

## 平成 21 年度入学試験問題(前期)

# 理 科

物 理	1～10ページ	化 学	11～20ページ
生 物	21～36ページ	地 学	37～44ページ

### 注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いて見てはならない。
2. あらかじめ選択を届け出た科目について解答すること。それ以外の科目について解答しても無効である。
3. 各科目のページは上記のとおりである。落丁、乱丁、印刷の不鮮明な箇所等がある場合には、申し出ること。
4. 解答用紙を別に配付している。解答は、問題と同じ科目、同じ番号の解答用紙に記入すること。指定の箇所以外に記入したものは無効である。
5. 各科目の問題は、学部・学科・専攻等によって異なる点があるから下に表示する。

#### (1) 物理を選択した受験者

教育学部

医学部医学科

医学部保健学科

理工学部

農学生命科学部

#### (2) 化学を選択した受験者

教育学部

医学部医学科

医学部保健学科，看護学専攻及び理学療法学専攻及び作業療法学専攻

医学部保健学科，放射線技術科学専攻及び検査技術科学専攻

理工学部

農学生命科学部

#### (3) 生物を選択した受験者

教育学部      ならびに  または  の 4 問

医学部医学科

医学部保健学科

理工学部      ならびに  または  の 5 問

農学生命科学部      ならびに  または  の 4 問

と  は選択問題である。教育学部，理工学部，農学生命科学部の受験者は  または  のいずれかを選択のこと。

#### (4) 地学を選択した受験者

理工学部

農学生命科学部

6. 解答用紙の指定された欄に、学部名及び受験番号を記入すること。
7. 配付された解答用紙は、持ち帰らないこと。
8. 配布された問題冊子は、持ち帰ること。

# 化 学

単位 L はリットルを表す。

必要があれば、原子量および定数は次の値を使うこと。

H = 1.00    C = 12.0    N = 14.0    O = 16.0    Na = 23.0

Mg = 24.3    P = 31.0    S = 32.1    Cl = 35.5    K = 39.1

Ca = 40.1    Cu = 63.6

水のイオン積  $K_w = 1.0 \times 10^{-14} \text{ (mol/L)}^2$

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

1 [I], [II]の各問いに答えよ。

[I] ケイ素は周期表[ア]族に属する典型元素で価電子を[イ]個もっている。単体は天然には存在しないが、二酸化ケイ素を電気炉中で融解し、<sup>①</sup>コークスを用いて還元すると、一酸化炭素を発生して単体が人工的に得られる。ケイ素の単体は、多数の原子が[ウ]結合で結ばれたダイヤモンドの炭素の結合構造と同じ三次元構造<sup>②</sup>をしていて融点も高い。

二酸化ケイ素は[エ]、[オ]などとしてほぼ純粋な形で天然に存在する。また、二酸化ケイ素は、水酸化ナトリウムと反応してケイ酸ナトリウム<sup>③</sup>になる。ケイ酸ナトリウムに水を加えて加熱すると、粘性の大きな[カ]ができる。

[カ]の水溶液に塩酸を加えると[キ]が沈殿する。この沈殿を水で<sup>④</sup>洗ったのち、乾燥させたものを[ク]という。これは表面に親水性の[ケ]基をもち、また小さなすきまが多数あるので水分を吸収しやすく乾燥剤や脱臭剤として使われる。

問 1 [        ]内のアからケに適切な語または数字を入れよ。

問 2 下線①、③、および④を化学反応式で示せ。

問 3 下線②の構造とはどのような構造か、その基本となる立体の名称を示せ。

〔Ⅱ〕 銅は、周期表において〔ア〕や〔イ〕と同族であり、遷移元素に属する。遷移元素の単体は、一般に典型元素の金属単体と比べて融点が〔ウ〕く、密度が〔エ〕く、熱や電気の伝導性が大きい。銅は、濃硝酸や熱濃硫酸のような〔オ〕の大きい酸には溶けるが、水と反応せず、酸にも侵されにくい。これは、〔カ〕が水素より小さいからである。銅が濃硝酸に溶解するとき、褐色の気体である〔キ〕を生じる。熱した銅を塩素中に入れると、塩化銅(Ⅱ)が生じる。<sup>①</sup>銅の塩化物などの固体または水溶液を先端につけた白金線をバーナーで加熱すると、〔ク〕色の炎色反応を示す。また、青色をした硫酸銅(Ⅱ)五水和物の結晶(図1)を加熱すると150℃以上で白色粉末になる。<sup>②</sup>

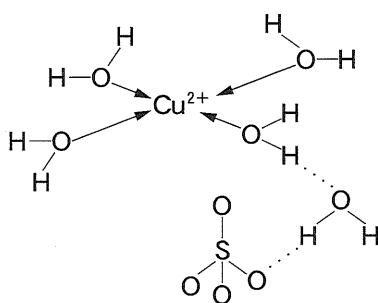


図1 硫酸銅(Ⅱ)五水和物の結晶構造(硫酸イオンの負電荷は省略)

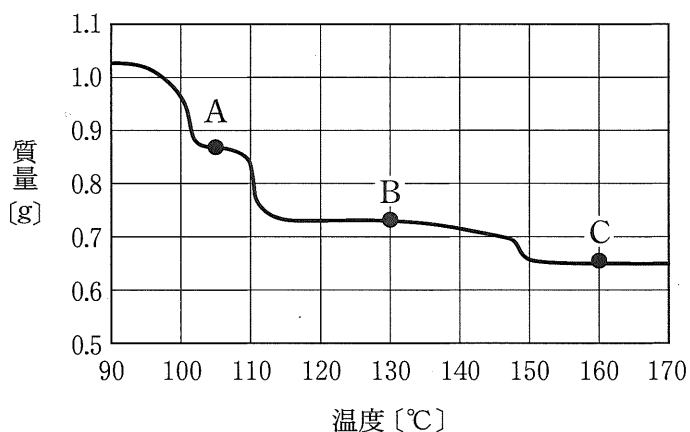


図2 硫酸銅(Ⅱ)五水和物の結晶の加熱に伴う質量変化

問1 [ ]内のア, イには, 元素記号を, ウからクには, 適切な語句を入れよ。

問2 下線①の反応について, 酸化反応と還元反応をそれぞれ電子を含んだ反応式で示せ。また, 酸化還元反応の化学反応式を示せ。

問3 図1において, (a)点線で示した結合と, (b)実線矢印で示した結合について, それぞれの結合様式の名称を示せ。

問4 硫酸銅(Ⅱ)五水和物 1.02 g を用いて, 下線②における質量変化を測定したところ, 図2のようなグラフが得られた。図2のA点, B点, およびC点における質量は, それぞれ, 0.87 g, 0.73 g, および0.65 gであった。この結果をもとに, A点における物質の化学式を示せ。また, そう考えた理由を数値を用いて説明せよ。

2 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

白色の粉末 X を用いていくつかの実験をすることとした。まず、どのような溶媒に溶けるか試してみたところ、エタノールには溶けているようには見えなかったが、水には溶けた。また、塩酸にも溶け、このとき気体が発生した。この①気体を水酸化カルシウム水溶液に通したところ、白色沈殿 Y が生じた。そこで下記に示す実験を行った。

- (1) 1.00 mol/L 塩酸を 4 個のビーカーに 30.0 mL ずつ入れた。これらをそれぞれビーカー A からビーカー D とした。
- (2) 4 枚の葉包紙にそれぞれ 1.000 g, 2.000 g, 3.000 g, および 4.000 g の粉末 X を正確にはかりとった。これらをそれぞれ葉包紙 I から葉包紙 IV とした。
- (3) 粉末 X をのせた葉包紙 I とビーカー A の両方とも天秤の上ののせ、正確に質量を測定した。次に、中の液が飛び跳ねないように、粉末 X をビーカー A に少しずつ加え、完全に溶解させ、生成した気体を追い出した。その後、ビーカー A と空の葉包紙 I の両方を天秤にのせ、正確に質量を測定し、最初の質量からの減量を求めたところ 0.440 g であった。
- (4) 葉包紙 II とビーカー B, 葉包紙 III とビーカー C, および葉包紙 IV とビーカー D についても同様に行ったところ、ビーカー B における減量は 0.880 g, ビーカー C では 1.320 g, ビーカー D では 1.320 g であった。

問 1 この実験の結果を解答欄に示した表にまとめて、適切なグラフを作成せよ。表の作成にあたっては、空欄の 1 行目は  $x$  軸の値、2 行目は  $y$  軸の値とし、左端の列の(ア)、(イ)にはそれぞれの軸に付けるタイトルを記せ。また、グラフの作成にあたっては、(3)の結果が、すでに○印で示されているので、これを参考にして、 $x$  軸および  $y$  軸の目盛に適切な数値を記せ。さらに、(4)の結果について記入し、グラフを完成させよ。

問 2 下線①について、白色沈殿 Y が生じる化学反応式を書け。

問 3 (4)の結果において、ビーカー C とビーカー D における減量が同じになった理由は何か。

問 4 HCl 1 mol につき何 mol の気体が発生するか。そう考えた理由も計算式とともに示せ。

問 5 粉末 X 1 mol から 1 mol の気体が発生した。粉末 X の式量を求めよ。有効数字を 3 桁とし、計算の過程も示せ。

問 6 粉末 X の化学式を書け。

問 7 下線①について次の問いに答えよ。

a) ここで使用した水酸化カルシウム水溶液の濃度は  $0.020 \text{ mol/L}$  であった。この水溶液の pH を求めよ。ただし、計算の過程を示し、答えは四捨五入して小数第二位まで求めよ。 $\log_{10} 5 = 0.70$  とする。

b) 水酸化カルシウム粉末と硫酸塩の一種を乳鉢中ですり混ぜると気体が発生する。このときの化学反応式と気体の検出法を書け。

3 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

密閉容器の中に水素  $\text{H}_2$  とヨウ素  $\text{I}_2$  を入れて加熱すると、式(1)のようにヨウ化水素  $\text{HI}$  が生じる。



この反応で  $\text{H}_2$  と  $\text{I}_2$  の共有結合が切れて、H原子とI原子の状態が生じ、これらが結合して  $\text{HI}$  分子が生じるとすると、反応過程で非常に大きなエネルギーが必要になり、 $1000\text{ }^\circ\text{C}$  以上の温度でないと反応は進行しない。しかし、式(1)の反応は  $400\text{ }^\circ\text{C}$  で進行し、生成物を与える。このことから、実際の反応は完全に H—H 結合や I—I 結合が切れる前に H と I の結合が生成され、下線①の状態よりエネルギーの低い状態を経ると考えられる。

また、 $\text{HI}$  を容器に密閉して加熱すると、式(1)の逆反応、式(2)が起こる。



式(1)の反応で  $\text{H}_2$  の濃度を2倍にしても、 $\text{I}_2$  の濃度を2倍にしても  $\text{HI}$  の初期の生成速度は2倍になった。一方、式(2)の反応では  $\text{HI}$  の濃度を2倍にすると  $\text{HI}$  の初期の分解速度は4倍になった。

式(1)の反応も式(2)の反応も  $400\text{ }^\circ\text{C}$  で十分な時間放置すると、両辺の物質の濃度が変化しない平衡状態になった。

表1 結合エネルギー

結 合	結合エネルギー [kJ/mol]
H—H	432
I—I	150
H—I	299

問1 下線②の状態を一般に何と呼ぶか答えよ。また、反応物のエネルギーとこの状態のエネルギーとの差  $E_1$  を何と呼ぶか答えよ。

問 2 表 1 の結合エネルギーより，下線①の反応過程に必要なエネルギーを求めよ。

問 3 表 1 の結合エネルギーより，式(1)の反応の反応熱  $Q$  を求めよ。

問 4 式(1)の反応で，問 1 の  $E_1$  が 175 kJ であった。式(2)の反応の反応物のエネルギーと下線②の状態のエネルギーとの差  $E_2$  を求めよ。

問 5 式(1)の反応の反応速度と速度定数を  $v_1$  と  $k_1$ ，式(2)の反応の反応速度と速度定数を  $v_2$  と  $k_2$  とし，式(1)の反応および式(2)の反応の速度式を，濃度 ( $[H_2]$ ， $[I_2]$ ， $[HI]$ ) を用いてそれぞれ記せ。

問 6 式(1)と式(2)の関係のように，どちらの向きにも起こりうる反応を何と呼ぶか答えよ。

問 7 白金はこれらの反応の触媒として働くことが知られている。白金を加えることによる  $E_1$ ， $E_2$ ， $Q$ ，および平衡定数  $K$  への影響を，増加，減少，変化なしのいずれかで答えよ。

問 8 容積 1.0 L の密封容器に  $H_2$  と  $I_2$  を 0.20 mol ずつ入れて，平衡状態になるまで 400 °C に保った。 $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$  の平衡定数を  $K = 64$  とし，平衡状態の  $H_2$ ， $I_2$ ， $HI$  の濃度を小数第二位まで求めよ。計算の過程も示せ。

4  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ ,  $67.2 \text{ L}$ の一酸化炭素とメタンの混合気体がある。この混合気体に関して次の各問いに答えよ。ただし、気体はすべて理想気体とし、水はすべて液体の状態とする。

問 1 この混合気体の物質量は全体で何 mol か。有効数字を3桁とし、計算の過程も示せ。

問 2 一酸化炭素、二酸化炭素、メタン、水の生成熱をそれぞれ  $111 \text{ kJ/mol}$ ,  $394 \text{ kJ/mol}$ ,  $75 \text{ kJ/mol}$ ,  $286 \text{ kJ/mol}$  とする。一酸化炭素とメタンの燃焼の熱化学方程式を書け。計算の過程も示せ。

問 3 この混合気体に酸素を入れて完全燃焼させたところ、生成した二酸化炭素と水の物質量の比は  $3 : 1$  であった。燃焼前の混合気体中の一酸化炭素とメタンの物質量の比を求めよ。計算の過程も示せ。

問 4 燃焼前の混合気体中の一酸化炭素とメタンの物質量を小数第二位まで求めよ。

問 5 問 3 で発生した熱量を求めよ。計算の過程も示せ。

5 [I], [II], [III]の各問いに答えよ。

[I] C:H:Oの質量比が18:3:8であるエステル1.33 gを、0.500 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液50.0 mLと熱して完全に反応させたのち、0.500 mol/Lの塩酸で滴定すると、27.0 mLでちょうど中和した。また、反応後の溶液中には、エタノールが検出された。

問1 エステルの組成式を求めよ。計算の過程も示せ。

問2 エステルの分子量を求めよ。有効数字を3桁とし、計算の過程も示せ。

問3 エステルの分子式を記せ。また、分子式から予想されるエステルの構造式を示せ。なお、いくつかの異性体が考えられる場合は、すべて示せ。

[II] カルボニル基をもち、分子式 $C_5H_{10}O$ で表される化合物について、各問いに答えよ。ただし、光学異性体は考慮しないものとする。

問1 銀鏡反応を示す、すべての構造異性体の構造式を示せ。

問2 ヨードホルム反応を示す、構造異性体の構造式を二つ示せ。

問3 還元すると不斉炭素原子を新たに生じる構造異性体の構造式を二つ示せ。

〔Ⅲ〕 (A)から(J)の化合物について、各問いに答えよ。

- (A)  $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}_3$                       (B)  $\text{C}_2\text{H}_5-\text{O}-\text{C}_2\text{H}_5$   
(C)  $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{16}-\text{COOH}$                       (D)  $\text{CH}_3-\text{COO}-\text{CH}_3$   
(E)  $\text{CH}_3-\text{CH}(\text{OH})-\text{COOH}$                       (F)  $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2-\text{OH}$   
(G)  $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}(\text{OH})-\text{CO}-\text{CH}_2-\text{OH}$   
(H)  $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH}$                       (I)  $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{COOH}$   
(J)  $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}(\text{OH})-\text{CHO}$

問 1 不斉炭素原子を一つだけもつ化合物をすべてあげ、記号で答えよ。

問 2 複数の不斉炭素原子をもつ化合物をすべてあげ、記号で答えよ。

問 3 タンパク質を加水分解したときに生じる化合物をすべてあげ、記号で答えよ。

問 4 油脂を加水分解したときに生じる化合物をすべてあげ、記号で答えよ。

問 5 デンプンを加水分解したときに生じる化合物をすべてあげ、記号で答えよ。