

# 平成30年度入学試験問題（後期日程）

## 化 学

### 出 題 意 図

---

#### 問題1

燃料電池を主題として取り上げながら、以下のような化学に関する基礎的な知識と理解度を問うた。

- (1) 電池の正極と負極で起きる反応についての知識と物質質量と電気量の関係の理解（ファラデーの法則）と計算能力。
  - (2) 反応速度に関する知識と理解度。
  - (3) 熱化学方程式に関する理解度と計算能力。
  - (4) 理想気体の状態方程式に関する計算能力。
- 

#### 問題2

無機物質の化学的性質、水溶液中での化学平衡、および化学的性質と量的関係に関する内容について、以下の点に関する理解度を問うた。

- (1) 二酸化硫黄および硫酸に関する基礎的な知識。
  - (2) 二酸化硫黄の化学的性質と反応性。
  - (3) 硫化水素および硫化銅（Ⅱ）の水溶液中での化学平衡。
  - (4) 二酸化硫黄と硫酸の化学的性質と量的関係。
  - (5) 希硫酸の化学的性質と量的関係。
- 

#### 問題3

構造が未知のエステルを題材として、その化学反応から分子構造を導く能力および基礎的な反応性に関する知識を身に付けているかを問うた。また、エステル化反応の性質に関する基礎的な知識についても問うた。

---

---

#### 問題 4

ポリビニルアルコールはよく知られた高分子の中では、モノマーからポリマー、繊維、フィルムと作製する各段階に含まれている要素（モノマーの合成、付加重合、側鎖エステル結合のけん化、繊維のアセタール化等）が多い高分子であると言える。そのため、高分子の一次構造に関する知識を問う問題をコンパクトに集約できる対象物であり、これを選んで、それらに関する知識を問うた。重合度の計算とけん化度から繰り返し単位の組成を計算からも高分子の分子構造の理解度を試した。また、フィルムの密度変化が結晶領域と非結晶領域の二相構造からなること関係していることを理解しているか試した。

---

## 平成30年度入学試験問題

## 化学

## 注意事項

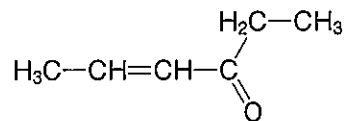
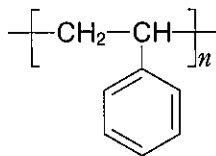
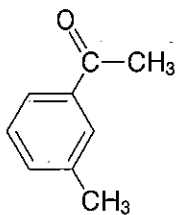
1. この問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはいけません。
2. 解答用紙は問題冊子とは別になっています。解答は解答用紙の指定されたところに記入して下さい。それ以外の場所に記入された解答は、採点の対象となりません。解答用紙は4枚あります。
3. 本学の受験番号をすべての解答用紙の指定されたところへ正しく記入して下さい。氏名を書いてはいけません。
4. この問題冊子は、表紙を含めて12ページあります。問題は4ページから11ページにあります。ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、監督者に申し出下さい。
5. 問題冊子の余白等は適宜利用して構いませんが、どのページも切り離してはいけません。
6. この問題冊子は持ち帰り下さい。

問題の解答に必要なならば、以下の数値を用いなさい。

原子量 H:1.0 C:12 N:14 O:16 S:32 Cl:35.5 Zn:65 Ba:137

化合物の構造式を答える場合には、記述例にならって書きなさい。

(記述例)



ファラデー定数：  $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

気体定数：  $8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$

1

次の文章を読み、設問(1)～(4)に答えよ。

高効率な発電システムとして、燃料電池が注目されている。電解質にリン酸や固体の高分子化合物が用いられる燃料電池は、比較的低温で作動する。これらの燃料電池の負極と正極では、水素イオンが反応に参与する。低温では反応速度が小さいため、白金などの高価な触媒を必要とする。一方、より高温で作動する燃料電池もある。この場合、高温では反応速度が大きいため、白金以外の安価な触媒が用いられる。

燃料電池の燃料には、主に水素が用いられる。将来的に自然エネルギーを用いて水から水素を得ることが期待されているが、現在は、天然ガスや石油と水蒸気を反応させる方法などによって製造される。水素の貯蔵や運搬には、耐圧性の高いボンベに気体のまま圧縮する方式が用いられている。

(1) 下線部①について、以下の問(a)および(b)に答えよ。

(a) 負極と正極で起こる反応を、電子を含むイオン反応式で示せ。

(b) この燃料電池を 1.5 A の一定電流で運転したところ、水が 0.27 g 生成した。このときの運転時間は何分か。計算過程を示して、有効数字 2 桁で答えよ。

(2) 下線部②について、反応速度に関する以下の(ア)～(オ)のうち、正しいものをすべて選び、記号で答えよ。

(ア) 発熱反応において、温度を低くすると、反応速度は減少する。

(イ) 触媒を用いると、反応速度が大きくなるが、反応熱は変化しない。

(ウ) 温度一定で、反応物の濃度を高くすると、反応速度定数は大きくなる。

(エ) 触媒を用いると、正反応の活性化エネルギーは小さくなり、逆反応の活性化エネルギーは大きくなる。

(オ) 反応物と生成物の気体分子の数が同じ場合、反応物の組成を一定にして圧力を高くしても、反応速度は変わらない。

(3) 下線部③について、式(i)と式(ii)の 2 段階の反応で、メタンと水から水素と二酸化炭素が生成する。このとき、以下の問(a)および(b)に答えよ。



(a) メタン、一酸化炭素、水素の燃焼反応を熱化学方程式で表せ。ただし、そのとき生成する水は液体とし、メタン、一酸化炭素、水素の燃焼熱はそれぞれ、890 kJ/mol, 283 kJ/mol, 286 kJ/mol であるとする。

(b) 上の式(i)の反応熱は何 kJ か。計算過程を示して、整数で答えよ。ただし、水の蒸発熱は 44 kJ/mol であるとする。

(4) 下線部④について、5.0 kg の水素を 300 K において 100 L の容器に充填した場合、圧力は何 Pa になるか。計算過程を示して、有効数字 2 桁で答えよ。ただし、気体は理想気体として扱うものとする。

2

次の文章を読み、設問(1)~(5)に答えよ。

二酸化硫黄は、還元剤としてはたらくことが多いが、強い還元剤に対しては酸化剤として作用する。例えば、二酸化硫黄は、過酸化水素に対しては還元剤として作用する。一方、硫化水素に対しては、二酸化硫黄は酸化剤として作用する。

硫酸は、工業的には一般に次のようにして製造される。硫黄または黄鉄鉱  $\text{FeS}_2$  などの燃焼により得た二酸化硫黄を、(ア)を触媒として空気中の酸素と反応させ(イ)とする。(イ)を濃硫酸に吸収させ(ウ)とし、これを希硫酸で濃度を調整して濃硫酸とする。この工業的な硫酸の製造方法を(エ)とよぶ。

濃硫酸と希硫酸では、性質が大きく異なる。濃硫酸は、沸点が高く不揮発性であり、(オ)性が強く乾燥剤に用いられる。また、有機化合物から、水素原子と酸素原子を2:1の割合で取り除く(カ)作用がある。熱濃硫酸は強い(キ)作用を持つため、銅や銀を溶かして二酸化硫黄を発生させる。濃硫酸を水で希釈すると、発熱し希硫酸になる。希硫酸は電離度が大きく、強い酸性を示し、イオン化傾向が水素よりも大きい亜鉛などの金属と反応して気体の(ク)を発生する。

- (1) 空欄(ア)~(ク)にあてはまる適切な語句を答えよ。
- (2) 下線部①と②の内容に対応する化学反応式を答えよ。
- (3) 銅(II)イオンを含む水溶液に、硫化水素を通じ飽和させると銅(II)イオンは硫化銅(II)として沈殿し、平衡状態となった。次の問(a)および(b)に答えよ。
- (a) 水溶液のpHは1.00で、硫化水素の濃度は0.10 mol/Lであった。硫化水素は水溶液中で式(i)に示す電離平衡が成り立ち、その平衡定数  $K$  は式(ii)で表される。



$$K = \frac{[\text{H}^+]^2[\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} = 1.2 \times 10^{-21} (\text{mol/L})^2 \quad (\text{ii})$$

水溶液中に溶けている硫化物イオンの濃度は何 mol/L か。計算過程を示して、有効数字2桁で答えよ。

- (b) 水溶液中にある硫化銅(II)の溶解平衡と溶解度積  $K_{\text{sp}}(\text{CuS})$  はそれぞれ式(iii)と式(iv)で表される。



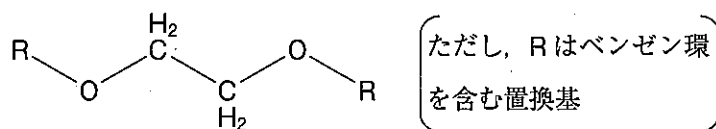
$$K_{\text{sp}}(\text{CuS}) = [\text{Cu}^{2+}][\text{S}^{2-}] = 6.5 \times 10^{-30} (\text{mol/L})^2 \quad (\text{iv})$$

水溶液中に溶けている銅(II)イオンの濃度は何 mol/L か。計算過程を示して、有効数字2桁で答えよ。

- (4) 二酸化硫黄を過酸化水素水の入った容器に導入し、完全に反応させた後、この水溶液に塩化バリウム水溶液を加えると、白色の沈殿が0.1165 g 生じた。導入した二酸化硫黄は何 g であったか。計算過程を示して、有効数字2桁で答えよ。
- (5) 質量パーセント濃度が10%の希硫酸98 g に7.8 g の亜鉛を溶かしたとき、発生する気体は標準状態で何 L か。計算過程を示して、有効数字2桁で答えよ。ただし、気体は理想気体として扱うものとする。

3 次の文章を読み、設問(1)～(3)に答えよ。

下の図で示される化合物 A(分子式  $C_{18}H_{18}O_4$ ) 1 mol を水酸化カリウムで完全に加水分解した後、塩酸により酸性にすると、2 mol の芳香族カルボン酸 B と 1 mol の 2 価アルコール C が得られた。



芳香族カルボン酸 B を過マンガン酸カリウムで完全に酸化すると化合物 D が生成し、これを加熱すると分子内脱水が進行して、化合物 E が得られた。化合物 E はナフタレンを酸化して得られる化合物と同一であった。アニリンは無水酢酸と反応して、アセトアニリドと酢酸を生成することが知られている。<sup>①</sup>この反応と同じように、化合物 E はアニリンと反応して、分子量が 241 の化合物 F を生成した。また、酸性条件下で 2 価アルコール C をニクロム酸カリウム水溶液で完全に酸化すると化合物 G が生成した。

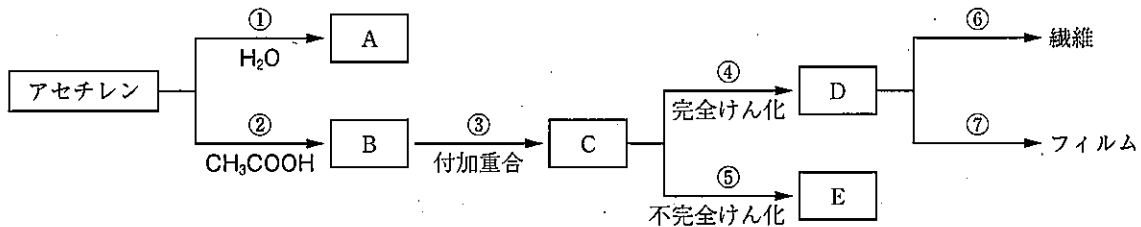
化合物 H は化合物 D の異性体であり、*p*-キシレンをコバルトまたはマンガン触媒を用いて酸化すると得ることができる。化合物 H は濃硫酸存在下で、過剰のエタノールと完全に反応して化合物 I を生成したが、<sup>②</sup>化合物 C と反応させると、高分子化合物が得られた。

- (1) 下線部①について、アニリンは炭化カルシウムを出発原料として数段階で合成することができる。以下の問(a)および(b)に化学式や構造式を用いて答えよ。
  - (a) 炭化カルシウムからベンゼンを合成する過程を示せ。
  - (b) ベンゼンからアニリンを合成する過程を、試薬や触媒を省略せずに示せ。
- (2) 化合物 A ~ I の構造式を答えよ。
- (3) 下線部②について、濃硫酸の代わりに塩酸を用いて反応を行ったところ、化合物 I はほとんど得られなかった。この理由を 100 字以内で答えよ。

4 次の文章を読み、設問(1)～(6)に答えよ。

①～⑦は重合体の合成とそれより繊維とフィルムを作製する方法である。

- ① アセチレンに水を付加させて単量体 A を合成する。
- ② アセチレンに酢酸を付加させて単量体 B を合成する。
- ③ 単量体 B を付加重合して重合体 C を合成する。
- ④ 重合体 C に水酸化ナトリウム水溶液を過剰に加えて重合体 D を合成する。このとき、重合体 C のエステル結合はすべてけん化され、けん化された割合(けん化度  $x\%$ )は  $100\%$  となる(完全けん化)。
- ⑤ 重合体 C に水酸化ナトリウム水溶液を加えて重合体 E を合成する。ただし、加える水酸化ナトリウム水溶液の量は完全けん化に至らない量とする ( $x < 100$ , 不完全けん化)。
- ⑥ 重合体 D を紡糸して繊維にする。これを酸性でホルムアルデヒド水溶液で処理したものはビニロンとよばれる繊維である。
- ⑦ 重合体 D の水溶液を完全に乾燥させてフィルムを作製する。このフィルムを空気に触れないようにして 10 分間加熱処理する。加熱処理温度は軟化点と融点の間の温度である。



- (1) 単量体 A が安定であればそれを付加重合して重合体 C を合成することができる。しかし、単量体 A は不安定で、直ちにある化合物に変化してしまう。その変化後の化合物の構造式を示せ。
- (2) 重合体 C と重合体 D の構造式をそれぞれ示せ。
- (3) 重合体 C の平均分子量は  $1.29 \times 10^5$  であった。重合体 C の平均重合度を求めよ。計算過程を示して、有効数字 2 桁で答えよ。なお、計算において重合体の両末端の構造は無視せよ。
- (4) ⑥の反応で部分的に構造が変化したことによりビニロンは重合体 D よりも水に溶けにくくなった。この原因となった反応名とそれによる生成物の構造を示せ。
- (5) ⑦に関してフィルムの密度を加熱処理前後で測定すると、加熱処理前は  $1.29 \text{ g/cm}^3$  であったが、加熱処理後は  $1.31 \text{ g/cm}^3$  と大きくなった。このことは、多くの重合体が密度の異なる二つの領域(部分)から構成されていることに関係している。二つの領域それぞれの状態を表す名称を答えよ。
- (6) ⑤で得られた重合体 E の質量は反応に使った重合体 C の質量の  $58\%$  であった。けん化度  $x\%$  を求めよ。計算過程を示して、有効数字 2 桁で答えよ。なお、計算において重合体の両末端の構造は無視せよ。



平成30年度 個別学力検査 (後期日程)  
問題訂正  
「化学」

【問題冊子】

4 ページ ① 設問(3)(b) 1行目

(誤) 「上の式(i)の反応熱・・・」

(正) 「上の式(i)でメタンが1 mol 反応するときの反応熱・・・」

10 ページ ④ 設問(1) 1行目

(誤) 「・・・重合体Cを・・・」

(正) 「・・・重合体Dを・・・」

10 ページ ④ 設問(5) 2行目

(誤) 「このことは、多くの重合体が」

(正) 「このことは、このフィルムが」