

高3 化学総合 S・SA～前期第7回～ <解答>◆気体の性質①◆

【1】(ア) 分子量 $C_2H_6=30$, $O_2=32$ より,

$$\text{各物質質量は, } n_{\text{エ}} = \frac{1.8}{30} = 0.060 \quad [\text{mol}]$$

$$n_{\text{オ}} = \frac{8.0}{32} = 0.25 \quad [\text{mol}]$$

容器 A のエタンに $PV=nRT$ を適用する。

$$P \times 1.0 = 0.060 \times 8.3 \times 10^3 \times 300$$

$$P \doteq 1.5 \times 10^5 \quad [\text{Pa}]$$

(イ) 容器全体 (A+B) のエタンに $PV=nRT$ を適用すると,

$$P' \times 3.0 = 0.060 \times 8.3 \times 10^3 \times 300$$

$$P' \doteq 5.0 \times 10^4 \quad [\text{Pa}]$$

(ウ) 気体分子の移動がないとすると, 高温側 B は低温側 A よりも圧力が高くなるはずである。実際には高温側から低温側への気体分子の移動が起こり, A と B の圧力はともに等しくなり, 熱平衡状態となる。

(A 内の気体の物質質量) + (B 内の気体の物質質量) = (気体の全物質質量) であり, 全物質質量は $n_{\text{エ}} + n_{\text{オ}} = 0.31 \quad [\text{mol}]$ である。

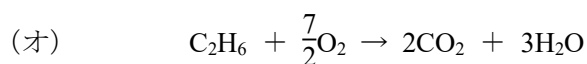
この平衡時の圧力を $P \quad [\text{Pa}]$ とすると,

$$\frac{P \times 1.0}{300R} + \frac{P \times 2.0}{500R} = 0.31 \quad (R: \text{気体定数})$$

両辺に $1500R$ をかけて整理すると, $5P + 6P = 465R \quad P \doteq 3.50 \times 10^5 \quad [\text{Pa}]$

(エ) 上式より,

$$\frac{P \times 1.0}{300R} = \frac{3.50 \times 10^5 \times 1.0}{300 \times 8.3 \times 10^3} \doteq 0.14 \quad [\text{mol}]$$



(燃焼前) 0.060 0.25 0 0 [mol]

(燃焼後) 0 0.04 0.12 0.18 [mol]

反応後, すべて気体として存在するから, 混合気体の全物質質量は,

$$0.04 + 0.12 + 0.18 = 0.34 \quad [\text{mol}]$$

$$P \times 3.0 = 0.34 \times 8.3 \times 10^3 \times 500$$

$$P \doteq 4.70 \times 10^5 \quad [\text{Pa}]$$

(カ) コックを閉じたので、容器 B 内についてのみ考える。

燃焼後の混合気体中の水蒸気の全物質量は 0.18 mol で、このうち B 内には、

$$0.18 \times \frac{2.0}{3.0} = 0.12 \quad [\text{mol}]$$

の水蒸気が存在している。これを 27°C にしたとき、仮に水蒸気のみで存在すると仮定し、その圧力を $P_{\text{水}}$ [Pa] とすると、

$$P_{\text{水}} \times 2.0 = 0.12 \times 8.3 \times 10^3 \times 300$$

$$P_{\text{水}} = 1.49 \times 10^5 \quad [\text{Pa}]$$

この値は 27°C の飽和水蒸気圧を大きく超えているので、水蒸気の大部分が凝縮して、液体の水が存在する。よって、**a**

【2】

<解答>

(1) ④ (2) (イ) 8.4×10^{-3} (ウ) 0.14 (エ) 2.5×10^{-3} (オ) 8.0×10^5

<解説>

(2)

(イ) 温度はそのまま、圧力を 2 倍にしたので、ヘンリーの法則より、

$$4.2 \times 10^{-3} \times 2 = 8.4 \times 10^{-3}$$

(ウ) 気体の状態方程式 $PV = nRT$ より、

$$2.0 \times 10^5 \times V = (2.0 \times 10^{-2} - 8.4 \times 10^{-3}) \times 8.3 \times 10^3 \times 290$$

$$V = 0.139 \approx 0.14 \quad [\text{L}]$$

(エ) 水に溶けずに残っている気体 A について、気体の状態方程式 $PV = nRT$ より、

$$1.0 \times 10^5 \times 0.45 = n \times 8.3 \times 10^3 \times 310$$

$$n \approx 0.0175 \quad [\text{mol}]$$

よって、水に溶ける気体 A の物質量は、

$$2.0 \times 10^{-2} - 0.0175 = 2.5 \times 10^{-3} \quad [\text{mol}]$$

(オ) 気体 A をすべて溶解させるのに必要な最低圧力を P [Pa] とすると、ヘンリーの法則より、

$$2.5 \times 10^{-3} \times \frac{P}{1.0 \times 10^5} = 2.0 \times 10^{-2}$$

$$P = 8.0 \times 10^5 \quad [\text{Pa}]$$

【3】

<解答>

問1 (i) $h : \textcircled{3}$ $x : \textcircled{1}$ (ii) $h : \textcircled{1}$ $x : \textcircled{2}$ (iii) $h : \textcircled{2}$ $x : \textcircled{1}$

(iv) $h : \textcircled{1}$ $x : \textcircled{2}$

問2 (i) $1.03 \times 10^4 \text{ mm}$ (ii) $\textcircled{2}$ (iii) $\textcircled{5}$

<解説>

問1

- (i) 温度が 25°C のままなので、水の飽和蒸気圧は変わらず h [mmHg] であり、水銀液面の差は h [mm] のまま変わらない。また、同温・同圧では気体の物質量は体積に比例するので、ピストンの位置を(イ)まで下げて気体部分の体積が減った分だけ、水蒸気の物質量は減少している。水蒸気が減った分は、凝縮して液体となっているので、液体の質量は増える。
- (ii) 温度が高くなると、飽和蒸気圧は高くなるので、水銀液面の差は h [mm] より増える。また、蒸気圧が高くなったことで、水蒸気の物質量は増えるので、液体の水の質量は減る。
- (iii) NaCl を溶解させたことで、蒸気圧降下が起こるので、水銀液面の差は h [mm] より減る。また、蒸気圧が低くなったことで、水蒸気の物質量は減り、その分は凝縮して液体となっている。よって、液体の水の質量は増える。
- (iv) 空気を加えた分だけ、気体の全圧が増加するので、水銀液面の差は h [mm] より増える。その際、U字管内の水銀は図の右側へ移動するので、気体部分の体積は増えている。温度が 25°C のままなので水蒸気分圧は h [mmHg] のままであり、気体部分の体積が増加した分だけ、水蒸気の物質量は増える。よって、液体の水の質量は減る。

問2

- (i) 大気圧は 760 mmHg であり、これは水銀柱 $760 \text{ mm}(=76 \text{ cm})$ がかける圧力という意味である。この水銀柱の底部には、 $13.6 \times 76 \div 10 = 1.03 \times 10^3$ [g] の力が 1 cm^2 にかかっている。同じ圧力を高さ y [mm] ($=\frac{y}{10} \text{ cm}$) の水柱がかけるとすると、

$$1.00 \times \frac{y}{10} = 1.03 \times 10^3 \quad y = 1.03 \times 10^4 \text{ [mm]}$$

※ 結局のところ、水銀の代わりに水を用いた場合、水柱の高さは水銀中の高さの13.6倍になるということである。

- (ii) 水の蒸気圧によって水柱は上部から押されるので、水柱の高さは低くなる。
- (iii) 水の蒸気圧 23.8 mmHg の分だけ水柱の高さが低くなる。これを水柱の高さに換算すると、 $23.8 \times 13.6 \div 10 = 3.2 \times 10^2$ [mm]

<演習問題>

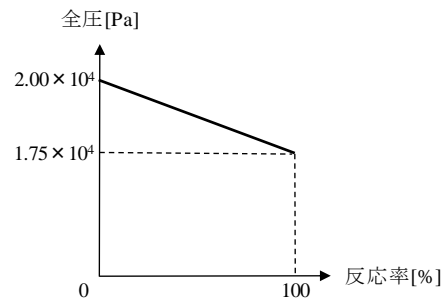
【1】

<解答>

問1 $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$

問2 $2.00 \times 10^4 \text{ Pa}$ 問3 $1.75 \times 10^4 \text{ Pa}$

問4 0.318 g 問5 右図



<解説>

問2 コックを開いた後、反応開始前の O_2 , NO , Ar の分圧をそれぞれ

P_{O_2} , P_{NO} , P_{Ar} とすると、ボイルの法則より

$$\text{O}_2 \text{ について } 2.00 \times 10^4 \times 1.00 = P_{\text{O}_2} \times 4.00 \quad P_{\text{O}_2} = 5.00 \times 10^3 \text{ [Pa]}$$

$$\text{NO について } 1.00 \times 10^4 \times 2.00 = P_{\text{NO}} \times 4.00 \quad P_{\text{NO}} = 5.00 \times 10^3 \text{ [Pa]}$$

$$\text{Ar について } 4.00 \times 10^4 \times 1.00 = P_{\text{Ar}} \times 4.00 \quad P_{\text{Ar}} = 1.00 \times 10^4 \text{ [Pa]}$$

よって、全圧は

$$P = P_{\text{O}_2} + P_{\text{NO}} + P_{\text{Ar}} = 5.00 \times 10^3 + 5.00 \times 10^3 + 1.00 \times 10^4 = 2.00 \times 10^4 \text{ [Pa]}$$

問3 反応の前後で体積および温度が一定なので、各気体の分圧は物質質量に比例する。

| | | | | | | |
|-------|---------------------|---|---------------------|---------------|---------------------|------|
| | 2NO | + | O_2 | \rightarrow | 2NO_2 | |
| (反応前) | 5.00×10^3 | | 5.00×10^3 | | 0 | [Pa] |
| (変化量) | -5.00×10^3 | | -2.50×10^3 | | $+5.00 \times 10^3$ | [Pa] |
| (反応後) | 0 | | 2.50×10^3 | | 5.00×10^3 | [Pa] |

よって、全圧は

$$P = P_{\text{O}_2} + P_{\text{NO}_2} + P_{\text{Ar}} = 2.50 \times 10^3 + 5.00 \times 10^3 + 1.00 \times 10^4 = 1.75 \times 10^4 \text{ [Pa]}$$

問4 反応前の各気体の質量を w_{O_2} , w_{NO} , w_{Ar} とすると、気体の状態方程式より

$$2.00 \times 10^4 \times 1.00 = \frac{w_{\text{O}_2}}{32.0} \times R \times 310 \quad w_{\text{O}_2} = \frac{6.40 \times 10^5}{310R}$$

$$1.00 \times 10^4 \times 2.00 = \frac{w_{\text{NO}}}{30.0} \times R \times 310 \quad w_{\text{NO}} = \frac{6.00 \times 10^5}{310R}$$

$$4.00 \times 10^4 \times 1.00 = \frac{w_{\text{Ar}}}{40.0} \times R \times 310 \quad w_{\text{Ar}} = \frac{1.6 \times 10^6}{310R}$$

質量保存の法則より、反応後の各容器内の気体の質量の合計は

$w_{\text{O}_2} + w_{\text{NO}} + w_{\text{Ar}}$ に等しく、各容器に均一に存在することから

容器 B 内に存在する気体の質量は $(w_{\text{O}_2} + w_{\text{NO}} + w_{\text{Ar}}) \times \frac{2.00}{4.00}$

また、コックを開ける前の容器 B 内の気体の質量は w_{NO} であるので

求める重量は

$$\begin{aligned} (w_{\text{O}_2} + w_{\text{NO}} + w_{\text{Ar}}) \times \frac{2.00}{4.00} - w_{\text{NO}} &= \frac{w_{\text{O}_2} - w_{\text{NO}} + w_{\text{Ar}}}{2} = \frac{6.40 \times 10^5 - 6.00 \times 10^5 + 1.6 \times 10^6}{2 \times 310R} \\ &= \frac{1.64 \times 10^6}{2 \times 310 \times 8.31 \times 10^3} = 0.318 \text{ [g]} \end{aligned}$$

問5 反応率を $x\%$ とする。

| | | | | | | |
|-------|--|---|--|---|--|------|
| | 2NO | + | O_2 | → | 2NO_2 | |
| (反応前) | 5.00×10^3 | | 5.00×10^3 | | 0 | [Pa] |
| (変化量) | $-5.00 \times 10^3 \times \frac{x}{100}$ | | $-2.50 \times 10^3 \times \frac{x}{100}$ | | $+5.00 \times 10^3 \times \frac{x}{100}$ | [Pa] |
| (反応後) | $5.00 \times 10^3(1 - \frac{x}{100})$ | | $2.50 \times 10^3(2 - \frac{x}{100})$ | | $5.00 \times 10^3 \times \frac{x}{100}$ | [Pa] |

よって、全圧は

$$P = P_{\text{O}_2} + P_{\text{NO}} + P_{\text{NO}_2} + P_{\text{Ar}}$$

$$= 2.50 \times 10^3(2 - \frac{x}{100}) + 5.00 \times 10^3(1 - \frac{x}{100}) + 5.00 \times 10^3 \times \frac{x}{100} + 1.00 \times 10^4$$

となり、反応率 x の1次関数である。ゆえにグラフは直線となる。反応前($x=0$)の全圧は問2より 2.00×10^4 Pa, 反応後($x=100$)の全圧は問3より 1.75×10^4 Pa であるのでグラフは下図のようになる。

