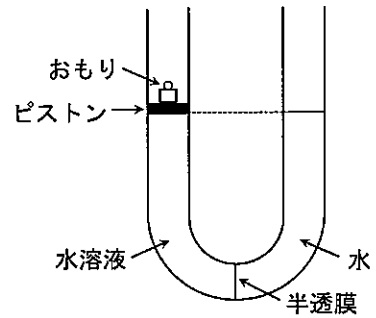


# 化 学

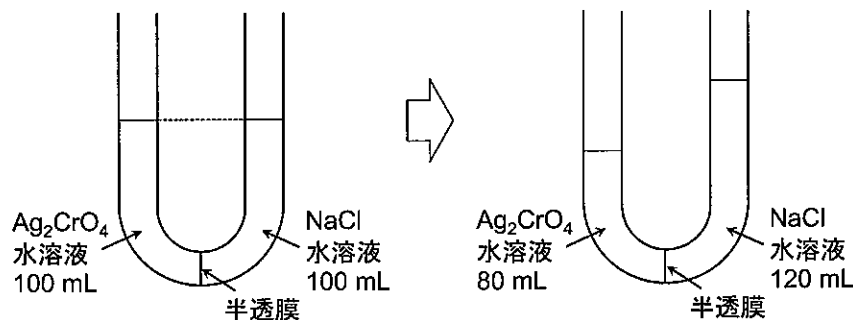
[問 1] 断面積が  $10 \text{ cm}^2$  の U 字管の中央部分を半透膜で仕切った。この U 字管を用いて、独立した実験 1~3 を行った。設問 (1)~(5) に答えよ。ただし、気体定数  $R$  は  $8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ 、大気圧は  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ mmHg}$ 、原子量は  $\text{H} = 1.0$ 、 $\text{C} = 12$ 、 $\text{N} = 14$ 、 $\text{O} = 16$ 、水銀の密度は  $13.6 \text{ g/cm}^3$ 、水と水溶液の密度は  $1.0 \text{ g/cm}^3$ 、 $\text{NaCl}$  水溶液の電離度は 1.0、 $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  の溶解度積は  $4.0 \times 10^{-12} (\text{mol/L})^3$  とする。なお、用いた半透膜は水分子のみを通し、実験の過程で溶液の体積変化はない。また、イノシトールや尿素は相互作用せず、クロム酸イオンの加水分解は無視できる。(4) 以外の答えは有効数字 2 桁で求めよ。

[実験 1] U 字管の一方に水 100 mL を入れ、もう一方には、生体内分子であるイノシトール (分子式  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) と尿素 (分子式  $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ ) の混合物 11 mg を溶かした水溶液 100 mL を入れた。水溶液の液面にはなめらかに動く 30 g のピストンをのせ、その上に 350 g のおもりをのせた。27°C でしばらく放置したところ、両液面の高さが等しくなった (図 1-1)。



[実験 2] U 字管の一方に  $0.20 \text{ mol/L}$  の  $\text{NaCl}$  水溶液 50 mL を入れ、もう一方には、化学式  $\text{XY}_2$  の物質  $w$  [g] を溶かした水溶液 50 mL を入れた。27°C でしばらく放置しても液面の高さに差は生じなかった。

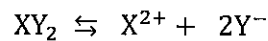
[実験 3] U 字管の一方に  $\text{NaCl}$  水溶液 100 mL を入れ、もう一方には  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  水溶液 100 mL を入れた。27°C でしばらく放置したところ、 $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  水溶液が 80 mL、 $\text{NaCl}$  水溶液が 120 mL となったところで液面が止まり、ちょうどこのとき  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  が沈殿し始めた (図 1-2)。



設 問

- (1) 実験 1 の水溶液の浸透圧は何 Pa か。計算の過程も記せ。
- (2) 実験 1 の水溶液 100 mL に含まれるイノシトールと尿素の物質量の和は何 mol か。
- (3) 実験 1 の水溶液 100 mL に含まれるイノシトールの質量は何 mg か。
- (4) 実験 2 に関する次の文中の  ~  に当てはまる適当な文字式や数値を書け。

$XY_2$  は電離度が 0.4 であり、一部は水溶液中で次のように電離する。



$XY_2$  の分子量を  $M$  とすると、電離前の  $XY_2$  のモル濃度は  mol/L であり、平衡に達したときのモル濃度は  mol/L である。

平衡時の  $X^{2+}$  のモル濃度は  mol/L,  $Y^{-}$  のモル濃度は  mol/L であるので、平衡時における化学種全体の濃度は  mol/L となる。平衡時の液面の高さは等しかったので、 $XY_2$  の分子量は  となる。

- (5) 実験 3 で、最初に加えた NaCl 水溶液の濃度は何 mol/L か。計算の過程も記せ。

[問 2] 次の文章を読み，設問 (1) ~ (5) に答えよ。ただし，アボガドロ定数  $N_A$  は  $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$  とする。

新型コロナウイルスは飛まつやエアロゾル (エーロゾル) によって感染するといわれている。エアロゾルは飛まつより小さい粒子が空気中に分散している (a) コロイド で， (b) 分散質は液体，分散媒は気体 である。

一方，分散媒が液体のコロイドも数多く知られている。デンプンやタンパク質など分子量が大きく，水中で1つの分子でコロイド粒子になるものを [A] という。デンプンなど親水基を多く持っているコロイド粒子は [B] に分類され，多くの水分子と水和している。[B] に多量の電解質を加えると水分子が引き離され，コロイドは沈殿する。この現象を [C] という。

また，水酸化鉄(III)などがコロイド粒子程度の大きさになって水中で分散しているものを [D] という。このコロイドの多くは水和しにくく，[E] に分類される。少量の電解質を [E] に加えると沈殿を生じる。この現象を [F] という。

セッケンのように疎水基と親水基を適当なバランスで持つ物質は界面活性剤と呼ばれる (図 2-1)，水の表面張力を [G] することが知られている。

界面活性剤を水に加えると一部は溶液中に分散し，一部は溶液と空気との界面に集まる (図 2-2a)。界面活性剤分子は濃度が高くなると界面を覆いつくす (図 2-2b)。さらに界面活性剤の濃度が高くなると，溶液中に分散している界面活性剤の分子が集合してミセルと呼ばれる集合体を作り分散する (図 2-2c)。

このミセルコロイドは別名 [H] という。ミセルが生成し始めるときの界面活性剤の濃度を臨界ミセル濃度という。

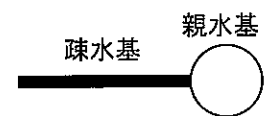


図 2-1 界面活性剤の分子モデル

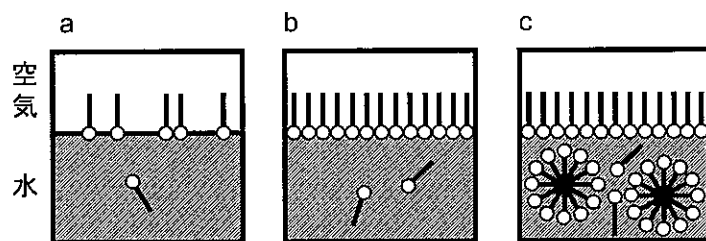


図 2-2 界面活性剤の濃度とミセルの形成

### 設 問

(1) 下線部 (a) について，コロイド粒子の直径はどれくらいか。最も適当なものをア～ウから1つ選び，記号で書け。

ア.  $10^{-9} \sim 10^{-7} \text{ m}$     イ.  $10^{-5} \sim 10^{-4} \text{ m}$     ウ.  $10^{-2} \sim 10^{-1} \text{ m}$

(2) 下線部 (b) について，コロイドには様々な分散媒と分散質の組み合わせがある。ア～コの物質を表のあ～けに分類せよ。なお，答えは記号で書き，複数の物質を表の1つの欄に分類してもよい。

表 分散媒と分散質によるコロイドの分類

		分散媒			コロイド以外
		固体	液体	気体	
分散質	固体	あ	い	う	け
	液体	え	お	か	
	気体	き	く	ー	

ア. シリカゲル    イ. 砂糖水    ウ. 泡    エ. マシュマロ    オ. 煙  
 カ. 墨汁    キ. サファイア    ク. 豆乳    ケ. ゼリー    コ. 霧

(3) 文中の **A** ~ **H** に当てはまる語句をサ~ニからそれぞれ1つ選び、記号で書け。

サ. 親水コロイド    シ. 疎水コロイド    ス. 分子コロイド    セ. 会合コロイド  
 ソ. 分散コロイド    タ. 保護コロイド    チ. チンダル現象    ツ. 透析  
 テ. 凝析    ト. 塩析    ナ. 大きく    ニ. 小さく

(4) 一定の温度で陰イオン界面活性剤 X を水に加えたとき、表面張力と X の濃度の関係は図 2-3 のようになった。このとき、  
 (i)~(iii) に答えよ。答えは有効数字 2 桁で書き、(ii), (iii) は計算の過程も記せ。

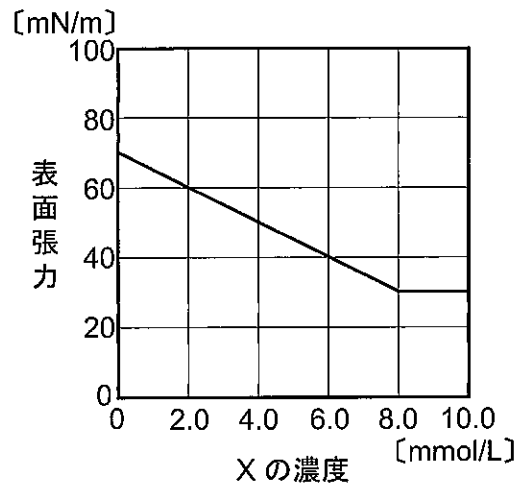


図 2-3 X の濃度と表面張力

(i) X の水溶液の臨界ミセル濃度は何 mmol/L か。

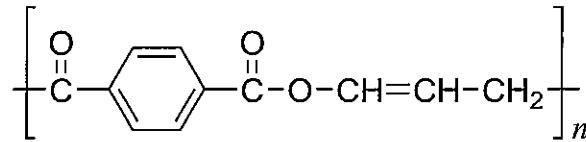
(ii) X の 1 つのミセルが 60 個の界面活性剤分子からできているとしたとき、 $8.0 \times 10^{-2}$  mol/L の X の水溶液中に含まれるミセルの濃度は何 mol/L か。ただし、X の濃度が臨界ミセル濃度より高いときには、溶液中でミセルと共存している X 分子の濃度は一定であるとする。

(iii) (ii) の水溶液 100 mL 中には、ミセルは何個存在するか。

(5) 界面活性剤の水溶液を用いると、シャボン玉を作ることができる。シャボン玉の断面の一部を、図 2-1 の分子モデルを用いて解答欄の   に描け。

[問 3] 組成式が  $\text{CH}$  である化合物 A, B, C について, 設問 (1) ~ (3) に答えよ。構造式は [例] にならって書け。ただし, 気体は理想気体としてふるまうものとし, 気体定数  $R$  は  $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ , 原子量は  $\text{H}=1.0$ ,  $\text{C}=12$ ,  $\text{O}=16$ ,  $\text{Br}=80$  とする。

[例]



### 設 問

(1) A は三重結合を含む鎖状化合物であり, 室温で気体である。A を十分な量の  $\text{O}_2$  と混ぜて完全に燃焼させたところ, 反応後の気体の体積の合計は, 同じ温度, 圧力での燃焼前の気体の体積の合計と等しかった。また, 生成した気体を塩化カルシウム管とソーダ石灰管に順に通じて完全に吸収させると, 塩化カルシウムの質量は 36 mg 増加した。 次の (i) ~ (iv) に答えよ。ただし, 燃焼で生成した物質はすべて気体である。

(i) 下線部の操作について, 生成した気体を塩化カルシウム管より先にソーダ石灰に通じてはいけない理由を簡潔に説明せよ。

(ii) 生成した気体を吸収させるとソーダ石灰の質量は何 mg 増加したか。

(iii) A の分子式を書け。

(iv) A の構造式を書け。

(2) B は図 3-1 のように三角柱の立体構造を持つベンゼンの異性体である。ただし, B のすべての C-C 結合の長さは等しいものとする。次の (i), (ii) に答えよ。

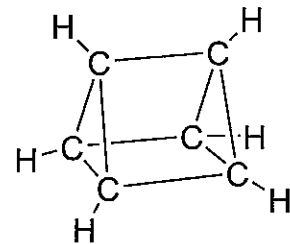


図 3-1 化合物 B の構造

(i) 次の文の ア ~ エ に当てはまる構造異性体の数を書け。

ベンゼンの水素原子のうちいずれか 1 つを臭素原子と置き換えると, 1 種類の臭化物が生成する。また, 2 つの水素原子を臭素原子と置き換えると ア 種類の臭化物が生成し, 3 つの水素原子を臭素原子と置き換えると イ 種類の臭化物が生成する。化合物 B の場合には, いずれか 1 つの水素原子を臭素原子と置き換えると 1 種類の臭化物, 2 つの水素原子を臭素原子と置き換えると ウ 種類の臭化物, 3 つの水素原子を臭素原子と置き換えると エ 種類の臭化物が生成する。

(ii) 化合物 B の 2 つの水素原子を臭素原子で置き換えた臭化物には、鏡に映した構造を元の構造と互いに重ね合わせることができないものが存在する。解答欄の図に臭素原子を書き込んで、破線で示す平面に対して対称なこれらの分子の構造を示せ。

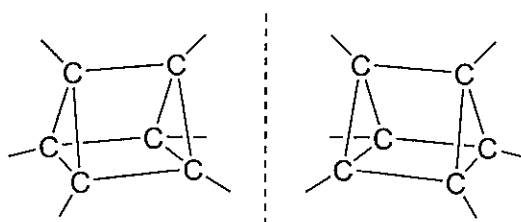


図 3-2 鏡に映した関係にある分子構造

(3) C はベンゼン環を 1 つもつ化合物である。156 mg の C に暗所で臭素を付加させたところ、臭素と C が 1 : 1 の物質質量比で反応し、396 mg の生成物が得られた。C を重合させると高分子化合物 D になる。D は透明で硬い樹脂であるが、D に発泡剤を加えて作られる樹脂は、軽量で保温性に優れ、緩衝材としても用いられている。

一方、C と 1,3-ブタジエンを重合させると、高分子化合物 E になる。E は耐摩耗性に優れ、タイヤなどに使われている。なお、1,3-ブタジエン(図 3-3)は、分子内に二重結合を 2 つもち、図 3-4

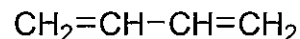


図 3-3 1,3-ブタジエン

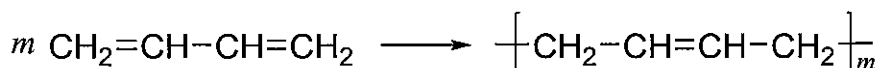


図 3-4 1,3-ブタジエンの重合

960 g の E に触媒を用いて水素を付加させると、反応した水素の体積は  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ ,  $27^\circ\text{C}$  で 298.8 L であった。

次の (i) ~ (iii) に答えよ。ただし、上記の過程ではベンゼン環は反応しなかったものとする。

(i) C の分子式を書け。

(ii) D の構造式を書け。

(iii) 下線部において、E 中の C と 1,3-ブタジエンの物質質量の比を簡単な自然数で書け。ただし、E の両端の原子は考慮しなくてもよい。計算の過程も記すこと。