

気象学概説（2018 年度秋学期） 最終テスト

1. 以下に挙げる 4 種類の気体を、温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、イの温度はアの温度の○倍、ウの温度は…」というように簡潔に記せばよい）。

- ア. 密度 1.0 kg/m^3 、圧力 1000 hPa の乾燥空気
- イ. 密度 0.9 kg/m^3 、圧力 1000 hPa の乾燥空気
- ウ. 密度 1.0 kg/m^3 、圧力 990 hPa の乾燥空気
- エ. 密度 1.0 kg/m^3 、圧力 1000 hPa の二酸化炭素

2. 以下に上げる 5 種類の気体のうち、温室効果を持つものを 3 つ選べ。

オゾン 酸素 窒素 二酸化炭素 メタン

3. 積雲や積乱雲について述べた次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

条件つき不安定の成層のもとで、水蒸気を含んでいるが飽和には達していない空気塊を上方に移動したときの温度変化を考えよう。地表付近の空気塊を持ちあげると、空気塊の温度は（ア）に従って低下していき、やがて飽和に達する。このときの高度が（A）である。この高度は積雲や積乱雲のような対流性の雲の雲底高度にほぼ対応する。さらに上昇を続けると、（イ）に従って温度が下がっていく。条件つき不安定の成層のもとではまわりの空気の温度減率は（イ）よりも大きいので、上昇する空気塊の温度はやがて周囲の気温と等しくなる。この高度を（B）という。この高度を超えると、空気塊の温度は（X）ので、外力がなくても浮力によって上昇を続けられるようになる。

(1) 空欄（ア）、（イ）に入る適切な語を答えよ。

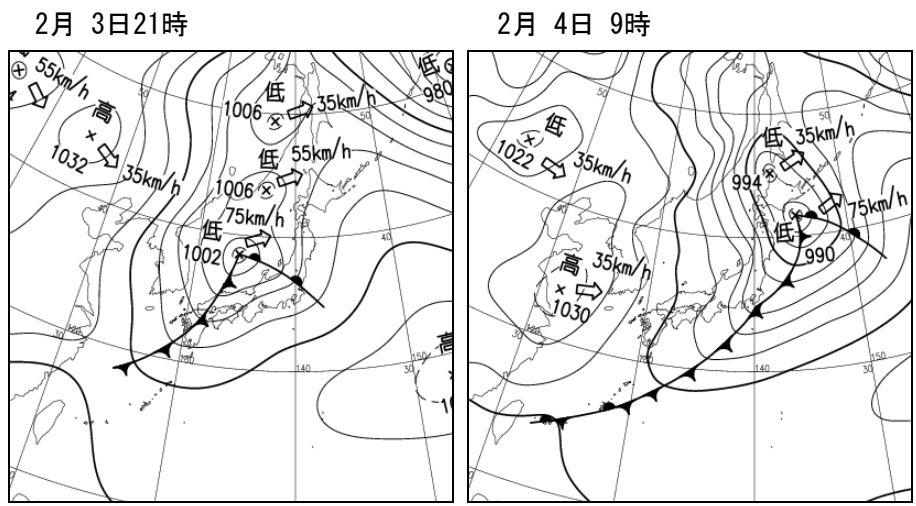
(2) 空欄（A）～（B）に入る適切な語を下の語群から選べ。

語群： 自由対流高度 中立高度 持ち上げ凝結高度

(3) 空欄（X）に入る適切な語句を下の中から選び、記号で答えよ。

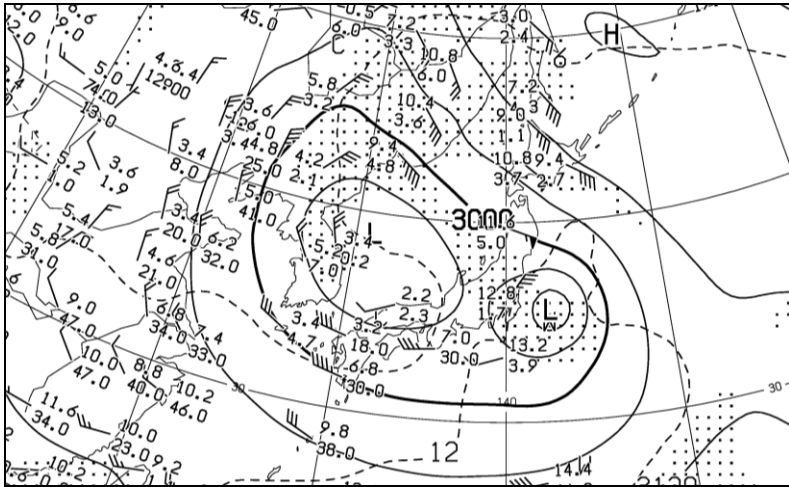
- ① 周囲の気温よりも高くなる
- ② 周囲の気温よりも低くなる
- ③ 周囲の気温に等しくなる

4. 次の2枚の地上天気図は、2019年2月3日21時、4日9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（2月3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、実線は等高度線、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。必要に応じて、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。

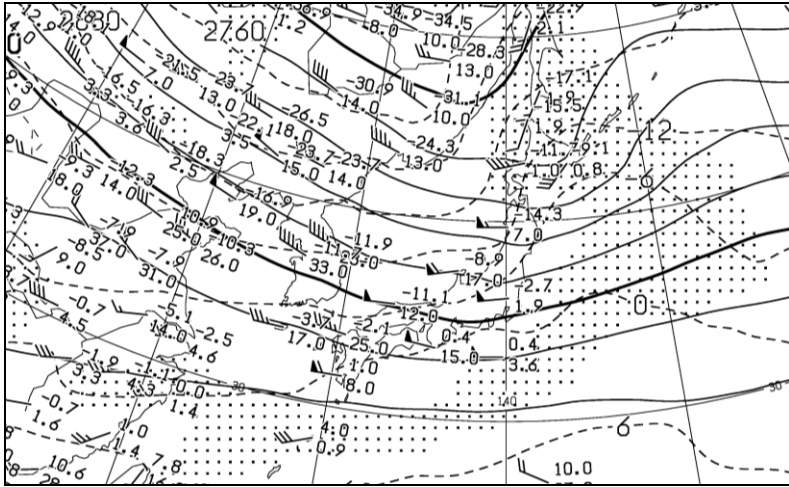


(気象庁による天気図を使用)

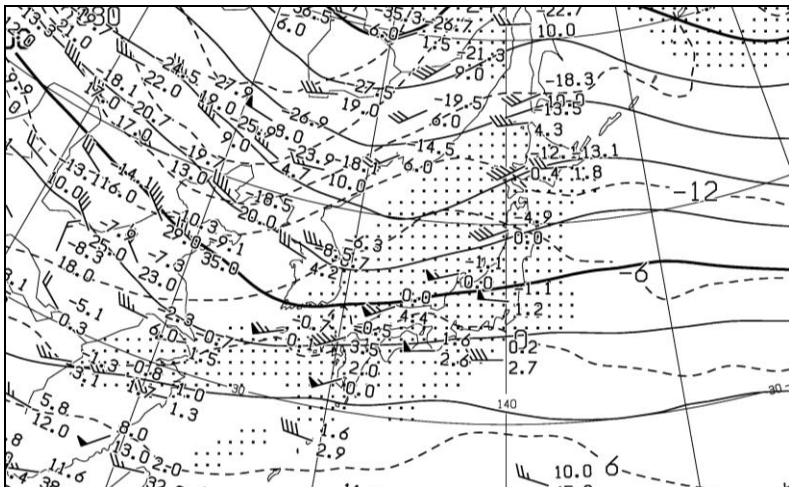
ア



イ



ウ



(気象庁による天気図を使用)

5. 北半球の温帯低気圧のまわりにおける気温と風の分布の特徴として最も適切なものを次のア～カの中からひとつ選び、記号で答えよ。

ア. 気温の高い場所で北よりの風、気温の低い場所で南よりの風が吹いていて、正味で熱を北へ運んでいる。

イ. 気温の高い場所で北よりの風、気温の低い場所で南よりの風が吹いていて、正味で熱を南へ運んでいる。

ウ. 気温の高い場所で北よりの風、気温の低い場所で南よりの風が吹いていて、それぞれの効果を相殺するので正味の南北熱輸送はほぼゼロである。

エ. 気温の高い場所で南よりの風、気温の低い場所で北よりの風が吹いていて、正味で熱を北へ運んでいる。

オ. 気温の高い場所で南よりの風、気温の低い場所で北よりの風が吹いていて、正味で熱を南へ運んでいる。

カ. 気温の高い場所で南よりの風、気温の低い場所で北よりの風が吹いていて、それぞれの効果を相殺するので正味の南北熱輸送はほぼゼロである。

6. 北半球の高気圧のまわりで、気圧傾度力とコリオリ力、遠心力のつりあい、つまり傾度風平衡を考えよう。高気圧の中心からの距離を r 、気圧を p 、時計回りの風速を v とおくと、3つの力のつりあいは

$$-\frac{1}{\rho} \frac{dp}{dr} - fv + \frac{v^2}{r} = 0 \quad \text{①}$$

と書ける。ただし、 ρ は密度、 f はコリオリ係数である。外向きの気圧勾配を G とおくと、

$$G = -\frac{dp}{dr} = \rho fv - \rho \frac{v^2}{r} = -\frac{\rho}{r} \left(v - \frac{1}{2} fr \right)^2 + \frac{1}{4} \rho f^2 r \quad \text{②}$$

となる。今は高気圧を考えているので、 $G > 0$ である。中心から 200 km の地点における気圧勾配 G の最大値を計算し、100 km あたり何 hPa か、有効数字 1 桁で答えよ。 $f = 1 \times 10^{-4} / \text{s}$ 、 $\rho = 1 \text{ kg/m}^3$ とする。計算過程も示すこと。

7. 北緯 7° において東西風が 0 m/s であるとする。この空気塊が地球の自転軸まわりの角運動量を保存したまま赤道に移動したら、東西風はどうか。風向と風速（有効数字 1 桁）を答えよ。ただし、地球の半径 a を $6 \times 10^6 \text{ m}$ 、自転角速度 Ω を $7 \times 10^{-5} / \text{s}$ 、 $(\sin 7^\circ)^2 = 0.015$ とする。計算過程も示すこと。

ヒント：地球の自転軸まわりの角運動量は、 $L = a \cos \phi (a \Omega \cos \phi + u)$ と書ける。 ϕ は緯度、 u は東西風（西風が正）である。

8. 大気の圧力の鉛直方向の変化について、以下の問いに答えよ。計算過程も示すこと。

(1) 静水圧平衡の関係は、

$$\frac{dp}{dz} = -\rho g \quad \text{①}$$

と書くことができる。ここで、 z は高度、 p は圧力、 ρ は密度、 g は重力加速度である。一方、大気を理想気体とみなして、状態方程式を書くと、

$$p = \rho RT \quad \text{②}$$

となる。ただし、 T は温度（絶対温度）、 R は気体定数である。②を用いて、①から ρ を消去し、 $\frac{dp}{dz}$ を g 、 R 、 p 、 T で表せ。 g と R は正の定数であり、また、 p と T は常に正の値をとる。

(2) 前問(1)で得られた微分方程式を解き、 p を z の関数として表せ。積分のときに出てくる任意定数は、 $z=0$ のときに $p=p_0$ となるように定めよ。ただし、温度 T は定数とみなせ。

ヒント：微分方程式の両辺を p で割ってから z で積分せよ。一般に、

$$\int \frac{1}{y} dy = \ln y + C \quad (C \text{ は積分定数})$$

$$\int \frac{1}{y} \frac{dy}{dx} dx = \ln y + C \quad (C \text{ は積分定数})$$

である。2番目の方程式において、 x を z に、 y を p に置き換え、前問(1)で得た微分方程式の左辺に適用せよ。 g 、 R 、 T はすべて定数であることにも注意せよ。

(3) 前問(2)で求めた解において、 $p = \frac{P_0}{e}$ (e は自然対数の底)となる高さ H を求め、 g 、 R 、 T で表せ。