



2021. 1. 31

# 化学の肝

「化学基礎」編

硫化水素の電離平衡・溶解度積 東大の化学⑩

今回は、2009年度の東京大学「化学」の第2問Ⅰの問題を扱いながら、無機化学、電離平衡等について考えます。

## 第2問

次のⅠ、Ⅱの各問に答えよ。必要があれば以下の値を用いよ。

元素	H	Na	S	Fe	Cu	Pb
原子量	1.0	23.0	32.1	55.8	63.5	207.2

$$\log_{10} 2 = 0.301, \log_{10} 3 = 0.477, \log_{10} 5 = 0.699$$

Ⅰ 次の文章を読み、問ア～キに答えよ。

あるガラスに含まれる金属元素を分析するために、以下の実験を行った。ただし、このガラスは、 $\text{Pb}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Na}^{+}$  を金属イオンとして含むことがわかっている。

実験1：① 細粉化したガラス 1.0 g を白金るつぼにとり、50% 硫酸 8 mL と 46% フッ化水素酸 8 mL を白金るつぼに加えた。次にケイ素をフッ化物として揮発させるため、 $300^{\circ}\text{C}$  で1時間加熱した。白金るつぼを冷やし、蒸留水と希硫酸を加えたところ、白色沈殿 A を得た。沈殿をろ過した後、ろ液の全量をメスフラスコに移し、蒸留水で 50 mL に希釈した。

実験2：実験1で調製した溶液 10 mL に塩酸 10 mL を加え、酸性にした。② この溶液に  $2.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$  の硫化水素  $\text{H}_2\text{S}$  を通じたところ、黒色の沈殿  $\text{CuS}$  を  $2.0 \times 10^{-6} \text{ mol}$  得た。沈殿をろ紙で回収した後、ろ液をピーカーに集め煮沸した。ピペットで硝酸を数滴加えた後、十分量のアンモニア水を加えたところ、赤褐色の沈殿を得た。沈殿はろ紙で集め、ろ液は以下の実験3に使用した。

実験3：円筒形のカラムに、スルホ基 ( $-\text{SO}_3\text{H}$ ) をもった十分量の陽イオン交換樹脂を詰め、カラムの上から十分量の塩酸と蒸留水を流し、カラムを洗浄した。次に、③ 実験2で得たろ液を十分に煮沸した。このろ液を冷却した後、カラムに流し、さらに 20 mL の蒸留水をカラムに流し、溶出液を全て回収した (図2-1)。この溶出液を  $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  の水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ、中和するまでに 18.0 mL を要した。



図 2 - 1

〔問〕

ア 下線部①について、ガラスの主成分である二酸化ケイ素とフッ化水素との反応式を記せ。

イ 白色沈殿 A は何か。化学式で示せ。

ウ 下線部②について、硫化水素の全量が溶液に溶け込んだとする。このとき、溶液に含まれる硫化水素の全量の濃度  $[H_2S]_{total}$  は以下の式で表される。

$$[H_2S]_{total} = [H_2S] + [HS^-] + [S^{2-}]$$

また、硫化水素は以下に示す 2 段階の電離平衡が成り立つ。



$[H_2S]_{total}$  に対する  $[S^{2-}]$  の割合  $\alpha$  ( $= [S^{2-}]/[H_2S]_{total}$ ) を、電離平衡定数  $K_{a1}$ ,  $K_{a2}$  および  $[H^+]$  を用いて表せ。答のみ記すこと。

エ CuS と FeS の溶解度積 ( $K_{sp}(\text{CuS})$ ,  $K_{sp}(\text{FeS})$ ) は以下の式で表される。

$$K_{sp}(\text{CuS}) = [\text{Cu}^{2+}][\text{S}^{2-}] = 4.0 \times 10^{-38} [\text{mol}^2 \cdot \text{L}^{-2}]$$

$$K_{sp}(\text{FeS}) = [\text{Fe}^{2+}][\text{S}^{2-}] = 1.0 \times 10^{-19} [\text{mol}^2 \cdot \text{L}^{-2}]$$

溶液の pH を 1.0 から 6.0 まで変えた時、 $K_{sp}(\text{CuS})/\alpha$  の値と  $K_{sp}(\text{FeS})/\alpha$  の値は、それぞれどのように変化するか。横軸に pH, 縦軸に  $\log_{10}(K_{sp}/\alpha)$  をとって、グラフを描け。答に至る過程も示せ。

オ 下線部②について、 $\text{Fe}^{2+}$  が溶液中に  $4.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  存在するとき、FeS が沈殿しない pH の範囲を求め、有効数字 2 桁で答えよ。答に至る過程も示せ。

カ 下線部③について、この操作を行う理由を 30 字以内で記せ。

キ ガラス 1.0 g 中に含まれるナトリウムイオンの重量 [g] を有効数字 2 桁で求めよ。答に至る過程も示せ。

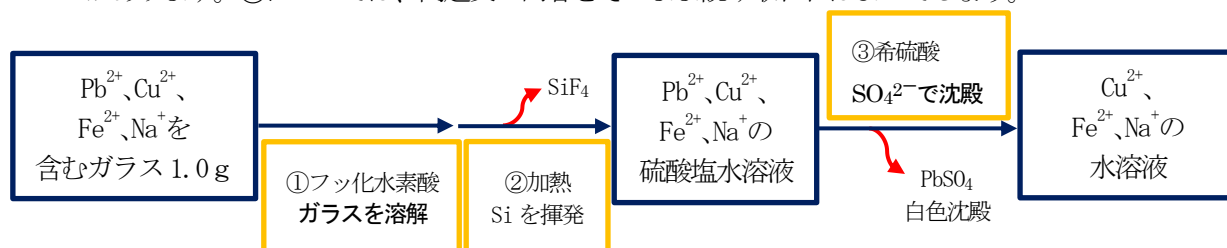
### 【正答例及び解説】

無機化学におけるイオンの沈殿反応、電離平衡における溶解度積、有機化学で学習する陽イオン交換樹脂等に関する問題です。今回の大問は、難易度で言うと「やや難」に分類されています。

まず、実験操作について確認します。大事なポイントを図にまとめながら確認していきます。実験に関する内容の大部分は「無機化学」の範囲です。無機化学の知識が定着している人であれば、問題文の内容のポイントは容易に読み取れるはずです。

**実験 1** 実験 1 のポイントは次の 3 つです。①ガラスをフッ化水素酸に溶解する操作。②ケイ素を除く操作。③鉛(II)イオンを硫酸イオンで沈殿させる操作。

特に①と③は、問題文を読みながらどのような反応が起こるのかを予測できるようにしておく必要があります。②については、問題文の内容をそのまま読み取ればよいでしょう。

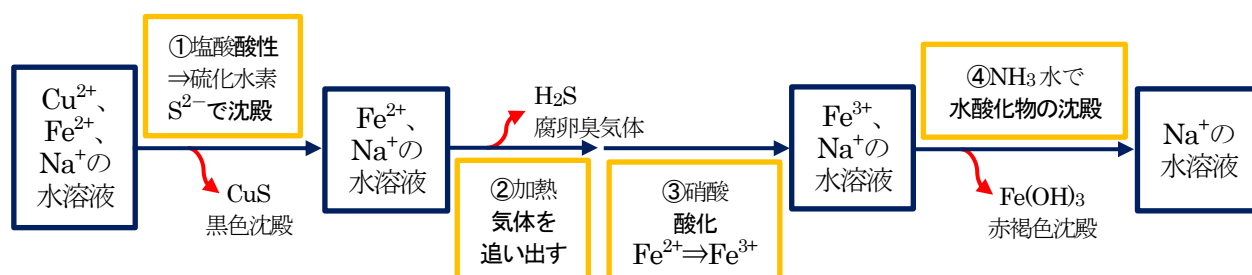


**実験 2** 実験 1 で調整した溶液 50mL から 10mL を取り出している点は絶対に見逃してはいけません。(⇒キ)

①硫化物イオンにより銅(II)イオンを沈殿させる操作です。塩基性(中性)条件下では、鉄(II)イオンも沈殿してくるため、塩酸を加えて酸性にしています。

②還元剤である硫化水素が次の操作に影響するため、あらかじめ加熱により硫化水素を追い出す操作や③酸化剤である硝酸によって鉄(II)イオンを鉄(III)イオンに酸化する操作などは、入試では頻出の内容です。問題文を読みながらその意味が理解できるようにしておきましょう。

④水酸化物イオンを加えて沈殿させる操作です。もちろん重要です。

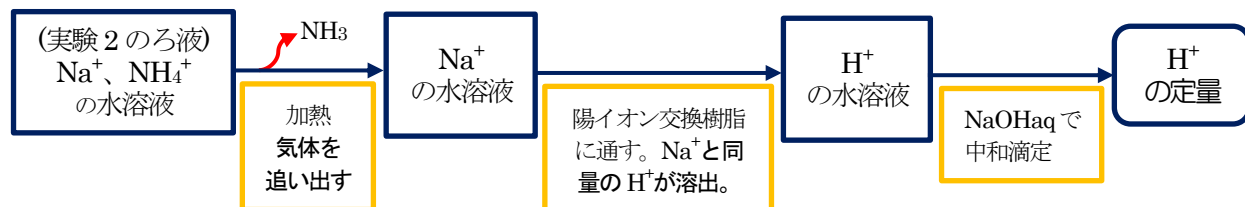


実験3 ナトリウムのようにイオン化傾向の非常に大きいアルカリ金属は、他の陰イオンと結びついて沈殿となることがありません。

そこで、ナトリウムイオンを分離するために、陽イオン交換樹脂（有機化学で学習）にナトリウムイオンを吸着させます。陽イオン交換樹脂の表面では、ナトリウムイオンが吸着される代わりに同じ量の水素イオンが放出されます。（ $\text{Na}^+ : \text{H}^+$ のモル比 = 1 : 1）

したがって、溶出してきた溶液を水酸化ナトリウム水溶液で中和滴定することにより、水素イオン及びナトリウムイオンの量がわかります。これが、キを解くための大きな手掛かりになります。

今回は、陽イオン交換樹脂を用いて定量的に分析していますが、ナトリウムイオンの存在だけを確認する、つまり、定性的に分析するだけであれば炎色反応を用いることもあります。



ア 【基本・知識】 無機化学「ハロゲン」で学習する内容です。

ここで必要な知識として、 $\text{HF}$  が気体である場合と  $\text{HF}$  が水溶液（フッ化水素酸）である場合では、二酸化ケイ素との反応が異なるということがわかります。

問題文から  $\text{HF}$  は水溶液であることがわかりますので、答えは次のとおりです。



イ 【基本・知識】

無機化学「金属イオンの沈殿反応」で学習する内容です。実験1から白色沈殿Aは硫酸イオン  $\text{SO}_4^{2-}$  で沈殿したと判断できます。「金属イオンの沈殿反応」に関する知識（超重要）から、 $\text{Pb}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Na}^+$ の中で沈殿するのは鉛(II)イオンと判断できます。

ここで必要な「金属イオンの沈殿反応」に関する知識は、「硫酸イオン  $\text{SO}_4^{2-}$  は基本的に沈殿しないが、陽イオンが  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Ba}^{2+}$ （アルカリ土類金属）と  $\text{Pb}^{2+}$  の場合は白色沈殿を生じる。」ということです。

よって、白色沈殿Aの化学式： $\text{PbSO}_4$  … (答)

ウ 【標準・思考】

この手の問題に慣れていない人は何をすればいいか困るかもしれません。が、題意によれば、 $[\text{S}^{2-}]/[\text{H}_2\text{S}]_{\text{total}}$ を表す式について、 $[\text{H}_2\text{S}]$ 、 $[\text{HS}^-]$ 、 $[\text{S}^{2-}]$ を消去し、 $K_{a1}$ 、 $K_{a2}$ 、 $[\text{H}^+]$ だけで表わせばいいという、つまり式操作の問題だということがわかります。つまり、特別な化学的な知識は必要としないので、この機会に式操作の要領について慣れておきましょう。

そこで、まず  $[\text{H}_2\text{S}]_{\text{total}}$  を  $K_{a1}$ 、 $K_{a2}$ 、 $[\text{H}^+]$  と  $[\text{S}^{2-}]$  だけで表わしてみます。（つまり、 $[\text{H}_2\text{S}]$ 、 $[\text{HS}^-]$  を消去します。）やり方は、ほかにも考えられます。ここでは、 $\alpha = [\text{S}^{2-}]/[\text{H}_2\text{S}]_{\text{total}}$  なので、 $[\text{S}^{2-}]$ を残しておき、最後に「 $\alpha =$ 」の式にする際に消去することにします。

$$K_{a2} = \frac{[\text{S}^{2-}][\text{H}^+]}{[\text{HS}^-]} \text{ より } [\text{HS}^-] = \frac{[\text{H}^+]}{K_{a2}} [\text{S}^{2-}] \quad \dots \textcircled{1}$$

$$K_{a1}K_{a2} = \frac{[\text{HS}^-][\text{H}^+]}{[\text{H}_2\text{S}]} \times \frac{[\text{S}^{2-}][\text{H}^+]}{[\text{HS}^-]} = \frac{[\text{H}^+]^2[\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} \text{ より } [\text{H}_2\text{S}] = \frac{[\text{H}^+]^2}{K_{a1}K_{a2}} [\text{S}^{2-}] \quad \dots \textcircled{2}$$

よって、 $[\text{H}_2\text{S}]_{\text{total}} = [\text{H}_2\text{S}] + [\text{HS}^-] + [\text{S}^{2-}]$  に①と②を代入して

$$\begin{aligned} &= \frac{[\text{H}^+]^2}{K_{a1}K_{a2}} [\text{S}^{2-}] + \frac{[\text{H}^+]}{K_{a2}} [\text{S}^{2-}] + [\text{S}^{2-}] \\ &= \frac{[\text{H}^+]^2 + K_{a1}[\text{H}^+] + K_{a1}K_{a2}}{K_{a1}K_{a2}} [\text{S}^{2-}] \text{ となるので} \end{aligned}$$

$$\alpha = \frac{[\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]_{\text{total}}} = \frac{K_{a1}K_{a2}}{[\text{H}^+]^2 + K_{a1}[\text{H}^+] + K_{a1}K_{a2}} \quad \dots (\text{答})$$

エ 【難・思考】

《解答例》 (最初から近似に気づいて次の解答例で答えられる人は凄い!)  
 ウの結果と  $K_{a1}$  と  $K_{a2}$  の値から、pH 1 ~ 6 では次のように近似することができる。

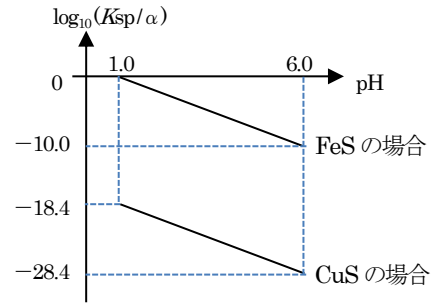
$$[H^+]^2 + K_{a1}[H^+] + K_{a1}K_{a2} \doteq [H^+]^2$$

したがって、 $\alpha \doteq \frac{K_{a1}K_{a2}}{[H^+]^2}$

ゆえに

$$\begin{aligned} \log_{10}(K_{sp}/\alpha) &= \log_{10} K_{sp} - \log_{10} \alpha \\ &= \log_{10} K_{sp} - \log_{10} \frac{K_{a1}K_{a2}}{[H^+]^2} \\ &= \log_{10} K_{sp} - \log_{10}(K_{a1}K_{a2}) + 2\log_{10}[H^+] \\ &= \log_{10} K_{sp} + 21 - 2\text{pH} \end{aligned}$$

この式から、pH が 1 と 6 における  $\log_{10}(K_{sp}/\alpha)$  の値を求めてプロットし、その 2 点を通る直線を引くと右のグラフとなる。



《解説》上の解答例は最終的に答案用紙に記載する場合の表し方です。そこにたどり着くまでに私は次のように考えました。  
 $\log_{10}(K_{sp}/\alpha)$  と pH が、直線関係 (一次関数) であると仮定してグラフをかくすると、次の(1)、(2)が必要です。

- (1)  $\log_{10}(K_{sp}/\alpha)$  の値を 2 つ求めてプロットし、その 2 点を通る直線を引く。
- (2) (1)の直線を表す式を求め、 $\log_{10}(K_{sp}/\alpha)$  と pH が直線関係になることを確認する。

このうち、(1)については、ウの問題で  $\alpha$  を表す式が求められた人は苦労しなくて済むでしょう。しかし、(2)については、初見の内容で近似を扱うこととなりますのでなかなか厄介です。

(1)について、 $\log_{10}(K_{sp}/\alpha)$  の値を求めていきます。

- CuS pH=1 の場合  
 ウより

$$\log_{10}(K_{sp}(\text{CuS})/\alpha) = \log_{10} \frac{K_{sp}(\text{CuS})}{\frac{K_{a1}K_{a2}}{[H^+]^2 + K_{a1}[H^+] + K_{a1}K_{a2}}}$$

※ここで、式中の  $K_{a1}[H^+]$  と  $K_{a1}K_{a2}$  の値は、 $[H^+]^2$  に比べ、極めて小さいことがわかるので近似します。これを次の(2)で活用できるかどうかは鍵です。

$$\begin{aligned} &= \log_{10} \frac{4.0 \times 10^{-38}}{\frac{1.0 \times 10^{-7} \times 1.0 \times 10^{-14}}{(10^{-1})^2 + 1.0 \times 10^{-7} \times 10^{-1} + 1.0 \times 10^{-7} \times 1.0 \times 10^{-14}}} \\ &= \log_{10} \frac{4.0 \times 10^{-38}}{\frac{1.0 \times 10^{-21}}{10^{-2} + 1.0 \times 10^{-8} + 1.0 \times 10^{-21}}} \\ &\doteq \log_{10} \frac{4.0 \times 10^{-38}}{\frac{1.0 \times 10^{-21}}{10^{-2}}} \end{aligned}$$

$$= \log_{10} 4.0 \times 10^{-19} = \log_{10} 2^2 + \log_{10} 10^{-19} = 2\log_{10} 2 - 19 = 2 \times 0.301 - 19 \doteq -18.4$$

- CuS pH=6 の場合： 同様に  $\log_{10}(K_{sp}(\text{CuS})/\alpha) = \log_{10} 4.0 \times 10^{-29} \doteq -28.4$
- FeS pH=1 の場合： 同様に  $\log_{10}(K_{sp}(\text{FeS})/\alpha) = \log_{10} 1.0 = 0$
- FeS pH=6 の場合： 同様に  $\log_{10}(K_{sp}(\text{FeS})/\alpha) = \log_{10} 1.0 \times 10^{-10} = -10.0$

(2)について

(1)のグラフが表す式を求め、 $\log_{10}(K_{sp}/\alpha)$ と pH が直線関係になることを確認します。

1.0  $\leq$  pH  $\leq$  6.0 の範囲では、 $[H^+]^2 + K_{a1}[H^+] + K_{a1}K_{a2} \doteq [H^+]^2$ と見なせます。したがって、ウの(答)より  $\alpha \doteq \frac{K_{a1}K_{a2}}{[H^+]^2}$

よって、 $\log_{10}(K_{sp}/\alpha)$  の式を次のように表します。

$$\begin{aligned} \log_{10}(K_{sp}/\alpha) &= \log_{10} K_{sp} - \log_{10} \alpha \\ &= \log_{10} K_{sp} - \log_{10} \frac{K_{a1}K_{a2}}{[H^+]^2} \\ &= \log_{10} K_{sp} - \log_{10}(K_{a1}K_{a2}) + 2\log_{10}[H^+] \\ &= \log_{10} K_{sp} - \log_{10}10^{-21} - 2pH \\ &= \log_{10} K_{sp} + 21 - 2pH \quad \cdots (p) \end{aligned}$$

この式より、 $\log_{10}(K_{sp}/\alpha)$ と pH は直線関係にあることがわかります。

オ 【難・思考】

東大の問題は、前後の問いの内容が関連していることがよくあります。オについても、いかにもウやエの内容を応用して解いてほしいという意図が感じられます。

【重要】 溶解度積：沈殿が生成する条件  
 $K_{sp}(FeS) < [Fe^{2+}][S^{2-}]$  のとき  $\Rightarrow$  沈殿が生成する  
 $K_{sp}(FeS) \geq [Fe^{2+}][S^{2-}]$  のとき  $\Rightarrow$  沈殿が生成しない

《解法1》

FeS が沈殿しない条件は、 $K_{sp}(FeS) \geq [Fe^{2+}][S^{2-}]$  より

$$[S^{2-}] \leq K_{sp}(FeS) / [Fe^{2+}] = 1.0 \times 10^{-19} / 4.0 \times 10^{-4}$$

よって、 $[S^{2-}] \leq 2.5 \times 10^{-16} \text{ [mol} \cdot \text{L}^{-1}] \quad \cdots (q)$

ここで、この式からどのように pH の範囲に結びつけるかを考える際に、ウの問題文とエの解答の過程から次の2つの式に着目します。(  $\because [S^{2-}]$  がある。  $[H^+]$  がある。)

$$\alpha = \frac{[S^{2-}]}{[H_2S]_{total}} \quad \alpha \doteq \frac{K_{a1}K_{a2}}{[H^+]^2}$$

$$\text{よって } \frac{[S^{2-}]}{[H_2S]_{total}} = \frac{K_{a1}K_{a2}}{[H^+]^2}$$

$$[S^{2-}] = \frac{K_{a1}K_{a2} \times [H_2S]_{total}}{[H^+]^2} \leq 2.5 \times 10^{-16} \text{ [mol} \cdot \text{L}^{-1}] \quad ((q)\text{より})$$

$$\text{ここで } [H_2S]_{total} = \frac{2.0 \times 10^{-3} \text{ [mol]}}{\frac{10+10}{1000} \text{ [L]}} = 0.10 \text{ [mol} \cdot \text{L}^{-1}] \text{ や } K_{a1}, K_{a2} \text{ の値を代入すると}$$

$$\frac{1.0 \times 10^{-7} \times 1.0 \times 10^{-14} \times 0.10}{[H^+]^2} \leq 2.5 \times 10^{-16} \text{ [mol} \cdot \text{L}^{-1}]$$

$$[H^+]^2 \geq 4.0 \times 10^{-7}$$

$$\text{よって } pH \leq -\log_{10}(4.0 \times 10^{-7})^{1/2} = -1/2 \log_{10} 2^2 + 3.5 = -0.301 + 3.5 \doteq 3.2$$

したがって、求める pH の範囲は pH  $\leq$  3.2  $\cdots$  (答)

### 《解法2》

(q) 式を求めるところまでは、《解法1》と同様です。

《解法2》では、ウの②式に着目して考えます。(∵  $[S^{2-}]$  と  $[H^+]$  がある。)

$$[H_2S] = \frac{[H^+]^2}{K_{a1}K_{a2}} [S^{2-}] \cdots \textcircled{2}$$

ここで、 $[H_2S]_{\text{total}} \doteq [H_2S]$  と近似すると、

$$[H_2S] = [H_2S]_{\text{total}} = \frac{[H^+]^2}{K_{a1}K_{a2}} [S^{2-}]$$

さらに、(q)式より

$$[S^{2-}] = \frac{K_{a1}K_{a2} \times [H_2S]_{\text{total}}}{[H^+]^2} \leq 2.5 \times 10^{-16} [\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}]$$

となり、以下、《解法1》と同様の内容になります。

$$\text{ここで } [H_2S]_{\text{total}} = \frac{2.0 \times 10^{-3} \frac{[\text{mol}]}{10+10}}{1000 \text{ [L]}} = 0.10 [\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}] \text{ より}$$

$$\frac{1.0 \times 10^{-7} \times 1.0 \times 10^{-14} \times 0.10}{[H^+]^2} \leq 2.5 \times 10^{-16} [\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}]$$

$$[H^+]^2 \geq 4.0 \times 10^{-7}$$

$$\text{よって } \text{pH} \leq -\log_{10}(4.0 \times 10^{-7})^{1/2} = -1/2 \log_{10} 2^2 + 3.5 = -0.301 + 3.5 \doteq 3.2$$

したがって、求める pH の範囲は pH ≤ 3.2 … (答)

### 《解法3》

次に、エの内容をふまえて考えていきます。

ここでは、エで求めた次の(p)式を活用することを想定して問題を解いていきます。

$$\log_{10}(K_{\text{sp}}/\alpha) = \log_{10} K_{\text{sp}} + 21 - 2\text{pH} \cdots \text{(p)}$$

$$\text{FeS が沈殿しない条件は、} K_{\text{sp}}(\text{FeS}) \geq [\text{Fe}^{2+}][\text{S}^{2-}]$$

$$\text{この式の両辺を } \alpha = \frac{[\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]_{\text{total}}} \text{ で割ると}$$

$$K_{\text{sp}}(\text{FeS})/\alpha \geq [\text{Fe}^{2+}][\text{H}_2\text{S}]_{\text{total}}$$

$$\text{ここで、} [\text{Fe}^{2+}] = 4.0 \times 10^{-4} [\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}]、[\text{H}_2\text{S}]_{\text{total}} = \frac{2.0 \times 10^{-3} \frac{[\text{mol}]}{10+10}}{1000 \text{ [L]}} = 0.10 [\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}] \text{ より}$$

$$K_{\text{sp}}(\text{FeS})/\alpha \geq [\text{Fe}^{2+}][\text{H}_2\text{S}]_{\text{total}} = 4.0 \times 10^{-4} \times 0.10 = 4.0 \times 10^{-5} [\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}]$$

ここで、(p)式より

$$\log_{10}(K_{\text{sp}}(\text{FeS})/\alpha) = \log_{10} K_{\text{sp}}(\text{FeS}) + 21 - 2\text{pH} \geq \log_{10}(4.0 \times 10^{-5}) [\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}]$$

$$\log_{10}(1.0 \times 10^{-19}) + 21 - 2\text{pH} \geq \log_{10} 2^2 + \log_{10} 10^{-5}$$

$$-19 + 21 - 2\text{pH} \geq 2 \times 0.301 - 5$$

$$\text{pH} \leq (-19 + 21 + 5 - 2 \times 0.301) / 2 = 3.2$$

したがって、求める pH の範囲は pH ≤ 3.2 … (答)

カ 【基本・知識】

(解答例) 後の中和滴定に影響する塩基性のアンモニアを除去するため。 … (答)

イオンの沈殿反応において、溶液の加熱(煮沸)をするのは気体を追い出すため(∵気体の溶解度は過熱により小さくなる)である場合が多いので、どのような気体を何の目的(理由)で追い出すのかを考えながら問題文を理解しましょう。

キ 【基本・思考】

エやオに比べると、ずっと解きやすい問題です。一つの大問の中では後ろの問題の方が難しいという原則は成り立たないようです。

過不足なく酸と塩基が中和反応する場合の量的な関係がきちんと理解されていれば、容易に解けるはずです。

【重要】《過不足なく中和する場合の酸と塩基の量的な関係》

$$\begin{aligned} & \text{酸の H}^+ \text{の mol} = \text{塩基の OH}^- \text{の mol} \\ & \text{酸の「価数」} \times \text{「モル濃度」} \times \text{「体積」} = \text{塩基の「価数」} \times \text{「モル濃度」} \times \text{「体積」} \\ & \text{※「モル濃度」} \times \text{「体積」を「mol」で置き換えてもよい。} \end{aligned}$$

$$\text{H}^+ \text{の mol} = \text{OH}^- \text{の mol}$$

$$1 [\text{価}] \times x [\text{mol}] = 1 [\text{価}] \times 1.0 \times 10^{-2} [\text{mol/L}] \times \frac{18.0}{1000} [\text{L}]$$

$$\therefore x = 1.8 \times 10^{-4} [\text{mol}]$$

実験1の最後から実験2のはじめの記述を見ると、50mLの溶液から10mLを取り出していることがわかります(これを見逃しがちです。嚴重注意！)

したがって、ガラス1.0g中のナトリウムイオンの質量は、Na=23.0より

$$23.0 \times 1.8 \times 10^{-4} \times 50/10 = 0.0207 \approx \underline{2.1 \times 10^{-2} [\text{g}]} \quad \dots (\text{答})$$

最後に、東大化学を攻略する際に大切な点を確認しておきます。

- ① 高校化学の内容がほぼ完璧に身に付いている。  
※教科書傍用問題集の問題を(応用問題を含め)解ける力が身に付いている。
- ② 設問で与えられた文章を読み解く力(読解力)が身に付いている。  
※初見でみる説明を論理的に読み解く力、実験操作による条件の変化を的確に処理する力など
- ③ 計算力を含め、問題を処理するスピードが身に付いている。

以上のことは、ほかの難関大学と呼ばれる大学でも同様ですが、東大理科の場合には、次の点も大切です。

- ④ 途中過程をどの程度記すかなどを含め、論理的な表現力を踏まえた答案のつくり方が身に付いている。  
(解答用紙がレポート用紙のような様式なので。(設問毎の解答欄がない。))