

## 大問 1

## 藤野理系

## 1. 水酸化ナトリウム水溶液の調製と濃度決定

① はかり取った  $\text{NaOH}$  の物質量を  $m_1$  [mol] とおくと、この時、作成した水溶液のモル濃度は  $2m_1$  [mol/L] となる。

②  $0.300$  [mol/L] の  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$   $20.00$  [mL] の物質量は次のように求められる。

$$0.300 \text{ [mol/L]} \times 20.00 \times 10^{-3} \text{ [L]} = 6.00 \times 10^{-3} \text{ [mol]}$$

$2m_1$  [mol/L] の  $\text{NaOH}$   $16.00$  [mL] の物質量は次のように求められる。

$$2m_1 \text{ [mol/L]} \times 16.00 \times 10^{-3} \text{ [L]} = 3.20 \times 10^{-2} \cdot m_1 \text{ [mol]}$$

←  $500$  [mL] の水溶液がバースとなっている。  $500 = 5.00 \times 10^{-2}$  なの  
有効数字は3桁となる。

$\text{NaOH}$  と  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  が完全に反応するには、物質量比が  $\text{NaOH} : \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 = 2 : 1$  である必要がある。従って次式が成立する。

$$3.20 \times 10^{-2} \cdot m_1 : 6.00 \times 10^{-3} = 2 : 1 \quad \dots 3.20 \times 10^{-2} \cdot m_1 = 1.20 \times 10^{-2}$$

$$\dots m_1 = 3.75 \times 10^{-1}, \quad 2m_1 = 7.50 \times 10^{-1}$$

以上から、はかり取った  $\text{NaOH}$  の物質量は  $3.75 \times 10^{-1}$  [mol]、作成した  $\text{NaOH}$  水溶液のモル濃度は  $7.50 \times 10^{-1}$  [mol/L] となる。

← (1) の解

## 2. 試料混合物の中和滴定

① はかり取った試料混合物中の  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$  の物質量を  $m_2$  [mol] とおく。

②  $7.50 \times 10^{-1}$  [mol/L] の  $\text{NaOH}$   $32.80$  [mL] の物質量は次のように求められる。

$$7.50 \times 10^{-1} \text{ [mol/L]} \times 32.80 \times 10^{-3} \text{ [L]} = 2.46 \times 10^{-2} \text{ [mol]}$$

$\text{NaOH}$  と  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$  が完全に反応するには、物質量比が  $\text{NaOH} : \text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6 = 1 : 1$  である必要がある。従って  $m_2$  [mol] は次のようになる。

$$m_2 = 2.46 \times 10^{-2} \text{ [mol]}$$

← (5) の解で使用

## 3. ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液の調整と濃度決定

① はかり取った  $\text{I}_2$  の物質量を  $m_3$  [mol] とおく。水溶液のモル濃度は  $2m_3$  [mol/L] 。

②  $0.500$  [mol/L] の  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$   $20.00$  [mL] の物質量は次のように求められる。

$$0.500 \text{ [mol/L]} \times 20.00 \times 10^{-3} \text{ [L]} = 1.00 \times 10^{-2} \text{ [mol]}$$

$2m_3$  [mol/L] の  $\text{I}_2$   $8.00$  [mL] の物質量は次のように求められる。

$$2m_3 \text{ [mol/L]} \times 8.00 \times 10^{-3} \text{ [L]} = 1.60 \times 10^{-2} \cdot m_3 \text{ [mol]}$$

$\text{I}_2$  と  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  が完全に反応するには、物質量比が  $\text{I}_2 : \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 1 : 2$  である必要がある。従って次式が成立する。

$$1.60 \times 10^{-2} \cdot m_3 : 1.00 \times 10^{-2} = 1 : 2 \quad \dots 3.20 \times 10^{-2} \cdot m_3 = 1.00 \times 10^{-2}$$

$$\dots m_3 = 3.13 \times 10^{-1}, \quad 2m_3 = 6.25 \times 10^{-1}$$

以上から作成した  $\text{I}_2$  水溶液のモル濃度は  $6.25 \times 10^{-1}$  [mol/L] となる。

← (3) の解

# 大問1

藤栄理系

## 4. 試料混合物の酸化還元滴定

① はかり取った試料混合物中の  $\text{NaC}_6\text{H}_7\text{O}_6$  の物質量を  $m_4$  [mol] とおく。

②  $6.25 \times 10^{-1}$  [mol/L] の  $\text{I}_2$  65.60 [mL] の物質量は次のように求められる。

$$6.25 \times 10^{-1} \text{ [mol/L]} \times 65.60 \times 10^{-3} \text{ [L]} = 4.10 \times 10^{-2} \text{ [mol]}$$

試料混合物中の  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$  と  $\text{NaC}_6\text{H}_7\text{O}_6$  はどちらも  $\text{I}_2$  と反応し、反応の物質量比は  $\text{I}_2 : \text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6 = 1 : 1$ ,  $\text{I}_2 : \text{NaC}_6\text{H}_7\text{O}_6 = 1 : 1$  となるので、次式が成立する。

$$m_2 + m_4 = 4.10 \times 10^{-2} \text{ [mol]}$$

$m_2 = 2.46 \times 10^{-2}$  [mol] なので  $m_4 = 1.64 \times 10^{-2}$  [mol] となる。

→ (5) の解で使用する

1. (1) 導出の過程は「1. 水酸化ナトリウム水溶液の調製と濃度決定」に記した通りである。

$$7.50 \times 10^{-1} \text{ [mol/L]} \quad //$$

1. (2) 題意の中和滴定は弱酸強塩基の反応を扱っている。従って生じる塩の液性は塩基性となる。なお、指示薬はフェノールフタレインが適切となる。

塩基性 //

1. (3) 導出の過程は「3. ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液の調製と濃度決定」に記した通りである。

$$6.25 \times 10^{-1} \text{ [mol/L]} \quad //$$

1. (4) 加える水素  $\text{I}_2$  とフェノレが反応 (ヨウ素フェノレ反応) し、水溶液の色は青紫色となる。

d. 青紫色 //

1. (5) はかり取った試料混合物中の  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$  の物質量は  $2.46 \times 10^{-2}$  [mol],  $\text{NaC}_6\text{H}_7\text{O}_6$  の物質量は  $1.64 \times 10^{-2}$  [mol] である。従って次式が成立する。

$$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6 : \text{NaC}_6\text{H}_7\text{O}_6 = 2.46 : 1.64 = 1.5 : 1 = 3 : 2$$

※  $\times 10^{-2}$  は省略

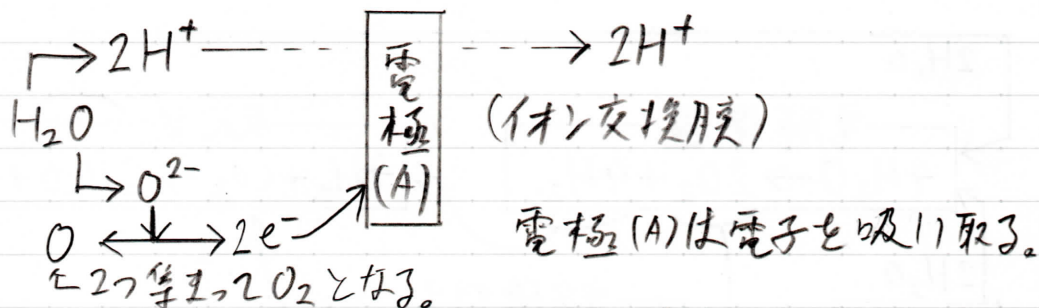
これより求めた解は次のようになる。

$$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6 : \text{NaC}_6\text{H}_7\text{O}_6 = 3 : 2 \quad //$$

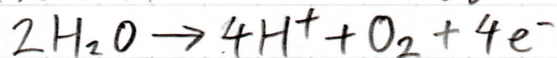
## 大問2

## 化学理系

2.(1)電極(A)で起きている状況を図示すると以下のようになる。



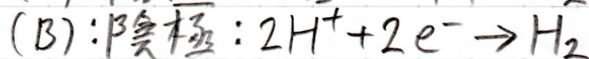
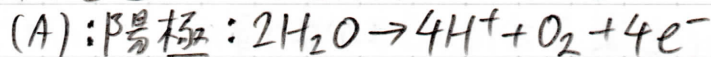
上図より電極(A)は電子を吸引する事が陽極である事が分かる。  
 また、反応式は次のようになる。



電極(B)は陰極となり、水素イオンに電子を予えて水素ガスを発生させる。ここでの反応式は次のようになる。



以上の内容をまとめると次のようになる。



2.(2)宇宙飛行士1人が1日あたり消費する酸素は  $20.00 \text{ [mol]}$  である。

(1)の解より  $20.00 \text{ [mol]}$  の酸素 ( $O_2$ ) を発生させるには  $80.00 \text{ [mol]}$  の電子の移動が必要となる。従って求める電気量は次のように求める。

$$80.00 \text{ [mol]} \times 9.65 \times 10^4 \text{ [C/mol]} = 7.72 \times 10^6 \text{ [C]}$$

また電流を計算すると次のようになる。

$$\frac{80.00 \text{ [mol]} \times 9.65 \times 10^4 \text{ [C/mol]}}{8.00 \times 10^4 \text{ [sec]}} = 9.65 \times 10^1 \text{ [A]}$$

以上の内容をまとめると次のようになる。

$$7.72 \times 10^6 \text{ [C]}, \quad 9.65 \times 10^1 \text{ [A]} \quad //$$

2.(3)(2)の内容を引き継いで、1人1日あたりに要する水の物質量は  $40.00 \text{ [mol]}$  である。

これより1人1年分の水の質量を求めるに次のようになる。

$$40.00 \text{ [mol]} \times 18.00 \text{ [g/mol]} \times 365 \text{ [day]} = 2.628 \times 10^5 \text{ [g]}$$

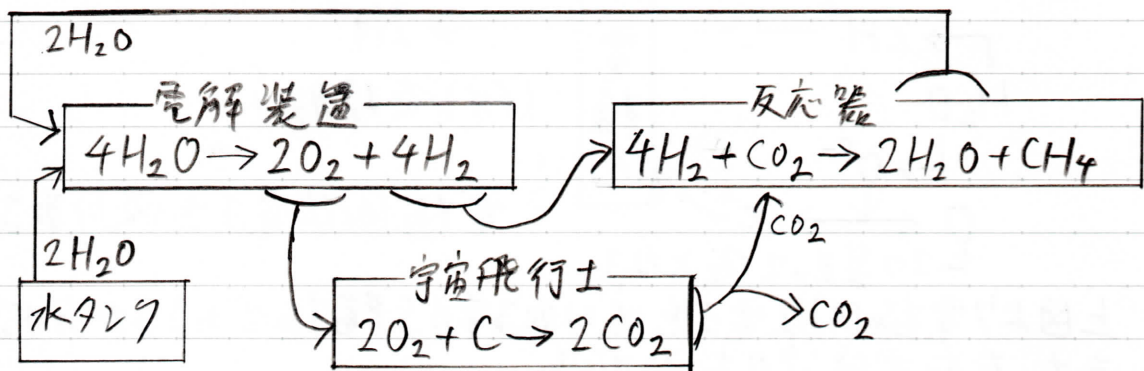
$$\hookrightarrow 2 \times H + O = 18 \qquad = 2.628 \times 10^2 \text{ [kg]}$$

従って、求めた値は次のようになる。

$$262.8 \text{ [kg]} \quad //$$

# 大問2

2.(4)題意の状況を整理すると以下のようになる。



題意のシステムを用いた場合、始めに電解装置が要求する $4\text{H}_2\text{O}$ の内、 $2\text{H}_2\text{O}$ を反応器から回収する事ができる。つまり新たに供給しなくてはならないのは $2\text{H}_2\text{O}$ となる。

(3)では上図中の $4\text{H}_2\text{O}$ に対応する分の水量が $262.8[\text{kg}]$ である。  
本問では $4\text{H}_2\text{O}$ の内、 $2\text{H}_2\text{O}$ を装置本体からまかなう事ができるので、  
残りの $2\text{H}_2\text{O}$ 分の水を用意する必要がある。従って求める値は次のようになる。  
 $131.4[\text{kg}]$  ←

## 大問3

## 化学理系

3.(1) 知識問題。解答は以下の通りである。

ア: 過冷却、イ: 3、ウ: 溶解 //

↑ ↑  
 $(Ca^{2+}, Cl^-, Cl^-)$  溶解熱は固体  $\rightarrow$  液体 (1 [mol])  
 (= 必要となる熱量の事。)

3.(2) 知識問題。解答は以下の通りである。

溶媒のみが固体になって析出し、溶液の濃度が高くなる  
 凝固点降下が進むため。 //

3.(3) 質量モル濃度は次式のように定義される。

$\frac{\text{溶質の物質量 [mol]}}{\text{溶媒の質量 [kg]}}$

題意より溶質の物質量は次のように求められる。

$$W_2 [g] / M [g/mol] = W_2 / M [mol]$$

溶媒の質量は  $W_1 [g]$  なので、質量モル濃度を求めるに次式のようになる。

$$\frac{W_2 / M [mol]}{W_1 [g]} = \frac{W_2 / M [mol]}{W_1 \times 10^{-3} [kg]} = \frac{W_2 \times 10^3}{M W_1} [mol/kg]$$

以上から求める解は次のようになる。

$$\underline{1000 W_2 / (M W_1)} //$$

3.(4) エチレングリコールの質量モル濃度を  $m [mol/kg]$  とおくと、題意より  
 凝固点降下に関する公式を用いて次式が成立する。

$$0.100 [K] = 1.85 [K \cdot kg/mol] \times m [mol/kg]$$

上式より質量モル濃度  $m$  は  $0.100 / 1.85 [mol/kg]$  と求められる。

水 100 [g] の凝固点降下に必要な物質量は  $0.0100 / 1.85 [mol]$  となる  
 事が分かる。

エチレングリコールのモル質量は  $62.0 [g/mol]$  なので、求める質量は  
 次のように計算される。

$$\frac{0.0100 \times 62.0}{1.85} [g] = 0.0100 \times 33.5 [g] = 0.335 [g]$$

以上から求める値は次のようになる。

$$\underline{0.335 [g]} //$$

# 大問3

麻生理系

3.(5) 水100[g]に塩化ナトリウム0.0040 [mol]を溶かして1lなので、質量モル濃度は0.040 [mol/kg]となる。ここで凝固点降下に関する公式より次式が成立する。

$$\Delta T [K] = 1.85 [K \cdot kg/mol] \times 0.040 [mol/kg] \times 2$$

↑ 降下温度差 ↑  $Na^+$ ,  $Cl^-$  と計の2倍

上式より  $\Delta T [K]$  は 0.15 [K] と計算されるので、求める温度は次のようになる。  
-0.15 [°C] //

3.(6) 水50.0[g]に塩化カルシウム0.111 [g] (=  $1.00 \times 10^{-3}$  [mol])を溶かして1lなので、質量モル濃度は  $2.00 \times 10^{-2}$  [mol/kg] となる。ここで立式を行うと次のようになる。

$$\Delta T [K] = 1.85 [K \cdot kg/mol] \times 2.00 \times 10^{-2} [mol/kg] \times 3$$

上式より  $\Delta T [K]$  は 0.111 [K] と計算されるので、求める温度は次のようになる。  
-0.111 [°C] //

3.(7) 電離度を  $\alpha$  とおくと電離して1lなり塩化カルシウムの物質量は次のようになる。

$$1.00 \times 10^{-3} [mol] - 1.00 \times 10^{-3} \alpha [mol] = 1.00 \times 10^{-3} (1 - \alpha) [mol]$$

$\left( \alpha = \frac{\text{電離した電解質の物質量}}{\text{溶かした電解質の物質量}} \right)$

これは分子の種類により全体の物質量は次のようになる。

$$1.00 \times 10^{-3} (1 - \alpha) [mol] + 1.00 \times 10^{-3} \alpha [mol] + 1.00 \times 10^{-3} \alpha \times 2 [mol]$$

↑ 電離して1lなり  $CaCl_2$       ↑  $Ca^{2+}$       ↑  $Cl^- \times 2$

$$= 1.00 \times 10^{-3} (1 + 2\alpha) [mol]$$

水50.0[g]に上記の分子が存在しているため、粒子の濃度は  $2.00 \times 10^{-2} (1 + 2\alpha)$  [mol/kg] となる。これを1lで立式を行うと次のようになる。

$$0.100 [K] = 1.85 [K \cdot kg/mol] \times 2.00 \times 10^{-2} (1 + 2\alpha) [mol/kg]$$

上式を整理すると以下のようになる。

$$1 + 2\alpha = \frac{0.100}{1.85 \times 2.00 \times 10^{-2}} = 2.70 \dots \alpha = 0.85$$

以上から求める値は次のようになる。

0.85 //

## 大問4

藤栄理系

4.(1) 知識問題。

ア: D-グルコース、イ: 水素、ウ: ビスコース、エ: ビスコースレーヨン  
 オ: セロハン、カ: 付加、キ: ポリビニルアルコール、ク: ヒドロキソ  
 ケ: ホルムアルデヒド、コ: アセタール //

4.(2) 知識問題。

名称: 銅アミンニアミン (チユアラ)、元化学式:  $[C_6H_7O_2(OH)_3]_n$  //

※ シュワイツァー試薬: 濃アミンニアミンに水酸化銅(II)  $Cu(OH)_2$  を  
 加えて作るテトラアミンニアミン銅(II)イオン  $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$  を含む液体。

4.(3) 知識問題。

元化学式:  $[C_6H_7O_2(OCOCH_3)_3]_n$  //

4.(4) セルロースの分子量は  $162 [g/mol]$  となるので、セルロース  $81.0 [g]$  の物質量は  
 $0.500 [mol]$  となる。

トリアセチルセルロースの分子量は  $288 [g/mol]$  となるので、生成するトリアセチルセルロース  
 の質量は  $288 [g/mol] \times 0.500 [mol]$  であり次のようになる。

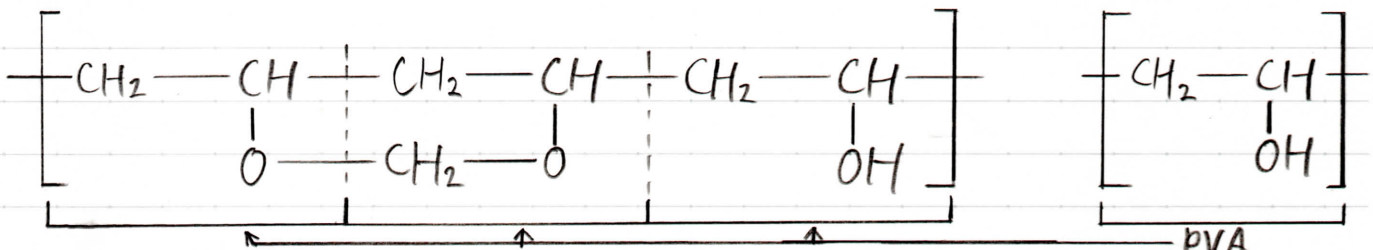
$144 [g]$  //

4.(5) ポリ酢酸ビニル  $[CH_2CH(OCOCH_3)]$  の分子量は  $86 [g/mol]$  となるので、

ポリ酢酸ビニル  $1.0 [kg]$  の物質量は  $(1.0/86) \times 10^3 [mol]$  となる。

これを元に生成される PVA の物質量も  $(1.0/86) \times 10^3 [mol]$  となる。

題意のビニル 1 分子は PVA 3 分子で構成されるので、生成されるビニルの  
 物質量は  $(1.0/(3 \times 86)) \times 10^3 [mol]$  となる。



題意のビニルの分子量は  $144 [g/mol]$  となるので、生成されるビニルの質量は  
 次のように求めらる。

$$\frac{1.0 \times 10^3}{3 \times 86} [mol] \times 144 [g/mol] = 5.6 \times 10^2 [g]$$

以上から求めらる値は次のようになる。

$0.56 [kg]$  //

## 大問4

藤栄理系

4.(6) 単位体積中の結晶の割合を $\alpha$ とすると、題意より次式が成り立つ。

$$1.0 [\text{g/cm}^3] \times \alpha + 0.85 [\text{g/cm}^3] \times (1-\alpha) = 0.97 [\text{g/cm}^3]$$
$$\dots (1.0 - 0.85)\alpha = 0.12 \quad \dots \alpha = 0.12 / 0.15 = 0.80$$

上式より単位体積中の結晶の質量は  $0.80 \times 1.0 [\text{g/cm}^3]$  より  $0.80 [\text{g/cm}^3]$  となる。  
これより求める質量の比は  $0.80 [\text{g/cm}^3] / 0.97 [\text{g/cm}^3]$  より  $0.82$  となる。

以上から求める値は次のようになる。

82 [%] //