

東北大学 一般 前期

平成 23 年度前期日程入学試験学力検査問題

平成 23 年 2 月 25 日

理 科

物 理…… 4 ～19ページ, 化 学……20～33ページ

生 物……34～49ページ, 地 学……50～59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, 59 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。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。

平成 23 年度東北大学個別学力試験(前期)問題訂正及び補足説明

理科 13 : 30 ~

○問題訂正
理科【物理】

7 ページ

① 問(2)(f) 下から5行目

(誤) y 座標の極大値に . . .

(正) y 座標の最大値に . . .

○補足説明
理科【化学】

22 ページ

① 問5(2)

この設問において、初期濃度 $[A]_0$, $[B]_0$ はそれぞれ 0 mol/l とする。

○補足説明
理科【生物】

47 ページ

④ 問(5) 上から3行目

「これらの過程を上手く調節 . . .」の
「上手く」は「うまく」と読む。

平成23年2月25日
東北大学入学試験実施本部

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 $H = 1.0$ $C = 12.0$ $O = 16.0$ $Al = 27.0$ $Zn = 65.4$

気体定数 $R = 8.31 \text{ kPa} \cdot \ell / (\text{mol} \cdot \text{K})$

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

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

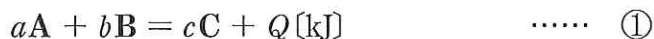
解答に字数の指定がある場合、字数には句読点、数字、アルファベット、および記号も1字として数えよ。なお、問題中の ℓ はリットルを表す。

(例)

4	°	C	の	H	₂	O	が	,
---	---	---	---	---	--------------	---	---	---

- 1** 下の文章を読んで、以下の問いに答えよ。ただし、解答に際して数値の有効数字は2桁^{けた}とせよ。

可逆反応の平衡について、その熱化学方程式が次式で表される場合を考える。



ここで、 a 、 b 、 c は係数、 A 、 B 、 C は気体分子の化学式、 Q は反応熱を表す。ただし気体 A 、 B 、 C は理想気体の状態方程式に従うものとする。 A 、 B 、 C のモル濃度を $[A]$ $[\text{mol}/\ell]$ 、 $[B]$ $[\text{mol}/\ell]$ 、 $[C]$ $[\text{mol}/\ell]$ で表すとき、この可逆反応の平衡定数 K は次式で表される。

$$K = \frac{[C]^c}{[A]^a[B]^b}$$

最初に、体積 1ℓ の容器に気体分子 A 、 B をそれぞれ初期濃度 $[A]_0$ $[\text{mol}/\ell]$ 、 $[B]_0$ $[\text{mol}/\ell]$ になるように導入したとする。気体 A 、 B の減少速度をそれぞれ v_A $[\text{mol}/(\ell \cdot \text{s})]$ 、 v_B $[\text{mol}/(\ell \cdot \text{s})]$ とし、気体 C の生成速度を v_C $[\text{mol}/(\ell \cdot \text{s})]$ とすると、次の式が成り立つ。

$$v_B = \boxed{\text{ア}} v_A$$

$$v_C = \boxed{\text{イ}} v_A$$

この関係式は反応開始の初期状態から平衡にいたるまでのすべての時間領域で成り立つ。一方、①式における右向きの反応の反応速度を v_1 [mol/(ℓ・s)] とし、左向きの反応の反応速度を v_2 [mol/(ℓ・s)] とするとき、見かけの反応速度は ウ で表される。反応開始のごく初期において $v_2 =$ エ が成り立ち、平衡状態では $v_1 =$ オ が成り立つ。

次に、初期状態から①式の反応が進行し平衡に達したとき、体積 1 ℓ の容器内に気体 C が n [mol] 生成した場合を考える。平衡状態では、A、B の物質量はそれぞれ カ [mol]、キ [mol] となり、平衡定数に関しては $K =$ ク が成り立つ。

また、気体 A、B、C の分圧を p_A [kPa]、 p_B [kPa]、 p_C [kPa] で表すとき、圧平衡定数 K_p を次式で表すことができる。

$$K_p = \frac{p_C^c}{p_A^a p_B^b}$$

温度 T が一定であれば、 K_p も K と同様に一定の値となる。

問 1 ア から ク に入る適切な式または数値を書け。

問 2 温度を上昇させたときに、①式の平衡が左へ移動した。このとき、 Q の符号について正しいものを次の(a)から(d)の中から 1 つ選び、解答欄の記号を○で囲め。

- (a) $Q = 0$ (b) $Q > 0$ (c) $Q < 0$ (d) 符号は決まらない

問 3 圧力を上昇させたときに、①式の平衡が右へ移動するための a 、 b 、 c の間の条件式を書け。

問 4 $K = K_p$ が成立するための a 、 b 、 c の間の条件式を書け。

問 5 ①式における右向き反応の反応速度 v_1 および左向き反応の反応速度 v_2 を次式で表す。

$$v_1 = k_1[A]^a[B]^b$$

$$v_2 = k_2[C]^c$$

ここに、 k_1 および k_2 はそれぞれ v_1 および v_2 の反応速度定数である。ここでは、反応速度の次数 a, b, c が①式の係数 a, b, c と一致する場合を考える。反応速度の次数 a, b, c は、下記の(1), (2)の実験より求めることができる。ただしこれらの実験は同一の温度で行われるものとする。以下の4つの問いに答えよ。

- (1) 初期濃度 $[A]_0$, $[B]_0$ を変えて実験を行い、①式の右向き反応の初期速度を表1にまとめた。この結果から k_1 を求め、単位もあわせて答えよ。
- (2) ①式の左向き反応を考える。この反応の実験を行うと気体 C の濃度が図1の実線に示すように減少した。図1の点線は時間0秒における接線を表す。また、この反応では、初期濃度 $[C]_0$ を2倍にすると反応初期の v_2 が8倍となった。これらの結果から k_2 を求め、単位もあわせて答えよ。
- (3) 上の(1), (2)で得られた結果と、平衡状態で成り立つ v_1 および v_2 の関係式から平衡定数 K を求めよ。
- (4) 一般に、温度を上げると反応速度は増大する。この理由を50字以内で説明せよ。

表1 初期濃度 $[A]_0$, $[B]_0$ と初期反応速度の関係

$[A]_0$ [mol/ℓ]	$[B]_0$ [mol/ℓ]	初期反応速度 [mol/(ℓ・s)]
0.20	0.10	4.0×10^{-4}
0.20	0.20	1.6×10^{-3}
0.40	0.20	3.2×10^{-3}

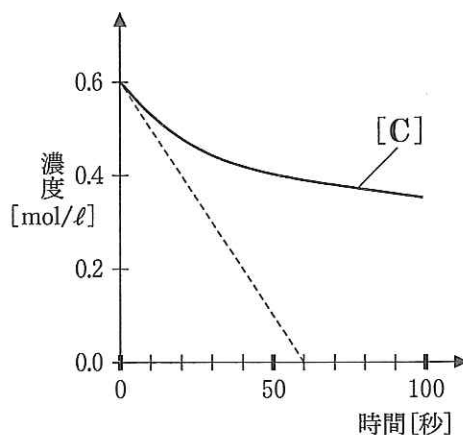


図1 気体 C の濃度変化

問 6 ①式において、 $a = 1$ 、 $b = 1$ 、 $c = 2$ の場合を考える。最初に、体積 1ℓ の容器に温度 300 K の気体 **C** を導入した。反応容器は常に 300 K に保たれるものとする。反応開始後、気体 **A**、**B**、**C** の物質量がそれぞれ 1.0 mol 、 1.0 mol 、 8.0 mol のときに平衡状態に達した。気体 **C** をさらに 4.0 mol 加えると①式の反応が起こり、ふたたび平衡状態に達した。

- (1) 最終的に容器内に含まれる気体 **A**、**B**、**C** の物質量はそれぞれ何 mol であるか。その数値を書け。また導出過程も記述せよ。
- (2) 最初に気体 **C** を容器に入れた直後(状態 1)および 2 回目の平衡状態に到達した後(状態 2)における、気体 **C** の分圧は何 kPa か。その数値を書け。

2 次の文章(I)と(II)を読み、問1から問7に答えよ。

- (I) 酸化還元反応に伴って生じるエネルギーを電気として取り出すしくみを電池という。身近なマンガン乾電池は、還元剤に亜鉛、酸化剤に酸化マンガン(IV)を使用する。^{a)} 図1に概略を示す空気—亜鉛電池は、正極活物質に空気中の酸素を利用するため、小型軽量で容量が大きい。空気—亜鉛電池では、放電時に負極で金属亜鉛が酸化され、水酸化物になると考えられている。一方、正極で^{b)} はNaOHあるいはKOHを含む強アルカリ性電解液中での酸素の還元反応が利^{c)} 用される。正極材料の一部に酸化マンガンが用いられるが、マンガン乾電池と異なり、空気—亜鉛電池正極の酸化マンガンはそれ自身は反応せず、反応を促^{d)} 進めるはたらきをしている。^{そく}

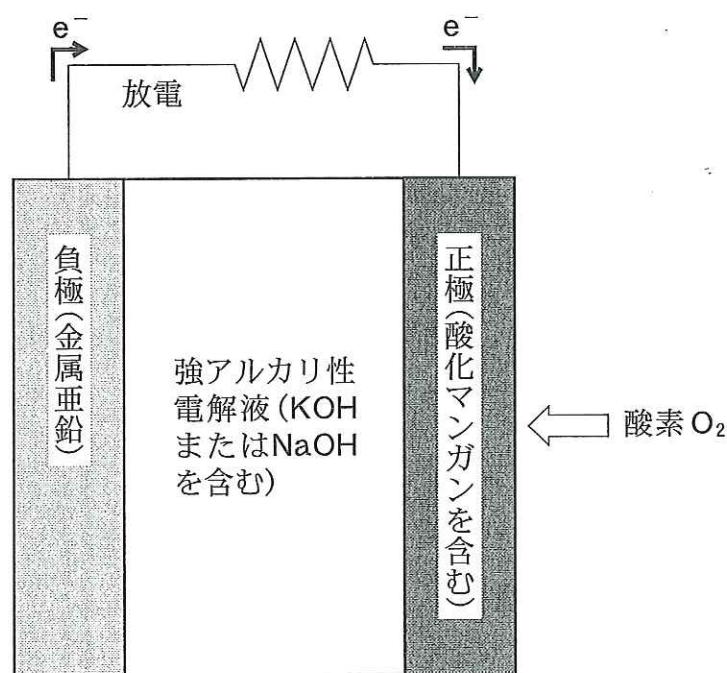


図1 空気—亜鉛電池の概略図^{がいりやくず}

問 1 文中の下線部 a) に関して、以下の問いに答えよ。

- (1) 酸化マンガン(IV)を酸化剤として濃塩酸と共に加熱すると気体が発生する。この反応の化学反応式を書け。
- (2) (1)で得られる気体に関して、正しいものを(a)から(e)の中からすべて選び、解答欄の記号を○で囲め。
 - (a) この気体は水に少し溶け、その溶液は酸化力が強い。
 - (b) この気体は塩化ナトリウム水溶液の電気分解で陰極に発生する。
 - (c) この気体に紫外線を当てると、かすかに青色を帯びた強い酸化作用をもつ気体に変化する。
 - (d) この気体を水酸化カルシウムに吸収させると、さらし粉ができる。
 - (e) この気体は室温で黄緑色を示し、刺激臭をともしなう。
- (3) 以下の気体発生反応のうち、金属の酸化数が変化するものをすべて選び、解答欄の記号を○で囲め。
 - (a) 銅に濃硫酸を加えて加熱する。
 - (b) 硫化鉄(II)に希硫酸を作用させる。
 - (c) 過酸化水素水に酸化マンガン(IV)を加える。
 - (d) 塩化ナトリウムに濃硫酸を加えて熱する。
 - (e) マグネシウムに熱水を加える。

問 2 文中の下線部 b) に関して、以下の問いに答えよ。

- (1) この空気—亜鉛電池の負極で起こる反応を、電子 e^- を含むイオン反応式で書け。
- (2) 亜鉛のように、その単体が酸とも塩基とも反応する元素を以下からすべて選び、解答欄の記号を○で囲め。

(a) アルミニウム	(b) スズ	(c) マグネシウム
(d) 鉛	(e) 金	

問 3 文中の下線部 c) に関して、以下の問いに答えよ。

- (1) この空気—亜鉛電池の正極で起こる反応を、電子 e^- を含むイオン反応式で書け。
- (2) この空気—亜鉛電池で、負極の金属亜鉛 10 g が酸化されたとき、正極で消費される酸素は 0°C 、101.3 kPa のとき何 ℓ か。その数値を有効数字 2 桁^{けた}で答えよ。ただし、気体は理想気体とし、 0°C 、101.3 kPa、1 mol の体積は 22.4 ℓ とする。

問 4 文中の下線部 d) に関して、鉄あるいは鉄化合物がそのはたらきをしている反応として正しいものを(a)から(e)の中からすべて選び、解答欄の記号を○で囲め。

- (a) 赤熱した鉄線を純粋な酸素中に入れると、火花を散らして激しく反応した。
- (b) 希硫酸に鉄線を加えると泡が発生した。鉄線の代わりに鉄粉を加えると泡の発生が激しくなった。
- (c) 過酸化水素水に塩化鉄(Ⅲ)の水溶液を加えると、水溶液から酸素が発生した。
- (d) 鉄粉と硫黄の粉末を混ぜ合わせ、一部分を加熱すると、あとは自然に発熱して全て反応した。
- (e) 同じモル濃度の塩酸と酢酸にそれぞれ同量の鉄片を加えると、塩酸の方が激しく水素を発生した。

- (Ⅲ) 金属には、イオン結晶や共有結合の結晶と異なる共通の性質がある。電気や熱をよく導く性質や叩くと薄く広がる展性、引っ張ると長く伸びる延性などである。複数の金属を溶かし合わせたものを合金と呼び、もとの金属には見られないすぐれた性質をもつ場合がある。アルミニウムや銅を主成分とした合金では、他成分の添加により、さびにくく丈夫な金属材料を得ることができる。さびを防ぐもうひとつの方法に別の金属で被覆するメッキがある。
- c)

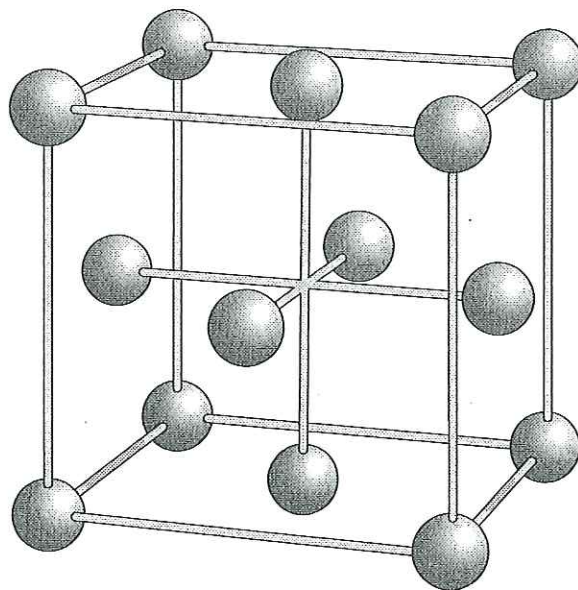


図2 結晶構造模型

問5 文中の下線部a)に関して、金属がこのような性質をもつ理由を、原子の結合の特徴に基づいて50字以内で述べよ。

問 6 文中の下線部 b) に関して、以下の問いに答えよ。

- (1) 純アルミニウムや純銅は図 2 に示す結晶構造をとる。この構造の名称を書け。
- (2) 純アルミニウムでは結晶単位の一辺の長さは 0.40 nm である。純アルミニウムの密度を、 g/cm^3 を単位としてその数値を有効数字 2 桁^{けた}で答えよ。
- (3) ある合金の成分を知るために、図 3 のように処理①～処理⑥の操作をおこない、3 種類の沈殿物 A～C を得た。それぞれの沈殿物を構成する主要な金属元素 3 種類を以下の金属から選び、それぞれ元素記号で書け。
- アルミニウム 鉛 銀 銅 鉄 亜鉛

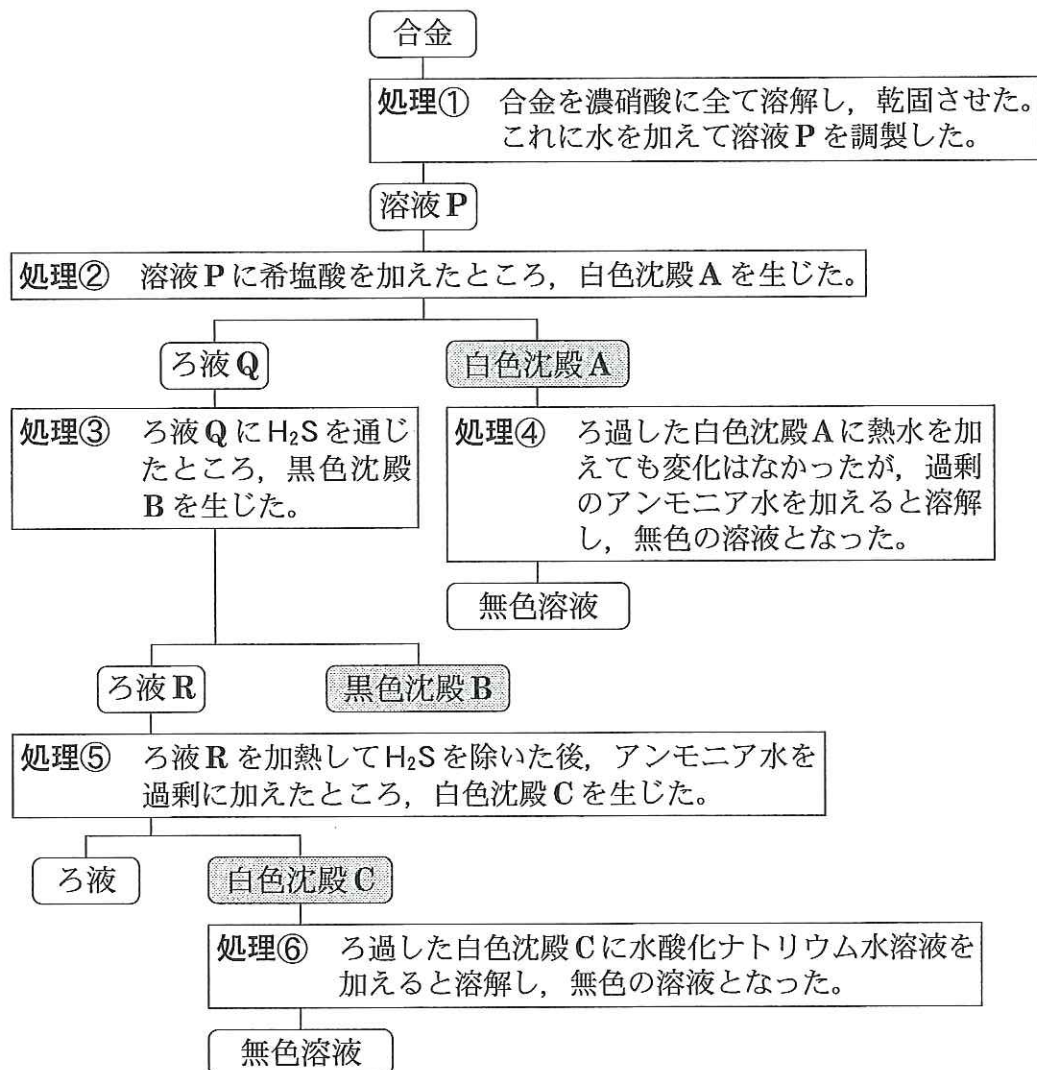
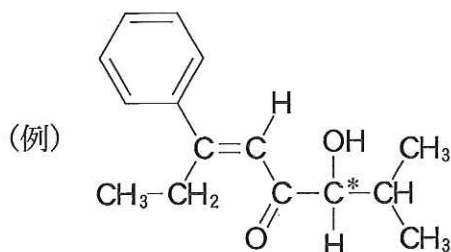


図 3 組成未知の合金に行った化学処理

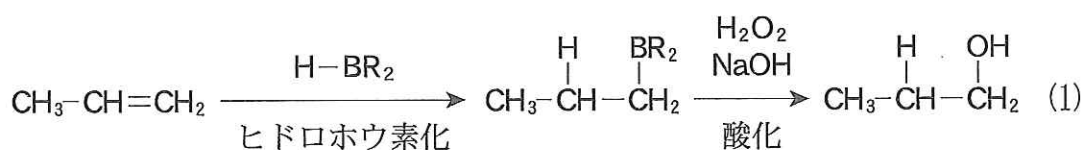
問 7 文中の下線部 c) に関して、以下の問いに答えよ。

鉄板に亜鉛をメッキするとトタンに、スズをメッキするとブリキとなり、どちらも鉄板を保護できる。しかし、表面に傷がついて鉄が露出したとき、ブリキよりもトタンのほうがさびにくい。その理由を 50 字以内で述べよ。

- 3 幾何異性体も光学異性体も存在しないアルケン A, B, C, D がある。アルケン C はアルケン A より炭素数が 1 つ多い。以下の文章と、実験 1 から実験 8 を読み、問 1 から問 9 に答えよ。構造式や不斉炭素原子の表示(*)を求められた場合は、下記の例にならって書け。ただし、光学異性体は区別しない。



アルケンに対して水素化ホウ素化合物 ($\text{H}-\text{BR}_2$, R は水素または炭化水素基) を付加させ、さらに水酸化ナトリウムと過酸化水素水を作用させて酸化することにより、アルケンの二重結合に水素原子とヒドロキシ基が付加した化合物が生成する。この見かけ上アルケンに水が付加した生成物を与える反応はヒドロホウ素化-酸化反応とよばれ、アルコールを合成する有用な手法である。ヒドロホウ素化-酸化反応では、炭素-炭素二重結合を構成する炭素原子のうち、水素原子がより多く結合している炭素原子にヒドロキシ基が主に結びつく。(1)式にプロピレンの例を示す。



R は水素または炭化水素基

実験 1 アルケン A, B それぞれに対して適切な触媒を用いて水素を付加させると、いずれからアルカン E が得られた。

実験 2 アルケン A, B それぞれに対してヒドロホウ素化-酸化反応を行ったところ、アルケン A からはアルコール F が主に得られ、アルケン B からはアルコール G が主に得られた。アルコール F は不斉炭素原子をもたないが、アルコール G は不斉炭素原子を 1 つもつことがわかった。

実験 3 アルコール F に十分な量の安息香酸と少量の濃硫酸を加えて加熱したところ、分子量 192.0 の化合物 H が得られた。

実験 4 アルコール G を適切な酸化剤を用いて穏やかに酸化したところ、化合物 I が得られた。

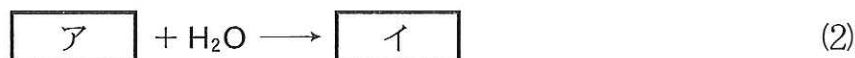
実験 5 ガラス製の試験管に入れたアンモニア性硝酸銀溶液に化合物 I を加えて穏やかに加熱すると、試験管の内側が鏡のようになった。

実験 6 アルケン C, D それぞれに対して適切な触媒を用いて水素を付加させると、化合物 C からはアルカン J が得られたが、化合物 D からはアルカン J の構造異性体 K が得られた。

実験 7 アルケン C, D それぞれに対してヒドロホウ素化-酸化反応を行ったところ、アルケン C からはアルコール L が主に得られ、アルケン D からはアルコール M が主に得られた。アルコール L, M はいずれも不斉炭素原子を 1 つもつことがわかった。

実験 8 アルコール L を二クロム酸カリウム $K_2Cr_2O_7$ の硫酸酸性溶液を用いて穏やかに酸化したところ、不斉炭素原子をもたない化合物 N が得られた。

問 1 炭素数 n ($n \geq 2$) のアルケンに水が付加しアルコールを与える反応は、(2) 式で表される。



上記の空欄 $\boxed{\text{ア}}$ と $\boxed{\text{イ}}$ にあてはまる分子式を一般式でそれぞれ書け。

問 2 アルコール F の分子式を書け。

問 3 アルコール F と同じ炭素数をもつアルケンのうち、幾何異性体が存在しないアルケンは何種類あるか。その数を書け。

問 4 化合物 E, F の構造式を書け。

問 5 アルコール F の構造異性体のうち、不斉炭素原子をもつ 3 種類のアルコールの構造式をすべて書き、不斉炭素原子に * 印をつけよ。また、アルコール G の構造式を ○ で囲め。

問 6 アルケン A, B の構造式を書け。

問 7 アルケン A より炭素数が 1 つ多いアルケンについて、以下の問いに答えよ。

- (1) 幾何異性体も光学異性体も存在しないアルケンは何種類あるか。その数を書け。
- (2) (1) に該当するアルケンのうち、ヒドロホウ素化-酸化反応により不斉炭素原子をもつアルコールを主に与えるアルケンは何種類あるか。その数を書け。

問 8 化合物 N の構造式を書け。

問 9 アルケン C, D の構造式を書け。