

第2回 リスナー参加型

天下一学問会

高校レベル

問題用紙

化学

作問者：いーんちょ

問題数：大問1問

記述式

解答時間：45分

注意事項

1. 解答提出は専用フォームから行うこと
2. 解答は専用の解答用紙に記入すること
(ア)解答欄の不足時は末尾の予備用紙を利用してよい
 - ① 元の解答欄に「予備へ続く」など明記すること
 - ② 解答する問題番号を明記すること(イ)計算用を含め、予備用紙は 0.5 枚分用意している
3. 解答は以下の形式のみ受け付ける。
 - PDF (解答用紙へ直接記入または記入した解答を pdf 化)
 - 画像ファイル (png, jpg など 写真を含む)
4. 答案は採点者が読めるよう丁寧に書くこと
5. 解答提出時、ファイルを複数選択して提出可能

次ページより問題を掲載

化学問題

日本四大公害病の一つであるイタイイタイ病は、神岡鉱山で採掘される閃亜鉛鉱に含まれる不純物であるカドミウム(Cd)が原因として生じた。カドミウムは有害物質であるにもかかわらず、その化学的性質が⁽¹⁾同族元素である亜鉛と似ているため、体内にも一定量の蓄積がある。イタイイタイ病では米を主とする農作物や飲料水を経由して患者の体内にカドミウムが蓄積したと考えられている。

カドミウムはその有毒性のため、適切な処理をして分離する必要がある。鉱山であれば精錬工場からの廃水に⁽²⁾カドミウムやその他の重金属を含まないように排水に対する処理が必要である。カドミウムは⁽³⁾電池や黄色の無機顔料であるカドミウムイエローとして絵画用絵具やプラスチックの着色に利用されている。しかしカドミウムが貴重かつ有害であるため、現在はその利用用途が限られている。

問1. 下線部(1)について、カドミウムの同族元素には常温常圧で液体である唯一の金属元素がある。この金属元素を元素記号で表せ。

問2. 下線部(2)について、水溶液中に特定の陽イオンが含まれているかを判断する方法として定性分析がある。本問では亜鉛イオン(Zn^{2+})とカドミウムイオン(Cd^{2+})がそれぞれ微量ずつ含まれている Cd-Zn 混合水溶液を考える。

(ア)まず Cd-Zn 混合水溶液を酸性条件下で用意する。このときこれらイオンの分離操作には硫化物イオンを用いるが、その供給源は硫化水素である。硫化水素を水に溶かしたときに成立する化学平衡を記せ。

(イ)酸性条件下では、(ア)で記した平衡はどちらに移動するか。根拠となる原理名と共に理由を述べよ。

(ウ)溶解度積 K_{sp} について、CdS は 8.0×10^{-28} であり、ZnS は 3.0×10^{-23} である。酸性条件下においてこの Cd-Zn 混合水溶液に硫化水素を通したところ沈殿を生じた。この沈殿の化学式と、なぜこの方法で選択的に一方のイオンを分離できるのか、その理由を述べよ。

(エ)次に Cd-Zn 混合水溶液が塩基性条件の場合を考える。この混合溶液に少量のアンモニア水を加えると沈殿を生じた。このとき生成した沈殿の化学式をすべて記せ。

(オ)沈殿を生じたこの混合水溶液へ水酸化ナトリウム水溶液を多量に加えたところ、沈殿の一部が再び水溶液に溶解した。溶解した物質について、この溶解過程を化学反応式またはイオン反応式で記せ。

(カ)再び (エ) の状態の混合水溶液を用意し、アンモニア水を多量に加えたところ沈殿がすべて水溶液に溶解した。このとき亜鉛とカドミウムは同じ構造の錯イオンを形成している。カドミウムの錯イオンについて、その化学式とイオン名をそれぞれ記せ。

問3.下線部(3)について、カドミウムを含む電池としてニッケル-カドミウム電池が知られている。この電池は正極にオキシ水酸化ニッケル(NiOOH)、負極にカドミウム、電解液として水酸化カリウム水溶液を用いる。またニッケル-カドミウム電池は二次電池の一つである。

(ア)下線部の二次電池とは何か説明せよ。

(イ)負極で起こる反応を電子 e^- を含む反応式で表せ。

(ウ)ニッケル-カドミウム電池をある回路に接続したところ、0.50mA の電流が 193 時間流れた。このとき負極で生成する物質の質量を有効数字 2 桁で求めよ。ファラデー定数 F は 9.65×10^4 C/mol であり、各原子量は以下の通りである：

H : 1.00 O : 16.0 Ni : 58.7 Cd : 112