

1 次のⅠ，Ⅱに答えよ。

Ⅰ 次の文章を読み，問1～問7に答えよ。

車やバイクの排気ガスや工場などから排出される煙には，窒素酸化物や硫黄酸化物が含まれ，大気の汚染を引き起こすことが知られている。窒素酸化物である無色の気体 (a) と赤褐色の気体 (b) は，実験室ではそれぞれ銅と希硝酸，銅と濃硝酸から得ることができる。(b) は刺激臭があり有毒である。大気中の水滴には，窒素酸化物が硝酸として溶け込み，酸性雨の原因となっている。

硫黄を含む石炭や石油を燃焼させると硫黄酸化物が生じ，大気中の水滴に溶け込み酸性雨の原因となる。二酸化硫黄は無色，刺激臭のある有毒な気体で，単体の硫黄や硫化物を燃焼させると発生する。また硫化水素と反応して単体<sup>(1)</sup>の硫黄を生じる。<sup>(2)</sup>

酸素の同素体である (c) は，高層大気中に比較的高い濃度で存在し，地球上の生物を有害な紫外線から守っている。近年，南極大陸を中心とした (c) 層の破壊が地球規模の環境問題としてクローズアップされている。

二酸化炭素は無色，無臭の気体で，水に溶けて弱酸性を示す。二酸化炭素は<sup>(3)</sup>実験室では石灰石に希塩酸を加えて作られる。<sup>(4)</sup>現在，化石燃料の大量消費により大気における二酸化炭素濃度が増加している。

問1 (a) ～ (c) にあてはまる物質の化学式を記せ。

問2 1 mol の銅と，希硝酸および濃硝酸との反応をそれぞれ化学反応式で表すとき，生成する (a) および (b) の物質量を下記から選び記号で答えよ。

(イ) 1 mol (ロ)  $\frac{2}{3}$  mol (ハ)  $\frac{3}{2}$  mol (ニ) 2 mol (ホ)  $\frac{3}{8}$  mol

問 3 次の下線部(5)および(6)の反応式を示せ。

(5)  は工業的には白金触媒を用いて、アンモニアを高温(700～1000℃)で空気酸化して得ることができる。これを冷却し酸素と反応させると  が得られ、さらに水に吸収させると硝酸ができる。

問 4 下線部(1)の反応で発生する二酸化硫黄を除去するための吸収剤として最も適当なものを選び、記号で答えよ。

(イ) 塩酸 (ロ) 水 (ハ) 水酸化カルシウム水溶液 (ニ) 硫酸

問 5 下線部(2)の反応における二酸化硫黄の硫黄原子の酸化数の変化を示せ。

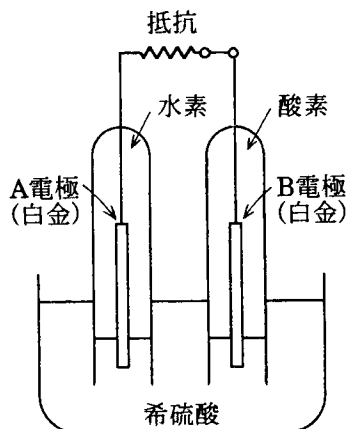
問 6  は酸素より強力な酸化剤であり、 と反応して を生成する。この反応式を記せ。

問 7 下線部(3)の反応式を示せ。また下線部(4)において発生した二酸化炭素に微量に含まれている水分を除去するための乾燥剤として不適切なものを選び、記号で答えよ。

(イ) シリカゲル (ロ) 濃硫酸 (ハ) 酸化カルシウム

II 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

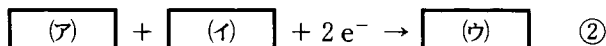
燃料電池では、水素と酸素の反応を利用して電力を得るとともに熱も利用できる。原料としての水素を得ることができれば、エネルギー効率が高いことから、今後、幅広い利用が期待される。燃料電池の始まりは1839年のグローブ卿による実験にさかのぼる。その要点を次の図に示す。



この電池では、A電極に水素を、B電極に酸素を供給する。A電極では①式に示す水素の  反応が進む。



このとき生じた水素イオンは溶液中を、また電子は抵抗を入れた導線を通して、それぞれB電極に向かう。一方、B電極では酸素の  反応が進み、A電極からきた水素イオンと電子、そして供給される酸素から次の②式に従って反応が起こる。



この電池では、水素と接する電極が  極となり、酸素と接する電極が  極となる。この電池で進む反応は全体として、 の燃焼に より  が生じる反応とみなすことができる。したがって、環境への負荷が問題になることは少ない。

問 1  ~  に適当な語句を記せ。

問 2  ~  に、反応に関与する物質をその係数とともに化学式で示せ。ただし、(ア)(イ)の順番は問わない。

問 3 酸素が 0℃、1 atm のもとで、100 ml 消費されたとすると何クーロンの電気量が流れることになるか、有効数字 2 桁で答えよ。

問 4 下線部(1)で、 の燃焼熱は 286 kJ/mol である。0℃、1 atm で 200 ml の  が燃焼したとき放出される熱量を求めよ。有効数字 2 桁で答えよ。

2 次の I, II に答えよ。

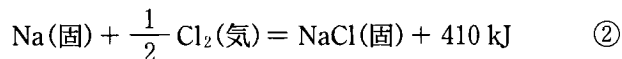
I 次の文章を読み、問 1～問 4 に答えよ。

単体のナトリウムの結晶中では、原子は (a) 結合により結びつき (b) 立方格子型の原子配列をとる。食塩(塩化ナトリウム)の結晶中では、ナトリウム原子は電子を一つ失って  $\text{Na}^+$  として存在しており、(c) 立方格子型の配列をとる。食塩の結晶中では、 $\text{Na}^+$  と電子を一つ得た塩素原子  $\text{Cl}^-$  が (d) 力によって結びついており、このような結晶を (e) 結晶という。この力はヨウ素やナフタレンの結晶をつくる (f) 力よりもはるかに強いので、食塩の結晶の融点はこれらの結晶に比べて高い。

食塩の結晶は、我々の身近に見られる最も代表的な (e) 結晶の一つである。そこで、以下の熱化学方程式①で表される結晶の格子エネルギー  $Q_0$  (kJ) の値を求めてみよう。



①式の  $Q_0$  (kJ) は、結晶を構成している結合を切断して、粒子を束縛のないばらばらの状態にするのに必要なエネルギーであり、結晶の安定度の目安となる。25℃, 1 atm でナトリウムは固体、塩素は気体であり、この状態から塩化ナトリウムの結晶 1 mol を生成する熱化学方程式は以下のように書ける。



また、ナトリウム、塩素に関する熱化学データは次の表の通りとする。

項目	数値 (kJ/mol)
ナトリウムの第 1 イオン化エネルギー	500
塩素の電子親和力*	350
ナトリウムの昇華熱	110
塩素分子の結合エネルギー	240

\*電子親和力とは、原子が電子 1 個を得て陰イオンになるときに放出されるエネルギーのことである。

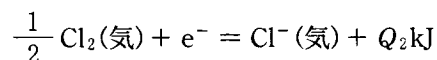
問 1 文中の空欄  ~  にあてはまる適当な語句を答えよ。

問 2 1 mol の固体のナトリウム (Na(固)) からのイオン化過程によりナトリウムイオン (Na<sup>+</sup>(気)) と電子 (e<sup>-</sup>) が生成する。この過程を熱化学方程式にならって書くと以下のようなになる。



このとき、 $Q_1$  (kJ) を求めよ。ただし、正負の符号を明記せよ (以下、問 3、問 4 も同様)。

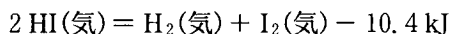
問 3 気体の塩素分子 (Cl<sub>2</sub>(気)) から塩化物イオン (Cl<sup>-</sup>(気)) が 1 mol 生成する過程は、問 2 と同様に



と書ける。このとき、 $Q_2$  (kJ) を求めよ。

問 4 総熱量保存の法則を用いて、①式中の食塩 1 mol あたりの格子エネルギー  $Q_0$  (kJ) を求めよ。

II ヨウ化水素(HI)は次のような熱化学方程式で表される可逆反応を起こす。  
これに関して次の問1～問3に答えよ。



問 1 下の文中の (a) ～ (c) に適当な語句を入れよ。

一般に化学反応は、温度が高くなるほど反応速度が速くなるが、それは温度が高いほど (a) 以上のエネルギーをもつ分子の数が (b) するためである。また、HI 気体の中に触媒として白金線を入れると、 $\text{H}_2$  や  $\text{I}_2$  の生成は、触媒のないときに比べ速く進む。これは触媒のない場合に比べて、(a) が (c) することによる。

問 2 HI を体積  $V$  の容器に入れ、1000 K において平衡に達したとき、 $\text{H}_2$  の分圧は 0.16 atm であった。このときの HI および  $\text{I}_2$  の分圧を求めよ。ただし、1000 K における平衡定数は 0.040 とする。

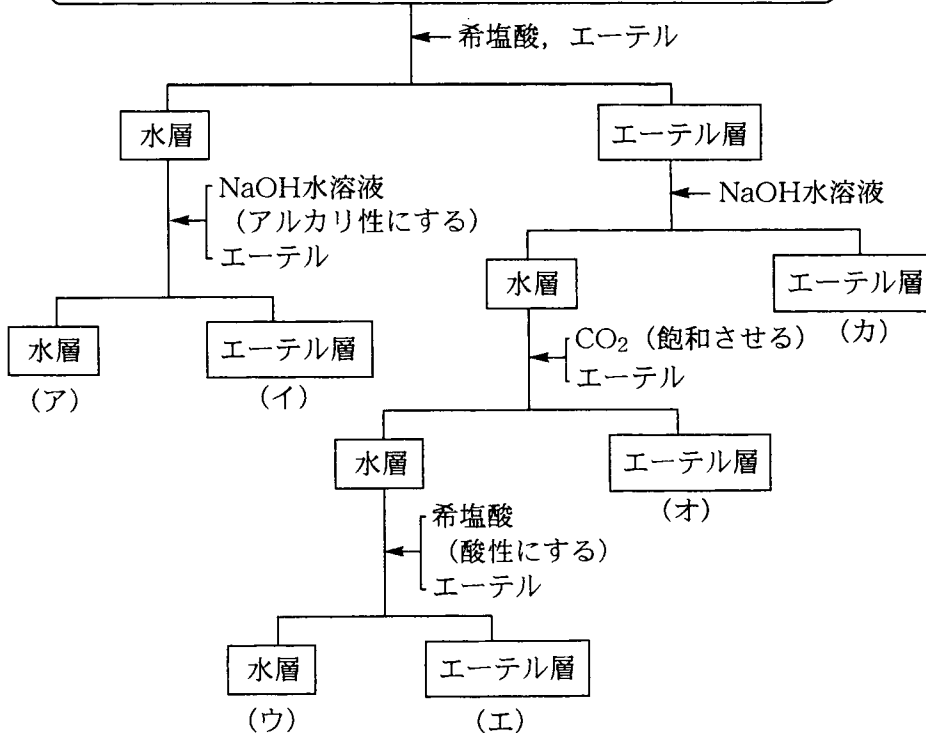
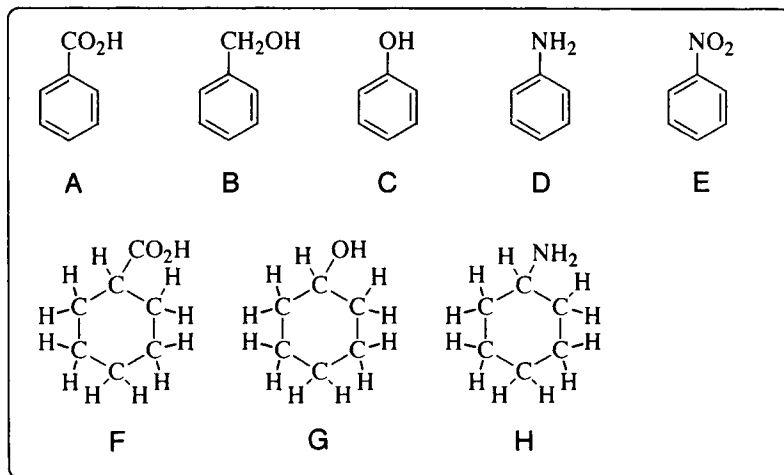
問 3 上の反応が 1000 K で平衡に達しているとき、さらに(1)～(4)の操作を行うと、平衡はどちらに移動するか。次の(ア)～(ウ)のうちからそれぞれ一つ選んで記号で答えよ。

- (1) 容器内の圧力を増加させる。
- (2) 温度を上げる。
- (3)  $\text{H}_2$  を加える。
- (4) 触媒を加える。

(ア) 左に移動する      (イ) 右に移動する      (ウ) 変化しない

3 次の I, II に答えよ。

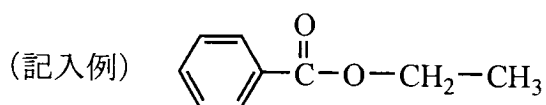
I 次の図は、溶媒に対する溶解性の違いを利用して、有機化合物 A～H の混合物を各成分に分離する操作を示したものである。問 1 および問 2 に答えよ。



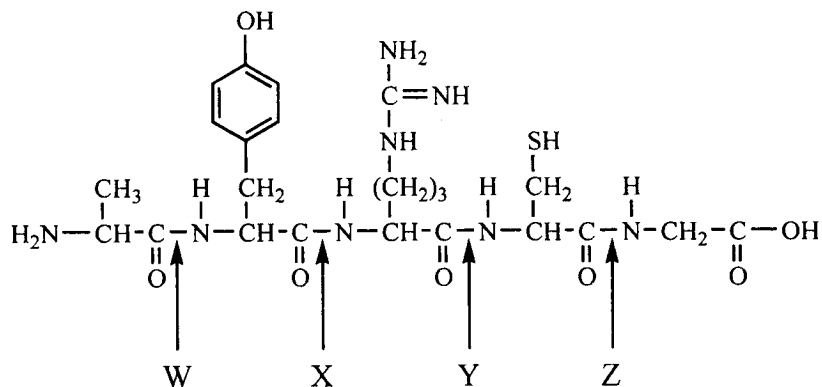
問 1 分離操作の後に、化合物 A～H がそれぞれ(ア)～(カ)のどの層に主に含まれるかを記号で答えよ。(ア)～(カ)を複数回用いてもよい。

問 2 化合物 C, D の存在を呈色反応により確認するための試薬の名称をそれぞれ一つ示せ。

II 次の文章を読み、問 1～問 5 に答えよ。なお、構造式は記入例にならって記せ。



化合物 A は、下に示すように 5 つのアミノ酸分子が脱水縮合して生成したペプチドであり、アラニン、チロシン、アルギニン、システイン、グリシンの順に並んでいる。A に酵素 I を作用させたところ、下に示す矢印のいずれか一ヶ所のみで加水分解が起こり化合物 B と C が生じた。また、A を酵素 II で加水分解した場合には、別の一ヶ所で結合が切れて化合物 D と E が得られた。



化合物 A の構造式

化合物 B～E のそれぞれについて以下の実験結果が得られた。

(ア) 濃硝酸を加えて加熱したのち、アンモニア水を加えることにより B と E は橙黄色になった。

(イ) 水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱し、酸を加えて中和したのちに酢酸鉛(II)水溶液を加えると C と D から黒色沈殿が生じた。

(ウ) 水酸化ナトリウム水溶液を加え、さらに少量の硫酸銅(Ⅱ)水溶液を加えると、BとDは赤紫色になった。

問 1 ある試薬を化合物A～Eに加えて加熱したところ、A～Eのすべてが赤紫色になった。その試薬の名称を答えよ。

問 2 (ア)の反応の名称を答えよ。

問 3 (イ)の反応により、CとDに共通して含まれていることがわかる構成アミノ酸の名称を答えよ。

問 4 酵素ⅠおよびⅡにより切断された結合の位置を記号W～Zで答えよ。

問 5 グリシンが希塩酸溶液中でどのような形をとっているか、構造式で記せ。