

気象学概説（2016 年度秋学期） 最終テスト

1. シリンダーの中に相対湿度が 50%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（断熱膨張を続ければ、いずれは水蒸気が凝結するはずだが、この実験では凝結が起こる前に操作を中断する）。このとき、シリンダー内で次の 5 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 温度 比湿

(1) 増加する物理量と (2) 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。(全) 圧力、相対湿度、温度の変化は常識的に判断できる。比湿とは、単位質量の空気に含まれる水蒸気の質量のことである。空気に新たに水蒸気を加えたり、水蒸気を取り去ったりはしていない点に注意せよ。

2. 現代の旅客機においては、気圧の低い高高度を飛行しているときも、客室内の気圧は地上に近い値に保たれている。これは、外気を圧縮して客室に取りこんでいるからである。仮に外気を断熱圧縮して客室に取り込んだら気温はどうなるだろうか。旅客機の外気圧を 240 hPa、外気温を -53°C 、客室内の気圧を 900 hPa と仮定して見積もってみよう。

(1) 気圧 240 hPa、気温 -53°C の外気の温位を求めよ。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。 0°C は 273 K としてよい。必要に応じ、近似式 $(240/1000)^{-2/7} = 1.50$ を用いよ。単位はKとし、必要に応じ小数第1位を四捨五入することによって、1の位までで答えよ。計算過程も示すこと。

(2) 前問(1)の空気を断熱圧縮によって 900 hPa まで圧縮したら気温は何 $^\circ\text{C}$ になるか。必要に応じ、近似式 $(900/1000)^{2/7} = 0.970$ を用いよ。必要に応じ小数第1位を四捨五入することによって、1の位までで答えよ。単位はKではなく $^\circ\text{C}$ である点に注意せよ。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、B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、氷面における飽和水蒸気圧は、水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)が特に選択的に成長する。

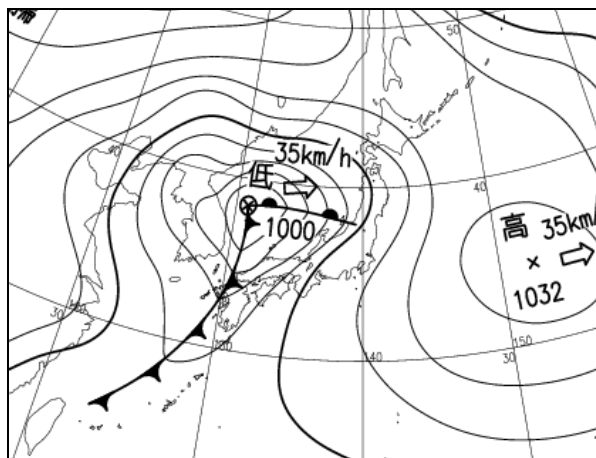
	A	B
ア.	大きい	過冷却水滴
イ.	大きい	氷晶
ウ.	小さい	過冷却水滴
エ.	小さい	氷晶

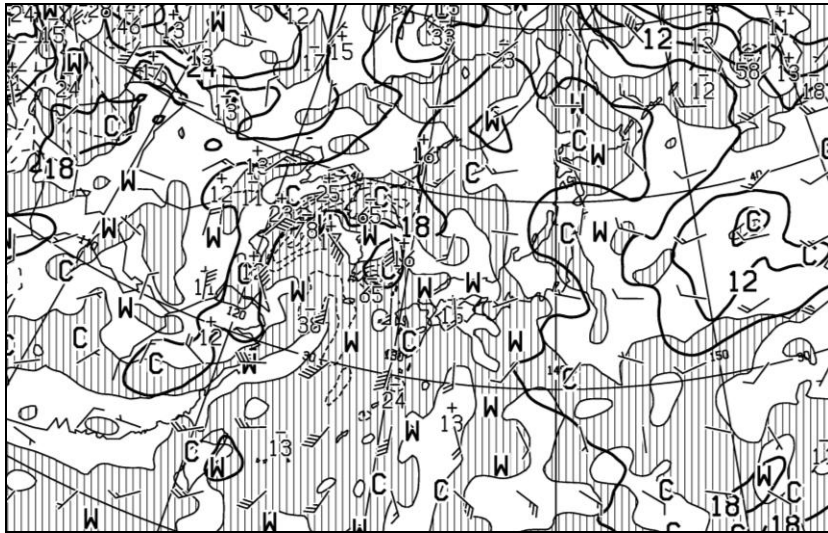
4. 以下の高層気象観測データは北半球の中緯度で得られたものである。対流圏下層での温度移流は暖気移流か、それとも寒気移流か。そのように判断した根拠も簡潔に述べよ（表の中のどの要素のどのような傾向に注目したか簡単に記せばよい）。温度風の関係は成り立っているものとしてよい。ただし、気温の水平勾配は未知とする（したがって、南／北よりの風だから暖気／寒気移流である、というような解答は正答とは認められない）。風向は0° が北、90° が東である。

気圧 (hPa)	高度 (m)	気温 (°C)	風速 (m/s)	風向 (°)
925	740	8.1	16	76
850	1435	5.8	12	123
700	3005	-1.7	16	194
500	5627	-16.5	28	248

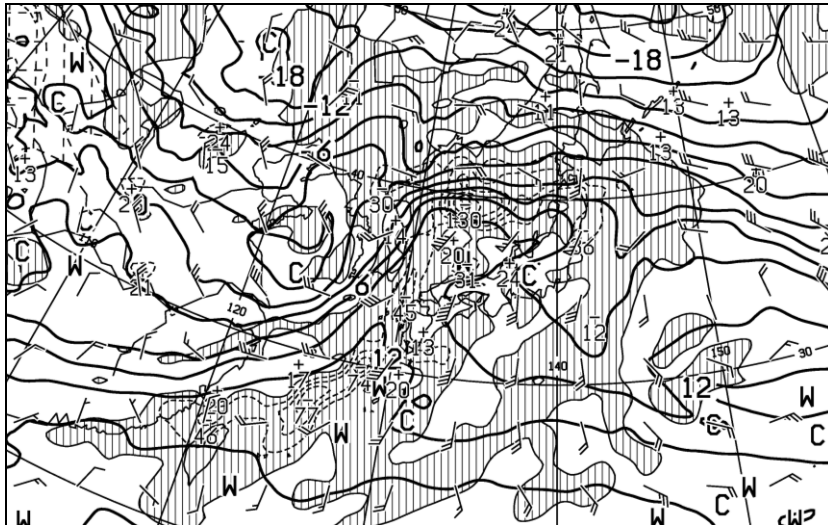
(気象庁のウェブサイトより)

5. 次の図は 2016 年 12 月 22 日 9 時の地上天気図である。日本海を発達中の温帯低気圧が通過している。このときの「850hPa 気温・風、700hPa 鉛直流解析図」をア～ウの中から選び、記号で答えよ。また、判断の根拠となった、(1) 温度場の特徴と (2) 鉛直流場の特徴を簡潔に述べよ。必要に応じ、地上の低気圧の中心との位置関係に言及せよ。

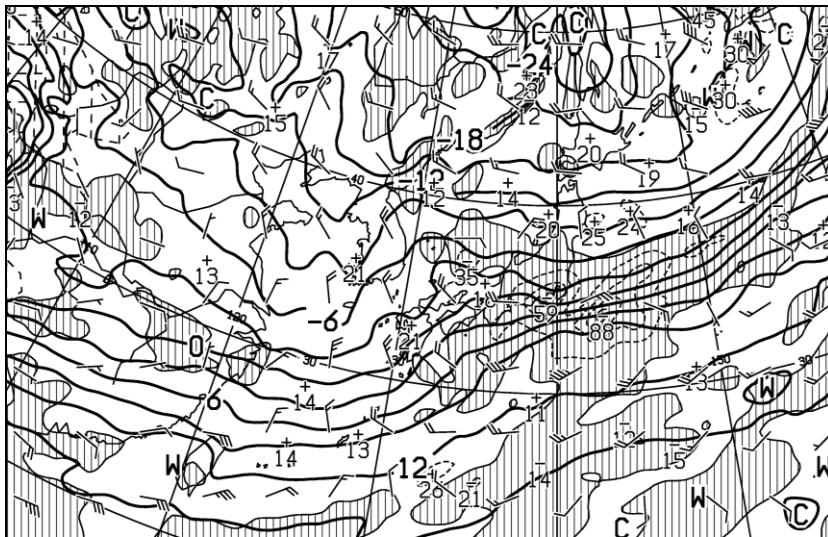




ア



イ



ウ

**850hPa 気温・風、
700hPa 鉛直流解析図**
太実線は等温線
(3°Cごと)
細線は鉛直流 (hPa/h)
上昇流域に網かけ
矢羽根は風向・風速

(気象庁のウェブサイトより)

6. 全球平均した地上気温は、20 世紀の 100 年間に約 0.6°C 上昇したと言われている。日本においても、都市化の影響が小さい観測点では、同程度の昇温が見られる。このような地点と比べて、東京の都心のように都市化の影響が大きい観測点では、昇温は大きいか小さいか。また、その原因も答えよ。原因については、単に現象の名前を答えるのではなく、その内容を簡潔に説明せよ。

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 50 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 17° 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 50 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。地球の自転角速度を 7×10^{-5} /s、 $\sin 17^{\circ} = \frac{2}{7}$ とする。計算過程も示すこと。

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。状態方程式②を用いて、静水圧平衡の関係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。温度 T は定数とみなしてよい。

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。