

令和 2 年度 (後期日程)

入学者選抜学力検査問題

# 化 学

## 〔注意事項〕

1. 問題冊子が 1 冊，解答用冊子が 1 組配られていることを確認しなさい。
2. 監督者の指示があるまで，問題冊子および解答用冊子を開いてはいけません。
3. 問題冊子は 7 ページから，また，解答用冊子は，解答用紙 2 枚と下書用紙 2 枚からなっています。解答開始の合図があったら，すぐに両方の冊子を確認しなさい。  
落丁・乱丁および印刷の不鮮明な箇所などがあれば，手をあげて監督者に知らせなさい。
4. 各解答用紙には，受験番号を記入する欄が 2 箇所あります。各解答用紙にある 2 箇所の受験番号記入欄の両方に「**本学の受験番号**」を忘れずに記入しなさい。  
(合計 4 箇所に受験番号を記入することになります。)
5. この問題冊子の 1 ページ目に「**解答に必要な注意事項**」が書いてあります。それをよく読んでから，解答しなさい。
6. **解答は，必ず別紙「化学解答用紙」の指定された場所(問題番号と一致した場所)に記入しなさい。指定された場所以外への解答は採点対象外です。**
7. 解答用紙は，持ち帰ってはいけません。
8. 問題冊子と下書用紙は，持ち帰りなさい。

〔解答に必要な注意事項〕

1. SI 単位以外の単位の意味。

$$1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3 = 10^3 \text{ cm}^3$$

2. 問題の計算に必要な場合、次の原子量や定数を用いよ。

原子量：H = 1.0, C = 12, O = 16, S = 32, Cu = 64, Zn = 65

気体定数( $R$ )： $8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$

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

I 次の問 1 および問 2 に答えよ。

(配点率 60%)

問 1 次の文を読んで、問(a)～(c)に答えよ。

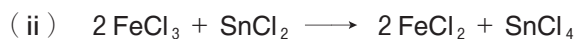
銅の単体(Cu)を空気中で加熱すると、酸素と反応し黒色の(ア)が生成する。このように、物質が酸素を受け取る変化を酸化という。一方、(ア)を加熱して水素と反応させると銅に戻る。このように、物質が酸素を失う変化を還元という。酸素のやりとりのない反応では、水素のやりとりで酸化、還元が定義され、たとえば、硫化水素(H<sub>2</sub>S)とヨウ素(I<sub>2</sub>)の反応も酸化還元反応である。また、これらの酸化還元反応は、電子の授受からも定義することができ、酸素や水素の関与しない反応でも、電子のやり取りで、酸化還元反応を統一的に説明<sup>①</sup>することができる。上で述べた銅と酸素の反応では、酸素は最終的に(ア)に含まれる酸化物イオンとなり還元されている。すなわち、銅の単体 Cu は電子を 2 個失い、同時に酸素原子は Cu からその 2 個の電子を受け取って酸化物イオンとなる。酸素原子の酸化数は 0 から -2 に変化しており、銅は酸素に対して(A)剤として働いている。また、(ア)と水素の反応では、水素は最終的に水になり、水素の酸化数は 0 から +1 に変化している。このとき(ア)は水素に対して(B)剤として働いている。

酸化還元反応を利用して、化学エネルギーを電気エネルギーに変換する装置が電池であ<sup>②</sup>る。イオン化傾向の異なる 2 種類の金属を適切な電解質溶液に浸して導線で結ぶと、電流が流れる。イオン化傾向の大きな金属は酸化され、生じた電子が導線を通して他方の金属へ流れて還元反応が起こる。それぞれの金属を電池の(イ)といい、イオン化傾向の大きな金属が負極となる。(イ)間に生じる電位差を(ウ)という。

(a) 文中の(ア)に化学式、(イ)、(ウ)に適した語句を書け。

また、空欄(A)、(B)では、解答欄の正しいものの記号を○で囲め。

(b) 下線部①について、下記の(i)および(ii)の酸化還元反応で各原子の酸化数の変化を書き、還元された元素の名称を答えよ。



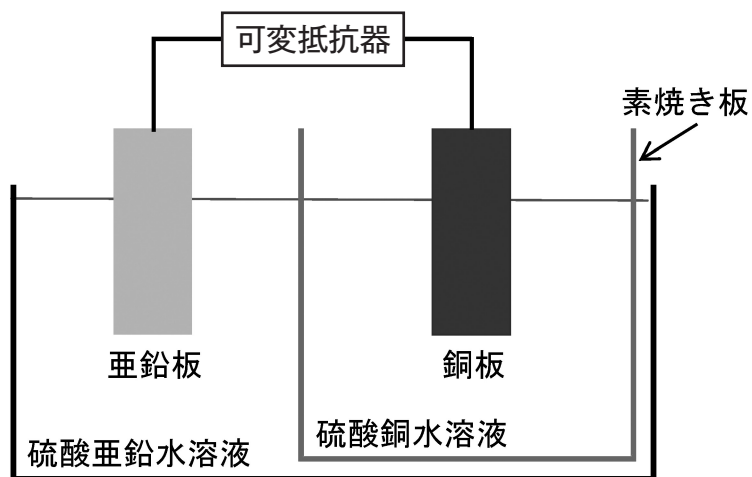
(c) 下線部②について、下の図は亜鉛板を硫酸亜鉛水溶液に浸し、銅板を硫酸銅水溶液に浸し、二つの水溶液を素焼き板で仕切ったものである。問(i)~(iv)に答えよ。

(i) 放電のときの負極および正極における反応を電子  $e^-$  を用いる半反応式で書け。

(ii) 正極での活物質を答えよ。

(iii) この電池を 50 mA の一定電流で放電させたとき、銅板の質量が 0.32 g 増加した。放電していた時間[秒]を答えよ。計算過程も記せ。

(iv) 素焼き板の役割を説明せよ。



問 2 次の文を読んで、問(a)～(f)に答えよ。

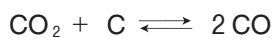
電気分解の応用に、金属の表面に他の金属の薄膜を施す(工)と呼ばれる技術や、製錬で得られた金属の純度を高めるための(オ)と呼ばれる操作などがある。たとえば、不純物に銀と鉄を含む粗銅の(オ)では、粗銅板を(C)に、純銅板を(D)に用いて、硫酸酸性の硫酸銅(II)水溶液を電解液とする電気分解が行われる。

一方、イオン化傾向が大きい金属の場合は、その金属の塩や酸化物を融解し、電気分解が行われる。この操作は(カ)と呼ばれる。アルミニウムの単体は、酸化アルミニウムの(カ)で製造される。酸化アルミニウムは(キ)と呼ばれる鉱物資源の主成分であるが、(キ)に含まれる不純物を除く工程がある。この工程には、酸化アルミニウムが両性酸化物で、水酸化ナトリウム水溶液と反応して溶けだす性質が利用されている。

酸化アルミニウムの(カ)では、主成分が $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ で(ク)と呼ばれる鉱石を加熱・融解し、これに酸化アルミニウムを溶解させ通电する。電極に炭素が用いられるが、陽極では二酸化炭素 $\text{CO}_2$ と一酸化炭素 $\text{CO}$ が生成する。これらの気体の生成のため、電気分解の進行とともに、炭素電極は消耗していく。一方、陰極ではアルミニウムの単体が得られる。

- (a) 空欄(工)～(ク)にあてはまる、適切な語句、化合物名、もしくは、物質名を書け。  
また、空欄(C)、(D)では、解答欄の正しいものの記号を○で囲め。
- (b) 下線部③の操作で、銀と鉄はどうなるかを、それぞれについて、30字以内で述べよ。
- (c) 下線部④の反応の化学反応式を書け。
- (d) 下線部⑤において、各電極で起こる反応を、電子 $e^-$ を用いる半反応式で示せ。ただし、陽極では、 $\text{CO}_2$ と $\text{CO}$ の生成に対応して、半反応式は2個になる。
- (e) 下線部⑤で、気体の発生は、物質質量比で、 $\text{CO}_2 : \text{CO} = 4 : 1$ であった。両極をまとめた全体の化学反応式を書け。ただし、アルミニウム、 $\text{CO}_2$ と $\text{CO}$ の生成以外への、電気量の消費はないものとする。また、 $\text{CO}_2$ と $\text{CO}$ の物質質量は、電解による発生量であり、発生後の熱反応はないものとする。

- (f) 閉じた反応器内では、黒鉛と  $\text{CO}_2$  と  $\text{CO}$  とは、下記の反応式で示される平衡状態にある。この反応の  $700\text{ }^\circ\text{C}$  における平衡定数は、 $K = 1.33 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$  である。



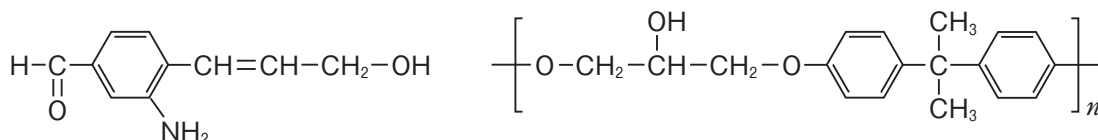
ピストンを備えた円筒反応器に、あらかじめ  $12\text{ g}$  の黒鉛を入れ、 $\text{CO}_2 : \text{CO} = 4 : 1$  の混合気体を標準状態で  $22.4\text{ L}$  注入した。注入栓を閉じた後、反応器の内容積を  $10\text{ L}$  に設定し、温度を  $700\text{ }^\circ\text{C}$  に保って平衡状態とした。このとき、各成分の物質量がはじめの量に比べてどうなるかについて、(i)～(iii)から正しいものを選び、解答欄の記号を○で囲め。また、その判断の理由を簡単に書け。ただし、標準状態で、 $\text{CO}_2$  と  $\text{CO}$  は理想気体として扱えるものとする。

- (i)  $\text{CO}_2$  は増加・ $\text{CO}$  は減少      (ii)  $\text{CO}_2$  は減少・ $\text{CO}$  は増加      (iii) 変化しない

II

次の文を読んで、問1～問7に答えよ。なお、有機化合物と高分子化合物の構造式は記入例にならって書け。 (配点率 40%)

構造式の記入例



分子式  $C_{13}H_{16}O_2$  で表される化合物 **A** を、水酸化ナトリウム水溶液と反応させたのち、希塩酸  
①で処理すると、分子式  $C_5H_{10}O$  で表されるアルコール **B** と、芳香族カルボン酸 **C** が得られた。

アルコール **B** は硫酸酸性の二クロム酸カリウムで酸化されなかった。また、1 mol のアルコール **B** は 1 mol の臭素と反応した。アルコール **B** に触媒を加えて加熱すると、脱水反応が起こり、化合物 **D** が得られた。

化合物 **D** を(ア)重合することによって、合成ゴムである高分子化合物 **E** がつくられる。これと類似の分子構造を有する生ゴム(天然ゴム)は、(イ)形の二重結合を多く含み、分子が折れ曲がっており、力を加えると引き伸ばされるため、弾性を示す。また、生ゴムに硫黄を加えて加熱  
②すると弾性が増す。

芳香族カルボン酸 **C** を硫酸酸性の過マンガン酸カリウムで酸化すると、化合物 **F** が生成した。化合物 **F** とエチレングリコールを(ウ)重合することによって、飲料の容器やフィルム、繊維などに広く利用されている高分子化合物 **G** がつくられる。化合物 **F** にはベンゼン環上の置換基の位置が異なる異性体が存在し、この異性体は加熱によって容易に分子内脱水して化合物 **H** を生じる。化合物 **H** は、酸化バナジウム(V)を触媒として、分子式  $C_{10}H_8$  で表される化合物 **I** を高温で空気酸化することによっても得られる。

問1 文中の(ア)～(ウ)にあてはまる適切な語句を答えよ。

問2 下線部①の反応の名称と、下線部②の操作の名称を答えよ。

問3 化合物 **D** と高分子化合物 **E** の構造式を書け。ただし、構造式の記入例に示したように、幾何異性体は区別しないものとする。

問4 アルコール **B** の構造式を書け。

問5 化合物 **F** と化合物 **H**、高分子化合物 **G** の構造式を書け。

問6 化合物 I の名称と構造式を書け。

問7 芳香族カルボン酸 C と化合物 A の構造式を書け。

(以 上)