

気象学概説（2020 年度秋学期）

最終テスト

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

- ア. 密度 1.0 kg/m^3 、温度 270 K の乾燥空気
- イ. 密度 1.2 kg/m^3 、温度 270 K の乾燥空気
- ウ. 密度 1.0 kg/m^3 、温度 270 K の二酸化炭素
- エ. 密度 1.0 kg/m^3 、温度 297 K の乾燥空気

2. シリンダーの中に温度 25°C 、相対湿度 90%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的に膨張させた。水蒸気の凝結は起こらないものとする。このとき、シリンダー内の水蒸気圧、相対湿度の変化の組み合わせとして適切なものを選び、記号で答えよ。記号のみを記せばよい。

	水蒸気圧	相対湿度
ア.	減少する	変化しない
イ.	減少する	増加する
ウ.	変化しない	変化しない
エ.	変化しない	増加する
オ.	増加する	変化しない
カ.	増加する	増加する

3. 過冷却水滴を含む雲の中で雪の結晶が成長するしくみについて述べた次の文章の空欄A～Cに入る語の組み合わせとして適切なものをア～エの中からひとつ選べ。答えのみを記せばよい。

一般に、水面における飽和水蒸気圧は、氷面における飽和水蒸気圧よりも（A）。このため、水蒸気圧が、氷面における飽和水蒸気圧と水面における飽和水蒸気圧との間の値をとる環境においては、過冷却水滴と氷晶のうち、（B）にとっては過飽和であり、結果的に（C）が特に選択的に成長する。

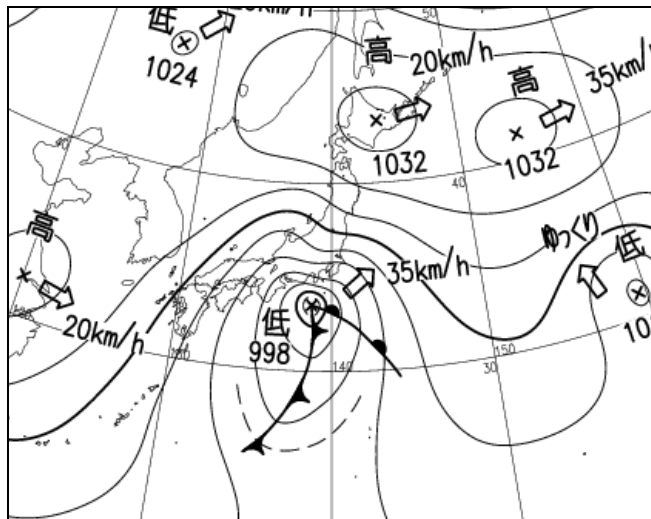
	A	B	C
ア.	大きい	過冷却水滴	過冷却水滴
イ.	大きい	過冷却水滴	氷晶
ウ.	大きい	氷晶	過冷却水滴
エ.	大きい	氷晶	氷晶
オ.	小さい	過冷却水滴	過冷却水滴
カ.	小さい	過冷却水滴	氷晶
キ.	小さい	氷晶	過冷却水滴
ク.	小さい	氷晶	氷晶

4. 断熱圧縮や断熱膨張においては、温位が保存する。温位 θ の定義式は

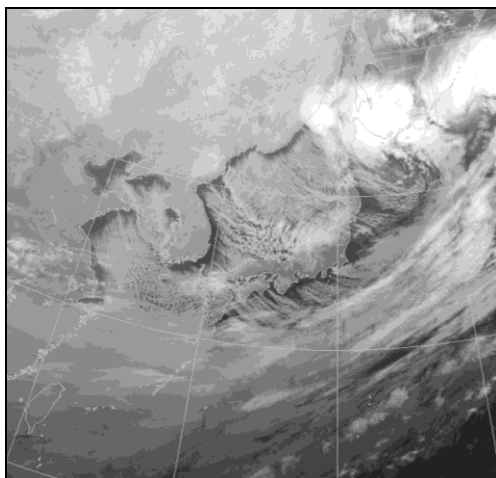
$$\theta = T \left(\frac{p}{p_0} \right)^{-\frac{R}{C_p}} \quad \text{①}$$

である。ただし、 T は温度（絶対温度）、 p は圧力である。 p_0 は基準となる圧力であり、 $p_0 = 1000 \text{ hPa}$ である。また、 R は気体定数、 C_p は定圧比熱であるが、 $R/C_p = 2/7$ とする。気圧 1020 hPa 、気温 27°C の空気を気圧 900 hPa まで断熱膨張した場合、気温は何 $^\circ\text{C}$ になるか。単位は $^\circ\text{C}$ とし、小数第 1 位を四捨五入することによって、1 の位までで答えよ。0 $^\circ\text{C}$ は 273 K としてよい。必要に応じ、近似式 $(900/1020)^{-2/7} = 1.030$ 、 $(900/1020)^{2/7} = 0.971$ を用いよ。計算過程も示すこと。

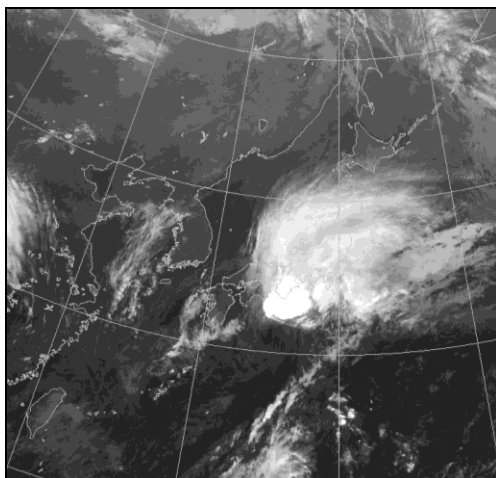
5. 以下の図は、ある年の 2 月 15 日の 3 時の地上天気図である。本州の南岸を発達中の低気圧が通過している。この時刻の気象衛星による赤外面像を次のページのア～エの中から選び、記号で答えよ。また、選んだ根拠を簡潔に述べよ。発達中の温帯低気圧の東側と西側における鉛直流（上昇気流や下降気流）の分布に注意せよ。



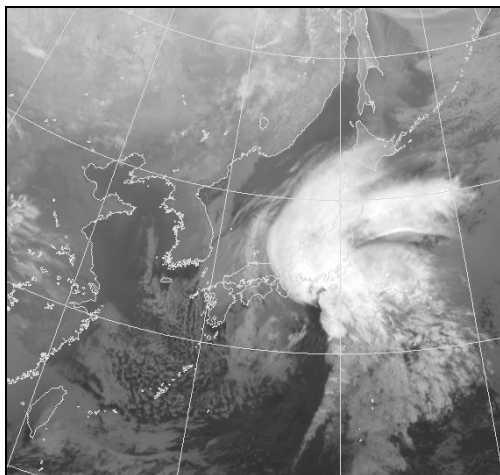
ア



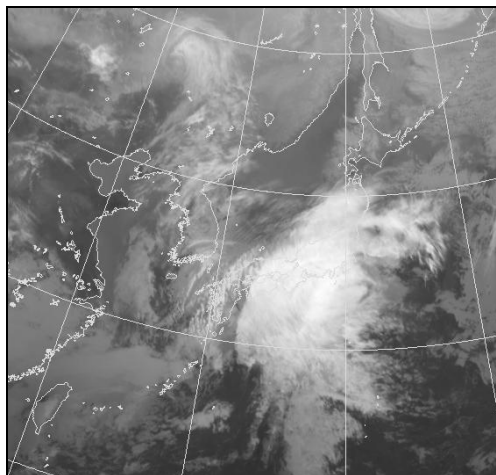
イ



ウ

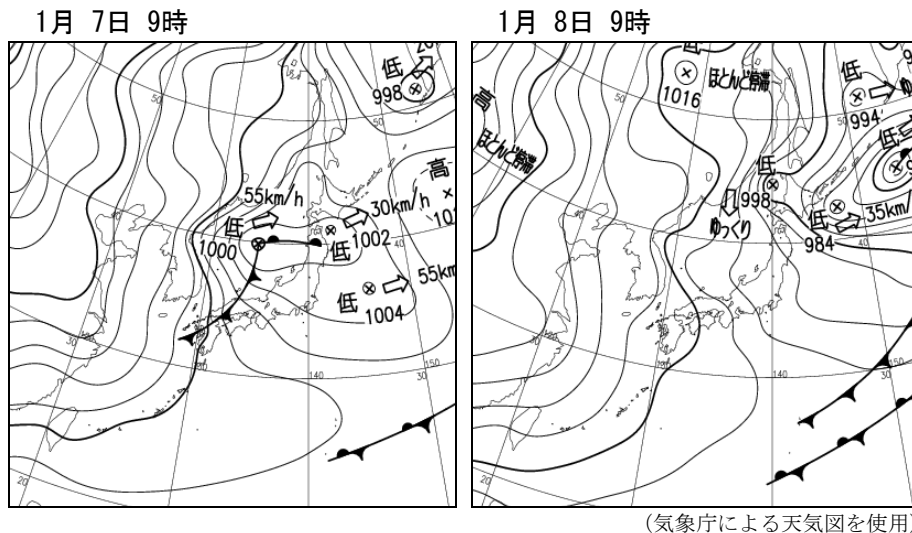


エ

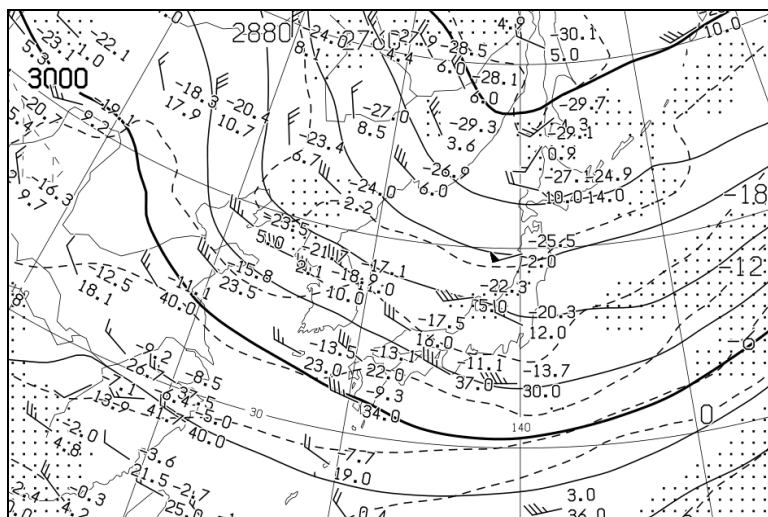


(気象庁による天気図と衛星画像を使用)

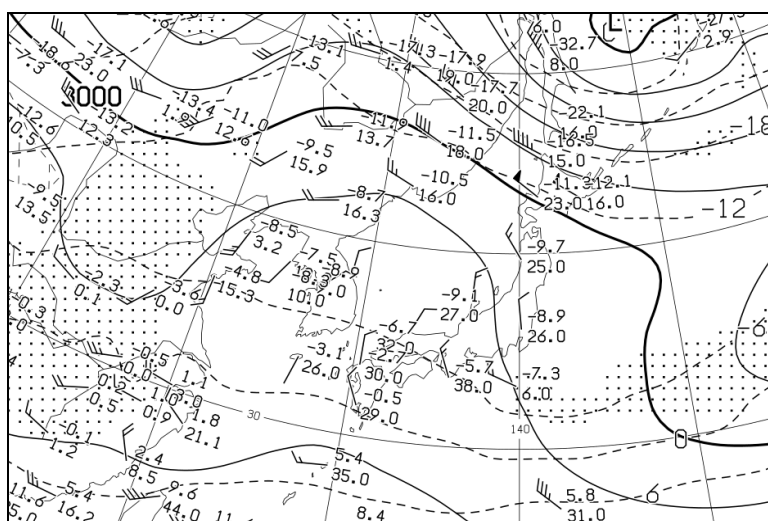
6. 次の2枚の地上天気図は、ある年の1月7日9時、8日9時のものである。日本付近を低気圧が発達しながら通過していることがわかる。1番目の地上天気図（1月7日9時）に対応する700 hPa 天気図を次のページのア～ウの中から選べ。700 hPa 天気図においては、実線は等高線、破線は等温線である。また、選んだ根拠となった700 hPa 天気図における_(a) 高度場の特徴と_(b) 温度場の特徴を、それぞれ簡潔に述べよ。必要に応じ、地上天気図との比較という観点を含めてよい。本問では記号選択のみ正解の場合には得点は与えられない。



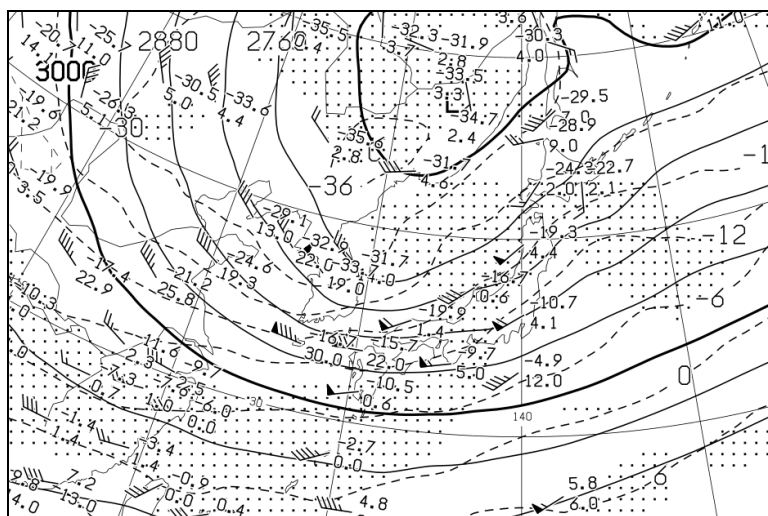
ア



イ



ウ



(気象庁による天気図を使用)

7. 北半球の高気圧や低気圧のまわりでの気圧傾度力とコリオリ力、遠心力のつりあい、つまり傾度風平衡について、以下の問いに答えよ。

(1) 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

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

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、

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

となる。今は高気圧を考えているので、 $G > 0$ である。気圧勾配 G の最大値 $G_{\max}$ と、そのときの風速 v を求め、 ρ 、 f 、 r を用いて答えよ。答えのみ記せばよい。

(2) 高気圧ではなく低気圧において、前問(1)で求めた風速と同じ強さの風が逆向きに吹くとき、気圧勾配 G を求め、 ρ 、 f 、 r を用いて答えよ。低気圧を考えているので、 $G < 0$ である。計算過程も示すこと。

8. 温室効果と大気、地表面の熱収支について、以下の問いに答えよ。計算過程も示すこと。

(1) 大気を1層で代表して温室効果を考える。大気は太陽放射に対しては透明だが、地表面からの地球放射を完全に吸収し、また、黒体放射を射出するものとする。太陽定数を I 、地表面のアルベド(反射率)を α 、地表面温度を T 、大気の温度を T_a とすると、地表面の熱収支は、

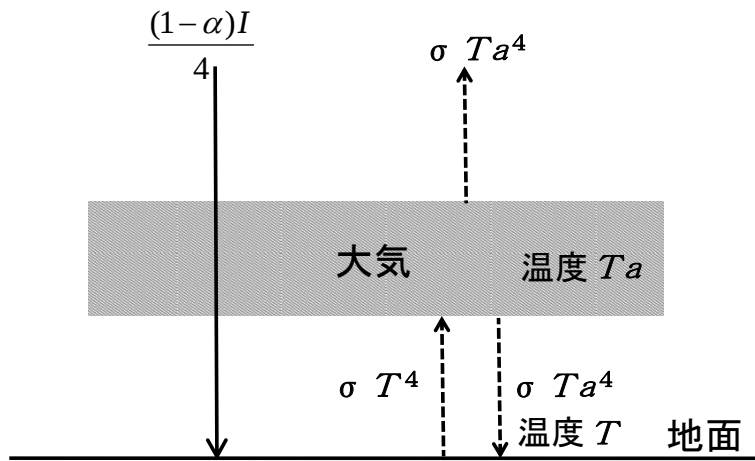
$$\frac{1}{4}(1-\alpha)I + \sigma T_a^4 = \sigma T^4 \quad ①$$

と書ける。ただし、 σ はステファン・ボルツマン定数である。地表面はス

テファン・ボルツマンの法則にしたがって黒体放射を射出するものとして
いる。一方、大気の熱収支は、

$$\sigma T^4 = 2\sigma T_a^4 \quad (2)$$

と表せる。①、②から、放射平衡に達したときの地表面温度 T と大気の温度 T_a を求め、 I 、 α 、 σ を用いて表せ。



(2) 太陽定数 I が増加したときに放射平衡時の地表面温度 T が変化する割合、つまり、 $\frac{dT}{dI}$ を求め、 α 、 σ を用いずに、 I と T のみを用いて表せ。
 α は一定とする。

ヒント：一般に、 $y = \sqrt[4]{ax}$ (a は定数) を微分すると、

$$y' = \frac{1}{4} \sqrt[4]{\frac{a}{x^3}}$$

である。