

強者の戦略

皆様こんにちは。化学科の古谷です。前回の問題はいかがだったでしょうか。まずは模範解答とその解説を示し、その後に生徒の答案を添削したいと思います。

<解答>

問 1

求める析出量を $x(\text{g})$ とすると、

$$\frac{\text{溶質の質量}(\text{g})}{\text{溶液の質量}(\text{g})} = \frac{150 \times \frac{25}{125} - \frac{160}{250}x}{150 - x} = \frac{15}{115}$$

$$\therefore x = 20.47 \dots \approx 20 \text{ g}$$

問 2

【塩化カリウム飽和溶液】

塩化カリウムの沈殿が生じる。

理由：塩化水素から電離した塩化物イオンの共通イオン効果により、塩化カリウムの溶解平衡が析出する方向に移動するため。

【硝酸カリウム飽和溶液】

何も変化しない。

理由：塩化水素には硝酸イオンもカリウムイオンも含まれていないので、塩化水素により硝酸カリウムの溶解平衡は移動しないから。

問 3

まず、ビーカーに混合物 A を入れ、そこにメスシリンダーで 50cm^3 の水をはかりとり入れる。これを、水温を一定に調節できる水槽に入れ、溶液の温度を 60°C にする。次に、ろ紙を取り付けたろうとを、ろうと台に取り付け、ろうとの足がビーカーの内側に接するように別のビーカーを取り付ける。このろうとに 60°C にした溶液を入れ、活性炭を取り除く。ろ過した溶液が入ったビーカーを、水温を一定に調節できる水槽に入れ、溶液の温度を 20°C にする。これを同様にろ過して、ろ紙上に得られた純粋な硝酸カ

リウムの結晶を取り出す。

問 4

泥水や水酸化鉄(III)のような疎水コロイドの溶液に少量のミョウバンを加えると、コロイド同士の電気的な反発が小さくなり、コロイドが凝集するから。

問 5

デンプンやタンパク質のような親水コロイドの溶液に多量の塩化ナトリウムを加えると、コロイドの水和水が奪われ、コロイドが凝集するから。

<解説>

問 1

標準的な溶解度の計算問題です。水和物が析出する場合は、析出量 \neq 溶質の減少量であること、溶媒の質量が変化することに注意してください。基本的には、溶媒、溶質、溶液のうち、どれか 2 つに注目して比をとるように計算すれば良いでしょう。

問 2

ここからが思考力が問われる問題となります。何らかの化学現象が起こるかどうかをイメージしながら考えていくことが大切です。

「塩化カリウムの飽和溶液では、塩化物イオンとカリウムイオンが完全電離しており、そこに少しでも塩化物イオンもしくはカリウムイオンが加われば沈殿が生じる」 \rightarrow 「塩化水素を吹き込むと、塩化物イオンと水素イオンが加わる」 \rightarrow 「共通イオン効果により溶解平衡が析出する方向に移動する」

「上記のことは、硝酸カリウムの飽和溶液では起こらない（共通イオンがないから）」

といった形です。この考え方は特に見たことのない問題に対処するために大事なことです。つまり、状況を的確に把握した上で、既知の化学理論をもとに考えていくのです。

強者の戦略

問3

これも難度が高い問題です。まず、「水に溶けない活性炭があるので、それをろ過で除去しなければならない」と考えるのがポイントです。これは与えられた器具にろうと、ろ紙があることから想像できるでしょう。ろ過の際、ろうとの足をビーカーに接する必要があることに注意してください。

あとは、硝酸カリウムとショ糖を分ける必要がありますが、「できるだけ多く」硝酸カリウムの結晶を得たいので、混合物に含まれる硝酸カリウムの飽和溶液を作ることが条件となります（そうしないとろ過の段階で、溶解しなかった硝酸カリウムが活性炭とともに除去されてしまう。また、飽和していないと硝酸カリウムの析出量が少なくなる）。

また、ショ糖も水に溶けるので、溶解度の差を利用して硝酸カリウムとショ糖を分離する、すなわち、再結晶の操作が必要であることが分かります。このとき、ショ糖が再結晶の際に析出しないことをちゃんと次のように確認しておきましょう（スペースが許せば解答に盛り込んだほうが良いです。解答例では「純粋な」でそれを暗示させました）。

60℃で硝酸カリウムの飽和溶液を作るのに必要な水の量を x g とすると、

$$\frac{55}{x} = \frac{110}{100} \quad x=50(\text{g})$$

したがって、必要な水の量は $50\text{g}=50\text{cm}^3$ です（この分の水を加える必要があることは明記すべきです）。20℃で、水 50g に溶解できるショ糖の質量は 33g であり、このとき、混合物に含まれる 30g のショ糖は、20℃で完全に溶解していることが分かります。

最後に純粋な硝酸カリウムを得る手順としては「再結晶でできた結晶を取り出す」でも良いでしょう。

問4

コロイドの凝析について説明すれば良いでしょ

う。「なぜ沈殿が生じるか」と問われているので、単に「凝析するから」では答えとして不適切で、「なぜ凝析が起こるのか」まで言及する必要があるでしょう。

問5

コロイドの塩析について説明すれば良いでしょう。注意すべき点は問4と同様です。

では、生徒の答案を見てみましょう。ちょうど5問あるので、1問10点の減点法で評価したいと思います。今回は「強者の戦略」のコーナーということで、表現まで含め、かなりシビアに採点したいと思います。

<Aさんの解答>

問1

析出した $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ を x g とする。30℃の飽和溶液 150g には、

$\frac{25}{125} \times 150 = 30\text{g}$ の CuSO_4 が溶けているので

$$\frac{30 - \frac{160}{250}x}{150 - x} = \frac{15}{115} \quad x \doteq 20$$

よって 20g

評) 完璧です。10点。

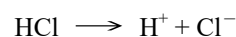
問2

KCl(aq) : 塩化カリウムが析出する

理由：水溶液中で塩化カリウムは以下のように電離している。



ここに塩化水素を通じると塩化水素は以下のように電離する。



強者の戦略

ここで塩化物イオンが共役イオン効果により①の平衡を左に移動させるため。

$\text{KNO}_3(aq)$: 変化なし

評) 硝酸カリウムについての言及がありませんでした(今回は解答欄を設けておらず、自由解答の形式だったこともあり、理由を1つにまとめたのでしょうか、それでも硝酸カリウムの場合に変化しない理由については述べる必要があります)。また、「共役イオン効果」ではなく「共通イオン効果」です。酸、塩基の共役関係と混同してしまったのでしょうか。目の付け所は OK です。

現象は合っているので $2 \times 2 = 4$ 点、理由は片方のみで共役イオン効果の箇所を減点して 2 点。合計 6 点。

問 3

メスシリンダーで水を 45cm^3 はかりとって水槽にうつし、 60°C に調節する。そこに混合物 A を溶かし、ろうと、ろ紙を用いてろ過し、ビーカーにうつすと活性炭を取り除くことができる。ろ液を水槽に戻し、 20°C に調節すると白色固体が析出する。 20°C の水 45cm^3 、つまり 45g にはショ糖は 30g 溶けるため析出することはなく、析出しているのは硝酸カリウムのみである。 20°C の水 45g に硝酸カリウムは 14g 溶けるので、この液をろうと、ろ紙を用いてろ過すると、 41g の硝酸カリウムが得られる。

評) 定量的考察に言及しているところはさすがです。細かいところにもちゃんと目をつけており、丁寧に解くようにしていることは答案からうかがえますね。

まず、細かい点を指摘すると、「水槽」より語群どおり「水温を一定に調節できる水槽」とした方が良いでしょう。問題文中の表現は可能な限り借用する方が良いでしょう。問題文中の表現は可能な限り借用する方が良いでしょう。

次に、 20°C でショ糖が溶ける限界に注目すると、最低限必要な水の量は 45cm^3 となりますが、これでは硝酸カリウムを完全に溶かすことはできません。したがって、最後にあるように 41g の硝酸カリウムも得られません。

しかし、何より致命的なのは「ろうと台」が解答に含まれていないことです。これはルール違反なので大きく減点されます。今回はシビアに採点するという事なので、残念ながら 0 点です。構成自体は申し分なかったのに…。

問 4

コロイドは陽もしくは陰に帯電しているため、水中で互いに結合せず、沈殿せずに漂っている。ミョウバンは水中で以下のように電離している。



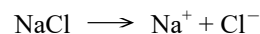
泥水や水酸化鉄(III)のようなコロイド溶液のコロイドは疎水コロイドのため、ミョウバンの電離したイオンのうちコロイドと逆のイオンが少量でもあると分子間力によって結合し沈殿が生じる。

評) 特に必要のない電離の記述があるなど、やや贅肉の多い答案になってしまいました。

「漂っている」は「分散している」の方が良いでしょう。「陽もしくは陰に帯電しているため、水中で互いに結合せず」「少量でもあると分子間力によって結合し」のところは飛躍があるので、電氣的反発についての言及が欲しかったです。また、水酸化鉄(III)は分子ではないので「分子間力によって結合」はまずいでしょう。電氣的反発についての言及がなかったこと、「分子間力」の表現を考慮して、7 点。

問 5

塩化ナトリウムは水中で以下のように電離している。



デンプンやタンパク質のコロイド溶液のコロイドは親水コロイドであるため水和しており、塩化ナトリウムを多量に加えることによって水和が解消され、沈殿が生じる。

評) 「水和が解消」が気になる表現です。「水和水が失

強者の戦略

われ」などの方が良いでしょう。記述内容の表現は、できれば典型的なものを使いたいところです。この表現の部分のみの減点で、9点。

ということで、合計点は32点でした。

<Bさんの解答>

問1

(図が書かれてあり、溶液と溶質の関係を把握している。図には求める析出量を xg としているのがうかがえる)

$$\frac{150 \times \frac{25}{125} - \frac{160}{250}x}{150-x} = \frac{15}{115}$$

$$115(30 - \frac{16}{25}x) = 15(150 - x)$$

$$-\frac{293}{5}x = -1260$$

$$x = 1260 \times \frac{5}{293} = 20.4 \div 20g$$

評) 文句なしで10点です。ただ、一般的な解答欄の大きさを考えると、途中計算を明示するとスペースが足りないかと思われます。何かしら数値を代入した後であれば、その式を示した方が良いでしょう。今回の場合は、最初の式と結果のみで十分でしょう。また、求める析出量を文字でおくのは、図ではなく答案上で文の形で示す方が良いでしょう。

問2

KCl : KCl が析出する

理由 : $KCl \rightarrow K^+ + Cl^-$, $HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$

KCl の平衡が移動し析出

KNO_3 : 変化なし

評) 現象は合っていますが、理由が不十分です。まず、平

衡がどちらに移動したのか。析出するので明らかかもしれませんが、これは明記しておきましょう。そして、何故平衡が移動するかについてはこの解答の大きなポイントとなるので示しておかないといけません。

また、よく誤解されることなのですが、理由説明では「説明しなさい」なので、原則として文章の形で書かないといけません。式の羅列は言うまでもなく、メモのような解答も原則としてルール違反です。

現象は合っていますが、理由は厳しく得点無しとします。したがって、計4点。

問3

無回答

評) やはり難しかったようですね。

問4

泥水や水酸化鉄(III)は疎水コロイドであるため、電荷のかたよりにより反発しあうが、電解質であるミョウバンを加える事により電荷にかたよりがなくなり反発せず沈殿するから。

評) 「電荷のかたよりに」と極性分子のようなものをイメージしてしまっていますが、実際にはコロイド粒子の表面に電荷があり、その電氣的反発により分散します。着眼点は問題ありません。この部分だけ減点で、8点。

問5

デンプンやタンパク質は親水コロイドであるため、水和しており、沈殿する事はないが、電解質である塩化ナトリウムが水和する際にそれらの水分子がとられてしまうから。

評) 問題ありません。塩化ナトリウムの水和についても言及しているのが良いです。10点。

ここで、Aさん、Bさんの答案で特に良いのが、問4と

強者の戦略

問 5 の書き方です。文体としてはほぼ同じであることに気づいたでしょうか。記述問題が苦手な人ほど、このことは理解しておいて欲しいのですが、まずは「～は…なので一だ」のように文体を考え、そこに要素を当てはめていく形にすると上手く書けます。慣れていないのに、何も構想を考えずに一から書こうとするから変な文章になってしまうのです。まずは文章の全体像を捉えるところから考えてみてください。その点で、この 2 人は記述力が高いことがうかがえます。B さんが問 3 ができなかったのは決して記述力がなかったからではなく、状況を把握しきれなかったからではないでしょうか。

B さんの合計点は 32 点でした。

<C さんの解答>

問 1

30℃の飽和溶液 150g に解けている硫酸銅の質量を x g とおくと

$$\frac{x}{150} = \frac{25}{125} \text{ より } x=30$$

よって溶媒の質量は $150-30=120$ g

10℃の溶媒 120g に溶ける硫酸銅を y g とおくと

$$\frac{y}{120} = \frac{15}{100} \text{ より } y=18 \text{ g}$$

よって析出する硫酸銅は $30-18=12$ g

求める硫酸銅五水和物の質量は $12 \times \frac{25}{16} = 18.75$ g

評) 溶媒を 120g としたのが誤りでした。今回は水和物が析出するので、溶媒の量も変化します。水和物でなければこの解き方で大丈夫でしょう。 x を求めたところまでで 4 点。

問 2

塩化カリウム溶液：塩化物イオンの飽和溶液にさらに塩化物イオンが入るので塩化カリウムとして析

出する。

硝酸カリウム溶液：塩化物イオンが溶液に溶け込む。

評) 平衡移動にも言及して欲しかったです。これは操作の言い換え(塩化水素を塩化物イオンに置き換えただけ)に過ぎないので理由説明にはなっていません。硝酸カリウムも同様にほぼ言い換えと見てよいでしょう。変化がなかった場合もちゃんと変化がなかったと明記すべきでしょう。このように、ちゃんと理由を説明したと思いきや、それは問題文の言い換えに過ぎなかったというミスはよく陥りやすいので注意してください。記述答案を書いたら、必ず一度は読み返すこと。現象のみ評価して、2 点。

問 3

メスシリンダーで水を 50mL 量り水槽中に入れて溶かす。ろうと台にビーカーとろうとをとりつけ、ろうとにろ紙を入れ、水槽の水をろ過して溶け残った活性炭を取り除く。ビーカー中の水を再び水槽中に入れて 20℃に保つと硝酸カリウム 39g が析出する。ビーカー中の水を再びろ過することで硝酸カリウム 39g が得られる。

評) ろうとの取り付け方で、注意すべき「ろうとの足をビーカーに付ける」がない以外は良いです。水の体積 50mL や、硝酸カリウム 39g と、実際に析出する量を示していれば、最初に飽和溶液を作ったことも暗示できます。

細かいところでは、「水槽の水をろ過」でしょうか。水槽はビーカーを入れる湯浴のようなものなのですが、ビーカーの水と同じ用途だと誤解したのでしょうか。ここは些細な問題なので減点はしませんが、実験操作の説明が問われる問題で、ろ過の操作は具体的に的確に述べたいところですので、9 点とします。

問 4

コロイドと逆の電荷をもつ電解質を介してコロイ

強者の戦略

ド同士が集まるから。

評)疎水コロイドが電氣的反発で分散していることは分かっているのですが、漠然と「コロイド」とすると答案からはなかなかそれが見えにくいので、「疎水コロイド」と明記しておいた方が良いでしょう。特に教科書で太字になっている言葉は記述問題のキーワードになりやすいので、可能な限り盛り込むのがよいでしょう。場合によってはそこを採点対象として重視することもあります。それを考慮して、8点とします。

問5

多量の電解質がコロイドの水和水をコロイドからうぼうことでコロイド同士が分子間力で集まることのできるから。

評)これも問4と同様に、親水コロイドという言葉は明記した方が良いでしょう。8点。

合計点は31点でした。

ということで、もっと差がつくのかな、と思っていましたが、非常に僅かな差となりました。これは実際の入試にも同じようなことがいえるかもしれません。傾斜配点などを考えると、小数点以下の点数差が、その数値から想像される以上に大きな差になる可能性もあります。小さなミスだからといって軽視してはいけません。また、ある程度学力が高まっても、ミスは付きものです。このようなミスをいかに少なくしていくかが大事です。泥臭いようですが、入試前日までこのような努力は続けなければならないのです。学力が高いからといって慢心しないようにしてください。

最後に、今回の答案を作成して下さったAさん、Bさん、Cさん、ありがとうございました。

それでは、また次回。