ㄷ. 지구는 화성이나 금성과 달리 생물권이 존재한다. 따라서 생물권의 영향으로 훨씬 다양한 종류의 광물이 존재한다.

058 ㄱ. 핵은 마그마 바다 시기에 형성되었으므로 지표면 온도는 A 시기가 훨씬 높았다.

ㄷ. 암석을 이루는 광물의 종류는 생물권이 출현한 C 시기 이후에 훨씬 많아졌다.

바로알기 | ㄴ. 호상철광층은 광합성 생물이 출현한 이후부터 생성될 수 있었으므로 C 시기 이후에 생성되었다.

059 **모범 답안** 생명 활동에 의해 다양한 종류의 산화 광물, 점토 광물 등이 형성되고, 이로 인해 다양한 종류의 암석이 만들어진다. 따라서 생물권이 존재하는 지구는 다른 암석형 행성에 비해 광물의 종류가 훨씬 다양하다.

채점 기준	배점
지구와 생물의 상호작용을 포함하여 광물의 다양성에 대해 옳게 서술한 경우	100 %
지구와 생물의 상호작용을 명확하게 제시하지 않고 광물의 다양성에 대해 서술한 경우	50 %

최고 수준 도전 기출

19쪽

060 ③ 061 ① 062 ④ 063 ⑤

060

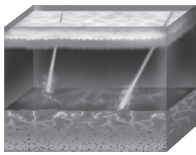
행성	A 화성	B 지구	C 목성
밀도(상댓값)	1	1.4	0.3
대기압(상댓값)	1	100	()
화산 활동	없음	있음	없음

ㄱ. 행성의 표면적은 행성 반지름의 제곱에 비례하고, 행성의 부피는 행성 반지름의 세제곱에 비례한다. 따라서 행성의 $\frac{\text{표면적}}{\text{부피}}$ 은 반지름에 반비례한다. 따라서 행성의 $\frac{\text{표면적}}{\text{부피}}$ 은 화성인 A가 B보다 지구인 C보다 크다.

ㄷ. 태양계 행성들은 모두 태양의 자전 방향과 같은 방향으로 공전하고 있다. 태양계가 형성될 당시에 성운이 최초로 회전했던 방향과 동일한 방향으로 추정하고 있다.

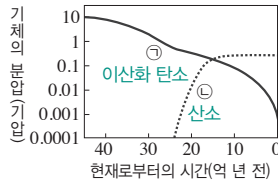
바로알기 | ㄴ. 지구형 행성인 지구와 화성은 목성보다 밀도가 크므로 밀도가 가장 작은 C는 목성이다. 화성은 지구보다 질량이 작아 중력이 작고 대기압이 작으므로, 대기압이 작은 A는 화성이고, B는 지구이다. 따라서 태양으로부터의 거리는 B가 C보다 가깝다.

061



마그마 바다 시기

(가)



(나)

ㄱ. (가)의 마그마 바다 시기에 무거운 금속 성분(주로 철과 니켈)이 가라앉아 핵을 형성하였다. 지구 중심부에서 철의 비율은 핵과 맨틀이 분리된 이후에 커졌으므로 마그마 바다 시기 이전에 더 작았다.

바로알기 | ㄴ. (나)에서 ㉠은 이산화 탄소, ㉡은 산소이다. ㉠이 감소한 주요 원인은 바다에 녹은 다음 석회암 형태로 지권에 저장되었기 때문이고, ㉡이 증가한 주요 원인은 광합성 생물에 의한 산소 공급 때문이다.

ㄷ. 마그마 바다 시기에 대기 중 기체의 분압은 이산화 탄소가 더 높았고, 산소는 거의 존재하지 않았다.

062

광합성에 의해 탄소가 A에서 B 또는 D에서 B로 이동하는데, 광합성에 의해 생물권에 탄소가 저장되므로 B는 생물권이다. A와 D는 각각 기권과 수권 중 하나이다. 석회암이 생성될 때 탄소는 생물권에서 지권 또는 수권에서 지권으로 이동하므로, C는 지권이다. B가 생물권이므로 A는 기권이고, D는 수권이다.

ㄴ. ㉠은 지권에서 기권으로 탄소가 이동하는 예이다. 화석 연료의 연소는 지권에서 기권으로 탄소가 이동하는 예이므로 ㉠ 과정에 해당한다.

ㄷ. A는 기권, B는 생물권, C는 지권, D는 수권이므로 탄소의 양은 $C > D > B > A$ 이다.

바로알기 | ㄱ. A는 기권이며, 기권의 탄소는 대부분 이산화 탄소로 존재한다.

063

ㄱ. 호상철광층은 약 25억 년 전~약 20억 년 전에 남세균에 의한 광합성 활동으로 발생한 산소가 바닷속 철 이온과 결합하여 형성되었다. 신원생대의 얼음덩어리 지구는 약 7억 년 전, 약 6억 5천만 년 전에 형성되었다. 따라서 형성 순서는 (가) 호상철광층 → (나) 얼음덩어리 지구 순이다.

ㄴ. (가) 시기에는 대기 중에 산소가 거의 존재하지 않았으며, 바닷속 철 이온이 대부분 제거된 이후에 대기에 산소가 쌓일 수 있었다. (나) 시기는 대기 중에 산소가 쌓인 이후이다.

ㄷ. (나) 시기에 단세포 원생생물이 많이 멸종하였고, 얼음덩어리 지구가 녹은 이후에 최초의 다세포생물(에디아카라 생물군)이 출현할 수 있었다.

03

판 구조론의 정립 과정

빈출 자료 보기

22쪽

064 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) ○ (6) ○

065 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ (5) × (6) ○

064 베게너가 제시한 대륙 이동의 증거에는 남아메리카 대륙의 동부 해안선과 아프리카 대륙의 서부 해안선의 유사성, 북아메리카와 유럽에서 발견된 습곡 산맥의 연결, 여러 대륙에서 발견된 빙하의 흔적과 이동 방향 등이 있다.

바로알기 | (3) 메소사우루스는 고생대 말에 육상(민물)에서 살았던 생물(담수 파충류)이다.

(4) (나)에서 제시된 고생물은 모두 판게아가 존재했던 시기에 살았던 생물이며, 판게아가 분리되기 전에 멸종한 생물이다.

065 (1) A는 대륙 이동설이다.

(2) B는 대륙을 움직이는 원동력을 주장한 맨틀 대류설이다.

(4) 고지자기 줄무늬 분포는 해양저 확장설인 C의 증거에 해당한다.

(6) D의 판 구조론은 지권의 지각 변동을 통합적으로 설명할 수 있는 이론이다.

바로알기 | (3) 음향 측심 기술의 발달로 해저 지형을 파악하여 해양저 확장설이 등장할 수 있었다.

(5) 지구의 겉 부분을 암석권과 연약권으로 구분하여 설명하는 이론은 판 구조론이다.

난이도별 필수 기출

23쪽~29쪽

066 ②	067 ③	068 해설 참조	069 ③, ④, ⑥
070 ⑤	071 ②	072 ⑤	073 ③
074 ⑤	075 ④	076 ②	077 ④, ⑤, ⑥
078 해설 참조	079 ⑤	080 ③	081 해설 참조
082 ②, ④, ⑤	083 ②	084 ①	085 해설 참조
086 ③	087 ⑤	088 ④	089 (다) → (나) → (라) → (가)
090 ②	091 ④	092 ⑤	093 해설 참조
094 ④, ⑤, ⑦, ⑧	095 해설 참조	096 ④	097 ⑤
098 ③	099 ①		

066 ① 대륙 이동설은 고생대 말에 모든 대륙들이 하나로 모여 판게아라는 초대륙을 이루었으며, 약 2억 년 전부터 분리되고 이동하여 현재와 같은 대륙 분포를 이루었다는 학설이다.

③, ④ 대륙 이동설의 증거로 해안선 모양의 유사성, 고생물 화석 분포, 빙하의 흔적, 지질 구조의 연속성 등을 제시하였다.

⑤ 대륙 이동설은 판 구조론의 정립 과정에서 기초가 되었다는 점에서 의의가 있다.

바로알기 | ② 베게너는 대륙 이동의 원동력을 설명하지 못하였다. 맨틀 대류로 대륙 이동의 원동력을 설명한 과학자는 흄스이다.

067 ㄱ, ㄷ. 화석으로 산출된 이 고생물은 두 대륙이 서로 붙어 있던 판게아 시기에 살았던 생물이다.

바로알기 | ㄴ. 이 고생물은 고생대 말에 살았던 육상 생물로 메소사우루스이다. 육상 생물이므로 바다를 건너 이동하는 것은 불가능하다.

068 **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 부족, 과학적 원리 부족 등으로 서술한 경우	50 %

069 ③ 초대륙이 분리된 순서는 (가) → (다) → (나)이다.

④ 초대륙이 분리되면서 대서양의 면적이 점점 넓어졌으므로, 대서양의 면적은 (나) 시기가 (다) 시기보다 넓다.

⑥ (나) 시기에 대서양 양쪽에서 고생대 말에 살았던 같은 종의 육상 생물 화석이 산출될 수 있다.

바로알기 | ①, ② (가) 시기의 초대륙은 고생대 말에 형성된 판게아로, 이 시기에 큰 빙하가 있었다.

⑤ 대륙을 이동시키는 에너지원은 지구 내부 에너지이다.

⑦ (다) 시기에 인도 대륙은 적도보다 남쪽에 위치해 있다.

070 A, C. 베게너는 북아메리카와 유럽에 분포하는 두 산맥이 서로 잘 연결된다는 것을 근거로 대륙 이동설을 주장하였다.

B. ①과 ④은 판게아가 형성된 고생대 말에 만들어졌으며, 이후 대륙이 분리되면서 대서양이 형성되었다.

071 ㄷ. 현재 여러 대륙에 분포하는 고생대 말의 빙하 퇴적층을 연결하면 서로 잘 이어진다. 따라서 빙하의 분포와 이동 방향은 대륙 이동의 증거가 된다.

바로알기 | ㄱ, ㄴ. 이 빙하 퇴적층은 판게아가 존재했던 고생대 말에 형성된 것으로, 현재는 대륙이 분리되고 이동하여 적도 부근에서도 발견된다.

072 ⑤ 고생대 말에 번성한 글로소프테리스(고사리과 양치식물)가 여러 대륙에서 발견되는데, 베게너는 이러한 사실을 대륙 이동의 증거로 제시하였다.

바로알기 | ①, ②, ③ 해령 주변의 변환 단층과 띠 모양의 지진대와 화산대의 분포는 판 구조론의 증거가 된다.

④ 해구는 오래된 해양 지각이 소멸하는 곳으로 해양저 확장설의 증거가 된다.

073 ㄷ. 남아메리카 대륙과 아프리카 대륙 사이에 발산형 경계인 해령이 존재하여 해양저가 확장되면서 대서양이 넓어진다.

바로알기 | ㄱ. 고생대 말부터 중생대 초까지 판게아가 존재했다. 이 시기는 판게아가 분리되어 이동하고 있으므로 중생대의 수륙 분포이다.
ㄴ. 히말라야산맥은 인도 대륙이 유라시아 대륙과 충돌한 신생대에 형성되었다.

074 ① 고생대 말 습곡 산맥이 북대서양 양쪽 대륙을 이동시키면 잘 연결된다.

② 메소사우루스는 육상 생물이므로 화석이 발견되는 두 지층은 모두 육상 환경에서 퇴적되었다.

③ 대서양에서 고지자기 줄무늬는 해령을 중심으로 양쪽에서 대칭적으로 나타난다.

④ 고생대 말 빙하 퇴적층의 분포를 하나로 연결하면 과거의 대륙 분포를 알아낼 수 있다.

바로알기 | ⑤ 고생대 말 빙하의 이동 방향은 판게아가 존재했던 당시의 남극점에서부터 멀어지는 방향으로 나타난다. 따라서 빙하의 이동 방향은 대륙의 이동 방향과 관련이 없다.

✓ 개념 보충

대륙 이동의 증거

- **고생대 말 습곡 산맥**: 북아메리카의 산맥과 유럽에 분포하는 습곡 산맥이 두 대륙을 이동시켰을 때 서로 연결된다. ➔ 대륙 이동설의 증거
- **메소사우루스 화석의 분포**: 대서양 양쪽 대륙에서 같은 종의 육상 생물 화석이 발견된다. ➔ 대륙 이동설의 증거
- **고지자기 줄무늬**: 해령을 중심으로 양쪽에 대칭적인 고지자기 역전 줄무늬가 나타난다. ➔ 해양저 확장설의 증거
- **고생대 말 빙하 퇴적층**: 고생대 말의 빙하 흔적이 적도 부근에서도 발견되며, 대륙을 이동시키면 잘 연결된다. ➔ 대륙 이동설의 증거
- **고생대 말 빙하 이동 흔적**: 과거의 남극점에서 멀어지는 방향으로 나타난다. 이를 이용하여 대륙 분포를 추정할 수 있다. ➔ 대륙 이동설의 증거

075 ④ 홈스는 맨틀 대류설을 제안하여 대륙 이동의 원동력을 설명하고자 하였다.

076 ㄴ. 홈스는 맨틀 대류를 맨틀 상부와 하부의 온도 차이로 발생한 열대류로 설명하였다.

바로알기 | ㄱ. 해저 탐사 기술의 발달에 영향을 받아 등장한 학설은 해양저 확장설이다.

ㄷ. 맨틀 대류설은 이를 뒷받침할 만한 증거가 없어 받아들여지지 않았다.

077 ④ 맨틀 대류의 영향으로 대륙 A와 B는 서로로부터 점점 멀어진다.

⑤ 맨틀 대류가 상승하는 영역의 지표에서는 새로운 화산섬이 형성된다고 설명하였다.

⑥ 맨틀 대류가 하강하는 영역에서는 횡압력이 작용하면서 산맥이 형성되고 지각이 맨틀 속으로 들어간다고 설명하였다.

바로알기 | ①, ② ⑦은 맨틀 대류가 상승하는 곳으로 주변보다 온도가 높고, ④은 맨틀 대류가 하강하는 곳으로 주변보다 온도가 낮다.

③ 맨틀 대류의 에너지원은 지구 내부 에너지이다.

⑦ 홈스의 맨틀 대류설은 베게너의 대륙 이동설 이후에 등장하였다.

078 **모범 답안** 의의: 대륙이 이동하는 원동력을 설명할 수 있었다.

한계: 맨틀 대류를 뒷받침할 수 있는 증거를 제시하지 못했다.

채점 기준	배점
의의와 한계를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
의의와 한계 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

079 ⑤ 해양저 확장설에 따르면 해령에서 새로운 해양 지각이 생성되어 확장되므로 해령에서 멀어질수록 해양 지각의 나이가 증가한다.

바로알기 | ① 해양저 확장설은 1960년대 초에 헤스와 디츠가 제안한 학설이다.

② 남아메리카 대륙과 아프리카 대륙의 해안선 모양이 유사하다는 것에 착안하여 제시된 학설은 베게너의 대륙 이동설이다.

③, ④ 해양 지각의 고지자기 줄무늬는 해령을 중심으로 대칭으로 분포하며, 해구에서는 오래된 해양 지각이 침강하여 소멸한다.

080 A. 해양 지각의 고지자기는 해령을 중심으로 역전 줄무늬가 대칭적으로 분포하고 있다.

B. 섭입대에서는 진원의 깊이가 해구에서 대륙 쪽으로 갈수록 점점 깊어지는데 이는 해양 지각이 소멸하는 증거가 된다.

바로알기 | C. 암석권은 지각과 상부 맨틀 일부를 포함하는 두께 약 100 km의 단단한 암석층이며, 암석권의 조각을 판이라고 한다. 암석권과 연약권의 분포는 판 구조론으로 설명할 수 있다.

081 **모범 답안** 수심이 깊을수록 음파 왕복 시간이 길어지므로 C의 수심이 가장 깊다. C 지점의 수심은 $\frac{1}{2} \times 1500 \text{ m/s} \times 8\text{초} = 6000 \text{ m}$ 이다.

채점 기준	배점
수심이 가장 깊은 지점을 근거를 들어 옳게 제시하고, 수심을 옳게 구한 경우	100 %
근거를 제시하지 못한 경우	60 %
수심이 가장 깊은 지점만 옳게 제시한 경우	40 %

082 ② 해수면에서 측정한 음파 왕복 시간은 수심이 깊은 ㉠이 ㉡보다 길다.

④ 해령의 중심부에 해당하는 ㉡을 중심으로 고지자기 역전 줄무늬가 대칭으로 나타난다.

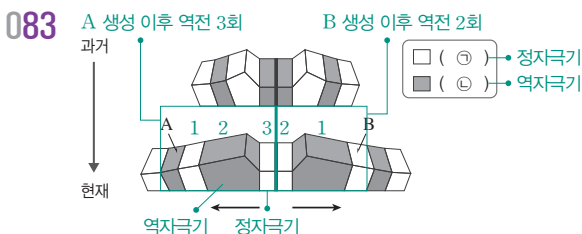
⑤ 지진이 일어나는 평균 깊이는 해구(㉠) 부근이 해령(㉡) 부근보다 깊다.

바로알기 | ① ㉠에는 수심이 6 km보다 깊은 해구가 발달한다.

③ 해양저 확장은 해령(㉡)을 중심으로 일어난다.

⑥ 해령을 중심으로 새로운 해양 지각이 생성되므로 해양 지각의 평균 연령은 ㉠ 부근이 ㉡ 부근보다 많다.

⑦ 해저 퇴적물의 평균 두께는 해양 지각의 나이가 많은 ㉠ 부근이 ㉡ 부근보다 두껍다.



② 해령에서는 새로운 해양 지각이 생성되는데, 이때 그 당시 지구 자기장 방향으로 암석의 잔류 자기가 생성된다.

바로알기 | ① ㉠은 현재의 지구 자기장 방향을 나타내므로 정자극기이다.

③ 고지자기 줄무늬는 해령에 나란하게 나타난다.

④ 고지자기 역전 횟수를 비교하면, 해양 지각의 연령은 B가 A보다 적다.

⑤ 북반구와 남반구는 동일한 자극기의 암석이 형성된다. 따라서 현재 남반구의 해령 중심축에는 정자극기를 나타내는 암석이 분포한다.

084 ㄱ. 역자극기일 때 고지자기 방향은 남쪽을 가리킨다. 따라서 고지자기 줄무늬는 남북 방향으로 나타나며, 이 해역에서 해령은 남북 방향으로 발달해 있다.

바로알기 | ㄴ. 해저 퇴적물의 두께는 해양 지각의 나이가 많을수록 두꺼우므로 A보다 B에서 두껍다.

ㄷ. B에는 역자극기에 생성된 암석이 분포하므로 고지자기 방향은 남쪽을 가리킨다.

085 **모범 답안** (1) 해령을 중심으로 양쪽으로 멀어질수록 해양 지각의 나이가 대칭적으로 많아진다. 따라서 해령에서 새로운 해양 지각이 생성된 후 양쪽으로 확장되고 있다는 것을 알 수 있다.

(2) 해양저 확장 속도는 해령으로부터 거리를 해양 지각의 연령으로 나눈 값에 해당한다. 이 자료에서 해령을 기준으로 같은 거리에 있는 해양 지각의 연령은 서쪽에 위치한 판이 동쪽에 위치한 판보다 많다. 따라서 해양저 확장 속도는 해령의 서쪽에 위치한 판이 동쪽에 위치한 판보다 느리다.

해설 해령을 중심으로 새로운 해양 지각이 생성되어 양쪽으로 멀어진다. 따라서 해양 지각의 나이는 해령에서 멀어질수록 많아지고, 해양저 확장 속도가 빠를수록 해령으로부터 같은 거리에 있는 해양 지각의 연령이 적다.

	채점 기준	배점
(1)	해령을 중심으로 해양저가 확장된다는 것을 해양 지각의 연령 분포와 관련지어 옳게 서술한 경우	50 %
	해령을 중심으로 해양저가 확장된다는 것만 옳게 서술한 경우	25 %
(2)	판의 확장 속도를 연령 분포에 근거하여 옳게 비교한 경우	50 %
	판의 확장 속도만 옳게 비교한 경우	25 %

086 ③ 해구에서 해양 지각이 지구 내부로 섭입함에 따라 지진의 발생 깊이가 점점 깊어진다.

바로알기 | ①, ② 해구는 섭입대가 시작되는 B 부근에 위치하므로, 수심은 B 부근에서 가장 깊다.

④ C를 포함한 해양 지각은 섭입대를 따라 소멸하고 있다.

⑤ 섭입대를 따라 발생하는 진원의 깊이 분포는 해양저 확장설을 설명하는 증거가 될 수 있다.

087 ㄱ. A에는 주변보다 수심이 깊은 해구가 존재하고, B에는 주변보다 수심이 얇은 해령이 존재한다.

ㄴ. (나)에서 최대 수심이 7.5 km이므로 $\frac{1}{2} \times 1500 \text{ m/s} \times x\text{초} = 7.5 \text{ km}$ 로부터 음파 왕복 시간의 최댓값은 10초이다.

ㄷ. B에는 해령이 있으며, 해령을 중심으로 고지자기 줄무늬가 대칭으로 나타난다.

088 ㄱ. 월슨은 해령과 해령 사이에서 새로운 형태의 단층을 발견하였고, 이를 변환 단층이라고 하였다.

ㄴ. 판 경계의 종류는 발산형, 수렴형, 보존형 경계로 구분할 수 있다.

바로알기 | ㄷ. 판 구조론은 판의 경계에서 일어나는 지각 변동을 설명할 수 있는 이론이다.

089 판 구조론이 정립된 순서는 (다) 대륙 이동설 → (나) 맨틀 대류설 → (라) 해양저 확장설 → (가) 판 구조론이다.

090 나. 해저 탐사 기술의 발전으로 해저 지형을 알 수 있게 되었고, 이에 힘입어 (나) 해양저 확장설이 등장하게 되었다.

바로알기 | ㄱ. 이론이 제시된 순서는 (다) 대륙 이동설 → (가) 맨틀 대류설 → (나) 해양저 확장설이다.

ㄷ. (다)는 대륙 이동설이다. 대륙 이동설은 다양한 증거에도 불구하고 대륙이 움직이는 까닭을 설명하지 못했다.

091 ㄱ. ㉠은 단단한 암석으로 이루어진 암석권이다.

나. 암석권은 크고 작은 조각으로 나누어져 있는데, 이를 판이라고 한다.

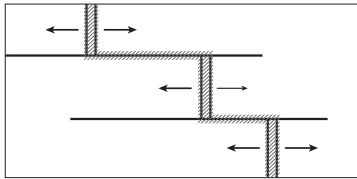
바로알기 | ㄷ. ㉡은 유동성이 있는 고체 상태로, 연약권이라고 한다.

092 ㄱ. 지진계를 활용하여 해구 부근에서 섭입대를 따라 지진이 발생한다는 것을 확인할 수 있다.

나. 음향 측심기로 수심을 측정하면 해저 지형을 파악할 수 있다.

ㄷ. 자력계를 활용하여 해령을 중심으로 고지자기 줄무늬가 대칭으로 분포한다는 것을 확인할 수 있다.

093 **모범 답안** 판의 경계에서 지진이 활발하므로 해령과 변환 단층에서 지진이 활발하다.



채점 기준	배점
지진이 활발한 지역을 옳게 나타내고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
지진이 활발한 지역만을 옳게 나타낸 경우	50 %

094 ④ ㉡은 변환 단층이다. 변환 단층은 두 판이 서로 어긋나는 보존형 경계에 해당한다.

⑤ ㉢은 해구로, 오래된 해양 지각이 소멸한다.

⑦ 해령에서 해구 쪽으로 갈수록 해양 지각의 나이가 많아진다.

⑧ ㉠, ㉡, ㉢은 모두 판의 경계에 해당하며, 지진이 활발하다.

바로알기 | ① 판의 이동 방향을 고려하면, 판의 개수는 모두 4개이다.

② ㉠은 해령으로, 맨틀 대류의 상승부에 위치한다.

③ ㉡은 보존형 경계인 변환 단층으로, 화산 활동이 거의 일어나지 않는다.

⑥ 해저 퇴적물의 두께는 해령에서 해구로 갈수록 두꺼워진다.

095 **모범 답안** (1) ㉢, 두 판이 서로 멀어지는 발산형 경계이다.

(2) 판의 이동 속도는 해령 중심으로부터의 거리에 해당한다. 자료에서 해령 중심 ㉠을 기준으로 같은 거리에 있는 해양 지각의 연령은 서쪽에 위치한 판이 동쪽에 위치한 판보다 적다. 따라서 판의 이동 속도는 서쪽에 위치한 판이 동쪽에 위치한 판보다 빠르다.

해설 (1) 해령에서 새로운 해양 지각이 생성되므로 해령 중심부에서 해양 지각의 나이가 가장 적다. 따라서 해양 지각의 연령이 0인 ㉢이 새로운 해양 지각이 생성되는 해령에 위치한다.

(2) 해양판의 이동 속도가 빠를수록 해령으로부터의 거리에 따른 연령 증가가 작다.

	채점 기준	배점
(1)	판의 경계가 위치한 지점과 판 경계의 종류를 옳게 서술한 경우	50 %
	판의 경계가 위치한 지점만 옳게 쓴 경우	20 %
(2)	판의 이동 속도를 제시된 자료에 근거하여 옳게 비교한 경우	50 %
	판의 이동 속도만 옳게 비교한 경우	20 %

096 ④ A~C는 모두 판의 경계에 위치하므로 지진이 활발하다.

바로알기 | ① A는 발산형 경계, B는 수렴형 경계, C는 보존형 경계에 위치한다.

② B는 두 대륙판이 충돌하는 히말라야산맥에 위치한다. 베니오프대는 해양판이 섭입하는 곳에서 발달한다.

③ C는 보존형 경계이므로 맨틀 대류의 하강부에 위치하지 않는다.

⑤ A에서는 화산 활동이 활발하지만, B와 C에서는 화산 활동이 일어나지 않는다.

097 ㄱ. A는 일본 해구이고, B는 동태평양 해령이다. 따라서 퇴적물의 두께는 A가 B보다 두껍다.

나. (나)에서는 진원의 깊이가 점점 깊어지므로 해구 주변에서 관측한 것이다.

ㄷ. (나)의 진원 분포는 섭입대에서 해양 지각이 소멸하는 증거이다.

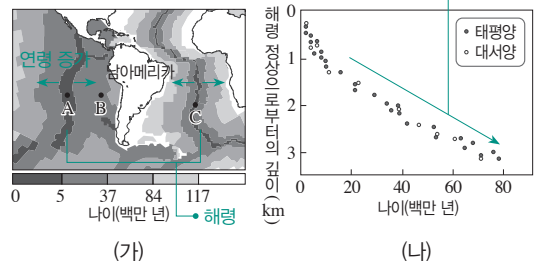
098 ㄷ. ㉠ 지점과 ㉡ 지점 사이에 수렴형 경계가 존재하므로 판이 이동함에 따라 두 지점 사이의 거리는 가까워진다.

바로알기 | ㄱ. B가 A 아래로 섭입하고 있으므로 판의 밀도는 B가 A보다 크다.

나. 판의 경계인 해구 부근에서 천발 지진이 시작되고 판이 섭입함에 따라 지진의 진원 깊이가 점차 깊어진다. 따라서 판의 경계로부터의 거리는 ㉡ 지점이 ㉠ 지점보다 가깝다.

099 나이가 많을수록 해령 정상으로부터의 깊이가 깊다.

→ 태평양 > 대서양 → 판의 침강 속도: 태평양 > 대서양



동연선 분포: 대서양이 태평양보다 조밀

→ 판의 확장 속도: 태평양 > 대서양

ㄱ. 퇴적물의 두께는 해양 지각의 나이가 많은 B에서 C에서보다 두껍다.

바로알기 | 나. 해양 지각의 나이가 많을수록 해령 정상으로부터의 깊이는 깊다. 따라서 해령 정상으로부터의 깊이는 나이가 많은 B가 A보다 깊다.

ㄷ. 판의 평균 확장 속도는 나이가 적은 암석이 넓게 분포하는 태평양이 대서양보다 빠르다.

04 플룸 구조 운동

빈출 자료 보기

31쪽

100 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ (5) × (6) ○ (7) ○

101 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × (5) × (6) ○ (7) ×

100 (1), (3), (4) A는 뜨거운 플룸으로 같은 깊이에서 주변 물질보다 온도가 높다. B는 차가운 플룸으로 주변 물질에 비해 온도가 낮아 지진파의 속도가 대체로 빠르다.

(6), (7) 하와이 열도는 열점의 화산 활동으로 형성되었으며, 열도를 이루는 섬들의 배열 방향으로부터 판의 이동 방향을 알 수 있다.

바로알기 | (2) 차가운 플룸은 맨틀과 외핵의 경계 부근까지 가라앉는다.

(5) 열점은 뜨거운 플룸인 A에 의해 형성된다.

101 (1), (3), (6) A는 섭입대에서 침강하는 판이 잡아당기는 힘이고, B는 중력에 의해 해령의 경사면을 따라 미끄러져 내리는 판을 밀어내는 힘이다. C는 맨틀 대류에 의해 판을 이동시키는 힘이다.

바로알기 | (2) B는 발산형 경계인 해령 부근에서 작용하는 힘이다.

(4) A는 지구 내부로 섭입하는 해양판에서 나타나는 힘이다.

(5) ㉠판이 ㉡판 아래로 섭입하므로, 판의 밀도는 ㉠판이 ㉡판보다 크다.

(7) A~C 중 판을 움직이는 가장 주요한 힘은 섭입하는 판이 잡아당기는 힘(A)이다.

난이도별 필수 기출

32쪽~35쪽

102 ③	103 ①	104 ②	105 ②	106 ⑤, ⑦
107 해설 참조	108 ⑤	109 ③	110 ①	111 ②
112 ⑤	113 ②	114 ④	115 해설 참조	116 ⑤
117 ③	118 ④, ⑥	119 ③	120 해설 참조	121 ④

102 ③ 연약권에서 일어나는 맨틀 대류로 암석권의 조각인 판도 함께 이동한다.

바로알기 | ① 맨틀은 유동성 있는 고체 상태이며, 일부 영역에서 부분 용융 상태이다.

② 맨틀 대류는 주로 연약권에서 일어난다.

④, ⑤ 맨틀 대류의 상승부에서는 해령이나 열곡대가 발달하고, 하강부에서는 섭입대가 발달한다.

103 ㄱ. 상부 맨틀의 대류 모형에서는 맨틀 대류가 연약권에서 일어난다고 설명한다.

바로알기 | ㄴ. ㉠은 해구이고, ㉡은 해령이므로 ㉠에서 ㉡으로 갈수록 해양 지각의 연령이 감소한다.

ㄷ. 뜨거운 플룸은 맨틀과 외핵의 경계면에서부터 상승하므로 상부 맨틀에서 일어나는 대류 모형으로 설명할 수 없다.

104 ㄷ. A 지점에서는 주변 지역에 비해 지진파의 속도가 느리다. 따라서 A 지점의 물질은 같은 깊이의 주변 물질보다 온도가 높고 밀도가 작다는 것을 알 수 있다.

바로알기 | ㄱ. ㉠과 ㉡ 사이의 지하에서 지진파의 속도가 상대적으로 느리게 나타나므로 이곳에서는 맨틀 대류의 상승류가 나타난다. 따라서 이 지역에는 발산형 경계가 존재하며, ㉠과 ㉡ 사이의 거리는 점점 멀어진다.

105 ㄴ. 판의 내부에서 일어나는 화산 활동은 플룸 구조 운동으로만 설명할 수 있다.

바로알기 | ㄱ. 섭입대를 따라 진원의 깊이가 점점 깊어지는 현상은 판 구조론으로 설명할 수 있다.

ㄷ. 해령에서 해구로 갈수록 해양 지각의 연령이 증가하는 현상은 해양저 확장설로 설명할 수 있다.

106 ⑤ 차가운 플룸은 같은 깊이의 주변 영역보다 밀도가 크고 온도가 낮다.

⑦ 플룸 구조 운동은 판의 내부에서 일어나는 화산 활동을 설명할 수 있다.

바로알기 | ①, ② A는 섭입대 하부에서 형성되는 차가운 플룸이고, B는 맨틀과 외핵의 경계 부근에서부터 상승하기 시작하는 뜨거운 플룸이다.

③, ④ 차가운 플룸은 섭입대가 발달하는 수렴형 경계 하부에서 잘 형성되며, 수렴형 경계에서 섭입된 판은 차가운 플룸을 형성한다.

⑥ 뜨거운 플룸이 나타나는 지역에서는 열점이 발달하는데, 열점의 위치는 판의 경계와 일치하지 않는다.

107 **모범 답안** ㉠은 상승하는 뜨거운 플룸에 해당하며, 가열된 잉크는 주변의 물보다 밀도가 작기 때문에 상승한다.

채점 기준	배점
뜨거운 플룸에 해당한다는 것과 상승하는 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
뜨거운 플룸에 해당한다는 것만 옳게 서술한 경우	40 %

108 ㄱ. ㉠, ㉡. A는 차가운 플룸으로, 해양판이 섭입하여 형성되며, 맨틀과 외핵의 경계 부근까지 가라앉는다.

ㄷ. B는 뜨거운 플룸이다. 뜨거운 플룸이 상승하면 지표면과 만나는 지점 아래에 열점을 형성할 수 있다.

109 ㄷ. A와 C에서 형성된 두 화산섬은 서로 다른 판에 위치하며, 두 판 사이에 발산형 경계가 있다. 따라서 두 화산섬 사이의 거리는 판이 이동함에 따라 점점 멀어진다.

바로알기 | ㄱ. A에서는 열점에서 생성된 마그마가 분출한다.
ㄴ. B는 섭입대 상부에 위치한 화산이다. 따라서 B의 하부에는 차가운 플룸이 형성된다.

110 뜨거운 플룸이 나타나는 영역에서는 지진파의 속도가 주변보다 느리고, 차가운 플룸이 나타나는 영역에서는 지진파의 속도가 주변보다 빠르다.

ㄱ. (가)에서 지진파의 속도가 느린 영역을 따라 뜨거운 플룸의 상승류가 나타난다.

바로알기 | ㄴ. B의 하부에서는 섭입대를 따라 지진파의 속도가 주변보다 빠르게 나타나므로 B에는 수렴형 경계가 위치하여 오래된 해양 지각이 소멸한다.

ㄷ. 맨틀 물질의 평균 밀도는 지진파의 속도가 빠른 ㉠ 지점이 ㉡ 지점보다 크다.

111 ①, ③ 열점은 뜨거운 플룸에 의해 마그마가 생성되는 곳으로, 판보다 깊은 곳에 위치하기 때문에 판이 이동하더라도 열점의 위치는 변하지 않는다.

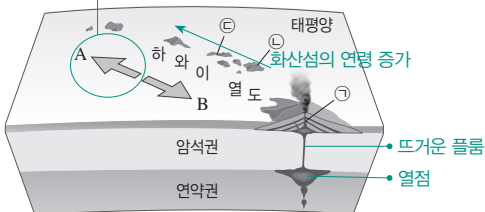
④, ⑤ 판이 이동하더라도 고정된 열점에 의해 새로운 화산섬이 연속적으로 만들어진다. 따라서 열점에서 멀어질수록 화산섬의 나이가 많아진다.

바로알기 | ② 열점의 위치는 판의 경계와 관계 없이 분포하므로 띠 모양으로 나타나지 않는다.

112 ㄱ, ㄴ. ㉠은 판의 내부에, ㉡은 판의 발산형 경계에 위치한 열점이다.

ㄷ. 열점은 지구 내부에 고정되어 있으므로 판이 이동하더라도 위치가 변하지 않는다.

113 판의 이동 방향 → 열점에서 멀어지는 방향



① ㉠은 열점에 의한 화산 활동이 일어나고 있으므로 ㉠의 하부에 뜨거운 플룸이 나타난다.

③, ⑤ ㉠~㉢은 모두 ㉠이 위치한 곳에서 생성된 후 판의 이동 방향을 따라 이동하여 배열된 것이다.

④ 열점에서 생성된 화산섬이 판의 이동 방향을 따라 배열되므로 판의 이동 방향은 ㉠에서 멀어지는 A이다.

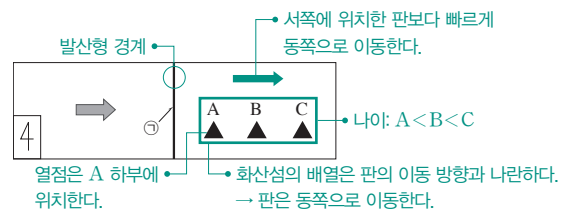
바로알기 | ② 현재 ㉠이 위치한 지점의 하부에 열점이 위치하고 있으므로 화산섬의 생성 순서는 ㉢ → ㉡ → ㉠이다.

114 ㄱ. 열점에서 만들어진 화산섬은 시간이 흐를수록 열점으로부터 멀어진다. A와 B에서 형성된 화산섬은 같은 판에 분포하며, A에 의해 가장 먼저 형성된 화산섬이 B에 의해 가장 먼저 형성된 화산섬보다 훨씬 먼 곳까지 이동해 있으므로 열점에서 일어난 최초의 화산 활동은 A가 B보다 먼저이다.

ㄴ. B와 C의 열점 활동으로 형성된 화산섬의 배열 방향은 서로 반대 방향이다. 따라서 B와 C 사이에 발산형 경계가 있다는 것을 알 수 있다.

바로알기 | ㄷ. 열점은 암석권보다 깊은 곳의 고정된 위치에서 마그마를 지속적으로 분출하는 지점이다.

115



모범 답안 C → B → A, 화산섬의 배열로 보아 화산섬이 위치한 판은 동쪽 또는 서쪽으로 이동해야 하는데, ㉠이 발산형 경계이므로 화산섬이 위치한 판은 동쪽으로 이동하고 열점은 A 하부에 위치한다. 따라서 화산섬의 생성 순서는 C → B → A이다.

채점 기준	배점
화산섬의 생성 순서를 옳게 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
화산섬의 생성 순서만 옳게 쓴 경우	40 %

116 가장 나이가 적은 화산섬이 위치한 곳은 B이므로 열점의 위치는 B이다.

ㄱ. 최근에 형성된 화산섬들이 ㉠ 방향으로 배열되어 있으므로 현재 태평양판의 이동 방향은 ㉠이고, 해산군 A의 이동 방향도 ㉠이다.

ㄴ. B에서 멀어질수록 해산의 절대 연령은 증가한다. 따라서 이 해산들은 모두 B에서 생성되었다.

ㄷ. 해산군 A의 배열 방향은 ㉡이다. 따라서 해산군 A가 형성되었던 시기에 태평양판의 이동 방향은 ㉡이다.

117 A. 밀도가 큰 판이 섭입대에서 지구 내부로 들어갈 때 섭입하는 판이 잡아당기는 힘이 작용한다.

B. 해령을 중심으로 중력에 의해 판을 양쪽으로 밀어내는 힘이 작용한다.

바로알기 | C. 맨틀 대류는 판을 움직이는 주요 힘 중 하나이다.

118 ① ㉠은 섭입하는 판과 맨틀의 밀도 차이에 의해 지구 내부로 들어가면서 판이 잡아당기는 힘이다.

② ㉡은 연약권에서 일어나는 맨틀 대류에 의해 발생하는 힘이다.

③, ⑤ ㉢은 해령에서 중력에 의해 두 판을 밀어내는 힘으로, 주로 판의 발산형 경계에서 나타난다.

⑦ 태평양판이 북아메리카판보다 이동 속도가 빠른 것은 섭입대에서 판을 잡아당기는 힘(㉠)과 관계 있다.

바로알기 | ④ ㉠은 지구 내부로 섭입하는 판이 잡아당기는 힘으로 주로 해양판에 작용하는 힘이다.

⑥ ㉠~㉢ 중 판을 이동시키는 가장 주요한 힘은 섭입하는 판이 잡아당기는 힘이므로 ㉠이다.

119 ① ㉠의 하부에는 해구에서 섭입하는 판이 있다.

② 지진의 평균 발생 깊이는 발산형 경계인 ㉢ 부근보다 수렴형 경계가 있는 ㉠ 부근에서 깊다.

④ A판은 동쪽에 발산형 경계가 있으므로 해령에서 판을 밀어내는 힘을 받는다.

⑤ 해양판은 해령에서 밀어내는 힘과 해구의 섭입대에서 판을 잡아당기는 힘을 모두 받을 수 있으므로 판의 평균 이동 속도가 대체로 대륙판보다 크다.

바로알기 | ③ ㉢은 두 판이 서로 멀어지는 발산형 경계에 위치한다. 따라서 ㉢에서는 해령에서 판을 밀어내는 힘이 작용한다.

120 **모범 답안** B판, A판은 맨틀 대류와 해령에서 판을 밀어내는 힘만 받지만, B판은 맨틀 대류와 해령에서 판을 밀어내는 힘, 섭입대에서 판이 잡아당기는 힘을 모두 받기 때문이다.

채점 기준	배점
이동 속도가 더 빠른 판을 옮겨 쓰고, 그 까닭을 옮겨 서술한 경우	100 %
이동 속도가 더 빠른 판만 옮겨 쓴 경우	40 %

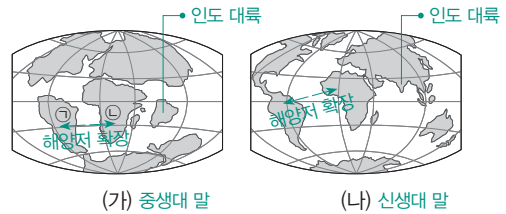
121 ㄴ. 해양판인 필리핀판은 대륙판인 유라시아판과 만나 섭입한다. 따라서 필리핀판은 섭입하는 판이 잡아당기는 힘을 받는다. 필리핀판의 이동 속도가 비교적 크게 나타나는 까닭은 이 힘과 관계있다.

ㄷ. 제시된 자료에서 판의 경계 중 해구가 차지하는 비율이 큰 판은 필리핀판, 나스카판, 코코스판, 태평양판(㉠) 등이고, 이들은 모두 해구가 차지하는 비율이 작은 판들에 비해 판의 이동 속도가 빠르다.

바로알기 | ㄱ. 태평양의 가장자리에 해구가 발달하므로 판의 경계 중 해구가 차지하는 비율은 북아메리카판보다 태평양판이 크다. 따라서 ㉠은 북아메리카판, ㉠은 태평양판이다.

최고 수준 도전 기출						36쪽~37쪽
122 ⑤	123 ①	124 ②	125 ⑤	126 ②	127 ③	
128 ①	129 ①					

122



(가) 중생대 말

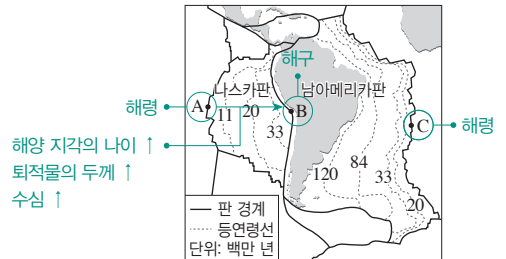
(나) 신생대 말

ㄴ. (가)에서 ㉠ 대륙과 ㉡ 대륙 사이에 발산형 경계가 존재하여 해양저가 확장되면서 대서양이 넓어진다.

ㄷ. 대서양에는 해구가 거의 존재하지 않기 때문에 대서양에 존재하는 해양 지각은 대서양이 처음 형성되기 시작할 때 생성된 해양 지각부터 현재 생성된 해양 지각까지 존재한다. 따라서 시간이 지날수록 대서양에 분포하는 해양 지각의 평균 연령이 증가한다.

바로알기 | ㄱ. (가)에서 인도 대륙은 적도보다 남쪽에 위치하고, (나)에서는 유라시아 대륙에 붙어 있다. 히말라야산맥은 인도 대륙이 유라시아 대륙과 충돌하여 형성되었으므로 (가) 시기에 형성되지 않았다.

123



ㄱ. 등연령선의 간격은 태평양이 대서양보다 넓다. 판의 이동 속도는 해양 지각의 등연령선 간격이 넓은 나스카판이 남아메리카판보다 빠르다.

바로알기 | ㄴ. B는 나스카판과 남아메리카판이 수렴하는 수렴형 경계에 위치한다. 나스카판과 남아메리카판의 경계에서 해양판인 나스카판이 대륙판인 남아메리카판 아래로 섭입한다.

ㄷ. A와 C는 해령, B는 해구이므로, 수심은 B에서 가장 깊다. 따라서 해수면에서 측정한 음파 왕복 시간은 수심이 가장 깊은 B에서 가장 길다.

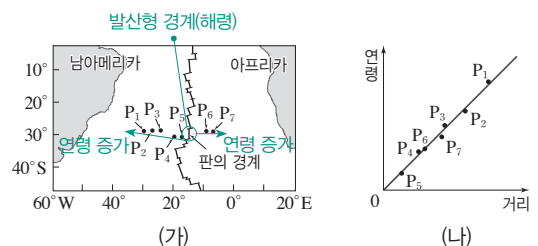
124

ㄴ. A에서 ㉠ 구간의 고지자기 방향은 현재와 반대 방향이다. 따라서 A에서 ㉠ 구간의 해양 지각은 역자극기에 생성되었다.

바로알기 | ㄱ. 해양저 확장 속도가 빠를수록 같은 시간 동안 해양 지각이 해령으로부터 멀어지는 거리가 크다. 해령 중심축으로부터의 거리에 따른 연령 증가는 A가 B보다 크므로 해양저 확장 속도는 A가 B보다 느리다.

ㄷ. 해령에서 수심이 얕고 해령에서 멀어질수록 수심이 깊어진다. B에서 ㉠ 구간의 해양 지각은 ㉡ 구간의 해양 지각보다 나이가 적고, 해령으로부터 가까운 거리에 있으므로 평균 수심은 ㉠ 구간보다 ㉡ 구간에서 깊다.

125



(가)

(나)

①, ② 판의 경계로부터 멀어질수록 연령이 증가한다. 따라서 P_5 지점과 P_6 지점 사이에 판의 발산형 경계가 있다.

③ 해령에서 멀어질수록 해저 퇴적물의 두께가 두꺼워지므로, 해저 퇴적물의 두께는 해양 지각의 연령이 적은 P_4 보다 연령이 많은 P_7 지점에서 두껍다.

④ 해령에서 멀수록 수심이 깊어지므로 해수면에서 측정한 음파 왕복 시간이 길어진다. 따라서 음파 왕복 시간은 P_1 이 P_5 지점보다 길다.

바로알기 | ⑤ 판의 경계를 기준으로 양쪽 판에서 거리에 따른 해양 지각의 연령 증가 비율이 동일하다. 따라서 판의 평균 이동 속력은 P_1 이 속한 판과 P_7 이 속한 판이 같다.

126 ㄱ. A는 베게너가 제시한 대륙 이동설의 근거이다. 베게너는 고생대 말에 형성된 빙하의 분포와 이동 흔적을 대륙 이동설의 증거로 제시하였다.

ㄴ. D는 윌슨이 발견한 변환 단층이다. 해령과 해령 사이에 분포하는 변환 단층은 판의 보존형 경계에 해당한다.

바로알기 | ㄴ. B는 흄스가 주장한 맨틀 대류설이며, 음향 측심 기술의 발달에 영향을 받은 학설은 해양저 확장설이다.

ㄷ. C는 해양저 확장설의 증거에 해당한다. 자력계를 이용하여 해양 지각의 고지자기 분포를 알아냈다.

ㄷ. A는 현재 열점 위에 있으므로 최근에 형성되었고, B의 연령은 방사성 동위원소 X의 반감기와 같으며, C의 연령은 방사성 동위원소 X의 반감기의 2배와 같다. B 형성부터 A 형성 사이의 기간은 반감기 1회에 해당하며 이 기간 동안 판이 이동한 거리는 위도 10° 에 해당한다. C 형성부터 B 형성 사이의 기간도 반감기 1회에 해당하며 이 기간 동안 판이 이동한 거리는 위도 20° 에 해당한다. 따라서 판의 평균 이동 속도는 B 형성부터 A 형성 사이 기간이 C 형성부터 B 형성 사이 기간보다 느리다.

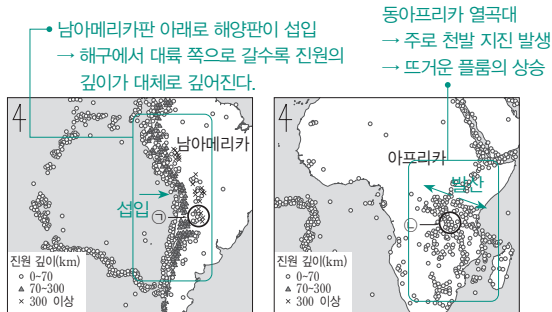
다른 풀이 ㄷ. A와 B의 연령 차이는 B와 C의 연령 차이와 같고, 화산섬 사이의 간격은 A와 B 사이가 B와 C 사이보다 작다. 따라서 판의 이동 속도는 B 형성부터 A 형성 사이 기간이 C 형성부터 B 형성 사이 기간보다 느리다.

129 ㄱ. 화산섬의 동쪽에서 해양판의 섭입이 시작된다. 따라서 수렴형 경계는 화산섬의 동쪽에 위치한다.

바로알기 | ㄴ. 섭입대에서 지진파의 속도가 주변보다 빠르게 나타난다. 이로부터 해양판이 깊이 600 km 부근까지 침강한다는 것을 추정할 수 있다.

ㄷ. 맨틀 물질의 밀도는 지진파의 속도가 빠른 B 지점이 A 지점보다 크다.

127



ㄱ. 진원의 평균 깊이는 천발~심발 지진이 발생하는 ㉠이 천발 지진만 발생하는 ㉡보다 깊다.

ㄴ. ㉠의 하부에는 섭입대가 발달하여 섭입하는 판이 잡아당기는 힘이 작용한다.

바로알기 | ㄷ. ㉡은 발산형 경계에 해당하는 동아프리카 열곡대이다. 이 지역의 하부에는 뜨거운 플룸의 상승류가 나타난다.

128 ㄱ. A에 포함된 방사성 동위원소 X의 함량이 100 %이므로 A의 연령은 0이다. B에 포함된 방사성 동위원소 X의 함량은 50 %이므로 B의 연령은 방사성 동위원소 X의 반감기와 같다. C에 포함된 방사성 동위원소 X의 함량은 25 %이므로 C의 연령은 방사성 동위원소 X의 반감기의 2배와 같다. 따라서 화산섬의 생성 순서는 C → B → A이다.

바로알기 | ㄴ. A, B, C는 동일 경도에 위치하며, A에서 C로 갈수록 위도가 높아지므로, 화산섬을 포함한 판은 북쪽으로 이동하고 있다.

빈출 자료 보기

40쪽

130 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × (5) × (6) ○ (7) ○

131 (1) ○ (2) × (3) × (4) × (5) ○ (6) ○

130 (1) 화산재는 화산 쇄설물에 포함되며, 화산재가 퇴적되어 응회암이 생성되므로 ㉠에 속한다.

(2) 화산 가스는 대기 성분의 변화를 일으킬 수 있다.

(3), (6) 용암이 분출하여 새로운 지각을 형성하고, 지형의 변화를 일으킬 수 있다.

(7) 화산 활동에 의해 용암이 굳어지고, 변성 작용이 일어난다. 또한 화산 쇄설물이 퇴적되기도 한다. 따라서 화산 활동으로 화성암, 변성암, 퇴적암이 모두 생성될 수 있다.

바로알기 | (4) 화산 활동의 에너지원은 지구 내부 에너지이다.

(5) 화산 가스는 온실 기체를 포함하므로 지구의 평균 기온을 높이는 역할을 할 수 있다.

131 (1) ㉠은 염기성 화산암이므로 현무암이다.

(5) 암석에 포함된 SiO_2 함량은 중성암인 안산암이 산성암인 유문암보다 낮다.

(6) 암석을 생성한 마그마의 온도는 염기성암인 반려암이 산성암인 화강암(㉡)보다 높다.

바로알기 | (2) ㉡은 심성암이므로 조립질 조직을 갖는다.

(3) 암석의 색은 산성암인 유문암이 중성암인 섬록암보다 밝다.

(4) 현무암은 안산암보다 Fe, Mg 성분이 풍부하다.

난이도별 필수 기출

41쪽~47쪽

132 ④	133 ④, ⑤	134 ③	135 ②	136 ①
137 ㉠ 낮음, ㉡ 높음, ㉢ 크		138 ③	139 ①	
140 해설 참조	141 ④	142 ②	143 ④	144 ②
145 해설 참조	146 ③	147 ②, ⑤, ⑦	148 ④	
149 ①	150 해설 참조	151 ④	152 ⑤	
153 해설 참조	154 ③	155 ⑤	156 해설 참조	
157 ③, ④, ⑥	158 ③	159 ④	160 ③	161 ④
162 ㉠ 박편, ㉡ 개방, ㉢ 직교		163 해설 참조		
164 해설 참조	165 ④	166 ③	167 ①	

132 ①, ② 화산 활동은 지구 내부에서 생성된 마그마가 지표로 분출하는 현상으로, 지하의 마그마는 주변 암석보다 밀도가 작아서 지각의 약한 부분이나 갈라진 틈을 따라 상승한다.

③, ⑤ 화산 활동은 주로 판의 경계 부근이나 열점에서 일어나며, 암석의 순환 과정에서 중요한 역할을 한다.

바로알기 | ④ 화산 활동은 지구 내부 에너지에 의해 일어난다.

133 ① 화산 활동으로 지표로 분출된 마그마는 지각을 형성한다.
②, ③ 화산 활동으로 방출된 화산 가스는 수권에 염류를 공급하는 역할을 하며, 기권의 성분 변화에도 영향을 미칠 수 있다.
⑥, ⑦ 화산 쇄설물이 지표에 쌓이면 응회암과 같은 퇴적암이 형성될 수 있다. 또한 화성 작용과 변성 작용을 통해 변성암, 화성암이 형성될 수 있다.

바로알기 | ④ 화산 가스에 포함된 온실 기체는 지구의 평균 기온을 높이는 역할을 한다.

⑤ 화산 활동은 광합성에 직접적인 영향을 줄 수 있다.

134 ①, ⑤ 화산 분출물은 화산 가스, 화산 쇄설물, 용암으로 구분할 수 있으며, 이들은 새로운 암석을 생성하는 데 중요한 역할을 한다.

② 화산 가스에서 가장 많은 양을 차지하는 성분은 수증기이다.

④ 용암은 화산 활동에 의해 마그마가 지표로 분출된 것이다.

바로알기 | ③ 화산 쇄설물은 입자의 크기에 따라 화산진, 화산재, 화산암괴 등으로 구분할 수 있다. SiO_2 함량에 따라 세분할 수 있는 화산 분출물은 용암이다.

135 ㄴ. 용암의 점성도가 클수록 유동성이 작기 때문에 화산체의 경사가 대체로 크다.

바로알기 | ㄱ. 용암의 SiO_2 함량이 높을수록 화산 가스가 많아 폭발적으로 분출한다.

ㄷ. 현무암질 용암은 유문암질 용암보다 온도가 높다.

136 ㄱ. 산성비는 화산 가스에 포함된 질소 산화물과 이산화 황에 의해 생성된다.

바로알기 | ㄴ. B의 용암은 분화구에서 먼 곳까지 잘 흘러갔으므로 점성이 작고 유동성이 큰 현무암질 용암이다.

ㄷ. C의 화산재는 높이 약 11 km~50 km인 성층권까지 상승하였다.

137 용암의 점성도는 온도가 낮고, SiO_2 함량이 높을수록 크다. 따라서 유문암질 마그마가 현무암질 마그마보다 점성도가 크다.

138 ㄱ, ㄴ. 화산 분출물은 크게 화산 가스, 화산 쇄설물, 용암으로 구분할 수 있다. 화산 가스의 주성분은 수증기와 이산화 탄소이다. 화산 쇄설물은 햇빛을 차단하여 지표로 들어오는 태양 복사 에너지를 감소시키는 역할을 한다.

바로알기 | ㄷ. 용암의 SiO_2 함량이 낮을수록 유동성이 크다.

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

바로알기 | ㄴ. 현무암질 마그마(B)가 지표 부근에서 굳으면 현무암이 만들어진다.

ㄷ. 용암의 점성도는 SiO_2 함량이 높을수록 크므로 $C > A > B$ 이다.

140 **모범 답안** SiO_2 함량이 높을수록 용암의 점성도가 크므로 용암이 굳어져 만들어진 화산체의 경사가 급하다.

채점 기준	배점
SiO_2 함량과 화산체의 경사와의 관계를 점성도와 관련지어 옳게 서술한 경우	100 %
SiO_2 함량과 화산체의 경사와의 관계만 옳게 서술한 경우	50 %

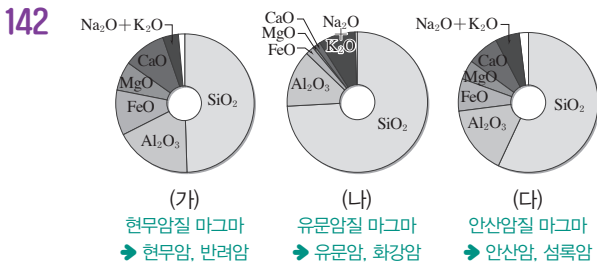
141 ④ 마그마의 SiO_2 함량이 높을수록 점성도가 대체로 크므로 A는 유문암질 마그마, B는 안산암질 마그마, C는 현무암질 마그마이다. 따라서 마그마의 SiO_2 함량은 $A > B > C$ 이다.

바로알기 | ① 온도가 높을수록 용암의 점성도는 작다.

② 점성도가 클수록 유동성이 작으므로 용암의 온도가 같을 때 유동성은 B가 C보다 작다.

③ 유문암질 마그마(A)가 냉각되면 유문암이나 화강암이 생성된다.

⑤ 현무암질 마그마(C)가 지표로 분출하면 점성도가 작아 경사가 완만한 화산체를 형성한다.



- 마그마의 SiO_2 함량, 점성도: (가) < (다) < (나)
- 마그마의 온도, 유동성: (가) > (다) > (나)
- Fe, Mg 함량(유색 광물 함량): (가) > (다) > (나)
- Na, K 함량(무색 광물 함량): (가) < (다) < (나)

ㄴ. 마그마에 포함된 Fe과 Mg의 함량은 유문암질 마그마인 (나)가 가장 적다.

바로알기 | ㄱ. 섬록암은 중성암이므로 용융되면 안산암질 마그마인 (다)와 화학 성분이 가장 유사하다.

ㄷ. 마그마의 온도는 유문암질 마그마인 (나)가 안산암질 마그마인 (다)보다 낮다.

143 ④ 분출한 용암은 먼 거리까지 이동했으므로 점성도가 작은 현무암질 용암이다. 따라서 경사가 완만한 화산체를 형성한다.

바로알기 | ①, ②, ③ 분출된 용암은 SiO_2 함량은 52 %보다 적은 현무암질 용암이다. 이 용암이 지표에서 굳어지면 현무암이 형성된다.

⑤ 이 지역의 피해는 주로 용암에 의해 발생했을 것이다. 화산 쇄설물에 의한 피해는 주로 화산 가스를 많이 포함한 폭발형 화산에 의해 발생한다.

144 ① 필리핀은 환태평양 화산대에 위치하므로 이 화산 활동은 환태평양 화산대에서 일어난 사례이다.

③ 화산재는 햇빛을 가려 지구의 평균 기온을 낮추는 역할을 한다.

④ 이 화산은 폭발적으로 분출한 화산이므로 용암보다 화산 쇄설물에 의한 피해가 컸을 것이다.

⑤ 화산 폭발로 발생한 화산 분출물은 주변 지형의 변화를 일으켰을 것이다.

바로알기 | ② 이 화산은 강력한 폭발을 일으킨 성층 화산이다.

145 **모범 답안** A는 SiO_2 함량이 52 % 미만인 현무암질 용암이고, B는 SiO_2 함량이 63 % 이상인 유문암질 용암이다. 용암의 점성도는 A가 B보다 작으므로 분화구에서 더 멀리 이동할 수 있는 것은 A이다.

채점 기준	배점
용암의 점성도와 관련지어 용암의 이동을 옳게 서술한 경우	100 %
용암의 이동만 옳게 비교한 경우	30 %

146 ㄱ. (가)의 피해는 주로 대기 상층으로 분출된 화산재에 의해 발생한다.

ㄷ. 화산 활동은 지구 내부 에너지가 지표로 방출되는 현상으로, 암석의 순환과 에너지 이동에 중요한 역할을 한다.

바로알기 | ㄴ. (나)에서 분출된 용암은 점성도가 작은 용암으로, SiO_2 함량이 52 % 이하인 현무암질 용암이다.

147 ② (가)의 사면 기울기는 $\frac{\text{수직 높이}}{\text{수평 거리}} = \frac{3.3 \text{ km}}{20 \text{ km}} = 0.165$ 이다.

⑤ 화산체를 형성한 용암의 점성도는 경사가 큰 (가)가 (나)보다 크다.

⑦ 한라산은 화산체의 경사가 비교적 완만한 순상 화산이므로 경사가 (가)보다 (나)에 가깝다.

바로알기 | ① 화산체의 크기 규모는 (가)보다 (나)가 크다.

③, ④ (가)는 용암과 화산 쇄설물이 연속적으로 분출되어 형성된 성층 화산이고, (나)는 유동성이 큰 용암이 분출되어 형성된 순상 화산이다.

⑥ 화산체를 형성한 용암의 SiO_2 함량은 성층 화산인 (가)가 순상 화산인 (나)보다 높다.

148 ㄴ, ㄷ. 성층 화산은 순상 화산에 비해 경사가 크며, 용암에 대한 화산 쇄설물의 비율이 훨씬 크다.

바로알기 | ㄱ, ㄷ. 순상 화산은 방패 모양의 화산으로, SiO_2 함량이 낮은 현무암질 마그마가 조용히 분출하여 형성된다.

149 ㄱ. A에 해당하는 물리량은 SiO_2 함량이 증가할수록 감소하므로 용암의 온도이고, 반대 경향이 나타나는 B에 해당하는 물리량은 용암의 점성도이다.

바로알기 | ㄴ. 용암이 굳어져 만들어진 화산체의 경사는 SiO_2 함량이 높아 용암의 점성도가 큰 b가 a보다 크다.

ㄷ. (나)의 용암은 유동성이 크므로 b보다 a에 가깝다.

150 **모범 답안** 화산체의 경사는 (가)가 (나)보다 급하다. 따라서 용암의 SiO_2 함량은 (가)가 (나)보다 높고, 용암의 유동성은 (가)가 (나)보다 작다.

채점 기준	배점
용암의 SiO_2 함량과 유동성을 모두 옳게 비교한 경우	100 %
용암의 SiO_2 함량과 유동성 중 한 가지만 옳게 비교한 경우	50 %

151 ㄱ, ㄴ, ㄷ. 구성 광물의 조직에 따라 조립질, 세립질, 유리질로 구분할 수 있고, 마그마의 SiO_2 함량에 따라 염기성암, 중성암, 산성암으로 구분할 수 있다. 또한 마그마의 냉각 속도에 따라 화산암, 반심성암, 심성암으로 구분할 수 있다.

바로알기 | ㄴ. 화성암이 생성된 시기는 화성암의 특성과 직접적인 관련이 없으므로 분류 기준이 될 수 없다.

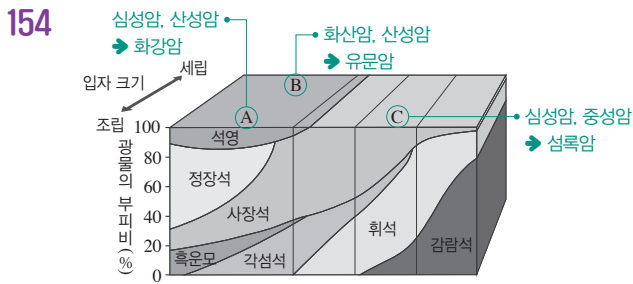
152 ⑤ 반심성암에서는 심성암에서 나타나는 조립질 광물과 화산암에서 나타나는 세립질 광물이 함께 나타날 수 있다.

바로알기 | ① 마그마가 빠르게 식으면 세립질 또는 유리질 조직이 발달한다.

- ② 유리질 조직에서는 결정이 거의 관찰되지 않는다.
- ③ 광물 결정의 크기는 세립질 조직이 조립질 조직보다 작다.
- ④ 심성암에서는 광물 결정의 크기가 큰 조립질 조직이 나타난다.

153 **모범 답안** a는 자형, b는 반자형, c는 타형이며, 먼저 생성된 광물 일수록 결정 성장에 방해받지 않으므로 광물의 생성 순서는 a → b → c이다.

채점 기준	배점
광물의 생성 순서를 결정 모양과 관련지어 옳게 서술한 경우	100 %
광물의 생성 순서만 옳게 제시한 경우	40 %



③ 유색 광물의 함량은 중성암인 C가 산성암인 A보다 많다.

바로알기 | ① A는 무색 광물이 풍부한 산성암이다.

- ② B는 세립질 조직을 갖고 있는 화산암이다.
- ④ 마그마의 냉각 속도는 입자의 크기가 큰 C가 B보다 느리다.
- ⑤ 화강암은 산성암이므로 화강암과 화학 성분이 유사한 암석은 A와 B이다.

개념 보충

화성암의 분류

- 화성암의 분류 기준: 마그마의 냉각 속도(입자 크기)와 화학 성분(SiO_2 함량, 구성 광물의 종류)
- 마그마의 냉각 속도(입자 크기)에 따른 분류: 마그마의 냉각 속도가 느려 입자의 크기가 큰 조립질 암석은 심성암, 마그마의 냉각 속도가 빨라 입자의 크기가 작은 유리질이나 세립질 암석은 화산암으로 분류한다.
- 화학 성분에 따른 분류: SiO_2 함량이 높을수록 무색 광물(석영, 정장석 등)이 풍부해 밝은색을 띠고, SiO_2 함량이 낮을수록 유색 광물(감람석, 휘석 등)이 풍부해 어두운색을 띤다.

155 ⑤ 이 암석은 산성암이면서 화산암인 유문암이다. 유문암의 화학 성분은 현무암보다 화강암에 가깝다.

바로알기 | ①, ② 이 암석은 SiO_2 함량이 약 65 %이므로 산성암이고, 화산암이므로 ①은 세립질 또는 유리질이다.

③, ④ 산성암에는 석영, 정장석, 흑운모 등이 풍부하며, Fe과 Mg 성분보다 Na과 K 성분이 풍부하다.

156 **모범 답안** A는 중성암이면서 심성암이므로 섬록암이다. B는 염기성암이면서 화산암이므로 현무암이다.

채점 기준	배점
암석의 종류를 옳게 제시하고, 그 근거를 옳게 서술한 경우	100 %
암석의 종류만 옳게 제시한 경우	40 %

157 ③ (다)에서 비교적 큰 결정인 반정이 관찰된다.

④ (라)의 조직은 지하 깊은 곳에서 천천히 냉각된 심성암에서 잘 나타나는 조립질 조직이다.

⑥ 현무암은 유리질 또는 세립질 조직을 갖고 있으므로 (가) 또는 (나)의 조직이 나타난다.

바로알기 | ① (가)는 유리질 조직, (나)는 세립질 조직, (다)는 반상 조직, (라)는 조립질 조직이다.

② 광물 입자의 크기는 (나)의 세립질 조직이 (가)의 유리질 조직보다 크다.

⑤ 마그마의 냉각 속도는 광물 입자의 크기가 가장 큰 (라)가 가장 느리다.

⑦ 화성암이 산출된 깊이가 깊을수록 광물 입자의 크기가 크다. 따라서 산출 깊이는 (가)보다 (다)가 깊다.

158 ㄱ, ㄷ. 이 암석은 광물 입자가 맨눈으로 관찰 가능한 조립질 조직이며, 무색 광물이 풍부하여 밝은색을 띠고 있다. 따라서 이 암석은 화강암이다.

바로알기 | ㄴ. 광물 입자의 크기가 비교적 큰 조립질 암석이므로 지하 깊은 곳에서 생성된 심성암이다. 화산 활동으로 생성되는 화성암은 화산암이다.

159 ④ 지표 부근의 화산암에서는 세립질 조직(B), 암맥에 위치한 반심성암에서는 반상 조직(C), 저반에 위치한 심성암에서는 조립질 조직(A)이 관찰된다.

160 ㄱ. A는 조립질 조직, B는 반상 조직, C는 유리질 조직이다. ㄴ. 반심성암에서는 반정과 석기가 섞여 있는 반상 조직(B)이 잘 관찰된다.

바로알기 | ㄷ. 반려암은 심성암이므로 A의 조직이 나타난다.

161 ㄱ, ㄴ. 하부 편광판 C는 고정되어 있고, 상부 편광판 A는 돌려볼 수 있다. B는 박편을 올려 놓고 360° 회전시킬 수 있는 재물대이다.

바로알기 | ㄷ. 개방 니콜은 상부 편광판인 A를 켜 상태로 관찰하는 것이다.

162 재물대를 기준으로 위에는 상부 편광판, 아래에는 하부 편광판이 있다. 하부 편광판은 고정되어 있고, 상부 편광판은 끼웠다 뺐다 할 수 있다. 개방 니콜은 상부 편광판을 켜 상태로, 직교 니콜은 상부 편광판을 넣은 상태로 관찰한다.

163 **모범 답안** ㉠은 반정, ㉡은 석기이다. 반정은 마그마가 지하 깊은 곳에서 천천히 냉각되는 과정에서 만들어진 결정이다. 반정이 포함된 마그마가 지표 부근으로 분출하여 급격하게 냉각되면 반정 사이의 공간이 미세한 입자로 이루어진 석기로 채워진다. 따라서 생성 순서는 ㉠ → ㉡이다.

채점 기준	배점
㉠과 ㉡을 옳게 쓰고, 생성 순서를 옳게 서술한 경우	100 %
㉠과 ㉡의 생성 순서만 옳게 서술한 경우	60 %
㉠과 ㉡만 옳게 쓴 경우	40 %

164 모범 답안 (1) (가) 반상 조직, (나) 조립질 조직

(2) (가)의 화성암은 반상 조직이므로 반심성암이고, (나)의 화성암은 조립질 조직이므로 심성암이다. 따라서 암석이 생성된 깊이는 (나)가 (가)보다 깊다.

채점 기준	배점
(1) (가)와 (나)의 조직을 모두 옳게 쓴 경우	40 %
(가)와 (나)의 조직 중 한 가지만 옳게 쓴 경우	20 %
(2) (가)와 (나)의 생성 깊이를 관찰된 조직과 관련지어 옳게 서술한 경우	60 %
(가)와 (나)의 생성 깊이만 옳게 비교한 경우	20 %

165 가. ㉠은 자형, ㉡은 반자형이므로 생성 순서는 ㉠→㉡이다.
 다. A는 조립질 조직이고, B는 반상 조직이므로 산출 깊이는 A가 B보다 깊다.

르. 무색 광물인 석영, 정장석이 A에 많고, 유색 광물인 휘석, 각섬석이 B에 많다. 따라서 화성암의 SiO₂ 함량은 A가 B보다 높다.

바로알기 | 나. ㉢은 석기 사이에서 관찰된 비교적 큰 결정이므로 반정이다.

166 나. (가)는 한라산의 주요 구성 암석인 현무암이고, (나)는 설악산의 주요 구성 암석인 화강암이다.

다. 주요 구성 암석의 SiO₂ 함량은 (가)의 현무암이 (나)의 화강암보다 적다.

바로알기 | 가. (가)는 세립질 조직, (나)는 조립질 조직이 나타난다.

르. Fe과 Mg은 유색 광물에 풍부하므로 (가)가 (나)보다 많다.

167

	(가) 반려암	(나) 사암	(다) 편암
조립질 조직	감람석, 휘석 등의 유색 광물이 많이 있다.	크기가 비슷한 석영 알갱이로 이루어져 있다.	특정한 방향으로 광물이 배열되어 있다.
심성암	염기성암		염리

가. (가)는 조립질 조직이며, 유색 광물이 풍부하므로 반려암이다.

바로알기 | 나. 광물이 압력에 수직인 방향으로 배열되면서 염리를 형성한 암석은 (다)이다.

다. 속성 작용을 받아 형성된 사암은 (나)이다.

06 지진파

빈출 자료 보기

49쪽

168 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ (5) ○ (6) ×

169 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ×

168 (1) 지진파의 전파 속도는 가장 먼저 도착한 ㉠이 ㉡보다 빠르다.

(2) ㉢은 지표면을 따라 전파되는 표면파이다.

(4) P파는 고체, 액체, 기체를 모두 통과할 수 있다.

(5) 진폭은 가장 늦게 도착한 표면파(㉢)가 가장 크다.

바로알기 | (3) PS시는 P파 도착 시각과 S파 도착 시각의 차이이므로 7분이다.

(6) ㉠은 종파이고, ㉡은 횡파이다.

169 (1) A의 진앙 거리는 교차 거리인 X보다 가깝다.

(3), (4) ㉠은 지각만 통과해 온 직접파의 주시 곡선이고, ㉡은 맨틀을 거쳐 지표에 도달한 굴절파의 주시 곡선이다.

바로알기 | (2) B는 교차 거리에 위치하므로 B의 진앙 거리는 X이다.

(5) 모호면의 깊이가 깊을수록 교차 거리 X는 멀어진다.

난이도별 필수 기출

50쪽~53쪽

170 ⑤	171 ④	172 ②	173 ②, ⑥	174 ②
175 해설 참조		176 ①	177 ③	178 ⑤
180 ②	181 ④	182 ㉠ 3분, ㉡ 4000 km		183 ⑤
184 ④, ⑦	185 해설 참조	186 ①	187 ②	188 ④

170 ①, ② 지진은 지표면이 흔들리는 현상으로, 단층 활동으로 가장 많이 발생한다.

③, ④ 지진이 발생한 최초의 지점을 진원, 진원 바로 위의 지표면을 진앙이라고 한다. 진앙 부근은 지진에 의한 피해가 가장 크다.

바로알기 | ⑤ 지진파의 전파 속도가 가장 빠른 P파가 관측소에 가장 먼저 도착한다.

171 ④ (가)와 (나)는 모두 실체파이므로 지구 내부를 전파할 수 있다.

바로알기 | ①, ② (가)는 매질의 진동 방향과 파의 진행 방향이 나란한 P파의 전파 모습이고, (나)는 매질의 진동 방향과 파의 진행 방향이 수직인 S파의 전파 모습이다.

③ (가)와 (나)는 모두 실체파이다.

⑤ 전파 속도는 P파인 (가)가 S파인 (나)보다 빠르다.

172 ② 동일한 지진을 관측하였으므로 지진의 규모는 세 관측소에서 모두 같다.

바로알기 | ① 지진의 진폭은 C에서 가장 크다.

③, ④ PS시가 길수록 진원 거리가 멀다. PS시는 A에서 가장 길므로, 진원 거리도 A가 가장 멀다.

⑤ 진원 거리가 멀수록 진앙 거리가 멀다. 따라서 진앙 거리는 A가 가장 멀다.

173 ㉠은 L파, ㉡은 S파, ㉢은 P파이다.

①, ④ ㉠은 지표면을 따라 전파되는 표면파로 횡파이다.

③ 관측소에 도착한 순서는 P파(㉢) → S파(㉡) → L파(㉠)이다.

⑤ ㉠과 ㉡은 실체파이므로 지구 내부를 연구하는 데 이용할 수 있다.

⑦ 진앙 거리가 멀수록 지진파의 도착 시간이 늦어진다.

바로알기 | ② S파는 고체만 통과할 수 있다.

⑥ PS시는 ㉠과 ㉢이 관측소에 도착한 시간 차이이다.

174 ㄴ. 우리나라에서 발생하는 지진은 대부분 단층 활동에 의해 일어나는 진원 깊이가 얇은 천발 지진이다.

바로알기 | ㄱ. 지진 발생 횟수는 2016년까지는 대체로 증가하였으나, 이후 대체로 감소하였다.

ㄷ. 지진 발생 통계 자료를 이용하여 대략적인 경향성을 파악할 수는 있지만, 앞으로 발생할 지진의 횟수를 알아낼 수는 없다.

175 **모범 답안** 지구 내부의 구조를 연구하려면 지구 내부를 통과하는 실체파를 이용해야 한다. P파와 S파는 실체파이므로 지구 내부 구조를 연구하는 데 이용될 수 있다.

채점 기준	배점
지구 내부를 통과하는 실체파를 이용한다는 점을 옳게 서술한 경우	100 %
지진파의 전파 속도를 이용한다고 서술한 경우	40 %

176 ① P파가 도달한 후부터 S파가 도달할 때까지 걸린 시간을 PS시라고 하며, PS시를 이용하면 지진 관측소에서 진원까지의 거리인 진원 거리를 구할 수 있다.

177 ㄱ. A에서 진원 거리가 80 km, P파 도달 시간이 10초이므로 P파의 속도는 8 km/s이다. P파의 속도가 S파의 속도의 2배라고 했으므로, S파의 속도는 4 km/s이다.

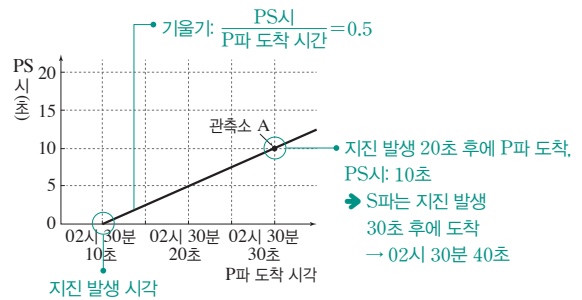
ㄴ. B에서 S파 도착 시간이 5초이므로 진원 거리는 5초 × 4 km/s = 20 km이고, P파 도착 시간은 2.5초이다. 따라서 PS시는 2.5초이다.

바로알기 | ㄷ. B에서 진원 거리가 20 km이므로 진앙 거리는 20 km 이하이다.

178 ㄴ, ㄷ. B에 S파가 도착하는 데 걸린 시간은 지진 발생 후 24초이다. 따라서 진원 거리는 24초 × 4 km/s = 96 km이고, P파의 속도는 $\frac{96 \text{ km}}{16 \text{ 초}} = 6 \text{ km/s}$ 이다.

바로알기 | ㄱ. A에서 P파와 S파의 도착 시간 차이(PS시)는 2초이다.

179



ㄱ. 진원에서는 PS시가 0초이다. 따라서 지진이 발생한 시간은 02시 30분 10초이다.

ㄴ. 관측소 A에 P파가 도착하는 데 20초 걸렸고, PS시가 10초이므로 S파가 진원에서 A까지 이동하는 데 걸린 시간은 30초이다.

바로알기 | ㄷ. 진원 거리를 d , P파와 S파의 속도를 각각 V_P , V_S 라고 하면, 그래프의 기울기는 $\frac{PS시}{\left(\frac{d}{V_P}\right)}$ 이고, 그 값은 0.5이다. 따라서

$$\frac{V_P - V_S}{V_S} = 0.5 \text{ 이고, } \frac{V_P}{V_S} = 1.5 \text{ 이다.}$$

180 ㄷ. 관측소에서 측정한 PS시를 주시 곡선의 PS시와 일치하는 지점을 찾으면 진앙 거리를 구할 수 있다.

바로알기 | ㄱ, ㄴ. 주시 곡선은 가로축에 진앙 거리를, 세로축에 P파와 S파가 도달하는 데 걸리는 시간을 나타낸 그래프이다.

181 ㄱ. ㉠은 S파, ㉡은 P가 도달하는 데 걸린 시간을 나타낸다.

ㄷ. 진앙 거리가 멀수록 PS시에 해당하는 ㉠과 ㉡이 도달하는 시간 차이가 길어진다.

바로알기 | ㄴ. 지진파의 속도는 P파인 ㉡이 S파인 ㉠보다 빠르다.

182 P파가 S파보다 먼저 도착하므로 점선 그래프가 P파 도착 시간을 나타낸다. 따라서 A에서 PS시는 3분이고, 진앙 거리는 2000 km이며, B에서 PS시는 약 6분이고, 진앙 거리는 약 4000 km이다.

183 ⑤ 직접파와 굴절파가 동시에 도달하는 진앙 거리를 교차 거리라고 한다. 교차 거리보다 먼 곳에서는 맨틀을 통과해 온 굴절파가 직접파보다 먼저 도달하는데, 그 까닭은 지각보다 맨틀에서 지진파의 속도가 빠르기 때문이다.

184 ④, ⑦ b는 직접파와 굴절파가 동시에 도달하는 교차 거리이다. 지각의 두께가 두꺼울수록 교차 거리가 멀어진다.

바로알기 | ①, ② A는 지각만 통과한 직접파 주시 곡선이고, B는 맨틀을 통과해 온 굴절파 주시 곡선이다.

③ 진앙 거리가 교차 거리(b)보다 가까운 a에는 직접파가 굴절파보다 먼저 도달한다.

⑤ c에는 직접파와 굴절파가 모두 도달하며, 굴절파가 먼저 도달한다.

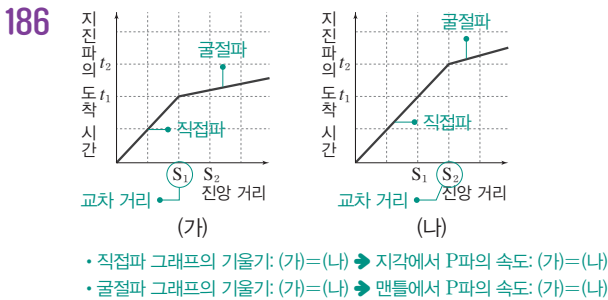
⑥ 지진파의 속도는 지각보다 맨틀에서 빠르기 때문에 교차 거리보다 먼 곳에는 굴절파가 직접파보다 먼저 도달한다.

185 **모범 답안** (1) ㉠에는 제1층만 통과한 직접파가 먼저 도달하고, ㉡에는 제2층을 통과한 굴절파가 먼저 도달한다.

(2) 교차 거리는 ㉠보다 짧아지고, 굴절파 그래프의 기울기는 현재보다 완만해진다.

해설 직접파 그래프의 기울기는 V_1 (제1층에서의 속도)의 역수에 해당하고, 굴절파 그래프의 기울기는 V_2 (제2층에서의 속도)의 역수에 해당한다.

	채점 기준	배점
(1)	먼저 도달하는 지진파에 대해 옳게 서술한 경우	40 %
	먼저 도달하는 지진파만 옳게 고른 경우	10 %
(2)	교차 거리와 그래프 기울기의 변화를 모두 옳게 서술한 경우	60 %
	교차 거리와 그래프 기울기의 변화 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	30 %



ㄱ. 직접파와 굴절파가 동시에 도달하는 교차 거리는 (가)에서 S_1 이고, (나)에서 S_2 이다.

ㄴ. 지각의 두께가 두꺼울수록 교차 거리가 멀어지므로 (가)보다 (나)에서 지각이 두껍다.

바로알기 | ㄷ, ㄹ. 직접파 그래프와 굴절파 그래프의 기울기는 (가)와 (나)에서 같다. 따라서 지각에서 P파의 속도와 맨틀에서 P파의 속도는 (가)와 (나)에서 같다.

187 ① 교차 거리는 A가 위치한 270 km이다.

③ V_1 은 $\frac{270 \text{ km}}{45 \text{ 초}} = 6 \text{ km/s}$ 이다.

④ A와 B 사이의 거리는 90 km이고, V_2 의 속도로 90 km를 진행하는 데 10초가 걸린다. 따라서 V_2 는 $\frac{90 \text{ km}}{10 \text{ 초}} = 9 \text{ km/s}$ 이다.

⑤ V_2 가 증가하면, 교차 거리가 현재보다 짧아지므로 관측소 A에는 직접파보다 굴절파가 먼저 도달한다.

바로알기 | ② B는 교차 거리보다 먼 곳에 위치하므로 굴절파가 먼저 도달한다. 따라서 직접파가 도달하는 데 걸린 시간은 55초보다 길다.

188 ㄴ. (가)에서 ㉠은 굴절파이므로 맨틀을 통과한 지진파의 주시 곡선이다.

ㄷ. 모호면 깊이가 깊을수록 지각의 두께가 두꺼우므로 (나)에서 지각의 두께는 Q-A 방향이 Q-B 방향보다 얇다. 따라서 교차 거리는 Q-A 방향이 Q-B 방향보다 짧다.

바로알기 | ㄱ. (가)에서 가장 먼저 도달하는 지진파는 직접파와 굴절파에서 모두 P파이므로 종파이다.

07 지구 내부 구조

빈출 자료 보기

55쪽

189 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ (5) × (6) ×

190 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ (5) × (6) ○

189 (1), (2) A는 P파, B는 S파이다. 따라서 지진파의 전파 속도는 A가 B보다 빠르고, B는 외핵을 통과할 수 없다.

(4) 지진파의 속도가 가장 크게 변하는 곳은 맨틀과 외핵의 경계인 구텐베르크 불연속면이다.

바로알기 | (3) 지구 내부에서 깊이가 깊어질수록 밀도가 증가한다.

(5) 모호면(모호로비치치 불연속면)은 지각과 맨틀의 경계면으로, 깊이 약 5 km~40 km 사이에 있다.

(6) ㉠과 ㉡의 경계면을 레만 불연속면이라고 한다. 구텐베르크 불연속면은 ㉠과 ㉡의 경계면이다.

190 (1), (2) A는 지각과 맨틀을 구성하는 규산염 물질이고, B는 핵을 구성하는 금속 물질(주로 철과 니켈)이다.

(4) (나) 구간에서는 물질의 용융 온도가 지구 내부 온도보다 낮으므로 액체 상태로 존재한다.

(6) 지구 내부에서 밀도 변화는 맨틀과 외핵의 경계인 (가)와 (나)의 경계 지점에서 가장 크다.

바로알기 | (3) (가) 구간은 고체 상태이므로 P파와 S파가 모두 통과할 수 있다.

(5) 지구 내부 온도 그래프는 깊이가 깊어질수록 증가 폭이 줄어든다. 따라서 깊이에 따른 온도 변화는 (나) 구간이 (가) 구간보다 작다.

난이도별 필수 기출

56쪽~59쪽

191 ④	192 A, B, C	193 ⑤	194 ③	195 ④
196 ④, ⑤, ⑦	197 ③	198 ④	199 ②	200 ⑤
201 ③	202 해설 참조	203 ①	204 ④	
205 해설 참조	206 ④	207 ⑤, ⑥	208 ④	
209 ④	210 ⑤			

191 ④ 지진파 탐사를 통해 지구 내부의 층상 구조와 구성 물질을 알 수 있다.

바로알기 | ① (가)와 (나)는 직접적인 연구 방법이다.

② (나)를 통해 상부 맨틀의 구성 성분을 알 수 있다.

③ (다)에서는 주로 지구 내부를 전파하는 실체파를 이용하여 연구한다.

⑤ 지구 내부의 층상 구조를 파악하기에 가장 적절한 방법은 지진파 탐사이다.

192 A. 지구 내부를 전파하는 실체파의 속도 변화로부터 지구 내부의 층상 구조를 파악할 수 있다.

B, C. 지진파의 속도는 구성 물질의 종류와 상태에 따라 달라지기 때문에 지구 내부의 불연속면을 경계로 지진파의 속도가 급격하게 변한다.

193 ①, ② 지구 내부는 지각, 맨틀, 외핵, 내핵으로 구분할 수 있으며, 액체 상태의 층은 외핵이 유일하다.

③, ④ 지구 내부에서 온도와 압력은 연속적으로 높아지기 때문에 내핵에서 가장 큰 값을 갖는다.

바로알기 | ⑤ 외핵과 내핵은 모두 철과 니켈로 이루어져 있다. 구성 성분이 크게 달라지는 곳은 맨틀과 외핵의 경계이다.

194 ③ 밀도는 각 층의 경계에서 불연속적으로 변하므로 A이다. 온도는 깊이가 깊어질수록 증가량이 감소하므로 B이다. 압력은 맨틀과 외핵의 경계부를 지나면서 빠르게 증가하므로 C이다.

195 A는 맨틀(지각 포함), B는 외핵, C는 내핵이다.

ㄱ. 지온 곡선을 비교하면 깊이에 따른 온도 변화는 A 구간이 C 구간보다 크다.

ㄴ. B 구간은 지구 내부의 온도보다 용융 온도가 낮으므로 물질은 액체 상태로 존재한다.

바로알기 | ㄷ. P파의 속도 변화는 B와 C의 경계보다 A와 B의 경계에서 크다.

196 ④ B는 외핵으로 주요 성분은 철과 니켈이다.

⑤ 지진파의 속도는 액체 상태인 외핵보다 고체 상태인 내핵에서 빠르다.

⑦ 지진파의 속도가 가장 크게 변하는 곳은 맨틀과 외핵의 경계인 구텐베르크 불연속면이다.

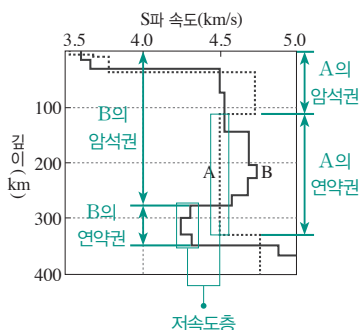
바로알기 | ① ㉠은 P파, ㉡은 S파이다.

② ㉢은 매질의 진동 방향과 파동의 진행 방향이 수직인 횡파이다.

③ A는 맨틀로 고체 상태이다.

⑥ 지진파의 속도는 맨틀에서 외핵으로 진행할 때 급격하게 감소한다.

197



ㄱ. A에서는 깊이 약 110 km~320 km 사이에, B에서는 깊이 약 280 km~350 km 사이에 저속도층이 나타난다.

ㄷ. 저속도층은 연약권에 해당하며, 지진파의 속도가 느려지는 구간에서 평균 속도는 A에서 약 4.5 km/s이고, B에서 4.5 km/s보다 느리다.

바로알기 | ㄴ. 저속도층은 연약권에 해당하므로, 암석권의 두께는 B가 A보다 두껍다.

198 ①, ② P파와 S파는 지구 내부로 전파되는 실체파이며, 지진파의 속도는 P파가 S파보다 빠르다.

③, ⑤ 지진파는 지구 내부의 불연속면에서 반사되거나 굴절이 일어난다. 이로 인해 지구 내부에서 지진파가 관측되지 않는 암영대가 나타난다.

바로알기 | ④ 지구 내부의 각 층의 경계면에서 불연속적으로 속도 변화가 나타난다.

199 ㄴ. A 지점에 도달할 수 있는 지진파는 외핵을 통과할 수 있는 P파이다.

바로알기 | ㄱ. S파가 ㉠을 따라 전파되는 동안 속도는 빨라지다가 다시 느려진다.

ㄷ. 외핵을 통과한 P파는 구텐베르크 불연속면에서 속도가 급격하게 줄어들면서 굴절하여 각거리 103°~142° 사이에는 거의 도달하지 않고, 각거리 142°~180° 사이에 도달할 수 있다.

200 ㄱ. P파 암영대는 각거리 103°~142° 영역이고, S파 암영대는 각거리 103°~180° 영역이다.

ㄴ. (나)에 도달한 지진파는 모두 외핵을 통과한 P파이다.

ㄷ. 각거리 110°에 도달하는 지진파는 외핵과 내핵의 경계인 레만 불연속면에서 굴절된 지진파이다.

201 ㄷ. 진앙으로부터의 각거리는 ㉠이 ㉡보다 가깝다. 따라서 P파가 도달하는 데 걸린 시간은 ㉠이 ㉡보다 길다.

바로알기 | ㄱ. ㉠에는 P파와 S파가 모두 도달했으므로 ㉠에 도달한 P파는 핵을 통과하지 않았다.

ㄴ. ㉢은 P파 암영대에 속하므로 진앙으로부터 각거리는 103°보다 크고 142°보다 작다.

202 **모범 답안** P파 암영대는 각거리 103°~142°에 해당하는 13°N~52°N이고, S파 암영대는 각거리 103°~180°에 해당하는 13°N~90°N이다.

채점 기준	배점
P파 암영대와 S파 암영대를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
P파 암영대와 S파 암영대 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

203 ㄱ. (가)에서 모호면, (나)에서 레만 불연속면, (다)에서 구텐베르크 불연속면을 발견하였다. 따라서 시간 순서는 (가) → (다) → (나)이다.

바로알기 | ㄴ. (나)를 통해 핵 내부에 불연속면(레만면)이 존재한다는 것을 알게 되었다.

ㄷ. 각거리 범위는 ㉠이 103°~142°이고, ㉢이 103°~180°이다.

204 ㄱ. A에서 기록된 지진파는 P파이므로 종파이다.

ㄴ. B는 P파와 S파가 모두 도착하지 못한 P파 암영대에 위치한다.

바로알기 | ㄷ. A는 진앙으로부터의 각거리가 142°~180° 사이에 위치해야 하고, B는 진앙으로부터의 각거리가 103°~142° 사이에 위치해야 한다. 따라서 진앙은 남반구에 위치한다.

205 **모범 답안** 지구 내부의 층상 구조는 화학 조성을 기준으로 지각, 맨틀, 핵으로 구분할 수 있고, 물리적 특성을 기준으로 암석권, 연약권, 중간권, 외핵, 내핵으로 구분할 수 있다.

채점 기준	배점
화학 조성과 물리적 특성에 따른 층상 구조를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
화학 조성과 물리적 특성에 따른 층상 구조 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

206 ①, ② 지구 내부에서의 지진파 속도 분포로부터 층상 구조를 알아낼 수 있다.

③, ⑤ 지구 구성 물질의 성분 및 상태 변화는 구텐베르크 불연속면에서 가장 급격하기 때문에 P파의 속도 변화도 이 지점에서 가장 크게 나타난다.

바로알기 | ④ 구텐베르크 불연속면은 맨틀과 외핵의 경계면이고, 레만 불연속면은 외핵과 내핵의 경계면이다.

207 ① 지구 내부는 구성 물질의 화학 성분에 따라 지각, 맨틀, 핵으로 구분할 수 있다.

② 대륙 지각은 해양 지각보다 두께가 두껍다.

③ 핵은 액체 상태의 외핵과 고체 상태의 내핵으로 구분한다.

④ 암석권은 지각과 맨틀 최상부층으로 이루어져 있다.

⑦ ①층은 전이대와 하부 맨틀에 해당하는 중간권이다. 지진파의 속도는 암석권보다 ①층에서 빠르다.

바로알기 | ⑤ 암석권 아래에는 부분 용융에 의해 지진파의 속도가 느려지는 연약권이 존재한다.

⑥ ①층은 중간권으로, 주요 성분은 규산염 물질이다.

208 ④ (가)는 핵, (나)는 지각, (다)는 맨틀이다. 플룸 구조 운동은 맨틀에서 일어난다.

바로알기 | ① (가)는 철(Fe)이 가장 많은 비율을 차지하고 있으므로 핵의 질량비이다.

②, ③ 평균 밀도는 철(Fe)과 마그네슘(Mg)의 비율이 높은 (다)가 (나)보다 크다.

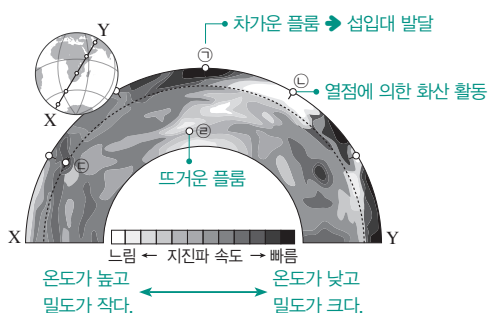
⑤ P파의 전파 속도는 지각보다 맨틀에서 빠르다.

209 ㄱ. ①에는 해양판에 비해 두께가 두꺼운 대륙판이 분포하며, 지하 70 km 깊이에 암석권 물질이 분포한다.

ㄴ. ②에는 해령 하부의 연약권 물질이 분포하여 지진파의 속도가 느리다.

바로알기 | ㄷ. 구성 물질의 온도가 높을수록 밀도가 작아 지진파의 속도가 느리게 나타난다. 따라서 구성 물질의 온도는 ①이 ②보다 낮다.

210



ㄱ. 화산 활동은 플룸 상승류의 위쪽에 위치한 ㉠에서 활발하다.

ㄴ. ㉡은 지진파의 속도가 주변 지역보다 빠르므로 같은 깊이의 주변 물질보다 밀도가 크다.

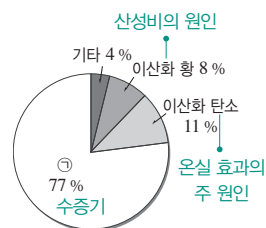
ㄷ. ㉢에서 뜨거운 플룸의 상승류가 나타난다.

최고 수준 도전 기출

60쪽~61쪽

211 ①	212 ③	213 ⑤	214 ④	215 ④	216 ①
217 ②	218 ①				

211



마그마	SiO ₂ 함량(%)
A 현무암질 마그마	48
B 유문암질 마그마	67

ㄱ. 화산 가스는 수증기, 이산화 탄소, 이산화 황 등으로 이루어져 있으며, 그중 수증기가 가장 많은 양을 차지한다. 따라서 ㉠은 화산 가스에서 가장 많은 비율을 차지하는 수증기이다.

바로알기 | ㄴ. A는 SiO₂ 함량이 48 %이므로 현무암질 마그마이고, B는 SiO₂ 함량이 67 %이므로 유문암질 마그마이며, 마그마가 굳어져 생성된 암석의 색은 SiO₂ 함량이 높을수록 밝다. 따라서 마그마가 지표에서 굳어지면 A는 어두운색 암석인 현무암, B는 밝은색의 유문암을 형성하므로 암석층의 반사율은 A가 B보다 낮다.

ㄷ. 현무암질 마그마보다 유문암질 마그마에 포함된 화산 가스의 함량이 높다.

212 (가)는 화산 가스의 함량이 높아 폭발적으로 분출하는 성층 화산으로, 화산 쇄설물이 풍부하다. (나)는 유동성이 큰 용암을 분출하는 순상 화산으로, 화산체의 경사가 완만하다.

ㄱ. 화산체의 경사는 폭발형 화산인 (가)가 분출형 화산인 (나)보다 급하다.

ㄷ. $\frac{\text{화산 쇄설물의 양}}{\text{용암의 양}}$ 은 폭발적으로 분출할수록 크므로 (가)가 (나)보다 크다.

바로알기 | ㄴ. (나)에서 분출된 용암은 유동성이 크므로 A이다.

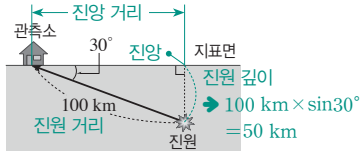
213 A는 광물 결정의 크기가 큰 조립질 조직을 보이므로, 마그마가 천천히 냉각되어 만들어진 심성암인 화강암이다. B는 광물 결정의 크기가 작은 세립질 조직을 보이므로, 마그마가 지표 부근에서 빠르게 냉각되어 만들어진 화산암인 현무암이다.

ㄱ. (가)는 상부 편광판을 끼워 넣은 상태이므로 직교 니콜 상태에 해당한다.

ㄷ. 무색 광물의 함량은 화강암인 A가 현무암인 B보다 많다.

바로알기 | ㄴ. A에서 조립질 조직이 나타난다. 반정은 반심성암에서 석기와 함께 관찰된다.

214



< 관측 정보 >

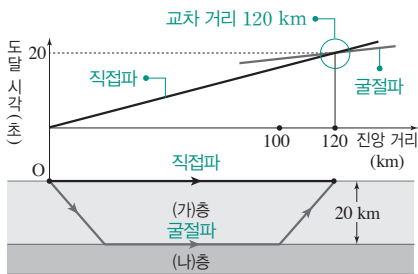
- P파 도달 시간: 15초
- PS시: 10초
- S파 도달 시간: 25초

ㄴ. 진원 거리가 100 km이고, P파 도달 시간이 15초이므로, P파 속도는 $\frac{100}{15}$ km/s이다. 한편, PS시가 10초이므로 S파의 도달 시간은 25초이며, S파 속도는 $\frac{100}{25}$ km/s이다. 따라서 $\frac{P파 속도}{S파 속도} = \frac{5}{3}$ 이다.

ㄷ. 진원 거리가 200 km인 관측소는 진원 거리가 200 km보다 멀다. 따라서 PS시는 20초보다 길다.

바로알기 | ㄱ. 진원 거리는 100 km이고, 진원과 관측소를 연결한 직선이 수평면과 이루는 각이 30°이므로 진원의 깊이는 50 km이다. 따라서 이 지진은 천발 지진이다.

215

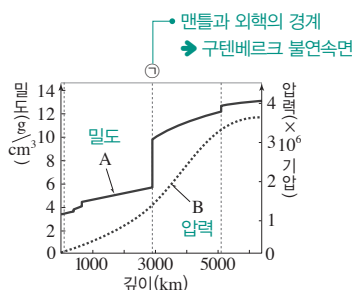


ㄱ. (가)층을 통과해 온 직접파의 속도는 $\frac{120 \text{ km}}{20 \text{ 초}}$ 이므로, (가)층에서 P파 속도는 $\frac{120 \text{ km}}{20 \text{ 초}} = 6 \text{ km/s}$ 이다.

ㄷ. 교차 거리를 L , (가)층에서의 속도를 V_0 , (나)층에서의 속도를 V_1 이라고 하면, (가)층의 두께는 $\frac{L}{2} \sqrt{\frac{V_1 - V_0}{V_1 + V_0}}$ 이다. 따라서 (가)층의 두께는 교차 거리에 비례하므로, (가)층의 두께가 2배가 될 때 교차 거리도 2배가 된다.

바로알기 | ㄴ. 직접파와 굴절파의 그래프가 만나는 지점의 진원 거리는 120 km이므로, 교차 거리는 120 km이다. 교차 거리보다 가까운 곳은 직접파가 먼저 도달하고, 교차 거리보다 먼 곳은 굴절파가 먼저 도달한다. 따라서 진원 거리 100 km 지점에 (나)층을 지나온 지진파는 직접파보다 조금 늦게 도달한다.

216



ㄱ. 지구 내부에서 밀도는 불연속적으로 증가하지만, 압력은 연속적으로 증가하므로, A는 밀도, B는 압력이다.

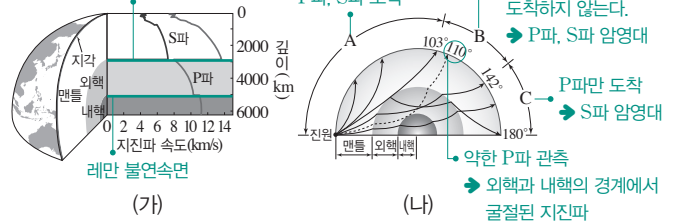
바로알기 | ㄴ. 깊이에 따른 B의 증가율은 외핵에서 가장 크다.

ㄷ. ㉠은 밀도가 가장 크게 증가하는 맨틀과 외핵의 경계이다. ㉠에서 A가 급격하게 변하는 것은 ㉠을 경계로 물질의 구성 성분이 변하기 때문이다.

217

지진파의 속도가 가장 크게 변한다.

→ 구텐베르크 불연속면



ㄴ. (나)에서 C 구간은 핵을 통과한 P파만 도달할 수 있는 구간이다.

바로알기 | ㄱ. 지구 내부에서 지진파의 속도 변화는 구텐베르크 불연속면에서 가장 크다.

ㄷ. (나)에서 각거리 110°에 약한 P파가 관측되는 까닭은 외핵과 내핵의 경계인 레만 불연속면이 존재하기 때문이다.

218

ㄱ. (가)는 깊이 250 km의 영상으로 대륙 하부에 차가운 물질, 해양 하부에 뜨거운 물질이 분포한다는 것을 확인할 수 있고, (나)는 깊이 70 km의 영상으로 해령 하부에 온도가 높고, 밀도가 작은 연약권 물질이 분포한다는 것을 확인할 수 있다.

바로알기 | ㄴ. 해령 하부의 연약권 분포를 알 수 있는 자료는 (나)이다.

ㄷ. 뜨거운 플룸이 시작되는 위치는 맨틀과 외핵의 경계 부근인 깊이 2900 km 부근이므로 이 자료들로는 확인할 수 없다.

08 해수를 움직이는 힘

빈출 자료 보기

63쪽

219 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) ×

220 (1) × (2) ○ (3) × (4) × (5) × (6) ○

219 (2) 수압(P)은 $1000 \text{ kg/m}^3 \times 10 \text{ m/s}^2 \times 1 \text{ m} = 10000 \text{ kg/m} \cdot \text{s}^2 = 100 \text{ hPa}$ 이다.

바로알기 | (3) 그림은 양쪽 관의 수위 차이가 1 m인 U자관으로, 수압 정도력은 물의 높이가 더 높은 A에서 B 방향으로 ㉠ 방향으로 작용하고 있다.

(4) 콧을 열면 높이 차가 있는 만큼 물이 A 쪽에서 B 쪽으로 흘러서 양쪽 수면이 같아지므로, A 쪽의 높이는 0.5 m 낮아지고, B 쪽의 높이는 0.5 m 높아진다.

(5) 수압은 단위 면적당 받는 물의 무게이므로 관의 지름과는 상관없다.

220 밀도가 ρ 로 균일한 경사진 해수면에서는 해수면의 높이 차이 ΔZ 에 대해 수평 거리 Δx 를 나눈 값에 비례하는 수평 수압 정도력이 작용한다.

바로알기 | (1) 밀도가 균일한 해수 내에서 수평 수압 정도력은 해수면의 높이가 높은 (나)에서 높이가 낮은 (가)를 향하는 방향으로 작용한다.

(3), (4) Δx 가 감소하거나 ΔZ 가 증가한다면 해수면의 경사가 더 커지므로 수압 정도력도 더 증가한다.

(5) 전체 해수의 밀도가 증가한다면, 수압 정도력의 크기는 변하지 않는다.

난이도별 필수 기출

64쪽~67쪽

221 ④ 222 ③ 223 해설 참조 224 ④, ⑤, ⑦
225 ④ 226 ② 227 ③ 228 ③ 229 ④, ⑤, ⑦
230 해설 참조 231 ③ 232 ① 233 해설 참조
234 ② 235 ② 236 ①

221 ㄱ. A는 연직 수압 정도력, B는 중력이다.

ㄴ. 정역학 평형 상태에 있는 해수에서 연직 수압 정도력(A)과 중력(B)의 방향은 서로 반대이고, 크기는 같다.

바로알기 | ㄴ. 연직 수압 정도력(A)의 크기는 $\Delta P = \rho g \Delta Z$ (ΔP : 수압 차, ρ : 해수의 밀도, g : 중력 가속도, ΔZ : 깊이 차)이므로, 해수의 밀도가 감소하면 연직 수압 정도력의 크기는 작아진다.

222 ㄱ. 수압(P)은 해수의 밀도(ρ) × 중력 가속도(g) × 수심(h)이므로, 수심 10 m 지점의 수압은 $1000 \text{ kg/m}^3 \times 10 \text{ m/s}^2 \times 10 \text{ m} = 100000 \text{ kg/m} \cdot \text{s}^2$ 이며, 해수면에서의 기압이 1기압이므로, 수심 10 m 지점에서 기압을 제외한 해수에 의한 수압은 1기압이다. 따라서 수심이 10 m 증가할 때마다 수압은 1 기압씩 증가한다.

ㄴ. 수압은 모든 방향에서 동일하게 나타난다.

바로알기 | ㄴ. 수심 100 m 지점의 압력은 기압(1기압) + 수압(10기압) = 11기압이다.

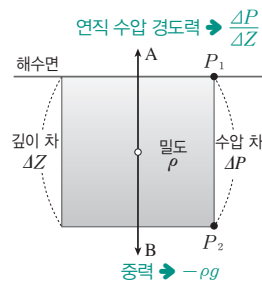
223 **모범 답안** (1) A: 연직 수압 정도력, B: 중력

(2) A=B

해설 정역학 평형 상태에 있는 물기둥에서는 위 방향으로 작용하는 연직 수압 정도력과 아래 방향으로 작용하는 중력이 크기는 같고 방향은 서로 반대로 작용한다.

채점 기준		배점
(1)	A, B의 이름을 모두 옳게 쓴 경우	60 %
	A, B의 이름 중 한 가지만 옳게 쓴 경우	30 %
(2)	A, B의 크기를 옳게 비교한 경우	40 %

224



• 연직 수압 정도력 = 중력이므로, $\frac{\Delta P}{\Delta Z} = -\rho g$ 가 성립한다.

① 수심이 깊어질수록 수압이 증가하므로, P_1 지점의 수압은 P_2 지점의 수압보다 작다.

② 수압은 모든 방향에서 동일한 크기로 작용한다.

③ 정역학 평형 상태에 있는 해수에서 연직 수압 정도력(A)과 중력(B)은 크기가 같고 방향은 반대로 작용한다.

⑥ 연직 수압 정도력(A)과 중력(B)이 평형을 이루어 해수의 연직 방향 이동이 일어나지 않는 상태를 정역학 평형 상태라고 한다.

⑧ 해수는 정역학 평형을 이루고 있기 때문에 연직 방향으로의 해수의 움직임이 거의 나타나지 않는다.

바로알기 | ④ 수압 정도력은 수압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용한다.

⑤ A는 연직 수압 정도력, B는 중력이다.

⑦ 해수의 밀도가 증가하면 A, B 모두 힘의 크기가 커진 상태에서 평형을 이룬다.

225 ㄱ. 수압은 수심이 깊어질수록 더 증가한다. 따라서 수압의 크기는 ㉠보다 ㉡에서 더 크다.

ㄴ. 두 지점 간의 수압 차(ΔP)는 $\Delta P = \rho g \Delta Z$ (ρ : 해수의 밀도, g : 중력 가속도, ΔZ : 깊이 차)이므로 물의 밀도(ρ)가 증가하면 두 지점 간 수압 차(ΔP)도 증가한다.

바로알기 | ㄴ. 정역학 평형 상태에서 연직 수압 정도력과 중력의 크기는 같고 방향은 서로 다르다. 현재 물기둥은 정역학 평형 상태이며, ㉠과 ㉡에서 중력 가속도의 크기는 동일하므로, 연직 수압 정도력도 동일하게 나타난다.

226 ㉔. 두 지점 간의 수압 차(ΔP)는 $\Delta P = \rho g \Delta Z$ (ρ : 해수의 밀도, g : 중력 가속도, ΔZ : 깊이 차)이므로 동일한 수압 차이라도 깊이 차이가 다르면 수압도 달라진다. 따라서 수압 차는 같으나 깊이 차이가 더 작은 Z_2 에서 연직 방향 수압 경도력의 크기가 더 크다.

바로알기 | ㉓. 수압은 수심이 깊어질수록 커진다.

㉔. Z_1 , Z_2 에서 수압 차는 동일하지만, 깊이 차는 Z_2 가 작으므로 (나) 해수의 밀도 ρ_2 가 더 커야 한다.

227 ㉔. 정역학 평형 상태를 만족하는 해수에서 수압은 깊이(h)가 증가함에 따라 커지지만, 연직 수압 경도력(단위 거리당 수압 변화량)은 유체의 밀도와 중력 가속도에만 의존하는 힘이기에 때문에 깊이(h)가 증가하여도 연직 수압 경도력은 변하지 않고 일정하다.

바로알기 | ㉓. 용기의 모양이나 해수 전체의 질량과 관계없이 연직 깊이가 같으면 바닥면이 받는 수압은 동일하다.

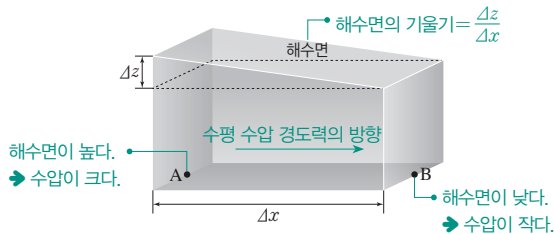
㉔. A와 B는 연직 깊이가 동일하므로, 수압도 동일하며, 수압은 모든 방향에서 동일하게 나타난다.

228 ㉓. 수심은 해수면의 높이가 높은 B 지점이 A 지점보다 더 깊으므로, 수압은 B가 A보다 크다.

㉔. A와 B 지점의 수압 차이는 Δz 에 해당하는 해수의 압력에 의해 발생하므로 $\Delta P = \rho g \Delta z$ 이다.

바로알기 | ㉔. 수평 수압 경도력은 수압이 높은 B 쪽에서 수압이 낮은 A 쪽으로 작용한다.

229



① 수압은 해수면의 높이가 높은 A가 해수면의 높이가 낮은 B보다 크다.

② 수압 경도력은 해수면의 높이 차(Δz)에 비례하며, 수압이 다른 두 지점 간의 거리(Δx)에 반비례한다.

③ 수평 수압 경도력은 수압이 높은 A에서 수압이 낮은 B 쪽으로 작용한다.

⑥ 수평 수압 경도력(P_H)은 $P_H = g \cdot \frac{\Delta z}{\Delta x}$ 의 관계를 가지므로, 두 지점 간 해수면의 높이 차(Δz)가 커지면 수압 경도력도 증가한다.

⑧ 수평 수압 경도력(P_H)은 $P_H = g \cdot \frac{\Delta z}{\Delta x}$ 의 관계를 가지므로, 수압 차이가 일정하고 두 지점 간 수평 거리(Δx)만 증가하면 수평 수압 경도력은 작아진다.

⑨ 수평 수압 경도력(P_H)은 $P_H = g \cdot \frac{\Delta z}{\Delta x}$ 의 관계를 가지므로, 단위 질량에 작용하는 수평 수압 경도력의 크기는 해수면의 경사($\frac{\Delta z}{\Delta x}$)에 비례한다.

⑩ 수평 수압 경도력은 단위 질량 당 해수를 이동시키는 힘이므로, 해수에 작용하는 힘이 커지게 되면 해수를 이동시키는 가속도도 빨라지게 되어 이동 속도도 빨라지게 된다.

바로알기 | ④ 수압은 해수의 밀도에 비례하므로($\Delta P = \rho g \Delta z$), 해수의 밀도가 증가하면 A와 B 사이의 수압 차는 더 커진다.

⑤ 수평 수압 경도력은 $P_H = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta x}$ 이고 수압 차는 $\Delta P = \rho g \Delta z$ 이므로, 해수의 밀도(ρ)가 커지면 수압 차(ΔP)도 커지지만, 단위 질량에 작용하는 수평 수압 경도력은 $P_H = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta x} = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\rho g \Delta z}{\Delta x} = g \cdot \frac{\Delta z}{\Delta x}$ 가 되어 수평 수압 경도력은 변하지 않는다.

⑦ 수압(P)은 해수의 밀도, 중력 가속도, 수심에 의해 결정되므로($\Delta P = \rho g \Delta z$), 수평 거리(Δx)의 변화는 수압 차에 아무런 영향을 미치지 않는다.

230 **모범 답안** (1) $\Delta P = \rho g \Delta z = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 10 \text{ m/s}^2 \times 2 \text{ m} = 20000 \text{ N/m}^2$

$$(2) P_H = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta x} = \frac{1}{1000 \text{ kg/m}^3} \cdot \frac{20000 \text{ kg/m} \cdot \text{s}^2}{1000000 \text{ m}} = 2 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$$

채점 기준		배점
(1)	A, B 지점의 수압 차를 옳게 구한 경우	50 %
(2)	수평 수압 경도력의 크기를 옳게 구한 경우	50 %

231 ㉓. 연직 수압 경도력은 해수의 밀도(ρ)와 중력 가속도(g)의 곱에 비례하므로, 두 지점의 밀도와 중력 가속도가 일정하다면 연직 수압 경도력은 동일하게 나타난다.

㉔. 수평 수압 경도력의 크기는 두 지점의 수압 차에 비례하고, 거리에 반비례하므로, 해수면의 높이 차로 발생하는 해수면 경사에 비례한다. A~D 지점에서 모두 해수면 경사는 동일하므로 B와 C 지점의 수평 수압 경도력도 동일하게 나타난다.

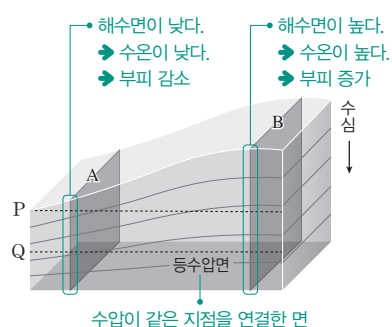
바로알기 | ㉔. 수압은 수심에 의해 결정되며, A와 D 지점은 해수 표면으로부터 수심이 0.5 d 로 동일하므로 수압도 같다.

232 ㉓. 밸브를 열면 수면의 높이 차(Δx)가 작아지므로 수압 차가 작아져 물의 흐름의 세기는 느려진다. 따라서 시간에 따른 Δx 의 변화 속도는 감소한다.

바로알기 | ㉔. 수압 경도력은 수면의 높이 차(Δx)에 비례하고, 물의 밀도(ρ)와 물의 수평 거리(Δd)에 반비례하므로 Δd 가 증가하면 수압 경도력은 감소한다.

㉔. 수압 경도력은 수압 차에 의해 발생하므로 물기둥의 밑면적이나 전체적인 크기, 형태와는 관계없이 수압 차이에만 비례한다.

233



모범 답안 (1) 해수의 평균 수온은 A 지점이 B 지점보다 낮고, 평균 밀도는 A 지점이 B 지점보다 크다.

(2) 수심이 깊어질수록 등수압면의 기울기가 점점 완만해지므로, Q보다 P에서 등수압면의 기울기가 더 크다. 기울기가 클수록 동일한 수평 거리에서의 수압 차가 더 크다는 것을 의미하므로, 수평 수압 경도력은 P가 Q보다 크다.

해설 해수면의 높이는 B 지점이 A 지점보다 높으나, 수심이 깊어짐에 따라 등수압면의 기울기는 점차 완만해진다. 이는 해수 기둥의 부피가 B 지점에서 더 팽창해 있다는 것을 의미하므로, 해수의 평균 온도는 B 지점이 더 높고, 평균 밀도는 A 지점이 더 크다는 것을 의미한다.

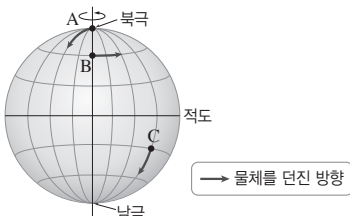
	채점 기준	배점
(1)	A, B 지점의 평균 수온과 평균 밀도 차이를 옳게 비교하여 서술한 경우	50 %
	A, B 지점의 평균 수온과 평균 밀도 차이 중 한 가지만 옳게 비교하여 서술한 경우	25 %
(2)	P와 Q에서의 수평 수압 경도력을 옳게 비교하고, 까닭을 옳게 서술한 경우	50 %
	P와 Q에서의 수평 수압 경도력만 옳게 비교한 경우	25 %

234 나. 해수의 밀도가 증가하면, 단위 질량의 해수에 작용하는 수압이 증가하므로, 연직 수압 경도력이 더 커지게 된다.

바로알기 | 가. 정역학 평형은 연직 수압 경도력과 중력의 크기는 같고 방향은 반대로 작용하여 연직 방향으로 유체의 이동이 일어나지 않는 상태를 의미한다. 따라서 정역학 평형 상태를 이루는 데 관여하는 힘은 B와 C이다.

다. 중력은 지구상 모든 물체에 작용하지만, 전향력은 가상의 힘이며, 위도(θ)의 $\sin\theta$ 값에 비례하기 때문에 움직이지 않는 물체와 적도상에서 움직이는 물체에는 작용하지 않는다.

235



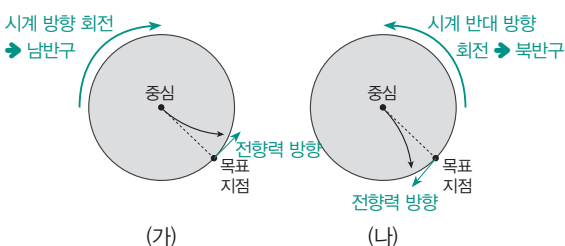
- 위도: $A > B > C$
- 전향력의 크기: $A > B > C \rightarrow$ 위도가 높을수록 전향력이 크기 때문
- 전향력의 방향: A는 서쪽, B는 남쪽, C는 동쪽

다. 전향력은 고위도로 갈수록 커지므로 C보다 A에서 크다.

바로알기 | 가. 북반구에 위치한 A에서 물체가 이동할 때 전향력을 오른쪽 직각 방향으로 받으므로 물체의 이동 방향은 서쪽으로 치우친다.

나. 북반구에 위치한 B에서 물체가 오른쪽 직각 방향으로 전향력을 받으므로 물체의 이동 방향은 오른쪽으로 휘어진다.

236



가. 시계 방향으로 회전하는 원판에서는 전향력이 운동 방향의 왼쪽으로 작용하여 구슬의 이동 경로를 왼쪽으로 휘게 만든다.

바로알기 | 나. (나)는 물체의 이동이 오른쪽으로 편향되었으므로, 북반구에서 나타나는 전향력의 효과를 알아보기 위한 실험에 해당한다.

다. 원반의 회전 속도가 빨라지면 회전 각속도(Ω)가 빨라지는 것이므로, 전향력의 크기($C=2v\Omega\sin\theta$)도 증가한다.

빈출 자료 보기

69쪽

237 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ (5) × (6) ○

238 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × (5) ○ (6) ○

237 풍향은 바람이 불어오는 쪽의 방위를 말하며, 표면 해수는 전향력의 영향을 받아 바람의 방향에 대해 북반구에서는 오른쪽으로 45°, 남반구에서는 왼쪽으로 45° 편향되어 이동한다.

바로알기 | (1) 이 해역에서는 남서풍이 불고 있다.

(3) 마찰저항심도에서 해수의 이동 방향은 표면 해수의 이동 방향과 반대 방향인 서쪽이다.

(5) 수심이 깊어질수록 마찰력에 의해 해수의 유속은 줄어든다.

238 북반구 아열대 해역에서는 대기 대순환에 따른 지상풍의 영향으로 위도 30°N 지역의 해수면이 가장 높아지므로, 수압 경도력은 각각 A와 H 방향으로 작용하며, 전향력은 이와 반대 방향인 D와 E 방향으로 작용하므로 지형류는 B와 G 방향으로 흐른다.

바로알기 | (2) 북동 무역풍은 북동쪽에서 남서쪽으로 부는 바람이므로, 무역풍대에서 표면 해수는 전향력의 영향을 받아 서쪽으로 이동하며, 전체적인 해수의 에크만 수송은 북서쪽을 향하게 된다.

(4) 지형류는 수압 경도력과 전향력이 평형을 이루어 발생하는 해류이므로, 전향력의 방향은 D와 E 방향이다.

난이도별 필수 기출

70쪽~74쪽

239 ②	240 해설 참조	241 ②, ⑤	242 ③
243 ⑤	244 ②	245 ①	246 해설 참조
248 ②, ③, ⑤, ⑨, ⑩	249 ①	250 ④	251 ⑤
253 ④	254 ①	255 ①	256 ⑤
		257 ②	258 ①

239 ㄷ. 위층 해수의 흐름에 의한 마찰로 움직이는 아래층 해수는 전향력의 영향을 동시에 받기 때문에 수심이 깊어질수록 점차 전향력이 작용하는 방향으로 편향되어 흐른다.

바로알기 | ㄱ. 해수의 이동 방향은 바람의 방향에 대해 오른쪽으로 편향되어 있으므로 이 해역은 북반구에 위치한다.

ㄴ. 마찰저항심도에서 해수의 이동 방향은 표면 해수의 이동 방향과 반대이다.

240 **모범 답안** (1) 전향력에 의해 이동 방향이 오른쪽으로 편향되기 때문이다.

(2) 마찰력이 작용하여 해수의 유속이 감소하기 때문이다.

해설 북반구 해역에서 표면 해수는 전향력을 받아 바람의 이동 방향에 대해 오른쪽으로 45° 편향된 방향으로 이동하며, 아래층 해수는 위층 해수의 흐름에 따른 마찰력과 전향력을 받아 점차 오른쪽으로 편향된 방향으로 나선을 그리며 이동한다.

채점 기준		배점
(1)	작용하는 힘과 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	50 %
	작용하는 힘만 옳게 쓴 경우	25 %
(2)	작용하는 힘과 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	50 %
	작용하는 힘만 옳게 쓴 경우	25 %

241 북반구 해역에서 지상풍에 의해 마찰을 받는 표면 해수는 바람이 불어가는 방향에 대해 오른쪽으로 45° 편향된 방향으로 이동한다. 마찰층은 표면 해수의 이동 방향과 정반대 방향의 흐름이 나타나는 깊이까지를 말하며, 마찰층 내 평균 이동 방향인 에크만 수송의 방향은 바람이 부는 방향에 대해 오른쪽 직각 방향이다.

바로알기 | ② 표면 해수의 이동 방향은 바람의 방향에 대해 45° 편향된 방향이다.

⑤ 북반구 해양에서 전향력은 물체의 이동 방향에 대해 오른쪽 직각 방향으로 작용하므로, 수심이 깊어질수록 해수의 이동 방향은 오른쪽으로 편향된다.

242 ㄱ. 북반구에서 에크만 수송은 바람에 대해 오른쪽으로 90° 편향된 방향으로 나타나므로, 에크만 수송의 방향은 A에서는 북서쪽, C에서는 남동쪽으로 서로 반대 방향으로 나타난다.

ㄷ. 해수면의 높이는 B 지역에서 가장 낮게 나타나므로, C 지점에서 수압 경도력은 B 방향인 북쪽으로 작용한다.

바로알기 | ㄴ. 에크만 수송에 의해 A 지역의 해수는 북서쪽으로, C 지역의 해수는 남동쪽으로 이동하므로 B 지역에서는 해수의 발산이 나타나 해수면의 높이가 가장 낮게 나타난다.

243 ㄴ. 이 해역에서 표면 해수의 이동 방향은 A이고, 이 해역은 남반구에 위치하기 때문에 표면 해수의 이동 방향은 풍향에 대해 왼쪽 45° 방향으로 흐른다. 따라서 바람은 남동쪽에서 북서쪽으로 남동풍이 불고 있다.

ㄷ. 남반구에서 에크만 수송은 바람의 방향에 대해 왼쪽으로 90° 방향으로 나타나므로, 이 해역에서 에크만 수송의 방향은 E이다.

바로알기 | ㄱ. 수심이 깊어질수록 해수의 이동 방향이 왼쪽으로 편향되므로 이 해역은 남반구에 위치한다.

244 ㄴ. 풍속이 증가하면 해수 표층에 전달되는 바람의 힘이 커지고, 이 힘이 더 깊은 층까지 영향을 미쳐 에크만 나선 운동이 나타나는 깊이가 깊어진다. 따라서 마찰저항심도까지의 깊이는 깊어진다.

바로알기 | ㄱ. 마찰저항심도는 유속이 0 m/s인 곳이 아니라, 해수의 이동 방향이 표면과 반대 방향인 곳의 수심을 의미한다.

ㄷ. 표면 해수의 이동 방향이 바람 방향의 오른쪽으로 편향되므로 이 해역은 북반구에 해당하며 전향력은 고위도로 갈수록 더 커진다. 전향력이 클수록 해수의 편향 정도가 커지기 때문에 표면 해수와 이동 방향이 반대인 마찰저항심도의 깊이는 감소한다.

245 ㄱ. 밀도가 일정한 해역에서 수압 경도력은 해수면이 높아 수압이 높은 쪽에서 해수면이 낮아 수압이 낮은 쪽(A)으로 작용한다.

바로알기 | ㄴ. 지형류는 수압 경도력(A)과 전향력(B)이 평형을 이루어 생성되는 해류이다.

ㄷ. 북반구에서 지형류는 수압 경도력(A)의 오른쪽 직각 방향으로 흐르므로 이 해역에서 지형류는 북쪽으로 흐른다.

246 모범 답안 (1) D

(2) 지형류의 유속(v)은 $v = \frac{1}{2\Omega \sin \theta} \cdot g \frac{\Delta Z}{\Delta x}$ 이므로,

$$\frac{1}{2 \times 7 \times 10^{-5} / \text{s} \times \sin 30^\circ} \times 10 \text{ m/s}^2 \times \frac{0.14 \text{ m}}{100000 \text{ m}} = 0.2 \text{ m/s} \text{ 이다.}$$

해설 지형류는 수압 경도력($P_H = g \cdot \frac{\Delta Z}{\Delta x}$)과 전향력($C = 2v\Omega \sin \theta$)이 평형을 이루어 흐르는 해류이다.

채점 기준	배점
(1) 지형류의 방향을 옳게 쓴 경우	40 %
(2) 지형류의 유속을 옳게 구한 경우	60 %

247 ㄴ. 해수면이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용하는 힘 B는 수압 경도력으로 해수를 움직이게 하는 원인이 되는 힘이다.

ㄷ. 지형류는 수압 경도력의 오른쪽 직각 방향인 C 방향으로 흐른다.

바로알기 | ㄱ. 해수면 경사가 커지면 유속이 빨라지므로 전향력인 A의 크기도 커진다.

248 해수면의 높이 차로 인해 수압 경도력이 발생하면 수압이 낮은 곳으로 해수가 이동하기 시작한다. 해수의 이동에 따른 전향력이 작용하여 해수의 흐름 방향이 점차 편향되고, 지속적으로 작용하는 수압 경도력에 의해 유속이 빨라지면 전향력은 더욱 커져 해수의 흐름도 더 많이 편향되어 결국 수압 경도력과 전향력의 크기는 같고 방향은 반대가 되어 힘의 평형이 이루어지며 지형류가 흐르게 된다.

바로알기 | ① 북반구에서 전향력은 물체의 이동 방향의 오른쪽 직각 방향으로 작용한다. 따라서 ㉠은 수압 경도력, ㉡은 전향력이다.

④ 정지해 있던 해수가 수압 경도력을 받아 이동을 시작하면 시간이 지남에 따라 유속이 점점 빨라진다. 따라서 해수의 유속은 동일하지 않으며, 지형류 평형 상태인 S 지점에서 유속이 가장 빠르다.

⑥ 전향력은 해수의 유속에 비례하여 나타난다. P보다 S 지점의 해수의 유속이 더 빠르므로, 전향력은 S 지점에서 가장 크게 나타난다.

⑦ 수압 분포가 동일하며, 남반구에 위치한 해역에서는 전향력이 북반구와는 반대인 왼쪽 직각 방향으로 작용하기 때문에 지형류의 방향도 반대가 된다.

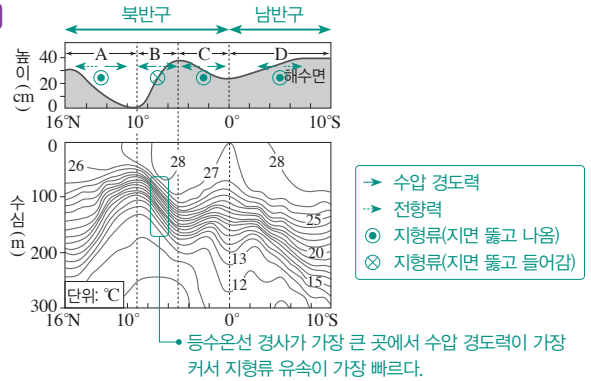
⑧ 지형류의 유속은 $v = \frac{1}{2\Omega \sin \theta} \cdot g \frac{\Delta Z}{\Delta x}$ 이므로 이 지역보다 고위도 지역에서는 $\sin \theta$ 값이 더 증가한다. 따라서 지형류의 유속은 감소한다.

249 ㄱ. 북반구에서 지형류는 수압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로 작용하므로, A에서 지형류는 북쪽으로 흐른다.

바로알기 | ㄴ. B에서 수압 경도력은 수압이 더 낮은 동쪽으로 작용하므로, 전향력은 이와 크기가 같고 방향이 반대인 서쪽으로 작용한다.

ㄷ. 지형류의 유속 $v = \frac{1}{2\Omega \sin \theta} \cdot g \frac{\Delta Z}{\Delta x}$ (Ω : 지구 자전 각속도, θ : 위도, g : 중력 가속도, ΔZ : 연직 방향 높이 차, Δx : 수평 거리)에서 지구 자전 각속도, 위도, 중력 가속도, 높이 차가 동일하며, 지형류의 유속(v)만 A가 B보다 5배 크므로, B 지점에서 흐르는 지형류를 일으키는 수평 거리는 100 km보다 5배 큰 500 km이어야 한다.

250

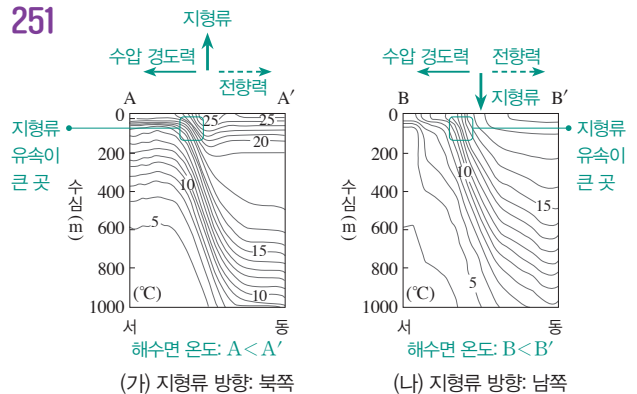


ㄴ. 지형류가 흐르는 해역에서 전향력은 수압 경도력과 평형을 이루므로 해수면의 경사가 큰 B보다 경사가 작은 C에서 더 작게 나타난다.

ㄷ. C에서 수압 경도력은 남쪽, 전향력은 북쪽으로 작용하고, D에서 수압 경도력은 북쪽, 전향력은 남쪽으로 작용하지만, C는 북반구, D는 남반구에 위치하므로 지형류는 모두 지면을 뚫고 나오는 방향으로 흐른다.

바로알기 | ㄱ. 지형류의 유속이 가장 큰 곳은 B 구간 내 등수온선의 간격이 조밀한 곳이다.

251



ㄴ. 동서 방향 표층 수온 차이는 (가)에서 약 6°C, (나)에서 약 13°C 이므로 해수의 밀도가 수온에 의해서만 결정될 때, 표면 해수의 온도 차이는 A-A'가 B-B'보다 작다.

ㄷ. 지형류의 유속은 해수면 경사에 비례한다. (가)는 (나)보다 수심에 따른 온도 변화가 더 크게 나타나므로, 표면 해수의 높이 차이도 더 크다. 따라서 지형류의 유속은 A-A'가 B-B'보다 빠르다.

바로알기 | ㄱ. (가)와 (나) 지역 모두 해수면의 높이는 서쪽에서 더 낮다. 따라서 수압 경도력은 모두 서쪽으로 작용한다. 물체의 이동 방향에 대한 전향력의 방향은 남반구에서는 왼쪽 직각 방향, 북반구에서는 오른쪽 직각 방향이므로, (가)는 북반구, (나)는 남반구에 해당한다.

252 ㄱ. 밀도가 일정한 해수 내에서 수평 수압 경도력의 크기는 수심과 관계없이 해수면의 기울기에만 영향을 받으므로, A와 B에 작용하는 수평 수압 경도력의 크기와 방향은 같다.

바로알기 | ㄴ. B 지점의 지형류 유속은 해수면의 경사에 의해서만 결정되지만 C 지점의 지형류 유속은 해수면의 경사와 밀도 경계면의 경사까지 고려해야 한다. C 지역은 왼쪽으로 작용하는 상층의 수평 수압 경도력과 밀도 경계면에서 밀도가 큰 해수에 의해 왼쪽으로 작용하는 수평 수압 경도력까지 합산되어 있으므로, 지형류의 유속은 B보다 C에서 빠르다.

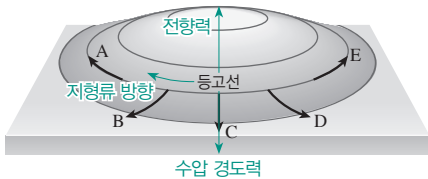
ㄷ. 해수의 밀도는 $\rho_1 < \rho_2$ 이며, 오른쪽 해역의 해수면이 더 높고, 밀도가 큰 해수층이 더 두껍게 나타난다. 따라서 해저면에서 수압은 왼쪽보다 오른쪽이 크다.

253 ㄱ. A와 C 중 해수면 경사는 A에서 더 크게 나타나므로 해류의 세기도 A에서 더 크게 나타난다.

ㄴ. B는 남쪽에서 북쪽으로 작용하는 수압 경도력에 의해 서쪽에서 동쪽으로 이동하는 지형류이며, D는 북쪽에서 남쪽으로 작용하는 수압 경도력에 의해 동쪽에서 서쪽으로 이동하는 지형류이므로, 두 해류의 이동 방향은 서로 반대 방향이다.

바로알기 | ㄷ. 아열대 순환류에서 해수면의 높이가 가장 높은 곳은 순환의 중심으로부터 서쪽으로 치우쳐 있다.

254



해수면 경사가 그림과 같을 때 수압 경도력은 해수면 중앙에서 가장자리 쪽으로 등고선에 수직으로 작용한다. 북반구에서 지형류는 수압 경도력의 오른쪽 직각 방향인 A 방향을 따라 등고선과 나란하게 시계 방향으로 순환하며 흐른다.

255 ㄱ. A는 편서풍에 의해 형성되어 서쪽에서 동쪽으로 흐르는 지형류이고, B는 무역풍에 의해 형성되어 동쪽에서 서쪽으로 흐르는 지형류이다.

바로알기 | ㄴ. 편서풍과 무역풍에 의한 에크만 수송으로 해수가 이동하여 위도 30°N 부근 해역의 해수면이 높아졌기 때문에 수압 경도력은 30°N에서 각각 남쪽과 북쪽으로 멀어지는 방향으로 작용한다.

ㄷ. 지형류의 유속은 위도가 낮을수록, 해수면 경사가 클수록 빠르다. A, B 지역의 해수면 경사가 동일하여도 위도가 다르기 때문에 지형류의 유속은 위도가 높은 A가 위도가 낮은 B보다 느리다.

256 ㄴ. 위도 0°~5°N 해역에서는 남동 무역풍에 의해 해수가 5°N 방향으로 이동하고, 위도 10°N~15°N 지역에서는 북동 무역풍으로 해수가 15°N 방향으로 이동하므로, B 해역은 북쪽보다 남쪽의 해수면이 높아진다. 위도 0°~10°S 해역에서는 남동 무역풍에 의해 해수가 10°S 방향으로 이동하므로, D 해역은 북쪽보다 남쪽의 해수면이 높아진다. 따라서 B와 D 해역의 해수면 경사 방향은 남쪽이 높고, 북쪽이 낮은 형태로 동일하다.

ㄷ. 적도 해역에는 남동 무역풍이 불고 있으나, 전향력의 방향이 서로 반대가 되어 표면 해수의 발산이 일어나므로 심층 해수의 융승이 발생한다.

바로알기 | ㄱ. A와 C 해역은 모두 북반구에 위치하므로 에크만 수송은 풍향에 대해 오른쪽 직각 방향으로 일어난다. 따라서 A 해역에서 에크만 수송은 북서쪽으로 일어나고, C 해역에서 에크만 수송은 북동쪽으로 일어난다.

257 ㄴ. 해수면 경사는 해양의 동쪽보다 서쪽에서 더 크게 나타나기 때문에 서안 경계류는 동안 경계류보다 유속이 빠르다. 북태평양에서 서안 경계류는 저위도에서 고위도로 북상하고, 동안 경계류는 고위도에서 저위도로 남하하는 해류이므로 평균 수온은 서안 경계류가 더 높다.

바로알기 | ㄱ. A는 해양의 서쪽에 위치한 서안 경계류, B는 해양의 동쪽에 위치한 동안 경계류이다.

ㄷ. 서안 경계류는 따뜻한 해수층의 두께가 두껍지만, 동안 경계류는 따뜻한 해수층의 두께가 얇고 심층에서 융승 현상도 발생하기 때문에 수온 약층은 서안 경계류에서 더 뚜렷하게 나타난다.

258 ㄱ. (가)는 지구가 자전하지 않아 전향력이 작용하지 않는 해양에서 나타나는 순환으로, 모든 해역에서 해수의 유속이 일정하다. (나)는 서 → 동으로 자전하는 지구에서 전향력이 작용하여 발생하는 순환으로, 서안 강화 현상이 나타나 해양의 서쪽(B)에서 폭이 좁고 유속이 빠른 경계류가 형성된다.

바로알기 | ㄴ. 서안 경계류(B)는 동안 경계류(C)보다 수온이 높고, 유속이 빨라 주변 해수와 뚜렷한 경계를 보인다.

ㄷ. (나)는 서 → 동으로 자전하는 지구에서 나타나는 순환이다. 지구가 동 → 서로 자전한다면 아열대 순환의 중심이 동쪽으로 치우칠 것이다.

최고 수준 도전 기출

75쪽

259 ④ 260 ④ 261 ① 262 ③

259 ㄱ. 이 해역에서는 남풍이 불고 있으며, 에크만 수송의 방향은 풍향의 오른쪽 직각 방향인 ㉠과 같다.

ㄴ. 이 해역에서 바람은 북쪽을 향해 남풍이 불고 있으며, 에크만 수송으로 해수가 동쪽으로 이동해 해수면의 높이가 높아지므로, 수압 경도력은 서쪽으로 작용하고, 이에 따라 지형류는 북쪽으로 흐른다.

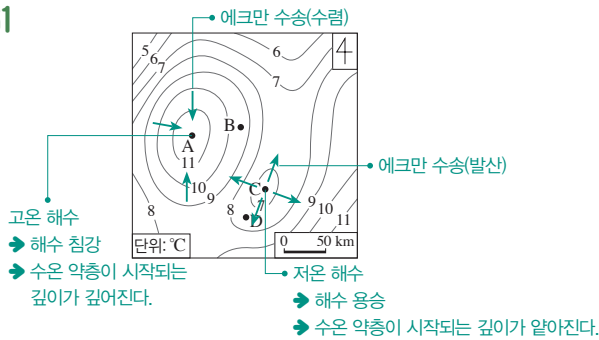
바로알기 | ㄷ. 마찰저항심도는 표면 해수와 반대 방향으로 흐름이 나타나는 곳에 해당한다.

260 ㄱ. $v = \frac{1}{2\Omega \sin \theta} \cdot g \frac{\Delta Z}{\Delta x}$ 로부터 유속이 2 m/s인 경우 $2 \text{ m/s} = \frac{1}{2 \times 7 \times 10^{-5} \text{ s} \times \sin 30^\circ} \times 10 \text{ m/s}^2 \times \frac{\Delta h_1}{100000 \text{ m}}$ 이므로, $\Delta h_1 = 1.4 \text{ m}$ 이다.

ㄴ. B와 C 지점의 해수면 경사는 동일하므로, 유속도 동일하다.

바로알기 | ㄷ. $z-z'$ 지점의 수압은 동일하므로, $(1.4 \text{ m} + \Delta h_2) \times 1.02 \text{ g/cm}^3 = \Delta h_2 \times 1.03 \text{ g/cm}^3$ 이다. 따라서 $\Delta h_2 = 142.8 \text{ m}$ 이다.

261

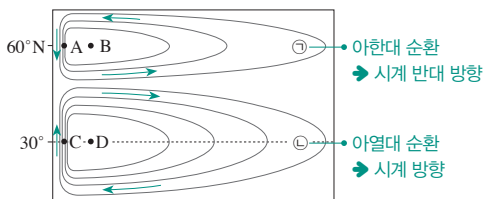


ㄱ. 지형류 평형이 일어난 지역에서 해수에 작용하는 전향력의 크기는 수압 경도력에 비례한다. A는 해수면이 부풀어 오른 중심부 부근에 해당하므로 해수면 경사가 거의 없어 수압 경도력과 전향력이 0에 가깝다. 한편, D에서는 해수면 경사가 나타나므로 수압 경도력과 전향력이 작용한다.

바로알기 | ㄴ. 에크만 수송에 따라 A는 따뜻한 표면 해수가 수렴해 해수면이 부풀어 오른 지역에 해당하고, C는 따뜻한 표면 해수의 발산으로 해수면이 낮아진 지역에 해당한다. 혼합층과 수온 약층의 경계면은 해수면과 반대 분포를 이루므로 수온 약층이 시작되는 깊이는 A가 C보다 깊다.

ㄷ. B에서는 동쪽으로 수압 경도력이 작용하므로 지형류의 방향은 오른쪽 직각 방향인 남쪽으로 작용하여 시계 방향으로 흐르고, D에서는 북동쪽으로 수압 경도력이 작용하므로 지형류의 방향은 오른쪽 직각 방향인 남동쪽으로 작용하여 시계 반대 방향으로 흐른다.

262



ㄷ. 에크만 수송에 의해 B에서는 해수의 발산이, D에서는 해수의 수렴이 나타난다. 따라서 해수면 높이는 D가 B보다 더 높다.

바로알기 | ㄱ. ㉠은 북반구 아한대 순환으로 시계 반대 방향으로, ㉡은 북반구 아열대 순환으로 시계 방향으로 순환한다.

ㄴ. A-B, C-D 사이 해수면 경사와 중력 가속도가 동일하더라도 위도가 다르기 때문에 지형류의 유속은 다르다.

10 해파와 해일

빈출 자료 보기

78쪽

263 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ×

264 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × (5) ○ (6) ○

263 해파 내 물 입자의 운동이 원운동으로 나타나는 (가)는 수심이 파장의 $\frac{1}{2}$ 보다 깊은 지역에서 나타나는 심해파이고, 물 입자의 운동이 타원 운동과 왕복 직선 운동으로 나타나는 (나)는 수심이 파장의 $\frac{1}{20}$ 보다 얇은 지역에서 나타나는 천해파이다.

바로알기 | (2) 해파 내 물 입자는 왕복 운동을 할 뿐, 파의 진행 방향을 따라 이동하지 않는다.

(4) 천해파의 전파 속도는 수심의 제곱근에 비례하며, 파장과는 관계없다.

264 A는 폭풍 해일, B는 쓰나미(지진 해일)이다.

바로알기 | (2) 간조는 썰물이 발생하여 해수면의 높이가 하루 중 가장 낮은 시기이고, 고기압이 강할 때는 기압이 높아 해수면이 평상시보다 하강한다. 따라서 간조 시기나 고기압이 강할 때는 폭풍 해일의 피해가 잘 발생하지 않는다.

(4) 쓰나미는 천해파의 성질을 가지고 있으므로 전파 속도는 수심의 제곱근에 비례한다.

난이도별 필수 기출

79쪽~83쪽

265 ③	266 ③	267 ②	268 ④	269 ④	270 ④
271 ①	272 ②	273 ①, ③, ⑤, ⑩	274 해설 참조		
275 ②	276 ①	277 ④	278 ⑤	279 ③	280 ③
281 ⑤	282 ⑤	283 ①	284 ②		

265 ㄱ. A는 마루에서 다음 마루까지의 거리로 파장에 해당한다. 마루에서 다음 마루까지의 거리는 골에서 다음 골까지의 거리와 같다.

ㄷ. 파의 에너지는 물 입자가 마루에 도달했을 때 운동 방향과 같은 방향으로 전파된다.

바로알기 | ㄴ. B는 파고이며, 진폭은 파고의 $\frac{1}{2}$ 에 해당한다.

266 ㄷ. 주기는 수면 위의 어떤 지점을 마루(골)가 지나간 후 다음 마루(골)가 지나갈 때까지 걸린 시간이다. 이 해파의 파장은 100 m이므로 주기가 10초일 때, 해파의 전파 속도(= $\frac{\text{파장}}{\text{주기}}$)는 $\frac{100 \text{ m}}{10 \text{ 초}} = 10 \text{ m/s}$ 이다.

바로알기 | ㄱ. 파고는 마루에서 골까지의 높이이므로, 이 해파의 파고는 0.5 m이다.

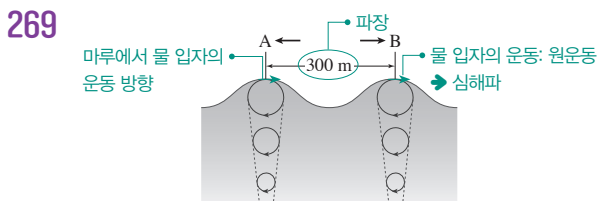
ㄴ. 파의 진행 방향은 마루에서 물 입자의 운동 방향과 일치한다.

267 ㄴ. 풍역대 내에서 발생한 여러 파장의 해파가 합쳐져 발생한 해파인 풍랑은 풍속이 클수록, 바람의 지속 시간이 길수록, 풍역대가 넓을수록 더 크게 발달한다.

바로알기 | ㄱ. 해파는 주로 풍역대에서 해수면 위 바람의 에너지를 받아 발생하지만, 해저 화산 폭발, 해저 지진, 해저 사태, 기압의 변화, 기조력 등의 영향으로도 발생할 수 있다.

ㄷ. 해파는 파장이 길수록 전파 속도가 빠르기 때문에 풍역대를 더 빠르게 벗어난다.

268 풍랑이 풍역대에서 발달하여 해안으로 전파되면서 너울, 수심이 얇은 해안가에 도달하면 연안 쇄파로 바뀐다. ㉠은 풍랑, ㉡은 너울, ㉢은 연안 쇄파이다.



ㄱ. 이 해파의 물 입자는 원운동을 하므로 심해파이다. 심해파는 수심이 파장의 $\frac{1}{2}$ 보다 깊은 곳에서 전달되는 해파이므로, 이 해역의 수심은 150 m보다 깊다.

ㄴ. 해파의 진행 방향은 마루에서 물 입자의 운동 방향과 일치한다.

바로알기 | ㄷ. 심해파의 전파 속도는 파장의 제곱근에 비례하므로, 파장이 100 m인 해파의 전파 속도는 파장이 300 m인 해파의 전파 속도보다 느리다.

270 (가)는 연안 쇄파, (나)는 풍랑, (다)는 너울이다.

ㄴ. 연안 쇄파는 해저 마찰의 영향을 크게 받아 파장이 급격히 줄어든다. 파의 에너지는 보존되므로 파고가 높아져 $\frac{\text{파고}}{\text{파장}}$ 값이 가장 크게 나타난다.

ㄷ. 풍랑은 바람에 의해 발생한 여러 파장의 해파가 합쳐져 파장과 주기가 짧고, 너울은 풍랑에 비해 파장과 주기가 길며, 연안 쇄파는 해안에 도달하면서 전파 속도가 느려지고 파장이 짧아진다. 따라서 파장은 (나)가 (다)보다 짧다.

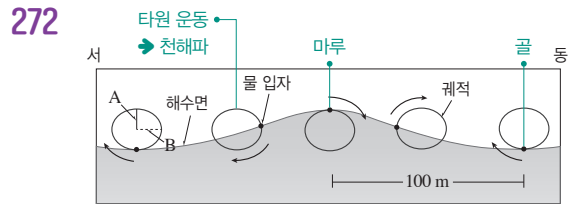
바로알기 | ㄱ. 해파는 (나) 풍랑 → (다) 너울 → (가) 연안 쇄파 순으로 발달한다.

271 A는 풍랑, B는 너울, C는 연안 쇄파이다.

ㄱ. A는 풍랑으로, 풍역대에서 발생한 여러 파장의 해파가 합쳐져 발생하므로 파장이 길어지기 전에 다른 파들의 영향을 받아 먼저 높게 솟아올라 파의 경사가 가파르고 마루가 뾰족하며, 불규칙한 모양이 된다. B는 너울로, 바람의 영역을 벗어나 파장이 길고 안정적인 단일 파동들로 구성되어 있어 파의 경사가 완만하고, 마루가 둥글며 규칙적인 모양이 된다.

바로알기 | ㄴ. 연안 쇄파(C)는 해저 마찰의 영향을 받으므로 풍랑(A)보다 전파 속도가 느리다.

ㄷ. 너울이 수심이 얇은 해안에 도달하면 해저의 마찰로 전파 속도가 느려지므로 파장은 짧아지지만, 주기는 변하지 않는다.



물 입자의 운동이 타원 운동을 하므로 천해파에 해당한다. 이 해파는 마루에서 골까지의 거리가 100 m이므로 파장은 200 m이다.

ㄷ. 천해파에서 물 입자의 운동은 수심이 깊어질수록 더 납작한 타원 운동을 하므로 타원의 짧은반지름(A)은 감소하지만 긴반지름(B)은 일정하다.

바로알기 | ㄱ. 천해파는 수심이 파장의 $\frac{1}{20}$ 보다 얇은 곳에서 전달되는 해파이므로 파장이 200 m일 때에는 수심 10 m 미만 깊이에서만 나타날 수 있다.

ㄴ. 천해파의 전파 속도는 파장과는 무관하며 수심에 따라 값이 결정된다.

273 ① 해파에서 물 입자가 원운동을 하는 (가)는 수심이 파장의 $\frac{1}{2}$ 보다 깊은 지역에서 나타나는 심해파이고, 물 입자가 타원 운동을 하며 해저면에서는 왕복 직선 운동을 하는 (나)는 수심이 파장의 $\frac{1}{20}$ 보다 얇은 지역에서 나타나는 천해파이다.

③ 파의 진행 방향은 마루에서 물 입자의 운동 방향과 일치하므로, 물 입자가 시계 방향으로 궤도 운동을 한다면, 파는 동쪽으로 진행한다.

⑤ 심해파의 전파 속도(v)는 $v = \sqrt{\frac{gL}{2\pi}}$ (g : 중력 가속도, L : 파장)이므로, 파장의 제곱근에 비례한다.

⑩ 천해파의 전파 속도(v)는 $v = \sqrt{gh}$ (g : 중력 가속도, h : 수심)이므로, 수심이 깊은 곳에서 전파 속도가 빨라진다.

바로알기 | ② (가)는 심해파로, 수심이 파장의 $\frac{1}{2}$ 보다 깊은 지역에서 전달되는 해파이다.

④ 파고는 파의 골에서 마루까지의 높이에 해당하므로, (가)에서 물 입자의 궤도 지름은 파고와 같다.

⑥ (가)는 심해파이므로 수심이 파장의 $\frac{1}{2}$ 보다 깊은 곳에서도 물 입자는 원운동을 한다.

⑦ (나)는 해저면의 영향으로 물 입자가 타원 운동을 하고, 수심이 깊어질수록 더 납작한 타원 운동을 하며 해저면에서는 직선 왕복 운동을 하는 것으로 보아 천해파이다. 천해파는 수심이 파장의 $\frac{1}{20}$ 보다 얇은 곳에서 전달되는 해파이다.

⑧ 해파 내에서 물 입자는 제자리에서 궤도 운동을 할 뿐 파의 진행 방향을 따라 이동하지 않는다.

⑨ 천해파는 해저면에서 수평 방향으로 직선 왕복 운동을 한다.

⑪ 천해파는 수심이 파장의 $\frac{1}{20}$ 보다 얇은 곳에서 전달되므로 파장이 100 m일 때 수심은 5 m보다 얇다.

274 **모범 답안** 이 해파의 수심(2.5 m)은 파장(100 m)의 $\frac{1}{20}$ 인 5 m 보다 얇으므로 천해파에 속한다. 천해파의 전파 속도(v)는 $v = \sqrt{gh}$ (g : 중력 가속도, h : 수심)이므로, $v = \sqrt{10 \text{ m/s}^2 \times 2.5 \text{ m}} = 5 \text{ m/s}$ 이다.

채점 기준	배점
천해파를 옳게 쓰고, 전파 속도를 식을 세워 옳게 구한 경우	100 %
천해파를 옳게 쓰고, 전파 속도만 옳게 구한 경우	70 %
천해파는 쓰지 못하고, 전파 속도만 식을 세워 옳게 구한 경우	70 %
천해파만 옳게 쓴 경우	30 %

275 (가)는 물 입자가 원운동을 하고 수심이 깊어질수록 원의 크기가 작아지므로 심해파이고, (나)는 물 입자가 타원 운동을 하고 수심이 깊어질수록 궤도의 긴지름은 일정한 채 더 납작한 타원 운동을 하므로 천해파이다.

ㄴ. 심해파의 전파 속도는 파장의 영향을 받고, 천해파의 전파 속도는 수심의 영향을 받는다. 파장이 같을 때 수심이 얕아질수록 전파 속도는 느려지므로 전파 속도는 (가)가 (나)보다 빠르다.

바로알기 | ㄱ. 심해파는 수심이 파장의 $\frac{1}{2}$ 보다 깊은 곳에서, 천해파는 수심이 파장의 $\frac{1}{20}$ 보다 얕은 곳에서 전달되는 해파이다. 따라서 파장이 15 m일 때 심해파는 수심이 7.5 m보다 깊은 곳에서 전달되고, 천해파는 수심이 0.75 m보다 얕은 곳에서 전달된다.

ㄷ. 해파의 파동은 에너지를 진행 방향으로 전파시키나 물 입자 자체는 궤도 운동을 할 뿐 원래 자리에서 이동하지 않는다.

276 ㄱ. 천해파의 전파 속도는 수심의 제곱근에 비례하며, 심해파의 전파 속도는 파장의 제곱근에 비례한다. 그래프에서 파장에 따른 전파 속도가 무리함수 형태의 곡선을 그리므로 이 해파는 심해파에 해당한다. 심해파에서 물 입자는 원운동을 하고, 수심이 깊어질수록 원의 크기가 작아진다.

바로알기 | ㄴ. 심해파의 전파 속도는 파장에 따라 변화하므로, 파장이 일정할 때 수심의 변화가 나타나도 전파 속도는 변하지 않는다.

ㄷ. 심해파는 해저면의 영향을 받지 않아 항상 원운동을 하며, 원의 크기는 수심이 깊어질수록 급격히 작아진다.

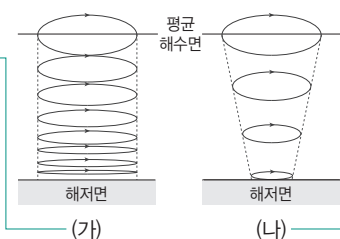
277 ㄱ. 파장이 점차 감소하고 파고가 급격히 증가하며, 주기가 긴 (가)는 연안 쇄파이다. 상대적으로 파장이 짧고 불규칙한 (나)는 바람에 의해 발생하는 풍랑이고, 상대적으로 파장이 길고 주기가 긴 (다)는 너울이다.

ㄷ. 풍랑은 바람에 의해 생성되어 파형이 짧고 뾰족하며 마루와 골이 불규칙하고, 연안 쇄파는 마루 부분이 앞으로 기울어지다가 무너지는 비대칭적인 형태이다. 반면 너울은 먼 거리를 이동하며 다양한 파장 성분 중 짧고 가파른 성분이 소멸하고 긴 파장 성분만 남아 가장 둥글고 매끈한 형태를 보인다. 따라서 가장 둥근 형태의 마루를 가지는 것은 (다) 너울이다.

바로알기 | ㄴ. 전파 속도 = $\frac{\text{파장}}{\text{주기}}$ 이다. 따라서 전파 속도는 (다)에서 가장 빠르다.

278

물 입자 타원 운동, 수심에 따라 타원의 짧은 반지름만 감소
→ 천해파



물 입자 타원 운동, 수심에 따라 타원의 긴반지름과 짧은반지름 모두 감소
→ 전이파

물 입자의 운동 모습으로 보아 (가)는 천해파, (나)는 전이파(천이파)이다. ㄴ. (나)는 전이파(천이파)로 심해파와 천해파의 특성을 모두 가지고 있으므로, 전파 속도는 파장과 수심의 영향을 모두 받아 결정된다. ㄷ. 천해파와 전이파가 해안으로 접근할 때 수심이 얕아지면서 해저 마찰의 영향이 점차 커지므로, 물 입자는 더 납작한 타원 운동을 한다.

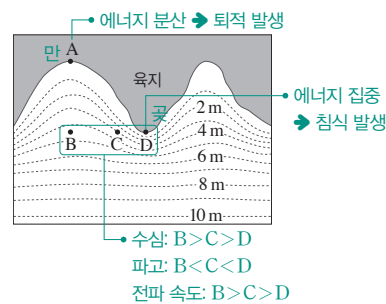
바로알기 | ㄱ. 천해파는 수심이 파장의 $\frac{1}{20}$ 보다 얕은 곳에서 전달되므로, 수심 5 m의 해역에서는 천해파의 파장이 100 m 이상 되어야 한다. 따라서 해파의 파장이 50 m일 때는 (가)와 같은 물 입자의 운동이 나타나지 않는다.

279 ㄷ. 해파는 수심이 얕아질수록 이동 속도가 점점 더 느려지고 파장이 짧아지며 파고가 높아진다. 따라서 수조 끝부분의 수심이 더 낮은 수조 B에서 파고가 더 높다.

바로알기 | ㄱ. A는 수심이 10 cm이고, 파장이 100 cm이므로 수심이 파장의 $\frac{1}{2}$ 보다 얕고 $\frac{1}{20}$ 보다 깊은 전이파(천이파)가 발생하는 구간에 해당한다.

ㄴ. 파동의 주기는 고유한 물리량이므로, 해파가 진행하는 동안 파장, 수심, 속도 등의 변화가 생겨도 변하지 않고 항상 일정하게 유지된다.

280



ㄷ. 해파가 해안가에 도달하면 파장이 짧아지며 파고는 높아지므로, B, C, D 중 파고는 D에서 가장 높게 나타난다.

바로알기 | ㄱ. A는 만, D는 곳에 해당하며, 해안 침식 작용은 곳에서 가장 활발하게 일어난다. 만에서는 해파의 에너지가 분산되어 퇴적 작용이 더 활발하게 일어난다.

ㄴ. 파장이 200 m인 해파는 수심 10 m 이하 구역에서 천해파의 성질을 가지며, 천해파는 수심이 깊을수록 전파 속도가 빠르므로 C보다 B에서 전파 속도가 더 빠르게 나타난다.

281 ㄴ. 폭풍 해일과 쓰나미 모두 수심에 비해 파장이 매우 긴 해파이므로, 천해파의 성질을 가진다.

ㄷ. 해수면이 높아지는 만조 때 해일에 의한 피해가 더 커진다.

바로알기 | ㄱ. A는 폭풍 해일, B는 쓰나미(지진 해일)이다.

282

ㄱ. 쓰나미(지진 해일)는 천해파의 성질을 가지고 있으므로 전파 속도(v)는 $v = \sqrt{gh}$ (g : 중력 가속도, h : 수심)이다. 따라서 중력 가속도가 10 m/s^2 일 때 전파 속도는 $v = \sqrt{gh} = \sqrt{10 \text{ m/s}^2 \times 4000 \text{ m}} = 200 \text{ m/s}$ 이다.

ㄴ. 쓰나미가 해안에 가까워지면 전파 속도가 느려지므로, 파고는 높아지고 파장은 짧아지므로 $\frac{\text{파고}}{\text{파장}}$ 값은 증가한다.

ㄷ. 쓰나미는 천해파의 성질을 가지므로 전파 속도는 수심에 따라 달라진다. 따라서 B와 C에서 수심은 동일하므로 전파 속도는 같다.

283 ㄱ. 쓰나미는 천해파의 성질을 가지고 있으므로, A, B 모든 구간의 해저면에서 물 입자는 직선 왕복 운동을 한다.

바로알기 | ㄴ. 파동의 주기는 고유한 물리량이므로, 해파가 진행되는 동안 파장, 수심, 속도 등의 변화가 생겨도 변하지 않고 항상 일정하게 유지된다.

ㄷ. A보다 B 구간에서 동일 시간 동안 해파가 이동한 거리가 더 길게 나타나므로 해파의 전파 속도는 A보다 B 구간에서 더 빠르다.

284 ㄴ. 방파제, 방재림 등의 물리적 구조물을 설치 시 파고가 높아진 일부 파도를 막을 수는 있지만, 파고가 매우 높아진 쓰나미를 모두 차단할 수 없기 때문에 지진파와 해일의 전파 속도 차이를 이용한 신속한 '조기 경보 시스템 구축' 및 '지역 맞춤형 재해 지도 기반 대피 훈련' 등이 추가로 필요하다.

바로알기 | ㄱ. 고기압 지역에서는 해수면의 하강 효과가 발생하기 때문에 해일의 피해가 줄어들 수 있다.

ㄷ. 쓰나미는 파장에 비해 수심이 매우 얇은 곳을 지나는 천해파에 해당한다. 천해파는 수심이 얕을수록 속도가 느려지고 파장이 짧아지면 서 에너지가 집중되어 파고가 높아진다. 그러나 동일한 규모의 해저 지진이 발생했을 때 해안가에 도달하는 파고의 증폭 정도는 해저 지형의 경사에 따라 달라진다. 우리나라 동해안은 먼바다에서 수심이 매우 깊다가 해안선 부근에서 수심이 급격하게 얕아지므로, 진행하던 파동의 에너지가 미처 분산되지 못하고 좁은 해안가에 한꺼번에 집중되어 파고가 급격하게 높아진다. 반면 서해안은 수심이 얇고 해저 경사가 매우 완만하여 쓰나미가 밀려오는 동안 에너지가 넓은 면적에 걸쳐 서서히 분산되고 해저 마찰에 의한 에너지 소실도 오랜 시간 누적되므로 동해안만큼 파고가 급격하게 높아지지는 않는다. 따라서 동일한 조건의 지진이 발생한다면 해안가에서의 쓰나미 파고는 경사가 급한 동해안에서 더 높게 나타난다.

11 조석

인출 자료 보기

86쪽

285 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ○ (5) × (6) × (7) ○

286 (1) × (2) × (3) ○ (4) × (5) ○ (6) ○

285 (2) 지구상의 모든 지점에 작용하는 원심력의 크기와 방향은 모두 같고, 원심력의 방향은 달에서 멀어지는 방향이다.

(3) 기조력은 달의 인력과 원심력의 합력으로 나타나므로 A 지점에서 기조력은 지구 중심 방향을 향한다.

(4) 달에서 먼 B 지점에서는 원심력이 인력보다 커서 기조력이 달의 반대 방향으로 작용하므로, 해수면이 가장 높아지는 만조가 나타난다.

(7) 달에서 가까운 D 지점에서는 인력이 원심력보다 커서 기조력이 달을 향한 방향으로 작용하므로 해수면이 가장 높아지는 만조가 나타난다. 조석 주기는 약 12시간 25분이므로, D 지점은 약 12시간 25분 후에 다음 만조가 나타난다.

바로알기 | (1) A~D 지점에 작용하는 원심력은 지구와 달의 공통 질량 중심을 회전하는 운동으로 생긴다.

(5) 달의 인력은 달과의 거리가 가까울수록 크므로 D 지점이 B 지점보다 크다.

(6) 달은 달과 지구의 공통 질량 중심을 중심으로 회전한다.

286 지구는 달과 지구의 공통 질량 중심을 중심으로 회전하므로, 지구의 각 표면에는 달의 인력과 달과 지구의 공통 질량 중심을 중심으로 회전함에 따라 나타나는 원심력이 작용하여 기조력을 일으킨다.

(3) C 지점은 적도에 위치하므로 반일주조가 나타난다.

(5) 이날은 조차가 최대인 만일 때이며, 점차 달의 위치는 하현으로 이동하므로 2일 후 조차는 감소한다.

(6) 실제 조석 양상은 지구 자전과 대륙 분포에 따라 복잡하게 나타난다.

바로알기 | (1) A 지점은 일주조가 나타나는 곳으로, 조석 주기는 약 24시간 50분이다.

(2) B 지점은 혼합조가 나타나는 곳으로, 하루 동안 조차가 다른 만조와 간조가 두 번씩 나타난다.

(4) 이날은 달, 지구, 태양이 일직선상에 위치하여 달과 태양의 기조력이 합쳐져 조차가 가장 큰 대조(사리) 시기이다.

난이도별 필수 기출

87~92쪽

287 ⑤	288 ④	289 ①	290 해설 참조	291 ⑤
292 ③	293 ②, ④, ⑥, ⑨	294 ⑤	295 ②	296 ④
297 ⑤	298 ②	299 ③	300 ①	301 해설 참조
302 ①	303 ①	304 ②	305 ①	306 ②
308 ④	309 ②	310 ④		307 ①

287 ㄱ. 조차는 만조 때와 간조 때 해수면 높이 차이므로, A는 조차이다.

ㄴ. B 시각은 해수면의 높이가 가장 높은 만조 때에 해당한다.

ㄷ. 18시는 간조에 거의 도달한 시점으로 만조에서 간조 사이의 강한 썰물이 나타나는 15시보다 조류의 세기가 약하다.

288 ㄱ. 조차는 만조와 간조 때 해수면의 높이 차로, 14일에 가장 큰 조차는 730 cm, 15일에 가장 큰 조차는 792 cm이다. 따라서 조차는 15일에 더 크다.

ㄷ. 15일 10시는 썰물이 나타나는 시기, 14시는 밀물이 나타나는 시기이므로 조류의 방향이 서로 반대로 나타난다.

바로알기 | ㄴ. 14일 03시 52분에 만조가 일어났고, 10시 15분에 간조가 일어났으므로, 그 사이에 바닷물이 빠져나가는 썰물이 나타난다. 따라서 14일 09시경 이 지역에는 썰물이 나타났을 것이다.

289 ㄱ. 기조력은 원심력과 달의 인력의 합력에 따라 크기와 방향이 결정된다. 달에서 가장 가까운 쪽과 달에서 가장 먼 쪽은 원심력의 방향과 크기가 같지만, 달의 인력은 달에서 가장 가까운 쪽이 더 크다. 그 결과 두 지점에서 발생하는 기조력은 크기가 같고 방향은 서로 반대이다.

바로알기 | ㄴ. 달의 질량이 증가하면 지구와 달의 공통 질량 중심은 달 쪽으로 이동한다.

ㄷ. 기조력은 인력을 일으키는 천체의 질량에 비례하고, 거리의 세제곱에 반비례하므로, 달까지의 거리가 현재보다 2배 멀어지면 기조력은 $\frac{1}{8}$ 배로 감소한다.

290 **모범 답안** (1) ㉠ 기조력, ㉡ 공통 질량 중심, ㉢ 원심력, ㉣ 인력
(2) 달, 기조력은 인력을 일으키는 천체의 질량에 비례하고, 거리의 세제곱에 반비례한다. 태양의 질량은 달의 질량보다 크지만, 거리가 달보다 매우 멀리 떨어져 있기 때문에 지구에 영향을 미치는 기조력의 크기는 달이 태양보다 약 2배 더 크다.

채점 기준		배점
(1)	㉠~㉣을 모두 옳게 쓴 경우	40 %
	㉠~㉣ 중 한 가지만 옳게 쓴 경우	10 %
(2)	달을 쓰고, 까닭을 천체의 질량과 거리를 비교하여 옳게 서술한 경우	60 %
	달만 쓴 경우	20 %

291 ㄱ. O 지점은 지구 중심으로, 이 지점에서는 지구가 공통 질량 중심을 중심으로 공전함에 따라 발생하는 원심력과 달의 인력이 크기는 같고 방향은 반대이므로 두 힘이 평형을 이루어 기조력은 0이다.

ㄴ. B는 달에서 가장 먼 지표상의 지점으로 만조가 나타나고, A는 만조 지점과 간조 지점 사이에 위치한다. 조류의 유속은 해수면의 높이가 가장 빠르게 변하는 만조와 간조 사이 지점에서 최대가 되고, 해수면 높이 변화가 거의 없는 만조와 간조 지점에서 최소가 된다. 따라서 만조와 간조 사이에 있는 A에서 조류의 유속이 만조 지점인 B에서보다 크다.

ㄷ. B는 달에서 가장 먼 지표상의 지점, C는 달에서 가장 가까운 지표상의 지점으로, 둘 다 만조가 나타나는 지점이다. 두 지점에서 기조력의 방향은 서로 반대이지만 지구 중심으로부터 같은 거리에 있고 달의 인력 차이에 의한 효과가 대칭적으로 나타나므로 기조력의 크기는 같다. 따라서 두 지점에서의 해수면 높이도 서로 같다.

292 ㄷ. B 지점의 기조력은 지구 중심 방향으로, C 지점의 기조력은 달의 반대 방향으로 작용하므로, B와 C 지점에 작용하는 기조력의 방향은 서로 수직을 이룬다.

바로알기 | ㄱ. 지구와 달의 공통 질량 중심이 A 지점과 가까운 지구 내부에 위치하므로, 달은 ㉠ 방향에 위치한다. 따라서 ㉠은 달의 인력, ㉡은 지구의 원심력에 해당한다.

ㄴ. A 지점에서 기조력은 달 쪽을 향하므로, 지구의 원심력(㉡)보다 달의 인력(㉠)이 더 크다.

293 ① 지구상의 모든 지점은 공통 질량 중심을 중심으로 같은 주기로 회전하므로, 어느 위치에서나 원심력의 크기와 방향이 같다. 따라서 A와 B 지점에 작용하는 원심력의 크기는 같다.

③ 달에서 가장 가까운 지점(C)과 가장 먼 지점(A)에서 기조력의 크기는 같다.

⑤ 만조는 기조력이 지구 바깥쪽으로 작용하여 해수면이 가장 높아지는 지점에서 나타나며, A와 C 지점이 이에 해당한다.

⑦ 기조력은 달의 질량에 비례하고 달까지의 거리의 세제곱에 반비례하므로, 거리가 일정할 때 달의 질량이 2배가 되면 기조력도 지구상의 지점에 관계없이 2배로 커진다.

⑧ 기조력은 달의 질량에 비례하고 달까지의 거리의 세제곱에 반비례하므로, 거리가 $\frac{1}{2}$ 배로 가까워지면 기조력은 $\left(\frac{1}{2}\right)^3 = \frac{1}{8}$ 배로 커진다.

바로알기 | ② 달의 인력은 거리의 제곱에 반비례한다. 달까지의 거리는 C 지점이 B 지점보다 가까우므로, 달의 인력은 B 지점보다 C 지점에서 더 크다.

④ C 지점에서 기조력은 달 방향으로 작용하지만, B 지점에서 기조력은 지구 중심을 향해 안쪽으로 작용한다. 따라서 두 지점에서 기조력의 방향은 서로 다르다.

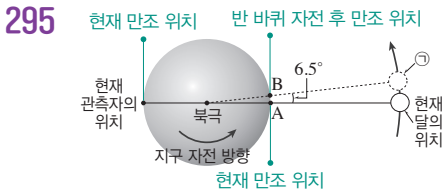
⑥ 달은 지구 중심(O)을 중심으로 공전하는 것이 아니라, 지구와 달의 공통 질량 중심을 중심으로 공전한다. 공통 질량 중심은 지구 중심에서 달 방향으로 치우쳐 있는 지구 내부의 지점에 위치한다.

⑨ 만조에서 다음 만조(또는 간조에서 다음 간조)까지 걸리는 시간은 반일주조 기준 약 12시간 25분이고, 만조에서 다음 간조까지는 그 절반인 약 6시간 12.5분이다. A 지점이 현재 만조 상태라면 다음 간조는 약 6시간 12.5분 후에 나타난다.

294 ㄱ. 지구와 달의 회전 중심인 공통 질량 중심(G)은 지구 내부에 위치한다.

ㄴ. 지구가 회전하며 발생하는 원심력은 지구상 모든 지점에 동일한 크기와 방향으로 나타난다.

ㄷ. 지구와 달은 공통 질량 중심 G에 대해 각각 원 궤도를 그리며 서로 반대편에서 함께 회전하므로, 두 천체는 항상 같은 각속도로 회전한다. 따라서 지구가 G를 중심으로 360° 회전(공전)하는 데 걸리는 시간은 달이 지구를 기준으로 360° 공전하는 데 걸리는 시간과 같다.



ㄷ. 현재 만조가 나타나는 관측자가 현재 시점에서 자전하여 다시 만조가 나타나는 B 지점까지 도달하기 위해서는 약 186.5° 를 자전해야 하므로, 이때 걸린 시간은 $\frac{186.5^\circ}{360^\circ} \times 24\text{시간} \approx 12.43\text{시간}$ 이다. 따라서 약 12시간 25분이 걸린다.

바로알기 | ㄱ. 달에 의한 기조력은 달에서 가장 가까운 지점(A)에서는 달을 향하는 방향으로, 달에서 가장 먼 지점(현재 관측자의 위치)에서는 달의 반대 방향으로 작용하므로, 현재 관측자의 위치에서는 만조가 나타난다.

ㄴ. 관측자가 12시간에 걸쳐 현재 위치에서 A 지점까지 반 바퀴 자전하는 동안 달도 지구 둘레를 약 6.5° 공전하여 ㉠ 지점에 위치하기 때문에 A 지점은 달을 향한 쪽에 위치하지 않아 만조가 나타나지 않는다.

296 ㄱ. 만조는 달을 향한 지점과 달의 반대편 지점에서 동시에 나타난다.

ㄴ. 지구가 1회 자전하는 동안 달도 같은 방향으로 지구 주위를 약 13° 공전하므로, 달이 하늘에서 같은 위치에 올 때까지 약 24시간 50분이 걸린다. 따라서 (나)의 X 지점에서 약 13° 더 공전한 약 50분 후에 만조가 된다.

바로알기 | ㄷ. (가)에서 현재 X 지점은 만조가 일어나고, 이로부터 약 12시간 25분과 약 24시간 50분 후 만조가 나타나므로, 24시간 후인 (나) 시기까지는 간조가 2회 발생한다.

297 ㄱ. A 지역은 일주조가 나타나는 지역이므로, 하루 동안 만조와 간조가 각각 한 번씩 나타난다. 따라서 조석 주기는 약 24시간 50분이다.

ㄴ. 달의 기조력에 의해 달에서 가장 가까운 지점과 달에서 가장 먼 지점의 해수면은 동시에 높아지므로, 지구 중심을 기준으로 정반대 편에 있는 B와 D 지역은 항상 같은 시각에 만조와 간조가 나타난다.

ㄷ. C 지역은 적도 지역에 위치하여 하루 동안 조차가 비슷한 두 번의 만조와 간조가 나타나는 반일주조가 나타난다. 따라서 C 지역에서 연속되는 두 만조의 해수면 높이는 거의 같다.

298 일주조가 나타나는 지역은 조석 주기가 약 24시간 50분이므로, 이 동안 관측자는 약 373° 자전, 달은 약 13° 공전한다. 반일주조가 나타나는 지역은 조석 주기가 약 12시간 25분이므로 이 동안 관측자는 약 186.5° 자전, 달은 약 6.5° 공전을 한다.

299 ㄱ. 13일 최대 조차는 약 $520(=620-100)\text{cm}$, 14일 최대 조차는 약 $570(=650-80)\text{cm}$ 로 나타나고 있다.

ㄴ. 갯벌 체험은 해수면이 가장 낮은 A 시기에 가장 적합하다.

바로알기 | ㄷ. A, C는 각각 간조, 만조 시기이므로 조류가 나타나지 않는 정조 시기에 해당하며, B는 만조에서 간조가 되는 사이에 썰물이 나타나는 시기이므로 조류의 속도는 B가 A, C보다 크다.

300 ㄱ. A 지점은 달이 미치는 기조력의 방향(지구 바깥쪽)과 태양이 미치는 기조력의 방향이 중첩되어 해수면이 가장 높은 만조가 나타난다.

바로알기 | ㄴ. 달-지구-태양이 일직선으로 배열되는 시기(삭 또는 망)에는 달과 태양의 기조력이 합쳐져 만조 때 해수면은 가장 높아지고 간조 때 해수면은 가장 낮아져 한 달 중 조차가 가장 크게 나타난다. 이 시기를 대조(사리)라고 한다.

ㄷ. A 지점에서 조석 주기는 약 12시간 25분이므로, 12시간 25분이 지난 후에는 만조가 나타난다.

301 **모범 답안** (1) B

(2) 지구 자전축이 기울어져 지구의 적도면과 달의 공전 궤도면이 일치하지 않기 때문이다.

해설 (가)에서 A 지역은 일주조, B 지역은 혼합조가 나타난다. (나)는 하루 동안 만조와 간조가 각각 약 2회씩 나타나며, 연속되는 두 만조와 간조 때 해수면의 높이가 다른 혼합조가 나타나는 지역이다.

채점 기준		배점
(1)	B를 옳게 쓴 경우	30 %
(2)	지구의 적도면과 달의 공전 궤도면이 일치하지 않는다고 옳게 서술한 경우	70 %
	지구 자전축이 기울어져 있기 때문이라고만 서술한 경우	30 %

302 ㄱ. A 지역은 일주조가 나타나는 지역이다.

바로알기 | ㄴ. B 지역은 연속되는 두 만조와 간조 때 해수면의 높이가 다른 혼합조가 나타나고, C 지역은 연속되는 두 만조와 간조 때 해수면의 높이가 비슷한 반일주조가 나타난다.

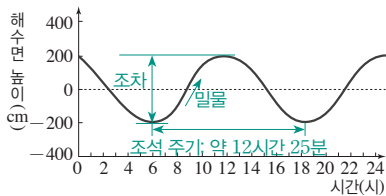
ㄷ. ㉠은 일주조가 나타나는 지역이며 T_1 까지는 만조에서 다음 만조가 되는 시간에 해당하므로 T_1 은 약 24시간 50분이 경과한 시점에 해당한다.

303 ㄱ. 혼합조 또는 반일주조가 나타나는 지역에서는 하루 동안 약 2회의 만조와 간조가 나타나므로 해수면의 높이 변화를 나타낸 것은 A이다.

바로알기 | ㄴ. T_1 과 T_3 은 모두 만조에서 간조가 되는 사이에 썰물이 나타나는 시기이므로 조류의 방향은 같다.

ㄷ. 이 지역은 하루에 약 2회의 만조와 간조가 나타나고 조차가 서로 다르므로 혼합조가 나타나는 지역이다. 달이 점차 지구의 적도면에 가까워질수록 일조부등은 점차 줄어들게 되므로 연속된 두 만조나 간조 사이의 조차 차이는 거의 나타나지 않는 반일주조 형태로 점차 변하게 된다.

304



ㄱ. 해수면이 가장 높을 때(만조)와 가장 낮을 때(간조)의 차이인 조차는 약 400 cm, 즉 약 4 m이다.

ㄴ. 만조와 간조가 각각 2회씩 나타나고, 조차가 비슷하므로 반일주조이다.

바로알기 | ㄴ. 조석 주기는 간조(만조)에서 다음 간조(만조) 때까지 걸리는 시간이므로 약 12시간 25분이다.

ㄷ. 오전 10시쯤에는 해수면의 높이가 점점 높아지므로, 바닷물이 해안으로 밀려 들어오는 밀물이 나타났다.

305 ㄱ. A는 조차가 최대인 대조(사리) 시기이다.

바로알기 | ㄴ. B는 소조(조금) 시기로 태양-지구-달은 90°의 각을 이루며 위치한다.

ㄷ. A와 C는 대조 시기로, 달, 지구, 태양이 일직선상에 위치하는 삭과 망일 때이다. 따라서 A와 C 시기에 달의 위상은 삭(망)과 망(삭)으로 서로 다른 위상을 가진다.

306 ㄴ. 이날 달과 태양의 기조력은 서로 90°의 차이를 보이고 있으므로 달과 태양의 위치도 지구를 중심으로 약 90°의 차이가 나타난다. 따라서 이날 달의 위상은 상현 또는 하현이다.

바로알기 | ㄱ. 달은 태양보다 질량은 작지만 거리가 매우 가깝기 때문에 지구에 영향을 미치는 기조력의 크기는 달이 태양보다 약 2배 크다. 따라서 (가)는 달, (나)는 태양에 의한 해수면의 높이 변화이다.

ㄷ. 이날은 태양과 달의 기조력이 상쇄되어 조차가 최소가 되는 소조(조금) 시기에 해당한다. 소조 시기에도 만조는 달을 향한 방향과 그 반대 방향에서 나타나므로, 현재 A는 만조, B는 간조 시기에 해당한다.

307 ㄱ. 이날 달의 위상은 망(보름달)이므로 대조 시기에 해당한다. 따라서 하루 중 조차가 가장 작게 나타나는 9일보다 조차가 가장 크게 나타나는 17일에 가깝다.

바로알기 | ㄴ. 이날 천체들의 위치는 태양-지구-달 순으로 일직선에 배열되므로 태양과 달의 인력은 서로 반대 방향을 향한다.

ㄷ. 이 지역은 1일 동안 두 번의 만조와 간조가 나타나며, 연속되는 만조 때 해수면 높이는 서로 다르게 나타나므로, 혼합조의 조석 양상이 나타난다.

308 ㄱ. 달의 기조력은 태양의 기조력의 약 2배이므로, A는 달, B는 태양의 기조력에 의한 해수면 높이 변화이다.

ㄴ. 해수면이 최대로 부푼 지역은 지구의 적도이고, 적도를 중심으로 북반구와 남반구에서 대칭을 이루고 있으므로, 이날 태양과 달은 지구의 적도면에 위치한다.

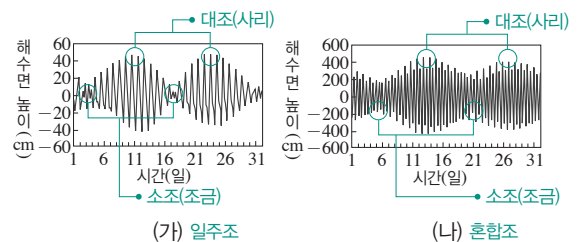
바로알기 | ㄷ. A(달)와 B(태양)의 최고점과 최저점의 위도가 일치하므로, 달과 태양이 일직선(삭 또는 망)을 이루어 기조력이 같은 방향으로 중첩된 대조(사리)이다. 상현 또는 하현이라면 두 천체의 기조력 방향이 직교하여 이런 대칭 곡선이 나타나지 않는다.

309 ㄴ. T_0 과 T_4 시기는 달이 태양과 지구-달 공통 질량 중심을 잇는 직선상에서 태양 방향에 위치하는 삭에 해당한다. 달의 위상이 삭에서 다음 삭으로 돌아오는 데 걸리는 시간은 삭망월로, 약 29.5일이다.

바로알기 | ㄱ. 지구와 달은 공통 질량 중심(G)을 기준으로 항상 서로 반대편에 위치한다. T_2 시기에는 달이 태양의 반대편(망)에 있으므로 지구는 공통 질량 중심보다 태양 쪽에 가까이 위치하고, T_4 시기에는 달이 태양 방향에 있으므로 지구는 공통 질량 중심보다 태양에서 더 먼 바깥쪽에 위치한다. 따라서 지구와 태양 사이 거리는 T_2 가 T_4 시기보다 가깝다.

ㄷ. 만조는 혼합조와 반일주조 지역에서는 약 12시간 25분마다 1회, 일주조 지역에서는 약 24시간 50분마다 1회씩 발생한다. $T_1 \sim T_4$ 까지는 삭망월 주기의 약 $\frac{3}{4}$ 에 해당하므로 약 22일이다. 따라서 이 기간 동안 만조는 최소 약 21회에서 최대 약 42회 발생한다.

310



ㄱ. 극지방에서는 (가)와 같은 일주조가 나타나고, 중위도 지방에서는 (나)와 같은 혼합조가 나타난다.

ㄴ. (가)의 일주조가 일어나는 지역에서는 하루 중 만조와 간조가 각각 1회씩 일어나고, 그래프에서 조차도 (나)의 혼합조가 일어나는 지역보다 작기 때문에 조류의 평균 속도도 더 느리다.

바로알기 | ㄷ. (가)는 11일, 24일경에 대조, (나)는 14일, 27일경에 대조가 나타난다. 실제 조석 현상은 위도, 해안가의 형태, 해수의 관성, 수심의 차이, 조석 지연 현상 등에 의해 모든 지역에서 만조와 간조가 항상 일정하게 나타나지는 않는다.

최고 수준 도전 기출

93쪽

311 ③ 312 ③ 313 ② 314 ④

311

해파	진폭(m)	파고(m)	마루에서 골까지 길이(m)	파장(m)
A	2	4	150	300
B	1	2	90	180
C	1	2	75	150

A의 파장은 300 m, B의 파장은 180 m, C의 파장은 150 m이므로, 파장의 $\frac{1}{2}$ 은 각각 150 m, 90 m, 75 m이고, 파장의 $\frac{1}{20}$ 은 각각 15 m, 9 m, 7.5 m이다.

ㄷ. 해파 A, B, C가 수심 5 m인 지점을 통과할 때, 천해파의 성질을 가지므로 전파 속도는 수심에 따라 달라지고, 파장이 짧아지면서 파고가 높아진다. 따라서 A, B, C가 수심 5 m인 지역을 통과할 때 전파 속도는 같고, 파장은 점차 짧아지면서 파고는 현재보다 높아지므로 2 m보다 높다.

바로알기 | ㄱ. 수심(h)과 파장(L)의 관계에서 심해파는 $h > \frac{L}{2}$, 전이파는 $\frac{L}{20} \leq h \leq \frac{L}{2}$, 천해파는 $h < \frac{L}{20}$ 이므로, 수심 100 m 지역에서 A는 전이파, B는 심해파, C는 심해파에 해당하므로, A의 물 입자는 타원 운동, B와 C의 물 입자는 원운동을 한다.

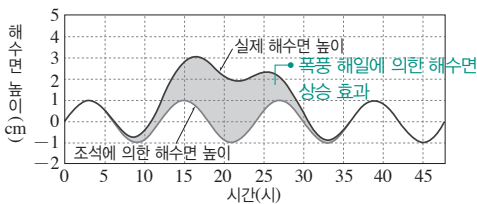
ㄴ. 전파 속도 = $\frac{\text{파장}}{\text{주기}}$ 이므로, 해파의 주기가 동일할 경우 파장에 따라 전파 속도는 다르게 나타난다.

312 ㄱ. 지진에 의해 발생한 해파는 해저의 수심에 비해 파장이 매우 긴 천해파이기 때문에 전달되면서 해저의 영향을 받는다.

ㄷ. B 구간은 A 구간에 비해 같은 시간 동안 이동한 거리가 멀어 해파의 전파 속도가 빨랐다. 이 해파는 천해파의 성질을 가지므로 수심이 얕아지면 전파 속도가 느려지기 때문에 평균 수심은 B 구간이 A 구간보다 깊다.

바로알기 | ㄴ. 지진에 의한 해파는 천해파의 성질을 가지므로, 해파가 해안에 접근하면 해저와의 마찰에 의해 전파 속도는 느려지고, 파고는 높아진다.

313



ㄴ. 폭풍 해일에 의한 해수면 상승 효과는 관측 후 약 20시간이 지난 시점에 약 3 m로 가장 높게 나타났으므로, 이 시점에 태풍의 영향을 가장 크게 받았다.

바로알기 | ㄱ. 이 지역에서는 50시간 동안 4번의 만조가 나타났다. 즉, 약 12시간 25분마다 만조가 반복되었으며, 조차가 비슷하므로 이 해역의 조석 형태는 반일주조이다.

ㄷ. 태풍은 열대 저기압이므로 태풍의 중심 기압이 더 높아진다는 것은 태풍의 세력이 더 약화된다는 것을 의미한다.

314 ㄱ. 이 지역은 하루에 약 2회의 만조와 간조가 나타나며, 연속된 만조나 간조 시 해수면의 높이가 다르기 때문에 혼합조가 나타난다.

ㄴ. 조류의 속도는 조차가 가장 큰 17일에 가장 빠르게 나타난다.

바로알기 | ㄷ. 최대 조차는 17일에 나타나며, 이날 달의 위상은 삭 또는 망이다. 17일에 월출과 월몰 시각은 일출과 일몰 시각과 거의 일치하기 때문에 이날 달의 위상은 삭에 해당한다.

개념 보충

달의 위상 변화



이름	날짜	월출 시각 (동쪽)	남중 시각 (남쪽)	월몰 시각 (서쪽)
삭	음력 1일경	6시	12시	18시
상현달	음력 7~8일경	12시	18시	24시
보름달	음력 15일경	18시	24시	06시
하현달	음력 22~23일경	24시	06시	12시

12 지구 대기의 역할

빈출 자료 보기

95쪽

315 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) ○ (5) × (6) × (7) × (8) ×

315 (1) 중심별의 주위에서 물이 액체 상태로 존재할 수 있는 거리의 영역을 생명 가능 지대라고 한다.

(2), (3), (4) 주계열성인 중심별은 질량이 클수록 광도가 커지며, 광도가 클수록 생명 가능 지대는 별에서 멀어지고 폭이 넓어진다.

바로알기 | (5) 생명 가능 지대는 중심별 주위에서 물이 액체 상태로 존재할 수 있는 영역을 말하며, 금성은 중심별로부터의 거리가 생명 가능 지대보다 가까워 물이 기체 상태로 존재한다.

(6) 태양계에서 생명 가능 지대는 금성과 화성 사이이며, 이에 해당하는 행성은 지구가 유일하다.

(7) 주계열성인 중심별의 질량이 클수록 광도가 커서 생명 가능 지대는 별에서 멀어진다. 따라서 중심별의 질량이 클수록 생명체가 존재할 수 있는 행성의 공전 궤도 반지름은 커진다.

(8) 태양이 적색 거성으로 진화하면 크기가 커져 광도가 증가하기 때문에 태양계의 생명 가능 지대는 현재보다 태양으로부터 멀어지고 그 폭도 넓어질 것이다.

난이도별 필수 기출

96쪽~99쪽

- 316 해설 참조 317 ② 318 ③ 319 ③ 320 ⑤
 321 ① 322 ④ 323 ② 324 ③ 325 ③ 326 ④
 327 ① 328 ②, ④, ⑦ 329 ② 330 해설 참조
 331 해설 참조 332 ① 333 해설 참조 334 ①
 335 ③

316 태양은 표면 온도가 약 5800 K으로 높아 주로 가시광선과 적외선 영역으로 복사를 방출하고, 지구는 표면 온도가 약 288 K으로 낮아 대부분 적외선 영역으로 복사를 방출한다.

모범 답안 태양은 표면 온도가 높고, 지구는 태양에 비해 표면 온도가 낮기 때문이다.

채점 기준	배점
태양이 지구보다 표면 온도가 높기 때문이라고 옳게 서술한 경우	100 %
태양과 지구의 표면 온도가 다르기 때문이라고 서술한 경우	30 %

317 ㄷ. 지구 복사 에너지는 적외선 영역의 장파 복사이기 때문에 온실 기체에 의해 효과적으로 흡수된다.

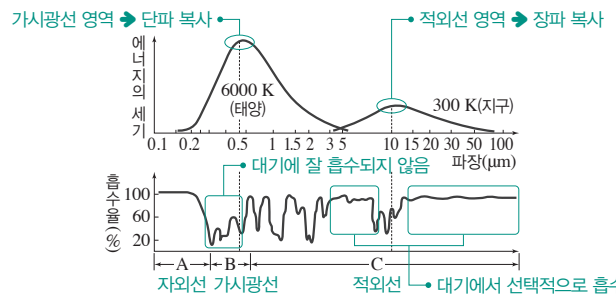
바로알기 | ㄱ. 산소 분자나 오존 분자가 분해되기 위해서는 자외선 영역의 에너지가 필요하다. 성층권의 오존층에는 오존 분자가 밀집되어 있어 태양 복사에 포함된 자외선이 대부분 흡수된다. 따라서 태양 복사 에너지 중 주로 성층권에서 흡수되는 것은 자외선이다.

ㄴ. 태양 복사 에너지의 대부분은 가시광선과 적외선 영역에 집중되어 있다.

318 ㄱ. A는 질소, B는 이산화 탄소, C는 아르곤, D는 산소이다.
 ㄴ. 이산화 탄소(B)는 대표적인 온실 기체 중 하나로, 주로 적외선 영역의 지구 복사 에너지를 흡수한 후 지표로 재복사하여 온실 효과에 기여한다.

바로알기 | ㄷ. 지구 대기를 구성하는 여러 기체는 복사 에너지를 파장에 따라 선택적으로 흡수한다.

319



① 태양 복사는 주로 가시광선, 지구 복사는 대부분 적외선 영역으로 에너지를 방출한다.

② A는 자외선이므로 성층권의 오존에 의해 대부분 흡수된다.

④ C는 적외선이므로 지구 대기에 흡수되어 온실 효과를 일으킨다.

⑤ C의 약 8 μm~13 μm 영역은 대기에 잘 흡수되지 않는 파장 영역(대기의 창)이므로 인공위성에서 지표를 관측할 때 이용할 수 있다.

바로알기 | ③ B는 가시광선 영역으로, 지구 대기에 잘 흡수되지 않는다.

320 자외선은 주로 산소와 오존에 의해 흡수되고, 적외선은 이산화 탄소와 수증기에 의해 흡수된다.

ㄱ. 자외선, 가시광선, 적외선 중 지구 대지에서 투과율은 흡수율이 가장 작은 가시광선이 가장 크다.

ㄴ. 대기 중 이산화 탄소의 농도가 높아지면 지구 복사 중 적외선의 흡수율이 높아져 온실 효과가 강화되므로 지구의 평균 온도가 높아진다.

ㄷ. 오존층이 파괴되면 자외선의 흡수율이 감소하여 지표면에 도달하는 자외선의 양이 증가한다.

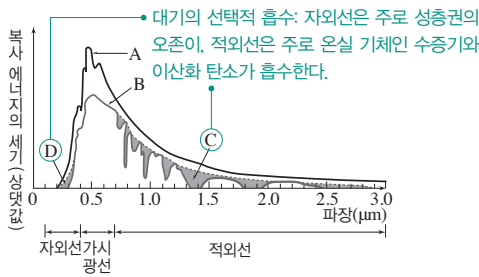
321 ① 가시광선 영역은 지구 대기에 의해 거의 흡수되지 않고 지표면에 대부분 도달한다. 따라서 지표면에 도달하는 태양 복사 에너지의 상대 세기는 가시광선이 자외선보다 강하다.

바로알기 | ② A 영역은 주로 산소와 오존에 의해 흡수된다.

③, ④ B 영역은 적외선 영역으로 주로 수증기와 이산화 탄소 등에 의해 흡수되므로 온실 기체 농도가 증가하면 B 영역이 늘어날 것이다.

⑤ 가시광선 영역은 지구 대기에 의해 거의 흡수되지 않아 지표면에 대부분 도달한다.

322



ㄴ. C는 적외선 영역으로, 주로 온실 기체인 대기 중 수증기나 이산화탄소가 흡수한다.

ㄷ. D는 자외선 영역으로, 주로 성층권의 오존이 흡수한다.

바로알기 | ㄱ. A는 대기 밖에서의 태양 복사 에너지, B는 지표면에서의 태양 복사 에너지를 나타낸다.

323 ㄴ. 대부분이 적외선인 지구 복사 에너지는 지구 대기에 의해 흡수되는 양이 많다.

바로알기 | ㄱ. 지구의 평균 온도는 약 288 K(약 15 °C)으로 태양에 비해 표면 온도가 매우 낮아 거의 모든 에너지를 적외선에 해당하는 약 5 μm~30 μm의 파장으로 복사하며, 최대 세기 에너지 파장도 적외선 영역에서 나타난다.

ㄷ. A 영역의 지구 복사 에너지는 대기에 흡수되는 양보다 우주로 빠져어나는 양이 많은데, 이 부분을 대기의 창이라고 한다.

324 ㄱ. A는 대기 밖에서의 태양 복사 에너지 분포이고, B는 지표면에서의 태양 복사 에너지 분포이므로, A와 B의 차이는 대기에 의한 반사와 흡수에 해당한다.

ㄴ. 대기 중의 H₂O와 CO₂는 적외선을 잘 흡수하여 온실 효과를 일으키는 온실 기체이다.

바로알기 | ㄷ. 태양 복사는 가시광선에서, 지구 복사는 적외선에서 에너지의 세기가 가장 강하다.

개념 보충

태양 복사 에너지와 지구 복사 에너지

구분	태양 복사	지구 복사
파장 범위	주로 가시광선	대부분 적외선
복사 형태	단파 복사	장파 복사

대기의 선택적 흡수: 오존(O₃)과 산소 분자(O₂)는 자외선을, 수증기(H₂O)와 이산화탄소(CO₂)는 적외선을 흡수한다.

325 ③ 물은 생명 활동에 필수적인 물질이므로 생명체가 존재하기 위한 가장 중요한 조건은 표면에 액체 상태의 물이 있어야 한다.

바로알기 | ① 대기권에 오존층이 존재하지 않아도 물 속에 생명체가 존재할 수 있다.

② 행성 주위를 도는 위성의 존재 여부는 생명체가 존재하기 위한 조건과 특별한 관련이 없다.

④ 표면에서의 화산 활동은 생명체가 존재하기 위한 조건과 특별한 관련이 없다.

⑤ 지구에서 최초로 생명체가 탄생했을 당시에 대기 중에는 산소가 없었던 것으로 추정된다.

326

ㄴ. 물은 다양한 물질을 녹일 수 있는 좋은 용매로, 생명체에 수용액 형태로 물질을 공급한다.

ㄷ. 물은 비열이 커서 온도를 올리는 데 많은 열이 필요하므로 지구의 온도 변화를 작게 한다.

바로알기 | ㄱ. 온실 효과를 일으키는 것은 이산화탄소와 같은 온실 기체이므로 온실 효과는 대기의 역할이다.

327

ㄱ. (가)에서는 표면의 흡수량(100)과 방출량(100)이 같으므로 복사 평형을 이루고, (나)에서도 표면의 흡수량(200)과 방출량(200)이 같으므로 복사 평형을 이룬다.

바로알기 | ㄴ. 행성 표면이 방출하는 복사 에너지의 양은 (가)에서는 100이고, (나)에서는 200이므로 (나)가 더 많다.

ㄷ. 행성이 우주 공간으로 방출하는 복사 에너지의 양은 (가)와 (나)가 모두 100으로 같다.

328

② (나)에서 지구의 반사라고 표현된 부분이 지구의 반사율이다.

④ 지표에서 방출되는 복사 에너지는 116(104+12)이고, 대기에서 지표로 재복사되는 에너지는 98이므로 지표에서의 복사로 인한 순 손실은 18이다.

⑦ 대기가 적외선 영역에서 방출하는 에너지는 156(98+58)이다. 대기가 흡수하는 에너지는 총 156으로, 지표로부터 104(적외선 영역)+29(대류, 전도, 숨은열)+23(태양으로부터 자외선, 가시광선, 적외선 영역 등에서 흡수)이다. 따라서 적외선 영역에서 대기가 방출하는 에너지량(156)은 적외선 영역에서 흡수하는 에너지량보다 많다.

바로알기 | ① 대기가 있을 때는 온실 효과로 인해 지표 복사가 대기에서 흡수된 후 재방출되고, 이 에너지가 지표면으로 다시 되돌아오게 되므로 지표면의 평균 온도는 대기가 없을 때보다 더 높다. 따라서 지표면의 평균 온도는 대기가 있어 온실 효과가 나타나는 (나)가 (가)보다 높다.

③ 지표의 에너지 흡수량과 방출량은 같다. 지표면에 흡수되는 에너지의 양은 47+98로 총 145이고, 지표면에서 방출되는 에너지의 양은 29+A+(70-58)이므로 A는 104이다.

⑤ 지표는 복사 외에 전도, 대류, 숨은열로 에너지를 방출한다.

⑥ 대기가 없을 때 입사하는 태양 복사 에너지(100)=방출되는 지구 복사 에너지(100)이므로 복사 평형이 일어난다.

⑧ 지구에서 방출되는 복사 에너지는 대기가 있을 때 70, 대기가 없을 때 100이므로 대기가 있을 때가 없을 때보다 적다.

329

태양계 내에서 지구의 궤도에 인접한 두 행성인 금성과 화성은 대기 성분은 유사하지만 대기압과 평균 표면 온도 등이 매우 다르다. 표에서 A는 금성이고, B는 화성이다.

ㄷ. 금성은 대기 주성분이 CO₂이고 대기압이 95기압으로 높아서 온실 효과가 매우 강하다. 이로 인해 낮과 밤의 표면 온도 차가 작다. 그러나 화성의 대기 주성분은 금성과 유사하지만 대기압이 낮아서 낮과 밤의 표면 온도 차가 금성보다 크다.

바로알기 | ㄱ. A, B 모두 CO₂가 대기 주성분이지만 대기압은 A가 B보다 훨씬 크므로 온실 효과는 A에서 더 강하다.

ㄴ. A는 금성으로 현재 생명 가능 지대보다 안쪽에 위치한다.

330 **모범 답안** • 지구는 태양으로부터 액체 상태의 물이 존재하는 적절한 거리(생명 가능 지대)에 위치한다.

• 지구는 대기의 양이 적당하여 온실 효과가 적절히 일어나 생명체가 살기 좋은 온도가 형성되었다.

해설 금성은 태양으로부터 가까운 거리에 위치하고, 이산화 탄소가 이루어진 대기가 두꺼워 온실 효과가 강하게 나타난다. 이 때문에 표면 온도가 높아 물이 액체 상태로 존재하지 못하고 증발한다.

채점 기준	배점
금성과 달리 지구에 생명체가 존재하는 까닭 두 가지를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
둘 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

331 **모범 답안** ①, ③의 반응에서 태양 복사 에너지 중 자외선의 선택적 흡수가 일어난다. 지구 대기의 성층권의 오존층에서 오존의 생성과 소멸 과정을 통해 태양으로부터 오는 해로운 자외선을 차단하여 지상의 생명체를 보호해 준다.

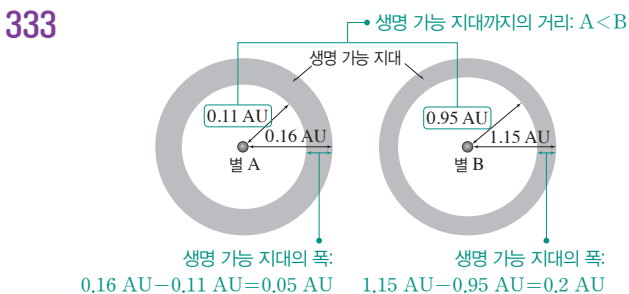
해설 산소 분자는 태양 복사 중 자외선을 흡수하여 2개의 산소 원자로 분해되고, 오존 분자는 자외선을 흡수하여 1개의 산소 원자와 1개의 산소 분자로 분해된다. 자외선은 에너지가 커서 화상, DNA 손상 등 생명체에게 해로운 영향을 미친다.

채점 기준	배점
오존의 생성과 소멸 과정이 지구의 생명체에 미치는 영향을 옳게 서술한 경우	70 %
태양 복사 에너지의 선택적 흡수가 일어나는 반응을 옳게 고른 경우	30 %

332 ㄱ. 생명 가능 지대는 별의 주변에서 물이 액체 상태로 존재할 수 있는 거리의 범위이다.

바로알기 | ㄴ. 중심별(주계열성)의 질량이 작을수록 별의 중심에서 연료 소모율이 작아서 광도가 작다. 따라서 중심별의 질량이 작을수록 생명 가능 지대의 위치는 중심별로부터 가깝다.

ㄷ. 생명 가능 지대에 위치한 모든 행성에 생명체가 존재하는 것은 아니다. 행성에서 생명체가 탄생하고 진화하기 위해서는 행성의 중력, 기압, 대기 성분과 같은 물리량뿐만 아니라 중심별의 질량 등 많은 조건이 적당해야 한다.



모범 답안 별 B, 중심별의 질량이 클수록 광도가 커서 중심별에서 생명 가능 지대까지의 거리가 멀고 생명 가능 지대의 폭이 넓으므로, 별 B가 별 A보다 질량이 크다.

채점 기준	배점
별 A와 B 중 질량이 더 큰 별을 쓰고 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
별 A와 B 중 질량이 더 큰 별만 옳게 쓴 경우	30 %

334 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 태양의 질량이 현재의 2배일 경우, 지구는 생명 가능 지대의 안쪽 경계보다 더 안쪽에 있다. 따라서 태양의 질량이 현재의 2배가 되면 지구에는 액체 상태의 물이 존재하지 않을 것이다.

335 태양이 진화함에 따라 광도가 증가하므로 생명 가능 지대도 변화하게 된다.

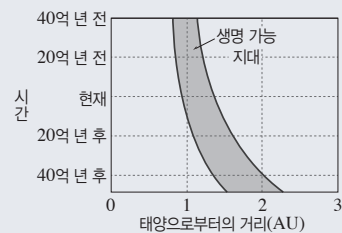
ㄱ. 생명 가능 지대의 폭은 (나)가 (가)보다 넓다. 이는 태양이 진화함에 따라 광도가 증가하기 때문이다. 이로 인해 생명 가능 지대는 태양에서 더 먼 곳에 형성되며 그 폭도 넓어지게 된다.

ㄷ. 생명 가능 지대가 (가)보다 (나)에서 더 멀리 형성되어 있고, 폭도 더 넓은 것으로 볼 때 태양의 광도는 (나)가 (가)보다 큼을 알 수 있다.

바로알기 | ㄴ. 지구의 평균 기온은 (나)가 (가)보다 높다. 이는 (가)에서 지구는 생명 가능 지대에 포함되어 있지만 (나)에서는 생명 가능 지대보다 안쪽에 위치하여 물이 액체로 존재할 수 없고 기화되는 위치가 되기 때문이다.

✓ 개념 보충

태양계 생명 가능 지대의 변화



- 태양이 진화함에 따라 태양의 광도가 점차 증가한다.
- 시간이 흐름에 따라 생명 가능 지대는 점차 태양으로부터 멀어진다.
- 지구는 현재 생명 가능 지대에 위치하지만 미래에는 생명 가능 지대를 벗어나게 된다.

13 지구 열수지

빈출 자료 보기

101쪽

336 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ (5) × (6) ○ (7) ×

336 (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 총량은 47(태양 복사 에너지)+98(대기에서 지표로 재복사되는 에너지)=145이고, 지표가 방출하는 에너지의 총량은 5(전도와 대류)+24(물의 증발(숨은열))+116(지표에서 대기로 복사+지표에서 우주로 방출)=145이다.

(4) 태양 복사 에너지 100 중 30이 우주로 반사 또는 산란되었으므로, 지구에 도달하는 태양 복사 에너지의 반사율은 30 %이다.

(6) 지표에서 방출되는 에너지 중 복사로 인한 순 손실량은 18이고, 숨은 열에 의한 순 손실량은 24이므로, 숨은 열에 의한 순 손실량이 더 크다.

바로알기 | (3) 지표는 태양으로부터 47을 받고, 대기로부터 98을 받으므로 대기로부터 더 많은 복사 에너지를 받는다.

(5) 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.

(7) 대기 중 온실 기체의 양이 증가하면 지표가 방출하는 지구 복사 에너지를 더 많이 흡수하므로 대기에서 지표로 재복사되는 에너지의 양도 증가한다.

난이도별 필수 기출

102쪽~104쪽

337 ② 338 ② 339 ② 340 ④ 341 ② 342 ②
343 ③ 344 ①, ⑥, ⑧ 345 ⑤ 346 ④ 347 ②
348 해설 참조 349 ③ 350 해설 참조 351 ③

337 (가) 낮에 하늘이 파랗게 보이고, 저녁에 하늘이 붉게 보이는 것은 빛의 산란 현상 때문이다.

(나) 지표면의 상태에 따라 반사율이 달라져 밝기가 다르다.

(다) 지평선 근처에서 천체의 위치가 실제와 차이가 나는 것은 대기의 밀도 변화에 따른 굴절 때문이다.

338 ㄷ. 낮에는 태양 빛이 대기를 통과할 때 짧은 파장의 파란색 빛이 더 많이 산란되어 하늘 전체로 퍼지기 때문에 낮 동안에는 하늘이 파랗게 보인다. 해 뜰 무렵이나 해 질 무렵에는 태양 빛이 지평선에 가까워지면서 더 긴 경로의 대기를 통과하기 때문에 짧은 파장의 보라색 빛, 파란색 빛은 더 많이 산란되고 긴 파장의 붉은색 빛이 상대적으로 더 많이 남아 있어 해가 뜰 무렵이나 해가 질 무렵에는 하늘이 붉은색으로 보인다.

바로알기 | ㄱ. 태양으로부터 나온 빛이 지구 대기로 들어오면 대기 중의 원자, 분자, 먼지 등과 같은 작은 입자와 부딪혀 모든 방향으로 퍼져 나가는 현상은 산란이다.

ㄴ. 지구가 태양 복사 에너지를 흡수하면 대기나 지표가 가열되어 지구의 온도가 상승하지만 산란, 굴절, 반사가 일어날 때는 지구의 온도가 상승하지 않는다.

339

• 토양(17)이나 녹색 잔디(25)보다 반사율이 더 높다.

• 침엽수림(8~15)보다 반사율이 더 높다.

지표면 상태	반사율(%)	지표면 상태	반사율(%)
침엽수림	8~15	녹색 잔디	25
토양	17	사막 모래	40
콘크리트	55	빙하	50~70

빙하는 반사율이 높으므로 빙하가 녹으면 반사율이 낮아진다.

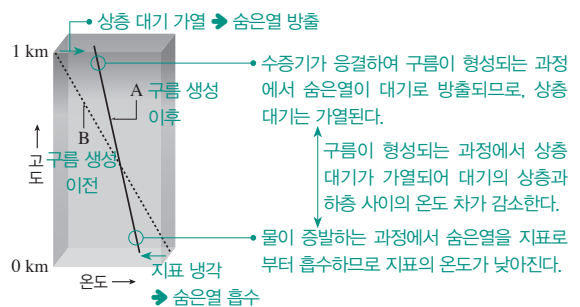
지표가 흡수하는 태양 복사 에너지량이 증가하는 경우는 지표의 반사율이 감소하는 경우이다.

ㄷ. 사막 모래(40 %)보다 빙하(50 %~70 %)의 반사율이 크므로 빙하가 녹아 모래 땅이 드러나면 지표의 반사율이 감소하여 지표가 흡수하는 태양 복사 에너지량이 증가한다.

바로알기 | ㄱ. 침엽수림(8 %~15 %)보다 사막 모래(40 %)의 반사율이 크므로 숲이 파괴되어 사막으로 변하면 지표의 반사율이 증가하여 지표가 흡수하는 태양 복사 에너지량이 감소한다.

ㄴ. 토양(17 %)이나 녹색 잔디(25 %)보다 콘크리트(55 %)의 반사율이 크므로 토양이나 잔디 위에 콘크리트 건물을 지으면 지표의 반사율이 증가하여 지표가 흡수하는 태양 복사 에너지량이 감소한다.

340



ㄴ, 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 온도차를 줄인다. 따라서 A와 B의 차이는 숨은열의 흡수와 방출에 의해 나타난다.

바로알기 | ㄱ. 고도에 따른 기온 차가 작은 A는 수증기 증발과 구름 생성 이후의 연직 기온 분포이고, B는 수증기 증발과 구름 생성 이전의 연직 기온 분포이다.

341

ㄴ. 지구는 반사되는 에너지 30 %를 제외한 70 %의 복사 에너지를 흡수하는데, 복사 평형을 이루고 있으므로 흡수하는 양과 같은 70 %를 우주로 방출한다.

바로알기 | ㄱ. 지구의 반사율은 대기에서의 반사 23 %와 지표에서의 반사 7 %를 합친 30 %이다.

ㄷ. 대기는 태양으로부터 23 %의 에너지를 받지만, 지표가 방출하는 에너지(최소한 47 %보다 많음)의 대부분을 흡수한다. 따라서 대기는 태양보다 지표로부터 더 많은 에너지를 흡수한다.

342 ㄷ. 지표에서 방출되는 에너지는 대기 효과가 없어 복사의 형태로만 방출될 것이다.

바로알기 | ㄱ. 밤과 낮의 온도 차가 커지므로 일교차는 커질 것이다.
 ㄴ. 대기에 의한 반사, 산란, 흡수가 없으므로 지표에 도달하는 태양 복사 에너지의 양이 증가할 것이다.

343 ㄱ. 빙하는 반사율이 높아 태양 복사 에너지를 잘 반사한다. 따라서 빙하 면적이 감소하면 지표면에서 반사되는 태양 복사 에너지 양이 감소하므로 A는 감소한다.

ㄷ. 대기가 없다면 대기의 반사가 없기 때문에 지구 반사는 30보다 작아지고, 우주로 방출되는 지구 복사 에너지량은 증가할 것이다.

바로알기 | ㄴ. 대기 중 오존은 자외선을 흡수하고, 온실 기체는 적외선을 흡수한다.

344 ① 지표가 흡수하는 에너지량은 $A+C$ 이고, 지표가 방출하는 에너지량은 $B+29$ 이다. 지구는 복사 평형을 이루고 있으므로 지표가 흡수하는 에너지($A+C$)와 방출하는 에너지($B+29$)의 양은 같다.

⑥ 성층권의 오존은 태양 복사 에너지 중 자외선을 흡수한다. 만일 성층권의 오존이 감소한다면 지표로 들어오는 태양 복사의 자외선이 증가하기 때문에 A가 증가한다.

⑧ 대기는 지표로 98만㎞의 에너지를 방출하고, 우주 공간으로 58만㎞의 에너지를 방출한다.

바로알기 | ② 지표는 대부분 적외선 형태로 복사 에너지를 방출한다.

③ $A=100-30-23=47$ 이고, $B=104+12=116$ 이다. 지표가 흡수하는 에너지량은 $47(A)+C$ 이고, 지표가 방출하는 에너지량은 $29+116(B)=145$ 이다. 지표는 흡수하는 에너지와 방출하는 에너지의 양이 같으므로 $47+C=145$ 가 성립한다. 따라서 C는 98이다.

④ 지구가 흡수하는 태양 복사 에너지량이 $70(=100-30)$ 이므로 지구가 방출하는 지구 복사 에너지량($D+12$)도 70과 같아야 한다. 따라서 D는 58이다.

⑤ 온실 기체가 증가하면 지표가 방출하는 지구 복사 에너지를 대기가 더 많이 흡수하므로 대기에서 지표로 재복사하는 에너지량(C)이 증가한다.

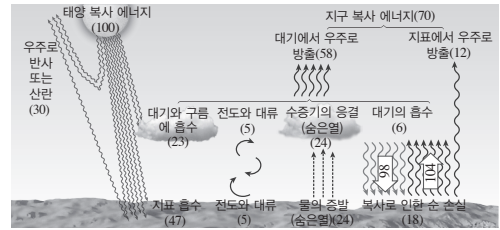
⑦ D는 대기가 우주로 방출하는 에너지량이고, 지표에서 우주로 직접 방출되는 에너지량은 12이다.

345 ㄱ. 지구는 복사 평형 상태에 있으므로 지표가 흡수하는 복사 에너지와 방출하는 복사 에너지의 양이 같다. 지표가 흡수하는 양은 $A+D$, 지표가 방출하는 양은 $B+C+F$ 이므로, $A+D=B+C+F$ 이다. 따라서 $A-B=C-D+F$ 이다.

ㄴ. 대기 중 온실 기체의 농도가 증가하면 지표에서 방출되는 복사 에너지를 대기가 더 많이 흡수한다. 이에 따라 대기에서 지표로 재복사되는 에너지(D)의 양이 증가한다.

ㄷ. 지구의 평균 기온이 높아지면 바다를 포함한 지표 전반에서 증발이 활발해진다. 따라서 증발에 의해 지표에서 대기로 이동하는 에너지의 양은 증가한다.

346



- 지구의 반사=우주로 반사 또는 산란(30)
- 대기에서의 복사 평형
 - 흡수량(156)=태양 복사(23)+지표면 복사(104)+전도와 대류(5)+수증기의 응결(숨은열)(24)
 - 방출량(156)=지표면으로 방출(98)+우주로 방출(58)
- 지표면에서의 복사 평형
 - 흡수량(145)=태양 복사(47)+대기 복사(98)
 - 방출량(145)=전도와 대류(5)+물의 증발(숨은열)(24)+지표면 복사(104)+우주로 방출(12)
- 지구 전체로 보면 지구가 흡수하는 태양 복사 에너지의 양(70)과 지구가 방출하는 지구 복사 에너지의 양(70)이 같다. ➔ 복사 평형

① 지구는 태양으로부터 받는 만큼의 에너지를 우주 공간으로 다시 방출하여 복사 평형을 이루기 때문에 지구의 연평균 기온은 거의 일정하게 유지된다.

② 지표면에서 대기로 방출하는 에너지의 양은 총 133으로, 지표면 복사가 104, 대류와 전도가 5, 물의 증발(숨은열)이 24이다.

③ 지표면 복사 116 중에서 104는 대기에 흡수되고 나머지 12는 우주로 바로 빠져나간다.

⑤ 태양 복사 에너지의 양 100 중 23은 구름과 대기에 산란되거나 반사되고 7은 지표면에 반사되어 우주로 되돌아간다.

바로알기 | ④ 복사 평형 상태의 지구가 방출하는 복사 에너지의 양(70)은 태양으로부터 흡수한 복사 에너지의 양(70)과 같다.

347 ② 지구 온난화 때문에 해수의 수온이 상승하면 해수의 열팽창으로 평균 해수면의 높이가 높아진다.

바로알기 | ① 대기 중 에어로졸 농도가 증가하면 대기의 태양 복사 에너지 반사율이 증가하여 지구의 평균 기온이 하강한다.

③ 화산 폭발로 다량의 화산재가 방출되면 대기 중의 화산재가 태양 빛을 차단하여 지구의 평균 기온이 하강한다.

④ 빙하 면적의 증가로 태양 복사 에너지의 지표면 반사율이 증가하면 지구의 평균 기온이 하강한다.

⑤ 수륙 분포가 변하여 해수의 흐름이 달라지면 기후 변화가 일어난다.

348 **모범 답안** 이산화 탄소 농도 변화와 기온 변화는 거의 비례 관계에 있다. 이산화 탄소는 지구 온난화에 큰 영향을 끼치는 온실 기체로, 대기 중 이산화 탄소의 농도가 높아지면 온실 효과가 심화되어 지구의 평균 기온도 상승하기 때문이다.

채점 기준	배점
대기 중 이산화 탄소 농도 변화와 기온 변화의 관계 및 그 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
대기 중 이산화 탄소 농도 변화와 기온 변화의 관계만 옳게 서술한 경우	30 %

349 ㄱ. 지구에 입사하는 태양 복사 에너지의 양과 지구가 방출하는 지구 복사 에너지의 양은 거의 평형을 이루고 있다. 하지만 최근에는 인간 활동으로 대기 중에 온실 기체의 양이 증가하여 대기가 흡수하는 지구 복사 에너지의 양이 많아짐에 따라 지구에서 우주로 방출되는 지구 복사 에너지의 양이 적어졌고 이로 인해 입사하는 태양 복사 에너지보다 방출하는 지구 복사 에너지가 적어지는 지구 에너지 불균형이 일어났다.

ㄴ. 지구 에너지 불균형으로 인해 방출되지 않고 지구에 남은 에너지 때문에 지구 평균 온도가 상승하고, 바닷물이 열팽창하여 해수면의 높이가 상승하였다.

바로알기 | ㄷ. 지구 에너지 불균형으로 인해 추가로 흡수된 에너지의 89 %는 바다에서 흡수하고, 나머지 6 %는 대륙에서, 4 %는 빙하에서, 1 %는 대기에서 흡수한다. 따라서 이 기간 동안 방출되지 않고 지구에 남은 과잉 에너지는 바다에 가장 많이 저장되었다.

350 **모범 답안** (가) 빙하가 녹으면 지구의 반사율이 감소하여 기온이 높아진다. (나) 화산재가 분출하면 지구의 반사율이 증가하여 기온이 낮아진다.

해설 빙하는 반사율이 매우 높으므로 빙하가 녹으면 해당 지역 지표면의 반사율이 낮아지고, 지표면이 흡수하는 태양 복사 에너지양이 늘어난다. 화산재는 불투명하여 대기 중에서 햇빛을 반사시키므로 화산재가 분출하면 지구의 반사율이 증가하며 지표면에 도달하는 태양 복사 에너지양이 줄어든다.

채점 기준	배점
(가)와 (나)의 지구 반사율 변화와 기온 변화를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
(가)와 (나) 중 어느 하나만 옳게 서술한 경우	50 %
(가) 또는 (나)의 지구 반사율 변화와 기온 변화 중 일부만 옳게 서술한 경우	25 %

351 기체의 용해도는 수온이 높을수록 작다. 지구 온난화가 진행되면 해수 수온이 상승하기 때문에 이산화 탄소의 용해율이 감소한다(D). 또한 지구 온난화로 빙하 면적이 감소하므로 태양 빛의 지표 반사율이 감소한다(E).

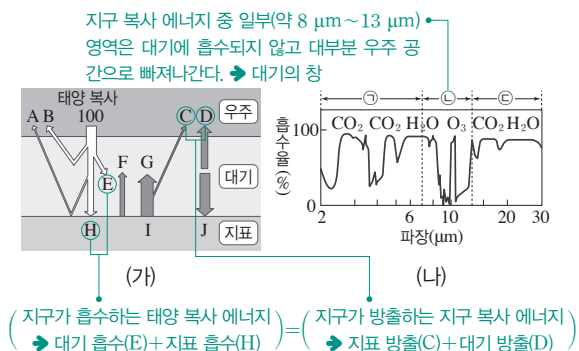
바로알기 | 지구 온난화가 진행되면 해수 수온이 상승하고(B), 증발량이 증가하며(C), 대기 중 수증기량이 증가한다(A).

최고 수준 도전 기출

105쪽

352 ③ 353 ② 354 ① 355 ③

352



ㄱ. 지구가 흡수하는 태양 복사 에너지양(E+H)은 지구가 방출하는 지구 복사 에너지양(C+D)과 같다. $E+H=C+D$ 이므로 $E-D=C-H$ 이다.

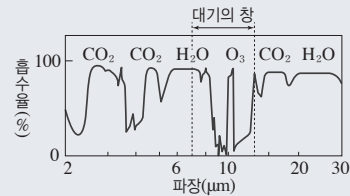
ㄴ. 지구 복사 에너지 중 일부 파장대(약 $8\mu\text{m} \sim 13\mu\text{m}$)는 대기에 거의 흡수되지 않고 그대로 우주 공간으로 빠져나가는데, 이 파장대를 대기의 창이라고 한다.

바로알기 | ㄷ. 대규모 화산 분출로 발생한 화산재는 지구에 입사하는 태양 복사 에너지를 반사하여 지구가 흡수하는 에너지양을 감소시킨다. 지구가 흡수하는 에너지양이 감소하면 지구가 방출하는 에너지양도 감소하므로 대규모 화산 분출로 발생한 화산재는 지구가 방출하는 에너지양인 C+D의 값을 감소시킨다.

개념 보충

대기의 창

지표 복사 에너지의 일부 파장대는 대기에 거의 흡수되지 않고 우주 공간으로 방출된다. 특히 파장 약 $8\mu\text{m} \sim 13\mu\text{m}$ 영역에서는 대부분의 에너지가 그대로 우주 공간으로 빠져나가는데, 이 영역을 대기의 창이라고 한다. 인공위성을 이용하여 지구 표면으로부터 오는 적외선 정보를 얻고자 할 때는 이 영역에 속한 파장을 이용하여 대기의 방해줄을 줄일 수 있다.



353 생명 가능 지대에 위치한 행성의 공전 궤도 반지름이 $B > A > C$ 이므로 생명 가능 지대까지의 거리는 $B > A > C$ 이다. 따라서 주계열성인 중심별의 광도와 질량은 $B > A > C$ 이다.

ㄴ. 항성계 C의 생명 가능 지대까지의 최소 거리는 0.3 AU로, 항성계 A보다도 중심별에 가까이 위치한다. 중심별의 질량이 작을수록 생명 가능 지대까지의 거리가 가까우므로 ㉠은 항성계 A의 중심별의 질량인 1.2보다 작다.

바로알기 | ㄱ. 항성계 A의 생명 가능 지대는 1.2 AU~2.0 AU로 태양계의 생명 가능 지대보다 먼 거리에 분포하므로 항성계 A의 중심별은 태양보다 광도가 크다. 주계열성은 광도가 클수록 질량이 크고 표면 온도가 높으므로 항성계 A의 중심별은 태양보다 표면 온도가 높다.

ㄷ. 생명 가능 지대의 폭은 항성계 A가 $2.0\text{ AU} - 1.2\text{ AU} = 0.8\text{ AU}$ 이고, 항성계 C가 $0.5\text{ AU} - 0.3\text{ AU} = 0.2\text{ AU}$ 이다. 항성계 B의 중심별의 질량이 가장 크므로 생명 가능 지대의 폭은 항성계 A의 0.8 AU와 항성계 C의 0.2 AU보다 넓다. 따라서 항성계 B의 생명 가능 지대의 폭은 0.8 AU보다 넓다.

354 지구는 복사 평형을 이루고 있어 연평균 기온이 거의 일정하게 유지된다.

ㄱ. 지표 흡수 중 태양 복사를 직접 흡수하는 양(A)은 태양 복사(100)에서 반사(30)와 대기 흡수(23)를 뺀 47이다. 지표가 대기 복사로 흡수하는 양(B)은 대기 흡수 $156(23 + 29 + 104)$ 에서 대기 방출(58)을 뺀 값이므로 98이다. 따라서 A보다 B가 크다.

바로알기 | ㄴ. $(A+B)$ 는 $(47+98)=145$ 이다. 지표가 방출하는 복사 에너지량은 대기가 흡수하는 양(104)과 우주 공간으로 직접 방출하는 양(12)을 더한 116이다.

ㄷ. 태양 복사인 ㉠은 주로 가시광선이고, 지구 복사인 ㉡은 주로 적외선이다. 따라서 $\frac{\text{가시광선 영역 에너지의 양}}{\text{적외선 영역 에너지의 양}}$ 은 ㉠이 ㉡보다 크다.

355 ㄱ. 북반구 고위도 지역은 평균 기온이 $6^{\circ}\text{C}\sim 10^{\circ}\text{C}$ 정도 상승하지만 적도 지역은 2°C 정도 상승한다. 따라서 북반구 고위도 지역은 적도 지역에 비해 기온 변화량이 크다.

ㄴ. 수권에서 해수 다음으로 큰 비중을 차지하는 것은 담수인 육지의 빙하이다. 지구의 평균 기온이 상승하면 빙하가 녹아 바다로 흘러들어 가므로 수권에서 담수가 차지하는 비율은 감소할 것이다.

바로알기 | ㄷ. 지구의 평균 기온이 상승하면 해수의 열팽창과 대륙 빙하의 용해로 평균 해수면이 상승할 것이다.

14 단열 변화

빈출 자료 보기

107쪽

356 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ (5) ○ (6) ○ (7) × (8) ×

356 (1) $A \rightarrow B$ 과정에서 공기가 단열 팽창하면서 기온과 이슬점의 차가 점점 작아져서 상대 습도는 증가한다.

(2) 상승 응결 고도는 $125 \times (26^{\circ}\text{C} - 22^{\circ}\text{C}) = 500 \text{ m}$ 이다.

(4) 이슬점 감률은 $A \sim B$ 구간에서는 $2^{\circ}\text{C}/\text{km}$ 이고 $B \sim C$ 구간에서는 습윤 단열 감률과 같은 $5^{\circ}\text{C}/\text{km}$ 이다. 따라서 이슬점 감률은 $A \sim B$ 구간보다 $B \sim C$ 구간에서 더 크다.

(5) 상승 응결 고도인 B 지점에 도달하면 공기가 포화되면서 수증기가 응결되어 구름이 발생한다. 이때부터 공기는 상승하면서 습윤 단열 감률에 따라 온도가 변하며, 계속적으로 강수 현상이 나타난 것으로 보아 포화 상태이므로 이슬점이 공기의 온도와 같이 변한다. 따라서 $B \rightarrow C$ 과정에서는 기온과 이슬점이 항상 같다.

(6) $B \rightarrow C$ 과정에서 공기는 계속 포화 상태이므로 상대 습도가 100%로 일정하다.

바로알기 | (3) $A \sim B$ 구간에서 공기는 불포화 상태이므로 건조 단열 감률로 기온이 내려간다. $B \sim C$ 구간에서 공기는 포화 상태이므로 습윤 단열 감률로 기온이 내려간다. 따라서 단열 감률은 $A \sim B$ 구간에서 더 크다.

(7) D에서 기온은 28.5°C , 이슬점은 20.5°C 로 A보다 기온은 높고 이슬점은 낮다.

(8) 기온과 이슬점의 차이가 클수록 상승 응결 고도는 높아진다. 따라서 A에서 기온이 같다면 이슬점이 낮을수록 상승 응결 고도인 B의 위치는 더 높아진다.

난이도별 필수 기출

108쪽~111쪽

357 ②	358 ③	359 해설 참조	360 ②	361 ⑤
362 ①	363 해설 참조	364 ③	365 ④	366 ⑤
367 해설 참조	368 ①	369 ④	370 ③	371 ⑤
372 ④	373 ⑤	374 해설 참조	375 ①	376 ②

357 ㄴ. 공기 덩어리가 하강하면 주변 기압이 높아지므로 부피가 압축되어 온도가 높아지는 단열 압축이 일어난다.

바로알기 | ㄱ. 건조한 공기 덩어리가 상승하면 단열 팽창하여 온도가 낮아진다.

ㄷ. 공기 덩어리가 상승하는 동안 온도뿐만 아니라 이슬점도 낮아진다.

358 ㄱ. 구름은 공기 덩어리가 상승하여 단열 팽창으로 생성되므로 A 과정으로 만들어진다.

ㄴ. 하강하는 공기 덩어리는 주변 기압의 증가로 공기가 압축되면서 내부 에너지가 증가하여 기온이 상승한다.

바로알기 | ㄷ. A와 B 과정은 단열 변화로, 외부와 열 교환 없이 나타나는 공기 덩어리의 기온 변화이다.

359 **모범 답안** 단열 팽창하는 과정에서 부피 팽창에 에너지를 사용해 내부 에너지가 감소하기 때문이다.

해설 공기 덩어리가 상승하면 주변 기압이 낮아져 부피가 팽창하면서 외부 공기를 밖으로 밀어내는 일을 한다.

채점 기준	배점
공기 덩어리가 상승하여 단열 팽창이 일어날 때 기온이 낮아지는 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
내부 에너지 감소에 대한 서술이 빠진 경우	0 %

360 공기 덩어리가 외부와의 열 교환 없이 상승하면 주위 기압이 낮아지므로 부피가 팽창하면서 내부 에너지가 감소하여 온도가 낮아진다. ㄷ. 공기 덩어리가 상승하면 기온은 건조 단열 감률로, 이슬점은 이슬점 감률로 낮아진다. 따라서 공기 덩어리가 상승할수록 기온과 이슬점의 차이가 줄어들어 상대 습도가 높아진다.

바로알기 | ㄱ, ㄴ. 공기 덩어리가 상승하면 부피가 팽창하면서 내부 에너지가 감소하므로 기온은 낮아진다.

ㄹ. 공기 덩어리가 상승할수록 부피가 커지므로 단위 부피에 들어 있는 수증기량이 감소하여 이슬점은 낮아진다.

361

단열 압축

단열 팽창

[실험 과정]

(가) 그림과 같이 밀폐 용기에 물을 약간 넣고, 온도계를 끼운 후 공기 펌프로 용기 안의 공기를 압축시킨다.

(나) 공기 펌프의 마개를 열어 공기를 밖으로 빼낸다.

[실험 결과]

밀폐 용기의 내부가 뚜렷하게 흐려졌다.



단열 팽창으로 인한 기온 하강 → 수증기의 응결

(가)는 단열 압축 과정, (나)는 단열 팽창 과정이다.

ㄱ. 충분히 압축되었던 밀폐 용기에서 공기가 밖으로 빠지면, 기압이 낮아지면서 밀폐 용기 내부의 공기가 팽창한다.

ㄴ. 공기가 팽창하면 내부 에너지가 감소하여 기온이 낮아진다.

ㄷ. 기온이 낮아지면 포화 수증기량이 감소하므로 상대 습도가 높아진다.

362 ① 건조 단열 감률은 약 $1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 이고, 습윤 단열 감률은 약 $0.5^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 이다.

바로알기 | ② 공기 덩어리가 수증기로 포화되었을 때의 이슬점 감률은 약 $0.5^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 로, 불포화 상태일 때의 이슬점 감률인 약 $0.2^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 보다 크다.

③ 포화 상태의 공기가 100 m 상승하면 습윤 단열 감률에 따라 온도는 약 0.5°C 낮아진다.

④ 습윤 단열 감률은 건조 단열 감률과 달리 일정한 값을 유지하는 것이 아니라, 공기 덩어리의 온도와 기압에 따라 달라진다. 기온과 기압에 따라 공기 덩어리가 최대 포함할 수 있는 수증기의 양이 달라지는데, 이에 따라 방출되는 숨은열의 크기도 달라지기 때문이다.

⑤ 불포화 상태의 공기가 단열 변화할 때의 온도 변화율을 건조 단열 감률이라고 한다. 습윤 단열 감률은 포화 상태의 공기가 단열 변화할 때의 온도 변화율이다.

363 **모범 답안** 수증기가 응결될 때 숨은열을 방출하기 때문이다.

해설 수증기로 포화되어 있는 공기는 수증기가 응결하면서 숨은열을 방출하는데, 단열 변화이기 때문에 이 열이 외부로 방출되지 않고 자체 공기의 온도를 높이는 데 이용된다.

채점 기준	배점
수증기 응결 시 숨은열이 방출한다고 옳게 서술한 경우	100 %
수증기 응결에 대한 서술이 빠진 경우	0 %

364 공기 덩어리가 상승하면, '단열 팽창 → 내부 에너지 감소 → 공기 덩어리의 온도 하강 → 상대 습도 증가 → 공기 덩어리의 온도가 이슬점에 도달 → 포화 상태가 됨 → 수증기가 물방울로 응결'의 과정이 일어난다.

ㄱ. 공기 덩어리가 상승하면서 온도가 낮아지는 까닭은 단열 팽창하면서 내부 에너지가 감소하기 때문이다.

ㄷ. (나)에서 온도가 내려가는 비율이 (가)보다 작은 까닭은 포화된 공기는 상승하는 동안 수증기가 응결하는 과정에서 숨은열(잠열)을 방출하기 때문이다.

바로알기 | ㄴ. (가)는 건조 단열선을 따라 공기 덩어리의 온도가 변하므로 불포화된 공기가 상승 또는 하강할 때의 온도 변화이다.

365 ㄴ. 기층 아랫면의 온도가 a에서 a'로 습윤 단열 감률에 따라 변하고 있으므로 기층의 아랫면에서는 응결이 일어난다.

ㄷ. 이 기층은 상승하기 전에는 높이에 따라 기온이 높아지지만, 상승한 결과 높이에 따라 기온이 낮아진다. 따라서 이 기층은 상승하여 기온 감률이 증가하였다.

바로알기 | ㄱ. 상승하는 동안 기층 윗면의 온도는 건조 단열 감률에 따라 감소하므로 이슬점보다 높다.

366 ㄱ. 공기 덩어리가 상승하면 주변 기압의 감소로 단열 팽창이 일어난다.

ㄴ. 상승 응결 고도는 공기 덩어리의 온도가 이슬점과 같아져 구름이 생성되기 시작하는 높이이다.

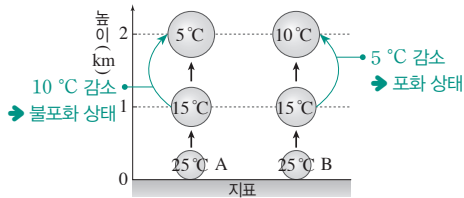
ㄷ. 공기 덩어리의 온도와 이슬점의 차이가 클수록 상대 습도가 낮으므로 더 높은 곳까지 상승해야 응결이 일어날 수 있다. 즉, 공기 덩어리의 온도와 이슬점의 차이가 클수록 상승 응결 고도가 높다.

367 **모범 답안** 상승 응결 고도(m) = $125 \times (\text{지표에서의 기온} - \text{지표에서의 이슬점})$ 이므로 $1250\text{ m} = 125 \times (20^{\circ}\text{C} - \text{이슬점})$ 으로부터 지표에서의 이슬점은 10°C 이다.

해설 지표에서의 기온을 T , 지표에서의 이슬점을 T_d 라고 하면, 공기의 상승 응결 고도(H)는 $H(\text{m}) = 125(T - T_d)$ 이다.

채점 기준	배점
지표에서의 이슬점을 계산 과정을 밝혀 옳게 구한 경우	100 %
계산 과정 없이 이슬점만 옳게 구한 경우	30 %

368

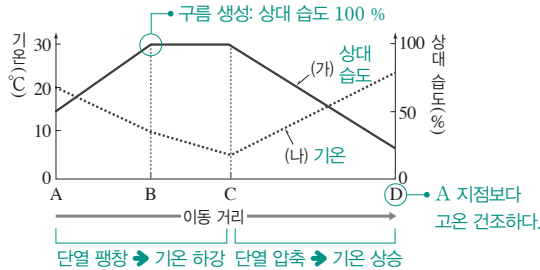


ㄱ. 지표에서 온도는 같은데 상승 응결 고도는 B가 낮으므로 이슬점은 A가 B보다 낮다.

바로알기 | ㄴ. A 공기는 높이 2 km까지 건조 단열 감률로 기온이 내려가므로 높이 2 km까지 불포화 상태이다. 따라서 높이 1 km~2 km 구간에서는 온도가 이슬점보다 높다.

ㄷ. 높이 2 km에서 B의 이슬점은 포화된 상태이므로 10 °C이고, A의 이슬점은 공기가 포화 상태이라면 5 °C, 불포화 상태라면 5 °C보다 낮다. 따라서 B의 이슬점보다 A의 이슬점이 더 낮다.

369

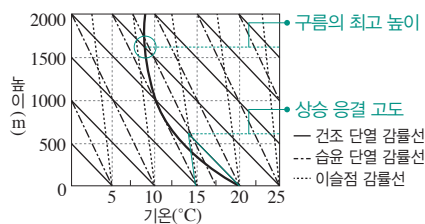


ㄴ. 상대 습도가 100 %인 B 지점에서 구름이 생성되기 시작하였다.

ㄷ. A보다 D 지점의 공기 덩어리는 기온이 높고 상대 습도가 낮으므로 기온과 이슬점의 차이가 더 크다.

바로알기 | ㄱ. 공기 덩어리가 상승하면 단열 팽창으로 기온이 하강하고 상대 습도가 높아지므로 기온의 변화는 (나)이다.

370



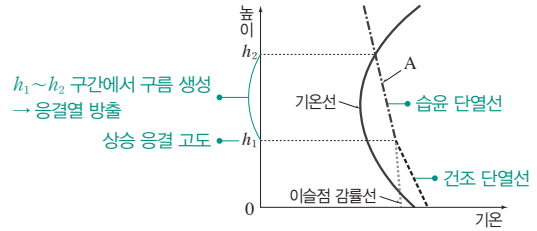
- 상승 응결 고도 = $125 \times (20^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C}) = 625 \text{ m}$
- 자발적으로 상승할 수 있는 높이 $\approx 1700 \text{ m}$ → 주위 공기의 온도보다 상승하는 공기의 온도가 높은 지점까지 상승
- 구름의 두께 $\approx 1700 \text{ m} - 625 \text{ m} = 1075 \text{ m}$

ㄷ. 이 공기는 상승 응결 고도가 625 m이고, 이후 습윤 단열 변화선을 따라 주위의 온도보다 공기의 온도가 낮아지는 약 1700 m까지 구름이 생성된다. 따라서 1000 m가 넘는 적운형의 구름이 생성될 수 있다.

바로알기 | ㄱ. 이 공기의 상승 응결 고도는 공기의 온도와 이슬점이 같아지는 높이이다. 따라서 지상의 20 °C에서 건조 단열 변화선을 따라 올라가는 선이 15 °C에서 출발한 이슬점 변화선과 만나는 높이인 625 m가 이 공기의 상승 응결 고도이다.

ㄴ. 상승 응결 고도를 지나면 공기는 포화가 되어 습윤 단열 변화선을 따라 상승하며, 공기의 온도가 주위의 기온보다 낮아지는 높이(약 1700 m)에서 상승을 멈춘다.

371



지표에서 상승하는 공기는 기온과 이슬점이 낮아지며, 기온과 이슬점이 같아지는 높이에서 수증기의 응결이 일어난다.

⑤ 이슬점 감률은 포화 상태인 $h_1 \sim h_2$ 구간에서 $5^\circ\text{C}/\text{km}$ 이므로, 불포화 상태인 지표 $\sim h_1$ 구간에서의 이슬점 감률인 $2^\circ\text{C}/\text{km}$ 보다 크다.

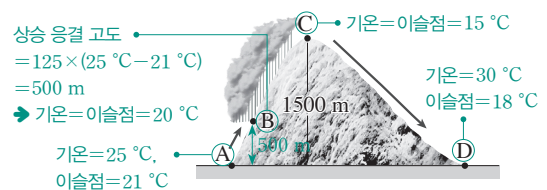
바로알기 | ① 높이 h_1 에서 기온과 이슬점이 같아졌으므로 $h_1 \sim h_2$ 까지는 습윤 단열 감률에 따라 변화한다. 따라서 A는 습윤 단열선이다.

② 구름은 높이 h_1 에서 만들어져 습윤 단열선과 기온선이 만나는 높이 h_2 까지 만들어진다. 따라서 구름 최상부의 높이는 h_2 이다.

③ 응결열은 포화 상태일 때 방출되므로, 불포화 상태인 지표 $\sim h_1$ 구간이 아닌 $h_1 \sim h_2$ 구간에서 방출된다.

④ $h_1 \sim h_2$ 구간은 포화 상태이므로 상승하는 공기의 기온과 이슬점이 서로 같다.

372



B 지점	기온	$25^\circ\text{C} - 500 \text{ m} \times 1^\circ\text{C}/100 \text{ m} = 20^\circ\text{C}$
	이슬점	$21^\circ\text{C} - 500 \text{ m} \times 0.2^\circ\text{C}/100 \text{ m} = 20^\circ\text{C}$
C 지점	기온	$20^\circ\text{C} - 1000 \text{ m} \times 0.5^\circ\text{C}/100 \text{ m} = 15^\circ\text{C}$
	이슬점	$20^\circ\text{C} - 1000 \text{ m} \times 0.2^\circ\text{C}/100 \text{ m} = 18^\circ\text{C}$
D 지점	기온	$15^\circ\text{C} + 1500 \text{ m} \times 1^\circ\text{C}/100 \text{ m} = 30^\circ\text{C}$
	이슬점	$15^\circ\text{C} + 1500 \text{ m} \times 0.2^\circ\text{C}/100 \text{ m} = 18^\circ\text{C}$

ㄴ. 지표(A)에서 상승 응결 고도(B)까지는 건조 단열 감률에 따라, 상승 응결 고도에서 산 정상(C)까지는 습윤 단열 감률에 따라 기온이 하강하므로, 산 정상(C)에서 공기 덩어리의 온도는 15 °C이다.

ㄷ. B~C 구간에서 구름이 발생하지 않았다는 것은 공기가 포화되지 않았다는 것을 의미한다. 따라서 공기 덩어리는 A 지점에서 C 지점까지 상승하면서 건조 단열 감률에 따라 기온이 낮아지다가, C 지점에서 D 지점으로 하강하면서 건조 단열 변화에 따라 기온이 높아진다. 결과적으로 기온이 A~C 구간에서 하강한 만큼 C~D 구간에서 다시 상승하므로, D 지점에서의 기온은 A 지점과 같은 25 °C이다.

바로알기 | ㄱ. B~C 구간에서는 공기의 단열 팽창에 의한 단위 부피당 수증기량 감소와 응결(강수 현상)에 의한 수증기량 감소로 인해 이슬점이 습윤 단열 감률과 같은 비율로 감소한다.

373

ㄴ. 상승 응결 고도가 낮을수록 건조 단열 감률보다 습윤 단열 감률을 적용받는 구간이 늘어나기 때문에 산 정상에서의 기온은 상승 응결 고도가 낮을수록 높아진다. 따라서 산 정상에서 기온은 (나)가 (가)일 때보다 높다.

ㄷ. 산을 넘기 전과 후의 공기의 성질 차이는 구름 발생 구간이 길수록 더욱 커진다.

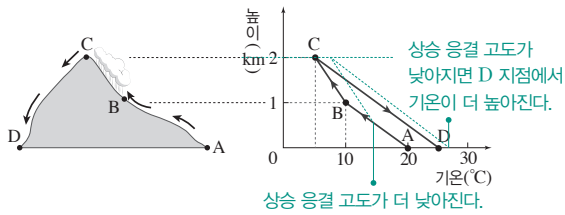
바로알기 | ㄱ. 상승 응결 고도를 H 라고 하면 $H=125 \times (\text{기온} - \text{이슬점})$ 이므로 이슬점이 낮을수록 상승 응결 고도가 높다. 따라서 (가)가 (나)일 때보다 이슬점이 낮다.

374 **모범 답안** B 지점에 도달한 공기 덩어리는 A 지점에 비해 기온은 높고, 상대 습도는 낮다.

해설 공기가 산을 넘는 과정에서 응결이 일어나면 산을 넘은 후 기온은 높아지고, 이슬점은 낮아지므로 상대 습도가 낮아진다.

채점 기준	배점
기온과 상대 습도를 모두 옳게 비교하여 서술한 경우	100 %
기온과 상대 습도 중 한 가지만 옳게 비교하여 서술한 경우	50 %

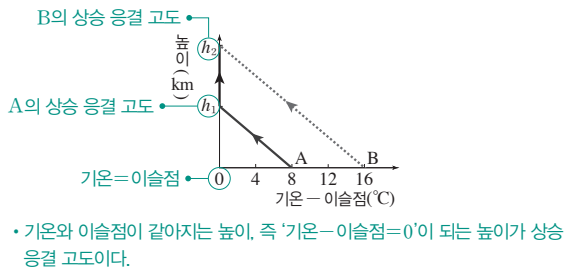
375



ㄱ. 기온은 변하지 않고 상승 응결 고도가 현재보다 낮아지려면 기온과 이슬점의 차가 작아져야 하므로 이슬점은 현재보다 높아져야 한다.

바로알기 | ㄴ, ㄷ. 상승 응결 고도가 현재보다 낮아지면 건조 단열 변화를 하는 A~B 구간이 짧아지고 습윤 단열 변화를 하는 구간인 B~C 구간이 길어진다. 그에 따라 상승하는 동안 기온이 덜 내려가므로 C 지점에서 기온은 더 높아져 D 지점에서 기온도 더 높아진다. 따라서 A와 D 지점의 기온 차이는 커진다.

376



ㄴ. $h_1 \sim h_2$ 구간에서 A는 포화 상태이고, B는 불포화 상태이다. 따라서 이슬점 감률은 A가 B보다 크다.

바로알기 | ㄱ. A의 상승 응결 고도는 h_1 이고, B의 상승 응결 고도는 h_2 이므로, 상승 응결 고도는 A가 B보다 낮다.

ㄷ. 지표에서 공기 A와 B의 이슬점은 같지만, 높이 h_1 에서 h_2 까지의 이슬점 감률이 달랐으므로, h_2 에서 이슬점은 A와 B가 다르다.

15 대기 안정도와 감수 과정

빈출 자료 보기

113쪽

377 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ (5) × (6) ○ (7) ×

377 (2) (나)는 기온 감률이 습윤 단열 감률보다 작기 때문에 절대 안정한 대기 상태이다.

(4) (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.

(6) (다)에서 기온 변화선과 단열선의 교차점인 높이 약 2.3 km까지 상승한 공기는 이후 습윤 단열 감률에 따라 상승하여 공기 덩어리의 기온이 주변 공기보다 높아지면 자발적으로 상승하면서 적운형 구름이 만들어진다.

바로알기 | (1) (가)는 기온 감률이 건조 단열 감률보다 크기 때문에 절대 불안정한 대기 상태이다.

(3) (다)는 기온 감률이 습윤 단열 감률보다 크고 건조 단열 감률보다 작기 때문에 조건부 불안정한 대기 상태이다.

(5) 절대 안정한 대기 상태인 (나) 지역의 지표에서 강제로 상승한 공기는 원래의 위치로 되돌아가려고 한다.

(7) 대기 오염 물질의 확산이 가장 잘 일어나는 지역은 절대 불안정한 대기 상태인 (가)이다.

난이도별 필수 기출

114쪽~117쪽

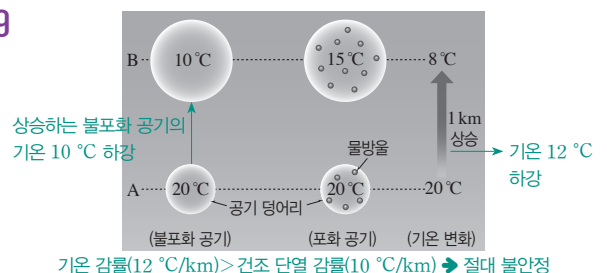
378 ②	379 ④	380 ⑤	381 ③	382 ②
383 해설 참조	384 ①	385 ③	386 ④	
387 해설 참조	388 ①	389 ④	390 해설 참조	
391 ②	392 ③	393 ①	394 ②	395 ② 396 ③

378 ㄷ. A의 기층은 절대 불안정하고, B의 기층은 절대 안정하다. 따라서 공기의 연직 운동은 A가 B보다 활발하게 일어난다.

바로알기 | ㄱ. A의 기층은 기온 감률이 건조 단열 감률보다 크므로 절대 불안정한 상태이다.

ㄴ. B의 기층은 절대 안정한 상태로, 기온 감률이 습윤 단열 감률보다 작다.

379

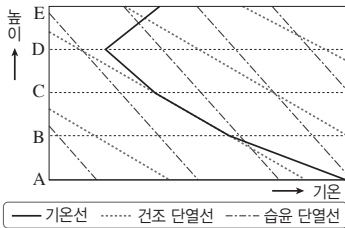


①, ②, ③ 주어진 자료에서 높이에 따른 기온 변화를 보면 불포화 공기는 상승할 때 100 m마다 1 °C씩 감소(건조 단열 감률)하고, 포화 공기는 0.5 °C씩 감소(습윤 단열 감률)하며, 주변 공기는 약 1.2 °C씩 감소한다. 이와 같이 주변 공기의 기온 감률이 건조 단열 감률보다 클 때, 기층은 절대 불안정하다.

⑤ 포화 공기가 1 km 상승하더라도, 즉 A에서 B까지 상승하더라도 주변 기온이 더 낮으므로 공기는 계속 상승한다. 따라서 구름의 두께는 1 km 이상으로 발달한다.

바로알기 | ④ 절대 불안정한 기층 내에서 상승하는 공기는 계속 상승하게 된다. 따라서 A에서 상승한 공기 덩어리는 B에서 상승을 멈추지 않고 계속 상승한다.

380



- A-B 구간: 절대 불안정
- B-C 구간: 불포화 공기는 중립, 포화 공기는 불안정
- C-D 구간: 불포화 공기는 안정, 포화 공기는 불안정
- D-E 구간: 절대 안정(역전층)

기온 감률이 건조 단열 감률보다 큰 경우에는 절대 불안정이고, 기온 감률이 습윤 단열 감률보다 작은 경우에는 절대 안정이다.

ㄱ. A-B 구간은 기온 감률이 건조 단열 감률보다 크므로 절대 불안정한 층이다.

ㄴ. C-D 구간은 기온 감률이 건조 단열 감률보다 작기 때문에 불포화 공기에 대해서는 안정한 층이다.

ㄷ. D-E 구간은 역전층이기 때문에 절대 안정층이다.

381 ㄱ. 지표면 부근에 비해 상층에서는 하루 동안의 기온 변화가 크지 않다.

ㄷ. 새벽에는 지표 부근에 역전층이 형성되어 있어 오염 물질의 확산이 일어나기 힘들다.

바로알기 | ㄴ. 해가 뜬 후 지면이 가열되기 시작하면 대기가 차츰 불안정해지면서 역전층이 점차 없어진다.

382 역전층은 바람이 없는 맑은 날 새벽 지표의 냉각으로 인해 하층에 밀도가 큰 차가운 공기가 만들어지면서 형성된다. 역전층은 매우 안정한 층이다.

ㄷ. (가)에는 지표 부근에 복사 냉각에 의한 역전층이 형성되어 있다.

바로알기 | ㄱ. 역전층은 새벽에 가장 두껍게 발달하며, 해가 진 이후에 지표 부근부터 다시 역전층이 나타나기 시작한다. 따라서 관측 순서는 아침 → 한낮 → 저녁인 (나) → (다) → (가)이다.

ㄴ. 공기의 연직 운동은 대기가 불안정할 때 활발하다. (나)에서 높이 h에는 역전층이 형성되어 대기가 안정하므로, 공기의 연직 운동이 활발하지 않다.

383 **모범 답안** h보다 높은 곳은 역전층이 형성되어 있으므로 기층이 절대 안정하고, h보다 낮은 곳은 기온 감률이 건조 단열 감률보다 크므로 기층이 절대 불안정하다. 따라서 높이가 h인 굴뚝에서 배출된 연기는 h보다 높은 곳으로는 퍼져 나가지 못하고, h보다 낮은 곳으로만 퍼져 나간다.

채점 기준	배점
굴뚝에서 연기가 퍼져 나가는 모양을 대기 안정도와 관련지어 옳게 서술한 경우	100 %
대기 안정도와 관련짓지 않고 연기가 퍼져 나가는 모양만 서술한 경우	0 %

384 ㄱ. 지표~높이 300 m 구간에는 위로 갈수록 기온이 높아지는 역전층이 형성되어 있다.

바로알기 | ㄴ. 지표 부근의 역전층은 절대 안정한 기층으로 대기의 연직 운동이 일어나지 않으므로 대기 오염 물질의 연직 혼합이 잘 일어나지 않는다.

ㄷ. 높이 400 m~800 m 구간의 기층은 기온 감률이 0.8 °C/100 m 이므로 기온 감률이 건조 단열 감률보다 작고, 습윤 단열 감률보다 크다. 따라서 조건부 불안정한 상태이다.

385 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.

바로알기 | ㄴ. (가)와 (나) 지역에서 구름이 생성되는 높이는 상승하는 공기의 단열 변화가 건조 단열선에서 습윤 단열선으로 바뀌는 지점이므로, (가)와 (나) 지역에서 모두 높이 1.0 km 지점으로 같다.

386 건조 단열 감률로 기온이 변화하다가 습윤 단열 감률로 바뀌는 높이가 상승 응결 고도이며, 안정한 기층에서는 층운형 구름이, 불안정한 기층에서는 적운형 구름이 만들어진다.

ㄱ. 높이 0 km~2 km까지 (가)에서는 기온이 약 7 °C 낮아졌고, (나)에서는 약 10 °C 낮아졌으므로 평균 기온 감률은 (가)가 (나)보다 작다.

ㄷ. (가)에서 상승 응결 고도보다 높은 1 km 이상의 구간에서는 상승한 공기의 온도가 주변 공기의 온도보다 낮고 기층이 안정하므로 구름이 수직으로 발달하기 어려워 적운형 구름보다 층운형 구름이 발달한다.

바로알기 | ㄴ. (가)와 (나)에서 상승 응결 고도는 모두 높이 1 km이며 상승하는 공기의 기온도 같다. 상승 응결 고도에서는 기온과 이슬점이 같으므로 (가)와 (나)에서 이슬점 또한 같다.

387 **모범 답안** • 공통점: 구름과 안개는 모두 공기 중의 수증기가 응결되어 생성된다.

• 차이점: 구름은 지표에서 떨어진 상공에서 형성되지만, 안개는 지표 부근에서 형성된다.

채점 기준	배점
구름과 안개의 공통점과 차이점을 옳게 서술한 경우	100 %
구름과 안개의 공통점과 차이점 중 하나만 옳게 서술한 경우	50 %

388 지표 부근에서 수증기가 응결되어 생성된 작은 물방울이 공기 중에 떠 있는 것을 안개라고 한다. 안개는 공기의 냉각이나 수증기량의 증가에 의해 생성된다.

ㄱ. 전선 안개, 증발 안개는 수증기량의 증가에 의해 생성되는 안개(A)이고, 황송 안개, 이류 안개, 복사 안개는 공기의 냉각에 의해 생성되는 안개(B)이다.

바로알기 | ㄴ. 전선 안개는 전선 부근에서 약한 비가 내려 수증기가 증발할 때 생성된다. 단열 팽창에 의해 생성되는 안개는 지형을 따라 공기가 상승할 때 단열 팽창에 의해 냉각되면서 생성되는 활승 안개이다.

ㄷ. 복사 안개는 복사 냉각에 의해 지표면의 기온이 하강할 때 생성된다. 주로 가을철 바람이 거의 없는 맑은 날 새벽에는 지표면의 복사 냉각이 활발하게 일어나므로 복사 안개가 잘 생성된다.

389 빙정설은 중위도나 고위도 지역의 상층에서 기온이 $-40^{\circ}\text{C} \sim 0^{\circ}\text{C}$ 인 공기층에 빙정과 과냉각 물방울이 공존할 때 비가 형성되는 원리이다. 이 공기층에서 과냉각 물방울의 포화 수증기압 > 기층의 수증기압 > 빙정의 포화 수증기압인 조건일 때, 공기층은 과냉각 물방울에 대해서는 불포화 상태이므로 과냉각 물방울이 공기층으로 증발(기화)되면서 과냉각 물방울은 작아지고, 빙정에 대해서는 과포화 상태이므로 공기층의 수증기가 승화가 되면서 빙정에 달라붙어 빙정이 커진다. 이렇게 빙정의 무게가 증가하면 떨어지게 되는데 녹지 않고 내리면 눈, 녹아서 내리면 비가 된다.

390 **모범 답안** 저위도나 여름철 중위도 지역의 구름 속에는 크기가 다양한 물방울들이 섞여 있고, 큰 물방울은 작은 물방울보다 낙하 속도가 빠르므로 빠르게 떨어지면서 작은 물방울들을 병합하여 빗방울로 성장하여 비가 만들어진다.

해설 저위도나 여름철 중위도 지역의 구름 속에는 크고 작은 구름 입자들이 상승과 하강 운동을 하면서 섞여 있는데 이 구름 입자들이 서로 충돌하면 큰 물방울로 변하게 된다. 큰 물방울은 작은 물방울보다 낙하 속도가 빠르므로 떨어지면서 작은 물방울들을 병합하여 큰 빗방울로 성장하게 되면 지표로 떨어져 비가 된다는 것이 병합설이다.

채점 기준	배점
물방울의 크기가 다양하고, 물방울의 낙하 속도 차이로 병합하여 비가 된다는 내용을 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
낙하 속도 차이에 대한 설명 없이 큰 물방울이 작은 물방울과 병합하여 빗방울로 성장한다고 서술한 경우	50 %

391 ㄴ. A 공기는 과냉각 물방울에 대해 불포화 상태이므로 과냉각 물방울은 증발이 일어나 크기가 작아진다.

바로알기 | ㄱ. A 공기의 수증기압은 같은 온도의 빙정의 포화 수증기압보다 높으므로 A 공기는 빙정에 대해 과포화 상태이다.

ㄷ. 빙정설은 구름 속에 빙정과 과냉각 물방울이 공존해야 하므로, 겨울철 중위도나 고위도 지역의 0°C 보다 낮은 온도의 구름에서 비나 눈이 만들어지는 과정을 설명할 때 주로 이용된다.

392 (가)는 빙정설이고, (나)는 병합설이다. (가)의 기층은 과냉각 물방울에 대해서는 불포화 상태이므로 물방울의 증발이 일어나고, 빙정에 대해서는 과포화 상태이므로 공기 중의 수증기가 승화하여 빙정에 달라붙어 빙정이 점점 커지며, (나)의 기층에서는 물방울들이 서로 충돌하면서 점점 커진다.

393 ㄱ. 구름 내 크기가 다양한 물방울들만 존재하므로 저위도나 여름철 중위도 지역의 강수를 설명하기에 적합하다.

ㄴ. 병합설에서는 큰 물방울이 빠른 속도로 떨어지다가 작은 물방울과 충돌하여 합쳐지면서 빗방울로 성장한다.

바로알기 | ㄷ. 구름 속에 존재하는 물방울의 크기가 다양할수록 낙하 속도 차이가 크므로 빗방울의 성장 속도가 빠르다.

ㄴ. 안개는 지표면 부근에서 냉각이나 수증기량 증가로 인해 수증기의 응결이 일어날 때 생성된다.

394 ㄷ. P 구간의 구름 속 공기는 과냉각 물방울에 대해 불포화 상태이고, 빙정에 대해서는 포화 상태이다.

바로알기 | ㄱ. 빙정설은 주로 중위도나 고위도 지역의 0°C 보다 낮은 온도의 구름에서 비나 눈이 만들어지는 과정을 설명한다.

ㄴ. P 구간에서 과냉각 물방울은 증발하고, 수증기는 승화하여 빙정 표면에 달라붙어 빙정의 크기가 커진다. 빙정이 성장해 무거워져서 떨어지면 눈이 되고, 떨어지다가 녹으면 비가 된다.

395 구름 속의 온도가 $-40^{\circ}\text{C} \sim 0^{\circ}\text{C}$ 사이인 구간(B)에서는 빙정과 과냉각 물방울이 공존하는데, 과냉각 물방울에 대한 포화 수증기압은 빙정에 대한 포화 수증기압보다 크므로, 과냉각 물방울은 증발(a)하여 작아지고, 증발한 수증기가 승화(d)하여 빙정에 달라붙어 빙정이 성장하여 낙하한다. 낙하 도중에 따뜻한 기층에서 녹으면 비가 되어 내린다.

396 ㄱ. $-40^{\circ}\text{C} \sim 0^{\circ}\text{C}$ 사이에서 (과냉각 물방울에 대한 포화 수증기압 - 빙정에 대한 포화 수증기압) > 0이므로 과냉각 물방울에 대한 포화 수증기압이 빙정에 대한 포화 수증기압보다 높다.

ㄴ. 빙정과 과냉각 물방울에 대한 포화 수증기압의 차이가 클수록 빙정이 성장하기 좋으므로, B층에서 빙정이 성장하기 가장 좋은 조건은 온도가 $-20^{\circ}\text{C} \sim -10^{\circ}\text{C}$ 인 경우이다.

바로알기 | ㄷ. (나)는 빙정설을 설명하는 구름이다. 빙정설은 빙정과 과냉각 물방울이 공존하는 B층에서 빙정의 성장을 설명하기에 적합하지만, 빙정만 존재하는 A층에서는 빙정이 성장하지 않는다.

최고 수준 도전 기출

118쪽~119쪽

397 ③ **398** ③ **399** ② **400** ④ **401** ⑤ **402** ①
403 ③ **404** ⑤

397 불포화 공기 덩어리가 상승할 때는 건조 단열 감률로 기온이 낮아지고, 포화 공기 덩어리가 상승할 때는 습윤 단열 감률로 기온이 낮아진다. 포화 공기 덩어리는 수증기가 응결하면서 응결열을 방출하기 때문에 포화 공기 덩어리의 습윤 단열 감률은 불포화 공기 덩어리의 건조 단열 감률보다 작다.

ㄱ. 지표에서 기온이 15°C 인 공기 덩어리는 높이 1 km에서 포화 공기 덩어리의 경우는 기온이 10°C 가 되고, 불포화 공기 덩어리의 경우는 기온이 5°C 가 되어야 한다. 그림에서 높이 1 km에서 (가)는 공기 덩어리의 기온이 7.5°C 이고 (나)는 10°C 인 것으로 보아 (가)는 불포화 공기 덩어리가 상승하다가 포화 상태에 도달하였고, (나)는 지표에서 높이 1 km까지 계속 포화 상태였음을 알 수 있다. 따라서 지표면에서 (가)는 불포화 상태이고 (나)는 포화 상태이므로 지표면에서 상대 습도는 (가)가 (나)보다 낮다.

ㄷ. (가)는 공기 덩어리가 지표면에서 불포화 상태였지만 상승하는 동안 포화 상태에 도달하였고, (나)는 공기 덩어리가 지표면에서 포화 상태로 상승하므로 (가)와 (나) 모두 상승하는 동안 응결열이 방출되는 구간이 있다.

바로알기 | ㄴ. 높이 1 km에서는 (가)와 (나) 두 공기 덩어리 모두 포화 상태이고, 포화 상태에서는 기온과 이슬점이 같으므로, (가)보다 기온이 높은 (나)가 이슬점도 더 높다.

398

높이(m)	기온(°C)	이슬점(°C)
2000	18	10
1500	20	20
1000	25	20
500	27	21
0	30	26

ㄱ. 높이 1500 m에서 기온과 이슬점이 같으므로 포화 상태이고 상대 습도는 100 %이다. 지표에서 기온은 이슬점보다 높아 불포화 상태이므로 상대 습도는 지표보다 높이 1500 m에서 더 높다.

ㄴ. 높이 500 m~1000 m 구간에서 공기는 불포화 상태이고, 기온 감률은 0.4 °C/100 m로 건조 단열 감률(1 °C/100 m)보다 작으므로 대기는 안정하다.

바로알기 | ㄷ. 지표의 공기 덩어리를 강제로 상승시킬 때의 상승 응결 고도는 $125 \times (30^\circ\text{C} - 26^\circ\text{C}) = 125 \times 4 = 500 \text{ m}$ 이다.

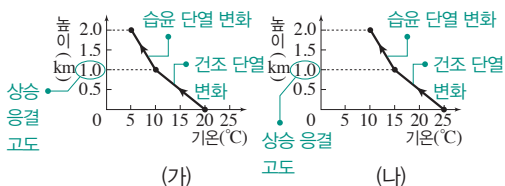
399

ㄷ. A에서 공기 덩어리의 이슬점이 높아진다면 상승 응결 고도가 낮아진다. 불포화 상태인 공기의 이슬점 감률은 약 2 °C/km이고 포화 상태인 공기의 이슬점 감률은 약 5 °C/km이다. 따라서 A 지점에서 기온이 동일하고 이슬점이 높은 공기 덩어리가 이동한다면 A~B 구간에서 이슬점 하강이 커지고 결국 D에서의 이슬점이 현재보다 낮아진다.

바로알기 | ㄱ. A 지점에 위치한 공기 덩어리의 상승 응결 고도는 $125 \times (26^\circ\text{C} - 18^\circ\text{C}) = 1000 \text{ m}$ 이다. 따라서 A 지점에서 B 지점으로 이동하는 동안 높이 1000 m부터 수증기의 응결이 일어났다.

ㄴ. A 지점에서 B 지점으로 이동하는 동안 높이 1000 m까지는 건조 단열 변화를 하고, 1000 m~1200 m에서는 습윤 단열 변화를 하므로 B 지점에서 공기 덩어리의 기온은 15 °C이다. B 지점에서 C 지점까지 공기 덩어리가 하강할 때 기온은 건조 단열 감률(10 °C/km)에 따라 높아지는데 C 지점에서의 기온이 22 °C이므로, 이 구간에서 기온은 7 °C 높아졌다. 따라서 B 지점에서 C 지점까지 높이는 700 m 낮아졌으므로 x는 500 m(=1200 m - 700 m)이다.

400



- (가)와 (나) 모두 높이 1 km 지점에서 단열선의 기울기가 변했다. ➡ 상승 응결 고도가 높이 1 km로 같다.
- 상승 응결 고도가 같으므로 지표면에서의 (기온-이슬점) 값도 같다.

① 지표면에서 공기 덩어리의 온도는 (가)의 경우 20 °C이고, (나)의 경우 25 °C이다.

② 두 공기의 상승 응결 고도가 같으므로 지표면에서의 (기온-이슬점) 값이 같다. 따라서 지표면에서의 기온이 더 높은 (나)의 경우가 이슬점도 더 높다.

③ 상승하는 공기 덩어리의 온도 변화선(단열 변화선)이 건조 단열선에서 습윤 단열선으로 바뀐 높이가 상승 응결 고도이므로, (가)와 (나) 모두 높이 1 km로 같다.

⑤ 상승 응결 고도보다 높은 높이 1 km~2 km 구간에서 상승하는 공기 덩어리는 (가)와 (나)에서 모두 포화 상태이므로 상대 습도는 모두 100 %이다.

바로알기 | ④ 상승 응결 고도에 해당하는 높이 1 km에서의 이슬점은 기온과 같으므로 (가)에서는 10 °C이고 (나)에서는 15 °C이다. 따라서 습윤 단열 감률에 따라 2 km 높이까지 상승하였을 때 이슬점도 (가)의 경우가 (나)의 경우보다 5 °C 낮다.

401

기온선의 기울기가 완만한 것이 높이에 따른 기온의 변화가 크다. 기온 감률이 건조 단열 감률보다 크면 대기는 불안정하고, 기온 감률이 건조 단열 감률보다 작으면 대기는 안정하다.

ㄱ. A는 기온의 변화가 단열 변화보다 크고, C는 기온의 변화가 단열 변화보다 작다. 따라서 A는 C보다 기온 감률이 크다.

ㄴ. B는 위로 가면서 기온이 높아지는 역전층이고, D는 기온 감률이 건조 단열 감률보다 크므로 불안정하다. 따라서 기층이 절대 안정한 B는 대기 오염 물질이 잘 퍼져 나가지 않고, 불안정한 D는 오염 물질이 위아래로 잘 퍼져 나간다.

ㄷ. C와 D의 경계에 있는 불포화 공기 덩어리는 위로 상승시킬 때는 건조 단열 감률로 기온이 변하여 주위 공기보다 기온이 낮으므로 원래 위치로 다시 내려오려고 하며, 아래로 하강시키면 단열 감률로 기온이 변하여 주위 공기보다 기온이 낮아 계속 아래로 하강하려고 한다. 따라서 C와 D의 경계에 있는 공기 덩어리는 위로 상승시킬 때보다 아래로 하강시킬 때 연직 이동이 잘 일어난다.

402

ㄱ. (가)는 기온 감률이 습윤 단열 감률보다 작으므로 기층의 안정도는 절대 안정이다.

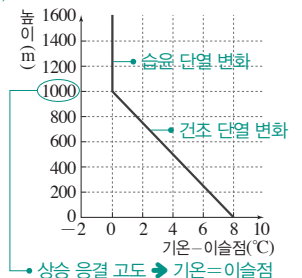
바로알기 | ㄴ. (나)에서 지표 부근의 온도가 높아진 것으로 보아 (가)는 09시, (나)는 14시의 기온 변화이다. 안개는 기온이 이슬점 이하로 낮아지거나 수증기량이 증가하여 생성되므로 (나)의 지표 부근에서는 안개가 생성될 가능성이 거의 없다.

ㄷ. 높이 0.5 km~1 km 구간에서 (가)는 기온 감률이 습윤 단열 감률보다 작고, (나)는 기온 감률이 습윤 단열 감률과 비슷하므로, 이 구간에서 기온 감률은 (나)가 더 크다.

403

상승하는 공기 덩어리 A의 기온(°C)

높이(m)	기온(°C)	이슬점(°C)
0	25.0	25
500	19.8	20
1000	14.5	15
1500	12.1	12.5
2000	9.5	10
2500	7.5	7.5
3000	5.4	



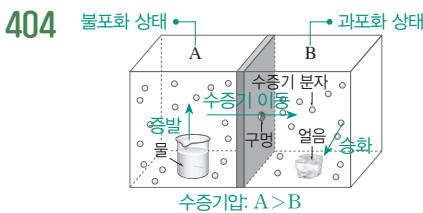
상승하는 공기 덩어리 A의 기온이 주변 공기의 기온과 같아지는 높이 2500 m까지 상승한다.

공기 덩어리는 같은 높이의 주변보다 기온이 높으면 상승하려는 성질이 있고, 기온이 낮으면 하강하려는 성질이 있다. 불포화 상태의 공기 덩어리가 상승할 때는 1 km마다 기온이 약 10 °C씩 낮아지고 이슬점은 약 2 °C씩 낮아진다.

ㄱ. 상승 응결 고도에서는 기온과 이슬점이 같다. 높이 1000 m에서 기온과 이슬점의 차가 0이므로 공기 덩어리 A의 상승 응결 고도는 높이 1000 m이다. 지표면에서 기온이 25 °C인 공기 덩어리 A는 상승 응결 고도인 높이 1000 m까지 건조 단열 변화를 하므로 높이 1000 m에서 A의 기온과 이슬점은 15 °C이다.

ㄴ. 공기 덩어리 A의 상승 응결 고도는 높이 1000 m이므로 높이 1000 m에서 구름이 생성되기 시작하고, 이후 습윤 단열선을 따라 기온이 낮아지면서 주변의 기온과 같아지는 높이 2500 m까지 상승한다. 따라서 이 지역에서는 두께 약 1500 m의 구름이 생성된다.

바로알기 | ㄷ. 기온 감률이 건조 단열 감률보다 크면 절대 불안정 상태이고 기온 감률이 습윤 단열 감률보다 작으면 절대 안정 상태이다. 기온 감률이 습윤 단열 감률보다 크고, 건조 단열 감률보다 작으면 조건부 불안정 상태이다. 높이 2500 m~3000 m 구간의 기온 감률은 4.2 °C/km이므로 습윤 단열 감률보다 작다. 따라서 높이 2500 m~3000 m 구간의 기층은 절대 안정 상태이다.



ㄴ. (가)와 같이 빙정의 성장으로 비가 만들어지는 지역은 과냉각 물방울과 빙정이 공존하는 b층이다.

ㄷ. 포화 수증기압 차이 때문에 과냉각 물방울 주위의 공기는 수증기로 불포화 상태가 된다. 따라서 비커의 물에서는 증발이 일어나 비커의 물은 줄어들고, 반대로 얼음 표면에서는 승화가 일어나 얼음의 크기는 커진다.

바로알기 | ㄱ. 영하의 온도에서 과냉각 물방울은 빙정보다 포화 수증기압이 크다. 따라서 A에서는 증발이 활발하여 수증기량이 많아지고, B에서는 승화가 활발하여 수증기량이 감소하기 때문에 수증기의 이동은 A에서 B 쪽으로 일어난다.

16 대기를 움직이는 힘

빈출 자료 보기

121쪽

405 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × (5) ×

406 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ○ (6) × (7) × (8) ×

405 (2) (가)는 높이에 따른 기압 차 때문에 작용하는 기압 경도력이다. 지표면에서 높이 올라갈수록 기압이 낮아지므로 기압 경도력은 위로 작용한다.

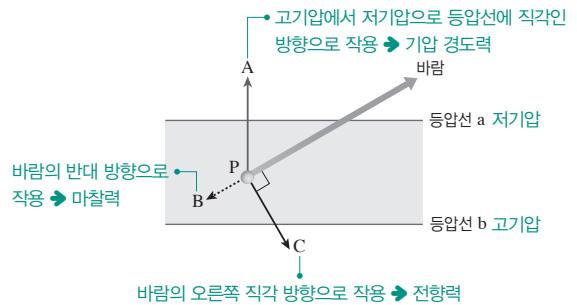
(3) (가)와 (나)는 평형을 이루고 있으므로 크기가 같고 방향이 반대이다.

바로알기 | (1) (가)는 연직 기압 경도력, (나)는 중력이다.

(4) $\Delta P = \rho g \Delta Z$ (ΔP : 기압 차)이므로 ΔZ 가 일정할 때 공기의 밀도(ρ)가 커지면 기압 차는 커진다.

(5) 공기의 밀도가 일정할 때 ΔZ 가 커지면 ΔP 도 커지므로 (가)의 크기는 변하지 않는다.

406



(1) A는 기압 경도력으로, 공기 덩어리를 움직이게 하여 바람을 일으키는 근본적인 힘이다.

(3) C는 전향력으로, 지구 자전으로 나타나는 가상적인 힘이다.

(4) 마찰력(B)과 전향력(C)은 풍속이 빨라지면 증가한다.

(5) 기압 경도력인 A는고기압에서 저기압 쪽으로 작용하므로 등압선 b가 상대적으로 기압이 더 높다.

바로알기 | (2) B는 마찰력으로, 지표면에 가까울수록 크기가 커진다.

(6) 전향력(C)은 정지한 물체와 적도 지방(위도 0°)에서는 작용하지 않는다.

(7) A(기압 경도력)는 모든 바람에 작용하지만, B(마찰력)는 높이 1 km 이상에서는 거의 작용하지 않는다.

(8) C(전향력)는 풍향에 직각 방향으로 작용하는 힘으로, 풍속에는 영향을 주지 않고 풍향만 변화시킨다.

난이도별 필수 기출

122쪽~125쪽

407 ⑤	408 ④	409 1 : 3	410 ③	411 ①	412 ①
413 ②	414 ①	415 ③	416 ⑤	417 ③, ⑥	
418 ③	419 ④	420 ③	421 ③	422 ⑤	423 ③
424 ⑤	425 ④	426 ③	427 ②		

407 ① 기압은 공기의 무게 때문에 나타나는 대기의 압력이다.
 ② 기압의 단위로는 주로 hPa를 사용하고, 1기압의 크기는 약 1013 hPa이다.

③ 공기의 밀도가 지표면에서 위로 갈수록 급격하게 감소하므로 수평 방향보다는 연직 방향의 기압 변화가 더 크다.

④ 같은 높이에서 주위보다 기압이 높은 곳을 고기압이라 하고, 낮은 곳을 저기압이라고 한다.

바로알기 | ⑤ 지표면에서 높이 올라갈수록 공기의 밀도가 크게 감소하여 기압이 급격하게 감소한다.

408 ㄴ. 물은 수은보다 밀도가 약 13.6배 작으므로 같은 기압에서 물기둥의 높이는 수은 기둥의 높이보다 약 13.6배 높아진다.

ㄷ. 대기압에 의해 공기가 수은 표면을 누르는 힘과 유리관 속의 수은 기둥이 누르는 압력이 같아서 수은이 더 내려오지 않는다.

바로알기 | ㄱ. 수은 기둥의 높이는 유리관의 굵기나 기울기와는 무관하다. 따라서 유리관을 기울여도 수은 기둥의 높이는 변하지 않는다.

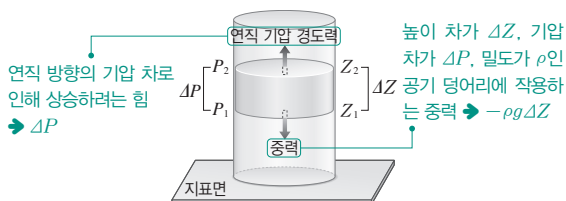
✓ 개념 보충

토리첼리의 실험

토리첼리는 물이 아닌 수은을 가지고 실험을 하였다. 왜냐하면 같은 부피의 수은과 물을 비교했을 때 수은이 물보다 약 13.6배 더 무거우므로 수은 기둥이 올라갈 수 있는 최대 높이 또한 물기둥이 올라갈 수 있는 최대 높이의 $\frac{1}{13.6}$ 정도로 낮기 때문이다. 즉, 물을 이용하여 실험하려면 약 10 m나 되는 긴 관을 사용해야 하지만, 수은을 사용할 경우에는 길이가 1 m인 관으로도 실험이 가능하였다.

409 지표면과 고도 h 에서의 기압 차는 $1000 \text{ hPa} - 750 \text{ hPa} = 250 \text{ hPa}$ 이므로 지표면에서 고도 h 사이의 기압은 250 hPa 이고, 고도 h 에서의 기압은 750 hPa 이다. 지표면에서 고도 h 사이의 공기와 고도 h 위에 있는 공기의 무게비는 기압비에 해당하므로 $250 : 750 = 1 : 3$ 이다.

410

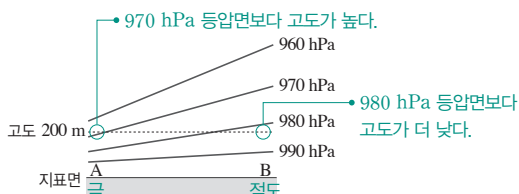


ㄱ. 위쪽으로 작용하는 연직 방향의 기압 차에 의한 힘(연직 기압 경도력)과 아래쪽으로 작용하는 중력이 평형을 이룬 상태를 정역학 평형이라고 한다.

ㄴ. 대기는 정역학 평형 상태에 있으므로 기압 차(ΔP)는 $\Delta P = -\rho g \Delta Z$ (ρ : 공기의 밀도, g : 중력 가속도, ΔZ : 높이 차)이다.

바로알기 | ㄷ. 공기가 정역학 평형을 이루면 연직 방향의 운동은 일어나지 않지만, 수평 기압 경도력에 의해 수평 방향으로의 운동은 일어난다.

411



ㄱ. 저위도 지방에서 고위도 지방으로 갈수록 지표면의 온도가 낮아지면서 등압면의 간격이 좁아진다. 따라서 A는 극지방, B는 적도 지방에 해당한다.

바로알기 | ㄴ. A 지역은 B 지역보다 등압면의 고도가 낮다. 따라서 A 지역의 고도 200 m는 기압이 970 hPa보다 낮고, B 지역의 고도 200 m는 기압이 980 hPa보다 높다.

ㄷ. 상층으로 갈수록 등압면의 기울기가 커지므로 수평 방향의 기압 차이가 커진다.

412 정역학 평형 상태에 있는 공기는 연직 방향의 기압 차에 의한 힘(연직 기압 경도력)과 중력이 평형을 이룬다.

ㄱ. 지표면에서 상층으로 갈수록 기압이 낮아지므로 A 지점의 기압은 B 지점의 기압보다 높다.

바로알기 | ㄴ. 정역학 평형 상태에 있으므로 공기는 연직 방향으로 이동하지 않는다.

ㄷ. 기압 차(ΔP)는 $\Delta P = -\rho g \Delta Z$ (ρ : 공기의 평균 밀도, g : 중력 가속도, ΔZ : 높이 차)이고, 공기의 밀도는 상층으로 갈수록 작아진다. 따라서 A와 B 지점에서 동일한 높이 차(ΔZ)만큼 상층으로 올라갔을 때의 기압 차(ΔP)는 B 지점에서 올라간 경우가 A 지점에서 올라간 경우보다 작다.

413 ① 기압 경도력은 바람을 일으키는 근본적인 힘이다.

③ 기압 경도력은 고기압에서 저기압으로 작용한다.

④, ⑤ 기압 경도력은 두 지점 사이의 기압 차이가 클수록, 등압선의 간격이 좁을수록 크게 작용한다.

바로알기 | ② 기압 경도력은 고도에 관계없이 기압 차이가 존재하면 작용한다.

414 정역학 평형 상태의 공기는 중력과 연직 기압 경도력이 평형을 이루고 있다.

ㄱ. 연직 기압 경도력은 A 방향으로, 중력은 C 방향으로 작용한다.

바로알기 | ㄴ. 정역학 평형 상태의 공기는 연직 방향으로 작용하는 두 힘인 중력과 기압 경도력이 평형을 이루고 있으므로 연직 방향의 운동은 일어나기 어렵다.

ㄷ. 기압 차(ΔP)는 밀도와 높이 차이가 클수록 증가한다. 따라서 밀도가 일정할 때 h 가 증가하면 두 등압면 사이의 기압 차이가 커진다.

415 ㄱ. 기압 경도력은 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용하므로 P 지점에서 기압 경도력은 동쪽으로 작용한다.

ㄷ. 기압 차이가 같을 때, 기압 경도력은 등압선의 간격이 좁을수록 커지고, 풍속은 기압 경도력이 클수록 빠르다. 따라서 풍속은 P보다 Q 지점에서 빠르다.

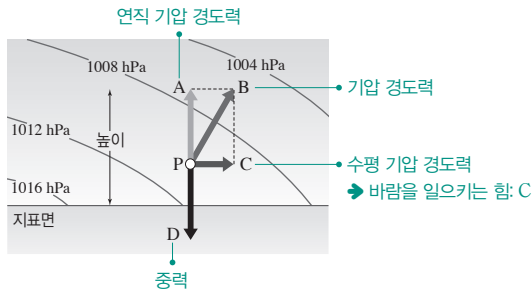
바로알기 | ㄴ. 기압 경도력은 두 지점 사이의 기압 차이가 클수록, 등압선 간격이 좁을수록 증가한다. P와 Q 지점은 기압 차이가 같고 Q 지점에서 등압선 간격이 좁으므로 P보다 Q 지점에서 기압 경도력이 더 크다.

416 ㄱ. 등압선 간격이 일정할 때 기압 경도력은 기압 차에 비례하므로 ΔP 가 클수록 기압 경도력은 커진다.

ㄴ. 기압 경도력은 기압 차에 의해 작용하는 힘이므로 등압선에 직각 방향으로 작용한다.

ㄷ. 기압 차가 같을 때 등압선 간격이 넓을수록 기압 경도력이 작아지므로 풍속은 느려진다.

417



③ 정역학 평형 상태에서는 연직 방향의 운동이 없으므로, 지표면 부근의 공기는 수평 기압 경도력의 방향인 C 방향으로 움직이기 시작한다.

⑥ 지표면이 넓은 지역에 걸쳐 균등하게 가열되거나 냉각되면 등압면은 항상 지표면과 나란하지만, 지표면이 불균등하게 가열되면 등압면이 비스듬해지면서 수평 기압 경도력(C)이 생긴다.

바로알기 | ① 정역학 평형 상태이므로 위쪽으로 작용하는 연직 기압 경도력인 A와 아래쪽으로 작용하는 중력 D는 크기가 같지만, 방향이 서로 반대이다.

② 기압 경도력은 고기압에서 저기압으로 등압선에 직각 방향으로 작용하지만, 연직 기압 경도력(A)은 중력(D)과 상쇄되므로 실제로 바람을 일으키는 힘은 수평 기압 경도력(C)이다.

④ 기압 경도력은 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 등압선에 직각인 방향으로 작용하므로 B는 기압 경도력에 해당하며, 수평 기압 경도력(C)과 연직 기압 경도력(A)으로 분해할 수 있다.

⑤ 기압 경도력(B)의 연직 성분인 연직 기압 경도력(A)과 중력(D)이 평형을 이루기 때문에 공기 덩어리는 연직 방향으로 거의 운동하지 않는다.

⑦ 등압면 간격이 좁아지면 기압 경도력(B)이 커지므로 연직 기압 경도력(A)도 커진다.

418 ㄱ. 공이 휘어진 방향은 공을 던진 방향의 오른쪽이므로 북반구에서 일어나는 상황이다.

ㄴ. 원반의 회전 속도가 빨라지면 공의 궤적이 더 휘어져 보이듯이 전향력도 지구의 자전 속도가 빨라지면 커진다.

바로알기 | ㄷ. 정지해 있는 공이 아닌 던진 공의 궤적이 휘어져 보이듯이 전향력도 지구상의 움직이는 물체에 작용하며, 정지한 물체에는 작용하지 않는다.

419 ㄴ. 정지한 물체는 전향력의 영향을 받지 않는다.

ㄷ. 전향력의 크기는 운동하는 물체의 속력에 비례한다.

바로알기 | ㄱ. 적도 지방은 위도가 0° 이므로 $\sin 0^\circ = 0$ 이 되어 전향력도 0이다.

420 ㄱ. 전향력은 지구 자전에 의해 생기는 가상의 힘으로, 자전하는 지구의 적도를 제외한 모든 곳에서 운동하는 모든 물체에 작용한다. 전향력은 적도에서는 작용하지 않고, 극에서 가장 크게 작용한다.

ㄷ. 전향력이 작용하는 방향은 북반구에서는 운동 방향의 오른쪽 직각 방향, 남반구에서는 운동 방향의 왼쪽 직각 방향이다.

바로알기 | ㄴ. 지구상에서 물체가 운동할 때, 적도를 제외한 모든 곳에서 물체의 운동 방향과 관계 없이 전향력이 작용한다.

421 ㄱ. 기압 경도력은 기압이 높은 곳에서 기압이 낮은 곳으로 등압선에 직각 방향으로 작용하므로, 공기 입자들에 작용하는 기압 경도력의 방향은 동쪽이다.

ㄴ. 공기의 밀도와 등압선 사이의 간격이 같으므로 기압 경도력의 크기도 같다. 따라서 공기 입자들의 이동 속도도 같으므로 작용하는 전향력의 크기는 같다.

바로알기 | ㄷ. 북반구에서 공기 입자들은 기압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로 이동하므로 남쪽으로 이동하고 있다.

422 ㄱ, ㄴ. 원운동의 중심 쪽으로 향하는 A는 구심력, 바깥쪽으로 향하는 B는 원심력이다. 이 두 힘은 크기가 같고 방향이 반대이다.

ㄷ. 질량이 m 인 물체에 작용하는 구심력의 크기는 $\frac{mv^2}{r}$ 이다.

423 ③ 지표면 근처에서 운동하는 공기는 지표면이나 공기 자체의 마찰에 의해 운동을 방해하는 힘, 즉 마찰력을 받는다.

바로알기 | ①, ② 마찰력은 풍향의 반대 방향으로 작용하여 풍속을 감소시킨다.

④ 지표면에서 고도 1 km까지의 대기 경계층에서는 마찰력이 크게 작용하여 풍속과 풍향에 영향을 준다. 하지만 고도 1 km 이상의 자유 대기에서는 마찰력이 거의 영향을 미치지 않는다.

⑤ 마찰력은 등압선의 모양과 관계없이 높이 1 km 이하의 대기에서 작용한다.

424 ㄱ. 기압 경도력은 기압이 높은 곳에서 기압이 낮은 곳으로 등압선에 직각 방향으로 작용한다.

ㄴ. 전향력은 바람이 불어 가는 방향에 대해 북반구에서는 오른쪽 직각 방향으로, 남반구에서는 왼쪽 직각 방향으로 작용한다.

ㄷ. 마찰력은 바람이 불어 가는 방향의 반대 방향으로 작용하여 풍속을 감소시킨다.

425 ㄴ. 전향력은 지구가 자전하기 때문에 나타나는 가상적인 힘으로 운동 방향에 직각으로 작용하면서 풍향을 바꾸는 역할을 한다.

ㄷ. 등압선이 원형일 때에는 공기가 곡선 운동하면서 바람이 불기 때문에 구심력이 작용한다.

바로알기 | ㄱ. 기압 경도력은 두 지점의 기압 차에 비례하고 거리에 반비례한다.

ㄷ. 마찰력은 공기의 운동을 방해하여 풍속을 감소시키는 힘으로 상공으로 갈수록 작아진다.

426 ㄱ. (가)는 전향력으로, 공기 덩어리의 속력이 빠를수록, 고위도로 갈수록 커진다.

ㄴ. (나)는 구심력으로, 회전 속도가 빠를수록, 회전 반지름이 작을수록 커진다.

바로알기 | ㄷ. (다)는 지표면에서 높이 1 km까지의 대기 경계층에서 나타나는 마찰력이다. 마찰력은 대기 경계층에서 크게 작용하여 풍속과 풍향에 영향을 주지만, 높이 1 km 이상의 자유 대기에서는 마찰력이 거의 영향을 미치지 않는다.

427 ㄴ. (나)에서 공기의 이동 방향이 일정한 것은 작용하는 마찰력의 크기가 일정하기 때문이다.

바로알기 | ㄱ. 전향력은 바람의 방향에 대해 직각 방향으로 작용하는데, (가)와 (나)에서 공기의 이동 방향이 달라졌으므로 전향력의 방향도 다르다.

ㄷ. (가)와 (나)에서 등압선의 간격이 같으므로 작용하는 기압 경도력의 크기는 같다.

17 바람의 종류

빈출 자료 보기

128쪽

428 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) ○ (5) ×

429 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) ×

428 (1) 힘 A는 기압 경도력으로, 바람을 일으키는 근원적인 힘이다.
(2) 바람이 등압선에 나란하게 부는 지균풍이다. 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 등압선에 직각 방향으로 작용하는 A는 기압 경도력, 북반구에서 바람의 오른쪽 직각 방향으로 작용하는 B는 전향력이다. 지균풍이 불 때 기압 경도력과 전향력의 크기는 같다.

(3) 등압선 간격이 좁아지면 기압 경도력이 커지므로 풍속이 증가한다. Q 지점은 P 지점보다 등압선 간격이 좁으므로 풍속이 더 빠르다.

(4) 등압선의 간격이 좁아지면 기압 경도력이 커지므로 풍속이 증가하고, 풍속이 증가하면서 전향력(B)도 증가한다.

바로알기 | (5) 기압 경도력(A)이 같을 때, 풍속은 저위도로 갈수록 빠르다.

429 (1) 힘 a는 풍향의 오른쪽 직각 방향으로 작용하는 전향력이고 b는 기압 경도력이다.

(2) 북반구에서 바람이 시계 방향으로 회전하는 고기압성 경도풍이므로 중심으로 갈수록 기압이 높아진다.

바로알기 | (3) 경도풍이 형성될 때까지 기압 경도력(b)은 일정하지만, 풍속이 점차 증가하면서 전향력(a)의 크기는 증가한다.

(4) 고기압성 경도풍이므로 '전향력-기압 경도력=구심력'으로 힘의 평형을 유지한다. 따라서 경도풍이 형성된 후 기압 경도력과 구심력의 크기를 합하면 전향력의 크기와 같다.

(5) 고기압성 경도풍은 마찰력의 영향을 거의 받지 않는 자유 대기에서 부는 바람이다.

난이도별 필수 기출

129쪽~133쪽

430 ①	431 ③	432 ①	433 ①	434 ③, ④, ⑤
435 해설 참조	436 ④	437 ③	438 ④	439 ①
440 ④	441 ①	442 해설 참조	443 ①, ④, ⑧	
444 해설 참조	445 (가)-C, (나)-A, (다)-B	446 ⑤		
447 ①	448 ④	449 ⑤	450 ②, ⑥, ⑧	451 ④
452 ①	453 ⑤	454 ①		

430 ②, ③ 지균풍은 상공에서 등압선이 직선일 때 기압 경도력과 전향력이 평형을 이루며 등압선과 나란하게 부는 바람이다.

④ 지균풍의 풍속은 기압 경도력의 크기에 비례하므로 등압선의 간격이 좁을수록 빠르다.

⑤ 지균풍은 북반구에서는 기압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로 불고, 남반구에서는 기압 경도력의 왼쪽 직각 방향으로 분다.

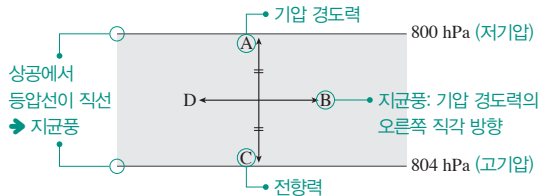
바로알기 | ① 지균폭은 지표로부터 높이 1 km 이상의 자유 대기에서 부는 바람이다.

431 ㄷ, ㄹ. 지균폭은 높이 1 km 이상 상공에서 등압선이 직선일 때 기압 경도력과 전향력이 평형을 이루면서 부는 바람이다.

바로알기 | ㄱ. 구심력은 등압선이 곡선일 때 작용한다.

ㄴ. 마찰력은 높이 1 km 이하에서 작용한다.

432



① A는 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 등압선에 직각 방향으로 작용하므로 기압 경도력에 해당한다.

바로알기 | ②, ④ B는 북반구에서 기압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로 등압선에 나란하게 부는 지균폭의 방향이다.

③ C는 지구의 자전 때문에 나타나는 전향력으로, 기압 경도력과 평형을 이룬다.

⑤ 등압선의 간격이 좁아지면 기압 경도력이 증가하므로 지균폭의 풍속이 빨라진다.

433 ㄱ. 지균폭의 풍속은 기압 경도력이 클수록, 위도가 낮을수록 크다. 그런데 두 지역의 기압 경도력은 같으므로 풍속이 다른 것은 위도가 다르기 때문이다.

바로알기 | ㄴ. 지균폭은 마찰력이 작용하지 않는 상공에서 등압선이 직선일 때 부는 바람이다.

ㄷ. 두 지역에서 공기의 밀도와 등압선의 기압 차, 등압선의 간격이 같으므로 기압 경도력의 크기는 같다.

434 ③ 전향력은 운동하는 물체의 운동 방향을 변화시키는 역할을 한다. 기압 경도력을 받아 운동을 시작하는 공기에는 운동 방향에 대해 직각 방향으로 전향력이 작용하므로 풍향이 연속적으로 변하게 된다.

④ 물체의 운동 속력이 빠를수록 전향력도 커진다. 풍속이 빨라짐에 따라 전향력도 함께 커지며, 기압 경도력과 전향력이 평형을 이루면 등압선에 나란한 지균폭이 분다.

⑤ 지균폭이 형성된 A에서 기압 경도력과 전향력은 평형을 이룬다.

바로알기 | ① 전향력이 지균폭이 불어가는 방향의 오른쪽 직각 방향으로 작용하는 것으로 보아 이 지역은 북반구에 위치한다.

② 기압 경도력은 두 지점의 기압 차에 의해 생기는 힘으로 등압선 간격이 일정하면 기압 경도력은 변하지 않는다.

⑥ 지균폭이 형성되는 동안 전향력의 크기와 방향은 계속 변한다.

⑦ 기압 경도력과 전향력이 평형을 이루면 풍속이 일정한 지균폭이 불게 된다.

435 **모범 답안** 지균폭이 형성되는 과정에서 풍향이 점차 변하고 풍속이 점점 커지므로 전향력의 방향이 변하고 크기도 증가한다.

해설 바람이 불기 시작하면 전향력이 작용하여 풍향이 변한다. 또, 풍속이 점점 가속됨에 따라 전향력의 크기도 커진다.

채점 기준	배점
지균폭 형성 과정에서 풍향과 풍속의 변화로 전향력의 방향과 크기 변화를 옳게 서술한 경우	100 %
풍향과 풍속의 변화 중 한 가지만 포함하여 옳게 서술한 경우	50 %

436 ㄴ, ㄷ. 지균폭은 기압 경도력(힘 A)과 전향력(힘 B)이 평형을 이루어 등압선과 나란히 부는 상공의 바람이다. 지균폭의 풍속은 기압 경도력의 크기에 비례하며, 기압 경도력이 증가하면 전향력도 증가하게 된다. 따라서 Q 지점에서는 P 지점보다 전향력이 더 커지며 지균폭의 풍속도 증가하게 된다.

바로알기 | ㄱ. 기압 경도력은 기압 차에 비례하며, 두 기압이 작용하는 거리에 반비례하는데, Q 지점은 P 지점과 기압 차는 같지만 등압선 사이의 거리는 좁아지므로 기압 경도력이 더 커진다.

ㄹ. 지균폭은 힘 A와 힘 B가 평형을 이루어 부는 바람이므로 등압선에 평행하게 분다. 따라서 P 지점에서의 풍향과 Q 지점에서의 풍향은 서로 같다.

437 ①, ②, ④ 경도풍은 마찰력이 작용하지 않는 상공에서 등압선이 곡선일 때 기압 경도력과 전향력의 차이가 구심력으로 작용하여 부는 바람이다.

⑤ 경도풍은 북반구에서 중심부가 고기압일 때는 시계 방향으로 불고, 저기압일 때는 시계 반대 방향으로 분다.

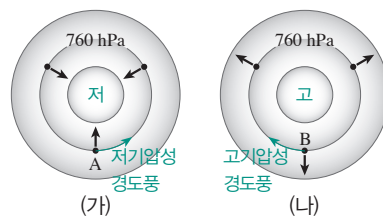
바로알기 | ③ 경도풍은 등압선과 나란하게 분다.

438 ㄴ. 전향력이 바람이 불어가는 방향의 오른쪽 직각 방향으로 작용하므로 북반구에 해당한다.

ㄷ. 경도풍은 마찰력이 작용하지 않는 상공에서 등압선과 나란하게 부는 바람이다.

바로알기 | ㄱ. 기압 경도력이 중심 쪽으로 작용하고 바람이 시계 반대 방향으로 불므로 중심이 주위보다 기압이 낮은 저기압성 경도풍이다.

439



ㄱ. 경도풍이 불 때, 기압 경도력과 전향력의 합력은 등압선에서 원의 중심을 향하는 구심력으로 작용한다.

바로알기 | ㄴ. (나)는 기압 경도력이 바깥쪽을 향하므로 바람은 기압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로, 즉 시계 방향으로 등압선에 나란하게 분다.

ㄷ. 기압 경도력의 방향으로 볼 때 (가)는 저기압성 경도풍이고, (나)는 고기압성 경도풍이다. 기압 경도력이 같을 경우 고기압성 경도풍의 풍속이 저기압성 경도풍의 풍속보다 크다.

440 ① A와 C는 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 등압선에 직각 방향으로 작용하므로 기압 경도력의 방향이다.

② B와 D는 바람이 불어가는 방향의 오른쪽 직각 방향으로 작용하므로 지구 자전 때문에 생기는 전향력의 방향이다.

③ (가)와 (나)의 바람은 기압 경도력의 방향에 대해 오른쪽 직각 방향으로 불어가므로 북반구에서 부는 바람이다.

⑤ (가)와 (나)에 작용하는 기압 경도력의 크기가 같다면 풍속은 지균풍인 (가)가 저기압성 경도풍인 (나)보다 크다.

바로알기 | ④ 경도풍이 불 때 기압 경도력과 전향력의 합력은 구심력으로 작용한다.

441 ① 북반구에서 지상풍은 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용하는 기압 경도력에 대해 오른쪽으로 비스듬히 분다.

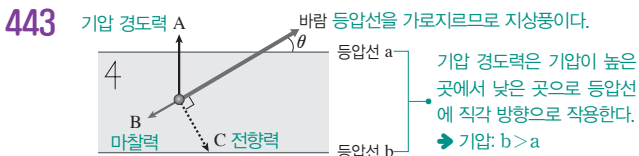
바로알기 | ② 바람은 기압 경도력의 오른쪽으로 등압선에 나란하게 불기 때문에 북반구에서 지균풍이 부는 모습이다.

③ 바람이 기압 경도력에 대해 왼쪽으로 비스듬히 불기 때문에 남반구에서 지상풍이 부는 모습이다.

④, ⑤ 바람은 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 분다.

442 **모범 답안** 지상에서 등압선이 원형일 때, 기압 경도력, 마찰력, 전향력, 구심력이 작용한다.

채점 기준	배점
네 가지 모두 옳게 서술한 경우	100 %
세 가지만 옳게 서술한 경우	50 %



북반구에서 바람은 기압 경도력의 오른쪽으로 불므로 A는 기압 경도력이고, 바람의 반대 방향으로 마찰력이 작용하므로 B는 마찰력이며, 바람의 오른쪽 직각 방향으로 전향력이 작용하므로 C는 전향력이다.

② 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 등압선에 직각 방향으로 작용하는 A는 기압 경도력이다.

③ 이 지역의 바람은 지상풍이다. 지상풍은 마찰력(B)과 전향력(C)의 합력이 기압 경도력(A)과 평형을 이루면서 부는 바람이다.

⑤ 바람이 불어가는 방향의 오른쪽 직각 방향으로 작용하는 전향력(C)은 지구가 자전하기 때문에 나타나는 힘이다.

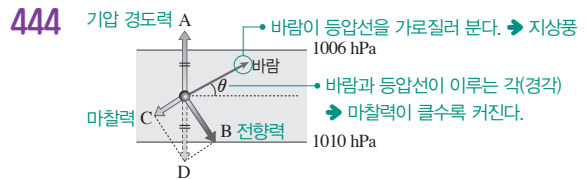
⑥ 북반구에서 바람이 불어가는 방향의 오른쪽 직각 방향으로 작용하는 C는 전향력이다. 전향력은 풍속이 클수록 크다.

⑦ 마찰력(B)의 크기가 커지면 바람과 등압선이 이루는 각(θ)은 커지고, 풍속은 감소하므로 전향력(C)의 크기는 작아진다.

바로알기 | ① 기압 경도력(A)은 고기압에서 저기압 쪽으로 작용하므로 a는 b보다 기압이 낮다.

④ 마찰력(B)이 클수록 풍속이 느려지고 전향력(C)의 크기도 감소하므로 바람과 등압선이 이루는 각 θ 는 커진다.

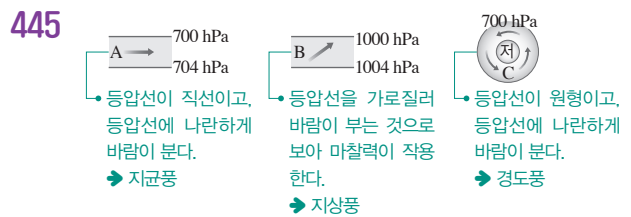
⑧ 지상풍이 불 때는 전향력(C)과 마찰력(B)의 합력이 기압 경도력(A)과 평형을 이루므로, A와 C의 크기는 같지 않다.



모범 답안 풍속은 증가하고, θ 는 감소한다.

해설 기압 경도력인 A와 높이에 따른 등압선 간격이 일정한 상태에서 고도가 높아지면, 마찰력인 C가 작아지므로 풍속은 증가한다. 풍속이 증가하면 전향력인 B가 커지면서 θ 는 작아진다.

채점 기준	배점
풍속과 θ 의 변화를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
풍속과 θ 의 변화 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %



(가) 구심력이 작용하는 바람은 등압선 모양이 곡선일 때 부는 경도풍(C)이다.

(나) 지균풍과 지상풍 중 높이 1 km 이상의 상공에서 부는 바람은 등압선과 나란하게 부는 지균풍(A)이다.

(다) 높이 1 km 이하에서 마찰력이 작용하여 등압선을 가로지려 부는 바람은 지상풍(B)이다.

446 ㄱ. 바람은 마찰력이 없는 경우에 등압선에 나란하게 분다. 바람이 등압선에 대해 비스듬히 부는 것은 마찰력이 작용하기 때문이다. 따라서 (가)와 (나)에서 부는 바람은 모두 마찰력이 작용하는 지표면 근처에서 발생한다.

ㄴ. (가)는 등압선이 직선일 때 지상에서 부는 바람으로, 기압 경도력의 방향에 대해 오른쪽으로 비스듬하게 부는 것으로 보아 북반구에서 부는 바람이다. (나)는 등압선이 원형일 때 지상에서 부는 바람으로, 고기압 중심에서 바람이 시계 반대 방향으로 불어 나가는 것으로 보아 남반구에서 부는 바람이다.

ㄷ. 바람은 기압 차에 의한 기압 경도력에 의해 발생하며, 지구에서 운동하는 모든 물체는 전향력을 받고 있다. (가)와 (나)는 등압선과 경사를 이루고 부는 바람이기 때문에 마찰력이 작용한다. 따라서 두 바람에 공통적으로 작용하는 힘은 기압 경도력, 전향력, 마찰력이다.

447 ㄱ. 고도가 높아질수록 풍향이 점차 시계 방향으로 바뀌는 지역은 북반구에 위치한다.

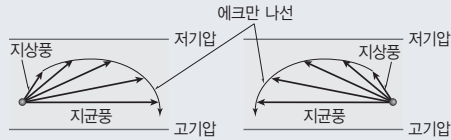
바로알기 | ㄴ. 대기 경계층과 자유 대기의 경계에 해당하는 높이 h 는 약 1 km이다.

ㄷ. 고도가 높아질수록 마찰력이 감소하므로 풍속이 증가한다. 풍속이 빠를수록 전향력은 증가하므로, 고도가 높아질수록 바람에 작용하는 전향력은 강해진다.

448 북반구에서 지상풍은 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 등압선에 대해 오른쪽으로 비스듬히 분다. 고도가 높아짐에 따라 마찰력이 감소하므로 풍속이 증가하며, 바람이 등압선과 이루는 각도가 작아지면 등압선에 나란히 부는 지균폭에 가까워진다.

개념 보충

고도에 따른 풍속 및 풍향 변화



북반구에서의 지상풍과 지균폭 남반구에서의 지상풍과 지균폭

- **지상풍:** 바람의 방향이 등압선을 비스듬히 가로질러 분다.
→ 북반구의 경우 기압 경도력의 오른쪽 방향으로, 남반구의 경우 기압 경도력의 왼쪽 방향으로 바람이 분다.
- **지균폭:** 고도 1 km 이상의 상층 대기에서 등압선이 직선일 때 부는 바람으로 바람의 방향은 등압선과 나란하게 분다.
→ 북반구의 경우 기압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로, 남반구의 경우 기압 경도력의 왼쪽 직각 방향으로 지균폭이 분다.
- **북반구에서 고도에 따른 풍향 변화:** 고도가 높아짐에 따라 풍향이 시계 방향으로 바뀐다.
- **남반구에서 고도에 따른 풍향 변화:** 고도가 높아짐에 따라 풍향이 시계 반대 방향으로 바뀐다.

449 ㄱ. 등압선이 원형인 경우에는 구심력이 작용하여 등압선에 나란하게 원운동하는 바람이 발생한다.

ㄴ. A~C에서 부는 바람은 5 km 높이 이상의 상공에서 부는 바람이므로 모두 마찰력이 작용하지 않는다.

ㄷ. C는 등압선이 직선이고 상층이므로 이곳에서 발생하는 바람은 지균폭이다. 따라서 기압 경도력과 전향력이 평형을 이루고 있다.

450 ① (가)는 지상 일기도이므로 바람이 등압선을 가로질러 불고, (나)는 상층 일기도이므로 바람이 등고선과 나란하게 분다.

③ (나)의 상층 일기도에서는 등고선의 간격이 좁을수록 풍속이 빠르다.

④ 상층 일기도는 등압면의 고도를 측정하여 값이 같은 지점을 등고선으로 나타낸 일기도이다. 따라서 (나)의 숫자는 고도를 의미하며, 고도가 낮은 지점은 저기압이고, 고도가 높은 지점은 고기압이다.

⑤ A는 주위보다 기압이 낮은 저기압이고, 지표 부근이므로 바람이 A를 향해 시계 반대 방향으로 불어 들어간다.

⑦ 등압선이 원형인 경우에는 구심력이 작용하여 바람이 원운동하도록 한다. (가)는 지상에서 부는 바람이므로 등압선이 곡선일 때 기압 경도력, 전향력, 마찰력, 구심력이 작용하여 바람이 불고, (나)는 상층에서 부는 바람이므로 등압선이 곡선일 때 기압 경도력, 전향력, 구심력이 평형을 이루어 나타난다.

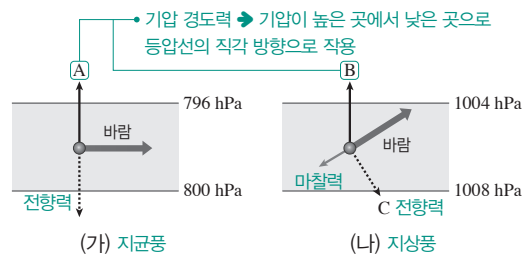
⑨ 기압 경도력이 같다면, (가)보다 마찰력이 거의 작용하지 않는 (나)에서 풍속이 더 빠르다.

바로알기 | ② (가)는 지상 일기도로, 등압선 간격이 좁을수록 기압 경도력이 크다.

⑥ B에서는 기압 경도력이 북동쪽으로 작용하고 있으므로 바람은 오른쪽 직각 방향인 남동쪽으로 분다. 바람은 불어오는 쪽이 기준이므로 B에서는 북서풍이 분다.

⑧ (가)는 지표 부근의 바람이므로 마찰력이 작용하기 때문에 바람이 등압선에 비스듬하게 불고, (나)는 마찰력이 없는 상공이므로 바람이 등압면의 등고선과 나란하게 분다.

451



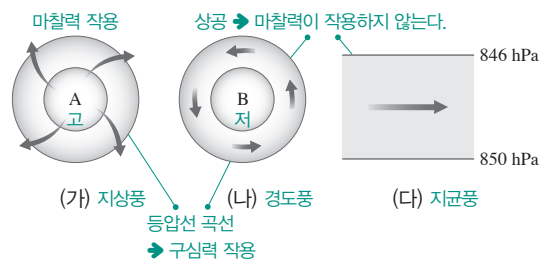
④ 공기의 밀도와 등압선 사이의 간격, 기압 차가 같으므로 (가)와 (나)에서 기압 경도력의 크기가 같다. 따라서 풍속은 마찰력이 작용하지 않는 (가)가 (나)보다 크다.

바로알기 | ①, ② 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 등압선에 직각 방향으로 작용하는 힘 A와 B는 기압 경도력이다.

③ 힘 C는 바람의 방향에 대해 오른쪽 직각 방향으로 작용하므로 지구의 자전으로 인한 전향력이다.

⑤ (가)는 바람이 등압선과 나란하게 부는 것으로 보아 마찰력이 작용하지 않는 상공에서 부는 바람이다. (나)는 바람이 등압선을 가로질러 부는 것으로 보아 마찰력이 작용하는 지상에서 부는 바람이다.

452



ㄱ. 북반구에서 A는 바람이 시계 방향으로 불어 나가므로 고기압이고, B는 시계 반대 방향으로 등압선과 나란하게 회전하므로 저기압이다.

ㄴ. (가)는 지상에서 등압선을 가로지르며 부는 바람인 지상풍을, (나)는 상층에서 등압선에 나란하게 부는 바람인 경도풍을 나타낸 것이다. 따라서 바람이 부는 고도는 (가)가 (나)보다 낮다.

바로알기 | ㄷ. (나)의 경도풍과 (다)의 지균폭은 모두 마찰력의 영향을 받지 않는 상층에서 부는 바람이다.

ㄹ. 등압선이 곡선인 (가)와 (나)에서는 모두 구심력이 작용한다.

453

ㄴ, ㄷ, ㄹ. 기압 경도력과 풍속은 두 등압선의 기압 차에 비례하고 공기의 밀도에 반비례한다. 따라서 상공으로 갈수록 공기의 밀도가 감소하므로 기압 경도력과 풍속이 증가하게 되고 이에 따라 전향력도 증가한다. 또한 상공으로 갈수록 지표면과의 마찰력이 감소하므로 풍속은 더 강해진다.

바로알기 | ㄱ. 상공으로 갈수록 지표면과 멀어지므로 마찰력이 감소한다.

454

ㄱ. 기압 경도력은 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용하므로 A에서는 북쪽을 향하고, 북반구 지상이므로 바람은 마찰력의 영향을 받아 기압 경도력에 대해 오른쪽으로 비스듬하게 불므로 남서풍이 분다.

바로알기 | ㄴ. 기압 경도력은 고기압에서 저기압 쪽으로 등압선에 직각 방향으로 작용하므로 기압 경도력의 방향은 A와 B 모두 북쪽으로 같다.

ㄷ. 고도가 높아질수록 공기에 작용하는 마찰력이 감소하므로 등압선과 바람이 이루는 각은 점차 작아져 풍향이 등압선에 나란해진다.

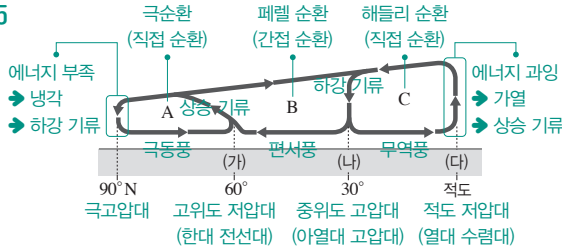
빈출 자료 보기

136쪽

455 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × (5) ○ (6) ×

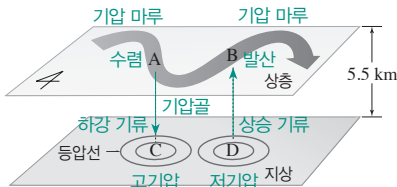
456 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ○

455



- (1) 해수의 순환과 더불어 대기 대순환은 위도에 따른 에너지의 불균형 때문에 발생한다.
- (3) 해들리 순환(C)과 극순환(A)은 온도 차에 의해 일어나는 열적 순환인 직접 순환에 해당하고, 페렐 순환(B)은 열적 순환과 관련이 없이 두 직접 순환 사이에서 역학적으로 만들어지는 간접 순환에 해당한다.
- (5) 대기 대순환에 의해 지표면 근처에서는 극에서 위도 60°로 극동풍이 불고, 위도 30°에서 위도 60°로 편서풍이 불며, 위도 30°에서 적도로 무역풍이 분다. 따라서 C 순환에 의해 지표면 근처에서는 무역풍이 분다.
- 바로알기 |** (2) A는 극에서 하강하여 저위도로 이동한 다음 위도 60°에서 상승하는 극순환이다. B는 위도 30°에서 하강하여 고위도로 이동한 다음 위도 60°에서 상승하는 페렐 순환이다. C는 적도에서 상승하여 위도 30°에서 하강한 다음 다시 적도로 되돌아오는 해들리 순환이다.
- (4) 북반구 중위도 상공(30°N)에서 하강한 공기의 일부가 고위도 쪽으로 이동하여 위도 60°N에서 상승하면서 페렐 순환(B)이 형성된다. 페렐 순환(B)이 형성되는 지상에서는 편서풍이 분다.
- (6) (가) 위도 60° 부근에서는 극동풍과 편서풍이 만나 한대 전선대(고위도 저압대)가 형성된다. (나) 위도 30° 부근에서는 하강 기류에 의해 지상에 아열대 고압대(중위도 고압대)가 형성된다. (다) 적도 부근은 북동 무역풍과 남동 무역풍이 수렴하여 열대 수렴대(적도 저압대)가 형성된다.

456



- (1) 기압 마루에서 기압 골 쪽으로 가면서 저기압성 경도풍에 가까워지므로 편서풍의 풍속은 느려진다.
- (3), (4) 상층의 편서풍 파동에서 기압골의 서쪽(A)에서는 공기가 수렴하므로 하강 기류가 형성되어 지상에 고기압이 발달하고, 기압골의 동쪽(B)에서는 공기가 발산하므로 상승 기류가 형성되어 지상에 저기압이 발달한다.
- (5) C, D의 기압은 편서풍 파동을 따라 서에서 동으로 이동한다.
- 바로알기 |** (2) 상층에서 공기의 수렴은 상층 공기의 하강을 유도한다.

137쪽~142쪽

457 ①	458 ③	459 ④	460 ②	461 해설 참조
462 ②, ⑥	463 ③	464 해설 참조	465 해설 참조	
466 ③	467 ②	468 ⑤	469 ③	470 ②
471 (나) → (가) → (다) → (라)	472 ④	473 ④	474 ①	
475 ⑤	476 ⑤	477 해설 참조	478 ②	479 ①
480 해설 참조	481 ②	482 ②	483 ⑥, ⑦, ⑩	
484 ①	485 ⑤	486 ④		

457 ㄱ. 단위넓이가 받는 태양 복사 에너지량은 대기권 밖에서 태양 빛의 고도가 높은 C에서 가장 많다.

바로알기 | ㄴ. 단위넓이에서 복사 에너지의 (흡수량-방출량) 값은 태양 빛이 비스듬히 입사하는 B가 수직에 가까운 각도로 입사하는 D보다 작다.

ㄷ. 대기와 해수의 순환에 따른 에너지의 이동 방향은 에너지가 남는 D에서 에너지가 부족한 B 방향이다.

458 지구에 흡수되는 태양 복사 에너지와 방출되는 지구 복사 에너지의 양은 같다.

ㄱ. 적도에서는 태양 복사 에너지의 흡수량이 지구 복사 에너지의 방출량보다 많고, 극에서는 지구 복사 에너지의 방출량이 태양 복사 에너지의 흡수량보다 많다. 따라서 A는 태양 복사 에너지의 흡수량이고, B는 지구 복사 에너지의 방출량이다.

ㄷ. 지구가 흡수하는 태양 복사 에너지의 양은 A이고 지구가 방출하는 지구 복사 에너지의 양은 B인데 두 양은 서로 같다.

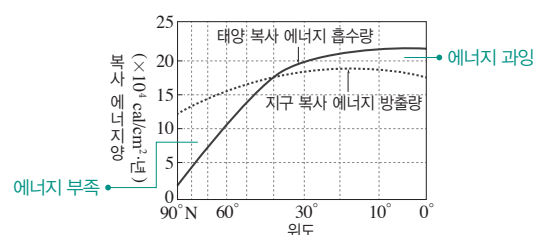
바로알기 | ㄴ. A의 양은 지구가 흡수한 태양 복사 에너지의 양이다. $\pi R^2 S$ 는 지구에 입사한 총 태양 복사 에너지의 양으로, 이 양의 70%가 지구가 흡수한 태양 복사 에너지인 A가 된다.

459 ㄴ. 행성 전체가 단위 시간 동안 받는 태양 복사 에너지량은 '태양 상수 × 행성의 단면적'이므로 행성 A와 B가 단위 시간 동안 받는 태양 복사 에너지량은 각각 $4S \times \pi R^2$ 와 $S \times \pi (2R)^2$ 이므로 두 양은 같다.

ㄷ. 태양 상수는 A가 B의 4배이므로, 행성의 단위넓이당 단위 시간 동안 받는 평균 태양 복사 에너지량은 A가 B의 4배이다.

바로알기 | ㄱ. 태양으로부터 거리가 멀어짐에 따라 동일한 면적이 받는 에너지량은 거리의 제곱에 반비례한다. 따라서 행성 B의 태양 상수를 S라고 하면 행성 A의 태양 상수는 4S이다. 따라서 행성의 태양 상수는 A가 B의 4배이다.

460



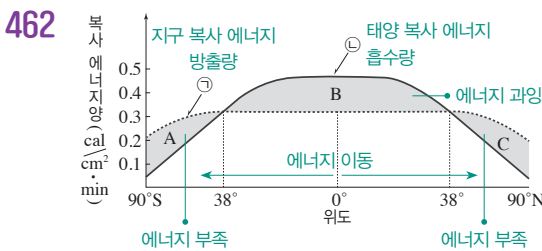
- ① 저위도는 에너지 과잉, 고위도는 에너지 부족이 나타난다.
 ③, ⑤ 부족한 에너지량과 남은 에너지량이 거의 같아 저위도의 남은 에너지가 고위도의 부족한 에너지를 채운다. 이때 대기와 해수의 순환으로 에너지가 수송되어 위도별 에너지 불균형을 해소한다.
 ④ 지구가 구형이므로 고위도로 갈수록 단위넓이당 태양 복사 에너지의 입사량이 감소한다.

바로알기 | ② 고위도 지역은 저위도 지역에서 에너지가 공급되므로 기온이 계속 내려가지 않고 일정하게 유지된다.

461 **모범 답안** 적도 지방의 연평균 기온은 현재보다 높아지고, 극지방의 연평균 기온은 현재보다 낮아질 것이다.

해설 대기와 해수의 순환을 통해 저위도의 과잉 에너지는 고위도로 이동하여 적도 지방과 극지방 모두 현재 연평균 기온이 거의 일정하게 유지된다. 따라서 만약 대기와 해수의 순환을 통한 에너지 수송 과정이 발생하지 않는다면 적도 지방과 극지방의 기온 차가 점점 더 커질 것이다.

채점 기준	배점
적도 지방과 극지방의 기온 변화를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
적도 지방과 극지방 중 한 곳의 기온 변화만 옳게 서술한 경우	50 %



② A와 C는 고위도 지역의 에너지 부족량이고, B는 저위도 지역의 에너지 과잉량이다. 지구는 위도별로 태양 복사 에너지 흡수량과 지구 복사 에너지 방출량이 같지 않아 에너지 불균형이 나타나지만 전 지구적으로는 복사 평형을 이루고 있다. 따라서 저위도 지역의 에너지 과잉량(B)과 고위도 지역의 에너지 부족량(A+C)은 같다.

⑥ 저위도 지역은 에너지 과잉이고, 고위도 지역은 에너지 부족 상태이므로 대기와 해수의 순환을 통해 저위도의 과잉 에너지를 고위도로 운반한다.

바로알기 | ① 위도 약 38°보다 저위도 지역은 태양 복사 에너지 흡수량이 지구 복사 에너지 방출량보다 많고, 위도 약 38°보다 고위도 지역은 지구 복사 에너지 방출량이 태양 복사 에너지 흡수량보다 많다. 따라서 ㉠은 지구 복사 에너지 방출량, ㉡은 태양 복사 에너지 흡수량이다.

다른 풀이 | ① 지구가 둥글기 때문에 흡수되는 태양 복사 에너지량은 위도에 따라 달라지지만, 지구에서 방출되는 지구 복사 에너지량은 위도에 따른 차이가 크지 않다. 따라서 ㉠은 지구 복사 에너지 방출량, ㉡은 태양 복사 에너지 흡수량이다.

③ A는 지구 복사 에너지 방출량에서 태양 복사 에너지 흡수량을 뺀 에너지양으로 에너지 부족을, B는 태양 복사 에너지 흡수량에서 지구 복사 에너지 방출량을 뺀 에너지양으로 에너지 과잉을 나타낸다.

④ 위도 약 38°보다 고위도에서는 지구 복사 에너지 방출량이 태양 복사 에너지 흡수량보다 많다.

⑤ 위도 약 38°에서는 태양 복사 에너지 흡수량과 지구 복사 에너지 방출량이 같으므로 에너지 출입이 균형을 이루고 있다. 그러나 위도 약

38°보다 저위도에서는 태양 복사 에너지 흡수량이 지구 복사 에너지 방출량보다 많고, 고위도에서는 지구 복사 에너지 방출량이 태양 복사 에너지 흡수량보다 많으므로 에너지 출입이 균형을 이루고 있지 않다. 따라서 모든 위도에서 에너지 출입이 균형을 이루는 것은 아니다.

⑦ 위도 약 38°에서는 태양 복사 에너지 흡수량과 지구 복사 에너지 방출량이 같다. 위도 약 38°보다 저위도의 과잉 에너지는 위도 약 38°를 거쳐 에너지가 부족한 고위도로 수송되므로 에너지의 이동량은 위도 약 38°에서 가장 많다.

463 A는 위도 60°N~극 사이에서 형성된 극순환으로, 극 지역에서는 찬 지표에 의해 온도가 낮아져 공기가 하강하고 이 공기는 지표에서 적도 쪽으로 향하면서 전향력에 의해 휘어져 극동풍이 분다.

B는 위도 30°N~60°N 사이에서 형성된 페렐 순환으로, 위도 30°N에서 하강한 공기 중의 일부는 극 쪽으로 향하며 전향력에 의해 동쪽으로 전향하여 편서풍이 분다.

C는 적도~위도 30°N 사이에서 형성된 해들리 순환으로, 적도 부근에서 가열된 공기가 상승하여 고위도 쪽으로 이동하다가 냉각과 전향력의 영향으로 위도 30°N 부근에서 하강하여 적도 부근으로 이동하면서 전향력에 의해 휘어져 북동 무역풍이 분다.

464 **모범 답안** 위도에 따른 에너지의 불균형에 의해 대기 대순환이 발생하고, 지구의 자전에 의해 3개의 순환 세포가 형성된다.

해설 지구가 자전하지 않을 때에는 열대류에 의해 적도와 극 사이에 1개의 순환 세포가 형성되지만, 지구가 자전할 때에는 열대류와 전향력에 의해 적도와 극 사이에 3개의 순환 세포가 형성된다.

채점 기준	배점
대기 대순환이 발생하는 원인과 3개의 순환 세포가 형성되는 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
대기 대순환이 발생하는 원인과 3개의 순환 세포가 형성되는 까닭 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

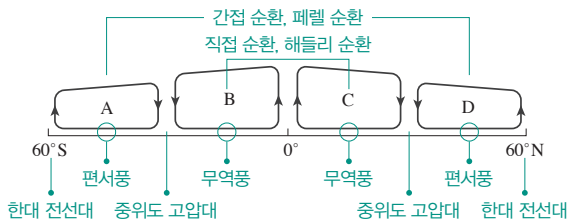
465 **모범 답안** A와 C, (나)에서는 하강 기류가 발달하여 고압대가 형성되므로 건조한 기후가 형성되어 사막이 잘 발달한다.

해설 직접 순환은 해들리 순환(C), 극순환(A)처럼 고온에서 상승하여 저온에서 하강하는 열대류의 원리로 발생하는 순환이고, 간접 순환은 페렐 순환(B)처럼 두 직접 순환 사이에서 역학적으로 만들어지는 순환이다.

채점 기준	배점
직접 순환에 해당하는 것을 옳게 쓰고, 사막이 잘 발달하는 지역을 기압 분포와 연관지어 옳게 서술한 경우	100 %
사막이 잘 발달하는 지역을 기압 분포와 연관지어 옳게 서술한 경우	80 %
직접 순환과 사막이 잘 발달하는 지역만 옳게 쓴 경우	40 %
직접 순환만 옳게 쓴 경우	20 %
사막이 잘 발달하는 지역만 옳게 쓴 경우	20 %

466 ㄱ, ㄴ. 지구가 자전하지 않는다면 단순히 적도 지역에서 가열된 공기가 상승하여 북쪽으로 이동하고, 극 지역에서 냉각된 공기는 하강하여 남쪽으로 이동하면서 순환이 일어난다. 따라서 북반구 지상에서는 북풍이 분다.

바로알기 | ㄷ. 지구가 자전하지 않는 경우에도 열대류 순환이 일어나므로 저위도의 에너지가 고위도로 수송된다.

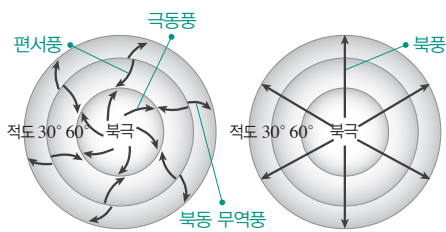


ㄴ. A와 D의 지상에서는 위도 30°에서 하강한 공기가 위도 60° 쪽으로 이동하다가 휘어져 편서풍이 분다. B와 C의 지상에서는 위도 30°에서 하강한 공기가 적도 쪽으로 이동하여 무역풍이 분다. 따라서 A와 D의 지상에서는 주로 서풍 계열의 바람이 불고, B와 C의 지상에서는 주로 동풍 계열의 바람이 분다.

바로알기 | ㄱ. 페렐 순환은 위도 30°의 중위도 고압대에서 공기가 하강하고 위도 60°의 한대 전선대에서 공기가 상승하여 형성되는 간접 순환이다. A와 D는 간접 순환이고, B와 C는 직접 순환이다.

ㄷ. 한대 전선대는 위도 60° 부근에서 형성된다. C와 D의 경계 부근에서는 중위도 고압대가 형성된다.

468



(가) 지구가 자전할 경우 (나) 지구가 자전하지 않을 경우

ㄱ. (가)에서 적도~위도 30° 사이에서는 무역풍이 불고, 위도 30°~60° 사이에서는 편서풍이 불며, 위도 60°~90° 사이에서는 극동풍이 분다. 따라서 지구가 자전하는 경우에 해당하며, 이때 지구의 풍계는 3개로 나뉜다.

ㄴ. (나)는 지구가 자전하지 않아 1개의 풍계가 나타난 것이다. 이때 지상에서는 북극 지역에서 하강한 공기가 적도 쪽으로 이동하며 북풍 계열의 바람이 분다.

ㄷ. (가)와 (나) 모두 북극에서는 찬 지표면의 냉각으로 하강 기류가 나타난다.

469 저위도에 형성된 A와 B는 해들리 순환, 중위도에 형성된 C는 페렐 순환이다.

ㄱ. A는 저위도에 존재하는 해들리 순환으로 지상에는 무역풍이 분다. ㄷ. 해들리 순환인 B와 페렐 순환인 C의 경계는 중위도 고압대로 하강 기류가 발달하여 증발량이 강수량보다 많다.

바로알기 | ㄴ. 한대 전선대는 극순환과 페렐 순환의 경계인 위도 60° 부근에 형성된다.

470 ① 편서풍 파동은 중위도 상층 일기도의 등고선이 파동의 형태로 나타나는 것이다.

③ 편서풍 파동은 중위도의 상공에서 공기가 남북으로 굽이치면서 서쪽에서 동쪽으로 흐르는 파동을 의미한다.

④ 편서풍 파동의 발생 원인은 저위도와 고위도 간의 기온 차와 지구 자전에 의한 전향력이다.

⑤ 편서풍 파동을 통해 저위도에서 남는 에너지가 고위도로 운반된다.

바로알기 | ② 편서풍 파동은 중위도 지역의 상층에서 나타난다.

471 (나)는 편서풍 파동의 진폭이 크지 않은 단계이다. 편서풍 파동이 발달하기 시작하면 (가) 단계를 거쳐 (다)와 같이 성장한다. (라)에서는 파동의 일부가 분리되면서 편서풍 파동의 진폭이 작아진다. 따라서 편서풍 파동의 생성 과정을 순서대로 나열하면 (나) → (가) → (다) → (라)이다.

개념 보충

편서풍 파동의 형성 과정

- ① 편서풍 파동의 진폭이 작을 때는 중위도에서 남북 방향의 열 교환이 거의 일어나지 않기 때문에 남북 간의 온도 차이가 점차 커진다.
- ② 남북 간의 온도 차이가 어느 한계를 넘어서면 편서풍 파동이 발달하기 시작한다.
- ③ 편서풍 파동이 성장하여 남북 간의 온도 차이가 줄어든다.
- ④ 파동의 일부가 분리되면서 편서풍 파동의 진폭이 작아지고, 파동에서 떨어져 나온 찬 공기가 남쪽으로 내려와 저기압을 형성한다.

472 ㄴ. 편서풍 파동의 기압골 서쪽에 위치한 B에서는 공기가 수렴하여 하강 기류가 나타나므로 지상에 고기압이 발달한다.

ㄷ. 편서풍 파동의 기압골 동쪽에 위치한 D에서는 공기가 발산하면서 강한 상승 기류를 일으키므로 지상에 중위도 저기압이 발달한다.

바로알기 | ㄱ. 편서풍 파동에서 A는 기압 마루이고, C는 기압골에 해당한다.

473 ㄴ. A에는 시계 반대 방향의 저기압성 소용돌이가, B에는 시계 방향의 고기압성 소용돌이가 발달한다.

ㄷ. 편서풍 파동은 남북 간에 열을 운반하는 역할을 한다.

바로알기 | ㄱ. 지상에 하강 기류가 발달하는 곳은 편서풍 파동의 기압골 서쪽에 위치한 b이다. 기압골의 동쪽에 위치한 a에서는 상승 기류가 발달한다.

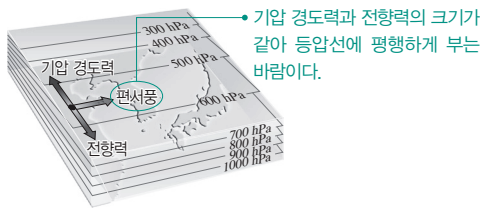
474



ㄱ. 실온의 물은 중위도 지방의 공기, 얼음물은 극지방의 공기, 뜨거운 물은 적도 지방의 공기에 해당한다.

바로알기 | ㄴ. 회전하지 않는 A에서는 전향력에 해당하는 효과가 나타나지 않으므로 편서풍 파동에 해당하는 흐름이 나타나지 않는다. A에서는 물이 외벽 쪽에서 가열에 의해 상승하고 내벽 쪽에서 냉각에 의해 하강하여 열적 순환이 형성되므로 해들리 순환에 해당하는 흐름이 관찰된다.

ㄷ. 얼음물과 뜨거운 물의 위치를 바꾸면 중간 원통의 바깥쪽에서 물이 하강하고 안쪽에서 상승하는 대류가 형성되고, 회전 원통을 회전시키면 파동이 나타난다.



- 상층의 기온: 고위도 < 저위도
- 고도에 따른 등압면 간격: 고위도 < 저위도
- 상층의 기압: 고위도 < 저위도
- 기압 경도력이 작용하는 방향: 저위도 → 고위도

⑤ 따뜻한 남쪽과 차가운 북쪽의 온도 차이는 남북의 기압 차이를 만들고, 이에 따라 고도가 높아질수록 상층에서 나타나는 편서풍의 풍속이 증가하게 된다. 하지만 성층권에서는 오히려 북쪽이 남쪽보다 더 따뜻해지기 때문에 상층의 편서풍은 대류권 계면 부근에서 풍속이 최대가 된다.

바로알기 | ① 공기가 냉각되면 등압면 간격이 좁아진다.

- ② 상공에서 부는 편서풍은 마찰력이 작용하지 않는 지균풍이다.
- ③ 고도가 높아질수록 남북 간의 기압 차이는 증가한다.
- ④ 같은 높이의 상공에서 적도 쪽은 기온이 높아 공기의 밀도가 작으므로 극 쪽보다 기압이 높다.

476

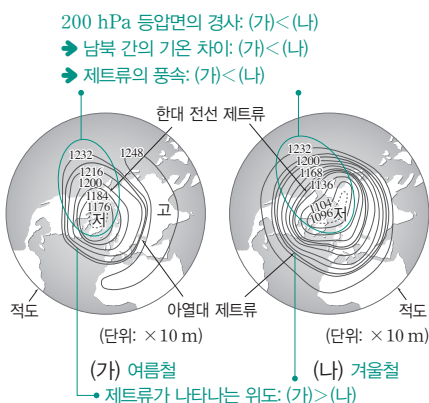
- ① 제트류의 생성 원인은 남북 간의 기온 차이이다
 - ② 제트류는 편서풍 파동과 마찬가지로 중위도 저기압의 발달에 영향을 미친다.
 - ③ 제트류는 여름철보다 겨울철에 저위도 지역에서 나타나며 풍속이 강하다.
 - ④ 제트류는 편서풍 파동 내에서 주위보다 풍속이 매우 강한 흐름이다.
- 바로알기** | ⑤ 제트류는 대류권 계면 부근에서 풍속이 최대가 된다.

477

모범 답안 A: 한대 전선 제트류, B: 아열대 제트류, 한대 전선 제트류(A)는 여름철보다 겨울철에 더 저위도 지역에서 나타나며, 여름철보다 겨울철에 풍속이 더 빠르다.

채점 기준	배점
A와 B를 모두 옳게 쓰고, 계절에 따른 A의 위치와 풍속을 모두 옳게 비교하여 서술한 경우	100 %
A와 B만 옳게 쓴 경우	40 %
계절에 따른 A의 위치와 풍속만 모두 옳게 비교한 경우	60 %
A와 B 중 한 가지만 옳게 쓴 경우	20 %
계절에 따른 A의 위치와 풍속 중 한 가지만 옳게 비교한 경우	30 %

478

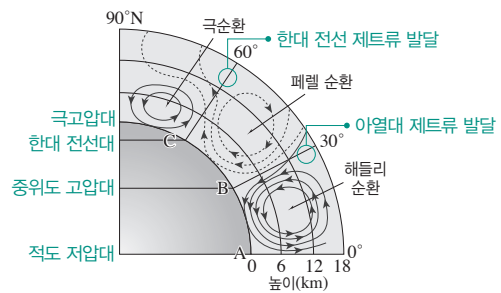


ㄴ. 등압면의 경사는 (가)보다 (나)가 크므로 기압 경도력은 (가)보다 (나)가 더 크다. 따라서 한대 전선 제트류의 평균 풍속은 (가)보다 (나)가 더 빠르다. 남북 방향의 온도 차이가 큰 겨울철이 여름철보다 한대 전선 제트류의 평균 풍속이 빠르다.

바로알기 | ㄱ. 제트류는 여름철보다 겨울철에 저위도까지 내려오므로 (가)는 여름철, (나)는 겨울철에 관측한 모습이다.

ㄷ. 그림에서 기압 경도력이 북쪽으로 작용하므로 아열대 제트류는 동쪽으로 분다. 아열대 제트류는 해들리 순환에 의한 따뜻한 공기와 페렐 순환에 의한 찬 공기가 만나는 위도 30° 부근의 대류권 계면 부근에서 동쪽으로 흐르는 서풍 계열의 바람이다.

479



② A 지역은 상승 기류가 발달한 적도 저압대(열대 수렴대)이다. 저압대에서는 구름이 잘 발생하므로 강수량이 많다.

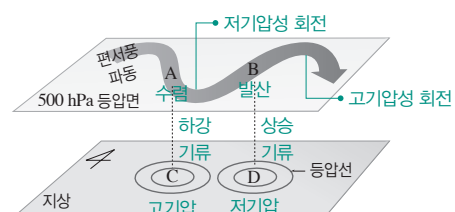
③ B 지역은 중위도 고압대(아열대 고압대)로, 하강 기류가 발달하여 구름이 잘 소멸하므로 증발량이 많고 강수량은 적다.

④ C 지역은 한대 전선대로, 상공에는 한대 전선 제트류가 발달한다.

⑤ 중위도 지역에서 일어나는 B에서 C로의 열에너지 수송은 주로 편서풍 파동에 의해 일어난다.

바로알기 | ① A와 B 사이의 지표면에서는 고압대인 B에서 저압대인 A로 공기가 이동하다가 전향력 때문에 오른쪽으로 편향되어 무역풍이 분다.

480



모범 답안 A 지점에서는 공기가 수렴하면서 하강 기류가 발달하여 지상의 C 지점에는 고기압이 형성된다. B 지점에서는 공기가 발산하면서 상승 기류가 발달하여 지상의 D 지점에는 저기압이 형성된다.

채점 기준	배점
A와 B 지점에서 공기의 수렴 및 발산과 C와 D 지점에 형성되는 기압을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
A와 B 지점에서 일어나는 공기의 수렴 및 발산만 옳게 서술한 경우	50 %
C와 D 지점에 형성되는 기압만 옳게 서술한 경우	50 %

481

ㄴ. A 지점에서 부는 바람은 저기압성 경도풍으로 기압 경도력과 전향력의 차이가 구심력으로 작용하여 등압선과 나란하게 바람이 분다(기압 경도력 - 전향력 = 구심력). 따라서 기압 경도력이 전향력보다 크다.

바로알기 | ㄱ. 500 hPa 등압면에서 남쪽은 고기압이 되고, 북쪽은 저기압이 되어 기압 경도력은 북쪽으로 작용한다.

ㄷ. 기압 경도력이 남에서 북으로 작용하여 서풍 계열의 바람이 분다.

482 공기가 기압 마루에서 기압골로 이동하면 속도가 줄어들어 공기의 수렴이 일어나고 지상에 고기압이 형성된다.

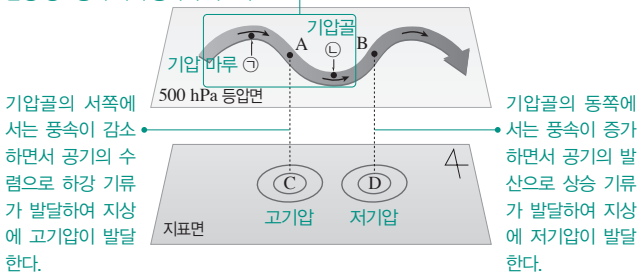
ㄷ. B 지점은 편서풍 파동에서 파동이 북에서 남으로 내려오는 곳으로 고위도의 찬 공기가 저위도 쪽으로 이동하고 있다.

바로알기 | ㄱ. B 지점은 파동의 마루에서 골로 내려오므로 공기의 속도가 감소하여 공기가 수렴한다.

ㄴ. 공기가 수렴하여 하강하면서 지상에서는 고기압이 형성된다.

483

기압 마루를 돌아서 부는 고기압성 경도풍은 기압골을 돌아서 부는 저기압성 경도풍에 비해 풍속이 빠르다.



① 기압골은 등고선이 저위도 쪽으로 내려간 부분, 기압 마루는 등고선이 고위도 쪽으로 올라간 부분이므로, ㉠은 기압 마루, ㉡은 기압골이다.

② ㉠에서는 기압 마루를 돌아서 부는 고기압성 경도풍, ㉡에서는 기압골을 돌아서 부는 저기압성 경도풍이 불기 때문에 ㉠은 ㉡보다 풍속이 빠르다.

③ A는 기압 마루에서 기압골로 가면서 풍속이 느려지고, B는 기압골에서 기압 마루로 가면서 풍속이 빨라진다. 따라서 편서풍 파동 내의 A~B 구간에서는 풍속이 느려지다가 빨라진다.

④ 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.

⑤ 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.

⑧ 상층의 편서풍 파동에서 기압골의 동쪽(B)에서는 공기의 발산으로 상승 기류가 발달한다.

⑨ 상층의 기압골과 기압 마루는 편서풍 파동과 함께 서쪽에서 동쪽으로 이동하므로, 이에 따라 지상 고기압과 저기압도 서쪽에서 동쪽으로 이동한다.

바로알기 | ⑥ 상층에서 편서풍은 남북 방향으로 진동하며 서쪽에서 동쪽으로 이동한다.

⑦ 상층에서 공기의 수렴은 상층 공기의 하강을 유도한다.

⑩ A와 B에서는 지표면의 마찰력이 작용하지 않아 등압선에 나란하게 바람이 분다.

484 ㄱ. A는 북쪽의 찬 공기가 남쪽으로 내려오면서 기온이 낮아지고 있다.

바로알기 | ㄴ. 편서풍 파동에서 기압골의 서쪽에 해당하는 A에서는 공기의 수렴이 일어난다.

ㄷ. 편서풍 파동에서 기압골의 동쪽에 해당하는 B에서는 공기의 발산이 일어나기 때문에 지상에는 저기압이 발달하게 된다.

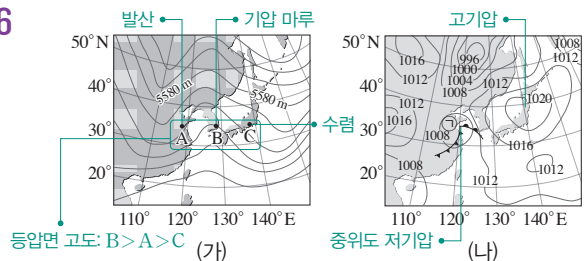
485

ㄱ. 상층의 편서풍 파동은 서에서 동으로 이동하며, 이에 따라 기압골과 기압 마루가 이동한다. (가)에서 기압골은 A 지점의 서쪽에 있고, (나)에서 기압골은 A 지점의 동쪽에 있으므로 편서풍 파동은 (가)에서 (나)로 발달한다.

ㄴ. A 지점의 고도는 (가)에서는 5360 m보다 높고, (나)에서는 5360 m보다 낮다. 기압골이 통과하면서 이 지역은 기압이 500 hPa인 지점의 고도가 낮아진 것이다.

ㄷ. (가)에서는 A 지점이 기압골의 동쪽에 위치하여 지상에 저기압이 발달하고, (나)에서는 A 지점이 기압골의 서쪽에 위치하여 지상에 고기압이 발달하므로 A 지점의 지상에서 날씨는 (가)보다 (나)가 더 맑을 것이다.

486



ㄴ. C는 우리나라를 지나는 기압 마루의 동쪽에 위치하여 공기의 수렴이 일어나 하강 기류가 우세하고 지상에 고기압이 발달한다.

ㄷ. A에서 공기의 발산이 강해지면 상승 기류가 더 강해지므로 지상의 중위도 저기압의 세력이 강해진다. 저기압은 중심 기압이 낮을수록 세력이 강하므로 ㉠의 중심 기압이 더 낮아진다.

바로알기 | ㄱ. 상층 일기도의 등고선은 상대적으로 찬 공기가 분포하는 북쪽으로 갈수록 낮아진다. A는 B의 등고선보다 북쪽에 위치하므로 B보다 고도가 낮다.

최고 수준 도전 기출

143쪽~144쪽

487 ① 488 해설 참조 489 ⑤ 490 ① 491 ③
492 ④ 493 ④ 494 ④

487 기압 경도력은 기압이 높은 쪽에서 기압이 낮은 쪽으로 등압선에 직각 방향으로 작용한다.

ㄱ. A면에 작용하는 기압이 B면에 작용하는 기압보다 크므로 기압 경도력은 A면에서 B면 방향으로 작용한다.

바로알기 | ㄴ. A면과 B면에 작용하는 기압의 차이는 4 hPa이다. 1 hPa는 100 N/m²이므로 2 m²의 넓이에 작용하는 힘의 차이는 800 N이다.

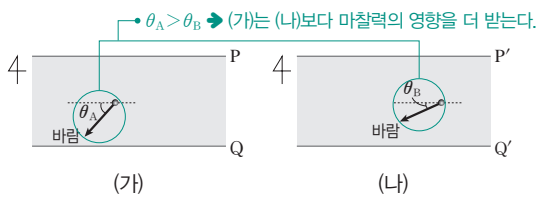
ㄷ. 기압 경도력 = $\frac{1}{\rho} \frac{\Delta P}{d}$ (ρ : 공기의 밀도, ΔP : 기압 차, d : 등압선 간격)이므로, 공기 덩어리의 밀도가 클수록 기압 경도력은 작아진다.

488 **모범 답안** 지균풍의 풍속(v) = $\frac{1}{2\Omega \sin \theta} \frac{1}{\rho} \frac{\Delta P}{d}$ (Ω : 지구 자전 각속도, θ : 위도, ρ : 공기의 밀도, ΔP : 기압 차, d : 등압선 간격)이므로, 각 값을 대입하면, $v = \frac{1}{2 \times 7.292 \times 10^{-5} / \text{s} \times \sin 30^\circ} \times \frac{1}{0.7 \text{ kg/m}^3} \times \frac{500 \text{ kg/m} \cdot \text{s}^2}{5 \times 10^5 \text{ m}}$ $\approx 19.6 \text{ m/s}$ 이다. 따라서 지균풍의 풍속은 약 19.6 m/s이다.

해설 지균풍의 풍속을 구하는 수식에 $\rho = 0.7 \text{ kg/m}^3$, $\Omega = 7.292 \times 10^{-5} / \text{s}$, $\theta = 30^\circ$, $\Delta P = 5 \text{ hPa} = 500 \text{ Pa} = 500 \text{ kg/m} \cdot \text{s}^2$, $d = 500 \text{ km} = 5 \times 10^5 \text{ m}$ 를 대입한다.

채점 기준	배점
지균풍의 풍속을 계산 과정과 함께 올바르게 구한 경우	100 %
계산 과정은 옳았으나 답이 틀린 경우	50 %

489



ㄱ. 마찰력이 클수록 경각(θ)이 크다. θ_B 는 θ_A 보다 작으므로 (나)는 (가)보다 마찰력의 영향을 덜 받는다. 마찰력은 상공으로 올라갈수록 작아지므로 (나)는 (가)보다 상공의 지점이다.

ㄴ. 마찰력이 클수록 등압선과 풍향이 이루는 각(θ)이 크다. 따라서 마찰력은 (가)가 (나)보다 크다.

ㄷ. (가)에서 (나)로 갈수록 마찰력이 감소하므로 풍속이 증가하면서 전향력도 증가한다. 따라서 전향력은 (나)가 (가)보다 크다.

490 지표 근처의 바람은 마찰력의 영향을 크게 받지만 고도가 높아지면서 마찰력이 감소하여 풍속이 증가하게 된다.

ㄱ. 높이 100 m에서 풍속은 (나)가 더 크다. 따라서 동일한 기압 경도력일 때 마찰력은 (가)에서 더 크게 작용함을 알 수 있다.

바로알기 | ㄴ. 전향력은 풍속에 비례하기 때문에 400 m 고도에서 풍속이 더 큰 (나)가 전향력도 더 크다.

ㄷ. 고도가 높아지면 마찰력이 감소하여 풍속이 증가하는데 이로 인해 전향력도 증가하여 풍향이 점점 오른쪽으로 변하게 되고 기압 경도력과 전향력이 같아지면 지균풍이 되어 풍향이 더 이상 변하지 않는다.

491 A와 C는 기압 경도력, B와 E는 전향력, D는 마찰력이다. 마찰력이 커질수록 풍속은 작아진다.

③ B와 E는 풍향의 오른쪽 직각 방향으로 작용하는 전향력으로, 지구 자전에 의해 발생하는 힘이다.

바로알기 | ① (가)는 지균풍, (나)는 지상풍이다.

② A와 C의 기압 경도력은 기압 차이가 커지거나 등압선 간격이 좁아질수록 커진다. 기압 경도력이 클수록 풍속이 크다.

④ 마찰력 D가 커질수록 풍속이 작아져 전향력 E도 작아진다.

⑤ θ 는 마찰력이 크게 작용할수록 커지므로, 마찰력이 작은 바다가 마찰력이 큰 육지보다 θ 가 작다.

492 ④ 북반구 상층에 위치한 B 지점에서는 기압 경도력이 북쪽으로 작용하고, 전향력이 남쪽으로 작용하므로 지균풍이 기압 경도력의 오른쪽 직각 방향인 동쪽으로 분다. 따라서 서풍이 분다.

바로알기 | ① A 지점은 지표 부근이므로 지표면 마찰의 영향을 받는 지상풍이 분다.

② A 지점에서 바람이 북동쪽으로 불므로 바람에 작용하는 전향력은 바람의 오른쪽 직각 방향인 남동쪽으로 작용한다.

③ B 지점에서는 지균풍이 불므로 B 지점에서 부는 바람에 작용하는 전향력의 크기는 기압 경도력과 같다.

⑤ A → B로 고도가 높아짐에 따라 지표면 마찰의 영향이 작아지므로 풍속은 빨라진다.

493 위도 약 $60^\circ \sim 90^\circ$ 에서는 동풍 계열의 극동풍이 불고, 위도 약 $30^\circ \sim 60^\circ$ 에서는 서풍 계열의 편서풍이 불며, 위도 약 $0^\circ \sim 30^\circ$ 에서는 동풍 계열의 무역풍이 분다.

ㄴ. B는 적도 부근이고, C는 풍향이 동풍에서 서풍으로 바뀌는 것으로 보아 무역풍과 편서풍의 경계 지역이다. 따라서 B와 C 사이에 해들리 순환이 나타난다.

ㄷ. 편서풍의 최대 풍속은 남반구는 최대 약 5.5 m/s이고, 북반구는 약 2.5 m/s이므로, 편서풍의 평균 풍속은 남반구가 북반구보다 빠르다.

바로알기 | ㄱ. A와 C에는 해들리 순환에 의한 하강 기류가 발달하므로 고압대가 발달한다.

494 ㄴ. 상층 기압골의 동쪽에는 공기가 발산하면서 상승 기류를 일으키므로 지상에 중위도 저기압이 발달한다.

ㄷ. 편서풍 파동에서는 기압골에 저기압성 경도풍이 분다. 지상에서는 편서풍 파동의 기압골 동쪽에 저기압이 발달한다. 따라서 지상에서 고도가 높아짐에 따라 저기압 중심의 위치는 서쪽으로 치우친다. 같은 원리로 고도가 높아짐에 따라 고기압의 중심도 서쪽으로 치우친다.

바로알기 | ㄱ. 상공의 A에서는 마찰력이 작용하지 않기 때문에 바람이 등압선에 나란하게 분다.