

기상역학

2023년도 국가공무원 5급(기술) 공개경쟁채용 제2차시험

응시번호 :

성명 :

제 1 문. 다음은 반지균폭(semi-geostrophic) 지배 방정식계를 나타낸 것이다. 여기서 u_g , v_a , f , N , b , w 는 각각 동서방향 지균폭, 남북방향 비지균폭, 코리올리 파라미터, 부력진동수, 부력, 연직방향 속도이다. 다음 물음에 답하시오. (단, 여기서 f 는 상수이다) (총 30점)

$$\frac{Du_g}{Dt}-fv_a=0$$

$$\frac{Db}{Dt}+wN^2=0$$

$$\frac{\partial v_a}{\partial y}+\frac{\partial w}{\partial z}=0$$

- 반지균폭 방정식계의 온도풍 관계($f\frac{\partial u_g}{\partial z}=-\frac{\partial b}{\partial y}$)와 위 식들로부터 Sawyer-Eliassen(S-E) 방정식을 유도하시오. (15점)
- 1)에서 유도한 S-E 방정식이 나타내는 순환에 대하여 설명하시오. (5점)
- 2)에서 설명한 순환이 전선 발생에 어떻게 기여하는지 그림으로 나타내고 설명하시오. (10점)

제 2 문. 원형 저기압 시스템이 형태 변화 없이 속력 C 로 동쪽으로 이동하고 있다. 다음 물음에 답하시오. (총 25점)

- 저기압 가장자리의 등고선과 시스템의 이동 방향이 이루는 각을 γ 라 할 때, 유적 곡률 반지름(R_t)과 유선 곡률 반지름(R_s) 사이의 관계식을 구하시오. (10점)
- 원형 저기압 시스템의 반지름이 600 km일 때, 이 시스템의 북쪽과 남쪽에 위치하는 공기 입자의 유적 곡률 반지름(R_t)을 각각 구하시오. (단, 이 시스템은 속력 20 ms^{-1} 로 동쪽으로 움직이며, 지균폭류는 어디에서나 동일한 접선 풍속 10 ms^{-1} 를 갖는다) (5점)
- 아래 식은 자연 좌표계에서 나타낸 수평운동량 방정식이다. 이 식을 이용하여 2)의 두 공기 입자들에 대한 정상적인 경도풍의 속력을 각각 구하시오. (단, $f=10^{-4}\text{ s}^{-1}$ 이며, n 은 바람 방향의 직각 왼쪽이 양이 된다) (10점)

V : 수평속력, R : 곡률반경, f : 코리올리 파라미터, Φ : 지오폠펜셜

$$\frac{V^2}{R}+fV=-\frac{\partial \Phi}{\partial n}$$

제 3 문. 다음은 일반적인 천수방정식계를 나타낸 것이다. 여기서 u , v 는 동서방향과 남북방향의 속도, h 는 지면으로부터 측정한 수위를 나타낸다. f 는 코리올리 파라미터, g 는 중력가속도이다. 물음에 답하시오. (총 20점)

$$\begin{aligned}\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} - f v &= -g \frac{\partial h}{\partial x} \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + f u &= -g \frac{\partial h}{\partial y} \\ \frac{\partial h}{\partial t} + u \frac{\partial h}{\partial x} + v \frac{\partial h}{\partial y} &= -h \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right)\end{aligned}$$

- 1) 위 방정식들을 이용하여 연직 성분의 소용돌이도(ζ) 방정식을 유도하시오. (5점)
- 2) 1)에서 구한 소용돌이도 방정식과 문제에서 제시된 세 번째 방정식인 수위 방정식을 이용해서 천수방정식계의 잠재소용돌이도 방정식을 유도하고 그 의미를 설명하시오. (10점)
- 3) 2)에서 구한 잠재소용돌이도 방정식을 북반구 중위도에서 편서풍을 따라 움직이는 유체 시스템에 적용하고, 이 시스템이 높은 지형을 넘으면서 로스비파가 유도될 수 있음을 그림으로 나타내고 설명하시오. (단, 초기 시간 유체 시스템의 회전은 없다) (5점)

제 4 문. β -평면에서의 순압 소용돌이도 방정식(barotropic vorticity equation)은 섭동 유선함수 ψ' 에 대해 다음과 같이 선형화될 수 있다.

$$\begin{aligned}\bar{u}: \text{동서방향 평균류}, v': \text{남북방향 섭동}, \beta = \frac{df}{dy} (f \text{는 코리올리 파라미터}) \\ \left(\frac{\partial}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial}{\partial x} \right) \nabla^2 \psi' + \beta v' = 0\end{aligned}$$

위에 주어진 순압 소용돌이도 방정식을 이용하여 물음에 답하시오. (총 25점)

- 1) 순압 소용돌이도 방정식이 $\psi' = \text{Re} [\Psi e^{i(kx + ly - \nu t)}]$ 의 파동해를 가질 때 자유 로스비 파의 동서 위상속도를 구하고, 이 파가 서진, 동진, 정체하는 각 경우에 대한 파수 조건을 제시하시오. (단, k 와 l 은 각각 동서 및 남북 파수이고, ν 는 진동수이다) (10점)
- 2) 이 파동의 군속도 벡터를 수식으로 제시하고, 평균류가 0인 경우에 대하여 파동 에너지의 전파 방향에 대해 설명하시오. (10점)
- 3) 동서파장과 남북파장이 거의 같고 동서 위상속도가 0인 정체 로스비 파의 에너지는 항상 북동쪽으로 전파하게 됨을 설명하시오. (5점)

인사혁신처 시험출제과장