

# 令和 8 年度 入学 試験 問題

## 理 科

各科目 100 点満点

《配点は、一般選抜学生募集要項に記載のとおり。》

物 理	(1～18 ページ)	化 学	(19～34 ページ)
生 物	(35～58 ページ)	地 学	(59～72 ページ)

### (注 意)

1. 問題冊子および解答冊子は監督者の指示があるまで開かないこと。
2. 問題冊子は表紙のほかに 72 ページである。
3. 問題は物理 3 題，化学 4 題，生物 4 題，地学 4 題である。
4. 試験開始後，選択した科目の解答冊子の表紙所定欄に学部名・受験番号・氏名をはっきり記入すること。表紙には，これら以外のことを書いてはならない。
5. ◇総合人間学部(理系)・理学部・農学部受験者は，物理・化学・生物・地学のうちから 2 科目を選択すること。  
◇教育学部(理系)受験者は，物理・化学・生物・地学のうちから 1 科目を選択すること。  
◇医学部・薬学部受験者は，物理・化学・生物のうちから 2 科目を選択すること。  
◇工学部受験者は，物理・化学の 2 科目を解答すること。
6. 解答は，すべて解答冊子の指定された箇所に記入すること。
7. 解答に関係のないことを書いた答案は無効にすることがある。
8. 解答冊子は，どのページも切り離してはならない。
9. 問題冊子は持ち帰ってもよいが，選択した科目の解答冊子は持ち帰ってはならない。

## 化学問題 I

次の文章を読み、問 1～問 5 に答えよ。解答はそれぞれ所定の解答欄に記入せよ。ただし、アボガドロ定数は  $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ 、ファラデー定数は  $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ 、原子量は  $\text{H} = 1.0$ 、 $\text{O} = 16$ 、 $\text{S} = 32$ 、 $\text{Cu} = 64$ 、 $\text{Zn} = 65$ 、 $\text{Pb} = 207$  とし、 $\sqrt{2} = 1.41$ 、 $\sqrt{3} = 1.73$  とする。

金属元素と硫黄からなる硫化鉱物として、方鉛鉱  $\text{PbS}$ 、黄鉄鉱  $\text{FeS}_2$ 、閃亜鉛鉱  $\text{ZnS}$ 、辰砂  $\text{HgS}$  などが天然に存在する。硫化鉱物の構造はイオンのサイズや電荷などによるが、単純で対称性の高い構造としては、塩化ナトリウム型構造や閃亜鉛鉱型構造などがある。例えば、 $\text{PbS}$  は塩化ナトリウム型構造をとり、各イオンは反対の電荷をもつ い 個のイオンに隣接している。 $\text{PbS}$  を空気中で加熱すると酸化鉛(Ⅱ)が得られ、酸化鉛(Ⅱ)を炭素または一酸化炭素で還元すると鉛が得られる。また、 $\text{FeS}_2$  を燃焼させると酸化鉄(Ⅲ)とともに刺激臭のある無色の気体が発生する。さらに、酸化鉄(Ⅲ)を高炉内でコークスから生じる一酸化炭素で還元すると鉄が得られる。

図 1 に閃亜鉛鉱型構造を示す。硫化物イオン( $\text{S}^{2-}$ )が面心立方格子と同様に配列し、4 個の  $\text{S}^{2-}$  に囲まれたすき間(四面体間隙)のうちの半数を亜鉛イオン( $\text{Zn}^{2+}$ )が占める構造となっている。 $\text{ZnS}$  はウルツ鉱としても存在するが、閃亜鉛鉱の方が豊富に存在する。カドミウムと水銀は、亜鉛と同じ ろ 族元素であり、 $\text{CdS}$  も  $\text{ZnS}$  と同様に閃亜鉛鉱型構造やウルツ鉱型構造をとる。亜鉛の主な用途としては鉄のさびを防ぐためのめっきなどがある。亜鉛めっきは、たとえ鉄が一部露出していても、亜鉛の方が鉄よりも先に は されて鉄を保護することができる。

図 2 は、イオン結晶中で配位数 6 を与える陽イオン(●)と陰イオン(○)の限界イオン半径比の考え方を示している。ここでは、陽イオン、陰イオンはそれぞれ固有の半径  $r_+$ 、 $r_-$  をもつ球であると仮定し、 $r_+ < r_-$  とする。陽イオンと陰イオンは互いに接する数が多いほど安定だが、同符号のイオンどうしが互いに接すると不安定になる。図 2(a)のように  $r_+$  がある程度大きい場合、陽イオンと陰イオンは接するが、陰

イオンどうしは接することなく安定に存在する。 $r_+$  を小さくしていくと、図 2(b)のように陰イオンどうしも接するようになり(安定の限界), このときの  $\frac{r_+}{r_-}$  を限界イオン半径比という。さらに,  $r_+$  を小さくしていくと, 図 2(c)のように陰イオンどうしだけが接して不安定になる。

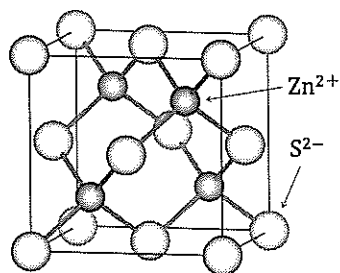


図 1

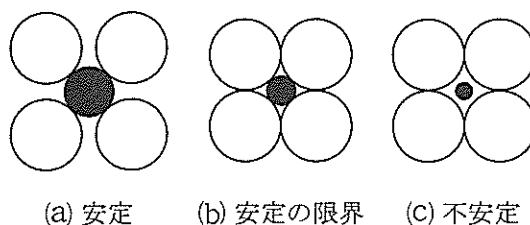


図 2

問 1  ,  ,  に入る適切な数字または語句をそれぞれ答えよ。

問 2 下線部について, この反応の反応式を記せ。

問 3 図 2 に示した考え方に基づいて, イオン結晶における限界イオン半径比  $\frac{r_+}{r_-}$  の値を, (i)配位数 6 および, (ii)配位数 8 の場合についてそれぞれ有効数字 2 けたで答えよ。

問 4 閃亜鉛鉱型構造をもつ ZnS に関する以下の(i), (ii)に答えよ。ただし, ZnS の単位格子は一辺の長さが 0.542 nm の立方体であり,  $(0.542)^3 = 0.16$  とする。

(i) ZnS の密度 [ $\text{g}/\text{cm}^3$ ] を有効数字 2 けたで答えよ。

(ii) ZnS 結晶中で隣接する  $\text{Zn}^{2+}$  と  $\text{S}^{2-}$  の中心間距離 (nm) を有効数字 3 けたで答えよ。

問 5 鉛と酸化鉛(IV)を電極に、希硫酸を電解液に用いた鉛蓄電池を作製した。十分に充電した鉛蓄電池を4つの白金電極(A, B, C, D)と図3のように接続し、硫酸銅(II)水溶液(電解槽①)と水酸化ナトリウム水溶液(電解槽②)を同時に電気分解する実験を行った。次の(i)~(iv)に答えよ。

- (i) 電気分解の際、鉛蓄電池の正極で起こる反応を、電子  $e^-$  を含む反応式で記せ。
- (ii) 一定時間通電後、鉛蓄電池の電解液の質量は 3.20 g 減少した。このときに流れた電気量(C)を有効数字3けたで答えよ。
- (iii) 白金電極 C で起こる反応を、電子  $e^-$  を含む反応式で記せ。
- (iv) (ii)で行った電気分解の間に白金電極 B で発生した気体の体積は、白金電極 C で発生した気体の体積の 1.5 倍であった。このとき電気分解の前後で電極 A の質量は何 g 増加したか、有効数字2けたで答えよ。

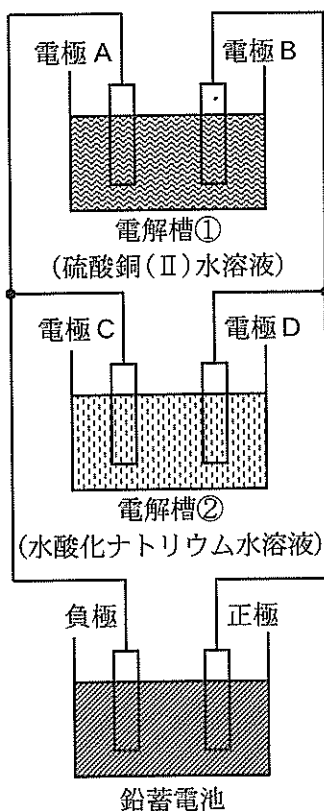


図 3

# 白 紙

## 化学問題 II

次の文章を読み、問1～問6に答えよ。解答はそれぞれ所定の解答欄に記入せよ。

固体の表面に気体や液体の分子が付着する現象を吸着と呼ぶ。シリカゲルや活性炭などの多孔質固体は、表面積が大きく多数の分子を吸着できるため、乾燥剤や浄水器など、身の回りでも吸着剤として広く用いられている。また、化学反応と吸着を組み合わせることで、生成物の分離や、それにともなう化学平衡の移動による反応の促進が可能である。以下では、溶液中での(a)吸着平衡、(b)化学平衡、(c)それらの組み合わせによる平衡移動、に関する実験1～実験3について考えてみよう。なお、これらの実験は同じ溶媒中で、同一かつ一定の温度で行うものとし、吸着や反応にともなう溶液の体積変化は無視できるものとする。また、実験で用いた物質A、P、Rは溶媒に完全に溶解し、吸着剤Sの溶媒への溶解は無視できるものとする。

- (a) 物質Pの溶液に吸着剤Sを加えると、PのSへの吸着が起こり、溶液中のPの濃度が減少する。Sに吸着したPと、溶液に溶解しているPとが吸着平衡の状態にあるとき、吸着剤S 1gあたりのPの吸着量 $q$  [mol/g]と溶液中のPのモル濃度 $[P]$  [mol/L]との関係は、吸着定数 $H$  [L/g]を用いて次式で与えられるものとする。

$$q = H[P] \quad (1)$$

実験1 物質Pを溶媒に完全に溶解させ、体積 $V$  [L]、モル濃度 $[P]_0$  [mol/L]の溶液を調製した。この溶液に質量 $m$  [g]の吸着剤Sを加えた。十分に時間が経過し、溶液が吸着平衡に達した。このときのPのモル濃度は $[P]_1$  [mol/L]であった。

元の溶液に含まれていたPの物質量は、平衡状態における溶液中のP、およびSに吸着したPの物質量の和に等しい。この関係より式(2)が成り立つ。ただし、溶媒分子の吸着は起こらないものとする。

$$V[P]_0 = V[P]_1 + \boxed{\text{ア}} \quad (2)$$

(b) 物質 A が分解して物質 P と R を生成する溶液中での平衡反応



について考える。この反応の平衡定数を  $K$  [mol/L] とする。また、A の反応率を次式で定義する。

$$A \text{ の反応率} = \frac{\text{反応した A の物質質量 [mol]}}{\text{反応前の A の物質質量 [mol]}} \quad (4)$$

実験 2 溶媒に物質 A のみを完全に溶解させた溶液を調製した。溶液の体積を  $V$  [L]、A の初期モル濃度を  $[A]_0$  [mol/L] とする。この溶液中で式(3)の反応が進行し、十分に時間が経過した後、平衡に達した。平衡状態における溶液中の A、P、R のモル濃度 [mol/L] は  $[A]_2$ 、 $[P]_2$ 、 $[R]_2$  であり、A の反応率は  $\alpha$  であった。

平衡状態における各成分のモル濃度、および平衡定数  $K$  は以下のように表される。

$$[A]_2 = \boxed{\text{イ}} \quad (5)$$

$$[P]_2 = [R]_2 = \boxed{\text{ウ}} \quad (6)$$

$$K = \boxed{\text{エ}} \quad (7)$$

(c) 反応と吸着の組み合わせによる平衡移動について考える。式(3)の反応により生成した P を吸着剤 S に吸着させて、P を溶液から分離すると、化学平衡が移動し、P および R の生成量が変化する。

実験 3 実験 2 において化学平衡に達した溶液に S を  $m$  [g] 加えた。S は P のみを選択的に吸着し、A、R および溶媒は吸着しないものとする。十分に時間が経過した後、吸着と反応のいずれもが平衡に達した。このときの A、P、R のモル濃度 [mol/L] は  $[A]_3$ 、 $[P]_3$ 、 $[R]_3$  であり、実験 2 で用いた A の物質質量を基準とした反応率は  $\alpha$  から  $\beta$  に変化した。

反応前の A の物質量は、平衡状態における溶液中の A、P の物質量、および S に吸着した P の物質量の和に等しい。この関係と式(1)を用いて  $[P]_3$  は

$$[P]_3 = \boxed{\text{オ}} \quad (8)$$

と表せる。これより  $K$  は

$$K = \frac{[A]_0 \beta^2}{1 - \beta} \times \boxed{\text{カ}} \quad (9)$$

と表される。

問 1 文中の  $\boxed{\text{ア}}$  に  $[P]_1$ ,  $H$ ,  $m$  を用いた適切な式を記入せよ。

問 2 文中の  $\boxed{\text{イ}}$ ,  $\boxed{\text{ウ}}$ ,  $\boxed{\text{エ}}$  に  $[A]_0$  と  $\alpha$  を用いた適切な式を記入せよ。

問 3 文中の  $\boxed{\text{オ}}$ ,  $\boxed{\text{カ}}$  に  $[A]_0$ ,  $\beta$ ,  $V$ ,  $m$ ,  $H$  のうち必要なものを用いた適切な式を記入せよ。

問 4  $V = 0.10 \text{ L}$ ,  $[P]_0 = 1.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ ,  $m = 0.20 \text{ g}$  として実験 1 を行ったところ,  $[P]_1 = 2.5 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$  となった。式(2)を用いて  $H(\text{L/g})$  の値を求め、有効数字 2 けたで答えよ。

問 5  $V = 0.10 \text{ L}$ ,  $[A]_0 = 1.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$  として実験 2 を行ったところ、平衡状態において  $[A]_2 = [P]_2$  となった。式(7)を用いて  $K(\text{mol/L})$  の値を求め、有効数字 2 けたで答えよ。

問 6 問 5 で化学平衡に達した溶液を用いて実験 3 を行った。以下の(i)~(iii)に答えよ。

(i) S を加えてから平衡に達するまでの A, P, R のモル濃度の時間変化を表すものを, 図 1 のグラフ中の実線①~④よりそれぞれ選べ。ただし, 反応速度は吸着速度に比べて十分大きいものとする。

(ii) 式(9)を用いて  $[A]_3 = 2.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$  となる  $m \text{ [g]}$  の値を求め, 有効数字 2 けたで答えよ。

(iii) (ii) のとき, 反応により生成した P のうち S に吸着している割合を求め, 有効数字 2 けたで答えよ。

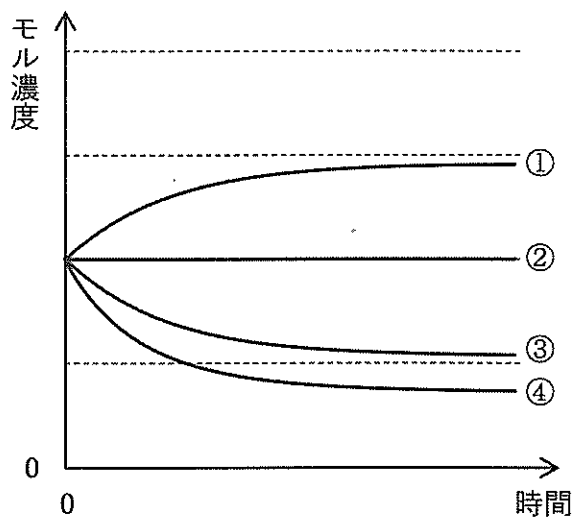


図 1

### 化学問題 III

次の文章(a), (b)を読み, 問1～問4に答えよ。解答はそれぞれ所定の解答欄に記入せよ。

(a) アセタールは1つの炭素原子を挟んで2つのエーテル結合をもつ有機化合物の総称であり, 酸の存在下で図1に示す平衡が成り立つ。

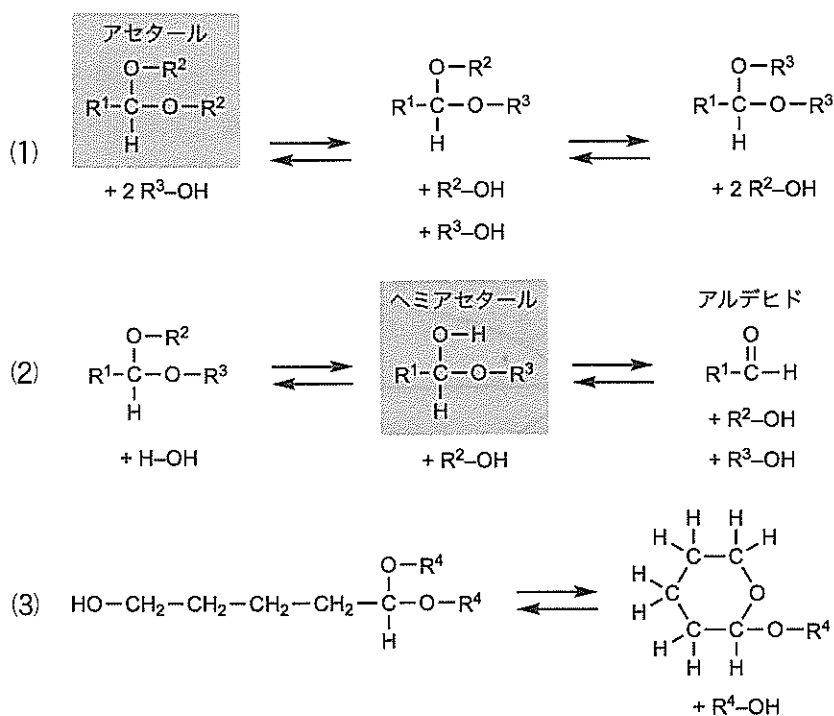
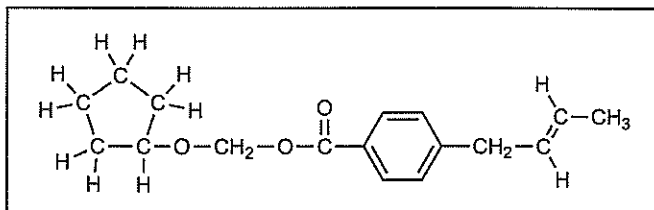


図1

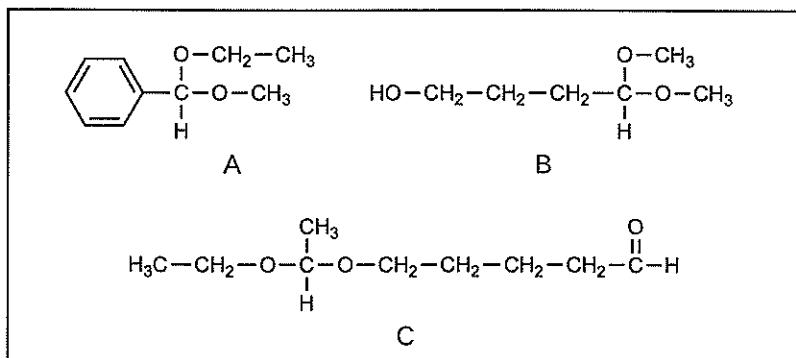
図1(1)に示すようにアセタール(網かけ部分)は, 置換基  $\text{R}^2$ ,  $\text{R}^3$  をもつアルコールとの間に平衡が成り立ち, 異なるアセタールに変換されうる。また, 水存在下では図1(2)に示すようにアセタールはヘミアセタール(網かけ部分)やアルデヒドと平衡状態にある。ただし図1(3)のような六員環, あるいは五員環の構造を形成しうる場合は平衡定数が大きく,  $\text{R}^4-\text{OH}$  が多量にあったとしても, アセタール, またはヘミアセタールは環状のものが主生成物となる。以下, 本問では酸の存在下で図1に示す反応

のみが起こるものとする。またアセタールの変換は平衡移動の原理に従う。

構造式の記入例：



問 1 以下のアセタール A, B, C を、それぞれ少量の硫酸を含む大過剰量のエタノール中で十分な時間反応させた。A からはアセタール A' が、B からはアセタール B' が、また C からはアセタール C', C'' が主に生じた。A', B', C', C'' の構造式を記入例にならって記せ。立体異性体はすべて同一と見なす。ただし、C', C'' の順序は問わない。



問 2 分子式  $C_8H_{18}O_3$  で表されるアセタール D はヒドロキシ基をもつ。D に水酸化ナトリウム水溶液とヨウ素を加えて加熱処理したところ、淡黄色の沈殿が生じた。D を少量の硫酸を含む大過剰量のメタノール中で十分な時間反応させたところ、分子式  $C_6H_{12}O_2$  で表される五員環構造をもつアセタール E が得られた。E を少量の硫酸を含む大過剰量のエタノールと反応させたところ、分子式  $C_7H_{14}O_2$  で表されるアセタール F が得られた。化合物 D, E の構造式を記入例にならってそれぞれ記せ。立体異性体はすべて同一と見なす。

(b) 図2に示す化合物Gおよびそのヒドロキシ基をアセチル化した化合物Hは不斉炭素原子をもち、鏡像異性体が存在する。ここで図2の右側に示すように、GおよびHの各異性体を $G_R$ 、 $G_S$ 、 $H_R$ 、 $H_S$ と表記する。

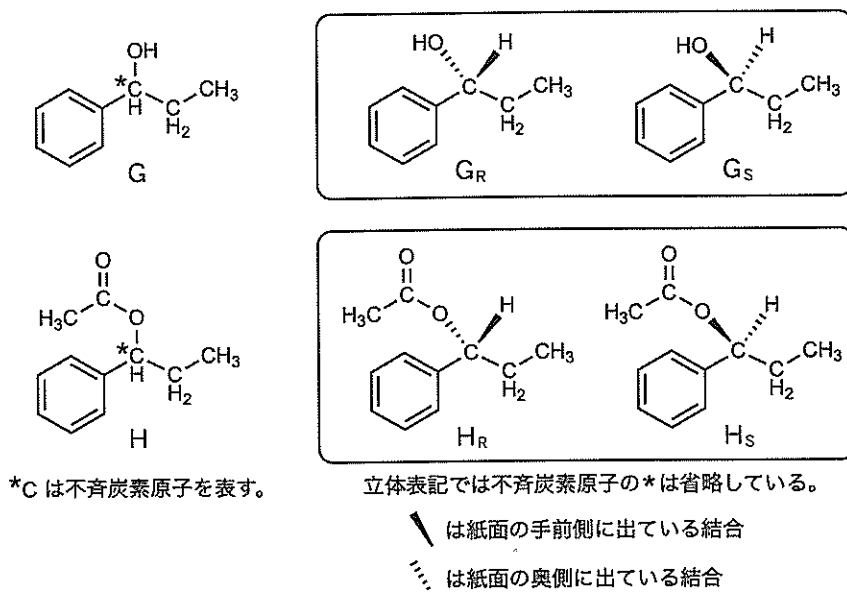


図2

Gのラセミ体( $G_R$ と $G_S$ の等量混合物)を原料とし、無水酢酸を用いてアセチル化を行うと、 $G_R$ からは $H_R$ が、 $G_S$ からは $H_S$ が生じる。それぞれの反応速度は同じであり、Hのラセミ体( $H_R$ と $H_S$ の等量混合物)が得られる。

ここで図3に示すように、無水酢酸の代わりに化合物Iを用い、さらに触媒Xまたは触媒Yを用いてアセチル化を行う。このアセチル化反応は以下の特徴1～特徴3を有する。

特徴1：触媒Xは $G_S$ のみをアセチル化し、 $G_R$ をまったくアセチル化しない。

特徴2：触媒Yは $G_R$ および $G_S$ の両方をアセチル化するが、それぞれの反応速度が異なる。

特徴3： $G_R$ からは $H_R$ が、 $G_S$ からは $H_S$ が生じる。

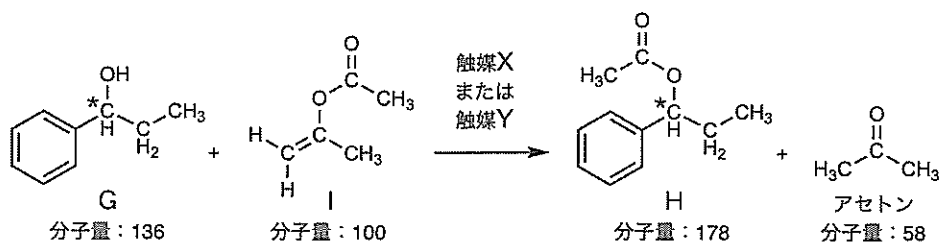


図 3

触媒 X または触媒 Y が存在する場合は図 3 に示した反応のみが進行し、触媒が存在しない場合は G と I は反応しないものとする。

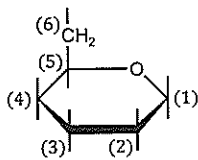
問 3 触媒 X を用いて 8.00 g の G のラセミ体を 2.00 g の I と反応させたところ、I はすべて反応した。このとき未反応の G に含まれる (i)  $G_R$  および、(ii)  $G_S$  の質量 [g] をそれぞれ有効数字 3 けたで答えよ。

問 4 触媒 Y を用いて 1.36 g の G のラセミ体を I と反応させたところ、0.712 g の H が得られ、それに含まれる  $H_R$  と  $H_S$  の質量比は 90 : 10 であった。このとき未反応の G に含まれる  $G_S$  の質量は  $G_R$  の質量の何倍か、有効数字 2 けたで答えよ。

## 化学問題 IV

次の文章を読み、問1～問5に答えよ。解答はそれぞれ所定の解答欄に記入せよ。  
 なお、原子量は  $H = 1.0$ ,  $C = 12$ ,  $O = 16$ ,  $I = 127$  とし、単糖の炭素原子は図1に示すように C1～C6 の記号で表記する。

スフィンゴ糖脂質は細胞膜の構成成分であり、図2に示すように、糖類がセラミドとよばれる脂質と共有結合した物質である。セラミドは、スフィンゴシン(図2、点線で囲った部分)のアミノ基と、脂肪酸のカルボキシ基がアミド結合を介してつながった物質である。糖類は、セラミド中のスフィンゴシンとグリコシド結合を形成してつながっている(図2、 $\square$ で示した部分)。生体には、単糖からオリゴ糖(複数の単糖がグリコシド結合で鎖状に縮合したもの)まで多様な糖類をもつスフィンゴ糖脂質が存在する。



(1)～(6)で示した炭素原子をそれぞれ C1～C6 と表記する

図1

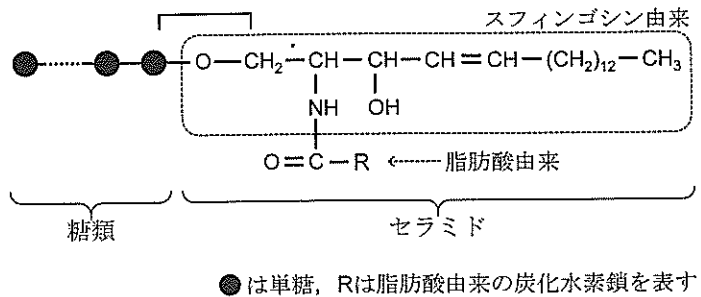
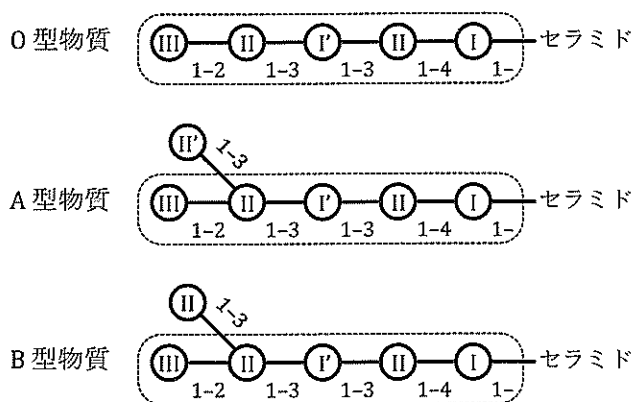


図2 スフィンゴ糖脂質の構造の例

ABO 式血液型は、赤血球表面のタンパク質や脂質に結合している血液型物質とよばれるオリゴ糖の構造によって決定される。スフィンゴ糖脂質にも血液型物質が結合しているものがあり、そのオリゴ糖部分は5種類の単糖(I, II, III および I', II')によって図3のように構成される。O 型物質のオリゴ糖(図3、点線で囲った部分)を共通構造として、O 型物質に単糖 II' が結合したものが A 型物質、単糖 II が結合したものが B 型物質である。血液型が O, A, B 型のヒトの赤血球にはそれぞれ O, A, B 型物質が存在し、AB 型のヒトの赤血球には A 型物質と B 型物質の両方が存在する。



○は単糖，—はグリコシド結合を表す。“1-2”，“1-3”などの表記は，グリコシド結合に関与している炭素原子の位置を表す。例えば，“1-2”は，左側の単糖のC1炭素と右側の単糖のC2炭素がグリコシド結合を形成していることを意味する。右側の“1-”は，単糖 I の C1 炭素とセラミドがグリコシド結合を介してつながっていることを意味する。

図3 スフィンゴ糖脂質に含まれる ABO 式血液型物質の構造

血液型物質を構成する単糖のうち，単糖 I，II，III は図4に示すグルコース，ガラクトース，マンノース，キノボース，フコース，ラムノースのいずれかである。単糖 I は，デンプンを単糖単位にまで分解した際に得られる。単糖 II は，単糖 I の立体異性体であり，C4 炭素に結合した水素原子とヒドロキシ基の位置が入れ替わった構造をもつ。単糖 III は，単糖 II の C6 炭素のヒドロキシ基を水素原子に置換したものである。また，単糖 I'，II' はそれぞれ，単糖 I，II の C2 炭素に結合したヒドロキシ基をアミノ基に置換し，さらにそのアミノ基をアセチル化した化合物である。

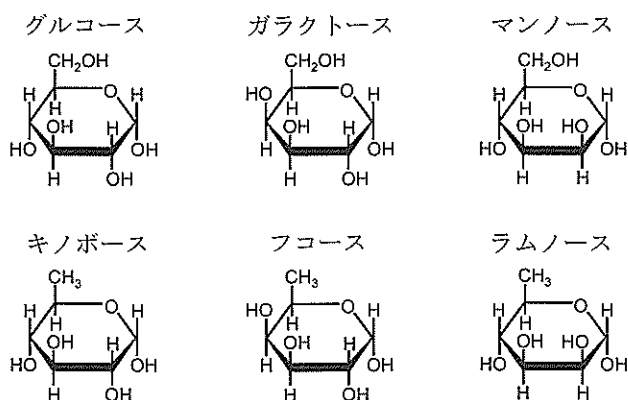


図4 単糖の構造

ABO 式血液型が O, A, B, AB 型のいずれかである被験者の赤血球から血液型物質をもつスフィンゴ糖脂質 X を抽出し, X を用いて実験 1 ~ 実験 4 を行った。ただし, O, A, B 型の赤血球からはそれぞれ 1 種類の血液型物質をもつスフィンゴ糖脂質が得られ, AB 型の赤血球からは A 型物質をもつスフィンゴ糖脂質と B 型物質をもつスフィンゴ糖脂質の等量混合物 (物質量比 1 対 1) が得られるものとする。

実験 1 酵素を用いて, X のセラミドとオリゴ糖との間の結合のみを加水分解し, セラミド X1 とオリゴ糖 X2 を別々に回収した。

実験 2 実験 1 で得られたセラミド X1 の全量を用いて, セラミド X1 のアミド結合を酸性条件で完全に加水分解したところ, スフィンゴシンの他に, 1 種類の脂肪酸 Y が 306 mg 得られた。Y は炭素原子間の二重結合を 3 つもつ不飽和脂肪酸であった。この Y に金属触媒の存在下で水素 ( $H_2$ ) を付加したところ, Y はすべて飽和脂肪酸に変換された。この反応には  $3.00 \times 10^{-3}$  mol の水素 ( $H_2$ ) が必要であった。

実験 3 実験 1 で得られたオリゴ糖 X2 の全量を用いて, 塩基性条件でヨウ化メチル ( $CH_3I$ ) と反応させたところ, オリゴ糖 X2 のすべてのヒドロキシ基がメチル化され, メトキシ基 ( $-OCH_3$ ) となった。

実験 4 実験 3 で得られたメチル化オリゴ糖 X2 を加水分解したところ, メチル化された単糖の混合物が得られた。ただし, この操作では, グリコシド結合のみが完全に加水分解されるものとする。

問 1 単糖 I, II, III のそれぞれの名称を答えよ。

問 2 単糖 II' の構造式を, 図 4 にならって環状構造で記せ。

問 3 不飽和脂肪酸 Y の分子式を記せ。

各血液型物質はそれぞれ異なるオリゴ糖構造をもつことから、実験3で最小限必要となるヨウ化メチルの量は血液型によって異なる。このことを利用すると、被験者の血液型を推定することが可能である。

問4 次の文章を読み、 ~  にあてはまる数値を整数で答えよ。

まず、O型物質について考えてみよう。実験1の操作でオリゴ糖が加水分解によってセラミドから切り離されることに注意すると、O型物質のオリゴ糖1 molのすべてのヒドロキシ基をメチル化するために最小限必要なヨウ化メチルの量は molであるとわかる。次に、A、B型物質について考えてみよう。A、B型物質はO型物質にそれぞれ単糖II'、単糖IIが結合した構造であることをふまえると、オリゴ糖1 molのすべてのヒドロキシ基をメチル化するために最小限必要なヨウ化メチルの量は、A型物質の場合は mol、B型物質の場合は molであるとわかる。

問5 次の文章(i)、(ii)を読み、,  にあてはまる血液型と数字の組み合わせとして適切なものを、以下の(あ)~(し)から1つ選び記号で答えよ。

(i) 実験3のメチル化反応に要したヨウ化メチルの量は2.556 gであった。ここで、ヨウ化メチルはすべてオリゴ糖X2のヒドロキシ基のメチル化に使用されたものとする、スフィンゴ糖脂質Xを抽出した被験者の血液型は 型であるとわかる。

(ii) 実験4で得られた混合物中に含まれる単糖IIのメチル化物のうち、メトキシ基の結合位置もしくは数の異なるものは 種類存在する。

	(あ)	(い)	(う)	(え)	(お)	(か)	(き)	(く)	(け)	(こ)	(さ)	(し)
エ	O	O	O	A	A	A	B	B	B	AB	AB	AB
オ	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3

化学問題は、このページで終わりである。