

クラス		受験番号	
出席番号		氏名	

2017年度 第2回 全統マーク模試  
 学習の手引き【解答・解説集】

# 数 学 ・ 理 科

【2017年8月実施】

• 数 学

数学①

数学 I	1
数学 I ・ 数学 A	20

数学②

数学 II	46
数学 II ・ 数学 B	54

• 理 科

理科①

物理基礎	78
化学基礎	83
生物基礎	93
地学基礎	99

理科②

物理	111
化学	121
生物	138
地学	151

英語冊子巻末に「自己採点シート」と「学力アップ・志望校合格のための復習法」を掲載していますので、志望校合格へむけた効果的な復習のためにご活用ください。

河合塾



1760620119502140



化学

【解答・採点基準】

(100点満点)

問題番号	設問	解答番号	正解	配点	自己採点
第1問	問1	1	③	3	
	問2	2	①	3	
	問3	3	⑤	4	
	問4	4	①	4	
	問5	5	④	4	
第1問 自己採点小計				(18)	
第2問	問1	1	②	4	
	問2	2	③	4	
	問3	3	③	3	
		4	④	3	
	問4	5	②	4	
第2問 自己採点小計				(18)	
第3問	問1	1	⑤	3	
		2	⑤	3	
	問2	3	②	4	
	問3	4	④	4	
	問4	5	①	4	
第3問 自己採点小計				(18)	
第4問	問1	1	⑤	3	
	問2	2	②	3	
	問3	3	③	4	
	問4	4	②	4	
第4問 自己採点小計				(14)	
第5問	問1	1	②	4	
	問2	2	④	4	
	問3	3	⑥	3	
		4	④	3	
	問4	5	④	4	
第5問 自己採点小計				(18)	
第6問	問1	1	①	3	
	問2	2	④	4	
	問3	3	②	3	
	問4	4	⑤	4	
第6問 自己採点小計				(14)	
自己採点合計				(100)	

【情報】

各問の資料 問1 表

表を参考として、

石炭を燃焼させたときに発生する二酸化炭素の質量を測定した。その結果、石炭の質量を1.00gとすると、発生した二酸化炭素の質量は2.64gであった。この結果から、石炭中の炭素の質量百分率を求めよ。

資料 問2 表

この表に基づいて、

試料	炭素の質量百分率	酸素の質量百分率	H
1	0	1	H
2	1	1	H
3	2	8	10

この表に基づいて、試料1、2、3の組成式を求めよ。

化学

【解説】

第1問 物質の構成

問1 純物質と混合物

2種類以上の純物質が混じりあった物質を混合物という。

- ① 空気は、 $N_2$ 、 $O_2$ 、Ar、 $CO_2$ などの混合物である。
- ② 石油は、様々な炭素数をもつ炭化水素を主成分とする混合物である。
- ③ 水銀 Hg は純物質である。
- ④ 王水は、濃硝酸と濃塩酸の体積比1:3の混合物である。
- ⑤ セッケン水は、高級脂肪酸のナトリウム塩であるセッケンと水の混合物である。

1 … ③

問2 同位体

- ①  $^1H$ 、 $^2H$  はいずれも陽子を1個もつ。

	陽子の数	中性子の数	電子の数
$^1_1H$	1	0	1
$^2_1H$	1	1	1
$^{16}_8O$	8	8	8

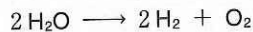
よって、 $^1H_2O$  と  $^2H_2O$  がもつ陽子の総数は、 $1 \times 2 + 8 = 10$  (個) で等しい。

- ② 陽子1個の質量と、中性子1個の質量はほぼ等しいので、 $^2H$ の質量は $^1H$ の質量のほぼ2倍である。よって、 $^2H_2O$ の方が $^1H_2O$ より質量が大きい。

なお、 $^1H$ (相対質量1.01)を軽水素、 $^2H$ (相対質量2.01)を重水素といい、 $^1H_2O$ (18.0 g/mol)を軽水、 $^2H_2O$ (20.0 g/mol)を重水という。

- ③ 同温・同圧で1 molの気体が占める体積(モル体積)はほぼ等しいが、 $^1H_2O$ と $^2H_2O$ の1 molの質量(モル質量)は異なるので、密度も異なり、 $^2H_2O$ の方が大きい。

- ④ 水を電気分解すると、次式の反応により、陽極で酸素、陰極で水素が発生する。

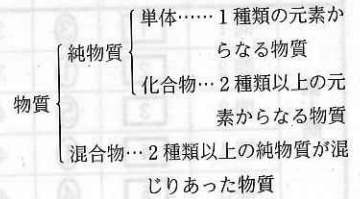


水1 molを電気分解したとき、 $^1H_2O$ からは1 molの $^1H_2$ が、 $^2H_2O$ からは1 molの $^2H_2$ が発生し、その質量は異なる。生じる $^2H_2$ の質量は $^1H_2$ の質量のほぼ2倍である。

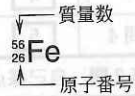
2 … ①

【ポイント】

物質の分類



原子番号と質量数



(原子番号)=(陽子の数)=(電子の数)  
 (質量数)=(陽子の数)+(中性子の数)

同位体

原子番号が同じであるが、原子核中の中性子の数が異なる原子(したがって、質量数の異なる原子)どうしを同位体という。同位体は質量が異なるが、化学的性質はほぼ同じである。

密度

物質の単位体積あたりの質量。

$$\text{密度} = \frac{\text{質量}}{\text{体積}}$$

### 問3 原子の構造と性質

a ~ e の原子とその電子配置は次のとおりである。

		陽子の数	電子配置		
			K 殻	L 殻	M 殻
a	${}^2\text{He}$	2	2		
b	${}^8\text{O}$	8	2	6	
c	${}^{10}\text{Ne}$	10	2	8	
d	${}^{12}\text{Mg}$	12	2	8	2
e	${}^{17}\text{Cl}$	17	2	8	7

① 正しい。a (He) と c (Ne) は、ともに 18 族に属する希ガス元素である。

② 正しい。b (O) と c (Ne) は、同じ第 2 周期に属する。

③ 正しい。イオン化エネルギー(第一イオン化エネルギー)は、同一周期では原子番号が大きいくほど、同族では原子番号が小さいほど大きくなる傾向にある。よって、イオン化エネルギーが最も大きいものは a (He) である。なお、He は、すべての元素の原子の中でイオン化エネルギーが最も大きい。

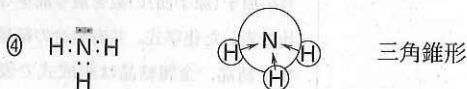
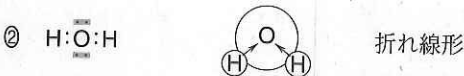
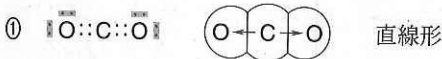
④ 正しい。同一周期ではハロゲン(17 族)の原子の電子親和力が最も大きい。ハロゲンの原子は、電子を 1 個受け取り安定な希ガス型の電子配置の陰イオンになりやすい。よって、e (Cl) の電子親和力は、第 3 周期の元素の原子の中で最も大きい。

⑤ 誤り。金属元素の原子である d (Mg) と非金属元素の原子である e (Cl) は、イオン結合で結びついてイオン結晶をつくる。具体的には、d (Mg) は 2 個の価電子を放出して  $\text{Mg}^{2+}$  となり、e (Cl) は 1 個の電子を受け取って  $\text{Cl}^-$  になり、1:2 の比でイオン結合で結びついて塩化マグネシウム  $\text{MgCl}_2$  になる。

3 ... ⑤

### 問4 分子の構造

① ~ ⑤ の分子の電子式と分子の形は次のとおりである。



イオン化エネルギー(第一イオン化エネルギー)

原子から電子 1 個を取り去って、1 価の陽イオンにするのに必要なエネルギー。イオン化エネルギーが小さい原子ほど陽イオンになりやすい。

電子親和力

原子が電子 1 個を受け取って、1 価の陰イオンになるときに放出されるエネルギー。電子親和力が大きい原子ほど陰イオンになりやすい。

結晶の種類

非金属元素のみからなる結晶

…分子結晶

(ただし、ダイヤモンド、黒鉛、ケイ素、二酸化ケイ素は共有結合の結晶。 $\text{NH}_4\text{Cl}$ 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ などは、 $\text{NH}_4^+$ と陰イオンがイオン結合で結びついたイオン結晶。)

金属元素と非金属元素からなる結晶

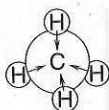
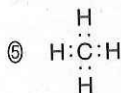
…イオン結晶

金属元素のみからなる結晶

…金属結晶

電気陰性度

原子が共有電子対を引きつける強さを数値で表したものの。電気陰性度の大きい原子ほど共有電子対を強く引きつける。おもな非金属元素の電気陰性度の大きさは、 $\text{F} > \text{O} > \text{Cl} > \text{N} > \text{C} > \text{H}$  の順である。



正四面体形

非共有電子対

( $\rightarrow$  は結合の極性を表し、矢印の方向に共有電子対が引きよせられている。)

ア 非共有電子対をもつ分子は①CO<sub>2</sub>、②H<sub>2</sub>O、③Cl<sub>2</sub>、④NH<sub>3</sub>である。

イ ①CO<sub>2</sub>は直線形の分子であり、2本のC=O結合の極性が打ち消されるので、CO<sub>2</sub>は無極性分子である。

②H<sub>2</sub>Oは折れ線形の分子であり、2本のO-H結合の極性が打ち消されないで、H<sub>2</sub>Oは極性分子である。

③Cl<sub>2</sub>は単体であり、Cl-Cl結合は同種の原子からなる結合で極性がないので、Cl<sub>2</sub>は無極性分子である。

④NH<sub>3</sub>は三角錐形の分子であり、3本のN-H結合の極性が打ち消されないで、NH<sub>3</sub>は極性分子である。

⑤CH<sub>4</sub>は正四面体形の分子であり、4本のC-H結合の極性が打ち消されるので、CH<sub>4</sub>は無極性分子である。

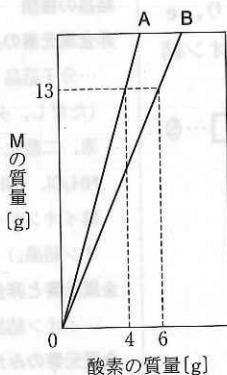
以上より、結合に極性があるが、分子全体として極性がないものは、①CO<sub>2</sub>と⑤CH<sub>4</sub>である。

よって、アとイの条件をともに満たす分子は①CO<sub>2</sub>である。

4...①

### 問5 組成式

金属元素M 13gと化合している酸素Oの質量は、Aでは4g、Bでは6gである。



金属Mの原子量を $x$ とすると、A(組成式MO)を構成するMとOの物質比(=原子数比)について、

$$\text{M}:\text{O} = \frac{13\text{g}}{x\text{g/mol}} : \frac{4\text{g}}{16\text{g/mol}} = 1:1$$

$$x=52$$

Bを構成するMとOの物質比は、

$$\text{M}:\text{O} = \frac{13\text{g}}{52\text{g/mol}} : \frac{6\text{g}}{16\text{g/mol}} = 2:3$$

### 結合の極性

異なる原子間の共有電子対が電気陰性度の大きい原子の方に引きよせられるため、結合している原子間に電荷の偏りがあること。

### 無極性分子

原子間の結合に極性がない、あるいは、原子間の結合には極性があるが、その極性が互いに打ち消しあって、分子全体では極性をもたない分子。

### 極性分子

原子間の結合に極性があり、分子内でその極性が打ち消されず、分子全体として極性をもつ分子。

### 組成式

物質を構成する元素の種類と、それぞれの原子(原子団)の数を最も簡単な整数比で表した化学式。共有結合の結晶、イオン結晶、金属結晶は組成式で表される。

よって、Bの組成式は $M_2O_3$ である。

【別解】

Aの組成式はMOであり、MとOが原子数比1:1で化合している。一定質量のMと化合しているOの質量比はAとBで2:3なので、Bにおける原子数比は、

$$M:O=1:\frac{3}{2}=2:3$$

よって、Bの組成式は $M_2O_3$ である。

【参考】 倍数比例の法則

2種類の元素X、Yからなる化合物が2種類以上あるとき、一定質量のXと化合しているYの質量の間には簡単な整数比が成立する。

5 …④

## 第2問 物質の状態

### 問1 シャルルの法則

圧力一定で、一定量の気体(ここでは窒素 $N_2$ )の体積は絶対温度に比例するので、

$$\frac{3.0\text{ L}}{t_1+273\text{ [K]}} = \frac{4.0\text{ L}}{(t_1+95)+273\text{ [K]}} = \frac{5.0\text{ L}}{(t_1+190)+273\text{ [K]}}$$

$$t_1=12^\circ\text{C}$$

なお、温度 $t\text{ [}^\circ\text{C]}$  ( $T\text{ [K]}$ )と気体の体積 $V\text{ [L]}$ の関係を表すグラフは、 $V=kT=k(t+273)$ で表される直線になり、その傾きは $k=\frac{V}{t+273}$ である。よって、グラフの傾きに注目しても上と同じ式が得られる。

1 …②

### 問2 気体の圧力

エタン $C_2H_6$ (30 g/mol) 0.60 gの物質量は、

$$\frac{0.60\text{ g}}{30\text{ g/mol}}=0.020\text{ mol}$$

容器内の圧力を $p\text{ [Pa]}$ とすると、理想気体の状態方程式より、

$$p = \frac{0.020\text{ mol} \times 8.3 \times 10^3\text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol}) \times 450\text{ K}}{1.5\text{ L}} \\ = 4.98 \times 10^4\text{ Pa} \approx 5.0 \times 10^4\text{ Pa}$$

2 …③

### 問3 混合気圧と飽和蒸気圧

a 成分気体の分圧=全圧×モル分率の関係から、アルゴンの分圧 $p_{Ar}\text{ [Pa]}$ は、

$$p_{Ar}=6.0 \times 10^4\text{ Pa} \times \frac{1}{1+1}=3.0 \times 10^4\text{ Pa}$$

3 …③

b 容器内に液体の水が生じたので、水は気液平衡の状態であり、水蒸気分圧は $76^\circ\text{C}$ での飽和蒸気圧になっている。一方、気体のアルゴンの物質量は変わらないので、アルゴンの分圧 $p_{Ar}$

### 気体の法則

一定量の気体では、

ボイルの法則 温度一定では、気体の体積 $V$ は圧力 $p$ に反比例する。

$$pV=\text{一定}$$

シャルルの法則 圧力一定では、気体の体積 $V$ は絶対温度 $T$ に比例する。

$$\frac{V}{T}=\text{一定}$$

ボイル・シャルルの法則 気体の体積 $V$ は、圧力 $p$ に反比例し、絶対温度 $T$ に比例する。

$$\frac{pV}{T}=\text{一定}$$

### 理想気体の状態方程式

理想気体では次の式が成り立つ。

$$pV=nRT$$

$p$ : 圧力,  $V$ : 体積,  $n$ : 物質量,

$T$ : 絶対温度,  $R$ : 気体定数

### 混合気体の圧力

全圧 混合気体が示す圧力。

分圧 成分気体が単独で、混合気体と同じ体積を占めたときの圧力。

・全圧=分圧の総和(ドルトンの分圧の法則)

・分圧の比=物質量の比

・分圧=全圧×モル分率

(モル分率 混合気体全体に対する成分気体の物質量の割合)

### 飽和蒸気圧(蒸気圧)

液体とその蒸気が共存して気液平衡の状態にあるとき、蒸気の示す圧力。蒸気の圧力(分圧)がその温度での飽和蒸気圧を超えることはない。



[Pa]は、ボイルの法則より、

$$3.0 \times 10^4 \text{ Pa} \times V [\text{L}] = p_{\text{Ar}} [\text{Pa}] \times \frac{V}{2} [\text{L}]$$

$$p_{\text{Ar}} = 6.0 \times 10^4 \text{ Pa}$$

ドルトンの分圧の法則より、水蒸気分圧  $p_{\text{H}_2\text{O}}$  [Pa]は、

$$p_{\text{H}_2\text{O}} = 1.00 \times 10^5 \text{ Pa} - p_{\text{Ar}} [\text{Pa}] = 4.0 \times 10^4 \text{ Pa}$$

よって、76°Cにおける水の飽和蒸気圧は  $4.0 \times 10^4 \text{ Pa}$  である。

4 ... ④

#### 問4 気体の溶解度

① 正しい。温度が高くなると、分子の熱運動が激しくなり、溶けていた気体分子が溶媒分子との分子間力を断ち切って、気体になりやすい。そのため、気体の溶解度は、一般に温度が高くなるほど小さくなる。窒素と酸素の溶解度の値が  $t$  [°C]の方が60°Cよりも大きいので、 $t$  [°C]は60°Cよりも低い温度とわかる。

② 誤り。ヘンリーの法則より、60°Cにおいて  $2.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  の窒素は水1Lあたりに、

$$5.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \times \frac{2.0 \times 10^5 \text{ Pa}}{1.0 \times 10^5 \text{ Pa}} = 1.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

溶解しているので、水4Lに溶解している物質量は、

$$1.0 \times 10^{-3} \text{ mol} \times \frac{4 \text{ L}}{1 \text{ L}} = 4.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

③ 正しい。水に接している気体の圧力を  $p$  [Pa]とし、60°Cにおいて水1Lに溶解している窒素と酸素の量を標準状態(0°C,  $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ )に換算した体積で表すと、

$$\text{N}_2 \quad 22.4 \text{ L/mol} \times 5.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \times \frac{p [\text{Pa}]}{1.0 \times 10^5 \text{ Pa}}$$

$$\text{O}_2 \quad 22.4 \text{ L/mol} \times 9.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \times \frac{p [\text{Pa}]}{1.0 \times 10^5 \text{ Pa}}$$

となるので、その比( $\text{N}_2 : \text{O}_2$ )は5:9である。

なお、標準状態の気体の体積は物質量に比例するので、上記の体積比は、溶解している物質量比と等しい。

④ 正しい。空気に含まれる窒素と酸素の体積比\*が分圧比になるので、窒素と酸素の分圧は、

$$p_{\text{N}_2} = 1.0 \times 10^5 \text{ Pa} \times \frac{80}{100} = 8.0 \times 10^4 \text{ Pa}$$

$$p_{\text{O}_2} = 1.0 \times 10^5 \text{ Pa} \times \frac{20}{100} = 2.0 \times 10^4 \text{ Pa}$$

混合気体が水に接しているとき、一定量の水に溶解している成分気体の物質量は、その分圧に比例するので、溶解している窒素と酸素の物質量比( $\text{N}_2 : \text{O}_2$ )は、

$$5.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \times \frac{8.0 \times 10^4 \text{ Pa}}{1.0 \times 10^5 \text{ Pa}} : 9.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \times \frac{2.0 \times 10^4 \text{ Pa}}{1.0 \times 10^5 \text{ Pa}}$$

$$= 20 : 9$$

\* 一般に気体の体積比は、同温・同圧での気体の体積の比を表

#### 気体の溶解度

温度が低く、圧力が高いほど、気体の溶解度(物質量・質量)は大きくなる。

溶解度の小さい気体では、一定温度で一定量の液体に溶ける気体の物質量や質量は、その気体の圧力(分圧)に比例する(ヘンリーの法則)。

#### モル体積

物質1molの体積をモル体積という。標準状態の気体のモル体積は、気体の種類によらず、22.4L/molである。



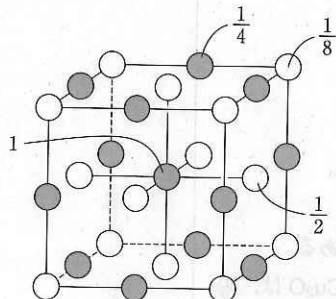
す。同温・同圧の気体の体積は物質質量に比例するので、体積比＝物質質量比である。

5 … ②

### 第3問 結晶, 溶液, コロイド

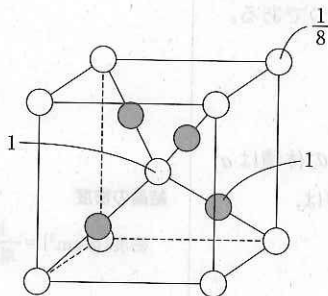
#### 問1 イオン結晶の構造

a アの単位格子に含まれる●は $\frac{1}{4} \times 12 + 1 = 4$  (個), ○は $\frac{1}{8} \times 8 + \frac{1}{2} \times 6 = 4$  (個)であり, アで表される結晶では, ●と○が1:1の数の比で結合している。



ア

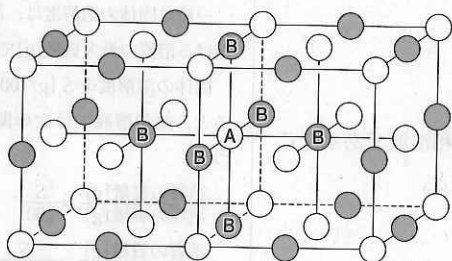
イの単位格子に含まれる●は $1 \times 4 = 4$  (個), ○は $\frac{1}{8} \times 8 + 1 = 2$  (個)であり, イで表される結晶では, ●と○が2:1の数の比で結合している。



イ

① 正しい。塩化ナトリウム  $\text{NaCl}$  は, 陽イオン ( $\text{Na}^+$ ) と陰イオン ( $\text{Cl}^-$ ) が1:1の数の比で結合した化合物なので, アが  $\text{NaCl}$  の結晶の単位格子である。

② 正しい。アの単位格子を2個並べたものを, 次の図に示す。



#### 単位格子

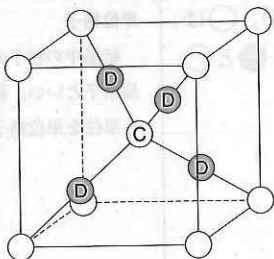
結晶中の粒子の空間的な配列構造を結晶格子といい, 結晶格子の最小のくり返し単位を単位格子という。

図のAを付した○に着目すると、この○の最も近くにある●はBを付した6個である。

なお、1個の●の最も近くにある○も6個である。

(○, ●ともに配位数6)

③ 正しい。次の図のCを付した○に着目すると、この○の最も近くにある●はDを付した4個である。



なお、1個の●の最も近くにある○は2個である。

(○の配位数は4, ●の配位数は2)

④ 正しい。イの単位格子に含まれる○は2個である。

⑤ 誤り。イは酸化銅(Ⅰ)  $\text{Cu}_2\text{O}$  を表している。  $\text{Cu}_2\text{O}$  は、陽イオン( $\text{Cu}^+$ )と陰イオン( $\text{O}^{2-}$ )が2:1の数の比で結合した化合物である。イで表される結晶は、●と○が2:1の数の比で結合しているの、●が陽イオン、○が陰イオンを表している。

1...⑤

b アの単位格子に含まれる  $\text{Na}^+$  と  $\text{Cl}^-$  は4個ずつである。  $\text{NaCl}$  の式量を  $M$  とするので、単位格子の質量は、

$$\frac{M [\text{g/mol}]}{N_A [\text{mol}]} \times 4 = \frac{4M}{N_A} [\text{g}]$$

単位格子の一辺の長さは  $a$  [cm] なので、単位格子の体積は  $a^3$  [ $\text{cm}^3$ ] である。よって、  $\text{NaCl}$  の結晶の密度  $d$  [ $\text{g/cm}^3$ ] は、

$$d = \frac{\frac{4M}{N_A} [\text{g}]}{a^3 [\text{cm}^3]} = \frac{4M}{a^3 N_A} [\text{g/cm}^3]$$

2...⑥

## 問2 固体の溶解度

硫酸銅(Ⅱ)水溶液 100 g を  $20^\circ\text{C}$  に冷却したとき、25 g の硫酸銅(Ⅱ)五水和物  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (250 g/mol) が析出した。析出した結晶に含まれる  $\text{CuSO}_4$  (160 g/mol) の質量は、

$$25 \text{ g} \times \frac{160 \text{ g/mol}}{250 \text{ g/mol}} = 16 \text{ g}$$

$20^\circ\text{C}$  に冷却したとき、水溶液の質量は、

$$100 \text{ g} - 25 \text{ g} = 75 \text{ g}$$

であり、結晶が析出しているの、水溶液は飽和溶液である。このとき溶けている  $\text{CuSO}_4$  の質量を  $x$  [g] とすると、

$$\frac{\text{溶質の質量}}{\text{溶液の質量}} = \frac{x [\text{g}]}{75 \text{ g}} = \frac{20}{100+20}$$

結晶の密度

$$\text{密度} [\text{g/cm}^3] = \frac{\text{単位格子の質量} [\text{g}]}{\text{単位格子の体積} [\text{cm}^3]}$$

固体の溶解度

一般に固体の溶解度は、溶媒 100 g に溶ける溶質の最大質量 [g] で表される。

固体の溶解度を  $S$  [g/100 g 溶媒] とすると、飽和溶液では次の関係が成り立つ。

$$\frac{\text{溶質の質量} [\text{g}]}{\text{溶媒の質量} [\text{g}]} = \frac{S}{100}$$

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

$$x=12.5 \text{ g}$$

したがって、はじめの硫酸銅(II)水溶液 100 g に溶けていた  $\text{CuSO}_4$  の質量は、

$$16 \text{ g} + 12.5 \text{ g} = 28.5 \text{ g}$$

であり、質量パーセント濃度は、

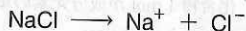
$$\frac{28.5 \text{ g}}{100 \text{ g}} \times 100 = 28.5 \% \approx 29 \%$$

3 … ②

### 問3 沸点上昇

不揮発性の物質を溶かした水溶液の沸点は、純水の沸点より高くなる。これを沸点上昇といい、沸点上昇度は、溶液中の溶質粒子の総質量モル濃度に比例する。

グルコースは非電解質、塩化ナトリウムは電解質で次のように電離する。



よって、各水溶液に含まれる溶質粒子の総質量モル濃度は、次のとおりである。

ア  $0.050 \text{ mol/kg}$

イ  $0.15 \text{ mol/kg}$

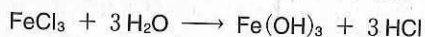
ウ  $0.050 \text{ mol/kg} \times 2 = 0.10 \text{ mol/kg}$

溶質粒子の総質量モル濃度はイ>ウ>アなので、沸点上昇度はイ>ウ>アである。沸点上昇度が大きいほど沸点は高いので、沸点はイ>ウ>アである。

4 … ④

### 問4 コロイド

沸騰水に塩化鉄(III)  $\text{FeCl}_3$  水溶液を加えると、次の反応により、水酸化鉄(III)  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  のコロイドが生成する。



このとき得られた水溶液(溶液A)には、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$  のコロイド粒子以外に  $\text{H}^+$  と  $\text{Cl}^-$  が含まれる。

半透膜の一種であるセロハンの袋に溶液Aを入れ、純水に浸して放置すると、コロイド粒子はセロハンを通過できないが、 $\text{H}^+$  と  $\text{Cl}^-$  はセロハンを通過する。したがって、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$  のコロイド粒子はセロハン袋内に残り、 $\text{H}^+$  と  $\text{Cl}^-$  はセロハン袋の外に出ていき全体に拡散する。このようにしてコロイドを精製する方法をア透析という。また、セロハン袋の外側の水溶液は、 $\text{H}^+$  を含むため、酸性を示す。

なお、 $\text{H}^+$  と  $\text{Cl}^-$  を完全に除くためには、セロハン袋を流水中に浸し、透析を十分に行う必要がある。

5 … ①

### 質量パーセント濃度

溶液の質量に対する溶質の質量の割合をパーセントで表した濃度。

質量パーセント濃度 [%]

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

### 蒸気圧降下、沸点上昇

溶質が不揮発性物質の場合、溶液の蒸気圧は、純溶媒の蒸気圧より低い。また、溶液の沸点は、純溶媒の沸点より高い。

蒸気圧降下の度合い、沸点上昇度は、溶液中の溶質粒子(分子、イオン)の総質量モル濃度に比例する。

### 質量モル濃度

溶媒 1 kg あたりに溶けている溶質の物質量 [mol] で表した濃度。

質量モル濃度 [mol/kg]

$$= \frac{\text{溶質の物質量}[\text{mol}]}{\text{溶媒の質量}[\text{kg}]}$$

### コロイド

直径が  $10^{-9} \text{ m}$  (1 nm) から  $10^{-7} \text{ m}$  (100 nm) 程度の粒子をコロイド粒子といい、コロイド粒子が物質中に均一に分散したものをコロイドという。

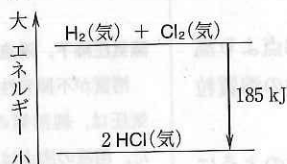
### 透析

セロハン膜などの半透膜を用いて、コロイド溶液から小さい分子やイオンを除き、コロイド粒子を分離・精製する操作。

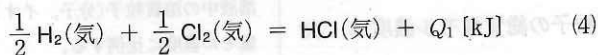
## 第4問 化学反応とエネルギー、電気分解、酸化還元反応

### 問1 化学反応とエネルギー

① 正しい。(1)式において、水素  $\text{H}_2$ (気) 1 mol と塩素  $\text{Cl}_2$ (気) 1 mol がもつエネルギーの和は、塩化水素  $\text{HCl}$ (気) 2 mol がもつエネルギーと反応熱 185 kJ の和に等しい。したがって、反応物である  $\text{H}_2$ (気) 1 mol と  $\text{Cl}_2$ (気) 1 mol がもつエネルギーの和は、生成物である  $\text{HCl}$ (気) 2 mol がもつエネルギーより大きい。なお、反応物と生成物のエネルギーの関係は次の図で表される。

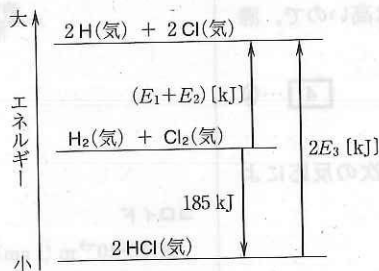


② 正しい。塩化水素の生成熱を  $Q_1$  [kJ/mol] とすると、生成熱は(4)式の熱化学方程式で表される。



$$Q_1 = \frac{185 \text{ kJ}}{2 \text{ mol}} = 92.5 \text{ kJ/mol}$$

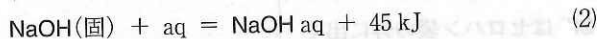
③ 正しい。結合エネルギーの値をそれぞれ  $\text{H}-\text{H} : E_1$  [kJ/mol],  $\text{Cl}-\text{Cl} : E_2$  [kJ/mol],  $\text{H}-\text{Cl} : E_3$  [kJ/mol] とすると、(1)式の反応熱と結合エネルギーの関係は、次の図で表される。



図より、

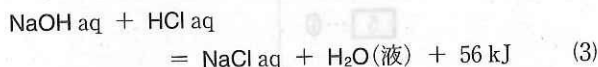
$$E_3 = (E_1 + E_2 + 185) \times \frac{1}{2} [\text{kJ/mol}]$$

④ 正しい。(2)式は、水酸化ナトリウムの水への溶解熱(45 kJ/mol)を表している。



溶解熱が正の値であることから、固体の水酸化ナトリウムを水に溶解すると熱が発生することがわかる。この熱によって水温が上昇する。

⑤ 誤り。(3)式は、水酸化ナトリウム水溶液と塩酸の中和熱(56 kJ/mol)を表している。



固体の水酸化ナトリウム 1 mol を十分な量の塩酸に加えて完全

### 発熱反応と吸熱反応

熱を発生しながら進む反応を発熱反応、周囲から熱を吸収しながら進む反応を吸熱反応という。

反応物、生成物のもつエネルギーの総和が、

反応物 > 生成物 … 発熱反応

反応物 < 生成物 … 吸熱反応

### 生成熱

化合物 1 mol が成分元素の単体から生成するときの反応熱。

### 結合エネルギー

共有結合を切断してばらばらの原子にするのに必要なエネルギー。通常、結合 1 mol あたりの熱量で示される。

なお、反応熱と気体反応に関与する物質の結合エネルギーには、次の関係がある。

反応熱

$$= (\text{生成物の結合エネルギーの総和}) - (\text{反応物の結合エネルギーの総和})$$

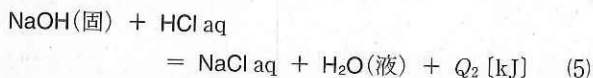
### 溶解熱

物質 1 mol が多量の溶媒に溶解するときには発生または吸収する熱量。

### 中和熱

酸と塩基が中和反応して水 1 mol が生成するときには発生する熱量。

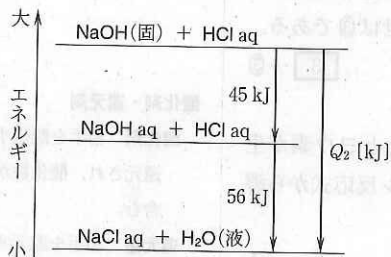
に反応させたとき発生する熱量を  $Q_2$  [kJ] とすると、その熱化学方程式は次の(5)式で表される。



(5)式と(2)式、(3)式の関係は、(5)式=(2)式+(3)式である。したがって、

$$Q_2 = 45 \text{ kJ} + 56 \text{ kJ} = 101 \text{ kJ}$$

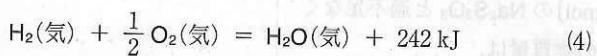
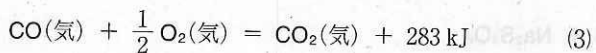
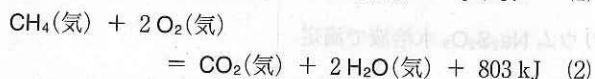
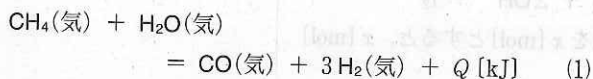
(5)式の反応熱は、溶解熱の分だけ、中和熱の 56 kJ より大きい。なお、これらの関係は、次のエネルギー図で表される。



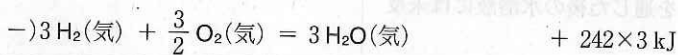
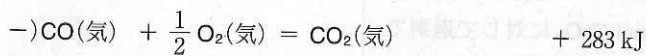
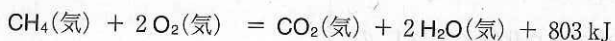
1 ... ⑤

## 問2 化学反応と熱

問題で与えられた熱化学方程式を(1)~(4)式とする。



(1)式=(2)式-(3)式-(4)式×3である。



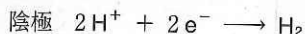
したがって、

$$Q = 803 \text{ kJ} - 283 \text{ kJ} - 242 \times 3 \text{ kJ} = -206 \text{ kJ}$$

2 ... ②

## 問3 電気分解

①~⑤では、陽極(電極A)、陰極(電極B)でそれぞれ次の反応が起こる。



## ヘスの法則

反応熱は、反応の経路によらず、反応の前後の物質の種類と状態だけで決まる。

## 電気分解

**陽極** 外部電源の正極とつないだ電極。  
酸化反応が起こる。

- 電極が Cu や Ag のとき
  - Cu や Ag がイオンになって溶け出す。
- 電極が C や Pt のとき
  - ハロゲン化物イオンがあれば、酸化されてハロゲンの単体が生成する。
  - ハロゲン化物イオンがなければ、 $\text{H}_2\text{O}$ (電解液が中性・酸性のとき)や  $\text{OH}^-$ (電解液が塩基性のとき)が酸化されて  $\text{O}_2$  が発生する。

**陰極** 外部電源の負極とつないだ電極。  
還元反応が起こる。

- 電解液中の  $\text{Ag}^+$  や  $\text{Cu}^{2+}$  が還元され、Ag や Cu が析出する。
- $\text{H}_2\text{O}$ (電解液が中性・塩基性のとき)や  $\text{H}^+$ (電解液が酸性のとき)が還元されて  $\text{H}_2$  が発生する。

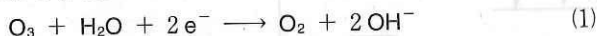
- ② 陽極  $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$   
 陰極  $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$
- ③ 陽極  $\text{Ag} \rightarrow \text{Ag}^+ + \text{e}^-$   
 陰極  $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$
- ④ 陽極  $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$   
 陰極  $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$
- ⑤ 陽極  $2\text{I}^- \rightarrow \text{I}_2 + 2\text{e}^-$   
 陰極  $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$

各反応での生成物のうち気体は、酸素  $\text{O}_2$  と水素  $\text{H}_2$  である。したがって、陽極、陰極とも気体を発生しない組合せは③である。

3 … ③

#### 問4 酸化還元反応

ヨウ化カリウム KI 水溶液にオゾン  $\text{O}_3$  を通じるとヨウ素が生成する。この反応は、与えられた電子を含むイオン反応式から導くことができる。

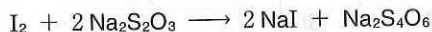


(1)式+(2)式から、



したがって、通じた  $\text{O}_3$  の物質量を  $x$  [mol] とすると、 $x$  [mol] のヨウ素  $\text{I}_2$  が生成する。

次に、生じた  $\text{I}_2$  をチオ硫酸ナトリウム  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  水溶液で滴定している。

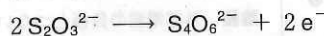
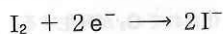


この滴定で、 $x$  [mol] の  $\text{I}_2$  は  $2x$  [mol] の  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  と過不足なく反応する。したがって、通じた  $\text{O}_3$  の物質量は、

$$x = 0.100 \text{ mol/L} \times \frac{5.00}{1000} \text{ L} \times \frac{1}{2} = 2.50 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

なお、用いたヨウ化カリウム水溶液中のヨウ化物イオン  $\text{I}^-$  の物質量は  $1 \text{ mol/L} \times \frac{10}{1000} \text{ L} = 1 \times 10^{-2} \text{ mol}$  で  $\text{O}_3$  に対して過剰であるので、 $\text{O}_3$  はすべて反応し、 $\text{O}_3$  を通じた後の水溶液には未反応の  $\text{I}^-$  が残存したことがわかる。

また、 $\text{I}_2$  と  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  の反応において、 $\text{I}_2$  とチオ硫酸イオン  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  は、酸化剤、還元剤としてそれぞれ次のようにはたっている。



この滴定では、指示薬としてデンプン水溶液が用いられる。溶液中に  $\text{I}_2$  が存在する間は、ヨウ素デンプン反応により溶液は青紫色を呈するが、 $\text{I}_2$  が完全に反応すると、無色になる。この変化によって滴定の終点を判断することができる。

4 … ②

#### 酸化剤・還元剤

**酸化剤** 相手を酸化する物質。自身は還元され、酸化数が減少する原子を含む。

**還元剤** 相手を還元する物質。自身は酸化され、酸化数が増加する原子を含む。



## 第5問 反応速度，化学平衡

### 問1 反応速度

容積 1.0 L の容器に 0.040 mol の  $\text{N}_2\text{O}_5$  を封入し，10 分後に容器中の  $\text{NO}_2$  の濃度が 0.040 mol/L となったので，この間の各物質の濃度の変化は，

	$2 \text{N}_2\text{O}_5 \longrightarrow 4 \text{NO}_2 + \text{O}_2$			
はじめ	0.040	0	0	[mol/L]
変化量	$-0.040 \times \frac{1}{2}$	$+0.040$	$+0.040 \times \frac{1}{4}$	[mol/L]
10 分後	0.020	0.040	0.010	[mol/L]

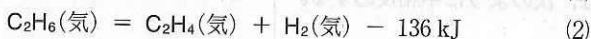
よって，この間の  $\text{N}_2\text{O}_5$  濃度の減少速度は，

$$\begin{aligned} \text{N}_2\text{O}_5 \text{ 濃度の減少速度} &= -\frac{\text{N}_2\text{O}_5 \text{ 濃度の変化量}}{\text{経過時間}} \\ &= -\frac{-0.040 \times \frac{1}{2} \text{ mol/L}}{10 \text{ min} - 0 \text{ min}} = 2.0 \times 10^{-3} \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{min}) \end{aligned}$$

1 … ②

### 問2 平衡の移動

エタン  $\text{C}_2\text{H}_6$  を 800 °C 程度の高温にすると，熱を吸収して分解し，エチレン  $\text{C}_2\text{H}_4$  と水素  $\text{H}_2$  を生じる。



この反応が平衡状態にあるとき，

a 温度を一定に保って体積を小さくすると，全圧が大きくなり，ルシャトリエの原理より，(1)式の平衡は， $\text{C}_2\text{H}_6$ ， $\text{C}_2\text{H}_4$ ， $\text{H}_2$  の総物質量が減少する方向である左に移動する。

b 圧力を一定に保って温度を高くすると，ルシャトリエの原理より，(1)式の平衡は，吸熱方向である右に移動する。

c 温度，体積を一定に保ってエタン  $\text{C}_2\text{H}_6$  を加えると，ルシャトリエの原理より，(1)式の平衡は， $\text{C}_2\text{H}_6$  の濃度が減少する方向である右に移動する。

d 温度，体積を一定に保ってヘリウム  $\text{He}$  を加えても，反応に関与する  $\text{C}_2\text{H}_6$ ， $\text{C}_2\text{H}_4$ ， $\text{H}_2$  の濃度および分圧は変化しないので，(1)式の平衡は崩れない。したがって，(1)式の平衡は移動しない。

以上より，(1)式の平衡が右に移動するのは，b と c である。

2 … ④

### 問3 活性化エネルギーと反応熱，化学平衡

a 触媒を用いると，反応経路が変化し，正反応の活性化エネルギーと逆反応の活性化エネルギーはともに  $\Delta E_a$  小さくなる。(したがって，正反応の反応速度と逆反応の反応速度はともに大きくなる。)一方，反応熱は，反応物と生成物のもつエネルギーの差で決まるので，反応経路が変わっても  $\Delta H$  変化しない。

### 反応速度

$$\text{反応速度} = \left| \frac{\text{モル濃度の変化量}}{\text{反応時間}} \right|$$

### ルシャトリエの原理

一般に，平衡が成立しているときの条件を変えると，その条件変化による影響を緩和する方向に平衡は移動する。

- ・温度を上げると，吸熱反応の方向に平衡は移動する。
- ・圧力を大きくすると，気体の総分子数(総物質量)が減少する方向に平衡は移動する。
- ・物質の濃度を増加させると，その物質が反応して減少する方向に平衡は移動する。

なお，逆の条件変化に対しては，それぞれ逆の方向に平衡は移動する。

また，触媒の有無は平衡移動に無関係である。

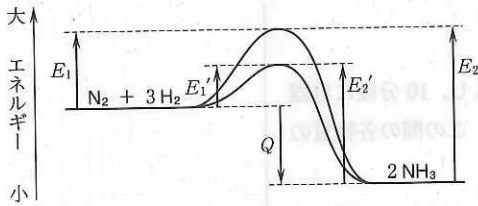
### 活性化エネルギー

反応物を活性化状態(反応途中のエネルギーの高い不安定な状態)にするために必要な最小のエネルギー。

### 触媒

反応の前後で自身は変化せず，反応速度を大きくする物質。触媒を用いると，活性化エネルギーの小さい反応経路で反応が進行する。





$E_1$ : 正反応の活性化エネルギー(触媒なし)  
 $E_2$ : 逆反応の活性化エネルギー(触媒なし)  
 $E_1'$ : 正反応の活性化エネルギー(触媒あり)  
 $E_2'$ : 逆反応の活性化エネルギー(触媒あり)  
 $Q$ : 反応熱

3 ... ⑥

b 平衡時のアンモニアの濃度は、化学平衡の法則より、

$$K = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3} = 2.0 \times 10^{-2} \text{ (L/mol)}^2$$

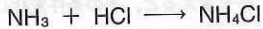
$$\frac{[\text{NH}_3]^2}{\frac{1.0 \text{ mol}}{0.20 \text{ L}} \times \left(\frac{2.0 \text{ mol}}{0.20 \text{ L}}\right)^3} = 2.0 \times 10^{-2} \text{ (L/mol)}^2$$

$$[\text{NH}_3] = 1.0 \times 10 \text{ mol/L}$$

4 ... ④

#### 問4 電離平衡

アンモニア  $\text{NH}_3$  と塩化水素  $\text{HCl}$  は、次のように中和反応する。



塩化水素を通じたあとのアンモニア  $\text{NH}_3$  と塩化アンモニア  $\text{NH}_4\text{Cl}$  の混合水溶液は pH 9.0 なので、

$$[\text{H}^+] = 1.0 \times 10^{-9} \text{ mol/L}$$

$$[\text{OH}^-] = \frac{K_w}{[\text{H}^+]} = \frac{1.0 \times 10^{-14} \text{ (mol/L)}^2}{1.0 \times 10^{-9} \text{ mol/L}} = 1.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

アンモニアの電離定数は、

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = 2.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

であり、平衡状態でのアンモニア  $\text{NH}_3$  とアンモニウムイオン  $\text{NH}_4^+$  のモル濃度の比は、

$$\frac{[\text{NH}_4^+] \times 1.0 \times 10^{-5}}{[\text{NH}_3]} = 2.0 \times 10^{-5}$$

$$\frac{[\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_3]} = 2.0$$

$$[\text{NH}_3] : [\text{NH}_4^+] = 1 : 2$$

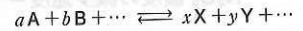
はじめのアンモニア水のモル濃度は  $0.12 \text{ mol/L}$  なので、 $\text{NH}_3$  と  $\text{NH}_4^+$  のモル濃度の和は、

$$[\text{NH}_3] + [\text{NH}_4^+] = 0.12 \text{ mol/L}$$

よって、

$$[\text{NH}_4^+] = 0.12 \text{ mol/L} \times \frac{2}{3} = 8.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

化学平衡の法則



の可逆反応において、平衡定数  $K$  は次の式で表される。

$$K = \frac{[\text{X}]^x [\text{Y}]^y \dots}{[\text{A}]^a [\text{B}]^b \dots}$$

([ ] : 平衡状態における各物質のモル濃度)

平衡定数は、温度が一定ならば一定の値となる。

水素イオン濃度と pH

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

$$[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} \text{ (mol/L)}$$

水のイオン積

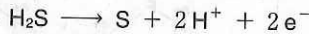
$$K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-]$$

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

## 第6問 無機物質

## 問1 気体の性質

① 硫化水素  $\text{H}_2\text{S}$  は腐卵臭の気体で還元作用を示す。 $\text{H}_2\text{S}$  が還元剤としてはたらくと、硫黄の単体を生じる。



② 一酸化窒素  $\text{NO}$  は無臭の気体で、空気中ではすみやかに酸化されて二酸化窒素になる。

③ 二酸化窒素  $\text{NO}_2$  は刺激臭の気体で、水に溶かすと、次のように反応して酸化剤としてはたらく硝酸を生じる。



④ 水素  $\text{H}_2$  は無臭の気体で、高温では還元作用を示し、酸化銅(II)  $\text{CuO}$  などの酸化物から酸素を奪う性質がある。

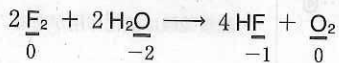


⑤ オゾン  $\text{O}_3$  は特異臭の気体で酸化作用を示す。

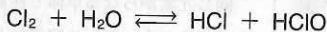
1 ... ①

## 問2 ハロゲン

① 正しい。フッ素  $\text{F}_2$  は酸化力が非常に強く、水  $\text{H}_2\text{O}$  を酸化してフッ化水素  $\text{HF}$  と酸素  $\text{O}_2$  を生成する。



② 正しい。塩素  $\text{Cl}_2$  は水に少し溶け、その一部が次のように反応し、塩化水素  $\text{HCl}$  と次亜塩素酸  $\text{HClO}$  を生じる。



次亜塩素酸は酸化力が強いので、塩素の水溶液(塩素水)は酸化作用を示す。このため、塩素水は、漂白剤や殺菌剤として用いられている。

③ 正しい。臭素  $\text{Br}_2$  は、常温・常圧で赤褐色の液体である。なお、常温・常圧において液体である単体は、水銀  $\text{Hg}$  と  $\text{Br}_2$  である。

④ 誤り。フッ化水素  $\text{HF}$  は、同族元素の水素化合物(ハロゲン化水素)の中で分子量が最も小さいが、分子量から予想される値よりも沸点が異常に高い。これは、 $\text{HF}$  の分子間には、ファンデルワールス力よりも結合力の強い水素結合が形成されるためである。したがって、 $\text{HF}$  は、他のハロゲン化水素(塩化水素  $\text{HCl}$ 、臭化水素  $\text{HBr}$ 、ヨウ化水素  $\text{HI}$ )に比べて、沸点が高い。なお、周期表で14~17族の元素の水素化合物の沸点と分子量の関係は、次の図のようになる。

## 有臭の気体

- ・刺激臭  $\text{F}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$  など
- ・腐卵臭  $\text{H}_2\text{S}$
- ・特異臭  $\text{O}_3$

## 還元作用を示す気体

$\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2$ (高温),  $\text{CO}$ (高温)

## 酸化作用を示す気体

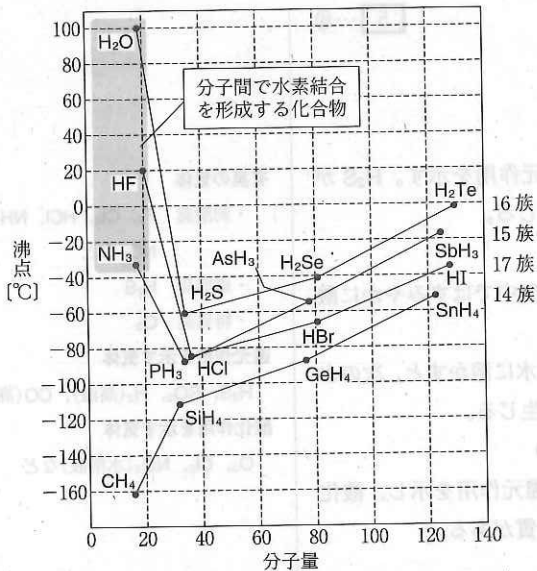
$\text{O}_3$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{NO}_2$ (水溶液) など

## ハロゲンの単体

	色	状態	酸化力
$\text{F}_2$	淡黄	気体	↑ 強
$\text{Cl}_2$	黄緑	気体	
$\text{Br}_2$	赤褐	液体	
$\text{I}_2$	黒紫	固体	

## ハロゲン化水素の性質

- ・いずれも無色・刺激臭の有毒な気体
- ・沸点の高さは、 $\text{HF} > \text{HI} > \text{HBr} > \text{HCl}$  の順であり、分子間で水素結合を形成する  $\text{HF}$  が最も高い。
- ・水溶液中で  $\text{HF}$  は弱酸、 $\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{HI}$  は強酸としてはたらく。
- ・フッ化水素酸( $\text{HF}$  の水溶液)はガラスを溶かすので、ポリエチレン容器に保存される。



⑥ 正しい。塩化水素 HCl は、実験室では塩化ナトリウムに濃硫酸を加えて加熱することによってつくられる(濃硫酸の不揮発性)。



2 ... ④

### 問3 炭素とケイ素

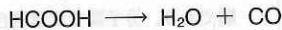
① 正しい。炭素には、ダイヤモンド、黒鉛、フラーレンなどの同素体が存在する。なお、ダイヤモンドと黒鉛は組成式 C で表される共有結合の結晶であり、フラーレンは分子式 C<sub>60</sub> などで表される球状分子である。

② 誤り。ケイ素の単体 Si は天然に産出せず、二酸化ケイ素 SiO<sub>2</sub> に炭素 C を加えて電気炉で還元することによってつくられる。



なお、Si は共有結合の結晶で、半導体の性質を示す。また、SiO<sub>2</sub> は石英や水晶、ケイ砂などとして天然に産出する。

③ 正しい。一酸化炭素 CO は、実験室ではギ酸に濃硫酸を加えて加熱することによってつくられる(濃硫酸の脱水作用)。



④ 正しい。二酸化炭素 CO<sub>2</sub> は、実験室では炭酸カルシウムに希塩酸を加えることによってつくられる(弱酸の遊離反応)。



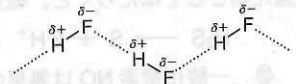
なお、CO<sub>2</sub> は無色・無臭の気体で水に少し溶け、水溶液(炭酸水)は弱酸性を示す。

⑤ 正しい。ケイ酸ナトリウム Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> に水を加えて加熱す

### 水素結合

電気陰性度の大きい F, O, N 原子と共有結合している H 原子と、別の F, O, N 原子との間にはたらく静電的な引力。

水素結合の例(HF)



(—: 共有結合, .....: 水素結合)

### 濃硫酸の性質

- ・密度が大きい(約 1.8 g/cm<sup>3</sup>)。
- ・不揮発性である。
- ・溶解熱が大きい。
- ・吸湿性がある。
- ・脱水作用がある。
- ・熱濃硫酸は酸化作用がある。

### 同素体

同じ元素からなる単体で性質が異なるものどうしを、互いに同素体という。

- C...ダイヤモンド, 黒鉛, フラーレン
- O...酸素, オゾン
- P...黄リン, 赤リン
- S...斜方硫黄, 単斜硫黄, ゴム状硫黄

### 炭素の酸化物

CO 無色・無臭の気体で、毒性が強く、水に溶けにくい。また、高温で還元作用を示す。

CO<sub>2</sub> 無色・無臭の気体で、水に少し溶け、水溶液(炭酸水)は弱酸性を示す。

ると、粘性の大きい液体である水ガラスになる。なお、 $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  は、二酸化ケイ素  $\text{SiO}_2$  に水酸化ナトリウム  $\text{NaOH}$  や炭酸ナトリウム  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  を加えて融解することで得られる鎖状の高分子である。



また、水ガラスに塩酸を加えると白色ゲル状のケイ酸が生じ、ケイ酸を加熱して乾燥・脱水するとシリカゲルが得られる。シリカゲルは乾燥剤や吸着剤に用いられる。

3 … ②

#### 問4 アルミニウムの製錬

ボーキサイト 200 kg 中の酸化アルミニウム  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (102 g/mol) の物質量は、

$$\frac{200 \times 10^3 \text{ g} \times \frac{51}{100}}{102 \text{ g/mol}} = 1.0 \times 10^3 \text{ mol}$$

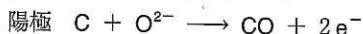
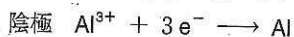
1 mol の  $\text{Al}_2\text{O}_3$  から 2 mol の Al が得られるので、ボーキサイト 200 kg から得られる Al の物質量は、

$$1.0 \times 10^3 \text{ mol} \times 2 = 2.0 \times 10^3 \text{ mol}$$

であり、その質量は、

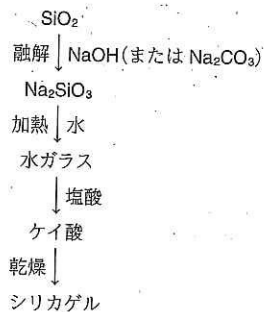
$$27 \text{ g/mol} \times 2.0 \times 10^3 \text{ mol} = 54 \times 10^3 \text{ g} = 54 \text{ kg}$$

なお、アルミナ  $\text{Al}_2\text{O}_3$  から Al が得られる過程では、氷晶石  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$  を約 1000 °C に加熱して融解したものに  $\text{Al}_2\text{O}_3$  を溶かし、炭素電極を用いて電気分解(融解塩電解)を行う。このとき、陰極および陽極では次の反応が起こる。



4 … ⑤

#### ケイ素の化合物



#### 融解塩電解(溶融塩電解)

塩などを融解した状態で電気分解すること。水溶液の電気分解では得ることができないイオン化傾向の大きい金属の単体を得ることができる。

