HIGH TOP

1권 지구 과학

정답과 해설

Ⅰ 대기와 해양의 상호작용

1 해수의 성질과 순환

01 해수의 성질

중요 개념 체크

12쪽 **1** (1) 증가 (2) 감소 (3) 증가 (4) 감소 (5) 감소
2 광합성

16쪽 **1** 강 **2** (1) × (2) ○

개념 기본 문제 20쪽~21쪽

01 ㄱ, ㄴ **02** (1) ㄱ, ㄷ (2) ㄴ, ㄹ, ㅁ **03** ㄴ, ㄷ, ㄹ **04** (1) A: 표층 염분, B: (증발량−강수량) (2) ㉠ 고압대, ㉡ 많고, ㉢ 적어서 **05** (1) 수온 (2) 광합성 **06** (1) A: 혼합층, B: 수온 약층, C: 심해층 (2) 바람의 세기 (3) ㉠ 낮아, ㉡ 안정 **07** (1) A: 수온, B: 밀도 (2) 수온 약층 **08** (1) B<A<C (2) 염분 (3) 수온 **09** ㄱ, ㄷ

01 ㄱ. 해수에 녹아 있는 여러 물질을 염류라고 하고, 해수 1 kg에 녹아 있는 염류의 총량을 g 수로 나타낸 것을 염분이라고 한다.
ㄴ. 염분의 단위는 염분과 전기 전도도 사이의 관계식에 기초한 척도인 실용염분단위 psu를 주로 사용한다.
바로알기 ㄷ. 염류 중 염화 이온(Cl^-)과 나트륨 이온(Na^+)이 전체 염류의 약 86 %를 차지하고 있다.

02 (1) 해수의 결빙이 일어나면 주로 물 분자가 얼음이 되고 대부분의 염류는 주변으로 빠져나가므로 주변 해수의 표층 염분이 높아진다. 또한, 해수의 표층 염분은 증발량이 많을수록 높아진다.
(2) 해빙이 일어날 때, 강수량이 많을 때, 하천수가 유입될 때는 물이 증가하여 표층 염분이 낮아진다.

03 ㄴ. 해수의 표층 염분은 강수량이 많을수록, 증발량이 적을수록 낮게 나타난다.
ㄷ. 하천수는 해수보다 염분이 낮으므로 하천수가 유입되는 연안 해역은 같은 위도의 먼바다보다 표층 염분이 낮다.
ㄹ. 고압대인 중위도 해역은 증발량이 많고 강수량이 적어 표층 염분이 높다. 저압대인 적도 해역과 위도 60° 부근 해역은 증발량이 적고 강수량이 많아 표층 염분이 낮다.
바로알기 ㄱ. 수온과 염분은 직접적인 관계가 없다.

04 (1) A는 표층 염분 분포이고, B는 (증발량−강수량)이다. 고위도 해역에서 표층 염분이 (증발량−강수량)의 변화 경향과 일치하지 않는 것은 해빙과 관련이 있다.
(2) 고압대인 중위도 해역은 하강 기류에 의해 고기압이 우세하게 나타나 증발량이 강수량보다 많기 때문에 표층 염분이 높게 나타난다.

05 (1) 기체의 용해도는 수온이 낮을수록, 염분이 낮을수록, 수압이 높을수록 증가하는데, 수온의 영향이 가장 크다.
(2) 대기 중의 산소가 해수면으로 녹아 들어오거나 해양 생물의 광합성을 통해 산소가 공급되기 때문에 용존산소량은 해수의 표층에 가장 많다. 표층 아래에서 수심 약 1000 m까지는 수심이 깊어짐에 따라 대기에서 해수로 녹아 들어오는 산소의 양과 광합성량이 모두 감소하고, 해양 생물의 호흡과 생물의 사체를 분해하는 데 산소가 소비되기 때문에 수심이 깊어질수록 용존산소량이 적어진다.

06 (1) A는 바람의 혼합 작용으로 어느 정도 깊이까지 수온이 거의 일정한 혼합층이고, B는 수심이 깊어질수록 수온이 급격히 낮아지는 수온 약층이며, C는 수심에 따른 수온 변화가 거의 없는 심해층이다.
(2) 혼합층은 바람의 혼합 작용으로 형성되므로, 혼합층의 두께는 바람이 강할수록 두꺼워진다.
(3) 수온 약층의 아래쪽에는 수온이 낮아서 밀도가 큰 해수가 분포하고, 위쪽에는 수온이 높아서 밀도가 작은 해수가 분포하므로 수온 약층은 상하 혼합이 일어나기 어려운 매우 안정한 층이다. 따라서 수온 약층에서는 대류가 잘 일어나지 않아 혼합층과 심해층 사이의 물질과 에너지 이동을 차단하는 역할을 한다.

07 (1) A는 수온이고, B는 밀도이다. 해수의 밀도는 수온이 높을수록 낮게 나타난다.
(2) 해수의 밀도 변화에 가장 큰 영향을 미치는 것은 수온이다. 따라서 수심에 따른 수온 변화가 가장 크게 나타나는 수온 약층에서 밀도 변화가 가장 크게 나타난다.

08 (1) B의 밀도는 1.025~1.026 g/cm^{3}이고, A의 밀도는 1.026 g/cm^{3}이며, C의 밀도는 1.026~1.027 g/cm^{3}이다. 따라서 부등호로 밀도를 비교하면 B<A<C이다.
(2) A와 C는 수온이 같지만, A보다 C의 염분이 높으므로 밀도는 C가 더 크다.

(3) B와 C는 염분이 같지만, B보다 C의 수온이 낮으므로 밀도는 C가 더 크다.

09 ㄱ. 우리나라 여름철에는 강수량이 많기 때문에 전 해역의 표층 염분이 겨울철보다 대체로 낮게 나타난다.
ㄷ. 남해는 고염분의 쿠로시오 해류의 영향을 많이 받아 표층 염분이 높은 편인데, 여름철에는 중국 양쯔강으로부터 유입되는 하천수의 양이 많으므로 겨울철보다 표층 염분이 훨씬 낮아진다. 따라서 남해는 표층 염분의 연교차가 다른 해역에 비해 크다.
바로알기 ㄴ. 황해는 대륙으로 둘러싸여 있어서 하천수의 유입량이 많아 동해에 비해 표층 염분이 낮게 나타난다.

개념 적용 문제

22쪽~25쪽

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

01 ㄴ. 대기 대순환에 의해 중위도 해역에는 고압대가 발달하고, 적도 해역에는 저압대가 발달한다.
ㄷ. 해수의 표층 염분은 증발량이 많을수록, 강수량이 적을수록 높다. 적도 부근 해역은 강수량이 증발량보다 많아서 표층 염분이 낮게 나타나고, 위도 30° 부근 해역은 증발량이 강수량보다 많아서 표층 염분이 높게 나타난다.
바로알기 ㄱ. 적도 해역은 저압대가 발달하므로 증발량보다 강수량이 많고, 중위도 해역은 고압대가 발달하므로 강수량보다 증발량이 많다. 따라서 A는 증발량 분포이고, B는 강수량 분포이다.

02 ㄱ. (다)는 하천수의 유입이 해수의 염분에 미치는 영향을 알아보기 위한 과정이므로 '증류수'는 ㉠에 들어갈 말로 적절하다.
ㄴ. (라)는 해수의 결빙에 의한 염분 변화를 알아보는 과정으로, 소금물 표층이 얼면 주로 물 분자만 얼음이 되고 대부분의 염류는 주변으로 빠져나가므로 염분이 높아진다.
ㄷ. A와 같이 하천수가 유입되면 해수의 표층 염분이 낮아지고, B와 같이 결빙이 일어나면 해수의 표층 염분이 높아진다. 따라서 A의 염분값 ㉡은 B의 염분값 ㉢보다 작다.

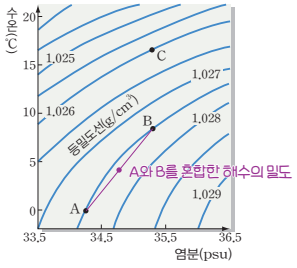
03 ㄱ. 기체의 용해도는 수온에 반비례한다. 고위도의 해수는 저위도의 해수보다 수온이 낮기 때문에 용존산소량이 전체적으로 많다.
ㄴ. 대기 중의 산소가 해수면으로 녹아 들어오거나, 해양 생물의 광합성을 통해 산소가 공급되기 때문에 용존산소량은 해수의 표층에서 가장 많다.
바로알기 ㄷ. 수심 1000 m보다 깊은 곳에서 용존 이산화 탄소량이 증가하는 것은 수심이 깊어질수록 기체의 용해도가 증가하기 때문이다. 수심 1000 m보다 깊은 곳에서는 생물이 거의 서식하지 않는다.

04 ㄱ. 수온 약층 아래쪽에는 수온이 낮아서 밀도가 큰 해수가 분포하고, 위쪽에는 수온이 높아서 밀도가 작은 해수가 분포하므로 수온 약층은 매우 안정한 층이다. 따라서 수온 약층이 잘 발달해 있는 저위도 해역에서는 해수의 연직 혼합이 잘 일어나지 않는다.
ㄷ. 혼합층은 바람이 강하게 불수록 잘 발달한다. 따라서 저위도 해역보다 중위도 해역에서 혼합층이 잘 발달하므로, 바람은 중위도 해역에서 더 강하게 분다.
바로알기 ㄴ. 수온 약층 아래에 위치한 심해층은 태양 복사 에너지가 도달하지 않아서 수온이 낮고, 위도나 계절, 수심에 따른 수온 변화가 거의 없다.

05 ㄷ. 해수의 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록, 수압이 클수록 증가한다. 표층과 심층에서의 염분은 크게 차이가 나지 않지만, 수심이 깊어질수록 수온이 낮아지고 수압이 커지므로, 해수의 밀도는 표층보다 심층에서 더 크다.
바로알기 ㄱ. 표층 해수의 수온이 높은 (가)는 여름에 측정한 것이고, 표층 해수의 수온이 낮은 (나)는 겨울에 측정한 것이다.
ㄴ. 수온 약층은 표층 수온이 높아서 심층과의 수온 차이가 큰 (가)일 때가 (나)일 때보다 잘 발달하였다.

06 ㄱ. 수온 약층은 수심이 깊어질수록 수온이 급격하게 낮아지는 층이다. 이 해역에서는 수심 150 m~800 m 구간에 수온이 급격하게 낮아지는 수온 약층이 발달해 있다.
ㄴ. 해수의 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 증가한다. 수심 0 m~150 m 구간에서는 수온이 거의 변하지 않았으나 염분이 높아졌으며, 이에 따라 밀도가 증가하였다.
바로알기 ㄷ. 수심 800 m~2000 m 구간에서는 해수의 수온은 거의 일정하지만 염분이 높아져 밀도가 증가하였다.

07 ㄱ. 표층 해수의 밀도를 비교하면 A＝B＞C이다.
ㄴ. 표층 해수의 수온을 비교하면 A＜B＜C이다.
바로알기 ㄷ. A와 B는 수온과 염분이 서로 다르지만 같은 등밀도선 위에 위치하므로 밀도가 같다. 밀도가 같은 A, B 두 해수를 같은 양을 혼합하면, 혼합된 해수의 밀도는 원래 해수의 밀도 1.0275 g/cm³보다 커진다.



08 ㄱ. 해수면(수심 0 m)에서 수온은 A가 약 24 ℃이고, B가 약 10 ℃이므로, 표층 수온이 높은 A가 8월, 표층 수온이 낮은 B가 2월에 해당한다.
바로알기 ㄴ. 해수의 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 크다. A 시기에 표층은 수심 200 m보다 수온이 높고 염분이 낮으므로, 해수의 밀도는 표층이 수심 200 m보다 작다.
ㄷ. 기체의 용해도는 수온이 낮을수록 크다. 따라서 A가 B보다 표층 수온이 높으므로, 산소 기체의 용해도는 A가 B보다 작다.

02 해수의 순환

중요 개념 체크

29쪽 **1** 해들리, 페렐, 극 **2** 아열대 **3** 쿠로시오
31쪽 **1** 밀도 **2** (1) × (2) ○
33쪽 **1** ㉠ 약해, ㉡ 약해, ㉢ 낮아

탐구 확인 문제 34쪽

1 ㄱ, ㄷ **2** A 소금물의 온도를 낮춰 B 소금물보다 밀도가 커지게 만든다.

1 ㄱ. B에서 나온 소금물이 A에서 나온 소금물보다 수조 바닥에 먼저 도착한 것으로 보아 B의 소금물이 A의 소금물보다 밀도가 크다. 두 소금물의 온도가 같다고 하였으므로, A의 소금물은 B의 소금물보다 염분이 낮다.
ㄷ. B의 소금물에 소금을 더 넣으면 B의 소금물 밀도가 커지므로, A의 소금물과 B의 소금물의 밀도 차가 더 커지게 된다. 따라서 두 소금물이 바닥에 도달하는 시간의 차이는 증가할 것이다.
바로알기 ㄴ. A의 소금물은 B의 소금물과 온도는 같고 염분은 낮으므로, 밀도는 B의 소금물이 더 크다.

2 물의 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 크다. 염분을 변화시키지 않은 상태에서 A의 소금물이 B보다 아래로 흐르도록 하려면 A의 소금물 온도를 낮춰 B의 소금물보다 밀도가 커지게 만들어야 한다.
모범답안 A 소금물의 온도를 낮춰 B 소금물보다 밀도가 커지게 만든다. 또는 B 소금물의 온도를 높여 A 소금물보다 밀도가 작아지게 만든다.

채점 기준	배점(%)
'A 소금물의 온도를 낮춰 B 소금물보다 밀도가 커지게 만든다.' 또는 'B 소금물의 온도를 높여 A 소금물보다 밀도가 작아지게 만든다.'라고 옳게 서술한 경우	100
'A 소금물의 온도를 낮춘다.' 또는 'B 소금물의 온도를 높인다.'라고만 서술한 경우	70

개념 기본 문제 35쪽

01 (1) A: 극순환, B: 페렐 순환, C: 해들리 순환 (2) A: 극동풍, B: 편서풍, C: 무역풍 (3) (가) 극고압대, (나) 한대 전선대, (다) 중위도 고압대, (라) 적도 저압대 **02** (1) A: 북적도 해류, B: 쿠로시오 해류, C: 북태평양 해류, D: 캘리포니아 해류 (2) ㄴ, ㄹ **03** (1) A: 남극 중층수, B: 북대서양 심층수, C: 남극 저층수 (2) C **04** (1) A (2) ㉠ 심층 순환, ㉡ 표층 순환 (3) ㉠ 감소, ㉡ 약해

01 (1) 위도 60°~극에서는 극순환(A)이 나타나고, 위도 30°~60°에서는 페렐 순환(B)이 나타나며, 적도~위도 30°에서는 해들리 순환(C)이 나타난다.
(2) 북반구의 고위도 지방에는 지상에 극동풍이 불고, 중위도 지방에는 지상에 편서풍이 불며, 저위도 지방에는 지상에 무역풍이 분다.

(3) (가)에서는 극지방의 상공에서 냉각된 공기가 하강하여 극고압대가 형성된다. (나)에서는 저위도와 고위도에서 각각 이동해 온 편서풍과 극동풍이 만나 한대 전선대가 형성된다. (다)에서는 위도 30° 부근의 상층에서 냉각된 공기가 하강하여 중위도 고압대가 형성된다. (라)에서는 적도에서 가열된 공기가 상승하여 적도 저압대가 형성된다.

02 (1) A는 위도 0°~30°N에서 동에서 서로 흐르는 북적도 해류이고, B는 저위도에서 고위도로 흐르는 쿠로시오 해류이다. C는 위도 30°~60°N에서 서에서 동으로 흐르는 북태평양 해류이고, D는 고위도에서 저위도로 흐르는 캘리포니아 해류이다.

(2) ㄴ. 우리나라 주변을 흐르는 난류의 근원은 쿠로시오 해류(B)이다.

ㄹ. 북반구 아열대 순환은 시계 방향으로 나타나고, 남반구 아열대 순환은 시계 반대 방향으로 나타난다.

바로알기 ㄱ. 북적도 해류(A)는 무역풍에 의해, 북태평양 해류(C)는 편서풍에 의해 흐른다.

ㄷ. 캘리포니아 해류(D)는 고위도에서 저위도로 흐르는 한류로, 수온과 염분이 낮다.

03 (1) 대서양에서 심층 순환을 이루는 수괴에는 남극 저층수, 북대서양 심층수, 남극 중층수가 있다. 그중 밀도가 가장 큰 C는 남극 저층수이고, 밀도가 가장 작은 A는 남극 중층수이며, 밀도가 중간인 B는 북대서양 심층수이다.

(2) 북태평양 심층수(B)는 남극 저층수(C)보다 밀도가 작아서 남극 저층수 위로 이동하여 남대서양까지 흘러간다.

04 (1) A는 그린란드 주변 해역으로, 표층 해수가 냉각되면서 침강하는 곳이다. B는 심층수가 수온이 높아지면서 점차 상승하여 표층 순환과 연결되는 곳이다.

(2) ㉠은 심층 순환, ㉡은 표층 순환을 나타낸 것이다.

(3) 심층 순환은 밀도가 상대적으로 커진 수괴들이 심층으로 가라앉으며 일어나는 순환이다. 지구의 기온이 상승하면 극지방의 빙하가 녹아 해수의 밀도가 작아지므로, 표층에서 심층으로 침강하는 해수의 흐름이 약해진다.

개념 적용 문제

36쪽~39쪽

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

01 ㄱ. A는 적도에서 가열된 공기가 상승하여 고위도 쪽으로 이동하다가 위도 30° 부근에서 하강하여 적도로 이동하는 해들리 순환으로, 지상에서는 무역풍이 형성된다.

바로알기 ㄴ. 대기 대순환을 이루는 3개의 순환 세포 중 해들리 순환(A)과 극순환(C)은 고온에서 상승하여 저온에서 하강하는 열대류의 원리로 발생하는 직접 순환이다. 페렐 순환(B)은 두 직접 순환 사이에서 열대류와 관계없이 만들어지는 간접 순환이다.

ㄷ. 대기 대순환은 위도에 따른 에너지 불균형으로 발생하며, 지구 자전에 의한 전향력으로 북반구와 남반구에서 각각 해들리 순환, 페렐 순환, 극순환의 3개 순환 세포가 나타난다.

02 ㄱ. 북태평양 아열대 해역에서는 북적도 해류 → 쿠로시오 해류 → 북태평양 해류 → 캘리포니아 해류로 이어지는 시계 방향의 북태평양 환류가 나타난다.

ㄴ. A는 남적도 해류로, 대기 대순환에 의해 지상에서 부는 바람인 무역풍에 의해 형성되었다.

ㄷ. B는 편서풍의 영향으로 서에서 동으로 흐르는 남극 순환 해류이다. 남반구는 대륙에 막혀 있지 않아서 남극 순환 해류는 지구를 한 바퀴 돌고 있다.

03 ㄱ. A는 쿠로시오 해류로, 북상하면서 그 일부가 대한 해협으로 갈라져 들어와 대마 난류와 동한 난류를 형성한다. 따라서 대마 난류와 동한 난류는 수온과 염분 등의 물리량이 쿠로시오 해류와 비슷하게 나타난다.

ㄷ. 난류는 저위도에서 고위도로 흐르면서 열에너지를 방출하여 주변 지역의 기후를 따뜻하게 한다. 따라서 우리나라 겨울철에 동한 난류의 영향을 받는 곳은 같은 위도의 서해안보다 대체로 기온이 높다.

바로알기 ㄴ. 겨울에는 한류의 세력이 강해져서 남하하므로 조경 수역은 여름보다 낮은 위도에서 형성된다.

04 ㄴ. A는 표층 해수가 가열되는 적도 해역에 해당하고, B는 표층 해수가 침강하는 곳이므로 표층 해수가 냉각되는 극 해역에 해당한다.

바로알기 ㄱ. A는 적도 해역이고 B는 극 해역이므로, A는 B보다 저위도에 위치한다.

ㄷ. 표층 염분이 낮아지면 해수의 밀도가 작아지므로 침강이 일어나기 어렵다. B에서는 해수의 수온이 낮아지고 결빙에 의해 주변 해수의 염분이 높아지므로, 해수의 밀도가 커져서 침강이 일어난다.

05 ㄱ. A는 북대서양 심층수이고, B는 남극 저층수이다.
ㄴ. 남극 저층수(B)는 북대서양 심층수(A)보다 밀도가 크다. 따라서 두 해수가 만나면 남극 저층수가 북대서양 심층수보다 더 아래로 흐른다.
바로알기 ㄷ. 지구 온난화가 진행되면 극지방의 빙하가 녹아 해수의 밀도가 작아지므로 표층에서 심층으로 침강하는 해수의 흐름이 약해진다. 그 결과 지구의 전체적인 심층 순환이 약해지고 고위도로 이동하는 표층 해류의 흐름도 약해지게 된다.

06 ㄴ. B에서는 그린란드 주변 해역에서 침강한 북대서양 심층수가 남극 대륙 주변 해역에서 침강한 남극 저층수와 합류하면서 더 냉각되어 인도양과 태평양 해저로 흘러간다.
ㄷ. C에서는 해저를 따라 북상하던 심층수가 점차 표면으로 상승하여 표층 순환과 연결된다.
바로알기 ㄱ. A에서 해수의 침강 속도가 느려지면 심층 순환과 연결되어 있는 표층 순환의 흐름도 약해진다.

07 ㄴ. C는 가장 저위도에 위치하므로 수온이 가장 높은 ㉠에 해당한다. A와 B는 위도가 거의 같은데, A에는 저위도에서 고위도로 난류인 쿠로시오 해류가 흐르고, B에는 고위도에서 저위도로 한류인 캘리포니아 해류가 흐르므로, A는 수온이 약간 더 높은 ㉡에 해당하고, B는 수온이 가장 낮은 ㉢에 해당한다.
바로알기 ㄱ. 수온 염분도에서 오른쪽 아래로 갈수록 해수의 밀도가 커진다. 따라서 ㉠~㉢ 중 해수의 밀도가 가장 작은 관측값은 ㉠이므로, 해수의 밀도가 가장 작은 해역은 C이다.
ㄷ. C에는 남동 무역풍에 의해 형성된 남적도 해류가 동에서 서로 흐른다.

08 ㄱ. 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 크다. 따라서 밀도는 20 ℃의 물(㉠)< 얼음물(㉡)< 소금을 녹인 얼음물(㉢) 순이다.
바로알기 ㄴ. ㉠을 10 ℃의 물로 바꾸면 밀도가 커지므로 ㉢과의 밀도 차가 줄어들어 ㉢의 이동은 더 느리게 일어날 것이다.
ㄷ. 지구 온난화에 의해 빙하가 녹아 담수가 유입되면 해수의 표층 염분이 감소하여 심층 순환이 약해진다. (다)에서는 얼음물에 소금을 섞어 염분이 증가하였으므로, 결빙으로 인해 해수의 염분이 증가하여 심층 순환이 강화되는 현상에 해당한다.

중단원 핵/심/정/리 40쪽~41쪽

1 염분	2 높	3 낮	4 많
5 적	6 낮	7 높	8 낮
9 낮	10 낮	11 높	12 광합성
13 바람	14 수온 약층	15 심해층	16 작
17 작	18 수온 염분도		19 무역풍
20 편서풍	21 시계	22 시계 반대	23 쿠로시오
24 밀도	25 감소	26 감소	27 약화

통합 실전 문제 42쪽~44쪽

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

01 ㄱ. 해수의 표층 염분은 증발량이 많을수록, 강수량이 적을수록 높다. 고압대인 중위도 해역은 증발량이 강수량보다 많으므로 표층 염분이 가장 높다.
ㄴ. 적도 해역은 (증발량−강수량)이 0보다 작으므로, 증발량보다 강수량이 더 많다.
ㄷ. 고위도 해역의 염분 변화에 가장 큰 영향을 주는 것은 결빙과 해빙이다. 해수의 결빙이 일어나면 염분이 증가하고, 해빙이 일어나면 염분이 감소한다.

02 ㄱ. 위도 30° 부근 해역은 증발량이 강수량보다 많고, 적도 해역은 강수량이 증발량보다 많다. 따라서 표층 염분은 위도 30° 부근 해역이 적도 부근 해역보다 높을 것이다.
ㄴ. 적도 부근에서 상승한 공기는 상공에서 고위도로 이동하면서 점차 냉각되어 밀도가 커지고, 위도 30° 부근에서 하강하여 중위도 고압대(아열대 고압대)를 형성한다. 따라서 위도 30° 부근 해역은 대기 대순환에 의해 고압대가 발달함에 따라 증발량이 많고 강수량이 적다.
바로알기 ㄷ. 대기 대순환에 의해 적도 부근에는 적도 저압대가 형성된다. 따라서 적도 부근 해역에서는 강수량이 많아서 (증발량−강수량)은 0보다 작다.

03 ㄱ, ㄷ. 해수의 표층에는 대기 중의 산소가 해수면에 녹아들어오거나 해양 생물의 광합성을 통해 산소가 공급되기 때문에 용존산소량이 가장 많다. 또한, 이산화 탄소는 해양 생물의 광합성으로 유기물이 생성되는 과정에 쓰이므로,

해수의 표층에서 가장 적다. 따라서 A는 산소, B는 이산화 탄소이다.

바로알기 ㄴ. 표층에 산소가 많이 분포하지만 절대적인 양은 이산화 탄소가 많다. 그림의 가로축을 보면 표층에서 용존산소량은 약 6 mL/L이고, 용존 이산화 탄소량은 약 44 mL/L이다.

04 ㄱ. 혼합층은 태양 복사 에너지에 의해 가열되어 수온이 높고, 해수면 부근에서 부는 바람에 의해 해수가 고르게 섞여 어느 정도 깊이까지 수온이 거의 일정한 층으로, 바람의 세기가 강할수록 혼합층의 두께가 두껍다. 따라서 혼합층의 두께가 더 두꺼운 중위도 해역이 적도 해역보다 바람이 더 강하게 분다.

ㄴ. 태양 복사 에너지 흡수량이 많고 바람이 약하게 부는 저위도 해역은 혼합층의 수온이 높고 두께가 얇다. 따라서 표층과 심층의 수온 변화 폭이 커서 수온 약층이 중위도보다 강하게 나타난다.

ㄷ. 고위도 해역은 해수에 도달하는 태양 복사 에너지량이 적으므로 표층 수온이 낮다. 따라서 표층과 심층의 수온 차이가 거의 없어서 해수의 층상 구조가 잘 나타나지 않는다.

05 ㄱ. 바람이 강할수록 해수의 연직 혼합이 활발하여 혼합층이 대체로 두껍게 형성된다. 12월에는 8월에 비해 수심이 깊은 곳까지 수온이 일정하게 나타나므로, 혼합층의 두께는 8월보다 12월에 두껍다.

바로알기 ㄴ. 수온 약층은 수심이 깊어질수록 수온이 급격히 낮아지는 층으로, 그림에서 등수온선이 조밀하게 나타나는 곳이다. 따라서 수온 약층이 가장 잘 발달하는 계절은 여름이다.

ㄷ. 8월에는 표층 수온이 높고, 수심 약 20 m~60 m 구간에 수온 약층이 형성되어 있으므로 표층과 심층 간의 수온 차이가 크다. 반면, 12월에는 표층 수온이 낮고, 혼합층이 수심 0 m~약 90 m까지 형성되어 있으므로 깊이에 따른 수온 변화가 작다. 따라서 수온만을 고려했을 때 수심 0 m~100 m 구간의 밀도 변화는 8월이 12월보다 크다.

06 ㄴ. 해수의 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 크다. 따라서 수심 10 m~20 m 구간에서는 수온이 낮아지고 염분이 높아지므로 밀도는 증가한다.

바로알기 ㄱ. 수심 0 m~10 m 구간은 수심이 깊어질수록 수온이 낮아지고 있으므로 바람에 의해 형성되는 혼합층보다는 수온 약층에 해당한다.

ㄷ. 수심 20 m~50 m 구간에서는 수심이 깊어질수록 수온이 급격하게 낮아지지만 염분도 함께 낮아지고 있다. 따라서 이 구간에서의 밀도 증가는 염분보다 수온의 영향을 받았다.

07 ㄱ. 난류는 저위도에서 고위도로 흐르고, 한류는 고위도에서 저위도로 흐른다. A는 난류인 쿠로시오 해류이다.

ㄷ. 아열대 순환은 무역풍과 편서풍에 의해 북반구에서는 시계 방향, 남반구에서는 시계 반대 방향으로 순환한다. 따라서 해류 A~C는 모두 아열대 순환에 포함된다.

바로알기 ㄴ. C는 남극 대륙 주위를 순환하는 남극 순환 해류로, 편서풍의 영향으로 형성된다.

08 ㄱ. A는 우리나라 주변을 흐르는 난류의 근원인 고온·고염분의 쿠로시오 해류이다.

ㄴ. B는 황해 난류이고, C는 동한 난류이다. 우리나라 주변을 흐르는 난류는 모두 쿠로시오 해류에서 갈라져 나왔으므로 쿠로시오 해류의 영향을 받는다.

ㄷ. D는 북한 동쪽 연안을 따라 남하하는 북한 한류로, 겨울철에는 세력이 강해져서 더 남쪽까지 흐른다.

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

ㄴ. B는 북대서양 심층수로, 북반구 그린란드 주변 래브라도해와 노르웨이해에서 표층 해수가 냉각되면서 침강하여 형성된다. 남극 저층수보다 밀도가 작아서 남극 저층수 위로 이동하여 남대서양까지 흘러간다.

바로알기 ㄱ. 남극 중층수(A)는 남극 대륙 주변 해역에서 냉각된 해수가 침강하여 형성된다. 북대서양 심층수(B)보다 밀도가 작아서 북대서양 심층수 위로 흐른다.

ㄷ. C는 남극 저층수로, 남극 대륙 주변의 웨들해에서 해수의 결빙으로 염분이 높아진 고밀도의 해수가 침강하여 형성된다.

10 ㄴ. B에서는 남극 대륙 주변에서 차가워진 해수가 침강하여 남극 저층수가 형성된다.

ㄷ. 표층 순환과 심층 순환은 서로 연결되어 있으므로, A와 B에서 해수의 침강 속도가 느려지면 표층 순환도 느려진다.

바로알기 ㄱ. A에서는 수온이 낮고 염분이 높아 밀도가 커진 해수가 침강하여 북대서양 심층수가 형성된다. A에 담수가 유입되면 표층 염분이 낮아져서 해수의 밀도가 감소하므로 해수의 침강이 약해진다.

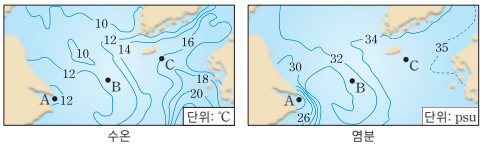
HIGH TOP 최상위 문제

45쪽

1 ⑤ 2 ①

1 자료 분석

해수의 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 크다. 따라서 수온 염분도에서는 오른쪽 아래로 갈수록 밀도가 크다. 그림 (가)에서 해역 A, B, C의 수온과 염분을 대략적으로 파악하여 정리하면 다음과 같다.

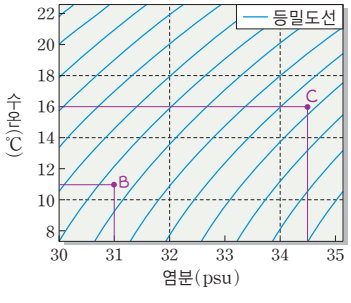


수온

염분

해역	수온(℃)	염분(psu)
A	12	24
B	11	31
C	16	34.5

B와 C 해역의 수온과 염분을 수온 염분도에 표시하면 다음과 같다.



ㄱ. A의 염분은 약 24 psu로, 수온이 비슷한 다른 해역보다 염분이 낮게 나타난다. 이는 육지에서 하천수가 유입되었기 때문이다.

ㄴ. A는 수온이 약 12 ℃, 염분이 약 24 psu이고, B는 수온이 약 11 ℃, 염분이 약 31 psu이며, C는 수온이 16 ℃, 염분이 약 34.5 psu이다. 이를 그림 (나)의 수온 염분도에 표시해 보면, 밀도는 B<C임을 알 수 있으며, A는 B, C보다 염분이 훨씬 낮아서 수온 염분도에 표시할 수 없으므로 밀도가 가장 낮을 것임을 예상할 수 있다. 따라서 밀도 크기를 비교하면 A<B<C이다.

ㄷ. 기체의 용해도는 수온이 낮을수록, 염분이 낮을수록, 수압이 높을수록 증가하는데, 수온의 영향이 가장 크다. B는 C보다 수온이 낮으므로 수온만을 고려할 때 기체의 용해도는 B가 C보다 더 크다.

2 자료 분석

대기 대순환에 의해 지상에서 부는 바람은 북반구와 남반구에서 대칭을 이룬다. 예를 들면, 북반구의 위도 0°~30°에서는 북동 무역풍이, 남반구의 위도 0°~30°에서는 남동 무역풍이 불고 있으며, 두 바람은 동서 방향 풍향의 부호는 같고, 남북 방향 풍향의 부호는 반대이다. 이를 표로 정리하면 다음과 같다.

위도		바람	남북 방향	동서 방향
0°~30°	북반구	북동 무역풍	−	−
	남반구	남동 무역풍	+	−
30°~60°	북반구	편서풍	+	+
	남반구	편서풍	−	+
60°~90°	북반구	극동풍	−	−
	남반구	극동풍	+	−

ㄱ. 북동 무역풍은 남북 방향의 풍향이 (−), 동서 방향의 풍향이 (−)이다. 반면, 남동 무역풍은 남북 방향의 풍향이 (+), 동서 방향의 풍향이 (−)이다. 따라서 무역풍이 부는 위도 0°~30° 지역에서 풍향의 부호가 다르게 나타나는 ㉠이 남북 방향의 연평균 풍속에 해당하고, 풍향의 부호가 같게 나타나는 ㉡이 동서 방향의 연평균 풍속에 해당한다.

바로 알기 ㄴ. A 해역이 있는 쪽은 무역풍의 남북 방향이 (+)이므로 남반구에 해당한다. 위도 30°S에 위치한 A 해역을 흐르는 대표적인 해류에는 동오스트레일리아 해류, 페루 해류 등이 있다.

ㄷ. B는 위도 30°와 60° 사이에 위치하므로 간접 순환인 페렐 순환이 나타난다. 해들리 순환과 극순환이 열적 대류 현상으로 발생한 열적 순환이다.

사고력 확장 문제

46쪽~49쪽

1 (1) 적도 부근에서 상승한 공기는 고위도 쪽으로 이동하면서 점차 냉각되어 위도 30° 부근에서 하강하게 되므로 중위도 고압대가 형성된다. 즉, 중위도 해역에는 대기 대순환에 의해 고기압이 우세하게 나타난다.

(2) 대륙의 연안 해역은 하천수의 유입량이 많으므로 표층 염분이 낮게 나타난다.

모범 답안 (1) 중위도 해역은 대기 대순환에 의해 고기압이 우세하게 나타나므로, 증발량이 강수량보다 많아서 표층 염분이 높게 나타난다.

(2) 대륙의 연안은 하천수의 유입량이 많기 때문에 먼바다에 비해 표층 염분이 상대적으로 낮게 나타난다.

채점 기준		배점(%)
(1)	고기압 및 증발량과 강수량의 관계를 모두 옳게 서술한 경우	50
	고기압 및 증발량과 강수량 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	30
(2)	하천수의 유입을 언급하여 표층 염분이 낮은 까닭을 옳게 서술한 경우	50
	하천수의 유입을 포함하여 서술하지 않은 경우	0

2 (1) 해수의 표층 수온은 태양 복사 에너지량에 의해 결정되며, 수심 약 100 m 이내에서 대부분 흡수되기 때문에 일반적으로 수온은 수심이 깊어질수록 감소한다. 한편, 용존산소량은 표층에서 가장 많고 수심이 깊어질수록 감소하다가 다시 증가한다. 따라서 그림 (나)와 (다)의 ㉠은 수온이고, ㉡은 용존산소량이다.

(2) A는 B보다 고위도에 위치한 해역이므로, 표층 수온이 더 낮고 용존산소량이 더 많게 나타날 것이다.

모범답안 (1) ㉠은 수온, ㉡은 용존산소량이다.

(2) A의 물리량은 (나)이다. A는 B보다 고위도에 위치하므로 표층 해수의 수온은 A가 B보다 낮고, 표층 해수의 용존산소량은 A가 B보다 많기 때문이다.

채점 기준		배점(%)
(1)	㉠과 ㉡을 모두 옳게 쓴 경우	30
	㉠과 ㉡ 중 한 가지만 옳게 쓴 경우	10
(2)	A에 해당하는 물리량을 옳게 고르고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	70
	A에 해당하는 물리량과 그 까닭 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	40

3 (1) 혼합층은 바람의 혼합 작용으로 수심에 관계없이 수온이 거의 일정한 층이다.

(2) 수온 약층은 수심이 깊어질수록 수온이 급격히 낮아지는 매우 안정한 층이다.

모범답안 (1) 여름은 수심 10 m까지 수온 변화가 크지 않으므로 혼합층의 두께가 약 10 m이고, 겨울은 수심 150 m까지 수온 변화가 거의 없으므로 혼합층의 두께가 약 150 m이다. 여름보다 겨울에 혼합층의 두께가 더 두껍게 발달하는 까닭은 여름보다 겨울에 바람이 더 강하게 불기 때문이다.

(2) 여름에는 겨울보다 수온 약층이 강하게 발달하므로, 해수가 연직 방향으로 더 안정한 계절은 여름이다.

채점 기준		배점(%)
(1)	혼합층의 두께를 옳게 구하여 비교하고, 혼합층과 바람의 관계를 옳게 서술한 경우	50
	혼합층의 두께만 옳게 구하여 비교하거나, 혼합층과 바람의 관계만 옳게 서술한 경우	20
(2)	더 안정한 계절을 옳게 쓰고, 수온 약층을 언급하여 그 까닭을 옳게 서술한 경우	50
	더 안정한 계절만 옳게 쓰거나, 수온 약층을 언급하여 그 까닭만 옳게 서술한 경우	20

4 (1) (가)에서 수온을 측정하면 깊이에 따라 수온의 변화가 거의 나타나지 않는다. (나)에서 전등을 켠 후 온도계의 눈금이 더 이상 변하지 않을 때 수온을 측정하면 수심이 깊어질수록 수온이 낮아진다. (다)에서 바람을 일으킨 후 수온을 측정하면 표층에서 물의 혼합이 일어나 어느 정도 깊이까지 수온이 일정한 층이 만들어진다.

(2) 구간 ㉠은 수심이 깊어질수록 수온이 감소하므로 수온 약층에 해당한다.

모범답안 (1) (가)의 결과는 A, (나)의 결과는 C, (다)의 결과는 B이다.

(2) 구간 ㉠은 수심이 깊어질수록 수온이 감소하는 수온 약층에 해당한다. 수온 약층은 표층과 심층의 수온 차가 클수록 잘 발달하므로, 우리나라에서는 표층 수온이 높은 여름에 뚜렷하게 나타난다.

채점 기준		배점(%)
(1)	실험 과정 (가)~(다)와 실험 결과 A~C를 모두 옳게 연결한 경우	40
(2)	수온 약층이 더 뚜렷한 계절과 그 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	60
	수온 약층이 더 뚜렷한 계절과 그 까닭 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	30

5 (1) A는 극지방의 상공에서 냉각된 공기가 하강하여 저위도 쪽으로 이동하다가 위도 60° 부근에서 상승하여 극으로 이동하는 극순환이다. B는 위도 30°에서 하강한 공기가 고위도 쪽으로 이동하다가 위도 60° 부근에서 상승하는 페렐 순환이다. C는 적도에서 가열된 공기가 상승하여 고위도 쪽으로 이동하다가 위도 30° 부근에서 하강하여 적도로 이동하는 해들리 순환이다.

(2) 대륙이 없을 때는 표층 해류가 지상에 부는 바람의 방향과 같은 방향으로 평행하게 흐르지만, 대륙이 있는 경우에는 표층 해류가 대륙에 가로막혀 순환하는 환류의 형태로 나타난다.

모범 답안 (1) A는 극순환, B는 페렐 순환, C는 해들리 순환이다.

(2) 대륙이 없을 때는 무역풍과 편서풍의 방향과 평행하게 흐르는 해류만 나타난다. 대륙이 있을 때는 해류가 대륙에 막혀 북반구에는 북적도 해류, 쿠로시오 해류, 북태평양 해류, 캘리포니아 해류로 이어진 시계 방향의 아열대 순환이 나타나고, 남반구에서는 남적도 해류, 동오스트레일리아 해류, 남극 순환 해류, 페루 해류로 이어진 시계 반대 방향의 아열대 순환이 나타난다.

	채점 기준	배점(%)
(1)	대기 순환 A~C의 명칭을 모두 옳게 쓴 경우	30
	대기 순환 A~C의 명칭을 1~2개만 옳게 쓴 경우	10
(2)	대륙의 유무에 따른 해류의 차이와 아열대 순환의 구성을 모두 옳게 서술한 경우	70
	대륙의 유무에 따른 해류의 차이와 아열대 순환의 구성 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	30

6 (1) 쿠로시오 해류는 북태평양 아열대 순환에서 태평양의 서안을 따라 흐르는 난류로, 수온과 염분이 높다.

(2) 조경 수역은 난류의 세력이 강해지면 상대적으로 고위도에서 형성되고, 한류의 세력이 강해지면 상대적으로 저위도에서 형성된다.

모범 답안 (1) 쿠로시오 해류는 우리나라 주변을 흐르는 난류의 근원으로, 수온과 염분이 높다.

(2) 여름에는 난류의 세력이 강해지므로 조경 수역이 상대적으로 고위도에 형성되고, 겨울에는 한류의 세력이 강해지므로 조경 수역이 상대적으로 저위도에 형성된다.

	채점 기준	배점(%)
(1)	쿠로시오 해류의 수온과 염분의 특징을 모두 옳게 서술한 경우	50
	쿠로시오 해류의 수온과 염분의 특징 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	20
(2)	난류와 한류의 계절별 세력 변화에 따른 조경 수역의 위치 변화를 옳게 서술한 경우	50
	난류와 한류의 세력 변화에 대한 언급 없이 조경 수역의 위치 변화만 서술한 경우	20

7 (1) 표층 해수의 염분은 강수량보다 증발량이 많은 중위도 고압대 해역에서 가장 높게 나타난다.

(2) 표층 해수가 침강하는 해역은 고위도 해역이며, 남극 저층수는 북대서양 심층수보다 밀도가 크므로 북대서양 심층수의 아래쪽에서 흐른다.

모범 답안 (1) 표층 해수의 염분은 위도 30° 부근의 중위도 고압대 해역에서 가장 높게 나타나는데, 중위도 고압대에서는 증발량이 강수량보다 많기 때문이다.

(2) 북반구에서는 위도 60° 부근에서 표층 해수가 침강하고, 남반구에서는 위도 70° 부근에서 표층 해수가 침강한다. 남극 저층수는 북대서양 심층수보다 염분은 낮지만 수온이 매우 낮아서 밀도가 크므로 북대서양 심층수보다 더 아래쪽에서 흐른다.

	채점 기준	배점(%)
(1)	표층 해수의 염분이 가장 높은 위도대와 염분이 높은 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	50
	표층 해수의 염분이 가장 높은 위도대와 염분이 높은 까닭 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	20
(2)	표층 해수가 침강하는 위도대와 남극 저층수가 더 아래쪽에 위치하는 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	50
	표층 해수가 침강하는 위도대와 남극 저층수가 더 아래쪽이 위치하는 까닭 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	20

8 영거 드라이아스는 약 12900년 전에서 11700년 전 사이에 일어난 짧은 빙하기로, 과학자들은 따뜻해진 기후가 원인이 되었다고 추정하고 있다.

모범 답안 따뜻해진 기후에 의해 극지방의 빙하가 녹아 담수가 유입되면 표층 염분이 낮아져 해수의 밀도가 작아진다. 그 결과 심층으로 침강하는 해수의 흐름이 약해지고 심층 순환이 약해지면, 심층 순환과 연결되어 있는 표층 순환도 약해져 저위도의 열이 고위도로 잘 전달되지 못하면서 빙하기가 나타나게 되었다.

채점 기준	배점(%)
주어진 단어를 모두 사용하여 영거 드라이아스가 나타나게 된 원인을 옳게 서술한 경우	100
주어진 단어를 일부만 사용하여 영거 드라이아스가 나타나게 된 원인을 옳게 서술한 경우	60
주어진 단어를 모두 사용하였지만 영거 드라이아스가 나타나게 된 원인을 옳게 서술하지 못한 경우	10

2 날씨의 변화와 악기상

01 날씨의 변화

중요 개념 체크

54쪽 **1** 시계 **2** 한랭, 온난
57쪽 **1** 일기도 **2** (1) ○ (2) ×
59쪽 **1** 이동성 **2** 북태평양, 시베리아
61쪽 **1** 층운형, 낮, 낮

개념 기본 문제 63쪽

01 ㉠ 시베리아, ㉡ 오호츠크해, ㉢ 여름, ㉣ 양쯔강
02 ㄱ, ㄷ **03** (1) ㄱ, ㄴ (2) ㄷ **04** (나)−(가)−(라)−(다)
05 ㄱ

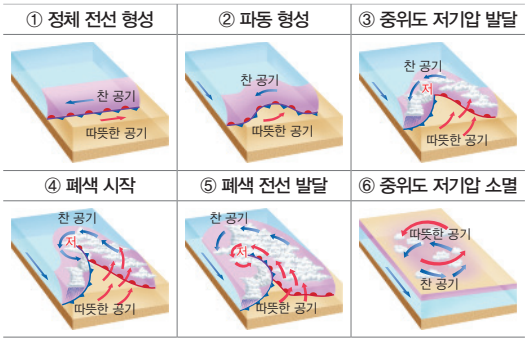
01 우리나라에 영향을 주는 기단의 종류와 성질을 정리하면 다음과 같다.

기단의 종류	성질	영향을 주는 계절
시베리아 기단	한랭 건조	겨울
오호츠크해 기단	한랭 다습	초여름, 가을
북태평양 기단	고온 다습	여름
양쯔강 기단	온난 건조	봄, 가을

02 ㄱ. 가시 영상에서는 구름의 두께가 두꺼울수록 밝게 보이고, 구름의 두께가 얇을수록 어둡게 보인다.
ㄷ. 적외 영상은 물체가 방출하는 적외선 에너지량의 많고 적음을 나타낸다.
바로 알기 ㄴ. 가시 영상은 구름과 지표면에서 반사된 햇빛의 강약을 나타내며, 반사되는 빛이 강할수록 영상에서 밝게 보인다. 강수 입자에 부딪혀 되돌아오는 전파를 분석하여 나타내는 것은 레이더 영상이다.
ㄹ. 밤에는 지구가 햇빛을 받지 못하므로 가시 영상을 얻을 수 없다. 적외 영상은 물체의 온도를 탐지하여 나타내므로 햇빛이 없는 밤에도 관측이 가능하다.

03 (1) 중심부의 위치가 거의 이동하지 않고 한곳에 머무르며 수축과 확장을 하면서 주변 지역의 날씨에 영향을 주는 규모가 큰 고기압을 정체성 고기압이라고 한다. 우리나라에 영향을 주는 정체성 고기압에는 시베리아 고기압과 북태평양 고기압 등이 있다.
(2) 중심부의 위치가 일정한 곳에 머무르지 않고 서쪽에서 동쪽으로 이동하는 규모가 작은 고기압을 이동성 고기압이라고 한다. 대표적인 이동성 고기압에는 양쯔강 고기압이 있다.

04 중위도 저기압은 고위도 지역의 찬 공기와 저위도 지역의 따뜻한 공기가 만나 발생하며, 편서풍의 영향으로 서쪽에서 동쪽으로 이동하다가 소멸한다. 중위도 저기압의 발달 과정은 다음과 같다.



05 ㄱ. A 지점은 한랭 전선의 뒤쪽에 해당하므로 찬 공기가 있고, B 지점은 온난 전선과 한랭 전선 사이에 해당하므로 따뜻한 공기가 있다. 따라서 A는 B보다 기온이 대체로 낮을 것이다.
바로 알기 ㄴ. C 지점은 온난 전선의 앞쪽으로, 남동풍이 우세하게 분다. 온난 전선과 한랭 전선 사이에서는 남서풍이 우세하게 불고, 한랭 전선 뒤쪽에서는 북서풍이 우세하게 분다.
ㄷ. 한랭 전선의 뒤쪽인 A 지점에는 좁은 지역에 소나기성 비가 내리고, 온난 전선의 앞쪽인 C 지점에는 넓은 구역에 약하고 지속적인 비가 내린다.

개념 적용 문제 64쪽~67쪽

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

01 ㄱ. 고기압의 중심 부근에서는 하강 기류가 발달하여 날씨가 맑고, 저기압의 중심 부근에서는 상승 기류가 발달하여 구름이 만들어지므로 날씨가 대체로 흐리다. 따라서 A는 저기압이고, B는 고기압이며, 지표 부근의 기압은 A보다 B에서 높다.

ㄴ. 북반구의 고기압 지역에서는 공기가 중심으로부터 시계 방향으로 휘어져 나가고, 북반구의 저기압 지역에서는 공기가 중심으로 시계 반대 방향으로 휘어져 들어간다. 따라서 그림은 북반구에서의 모습을 나타낸 것이다.

ㄷ. 지상에서 바람은 고기압인 B에서 저기압인 A로 분다.

02 ㄱ. (가)는 따뜻한 공기가 찬 공기를 타고 올라가면서 만들어지는 온난 전선이고, (나)는 찬 공기가 따뜻한 공기를 파고들면서 만들어지는 한랭 전선이다.

ㄷ. 한랭 전선에서는 찬 공기가 따뜻한 공기를 파고들면서 따뜻한 공기를 밀어 올리기 때문에 경사가 급한 전선면이 형성되고, 전선면에서는 공기의 연직 운동이 활발하게 일어나면서 적운형 구름이 발달한다.

바로알기 ㄴ. 한랭 전선은 밀도가 큰 찬 공기가 상대적으로 밀도가 작은 따뜻한 공기를 파고들면서 형성되는 전선이므로 온난 전선보다 이동 속도가 더 빠르다.

03 ㄱ. 일기도에 나타난 전선은 찬 공기가 따뜻한 공기를 파고들면서 형성된 한랭 전선이다.

바로알기 ㄴ. A 지역은 한랭 전선 후면에 위치하므로, 주로 적운이나 적란운 등의 적운형 구름이 발달하고 좁은 지역에 소나기성 비가 내릴 것이다.

ㄷ. 북반구 중위도 지역에서 전선은 편서풍의 영향으로 서쪽에서 동쪽으로 이동한다. 따라서 B 지역은 한랭 전선이 통과한 직후에 비가 내릴 것이다.

04 ㄱ. 가시 영상은 구름과 지표면에서 반사된 햇빛의 강약을 나타내는데, 반사되는 빛이 강할수록 영상에서 밝게 보인다. 두꺼운 구름에서는 햇빛의 대부분이 반사되고, 얇은 구름에서는 햇빛의 일부가 구름을 투과하면서 일부만 반사되므로, 두꺼운 구름일수록 밝게 보이고 얇은 구름일수록 어둡게 보인다. 따라서 (가) 가시 영상으로부터 한반도를 덮고 있는 구름의 두꺼운 정도를 알 수 있다.

ㄴ. 적외 영상은 물체가 방출하는 적외선 에너지량의 많고 적음을 나타내는데, 물체의 온도가 낮을수록 적외선 에너지량이 적어 영상에서 밝게 보인다. 따라서 최상부의 고도가 높은 구름은 온도가 낮아 밝게 보이고, 최상부의 고도가 낮은 구름은 온도가 높아 어둡게 보인다. (나)에서 A 지역의 구름이 밝은 것으로 보아 B 지역보다 구름의 최상부 고도가 높다는 것을 알 수 있다.

ㄷ. 레이더 영상으로는 구름 속 강수 입자의 분포나 강수량, 비 또는 눈이 내리는 강수대의 위치와 이동 경향 등을 파악할 수 있다.

05 ③ (나)는 정체 전선의 남쪽과 북쪽의 기온 차이에 따라 파동이 발생하고, 한랭 전선과 온난 전선으로 분리되기 시작하는 단계이다.

바로알기 ① 중위도 저기압은 찬 기단과 따뜻한 기단이 만나 발생하며, 저기압 중심의 남서쪽에 한랭 전선이 형성되고, 남동쪽에 온난 전선이 형성된다. 이후에는 한랭 전선이 온난 전선보다 이동 속도가 빠르므로 저기압의 중심부에서 두 전선이 겹쳐진다. 따라서 발달 순서는 (나) → (다) → (가)이다.

② (가) 단계에서는 상대적으로 이동 속도가 빠른 한랭 전선이 온난 전선을 따라잡으면서 폐색 전선이 형성되기 시작한다.

④ (다) 단계에서 파동의 중심부에 상승 기류가 생기면서 중위도 저기압의 중심이 만들어지고, 한랭 전선과 온난 전선을 동반한 전형적인 중위도 저기압이 발달한다.

⑤ 중위도 저기압의 발생에서 소멸까지는 5일~7일 정도 걸린다.

06 ㄷ. 전선이 통과할 때는 기온, 기압, 풍향 등과 같은 기상 요소가 크게 변한다. 따라서 6시~9시, 15시~18시에 전선이 통과하였을 것이다.

바로알기 ㄱ. 6시~9시에 기온이 급격하게 상승하고, 기압이 낮아진 것으로 보아 이때 온난 전선이 통과하였다. 따라서 이날 오전에는 넓은 지역에 걸쳐 약한 비가 내렸을 것이다.

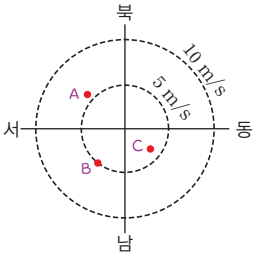
ㄴ. 낮에 이 지역은 온난 전선과 한랭 전선 사이에 위치하므로 비가 그치고 날씨가 맑지만, 습도가 계속 높았던 것으로 보아 습한 날씨였을 것이다.

07 ㄱ. 적외 영상은 물체가 방출하는 적외선 에너지량의 많고 적음을 나타낸다. 따라서 밤낮에 관계없이 24시간 관측이 가능하다. 그림의 영상은 21시에 촬영한 위성 영상이므로 적외 영상이다.

ㄴ. 시베리아 기단이 확장하는 동안 떨어져 나온 차고 건조한 기단이 상대적으로 따뜻한 황해를 지나면 기단 하층이 가열되어 불안정해진다. 이로 인해 서해안 지역에서는 폭설이 내리기도 한다.

바로알기 ㄷ. 물체의 온도가 낮을수록 적외선 에너지량이 적어 적외 영상에서 밝게 보인다. 따라서 구름의 최상부 높이가 높을수록 온도가 낮아 밝게 나타난다. 그림에서 ㉠은 ㉡보다 밝게 보이므로, 구름 최상부에서 방출하는 적외선 복사 에너지량은 ㉠보다 ㉡에서 많다.

08 온난 전선 앞쪽에서는 주로 남동풍이 불고, 온난 전선과 한랭 전선 사이에서는 주로 남서풍이 불며, 한랭 전선 뒤쪽에서는 주로 북서풍이 분다. 따라서 그림 (나)에 A～C 지점을 표시하면 다음과 같다.



ㄷ. 중위도 저기압은 편서풍의 영향으로 서쪽에서 동쪽으로 이동한다. 따라서 C 지점에는 온난 전선과 한랭 전선이 차례로 통과하므로, 풍향은 남동풍 → 남서풍 → 북서풍의 시계 방향으로 변할 것이다.

바로알기 ㄱ. (가)에서 등압선을 보면, A는 기압이 약 1010 hPa이고, B와 C는 기압이 약 1013 hPa이다. 따라서 A 지점의 기압이 가장 낮다.

ㄴ. A에서는 북서풍, B에서는 남서풍, C에서는 남동풍이 불고 있다. 따라서 (나)에서 북서풍이 불 때 풍속이 가장 빠르므로, A 지점의 풍속이 가장 빠르다.

02 태풍과 악기상

중요 개념 체크

71쪽 **1** 태풍의 눈 **2** 위험, 가항

76쪽 **1** 적운, 성숙, 소멸 **2** (1) ○ (2) ×

개념 기본 문제 78쪽

01 ㄱ, ㄷ, ㅁ **02** (1) 부산, 서울 (2) 부산, 서울 **03** ㄱ, ㄴ, ㄷ **04** ㄴ **05** ㉠ 집중 호우, ㉡ 강풍 **06** ㄱ, ㄴ, ㄷ

01 ㄱ, ㄷ. 수온이 높은 열대 해상에서 발생하는 열대 저기압 중 중심 부근의 최대 풍속이 17 m/s 이상으로 성장한 것을 태풍이라고 한다.

ㅁ. 태풍은 수증기를 많이 포함한 공기가 상승 및 응결하면서 방출하는 숨은열에 의해 발달한다.

바로알기 ㄴ. 태풍은 위도 5°～25°의 열대 해상에서 발생하며, 회전에 의해 나타나는 강한 바람이 특징이다. 태풍의 발달 초기에 회전을 일으키는 힘은 지구 자전에 따른 전향력인데, 적도 지역에는 전향력이 작용하지 않으므로 태풍이 발생하지 않는다.

ㄹ. 열대 저기압의 일종인 태풍은 중위도 저기압과는 달리 전선을 동반하지 않는다.

02 (1) 태풍의 진행 방향에 대하여 오른쪽은 풍속이 강한 위험 반원이고, 왼쪽은 풍속이 상대적으로 약한 가항 반원이다. 따라서 위험 반원에 속하는 곳은 부산이고, 가항 반원에 속하는 곳은 서울이다.

(2) 태풍 주변에서는 중심부를 향해 시계 반대 방향으로 바람이 불어 들어간다. 따라서 태풍이 그림과 같이 이동할 때 위험 반원에 속한 부산에서는 동풍 → 남동풍 → 남서풍이 불면서 풍향이 시계 방향으로 변한다. 반면 가항 반원에 속한 서울에서는 북동풍 → 북풍 → 북서풍이 불면서 풍향이 시계 반대 방향으로 변한다.

03 ㄱ, ㄴ. 뇌우는 적운 단계 → 성숙 단계 → 소멸 단계를 거쳐 발달한다. 그중 구름 내에서 상승 기류와 하강 기류가 함께 나타나는 단계는 성숙 단계이다.

ㄷ. 성숙 단계의 뇌우에서는 소나기, 천둥, 번개, 우박 등을 동반한다.

04 ㄴ. 우박은 연직 방향으로 강하게 발달하는 적란운에서 상승 기류와 하강 기류에 따라 상승과 하강을 반복하면서 크게 성장한다.

바로알기 ㄱ. 우박은 대기가 불안정한 날에 연직 방향으로 발달한 적란운에서 만들어진다.

ㄷ. 우리나라에서 우박은 초여름과 가을에 주로 발생하고, 겨울과 한여름에는 우박이 발생하지 않는다. 겨울에는 기온이 낮고 대기가 건조하여 적란운이 거의 생기지 않으며, 한여름에는 기온이 너무 높아서 우박이 생겨도 금방 녹아 비가 되기 때문이다.

05 (1) 집중 호우는 일반적으로 1시간에 30 mm 이상의 비가 내리거나 하루에 80 mm 이상의 비가 내릴 때, 또는 연강수량의 10 % 이상의 비가 하루에 내릴 때를 말한다.

(2) 강풍은 10분간 평균 풍속이 14 m/s 이상인 바람을 말한다.

06 ㄱ. 황사는 발원지의 흙과 먼지가 겨울 동안 얼어붙어 있다가 강한 햇빛을 받으며 녹게 되는 봄철에 주로 발생한다.
ㄴ, ㄷ. 황사 발원지는 바다에서 멀리 떨어져 있는 건조한 내륙 지역으로, 이 황사 발원지에서 강풍이 불거나 햇빛이 강하게 비추어 저기압이 형성되면 강한 상승 기류가 발생하여 모래 먼지가 떠오르게 된다. 이 모래 먼지가 편서풍을 타고 이동하다가 한반도 부근에서 서서히 하강하면 우리나라에 황사가 발생하게 된다.

개념 적용 문제

79쪽~83쪽

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

01 ㄱ. 주어진 자료에서 28일에는 풍향이 남동풍, 남풍, 남서풍으로 나타나므로 남풍이 우세했음을 알 수 있다.
ㄷ. 28일 약 10시경에 기압이 가장 낮았고 풍속이 가장 크게 나타났다. 이는 관측소에 태풍의 중심이 가장 가까이 접근했음을 의미한다. 따라서 28일 10시를 기준으로 태풍의 중심이 관측소에 가장 가까이 접근했다가 멀어졌다.
바로알기 ㄴ. 기압이 가장 낮았을 때는 28일 10시경이고, 이때 풍속은 관측 기간 중 가장 크게 나타났다.

02 ㄱ. 태풍은 해수면 온도가 약 27 ℃ 이상인 위도 5°~25°의 열대 해상에서 발생한다. 그림의 태풍들은 위도 20° 이하의 열대 해상에서 발생하였다.
ㄴ. 7월 이전이나 8월 이후에 발생한 태풍은 대부분 우리나라를 벗어나고, 7월~8월에 발생한 태풍이 주로 우리나라에 영향을 미친다.
ㄷ. 겨울에는 열대 해상에서도 수온이 낮아 태풍이 거의 발생하지 않으며, 발생하더라도 세력이 약해 북상하지 못하고 금방 소멸한다.

03 ② 태풍은 무역풍의 영향으로 북서쪽으로 이동하다가 25°N 부근에서 편서풍의 영향을 받아 전향하여 북동쪽으로 이동하였다.
③ 태풍의 이동 속도는 같은 시간 동안 이동한 거리로 판단할 수 있다. 무역풍대보다 편서풍대에서 태풍이 24시간 동안 이동한 거리가 더 멀었으므로 이때 태풍의 이동 속도가 더 빨랐음을 알 수 있다.
④ 우리나라는 태풍 진행 경로의 왼쪽에 위치하므로 풍향이 시계 반대 방향으로 바뀌었을 것이다.
⑤ 우리나라는 태풍 진행 경로의 왼쪽에 위치하므로 가항 반원에 속하고, 일본은 태풍 진행 경로의 오른쪽에 위치하므로 위험 반원에 속한다. 태풍에 의한 피해는 위험 반원에 속한 일본이 상대적으로 더 컸을 것이다.
바로알기 ① 태풍이 a에 위치할 때 중심 기압은 935 hPa이고, b에 위치할 때 중심 기압은 955 hPa이다. 따라서 태풍은 중심 기압이 낮을수록 세력이 강하므로, a일 때가 b일 때보다 세력이 더 강했다.

04 ㄱ. 뇌우는 (나) 적운 단계 → (다) 성숙 단계 → (가) 소멸 단계를 거치며 발달한다.
ㄷ. (다) 성숙 단계에서는 상승 기류와 하강 기류가 함께 나타나며 천둥, 번개, 소나기, 우박 등이 동반된다.
바로알기 ㄴ. (나) 적운 단계에서는 강한 상승 기류가 발생하여 적운이 급격하게 적란운으로 성장한다. 성숙 단계는 상승 기류와 하강 기류가 함께 나타나는 (다)이다.

05 ㄱ. A는 저위도 해상에서 형성되어 이동해 오는 따뜻하고 습한 공기이다.
ㄴ. A는 북동쪽으로 서서히 이동하다가 우리나라 부근에서 차고 건조한 공기와 만난다. 이때 기층이 불안정해지면서 적란운이 형성되고, 이 지역에 집중 호우가 발생한다.
ㄷ. 저지 고기압이란 세력이 강해서 이동하는 공기를 막는 역할을 하는 고기압을 뜻한다. 북동진하는 A가 북동쪽에 위치한 저지 고기압에 가로막히면서 우리나라에 오래 머물러 집중 호우가 발생할 수 있다.

06 ㄱ. 등압선의 배치로 보아 현재 우리나라는 확장하는 시베리아 고기압의 영향을 받고 있음을 알 수 있다.
ㄴ, ㄷ. 시베리아 고기압의 세력이 확장되어 떨어져 나온 차고 건조한 공기 덩어리가 상대적으로 따뜻한 황해를 지나면 열과 수증기를 공급받아 눈구름이 크게 만들어진다. 이로 인해 서해안 지역에는 폭설이 내릴 수 있다.

07 ㄱ. 우리나라에 영향을 주는 황사의 발원지는 중국과 몽골의 사막 및 황토 지대이다. 이 지역들은 대부분 해발 고도 1000 m 이상에 위치하고 있어 강한 바람이 많이 불고, 바

다와 멀리 떨어져 있어서 매우 건조하며, 햇빛이 강하여 증발이 잘 일어나는 곳이다.
ㄷ. 발원지에서 상승 기류를 타고 올라간 모래 먼지가 편서풍을 타고 서쪽에서 동쪽으로 이동하다가 한반도 부근에서 서서히 하강하면 우리나라에 황사가 발생하게 된다.
바로알기 ㄴ. 발원지에서 모래 먼지가 상층 대기로 올라가려면 상승 기류가 발달해야 한다. 따라서 황사 발원지에 저기압이 형성되면 황사가 더 쉽게 발생할 수 있다. 고기압이 형성되면 하강 기류가 나타나므로 모래 먼지가 상승하기 어렵다.

08 A는 집중 호우, B는 강풍, C는 황사이다.
ㄴ. 강풍은 강한 중위도 저기압의 영향을 받을 때, 겨울철에 크게 확장한 시베리아 고기압의 영향을 받을 때, 태풍이 통과할 때와 같이 기압이 급격하게 바뀔 때 주로 발생한다.
ㄷ. 황사는 발원지의 흙과 먼지가 겨울 동안 얼어붙어 있다가 강한 햇빛을 받으며 녹게 되는 봄철에 주로 발생한다.
바로알기 ㄱ. 집중 호우는 좁은 지역에 집중적으로 내려 홍수, 사태 등을 발생시켜 인명 피해나 재산 피해를 일으키기도 한다.

09 ㄴ. 10시에 A는 태풍 진행 경로의 왼쪽에 위치하므로 가항 반원에 속하고, B는 태풍 진행 경로의 오른쪽에 위치하므로 위험 반원에 속한다. 위험 반원에서는 태풍의 이동 방향이 시계 반대 방향으로 회전하는 태풍 내 바람의 방향과 같아서 풍속이 강하게 나타난다.
바로알기 ㄱ. 태풍이 이동할 때 가항 반원에 속하는 곳에서는 풍향이 시계 반대 방향으로 변하고, 위험 반원에 속하는 곳에서는 풍향이 시계 방향으로 변한다. 따라서 표에서 풍향은 북동풍 → 북풍 → 북서풍의 시계 반대 방향으로 변하였으므로, 풍향과 기압은 가항 반원에 속하는 A에서 측정한 것이다.
ㄷ. 태풍은 육지에 상륙하면 수증기의 공급을 거의 받지 못하므로 중심 기압이 높아지면서 세력이 약해진다. 이 기간 동안 기압은 970 hPa → 986 hPa → 1002 hPa로 상승하였으므로 태풍의 세력이 점차 약해졌음을 알 수 있다.

10 ㄱ. 황사를 일으키는 모래 먼지는 편서풍을 타고 서쪽에서 우리나라로 이동해 오므로 서쪽에 위치한 관측소에서 황사 농도가 먼저 높아진다. 따라서 (가)에서 A는 B보다 서쪽에 위치할 것이다.
바로알기 ㄴ. (가)에서 황사 농도가 가장 높을 때의 시기가 5월 30일이므로, 이 황사는 발원지에서 5월 30일 이전에 발생하였음을 알 수 있다.
ㄷ. (나)에서 월평균 우박 일수는 여름철인 6월~8월보다 겨울철인 12월~2월에 더 많다는 것을 알 수 있다.

중단원 핵/심/정/리

84쪽~85쪽

1 하강	2 상승	3 밝	4 어둡
5 밝	6 정체성	7 이동성	8 중규모
9 폐색	10 적운형	11 소나기	12 북서풍
13 남동풍	14 숨은열	15 태풍의 눈	16 위험
17 가항	18 뇌우	19 우박	20 강풍
21 폭설	22 황사	23 봄	

통합 실전 문제

86쪽~88쪽

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

01 ㄱ. 그림의 남서쪽 지역의 지상 기온은 북동쪽 지역의 지상 기온보다 높다. 중위도 저기압에서는 온난 전선을 중심으로 북동쪽 지역은 찬 공기가, 남서쪽 지역은 따뜻한 공기가 위치하므로 그림은 온난 전선 주변의 지상 기온 분포를 나타내는 것임을 알 수 있다.
ㄷ. B 지역은 온난 전선의 전면에 해당하므로 B 지역의 상공에는 전선면이 나타난다.
바로알기 ㄴ. A 지역은 온난 전선의 후면에 위치하므로 주로 남서풍이 분다.

02 ㄴ. 레이더 영상은 가시광선을 이용하는 방법이 아니므로 빛이 없는 밤에도 촬영이 가능하다.
ㄷ. 현재 중부 지방과 동해안 일대에는 비구름이 분포하고 있으며, 특히 서울은 집중 호우의 가능성이 있다.

바로알기 ㄱ. 레이더 영상은 전파를 대기 중으로 발사한 뒤 구름 속에 있는 강수 입자에 부딪혀 되돌아오는 반사파를 수신하여 영상으로 나타낸 것이다. 레이더 영상으로 구름 속 강수 입자의 분포나 강수량, 비 또는 눈이 내리는 강수대의 위치와 이동 경향 등을 파악할 수 있다. 구름의 두께는 가시 영상으로 알 수 있고, 구름의 최상부 고도는 적외 영상으로 알 수 있다.

03 ㄱ. 우리나라는 현재 이동성 고기압의 영향을 받고 있으므로 맑은 날씨가 나타난다.

ㄷ. 우리나라는 편서풍의 영향을 받기 때문에 기압 배치가 서에서 동으로 이동한다. 따라서 이동성 고기압이 통과한 이후 서쪽에서 다가오는 저기압의 영향으로 날씨가 흐려질 것이다.

바로알기 ㄴ. 우리나라 봄철에 영향을 주는 고기압은 양쯔강 유역에서 발달한 이동성 고기압이 편서풍을 타고 이동해 온 것이다.

04 ㄷ. (나)에서 c는 온난 전선 앞쪽에 위치할 때, b는 온난 전선과 한랭 전선 사이에 위치할 때, a는 한랭 전선 뒤쪽에 위치할 때의 풍속과 풍향을 나타낸 것이다. 따라서 온난 전선이 통과할 때는 c → b이고, 한랭 전선이 통과할 때는 b → a이므로, 풍속의 변화는 온난 전선보다 한랭 전선이 통과할 때 크게 나타난다.

바로알기 ㄱ. 북반구 저기압 주변에서는 바람이 저기압 중심으로 시계 반대 방향으로 불어 들어가므로 A에서는 남동풍이 분다. (나)에서 남동풍은 c일 때이므로, A에는 현재 5 m/s보다 느린 바람이 분다.

ㄴ. A에서는 현재 남동풍이 불고 있으며, 시간이 지나 온난 전선이 통과하면 남서풍으로 바뀌고, 한랭 전선이 통과하면 북서풍으로 바뀐다. 따라서 (나)에서 시간에 따라 풍향과 풍속을 측정한 순서는 c → b → a 순이다.

05 ㄱ. 태풍은 저기압의 일종이므로 중심으로 갈수록 기압이 낮아지고, 풍속은 태풍의 눈 주변에서 가장 강하게 나타난다. 따라서 ㉠은 기압, ㉡은 풍속이다.

ㄴ. 북반구에서 태풍은 시계 반대 방향으로 회전한다. 따라서 북상하는 태풍의 서쪽인 A 지역에는 북풍 계열의 바람이 분다.

ㄷ. B 지역은 태풍의 눈이 위치한 곳이다. 따라서 약한 하강 기류가 나타나 대체로 날씨가 맑고 바람이 약하게 불 것이다.

06 ㄱ. 정체 전선은 남쪽의 따뜻한 공기가 북쪽의 찬 공기를 타고 올라가면서 생성되므로, 구름은 정체 전선의 북쪽에 생성된다. 따라서 A의 구름은 정체 전선의 북쪽에 위치한 것이다.

ㄷ. 정체 전선을 경계로 남쪽에는 고온 다습한 북태평양 기단이 발달되어 있고, 태풍은 북태평양 기단의 서쪽 경계를 따라 이동한다.

바로알기 ㄴ. B의 태풍 중심은 태풍의 눈으로, 약한 하강 기류가 나타나 대체로 날씨가 맑고 바람이 약하게 분다.

07 ㄷ. 적외 영상에서는 최상부의 고도가 높은 구름은 밝게 보이고, 최상부의 고도가 낮은 구름은 어둡게 보인다. 따라서 (나)는 (다)보다 구름 최상부의 고도가 높으므로 적외 영상에서 더 밝게 나타날 것이다.

바로알기 ㄱ. (가)는 소멸 단계, (나)는 성숙 단계, (다)는 적운 단계이다. 뇌우는 적운 단계 → 성숙 단계 → 소멸 단계를 거쳐 발달한다.

ㄴ. 뇌우에 동반되어 나타나는 번개는 뇌우가 크게 발달하는 성숙 단계에서 잘 나타난다. 따라서 번개 발생 빈도는 대체로 (나)가 (가)보다 높다.

08 ㄱ. 빙정이 구름 내에서 상승과 하강을 반복하면서 성장하여 무거워지면 우박이 되어 떨어진다.

바로알기 ㄴ. 우박은 나무의 나이테와 같이 투명한 얼음층과 불투명한 얼음층이 번갈아 나타나는 층상 구조를 이루고 있다. 불투명한 얼음층은 빙정이 적란운 내에서 상승과 하강을 반복하여 성장하는 과정에서 얼음 속에 기포가 포함되어 나타나는 것이다.

ㄷ. 우박은 우리나라 초여름과 가을에 주로 발생한다. 겨울에는 기온이 낮고 대기가 건조하여 적란운이 거의 생기지 않고, 한여름에는 기온이 너무 높아서 우박이 생겨도 금방 녹아 비가 되어 버린다.

09 ㄱ. 황사 발원지는 대부분 중위도의 사막이나 고원 지역과 같이 건조하여 모래나 먼지가 많은 곳이다.

ㄴ. 황사 발원지에서 상승한 모래 먼지가 편서풍을 타고 이동하다가 한반도 부근에서 서서히 하강하면 우리나라에 황사가 발생한다.

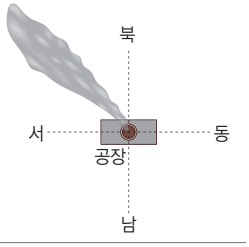
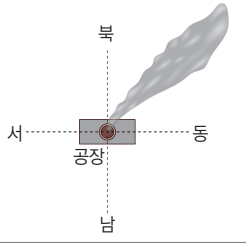
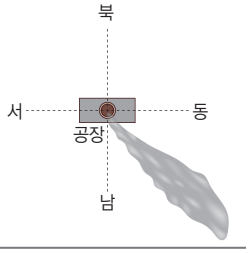
바로알기 ㄷ. 황사 유입 빈도는 황사의 종류와 규모, 발원지의 상황과 관련이 있다. 발원지가 가깝더라도 황사의 규모가 작거나 황사를 구성하는 입자의 크기가 클 때는 멀리까지 이동하기 어렵다.

HIGH TOP 최상위 문제 89쪽

1 ③ 2 ③

1 자료 분석

중위도 저기압이 편서풍을 타고 서쪽에서 동쪽으로 이동할 때 저기압과 전선의 영향을 받는 지역에서는 시간에 따라 풍향이 변한다.

온난 전선의 전면에서는 남동풍이 분다. 따라서 공장의 굴뚝에서 나오는 연기는 북서쪽으로 퍼져 나간다.	
온난 전선과 한랭 전선 사이에서는 남서풍이 분다. 따라서 공장의 굴뚝에서 나오는 연기는 북동쪽으로 퍼져 나간다.	
한랭 전선의 후면에서는 북서풍이 분다. 따라서 공장의 굴뚝에서 나오는 연기는 남동쪽으로 퍼져 나간다.	

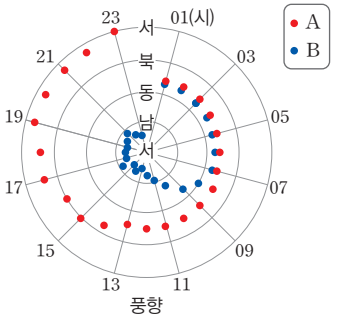
(나)에서 공장의 굴뚝에서 나온 연기가 북동쪽으로 퍼져 나갔으므로 남서풍이 불었다. 따라서 이 지역은 18시경에 온난 전선과 한랭 전선 사이에 위치해 있었다.

ㄱ, ㄴ. 15시경 이후 A는 하강하고, B는 상승하므로, 이때 전선이 통과했음을 알 수 있다. 또한, (나)에서 연기의 이동 방향을 통해 풍향이 남서풍임을 알 수 있다. 따라서 이 지역은 18시경에 온난 전선과 한랭 전선 사이에 위치해 있었으므로, 15시경에 이 지역을 통과한 전선은 온난 전선이다. 온난 전선이 통과하면 기온이 상승하고 기압이 하강한다. 따라서 A는 기압, B는 기온 분포이다.

바로알기 ㄷ. 19시경 이후에도 기압이 계속 낮아지고, 기온은 계속 높아지고 있다. 따라서 이 지역은 계속해서 온난 전선과 한랭 전선 사이에 위치해 있으므로 남서풍이 불고 굴뚝의 연기는 북동쪽으로 퍼져 나갔을 것이다.

2 자료 분석

태풍의 위험 반원에서는 풍향이 시계 방향으로 변하고, 가항 반원에서는 풍향이 시계 반대 방향으로 변한다.



관측소	시간(시)	풍향	관측소	시간(시)	풍향
A	01	북동	B	01	북동
	03	북동		03	북동
	05	북동		05	북동
	07	북동		07	북동
	09	북동		09	남동
	11	북동		11	남
	13	북동		13	남서
	15	북		15	남서
	17	북서		17	남서
	19	북서		19	남서
	21	북서		21	남서
	23	서		23	남서
풍향 변화: 시계 반대 방향			풍향 변화: 시계 방향		

ㄱ. 13시~19시 동안 A의 풍향은 북동풍 → 북풍 → 북서풍의 시계 반대 방향으로 변하였으므로 A는 가항 반원에 위치하였다.

ㄴ. 관측 기간 동안 A의 기압이 최대일 때는 약 993 hPa이고, 최소일 때는 약 982 hPa이므로, 기압 변화 폭은 약 11 hPa이다. 한편, B의 기압이 최대일 때는 약 993 hPa이고, 최소일 때는 약 975 hPa이므로, 기압 변화 폭은 약 18 hPa이다. 따라서 관측 기간 동안 기압 변화 폭은 A가 B보다 작다.

바로알기 ㄷ. 태풍 중심까지의 거리가 가까울수록 기압이 낮게 나타난다. 따라서 약 15시를 기준으로 15시 이전에는 B의 기압이 더 낮으므로 B가 태풍 중심까지의 최단 거리가 더 가까웠고, 15시 이후에는 A의 기압이 더 낮으므로 A가 태풍 중심까지의 최단 거리가 더 가까웠다.

사고력 확장 문제

90쪽~93쪽

1 (1) 가시 영상에서는 두께가 두꺼운 구름일수록 밝게 보이고, 적외 영상에서는 최상부의 고도가 높은 구름일수록 온도가 낮아 밝게 보인다.

(2) 레이더 영상은 전파를 대기 중으로 발사한 뒤 구름 속에 있는 강수 입자에 부딪혀 되돌아오는 반사파를 수신하여 영상으로 나타낸 것이다.

(3) (라)의 지상 일기도에서 우리나라의 서쪽에 큰 규모의 기압골이 관찰된다.

모범답안 (1) (가) 가시 영상에서 밝게 보이는 구름은 두께가 두꺼운 구름이고, (나) 적외 영상에서 밝게 보이는 구름은 최상부의 고도가 높은 구름이다.

(2) (다) 레이더 영상을 통해 구름 속 강수 입자의 분포, 강수량, 비 또는 눈이 내리는 강수대의 위치와 이동 경향을 알 수 있다.

(3) 서쪽에서 다가오는 기압골의 영향으로 우리나라에 구름이 많아지고 강수 현상이 나타난다.

채점 기준		배점(%)
(1)	(가)와 (나)에서 밝게 보이는 구름의 특징을 모두 옳게 서술한 경우	30
	(가)와 (나)에서 밝게 보이는 구름의 특징을 한 가지만 옳게 서술한 경우	10
(2)	레이더 영상으로 알 수 있는 정보를 모두 옳게 서술한 경우	30
	레이더 영상으로 알 수 있는 정보를 일부만 옳게 서술한 경우	10
(3)	우리나라에 구름이 많아지고 강수 현상이 나타나는 까닭을 기압골을 언급하여 옳게 서술한 경우	40
	기압골을 언급하지 않고 서술한 경우	10

2 (1) 저기압은 중심으로 갈수록 기압이 낮으므로 바람이 바깥에서 중심을 향해 불고, 고기압은 중심으로 갈수록 기압이 높으므로 바람이 중심에서 바깥을 향해 분다.

(2) 공기가 상승을 하면 단열 팽창하여 기온이 낮아지고, 공기가 하강을 하면 단열 압축되어 기온이 높아진다.

모범답안 (1) 북반구의 저기압 지역에서는 바람이 바깥에서 중심을 향해 시계 반대 방향으로 불어 들어가고, 고기압 지역에서는 바람이 중심에서 바깥을 향해 시계 방향으로 불어 나간다.

(2) 저기압에서는 상승 기류가 발달하므로 공기가 단열 팽창하여 기온이 하강하면서 구름이 만들어지고, 고기압에서는 하강 기류가 발달하므로 공기가 단열 압축되어 기온이 높아지면서 구름이 소멸되고 맑은 날씨가 나타난다.

채점 기준		배점(%)
(1)	저기압, 고기압에서 바람의 방향을 모두 옳게 서술한 경우	40
	저기압, 고기압에서 바람의 방향 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	20
(2)	공기의 상승과 하강에 따른 단열 변화와 이에 따른 기온 변화를 모두 옳게 서술한 경우	60
	공기의 상승과 하강에 따른 단열 변화와 이에 따른 기온 변화 중 일부만 옳게 서술한 경우	30

3 (1) 온난 전선이 통과하면 기온이 상승하고 기압은 하강하며, 한랭 전선이 통과하면 기온이 하강하고 기압은 상승한다. 그림에서 8시경 이후로 기온이 상승하고 기압이 하강하므로, 8시경에 온난 전선이 통과하였다. 또, 16시경 이후로 기온이 하강하고 기압이 상승하므로, 16시경에 한랭 전선이 통과하였다.

(2) 한랭 전선이 통과할 때는 적운형 구름이 만들어지므로 소나기가 내릴 확률이 높다.

모범답안 (1) 온난 전선은 8시경에 통과하였고, 한랭 전선은 16시경에 통과하였으므로, 두 전선이 관측소를 통과한 시각은 약 8시간 차이가 난다.

(2) 이날 12시~16시에는 따뜻하고 맑은 날씨를 보이다가, 16시경에 한랭 전선이 통과한 이후에는 기온이 급격히 낮아지고 소나기가 내렸을 것이다.

채점 기준		배점(%)
(1)	두 전선이 통과한 시각의 차이를 옳게 서술한 경우	40
(2)	기온의 변화와 강수 형태를 모두 옳게 서술한 경우	60
	기온의 변화와 강수 형태 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	30

4 (1) 태풍은 해수면 온도가 약 27 ℃ 이상인 위도 5°~25°의 열대 해상에서 발생한다.

(2) 상승하는 공기에서는 수증기가 응결하면서 숨은열(응결열)이 방출되는데, 이 숨은열이 태풍의 주요 에너지원에 해당한다.

모범답안 (1) 수온이 높은 열대 해상에서 열과 수증기를 공급받은 공기가 상승하면서 열대 저기압이 형성되고, 전향력의 영향으로 주변의 공기가 회전하면서 중심 부분으로 모여들어 상승 기류를 형성한다. 상승하는 공기에서는 구름이 생성되면서 숨은열이 방출되고, 이 숨은열로 상승 기류가 더욱 강화되어 두꺼운 적운형 구름이 발달하면서 태풍이 발생한다.

(2) 수증기의 응결에 의한 숨은열

채점 기준		배점(%)
(1)	태풍의 발생 과정을 장소, 지구 자전 효과, 에너지원 등을 언급하여 옳게 서술한 경우	60
	지구 자전 효과, 에너지원을 언급하지 않고 태풍의 발생 과정을 서술한 경우	20
(2)	수증기의 응결에 의한 숨은열(응결열)이라고 옳게 쓴 경우	40
	숨은열이라고만 쓴 경우	20

5 (1) 태풍이 가까이 다가올수록 기압이 점차 낮아지고, 태풍의 중심이 관측소에 가장 가까웠을 때 기압이 가장 낮다. 태풍이 통과한 후에는 기압이 높아진다. 따라서 그래프에서 빨간색 선은 기압을 나타내고, 파란색 선은 풍향을 나타냄을 알 수 있다.

(2) 위험 반원에 위치한 곳에서는 풍향이 시계 방향으로 변하고, 가항 반원에 위치한 곳에서는 풍향이 시계 반대 방향으로 변한다.

모범답안 (1) 태풍이 통과하는 동안 태풍의 중심이 관측소에 가장 가까워졌을 때 기압이 최소가 된다. 따라서 태풍의 중심이 관측소 A에 가장 가까웠던 시각은 T_4이다.

(2) T_1~T_4 동안 관측소 B에서의 풍향은 동풍 → 남동풍 → 남풍으로 변하였다. 풍향이 시계 방향으로 변하였으므로 관측소 B는 위험 반원에 위치해 있었다.

채점 기준		배점(%)
(1)	태풍의 중심이 가장 가까웠던 시각과 그 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	50
	태풍의 중심이 가장 가까웠던 시각과 그 까닭 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	20
(2)	관측소 B가 위치했던 곳과 그 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	50
	관측소 B가 위치했던 곳과 그 까닭 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	20

6 (1) 시베리아 고기압의 세력이 확장되어 떨어져 나온 차고 건조한 공기 덩어리가 상대적으로 따뜻한 황해를 지나면서 열과 수증기를 공급받아 눈구름이 크게 만들어진다. 이로 인해 서해안 지역에 많은 눈이 내린다.

(2) 해수면 온도가 높으면 더 많은 열과 수증기를 공급한다.

모범답안 (1) 대륙 고기압의 세력이 확장되면서 떨어져 나온 차고 건조한 공기 덩어리가 상대적으로 따뜻한 황해를 지나면 열과 수증기를 공급받아 눈구름이 크게 만들어진다.

(2) 해수면의 온도가 높을수록 그 위를 지나가는 찬 공기를 더 가열하고 많은 수증기를 공급하여 규모가 큰 적란운을 형성하기 때문이다.

채점 기준		배점(%)
(1)	황해에서 눈구름이 발달하는 과정을 모두 옳게 서술한 경우	60
	황해에서 수증기가 공급되었다는 것을 언급하지 않고 서술한 경우	20
(2)	높은 해수면 온도로 인해 더 많은 열과 수증기가 공급되었기 때문이라고 옳게 서술한 경우	40
	높은 해수면 온도가 더 많은 수증기 공급의 원인이 되었다는 것을 언급하지 않은 경우	10

7 건조한 사막 지대나 황토 지대에서 상공으로 올라간 다량의 모래 먼지가 상층의 편서풍을 타고 이동하다가 서서히 하강하는 현상을 황사라고 한다.

모범답안 (1) 황사 발원지는 대부분 해발 고도 1000 m 이상에 위치하고 있어 강한 바람이 많이 불고, 바다와 멀리 떨어져 있어서 매우 건조하며, 햇빛이 강하여 증발이 잘 일어나는 곳이다.

(2) 발원지에 중위도 저기압이 통과하거나, 강한 햇빛에 지표 부근이 가열되어 저기압이 형성되면 상승 기류를 타고 모래 먼지가 상층 대기까지 올라가게 된다.

(3) 중위도에서 황사는 편서풍을 따라 서에서 동으로 이동한다.

(4) 우리나라 부근에 고기압이 형성되면 하강 기류에 의해 상층의 모래 먼지가 하강하여 황사가 발생하게 된다.

채점 기준	배점(%)
4단계를 모두 옳게 서술한 경우	100
4단계 중 세 단계만 옳게 서술한 경우	70
4단계 중 두 단계만 옳게 서술한 경우	40
4단계 중 한 단계만 옳게 서술한 경우	10

3 대기와 해양의 상호작용

01 엘니뇨 남방진동

중요 개념 체크

97쪽 **1** 오른 **2** (1) ○ (2) ×

101쪽 **1** 남방진동 **2** 엘니뇨

개념 기본 문제 103쪽~104쪽

01 ㄱ, ㄷ **02** (1) (가), (나) (2) ㄴ **03** ㄱ, ㄴ **04** ㄴ **05** ㄱ, ㄷ **06** ㄷ **07** (1) A (2) B **08** ㉠ 엘니뇨, ㉡ 가뭄, ㉢ 홍수

01 ㄱ, ㄷ. 용승은 심층의 차가운 해수가 표층으로 올라오는 현상이다. 따라서 용승이 일어나면 표층 해수의 수온은 낮아진다.

바로알기 ㄴ. 심층 해수는 수온이 낮기 때문에 표층 해수보다 밀도가 크다. 따라서 해수의 밀도 변화로 용승이 일어나기는 어렵다. 용승은 표층 해수가 지속적으로 부는 바람에 의해 다른 곳으로 이동할 때 이를 보충하기 위해 심층수가 상승하는 경우에 일어난다.

ㄹ. 용승이 일어나면 심층수에 풍부한 영양염이 같이 올라오므로 플랑크톤이 풍부해지고 먹이사슬에 의해 좋은 어장이 형성된다.

02 (1) 해수면 위에서 바람이 일정한 방향으로 지속적으로 불면 바람과의 마찰력에 의해 표층의 해수가 이동하게 되는데, 전향력의 영향으로 북반구에서는 바람이 부는 방향의 오른쪽 직각 방향으로, 남반구에서는 바람이 부는 방향의 왼쪽 직각 방향으로 해수가 이동한다. 따라서 (가)와 같이 남풍이 불면 표층 해수는 먼바다로 이동하므로 연안에서는 용승이 일어나고, (나)와 같이 북풍이 불면 표층 해수는 연안으로 이동하므로 연안에서는 침강이 일어난다.

(2) ㄴ. 우리나라 동해안에서 남풍이 지속적으로 불면 표층 해수는 먼바다로 이동하고 연안 용승이 일어난다.

바로알기 ㄱ. 용승으로 차가운 심층 해수가 올라오면 표층 해수의 수온은 낮아진다.

ㄷ. 용승이 일어나면 영양염이 풍부한 심층 해수가 표층으로 올라오므로 표층에는 플랑크톤이 증가한다.

03 ㄱ. 북반구 저위도 지방에는 북동 무역풍이 불고, 남반구 저위도 지방에는 남동 무역풍이 분다.

ㄴ. 북반구에서는 표층 해수가 바람의 방향에 대하여 오른쪽 직각 방향으로 이동하므로, 북동 무역풍에 의해 표층 해수는 북쪽으로 이동한다. 남반구에서는 표층 해수가 바람의 방향에 대하여 왼쪽 직각 방향으로 이동하므로, 남동 무역풍에 의해 표층 해수는 남쪽으로 이동한다.

바로알기 ㄷ. 무역풍에 의해 표층 해수가 적도를 기준으로 북반구와 남반구에서 반대 방향으로 이동하므로, 적도 부근에서는 용승이 일어난다.

04 워커 순환에서 상승 기류가 발생하는 구역이 평상시보다 동태평양 쪽으로 이동한 것으로 보아 엘니뇨 발생 시기의 모습이다.

ㄴ. A~C 해역 중 기압이 가장 낮은 곳은 상승 기류가 나타나는 곳(B)이다.

바로알기 ㄱ, ㄷ. 엘니뇨 시기에는 평상시보다 무역풍의 세기가 약해진다. 따라서 동태평양에서의 용승이 약화되므로, C 해역에서 표층 해수의 수온은 평상시보다 높아진다.

05 ㄱ. 평소에는 서태평양에 상승 기류, 동태평양에 하강 기류가 생기는데, 그림에서 서태평양에 하강 기류, 동태평양에 상승 기류가 생기는 것으로 보아 이 시기는 엘니뇨 발생 시기임을 알 수 있다. 따라서 평상시와 비교했을 때 동태평양에서 용승이 약해지므로 동태평양 표층 해수의 수온이 높아진다.

ㄷ. 엘니뇨 시기에 동태평양에서는 상승 기류에 의한 저기압이 형성되므로 평소보다 강수량이 증가한다.

바로알기 ㄴ. 엘니뇨 시기에는 동태평양에서의 용승이 약해지므로, 표층의 수온이 높아지면서 온난 수역의 두께가 두꺼워지고, 수온 약층이 시작되는 깊이가 깊어진다.

06 ㄷ. 동태평양의 표층 수온 편차가 (−), 서태평양의 표층 수온 편차가 (+)로 나타나는 것은 동태평양의 표층 수온이 평상시보다 낮아지고, 서태평양의 표층 수온이 평상시보다 높아졌음을 의미한다. 이러한 시기에는 라니냐가 나타나며, 워커 순환이 평상시보다 더 강해지기 때문에 무역풍이 평상시보다 강하게 분다.

바로알기 ㄱ. 동태평양의 표층 수온이 평상시보다 낮아지는 것은 라니냐의 특징이다.

ㄴ. 동태평양의 표층 수온 편차가 (−)인 것은 평상시보다 표층 수온이 낮아졌음을 의미한다.

07 (1) 엘니뇨 시기에는 동태평양의 표층 수온이 평상시보다 높아지므로, 표층 수온 편차가 (+)인 A는 엘니뇨 발생 시기에 해당한다. 반대로 라니냐 시기에는 동태평양의 표층 수온이 평상시보다 낮아지므로, 표층 수온 편차가 (−)인 B는 라니냐 발생 시기에 해당한다.
(2) 엘니뇨 시기에는 동태평양의 기압이 평상시보다 낮아지므로 해면 기압 편차는 (−)이고, 라니냐 시기에는 동태평양의 기압이 평상시보다 높아지므로 해면 기압 편차는 (+)이다. 따라서 남방진동 지수는 동태평양의 기압 편차에서 서태평양의 기압 편차를 뺀 값이므로 엘니뇨 시기에는 (−), 라니냐 시기에는 (+)를 나타낸다.

08 엘니뇨가 발생하면 서태평양에는 하강 기류에 의한 고기압이 우세하게 나타나고, 동태평양에는 상승 기류에 의한 저기압이 우세하게 나타난다. 따라서 서태평양에서는 강수량이 감소하여 가뭄 피해가 나타날 수 있으며, 동태평양에서는 강수량이 증가하여 홍수 피해가 나타날 수 있다.

개념 적용 문제

105쪽~109쪽

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

01 ㄴ. 일주일 전에 비해 일주일 후에는 동해 연안에서 표층 수온이 급격히 낮아졌다. 이는 이 시기에 남풍 계열의 바람이 지속적으로 불어 표층 해수가 먼바다로 이동하고, 해안을 따라 심층에서 차가운 해수가 올라오는 용승이 일어났기 때문이다.
바로알기 ㄱ. 우리나라 동해에서 용승이 일어나기 위해서는 남풍 계열의 바람이 지속적으로 불어야 한다. 우리나라 여름철에는 주로 남동 계절풍이 불기 때문에 용승이 잘 일어난다. 겨울철에는 주로 북서 계절풍이 불기 때문에 동해안에서 용승이 잘 일어나지 않는다.
ㄷ. 일주일 후 연안의 표층 수온이 낮아진 것은 남풍 계열의 바람에 의한 용승 때문이다.

02 ㄱ. 저위도 해역에서는 적도를 경계로 북동 무역풍과 남동 무역풍이 동에서 서로 부는데, 이 무역풍에 의해 북반구에서는 해수가 바람이 부는 방향의 오른쪽 직각 방향으로 이동하고, 남반구에서는 해수가 바람이 부는 방향의 왼쪽 직각 방향으로 이동한다. 그 결과 적도의 표층 해수가 발산하고, 이를 채우기 위해 심층 해수가 상승하는 적도 용승이 일어난다.
바로알기 ㄴ. 북반구에서는 바람이 부는 방향의 오른쪽 직각 방향으로 표층 해수가 이동한다. 따라서 북반구의 캘리포니아 연안에서는 북풍 계열의 바람이 지속적으로 불 때 표층 해수가 먼바다로 이동하고 연안에서 용승이 일어난다.
ㄷ. 대기 대순환에 의해 발생하는 지상의 바람은 같은 위도대에서는 같은 방향으로 분다. 용승이 일어나기 위해서는 대륙에서 먼바다로 표층 해수가 이동해야 하므로 무역풍의 영향을 받는 해역에서는 대륙의 서안에서 용승이 일어날 수 있으며, 대륙의 동안에서는 오히려 먼바다에서 연안으로 표층 해수가 이동하여 연안 침강이 나타날 수 있다.

03 ㄱ. 엘니뇨 시기에는 평상시의 워커 순환이 (나)와 같은 순환으로 바뀌고, 상승 기류가 생기면서 저기압이 형성되는 해역이 동태평양 쪽으로 이동한다.
바로알기 ㄴ. 엘니뇨 시기에 B에서는 평소보다 기압이 낮아지기 때문에 기압 편차는 (−)로 나타난다. 반대로 A에서는 평소보다 기압이 높아지기 때문에 기압 편차는 (+)로 나타난다.
ㄷ. 남방진동은 열대 태평양에서 기압 배치가 '평상시 → 남방진동 약화 → 평상시 → 남방진동 강화 → 평상시'의 순서로 반복되는 현상이다.

04 ㄴ, ㄷ. 엘니뇨 발생 시에는 페루 연안(C)의 용승이 약화되어 표층 수온이 상승하고, 적도 부근 해역에서 따뜻한 해수가 분포하는 영역이 동쪽으로 확장된다.
바로알기 ㄱ. 엘니뇨는 평상시보다 무역풍의 세기가 약해지면서 발생한다. 평상시보다 무역풍이 강하게 불면 라니냐가 발생할 수 있다.

05 ㄱ. 엘니뇨 시기에는 평상시보다 동태평양의 표층 수온이 높고, 라니냐 시기에는 평상시보다 동태평양의 표층 수온이 낮다. 따라서 표층 수온 편차가 (−)인 A는 라니냐, (+)인 B는 엘니뇨가 발생했을 때에 해당한다.
ㄷ. 엘니뇨 시기에는 동태평양의 표층 수온이 높아지므로 평상시나 라니냐 시기일 때보다 열팽창에 의해 해수면이 높아진다.
바로알기 ㄴ. 무역풍은 엘니뇨 시기(B)일 때 약하게 불고, 라니냐 시기(A)일 때 강하게 분다.

06 ㄴ. 엘니뇨 시기에 동태평양에서는 상승 기류에 의한 저기압이 형성되므로 강수량이 평상시보다 증가한다.
ㄷ. 엘니뇨 시기에는 평상시보다 동태평양에서의 용승이 약해지기 때문에 동태평양의 표층 수온이 높아지면서 온난 수역의 두께가 두꺼워지고, 수심이 깊어질수록 수온이 급격히 낮아지는 수온 약층이 나타나는 깊이가 깊어진다.
바로알기 ㄱ. 엘니뇨 시기에는 평상시보다 무역풍이 약하게 불기 때문에 동태평양에서의 용승이 약해진다.

07 ㄱ. 남방진동은 적도 부근 동태평양과 서태평양 사이에서 기압 배치가 3년~7년의 주기로 변하는 현상이다.
ㄷ. 엘니뇨 발생 시 타히티 해역에는 상승 기류에 의해 저기압이 형성된다.
바로알기 ㄴ. 엘니뇨 시기에는 타히티의 해면 기압은 하강하고, 다윈의 해면 기압은 상승한다. 따라서 남방진동 지수는 타히티의 해면 기압에서 다윈의 해면 기압을 뺀 값이므로, 엘니뇨 발생 시 남방진동 지수는 (−)이다. 반대로 라니냐 시기에는 타히티의 해면 기압이 상승하고, 다윈의 해면 기압은 하강한다. 따라서 라니냐 발생 시 남방진동 지수는 (+)이다.

08 ㄱ. 남방진동 지수는 (동태평양의 기압 편차−서태평양의 기압 편차)로 구한다. 엘니뇨가 발생하면 동태평양의 기압 편차는 (−), 서태평양의 기압 편차는 (+)가 되므로 남방진동 지수는 (−)로 나타난다. 따라서 A는 엘니뇨가 발생한 시기이고, C는 라니냐가 발생한 시기이다.
ㄷ. 표층 수온이 상승하면 열팽창에 의해 해수면의 높이가 높아진다. 엘니뇨 시기에는 동태평양의 표층 수온이 평상시보다 상승하므로 해수면의 높이 편차는 (+)로 나타난다.
바로알기 ㄴ. 엘니뇨 시기(A)에는 동태평양의 기압이 평상시보다 낮아지므로 기압 편차는 (−)로 나타나고, 라니냐 시기(C)에는 동태평양의 기압이 평상시보다 높아지므로 기압 편차는 (+)로 나타난다.

09 ㄷ. (가)에서 시간이 지날수록 동태평양에서 20 ℃ 등수온선의 깊이 편차가 증가한 것으로 보아 동태평양 표층 해수의 수온이 높아졌음을 알 수 있다. 따라서 (가) 시기는 엘니뇨 발생 시기에 해당한다. 엘니뇨가 발생하면 동태평양 해역에 상승 기류가 발달하여 강수량이 증가하므로 강수량 편차는 (+)로 나타난다.
바로알기 ㄱ. (가)와 같은 엘니뇨 시기에는 동태평양의 표층 수온이 높아지므로 수온 약층이 나타나는 깊이가 깊어진다. 따라서 (나)에서 수온 약층이 나타나는 깊이 편차가 (+)인 B는 엘니뇨 시기이고, 깊이 편차가 (−)인 A는 라니냐 시기이다.
ㄴ. (가)는 엘니뇨가 발생한 시기로, 무역풍의 세기가 약화되어 동태평양에서의 용승이 약해진다.

10 ㄱ. 엘니뇨 시기에는 동태평양의 표층 수온이 높아지고, 라니냐 시기에는 동태평양의 표층 수온이 낮아진다. 따라서 (가)는 (나)보다 동태평양 해역(A 해역)의 표층 수온이 높으므로, (가)는 엘니뇨 시기이고, (나)는 라니냐 시기이다.
ㄴ. 엘니뇨 시기에는 무역풍의 세기가 약하기 때문에 동태평양에서의 용승이 약화된다. 따라서 A 해역에서 용승은 (가)보다 (나)일 때 활발하다.
바로알기 ㄷ. 해수의 수온이 상승하면 열팽창에 의해 해수면의 높이가 높아진다. 따라서 (가) 엘니뇨 시기에는 (나) 라니냐 시기보다 동태평양 해역의 표층 수온이 높으므로, A 해역에서 해수면의 높이는 (가)일 때가 더 높다.

111쪽

수능분석 실전 문제 풀어보기

엘니뇨 시기에는 동태평양에서 용승이 약화되어 동태평양의 표층 수온이 상승하므로, 수온 약층이 시작되는 깊이가 깊어진다. 반면, 라니냐 시기에는 동태평양에서 용승이 강화되어 동태평양의 표층 수온이 하강하므로, 수온 약층이 시작되는 깊이가 얕아진다. 따라서 깊이 편차가 (−)인 A는 라니냐, 깊이 편차가 (+)인 B는 엘니뇨에 해당한다.
ㄴ. 라니냐 시기(A)에는 무역풍이 강하게 불어서 동태평양에서의 용승이 강해진다. 반면, 엘니뇨 시기(B)에는 무역풍이 약하게 불어서 동태평양에서의 용승이 약해진다. 따라서 용승은 A 시기가 B 시기보다 강하게 나타난다.
바로알기 ㄱ. 라니냐 시기(A)에 동태평양에서는 평상시보다 기압이 높아져서 하강 기류가 강하게 나타나므로 건조한 날씨가 지속된다. 반면, 엘니뇨 시기(B)에 동태평양에서는 평상시보다 기압이 낮아져서 상승 기류가 발달하므로 강수량이 증가한다. 따라서 동태평양의 강수량 편차는 A 시기가 B 시기보다 작게 나타난다.
ㄷ. 라니냐 시기(A)에는 동태평양의 기압이 상승하므로, 해면 기압의 편차는 (+)로 나타난다. 반면, 엘니뇨 시기(B)에는 동태평양의 기압이 하강하므로, 해면 기압의 편차는 (−)로 나타난다.

정답 ②

02 지구의 기후 변화

중요 개념 체크

117쪽 **1** (1) × (2) ○ **2** 높, 낮

120쪽 **1** 온실 효과, 지구 온난화 **2** 온실 기체

개념 기본 문제

122쪽

01 (1) ㄴ, ㄹ (2) ㄷ **02** (1) 원일점 (2) 현재보다 커진다. **03** (1) A (2) 커진다. **04** (1) ㉠ 30, ㉡ 23, ㉢ 98 (2) 값이 커진다. **05** ㉠ 상승, ㉡ 용해도 **06** ㉠ 증가, ㉡ 상승, ㉢ 상승, ㉣ 증가

01 (1) 기후 변화의 자연적 요인은 지구 외적 요인과 지구 내적 요인으로 구분할 수 있다. 지구 외적 요인으로는 지구 자전축의 세차 운동, 지구 자전축의 기울기 변화, 지구 공전 궤도 이심률 변화, 태양 활동의 변화 등이 있다.

(2) 기후 변화의 인위적 요인은 화석 연료의 사용량 증가, 토지 이용의 증가, 삼림 파괴 등 인간 활동에 의한 것이다.

02 (1) 현재 지구가 원일점에 위치할 때 북반구는 여름이고, 근일점에 위치할 때 북반구는 겨울이다.

(2) 현재 북반구는 원일점에 위치할 때 여름이지만 약 13000년 후에는 근일점에 위치할 때 여름이 되므로, 약 13000년 후에 북반구의 여름철 평균 기온은 태양과의 거리가 가까워서 현재보다 높아질 것이다. 또한, 현재 지구의 북반구는 근일점에 위치할 때 겨울이지만 약 13000년 후에는 원일점에 위치할 때 겨울이 되므로, 약 13000년 후에 북반구의 겨울철 평균 기온은 태양과의 거리가 멀어서 현재보다 낮아질 것이다. 따라서 약 13000년 후에 북반구 중위도 지역은 기온의 연교차가 커질 것이다.

03 (1) 지구 공전 궤도 이심률은 타원 궤도의 납작한 정도를 뜻한다. 이심률이 클수록 더 납작하므로, A가 B보다 이심률이 크다.

(2) 공전 궤도 이심률이 A에서 B로 변하면(현재보다 작아지면) 원일점은 태양에 가까워지고, 근일점은 태양에서 멀어진다. 따라서 북반구의 경우 여름철에 일사량이 증가하여 더 더워지고, 겨울철에 일사량이 감소하여 더 추워지므로 기온의 연교차가 커진다.

04 (1) A는 입사한 태양 복사 에너지가 지표와 대기에서 반사되어 우주로 방출되는 지구의 반사율이다. 지구는 전체적으로 복사 평형을 이루고 있으므로 '태양 복사 에너지(100)=지구 복사 에너지(70)+지구의 반사율(A)'에서 A는 30이다.

태양 복사 에너지 100 중에서 30은 우주로 반사되고, 47은 지표면에 흡수되므로, 대기와 구름에 흡수되는 B는 23이다.

C는 지구 대기의 재복사에 의해 지표면이 흡수한 에너지이다. 지표면에서도 복사 평형이 이루어지므로, '지표면에서 방출되는 총 에너지(145)=지표면에 흡수되는 태양 복사 에너지(47)+대기의 재복사(C)'에서 C는 98이다.

(2) 온실 기체는 지구 복사 에너지를 흡수하여 그 일부를 지표로 재복사하는 역할을 한다. 따라서 온실 기체가 증가하면 대기가 흡수하는 지구 복사 에너지의 양이 증가하며, 이에 따라 대기의 재복사에 의해 지표면이 흡수하는 에너지(C)의 양도 증가한다.

05 지구 온난화가 진행되면 해수의 온도가 상승(㉠)한다. 해수의 온도가 상승하면 해수에 녹아 있는 기체의 용해도(㉡)가 감소하므로 해수에 들어 있던 이산화 탄소가 대기 중으로 방출된다.

06 지구 온난화가 일어나면 극지방과 고산 지대의 빙하가 녹고, 해수의 부피가 증가하여 해수면이 상승한다. 해수면이 상승하면 해안 저지대가 침수되어 생활 공간이 줄어들게 된다. 또한, 지구 온난화로 수온이 상승하면 해수의 증발량이 증가하고, 대기 흐름이 변해 지역에 따라 강수량이 편중되거나 기상 이변이 발생한다.

개념 적용 문제

123쪽~127쪽

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

01 ㄴ. B 시기는 현재보다 지구 자전축 기울기가 더 크다. 지구 자전축 기울기가 현재보다 커지면 북반구 중위도에 위치한 우리나라의 경우 여름철에 태양의 남중 고도가 높아져서 더 더워지고, 겨울철에 태양의 남중 고도가 낮아져서 더 추워진다. 따라서 기온의 연교차가 현재보다 커진다.

바로알기 ㄱ. A 시기는 현재보다 지구 자전축 기울기가 더 작다. 지구 자전축의 기울기가 현재보다 작으면 북반구 중위도에 위치한 우리나라의 경우 여름철에 태양의 남중 고도가 현재보다 낮아서 서늘했을 것이다.

ㄷ. 지구 자전축의 기울기가 변하면 위도에 따라 입사하는 태양 복사 에너지량이 달라지지만, 지구 전체에 도달하는 태양 복사 에너지량은 변함이 없다.

02 ㄱ. 지구의 자전축 경사 방향을 보면 원일점에 위치할 때 북반구는 여름이고, 근일점에 위치할 때 북반구는 겨울이다. 지구의 공전 궤도가 A에서 B로 변하면(이심률이 작아지면) 원일점은 태양에 가까워지므로 우리나라에서 여름의 기온이 상승할 것이다.

바로알기 ㄴ. 계절은 지구 자전축의 경사 방향과 관련이 있다. 이심률이 변해도 자전축의 경사 방향이 변하지 않으면 공전 궤도상에서 계절이 나타나는 위치는 변함이 없다.

ㄷ. 태양의 남중 고도는 지구 자전축의 기울기 변화와 관련이 있다. 따라서 지구 자전축의 기울기가 변하지 않으면 태양의 남중 고도는 변함이 없다.

03 ㄱ. 북반구에 위치한 우리나라의 계절은 A일 때 겨울이고, B일 때 여름이다.

ㄴ. 현재는 원일점에 위치할 때 여름인데, 약 13000년 후에는 근일점에 위치할 때 여름이고, 태양의 남중 고도가 높아진다. 따라서 여름의 기온은 현재보다 높아질 것이다.

ㄷ. 현재보다 약 13000년 후에 자전축 기울기가 커지므로, 여름일 때 태양의 남중 고도는 현재보다 높아질 것이다.

04 ㄱ. 1만 년 전에는 현재보다 자전축의 기울기가 커서 북반구 여름철에 태양의 남중 고도가 더 높았고, 태양과 지구 사이의 거리도 현재보다 가까웠다. 따라서 여름의 기온이 현재보다 더 높았을 것이다.

바로알기 ㄴ. 태양의 남중 고도는 자전축의 기울기 변화에 따라 변한다. 1만 년 전부터 현재까지 자전축의 기울기가 계속 감소하였으므로 우리나라 여름철에 태양의 남중 고도는 감소하였다.

ㄷ. (나)에서 현재부터 1만 년 후까지는 북반구 여름철에 태양과 지구 사이의 거리가 가까워지므로 기온의 연교차는 커질 것이다. 그러나 (가)에서 현재부터 1만 년 후까지는 지구 자전축 기울기가 감소하므로, 우리나라에서 태양의 남중 고도는 여름에 낮아지고 겨울에 높아져서 기온의 연교차는 작아질 것이다.

05 ㄱ. 지구가 복사 평형을 이루고 있다는 것은 지표, 대기, 우주 공간에서 출입하는 열이 각각 평형을 이루고 있다는 것을 의미한다. 따라서 지표면에서 흡수한 양(45+C)은 방출한 양 A와 같다.

ㄴ. 대기 중의 온실 기체는 지표면에서 방출하는 지구 복사 에너지의 대부분을 흡수한다. 따라서 대기 중의 온실 기체가 증가하면 B의 양이 증가한다.

ㄷ. 지구 온난화는 온실 효과가 강화되어 지구의 평균 기온이 상승하는 현상이다. 따라서 지구 온난화가 진행되면 지표에서 방출하는 지구 복사 에너지의 양(A)이 증가하며, 이에 따라 대기가 지구로 재복사하는 에너지의 양(C)도 증가한다.

06 ㄴ. 해수의 온도가 높아지면 열팽창에 의해 해수의 부피가 증가하므로 해수면의 높이가 상승한다. 그 결과 해안에 있는 저지대가 침수됨으로써 육지의 면적이 감소한다.

바로알기 ㄱ. 해수의 온도가 상승하여 해수면의 높이가 상승하는 것은 열팽창에 의해 해수의 부피가 증가하기 때문이다.

ㄷ. 대륙 빙하가 녹아서 면적이 감소하면 지표가 드러나기 때문에 지표면의 반사율은 감소한다.

07 ㄱ. 요인별 온난화 기여도에서 인간 영향의 총합이 실제 지구 온난화 관측치와 비슷한 것으로 보아 지구 온난화에 기여한 정도는 자연적 요인보다 인위적 요인이 더 크다는 것을 알 수 있다.

ㄴ. 산업화 이전 대비 최근 10년 동안 지구의 온도가 크게 상승한 것은 인간의 산업 활동으로 화석 연료의 사용량이 증가하였기 때문이다.

바로알기 ㄷ. 지구 온난화에 가장 큰 영향을 주는 것은 이산화 탄소나 메테인과 같은 대기 중의 온실 기체 농도 증가이다. 대기 오염 물질인 에어로졸은 태양 복사 에너지를 반사 또는 산란하는 역할을 하므로 지구 온난화에 미치는 영향이 작다.

08 ㄱ. A는 식물의 광합성과 호흡에 의해 이산화 탄소가 이동하는 과정이다.

ㄴ. B는 인위적으로 삼림을 파괴하거나 조성함으로써 식물의 탄소 조절 능력에 영향을 주는 과정이다.

바로알기 ㄷ. C는 기체의 용해도가 달라져서 해수에 녹아 있는 이산화 탄소가 대기로 방출되거나 대기 중의 이산화 탄소가 해수로 녹아드는 과정이다. 강수와 증발은 순수한 물의 이동이다.

09 ㄴ. 1만 년 전부터 1만 년 후까지 공전 궤도 이심률은 계속 감소하고 있다. 이심률이 감소하면 원일점(북반구 여름)은 태양에 가까워지고, 근일점(북반구 겨울)은 태양에서 멀어진다. 따라서 (여름일 때 태양과 지구의 거리－겨울일 때 태양과 지구의 거리)값은 감소하고 있다.

바로알기 ㄱ. 태양의 남중 고도는 지구 자전축 기울기와 관련이 있다. 우리나라는 북반구 중위도에 위치하므로 지구 자전축 기울기가 감소하면 여름일 때 태양의 남중 고도는 감소한다.

ㄷ. 지구 자전축 기울기가 작아지면 우리나라에서 태양의 남중 고도는 여름에 낮아지고, 겨울에 높아지므로 기온의 연교차는 작아진다. 한편, 이심률이 작아지면 태양과 지구 사이의 거리가 여름에는 가까워지고 겨울에는 멀어지므로, 기온의 연교차는 증가한다.

10 ㄴ. 지구 온난화로 지구의 평균 기온이 상승하면 극지방의 온도가 높아져 빙하의 면적이 감소하므로 지표의 반사율이 낮아지고, 그 결과 태양 복사 에너지의 흡수량이 증가하여 지구 온난화가 강화되는 양의 되먹임 작용이 일어난다. 반면, 지구의 평균 기온이 상승하면 해수의 온도가 높아져 해수의 증발이 활발해지므로 구름이 많이 생성되고, 그 결과 반사율이 높아지므로 지구의 온도가 낮아지는 음의 되먹임 작용이 일어난다.

ㄷ. 지구 온난화로 지구의 평균 기온이 상승하면 열팽창에 의해 해수의 부피가 증가하고, 극지방과 고산 지대의 빙하가 녹아 해양으로 유입됨으로써 해수면의 높이가 상승하게 된다. 그 결과 해안가 저지대의 침수 피해가 발생한다.

바로알기 ㄱ. 해수면 온도가 상승하면 해수의 기체 용해도가 감소하므로 해수에 녹아 있던 이산화 탄소가 대기 중으로 방출된다. 메테인은 주로 유기물이 부패하는 과정에서 발생한다.

중단원 핵/심/정/리

128쪽~129쪽

1 북	2 남	3 고	4 저
5 음수(－)	6 양수(＋)	7 약화	8 약
9 하강	10 상승	11 증가	12 감소
13 세차 운동	14 커	15 10	16 작아
17 낮	18 반사율	19 이산화 탄소	
20 화석 연료			

통합 실전 문제

130쪽~132쪽

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

01 ㄱ. 육지와 가까운 A 해역에서 해수면의 온도가 낮고, 등수온선이 밀집한 형태를 보이는 것으로부터 심층의 해수가 상승하는 용승이 나타났음을 알 수 있다. 북반구에서는 바람이 부는 방향의 오른쪽 직각 방향으로 표층 해수가 이동하므로, 동해안에서 표층의 해수가 먼바다로 이동하여 용승이 일어나기 위해서는 남풍 계열의 바람이 지속적으로 불어야 한다.

ㄷ. 용승이 일어나는 경우 심층의 차가운 해수가 해저 지형을 따라 상승하므로 해안에 가까울수록 수온이 낮아지며, 이에 따라 수온 약층이 시작되는 깊이도 얕아진다. 따라서 수온 약층이 시작되는 깊이는 A＜B＜C 순이다.

바로알기 ㄴ. 수온이 높은 곳은 해수의 열팽창에 의해 해수면이 높아진다. 따라서 해수의 수온은 A＜B＜C 순이므로, 해수면의 높이도 A＜B＜C 순이다.

02 ㄱ. 적도 부근 해역에서는 적도를 경계로 북동 무역풍과 남동 무역풍이 동에서 서로 부는데, 이 무역풍에 의해 북반구에서는 해수가 바람의 오른쪽 직각 방향으로 이동하고, 남반구에서는 해수가 바람의 왼쪽 직각 방향으로 이동한다. 그 결과 적도의 표층 해수가 발산하고, 이를 채우기 위해 심층 해수가 상승하는 적도 용승이 일어난다. 적도 용승은 무역풍이 강할 때 활발하게 일어난다.

바로알기 ㄴ. 북반구에서 표층 해수는 바람의 방향에 대하여 오른쪽 직각 방향으로 이동한다. 따라서 캘리포니아 연안에서 용승이 일어나기 위해서는 북풍 계열의 바람이 지속적으로 불어야 한다.

ㄷ. 용승은 표층의 해수가 바람에 의해 먼바다로 이동하면 이를 보충하기 위해 심층의 차가운 해수가 상승하는 현상이다. 따라서 용승이 일어나는 해역은 표층 수온이 낮아지고 기층이 안정된다.

03 ㄱ. (나)에서 B 해역에 상승 기류가 생기는 것으로 보아 (나)는 엘니뇨 시기이다. 이 시기에 A 해역에서는 하강 기류에 의한 고기압이 형성되어 평소보다 강수량이 감소한다.

ㄴ. 엘니뇨 시기에는 적도 부근에서 동에서 서로 부는 무역풍의 세기가 약하다.

바로알기 ㄷ. 엘니뇨 시기에는 무역풍의 세기가 약하므로 동태평양 해역에서 용승이 약화된다. 따라서 C 해역의 표층 수온은 평상시보다 높아진다.

04 ㄱ. 남방진동 지수는 (타히티의 기압 편차−다윈의 기압 편차)로 나타낸다. A 시기에는 타히티의 기압 편차가 (−), 다윈의 기압 편차가 (+)로 나타나므로, 남방진동 지수는 (−)이다. B 시기에는 타히티의 기압 편차가 (+), 다윈의 기압 편차가 (−)로 나타나기 때문에 남방진동 지수는 (+)이다.

ㄴ. A 시기에 서태평양의 다윈은 기압이 높아지고, 동태평양의 타히티는 기압이 낮아지므로, 엘니뇨 발생 시기에 해당한다. 엘니뇨 발생 시기에 서태평양의 다윈 지역에서는 하강 기류에 의해 고기압이 형성되므로 평상시보다 맑은 날씨가 많이 나타난다.

ㄷ. A 시기는 엘니뇨 발생 시기이므로 타히티의 표층 수온이 평상시에 비해 높아진다. 반대로 B 시기는 라니냐 발생 시기이므로 타히티의 표층 수온이 평상시에 비해 낮아진다. 따라서 $\frac{\text{다윈 부근 해역의 평균 표층 수온}}{\text{타히티 부근 해역의 평균 표층 수온}}$은 A 시기보다 B 시기에 더 크다.

05 ㄱ. (가)는 서태평양의 따뜻한 해수가 동태평양으로 흘러가는 것으로 보아 무역풍이 약하게 불고 동태평양의 표층 수온이 높아지는 엘니뇨 시기임을 알 수 있다. 반대로 (나)는 동태평양에서 용승이 활발하고 따뜻한 해수가 서태평양으로 흘러가는 것으로 보아 라니냐 시기임을 알 수 있다. 남방진동 지수는 엘니뇨 시기에 (−)로, 라니냐 시기에 (+)로 나타난다.

바로알기 ㄴ. 해수의 수온이 높으면 열팽창에 의해 해수면의 높이가 높아지고, 해수의 수온이 낮으면 열수축에 의해 해수면의 높이가 낮아진다. 따라서 페루 앞바다의 수온은 엘니뇨 시기인 (가)일 때가 라니냐 시기인 (나)일 때보다 높으므로, 해수면의 높이는 (가)일 때가 (나)일 때보다 높을 것이다.

ㄷ. 엘니뇨 시기인 (가)일 때가 라니냐 시기인 (나)일 때보다 페루 앞바다의 표층 수온이 높으므로, 수온 약층이 나타나는 깊이는 (가)일 때가 (나)일 때보다 깊다.

06 엘니뇨 시기에는 동태평양에서 용승이 약화되므로 수온 약층(등수온선이 밀집한 부분)이 시작되는 깊이가 깊어지고, 라니냐 시기에는 동태평양에서 용승이 강화되므로 수온 약층이 시작되는 깊이가 얕아진다. 따라서 (가)는 엘니뇨 시기이고, (나)는 라니냐 시기임을 알 수 있다.

ㄱ. 엘니뇨 시기에는 동태평양에 상승 기류에 의한 저기압이 형성되므로 강수량이 증가한다. 따라서 강수량은 (가)일 때가 (나)일 때보다 많다.

ㄴ. 해수면의 높이는 수온이 높을수록 해수의 열팽창에 의해 높아진다. 따라서 동태평양의 표층 수온은 엘니뇨 시기에 더 높으므로, 해수면의 높이는 (가)일 때가 (나)일 때보다 높다.

ㄷ. 영양염은 주로 차가운 심층수에 풍부하므로, 심층의 해수가 상승하는 용승이 활발할수록 표층 해수에 영양염이 풍부해진다. 따라서 용승이 더 활발한 (나)일 때가 (가)일 때보다 표층 해수에 포함된 영양염이 많다.

07 ㄱ. 화산 활동으로 분출되는 화산재는 지권에 해당하고, 기후 변화는 기권에 영향을 준 것이다. 따라서 화산 분출에 의한 기후 변화는 지권과 기권의 상호작용에 해당한다.

ㄷ. 화산 활동은 기권에 영향을 줄 뿐만 아니라, 지형을 변화시키고, 화산재가 수권에 유입되는 등과 같은 다양한 경로를 통해 생물권의 변화를 초래한다.

바로알기 ㄴ. 화산재와 같은 화산 분출물이 대기로 유입되면 태양 복사 에너지의 대기 투과율이 낮아진다. 그 결과 지구의 평균 기온이 일시적으로 낮아진다.

08 ㄱ. 우리나라는 북반구에 위치하므로 11500년 전에 지구가 원일점에 위치할 때 우리나라는 겨울이고, 근일점에 위치할 때 우리나라는 여름이다.

ㄴ. 11500년 전에는 현재보다 지구 자전축의 기울기가 더 컸다. 따라서 우리나라 여름에는 태양의 남중 고도가 높고 근일점 부근에 위치하므로, 입사하는 태양 복사 에너지량이 많았을 것이다. 반대로 겨울에는 태양의 남중 고도가 낮고 원일점 부근에 위치하므로, 태양 복사 에너지량이 적었을 것이다. 따라서 기온의 연교차는 현재보다 컸을 것이다.

바로알기 ㄷ. 11500년 전 우리나라의 여름에는 지구 자전축이 태양 쪽을 향해 더 기울어지므로 태양의 남중 고도가 더 높았고, 겨울에는 지구 자전축이 태양의 반대쪽으로 더 기울어지므로 태양의 남중 고도가 더 낮았다.

09 ㄱ. 20세기 후반부터 지구의 기온이 지속적으로 상승한 것은 인간의 산업 활동에 의해 대기 중의 온실 기체가 증가하여 지구 온난화가 진행되었기 때문이다.

ㄷ. 지구 온난화로 지구의 평균 기온이 상승하면 열팽창에 의해 해수의 부피가 증가하고, 극지방과 고산 지대의 빙하가 녹아 해양으로 유입됨으로써 해수면의 높이가 상승하게 된다. 그 결과 해안가 저지대의 침수 피해가 발생하므로 해안 생태계에 변화가 생긴다.

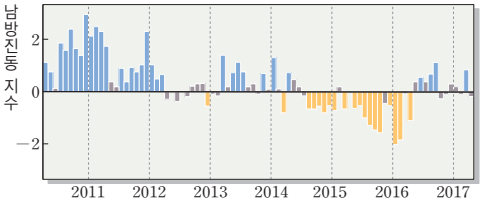
바로알기 ㄴ. 지구의 평균 해수면이 상승하는 주된 요인은 지구 온난화에 의해 지구의 기온이 상승하면서 해수의 열팽창이 일어나고, 육지의 빙하가 녹아 해양으로 흘러 들어가기 때문이다. 지구 온난화가 진행되면 강수량이 증가하지만 증발량도 증가하여 자연적으로 균형을 맞추기 때문에 강수량의 증가가 해수면 상승의 주된 원인이라고 볼 수 없다.

HIGH TOP 최상위 문제 133쪽

1 ④ 2 ③

1 자료 분석

남방진동 지수



남방진동 지수는 타히티의 해수면 기압 편차에서 다윈의 해수면 기압 편차를 뺀 값이다.

- 남방진동 지수가 양(+)의 값일 때: 라니냐 시기이다. 이때는 무역풍이 강해지고 동태평양 해수면 온도가 평년보다 낮게 나타난다.
- 남방진동 지수가 음(−)의 값일 때: 엘니뇨 시기이다. 이때는 무역풍이 약해지고 동태평양 해수면 온도가 평년보다 높게 나타난다.

ㄴ. (나)에서 따뜻한 해수층의 두께가 동태평양에서 두껍게 나타나는 것은 용승이 약해져서 발생하는 엘니뇨 시기의 특징이다.

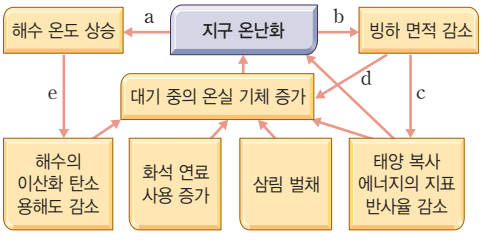
엘니뇨 시기에는 동태평양에 저기압이 형성되어 강수량이 증가하고, 서태평양에 고기압이 형성되어 강수량이 감소한다. 따라서 (나) 시기에 $\frac{\text{동태평양의 강수량}}{\text{서태평양의 강수량}}$은 평년에 비해 증가하였다.

ㄷ. 따뜻한 해수층이 두꺼워지면 깊이에 따라 수온이 급격하게 감소하는 수온 약층이 나타나는 깊이가 깊어진다. 따라서 (나) 시기에 동태평양에서 수온 약층이 시작되는 깊이는 평년에 비해 증가하였다.

바로알기 ㄱ. (나)는 동태평양의 따뜻한 해수층이 두꺼워지는 엘니뇨 시기이다. 남방진동 지수는 엘니뇨 시기에 (−), 라니냐 시기에 (+)로 나타나므로, 2011년 전후에는 라니냐가 발생했을 것이다. (나)와 같이 엘니뇨가 발생한 시기는 2016년 전후이다.

2 자료 분석

지구 온난화의 되먹임 작용



- 양(+)의 되먹임: 지구 온난화를 더욱 가속시키는 작용으로, 빙하 면적 감소에 따른 지표 반사율 감소(b → c), 해수 온도 상승에 따른 이산화 탄소 용해도 감소(a → e), 수증기 증가 등이 있다.
- 음(−)의 되먹임: 지구 온난화를 억제하는 작용으로, 구름 증가에 따른 반사율 증가, 식물의 성장 증가 등이 있다.

ㄱ. 지구 온난화의 양의 되먹임은 지구 온난화를 일으키는 원인에 의한 결과가 다시 지구 온난화를 가속시키는 요소로 작용하는 현상을 의미한다. 지구 온난화에 의해 지구의 기온이 상승하면 해수의 온도가 상승하고, 이로 인해 해수의 이산화 탄소 용해도가 감소하여 대기 중으로 이산화 탄소가 또 배출되어 지구 온난화는 가속된다. 또한, 해빙이 일어나면 지표가 노출됨으로써 지표면이 태양 에너지를 더 많이 흡수하게 되어 지구 온난화가 가속된다.

ㄷ. 해수의 온도가 상승하면 해수의 열팽창에 의해 해수면이 상승하게 됨으로써 해안가의 저지대가 침수될 수 있다.

바로알기 ㄴ. 해빙이 일어나면 빙하에 포함된 메테인이 대기로 방출된다.

사고력 확장 문제

134쪽~137쪽

1 (1) 엘니뇨 시기에는 동태평양에서 따뜻한 해수층이 두꺼워지므로 20 ℃ 등수온선이 나타나는 깊이도 깊어지게 된다.

(2) 엘니뇨 시기에는 타히티 주변에서 상승 기류가 생기고, 다윈 주변에서 하강 기류가 생긴다.

모범 답안 (1) 엘니뇨 시기에는 서에서 동으로 따뜻한 해수가 유입되고, 동태평양에서의 용승이 약화되어 따뜻한 해수층이 두꺼워지므로, 동태평양에서 20 ℃ 등수온선의 깊이가 깊어진다. 따라서 측정한 시기는 엘니뇨 시기이다.

(2) 1월부터 10월까지 동태평양에서 20 ℃ 등수온선의 깊이가 증가했다는 것은 엘니뇨가 강해졌음을 의미한다. 엘니뇨가 발생하면 동태평양의 해면 기압은 감소하고 서태평양의 해면 기압은 증가하므로 $\frac{\text{서태평양 해면 기압}}{\text{동태평양 해면 기압}}$은 점점 증가했다고 판단할 수 있다.

	채점 기준	배점(%)
(1)	서에서 동으로 따뜻한 해수의 유입과 동태평양에서의 용승 약화를 언급하여 엘니뇨 시기라고 옳게 서술한 경우	50
	따뜻한 해수의 유입과 용승 약화 중 한 가지만 언급하여 엘니뇨 시기라고 옳게 서술한 경우	20
(2)	엘니뇨가 점점 강해졌으며, $\frac{\text{서태평양 해면 기압}}{\text{동태평양 해면 기압}}$이 증가했다고 모두 옳게 서술한 경우	50
	$\frac{\text{서태평양 해면 기압}}{\text{동태평양 해면 기압}}$이 증가했다고만 서술한 경우	20

2 (1) 엘니뇨 발생 시기에 서태평양에서는 하강 기류에 의한 고기압이 형성되고, 동태평양에서는 상승 기류에 의한 저기압이 형성된다. 따라서 (가)는 엘니뇨 발생 시기이다.

(2) 엘니뇨 발생 시기에는 무역풍이 약해진다.

모범 답안 (1) (가)는 서태평양에서 하강 기류가 나타나고, 동태평양에서 상승 기류가 나타나므로 엘니뇨 시기이다. 엘니뇨 시기에는 동에서 서로 부는 무역풍의 세기가 평상시보다 약해지므로 풍속 편차가 대부분 (−)인 B에 해당한다.

(2) 엘니뇨 시기에는 동에서 서로 부는 무역풍이 약하므로, 서태평양에 형성된 따뜻한 해수층이 동태평양으로 유입되고, 동태평양에서의 용승이 약화되어 동태평양의 표층 수온이 상승한다.

	채점 기준	배점(%)
(1)	엘니뇨 시기에는 무역풍의 세기가 평상시보다 약하므로 B에 해당한다고 옳게 서술한 경우	50
	B에 해당한다고만 서술한 경우	20
(2)	엘니뇨 시기에는 무역풍의 세기가 평상시보다 약하므로 서에서 동으로 따뜻한 해수가 유입되고 동태평양에서의 용승이 약화되어 표층 수온이 상승한다고 옳게 서술한 경우	50
	무역풍의 세기 변화를 언급하지 않고 동태평양에서의 표층 수온 변화만 옳게 서술한 경우	20

3 (1) (가)는 엘니뇨 시기의 대기 순환 모습이다. 엘니뇨 시기에 타히티는 평상시보다 기압이 낮게 나타나고, 다윈은 평상시보다 기압이 높게 나타나므로, (가)의 대기 순환이 나타난 시기는 (나)의 A에 해당한다.

(2) 엘니뇨 시기(A)에 기압 편차는 타히티에서 (−), 다윈에서 (+)로 나타나고, 라니냐 시기(B)에 기압 편차는 타히티에서 (+), 다윈에서 (−)로 나타난다.

모범 답안 (1) A

(2) 남방진동 지수는 (타히티의 기압 편차−다윈의 기압 편차)로 구한다. A 시기에는 남방진동 지수가 (−), B 시기에는 남방진동 지수가 (+)로 나타나므로, 남방진동 지수는 B 시기가 A 시기보다 크다.

	채점 기준	배점(%)
(1)	A라고 옳게 쓴 경우	20
(2)	남방진동 지수를 구하는 방법과 크기 비교를 모두 옳게 서술한 경우	80
	남방진동 지수를 구하는 방법과 크기 비교 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	30

4 (1) (가) 태양과 지구 사이의 거리가 변하면 지구에 도달하는 태양 복사 에너지의 양이 달라진다.

(나) 지구 자전축의 기울기가 변하면 위도에 따라 태양의 남중 고도가 달라진다.

(다) 현재 우리나라는 원일점에서 여름, 근일점에서 겨울이 나타나는데, 자전축의 경사 방향이 반대가 되면 원일점에서 겨울, 근일점에서 여름이 나타난다.

(2) 지구 자전축의 기울기가 현재보다 커지면 여름은 더 더워진다. 지구 자전축 경사 방향이 정반대로 바뀌면 근일점에 위치할 때 여름이 되므로 여름에 기온이 더 높아진다. 지구 공전 궤도 이심률이 커지면 근일점은 태양에 더 가까워진다.

모범답안 (1) (가) 태양과 지구 사이의 거리가 달라지면 지구에 도달하는 태양 복사 에너지량이 달라져서 기후가 변한다.
(나) 지구 자전축의 기울기가 변하면 태양의 남중 고도가 달라져서 위도에 따른 일사량의 변화가 생긴다.
(다) 지구 자전축 경사 방향이 변하면 공전 궤도상에서 계절이 나타나는 위치가 달라진다.
(2) 지구 자전축 기울기 커지면 중위도에 위치한 우리나라는 여름에 태양의 남중 고도가 높아지고, 지구 자전축 경사 방향이 정반대가 되면 근일점에서 여름이 나타나게 되며, 지구 공전 궤도 이심률이 현재보다 커지면 근일점이 태양에 더 가까워진다. 따라서 주어진 조건을 모두 고려하면 우리나라는 현재보다 여름에 기온이 더 높아질 것이다.

채점 기준		배점(%)
(1)	(가)~(다)의 요인이 기후 변화에 미치는 영향을 모두 옳게 서술한 경우	50
	(가)~(다)의 요인이 기후 변화에 미치는 영향 중 두 가지만 옳게 서술한 경우	30
	(가)~(다)의 요인이 기후 변화에 미치는 영향 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	20
(2)	세 가지 조건에 따른 기후 변화를 모두 언급하여 우리나라 여름의 기온이 높아질 것이라고 옳게 서술한 경우	50
	세 가지 조건에 따른 기후 변화 중 두 가지만 언급하여 우리나라 여름의 기온이 높아질 것이라고 옳게 서술한 경우	30
	세 가지 조건에 따른 기후 변화 중 한 가지만 언급하여 우리나라 여름의 기온이 높아질 것이라고 옳게 서술한 경우	20
	우리나라 여름의 기온이 높아질 것이라고만 쓴 경우	10

5 (1) 지구 공전 궤도의 이심률이 달라지면 지구와 태양 사이의 거리가 달라져서 지구에 도달하는 태양 복사 에너지량이 달라진다.
(2) 우리나라에서 기온의 연교차가 커지는 조건은 지구 자전축 기울기가 현재보다 커질 때, 공전 궤도 이심률이 현재보다 작아질 때, 지구 자전축의 경사 방향이 반대가 될 때이다.

모범답안 (1) ㉠, 이심률이 클수록 지구의 공전 궤도가 긴 타원을 이루므로, 근일점과 원일점의 거리 차가 커서 지구에 도달하는 태양 복사 에너지량의 차이가 크다.
(2) ㉡－㉢－㉠, ㉡은 이심률이 현재와 같지만, 자전축 기울기가 크므로 여름에 태양의 남중 고도가 높아서 현재보다 여름의 기온이 높아 기온의 연교차가 클 것이다. ㉢은 이심률이 현재와 같지만, 자전축 기울기가 작으므로 여름에 태양의 남중 고도가 낮아서 현재보다 여름의 기온이 낮아 기온의 연교차가 작을 것이다. ㉠은 ㉢과 마찬가지로 자전축 기울기가 작으므로 여름에 태양의 남중 고도가 낮아서 현재보다 여름의 기온이 낮은데, 이심률이 현재보다 커서 원일점(여름)이 태양에서 더 멀어지므로 ㉢보다 여름의 기온이 더 낮다. 따라서 기온의 연교차가 가장 작을 것이다.

채점 기준		배점(%)
(1)	㉠을 고르고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	50
	㉠만 고르거나, 까닭만 옳게 서술한 경우	20
(2)	㉠~㉢을 순서대로 옳게 나열하고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	50
	㉠~㉢만 순서대로 옳게 나열하거나, 까닭만 옳게 서술한 경우	20

6 (1) 지구는 복사 평형을 이루고 있으므로, 지구에서 우주 공간으로 방출되는 지구 복사 에너지량은 입사하는 태양 복사 에너지 100에서 지구에 흡수되지 않고 반사되는 30을 뺀 70이다.
(2) 대기 중의 온실 기체가 증가하면 대기가 흡수하는 지구 복사 에너지의 양(C)이 증가한다. 이에 따라 대기에서 지구로 재복사하는 에너지의 양(D)이 증가하고, 지표면이 방출하는 에너지의 양(B)도 증가한다. 이러한 과정이 반복되면서 대기와 지표면의 온도가 상승하여 지구 온난화가 진행된다.

모범답안 (1) 70
(2) 대기 중의 온실 기체가 증가하면 C가 증가한다. 복사 평형을 이루고 있는 지구에서 대기가 우주 공간으로 방출하는 에너지량은 변함이 없으므로 D가 증가하게 되고, 이에 따라 B도 증가하게 된다. 이러한 과정을 통해 지표면과 대기의 기온이 상승하여 지구 온난화가 진행된다.

채점 기준		배점(%)
(1)	지구 복사의 값 70을 옳게 쓴 경우	30
(2)	B~D의 변화를 언급하여 지구 온난화가 진행되는 과정을 옳게 서술한 경우	70

7 (1) A는 주로 식물이나 동물의 사체 등이 지권에 매몰되어 생성되는 화석 연료(석탄, 석유)이다. B는 바닷물에 녹아

있던 탄산 칼슘($CaCO_3$)이 물속에서 침전되어 생성되는 암석으로, 주로 석회암이다.

(2) 지구 온난화에 의해 해수의 온도가 상승하면 해수의 기체 용해도가 감소한다. 따라서 해수에 녹아 있던 이산화 탄소가 대기 중으로 배출된다.

모범 답안 (1) A: 화석 연료(석탄, 석유), B: 석회암

(2) 석탄이나 석유와 같은 화석 연료의 연소로 기권의 탄소가 증가하거나, 해수의 온도가 상승하여 수권의 탄소가 기권으로 이동하면 온실 효과가 강화되어 지구 온난화가 진행된다.

채점 기준		배점(%)
(1)	A와 B를 모두 옳게 쓴 경우	40
	A와 B 중 한 가지만 옳게 쓴 경우	20
(2)	기권의 탄소가 증가하여 지구 온난화가 진행되는 과정을 두 가지 모두 옳게 서술한 경우	60
	기권의 탄소가 증가하여 지구 온난화가 진행되는 과정을 한 가지만 옳게 서술한 경우	30

8 (1) 주어진 자료에서 SSP4의 경우 지구의 기온 상승률이 가장 높게 나타난다. 이로부터 화석 연료의 사용과 무분별한 도시 개발로 인한 녹지의 감축 등이 지구 온난화에 가장 큰 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.

(2) 온실 기체를 현재 수준으로 유지한다고 해도 지구 온난화의 양의 되먹임 작용으로 지구의 온도는 계속 상승할 것이다. 따라서 지구 온난화를 방지하기 위해서는 화석 연료의 사용 금지 및 재생 에너지 개발 뿐만 아니라, 대기 중 온실 기체를 제거할 수 있는 기술 개발이 필요하다.

모범 답안 (1) SSP4인 경우 지구의 기온 상승률이 가장 높은 것으로 보아 화석 연료의 사용과 도시 중심의 무분별한 개발이 지구 온난화에 가장 큰 영향을 미친다고 판단된다.

(2) 화석 연료의 사용을 전면 금지한다. 100 % 친환경 재생 에너지를 사용해야 한다. 대기 중의 과잉된 온실 기체를 제거하는 기술을 개발해야 한다. 등

채점 기준		배점(%)
(1)	지구 온난화에 가장 큰 영향을 미치는 요인 두 가지를 모두 옳게 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	60
	지구 온난화에 가장 큰 영향을 미치는 요인을 한 가지만 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	30
(2)	SSP1보다 더 강력한 방법을 옳게 서술한 경우	40

논구술 대비 문제

140쪽~143쪽

1 **문제 해결 과정** (1) 태풍이 우리나라에 접근할 때 동해에서 관측되는 바람의 방향을 판단하고, 표층 해수 위에 부는 바람에 의해 표층 해수가 이동하는 방향과 그 결과로 나타나는 용승 현상을 설명한다.

(2) 태풍이 지나가면서 강한 바람에 의해 해수가 연직 방향으로 섞이게 됨을 이해하고, 이러한 해수의 연직 혼합에 따라 나타나는 수온의 변화를 설명한다.

(3) 태풍은 중심 기압이 주변보다 낮은 저기압이므로 태풍이 위치한 곳의 해수면은 주변보다 높아진다. 높아진 해수는 위치 에너지를 가지게 되며, 태풍이 육지에 상륙하거나 소멸하면 높아진 해수가 다시 내려가면서 위치 에너지가 다른 에너지로 변하여 해일이 발생한다는 것을 설명한다.

해설 (1) 이 태풍은 8월 29일에 한반도 북쪽에서 소멸할 때까지 우리나라의 황해를 통과하면서 많은 피해를 주었다. 우리나라는 태풍을 기준으로 동쪽에 위치했으며 북반구 저기압에서의 바람 방향을 고려하면, 이 태풍이 황해를 통과할 때 동해 연안에서는 남풍이 우세하게 나타났을 것이다.

(2) 혼합층은 해수면 부근에서 부는 바람에 의해 해수가 고르게 섞여 수온이 거의 일정하게 나타나는 층으로, 바람이 강하게 불수록 두껍게 나타난다. 황해는 수심이 얕아 태풍이 지나가는 동안 강풍에 의해 해수가 연직으로 잘 혼합된다.

(3) 태풍은 저기압이므로 태풍이 위치한 곳의 해수면은 주변보다 높아진다. 이후 태풍이 그 해역을 통과하면 높아졌던 해수면이 다시 낮아지면서 커다란 파도가 발생하는데, 이를 폭풍 해일이라고 한다. 폭풍 해일을 일으키는 해수의 위치 에너지를 구하기 위해서는 먼저 [제시문 2]의 식을 이용하여 해수면의 고도 상승치를 구하고, 이를 이용하여 해수면 고도 상승에 따른 위치 에너지를 계산한다. 이 위치 에너지가 운동 에너지 등으로 전환되면서 커다란 파도를 발생시켜 해안가에 해일 피해를 일으킨다.

예시 답안 (1) 이 태풍은 황해를 남북으로 관통하여 북상하였기 때문에 태풍 진행 방향의 오른쪽에 위치한 동해에는 태풍이 황해를 지나가는 동안 남풍 계열의 바람이 강하게 불었을 것이다. 그 결과 동해 연안에서는 바람이 부는 방향의 오른쪽 직각 방향인 동해 먼바다 쪽으로 표층 해수가 이동하므로 동해 연안을 따라 용승이 일어나서 연안 냉수대가 나타난 것이다.

(2) 황해는 수심이 얕기 때문에 태풍이 지나가는 동안 강풍에 의해 해수가 연직으로 잘 혼합된다. 따라서 8월에 강하게 내리쬐는 햇빛으로 가열된 황해의 표층 해수가 바람의 혼합 작용으로 아래쪽의 찬 해수와 섞여서 혼합층이 두꺼워지고, 표층의 수온이 낮아진 것이다.

(3) 해수면의 고도 상승은 [제시문 2]에 주어진 식을 이용하면 다음과 같이 계산된다.

$$h = 43.3 - 0.0433 \times 960 = 1.732(\text{m})$$

따라서 태풍에 의해 상승한 해수는 반지름이 400 km이고, 높이가 1.732 m인 원기둥과 같으므로 질량 m은 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$\begin{aligned} m &= \text{해수의 밀도} \times \pi \times (\text{반지름})^2 \times \text{높이} \\ &= 1000\ \text{kg/m}^3 \times \pi \times (4 \times 10^5\ \text{m})^2 \times 1.732\ \text{m} \\ &\fallingdotseq 8.7 \times 10^{14}\ \text{kg} \end{aligned}$$

한편, 상승한 해수의 무게 중심 높이를 해수가 상승한 높이의 $\frac{1}{2}$인 0.866 m로 하면, 상승한 해수가 가지는 위치 에너지 E_h는 질량 × 중력 가속도 × 0.866이므로 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$\begin{aligned} E_h &= 8.7 \times 10^{14}\ \text{kg} \times 9.8\ \text{m/s}^2 \times 0.866\ \text{m} \\ &\fallingdotseq 7.4 \times 10^{15}\ \text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2 = 7.4 \times 10^{15}\ \text{J} \end{aligned}$$

태풍이 육지로 상륙하면 태풍에 의해 상승한 해수가 다시 하강하여 원상태로 돌아가면서 위치 에너지가 다른 에너지로 전환된다. 이렇게 전환된 에너지의 일부는 파도가 된다. 파도가 해안에 도착하게 되면 더이상 진행할 수 없으므로 파고가 높아져 다량의 물이 육지로 쏟아지는데, 이를 태풍에 의한 폭풍 해일이라고 한다.

2 **문제 해결 과정** (1) 같은 위도상에 위치하고 있는 A와 B의 평균 기온을 그림에서 파악하여 크기를 비교하고, 그 결과를 대서양과 태평양을 흐르는 표층 해류와 관련지어 설명한다.

(2) 해수의 표층 순환과 심층 순환은 컨베이어 벨트처럼 하나로 연결되어 있다. 지구 온난화가 일어나면 어떤 현상이 일어나 유럽 지역에 한파가 발생할지 해수의 순환과 관련지어 추론해 본다.

해설 (1) A와 B는 같은 위도상에 있는 해역이지만 A의 평균 기온이 B보다 높다. 이는 이 해역에 흐르는 해류의 영향 때문인데, A에는 난류가, B에는 한류가 영향을 미치고 있다.

(2) 표층 순환과 심층 순환은 연결되어 있다. 빙하 융해에 따른 담수 유입은 표층 해수의 밀도를 감소시켜 그린란드 해역에서 해수의 침강을 약화시키고, 이는 심층 순환과 연결되어 있는 표층 순환의 약화로 이어진다. 이에 따라 해류에 의해 저위도에서 고위도로 수송되는 에너지가 감소하여 유럽 지역에 한파 피해가 발생할 수 있다.

예시 답안 (1) A 해역이 B 해역보다 평균 기온이 높다. A 해역은 난류(멕시코만류)의 영향을 받아 평균 기온이 높게 나타나고, B 해역은 한류(오야시오 해류)의 영향을 받아 평균 기온이 낮게 나타난다.

(2) 지구 온난화가 심화되면 북극 빙하가 녹으면서 대량의 담수가 북대서양에 유입된다. 이로 인해 표층 해수의 염분이 낮아지고 밀도가 감소하여 그린란드 해역에서의 해수 침강이 약화된다. 침강이 약화되면 심층 순환이 약해지고, 심층 순환과 연결된 표층 순환도 약해진다. 그 결과 저위도에서 고위도로 흐르는 멕시코만류의 열 수송이 감소하여 영국을 비롯한 유럽 지역에 극심한 한파가 발생할 수 있다.

3 **문제 해결 과정** (1) 온실 기체가 지구 온난화에 기여하는 정도는 온실 기체의 지구 온난화 지수와 배출량을 함께 비교하여 설명한다.

(2) 농축산 부문에서의 온실 기체는 주로 발효 또는 가축의 분뇨에서 발생하므로 이 과정에서 발생하는 기체가 무엇인지를 설명한다.

해설 (1) 온실 기체가 지구 온난화에 미치는 정도는 같은 양을 비교했을 때 미치는 영향과 배출량을 함께 고려해야 한다. 이산화 탄소는 지구 온난화 지수가 가장 작지만 대기로 배출되는 온실 기체의 대부분을 차지하므로 가장 큰 영향을 미친다고 할 수 있다. 이산화 탄소는 주로 화석 연료가 에너지원으로 사용될 때 발생하며 식물의 광합성에 의해 흡수되므로, 대기 중 이산화 탄소의 양을 줄이기 위해서는 화석 연료의 사용을 줄이고, 삼림 벌채를 막고 식목사업을 하는 것이 필요하다.

(2) 농축산 부문에서 온실 기체를 배출하는 유형은 장내 발효와 가축 분뇨 및 처리 과정에서 발생한다. 이러한 과정에서는 메테인이 발생하며, 인류의 식생활이 바뀌면서 그 양이 증가하고 있다.

예시 답안 (1) 지구 온난화 지수와 배출량을 고려했을 때 지구 온난화에 가장 큰 영향을 미치는 온실 기체는 이산화 탄소이다. 이산화 탄소의 주요 발생원은 화석 연료의 사용과 삼림 벌채이므로, 대기 중의 이산화 탄소 농도를 줄이기 위해서는 화석 연료의 사용을 줄이고 무분별한 삼림 벌채를 막아야 한다.

(2) 농축산 부문에서 발생하는 온실 기체의 대부분은 발효나 가축의 분뇨 및 처리 과정에서 나오는 메테인이다. 메테인의 배출량이 증가한 까닭은 인류의 식생활이 육식으로 확대되면서 가축의 사육 수가 증가했기 때문으로 추정할 수 있다.

MEMO