

化 学

(1) 次の文章を読んで、続く問いに答えよ。

原子は、原子核とその周囲に存在する電子から構成される。原子核に含まれる正の電荷を有する粒子を (①) といい、電荷をもたない粒子を (②) という。原子核に含まれる (①) の数は (③) とよばれる。(①) と (②) の合計数のことを (④) という。(③) は同じでも、(④) が異なる原子どうしをたがいに (⑤) であるという。

電子は原子核の周囲に、(⑥) とよばれる層に分かれて存在している。(⑥) は、原子核に近い内側のものから順に、K 殻、L 殻、M 殻、N 殻・・・と命名されていく。内側から n 番目の (⑥) に入る電子の最大数は (⑦) 個である。電子は、原則として (⑧) 殻から順に配置されていく。最大数の電子で満たされている (⑥) は安定しており、最も外側の (⑥) に入っている電子を (⑨) という。原子がイオンになるときや、他の原子と結びつくときに、重要な役割を果たす電子を (⑩) という。

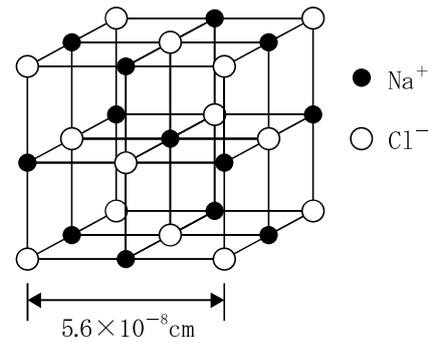
元素を原子番号の順に並べ、似た性質を持つ元素が縦に並ぶようにした表のことを元素の周期表という。周期表の縦の列は族、横の行は周期とよばれる。周期表で同じ族に属している元素は同族元素とよばれる。

- 1) 文章中の (①) ~ (⑩) に適する語句または式や記号を、それぞれ答えよ。
- 2) 以下の (ア) ~ (ウ) の同族元素の名称を、それぞれ答えよ。
 - (ア) 17 族元素
 - (イ) 水素を除く 1 族元素
 - (ウ) 18 族元素

(2) 次の文章〔I〕および〔II〕を読んで、続く問いに答えよ。なお、計算結果は有効数字2桁で示せ。また、必要があれば、 $(5.6)^3 = 1.8 \times 10^2$ 、アボガドロ定数 $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$ 、原子量は $\text{Na} = 23$ 、 $\text{Cl} = 36$ を用いよ。

〔I〕

陽イオンと陰イオンの静電的な引力による結合をイオン結合という。イオン結合でできた結晶をイオン結晶とよび、陽イオンと陰イオンが規則正しく立体的に配列している。右図は、塩化ナトリウムの結晶構造を示したものである。塩化ナトリウムの結晶では、 Na^+ は (①) 個の Cl^- に囲まれて接しており、 Cl^- は (②) 個の Na^+ に囲まれて接している。また、1 個の Na^+ に最も近い Na^+ は (③) 個である。塩化ナトリウムの単位格子は、一辺の長さが $5.6 \times 10^{-8} \text{ cm}$ の立方体である。



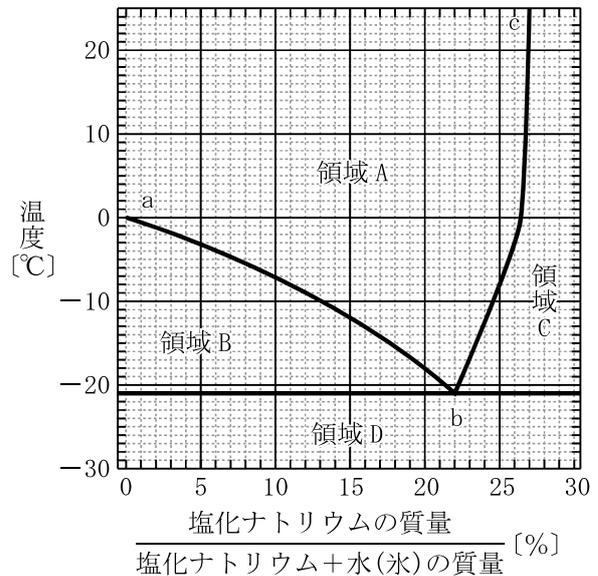
- 1) 文章中の (①) ~ (③) に適する数値を、それぞれ答えよ。
- 2) 塩化ナトリウムの単位格子に含まれる Na^+ と Cl^- は何個か、それぞれ答えよ。
- 3) 塩化ナトリウムの単位格子の質量は何 g か、答えよ。
- 4) 塩化ナトリウムの結晶の密度は何 g/cm^3 か、答えよ。

〔Ⅱ〕

容器に、塩化ナトリウム（固体）と水をある割合で入れ、ある温度で、容器内が十分に平衡になるまで保つ。このとき、容器内の塩化ナトリウムと水の混合物は、温度、塩化ナトリウム濃度（塩化ナトリウムと水（氷）の混合物に対する塩化ナトリウムの質量の割合〔%〕）に応じて、右の図のように、種々の状態を示す。

塩化ナトリウムと水の混合物は、図中の領域 A では、塩化ナトリウム水溶液として存在する。これに対し、領域 B では、塩化ナトリウム水溶液と氷の混合物として、領域 C では、塩化ナトリウム飽和水溶液と塩化ナトリウム（固体）の混合物として、さらに、領域 D では、塩化ナトリウム（固体）と氷の混合物の状態が存在する。また、図中の実線は、これらの境界を示し、実線 ab はその濃度において水が凝固し始める温度に対応しており、実線 bc はその温度での塩化ナトリウム飽和水溶液の濃度に対応している。

たとえば、濃度 22% 以下の塩化ナトリウム水溶液を徐々に冷却してゆくと、実線 ab 以下の温度で、水溶液中の水の一部が凝固し、氷と塩化ナトリウム水溶液の混合物となる。さらに冷却を続けると、 -21°C 以下で、氷と塩化ナトリウム（固体）の混合物となる。一方、濃度が 22% 以上の水溶液を冷却すると、実線 bc 以下の温度で、塩化ナトリウム（固体）の析出が始まり、 -21°C 以下で、氷と塩化ナトリウム（固体）の混合物となる。



5) 10% 塩化ナトリウム水溶液 100 g を容器に入れ、 -3°C に保ちながら、少しずつ塩化ナトリウム（固体）を加えていった。

(i) 塩化ナトリウムが溶け残り始めるときの、容器内の塩化ナトリウムの質量パーセント濃度は何%か、答えよ。

(ii) このとき、あとから加えた塩化ナトリウム（固体）は何 g か、答えよ。

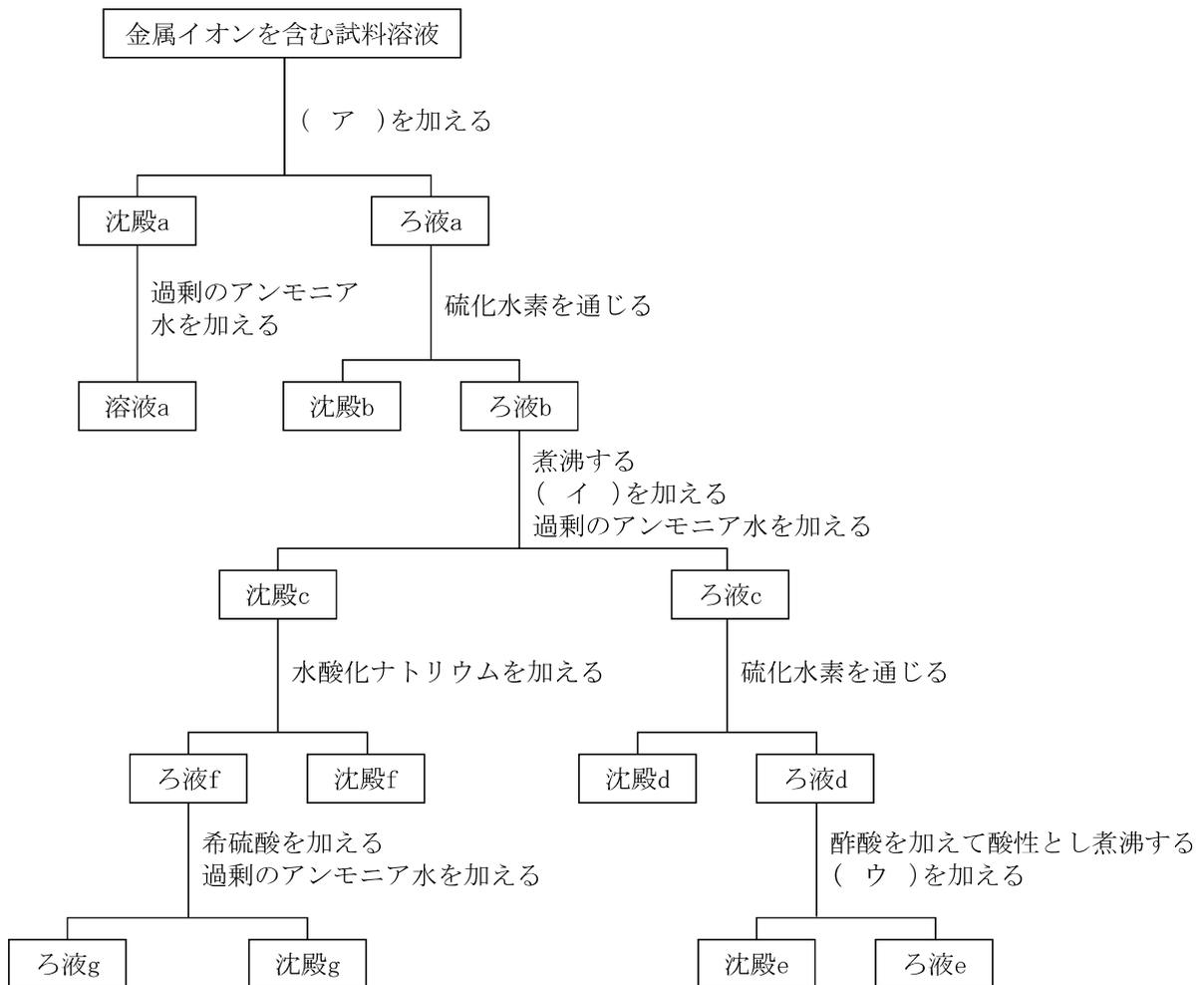
6) 10% 塩化ナトリウム水溶液 100 g を容器に入れ、溶液を徐々に -10°C まで冷却し、そのまま十分に長い時間保った。

(i) このとき、容器内の塩化ナトリウムの質量パーセント濃度は何%になるか、答えよ。

(ii) このとき、容器内には、何 g の氷が存在するか、答えよ。

(3) 次の文章を読んで、続く問いに答えよ。

7種類の金属イオン (Al^{3+} , Na^+ , Ca^{2+} , Cu^{2+} , Ag^+ , Fe^{3+} , Zn^{2+}) を含む試料溶液がある。これを、下図の手順で金属イオンを分離、同定した。すなわち、溶液 a, 沈殿 b, 沈殿 d, 沈殿 e, ろ液 e, 沈殿 f, 沈殿 g, ろ液 g には、1つを除き、それぞれ金属イオン由来の物質が1種類含まれる。



1) 図中の (ア) ~ (ウ) に適する試薬名を、以下の ① ~ ⑥ のうちから選び、それぞれ、記号で答えよ。

- | | | |
|-------|------------|------------|
| ① 濃硫酸 | ② 希硫酸 | ③ 希塩酸 |
| ④ 希硝酸 | ⑤ 酢酸アンモニウム | ⑥ 炭酸アンモニウム |

化

5

2) 図中の沈殿 a を化学式で答えよ。また、その沈殿 a に光を当てると、その色はどのように変化するか、答えよ。さらに、沈殿 a に過剰のアンモニア水を加えることのできる溶液 a に含まれる錯イオンを化学式で答えよ。

3) 図中の沈殿 b および沈殿 e を化学式で、それぞれ答えよ。また、その色を下記の語群のうちから最も適するものを選んで、それぞれ答えよ。

【語群】

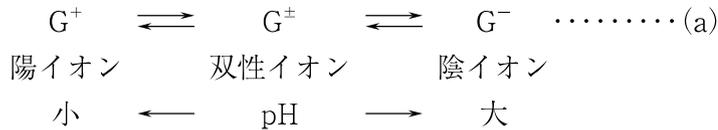
赤褐色 水色 橙色 深緑色 白色 黒色 黄褐色 濃青色

4) 図中の沈殿 g を化学式で答えよ。

5) 図中のろ液 e に含まれる金属イオンは何か、化学式で答えよ。また、その金属イオンを同定する方法の名称を答えよ。

(4) 次の文章を読んで、続く問いに答えよ。

グリシン (G) は水溶液中では、下記の3種類のイオンが存在し、溶液の pH によって、以下の (a) のように、異なるイオンの形となる。



これらのイオンの間には、以下の (b) と (c) のような、2段階の電離平衡が成り立つ。



このとき、(b) と (c) の電離定数 K_1 、 K_2 は、それぞれ、次のとおりである。

$$K_1 = \frac{[\text{①}][\text{②}]}{[\text{③}]} \text{ [mol/L]}$$

$$K_2 = \frac{[\text{④}][\text{②}]}{[\text{①}]} \text{ [mol/L]}$$

等電点は、 G^+ 、 G^\pm 、 G^- の平衡混合物の電荷の合計が0となる時の溶液の (⑤) の値である。等電点では、正負の電荷がつり合っているため、(③) と (④) の濃度は等しい。

1) 文章中のイオン G^+ 、 G^\pm 、 G^- の構造式を、以下の (ア) ~ (カ) のうちから選び、それぞれ、記号で答えよ。



2) 文章中の (①) ~ (⑤) に適する化学式 (グリシンの略号 G を含む) または語句を、それぞれ答えよ。

3) グリシンの K_1 は 4.0×10^{-3} mol/L、 K_2 は 2.5×10^{-10} mol/L であり、電離定数 K を常用対数で表すと、 $\text{p}K = -\log_{10} K$ で、 $\text{p}K_1$ は 2.4、 $\text{p}K_2$ は 9.6 となる。以下の ⑥ ~ ⑧ の値を、それぞれ答えよ。なお、計算結果は有効数字 2 桁で示せ。また、必要があれば、 $\log_{10} 2 = 0.30$ 、 $\log_{10} 3 = 0.48$ 、水のイオン積 $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ (mol/L)² として計算せよ。

⑥ グリシンの等電点。

⑦ pH 3.0 の水溶液中において、グリシンの陽イオン、双性イオン、陰イオンの平衡混合物のうち、双性イオンとして存在する割合 [%]。

⑧ 0.10 mol/L のグリシン水溶液 10 mL に 0.10 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を 4.0 mL 加えたときの pH。