

物 理・化 学 問 題

2012年度

< H24060017 >

注 意 事 項

- この問題冊子には、物理および化学の問題が印刷されています。
受験票に記載されている理科学解答パターンの問題のみを解答してください。

解答 パターン	物 理	化 学	生物 (別冊配布)
A	○	○	×
B	○	×	○
C	×	○	○

- この試験では、解答パターンがAの受験生には、この問題冊子、記述解答用紙およびマーク解答用紙の計3種類を配付します。
解答パターンがBおよびCの受験生には、これらに加え「生物」の問題冊子の計4種類を配付します。
- 問題冊子および解答用紙は、試験開始の合図があるまで開かないでください。
- 物理の問題は2～9ページ、化学の問題は12～19ページに記載されています。試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れに気付いた場合は、手を挙げて監督員にお知らせください。
- 記述解答用紙については、所定の欄（各2か所）に、氏名および受験票に記載されている受験番号を、正確に記入してください。受験番号は、右詰めで記入し、番号欄に余白が生じる場合でも、番号の前に「0」を記入しないでください。

(例) 3825番 ⇨

万	千	百	十	一
	3	8	2	5

※数字は読みやすいように、はっきり記入すること。

読みにくい数字は採点処理に支障をきたすことがあるので、注意すること。

数 字 見 本	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

- マーク解答用紙については、受験番号を確認したうえ所定欄に氏名のみを記入してください。
- 解答は解答用紙の所定欄に、黒鉛筆（HB）またはシャープペンシル（HB）で記入し、所定欄外には何も記入しないでください。
- マーク解答用紙については、以下の点に注意してください。
 - マーク欄は、はっきりとマークしてください。また、訂正する場合は、消しゴムで消し残しがないようにきれいに消してください（砂消しゴムは使用不可）。
 - 解答は指定された解答欄にマークし、解答用紙のその他の部分には何も記入しないでください。

良い例 (a)

1	2	3	4	5	6
○	○	●	○	○	○

 ○の中を正確にぬりつぶす

悪い例 (a)

1	2	3	4	5	6
●	●	○	●	○	○

- はみ出してぬりつぶす
- ぬり残す
- で囲む
- 薄い
- ✓点(ぬりつぶしていない)
- ×印(ぬりつぶしていない)

- 下書きは問題冊子の余白を使用してください。
- 問題冊子は持ち帰ってください。
- 解答用紙は必ず提出してください。

必要ならば、以下の数値を用いなさい。

H=1.0, C=12.0, N=14.0, O=16.0, S=32.0, Cl=35.5, K=39.0,

Ca=40.0, Mn=55.0, Fe=56.0, Cu=64.0, Ag=108

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

アボガドロ定数： $6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$

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

化学（マーク解答問題）

〔I〕 次の（1）～（10）の文中、（ A ）、（ B ）、（ C ）にもっとも適合するものを、それぞれA群、B群、C群の（イ）～（ホ）から選び、マーク解答用紙の該当欄にマークしなさい。

（1）炭素には、ダイヤモンド、黒鉛などの（ A ）がある。ダイヤモンドでは、価電子はすべて炭素原子間の（ B ）に使われている。また、黒鉛では炭素原子どうしの結合で作られた平面が層状に重なっている。グラフェンは黒鉛を構成する層1枚よりなる物質であり、グラフェン中の1つの炭素原子は（ C ）個の炭素原子と（ B ）でつながっている。

- | | | |
|------------|---------|--------------------------|
| A：（イ）異性体 | （ロ）同位体 | （ハ）同素体 |
| （ニ）同族体 | （ホ）鏡像体 | |
| B：（イ）イオン結合 | （ロ）共有結合 | （ハ）金属結合 |
| （ニ）水素結合 | （ホ）配位結合 | |
| C：（イ）0 | （ロ）1 | （ハ）2 （ニ）3 （ホ）4 |

（2）はじめに、 1.10 mol/L のアンモニア水を 20.0 mL とり、蒸留水で希釈して 100 mL とした。この希アンモニア水中の水酸化物イオン濃度は約（ A ） mol/L である。この希アンモニア水を 20.0 mL とり、これに $1.00 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ の塩酸 22.0 mL を加えたところ、 pH 約（ B ）の緩衝溶液が得られた。同様に、希アンモニア水を 20.0 mL とり、 $4.00 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ の塩酸を 20.0 mL 加えた。このときの水酸化物イオン濃度は約（ C ） mol/L であった。ただし、アンモニアの電離定数 K_b は $1.81 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ 、水のイオン積 K_w は $1.01 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ である。 $-\log K_b = 4.74$ として計算しなさい。

- | | | |
|-----------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| A：（イ） 2.0×10^{-6} | （ロ） 4.0×10^{-6} | （ハ） 3.0×10^{-4} |
| （ニ） 2.0×10^{-3} | （ホ） 4.0×10^{-3} | |
| B：（イ）4.3 | （ロ）4.7 | （ハ）9.3 （ニ）9.7 （ホ）10.0 |
| C：（イ） 5.6×10^{-14} | （ロ） 1.1×10^{-13} | （ハ） 1.1×10^{-7} |
| （ニ） 9.0×10^{-2} | （ホ） 1.8×10^{-1} | |

- (3) 水に物質を溶解させていくとそれ以上溶解させることができなくなる限界がある。この限界に達した溶液を (A) といい、溶質が溶解することができる限界の量をその物質の溶解度という。20℃での硫酸銅(Ⅱ)の溶解度は20である。20℃で硫酸銅(Ⅱ)の (A) 120 g を作り、同じ温度で放置したところ、3.0 g の (B) の結晶が析出した。このとき蒸発した水の量は、およそ (C) mL である。

- A : (イ) 飽和溶液 (ロ) 緩衝溶液 (ハ) 電解質溶液
 (ニ) 融解液 (ホ) 過冷却水
 B : (イ) Cu (ロ) CuSO_4 (ハ) $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
 (ニ) CuO (ホ) $\text{Cu}(\text{OH})_2$
 C : (イ) 8.5 (ロ) 9.6 (ハ) 15 (ニ) 24 (ホ) 30

- (4) ある条件で Ag^+ を還元したところ1辺の長さがおよそ 50 nm の立方体のコロイド粒子ができた。銀の金属結合半径が $1.41 \times 10^{-10} \text{ m}$ 、原子の配列が面心立方格子であるとする、コロイド粒子1個の中に含まれている銀の原子数は、およそ (A) 個であり、その重さは、およそ (B) g である。したがって、コロイド粒子中の銀の密度は、およそ (C) g/cm^3 である。

- A : (イ) 2.0×10^6 (ロ) 3.9×10^6 (ハ) 5.6×10^6
 (ニ) 7.8×10^6 (ホ) 1.1×10^7
 B : (イ) 3.5×10^{-16} (ロ) 7.0×10^{-16} (ハ) 1.0×10^{-15}
 (ニ) 1.4×10^{-15} (ホ) 1.9×10^{-15}
 C : (イ) 2.8 (ロ) 5.6 (ハ) 8.0 (ニ) 11 (ホ) 15

- (5) 以下のうち物質量が最も大きいのは (A) であり、2番目に大きいのは (B) であり、最も小さいのは (C) である。

- ① 炭素棒を電極として用い、硫酸銅(Ⅱ)水溶液に 2.00 A の電流を 1.00 時間流して電気分解したときに、陽極で発生する気体
 ② 3.20 g の酸化鉄(Ⅲ)を還元して鉄とするときに必要な一酸化炭素
 ③ 18.0 g のグルコースをマルトースから生成するときに最低限必要な水
 ④ カルシウム 0.500 g を水と完全に反応させたときに生成する気体
 ⑤ 27.0℃, $8.00 \times 10^4 \text{ Pa}$ で 800 mL を占める理想気体

- A : (イ) ① (ロ) ② (ハ) ③ (ニ) ④ (ホ) ⑤
 B : (イ) ① (ロ) ② (ハ) ③ (ニ) ④ (ホ) ⑤
 C : (イ) ① (ロ) ② (ハ) ③ (ニ) ④ (ホ) ⑤

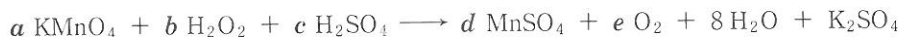
(6) 水溶液が弱酸性を示し、かつヨウ素と反応しないものは (A) である。(A) を発生させるには、(B)。また (A) の水溶液は (C) するのが適切である。

- A : (イ) Cl_2O_7 (ロ) HCl (ハ) HF (ニ) H_2S (ホ) SO_2
- B : (イ) 硫黄を鉄と反応させて得られた化合物を、ふたまた試験管を使って希塩酸と反応させる
(ロ) 酸化アルミニウムを氷晶石とともに融解塩電解する
(ハ) 銅と熱濃硫酸を反応させる
(ニ) ナトリウム塩の電気分解により生成する
(ホ) 鉛の容器中、ホタル石に濃硫酸を反応させる
- C : (イ) 褐色のガラス瓶に保存
(ロ) ガラスの瓶に保存し、ゴム栓を
(ハ) 石英ガラスの容器に保存
(ニ) ポリエチレン容器に保存
(ホ) PET (ポリエチレンテレフタレート) 容器に保存

(7) 分子式 C_5H_{10} で表される鎖状化合物の異性体の数は (A) である。この異性体すべてに対して塩化水素を付加させたときにできる構造異性体の数は (B) である。また、分子式 $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ で表される化合物でナトリウムと反応しないものの数は (C) である。

- A : (イ) 4 (ロ) 5 (ハ) 6 (ニ) 7 (ホ) 8
- B : (イ) 7 (ロ) 8 (ハ) 9 (ニ) 10 (ホ) 11
- C : (イ) 2 (ロ) 3 (ハ) 4 (ニ) 5 (ホ) 6

(8) 硫酸で酸性にした過酸化水素水に過マンガン酸カリウム水溶液を加えると、以下の反応が起こる。



ここで、 $a + b + c + d + e =$ (A) である。このとき、(B)。過マンガン酸カリウムおよび過酸化水素、硫酸をそれぞれ 3 mol ずつ用いて反応させる場合、発生する酸素は標準状態でおよそ (C) L である。

- A : (イ) 9 (ロ) 11 (ハ) 13 (ニ) 15 (ホ) 17
- B : (イ) マンガンの酸化数が +6 から +2 に減っている
(ロ) 過酸化水素は還元剤として働いている
(ハ) 反応の前後で溶液の色は変化しない
(ニ) 黒色沈殿が生じる
(ホ) 硫酸は触媒として働いている
- C : (イ) 11 (ロ) 17 (ハ) 44 (ニ) 67 (ホ) 112

- (9) 植物油の不飽和脂肪酸に水素を付加して飽和脂肪酸にすると、(A)。三重結合を含まない鎖状不飽和脂肪酸において、炭素原子間の二重結合の数を m 、炭素原子の数を n としたとき、この不飽和脂肪酸の水素原子の数は (B) (m と n は整数) である。この鎖状不飽和脂肪酸 70.0 g に、水素付加を行い飽和脂肪酸とするために 0.500 mol の水素を必要とした。炭素原子数 n が 18 のとき、二重結合の数 m の値は (C) である。

- A : (イ) 融点が下がる (ロ) 常温で固化するようになる
 (ハ) ヨウ素と反応するようになる (ニ) 水に溶けるようになる
 (ホ) 水酸化ナトリウム水溶液と硫酸銅水溶液を加えた際に赤紫色を示すようになる
- B : (イ) $2n - 2m$ (ロ) $2n - m$ (ハ) $2n + m$
 (ニ) $2n + 2m$ (ホ) $2n + m + 1$
- C : (イ) 1 (ロ) 2 (ハ) 3 (ニ) 4 (ホ) 5

- (10) ある濃度の溶液を調製するとき、まず溶質の質量を測定し、次に、これを溶媒に溶かす。液量の測定には、しばしばメスフラスコやメスシリンダーを使う。メスシリンダーを使うときは、(A)を読み取る。このとき、読み取り値までが液量の有効数字となる。一方、標線以外の目盛りがないメスフラスコではどうだろうか。メスフラスコで調製した溶液の濃度がどの程度正確か検討する。式量 58.44 の溶質を 1.251 g 測りとり、これを水に溶かして 25 mL の溶液を調製する場合を考える。標線近傍の内径が 12 mm のメスフラスコで溶液を調製する際に、標線近傍の液面の高さの読み取り誤差が 0.1 mm であるとする、液量の読み取り誤差は約 (B) mL となる。誤差と同じ桁の数字までが意味のある数字であると考え、液量の有効数字は (C) 桁となる。したがって、調製した溶液のモル濃度の有効数字は (C) 桁となる。

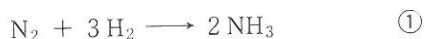
- A : (イ) 最小目盛りの 1/10 までの値 (ロ) 液面に近いほうの目盛りの値
 (ハ) 液面より下にある目盛りの値 (ニ) 最小目盛りの 1/100 までの値
 (ホ) 最小目盛りの半分までの値
- B : (イ) 0.0001 (ロ) 0.001 (ハ) 0.01 (ニ) 0.1 (ホ) 1
- C : (イ) 1 (ロ) 2 (ハ) 3 (ニ) 4 (ホ) 5

化学（記述解答問題）

〔Ⅱ〕 次の文章を読んで、問1～問9の答えを記述解答用紙の該当欄に記入しなさい。

先生：現在、窒素肥料として使用されている物質の中に硫酸アンモニウム $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ があります。これは、アンモニアと硫酸を反応させて作ることができます。原料となるアンモニアは、ハーバー・ボッシュ法により合成します。

W君：先生、①の化学反応式から、窒素と水素を混合して反応させればアンモニアが簡単に合成できそうですが、ハーバー・ボッシュ法では何か特別な工夫がされているのでしょうか。



先生：大量のアンモニアを効率的に作るためには反応条件が重要です。ハーバー・ボッシュ法では、 $2 \times 10^7 \text{ Pa}$ 、 500°C 前後という過酷な条件下で、鉄を主成分とする触媒を用いてアンモニアを作ります。

W君：確かに、教科書に、触媒を使うと反応速度が大きくなると書いてあります。先生、触媒を使うと、どうして反応速度は大きくなるのでしょうか。

先生：図1を使って、その理由について考えることにしましょう。図から、触媒を使うと活性化エネルギーが小さくなるのが分かりますね。①の化学反応の反応速度定数 k は、②式のように、気体定数 R 、比例定数 A 、活性化エネルギー E_a 、絶対温度 T を用いて表すことができます。

$$k = Ae^{-\frac{E_a}{RT}} \quad \text{②}$$

②式から、活性化エネルギーが小さくなると反応速度定数が大きくなることが分かりますね。

W君：触媒を使うとどのくらい反応が速くなるのでしょうか。

先生：では、触媒を使うときと、そうでないときで、②式の A の値が変化しないと仮定して、反応速度定数の違いを計算してみてください。

W君：触媒により反応速度が驚くほど大きくなることが分かりました。ところで、②式から、反応温度はできるだけ高い方が望ましいですね。

先生：確かに反応温度が高いほど反応速度は大きくなりますが、アンモニアを効率良く大量に合成するためには、反応速度を単に大きくすれば良いというものではありません。アンモニア合成では、実際にはアンモニアの分解反応も同時に起きています。したがって、化学平衡もあわせて考える必要があります。

W君：化学平衡を考慮すると、反応温度だけではなく、圧力も重要になりますね。先生、たくさん作られたアンモニアは、他にどのように使われているのですか。

先生：アンモニアは様々な物質の合成に使われています。例えば、硝酸はアンモニアの酸化によって作られています。では、硝酸を使って、化学反応の進行の様子がよくわかる実験をしてみましょう。容積 10 mL の試験管に 0.5 g の金属銅を入れて、1 mol/L の硝酸を少しずつ注いでみてください。

W君：先生、気体が発生してきました。

先生：しばらく観察してください。

W君：発生した気体は液面のすぐ上では無色ですが、試験管の出口付近では褐色をしています。

先生：この褐色の気体を注射器の内容積の半分からいまで採取してみましょう。気体が漏れないように、注射器の針をゴム栓に差し込んでください。ピストンを押したときにどのような変化が起こるか観察しましょう。

W君：注射器のピストンを押し込むと一瞬色が濃くなりましたが、だんだんと薄くなりました。

先生：今度は、ピストンを引いてみてください。

W君：注射器のピストンを引くと一瞬色が薄くなりましたが、だんだんと濃くなりました。

先生：氷水を用意したので、注射器を浸してみてください。

W君：あれ、無色になりました。

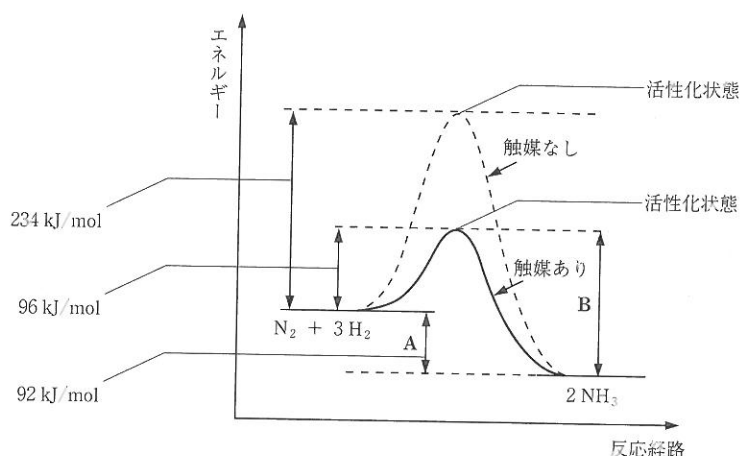


図1 ①の化学反応におけるエネルギー変化

問1 図中のA, Bはそれぞれ何を表しているか、答えなさい。

問2 低温での分子の運動エネルギー分布の一例が解答欄に図示してある。高温での分子の運動エネルギー分布を、この図に書き加えなさい。

問3 ①の反応では高温ほど反応速度が大きい。その理由を、問2で解答した分子の運動エネルギー分布を参考にして40文字以内で答えなさい。

問4 27℃において触媒を用いたとき、①の反応の反応速度定数は、触媒がないときと比べて何倍か、(イ)～(ヌ)の中から最も近いものを選び、記号で答えなさい。必要に応じて次の数値を用いなさい。 $\log_{10} e = 0.43$

- | | | | | |
|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| (イ) 10 | (ロ) 10^2 | (ハ) 10^3 | (ニ) 10^6 | (ホ) 10^9 |
| (ヘ) 10^{12} | (ト) 10^{15} | (チ) 10^{18} | (リ) 10^{21} | (ヌ) 10^{24} |

問5 アンモニアの生成反応と分解反応が化学平衡状態にある。平衡定数 K_c を反応物(N_2 と H_2)および生成物(NH_3)の濃度を用いて表しなさい。ただし、モル濃度は $[N_2]$ のように[]を用いて表しなさい。

問6 アンモニアの生成反応と分解反応、またそれらの化学平衡について正しいものを、(イ)～(ヲ)の中からすべて選び、記号で答えなさい。

- (イ) 触媒を用いたとき、アンモニアの分解反応の速度は変化せず、アンモニアの生成反応の速度が大きくなる
- (ロ) 触媒を用いたとき、アンモニアの生成反応の速度は変化せず、アンモニアの分解反応の速度が大きくなる
- (ハ) 触媒を用いたとき、アンモニアの生成反応と分解反応の両方の速度が大きくなる
- (ニ) 触媒を用いると、平衡はアンモニアが分解する方向に移動する
- (ホ) 触媒を用いると、平衡はアンモニアが生成する方向に移動する
- (ヘ) 触媒を用いても、平衡は移動しない
- (ト) 一定圧力のもとで温度を上げたとき、平衡はアンモニアが分解する方向に移動する
- (チ) 一定圧力のもとで温度を上げたとき、平衡はアンモニアが生成する方向に移動する
- (リ) 一定圧力のもとで温度を上げても、平衡は移動しない
- (ヌ) 温度を一定に保ちながら圧力を上げたとき、平衡はアンモニアが分解する方向に移動する
- (ル) 温度を一定に保ちながら圧力を上げたとき、平衡はアンモニアが生成する方向に移動する
- (ヲ) 温度を一定に保ちながら圧力を上げても、平衡は移動しない

問7 無色の気体が褐色となる反応の化学反応式を書きなさい。

問8 このとき起きた反応の化学反応式を書きなさい。

問9 問8で答えた反応は以下のどれに該当するか。記号で答えなさい。

(イ) 発熱反応

(ロ) 吸熱反応

(ハ) 熱の出入りがない反応

〔Ⅲ〕 次の文章を読んで、問1～問9の答えを記述解答用紙の該当欄に記入しなさい。

私たちは多くの石油製品を利用して生活している。石油は枯渇資源なので大切に使う必要がある。二酸化炭素から光合成によって得られる炭素資源が利用できれば、石油を節約することができる。たとえば、植物資源を利用して合成繊維や合成樹脂をつくることが可能である。植物はデンプンを生産しており、デンプンを加水分解すればグルコースができる。さらに、グルコースを発酵させれば乳酸ができ、乳酸の重合によりポリ乳酸をつくることができる。ポリ乳酸は生分解性プラスチックであり、利用した後、微生物によって分解され、最終的には二酸化炭素と水になる。二酸化炭素は植物の光合成により再び炭素資源として固定化され、炭素は循環する。このような仕組みが生活の基盤となる社会を循環型社会と呼ぶ。

グルコースは自然界のいろいろな物質から得ることができる。また、乳酸は発酵食品にも含まれており、不斉炭素原子をもつ化合物である。図1の四面体構造を立体的な構造式で表すと、図2のようになる。ここで、実線(—)は紙面上の結合を示し、実線くさび型(▲)は紙面から手前側に出ている結合を、点線くさび型(⋯)は紙面から向こう側に出ている結合を示す。

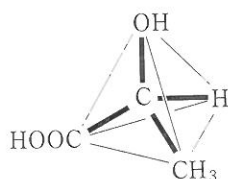


図1 四面体構造

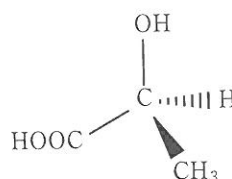
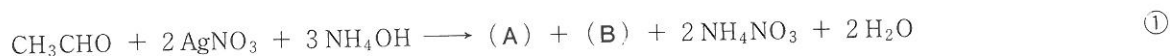


図2 立体的な構造式

問1 分子量666のデキストリン 6.66 g を酸で加水分解し、グルコースにした。このグルコースを水に溶かし 400 mL のグルコース水溶液を得た。グルコース水溶液の濃度 (mol/L) を求めなさい。

問2 アンモニア性硝酸銀水溶液にアセトアルデヒドを加えて反応させた。反応は①の化学反応式で示される。A, B に入る適切な化学式を答えなさい。なお、必要ならば、A, B には係数も補って答えなさい。



問3 アンモニア性硝酸銀水溶液に問1のグルコース水溶液 5.00 mL を加えたところ沈殿が生じた。この沈殿の質量を求めなさい。

問4 下記の(イ)～(リ)の反応の中から、乳酸が反応物となって起こる反応をすべて選び、記号で答えなさい。

- | | | |
|----------|--------------|-----------------|
| (イ) 加水分解 | (ロ) 還元 | (ハ) キサントプロテイン反応 |
| (ニ) 銀鏡反応 | (ホ) けん化 | (ヘ) 酸化 |
| (ト) 中和 | (チ) ニンヒドリン反応 | (リ) フェーリング反応 |

問5 乳酸を加熱したところ、脱水反応が起こり化合物Xが得られた。1.44 gの化合物Xを完全に燃焼したところ、2.64 gの二酸化炭素と、0.720 gの水が生成した。化合物Xの組成式を書きなさい。

問6 問5の化合物Xを加水分解したところ、乳酸だけが得られた。このとき得られたのは、図2に示す光学異性体のみであった。化合物Xの分子量が144であるとき、化合物Xの立体的な構造式を、図2にならって実線くさび型(▲)と点線くさび型(●)を使って描きなさい。

問7 ポリ乳酸は次のいずれに該当するか、(イ)～(ヘ)の中から、最も適しているものを選び、記号で答えなさい。

- | | | |
|------------|------------|----------|
| (イ) アクリル樹脂 | (ロ) アセテート | (ハ) ビニロン |
| (ニ) ポリアミド | (ホ) ポリエステル | (ヘ) レーヨン |

問8 重合度 n のポリ乳酸が水酸化ナトリウム水溶液中で完全に反応したときの化学反応式を書きなさい。

問9 分子量7290のポリ乳酸100 gが微生物によって完全に分解を受けた場合、発生する二酸化炭素の体積は標準状態で何Lか。また、この二酸化炭素から何gのグルコースをつくることができるか。有効数字3桁で答えなさい。

〔以下余白〕

