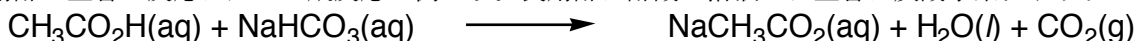


第五章 化学量論

(化学パズル)

食用酢と重曹の反応はガス生成反応の例です。食用酢は酢酸の溶液で、重曹は炭酸水素ナトリウムです。



少量の重曹を取り、瓶に入れ、食用酢を少し落とすと、混合物から二酸化炭素のガスが発生します。食用酢を更に入れると、ますます CO_2 ガスが発生します。だが最後には、 CO_2 の発生は止まります。さらに食用酢を入れても、 CO_2 発生には結びつきません。何故でしょう？

化学反応の研究は化学の本質です。そのような反応の一つの例が酸性酸化物 SO_3 、塩基 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ と水の反応です。

これは役に立つ反応で石炭、石油燃焼火力発電所の煙突から出るガス(煙道ガス)に含まれる亜硫酸ガスを除く方法として利用されています。(Fig. 4.16) これが酸性雨の原因ともなる亜硫酸ガスが大気に放出されるのを防いでいるのです。この反応を効率よく行うには反応を定量的に考えなくてはなりません。煙道ガス中の亜硫酸ガスの量が分かると、それを除くのに何トンの消石灰が必要か分かりますか？反応によって出来た硫酸カルシウムを何処に貯蔵しますか？最初の二つの質問に答えるための原則は全ての化学反応に関係し、この章の主題です。

5.1 化学反応での重量関係：化学量論

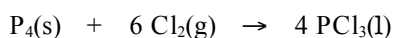
化学式は反応物と生成物の定量的な関係を示します(4.1 章)。物質保存の法則に基づいたこの関係を、**化学量論(stoichiometry)**の研究に適用します。均衡反応式の**化学量論係数(stoichiometric coefficient)**は原子や分子の相対数またはモル数を示し、反応物や生成物の質量の計算に用います。

一かけらのリンを塩素中で燃焼させると、酸化-還元反応(4.10 章参照)で三塩化リン PCl_3 (Fig. 5.1)が生成します。1 モルのリン(P_4 , 124 g / mol)をこの反応で使うとしましょう。次の均衡式は 6.00 モルまたは 425 g の Cl_2 が必要で、4.00 モルまたは 549 g の PCl_3 が生成することを示します。リンと塩素の反応の均衡式は用いる P_4 がいくらでも適用できます。もし 0.0100 モルの P_4 (1.24 g)を用いると、0.0600 モルの Cl_2 (4.25 g)が必要とされ、0.0400 モルの PCl_3 (5.49 g)が生成します。1.24 g の P_4 と 4.25 g の Cl_2 を用いると 5.49 g の PCl_3 が生成することは、実験で確かめることが出来ます。

Fig. 5.1 リンは塩素ガス中で鮮やかな炎を放って燃え、三塩化リンを生成します。

この考え方を先に進めて、ここで質量 1.45 g の一塊のリンがあるとします。全てのリンを反応させるとして、必要な Cl_2 の質量はいくらですか？つぎの手続きで答えが導かれます。

ステップ 1. 均衡式を書きます(反応物、生成物の正しい化学式を使って)。これが、常に化学式を扱う時の第一段階です。



ステップ 2. 質量からモル数を計算します。 P_4 の質量から、利用できる P_4 のモル数を計算します。これが必要なのは均衡式はモル関係を示し、質量関係は示さないからです。

$$1.45 \text{ g P}_4 \times (1 \text{ mol P}_4 / 123.9 \text{ g P}_4) = 0.0117 \text{ mol P}_4$$

ステップ 3. 化学量論係数を使います。一方の反応物(P_4)のモル数を他方の反応物(Cl_2)のモル数と関係づけねばなりません。

$$0.0117 \text{ mol P}_4 \times (6 \text{ mol Cl}_2 / 1 \text{ mol P}_4) = 0.0702 \text{ mol Cl}_2$$

計算には、使うリンのモル数を化学量論係数倍します。化学量論係数とは使う反応物のモル数と必要とされる反応物のモル数を関係づけるモル比の因子です。**化学量論因子(stoichiometric factor)**は均衡化学式の係数から直接得られます。従って、計算を進める前に、化学式の均衡を取らねばなりません。計算の結果、0.0702 モルの Cl_2 がリンと反応するのに必要です。

ステップ 4. モルから質量を計算する。ステップ 3 で計算された Cl_2 のモル数から必要な Cl_2 の質量が計算できます。

$$0.0702 \text{ mol Cl}_2 \times (70.91 \text{ g Cl}_2 / 1 \text{ mol Cl}_2) = 4.98 \text{ g Cl}_2$$

この例の目的は必要とされる Cl_2 の質量を求めることですから、問題は解かれたことになります。

反応が完結した時、すなわち少なくとも一方の反応物が完全に使われた時、1.45g のリンと必要量の塩素 (4.98g) の反応で生成した PCl_3 の質量を知りたいとします。物質の保存則から P_4 の質量と使った Cl_2 とを加えると答えることが出来ます (1.45 g + 4.98 g = 6.43 g の PCl_3 が生成)。別の方法は、ステップ 3 と 4 を繰り返すことです、しかし適切な化学量論因子とモル質量を用いて。

ステップ 3' 化学量論比を用いる。使う P_4 のモル数を生成する PCl_3 のモル数に関係づける。

$$0.0117 \text{ mol P}_4 \times (4 \text{ mol PCl}_3 / 1 \text{ mol P}_4) = 0.0468 \text{ mol PCl}_3$$

ステップ 4' モルから質量を計算する。合成される PCl_3 のモルをグラム単位の質量に変える。

$$0.0468 \text{ mol PCl}_3 \times (137.3 \text{ g PCl}_3 / 1 \text{ mol PCl}_3) = 6.43 \text{ g PCl}_3$$

問題を解く鍵と考え方

5.1 化学量論計算

例題 5.1 反応の重量関係

練習問題 5.1 化学反応の重量関係