

物質と化学反応式 11 化学変化の量的関係 応用編

今回は前回学習した化学変化の量的関係に関する応用問題を考えてみます。

例題 1

$C_2H_4 + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 2H_2O$ について、次の計算をせよ。

ただし、原子量は $H=1.0$, $C=12$, $O=16$ で、気体は標準状態とする。

1. エチレン (C_2H_4) 21g を完全燃焼させるのに必要な空気は何 L か。
ただし、空気の組成は体積比で、 $N_2 : O_2 = 4 : 1$ とする。
2. エチレン 7.0g と酸素 15L を反応させると、発生する二酸化炭素は何 L か。

解答と解説

1. 空気中に占める酸素の体積は、空気全体の $\frac{1}{5}$ だから、

反応に必要な空気の体積 = 反応に必要な酸素の体積 $\times 5$ ……①

反応式の係数より、

エチレン 1mol を完全燃焼させるのに必要な酸素は 3mol である。

エチレンのモル質量は 28 だから、

エチレン 28g を完全燃焼させるのに必要な酸素は $3 \times 22.4L$ である。

よって、エチレン 21g を完全燃焼させるのに必要な酸素の体積を xL とすると、

28g	$3 \times 22.4L$
21g	xL

より、 $28x = 21 \times 3 \times 22.4$ (たすき掛け)

$$\therefore x = \frac{21 \times 3 \times 22.4}{28} = \frac{3 \times 3 \times 22.4}{4} = 3 \times 3 \times 5.6 = 50.4$$

よって、必要な酸素の体積は 50.4L ……②

①, ②より、必要な空気の体積 = $50.4 \times 5 = 252L$ ……(答)

2. エチレン 28g を完全燃焼させるのに必要な酸素の体積は $3 \times 22.4L$ である。

したがって、エチレン 7.0g を完全燃焼させるのに必要な酸素の体積は、

$$\frac{7.0g}{28g} \times 3 \times 22.4L = 16.8L \text{ である。}$$

ところが、反応させる酸素は 15L である。つまり、酸素が不足する。

これは、酸素 15L がすべて反応し、エチレンの一部が反応せず余ることを意味する。

よって、酸素 15L が反応したとき発生する二酸化炭素の体積を求めればよい。

同温同圧下では、係数の比と反応または生成する気体の体積の比が一致するから、
反応する酸素の体積 (15L) : 発生する二酸化炭素の体積 = 3 : 2

よって、発生する二酸化炭素の体積 = $15L \times \frac{2}{3} = 10L$ ……(答)

重要：反応物質に過不足が生じる反応の量的関係は、少ない方の物質質量を基準にする。

例題 2

水素 H_2 とメタン CH_4 の混合気体に空気 150mL を通じて完全燃焼させたところ、燃焼後の全体積が 140mL になった。

次に、これを濃い水酸化カリウム溶液に通したところ、体積が 132mL になった。

はじめの水素 H_2 とメタン CH_4 の体積を求めよ。

ただし、温度と圧力は一定で、生じる水はすべて取り除くものとする。

解答と解説

水素の燃焼反応： $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$

メタンの燃焼反応： $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

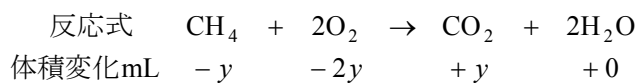
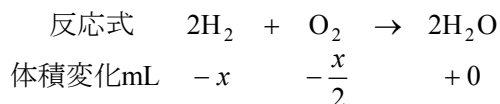
はじめの水素の体積を x mL、酸素の体積を y mL とおくと、

はじめの混合気体の体積 = $150 + x + y$ mL ……①

・完全燃焼だから、はじめの水素とメタンがすべて反応する。

・同温同圧下では、係数の比と反応または生成する気体の体積の比が一致する。

より、



よって、

$$\text{全体積変化} = -x + \left(-\frac{x}{2}\right) + (-y) + (-2y) + y = -\frac{3}{2}x - 2y$$

これと①より、

$$-\frac{3}{2}x - 2y = 140 - (150 + x + y) \quad \therefore x + 2y = 20 \quad \dots\dots①$$

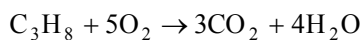
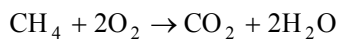
また、濃い水酸化カリウム溶液に通したときの体積減少量 $140 - 132 = 8$ mL は、

発生した二酸化炭素がその溶液に吸収されたことによるから、 $y = 8$ ……②

①、②より、 $x = 4$

よって、 H_2 の体積 = 4mL、 CH_4 の体積 = 8mL ……(答)

確認問題



について、次の計算をせよ。

ただし、原子量は $\text{H}=1.0$ 、 $\text{C}=12$ 、気体は標準状態、

空気の組成は体積比で $\text{N}_2 : \text{O}_2 = 4 : 1$ 、生じる水はすべて取り除くとする。

1. メタン 24g を完全燃焼するのに最低限必要な空気は何 L か。

ただし、空気の組成は体積比で $\text{N}_2 : \text{O}_2 = 4 : 1$ とする。

2. プロパン (C_3H_8) 50mL に空気を供給しながら燃焼させたところ、

二酸化炭素が 45mL 発生した。

燃焼後の混合気体の全体積は何 mL か。

3. メタンとプロパンの混合気体 100mL を完全燃焼したところ、

二酸化炭素が 250mL 発生した。

はじめのメタンとプロパンの体積はそれぞれ何 mL か。

解答と解説

1. $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ の係数より、
 メタン 1mol を完全燃焼するのに必要な酸素は 2mol である。
 したがって、メタン 16g を完全燃焼するのに必要な酸素は $2 \times 22.4 \text{ L}$ である。
 よって、メタン 24g を完全燃焼するのに必要な酸素は、 $\frac{24\text{g}}{16\text{g}} \times 2 \times 22.4\text{L}$

これと空気中に占める酸素の体積が、空気全体の $\frac{1}{5}$ であることから、

$$\text{必要な空気の体積} = \frac{24\text{g}}{16\text{g}} \times 2 \times 22.4\text{L} \times 5 = 336 \text{ L} \quad \dots \text{(答)}$$

2. $\text{C}_3\text{H}_8 + 5\text{O}_2 \rightarrow 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$
同温同圧下では、係数の比と反応または生成する気体の体積の比が一致する
 発生した二酸化炭素 = 45mL \dots ①より、

$$\text{反応したプロパン} = 45\text{mL} \times \frac{1}{3} = 15\text{mL}$$

よって、余ったプロパン = $50 - 15 = 35\text{mL} \dots$ ②

また、反応した酸素 = $45\text{mL} \times \frac{5}{3} = 75\text{mL}$ より、

同時に供給された窒素 = $75\text{mL} \times 4 \dots$ ③ が反応せずに残る。

よって、燃焼後の混合気体の全体積は、①+②+③より、380mL \dots (答)

3. はじめのメタンとプロパンの体積をそれぞれ $x \text{ mL}$ 、 $y \text{ mL}$ とすると、
 $x + y = 100 \dots$ ④

同温同圧下では、係数の比と反応または生成する気体の体積の比が一致する から
 発生した二酸化炭素を x と y とで表すと、 $x + 3y$

よって、 $x + 3y = 250 \dots$ ⑤

④、⑤より、 $x = 25, y = 75$

よって、メタンの体積 = 25mL、プロパンの体積 = 75mL \dots (答)

ことわり

本編はメルマガ高校化学の部屋 <http://www.geocities.co.jp/HeartLand-Poplar/8632/>
 バックナンバー中の記載「このメルマガは、転載・複写自由です。」に甘え、
 内容を保ったまま、整理・加筆し、転載したものです。

大学理系入試問題・受験問題集を解いてみた <http://www.toitemita.sakura.ne.jp/>