

## 化 学

- (1) 次の文章〔I〕および〔II〕を読んで、続く問いに答えよ。なお、計算結果は有効数字3桁で示せ。また、必要があれば、原子量は  $H=1.00$ ,  $C=12.0$ ,  $N=14.0$ ,  $O=16.0$ ,  $Al=27.0$ ,  $Cl=35.5$  を用いよ。さらに、アボガドロ定数は  $6.00 \times 10^{23} / \text{mol}$ , 気体定数は  $R=8.30 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$ ,  $0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$  とし、気体はすべて理想気体とする。

## 〔I〕

エタン  $\text{C}_2\text{H}_6$  6.00 g の完全燃焼について、次の問いに答えよ。

- 1) この反応を、化学反応式で答えよ。
- 2) この反応で生成する水の質量は何 g か、答えよ。また、その水分子は何個か、答えよ。
- 3) この反応で生成した二酸化炭素の物質質量は何 mol か、答えよ。また、それは  $0^\circ\text{C}$ ,  $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$  (標準状態) で何 L か、答えよ。
- 4) この反応で燃焼に必要な空気の最小量は、 $0^\circ\text{C}$ ,  $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$  (標準状態) で何 L か、答えよ。ただし、空気は窒素と酸素が体積比で 4:1 の混合気体であるとする。

## 〔II〕

アルミニウムに塩酸を加えると塩化アルミニウムと水素が生成する。アルミニウム 0.540 g を完全に反応させる場合について、次の問いに答えよ。

- 5) この反応を、化学反応式で答えよ。
- 6) この反応で生成する塩化アルミニウムは何 g か、答えよ。
- 7) この反応で生成したすべての水素を、水上置換法でメスシリンダー内外の液面の高さをそろえる状態にして集めた。このとき、 $27.0^\circ\text{C}$ ,  $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$  の大気圧における捕集された気体中の水素の体積は何 mL になるか、答えよ。ただし、 $27.0^\circ\text{C}$  の水の蒸気圧は  $3.60 \times 10^3 \text{ Pa}$  とする。

(2) 次の文章を読んで、続く問いに答えよ。

単体の金属には、水溶液中で陽イオンになろうとする性質があり、これを金属のイオン化傾向とよぶ。ここに不純物を含まない6種類の異なる金属 A~F がある。これらを用いて、空気、水、塩酸、硝酸、硫酸との反応性を以下の条件下で確認したところ、次のような結果が得られた。

- ・乾燥空気 : D は常温で速やかに酸化された。A, B, C, E は強熱によって酸化されたが、F のみ反応はみられなかった。
- ・常温の水 : D のみ反応し、気体が発生した。
- ・高温の水蒸気 : B, D, E は反応し、気体が発生した。
- ・塩酸 : B, D, E は溶けたが、A はほとんど溶けず、C, F は反応しなかった。
- ・希硝酸 : いずれも溶けた。
- ・濃硝酸 : B のみほとんど溶けなかった。
- ・熱濃硫酸 : A のみほとんど溶けなかった。

- 1) 文章中の金属 A~F は、Ag, Ca, Cu, Fe, Pb, Zn のいずれかであった。各 A~F に該当する金属を元素記号で答えよ。
- 2) 文章中の金属 A~F について、イオン化傾向の大きいほうから順に、A~F の記号で並べよ。
- 3) 文章中の金属 D と常温の水との反応を、化学反応式で答えよ。
- 4) 文章中の金属 B は、濃硝酸に入れた際、表面に緻密な酸化物の被膜を生じ、内部を保護したため、それ以上、反応が進行しなくなっていた。このような状態を何とよぶか、答えよ。
- 5) 文章中の金属 C が希硝酸、濃硝酸、熱濃硫酸とそれぞれ反応したときの反応を、それぞれ、化学反応式で答えよ。
- 6) イオン化傾向の小さい金属イオンの水溶液にイオン化傾向の大きい金属の単体を入れると、イオン化傾向の小さい金属が析出するが、このとき、木の枝状に析出した金属のことを何とよぶか、答えよ。

(3) 次の文章を読んで、続く問いに答えよ。なお、計算結果は有効数字2桁で示せ。また、必要があれば、原子量は  $H=1.0$ ,  $O=16$ ,  $S=32$  を用いよ。

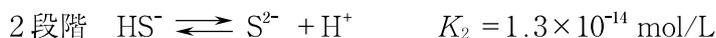
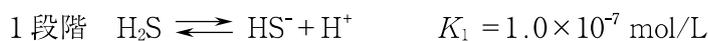
硫黄  $S$  の同素体として、( ① ) 硫黄、( ② ) 硫黄、( ③ ) 硫黄がある。( ① ) 硫黄は、 $250^{\circ}\text{C}$  以上に融解させた液体状の硫黄を水に入れて急冷することで得られる。また、( ② ) 硫黄および ( ③ ) 硫黄は、ともに王冠型の  $S_8$  分子であるが、後者は常温で安定に存在する。

硫黄の水素化合物は硫化水素であり、実験的には、硫化鉄(II)などの硫化物と硫酸などの酸との反応で発生させる。この化合物は、火山ガスや温泉水などに含まれ、無色、腐卵臭のある有毒な気体である。(a) 硫化水素は水に溶け、水溶液は弱い酸性を示す。一方、硫黄の酸化物で代表的なものは二酸化硫黄であり、硫黄や金属硫化物の燃焼によって得られるほか、(b) 亜硫酸水素ナトリウムに希硫酸を加えて発生させることもできる。硫化水素と同様に、無色で、有毒な気体である。(c) 硫化水素水溶液に二酸化硫黄を吹き込むと、酸化還元反応が起こり、硫黄の単体が生じて白濁する。

硫酸は、工業的に重要な硫黄の化合物とされ、接触法により生産されている。この方法では、触媒として ( ④ ) を用い、二酸化硫黄を三酸化硫黄に酸化する。これを濃硫酸に吸収させて ( ⑤ ) とし、これを希硫酸と混合し、濃硫酸とする。

- 1) 文章中の ( ① ) ~ ( ⑤ ) に適する語句または物質名を、それぞれ答えよ。
- 2) 文章中の下線部(a)に関連する下記の文章を参考にして、( A ) および ( B ) に当てはまる数値を、それぞれ答えよ。

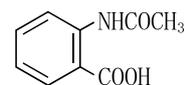
硫化水素は水に溶け、2段階で電離し、硫化水素イオン ( $\text{HS}^-$ ) と硫化物イオン ( $\text{S}^{2-}$ ) を生じる。各電離定数  $K_1$  および  $K_2$  は以下の値である。



$0.10 \text{ mol/L}$  の硫化水素水溶液について考えてみる。1段階目における電離定数  $K_1$  は非常に小さく、2段階目の電離定数  $K_2$  はさらに小さい。そのため、この水溶液における電離していない硫化水素濃度は  $0.10 \text{ mol/L}$  に近似できる。また、水素イオンと硫化水素イオンのモル濃度は、等しいとみなすことができる。そのため、この水溶液の pH は ( A ) の弱酸性となる。一方、塩基を加えて pH  $7.0$  とした場合、同じ  $0.10 \text{ mol/L}$  の硫化水素水溶液では、硫化水素の電離度が上昇するため、電離していない硫化水素濃度は  $0.10 \text{ mol/L}$  に近似できない。ただし、2段階目の電離定数  $K_2$  は非常に小さいため、電離していない硫化水素と硫化水素イオンの合計モル濃度は、 $0.10 \text{ mol/L}$  に近似できる。そのため、この水溶液における硫化物イオン濃度は ( B )  $\text{mol/L}$  となる。

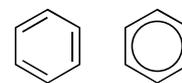
- 3) 文章中の下線部(b)の反応を, 化学反応式で答えよ。
- 4) 文章中の下線部(c)に関して, 酸性条件下にある  $0.10 \text{ mol/L}$  の硫化水素水溶液  $500 \text{ mL}$  に十分な量の二酸化硫黄を吹き込んで酸化還元反応を完結させた場合, 生じる単体の硫黄は何  $\text{g}$  か, 答えよ。なお, 水に溶けていた硫化水素は, すべて二酸化硫黄と反応したものとする。

(4) 次の文章を読んで、続く問いに答えよ。ただし、構造式は記入例にならって記入すること。



構造式の記入例

以下の通り、実験1と実験2をおこなった。



ベンゼン環の略記法

### 【実験1】

ベンゼンと ( ① ) から触媒を用いてクメンをつくったのち、それを酸素で酸化することで化合物 A が得られた。化合物 A を希硫酸で分解すると、ベンゼンの一置換化合物 B と ( ② ) が生じた。化合物 B に水酸化ナトリウム水溶液を加えると、化合物 C が生成した。また、化合物 C の固体結晶に高温・高圧のもとで、二酸化炭素を反応させると化合物 D が得られ、さらに、希硫酸を作用させると化合物 E が得られた。

### 【実験2】

乾いた試験管に化合物 E を 3.0 g 取り、無水酢酸 5.5 mL を加えた。よく振り混ぜながら、濃硫酸を数滴加えたのち、試験管を 60℃ の温水に 10 分間浸した。試験管を温水から取り出し、流水で約 10 分間冷やすと白色結晶が析出した。この結晶をろ過して水分を取り除いたのちに、乾燥させたところ、結晶の質量は 1.8 g であった。この結晶の名称は ( ③ ) であり、解熱鎮痛薬として広く用いられている。なお、結晶には不純物は含まれていなかったものとする。

- 1) 文章中の ( ① ) ~ ( ③ ) に適する物質名を、それぞれ答えよ。また、( ② ) は構造式も答えよ。
- 2) 文章中の化合物 A~E を、それぞれ、構造式で答えよ。
- 3) 実験2でおこなった化学反応を、構造式を用いた化学反応式で答えよ。
- 4) 実験2において、化合物 E から結晶 ( ③ ) を合成した反応の収率は何%か、整数で答えよ。ただし、収率は以下の計算式で算出するものとする。また、原子量は H=1.0, C=12, O=16 を用いよ。

$$\text{収率 (\%)} = \frac{\text{実際の生成量}}{\text{理論的な生成量}} \times 100$$