

# 無機物質 (非金属元素)

Copyright (C) Kimiaki Yoshino. All rights reserved.

## 1. 主な気体の特徴や検出法

| 分子式                      | 特徴 |    |     |                    | 検出法・実験室的製法   |
|--------------------------|----|----|-----|--------------------|--|
|                          | 色  | 臭  | 水溶性 | 性質                 |  |
| 水素<br>H <sub>2</sub>     | 無  | 無  | 難溶  | 中性                 | ・試験管にとって点火(爆鳴)<br>【製法】<br>①亜鉛、マグネシウムなどの金属を希硫酸に加える<br>$\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2 \uparrow$   |
| 酸素<br>O <sub>2</sub>     | 無  | 無  | 難溶  | 中性                 | 【検出法】マッチの余じんの点火<br>【製法】<br>①過酸化水素に酸化マンガン(Ⅱ)を加える<br>②塩素酸カリウムに酸化マンガン(Ⅱ)を加え加熱<br>$\text{KClO}_3 \rightarrow 2\text{KCl} + 3\text{O}_2$  |
| オゾン<br>O <sub>3</sub>    | 淡青 | 特異 | 難溶  | 酸化作用               | 【オゾンの製法】<br>①空气中または酸素中で無声放電する  |
| 塩素<br>Cl <sub>2</sub>    | 黄緑 | 刺激 | 溶   | 漂白作用<br>酸性(*1)     | 【検出法】<br>・ヨウ化カリウムデンプン紙を青変<br>*2KIが酸化されてI <sub>2</sub> となり、デンプンと呈色反応する。<br>$2\text{KI} + \text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{KOH} + \text{O}_2 + \text{I}_2$ $2\text{KI} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{KCl} + \text{I}_2$ 【塩素の製法】<br>①酸化マンガン(Ⅳ)に濃塩酸を加えて加熱<br>$\text{MnO}_2 + 4\text{HCl} \rightarrow \text{MnCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2 \uparrow$ ②さらし粉に濃塩酸を加える<br>さらし粉 CaCl(ClO)・H <sub>2</sub> O |
| 塩化水素<br>HCl              | 無  | 刺激 | 極溶  | 酸性<br>発煙性          | 【検出法】NH <sub>3</sub> と出会うと白煙を生じる。<br>$\text{HCl} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}$ 【製法】<br>①塩化ナトリウムに濃硫酸を加えて加熱<br>$\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NaHSO}_4 + \text{HCl} \uparrow$  |
| 二酸化硫黄<br>SO <sub>2</sub> | 無  | 刺激 | 溶   | 還元作用<br>漂白作用<br>酸性 | 【検出法】ヨウ素溶液(褐色)を脱色する<br>$\text{I}_2 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HI} + \text{H}_2\text{SO}_4$ 【製法】<br>①銅に熱濃硫酸を加える<br>$\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 \uparrow$ ②亜硫酸ナトリウムに希硫酸を加える  |
| 硫化水素<br>H <sub>2</sub> S | 無  | 腐卵 | 溶   | 弱酸性                | 【検出法】酢酸鉛紙を黒変<br>$\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{PbS} \downarrow (\text{黒色}) + 2\text{CH}_3\text{COOH}$ 【製法】<br>①硫化鉄(Ⅱ)に希硫酸を加える<br>$\text{FeS} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{S} \uparrow$  |

# 無機物質 (非金属元素)

Copyright (C) Kimiaki Yoshino. All rights reserved.

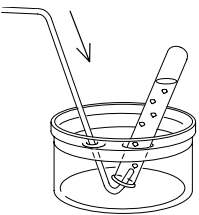
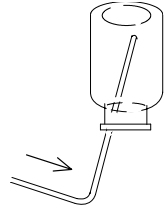
|                          |    |    |    |          |   |
|--------------------------|----|----|----|----------|---|
| 二酸化窒素<br>NO <sub>2</sub> | 赤褐 | 刺激 | 溶  | 酸性       | <b>【製法】</b><br>①銅に濃硝酸を加える<br>$\text{Cu} + 4\text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NO}_2 \uparrow$   |
| 一酸化窒素<br>NO              | 無  | 特異 | 難溶 | 中性       | <b>【検出法】</b> 空気中で酸化され赤褐色になる<br>$2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$<br><b>【製法】</b><br>①銅に希硝酸を加える<br>$3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3 \rightarrow 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 2\text{NO} \uparrow$  |
| アンモニア<br>NH <sub>3</sub> | 無  | 刺激 | 極溶 | 塩基性      | <b>【検出法】</b> ・HClと出会うと白煙を生じる。<br>$\text{HCl} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}$<br>・ネスラー試薬で褐色<br><b>【製法】</b><br>①塩化アンモニウムに水酸化カルシウムを加えて加熱<br>$2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NH}_3 \uparrow$<br><b>【工業的製法】</b><br>①ハーバー・ボッシュ法<br>$\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$ |
| 二酸化炭素<br>CO <sub>2</sub> | 無  | 無  | 溶  | 弱酸性      | <b>【検出法】</b><br>石灰水に通すと白濁 (CaCO <sub>3</sub> ) する。さらに通すと白濁が消える。<br><b>【製法】</b><br>①石灰石 (炭酸カルシウム) に塩酸を加える<br>$\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$   |
| 一酸化炭素<br>CO              | 無  | 無  | 難溶 | 有毒<br>中性 | <b>【検出法】</b><br>青白い炎をあげて燃焼する<br>$2\text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2$<br><b>【製法】</b><br>①ギ酸に濃硫酸を加えて加熱<br>$\text{HCOOH} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO} \uparrow$  |

## 2. 気体の捕集方法

発生させる気体が水に溶けるかどうか、空気より軽いか重いかで選択する。

空気 : O<sub>2</sub> : N<sub>2</sub> = 1 : 4

(注) 空気の平均分子量は ( 32×1/5 + 28×4/5 = 29 )

| 水に  | 溶ける   |   |      |
|---|---|---|------|
|   | 溶けない  | 溶ける   |      |
| 空気より  |   |   |      |
| 補習装置  | 分子量が大きい   | 分子量が小さい   |      |
|  |  |  |      |
| 名称  | 水上置換  | 下方置換  | 上方置換 |



# 無機物質 (非金属元素)

Copyright (C) Kimiaki Yoshino. All rights reserved.

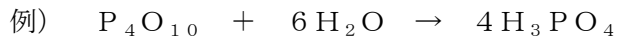
## 5. 16族元素 (酸素族) の性質

### (1) 酸化物

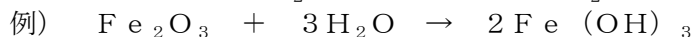
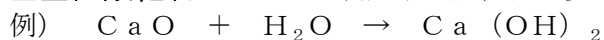
| 族<br>周期 | 1                                | 2                        | 13                                  | 14                       | 15                                  | 16                     |
|---------|----------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|------------------------|
| 2       | 酸化リチウム<br>$\text{Li}_2\text{O}$  | 酸化ベリウム<br>$\text{BeO}$   | 酸化ホウ素<br>$\text{B}_2\text{O}_3$     | 二酸化炭素<br>$\text{CO}_2$   | 五酸化二窒素<br>$\text{N}_2\text{O}_5$    | —                      |
| 3       | 酸化ナトリウム<br>$\text{Na}_2\text{O}$ | 酸化マグネシウム<br>$\text{MgO}$ | 酸化アルミニウム<br>$\text{Al}_2\text{O}_3$ | 二酸化ケイ素<br>$\text{SiO}_2$ | 五酸化二リン<br>$\text{P}_4\text{O}_{10}$ | 三酸化硫黄<br>$\text{SO}_3$ |
| 4       | 酸化カリウム<br>$\text{K}_2\text{O}$   | 酸化カルシウム<br>$\text{CaO}$  |                                     |                          |                                     |                        |

※ 塩基性酸化物 ■ 酸性酸化物 ■ 両性酸化物 ■

① 酸性酸化物 …… 非金属元素の酸化物に多い。水と反応すると酸になる。



② 塩基性酸化物 …… 金属元素の酸化物に多い。水と反応すると塩基になる。



③ 両性酸化物 …… 両性元素の酸化物。酸とも塩基とも反応する。



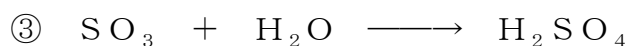
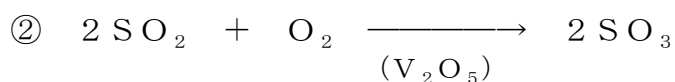
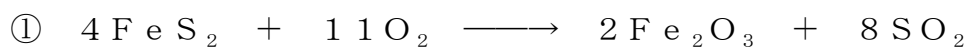
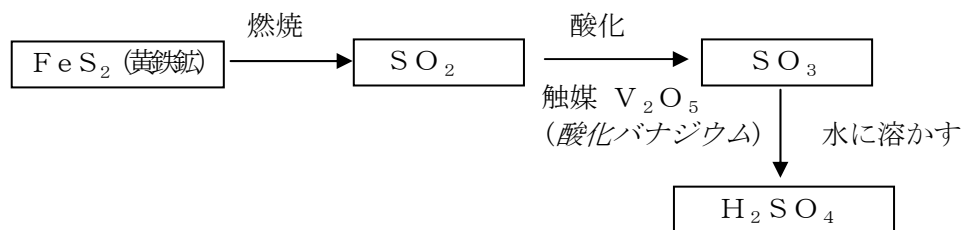
### (2) 硫黄の同素体

斜方硫黄 ( $\text{S}_8$ ) …… 黄色・塊状結晶・環状分子

単斜硫黄 ( $\text{S}_8$ ) …… 黄色・針状結晶・環状分子

ゴム状硫黄 ( $\text{S}_x$ ) …… 褐色・ゴム状固体・鎖状分子

### (3) 硫酸 ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) の工業的製法 ( 接触法 )



# 無機物質 (非金属元素)

Copyright (C) Kimiaki Yoshino. All rights reserved.

## (4) 濃硫酸の性質

| No | 性質                            | 反応例   |
|----|-------------------------------|---|
| 1  | 熱濃硫酸には強い <b>酸化作用</b> がある。     | イオン化傾向の小さいCu, Hg, Agとも反応する。<br>《参照》二酸化硫黄の製法   |
| 2  | 吸湿性が大きい。                      | 中性や酸性の気体の乾燥剤として利用される。<br>ただし、塩基性のNH <sub>3</sub> や還元性のあるH <sub>2</sub> Sには使用不可。   |
| 3  | <b>脱水作用</b> がある。              | 有機化合物を脱水させるのに用いられる。<br>★ショ糖の炭化<br>$[ C_{12}H_{22}O_{11} \rightarrow 12C + 11H_2O ]$<br>★エタノールの脱水 160~170℃<br>$[ C_2H_5OH \rightarrow C_2H_4 + H_2O ]$ |
| 4  | 電離度が小さく <b>弱酸</b> である。        | 希硫酸を調整するには、水に濃硫酸をゆっくりかき混ぜながら加える。  |
| 5  | 無色、粘性のある液体で、 <b>不揮発性</b> である。 | 揮発性の酸の塩と反応し、揮発性の酸を遊離する。<br>《参照》塩化水素の製法  |
| 6  | 不動態                           | <b>Al、Fe、Ni</b> とは <b>不動態</b> (金属の表面にできる酸化物の被膜) をつくり反応しない。  |

## 6. 15族元素 (窒素族) の性質

### (1) 窒素酸化物

| 酸化物    | 分子式                           | 酸化数  | 性質  |
|--------|-------------------------------|------|---|
| 一酸化二窒素 | N <sub>2</sub> O              | +I   | 無色の気体で、麻酔作用あり   |
| 一酸化窒素  | NO                            | +II  | 無色の気体で水に難溶。空気中で酸化し二酸化窒素になる。   |
| 三酸化二窒素 | N <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | +III | 濃青色の液体で分解しやすい   |
| 二酸化窒素  | NO <sub>2</sub>               | +IV  | 赤褐色の気体で水に溶けやすい。<br>$NO_2 \text{ (赤褐色)} \xrightleftharpoons[\text{加温}]{\text{冷却}} N_2O_4 \text{ (無色)}$ |
| 五酸化二窒素 | N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | +V   | 無色の固体で、分解するとNO <sub>2</sub> とO <sub>2</sub> になる。  |

### (2) リンの単体と化合物の性質

黄リン (P<sub>4</sub>)・・・有毒で、**空気中で自然発火しやすいので水中に保存**

赤リン (P<sub>x</sub>)・・・無毒で、マッチ箱側の発火剤として使用

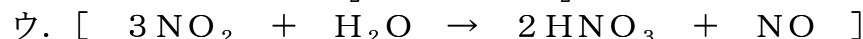
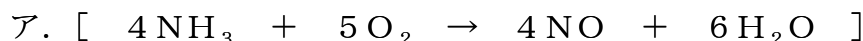
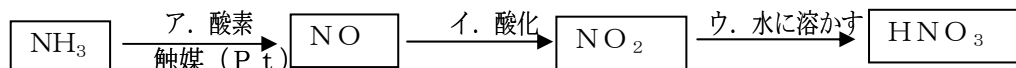
十酸化四リン (P<sub>4</sub>O<sub>10</sub>)・・・吸湿性が強く、潮解性を示す。乾燥剤として利用

※潮解性とは空気中に放置すると水分を吸収して溶ける性質  
他に、水酸化ナトリウムの白色粒状の結晶などがある。

## 無機物質 (非金属元素)

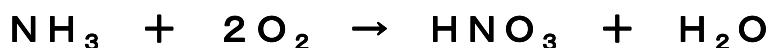
Copyright (C) Kimiaki Yoshino. All rights reserved.

### (3) 硝酸 (HNO<sub>3</sub>) の工業的製法 (オストワルト法)



一つにまとめると

(ア+イ×3+ウ×2) ÷ 4より



※NH<sub>3</sub> 1molから、HNO<sub>3</sub>が理論上 1mol生成する。

【例題】1.7gのアンモニアを全て硝酸にすると、70%硝酸は何g得られるか



分子量はNH<sub>3</sub> = 17, HNO<sub>3</sub> = 63だから

$$17\text{g/mol} : 63\text{g/mol} = 1.7 : x \times \frac{70}{100} \quad \text{ゆえに、} x = 9.0\text{g}$$

### (4) 硝酸の性質

| No | 性質                   | 反応例   |
|----|----------------------|---|
| 1  | 強い酸化作用がある。           | イオン化傾向の小さいCu, Hg, Agとも反応する。<br>《参照》(希硝酸) …… 一酸化窒素の製法<br>(濃硝酸) …… 二酸化窒素の製法 |
| 2  | 無色、発煙性の液体で、光・熱で分解する。 | 褐色ビンに入れて保管する。   |
| 3  | 不動態                  | 濃硝酸はAl, Fe, Niとは不動態(金属の表面にできる酸化物の被膜)をつくり反応しない。                            |

※ 硝酸塩は、すべて水によく溶ける。

## 7. 14族元素 (炭素族) の性質

### (1) ダイヤモンドと黒鉛

- ① 炭素の同素体で、黒鉛には電気伝導性があるが、ダイヤモンドにはない。
- ② ダイヤモンドは正四面体構造の共有結晶で、きわめて硬い。
- ③ その他、サッカーボール型のフラーレン (C<sub>60</sub>) と、無定型のコークスや活性炭のようなものもある。

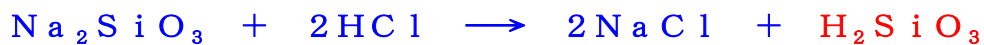
### (2) ケイ素の化合物 (Siは半導体)

- ① 二酸化ケイ素 (SiO<sub>2</sub>) を強塩基と加熱・融解するとケイ酸ナトリウムになる。  
$$\text{SiO}_2 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{O}$$
- ② ケイ酸ナトリウムに水を加えて加熱すると粘性の大きい液体 (水ガラス) になる。

# 無機物質 (非金属元素)

Copyright (C) Kimiaki Yoshino. All rights reserved.

③ 水ガラスの水溶液に塩酸を加えると、ゼリー状のケイ酸が析出する。

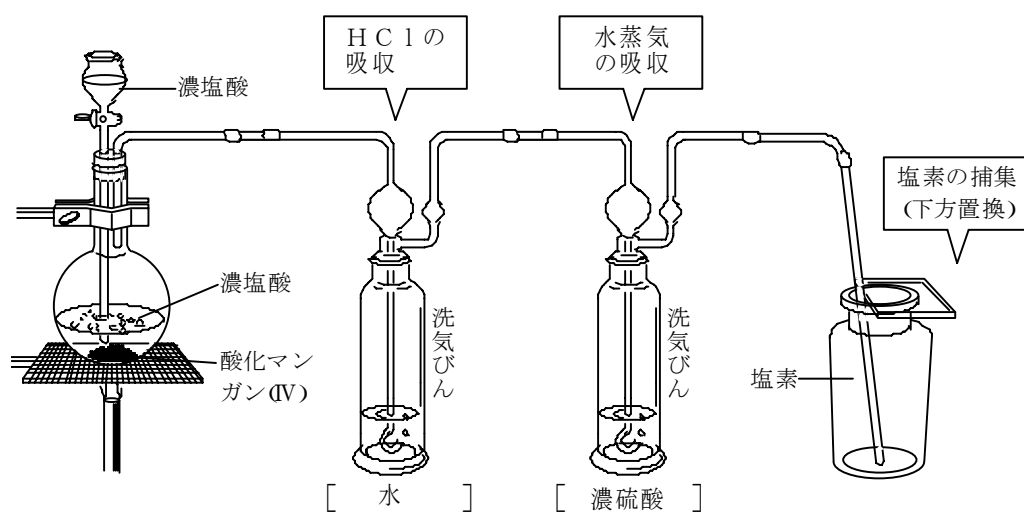
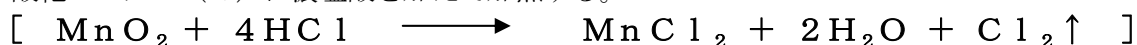


ケイ酸を加熱、脱水するとシリカゲルになる。

## 7. 気体の発生装置

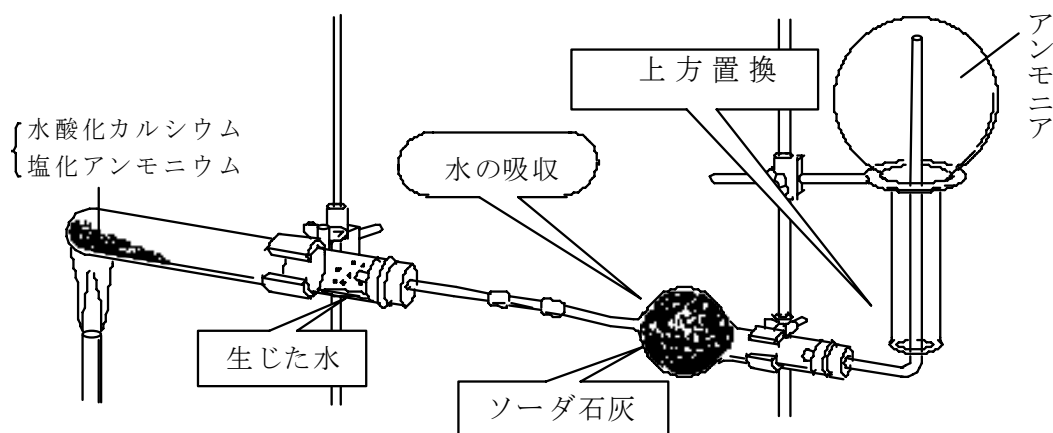
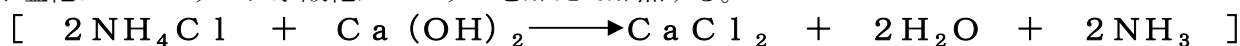
### (1) 塩素 (Cl<sub>2</sub>) の実験室的製法

◆酸化マンガン (IV) に濃塩酸を加えて加熱する。



### (2) アンモニア (NH<sub>3</sub>) の実験室的製法

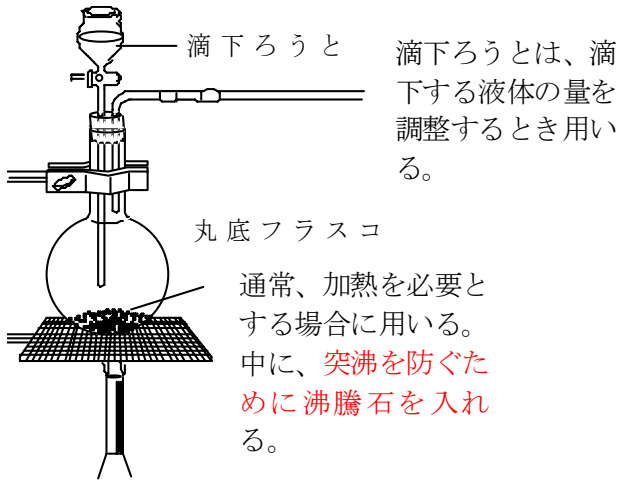
◆塩化アンモニウムに水酸化カルシウムを加えて加熱する。



# 無機物質 (非金属元素)

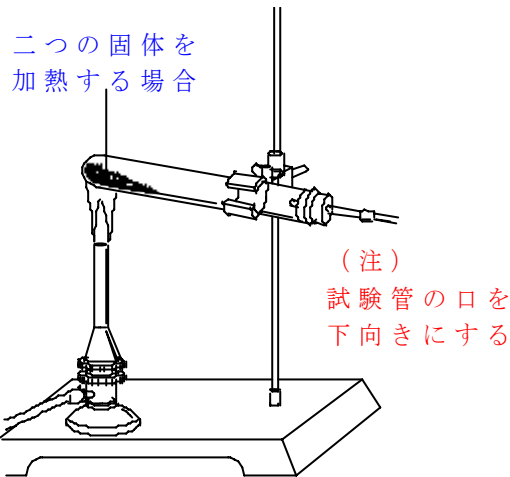
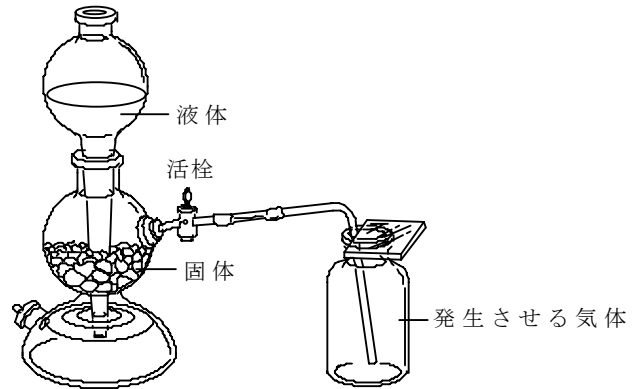
Copyright (C) Kimiaki Yoshino. All rights reserved.

## (3) 使用器具の種類と用途



## キップの装置

固体と液体を反応させて気体を多量に発生させる装置で、**固体が比較的大きい場合に用いられる。**加熱を要する場合には使用できない。



試験管の口を下向きにするのは、水蒸気が凝縮し、水滴が加熱部に流れ、試験管を破損する。

