

'16

受験  
番号

前期日程

# 化 学 問 題

(理 工 学 部)

## 注 意 事 項

問題(①～⑤)の全てに解答してください。

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開いてはいけません。
2. この冊子のページ数は18ページです。問題に落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所等があった場合には申し出てください。
3. 解答は指定の解答用紙に記入してください。
4. 下書きには下書用紙と問題冊子の余白を利用してください。
5. 解答用紙を持ち帰ってはいけません。
6. 問題冊子と下書用紙は持ち帰ってください。

## 化学問題（理工学部） 問題訂正

【2 ページ 1 (1) 本文 下から2~1行目 下線cを削除】

誤：しようとする傾向がある。一般には分子量が大きくなると  が強くなり沸点が高くなる。

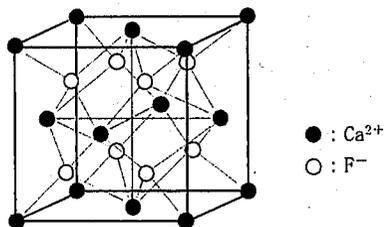
正：しようとする傾向がある。一般には分子量が大きくなると  が強くなり沸点が高くなる。

【3 ページ 1 (1) 問 4 問題文 1行目 「下線部cについて、」を削除】

誤：下線部cについて、プロパンとエタノールは同程度の分子量をもつにも

正：プロパンとエタノールは同程度の分子量をもつにも

【8 ページ 2 (2) フッ化カルシウム  $\text{CaF}_2$  の図を下図に差し替え】



フッ化カルシウム  $\text{CaF}_2$

【14 ページ 4 (2) 問 2 問題文 2~3行目 説明文を追加】

誤：化合物Bの収率を、有効数字2桁で答えよ。また、計算過程も示せ。な

お、収率とは、…

正：化合物Bの収率を、有効数字2桁で答えよ。また、計算過程も示せ。ただし、反応

には過剰の二酸化炭素と希硫酸を用いたものとする。なお、収率とは、…

問題を解くにあたって，必要ならば次の値を用いよ。

|     |           |           |           |           |
|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 原子量 | C = 12.0  | Ca = 40.1 | Cl = 35.5 | Cu = 63.5 |
|     | F = 19.0  | Fe = 55.8 | H = 1.0   | K = 39.1  |
|     | Mn = 54.9 | N = 14.0  | Na = 23.0 | O = 16.0  |
|     | Si = 28.1 |           |           |           |

理想気体のモル体積 22.4 L/mol (0 °C,  $1.01 \times 10^5$  Pa)

気体定数  $8.31 \times 10^3$  Pa·L/(K·mol)

アボガドロ定数  $6.02 \times 10^{23}$  /mol

ファラデー定数  $9.65 \times 10^4$  C/mol

1

(1) 次の化学結合に関する文章を読んで、問1～問4の答を解答欄に記入せよ。

水分子中では、水素原子と酸素原子がそれぞれ不対電子を出しあって  電子対をつくり、  結合している。a 水分子中の酸素原子は  電子対をもち、これを水素イオンに提供して  結合を形成し、オキシニウムイオンとなる。このようにしてできる  結合を、特に  結合という。

一般に、異なる原子間で  結合が形成されると、電子対はどちらか一方の原子の方により引きつけられる。この電子対を引きつける強さを示す尺度を原子の  といい、結合している原子間に電荷の偏りがあることを結合に極性があるという。b 分子中の結合に極性があっても、分子全体では極性が打ち消しあって、極性をもたない分子もある。

分子の間には  とよばれる弱い引力が働き、分子同士が互いに集合しようとする傾向がある。c 一般には分子量が大きくなると  が強くなり沸点が高くなる。

問1 空欄  ～  に当てはまる最も適切な語句を記せ。

問2 下線部aについて、オキシニウムイオンの電子式を、下の例にならって記せ。

(例) H : H

問3 下線部bに対応する分子の例を、下の①～⑥の中から2つ選び、その番号を記せ。また、それぞれの構造式を記せ。

- |         |         |           |
|---------|---------|-----------|
| ① 塩化水素  | ② メタン   | ③ アンモニア   |
| ④ 二酸化炭素 | ⑤ メタノール | ⑥ ジクロロメタン |

問 4 下線部 c について，プロパンとエタノールは同程度の分子量をもつにもかかわらず，エタノールの沸点の方が異常に高い。この理由を 50 字以内で記せ。

- (2) 次の13種の元素について、これらの中から下の記述①～⑤に当てはまる元素をそれぞれ1つ選び、その元素記号を解答欄に記入せよ。同じ元素を複数回選んでもよい。

Ar, B, C, Ca, Cl, Fe, H, He, Li, Mg, N, Ne, Si

- ① 原子番号が14である。
- ② 遷移元素である。
- ③ 希ガス元素であり、希ガスの中で最も沸点が低い。
- ④ 原子の価電子数が最も多い。
- ⑤ 原子から最外殻電子1個を取り去るのに必要なエネルギーが最も大きい。

- (3) 次の文章を読んで、図1のグラフにもとづき、問1、問2の答を解答欄に記入せよ。ただし、気体は理想気体とみなし、蒸気の過飽和はないものとする。

容積 8.31 L の容積変化のない密閉容器を用意し、a 水蒸気と窒素からなる温度 110 °C の混合気体で満たした後、容器を密閉した。容器全体をゆっくりと均一に冷却したところ、75 °C で容器内に水滴ができた。

問1 下線部 a において、水蒸気の分圧は何 Pa か、有効数字 2 桁で答えよ。

問2 容器全体を 45 °C まで冷却したとき、容器内で凝縮する水は何 g か、有効数字 2 桁で答えよ。また、計算過程も示せ。

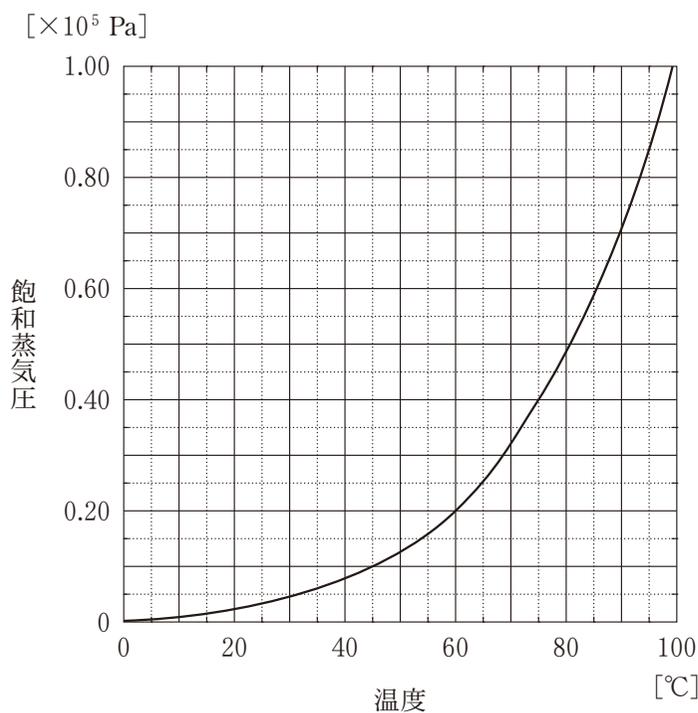


図1 水の飽和蒸気圧曲線

2

- (1) 次の文章を読んで、問 1～問 5 の答を解答欄に記入せよ。ただし、酢酸の電離定数  $K_a$  は  $3.0 \times 10^{-5}$  mol/L とする。

酢酸  $\text{CH}_3\text{COOH}$  を純水に溶かすと、その一部が電離して次のような平衡状態になる。



一方、酢酸ナトリウム  $\text{CH}_3\text{COONa}$  を純水に溶かすとほぼ完全に電離し、酢酸イオン  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  とナトリウムイオン  $\text{Na}^+$  になる。a 酢酸と酢酸ナトリウムの混合水溶液は、少量の酸や塩基を加えても、その pH はほとんど変化しない。これを緩衝作用といい、このような溶液を緩衝液という。

緩衝液として、b 0.10 mol/L の酢酸水溶液 0.40 L に 0.10 mol/L の酢酸ナトリウム水溶液 0.60 L を加えて 1.00 L の溶液をつくった。この溶液の pH は 4.7 であった。

問 1 酢酸の電離定数  $K_a$  を、酢酸イオンのモル濃度  $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ 、水素イオンのモル濃度  $[\text{H}^+]$ 、および酢酸のモル濃度  $[\text{CH}_3\text{COOH}]$  を用いて表せ。

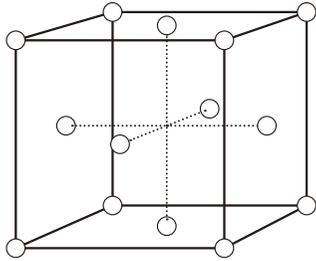
問 2 下線部 a について、少量の酸を加えても pH がほとんど変化しない原因となる反応を、イオン反応式で記せ。

問 3 下線部 b でつくった溶液の酢酸イオン  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  のモル濃度を、有効数字 2 桁で答えよ。

問 4 下線部 b でつくった溶液を 100 mL はかりとり、純水で 10 倍に希釈した。希釈後の溶液の pH を有効数字 2 桁で答えよ。また、計算過程も示せ。

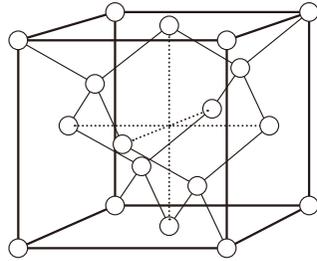
問 5 下線部 b でつくった溶液を 100 mL はかりとり、1.0 mol/L の塩酸 1.0 mL を加えた。塩酸を加えた後の溶液の pH を有効数字 2 桁で答えよ。計算過程も示せ。ただし、塩酸を加えたことによる溶液の体積変化は無視せよ。また、必要ならば  $\log_{10} 2 = 0.30$ ,  $\log_{10} 3 = 0.48$ ,  $\log_{10} 5 = 0.70$  の値を用いよ。

(2) 下の図は、銅 Cu、ダイヤモンド C、塩化ナトリウム NaCl、フッ化カルシウム CaF<sub>2</sub> の結晶の単位格子を表したものである。ここで、丸印(○, ●)は、原子あるいはイオンの中心位置を示す。これらの結晶に関する問 1 ~ 問 4 の答を解答欄に記入せよ。



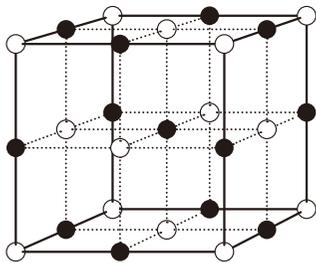
○ : Cu 原子

銅 Cu



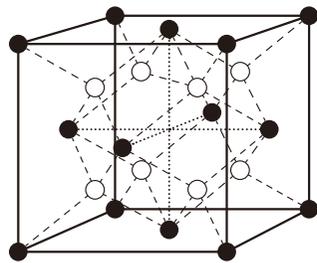
○ : C 原子

ダイヤモンド C



● : Na<sup>+</sup>  
○ : Cl<sup>-</sup>

塩化ナトリウム NaCl



● : Ca<sup>2+</sup>  
○ : F<sup>-</sup>

フッ化カルシウム CaF<sub>2</sub>

問 1 下の記述①~④について、正しいものには○、誤っているものには×を記せ。

- ① 銅 Cu の結晶中の Cu 原子の配位数は 12 である。
- ② ダイヤモンド C の結晶の密度は、同じくダイヤモンド型の結晶構造をもつケイ素 Si の結晶の密度より小さい。ただし、ケイ素 Si の結晶の単位格子の一辺の長さは、ダイヤモンド C の結晶の単位格子の一辺の長さの 1.5 倍とする。
- ③ ダイヤモンド C の結晶中で、各 C 原子と隣接する C 原子との 4 つの C-C 結合の距離は全て等しい。
- ④ フッ化カルシウム CaF<sub>2</sub> の結晶はイオン結晶であり、高い電気伝導性を示す。

問 2 それぞれの結晶の単位格子中に含まれる原子またはイオンの総数の大小関係について、正しいものを下の①～④から 1 つ選び、その番号を記せ。

- ① 銅 = ダイヤモンド < NaCl < CaF<sub>2</sub>
- ② 銅 < ダイヤモンド = NaCl = CaF<sub>2</sub>
- ③ 銅 < ダイヤモンド < NaCl = CaF<sub>2</sub>
- ④ 銅 < ダイヤモンド = NaCl < CaF<sub>2</sub>

問 3 ヨウ化ナトリウム NaI, 塩化ナトリウム NaCl, フッ化ナトリウム NaF の結晶はいずれも塩化ナトリウム型の結晶構造をとる。これらの化合物を融点の低いものから並べるとどの順になるか、正しいものを下の①～⑥から 1 つ選び、その番号を記せ。

- ① NaI < NaCl < NaF
- ② NaI < NaF < NaCl
- ③ NaF < NaI < NaCl
- ④ NaCl < NaI < NaF
- ⑤ NaCl < NaF < NaI
- ⑥ NaF < NaCl < NaI

問 4 塩化ナトリウム NaCl の結晶の単位格子当たりの質量を  $w$  [g] とし、ナトリウムイオン Na<sup>+</sup> と塩化物イオン Cl<sup>-</sup> をそれぞれイオン半径  $r$  [cm] および  $R$  [cm] の球とすると、塩化ナトリウム NaCl の結晶の密度 [g/cm<sup>3</sup>] を表すものを下の①～⑧の中から 1 つ選び、その番号を記せ。

- ①  $\frac{w}{2\sqrt{2}r^3}$
- ②  $\frac{w}{2\sqrt{2}R^3}$
- ③  $\frac{w}{16\sqrt{2}r^3}$
- ④  $\frac{w}{16\sqrt{2}R^3}$
- ⑤  $\frac{w}{(r+R)^3}$
- ⑥  $\frac{w}{8(r+R)^3}$
- ⑦  $\frac{3\sqrt{3}w}{(r+R)^3}$
- ⑧  $\frac{3\sqrt{3}w}{8(r+R)^3}$

3

(1) 次の文章を読んで、問1～問4の答を解答欄に記入せよ。

酸素は、岩石や鉱物の成分元素として、地殻中に最も多く含まれる元素である。酸素を含む無機物質中では、多くの場合、酸素原子の酸化数は  であるが、過酸化水素に含まれる酸素原子のように酸化数が  の場合もある。a 過酸化水素水に酸化マンガン(IV)の粉末を加えると、過酸化水素の分解反応が促進され、気体が発生する。

窒素は、空气中に単体  $N_2$  として存在する。単体の窒素  $N_2$  は空気の体積の約 78% を占め、常温では化学反応を起こしにくいだが、高温・高圧ではいろいろな化合物をつくる。アンモニアは、工業的には  を主成分とする触媒を用いて、窒素  $N_2$  と水素  $H_2$  を高温・高圧で直接反応させて合成される。また硝酸は、アンモニアを空气中的酸素で酸化し、得られた化合物を水と反応させて製造される。このような工業的な硝酸の製造法は  と呼ばれる。アンモニアと硝酸からは、b 硝酸アンモニウムが製造される。硝酸アンモニウムや硫酸アンモニウムなどのアンモニウム塩は、化学肥料として重要である。c 硝酸は強い酸性を示し、また酸化力が強い物質であり、銅や銀などを溶かす。

問1 空欄  ,  に当てはまる数字、空欄  に当てはまる化学式、および空欄  に当てはまる語句を記せ。

問2 下線部 a について、生成する気体を化学式で記せ。また、質量パーセント濃度 3.0% の過酸化水素を含む過酸化水素水 10 g に酸化マンガン(IV)粉末を添加して、過酸化水素の分解反応を行った。この水溶液中に含まれる過酸化水素がすべて分解したとき、生成する気体の標準状態(0℃,  $1.01 \times 10^5$  Pa)での体積を有効数字2桁で答えよ。また、計算過程も示せ。ただし、生成する気体は理想気体とみなす。

問 3 下線部 b の硝酸アンモニウムを構成するアンモニウムイオンと硝酸イオンに含まれる窒素原子それぞれについて、酸化数を答えよ。

問 4 下線部 c について、銅が希硝酸に溶解する反応を化学反応式で記せ。また、この反応で生成する気体の捕集法として適当なものを下の①～③から 1 つ選び、その番号を記せ。

① 上方置換

② 下方置換

③ 水上置換

(2) 次の文章を読んで、問 1～問 4 の答を解答欄に記入せよ。

電解質の水溶液に電極を浸し、直流電源を用いて通電すると、水溶液を電気分解できる。直流電源として電池を用いて電気分解するとき、電池の正極につないだ電極を ，負極につないだ電極を  という。例えば、  
a 塩化ナトリウム水溶液に 2 本の炭素電極を浸して電気分解すると、  
 では ， では水素がそれぞれ発生する。また、  
 付近の水溶液を取り出して濃縮し乾燥させると、電解質として用いた塩化ナトリウムの他に  が得られる。

の水溶液と二酸化炭素を反応させて得られる炭酸塩の水溶液を放置すると、水が蒸発して、  
b 無色透明な十水和物が得られる。この結晶を乾いた空气中で放置すると、白色粉末状の一水和物へと変化する。このような現象を  という。

問 1 空欄  ～  に当てはまる最も適切な語句を記せ。

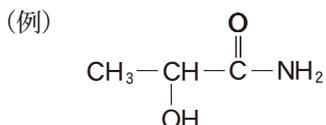
問 2 空欄  に当てはまる最も適切な化合物を組成式で記せ。

問 3 下線部 a の電気分解において、塩化ナトリウム水溶液に 4.0 A の直流電流を 16 分 5 秒間通電した。この電気分解によって生成する水素  $H_2$  は何 mol か、有効数字 2 桁で答えよ。また、計算過程も示せ。

問 4 下線部 b の化合物を化学式で記せ。

4

- (1) 次の文章を読んで、問 1～問 3 の答を解答欄に記入せよ。なお、構造式は下の例にならって記せ。



分子式が同じで構造が異なる化合物を互いに異性体という。分子式が  $\text{C}_5\text{H}_{10}$  で表される化合物には様々な異性体が存在し、これらは鎖式炭化水素と環式炭化水素に大別される。

- 問 1 鎖式炭化水素  $\text{C}_5\text{H}_{10}$  には何種類の異性体が存在するか、記せ。ただし、シス-トランス異性体がある場合には、別の異性体として数えよ。

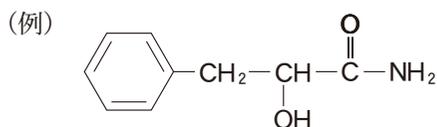
- 問 2 鎖式炭化水素  $\text{C}_5\text{H}_{10}$  に水素  $\text{H}_2$  を付加させると  $\text{C}_5\text{H}_{12}$  となるが、この反応によって得ることができない  $\text{C}_5\text{H}_{12}$  の構造式を記せ。

- 問 3 鎖式炭化水素  $\text{C}_5\text{H}_{10}$  のすべての異性体に対して水を付加させると、様々なアルコールが得られる。得られるアルコールについて次の(a), (b)に答えよ。

(a) 最も酸化されにくいアルコールの構造式を記せ。

(b) 得られる第二級アルコールには、不斉炭素原子をもつ構造異性体が 2 種類存在する。これら 2 種類のアルコールの構造式を記せ。

- (2) 次の文章を読んで、問 1、問 2 の答を解答欄に記入せよ。なお、構造式は下の例にならって記せ。



ナトリウムフェノキシドの水溶液に二酸化炭素を通じたところ、有機化合物として化合物 A が得られた。一方、ナトリウムフェノキシドに二酸化炭素を高温・高圧下で反応させた後に希硫酸を作用させると、分子式  $C_7H_6O_3$  で表される化合物 B が得られた。この化合物 B にメタノールと濃硫酸を加えて加熱すると、化合物 C が得られた。また、化合物 B と無水酢酸に濃硫酸を加えて反応させると、酢酸とともに化合物 D が得られた。

問 1 化合物 A~D の構造式を記せ。

問 2 58 g のナトリウムフェノキシドから化合物 B が 63 g 得られたときの化合物 B の収率を、有効数字 2 桁で答えよ。また、計算過程も示せ。なお、収率とは、化学反応において、出発物質の量から理論上見積もられる目的物質の量に対して、実際に得られた目的物質の量の割合をパーセントで示した値である。たとえば以下の反応で、出発物質であるアニリン 1.0 mol に過剰の塩酸を加えて、目的物質であるアニリン塩酸塩が 0.80 mol 得られたときのアニリン塩酸塩の収率は、80% である。



5

(1) 次の文章を読んで、問1～問5の答を解答欄に記入せよ。

二価アミンと二価カルボン酸を反応させると、水分子が次々と取れて、多数の  結合を生じ、鎖状の重合体が生成する。この重合体はポリ  とよばれ、繊維として用いられる。ナイロン66は脂肪族のポリ  であり、<sub>a</sub> 工業的にはヘキサメチレンジアミンとアジピン酸を加熱しながら、生成する水を除去してつくられる。 実験室では、アジピン酸の代わりにアジピン酸ジクロリドを用いて、以下の手順1～手順4によりナイロン66を合成することができる。

手順1：ビーカーにアジピン酸ジクロリド0.50gをはかりとり、ヘキサン15 mLに溶かす。

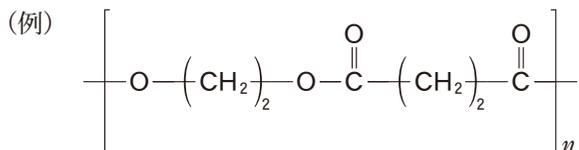
手順2：ヘキサメチレンジアミン1.0gを別のビーカーにはかりとり、水15 mLを加えて溶かす。これに <sub>b</sub> 水酸化ナトリウム0.70gを加えて溶かす。

手順3：手順1でつくった溶液を、手順2で準備したビーカーに、ガラス棒を伝わらせて静かに加える。

手順4：有機層(ヘキサン層)と水層の境界面にできた膜をピンセットで静かに引き上げ、アセトンで洗って乾燥させる。

問1 空欄  に当てはまる語句を記せ。

問2 ナイロン66の構造式を下の例にならって記せ。



問 3 ヘキサメチレンジアミンとアジピン酸ジクロリドを用いた実験室でのナイロン 66 の合成において、下線部 a の水の代わりに生成する化合物を、化学式で記せ。

問 4 下線部 b について、下の記述①～④のうち誤っているものを 1 つ選び、その番号を記せ。

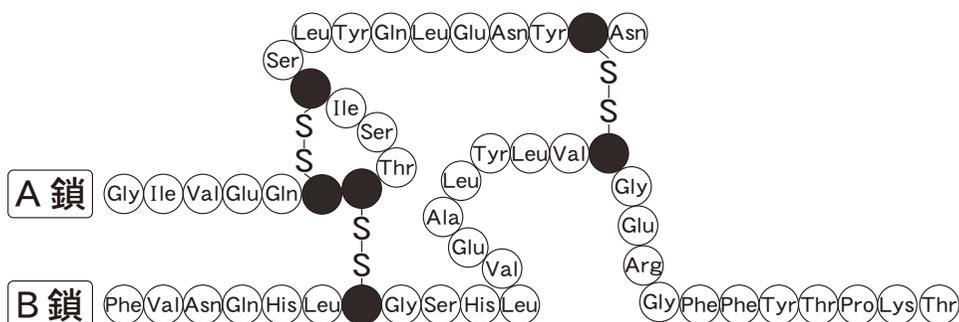
- ① 水酸化ナトリウムは、ナイロン 66 とともに生成する物質がヘキサメチレンジアミンと反応して塩を生じるのを防ぐ。
- ② 水酸化ナトリウムは、ナイロン 66 とともに生成する物質を中和する。
- ③ 水酸化ナトリウムは、ナイロン 66 の生成反応において、触媒としてはたらく。
- ④ 水酸化ナトリウムの代わりに炭酸ナトリウムを用いてもよい。

問 5 ヘキサメチレンジアミンとアジピン酸ジクロリドを用いた実験室でのナイロン 66 の合成において、平均分子量  $2.0 \times 10^4$  のナイロン 66 を  $1.0 \times 10^{-4}$  mol つくるのに必要なアジピン酸ジクロリドは、理論上何 g か、有効数字 2 桁で答えよ。

(2) 次の文章を読んで、問1～問4の答を解答欄に記入せよ。

ご飯の主成分であるデンプンは、ヒトの唾液やすい液に含まれる<sup>a</sup>アミラーゼによってデキストリンや **ア** に分解される。さらに **ア** は腸液などに含まれる **イ** によってグルコースに分解され、体内に吸収される。グルコースが体内に吸収されると血液中のグルコース濃度(血糖値)が高くなり、これに反応してすい臓からインスリンが分泌される。インスリンは下図のように、21個のアミノ酸からなるA鎖と30個のアミノ酸からなるB鎖が、 **あ** の側鎖の間につくられる **ウ** 結合(S-S結合)により結ばれた構造をしており、脳、筋肉、脂肪、肝臓などの細胞に結合して血液中のグルコースを細胞内に取り込むはたらきを担っている。

筋肉や肝臓などに取り込まれたグルコースは **エ** と呼ばれる多糖類の形で蓄えられ、 **エ** は動物デンプンとも呼ばれる。その構造は、温水に不溶なデンプンである **オ** によく似ているが、枝分かれがさらに多く、分子量も大きいのが特徴である。肝臓に蓄えられた **エ** は必要に応じて <sup>b</sup>グルコースへ加水分解され、血液中に放出されてエネルギー源となる。



問1 空欄 **ア** ~ **オ** に当てはまる最も適切な語句を記せ。

問2 空欄 **あ** に当てはまるアミノ酸の名称を記せ。

問 3 下線部 a のように、酵素はそれぞれ決まった基質にしか作用せず、これを酵素の基質特異性と呼ぶ。次の基質(A)~(C)それぞれについて、分解する酵素を①~⑦から 1 つ選び、番号で答えよ。また、それぞれの基質に対する酵素反応で生成する 2 種類の分解生成物の名称を記せ。

【基質】

(A) スクロース                      (B) 脂 肪                      (C) 尿 素

【酵素】

① セルラーゼ                      ② インベルターゼ(スクラーゼ)  
③ ウレアーゼ                      ④ DNA アーゼ  
⑤ リパーゼ                        ⑥ カタラーゼ  
⑦ ペプチダーゼ

問 4 下線部 b について、グルコースは細胞で最終的に二酸化炭素と水に分解され、そのときに放出されるエネルギーの一部が体温の維持などに使われる。次の熱化学方程式を用いて、グルコース  $C_6H_{12}O_6$ (固体) 1 mol が二酸化炭素(気体)と水(液体)に分解されるとききの反応熱を求めよ。

