

# 化 学

注意 1. 志望学部・学科により、以下に示す番号の問題を解答すること。

志望する学部・学科	解答する問題番号
教育学部 志望者のうち化学を選択する者	1 2 5
理学部 化学科志望者	1 2 3 4 5 6
理学部 地球科学科志望者のうち化学を選択する者	1 2 3 5
医学部 志望者のうち化学を選択する者	2 3 4 6
薬学部	2 3 4 6
看護学部 志望者のうち化学を選択する者	1 5 6
工学部 建築学科、都市環境システム学科、機械工学科、電気電子工学科、ナノサイエンス学科、画像科学科、情報画像学科志望者、およびデザイン学科、メディカルシステム工学科志望者のうち化学を選択する者	1 2 5
工学部 共生応用化学科志望者	2 3 4
園芸学部 志望者のうち化学を選択する者	1 5 6
先進科学プログラム(方式Ⅱ) 物理化学・生命化学分野志望者のうち化学を選択する者	1 2 3 5
先進科学プログラム(方式Ⅱ) 電気電子工学分野、ナノサイエンス分野、画像科学分野、情報画像分野志望者	1 2 5

2. 解答はすべて所定の解答用紙に記入すること。

3. 必要があれば次の数値を用いなさい。

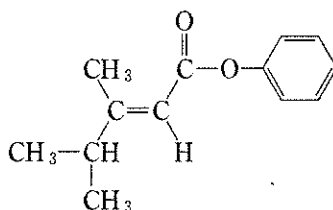
原子量：H = 1.00, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0,

Cl = 35.5, Cu = 63.5, Ag = 108.0, I = 127.0

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

ファラデー定数： $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

4. 構造式は下の例にならって解答しなさい。



1

次の文章ⅠおよびⅡを読み、以下の問い(問1～10)に答えなさい。

Ⅰ 図1の装置を用い、石灰石と希塩酸を反応させると、純粋な二酸化炭素を製造することができる。

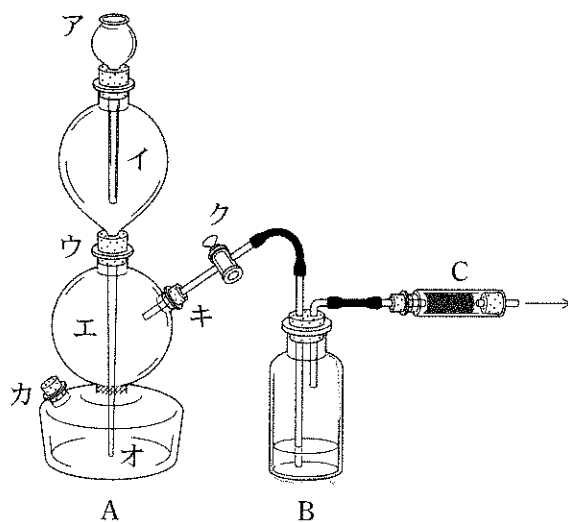


図1

問1 A～Cの器具の名称をかきなさい。

問2 石灰石と希塩酸はどこから入れたらよいか。それぞれ図1中のア・ウ・カ・キから選びなさい。

問3 この装置を用いて二酸化炭素を発生させるとき、通常は酸として希塩酸を用いるが希硫酸は用いない。これと関係のある事実として、最も適切なものを次の(a)～(d)から選びなさい。

(a) 硫酸の溶解熱は塩酸よりも大きい。

(b) 硫酸の酸化力は塩酸よりも大きい。

(c) 硫酸のカルシウム塩は難溶性であるが、塩酸のカルシウム塩は可溶性である。

(d) 硫酸は2価の酸であるが、塩酸は1価の酸である。

問 4 Cに充てんする化学物質として適切なものは何か。その化学式を一つかきなさい。

問 5 反応中にクを閉じると、酸はどの部分に入っていくか。図1中のア～キから選びなさい。

問 6 図1のAが図2のDよりも優れている点として、最も適切なものを次の(a)～(d)から選びなさい。

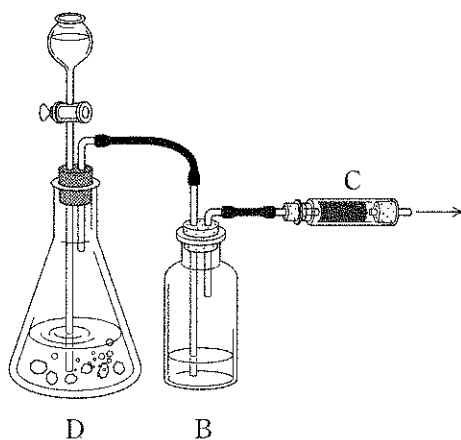


図 2

- (a) 用いる酸の取り替えが容易である。
- (b) 気体を発生させる操作が容易である。
- (c) 純粋な気体を得ることが容易である。
- (d) 気体の発生の調節が容易である。

II 炭酸ナトリウムを工業的に製造するためには、石灰石や塩化ナトリウムを原料とする次の方法がある。まず、石灰石を加熱して気体の二酸化炭素を製造する。その際に、固体の ア も生成する。そして、気体の二酸化炭素と イ を塩化ナトリウムの飽和水溶液に溶解させると、炭酸水素ナトリウムが沈殿として得られる。この炭酸水素ナトリウムを加熱して炭酸ナトリウムを得ることができる。また、ア を水と反応させて ウ を生成し、炭酸水素ナトリウムの沈殿を分離した後の水溶液に加えると イ を再生することができる。

ある一定温度における塩化ナトリウム水溶液中の炭酸水素ナトリウムの溶解度は、純粋な水に対する溶解度と比較して a する。これは、水溶液中

で塩化ナトリウムの電離により生じたナトリウムイオンの濃度を  させる方向に炭酸水素ナトリウムの電離平衡が移動するためである。この現象は炭酸水素ナトリウムの合成において塩化ナトリウムの飽和水溶液が用いられる理由にもなっている。

問 7 文中の  ~  にあてはまる適切な化学式をかきなさい。

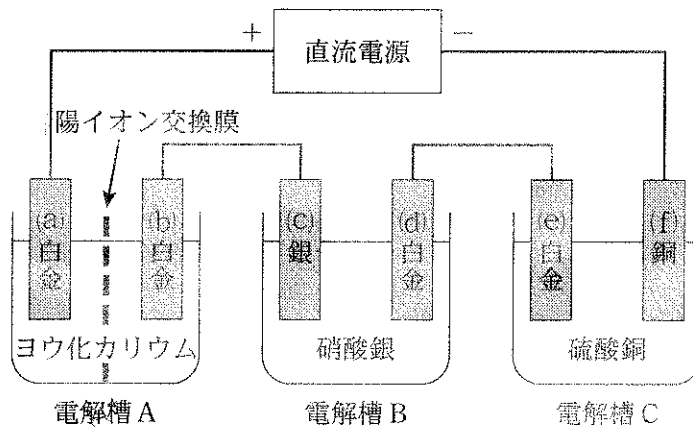
問 8 下線部①と②で起こる反応を化学反応式でかきなさい。

問 9 文中の ,  にあてはまる適切な語句をかきなさい。

問10 水 200 g と塩化ナトリウムを用いて下線部①と②の反応により炭酸ナトリウムを製造した。下線部①の反応後の水溶液は炭酸水素ナトリウムの飽和水溶液となり、その質量モル濃度は 1.10 mol/kg であった。1.42 mol の塩化ナトリウムから理論上得られる炭酸ナトリウムの物質量を求めなさい。計算過程も示し、有効数字 2 けたで答えなさい。

2 次の文章を読み、以下の問い(問1～5)に答えなさい。

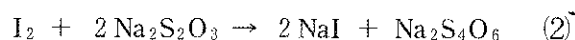
図に示すように電解槽 A～C にそれぞれ異なる水溶液 200 mL と電極(a)～(f)を入れ、実験 1 および実験 2 を行った。電解槽 A には隔膜として陽イオン交換膜を取り付けてあり、その両側の溶液の体積はそれぞれ 100 mL である。ただし、電気分解により水溶液の体積は変化しないものとする。



図

実験 1 電解槽 A～C を直列につなぎ、0.500 A の電流を 1930 秒間流し電気分解を行った。

実験 2 実験 1 の後に電解槽 C の銅イオン濃度を求めるためにヨウ素滴定を行った。電気分解後に、電解槽 C から水溶液 10.0 mL を取り出し、弱酸性条件下でヨウ化カリウムを加えると式(1)の反応によりすべての  $\text{Cu}^{2+}$  が  $\text{CuI}$  として沈殿し、 $\text{I}_2$  が遊離した。この遊離した  $\text{I}_2$  を 0.100 mol/L のチオ硫酸ナトリウム水溶液で滴定したところ式(2)の反応が起き、10.0 mL で終点となった。

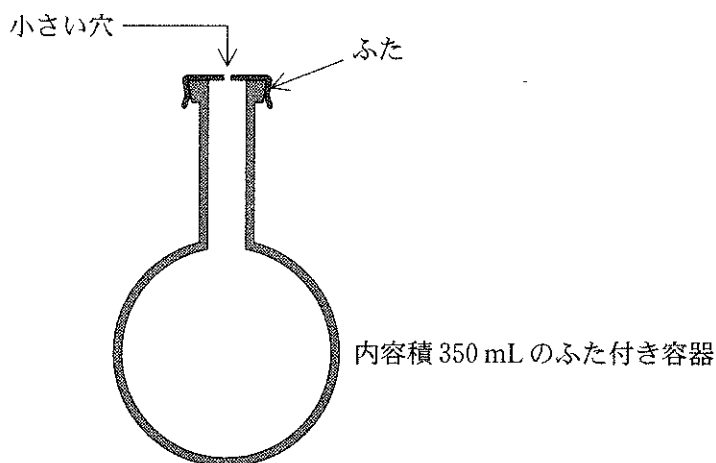


- 問 1 実験 1 において電極(a)~(f)で起こる反応を、それぞれ電子  $e^-$  を含むイオン反応式でかきなさい。
- 問 2 電気分解後の電解槽 A について、 $25^\circ\text{C}$  における陰極側の水溶液の pH を求めなさい。計算過程も示し、有効数字 2 けたで答えなさい。
- 問 3 電気分解により発生した気体の体積が最も大きかった電極はどれか。(a)~(f)から選び記号で答えなさい。またその体積は  $27^\circ\text{C}$ 、 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$  で何 L か。計算過程も示し、有効数字 2 けたで答えなさい。ただし、発生する気体は水に溶けないものとする。
- 問 4 電気分解後に、最も質量が増えた電極はどれか。(a)~(f)から選び記号で答えなさい。また、その増加した質量は何 g か。計算過程も示し、有効数字 2 けたで答えなさい。
- 問 5 実験 2 の結果から電気分解前の電解槽 C で用いた水溶液中の銅イオン濃度は何 mol/L であったか。計算過程も示し、有効数字 2 けたで答えなさい。

3 次の文章を読み、以下の問い(問1～3)に答えなさい。ただし、すべての気体は理想気体としてふるまうものとする。

① 化学反応には吸熱反応と発熱反応がある。物理変化である状態変化でも、熱が  
② 出入りする。また、蒸発と凝縮の状態変化を利用すると分子量を求めることもで  
③ きる。これに関連して、以下の実験を行った。

実験 図のような内容積 350 mL の容器(ふた付きの丸底フラスコ)に、物質 X (液体)を約 3 mL 入れ、容器全体を 77 °C に加熱したところ、物質 X はすべて蒸発し 350 mL 以上の気体となった。このとき、容器内にあった全ての空気と過剰分の気体は中央上部の小さい穴から出ていった。次に、25 °C に冷却したところ、容器内で気体となっていた物質 X が凝縮するとともに、中央上部の小さい穴から空気のみが容器内へ戻った。25 °C に冷却後すぐに、空気と物質 X が入った状態でふた付き容器の質量を測定したところ、空気だけで容器内が満たされた状態より 0.877 g 増加していた。また、25 °C における物質 X の蒸気圧を測定したところ  $0.202 \times 10^5$  Pa であった。



図

問 1 下線部①について、発熱と吸熱の反応熱の違いを、化学反応における反応物と生成物がもつエネルギーの観点から 40 字以内で説明しなさい。

問 2 下線部②について、次の(1)および(2)に答えなさい。ただし、25℃、 $1.013 \times 10^5$  Pa における水素の燃焼熱を、生成物が液体のときは 286 kJ/mol、気体のときは 242 kJ/mol とする。

- (1) 水の蒸発をあらわす熱化学方程式をかきなさい。
- (2) 水の融解熱は 6.01 kJ/mol である。水の蒸発熱と融解熱が大きく異なる理由を、水の三態それぞれにおいて分子がもつエネルギーの観点から 50 字以内で説明しなさい。

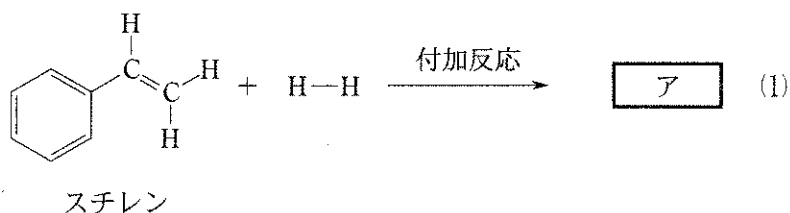
問 3 下線部③について、次の(1)および(2)に答えなさい。ただし、大気圧を  $1.01 \times 10^5$  Pa、空気の密度を 25℃、 $1.01 \times 10^5$  Pa において  $1.18 \times 10^{-3}$  g/cm<sup>3</sup> とする。また、物質 X の沸点は 77℃ より低く、凝縮した液体の体積、容器の熱膨張や空気中の水蒸気は無視できるものとする。

- (1) 加熱後に冷却され、25℃ となった容器内に存在する物質 X の質量は何 g か。計算過程も示し、有効数字 2 けたで答えなさい。
- (2) 物質 X の分子量はいくらか。計算過程も示し、有効数字 2 けたで答えなさい。



4 次の文章を読み、以下の問い(問1～7)に答えなさい。ただし、一連の化合物において光学異性体は区別しないものとする。

不飽和結合に対する付加反応は、官能基によってその反応性が異なる。例えばスチレンに対する水素の付加反応では、適切な反応条件下においてベンゼン環は反応せず、ビニル基が反応する(式1)。



いま、以下に示す①から④の条件を満たすすべての化合物からなる混合物Xがある。

- ① 分子式は  $C_{10}H_{10}$  である。
- ② ベンゼン環以外に二重結合をもつ。
- ③ 5員環構造をもつ。
- ④ ベンゼン環上に4つの水素原子をもつ。

この混合物Xに対して式1のような水素の付加反応を行ったところ、反応が完全に進行し2種類の化合物Aおよび化合物Bが生じた。ただし、化合物Aは化合物Bよりも多く生成したものとする。

次に、得られた化合物Bに対して酸化反応を行ったところ、不斉炭素原子をもつカルボニル化合物C(分子式  $C_{10}H_{10}O$ )が生じた。さらに化合物Cを酸化すると不斉炭素原子をもたない化合物D(分子式  $C_{10}H_8O_2$ )が生じた。

問 1 ア にあてはまる化合物の名称をかきなさい。

問 2 混合物 X には何種類の化合物が含まれていたか。数字で答えなさい。

問 3 混合物 X に含まれる化合物のうち、不斉炭素原子をもつ化合物の構造式をかきなさい。

問 4 混合物 X に含まれるすべての化合物の物質量が等しい場合、化合物 A と化合物 B の物質量の比を整数で答えなさい。

問 5 化合物 A および化合物 B の構造式をかきなさい。

問 6 化合物 C の構造式をかき、不斉炭素原子を□で囲みなさい。

問 7 化合物 D の構造式をかきなさい。

5 次の文章を読み、以下の問い(問1～5)に答えなさい。

アルケンとは、エチレンのように分子内に二重結合を1つ含み、他は全て単結合の鎖式炭化水素のことをいう。この二重結合は反応性に富み、適切な条件下で<sup>①</sup>容易に付加反応や酸化反応が進行する。

またアセチレンやプロピンなどのように、分子内に三重結合を1つ含む鎖式炭化水素を<sup>②</sup>アという。アもまた反応性に富み、付加反応によって種々のビニル化合物や芳香族化合物が生じる。

一方、芳香族化合物であるベンゼンは、不飽和結合をもつが非常に安定であり、付加反応はおこりにくい。しかしベンゼン環の不飽和結合がそのまま保存される<sup>③</sup>イ反応はおこりやすい。

問1 エチレン、アセチレン、ベンゼンのうち、炭素原子間の結合距離が最も長い化合物と、最も短い化合物の名称をかきなさい。

問2 ア，イ にあてはまる適切な語句をかきなさい。

問3 下線部①について、2-メチルプロペンとオゾンと反応させ、さらに還元剤である亜鉛で処理したところ、化合物Aと、フェノール樹脂の原料として知られる化合物Bが生じた。化合物A、Bの構造式をかきなさい。

問 4 下線部②の化合物を用いた以下の実験について、(1)~(3)に答えなさい。ただし、気体はすべて理想気体としてふるまうものとする。

実験 1 標準状態において 22.4 L のアセチレンを、少量の酢酸亜鉛(II)とともに 60 g の酢酸と反応させたところ、反応は完全に進行し 86 g の単一の化合物が生じた。

実験 2 標準状態において 22.4 L のプロピンを、少量の酢酸亜鉛(II)とともに適当量の酢酸と反応させたところ、酢酸が完全に消費され複数の化合物が生じた。この複数の化合物の質量の合計は 25 g であった。

- (1) 実験 1 で生じた化合物の構造式をかきなさい。
- (2) 実験 2 で生じた複数の化合物の構造式をすべてかきなさい。
- (3) 実験 2 において酢酸と反応しなかったプロピンは標準状態において何 L であったか。計算過程も示し、有効数字 2 けたで答えなさい。

問 5 下線部③について、ベンゼンに鉄粉を触媒として臭素を反応させたところ、化合物 C が生じた。一方、フェノールに十分な量の臭素を反応させたところ、化合物 D が生じた。化合物 C、D の構造式をかきなさい。

6 次の文章を読み、以下の問い(問1～7)に答えなさい。

タンパク質は、単純タンパク質と複合タンパク質に大きく分類される。食品として摂取したタンパク質は、①酵素のはたらきによりペプチドに、さらには $\alpha$ -アミノ酸の単位にまで加水分解される。いま、5種類の天然 $\alpha$ -アミノ酸A～EがA-B-C-B-D-Eの順に結合したペプチドXがある。このペプチドX、およびそれを構成する $\alpha$ -アミノ酸について調べるために、以下の実験を行った。

実験1 ペプチドXの水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱した後、さらに酢酸鉛(II)水溶液を加えたところ、黒色の沈殿が生じた。しかし、 $\alpha$ -アミノ酸がB-C-B-D-Eの順に結合したペプチドYの水溶液を同様に処理しても沈殿は生じなかった。

実験2 ペプチドXの加水分解によって得られたトリペプチドA-B-Cの水溶液、およびトリペプチドB-D-Eの水溶液にそれぞれ濃硝酸を加えて加熱すると、いずれの水溶液も 

ア
---

 色に変化した。さらに、アンモニア水を加えて塩基性になると 

イ
---

 色に変化した。

問1 下線部①について、次の(1)および(2)に答えなさい。

- (1) 複合タンパク質とは何か、40字以内で説明しなさい。
- (2) 次のタンパク質(a)～(c)は、単純タンパク質、あるいは複合タンパク質のどちらに分類されるか、それぞれ記号で答えなさい。  
(a) カゼイン                      (b) コラーゲン                      (c) ヘモグロビン

問2 下線部②について、次のうちタンパク質の加水分解に関わる酵素はどれか、次の(a)～(d)から一つ選び記号で答えなさい。

- (a) カタラーゼ      (b) ペプシン      (c) マルターゼ      (d) リパーゼ

問3 実験1の結果より、 $\alpha$ -アミノ酸Aの特徴について10字以内で説明しなさい。

問 4 5種類の $\alpha$ -アミノ酸A~Eのうち、Bのみ不斉炭素原子をもたない。  
 $\alpha$ -アミノ酸Bの構造式をかきなさい。

問 5  $\alpha$ -アミノ酸Dの分子量は133.0であり、質量百分率は炭素36.09%、酸素48.12%、水素5.26%、窒素10.53%であった。次の(1)および(2)に答えなさい。

- (1)  $\alpha$ -アミノ酸Dの構造式をかきなさい。ただし、立体異性体は考慮しなくてよい。
- (2)  $\alpha$ -アミノ酸Dの水溶液をpH 7.0の緩衝液中で電気泳動すると、どのような動きを示すか、次の(a)~(c)から選び記号で答えなさい。また、その理由を40字以内で述べなさい。
  - (a) 陽極側に移動する。
  - (b) 陰極側に移動する。
  - (c) 移動しない。

問 6 実験2について、次の(1)~(3)に答えなさい。

- (1) この反応の名称をかきなさい。
- (2) 

ア
---

 , 

イ
---

 にあてはまる適切な語句をかきなさい。
- (3) この反応に関わる $\alpha$ -アミノ酸はA~Eのうちどれか、記号で答えなさい。

問 7 ペプチドX、およびXの加水分解によって得られるA-B-Cなどのペプチドのうち、ビウレット反応によって赤紫色を示すものは何種類あるか答えなさい。