

의 어느
점 P는
>에서
파동의

기상역학

- 문 1. 연속방정식은 아래와 같이 표현할 수 있다. 이와 관련한 설명으로 옳은 것을 <보기>에서 모두 고른 것은?
(단, u, v, w 는 각각 바람의 동서, 남북, 연직 성분이다.)

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

< 보 기 >

- ㄱ. 수평 발산은 연직운동에 의해 보상되어야 한다.
ㄴ. 일반적으로 연속방정식을 통해 연직운동의 방향은 파악할 수 없다.
ㄷ. 중위도 종관규모에서 연직속도를 계산할 때 큰 오차가 발생하는 원인은 바람의 남북방향 변화율이 동서방향 변화율보다 크기 때문이다.

- ① ㄱ, ㄴ ② ㄴ, ㄷ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

- 문 2. 로스비수(Rossby number)에 관한 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은?

- ㄱ. 코리올리 힘에 대한 가속도의 비로 정의된다.
ㄴ. 로스비수가 작은 대기 운동 영역에서는 지균폭 근사가 유효하지 않다.
ㄷ. 로스비수가 클 때에는 운동방정식에서 가속도 항을 무시할 수 없다.
ㄹ. 대기경계층에서 관측되는 난류운동은 로스비수가 작은 특성을 가지고 있다.

- ① ㄱ, ㄷ ② ㄴ, ㄹ ③ ㄱ, ㄹ ④ ㄴ, ㄷ

- 문 3. 종관규모 대기운동에서 규모분석을 통해 간단화된 소용돌이도 방정식을 고려할 때, 한반도 지역의 대류권 상층에서 소용돌이도가 대기의 흐름을 따라 빠르게 감소하고 있다면, 이 지역의 대류권 중층에서 우세하게 관측되는 것은?

- ① 온난 이류 ② 한랭 이류
③ 하강 운동 ④ 상승 운동

- 문 4. 유체 불안정은 덩이 불안정과 파동 불안정으로 분류할 수 있다. 다음 중 각각의 불안정을 옳게 짝지은 것은?

<덩이 불안정> <파동 불안정>

- | | |
|----------|--------|
| ① 대류 불안정 | 관성 불안정 |
| ② 관성 불안정 | 대칭 불안정 |
| ③ 대칭 불안정 | 순압 불안정 |
| ④ 순압 불안정 | 경압 불안정 |

있을 때,
플랑크
 10^8m/s ,

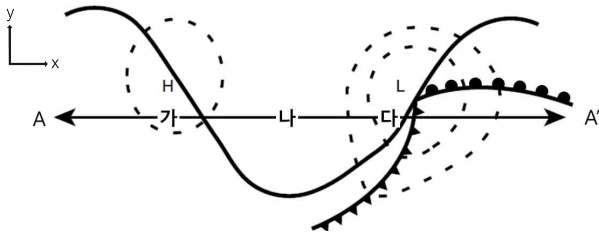
문 5. 다음 파동 중 분산파로만 짝지은 것은?

- ① 음파, 깊은 물 중력과, 로스비파
- ② 음파, 관성 중력과, 얇은 물 중력과
- ③ 관성 중력과, 얇은 물 중력과, 내부 중력과
- ④ 깊은 물 중력과, 내부 중력과, 로스비파

문 6. 수치모델링 분야에서 관측 자료 동화에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

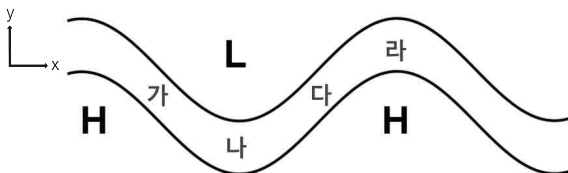
- ① 관측연산자(Observation operator)는 수치모델의 격자점값을 관측지점값으로 변환하기 위한 연산자이다.
- ② 변분법(Variational method)은 모델변수와 복잡한 관계를 가지고 있는 위성 및 레이더 관측 자료 동화에 유리하다.
- ③ 최적내삽법(Optimal interpolation)은 관측자료의 영향이 관측지점 주변지역에만 한정된다는 단점이 있다.
- ④ 4차원변분법(4DVAR)은 수반모델(Adjoint model)을 사용함으로써 배경오차를 실시간으로 갱신할 수 있는 장점이 있다.

문 7. 다음 그림은 발달하고 있는 경압파동의 모식도이다. A-A' 연직단면에 위치한 '가', '나', '다' 지역에서 관측되는 현상으로 옳지 않은 것은? (단, 실선은 500hPa의 지위고도(Geopotential height)선, 점선은 1,000hPa에서의 지위고도선이며 전선을 함께 표시한 것이다.)



- ① '가'의 대류권 중층에서는 하강 운동이 관측되고, '다'의 대류권 중·하층의 층후는 감소한다.
- ② '가'의 대류권 중층에서는 음의 소용돌이도 이류가, '나'의 대류권 중층에서는 상승 운동이 관측된다.
- ③ '나'의 대류권 하층에서는 한랭이류가, '다'의 대류권 중층에서는 상승 운동이 관측된다.
- ④ '가'의 대류권 중층에서는 지위(Geopotential)가 상승하고, '다'의 대류권 중층에서는 양의 소용돌이도 이류가 관측된다.

문 8. 다음 그림은 대류권 상층의 지위고도(Geopotential height)장의 모식도이다. 준지균 이론을 고려할 때, 비지균풍의 수렴이 예상되는 지점은?



- ① 가
- ② 나
- ③ 다
- ④ 라

문 9. 대기의 각운동량(Angular momentum)에 관한 설명으로 옳은 것은?

- ① 각운동량의 극쪽 방향 수송은 대규모 순환에 의한 절대 각운동량의 이류와 에디(Eddy)에 의한 수송으로 설명할 수 있다.
- ② 북반구 중위도 지역에서 각운동량의 극쪽 방향 수송은 페렐(Ferrel) 순환에 의한 절대 각운동량의 이류가 중요한 요인이다.
- ③ 북반구에서 극쪽 방향으로 수송되는 각운동량의 최댓값은 약 45°N 부근에서 관측된다.
- ④ 북반구에서 각운동량의 수렴이 최대로 관측되는 지역은 약 30°N 부근으로, 이 지역의 동서 방향 바람장을 유지하는 중요한 요인이다.

문 10. 해들리 순환(Hadley circulation)에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은?

- ㄱ. 열대 태평양 지역에서 해들리 순환의 상승 기류의 위치는 계절에 따라 변한다.
- ㄴ. 간접 순환의 하나로 남북 방향으로의 열에너지 수송에 매우 큰 역할을 한다.
- ㄷ. 해들리 순환의 상승 기류는 열대 지역에서 대류권계면까지 도달하기도 한다.
- ㄹ. 해들리 순환의 상승 기류를 통해 막대한 양의 잠열(Latent heat)이 방출된다.

- ① ㄱ, ㄴ
- ② ㄷ, ㄹ
- ③ ㄱ, ㄴ, ㄹ
- ④ ㄱ, ㄷ, ㄹ

문 11. 다음은 준지균 오메가 방정식을 표현한 것이다. 식에서 각 항의 물리적 의미에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은? (단, $\vec{V}_g$ 는 지균풍 벡터, Φ 는 지위(Geopotential), p 는 기압, σ 는 표준대기 정적 안정도 파라미터, f 는 코리올리 파라미터, f_0 는 기준위도에서의 f 이다.)

$$\left(\nabla^2 + \frac{f_0^2}{\sigma} \frac{\partial^2}{\partial p^2} \right) \omega = \frac{f_0}{\sigma} \frac{\partial}{\partial p} \left[\vec{V}_g \cdot \nabla \left(\frac{1}{f_0} \nabla^2 \Phi + f \right) \right] + \frac{1}{\sigma} \nabla^2 \left[\vec{V}_g \cdot \nabla \left(-\frac{\partial \Phi}{\partial p} \right) \right]$$

(가) (나)

- < 보 기 > —
- ㄱ. (가)항은 절대 소용돌이도 이류의 연직차등을 의미한다.
 - ㄴ. (나)항은 온도 이류와 연관된 항이다.
 - ㄷ. (나)항에서 음의 온도 이류가 고도 증가에 따라 감소하면, 상승운동이 유발된다.
 - ㄹ. (가)항이 양의 값을 가지면, 상승운동이 유발된다.

- ① ㄱ, ㄴ, ㄷ
- ② ㄴ, ㄷ, ㄹ
- ③ ㄱ, ㄴ, ㄹ
- ④ ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ

문 12. 역학에너지는 운동에너지와 중력 위치에너지의 합이며, 아래와 같은 식으로 표현할 수 있다. (가)에 들어갈 항과 그에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, $\vec{U}$ 는 속도벡터, Φ 는 지위(Geopotential), ρ 는 밀도, p 는 기압이다.)

$$\rho \frac{D}{Dt} \left(\frac{1}{2} \vec{U} \cdot \vec{U} + \Phi \right) = \text{(가)}$$

- ① $-\vec{U} \times \nabla p$: 역학에너지는 바람의 방향과 기압경도가 교차하는 각도에 비례한다.
- ② $-\nabla \left(\frac{1}{2} \vec{U} \cdot \vec{U} \right) \cdot \nabla p$: 운동에너지의 경도와 기압경도의 방향이 평행할수록 역학에너지는 큰 값을 가진다.
- ③ $-\vec{U} \cdot \nabla p$: 바람이 지균풍인 경우, 역학에너지는 보존된다.
- ④ $-\nabla \left(\frac{1}{\rho} \right) \times \nabla p$: 경압성이 클수록 역학에너지는 큰 값을 가진다.

문 13. Q 벡터에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 종관규모 대기운동에서 Q 벡터 분포만 알면 연직 운동을 진단할 수 있다.
- ② Q 벡터의 동서 방향 성분의 크기는 지균풍의 남북 방향 변화를 알아야 구할 수 있다.
- ③ Q 벡터가 수렴하는 곳에서는 상승 운동이, 발산하는 곳에서는 하강 운동이 존재한다.
- ④ Q 벡터는 왼편에 찬 공기가 있는 등온선을 따라서 계산된 지균풍의 변화 벡터를 구한 후, 이를 시계방향으로 90° 회전시킨 방향과 같은 방향을 가진다.

문 14. 지상 기압이 서쪽 방향으로 5hPa/100km의 비율로 일정하게 감소하고 있다. 시속 20km로 서쪽으로 이동하고 있는 배에서 측정한 지상 기압이 시간당 2hPa씩 증가할 때, 배가 통과하고 있는 지점에서 지상 기압의 국지적 변화는 얼마인가?

- ① 시간당 3hPa 감소 ② 시간당 3hPa 증가
- ③ 시간당 1hPa 감소 ④ 시간당 1hPa 증가

문 15. 지구대기에서 기본 흐름이 서풍인 지균풍(u_g)일 때, 다음 중 관성적으로 불안정한 경우는?

- ① 북반구에서 u_g 가 남북 방향으로 일정한 경우
- ② 남반구에서 u_g 가 남북 방향으로 일정한 경우
- ③ 북반구에서 u_g 의 북쪽 방향 증가율이 코리올리 파라미터 값보다 큰 경우
- ④ 남반구에서 u_g 의 북쪽 방향 증가율이 코리올리 파라미터 값보다 큰 경우

문 16. 속-기울기 이론(Flux-gradient theory)을 따르는 대기 경계층을 가정하면 정상 흐름은 아래와 같은 방정식을 만족한다. 경계 조건이 $u(z=0)=0$, $v(z=0)=0$ 이고, $u(z \rightarrow \infty)=u_g$, $v(z \rightarrow \infty)=v_g$ 일 때, 에크만 깊이(Ekman depth)는? (단, K 는 에디점성 계수, f 는 코리올리 파라미터, u , v 는 각각 바람의 동서, 남북 성분, u_g , v_g 는 각각 지균풍의 동서, 남북 성분이다. 여기서, K 와 f 는 상수로 가정한다.)

$$K \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + f(v - v_g) = 0$$

$$K \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} - f(u - u_g) = 0$$

- ① $\pi \sqrt{2K/f}$ ② $\sqrt{2} \pi u_g / Kf$
- ③ $2\pi \sqrt{Kf}$ ④ $2\pi u_g / \sqrt{K/f}$

문 17. 안정하게 성층화된 대기에서, 평형고도를 중심으로 단열 진동하는 공기덩이를 지배하는 방정식은 아래와 같다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, δz 는 공기덩이의 연직변위, N 은 부력진동수이다.)

$$\frac{D^2}{Dt^2}(\delta z) = -N^2 \delta z$$

- ① N^2 은 온위의 고도 변화율과 중력가속도로 표현할 수 있다.
- ② δz 의 일반해는 $i \exp(Nt)$ 에 비례하는 형태를 가진다.
- ③ $N^2 < 0$ 인 경우 공기덩이는 진동하게 된다.
- ④ 대류권의 평균적인 조건에서 진동의 주기는 약 1시간이다.

문 18. 2층 대기 모형에서 경압파와 관련된 에너지에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

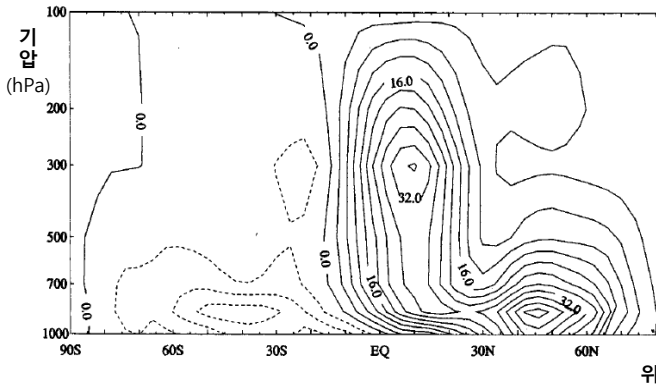
- ① 발달하는 경압파에서의 에너지는 평균 흐름 가용 위치 에너지에서 섭동 가용 위치에너지를 거쳐서 섭동 운동 에너지로 전환된다.
- ② 섭동 층두께가 두꺼운 곳에서 하강 운동이 존재하면, 섭동 가용 위치에너지가 섭동 운동에너지로 전환된다.
- ③ 상·하층의 평균 풍속 차는 섭동 가용 위치에너지의 시간적 변화율 증가에 기여한다.
- ④ 500hPa 고도에서 섭동 온도파가 섭동 지위(Geopotential)파보다 90°만큼 지연될 때 섭동 가용 위치에너지에서 섭동 운동에너지로의 전환이 최대가 된다.

문 19. 얕은 물 방정식계(Shallow water system)에 대한 식으로 옳은 것을 모두 고른 것은?

- ㄱ. 정역학 균형을 만족한다.
 ㄴ. 밀도가 일정하다는 가정을 통해, 유체의 흐름이 비압축성이라고 말할 수 있다.
 ㄷ. 소용돌이도 방정식은 $\frac{D}{Dt}(\zeta+f) = -(\zeta+f)\left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y}\right)$ 간단히 표현할 수 있다. (단, ζ 는 상대 소용돌이도, f 는 행성 소용돌이도, u, v 는 각각 바람의 동서, 남북 성분이다.)

- ① ㄱ, ㄴ ② ㄴ, ㄷ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

문 20. 아래 그림은 북반구 겨울철의 잔여 평균 남북 유선함(Residual mean meridional stream function)의 공간분포를 나타낸 것이다. 이와 관련한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 실선은 양의 값, 점선은 음의 값을 나타내며, 단위는 $10^2 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 이다.)



- ① 변형된 오일러 평균(Transformed Eulerian Mean) 방정식에 적용한 동서 평균장으로부터 계산된다.
 ② 열역학에너지 방정식에서 에디 열속 수렴과 비단열 가열항이 크게 상쇄되는 것을 반영한다.
 ③ 각 반구에서 각각 하나의 열적 직접 순환 구조를 가진다.
 ④ 대기 중 추적 물질의 평균 이류 수송을 근사적으로 제공한다.