

# 大阪医科大学 2018年度(後期)入学試験 解答速報 化学

2018年3月10日 実施

## I

問1  $x_g p = x_\ell p_A$

問2  $(1 - x_g)p = (1 - x_\ell)p_B$

問3  $p = x_\ell p_A + (1 - x_\ell)p_B$

問4 
$$p = \frac{p_A p_B}{(1 - x_g)p_A + x_g p_B}$$

問5 領域Ⅰ：イ（液体） 領域Ⅲ：ウ（気体）

問6 
$$\frac{\overline{MN}}{\overline{MO}} = \frac{n_g}{n_\ell}$$

### 解説

問1 トルエンの分圧は全圧に気体中のトルエンのモル分率をかけたものになる。よって関係式①は  $x_g p = x_\ell p_A$

問2 ベンゼンの分圧は全圧に気体中のベンゼンのモル分率をかけたものになる。よって関係式②は  $(1 - x_g)p = (1 - x_\ell)p_B$

問3 ①と②を辺々足すと、 $p = x_\ell p_A + (1 - x_\ell)p_B$

問4 ①より  $x_\ell = \frac{x_g p}{p_A}$ 。②より  $1 - x_\ell = \frac{(1 - x_g)p}{p_B}$ 。

$$\text{これらを辺々足して } 1 = \frac{x_g p}{p_A} + \frac{(1 - x_g)p}{p_B}.$$

$$\text{これを } p \text{ について解いて } p = \frac{p_A p_B}{(1 - x_g)p_A + x_g p_B}$$

問5 領域Ⅰ：曲線Kはトルエンのモル分率が  $x$  の時に取りうる気体の圧力の最大値である。領域Ⅰは曲線Kより上なのですべて液体：イ（液体）

領域Ⅲ：曲線Lはトルエンのモル分率が  $x$  の時に取りうる気体の圧力の最小値である。よって領域Ⅲでは混合溶液はすべて気化してしまう。よってウ（気体）

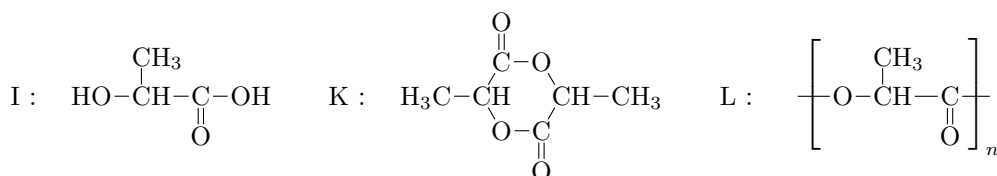
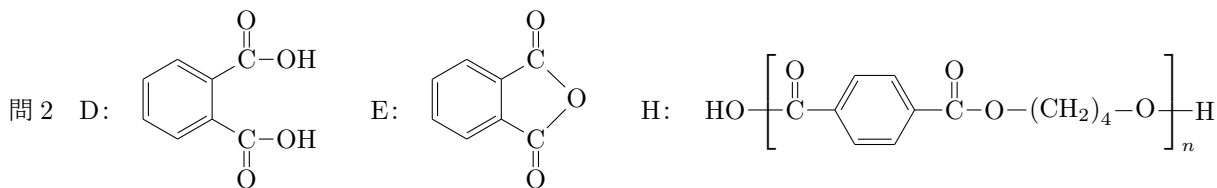
問6 (全トルエンのモル数) = (液体のトルエンのモル数) + (気体のトルエンのモル数) という式が成り立つので、 $(n_g + n_\ell)x = n_g x_g + n_\ell x_\ell$  これを変形して  $n_g(x - x_g) = n_\ell(x_\ell - x)$

$$\overline{MO} = x - x_g \quad , \quad \overline{MN} = x_\ell - x \quad \text{なので} \quad \frac{\overline{MN}}{\overline{MO}} = \frac{n_g}{n_\ell}$$

(補足) 問6の関係式は「てこの規則」と呼ばれる関係式である。

## II

問1 A: *p*-キシレン B: *o*-キシレン C: テレフタル酸 G: コハク酸 J: アラニン



問3 銀鏡反応 (またはフェーリング反応)

### 解説

A, B は芳香族炭化水素であり、ベンゼンより分子量が 28 大きいので、エチルベンゼン、*o*-、*m*-、*p*-キシレンのいずれかである。B を酸化してできる D が脱水されて E になるのだから、B は *o*-キシレン、D はフタル酸、E は無水フタル酸とわかる。また A を酸化して出来る C の芳香環に結合した水素原子 1 個を臭素で置換したときに 1 種類の化合物しか生じないことから、A は *p*-キシレン、C はテレフタル酸とわかる。

4.5 g の F に含まれる炭素は  $8.8 \times \frac{12}{44} = 2.4$  g, 水素は  $4.5 \times \frac{2}{18} = 0.5$  g, 酸素は  $4.5 - 2.4 - 0.5 = 1.6$  g であるから、 $C:H:O = \frac{2.4}{12} : \frac{0.5}{1} : \frac{1.6}{16} = 2:5:1$  であり分子式は  $C_4H_{10}O_2$  である。直鎖状であり、酸化すると 2 価カルボン酸 G になるのだから、F は 1,4-ブタンジオール ( $HO-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-OH$ ), G はコハク酸 ( $HOOC-CH_2-CH_2-COOH$ ) である。C と F で合成樹脂の PBT (ポリブチレンテレフタレート) が生成する。

元素分析の結果から I の組成式が  $CH_2O$  であることがわかる。これがアミノ酸 J に対応するヒドロキシ酸であることより、I は乳酸、J はアラニンである。

乳酸 2 分子で環状エステル (ラクチド) K が生成し、K を重合すると生分解性プラスチックとして有名なポリ乳酸が得られる。

F (第 1 級アルコール) から G (カルボン酸) が生じる過程の中間物質はアルデヒドである。アルデヒド基の検出反応には、銀鏡反応、フェーリング反応があげられる。

### III

問 1  $\boxed{\text{ア}}$   $[H^+][A^-]$   $\boxed{\text{イ}}$   $[HA]$   $\boxed{\text{ウ}}$   $pK_a$   $\boxed{\text{エ}}$   $\frac{[A^-]}{[HA]}$

問 2 4.6

問 3 酢酸の物質質量 :  $9.1 \times 10^{-2}$  mol, 体積 : 5.2 mL

酢酸ナトリウムの物質質量 :  $9.1 \times 10^{-3}$  mol, 酢酸ナトリウム五水和物の質量 : 1.6 g

問 4 4.4

#### 解説

問 1  $HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$  より,  $K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$  ..... ①

両辺常用対数をとって  $\log K_a = \log [H^+] + \log [A^-] - \log [HA]$

$\Leftrightarrow -\log [H^+] = -\log K_a + \log [A^-] - \log [HA]$

$\Leftrightarrow pH = pK_a + \log \frac{[A^-]}{[HA]}$  ..... ②

以降, HA を  $CH_3COOH$ ,  $A^-$  を  $CH_3COO^-$  として論じる.

問 2  $CH_3COONa \cdot 5H_2O = 172$  なので, 17.2 g は 0.10 mol. これが完全に電離し, かつ溶液の体積は 1.0 L なので  $[CH_3COO^-] = 0.10$  mol/L.  $CH_3COOH$  の濃度は変化しないので  $[CH_3COOH] = 0.10$  mol/L. これを問 1 の②に代入すると,  $pH = 4.6 + \log \frac{0.10}{0.10} = 4.6 + 0 = 4.6$

問 3 ②に  $pH = 3.6$ ,  $pK_a = 4.6$  を代入すると,  $\log \frac{[A^-]}{[HA]} = -1 \Leftrightarrow \frac{[A^-]}{[HA]} = \frac{1}{10}$  が求まる

ので, 緩衝液 1.0 L 中の全物質質量 0.10 mol をこの比で分配して,

$(CH_3COOH \text{ の物質質量}) = 0.10 \times \frac{10}{1+10} = 0.0909 \doteq 9.1 \times 10^{-2}$  mol

$(CH_3COOH \text{ の体積}) = 0.10 \times \frac{10}{11} \times 60 \times \frac{1}{1.05} = 5.19 \doteq 5.2$  mL ( $CH_3COOH = 60$ )

$(CH_3COONa \text{ の物質質量}) = 0.10 \times \frac{1}{1+10} = 0.00909 \doteq 9.1 \times 10^{-3}$  mol

$(CH_3COONa \cdot 5H_2O \text{ の質量}) = 0.10 \times \frac{1}{11} \times 172 = 1.56 \doteq 1.6$  g



0.091 mol	0.031 mol	0.0091 mol	多量
$\downarrow -0.031$	$\downarrow -0.031$	$\downarrow +0.031$	$\downarrow +0.031$
0.060 mol	0 mol	0.0401 mol	多量

のように反応するので,

この溶液も酢酸と酢酸ナトリウムの混合水溶液となり緩衝液である.  $0.0401 \doteq 0.040$  として問 1 の②式に代入すると,

$pH = 4.6 + \log \frac{0.040}{0.060} = 4.6 + \log \frac{2}{3} = 4.6 + 0.30 - 0.48 = 4.42 \doteq 4.4$

## IV

- 問 1  $9.0 \times 10^4$  Pa  
問 2  $68 \text{ cm}^3$   
問 3  $0.0 \text{ cm}$   
問 4  $2.8 \times 10^{-4} \text{ mol}$   
問 5  $8.5 \times 10^{-3} \text{ g}$

### 解説

問 1 実験 1 の容器内の圧力は大気圧に比べて左右の液面差からくる  $3.8 \times 2 = 7.6 \text{ cmHg}$  だけ低い.

よって, 容器内の圧力は  $\frac{76 - 7.6}{76} \times 1.00 \times 10^5 = 9.0 \times 10^4 \text{ Pa}$

問 2 基本の状態での容器内の体積を  $v \text{ cm}^3$  とおく. 基本の状態での酸素を除いた気体の圧力は  $1.00 \times 10^5 - 2.0 \times 10^4 = 8.0 \times 10^4 \text{ Pa}$  である. 脱酸素剤にによって酸素がすべてなくなったあとの容器内は, 体積が  $v - 3.8 \times 2 \text{ cm}^3$ , 圧力が  $9.0 \times 10^4 \text{ Pa}$  であるので, ボイルの法則  $8.0 \times 10^4 \times v = 9.0 \times 10^4 \times (v - 3.8 \times 2)$  よって  $v = 68.4 \text{ cm}^3$

問 3 酵母の呼吸によって  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2 \longrightarrow 6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O}$  の反応がおこる.  $\text{O}_2$  と  $\text{CO}_2$  の係数から基本の状態の酸素の物質質量と, 実験 3 の反応後の酸素と二酸化炭素の総物質質量は同じである. 水については塩化カルシウムによってすべて吸収されており実験 3 での水蒸気の物質質量は  $0 \text{ mol}$ . また基本の状態でも容器内には水が含まれていないので水蒸気は  $0 \text{ mol}$  (実験 2). 以上のことから, 実験 3 での容器内の気体の総物質質量は基本の状態での総物質質量と同じで, 容器内の圧力も基本の状態と同じとなり液面は上昇も下降もしない. なお, 加えたグルコースは  $\frac{0.018}{180} = 1.0 \times 10^{-4} \text{ mol}$  であるのに対して, 容器内の酸素は  $\frac{2.0 \times 10^4 \times 68.4 \times 10^{-3}}{8.3 \times 10^3 \times 300} = 5.49 \times 10^{-4} \text{ mol}$  なので実際は酸素がすべて消費されてしまいグルコースは消失しないが, 残ったグルコースは化学変化を起こさないものとした.

問 4 気体定数を  $R$  として, 反応前の容器内の気体の総物質質量は  $n = \frac{1.0 \times 10^5 \times 68.4 \times 10^{-3}}{300R}$

mol

実験 4 の反応後の容器内の圧力は  $76 - 1.9 \times 2 = 72.2 \text{ cmHg}$  で  $9.5 \times 10^4 \text{ Pa}$  容器内の体積は

$68.4 - 1.9 \times 2 = 64.6 \text{ cm}^3$  であるので, 容器内の気体の総物質質量は  $n' = \frac{9.5 \times 10^4 \times 64.6 \times 10^{-3}}{300R}$

mol ソーダ石灰と塩化カルシウムによって二酸化炭素と水はすべて吸収されているので, 気体の物質質量の減少分  $n - n'$  mol は消費された酸素である (実験 2 から, 基本の状態での容器内には二酸化炭素も水蒸気も含まれていない).

$$n - n' = \frac{(68.4 - 0.95 \times 64.6) \times 10^2}{300R} = \frac{7.03 \times 10^2}{300R} = 2.82 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

問 5  $x \text{ g}$  のグルコースが  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2 \longrightarrow 6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O}$  ですべて反応して消失したとす

ると, 消費した酸素は  $\frac{6x}{180} \text{ mol}$  である.  $\frac{6x}{180} = 2.82 \times 10^{-4}$  より  $x = 8.46 \times 10^{-3} \text{ g}$

## 講評

### I [ラウールの法則]

(難) 理想溶液に関するこの規則を導く問題で、扱ったことのない人には大変難しい。

### II [有機構造推定]

(易) 基本的だがラクトン、ポリ乳酸などの知識があるかないかで得点に差がつきそうな問題であった。

### III [緩衝液]

(標準) 問題の意味を取りにくい問題もあるが概ね標準的な内容。  $K_a$  の値を使うか  $pK_a$  の値を使うかでやや数値がずれるが、有効数字 2 桁ならどちらも同じ解答になる。

### IV [水銀柱, 理想気体]

(難) 状況を把握するのに苦労したであろう。反応容器内の体積が基本の状態から変化していることを考慮しつつ、ボイルの法則や状態方程式を取り扱う。数値計算は式変形を丁寧にすれば大計算にはならないが、時間に追われる中で我慢してそれができるかどうか。

大問 II はなるべく完答を目指したい。大問 III をあまり落とさずに解いて、残りの時間で大問 I と大問 IV の取れるところを取れたかどうかで勝負が決まる。目標 60 %。

医学部進学予備校 **メビオ**

〒540-0033 大阪市中央区石町2-3-12 ベルヴォア天満橋

フリーダイヤル ☎0120-146-156

<http://www.mebio.co.jp/>

