

## 平成 26 年度・入学試験問題

# 理 科 (前)

### 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はいけません。
2. この冊子は 36 ページあります。
3. 試験開始後、落丁・乱丁・印刷不鮮明の箇所があったら申し出なさい。
4. 解答はすべて解答用紙に、それぞれの問題の指示にしたがって記入しなさい。
5. この冊子のどのページも切り離してはいけません。ただし、余白等は適宜利用してかまいません。
6. 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。
7. 受験科目選択上の注意(重要)

[物理]、[化学]、[生物]のうち 2 科目を選択して解答しなさい。

選択しなかった科目の解答用紙は試験開始後、90 分で回収します。それ以後は選択の変更は認めません。

全科目の解答用紙 5 枚ともに受験番号を記入しなさい。

# 化 学

## 化学問題 1

次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

ケイ素は、地殻中に  について多く含まれる元素である。単体の炭素からできている  と  は互いに同素体<sup>(A)</sup>であるが、単体のケイ素は  とよく似た立体構造をもつ共有結合<sup>(B)</sup>の結晶である。単体のケイ素は天然には存在しないが、酸化物をコークスで還元すると得られる。単体のケイ素は加熱することによって共有結合の一部が切れ電気を通す性質をもつ<sup>(C)</sup>。この性質から単体のケイ素は半導体素子の材料として工業的に利用されている。

炭素の酸化物が気体となるのに対し、ケイ素の酸化物は高い融点をもつ固体である。その理由は、ケイ素の酸化物では、酸素原子がケイ素原子の周囲を取り囲む無機高分子化合物<sup>(D)</sup>になるからである。

無定形のケイ素酸化物は  ガラスとよばれる。繊維化した  ガラスは  として胃内視鏡や通信に用いられている。ケイ素酸化物は一般には酸とは反応しないが、フッ化水素酸とは反応する。一方、ケイ素酸化物は塩基<sup>(E)</sup>とともに加熱するとケイ酸塩<sup>(F)</sup>になる。このケイ酸塩に水を加えて熱すると、粘性のある  となる。これに塩酸を加えると  を生じる。  を加熱して乾燥させると  が得られる。

問 1. 文中の ① ~ ⑧ に適切な語句を記せ。

問 2. 下線部(A)に関して、同素体の例を 1 組あげよ。

ただし、炭素の組み合わせを除く。

問 3. 下線部(B)の反応の反応式を書け。

問 4. 下線部(C)の電気を通す性質をもつ理由を書け。

問 5. 下線部(D)の構造を図示せよ。

ただし、図はケイ素原子を 2 個以上含んで書け。

問 6. 下線部(E)の反応の反応式を書け。

問 7. 下線部(F)において、塩基として炭酸ナトリウムを用いたときの反応式を書け。

## 化学問題 2

次の文章を読み、問1～問6に答えよ。数値を答える場合には有効数字を2桁とし、必要であれば、以下の数値を使用せよ。

原子量：Ca = 40, Cl = 35.5

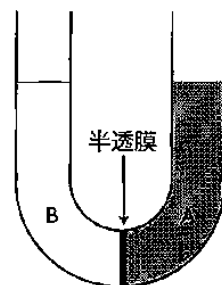
密度：水銀は  $13.6 \text{ g/cm}^3$ 、ここで用いるタンパク質溶液は  $1.0 \text{ g/cm}^3$

圧力： $1.0 \times 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ mmHg}$

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

U字管の断面積： $10 \text{ cm}^2$

右図のようにU字管を半透膜で仕切り、容器Aと容器Bを作成した。この半透膜は高分子物質は通さないがカルシウムイオンや低分子物質は通過させる。



この容器を用いて以下の3つの実験を行った。

実験1：容器Aにはあるタンパク質(分子量約10万)が完全に溶けた水溶液を、容器Bには水をそれぞれ500 mL入れた。27℃でしばらく静置したところ、浸透圧のために容器Aと容器Bの間で、水面の高さに27.2 cmの差が生じた。

実験2：容器Aに0.111 gの $\text{CaCl}_2$ を加えたところ、 $\text{CaCl}_2$ はただちに溶解した。容器Aに溶けているタンパク質は、物質質量比1：1で $\text{Ca}^{2+}$ と結合することができる。しばらく静置して平衡に達してから容器B側の $\text{Ca}^{2+}$ 濃度を測定したところ $5.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ であった。

実験3：さらに容器Aと容器Bの両方に、濃度が4 mol/Lになるように固体の硫酸アンモニウムを加え溶解したところ、容器A側でのみタンパク質の白濁が生じた。この白濁はしばらく静置するとすべて沈殿した。さらに硫酸アンモニウムを加えても、白濁は生じなかった。

- 問 1. 実験 1 において、浸透圧により液面の高さに差が生じる理由を簡潔に説明せよ。説明には、「水分子」「拡散」の 2 つの語を用いること。
- 問 2. 実験 1 において、静置後の容器 A 側のタンパク質の濃度 (mol/L) を記せ。
- 問 3. 実験 2 において、全タンパク質の何%が結合した状態にあるか記せ。ただし、 $\text{CaCl}_2$  を加えることによる体積の変化は無視できるものとする。
- 問 4. 実験 2 に関して、このタンパク質は  $\text{Ca}^{2+}$  と結合して平衡状態に達する。この平衡反応の平衡定数の値 (L/mol) を求めよ。
- 問 5. 実験 3 においてタンパク質の白濁が生じた理由を答えよ。説明には「水分子」「電解質」の 2 つの語を用いること。
- 問 6. 実験 3 において、容器 A と容器 B の間に生じる水面の高さの差は何 cm となるか。またその理由を簡潔に説明せよ。ただし、硫酸アンモニウムを加えることによる体積の変化は無視できるものとし、この条件下で沈殿は再溶解することはないものとする。

### 化学問題 3

次の実験 1～実験 6 に関する文章を読み、問 1～問 6 に答えよ。

原子量は  $C = 12$ ,  $H = 1$ ,  $O = 16$ ,  $Br = 80$  とする。

実験 1 : 化合物 A を元素分析したところ、実験式(組成式)は  $C_2H_3O$  であった。

実験 2 : 化合物 A に単体のナトリウムを加えても水素ガスは発生しなかった。また希塩酸中で加熱してもカルボン酸は生じなかった。一方、フェーリング液を加えると赤色沈殿を生じた。

実験 3 : 化合物 A に臭素水(7)を加えると、ただちに脱色し、分子量 246 の化合物 B となった。

実験 4 : 化合物 A を酸化すると、酸性を示す化合物 C が得られた。化合物 C も臭素水を脱色することがわかった。

実験 5 : 化合物 C を 50.00 mg とり、0.20 mol/L の NaOH 水溶液 10.00 mL に溶かした。この水溶液を 0.05 mol/L のシュウ酸水溶液で滴定したところ、中和するのに 15.10 mL を必要とした。

実験 6 : 化合物 A に触媒を加えて水素ガスと反応させたところ、不斉炭素原子を持つ化合物 D が得られた。

- 問 1. 下線部(ア)の元素分析を行う装置を図示せよ。内部に入れる薬品名も明示せよ。
- 問 2. 下線部(イ)の沈殿物質の化学式を記せ。
- 問 3. 1 mol の化合物 A を完全燃焼させるために必要な空気の量は、トルエン 1 mol を完全燃焼させるのに必要な空気の量の何倍か。
- 問 4. 実験 5 の中和反応に関して、化合物 C の分子量を  $M$  とし、中和点における酸から生じる  $H^+$  と塩基から生じる  $OH^-$  の物質量の関係式を書け。この関係式では右辺を 0.20 mol/L の NaOH 水溶液 10.00 mL 中に存在する  $OH^-$  の物質量とせよ。
- 問 5. 化合物 A の構造式を記せ。ただし化合物 A に立体異性体がある場合は、その一つを解答すればよい。
- 問 6. 実験 1 ~ 実験 5 の結果に適合する分子は化合物 A 以外にも存在する。その例を 1 つ構造式で示せ。

## 化学問題 4

次の文章を読み、問1～問8に答えよ。原子量は、 $H = 1$ 、 $C = 12$ 、 $O = 16$ 、 $N = 14$ 、 $S = 32$ とする。

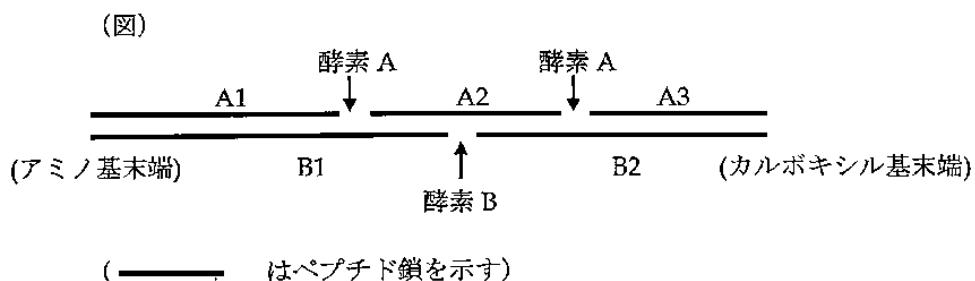
10個のアミノ酸からなる直鎖状のペプチドXがある。ペプチドXを構成するアミノ酸は9種類であり、それぞれのアミノ酸名、分子量ならびに側鎖(-R)の構造式を右表に示す。また、右図に示すように、ペプチドXを酵素Aで加水分解するとペプチドA1、ペプチドA2、およびペプチドA3の3つのペプチド断片が生じた。ペプチドXを酵素Bで加水分解すると、ペプチドA2の途中の位置で2つに切断されたペプチドB1およびペプチドB2が生じた。

その後の解析から、ペプチドA1は、光学異性体を持たないアミノ酸およびアラニンを含む4つのアミノ酸からなり、その分子量は374であることが分かった。<sup>(a)</sup>

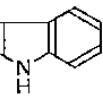
ペプチドA2はビウレット反応を示さず、酸性アミノ酸を含んでいた。ペプチドA2およびペプチドB1はどちらも、濃硝酸を加えて加熱すると黄色になり、これを冷却してアンモニア水を加えて塩基性にすると橙黄色になった。<sup>(b)</sup>

ペプチドA3を精製し、生理食塩水に溶解させた後、酸化剤を加えて酸化させると、2つのペプチドA3が結合した化合物が生成した。この化合物は、ペプチドA3に含まれるあるアミノ酸どうしが共有結合したものであった。<sup>(c)</sup>この酸化反応は毛髪のパーマメントウエーブ(パーマ)に利用されている。





(表) ペプチド X を構成する  $\alpha$ -アミノ酸の名称、分子量、  
ならびに側鎖の構造式

アミノ酸名	分子量	側鎖(R-)の構造式
アスパラギン酸	133	$-\text{CH}_2-\text{COOH}$
アラニン	89	$-\text{CH}_3$
アルギニン	174	$-(\text{CH}_2)_3-\text{NH}-\text{C} \begin{matrix} \text{NH}_2 \\ \diagup \\ \text{NH} \end{matrix}$
グリシン	75	$-\text{H}$
システイン	121	$-\text{CH}_2-\text{SH}$
セリン	105	$-\text{CH}_2-\text{OH}$
トリプトファン	204	$-\text{CH}_2-$ 
バリン	117	$-\text{CH} \begin{matrix} \text{CH}_3 \\ \diagup \\ \text{CH}_3 \end{matrix}$
ロイシン	131	$-\text{CH}_2-\text{CH} \begin{matrix} \text{CH}_3 \\ \diagup \\ \text{CH}_3 \end{matrix}$

$\alpha$ -アミノ酸は、一般式  $\text{R}-\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$  で表され、側鎖(R-)の違いでアミノ酸の種類が決まる。

問 1. 下線部(a)のアミノ酸名を答えよ。

問 2. 下線部(a)で示すアミノ酸の  $\text{pH} = 1$  および  $\text{pH} = 13$  におけるイオンの状態をアミノ酸の構造式で示せ。 $\text{pH} = 1$  の場合を解答欄ア)に、 $\text{pH} = 13$  の場合を解答欄イ)に記せ。

問 3. ペプチド A 1 を構成するアミノ酸のうち、下線部(a)で示したアミノ酸およびアラニン以外の 2 つのアミノ酸名を答えよ。

問 4. 下線部(b)の反応名を答えよ。

問 5. ア) ペプチド A 2 を構成するアミノ酸名をすべて答えよ。

イ) 上記ア)の解答を導き出した根拠を箇条書きで 3 つ述べよ。

問 6. ア) 下線部(c)にある共有結合の名称を答えよ。

イ) この共有結合にかかわるアミノ酸名を答えよ。

問 7. ペプチド A 3 を構成するアミノ酸名をすべて答えよ。

問 8. ペプチド B 1 の窒素含有率を重量%で求めよ。小数点以下を四捨五入して整数で答えよ。