

-----12章 気体の製法と性質-----

厳選正誤問題

- Q1 二酸化窒素, 二酸化炭素, 塩素は水に溶け酸性を示し, アンモニアは水に溶け塩基性を示し, 一酸化窒素, 水素, 酸素は水に溶けない。○or×
- Q2 二酸化窒素, フッ素, 塩素の気体の色は, それぞれ赤褐色, 黄緑色, 淡黄色である。○or×
- Q3 一酸化炭素は無臭, 二酸化硫黄は腐卵臭, 硫化水素は刺激臭である。○or×
- Q4 二酸化窒素, 硫化水素, 二酸化硫黄, 塩素, オゾン, 一酸化炭素は, いずれも有毒な気体である。○or×
- Q5 希硫酸をつけたガラス棒にアンモニアを近づけると白煙を生じる。○or×
- Q6 石灰水に二酸化炭素を吹き込む反応と, 二酸化硫黄を溶かした水溶液に硫化水素を通じる反応のいずれも水溶液は白濁する。○or×
- Q7 酸化マンガン(IV)に濃塩酸を加えて加熱したときに発生する気体は, 赤いバラの花を脱色させる。○or×
- Q8 硫化鉄(II)に希硫酸を加えたときに発生する気体は, 湿らせた酢酸鉛紙を黒変させる。○or×
- Q9 塩化ナトリウムに濃硫酸を加え, 加熱することで発生する気体は, 湿らせたヨウ化カリウムデンプン紙を青変する。○or×
- Q10 ギ酸に濃硫酸を加えて加熱することで発生する気体と, 酸素との混合気体に点火すると, 爆鳴をたてて燃える。○or×

Q11 水素と一酸化炭素は、いずれも高温で酸化銅(II)を還元する。○or×

Q12 ホタル石を濃硫酸とともに加熱したときに発生する気体は、上方置換によって捕集する。○or×

Q13 塩化アンモニウムと水酸化カルシウムの混合物を加熱したときに発生する気体の乾燥剤として、濃硫酸は適さない。○or×

Q14 実験室での気体の発生実験において、固体どうしの反応や酸化マンガ(IV)を酸化剤として用いる際の反応には、加熱を必要とする。
○or×

Q15 固体どうしや固体のみを試験管で加熱する場合は、試験管の底を少し上げる必要がある。○or×

Q16 試薬が固体と液体で加熱を必要とする場合の装置には、二又試験管やキップの装置が適している。○or×

📖 12章は、気体の製法と性質についてです。
無機化学において、「金属イオンの反応と分離」と並ぶ二大頻出分野です。
出題タイプは製法以外に、水への溶解性と液性、色、臭い、毒性、検出法・反応、捕集法、乾燥剤、実験操作・装置と多岐に渡ります。

これらを覚えるコツは、まずは、気体の「水への溶解性と液性」を確実に覚えることです。これによって、臭い、毒性、捕集法、乾燥剤をつなげてまとめて覚えることができます。
製法に関しては、これまでやってきたので、本章で整理して確実にしてください。

◎ それでは、最も重要な水への溶解性と液性に関する問題から見ていきましょう。

Q1 二酸化窒素, 二酸化炭素, 塩素は水に溶け酸性を示し, アンモニアは水に溶け塩基性を示し, 一酸化窒素, 水素, 酸素は水に溶けない。→ ○

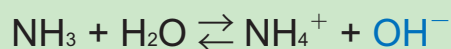
解説

水に溶けない気体は中性の気体といえ、一酸化窒素NO, 水素H₂, 酸素O₂の他に、一酸化炭素CO, 窒素N₂, オゾンO₃, 炭化水素(CH₄, C₂H₄等), 希ガスがあります。
中性の気体の覚え方は、ゴロ合わせで「農工水産地でおっさん短期(で働く)」と覚えるといいでしょう。

ゴロ合わせ暗記法

農	工	水	産	地	で	おっさん	短	期	で働く
NO,	CO,	H ₂ ,	O ₂ ,	N ₂ ,	O ₃ ,	炭化水素,	希ガス		

水に溶け塩基性を示す気体は、アンモニアNH₃のみで、水に溶けたアンモニアは、水溶液中で次のように電離してOH⁻を生じるために塩基性を示します。



👉 湿った赤色リトマス紙を青変

水に溶け酸性を示す気体は、NO₂(二酸化窒素), CO₂(二酸化炭素), H₂S(硫化水素), SO₂(二酸化硫黄), Cl₂(塩素), HCl(塩化水素), HF(フッ化水素)があります。

「中性の気体とNH₃以外」と覚えるといいでしょう。

また、アンモニアと塩化水素は、非常に水に溶けやすく、アンモニアは水に溶けてアンモニア水に、塩化水素は、水に溶けて塩酸になります。

◎ Q2は、色に関する問題です。

Q2 二酸化窒素, フッ素, 塩素の気体の色は, それぞれ赤褐色, 黄緑色, 淡黄色である。→ ×

解説

二酸化窒素 NO_2 は赤褐色ですが, フッ素 F_2 は淡黄色, 塩素 Cl_2 は黄緑色です。気体の色はほとんどが無色なので, 有色である次の4つを覚えればいいでしょう。

色のある気体

NO_2 (赤褐色), F_2 (淡黄色), Cl_2 (黄緑色), O_3 (淡青色)

また, 一酸化窒素 NO は無色ですが, 空気中で直ちに酸化され赤褐色の二酸化窒素 NO_2 になります。

◎ Q3は、臭いに関する問題です。

Q3 一酸化炭素は無臭, 二酸化硫黄は腐卵臭, 硫化水素は刺激臭である。→ ×

解説

一酸化炭素 CO は無臭ですが, 二酸化硫黄 SO_2 は刺激臭, 硫化水素 H_2S は腐卵臭です。二酸化硫黄と硫化水素の臭いを混同する人が多いので注意しましょう。

覚え方

刺激臭の頭文字のし → Si → SiのS → SO_2
腐卵臭の頭文字のふ → Hu → HuのH → H_2S

キーワード連想

腐卵臭とあつたら, 硫化水素 H_2S

臭いのある気体の覚え方は, 「酸性と塩基性の気体は臭いがあり, 中性の気体は臭いがない。例外として, 中性の O_3 は臭いがあり, 酸性の CO_2 は臭いがない」と覚えるといいでしょう。

 CO_2 に臭いがないのは常識!

臭いのある気体

酸性: $\text{NO}_2, \text{H}_2\text{S}, \text{SO}_2, \text{Cl}_2, \text{HCl}, \text{HF}$ 塩基性: NH_3 中性: O_3

具体的な臭い

刺激臭: $\text{NO}_2, \text{SO}_2, \text{Cl}_2, \text{HCl}, \text{HF}, \text{NH}_3$ 腐卵臭: H_2S 特異臭: O_3

◎ Q4は、毒性に関する問題です。

Q4 二酸化窒素, 硫化水素, 二酸化硫黄, 塩素, オゾン, 一酸化炭素は, いずれも有毒な気体である。→ ○

解説

他に, 有毒な気体には, アンモニア NH_3 , 塩化水素 HCl , フッ化水素 HF があります。特に, 一酸化炭素 CO は, 血液中のヘモグロビンと結合する力が強く猛毒でしたね。

毒性のある気体の覚え方は, 臭いのある気体の覚え方と同様に「酸性と塩基性の気体は, 毒性があり, 中性の気体は毒性がない。例外として, 中性の O_3 , CO には毒性があり, 酸性の CO_2 は毒性がない」と覚えるといいでしょう。

 CO_2 が無毒なのは常識! 有毒だったら人類は生存していない!

毒性のある気体

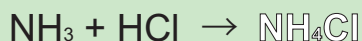
酸性: NO_2 , H_2S , SO_2 , Cl_2 , HCl , HF
 塩基性: NH_3 ,
 中性: O_3 , CO

◎ Q5～11は, 気体の検出法・反応に関する問題です。

Q5 濃硝酸をつけたガラス棒にアンモニアを近づけると白煙を生じる。→ ×

解説

4章のQ16でもやりましたが, 濃硝酸ではなく濃塩酸です。濃塩酸にアンモニア NH_3 を近づけると, 塩化アンモニウム NH_4Cl の白煙が生じます。



この反応は, アンモニアと塩化水素の検出法でしたね。

くらべて
まとめる!

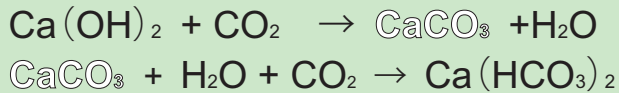
白煙が生じる反応

リンPを空气中で燃焼 → 十酸化四リン P_4O_{10}
 アンモニア NH_3 と塩化水素 HCl が反応 → 塩化アンモニウム NH_4Cl

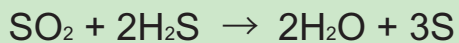
Q6 石灰水に二酸化炭素を吹き込む反応と、二酸化硫黄を溶かした水溶液に硫化水素を通じる反応のいずれも水溶液は白濁する。→ ○

解説

2章のQ10でもやりましたが、石灰水(水酸化カルシウム $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の飽和水溶液)に二酸化炭素を吹き込むと、炭酸カルシウム CaCO_3 が生成し、水溶液は白濁します。さらに、二酸化炭素 CO_2 を吹き込むと、沈殿が溶解し透明な水溶液になります。



一方、二酸化硫黄 SO_2 を溶かした水溶液に、硫化水素 H_2S を通じても、硫黄 S が遊離して水溶液は白濁します。この反応も5章のQ15でやりましたね。



水溶液が白濁する反応

石灰水に二酸化炭素を吹き込む → 炭酸カルシウム CaCO_3 が生成
二酸化硫黄 SO_2 を溶かした水溶液に硫化水素 H_2S を通じる → 硫黄 S が遊離
(H_2S を溶かした水溶液に SO_2 を通じる)

Q7 酸化マンガン(IV)に濃塩酸を加えて加熱したときに発生する気体は、赤いバラの花を脱色させる。→ ○

解説

6章のQ1でもやりましたが、酸化マンガン(IV)に濃塩酸を加えて加熱すると塩素 Cl_2 が発生します。



塩素 Cl_2 には漂白・脱色作用があり、花の赤色が脱色されます。同様に、オゾン O_3 や二酸化硫黄 SO_2 にも漂白・脱色作用があります。

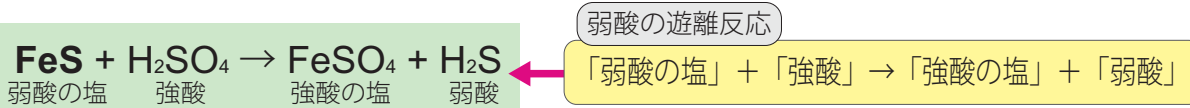
漂白・脱色作用がある気体

オゾン O_3 , 塩素 Cl_2 (酸化作用)
二酸化硫黄 SO_2 (還元作用)

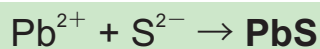
Q8 硫化鉄(Ⅱ)に希硫酸を加えたときに発生する気体は、湿らせた酢酸鉛紙を黒変させる。→ ○

解説

5章のQ10でもやりましたが、**硫化鉄(Ⅱ)FeS(黒色)**に希硫酸または希塩酸を加えると次のように、硫化水素H₂Sが発生します。



湿った酢酸鉛紙に硫化水素H₂Sが触れると、酢酸鉛紙のPb²⁺との間で難溶性の**硫化鉛PbS(黒色)**を形成するため黒変します。



硫化水素の硫化物イオンS²⁻が、重金属イオンと反応し硫化物の沈殿を生じる反応は、8章のQ8や11章のQ9でもやりましたね。

くらべてまとめる!

硫化物イオンS²⁻による沈殿

(大) ←		イオン化傾向	→ (小)
K ⁺ Ca ²⁺ Na ⁺ Mg ²⁺ Al ³⁺	Zn ²⁺ Fe ²⁺ Ni ²⁺	Sn ²⁺ Pb ²⁺ (H)	Cu ²⁺ Hg ²⁺ Ag ⁺
硫化物が沈殿しない	塩基性or中性で沈殿	液性によらず沈殿	

★沈殿の色は、ほとんどが黒色。例外であるZnS(白色), CdS(黄色)を覚える。

Q9 塩化ナトリウムに濃硫酸を加え、加熱することで発生する気体は、湿らせたヨウ化カリウムデンプン紙を青変する。→ ×

解説

6章のQ11でもやりましたが、塩化ナトリウムNaClに濃硫酸を加え、加熱すると塩化水素HClが発生します。



塩化水素には、酸化作用はないので、ヨウ化カリウムKIデンプン紙は青変させません。ヨウ化カリウムデンプン紙を青変させるのは、酸化力が強い**塩素**と**オゾン**でしたね。(6章のQ8参照)

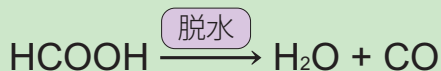
検出紙の反応

KIデンプン紙を青変 …… 塩素 Cl_2 , オゾン O_3
 赤色リトマス紙を青変 …… アンモニア NH_3
 酢酸鉛紙を黒変 …… 硫化水素 H_2S

Q10 ギ酸に濃硫酸を加えて加熱することで発生する気体と、酸素との混合気体に点火すると、爆鳴をたてて燃える。→ ×

解説

3章のQ7でもやりましたが、ギ酸 HCOOH に濃硫酸を加えて加熱すると、次のように一酸化炭素 CO が発生します。



一酸化炭素は、空気中で青白い炎を上げて燃えますが、ポンという爆鳴をたてて燃えるのは水素 H_2 です。

具体的には、水素と酸素を約2：1の体積比で混合した気体に点火すると爆鳴をたてて激しく燃焼します。

また、酸素に線香の火や弱くなった火を近づけると、強く燃え出します。これは、酸素は酸化力が強く、物質が燃焼するのを助ける性質をもつためです。これらの性質をつなげてまとめて覚えましょう。

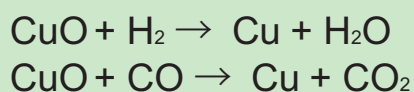
火を近づけたときの反応

爆鳴 → 水素 H_2
 青白い炎 → 一酸化炭素 CO
 再び強く燃える → 酸素 O_2

Q11 水素と一酸化炭素は、いずれも高温で酸化銅(Ⅱ)を還元する。→ ○

解説

水素 H_2 と一酸化炭素 CO は、高温で還元作用を示し、次のように酸化銅(Ⅱ) CuO を還元し銅 Cu が生成します。



キーワード連想

高温で還元作用とあったら水素 H_2 か一酸化炭素 CO

気体の検出法と性質は、次の表のようになります。頻出ですので、くらべてまとめて覚えてください。

水溶液の液性

	気体	検出法と性質
中性	一酸化窒素NO	還元作用, 空気に触れるとNO ₂ になる
	一酸化炭素CO	還元作用(高温), 点火すると青白い炎を出して燃える
	水素H ₂	還元作用(高温), 空気との混合物に点火→爆鳴
	酸素O ₂	酸化作用, 線香の火→強く燃える
	窒素N ₂	不燃性
	オゾンO ₃	酸化作用, 漂白・脱色作用, KIデンプン紙を青変
塩基	アンモニアNH ₃	赤色リトマス紙を青変, 濃塩酸で白燻
酸性	二酸化窒素NO ₂	赤褐色
	二酸化炭素CO ₂	石灰水を白濁
	硫化水素H ₂ S	還元作用, 湿った酢酸鉛紙を黒変, 重金属イオンと沈殿, 水溶液中でSO ₂ と反応して白濁
	二酸化硫黄SO ₂	還元作用, 漂白・脱色作用, 水溶液中でH ₂ Sと反応して白濁
	塩素Cl ₂	酸化作用, 漂白・脱色作用, KIデンプン紙を青変
	塩化水素HCl	NH ₃ で白燻
	フッ化水素HF	ガラスを腐食させる

◎ Q12は、捕集法に関する問題についてです。

Q12 ホタル石を濃硫酸とともに加熱したときに発生する気体は、上方置換によって捕集する。→ ×

解説

6章のQ11でもやりましたが、ホタル石(主成分：フッ化カルシウムCaF₂)を濃硫酸とともに加熱するとフッ化水素HFが発生します。



実験的製法で発生した気体を集める方法には、次のように、水上置換、上方置換、下方置換の3種類があります。

- ①水上置換……純度の高い気体(空気の混入を極力避けることができるため)が捕集でき、水による洗浄もできるために、水に溶けにくい気体(中性の気体)は水上置換で集める。
※ただし、必ず水蒸気が混入するというデメリットがある。
- ②上方置換……水に溶ける酸性・塩基性の気体は、水上置換では捕集できないので、空気より軽い気体(気体の分子量<空気の平均分子量(約29))は上方置換で集める。
アンモニアの分子量は17なので、アンモニアのみが上方置換となる。
※ただし、空気が混入してしまうというデメリットがある。
- ③下方置換……空気より重い気体(気体の分子量>空気の平均分子量(約29))は、下方置換で集める。
結果的に、酸性の気体はすべて下方置換となる。
※ただし、上方置換同様に空気が混入してしまうというデメリットがある。

空気の平均分子量約29は、風がふ(2)く(9)と覚える！

※同温・同圧の気体の密度は、分子量に比例するので、空気の平均分子量約29より分子量が小さい気体は空気より軽く、分子量が大きい気体は空気より重くなる。

気体の捕集法

水上置換……NO, CO, H₂, O₂, N₂ ← 中性の気体

上方置換……NH₃ ← 塩基性の気体

下方置換……NO₂, CO₂, H₂S, SO₂, Cl₂, HCl ← 酸性の気体

◎ Q13は、乾燥剤に関する問題についてです。

Q13 塩化アンモニウムと水酸化カルシウムの混合物を加熱したときに発生する気体の乾燥剤として、濃硫酸は適さない。→ ○

解説

4章のQ10でもやりましたが、塩化アンモニウム NH_4Cl に水酸化カルシウム $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を加えて加熱すると、次のように、アンモニア NH_3 が発生します。



弱塩基の遊離反応
「弱塩基の塩」+「強塩基」
→「強塩基の塩」+「弱塩基」

アンモニアは塩基性の気体なので、乾燥剤に酸性である濃硫酸を用いるとアンモニア自身も反応してしまうため適しません。

乾燥剤には、次のように3種類あります。

乾燥剤の種類

中性の乾燥剤：塩化カルシウム CaCl_2 (水との反応： $\text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$)

酸性の乾燥剤：濃硫酸 H_2SO_4 (水との反応： $(\text{濃})\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow (\text{希})\text{H}_2\text{SO}_4$),
十酸化四リン P_4O_{10} (水との反応： $\text{P}_4\text{O}_{10} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}_3\text{PO}_4$)
シリカゲル

塩基性の乾燥剤：ソーダ石灰($\text{CaO} + \text{NaOH}$) (水との反応： $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$,
 NaOH には、潮解性があり水分を吸収する。)

酸化カルシウム CaO (水との反応： $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$)

乾燥剤は、気体と反応しないものを選ぶ必要があり、選び方は次のように覚えるといいでしょう。

① 「酸性の気体と塩基性の乾燥剤」, 「塩基性の気体と酸性の乾燥剤」の組み合わせは中和反応をしてしまうので適さない。

② 中性の気体は、中性・酸性・塩基性の乾燥剤のすべてが適する。

例外として、塩化カルシウム CaCl_2 と NH_3 は、反応してしまう

($\text{CaCl}_2 + 8\text{NH}_3 \rightarrow \text{CaCl}_2 \cdot 8\text{NH}_3$)ので適さない。

濃硫酸 H_2SO_4 と H_2S は、 H_2S が酸化されて S に変化してしまう

($3\text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 4\text{S} + 4\text{H}_2\text{O}$)ので適さない。

ゴロ合わせ暗記法

演歌(塩化カルシウム)は安(アンモニア)易に歌ってはだめ

乾燥剤		中性気体	酸性気体	塩基性気体
中性	塩化カルシウム CaCl_2	○	○	NH_3 は不可
酸性	濃硫酸 H_2SO_4	○	○(H_2S は不可)	×
	十酸化四リン P_4O_{10}	○	○	×
	シリカゲル	○	○	×
塩基性	ソーダ石灰($\text{CaO} + \text{NaOH}$)	○	×	○
	酸化カルシウム CaO	○	×	○

◎ Q14～16は、実験操作・装置に関する問題です。試薬の状態(液体, 固体)や加熱の必要性の有無によって、実験の装置を使い分ける必要があります。

Q14 実験室での気体の発生実験において、固体どうしの反応や酸化マンガン(IV)を酸化剤として用いる際の反応には、加熱を必要とする。 → ○

解説

加熱の必要性の有無のポイントは、次のようになります。

加熱の必要性の有無のポイント

① 固体+固体の場合 …… 固体どうしの反応は、反応性を上げるために加熱する必要がある。

例

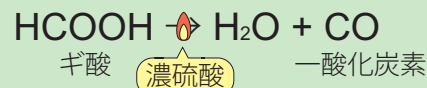


② 濃硫酸を用いる場合 …… 濃硫酸を加熱することで、酸化力を強めたり、脱水反応や不揮発性の酸として利用する。※希硫酸の場合は加熱しない。

例1

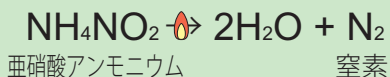


例2

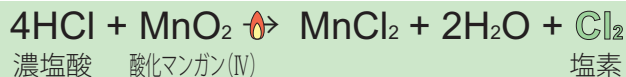


③ その他 …… 亜硝酸アンモニウムの熱分解や酸化マンガン(IV)を酸化剤として用いる場合には加熱を必要とする。

例1



例2

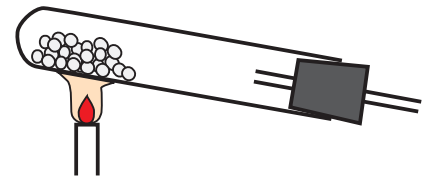


Q15 固体どうしや固体のみを試験管で加熱する場合は、試験管の底を少し上げる必要がある。 → ○

解説

固体どうしや固体のみを試験管で加熱する場合は、加熱により発生した水蒸気が試験管の口付近で冷却され、水滴となります。これが試験管の底の加熱している部分に流れ落ちると急激な温度変化によって試験管が割れてしまうおそれがあります。

このため、右図のように、固体どうしや固体のみを試験管で加熱する場合には、試験管の底を少し上げる必要があります。



Q16 試薬が固体と液体で加熱を必要とする場合の装置には、二又試験管やキップの装置が適している。→ ×

解説

二又試験管やキップの装置は、試薬が固体と液体で加熱を必要としない場合に用います。

二又試験管の使用法とポイント

くびれ(突起)のついた方に固体を、もう一方に液体を入れます。(図1参照)

気体を発生させたいときは、管を図2のように倒し、液体を固体の方へ入れます。

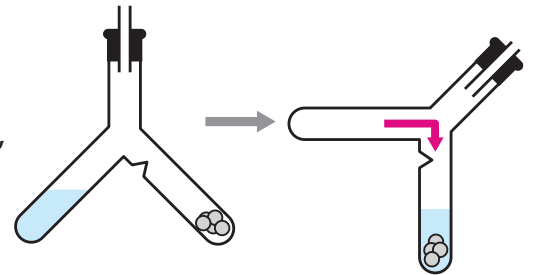


図1

図2

発生を止めるときは、図2と逆方向で倒し液体を元の状態に戻しますが、固体のほうは、くびれに引っかかり残るので、固体と液体を離すことができ反応を止めることができます。

キップの装置の使用法とポイント

キップの装置は、固体は塊・粒状(粉末は下部に入ってしまうのでダメ)を用いて、液体は上部から入れます。(図3参照)

すると、液体は下部の容器に入り、液面がどんどん上昇し、固体と接触し反応が始まります。

反応を止めたいときは、コックを閉じます。すると、発生した気体の行き場がなくなり、容器の中の圧力が高まり液体の液面を押し下げ、液体が逆流して戻っていきます。(図4参照)液面が下がると固体と液体が離れるので、反応が止まります。

例：亜鉛に希硫酸を加えて水素を発生させる反応

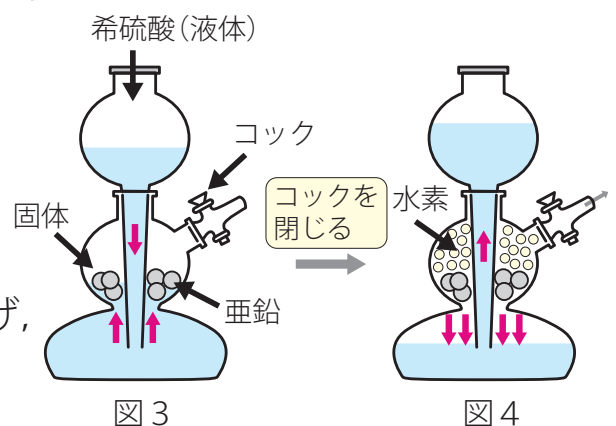


図3

図4

気体の実験室での代表的な製法を表にまとめました。覚えることは多く大変ですが、どれも重要なので1つ1つ確実に覚えましょう。

水溶液の液性

	気体	製法例
中性	一酸化窒素NO	銅or銀に希硝酸 $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3 \rightarrow 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 2\text{NO}$
	一酸化炭素CO	ギ酸に濃硫酸 $\text{HCOOH} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}$
	水素H ₂	亜鉛に希硫酸 $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2$
	酸素O ₂	過酸化水素に酸化マンガン(IV) (触媒) $2\text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{MnO}_2} 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ 塩素酸カリウムに酸化マンガン(IV) (触媒) $2\text{KClO}_3 \xrightarrow{\text{MnO}_2} 2\text{KCl} + 3\text{O}_2$
	窒素N ₂	亜硝酸アンモニウム水溶液を加熱 $\text{NH}_4\text{NO}_2 \xrightarrow{\text{熱}} 2\text{H}_2\text{O} + \text{N}_2$
	オゾンO ₃	酸素に紫外線をあてる or 空気中で無声放電 $3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{O}_3$
塩基性	アンモニアNH ₃	塩化アンモニウムに水酸化カルシウム $2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\text{熱}} \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NH}_3$
酸性	二酸化窒素NO ₂	銅or銀に濃硝酸 $\text{Cu} + 4\text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NO}_2$
	二酸化炭素CO ₂	炭酸カルシウムに塩酸 $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
	硫化水素H ₂ S	硫化鉄(II)に希硫酸 $\text{FeS} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{S}$
	二酸化硫黄SO ₂	亜硫酸ナトリウムに希硫酸 $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$ 銅or銀に濃硫酸 $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{\text{熱}} \text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$
	塩素Cl ₂	酸化マンガン(IV)に濃塩酸 $\text{MnO}_2 + 4\text{HCl} \xrightarrow{\text{熱}} \text{MnCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2$ さらし粉に塩酸 $\text{CaCl}(\text{ClO}) \cdot \text{H}_2\text{O} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2$
	塩化水素HCl	塩化ナトリウムに濃硫酸 $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{\text{熱}} \text{NaHSO}_4 + \text{HCl}$
	フッ化水素HF	ホタル石に濃硫酸 $\text{CaF}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{\text{熱}} \text{CaSO}_4 + 2\text{HF}$