

# 16 非金属元素の単体と化合物

(p.206~221)

## 354. 周期表と元素の性質

**解答** (1) 第1イオン化エネルギー大: **Ar** 電子親和力大: **Cl**  
 (2) **Mg<sup>2+</sup>**

**解説** (1) 第1イオン化エネルギーは、周期表において、同一周期では右にいくほど大きくなり、同族では上にいくほど大きくなる。したがって、リンP、硫黄S、塩素Cl、アルゴンAr、カリウムK、カルシウムCaの中では、周期表で最も右上に位置する貴ガスのArの第1イオン化エネルギーが最も大きい。

一般に、電子親和力<sup>①</sup>の値が大きい原子ほど、陰イオンになりやすい。17族のフッ素Fや塩素Clは、1価の陰イオンになりやすく、電子親和力の値が大きい。

(2) O<sup>2-</sup>、F<sup>-</sup>、Na<sup>+</sup>、Mg<sup>2+</sup>の電子の数は、いずれも10個で、電子配置は同じであるが、原子核の正電荷の量は、<sub>12</sub>Mg><sub>11</sub>Na><sub>9</sub>F><sub>8</sub>Oである。原子核の正電荷の量が大きいほど、電子を強く引きつけるので、イオン半径は小さくなる。また、同族元素の単原子イオンでは、周期の番号の大きいものほど、より外側の電子殻に電子が配置されるため、イオン半径は大きくなる。したがって、S<sup>2-</sup>のイオン半径が最も大きく、Mg<sup>2+</sup>のイオン半径が最も小さい。

①一般に、原子の電子親和力は、1価の単原子陰イオンから電子を1個取り去るのに必要なエネルギーとして求められる。

## 355. 酸化物

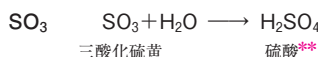
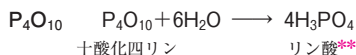
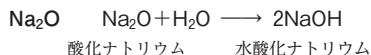
**解答** (1) (ア) **MgO** (イ) **SiO<sub>2</sub>** (2) (a) **Na<sub>2</sub>O** (b) **Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**  
 (c) **P<sub>4</sub>O<sub>10</sub>**、**SO<sub>3</sub>**、**Cl<sub>2</sub>O<sub>7</sub>** (3) **SO<sub>3</sub>+H<sub>2</sub>O → H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**

**解説** 元素の周期表において、第3周期の元素の酸化物の化学式や性質をまとめると、次の表のようになる(表中の○は反応することを表す)。

族	1	2	13	14	15	16	17
酸化物	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>4</sub> O <sub>10</sub>	SO <sub>3</sub>	Cl <sub>2</sub> O <sub>7</sub>
水との反応性	○				○*	○	○
酸との反応性	○	○	○				
塩基との反応性			○	○	○	○	○
酸化物の分類	塩基性酸化物		両性酸化物	酸性酸化物			

\* 水に溶かして加熱すると、リン酸H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>が得られる。

酸化物は、酸性酸化物(水と反応してオキシ酸<sup>①</sup>、塩基と反応して塩を生成)、塩基性酸化物(水と反応して塩基(水酸化物)、酸と反応して塩を生成)、両性酸化物(酸とも塩基とも反応して塩を生成)に分類される。第3周期の元素の酸化物のうち、水と反応しやすいものの化学反応式はそれぞれ次のように表される。



①分子中に酸素を含む無機化合物の酸である。硝酸HNO<sub>3</sub>や硫酸H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、リン酸H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>など。



## Check 酸化物

酸性酸化物(非金属元素の酸化物)：水と反応して酸となるもの、塩基と反応して塩を生成するもの  
(例)  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{P}_4\text{O}_{10}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{Cl}_2\text{O}_7$

塩基性酸化物(金属元素の酸化物)：水と反応して塩基となるもの、酸と反応して塩を生成するもの  
(例)  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{CuO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

両性酸化物(両性金属の酸化物)：酸とも塩基とも反応して塩を生成するもの  
(例)  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZnO}$

(注意) 一酸化炭素  $\text{CO}$  や一酸化窒素  $\text{NO}$  は、水に溶けず、塩基とも反応しない。

## 356. 水素

**解答** (ア)

**解説** (ア) (誤) 水素  $\text{H}_2$  は気体のうちで最も軽く(分子量2.0)、水に溶けにくい。

(イ) (正) 水素は還元作用を示し、加熱した酸化銅(II)  $\text{CuO}$  を還元する。



(ウ) (正) 燃料電池では、水素が負極活物質、酸素が正極活物質として用いられる。

(エ) (正) 亜鉛に希硫酸を加えると、水素が発生する<sup>①</sup>。



## 357. 貴ガス

**解答** (オ)

**解説** (ア) (誤)  $\text{He}$ ,  $\text{Ne}$ ,  $\text{Ar}$ ,  $\text{Kr}$  などの貴ガスは、いずれも反応性が非常に低い単原子分子の気体で、空気中には単体として少量存在する。

(イ) (誤) 最外殻の電子は、ヘリウム  $\text{He}$  では2個、他の原子( $\text{Ne}$ ,  $\text{Ar}$ ,  $\text{Kr}$  など)では8個である。

(ウ) (誤) 貴ガスの沸点はいずれも低く<sup>①</sup>、常温・常圧ではすべて気体である。

(エ) (誤) 貴ガス原子の電子配置は非常に安定であるため、他の原子と結合しにくく、燃焼もしにくい。

(オ) (正) 貴ガスを放電管に封入して放電させると、各元素に特有な色の光を発するので、ネオンサインなどに利用されている。

## 358. ハロゲン

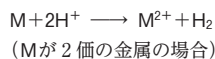
**解答** (ア) フッ素 (イ) 塩素 (ウ) 臭素 (エ) ヨウ素

(オ) 黄緑 (カ) 液 (キ) 固 (ク) 共有 (ケ) 二 (コ) ヨウ素

**解説** ハロゲンの単体は、いずれも共有結合で生じた二原子分子であり、常温・常圧で、フッ素  $\text{F}_2$  は淡黄色の気体、塩素  $\text{Cl}_2$  は黄緑色の気体、臭素  $\text{Br}_2$  は赤褐色の液体、ヨウ素  $\text{I}_2$  は黒紫色の固体である。

これらのうち、 $\text{I}_2$  は水に最も溶けにくい、ヨウ化カリウム  $\text{KI}$  水溶液には三ヨウ化物イオン  $\text{I}_3^-$  を生じて溶け、褐色のヨウ素ヨウ化カリウム水溶液(ヨウ素液)になる。  
$$\text{I}_2 + \text{I}^- \rightleftharpoons \text{I}_3^-$$

① 水素よりもイオン化傾向の大きい金属に、希硫酸や塩酸などを加えると、水素が発生する。



②

元素の周期表で、第18族に属する元素群を**貴ガス**という。

① 貴ガスの沸点

貴ガス	沸点 [°C]
ヘリウム He	-269
ネオン Ne	-246
アルゴン Ar	-186
クリプトン Kr	-152
キセノン Xe	-107

②

元素の周期表で、第17族に属する元素群を**ハロゲン**という。ハロゲンにはフッ素  $\text{F}$ 、塩素  $\text{Cl}$ 、臭素  $\text{Br}$ 、ヨウ素  $\text{I}$  などがある。

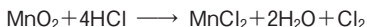
Check ハロゲンの性質

ハロゲン	フッ素 F <sub>2</sub>	塩素 Cl <sub>2</sub>	臭素 Br <sub>2</sub>	ヨウ素 I <sub>2</sub>
色・状態	淡黄色・気体	黄緑色・気体	赤褐色・液体	黒紫色・固体
水への溶解	水を分解	少し溶ける	わずかに溶ける	溶けにくい
酸化作用	強 ← ————— → 弱			
融点・沸点	-220℃・-188℃	-101℃・-34℃	-7℃・59℃	114℃・184℃

359. 塩素

**解答** (ア) 黄緑 (イ) 次亜塩素酸 (ウ) 酸化 (エ) ヨウ化カリウムデンプン [A] MnO<sub>2</sub> [B] Ca(ClO)<sub>2</sub>・2H<sub>2</sub>O

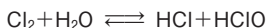
**解説** 塩素は黄緑色の有毒な気体であり、実験室では、酸化マンガン(IV)MnO<sub>2</sub>に濃塩酸を加えて加熱すると得られる。



また、高度さらし粉 Ca(ClO)<sub>2</sub>・2H<sub>2</sub>O に塩酸を加えても得られる<sup>1</sup>。



塩素は水に少し溶け、また、空気よりも重い気体なので、下方置換で捕集する。塩素が水に溶けて生じた塩素水中では、塩素の一部が水と反応して塩化水素 HCl と次亜塩素酸 HClO を生じている。



次亜塩素酸は強い酸化作用を示すため、塩素水は殺菌や漂白などに利用されている<sup>2</sup>。

また、塩素はヨウ化カリウムデンプン紙<sup>3</sup>を青変させる。これは、塩素の酸化作用がヨウ素よりも強く、次式の反応によってヨウ素が生成し、これがデンプンと反応するためである。



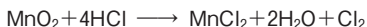
この変化は、塩素の検出に用いられる。

360. 塩素の発生装置と捕集法

**解答** (1) A ② B ④ C ③ D ① (2) C ③ D ① (3) ②

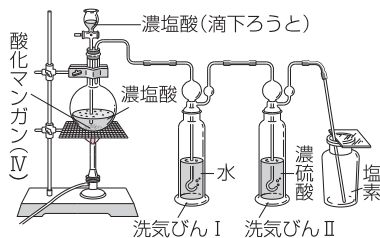
**解説** (1) 実験室で塩素を発生させるのに、酸化マンガン(IV)MnO<sub>2</sub>と濃塩酸が用いられる。固体の酸化マンガン(IV)(B)を丸底フラスコに入れておき、濃塩酸(A)を滴下せよと入れ落下させる。洗気びん I には水(C)、洗気びん II には濃硫酸(D)を入れる<sup>1</sup>。

(2) 酸化マンガン(IV)と濃塩酸の混合物を加熱すると、次式のように塩素が発生する。

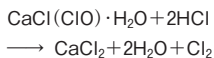


このとき、塩素中には水蒸気 H<sub>2</sub>O と揮発性の塩化水素 HCl が混入しているため、まず、洗気びん I を通過させて水によく溶ける塩化水素を除去する。次に、洗気びん II を通過させて濃硫酸<sup>2</sup>に水蒸気を吸収させる。

(3) 塩素は水に少し溶け、空気よりも重いので、下方置換で捕集する。



**1**さらし粉 CaCl(ClO)・H<sub>2</sub>O を用いて、塩素を発生させることもできる。



**2**市販の漂白剤には次亜塩素酸ナトリウム NaClO が加えられている。

**3**ヨウ化カリウムデンプン紙は、ヨウ化カリウムとデンプンを溶かした水溶液にろ紙を浸したのち、乾燥させたものである。ヨウ素よりも強い酸化作用を示す気体を検出することができる。

**1**洗気びんに入れる水と濃硫酸の順序を逆にすると、捕集された塩素に水蒸気が混入する。

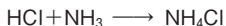
**2**塩素は酸性の気体であり、乾燥剤には酸性乾燥剤の濃硫酸がよく用いられる。

### 361. ハロゲン化水素

- 解答** (1) フッ化水素 (2) 塩化アンモニウムによる白煙を生じる。  
 (3)  $Zn+2HCl \longrightarrow ZnCl_2+H_2$  (4)  $CaF_2+H_2SO_4 \longrightarrow CaSO_4+2HF$   
 (5)  $6HF+SiO_2 \longrightarrow H_2SiF_6+2H_2O$

**解説** (1) ハロゲン化水素の水溶液は強酸性を示すものが多いが、フッ化水素 HF の水溶液(フッ化水素酸)だけは弱酸性を示す。

(2) 塩化水素 HCl はアンモニア  $NH_3$  と反応すると、塩化アンモニウム  $NH_4Cl$  の白煙を生じる。この変化は、HCl,  $NH_3$  相互の検出反応として用いられる。



(3) 亜鉛 Zn に塩酸を加えると、水素が発生する。

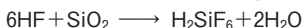


(4) フッ化カルシウム  $CaF_2$  に濃硫酸を加えて加熱すると、フッ化水素 HF が発生する。



この変化はフッ化水素の製法として用いられる。

(5) フッ化水素 HF は、ガラスの成分である二酸化ケイ素  $SiO_2$  と反応してヘキサフルオロケイ酸  $H_2SiF_6$  を生じる。

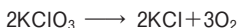
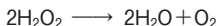


このため、フッ化水素酸はポリエチレン容器に保存する。

### 362. 酸素とオゾン

- 解答** (1)  $2H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O+O_2$  (2) 過酸化水素を分解する触媒  
 (3) 水上置換 (4) オゾン (反応式)  $3O_2 \longrightarrow 2O_3$

**解説** (1), (2) 酸素は、実験室では、過酸化水素  $H_2O_2$  の分解または塩素酸カリウム  $KClO_3$  の分解によってつくられる。このとき触媒として酸化マンガン(IV)  $MnO_2$  が用いられる。



(3) 酸素は水に溶けにくい気体なので、水上置換によって捕集する。

(4) 酸素  $O_2$  中で無声放電<sup>①</sup>すると、酸素の一部が同素体であるオゾン  $O_3$  に変化する<sup>②</sup>。

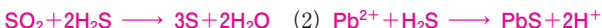


また、酸素に紫外線を照射してもオゾンが得られる。

### 363. 硫黄の化合物

- 解答** (ア) 無 (イ) 濃硫酸 (ウ) 酸化バナジウム(V)  
 (エ) 三酸化硫黄 (オ) 硫酸 (カ) 腐卵 (キ) 酸

(1) ①  $2NaHSO_3+H_2SO_4 \longrightarrow Na_2SO_4+2H_2O+2SO_2$



**解説** 二酸化硫黄  $SO_2$  は、無色、刺激臭の気体で、銅に濃硫酸を加えて加熱すると得られる。



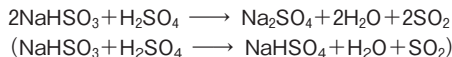
① フッ化カルシウムを主成分とする鉱物をホタル石という。

① 高電圧をかけて静かに放電することを無声放電という。

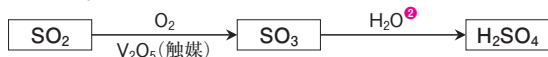
② 酸素の同素体には次のものがある。

- ・酸素  $O_2$  : 無色, 無臭
- ・オゾン  $O_3$  : 淡青色, 特異臭

また、亜硫酸水素ナトリウム  $\text{NaHSO}_3$  に強酸である希硫酸を加えても発生する<sup>①</sup>。



酸化バナジウム(V)  $\text{V}_2\text{O}_5$  を触媒に用いて、 $\text{SO}_2$  を酸素と反応させると、三酸化硫黄  $\text{SO}_3$  になる。これを水と反応させ、硫酸を得ている(接触法)。



$\text{SO}_2$  と硫化水素  $\text{H}_2\text{S}$  を反応させると、次式のように硫黄が生じる<sup>③</sup>。



$\text{H}_2\text{S}$  は、無色、腐卵臭で、還元作用をもつ弱酸性の気体である。 $\text{H}_2\text{S}$  は、弱酸の塩である硫化鉄(II)  $\text{FeS}$  に強酸の希硫酸を加えると得られる。



また、 $\text{H}_2\text{S}$  は多くの金属イオンと反応して有色の沈殿を生じるので、金属イオンの検出にも用いられる。



### Check $\text{H}_2\text{S}$ , $\text{SO}_2$ の発生



弱酸の塩 強酸 強酸の塩 弱酸



弱酸の塩 強酸 強酸の塩 弱酸

## 364. 硫酸

### 解答 (オ)

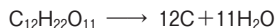
解説 (ア) (正) 濃硫酸は、密度が  $1.83 \text{ g/cm}^3$  の重い液体である。

(イ) (正) 濃硫酸を希釈して希硫酸にすると、大量の熱が発生する<sup>①</sup>。



(ウ) (正) 濃硫酸は吸湿性を示すので、気体の乾燥剤に用いられる。濃硫酸は酸性乾燥剤であり、中性および酸性の気体の乾燥に適している<sup>②</sup>。

(エ) (正) 濃硫酸は脱水作用を示し、スクロース  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  などの化合物から、水素原子Hと酸素原子Oを2:1の割合で奪う。



(オ) (誤) 加熱した濃硫酸(熱濃硫酸)は強い酸化作用を示し、銅などの、水素よりもイオン化傾向が小さい金属とも反応して二酸化硫黄  $\text{SO}_2$  を発生する。

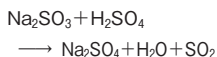


### Check 濃硫酸の性質

- ①無色の重い液体(密度  $1.83 \text{ g/cm}^3$ )
- ②水で希釈すると激しく発熱(溶解エンタルピー  $-95 \text{ kJ/mol}$ )
- ③吸湿性が強い(乾燥剤に利用)
- ④脱水作用
- ⑤不揮発性(沸点  $338^\circ\text{C}$ )
- ⑥熱濃硫酸は強い酸化作用

### ①亜硫酸ナトリウム

$\text{Na}_2\text{SO}_3$  を用いて発生させることもできる。



②実際には  $\text{SO}_3$  を濃硫酸に吸収させて発煙硫酸とし、これを希硫酸に加えて濃硫酸としている。

③この反応では、 $\text{H}_2\text{S}$  が還元剤、 $\text{SO}_2$  が酸化剤として働いている。

①濃硫酸を希釈する場合は、多量の水に、よくかき混ぜながら濃硫酸を少量ずつ加えて、危険防止に努める。

②還元作用を示す硫化水素の乾燥には適さない。

### 365. アンモニアの発生

**解答** (1)  $2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \longrightarrow \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NH}_3$

(2) ① (誤り) 試験管の口を上向きにしている。

(正しい方法) 試験管の口は、水平よりも少し下げておく。

(理由) 加熱で生じた水蒸気が凝縮し、試験管の底部に逆流して、試験管が破損するのを防ぐため。

② (誤り) アンモニアの乾燥剤に塩化カルシウムを用いている。

(正しい方法) 乾燥剤にはソーダ石灰などの塩基性乾燥剤を用いる。

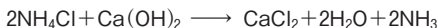
(理由) 塩化カルシウムはアンモニアと反応してしまう<sup>①</sup>ため、乾燥剤として用いることができない。アンモニアは塩基性の気体なので、反応しないように、塩基性乾燥剤であるソーダ石灰を用いる。

③ (誤り) アンモニアを下方置換で捕集している。

(正しい方法) 上方置換で捕集する。

(理由) アンモニアは水に溶けやすく、空気よりも軽い気体であるため。

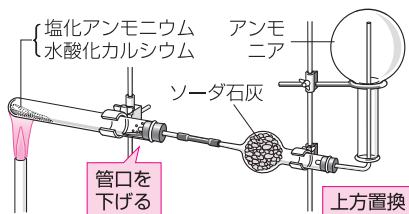
**解説** (1) 塩化アンモニウム  $\text{NH}_4\text{Cl}$  に強塩基の水酸化カルシウム  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  を加えて加熱すると、弱塩基のアンモニアが発生する。



(2) ① 固体どうしの混合物を加熱して水蒸気が発生する場合、この水蒸気が凝縮して試験管の底部にもどると、試験管が急冷されて破損する恐れがある。

② 乾燥剤は、捕集気体と反応しないものを選ぶ必要がある。アンモニアは、濃硫酸などの酸性乾燥剤や、塩化カルシウムと反応するので、塩基性乾燥剤である酸化カルシウムやソーダ石灰が用いられる。

③ アンモニアは水によく溶ける。また、分子量が17なので、空気よりも軽い<sup>②</sup>。

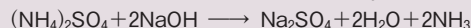


<sup>①</sup>アンモニアは塩化カルシウムと反応して、 $\text{CaCl}_2 \cdot 8\text{NH}_3$ を生じる。

<sup>②</sup>空気の平均分子量は28.8である。

#### Check アンモニアの発生

アンモニアの発生には、弱塩基の塩 + 強塩基  $\longrightarrow$  強塩基の塩 + 弱塩基の反応が利用される。



### 366. リンとその化合物

**解答** (イ), (オ)

**解説** (ア) (誤) 赤リンは、毒性の小さい暗赤色の粉末で、二硫化炭素  $\text{CS}_2$  に溶けない。また、空気中では安定に存在する<sup>①</sup>。

(イ) (正) 黄リンは、淡黄色のろう状の固体で、きわめて有毒であり、二硫化炭素に溶ける。また、黄リンは反応性に富み、空気中で自然発火するため、水中に保存する<sup>①</sup>。

<sup>①</sup>リンの同素体には、赤リンや黄リンなどがある。

- ・赤リン 毒性は小さく、暗赤色の粉末
- ・黄リン 有毒、淡黄色のろう状固体(純粋なものは白色)

(ウ) (誤) 十酸化四リンは  $P_4O_{10}$  という分子からなる物質であり、強い吸湿性を示す。

(エ) (誤) リン酸  $H_3PO_4$  は、無色の結晶で、潮解性が強く、水によく溶ける。酸の強さは、硫酸や塩酸などの強酸よりも弱く、酢酸よりも強い。

(オ) (正) リン酸の塩であるリン酸二水素カルシウム  $Ca(H_2PO_4)_2$  は、水に溶けやすく、リン酸肥料として用いられる<sup>①</sup>。

### 367. 炭素

**解答** (ア) 黒鉛 (イ) (B) (ウ) 3 (エ) ダイヤモンド

(オ) (A) (カ) 四面 (キ) フラーレン (ク) (C)

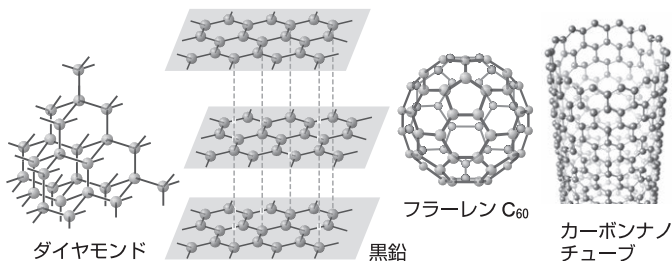
**解説** 炭素の同素体には、黒鉛(グラファイト)、ダイヤモンド、フラーレン、カーボンナノチューブなどがある。

黒鉛は、正六角形を単位とする広い平面が何層にも重なった構造をしている<sup>①</sup>。黒鉛を構成する炭素原子では、4個の価電子のうち3個だけが隣接する炭素原子との共有結合に使われ、残り1個の価電子は平面内を動きまわることができる。このため、黒鉛は電気伝導性を示す。また、層間には弱い引力しか働かないため、黒鉛はやわらかい。

ダイヤモンドでは、炭素原子の4個の価電子がすべて共有結合に使われ、正四面体形が無限に連なった構造をしている。このため、ダイヤモンドは電気伝導性を示さず、鉱物中で最もかたい。

フラーレンは、 $C_{60}$  や  $C_{70}$ <sup>②</sup> などの分子式で示される分子であり、球殻状の構造をもつ。

カーボンナノチューブは、黒鉛の結晶を構成する層の1枚が筒状に巻いた構造をしている。



### 368. 炭素の化合物

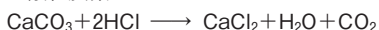
**解答** (1)  $CaCO_3 + 2HCl \longrightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2$

(2) 難溶性の硫酸カルシウムによって石灰石の表面が覆われ、反応が継続しないから。

(3) b (現象) b 内の希塩酸の液面が下がって石灰石から分離され、a 内の塩酸の液面が上昇し、気体の発生が停止する。

(4)  $Ca(OH)_2 + CO_2 \longrightarrow CaCO_3 + H_2O$

**解説** (1), (2) 石灰石の主成分は炭酸カルシウム  $CaCO_3$  である。これに強酸である塩酸を加えると、弱酸である炭酸が遊離し、これが分解して二酸化炭素を生じる。



この反応に希硫酸を用いると、石灰石の表面に、水に溶けにくい硫酸カ

<sup>②</sup> 過リン酸石灰や重過リン酸石灰として用いられる。

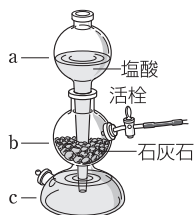
<sup>①</sup> 炭素原子が互いに正六角形を形づくりながら結合して形成された、原子1個分の厚さのシートを **グラフェン** という。グラフェンはうすくて軽く、電気をよく導く。黒鉛はグラフェンが多数積み重なった構造とみなされる。

<sup>②</sup>  $C_{60}$  はサッカーボール型、 $C_{70}$  はラグビーボール型をしている。



ルシウム  $\text{CaSO}_4$  を生じるため、反応が円滑に進行しない。

(3) この問題の装置をキップの装置という<sup>①</sup>。キップの装置の b に固体の石灰石を入れ、a から希塩酸を加えていく。希塩酸が c の部分を満たし、b の部分に到達すると、石灰石にふれるようになり、反応がはじまる。発生した二酸化炭素は活栓付きのガラス管を通して出ていく。



キップの装置

活栓を閉じると、発生し続ける二酸化炭素の圧力で b 内の希塩酸が押し下げられ、石灰石から分離されるため、気体の発生が停止する。

(4) 石灰水は水酸化カルシウム  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  の飽和水溶液であり、二酸化炭素と反応して難溶性の炭酸カルシウム  $\text{CaCO}_3$  を生じる。

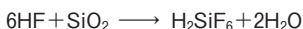


### 369. ケイ素とその化合物

**解答** (ア)、(ウ)、(エ)

**解説** (ア) (誤) ケイ素は、地殻<sup>①</sup>中で酸素に次いで多い元素であるが、単体としては産出しない。酸化物やケイ酸塩などとして存在する。(イ) (正) ケイ素の単体は、ダイヤモンドと同じ結晶構造をもつ共有結合の結晶である<sup>②</sup>。

(ウ) (誤) 二酸化ケイ素  $\text{SiO}_2$  は塩酸や硫酸などの酸には溶けないが、フッ化水素酸(フッ化水素  $\text{HF}$  の水溶液)には溶ける。



(エ) (誤) 二酸化ケイ素は、水酸化ナトリウム  $\text{NaOH}$  や炭酸ナトリウム  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  と融解すると、水に溶けやすいケイ酸ナトリウム  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  を生じる。



(オ) (正) ケイ酸ナトリウムに水を加えたものが水ガラスであり、これに塩酸を加えると、難溶性のケイ酸  $\text{H}_2\text{SiO}_3$  を生じる<sup>③</sup>。



(カ) (正) ケイ酸を加熱して乾燥させると、多孔質のシリカゲルが得られる。シリカゲルは、乾燥剤や吸着剤として利用されている。

### 370. 気体の性質

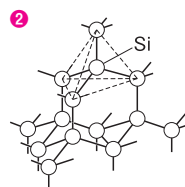
**解答** (1) (エ) (2) (ウ) (3) (イ) (4) (ア)

**解説** 各気体の性質をまとめると、次のようになる。

- |                               |   |
|-------------------------------|---|
| (ア) 一酸化炭素 $\text{CO}$         | 無色、無臭で、水に溶けにくい。                           |
| (イ) 硫化水素 $\text{H}_2\text{S}$ | 無色、腐卵臭 <sup>①</sup> で、水に少し溶け、水溶液は弱い酸性を示す。 |
| (ウ) 塩化水素 $\text{HCl}$         | 無色、刺激臭で、水によく溶け、水溶液は強い酸性を示す。               |
| (エ) アンモニア $\text{NH}_3$       | 無色、刺激臭で、水によく溶け、水溶液は弱い塩基性を示す。              |
| (オ) 二酸化窒素 $\text{NO}_2$       | 赤褐色、刺激臭で、水によく溶け、水溶液は強い酸性を示す。              |

<sup>①</sup>キップの装置は、粒状の固体と液体の反応によって気体が発生する場合の装置として用いられる。二酸化炭素の発生のほか、硫化鉄(II)  $\text{FeS}$  と希硫酸から硫化水素  $\text{H}_2\text{S}$  を発生させる場合などに用いられる。

<sup>①</sup>地殻は地表から深さ 5~60km までを構成する岩石層である。



<sup>③</sup>ケイ酸は組成が一定しておらず、 $m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  とも表される。

<sup>①</sup>  $\text{H}_2\text{S}$  のにおいては悪臭と表現されることもある。



## 371. 気体の発生装置と捕集 .....

**解答** (1) (イ) (2) (ア) (3) (エ) (4) (ウ)

**解説** (1) 亜硝酸アンモニウム  $\text{NH}_4\text{NO}_2$  を含む水溶液を加熱すると、窒素  $\text{N}_2$  が発生する。



窒素は水に溶けにくい気体なので、水上置換で捕集する。

(2) 塩化ナトリウム  $\text{NaCl}$  に濃い硫酸水溶液を加えて加熱すると、塩化水素  $\text{HCl}$  が発生する<sup>①</sup>。



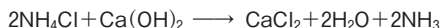
塩化水素は水によく溶け、空気よりも重いので、下方置換で捕集する。

(3) 炭酸水素ナトリウム  $\text{NaHCO}_3$  を加熱すると、二酸化炭素  $\text{CO}_2$  が発生する。このとき水も生成するので、試験管の口を少し下げしておく<sup>②</sup>。



二酸化炭素は水に少し溶け、空気よりも重いので、下方置換で捕集する<sup>③</sup>。

(4) 固体の塩化アンモニウム  $\text{NH}_4\text{Cl}$  と、固体の水酸化カルシウム  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  の混合物を加熱すると、アンモニア  $\text{NH}_3$  が発生する。このとき、水も生成するので、試験管の口を少し下げしておく<sup>②</sup>。



アンモニアは水によく溶け、空気よりも軽いので、上方置換で捕集する。

①濃硫酸を用いると、加熱しなくても塩化水素が発生する。

②固体の加熱によって水が生成するときは、加熱部分に水がもどって試験管を破損しないように、管口を下げる。

③二酸化炭素は水上置換で捕集されることもある。

### Check 気体の捕集方法

- |                            |   |
|----------------------------|---|
| ①水上置換…水に溶けにくい気体の捕集         | 〈例〉 $\text{H}_2$ , $\text{O}_2$ , $\text{CO}$ , $\text{NO}$ , $\text{CH}_4$ |
| ②上方置換…水に溶けやすく、空気よりも軽い気体の捕集 | 〈例〉 $\text{NH}_3$   |
| ③下方置換…水に溶けやすく、空気よりも重い気体の捕集 | 〈例〉 $\text{HCl}$ , $\text{H}_2\text{S}$ , $\text{CO}_2$ , $\text{SO}_2$     |

## 372. 気体の製法と乾燥剤 .....

**解答** (1) (a)  $2\text{KClO}_3 \longrightarrow 2\text{KCl} + 3\text{O}_2$



(2) (a) ③ (b) ② (c) ② (d) ② (e) ② (3) (ウ)

**解説** (1) 酸化マンガン(IV)は、(a)では触媒として、(b)では酸化剤として働く。(c)~(e)では、弱酸の塩+強酸 → 強酸の塩+弱酸の反応によって、それぞれ  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}_2$  が発生する。

(2) 水に溶けにくい気体は水上置換、水に溶ける気体のうち、空気よりも軽いものは上方置換、空気よりも重いものは下方置換で捕集する。

(3) 中性の気体はどの乾燥剤を用いてもよい。酸性の気体には塩基性乾燥剤は適さないで、中性または酸性の乾燥剤を使用する。ただし、硫化水素は酸性の気体であるが、還元性が強いので、酸化作用のある濃硫酸では乾燥できない<sup>①</sup>。

①酸性の硫化水素  $\text{H}_2\text{S}$  の乾燥には、酸性乾燥剤の十酸化四リン  $\text{P}_4\text{O}_{10}$  や中性乾燥剤の塩化カルシウム  $\text{CaCl}_2$  などを用いる。

## Check 気体の乾燥剤

気体の乾燥剤の選択…乾燥させる気体が反応しないものを選ぶ。

- ①酸性の気体 → 中性、酸性の乾燥剤 (例外)  $\text{H}_2\text{S}$  に濃硫酸は不可  
②塩基性の気体 → 中性、塩基性の乾燥剤 (例外)  $\text{NH}_3$  に塩化カルシウムは不可  
③中性の気体 → 中性、酸性、塩基性の乾燥剤

## 373. アンモニアと硝酸の工業的製法

**解答** (1) ①  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  ② Pt (2) (ア) NO (イ)  $\text{NO}_2$

- (3) ①  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$  ②  $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \rightarrow 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$   
③  $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$  ④  $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$

- (4) ① ハーバー・ボッシュ法(ハーバー法) (5) 1 mol

②~④ オストワルト法

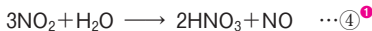
**解説** 窒素と水素から、四酸化三鉄  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  を主成分とする触媒を用いてアンモニアが合成される(ハーバー・ボッシュ法またはハーバー法)。



このアンモニアは、白金 Pt 触媒のもとで酸化されて一酸化窒素 NO に変化する。



一酸化窒素は空気中の酸素で酸化されて二酸化窒素  $\text{NO}_2$  となり、これを水と反応させて硝酸  $\text{HNO}_3$  がつくられている。



この硝酸の工業的製法はオストワルト法とよばれる。

- (5) ②+③×3+④×2 から、NO,  $\text{NO}_2$  を消去して1つの式にする<sup>2</sup>。



両辺を4で割ると、



⑥式から、1 mol のアンモニア  $\text{NH}_3$  から1 mol の硝酸  $\text{HNO}_3$  が得られることがわかる。

## 374. 周期表と元素の性質

**解答** (ア), (エ), (キ)

**解説** (ア) (正) 同一周期に属する元素では、一般に、原子番号が大きいほど、第1イオン化エネルギー<sup>1</sup>は大きくなる。これは、同一周期の原子では、最も外側の電子殻が同じであり、原子番号が増えるにつれて、陽子の数が増加して原子核の正電荷が大きくなり、最外殻電子と原子核の結びつきが強くなるためである。

(イ) (誤) 一般に、電子親和力<sup>2</sup>の値が大きい原子ほど、陰イオンになりやすい。同一周期の中では、17族のハロゲンが最も電子親和力が大きい。

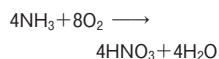
(ウ) (誤) 同一周期の元素の原子は、最外殻が同じであるが、原子番号が大きいものほど電子と陽子の数が多く、最外殻電子の負電荷と原子核の正電荷のクーロン力によって、最外殻電子がより強く原子核に引きつけられるため、原子半径は小さくなる<sup>3</sup>。

(エ) (正) 同族元素の原子では、原子番号が大きいものほど、より外

**1** この反応で生成する NO は③式の反応に再利用される。

**2** まず③×3+④×2を行い、 $\text{NO}_2$  を消去する。  
 $4\text{NO} + 3\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{HNO}_3 \quad \dots \textcircled{a}$

②+(a)を行い、NO を消去する。



**1** 気体状の原子から電子1個を取り去って、1価の陽イオンにするときに必要なエネルギーを**第1イオン化エネルギー**という。

**2** 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するエネルギーを**電子親和力**という。

**3** 電子が増えることによる反発の効果もあるが、正電荷と電子のクーロン力による効果の方が影響が大きい。

側の電子殻に最外殻電子が配置されるため、原子半径は大きくなる。

(オ) (誤) 電子配置が同じであれば、電子の数も同じであるが、原子番号が大きい原子ほど原子核の正電荷の量が大きく、電子をより強く引きつけるので、イオン半径は小さくなる。

(カ) (誤) ハロゲンの単体のうち、常温・常圧でフッ素と塩素は気体であるが、臭素は液体(沸点59℃)、ヨウ素は固体(融点114℃)である。

(キ) (正) 貴ガスの単体は、原子番号が大きいほど分子量が大きく、ファンデルワールス力が強くなるため、沸点は高くなる。

## 375. ハロゲンの性質 .....

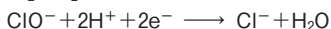
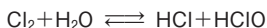
**解答** (ア) 17 (イ) 高 (ウ) 酸化

(1) 分子間に水素結合が働くため。



**解説** 周期表の17族に属する元素(F, Cl, Br, I など)をハロゲンという。ハロゲンの単体はすべて二原子分子からなり、有色で強い酸化作用を示し、有毒である。ハロゲンの単体は、すべて無極性分子からなるため、単体の融点や沸点は分子量が大きい(原子番号が大きい)ものほど高くなる( $F_2 < Cl_2 < Br_2 < I_2$ )。一方、単体の酸化力は $F_2 > Cl_2 > Br_2 > I_2$ であり、原子番号が小さいものほど強くなる。

塩素の水溶液を塩素水といい、塩素水中では、塩素の一部が水と反応して塩化水素 HCl と次亜塩素酸 HClO を生じている。次亜塩素酸は強い酸化作用を示すため、塩素水は殺菌・消毒や漂白に用いられる。



(1) ハロゲン化水素は、いずれも無色、刺激臭の有毒な気体で、水に溶けて酸性を示す。ただし、フッ化水素 HF は、次のような特有の性質を示す。

①分子間に水素結合が働くため、分子量が小さいにもかかわらず、他のハロゲン化水素に比べて沸点が異常に高い。

②フッ化水素の水溶液(フッ化水素酸)は弱酸性を示す。

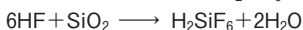
③フッ化水素酸はガラスや二酸化ケイ素  $SiO_2$  と反応する。そのため、ガラス容器に保存しにくく、ポリエチレン容器などに保存する。

他のハロゲン化水素では、分子量が大きくなるほど沸点も高くなる。また、水溶液はいずれも強酸性を示す<sup>1)</sup>。

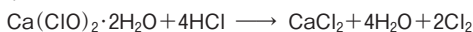
(2) ① フッ素  $F_2$  は非常に強い酸化作用を示し、水と激しく反応して酸素  $O_2$  を発生する。



② フッ化水素酸は、ガラスの主成分である二酸化ケイ素  $SiO_2$  と反応して、ヘキサフルオロケイ酸  $H_2SiF_6$  を生じる。



③ 高度さらし粉  $Ca(ClO)_2 \cdot 2H_2O$  に塩酸を加えたときの反応式は、次のとおりである。



<sup>1)</sup>ハロゲン化水素の水溶液の酸性の強さは、 $HF \ll HCl < HBr < HI$  である。

### 376. 酸素とオゾン

**解答** (1) (ア) 1.43 (イ) 同素体 (ウ) 紫外線 (2) 分留



**解説** (1) (ア) 1 mol の酸素  $\text{O}_2$  (モル質量は 32 g/mol) の体積は、 $0^\circ\text{C}$ 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$  で 22.4 L なので、密度は次のように求められる。

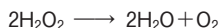
$$\text{密度} = \frac{1 \text{ mol の酸素の質量 [g]}}{1 \text{ mol の酸素の体積 [L]}} = \frac{32 \text{ g}}{22.4 \text{ L}} = 1.428 \text{ g/L}$$

(イ) 酸素  $\text{O}_2$  とオゾン  $\text{O}_3$  のように、性質は異なるが、同じ元素からできた単体どうしを**同素体**という<sup>①</sup>。

(ウ) 地上から数十 km 付近には、オゾン濃度の高い大気が存在しており、これを**オゾン層**という。オゾン層は、太陽から放射される有害な紫外線を吸収する役割を果たしている。

(2) 空気を液体にして、徐々に温度を上げていくと、酸素や窒素などを、沸点の違いを利用して分離できる。このような分離法を**分留**という<sup>②</sup>。

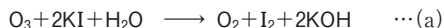
(3) ② 過酸化水素  $\text{H}_2\text{O}_2$  水に触媒として酸化マンガン(IV)  $\text{MnO}_2$  を加えると、酸素  $\text{O}_2$  が発生する。



③ 酸素  $\text{O}_2$  に強い紫外線を照射したり、高い電圧をかけて放電(無声放電という)したりすると、オゾン  $\text{O}_3$  が生成する。



オゾンは特有のにおいをもつ淡青色の気体である。強い酸化作用を示すため、ヨウ化カリウム水溶液にオゾンを通じると、次のように、ヨウ化カリウム  $\text{KI}$  を酸化してヨウ素  $\text{I}_2$  を遊離させる<sup>③</sup>。



オゾンとヨウ化カリウムとの反応は、電子の授受を表す次の2つの反応式からつくすることもできる。



(b) + (c) を行い、電子  $\text{e}^-$  を消去すると、



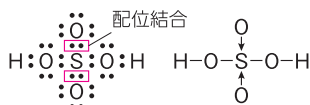
両辺に  $2\text{K}^+$  を加えて整理すると、(a)式が得られる。

### 377. 硫酸の性質

**解答** (1)  (2) ②, ③

**解説** (1) 硫黄が中心原子となり、2つの酸素原子と硫黄原子が不對電子1個ずつを共有して単結合を

形成する。また、この酸素原子のそれぞれが、水素原子と不對電子1個ずつを共有して単結合を形成する。さらに、2組ある硫黄原子の非共有電子対を、それぞれ酸素原子に供与し、配位結合を形成する。これらを踏まえて、硫酸の電子式を示せばよい。



<sup>①</sup>同素体が存在する元素には、酸素Oのほか、硫黄S、炭素C、リンPなどがある。

<sup>②</sup>窒素の沸点は $-196^\circ\text{C}$ 、酸素は $-183^\circ\text{C}$ であり、液体空気を分留すると、窒素の方が先に気体となって分離される。

<sup>③</sup>ヨウ化カリウムデンプン紙は、ろ紙にヨウ化カリウムとデンプンの混合水溶液を浸みこませて乾燥させたものであり、ヨウ素デンプン反応を利用して、ヨウ素よりも強い酸化作用を示す気体( $\text{Cl}_2$ 、 $\text{O}_3$ など)を検出できるようにしている。

(2) ① (正) 濃硫酸に水を加えると、多量の熱が発生して、加えた水が瞬時に沸騰し、硫酸を含む高温の水溶液が飛び散る危険がある。したがって、濃硫酸をうすめて希硫酸を調製するときには、多量の水に、かき混ぜながら濃硫酸を少しずつ加える。このとき、容器全体を冷水で冷やしておく。

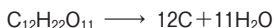


② (誤) 濃硫酸は不揮発性の酸であり、揮発性の酸の塩に加えて加熱すると、揮発性の酸が遊離する。たとえば、塩化ナトリウムに濃硫酸を加えて加熱すると、揮発性の酸である塩化水素 HCl が遊離する。

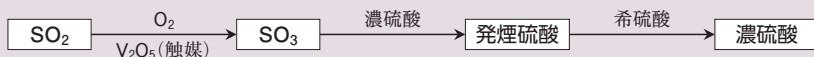


③ (誤) 硫酸は強酸であるが、濃硫酸の濃度は非常に大きく、ほとんど水を含まないために電離度は非常に小さい。そのため、水素イオン濃度は小さい。したがって、希硫酸に比べて酸性は弱く、イオン化傾向が大きい亜鉛のような金属であっても、希硫酸ほど激しく反応しない。

④ (正) 化合物から水素と酸素を水 H<sub>2</sub>O と同じ割合で奪う作用を脱水作用という。スクロース C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub> に濃硫酸を加えると、脱水されて炭素が残る。



**Check** 接触法(硫酸の工業的製法)



**378. 窒素・リンの化合物** .....

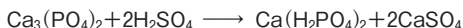
**解答** (1)  $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2$  または  $\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{CO}_2 + 4\text{H}_2$

(2) オストワルト法 (3) リン酸カルシウムは水に溶けにくく、植物の根から吸収されにくい。

**解説** (1) 水素は、実験室では、亜鉛や鉄などのイオン化傾向の比較的大きい金属に、希硫酸や塩酸などを加えるか、水の電気分解によって得られる。工業的には、ニッケル Ni を触媒として、石油や天然ガス(主成分: CH<sub>4</sub>)と水蒸気を反応させてつくられることが多い。

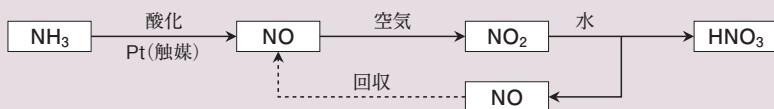


(3) リン鉱石の主成分のリン酸カルシウム Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> は、骨や歯に含まれ、水に溶けにくい。このままでは植物の根から吸収されにくく、肥料として適さないため、硫酸で処理してリン酸二水素カルシウム Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> と硫酸カルシウム CaSO<sub>4</sub> の混合物<sup>①</sup>にしている。



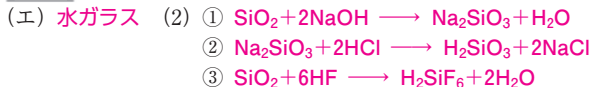
① この混合物は過リン酸石灰とよばれる。

**Check** オストワルト法(硝酸の工業的製法)



### 379. ケイ素とその化合物

**解答** (1) (ア) M (イ) 共有結合の(共有) (ウ) 酸性



(3) シリカゲルは多孔質で表面積が大きく、極性の大きいO-H結合を多数もち、水素結合で水分子を吸着しやすいから。(53字)

**解説** ケイ素 Si は原子番号14番の元素であり、その原子の電子配置は、(K2, L8, M4)と表される。ケイ素原子は4個の価電子をもち、4つの原子と共有結合(単結合)を形成する<sup>①</sup>。そのため、ケイ素の単体や化合物では、ケイ素原子の周囲の4つの原子は、正四面体形を形成する。

ケイ素の単体<sup>②</sup>は、共有結合の結晶であり、その結晶構造はダイヤモンド型である。ケイ素の単体は、金属のような光沢をもち、半導体の性質を示す。

二酸化ケイ素  $\text{SiO}_2$ <sup>③</sup>は共有結合の結晶であり、1つのケイ素原子に結合する4つの酸素原子がそれぞれ正四面体の頂点に位置した構造をとる<sup>④</sup>。

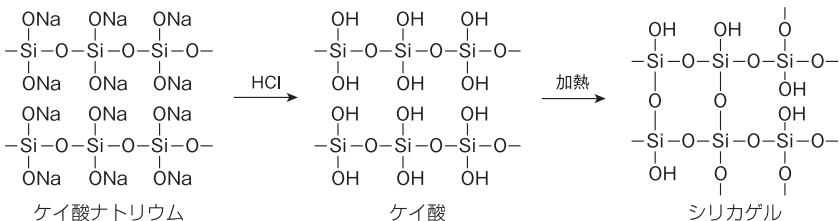
二酸化ケイ素は酸性酸化物であり、塩基性の物質と反応する。二酸化ケイ素を水酸化ナトリウム  $\text{NaOH}$  や炭酸ナトリウム  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  と融解すると、ケイ酸ナトリウム  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  を生じる。



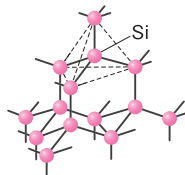
得られたケイ酸ナトリウムに水を加えて加熱すると、水ガラスとよばれる粘性の大きい液体を生じる。水ガラスに塩酸や希硫酸を加えると、白色ゼリー状のケイ酸  $\text{H}_2\text{SiO}_3$ <sup>⑤</sup>が生成する。



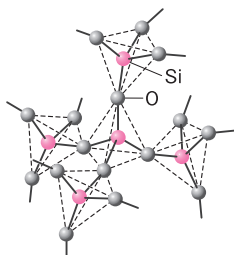
ケイ酸を加熱して脱水すると、シリカゲルが得られる。シリカゲルは多孔質の固体で、乾燥剤や吸着剤として利用される。シリカゲルは極性の大きいO-H結合を多数もち、水分子と水素結合を形成する。



二酸化ケイ素は、一般に薬品には侵されにくいですが、フッ化水素酸  $\text{HF}$ aq には溶けてヘキサフルオロケイ酸  $\text{H}_2\text{SiF}_6$  を生じる。



ケイ素



二酸化ケイ素

**①**ケイ素は、炭素Cと異なり、二重結合や三重結合を形成しにくい。

**②**ケイ素の単体は、二酸化ケイ素  $\text{SiO}_2$  を高温の炉の中に入れ、コークスCを用いて還元して得られる。



**③**二酸化ケイ素  $\text{SiO}_2$  は、水晶、石英、ケイ砂などの形で産出する。

**④**炭化ケイ素  $\text{SiC}$  もダイヤモンドに似た構造の共有結合の結晶である。

**⑤**ケイ酸は組成が一定しておらず、 $m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  とも示される。 $\text{H}_2\text{SiO}_3$  は  $m=n=1$  の場合の化学式である。

## 380. 無機化学工業 .....

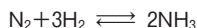
**解答** (1) ① (b) ② (e) ③ (f)



(3) ア: 4 イ: 5 ウ: 4 エ: 6 オ: 2 カ: 1 キ: 2

ク: 3 ケ: 1 コ: 2 サ: 1 (4) 8.5kg (5) 19g

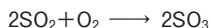
**解説** (1) アンモニアの工業的製法(ハーバー・ボッシュ法)では、四酸化三鉄  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  を主成分とする触媒を用いて、窒素と水素を直接反応させ、アンモニアを合成している。 $\text{Fe}_3\text{O}_4$  は原料の水素によって還元されて Fe となり、これが触媒として働く。



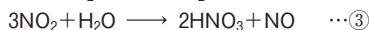
硝酸の工業的製法(オストワルト法)では、白金 Ptなどを触媒として、アンモニア  $\text{NH}_3$  を酸化し、一酸化窒素 NO を生成している。



硫酸の工業的製法(接触法)では、酸化バナジウム(V)  $\text{V}_2\text{O}_5$  を触媒として、二酸化硫黄  $\text{SO}_2$  を酸化し、三酸化硫黄  $\text{SO}_3$  を生成している。



(4) (3)の3つの式を①~③式とする。



①+②×3+③×2 から、NO、 $\text{NO}_2$  を消去して1つの式にする。



④式の両辺を4で割ると、



⑤式から、1 mol のアンモニア  $\text{NH}_3$  (モル質量 17 g/mol) から 1 mol の硝酸  $\text{HNO}_3$  (モル質量 63 g/mol) が得られることがわかる。したがって、硝酸 31.5 kg (31.5 × 10<sup>3</sup> g) を生成するために必要なアンモニアの質量は、

$$17 \text{ g/mol} \times \frac{31.5 \times 10^3 \text{ g}}{63 \text{ g/mol}} = 8.5 \times 10^3 \text{ g} = 8.5 \text{ kg}$$

(5) 反応式の係数の比から、1 mol のスクロース  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  (モル質量 342 g/mol) から 12 mol の炭化生成物 C (モル質量 12 g/mol) が得られることがわかる。したがって、炭化生成物 8.0 g が生成したときに反応したスクロース (モル質量 342 g/mol) の質量は、

$$342 \text{ g/mol} \times \frac{8.0 \text{ g}}{12 \text{ g/mol}} \times \frac{1}{12} = 19 \text{ g}$$

## 381. 気体の製法と性質 .....

**解答** (1) ①  $\text{FeS} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{S}$



(2) ① (イ) ② (ウ) ③ (イ) ④ (ア) ⑤ (イ)

(3) ① (ウ) ④ (イ)



(4) ① (オ) ② (ア) ③ (イ) ④ (エ) ⑤ (ウ)

**解説** (1) ①～⑤で発生する気体は次のとおりである。

- ① 硫化水素  $\text{H}_2\text{S}$       ② 一酸化炭素  $\text{CO}$       ③ 二酸化窒素  $\text{NO}_2$   
 ④ アンモニア  $\text{NH}_3$       ⑤ 塩素  $\text{Cl}_2$

(2) 水に溶けにくい気体は水上置換で捕集される。また、水に溶ける気体のうち、空気<sup>①</sup>よりも重いものは下方置換、軽いものは上方置換で捕集される。

①～⑤の気体の水への溶解性、空気との比較、捕集法は、次の表のようになる。

気体	① $\text{H}_2\text{S}$	② $\text{CO}$	③ $\text{NO}_2$	④ $\text{NH}_3$	⑤ $\text{Cl}_2$
水への溶解性	溶ける	溶けにくい	よく溶ける	よく溶ける	溶ける
空気との比較	重い	ほぼ等しい	重い	軽い	重い
捕集法	下方置換	水上置換	下方置換	上方置換	下方置換

(3) (ア)の濃硫酸  $\text{H}_2\text{SO}_4$  は酸性乾燥剤、(イ)のソーダ石灰 ( $\text{CaO} + \text{NaOH}$ ) は塩基性乾燥剤、(ウ)の塩化カルシウム  $\text{CaCl}_2$  は中性乾燥剤である。

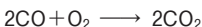
①  $\text{H}_2\text{S}$  は酸性の気体なので、酸性または中性の乾燥剤を用いる。ただし、濃硫酸とは酸化還元反応をおこすので、濃硫酸は不適當である。

④  $\text{NH}_3$  は塩基性の気体なので、塩基性または中性の乾燥剤を用いる。ただし、 $\text{CaCl}_2$  とは反応して  $\text{CaCl}_2 \cdot 8\text{NH}_3$  を生じるので、 $\text{CaCl}_2$  は不適當である。

(4) ①  $\text{H}_2\text{S}$  は無色、腐卵臭の気体で、酢酸鉛(Ⅱ) ( $\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$  と反応して黒色の硫化鉛(Ⅱ)  $\text{PbS}$  を生じる<sup>②</sup>。



②  $\text{CO}$  は有毒な気体で、淡青色の炎を上げてよく燃える。



③  $\text{NO}_2$  は刺激臭のある赤褐色の気体で、有毒である。

④  $\text{NH}_3$  と塩化水素  $\text{HCl}$  が空気中で接触すると、塩化アンモニウム  $\text{NH}_4\text{Cl}$  の白煙を生じる。



⑤  $\text{Cl}_2$  は反応性が高く、水素  $\text{H}_2$  との混合気体に光をあてると、常温でも激しく反応して塩化水素  $\text{HCl}$  を生じる。



<sup>①</sup> 空気の平均分子量は 28.8 であり、これよりも分子量が大きい気体は空気よりも重い。

<sup>②</sup> 硫化物イオン  $\text{S}^{2-}$  は、多くの金属イオンと沈殿をつくる。

