

# 理科問題紙

令和4年2月25日

自 14:20

至 16:20

## 答案作成上の注意

1. 理科の問題紙は1から31までの31ページである。
2. 解答用紙は、生物⑦、⑧、⑨、化学⑩、⑪、⑫、⑬、物理⑭、⑮、⑯の10枚である。
3. 生物、化学、物理のうち2科目を選択すること。
4. 解答はすべて解答用紙の指定された箇所に書くこと。
5. 試験開始後30分以内に選択する科目を決定すること。
6. 折りこまれている白紙(2枚)は草案紙として使用すること。
7. 問題紙と草案紙は持ち帰ること。

## 化 学

1 ~ 3 の各問に答えなさい

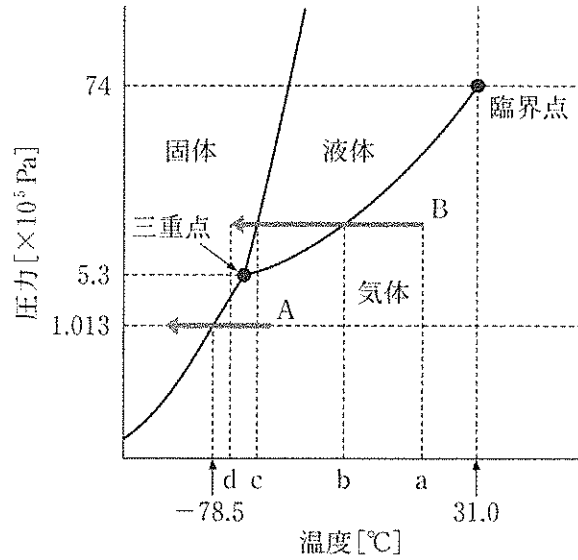
原子量は H : 1.0, C : 12.0, N : 14.0, O : 16.0, Na : 23.0, S : 32.0 とする。

1 以下の文章を読んで、問 1 ~ 問 7 に答えなさい。

二酸化炭素  $\text{CO}_2$  は、直線形をした無極性分子であり、次頁の状態図に示すように  $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$  (1 気圧)、 $0^\circ\text{C}$  では気体として存在する。図の矢印 A のように 1 気圧のまま温度を  $-78.5^\circ\text{C}$  以下にすると、 $\text{CO}_2$  の気体は液体状態を経ることなくドライアイスとよばれる (ア) 結晶の白色固体になる。一方、図の矢印 B のように  $5.3 \times 10^5 \text{ Pa}$  より高い圧力のもとで温度を下げていくと、気体は液体を経て固体に変化する。状態図において (イ) が途切れた点は臨界点とよばれ、この点よりも高い温度や圧力では、液体と気体の中間的な性質を持つ状態として存在し、このような状態にある物質は (ウ) とよばれる。

地球大気に  $\text{CO}_2$  は 0.04 % 程度存在し、地表から放射される赤外線を吸収し、地球の気候を温暖なものに保つ働きをしていることから (エ) ガスと呼ばれている。近年、エネルギー源として石油や天然ガスなどの化石燃料を多量に燃焼することによって大気中の  $\text{CO}_2$  濃度が増加し、地球温暖化をもたらすことが懸念されている。大気中に放出された  $\text{CO}_2$  の一部は海洋に吸収され、また一部は光合成によって植物に取り込まれ有機物として陸地に蓄えられる。植物などの生物資源から得られた燃料はバイオ燃料とよばれ、その燃焼によって発生する  $\text{CO}_2$  は、もともと大気にあった  $\text{CO}_2$  を大気に戻すだけで、大気中の  $\text{CO}_2$  の増加にはならないことからカーボンニュートラルとよばれ、地球温暖化を防止するエネルギー源として期待されている。

$\text{CO}_2$  の気体を石灰水に吹き込むと白色の沈殿が生じることからこの反応は (オ)  $\text{CO}_2$  の検出に使うことができる。また、火力発電所などから排出される  $\text{CO}_2$  を回収し、加圧して液体として圧力の高い地中や海底に貯留する研究も行われている。



【図】 二酸化炭素の状態図

問 1 文中の (ア) ~ (エ) にあてはまる語句をかきなさい。

問 2  $\text{CO}_2$  と同様に無極性分子であるものを以下の中から すべて 選び記号で答えなさい。

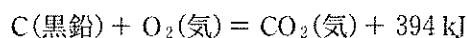
- |           |           |           |
|-----------|-----------|-----------|
| (a) 硫化水素  | (b) ナフタレン | (c) アンモニア |
| (d) 四塩化炭素 | (e) ヨウ素   | (f) グルコース |

問 3 図の矢印 B のように、一定の圧力下で温度を a から d まで下げていった時の  $\text{CO}_2$  の体積の変化を解答欄の図の中に示しなさい。なお、解答欄の図には最初と最後の点をそれぞれ●と○で示している。図への記入はフリーハンドによる概略図でよいが、温度と体積の関係が分るように、また、液体と固体の体積の違いが分るように示すこと。

問 4 二酸化炭素と水の状態に関係する以下の文のうち正しいものをすべて選び  
記号で答えなさい。

- (a) 二酸化炭素の固体に圧力を加えると液体に変化することがある。
- (b) 二酸化炭素の沸点は、圧力の増加とともに高くなる。
- (c) 1 気圧で二酸化炭素の固体を加熱すると蒸発して気体になる。
- (d) 水の融点は圧力の増加とともに高くなる。
- (e) 三重点より高い温度で水の気体に圧力を加えても固体になることはない。

問 5 バイオ燃料の一つであるエタノール  $C_2H_6O$ (液) が完全燃焼して、 $CO_2$ (気) と  $H_2O$ (液) を生成するときの燃焼熱は  $1369 \text{ kJ/mol}$  である。C(黒鉛) と水素  $H_2$ (気) と酸素  $O_2$ (気) から  $C_2H_6O$ (液) が生成するときの生成熱を、エタノールの燃焼熱と以下に示す  $CO_2$ (気) と  $H_2O$ (液) の生成熱を用いて求めなさい。また、エタノールの燃焼によって  $500 \text{ kg}$  の水の温度を  $10^\circ\text{C}$  から  $40^\circ\text{C}$  にあげるときに発生する  $CO_2$  の質量は何  $\text{kg}$  か、有効数字 2 桁で求めなさい。ただし、エタノールは完全燃焼し、燃焼によって生じた熱は損失なくすべて水の温度を上げるのに使われるものとする。また、水の比熱を  $4.2 \text{ J/g}\cdot\text{K}$  とする。



問 6 下線部①のように海洋が  $\text{CO}_2$  の吸収源になっているが、一般に  $\text{CO}_2$  (気) の水への溶解について述べた以下の文のうち、間違っているものをすべて選び記号で答えなさい。

- (a)  $\text{CO}_2$  (気) の水への溶解度は水の温度に依存せず一定である。
- (b)  $\text{CO}_2$  (気) は水の pH が低いほどよく溶解する。
- (c)  $\text{CO}_2$  (気) の分圧が増加すると、水への溶解度も大きくなる。
- (d) 水に溶解した  $\text{CO}_2$  (気) は水と反応して弱酸性を示す。
- (e)  $\text{CO}_2$  (気) は水酸化ナトリウム水溶液によく溶解し、炭酸ナトリウムを生じる。

問 7 下線部②のように沈殿の生じた溶液にさらに  $\text{CO}_2$  を吹き込むと沈殿はどのように変化するか、以下の中から最も適当なものを 1 つ選び記号で答えなさい。また、この時の変化を化学反応式でかきなさい。

- (a) 沈殿の量が増加する。
- (b) 沈殿の色が変化する。
- (c) 沈殿が消失する。

2 以下の文章を読んで、問1～問6に答えなさい。

硫黄の単体には斜方硫黄、単斜硫黄、ゴム状硫黄などの  が存在する。硫黄の単体や化合物は、生活や工業、科学研究の中で利用されている。たとえば、単体の硫黄はゴムの製造過程で用いられる。原料の天然ゴムに数%の硫黄を①加えて加熱する工程は加硫とよばれ、ゴム製品の性能にとって重要な工程である。化合物の利用例としては以下のようなものがある。硫化水素(H<sub>2</sub>S)を水に溶かしたときに生じる硫化物イオンは、②金属イオンの検出に用いられる。また、二酸化硫黄(SO<sub>2</sub>)を水に溶かすと生じる亜硫酸は、 などとして利用される。SO<sub>2</sub>は工業的に硫酸を製造する際の原料としても使われる。硫黄の燃焼で得たSO<sub>2</sub>を、触媒下で酸素と反応させて三酸化硫黄(SO<sub>3</sub>)とする。生じたSO<sub>3</sub>を濃硫酸に吸収させて発煙硫酸とし、これを希釈して最終製品の濃硫酸にしている。このような硫酸の製法は  とよばれる。硫酸が引き起こす③様々な反応は、電池、工業、薬品製造など広い分野で利用されている。

問1 文中の  ～  に入る語句の組み合わせとして適切なものを以下の中から1つ選び記号で答えなさい。

- |                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| (a) 同素体、黄染料、発煙法 | (b) 同位体、黄染料、発煙法 |
| (c) 同素体、漂白剤、発煙法 | (d) 同位体、漂白剤、発煙法 |
| (e) 同素体、黄染料、接触法 | (f) 同位体、黄染料、接触法 |
| (g) 同素体、漂白剤、接触法 | (h) 同位体、漂白剤、接触法 |

問2 下線部①について、この操作でどのような構造の変化が起こり、その結果、ゴムの性能にどのような変化が起こるか、70文字程度で記述しなさい。

問 3 下線部②に関連して、 $\text{Ag}^+$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 、 $\text{Al}^{3+}$  のいずれかを含む水溶液(a)~(e)に対して以下の実験を行なった。

(実験 1) 試験管に水溶液(a)~(e)を取り、それぞれに希塩酸を加えたところ、水溶液(d)にのみ沈殿が生じた。

(実験 2) 別の試験管に水溶液(a)~(e)を取り、それぞれに少量の水酸化ナトリウム水溶液を加えたところ、すべての水溶液に沈殿が生じた。さらに水酸化ナトリウム水溶液を過剰に加えると、水溶液(a)、(c)で生じた沈殿は溶解した。

(実験 3) 別の試験管に水溶液(a)~(e)を取り、それぞれに少量のアンモニア水を加えたところ、すべての水溶液に沈殿が生じた。さらにアンモニア水を過剰に加えると、水溶液(a)、(b)、(d)で生じた沈殿は溶解した。

水溶液(a)~(e)を酸性にして硫化水素を通じたとき、沈殿が生じる水溶液をすべて選び記号で答えなさい。

問 4 単体の硫黄 8.0 kg を原料として  の方法で硫酸を製造したとき、得られる硫酸は何 kg になるか、有効数字 3 桁で求めなさい。ただし、すべての硫黄が硫酸になったとする。

問 5 下線部③について，以下の文に記述されている現象は，硫酸のどのような性質によるものか，(a)～(f)から最も適切なものをそれぞれ選び記号で答えなさい。なお，誤りを含む記述や硫酸とは無関係の現象の記述には，解答欄に「×」を記入しなさい。同じ選択肢を何度使用してもよい。

- (1) スクロースに濃硫酸を加えると黒色の物質に変化した。
  - (2) タンパク質の水溶液に少量の濃硫酸を加えると白い沈殿が生じた。
  - (3) 固体の水酸化ナトリウムが入ったビーカーと，濃硫酸が入ったビーカーをフタをせずに隣同士においておくと，水酸化ナトリウムの一部が溶けた。
  - (4) 濃硫酸に銅片を加えて加熱すると気体が発生した。
  - (5) エタノールと濃硫酸を混合して加熱すると，甘い香りの気体が発生した。
- |               |                  |
|---------------|------------------|
| (a) 吸湿作用      | (b) 酸化剤としての作用    |
| (c) 還元剤としての作用 | (d) 脱水作用         |
| (e) 強酸としての作用  | (f) スルホン化剤としての作用 |

問 6 下線部③に関連して，硫酸の利用例についての以下の文から正しいものをすべて選び記号で答えなさい。

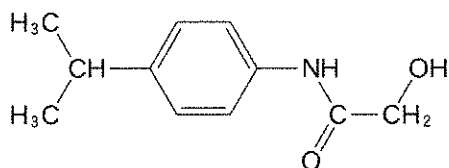
- (a) 燃料電池自動車では，バッテリー内で硫酸を触媒とした水の電気分解を行ない，生じた水素を燃焼して動力を得ている。
- (b) 鉛蓄電池の電解液として利用されている希硫酸は，放電時に濃度が減少してしまうが，充電により濃度を回復することができる。
- (c) 半導体製造に必要なフッ化水素は，フッ化カルシウムに濃硫酸を加えて加熱することで製造されている。
- (d) 熔融塩電解でアルミニウムを製造する際には，アルミナの融点を下げるために硫酸を溶媒として利用する。
- (e) 1価の高級脂肪酸と濃硫酸のエステルを作製し，これを水酸化ナトリウムで中和して得られる合成洗剤は，硬水中でも泡立ちがよい。
- (f) 架橋構造をもつポリスチレンを濃硫酸で処理して陰イオン交換樹脂を作製できる。この樹脂に食塩水を通すとアルカリ性の流出液が得られる。





3 (I), (II)の各問に答えなさい。

(I) 以下の文章を読んで、問1～問4に答えなさい。構造式は以下の例にならってかきなさい。



炭化カルシウム(カーバイド)に水を作用させると、アセチレンが発生する。  
①アセチレンは完全燃焼すると高温の炎を生じることから、アセチレンバーナーとして鉄材の溶接などに広く用いられている。

アセチレンにはさまざまな分子を付加させることができる。触媒を用いてアセチレンに酢酸を付加させると (ア) が生じ、これを付加重合すると樹脂状の高分子化合物 (イ) が得られる。水酸化ナトリウム水溶液を用いて (イ) を処理すると水に溶けやすい高分子化合物 (ウ) が得られ、これを繊維状にした後さらにホルムアルデヒド水溶液で処理すると、不溶性の (エ) が得られる。

赤熱した鉄にアセチレンを触れさせると、環状化合物であるベンゼンが得られる。触媒を用いてベンゼンとプロペンを反応させ、酸素で酸化した後に硫酸で分解すると (オ) とフェノールが得られる。フェノールに臭素水を加えると、 (カ) の白色沈殿が得られる。

問1 下線部①の化学反応式をかきなさい。

問2 (ア), (オ), (カ) の構造式をかきなさい。

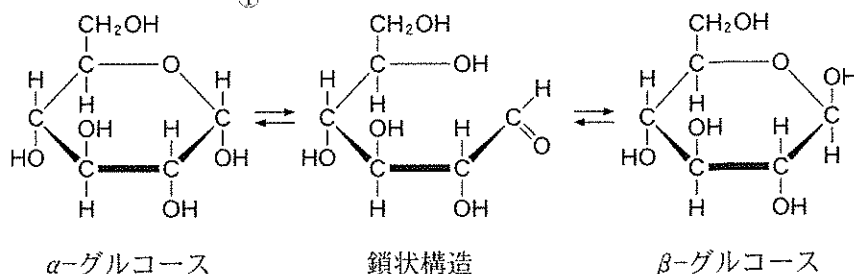
問3 (イ), (ウ), (エ) の名称をかきなさい。

問 4 下線部②に関連して、17.2 g の  を完全に  に変化させる時に消費される水酸化ナトリウムの質量は何 g か、有効数字 2 桁で求めなさい。

(II) 以下の文章を読んで、問1～問4に答えなさい。

単糖は糖類の基本構造である。グルコースは生体にとって最も重要な単糖の一つであり、水溶液中では下図に示すような平衡状態をとる。 $\alpha$ -グルコースと $\beta$ -グルコースは互いに立体異性体の関係にあり、また鎖状構造が

(ア) 基を持つためグルコースは還元性を示す。<sup>①</sup>



二分子の単糖は脱水縮合により (イ) 結合を形成し二糖となる。この結合は単純なエーテル結合とは異なり、 $-C-O-C-O-C-$ というアセタール構造をもつことを特徴としている。グルコースを含む二糖にはマルトース、ラクトース、スクロースなどがある。<sup>②</sup>グルコース二分子からなる二糖にも幾つかの異性体が存在し、 $\alpha$ -グルコース同士が結合したマルトースやトレハロース、 $\beta$ -グルコース同士が結合した (ウ) などがよく知られている。

さらに多数の単糖が縮合重合したものが多糖類である。 $\alpha$ -グルコースの重合からはアミロースやアミロペクチンなどのデンプン、そして動物の生体内で合成される (エ) などが産生される。これらの多糖はヨウ素溶液による呈色反応で検出できる。<sup>③</sup>一方、 $\beta$ -グルコースの重合からはセルロースが産生する。

問 1 (ア) ~ (エ) に当てはまる適切な語句をかきなさい。

問 2 下線部①を確認するにはどのような実験を行うと良いか。以下の文のうち、適するものをすべて選び記号で答えなさい。

- (a) アンモニア性硝酸銀溶液を加えて加熱する。
- (b) フェーリング液を加えて加熱する。
- (c) ヨウ素溶液と水酸化ナトリウム溶液を滴下する。
- (d) 塩化鉄(Ⅲ)水溶液を滴下する。
- (e) 臭素水にグルコース溶液を滴下する。

問 3 下線部②に関連して、マルトース、ラクトース、スクロースの混合物を考える。この混合物に適量の水を加えて全て溶解した後、希塩酸存在下に加熱して完全に加水分解した。生成物の成分分析を行なったところ、グルコース、フルクトース、ガラクトースがモル比にして 12 : 5 : 3 の割合で存在していた。最初の混合物中にスクロースが占める割合は何%か、モル%を有効数字 2 桁で求めなさい。

問 4 下線部③の反応は、多数のヨウ素分子  $I_2$  が一列に整列し、その結果ヨウ素原子の性質が変化する現象を反映している。ヨウ素溶液により呈色したデンプンが、加熱されると無色になり冷却により再び呈色する理由を記述しなさい。