

# 気体の状態方程式

ボイル・シャルルの式より

$$V = k \frac{T}{P} \quad (k: \text{比例定数}) \quad \dots\dots\dots ①$$

①に『0℃, 1 atmでは、1 molの気体は22.4 ℓ』を代入して

$$\therefore k = \frac{P V}{T} = \frac{1 \times 22.4}{273} \doteq 0.082 \quad (\text{atm} \cdot \ell / \text{K} \cdot \text{mol})$$

ここで、0.082(atm・ℓ / K・mol)をR (気体定数) とすると気体 1 molについて、次の式が成立する。

$$\frac{P v}{T} = R \quad (v: \text{気体 1 molの体積}) \quad \dots\dots\dots ②$$

$$\text{気体 } n \text{ molの体積 } V \text{ は、} V = n v \quad \therefore v = \frac{V}{n} \quad \dots\dots\dots ③$$

③を②に代入して整理すると気体 n mol について

$$\frac{P \times \frac{V}{n}}{T} = R \quad \therefore P V = n R T = \frac{w}{M} R T$$

が成立する。

P : 圧力 (atm)      V : 体積 (ℓ)      n : モル数 (mol)      R : 気体定数 (atm・ℓ / K・mol)  
T : 絶対温度 (K)      M : 分子量      w : 質量 (g)

以下のように考えてもよい。

P V = n R T 式に、『具体的な数値を代入して定数Rを決定し、その定数を式に戻す。』ただし、『その定数を用いるときの単位は、決まってしまう。』ことに注意する。

気体定数Rの決定

$$P V = n R T \quad \therefore R = \frac{P V}{n T} \quad \dots\dots\dots ①$$

①式に『0℃, 1 atmでは、1 molの気体は22.4 ℓ』を代入して

$$\therefore R = \frac{P V}{n T} = \frac{1 \times 22.4}{1 \times 273} \doteq 0.082 \quad (\text{atm} \cdot \ell / \text{mol} \cdot \text{K})$$

R (気体定数) = 0.082(atm・ℓ / mol・K)を、P V = n R T 式に戻して

$$P V = n \times 0.082 \times T$$

Rとして、0.082を用いる場合、P、V、n、Tの単位はatm、ℓ、mol、Kである。定数Rには、単位(atm・ℓ / mol・K)がついているものとする。

## 【問題1】

1 atmは何hPa(ヘクトパスカル)か。(1013 hPa)

ただし、1atmは760mmHg、重力加速度は9.8 m/s<sup>2</sup>、水銀の密度は13.6g/cm<sup>3</sup>とする。

$$\begin{aligned} 1 \text{気圧} &= \rho g h = 13.6 \text{ g/cm}^3 \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 760 \text{ mm} \\ &= 13.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 0.76 \text{ m} \\ &\doteq 101300 \text{ N/m}^2 \\ &= 101300 \text{ Pa} \\ &= 1013 \text{ hPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ g/cm}^3 &= 10^{-3} \text{ kg} / 10^{-6} \text{ m}^3 \\ &= 10^3 \text{ kg /m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 760 \text{ mm} &= 760 \times 10^{-3} \text{ m} \\ &= 0.760 \text{ m} \end{aligned}$$

## 【問題 2】

- (1) 圧力単位をPa (パスカ)、体積単位をℓ (リットル)、温度単位を絶対温度K(ケルビン)  
物質量はmol(モル)としたときの気体定数Rを求めなさい。

$$R \doteq 8.31 \times 10^3 \text{ (Pa} \cdot \text{ℓ / mol} \cdot \text{K)}$$

$$R = \frac{PV}{nT} = \frac{101300 \text{ Pa} \times 22.4 \text{ ℓ}}{1 \text{ mol} \times 273 \text{ K}} \doteq 8.31 \times 10^3 \quad (\text{Pa} \cdot \text{ℓ / mol} \cdot \text{K})$$

- (2) 圧力単位をPa (パスカ)、体積単位を (立方メートル)、温度単位を絶対温度K(ケルビン)  
物質量はmol(モル)としたときの気体定数Rを求めなさい。  $R \doteq 8.31 \text{ (Pa} \cdot \text{ / mol} \cdot \text{K)}$

$$R = \frac{PV}{nT} = \frac{101300 \text{ Pa} \times (22.4 \times 10^{-3})}{1 \text{ mol} \times 273 \text{ K}} \doteq 8.31 \quad (\text{Pa} \cdot \text{ / mol} \cdot \text{K})$$

## 【問題 3】

- (1) 27℃、3.0 atmで1.0 ℓ の酸素は何molか。 (0.12 mol)

$$PV = nRT$$

$$3.0 \times 1.0 = n \times 0.082 \times (273 + 27)$$

$$\therefore n \doteq 0.12$$

- (2) 27℃、570mmHgで300 mℓ のメタンは何molか。 ( $9.1 \times 10^{-3}$  mol)

$$PV = nRT$$

$$\frac{570}{760} \times \frac{300}{1000} = n \times 0.082 \times 300$$

$$\begin{aligned} \therefore n &\doteq 9.146 \times 10^{-3} \\ &\doteq 9.1 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

## 【問題 4】

- 27℃、 $1.0 \times 10^5$  Paにおける密度が0.69 g/ℓ の気体の分子量を求めなさい。(17)

$$PV = \frac{w}{M} RT$$

$$1.0 \times 10^5 \times 1 = \frac{0.69}{M} \times 8.31 \times 10^3 \times (273 + 27)$$

$$\therefore M \doteq 17$$

## 【問題 5】

- ある気体0.10 molを容積830 の容器に入れた。圧力を $3.0 \times 10^5$  Paにするためには、  
温度を何℃にすればよいか。ただし、 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ (Pa} \cdot \text{ℓ / mol} \cdot \text{K)}$ とする。(27℃)

$$3.0 \times 10^5 \times \frac{830}{1000} = 0.10 \times 8.3 \times 10^3 \times (273 + t) \quad \therefore t = 27 \quad (T = 300)$$

## 【問題 6】

- 0℃、 $1.2 \times 10^5$  Paで0.83 の酸素がある。この酸素は何molか。  
ただし、 $R = 8.3 \text{ (Pa} \cdot \text{ / mol} \cdot \text{K)}$ とする。(44 mol)

$$(1.2 \times 10^5) \text{ Pa} \times 0.83 = n \text{ mol} \times 8.3 \text{ Pa} \cdot \text{ / mol} \cdot \text{K} \times 273 \text{ K}$$

$$\therefore n \doteq 44 \text{ mol}$$