

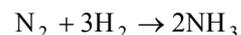
## 物質と化学反応式 10 化学変化の量的関係 基本編

今回は反応式を用いて化学変化に伴う物質の量的な関係を考えてみます。

### 化学変化の量的関係

窒素  $N_2$  と水素  $H_2$  をある条件下で反応させるとアンモニア  $NH_3$  が生成します。

この反応を化学反応式であらわすと、次のようになりますネ。



#### 補足：ハーバー・ボッシュ法

これはハーバー・ボッシュ法という工業的にアンモニアを合成する反応で、  
温度  $500^\circ C$  前後、圧力 300 気圧前後で、鉄を主成分とする触媒を加えておこないます。

※窒素と水素を混合しただけでは反応が起こりません。

また、原料の窒素と水素がすべて反応してアンモニアになるわけではありません。

すべて反応すると仮定したときのアンモニア生成量を 100% とすると、

実際の生成量は 15% 程度だそうです。

しかし、ここでは話を簡単にして、すべて反応するものとします。

では、上記の反応式（特に係数）を見ながら考えてみましょう。

この反応は、反応式の係数から、

窒素 1 分子に対し水素 3 分子が反応し、アンモニアが 2 分子できることを表しています。

じゃあ、窒素 10 分子だったら？

反応に必要な水素は 30 分子で、このときアンモニアは 20 分子できることになります。

では、もっとたくさんの窒素を用意しましょう。

窒素  $6.0 \times 10^{23}$  分子あれば、

反応する水素は  $3 \times 6.0 \times 10^{23}$  分子で、アンモニアは  $2 \times 6.0 \times 10^{23}$  分子できますネ。

ところで、粒子が  $6.0 \times 10^{23}$  個集まった量を何といいましたか？

そうですネ。1mol です。

したがって、「窒素 1mol と水素 3mol が反応するとアンモニアが 2mol できる」と言えます。

さらに、「窒素 1mol と水素 3mol が反応して減るとアンモニアが 2mol 増える」

とも言えますから、これを物質質量変化で表現すると、

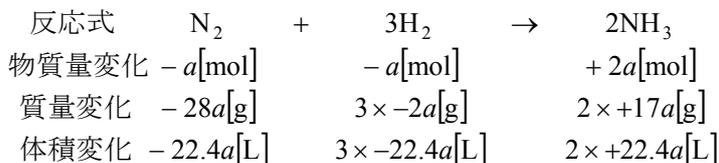
「窒素の物質質量変化が  $-1 \text{ mol}$ 、水素の物質質量変化が  $-3 \text{ mol}$  のとき、アンモニアの物質質量変化は  $+2 \text{ mol}$  である」ということになります。

これに質量変化、体積変化を対応づけ、表にまとめると、

反応式	$N_2$	+	$3H_2$	$\rightarrow$	$2NH_3$
物質質量変化	$-1[\text{mol}]$		$-3[\text{mol}]$		$+2[\text{mol}]$
質量変化	$-28[\text{g}]$		$3 \times -2[\text{g}]$		$2 \times +17[\text{g}]$
体積変化	$-22.4[\text{L}]$		$3 \times -22.4[\text{L}]$		$2 \times +22.4[\text{L}]$

となります。

さらに、正の数  $a$  を用いてこの表を一般化すると、



質量変化の合計  $= -28a + (-6a) + 34a = 0$  (「質量保存の法則」が成立)

物質変化の比 = 体積変化の比 (「気体の法則」が成立)

### 例題

$N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$  について、次の計算をせよ。

アボガドロ定数  $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$ ，原子量は  $H=1.0$ ， $N=14$ ，気体は標準状態とする。

1. 窒素  $0.3 \text{ mol}$  が反応すると、アンモニアは何  $\text{mol}$  できるか。
2. 窒素  $42 \text{ g}$  が反応すると、アンモニアは何  $\text{mol}$  できるか。
3. 窒素  $5.6 \text{ L}$  を反応させるのに必要な水素は何  $\text{g}$  か。
4. アンモニア分子が  $3.0 \times 10^{23}$  個生じるのに必要な窒素は何  $\text{L}$  か。

### 解答と解説

1. 窒素の係数 1 に対してアンモニアの係数が 2 なので、  
アンモニアは窒素の物質量の 2 倍できます。  
よって、 $0.3[\text{mol}] \times 2 = 0.6[\text{mol}]$  ……(答)
2. 窒素が  $1 \text{ mol}$  反応すると、アンモニアが  $2 \text{ mol}$  できます。  
ということは、  
窒素が  $28 \text{ g}$  反応すると、アンモニアが  $2 \text{ mol}$  できます。  
したがって、  
窒素が  $42 \text{ g}$  反応すると、アンモニアが  $\frac{42 \text{ g}}{28 \text{ g}} \times 2 \text{ mol} = 3.0 \text{ mol}$  ……(答) できます。
3. 窒素  $1 \text{ mol}$  を反応させるのに必要な水素は  $3 \text{ mol}$  です。  
ということは、  
窒素  $22.4 \text{ L}$  を反応させるのに必要な水素は  $3 \times 2.0 = 6.0 \text{ g}$  です。  
したがって、  
窒素  $5.6 \text{ L}$  を反応させるのに必要な水素は  $\frac{5.6 \text{ L}}{22.4 \text{ L}} \times 6.0 \text{ g} = 1.5 \text{ g}$  ……(答) です。
4. アンモニア分子が  $2 \text{ mol}$  生じるのに必要な窒素は  $1 \text{ mol}$  です。  
ということは、  
アンモニア分子が  $2 \times 6.0 \times 10^{23}$  個生じるのに必要な窒素は  $22.4 \text{ L}$  です。  
したがって、アンモニア分子が  $3.0 \times 10^{23}$  個生じるのに必要な窒素は  
 $\frac{3.0 \times 10^{23}}{2 \times 6.0 \times 10^{23}} \times 22.4 \text{ L} = 5.6 \text{ L}$  ……(答) です。

**確認問題**

$C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$  について、次の計算をせよ。

アボガドロ定数  $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$  , 原子量は  $H=1.0$ ,  $N=14$ ,  $O=16$ , 気体は標準状態とする。

1. プロパンが 33g 燃焼すると、生じる水は何 mol か。
2. プロパンが 5.6L 燃焼すると、発生する二酸化炭素は何 g か。
3. 水分子が  $4.8 \times 10^{23}$  個生じた時、燃焼したプロパンは何 L か。
4. 酸素が 12L 反応すると、二酸化炭素は何 L 発生するか。

解答

1. 3.0mol 2. 33g 3. 4.48L 4. 7.2L

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/>