# 高校化学 L01 第 71 講 混合気体と分圧

**対象：高 2 相当**

**この講でできるようになること**

- 混合気体の全圧と各成分の分圧の関係を説明できる。
- 各成分の物質量からモル分率を求められる。
- モル分率と全圧から各成分の分圧を求められる。
- 異なる容器に入っていた気体を混合した後の分圧と全圧を求められる。

## 1. 混合気体と分圧

### 混合気体でも各成分は同じ全体積に広がる

互いに反応せず、液化しない理想気体 A と B を同じ容器に入れた混合気体を考える。十分に混合された後は、A だけが容器の左側、B だけが右側を占めるのではなく、どちらの成分も容器の全体積に広がっている。

この講では、各状態で温度と圧力が一様な平衡状態を扱い、圧力は絶対圧力とする。

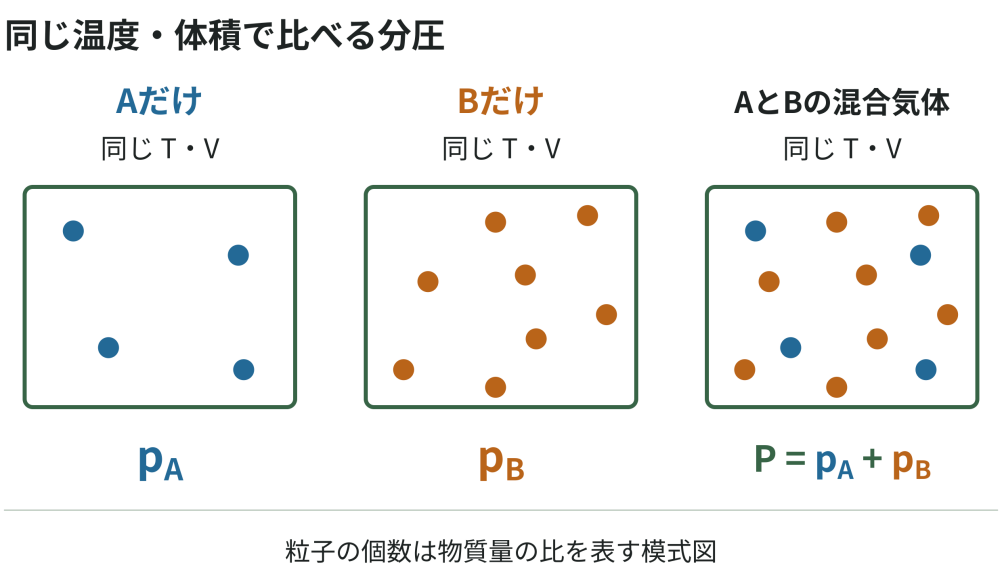



**図 1**　同じ温度・体積で考える分圧と全圧。

**分圧**

混合気体中のある成分について、**その成分だけが混合気体と同じ温度・同じ全体積を占めたと仮定したときに示す圧力**を、その成分の分圧という。

成分 A の分圧を $p_A$ とすれば、A の物質量を $n_A$、混合後の全体積を $V$、絶対温度を $T$ として次の式で表せる。

$$p_A = \frac{n_A RT}{V}$$

同様に、成分 B については $p_B = n_B R\frac{T}{V}$ である。

**ドルトンの分圧の法則**

互いに反応しない理想気体の混合物では、混合気体の全圧 $P$ は各成分の分圧の和に等しい。

$$P = p_A + p_B + \cdots$$

これを**ドルトンの分圧の法則**という。

### なぜ分圧を足すと全圧になるか

混合気体全体の物質量を $n_{\text{total}} = n_A + n_B + \cdots$ とすると、状態方程式から全圧は $P = n_{\text{total}} R\frac{T}{V}$ で表せる。

各成分についても同じ温度 $T$、同じ全体積 $V$ を用いるので、各分圧を足すと全体の状態方程式と一致する。

## 2. モル分率と分圧

**モル分率**

混合気体全体の物質量に対する、ある成分の物質量の割合を**モル分率**という。

成分 A のモル分率 $x_A$ は次の式で表す。

$$x_A = \frac{n_A}{n_{\text{total}}}$$

すべての成分のモル分率を足すと 1 になる。モル分率は割合なので単位をもたない。

### モル分率から分圧を求める

成分 A について $p_A = n_A R\frac{T}{V}$、混合気体全体について $P = n_{\text{total}} R\frac{T}{V}$ である。

二つの式の比をとると $\frac{p_A}{P} = \frac{n_A}{n_{\text{total}}} = x_A$ となるため、分圧は次の関係で求められる。

$$p_A = x_A P$$

したがって、同じ混合気体では物質量の割合がそのまま分圧の割合になる。

**質量の割合とモル分率を区別する**

モル分率は質量の割合ではない。分子 1 個あたりの質量が異なる気体では、質量比と物質量比は一致しないことがある。

また、同じ $n, T, V$ なら分圧は同じであり、「重い気体ほど分圧が大きい」と考えてはいけない。

## 3. 別々の容器から混合するとき

### 混合後の共通体積で考える

異なる容器に入った気体を混合するとき、混合前の圧力をそのまま足して全圧を求めることはできない。混合後には各成分が新しい共通の全体積へ広がるためである。

温度が混合前後で同じで、各成分の物質量が変わらない場合は、その成分について $PV = nRT$ を混合前後に適用して分圧を求める。

# 例題

**例題 1**

窒素 0.200 mol と酸素 0.100 mol を同じ容器に入れ、互いに反応しない理想混合気体とした。混合気体の全圧は 150 kPa である。この混合物は空気の実際の組成を表すものではない。

1. 窒素と酸素のモル分率をそれぞれ求めよ。
2. 窒素と酸素の分圧をそれぞれ求めよ。

**解答・解説**

**1.**
全物質量は $0.200 + 0.100 = 0.300\,\mathrm{mol}$ である。 窒素のモル分率は $\frac{0.200}{0.300} = \frac{2}{3}$、酸素のモル分率は $\frac{0.100}{0.300} = \frac{1}{3}$ となる。

したがって、答えは**窒素 $\frac{2}{3}$、酸素 $\frac{1}{3}$**である。

**2.**
分圧は $p_i = x_i P$ で求める。 窒素は $p_{\mathrm{N_2}} = \left(\frac{2}{3}\right) \times 150 = 100\,\mathrm{kPa}$、酸素は $p_{\mathrm{O_2}} = \left(\frac{1}{3}\right) \times 150 = 50.0\,\mathrm{kPa}$ である。

二つの分圧の和は $100 + 50.0 = 150\,\mathrm{kPa}$ となり、全圧と一致する。

**例題 2**

ヘリウム He 4.00 g とネオン Ne 20.0 g を混合し、互いに反応しない理想混合気体とした。He のモル質量を 4.00 g/mol、Ne のモル質量を 20.0 g/mol、混合気体の全圧を 200 kPa とする。

1. He と Ne の物質量、および各モル分率を求めよ。
2. He と Ne の分圧をそれぞれ求めよ。

**解答・解説**

**1.**
物質量は $n = \frac{m}{M}$ で求める。He は $\frac{4.00}{4.00} = 1.00\,\mathrm{mol}$、Ne は $\frac{20.0}{20.0} = 1.00\,\mathrm{mol}$ である。

全物質量は 2.00 mol なので、各モル分率は $\frac{1.00}{2.00} = 0.500$ となる。答えは **He 1.00 mol、Ne 1.00 mol、モル分率はいずれも 0.500** である。

**2.**
$p_i = x_i P$ より、He の分圧は $0.500 \times 200 = 100\,\mathrm{kPa}$、Ne の分圧も $0.500 \times 200 = 100\,\mathrm{kPa}$ である。

質量比は 4.00：20.0、すなわち 1：5 であるが、物質量は 1：1 なので分圧も 1：1 になる。質量比をそのまま分圧の比として使ってはいけない。

**例題 3**

同じ温度 300 K に保たれた二つの剛体容器が、閉じたコックでつながっている。左の 2.00 L 容器には He が絶対圧力 120 kPa で、右の 3.00 L 容器には Ne が絶対圧力 80.0 kPa で入っている。

コックを開いて十分に混合した後も温度は 300 K で一定とし、気体の反応・漏れはなく、接続管の体積は無視する。

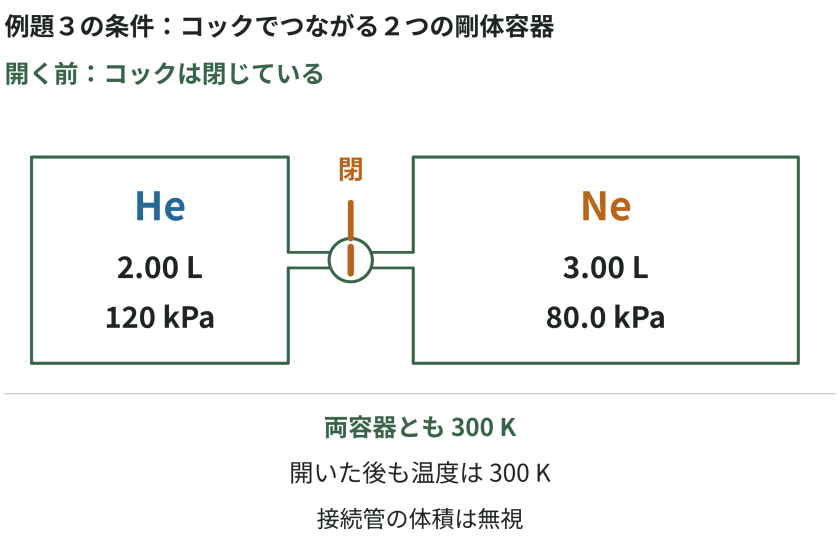



**図 2**　コックを開く前の二つの容器の条件。

1. 混合後の He と Ne の分圧をそれぞれ求めよ。
2. 混合後の全圧、および He と Ne のモル分率をそれぞれ求めよ。

## 解答・解説

**1.**

混合後は各気体が全体積 $2.00 + 3.00 = 5.00\,\mathrm{L}$ に広がる。温度と各成分の物質量は変わらないため、成分ごとに $P_i V_i = p_i V_{\mathrm{total}}$ が成り立つ。He について $p_{\mathrm{He}} = 120 \times \frac{2.00}{5.00} = 48.0\,\mathrm{kPa}$、Ne について $p_{\mathrm{Ne}} = 80.0 \times \frac{3.00}{5.00} = 48.0\,\mathrm{kPa}$ である。

したがって、各分圧は **He 48.0 kPa、Ne 48.0 kPa** である。混合前の 120 kPa と 80.0 kPa をそのまま足さないことが重要である。

**2.**

ドルトンの分圧の法則より、全圧は $48.0 + 48.0 = 96.0\,\mathrm{kPa}$ である。

モル分率は $x_i = \frac{p_i}{P}$ から求められるので、He、Ne ともに $\frac{48.0}{96.0} = 0.500$ となる。答えは**全圧 96.0 kPa、He 0.500、Ne 0.500** である。

混合前には圧力も体積も異なるが、$P_i V_i$ が両成分で等しいため、同じ温度では物質量も等しい。

# 演習問題

**演習 1**

互いに反応しない理想気体 A、B、C からなる混合気体の全圧が 180 kPa である。A の分圧は 70.0 kPa、B の分圧は 45.0 kPa である。

1. C の分圧を求めよ。
2. A、B、C の分圧の和が全圧と一致する理由を、ドルトンの分圧の法則に基づいて説明せよ。

**演習 2**

理想気体 A 0.300 mol と理想気体 B 0.200 mol を混合した。両者は反応せず、混合後の全圧は 250 kPa である。

1. A と B のモル分率をそれぞれ求めよ。
2. A と B の分圧をそれぞれ求めよ。

**演習 3**

窒素 $N_2$ 5.60 g と酸素 $O_2$ 3.20 g を混合し、理想混合気体とする。モル質量は $N_2 = 28.0\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$、$O_2 = 32.0\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$ とし、混合気体の全圧は 180 kPa である。

1. $N_2$ と $O_2$ の物質量、および各モル分率を求めよ。
2. $N_2$ と $O_2$ の分圧をそれぞれ求めよ。

**演習 4**

例題 3 と同じ構造の、閉じたコックでつながった二つの剛体容器を考える。ただし数値条件は例題 3 とは異なり、ここで与える値だけを用いる。

同じ温度に保たれた左の 1.50 L 容器には理想気体 A が絶対圧力 100 kPa で、右の 2.50 L 容器には理想気体 B が絶対圧力 60.0 kPa で入っている。コックを開いた後も温度は一定で、反応・漏れはなく、接続管の体積は無視する。

1. 混合後の A と B の分圧をそれぞれ求めよ。
2. 混合後の全圧を求めよ。

**演習 5**

混合気体について次の説明を考える。

1.「気体 A の質量が気体 B の質量の 2 倍なので、A のモル分率も B の 2 倍である。」この判断をそのまま行えない理由を説明せよ。
2.「十分に混合した容器では、気体 A は容器体積のうち A のモル分率だけの小区画を占め、気体 B は残りの区画を占める。」この説明の誤りを、分圧の定義に触れて説明せよ。

©ミライコーチング

# 演習問題の解答・解説

## 解答 1

### 1.

ドルトンの分圧の法則より、$P = p_A + p_B + p_C$ である。 したがって、$p_C = 180 - 70.0 - 45.0 = 65.0\,\mathrm{kPa}$ となる。答えは **65.0 kPa** である。

### 2.

理想混合気体では、各成分の分圧を足したものが混合気体全体の圧力になる。 したがって、$p_A + p_B + p_C = P$ が成り立つ。この問題でも $70.0 + 45.0 + 65.0 = 180\,\mathrm{kPa}$ となり、全圧と一致する。

## 解答 2

### 1.

全物質量は $0.300 + 0.200 = 0.500\,\mathrm{mol}$ である。 A のモル分率は $\frac{0.300}{0.500} = 0.600$、B のモル分率は $\frac{0.200}{0.500} = 0.400$ となる。答えは **A 0.600、B 0.400** である。

### 2.

$p_i = x_i P$ を用いる。 A は $p_A = 0.600 \times 250 = 150\,\mathrm{kPa}$、B は $p_B = 0.400 \times 250 = 100\,\mathrm{kPa}$ である。答えは **A 150 kPa、B 100 kPa** である。

## 解答 3

### 1.

まず質量から物質量へ変換する。$\mathrm{N_2}$ は $\frac{5.60}{28.0} = 0.200\,\mathrm{mol}$、$\mathrm{O_2}$ は $\frac{3.20}{32.0} = 0.100\,\mathrm{mol}$ である。

全物質量は 0.300 mol なので、モル分率は $\mathrm{N_2}$ が $\frac{0.200}{0.300} = \frac{2}{3}$、$\mathrm{O_2}$ が $\frac{0.100}{0.300} = \frac{1}{3}$ である。

### 2.

$p_i = x_i P$ より、$\mathrm{N_2}$ の分圧は $\left(\frac{2}{3}\right) \times 180 = 120\,\mathrm{kPa}$、$\mathrm{O_2}$ の分圧は $\left(\frac{1}{3}\right) \times 180 = 60.0\,\mathrm{kPa}$ である。

答えは**$\mathbf{N_2}$ 120 kPa、$\mathbf{O_2}$ 60.0 kPa** である。

## 解答 4

### 1.

混合後の全体積は $1.50 + 2.50 = 4.00\,\mathrm{L}$ である。同じ温度で各成分の物質量は変わらないので、各成分について $P_i V_i = p_i V_{\mathrm{total}}$ を用いる。

A は $p_A = 100 \times \frac{1.50}{4.00} = 37.5\,\mathrm{kPa}$、B は $p_B = 60.0 \times \frac{2.50}{4.00} = 37.5\,\mathrm{kPa}$ である。答えは **A 37.5 kPa、B 37.5 kPa** である。

### 2.

ドルトンの分圧の法則より、全圧は $37.5 + 37.5 = 75.0\,\mathrm{kPa}$ である。

混合前の圧力 100 kPa と 60.0 kPa をそのまま加えるのではなく、混合後の共通体積 4.00 L へ広がった後の各分圧を求めてから加える。

©ミライコーチング

## 解答 5

### 1.

質量比だけではモル分率を決められない。モル分率は物質量の割合 $x_i = \frac{n_i}{n_{\text{total}}}$ であり、物質量は質量だけでなくモル質量にも依存するからである。

したがって、異なる種類の気体では質量をそれぞれ $n = \frac{m}{M}$ によって物質量へ変換してからモル分率を求める必要がある。

### 2.

十分に混合した理想気体では、各成分が別々の小区画だけを占めるわけではない。各成分はどちらも混合気体と同じ全体積に広がっている。

分圧は「その成分だけが混合気体と同じ温度・同じ全体積を占めたときに示す圧力」として定義されるため、容器の体積をモル分率に応じた区画へ物理的に分割して考えるのは誤りである。