日本医科大学

2026 年度　一般選抜　化学

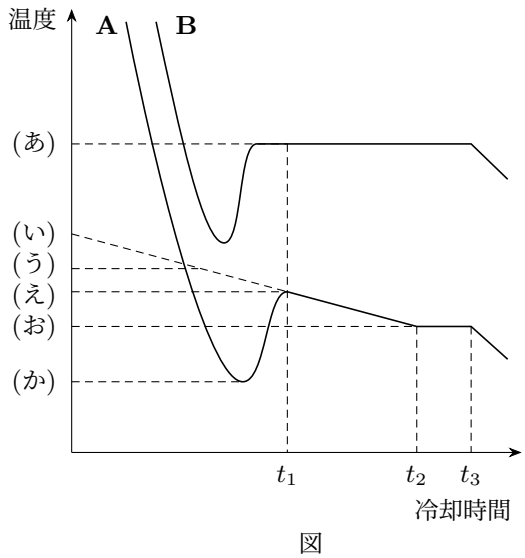
（2 科目　120 分）

必要があれば，以下の数値を用いよ。

原子量	H : 1.00　C : 12.0　N : 14.0　O : 16.0　Na : 23.0　P : 31.0
	S : 32.1　Cl : 35.5
気体定数 R	$8.31 \times 10^3\,\mathrm{Pa{\cdot}L/(K{\cdot}mol)}$
ファラデー定数 F	$9.65 \times 10^4\,\mathrm{C/mol}$
アボガドロ定数 N_A	$6.02 \times 10^{23}\,\mathrm{/mol}$
水のイオン積 K_W	$1.00 \times 10^{-14}\,\mathrm{mol^2/L^2}$
0 °C	273 K
対数値	$\log_{10} 2 = 0.30$　$\log_{10} 3 = 0.48$
平方根	$\sqrt{2} = 1.41$　$\sqrt{3} = 1.73$　$\sqrt{5} = 2.24$　$\sqrt{7} = 2.65$

［ Ⅰ ］ 各問いに答えよ。

問 1　ある不揮発性物質の希薄溶液 **A** と純溶媒 **B** の冷却曲線を示した図に関する以下の問いに答えよ。



図

(1)　**A** の凝固点を，(あ)〜(か) から選べ。

(2)　過冷却の状態にある **B** をただちに凝固させるためにはどうすればよいか述べよ。

(3)　**A** の凝固が始まる温度を，(あ)〜(か) から選べ。

(4)　時刻 t_1 を過ぎると，**B** の温度は一定だが，**A** の温度はゆっくりと低下した。この理由を述べよ。

(5)　時刻 t_2 を過ぎると，**A** の温度は一定になった。この理由を述べよ。

問 2　次の文章の［ア］〜［カ］に適した化学反応式，式，数値，または語句を書け。数値は有効数字 3 桁で答えよ。ただし，$K_1' = 4.50 \times 10^{-7}\,\mathrm{mol/L}$，$K_2 = 4.70 \times 10^{-11}\,\mathrm{mol/L}$ とし，二酸化炭素以外の物質による pH の変化，および水の蒸発は無視できるものとする。

二酸化炭素 CO_2 は水に分子状態で溶解し，一部が可逆的に水と反応して炭酸 H_2CO_3 を生じる。溶解している CO_2 を $CO_2(aq)$ と書くとき，化学反応式は［ア］で表される。この反応の平衡定数が小さいため，CO_2 の溶解はヘンリーの法則に従うとみなすことができる。生じた H_2CO_3 は 2 段階で電離するので，1 段階目，2 段階目の電離定数 K_1，K_2 がそれぞれ存在する。しかし水溶液中の $CO_2(aq)$ と H_2CO_3 の識別が難しく，モル濃度 $[H_2CO_3]$ を測定することは困難である。そのため，$CO_2(aq)$ もしくは H_2CO_3 の状態にある分子のモル濃度を $[CO_2{}^*]$ とおき，$[CO_2{}^*]$ を用いた平衡定数 $K_1' =$［イ］を K_1 の代わりに定義して利用する。

25 °C，1.01×10^5 Pa の空気と接している水に CO_2 が溶解して平衡に達したときの pH は 5.70 であった。空気中の CO_2 の体積百分率が 0.04% のとき，$[CO_2{}^*]=$［ウ］$\times 10^{-6}\,\mathrm{mol/L}$ である。いま，容積不変の容器 A 内に水を入れた小容器 B を置き，25 °C を保ちながら容器 A に圧力 5.05×10^6 Pa の CO_2 を充填（じゅうてん）し，この圧力を維持している。CO_2 を理想気体とすると，小容器 B の水に CO_2 が溶解して平衡に達したとき $[H^+]=$［エ］$\times 10^{-4}\,\mathrm{mol/L}$ と計算できる。同一の条件において CO_2 を圧縮率因子 $Z = 0.720$，臨界点が 31.1 °C，7.38×10^6 Pa の実在気体として計算しなおすと，$[H^+]=$［オ］$\times 10^{-4}\,\mathrm{mol/L}$ となり，pH は［カ］くなる。なお，Z は実在気体について理想気体（$Z = 1$）からのずれを表す指標であり，気体の状態方程式から求められる。

問 3　化合物 X の水溶液に炭素電極を 2 本入れて電気分解を行った。陰極の表面に析出した金属を一部とり，硝酸に溶かした後，硫化水素を通じると黒色の沈殿が生じた。この沈殿に含まれる金属の酸化数は，化合物 X の金属の酸化数と同じ +2 であった。一方，陽極からは気体が発生した。赤インクを溶かした水に，陽極付近の溶液を加えたところ，赤インクの色が薄くなった。

(1)　2.00 A の電流を 32 分 10 秒通じて電気分解を行ったところ，陰極の質量が 1.27 g 増加した。析出した金属の原子量を求めよ。

(2)　赤インクの色が薄くなったのは，陽極から発生した気体が水と反応して，漂白作用のある物質が生成したからである。この反応の化学反応式を書け。

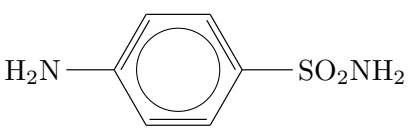
(3)　化合物 X の化学式を書け。

［ Ⅱ ］　文章を読んで問いに答えよ。

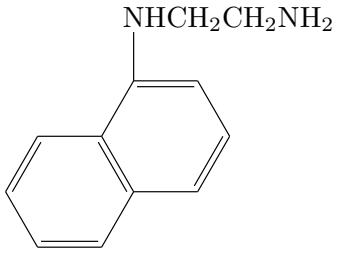
水素よりも［ ア ］の小さい金属が希硝酸と反応すると，無色の気体 **A** が生じる。高濃度の気体 **A** は空気に触れると赤褐色の気体 **B** になる。(1)気体 **B** は水分子とよく反応して強酸 **C** と気体 **A** を生じるが，この反応の過程では非常に不安定な弱酸 **D** が生じている。(2)弱酸 **D** は弱酸 **D** どうしの反応によって分解し，続いて，この分解によって生じた化合物どうしが反応して，結果として弱酸 **D** から強酸 **C** と気体 **A** が生じる。弱酸 **D** は水溶液中で分子として存在するとき特に不安定であり，イオンとして存在するときは比較的安定である。

気体 **A** と気体 **B** は大気汚染物質であり，自動車のエンジンのように燃料を高温で燃焼させるとき，取り込まれた空気中の N_2 が［ イ ］されることでも生じる。気体 **A** や気体 **B** を無害化するためには N_2 に戻す必要があるが，通常この反応は空気中では進行しない。そのため，自動車の排気筒に取り付けられている触媒は，気体 **A** や気体 **B** の［ ウ ］と，燃料の不完全燃焼により生じる［ エ ］の［ イ ］を並行して行い，それぞれ無害化する。［ エ ］や弱酸 **D** はヘムに結合し，ヘモグロビンによる酸素運搬を障害する。弱酸 **D** によってヘムが［ イ ］されたヘモグロビンをメトヘモグロビンとよび，血液中のメトヘモグロビンが一定の割合を超えた状態をメトヘモグロビン血症とよぶ。メトヘモグロビン血症を防止するため，弱酸 **D** には飲用水における水質基準が定められている。

弱酸 **D** に，下の化合物 **E** および化合物 **F** を酸性下で反応させると，反応中間体として［ オ ］塩が生じ，最終的に桃赤色の生成物が生じる。化合物 **E** と化合物 **F** が十分にあれば，生成物の量と反応液の呈色の強さは弱酸 **D** の濃度にしたがって変化する。そのため，この反応は環境水中の弱酸 **D** や大気中の気体 **B** の濃度測定に利用される。環境水中の弱酸 **D** 濃度は，下記の【手順】で測定できる。



E



F

【手順】

1.　化合物 **E** 1.0 g，化合物 **F** の二塩酸塩 0.10 g，およびリン酸 10 mL をメスフラスコに入れ，蒸留

水で溶かしながら全量を 100 mL としたものを発色試薬とする。

2. 弱酸 **D** のナトリウム塩 0.15 g をメスフラスコに入れ，蒸留水で溶かしながら全量を 100 mL とし，この一部をとって正確に 500 倍に希釈したものを標準液とする。

3. 5 本のメスフラスコを用意し，それぞれに 3.0 mL，5.0 mL，10 mL，15 mL，または 20 mL の標準液を入れ，蒸留水を加えて全量を 100 mL とする。これらを弱酸 **D** 濃度が低いものから順に，希釈標準液①〜⑤とする。

4. 被検水，蒸留水，希釈標準液①〜⑤について，各 10 mL をそれぞれ別の試験管にとり，各試験管に発色試薬 1.0 mL を加えて混合し，20 分後に桃赤色の呈色の強さを比較する。

いま，ある井戸水について飲用水の水質基準に適合しているか検査をしている。弱酸 **D** 以外の水質基準項目はすべて基準を満たしており，採水時の pH は 6.7 であった。弱酸 **D** について検査するため，前記の【手順】に沿って 2 つの実験（実験 1，実験 2）を行った。なお，以下に示す呈色の強さは反応開始 20 分後の比較である。まず【手順】1〜3 にしたがって必要な試薬を用意し，これらの試薬は 2 つの実験で共通のものを用いた。実験 1 では【手順】4 の反応に対する温度の影響を調べるため，被検水を用いずに，蒸留水と希釈標準液①〜⑤のみを用いて 3 つの液温（26 °C，36 °C，95 °C）で反応させた。その結果，蒸留水はいずれの液温でも発色しなかった。液温ごとに比較すると，希釈標準液①〜⑤は弱酸 **D** の濃度が高いほど強く呈色した。(3)同じ濃度の希釈標準液を比較すると，呈色の強さは 26 °C と 36 °C で同じだったが，95 °C では 26 °C や 36 °C のときより弱くなった。(4)95 °C で反応させた希釈標準液⑤は，26 °C で反応させた希釈標準液③と同じ強さの呈色を示した。実験 1 の結果から，実験 2 の反応温度は 26 °C とした。実験 2 では，(5)井戸水を被検水とし，【手順】4 にしたがって蒸留水および希釈標準液①〜⑤と呈色の強さを比較した。その結果，井戸水は希釈標準液②と同じ強さで呈色した。

問 1　［ア］〜［オ］に適した語句または化合物名を書け。

問 2　気体 **A**，気体 **B**，強酸 **C**，弱酸 **D** の化合物名を書け。

問 3　下線部 (1) の反応の化学反応式を書け。

問 4　下線部 (2) では，弱酸 **D** どうしの酸化還元反応が起こり，2 分子の弱酸 **D** から，2 種類の窒素化合物を含む 3 種類の化合物が生じる。この反応の化学反応式を書け。

問 5　［オ］塩を構成する陽イオンの構造式を書け。

問 6　下線部 (3) について，26 °C における反応時間と生成物量の関係が図のように書けるとき，36 °C のときの反応時間と生成物量の関係はどのようになるか。解答欄のグラフに線を書き込んで示せ。

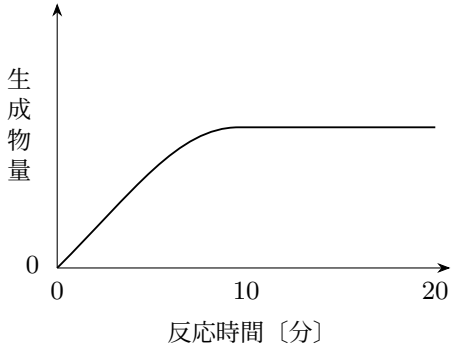


図　反応時間と生成物量の関係

（注）解答欄には図と同じグラフが与えられている。

問 7　下線部 (4) の原因として，熱による反応中間体の分解が考えられる。呈色が減弱した原因が反応中間体の分解のみであるとき，この分解によって発生した気体の体積は 95 °C，1.0×10^5 Pa で何 mL か。有効数字 2 桁で答えよ。ただし，発生する気体は理想気体として扱えるものとする。

問 8　下線部 (5) の井戸水において，採水時における弱酸 **D** の電離度は百分率で表すと何 % か。小数第 2 位まで求めよ。ただし，採水時の温度における弱酸 **D** の電離定数は 5.0×10^{-4} mol/L とする。

問 9　下線部 (5) の井戸水は，飲用水の水質基準に適合しているか。理由を添えて答えよ。ただし，弱酸 **D** の水質基準値は，窒素 N の質量に換算して 1 L に 0.04 mg 以下とする。

［Ⅲ］　文章を読んで問いに答えよ。

国内に広く分布する常緑樹であるシキミから単離されたことから命名された環状化合物シキミ酸は，植物における多様な化合物の原料として知られている。シキミ酸は炭素原子，水素原子，酸素原子からなり，その構造中にカルボキシ基などの反応性の高い置換基を多くもつこと，不斉炭素原子を 3 つもつことから光学活性化合物合成の原料としても注目され，インフルエンザ治療薬オセルタミビル（右図）合成の原料にもなった。なお右図では環を構成する炭素原子とそれに直接結合した水素原子は省略し，立体的な配置は簡略化して表記した。構造式を解答するときはこれにならって書くこと。

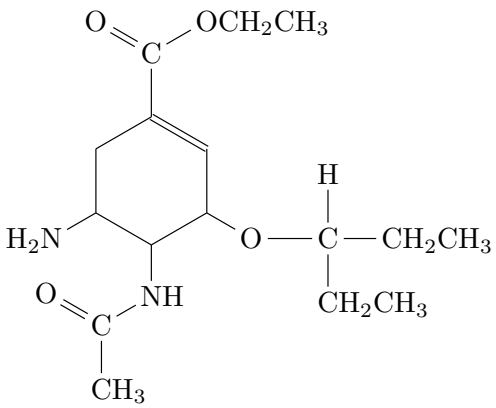


図　オセルタミビル

シキミ酸の構造に関しては以下の情報があげられる。

・分子量は 174，不飽和度は 3 である。

・ヒドロキシ基をカルボニル基に酸化すると，3 つの不斉炭素原子はすべて不斉ではなくなる。

・カルボキシ基が直接結合した炭素原子には，水素原子が結合していない。

・メチル基をもたない。

なお，不飽和度（水素不足指数ともいう）は有機化合物の構造に関する情報の 1 つであり，不飽和結合および環構造の数の指標となる。たとえば分子式 $C_aH_bN_cO_d$ の化合物の不飽和度 X は以下の式を満たすものである。

$$b = 2\,(a + 1 - \mathrm{X}) + c$$

問 1　植物中でシキミ酸から合成されるさまざまな化合物には 3 種のアミノ酸も含まれる。これらのアミノ酸を含むペプチドに濃硝酸を加えて加熱すると黄色になり，冷却後にアンモニア水などを加えて塩基性にすると橙黄色になる。これらの 3 つのアミノ酸に特徴的で他のアミノ酸には含まれない部分構造の名称を答えよ。

問 2　シキミ酸の分子式を答えよ。

問 3　下線部により示される，構造に関する情報を述べよ。

問 4　シキミ酸の構造中にある，炭素原子間の二重結合の数を答えよ。

問 5　シキミ酸の環を構成する炭素原子の数を答えよ。

問 6　これまでの情報から推定されるシキミ酸の構造として，可能性のある構造異性体の構造式を 4 つ書け。ただし立体異性体については考慮しなくてよい。

問 7　オセルタミビルを化学的に，適切な条件で加水分解した場合，3 つの化合物に分解できる。この 3

つのうち，分子量 100 以下である化合物 2 つの構造式を書け。

問 8　上述の**問 7** の化合物 2 つはいずれも常温で無色透明の液体である。いま，それぞれの入ったガラスびんのラベルが失われてどちらなのかわからなくなったとする。これらを判別する方法として，以下の空欄を埋めて，解答欄に書け。なお，2 つの液体は化合物名で表記し，［ イ ］と［ エ ］の中では対比させること。

・温度を［ ア ］とき，［　　イ　　］。

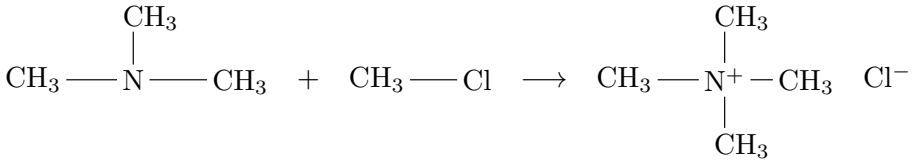
・化合物［ ウ ］を加えて反応させたとき，［　　エ　　］。

問 9　オセルタミビルは体内で酵素によりエステルを選択的に加水分解されて活性体に変化する。オセルタミビルの活性体の構造式を書け。不斉炭素原子は丸で囲むこと。

［Ⅳ］　文章を読んで問いに答えよ。

アンモニアは刺激臭のある無色の有毒な気体であり，実験室では(1)塩化アンモニウムと水酸化カルシウムの混合物を加熱して発生させ，［ ア ］置換で捕集する。アンモニアの分子の形は［ イ ］形であるが，アンモニア分子が水素イオンと結合して生じるアンモニウムイオンの形は［ ウ ］形である。アンモニウムイオンが生じるときに新たにできた N–H 結合は［ エ ］結合であるが，もともとあった N–H 結合である［ オ ］結合と区別することはできない。

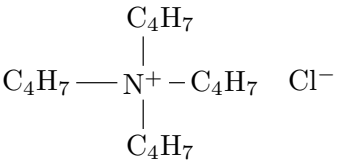
アンモニアの 3 個の水素原子を炭化水素基で置換したものを第三級アミンとよぶ。第三級アミンである $(CH_3)_3N$ に CH_3Cl を反応させると①の反応が起こる。



①

アンモニウムイオンの 4 個の水素原子を炭化水素基で置換したものは第四級アンモニウムイオンとよばれ，陰イオンとの塩は第四級アンモニウム塩とよばれる。第四級アンモニウムイオンの特徴は，第三級アミンとは異なり，溶液の pH に左右されず常に正電荷をもっていることである。

第四級アンモニウム塩である塩化テトラブチルアンモニウムは，塩ではあるがブチル基を 4 個もつため，水にも有機溶媒にも溶けやすい。



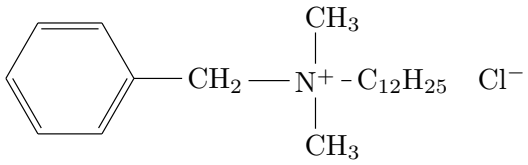
塩化テトラブチルアンモニウム

（構造式中の C_4H_7 は原文ママ）

$C_{18}H_{37}Cl$ は有機溶媒に溶け［ カ ］が水に溶け［ キ ］。一方で，NaCN は水に溶け［ カ ］が有機溶媒に溶け［ キ ］。そのため，$C_{18}H_{37}Cl$ の溶液と NaCN の溶液は 2 層に分離してしまい，このままでは②の反応は進まない。ところが，2 層になっている $C_{18}H_{37}Cl$ の溶液と NaCN の溶液に，(2)塩化テトラブチルアンモニウムを少量加えると②の反応が進行するようになる。

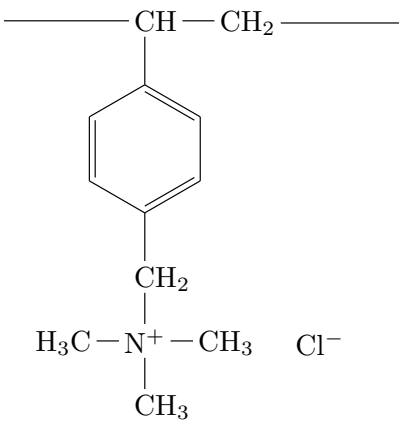


第四級アンモニウム塩は殺菌消毒剤としても用いられる。**A** はその代表的なものであり，手指の消毒や，手術部位の皮膚の消毒などに用いられる。



A

第四級アンモニウム塩をもつ高分子として，**B** のような部分構造をもつイオン交換樹脂がある。



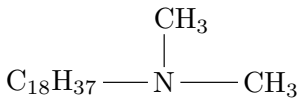
B

スチレン 52.0 g に対し，スチレンの物質量の 5 分の 1 の(3)*p*-ジビニルベンゼンを混合し共重合させてポリスチレン樹脂を合成した。この樹脂にクロロメチル基（$-CH_2Cl$）を導入する反応を行ったところ，スチレンに由来するベンゼン環の *p*-位の水素原子の 40.0% がクロロメチル基に置換された。クロロメチル基が導入された樹脂に $(CH_3)_3N$ を反応させたところ，クロロメチル基は 100% 反応して，(4)**B** の部分構造をもつイオン交換樹脂が生成した。

問 1　［ア］～［キ］に入る語句を書け。

問 2　下線部 (1) の反応の化学反応式を書け。

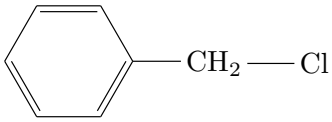
問 3　①の反応の $(CH_3)_3N$ の代わりに，下に示す **C** を用いた場合に生成する第四級アンモニウム塩 **D** の構造式を書け。また **D** はどのような性質をもっているか述べよ。



C

問 4　下線部 (2) のように，②の反応が進行するようになるのはなぜか。

問 5　**A** は下に示すクロロメチルベンゼンと **E** から合成される。**E** の構造式を書け。



クロロメチルベンゼン

問 6　セッケンは **A** の殺菌作用を弱めるため，**A** を使用する際にはセッケンをよく洗い流す必要がある。セッケンが **A** の殺菌作用を弱める理由を述べよ。

問 7　下線部 (3) の *p*-ジビニルベンゼンは何のために加えているか述べよ。

問 8　下線部 (4) で生成したイオン交換樹脂の質量〔g〕を小数第 1 位まで求めよ。

問 9　下線部 (4) で生成したイオン交換樹脂をすべてカラムに詰め，上から十分な量の水酸化ナトリウム水溶液を流した。続いて，流出液の pH が 7 になるまで，十分な量の純水を流した。このカラムの下に三角フラスコを置き，硫酸ナトリウムと塩化ナトリウムの混合物の水溶液 15.0 mL をイオン交換樹脂に通した後，樹脂を完全に純水で洗った。こうして得られた流出液をすべて集めて，0.200 mol/L の塩酸で中和滴定したところ，10.8 mL 必要であった。混合物の水溶液の陰イオンの総濃度が 0.116 mol/L であるとき，硫酸ナトリウムと塩化ナトリウムの濃度はそれぞれ何 mol/L であったか。解答欄 a に硫酸ナトリウムの濃度，解答欄 b に塩化ナトリウムの濃度を書け。