

化学演習 （その1）

I 次の英文を読み、以下の問1～3に答えなさい。但し計算に必要な場合は以下の数字を使いなさい。  
アボガドロ数： $6.0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

The arrangement of atoms or ions in simple solid structures can often be represented by different arrangements of hard spheres. The spheres used to describe metallic solids represent neutral atoms because each cation is still surrounded by its full complement of electrons. The spheres used to describe ionic solids represent the cations and anions because there has been a substantial transfer of electrons from one type of atom to the other.

A crystal of an element or compound can be regarded as constructed from regularly repeating structural elements, which may be atoms, molecules, or ions. (a) The 'crystal lattice' is the pattern formed by the points and used to represent the positions of these repeating structural elements.

(b) More formally, the lattice is a three-dimensional, infinite array of points, the lattice points, each of which is surrounded in an identical way by neighboring points, and which defines the basic repeating structure of the crystal. In some cases, the structural unit may be centered on the lattice point, but that is not necessary. The crystal structure itself is obtained by associating one or more identical structural units (such as molecules or ions) with each lattice point.

substantial : 実質的な, infinite : 無限の, array : 配列, identical : 同一の

出典 : Shriver & Atkins "Inorganic Chemistry" Oxford 出版

問1 下線部(a), (b)を日本語に訳し、以下の各解答欄に記入しなさい。

解答欄

(a)

「結晶格子」とは、格子点が形作る規則的配列であり、これらの繰り返し構造要素の位置を示すために用いられる。

解答欄

(b)

より厳密には、格子とは三次元に無限に広がる点—すなわち格子点—の配列であり、各格子点を取り囲む隣接格子点の配置はすべて同一であり、これによって結晶の基本的な繰り返し構造が規定される。

## 化学演習 （その2）

問2 アルミニウムは面心立方格子をとる。単位格子の一边の長さが  $4.0 \times 10^{-8} \text{ cm}$  であるときのアルミニウムの密度と原子半径を求めなさい。なお、計算に必要なならば次の値を用い、単位も示しなさい。

原子量：Al = 27,  $\sqrt{2} = 1.4$

解答欄

密度

面心立方格子では単位格子に原子が4個含まれるので、

$$\frac{27 \times 4}{6.0 \times 10^{23} \times 6.4 \times 10^{-23}} = 2.81 \text{ [g/cm}^3\text{]}$$

解答欄

原子半径

原子半径を  $r$ 、単位格子の1辺の長さを  $a$  とすると、面心立方格子では  $r = \sqrt{2}a/4$  であるから原子半径は

$$\frac{\sqrt{2}}{4} \times (4.0 \times 10^{-8}) = 1.4 \times 10^{-8} \text{ [cm]}$$

問3 塩化ナトリウムの結晶について、ナトリウムイオンと塩化物イオンの半径はそれぞれ  $1.0 \times 10^{-8} \text{ cm}$  と  $1.8 \times 10^{-8} \text{ cm}$  である。ナトリウムの原子量、塩素の原子量をそれぞれ23と35とした場合に、塩化ナトリウムの密度  $[\text{g/cm}^3]$  を求めなさい。

解答欄

塩化ナトリウムは面心立方格子構造をとるので、単位格子中にNaとClはそれぞれ4個である。そのため単位格子の一边の長さは  $5.6 \times 10^{-8} \text{ cm}$  となる。

よって密度は以下の式

$$\frac{4 \times (23 + 35) / 6.0 \times 10^{23}}{(5.6 \times 10^{-8})^3} = 2.2 \text{ [g cm}^{-3}\text{]}$$

化学演習 （その3）	
------------	--

II 次の英文を読み、以下の問1～4に答えなさい。

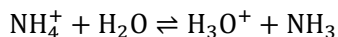
Any substances that act as a proton  /  should be classified as Brønsted acids / Brønsted bases, respectively. The definitions make no reference to the environment in which proton transfer occurs, so they apply to proton transfer behaviour in any solvent and even in no solvent at all.

Water is an example of an amphiprotic substance, a substance that can act as both a Brønsted acid and a Brønsted base. Because water is amphiprotic, a proton transfer equilibrium exists even in the absence of added acids or bases. The proton transfer from one water molecule to another is called autoprotolysis. The extent of autoprotolysis and the composition of the solution at equilibrium are described by the autoprotolysis constant of water:



The experimental value of  $K_w$  is  at 25 °C, indicating that only a very tiny fraction of water molecules are present as ions in pure water.

An important role for the autoprotolysis constant of a solvent is that it allows us to express the strength of an acid or a base. For example, the strength of base ( $K_b$ ) for ammonia equilibrium, as described by the following equation, is related to the value of that for acid ( $K_a$ ).



amphiprotic : 両親媒性, equilibrium : 平衡, autoprotolysis : 自己プロトリス

出典 : Shriver & Atkins “Inorganic Chemistry” Oxford 出版 一部改訂

問1  と  に対応する言葉を日本語で答えなさい。

解答欄

(a)  <b>与える (供与体など)</b>	(b)  <b>受け取る (受容体など)</b>
-------------------------------	--------------------------------

問2  と  の空白を単位とともに埋めなさい。数字で答える場合は有効数字2桁とする。

解答欄

(c)  <b><math>K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] \text{ [mol}^2/\text{L}^2]</math></b>	(d)  <b><math>1.0 \times 10^{-14} \text{ [mol}^2/\text{L}^2]</math></b>
---	---

## 化学演習 （その4）

## II つづき

問3 水の電離反応に関して、温度が上昇した場合に $K_w$ と pH の値がそれぞれどうなるか理由とともに答えなさい。

解答欄

水の電離反応は、中和反応の逆反応、すなわち吸熱反応であるから、ルシャトリエの原理から温度が上昇すると吸熱方向に平衡は移動する。すなわち電離が進行し、水素イオン濃度が増大するため、 $K_w$  は大きくなり、pH は減少する

問4 25 °C におけるアンモニアの塩基解離定数( $K_b$ )が  $1.0 \times 10^{-5}$  mol/L として、 $1.0 \times 10^{-3}$  mol/L の  $\text{NH}_4\text{Cl}$  水溶液(完全電離とする)について以下の間に答えなさい。有効数字は2桁とする。

- アンモニウムイオンの酸解離定数( $K_a$ )を単位とともに求めなさい。
- $\text{NH}_4^+$ の電離度( $\alpha$ )を求めなさい。
- 求めた電離度から溶液の pH を計算せよ。

解答欄

(a)

$$K_a = \frac{K_w}{K_b} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{1.0 \times 10^{-5}} = 1.0 \times 10^{-9} \quad [\text{mol/L}]$$

(b)

$$K_a = c\alpha^2$$
$$\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{c}} = \sqrt{\frac{1.0 \times 10^{-9}}{1.0 \times 10^{-3}}} = 1.0 \times 10^{-3}$$

受験 番号	
----------	--

令和8年度 神戸大学工学部「志」特別選抜最終選抜試験（応用化学科）

化学演習 （その5）	
------------	--

II つづき

問4 解答欄

(c)

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = c\alpha = 0.001 \times 1.0 \times 10^{-3} = 1.0 \times 10^{-6}$$

$$pH = \log_{10}[1.0 \times 10^{-6}] = 6.0$$

化学演習 （その6）	
------------	--

Ⅲ 次の英文を読み、以下の問1～4に答えなさい。

The term microplastic was first used to describe microscopic fragments of plastic debris in a publication in 2004. On the basis of this paper and earlier work, it was evident that small fragments of various common plastics—including polyethylene, (ア) polypropylene, (イ) polyamide (nylon), polyester, and polystyrene—were present in coastal environments around the United Kingdom and along the eastern seaboard of the United States and that their abundance had increased substantially since the 1960s. There was evidence that microplastics were bioavailable to invertebrates and fish but only speculation on the key sources and the potential for harmful effects.

Manufacturing plastics with enhanced rates of degradation has been promoted as a potential solution; however, incomplete degradation of such plastics has long been highlighted as a further potential source of microplastics. A recent expert group review concluded that although (ウ) biodegradable plastics could bring benefits in very specific applications, for example, in agriculture or fisheries or in closed-loop systems, they do not offer solutions to the issue of littering or leakage from waste management streams and pose additional risks if biodegradable plastics end up in recycling waste streams.

(a) Scientific publications on sources and ecological and human health effects of microplastics outline evidence on microplastic pollution but do not typically analyze the communication and reception of such evidence or the broader social drivers of plastics use. Microplastic pollution is the consequence of human decisions and actions, and understanding these social dynamics is key to designing effective solutions.

debris : 碎片, invertebrate : 無脊椎動物

*Science*, **386**, ead12746 (2024).より一部抜粋及び改編

化学演習 （その7）

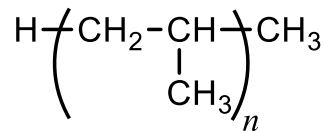
III つづき

問1 下線部(a)を日本語に訳し、以下の解答欄に記入しなさい。

解答欄

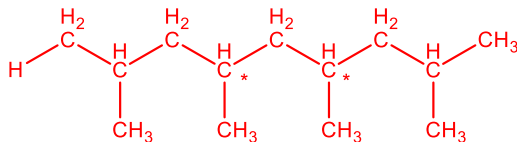
マイクロプラスチックの起源や環境や人体への健康への影響に関する科学的な論文では、マイクロプラスチックによる汚染に関する根拠がまとめられているが、その根拠どのように伝えられ、受け取られているのか、あるいはプラスチックが使用される広い社会的背景に関しては、通常分析されていない。マイクロプラスチックによる汚染は人類の意思決定や行動の結果であり、こうした社会的な潮流を理解することは、効果的な解決策を設計する鍵となる。

問2 下線(ア)のポリプロピレンは、プロピレンをモノマーとして重合することで得られる。下記はポリプロピレンの構造式を示しており、その末端が水素とメチル基になるように重合し、四量体 ( $n=4$ ) と五量体 ( $n=5$ ) が得られた。その場合の立体異性体は、鏡像異性体も含めて、それぞれいくつ存在するか答えなさい。

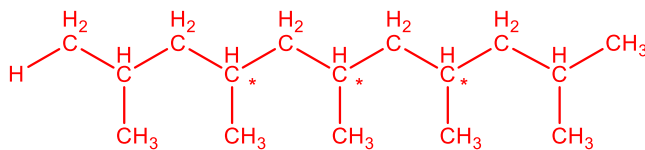


解答欄

$n=4$  では、中心のモノマー単位の二つのみが不斉炭素を持ち、対称面があるため、3通り。



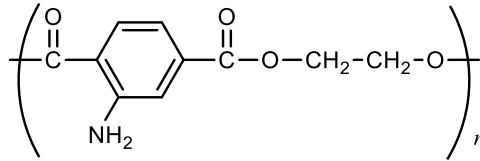
$n=5$  では、中心の三つのみが不斉炭素を持つ。しかし、真ん中のプロピレンの不斉炭素上に対称面を持ち、かつ、右側と左側の鏡像異性体構造が同じ場合は、中心の不斉は消失する。そのため、4通り。



### III つづき

問3 下線(イ)のナイロンの例として、ナイロン6とナイロン66がある。以下の問いに答えなさい。解答の際は、下記の構造式の例を参考にせよ。

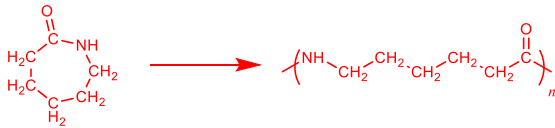
(例)



- (a) ナイロン6 (化学式： $(-C_6H_{11}NO-)_n$ ) は  $\epsilon$ -カプロラクタムをモノマーとして重合することで得られる。その重合反応を答えなさい。この時の重合反応は、付加、縮合、重付加、開環重合のどれにあたるかも答えなさい。モノマーやナイロン6は、構造式で記述し、重合触媒は示さなくてよい。

解答欄

重合反応



重合反応の種類

開環重合

- (b) 重合度1000 ( $n=1000$ )のナイロン6の高分子鎖が1 mol 必要な場合、原料のモノマーの  $\epsilon$ -カプロラクタムは何g 必要か答えなさい。ただし、末端基は考慮しないものとし、重合反応は100%の収率で進行するものとする。計算に必要な場合は次の値を用い、単位も示しなさい。

原子量：H=1, C=12, N=14, O=16

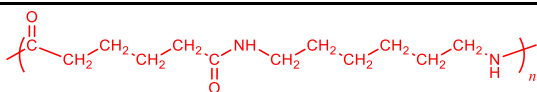
解答欄

$$1000 \times 113 = 113,000$$

$$1.13 \times 10^5 \text{ g}$$

- (c) ナイロン66の構造式を答えなさい。

解答欄



化学演習 （その9）

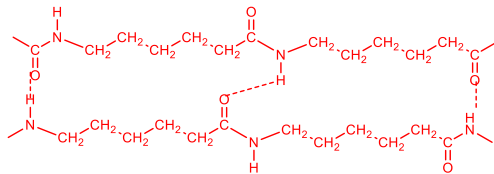
III つづき

- (d) 一般的に、結晶性高分子のナイロンは結晶中で、たんぱく質のβシート構造のような分子間水素結合を形成する。ナイロン6では分子間水素結合の様式が異なる二種類が存在するが、一方でナイロン66では一種類のみを持つ。その理由を、二分子間の分子間水素結合を示して答えなさい。

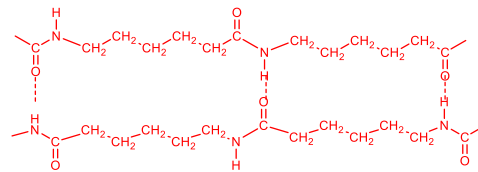
解答欄

ナイロン6は、分子鎖の軸方向に対称中心を持たず、並行と逆並行で水素結合の形成が異なるが、ナイロン66は分子鎖の軸方向に対称中心を有するため、並行と逆並行の区別が構造的にないため。

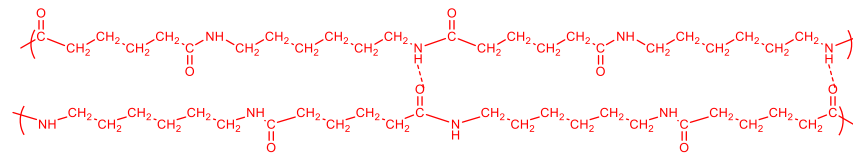
ナイロン6 並行の場合



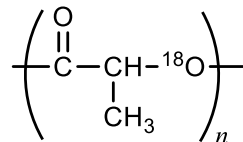
逆並行の場合



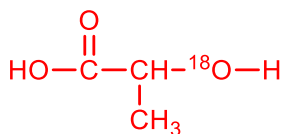
ナイロン66



- 問4 下線(ウ)の生分解性プラスチックの一つのポリ乳酸は、酸触媒下で容易に加水分解されることが知られている。下記のような酸素同位体  $^{18}\text{O}$  を含む構造式を持つポリ乳酸を、酸触媒下で完全に加水分解した。分解後に得られる化合物の構造式を答えなさい。



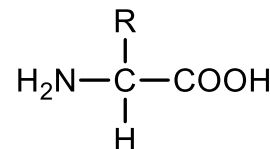
解答欄



化学演習 （その10）	
-------------	--

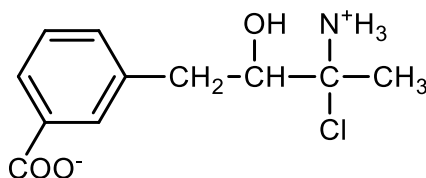
IV 次の文章を読み、以下の問1～3に答えなさい。

タンパク質を酸や酵素で分解すると、 $-\text{COOH}$  や  $-\text{NH}_2$  が同一の炭素に結合した右図のような構造式の  $\alpha$ -アミノ酸が得られる。そのため、酸と塩基の両方の性質を示し、 $-\text{COOH}$  が  $-\text{NH}_2$  に対して水中で水素イオン  $\text{H}^+$  を与え、 $-\text{COO}^-$  や  $-\text{NH}_3^+$  が同一分子中に存在する構造となっている。このように分子内に正と負の両電荷をもつイオンを〔ア〕という。アミノ酸の水溶液中では酸性条件から塩基性条件になるにつれ、〔イ〕, 〔ウ〕, 〔エ〕へとイオンの状態が平衡反応により変化していく。これらの平衡混合物の電荷が全体として0となるpHを〔オ〕という。このように水溶液中では、pHにより電荷が異なってくることを利用して、溶液にある一定のpHで電圧をかけると、電極側にアミノ酸が電荷に応じて移動し、アミノ酸を分離することができる。この現象を〔カ〕という。また、タンパク質を構成する  $\alpha$ -アミノ酸は、約20種類から構成され、構造式中のRの置換基によってその種類が決まる。例えば、 $-\text{R}$  が  $-\text{H}$  の場合はグリシン、 $-\text{CH}_3$  の場合はアラニンとなる。また、 $-(\text{CH}_2)_2-\text{COOH}$  を有するグルタミン酸、 $-(\text{CH}_2)_4-\text{NH}_2$  をリシンと呼ばれるような酸性アミノ酸や塩基性アミノ酸もある。



解答は、下記の構造式の参考例に従い、記述しなさい。

(例)



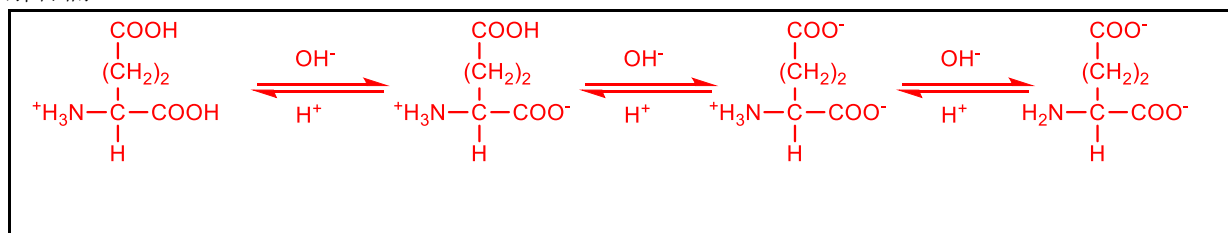
問1 (ア)～(カ)に入る語句を答えなさい。

解答欄

(ア) 双性イオン	(イ) 陽イオン	(ウ) 双性イオン
(エ) 陰イオン	(オ) 等電点	(カ) 電気泳動

問2 酸性条件下から塩基条件下までのグルタミン酸水溶液中における3段階の電離平衡反応を答えなさい。

解答欄



化学演習（その11）

IV つづき

- 問3  $1.0 \times 10^{-2}$  mol/L のグルタミン酸水溶液において、平衡混合物の電荷が全体として0となるpHとグルタミン酸の各イオンの濃度を有効数字2桁で単位とともに答えなさい。3段階の平衡反応の電離定数は、それぞれ  $K_1 = 1.0 \times 10^{-2.2}$  mol/L,  $K_2 = 1.0 \times 10^{-4.4}$  mol/L,  $K_3 = 1.0 \times 10^{-9.7}$  mol/L,  $10^{0.1} = 1.3$ ,  $10^{0.5} = 3.2$  とする。

解答欄

グルタミン酸の一価の陽イオン、双性イオン、一価の陰イオン、二価の陰イオンの濃度を  $C_+$ ,  $C_0$ ,  $C_-$ ,  $C_{2-}$  とする。また、水素イオン及び水酸基イオン濃度をそれぞれ,  $[H^+]$ ,  $[OH^-]$  とする。この水溶液中のアミノ酸イオンの電荷の総和は、0となる。よって、電離平衡反応は、電離定数が  $K_1$  と  $K_2$  の反応のみが起き、 $K_3$  の反応は無視できる。

そして、双性イオンから一価の陽イオンまたは一価の陰イオンへ変化する分量は等しくなる。つまり、 $C_+ = C_-$  となる。

$$K_1 = [H^+] \times C_0 / C_+$$

$$K_2 = [H^+] \times C_- / C_0$$

となるため、 $K_1 \times K_2 = [H^+]^2 = 1.0 \times 10^{-2.2} \times 1.0 \times 10^{-4.4} = 1.0 \times 10^{-6.6}$

$$pH = -\log[H^+] = (2.2+4.4)/2 = 3.3$$

さらに、平衡定数の式から、

$$C_+ = [H^+] \times C_0 / K_1 = 1.0 \times 10^{-1.1} \times C_0$$

$$C_0,$$

$$C_- = K_2 \times C_0 / [H^+] = 1.0 \times 10^{-1.1} \times C_0$$

$$C_{2-} = K_3 \times C_- / [H^+] = K_3 \times K_2 \times C_0 / [H^+]^2 = 1.0 \times 10^{-7.5} \times C_0$$

よって、 $C_+ : C_0 : C_- : C_{2-} = 10^{-1.1} : 1 : 10^{-1.1} : 10^{-7.5}$  より

各イオンの濃度の合計が0.1 mol/Lとなるため、

$$C_0 \times (10^{-1.1} + 1 + 10^{-1.1} + 10^{-7.5}) = 0.01$$

$$1.15 C_0 = 0.01$$

$$C_0 = 0.0087 \text{ mol/L} = 8.7 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$C_+ = C_- = 0.00067 \text{ mol/L} = 6.7 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

$$C_{2-} = 2.7 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$$