

問 題 訂 正

「化学」

訂正箇所

問題 3 〔 II 〕

問題冊子の 7 ページの間 6 の問題文の上から 1 行目

【誤】 . . . 下記のように反応する . . .

【正】 . . . 下記のように変化する . . .

問題 5 〔 II 〕

問題冊子の 12 ページの間 11 の問題文の上から 1 行目

【誤】 . . . メタノールと硫酸を . . .

【正】 . . . メタノールと濃硫酸を . . .

令和 5 年度 入学試験問題

化 学

30

(前期日程・私費外国人留学生選抜)

「解答はじめ」の合図があるまでは問題冊子を開いてはいけません。

解答する上で必要があれば、次の数値を用いること。

原子量： H = 1.00, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, F = 19.0, Na = 23.0, Al = 27.0,
Cl = 35.5, K = 39.0, Ar = 40.0, Fe = 56.0, Br = 80.0

気体定数： $8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$, $0.082 \text{ atm} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$

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

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

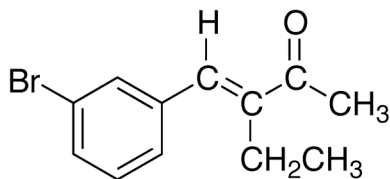
水のイオン積： $1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ (25 °C)

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

1 nm = $1.0 \times 10^{-9} \text{ m}$

文字数が制限されている解答では、一つのマス目に、文字、記号、数字(添字を含む)を一つずつ記入すること。句読点も一文字に数えること。

構造式は、特別の指示がない限り、下の例にならって記すこと。



注 意 事 項

1. 問題冊子は1ページから13ページまでの綴りでできています。「解答はじめ」の合図の後、ページの落丁、乱丁あるいは印刷の不鮮明なものがあれば、手をあげて試験監督者に申し出てください。
2. 問題は6問あります。それぞれに解答用紙が1枚ずつ、合計6枚あります。6枚の解答用紙のすべてに受験番号を必ず記入してください。
3. 解答は該当する解答用紙の解答欄に記入してください。
4. 問題冊子の空白ページや余白は、計算や下書き用紙として使用してください。
5. 問題冊子は、試験終了後、持ち帰ってください。

次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

原子は原子核と電子殻からなり、最も外側の電子殻中にある電子を最外殻電子という。周期表の第3周期までの元素の多くでは、最外殻電子の数は⁽ⁱ⁾価電子の数に等しいが、⁽ⁱⁱ⁾貴ガス（希ガス）では等しくない。

価電子のふるまいは、化合物中で原子間にどのような化学結合が形成されるかと関係している。たとえば、ナトリウムは（ ア ）エネルギーが小さいため陽イオンになりやすく、塩素は（ イ ）親和力が大きい陰イオンになりやすい。よって、ナトリウムと塩素の間では、（ ウ ）結合が形成される。

水素原子と酸素原子が結合するときは、原子は互いに価電子を出し合い、電子対をつくって結合する。このような結合を（ エ ）結合という。このとき、酸素原子の最外殻電子の中には結合に関与していないものもあり、これらの電子は、（ オ ）電子対を形成している。

金属結合では、⁽ⁱⁱⁱ⁾価電子は自由電子としてふるまう。自由電子は金属の性質と深い関係があり、金属が熱や電気をよく通す性質、たたくと薄く広がる（ カ ）性、引っ張ると長くのびる（ キ ）性などは、自由電子の働きによって説明できる。

アルゴンなどの貴ガスは、化学結合を形成しにくいため、通常は（ ク ）分子として存在する。アルゴンは、^(iv)空気中に 0.930%（乾燥空気中の体積パーセント）存在する。アルゴンは、大気圧下で^(v)-190 °C に冷却すると結晶になる。

問1 （ ア ）～（ ク ）にあてはまる適切な語句を記せ。

問2 下線部(i)に関して、価電子とは何かを、25字以上50字以内で記せ。

問3 下線部(ii)に関して、貴ガス原子の価電子の個数を記せ。

問4 下線部(iii)に関して、金属結合を形成している価電子が自由電子になる理由を20字以上40字以内で説明せよ。

問5 下線部(iv)に関して、乾燥空気 1.00 L に含まれるアルゴン原子の個数は、乾燥空気を理想気体とみなせば、 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、0 °Cで何個か。有効数字2桁で答えよ。

問 6 下線部(v)に関して，結晶中でアルゴン原子を結びつけている力の名称を記せ。

問 7 下線部(v)に関して，アルゴン結晶の密度 $[\text{g}/\text{cm}^3]$ はいくらか。有効数字 2 桁で答えよ。ただし，アルゴンは面心立方格子の結晶であり，単位格子の一辺の長さは 0.530 nm とする。

次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

アルミニウムの単体は、(i)酸の水溶液と反応して水素を発生する。また、アルミニウムの単体は、強塩基の水溶液とも反応して水素を発生する。このように酸にも塩基にも反応する性質を示す元素を（ ア ）元素という。

単体のアルミニウムは、鉾石のボーキサイトから純粋な酸化アルミニウムをつくり、これを氷晶石 Na_3AlF_6 と混ぜて熔融塩電解して製造される。単体のアルミニウムは、密度が比較的小さい銀白色の金属で、やわらかく、熱や電気をよく伝える。(ii)アルミニウムの化学反応であるテルミット反応の例として、アルミニウムと酸化鉄(III)の化学反応がある。この化学反応は、溶接などに用いられている。

アルミニウムの酸化物は、アルミナとも呼ばれ、水に溶けにくく、融点が高い。アルミニウムを濃硝酸に入れると、表面に緻密な酸化被膜を生じて内部まで酸化されずに保護された状態となる。この状態を（ イ ）という。アルミニウムを人工的に酸化して緻密な酸化被膜をつけた製品をアルマイトという。

アルミニウムの水酸化物は、アルミニウムイオンを含む水溶液に、少量の塩基性の水溶液を加えることで生成させることができる。このようにして得られるアルミニウムの水酸化物は、(iii)酸の水溶液にも強塩基の水溶液にも溶ける。

硫酸アルミニウムと硫酸カリウムの混合水溶液を濃縮すると、ミョウバンが得られる。このミョウバンを水に溶かすと各成分のイオンに電離する。このように2種類以上の塩から生じ、もとの成分イオンがそのまま存在する塩を（ ウ ）という。ミョウバンの水溶液に塩化バリウム水溶液を加えると(iv)白色沈殿が生じる。ミョウバンは、染色や食品添加物などに利用される。

問1 （ア）～（ウ）にあてはまる最も適切な語句を記せ。

問2 下線部(i)の反応について、アルミニウムと塩酸の反応を化学反応式で記せ。

問3 アルミニウム 27.0 g を十分な量の塩酸と完全に反応させたとき、発生する水素の体積は 0°C , $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ で何 L か、有効数字3桁で記せ。ただし、発生する気体は理想気体としてふるまい、水に溶けないとする。

問4 下線部(ii)の反応を化学反応式で記せ。

問 5 アルミニウム以外で下線部 (iii) で述べた性質をもつ水酸化物が生じる元素を、下記の (a) ～ (d) から一つ選び、記号で答えよ。また、その水酸化物の化学式を記せ。

(a) リン (b) 亜鉛 (c) ケイ素 (d) ヨウ素

問 6 下線部 (iv) の白色沈殿は何か、化学式で記せ。

〔 I 〕 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

酸化還元反応では、相手の物質を酸化する物質を酸化剤、相手の物質を還元する物質を還元剤という。たとえば、(i)硫酸で酸性にした過酸化水素水をヨウ化カリウム水溶液に加えると、ヨウ素 (I_2) を遊離する。また、(ii)過酸化水素は、硫酸で酸性にした過マンガン酸カリウムと反応して気体を発生させる。このように、過酸化水素は、相手の物質によって酸化剤としても還元剤としても作用する。

問 1 下線部(i)の反応での過酸化水素の役割は、酸化剤と還元剤のどちらか。また、反応前と反応後の、過酸化水素中の酸素の酸化数をそれぞれ記せ。

問 2 下線部(ii)の反応を化学反応式で記せ。

問 3 過酸化水素水中の過酸化水素の濃度を求めるために、下線部(ii)の反応を利用して滴定を行った。過酸化水素水 10.0 mL をホールピペットでコニカルビーカーに取り、純粋な水 10.0 mL と 50%の硫酸 3.00 mL を加えた。よく振り混ぜながら 0.0100 mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液をビュレットから滴下した。30.0 mL 加えたところで、溶液の色が透明から赤紫色に変わった。過酸化水素の濃度は何 mol/L か。有効数字 2 桁で求めよ。

問 4 過マンガン酸カリウムは有機物の酸化にもよく利用される。トルエンに過マンガン酸カリウムを加え、十分に酸化させた後、塩酸を加えると何が生成するか。生成する有機化合物の名称を答えよ。

〔Ⅱ〕 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

酸化還元反応に関わる金属の単体については、その酸化還元反応の傾向がイオン化傾向で表されている。以下の実験で、未知の単体の金属 X と Y について、そのイオン化傾向を調べた。

実験操作： 硫酸亜鉛(II)水溶液、硫酸銅(II)水溶液、硝酸銀(I)水溶液それぞれに、よく磨いた X または Y の板を一枚ずつ浸して観察した。

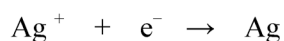
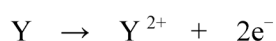
結果 1： X はどの水溶液に浸しても変化しなかった。

結果 2： Y は硫酸亜鉛(II)水溶液に浸した場合には変化しなかったが、硫酸銅(II)水溶液と、硝酸銀(I)水溶液には一部溶けて、それぞれ銅および銀が析出した。

結果 3： Y を硝酸銀(I)水溶液に浸したとき、Y が a [g] 溶解し、銀が b [g] 析出した。

問 5 実験結果から Zn, Cu, Ag, X, Y のイオン化傾向の大小関係を予測し、解答欄の指示に従って順番に並べよ。解答は、元素記号 (Zn, Cu, Ag) 及び X, Y の記号で記すこと。いずれの場合にも酸化被膜は形成しないとする。

問 6 金属 Y と銀が、下記のように反応するとするならば、**結果 3**で析出した銀の質量 b [g] は、いくらか。Y の溶解量 a [g]、Y の式量 M_Y 、銀の式量 M_{Ag} を用いて記せ。ただし、生成した銀は溶解せず、全て析出するものとする。



次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

真空にした容器に水を入れて密閉し、放置しておくと、水の一部は蒸発して水蒸気になるとともに、水蒸気の一部は凝縮して水に戻る。やがて、単位時間あたりに蒸発する水分子の数と、凝縮する水分子の数が等しくなり、見かけ上蒸発が停止したように見える状態になる。このような状態を気液平衡（蒸発平衡）という。気液平衡において、水蒸気を示す圧力を飽和蒸気圧（蒸気圧）という。また、蒸気圧と温度との関係を示したものを蒸気圧曲線という。

図1は物質 A と水の蒸気圧曲線を示したものである。

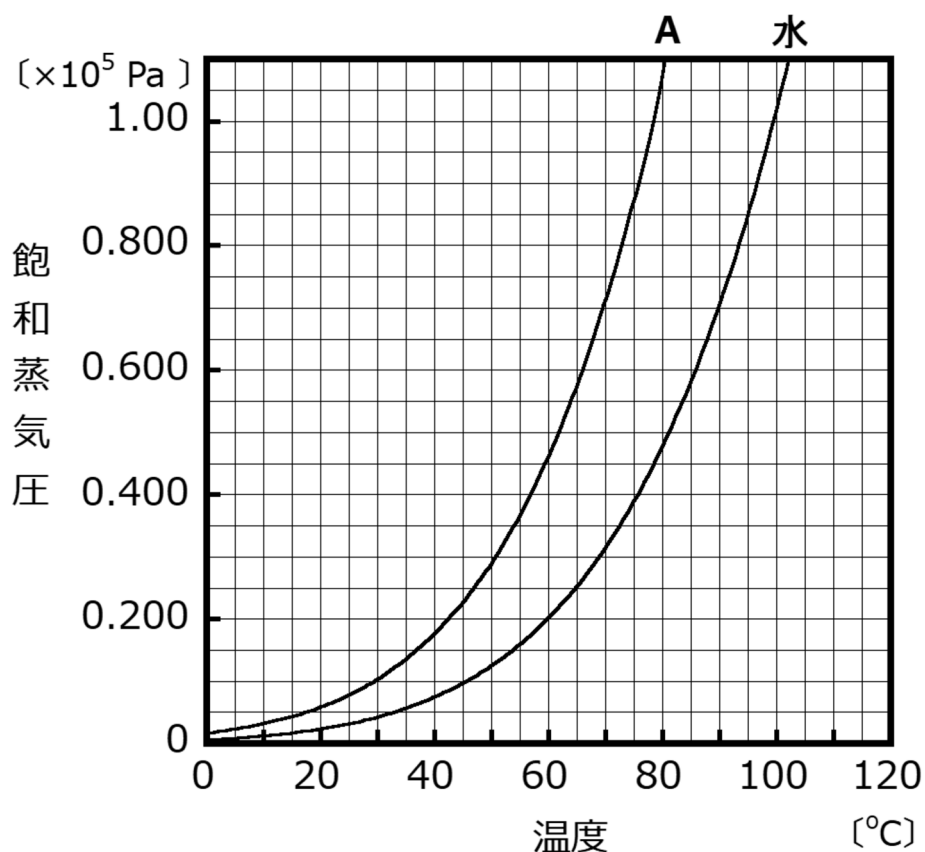


図1 蒸気圧曲線

問1 蒸気圧が外圧と等しくなると沸騰が起こる。外圧 0.600×10^5 Pa における物質 A と水の沸点の差は何 $^{\circ}\text{C}$ か。有効数字2桁で答えよ。

問 2 体積の変わる容器を真空にした後、物質 A のみをいれ、この容器内の温度を 60°C に保つと物質 A は、すべて気体になった。容器内の温度を 60°C に保ったまま容器内の圧力を $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ から $0.200 \times 10^5 \text{ Pa}$ の範囲で変化させたとき、物質 A が気体のみとして存在する圧力は、何 Pa から何 Pa までの間か。有効数字 2 桁で答えよ。ただし、物質 A は理想気体の状態方程式に従うものとする。

問 3 とともに体積が 8.31 L の密閉容器 (X) と密閉容器 (Y) を真空にした後、水 0.900 g と 1.80 g をそれぞれ入れ、容器内の温度を 60°C に保った。平衡状態において、それぞれの容器内の圧力は何 Pa か。有効数字 2 桁で答えよ。なお、容器内の液体の水の体積は無視でき、水蒸気は理想気体の状態方程式に従うものとする。

問 4 海水面 (0 m) における標準の大気圧は $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ である。福岡県の英彦山 (ひこさん) の山頂における大気圧は $0.880 \times 10^5 \text{ Pa}$ である。空気中に含まれる分子のうち、酸素は全体の物質量の 20.0% を占めるとする。英彦山の頂上に上ったとき、酸素の分圧は海水面から何 Pa 減少したか。有効数字 2 桁で答えよ。

問 5 図 2 は図 1 の水の蒸気圧曲線の一部である。ある不揮発性物質を溶かした水溶液は $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ での沸点上昇が 1.5°C 、 95°C のときの飽和蒸気圧は $0.800 \times 10^5 \text{ Pa}$ であった。この水溶液の 90°C から 105°C までの飽和蒸気圧曲線を解答欄の図に記せ。また、この水溶液の 95°C における蒸気圧降下は何 Pa か。有効数字 2 桁で答えよ。

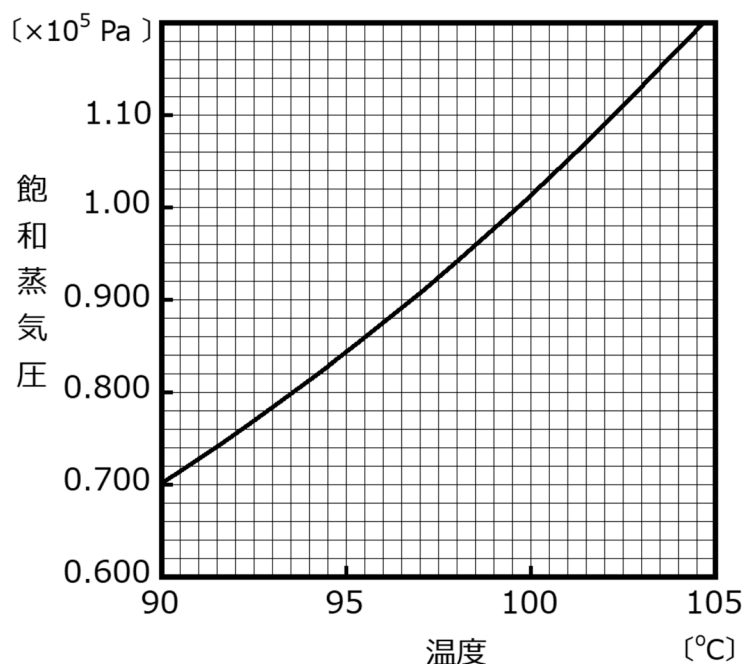


図 2 水の蒸気圧曲線

〔Ⅰ〕 炭素，水素，酸素，窒素のみからなる α -アミノ酸 **A** に関して以下の問いに答えよ。

- 問 1 α -アミノ酸 **A** の元素分析を行った。その結果，成分元素の質量百分率は，炭素が 40.4%，水素が 7.9%であった。また， α -アミノ酸 **A** 8.9 g を十分な量の水酸化ナトリウムとともに加熱することで， α -アミノ酸 **A** に含まれる窒素原子をすべてアンモニアに変換した。その結果，0.10 mol のアンモニアが生成した。 α -アミノ酸 **A** の分子式を記せ。
- 問 2 α -アミノ酸 **A** を様々な pH の水溶液に溶かし，電気泳動の実験を行った。その結果，pH 6.0 の水溶液を用いた場合， α -アミノ酸 **A** はどちらの極にも移動しなかった。pH 6.0 の水溶液中での α -アミノ酸 **A** はどのようなイオンとして存在しているか。その構造式を記せ。
- 問 3 無水酢酸を用いて α -アミノ酸 **A** を化合物 **B** に変換した。このときの化学反応式を記せ。ただし，反応式中の有機化合物は構造式で記すこと。
- 問 4 α -アミノ酸 **A** をメタノールに溶解し，少量の濃硫酸を加えて加熱した後に，塩基を用いて中和すると，化合物 **C**（有機化合物）が得られた。化合物 **C** の構造式を記せ。
- 問 5 化合物 **B** と化合物 **C** をそれぞれ pH 6.0 の水溶液に溶解し，それらを用いて電気泳動の実験を行った。この時，化合物 **B** と化合物 **C** はそれぞれどちらの極へ移動するか。陽極へ移動する場合は「陽」と，陰極へ移動する場合は「陰」と，移動しない場合は「移動しない」と，解答欄に記せ。

〔Ⅱ〕 分子式 $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ を持つ化合物 **D**, **E**, **F** がある。これらの化合物について、次の
実験 1～**実験 3** を読んで、以下の問いに答えよ。

実験 1 : 化合物 **D**, **E**, **F** の沸点を比較すると、化合物 **D** の沸点が最も低かった。

実験 2 : 図 1 に示す装置を用いて、加熱した濃硫酸に化合物 **E** をゆっくりと滴下した。その時発生した気体を試験管に採取した。採取された気体には化合物 **G** が含まれていた。

実験 3 : 化合物 **G** を臭素水に通じたところ、すみやかに臭素水の色が消失した。

問 6 化合物 **D** の構造式を記せ。

問 7 化合物 **E** と化合物 **F** を区別するための実験として、最も適切なものを以下の選択肢より一つ選び、記号で答えよ。

- (ア) 少量のナトリウムを加えて、気体の発生を調べる。
- (イ) 硫酸酸性二クロム酸カリウム水溶液を加えて、変化を観察する。
- (ウ) フェーリング液を加えて、呈色するかどうか調べる。
- (エ) ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて、沈殿が生成するかどうか調べる。
- (オ) アンモニア性硝酸銀水溶液を加え、銀が析出するかどうか調べる。
- (カ) 塩化鉄 (Ⅲ) 水溶液を加えて、呈色するかどうか調べる。

問 8 図 1 の装置の冷却管に冷却水を流す場合、冷却水は図 1 の (あ), (い) どちらの口から入れればよいか。記号で答えよ。

問 9 図 1 の装置に冷却管が必要である理由として、最も適切なものを以下の中から一つ選び、記号で答えよ。

- (ア) 濃硫酸を冷やすため。
- (イ) 化合物 **G** を冷やすため。
- (ウ) 化合物 **E** を冷やすため。

問 10 化合物 **G** の構造式を記せ。

問 11 **実験 2** と同じ装置を用いて、メタノールと硫酸を反応させたときに、試験管に採取できる有機化合物の構造式を記せ。

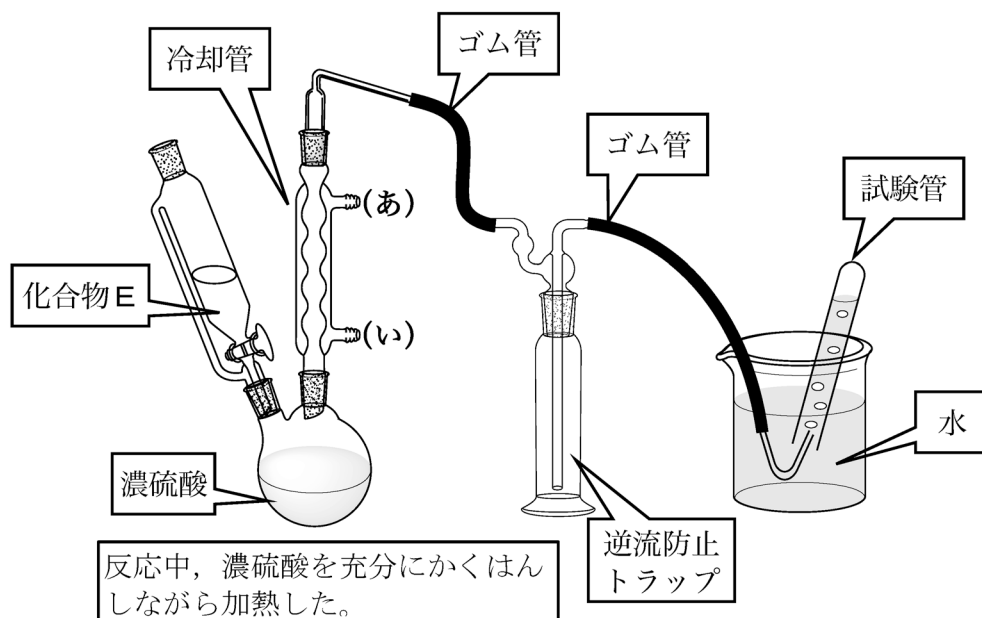


図 1 実験装置

次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

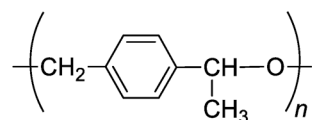
ポリビニルアルコールは、ビニルアルコールが重合した構造をしている。しかし、ビニルアルコールは不安定な化合物であり、より安定な異性体（ア）として存在している。したがって、酢酸ビニルの（イ）重合によってポリ酢酸ビニルを合成し、(i)得られたポリ酢酸ビニルを水酸化ナトリウム水溶液で加水分解することによってポリビニルアルコールが合成される。

ポリビニルアルコールの濃い水溶液を細孔から飽和硫酸ナトリウム水溶液中に押し出すと（ウ）が起こり繊維状に凝固する。この繊維を乾燥させたのち、(ii)ホルムアルデヒド水溶液を用いて一部を（エ）化すると水に不溶な繊維が得られる。この繊維はビニロンと呼ばれ、適度な吸湿性をもち、木綿に似た性質を示す。

問1 （ア）～（エ）にあてはまる適切な語句を記せ。

問2 下線部(i)について、水酸化ナトリウム水溶液中におけるポリ酢酸ビニルの加水分解を化学反応式で示せ。ただし、高分子の構造式は下記の例にならって記すこと。

構造式の記入例



問3 120.0 g のポリ酢酸ビニルを下線部(i)の方法で完全に加水分解してポリビニルアルコールを得るには、何 g 以上の水酸化ナトリウムが必要になるか。有効数字3桁で答えよ。ただし、末端の官能基は考慮しないものとする。

問4 下線部(ii)の処理によって繊維が水に溶けなくなる理由を20字以内で説明せよ。

問5 176 g のポリビニルアルコールをホルムアルデヒド水溶液で処理したところ、184 g のビニロンが得られた。ポリビニルアルコールの官能基のうち何%が反応したか。2桁で答えよ。ただし、末端の官能基は考慮しないものとする。