

# 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. この冊子は表紙を除き14ページである。
3. 「解答始め」の合図があったら、まず、黒板等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、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してから、解答を始めること。
4. 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。
5. 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。
6. 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。

鹿児島大学

問題訂正科目〔 化学 〕

7頁 3行目

(誤) 分子aとb

---

(正) 分子aと二糖b

---

必要ならば、次の原子量、定数を使用しなさい。

[原子量]

$$\begin{aligned} \text{H} &= 1.00 & \text{C} &= 12.0 & \text{N} &= 14.0 & \text{O} &= 16.0 & \text{Na} &= 23.0 & \text{S} &= 32.1 \\ \text{Ca} &= 40.1 \end{aligned}$$

[気体定数]

$$R = 8.31 \text{ m}^3 \cdot \text{Pa} / (\text{K} \cdot \text{mol}) = 8.31 \times 10^3 \text{ L} \cdot \text{Pa} / (\text{K} \cdot \text{mol}) = 0.0821 \text{ atm} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$$

[アボガドロ定数]

$$N_A = 6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$$

[ファラデー定数]

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

1 次の問1～問8について、( )に入る最も適切な解答を選択肢の中から選び、記号で答えなさい。

問1 Liはアルカリ金属であり、( )はアルカリ土類金属である。

選択肢

- (a) He      (b) Zn      (c) Ca      (d) Cu      (e) K

問2 ハロゲン化ナトリウムの結晶において、陰イオンのハロゲンのイオン半径は、 $F^-$  から  $Cl^-$ 、 $Br^-$ 、 $I^-$  の順に大きくなり、ハロゲン化ナトリウムの融点は( )。

選択肢

- (a) この順に低くなる      (b) この順に高くなる  
(c) ハロゲンの種類に依存せず変わらない

問3 非電解質の希薄溶液におけるモル凝固点降下は、( )。

選択肢

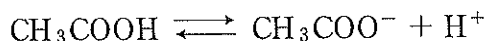
- (a) 溶媒に固有の値であり、溶質の種類によらない  
(b) 溶質に固有の値であり、溶媒の種類によらない  
(c) 溶質にも溶媒の種類にもよらない  
(d) 溶質、溶媒の種類、両方に依存する

問 4 硝酸カリウムの溶解熱は、 $-34.9 \text{ kJ/mol}$ である。断熱容器の中で、硝酸カリウム  $0.10 \text{ mol}$ を  $20^\circ\text{C}$ の水  $1.0 \text{ L}$ に溶かすと、溶液の温度は、約( )。ただし、 $1.0 \text{ g}$ の水を、 $1.0 \text{ K}$ 上昇させるのに必要な熱量 ( $1.0 \text{ cal}$ )は、 $4.18 \text{ J}$ に相当する。

選択肢

- |                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|
| (a) $8.3 \text{ K}$ 上昇する  | (b) $0.83 \text{ K}$ 上昇する |
| (c) $0.83 \text{ K}$ 降下する | (d) $8.3 \text{ K}$ 降下する  |

問 5 酢酸を水に溶解した際には、次のような電離平衡が成立する。  
 $0.10 \text{ mol/L}$ の酢酸溶液を調製したところ  $\text{pH}$ が  $3.0$ であった。このときの酢酸の解離度に最も近い値は、( )である。



選択肢

- |           |            |          |
|-----------|------------|----------|
| (a) 1     | (b) 0.1    | (c) 0.01 |
| (d) 0.001 | (e) 0.0001 |          |

問 6 マレイン酸とフマル酸は、図1のように、互いにシス・トランスの異性体の関係にあるが、一方は、分子内並びに分子間で水素結合を形成するのに対し、片方は、分子間でのみ水素結合を形成できるため、2つの物質の融点を比較すると ( )。

選択肢

- |                    |
|--------------------|
| (a) マレイン酸の方が、融点が高い |
| (b) フマル酸の方が、融点が高い  |
| (c) 差は無い           |

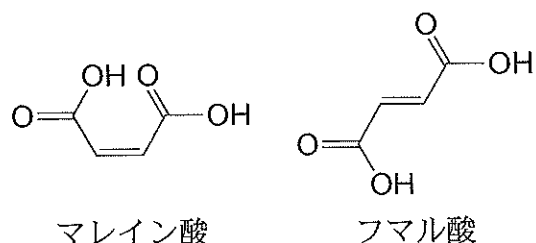


図1

問 7  $\text{AgNO}_3$  水溶液を電解液とする同じ電解槽 A, B を直列に接続し, 2.00 A で 483 秒間だけ電気分解を行った。電気分解が観測された電解槽 A の陽極側に発生した気体を採取して体積を測ったところ, 標準状態で 0.0560 L であった。このとき, 電解槽 B の陰極側に生成した物質の物質量は, ( ) mol である。

選択肢

(a) 0.100

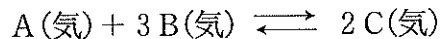
(b) 0.0100

(c) 0.00500

(d) 0.00125

(e) 0.00100

問 8 次の式は、物質 A, B, C(いずれも気体)間の平衡反応の反応式である。



この反応を異なる温度で行ったときの物質 C の生成率をグラフにしたのが図 2 である。この反応は、( )。

選択肢

- (a) 温度の低い方が平衡に達した時の物質 C の生成率が高くなることから、発熱反応と考えられる。平衡時の物質 C の生成率をさらに上げるためには、圧力を上げることは有効であるが、触媒の添加は効果がない。
- (b) 温度の低い方が平衡に達した時の物質 C の生成率が高くなることから、発熱反応と考えられる。平衡時の物質 C の生成率をさらに上げるためには、圧力を下げることは有効であるが、触媒の添加も効果がある。
- (c) 温度の低い方が平衡に達した時の物質 C の生成率が高くなることから、吸熱反応と考えられる。平衡時の物質 C の生成率をさらに上げるためには、圧力を上げることは有効であるが、触媒の添加は効果がない。
- (d) 温度の低い方が平衡に達した時の物質 C の生成率が高くなることから、吸熱反応と考えられる。平衡時の物質 C の生成率をさらに上げるためには、圧力を下げることは有効であるが、触媒の添加も効果がある。

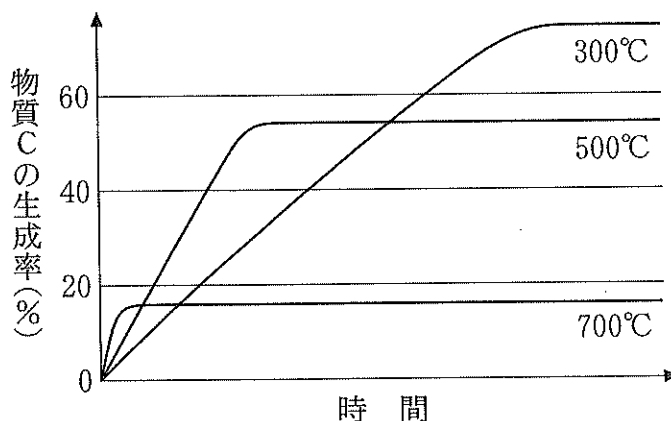


図 2 異なる温度での物質 C の生成率

2

次の文章を読み、問1～問5に答えなさい。

発酵食品の製造では、微生物が持つ発酵の仕組みが巧みに利用されている。発酵に伴い、食品中の有機化合物は他の物質に変換される。日本酒や焼酎の製造に利用されるアルコール発酵では、穀類やイモ類などのデンプン質の加水分解で得られたグルコースが、エタノールと二酸化炭素に変換される。発酵乳製品の製造に働く乳酸発酵では、グルコースがすべて乳酸に変換される。食酢製造では、アルコール発酵で得たエタノールと酸素から酢酸と水が生成する酢酸発酵が働いている。また、発酵は、燃料の生産にも利用される。たとえば、メタン発酵では、酢酸からメタンと二酸化炭素を生成する反応が知られている。得られるメタンは気体燃料として利用できる。

問1 図1に示した化学反応式の記載例にならい、文章中の下線部①～③に示した乳酸発酵、酢酸発酵、メタン発酵による物質の変換の過程を化学反応式で書きなさい。なお、乳酸の化学式を図2に示す。

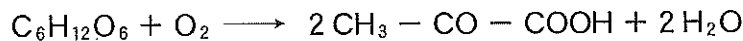


図1 (化学反応式の記載例)

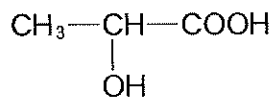


図2 乳酸の化学式

問2 アルコール発酵の発酵産物であるエタノールは、ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて60℃程度に加熱すると、ある特有の化学反応を起こす。

- (1) この化学反応の名称を答えなさい。
- (2) この化学反応の結果どのような現象が観察されるか、説明しなさい。



問 3 デンプンに酵素を作用させて加水分解すると、重合度がやや小さい分子 a が得られ、さらに二糖 b を経てグルコースとなる。

- (1) 分子 a と b はそれぞれ何か、化合物の名称を答えなさい。
- (2) デンプンから二糖への加水分解に働く酵素 c、二糖からグルコースへの加水分解に働く酵素 d の名称をそれぞれ答えなさい。
- (3) 酵素を用いずにデンプンを加水分解するにはどのような方法があるか、答えなさい。

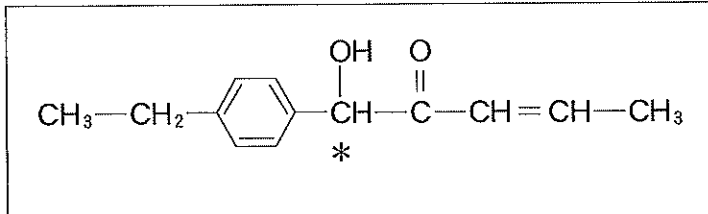
問 4 デンプン水溶液中のデンプンに酵素を作用させて加水分解したあと、アンモニア性硝酸銀水溶液を加え 60℃ 程度に加熱したところ、容器の器壁に銀色の物質が析出した。一方、加水分解前のデンプン水溶液ではそのような現象は見られなかった。

- (1) この反応の名称を答えなさい。
- (2) 容器の器壁に析出した銀色の物質は何か、答えなさい。
- (3) この反応に対するデンプン水溶液の反応性が、デンプンの加水分解前後でどのように異なる理由を、分子の構造の特徴から説明しなさい。

問 5 発酵において、発酵原料に対する発酵産物の量比を収率という。デンプンを原料としたアルコール発酵では、用いたデンプンの質量に対する生成したエタノールの質量の比で表される。デンプンを完全に加水分解して得たグルコースが、アルコール発酵によってすべてエタノールと二酸化炭素に変換された場合の収率は、百分率で何%となるか。計算の過程も示し、有効数字 3 桁で答えなさい。なお、デンプンの分子式は  $(C_6H_{10}O_5)_n$  で表されるものとする。

- 3 下の文章(1)および(2)を読み、問1～問7に答えなさい。なお、構造式を記入するときは、記入例にならって記すこと(図中\*マークは不斉炭素原子を示している)。

構造式の記入例：



- (1) 次の文章は、ある化合物の合成実験について記述したものである。この記述と図1の実験装置のイラストをもとに下の問1～問5に答えなさい。

よく乾燥した丸底フラスコに、エタノール 1.0 mol と酢酸 1.0 mol を混合し、冷却しながら濃硫酸 0.020 mol を少しずつ添加した。沸騰石を入れ、還流冷却器を取り付けることで、図1に示すような装置を組み立て、加熱還流を行った。

1時間後加熱を止め、室温まで放冷した後、反応液に冷水を加えた。分液漏斗に移しジエチルエーテルを加えた後、よく振りまぜて静置すると2層に分離した。ジエチルエーテル層を分取し、ここに飽和炭酸水素ナトリウム水溶液を加えてよく振り混ぜた後、水層を捨てた。分取したジエチルエーテル層に新たに水を加えてよく振り混ぜた後、水層を捨てた。最後にジエチルエーテル層をよく乾燥した三角フラスコに移し、無水塩化カルシウムを加えて一晩放置した。

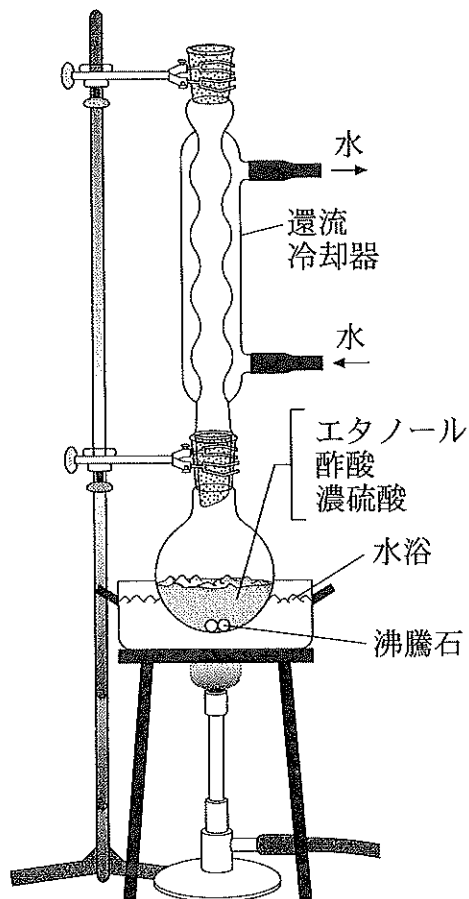


図1

次の日、塩化カルシウムをろ別した液を蒸留装置に移し、蒸留を行った。温度が 76℃ で一定になった留分を集めると、フルーツのような芳香を持つ無色透明の液体が 62 g 得られた。

問 1 実験の結果得られた芳香を持つ無色透明の液体の構造式と化合物名を答えなさい。

問 2 本実験における濃硫酸の役割について簡潔に述べなさい。

問 3 分液漏斗を用いた分離操作の結果、2層に分かれた。それぞれどちらがジエチルエーテル層と水層であるか、解答用紙中の分液漏斗の図に書き入れなさい。ただし、ジエチルエーテルと水の密度はそれぞれ  $0.71 \text{ g/cm}^3$ 、 $1.0 \text{ g/cm}^3$  であるとする。

問 4 蒸留の結果得られた液体がすべて目的物だったと仮定し、本実験の合成収率を計算して有効数字 2 桁で示しなさい。計算の過程も解答欄の枠内に示しなさい。

問 5 本実験に関する次の(ア)~(オ)の文のうち間違っているものが2つある。その文章の記号を選ぶと共に、誤りを指摘しなさい。

(ア) 今回はよく乾燥した丸底フラスコを用いたが、水で濡れたフラスコを利用して合成収率は変わらない。

(イ) 本実験の合成収率を高くする方法として、添加する酢酸の量を  $1.5 \text{ mol}$  に増やすことが考えられる。

(ウ) 加熱還流における沸騰石の役割は、溶液の突沸を防ぐためである。

(エ) 分液漏斗を用いた操作で飽和炭酸水素ナトリウム水溶液を加える理由は、未反応の酢酸をナトリウム塩(酢酸ナトリウム)にすることでジエチルエーテル層に分配されやすくするためである。

(オ) 分液漏斗による分離後のジエチルエーテル層に無水塩化カルシウムを加える理由は、ジエチルエーテル層に残された微量の水分を取り除くためである。

- (2) 化合物 X, Y は共に分子式が  $C_4H_8$  で表され、分子内に炭素間二重結合を有することが分かっている。これら 2 種類の化合物の変換反応に関する次の文章を読み、下の問 6 ~ 問 7 に答えなさい。

X に対してオゾン分解を行ったところ、二重結合が開裂してカルボニル化合物 A とホルムアルデヒドが生成した。化合物 A にフェーリング液を加えて加熱すると、沈殿物が生成すると共に色の変化が観察された。一方、Y をオゾン分解するとカルボニル化合物 B とホルムアルデヒドが得られた。化合物 B にフェーリング液を加えて加熱しても変化は見られなかった。

また、塩素を溶解した水に X を作用させたところ、1 分子の X に対して 1 分子の次亜塩素酸 (分子式:  $HOCl$ ) が付加した化合物が得られた。その主生成物は、不斉炭素原子を持ち、末端に塩素原子が結合したアルコール C であった。一方、同様の操作を行った Y から得られたアルコール D も末端に塩素原子が結合していたが、不斉炭素原子は有していなかった。

問 6 下線部①の記述から、化合物 A はアルデヒド基を有することが分かる。加熱前後の色の変化を書きなさい。

問 7 化合物 A ~ D の構造式をそれぞれ書きなさい。ただし、不斉炭素原子には\*を付けて示しなさい。

問題は次ページに続く。

4 次の問1～問4に答えなさい。

問1 次の(1)～(3)に答えなさい。

- (1) 次の文章を読み、( a )～( e )には元素記号を、( ア )～( オ )には「増大」あるいは「減少」のいずれかを選び、それぞれ答えなさい。

イオン化エネルギーは、第2周期の( a )からNeへ、およそ( ア )する傾向にあるが、BeからBへと、( b )から( c )へは( イ )する。また、電子親和力も一つの周期中に値は増減し、例えば第2周期中BeからCへと、NからFへは( ウ )する。一方、ポーリングによると、電気陰性度は、第2周期中( a )からFへ、そして第3周期中それらそれぞれの同族元素であるNaからClへ次第に( エ )する。両周期中の元素を同族間で比較すると、電気陰性度は、第2周期から第3周期へは必ず( オ )している。HとHeを比較すると、イオン化エネルギーは( d )が、電子親和力は( e )が大きい。

- (2) 次に示す反応熱や状態変化に伴う熱のうち、イオン化傾向に関わるものはどれか、適切なものを2つ選び記号で答えなさい。

選択肢

- |         |         |
|---------|---------|
| (a) 燃焼熱 | (b) 生成熱 |
| (c) 水和熱 | (d) 昇華熱 |

- (3) 次に示す水溶液を電気分解したとき、結果として、水が水素と酸素に電気分解されるものはどれか、2つ選び記号で答えなさい。

選択肢

- |                |            |
|----------------|------------|
| (a) 希塩酸        | (b) 希硫酸    |
| (c) 硫酸ナトリウム水溶液 | (d) 硫酸銅水溶液 |

問 2 0.095 mol/L 塩酸 1.0 L に固体の水酸化ナトリウム 0.11 mol を静かに投入して中和熱を求めたところ、文献からの予想値 57 kJ/mol より約 1.9 倍大きい値が得られた。なぜこのような差異が生じたのか、説明しなさい。さらに、正しい値を得るためには実験操作をどのように修正すればよいか、記述しなさい。

問 3 グルコース  $C_6H_{12}O_6$  (固) の酸化反応は、生体中で行われる基本的な代謝過程である。次の反応：



の反応熱は何 kJ/mol になるか、次に示す①～⑥のデータを利用して答えなさい。計算過程も示しなさい。ただし、全てのデータを用いるとは限らない。

データ (単位はすべて kJ/mol)

① グルコース (固) の生成熱	1277	④ 黒鉛の昇華熱	715
② ダイヤモンドの燃焼熱	396	⑤ 水素の燃焼熱	286
③ 黒鉛の燃焼熱	394	⑥ 水の蒸発熱	44

問 4 温度を一定に保つことのできる恒温槽の中に設置した容器の中で、気体を水 1.00 L に溶解させる実験を行った。次の(1)~(2)に答えなさい。ただし、容器内の圧力は  $1.013 \times 10^5 \text{ Pa} (= 1 \text{ atm})$  に保たれるよう工夫されており、また、容器内での水の蒸気圧は無視するものとする。

- (1) 3種類の気体の溶解実験を温度を変えて行い、溶解した体積をその時の温度に対して表 1 に示した。(ア)~(ウ)に該当する気体は何か、最も適切なものを次の中からそれぞれ選び、分子式で答えなさい。さらに、(ウ)の溶解した体積の値が他に比較して非常に大きい理由を、説明しなさい。

選択肢		
$\text{NH}_3$	$\text{CH}_4$	$\text{H}_2\text{S}$

表 1 3種類の気体が各温度において水 1.00 L に溶解した体積(L)

温度(°C)	気体(ア)	気体(イ)	気体(ウ)
0	$5.6 \times 10^{-2}$	4.6	$4.8 \times 10^2$
20	$3.6 \times 10^{-2}$	2.7	$3.4 \times 10^2$
40	$2.7 \times 10^{-2}$	1.9	$2.4 \times 10^2$

- (2) 温度  $0^\circ\text{C}$  のもと、 $\text{CO}_2$   $1.00 \times 10^{-1} \text{ mol}$  と  $\text{N}_2$   $1.00 \times 10^{-1} \text{ mol}$  の混合気体を水 1.00 L に溶解させる実験を行った。時間が十分経過した後での気相中の  $\text{N}_2$  の分圧は何 atm か、答えなさい。計算過程も示しなさい。ただし、 $0^\circ\text{C}$  の水 1.00 L に対する  $\text{CO}_2$ 、および、 $\text{N}_2$  の溶解度は、1.00 atm のもと、それぞれ  $8.10 \times 10^{-2} \text{ mol}$ 、および、 $1.00 \times 10^{-3} \text{ mol}$  である。ただし、必要ならば  $\sqrt{116} = 10.8$  を利用してよい。