

中和反応に関して、次の《Ⅰ》、《Ⅱ》に答えよ。

《Ⅰ》 次の文章を読んで、後の問に答えよ。なお、必要であれば、各原子の質量比が $H:C:O:Na:Cl=1:12:16:23:36$ であることを用いてもよい。

A 炭酸水素ナトリウムを熱分解すると、炭酸ナトリウムを得られることが知られている。 炭酸ナトリウムの用途はガラス製造や工業用洗剤など幅広い。ところで、混合比率が未知である炭酸水素ナトリウムと炭酸ナトリウムの混合物に関して、ある方法を用いればそれを推測することができる。以下では、その方法について考えてみよう。

それに先立ち、炭酸ナトリウムと塩酸の反応についてみてみよう。B 両者を反応させると、炭酸水素ナトリウムが生じる。 炭酸ナトリウム 5.3[g]およびある濃度の塩酸(以下、「溶液 X」と呼ぶ)を用意する。水の入った試験管に用意した炭酸ナトリウムを溶かし、そこに塩酸を少しずつ滴下してゆくと、その量が 50[mL]になった段階で反応が完了した。

続いて、本題である炭酸水素ナトリウムと炭酸ナトリウムの混合物におけるそれぞれの質量を推測する方法について考えよう。この混合物を水の入ったビーカーに溶かし、塩酸を少しずつ滴下してゆく。なお、水の入ったビーカーには予め指示薬であるフェノールフタレインを滴下しておく。塩酸を滴下してゆくと水溶液が赤色から無色に変化する瞬間が現れる。このタイミングで指示薬メチルオレンジを滴下し、その後も塩酸の滴下を続けてゆくと、水溶液が黄色から赤色に変化する瞬間が出現する。そして、最終的に水溶液が赤くなる。

この一連の現象は次のように説明できる。C 塩酸の滴下開始から水溶液が赤色から無色に変わる瞬間までは、炭酸水素ナトリウムは塩酸と反応せず、炭酸ナトリウムのみがそれと反応している。 その後塩酸の滴下を続けると炭酸水素ナトリウムが塩酸と反応するようになり、最終的に水溶液が黄色から赤色に変化する。よって、各段階で要した塩酸の量が分かれば、もとの混合物においてそれぞれがどれくらい含まれていたか計算することができる。

いま、混合比率が未知である炭酸水素ナトリウムと炭酸ナトリウムの混合物を水の入ったビーカーに溶かし、上記と同様の方法で溶液 X を少しずつ滴下してゆく。

このとき、溶液 X を 100[mL]滴下した段階で水溶液が赤色から無色に変化した。その後も溶液 X の滴下を続けたところ、滴下開始から 300[mL]を滴下した段階で水溶液が黄色から赤色に変化した。これらの結果より、混合物に含まれていた炭酸ナトリウムは [g]、炭酸水素ナトリウムは [g]であったことが分かる。

問 1 下線部 A, B を化学反応式で示せ。

問 2 「溶液 X」の質量パーセント濃度を小数第 1 位まで求めよ。なお、密度は $1.0[\text{g}/\text{cm}^3]$ であるとする。

問 3 下線部 C について、その理由を「水素イオン」・「炭酸イオン」・「炭酸水素イオン」の 3 つの語を用いて説明せよ。

問 4 空所 , に入る値を小数第 1 位まで求めよ。なお、混合物には炭酸ナトリウムおよび炭酸水素ナトリウム以外の物質は含まれていなかったものとする。

《Ⅱ》 次の文章を読んで、後の問に答えよ。なお、必要であれば、各原子の質量比が $H : C : N : O : Na : Cl = 1 : 12 : 14 : 16 : 23 : 36$ であることを用いてもよい。

中和反応は 酸とアルカリの反応であるから、もちろんアンモニアと塩酸もお互いに反応する。これを利用すれば、塩酸に通したアンモニアの質量を求めることができるが、実際は以下に示す手順を踏んでその質量を求めるが一般的である。

ィ《Ⅰ》で用いた「溶液 X」100[mL]にある質量のアンモニアを吸収させる。次に、その溶液に質量パーセント濃度が 11.8[%]である水酸化ナトリウム水溶液を滴下してゆくと、30[mL]を滴下した段階で反応が完結した。これらから、間接的に「溶液 X」に通したアンモニアの質量を求めることができる。この方法のことを「逆滴定」という。

問 5 下線部イ、ロをそれぞれ化学反応式で示せ。

問 6 今回の実験のように水酸化ナトリウム水溶液を滴下する前には、濃度が既知である塩酸や硫酸などの酸と中和反応させて毎回必ずその濃度を特定する(これを「中和滴定」という)必要がある。その理由を述べよ。

問 7 以下に示す物質の質量を、中和反応を用いて求めようとするとき、「逆滴定」を用いる必要があるものを 1 つ選べ。

(A) 水酸化バリウム (B) 水酸化マグネシウム (C) 二酸化炭素 (D) 硝酸 (E) 酢酸

問 8 「溶液 X」100[mL]に通したアンモニアの質量を小数第 3 位まで求めよ。なお、溶液 X、水酸化ナトリウム水溶液ともに密度は $1.0[\text{g}/\text{cm}^3]$ であるとする。