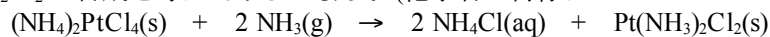


5.2 反応物の一つが限られた供給状態にある反応

反応を行うとき、化学者が、あるいはその事柄の性質上、反応物を正確な化学量論比で供給することは稀です。反応の目的が、ある量の出発物質から出来るだけ大量の有用な化合物を生成することにあるので、高価な方の反応物が完全に变化するように一方の反応物を大過剰供給します。例として癌の治療に用いられるシスプラチン $\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2$ の合成を考えてみましょう。(化学者の肖像、Barnett Rosenberg 参照)



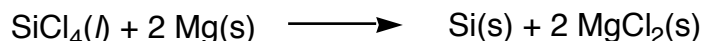
この場合、より安価な薬品 NH_3 (pennies/g)を均衡式で求められるよりも大量に使って、高価な化学薬品 $(\text{NH}_4)_2\text{PtCl}_4$ (約\$40/g)と反応させることが当然考えられます。反応が完結した状態では、全ての $(\text{NH}_4)_2\text{PtCl}_4$ が生成物に変えられ、いくらかの NH_3 が残ります。 $(\text{NH}_3)_2\text{PtCl}_2$ の生成量は？それは最初の $(\text{NH}_4)_2\text{PtCl}_4$ の量に依存し、 NH_3 には依存しません、なぜなら化学量論で必要とされる以上の NH_3 があるからです。この例で $(\text{NH}_4)_2\text{PtCl}_4$ のような化合物を**限定反応物質(limiting reactant)**と呼びます、というのはその量が生成物の量を決定したり、限定したりするからです。

問題を解く鍵と考え方

5.2 化学における限界反応物質問題に似た実生活の問題

限界反応物質を含むもう一つの反応の例はコンピューターチップや太陽電池に用いられる純粋なシリコンの製造です(Fig. 5.2)。プロセスの最終段階は、精製された液体の 4 塩化ケイ素を非常に純度の高いマグネシウムで還元し、純粋な元素状ケイ素を合成する段階です。

Fig. 5.2 (a) 純粋なシリコンがソーラーパワー航空機 Solair I の翼の太陽電池に用いられています。(b) 太陽電池の拡大図



225 g の SiCl_4 を 225 g の Mg と混ぜるとします。これらの反応物は正しい化学量論比で混ぜられていますか、それともどちらかが足りませんか？すなわち、どちらかが生成するシリコンの量を限定しますか？そうなら反応が完結した時、シリコンはどれだけ生成しますか？そしてシリコンの最大量が生成した時、過剰の反応物はどれだけ残っていますか？

両出発物質の量が与えられていますから、これらの質問に答える最初の段階は、各物質のモル数を調べることです。

$$225 \text{ g SiCl}_4 \cdot (1 \text{ モル SiCl}_4 / 169.9 \text{ g SiCl}_4) = 1.32 \text{ モルの SiCl}_4 \text{ が使える}$$

$$225 \text{ g Mg} \cdot (1 \text{ モル Mg} / 24.31 \text{ g Mg}) = 9.26 \text{ モルの Mg が使える}$$

これらの反応物が、均衡式から得られる化学量論比で存在しますか？

$$\text{均衡式が求める反応物のモル比} = 2 \text{ mol Mg} / 1 \text{ mol SiCl}_4$$

実際に使用できる反応物のモル比 = 9.26 モル Mg / 1.32 モル SiCl_4 = 7.02 モル Mg / 1.00 モル SiCl_4
Mg のモル数を SiCl_4 のモル数で割り算すると、その比は均衡式が求める比(2 mol Mg / 1 mol SiCl_4)よりもずっと大きいことが分かります。ここでは SiCl_4 との反応に要する以上のマグネシウムがあるということです。逆に Mg 全てと反応するには充分な SiCl_4 がないということです。従って、 SiCl_4 が限界反応物質です。それはチーズバーガーの例で限界反応物質のハンバーガーパティに相当します。

ここで SiCl_4 が限界反応物質ですので、 SiCl_4 に対して期待される生成物の質量が計算できます。

$$1.32 \text{ モル SiCl}_4 \cdot (1 \text{ モル Si} / 1 \text{ モル SiCl}_4) \cdot (28.09 \text{ g Si} / 1 \text{ モル Si}) = 37.1 \text{ g Si}$$

計算は、四塩化ケイ素 SiCl_4 との反応に大過剰のマグネシウムが使えることを示します。マグネシウムが過剰反応物です。全ての SiCl_4 が反応に使われた後に残る金属の量が計算できます。それには、まず限界反応物質 SiCl_4 全てを使いきるのに、どれだけマグネシウムが必要か知らねばなりません。

$$1.32 \text{ モル SiCl}_4 \cdot (2 \text{ モル Mg} / 1 \text{ モル SiCl}_4) = 2.64 \text{ モル Mg}$$

9.26 モルのマグネシウムが使えますから、過剰のマグネシウムのモル数は次のように計算されます。

$$\text{過剰の Mg} = \text{使用可能な Mg } 9.26 \text{ モル} - \text{消費された Mg } 2.64 \text{ モル} = \text{残った Mg } 6.62 \text{ モル}$$

そして質量に換算されます。

$$6.62 \text{ mol Mg} \cdot (24.31 \text{ g Mg} / 1 \text{ mol Mg}) = 161 \text{ g Mg が過剰}$$

最後に、161 g のマグネシウムが残りますから、225 g - 161 g = 64 g のマグネシウムが反応で消費されます。

問題を解く鍵と考え方

5.3 限界反応物質を含む反応

例題 5.2 限界反応物質を含む反応

例題 5.3 限界反応物質を含む反応

練習問題 5.2 限界反応物質を含む反応

問題を解く鍵と考え方

5.4 限界反応物質を含む反応