

# 2024 ズバリ! 的中



# 化学

## 東北大学

本試験と同じZnSが取り扱われており、  
正答を導く考え方は同じ

### 入試問題

前期日程  
2 問11

問11 緩衝溶液を用いて pH を調整した  $1.0 \times 10^{-3}$  mol/L のカドミウムイオン  $\text{Cd}^{2+}$  を含む水溶液 A と  $1.0 \times 10^{-5}$  mol/L の亜鉛イオン  $\text{Zn}^{2+}$  を含む水溶液 B に、それぞれ硫化水素  $\text{H}_2\text{S}$  を通じて飽和させた。硫化水素の飽和水溶液の濃度は  $1.0 \times 10^{-1}$  mol/L とする。硫化水素を通じることによる水溶液 A および B の pH の変化は無視できるものとし、緩衝溶液とカドミウムイオンおよび亜鉛イオンとの反応も無視できるものとする。硫化水素は 2 価の弱酸であり、水溶液中で 2 段階に電離する。2 段階の電離をまとめると次式のようになり、その電離定数は  $K = 1.2 \times 10^{-21}$  (mol/L)<sup>2</sup> とする。



また、硫化カドミウム  $\text{CdS}$  および硫化亜鉛  $\text{ZnS}$  の溶解度積  $K_{\text{sp}}$  をそれぞれ  $2.1 \times 10^{-20}$  (mol/L)<sup>2</sup> および  $2.2 \times 10^{-18}$  (mol/L)<sup>2</sup> とする。

(1) pH の値を  $x$  とすると、水溶液中の硫化物イオンの濃度  $[\text{S}^{2-}]$  (mol/L) は  $x$  を使って次式で表される。

$$[\text{S}^{2-}] = 1.2 \times 10^{\boxed{\text{オ}}}$$

空欄  に入る  $x$  を含む式を書け。なお、 は 10 の指数とする。

(2) pH 3.0 に調整した水溶液 A および B に、それぞれ  $\text{H}_2\text{S}$  を通じて飽和させたときの  $[\text{Cd}^{2+}][\text{S}^{2-}]$  ((mol/L)<sup>2</sup>) および  $[\text{Zn}^{2+}][\text{S}^{2-}]$  ((mol/L)<sup>2</sup>) を求め、その数値をそれぞれ解答欄 A および B に有効数字 2 桁で書け。なお、 $[\text{Cd}^{2+}]$  は水溶液 A 中に溶けているカドミウムイオンの濃度 (mol/L)、 $[\text{Zn}^{2+}]$  は水溶液 B 中に溶けている亜鉛イオンの濃度 (mol/L) である。

(3) 片方の水溶液にのみ沈殿が生じる pH の条件を次の中からすべて選び、解答欄の記号を○で囲め。

(a) pH 1.0 (b) pH 2.0 (c) pH 3.0 (d) pH 4.0 (e) pH 5.0

### 河合塾

直前講習  
東北大学  
第3講 2 問3

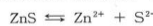
② 次の文章を読み、問1から問5に答えよ。

亜鉛は 12 族の典型元素であり、元素の周期表で同じ縦列に並んでいるカドミウムや水銀は亜鉛の  元素である。亜鉛原子は 2 個の最外殻電子を持つため、2 価の  イオンになりやすい。一般に原子がイオンになったり、原子同士が結合するときに重要な働きをする最外殻の電子を  とよぶ。

(a) 亜鉛粉末に希塩酸を加えたところ、気体を発生しながら溶解した。(b) この溶液に水酸化ナトリウム水溶液を少しずつ加えると、白色の沈殿が生じた。白色沈殿物は酸とも、強塩基とも反応して溶解した。このような性質をもつ水酸化物を総称して  水酸化物とよぶ。また、(c) 亜鉛イオンを含む強酸性の水溶液に硫化水素を通じても沈殿が生じなかったが、溶液を中性に近づけると  色の沈殿(硫化亜鉛)が生じた。

(d) 亜鉛粉末に硫酸銅(II)水溶液を加え、80℃に加熱したところ沈殿が生じた。一方、(e) 硫酸亜鉛水溶液に銅板を入れたところ何も変化は起きなかった。

問3 硫化亜鉛  $\text{ZnS}$  は水溶液中でわずかに溶けて、次式の平衡となる。



飽和水溶液では温度一定の場合、溶存イオン濃度の積  $[\text{Zn}^{2+}][\text{S}^{2-}]$  は一定の値を示す。この値を溶解度積  $K_{\text{sp}}$  という。

一方、硫化水素  $\text{H}_2\text{S}$  は水に溶け 2 段階に電離する。



ここで  $K = K_1 \cdot K_2$  とすると

$$K = \frac{[\text{H}^+]^2 [\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]}$$

となり、 $K$  は便宜上、 $\text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + \text{S}^{2-}$  の平衡定数を表す量になる。

下線部(c)において、 $1.0 \times 10^{-7}$  mol/L の亜鉛イオンを含む水溶液に硫化水素を通じ、溶液の pH を変化させて沈殿の有無を調べた。水溶液中の硫化水素の濃度  $[\text{H}_2\text{S}]$  は常に 0.1 mol/L とし、水溶液の体積は硫化水素を通じても変わらないものとする。また、実験は温度一定で行っており、硫化亜鉛の溶解度積  $K_{\text{sp}}$  は  $1.0 \times 10^{-24}$  mol<sup>2</sup>/L<sup>2</sup>、硫化水素の平衡定数  $K$  は  $1.0 \times 10^{-22}$  mol<sup>2</sup>/L<sup>2</sup> とする。以下の 2 つの問いに答えよ。

- (1) 水溶液の pH を何未満とすれば硫化亜鉛の沈殿が生じないか。その数値を整数で答えよ。  
(2) 水溶液の pH が 7 の場合、硫化亜鉛の沈殿が生じた。このとき、水溶液中の亜鉛イオンの濃度は何 mol/L か。その数値を有効数字 1 桁で答えよ。

## 河合塾