

# 化 学

計算に必要な場合には、次の値を用いよ。

原子量：H = 1.00, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0

アボガドロ数： $6.02 \times 10^{23}$        $0^\circ\text{C} = 273\text{ K}$

**1** 次の文章は8種類の元素a～hに関するものである。これを読んで下の問1から問4に答えよ。

a および b の酸化物は、ともに酸性雨の原因となる主要な大気汚染物質である。a と水素との化合物は水に溶けて酸性を示すが、b と水素との化合物は水に溶けてアルカリ性を示す。

c は N 殻から電子を放出して2価の陽イオンになり、d は1価の陰イオンになりやすい。それらの陽イオンと陰イオンは、ともに、希ガス元素である e と同数の電子をもつ。<sup>(1)</sup>

f, g, および h と d との間にはそれぞれ  $fd_3$ ,  $gd_2$ , および  $hd$  と表される化合物が存在し、このうち  $hd$  だけが水に不溶である。f, g, および h の陽イオンを含む水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えてゆくと、f と g は水酸化物となって沈澱するが、h は酸化物として沈澱する。さらに水酸化ナトリウム水溶液を加えてゆくと、f の水酸化物は再び溶解するが、g と h の沈澱は溶解しない。<sup>(2)</sup>  
f および g の水酸化物にアンモニア水を加えると、f では変化が見られないが、g の水酸化物は溶解する。<sup>(3)</sup>

問 1 a～h に当てはまる元素を次の元素群の中から選び、その元素記号で答えよ。

## 元 素 群

亜鉛, アルゴン, アルミニウム, 硫黄, 塩素, カリウム, カルシウム  
銀, ケイ素, 臭素, 炭素, 窒素, 鉄, 銅, ナトリウム, 鉛, ネオン  
バリウム, フッ素, ヘリウム, マグネシウム, ヨウ素, リン

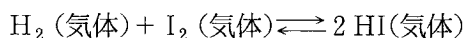
問 2 下線部(1)の陽イオンと陰イオンの大きさを比べたとき、次の1～3から正しいものを一つ選びその番号で答えよ。

- 1 陽イオンのほうが大きい。
- 2 陰イオンのほうが大きい。
- 3 ほぼ同じ大きさである。

問 3 下線部(2)のような性質をもつ元素を何とよぶか。その名称を答えよ。

問 4 下線部(3)で溶解するのはなぜか。句読点を含めて20字以内で答えよ。

2 水素とヨウ素からヨウ化水素を生成する反応は可逆反応であり、次の化学反応式で表される。



次の文章の  に、適当な記号あるいは式を入れよ。式は、 $a$ ,  $b$ ,  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $v_1$ ,  $v_2$ ,  $V$  の中から適当な記号を用いて表せ。ただし、気体はすべて理想気体としてふるまうとする。

ある温度で、容積  $V$  l の密閉容器中に水素  $a$  mol とヨウ素  $2a$  mol を加えて混合したところ、ヨウ化水素  $2b$  mol を生成した時点で平衡に達した。平衡に達するまでにヨウ化水素生成に消費された水素とヨウ素の物質量は、それぞれ  ア  mol と  イ  mol であるから、平衡状態における水素、ヨウ素、ヨウ化水素の濃度は、 $[\text{H}_2] =$   ウ  mol/l,  $[\text{I}_2] =$   エ  mol/l,  $[\text{HI}] =$   オ  mol/l となる。したがって、この反応の平衡定数  $K$  は、 $K =$   カ  で表される。一方、この反応の平衡状態における正反応(→向きの反応)の反応速度と速度定数をそれぞれ  $v_1$  と  $k_1$ 、逆反応(←向きの反応)の反応速度と速度定数をそれぞれ  $v_2$  と  $k_2$  とすると、 $v_1 =$   キ  ,  $v_2 =$   ク  と表すことができる。平衡状態では  ケ  =  コ  であるから、この反応では、 $K = \frac{k_1}{k_2}$  という関係が成り立つ。

3 次の文章を読み、下記の問1と問2に答えよ。

ある物質の固体、液体、気体の三態間では、その物質を構成する分子の平均の分子間距離が異なる。まず、液体の水における水分子間の距離について考えてみよう。1 atm の下で 4℃ の水 1 l の物質質量は、水の分子量と密度がそれぞれ 18.0 と 1.00 g/cm<sup>3</sup> であるので、 mol と計算される。したがって、4℃ の水 1 l の分子数は、 個となる。1 l は一辺が 10 cm の立方体の体積になるから、1 l 中の水分子を球と見なし、水分子の熱運動を無視して、それが塩化ナトリウムの結晶構造のようにその立方体中で等間隔に並んでいると仮定すると、並んだ水分子間の距離(隣り合う球の中心間距離)は  cm と見積もられる。水分子の大きさ(水分子における酸素原子と水素原子との距離は約 10<sup>-8</sup> cm、二つの O-H 結合のなす角度は約 100° である)から判断すると、この結果は、液体の水では水分子が互いに接近していることを物語る。次に、気体の水(水蒸気)における水分子間の距離について考えてみよう。今、1 atm 下 4℃ で 1 l の体積を占める水を、1 atm 下で加熱して 100℃ の水蒸気にすると、標準状態の気体 1 mol の体積は 22.4 l であるので、生じた水蒸気の体積は  l となる。したがって、液体の水の場合と同様の仮定で計算すると、100℃ の水蒸気中における水分子間の距離は  cm となり、水分子の大きさに比べてじゅうぶんに大きい。このことから、水蒸気が空気中に霧散してしまう理由がわかる。<sub>(1)</sub>

問 1  ~  に適当な数値を入れよ。必要ならば、 $\sqrt[3]{33.0}=3.21$ 、 $\sqrt[3]{34.0}=3.24$ 、 $\sqrt[3]{20.0}=2.71$  として計算に用い、計算結果は有効数字 2 桁で示せ。気体は理想気体としてふるまうとする。

問 2 下線部(1)について、「分子間力」という語を用い、その理由を句読点を含めて 25 字以内で記せ。

- 4 5種類の芳香族化合物(A, B, C, D, E)を含むエーテル溶液を図1にしたがい、①～④に分離した。以下の問1から問5に答えよ。ただし、化合物Aは室温でのニトロ化により合成されたため、おもに2種類の異性体(A<sub>1</sub>とA<sub>2</sub>)として存在しているものとする。

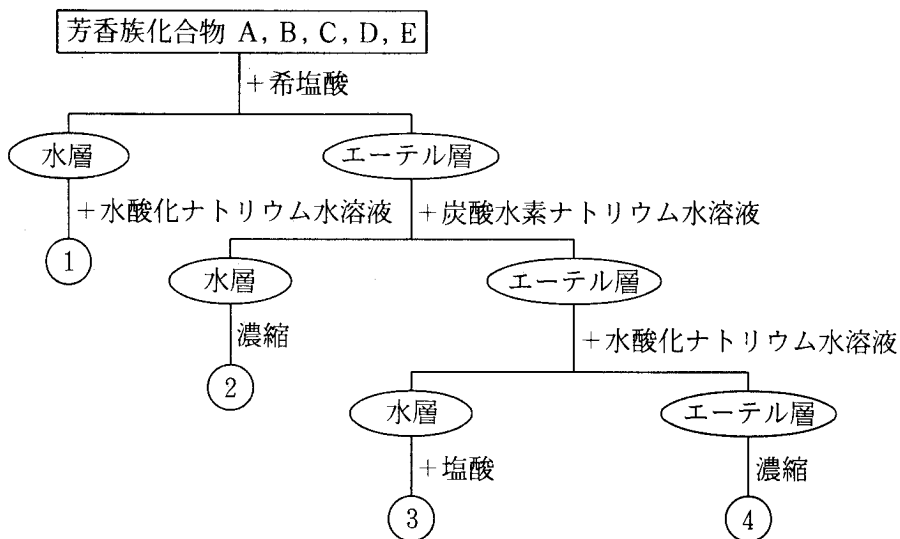
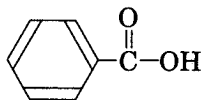


図 1

- 問 1 化合物A (A<sub>1</sub>とA<sub>2</sub>)は炭素, 水素, 酸素, 窒素からなる分子量 200 以下の化合物である。化合物A (147.3 mg)を完全に燃焼させると二酸化炭素 (316.4 mg)と水(66.1 mg)を生じた。また、元素分析を行ったところ、化合物Aは質量比で窒素原子を 12.0%含んでいることがわかった。化合物Aの分子量および構造式を書け。



〔構造式記入例〕

- 問 2 化合物Aは①～④のいずれに移行するか、その番号を書け。

問 3 融点 159 °C の化合物 B は無水酢酸と反応して分子式  $C_9H_8O_4$  の化合物となった。また、融点 123 °C の化合物 C にメタノールと硫酸を反応させることにより安息香酸メチルを得た。化合物 B と化合物 C が②に移行した状態の名称を書け。

問 4 化合物 D は③に分離された。また、③の前段階の水層には化合物 F ( $C_8H_5ONa$ ) として存在していた。化合物 D の名称を書け。

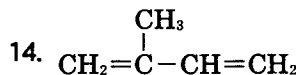
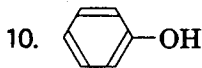
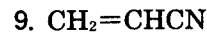
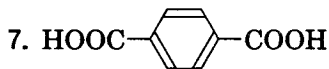
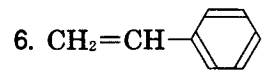
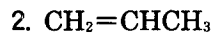
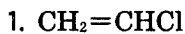
問 5 化合物  $A_1$  にスズ、塩酸を反応させることにより、メチルアニリン塩酸塩を生成した。そのメチルアニリン塩酸塩に水酸化ナトリウム水溶液を反応させると、分子式  $C_7H_9N$  の化合物 E を生じた。化合物 E に亜硝酸ナトリウム水溶液、塩酸を反応させると、化合物 G を生じた。さらに、化合物 G に化合物 F を反応させると、化合物 H を得た。化合物 H の構造式を書け。ただし、化合物  $A_1$  とは、問 1 で解答した  $A_1$  の構造式と一致しているものとする。また、構造式は問 1 の記入例にならって書け。

5 次の問1から問3に答えよ。

問1 下表は、合成繊維および合成樹脂に用いられる合成高分子に関するものである。以下の問に答えよ。

合 成 高 分 子	モノマー
6,6-ナイロン	A
6-ナイロン	B
ポリエチレンテレフタレート	C
ポリアクリロニトリル	D
ビニロン	E
ポリプロピレン	F
フェノール樹脂	G
尿素樹脂	H
ポリスチレン	I
ポリ塩化ビニル	J

(1) 各合成高分子を構成するモノマーA～Jを下の化合物群1～14から選び、その番号を書け。ただし、合成高分子によってはモノマーが2種類存在する場合があるので、その場合は2つとも書け。



(2) 各合成高分子を得るのに用いられる重合法は、下の(ア)～(ウ)のいずれかである。各合成高分子の重合法を分類し、そのモノマーの記号(A～J)を書け。

(ア) 縮合重合

(イ) 開環重合

(ウ) 付加重合

問 2 図2のように塩化ナトリウム水溶液を入れた槽の両端に電極を入れ、その間に陽イオン交換膜と陰イオン交換膜を交互において電圧をかけた。塩化ナトリウムが濃縮されるのは図中 A ~ E のどの槽か。記号で示せ。ただし、各槽はイオン交換膜によって完全に隔離されているものとする。

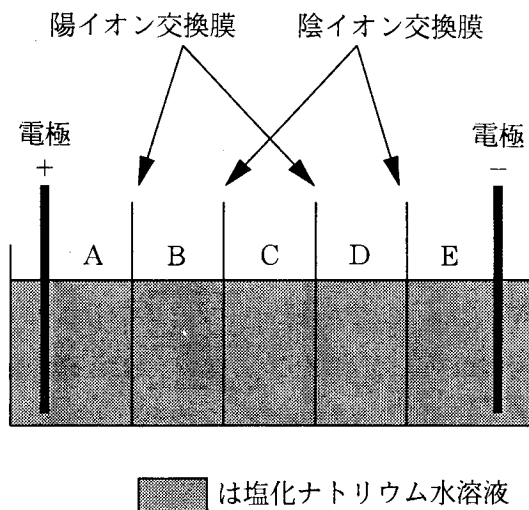


図 2

問 3 濃度不明の塩化カルシウム水溶液 100 ml を陽イオン交換樹脂の層を通し、陽イオンをすべて交換した。このとき得られた水溶液を完全に中和するのに  $0.80 \text{ mol/l}$  水酸化ナトリウム水溶液が 25 ml 必要であった。最初の塩化カルシウム水溶液のモル濃度はいくらか。有効数字 2 桁で答えよ。

6 次の文章を読み、下記の問1から問4に答えよ。

$\alpha$ -アミノ酸の基本構造は、図3のように **ア** が結合した炭素にアミノ基とRと水素が結合している。そして、このRが **イ** である **ウ** 以外のアミノ酸にはD-型またはL-型の光学異性体が存在し、天然の多くのアミノ酸がL-型である。たとえば、L-アスパラギン酸の立体構造は図4のように示される。<sup>(1)</sup>

タンパク質は、アミノ酸がペプチド結合で重合した **エ** を基本骨格とする天然高分子化合物であるが、この構造を簡略化して考えるため、3つのアミノ酸がペプチド結合した **オ** をみることにする。<sup>(2)</sup><sup>(3)</sup> この化合物の両端はペプチド結合に関与しないため、アミノ基と **ア** がそれぞれの端に位置する。同様の構造から判断して、タンパク質の **エ** 鎖もその両端はアミノ基が位置する末端と **ア** が位置する末端に区別され、方向性のある長い鎖状の構造をしている。

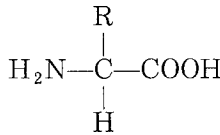


図 3

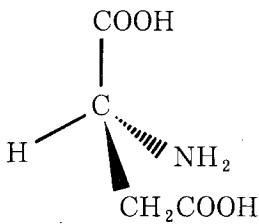


図 4

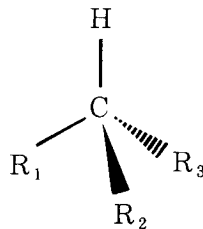
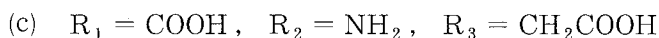


図 5

— は紙面上の結合を示し、**▲** は紙面から上に出ている結合を、**▨** は紙面から下に出ている結合を表している。

問 1 文中の ア ～ オ に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部(1)に関連して、D-アスパラギン酸の立体構造を図5のように表した場合、 $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ に入る官能基を次の(a)～(e)の中から選び、記号で答えよ。



問 3 下線部(2)の構造式を書け。

問 4 下線部(3)の化合物を 1 g とり、純水に溶解し 100 ml とした。この溶液に塩酸を加えて加熱し、完全に加水分解した後、アミノ酸の分析をおこなった。その結果、アラニンとセリンの2種類のアミノ酸が 2 : 1 のモル比に存在した。

(1) 加水分解前の溶液についてニンヒドリン反応、キサントプロテイン反応、およびビウレット反応の各呈色反応をみるとすれば、陽性になる反応はどの反応か。

(2) ここで加水分解されたアミノ酸混合物が 100 % 回収できるものとすれば、合計何グラムのアミノ酸を得ることができるか。下記の(a)～(g)のうち最も近い数値を選び、記号で答えよ。(アラニンとセリンの分子量をそれぞれ 89 と 105 として計算せよ。)

(a) 0.78

(b) 0.84

(c) 0.98

(d) 1.06

(e) 1.15

(f) 1.24

(g) 1.32