医学部予備校ACE Academy

化学特講|溶液の濃度

§1. 質量パーセント濃度を求める

<ポイント>

質量パーセント濃度を求める問題は、

- ① 分子を出す
- ② 分母を出す

だけ!

<解説>

質量パーセント濃度の問題は、二ガテ意識が払拭できない人が多いですが、めちゃくちゃ簡単です。 難しいことを考える必要はありません。

- ① 分子を出す
- ② 分母を出す

だけです。つまり、質量パーセント濃度を求める問題というのは、

- ① 溶質(g)を出す
- ② 溶液(g)を出す

という問題に還元できるのです。

ちなみに、「② 溶液(g)を出す」については、

溶液(g) = 溶質(g) + 溶媒(g)

という知識を使いますので覚えておいてください。では、具体的な問題を見てみましょう。

問題1. 水酸化ナトリウム0.10(mol)を水16gに溶かした溶液の質量パーセント濃度はいくらか? NaOH=40

* * *

「質量パーセント濃度」というワードを見た瞬間に頭の中がパニック!・・・とならないためには、「まずは分子を出して、そのあと分母を出せばいいんだ」と言い聞かせることです。

① 分子を出す

ということで、まずは分子を求めてみましょう。分子というのは溶質(g)のことです。

今回は、水酸化ナトリウム(NaOH;40g/mol)ですので、これが0.1(mol)ということは、 $40(g/mol) \times 0.1(mol) = 4(g)$

となります。こうして、分子が求まりました。

② 分母を出す

次は分母。分母は溶液(g)のことですが、溶液(g)=溶質(g)+溶媒(g)ですので、4(g)+16(g)=20(g)

となります。こうして、分母が求まりました。

あとは、分子÷分母×100をすれば、質量パーセント濃度が求まります。よって、

 $4 \div 20 \times 100 = 20\%$

が答えになるのです。このように、質量パーセント濃度の問題が出ても、何も難しいことはありません。「溶質(g)と溶媒(g)がどれだけあるか教えてね」という問題でしかないのです。

もう一つ、問題をやってみましょう。

問題2.20%の塩化ナトリウムNaCl水溶液100gがある。これに水100g加えたときできる水溶液の質量パーセント濃度を求めよ。

① 分子を求める

分子は溶質(g)です。

20%の塩化ナトリウムNaCl水溶液100gにしかNaClは含まれていませんので、

 $100g \times 20\% = 20g$

が溶質です。これで分子が求まりました。

② 分母を求める

分母は溶液(g)です。

溶液(g) = 溶質(g) + 溶媒(g)ですので、この2つを求めればいいのですが、溶質(g)はすでに20gであることはわかっているので、あとは溶媒です。

20%の塩化ナトリウムNaCl水溶液100gには、溶質が20g含まれていたので、の頃が溶媒で80g。 ここに、水100gを加えたということなので、合わせて、

100g + 80g = 180g

が溶媒(g)となります。ここに溶質(g) = 20gを加えたものが溶液(g)となりますので、溶液(g)は200gであることがわかりました。こうして、分母が求まりました。

あとは、分子÷分母×100=20g÷200g×100=10%

が答えとなります。同じようにして、例題を解いてみましょう。

* * *

問題3.10%塩化ナトリウムNaCl水溶液150gと、15%塩化ナトリウム水溶液100gを混合するときできる塩化ナトリウム水溶液の質量パーセント濃度はいくらか?答え.12%

問題4.30℃で硝酸カリウムKNO3の水への溶解度は45.6である。この温度で溶けることのできる KNO3をすべて水に溶かしたとき、この水溶液の質量パーセント濃度は何(%)か? 答え、31.3%

* * *

以上で質量パーセント濃度については終わりです。

最後にもう一度言いますが、やることは「分子を求める」「分母を求める」だけなのです。

§ 2. モル濃度を求める

<ポイント>

モル濃度を求める問題は、

- ① 分子を出す
- ② 分母を出す

だけ!

<解説>

「モル濃度」と言われたとき、一体何をしたらよいか手が止まってしまう人が多いですが、めちゃくちゃ簡単です。難しいことを考える必要はありません。こちらも質量パーセント濃度のときと同じで、

- ① 分子を出す
- ② 分母を出す

を一つずつやっていけばいいのです。

では、モル濃度の分子と分母とは何だったでしょうか?その定義は、

モル濃度(mol/L)=溶質の物質量(mol)/溶液の体積(L)

です。つまり、

- ① 溶質(mol)
- ② 溶液(L)

を、それぞれ求めて、最後に割ってあげればいいのです。結局、モル濃度を求める問題というのは、 溶質(mol)と溶液(L)を求めさせる問題、と言い換えることができます。

では、具体的に問題を解いてみましょう。

* * *

問題. 100gの水酸化ナトリウムを水に溶かし、2.0Lにした。こうしてできた水酸化ナトリウムNaCl 水溶液のモル濃度を求めよ。NaOH=40

* * *

① 分子を出す

分子は溶質(mol)でしたので、100gの水酸化ナトリウムがそれにあたります。40g/molですので、100g÷40g/mol=2.5mol

となります。こうして分子が求まりました。

② 分母を出す

分母は溶液(L)でしたが、水酸化ナトリウム水溶液が2.0Lということですので、すでに求まっていました。ということで、

分子÷分母= $2.5 \div 2.0 = 1.25 (mol/L)$

となり、モル濃度が求まりました。次の類題も解いてみましょう。

* * *

問題1. シュウ酸(COOH)2の結晶90gを水に溶かし、さらに水を加えて体積を1.0Lにしたときのモル濃度は?

答え. 1.0mol/L

* * *

§3. 密度を使う

<ポイント>

① 密度(g/cm3) が出たら、とにかく1,000cm3(=1L) をかけろ!

※密度(g/cm3)とは、溶液の体積(1cm3) と質量(g)の関係を表したもの。 しかし、1cm3という単位はあまり使わないので、溶液の体積(1L)と質量(g)の関係に直すのでう。つまり、密度(g/cm3)が出たら、とにかく1,000cm3(=1L) をかけるのです!

② 密度(g/cm3)に1,000cm3(=1L) をかけることで出てくるのは、その溶液の質量(g)。こうして 求まった溶液の質量(g)を使うのは、質量パーセント濃度なので、質量パーセント濃度とのコラボ 問題が多い!

<解説>

密度(g/cm3)が出てきた瞬間に「ウッ」となる人はとても多いです。そして、その気持ちもわかります。しかし、これを読めば、密度(g/cm3)が出てきてもアレルギー反応は示さなくなるでしょう。なぜなら、一つ目のアドバイスとしては、

とにかく1,000cm3(=1L) をかけろ!

だからです。もともと、密度(g/cm3)というのは、溶液が体積1cm3あったとき、その溶液の質量(g)を表したもの。しかし、1cm3という単位は使わないので、すぐさま1,000cm3(=1L)をかけることで、

「溶液1cm3あたりの、その溶液の質量(g)」 を 「溶液1Lあたりの、その溶液の質量(g)」

という、使える数値に変えてしまうのです。

さて、「ポイント」にも書いたように、密度の問題は質量パーセント濃度とのコラボ問題が多い。 なので、ここで質量パーセント濃度の使い方について次のセクションでお話します。

※質量パーセント濃度の求め方は§1で話しました。

しかし、質量パーセント濃度を使う場合もあり、本質的には繋がっていますが様相が変わりますので、ここできちんと解説していきましょう。

§ 4. 質量パーセント濃度を使う

<ポイント>

- ① 質量パーセント濃度が出てきたら、溶液の質量(g)をかけろ!
- ② 溶液(g)をかけることで出てくるのは、溶質(g)です。このように、質量パーセント濃度は、溶液(g)を溶質(g)に変換する魔法の数字だということを、しっかり頭に入れましょう。

<解説>

質量パーセント濃度とは、一体何のためにあるのでしょうか? それは、

溶液(g)を、溶質(g)に変換するため

です。溶液(g)をかけてナンボな値ということ。質量パーセント濃度に、物質量(mol)をかけても全く意味ないですし、体積(L)をかけても同じく全く意味がないのです。

質量パーセント濃度に、溶液(g)をかけることによって求まるのが、溶質(g)。 では、これを頭に入れて、次の問題を解いてください。

* * *

問題. 質量パーセント濃度36.5%、密度1.2g/cm3の濃塩酸のモル濃度はいくらか。HCI=36.5

質量パーセント濃度というのは、溶液の質量(g)をかけなければ意味がない数字です。しかし、現 段階では、溶液の質量(g)は見当たりませんね。ということで、ここは一旦スルーします。

続いて密度が登場しました。

密度が出てきたら、真っ先にやることは1,000cm3(=1L)をかけることですしたね! ということで、とにもかくにも、まずは1,000cm3(=1L)をかけましょう。すると、

 $1.2g \times 1000 = 1200g$

となります。こうして出てきた1200gは何かというと、溶液の質量(g)ですね。

溶液の質量(g)ということは・・・そうです、質量パーセント濃度にかけるものが現れたということです!

では、1200gに質量パーセント濃度36.5%をかけましょう。すると、

 $1200g \times 36.5\% = 438g$

となります。こうして出てきた438gは何かというと、溶質の質量(g)ですね。

※質量パーセント濃度は、溶液の質量(g)を溶質の質量(g)に変換するものです。

溶質の質量(g)が求まると、これを物質量(mol)に直しましょう。 HCL=36.5なので、

 $438 \div 36.5 = 12 (mol)$

です。以上をまとめると、

溶液1Lに対して、HCIが12mol含まれている

ということ。これはまさに、モル濃度の定義ですね。

モル濃度 = 溶質(mol)/溶液(L)

よって、12mol/Lが答えとなります。また、この手の問題では、さらに次のような問題が出題されることもあります。

* * *

問題. 3.5%の希塩酸1.0L (密度1.0g/cm3) をつくるには、先ほどの濃塩酸が何mL必要か?

* * *

ここでも、やはり最初に目をつけるのは「密度1.0g/cm3」です。ここに1000cm3(=1L)をかけると、

 $1.0g/cm3 \times 1000cm3 = 1000g$

となります。これが、希塩酸1.0Lの溶液の質量(g)です。

「3.5%」というのは「質量パーセント濃度が3.5%」ということなので、これをかけると、

 $3.5\% \times 1000g = 350g$

となり、これが溶質HCIの質量(g)を表します。

350gのHCIが必要ということは、物質量(mol)に直すと、

350g/36.5 (mol)

ということになりますね。では、これだけの物質量(mol)のHCIを得るために、先ほど求めた 12mol/Lの濃塩酸がどれくらい必要かというと、必要な量をx(L)とおけば、

 $12 \text{mol/L} \times x(L) = 350/36.5 \text{ (mol)}$

という式ができます。これを求めると、

となります。このように、別の出題形式がされたとしても、密度に1.0Lをかけ、そうすることで求まった溶液の質量(g)に質量パーセント濃度をかけることで溶質の質量(g)を出す・・・という手順で進めます。

§5. モル濃度を使う

<ポイント>

- ① モル濃度(mol/L)が出てきたら、体積(L)をかけろ!
- ② モル濃度(mol/L)というのは、体積(L)をかけることで、そこに含まれている溶質の物質量(mol)がでてくる魔法の数字である、ということをきちんと頭に入れましょう!

<解説>

これはもう、すでに知っている人が多いと思いますので詳しくはお話しませんが、モル濃度(mol/L)というのは、体積(L)をかけてはじめて意味のある数字。なので、とにかくモル濃度(mol/L)が出てきたら、体積(L)をかけて物質量(mol)を出しましょう。

※これまでお話してきた「密度」も「質量パーセント濃度」も「モル濃度」も、すべては「分母の単位の数字をかけることで、意味をなす値である!」ということを頭に叩き込みましょう。

これまでの知識を総動員して、次の一問を解いてみましょう。

* * *

問題. 質量パーセント濃度95%、密度1.84g/cm3の濃硫酸がある。H2SO4=98

- (1) この濃硫酸のモル濃度を求めよ。
- (2) この濃硫酸を用いて、3.0mol/Lの希硫酸500mLを調整したい。濃硫酸は何mL必要か?
- (3) この濃硫酸を薄めて質量パーセント濃度が50%の硫酸をつくるには、濃硫酸100mLを水 (1.00g/cm3)何mLに加えればよいか?

(1)「密度が出たら1,000cm3(=1L)をかけろ!」が定石なので、とりあえずかけましょう。すると、

 $1.84g/cm3 \times 1000cm3 = 1840g$

となります。こうして出てきた1840gというのは、溶液の質量(g)です。

溶液の質量(g)にかけて意味がある数字が、質量パーセント濃度でしたね。95%をかけると、

 $1840g \times 95\% = 1748g$

となります。これが、溶質の質量(g)ですね。溶質の質量(g)が出たので、これをH2SO4=98で割ると、物質量(mol)が出てきます。

 $1748 \div 98 = 17.8 = 18 \text{ mol}$

これは、溶液1Lあたりについて考えたときの物質量(mol)なので、モル濃度は、

18mol/L

となります。もうここまではスラスラできるようになっていますよね?

(2) 「3.0mol/Lの希硫酸500mL」とありますので、「モル濃度が出てきたら、体積(L)をかける!」が定石であることを使って、

 $3.0 \text{mol/L} \times 0.5 \text{L} = 1.5 \text{mol}$

が求まります。これが、溶質であるH2SO4の物質量(mol)です。

同じだけのH2SO4を得るためには、(1)で求めたモル濃度17.8mol/Lの濃硫酸がどれくらい必要かというと、それをx(L)とおいて、

 $1.5 \text{mol} = 17.8 \text{mol}/\text{L} \times \text{x(L)}$ $\therefore \text{x} = 0.084 = 0.08$ $\therefore 80 \text{mL}$

となります。

(3) 「密度1.0g/cm3」とありますが、ここに1,000cm3(=1L)をかけても意味がなさそうです。これはただの水の密度なので。それに、この問題は質量パーセント濃度を求める問題のようです。

質量パーセント濃度を求めさせる問題では、

質量パーセント濃度 = 溶質(g)/溶液(g) = 溶質(g)/溶質(g)+溶媒(g)

であることから、溶質(g)と溶媒(g)の量を求めたら良さそうです。

溶質(g)は、濃硫酸100mLに含まれている溶質の質量(g)を求め、

溶媒(g)は、これこを求められている水mLなのです。

問題文中に「濃硫酸100mL」とありますが、ここに濃硫酸の密度は1.84g/cm3をかけると、溶液の質量(g)が求まりますね。よって、

 $1.84g/cm3 \times 100mL = 184g$

となり、これで溶液の質量(g)を求めることができました。

※1cm3=1mLです。1,000cm3=1Lでもありましたね。

この濃硫酸の質量パーセント濃度95%をかけることで、溶質H2SO4の質量(g)が求まります。

 $184 \times 95\% = 174.8g$

こうして、溶質の質量(g)が求まったので、あとは、加える水をxgとすると、質量パーセント濃度が50%なので、

 $174.8 \div (184 + x) = 0.5$ $\therefore x = 165.6g$

となります。水は1g=1m1なので、結局、165.6m1が答えとなります。 わかりましたでしょうか? 別の問題も解いてみましょう。

* * *

問題. 0.2mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液は、密度が1.05g/cm3である。この水酸化ナトリウム水溶液の質量パーセント濃度を求めよ。NaOH=40

「密度1.05g/cm3」とあるので、1,000cm3(=1L)をかけるのでしたね。もうこれはいいですね。

 $1.05g/cm3 \times 1,000cm3 = 1050g$

こうして求まったのが、水溶液の質量(g)ですね。

ここに質量パーセント濃度をかけたいのですが、それがないですね。というか、最終的に求めるべき値が質量パーセント濃度でした。では、それをx(割)とおいてかけましょう。すると、

1050x(g)

が得られました。これが、溶質の質量(g)ですね。溶質の質量(g)が求まったら、NaOH=40を使って、物質量(mol)を求めたいと考えますね。よって、

1050x/40

が、溶質の物質量(mol)です。

これは、溶液1Lあたりで考えていたので、モル濃度(mol/L)も、

1050x/40

となります。これが、0.2mol/Lと同じなので、

1050x/40=0.2 $\therefore x=0.00762$ $\therefore 0.76\%$

となります。以上のように、密度、質量パーセント濃度、モル濃度を使った問題は色々な方法で 出題されますが、パターンは決まっていますので、定石に従って計算をしていきましょう。 では、以下に類題を出題しますので、すべて取り組んでください。

* * *

問題1. 質量パーセント濃度が20%の水溶液をつくるには、水100gに塩化ナトリウムを何g溶かせばよいか?

答え. 25g

問題2. 0.04g/cm3の硫酸銅(Ⅱ)水溶液はモル濃度にするといくらか? 答え. 0.25mol/L

問題3. 水酸化ナトリウム2.0gを水23.0gに溶かして得られる溶液(密度1.1g/cm3)の、(a)質量パーセント濃度 (b)モル濃度を求めよ。

答え. (a)8.0% (b)2.2mol/L

問題4. 市販の濃硫酸は、質量パーセント濃度98%、密度1.8g/cm3である。

- (1) この濃硫酸のモル濃度は何mol/Lか?
- (2) 質量パーセント濃度10%、密度1.1g/cm3の希硫酸を1.0Lつくるには、この濃硫酸が何mL必要か?
- (3) 0.50mol/Lの希硫酸を1.0Lつくるには、この濃硫酸が何mL必要か?

答え. (1)18mol/l (2)62mL (3)28mL

問題5. 水(密度1.00g/cm3) 30mLとエタノール(密度0.79g/cm3) 70mLを混合した溶液の密度は、0.88g/cm3であった。混合溶液の体積は、混合前の2液の体積の合計に比べて、何mL増加または減少したか?

※ヒント:この問題のように、密度にかけるべき体積(mL)が与えられているときは、その体積(mL)をかけてください。1,000cm3をかける必要はありません。

答え. 3mL減少

問題6. 密度1.79g/cm3、濃度87.0%の濃硫酸を水(密度1.00g/cm3)で希釈して、密度1.13g/cm3、 濃度19.0%の希硫酸1Lをつくりたい。必要な濃硫酸と水はそれぞれ何mLか。整数値で答えよ。 ※ヒント:まずは濃硫酸を求めてから、その答えを使って水の量を出します。

答え. 濃硫酸138mL, 水883mL

問題7. 密度が1.83g/cm3の97.0%硫酸H2SO4水溶液がある。H2SO4の分子量を98として、この水溶液のモル濃度を求めよ。

答え. 18.1mol/L

問題8. 濃度36.5%の濃塩酸HCI(密度1.18g/cm3) を水で希釈して、1.00mol/Lの希塩酸1.00Lを作った。

- (1) 濃塩酸のモル濃度を求めよ。
- (2) 希塩酸1.00Lをつくるのに必要とした濃塩酸は何mLか?

答え. (1)11.8mol/L, (2)84.7mL

問題9. 質量パーセント濃度18%の塩化ナトリウム水溶液の密度は1.13g/cm3である。この水溶液について、次の(1)~(3)に答えよ。

- (1) この水溶液500gをつくるのに要した塩化ナトリウムは何gか?
- (2) この水溶液のモル濃度を求めよ。

答え. (1)90g (2)3.50mol/L

問題10. 塩化ナトリウム29.0gを密度1.00g/cm3の純粋な水100cm3に溶かした溶液の密度は1.16g/cm3である。この塩化ナトリウム水溶液のモル濃度はいくらか?答え、4.46mol/L

§ 6. 質量モル濃度

<ポイント>

質量モル濃度を求める問題は、

- ① 分子を出す
- ② 分母を出す

<解説>

質量モル濃度は、質量パーセント濃度やモル濃度を出すときと同じく、分子を求め、分母を求め、 それを使って割り算をしたら答えが求まる問題です。

そのためには、質量モル濃度の定義がきちんと頭に入っていないといけませんが、それは、

溶媒1kgあたりに溶けている溶質の物質量(mol)

です。よって、

分子=溶質の物質量(mol)

分母=溶媒の質量(kg)

ですので、それぞれを別々に出していきましょう。では、具体的な問題に入ります。

* * *

問題. 硝酸の1.7mol/L水溶液(密度1.05g/cm3)の質量モル濃度を求めよ。HNO3=63

まずは、「密度1.05g/cm3」とあるので、ここに1,000cm3をかけるのは今までと変わりません。

 $1.05g/cm3 \times 1,000cm3 = 1050g$

これが、溶液の質量(g)です。

さて、質量モル濃度に必要なのは、溶質の物質量(mol)と、溶媒の質量(kg)なのですが、まだ溶液の質量(g)しかもとまっていません。

ということは、溶質の質量(g)が求まれば、

溶液の質量(g) = 溶質の質量(g) + 溶媒の質量(g)

から、溶媒の質量(g)を求めることができます。

今、水溶液1,000cm3(=1L)について考えているので、

 $1.7 \text{mol/L} \times 1 \text{L} = 1.7 \text{mol}$

となり、HNO3=63なので、

 $1.7 \times 63 = 107.1g$

となります。これが溶質の質量(g)です。ということは、溶媒の質量(g)は、

1050g-107.1g=942.9g = 0.943kg

となりますね。これが分母です。

分子(=溶質の物質量(mol))は、すでに1.7molであることがわかっているので、

 $1.7 \div 0.943 = 1.80 \text{ mol/kg}$

となります。このように、これまで勉強してきたように、「密度」があったら、それを元に溶液の質量(g)を求めます。あとは、溶質の質量(g)を出せば、溶媒の質量(g)が出ますので、それを使って求めることができます。

類題を解きましょう。

* * *

問題1. 水酸化ナトリウム2.0gを水23.0gに溶かして得られる溶液(密度1.1g/cm3)の質量モル濃度を求めよ。

答え. 2.2mol/kg

問題2. 質量パーセント濃度18%の塩化ナトリウム水溶液の密度は1.13g/cm3である。この水溶液について、質量モル濃度を求めよ。

答え. 3.8mol/kg

* * *

以上で、溶液の濃度については終わりです。

類書から濃度に関する問題をすべて拾ってきたので、このプリントを終わらせれば苦手意識も消えるはずです。わからなかったところは質問対応ですべて潰すようにしてください。

《参考文献》

- ·Excel総合化学
- ・リードα化学