

理学部  
繊維学部

後期日程

【後期日程 理科（化学）】

平成23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、37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。

## 化学 I, II 後期、繊維学部との共同出題の出題意図

1.

無機化学物質の性質や反応について出題した。硫酸の歴史を題材にした出題形式とした。設問の内容は高校化学の基本であり、一般教養の下地でもある。日々しっかり勉強されるよう望む。

2.

最もよく知られている指示薬の一つであるフェノールフタレインを題材とした問題を通して、酸と塩基の定義、化学平衡、平衡移動の概念を正しく理解しているか、また、pH を求めることが出来るか、を判定する。

3.

有機化合物に関するいくつかの実験事実から該当する化合物を特定する問題を取り上げ、有機化合物の構造と性質に関する基本事項について幅広く問うた。問(1)では与えられた実験結果から該当する化合物を正しく特定し、その構造式を正確に描けるかを試した。また、問(2)以降は問(1)での判断の根拠を確かめる問題であり、観察された現象を化学反応式や文章で的確に説明する力、有機化合物の識別法の実験操作に関する知識、および異性体についての知識を問うた。

4.

高分子化合物および代表的な繊維材料の基本的な知識を身につけているか、また簡単な計算問題を通して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、を問うた。

5.

生物体の生命維持に必要なエネルギー源となる天然有機化合物に関わる基礎的な知識を身につけているか、また計算問題を通して化学反応における量的関係を取り扱う基本的な能力があるか、を問うた。

## 化 学

### 注 意

1. 問題  と問題  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  と問題  の両方の解答用紙に受験番号を記入すること。
3. 問題  と問題  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, O:16.0

1 次の文を読み、問(1)~(9)に答えよ。

硫酸は、金属精錬をはじめ肥料、漂白剤、染料、紙、合成洗剤、化学薬品、医薬品、食品の製造などあらゆる工業に広く利用されている。硫酸の歴史はたいへん古く、8世紀のアラビアにさかのぼる。ミョウバンを蒸留器で加熱したときの蒸気を水に溶かしたものが硫酸の始まりという。また、ミョウバンと硝酸カリウムを蒸留器に入れて同様の方法で硝酸も見出したという。

硫酸の発見は、その後ヨーロッパへ受け継がれ、17世紀中頃から硫酸の商業的製造が始まった。アラビアの蒸留法を発展させ、原料に硫酸鉄(II)などの硫酸塩を使い、オランダとドイツで硫酸が製造された。製造した硫酸からは、硝酸がつくられ、塩酸が発見された。蒸留器に硫酸と硝酸カリウムを入れて熱し、生じた蒸気を冷やし硝酸を得た。塩酸は、硫酸に塩化ナトリウムを加え、加熱して生じる蒸気から、製造された。塩酸の製造の際にできる硫酸ナトリウム十水和物は胃腸薬に使ったし、製造した硝酸と木灰からつくった炭酸カリウムを原料に、火薬や肥料として使う硝酸カリウムもつくられた。18世紀になれば、鉱物や金属など、水に溶けない物質を硝酸、塩酸、硫酸などで溶かし、物質の成分を試薬で分離して分析する技術がスウェーデンで進歩した。

フランスでも17世紀に硫酸が製造された。それは、硫黄と硝酸カリウムを混合して燃焼し、生じる蒸気を水に溶かす方法であった。すなわち、燃焼で生じた二酸化硫黄と二酸化窒素が、ただちに反応して三酸化硫黄が生じ、これが水に溶けて硫酸となる。硫酸が大量に生産されるようになったのは硫酸の工業的需要の高まった産業革命の時代のイギリスである。この頃には、気体の窒素酸化物が硫黄原子の酸化触媒として繰り返し働く改良がほどこされ、濃度70%程度の硫酸が大量に製造できた。硫酸がつくられる大型容器の内側には鉛の板が貼られていたが、これは鉛が希硫酸にほとんど溶けないからである。それゆえ、この製法は鉛室法と呼ばれている。この製法では濃硫酸はできず、また、触媒物質が混入し製品の硫酸に薄い着色があった。濃硫酸や発煙硫酸をつくるには、硫酸鉄(II)を加熱して生じる気体の三酸化硫黄を希硫酸に吸収させる製法があり、それはドイツでなされていた。

20世紀になると濃硫酸の大量生産がドイツやアメリカで実現した。不純物を

取り除いた二酸化硫黄を固体の触媒に通して二酸化硫黄を三酸化硫黄に変え、これから濃度 98 % の硫酸や発煙硫酸が製造された。このような濃硫酸は染料や医薬品の製造をはじめ、幅広い需要があり、現代の化学工業に必須の物質である。

- (1) 現代では、硫酸の大きな需要は肥料の製造である。下線部①について問う。  
リン鉱石を硫酸に溶かせば水溶性の即効性肥料が合成できる。この肥料はリン酸二水素カルシウム一水和物と硫酸カルシウム二水和物の混合物である。リン鉱石をリン酸カルシウムと見なし、リン酸カルシウムと硫酸との反応を化学反応式で示せ。
- (2) 下線部②の一例について問う。硫酸銅(II)五水和物は銅くずから製造できる。銅くずを少量の希硝酸で溶解し、続いて希硫酸を加える。この溶液をろ過し、得られたろ液を温めて濃縮し、冷やせば結晶が析出する。銅くずは硫酸にも溶けるが、硝酸には容易に溶ける。銅を希硝酸に溶かすときの反応を化学反応式で示せ。
- (3) 下線部③について問う。ミョウバンは硫酸アルミニウムカリウム十二水和物である。ミョウバンは2種類の塩からなると見なせる。このような塩を何というか。また、ミョウバンを加熱すると三酸化硫黄と酸化アルミニウムが生成する。この反応を化学反応式で示せ。
- (4) 硝酸や塩酸を下線部④のように製造する際、硫酸のどのような性質が利用されているのかを答えよ。
- (5) 18世紀になると、沈殿の生成や溶解など、水溶液で起こる化学反応が数多く知られるようになった。下線部⑤に関連して問う。硝酸銀と硝酸鉛の混合水溶液があるとす。試薬として塩酸を使い、この混合水溶液から銀と鉛の塩を分離する方法を述べよ。
- (6) 下線部⑥の化学反応式を書け。また、この場合の二酸化硫黄は、酸化剤、還元剤のいずれであるかを答えよ。
- (7) 下線部⑦の化学反応式を書け。
- (8) 下線部⑧に関連して問う。鉛は希硫酸とはじめは反応するが、その後、反応は止まる。反応が停止する理由を書け。
- (9) 下線部⑨について問う。この製造方法を何というか答えよ。

2 次の文を読み、問(1)~(5)に答えよ。

酸塩基指示薬として用いられるフェノールフタレインは pH によって色が変わる。この現象はフェノールフタレインの電離平衡とみなすことができる。水溶液中において、フェノールフタレインを HInd とすると、化学反応式は次のように表わすことができる。



なお、フェノールフタレインの電離平衡の平衡定数  $K$  は  $1.0 \times 10^{-9}$  mol/L、水のイオン積  $K_w$  は  $1.0 \times 10^{-14}$  (mol/L)<sup>2</sup> とし、以下のいずれの操作においても試料溶液の体積は変わらず、温度は 25°C で一定とする。

- (1) 上の化学反応式を構成している化学種のうち、酸と塩基はそれぞれどれか。また、赤色を呈するのはどれか示せ。
- (2) この反応の平衡定数  $K$  を HInd、 $\text{Ind}^-$  と  $\text{H}^+$  の濃度を使って示せ。
- (3) 平衡状態で HInd と  $\text{Ind}^-$  の濃度が等しいときの pH を求めよ。解答は小数点以下 1 桁とし、計算過程も示せ。
- (4) 前問の状態に水酸化ナトリウムを加えてしばらくすると、新たな平衡状態に達した。このとき水酸化物イオン  $\text{OH}^-$  の濃度は前問の平衡状態のときより 5.0 倍高くなっていた。pH はどれだけ変化したか。また、HInd と  $\text{Ind}^-$  の濃度比  $[\text{Ind}^-]/[\text{HInd}]$  は加える前の何倍になるか求めよ。解答は小数点以下 1 桁とし、計算過程も示せ。ただし、 $\log_{10} 2 = 0.3$  とする。
- (5) HInd と  $\text{Ind}^-$  の一方の濃度が他方の濃度と 10 倍以上違うと、指示薬の色調の変化が肉眼でも識別できるとされている。すなわち、濃度の違いが 10 倍以内の領域は HInd と  $\text{Ind}^-$  の両方が混合した呈色を示す。フェノールフタレインの変色域の pH の範囲を計算せよ。解答は小数点以下 1 桁とし、計算過程も示せ。

3 次の文を読み、問(1)~(7)に答えよ。

8種類の化合物A, B, C, D, E, F, G, Hについて下記の実験を行った。ただし、各実験操作は化合物ごとに行ったものとする。

実験1 A~Hを水に加えると、A~Cは水と自由に混ざり合ったが、他の化合物はほとんど溶けなかった。

実験2 A~Cに硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液を加えると、AとBは反応したが、Cは反応しなかった。また、Bからの生成物はCであった。

実験3 Aはヨードホルム反応が陽性であったが、BとCは陰性であった。

実験4 D~Hを希塩酸と混合して加熱すると、Dのみが反応して均一な溶液となった。

実験5 E~Hに臭素水を加えると、Eの場合のみ付加反応が起こり臭素の色が消えた。

実験6 F~Hにスズと濃塩酸を加えて加熱すると、Fのみが反応して油滴が消えた。また、この溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えてアルカリ性になると油滴が現れた。

実験7 Gに過マンガン酸カリウムのアルカリ性水溶液を加えて加熱した後、酸性にすると、カルボン酸が生成した。同様の操作でHは反応しなかった。

実験8 実験7で生成したカルボン酸を加熱すると、水の生成とともに無色の固体が生成した。

(1) 化合物 A ~ H として当てはまる化合物を下記の化合物群から選び、構造式または示性式で示せ。

化合物群：アセトン，*o*-キシレン，酢酸，酢酸エチル，スチレン，ニトロベンゼン，1-プロパノール，2-プロパノール，プロピオン酸，ベンゼン，メタノール

(2) 実験 1 で見られた水への溶解性の違いはどのような理由によるか。簡潔に説明せよ。

(3) 実験 3 のヨードホルム反応に必要な試薬を示せ。また、この反応が陽性の場合にはどのような変化が観察されるか説明せよ。

(4) 実験 4 で起こった反応を化学反応式で示せ。

(5) 実験 5 で生成した生成物の構造を示せ。また、この化合物には不斉炭素原子があり、2つの異性体が存在する。このような異性体を何と呼ぶか。

(6) 実験 6 で見られた変化はどのような理由によるか説明せよ。

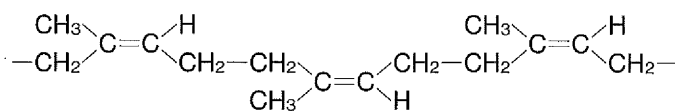
(7) 実験 8 で生成した固体化合物の名称と構造式を示せ。

4・5 は選択問題

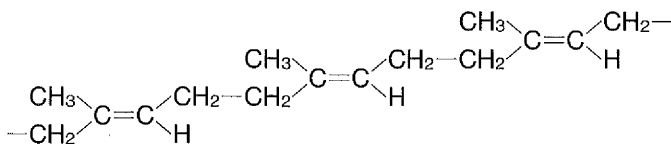
4 次の文を読み、問(1)～(5)に答えよ。

人は生活に必要なエネルギー・生活材料を自然から得ているが、これらを工夫して利用することによって次第に使い勝手のよいものを利用するようになっていった。エネルギーを薪に求め、毛皮を身にまとうなど人類は当初は自然界から得られる材料を個人がそのまま利用していた。人類はやがて麻や綿の植物繊維や絹や羊毛などの動物繊維を糸に紡ぎ、染色するなどによって、自然界の材料をより好ましく利用するために産業を発達させてきた。自然界から入手出来る材料であるセルロースやタンパク質などを天然高分子化合物と呼んでいる。

近年になると、エネルギー利用が薪炭から石炭に、さらに石油へと大きく傾斜していっただけでなく、化学の発達により、生活材料の多くも石炭、石油に由来する合成高分子化合物に依存していくようになった。高分子化合物を得る主な反応には〔 A 〕重合と〔 B 〕重合とがある。〔 A 〕重合は二重結合や三重結合のような多重結合を持つ分子が、結合を開いて、つながって高分子化合物になる反応で、レジ袋に使用されるポリエチレンや合成ゴム原料となる〔 C 〕の合成に用いられる。生ゴム(天然ゴム)からも〔 C 〕<sup>①</sup>が得られるが、生ゴムの〔 C 〕は下図〔 D 〕に示されるようにC=Cの二重結合のところで〔 E 〕型構造を取っている。



図(a)



図(b)

[ B ]重合とは、1分子中に2個以上の官能基を持つ分子が反応し、水などの低分子化合物を脱離しながら、次々とつながって高分子化合物になる反応である。その代表であるナイロンは長い鎖状高分子が[ F ]結合間で[ G ]結合<sup>②</sup>しているため、引っ張り強度が高い繊維となる。また、PET ボトルの材料となる[ H ]は分子内に多数の[ I ]結合<sup>③</sup>を持ち、この様な高分子化合物は一般に[ J ]という。これら合成高分子化合物は熱や圧力を加えることで容易に成型・加工が可能であり、それまでの材料である木材などの天然品に取って代わり、食器、機械部品、建設資材などに使用されている。加熱するとやわらかくなり変形するが、冷却すると変形したまま硬化する性質を持つ合成樹脂を[ K ]性樹脂という。ナイロン、ポリエチレン、[ J ]などはその代表である。[ K ]性樹脂は長い鎖状構造の重合体である。これに対して、加熱すると硬化し、再び熱しても流動しない性質を持つ合成樹脂のことを熱硬化性樹脂<sup>④</sup>という。フェノール樹脂はその代表的な熱硬化性樹脂でありベークライトとも呼ばれ、フェノールと[ L ]との重合反応によって得られる。

- (1) 空欄[ A ]～[ L ]にあてはまる適切な語句を記入せよ。ただし、[ D ]には図(a)または図(b)のどちらかを記入せよ。
- (2) 下線部①に関連して以下の問いに答えよ。
  - a) [ C ]の原料であるイソプレン構造を示せ。
  - b) 分子量  $2.5 \times 10^6$  の[ C ]はおよそ何個のイソプレン単位から構成されているか有効数字2桁で答えよ。計算過程も示せ。
  - c) 2種類以上のモノマー(単量体)を原料として共重合した合成ゴムもある。代表的な合成ゴムの名称を1つ挙げよ。
- (3) 下線部②について以下の問いに答えよ。
 

ナイロンの1種である6,6-ナイロンはヘキサメチレンジアミン(分子式  $C_6H_{16}N_2$ )とアジピン酸(分子式  $C_6H_{10}O_4$ )から作られる。6,6-ナイロンの重合の反応式を示せ。
- (4) 下線部③の[ I ]結合を一般式で記せ。
- (5) 下線部④について、熱硬化性樹脂を加熱処理した時、樹脂が熱硬化する理由を述べよ。

4・5 は選択問題

5 次の文を読み、問(1)～(4)に答えよ。

生物体が活動し、生命を維持するにはエネルギーが必要である。生物がエネルギーを得るために糖類が用いられることが多い。人間はおもに多糖である〔 A 〕を摂取し、消化・吸収などによってエネルギーに変換する。ヨウ素溶液によって青紫色に呈色する〔 A 〕は、酵素〔 B 〕によって〔 C 〕に加水分解され、さらに酵素マルターゼを作用させるとグルコースに分解される。牛馬などの草食動物は、植物繊維の主成分をなす多糖である〔 D 〕を摂取し、この多糖を酵素〔 E 〕で二糖のセロビオースに分解する。

体内に吸収されたグルコースは、呼吸で取り入れた酸素によって酸化され、〔 F 〕と水になる。このとき大量のエネルギーが発生し、その一部はアデノシン三リン酸(ATP)を合成するために使われる。この ATP はエネルギーを必要とするときにアデノシン二リン酸(ADP)とリン酸に分解され、必要なエネルギーを供給するのに使われる。糖類が不足すると、脂肪が加水分解して生じる〔 G 〕と高級脂肪酸、あるいはタンパク質が加水分解された〔 H 〕がエネルギー源として利用される。

(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に関連して以下の問題に答えよ。

- グルコースは水溶液中で3種類の異性体として平衡状態で存在する。このうち、 $\alpha$ -グルコースの構造式を示せ。
- 〔 A 〕から採取したアミロース 1000 g を加水分解すると、最終的に何 mol のグルコースが得られるか答えよ。なおアミロースの組成式はセルロースと同じである。有効数字 2 桁とし、計算過程も示せ。
- グルコースには還元作用がある。なぜ還元作用を示すか説明せよ。またグルコースを深青色のフェーリング液に加えると赤色沈殿が生じるが、この沈殿は何か。化合物名で答えよ。

- (3) 下線部②に関連して、グルコース 1 mol が完全に酸化され、3000 kJ のエネルギーが発生し、このうち 39 % が ATP の合成に利用されるとする。ADP とリン酸から ATP が合成されるのに 1 mol あたり 30.5 kJ のエネルギーが消費されると、グルコース 1 mol から何 mol の ATP が合成されるか答えよ。有効数字 2 桁とし、計算過程も示せ。
- (4) 下線部③について、脂肪が加水分解して〔 G 〕とステアリン酸が生じる化学反応式を示せ。ステアリン酸の化学式は、 $C_{17}H_{35}COOH$  である。