

化 学

問題Ⅰ～Ⅲについて解答せよ。なお、計算に必要なならば、次の数値を用いよ。

原子量：H = 1.0, C = 12.0, O = 16.0, Na = 23.0, Al = 27.0, Cl = 35.5,

気体定数 $R = 8.20 \times 10^{-2} \text{ l} \cdot \text{atm}/(\text{K} \cdot \text{mol})$, $0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$,

アボガドロ定数 $N_A = 6.00 \times 10^{23} / \text{mol}$, ファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

Ⅰ 次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

アルミニウムは、アルミニウムかん、一円硬貨、窓わくの建築材料、航空機などに用いられるアルミニウムは地球上に広く分布し、酸化物やケイ酸塩として産出される。アルミニウムの単体は化合物Aを融解塩電解することにより得られ、銀白色の軽くてやわらかい金属である。

アルミニウムは、周期表の第3周期、B族の典型元素であり、また金属元素である。金属の原子は価電子をC電子として放出し、金属結合によって結晶をつくっている。アルミニウムの結晶は、単位格子をつくる立方体の各面の中心と各頂点に原子が存在する面心立方格子である。

アルミニウムは塩酸、水酸化ナトリウム水溶液のいずれにも溶ける。アルミニウムイオンを含む水溶液にアンモニア水を加えると白色ゲル状の沈殿Dを生じ、この沈殿を分離し加熱すると白色粉末であるAとなる。AやDも塩酸、水酸化ナトリウム水溶液とも反応する。

問1 化合物Aの化学式を示せ。

問2 下線部(ア)のかわりに、アルミニウムイオンを含む水溶液を電気分解することによってはアルミニウムの単体は得られない。この理由を25字以内で述べよ。

問3 空欄 B , C に適当な数字、語句を入れよ。

問 4 下線部(イ)でアルミニウムの単位格子の1辺が 4.05×10^{-8} cm であるとする
と, (1)結晶 1.00 cm^3 中に含まれるアルミニウム原子の数は何個か。(2)また,
この結果を用いるとアルミニウムの密度は何 g/cm^3 か。それぞれ有効数字3
桁で求めよ。

問 5 下線部(ウ)でアルミニウムが塩酸に溶解するときの化学反応式を示せ。

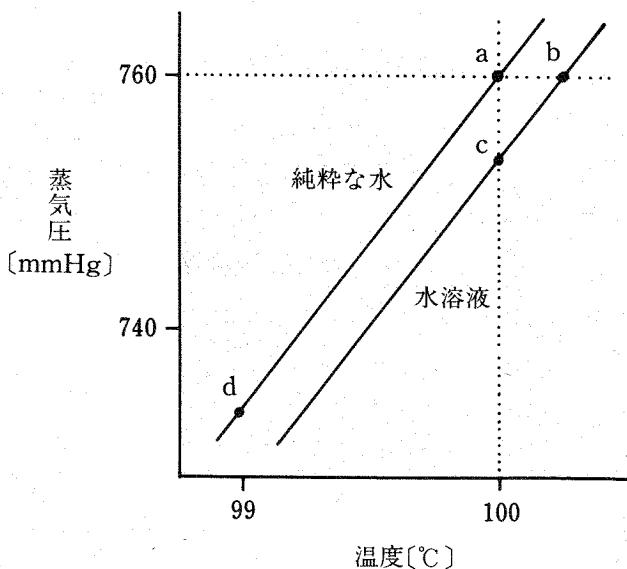
問 6 下線部(エ)でDが水酸化ナトリウム水溶液に溶解するときの化学反応式を示
せ。

問 7 アルミニウムは酸とも強塩基とも反応する。(1)このような性質を示す元素を
何というか。(2)このような性質を示すアルミニウム以外の元素を, 元素記号で
一つ示せ。

II 次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

密閉した容器に入っている水は、その温度に応じた熱運動をしている。液体表面にある水分子のうち、熱運動エネルギーの大きな分子は飛び出して気体の水分子(水蒸気)となる。このような液体から気体への変化を **ア** という。一方、気体の水分子は熱運動により液体表面に衝突するが、気体に戻るのに十分なエネルギーがないと液体の水分子となる。このような気体から液体への変化を **イ** という。液体から **ア** する速度と気体から **イ** する速度が等しくなると、気体と液体の間で見かけ上の変化が認められなくなる。この状態を **ウ** という。**ウ** にある水蒸気が示す圧力をその温度における水の蒸気圧という。水の蒸気圧は温度が上昇すると大きくなる。

^(イ) 不揮発性の物質を溶かした水溶液の蒸気圧は、同じ温度の純粋な水の蒸気圧より
^(ウ) 低くなる。この現象を蒸気圧降下という。図は純粋な水の蒸気圧と、不揮発性物質が溶けた水溶液の蒸気圧を100℃付近で図示した蒸気圧曲線で、2本の蒸気圧曲線はこの温度範囲内で平行な直線と見なすことができる。図で **カ** 点の蒸気圧は100℃における水溶液の蒸気圧を示し、**キ** 点と **カ** 点との蒸気圧の差がこの水溶液の蒸気圧降下の大きさである。



水や水溶液の沸点は、それらの蒸気圧が大気圧と等しくなる温度であるから、水溶液の沸点は純粋な水の沸点より高くなる。大気圧 1 atm (1 atm = 760.0 mmHg) の場合、図中の 点の温度は水溶液の沸点を示す。 点と 点の温度差がこの水溶液の沸点上昇度である。非電解質を溶かした希薄水溶液の場合、沸点上昇度 ΔT_b (K) は質量モル濃度 m (mol/kg) に比例する。

$$\Delta T_b = K_b m$$

この式の比例定数 K_b を水のモル沸点上昇という。

問 1 文章中の ~ に適当な語句を入れよ。

問 2 下線部(㉔)で、水の蒸気圧は温度が上昇すると大きくなる理由を、分子の熱運動の立場から、30 字以内で説明せよ。

問 3 下線部(㉔)で、水溶液の蒸気圧が純粋な水の蒸気圧より低くなる理由として、適当と思われるもの 2 つを、次の中から選んで番号で答えよ。

- (1) 水分子の強い分子間力により、水分子が気体になる速度が減少するため。
- (2) 液体表面の水分子の割合が減り、水分子が気体になる速度が減少するため。
- (3) 液体表面に衝突する気体の水分子のエネルギーが減少するため。
- (4) 気体分子の占める体積が増すと蒸気圧が減少するため。
- (5) 液体中の溶質分子が気体になりにくく、気体の圧力に寄与しないため。

問 4 文章中の ~ に適する図中の点を a, b, c, d から選べ。

問 5 質量モル濃度 0.200 mol/kg のシヨ糖水溶液の 100°C における蒸気圧は 757.2 mmHg であった。このシヨ糖水溶液の大気圧 1 atm における沸点を、計算手順を示して、小数点以下第 2 位まで求めよ。ただし、水の蒸気圧は 100°C で 760.0 mmHg, 99°C で 733.2 mmHg である。

問 6 水のモル沸点上昇 K_b を、小数点以下第 2 位まで求めよ。

問 7 質量モル濃度 0.200 mol/kg の塩化カリウム水溶液の 100°C における蒸気圧は何 mmHg となるか。小数点以下第 1 位まで求めよ。ただし、塩化カリウムは完全に電離しているものとする。

Ⅲ 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

植物は太陽の光エネルギーを利用し、二酸化炭素と水からグルコース(分子式 $C_6H_{12}O_6$)やデンプンを生産する。このグルコースの生成反応は1 molのグルコース当たり 2813 kJの吸熱反応である。グルコースは結晶中では環状構造のAであるが、水溶液中では環状のAの他に銀鏡反応を起こすBの構造で存在し、これらは平衡状態にある。多くの動物は、グルコースを二酸化炭素と水に分解し、その反応熱を利用して生命活動をしている。アルコール発酵では、酵素はグルコースを分解し、エタノールを生産し、その時の1 molのグルコース当たりの発熱量は75 kJである。このようにして製造されたエタノールの燃焼熱(1 molのエタノール当たり 1369 kJ)を利用する自動車がブラジル連邦共和国で実用化されており、物質の循環と太陽エネルギーの利用という観点から地球に優しいシステムと考えることができる。

問1 デンプンの代表的な呈色反応の名称を記せ。

問2 AおよびBの示性式あるいは構造式を示せ。

問3 下線部(ア)のグルコースが二酸化炭素と水に分解される反応の熱化学方程式を示せ。ただし、問題文中に挙げた反応に関わる熱量は、二酸化炭素と酸素は気体、水とエタノールは液体、グルコースは固体の状態に基づく値である。

問4 下線部(イ)のグルコースのアルコール発酵の反応式を示せ。

問5 実験室でエタノールを二クロム酸カリウム($K_2Cr_2O_7$)の硫酸酸性溶液に入れて加熱することにより酸化すると、還元性を示す酸化生成物Cを經由して酸化生成物Dが生成する。同様に2-プロパノールを酸化すると、化合物Eが生成する。化合物C、DおよびEは何か、それぞれの構造式を示せ。

問6 問5の化合物DとEの分子量の差は小さいが、沸点は $60^\circ C$ 以上の差がある。どちらが高い沸点を示すか、記号で答えよ。また、その理由を20字以内で述べよ。