

(化学)

後期日程

理学部  
繊維学部

平成22年度入学試験問題

## 理 科

### 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ない。
2. 解答用紙は問題冊子とは別になっているので、解答はすべて解答用紙の指定されたところに記入すること。
3. 学部名、受験番号を解答用紙の指定されたところへ必ず記入し、決して氏名を書いてはいけない。
4. この問題冊子は、38ページある。ページの脱落等があった場合は監督者に申し出ること。
5. 理学部の受験者は、出願の際選択科目として届け出た1科目又は2科目を解答すること。
6. 繊維学部の受験者は、出願の際選択科目として届け出た1科目を解答すること。
7. 下書きには問題冊子の中の余白を使用すること。
8. この問題冊子は持ち帰ること。

## 出題意図 (H22 年度) 化学

### 問 1

物質を扱う学問である化学においては、物質を構成する原子やイオンを結び付けている化学結合や分子間力を正しく理解し、これを基に物質の性質を理解する力が求められる。この問題ではこれらの基礎的な事項を取り上げてその理解の程度を問う。また、簡単な分子の形状や基礎的な物質の製造方法は、大学で化学を学ぶ上で必須の知識である。実験室における化合物の製造において、使用する器具の名称とそれらを適確に使用方法を問う。

### 問 2

酸・塩基の中和に関する問題である。強塩基である水酸化バリウムおよび弱塩基であるアンモニア水と硫酸との酸・塩基反応について、得られた滴定曲線の特徴から、塩基の濃度の計算、中和点付近における指示薬の色の変化、および、滴定の各段階における溶液の液性の変化、などの理解力を問う問題である。電解質溶液、電気伝導度、電離度と電離定数などの、語句の意味や計算なども問う。

### 問 3

有機化合物に関する基礎事項としての、官能基、異性体、アルコール、燃焼、合成、および、用途に関する問題である。ギ酸の燃焼は高校の教科書では扱われれないが、その分解等を考えれば糸口が見つかる問題である。異性体の数は憶えるのではなく、パズルを解くように考えることが必要であろう。C1 化合物とアルコールを中心に、いずれも高等学校での必須学習事項からの出題である。しっかりと基本を学習しているかを問う。

### 問 4

高分子化合物および繊維材料の基礎的な知識を身につけているか、また、高分子物質の化学反応における量的関係を取り扱う能力があるかを、計算問題を通して問う。高分子化合物に関する理解がなされているかを問うため、身近な高分子化合物である繊維を例に取り、いくつかの高分子化合物の化学構造、高分子化合物の合成、および、高分子化合物の反応に関して出題した。また、基本的な語句の意味、化学結合に関する知識も合わせて問う。

### 問 5

生体分子に係する分野の知識、および論理的考察を試す問題である。特に、アミノ酸の構造、化学的性質、および、立体構造について、基本的な知識があり、またそれらを確実に理解しているかを問う。アミノ酸からペプチドを形成するしくみを論理的に考察できるか、また、タンパク質としての酵素の作用について理解しているかも問う。

## 化 学

### 注 意

1. 問題 4 と問題 5 については、このうち1題を選択し合計4題を解答すること。
2. 問題 4 と問題 5 の両方の解答用紙に受験番号を記入すること。
3. 問題 4 と問題 5 のうち、選択した問題の解答用紙の  で囲った番号4または5を○で囲み、選択しなかった問題の解答用紙の  で囲った番号4または5に×印を付けること。
4. 問題の解答に必要な場合は次の数値を用いること。

原子量 H:1.0, C:12.0, N:14.0, O:16.0, Cl:35.5, Ca:40.1

1 次の文を読み、問(1)~(6)に答えよ。

元素は物質をつくっている基本成分である。黒鉛や窒素などのように1種類の元素からできた純物質を単体という。一方、酸素と水素が化合した水などのように2種類以上の元素からできた純物質を化合物とよぶ。また、単体には同じ元素からできているのに性質が異なる複数の物質が存在することがある。このような単体を互いに同素体という。

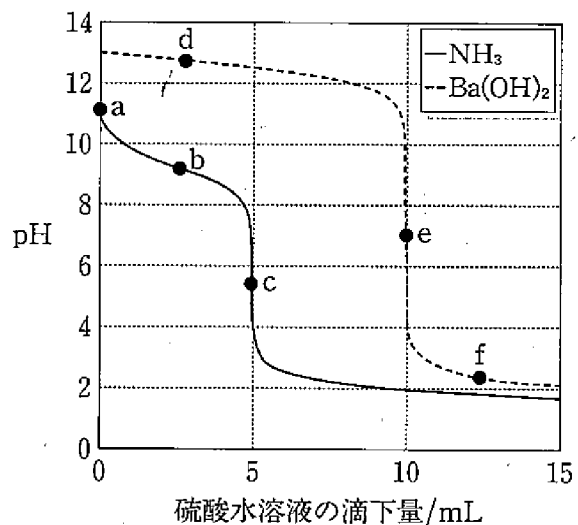
物質中で原子、分子、イオンは化学結合や分子間力で互いに結びついている。以下の物質A~Fを例にとると、これらも種々の化学結合や分子間力により、分子や結晶を形成している。

A. 二酸化ケイ素  $\text{SiO}_2$     B. 塩化ナトリウム  $\text{NaCl}$     C. アンモニア  $\text{NH}_3$   
D. プロパン  $\text{C}_3\text{H}_8$     E. 酸素  $\text{O}_2$     F. 銅  $\text{Cu}$

- (1) 酸素  $\text{O}_2$  の同素体の名称および化学式を書け。さらに、その分子の形を図示せよ。
- (2) 化学結合の種類を3つあげて、それぞれの化学結合を含む物質をA~Fの中からすべて選び、記号で答えよ。
- (3) 分子間力の種類を2つあげよ。また、それぞれの分子間力にあてはまる物質をA~Fの中から1つずつ選べ。
- (4) 物質A~Fの中から極性分子を選び記号で答えよ。
- (5) 物質A~Fの中には水に溶かすと水溶液が電気を通しやすくなるものがある。なぜそうなるのか、物質A~Fの中から1つ例にとって理由を説明せよ。
- (6) 実験室でアンモニアを得る方法には、塩化アンモニウムと水酸化カルシウムを用いる方法がある。
  - a) この反応の化学反応式を書け。
  - b) この反応によって気体のアンモニアを発生させる実験装置の概略図を描いて説明せよ。
  - c) 上記b)の方法で発生させたアンモニアを完全に水に溶かして、 $0.10 \text{ mol/L}$ のアンモニア水溶液を  $200 \text{ mL}$  作りたい。塩化アンモニウムの量が十分あり反応が完全に進むものとして、水酸化カルシウムは何g必要か答えよ。有効数字2桁とし、計算過程も示せ。

2 次の文を読み、問(1)~(6)に答えよ。

濃度不明のアンモニア水および水酸化バリウム水溶液のそれぞれ 10.0 mL ずつを別々のコニカルビーカーにはかり取り、0.0500 mol/L の硫酸水溶液で滴定した。右図に滴下した硫酸水溶液の体積とコニカルビーカー内の溶液の pH 変化を示す。実線と点線はそれぞれアンモニア水と水酸化バリウム水溶液の滴定曲線である。



- (1) アンモニアと硫酸および水酸化バリウムと硫酸の中和反応の反応式を示せ。  
 滴定前のアンモニア水と水酸化バリウム水溶液のモル濃度 (mol/L) を図に示した滴定曲線からそれぞれ求めよ。有効数字を 3 桁とし、計算過程も示せ。
- (2) 点 a の pH が 11.00 であったとする。このアンモニア水の電離度と電離定数をそれぞれ求めよ。有効数字 2 桁とし、計算過程も示せ。
- (3) 点 a から滴定が始まった直後に pH が比較的大きく変化するが、点 b の付近では、硫酸水溶液の滴下量によらず、pH の変化が少ない。その理由を述べよ。
- (4) 中和点 c が酸性側にある理由を説明せよ。
- (5) 水酸化バリウム水溶液の中和滴定の各過程における反応液の電気伝導性の変化を調べるために、反応液に 2 つの白金電極を入れ、それらと電源装置および豆電球をつないで電流を流した。滴定の進行 (d → e → f) にともなって豆電球の明るさはどのように変化するか。理由とともに述べよ。
- (6) 中和点 (c と e) を知るために、指示薬には何を使用すればよいか。滴定の進行にともなう中和点付近の溶液の色の变化も記せ。

3 次の文を読み、問(1)~(6)に答えよ。

19世紀初頭までに研究されたすべての有機化合物は動物または植物などの生命をもつものを起源とした。このことは有機化合物と無機化合物の重要な違いを示すものと考えられた。そのころ、ほとんどの化学者は有機化合物を無機化合物から実験室で合成することはできないと信じた。1828年にウェーラーは無機化合物である〔A〕から有機化合物の〔B〕の合成に初めて成功し、この考え方が間違っていることを示した。現在では、その起源にかかわらず、炭素を中心に水素、酸素、硫黄、窒素などの元素からなる化合物を有機化合物と呼んでいる。

その後、さまざまな有機化合物が天然から得られるとともに合成され、現在までにきわめて多くの数の有機化合物が知られている。有機化合物の物理的および化学的諸性質を理解する上で重要となるのが、化合物中の特定の原子および原子団から構成される〔ア〕であり、たとえば〔イ〕、エステル基、カルボニル基、ニトロ基などがある。〔イ〕を1個もつ最小炭素数の化合物である〔C〕を酸化すると、〔D〕を経てギ酸を生成し、さらに酸化すると二酸化炭素を生じる。〔C〕は、工業的には、天然ガスの主成分である〔E〕を原料として合成する。また、〔イ〕を1個もつ炭素数2個の化合物である〔F〕は、工業的には、〔G〕にリン酸を触媒として水を付加させて合成する。〔C〕や〔F〕<sup>②</sup>に対して、〔イ〕を2個以上もつ化合物を〔ウ〕と呼んでいる。

有機化合物の多様性は異性体の数にも示される。炭素原子5個からなるアルカンの構造異性体数は〔あ〕であり、炭素原子6個からなるアルカンの構造異性体数は〔い〕であるが、炭素原子30個からなるアルカンではその構造異性体の数は4,111,846,763ときわめて多い。

- (1) 上の空欄〔 A 〕～〔 G 〕に適切な化合物名を記入せよ。
- (2) 上の空欄〔 ア 〕～〔 ウ 〕に最も適切な語句を記入せよ。
- (3) 上の空欄〔 あ 〕～〔 い 〕に適切な数字を記入せよ。
- (4) 下線部①について、ギ酸を完全燃焼させて酸化した場合の反応を化学反応式で示せ。
- (5) 芳香環に〔 イ 〕をもつ化合物の例を1つあげ、その化合物名、構造式、および用途を示せ。
- (6) 下線部②の反応を化学反応式で示せ。

4・5 は選択問題

4 次の文を読み、問(1)～(5)に答えよ。

一般に分子量が〔 A 〕を超えるような化合物を高分子化合物といい、繊維材料は主に高分子化合物からできている。高分子化合物の特徴は、〔 B 〕と呼ばれる低分子物質が重合によって多数連結した巨大な分子鎖を形成している点であり、これが繊維の強さのもとになっている。繊維材料は自然界から得られる〔 C 〕繊維と、人工的につくられる〔 D 〕繊維に分類される。〔 C 〕繊維の代表としては、〔 E 〕や麻などの植物繊維、〔 F 〕や羊毛などの動物繊維があげられる。一方、〔 D 〕繊維としては、木材パルプを溶解して溶液にし、再び繊維に形成させた〔 G 〕繊維や、石油から得た〔 B 〕を重合した高分子からつくられる〔 H 〕繊維などがある。代表的な〔 H 〕繊維として、ナイロン、アクリル、ポリエステルの各繊維があげられる。なかでもポリエステルは③もっとも使用量が多く、④現在では環境問題に関連して、飲料用ボトルからポリエステル繊維への再生が行われている。たとえばボトルを粉砕後に融解して紡糸したり、あるいはポリマーを加水分解して〔 B 〕にもどし、再び重合・紡糸したりするなどのリサイクル技術が確立されている。

- (1) 上の空欄〔 A 〕～〔 H 〕にあてはまる適切な語句を記入せよ。
- (2) 下線部①について、植物繊維および動物繊維を構成する主な高分子化合物はそれぞれ何か答えよ。
- (3) 下線部②の1つに6-ナイロンがある。 $\epsilon$ -カプロラクタムを重合して6-ナイロンは製造されるが、この重合様式の名称を答えよ。また、 $\epsilon$ -カプロラクタムの構造式を示せ。

- (4) 下線部③について、アクリル繊維およびアクリル系繊維は、ポリアクリロニトリルを主成分とする繊維材料である。
- a) アクリロニトリルを重合してポリアクリロニトリルが生成する化学反応式を示せ。
- b) アクリロニトリルだけを重合して得た平均分子量 200,000 のポリアクリロニトリルの平均重合度はいくつになるか答えよ。有効数字 2 桁とし、計算過程も示せ。
- c) アクリロニトリルに塩化ビニルを共重合させると、難燃性を高めることができる。アクリロニトリルと塩化ビニルを共重合させて製造されたあるアクリル系繊維を元素分析した結果、質量百分率で C 58.0 %, H 5.4 %, N 17.5 %, Cl 19.1 % の組成であった。この繊維中に含まれている共重合した塩化ビニルの割合をモル分率で示せ。有効数字 2 桁とし、計算過程も示せ。
- (5) 下線部④に関連して以下の問に答えよ。
- a) 飲料用ボトルに大量に利用され、繊維材料としてもっとも一般的なポリエステル の名称と構造式を示せ。
- b) 加熱により軟らかくなり、冷却すると固化する樹脂を何というか。また、製造されたポリエステル繊維中には、高分子鎖が規則正しく配列した部分(領域)と高分子鎖の並びが不規則な部分が混在するが、おのおの部分をそれぞれ何というか答えよ。
- c) 上記 a) のポリエステル 1.0 kg を加水分解すると、計算上何 kg のエチレングリコールが回収できるか答えよ。有効数字 2 桁とし、計算過程も示せ。なお、高分子鎖の末端部の構造による影響は、計算に考慮しなくてよい。

4・5 は選択問題

5 次の文を読み、下の問(1)~(6)に答えよ。

タンパク質は生物体をつくる重要な成分の1つである。タンパク質を酸や酵素で加水分解すると、一般式  $R-CH(NH_2)-COOH$  で表される  $\alpha$ -アミノ酸(以後、単にアミノ酸とよぶ)が得られる。側鎖 R によってアミノ酸の種類が異なり、タンパク質を構成するアミノ酸には約 20 種類が知られている。アミノ酸は水溶液中では、陽イオン、双性イオン、陰イオンの間で平衡状態にあり、pH によってそれらの比率は変化する。水溶液中のアミノ酸の正・負の電荷がつりあう状態の pH を等電点という。アミノ酸の構造により等電点は異なるが、最も簡単な構造をもつグリシンの等電点は 5.97 である。グリシン以外のタンパク質を構成するアミノ酸には一対の光学異性体が存在する。アミノ酸どうしが脱水縮合して複数つながったものをペプチドという。特にアミノ酸が 2 個のものをジペプチド、3 個のものをトリペプチドという。アミノ酸の結合順序が異なると異なるペプチドになる。タンパク質は数十から数百個のアミノ酸が縮合したものであり、筋肉や臓器などを構成する素材となるほか、生物体内で起こるさまざまな化学反応を円滑にすすめる酵素の主成分となる。たとえば、だ液に含まれる酵素アミラーゼはデンプンをマルトースに分解し、胃液に含まれる酵素ペプシンはタンパク質をさまざまな長さのペプチドの断片に分解する。また、すい液に含まれる酵素リパーゼは、油脂を高級脂肪酸とグリセリンに分解する。

(1) 下線部①について、強酸性水溶液中、pH 5.97 水溶液中、強塩基性水溶液中でグリシンが主にとりうる構造式を示せ。

(2) グルタミン酸 ( $R = CH_2CH_2COOH$ ) およびリシン ( $R = CH_2CH_2CH_2CH_2NH_2$ ) の等電点として適当な値を以下の数値から選べ。

3.22      6.01      7.03      9.74

(3) 下線部②について、グリシンにはなぜ光学異性体が存在しないのか説明せよ。

- (4) あるトリペプチドは炭素、水素、窒素、酸素だけからなるアミノ酸から構成されており、その分子量は203である。このトリペプチドの元素分析をおこなったところ、質量百分率で、C 41.4%、H 6.4%、N 20.7%であった。
- a) このトリペプチドの分子式を求めよ。計算過程も示せ。
- b) 上記a)の結果と下線部③を参考にして、このトリペプチドに可能な構造は何種類考えられるか答えよ。ただし、光学異性体については考慮しなくてもよい。
- c) このトリペプチドに可能な構造式を1つ示せ。
- (5) 下線部④について、酵素リパーゼを作用させることにより、ステアリン酸  $C_{17}H_{35}COOH$  とグリセリンだけを与える油脂の構造式を示せ。
- (6) 以下の図は、アミラーゼ、ペプシン、リパーゼの活性と pH の関係を示したものである。A、B、Cの曲線はどの酵素について示したのか答えよ。

