# 東京女子医科大学

2023 年度　一般選抜　化学

（2 科目　120 分）

解答に際しての注意事項

①必要があれば、次の原子量および数値を用いよ。

H = 1.00　C = 12.0　N = 14.0　O = 16.0　Na = 23.0　S = 32.0　Cl = 35.5　Cu = 63.5

アボガドロ定数 $N_A = 6.02 \times 10^{23}$ /mol、気体定数：$R = 8.3 \times 10^3$ Pa·L/(K·mol)、

ファラデー定数：$F = 9.65 \times 10^4$ C/mol、水のイオン積 (25 ℃)：$K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ (mol/L)$^2$

②気体を扱う計算では、すべて理想気体として考えよ。

**問題 I**　次の各問いに答えよ。ただし、問 1〜問 16 の答は、すべてマークシート式解答用紙の 1〜16 のマーク欄にマークせよ。

問 1　次の記述①〜⑤のうち、誤っているものをすべて選べ。解答はア〜シから選べ。

① 安定な同位体が存在する元素の場合、最も存在比の大きい同位体の質量数を原子量とする。

② リン原子は不対電子を 3 つもつ。

③ Na と $Na^+$ の質量数は同じである。

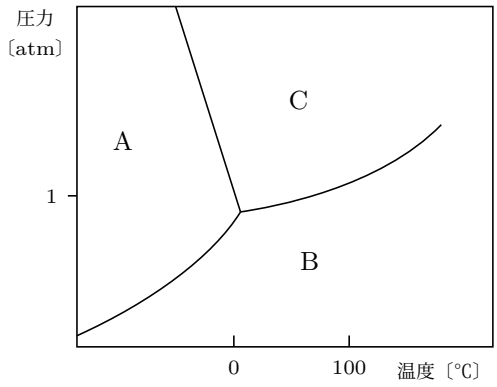
④ ハロゲン原子の価電子が持つ電荷の合計は約 $-1.12 \times 10^{-18}$ C である。

⑤ アルカリ金属の原子は一般にイオン化エネルギーが大きい。

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 ①と⑤　ケ ②と③　コ ②と⑤　サ ③と④　シ ④と⑤

問 2　右図は水の状態図である。以下の①〜③の事象は、どの状態変化に最も深く関連するか。①〜③の答えの組み合わせとして最も適切なものをア〜サから選べ。




① 冷凍庫に長期間入れておいた氷が小さくなっていた。

② 乾いたコップに氷水を入れ、暖かい室内に放置したところ、コップの外側表面に水滴がついた。

③ 北海道などの寒い地方では、冬の良く晴れた朝、気温が −20 ℃以下の状態になるとダイヤモンドダストとよばれる、空気中に生じた結晶が降る現象が見られることがある。

| | ア | イ | ウ | エ | オ | カ | キ | ク | ケ | コ | サ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ① | A→B | A→B | A→B | A→B | A→C | A→C | A→C | B→A | B→A | C→A | C→A |
| ② | A→B | B→C | B→C | C→B | B→A | C→A | C→B | B→C | A→B | C→A | A→B |
| ③ | C→B | A→B | B→A | A→B | C→A | A→B | B→A | A→B | B→A | A→B | B→A |

問 3　次の化合物①〜⑤のうち、下線をつけた原子の酸化数が +5 未満のもの（下線をつけた原子が複数個ある場合はそのすべてが +5 未満のもの）をすべて選べ。解答はア〜シから選べ。

① $K_3[\underline{Fe}(CN)_6]$　② $Ba\underline{Cr}O_4$　③ $K\underline{Mn}O_4$　④ $\underline{Pb}_3O_4$　⑤ $\underline{P}_4O_{10}$

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④　サ ③と⑤　シ ④と⑤

問 4　次の①〜⑤の反応式で表される反応のうち、常温・常圧下で起こるものをすべて選べ。解答はア〜シから選べ。

① $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$

② $SiO_2 + 2C \rightarrow Si + 2CO$

③ $Al(OH)_3 + 4\,NH_3 \rightarrow [Al(NH_3)_4]^{3+} + 3\,OH^-$

④ $Na_2O + H_2O \rightarrow 2NaOH$

⑤ $Cu + 2\,HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + H_2$

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 ①と④　ク ②と③　ケ ②と④　コ ③と④　サ ③と⑤　シ ④と⑤

問 5　次の記述①〜⑤のうち、誤っているものをすべて選べ。解答はア〜シから選べ。

① 酢酸ナトリウムは、水に溶けて塩基性を示すので、塩基性塩である。

② $CO_2$、$SiO_2$、$P_4O_{10}$ は、いずれも酸性酸化物である。

③ 塩素のオキソ酸は、塩素の酸化数が大きいものほど強い酸である。

④ フッ化水素酸は、ガラスの主成分である二酸化ケイ素を溶かす強酸である。

⑤ 酸性酸化物と水との反応で生じる酸の多くはオキソ酸である。

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③　ケ ②と④　コ ③と④　サ ③と⑤　シ ④と⑤

問 6　原子 A と原子 B で構成される気体 $A_2$、$B_2$、ならびに AB は、$A_2 + B_2 \rightleftarrows 2AB$ のように反応する。体積 4.0 L の容器に $A_2$ と $B_2$ を 3.0 mol ずつ封入して、ある一定温度に保つと、上記の可逆反応は平衡に達し、その平衡定数は 16 であった。温度、容器に封入する気体の種類、ならびに $A_2$ と $B_2$ の物質量を変えずに、体積 2.0 L の別の容器で反応させたところ、平衡状態における容器内の全圧は $7.2 \times 10^6$ Pa になった。この時の気体 AB の分圧〔Pa〕として最も近い値はどれか。解答はア〜ケから選べ。

ア $1.2 \times 10^6$　イ $1.6 \times 10^6$　ウ $1.8 \times 10^6$　エ $2.4 \times 10^6$　オ $3.2 \times 10^6$

カ $3.6 \times 10^6$　キ $4.8 \times 10^6$　ク $5.4 \times 10^6$　ケ $6.0 \times 10^6$

問 7　ハロゲンの単体あるいは化合物に関する次の記述①～⑤のうち、正しいものをすべて選べ。解答はア～シから選べ。

① 常温・常圧下で、塩素は乾燥した空気よりも密度が小さい。

② 非金属元素の単体のうち、常温・常圧下で液体の物質は臭素だけである。

③ ヨウ化カリウム水溶液に臭素水を加えると、ヨウ素が遊離する。

④ フッ化水素 HF は、他のハロゲン化水素 HCl、HBr、HI に比べて沸点が低い。

⑤ ハロゲン化ナトリウム NaF、NaCl, NaBr の結晶では、ハロゲン化物イオンのイオン半径が大きいものほど融点が高い。

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　シ ④と⑤

問 8　白金を電極として用いて、硫酸銅（Ⅱ）水溶液を 3.80 A の電流で一定時間電気分解を行った。陽極から発生した気体をすべて水上置換で捕集した。捕集した気体の体積は、27 ℃、$9.86 \times 10^4$ Pa の大気圧のもとで、捕集容器内外の水面の高さをそろえて容器内の空間の体積をはかると 498 mL であった。27 ℃の水の飽和蒸気圧を $3.60 \times 10^3$ Pa とすると、①陽極から発生した気体の物質量〔mol〕はいくらになるか。また、②この電気分解を行った時間〔s〕はいくらになるか。①、②の答えの組み合わせとして最も適切なものをア～ケから選べ。ただし、陽極から発生した気体は硫酸銅（Ⅱ）水溶液には溶けないものとする。

| | ア | イ | ウ | エ | オ | カ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ①〔mol〕 | $1.90 \times 10^{-2}$ | $1.90 \times 10^{-2}$ | $1.90 \times 10^{-2}$ | $2.00 \times 10^{-2}$ | $2.00 \times 10^{-2}$ | $2.00 \times 10^{-2}$ |
| ②〔s〕 | $1.86 \times 10^3$ | $1.93 \times 10^3$ | $2.00 \times 10^3$ | $1.86 \times 10^3$ | $1.93 \times 10^3$ | $2.00 \times 10^3$ |

| | キ | ク | ケ |
|---|---|---|---|
| ①〔mol〕 | $2.10 \times 10^{-2}$ | $2.10 \times 10^{-2}$ | $2.10 \times 10^{-2}$ |
| ②〔s〕 | $1.86 \times 10^3$ | $1.93 \times 10^3$ | $2.00 \times 10^3$ |

問 9　分子の運動に関する次の記述①～⑤のうち、正しいものをすべて選べ。解答はア～シから選べ。

① 大気中で液体を加熱していくと、粒子の熱運動は激しくなり、沸点を超えた時点からその液体分子が液体表面より外部へ飛び出し始める。

② 分子間力が大きい液体ほど蒸発しにくく、沸点が高くなる。

③ ある温度において熱運動する分子は、みな同じ速さで運動している。

④ 固体分子の運動エネルギーはゼロであるが、温度上昇により外部から融解熱に相当するエネルギーを得ることで固体分子が運動を開始し、液体状態へ変化する。

⑤ 高温になるほど蒸気圧の値が大きくなるのは、温度が高くなると液体中で大きな運動エネルギーをもつ分子の割合が増えるためである。

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④　ク ②と③　ケ ②と④　コ ②と⑤　サ ③と⑤　シ ④と⑤

問 10 25°C において、10 mL の 0.10 mol/L アンモニア水に 10 mL の 0.10 mol/L 塩酸を加えよく混合した。この溶液の pH はいくらになるか。解答はア〜ケから選べ。ただし、25°C におけるアンモニアの電離定数 $K_b$ は $2.0 \times 10^{-5}$〔mol/L〕、$\log_{10} 5 = 0.7$ とする。また、塩の加水分解反応の平衡定数を加水分解定数 $K_h$ とよび、$K_h = K_w/K_b$ で表される。

ア 4.3　イ 4.7　ウ 5.3　エ 5.7　オ 6.3

カ 6.7　キ 7.0　ク 7.3　ケ 7.7

問 11 浸透圧に関する次の記述①〜⑤のうち、正しいものをすべて選べ。解答はア〜シから選べ。

① 20 ℃において、0.02 mol/L の食塩水を希釈して 0.01 mol/L にすると、浸透圧は大きくなる。

② 20 ℃の希薄な食塩水を加熱して 40 ℃にすると、浸透圧は大きくなる。

③ 0.01 mol/L のグルコース溶液と 0.01 mol/L の食塩水はモル濃度が同じなので、同一温度における浸透圧は等しい。

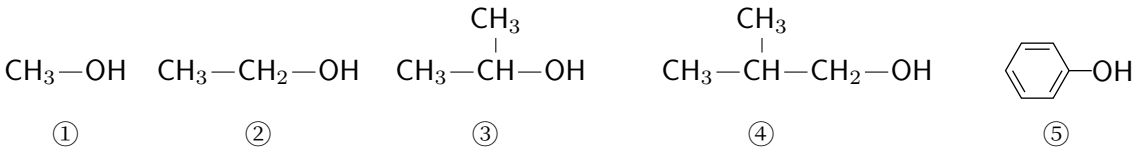
④ ある物質の希薄溶液の浸透圧は、溶媒の種類により異なる値を示す。

⑤ 純溶媒と溶液を半透膜で仕切ってしばらく放置したのち、溶液側に半透膜が耐えうる圧力まで外圧を加えていくと、半透膜を通してその溶液側から純溶媒側へと溶媒だけを取り出すことができ、この方法を逆浸透法という。

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 ②と⑤　サ ③と⑤　シ ④と⑤

問 12　①〜⑤の化合物のうち、下記 A〜C の 3 つの条件をすべて満たすものを選べ。解答はア〜シから選べ。



①　②　③　④　⑤

A　適切な条件でプロピオン酸と反応させると分子量 100 以上のエステルを生じる

B　適切な条件で酸化するとアルデヒドになる

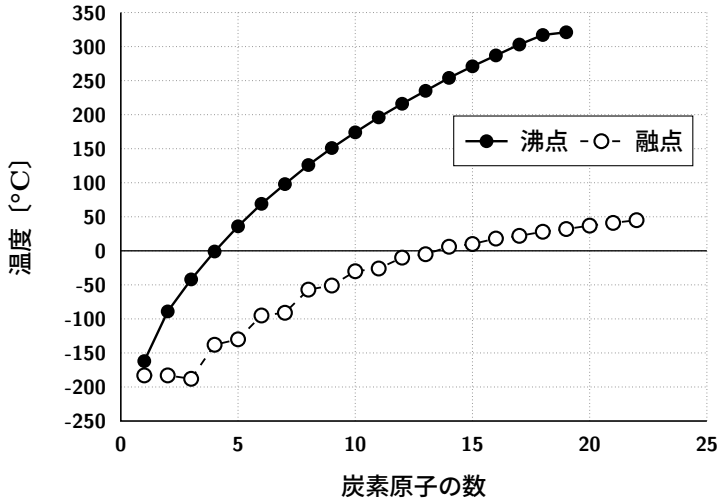
C　その水溶液は中性を示す

ア　①と②　　イ　②と④　　ウ　④と⑤　　エ　①と②と④　　オ　②と③と④

カ　②と④と⑤　　キ　③と④と⑤　　ク　①と②と③と④　　ケ　①と②と④と⑤

コ　①と③と④と⑤　　サ　②と③と④と⑤　　シ　①と②と③と④と⑤

問 13　直鎖状アルカンの炭素数の違いによる沸点と融点の変化を示す右のグラフを見て、次の①〜⑤の記述のうち正しいものをすべて選べ。解答はア〜シから選べ。




① ヘキサンは常温において液体である。

② 炭素数 17 の直鎖状アルカンは 0°C では液体である。

③ 炭素数 10 のアルカンの沸点は、直鎖状でも枝分かれしていても約 175°C である。

④ アルケンの融点は、炭素数が同じアルカンの融点と等しい。

⑤ 直鎖状アルカンは、炭素数が多いほど融点が高くなる。

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⑤　ク ②と③　ケ ②と④　コ ③と④　サ ③と⑤　シ ④と⑤

問 14 次の記述①〜⑤のうち、正しいものをすべて選べ。解答はア〜シから選べ。

① エチレンを臭素の四塩化炭素溶液に通じると、1,2-ジブロモエタンが生じる。

② プロペン分子内の 3 つの炭素原子は同一直線上にある。

③ アセチレン 1 分子に酢酸 1 分子が付加した化合物には幾何異性体がある。

④ エチレンを赤熱した鉄に触れさせると、3 分子が重合してベンゼンが得られる。

⑤ ベンゼンの不飽和結合はアルケンの不飽和結合よりも付加反応を起こしにくい。

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④　ク ①と⑤　ケ ②と⑤　コ ③と④　サ ③と⑤　シ ④と⑤

問 15 次の記述①〜⑤のうち、正しいものをすべて選べ。解答はア〜シから選べ。

① デンプンとグリコーゲンをそれぞれ加水分解して得られる単糖は同じである。

② グルコース、ガラクトース、ラクトースは単糖である。

③ アミノ酸の検出に利用されるニンヒドリン反応は、タンパク質でもみられる。

④ タンパク質を加水分解して得られる天然の $\alpha$-アミノ酸には、ベンゼン環を含むものはない。

⑤ 油脂の融点は炭素数が多いほど高く、炭素と炭素の原子間の二重結合の数が多いほど高くなる。

ア ①のみ　イ ②のみ　ウ ③のみ　エ ④のみ　オ ⑤のみ　カ ①と③

キ ①と④　ク ①と⑤　ケ ②と③　コ ②と④　サ ③と④　シ ③と⑤

問 16　次の記述①〜⑤のうち、誤っているものをすべて選べ。解答はア〜シから選べ。

① 天然ゴムは、分子式 $C_4H_6$ で表される単量体が付加重合した構造をとる。

② クロロプレンゴムの分子内には二重結合がある。

③ 天然ゴムに硫黄を加えて熱すると、分子どうしが結びついた架橋構造ができる。

④ ビニロンはポリビニルアルコールのアセタール化によって合成される。

⑤ ポリアクリロニトリルは柔軟で軽く、肌触りが羊毛に近いため、衣料や毛布などに用いられる。

ア ①のみ　イ ②のみ　ウ ③のみ　エ ④のみ　オ ⑤のみ　カ ①と②

キ ①と④　ク ②と③　ケ ②と④　コ ③と④　サ ③と⑤　シ ④と⑤

**問題 II**　次の文を読み、以下の問いに答えよ。ただし、問 17〜問 20 の答は、すべてマークシート式解答用紙の 17〜20 のマーク欄にマークせよ。

インスリンは、2 本のポリペプチド鎖が 3 カ所のジスルフィド結合により連結された構造もつ（原文ママ）水溶性タンパク質である。インスリンの分子量を 5794 とする。インスリンを用いて、以下の実験を行った。

実験 I　インスリンを含む水溶液に濃硝酸を加えて加熱し、その後水溶液を塩基性にすると橙黄色になった。

実験 II　$1.000 \times 10^{-6}$ mol のインスリンの 3 カ所のジスルフィド結合を切断し、さらに完全に加水分解したところ、6.682 mg のアミノ酸混合物が得られた。

実験III　$1.000 \times 10^{-6}$ mol のインスリンのすべてのアミノ基をアセチル化したところ、反応後のインスリンは総量として質量が $1.260 \times 10^{-1}$ mg 増加していた。

問 17　下線部から存在が推定できる、インスリンに含まれるアミノ酸の名称、ならびにそのアミノ酸のインスリン 1 分子中の数の組み合わせとして正しいものはどれか。なお、そのアミノ酸はすべてジスルフィド結合を形成しているものとする。解答はア〜シから選べ。

| | ア | イ | ウ | エ | オ | カ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| アミノ酸の名称 | メチオニン | メチオニン | メチオニン | リシン | リシン | リシン |
| アミノ酸の数 | 3 | 6 | 9 | 3 | 6 | 9 |

| | キ | ク | ケ | コ | サ | シ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| アミノ酸の名称 | システイン | システイン | システイン | チロシン | チロシン | チロシン |
| アミノ酸の数 | 3 | 6 | 9 | 3 | 6 | 9 |

問 18 実験Ⅰに関して、起きた反応の名称、ならびに結果からインスリン分子に含まれていることが推測できるアミノ酸の種類の組み合わせとして正しいものはどれか。解答はア～シから選べ。

| | ア | イ | ウ | エ | オ | カ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 反応の名称 | ビウレット反応 | ビウレット反応 | ビウレット反応 | ビウレット反応 | キサントプロテイン反応 | キサントプロテイン反応 |
| アミノ酸の種類 | 酸性アミノ酸 | 中性アミノ酸 | 塩基性アミノ酸 | 芳香族アミノ酸 | 酸性アミノ酸 | 中性アミノ酸 |

| | キ | ク | ケ | コ | サ | シ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 反応の名称 | キサントプロテイン反応 | キサントプロテイン反応 | ニンヒドリン反応 | ニンヒドリン反応 | ニンヒドリン反応 | ニンヒドリン反応 |
| アミノ酸の種類 | 塩基性アミノ酸 | 芳香族アミノ酸 | 酸性アミノ酸 | 中性アミノ酸 | 塩基性アミノ酸 | 芳香族アミノ酸 |

問 19 実験Ⅱで得られたアミノ酸混合物に含まれるアミノ酸の平均分子量を求め、最も近い値をア～ケから選べ。

ア 111.5　　イ 113.7　　ウ 116.0　　エ 118.4　　オ 120.8

カ 123.4　　キ 131.0　　ク 133.6　　ケ 136.4

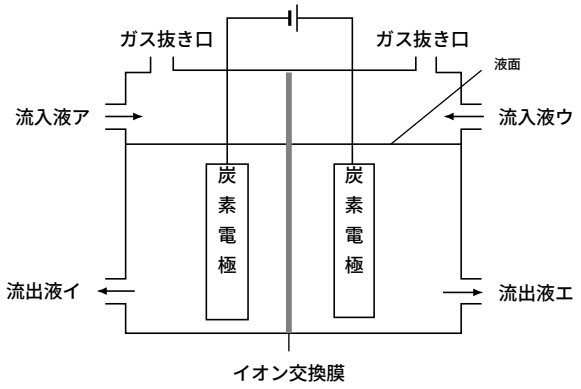
問 20　実験Ⅲの結果を踏まえ、インスリンを構成しているアミノ酸の側鎖に存在するアミノ基の、インスリン 1 分子あたりの数、ならびに反応後のインスリンの等電点が反応前と比べてどう変化するか、の組み合わせとして正しいのはどれか。解答はア～シから選べ。

| | ア | イ | ウ | エ | オ | カ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 側鎖のアミノ基の数 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 |
| 等電点 | 小さくなる | 変化しない | 大きくなる | 小さくなる | 変化しない | 大きくなる |

| | キ | ク | ケ | コ | サ | シ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 側鎖のアミノ基の数 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 等電点 | 小さくなる | 変化しない | 大きくなる | 小さくなる | 変化しない | 大きくなる |

**問題III**　次の文を読み、以下の問いに答えよ。解答は、記述用解答用紙の所定の位置に書け。

水酸化ナトリウムの製造には、塩化ナトリウムの電気分解が利用されている。右の図はイオン交換膜法による水酸化ナトリウムの製造の原理を示したものである。




問 1　図中のア～エに該当するものを、以下の a～d よりそれぞれ選び、記号で答えよ。

a　飽和塩化ナトリウム水溶液

b　薄い塩化ナトリウム水溶液

c　純水

d　水酸化ナトリウム水溶液

問 2　陽極、陰極で起こる反応をそれぞれイオン反応式で示せ。

問 3　次の①～③の記述の正誤の組み合わせとして正しいものをア～クから選べ。

① 使用されているイオン交換膜は陰イオン交換膜である。

② 陽極側と陰極側の間でイオンが移動するのは、電解液の電気的中性を保つためである。

③ 陽極で発生した気体を、ヨウ化カリウム水溶液に吹き込むと、溶液の色は無色から褐色へ変化する。

| | ア | イ | ウ | エ | オ | カ | キ | ク |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ① | 正 | 正 | 正 | 正 | 誤 | 誤 | 誤 | 誤 |
| ② | 正 | 正 | 誤 | 誤 | 正 | 正 | 誤 | 誤 |
| ③ | 正 | 誤 | 正 | 誤 | 正 | 誤 | 正 | 誤 |

問 4　陽極で発生した気体を水に吹き込んだときに起こる反応を化学反応式で示せ。

問 5　5.00 A の電流で 16 分 5 秒間電気分解した。このとき陰極に発生した気体は 0 ℃、$1.013 \times 10^5$ Pa で何 L か。有効数字 3 桁で答えよ。

**問題IV**　次の文を読み、以下の問いに答えよ。解答は、記述用解答用紙の所定の位置に書け。

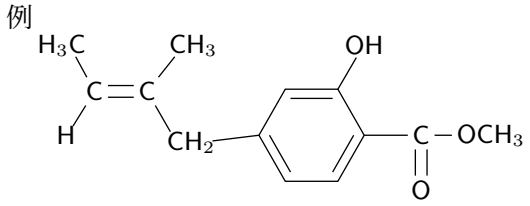
原油は、分留によってナフサ（粗製ガソリン）、灯油、軽油、重油などに分けられるが、それらの主成分は炭素と水素のみからなる炭化水素である。化合物 A、B、C はナフサの熱分解によって得られる炭化水素で、化学工業原料として広く用いられている。また、化合物 C は炭素数 8 の芳香族化合物である。

化合物 A を塩化パラジウム（Ⅱ）と塩化銅（Ⅱ）を触媒として、酸素と反応させることで化合物 D を得た。化合物 D は、エタノールに二クロム酸カリウムの硫酸酸性水溶液を加え、加熱することによっても合成される。化合物 A を適切な触媒存在下、塩素と反応させると化合物 E となり、これを熱分解することで化合物 F を得た。また、化合物 F はアセチレンに塩化水銀（Ⅱ）触媒存在下、塩化水素を反応させることによっても合成される。化合物 B は酸触媒存在下、ベンゼンを反応させると分子式 $C_9H_{12}$ である化合物 G となり、これを酸素と反応させた後、得られた過酸化物を硫酸で分解することで化合物 H と化合物 I を得た。化合物 I の分子式は、$C_6H_6O$ である。化合物 I のナトリウム塩に高温・高圧で二酸化炭素を反応させた後、希硫酸を作用させると化合物 J を得た。化合物 C に濃硫酸と濃硝酸の混合物を作用させると、化合物 C のベンゼン環の水素原子 1 つがニトロ基で置換された化合物 K を得た。化合物 K には、2 種類の可能性がある。

問 1　化合物 A、B、C、E の名称を書け。

問 2　化合物 F、G、H、J の構造式を例にならって書け。

例




問 3　化合物 K の分子式を書け。

問 4　1.68 g の化合物 B を適切な触媒の存在下、十分な量の水素と反応させた。B と反応した水素は標準状態で何 L か。有効数字 3 桁で答えよ。

問 5　化合物 A〜K のうち、塩化鉄（Ⅲ）水溶液によって紫色を呈するものをすべて選び、記号で答えよ。