

平成22年度入学試験問題

理 科

物理Ⅰ・物理Ⅱ 化学Ⅰ・化学Ⅱ
生物Ⅰ・生物Ⅱ 地学Ⅰ・地学Ⅱ

注 意

- 1 問題冊子は1冊，解答用紙は物理Ⅰ・物理Ⅱ4枚，化学Ⅰ・化学Ⅱ5枚，生物Ⅰ・生物Ⅱ4枚，地学Ⅰ・地学Ⅱ5枚，下書き用紙は3枚です。
- 2 出題科目，ページおよび選択方法は，下表のとおりです。

出 題 科 目	ページ	選 択 方 法
物理Ⅰ・物理Ⅱ	1～7	左記科目のうちから志望する学部，学科等が指定する数（1または2）の科目を選択し，解答しなさい。
化学Ⅰ・化学Ⅱ	8～22	
生物Ⅰ・生物Ⅱ	23～33	
地学Ⅰ・地学Ⅱ	34～43	

- 3 選択する科目の解答用紙は上記1に示す枚数を回収するので，すべての解答用紙に受験番号を記入しなさい。
- 4 解答は，すべて解答用紙の指定されたところに書きなさい。
- 5 選択しなかった科目の解答用紙を試験時間中に監督者が回収するので，大きく×印をして机の通路側に重ねて置きなさい。
- 6 試験終了後，問題冊子と下書き用紙は必ず持ち帰りなさい。

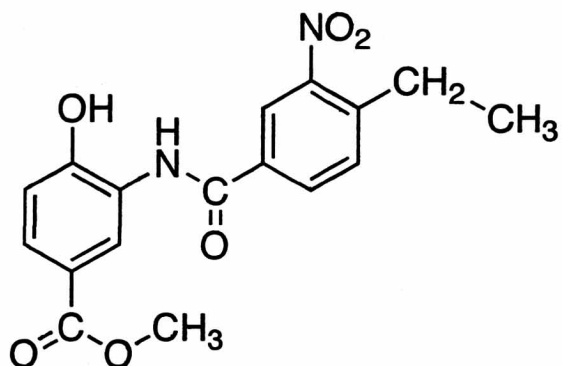
化学 I ・ 化学 II

「解答上の注意」

各問の解答は、解答用紙の指定されたところに記入せよ。必要ならば、原子量は次の値を用いよ； H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0。また、問題文中の体積の単位記号 L は、リットルを表す。

第5問の問1と問2は選択問題である。いずれか一つだけを選び、解答すること。問1と問2の両方を解答した場合は、問1と問2のいずれも採点の対象にならないので注意すること。

構造式は、下記の例にならって記せ。



第 1 問

次の文章を読み、問 1～問 3 に答えよ。

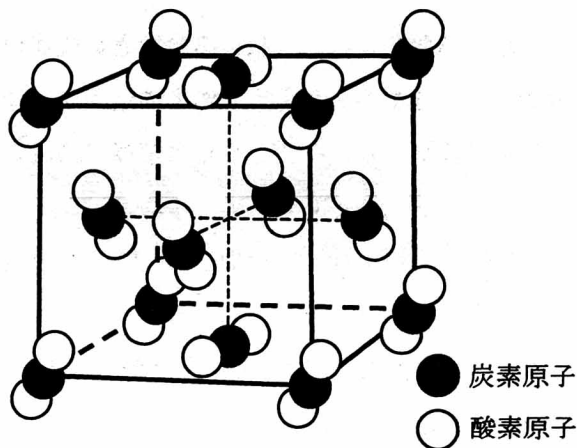
エネルギーを利用するために石油や天然ガスなどの化石燃料を燃焼させると、二酸化炭素が発生する。大気中の二酸化炭素濃度の増加は地球温暖化を引き起こす要因の一つとして考えられており、その発生量の削減が求められている。一方、われわれの身近なところでは、固体状態の二酸化炭素がドライアイスとして保冷剤に用いられている。

問 1 ある家庭において、標準状態で 22.4 m^3 に相当する量の天然ガスを一ヶ月に使用した。天然ガスはメタンのみからなるものとし、メタンは完全燃焼したものとする。このときのメタンの燃焼熱は 891 kJ/mol であり、メタンは理想気体とみなす。

- (1) メタンを完全燃焼させたときの化学反応式を記せ。
- (2) この天然ガスの利用にともなう一ヶ月間の二酸化炭素の排出量は何 kg かを求め、有効数字 3 桁で記せ。
- (3) この天然ガスの利用にともない一ヶ月間で発生する熱量は何 kJ かを求め、有効数字 3 桁で記せ。

問 2 ドライアイスは固体状態から気体状態へとその状態が直接変化する。このような状態変化を何というか。

- 問3 ドライアイスの結晶構造は、単位格子の一辺の長さが $5.6 \times 10^{-8} \text{ cm}$ の面心立方格子である。アボガドロ定数を $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$ として次の問いに答えよ。
(ただし $5.6^3 = 176$ とする。)



ドライアイスの単位格子

- (1) ドライアイスのように、多数の分子が分子間力で引き合い、規則正しく配列してできた結晶の名称を記せ。
- (2) この単位格子中に含まれる二酸化炭素分子の数は何個かを記せ。
- (3) ある家庭における二酸化炭素の年間排出量を $5.1 \times 10^3 \text{ kg}$ とし、そのすべてをドライアイスにしたとするとその体積は何 m^3 になるかを求め、有効数字2桁で記せ。

第2問

次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

水はさまざまな溶質を溶かす溶媒として生命にとって極めて重要であり、水溶液の濃度は生物機能に大きな影響を与える。例えば、赤血球の内部に比べ外部の水溶液の塩濃度が極端に低くなると、(①)。水溶液の濃度の表し方には複数の方法があり、よく用いられるものとして、

(a) 質量パーセント濃度 [%]、(b) モル濃度 [mol/L]、(c) 質量モル濃度 [mol/kg] がある。濃度を定義する上で(a)～(c)に優劣はなく、条件に応じて便利なものを用いるのが普通である。

ここで、濃度と共に変化する水溶液の性質について考えてみよう。大気圧(1気圧)における純溶媒の沸点を t_b^* 、凝固点を t_f^* 、不揮発性溶質が溶けた溶液の沸点を t_b 、凝固点を t_f とする。ある温度における純溶媒の蒸気圧を p^* 、溶液の蒸気圧を p とする。このとき、蒸気圧の差 $p - p^*$ は (A) になる。また、沸点の差 $t_b - t_b^*$ は (B) になる。さらに、凝固点の差 $t_f - t_f^*$ は (C) になる。また、十分に希薄な溶液では、沸点の差および凝固点の差の絶対値は質量モル濃度 m (電解質を溶質とする場合には、生じたイオン全体の質量モル濃度) に比例する。すなわち、

$$|t_b - t_b^*| = K_b m \quad \text{および} \quad |t_f - t_f^*| = K_f m$$

となる。比例定数 K_b 、 K_f は溶媒に固有の値をもち、溶質の種類にはよらない。水を溶媒とするとき、 $K_b = 0.52 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$ 、 $K_f = 1.85 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$ である。

問1 (①)にあてはまる最も適切なものを次のア～オから選び、その記号を記せ。

- ア 外部から内部に酸素が流入することにより、赤血球は膨張し、破裂する
- イ 内部の塩が流出することにより、赤血球は収縮する
- ウ 外部から内部に水が流入することにより、赤血球は膨張し、破裂する
- エ 内部の溶液が流出することにより、赤血球は収縮する
- オ 赤血球の形・体積は変化しないが、沈殿する

問2 一定圧力のもとで温度を変化させるときに、(a)～(c)の中から変化するものをすべて選び、記号を記せ。いずれも変化しない場合は「なし」と記せ。ただし、溶液に含まれるどの成分の物質量 [mol] も変化しないものとする。

問3 (A)～(C)にあてはまる語句を次のア～エから選び、その記号を記せ。

- ア 正
- イ 負
- ウ 溶媒・溶質の組み合わせにより、正または負
- エ 0 (ゼロ)

問4 ある不揮発性の非電解質 36 g を 1.0 kg の水に溶かした溶液の凝固点を測定すると、質量モル濃度 0.10 mol/kg の塩化ナトリウム水溶液の凝固点と一致した。この物質の分子量を求め、有効数字 2 桁で記せ。

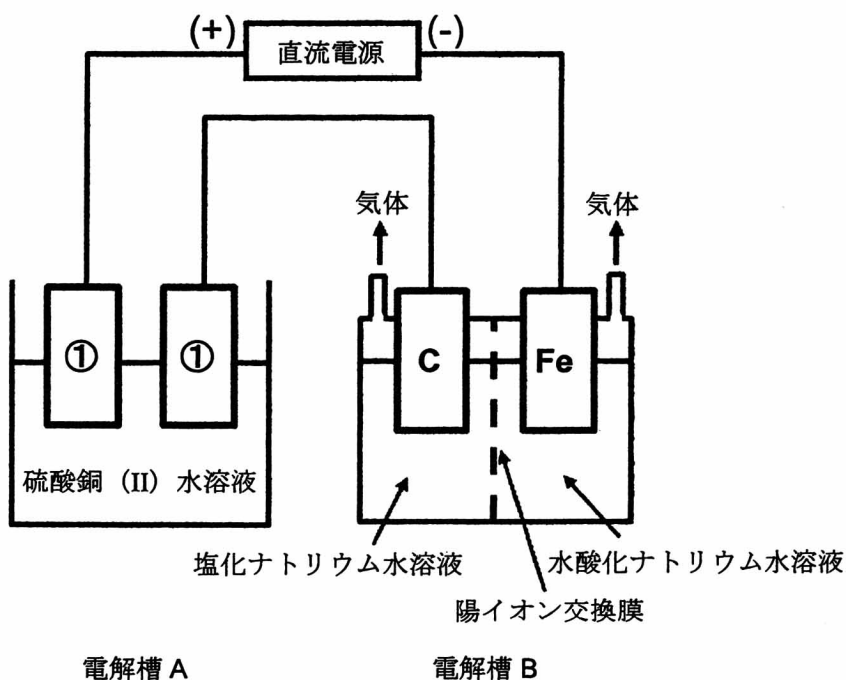
問5 濃度不明の塩化ナトリウム水溶液の凝固点を測定すると、純水の凝固点からの差の絶対値が 3.70 K であった。この水溶液の沸点を求め、小数第 2 位まで記せ。

第3問

次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

電気分解は、自然に進まない酸化還元反応を、外部から電気エネルギーを加えることによって進行させる。下図に示したように2個の電解槽Aと電解槽Bを直列に連結し、直流電源に接続して電気分解を行ったところ、電解槽Aの両極①では気体は発生しなかったが、電解槽Bの炭素電極と鉄電極では気体が発生した。このとき電解槽Aの陰極の重量は3.81 g増加した。

ただし、ファラデー定数は $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ 、必要ならば原子量は次の値を用いよ；Cu = 63.5, Pt = 195, Au = 197。



問1 電解槽Aの両極①の材質として正しいものを次のa～dから選び、その記号を記せ。

a 白金

b 銅

c 炭素

d 金

問2 この電気分解において電解槽 B の陽極および陰極でおこる変化を、それぞれ電子 e^- を含む反応式で記せ。

問3 この電気分解において電解槽 B の陽イオン交換膜を通過するイオンと、そのイオンが移動する方向が正しいものを次のア～エから選び、その記号を記せ。

- | | | |
|---|--------|--------------------------|
| ア | Na^+ | 水酸化ナトリウム水溶液から塩化ナトリウム水溶液へ |
| イ | OH^- | 水酸化ナトリウム水溶液から塩化ナトリウム水溶液へ |
| ウ | Na^+ | 塩化ナトリウム水溶液から水酸化ナトリウム水溶液へ |
| エ | Cl^- | 塩化ナトリウム水溶液から水酸化ナトリウム水溶液へ |

問4 次の (1), (2) に答えよ。

(1) この電気分解で流れた電気量 [C] を求め、有効数字 3 桁で記せ。

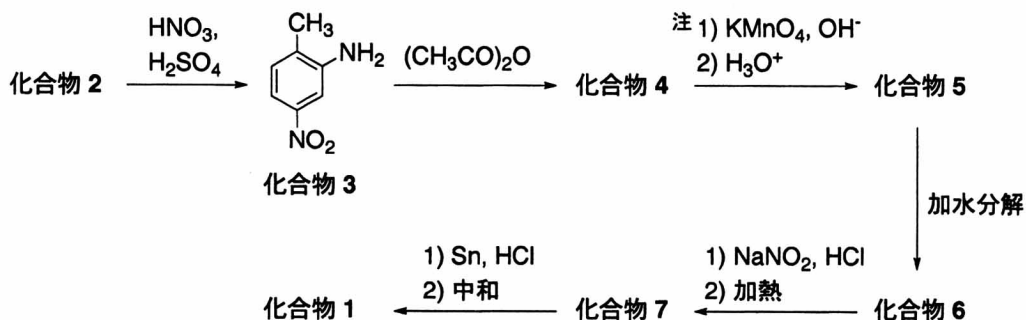
(2) 標準状態で電解槽 B の陰極で発生した気体の体積 [mL] を求め、有効数字 3 桁で記せ。ただし、ここで発生する気体は理想気体とみなす。

問5 電解槽 B で発生した気体に関する説明について、(a) ~ (d) に適切な語句を記せ。

電解槽 B の両極で発生した気体を別々に捕集して、それぞれの体積を比べても等しくならないのは、陽極で発生した気体が水に (a) からである。陽極で発生した気体を臭化カリウム水溶液に通じると (b) を生成するために水溶液の色は (c) に変化する。両極で発生した気体の混合気体は、触媒や熱を加えなくても (d) によって爆発的に化合する。

第4問

1943年、スウェーデンの科学者 Lehmann は、安息香酸やサリチル酸が結核菌の呼吸作用に影響を与えるという報告をヒントに、抗菌性の化合物 **1** を発見した。化合物 **1** の合成 および 確認試験に関する問1～問5に答えよ。なお、構造式は「解答上の注意」の例にならって記せ。



注：式中の 1) 2) は、1) の反応を行った後、2) の反応を行うことを意味する。

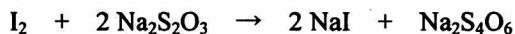
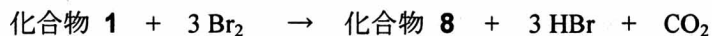
問1 化合物 **2** は分子式 $\text{C}_7\text{H}_9\text{N}$ で表されるベンゼン環を有する化合物である。化合物 **2** を含めたベンゼン環を有する構造異性体は、全部で何種類あるかを記せ。なお、位置異性体(オルト, メタ, パラ異性体)についても区別することにする。

問2 化合物 **4** ならびに化合物 **5** の構造式を記せ。

問3 化合物 **4** から化合物 **5** を得る過程で用いた KMnO_4 は、反応により MnO_2 になった。 KMnO_4 , MnO_2 それぞれの Mn の酸化数を答え、さらに本反応における KMnO_4 の役割を記せ。

問4 0.05 g の化合物 **1** に水 100 mL を加え、よくふり混ぜた後ろ過し、ろ液 10 mL に 1 mol/L の塩酸 1 mL と塩化鉄(III)水溶液を1滴加えると赤紫色を呈した。この特徴および上記の反応式をもとに、化合物 **1** ならびに化合物 **7** の構造式を記せ。なお、化合物 **1** の分子量は 153 である。

問5 医薬品中に含まれる化合物 **1** の質量は、下記の反応によって消費される臭素の量を調べることで求められる。すなわち、化合物 **1** に対し一定量の過剰の臭素を加え、未反応の臭素をヨウ化カリウムにより臭化カリウムとヨウ素にし、生じるヨウ素をチオ硫酸ナトリウムで滴定する。



化合物 **1** が溶けた試料液 A 30.0 mL に、0.100 mol/L の臭素液 25.0 mL を加えた後、臭素と反応するのに十分なヨウ化カリウム水溶液 6.00 mL を加えた。5 分間ふり混ぜた後 10 分間放置し、0.100 mol/L のチオ硫酸ナトリウム水溶液で滴定を行ったところ、チオ硫酸ナトリウム水溶液を 14.0 mL 要した。なお、指示薬としてデンプン試液を 1 mL 加えた。

- (1) 下線部について、本滴定反応の終点は何色から何色に変化するかを記せ。
なお、試料液 A は無色である。
- (2) 試料液 A 30.0 mL 中の化合物 **1** の質量は何 mg かを求め、有効数字 3 桁で記せ。

第5問

次の問1と問2は選択問題である。いずれか一つだけを選び、解答すること。

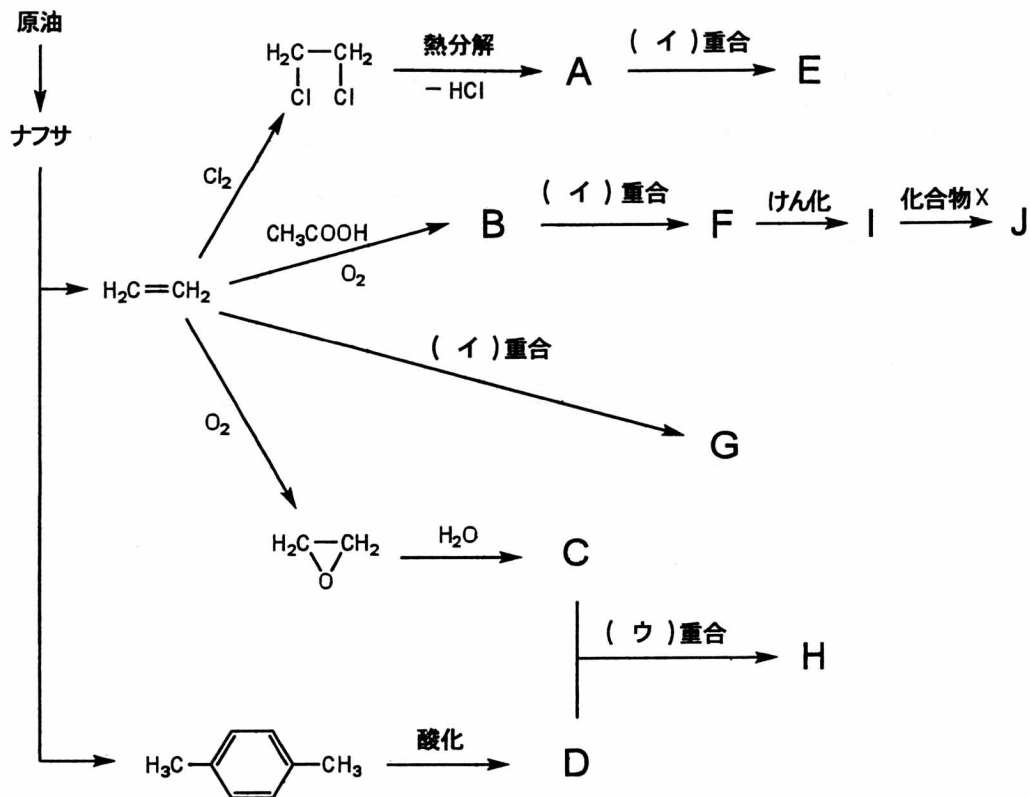
問1と問2の両方を解答した場合は、いずれも採点の対象にならないので注意すること。

問1（選択問題） 本問を選択した場合は、解答用紙（その5）の問題選択欄の問1に○を記すこと。

次の文章を読み、(1)～(5)に答えよ。

身の回りにある合成樹脂（プラスチック）のほとんどは、石油を原料として合成されている。まず、原油を分留して得られるナフサからエチレンやプロピレン、芳香族化合物であるベンゼンやキシレンが生産され、図のようにそれらを原料としてさまざまな合成高分子が生産される。重合体（高分子）の構成単位のもととなる小さな分子のことを（ア）といい、エチレンや化合物A、B、C、Dが該当する。高分子E、F、Gは（イ）重合によって（ア）が次々と結合して合成されたものである。これに対して、高分子Hは化合物CとDが交互に（ウ）重合して合成される。高分子E～Hは、加熱すると軟化し、冷却すると再び硬化することから（エ）樹脂と呼ばれ、高温で成形することで身の回りのさまざまな製品が作られている。

一方、フェノールやメラミンが①化合物Xと反応して立体的網目状構造を形成した樹脂は、加熱処理により硬くなることから（オ）樹脂と呼ばれる。

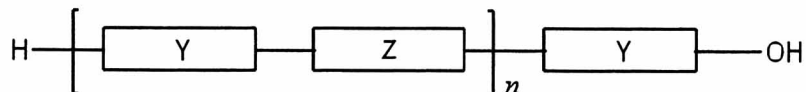


(1) (ア) ~ (オ) に適当な語句を記せ。

(2) 高分子 E, F, G の説明として適当なものを次の a ~ d の中からそれぞれ 1 つ選択せよ。

- a 軽量で耐水性に優れ、フィルム、ホース、包装材料などに用いられる。重合反応条件によって密度の異なる樹脂を合成でき、チーグラ触媒を用いると高密度の樹脂が得られる。
- b 絶縁性、着色性に優れ、加工しやすく透明であり、発泡させたものは断熱材や緩衝材に用いられる。燃焼させると多くのすすを生じる。
- c 軟化点が低く、有機溶媒に溶けやすい。接着剤や塗料に用いられる。
- d 難燃性で耐薬品性に優れ、パイプやホースに用いられる。ただし、高温で燃焼させると有毒ガスが発生するため注意が必要である。

- (3) 高分子 H は成形されて飲料用容器として広く用いられている。高分子 H が分子の両端にヒドロキシ基を有する重合度 n の直鎖状高分子とすると、以下の Y, Z の部分に当てはまる構造式を記せ。



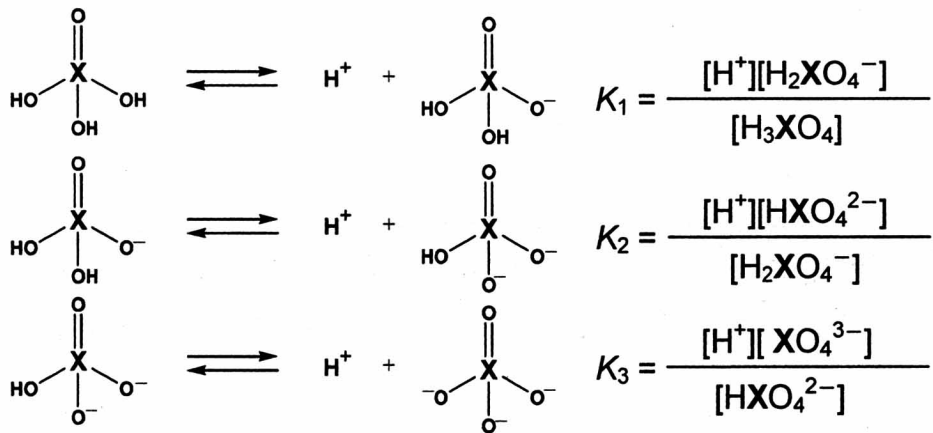
- (4) 高分子 H は、水酸化ナトリウムを用いて完全にけん化して強酸で処理すると、原料である化合物 C, D に再生（ケミカルリサイクル）できる。平均重合度 $n=314$ で (3) の構造式をもつ高分子 H 603.5 g を、完全にけん化する際に消費される水酸化ナトリウムは何 g かを求め、有効数字 3 桁で記せ。ただし、水酸化ナトリウムの式量は、40.0 とする。
- (5) 高分子 I を下線部①と同じ化合物 X で部分的に反応させると、高分子 J が得られる。この高分子はビニロンと呼ばれる水に不溶な繊維であり、防護ネットや魚網に用いられる。高分子 I と化合物 X の物質名をそれぞれ記せ。

問2 (選択問題)

本問を選択した場合は、解答用紙(その5)の問題選択欄の問2に○を記すこと。

ある元素Xに関する次の文章を読み、(1)～(6)に答えよ。

生体を構成する元素のうち炭素、水素、(ア)、窒素の4元素だけで細胞の質量の95%を占めている。しかし、細胞には微量ではあるが生命活動を維持するために不可欠な元素も数多く存在する。元素Xは、(イ)金属に属するカルシウムよりもヒトにおける体内存在量が少ない。しかし、骨や歯などの形成に必要な元素であり、エネルギー代謝や遺伝情報の伝達などの重要な役割を担う分子に含まれている。天然には、この元素が単体で存在することはない。元素Xの単体は淡黄色のろう状固体であり空気に触れると自然発火する。また、手で触れると皮膚が侵される。元素Xの原子構造は、K殻とL殻が最大数の電子で満たされており、K殻に(ウ)個、L殻に(エ)個の電子が配置されている。元素Xは、(オ)個の最外殻電子を持ち、酸化されると酸性物質 H_3XO_4 を作る。①この酸性物質は、水溶液中では3段階で電離して、水によく溶ける。その電離定数はモル濃度を用いて次式により求められる。



一方、水に溶けない脂質、とくに細胞膜中の(カ)にもこの元素が含まれている。(カ)は、極性が低い長鎖の(キ)を構成成分として持つが、元素Xの酸

化物は極性が高いので同一分子内に親油性が高い部分と親水性が高い部分を合わせ持つことになる。このような性質を持つ物質を(ク)という。また、Xの酸化物が脱水縮合する際に大量のエネルギーを吸収するので、Xを含む水溶性分子のあるものは生体内のエネルギーを貯蔵する役割も担っている。生命は、元素Xが持つ化学的特性をうまく利用しているといえる。

元素Xは、作物が生育するために不足しがちな三要素の一つでもある。三要素の一つである窒素については、②空気を原料として(ケ)法によりこれをアンモニアに固定して③さらに(コ)法で硝酸に変換して工業的な肥料生産を行うことも可能である。しかし、元素Xを含む化学肥料の製造に必要な原料は日本国内には乏しく、鉱石として海外から輸入しなくてはならない。

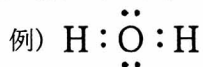
(1) 本文中の(ア)～(コ)に入る適切な語句または数値を記せ。

(2) 下線部①について、0.1 mol/Lの H_3XO_4 水溶液に $[\text{H}_2\text{XO}_4^-] = [\text{HXO}_4^{2-}]$ になるまで水酸化カリウム水溶液を滴下すると水溶液のpHは7.2になった。第二段階の電離定数 K_2 はいくらか求めよ。必要ならば下記の数字を用いて、有効数字2桁で記せ。

$10^0 = 1.0$	$10^{0.2} = 1.6$	$10^{0.4} = 2.5$	$10^{0.6} = 4.0$	$10^{0.8} = 6.3$
--------------	------------------	------------------	------------------	------------------

(3) $[\text{H}_2\text{XO}_4^-] = [\text{HXO}_4^{2-}]$ の状態では、新たに酸や塩基を加えてもpHが変化しにくくなる。このような性質の溶液を何というか。

(4) 下線部②について、原料となる空気中の分子を構造式と電子式の両方で記せ。電子式は下記の例にならって記せ。



(5) 元素Xは何か。元素記号で答えよ。

(6) 下線部③について、アンモニアの硝酸への変換は下記の3段階で進行する。空欄Aに入る適切な化合物を分子式で記せ。さらにこの3段階の反応を集約して(コ)法を一つの化学反応式として記せ。

