고등 셀파 지구시스템과학

# 정답과 해설



# I 지구 탄생과 생동하는 지구

## 01 지구의 탄생과 진화

### 탐구 리포트 | p.11 |

01 ㄱ, ㄴ

**01** (가)는 금성, (나)는 지구이다. 금성은 대기의 대부분이 온실 기체인 이산화 탄소로 이루어져 있고 대기압이 크므로 온실 효과가 강력하게 나타나며, 대기의 평균 밀도가 지구보다 크다.

오답 피하기

ㄷ. 금성은 평균 표면 온도가 약 740 K으로 매우 높으므로 액체 상태의 물이 존재하지 않는다.

### 세미나 기출 문제 | p.13 |

01 ④

**01** (나)에서 (가)로 화산 가스가 분출(A)하므로 (가)는 기권, (나)는 지권이며, (다)는 수권이다. 탄산염의 침전은 수권에 녹아 있는 탄소가 지권으로 이동하여 석회암 등을 형성하는 과정이므로 ㉠에 해당한다.

오답 피하기

ㄷ. 전 지구가 얼음으로 뒤덮인 얼음덩어리 지구 상태에서도 화산 활동은 지속되어 화산 가스가 분출되었다.

### 내신 기초 문제 | p.14~15 |

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

**01** 태양계 성운은 근처에서 일어난 초신성 폭발의 충격으로 수축하기 시작하였다. 성운은 수축하면서 회전 속도가 빨라졌고, 중심부의 온도가 상승하여 원시 태양이 형성되었다.

오답 피하기

ㄴ. 원시 태양에서 가까운 영역에서는 녹는점이 높은 철, 니켈, 규소 등의 무거운 물질이 응축되어 지구형 행성으로 진화하였다.

**02** (다)에서 원시 행성은 미행성체들이 서로 충돌하여 합쳐지는 집적 과정을 통해 성장하여 형성되었다.

오답 피하기

ㄱ. 태양계는 (나) → (가) → (다) 순으로 형성되었다.

ㄴ. (나)에서 태양계 성운의 모양은 구형에서 납작한 원반 모양에 가까워졌다.

**03** B에서 마그마 바다를 이루는 물질의 밀도 차이로 인해 철, 니켈 등 무거운 물질은 지구 중심부로 가라앉아 핵을 이루었고, 상대적으로 가벼운 규산염 물질은 떠올라 맨틀을 이루었다. C에서 지구의 온도가 낮아지며 마그마가 식어 화성암이 만들어지고, 원시 지각이 형성되었으며, 대기 중의 수증기가 응결하여 비로 내려 원시 바다가 형성되었다.

오답 피하기

ㄱ. A에서 미행성체의 충돌로 발생한 열과 방사성 동위원소의 붕괴로 발생한 열 등으로 지구의 온도가 높아졌다.

**04** (가) 시기에는 수많은 미행성체가 원시 지구에 충돌하고 합쳐짐에 따라 지구의 질량과 크기가 계속해서 증가하였다. 또한 지구의 온도가 높아져 (나)와 같이 지구의 상당 부분이 녹은 상태인 마그마 바다가 형성되었다. 마그마 바다 형성 이후 밀도 차이에 의해 핵과 맨틀로 층의 분화가 일어났다.

오답 피하기

ㄴ. (나) 시기의 원시 대기는 주로 수증기, 이산화 탄소, 질소 등으로 구성되어 있었으며, 산소는 거의 존재하지 않았다.

**05** 기체 A는 이산화 탄소, B는 산소이다. 이산화 탄소는 원시 바다가 형성된 후 바닷물에 용해되어 대기 중 농도가 감소하였고, 산소는 남세균의 광합성으로 생성된 뒤 대기 중으로 방출되어 대기 중 농도가 증가하였다.

**06** 호상철광층은 바다에서 광합성을 하는 남세균이 등장한 이후 형성되었다. 남세균의 광합성으로 발생한 산소가 바닷물에 녹아 있던 철 이온과 결합하여 산화 철의 형태로 침전되어 층을 이룬 것이 호상철광층이다.

오답 피하기

ㄷ. 호상철광층이 형성된 이후 대기 중에 산소가 축적되어 대기 중의 산소 농도가 증가하였다.

**07** 화산 가스의 분출은 탄소가 지권에서 기권으로 이동하는 과정이므로 B는 지권, C는 기권이다. 이에 따라 A는 생물권이다. 수권의 탄소는 석회암의 형태로 지권(B)으로 이동하여 고정된다.

오답 피하기

ㄴ. 광합성은 탄소가 기권(C)에서 생물권(A)으로 이동하는 과정이다. ㉠은 탄소가 생물권에서 기권으로 이동하는 과정이므로 생물의 호흡 등이 해당한다.

**08** 수권의 물은 태양 에너지를 흡수하여 수증기의 형태로 기권으로 이동하고, 기권의 수증기는 응결하여 구름을 형성한 뒤 비나 눈을 내려 지권이나 수권으로 이동하며 다양한 기상 현상을 일으킨다. 지권의 물은 생물들의 생명 유지에 이용되고, 강이나 하천으로 흘러가며 풍화와 침식 작용으로 지표의 모양을 변화시킨다. 또한 흐르는 물과 함께 운반된 퇴적물이 쌓여 퇴적 지형을 형성하기도 한다.

## 내신 실전 문제

| p.16~19 |

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

**01** 태양계 성운은 수소와 헬륨 등 다양한 원소로 이루어진 원반을 형성하였다. 이 원반 내에서 먼지들이 모여 수많은 미행성체가 형성되었고, 미행성체들이 서로 충돌하고 병합되는 과정(A)을 거치며 원시 지구를 비롯한 원시 행성들의 크기와 질량이 증가하였다.

오답 피하기

ㄷ. ㉠ 영역은 온도가 높아 밀도가 큰 무거운 물질이 응축되었고, ㉡ 영역은 온도가 낮아 밀도가 작은 가벼운 물질이 응축되었다.

**02** C에서 밀도가 큰 무거운 물질은 가라앉아 핵을 이루었고, 밀도가 작은 가벼운 물질은 떠올라 맨틀을 이루었으므로 평균 밀도는 맨틀보다 핵이 크다.

오답 피하기

ㄱ. 맨틀과 핵이 분리된 이후 미행성체의 충돌이 줄어들면서 지구의 표면 온도가 낮아져 원시 지각이 형성되었다. 즉, C 이후로 지구의 온도는 낮아졌다.

ㄷ. 대기 중 산소의 농도는 원시 바다에서 남세균이 광합성으로 산소를 방출하기 시작한 이후에 급격히 증가하였다. 이는 D 단계 이후의 일이다.

**03** (가)는 핵, (나)는 맨틀이다. 핵은 철(Fe)과 니켈(Ni) 등 무거운 금속 원소가 주성분이며, 맨틀은 산소(O)와 규소(Si) 성분이 많은 규산염 물질로 이루어져 있다. 따라서 무거운 물질이 지구 중심부로 가라앉아 형성된 핵은 맨틀보다 평균 밀도가 크다.

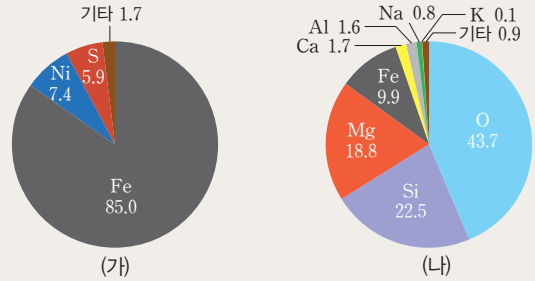
오답 피하기

ㄱ. (가)는 핵, (나)는 맨틀이다

ㄷ. 지구 탄생 초기에는 미행성체들이 무작위로 충돌하여 성분이 골고루 섞여 있었으나, 이후 마그마 바다 상태에서 밀도 차이에 의한 층의 분화가 일어나면서 핵과 맨틀로 분리되었다.

문제 속 자료

**맨틀과 핵을 구성하는 원소의 질량비**




- (가)는 Fe(철), Ni(니켈) 등 무거운 물질로 구성되어 있으므로 핵이고, (나)는 O(산소), Si(규소), Mg(마그네슘) 등 상대적으로 가벼운 물질로 구성되어 있으므로 맨틀이다.
- 지구 형성 초기, 철과 니켈 등 밀도가 큰 무거운 물질은 지구 중심부로 가라앉아 핵을 이루었고, 산소와 규소 등 상대적으로 밀도가 작은 가벼운 물질은 떠올라 맨틀을 구성하였다. 따라서 평균 밀도는 핵이 맨틀보다 크다.

**04** (가)는 금성, (나)는 지구이다. 금성은 대기의 대부분이 이산화 탄소로 이루어져 있고 대기층이 매우 두꺼워 온실 효과가 매우 크다. 지구는 질소와 산소가 주성분인 대기를 갖고 있으며, 적절한 온도와 기압을 갖추고 있어 액체 상태의 물이 존재한다.

오답 피하기

ㄱ. (가)는 금성이다. 화성은 대기의 주성분이 이산화 탄소라는 공통점은 있으나, 대기층이 매우 희박하여 대기압이 약 0.01기압에 불과하고, 평균 표면 온도가 약 −80 ℃인 차가운 행성이다.

**05** (가)는 금성, (나)는 지구, (다)는 화성이다. 금성은 두꺼운 이산화 탄소 대기의 강력한 온실 효과로 인해 표면 온도가 약 740 K으로 매우 높다. 지구는 고도 약 20~30 km 부근에 존재하는 오존층이 자외선을 흡수하여 가열되므로 고도가 높아짐에 따라 기온이 상승하는 구간이 나타나며, 액체 상태의 물이 존재할 수 있는 온도를 유지한다. (다)는 대기가 매우 희박하여 표면 온도가 낮고 연직 기온 분포가 비교적 단순하다.

오답 피하기

ㄷ. (다)는 화성으로, 금성보다 온실 효과가 작다.

**06** 지구의 A층은 오존층이 존재하는 성층권으로, 태양의 자외선을 흡수하여 고도가 높아질수록 기온이 상승하는 특징이 있다. 이 오존층이 해로운 자외선을 차단해 준 덕분에 생물권이 바다에서 육상으로 확장될 수 있었다. 또한 세 행성 모두 대기 중에 이산화 탄소($CO_2$)나 수증기($H_2O$)와 같은 온실 기체를 포함하고 있으므로 온실 효과가 나타난다.

**오답 피하기**

ㄴ. (나)에서 고도에 따른 기온 변화 폭을 비교하면, 금성의 기온은 지표 부근에서 약 750 K이고 고도가 높아짐에 따라 약 200 K까지 급격하게 낮아진다. 반면 화성의 기온은 지표 부근에서 약 200 K이고 고도에 따른 기온 변화의 폭이 금성에 비해 상대적으로 작다. 따라서 기온의 연직 변화는 금성이 화성보다 크다.

**07** 40억 년 전 지구 대기는 현재보다 이산화 탄소의 농도가 훨씬 높았으므로 온실 효과가 현재보다 컸을 것이다.

**오답 피하기**

ㄴ. 20억 년 전 대기 중의 산소는 바다에 출현한 남세균의 광합성에 의해 생성되었다.

ㄷ. 원시 대기의 이산화 탄소는 바닷물에 용해되어 감소하였으므로 원시 대기 중의 이산화 탄소가 감소한 주요 원인은 B이다.

**08** A는 이산화 탄소, B는 질소, C는 산소이다. 산소는 바다에서 남세균이 광합성으로 생성하였고, 바닷물에 녹아 있던 철 이온과 만나 산화 철로 침전되어 호상철광층을 형성하였다.

**오답 피하기**

ㄱ. 지구 형성 초기에 A(이산화 탄소)는 미행성체의 충돌과 화산 활동 등으로 대기에 공급되었고, 원시 바다가 형성된 이후 바닷물에 녹아 들어가며 대기 중 농도가 감소하였다.

ㄴ. 오존층을 형성한 것은 C(산소)이다.

**09** 바다에 출현한 남세균은 대기 중의 이산화 탄소를 흡수하고 산소를 생산하였다. 이때 생성된 산소는 바닷물에 녹아 있던 철 이온과 결합하여 산화 철을 형성하였으며, 이것이 해저에 퇴적되어 호상철광층이 만들어졌다. 이후 산소가 대기 중으로 방출되어 대기 중 산소의 농도가 증가하였고, 오존층이 형성되었다.

**오답 피하기**

ㄱ. (가)는 이산화 탄소, (나)는 산소이다.

**10** 대기 중 이산화 탄소가 바다에 녹는 과정은 탄소가 기권에서 수권으로 이동하는 것이므로 C에 해당한다.

**오답 피하기**

ㄱ. 바닷물의 탄산 이온이 석회암으로 퇴적되는 과정은 탄소가 수권에서 지권으로 이동하는 것이므로 B에 해당한다.

ㄴ. 화산 활동으로 이산화 탄소가 대기로 방출되는 과정은 탄소가 지권에서 기권으로 이동하는 것이므로 A에 해당한다.

**11** 얼음덩어리 지구는 대기 중 이산화 탄소의 감소로 온실 효과가 줄어들며 지구의 기온이 낮아져 형성되었다. 지구가 얼음으로 뒤덮인 상태에서도 화산 활동은 계속되어 대기 중에 이산화 탄소가 축적되었고, 온실 효과가 증가하여 지구의 기온이 높아지면서 지구를 뒤덮고 있던 얼음이 녹아 얼음덩어리 지구가 해소되었다.

**오답 피하기**

ㄱ. 얼음덩어리 지구 상태에서도 화산 활동은 지속되어 이산화 탄소 등 온실 기체가 방출되었다.

**12** 얼음덩어리 지구가 해소되는 과정에서 지구 환경이 급변하였고, 변화한 환경에 적응한 새로운 생명체가 출현하였다. 또한 대기 중의 이산화 탄소가 바다에 녹아 탄산 이온이 된 뒤 석회암의 형태로 지권에 고정되며 빙하 퇴적층 위에 대규모의 석회암층을 형성하였다.

**오답 피하기**

ㄱ. 원시 바다는 지구의 탄생과 진화 과정에서 형성되었으며, 이는 얼음덩어리 지구가 형성된 시기보다 한참 전의 일이다.

**13** 육지와 해양의 물은 증발하여 수증기의 형태로 대기 중으로 이동한다. 육지의 물이 해양으로 이동하는 과정에서 풍화와 침식, 퇴적 작용으로 지표의 모양이 변하며, 물이 순환하는 과정에서 비나 눈 등 다양한 기상 현상이 일어난다.

**14** 공진화는 지구시스템과 생명체가 서로 영향을 주고받으며 함께 진화한다는 의미이다. 지구의 온도가 낮아지며 원시 지각이 형성된 것은 지구 탄생 초기, 생명체가 탄생하기 이전에 일어난 변화이므로 공진화 사례로 보기 어렵다.

**15** **모범 답안** (1) (나) — (다) — (라) — (가)

(2) 마그마 바다를 이루는 물질의 밀도 차이에 의해 무거운 물질은 중심부로 가라앉아 핵을 이루었고, 가벼운 물질은 떠올라 맨틀을 이루었다.

**해설** 철과 니켈 등은 밀도가 커서 무거우므로 중심부로 가라앉아 핵을 이루었고, 산소와 규소 등은 상대적으로 밀도가 작아 가벼우므로 떠올라 맨틀을 이루었다.

〔서술형 TIP〕

마그마 바다 상태에서 물질의 밀도 차이에 의해 층의 분화가 이루어졌음을 서술해야 한다.

| 채점 기준 | | 배점(%) |
|---|---|---|
| (1) | 원시 지구의 진화 과정을 순서대로 옳게 나열한 경우 | 30 |
| (2) | 물질의 밀도 차이에 의해 층의 분화가 이루어졌다고 서술한 경우 | 70 |
| | 물질의 밀도 차이 언급 없이 층의 분화가 이루어졌다고만 서술한 경우 | 40 |

**16** 모범 답안 산소, 남세균이 광합성으로 생산한 산소가 바닷물에 녹아 있던 철 이온과 만나 붉은 산화 철로 침전하여 호상철광층이 형성되었다.

| 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|
| 남세균이 광합성으로 생산한 물질과 그 물질이 지구시스템에 미친 영향을 모두 옳게 서술한 경우 | 100 |
| 남세균이 광합성으로 생산한 물질만 옳게 쓴 경우 | 30 |

## 02 판 구조론 발달사와 판을 움직이는 힘

### 탐구 리포트 | p.24 |

01 ④

**01** (나) 그래프를 통해 퇴적물의 연령은 $P_2$가 $P_7$보다 많음을 알 수 있다. $P_3$은 판의 경계 왼쪽에, $P_7$은 판의 경계 오른쪽에 있으므로 시간이 지나며 두 지점 사이의 거리는 점점 증가할 것이다.

오답 피하기

ㄱ. 퇴적물의 연령은 방사성 동위원소 연대 측정법으로 알아낸 것이다.

### 내신 기초 문제 | p.26~27 |

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

**01** 베게너는 대륙 이동의 증거로 대서양 양쪽 대륙의 해안선 모양의 유사성, 멀리 떨어진 대륙에서 발견되는 같은 종의 고생물 화석(메소사우루스 등), 여러 대륙에서 발견되는 지질 구조의 연속성, 고생대 말 빙하 이동 흔적과 분포의 일치 등을 제시하였다.

오답 피하기

② 해저 고지자기 줄무늬의 대칭성은 대륙 이동설 이후 판 구조론 정립 과정에서 밝혀진 사실이다.

**02** 판 구조론이 정립되는 과정은 대륙 이동설 → 맨틀 대류설 → 해양저 확장설 → 판 구조론 순서이므로 해양저 확장설은 A에 해당한다. 베게너는 대륙 이동설의 증거는 제시했지만 대륙이 이동하는 원동력을 설명하지 못하였다.

오답 피하기

ㄴ. 판 구조론에 의하면 해령에서 새로운 판이 생성되는 만큼 해구 등의 섭입대에서 판이 소멸한다. 따라서 지구 전체의 부피는 변하지 않고 거의 일정하게 유지된다.

**03** 맨틀 상부와 하부의 온도 차이에 의해 발생하는 맨틀 대류는 그 위의 지각을 이동시키는 역할을 한다. 맨틀 대류가 상승하는 부분에서는 그 위의 지각이 함께 분리되어 이동하며, 지각이 멀어지면서 생긴 틈으로 마그마가 분출하여 식으면서 새로운 해양 지각이 형성된다.

오답 피하기

ㄱ. 대륙 지각은 맨틀 위에 떠 있으므로 맨틀보다 밀도가 작다.

**04** 해양저 확장설에 따르면 해령에서 마그마가 분출하여 새로운 해양 지각이 형성되고, 이 지각이 해령을 중심으로 양옆으로 멀어지며 해저가 확장된다. 따라서 해령에서 멀어질수록 해양 지각의 연령이 증가하며, 이는 해양저 확장설을 뒷받침하는 증거 중 하나이다.

오답 피하기

ㄱ. 베게너는 대륙 이동설을 제안했으나 대륙을 움직이는 힘을 설명하지는 못했다. 대륙 이동의 원동력으로 맨틀 대류를 제시한 인물은 홈스이다.

ㄴ. 맨틀 대류설에 따르면 맨틀 대류가 상승하는 곳에서는 지각이 분리되면서 새로운 섬과 해양이 만들어진다. 지각이 맨틀 속으로 들어가는 곳은 맨틀 대류가 하강하는 곳이다.

**05** 판을 움직이는 힘에는 맨틀 대류에 의한 수동적인 힘과 능동적인 힘이 있으며, 능동적인 힘에는 해령에서 미는 힘과 섭입하는 판이 당기는 힘이 있다.

**06** A는 맨틀 대류에 의한 수동적인 힘, B는 해령에서 미는 힘, C는 섭입하는 판이 당기는 힘이다. 해령에서 미는 힘은 해령 중심부로부터의 중력에 의해 경사를 따라 해양판이 미끄러지는 힘이고, 섭입하는 판이 당기는 힘은 침강하는 해양판이 뒤따라오는 판을 연약권으로 잡아당기는 힘이며, 섭입하는 판이 당기는 힘이 판 이동의 주된 원동력이다.

**07** 맨틀과 외핵의 경계인 깊이 약 2900 km에서 가열되어 주변보다 부력이 커져 상승하는 고온의 맨틀 물질 덩어리를 플룸이라고 한다. 플룸이 상승하여 지표 부근에 열점을 형성하고, 열점에서는 고온의 마그마가 분출한다. 플룸 운동으로 판의 내부에서 일어나는 화산 활동을 설명할 수 있으며, 하와이 열도는 플룸 운동으로 형성된 대표적인 사례이다.

오답 피하기

② 열점의 위치는 판이 이동해도 변하지 않는다.

**08** A는 섭입한 차가운 해양판에 의해 만들어지는 하강류이다. B는 맨틀과 외핵의 경계 부근에서 생성된 플룸으로, 지표 부근까지 상승한다. 하와이 열도의 화산섬들은 B에 의해 형성되었다.

## 내신 실전 문제

| p.28~31 |

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

**01** 베게너는 남아메리카 대륙(A)의 동부 해안선과 아프리카 대륙(B)의 서부 해안선의 모습이 비슷하다는 점과 남아메리카 대륙(A)과 아프리카 대륙(B)에서 메소사우루스 화석을 비롯한 고생물 화석이 공통으로 산출된다는 점, 그리고 여러 대륙의 빙하 흔적과 이동 방향이 대륙을 하나로 모았을 때 남극을 중심으로 분포한다는 점 등을 대륙 이동설의 증거로 제시하였다. 따라서 ㄱ~ㄷ 설명 모두 대륙 이동의 증거로 제시된 설명이다.

**02** (가)는 맨틀 대류설, (나)는 해양저 확장설, (다)는 대륙 이동설이고, 이론이 등장한 순서는 (다) → (가) → (나)이다.

오답 피하기

ㄴ. 해양저 확장설에 의하면 해령에서 새로운 해양 지각이 생성되어 해령의 양옆으로 멀어지므로, 해령에서 해구로 갈수록 해양 지각의 나이가 많아진다.

ㄷ. 대륙 이동설은 대륙을 움직이는 원동력을 설명하지 못하였다.

**03** 그림은 해령 주변부의 모습을 나타낸 것이다. 해령에서는 마그마가 분출하여 새로운 해양 지각이 형성되고, 해양 지각이 해령의 양옆으로 멀어진다. 또한 해령을 중심으로 고지자기 줄무늬가 대칭적으로 나타나며 해령에서 멀어질수록 지각의 연령이 증가하는데, 이는 해양저 확장설의 증거가 된다.

오답 피하기

ㄴ. 해령에서 생성된 해양 지각이 40 km를 이동하는 데 걸린 시간이 4백만 년이다. 따라서 판의 평균 이동 속도는 40 km/4백만 년 = 1 cm/년이다.

**04** A는 음파가 해저면에서 반사되어 돌아오기까지 걸린 시간이 크므로 해구이고, B는 음파가 해저면에서 반사되어 돌아오기까지 걸린 시간이 작으므로 해령이다. 음파의 속력을 $v$, 음파가 해저면에서 반사되어 돌아오는 데 걸린 시간을 $t$라고 하면 수심은 $\frac{1}{2}vt$이므로 A(해구)의 수심은 약 $\frac{1}{2} \times 1500\ \text{m/s} \times 8\ \text{s} = 6000\ \text{m}$이다. B는 해령이므로 B에서는 새로운 해양 지각이 생성된다.

오답 피하기

ㄷ. 해양판은 해령에서 생성되어 해구로 이동한 뒤 소멸하므로 B → A 방향으로 이동한다.

**05** 과거의 지구 자기장 방향이 현재와 같으면 정자극기이고, 반대이면 역자극기이다. 즉, 그림의 고지자기 줄무늬 분포에서 진한 갈색은 정자극기를 나타내고, 연한 갈색은 역자극기를 나타낸다. 따라서 A에서 ㉠ 구간의 해양 지각은 역자극기에 생성되었다.

오답 피하기

ㄴ. 해령에서 멀어질수록 해양 지각의 수심이 깊어진다. B에서 해령으로부터의 거리는 ㉠ 구간이 ㉡ 구간보다 가까우므로 해양 지각의 평균 수심은 ㉠ 구간이 ㉡ 구간보다 얕다.

ㄷ. 지난 3백만 년 동안 B가 속한 판이 A가 속한 판보다 더 멀리 이동하였으므로 판의 이동 속도는 B가 속한 판이 A가 속한 판보다 빨랐다.

**06** 해령에서 멀어질수록 해양 지각의 나이는 많아진다. 또한 그림에서 변환 단층을 경계로 해령으로부터의 거리가 달라지므로 변환 단층에서 해양 지각의 나이는 불연속적으로 변한다. 따라서 그림의 A－B 구간에서 측정한 해양 지각의 나이를 나타낸 것으로 가장 적절한 것은 ④이다.

**07** 해령에서 멀어질수록 퇴적물의 두께가 두꺼워진다. B는 D보다 해령에서 더 멀리 있으므로 퇴적물의 두께는 B가 D보다 두껍다.

오답 피하기

ㄱ. B가 A보다 해령에서 더 멀리 떨어져 있으므로 해양 지각의 나이는 B가 A보다 많다.

ㄷ. C의 이동 방향은 왼쪽에서 오른쪽이고, D의 이동 방향은 오른쪽에서 왼쪽이므로 C와 D의 이동 방향은 서로 반대이다.

**08** A는 해구로, 밀도가 큰 해양판이 밀도가 상대적으로 작은 대륙판 아래로 섭입하여 연약권으로 들어가는 곳이다. B는 해령으로, 맨틀 물질이 상승하여 새로운 판이 형성되며, 이때 주변보다 높은 해령으로부터의 중력에 의해 경사를 따라 판이 미끄러지는 힘인 해령이 미는 힘이 작용한다.

오답 피하기

ㄷ. 해구에서는 판이 섭입하고, 섭입하는 판이 당기는 힘이 판 이동의 주된 원동력으로 작용한다. 따라서 해구가 발달한 판은 해구가 발달하지 않은 판보다 이동 속도가 빠르다.

**09** 화살표의 길이가 길수록 판의 이동 속도가 빠르다. 따라서 판의 이동 속도는 A가 B보다 빠르다.

오답 피하기

ㄱ. ㉠은 동태평양 해령, ㉡은 대서양 중앙 해령이다. 즉, ㉠과 ㉡ 모두 해령이다.

ㄷ. A는 나스카판으로, 남아메리카판 아래로 섭입하므로 해구가 발달해 있다. 따라서 A에는 섭입하는 판이 당기는 힘이 작용한다.

**10** 열점은 고정된 위치에서 마그마가 분출되는 곳으로, 외핵과 맨틀의 경계에서 가열된 고온의 맨틀 물질인 플룸이 지표 부근까지 상승하여 형성된다. 판이 이동해도 열점의 위치는 변하지 않는다.

오답 피하기

ㄴ. 열점은 플룸이 상승하여 만들어지므로 판의 경계를 따라서만 분포하지는 않는다. 그림을 통해 열점은 판의 내부에도 존재한다는 것을 알 수 있다.

**11** A 지점의 하부에 해구가 있으므로 A 지점의 하부에서 판이 섭입한다. B 지점을 기준으로 하와이와 그 주변 해산들의 연령이 ㉠ 방향으로 갈수록 많아지고, 해산이 ㉠ 방향으로 나열되어 있으므로 판의 이동 방향은 ㉠이다. B 지점은 판이 이동해도 위치가 변하지 않았으므로 B 지점 아래에 열점이 존재한다. 이 열점은 플룸에 의해 형성된 것이므로 B 지점의 화산은 플룸에 의해 형성된 것이다.

**12** A는 맨틀과 외핵의 경계부에서 가열되어 상승하는 플룸이다. B는 섭입하는 차가운 해양판으로, 맨틀과 외핵의 경계부까지 가라앉는다.

오답 피하기

ㄷ. 화산섬 a~c의 배열을 통해 화산섬 a~c가 속한 판은 왼쪽에서 오른쪽으로 이동하고 있음을 알 수 있다. 따라서 화산섬의 나이는 a＜b＜c이다.

**13** 열점에 의해 형성된 화산섬이 동쪽에서 서쪽 방향으로 나열되어 있으므로 판은 서쪽으로 이동하였음을 알 수 있다. 플룸은 주변보다 온도가 높으므로 주변부인 ㉠ 지점은 플룸인 ㉡ 지점보다 온도가 낮다.

오답 피하기

ㄷ. 플룸은 맨틀과 외핵의 경계부에서 생성되어 상승한다.

**14** 비커 바닥이 가열되면 착색된 물은 온도가 높아져 밀도가 작아지고, 부력에 의해 위로 떠오르므로 ㉠에 알맞은 말은 '상승'이고, 가열되어 상승하는 착색된 물은 플룸에 해당한다. 플룸은 맨틀과 외핵의 경계부에서 생성되어 상승하므로 비커 바닥은 맨틀과 외핵의 경계부에 해당한다.

**15** 모범 답안 (1) 해양저 확장설에 따르면 해령 아래에서 고온의 맨틀 물질이 상승하여 해령 양쪽으로 퍼져나가 새로운 해양 지각을 만들고, 해양 지각은 해령의 양쪽으로 서서히 이동하다가 해구로 침강하여 소멸한다.

(2) 해양 지각의 고지자기 측정 결과 고지자기 줄무늬가 해령을 중심으로 대칭적으로 분포한다. 방사성 동위원소 연대 측정법으로 해양 지각의 나이를 측정한 결과 해령에서 멀어질수록 해양 지각의 나이가 대칭적으로 증가한다. 등

| 채점 기준 | | 배점(%) |
|---|---|---|
| (1) | 해령과 해구에서 해양 지각의 움직임을 모두 옳게 서술한 경우 | 50 |
| | 해령과 해구에서 해양 지각의 움직임 중 한 가지만 옳게 서술한 경우 | 25 |
| (2) | 해양저 확장설을 뒷받침하는 증거를 두 가지 모두 옳게 서술한 경우 | 50 |
| | 해양저 확장설을 뒷받침하는 증거를 한 가지만 옳게 서술한 경우 | 25 |

**16** 모범 답안 (1) A의 하부: 섭입하는 판이 당기는 힘, B: 해령에서 미는 힘

(2) 섭입하는 판이 당기는 힘은 연약권보다 높은 밀도로 인해 섭입대에서 침강하는 해양판이 뒤따라오는 해양판을 연약권으로 잡아당겨 발생한다. 해령에서 미는 힘은 주변보다 높이가 높은 해령 중심부로부터의 중력에 의해 경사를 따라 판이 미끄러지며 발생한다.

| 채점 기준 | | 배점(%) |
|---|---|---|
| (1) | A의 하부와 B에 작용하는 힘을 모두 옳게 쓴 경우 | 30 |
| | A의 하부와 B에 작용하는 힘 중 하나만 옳게 쓴 경우 | 15 |
| (2) | 두 힘이 작용하는 원리를 모두 옳게 서술한 경우 | 70 |
| | 두 힘이 작용하는 원리 중 하나만 옳게 서술한 경우 | 40 |

## 03 화산 활동과 화성암

### 내신 기초 문제 | p.36~37 |

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

**01** 화산 활동은 지하 깊은 곳의 마그마가 지표로 분출하는 현상으로, 화성암을 형성하는 주요 과정이며, 암석의 순환 과정에서 중요한 역할을 한다.

**02** 화산 분출물은 기체 상태인 화산 가스, 액체 상태인 용암, 고체 상태인 화산 쇄설물로 구분한다. 화산 가스 성분 중 가장 많은 양을 차지하는 것은 수증기이며, 그 외에 이산화 탄소, 이산화 황 등이 포함되어 있다. 용암의 점성이 크면 유동성이 작아 멀리 흘러가지 못하므로 경사가 가파른 화산체를 형성한다. 반대로 용암의 점성이 작으면 멀리까지 잘 흘러가 경사가 완만한 화산체를 형성한다.

오답 피하기

ㄴ. 화산재는 입자의 크기가 0.063 ~ 2 mm인 화산 쇄설물이다. 입자의 크기가 64 mm 이상인 것은 화산암괴나 화산탄으로 구분한다.

**03** 마그마의 점성이 클수록 유동성이 작고 $SiO_2$ 함량이 많으며, 점성이 작을수록 유동성이 크고 $SiO_2$ 함량이 적다. 마그마 B는 A보다 점성이 크므로 B가 A보다 유동성은 작고 $SiO_2$ 함량은 많다. 마그마의 점성이 작을수록 형성하는 화산체의 경사가 완만하므로 마그마 B보다 A가 형성하는 화산체의 경사가 더 완만하다.

**04** A는 순상 화산, B는 성층 화산이다. 순상 화산을 형성하는 마그마는 온도가 높고 점성이 작으며 유동성이 크다. 반면 성층 화산을 형성하는 마그마는 온도가 낮고 점성이 크며 유동성이 작다. 따라서 A를 형성한 마그마는 B를 형성한 마그마보다 온도가 높고 유동성이 크다.

**05** 화산 가스의 주성분은 수증기이며 이산화 탄소, 이산화 황 등이 포함되어 있다. 마그마에 포함된 화산 가스의 양이 많을수록 폭발적으로 분출한다.

오답 피하기

ㄴ. 화산체의 경사가 A는 완만하고 B는 가파르므로 마그마의 점성은 A가 B보다 작다.

**06** A는 상부 편광판, B는 재물대, C는 하부 편광판이다.

**07** A는 편광판이다.

오답 피하기

ㄴ. 편광 현미경에는 재물대의 상하부에 각각 하나씩 총 두 개의 편광판이 있다.

ㄷ. 편광판을 통과한 빛은 한 방향으로만 진동하는 편광이 된다.

**08** 세립질 조직은 지표 부근에서 마그마가 빠르게 냉각되어 형성되므로 '지표 부근'은 ㉠에 해당한다. 세립질 조직을 갖는 암석에는 현무암 등이 있다.

오답 피하기

ㄷ. 조립질 조직은 결정의 크기가 크다.

### 내신 실전 문제 | p.38~41 |

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

**01** A는 B보다 점성이 작으므로 $SiO_2$ 함량이 적다.

오답 피하기

ㄱ. A는 B보다 점성이 작으므로 유동성이 크다.

ㄷ. 마그마에 포함된 화산 가스의 양이 많을수록 마그마가 폭발적으로 분출한다. A는 B보다 화산 가스의 양이 적으므로 조용히 분출한다.

**02** 일반적으로 $SiO_2$ 함량이 적으면 온도가 높고, $SiO_2$ 함량이 많으면 온도가 낮다. 따라서 ㉠은 '온도(℃)'이다. 화산 가스의 대부분은 수증기이므로 ㉡은 '수증기'이다.

**오답 피하기**

ㄷ. A를 형성한 마그마가 B를 형성한 마그마보다 $SiO_2$ 함량이 적으므로 A를 형성한 마그마가 B를 형성한 마그마보다 점성이 작다.

**03** 화산 분출물은 상태에 따라 고체인 화산 쇄설물(A), 액체인 용암(B), 기체인 화산 가스(C)로 구분한다. 화산 쇄설물은 입자의 크기에 따라 화산진, 화산재, 화산력, 화산암괴 등으로 분류한다.

**오답 피하기**

ㄴ. 용암의 점성이 크면 유동성이 작아 멀리 흘러가지 못하여 경사가 가파른 화산체가 형성된다.

ㄷ. 마그마에 포함된 화산 가스의 양이 많을수록 마그마가 폭발적으로 분출한다.

**04** 그림 (나)는 화산체의 경사가 완만한 순상 화산이다. 순상 화산은 점성이 작고 유동성이 큰 마그마가 분출할 때 형성되므로, (나)를 형성한 마그마의 특성은 A에 가깝다.

**오답 피하기**

ㄱ. 점성은 $SiO_2$ 함량이 더 많은 B가 A보다 크다.

ㄴ. 일반적으로 점성이 큰 마그마일수록 격렬하게 분출한다. 따라서 점성이 큰 B가 A보다 격렬하게 분출한다.

**05** (가)는 경사가 가파른 성층 화산이고, (나)는 경사가 완만한 순상 화산이다. 용암의 점성이 클수록 멀리 흘러가지 못하여 경사가 가파른 화산이 형성되므로 용암의 점성은 (가)가 (나)보다 크다. 점성이 큰 마그마는 가스가 잘 빠져나가지 못해 내부 압력이 높아지며 폭발적으로 분출한다. 이 과정에서 용암뿐만 아니라 화산 쇄설물이 많이 분출된다. 따라서 분출되는 화산 쇄설물의 양은 (가)가 (나)보다 많다.

**오답 피하기**

ㄴ. 용암의 점성이 클수록 격렬하게 분출한다. 따라서 용암의 점성이 더 큰 (가)는 (나)보다 격렬하게 분출한다.

**06** 그림 (가)는 화산재와 연기가 폭발적으로 분출되는 모습이고, (나)는 점성이 작은 용암이 조용히 흘러내리는 모습이다. 마그마의 점성이 클수록 휘발 성분이 잘 빠져나가지 못해 내부 압력이 높아지며 격렬하게 분출하므로, 폭발적인 분출이 일어나는 (가)는 조용히 분출되는 (나)보다 마그마의 점성이 크다. 마그마가 폭발적으로 분출하면 용암과 함께 화산 쇄설물도 대량으로 분출된다. 따라서 분출되는 화산 쇄설물의 양은 (가)가 (나)보다 많다.

**오답 피하기**

ㄱ. 화산 가스의 대부분은 수증기이며, 이산화 탄소, 이산화 황 등이 포함되어 있다.

**07** 재물대 위에 암석 박편을 놓고 관찰하며, 조동 및 미동 조절 장치로 재물대를 움직여 초점을 조절할 수 있다. 편광 현미경에는 재물대의 상하부에 하나씩 총 두 개의 편광판이 있으며, 상부 편광판은 삽입과 제거가 가능하다. 광원에서 나온 빛은 하부 편광판을 통과하며 편광된다.

**오답 피하기**

① 편광 현미경의 재물대는 회전이 가능하다.

**08** ㉠은 박편으로, 편광 현미경을 이용해 암석을 관찰할 때는 빛이 충분히 투과할 수 있도록 얇게 만든 박편을 이용한다. ㉡은 편광판으로, 광원에서 나온 빛이 편광판을 통과하면 한 방향으로만 진동하는 편광이 된다.

**09** 그림은 크기가 큰 결정과 작은 결정이 함께 존재하므로 반상 조직의 박편을 관찰한 모습이다. 반상 조직에서 크기가 큰 결정은 지하 깊은 곳에서 마그마가 비교적 천천히 냉각될 때 먼저 만들어진 것이고, 이후 마그마가 지표 근처로 상승하여 빠르게 냉각되면서 나머지 부분이 굳어 크기가 작은 결정을 형성하였다.

**오답 피하기**

ㄱ. 반상 조직을 갖는 암석의 박편이다.

ㄴ. 반상 조직은 유문반암 등에서 볼 수 있는 조직이다.

**10** (가)는 반상 조직, (나)는 조립질 조직이다. (가)는 지하 깊은 곳에서 서서히 냉각되며 일부 결정이 크게 성장한 마그마가 지표 부근으로 상승하여 빠르게 냉각되어 크기가 작은 결정을 형성하며 만들어진다. (나)는 마그마가 지하 깊은 곳에서 서서히 냉각되어 형성된다. (가)와 같은 조직을 갖는 암석에는 유문반암 등이 있고, (나)와 같은 조직을 갖는 암석에는 화강암 등이 있다.

**11** A는 구성 광물 입자의 크기가 작으므로 현무암이고, B는 구성 광물 입자의 크기가 크므로 화강암이다. 현무암은 마그마가 지표 부근에서 빠르게 냉각되어 만들어지고, 화강암은 마그마가 지하 깊은 곳에서 서서히 냉각되어 만들어지므로 마그마의 냉각 속도는 A(현무암)가 B(화강암)보다 빠르며, Y에는 '암석의 생성 깊이'가 들어갈 수 있다.

**12** (가)는 결정의 크기가 작은 세립질 조직을 보이므로 현무암의 조직이고, (나)는 결정의 크기가 큰 조립질 조직을 보이므로 화강암의 조직이다.

오답 피하기

ㄷ. 세립질 조직은 마그마가 지표 부근에서 빠르게 냉각되어 만들어지고, 조립질 조직은 마그마가 지하 깊은 곳에서 서서히 냉각되어 만들어진다. 따라서 암석의 생성 깊이는 (가)가 (나)보다 얕다.

**13** A는 조립질 조직이 나타나므로 심성암이다. 조립질 조직은 마그마가 지하 깊은 곳에서 천천히 냉각되어 형성되지만, 반상 조직은 마그마가 지하 깊은 곳에서 서서히 냉각되어 큰 결정이 만들어진 뒤 지표 부근으로 상승하여 빠르게 냉각되어 형성되므로 마그마의 평균 냉각 속도는 A가 B보다 느리고, 암석이 생성된 깊이는 A가 B보다 깊다.

**14** 모범 답안 (1) A, C

(2) $SiO_2$ 함량이 더 많은 용암 B의 점성이 용암 A보다 더 크다. 점성이 큰 용암이 형성하는 화산체의 경사가 점성이 작은 용암이 형성하는 화산체의 경사보다 더 크므로 용암 B가 형성하는 화산체의 경사가 더 크다.

| | 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|---|
| (1) | 순상 화산을 형성한 용암에 해당하는 기호를 모두 옳게 쓴 경우 | 30 |
| | 순상 화산을 형성한 용암에 해당하는 기호를 한 가지만 옳게 쓴 경우 | 15 |
| (2) | 용암 A와 B의 점성과 두 용암이 만드는 화산체의 경사를 모두 옳게 비교하여 서술한 경우 | 70 |
| | 용암 A와 B의 점성과 두 용암이 만드는 화산체의 경사 중 한 가지만 옳게 비교하여 서술한 경우 | 35 |

**15** 모범 답안 (1) 현무암: 세립질 조직, 화강암: 조립질 조직

(2) 현무암은 지표 근처에서 마그마가 빠르게 냉각되어 만들어졌으므로 결정의 크기가 작은 세립질 조직을 가지고, 화강암은 지하 깊은 곳에서 마그마가 서서히 냉각되어 만들어졌으므로 결정의 크기가 큰 조립질 조직을 가진다.

| | 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|---|
| (1) | 두 암석이 가진 조직을 모두 옳게 쓴 경우 | 30 |
| | 두 암석이 가진 조직 중 하나만 옳게 쓴 경우 | 15 |
| (2) | 현무암과 화강암이 (1)에서 답한 조직을 가진 까닭을 생성 환경과 연관지어 모두 옳게 서술한 경우 | 70 |
| | 현무암과 화강암 중 한 가지에 대해서만 (1)에서 답한 조직을 가진 까닭을 생성 환경과 연관지어 옳게 서술한 경우 | 35 |

## 04 지진파와 지구 내부 구조

### 탐구 리포트 | p.45 |

01 ⑤

**01** ㉠에는 직접파가 굴절파보다 먼저 도달한다. 교차 거리 ㉡에서는 직접파와 굴절파의 도달 시간이 같다. 진앙으로부터 이 지점까지의 거리와 지진파의 도달 시간, 그리고 각 층에서 지진파의 속도를 알면 제1층의 두께를 구할 수 있다.

오답 피하기

ㄱ. 지진파의 속도가 제1층보다 제2층에서 더 빠르므로 교차 거리 이후에는 굴절파가 먼저 도달한다. 따라서 $V_2$가 $V_1$보다 크다.

### 내신 기초 문제 | p.48~49 |

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

**01** A는 진앙, B는 진원이고, B(진원)에서 관측소까지의 거리를 진원 거리라고 한다. 지진파를 통해 지구 내부 구조를 파악할 수 있다.

**02** (가)는 P파, (나)는 S파의 진행 모습이다.

오답 피하기

ㄴ. 전파 속도는 (가)가 (나)보다 빠르다.

ㄷ. (나)는 S파이므로 고체 상태인 물질만 통과한다.

**03** PS시는 1분(01시 16분 − 01시 15분)이다. 전파 속도는 P파가 S파보다 빠르므로 지진계에 P파가 먼저 기록된다.

오답 피하기

ㄷ. 01시 15분은 진원에서 발생한 P파가 관측소에 도착한 시각이다. 지진파가 진원에서 관측소까지 이동하는 데 시간이 걸리므로 진원에서 지진이 발생한 시각은 01시 15분보다 빠른 시각이다.

**04** (나)에서 PS시는 10초보다 크다. PS시가 10초일 때 진원 거리는 $\frac{V_P \times V_S}{V_P - V_S} \times$ PS시 $= \frac{6\ \text{km/s} \times 4\ \text{km/s}}{6\ \text{km/s} - 4\ \text{km/s}} \times 10\ \text{s}$ $= 120$ km이므로 (나)에서 진원 거리는 120 km보다 멀다. S파의 진폭이 P파보다 크므로 지진파에 의한 피해는 S파가 P파보다 크다.

오답 피하기

ㄱ. PS시는 P파가 도달한 이후 S파가 도달할 때까지 걸린 시간이므로 (가)가 (나)보다 작다.

**05** PS시는 P파와 S파의 도달 시간 차이로, 주시 곡선 그래프에서 두 곡선 사이의 세로 간격에 해당하며, 진앙으로부터의 거리가 멀수록 간격이 커짐을 알 수 있다. 따라서 PS시는 A보다 B에서 크다. P파는 S파보다 전파 속도가 빠르므로 두 관측소에서 모두 P파가 S파보다 먼저 도달한다.

오답 피하기

ㄴ. 그림에서 지진 기록이 가로로 크게 요동칠수록 진폭이 크다. 따라서 P파의 진폭은 B보다 A에서 크다.

**06** (가)를 통해 지하 약 2900 km 깊이부터 액체 상태의 핵이 존재함을 알아내었다.

오답 피하기

ㄴ. (나)를 통해 고체 상태의 내핵이 존재함을 알아내었다.
ㄷ. (다)를 통해 지각 아래에 맨틀이 존재함을 알아내었다.

**07** A에는 P파와 S파가 모두 도달하고, B는 P파와 S파의 암영대이므로 P파와 S파가 모두 도달하지 않으며, C에는 P파만 도달한다.

**08** ㉠은 직접파, ㉡은 굴절파에 해당한다. (가)의 지각이 현재보다 두꺼우면 굴절파가 이동하는 거리가 길어지므로 교차 거리가 현재보다 멀어진다.

오답 피하기

ㄴ. 관측소 B에는 직접파와 굴절파가 동시에 도달하므로 진앙에서 관측소 B까지의 거리는 교차 거리에 해당한다. 즉, 관측소 B까지의 거리는 X이다.

**내신 실전 문제** | p.50~53 |

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

**01** 지진계에 먼저 기록되는 ㉠은 P파, 나중에 기록되는 ㉡은 S파이다. ㉡(S파)은 고체 상태인 물질만 통과한다.

오답 피하기

① ㉠은 P파이므로 종파이다.
③ ㉡(S파)은 ㉠(P파)보다 전파 속도가 느리다.
④ A는 PS시로, 진원과 관측소 사이의 거리가 멀수록 크다.
⑤ PS시는 P파가 도달한 이후 S파가 도달할 때까지 걸린 시간이다.

**02** 관측소 (나)에 P파는 13시 16분 40초에 도달하였고, S파는 13시 16분 50초에 도달하였으므로 PS시는 10초이다.

오답 피하기

ㄴ. PS시는 진원으로부터의 거리가 멀수록 크다. (가)에서 PS시는 약 15초이고, (나)에서 PS시는 10초이므로 진원으로부터의 거리는 (가)가 (나)보다 멀다.
ㄷ. 13시 16분 40초는 관측소 (나)에 P파가 도착한 시각이다. 지진파가 진원에서 관측소까지 이동하는 데 시간이 걸리므로 진원에서 지진이 발생한 시각은 13시 16분 40초보다 빠른 시각이다.

**03** 관측소 A에서 P파가 최초로 도달하는 데 걸린 시간은 9초이고, PS시는 9초이므로 S파가 최초로 도달하는 데 걸린 시간은 18초이다. 따라서 관측소 A에서 진원 거리는 3 km/s $\times$ 18 s $=$ 54 km이고, 이를 이용하여 P파의 속도를 구하면 $\frac{54\ \text{km}}{9\ \text{s}} = 6$ km/s이다. 관측소 B에서 진원 거리는 6 km/s $\times$ 15 s $=$ 90 km이고, 이를 이용하여 관측소 B에 S파가 최초로 도달하는 데 걸린 시간을 구하면 $\frac{90\ \text{km}}{3\ \text{km/s}} =$ 30 s이다. 따라서 관측소 B에서 PS시는 30초 $-$ 15초 $=$ 15초이므로 ㉠은 15이다.

**04** PS시를 $t$, 진원 거리를 $d$, P파의 속도를 $V_P$, S파의 속도를 $V_S$라고 하면 $t = \frac{d}{V_S} - \frac{d}{V_P}$이다. PS시와 진원 거리, P파의 속도를 식에 대입하면 2 s $= \frac{15\ \text{km}}{V_S} - \frac{15\ \text{km}}{5\ \text{km/s}}$이고, 식을 정리하면 $\frac{15\ \text{km}}{V_S} = 5$ s이므로 S파의 속도 $V_S =$ 3 km/s이다. 관측소 A와 B에서 진원 거리는 각각 3 km/s $\times$ 5 s $=$ 15 km, 3 km/s $\times$ 15 s $=$ 45 km이고, PS시는 각각 2초와 6초이므로 P파가 최초로 도달하는 데 걸린 시간은 각각 3초와 9초이다. 따라서 P파가 최초로 도달하는 데 걸린 시간은 B에서가 A에서보다 6초 길다.

**05** 관측소 A의 진앙 거리는 6 km/s × 4 s = 24 km이다. PS시가 2초이므로 S파가 최초로 도달하는 데 걸린 시간은 6초이다. 따라서 S파의 속도는 $\frac{24\text{ km}}{6\text{ s}} = 4\text{ km/s}$이다. 또한 이를 통해 모눈종이의 1 cm는 8 km에 해당함을 알 수 있다. 관측소 C의 진앙 거리는 48 km이므로 S파가 최초로 도달하는 데 걸린 시간은 C가 A의 2배이다.

오답 피하기

ㄴ. 관측소 B의 진앙 거리는 32 km이므로 P파가 최초로 도달하는 데 걸린 시간은 약 5.3초이고, S파가 최초로 도달하는 데 걸린 시간은 8초이다. 따라서 관측소 B에서 PS시는 약 2.7초이므로 3초보다 짧다.

**06** P파가 최초로 도달하는 데 걸린 시간이 관측소 C에서가 A에서보다 짧으므로 진앙의 위치는 관측소 A보다 C에 더 가까운 ㉡이다. P파가 진앙에서 20 km 떨어진 관측소 B에 최초로 도달하는 데 걸린 시간이 4초이므로 P파의 속도는 $\frac{20\text{ km}}{4\text{ s}} = 5\text{ km/s}$이다. 관측소 C에 P파가 최초로 도달하는 데 걸린 시간이 6초이므로 관측소 C의 진앙 거리는 5 km/s × 6 s = 30 km이다. 따라서 S파가 관측소 C에 최초로 도달하는 데 걸린 시간은 $\frac{30\text{ km}}{3\text{ km/s}} = 10\text{ s}$이다.

**07** 레만은 P파의 암영대인 각거리 110° 부근에서 약한 P파가 관측됨을 해석하여 지하 약 5100 km 깊이부터는 고체 상태의 내핵이 있음을 알아내었다.

오답 피하기

ㄱ. (가)에서 지진파의 속도는 맨틀과 외핵의 경계인 깊이 약 2900 km 부근에서 가장 크게 나타난다.

ㄴ. S파는 액체 상태인 외핵을 통과하지 못하므로 B와 C 구간에는 도달하지 못한다. 또한 B 구간은 P파의 암영대이므로 P파가 도달하지 못한다.

**08** 그림은 S파가 지구 내부를 통과하는 모습을 나타낸 것으로, S파는 액체 상태인 물질을 통과하지 못한다. 이러한 성질로 인해 각거리 103°~180°에 S파의 암영대가 생기고, 이를 통해 액체 상태인 외핵의 존재를 확인하였다.

**09** 그래프를 통해 지구 내부에는 지진파의 속도가 급격히 변하는 경계면이 있음을 알 수 있다.

오답 피하기

ㄱ. 깊이 약 2900 km부터 S파가 전파하지 못하므로 외핵은 액체 상태임을 알 수 있다.

ㄴ. 그래프를 통해 P파의 전파 속도가 S파의 전파 속도보다 빠름을 알 수 있다.

**10** 관측소 A, B, C, H에 P파와 S파가 모두 도달하였으므로 이 관측소들은 진앙으로부터 각거리 103° 이내에 있다. 이를 통해 진앙은 A와 B 사이에 있음을 알 수 있다. 따라서 진앙 거리는 A가 H보다 가깝다. 관측소 E와 F에는 P파만 도달하였으므로 두 관측소는 진앙으로부터의 각거리가 142°보다 크다. 따라서 ㉠에는 P파만 도달한다.

오답 피하기

ㄷ. 관측소 C는 진앙으로부터 각거리 103° 이내에 있으므로 C에 도달한 P파는 지각과 맨틀만 통과하였다.

**11** A 지역은 진앙으로부터 각거리 103° 이내에 있으므로 A 지역에 도달하는 지진파는 지각과 맨틀만 통과하였다. B 지역은 진앙으로부터 각거리 103°와 142° 사이에 있으므로 암영대에 속한다.

오답 피하기

ㄷ. C 지역은 진앙으로부터의 각거리가 142°보다 크므로 S파의 암영대에 속한다. 즉, C 지역에는 S파는 도달하지 못하고 P파만 도달한다.

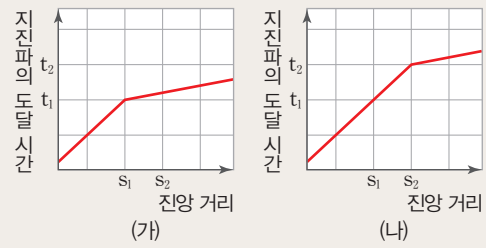
**12** 주시 곡선에서 교차 거리는 지각의 두께가 두꺼울수록 길어진다. 교차 거리는 (가)에서가 (나)에서보다 짧으므로 지각의 두께는 (가)에서가 (나)에서보다 얇다. 지각의 두께가 두꺼울수록 P파가 이동한 경로가 길어지므로 P파가 이동한 경로는 (가)에서가 (나)에서보다 짧다.

오답 피하기

ㄱ. 지진파의 속도가 지각보다 맨틀에서 더 빠르므로 교차 거리 이후에는 굴절파가 먼저 도달한다. 따라서 P파의 속도는 지각보다 맨틀을 통과할 때 더 빠르다.

**문제 속 자료**

**지각의 두께**




- 교차 거리를 $l$, 지각에서 지진파의 속도를 $V_1$, 맨틀에서 지진파의 속도를 $V_2$라고 하면, 지각의 두께 $d = \frac{l}{2}\sqrt{\frac{V_2-V_1}{V_2+V_1}}$이다. 따라서 교차 거리가 멀수록 지각의 두께가 두껍다.
- (가)의 교차 거리는 $S_1$, (나)의 교차 거리는 $S_2$이고 $S_1 < S_2$이므로 지각의 두께는 (가)에서가 (나)에서보다 얇다.

**13** 지구 내부의 지진파 속도가 일정하다고 가정하면 지진파는 굴절되지 않고 진원에서 관측소까지 직선 경로를 따라 전파된다. 따라서 관측소에는 직접파만 도달한다. 즉, A로 기록된 것은 모두 직접파이다.

**오답 피하기**

ㄴ. ㉠은 교차 거리보다 먼 곳에 있으므로 ㉠에 먼저 도달하는 B는 굴절파, 나중에 도달하는 A는 직접파이다. 따라서 ㉠에 도달한 P파가 이동한 경로는 A가 B보다 짧다.

ㄷ. ㉠에서 P파의 최초 도달 시간이 A가 B보다 크므로 지진파의 평균 속도는 A가 B보다 느리다.

**14** 지진파가 A → B로 진행할 때와 B → A로 진행할 때 진행하는 경로는 서로 같으므로 이동 거리와 총 주행 시간은 서로 같다.

**오답 피하기**

ㄱ. 지진파가 B → A로 진행할 때는 지진파의 속도가 더 빠른 층으로 도달하는 데 더 오랜 시간이 걸리므로 A → B로 진행할 때보다 교차 거리가 길다.

**15** **모범 답안** (1) 진앙으로부터의 각거리가 103° 이내인 곳에는 P파와 S파가 모두 도달하고, 각거리가 103° 이상인 곳에는 S파가 도달하지 못한다. 따라서 P파와 S파가 모두 도달한 ㉠이 진앙과 가장 가까운 지점이다.

(2) ㉡과 ㉢에 지진파가 도달하려면 외핵을 통과해야 한다. 외핵은 액체 상태인데, S파는 액체 상태인 외핵을 통과하지 못하기 때문이다.

〔서술형 TIP〕

S파의 성질과 외핵의 상태를 연관지어 서술해야 한다.

| 채점 기준 | | 배점(%) |
|---|---|---|
| (1) | 진앙과 가장 가까운 지점을 그 까닭과 함께 옳게 서술한 경우 | 50 |
| | 진앙과 가장 가까운 지점만 옳게 쓴 경우 | 20 |
| (2) | S파의 성질과 외핵의 상태를 연관지어 옳게 서술한 경우 | 50 |
| | S파의 성질만 언급하여 서술한 경우 | 25 |

**16** **모범 답안** (1) 교차 거리

(2) P파의 속도가 지각보다 맨틀에서 더 빠르기 때문이다.

| 채점 기준 | | 배점(%) |
|---|---|---|
| (1) | A 지점의 진앙 거리를 무엇이라고 하는지 옳게 쓴 경우 | 30 |
| (2) | 지각과 맨틀에서 지진파의 속도를 비교하여 굴절파가 직접파보다 먼저 도달하는 까닭을 옳게 서술한 경우 | 70 |

## 단원 마무리 문제 | p.56~59 |

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

**01** (가) 시기에 수증기와 이산화 탄소에 의한 온실 효과로 지표면의 온도가 가장 높았다. (나) 시기에 기권의 이산화 탄소가 수권(바다)에 녹아 기권의 이산화 탄소량이 감소하였다. (다) 시기 이후 남세균의 광합성으로 대기 중 산소의 농도가 증가하였다.

**02** ㉠은 이산화 탄소, ㉡은 산소이다. A 시기에 지구에는 바다가 존재하였고, 대기 중의 이산화 탄소가 바다에 녹아 대기 중의 이산화 탄소 농도가 감소하였다.

**오답 피하기**

ㄷ. 남세균은 B 시점 이전에 등장하여 바다에 산소를 공급하였다. 남세균이 생산한 산소가 바닷물에 녹아 있던 철 이온과 만나 호상철광층을 형성한 후 포화 상태에 이르러 B 시점부터 대기 중에 축적되었다.

**03** **모범 답안** (1) 화산 활동으로 이산화 탄소가 계속 방출되어 대기 중 이산화 탄소의 농도가 높아졌다. 그에 따라 온실 효과가 커져 지구를 덮고 있던 얼음이 녹았다.

(2) 얼음이 녹은 뒤 대기 중의 이산화 탄소가 바닷물에 녹아 탄산 이온이 되었고, 탄산 이온이 칼슘 이온과 반응하여 석회암으로 침전되며 형성되었다.

**해설** 얼음덩어리 지구 상태에서 화산 활동으로 방출된 이산화 탄소가 바다에 흡수되지 못해 대기 중에 쌓이면서 온실 효과가 강화되었다.

| 채점 기준 | | 배점(%) |
|---|---|---|
| (1) | 대기 중 이산화 탄소 농도가 높아져 온실 효과가 커져 얼음이 녹았다고 옳게 서술한 경우 | 50 |
| (2) | 얼음이 녹은 뒤 대기 중의 이산화 탄소가 바다에 녹아 탄산 이온이 된 뒤 칼슘 이온과 반응하여 석회암으로 침전되었다고 옳게 서술한 경우 | 50 |

**04** (가)~(다)는 모두 물의 순환 과정에서 나타난 지형이다. (가)는 물의 침식과 퇴적 작용으로 형성되었다.

**오답 피하기**

ㄷ. (나)는 하천의 유속이 느려지며 퇴적물이 삼각형으로 쌓여 형성된 지형이고, (다)는 바닷물의 침식 작용으로 암석의 틈이 깎여 넓어져 동굴처럼 형성된 지형이다.

**05** 해령으로부터의 거리는 A와 B가 비슷하지만 해양 지각의 나이는 A 지점이 B 지점보다 적으므로 평균 확장 속도는 A가 속한 판이 B가 속한 판보다 빠르다.

해령에서 멀어질수록 퇴적물의 두께가 두꺼워지므로 해령에서 더 멀리 떨어진 B 지점의 퇴적물 두께가 더 두껍다.

**오답 피하기**

ㄷ. 해양 지각의 나이가 많을수록 해령 정상으로부터의 깊이가 깊어지므로 해령 정상으로부터 해저면까지의 깊이는 B 지점이 A 지점보다 깊다.

**06** B는 두 판이 충돌하여 섭입이 일어나는 곳이므로 해구가 발달한다. 해구가 발달한 판에는 섭입하는 판이 당기는 힘이 작용하므로 해구가 발달하지 않은 판보다 이동 속도가 빠르다.

**오답 피하기**

ㄱ. 두 판이 충돌할 때 밀도가 더 큰 판이 밀도가 작은 판 아래로 섭입하므로 밀도는 A가 속한 판이 C가 속한 판보다 크다.

**07** **모범 답안** (1) 화산섬 B, 화산섬 B의 나이가 가장 적기 때문이다.

(2) 맨틀과 외핵의 경계에서 상승한 고온의 맨틀 물질이 지표 부근에 열점을 만들고, 이 열점에서 마그마가 분출하여 화산섬이 생성되었다. 화산섬이 생성된 이후 판이 이동하였고, 열점은 고정된 위치에서 마그마를 계속 분출하여 하와이 열도가 생성되었다.

| | 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|---|
| (1) | 열점에 더 가까운 화산섬과 그렇게 생각한 까닭을 모두 옳게 서술한 경우 | 40 |
| | 열점에 더 가까운 화산섬만 옳게 쓴 경우 | 20 |
| (2) | 하와이 열도의 생성 원인을 플룸 운동과 연관지어 옳게 서술한 경우 | 60 |
| | 하와이 열도의 생성 원인은 옳게 서술하였으나 플룸 운동과 연관짓지 못한 경우 | 30 |

**08** 화산섬은 동일한 경도를 따라 이동하고, 북쪽으로 갈수록 연령이 증가하므로 판의 이동 방향은 A와 B 모두 북쪽이다. 지난 1000만 년 동안 화산섬 ㉠은 5°만큼, ㉡은 10°만큼 이동했으므로 판 B의 이동 속도가 더 빠르다. 따라서 두 판은 X를 경계로 서로 멀어지고 있으므로 X는 해령이고, 판과 함께 북쪽으로 이동하고 있다.

**오답 피하기**

ㄷ. 1000만 년 후 화산섬 ㉠은 위도 5°S에, 화산섬 ㉡은 적도에 위치한다.

**09** $SiO_2$ 함량이 적을수록 마그마의 유동성은 크고, 형성되는 화산체의 경사는 완만하다. B가 C보다 $SiO_2$ 함량이 더 적으므로 유동성은 크고, 형성되는 화산체의 경사는 완만하다.

**오답 피하기**

ㄱ. A는 C보다 휘발 성분 함량이 적으므로 조용히 분출한다.

**10** (가)와 (나)에서 분출된 용암은 공통적으로 비교적 온도가 높고 점성이 작다. 따라서 비교적 조용히 분출한다.

**11** 재물대는 회전이 가능하며, 상부 편광판은 삽입과 제거가 가능하다. 편광 현미경으로 박편을 관찰하면 암석의 조직을 구분할 수 있다.

**12** **모범 답안** (1) A: 세립질 조직, B: 조립질 조직

(2) 세립질 조직은 마그마가 지표 부근에서 빠르게 냉각되어 형성된 것으로, 결정의 크기가 작다. 조립질 조직은 마그마가 지하 깊은 곳에서 서서히 냉각되어 형성된 것으로, 결정의 크기가 크다.

**〔서술형 TIP〕**

두 조직의 형성 과정을 냉각 속도에 근거하여 서술해야 한다.

| | 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|---|
| (1) | A와 B에서 생성되는 암석이 가지는 조직을 모두 옳게 쓴 경우 | 40 |
| | A와 B에서 생성되는 암석이 가지는 조직 중 한 가지만 옳게 쓴 경우 | 20 |
| (2) | 두 조직이 형성되는 과정과 특징을 모두 옳게 서술한 경우 | 60 |
| | 두 조직 중 한 가지에 대해서만 형성되는 과정과 특징을 옳게 서술한 경우 | 30 |

**13** **모범 답안** (1) A: 1분 30초(90초), B: 1분(60초)

(2) 진원 거리 $= \frac{V_P \times V_S}{V_P - V_S} \times$ PS시이다. 관측소 A에서의 진원 거리는 $\frac{8\ km/s \times 4\ km/s}{8\ km/s - 4\ km/s} \times 90\ s = 720\ km$이고, 관측소 B에서의 진원 거리는 $\frac{8\ km/s \times 4\ km/s}{8\ km/s - 4\ km/s} \times 60\ s = 480\ km$이다.

| | 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|---|
| (1) | 관측소 A와 B에서의 PS시를 모두 옳게 쓴 경우 | 40 |
| | 관측소 A와 B에서의 PS시 중 한 가지만 옳게 쓴 경우 | 20 |
| (2) | 관측소 A와 B에서의 진원 거리를 계산 과정과 함께 모두 옳게 서술한 경우 | 60 |
| | 관측소 A와 B에서의 진원 거리 중 한 가지만 계산 과정과 함께 옳게 서술한 경우 | 30 |

**14** ㉠은 PS시가 0초인 시점이다. PS시가 0초인 것은 P파와 S파가 동시에 도달했다는 의미이므로 진원에서의 측정값이다. 따라서 ㉠은 지진이 발생한 시각이다.

**오답 피하기**

ㄴ. PS시가 클수록 진원 거리가 멀어진다. 따라서 PS시가 가장 작은 A가 진원에 가장 가깝다. 따라서 진원 거리는 A < B < C < D이다.

ㄷ. P파 속력을 $V_P$, S파 속력을 $V_S$, 진원 거리를 $d$라고 하면 PS시는 $\left(\frac{d}{V_S}-\frac{d}{V_P}\right)$이고, P파 도달 시간은 $\frac{d}{V_P}$이다.

직선의 기울기는 $\frac{\text{PS시}}{\text{P파 도달 시간}}=\left(\frac{\frac{d}{V_S}-\frac{d}{V_P}}{\frac{d}{V_P}}\right)=\left(\frac{V_P}{V_S}-1\right)$이다. 따라서 직선의 기울기는 $\left(\frac{\text{P파 속력}}{\text{S파 속력}}-1\right)$이다.

**15** 주시 곡선의 기울기가 계속 완만해지므로 P파의 속도는 깊이가 깊어질수록 빨라짐을 알 수 있다. 따라서 P파의 속도는 $V_1 < V_2 < V_3$이다. A는 교차 거리보다 가까이 있으므로 A에는 직접파가 굴절파보다 먼저 도달한다.

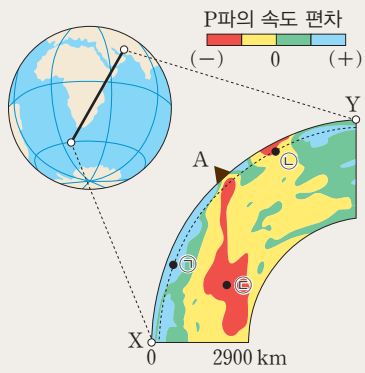
**오답 피하기**

ㄷ. ㉠ 지점에는 제1층과 제2층만 통과한 P파가 도달하고, ㉡ 지점에는 제1층부터 제3층까지의 모든 층을 통과한 P파가 도달한다. 이때 ㉠과 ㉡은 교차 거리이므로 ㉠과 ㉡ 사이의 구간에는 제1층과 제2층만 통과한 P파가 도달한다.

**16** P파의 속도는 P파가 통과하는 매질의 온도가 높을수록 느리다. P파의 속도가 ㉠ 지점보다 ㉡ 지점에서 느리므로 평균 온도는 ㉠ 지점이 ㉡ 지점보다 낮다. ㉢ 지점은 지진파의 속도가 느리므로 온도가 높다. 따라서 ㉢ 지점에서 플룸이 상승하여 A의 하부에 열점을 형성한다.

**문제 속 자료**

**지진파 단면 영상**




- 빨간색 영역은 지진파의 속도가 주변보다 느리므로 온도가 높고, 하늘색 영역은 지진파의 속도가 주변보다 빠르므로 온도가 낮다.
- 깊이 2900 km 부근에서 고온의 맨틀 물질인 플룸이 상승하여 A의 하부에 열점을 형성하고 있음을 알 수 있다. A 지역은 동아프리카 열곡대에 해당한다.

# II 해수의 운동

## 01 에크만 수송과 지형류

**내신 기초 문제** | p.68~69 |

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

**01** 수압은 수심이 깊어질수록 높아지므로 연직 수압 경도력은 아래에서 위로 작용한다. 수평 수압 경도력은 해수의 밀도가 일정하다고 가정할 때 해수면이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용한다.

**오답 피하기**

ㄱ. 전향력은 운동하는 물체에 작용하는 가상의 힘이므로 해수가 움직이지 않을 때는 작용하지 않는다.

ㄷ. 전향력의 크기는 위도가 높아질수록 커지므로 위도에 비례한다.

**02** 전향력은 지구의 북반구에서 물체의 운동 방향의 오른쪽 직각 방향으로, 남반구에서 물체의 운동 방향의 왼쪽 직각 방향으로 작용한다. 문제에 제시된 편서풍의 풍향, 태풍의 회전 방향, 표층 해류의 방향은 모두 전향력과 관련이 있는 현상들이다.

**오답 피하기**

① 중력은 질량이 있는 물체 사이에 서로 끌어당기는 힘이다.

② 마찰력은 접촉하고 있는 두 물체 사이의 상대적인 움직임을 방해하는 힘이다.

④ 수압 경도력은 유체 내에서 수압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용하는 힘이다.

⑤ 자기력은 자기장을 통해 물질이 서로 끌어당기거나(인력) 밀어내는(척력) 힘이다.

**03** 해양에서 수압은 수심이 10 m 깊어질 때마다 약 1 기압씩 증가한다. 연직 수압 경도력은 중력과 평형을 이루며 이를 정역학 평형이라고 한다. 해수의 밀도가 일정할 때 수평 수압 경도력은 해수면의 경사도가 클수록 커진다. 해수의 온도 차이로 밀도가 달라지면 수평 수압 경도력은 따뜻한 해수 쪽에서 찬 해수 쪽으로 작용한다.

**오답 피하기**

③ 북반구에서 전향력은 해수의 운동 방향에 대해 오른쪽 직각 방향으로 작용한다.

**04** 북반구에서 표면 해수는 전향력의 영향으로 바람 방향의 오른쪽 약 45° 방향으로 이동한다. 표면 해수의 움직임은 아래층으로 전달되면서 전향력이 작용하여 수심이 깊어질수록 해수의 이동 방향이 오른쪽으로 치우쳐 나선 모양이 형성된다. 따라서 전체 해수의 평균적인 흐름인 에크만 수송은 바람 방향의 오른쪽 직각 방향으로 나타난다.

**05** 북반구에서 지속적인 바람이 일정한 방향으로 불면 전향력이 작용하여 표면 해수는 바람 방향의 오른쪽 약 45° 방향으로 이동한다. 표면 해수의 움직임은 아래층으로 전달되고 수심이 깊어질수록 해수의 이동 방향이 점점 오른쪽으로 치우쳐 에크만 나선을 이룬다. 북반구에서 에크만 수송은 바람 방향의 오른쪽 직각 방향으로 나타난다.

**06** 북반구에서 표면 해수는 바람 방향의 오른쪽 약 45° 방향으로 이동하므로 표면 해수의 이동 방향은 B이다. 수심이 깊어질수록 아래층 해수의 이동 방향은 점점 오른쪽으로 치우치므로 에크만층에서 평균적인 해수의 이동 방향은 C이다.

오답 피하기

ㄴ. 전향력의 영향으로 수심이 깊어질수록 해수의 이동 방향은 점점 시계 방향으로 변한다.

**07** 지형류는 수압 경도력(A)과 전향력(B)이 평형을 이룰 때 흐르는 해류이다.

오답 피하기

① A는 수압 경도력이다.

② B는 전향력이다.

③ 수압 경도력이 ㉡에서 ㉠ 쪽으로 작용하므로 ㉡ 지점의 수압이 ㉠ 지점보다 높다.

④ 이 해역의 밀도는 일정하므로 수압이 더 높은 ㉡ 지점의 해수면 높이가 ㉠ 지점보다 높다.

**08** 북반구에서 해수가 이동하기 시작하면 해수의 이동 방향의 오른쪽 직각 방향으로 전향력이 작용한다.

오답 피하기

ㄴ. A~C에서 해수면의 경사는 동일하므로 수압 경도력의 크기도 같다.

ㄷ. A~C에서 수압 경도력이 지속적으로 작용하므로 유속은 점점 커지고, 이에 따라 전향력의 크기도 점점 커진다.

**09** 서안 경계류(A)는 동안 경계류(B)보다 유속, 깊이, 수온이 크고 폭, 영양염류의 양은 작다.

오답 피하기

ㄴ. 동안 경계류의 폭이 서안 경계류의 폭보다 넓다.

ㅁ. 영양염류는 비교적 수온이 낮은 동안 경계류에 더 많다.

## 내신 실전 문제

| p.70~73 |

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

**01** 자료의 해수는 연직 수압 경도력(A)과 중력(B)이 평형을 이루는 정역학 평형 상태이다. 따라서 해수의 연직 방향으로의 움직임이 거의 없다.

오답 피하기

ㄴ. 해수의 밀도가 일정할 때 수압의 변화량은 수심과 관계없이 10 m 깊어질 때마다 약 1 기압씩 증가한다.

ㄷ. A는 연직 수압 경도력이고, B는 중력이다. 두 힘이 평형을 이루면 정역학 평형 상태가 된다.

**02** 회전판 밖에 있는 관찰자가 이 실험을 관찰한다면 공의 궤적이 휘어지지 않은 직선 운동으로 보인다.

오답 피하기

ㄱ. 이 실험을 통해 북반구에서 작용하는 전향력의 방향을 설명할 수 있다.

ㄷ. 전향력의 크기는 물체의 속도와 회전하는 평면의 각속도에 비례한다. 따라서 회전판이 회전하는 속도가 느려지면 공의 궤적은 덜 휘어진다.

**03** 두 지점의 수압 차이는 두 지점의 깊이 차에 비례하므로 B 지점의 수압이 A 지점의 수압보다 높다. 따라서 B의 마개를 열면 A를 열었을 때보다 물이 나오는 속력이 빠르다. 또한 물을 처음 높이($2h$)보다 적게 채우면 A에 작용하는 수압의 크기는 작아지므로 A의 마개를 열었을 때 물은 $L$보다 더 짧은 거리에서 떨어진다.

**04** 정역학 평형 상태에서 연직 수압 경도력과 중력의 크기는 같고 방향은 반대이다. 해수의 밀도가 일정할 때 수평 수압 경도력은 해수면의 경사가 급할수록 커진다.

오답 피하기

A. 중력은 해수와 지구가 서로를 끌어당기는 힘이고, 지구 중심 방향으로 작용한다.

D. 정역학 평형 상태에서 수심이 깊어져도 단위 질량당 연직 수압 경도력의 크기는 일정하다.

**05** 표면 해수는 남쪽으로 흐르므로 마찰저항심도에서 해수의 이동 방향은 북쪽이다.

오답 피하기

ㄱ. 해수면 위에서 부는 바람은 북서풍이다.

ㄷ. 자료가 남반구의 해역이라면 바람은 남동풍이 불고, 표면 해수는 서쪽으로 흐른다.

**06** 에크만 수송은 동쪽으로 나타난다. 따라서 해안가에는 심해의 찬 해수가 용승해 수온이 비교적 낮아진다. 우리나라는 주로 여름철에 남풍 계열의 바람이 지속적으로 불기 때문에 이러한 현상이 나타난다.

오답 피하기

ㄱ. 표층 해수는 연안에서 멀어지는 방향으로 흐른다.

**07** 마찰력과 전향력의 영향으로 수심이 깊어질수록 해수는 유속이 느려지고 오른쪽으로 편향된다.

오답 피하기

ㄴ. 에크만 수송은 바람의 세기가 클수록 강하게 일어난다.

ㄷ. 북반구에서 바람의 방향이 서풍이라면 해수의 평균적인 이동 방향은 남쪽이다.

**08** 편서풍대에서는 에크만 수송이 남쪽으로, 무역풍대에서는 에크만 수송이 북쪽으로 나타나므로 위도 30°N 부근의 해수면 높이가 높아진다.

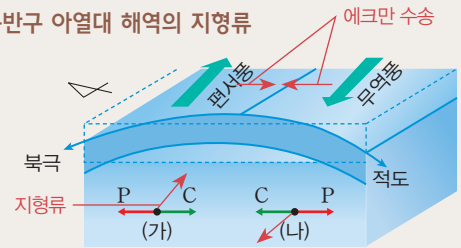
오답 피하기

ㄱ. C는 전향력이고, P는 수압 경도력이다.

ㄴ. (가) 지점의 해류는 동쪽으로 흐르고, (나) 지점의 해류는 서쪽으로 흐른다.

문제 속 **자료**

북반구 아열대 해역의 지형류




| 구분 | 에크만 수송 | 수압 경도력 | 전향력 | 지형류 |
|---|---|---|---|---|
| 0°N~30°N (무역풍대) | 북쪽 | 남쪽 | 북쪽 | 서쪽 |
| 30°N~60°N (편서풍대) | 남쪽 | 북쪽 | 남쪽 | 동쪽 |

**09** 자료는 북반구에서 지형류의 발생 과정을 나타낸 것으로, ㉡은 수압 경도력, ㉢은 전향력이다. 4단계에서는 지형류 평형 상태에 도달하여 지형류가 흐른다.

오답 피하기

⑤ 북반구에서 지형류는 수압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로 흐르므로 지형류가 서쪽으로 흐르면 수압 경도력은 남쪽으로 작용한다. 따라서 해수면이 낮은 곳(㉠)은 이 해역의 남쪽에 위치한다.

**10** A 지점과 B 지점에서는 서쪽과 동쪽의 수압 차이로 인해 동쪽으로 수압 경도력이 작용하고 남쪽으로 지형류가 흐른다. A 지점과 B 지점에서 해수의 경사도는 일정하므로 지형류의 유속은 같다.

오답 피하기

ㄴ. 해저면의 수압이 일정하므로 C 지점이 위치하는 깊이의 수압도 일정하다. 따라서 C에서는 지형류가 흐르지 않는다.

ㄷ. 이 해역은 정역학 평형을 이루고 해저면의 수압은 일정하므로 밀도가 같은 해수층을 제외한 서쪽의 수압 차($\Delta p_W$)와 동쪽의 수압 차($\Delta p_E$)는 같다. 따라서

$\Delta p_W = 100.5\rho_1 g$, $\Delta p_E = 100\rho_2 g$이고

$100.5\rho_1 = 100\rho_2$

$\therefore \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{100.5}{100} = 1.005$이다.

**11** A 지점의 해수면 경사도가 B 지점의 해수면 경사도의 2배이므로 수압 경도력은 A 지점에서 약 2배 더 크게 작용하고, A 지점에서 지형류의 유속은 B 지점의 약 2배이다.

오답 피하기

ㄴ. B 지점에서 수압 경도력은 동쪽, 전향력은 서쪽으로 작용하고 지형류는 남쪽으로 흐른다.

**12** C 지점은 D 지점보다 수평 방향의 수온 차이가 크므로 C 지점의 수압 경도력은 D 지점보다 크다. C 지점에서 수압 경도력은 수압이 높은 따뜻한 해수 쪽에서 수압이 낮은 찬 해수 쪽으로 작용하므로 서쪽으로 작용하고, 전향력은 동쪽으로 작용한다. 따라서 지형류는 북쪽으로 흐른다.

오답 피하기

ㄱ. B 지점의 수온은 A 지점보다 높으므로 해수면의 높이는 B 지점이 A 지점보다 높다.

**13** 환류의 중심은 서쪽으로 치우쳐져 있으므로 P 지점은 Q 지점보다 해수면의 높이가 높다. A에서 수압 경도력은 해수면 경사의 영향으로 남쪽으로 작용하고 지형류는 서쪽으로 흐른다.

오답 피하기

ㄷ. C에서 수압 경도력은 북쪽으로, 전향력은 남쪽으로 작용하고 지형류는 동쪽으로 흐른다.

**14** (가)는 위도에 따라 전향력이 일정할 때, (나)는 고위도로 갈수록 전향력이 증가할 때의 해류 순환이다.

오답 피하기

ㄴ. (나)에서는 고위도로 갈수록 전향력이 증가한다.

ㄷ. (나)에서 서안 강화 현상이 나타나는 까닭은 고위도로 갈수록 전향력이 증가하기 때문이다.

**15** 모범 답안 (1) A: 연직 수압 경도력, B: 중력

(2) 정역학 평형은 물 덩어리에 작용하는 연직 수압 경도력과 중력이 힘의 평형을 이루고 있는 상태를 말한다. 정역학 평형을 방정식으로 나타내면 $\Delta p = (-)\rho g \Delta h$이다.

〔서술형 TIP〕

연직 수압 경도력과 중력이 힘의 평형을 이룬다는 설명이 반드시 포함되게 서술해야 한다.

| | 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|---|
| (1) | 힘 A와 B의 명칭을 모두 옳게 쓴 경우 | 40 |
| | 힘 A와 B 중 하나의 명칭만 옳게 쓴 경우 | 20 |
| (2) | 정역학 평형의 정의와 방정식을 모두 옳게 서술한 경우 | 60 |
| | 정역학 평형의 정의와 방정식 중 하나만 옳게 서술한 경우 | 30 |

**16** 모범 답안 (1) A 지점에서 수평 수압 경도력은 해수면이 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 작용하고, 북반구에서 지형류는 수압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로 흐르므로 지형류는 종이면에 수직으로 들어가는 방향으로 흐른다.

(2) 지형류의 속도($v$)는 $v = \frac{1}{2\Omega \sin\phi} \times g\frac{\Delta h}{\Delta x}$이고

$\Delta h = 1$, $\Delta x = 10^5$이므로,

$v = 10^4 \times 10 \times \frac{1}{10^5} = 1\ (\mathrm{m/s})$이다.

| | 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|---|
| (1) | A 지점의 지형류 방향이 어느 쪽인지 옳게 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우 | 50 |
| | A 지점의 지형류 방향이 어느 쪽인지 옳게 썼으나, 그 까닭은 옳게 서술하지 못한 경우 | 20 |
| (2) | 지형류의 속도를 풀이 과정과 함께 옳게 구한 경우 | 50 |
| | 지형류의 속도를 옳게 구했으나, 풀이 과정이 옳지 않은 경우 | 20 |

## 02 해파와 해일

### 탐구 리포트 | p.77 |

01 ⑤ 02 ②

**01** (가)는 너울이고, (나)는 풍랑이다. 풍랑은 바람이 지속적으로 부는 풍역대에서 발생하며 풍랑이 전파되어 너울이 된다.

**02** 탁구공을 떨어뜨리면 파의 마루가 둥근 형태의 해파가 전파된다.

오답 피하기

ㄱ. 이 실험은 너울과 같이 바람의 공급없이 발생하는 해파에 대한 실험이다.

ㄴ. 배 모형은 제자리에서 원이나 타원 형태로 운동한다.

### 탐구 리포트 | p.78 |

01 ④ 02 ③

**01** (가)는 곶 지역이고, (나)는 절벽 지역이다. 곶 지역에서는 해파가 곶으로 굴절하여 접근하므로 해파의 에너지가 곶으로 집중된다. 절벽이 있는 지역에서는 해일이 발생했을 때 절벽이 파도를 막는 방파제 역할을 할 수 있다.

오답 피하기

ㄱ. 곶 지역은 해파의 에너지가 집중되기 때문에 지진 해일이 발생했을 때 만 지역보다 피해가 크다.

**02** 해저 지진이 감지되면 곧바로 지진 해일에 대한 주의보를 발령해야 한다. 지진 해일은 해안가에 가까워질수록 파고가 높아지므로 해양에서 조업 중인 선박은 시간 여유가 있다면 먼 대양으로 나가는 것이 더 안전하다.

오답 피하기

ㄴ. 지진 해일은 수시간 동안 여러 번 반복될 수 있다.

ㄷ. 지진 해일이 도달하기 전에 바닷물이 썰물처럼 빠져나가는 현상이 발생할 수 있다.

### 내신 기초 문제 | p.80~81 |

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

**01** 풍랑은 풍역대에서 지속적으로 성장하며 파장과 파고가 증가한다. 해파가 해안에 가까워지면 수심이 얕아질수록 속도가 감소하고 파장이 짧아지며, 파고는 높아진다. 결국 해안가에 도달하면 해파의 모양이 부서져 연안 쇄파를 형성한다.

오답 피하기

④ 바람으로부터 에너지를 얻어 성장하는 해파는 풍랑이다.

**02** A는 풍랑, B는 너울, C는 연안 쇄파이다. 풍랑은 바람이 지속적으로 부는 해역에서 발생하고 성장한다. 풍랑이 풍역대를 벗어나면 마루가 둥글고 파장이 긴 너울이 된다.

오답 피하기

ㄷ. 너울이 해안가에 가까워지면 수심이 얕아져 전파 속도는 점점 감소한다.

**03** 심해파의 물 입자는 원운동을 하고 원의 지름은 수심이 깊어질수록 감소한다. 심해파는 파장이 길어질수록 전파 속도가 증가한다.

오답 피하기

ㄱ. 심해파는 해저면의 영향을 받지 않는 해파이다.

**04** 해파는 오른쪽으로 진행하고 오리는 원운동하며 위치가 변하지 않는다.

오답 피하기

ㄱ. 오리는 해파의 진행 방향으로 이동하는 것이 아니라 제자리에서 원운동을 한다.

ㄴ. 해파가 진행할 때 해파의 위상에서 오리의 위치는 계속해서 변한다.

**05** (가)는 전이파, (나)는 천해파이다. 전이파는 천해파보다 해저면의 영향을 덜 받는다.

오답 피하기

ㄴ. 천해파의 속도는 파장의 영향을 받지 않는다.

ㄷ. 전이파의 수심은 파장의 $\frac{1}{20}$보다 깊고 파장의 $\frac{1}{2}$보다 얕다.

**06** 해파는 대체로 해안선에 수직 방향으로 접근한다. 해안가에 돌출된 지형이 있는 경우에 해파는 돌출된 지형으로 굴절한다.

오답 피하기

ㄱ. 해파가 해안가로 접근하면 수심이 얕아지므로 속도는 감소한다.

**07** 태풍 또는 강한 저기압 등이 해안가로 접근할 때 해수가 육지로 밀려드는 현상을 폭풍 해일이라고 한다. 해저에서 지진이나 화산 폭발 등으로 해수가 육지로 밀려드는 현상을 지진 해일(쓰나미)이라고 한다. 해일은 파장이 매우 길어서 천해파의 특징이 나타난다.

**08** 지진 해일은 해저에서 발생하는 지진이나 화산 폭발 등으로 발생하므로 주로 해저에 있는 판의 경계 부근에서 발생한다. 지진 해일은 천해파이므로 A에서 해수면의 물 입자는 타원 운동을 하며, A에서 B로 진행할수록 해파의 전파 속도는 감소하고 파고는 높아진다.

**09** 폭풍 해일의 해수면 높이는 태풍의 낮은 기압보다 태풍의 강풍으로 인해 더 많이 상승한다.

오답 피하기

① 폭풍 해일이 접근할 때 만조 시기가 겹치면 해일의 피해가 더 커진다.

② 태풍의 중심 기압이 낮을수록 해수면이 상승하는 효과가 크다.

③ 우리나라에서는 여름철과 초가을에 폭풍 해일의 피해가 크다.

⑤ 위험 반원에 위치한 지역에서는 해안 쪽으로 바람이 불기 때문에 해수면이 더 높이 상승한다.

## 내신 실전 문제 | p.82~85 |

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

**01** 풍역대에서 바람이 지속적으로 불면 풍랑의 파고와 파장은 점점 커지며, 바람이 강하게 오래 불수록 풍랑은 더 크게 발달한다.

오답 피하기

ㄱ. 풍역대를 벗어난 너울은 풍랑보다 파장이 비교적 고르고 파고가 낮다.

ㄷ. 풍랑은 풍역대가 넓을수록 더 크게 발달한다.

**02** 천해파의 속도는 파장의 영향을 받지 않고 수심으로 결정되므로 해파 A와 B는 모두 천해파이다. 천해파의 속도는 $\sqrt{gd}$이고, 중력 가속도는 10 m/s$^2$이므로 해파 B의 속도 $v_B = \sqrt{10d} = 7.0$ (m/s)이고 $d = 4.9$ (m)이다. 따라서 (나)의 수심은 4.9 m이다.

오답 피하기

ㄱ. 해파의 속도 $= \frac{L(\text{파장})}{T(\text{주기})}$이다. 해파 A와 B의 파장은 350 m로 같고 A의 속도는 7.8 m/s, B의 속도는 7.0 m/s이므로 해파의 주기는 A가 B보다 짧다.

ㄴ. 천해파의 속도는 수심이 깊을수록 증가하므로 (가)는 (나)보다 수심이 깊다.

**03** B에서 해파의 파장은 100 m이고 수심이 파장의 절반인 50 m보다 깊으므로 B에서 해파는 심해파의 성질을 띤다. 따라서 B의 표층 물 입자는 원운동을 한다. 수심이 50 m보다 얕아지면 해파는 전이파, 천해파로 변하고 수심이 얕아짐에 따라 속도가 감소하므로 C에서 해파의 속도는 B에서 해파의 속도보다 느리다.

오답 피하기

ㄱ. A에서 B로 진행하면서 파장이 100 m로 일정할 때 수심은 파장의 절반인 50 m보다 깊으므로 해파는 계속 심해파의 성질을 띤다.

**04** 해파가 해안가로 접근하면 속도가 감소하고 파장이 짧아지며 파고(㉡)가 높아진다. 심해파의 속도는 파장의 제곱근에 비례하므로 같은 수심에서 A(파장)가 길어지면 해파의 속도는 증가한다.

오답 피하기

ㄱ. 심해파는 해수면의 물 입자가 원운동을 하고, 원운동 궤도의 지름은 파고(㉡)와 같다. 수심이 깊어질수록 원운동 궤도의 지름은 점점 작아진다.

**05** A는 곶, B는 만 지역이다. 해파가 해안가로 접근할 때 곶 쪽에서 수심이 급격히 얕아지기 때문에 해파는 전파 속도가 느려지는 곳 쪽으로 굴절한다.

오답 피하기

① A 지역에서는 해파의 에너지가 집중되므로 퇴적 작용보다 침식 작용이 우세하다.

② 해파는 곶 쪽으로 굴절하므로 해파의 에너지는 A 지역에 집중된다.

④ A 지역에는 침식 작용이, B 지역에는 퇴적 작용이 우세하므로 오랜 시간 뒤에는 해안선의 모양이 평평해진다.

⑤ C 지점의 수심이 D 지점보다 깊으므로 해파의 속도는 D 지점보다 C 지점에서 빠르다.

**06** 지점 A에서 천해파의 속도는 $\sqrt{10 \times 1000} = 100$ (m/s)이고, 지점 B에서 천해파의 속도는 $\sqrt{10 \times 250} = 50$ (m/s)이다. 해파의 속도 $= \frac{L(\text{파장})}{T(\text{주기})}$이므로 지점 A의 정보로 해파의 주기를 구하면 해파의 주기는 1000 s이다. 따라서 지점 B에서 해파의 파장(㉠)은 50 km이고, 지점 C에서 해파의 속도는 20 m/s이므로 지점 C의 수심(㉡)은 40 m이다. 지점 A~C에서 해파는 천해파이므로 A를 지날 때 해저면의 물 입자는 직선 왕복 운동을 한다. C에서 해파의 속도는 20 m/s이고, A에서 해파의 속도는 100 m/s이므로 C에서 해파의 속도는 A의 $\frac{1}{5}$이다.

**07** (가)에서 A가 심해파라면 $\sqrt{\frac{gL_A}{2\pi}} = 40$이므로 $L_A \approx 1000$ (m)이고 수심은 500 m보다 깊어야 한다. B가 천해파라면 $\sqrt{gd} = 20$이므로 수심은 40 m이다. 따라서 (가)에서 A는 천해파, B는 심해파이다. 지점 (가)에서 천해파 A의 속도는 40 m/s이므로 지점 (가)의 수심은 160 m이다. 지점 (나)의 수심은 10 m이므로 지점 (나)에서 해파 A는 천해파이고 속도(㉠)는 $\sqrt{10 \times 10} = 10$ (m/s)이다. 지점 (가)에서 해파 B의 속도는 $\sqrt{\frac{10L_B}{2\pi}} = 20$ (m/s)이므로 B의 파장 $L_B \approx 251.2$이다. 지점 (나)의 수심은 B의 파장의 절반보다 얕으므로 지점 (나)에서 해파 B는 심해파가 아니고 지점 (가)에서보다 속도가 감소한다. 각 해파의 주기는 일정하므로 B의 파장은 (나)보다 (가)에서 길다.

오답 피하기

ㄷ. 지점 (가)에서 해파 C의 속도는 $\sqrt{\frac{10L_C}{2\pi}} = 5$ (m/s)이므로 C의 파장 $L_C \approx 15.7$이다. 따라서 지점 (나)에서 해파 C는 심해파이고 해수면의 물 입자는 원운동을 한다.

**문제 속 자료**

**수심에 따른 해파의 변화**

| 해파 | 지점 (가) (160 m) | 지점 (나) (10 m) |
|---|---|---|
| A | 천해파 40 m/s | 천해파 10 m/s |
| B | 심해파 20 m/s | |
| C | 심해파 5 m/s | 심해파 5 m/s |

- 지점 (나)에서 천해파의 속도는 $\sqrt{10 \times 10} = 10$ m/s이다.
- 해파 B는 지점 (가)에서 심해파의 성질을 띠지만, 파장(약 251.2 m)의 절반보다 얕은 깊이에서부터는 전이파의 성질을 띠므로 지점 (나)에서 해파 B는 심해파가 아니다.
- 해파 C는 지점 (나)에서도 심해파이므로 주기와 속도, 파장이 일정하다.

**08** 해파의 파장이 20 m이므로 수심이 10 m보다 얕아지면 해파가 진행할수록 속도는 점점 감소한다.

오답 피하기

ㄱ. 해파는 속도가 감소하는 쪽으로 굴절하여 점점 등수심선에 수직인 방향으로 진행한다.

ㄷ. 해파의 파장은 20 m이고 B 지점의 수심은 40 m이므로 B 지점의 해파는 심해파이다.

**09** 해저 지진으로 발생하는 해파는 천해파이므로 수심이 얕아질수록 속도가 감소한다. 따라서 해파의 속도는 A 지점보다 B 지점에서 빠르고, 파고는 B 지점보다 A 지점에서 높다.

오답 피하기

ㄷ. 지진으로 발생하는 해파는 천해파이므로 해저면의 영향을 받는다.

**10** 만조 시기에 폭풍 해일의 높이는 5.2 m이고, 폭풍 해일로 인한 해수면 상승은 4.6 m이므로 이 해안 지역의 만조 높이는 0.6 m이다. 태풍의 중심 기압은 963 hPa이므로 태풍의 낮은 기압으로 인해 상승한 파고는 1013 − 963 = 50 (cm)이다.(표준 대기압은 약 1013 hPa이다.) 폭풍 해일은 천해파이므로 수심이 얕아질수록 속도가 감소한다.

**11** 쓰나미가 A 지점에 가까워질수록 수심이 점점 얕아지므로 해파의 파장은 짧아진다. 통가에서 A 지점까지 8400 km이고 쓰나미가 이 거리를 12시간 만에 도착했으므로 이 구간에서 쓰나미의 평균 전파 속도는 700 km/h이다.

오답 피하기

ㄷ. 쓰나미는 천해파이므로 쓰나미의 전파 속도는 A 지점보다 수심이 깊은 B 지점에서 빠르다.

**12** 폭풍 해일은 천해파의 성질을 띠고 풍속이 빠를수록 파고가 높다.

오답 피하기

ㄴ. A는 폭풍 해일의 강풍에 의한 해수면 상승이다.

**13** 진앙에서 A, B까지의 거리는 동일하고 진앙에서 A까지 가는 데 걸린 시간이 진앙에서 B까지 가는 데 걸린 시간보다 짧다. 지진 해일로 발생한 해파는 수심이 깊을수록 속도가 증가하므로 진앙에서 A까지의 평균 수심은 진앙에서 B까지의 평균 수심보다 깊다.

오답 피하기

ㄱ. 지진으로 발생한 해파는 발생 당시에 천해파의 성질을 띤다.

ㄴ. 동일한 시간 동안 해파가 이동한 거리는 ㉠ 구간이 ㉡ 구간보다 길다. 따라서 해파의 평균 속도는 ㉠ 구간이 ㉡ 구간보다 빠르다.

**14** A → B 구간이 B → C 구간보다 수심이 더 급격하게 얕아지므로 파고의 상승 폭은 A → B 구간이 더 크다. 해저 지진으로 발생한 해파는 천해파이므로 해안가에 도달할수록 해파의 파장이 짧아진다.

오답 피하기

ㄱ. 천해파의 속도는 수심이 결정한다.

**15** 모범 답안 (1) 해파의 속도는 감소하고 파장은 짧아지며, 파고는 높아진다.

(2) C 지역에서 수심이 급격히 얕아지기 때문에 해파는 C 쪽으로 굴절하고 C 지역에 해파의 에너지가 집중된다. 따라서 해파의 에너지가 집중되는 C 지역은 침식 작용이 우세하고 에너지가 분산되는 B 지역은 퇴적 작용이 우세하다.

해설 해파가 해안가로 비스듬히 진행하거나 수심이 급격히 변하는 지형으로 진행할 때 해파는 속도가 감소하는 방향으로 굴절한다.

| 채점 기준 | | 배점(%) |
|---|---|---|
| (1) | 해파의 속도, 파장, 파고의 변화를 모두 옳게 서술한 경우 | 40 |
| | 해파의 속도, 파장, 파고의 변화 중 두 가지만 옳게 서술한 경우 | 20 |
| (2) | B와 C 지역에 어떤 작용이 우세한지 옳게 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우 | 60 |
| | B와 C 지역에 어떤 작용이 우세한지 옳게 썼으나, 그 까닭은 옳게 서술하지 못한 경우 | 20 |

**16** 모범 답안 (1) 지진 해일은 파장이 매우 길어 천해파의 성질을 띠므로 수심이 얕아질수록 속도가 감소한다. 따라서 지진 해일이 해안에 가까이 오면 전파 속도는 점점 감소한다.

(2) 해파의 속도는 $\frac{\text{파장}}{\text{주기}}$이고 해파가 전파하는 동안 해파의 주기는 일정하다. 지진 해일이 해안에 가까워지면 수심이 얕아져 속도가 감소하므로 해파의 파장은 짧아진다.

〔서술형 TIP〕

지진 해일의 해파가 천해파의 성질을 띤다는 사실을 포함하여 서술한다.

| 채점 기준 | | 배점(%) |
|---|---|---|
| (1) | 지진 해일의 전파 속도 변화를 옳게 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우 | 50 |
| | 지진 해일의 전파 속도 변화를 옳게 썼으나, 그 까닭은 옳게 서술하지 못한 경우 | 20 |
| (2) | 해파의 파장이 짧아지는 까닭을 속도와 파장, 주기의 관계와 관련지어 옳게 서술한 경우 | 50 |
| | 속도와 파장, 주기의 관계에 대한 언급 없이 속도가 감소하여 파장이 짧아진다고만 서술한 경우 | 20 |

## 03 조석의 발생 과정

### 탐구 리포트 | p.88 |

01 ③ 02 ②

**01** 조차가 가장 큰 지역은 (가)이고, 가장 작은 지역은 (다)이다. (나) 지역의 조석 주기는 12시간보다 짧다.

오답 피하기

ㄴ. 18시경에 (가) 지역에서는 밀물이, (나) 지역에서는 썰물이 나타난다.

**02** 이 지역은 4일경에 소조가, 10일경에 대조가 나타난다. 10일에 달의 위상은 삭이므로 4일에 달의 위상은 하현 부근이다. 따라서 지구에 작용하는 기조력은 4일보다 10일에 크다.

오답 피하기

ㄱ. 이 지역에서는 하루에 만조와 간조가 여러 번 나타나므로 일주조에 해당하지 않는다.

ㄴ. 4일에 달의 위상은 하현 부근이다.

### 내신 기초 문제 | p.90~91 |

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

**01** 지구와 달의 공통 질량 중심은 지구 내부에 있고, 원심력은 지구상의 어느 곳에서나 같은 크기로 작용한다. 달의 인력은 항상 달 쪽으로 작용한다. A 지점에서는 달의 인력이 원심력보다 크고 B 지점에서는 원심력이 달의 인력보다 크다.

오답 피하기

① A와 B 지점은 모두 만조이다.

**02** 기조력의 크기는 기조력을 일으키는 천체의 질량에 비례한다.

오답 피하기

ㄱ. 달에 의한 기조력은 태양에 의한 기조력보다 약 2배 크다.

ㄴ. 기조력은 달과 가장 가까운 지표면과 가장 먼 지표면에서 가장 크게 나타난다.

**03** A 지역은 달의 반대 방향으로 작용하는 원심력이 달의 인력보다 크게 작용하여 해수면이 상승한다.

**04** 달의 인력과 원심력의 합력인 기조력은 A와 B에서 같은 크기로 작용한다.

오답 피하기

ㄱ. 달의 인력은 A보다 B에서 더 크다.

ㄷ. A와 B에서는 만조가 나타난다.

**05** A는 만조 시기이고, B는 간조 시기이다. 그래프에서 만조와 간조의 수위 차이는 약 4 m이므로 이 지역의 조차는 약 4 m이다.

오답 피하기

ㄷ. 조석 주기는 약 12시간 30분이다.

**06** 현재 달의 위상은 하현이므로 소조(조금) 무렵이고, 태양 기조력보다 달 기조력이 더 크기 때문에 만조가 나타나는 지점은 B, D이다.

**07** 관측 기간 동안 소조(조금)는 5일경, 19일경에 나타났고 대조(사리)는 13일경, 26일경에 나타났으므로 기조력은 19일보다 26일에 더 크다.

오답 피하기

ㄱ. P 시기는 소조(조금)이므로 달의 위상은 상현 또는 하현 부근이다.

**08** 이 해역에서는 하루에 간조가 2회 나타난다.

오답 피하기

① 16시는 썰물 시각이다.

② 이 해역의 조석은 반일주조이다.

④ 08시경에는 이 해역에서 물이 빠진다.

⑤ 하루 동안 나타나는 조차는 비슷하다.

**09** (가)는 달의 위상이 삭일 때이고, (나)는 달의 위상이 상현일 때이다.

오답 피하기

ㄴ. (나)는 소조(조금) 무렵이다.

ㄷ. (가)는 대조(사리) 무렵으로, 달 기조력과 태양 기조력이 서로 합쳐진다.

## 내신 실전 문제

| p.92~95 |

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

**01** A는 간조, B와 C는 만조이다. A 지점이 현재 위치에 오기 직전에는 만조에서 물이 빠지는 시기이므로 썰물이 나타난다.

오답 피하기

ㄴ. 지구상의 모든 지점에서 원심력의 방향은 같다.

ㄷ. 지구의 중력은 달의 인력보다 훨씬 크다.

**02** O에서 달의 인력($F$)과 원심력($f$)은 크기가 같고 작용 방향이 반대이므로 평형을 이룬다.

오답 피하기

ㄴ. 기조력의 크기는 달까지 거리의 세제곱에 반비례한다.

ㄷ. 기조력의 크기는 A와 B에서 최대이다.

**03** 기조력은 원심력과 달의 인력의 합력이다.

오답 피하기

ㄱ. 원심력은 지구상의 모든 지점에서 동일한 크기이다.

ㄴ. X에서 기조력은 지구 중심 방향으로 작용한다.

**04** (가)는 달의 인력, (나)는 원심력이다. B와 D 지점에서는 달의 인력이 원심력보다 크게 작용하고, A와 C 지점에서는 원심력이 달의 인력보다 크게 작용한다.

오답 피하기

ㄷ. A와 C에서 기조력은 달의 반대쪽을 향한다.

**05** 달이 A에 있을 때는 대조(사리) 무렵이고 달이 B에 있을 때는 소조(조금) 무렵이다. 따라서 기조력의 크기는 달이 A에 있을 때가 B에 있을 때보다 크고 달이 A에 위치할 때 지구의 ㉠ 지점은 만조이다.

오답 피하기

ㄷ. 달이 A에 있을 때는 B에 있을 때보다 지구에 작용하는 기조력의 크기가 크므로 달이 A에서 B로 이동하면 조차는 점점 작아진다.

**06** 관측 기간 동안 평균 조차는 (나) 지역이 (가) 지역보다 크다. 하루 동안 만조와 간조의 횟수는 (나) 지역이 (가) 지역보다 많다. 두 지역 모두 음력 7일경에는 소조(조금)가 나타나고 음력 15일경에는 대조(사리)가 나타난다.

**07** 현재 상태에서 7일 뒤 달의 위상은 삭이 되므로 7일 뒤 기조력은 현재보다 커진다.

오답 피하기

ㄱ. 달이 현재 위치일 때 A 지점은 간조이고, B 지점은 만조이다.

ㄴ. 지구가 반 바퀴 자전할 때 달은 약 6.5° 공전한다. 따라서 A와 B 지점의 조석 주기는 약 12시간 25분이다.

**08** 만조와 간조의 수위 차이는 (나)보다 (가)에서 크므로 조차는 (가)가 (나)보다 크다. 이 시기 동안 (가)에서는 만조가 4회, 간조가 3회 나타났다.

오답 피하기

ㄴ. A 시기에는 (가)와 (나)에서 모두 썰물이 나타난다.

**09** 자료에서 14~16일의 조차를 비교해 보면 조차가 가장 큰 날은 16일이다.

오답 피하기

ㄴ. 14일보다 16일에 조차가 크게 나타나므로 기조력은 14일보다 16일에 크다.

ㄷ. 15일에는 16시 38분에 만조가 나타나므로 16시 30분경은 갯벌을 체험하기 적당한 시간이 아니다.

**10** A 지역은 일주조, B 지역은 혼합조, C 지역은 반일주조에 속한다. 따라서 조석 주기는 A가 C보다 길다. B 지역은 하루 동안 나타나는 만조의 해수면 높이에 차이가 나고 C 지역은 차이가 거의 나지 않으므로 만조와 다음 만조의 해수면 높이 차이는 B가 C보다 크다.

오답 피하기

ㄱ. B 지역의 조석은 혼합조로 나타난다.

**11** 달의 위상은 B에서 하현 부근, C에서 삭 부근이므로 기조력은 B일 때보다 C일 때 더 크게 나타난다. 따라서 만조 때 해수면의 높이는 B보다 C 시기에 높다.

오답 피하기

ㄱ. 지구에서 달 기조력은 항상 태양 기조력보다 크다.

ㄷ. D일 때 달의 위상은 상현 부근이므로 소조(조금)가 나타날 수 있다.

**12** A는 달 기조력으로 인한 해수면의 모습이고, B는 태양 기조력으로 인한 해수면의 모습이다.

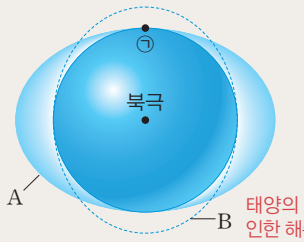
오답 피하기

ㄱ. 달의 기조력과 태양의 기조력이 직각 방향으로 상쇄되고 있으므로 현재 지구는 소조(조금) 시기이다. 따라서 약 15일 뒤에도 소조가 나타난다.

ㄷ. 현재 ㉠ 지점은 간조가 나타난다. 다음 날 같은 시각이 되면 달도 지구 주위를 약 13° 공전하므로 ㉠은 간조가 나타나지 않으며, 약 50분 뒤에 간조가 나타난다.

**문제 속 자료**

**달의 위상에 따른 기조력**




- 달의 기조력과 태양의 기조력이 직각 방향으로 상쇄되는 시기이므로 소조(조금)가 나타난다.
- 현재 달의 위상은 상현이므로 약 7일 뒤에는 달의 위상이 망이 되어 대조(사리)가 나타난다.
- ㉠은 현재 간조로, 조석 주기는 약 12시간 25분이다.

**13** 조차는 A가 B보다 크다. A에서 17일 간조 때 해수면 높이는 4 m보다 낮다. 23일에 A에서는 조차가 가장 큰 대조(사리)가 나타나므로 달의 위상은 삭 또는 망 부근이다.

**14** A~D 중 달의 위상이 망 또는 삭인 B와 C 시기에 조차가 최대로 나타난다.

오답 피하기

ㄴ. 달의 위치가 A에서 B로 이동하면 조차는 점점 커진다.

ㄷ. D 시기에 달의 위상은 하현으로, 이 시기에 달의 기조력과 태양의 기조력은 상쇄된다.

**15** 모범 답안 (1) P, R: 만조, Q: 간조

(2) P와 R 지역에서 모두 달의 인력은 달 쪽을, 원심력은 달 반대쪽을 향하며, P 지역에서는 달의 인력이 원심력보다 크고 R 지역에서는 원심력이 달의 인력보다 크다. 따라서 기조력은 P에서 달 쪽으로, R에서 달 반대쪽으로 작용한다.

해설 지구상의 지점에서 기조력은 달과 가장 가까운 지점과 달과 가장 먼 지점에서 가장 크다.

| 채점 기준 | | 배점(%) |
|---|---|---|
| (1) | 각 지역이 간조인지 만조인지 모두 옳게 쓴 경우 | 30 |
| | 세 지역 중 두 지역만 옳게 쓴 경우 | 20 |
| | 세 지역 중 한 지역만 옳게 쓴 경우 | 10 |
| (2) | P와 R 지역에서 달의 인력과 원심력의 방향과 크기, 기조력의 작용 방향을 모두 옳게 서술한 경우 | 70 |
| | P와 R 지역에서 달의 인력과 원심력의 방향과 크기, 기조력의 작용 방향 중 일부만 옳게 서술한 경우 | 30 |

**16** 모범 답안 (1) 인천 연안은 하루 동안 만조와 간조가 각각 2회 나타나고 조차가 비슷하므로 반일주조에 해당한다.

(2) 약 12시간 30분

(3) 동해안은 인천 연안에 비해 상대적으로 수심이 깊고 해안선이 단조로워서 조차가 훨씬 작다.

| | 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|---|
| (1) | 인천 연안의 조석 양상을 옳게 서술한 경우 | 40 |
| | 인천 연안의 만조와 간조 횟수는 옳게 서술했으나, 조석 양상은 옳게 서술하지 못한 경우 | 20 |
| (2) | 인천 연안의 조석 주기를 옳게 쓴 경우 | 20 |
| (3) | 인천 연안과 동해안의 조차를 비교하고 그 까닭을 옳게 서술한 경우 | 40 |
| | 인천 연안과 동해안의 조차를 옳게 비교했으나, 그 까닭은 옳게 서술하지 못한 경우 | 20 |

## 단원 마무리 문제

| p.98~101 |

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

**01** 지형류는 수압 경도력과 전향력이 평형을 이루는 지형류 평형 상태가 되었을 때 흐른다. B 해역에서 수압 경도력은 북쪽으로, 전향력은 적도 방향으로 작용하며 지형류는 동쪽으로 흐른다.

오답 피하기

ㄱ. A 해역에서 전향력은 북쪽으로 작용한다.

**02** 에크만 수송으로 북반구에서는 5°N를 따라 표층수가 수렴하여 해수면의 높이가 상대적으로 높다. 따라서 B 해역에서 수압 경도력은 북쪽으로 작용하고 지형류는 동쪽으로 흐른다. C 해역에서 수압 경도력은 남쪽으로 작용하고 지형류는 서쪽으로 흐른다. A 해역에서 수압 경도력은 남쪽으로 작용하고 지형류는 서쪽으로 흐른다. D 해역에서 수압 경도력은 북쪽으로 작용하고 남반구 해역이므로 지형류는 서쪽으로 흐른다.

**03** A는 전향력, B는 수압 경도력, C는 지형류의 방향이다.

오답 피하기

① B는 수압 경도력이다.

② A와 B가 힘의 평형을 이룰 때 지형류가 흐른다.

④ 수압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용하는 힘은 수압 경도력(B)이다.

⑤ 북반구에서 지형류가 흐르는 방향의 오른쪽 직각 방향으로 작용하는 힘은 전향력(A)이다.

**04** 지형류는 등수압선에 나란하게 흐르고, 지형류의 속도는 해수면 경사도에 비례한다.

오답 피하기

ㄷ. 전향력이 지형류가 흐르는 방향의 오른쪽 직각 방향으로 작용하므로 이 해역은 북반구이다.

**05** 위도별 전향력의 차이로 순환의 중심이 서쪽으로 치우쳐져 있으므로 해수면의 높이는 B 해역이 A, C 해역보다 높다.

오답 피하기

ㄴ. 유속은 A 해역이 C 해역보다 빠르다.

**06** (가)는 위도 45°S, (나)는 위도 30°N 해역이다. $L$이 커지면 해수면의 기울기가 작아지므로 지형류 속도는 감소한다.

오답 피하기

ㄴ. (나)는 위도 30°N 해역이다.

ㄷ. 지형류 유속은 해수면의 기울기에 비례하고 위도가 작을수록 크므로 (나)의 지형류 유속은 (가)의 1.2배 이상이다.

**07** 동쪽이 서쪽보다 수온이 높으므로 동쪽의 해수면이 서쪽보다 높고 수압 경도력은 서쪽, 전향력은 동쪽으로 작용한다.

오답 피하기

ㄷ. 쿠로시오 해류(지형류)는 수압 경도력의 오른쪽 직각 방향인 북쪽으로 흐른다.

**08** 모범 답안 (1) (가) 심해파, (나) 천해파

(2) (가) 해파의 속도는 파장의 영향을 받아 파장이 길어질수록 속도가 증가하고, (나) 해파의 속도는 수심의 영향을 받아 수심이 깊어질수록 속도가 증가한다.

| | 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|---|
| (1) | (가)와 (나) 해파의 이름을 옳게 쓴 경우 | 30 |
| | (가)와 (나) 해파의 이름 중 하나만 옳게 쓴 경우 | 15 |
| (2) | (가)와 (나)에서 해파의 속도는 파장, 수심과 어떤 관계가 있는지 옳게 서술한 경우 | 70 |
| | (가)와 (나)에서 해파의 속도는 파장, 수심과 어떤 관계가 있는지 하나만 옳게 서술한 경우 | 35 |

**09** A는 천해파, B는 심해파이다. A의 수심은 10 m이므로 A의 파장(㉠)은 200 m 이상이다.

오답 피하기

① A는 천해파이다.

③ B는 심해파이므로 B의 속도(㉡)는 $\sqrt{\frac{10g}{2\pi}}$이다. 따라서 ㉡은 10보다 작다.

④ A의 속도는 수심이 얕아질수록 감소한다.

⑤ B는 수심이 5 m보다 얕아지면 전이파가 된다.

**10** A의 파장은 200 m, B의 파장은 100 m이다. 수심이 300 m인 해역에서 A와 B는 심해파이므로 파장이 긴 A가 B보다 속도가 빠르다.

오답 피하기

ㄴ. A의 파고는 12 m이고, B의 파고는 6 m이다.

ㄹ. 수심이 60 m인 해역에서 B는 심해파이므로 표층의 물입자는 원운동을 한다.

**11** 해안에 가까워지면 해파는 돌출된 지형으로 굴절하므로 A는 북서쪽으로, B는 북동쪽으로 굴절한다. a 지점이 b 지점보다 수심이 얕으므로 해파의 속도는 b에서 더 빠르다.

오답 피하기

ㄱ. 해파의 파장이 600 m일 때 수심이 300 m보다 깊어야 심해파의 성질이 나타난다.

**12** 해파가 A에 도달하는 시간은 11시간, B에 도달하는 시간은 13시간이다.

오답 피하기

ㄱ. 지진 해일은 천해파이고, 등시간선의 간격은 ㉠이 ㉡보다 넓으므로 평균 수심은 ㉠이 ㉡보다 깊다.

ㄴ. 표층의 물 입자는 타원 운동을 한다.

**13** A는 달의 인력, B는 원심력, C는 기조력이다. 지구가 달과의 공통 질량 중심을 회전하여 생기는 힘은 원심력이다.

오답 피하기

ㄴ. 지구 중심에서 달의 인력과 원심력은 평형을 이룬다.

ㄷ. 기조력은 달의 질량에 비례하고, 달까지의 거리의 세제곱에 반비례한다.

**14** 이 기간 동안 소조(조금)는 4일, 19일 무렵, 대조(사리)는 11일, 27일 무렵이므로 4일에 달의 위상은 상현 또는 하현 부근이다. (나)는 소조 시기의 해수면이므로 이 지역에서는 매일 바다 갈라짐 현상이 일어난다.

오답 피하기

④ (나) 시기는 소조이므로 상현 또는 하현 무렵이다.

**15** 모범 답안 (1) A: 만조, B: 만조

(2) 7일 전에는 태양, 지구, 달이 직각을 이루므로 달 기조력과 태양 기조력이 일부 상쇄되는 소조이고 현재는 태양, 지구, 달이 일직선상에 위치하여 달 기조력과 태양 기조력이 합쳐지는 대조이다. 따라서 7일 전의 조차는 현재보다 작다.

| | 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|---|
| (1) | A와 B 지점의 조석을 옳게 쓴 경우 | 30 |
| | A와 B 지점의 조석을 한 가지만 옳게 쓴 경우 | 15 |
| (2) | 7일 전과 현재의 조차를 옳게 비교하고 그 까닭을 옳게 서술한 경우 | 70 |
| | 7일 전과 현재의 조차를 옳게 비교했으나, 그 까닭은 옳게 서술하지 못한 경우 | 30 |

**16** (가)와 (다) 시기는 대조(사리)이므로 만조와 간조는 비슷한 시각에 발생한다. 간조 때 해수면의 높이는 소조(조금)인 (나) 시기가 대조인 (가) 시기보다 높다.

오답 피하기

ㄱ. (나) 시기에 자정인 지역에서는 간조가 나타난다.

# III 강수 과정과 대기의 운동

## 01 온실 효과와 에너지 수지

### 탐구 리포트 | p.108 |

01 ② 02 ㉠ 용매 ㉡ 바다 ㉢ 육지

**01** 지구의 대기에는 오존이 있어 생명체에 해로운 자외선을 차단해 준다.

오답 피하기

ㄱ. 금성은 화성보다 온실 효과가 더 크게 나타난다.

ㄷ. 지구의 대기에는 물(수증기)과 이산화 탄소가 모두 존재한다.

**02** 물은 다양한 물질을 녹일 수 있는 용매 역할을 한다. 대기에 존재하는 오존층이 자외선을 흡수하면서 바다에서 출현한 생명체가 육지로 진출할 수 있게 되었다.

### 내신 기초 문제 | p.110~111 |

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

**01** 지구 밖에서 지구의 대기를 관찰하면 빛의 산란에 의해 지구의 대기가 얇은 파란색 층으로 보인다.

오답 피하기

ㄴ. 지구의 반지름은 약 6400 km이고, 지구의 대기는 약 수십 km 두께에 집중적으로 모여있어 상대적으로 얇다.

ㄷ. 지구 대기를 구성하는 기체 중 가장 큰 비율을 차지하는 것은 질소($N_2$)로 약 78.08 %이다.

**02** A는 자외선, B는 가시광선, C는 적외선 영역에 해당한다. 자외선은 성층권의 오존에 의해 흡수되며, 가시광선은 지표에 도달하여 지표의 온도를 높인다.

오답 피하기

ㄷ. 대기의 창은 파장 8~9 μm와 10~12 μm 영역을 의미한다.

**03** A 영역은 자외선으로 주로 산소와 오존에 의해 흡수된다. B 영역은 적외선으로 온실 기체에 의해 흡수되며, 온실 기체 농도가 증가하면 B 영역도 함께 늘어난다.
대기의 창은 파장 8~9 μm와 10~12 μm 영역에 해당하므로 A와 B보다 파장이 긴 영역에 존재한다.

오답 피하기

③ 온실 기체는 가시광선을 거의 흡수하지 않고, 많은 양의 적외선을 흡수한다.

**04** 태양계에서 생명 가능 지대는 금성과 화성 사이에 위치한다. 중심별의 질량이 클수록 생명 가능 지대의 폭은 넓어지고, 중심별에서 생명 가능 지대까지의 거리는 멀어진다.

오답 피하기

ㄴ. 중심별의 질량이 클수록 중심별에서 생명 가능 지대까지의 거리가 멀어진다.

**05** 물의 어는점은 0 ℃이고, 끓는점은 100 ℃이므로 지구에는 액체 상태의 물이 존재하지만, 금성에는 액체 상태의 물이 존재하기 어렵다.

오답 피하기

③ 금성은 행성의 실제 표면 온도와 복사 평형 온도 차가 가장 크다. 실제 표면 온도와 복사 평형 온도 차는 온실 효과에 의한 기온 상승을 의미하므로 금성은 지구나 화성보다 온실 효과가 더 크게 나타난다.

**06** B는 지구에 입사한 태양 복사 에너지 100 단위 중 대기에 흡수되는 에너지이다. 즉, B = 태양 복사 에너지(100 단위) − 반사와 산란(30 단위) − 지표의 흡수(47 단위) = 23 단위이다. C는 지표의 복사 116 단위, 숨은열(잠열) 24 단위, 대류와 전도 5 단위를 합친 것이다.

오답 피하기

ㄱ. A는 지표의 반사에 해당한다. 얼음은 반사율이 매우 높으므로 지구의 빙하 면적이 증가하면 A도 증가한다.

**07** 구름이 생성될 때 지표의 열이 대기로 이동하는 과정에서 지표는 냉각되고, 상층 대기는 가열된다. 지표에서 물이 증발하고, 수증기를 포함한 공기 덩어리가 상승하여 구름이 생성된다. 지표가 가열되면 따뜻해진 공기가 지표로부터 활발하게 상승하고, 상승하는 공기는 구름 생성을 유도한다.

**08** A는 구름 생성 이전, B는 구름 생성 이후를 나타낸다. 구름 생성은 고도에 따른 기온 변화를 완만하게 만든다.

오답 피하기

ㄷ. 숨은열은 지표의 냉각과 상층 대기의 가열을 일으켜 지상과 상층의 기온 차이를 줄이는 역할을 한다.

## 내신 실전 문제

| p.112~115 |

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

**01** 대기는 질소($N_2$)가 약 78.08 %로 가장 큰 비율을 차지하고, 다음으로 산소($O_2$)가 약 20.95 %, 아르곤(Ar)이 약 0.93 %를 차지한다.

**02** 성층권의 오존은 생명체에 유해한 자외선을 흡수한다.

오답 피하기

ㄴ. 그림은 산소($O_2$)와 오존($O_3$)에 의한 흡수를 나타낸다.

**03** 지구의 대기를 이루는 기체는 종류에 따라 서로 다른 파장대의 복사 에너지를 흡수하거나 투과시키는 선택적 흡수체이다.

오답 피하기

⑤ 태양 복사 에너지는 대부분 단파 복사로 지구에 입사하고, 지구 복사 에너지는 대부분 장파 복사로 방출된다.

**04** 대기의 창에 해당하는 파장대의 지구 복사 에너지는 우주로 직접 방출된다. 이는 인공위성에서 이 파장대를 통해 지표면을 관찰할 수 있음을 의미한다.

오답 피하기

ㄱ. 대기의 창은 파장이 8~9 μm와 10~12 μm인 적외선 영역에 해당한다.

ㄴ. 대기의 창은 이산화 탄소나 수증기 등에도 잘 흡수되지 않는다.

**05** A는 수증기, B는 오존이다. 수증기는 대류 과정에서 상층 대기를 가열하고, 오존은 주로 태양 복사를 흡수한다.

**06** A는 적외선을 재방출하는 과정이고, B는 적외선을 흡수하는 과정이다. 온실 효과가 없을 때(약 −18 ℃)보다 온실 효과가 있을 때(약 15 ℃) 지구의 온도가 더 높다.

오답 피하기

ㄴ. B는 적외선 흡수이다.

**07** 별 S가 시간에 따라 진화하면서 질량이 점차 커지고 광도가 증가하므로 별 S로부터 생명 가능 지대까지의 거리가 멀어지고, 생명 가능 지대의 폭이 넓어진다. 따라서 1.0 AU에 위치하는 행성에 단위 시간당 단위 면적에 입사하는 에너지양은 $T_1$일 때보다 $T_2$일 때 더 많다.

오답 피하기

ㄱ. 별 S는 $T_1$에서 생명 가능 지대의 바깥쪽 경계가 약 0.5 AU이므로 태양보다 광도가 작아 절대 등급이 크게 나타난다.

**08** 생명 가능 지대의 안쪽 경계보다 더 안쪽에 있으면 물이 증발되고, 생명 가능 지대의 바깥쪽 경계보다 더 바깥쪽에 있으면 물이 결빙된다.

**오답 피하기**

ㄴ. 별 A의 질량이 작아지면 광도가 감소하여 생명 가능 지대의 폭이 좁아진다.

ㄷ. 별 A는 태양보다 질량이 작아 1.0 AU에 위치하는 지구는 생명 가능 지대에서 벗어난다.

**09** 우주로 반사되는 태양 복사 에너지의 비율을 반사도 또는 알베도라고 한다.

**10** 지표에서 순 적외선 방출은 지표에서 방출되는 복사 에너지(116) − 대기에서 지표로 재방출되는 에너지(98)이므로 18 단위이다.

**오답 피하기**

ㄱ. A는 100이고, B는 70이다.

ㄷ. 지표는 전도, 대류, 복사 이외에 숨은열(잠열)로도 에너지를 방출한다.

**11** 태양 빛은 반지름 $R$로 이루어진 단면에 도달하고, $A$ 비율로 반사되므로 지구는 $S(1-A)\pi R^2$만큼 태양 빛을 받는다. 이를 전체 지구 표면적으로 나누면 단위 면적당 지구가 받는 태양 복사 에너지는 다음과 같다.

$$\frac{S(1-A)\pi R^2}{4\pi R^2} = \frac{1}{4}S(1-A)$$

$$= \frac{1}{4} \times 1361\ \mathrm{Wm^{-2}} \times (1-0.3) = 238.175\ \mathrm{Wm^{-2}}$$

**12** 슈테판·볼츠만 법칙에 의하면 표면 온도 $T$인 어떤 물체가 단위 면적, 단위 시간당 방출하는 복사 에너지는 $E = \sigma T^4\ (\mathrm{Wm^{-2}})$이다. 따라서 지구의 복사 평형 온도는 다음과 같다.

$$T = \left[\frac{238\ \mathrm{Wm^{-2}}}{5.67 \times 10^{-8}\ \mathrm{Wm^{-2}K^{-4}}}\right]^{\frac{1}{4}} = 255\ \mathrm{K} = -18\ ^\circ\mathrm{C}$$

절대 온도(K) = 섭씨 온도(℃) + 273.15이다.

**13** 지구의 복사 평형 온도는 −18 ℃이므로 온실 효과에 의해 지표 기온이 약 33 ℃ 증가한다.

**14** 지구의 평균 반사도는 약 0.294이며, 흙이나 풀로 이루어진 표면보다 얼음으로 이루어진 표면의 반사도가 더 크다.

**오답 피하기**

ㄷ. 지구가 따뜻해지면 얼음이 녹아 알베도가 감소하므로 얼음−알베도 피드백은 지구 온난화를 가속화시킨다.

**15** B는 숨은열 방출을 고려하여 실제 평균 연직 기온 분포와 유사하게 나타난다.

**오답 피하기**

ㄱ. A는 복사만을 고려한 연직 기온 분포이다.

ㄷ. 숨은열은 지표를 냉각하고, 대기를 가열한다.

**16** **모범 답안** (1) 오존은 생명체에 해로운 자외선을 차단하고, 이산화 탄소는 온실 효과를 통해 생명체에 적합한 온도를 유지한다.

(2) 대기는 태양 복사를 흡수하지 않고 거의 통과시키지만, 지구 복사는 대부분 흡수하기 때문이다.

**해설** 지구의 대기는 생명체가 살기 적합한 환경을 조성한다. 생명체에 해로운 자외선을 차단하고, 온실 효과로 적절한 온도를 유지하며, 액체 상태의 물이 존재할 수 있게 해준다.

| | 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|---|
| (1) | 지구에 생명체가 살 수 있도록 해주는 오존과 이산화 탄소의 역할을 각각 옳게 서술한 경우 | 60 |
| | 지구에 생명체가 살 수 있도록 해주는 오존과 이산화 탄소의 역할 중 한 가지만 옳게 서술한 경우 | 30 |
| (2) | 지구의 대기가 태양 복사에는 투명하고, 지구 복사에는 불투명한 까닭을 옳게 서술한 경우 | 40 |

**17** **모범 답안** (1) 안개 분무 장치는 액체 상태의 물이 기체 상태로 변할 때 열에너지를 흡수하는 숨은열(잠열) 원리를 활용하여 주위의 온도를 낮춘다.

(2) 숨은열을 활용한 또 다른 예로 도로에 물을 뿌려 여름의 열기를 식히는 살수차가 있다.

**해설** 숨은열은 잠열이라고도 하며, 물질이 온도 변화를 보이지 않으면서 상태 변화할 때 필요한 열에너지이다.

| | 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|---|
| (1) | 안개 분무 장치에서 사용된 원리를 숨은열(잠열)과 연관 지어 옳게 서술한 경우 | 70 |
| (2) | 숨은열(잠열)을 활용하는 예를 옳게 서술한 경우 | 30 |

## 02 단열 변화와 대기 안정도

### 탐구 리포트

| p.119 |

01 ③ 02 ④

**01** A 구간에서 기온 감률은 $\Gamma_s < \Gamma < \Gamma_d$이므로 조건부 불안정이다. 기온과 이슬점의 차이가 작을수록 상대 습도는 크고, 기온과 이슬점의 차이가 클수록 상대 습도는 작다. 따라서 C 구간에서 고도가 높아질수록 상대 습도가 커진다.

오답 피하기

ㄴ. B에서는 대기가 절대 안정하므로 오염 물질의 확산이 잘 일어나지 않는다.

**02** 절대 안정한 대기에서는 공기의 연직 운동이 제한되므로 층운형 구름이 생성된다. 조건부 불안정한 대기에서는 공기 덩어리가 상승해 주위보다 온도가 높아질 때 저절로 상승한다.

오답 피하기

ㄴ. 절대 불안정한 대기에서는 지표의 공기 덩어리가 스스로 상승하고 연직 운동이 활발하므로 적운형 구름이 생성된다.

### 세미나 기출 문제

| p.121 |

01 ③ 02 ①

**01** 산을 넘는 과정에서 응결이 일어나지 않았으므로 A 지점과 B 지점에서 기온과 상대 습도가 같고, 수증기량 변화가 없다.

오답 피하기

ㄷ. 산을 넘는 과정에서 상승할 때와 하강할 때에 모두 건조 단열 변화가 일어난다.

**02** 그림에서 상승 응결 고도($H$)는 (나)가 더 높고, 두 공기 덩어리 (가)와 (나)의 초기 온도($T$)는 같으므로 이슬점($T_d$)은 (가)가 더 높다.

오답 피하기

ㄴ. (가)가 (나)보다 상승 응결 고도에 먼저 도달하여 습윤 단열 감률을 따르므로 산 정상에서의 온도가 더 높다.

ㄷ. 산 정상에서 (가)가 (나)보다 온도가 높은 상태이고, 동일한 구간을 건조 단열 감률에 따라 온도가 높아지며 하강하였으므로 B에서 (가)의 온도가 (나)의 온도보다 더 높다.

### 내신 기초 문제

| p.122~123 |

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

**01** 상승 응결 고도란, 수증기를 포함한 공기 덩어리가 상승하면서 구름이 생성되기 시작하는 높이를 의미한다.

오답 피하기

ㄴ. 상승 응결 고도에 도달하면 기온과 이슬점이 같아져서 포화 상태가 되고, 구름이 생성된다.

**02** 상승하는 공기 덩어리는 건조 단열선을 따라 온도가 낮아지다가 이슬점에 도달하면 구름을 생성한다.

오답 피하기

① 건조 단열 감률은 1 ℃ / 100 m이다.

② 습윤 단열 감률은 0.5 ℃ / 100 m이다.

③ 이슬점 감률은 불포화 상태의 공기 덩어리에서 0.2 ℃ / 100 m이고, 포화 상태의 공기 덩어리에서 0.5 ℃ / 100 m이다.

④ 습윤 단열 감률이 건조 단열 감률보다 작은 까닭은 응결열 때문이다.

**03** 상승 응결 고도는 $H(\text{m}) = 125(T - T_d)$이므로 125(25 − 19) = 750(m)이다.

**04** A는 안정, B는 불안정을 나타내며 그림의 지형은 조건에 따라 안정 또는 불안정 상태로 나뉠 수 있는 조건부 불안정을 의미한다.

오답 피하기

ㄷ. 그림의 지형은 조건부 불안정을 의미하므로 이에 대응하는 환경 기온 감률의 크기는 5 ℃/km < $\Gamma$ < 10 ℃/km에 해당한다.

**05** $h$보다 낮은 대기층은 절대 안정한 층이고 높은 대기층은 절대 불안정한 층이므로 굴뚝의 연기는 위쪽으로 퍼져 나간다.

**06** 대기의 기온 변화가 건조 단열 감률보다 크면 대기는 불안정한 상태로, 공기 덩어리의 연직 운동이 활발해 적운형 구름이 생성된다.

**07** 지표면~2 km 구간은 기온 감률이 건조 단열 감률보다 크므로 절대 불안정한 상태이다. 기온 감률이 건조 단열 감률보다 더 큰 기층에서는 상승하는 공기 덩어리가 주위 공기보다 더 따뜻하다.

오답 피하기

ㄴ. 이 지역의 대기는 절대 불안정 상태로, 적운형 구름이 생성될 수 있다.

**08** A는 고도가 높아질수록 온도가 증가하는 것을 보아 역전층에 해당하며, 주로 새벽에 발생한다. 이러한 역전층은 대기 안정도를 높이므로 복사 안개 생성에 최적의 환경을 제공한다.

오답 피하기

③ A는 역전층으로, 매우 안정한 대기층이다. 따라서 지표 부근의 대기 오염 물질이 퍼져 나가는 것을 막아 대기 오염이 심화된다.

**09** (가)는 이류 안개로, 온난 습윤한 공기가 차가운 지표로 이동할 때 생성된다. 이러한 이류 안개에는 해무가 있다. (나)는 복사 안개로, 복사 냉각에 의해 지표면 기온이 하강할 때 생성된다.

**10** A는 병합 과정, B는 빙정 과정이다. B에서 수증기는 과냉각 물방울에서 증발한 것이다.

오답 피하기

ㄱ. A에서 구름은 물방울로만 이루어져 있다.

## 내신 실전 문제

| p.124~127 |

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

**01** 단열 변화는 주위와의 열 교환 없이 부피 변화로 인해 온도가 변하는 과정이다. 주위와의 열 교환이 없는 상태에서 공기 덩어리가 상승하면 부피는 팽창하고 온도는 감소하는 단열 팽창이 일어난다. 반대로 공기 덩어리가 하강하면 부피는 압축되고 온도는 증가하는 단열 압축이 일어난다.

**02** A의 응결 고도는 $h_2$이고, B의 응결 고도는 $h_1$이다.

오답 피하기

ㄱ. 응결 고도 $H$는 $H(\text{m}) = 125(T - T_d)$를 이용하여 구한다. 지표면에서 A와 B의 온도는 같고, A의 상승 응결 고도는 B보다 높으므로 지표에서 이슬점은 A가 B보다 낮다.

ㄷ. $h_1$에서 $h_2$까지 상승하는 동안 A는 건조 단열 변화가 일어나고, B는 습윤 단열 변화가 일어난다.

**03** 공기 덩어리가 상승하면 단열 팽창이 일어나고, 공기 덩어리가 하강하면 단열 압축이 일어난다.

오답 피하기

④ 공기 덩어리가 상승하면 공기 덩어리 내부 압력이 주위 압력보다 높아서 부피가 팽창한다.

**04** 산 정상의 공기는 포화 상태로 모두 강수로 내렸으며, 정상에서 공기 덩어리의 온도는 16 ℃이다.

오답 피하기

ㄱ. 푄은 습윤한 불포화 공기 덩어리가 높은 산을 넘어오면서 고온 건조해지는 현상이므로 공기 덩어리는 B에서 A로 이동하였다.

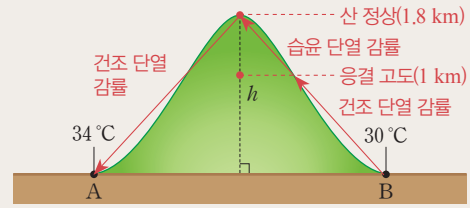
ㄴ. 응결 고도

$H = 125 \times (T - T_d)\,\text{m} = 125 \times (30\,℃ - 22\,℃)\,\text{m} = 1000\,\text{m} = 1\,\text{km}$이다. 공기 덩어리는 B에서 응결 고도 1 km까지 건조 단열 감률을 따르므로 응결 고도에서 20 ℃가 되고, 이후 산 정상에서 $20 - 5(h - 1)$ ℃가 된다. 산 정상에서 A까지는 건조 단열 감률을 따르므로

$20 - 5(h - 1) + 10h = 34$ ℃가 되어 $h = 1.8$ km임을 알 수 있다.

**문제 속 자료**

**푄에서의 온도 변화**




- 응결 고도는 $H(\text{m}) = 125(T - T_d)$이다.
- 건조 단열 감률은 10 ℃/km이고, 습윤 단열 감률은 5 ℃/km이다. 공기 덩어리가 각 구간에서 어떤 단열 감률을 따르는지 고려하여 온도 변화를 살펴볼 수 있다.

**05** A의 기층은 기온 감률 > 건조 단열 감률로, 절대 불안정 상태이다. B의 기층은 기온 감률 < 습윤 단열 감률로, 절대 안정한 상태이다.

오답 피하기

ㄷ. 공기의 연직 운동은 A가 B보다 활발하다.

**06** 공기 덩어리의 상승 응결 고도는

$H\,(\text{km}) = \frac{1}{8}(T - T_d) = \frac{1}{8}(30\,℃ - 14\,℃) = 2\,\text{km}$

이다. 1 km~2 km 구간에서 기온 감률이 10 ℃/km이므로 가열된 공기 덩어리가 상승할 때의 단열 감률(건조 단열 감률)과 같다.

**오답 피하기**

ㄷ. 3 km~4 km 구간은 역전층이므로 절대 안정한 상태이다.

**07** 고도 1 km~1.5 km 구간의 기온 감률은 $\Gamma < \Gamma_s$이므로 절대 안정하다. 지표의 공기 덩어리가 강제 상승할 때의 응결 고도는 다음과 같이 구할 수 있다.

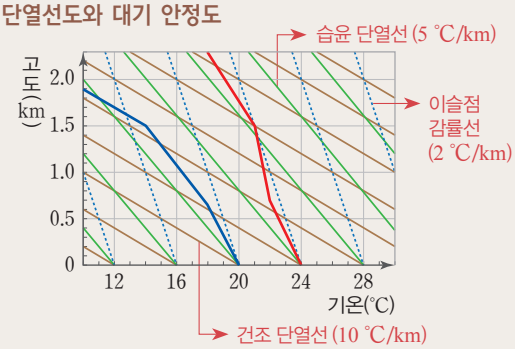
$$H\,(\text{km}) = \frac{1}{8}(T - T_d) = \frac{1}{8}(24\,℃ - 20\,℃) = 0.5\,\text{km}$$

**오답 피하기**

ㄷ. 가열된 지표의 공기 덩어리는 건조 단열 감률을 따라 온도가 낮아지며 자발적으로 상승하지만, 이슬점에 도달하지 못하고 기온보다 온도가 낮아져 구름을 생성하지 못한다.

**문제 속 자료**

**단열선도와 대기 안정도**




- 단열선도의 각 선은 기울기를 통해 무엇을 의미하는지 알 수 있다.
- $\Gamma < \Gamma_s$이면 절대 안정, $\Gamma > \Gamma_d$이면 절대 불안정, $\Gamma_s < \Gamma < \Gamma_d$이면 조건부 불안정이다.

**08** A층은 역전층으로, 안정하여 공기가 상층으로 쉽게 상승하지 못한다.

**오답 피하기**

ㄴ. B층은 대체로 불안정하다.

ㄷ. 지표 부근은 절대 안정하여 적운형 구름이 생성되기 어렵다.

**09** 건조 단열선과 이슬점 감률선이 만나는 높이에서 수증기의 응결이 일어나 구름이 만들어지기 시작하는데, 이를 상승 응결 고도라고 한다. 상승 응결 고도($H$)는 $125 \times (25\,℃ - 17\,℃) = 1000\,\text{m} = 1\,\text{km}$이다. 즉, 높이 1 km에서는 공기 덩어리의 기온과 이슬점이 15 ℃로 같아져 포화 상태에 도달했으므로 상대 습도는 100 %이다.

**오답 피하기**

② 구름은 건조 단열선과 이슬점 감률선이 만나는 고도(상승 응결 고도) 1 km부터 습윤 단열선과 기온선이 만나 공기 덩어리의 상승이 일어나지 않는 고도 2 km까지 만들어진다. 따라서 구름의 두께는 약 1 km이다.

**10** A층은 역전층이므로 고도가 높아질수록 기온이 증가한다.

**오답 피하기**

ㄴ. B층은 중립이므로 기온 감률은 건조 단열 감률과 같다.

ㄷ. A층은 역전층이므로 굴뚝 (가)에서 배출된 연기는 B층까지 퍼지지 못한다.

**11** 복사 안개는 바람이 거의 없는 맑은 날에 생성되기 쉽다. 활승 안개는 산 사면을 따라 공기가 상승하면서 생성된다.

**오답 피하기**

ㄷ. 전선 안개는 전선에서 내린 비가 증발하면서 지표면 대기를 포화시켜 생성된다.

ㄹ. 증발 안개는 찬 공기가 수면 위로 이동할 때 따뜻한 수면에서 물이 증발하여 생성된다.

**12** 북태평양에 있는 고기압에 의해 우리나라는 대체로 습윤하고 따뜻한 남서풍이 불 것으로 추정할 수 있다. 그러므로 이 고온다습한 남서풍이 상대적으로 차가운 백령도 해상에서 응결되어 이류 안개가 생성될 수 있다.

**오답 피하기**

① 지형을 따라 공기가 상승하여 냉각되면서 생성되는 것은 활승 안개이다.

② 복사 냉각에 의해 지표면 기온이 하강하여 생성되는 것은 복사 안개이다.

④ 전선 부근에서 내린 비가 증발하여 지표면 대기를 포화시키면서 생성되는 것은 전선 안개이다.

⑤ 따뜻한 수면에서 물이 증발할 때 수증기량 증가에 의해 생성되는 것은 증발 안개이다.

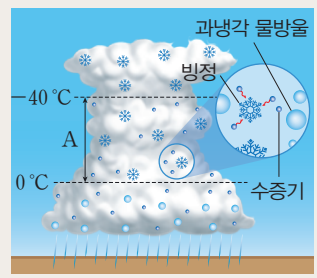
**13** 빙정설은 주로 중위도의 겨울철이나 고위도 지역에서 강수가 형성되는 과정을 설명한다. A 구간에서 과냉각 물방울에서 증발한 수증기가 빙정에 달라붙는다.

**오답 피하기**

ㄷ. 구름 속 A 구간의 공기는 과냉각 물방울에 대해 불포화 상태이고, 빙정에 대해 과포화 상태이다.

**문제 속 자료**

**빙정설**



- 주로 중위도나 고위도 지역에서 발생하는 강수 과정이다.
- 구름의 하층은 주로 물방울로, 상층은 주로 빙정으로 이루어져 있다.
- A 구간(−40 ℃ ~ 0 ℃)에는 수증기, 과냉각 물방울, 빙정이 공존한다. 이때 과냉각 물방울과 빙정의 포화 수증기압 차이로 과냉각 물방울에서 증발한 수증기가 빙정에 달라붙어 빙정이 성장한다. 무거워진 빙정이 녹지 않고 떨어지면 눈이 되고, 떨어지다가 녹으면 비가 된다.

**14** −40 ℃~0 ℃에서는 같은 온도일 때 과냉각 물방울의 포화 수증기압이 빙정의 포화 수증기압보다 높다. 과냉각 물방울과 빙정의 포화 수증기압 차가 클수록 과냉각 물방울에서 수증기로의 증발이 더 많이 일어나므로 빙정의 성장 속도가 빠르다.

**15** 모범 답안 (1) A는 2 km부터 습윤 단열 변화하는 것으로 보아 A의 상승 응결 고도가 2 km임을 알 수 있다.

(2) A의 상승 응결 고도는 2 km이므로 지표면에서 이슬점은 −1 ℃이고, B는 지표면에서부터 습윤 단열 감률을 따르는 것을 보아 지표면에서 이미 포화 상태이므로 이슬점은 15 ℃이다. 따라서 지표면에서 A와 B의 이슬점 차는 16 ℃이다.

(3) 주위 공기의 온도 변화를 살펴보면 기온 감률이 8 ℃/km로 건조 단열 감률보다 작고, 습윤 단열 감률보다 크다. 따라서 기층은 조건부 불안정에 해당한다.

| 채점 기준 | | 배점(%) |
|---|---|---|
| (1) | A의 상승 응결 고도를 옳게 쓴 경우 | 20 |
| (2) | 지표면에서 A와 B의 이슬점 차를 옳게 계산한 경우 | 40 |
| (3) | 기층의 안정도를 옳게 서술한 경우 | 40 |

**16** 모범 답안 A에서는 빙정 과정이 일어난다. 과냉각 물방울 주변의 포화 수증기압이 빙정 주변보다 높아서 수증기 분자들이 과냉각 물방울에서 빙정으로 확산하기 때문에 빙정이 성장하며 그 무게로 인해 낙하한다. B에서는 병합 과정이 일어난다. 큰 물방울들은 비교적 빠르게 떨어지면서 낙하 경로에 있는 작은 물방울들과 충돌하여 병합되어 빗방울로 성장한다.

| 채점 기준 | | 배점(%) |
|---|---|---|
| (1) | A와 B가 각각 어떤 강수 과정에 해당하는지 옳게 쓴 경우 | 30 |
| (2) | A와 B 과정에서의 강수 과정을 모두 옳게 서술한 경우 | 70 |
| | A와 B 과정에서의 강수 과정 중 한 가지만 옳게 서술한 경우 | 35 |

## 03 정역학 평형과 바람의 유형

### 탐구 리포트 | p.132 |

**01** ② **02** (1) 동쪽, 8 km (2) 서쪽, 0.025 m

**01** A는 구슬의 궤적이 직선으로 나타나는 것을 보아 회전판이 정지한 상태에 해당한다. B는 구슬의 궤적이 오른쪽으로 약간 휘어졌으므로 회전판이 시계 반대 방향으로 상대적으로 느리게 회전한 결과이다. C는 구슬의 궤적이 오른쪽으로 많이 휘어졌으므로 회전판이 시계 반대 방향으로 상대적으로 빠르게 회전한 결과이다.

오답 피하기

ㄱ. 쇠구슬의 궤적이 오른쪽으로 휘어진 것으로 보아 회전판은 시계 반대 방향으로 회전하였다.

ㄷ. C는 궤적이 가장 많이 휘어져있으므로 회전 속도가 가장 빠른 상태이며, 이는 고위도 지방을 의미한다.

**02** 북반구에서 전향력은 운동 방향의 오른쪽 직각 방향으로 작용한다. $a = 2v\Omega\sin\phi$라고 할 때, $a = 10^{-4} \cdot v$이며, 이동 거리는 $s = \frac{1}{2}at^2$을 이용하여 구한다.

(1) 동쪽, $\frac{1}{2} \times 10^{-4}/\text{s} \times 1000\ \text{m/s} \times (400\ \text{s})^2 = 8\ \text{km}$

(2) 서쪽, $\frac{1}{2} \times 10^{-4}/\text{s} \times 20\ \text{m/s} \times (5\ \text{s})^2 = 0.025\ \text{m}$

### 세미나 기출 문제 | p.134 |

**01** ③ **02** ⑤

**01** (가)는 국지적 가열에 의한 상승으로, 이러한 상승에 의해 여름철 소나기가 발생할 수 있다. (나)는 지형에 의한 상승으로 풍하측에서 푄 현상이 나타날 수 있다.

오답 피하기

ㄷ. (가)의 수평 규모는 약 5 km이고, (나)의 수평 규모는 약 150 km이다.

**02** 상층 발산이 일어나는 곳에서는 상승 기류가 유도되며 지상 저기압이 형성되므로 구름이 생성되고 흐린 날씨가 나타날 수 있다.

오답 피하기

ㄱ. 상층 수렴이 일어나는 곳에서는 하강 기류가 유도된다.

## 세미나 기출 문제 | p.135 |

01 ① 02 ⑤

**01** A는 500 hPa 등압면보다 아래에 있어 상대적으로 기압이 높고, B는 500 hPa 등압면보다 위에 있어 상대적으로 기압이 낮다.

오답 피하기

ㄴ. 등고선이 높은 쪽(고기압)에서 낮은 쪽(저기압)으로 기압 경도력이 작용한다.

ㄷ. 상층 일기도에서 등압면의 고도가 높은 지역은 고도가 낮은 지역보다 기압이 높다.

**02** 지상 일기도는 지상 대기의 정보를 나타내며, 기압이 같은 지점을 연결한 등압선으로 기압의 분포를 표시한다. 상층 일기도는 상층 대기의 정보를 나타내며, 특정 기압에서 등압면의 고도가 같은 지점을 연결한 등고선으로 기압의 분포를 표시한다.

오답 피하기

ㄴ. 지상 관측소에서 측정한 기압을 해수면 높이의 기압으로 변환하여 등압선을 그리는 과정은 지상 일기도에 대한 설명이다.

## 내신 기초 문제 | p.136~137 |

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

**01** A는 기압 경도력, B는 중력이다. 연직 기압 경도력과 중력이 균형을 이루는 상태를 정역학 평형이라고 한다. 정역학 평형 상태를 수식으로 표현하면 $-\frac{1}{\rho}\frac{\Delta p}{\Delta z}=g$이다.

**02** (가)는 지형의 영향으로 인한 상승이고, (나)는 공기의 수렴으로 인한 상승이다.

오답 피하기

① (가)의 수평 규모는 약 150 km이고, (나)의 수평 규모는 약 500 km이다.

**03** 주어진 조건에서 $\Delta P>0$이므로 A에 작용하는 힘보다 B에 작용하는 힘이 더 크다.

오답 피하기

ㄱ. 기압 경도력은 B(고기압)에서 A(저기압)쪽으로 작용한다.

ㄷ. 단위 질량의 공기 덩어리에 작용하는 기압 경도력의 크기는 $\frac{1}{\rho}\frac{\Delta P}{\Delta L}$이다.

**04** 기압 경도력은 고기압에서 저기압으로 향한다.

오답 피하기

ㄱ. 등압선의 간격이 좁을수록 기압 경도력이 더 크므로 A가 B보다 더 크게 작용한다.

ㄴ. 기압 경도력은 등압선에 수직으로 작용한다.

**05** 고도가 높아질수록 지표의 영향이 줄어들기 때문에 마찰력이 감소한다. 마찰력은 주로 대기 경계층이라고 불리는 고도 1 km 정도까지 작용한다. 1 km 이상의 고도를 자유 대기라고 하며, 자유 대기에서는 마찰력의 영향이 미미하므로 마찰력을 크게 고려하지 않는다.

오답 피하기

ㄱ. A는 대기 경계층, B는 자유 대기라고 한다.

ㄷ. 대기 경계층의 높이는 지표면의 거칠기에 따라 달라지므로 건물이나 숲이 많아질수록 A의 고도가 높아진다.

**06** 구심력은 $F_C=\frac{v^2}{r}$으로 나타낼 수 있다. 바람에 작용하는 $F_C$는 기압 경도력과 전향력의 차이로 나타난다.

오답 피하기

ㄴ. $F_C$는 구심력으로 실제의 힘이고, 원심력은 좌표계의 차이에 따른 가상의 힘이다.

**07** 북반구에서는 지균풍의 오른쪽에 고기압, 왼쪽에 저기압이 위치한다. 반면 남반구에서는 지균풍의 오른쪽에 저기압, 왼쪽에 고기압이 위치한다.

오답 피하기

ㄱ. 상층에서 고도가 높은 등고선은 고기압을 나타내고, 고도가 낮은 등고선은 저기압을 나타낸다. 따라서 (가)는 저기압, (나)는 고기압이다.

ㄴ. A는 고기압에서 저기압 방향으로 작용하는 기압 경도력, B는 전향력, C는 등고선에 나란하게 부는 지균풍이다.

**08** 지상 저기압이 발달한 지역에서는 상승 기류가 나타나고 구름이 생성된다. 이는 상층에서 발산이 일어나는 지역에 대응된다.

오답 피하기

ㄱ. 북반구 지상에서 시계 반대 방향으로 바람이 불어 들어가는 것을 보아 지상 저기압 지역이다.

## 내신 실전 문제 | p.138~141 |

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

**01** 연직 기압 경도력 ㉠은 중력 ㉡과 정역학 평형 상태를 이루면서 상쇄되어 공기 덩어리는 수평 방향의 기압 경도력인 ㉢ 방향으로 운동한다.

오답 피하기

ㄱ. 높은 곳으로 갈수록 기압이 낮아진다.

**02** 밀도($\rho$)가 일정할 때 기압은 $p = \frac{F}{A} = \frac{mg}{A}$이다. 평균 해면 기압은 $p_s = \frac{mg}{A}$이고, 단면적 A $= 1\ \mathrm{m}^2$이므로 공기 기둥의 질량은 $m = \frac{p_s}{g}$이다.

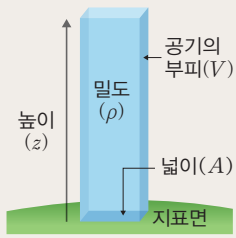
오답 피하기

ㄴ. 단면적이 $1\ \mathrm{m}^2$인 공기 기둥의 질량에 지구 표면적을 곱하여 구하면 대기의 총 질량은 $M = 4\pi a^2 \frac{p_s}{g}$이다.

ㄷ. 대기의 총 질량 $M = 4\pi a^2 \frac{p_s}{g}$에 각각의 값을 대입하여 계산하면 약 $5.14 \times 10^{18}$ kg이다.

문제 속 **자료**

**밀도가 일정한 공기의 기압과 질량**




• 밀도($\rho$)가 일정할 때 기압은 $p = \frac{F}{A} = \frac{mg}{A}$이고, 공기의 질량은 $m = \rho V = \rho Az$이므로 $p = \frac{\rho Vg}{A} = \frac{\rho Azg}{A} = \rho gz$이다.

**03** A는 연직 기압 경도력이고, B는 중력이다. $\Delta P = \rho g \Delta Z$이므로 $P_1$과 $P_2$의 차이는 두 지점의 높이 차이에 해당하는 $(Z_2 - Z_1)$에 비례한다. 정역학 평형 상태에서는 위쪽으로 작용하는 연직 기압 경도력과 아래쪽으로 작용하는 중력이 평형을 이루므로 연직 방향의 기압 차이에 의한 공기의 연직 운동은 일어나지 않는다.

**04** A는 동쪽으로 갈수록 서풍이 약해지고 있으므로 상층 수렴이 일어나고, B는 서풍이 강해지므로 상층 발산이 일어나는 지역이다.

오답 피하기

⑤ C는 지상 고기압이고, D는 지상 저기압이다.

**05** 기압 경도력이 유일한 힘이라면 바람은 고기압에서 저기압으로만 불겠지만, 전향력, 마찰력 등이 작용하여 풍향과 풍속을 변화시킨다.

오답 피하기

① 전향력은 고위도로 갈수록 크다.

② 구심력은 풍속이 빠를수록 크다.

③ 마찰력은 지표면의 거칠기가 클수록 크다.

④ 기압 경도력은 두 지점 사이의 기압 차가 클수록 크다.

**06** 기압 경도력은 기압 차이가 클수록, 등압선의 간격이 좁을수록 크게 작용한다. 따라서 $\frac{\Delta p}{\Delta s}$, 즉 $\frac{\text{기압 차이}}{\text{등압선 간격}}$의 값이 $\frac{1}{2}\left(= \frac{30}{60}\right)$로 가장 작은 ①번 상황에서 기압 경도력이 가장 작다.

**07** 북반구에서 전향력은 운동 방향의 오른쪽 직각 방향으로 작용한다. $a = 2v\Omega\sin\phi$라고 할 때, $a = 10^{-4} \times v$이며, 이동 거리는 $s = \frac{1}{2}at^2$을 이용하여 구한다. 따라서 남쪽으로 휘어지고, $\frac{1}{2} \times 10^{-4}/\mathrm{s} \times 500\ \mathrm{m/s} \times (200\ \mathrm{s})^2 = 1\ \mathrm{km}$이다.

**08** 원판은 중위도에 접하는 평면을 의미한다. 원판을 회전시키는 방향에 따라 구슬의 궤적이 휘어지는 방향이 다르다. 이는 북반구와 남반구에서 전향력이 작용하는 방향이 서로 반대임을 의미한다.

오답 피하기

ㄴ. 원판을 시계 방향으로 회전시키면 구슬이 휘는 방향은 반대로 나타난다.

**09** 고위도 지역에서 지구의 표면이 더 빠르게 회전하므로 전향력이 더 강하다. 적도 지역에서 푸코의 진자는 회전하지 않는 반면, 극 지역에서는 하루에 360° 회전한다. 중위도 지역은 극 지역보다 느리게 회전한다.

오답 피하기

ㄱ. A의 속력이 B의 속력보다 빠르다.

**10** 일기도를 보면 여러 지역에서 등고선이 직선보다는 곡선으로 나타난다. 이러한 까닭으로 대부분의 바람은 지균풍으로 분류되지 않는다. 그럼에도 불구하고 실제 바람의 속력과 지균풍의 속력 차이는 약 10 %에 불과하다. 따라서 지균풍은 바람의 특성을 이해하는 데 중요한 기준이 된다. 특히 바람의 방향과 속력을 이론적으로 이해하고 예측하는 데 지균풍의 개념이 활용된다.

오답 피하기

① 지균풍은 상층에서 부는 바람이다.

② 지균풍은 기압 경도력과 전향력이 균형을 이루면서 등고선에 나란하게 분다.

③ 북반구에서 지균풍 방향의 오른쪽에 고기압, 왼쪽에 저기압이 나타난다.

⑤ 만약 지구 자전 각속도가 2배 증가한다면 지균풍의 속력은 현재의 $\frac{1}{2}$배가 된다.

**11** A 지점에서 전향력의 크기는 기압 경도력에서 구심력을 뺀 것과 같고, B 지점에서 전향력의 크기는 기압 경도력과 구심력을 더한 것과 같다.

오답 피하기

ㄷ. A 지점보다 B 지점에 작용하는 전향력의 크기가 더 크다.

**12** (나)에서 바람이 시계 방향으로 불어 나가고 있으므로 중심부는 고기압이다.

오답 피하기

ㄱ. (가)는 상층에서 등압선에 나란하게 부는 지균풍이다. (나)는 지상에서 등압선을 가로지르며 부는 지상풍이다.

ㄷ. (가)는 상층에서 불기 때문에 마찰력의 영향을 받지 않지만, (나)는 지상에서 불기 때문에 마찰력의 영향을 받는다.

**13** A는 지균풍이 불 때의 기압 경도력이고, C는 지상풍이 불 때의 전향력이다. 지상에서는 마찰력의 영향으로 기압 경도력보다 전향력이 작아 A가 C보다 크다.

오답 피하기

ㄴ. (가)는 높이 1 km 이상의 상층에서 부는 상층 바람이고, (나)는 높이 1 km 이하에서 부는 지상풍이다.

ㄷ. B는 마찰력으로, 마찰력이 클수록 지상풍의 풍속이 감소하여 지상풍과 지균풍의 풍속 차는 더욱 커진다.

**14** 전향력의 크기는 $2v\Omega\sin\phi$로, 풍속($v$)에 비례한다. A보다 B지점의 등고선 간격이 더 조밀한 것으로 보아 B에서의 풍속이 더 빠르므로 전향력도 더 크게 작용한다.

오답 피하기

ㄱ. A에서는 저기압성 경도풍이 분다.

ㄴ. B에서 연직 방향 기압 경도력은 중력과 평형을 이룬다.

**15** A에서는 지균풍이 불고 있고, B에서는 저기압성 경도풍이 불고 있다. 저기압성 경도풍에서는 기압 경도력이 전향력보다 크며, 이 둘의 차이가 구심력으로 작용한다.

오답 피하기

ㄴ. 기압 경도력의 크기는 A와 B에서 같다.

**16** 모범 답안 A에서 B로 가는 동안 풍속이 커지는 것을 보아 바람이 발산한다.

| | 배점(%) |
|---|---|
| A에서 B로 가는 동안 바람이 수렴하는지, 발산하는지 그 까닭과 함께 옳게 서술한 경우 | 100 |
| A에서 B로 가는 동안 바람이 발산하는 것을 옳게 썼으나, 그 까닭을 옳게 서술하지 못한 경우 | 50 |

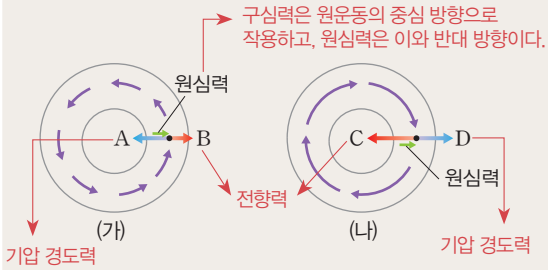
**17** 모범 답안 (1) (가)는 저기압성 경도풍, (나)는 고기압성 경도풍이다. A와 D는 기압 경도력이고, B와 C는 전향력이다.

(2) 전향력의 크기는 풍속에 비례하므로 기압 경도력이 일정하다고 할 때 (가) 저기압성 경도풍의 풍속은 지균풍보다 느리고, (나) 고기압성 경도풍의 풍속은 지균풍보다 빠르다.

해설 저기압성 경도풍에서는 원의 중심 방향으로 기압 경도력이 작용하며 전향력은 바깥쪽으로 작용한다. 이때 두 힘의 차이가 구심력으로 작용하고, 기압 경도력이 전향력보다 크게 나타난다. 고기압성 경도풍은 전향력이 기압 경도력보다 크게 작용하여 시계 방향 회전이 나타난다.

문제 속 **자료**

**북반구에서의 경도풍**




(가) 저기압성 경도풍
- 바람이 시계 반대 방향으로 분다.
- 원의 중심 방향으로 기압 경도력이 작용하고, 바깥 방향으로 전향력이 작용한다.
- 기압 경도력 > 전향력으로, 전향력 = 기압 경도력 − 구심력이다.

(나) 고기압성 경도풍
- 바람이 시계 방향으로 분다.
- 원의 중심 방향으로 전향력이 작용하고, 바깥 방향으로 기압 경도력이 작용한다.
- 기압 경도력 < 전향력으로, 전향력 = 기압 경도력 + 구심력이다.

| 채점 기준 | | 배점(%) |
|---|---|---|
| (1) | (가)와 (나)의 경도풍 종류를 각각 옳게 쓴 경우 | 30 |
| | A~D가 나타내는 힘을 옳게 쓴 경우 | 각 5 |
| (2) | 기압 경도력이 일정할 때 (가)와 (나)에서 경도풍의 풍속을 지균풍과 비교하여 옳게 서술한 경우 | 50 |

## 04 편서풍 파동과 지상 고·저기압의 발달

### 탐구 리포트 | p.145 |

01 ④ 02 (가) 해들리 순환 (나) 편서풍 파동 (다) 제트류

**01** 원통의 회전 속도가 느릴 때는 중간 원통 속 물이 원통의 회전 방향과 같은 방향으로 흐르면서 따뜻한 외벽을 따라 상승하고, 차가운 내벽을 따라 하강하는 대류가 일어나며 구불거리는 파동이 나타난다. 원통의 회전 속도가 빨라질수록 파장이 짧아지고 파동의 수가 늘어나며 작은 소용돌이가 나타난다.

오답 피하기

ㄱ. 실험에서 안쪽 원통은 극 지역을 의미한다.

**02** (가) 회전판이 정지해 있을 경우 외벽을 따라 가열된 물이 상승하고 내벽을 따라 냉각된 물이 하강한다. 이는 공기의 가열과 냉각으로 형성되는 직접 순환인 해들리 순환에 해당한다.

(나) 회전판을 빠르게 회전시키면 반짝이 가루는 파동의 형태와 작은 소용돌이의 모습을 보이며, 이는 편서풍 파동에 해당한다.

(다) 파동의 소용돌이 사이에서 흐름이 매우 빠른 구간은 제트류에 해당한다.

### 탐구 리포트 | p.146 |

01 ① 02 ①

**01** A는 기압골의 서쪽으로, 상층에서 바람이 수렴한다.

오답 피하기

ㄴ. B는 기압골의 동쪽으로, 상층에서 바람이 발산하여 상승 기류가 유도되며, 지상에는 저기압이 발달한다.

ㄷ. A와 B에서 북쪽으로 갈수록 500 hPa 고도는 낮아진다.

**02** A는 기압골에 위치한다. 북반구이므로 바람은 서에서 동으로 분다.

오답 피하기

ㄴ. A에서 기압 경도력은 고위도 방향으로 작용한다.

ㄷ. B에서 상층 공기의 발산이 일어난다.

### 내신 기초 문제 | p.148~149 |

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

**01** 단위 시간 동안 지구의 단위 면적에 도달하는 평균 태양 복사 에너지의 양은 태양 상수의 약 0.25배이다.

**02** 지구는 태양으로부터 흡수하는 복사 에너지와 같은 양의 에너지를 방출하여 전체적으로 복사 평형을 이루고 있지만, 위도별로는 에너지 불균형이 나타난다.

오답 피하기

⑤ 저위도의 따뜻한 공기는 고위도로 이동하고, 고위도의 차가운 공기는 저위도로 이동하면서 에너지 불균형이 해소된다.

**03** A는 극 순환, B는 페렐 순환, C는 해들리 순환이다. 극 순환과 해들리 순환은 직접 순환이다.

오답 피하기

ㄱ. A는 극 순환이다.

ㄴ. B는 페렐 순환으로 간접 순환이다.

**04** B는 페렐 순환으로, 간접 순환이다.

오답 피하기

ㄱ. A는 해들리 순환이다.

ㄴ. A는 열을 고위도로 수송한다.

**05** 고위도 지역의 찬 공기는 저위도 지역의 따뜻한 공기보다 밀도가 높다. 따라서 높이 올라갈수록 기압은 따뜻한 공기보다 찬 공기에서 낮아진다. 결과적으로 같은 고도에서 저위도 지역의 기압이 더 높게 나타난다. 따라서 상층에서는 저위도 지역에서 고위도 지역으로 기압 경도력이 작용한다.

**06** A는 기압 경도력, B는 편서풍, C는 전향력이다. 기압 경도력과 전향력이 평형을 이루어 부는 지균풍이 서에서 동으로 부는 편서풍이 된다.

오답 피하기

ㄴ. B는 편서풍이다.

**07** 고위도 지방의 차가운 공기는 저위도 지방의 따뜻한 공기보다 밀도가 크므로 상층으로 갈수록 기압이 급격하게 감소하여 등압면이 북쪽을 향해 아래로 기울어진다. 따라서 위도는 A가 B보다 높다는 것을 알 수 있다.

오답 피하기

ㄱ. ㉠에서 기압 경도력의 방향은 북쪽이고, 전향력의 방향은 남쪽이며, 두 힘이 평형을 이루어 서풍이 분다.

**08** 파동이 약할 때에는 에너지 수송이 거의 일어나지 않아 남북 간의 기온 차가 커진다.

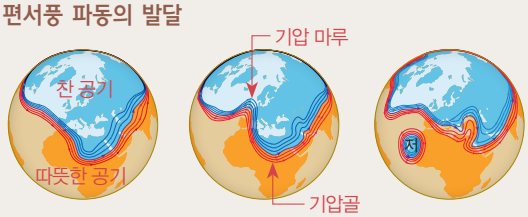
오답 피하기

ㄱ. 편서풍 파동은 (나)—(가)—(다) 순서로 발달한다.

ㄷ. (다)에서는 저기압이 떨어져 나가면서 남북 간의 에너지 불균형을 해소한다.

문제 속 **자료**

**편서풍 파동의 발달**




- 파동이 약할 때 에너지 수송이 거의 일어나지 않아 남북 간의 기온 차가 커진다.
- 남북 간의 기온 차가 커지면서 편서풍 파동이 발달한다.
- 남북 방향으로 파동이 더욱 발달하면 파동의 일부가 분리된다.
- 파동의 일부가 분리되어 남북 간의 기온 차가 작아진다. 이때 저기압 형태로 떨어져 나온 공기 덩어리로 인해 남북 간의 에너지 불균형이 해소된다.

**09** ㉠은 기압 마루 부근의 고기압성 경도풍이다.

오답 피하기

ㄱ. A에서는 바람이 발산한다.

ㄴ. B의 지상에는 고기압이 발달한다.

## 내신 실전 문제

| p.150~153 |

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

**01** 단위 시간 동안 지구의 단위 면적에 도달하는 평균 태양 복사 에너지의 양은 태양 상수(1367 $W/m^2$)의 $\frac{1}{4}$배로, 약 342 $W/m^2$이다. 저위도 지방에서는 에너지 과잉이 나타나고, 고위도 지방에서는 에너지 부족이 나타난다. 대기 대순환은 이러한 지구의 위도별 에너지 불균형을 해소한다.

**02** A는 태양 복사 에너지, B는 지구 복사 에너지이다. 따라서 ㉠은 에너지 과잉, ㉡은 에너지 부족을 의미한다. 대기 대순환을 통해 저위도 지방의 에너지가 고위도 지방으로 수송될 수 있다.

오답 피하기

ㄷ. 지구의 위도별 에너지 불균형이 나타나지만, 지구 전체적으로는 복사 평형을 이룬다.

**03** A는 극 순환, B는 페렐 순환, C는 해들리 순환이다. (가)에는 한대 전선대가 형성되고, (나)에는 중위도 고압대가 형성된다.

오답 피하기

③ 연평균 강수량은 상승 기류가 발달하는 60°N 부근이 30°N 부근보다 많다.

**04** 극지방에는 극고압대가 형성된다. 지구의 자전 여부에 따라 단일 세포 순환 모델 또는 3세포 순환 모델을 상정할 수 있다.

오답 피하기

ㄱ. A, C는 직접 순환, B는 간접 순환이다.

**05** 등압면의 기울기를 보아 1000~800 hPa 기층의 평균 기온은 A가 B보다 낮다.

오답 피하기

ㄴ. 800 hPa 등압면의 바람은 서풍으로 전향력은 북쪽으로 향한다.

ㄷ. 기압 경도력은 등압면의 기울기가 급할수록 더 크게 작용한다.

**06** 제트류의 풍속은 (가)에서 최대 55 m/s이고, (나)에서 최대 23 m/s까지 나타나고 있다.

오답 피하기

ㄴ. 남북 간의 기온 차이가 클수록 기압 차이도 커서 제트류가 빠르게 나타나므로 남북 간의 기온 차이는 겨울철에 더 크다.

**07** (가)는 고위도, (나)는 저위도이다. A는 기압 경도력, B는 전향력이며 두 힘은 평형을 이룬다. 편서풍은 종이면으로 들어가는 방향으로 분다.

**08** A는 아열대 제트류이고, B는 한대 전선 제트류이다. 아열대 제트류는 따뜻한 적도 부근에서 상승한 공기가 고위도 쪽으로 이동하다가 전향력의 영향으로 편향되어 위도 30° 부근의 상층에서 발생한다. 한편, 한대 전선 제트류는 남북 간의 기온 차가 큰 한대 전선대의 대류권 계면 부근에서 발생한다.

오답 피하기

ㄴ. A(아열대 제트류)는 B(한대 전선 제트류)보다 상대적으로 풍속이 느리다.

**09** A는 기압 마루로, 고기압성 경도풍이 분다.

오답 피하기

ㄴ. B에서는 공기의 수렴이 일어나고, C에서는 공기의 발산이 일어난다.

ㄷ. (가)에는 고기압이 발달하고, (나)에는 저기압이 발달한다.

**10** A는 서쪽에서 공기가 이동할 때 풍속이 점점 느려져 상층 공기가 수렴하는 지역이다. B는 기압골의 동쪽이므로 상층 공기가 발산하여 상승 기류가 발달하고, 지상에 저기압이 형성된다.

오답 피하기

ㄷ. B는 지상에 저기압이 형성된다.

**11** B의 지상에서는 한랭한 공기가 남쪽으로 이동한다.

오답 피하기

ㄱ. 우리나라는 기압골 동쪽에 위치하므로 저기압이 발달하고, 상승 기류가 나타난다.

ㄴ. A는 기압 마루이므로 고기압성 경도풍이 불어 공기가 시계 방향으로 회전한다.

**12** A는 지상 고기압이 발달하고, B는 지상 저기압이 발달한다.

오답 피하기

④ C에서는 하강 기류가 나타나고, D에서는 상승 기류가 나타난다.

**13** A는 고기압, B는 저기압이므로 A의 상층에서는 공기의 수렴, B의 상층에서는 공기의 발산이 일어난다.

오답 피하기

ㄴ. A는 고기압이므로 하강 기류가 나타난다.

**14** A는 상층의 공기 수렴, B는 상층의 공기 발산이 일어난다.

오답 피하기

ㄱ. 등고선의 고도는 $h_1 > h_2$이다.

ㄴ. A의 지상에는 고기압이 형성된다.

**15** 모범 답안 (1) 안쪽 원통은 극 지역, 중간 원통은 중위도 지역, 바깥쪽 원통은 열대(적도) 지역을 의미한다.

(2) 파동의 안쪽에서 나타나는 소용돌이는 시계 반대 방향으로 회전하는 저기압성 회전이고, 바깥쪽에서 나타나는 소용돌이는 시계 방향으로 회전하는 고기압성 회전이다.

| | 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|---|
| (1) | 회전 수조에서 안쪽 원통, 중간 원통, 바깥쪽 원통이 각각 실제 지구의 어느 지역에 해당하는지 옳게 서술한 경우 | 60 |
| (2) | 중간 원통에서 파동의 안쪽과 바깥쪽에 나타나는 소용돌이가 각각 어떤 회전에 해당하는지 옳게 서술한 경우 | 40 |

**16** 모범 답안 (1) ㉠의 온도가 ㉡의 온도보다 높다.

(2) A에 대응되는 상층은 기압골의 동쪽으로 상대적으로 풍속이 빠른 고기압성 경도풍이 불어 공기의 발산이 일어난다. 이로 인해 상승 운동이 유도되며 지상 저기압이 발달한다.

| | 채점 기준 | 배점(%) |
|---|---|---|
| (1) | ㉠과 ㉡의 기온을 옳게 비교한 경우 | 30 |
| (2) | A에 대응되는 상층에서 공기의 수렴과 발산 중 무엇이 일어나는지 경도풍의 종류와 연관 지어 서술하고, 그 결과로 나타나는 공기의 연직 운동과 지상의 기압계를 옳게 설명한 경우 | 70 |

## 단원 마무리 문제

| p.156~159 |

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

**01** (A−B)는 대기에 흡수된 태양 복사 에너지와 반사 및 산란에 의해 우주 공간으로 되돌아 나간 태양 복사 에너지의 합이다. (C+D)는 대기에 흡수된 태양 복사 에너지의 합이다.

오답 피하기

ㄷ. 가시광선은 대기에 잘 흡수되지 않고, 지표에 도달하여 지표를 덥힌다.

**02** 태양 복사 에너지 중 30 단위가 반사되고 지구로 70 단위가 흡수된다.

오답 피하기

ㄴ. 태양 복사 에너지는 주로 가시광선 영역에서 지구에 흡수된다.

ㄷ. 지표면은 태양으로부터 45 단위, 대기로부터 88 단위를 흡수하여 태양보다 대기로부터 더 많은 복사 에너지를 흡수한다.

**03** (가)에서 지표면은 100 단위, (나)에서 지표면은 133 단위의 에너지를 방출한다. 지표면의 평균 온도는 에너지 방출량이 많을수록 높으므로 (나)가 (가)보다 높다. (나)에서 지표면이 흡수하는 총 에너지가 133 단위(45 + 88)이므로 지표면이 방출하는 총 에너지도 133 단위(A + 100 + 4)이어야 한다. 따라서 A는 29 단위이다.

오답 피하기

ㄷ. 대기가 적외선 영역에서 방출하는 에너지는 154 단위(88 + 66)이다. 대기가 흡수하는 에너지는 총 154 단위로 지표로부터 100(적외선 영역) + 29(A에 해당: 대류, 전도, 숨은열) + 25(태양으로부터 자외선, 가시광선, 적외선 영역 등에서 흡수)이다. 따라서 대기가 흡수하는 에너지 중 적외선 영역이 아닌 부분을 제외하면 적외선 영역에서 대기가 방출하는 에너지양은 적외선 영역에서 흡수하는 에너지양보다 많다.

**04** 모범 답안 (1) (가)에서 빙하의 면적이 감소한다. 빙하는 빛을 잘 반사하므로 빙하 면적이 감소하면 지표면의 반사율이 감소하여 지구 온난화가 가속화된다.

(2) 지구가 따뜻해지면서 눈과 얼음이 녹으면 알베도가 감소하여 더 많은 태양 빛이 지표에 도달하게 되므로 지구는 더욱 뜨거워지는데, 이를 얼음-알베도 피드백이라고 한다.

〔서술형 TIP〕

얼음(빙하)의 면적이 반사도와 어떤 관련이 있는지 고려하여, 지구 온난화에 미치는 영향을 포함하여 서술한다.

| 채점 기준 | | 배점(%) |
|---|---|---|
| (1) | (가)에서 빙하의 면적을 옳게 예상하고, 지구 온난화와의 연관성을 옳게 서술한 경우 | 70 |
| | (가)에서 빙하의 면적을 옳게 예상했으나, 지구 온난화와의 연관성을 옳게 서술하지 못한 경우 | 20 |
| (2) | 얼음-알베도 피드백에 대하여 옳게 서술한 경우 | 30 |

**05** 상승하기 시작한 공기의 온도와 이슬점의 온도가 각각 $T$, $T_d$일 때, 상승 응결 고도는 $H(\text{km}) = \frac{1}{8}(T - T_d)$이다. 지표면에서 상승한 공기 덩어리가 고도 1 km에서부터 구름이 생성되기 시작했으므로 지표면에서 기온과 이슬점의 차이는 8 ℃이다.

오답 피하기

ㄴ. A 구간(상승 응결 고도보다 낮은 고도)의 공기 덩어리는 건조 단열 변화(10 ℃/km)를 따르므로 불포화 공기 덩어리의 이슬점 감률(2 ℃/km)보다 크다.

ㄷ. B 구간(상승 응결 고도보다 높은 고도)의 공기 덩어리는 습윤 단열 감률(5 ℃/km)을 따른다.

**06** 모범 답안 (1) $h = \frac{1}{8}(20\ ℃ - 12\ ℃) = 1\ \text{km}$이다.

(2) B의 기온은 10 ℃, 이슬점은 10 ℃이다. C의 기온은 5 ℃, 이슬점은 5 ℃이다. D의 기온은 25 ℃, 이슬점은 9 ℃이다.

〔서술형 TIP〕

상승 응결 고도($h$) = 1 km이다. 이를 고려하여 각 지점에서 다음 지점으로 이동할 때 어떤 단열 감률을 따르는지 확인한 뒤, 각 지점에서의 공기 덩어리 온도와 이슬점의 온도를 구하여 서술한다.

| 채점 기준 | | 배점(%) |
|---|---|---|
| (1) | 상승 응결 고도를 옳게 구한 경우 | 40 |
| (2) | 각 지점 B, C, D에서 공기 덩어리의 온도와 이슬점의 온도를 옳게 구한 경우 | 60 |

**07** C는 기온 감률이 건조 단열 감률보다 크므로 절대 불안정한 기층이고, D는 역전층이 형성되어 있어 절대 안정한 기층이다. 따라서 대기의 연직 운동은 C가 D보다 활발하게 일어난다.

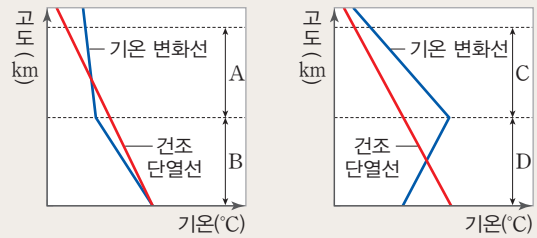
오답 피하기

ㄱ. 기온선의 기울기를 비교해볼 때, A보다 C에서 고도에 따른 기온 변화가 크게 일어나고 있으므로 기온 감률은 A < C이다.

ㄴ. 역전층은 고도가 높아짐에 따라 기온이 높아지는 층이다. 따라서 역전층에 해당하는 영역은 D이다.

문제 속 **자료**

**대기 안정도 판단**




- A 영역: 기온 감률 < 건조 단열 감률 ➡ 조건부 불안정
- B, C 영역: 기온 감률 > 건조 단열 감률 ➡ 절대 불안정
- D 영역: 높이 올라갈수록 기온 증가 ➡ 절대 안정(역전층)

**08** 복사 안개는 안정한 대기에서 생성된다. 증발 안개는 찬 공기가 따뜻한 수면 위로 이동할 때 수면에서 증발한 수증기가 응결하여 생성된다.

오답 피하기

ㄴ. 복사 안개는 주로 바람이 거의 없고 맑은 날 밤에 생성된다.

**09** 기압은 지표면 부근에서 약 1000 hPa이고, 고도 5.5 km에서는 약 500 hPa이다.

오답 피하기

ㄴ. 중력의 작용으로 공기 분자들은 지표 가까이에 더 많이 분포한다.

ㄷ. 고도에 따른 기압 변화량은 $h$ 부근보다 지표면에서 더 크다.

**10** 기압 경도력은 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용하므로 A면에서 B면 쪽으로 작용한다.

오답 피하기

ㄴ. A면에 작용하는 힘은 $P_A = P \times S$이고, B면에 작용하는 힘은 $P_B = (P - \Delta P) \times S$이다. 따라서 A면에 작용하는 힘이 B면에 작용하는 힘보다 크다.

ㄷ. 공기의 밀도가 일정할 때, 기압 경도력은 $P_H = \frac{1}{\rho}\frac{\Delta P}{\Delta H}$이다. 따라서 기압 경도력의 크기는 $\Delta P$에 비례하고, $\Delta H$에 반비례한다.

**11** 모범 답안 지균풍의 속력은 $v_g = \frac{1}{2\rho\Omega\sin\phi}\frac{\Delta p}{\Delta s}$이다. 주어진 정보에 따라 $\Delta p = 4$ hPa, $\Delta s = 400$ km, $\phi = 30$ °N, $\rho = 0.7$ kg/m$^3$이므로 이 값을 대입하면 지균풍의 속력은 다음과 같다.

$$v_g = \frac{1}{2 \times 0.7 \times (7.292 \times 10^{-5}) \times \sin 30^\circ} \times \frac{400}{4 \times 10^5} \fallingdotseq 19.6 \text{ m/s}$$

〔서술형 TIP〕

지균풍의 속력을 구하는 공식을 참고하여 각 상수에 제시된 값을 옳게 대입하고, 계산 과정을 포함하여 서술한다.

| | 배점(%) |
|---|---|
| 풀이 과정을 포함하여 지균풍의 속력을 옳게 구한 경우 | 100 |
| 풀이 과정을 포함하지 않고 지균풍의 속력만 옳게 구한 경우 | 30 |

**12** 북반구에서 저기압성 경도풍은 시계 반대 방향으로 불고, 고기압성 경도풍은 시계 방향으로 분다.

오답 피하기

ㄱ. (가)는 저기압성 경도풍으로 기압 경도력과 구심력 모두 바깥쪽에서 저기압 중심부로 작용한다.

ㄷ. (가)는 저기압성 경도풍이고, (나)는 고기압성 경도풍이다. 따라서 (가)의 중심부 기압이 (나)의 중심부 기압보다 더 작다.

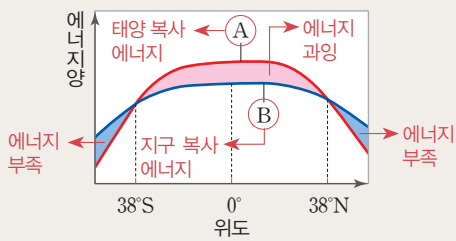
**13** A는 태양 복사 에너지의 흡수량이고, B는 지구 복사 에너지의 방출량이다. 적도에서는 태양 복사 에너지의 흡수량이 지구 복사 에너지의 방출량보다 많다. 위도별로 나타나는 에너지 불균형은 대기 대순환과 해류에 의해 해소된다.

오답 피하기

ㄴ. 고위도 지방에서는 에너지 부족이 나타난다.

문제 속 자료

지구의 위도별 에너지 분포




- 지구는 태양 복사 에너지를 흡수하고, 지구 복사 에너지를 방출하여 전체적으로 복사 평형을 이루고 있다. 그러나 지구의 위도별 에너지 분포는 균형을 이루지 못하고 있다.
- 저위도: 에너지 흡수량 > 에너지 방출량 = 에너지 과잉
- 고위도: 에너지 흡수량 < 에너지 방출량 = 에너지 부족

**14** 적도~위도 30°의 지상에서는 무역풍, 위도 30°~60°의 지상에서는 편서풍, 위도 60°~90°에는 극동풍이 분다.

오답 피하기

ㄱ. 적도의 지표면에서는 저기압(적도 저압대)이 발달한다.

ㄷ. 대기 대순환은 저위도의 에너지를 고위도로 수송하는 역할을 한다.

**15** 공기 덩어리 A는 파동의 일부가 분리된 것으로, 남북 간의 에너지 불균형을 해소한다. 이때 A는 저기압이므로 시계 반대 방향으로 회전한다.

오답 피하기

③ 편서풍 파동은 마찰력의 영향을 받지 않는 상층 대기에서 형성된다.

**16** B에서는 기압 경도력이 북쪽으로 작용하고, 전향력은 기압 경도력의 반대 방향인 남쪽으로 작용하여 서풍 계열의 바람이 분다.

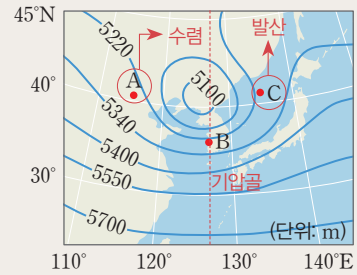
오답 피하기

ㄱ. A는 편서풍 파동에서 기압골의 서쪽으로, 상층에서 공기가 수렴한다.

ㄷ. C는 편서풍 파동에서 기압골의 동쪽으로, 상층에서 공기가 발산한다. 따라서 지상에 저기압이 발달하고, 상승 기류가 나타난다.

문제 속 자료

500 hPa 등압면 일기도




- A: 기압골 서쪽 ➡ 상층 공기 수렴 ➡ 하강 기류 발달 ➡ 지상 고기압 형성
- B: 등고선이 저위도 지방으로 내려간 기압골 ➡ 주위보다 기압이 낮음, 서풍 발생
- C: 기압골 동쪽 ➡ 상층 공기 발산 ➡ 상승 기류 발달 ➡ 지상 저기압 형성

# memo

