

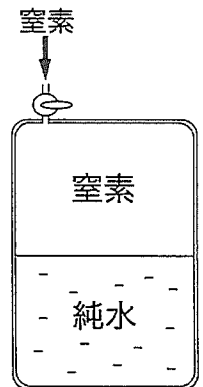
化 学

問題Ⅰ 次の各問いに答えよ。ただし、問 1～問 13 の答はすべてマークシート式解答用紙の 1～13 のマーク欄にマークせよ。

問 1 重水 (A)と、重水を含まない水(B)のそれぞれに、十分量の金属カルシウムを加え、完全に反応させた。この実験の結果について述べた①～⑤のうちから、正しい内容の記述をすべて選んだものは下のア～サのどれか。記号で答えよ。ただし、反応は等しい容積の密閉容器中で行い、反応の前後で温度および容器の容積は変わらないものとする。また、実験後生成する固体と残存する金属カルシウムの体積は無視できることとする。

- ① A および B の物質量が等しいとき、発生する気体の質量は等しかった。
 ② A および B の物質量が等しいとき、容器内の圧力は等しかった。
 ③ A および B の質量が等しいとき、発生する気体の質量は等しかった。
 ④ A および B の質量が等しいとき、これらと反応したカルシウムの質量は等しかった。
 ⑤ A および B の質量が等しいとき、容器内の圧力は等しかった。
- ア ①のみ イ ②のみ ウ ③のみ エ ④のみ オ ⑤のみ カ ①と③
 キ ①と④ ク ①と⑤ ケ ②と③ コ ②と④ サ ②と⑤

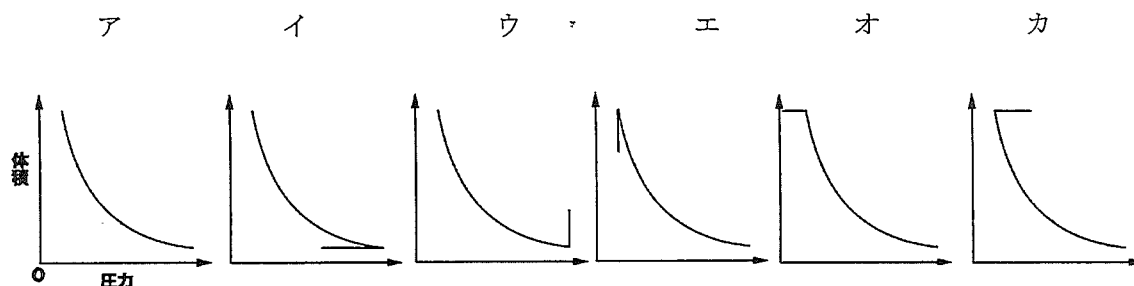
問 2 右図のように、^a純水が容積の $\frac{1}{4}$ 量入っている容器の空間を、^b25℃、大気圧で窒素置換し、密封後、一定時間静置した。^cその後、この容器を加熱し、100℃になったところで、温度を一定に保った。



- この実験について述べた①～⑤のうちから、内容に誤りがある記述をすべて選んだものは下のア～サのどれか。記号で答えよ。
- ① 下線部 b で、一定時間静置した後は、窒素分子の水への溶解速度と水からの脱離速度の間には平衡が成り立っている。
 ② 下線部 c で、容器を加熱していくと、水の温度の上昇に伴って容器内の水蒸気圧は高くなる。
 ③ 下線部 c で、温度を 100℃に保ったとき、水はすべて蒸発し、液体の水は存在しない。
 ④ 下線部 a で純水を容器の $\frac{3}{4}$ 量に増やして、下線部 b と同様の実験を行ったとき、静置後の容器内の水蒸気圧はもとの実験の場合と変わらない。
 ⑤ 下線部 a で、純水の代わりに等しいモル濃度 [mol/l] の食塩水およびグルコース水溶液を用い、それぞれについて下線部 b と同様の実験を行うと、静置後の容器内の水蒸気圧は食塩水よりもグルコース水溶液の方が低くなる。

- ア ①のみ イ ②のみ ウ ③のみ エ ④のみ オ ⑤のみ カ ①と②
 キ ①と④ ク ②と③ ケ ②と④ コ ③と⑤ サ ④と⑤

問3 ある物質の窒素を、一定体積の下で 25℃から 100℃まで加熱し、引き続き 100℃を保って体積を増加させながら圧力の変化を測定した。横軸に圧力、縦軸に体積をとった時、実験の経過を示したグラフのパターンとして最も適切なものを下記のア～カから選べ。



問4 原子について述べた①～⑤のうちから、正しい内容の記述をすべて選んだものは下のア～サのどれか。記号で答えよ。

- ① 原子の大きさは原子核の大きさにほぼ等しい。
- ② ${}_{26}\text{Fe}$, ${}_{27}\text{Co}$, ${}_{28}\text{Ni}$, ${}_{29}\text{Cu}$ の最外殻電子数は 1 または 2 である。
- ③ 原子量は、その元素の質量数に等しい。
- ④ 原子核中の陽子の質量と中性子の質量の和を質量数という。
- ⑤ ${}^{14}\text{C}$ は年代測定に用いられる放射性同位体である。

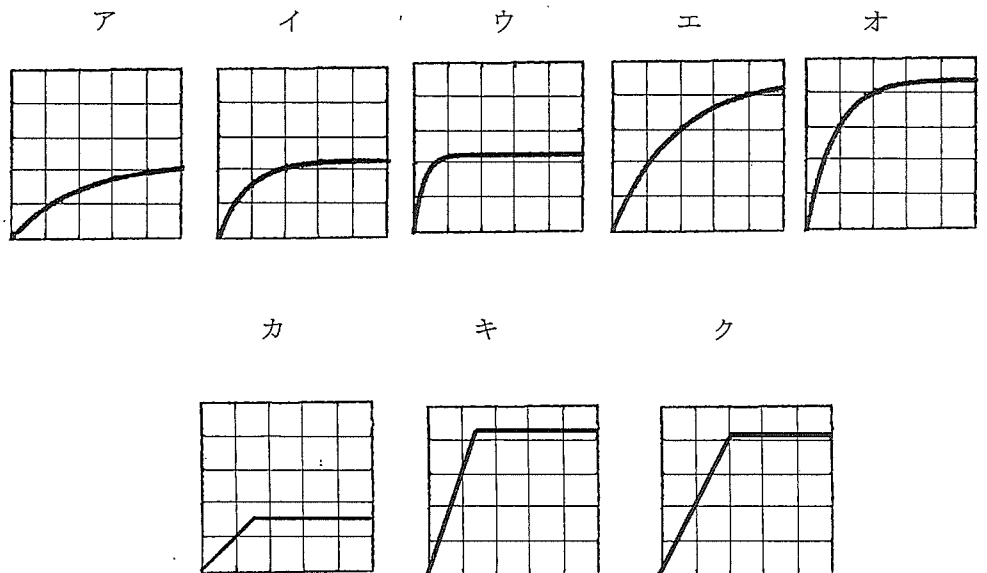
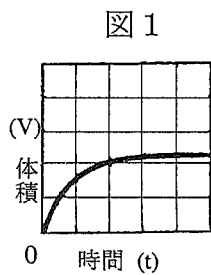
- ア ①のみ イ ②のみ ウ ③のみ エ ④のみ オ ⑤のみ カ ①と②
 キ ①と④ ク ②と④ ケ ②と⑤ コ ③と④ サ ④と⑤

問5 25℃、大気圧において、水の蒸発熱は 44 kJ/mol、水素分子の H-H の結合エネルギーは 436 kJ/mol、酸素分子の O=O の結合エネルギーは 494 kJ/mol、液体の水の生成熱は 286 kJ/mol である。水分子(気体)の O-H の結合エネルギー (kJ/mol) はいくらか。最も近似している数値を下記のア～クから選べ。

- ア 222 イ 343 ウ 463 エ 536 オ 625 カ 744 キ 874 ク 938

問6 過酸化水素水に少量の酸化マンガン(IV)を加え、常温・常圧で、酸素を発生する実験を行った。反応開始からの経過時間 t を横軸に、そのとき発生した酸素の体積 V を縦軸にとったとき、その関係をグラフにすると図1のようになった。

酸化マンガン(IV)の量を2倍にして同様の実験を行い、時間 t と体積 V との関係を図1と同じ目盛のグラフで示すと、どのようなグラフになるか。最も適切なものを下記のア～クから選べ。



問7 分子式が $C_5H_{12}O$ で示される有機化合物で、第二級アルコールとエーテルはそれぞれ何種類ずつあるか。下記のア～コから正しい組み合わせを選べ。

- ア 2と2 イ 2と3 ウ 2と4 エ 2と5 オ 2と6 カ 3と2
 キ 3と3 ク 3と4 ケ 3と5 コ 3と6

問8 ハロゲンについて述べた①～⑤のうちから、正しい内容の記述をすべて選んだものは下のア～サのどれか。記号で答えよ。

- ① ハロゲン化水素を水に溶解したとき、その水溶液が最も弱い酸性を示すのはヨウ化水素である。
 ② 塩素の酸化物のうち、塩素原子の酸化数が最も大きいのは塩素酸である。
 ③ 塩素を実験室でつくるには、さらし粉に塩酸を加える。
 ④ 塩素のオキシ酸の酸性は、塩素の酸化数が大きいものほど強い。
 ⑤ ハロゲンの単体の酸化力は、原子番号が大きいほど強い。

- ア ①のみ イ ②のみ ウ ③のみ エ ④のみ オ ⑤のみ カ ①と②
 キ ①と③ ク ②と③ ケ ②と④ コ ②と⑤ サ ③と④

問 9 次の記述①～⑤のうちから、内容に誤りがある記述をすべて選んだものは下のア～サのどれか。記号で答えよ。

- ① イオン結晶は、陰イオンと陽イオンからできているので、結晶状態でも電気を通しやすい。
- ② 二酸化炭素とヨウ素はともに分子結晶をつくり、昇華性がある。
- ③ ダイヤモンドが硬いのは、結晶中の炭素原子がそれぞれ4個の炭素原子と共有結合で結合して正四面体の形が繰り返された構造をとっているからである。
- ④ 一定の圧力のもとで徐々に加熱していくと、多くの分子結晶性の物質は、物質固有のある温度で急激に液化する。
- ⑤ フッ化水素が他のハロゲン化水素に比べて著しく高い沸点を示すのは、分子間に水素結合が形成されているためである。

ア ①のみ イ ②のみ ウ ③のみ エ ④のみ オ ⑤のみ カ ①と②
 キ ①と③ ク ②と③ ケ ②と④ コ ③と④ サ ③と⑤

問 10 糖類に関して述べた次の記述①～⑤のうちから、内容に誤りがある記述をすべて選んだものは下のア～サのどれか。記号で答えよ。

- ① 環構造のグルコースにはフェーリング液を還元する原子団はない。
- ② 転化糖はグルコースよりも甘味が強く、フルクトースより甘味が弱い。
- ③ マルトースにも α 、 β で区別される異性体がある。
- ④ デンプンをアミラーゼで加水分解すると、デキストリンを経てグルコースまで加水分解される。
- ⑤ 肝臓に貯蔵されているグリコーゲンは、必要に応じてグルコースまで加水分解されて血液中に放出される。

ア ①のみ イ ②のみ ウ ③のみ エ ④のみ オ ⑤のみ カ ①と③
 キ ①と④ ク ②と③ ケ ②と④ コ ③と④ サ ④と⑤

問 11 油脂に関して述べた次の記述①～⑤のうちから、内容に誤りがある記述をすべて選んだものは下のア～サのどれか。記号で答えよ。

- ① 常温で液体の油脂に、適当な触媒を用いて水素を付加させると硬化油が得られる。
- ② アルブミン、油脂、デンプンの中で、燃焼したとき発生するエネルギーが単位質量あたり最も大きいものは油脂である。
- ③ 油脂の変質は不飽和結合の多い油脂ほど起こりやすい。
- ④ 構成脂肪酸がパルミチン酸とステアリン酸のみである油脂は、常温で固体である。
- ⑤ 複合脂質とは、構成脂肪酸がすべて異なる油脂のことである。

ア ①のみ イ ②のみ ウ ③のみ エ ④のみ オ ⑤のみ カ ①と②
 キ ②と③ ク ②と④ ケ ②と⑤ コ ③と⑤ サ ④と⑤

問 12 タンパク質の構造に関して述べた次の記述①～⑤のうちから、内容に誤りがある記述をすべて選んだものは下のア～サのどれか。記号で答えよ。

- ① アミノ酸の配列順序を一次構造という。
- ② 生体においては一次構造が決まれば三次構造が決まる。
- ③ タンパク質の変性は、一次構造の変化に基づく。
- ④ 二次構造には α ヘリックス構造と β シート構造がある。
- ⑤ タンパク質の立体構造の保持には水素結合が重要である。

ア ①のみ イ ②のみ ウ ③のみ エ ④のみ オ ⑤のみ カ ①と②
 キ ②と③ ク ②と④ ケ ③と④ コ ③と⑤ サ ④と⑤

問 13 タンパク質に関する次の文中の空欄①から④にあてはまる語句の組み合わせとして適切なものは、次のア～コのどれか。記号で答えよ。

分子量がほぼ同じ球状のタンパク質 A および B を pH 7.0 の緩衝液中で電気泳動したところ、タンパク質 A は陽極側に、B は陰極側に移動した。このことから、タンパク質 A の等電点は、(①) 側にあることがわかる。したがってタンパク質 A を構成するアミノ酸については、(②) アミノ酸に比べて (③) アミノ酸の割合が大きいと考えられる。

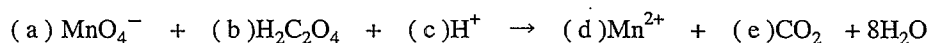
一方、タンパク質 A および B を pH 7.0 の緩衝液に溶かした溶液を、(④) イオン交換樹脂を充填したカラム管 (筒状容器) に通すと、タンパク質 B だけがこの樹脂に吸着されることが予想できる。

	①	②	③	④
ア	塩基性	塩基性	酸性	陰
イ	塩基性	酸性	塩基性	陰
ウ	酸性	酸性	塩基性	陰
エ	酸性	塩基性	酸性	陰
オ	酸性	塩基性	塩基性	陰
カ	塩基性	塩基性	酸性	陽
キ	塩基性	酸性	塩基性	陽
ク	酸性	酸性	塩基性	陽
ケ	酸性	塩基性	酸性	陽
コ	酸性	塩基性	塩基性	陽

問題Ⅱ 次の記述を読み、以下の問いに答えよ。ただし、問 14～問 19 の答はすべてマークシート式解答用紙の 14～19 のマーク欄にマークせよ。

未知の過マンガン酸カリウム (KMnO_4) 水溶液の濃度を定めるために以下の実験を行った。濃度 0.100 mol/l のシュウ酸 ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$) 水溶液 10.0 ml をコニカルビーカーにとり、約 200 ml の純水で薄めた後、約 10 ml の^①濃硫酸を加えた。この溶液を^②滴定前に 70°C 程度に温めた後、コニカルビーカーの下にろ紙を敷き、溶液を攪拌しながら、ビュレットから過マンガン酸カリウム水溶液を滴下した。^③溶液がかすかに呈色したところを滴定の終点とした。このときまでに滴下した過マンガン酸カリウム水溶液の量は 20.00 ml であった。

問 14 次の反応式は過マンガン酸イオンとシュウ酸との反応をイオン反応式で示したものである。(a)～(e)には係数が入る。



(b)と(c)の係数にそれぞれ該当する数の組み合わせを下記のア～カから選べ。

ア 1 と 14 イ 2 と 12 ウ 3 と 10 エ 4 と 8 オ 5 と 6 カ 7 と 2

問 15 下線部①において、濃硫酸を加えずに、過マンガン酸カリウムによる滴定を行うとすればどのようなことが予想されるか。最も適切なものを下記のア～オから選べ。

- ア 反応が全く起こらない。
- イ 反応液は濃い黒褐色溶液になる。
- ウ 気泡が激しく発生する。
- エ 酸化マンガン(IV)の沈澱が生じる。
- オ 濃硫酸を加えた場合と変わらない。

問 16 下線部②において、滴定前に温める理由として最も適切なものを下記のア～オから選べ。

- ア 硫酸カリウムが沈殿するのを防ぐため。
- イ 酸化マンガン(IV)の生成を防ぐため。
- ウ 溶解している酸素を除去するため。
- エ 発生する二酸化炭素を除去するため。
- オ 反応の速度を速くするため。

問 17 下線部③において、呈色した色と呈色物質との正しい組み合わせを下記のア～キから選べ。

- ア オレンジ： Mn^{2+} イ 淡赤紫： Mn^{2+} ウ オレンジ： MnO_4^- エ 淡赤紫： MnO_4^-
- オ 黒褐色： MnO_2 カ 緑： MnO_4^{2-} キ 青： MnO_4^{3-}

問 18 この実験で用いた過マンガン酸カリウム水溶液の濃度(mol/l)に最も近似する数値を下記の
ア～キから選べ。

ア 0.02 イ 0.04 ウ 0.06 エ 0.08 オ 0.10 カ 0.12 キ 0.14

問 19 この実験のようにして濃度を決定した過マンガン酸カリウム水溶液を用いて滴定を行うと、
その濃度を求めることができるものは、次の①～⑤のうちのどれか。そのすべてを選んだもの
を下のア～コから選べ。

① 硝酸カルシウム水溶液中のカルシウムイオン Ca^{2+}

② 硝酸カルシウム水溶液中の硝酸イオン NO_3^-

③ オキシドール中の過酸化水素 H_2O_2

④ 硫酸銅水溶液中の銅イオン Cu^{2+}

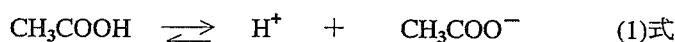
⑤ 硫酸鉄(Ⅱ)水溶液中の鉄イオン Fe^{2+}

ア ①のみ イ ②のみ ウ ③のみ エ ④のみ オ ⑤のみ

カ ①と② キ ②と③ ク ②と⑤ ケ ③と④ コ ③と⑤

問題 III 次の記述を読み、以下の問いに答えよ。解答はすべて記述用解答用紙の所定の位置に書き込むこと。

強酸や強塩基は水に溶けるとほぼ 100% 電離するので、その濃度から溶液中の水素イオン濃度を容易に算出することができる。しかし、弱酸の水溶液や弱酸とその塩が共存する水溶液中においては、水素イオン、電離していない弱酸、および電離して生じた弱酸イオンが平衡状態にあるので、水素イオン濃度の算出は複雑である。たとえば酢酸を水に溶解すると、電離していない酢酸と電離して生じた水素イオンおよび酢酸イオンとの間に、次のような電離平衡が成り立つ。



酢酸の全濃度を C_A (mol/l)、酢酸の 25 °C における電離定数を K_a 、酢酸の電離度を α とすると、25°C における(1)式の電離定数 K_a は濃度 C_A (mol/l) と電離度 α を用いて(2)式の【ア】のように表せる。

$$K_a = \text{【ア】} \quad (2)\text{式}$$

ここで、濃度 C_A が大きいときは、 α は【イ】に比べて無視できるほど小さいので、電離度 α は濃度 C_A と電離定数 K_a を用いて(3)式の【ウ】のように表せる。

$$\alpha = \text{【ウ】} \quad (3)\text{式}$$

①したがって濃度 C_A の酢酸水溶液における水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ は、濃度 C_A と電離定数 K_a を用いて(4)式の【エ】のように表せる。

$$[\text{H}^+] = \text{【エ】} \quad (4)\text{式}$$

一方、全濃度 C_A の酢酸水溶液に、酢酸ナトリウムの濃度が C_B (mol/l) になるように酢酸ナトリウムの結晶を加えた混合溶液中の水素イオン濃度は、酢酸ナトリウムの添加にともなう溶液の体積変化を無視すれば、以下のようにして求めることができる。

酢酸ナトリウムは水溶液中ではほぼ完全に電離する。その結果、酢酸の電離は抑制されるので電離度 α は著しく小さくなる。したがって、この混合溶液中における電離していない酢酸の濃度 (mol/l) は【オ】に、酢酸イオンの濃度 (mol/l) は【カ】にほぼ等しくなる。酢酸の電離平衡は、酢酸ナトリウムが加わったときでも成り立つから、混合溶液中の水素イオン濃度は K_a 、 C_A および C_B を用いて(5)式の【キ】のように表せる。

$$[\text{H}^+] = \text{【キ】} \quad (5)\text{式}$$

②この酢酸と酢酸ナトリウムの混合溶液には、緩衝作用がある。

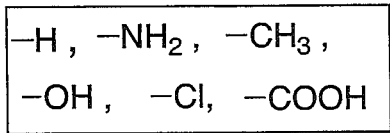
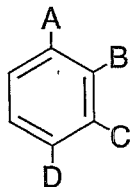
問 1 空欄【ア】～【キ】に適切な数字、文字または文字式を記入せよ。

問 2 下線部①において $C_A = 0.20$ mol/l のとき、その酢酸水溶液の pH を求めよ。ただし、この溶液の電離度は 0.010 とする。必要ならば $\log 2 = 0.3$ を用いよ。式は書かないでよい。

問 3 酢酸と酢酸ナトリウムの混合溶液に少量の強塩基を加えたときのイオン反応式を用いて、下線部②について説明せよ。

問題Ⅳ 次の記述を読み、以下の問いに答えよ。解答はすべて記述用解答用紙の所定の位置に書き込むこと。

二置換の芳香族化合物【a】～【c】は、下図に示すA～Dに、枠内のいずれかの原子、または原子団を有している。



化合物【a】および【b】を、それぞれ<実験1>のようにして過マンガン酸カリウム水溶液で酸化したところ、化合物【a】からは化合物【d】が、化合物【b】からは化合物【e】が得られた。

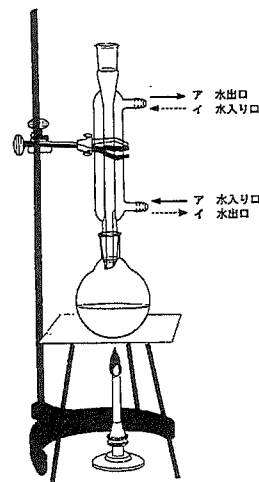
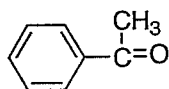
化合物【d】は、加熱すると分子内で脱水反応を起こし、化合物【f】を生じる。また、化合物【e】を、エチレングリコールと反応させると、熱可塑性樹脂である(①)が得られる。

一方、化合物【c】は、ベンゼンを原料としてクメン法で得られる化合物【g】のナトリウム塩に、高温・高圧で二酸化炭素を反応させる方法で合成する。化合物【c】に無水酢酸を作用させると、(②)として用いられる化合物【h】を生じる。また、化合物【c】に少量の濃硫酸を加えてメタノールと加熱すると化合物【i】が生じるが、これは(③)として用いられる。

<実験1>丸底フラスコに蒸留水と必要量の過マンガン酸カリウムを入れて溶解し、そこに化合物【a】または【b】を加え、軽くふり混ぜた。フラスコに沸騰石を入れ、下図のように冷却器をつけて金網上で加熱還流^{*}した。反応終了後、反応液をろ過してろ液に濃塩酸を加えて酸性とし、氷冷したところ、結晶が析出したのでこれをろ過して集めた。

問1 化合物【c】、【f】および【h】の構造式を[例]にならって書け。

[例]



^{*}還流：液体が常に沸騰と凝縮を繰り返している状態のこと。反応溶液は一定の温度に保たれている。

問2 文中の①～③の()内にあてはまる語句を、それぞれ、下の①～③の(ア)～(オ)から選び記号で答えよ。

- ① (ア)メタクリル樹脂 (イ)ポリスチレン (ウ)フェノール樹脂 (エ)PET樹脂 (オ)ABS樹脂
 ② (ア)解熱鎮痛剤 (イ)消炎外用薬 (ウ)消毒剤 (エ)サルファ剤 (オ)抗生物質
 ③ (ア)解熱鎮痛剤 (イ)消炎外用薬 (ウ)消毒剤 (エ)サルファ剤 (オ)抗生物質

問3 化合物【f】をのぞく【c】～【i】のうちから、炭酸水素ナトリウム水溶液に溶解するものをすべて選び、記号で答えよ。

問4 実験装置の図中の冷却器に水を流すとき、流れの方向を示したものとして適切なのは図中のア、イのどちらか。記号で答えよ。

問5 下線部の操作はなぜ必要なのか。理由を書け。

問題 V 次の記述を読み、以下の問いに答えよ。解答はすべて記述用解答用紙の所定の位置に書き込むこと。

低分子化合物が、繰り返し結合して、高分子化合物になる反応を【ア】という。このとき、高分子化合物の単位となる低分子化合物を【イ】という。【ア】は【ウ】と【エ】の2種類に大別され、低分子化合物からいろいろな用途の高分子化合物をつくりだすための基本的な化学反応である。例えば、尿素樹脂は尿素と【オ】から【ウ】でつくられる熱硬化性樹脂である。また、酢酸ビニルからポリ酢酸ビニルの合成は【エ】の例である。

一方、天然高分子化合物として知られている生ゴム(天然ゴム)は低分子化合物の【カ】が【エ】した構造をもつものである。生ゴムの分子には【キ】があり、空気中ではこの部分の化学変化により、しだいに弾性を失い劣化する。生ゴムに数パーセントの硫黄を加えて加熱し、【キ】部分で適度に架橋結合をつくると、【ク】状構造になり、弾性が強くなるだけでなく機械的強度も強くなる。

問1 【ア】～【ク】にあてはまる適切な語句を記入せよ。

問2 低分子化合物【イ】から高分子化合物をつくるとき、反応した【イ】の総質量と、生成した高分子化合物の質量がほとんど変わらないものを、次の合成高分子化合物a～eの中からすべて選び、記号で答えよ。

- a 6,6-ナイロン b ポリプロピレン c フェノール樹脂 d 6-ナイロン
 e ビニロン

問3 下線部を化学反応式で示せ。