

令和3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6ページから，また，解答用冊子は，解答用紙3枚と下書用紙3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**6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，必ず別紙の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

ファラデー定数(F)： $9.6 \times 10^4 \text{ C/mol}$

I 次の文を読んで、問1～問7に答えよ。

(配点率 30%)

炭素の単体には、(ア)、(イ)、フラーレンなどの同素体が存在する。(ア)は、炭素原子の4個の価電子をすべて用い、他の炭素原子と共有結合で結びついた結晶を形成し、その結晶は正四面体構造が三次元的にくり返された立体構造をもっている。(ア)は無色透明で極めて硬く、電気を通さない。一方、(イ)は、炭素原子の4個の価電子のうち、3個が他の炭素原子と共有結合を形成して、網目状の平面構造をつくり、その平面構造が何層にも重なり合って結晶を形成する。残りの1個の価電子は平面内を動き回ることができるため、(イ)は電気を通す性質をもつ。(イ)の平面構造で形成された層と層はファンデルワールス力で弱く結びついているため、はがれやすい。

炭素の酸化物の一つである一酸化炭素は、実験室では(A)を濃硫酸とともに加熱し、脱水すると得られる。一酸化炭素は水に溶けにくい無色、無臭の有毒な気体である。一酸化炭素は高温でほかの物質から酸素を受け取って二酸化炭素に変わりやすい性質をもち、鉄の製錬でも重要な役割を担っている。二酸化炭素は、実験室では大理石の主成分である(B)に希塩酸を反応させて発生させる。二酸化炭素は中性付近の水に溶け、その水溶液は弱い酸性を示す。

炭素と同じ14族元素のケイ素は、岩石や鉱物の成分元素として、地殻中で酸素の次に多く存在する元素である。ケイ素の単体は、その酸化物である二酸化ケイ素を電気炉中で融解し、炭素で還元して得られる。ケイ素の単体は、(ア)と同じ立体構造の共有結合結晶で、その結晶は灰黒色で金属に似た光沢をもち、金属と非金属の中間の電気伝導性を示す。

二酸化ケイ素は、ケイ素と酸素原子が交互に共有結合した立体網目構造をもつ共有結合結晶で、水晶やケイ砂などに見られる。また、二酸化ケイ素は水に溶けにくい安定な酸性酸化物であり、水酸化ナトリウムや炭酸ナトリウムとともに加熱すると、(C)を生成する。(C)に水を加えて加熱すると、(ウ)とよばれる無色透明で粘性の大きな液体が得られる。続いて、この(ウ)に塩酸を加えるとケイ酸の白色ゲル状沈殿が生成する。通常、ケイ酸の組成は一定ではないので、その組成式は $m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ と表される。さらにケイ酸を加熱して脱水すると、(工)になり、これは多孔質の固体で乾燥剤や吸着剤として利用される。

問1 文中の空欄(ア)～(工)に適切な物質名を書け。

問2 文中の空欄(A)～(C)に適切な物質の化学式を書け。

問3 下線部①の例として、鉄鉱石(Fe_2O_3)と一酸化炭素から鉄の単体を与える化学反応式を書け。また、反応前後の鉄と炭素の酸化数の変化を答えよ。

問 4 下線部②について，次の問(a)および(b)に答えよ。

(a) 二酸化炭素が石灰水と反応すると白色の沈殿を生じる。この化学反応式を書け。

(b) (a)で白色沈殿が生じたのち，さらに過剰の二酸化炭素を反応させると，水に可溶の物質へ変化し，透明な溶液が得られる。このときに生成する水溶性の物質の名称を書け。

問 5 下線部③の化学反応式を書け。また，反応前後のケイ素と炭素の酸化数の変化を答えよ。

問 6 下線部④に関して，二酸化ケイ素は酸性酸化物であり一般には酸とは反応しないが，フッ化水素の水溶液であるフッ化水素酸とは反応する。二酸化ケイ素とフッ化水素酸との化学反応式を書け。

問 7 下線部⑤に関して，ケイ酸($m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ，ただし， $m = n = 1$)を生成する化学反応式を書け。

II

次の文を読んで、問1～問4に答えよ。

(配点率 40%)

水素が完全燃焼したときの熱化学方程式は、酸素 1 mol に対して、次の(1)式で表される。



(1)式のような燃焼による熱エネルギーを得るかわりに、水素のような燃料と酸素を外部から連続的に供給し、電気エネルギーを取り出す装置を燃料電池という。図1は、活物質に水素と酸素、 H^+ を運ぶ電解液にリン酸水溶液を用いた燃料電池(リン酸形燃料電池)の模式図である。触媒をつけた2枚の多孔質電極(A極とB極)で仕切られた容器に、電解液(リン酸水溶液)を入れ、A極側から水素を、B極側から酸素を供給した。A極では、(2)式の反応が進行し、B極では、(3)式の反応が進行した。全体の反応は、(4)式で表され、化学反応によって、水だけが生成した。なお、(2)～(4)式以外の反応は起こらないものとする。

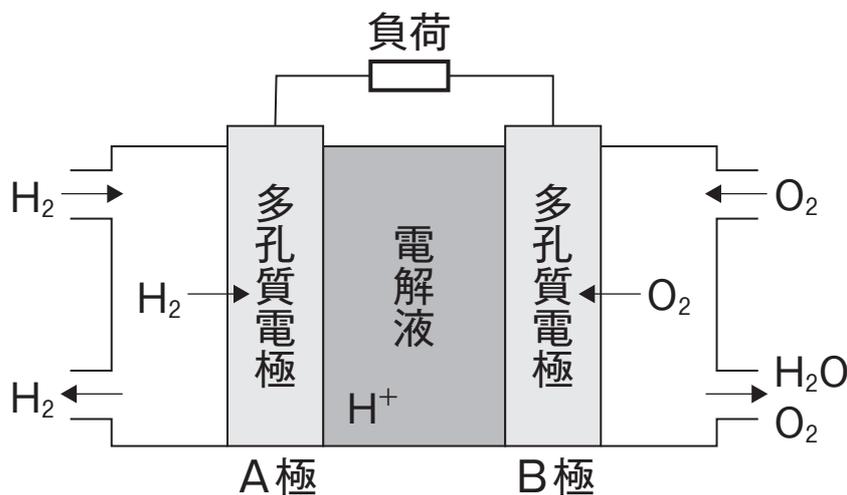
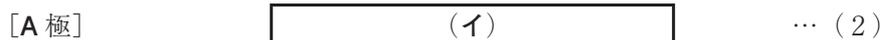


図1 燃料電池の模式図

(2)式と(3)式の反応において、A極では、酸化反応が、B極では、還元反応が進行し、電子は、極から、極に向かって流れ、A極は、極、B極は、極となる。

図1のように、A極とB極の間に負荷をつないで燃料電池を一定時間運転したところ、電極間の電圧は0.80 Vで一定し、(2)式と(3)式の、酸化還元反応によって、90 gの水が生じた。このとき、両極間を移動した電子は、 mol、流れた電気量は、 Cである。電気エネルギーも、単位J(ジュール)で示される量で、電気量(クーロン)と電位差(電圧：ボルト)の積で表される。1 J = 1 C・V の関係から、得られた電気エネルギーは、 kJとなる。このことから、燃焼反応と燃料電池において、等しい量の水素が反応した場合を考えたとき、この燃料電池は、水素を完全燃焼させた場合に生じる(1)式の反応熱の、

$$\frac{\text{ kJ}}{\text{ kJ}} \times 100 (\%)$$

に相当するエネルギーを、化学エネルギーから電気エネルギーに変換している。

問 1 水の蒸発熱は 44 kJ/mol、H₂O(気)の生成熱は 242 kJ/mol であるとし、これらの値から、文中の空欄 に入る数値を答えよ。計算過程も書け。

問 2 文中の空欄 と に入る、電子 e⁻を含むイオン反応式を書け。

問 3 文中の空欄 ～ に入る、解答欄の正しいものを○で囲め。

問 4 文中の空欄 ～ に入る適切な数値を有効数字 2 桁で答えよ。計算過程も書け。

Ⅲ 次の文を読んで、問1～問5に答えよ。

(配点率 30%)

炭素、水素、酸素のみからなる不揮発性の有機化合物 **A** がある。この有機化合物 **A** が何かを調べるため、次の4種類の実験を行った。

実験1：有機化合物 **A** 3.6 g を 100 g の水に溶解させたところ、この希薄水溶液の凝固点が 0.37°C 低下した。

実験2：有機化合物 **A** をアンモニア性硝酸銀水溶液に加えて穏やかに加熱したところ、銀が析出した。

実験3：有機化合物 **A** 36.0 mg を完全燃焼させたところ、二酸化炭素 52.8 mg、水 21.6 mg が得られた。

実験4：水 0.50 kg に 0.050 mol の塩化ナトリウム (NaCl) を溶解した希薄水溶液を冷却したところ、凝固点が 0.37°C 低下することがわかった。

問1 有機化合物 **A** の組成式を求めよ。組成式を求めるのに必要な実験番号をすべて示し、計算過程も書け。

問2 有機化合物 **A** の分子量を有効数字2桁で求めよ。ただし有機化合物 **A** は非電解質とする。分子量を求めるのに必要な実験番号をすべて示し、計算過程も書け。

問3 有機化合物 **A** の分子式を求めよ。計算過程も書け。

問4 実験2により、有機化合物 **A** のどのような性質がわかるか述べよ。

問5 実験1から実験4の結果を踏まえ、有機化合物 **A** として考えられる物質名を下記からすべて選べ。

グリセリン、フルクトース、スクロース、アセトアルデヒド、デンプン、グルコース、マルトース、セルロース、グルタミン酸

(以上)