

# 化 学

## 注 意 事 項

1. 「解答始め」の合図があるまでこの冊子は開かないこと。
2. この冊子は 17 ページである。
3. 問題は、次の通り解答すること。
  - ① 新教育課程履修者(高等学校又は中等教育学校後期課程に平成 24 年 4 月に入学又は進級し、平成 27 年 3 月卒業見込みの者)は、**1** から **4** 及び **5-1** を解答すること( **5-2** は解答しないこと)。
  - ② 旧教育課程履修者(上記以外の者)は、**1** から **4** を解答するほか、**5-1** と **5-2** のいずれか 1 問を選択解答すること( **5-1** と **5-2** の両方を解答しないこと)。
  - ③ **5-1** 又は **5-2** で解答しない解答用紙は、持ち帰ること。
4. 「解答始め」の合図があったら、まず、黒板に掲示又は板書してある問題冊子ページ数・解答用紙枚数・下書き用紙枚数が、自分に配付された数と合っているか確認し、もし数が合わない場合は手を高く挙げ申し出ること。次に、解答用紙をミシン目に沿って落ちていて丁寧に別々に切り離し、学部名・受験番号・氏名を必ずすべての解答用紙の指定された箇所に記入するほか、**5-1** の解答用紙(その 7)、**5-2** の解答用紙(その 8)にはあなたが新・旧教育課程履修者のどちらなのかを記入してから、解答を始めること。
5. 解答は、必ず解答用紙の指定された箇所に、問題に指示してある方法で記入すること。
6. 気体は全て理想気体と考えなさい。1 ページに原子量、定数が記載してあるので、必要があれば使用しなさい。
7. 文字、記号、数字などは誤読されないように正確に書くこと。

必要ならば, 次の原子量, 定数を使用しなさい。

[原子量]

$$\begin{array}{l} \text{H} = 1.01 \quad \text{C} = 12.0 \quad \text{N} = 14.0 \quad \text{O} = 16.0 \quad \text{S} = 32.1 \quad \text{Na} = 23.0 \\ \text{Ca} = 40.1 \quad \text{Al} = 27.0 \quad \text{Ba} = 137 \end{array}$$

[気体定数]

$$R = 8.31 \text{ m}^3 \text{ Pa K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = 8.31 \times 10^3 \text{ L Pa K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

[アボガドロ定数]

$$N_{\text{A}} = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

[ファラデー定数]

$$F = 9.65 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1}$$

新教育課程履修者・旧教育課程履修者用問題

1 ~ 4

1

最も適切な解答を(a)~(e)の中から一つ選びなさい。

問 1 ハロゲン元素を選びなさい。

- (a) ネオン                      (b) ナトリウム                      (c) 臭素  
(d) ストロンチウム              (e) チタン

問 2 25℃, 1気圧で, その単体が液体として存在する元素を選びなさい。

- (a) ネオン                      (b) ナトリウム                      (c) 臭素  
(d) ストロンチウム              (e) チタン

問 3 ハロゲン X, アルカリ土類金属 M から成る化合物の組成式を選びなさい。

- (a) MX              (b) MX<sub>2</sub>              (c) MX<sub>3</sub>              (d) M<sub>2</sub>X<sub>3</sub>              (e) M<sub>3</sub>X<sub>2</sub>

問 4 黄色の炎色反応が観察される元素を選びなさい。

- (a) リチウム                      (b) ナトリウム                      (c) 銅  
(d) ストロンチウム              (e) バリウム

問 5 ビーカーの溶液を酸性にすると, 特有の臭いが発生した。臭いの原因物質として考えられる化合物を選びなさい。

- (a) CH<sub>4</sub>              (b) NH<sub>3</sub>              (c) CO<sub>2</sub>              (d) H<sub>2</sub>S              (e) H<sub>2</sub>

問 6 ヘキサンに最もよく溶ける化合物を選びなさい。

- (a) CH<sub>3</sub>COOH                      (b) H<sub>2</sub>O                      (c) CH<sub>3</sub>OH  
(d) NaCl                      (e) C<sub>12</sub>H<sub>26</sub>

問 7 イオン結合でできている化合物を選びなさい。

- (a) CaCl<sub>2</sub>              (b) SiO<sub>2</sub>              (c) CCl<sub>4</sub>              (d) NO<sub>2</sub>              (e) H<sub>2</sub>O

問 8 エタン 10.0 g を, 40.0 g の酸素とともに, 密閉した容器で完全燃焼させた。反応が完全に終了した時の説明で, 正しい記述を選びなさい。

- (a) 酸素はすべて消費された。  
(b) エタンが 2.67 g 残っていた。  
(c) 二酸化炭素が 14.7 g 生成した。  
(d) 一酸化炭素が 14.7 g 生成した。  
(e) 容器内のすべての物質の重量を合計すると, 50.0 g であった。

問 9 酸素の質量パーセントが 10.5% である化合物を選びなさい。

- (a) NaOH                      (b) CaO                      (c) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
(d) BaO                      (e) Ca(OH)<sub>2</sub>

問10 実験操作やデータ処理に関して、適切な記述を選びなさい。

- (a) 実験データをグラフで表すとき、値をグラフ上に点で表し、各点を直線で結ぶ。
- (b) 実験日や共同実験者は、あとで調べればわかるので、記録しなくてもよい。
- (c) 50.0 mL を正確にはかりとりたいとき、メスシリンダーを用いる。
- (d) 椅子にすわってビュレットの滴定値を読み取ろうとしたら、液面が目線より高い位置にきていた。そのため、液面を見上げて、液面のくぼんでいる部分の値を記録した。
- (e) 滴定実験を行うため、ビュレットに溶液を入れたところ、ビュレットに気泡が残っていたので、気泡を抜いてから、実験を開始した。

2 次の文章を読み、問1～問6に答えなさい。解答中の数値は有効数字2桁で答えなさい。

物質Aは直鎖状アルカンの一種であり、 $20^{\circ}\text{C}$ では液体であり、 $47^{\circ}\text{C}$ では気体である。この物質Aについて次の実験を行った。実験室の気圧は $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ であったとする。

操作① 13.3 Lの容積を有する容器を用意し、 $20^{\circ}\text{C}$ において、約80 mLの物質Aを容器内に入れ、気体が入り出せる程度の小さな穴を残して容器にふたをした。

操作② 容器全体を $47^{\circ}\text{C}$ に加熱し、容器中を物質Aの気体で満たした。

操作③ 加熱を止めて容器を密閉し、 $20^{\circ}\text{C}$ に冷却すると、物質Aは液体となって容器の底にたまった。容器内に残った物質Aの重量は36.0 gであった。

操作④ 酸素5.0 molを密閉した容器内に導入した。容器中で触媒の作用によって穏やかに物質Aをすべて酸化した後、温度を $47^{\circ}\text{C}$ に保った。

ただし、気体はすべて理想気体とする。一連の操作に伴う容器の変形は無く、触媒の体積およびすべての液体の蒸気圧と体積は無視できるほど小さいとする。

問1 操作②で容器の中を満たした物質Aの量は何molであるか求めなさい(計算過程も示すこと)。

問2 物質Aの分子量を求め、その化合物名を答えなさい。

問 3 操作②では物質 A の状態変化が起こる。この状態変化に伴う熱の放出または吸収について次の記述のうちから正しいものを一つ選んで記号で答えなさい。

選択肢

- (a) 融解熱に相当する熱が吸収される。
- (b) 熱の放出や吸収を伴わない状態変化が起こる。
- (c) 蒸発熱に相当する熱が吸収される。
- (d) 凝縮熱に相当する熱が放出される。
- (e) 蒸発熱に相当する熱が放出される。

問 4 操作④を行った後の容器内の気圧は何 Pa かを求めなさい(計算過程も示すこと)。

問 5 操作④を行った後には容器中には液体が存在する。液体の pH について次の記述のうちから正しいものを一つ選んで記号で答えなさい。

選択肢

- (a) 液体の量が少ないので pH は一定にならない。
- (b) 強酸性
- (c) 弱酸性
- (d) 弱アルカリ性
- (e) 強アルカリ性

問 6 操作④に用いる触媒として最も適切なものを次の中から選んで記号で答えなさい。

選択肢

- (a) 多孔質ガラス
- (b) 鉛
- (c) 白金
- (d) 鉄
- (e) セルロース

3 次の文章を読み、問1～問5に答えなさい。

タンパク質は窒素を含む高分子化合物であり、肉類や豆類に多く含まれる。タンパク質を含む試料を濃硫酸中で分解すると、タンパク質中の窒素は硫酸アンモニウムに変換される。この反応を利用した食品中のタンパク質量法が広く用いられている。乾燥牛肉中のタンパク質の質量パーセント(%)を求めるために、下記の操作を行った。操作1～3を読んで、次の問いに答えなさい。

なお、乾燥牛肉中の窒素は全てタンパク質由来とする。

操作1：丸底フラスコに乾燥牛肉2.0gを量り取り、濃硫酸10mLと触媒①(硫酸カリウムと硫酸銅を9：1で混合したもの)0.5gを加え、6時間放置した。その後、溶液が淡青色になるまでガスバーナーで加熱した。

操作2：実験器具Aを用いて、操作1で得られた試料溶液を正確に水で100mLに希釈した。

操作3：希釈した試料溶液10mLに30%水酸化ナトリウム溶液10mLを②添加したところアンモニアが発生した。発生したアンモニアを③0.050mol/L硫酸水溶液20mLで捕集した。捕集後の溶液を0.050mol/L水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ、18mLを要した。なお、発生したアンモニアはすべて0.050mol/L硫酸水溶液に捕集されたものとする。

問1 乾燥牛肉はタンパク質のほか、脂肪、炭水化物、無機質などを含んでいる。スクロースに濃硫酸を滴下したところ、スクロースが黒色に変化し、放置しておくとも液体となった。乾燥牛肉では、下線部①の操作後、試料は液体に変化していた。このとき試料の色はどのように変化すると考えられるか答えなさい。触媒として使用した硫酸銅の色は無視できるものとする。また、この反応が濃硫酸のどのような性質を利用したものか説明しなさい。



問 2 操作 2 で、試料溶液を希釈する際に使用する実験器具 A の名称を答えなさい。また、試料溶液を希釈するにはいくつか注意点がある。次の(a)~(e)の手順のうち、不適切なものを一つ選びなさい。

- (a) 少量の水を入れたビーカーに、ゆっくりと丸底フラスコ中の試料溶液を移した。
- (b) 丸底フラスコを水ですすぎ、すすいだ液はビーカーに加えた。
- (c) 実験器具 A の内部が水で濡れていたが、そのまま使用した。
- (d) 水を加えるとビーカー中の溶液の温度が上昇したが、温度が下がらないうちに実験器具 A に移し、100 mL に希釈した。
- (e) 保存容器の内部が水で濡れていたので、実験器具 A 中の少量の希釈溶液で保存容器をすすぎ、すすいだ液は捨てた後、希釈溶液を移した。

問 3 下線部②の操作で、アンモニアが発生する反応を化学反応式で示しなさい。

問 4 下線部③のアンモニアが硫酸水溶液に捕集される時の変化を、化学反応式で示しなさい。

問 5 タンパク質が窒素を 16% 含有するとして、乾燥牛肉中のタンパク質の質量パーセント(%)を求めなさい。計算過程を示し、有効数字 2 桁で答えなさい。

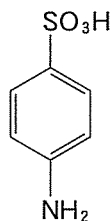
- 4 合成染料の歴史は古く、1850年代から知られている。現在では多くの合成染料が開発されている。染料として用いられている化合物の一つに、アゾ化合物がある。

問1 ベンゼンを原料として、次の①～④の反応を使って、アゾ化合物を合成することを考える。①～④の反応式を答えなさい。

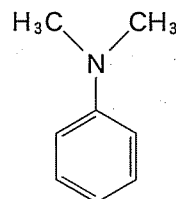
- ① ベンゼンからニトロベンゼンを合成する反応
- ② ニトロベンゼンからアニリンを合成する反応
- ③ アニリンから塩化ベンゼンジアゾニウムを合成する反応
- ④ 塩化ベンゼンジアゾニウムとナトリウムフェノキシドからアゾ化合物を合成する反応

問2 問1の反応を利用すると、pH指示薬の一つであるメチルオレンジは、*p*-アミノベンゼンスルホン酸と*N,N*-ジメチルアニリンから合成することができる。合成方法を答えなさい。適宜、反応式を用いてもよい。*p*-アミノベンゼンスルホン酸、*N,N*-ジメチルアニリン、メチルオレンジの構造式は以下に示す。

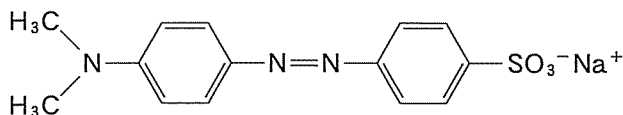
*p*-アミノベンゼンスルホン酸



*N,N*-ジメチルアニリン



メチルオレンジ



問3 メチルオレンジの変色域について、( ① )～( ④ )にあてはまる語句を、選択肢の中から選びなさい。

メチルオレンジの変色域はpH( ① )であり、pH 2では( ② )色、pH 7では( ③ )色、pH 12では( ④ )色を示す。

選択肢

- (a) 11.4~13.0 (b) 8.0~9.8 (c) 6.0~7.6 (d) 4.2~6.2  
 (e) 3.1~4.4 (f) 赤 (g) 橙 (h) 黄  
 (i) 緑 (j) 青 (k) 藍 (l) 紫

問 4 化学の実験方法には、生活の中で利用されている方法もある。次の表は、数種類の化合物を含む混合物から、単一成分に分離する手法について説明した表である。( ① )~( ③ )の中にあてはまる分離方法を答えなさい。また分離の例の欄(I)~(III)には、選択肢(a)~(e)の中から、関連するもっとも適切な例を一つ選択しなさい。

分離方法	説明文	分離の例
①	化合物の溶解性の違いを利用した方法である。混合物に適切な溶媒を加えて、分離したい化合物だけを溶媒に溶かし出す。	I
②	沸点の差を利用した方法である。沸点の差が大きいほうが利用しやすい。	II
③	温度による固体の溶解度の差を利用する方法である。固体の試料を温めた溶媒に溶かし、冷却して析出した固体を取り出す。	III

選択肢

- (a) 焼酎を製造するときの一工程であり、発酵液から高濃度のアルコールを取り出す場合に用いられる。  
 (b) 綿を使って分離することができる。  
 (c) 茶葉に熱湯を注ぐと、湯が着色する。  
 (d) 衣類の防虫剤として、*p*-ジクロロベンゼンを用いる。  
 (e) 硝酸カリウムと塩化ナトリウムの混合物から、硝酸カリウムを取り出す。

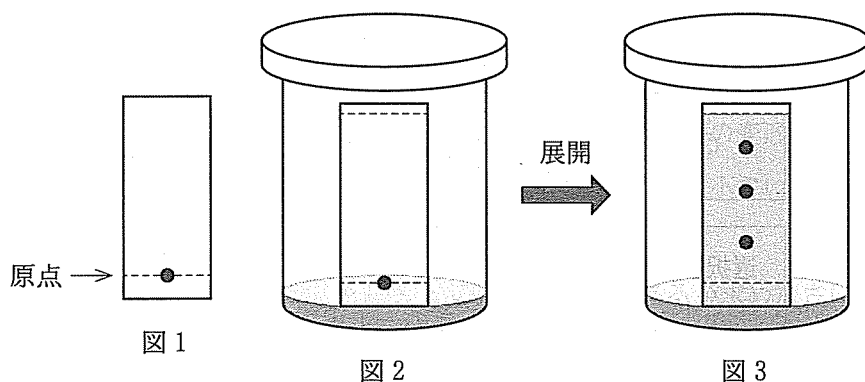
問 5 化合物を分離する手法の一つに薄層クロマトグラフィーという方法がある。1900年代のはじめに、この方法によって植物の色素を分離したという記録がある。現在でも有機化合物を分離する方法として、一般的に利用されている。実験方法は次のようにして行う。

操作 1 市販されているプレートに試料をのせる。この位置を原点という(図 1 を参照)。

操作 2 適切な溶媒を選択し、蓋付き容器に選択した溶媒を入れ、①のプレートの下端を浸す(図 2 を参照)。

操作 3 溶媒がプレートの上部まで上昇したら、容器からプレートを取り出す。この過程を展開という。展開過程で成分が分離される(図 3 を参照)。

操作 4 プレートを容器から取り出して、分離されているところに印をつける。



アニリンと無水酢酸を反応させ、反応経過を観察する実験を行った。次の問に答えなさい。

- ① アニリンと無水酢酸を反応させると、アミド結合をもつ化合物が生成した。反応式と生成物の名称を答えなさい。
- ② アニリン 46.5 g と無水酢酸 61.0 g を反応させた。アニリンがすべてアミド結合をもつ化合物に変換されたとすると、この化合物は何 g 生成したか。計算過程を示し、有効数字 3 桁で答えなさい。

- ③ 薄層クロマトグラフィーで、反応の進行を確認する操作を行った。3種類の試料、すなわち反応の原料として使ったアニリン、市販されているアミド化合物(生成物)を溶かした溶液、反応液の3つの試料を、1枚のプレートに並べてのせ、展開させた。展開後、芳香族化合物のスポット検出用の機器を用いてスポットを確認し、プレートに印をつけた。1回目の確認では、アニリンが残っていることがわかったので、さらに反応を続けた。しばらくして2回目の確認を行ったところ、アニリンがすべて生成物に変換されていた。1回目と2回目の薄層クロマトグラフィーの結果では、プレートのどこに化合物のスポットがあらわれたか。解答欄の図に示しなさい。

新教育課程履修者用問題

5—1

旧教育課程履修者用問題

5—1

5—2

(いずれか1問を選択解答すること。)

## 5—1

次の文章を読み、問1～問5に答えなさい。

合成高分子化合物は、縮合重合、開環重合、付加重合等によって合成される。

アミノ基を有する化合物(ア)とカルボキシル基を有する化合物(イ)を単量体(モノマー)として用いて縮合重合により合成された高分子(A)は世界初の合成繊維である。また、高分子(B)はヒドロキシ基を有する化合物(ウ)とカルボキシル基を有する化合物(エ)を縮合重合した高分子であり、繊維としてだけでなく合成樹脂として清涼飲料水のボトルにも用いられている。開環重合により合成されたナイロン6は化合物(オ)を単量体としており、日本で開発された繊維である。

ポリビニルアルコールは化合物(カ)を付加重合した後、水酸化ナトリウムでけん化することで合成された高分子である。ポリビニルアルコールに化合物(キ)の水溶液を作用させてヒドロキシ基の一部を反応させた高分子はビニロン<sup>①</sup>と呼ばれる日本初の合成繊維である。化合物(ク)は、付加重合することで天然ゴムに似た弾性を持つ高分子となり合成ゴムと呼ばれている。また、化合物(ク)と化合物(ケ)を共重合させた合成ゴムは機械的強度が大きくタイヤなどに使用されている。他にも付加縮合という重合反応もある。ベークライトと呼ばれる樹脂は、化合物(キ)と化合物(コ)を酸または塩基触媒とともに加熱して付加縮合した合成樹脂であり、熱硬化性樹脂<sup>②</sup>として知られている。

問1 文中の化合物(ア)～(コ)に当てはまる最も適切な化合物名を次の選択肢(a)～(j)から選び、記号で答えなさい。

選択肢

- |                         |               |
|-------------------------|---------------|
| (a) アジピン酸               | (b) エチレングリコール |
| (c) $\epsilon$ -カプロラクタム | (d) 酢酸ビニル     |
| (e) スチレン                | (f) テレフタル酸    |
| (g) フェノール               | (h) 1,3-ブタジエン |
| (i) ヘキサメチレンジアミン         | (j) ホルムアルデヒド  |

問 2 高分子( A )の平均分子量が  $2.3 \times 10^5$  であった。この高分子の 1 分子中には平均して何個のアミド結合があるか。計算過程を明示して有効数字 2 桁で求めなさい。

問 3 高分子( B )はリサイクル可能な合成樹脂である。合成樹脂をリサイクルする手法である、マテリアルリサイクルとケミカルリサイクルについて説明しなさい。

問 4 下線部①のビニロンの典型的な構造式を書きなさい。

問 5 下線部②の熱硬化性樹脂に当てはまる最も適切な化合物名を次の選択肢 (a)~(e) から 2 つ選び、記号で答えなさい。

選択肢

(a) 尿素樹脂

(b) ポリエチレン

(c) ポリカーボネート

(d) メタクリル樹脂

(e) メラミン樹脂



【注意】 新教育課程履修者は解答しないこと。

5—2

次の文章を読み、問1～問5に答えなさい。

生物は、生命を維持するために、様々な物質を合成、分解している。このような反応は代謝といい、食物を単純な分子に化学変換する消化や、有機物を分解して必要なエネルギーを得る呼吸<sup>①</sup>などがある。

生体内の様々な化学反応は、酵素を触媒として進行する。この際、酵素は他の触媒と異なり、1つの酵素が特定の化合物にのみ作用する性質がある。この化合物のことを基質といい、この性質のことを基質特異性<sup>②</sup>という。

酵素には働きが活発になる条件があり、酵素によって条件は異なる。一般に化学反応は温度上昇によって反応速度が増すことが知られている。酵素反応もある程度の温度<sup>③</sup>までは温度上昇によって反応速度が増すが、その温度を過ぎると反応速度<sup>④</sup>が急速に低下する。酵素の反応速度が最も早い温度は最適温度といい、多くの場合は生体の体温付近である。また、酵素が最も良く働くpHは、ほとんどの酵素で中性付近である。

問1 下線部①の呼吸には、酸素を必要とする好気呼吸と、酸素を必要としないアルコール発酵などの嫌気呼吸がある。グルコースを好気呼吸またはアルコール発酵した時の反応式をそれぞれ書きなさい。

問2 下線部②について、この現象がみられる理由を以下の語句を用いて説明しなさい。ただし、語句は複数回使用してもよい。また、使用した語句は解答中に下線を引いて明示しなさい。

語句

活性部位、基質、酵素、酵素基質複合体、立体構造

問 3 下の表は、下線部②の例として、酵素および基質とその生成物の組み合わせを示したものである。表中の空欄(ア)~(エ)に当てはまる最も適切な語句を答えなさい。

酵 素	基 質	生成物
(ア)	デンプン	(イ)
マルターゼ	(イ)	グルコース
インベルターゼ	(ウ)	グルコース, (エ)

問 4 下線部③について、この理由を説明しなさい。

問 5 下線部④について、この理由を説明しなさい。