

## 1. 概要

前回迄の学習にて、熱の正体は運動であり、物質に熱を加えると固体、液体等では体積が変化し、それを線膨張係数 ( $\alpha$ ) や体膨張係数 ( $\beta$ ) で表す事を学習しました。

今回は気体での状態変化を学習する。

## 2. 圧力とは

気体は固体や液体と比べ分子間の距離が大きくその運動が自由である。故に、分子間相互の力が弱くその体積が容易に変化する。容器の中に気体を入れると自由に運動するので分子が壁に衝突し力を受ける、衝突は一瞬だけ無数の分子が全方向に不連続に衝突する。これが圧力の正体です。

通常、我々は何も実感しませんが、1気圧 (0.1013MPa . or. 1.033kg/cm<sup>2</sup>) の大気の圧力下にいます。圧力計が0.5気圧を示している場合大気圧より0.5気圧高い圧力である事を示しています。これをゲージ圧と呼びます (約0.05MPaG . or. 0.5kg/cm<sup>2</sup>G)。

実際の容器の中の分子量は (1+0.5=1.5気圧) 分ある訳ですので、計算には絶対圧にて (真空=0MPa abs . or. 0kg/cm<sup>2</sup>G) にて表します。ゲージ圧は絶対圧に変換し計算します。

## 変換式

$$\begin{array}{lll} 0.1\text{MPaG} & \langle \text{----} \rangle & \text{ゲージ圧+大気圧}=0.1+0.1013=0.2013 \text{ MPa abs} \\ 1 \text{ kg/cm}^2\text{G} & \langle \text{----} \rangle & \text{ゲージ圧+大気圧}=1+1.033=2.033 \text{ kg/cm}^2 \text{ abs} \end{array}$$

例1 燃焼空気配管がゲージ圧にて 80KPaG を示していた 絶対圧ではいくらか?

## 3. ボイル・シャルルの法則

- ・圧力と体積の関係 (ボイルの法則 R.Boyle 1627-91)

$$P_1V_1=P_2V_2 \quad \text{温度が一定の状態では、気体の圧力と体積の積は一定である}$$

(エネルギー一定、形態が変わっただけ) 圧力は絶対圧で計算する

例2 大気を圧縮機にて0.3MPaGまで圧縮した体積は何%になるか。(大気圧は0.1MPa absとする)

- ・体積と温度の関係 (シャルルの法則 J.Charles's 1746-1823)

$$V_1/V_2=T_1/T_2 \quad \text{圧力が一定の状態では、気体の体積は絶対温度に比例する}$$

(エネルギー一定、形態が変わっただけ) 温度は絶対温度で計算する

例3 大気を加熱器にて20°C (293K) -->313°C (586K) に加熱した体積は何%になるか。

- ・圧力と体積と温度の関係 (ボイルの法則とシャルルの法則 の結合)

$$P_1V_1/T_1=P_2V_2/T_2 \quad \text{気体の体積は圧力に反比例し、絶対温度に比例する}$$

例4 313°C, 0.3MPaG (586K, 0.4MPa abs) のガスを 0.1MPaGまで減圧後温度を計測した所 20°C (293K) となった体積は何%になるか。

4. アボガドロの法則

同一圧力、同一温度、同一体積のすべての種類の気体には同じ数の分子が含まれる  
 例えば水素2リットルと酸素1リットルから水蒸気2リットルが生成し、  
 炭素を酸素1リットルと燃焼させたときには一酸化炭素2リットルが生じる。

1 mol : 6.0x10<sup>23</sup> の粒子の集団これをアボガドロ定数 (N<sub>A</sub>) という  
 原子1mol の質量は 原子量に g をつけた質量となる  
 例) 水素の原子量は周期表より1である1molの質量は1 g  
 酸素の原子量は周期表より16である1molの質量は16 g

5. 理想気体の状態式

PV/T=一定      ボイルの法則とシャルルの法則  
 基本 PV = mRT

m : 気体の質量      kg  
 R : ガス定数      J/kg・K

変形 PV = nMRT      m=nM  
 M : 分子量 (モル質量)      g  
 n : モル数      mol

変形 PV = m/M RoT      アボガドロの法則と結合  
 Ro = MR      一般ガス定数  
 Ro = 8314.33      J/kmol・K

∴ R=8314.33/M      J/kg・K

例5 20℃, 0.3MPaG (293K, 0.4MPa abs) の酸素ガス(分子量32)32kgの体積はいくらか

PV = nMRT  

$$V = nMRT / P = 1 \times 32 \times 259.833 \times 293 / (0.4 \times 10^6)$$

$$= 6.09 \text{ m}^3$$

表 3・1 主要な理想気体のモル質量(分子量), ガス定数, 標準密度および比熱

| 気 体      | 分子式                              | 原子数 | モル質量<br>(分子量)<br>M | ガス定数<br>R<br>J/(kg・K) | 標 準 密 度<br>ρ <sub>0</sub><br>(101.325 kPa,<br>273.15 K)<br>kg/m <sup>3</sup> | 比熱および比熱比(0 Pa, 273.15 K)            |                                     |          |
|----------|----------------------------------|-----|--------------------|-----------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|----------|
|          |                                  |     |                    |                       |  | 定圧比熱<br>c <sub>p</sub><br>kJ (kg・K) | 定容比熱<br>c <sub>v</sub><br>kJ (kg・K) | 比熱比<br>κ |
| アルゴン     | Ar                               | 1   | 39.948             | 208.13                | 1.783 771  | 0.523                               | 0.315                               | 1.66     |
| ヘリウム     | He                               | 1   | 4.002 60           | 2077.23               | 0.178 50   | 5.24                                | 3.16                                | 1.66     |
| 水 素      | H <sub>2</sub>                   | 2   | 2.015 8            | 4124.6                | 0.089 885  | 14.25                               | 10.12                               | 1.408    |
| 窒 素      | N <sub>2</sub>                   | 2   | 28.013 4           | 296.798               | 1.250 46   | 1.039                               | 0.743                               | 1.399    |
| 酸 素      | O <sub>2</sub>                   | 2   | 31.998 8           | 259.833               | 1.129 00   | 0.914                               | 0.654                               | 1.398    |
| 空 気      | —                                | —   | 28.967             | 287.03                | 1.293 04   | 1.005                               | 0.718                               | 1.400    |
| 一酸化炭素    | CO                               | 2   | 28.010 4           | 296.830               | 1.250 18   | 1.041                               | 0.743                               | 1.400    |
| 塩化水素     | HCl                              | 2   | 36.460 9           | 228.034               | 1.639 2  | 0.799                               | 0.571                               | 1.40     |
| 一酸化窒素    | NO                               | 2   | 30.006 1           | 277.088               | 1.340 2  | 0.998                               | 0.721                               | 1.38     |
| 二酸化炭素    | CO <sub>2</sub>                  | 3   | 44.009 8           | 188.920               | 1.977 00   | 0.819                               | 0.630                               | 1.30     |
| 水 蒸 気    | H <sub>2</sub> O                 | 3   | 18.015 2           | 461.517               | —  | —                                   | —                                   | —        |
| 亜酸化窒素    | N <sub>2</sub> O                 | 3   | 44.012 8           | 188.907               | 1.980 4  | 0.892                               | 0.703                               | 1.27     |
| 二酸化硫黄    | SO <sub>2</sub>                  | 3   | 64.058 8           | 129.792               | 2.926 2  | 0.608                               | 0.479                               | 1.27     |
| アセチレン    | C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>    | 4   | 26.037 8           | 319.318               | 1.179 10   | 1.513                               | 1.216                               | 1.244    |
| アンモニア    | NH <sub>3</sub>                  | 4   | 17.030 4           | 488.205               | 0.771 26   | 2.06                                | 1.57                                | 1.31     |
| メ タ ン    | CH <sub>4</sub>                  | 5   | 16.042 6           | 518.266               | 0.716 8  | 2.16                                | 1.63                                | 1.32     |
| メチルクロライド | CH <sub>3</sub> Cl               | 5   | 50.487 7           | 164.680               | 2.307 5  | 0.737                               | 0.574                               | 1.28     |
| エチレン     | C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>    | 6   | 28.053 6           | 296.373               | 1.260 36   | 1.61                                | 1.29                                | 1.25     |
| エ タ ン    | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>    | 8   | 30.069 4           | 276.505               | 1.356 2  | 1.73                                | 1.44                                | 1.20     |
| エチルクロライド | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> Cl | 8   | 64.514 5           | 128.875               | 2.880 4  | 1.34                                | 1.16                                | 1.16     |