

平成 31 年度前期日程入学試験学力検査問題

平成 31 年 2 月 25 日

理 科

物 理…… 4 ～19ページ, 化 学……20～41ページ

生 物……42～63ページ, 地 学……64～73ページ

志 望 学 部	試 験 科 目	試 験 時 間
理 学 部 農 学 部	物理, 化学, 生物, 地学のうちから 2 科目選択	13 : 30 ~ 16 : 00 (150 分)
医 学 部 歯 学 部	物理, 化学, 生物のうちから 2 科目選択	
薬 学 部 工 学 部	物理(指定), 化学(指定)	

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで, この問題冊子, 解答用紙を開いてはいけない。
2. この問題冊子は, 73 ページである。問題冊子の白紙のページや問題の余白は草案のために使用してよい。ただし, 冊子の留め金を外したり, ページを切り離しては使用しないこと。なお, ページの脱落, 印刷不鮮明の箇所などがあった場合には申し出ること。
3. 解答は, 必ず黒鉛筆(シャープペンシルも可)で記入し, ボールペン・万年筆などを使用してはいけない。
4. 解答用紙の受験記号番号欄(1 枚につき 2 か所)には, 忘れずに受験票と同じ受験記号番号をはっきりと判読できるように記入すること。
5. 解答は, 必ず選択した科目の解答用紙の指定された箇所に記入すること。
6. 解答用紙を持ち帰ってはいけない。
7. 試験終了後, この問題冊子は持ち帰ること。

化 学

計算のために必要な場合には、以下の数値を使用せよ。

原子量 H = 1.00 C = 12.0 N = 14.0 O = 16.0 Mg = 24.3

S = 32.1 Cl = 35.5 K = 39.1 Ti = 47.9

気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$

アボガドロ定数 $6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$

ファラデー定数 $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

解答に字数の指定がある場合、以下の例に示すように、句読点、数字、アルファベット、および記号も1字として数えよ。なお、問題中の体積記号Lは、リットルを表す。

(例)

F	e	³	+	を	含	む	4	°	C	の	H	₂	O	が	,
---	---	--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--------------	---	---	---

- 1 次の文章を読み、問1から問5に答えよ。ただし、気体はすべて理想気体としてふるまうものとする。特に指定がない場合は、解答欄に単位を書かなくてよい。

物質には気体、液体、固体の3つの状態がある。分子からなる物質の場合、分子を散らばらせる働きのある と分子を引き付けようとする分子間力の大小関係で物質の状態は決まる。分子間力には(静電氣的引力を含む)ファンデルワールスカや水素結合がある。低温では分子間力が に勝るため、分子は特定の場所にとどまり、物質は固体となる。温度が上昇すると、 は活発化する。これにより分子の規則正しい配置が乱れ、その結果、物質は液体となる。温度がさらに上昇し、 によって分子が周囲の分子からの分子間力を振り切って自由に動くと、物質は気体になる。このような温度変化に伴う状態変化は、いずれも熱の吸収や放出を伴う。

温度と圧力によっては、2つの状態が平衡状態として共存できる場合がある。気体(蒸気)と液体が平衡にあるとき、この気体の圧力は蒸気圧とよばれる。同様に固体からも大きなエネルギーをもつ分子が飛び出すことがあり、気体と固体の間にも平衡が成り立つ場合がある。このときの気体の圧力を固体の蒸気圧とよぶこととする。^{c)}

問 1 文中の空欄 に入る適切な語句を書け。

問 2 下線部 a) について、次の文章の空欄 に入る適切な数字を書け。

メタノール分子間の水素結合においては、ヒドロキシ基の水素原子と隣接分子の非共有電子対が1対1で対を作ることにより結びつく。このとき、メタノール分子は最大 個の周囲の分子と水素結合を形成することができる。

問 3 下線部 b) について、以下の問いに答えよ。なお、表 1 にメタノールおよびエタノールの融解熱、蒸発熱の値を示す。

表 1

	融解熱 [kJ/mol]	蒸発熱 [kJ/mol]
メタノール	3	35
エタノール	5	39

- (1) 融解熱と蒸発熱に関する次の記述 (a) から (f) の中から、正しいものすべてを選び、解答欄の記号を○で囲め。
- (a) 一般に同じ物質では、蒸発熱は融解熱より大きい。
 - (b) 一般に同じ物質では、融解熱は蒸発熱より大きい、アルコールはその例外である。
 - (c) 一般に融解熱、蒸発熱はともに正の値をとる。
 - (d) 一般に融解熱は正の値をとるが、蒸発熱の値は負になることが多い。
 - (e) 蒸発熱が大きい物質の沸点は高くなる傾向がある。
 - (f) 極性分子の蒸発熱は近い分子量をもつ無極性分子の蒸発熱よりも小さくなる傾向がある。

(2) 次の文章を読み、空欄 から に入る適切な数値を有効数字 2 桁で書け。

アルコール分子では、分子間力としてファンデルワールス力と水素結合が同時にはたらいっている。ファンデルワールス力と水素結合の強さはそれぞれ、分子どうしを結び付けているエネルギーの大きさとして表すことができる。いま、以下の条件 (i) から (v) を仮定する。

- (i) アルコール分子間にはたらく分子間力はファンデルワールス力と水素結合のみである。
- (ii) ファンデルワールス力と水素結合は独立にはたらく。
- (iii) メタノールとエタノールでは水素結合の強さは同一である。
- (iv) ファンデルワールス力の強さは分子量に比例する。
- (v) 融解熱と蒸発熱以外の温度変化に伴う熱の出入りはすべて無視できる。

以上の仮定と表 1 の値を用いて考える。固体のメタノール 1.0 mol をすべて気体にするために必要なエネルギーは kJ となる。また、固体のメタノール 1.0 mol あたりのファンデルワールス力と水素結合によるそれぞれのエネルギーを求めると

ファンデルワールス力	<input type="text" value="エ"/>	kJ
水素結合	<input type="text" value="オ"/>	kJ

となる。

問 4 下線部 c) について，二酸化炭素の固体を用いて以下の実験を行った。

【実験操作 A】 真空にした容積 1.00 L の密閉容器をある一定の温度に保ち，圧力が 0.600×10^5 Pa になるまで窒素で満たした。温度を保ちながら，この容器内に 4.40 g の二酸化炭素の固体を入れ，十分な時間静置した。

図 1 に固体の二酸化炭素の蒸気圧曲線を示す。この図を参考に，以下の問いに答えよ。ただし，固体の蒸気圧は液体の蒸気圧と同様の性質を示すと考えてよい。

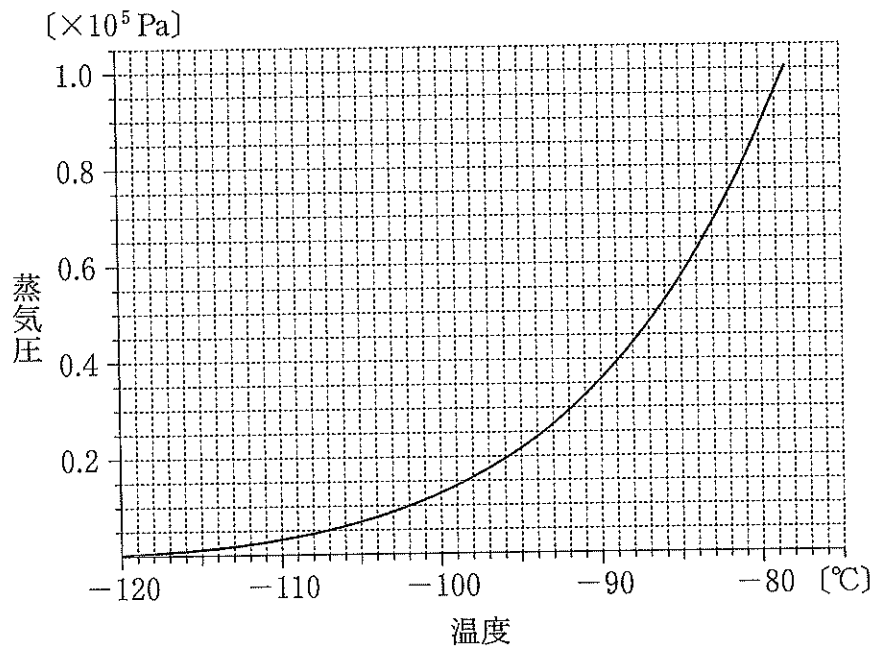


図 1 二酸化炭素固体の蒸気圧曲線

(1) 【実験操作 A】を行ったのちに，容器内の気体を分析したところ，気体に含まれる窒素と二酸化炭素の重量比は

$$\text{窒素} : \text{二酸化炭素} = 1.00 : 0.524$$

であった。このときの容器の温度は °C である。空欄 に入る適切な数値を有効数字 2 桁で符号を含めて書け。ただし，固体の二酸化炭素の体積は無視できるものとする。また，この実験条件では窒素は気体としてのみ存在する。

(2) 炭素がすべて同位体 ^{13}C である二酸化炭素の固体を【実験操作A】で使用する二酸化炭素と同じ物質質量だけ用意した。まず、通常の二酸化炭素固体を用いて【実験操作A】を行ったのち、容器内に残った二酸化炭素固体のみを容器から取り出した。つづいて、容器の温度を保ったまま、上で述べた炭素がすべて同位体 ^{13}C である二酸化炭素固体を容器に入れて十分な時間静置した。そののちに、容器内の固体と気体を取り出して、その中に含まれる炭素同位体の分析を行った。その結果として最も適切なものを以下の(a)から(e)の中から1つ選び、解答欄の記号を○で囲め。ただし、同位体 ^{14}C の存在は無視できるものとする。

- (a) 固体と気体に含まれる炭素はともにすべて ^{13}C であった。
- (b) 固体に含まれる炭素はすべて ^{13}C 、気体に含まれる炭素は ^{12}C と ^{13}C の混合物であった。
- (c) 固体に含まれる炭素は ^{12}C と ^{13}C の混合物、気体に含まれる炭素はすべて ^{13}C であった。
- (d) 固体と気体に含まれる炭素はともに ^{12}C と ^{13}C の混合物であった。
- (e) 固体に含まれる炭素はすべて ^{13}C 、気体に含まれる炭素はすべて ^{12}C であった。

問 5 イオン結晶は一般に融点が高く、常温では固体である。しかし、これを水と混合すると常温でも溶解して溶液となることがある。その例として、塩化カリウム結晶の水への溶解を考える。図 2 に塩化カリウムの水への溶解度曲線を示す。この図を参考に、以下の問いに答えよ。

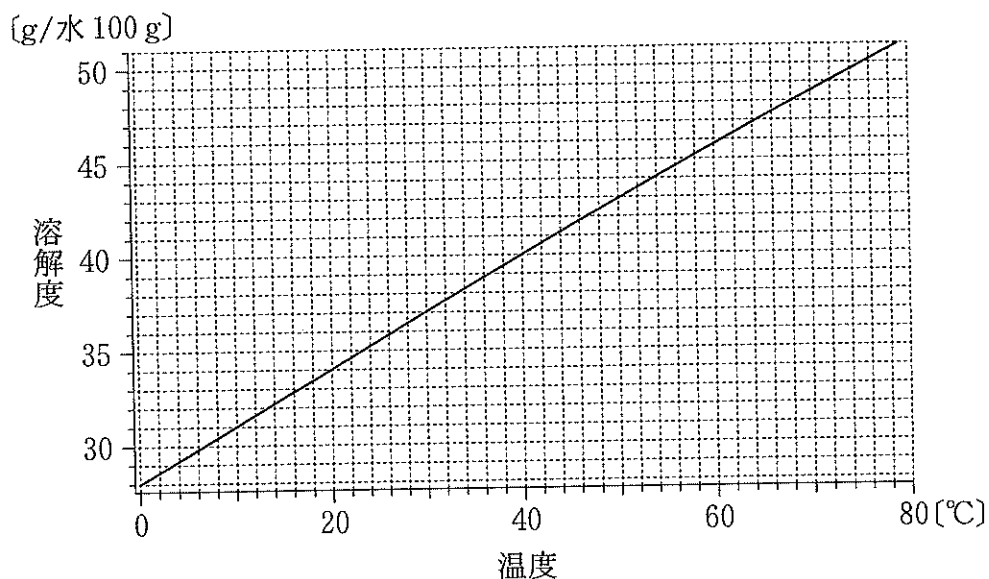


図 2 塩化カリウムの溶解度曲線

- (1) 温度 72 °C の塩化カリウム飽和水溶液 100 g を冷却したところ、6.1 g の塩化カリウムが析出した。このとき、温度は °C である。空欄 に入る適切な数値を有効数字 2 桁で書け。ただし、塩化カリウムの結晶は結晶水をもたない。
- (2) 塩化カリウムの水への溶解は吸熱反応あるいは発熱反応のいずれであるかを解答欄 (a) に書け。また、その判断の根拠を 60 字以内で解答欄 (b) に書け。

——このページは白紙——

2 次の文章〔I〕と〔II〕を読み、問1から問14に答えよ。

〔I〕 単体の硫黄は火山地帯に多く存在し、石油精製の際にも多量に得られる。硫黄の単体には斜方硫黄、単斜硫黄、ゴム状硫黄などの同素体^①があり、その中で斜方硫黄および単斜硫黄は 個の硫黄原子が に結合した分子からなる。硫黄を含む化合物には二酸化硫黄、硫酸、硫化水素など^②がある。

硫黄を空气中で熱すると青色の炎をあげて燃焼し、二酸化硫黄を生成する。二酸化硫黄は酸化バナジウム(V) V_2O_5 存在下では空气中の酸素と反応し^{a)} X を生成する。 X を濃硫酸に吸収させ、その中の水と反応させることで発煙硫酸が得られ、これを希硫酸でうすめて濃硫酸を得る。市販の濃硫酸は濃度約 98 % で、無色で粘性の高い液体であり、脱水作用^③などの特徴がある。 加熱した濃硫酸(熱濃硫酸)は強い酸化作用をもつことから、熱濃硫酸に^{b)} 銅は気体を発生しながら溶けるが、希硫酸には銅は溶けない。 一方、酸化^{c)} 銅(II)は希硫酸に溶ける。

問 1 空欄 に入る適切な数値を書け。

問 2 空欄 に入る最も適切な語句を次の(a)から(e)より1つ選び、解答欄の記号を○で囲め。

- (a) 平面状 (b) 管状 (c) 環状
(d) はしご状 (e) 直鎖状

問 3 下線部①について、リンも同素体をもつ元素である。リンの同素体のうち、白リン(黄リン)以外の同素体の名称を1つ書け。

問 4 下線部②について、次の3つの化合物 A, B, C 中の硫黄原子の酸化数を書け。なお、酸化数が正の場合は+を、負の場合は-を付けて書くこと。

A : 二酸化硫黄

B : 硫酸

C : 硫化水素

問 5 下線部 a), b), c) の反応をそれぞれ化学反応式で書け。

問 6 下線部③について、次の (a) から (d) のうち、濃硫酸の脱水作用による反応をすべて選び、解答欄の記号を○で囲め。

- (a) 塩化ナトリウムに濃硫酸を加えて熱すると塩化水素が発生した。
- (b) スクロースに濃硫酸を加えると炭化した。
- (c) 濃硫酸に湿った二酸化炭素を通じると乾燥した二酸化炭素が得られた。
- (d) エタノールに濃硫酸を加えて約 170 °C で加熱するとエチレンが生成した。

問 7 硫酸を用いる次の (a) から (e) の実験操作のうち、不適切な操作をすべて選び、解答欄の記号を○で囲め。

- (a) デシケーター中で吸湿性の高い固体試薬を保管するために、乾燥剤として濃硫酸を用いた。
- (b) 約 0.1 mol/L の硫酸を調製するために、濃硫酸に純粋な水を滴下した。
- (c) 使用前のホールピペットを純粋な水で洗浄後に、すぐに硫酸をはかり取るために 100 °C の乾燥庫に入れて乾燥した。
- (d) 滴定実験用に 0.1 mol/L 硫酸から 0.01 mol/L 硫酸を調製する際に、純粋な水で濡れたままのメスフラスコを用いて、希釈した。
- (e) 0.1 mol/L 硫酸は十分に希薄なので、実験後に残った 0.1 mol/L 硫酸をそのまま直接下水に流して廃棄した。

〔Ⅱ〕 チタン Ti は軽量，高強度であり，耐食性に優れることから，工業用から家庭用まで幅広く利用されている。たとえば近年，浅草寺本堂の屋根瓦がチタン瓦に葺き替えられた。チタンが耐食性に優れているのは，アルミニウムやクロムと同様，表面に緻密な ウ 膜を形成するためである。

チタンは天然には酸化物として存在する。酸化物からのチタンの製錬は困難であったが，1930年代後半にクロール法が開発され，製錬が行われるようになった。酸化チタン(IV)を含む鉱石を用いたクロール法は以下の3つの工程からなる。これらの工程を図1に示す。

- 工程1 酸化チタン(IV)を含む鉱石とコークスを高温に加熱し，塩素ガスを下から吹き込むことで，酸化チタン(IV)から塩化チタン(IV)を得る。
- 工程2 蒸留された塩化チタン(IV)をマグネシウムにより還元し，チタンを得る。
- 工程3 工程2で得られる副生成物を電気分解し，工程1および工程2で再利用する塩素ガスとマグネシウムを得る。

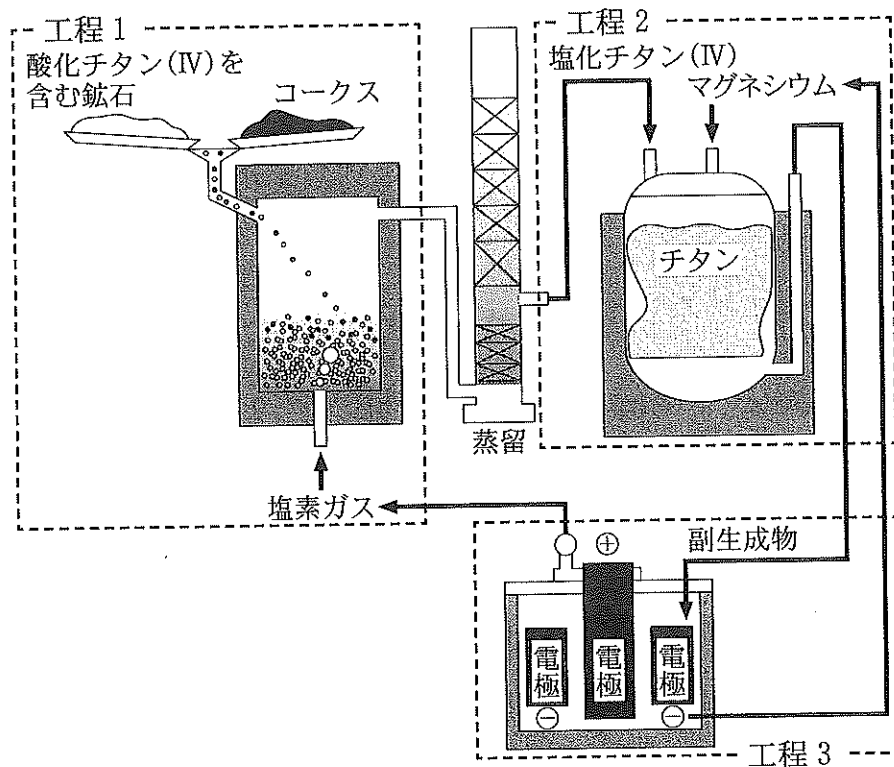


図1

一方、工程 1 で得られた塩化チタン(IV)を高温において酸素と反応させることで、純度の高い酸化チタン(IV)を得ることができる。酸化チタン(IV)は安定であり、それ自体は分解せずに光触媒として作用することが知られている。たとえば、図 2 に示すように、希硫酸に浸した酸化チタン(IV)電極 A と白金電極 B を抵抗で接続し、酸化チタン(IV)表面に紫外光(紫外線)を照射すると電流が流れる。そのとき、酸化チタン(IV)電極 A では酸素が、白金電極 B では水素が発生する(本多・藤嶋効果)。

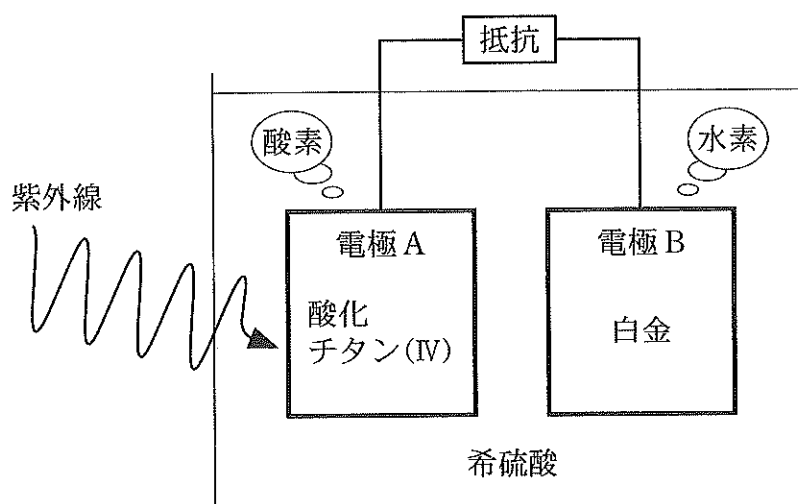


図 2

問 8 文中の空欄 に入る最も適切な語句を次の (a) から (e) より 1 つ選び、解答欄の記号を○で囲め。

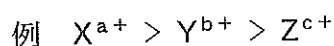
- (a) 窒化 (b) 酸化 (c) 炭化 (d) 水酸化 (e) 塩化

問 9 工程 1 では酸化チタン(IV)、コークスおよび塩素ガスが反応して塩化チタン(IV)となる。工程 1 の反応を化学反応式で書け。その際、副生成物として二酸化炭素のみが生成するものとする。

問10 工程 2 の反応を化学反応式で書け。

問11 浅草寺本堂のチタン瓦の総重量は約 15 t(トン)である。15 t のチタンをクロール法にて得るために必要な酸化チタン(IV)を含む鉱石の質量[t]を有効数字 2 桁で求め、その数値のみを解答欄に書け。ただし、鉱石中にはチタンは酸化チタン(IV)としてのみ存在しており、鉱石中の酸化チタン(IV)の質量での含有率は 50 % とする。

問12 下線部④について、工程 2 で用いたマグネシウムは周期表の第 3 周期に属する元素である。第 3 周期に属するマグネシウム、アルミニウムおよびナトリウムの陽イオンの大きさを比べたとき、大きいものから順にイオン式を用いて、例にならって左から右に解答欄 (A) に書け。また、そのような順番となる理由も 60 字以内で解答欄 (B) に書け。

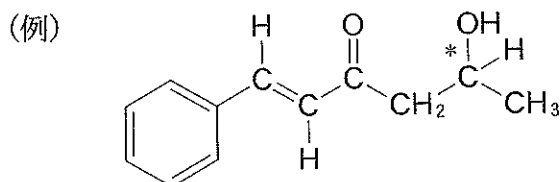


問13 下線部 d) について、電極 A および電極 B では酸素および水素のみがそれぞれ発生した。このときの電極 A および電極 B での反応を、電子 e^- を含むイオン反応式で書け。

問14 図 2 の回路の電極 A に紫外光を 3 時間 13 分照射すると、電極 B から水素が発生した。発生した水素の量は標準状態 (0°C , $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$) での体積に換算すると 2.00 mL であった。このとき回路に流れた電流 [mA] を有効数字 2 桁で求め、その数値のみを解答欄に書け。ただし、紫外光照射開始と同時に電流が流れ、照射中の電流は一定であり、照射終了と同時に電流は流れなくなったものとする。

——このページは白紙——

- 3 次のバイヤー・ビリガー酸化に関する説明と、実験に関する記述〔I〕と〔II〕を読み、問1から問12に答えよ。なお、これらの実験では鏡像異性体は区別しない。構造式や不斉炭素原子の表示(*)を求められた場合は、次の例にならって書け。

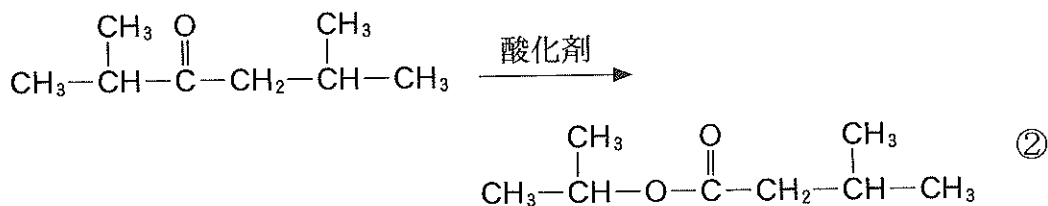


〔バイヤー・ビリガー酸化〕

ケトンXに適切な酸化剤を作用させて酸化すると、カルボニル基のとなりに1つの酸素原子が導入されて、エステルYまたはZが生成する。この反応はバイヤー・ビリガー酸化とよばれ、ケトンからエステルを合成する有用な方法である。①式にその例を示す。



カルボニル基に別々の炭化水素基がついたケトンのバイヤー・ビリガー酸化では、②式に示すように、カルボニル基のとなりの炭素原子において、より多くの枝分れをもつ炭素原子とカルボニル基の間に酸素原子が導入されたエステルが主に生じる。エステルはそれ以上反応しない。



〔I〕 化合物 A は炭素，水素，酸素原子のみからなる分子量 200 以下のケトンである。

実験 1 化合物 A 182 mg を完全に燃焼させたところ，二酸化炭素 572 mg と水 90 mg のみが生じた。化合物 A は芳香族化合物で，不斉炭素原子をもっていなかった。

実験 2 化合物 A をバイヤー・ピリガー酸化すると，化合物 B のみが得られた。

実験 3 化合物 B を水酸化ナトリウム水溶液で完全に加水分解し，希塩酸で酸性にしたのち，ジエチルエーテルで抽出したところ，2つの芳香族化合物 C と D が得られた。このジエチルエーテル溶液に，炭酸水素ナトリウム水溶液を加えてよくふりまぜたところ，化合物 C がジエチルエーテル層から得られた。残った水層を希塩酸で酸性にしたのちに，ジエチルエーテルで抽出したところ，化合物 D が得られた。

実験 4 化合物 C に FeCl_3 水溶液を加えると紫色に呈色した。

実験5 化合物Cに金属ナトリウムを反応させ、その生成物と二酸化炭素を高温・高圧のもとで反応させたのち、酸性になるまで希硫酸を加えると、分子量138の が得られた。 をアセチル化した化合物は解熱鎮痛剤として用いられる。

実験6 化合物Cに臭素水を加えて十分に反応させると白色沈殿が生じた。このときベンゼン環で 反応が起こり、^{a)}1分子の化合物Cに対して3分子の臭素が反応していた。

実験7 化合物Dは、分子式 C_8H_8 の芳香族炭化水素Eを過マンガン酸カリウム水溶液で酸化した後、酸性になるまで希硫酸を加える方法でも合成できた。この化合物Eは、 重合とよばれる反応によって、熱を加えるとやわらかくなり、冷やすと再び硬くなる性質をもつ高分子化合物Fになった。^{b)}高分子化合物Fは食品用透明容器などとして使われるプラスチックである。

問 1 化合物 A の分子式を書け。

問 2 化合物 C と化合物 D の構造式を書け。

問 3 空欄 に入る最も適切な化合物名を書け。

問 4 空欄 および に入る最も適切な語句をそれぞれ漢字
2文字で書け。

問 5 化合物 A の構造式を書け。

問 6 実験 6 の下線部 a) の白色沈殿の化合物名を書け。

問 7 化合物 E の構造式を書け。

問 8 高分子化合物 F の名称を書け。

問 9 実験 7 の下線部 b) の性質を何とよぶか。その性質を表す最も適切な語句
を書け。

(II) 化合物 G は炭素, 水素, 酸素原子のみからなる分子量 200 以下のケトンである。

実験 8 化合物 G 224 mg を完全に燃焼させたところ, 二酸化炭素 616 mg と水 216 mg のみが生じた。

実験 9 化合物 G は, 3 つ以上の炭素原子と結合している炭素原子を 1 つのみもつ。その炭素原子は不斉炭素原子であった。

実験 10 化合物 G をバイヤー・ビリガー酸化すると, 化合物 H が主に得られた。

実験 11 化合物 H を水酸化ナトリウム水溶液と完全に反応させたところ,
c)
化合物 I のナトリウム塩のみが得られた。 化合物 I はヨードホルム反応を示した。

問10 化合物 G の分子式を書け。

問11 化合物 G の構造式を書け。不斉炭素原子に*印をつけよ。

問12 実験 11 の下線部 c) の反応を化学反応式で示せ。ただし、化合物 H と化合物 I のナトリウム塩は構造式で書け。化学反応式中の化合物に、不斉炭素原子が存在する場合には、不斉炭素原子に*印をつけよ。

——このページは白紙——

——このページは白紙——