

## 1. 水の融解曲線

(1)

水の分子量 $M = 18.016\text{g/mol}$ , 氷の密度 $\rho_{\text{ice}} = 0.9175\text{g/cm}^3$ , 水の密度 $\rho_{\text{water}} = 0.99982\text{g/cm}^3$ とする  
氷と水のモル体積 $V_{\text{ice}}, V_{\text{water}}$ を計算すると以下ようになる

$$V_{\text{ice}} = \frac{M}{\rho_{\text{ice}}} = \frac{18.016}{0.9175} \approx 19.63\text{cm}^3/\text{mol}$$

$$V_{\text{water}} = \frac{M}{\rho_{\text{water}}} = \frac{18.016}{0.99982} \approx 18.02\text{cm}^3/\text{mol}$$

体積変化 $\Delta V_{\text{fus}}$ を求める。

$$\Delta V_{\text{fus}} = V_{\text{water}} - V_{\text{ice}} = (18.02 - 19.63) \times 10^{-6} = -1.61 \times 10^{-6}\text{m}^3/\text{mol}$$

(2)

与えられた融解熱 $Q = 333.6\text{J/g}$ を基に, モル当たりの融解熱を求める。

$$\Delta H_{\text{fus}} = Q \times M = 333.6 \times 18.016 = 6010.1\text{J/mol}$$

(3)

クラペイロンの式を使って融解曲線の傾きを求める。融解曲線の傾きは次のように表される。

この時,  $273.15\text{K}$ および $1\text{atm}(101325\text{Pa})$ を基準温度とした。

$$\frac{dP}{dT} = \frac{\Delta H_{\text{fus}}}{T \cdot \Delta V_{\text{fus}}} = \frac{6010.1}{273.15 \times (-1.61 \times 10^{-6})} \approx -13.66 \times 10^6\text{Pa/K}$$

(4)

融解曲線の傾きを用いて、融解曲線の式を求める。基準点 $(P_0, T_0) = (101325\text{Pa}, 273.15\text{K})$ から, 次の関係式を使う。

$$P = P_0 + \frac{dP}{dT}(T - T_0) = 101325 + (-13.66 \times 10^6)(T - 273.15)$$

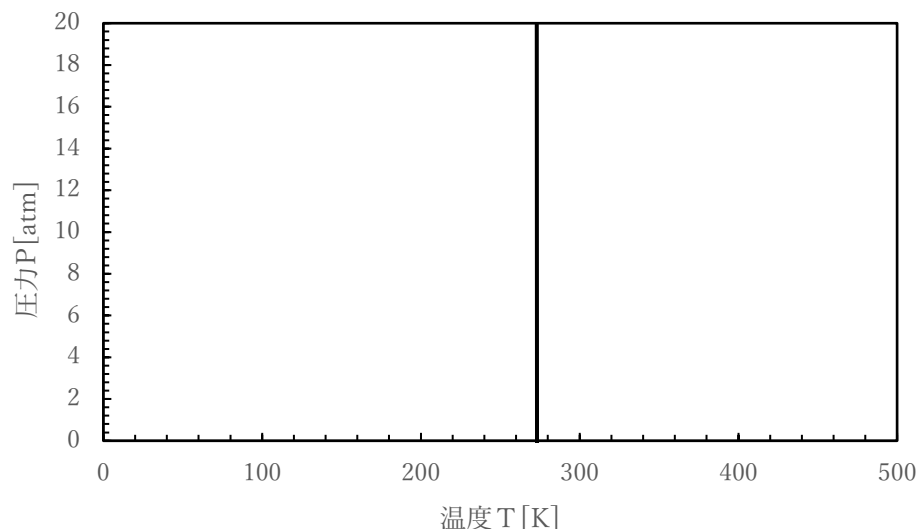
(5)

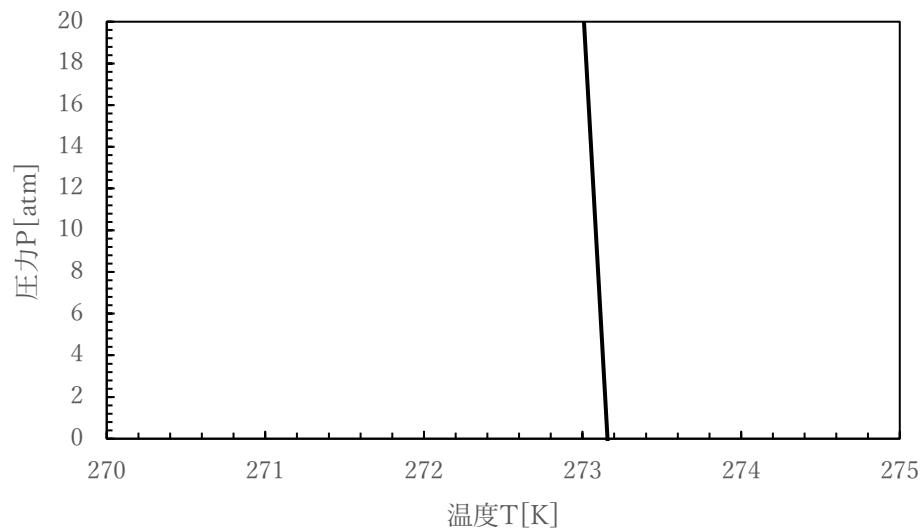
Pa 単位の融解曲線を atm に変換する ( $1\text{atm} = 101325\text{Pa}$ )。

$$P_{\text{atm}} = \frac{P}{101325} P_{\text{atm}} = 1 + \frac{-13.66 \times 10^6 (T - 273.15)}{101325}$$

(6)

(5)の式を使い、0~20 atm、0~500 K および 270~275 K の温度範囲でグラフを作成した。





## 2. 水の蒸気圧曲線

(1)

水 1 モルの気化熱は、与えられた気化熱 $q$ (単位:J/g)と水のモル質量 $M$ を用いて計算する。

まず、気化熱 $q$ をJ/gに変換する

$$q = 539.2 \times 4.184 = 2256.9 \text{ J/g}$$

よってモル気化熱 $\Delta H_{\text{vap}}$ は次の式で求められる。

$$\Delta H_{\text{vap}} = q \times M = 2256.9 \times 18.016 = 40650.1 \text{ J/mol}$$

(2)

$P$  は温度  $T$  での蒸気圧 (単位 : Pa),  $P_0 = 101325 \text{ Pa}$  は基準温度  $T_0 = 373.15 \text{ K}$  ( $99.974^\circ \text{ C}$ )での蒸気圧,  $R = 8.314 \text{ J/K}$ とする

水の蒸気圧は、クラペイロンの式を使って次のように表される。

$$\ln \left( \frac{P}{P_0} \right) = -\frac{\Delta H_{\text{vap}}}{R} \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)$$

$$\ln P = \ln P_0 - \frac{\Delta H_{\text{vap}}}{R} \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)$$

$$P = P_0 \cdot \exp \left( -\frac{\Delta H_{\text{vap}}}{R} \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \right) = 101325 \cdot \exp \left( -\frac{40650.1}{8.314} \cdot \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{373.15} \right) \right)$$

$$P(\text{atm}) = \exp \left( -\frac{40650.1}{8.314} \cdot \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{373.15} \right) \right)$$

(3)

273 K から 700 K の範囲で、上記の式を使い 1 K 刻みで蒸気圧  $P$  を計算した。

## 3. 水の融解曲線と蒸気圧曲線のグラフ

水の融解曲線と蒸気圧曲線のグラフは以下ようになった。臨界点は赤色のマークで示した。

