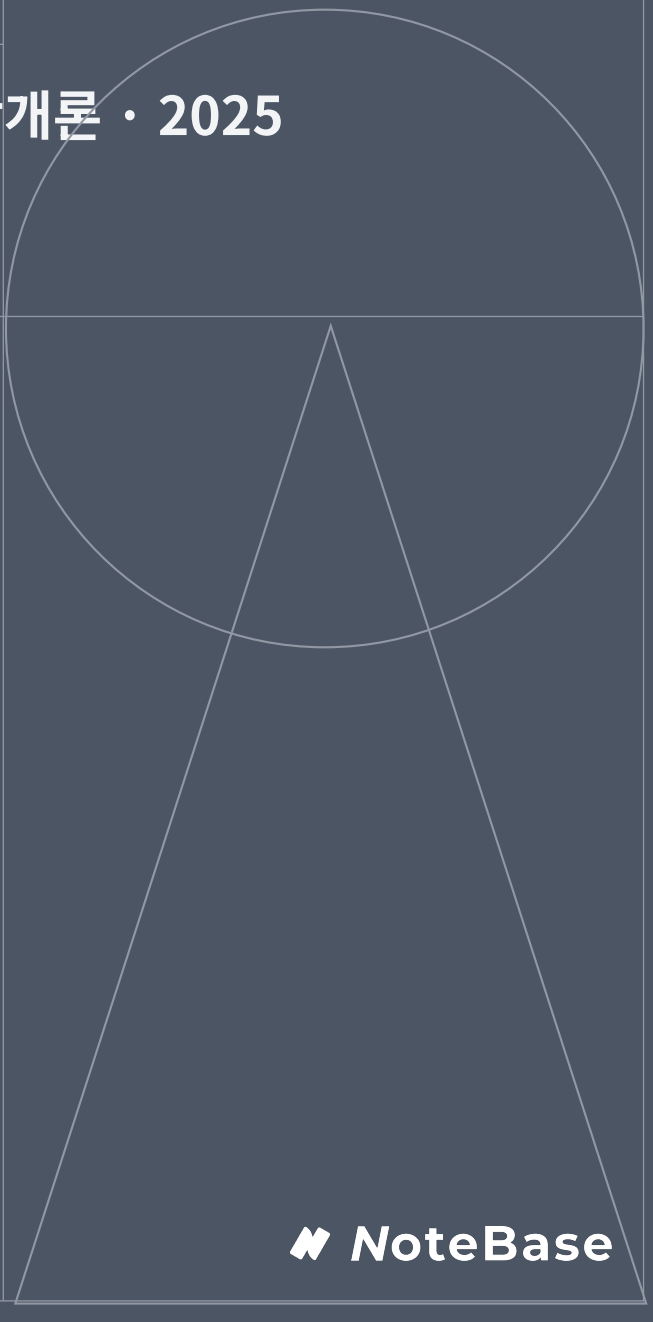
기출OX 해설집

공무원/기상직/9급 · 기상학개론 · 2025



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/기상직/9급 · 기상학개론 · 2025

공무원/기상직/9급 · 기상학개론 · 2025

문 1. 동일한 공기덩이에 대한 온도 값을 옳게 비교한 것은?
(단, 상대습도는 50%이다.)

① 이슬점온도 < 습구온도 < 건구온도 < 가온도
② 이슬점온도 < 습구온도 < 가온도 < 건구온도
③ 습구온도 < 이슬점온도 < 건구온도 < 가온도
④ 습구온도 < 이슬점온도 < 가온도 < 건구온도

정답 1번

출제 포인트

상대습도가 50%인 불포화 공기에서 이슬점온도, 습구온도, 건구온도, 가온도의 대소 관계를 구분하는 문제이다.

핵심 개념

이슬점온도: 공기를 냉각할 때 수증기가 포화되어 응결이 시작되는 온도이다.
습구온도: 습구에서 물이 증발하며 냉각된 결과 나타나는 온도로, 불포화 공기에서는 이슬점온도보다 높고 건구온도보다 낮다.
건구온도: 일반 온도계로 측정한 실제 공기의 온도이다.
가온도: 습윤 공기의 밀도를 같은 압력의 건조 공기로 나타내기 위해 도입한 온도이며, 수증기가 있는 공기에서는 건구온도보다 높다.
따라서 상대습도 50%인 공기의 온도 관계는 이슬점온도 < 습구온도 < 건구온도 < 가온도이다.

선지별 해설

① O — 이슬점온도는 습구온도보다 낮고, 습구온도는 증발 냉각 때문에 건구온도보다 낮다. 또한 수증기가 포함된 공기의 가온도는 건구온도보다 높으므로 제시된 순서가 모두 옳다.
② X — 틀린 부분은 '가온도 < 건구온도'이다. 수증기가 포함된 공기에서는 가온도가 건구온도보다 높으므로, 올바른 순서는 이슬점온도 < 습구온도 < 건구온도 < 가온도이다.
③ X — 틀린 부분은 '습구온도 < 이슬점온도'이다. 불포화 공기에서는 이슬점온도가 습구온도보다 낮으므로, 올바른 순서는 이슬점온도 < 습구온도 < 건구온도 < 가온도이다.
④ X — 틀린 부분은 '습구온도 < 이슬점온도'와 '가온도 < 건구온도'이다. 실제로는 이슬점온도가 습구온도보다 낮고 건구온도가 가온도보다 낮으므로, 올바른 순서는 이슬점온도 < 습구온도 < 건구온도 < 가온도이다.

NoteBase

오답 포인트

습구온도와 이슬점온도의 위치를 바꾸거나, 가온도를 증발 냉각으로 낮아진 온도로 오해하기 쉽다. 습구온도는 증발 냉각으로 건구온도보다 낮아지지만 이슬점온도까지 내려가지는 않으며, 가온도는 공기의 밀도를 환산한 값이므로 수증기가 있으면 건구온도보다 높다.

다시 나오면 이렇게 판단

상대습도가 100%보다 작으면 먼저 이슬점온도 < 습구온도 < 건구온도를 세우고, 수증기가 포함된 공기에서는 가온도가 건구온도보다 높다는 관계를 마지막에 붙인다.

암기 포인트

불포화 공기는 '이슬점 < 습구 < 건구 < 가온도' 순서이다.

NoteBase

문 2. 준지균 이론(quasi-geostrophic theory)에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

ㄱ. 대기의 운동을 지균풍과 비지균풍으로 나누어서 생각한다.
ㄴ. 위도에 따른 행성 소용돌이도(planetary vorticity) 변화를 무시할 수 있으므로 코리올리 매개변수(Coriolis parameter)는 상수로 가정한다.
ㄷ. 연직류는 지균풍의 수평 발산을 통해서 설명된다.

① ㄱ ② ㄱ, ㄴ
③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ

정답 1번

출제 포인트

준지균 이론에서 지균풍과 비지균풍을 어떻게 구분하며, 행성 소용돌이도와 연직류를 어떻게 다루는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

준지균 이론: 대규모 대기 운동에서 지균풍을 주된 흐름으로, 비지균풍을 그보다 작은 보정 흐름으로 보는 근사 이론이다.
행성 소용돌이도: 위도에 따라 달라지는 코리올리 효과이며, 준지균 이론에서는 그 위도 변화를 무시하지 않고 베타 효과로 반영한다.
연직류: 지균풍 자체의 수평 발산이 아니라 비지균풍의 수평 발산·수렴과 연속 방정식에 의해 설명된다.

선지별 해설

① O — ㄱ만 포함한 조합이다. 준지균 이론은 전체 바람을 주된 지균풍과 작은 비지균풍 성분으로 나누어 다루므로 ㄱ은 옳다.
② X — ㄴ을 포함하므로 틀리다. 틀린 표현은 '위도에 따른 행성 소용돌이도 변화를 무시'하고 '코리올리 매개변수를 상수로 가정한다'는 부분이다. 올바르게는 기본 지균 균형에는 대표 코리올리 값을 사용하더라도, 행성 소용돌이도의 위도 변화는 베타 효과로 보존한다. 따라서 옳은 것은 ㄱ뿐이다.
③ X — ㄷ을 포함하므로 틀리다. 틀린 표현은 '지균풍의 수평 발산'이다. 올바르게는 지균풍은 준지균 근사에서 수평 비발산으로 취급하며, 연직류는 비지균풍의 수평 발산·수렴을 통해 설명한다. 따라서 옳은 것은 ㄱ뿐이다.
④ X — ㄴ과 ㄷ이 모두 틀린 진술이므로 틀리다. 올바른 조합은 행성 소용돌이도의 위도 변화를 반영하고 연직류를 비지균풍의 수평 발산·수렴과 연결하는 것이며, 제시된 진술 중에서는 ㄱ만 옳다.

NoteBase

오답 포인트

‘준지균’이라는 말 때문에 모든 항에서 코리올리 매개변수를 완전히 일정하게 둔다고 오해하기 쉽다. 그러나 기본 지균 균형에 쓰는 대표값과 행성 소용돌이도의 위도 변화인 베타 효과를 구분해야 한다. 또한 연직운동을 만드는 발산 성분은 지균풍이 아니라 비지균풍이라는 점이 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

준지균 이론의 진술은 ‘지균풍은 주된 수평 흐름이자 비발산’, ‘비지균풍의 발산·수렴은 연직운동과 연결’, ‘행성 소용돌이도의 위도 변화는 베타 효과로 반영’이라는 세 기준으로 판단한다.

암기 포인트

지균풍은 주 흐름, 비지균풍은 발산과 연직류, 위도 변화는 베타 효과이다.

NoteBase

문 3. 다음은 태양계 행성인 금성, 지구, 화성, 목성의 대기에서의 중력가속도와 정압비열이다. 이때 각 행성 건조단열감률의 절댓값을 옳게 비교한 것은? (단, 모든 행성의 대기는 정역학 평형을 만족한다.)

	중력가속도($m\,s^{-2}$)	정압비열($J\,K^{-1}\,kg^{-1}$)
금성	8	1,200
지구	10	1,000
화성	4	800
목성	25	10,000

① 목성 < 화성 < 지구 < 금성
② 지구 < 금성 < 화성 < 목성
③ 목성 < 화성 < 금성 < 지구
④ 화성 < 목성 < 금성 < 지구

정답 3번

출제 포인트

정역학 평형을 이루는 대기에서 건조단열감률의 절댓값이 중력가속도에 비례하고 정압비열에 반비례한다는 관계를 이용해 네 행성의 값을 비교하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 각 행성의 중력가속도 g와 정압비열 c_p이다. 구해야 할 값은 건조단열감률의 절댓값이며, 네 행성에 같은 단위가 사용되므로 각각 g/c_p를 계산해 비교하면 된다.

사용할 공식

건조단열감률의 절댓값은 다음과 같다.

$$|\Gamma_d| = \frac{g}{c_p}$$

정역학 평형에서 상승하는 건조 공기덩이의 단열 온도 변화율이 이 식으로 주어지므로 사용한다. g의 단위 ms^{-2}를 c_p의 단위 $JK^{-1}kg^{-1}$로 나누면 Km^{-1}가 되며, Kkm^{-1}로 바꿀 때 1,000을 곱한다.

계산 과정

금성: $8/1{,}200 = 0.00667 Km^{-1} = 6.67 Kkm^{-1}$
지구: $10/1{,}000 = 0.010 Km^{-1} = 10 Kkm^{-1}$
화성: $4/800 = 0.005 Km^{-1} = 5 Kkm^{-1}$
목성: $25/10{,}000 = 0.0025 Km^{-1} = 2.5 Kkm^{-1}$
따라서 작은 순서는 목성 < 화성 < 금성 < 지구이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 목성 < 화성까지는 맞지만 지구와 금성의 순서가 바뀌었다. 지구는 $10 K km^{-1}$, 금성은 $6.67 K km^{-1}$이므로, 올바르게는 '목성 < 화성 < 금성 < 지구'이다.
② X — 지구를 가장 작게, 목성을 가장 크게 놓은 것이 계산 결과와 반대이다. 올바르게는 '목성 < 화성 < 금성 < 지구'이다.
③ O — $2.5 < 5 < 6.67 < 10$이므로 '목성 < 화성 < 금성 < 지구'가 정확하다.
④ X — 화성과 목성의 순서가 바뀌었고 금성이 지구보다 앞서야 한다. 올바르게는 '목성 < 화성 < 금성 < 지구'이다.

오답 포인트

중력가속도만 크면 건조단열감률도 크다고 판단하면 목성의 매우 큰 정압비열을 놓치게 된다. 특히 목성은 중력가속도가 가장 크지만 $c_p = 10{,}000 J K^{-1} kg^{-1}$으로 매우 커서 g/c_p는 가장 작다.

다시 나오면 이렇게 판단

행성별로 중력가속도와 정압비열을 따로 비교하지 않고 먼저 g/c_p를 계산한 뒤, 모든 값을 같은 단위로 맞추어 작은 값부터 배열한다.

암기 포인트

건조단열감률의 절댓값은 $|\Gamma_d| = g/c_p$이다. 중력가속도가 클수록 커지고 정압비열이 클수록 작아진다.

NoteBase

문 4. 대기 중 산란에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 탄성 산란(elastic scattering)은 입사된 빛의 에너지가 변화하지 않고, 진행 방향만 바뀌는 현상이다.
② 구름에 의한 산란은 지표에 도달하는 태양복사에너지를 감소시킨다.
③ 레일리 산란(Rayleigh scattering)은 빛의 파장이 산란입자의 크기보다 매우 작을 때 발생하며, 이때 산란된 빛의 강도는 파장의 4제곱에 반비례한다.
④ 빛의 파장이 산란입자의 크기와 거의 같을 때 미 산란(Mie scattering)이 발생할 수 있다.

정답 3번

출제 포인트

탄성 산란의 성질과 레일리 산란·미 산란을 구분하는 입자 크기 조건을 묻는 문제이다.

핵심 개념

탄성 산란: 빛의 에너지는 변하지 않고 진행 방향만 바뀌는 산란이다.
레일리 산란: 산란입자의 크기가 빛의 파장보다 매우 작을 때 나타나며, 산란 강도는 파장의 네제곱에 반비례하여 짧은 파장일수록 강하게 산란된다.
미 산란: 산란입자의 크기가 빛의 파장과 비슷할 때 나타나는 산란이다.

선지별 해설

① O — 탄성 산란에서는 입사광과 산란광의 에너지가 같고 진행 방향만 달라진다.
② O — 구름은 태양복사의 일부를 여러 방향으로 산란시키고 우주 쪽으로 되돌려 보내므로 지표에 도달하는 태양복사에너지를 감소시킨다.
③ X — 틀린 표현은 '빛의 파장이 산란입자의 크기보다 매우 작을 때'이다. 올바르게는 '산란입자의 크기가 빛의 파장보다 매우 작을 때' 레일리 산란이 발생한다. 산란 강도가 파장의 네제곱에 반비례한다는 부분은 옳다.
④ O — 빛의 파장과 산란입자의 크기가 거의 같을 때 미 산란이 나타날 수 있다.

오답 포인트

③은 레일리 산란의 파장과 입자 크기 관계만 서로 뒤집고, '파장의 네제곱에 반비례한다'는 옳은 설명을 함께 넣어 혼동을 유도한다.

다시 나오면 이렇게 판단

빛의 파장과 입자 크기를 먼저 비교한다. 입자가 파장보다 매우 작으면 레일리 산란, 두 크기가 비슷하면 미 산란으로 판단한다.

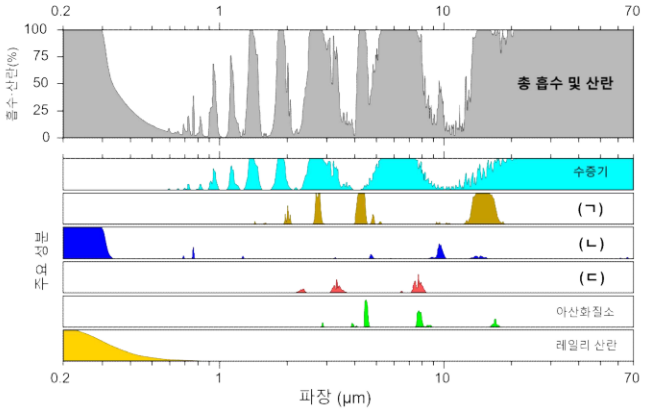
NoteBase

암기 포인트

작은 입자는 레일리, 파장과 비슷한 입자는 미 산란이다. 레일리 산란은 짧은 파장일수록 강하다.

NoteBase

문 5. 다음은 각 온실기체의 파장에 따른 흡수와 레일리 산란을 나타낸 것이다. (ㄱ)~(ㄷ)에 들어갈 기체를 바르게 연결한 것은?



	(ㄱ)	(ㄴ)	(ㄷ)
①	이산화탄소	메탄	산소와 오존
②	이산화탄소	산소와 오존	메탄
③	메탄	이산화탄소	산소와 오존
④	메탄	산소와 오존	이산화탄소

정답 2번

출제 포인트

온실기체마다 강하게 흡수하는 파장대가 다르므로, 그림의 특징적인 흡수 봉우리를 이용해 (ㄱ)~(ㄷ)을 식별하는 문제이다. (ㄱ)은 약 4.3μm, 15μm 부근의 이산화탄소 흡수대, (ㄴ)은 자외선 영역과 약 9.6μm 부근의 산소·오존 흡수대, (ㄷ)은 약 3.3μm, 7.7μm 부근의 메탄 흡수대와 대응한다.

NoteBase

선지별 해설

① X
(ㄱ)을 이산화탄소로 연결한 것은 맞지만, (ㄴ)과 (ㄷ)을 서로 바꾸어 연결하였다. (ㄴ)은 산소와 오존이고 (ㄷ)은 메탄이므로, 올바른 연결은 '(ㄱ) 이산화탄소, (ㄴ) 산소와 오존, (ㄷ) 메탄'이다.

② O
(ㄱ)의 약 4.3μm 및 15μm 부근 강한 흡수는 이산화탄소, (ㄴ)의 자외선 영역 및 약 9.6μm 부근 흡수는 산소와 오존, (ㄷ)의 약 3.3μm 및 7.7μm 부근 흡수는 메탄의 특징과 각각 일치한다.

③ X
(ㄱ), (ㄴ), (ㄷ)을 모두 잘못 연결하였다. (ㄱ)은 메탄이 아니라 이산화탄소, (ㄴ)은 이산화탄소가 아니라 산소와 오존, (ㄷ)은 산소와 오존이 아니라 메탄이다. 올바른 연결은 '(ㄱ) 이산화탄소, (ㄴ) 산소와 오존, (ㄷ) 메탄'이다.

④ X
(ㄴ)을 산소와 오존으로 연결한 것은 맞지만, (ㄱ)과 (ㄷ)을 서로 바꾸어 연결하였다. (ㄱ)은 메탄이 아니라 이산화탄소이고 (ㄷ)은 이산화탄소가 아니라 메탄이므로, 올바른 연결은 '(ㄱ) 이산화탄소, (ㄴ) 산소와 오존, (ㄷ) 메탄'이다.

오답 포인트

여러 기체의 흡수대가 일부 파장에서 겹친다는 점이 함정이다. 작은 봉우리 하나만 비교하지 않고, 이산화탄소의 약 15μm, 산소·오존의 자외선 영역과 약 9.6μm, 메탄의 약 3.3μm 및 7.7μm처럼 두드러진 흡수대의 위치를 함께 비교해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 각 미지 성분의 가장 크고 독특한 흡수 봉우리의 파장을 찾은 뒤 대표 흡수대와 대응시킨다. 약 15μm의 강한 흡수는 이산화탄소, 약 9.6μm의 흡수는 오존, 약 7.7μm의 흡수는 메탄을 판별하는 핵심 기준이 된다.

암기 포인트

대표 흡수대는 '이산화탄소 15μm, 오존 9.6μm, 메탄 7.7μm'로 묶어 기억한다.

NoteBase

문 6. 태양과의 거리가 1 AU이고, 알베도가 0.3인 지구의 복사평형 온도는 255 K이다. 지구와 태양 사이의 거리가 0.5 AU라면, 지구가 동일한 255 K의 복사평형온도를 가지기 위한 알베도는? (단, 1 AU는 지구와 태양 사이의 평균 거리를 말하고, 지구는 흑체이다.)

① 0.125 ② 0.175
③ 0.825 ④ 0.875

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 태양까지의 거리와 알베도에 따른 흡수 태양복사량의 관계를 이용해 같은 복사평형온도를 만드는 알베도를 구하는 문제이다.

조건 정리

지구: 거리 $r_1 = 1AU$, 알베도 $\alpha_1 = 0.3$, 복사평형온도 $255K$
새 위치: 거리 $r_2 = 0.5AU$, 목표 복사평형온도 $255K$
구해야 할 값: 새 위치에서의 알베도 α_2
주의할 조건: 흑체인 지구가 같은 온도를 유지하려면 흡수하는 태양복사량이 이전과 같아야 한다.

사용할 공식

태양복사 플럭스는 거리의 제곱에 반비례하고, 그중 $1-\alpha$만큼을 흡수하므로 복사평형온도는 다음 관계를 따른다.
$T^4 \propto \frac{1-\alpha}{r^2}$
두 경우의 온도가 같으므로 다음 식을 사용한다.
$\frac{1-\alpha_1}{r_1^2} = \frac{1-\alpha_2}{r_2^2}$

계산 과정

주어진 값을 대입하면 다음과 같다.
$\frac{1-0.3}{1^2} = \frac{1-\alpha_2}{(0.5)^2}$
$0.7 = \frac{1-\alpha_2}{0.25}$
따라서 $1-\alpha_2 = 0.175$이고,
$\alpha_2 = 1 - 0.175 = 0.825$
그러므로 필요한 알베도는 0.825이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 알베도 0.125이면 $(1-0.125)/(0.5)^2 = 3.5$로, 기준값 0.7보다 크다. 틀린 값 0.125가 아니라 올바른 알베도는 0.825이다.
② X — 알베도 0.175이면 $(1-0.175)/(0.5)^2 = 3.3$으로, 기준값 0.7과 같지 않다. 0.175는 새 위치에서 필요한 흡수 비율 $1-\alpha_2$이며, 알베도로 고치면 0.825이다.
③ O — 알베도 0.825이면 $(1-0.825)/(0.5)^2 = 0.175/0.25 = 0.7$로 원래 지구의 $(1-0.3)/1^2 = 0.7$과 같아 $255K$를 유지한다.
④ X — 알베도 0.875이면 $(1-0.875)/(0.5)^2 = 0.5$로, 기준값 0.7보다 작다. 틀린 값 0.875가 아니라 올바른 알베도는 0.825이다.

오답 포인트

가장 큰 함정은 계산된 $1-\alpha_2 = 0.175$를 알베도 자체로 착각하여 ②를 고르는 것이다. 0.175는 흡수 비율이고, 문제에서 묻는 알베도는 그 여집합인 $1-0.175 = 0.825$이다.

다시 나오면 이렇게 판단

같은 복사평형온도를 요구하면 먼저 $(1-\alpha)/r^2$를 두 상황에서 같게 둔다. 식에서 구한 $1-\alpha$는 흡수 비율이므로, 마지막에 1에서 빼서 알베도로 바꾸었는지 확인한다.

암기 포인트

같은 온도에서는 $(1-\alpha)/r^2$가 일정하다. 태양에 가까워질수록 같은 온도를 유지하려면 알베도가 커져야 한다.

NoteBase

문 7. 순압대기(barotropic atmosphere)와 경압대기(baroclinic atmosphere)에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

ㄱ. 순압대기에서 밀도는 기압의 함수로만 주어지며, 등압면과 등밀도면이 평행하다.
ㄴ. 대기경계층에서의 마찰수렴에 의하여 유도된 2차 순환은 경압대기가 순압대기보다 연직으로 깊게 발달한다.
ㄷ. 경압대기에서 지균풍은 연직 바람시어(wind shear)를 갖고 있으며, 이는 수평 온도경도와 관련이 있다.

① ㄱ ② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ ④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 2번

출제 포인트

순압대기와 경압대기를 밀도-기압 관계, 마찰에 의한 2차 순환의 연직 발달, 온도풍 관계로 구분하는 문제이다.

핵심 개념

순압대기: 밀도가 기압만의 함수인 대기로, 등압면과 등밀도면이 서로 평행한다.
경압대기: 밀도가 기압 이외에 온도 등에도 좌우되어 등압면과 등밀도면이 교차할 수 있는 대기이다. 수평 온도경도가 있으면 온도풍 관계에 따라 지균풍이 높이에 따라 달라져 연직 바람시어가 나타난다.
두 대기의 핵심 대비는 순압대기에서는 지균풍의 연직시어가 없고, 경압대기에서는 수평 온도경도와 관련된 지균풍의 연직시어가 나타난다는 점이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
ㄱ은 옳지만 ㄷ도 옳으므로 ㄱ만 고른 것이 잘못이다. 올바른 조합은 ㄱ, ㄷ이다.

② O
ㄱ은 순압대기의 정의에 맞고, ㄷ은 경압대기의 온도풍 관계를 바르게 설명한다. ㄴ은 경압대기의 안정한 성층이 연직운동을 억제한다는 점을 반대로 서술했으므로 ㄱ, ㄷ만 옳다.

③ X
ㄴ을 옳다고 포함하고 ㄱ을 누락한 것이 잘못이다. 실제로는 순압대기에서 밀도가 기압만의 함수이고, 마찰수렴에 따른 2차 순환은 경압대기보다 순압대기에서 연직으로 더 깊게 발달하므로 올바른 조합은 ㄱ, ㄷ이다.

④ X
ㄴ을 옳다고 포함한 것이 잘못이다. '경압대기가 순압대기보다 연직으로 깊게 발달한다'가 아니라, 경압대기의 안정한 성층은 연직운동을 억제하므로 2차 순환은 순압대기에서 상대적으로 더 깊게 발달한다. 따라서 올바른 조합은 ㄱ, ㄷ이다.

오답 포인트

ㄴ의 '경압대기가 순압대기보다 연직으로 깊게'라는 비교 방향이 함정이다. 경압대기의 수평 온도경도는 지균풍의 연직시어를 만들지만, 이것이 마찰수렴에 의한 2차 순환도 더 깊게 만든다는 뜻은 아니다. 안정한 성층은 오히려 연직운동을 억제한다.

다시 나오면 이렇게 판단

밀도가 기압만의 함수이고 등압면과 등밀도면이 평행하면 순압대기로 판단한다. 수평 온도경도와 지균풍의 연직시어가 연결되면 온도풍 관계가 성립하는 경압대기로 판단한다. 마찰에 의한 2차 순환의 깊이는 안정한 성층의 연직운동 억제 효과를 함께 고려한다.

암기 포인트

순압은 등압면과 등밀도면이 평행하고, 경압은 수평 온도경도와 지균풍의 연직시어가 연결된다.

NoteBase

문 8. 동서평균한 자오면 대기 대순환에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 해들리 순환은 여름 반구보다 겨울 반구에서 더 강하게 발달한다.
② 해들리 순환은 위치에너지를 운동에너지로 전환하는 과정을 포함한다.
③ 페렐 순환은 에디(eddy)에 의한 운동량과 열의 수송과 관련이 있다.
④ 페렐 순환은 극방향으로의 에너지 수송을 주도하는 메커니즘이다.

정답 4번

출제 포인트

동서평균한 자오면 대기 대순환에서 해들리 순환과 페렐 순환의 구동 원리 및 에너지 수송 역할을 구분하는 문제이다.

핵심 개념

해들리 순환은 열대의 차등 가열로 직접 구동되는 열적 직접 순환이며, 위치에너지가 운동에너지로 전환되는 과정을 포함한다. 페렐 순환은 중위도 에디의 운동량·열 수송에 의해 유지되는 열적 간접 순환이다. 중위도의 극방향 에너지 수송은 동서평균된 페렐 순환 자체보다 이동성 에디가 주로 담당한다.

선지별 해설

① O — 해들리 순환은 계절에 따라 강도가 달라지며, 일반적으로 여름 반구보다 겨울 반구에서 더 강하게 발달한다.
② O — 해들리 순환에서는 가열로 형성된 위치에너지가 대규모 순환의 운동에너지로 전환되는 과정이 나타난다.
③ O — 페렐 순환은 중위도 에디가 수송하는 운동량과 열에 의해 유지되는 순환이므로 에디에 의한 운동량·열 수송과 밀접하게 관련된다.
④ X — 틀린 표현은 '페렐 순환은 극방향으로의 에너지 수송을 주도한다'이다. 올바르게는 페렐 순환이 중위도 에디에 의해 유지되는 간접 순환이며, 중위도의 극방향 에너지 수송은 주로 에디가 담당한다고 해야 한다.

오답 포인트

페렐 순환이 중위도에서 나타난다는 사실만으로 그 순환 자체가 극방향 에너지 수송을 주도한다고 판단하기 쉽다. 그러나 페렐 순환의 유지와 중위도 열·운동량 수송의 핵심 주체는 에디이다.

다시 나오면 이렇게 판단

해들리 순환은 열대 차등 가열에 의한 직접 순환, 페렐 순환은 중위도 에디에 의해 유지되는 간접 순환으로 구분한다. 중위도의 극방향 에너지 수송을 묻는 경우에는 페렐 순환 자체가 아니라 에디가 주도한다는 점을 기준으로 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

해들리는 가열이 직접 구동하고, 페렐은 에디가 유지하며, 중위도 극향 에너지는 에디가 나른다.

NoteBase

문 9. 수적의 생성에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 응결핵 없이 수증기 분자들 간의 충돌에 의해 수적이 형성되는 과정을 균질 핵생성이라고 한다.
② 응결핵에 수증기가 응결하여 수적이 형성되는 과정을 비균질 핵생성이라고 한다.
③ 비균질 핵생성에 비하여 균질 핵생성은 수적 형성에 필요한 상대습도가 더 낮다.
④ 응결핵은 수적 표면의 포화수증기압을 낮출 수 있다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 응결핵의 유무에 따른 균질 핵생성과 비균질 핵생성의 차이, 그리고 수적이 형성되는 데 필요한 상대습도 조건을 묻는 문제이다.

핵심 개념

균질 핵생성은 응결핵 없이 수증기 분자끼리 모여 수적의 씨앗이 되는 작은 물 분자 집단을 만드는 과정이다. 매우 높은 과포화가 필요하다.
비균질 핵생성은 수증기가 응결핵 표면에 응결하여 수적을 만드는 과정이다. 응결핵의 흡습성과 용질 효과 때문에 균질 핵생성보다 낮은 상대습도에서 수적이 형성될 수 있다.
따라서 필요한 상대습도는 균질 핵생성이 비균질 핵생성보다 높다.

선지별 해설

① O — 응결핵 없이 수증기 분자들이 충돌하고 결합하여 작은 물 분자 집단을 이루고 수적으로 성장하는 과정은 균질 핵생성이다.
② O — 수증기가 응결핵 표면에 응결하여 수적을 형성하는 과정은 비균질 핵생성이다.
③ X — 틀린 표현은 '균질 핵생성은 수적 형성에 필요한 상대습도가 더 낮다'이다. 응결핵의 도움을 받지 않는 균질 핵생성에는 훨씬 높은 과포화가 필요하므로, 올바르게는 '균질 핵생성은 비균질 핵생성보다 수적 형성에 필요한 상대습도가 더 높다'이다.
④ O — 응결핵에 녹아 있는 흡습성 물질은 용액 수적 표면의 포화수증기압을 낮출 수 있으므로 수적의 성장을 돕는다.

오답 포인트

③은 응결핵이 없는 균질 핵생성을 더 쉬운 과정처럼 바꾸어 놓았다. 실제로는 응결핵이 있는 비균질 핵생성이 더 낮은 상대습도에서 가능하며, 균질 핵생성에는 더 높은 상대습도와 과포화가 필요하다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 응결핵의 유무를 확인한다. 응결핵이 없으면 균질 핵생성, 응결핵 표면에서 응결하면 비균질 핵생성이다. 필요한 상대습도를 비교할 때에는 응결핵의 도움을 받는 비균질 핵생성이 더 낮고, 균질 핵생성이 더 높다고 판단한다.

암기 포인트

핵이 없으면 균질·높은 과포화, 핵이 있으면 비균질·낮은 상대습도이다.

NoteBase

문 10. 클라우시우스-클라페이론 방정식(Clausius-Clapeyron equation)에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

ㄱ. 공기덩이의 온도 상승에 따라 포화수증기압은 선형적으로 증가한다.
ㄴ. 지구온난화로 대류권의 기온이 상승하면, 대류권의 포화수증기압은 증가한다.
ㄷ. 지구온난화로 대류권의 기온이 상승하고 대기의 상대습도가 일정하면, 지구온난화는 가속화될 수 있다.
ㄹ. 이슬점온도에서의 포화수증기압은 현재의 수증기압이다.

① ㄱ ② ㄴ, ㄷ
③ ㄴ, ㄹ ④ ㄴ, ㄷ, ㄹ

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 클라우시우스-클라페이론 방정식이 나타내는 포화수증기압의 온도 의존성과 이슬점·수증기 되먹임의 의미를 묻는 문제이다.

핵심 개념

포화수증기압은 주어진 온도에서 공기가 수증기와 평형을 이룰 때의 수증기압이다. 클라우시우스-클라페이론 관계는 $\frac{d\ln e_s}{dT} = \frac{L_v}{R_v T^2} > 0$로 나타낼 수 있으므로, 온도가 높아질수록 포화수증기압은 증가하며 그 증가는 선형이 아니다.
상대습도가 일정하면 실제 수증기압도 포화수증기압 증가에 따라 커져 대기 중 수증기가 늘어난다. 수증기는 온실기체이므로 이는 온난화를 강화하는 양의 되먹임이 된다.
이슬점은 현재의 수증기량을 유지한 채 공기를 냉각했을 때 포화에 도달하는 온도이므로, 이슬점에서의 포화수증기압은 현재의 실제 수증기압과 같다.

선지별 해설

① X — ㄱ만 옳다고 한 조합이지만 ㄱ의 '선형적으로 증가한다'가 틀렸다. 올바르게는 포화수증기압이 온도 상승에 따라 비선형적으로 증가하며, 옳은 진술은 ㄴ·ㄷ·ㄹ이다.
② X — ㄴ과 ㄷ은 옳지만, 이슬점의 정의에 따라 옳은 ㄹ을 빠뜨렸다. 올바른 조합은 ㄴ·ㄷ·ㄹ이다.
③ X — ㄴ과 ㄹ은 옳지만, 상대습도가 일정할 때 증가한 수증기가 온난화를 강화한다는 ㄷ을 빠뜨렸다. 올바른 조합은 ㄴ·ㄷ·ㄹ이다.
④ O — ㄴ은 기온 상승에 따른 포화수증기압 증가, ㄷ은 일정한 상대습도에서의 수증기 양의 되먹임, ㄹ은 이슬점의 정의를 각각 정확히 설명한다.

NoteBase

오답 포인트

ㄱ의 '증가한다'만 보고 옳다고 판단하기 쉽지만 함정은 '선형적으로'라는 표현이다. 또한 이슬점에서 공기가 포화되므로 그 온도의 포화수증기압이 현재의 실제 수증기압과 같다는 ㄹ을 놓치기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

포화수증기압 문항에서는 먼저 '온도가 오르면 증가하되 선형 증가는 아니다'를 확인한다. 이어 상대습도가 일정하면 실제 수증기량도 늘어 양의 되먹임이 생기는지, 이슬점에서는 포화수증기압과 현재 수증기압이 같은지를 판단한다.

암기 포인트

기온 상승 → 포화수증기압의 비선형 증가 → 일정한 상대습도에서는 수증기 증가 → 온난화 강화이다.
이슬점에서는 포화수증기압이 현재 수증기압과 같다.

NoteBase

문 11. 어떤 관측소의 기온이 12 ℃이고, 이 관측소에서 북쪽으로 100 km 떨어진 지점의 기온이 15 ℃이다. 만약 북풍이 25 km h^{-1}의 속도로 일정하게 불고 있다면, 이때 관측소에서의 온도이류는? (단, 온도경도는 균일하고, 제시된 조건 이외에 기온을 변화시키는 다른 요인은 고려하지 않는다.)

① -0.75 ℃ h^{-1} ② $+0.75$ ℃ h^{-1}
③ -1.5 ℃ h^{-1} ④ $+1.5$ ℃ h^{-1}

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 수평 기온경도와 바람을 이용해 온도이류의 크기와 부호를 구하는 문제이다.

조건 정리

관측소의 기온은 12 ° C이고, 북쪽으로 100km 떨어진 지점의 기온은 15 ° C이다. 따라서 북쪽 공기가 관측소 공기보다 3 ° C 높다. 북풍은 북쪽에서 남쪽으로 부는 바람이며 풍속은 25kmh^{-1}이다. 구해야 할 값은 관측소에서의 시간당 온도이류이다.

사용할 공식

온도이류는 $\left(\frac{\partial T}{\partial t}\right)_{\text{adv}} = -\vec{V}\cdot\nabla T$로 나타낸다. 이 문항에서는 북쪽의 따뜻한 공기가 관측소까지 이동하는 데 걸리는 시간과 그 사이의 기온차를 이용해 온도이류=기온차이동시간으로 계산할 수 있다.

계산 과정

1. 공기가 100km를 이동하는 시간은 100km ÷ 25kmh^{-1} = 4h이다.
2. 관측소로 유입되는 북쪽 공기는 현재 관측소보다 15 − 12 = 3 ° C 높다.
3. 따라서 온도이류는 $\frac{3\,^\circ\text{C}}{4\text{h}} = +0.75\,^\circ\text{Ch}^{-1}$이다. 따뜻한 공기가 들어오므로 부호는 양(+)이다.

선지 판단

① X — $-0.75\,^\circ\text{Ch}^{-1}$는 크기는 같지만 부호가 반대이다. 북쪽의 더 따뜻한 공기가 유입되므로 냉각이 아니라 가열이며, 올바르게는 $+0.75\,^\circ\text{Ch}^{-1}$이다.
② O — 100km를 25kmh^{-1}로 이동하는 데 4h가 걸리고 기온이 3 ° C 높아지므로 $+3/4 = +0.75\,^\circ\text{Ch}^{-1}$이다.
③ X — $-1.5\,^\circ\text{Ch}^{-1}$는 부호와 크기가 모두 맞지 않는다. 실제 이동시간은 4h이므로, 올바르게는 $+0.75\,^\circ\text{Ch}^{-1}$이다.
④ X — 따뜻한 공기의 유입이라는 부호는 맞지만 $+1.5\,^\circ\text{Ch}^{-1}$는 크기가 두 배이다. 기온차 3 ° C를 실제 이동시간 4h로 나누어야 하므로, 올바르게는 $+0.75\,^\circ\text{Ch}^{-1}$이다.

NoteBase

오답 포인트

북풍을 북쪽으로 부는 바람으로 잘못 읽으면 온도이류의 부호를 반대로 판단하기 쉽다. 북풍은 북쪽에서 불어오는 바람이므로 이 문항에서는 따뜻한 공기를 관측소로 운반한다. 또한 거리와 속도로 구한 이동시간은 100/25 = 4h이므로 기온차를 2h로 나누어 1.5를 만드는 실수를 피해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 풍향으로 공기의 출발 지점을 확인하고, 출발 지점의 공기가 더 따뜻한지 차가운지로 부호를 정한다. 그다음 이동시간을 거리÷풍속으로 구하고 기온차÷이동시간으로 이류의 크기를 계산한다.

암기 포인트

따뜻한 공기 유입은 양(+)의 온도이류, 차가운 공기 유입은 음(-)의 온도이류이다.

NoteBase

문 12. 부시네스크 근사(Boussinesq approximation)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 공기덩이의 연직 운동 규모가 수평 운동 규모보다 상대적으로 작을 때 적용한다.
② 수평 운동방정식의 기압경도력 항에서 밀도를 상수로 취급한다.
③ 연직 운동방정식에서 부력항은 무시된다.
④ 이를 적용한 연속방정식은 $\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}+\frac{\partial w}{\partial z}=0$으로 표현된다.

정답 3번

출제 포인트

부시네스크 근사에서 밀도 변화를 어디에서는 무시하고 어디에서는 유지하는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

부시네스크 근사는 유체의 밀도를 기준 밀도와 거의 같은 상수로 취급하되, 부력을 만드는 항에서는 작은 밀도 차이를 남기는 근사이다. 따라서 흐름은 비압축성으로 보아 속도의 발산을 0으로 두지만, 연직 운동을 일으키는 부력은 보존한다.

선지별 해설

① O
공기덩이의 연직 운동 규모가 수평 운동 규모보다 상대적으로 작은 얕은 대기 운동에서는 높이에 따른 기준 밀도의 큰 변화를 무시하기 쉬우므로 부시네스크 근사를 적용할 수 있다.

② O
수평 운동방정식의 기압경도력항에서는 밀도를 일정한 기준 밀도로 취급한다. 이는 부력항을 제외한 항에서 밀도 변화를 무시한다는 근사의 내용과 맞는다.

③ X
틀린 표현은 '연직 운동방정식에서 부력항은 무시된다'이다. 올바르게는 연직 운동방정식에서 부력항을 유지하며, 부시네스크 근사에서는 밀도 변동을 바로 이 부력항에 반영한다.

④ O
밀도를 일정하게 보는 비압축성 조건에 따라 질량보존식은 $\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}+\frac{\partial w}{\partial z}=0$으로 표현된다.

NoteBase

오답 포인트

③의 '밀도 변화를 대부분 무시한다'는 성질을 '부력항까지 무시한다'로 확대하면 틀린다. 부시네스크 근사의 핵심 예외는 부력항이며, 작은 밀도 차이가 부력을 만들기 때문에 이 항은 반드시 남는다.

다시 나오면 이렇게 판단

부시네스크 근사 선지는 '비압축성 흐름', '부력항 이외에는 기준 밀도 사용', '부력항에는 밀도 차이 유지'의 세 기준으로 판단한다. 부력까지 제거한다는 설명은 틀린 것으로 판별한다.

암기 포인트

밀도 변화는 대부분 버리되, 부력을 만들 때만 남긴다.

NoteBase

문 13. 뇌우(thunderstorm)에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 단세포(single-cell) 뇌우는 일반적으로 하루 정도 지속되는 시간규모를 갖는다.
② 다세포(multi-cell) 뇌우의 경우 상승기류 구역과 강수 구역이 분리되어 있어 지속적인 성장이 가능하다.
③ 다세포 뇌우는 수천 km의 수평 규모를 갖는다.
④ 연직 바람시어가 존재하면 거대세포(supercell) 뇌우가 발달하기 어렵다.

정답 2번

출제 포인트

단세포 뇌우, 다세포 뇌우, 거대세포 뇌우의 지속 시간·수평 규모·연직 바람시어와의 관계를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

단세포 뇌우는 하나의 대류세포가 발달하고 소멸하는 수명이 짧은 뇌우이다. 다세포 뇌우는 여러 대류세포가 서로 다른 발달 단계에 있으면서 새 세포가 계속 만들어져 전체 뇌우가 오래 유지되는 형태이다. 거대세포 뇌우는 강한 연직 바람시어에 의해 회전하는 상승기류가 조직화되어 장시간 유지될 수 있는 강한 뇌우이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
틀린 표현은 ‘하루 정도 지속’이다. 단세포 뇌우는 일반적으로 약 30~60분, 즉 한 시간 안팎의 짧은 시간 동안 발달하고 소멸한다. 올바르게는 ‘단세포 뇌우는 대체로 한 시간 안팎 지속된다’이다.

② O
다세포 뇌우에서는 상승기류가 주로 새로 발달하는 세포 쪽에, 강수와 하강기류가 성숙하거나 쇠퇴하는 세포 쪽에 나타나 두 구역이 분리될 수 있다. 이 구조 덕분에 강수가 상승기류를 곧바로 약화시키지 않고 새로운 세포가 계속 발달하여 뇌우 전체가 지속될 수 있다.

③ X
틀린 표현은 ‘수천 *km*’이다. 다세포 뇌우는 수천 *km*에 이르는 규모가 아니라 일반적으로 수십 *km* 정도의 중규모 현상이다. 올바르게는 ‘다세포 뇌우는 대체로 수십 *km*의 수평 규모를 갖는다’이다.

④ X
틀린 표현은 ‘연직 바람시어가 존재하면 발달하기 어렵다’이다. 연직 바람시어는 높이에 따라 풍향이나 풍속이 변하는 현상으로, 강한 연직 바람시어는 상승기류와 하강기류를 분리하고 상승기류의 회전을 조직화하여 거대세포 뇌우의 발달과 유지에 유리하다. 올바르게는 ‘강한 연직 바람시어가 존재하면 거대세포 뇌우가 발달하기 쉽다’이다.

오답 포인트

①의 ‘하루 정도’는 단세포 하나의 수명과 여러 세포로 이루어진 뇌우계의 지속 시간을 혼동하게 한다. ④는 연직 바람시어를 뇌우 발달의 방해 요인으로 제시하지만, 거대세포 뇌우에서는 오히려 상승기류를 조직화하고 강수를 상승기류와 분리하는 핵심 조건이다.

다시 나오면 이렇게 판단

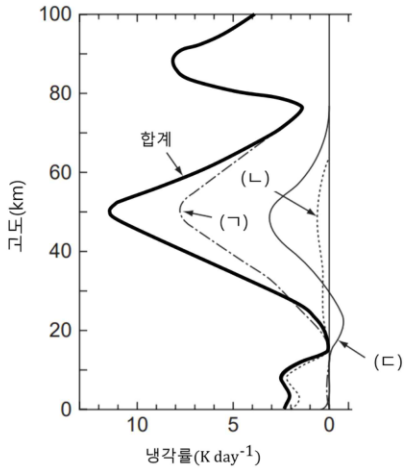
단세포는 수명이 한 시간 안팎으로 짧고, 다세포는 서로 다른 단계의 세포와 분리된 상승기류·강수 구역 때문에 새 세포가 이어지며, 거대세포는 강한 연직 바람시어와 회전하는 상승기류가 핵심이라는 기준으로 판단한다.

암기 포인트

단세포는 짧게, 다세포는 새 세포가 이어지게, 거대세포는 강한 시어로 회전하게 발달한다.

NoteBase

문 14. 다음은 온실기체 (ㄱ)~(ㄷ)의 전지구 평균 대기 냉각률을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?
(단, (ㄱ)~(ㄷ)은 수증기, 이산화탄소, 오존 중 하나이고, 대기 냉각은 온실기체의 장파복사에 의한 결과이다.)



ㄱ. (ㄱ)~(ㄷ)에 의한 합계 대기 냉각률은 성층권계면이 지표보다 크다.
ㄴ. 대류권에서 실제 지구온난화 기여도는 (ㄱ)이 (ㄴ)보다 크다.
ㄷ. (ㄷ)은 성층권에서 자외선을 흡수한다.

① ㄱ　② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ　④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 2번

출제 포인트

온실기체별 장파복사 냉각률의 연직 분포로부터 (ㄱ) 이산화탄소, (ㄴ) 수증기, (ㄷ) 오존을 구분하고 각 기체의 복사 특성을 판단하는 문제이다.

자료 읽는 순서

1. 가로축은 냉각률이며, 0에서 왼쪽으로 갈수록 냉각률이 커진다는 점을 확인한다.
2. 굵은 합계 곡선의 지표 부근과 성층권계면 부근 값을 비교한다.
3. 대류권에서 효과가 큰 수증기, 넓은 고도에서 작용하는 이산화탄소, 성층권 자외선 흡수와 관련된 오존의 특징을 각 곡선에 연결한다.

NoteBase

핵심 근거

ㄱ O: 합계 곡선은 지표 부근보다 성층권계면인 약 50km 부근에서 훨씬 왼쪽에 있으므로 냉각률이 더 크다.
ㄴ X: (ㄱ)은 이산화탄소, (ㄴ)은 수증기이다. 대류권의 실제 온실효과 기여도는 수증기가 이산화탄소보다 크므로 제시문의 대소 관계가 반대이다.
ㄷ O: (ㄷ)은 오존이며, 오존은 성층권에서 태양 자외선을 흡수하여 성층권을 가열한다.

선지별 해설

① X — ㄱ은 옳지만 ㄷ도 옳으므로 'ㄱ'만 고른 것은 불완전하다. 올바르게는 'ㄱ, ㄷ'이다.
② O — 옳은 설명은 ㄱ과 ㄷ이며, 보기의 판단과 정확히 일치한다.
③ X — ㄴ은 이산화탄소의 기여도가 수증기보다 크다고 하여 대소 관계를 거꾸로 제시했고, 옳은 ㄱ도 빠졌다. 올바르게는 'ㄱ, ㄷ'이다.
④ X — ㄱ과 ㄷ은 옳지만 ㄴ은 틀리므로 세 설명을 모두 고를 수 없다. 올바르게는 'ㄱ, ㄷ'이다.

오답 포인트

가로축의 0이 오른쪽에 있으므로 곡선이 왼쪽에 있을수록 냉각률이 크다. 또한 수증기의 양이 변하는 데 이산화탄소가 영향을 줄 수 있다는 사실과, 현재 대류권 온실효과에서 수증기의 실제 기여도가 더 크다는 사실을 혼동하면 ㄴ을 옳다고 판단하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 축의 증가 방향을 확인한 뒤 합계 곡선의 고도별 위치를 비교한다. 개별 기체는 '대류권에서 큰 수증기, 넓은 고도에서 작용하는 이산화탄소, 성층권에서 자외선을 흡수하는 오존'으로 연결하여 판단한다.

암기 포인트

대류권 온실효과는 수증기, 성층권 자외선 흡수는 오존, 장파복사 냉각은 이산화탄소의 연직 분포와 함께 구분한다.

NoteBase

문 15. 북반구 중위도에서 로스비파(Rossby wave)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 동서파수(zonal wavenumber)와 남북파수(meridional wavenumber)를 모두 고려한다.)

① 평균류를 무시하면 자유 순압 로스비파의 위상은 서진하고, 에너지는 동쪽으로 전파된다.
② 평균류를 무시하면 자유 순압 로스비파의 위상속도는 총수평파수(total horizontal wavenumber)의 제곱에 반비례한다.
③ 지형효과나 강한 대류 현상은 로스비파를 발생시킬 수 있다.
④ 위도에 따른 코리올리 매개변수의 변화가 로스비파의 복원력이다.

정답 1번

출제 포인트

평균류가 없는 자유 순압 로스비파의 위상속도와 군속도(에너지 전파 속도)를 구분하고, 로스비파의 발생 원인과 복원 메커니즘을 판단하는 문제이다.

핵심 개념

로스비파는 위도에 따른 코리올리 매개변수의 변화인 β 효과와 잠재와도 보존 때문에 나타나는 대규모 파동이다. 평균류가 없을 때 분산관계는 $\omega = -\beta k/(k^2 + l^2)$이다. 따라서 동서 위상속도는 $c_x = \omega/k = -\beta/(k^2 + l^2)$로 항상 서향하지만, 동서 군속도는 $c_{gx} = \partial\omega/\partial k = \beta(k^2 - l^2)/(k^2 + l^2)^2$이므로 종파수와 남북파수의 상대적 크기에 따라 방향이 달라진다.

선지별 해설

① X — '에너지는 동쪽으로 전파된다'고 항상 단정한 부분이 틀리다. 위상은 서쪽으로 진행하지만 에너지의 동서 전파 방향은 군속도로 판단하며, $k^2 > l^2$이면 동향, $k^2 = l^2$이면 0, $k^2 < l^2$이면 서향이다. 올바르게는 '위상은 서진하며, 에너지의 전파 방향은 종파수와 남북파수에 따라 달라질 수 있다'이다.
② O — 동서 위상속도는 $c_x = -\beta/(k^2 + l^2)$이므로 그 크기는 총수평파수 제곱 $k^2 + l^2$에 반비례한다.
③ O — 지형을 넘는 흐름은 잠재와도 교란을 만들 수 있고, 강한 대류에 따른 상층 발산과 와도 강제도 로스비파 또는 로스비 파동열을 발생시킬 수 있다.
④ O — 공기덩이가 남북으로 이동하면 코리올리 매개변수가 달라지고, 잠재와도 보존에 따른 상대와도 조정이 원래 상태 쪽으로 작용한다. 이 β 효과가 로스비파의 복원 메커니즘이다.

오답 포인트

①은 '위상은 서진한다'는 맞는 사실에 '에너지는 항상 동진한다'를 붙인 선지이다. 위상속도와 군속도를 같은 방향으로 보거나, 군속도의 동서 성분이 파수 구성과 무관하다고 생각하면 틀리기 쉽다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

평균류가 없는 자유 순압 로스비파에서는 먼저 $\omega = -\beta k/(k^2 + l^2)$를 기준으로 위상속도와 군속도를 따로 판단한다. ω/k는 항상 음수이므로 위상은 서진하고, $\partial\omega/\partial k$의 부호는 $k^2 - l^2$에 따라 달라지므로 에너지의 동서 전파 방향은 항상 한쪽이라고 단정할 수 없다.

암기 포인트

로스비파는 β 효과가 복원하고, 위상은 서진하며, 에너지는 파수에 따라 동진 또는 서진할 수 있다.

NoteBase

문 16. 다음은 남반구 정상 저기압(regular low)의 지균풍(V_g)과 경도풍(V)의 속력에 대한 설명이다. 괄호 안에 들어갈 설명으로 바르게 연결한 것은?

> 지균풍과 경도풍 속력의 비는 $V_g/V = 1 + V/(fR)$이다. 남반구에서 코리올리 매개변수 f는 (ㄱ)의 값을 갖고, 정상 저기압의 곡률 R은 (ㄴ)의 값을 갖는다. 따라서 V_g/V는 1보다 (ㄷ) 값을 갖는다.

	(ㄱ)	(ㄴ)	(ㄷ)
①	양	양	큰
②	양	음	작은
③	음	양	작은
④	음	음	큰

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 남반구와 정상 저기압에서 코리올리 매개변수 f와 곡률반경 R의 부호를 정한 뒤, 경도풍 관계식으로 V_g/V가 1보다 큰지 작은지를 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 관계식: $V_g/V = 1 + V/(fR)$
남반구의 코리올리 매개변수: $f < 0$
남반구 정상 저기압의 곡률반경: 문제의 부호 규약에서 $R < 0$
구해야 할 값: f와 R의 부호 및 V_g/V와 1의 대소 관계

사용할 공식

$$\frac{V_g}{V} = 1 + \frac{V}{fR}$$

이 공식을 쓰는 이유는 저기압성 곡률을 가진 경도풍의 속력 V와 지균풍 속력 V_g의 관계가 문제에 직접 주어졌기 때문이다. V는 속력이므로 양수이고, 따라서 fR의 부호가 우변의 두 번째 항과 속력비의 대소를 결정한다.

계산 과정

1. 남반구에서는 문제의 부호 규약에 따라 $f < 0$이다.
2. 정상 저기압의 곡률반경도 $R < 0$이므로 $fR > 0$이다.
3. $V > 0$이고 $fR > 0$이므로 $V/(fR) > 0$이다.
4. 따라서 $V_g/V = 1 + V/(fR) > 1$이다. 즉 $V_g > V$이며, 정상 저기압의 경도풍은 지균풍보다 느리다.

NoteBase

선지 판단

① X — (ㄱ)을 양, (ㄴ)을 양으로 제시한 부분이 틀렸다. 올바르게는 남반구에서 f는 음이고 정상 저기압의 R도 음이며, (ㄷ)은 큰이다.
② X — (ㄱ)을 양으로 제시하고 (ㄷ)을 작은으로 제시한 부분이 틀렸다. 올바르게는 $f<0$, $R<0$, $V_g/V>1$이다.
③ X — (ㄴ)을 양으로 제시하고 (ㄷ)을 작은으로 제시한 부분이 틀렸다. 올바르게는 $R<0$이고 $fR>0$이므로 V_g/V는 1보다 크다.
④ O — $f<0$, $R<0$이어서 $fR>0$이고, 이에 따라 $V_g/V=1+V/(fR)>1$이므로 세 빈칸을 모두 바르게 연결한다.

오답 포인트

남반구라는 말만 보고 f의 부호만 바꾸거나, 정상 저기압에서 R의 부호까지 함께 바뀐다는 점을 놓치기 쉽다. 이 문항에서는 f와 R가 모두 음이므로 fR는 양이고, 두 번째 항을 음으로 처리해 $V_g/V<1$이라고 판단하면 틀린다.

다시 나오면 이렇게 판단

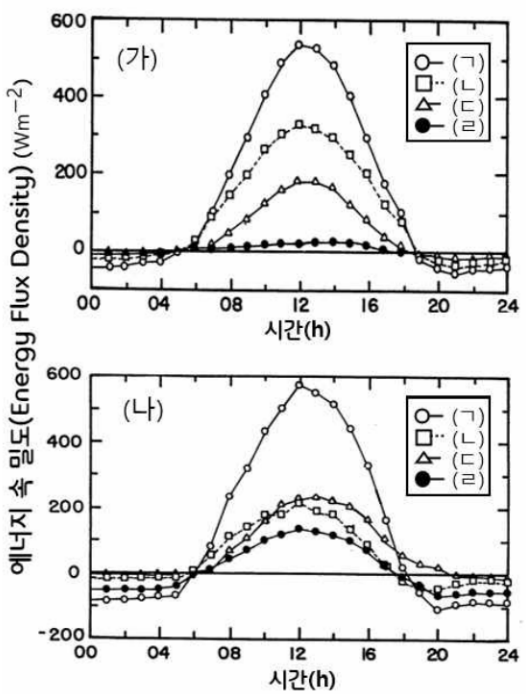
먼저 반구에 따른 f의 부호와 기압계에 따른 R의 부호를 각각 정한다. 다음으로 fR의 부호를 계산하고, $1+V/(fR)$의 두 번째 항이 양인지 음인지 확인하여 속력비와 1의 대소를 판단한다.

암기 포인트

남반구 정상 저기압에서는 $f<0$, $R<0$, $fR>0$이므로 $V_g/V>1$이다. 즉 지균풍이 경도풍보다 빠르다.

NoteBase

문 17. 다음은 북반구의 여름철 도시 외곽 지역(suburban)과 농촌 지역(rural)에서 관측된 월평균 지표면 에너지 수지의 일변화 시계열이다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?
(단, (ㄱ)~(ㄹ)은 순복사, 현열, 장애물이 포함된 공기층이 저장하는 열, 잠열에 대한 에너지 속 밀도 중 하나이다.)



① 보웬비(Bowen ratio)는 (ㄴ)과 (ㄷ)으로 표현된다.
② (가)는 농촌 지역, (나)는 도시 외곽 지역을 가리킨다.
③ 도시 외곽 지역의 식생이 늘고 인공 구조물이 감소하면, 낮 시간대의 (ㄴ)이 증가하고 (ㄹ)이 감소한다.
④ 낮 12시에 보웬비는 농촌 지역이 도시 외곽 지역보다 크다.

정답 4번

출제 포인트

두 지역의 지표면 에너지 수지 그래프에서 순복사·잠열·현열·저장열을 구분하고, 보웬비를 현열과 잠열의 비로 비교하는 문제이다.

자료 읽는 순서

1. 범례와 곡선의 크기를 비교하면 (ㄱ)은 순복사, (ㄴ)은 잠열, (ㄷ)은 현열, (ㄹ)은 장애물이 포함된 공기층의 저장열이다.
2. (가)는 낮에 잠열이 현열보다 크고 저장열이 매우 작으므로 농촌 지역이며, (나)는 현열과 저장열의 비중이 더 크므로 도시 외곽 지역이다.
3. 보웬비는 현열을 잠열로 나눈 값이므로 낮 12시의 (ㄷ)/(ㄴ)을 두 그래프에서 비교한다.

NoteBase

핵심 근거

보웬비는 $B = H/LE$, 즉 현열/잠열이다. 낮 12시경 (가)에서는 현열 (ㄷ)이 약 180 Wm^{-2}, 잠열 (ㄴ)이 약 320 Wm^{-2}이므로 보웬비가 약 0.6이다. (나)에서는 현열 (ㄷ)이 약 220 Wm^{-2}, 잠열 (ㄴ)이 약 200 Wm^{-2}이므로 보웬비가 약 1.1이다. 따라서 농촌인 (가)의 보웬비가 도시 외곽인 (나)보다 작다.

선지별 해설

① O — 보웬비는 현열과 잠열의 비이며, 그래프에서 현열은 (ㄷ), 잠열은 (ㄴ)이므로 두 성분으로 표현된다. 정확히는 (ㄷ)/(ㄴ)이다.
② O — (가)는 낮에 잠열 (ㄴ)이 크고 저장열 (ㄹ)이 거의 없으므로 식생과 토양의 증발산이 활발한 농촌 지역이다. (나)는 현열 (ㄷ)과 저장열 (ㄹ)의 비중이 더 크므로 도시 외곽 지역이다.
③ O — 도시 외곽의 식생이 늘고 인공 구조물이 감소하면 증발산에 쓰이는 잠열 (ㄴ)이 증가하고, 구조물과 공기층에 저장되는 열인 (ㄹ)은 감소한다.
④ X — 낮 12시에 농촌 지역의 보웬비가 도시 외곽 지역보다 크다는 표현이 틀렸다. 그래프상 농촌인 (가)는 (ㄷ)/(ㄴ)이 약 0.6이고 도시 외곽인 (나)는 약 1.1이므로, 올바르게는 낮 12시의 보웬비가 농촌 지역에서 도시 외곽 지역보다 작다.

오답 포인트

④는 현열이나 잠열의 절대값 하나만 비교하게 유도한다. 보웬비는 현열/잠열이라는 비율이므로 각 지역에서 (ㄷ)을 (ㄴ)으로 나눈 뒤 비교해야 한다. 또한 (가)와 (나)의 지역 유형을 반대로 판단하면 결론도 뒤집힌다.

다시 나오면 이렇게 판단

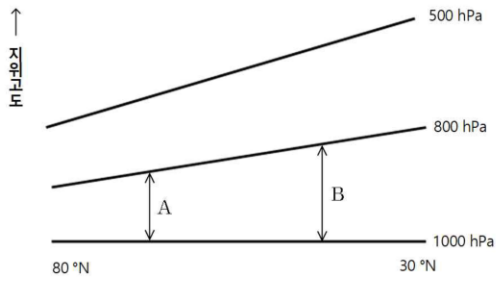
먼저 순복사가 가장 큰 곡선인지 확인하고, 식생이 많은 곳은 잠열 비중이 크며 인공 구조물이 많은 곳은 현열과 저장열 비중이 크다는 관계로 지역을 구분한다. 보웬비 비교에서는 반드시 같은 시각의 현열/잠열을 각각 계산한다.

암기 포인트

보웬비=현열/잠열, 식생 증가=잠열 증가, 인공 구조물 증가=현열·저장열 증가이다.

NoteBase

문 18. 다음은 북반구 등압면의 연직 단면도를 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면? (단, 대기는 건조공기로 이루어진 정역학 평형상태이고 기압은 동서방향으로 균일하며, A와 B는 1000 – 800 hPa 대기층을 나타낸다.)



ㄱ. 800 – 500 hPa 대기층의 온도풍은 서풍이다.
ㄴ. 1000 – 800 hPa 대기층의 평균기온은 A가 B보다 크다.
ㄷ. 북반구 중위도에서 500 hPa 등압면의 기울기는 일반적으로 여름이 겨울보다 가파르다.

① ㄱ　② ㄱ, ㄴ
③ ㄱ, ㄷ　④ ㄴ, ㄷ

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 등압면 사이의 연직 간격으로 층의 평균기온을 비교하고, 등압면의 남북 경사로 온도풍의 방향과 계절별 경사 차이를 판단하는 문제이다. 정역학적으로 같은 두 기압면 사이의 두께는 그 층의 평균기온이 높을수록 크다.

NoteBase

선지별 해설

① O (ㄱ)
- 800--500hPa 층은 남쪽으로 갈수록 두 등압면 사이의 간격이 커지므로 남쪽이 더 따뜻하고 북쪽이 더 차갑다. 북반구에서 찬 공기를 진행 방향의 왼쪽에 두는 온도풍은 동쪽을 향하므로 서풍이다. 따라서 ㄱ은 옳다.

② X (ㄱ, ㄴ)
- ㄱ은 옳지만 ㄴ은 틀리다. 그림에서 1000--800hPa 층의 두께는 A보다 B가 더 크므로 평균기온도 B가 A보다 높다.
- 틀린 표현 'A가 B보다 크다' → 올바르게는 'B가 A보다 크다'이다.

③ X (ㄱ, ㄷ)
- ㄱ은 옳지만 ㄷ은 틀리다. 북반구 중위도에서는 일반적으로 겨울에 저위도와 고위도의 온도 차가 더 커져 500hPa 등압면의 남북 경사가 여름보다 더 가파르다.
- 틀린 표현 '여름이 겨울보다 가파르다' → 올바르게는 '겨울이 여름보다 가파르다'이다.

④ X (ㄴ, ㄷ)
- ㄴ과 ㄷ이 모두 틀리므로 옳은 설명의 조합이 아니다. 1000--800hPa 층의 평균기온은 B가 A보다 높고, 500hPa 등압면의 기울기는 일반적으로 겨울이 여름보다 가파르다.
- 틀린 조합 'ㄴ, ㄷ' → 올바른 조합은 'ㄱ'이다.

오답 포인트

등압면 자체의 높이만 보거나 A와 B의 화살표 길이를 반대로 읽기 쉽다. 평균기온은 두 등압면 사이의 연직 간격으로 판단하므로 간격이 더 큰 B가 더 따뜻하다. 또한 중위도의 남북 온도 차는 여름보다 겨울에 커지므로 ㄷ의 계절 순서를 반대로 판단하지 않아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 같은 두 등압면 사이의 간격을 비교하여 두꺼운 쪽을 따뜻한 쪽으로 정한다. 다음으로 북반구 온도풍은 진행 방향의 왼쪽에 찬 공기를 두는 방향임을 적용한다. 계절 비교에서는 남북 온도 차가 큰 겨울에 중위도 등압면의 경사가 더 가파르다고 판단한다.

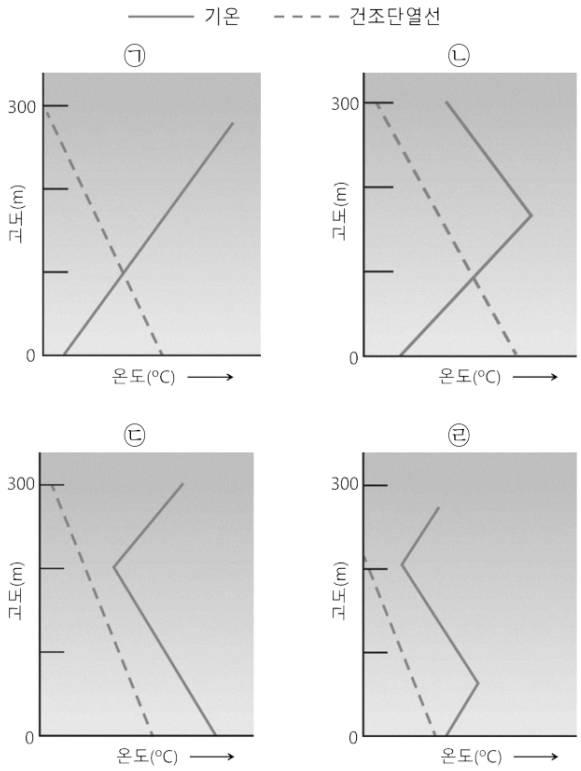
암기 포인트

두께가 크면 고온, 북반구 온도풍은 찬 공기를 왼쪽에 두며, 중위도 등압면 경사는 겨울에 더 가파르다.

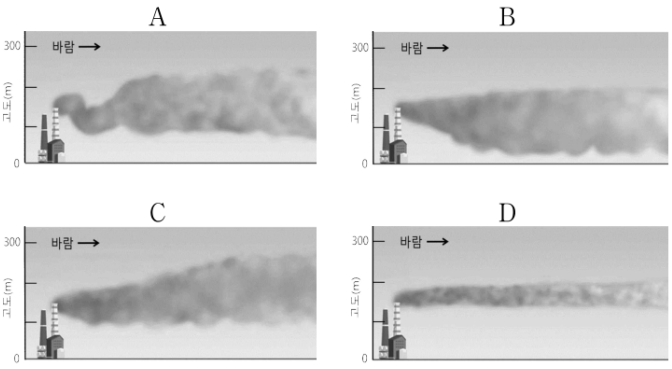
NoteBase

문 19. 다음의 대기 안정도에 해당하는 굴뚝 연기의 확산 경로를 바르게 연결한 것은?

<대기 안정도>



<굴뚝 연기의 확산 경로>



	㉠	㉡	㉢	㉣
①	A	C	B	D
②	D	C	B	A
③	D	B	C	A
④	A	B	D	C

정답 2번

NoteBase

출제 포인트

기온선의 기울기를 건조단열선과 비교하여 굴뚝 높이 부근의 안정도와 안정층의 위치를 판단하고, 이를 연기의 수직 확산 형태와 연결하는 문제이다. 안정층은 연기의 수직 운동을 억제하고, 불안정층은 연기의 상하 혼합을 활발하게 한다.

선지별 해설

① X
ㄱ을 A, ㄹ을 D에 연결한 부분이 틀렸다. ㄱ은 기온 역전이 나타나는 매우 안정한 층이므로 연기가 수평으로 얇게 퍼지는 D이고, ㄹ은 굴뚝 높이 부근의 불안정한 층에서 상하 요동이 큰 A이다. 올바르게는 ㄱ-D, ㄴ-C, ㄷ-B, ㄹ-A이다.

② O
ㄱ-D, ㄴ-C, ㄷ-B, ㄹ-A의 연결이 모두 맞다. ㄱ은 안정층에서 수직 확산이 억제되는 부채형, ㄴ은 굴뚝 아래쪽의 안정층 때문에 아래로는 억제되고 위로 확산되는 상승형, ㄷ은 위쪽 안정층에 막혀 아래로 확산되는 훈증형, ㄹ은 불안정층에서 크게 상하로 요동하는 환상형에 해당한다.

③ X
ㄴ-B와 ㄷ-C가 서로 뒤바뀌었다. ㄴ은 아래쪽이 안정하고 위쪽으로 혼합되므로 C이며, ㄷ은 위쪽 안정층이 덮개처럼 작용하여 연기가 아래로 섞이므로 B이다. 올바르게는 ㄱ-D, ㄴ-C, ㄷ-B, ㄹ-A이다.

④ X
ㄱ-A, ㄴ-B, ㄷ-D, ㄹ-C의 연결이 모두 틀렸다. ㄱ은 D, ㄴ은 C, ㄷ은 B, ㄹ은 A에 해당한다. 올바르게는 ㄱ-D, ㄴ-C, ㄷ-B, ㄹ-A이다.

오답 포인트

ㄴ과 ㄷ은 모두 안정층과 불안정층이 함께 있어 혼동하기 쉽다. 굴뚝 아래가 안정하면 하향 확산이 막혀 C처럼 위로 퍼지고, 굴뚝 위가 안정하면 상향 확산이 막혀 B처럼 지면 쪽으로 퍼진다. 또한 ㄱ의 전층 역전을 단순한 상하 확산형으로 보면 안 되며, 강한 안정 상태에서는 D처럼 수평으로 얇게 퍼진다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 굴뚝 높이를 기준으로 안정층이 아래에 있는지, 위에 있는지, 배출 높이 자체가 불안정한지를 본다. 아래가 안정하면 위로 퍼지는 C, 위가 안정하면 아래로 퍼지는 B, 전반적으로 매우 안정하면 수평으로 퍼지는 D, 불안정하면 상하 요동이 큰 A로 판단한다.

암기 포인트

안정층은 연기를 막는다. 아래 안정-C, 위 안정-B, 전층 안정-D, 불안정-A이다.

NoteBase

문 20. 브루어-돕슨 순환(Brewer-Dobson circulation)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 성층권에서 발생하는 대규모 자오면 순환이다.
② 성층권 적도지역에서 상승하고, 극지역에서 하강하는 순환이다.
③ 성층권 오존과 수증기 분포에 중요한 역할을 한다.
④ 성층권에 위치하여 계절적 변화가 없다.

정답 4번

출제 포인트

브루어-돕슨 순환의 공간적 구조와 물질 수송 역할, 계절 변화를 구분하는 문제이다.

핵심 개념

브루어-돕슨 순환은 성층권에서 열대 공기가 상승한 뒤 고위도 방향으로 이동하고 중·고위도에서 하강하는 대규모 동서평균 자오면 순환이다. 이 순환은 오존과 수증기 같은 미량기체의 성층권 분포를 조절하며, 파동 활동의 계절 변화에 따라 순환의 세기도 달라진다.

선지별 해설

① O — 브루어-돕슨 순환은 성층권에서 나타나는 대규모 동서평균 자오면 순환이다.

② O — 열대 성층권에서 공기가 상승하고 고위도 쪽으로 이동한 뒤 중·고위도, 특히 겨울철 고위도에서 하강하는 구조를 가진다.

③ O — 이 순환은 오존과 수증기를 수송하므로 이들의 성층권 내 공간 분포를 결정하는 데 중요한 역할을 한다.

④ X — 틀린 표현은 '계절적 변화가 없다'이다. 브루어-돕슨 순환의 세기는 계절에 따라 변하며 일반적으로 겨울 반구에서 더 강해진다. 올바르게는 '성층권에 위치하며 계절적 변화가 있다'이다.

오답 포인트

'성층권의 대규모 평균 순환'이라는 말 때문에 순환이 연중 일정하다고 오해하기 쉽다. 그러나 대규모 순환이라는 공간적 규모와 계절에 따른 세기 변화는 별개의 특성이다.

다시 나오면 이렇게 판단

열대 상승 → 고위도 방향 이동 → 중·고위도 하강의 구조를 먼저 확인하고, 오존·수증기 수송 및 겨울 반구에서 강해지는 계절성을 함께 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

브루어-돕슨 순환은 '열대 상승, 고위도 하강, 오존·수증기 수송, 겨울에 강화'로 정리된다.

NoteBase