

地球物理学概説B（気象学概説）（2024 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、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 1.2 kg/m^3 、温度 300 K の乾燥空気
- イ. 密度 0.6 kg/m^3 、温度 300 K の乾燥空気
- ウ. 密度 1.2 kg/m^3 、温度 270 K の乾燥空気
- エ. 密度 1.2 kg/m^3 、温度 300 K の二酸化炭素

2. 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 500 hPa 、気温 $-27 \text{ }^\circ\text{C}$ の空気を気圧 900 hPa まで断熱圧縮した場合、気温は何 $^\circ\text{C}$ になるか。単位は $^\circ\text{C}$ とし、1 の位までで答えよ。 $0 \text{ }^\circ\text{C}$ は 273 K としてよい。必要に応じ、近似式 $(500/1000)^{2/7} = 0.820$ 、 $(900/1000)^{2/7} = 0.970$ を用いよ。計算過程も示すこと。

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～ク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。

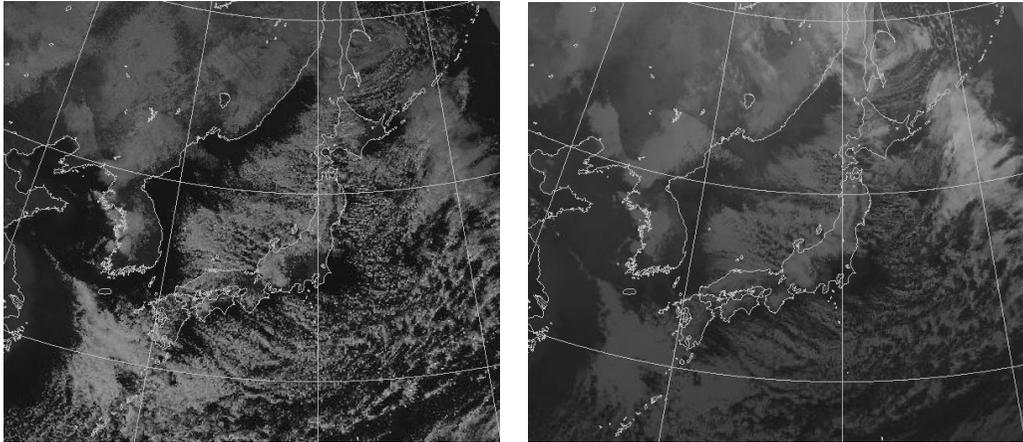
| | A | B | C |
|----|-----|-------|-------|
| ア. | 大きい | 過冷却水滴 | 過冷却水滴 |
| イ. | 大きい | 過冷却水滴 | 氷晶 |
| ウ. | 大きい | 氷晶 | 過冷却水滴 |
| エ. | 大きい | 氷晶 | 氷晶 |
| オ. | 小さい | 過冷却水滴 | 過冷却水滴 |
| カ. | 小さい | 過冷却水滴 | 氷晶 |
| キ. | 小さい | 氷晶 | 過冷却水滴 |
| ク. | 小さい | 氷晶 | 氷晶 |

4. 温度風の関係について述べた次の文章の空欄A～Dに入る語の組み合わせとして適切なものをア～クの中からひとつ選べ。答えのみを示せばよい。北半球ではなく南半球についての設問であることに注意せよ。

南半球中緯度域の対流圏においては、一般的な傾向として、同じ気圧面では南のほうが気温は低い。低温な空気のほうが密度は大きいので、ある気圧面で等圧面高度の南北勾配がなかったとしても、それより上層では南ほど等圧面高度が（ A ）なる。このため、上層ほど（ B ）向きの気圧傾度力がより強くはたらく。一方、南半球ではコリオリ力は風ベクトルに対して直角（ C ）向きにはたらく。このため、気圧傾度力とコリオリ力がつりあうためには、上空ほど（ D ）風がより強く吹くことになる。

| | A | B | C | D |
|----|----|---|---|---|
| ア. | 低く | 南 | 左 | 西 |
| イ. | 低く | 南 | 左 | 東 |
| ウ. | 低く | 南 | 右 | 西 |
| エ. | 低く | 南 | 右 | 東 |
| オ. | 高く | 北 | 左 | 西 |
| カ. | 高く | 北 | 左 | 東 |
| キ. | 高く | 北 | 右 | 西 |
| ク. | 高く | 北 | 右 | 東 |

5. 以下の図は、2024年11月30日12時における、気象衛星による可視画像と赤外画像である。日本海や東シナ海では、可視画像では比較的明るく雲が映っているにもかかわらず、赤外画像ではやや暗くなっている。このことから判断できる、この領域の雲の特徴を簡潔に述べよ。

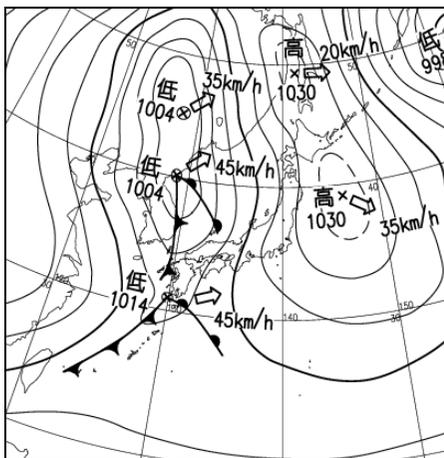


(気象庁による衛星画像を使用)

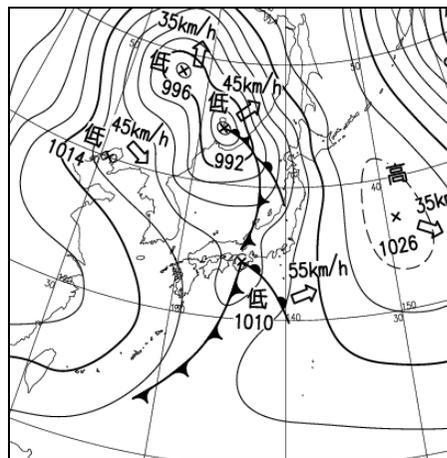
2024年11月30日12時の可視画像(左)と赤外画像(右)

6. 次の2枚の地上天気図は、2024年11月26日9時、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26日9時)に対応する700hPa天気図を次のページのア～ウの中から選べ。700hPa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700hPa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26日 9時

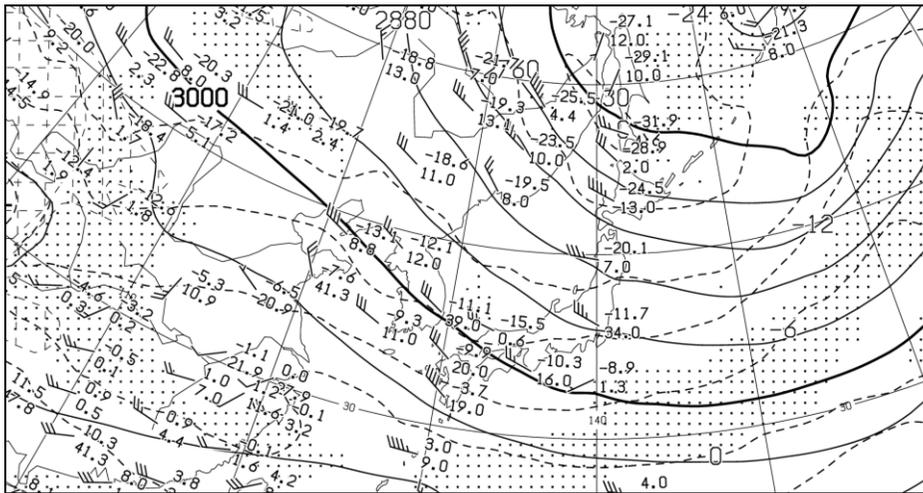


11月26日21時

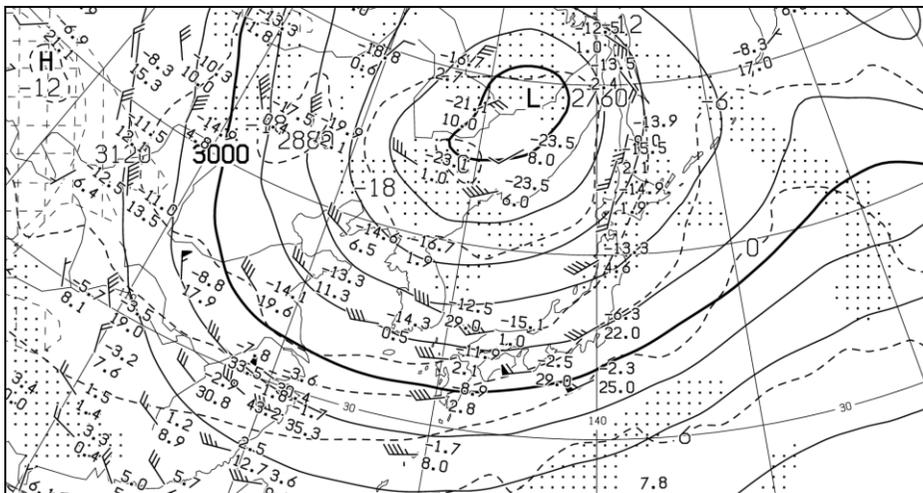


(気象庁による天気図を使用)

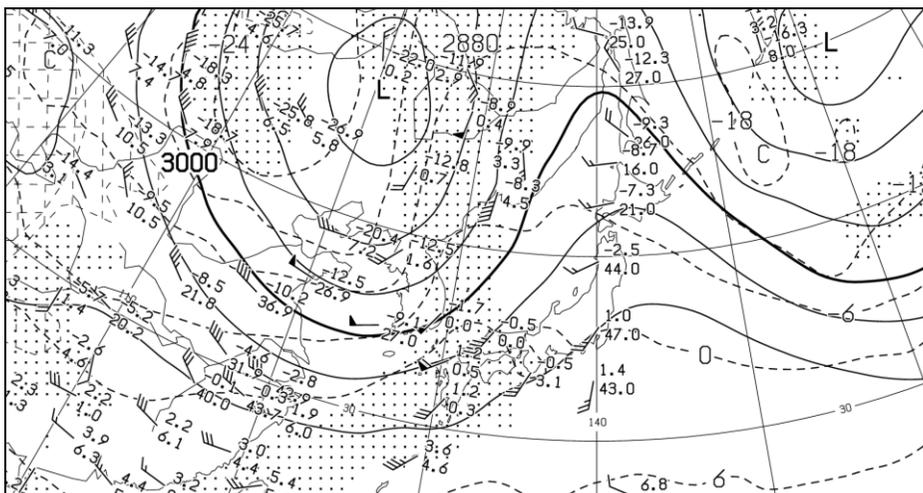
ア



イ



ウ



(気象庁による天気図を使用)

7. 熱帯低気圧の発生、発達に関連して、絶対角運動量に関する以下の問いに答えよ。

(1) 赤道において、渦の中心から 200 km の位置にある空気が、中心のまわりを反時計回りに 1.0 m/s で運動している。この空気が、中心のまわりの絶対角運動量を保存したまま、中心から 40 km の位置まで近づいたら、接線方向（回転方向）の風速は何 m/s になるか、有効数字 2 桁で答えよ。計算過程も示すこと。

なお、絶対角運動量 L_{abs} は、 $L_{abs} = r^2\Omega \sin \phi + rv$ (r は中心からの距離、 v は接線方向の風速、 Ω は自転角速度、 ϕ は緯度) で表される。

(2) 北緯 21° において、渦の中心から 200 km の位置にある空気が、中心のまわりを反時計回りに 1.0 m/s で運動している。この空気が、中心のまわりの絶対角運動量を保存したまま、中心から 40 km の位置まで近づいたら、接線方向（回転方向）の風速は何 m/s になるか、有効数字 2 桁で答えよ。地球の自転角速度 Ω を 7×10^{-5} /s、 $\sin 21^\circ = \frac{5}{14}$ とする。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、

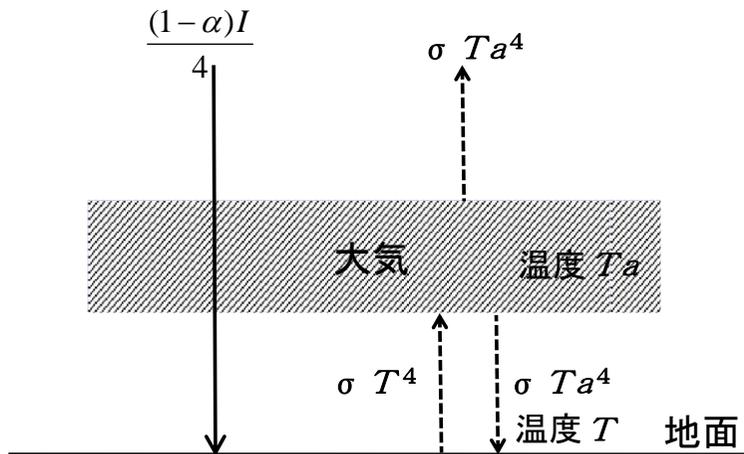
$$\frac{1}{4}(1-\alpha)I + \sigma T_a^4 = \sigma T^4 \quad \text{①}$$

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、

$$\sigma T^4 = 2\sigma T_a^4 \quad \text{②}$$

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。