

(前期日程)

# 平成30年度 理科 物理基礎・物理(物理) 化学基礎・化学(化学)

## 科目の選択方法

教育学部の受験者

届け出た1科目を解答すること。

理学部の受験者

各受験コースで指定された科目を解答すること。

医学部の受験者

物理基礎・物理(物理)と、化学基礎・化学(化学)を解答すること。

工学部の受験者

機械工学科，電気電子工学科を受験する者は，物理基礎・物理(物理)を解答すること。

環境建設工学科，機能材料工学科，応用化学科，情報工学科を受験する者は，届け出た1科目を解答すること。

農学部の受験者

届け出た1科目を解答すること。

## 注意事項

- 1 試験開始の合図があるまで，この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 出題科目およびページは，下表のとおりです。

出題科目	ページ
物理基礎・物理(物理)	1～11
化学基礎・化学(化学)	12～26

- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明，ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は，手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 4 すべての解答用紙に受験番号を記入しなさい。
- 5 解答は，すべて解答用紙の指定のところに記入しなさい。
- 6 解答用紙はすべて机の上に出しておくこと。机の中に入れてはいけません。



## 化学基礎・化学（化学）

すべての受験者は、～の全問を解答しなさい。

なお、問題を解くのに必要があれば、下記の数値を用いなさい。

原子量 H = 1.0, C = 12.0, O = 16.0,

Na = 23.0, S = 32.0, Cl = 35.5

ファラデー定数  $F = 9.65 \times 10^4$  C/mol

水のモル凝固点降下 1.85 K・kg/mol

平方根値： $\sqrt{2} = 1.41$ ,  $\sqrt{3} = 1.73$

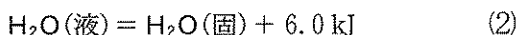
問題文中のLはリットルを表しています。

解答に計算過程が求められている場合は、結果のみではなく途中の計算式も書き、計算式には必ず簡単な説明文または式と式をつなぐ文をつけなさい。

次の文章を読み、問1～問7に答えなさい。

純水は0℃で凝固するが、海水はおよそ-1.8℃以下にならないと凝固しない。この現象を凝固点降下と呼ぶが、これがなぜ起こるのか、考察してみたい。

まず、純水の凝固について考える。凝固点では水と氷が(1)式の平衡状態をとり、熱化学方程式は(2)式で表される。



(2)式における熱量6.0 kJ/molは、熱と呼ばれる。また、(1)式の平衡は熱を奪うと、ルシャトリエの原理に基づき、方向に移動する。

次にNaCl水溶液に関しては、「溶けたNaClの分だけ溶液中の水分子の割合が減少する」と考える。氷の表面近傍では、氷になる水の割合が減るため、(1)式の平衡が方向に移動する。NaClを多く溶かすほど溶液中の水分子の割合がより減少するため、(1)式の平衡はさらに方向に移動する。その結果、溶液の凝固に際して凝固点降下度 $\Delta t$ (K)は、NaClの濃度が高いほど大きくなる。  
①

ここで、以下のような実験1と実験2を行った。

(実験1)：ある一定量のNaClが完全に溶解した水溶液を容器内に準備した。1気圧のもとでこの溶液をゆっくり冷却した。この実験で得られた冷却曲線(A-E)を図1に示す。x軸は冷却時間、y軸は容器内温度である。冷却曲線中のB→Cは **工** と呼ばれる状態であり、点Cで **才** が始まる。その際、発生する **力** が冷却によって奪われる熱量を上回るため、点Dまで温度が上昇する。その後、冷却曲線は右下がりとなり、点Eに達したところで、冷却が十分であるにも関わらず、しばらく容器内に残存する溶液の温度変化が生じなくなった。なお、図1において、線分DEの左向きの延長線(一点鎖線)が曲線ACと交わる点を点B、y軸と交わる点を点Fとする。ただし、準備したNaCl水溶液は希薄溶液と見なせるものとし、NaClは点Eまでの水溶液中では完全に電離しているものとする。

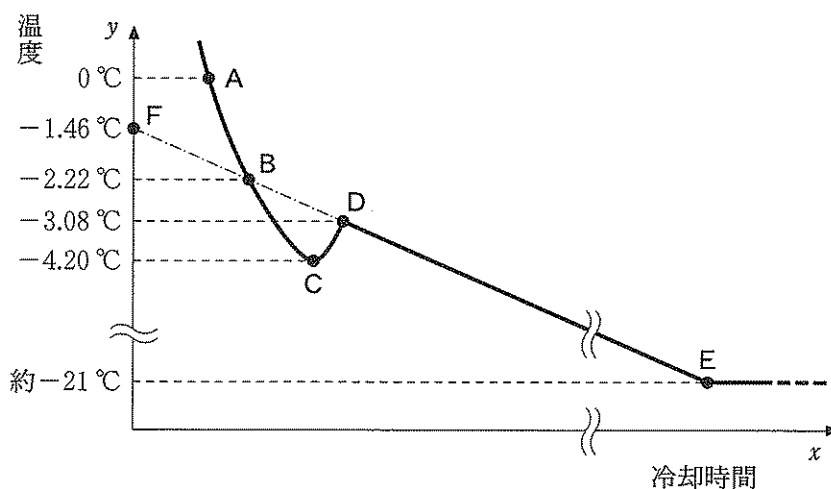


図1

(実験2)：実験1の後、容器内の温度を上げてから、実験1と同質量のNaClを溶液に追加して均一な溶液にした。その後、実験1と同様に温度を下げて冷却曲線を描いた。その結果、図1の点Eと同じ液温(約-21°C)に達したところで、容器内の溶液の温度はしばらく一定に保たれた。

②

問 1 本文中の ア ~ カ の中に適当な語句を入れなさい。  
イ と ウ に関しては、「右」か「左」で答えなさい。なお、同じ語句を繰り返し記入してもよい。

問 2 下線部①で、NaCl 水溶液の濃度が高いほど凝固点降下度  $\Delta t(K)$  も大きくなる理由を、(1)式および(2)式と関連させて、2 ~ 3 行で説明しなさい。

問 3 D → E では容器内はどのような状態にあるか、最も適切なものを次の(ア)~(ウ)から 1 つ選び、記号で答えなさい。

(ア) NaCl 水溶液と NaCl の微小な結晶を含む氷が冷却時間とともに交互に現れる状態である。

(イ) NaCl 水溶液と氷が共存する状態である。

(ウ) NaCl が徐々に析出している状態である。

問 4 D → E で、冷却曲線が右下がりになる理由を 2 ~ 3 行で説明しなさい。

問 5 図 1 から凝固点降下度  $\Delta t(K)$  を読み取りなさい。

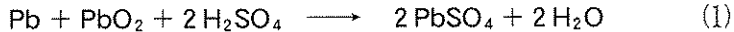
問 6 実験 1 で準備した NaCl 水溶液の質量パーセント濃度を、小数点以下第 2 位を四捨五入して小数点以下第 1 位まで求めなさい。計算の過程を示して答えなさい。

問 7 下線部②に関して、実験 1 の点 E や実験 2 のように、約  $-21^{\circ}\text{C}$  に達した時点で冷却曲線が水平となる理由を 1 ~ 2 行で説明しなさい。解答には「凝固点降下」という語句を含めなさい。

化学の試験問題は次ページに続く。

2 次の文章を読み、問1～問5に答えなさい。

鉛蓄電池は、自動車用のバッテリーとして広く用いられている。鉛蓄電池の放電反応は、電池全体で次のようになる。



反応式中の、鉛(Pb)は負極活物質、酸化鉛(PbO<sub>2</sub>)は正極活物質であり、放電反応により、電解液である希硫酸と反応して硫酸鉛(PbSO<sub>4</sub>)がそれぞれの電極表面に析出する。両活物質中の鉛原子の酸化数は、負極活物質中では  ，正極活物質中では  であり、硫酸鉛への変化に伴って、酸化数は共に  へ変化する。鉛蓄電池は、外部から電気エネルギーを与えることにより、充電することができる。このように充電と放電をくり返し行うことのできる電池を  または蓄電池と呼ぶ。鉛蓄電池には過度な充電(過充電)による電池容器内の圧力の上昇を防ぐために通気孔が備えてある場合がある。

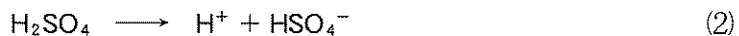
問1  ～  に適切な数字、および  に適切な語句を入れなさい。

問2 上記反応(1)について負極反応と正極反応に分けて、電子(e<sup>-</sup>)を含むそれぞれのイオン反応式を書きなさい。負極反応は解答欄(A)に、正極反応は解答欄(B)に書きなさい。

問3 鉛蓄電池の電解液として希硫酸を用いて、一定電流 1.00 A (アンペア)で 100 分間放電を行った。このとき電解液が何 g 減少するかを有効数字 2 桁で答えなさい。ただし、電解液の蒸発による質量変化は無視して考えなさい。

問4 下線部①の電池容器内の圧力の上昇の原因となる化学反応式を書きなさい。

問 5 硫酸は水溶液中で以下のように2段階で解離する。



(2)式の電離度は常に1.0であり、(3)式では平衡が成り立つものとする。濃度0.0100 mol/Lの希薄硫酸における(3)式の電離定数を $1.00 \times 10^{-2}$  mol/Lとしたとき、(3)式の電離度を有効数字2桁で答えなさい。



3 次の文章を読み、問1～問6に答えなさい。

$\text{Ag}^+$ 、 $\text{Ba}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Pb}^{2+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ を含む混合溶液から、それぞれの金属イオンを分離するため、以下の実験1から実験5を行った。図1には分離操作の概略を示してある。なお、すべての実験において、化学反応を完了させるために十分な量の試薬を加えたものとする。また、ろ過により、沈殿とろ液を完全に分離できることとする。

(実験1)：混合溶液に  を加えると、白色沈殿を生じたので、沈殿(a)とろ液(1)に分離した。沈殿(a)に熱水を加えてから、熱いうちにろ過を行い、白色沈殿(b)とろ液(2)に分離した。沈殿(b)に  を加えると、沈殿が溶解した。

(実験2)：ろ液(1)に硫化水素ガスを通じると黒色沈殿が生じたので、沈殿(c)とろ液(3)に分離した。沈殿(c)に  を加えても溶解しなかった。

(実験3)：ろ液(3)を煮沸した溶液に希硝酸を加えた。さらに、過剰量の  を加えたところ、沈殿が存在していたので、沈殿(d)とろ液(4)に分離した。沈殿(d)に  を加えると、沈殿が溶解したので、その溶解液の一部を <sup>①</sup>取り出し、 イオンを含む水溶液を加えると、血赤色の溶液に変化した。

(実験4)：ろ液(4)に硫化水素ガスを通じると白色沈殿が生じたので、沈殿(e)とろ液(5)に分離した。沈殿(e)に  を加えると、沈殿が溶解した。  
<sup>②</sup>

(実験5)：ろ液(5)に炭酸アンモニウム水溶液を加えたところ、沈殿が生じたので、沈殿(f)とろ液(6)に分離した。ろ液(6)の一部を取り出して炎色反応を行ったところ、赤紫色を示した。また、沈殿(f)に  を加えると、沈殿が溶解した。  
<sup>③</sup>その溶解液の一部を取り出して炎色反応を行ったところ、黄緑色を示した。

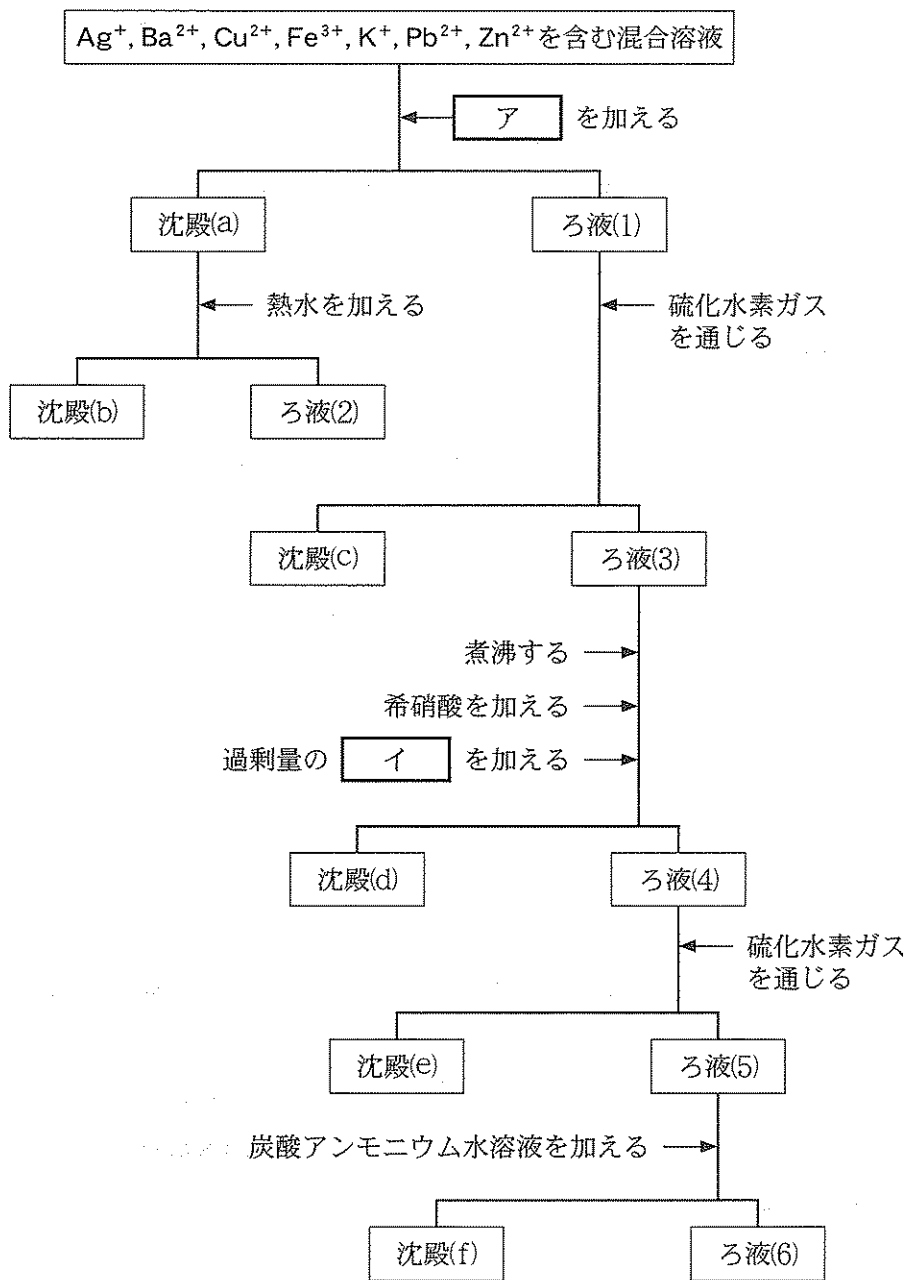


図 1

問 1  ~  に適切な語句(化学式を使った解答は不可)を入れなさい。

問 2 実験 3 において、希硝酸を加える理由を、実験 2 で起こった化学反応と関連させて、2 ~ 3 行で説明しなさい。

問 3 実験 3 において、 を過剰量加えなければならない理由を 2 ~ 3 行で説明しなさい。解答には「ろ過」と「分離」という語句を含めなさい。また、解答には関与するすべての沈殿の化学式も含めなさい。

問 4 実験 3 において、 を過剰量加えることで生じる錯イオンの名称(イオン式での解答は不可)を書きなさい。解答には中心金属の価数が分かるように書きなさい。

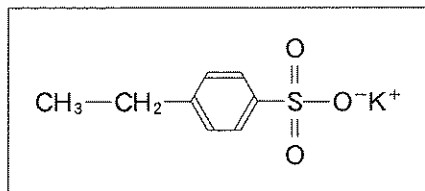
問 5 下線部①, ②, ③の反応について、常温・常圧で気体が発生する反応のみを選び、それらの反応式を同一解答欄にすべて書きなさい。

問 6 実験で用いた硫化水素は腐卵臭のある有毒な気体である。発生した硫化水素を除去するための研究・開発が現在でも行われている。加熱した濃硫酸に硫化水素を通じることで、気体(X)が発生した。この反応式を(A)とする。次に、発生した気体(X)と硫化水素を反応させたところ、固体が析出した。この反応式を(B)とする。反応式(A)を解答欄(A)に、反応式(B)を解答欄(B)に、それぞれ書きなさい。ただし、気体(X)の化学式を明示しなさい。

化学の試験問題は次ページに続く。

- 4 次の文章を読み、問1～問5に答えなさい。なお、構造式は以下の記入例にならって書きなさい。

記入例



化合物Aは分子式 $C_{20}H_{20}O_4$ で表され、水素と結合していない炭素を4個含んでいる。化合物Aを希硫酸で加水分解すると3種の化合物B、C、Dが生成した。化合物Bは炭素を2個含んでいる化合物であり、アンモニア性硝酸銀溶液と反応させると銀が析出した。化合物Cの分子式は $C_{12}H_{14}O_4$ であり、化合物Cは不斉炭素原子を含まない。化合物Cを酸化すると安息香酸が得られた。また、化合物Cを分子内で脱水縮合させると、反応した部分が六員環となる酸無水物Eが生成した。化合物Dは水に少ししか溶けなかったが、水酸化ナトリウム水溶液には容易に溶解した。

問1 化合物Bの構造式を書きなさい。

問2 化合物CとEの構造式を書きなさい。化合物Cの構造式は解答欄(C)に、化合物Eの構造式は解答欄(E)に書きなさい。

問3 化合物Dの名称(構造式での解答は不可)を答えなさい。

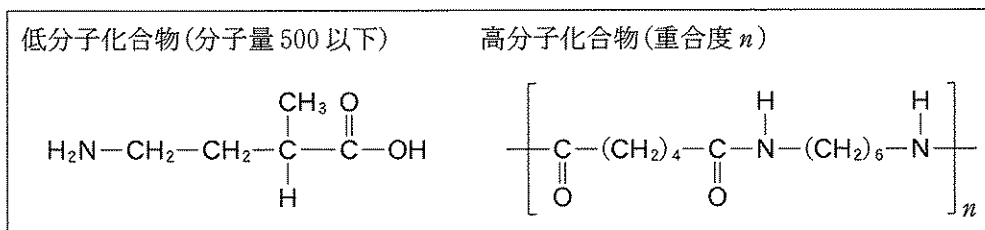
問4 水酸化ナトリウム水溶液中において、化合物Dはどのような構造に変化して存在しているか、構造式を書きなさい。

問5 化合物Aの構造式を書きなさい。

化学の試験問題は次ページに続く。

- 5 次の文章を読み、問1～問6に答えなさい。なお、構造式は以下の記入例にならって書きなさい。

記入例



化学結合のうち、カルボニル基と窒素原子の結合(-CO-NR<sub>1</sub>R<sub>2</sub>(R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>は置換基, Hでも可))のことをアミド結合と呼ぶ。この結合は<sup>①</sup>α-アミノ酸同士が脱水縮合する時にも形成され、その時は **ア** 結合と呼ばれる。なお、多数のα-アミノ酸が縮合してできた高分子物質は **イ** と呼ばれる。また、環状のアミド結合をもつ化合物はラクタムと呼ばれ、医薬品や合成繊維など生活の中で多く利用されている。

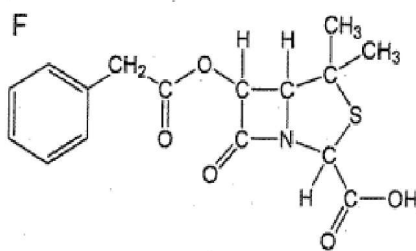
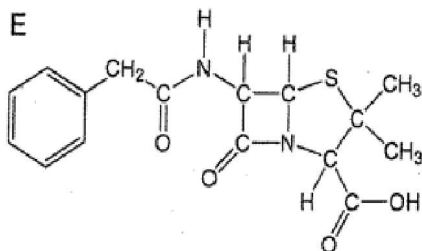
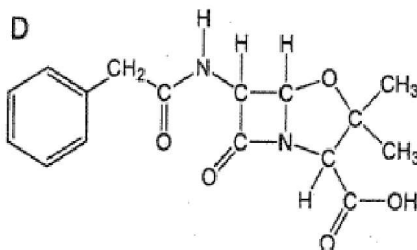
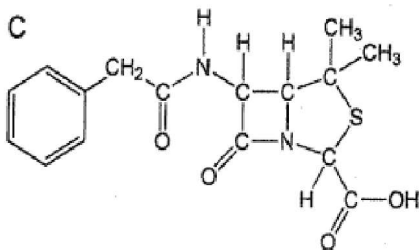
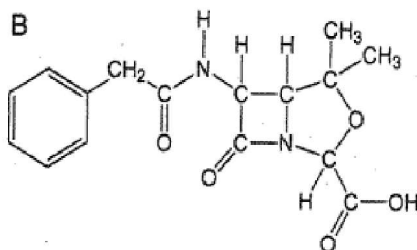
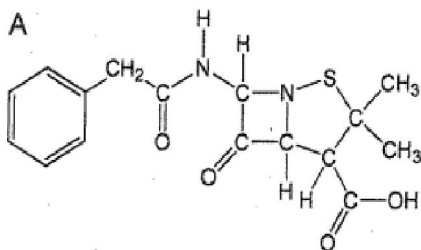
医薬品のうち、ある種の微生物によって生産され、ほかの微生物の成長や機能を阻害する物質は **ウ** と呼ばれており、イギリスの細菌学者フレミングがアオカビから見出した **エ** が代表的なものとして挙げられる。フレミングが発見したこの物質は、実際には混合物であることが判明し、いくつかの成分に単離精製された後、構造が解明された。<sup>②</sup>β-ラクタムであるこの物質は細菌の細胞壁の合成を阻害することにより、細菌の増殖を抑える。

合成繊維とは、石油などから得られる低分子化合物を重合させてポリマーとし、紡糸して繊維状にしたものである。例えば、ナイロン6は原料であるε-カ<sup>③</sup>プロラクタムに少量の水を加えて加熱することにより、開環重合してできたポリマーであり、ナイロン66は酸である **オ** とアミンである **カ** が縮合重合して<sup>④</sup>できたポリマーである。また、付加重合で得られる合成繊維には、モノマーである **キ** から合成されるポリマーを主成分とするアクリル繊維がある。<sup>⑤</sup>

問 1 ア ~ キ に適切な語句 (化学式を使った解答は不可) を入れなさい。

問 2 下線部①について, 1分子のグリシンと1分子のアラニンが脱水縮合してできるジペプチド化合物の構造式を2つ書きなさい。なお, 光学異性体は区別しないものとする。

問 3 下線部②について, さらなる研究の結果から, その化合物の基本構造の生合成にはアミノ酸であるシステインとバリンが関与しており, その化合物の構造式中にシステインとバリンの部分構造が含まれていることが明らかとなっている。この化合物の構造式を下のA~Fの中から1つ選んで記号で答えなさい。

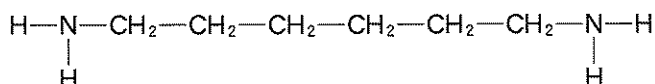




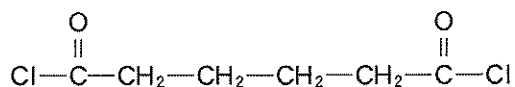
問 4 下線部③について、ナイロン 6 の原料となるラクタムの構造式を解答欄(A)に書くとともに、重合度  $n$  のナイロン 6 の構造式を解答欄(B)に書きなさい。

問 5 下線部④について、ナイロン 66 を実験室で合成するために、以下に示したアミン A を含む水酸化ナトリウム水溶液(A 溶液)に、以下に示した酸塩化物 B を含むヘキサン溶液(B 溶液)をゆっくり注いだ。分離した 2 層の界面に生じた膜をピンセットで糸状に引き出すことにより、ナイロン 66 を得た。この実験において、A 溶液をアルカリ性にしなければ重合反応が進みにくい。その理由を 1 ~ 2 行で説明しなさい。

A



B



問 6 下線部⑤について、付加重合によって得られる合成繊維の 1 つにビニロンがある。ビニロンは、ポリ酢酸ビニルをけん化して得たポリビニルアルコールから合成される。この親水性が高いポリマーから水に不溶なビニロンを合成するために処理する化合物名を書きなさい。また、ビニロンは適度な吸湿性を示すが、なぜそのような性質を示すのか、理由を 1 ~ 2 行で説明しなさい。







