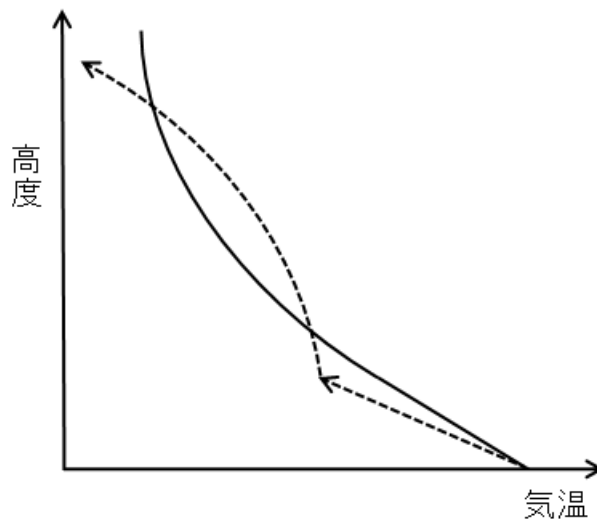


**地球物理学概説B（気象学概説）（2025 年度秋学期）**  
**期末試験**

1. 以下に挙げる 4 種類の気体を、密度の高いものから順に並べ替えよ。ただし、乾燥空気と二酸化炭素は理想気体であると仮定せよ。乾燥空気の平均分子量は 29、二酸化炭素の分子量は 44 とする。考え方も記せ（たとえば、「…だから、アを基準とすると、イの密度はアの密度の○倍、ウの密度は…」というように簡潔に記せばよい）。

- ア. 圧力 1000 hPa、温度 300 K の乾燥空気
- イ. 圧力 1050 hPa、温度 300 K の乾燥空気
- ウ. 圧力 1000 hPa、温度 270 K の乾燥空気
- エ. 圧力 1000 hPa、温度 300 K の二酸化炭素

2. 下の図は対流圏内の気温の鉛直分布を模式的に示したものである。実線は、環境場の気温の鉛直分布を表している。破線は、地面付近の空気（未飽和だが水蒸気を含む）を断熱的に持ち上げた場合の温度変化を示している。「持ち上げ凝結高度」と「自由対流高度」の位置を図中に分かりやすく示せ。



3. シリンダーの中に相対湿度が 80%の空気を入れた。通常の実験室の環境下で、シリンダー内の空気を断熱膨張させた。水蒸気の凝結は起こらないものとする。このとき、シリンダー内で次の 6 つの物理量の変化を調べ、増加する物理量、減少する物理量、変化しない物理量の 3 つに分類した。

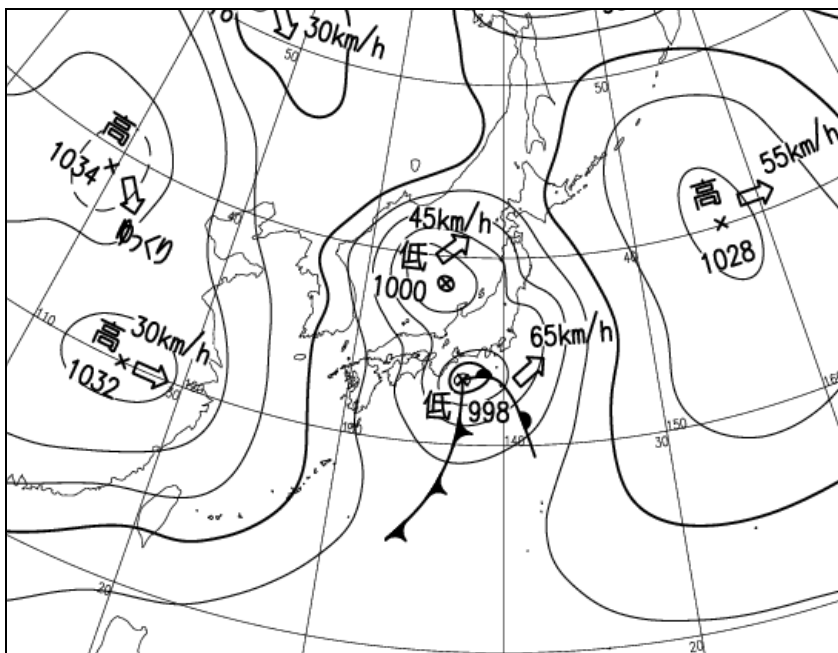
(全) 圧力 水蒸気圧 相対湿度 混合比 比湿 湿数

(1) 減少する物理量をすべて挙げよ。答えのみを記せばよい。

ヒント：これは中学校の理科の教科書に載っているような典型的な実験操作である。混合比とは単位質量の乾燥空気に含まれる水蒸気の質量のことであり、比湿とは単位質量の空気（乾燥空気と水蒸気）に含まれる水蒸気の質量のことである。また、湿数とは気温と露点温度の差のことである。

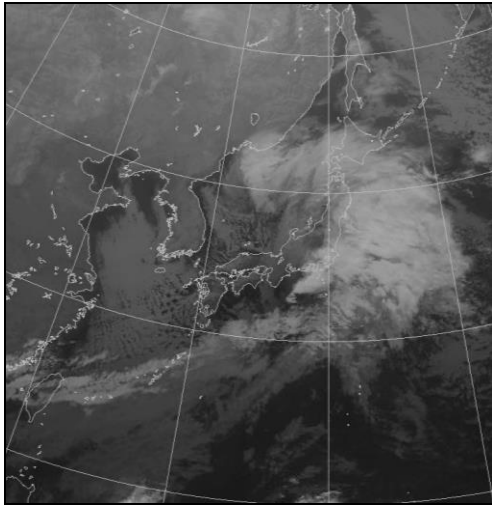
(2) 断熱膨張ではなく、温度を一定に保って膨張させた場合に、減少する物理量をすべて挙げよ。答えのみを記せばよい。

4. 以下の図は、2025年12月14日9時の地上天気図である。本州の南岸を発達中の低気圧が通過している。この時刻の気象衛星による赤外画像を次のページのア～エの中から選び、記号で答えよ。また、選んだ根拠を簡潔に述べよ。発達中の温帯低気圧の東側と西側における南北風と鉛直流（上昇気流や下降気流）の分布に注意せよ。本問では記号選択のみ正解の場合には得点は与えられない。

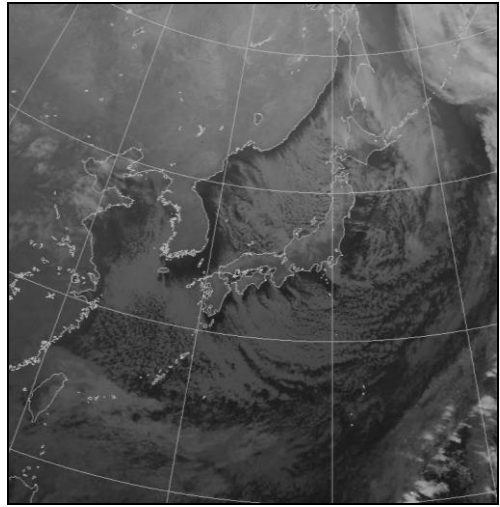


(気象庁による天気図を使用、一部加筆)

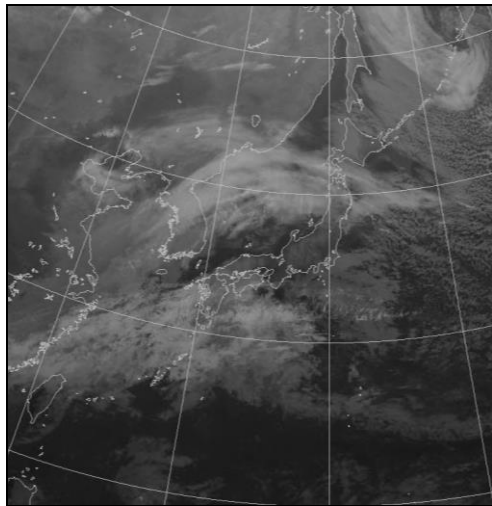
ア



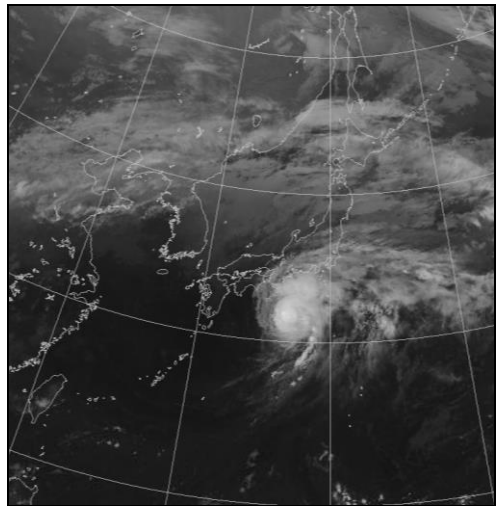
イ



ウ



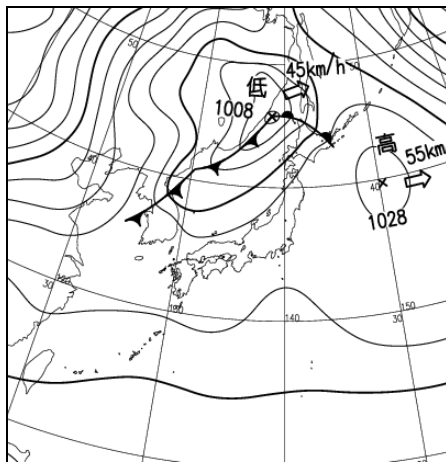
エ



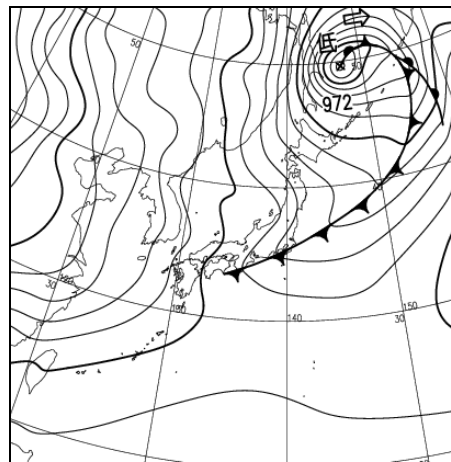
(気象庁による衛星画像を使用)

5. 次の2枚の地上天気図は、2025年11月16日21時と17日21時のものである。日本付近を低気圧が発達しながら通過していることがわかる。1番目の地上天気図（11月16日21時）に対応する700 hPa天気図を次のページのア～ウの中から選べ。700 hPa天気図においては、実線は等高線、破線は等温線である。また、選んだ根拠となった700 hPa天気図における (a) 高度場の特徴と (b) 温度場の特徴を、それぞれ簡潔に述べよ。必要に応じ、地上天気図との比較という観点を含めてよい。本問では記号選択のみ正解の場合には得点は与えられない。

11月16日21時



11月17日21時



(気象庁による天気図を使用)



6. 地衡風平衡と傾度風平衡に関する以下の問いに答えよ。上空の風を考えているので、地表面との摩擦は考えなくてよい。

(1) 北緯  $20^\circ$  において、気圧勾配の大きさ  $|\nabla p|$  が  $100 \text{ km}$  あたり  $0.80 \text{ hPa}$  であるとする。このとき、地衡風の風速  $V$  は何  $\text{m/s}$  か。有効数字 2 桁で求めよ。北緯  $20^\circ$  におけるコリオリ係数  $f$  を  $5.0 \times 10^{-5} / \text{s}$ 、空気の密度  $\rho$  を  $0.80 \text{ kg/m}^3$  とする。地衡風の関係を示す公式の導出を含め、計算過程も示すこと。

ヒント：単位質量の空気塊に働く気圧傾度力の大きさは、気圧勾配の大きさを密度で割った値に等しい。また、コリオリ力の大きさは、コリオリ係数と風速との積である。

(2) 前問で求めた風速  $V$  に等しい風が、低気圧の中心のまわりを反時計回りに吹いている。低気圧の中心からの距離  $r$  は  $4.0 \times 10^2 \text{ km}$  とする。気圧傾度力とコリオリ力に加えて、遠心力を考慮に入れたとき、これら 3 つの力が釣り合うときの気圧勾配の大きさは  $100 \text{ km}$  あたり何  $\text{hPa}$  になるか。有効数字 2 桁で求めよ。計算過程も示すこと。

ヒント：単位質量の空気塊に働く遠心力の大きさは、回転方向の風速の 2 乗を中心からの距離で割った値に等しい。

7. 温位と乾燥断熱減率について、以下の問いに答えよ。計算過程も示すこと。

(1) 温位  $\theta$  は

$$\theta = T \left( \frac{p}{p_0} \right)^{\frac{R}{c_p}} \quad \text{①}$$

と定義される。ただし、 $T$  は気温、 $p$  は気圧、 $p_0$  は基準となる気圧であ

る。また、 $R$  は乾燥空気の気体定数、 $C_p$  は定圧比熱である。気温  $T$  が気圧  $p$  の関数であることに注意して ( $p_0$ 、 $R$ 、 $C_p$  は  $p$  によらない正の定数である)、 $\theta$  を  $p$  で微分し、 $\frac{d\theta}{dp}$  を求めよ ( $T$ 、 $p$ 、 $p_0$ 、 $R$ 、 $C_p$ 、 $\frac{dT}{dp}$  で表せ)。

ヒント：一般に、

$$\frac{d\theta}{dp} = \left( \frac{\partial\theta}{\partial T} \right)_p \frac{dT}{dp} + \left( \frac{\partial\theta}{\partial p} \right)_T$$

である。また、 $y = x^n$  を微分すると  $y' = nx^{n-1}$  である。

(2) (1) において、 $\frac{d\theta}{dp} = 0$  とおき、理想気体の状態方程式

$$p = \rho RT \quad \text{②}$$

を用いて、 $\frac{dT}{dp}$  を求めよ ( $C_p$ 、 $\rho$  で表せ)。ただし、 $\rho$  は密度である。

(3) (2) において、静水圧平衡の関係

$$\frac{dp}{dz} = -\rho g \quad \text{③}$$

を用いて、 $\frac{dT}{dz}$  を求めよ ( $C_p$ 、 $g$  で表せ)。ただし、 $z$  は高度、 $g$  は重力加速度である。符号に注意して解答せよ。

参考までに、地球の対流圏では、 $C_p = 1004 \text{ J/kg K}$ 、 $g = 9.81 \text{ m/s}^2$  であり、乾燥断熱減率は 1000 m あたり 10 K 程度であることが知られている。