

平成 30 年度入学者選抜学力検査問題

- 13 時 00 分 —— 14 時 30 分 **地域デザイン科学部志願者**(社会基盤デザイン学科を志願した者)
- 13 時 00 分 —— 14 時 30 分 **工学部志願者**(機械システム工学科・電気電子工学科・情報工学科を志願した者)
- 13 時 00 分 —— 15 時 30 分 **工学部志願者**(応用化学科を志願した者)
- 13 時 00 分 —— 14 時 30 分 **農学部志願者**(生物資源科学科・応用生命化学科・森林科学科を志願した者)

理 科 (本文 28 ページ)

[注意]

1. 検査開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけない。
2. 「受験番号」は、解答用紙の受験番号欄に忘れずに記入すること。
3. この問題冊子には、「物理 1 頁～8 頁(4 問題)」、「化学 9 頁～22 頁(4 問題)」、「生物 23 頁～28 頁(3 問題)」の 3 科目の問題がある。落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあつた場合は、申し出ること。
4. 解答は、必ず解答用紙の解答欄に記入すること。所定の欄以外に記入したものは、無効である。
5. **地域デザイン科学部**「社会基盤デザイン学科」の志願者は、物理の第 1 問～第 4 問を解答すること。
6. **工学部**「機械システム工学科・電気電子工学科・情報工学科」の志願者は、物理の第 1 問～第 4 問を解答すること。「応用化学科」の志願者は、化学の第 1 問～第 4 問を解答すること。
7. **農学部**「生物資源科学科」の志願者は、届け出た 1 科目を選択し、化学は第 1 問～第 2 問を、生物は第 1 問～第 3 問を解答すること。「応用生命化学科」の志願者は、化学の第 1 問～第 2 問を解答すること。「森林科学科」の志願者は、届け出た 1 科目を選択し、物理は第 1 問～第 3 問を、化学は第 1 問～第 2 問を、生物は第 1 問～第 3 問を解答すること。
8. 問題または解答用紙に指示がある場合は、必ず計算過程も記入すること。
9. 計算用紙は別に配付しないので、問題冊子の余白を使うこと。

理 科 問題訂正

〈問題訂正〉

理科（物理）

5 ページ「第 3 問」の 4 行目を次のとおり訂正する。

（誤） ・ ・ ている。細管の ・ ・

（正） ・ ・ ている。ヒーターの体積と細管の ・ ・

理科（化学）

14 ページ「第 2 問」の 11 行目を次のとおり訂正する。

（誤） ・ ・ には、脂肪酸により生成された ・ ・

（正） ・ ・ には、脂肪酸から生成された ・ ・

化 学

(答えは解答用紙の所定欄に記入せよ。)

第1問から第4問について、必要があれば、次の数値を使うこと。

原子量 $H = 1.0$, $C = 12.0$, $N = 14.0$, $O = 16.0$, $Na = 23.0$, $Cl = 35.0$,

$Ca = 40.0$, $Cu = 64.0$

気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$, ファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

気体はすべて理想気体とする。

字数が指定されている解答は、以下の例にならって記述せよ。

例

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| H | ₂ | O | は | , | H | ⁺ | と | 反 | 応 | す | る | が | , |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

第1問 尿素, アンモニア, 硝酸に関する, 次のAからEの文章を読み, 以下の問い(問1~問6)に答えよ。

A 共有結合している2つの原子間の共有電子対は, どちらか一方の原子にかたよる場合がある。原子が共有電子対を引きつける強さを数値で表したものを **ア** という。N, O, Fなどは, **ア** の値が大きい原子であり, 電子を引きつけるため, 負に帯電する。一方, これらの原子と共有結合したH原子は, 正に帯電する。このように共有結合している原子間に電荷のかたよりがあるとき, 結合に **イ** があるといい, 分子全体で電荷のかたよりがある分子を **イ** 分子という。このような分子には, 正の電荷を帯びたH原子と, となりあう分子の負の電荷を帯びたN, O, F原子が相互に引き合う性質がある。この分子間の結合を **ウ** 結合という。たとえば, NとO原子をもつ尿素($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$)は, **ウ** 結合を形成しやすい分子である。

アミノ酸どうしの **エ** 結合($-\text{CO}-\text{NH}-$)を, 特にペプチド結合というが, タンパク質のポリペプチド鎖は, ペプチド結合の部分で **ウ** 結

合する。また、DNA の二重らせん構造では、2本のヌクレオチド鎖が相補的
な塩基の間で ^① 結合を形成している。

B タンパク質などの分解によって生じたアンモニアは、肝臓で尿素になる。
水、グルコース(ブドウ糖) ($C_6H_{12}O_6$)、アミノ酸やナトリウムなどは、腎臓で
^② 大部分が体内にもどされるが、尿素はそのまま体外に排出される。

C 尿素樹脂は電気絶縁性、耐薬品性に富み、透明で着色性に優れるので、電気
器具や日用品などに用いられる。尿素樹脂は、尿素と を
させて作る。尿素樹脂は である。

D 尿素は水に溶けやすく、水に溶解するときに吸熱する。この特性から、尿素
は硝酸アンモニウムとともに、冷却パックの成分として利用される。^③ また、質
量パーセント濃度 40.0 % の尿素の水溶液は、窒素酸化物を除去する脱硝装置
に使用される。^④

E 尿素は、酸、アルカリ、加熱などによって加水分解し、アンモニアと二酸化
炭素が生じる。アンモニアを酸化すると硝酸ができる。オストワルト法は、ア
ンモニアから硝酸を製造する工業的な方法である。市販の濃硝酸の質量パーセ
ント濃度は、約 60 % である。^⑤

問 1 以下の問い(1)および(2)に答えよ。

(1) , , , にあてはまる語句を
記せ。

(2) 下線部①に関連する次の文章を読み、以下の問い(i)および(ii)に答えよ。

DNAの水溶液には光を吸収する性質がある。ここではDNAが光を吸収する程度を、吸光度と呼ぶことにする。DNAの2本のヌクレオチド鎖がほどけると、DNA水溶液の吸光度は大きくなる。したがって、DNA水溶液の吸光度で、ヌクレオチド鎖がほどけた程度、つまり、二重らせん構造の安定性がわかる。そこで、吸光度を比較することで、あるDNAの二重らせん構造に対する温度と尿素の影響を調べたところ、温度が高くなるほど2本のヌクレオチド鎖がほどけて、尿素はそれを助長するという結果になった。

(i) 上の結果を表す模式図を、図1-1の45℃および65℃の欄に、棒をそれぞれ書き加えて完成させよ。なお、解答は解答欄の図に書き加えて示せ。

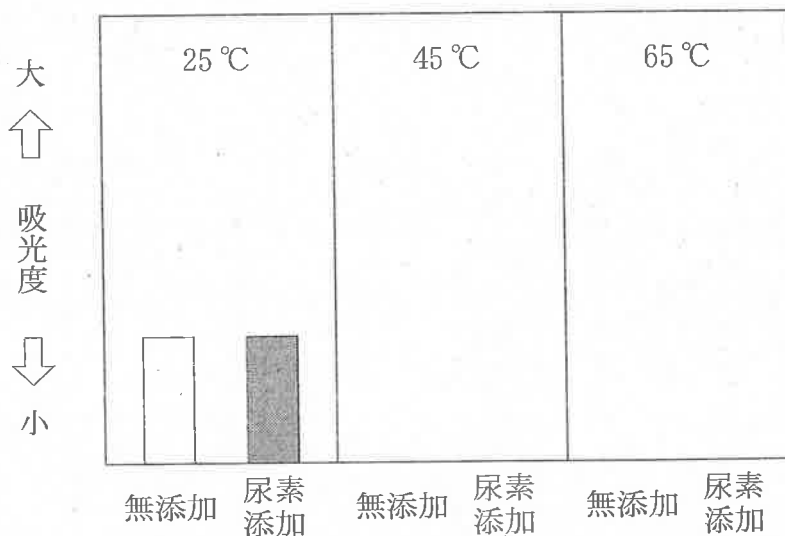


図1-1 DNAの二重らせん構造に対する温度と尿素の影響 (模式図)

(ii) 尿素は2本のヌクレオチド鎖がほどけることを助長する。その理由を述べよ。

問 2 下線部②で示した，体内へのグルコースの取り込みと尿素の排出について考察するために，グルコースと尿素の混合物 0.27 g を水に溶かして 200 mL の水溶液を調製した。この水溶液の浸透圧は，27 °C で 2.7×10^4 Pa であった。この溶液に含まれるグルコースと尿素の質量 [g] を求めよ。なお，計算過程も示せ。解答は，小数点以下 3 桁目を四捨五入し，小数点以下 2 桁まで記せ。

問 3 オ カ キ にあてはまる語句の組合せとして正しいものを，下記の(a)~(e)の中から一つ選び，記号で答えよ。

(a) オ：アセトアルデヒド，カ：付加重合，キ：熱可塑性樹脂

(b) オ：アセトアルデヒド，カ：付加縮合，キ：熱硬化性樹脂

(c) オ：ホルムアルデヒド，カ：付加重合，キ：熱硬化性樹脂

(d) オ：ホルムアルデヒド，カ：付加縮合，キ：熱硬化性樹脂

(e) オ：ホルムアルデヒド，カ：付加縮合，キ：熱可塑性樹脂

問 4 下線部③の尿素と硝酸アンモニウムの 1 mol あたりの溶解熱は，それぞれ -15 kJ と -26 kJ である。尿素 4.0 g と硝酸アンモニウム 12.0 g の混合物を，断熱容器を用いて，25.0 °C で 200 mL の水に溶解させた。このとき，液温は何度 [°C] になるか。ただし，この水溶液の比熱は，近似的に 4.2 J/(g·K) であるとする。解答は，小数点以下 2 桁目を四捨五入し，小数点以下 1 桁まで記せ。なお，計算過程も示せ。

問 5 下線部④の質量パーセント濃度 40.0 % の尿素水溶液の密度は，20 °C で 1.11 g/cm³ である。また，尿素は，20 °C で水 100 g に 108 g 溶ける。20 °C の質量パーセント濃度 40.0 % の尿素水溶液 500 mL に，あらたに尿素を加えて 20 °C の飽和水溶液にするために必要な最小限の尿素の質量 [g] を求めよ。なお，計算過程も示せ。解答は，小数点以下 1 桁目を四捨五入し，整数で記せ。

問 6 銅片に下線部⑤の濃硝酸を加えたところ、気体 a が発生し、やがて銅は完全に溶解した。この溶液を水で希釈してから、アンモニア水を加えていくと、沈殿 b が生じた。さらにアンモニア水を加えていくと沈殿 b が溶解した。以下の問い(1)~(5)に答えよ。

- (1) 気体 a が生じる化学反応を反応式で記せ。

- (2) 気体 a が生じる化学反応は、物質の酸化と還元が同時に起こる、酸化還元反応である。物質の酸化と還元とは、物質に含まれる原子の酸化と還元のことであり、それは物質の原子の酸化数の増減で表すことができる。気体 a が生じる化学反応において、酸化または還元された原子をすべてあげ、それらの反応前と反応後の酸化数を解答欄の例にならって記せ。

- (3) 気体 a の色を答えよ。

- (4) 沈殿 b の化学式を記せ。

- (5) 沈殿 b が溶解したときの化学反応を反応式で記せ。

第2問 カルボン酸に関する次の文章を読んで、以下の問い(問1～問5)に答えよ。

カルボン酸は官能基として をもち、その水溶液は を示す。カルボン酸は食品中にも含まれる。ヨーグルトの酸味成分である乳酸はその一例である。乳酸($C_3H_6O_3$)はカルボン酸の中でもヒドロキシ酸に分類される化合物である。乳酸分子の中央の炭素原子には4つの異なる原子または原子団が結合している。このような炭素原子を という。例えば乳酸では、2種の異性体が存在する。これらの分子は互いに 異性体であるという。

一方、炭化水素基と1個の を持つ鎖状のカルボン酸を脂肪酸と呼ぶ。 脂肪酸とグリセリンのエステルが油脂である。油脂に水酸化ナトリウム水溶液を加えて熱すると、油脂はけん化されてセッケン^①を生じる。また、食品の香り成分の生成にも脂肪酸は関与している。例えば、切ったトマトの特有の青臭みには、脂肪酸により生成された炭素数6のアルデヒドやアルコール^②が関与している。

脂肪酸をおもな構成成分とする油脂は、室温で固体のものが多く、 脂肪酸をおもな構成成分とする油脂は、室温で液体のものが多。大豆油などに触媒を用いて を添加すれば、 脂肪酸の割合を増やすことができる。それによって油脂の融点を させることで、室温で固体となるようにしたものがマーガリンである。また、チョコレートはココアバターという油脂が主成分の一つで、おいしさの重要な要素となっている。図2-1はココアバターに含まれる固体状の油脂の割合の温度による変化を示したものである。この図からは、パリッと割れる硬さをもつ板チョコ(状態a)が、口の中で一気にとけて(状態b)味と香りを放出し、ざらつきなく滑らかになる(状態c)ことが読み取れるであろう。^③

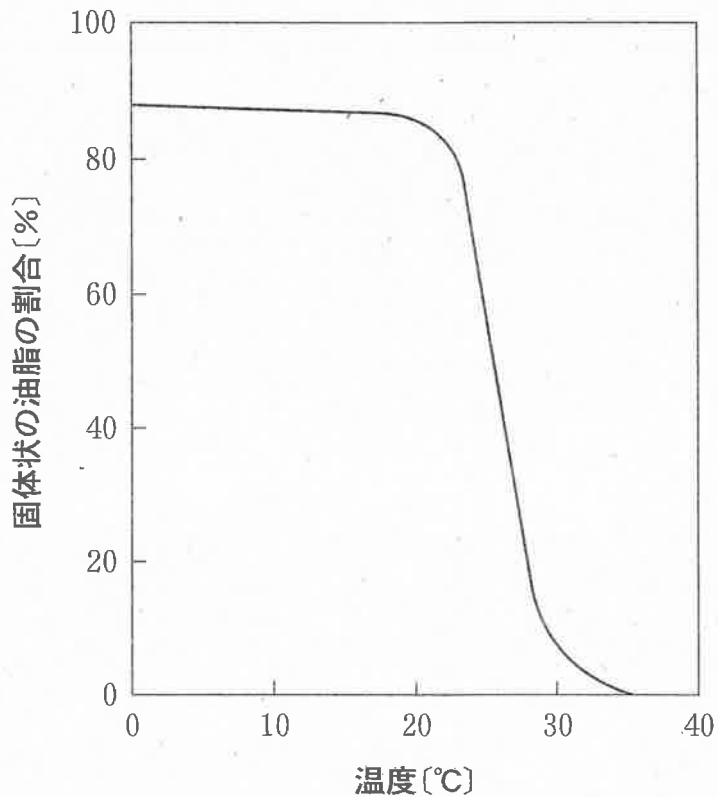


図 2—1 ココアバターに含まれる固体状の油脂の割合の温度変化

問 1 ~ にあてはまる語句を記せ。

問 2 下線部①について、オレイン酸 ($C_{17}H_{33}COOH$) だけで構成されている油脂 100 g をけん化するのに必要な水酸化ナトリウムの質量 [g] を求めよ。なお、解答欄に必要な反応式や計算過程も示せ。解答は、有効数字 3 桁で記せ。

問 3 下線部②に述べられているアルデヒドの分子式は $C_6H_{10}O$ である。この分子の炭化水素基は炭素原子が鎖状に結合した構造であり、3 個以上の炭素原子と直接結合している原子は含まれていない。このアルデヒドの分子構造式として考えられるものをすべて書け。

問 4 氷から水への状態変化も、私たちの身近にある融解現象のひとつである。

−5.0℃の氷 18.0 g を 1 秒間に 20.0 J の割合で加熱して 10.0℃の水にした。このとき、以下の問い(1)および(2)に答えよ。なお、氷の融解熱を 6000 J/mol、氷と水の比熱をそれぞれ 2.1 J/(g·K) および 4.2 J/(g·K) とする。

(1) −5.0℃の氷 18.0 g を 10.0℃の水にするために加えられた熱量[kJ]を求めよ。なお、計算過程も記せ。解答は、有効数字 2 桁で記せ。

(2) 加熱を始めてから 320 秒後の温度[℃]を求めよ。なお、計算過程も記せ。解答は、有効数字 2 桁で記せ。

問 5 下線部③の状態 a~c の変化は、板チョコを食べる際のココアバターの温度変化によってもたらされる。図 2-1 から状態 a~c を読み取ることができ理由を、それぞれ論理的に説明せよ。

第3問 次の文章を読み、以下の問い(問1～問4)に答えよ。

石灰石は日本で自給できる数少ない天然資源の一つであり、その主成分は炭酸カルシウムである。石灰石を強熱すると、二酸化炭素の生成とともに生石灰が作られる。また、生石灰が水と反応すると、消石灰が得られる。消石灰はカルシウム Ca と水との反応によっても得られる。

問1 図3-1にアンモニアソーダ法の反応過程を示す。アンモニアソーダ法では食塩と石灰石から炭酸ナトリウムと物質Cが得られる。以下の問い(1)および(2)に答えよ。

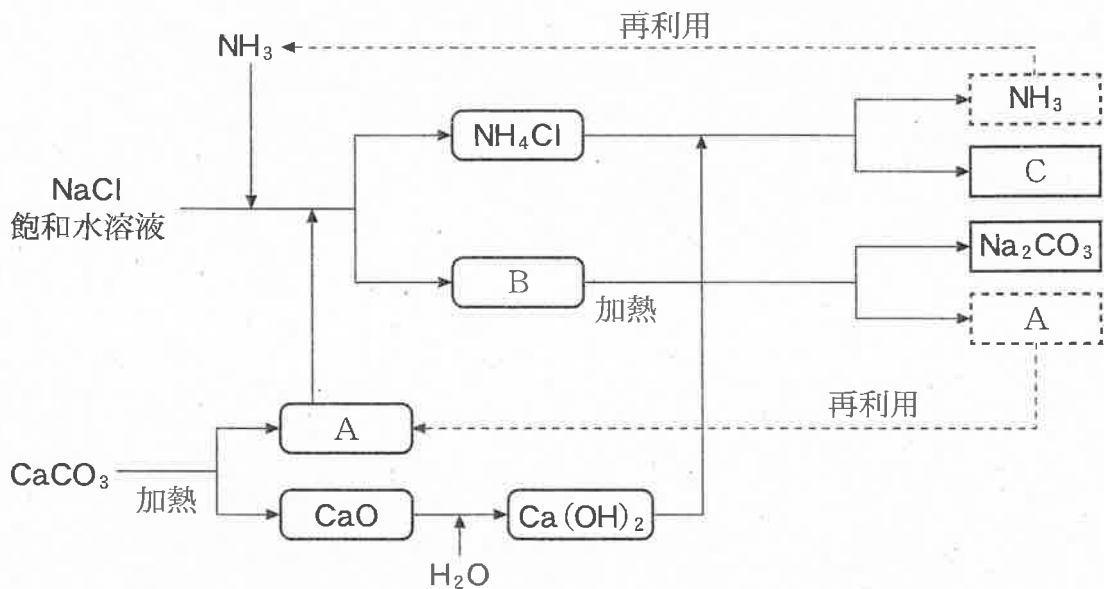


図3-1 アンモニアソーダ法の反応過程

- (1) 図3-1中の物質A, B, Cの名称と化学式を答えよ。
- (2) 1000 kgの炭酸ナトリウムの生成とともに得られた物質Cの質量[kg]を計算し、有効数字3桁で答えよ。なお、計算過程も示せ。

問 2 カルシウム Ca は、高温で融解した物質 C の電気分解(融解塩電解)によって製造される。以下の問い(1)および(2)に答えよ。

(1) 電極上でカルシウム Ca が得られる反応の反応式を記せ。

(2) 10 A の電流を通电したところ、カルシウム Ca が 100 g 得られた。このときの通电時間[h]を計算し、有効数字 2 桁で答えよ。なお、計算過程も示せ。ただし、カルシウム Ca の析出に使用された電気量は、実際に通电した電気量の 75 % であったとする。

問 3 下線部①に関連して、カルシウム Ca の塊と水を反応させる実験を行った。その結果、カルシウム Ca 塊の残存質量[g]と反応時間[s]の関係は、図 3-2 のようになった。なお、カルシウム Ca 塊の質量減少分はすべて下線部①の反応に消費されたものとする。これらの実験結果について、以下の問い(1)~(3)に答えよ。

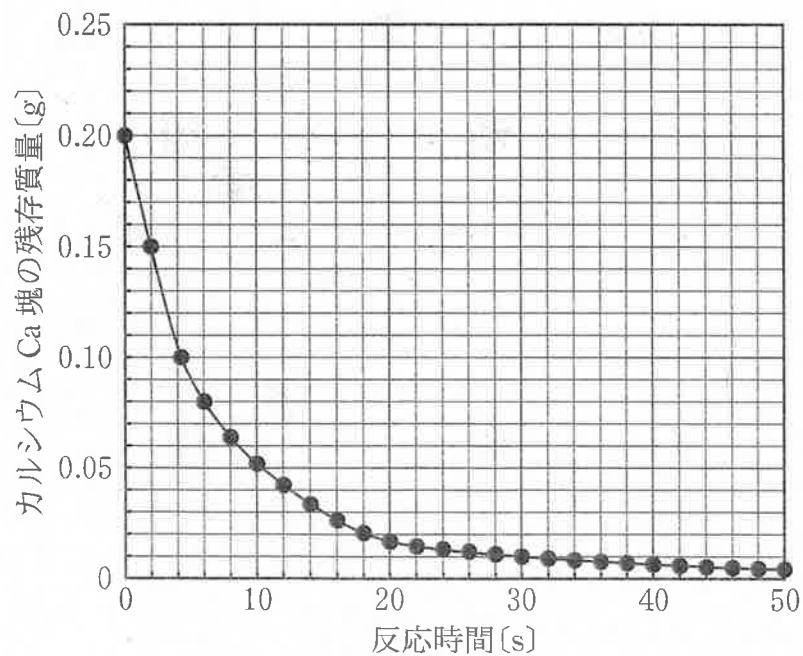


図 3-2 カルシウム Ca 塊の残存質量の時間変化

(1) 下線部①の反応式を記せ。

(2) 反応時間 0 秒, 2 秒, 4 秒, 10 秒, 18 秒, 30 秒までに生成した気体の物質質量[mol]をそれぞれ計算せよ。また, 計算結果を解答欄の図に記入して線で結び, 気体の物質質量の時間変化を示すグラフを完成させよ。なお, 計算過程も示せ。

(3) 反応時間 2.0 秒から 4.0 秒までの気体の生成速度[mol/s]を計算し, 有効数字 2 桁で答えよ。なお, 計算過程も示せ。

問 4 イオン結晶の単位格子は, 陽イオンと陰イオンから構成されている。生石灰では, カルシウムイオン Ca^{2+} (●) は, 図 3—3 に示すように面心立方格子を形成している。いっぽう, 陰イオン O^{2-} は 6 個の陽イオンで囲まれている空間を占め, その一つは単位格子の中心 (×) にある。以下の問い(1)~(3)に答えよ。

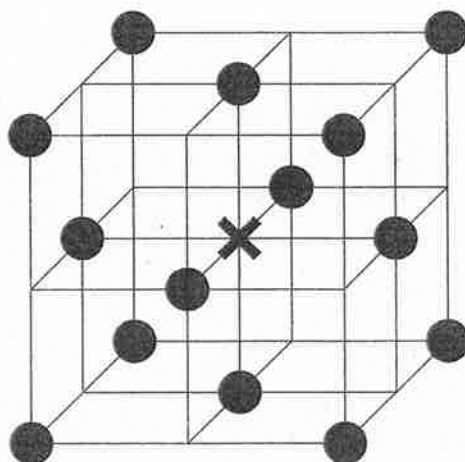


図 3—3 陽イオン Ca^{2+} のみの単位格子

(1) 陰イオン O^{2-} のみの単位格子を描け。なお, 解答は解答欄の図を利用し, 陰イオンを○で示せ。

(2) 単位格子には何個の陰イオン O^{2-} が含まれるか答えよ。

(3) 生石灰と同じ結晶構造をもつ物質を1つ挙げよ。

第4問 次の文章を読んで以下の問い(問1～問7)に答えよ。

「女は紙包を懐へ入れた。その手を吾妻コートから出した時、白い手帛ハンケチを持っていた。鼻の所へ宛てて、三四郎を見ている。手帛ハンケチを嗅ぐ様子でもある。やがて、その手を不意に延ばした。手帛ハンケチが三四郎の顔の前へ来た。鋭い香かおりがぶんとする。

「ヘリオトロープ」と女が静かに云った。三四郎は思わず顔を後あとへ引いた。ヘリオトロープの罎びん。四丁目の夕暮。迷羊ストレイシープ。迷羊ストレイシープ。空には高い日が明かに懸る」。(夏目漱石, 「三四郎」, 新潮文庫)

この「ヘリオトロープ」は香水である。同名の植物「ヘリオトロープ」の花には香りがあり、その香りの成分は芳香族化合物 A, B を多く含んでいることが知られている。化合物 A は分子式 C_7H_6O の無色の液体で、沸点は $179^\circ C$ 、融点は $-26^\circ C$ である。化合物 A は甘い香りを持ち、還元性を示す。化合物 B は炭素、水素、酸素で構成されている有機化合物で、分子量は 136 である。化合物 B も室温では液体で、甘い香りを与える。化合物 A を酸化すると化合物 C (分子式 $C_7H_6O_2$) になる。化合物 C は水に溶けにくいが、 $NaHCO_3$ 水溶液には溶ける。
① 化合物 C が溶けた $NaHCO_3$ 水溶液に塩酸を加えると沈殿が生じる。化合物 C は昇華性のある白色の固体で、やはり香りがある。

問 1 化合物 A と化合物 C の分子構造式を書け。

問 2 下線部①の理由を、「水和」という言葉を使って 150～200 字で説明せよ。

問 3 6.80 mg の化合物 B を完全燃焼させたところ、二酸化炭素 17.6 mg、水 3.60 mg を生じた。化合物 B の分子式を求めよ。また、計算過程も説明せよ。

問 4 化合物 B は 2 つの置換基をもっている。その 1 つはアルデヒド基で、もう 1 つはエーテル結合でベンゼン環に結合している。これらの置換基の位置関係は、ポリエチレンテレフタラートの原料となるジカルボン酸における置換基の位置関係と同じである。また、化合物 B には不対電子をもつ原子も、電荷をもつ原子もない。化合物 B の分子構造式として考えられるものを一つ記せ。

問 5 次の化合物の電子式を書け。

- (1) アセトアルデヒド
- (2) アクリロニトリル

問 6 化合物 A や B が沸点以下の温度でも香りを与える理由を、50 字程度で説明せよ。

問 7 香りの成分分析にはクロマトグラフィーが欠かせない。初めてクロマトグラフィーが考案されたのは、ちょうど「三四郎」が発表された頃(1908 年頃)のことである。クロマトグラフィーとはどのようなものか。ペーパークロマトグラフィーを例にとって説明せよ。