

化 学
(問 題)
2022年度
〈R04165219〉

注 意 事 項

1. 試験開始の指示があるまで、問題冊子および解答用紙には手を触れないこと。
2. 問題は2～11ページに記載されている。試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚損等に気付いた場合は、手を挙げて監督員に知らせること。
3. 解答はすべて、HBの黒鉛筆またはHBのシャープペンシルで記入すること。
4. マーク解答用紙記入上の注意
 - (1) 印刷されている受験番号が、自分の受験番号と一致していることを確認したうえで、氏名欄に氏名を記入すること。
 - (2) 所定欄以外に受験番号・氏名を記入した解答用紙は採点の対象外となる場合がある。
 - (3) マーク欄にははっきりとマークすること。また、訂正する場合は、消しゴムで丁寧に、消し残しがないようによく消すこと。

マークする時	● 良い	○ 悪い	○ 悪い
マークを消す時	○ 良い	○ 悪い	○ 悪い

5. 解答はすべて所定の解答欄に記入すること。所定欄以外に何かを記入した解答用紙は採点の対象外となる場合がある。
6. 試験終了の指示が出たら、すぐに解答をやめ、筆記用具を置き解答用紙を裏返しにすること。
7. いかなる場合でも、解答用紙は必ず提出すること。

[注意] 必要ならば、以下の数値を用いなさい。ただし、各問に特段の指示がある場合には、そちらを優先すること。

H = 1.01, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0, P = 31.0, S = 32.1, Cl = 35.5, K = 39.1, Fe = 55.9,
Cu = 63.5, Cd = 112, I = 127

気体定数 = $8.21 \times 10^{-2} \text{ L} \cdot \text{atm}/(\text{K} \cdot \text{mol}) = 8.31 \text{ J}/(\text{K} \cdot \text{mol}) = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$

ファラデー定数 = $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$, アボガドロ定数 = $6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$

$\sqrt{2} = 1.414$, $\sqrt{3} = 1.732$, $\sqrt{5} = 2.236$

(補足) 乗数を含む数値を答える問題では以下を参考にすること。

(A), (B) $\times 10^{(C)}$ は有効数字二桁での解答を求める記述であり、

「 9.0×10^7 」と答えるなら (A), (B), (C) にはそれぞれ 9, 0, 7 が入る。

1 次の問1～問4に答えなさい。

問1 次の①～⑦の記述のうち、不適切なものをすべて選びなさい。

- ① 酢酸ナトリウム CH_3COONa の水溶液は塩基性を示す。
- ② 塩化アンモニウム NH_4Cl の水溶液は酸性を示す。
- ③ 炭酸水素ナトリウム NaHCO_3 の水溶液は酸性を示す。
- ④ 硫酸水素ナトリウム NaHSO_4 の水溶液は塩基性を示す。
- ⑤ 硝酸アンモニウム NH_4NO_3 の水溶液は酸性を示す。
- ⑥ 硫酸ナトリウム Na_2SO_4 の水溶液は中性を示す。
- ⑦ 硫化ナトリウム Na_2S の水溶液は酸性を示す。

問2 次の①～⑥の記述のうち、不適切なものをすべて選びなさい。

- ① 第一級アルコールを酸化して得られるケトン還元性を示さない。
- ② 第二級アルコールを酸化して得られるアルデヒド還元性を示す。
- ③ 第三級アルコールは酸化されにくい。
- ④ 高級アルコールが水に溶けやすいのは炭化水素基の影響が大きくなるためである。
- ⑤ アルコールは炭化水素基をもつので、分子間で水素結合を生じる。したがって、分子量が同程度の炭化水素や構造異性体の関係にあるエーテルよりも融点や沸点が高い。
- ⑥ エタノールとナトリウムが反応するとナトリウムエトキシドが生成する。

問3 次の①～⑧の記述のうち、不適切なものをすべて選びなさい。

- ① 液体窒素は冷却剤として利用される。
- ② アンモニアは冷却または圧縮すると容易に液体アンモニアになる。
- ③ 一酸化窒素は水に溶けにくい無色の気体である。
- ④ 二酸化窒素は水に溶けやすく刺激臭をもつ赤褐色の有毒な気体である。
- ⑤ 硝酸は揮発性のある無色の液体で、水に溶けやすい。
- ⑥ 銅に濃硝酸を作用させると、一酸化窒素が生じる。
- ⑦ 二酸化窒素は水と反応すると硝酸が生じる。
- ⑧ アンモニアを空気と混合し、白金触媒を用いて 800～900℃に加熱して酸化すると、一酸化窒素が生じ、さらに酸化すると二酸化窒素になる。

問4 次の①～⑥の記述のうち、不適切なものをすべて選びなさい。

- ① フッ素ガスは低温・暗所でも水素と爆発的に反応する。
- ② 塩素ガスは光を当てると水素と爆発的に反応する。
- ③ 臭素ガスは触媒を加えて高温にすると水素と反応する。
- ④ ヨウ素ガスは光を当てると水素と爆発的に反応する。
- ⑤ フッ素ガスは水と激しく反応して、酸素が発生する。
- ⑥ 塩素ガスは水に溶け、その一部が水と反応する。

次の問5～問8に答えなさい。

問5 次の化学結合に関する記述①～⑥のうち、最も適切なものを三つ選びなさい。

- ① Na^+ と Cl^- は、静電気力（クーロン力）で引き合って結びつく。このようにしてできた陽イオンと陰イオンの結合をイオン結合という。
- ② 染料によって染色されるためには、繊維の分子と染料の分子がイオン結合や水素結合、ファンデルワールス力などによって強く結合する必要がある。
- ③ 核酸の単量体をヌクレオチドといい、このヌクレオチドのヒドロキシ基にリン酸が水素結合することで、DNAの二重らせんが形成される。
- ④ システインを含むタンパク質では、アミノ基がジスルフィド結合をつくることがある。
- ⑤ 隣り合ったポリペプチド鎖間で、アミノ基どうしがペプチド結合をつくることによって β シートとよばれる構造をとることがある。
- ⑥ 二糖類の分子は、2個の単糖類分子から水1分子がとれて縮合した構造（グリコシド結合）を持つ。

問6 次の文章の(A)、(B)、(C)、(D)、(E)に最も適する化学式を、①～⑥から一つ、それぞれ選びなさい。

何種類かの金属イオンの混合水溶液から、各金属イオンを分離し、その種類を確認する操作を金属イオンの系統分離という。たとえば、 Ag^+ 、 Cu^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Zn^{2+} 、 Ca^{2+} を含む混合水溶液について、次のような操作を順に行えば、各金属イオンを分離することができる。

- 1) 混合水溶液に希塩酸を加えて(A)を沈殿させ、これをろ過して分離する。
- 2) 1)のろ液に硫化水素を通じて(B)を沈殿させ、これをろ過して分離する。
- 3) 2)のろ液を煮沸して、希硝酸を加えて、続いてアンモニア水を十分に加えて、(C)を沈殿させ、これをろ過して分離する。
- 4) 3)のろ液に硫化水素を通じて(D)を沈殿させ、これをろ過して分離する。
- 5) 4)のろ液に炭酸アンモニウム水溶液を加え、(E)を沈殿させ、これをろ過して分離する。

- | | | |
|----------------------------|----------------------------|-----------------|
| ① CuS | ② CaCO_3 | ③ AgCl |
| ④ $\text{Fe}(\text{OH})_2$ | ⑤ $\text{Fe}(\text{OH})_3$ | ⑥ ZnS |

問7 次の文章の(A)、(B)に最も適するものを、A群の①～④から一つ、B群の⑤～⑧から一つ、それぞれ選びなさい。

メタン分子は炭素原子のまわりに(A)対の共有電子対が存在する。正四面体の重心に炭素原子を置いたとき、それらの電子対はお互いの反発を最も弱くするために、正四面体の頂点にそれぞれ位置する。そして、電子対を介して水素原子が結合している。したがって、メタン分子は正四面体構造をしている。そして、 $\text{H}-\text{C}-\text{H}$ の結合角は、約109.5度となる。また、アンモニア分子の場合は、窒素原子のまわりに3対の共有電子対と1対の非共有電子対が存在する。いま、窒素原子の原子核からこれらの電子対までの距離を考えると、共有電子対までの距離は非共有電子対までの距離より大きくなる。このとき、電子対どうしの反発は、共有電子対どうしが最も弱い。その結果、アンモニアの $\text{H}-\text{N}-\text{H}$ の結合角は、約(B)度となる。

- | | | | |
|------------|---------|---------|---------|
| A群：① 1 | ② 2 | ③ 3 | ④ 4 |
| B群：⑤ 106.5 | ⑥ 109.5 | ⑦ 111.5 | ⑧ 120.0 |

問8 次の文章の空欄について、(A)はA群の①～⑤から、(B)はB群の⑥～⑩から、(C)はC群の⑪～⑮から、それぞれあてはまるものをすべて選びなさい。

次の記述(あ)～(お)の現象のうち、窒素原子を含む物質(化学種)について、酸化を伴うものは(A)、還元を伴うものは(B)、化学種の変化を伴わないものは(C)である。

(あ) 高濃度の二酸化窒素気体を室温から低温にしたところ、その色(赤褐色)が薄くなった。

(い) NO_x(NO, NO₂)が大気光化学反応を経て酸性雨の原因物質となった。

(う) 硝酸をP₄O₁₀により脱水したところ、無色の結晶N₂O₅を得た。

(え) 土壌中微生物のはたらきによって一酸化窒素から笑気ガスを生じた。

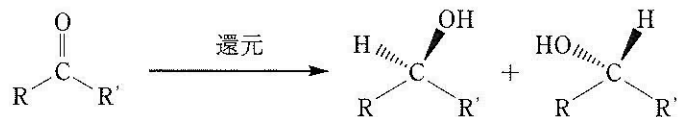
(お) アンモニアと塩化水素を反応させたところ、白煙を生じた。

A群：① あ ② い ③ う ④ え ⑤ お

B群：⑥ あ ⑦ い ⑧ う ⑨ え ⑩ お

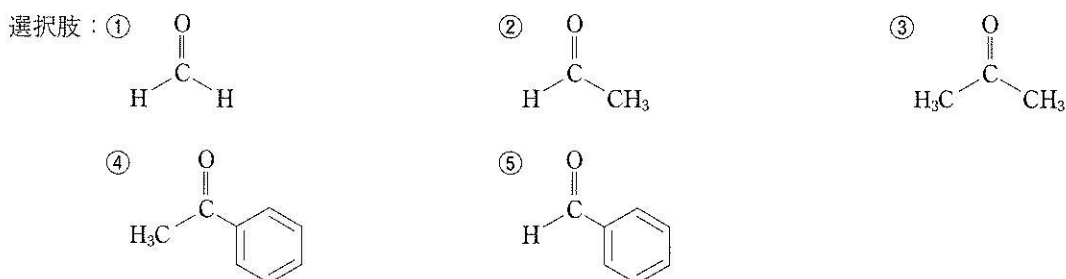
C群：⑪ あ ⑫ い ⑬ う ⑭ え ⑮ お ⑯ どれもあてはまらない

問9 アセトンなどのカルボニル基を有する化合物をヒドリド H^- により還元すると、図に示すようにヒドロキシ基を有する化合物を得ることができる。このとき、還元されるカルボニル基の炭素が不斉炭素原子となり、立体異性体を生じる場合がある。



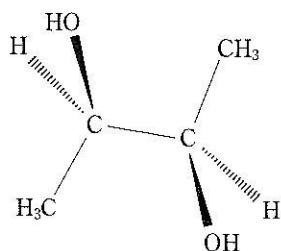
なお、図中のくさび型の結合(▲)は、中心炭素を紙面に置いて紙面のこちら側に突き出る結合を示し、点線の結合(⋯)は、紙面の向こう側にのびる結合を示している。また、実線(／)は紙面上の結合を示す。

以下に示すカルボニル基を有する化合物を上図に示したように還元したとき、立体異性体を生じるものを、選択肢①～⑤からすべて選びなさい。

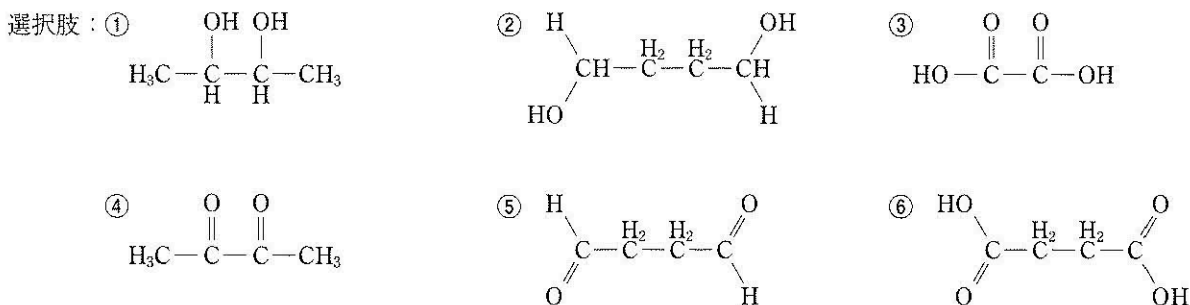


問10 下の図のような化合物(ア)に直線偏光を当てたところ、偏光の振動面が回転した。すなわち旋光性を示した。次に、この化合物を酸化剤で適切に酸化したところ、化合物(イ)を得た。さらに(イ)を問9に示した方法により還元したところ、分子中にヒドロキシ基と不斉炭素原子をそれぞれ2つずつ有する立体異性体の混合物(ウ)が得られた。そこで、(ウ)に偏光を当ててみたところ、偏光の振動面が回転しなかった。

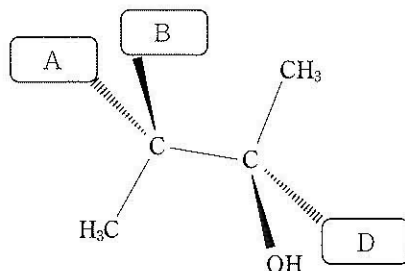
化合物(ア)



(イ)の構造として最も適切であると考えられるものを、選択肢①～⑥から一つ選びなさい。

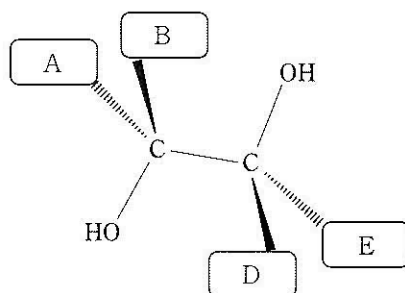


問11 問10の(ウ)に含まれる立体異性体のうち分子内に対称面をもつものは旋光性を示さない。旋光性を示さない異性体のうち立体構造が下図で表されるものを考える場合、図中のA, B, Dに最も適する官能基または原子の名称を、A群の①～③から一つ、B群の④～⑥から一つ、D群の⑦～⑨から一つ、それぞれ選びなさい。



- | | | | | | |
|------|--------|---|------|---|------|
| A群：① | ヒドロキシ基 | ② | 水素原子 | ③ | メチル基 |
| B群：④ | ヒドロキシ基 | ⑤ | 水素原子 | ⑥ | メチル基 |
| D群：⑦ | ヒドロキシ基 | ⑧ | 水素原子 | ⑨ | メチル基 |

問12 問10の(ウ)に含まれる1対の鏡像異性体のうち、化合物(ア)とは異なるものの立体構造が下図で表される場合、図中のA, B, D, Eに最も適する官能基または原子の名称を、A群の①～③から一つ、B群の④～⑥から一つ、D群の⑦～⑨から一つ、E群の⑩～⑫から一つ、それぞれ選びなさい。



- | | | | | | |
|------|--------|---|------|---|------|
| A群：① | ヒドロキシ基 | ② | 水素原子 | ③ | メチル基 |
| B群：④ | ヒドロキシ基 | ⑤ | 水素原子 | ⑥ | メチル基 |
| D群：⑦ | ヒドロキシ基 | ⑧ | 水素原子 | ⑨ | メチル基 |
| E群：⑩ | ヒドロキシ基 | ⑪ | 水素原子 | ⑫ | メチル基 |

問13 問10の生成物(ウ)が混合物であるとして、これに含まれる可能性のある立体異性体についての次の記述のうち、適切なものをすべて選びなさい。

- ① 鏡像異性体の関係にあるものを含むが、これらはラセミ体ではない。
- ② 混合物中の化合物は全て構造異性体の関係にある。
- ③ 不斉炭素有するが、1つの化合物で旋光性を示さないものが含まれる。
- ④ 立体異性体の関係にあるが鏡像異性体の関係にないものが存在する。
- ⑤ 幾何異性体を含む。
- ⑥ ラセミ体を含む。

問14 次の医薬品に用いられる物質とその用途の組み合わせのうち、最も適切なものを、①～⑥から三つ選びなさい。

- ① 過酸化水素水は殺菌・消毒に用いられる。
- ② エタノールは殺菌・消毒に用いられる。
- ③ サリチル酸メチルは抗生物質として用いられる。
- ④ クレゾールは抗生物質として用いられる。
- ⑤ 一酸化二窒素は制酸剤として用いられる。
- ⑥ 炭酸水素ナトリウムは制酸剤として用いられる。

問15 次の文章中の (A), (B), (C), (D) に最も適しているものを、A群①～③から一つ、B群④～⑧から一つ、C群⑨～⑬から一つ、D群⑭～⑯から一つ、それぞれ選びなさい。

物質を冷やすと、加熱のときとは逆の変化が起こる。気体 1 mol が液体になるときに放出する熱を (A) という。

0℃の水 360 g (分子量 18) を加熱して、すべて 25℃の水にする。このとき、吸収される熱量はおよそ (B)・(C) × 10^(D) kJ である。ただし、水 (液体) 1 g の温度を 1 K 上昇させるために必要な熱量は 4.2 J、氷の 0℃での融解熱を 6.0 kJ/mol とする。

- | | | | | |
|----------|-------|-------|-----|-----|
| A群：① 凝固熱 | ② 凝縮熱 | ③ 昇華熱 | | |
| B群：④ 1 | ⑤ 3 | ⑥ 5 | ⑦ 7 | ⑧ 9 |
| C群：⑨ 0 | ⑩ 2 | ⑪ 4 | ⑫ 6 | ⑬ 8 |
| D群：⑭ 0 | ⑮ 1 | ⑯ 2 | | |

問16 次の文章中の (A), (B), (C), (D), (E) に最も適しているものを、A群①～③から一つ、B群④～⑥から一つ、C群⑦～⑨から一つ、D群⑩～⑫から一つ、E群⑬～⑯から一つ、それぞれ選びなさい。

単糖類は、一般式 $C_nH_{2n}O_n$ で表される化合物であり、鎖状構造となったときに (A) 作用を示すカルボニル基の部位の種類で 2 つに分類される。(B) のようにアルデヒド基を持つものをアルドース、(C) のようにケトン基を持つものをケトースという。なお、環状構造を形成したときのヒドロキシ基の立体的な配置に基づいて (D) に分類される。なお、(D) は水溶液中で平衡状態にある。

一方、カルボキシ基をもち、鏡像異性体をもつ $C_3H_6O_3$ で表される分子は (E) である。

- | | | |
|----------------|--------------|-------------|
| A群：① 酸化 | ② 中和 | ③ 還元 |
| B群：④ グルコース | ⑤ フルクトース | ⑥ アミラーゼ |
| C群：⑦ グルコース | ⑧ フルクトース | ⑨ アミラーゼ |
| D群：⑩ α型とβ型 | ⑪ D型とL型 | ⑫ シス型とトランス型 |
| E群：⑬ グリセルアルデヒド | ⑭ ジヒドロキシアセトン | ⑯ プロピオン酸 |
| ⑰ 乳酸 | | |

問17 次の文章中の (A), (B), (C), (D) に最も適しているものを, A群①~⑤から一つ, B群⑥~⑩から一つ, C群⑪~⑭から一つ, D群⑮~⑯から一つ, それぞれ選びなさい。

1種類の α -アミノ酸YからなるポリペプチドX(分子量約10000)があるとする。この試料0.213gを濃硫酸とともに加熱して分解したのち, 過剰の水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱したところ, 標準状態で67.2mLのアンモニア(分子量17)が発生した。 α -アミノ酸Yは1分子中に1個のアミノ基を含み, 他に窒素原子は含まないとする。

このとき, Xの窒素含有率(重量比)はおよそ(A)・(B) $\times 10^1\%$ であり, Yの示性式は(C)である。また, このポリペプチドX 1分子中に含まれるペプチド結合の数は, 120個よりも(D)。

A群: ① 0 ② 2 ③ 4 ④ 6 ⑤ 8

B群: ⑥ 0 ⑦ 2 ⑧ 4 ⑨ 6 ⑩ 8

C群: ⑪ $\text{NH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$ ⑫ $\text{NH}_2\text{-CH}(\text{CH}_3)\text{-COOH}$
⑬ $\text{NH}_2\text{-CH}(\text{CH}_2\text{-OH})\text{-COOH}$ ⑭ $\text{NH}_2\text{-CH}(\text{CH}_2\text{-SH})\text{-COOH}$

D群: ⑮ 多い ⑯ 少ない

5 次の問18～問20に答えなさい。

問18 次の文章の (A), (B), (C), (D) に最も適するものを, A群の①～④から一つ, B群の⑤～⑨から一つ, C群の⑩～⑪から一つ, D群の⑫～⑯から一つ, それぞれ選びなさい。

次の図は「水の状態図(相図)」の概略である。図の領域Xは(A)の状態に対応する。矢印Qが表す状態変化は(B)であり, このとき水分子は(B)熱を(C)する。点Rは(D)と呼ばれる。

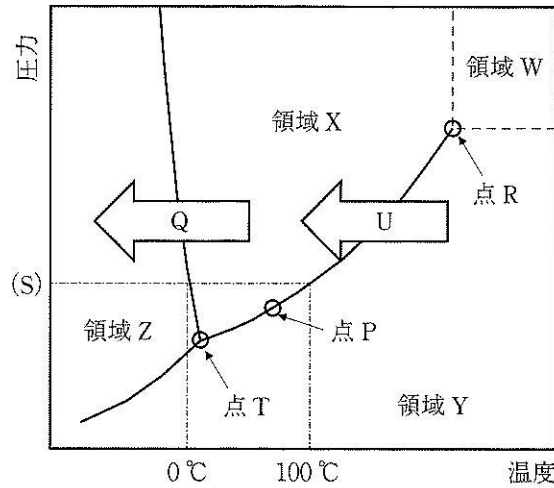


図 水の状態図(相図)の概略

- | | | | | |
|----------|------|-------|---------|-------|
| A群: ① 気体 | ② 液体 | ③ 固体 | ④ 超臨界流体 | |
| B群: ⑤ 昇華 | ⑥ 凝固 | ⑦ 凝縮 | ⑧ 融解 | ⑨ 蒸発 |
| C群: ⑩ 吸収 | ⑪ 放出 | | | |
| D群: ⑫ 沸点 | ⑬ 融点 | ⑭ 三重点 | ⑮ 昇華点 | ⑯ 臨界点 |

問19 次の文章の (A), (B), (C), (D) にあてはまるものを選びなさい。ただし, (A) はA群①～⑤から一つ, (B) はB群⑥～⑩から一つ, (C) はC群⑪～⑬から一つ, (D) はD群⑭～⑯からあてはまるものをすべて, それぞれ選べ。

問18の状態図の空欄Sには (A) $\times 10^{(B)}$ Paが入る。曲線RTは (C) 曲線であり, この曲線上の条件(図の点P)で水分子は (D) の状態で存在する。

- | | | | | |
|----------|-------|------|-----|-----|
| A群: ① 1 | ② 3 | ③ 5 | ④ 7 | ⑤ 9 |
| B群: ⑥ 1 | ⑦ 3 | ⑧ 5 | ⑨ 7 | ⑩ 9 |
| C群: ⑪ 溶解 | ⑫ 蒸気圧 | ⑬ 融解 | | |
| D群: ⑭ 固体 | ⑮ 液体 | ⑯ 気体 | | |

問20 次の文章の (A), (B), (C) にあてはまるものを選びなさい。ただし, (A) はA群の①~④から, (B) はB群の⑤~⑧から, あてはまるものをすべて, それぞれ選びなさい。また, (C) はC群の⑨~⑩から一つ選びなさい。

水の状態変化に関連する事柄として, たとえば以下のような現象が挙げられる:

- (ア) 霜 (空気中の水蒸気が, 液体になることなく, 氷の結晶になってできる)
- (イ) 霧 (空気中の水蒸気が冷えてできた水滴が浮かんでいるものである)
- (ウ) 露 (空気中の水蒸気が冷えてできた水滴が表面に付着したものである)
- (エ) 霜柱 (地中の水分が冷やされつつ地表に出てきたものである)

問18の状態図において, 矢印Qの状態変化に対応する現象は (A) の発生であり, 矢印Uの状態変化に対応する現象は (B) の発生である。

冬の夜間には, 部屋の窓の (C) への露の付着に注意が必要である。

- | | | | |
|-----------|-------|-----|------|
| A群: ① 霜 | ② 霧 | ③ 露 | ④ 霜柱 |
| B群: ⑤ 霜 | ⑥ 霧 | ⑦ 露 | ⑧ 霜柱 |
| C群: ⑨ 室内側 | ⑩ 室外側 | | |

[以下余白]