

強者の戦略

物理の内多です。第11回の出題の際に話題に上げた金星探査機「あかつき」の金星周回軌道への投入失敗は残念な限りです。気を取り直して、今回は我が地球の大気に関する出題としましょう。2001年の京都大学後期試験から、大気の熱力学の問題です。気象学と密接につながった熱力学の問題を味わってみてください。

【問題】

次の文を読んで、には適した式または数値を、それぞれの解答欄に記入せよ。また、{ }には選択肢から適したものを選び、その番号をそれぞれの解答欄に記入せよ。

1molの理想気体の温度と体積がそれぞれ微量 ΔT [K], ΔV [m³]だけ変化したとする。 c を定数, R [J/mol·K]を気体定数とすれば気体の定積モル比熱は $c \times R$ [J/mol·K]で表され、また圧力を P [Pa]とすると気体のする仕事は $P\Delta V$ [J]で表すことができる。したがって、気体に吸収される熱エネルギー Q [J]は、

$$Q = \text{ア} \cdot \dots (1)$$

と表すことができる。

特に圧力が一定の場合には、理想気体の状態方程式より、 $\Delta V = \text{イ} \times \Delta T$ の関係が成り立つので、式(1)は

$$Q = \text{ウ} \times \Delta T$$

となる。

一方、断熱過程の場合、

$$(\text{圧力}) \times (\text{体積})^{\frac{c+1}{c}} = (\text{一定})$$

という関係が成り立ち、したがって、

$$(\text{温度}) \times (\text{体積})^{\frac{1}{c}} = (\text{一定})$$

が成り立つ。ここで、この式の意味を考えてみよう。 $|x|$ が1に比べて十分小さなときは、 $(1+x)^a = 1+ax$ が近似的に成り立つことを用いると、この場合には $\Delta V = \text{エ} \times \Delta T$ という関係が得られるので、式(1)より

$$Q = \text{オ} \text{ [J]}$$

であることが確かめられる。

次に、図1に示すように、台地状の山岳を越える気流に乗って移動する1molの気塊(図中に○印で示した空気塊)の状態変化を考える。ここで、図中の破線は空気の圧力(以下気圧と呼ぶ)の等しい点を線で結んだ等圧線である。以下では、水蒸気の凝結を除いて、気塊は理想気体として扱えるものとする。また、気体は断熱効果が高いので、気塊が移動する間、周囲の空気と移動する気塊との間に熱のやりとりがないものとする。

まず、Aにおいて気圧 P_A [Pa]、温度 T_A [K]の気塊が気圧 P_B [Pa]の位置に上昇したとすると、Bにおける気塊の温度は [K]となる。

次に、Bに達するごく直前に気塊中の水蒸気が飽和になり、その後BからCへ移動する間に気塊に含まれている水蒸気の一部が凝結して雨となり、移動する気塊の外へ落下していったとする。また、水蒸気の凝

強者の戦略

結に伴って放出された熱（潜熱） L [J] は気塊に吸収されたとする。この時、凝結した水蒸気の質量は気塊の質量に比べて十分小さく、水蒸気凝結後も気塊の分子量やモル比熱は不変であるとする。B から C へ移動する間に気塊の温度は [K] だけ上昇する。また、この間に気塊が周囲の空気に対してした仕事は [J] である。

水蒸気の凝結が終了した後、C から D への移動によって、気塊が気圧 P_A [Pa] の位置まで降りてきた。D における気塊の温度は [K] となる。したがって、D における気塊の体積は、状態 A での体積 $\{(コ):$

① より小さい , ② と同じである , ③ より大きい }。

もし B から C へ移動する間に水蒸気がまったく凝結しなければ、A から D まで移動する間に気塊が周囲の空気に対してする仕事は $\{(サ):$ ① 正 , ② 0 , ③ 負 } である。

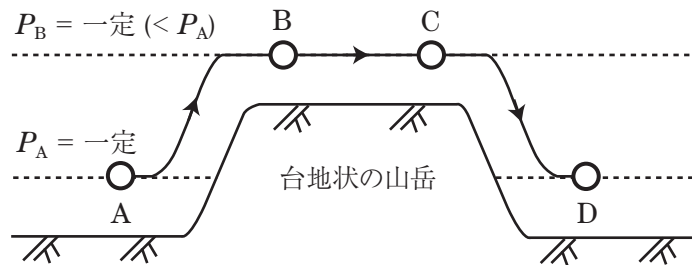


図 1