

クラス		受験番号	
出席番号		氏名	

2018年度 第1回 全統記述模試

学習の手引き 【解答・解説集】

# 数 学 ・ 理 科

【2018年5月実施】

● 数 学 .....	1
● 理 科	
物理基礎 .....	42
化学基礎 .....	49
生物基礎 .....	54
地学基礎 .....	59
物 理 .....	68
化 学 .....	82
生 物 .....	95
地 学 .....	109

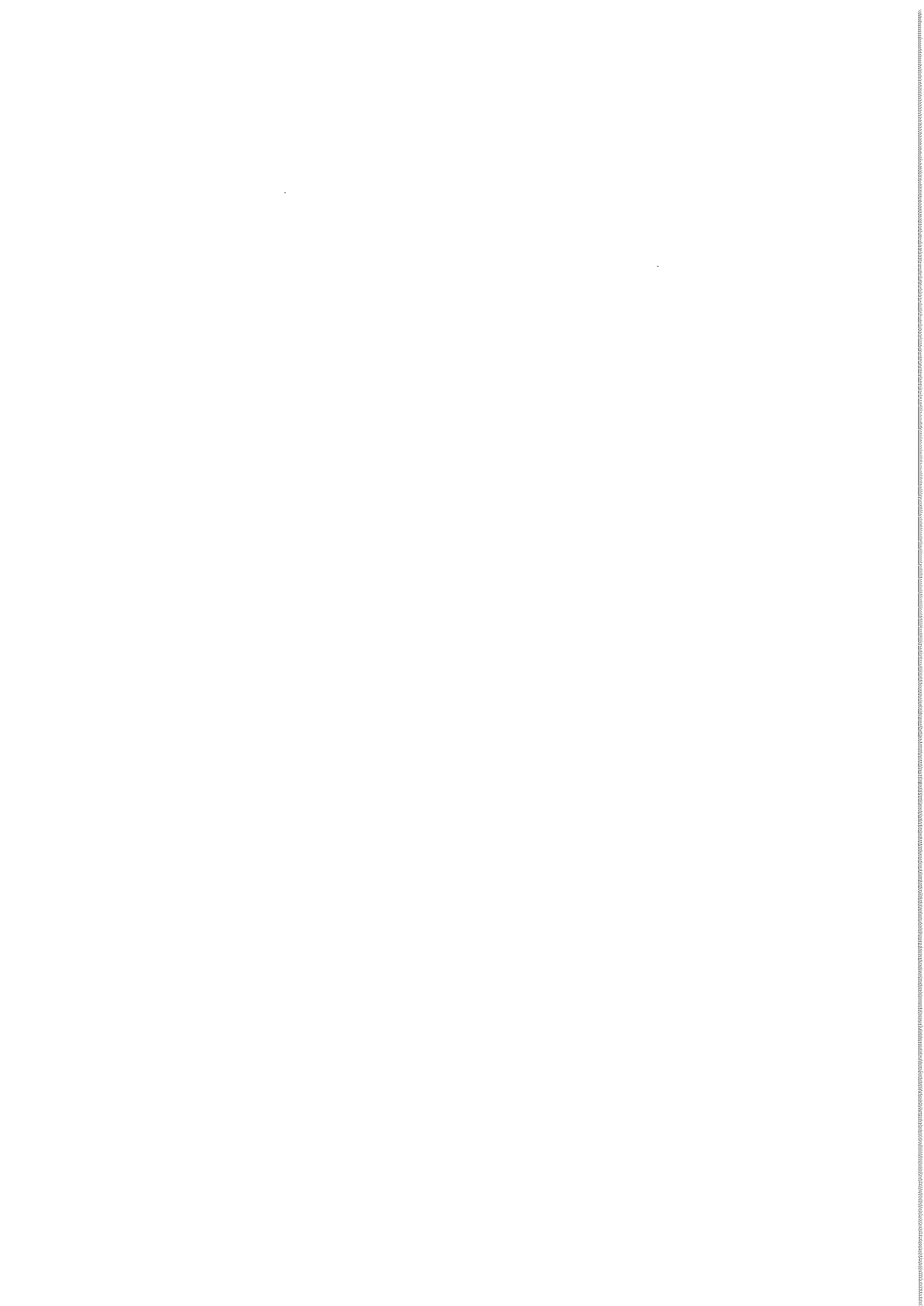
※英語冊子巻末に「自己採点シート」を掲載していますので、復習のためにご利用ください。

**河合塾**



1861210119501040





# 化学

## I 化学結合、結晶

### ▶ 解答 ◀

I	問1	あ	自由電子	い	静電気 (クーロン)	問2	(1)	(b)	(2)	(a)	
	問3	(1)	$:\ddot{O}::C::\ddot{O}:$	(2)	( $\pm$ )						
II	問4	6		問5	$2(R+r)$						
	問6	名称	水	理由	溶 解 し て し ま う た め 。						
	問7	$2.2 \text{ g/cm}^3$			問8	$5.9 \times 10^{23} / \text{mol}$					

**配点** (25点)

I 問1 各2点×2 問2 (1) 2点 (2) 2点 問3 (1) 2点 (2) 2点

II 問4 2点 問5 2点 問6 名称 1点 理由 2点 問7 3点 問8 3点

### 出題のねらい

- I 化学結合と結晶の性質についての知識を確認する問題である。  
 II NaCl型の結晶構造に関する理解を確認するとともに、アボガドロ定数を求める実験操作を通して思考力を試す問題である。

### 解説

I

問1 **あ** 金属結晶中では各原子の価電子が特定の原子間で共有されることなく、結晶中を自由に動き回ることができる。このような電子を自由電子という。

**い** イオン結合は陽イオンと陰イオンが静電気力(クーロン力)で引き合って結びつく結合である。

問2 (1) イオン結晶は、陽イオンと陰イオンが自由に動くことができないため、電気伝導性を示さないが、融解して液体になると、陽イオンと陰イオンが自由に動けるようになるので、電気伝導性を示す。

(2) 金属結晶は展性(薄く広げられる性質)や延性(引き延ばされる性質)がある。これは、原子の位置が多少ずれても、自由電子が移動できるため、金属結合が保たれるからである。

問3 (1)  $\text{CO}_2$ 分子では、次の図のように、C原子とO原子が互いに2個ずつの対電子を出し合って、2組の共有電子対を形成し、これを2原子間で共有している。

### 整理

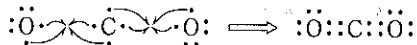
#### 化学結合

共有結合…対になった電子を共有してできる結合。

イオン結合…陽イオンと陰イオンが静電気力(クーロン力)で引き合っている結合。

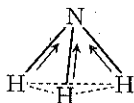
金属結合…価電子(自由電子)を全原子で共有することによってできる結合。

分子間力…分子どうしの間にはたらく弱い力。非常に弱いファンデルワールス力のほかに、やや強い水素結合がはたらく場合がある。



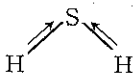
(2) (ア)～(オ)の分子のうち、(ア)  $\text{N}_2$  は結合に極性がなく、無極性分子である。(イ)～(オ)は分子内の結合に極性があり、分子の極性の有無は分子の形によって決まる。

(イ)  $\text{NH}_3$  は三角錐形であり、3個の  $\text{N-H}$  結合の極性は互いに打ち消し合わないため、極性分子である。

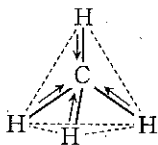


( $\rightarrow$ の方向に共有電子対が引き寄せられていることを表す)

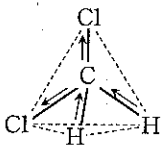
(ウ)  $\text{H}_2\text{S}$  は  $\text{H}_2\text{O}$  と同様に折れ線形であり、2個の  $\text{S-H}$  結合の極性は互いに打ち消し合わないため、極性分子である。



(エ)  $\text{CH}_4$  は正四面体形であり、4個の  $\text{C-H}$  結合の極性が互いに打ち消し合うため、無極性分子である。

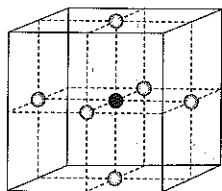


(オ)  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  は (エ) と同様に四面体形であり、2個の  $\text{C-H}$  結合と2個の  $\text{C-Cl}$  結合の極性は互いに打ち消し合わないため、極性分子である。



## II

問4 単位格子の中心にある  $\text{Na}^+$  に着目すると、1個の  $\text{Na}^+$  に接している  $\text{Cl}^-$  の数は6であることがわかる。



### 整理

#### 結晶の性質

##### ① 金属結晶

固体でも融解液でも電気を通す。展性や延性がある。

##### ② イオン結晶

固体では電気を通さないが、融解液、水溶液は電気を通す。

##### ③ 分子結晶

融点が低く、軟らかい。昇華しやすいものもある。

##### ④ 共有結合の結晶

非常に硬く、融点が高い。

### 整理

#### 電気陰性度

原子が結合するとき、それぞれの原子が結合に使われる電子を引きつける強さを相対的に示す尺度。結合をつくらない希ガスについては定義されない。

#### 結合の極性

共有結合をしている2原子間の電荷の偏り。2原子の電気陰性度の差が大きいほど結合の極性は大きい。

#### 分子の極性

分子全体としての電荷の偏り。分子中の結合に極性があっても、その極性が互いに打ち消し合うと無極性分子になる。

#### 主な分子の形

$\text{CH}_4$  … 正四面体形

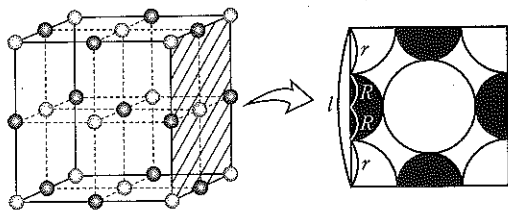
$\text{NH}_3$  … 三角錐形

$\text{H}_2\text{O}$  … 折れ線形

$\text{CO}_2$  … 直線形

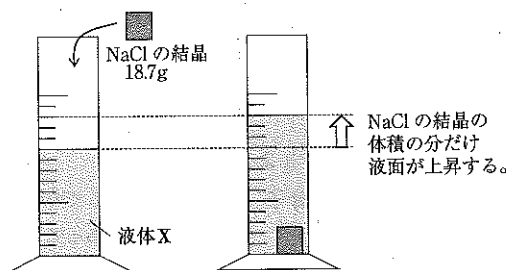
問5 単位格子の一辺の長さを  $l$  [cm] とすると、下の図より、次式が成り立つ。

$$l = 2R + 2r = 2(R + r)$$



問6 操作の目的は NaCl の結晶の密度を求めることである。そのためには、操作2で用いた NaCl の結晶の質量は 18.7 g とわかっているため、その体積を測定する必要がある。その体積は液体 X に結晶を加えたときの液面の変化から求められる。NaCl の結晶が液体 X に溶解しない場合は、加えた NaCl の結晶の体積の分だけ液体 X が押し上げられ、液面が上昇するため、その液面上昇分から、加えた NaCl の結晶の体積を求めることができる。

NaCl の結晶が液体 X に溶解する場合は、その体積を測定することはできない。NaCl の結晶は、ベンゼンには溶解しないが、水に溶解するので、液体 X として不適切なのは水である。



問7 液面の変化より、加えた NaCl の結晶の体積は、

$$68.5 \text{ mL} - 60.0 \text{ mL} = 8.5 \text{ mL} = 8.5 \text{ cm}^3$$

結晶の質量は 18.7 g だから、その密度は、

$$\frac{18.7 \text{ g}}{8.5 \text{ cm}^3} = 2.2 \text{ g/cm}^3$$

問8 次の図より、単位格子中に含まれる  $\text{Na}^+$  は、単位格子の各辺

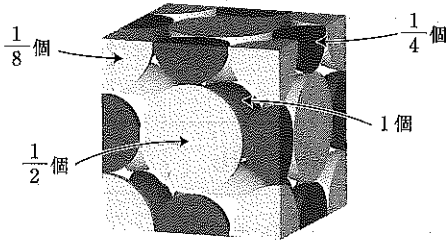
の中心には  $\frac{1}{4}$  個、単位格子の中心には 1 個である。よって、単位格子中に含まれる  $\text{Na}^+$  の数は、

$$\frac{1}{4} \times 12 + 1 = 4 \text{ 個}$$

また、単位格子中に含まれる  $\text{Cl}^-$  は、単位格子の各頂点には  $\frac{1}{8}$  個、各面の中心には  $\frac{1}{2}$  個である。よって、単位格子中に含まれる

Cl<sup>-</sup>の数は、

$$\frac{1}{8} \times 8 + \frac{1}{2} \times 6 = 4 \text{ 個}$$



NaClのモル質量は58.5 g/molだから、アボガドロ定数を  $N_A$  [/mol] とすると、Na<sup>+</sup> 1個とCl<sup>-</sup> 1個の質量の合計は、

$$\frac{58.5 \text{ g/mol}}{N_A \text{ [/mol]}} = \frac{58.5}{N_A} \text{ [g]}$$

単位格子中に含まれるNa<sup>+</sup>とCl<sup>-</sup>は4個ずつだから、単位格子の密度は次式で表される。

$$\frac{\frac{58.5}{N_A} \text{ [g]} \times 4}{1.8 \times 10^{-22} \text{ cm}^3}$$

この密度は、操作1, 2により求めた密度(問7の結果)と等しいので、次式が成り立つ。

$$\frac{\frac{58.5}{N_A} \text{ [g]} \times 4}{1.8 \times 10^{-22} \text{ cm}^3} = 2.2 \text{ g/cm}^3$$

$$N_A = 5.90 \times 10^{23} \div 5.9 \times 10^{23} / \text{mol}$$

#### 整理

結晶の密度

$$\text{密度} = \frac{\text{単位格子中の粒子の質量の総和}}{\text{単位格子の体積}}$$

2 酸・塩基, 中和滴定

▶ 解答 ◀

I	問1	A < B < D < C		問2	1.6 × 10 <sup>-3</sup> mol/L		問3	5.0 × 10 <sup>-2</sup>	
II	問4	ビュレット							
	問5	NH <sub>4</sub> Cl + NaOH → NaCl + H <sub>2</sub> O + NH <sub>3</sub>							
		(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + 2NaOH → Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + 2H <sub>2</sub> O + 2NH <sub>3</sub>							
	問6	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + 2NH <sub>3</sub> → (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>							
問7	(イ)	問8	1.0 × 10 <sup>-1</sup> mol		問9	4.0 × 10 <sup>-2</sup> mol			

配点 (25点)

I 問1 3点(完答) 問2 2点 問3 3点  
 II 問4 2点 問5 各2点×2 問6 2点 問7 2点 問8 4点 問9 3点

出題のねらい

- I 酸・塩基の水溶液の pH と電離に関する計算力を試す問題である。  
 II 中和滴定(逆滴定)の実験操作に関する知識と計算力を試す問題である。

解説

I

問1 水溶液 A ~ D はいずれもモル濃度が 0.10 mol/L である。

HCl は強酸であり, CH<sub>3</sub>COOH は弱酸だから, pH は, A < B < 7.0 である。また, NaOH は強塩基であり, NH<sub>3</sub> は弱塩基だから, pH は 7.0 < D < C である。よって, A ~ D を pH の小さい順に左から並べると, A < B < D < C となる。

なお, それぞれの水素イオン濃度は次のようになる。

A: HCl は 1 価の強酸だから, HCl は完全に電離しており, [H<sup>+</sup>] = 0.10 mol/L である。

B: CH<sub>3</sub>COOH は 1 価の弱酸だから, CH<sub>3</sub>COOH の一部が電離しているので,

$$1.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L} < [\text{H}^+] < 0.10 \text{ mol/L}$$

C: NaOH は 1 価の強塩基だから, NaOH は完全に電離しており, [OH<sup>-</sup>] = 0.10 mol/L である。水のイオン積  $K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$  より,

$$[\text{H}^+] = \frac{K_w}{[\text{OH}^-]} = \frac{1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2}{0.10 \text{ mol/L}} = 1.0 \times 10^{-13} \text{ mol/L}$$

整理

酸・塩基の強弱

強酸

HCl, HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> など

弱酸

CH<sub>3</sub>COOH, (COOH)<sub>2</sub> など

強塩基

NaOH, KOH, Ca(OH)<sub>2</sub>,

Ba(OH)<sub>2</sub> など

弱塩基

NH<sub>3</sub> など

整理

水のイオン積

水のイオン積  $K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-]$

25℃では,  $K_w = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$

整理

pH (水素イオン指数)

$\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+]$

$[\text{H}^+] = 10^{-a} \text{ mol/L}$  のとき,  $\text{pH} = a$



D:  $\text{NH}_3$  は 1 価の弱塩基だから、 $\text{NH}_3$  の一部が電離しており、

$$1.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L} < [\text{OH}^-] < 0.10 \text{ mol/L}$$

$$1.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L} > [\text{H}^+] > 1.0 \times 10^{-13} \text{ mol/L}$$

問 2 水溶液 D 中の  $\text{NH}_3$  の電離度は 0.016 だから、水溶液 D の  $[\text{OH}^-]$  は、

$$[\text{OH}^-] = 0.10 \text{ mol/L} \times 0.016 = 1.6 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

問 3 水溶液 B を 10 倍に希釈したときの  $\text{CH}_3\text{COOH}$  水溶液のモル濃度は、

$$0.10 \text{ mol/L} \times \frac{1}{10} = 1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

希釈した水溶液中の  $\text{CH}_3\text{COOH}$  の電離度を  $\alpha$  とすると、

$$[\text{H}^+] = 1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L} \times \alpha$$

この水溶液の pH は 3.30 であり、 $\log_{10} 2.0 = 0.30$  より、

$$10^{0.30} = 2.0 \text{ だから、}$$

$$[\text{H}^+] = 10^{-3.30} \text{ mol/L} = 10^{-0.30} \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$= \frac{1}{2.0} \times 10^{-3} \text{ mol/L} = 5.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

したがって、

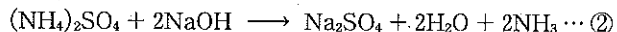
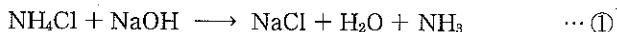
$$\alpha = \frac{5.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}}{1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}} = 5.0 \times 10^{-2}$$

一般に、弱酸・弱塩基の電離度は、溶液の濃度が小さくなるほど大きくなる。

## II

問 4 滴下した溶液の体積を正確にはかるにはビュレットを用いる。

問 5  $\text{NH}_4\text{Cl}$  と  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  はともに弱塩基と強酸からなる正塩だから、これらに強塩基である  $\text{NaOH}$  を加えると、弱塩基である  $\text{NH}_3$  が遊離する。



問 6  $\text{H}_2\text{SO}_4$  に  $\text{NH}_3$  を吸収させると、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  が生成する。



問 7  $\text{NH}_3$  を吸収させたのちの水溶液は、未反応の  $\text{H}_2\text{SO}_4$  と  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  の混合水溶液になっている。

この混合水溶液に  $\text{NaOH}$  水溶液を滴下していくと、まず、 $\text{H}_2\text{SO}_4$  が  $\text{NaOH}$  と次のように反応する。



この滴定では、④式の反応が完了したところを終点とするので、終点では  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  と  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  の混合水溶液となる。 $\text{Na}_2\text{SO}_4$  は強酸と強塩基からなる正塩であり、その水溶液は中性であるが、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  は強酸と弱塩基からなる正塩であり、その水溶液は弱酸性を示す。

### 整理

$c$  (mol/L) の塩基の水溶液の  $[\text{OH}^-]$

$n$  価の強塩基の水溶液では、強塩基が完全に電離していると考えて、

$$[\text{OH}^-] = n \times c \text{ (mol/L)}$$

1 価の弱塩基の水溶液では、弱塩基の電離度を  $\alpha$  とすると、

$$[\text{OH}^-] = c \text{ (mol/L)} \times \alpha$$

### 整理

滴定で用いる実験器具

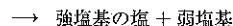
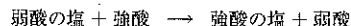
ホールピペット…決まった体積の液体を正確にはかりとるときに用いる。

ビュレット…滴下した液体の体積を正確にはかるときに用いる。

メスフラスコ…正確な体積の溶液をつくるときに用いる。

### 整理

弱酸・弱塩基の遊離反応



### 整理

正塩の水溶液

一般に、正塩の水溶液の性質は次のように判断できる。

強酸と強塩基からなる正塩…中性

弱酸と強塩基からなる正塩…塩基性

強酸と弱塩基からなる正塩…酸性

したがって、この滴定の指示薬としては、酸性側に変色域をもつメチルレッドが適しており、塩基性側に変色域をもつフェノールフタレインは使用できない。

フェノールフタレインを使用した場合、その変色域までNaOHを滴下すると、④式の反応が完結したのち、さらに②式の反応までも起こってしまうため、未反応の $\text{H}_2\text{SO}_4$ だけを滴定することができず、 $\text{H}_2\text{SO}_4$ に吸収させた $\text{NH}_3$ の物質質量を知ることができない。

問8 下線部(a)で発生した $\text{NH}_3$ の物質質量を $x$  [mol] とすると、③式より、これと反応する $\text{H}_2\text{SO}_4$ の物質質量は $\frac{1}{2}x$  [mol] だから、 $\text{NH}_3$ を吸収させたのちの混合水溶液中に含まれる未反応の $\text{H}_2\text{SO}_4$ の物質質量は、

$$0.250 \text{ mol/L} \times \frac{400}{1000} \text{ L} - \frac{1}{2}x \text{ [mol]}$$

滴定に使用したのは、混合水溶液 400 mL のうちの 20.0 mL だから、未反応の $\text{H}_2\text{SO}_4$ の物質質量の $\frac{20.0}{400}$ 倍が、④式によってNaOH水溶液 25.0 mL と過不足なく反応するので、中和の量的関係より、

$$\begin{aligned} 2 \times \left( 0.250 \text{ mol/L} \times \frac{400}{1000} \text{ L} - \frac{1}{2}x \text{ [mol]} \right) \times \frac{20.0}{400} \\ = 1 \times 0.200 \text{ mol/L} \times \frac{25.0}{1000} \text{ L} \end{aligned}$$

$$x = 1.0 \times 10^{-1} \text{ mol}$$

問9 混合物 6.10 g 中に含まれる $\text{NH}_4\text{Cl}$  (式量 53.5) の物質質量を $y$  [mol]、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (式量 132) の物質質量を $z$  [mol] とすると、質量について、

$$53.5 \text{ g/mol} \times y \text{ [mol]} + 132 \text{ g/mol} \times z \text{ [mol]} = 6.10 \text{ g} \quad \dots (i)$$

発生した $\text{NH}_3$ の物質質量について、①、②式と問8の結果より、

$$y \text{ [mol]} + 2 \times z \text{ [mol]} = 1.0 \times 10^{-1} \text{ mol} \quad \dots (ii)$$

(i), (ii)より、

$$y = 4.0 \times 10^{-2} \text{ mol}, \quad z = 3.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

### 整理

#### 中和の量的関係

酸が放出する $\text{H}^+$ の物質質量 [mol]  
 = 塩基が受け取る $\text{H}^+$ の物質質量 [mol]  
 (塩基が放出する $\text{OH}^-$ の物質質量 [mol])  
 $n$  価の酸の $c$  [mol/L] 溶液 $v$  [mL] と、  
 $n'$  価の塩基の $c'$  [mol/L] 溶液 $v'$  [mL] が  
 過不足なく中和反応するとき、

$$n \times c \times \frac{v}{1000} = n' \times c' \times \frac{v'}{1000}$$

3 電池, 電気分解

解答

I	問1	$2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{NaOH} + \text{H}_2$		問2	(1)	Au, Cu	(2)	Au, Fe
	問3	(イ)	問4	$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Cu}$		問5	(ア)	
II	問6	$9.65 \times 10^2 \text{ C}$						
	問7	C	$2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$		D	$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$		
	問8	$5.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$						
	問9							

配点 (25点)

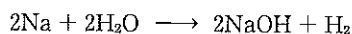
I 問1 2点 問2 (1) 2点 (2) 2点 問3 2点 問4 2点 問5 2点  
 II 問6 3点 問7 各2点×2 問8 3点 問9 3点

出題のねらい

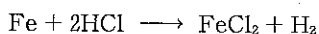
- I ダニエル電池に関する知識を確認する問題である。
- II 電気分解に関する理解度を試す問題である。

解説

I  
 問1 イオン化傾向がNa以上の金属は, 常温の水と反応して水素を発生する。



問2 (1) イオン化傾向が $\text{H}_2$ より大きいFeは, 塩酸と反応して $\text{H}_2$ を発生して溶解する。



イオン化傾向が $\text{H}_2$ より小さいCuやAuは, 塩酸とは反応しない。

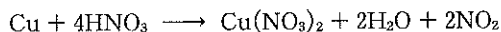
整理

金属のイオン化列と反応性

$\text{Li} > \text{K} > \text{Ca} > \text{Na} > \text{Mg} > \text{Al} > \text{Zn} > \text{Fe} > \text{Ni} > \text{Sn} > \text{Pb} > (\text{H}_2) > \text{Cu} > \text{Hg} > \text{Ag} > \text{Pt} > \text{Au}$

- ① イオン化傾向がNa以上の金属  
 常温の水と反応して $\text{H}_2$ を発生する。
- ② イオン化傾向が $\text{H}_2$ より大きい金属  
 希塩酸, 希硫酸などと反応して,  $\text{H}_2$ を発生する。

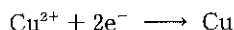
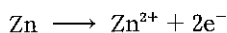
(2) イオン化傾向が  $H_2$  より小さい Cu は、塩酸とは反応しないが、酸化力の強い濃硝酸と反応し、 $NO_2$  を発生して溶解する。



Fe はイオン化傾向が  $H_2$  より大きい、濃硝酸に対しては表面に緻密な酸化被膜が形成されて、内部がそれ以上酸化されない状態(不動態)になるため、濃硝酸に溶けない。

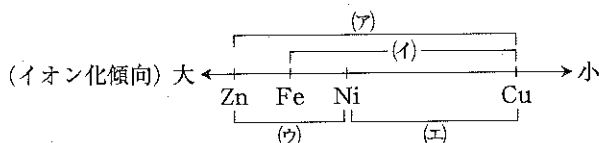
Au は濃硝酸によっても酸化されないため、溶けない。

問 3, 4 ダニエル電池を放電させると、イオン化傾向が大きい Zn が  $e^-$  を放出し、 $Zn^{2+}$  となって溶液中に溶け出し、その  $e^-$  は導線を通して銅板に移動し、 $CuSO_4$  水溶液中の  $Cu^{2+}$  によって銅板上で受け取られる。このときの各電極における変化を  $e^-$  を含むイオン反応式で表すと、次のようになる。



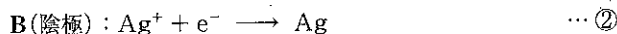
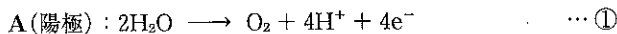
このとき、Zn の酸化数は 0 から +2 に変化しており、Zn は酸化されている。亜鉛板から  $e^-$  が導線に流れ出ていくので亜鉛板が負極である。

問 5 ダニエル電池の電極と電解液の組み合わせ (Zn と  $ZnSO_4(aq)$ , Cu と  $CuSO_4(aq)$ ) の代わりに、他の組み合わせを用いても電池をつくることができる。その電池では、イオン化傾向が大きい金属の極板が負極となり、両極の金属のイオン化傾向の差が大きいほど起電力は大きくなる。(ア)~(イ)の中で、両極の金属のイオン化傾向の差が最も大きい組み合わせは Zn と Cu だから、(ア)の電池の起電力が最も大きい。



## II

問 6 電解槽 I (電解液  $AgNO_3(aq)$ ) の電極 A, B では、それぞれ次のような変化が起こる。



②式より、析出した Ag の物質と流れた  $e^-$  の物質量は等しい。電気分解によって電極 B の質量が 1.08 g 増加したので、流れた  $e^-$  の物質量は、 $\frac{1.08 \text{ g}}{108 \text{ g/mol}} \times 1 = 1.00 \times 10^{-2} \text{ mol}$  である。したがって、回路を流れた電気量は、

$$9.65 \times 10^4 \text{ C/mol} \times 1.00 \times 10^{-2} \text{ mol} = 9.65 \times 10^2 \text{ C}$$

③ Cu, Hg, Ag

熱濃硫酸、濃硝酸、希硝酸(酸化力の強い酸)と反応して、それぞれ  $SO_2$ ,  $NO_2$ , NO を発生する。

### 整理

不動態

Al や Fe を濃硝酸に加えると、表面に緻密な酸化物の被膜が形成されて、内部が保護されるので溶けない。この状態を不動態という。

### 整理

電池

負極…放電時に還元剤が電子を放出し、酸化反応が起こる電極。

正極…放電時に酸化剤が電子を受け取り、還元反応が起こる電極。

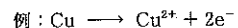
活物質…負極または正極において、電子を放出したり受け取ったりする物質。

### 整理

水溶液の電気分解の電極反応

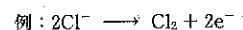
陽極:

① 電極が Pt または C 以外するとき  
 $\implies$  電極の金属が溶け出す。



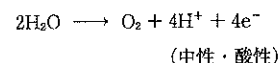
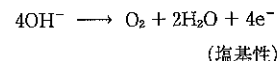
② 電極が Pt または C のとき  
 (i) 水溶液中に  $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $I^-$  があるとき

$\implies Cl_2, Br_2, I_2$  が生成する。

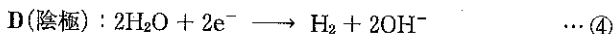
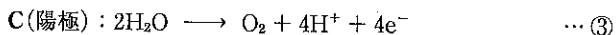


(ii) 水溶液中に  $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $I^-$  がな  
 いとき

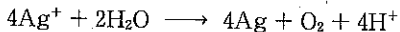
$\implies O_2$  が発生する。



問7 電解槽Ⅱ(電解液  $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{aq}$ )の電極 C, Dでは, それぞれ次のような変化が起こる。



問8 ①, ②式より, 電解槽Ⅰ全体で起こる反応は,



この反応によって,  $\text{e}^-$  1 molあたり  $\text{H}^+$  が1 mol生成するので, 電気分解後の電解液中の  $[\text{H}^+]$ は,

$$[\text{H}^+] = \frac{1.00 \times 10^{-2} \text{ mol}}{\frac{200}{1000} \text{ L}} = 5.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

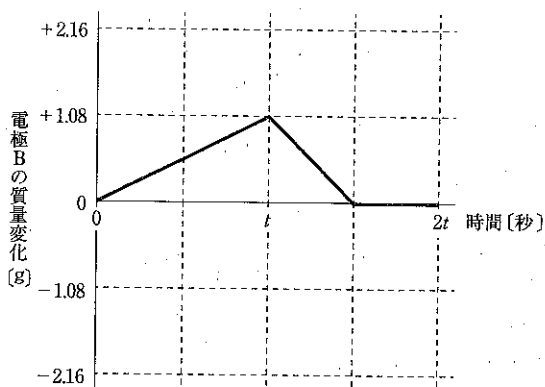
問9  $t$ 秒間電気分解したのち, 直流電源の正負を逆に接続して電気分解すると, はじめ陰極であった電極 Bが陽極となり, 電極 Bに析出していた Agが酸化されて  $\text{Ag}^+$ として溶け出す。



また, このとき電流をもとの2倍にして電気分解するので, 析出していた Agがすべて溶け出すまでにかかる時間は  $\frac{t}{2}$ [秒]である。

したがって, はじめから  $\frac{3}{2}t$ [秒]後に, 電極 Bの質量は電気分解を行う前の質量と等しくなる。その後は,  $\text{H}_2\text{O}$ が酸化されて  $\text{O}_2$ が発生する(③式と同じ)反応が起こるため, 電極 Bの質量は変化しない。

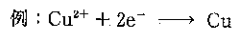
以上より, グラフは次のようになる。



陰極:

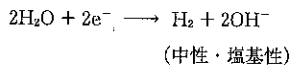
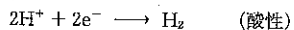
(i) 水溶液中に重金属イオン ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ag}^+$  など)があるとき

⇒ 重金族の単体が析出する。



(ii) 水溶液中に重金属イオンがないとき

⇒  $\text{H}_2$ が発生する。



#### 4 溶液(コロイド, 溶解度)

##### ▶ 解答 ◀

問1	(1)	あ	チンダル	い	凝析	(2)	(エ)		
問2	(1)	24 %		(2)	46 °C	(3)	11 g		
問3	(1)	物質 量	$1.0 \times 10^{-2}$ mol	体積	0.23 L	(2)	$3.0 \times 10^5$ Pa	(3)	$6.0 \times 10^5$ Pa

##### 配点 (25点)

問1 (1) 各2点×2 (2) 2点 問2 (1) 2点 (2) 3点 (3) 3点

問3 (1) 物質 2点 体積 3点 (2) 3点 (3) 3点

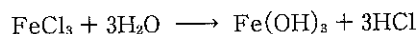
##### 出題のねらい

問1 コロイド溶液に関する知識を確認する問題である。

問2, 問3 固体および気体の溶解度に関する理解度と思考力を試す問題である。

##### 解説

問1 (1)  $\text{FeCl}_3$  の水溶液を沸騰水に加えると, 次の反応により, 赤褐色の水酸化鉄(III)  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  のコロイド溶液が得られる。



コロイド粒子は一般に直径  $10^{-7} \sim 10^{-5}$  cm 程度の大きさの粒子であり,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  のコロイドでは多数の  $\text{Fe}^{3+}$  と  $\text{OH}^-$  が集まって1個のコロイド粒子を形成している。

**あ** コロイド溶液に強い光を当てると, その光の通路が明るく輝いて見える。これは, コロイド粒子によって光が散乱されるために起こる現象で, チンダル現象とよばれる。

**い**  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  のコロイドは疎水コロイドである。疎水コロイドに少量の電解質を加えると沈殿が生じる。この現象を凝析という。

(2) コロイド粒子は, 全体として正または負の電荷を帯びている(正コロイドまたは負コロイド)。このため, コロイド溶液に電極を入れて直流の電圧をかけると, 正コロイドは陰極側へ, 負コロイドは陽極側へ移動する。これを電気泳動という。陰極側の赤褐色が濃くなったことから,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  のコロイドは正コロイドであることがわかる。

疎水コロイドを凝析させるには, コロイド粒子の電荷と反対符号の電荷をもつ価数の大きいイオンが有効(より少量で沈殿させることができる)である。正コロイドである  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  のコロイド粒子を凝析させるには価数の大きい陰イオンが有効である。(+)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  のみが2価の陰イオン  $\text{SO}_4^{2-}$  を含んでいる(他はすべて1価の陰イ

##### 整理

##### コロイド

直径  $10^{-7} \sim 10^{-5}$  cm 程度の粒子(コロイド粒子)が均一に分散している状態。

コロイド粒子は通常分子やイオンより大きく, セロハン膜などを通過できない。

##### 整理

##### 電気泳動

コロイド溶液に直流電圧をかけると, コロイド粒子が一方の電極の方に移動する現象。

##### 疎水コロイド

水との親和力が小さいコロイド。水酸化鉄(III)や粘土など。

##### 凝析

疎水コロイドに少量の電解質を加えることにより, コロイド粒子の反発力が弱まり, 集まって沈殿する現象。

##### 凝析の効果

コロイド粒子の電荷と反対符号の電荷をもつ価数の大きいイオンがコロイド粒子を凝析させるのに有効である。

オンを含む)ので、(二)が最も有効である。

問 2 (1)  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (式量  $160+18 \times 5 = 250$ ) 25 g 中に含まれる  $\text{CuSO}_4$  (式量 160) の質量は、

$$\text{CuSO}_4 : 25 \text{ g} \times \frac{160}{250} = 16 \text{ g}$$

よって、水溶液 A の質量パーセント濃度は、

$$\frac{16 \text{ g}}{25 \text{ g} + 41 \text{ g}} \times 100 = 24.2 \div 24 \%$$

(2)  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  25 g に含まれる  $\text{H}_2\text{O}$  (分子量 18) の質量は、

$$\text{H}_2\text{O} : 25 \text{ g} \times \frac{18 \times 5}{250} = 9.0 \text{ g}$$

よって、水溶液 A に含まれる水の質量は  $(41 \text{ g} + 9.0 \text{ g}) = 50 \text{ g}$  である。つまり、水溶液 A は、50 g の水に 16 g の  $\text{CuSO}_4$  が溶解しており、100 g の水に 32 g の  $\text{CuSO}_4$  が溶解している水溶液と同じ濃度の水溶液である。したがって、溶解度が 32 g/100 g 水である温度を溶解度曲線から読み取ればよい。図 1 より、その温度は約 46℃ である。よって、水溶液 A の温度を 75℃ からゆっくり下げていくと、約 46℃ で飽和溶液となり、さらに温度を下げると  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  の結晶が析出する。

(3) 水溶液 A を 20℃ に冷却したときに析出する  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  の結晶の質量を  $x[\text{g}]$  とすると、結晶と共存している水溶液は 20℃ の飽和溶液であり、溶解度曲線より、20℃ における  $\text{CuSO}_4$  の溶解度は 20 g/100 g 水だから、その飽和溶液について、

$$\frac{\text{溶質}[\text{g}]}{\text{溶液}[\text{g}]} = \frac{16 \text{ g} - x[\text{g}] \times \frac{160}{250}}{(25 + 41) \text{ g} - x[\text{g}]} = \frac{20}{100 + 20}$$

よって、 $x = 10.5 \div 11 \text{ g}$

または、

$$\frac{\text{溶質}[\text{g}]}{\text{溶媒}[\text{g}]} = \frac{16 \text{ g} - x[\text{g}] \times \frac{160}{250}}{50 \text{ g} - x[\text{g}] \times \frac{90}{250}} = \frac{20}{100}$$

よって、 $x = 10.5 \div 11 \text{ g}$

問 3 (1) 7℃、気体 G の圧力が  $2.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  のとき、水 1.00 L に溶けている気体 G の物質量を  $n_1[\text{mol}]$  とすると、ヘンリーの法則より、

$$n_1 = 5.0 \times 10^{-3} \text{ mol} \times \frac{2.0 \times 10^5 \text{ Pa}}{1.0 \times 10^5 \text{ Pa}} = 1.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

このとき、気体として存在する G の物質量は、

$$3.0 \times 10^{-2} \text{ mol} - 1.0 \times 10^{-2} \text{ mol} = 2.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

7℃、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  における気体のモル体積が 23.0 L/mol だから、気体として存在している G の体積は、7℃、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  においては、

$$23.0 \text{ L/mol} \times 2.0 \times 10^{-2} \text{ mol} = 0.46 \text{ L}$$

しかし、求める気体部分の体積は、7℃、 $2.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  における

### 定義

質量パーセント濃度

質量パーセント濃度 [%]

$$= \frac{\text{溶質の質量}[\text{g}]}{\text{溶液の質量}[\text{g}]} \times 100$$

### 解法のポイント

溶解度

一般に、固体の溶解度は「溶媒 100 g に溶ける溶質(無水物)の質量 [g] の最大値」で表すことが多い。

同じ溶媒と溶質からなる溶液であれば、温度が一定のとき、飽和溶液について、次の関係が成り立つ。

$$\frac{\text{溶質の質量}}{\text{溶媒の質量}} = \frac{\text{溶解度}}{100}$$

または

$$\frac{\text{溶質の質量}}{\text{溶液の質量}} = \frac{\text{溶解度}}{100 + \text{溶解度}}$$

### 整理

ヘンリーの法則

一定温度で、一定量の溶媒に溶ける気体の量(物質量、質量)は、その気体の圧力(分圧)に比例する。ただし、溶解度の大きい気体(HCl,  $\text{NH}_3$  など)については成り立たない。

体積だから、ボイルの法則より、

$$0.46 \text{ L} \times \frac{1.0 \times 10^5 \text{ Pa}}{2.0 \times 10^5 \text{ Pa}} = 0.23 \text{ L}$$

(2) 求める圧力を  $P_2$  [Pa], 水に溶けている G の物質量を  $n_s$  [mol] とすると、ヘンリーの法則より、

$$n_s = 5.0 \times 10^{-3} \text{ mol} \times \frac{P_2 [\text{Pa}]}{1.0 \times 10^5 \text{ Pa}} = 5.0 \times 10^{-8} P_2 [\text{mol}] \quad \cdots \textcircled{1}$$

気体として存在する G の物質量を  $n_g$  [mol] とすると、理想気体の状態方程式より、

$$P_2 [\text{Pa}] \times 0.115 \text{ L} = n_g [\text{mol}] \times R [\text{Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})] \times (273 + 7) \text{ K} \quad \cdots \textcircled{2}$$

7 °C,  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  における気体のモル体積が  $23.0 \text{ L/mol}$  だから、

$$1.0 \times 10^5 \text{ Pa} \times 23.0 \text{ L} = 1 \text{ mol} \times R [\text{Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})] \times (273 + 7) \text{ K} \quad \cdots \textcircled{3}$$

②, ③ 式より、

$$n_g = 5.0 \times 10^{-8} P_2 [\text{mol}] \quad \cdots \textcircled{4}$$

容器に入れた G の物質量は  $3.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$  だから、

$$n_s [\text{mol}] + n_g [\text{mol}] = 3.0 \times 10^{-2} \text{ mol} \quad \cdots \textcircled{5}$$

①, ④, ⑤ 式より、

$$5.0 \times 10^{-8} P_2 [\text{mol}] + 5.0 \times 10^{-8} P_2 [\text{mol}] = 3.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

$$P_2 = 3.0 \times 10^5 \text{ Pa}$$

(3) 容器に入れた G  $3.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$  がちょうどすべて水に溶解するときの圧力を  $P_3$  [Pa] とすると、ヘンリーの法則より、

$$5.0 \times 10^{-3} \text{ mol} \times \frac{P_3 [\text{Pa}]}{1.0 \times 10^5 \text{ Pa}} = 3.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

$$P_3 = 6.0 \times 10^5 \text{ Pa}$$

よって、容器内の圧力を  $6.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  以上に保つと、G をすべて水に溶かすことができる。

(1) ~ (3) のようすを図示すると、次のようになる。

