

## 9 気体

気体は、第1編でも書きましたが、

ピーヴィーイコールエヌアールティー

$$P V = n R T$$

n = モル

気体の状態方程式

これさえおぼえときゃ一なんとかなります。

万能の公式です。

n R = 一定とすれば、

ボイル・シャルルの法則

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

にもなります！

$$n = \frac{\omega}{M}$$

質量  
分子量

とすれば、

$$P V = \frac{\omega}{M} R T$$

となつて、分子量も出せます！

密度

$$d = \frac{\omega}{V}$$

質量  
体積

なので、変形もできます。

$$P = \frac{\omega}{V} \frac{1}{M} R T \quad P = \frac{d}{M} R T \quad d = \frac{M P}{R T}$$

気体の状態方程式は、混合気体でも成り立ちます！

気体Aと気体Bの混合では、

$$P V = (n_A + n_B) R T$$

$$P = P_A + P_B \quad P_A : A \text{の分圧}$$

$$P_B : B \text{の分圧}$$

$$\text{分圧} = \frac{\text{その気体のモル}}{\text{全体のモル}} \times P$$

$$P_A = \frac{n_A}{n_A + n_B} \times P$$

$$P_B = \frac{n_B}{n_A + n_B} \times P$$

混合気体では、

それぞれ

$$P_A V = n_A R T$$

$$P_B V = n_B R T$$

がなり立ちます。

**Vは共通なので、**

Aの分圧 $P_A$ とモル $n_A$ だけで計算しても、

Bの分圧 $P_B$ とモル $n_B$ だけで計算しても、

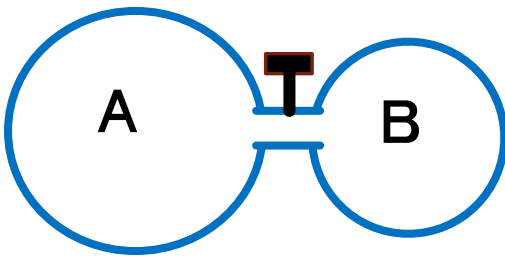
Vは求まります。

**例題**

1.  $1.0 \times 10^5 P_a$  の CO が入った容積 3.0 L の容器 A と、  
 $3.0 \times 10^5 P_a$  の  $O_2$  が入った容積 2.0 L の容器 B を連結し、  
 温度一定のまま混合気体とした。

**問1** 混合気体中の CO の分圧  $P_{CO}$  と  $O_2$  の分圧  $P_{O_2}$  は？

ボイル・シャルルの法則より



$$\frac{1.0 \times 10^5 \times 3.0}{T} = \frac{P_{CO} \times 5.0}{T}$$

$$P_{CO} = 6.0 \times 10^4 (P_a)$$

$$\frac{3.0 \times 10^5 \times 2.0}{T} = \frac{P_{O_2} \times 5.0}{T}$$

$$P_{O_2} = 1.2 \times 10^5 (P_a)$$

**問2** このあと、点火して完全燃焼させたあと、温度をもとへ戻したときの、容器内の圧力を求めよ。

どんな反応が起こったかを考えれば、楽勝！



	CO	$O_2$	$CO_2$	
はじめ	$0.6 \times 10^5$	$1.2 \times 10^5$	0	( $P_a$ )
反応量	$-0.6 \times 10^5$	$-0.3 \times 10^5$	$+0.6 \times 10^5$	( $P_a$ )
その後	0	$0.9 \times 10^5$	$0.6 \times 10^5$	( $P_a$ )
計	$0 + 0.9 \times 10^5 + 0.6 \times 10^5 = 1.5 \times 10^5 (P_a)$			

### 基本問題

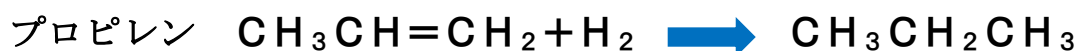
プロパン $C_3H_8$ と プロピレン $C_3H_6$ の混合気体が標準状態で

134.4 Lある。

この混合気体に水素を付加させたところ、44.8 Lの水素が必要だった。

混合気体中のプロパンのmolを求めよ。

プロパンは二重結合を持たないので $H_2$ は付加しない。



### 基本！

気体1molの体積 = 22.4 L *にんがし！*

混合気体の全モル数は  $\frac{134.4}{22.4} = 6.0 \text{ mol}$

付加した $H_2$ のmolは  $\frac{44.8}{22.4} = 2.0 \text{ mol}$

反応したプロピレンは $H_2$ のmol数と同じなので2.0 mol

プロパンは  $6.0 - 2.0 = 4.0 \text{ mol}$

答：4.0 mol

混合気体の密度 =  $d$  を出すには、

見かけの分子量  $\bar{M}$  を出すと早いです。

$$d = \frac{\overset{\text{質量}}{\omega_A + \omega_B}}{V} = \frac{\overset{\text{全体のモル}}{n\bar{M}}}{V} = \frac{PV}{RT} \cdot \frac{\bar{M}}{V} = \frac{P\bar{M}}{RT}$$

$$\begin{aligned} \text{見かけの分子量 } \bar{M} &= \frac{A \text{ のモル}}{\text{全体のモル}} M_A + \frac{B \text{ のモル}}{\text{全体のモル}} M_B \\ &= \frac{n_A}{n_A + n_B} M_A + \frac{n_B}{n_A + n_B} M_B \end{aligned}$$

$n_A = n_B$  ならば、 $M_A$  と  $M_B$  の平均です。

混合気体は  $\bar{M}$  を出すと便利！

ところで、 $T$  は当然、絶対温度なので、

$^{\circ}\text{C} + 273$  ですネ。

おぼえかた 273



ツナサンド

「つなみ」とおぼえる人もいますが、ここはぜひ、

「ツナサンド」でおぼえましょう！ なんて言っていると、

「つなみ」の方がおぼえるんだヨネ・・・。(；。；)

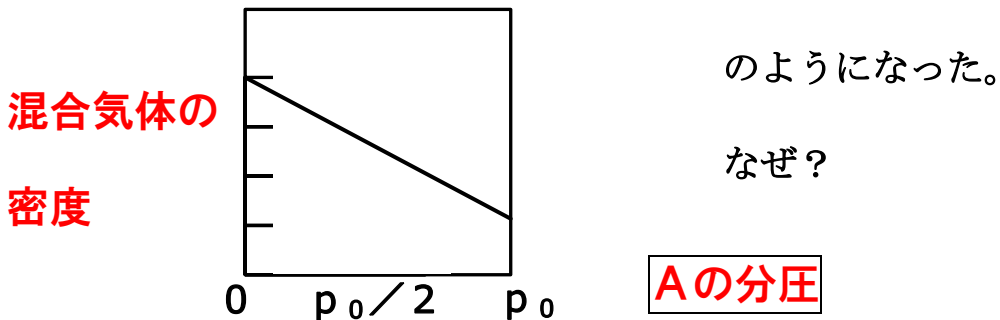
### 例題

希ガスA・Bを、様々な割合で混合させ、

温度一定で、体積を変化させ、全圧が $p_0$ になるようにする。

Aの原子量<Bの原子量 のとき、

混合気体の密度とAの分圧の関係は



温度と圧力が一定なら $d$ と見かけの分子量 $\bar{M}$ は比例します。⇒前ページ

$$\text{そして見かけの分子量 } \bar{M} = \frac{\text{Aのモル}}{\text{全体のモル}} M_A + \frac{\text{Bのモル}}{\text{全体のモル}} M_B$$

全圧が一定 $p_0$ だから全体のモルも一定、だから $\bar{M}$ は、Aのモルが少ないほど直線的に減ります。(Aの原子量<Bの原子量 より。)

ちなみに、Aの分圧が0のとき=4の目盛り=Bしかないとき

Aの分圧が $p_0$ のとき=1の目盛り=Aしかないとき

なので、Bの原子量は、Aの4倍であることがわかります。

$$\bar{M} = M_A x + 4 M_A (1 - x) = 4 M_A - 3 M_A x \quad x : \text{Aのモル分率}$$

ワンポイントアドバイス

グラフは、0か1か、最大値か、極端な所がカギとなる事が多い!

## 気体と蒸気圧と飽和蒸気圧

気体は、飽和蒸気圧以上になる事ができません！

それ以上になると、液体になるからです。

だから、気体の圧力を考える場合は、飽和蒸気圧と、全ての液体が気体になったらどうなるかを考えなければなりません。

### 例題

水の飽和蒸気圧は27℃で $4.0 \times 10^3 \text{ Pa}$ 、87℃で $7.0 \times 10^4 \text{ Pa}$

である。  $R = 8.3 \times 10^3 (\text{Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K}))$

**問1** 0.020 molの水を容積3.0 Lの密閉容器に封入し、温度を27℃に保った。圧力は？

すべてが水蒸気になったとすると

$$P \times 3.0 = 0.02 \times 8.3 \times 10^3 \times 300$$

$$P = 1.66 \times 10^4 \text{ Pa}$$

で、**飽和蒸気圧**  $4.0 \times 10^3 \text{ Pa}$ より大きいので、

$4.0 \times 10^3 \text{ Pa}$ が上限となり、これ以上大きくなれない。

答： $4.0 \times 10^3 \text{ Pa}$

**問2** 0.020 molの水を容積3.0 Lの密閉容器に封入し、

温度を87°Cに保った。圧力は？

すべてが水蒸気になったとすると

$$P \times 3.0 = 0.020 \times 8.3 \times 10^3 \times 360$$

$$P \doteq 2.0 \times 10^4 \text{ Pa}$$

で、**飽和蒸気圧**  $7.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ より小さいので、

これを圧力としてよい。

$$\text{答：} 2.0 \times 10^4 \text{ Pa}$$

## 液体として安定に存在している状態

つまり、見かけ上変化していない

**蒸発の速度 = 凝結の速度** のとき

**蒸気圧 = 飽和蒸気圧** で、一定。

このとき、**気液平衡** の状態になっています。

⇒次ページ



## 気液平衡とは

### 蒸発の速度 = 凝縮の速度

で、見かけ上、変化していないように見える状態の事です！

この時の圧力は **飽和蒸気圧** です。

つまり、気液平衡の時は、

**蒸気圧 = 飽和蒸気圧** となっています。

このバランスがくずれると、どっちかに動きます。

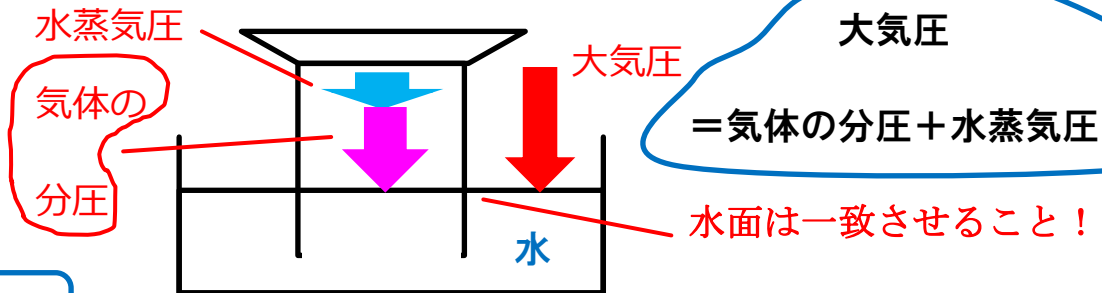
(蒸発か凝縮が進んだように見える。)



## 気体を水上置換で集めた場合

気体 + 水蒸気 の、混合気体 となっているので  
水蒸気圧を、分圧として考えないといけません！

このときの水蒸気圧は、水が存在するので飽和水蒸気圧です。



**例題** 大気圧 760 mmHg のもとで、発生した  $O_2$  を水上置換法で捕集したら体積は 900 mL だった。

27°C における飽和水蒸気圧を 27.0 mmHg として、得られた

$O_2$  の mol を求めよ。  $760 \text{ mmHg} = 1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$

$R = 8.3 \times 10^3 (\text{Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K}))$

**酸素の分圧 = 大気圧 - 飽和水蒸気圧**

なので

$760 \text{ mmHg} - 27.0 \text{ mmHg} = 733 \text{ mmHg}$  これを  $P_a$  になおすと

$$760 : 1.0 \times 10^5 = 733 : x$$

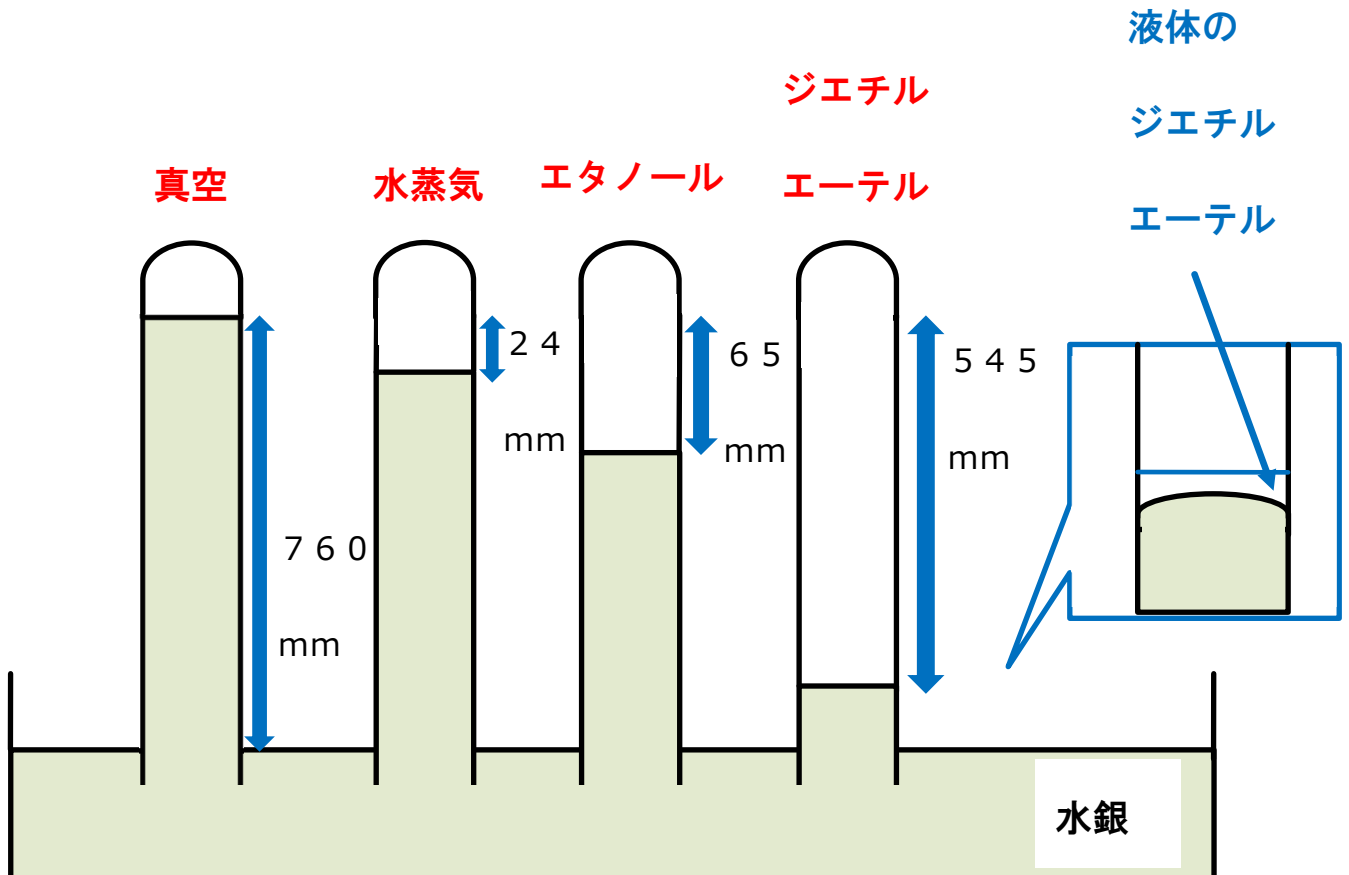
$$x = 733 \times \frac{1 \times 10^5}{760} \quad (\text{Pa}) \quad PV = nRT \text{ より}$$

$$\frac{733}{760} \times 10^5 \times \frac{900}{1000} = n \times 8.3 \times 10^3 \times 300$$

$$n \doteq 0.035 \text{ mol}$$

## 水銀柱の場合

少量の液体を注入して、液体が残っている状態にすると、その液体の飽和蒸気圧（蒸気圧）の分だけ、水銀柱が低くなる！



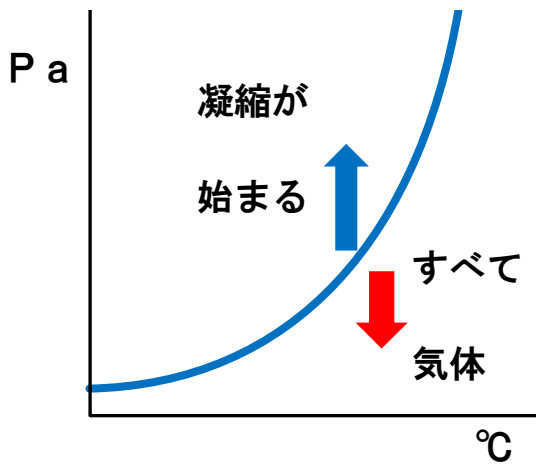
大気圧  $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$  で真空が 760 mm なので、

$$1.013 \times 10^5 : \text{蒸気圧} = 760 : x$$

$$\text{蒸気圧} = 1.013 \times 10^5 \times \frac{x \text{ (mm)}}{760}$$

$x$  = 低くなった長さ

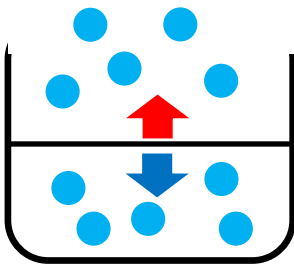
**蒸気圧曲線 = 温度と飽和蒸気圧の関係。**



蒸気圧がこの線上にあれば、  
**気液平衡**ですが、

飽和蒸気圧より小さくなると、  
すべてが気体となります。

飽和蒸気圧より大きくなると、  
凝縮が始まります。



(飽和してしまっ、それ以上気体として  
存在できなくなるから！)

**新しい気液平衡状態になると、また安定します。**

◎密閉せずに温度を上げた場合

飽和水蒸気圧が上がって蒸気圧がそれ以下になるので、  
蒸発や沸騰が始まる。

新しい気液平衡になると止まる。

◎密閉して温度を上げた場合

飽和水蒸気圧も上がるけれど、蒸気圧も上がるので、  
蒸発や沸騰は起こらない。

## 発展 混合気体の問題その1

数種の気体があって一部が凝縮しているとき

分圧はどうなるか？

その気体の飽和蒸気圧を差し引き、残った気圧を分け合おう！

体積を自由に変える事ができる容器内に、水 3 mol、ベンゼン 1 mol、窒素 2 mol が入っている。

グラフは、水とベンゼンの蒸気圧曲線である。

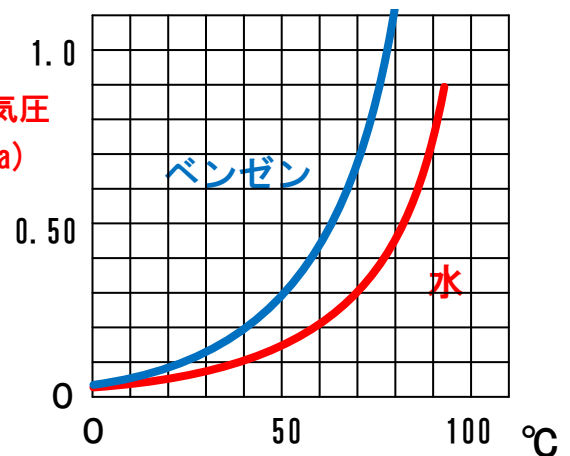
問1 温度を 70℃ に保ちながら

容器内の圧力が  $1.2 \times 10^5 \text{ Pa}$  (飽和蒸気圧  $\times 10^5 \text{ Pa}$ )

になるようにした。

このとき、水とベンゼンはどんな

状態か。



まず、窒素は全部気体。臨界点がとても低いからです。⇒第1編P102

相当温度を下げないと、圧力をどんなに上げてても液体になりません。液体

窒素とありますが、ものを冷やしたいときに使うので、そーとー冷たいの

です！ 酸素とか、ヘリウムとかもです！



まず、その他の水もベンゼンも全部気体と仮定すると水の分圧は

$$1.2 \times 10^5 \times \frac{3}{3+1+2} = 1.2 \times 10^5 \times \frac{3}{6} = 0.6 \times 10^5 \text{ Pa}$$

グラフから読み取った水の飽和蒸気圧  $0.30 \times 10^5 \text{ Pa}$  より高いので、

一部は凝縮して水となっていると考えられる。

なので、水の分圧は、飽和蒸気圧  $0.30 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。

ベンゼンの分圧は、水の分圧を引いてから窒素と分け合う。

$$(1.2 \times 10^5 - 0.30 \times 10^5) \times \frac{1}{1+2} = 0.30 \times 10^5 \text{ Pa}$$

グラフから読み取ったベンゼンの飽和蒸気圧  $0.70 \times 10^5 \text{ Pa}$  より小

さいので、ベンゼンはすべて気体であると考えられる。

**問2** 容器内の圧力が  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  のとき、すべてが気体の状態に

なるには温度を何°Cにすればよいか。

飽和蒸気圧が一番小さい水が気体になればよい。

$$\text{このときの分圧は } 1.0 \times 10^5 \times \frac{3}{3+1+2} = 0.5 \times 10^5 \text{ Pa}$$

グラフより、このときの温度は  $83^\circ\text{C}$  答:  $83^\circ\text{C}$

## 発展 混合気体の問題その2

体積を自由に変えることのできる

容器にヘキサンと窒素を  $0.20 \text{ mol}$

ずつ入れ、圧力を  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、

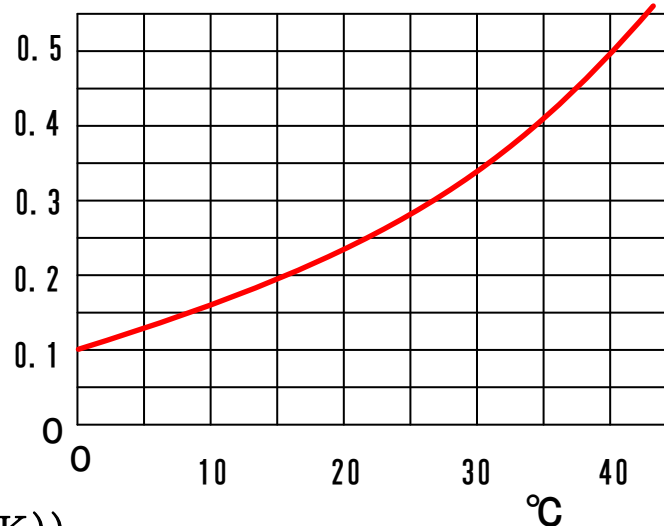
温度を  $60^\circ\text{C}$  に保ったところ、

ヘキサンはすべて気体となった。

図はヘキサンの蒸気圧曲線である。

$$R = 8.3 \times 10^3 (\text{Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K}))$$

ヘキサンの  
蒸気圧  
( $\times 10^5 \text{ Pa}$ )



**問1** 混合気体の圧力を  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  に保ったまま、温度を徐々に

下げていったとき、何 $^\circ\text{C}$ でヘキサンが凝縮し始めるか。

ヘキサンの分圧は、 **分圧 = 全圧  $\times$  モル分率** なので

$$1.0 \times 10^5 \times \frac{0.02}{0.02 + 0.02} = 5.0 \times 10^4 \text{ Pa}$$

ヘキサンの飽和蒸気圧が、この分圧よりも小さくなる温度では、一部が凝

縮する。図より、 $40^\circ\text{C}$  答： $40^\circ\text{C}$

**問2** 混合気体の圧力を  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  に保ったまま、さらに温度を

下げて  $17^\circ\text{C}$  にした。このときの混合気体の体積は？


$17^\circ\text{C}$  のとき、ヘキサンは一部が液体になるので分圧は飽和蒸気圧で、図

より  $2.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ 。このとき、窒素の分圧  $P_{N^2}$  は、

$$P_{N^2} = 1.0 \times 10^5 - 2.0 \times 10^4 = 8.0 \times 10^4 \text{ Pa}$$

混合気体の体積を  $V_1$  [L] とすると、ヘキサンと窒素の共通の体積なので、窒素だけについての状態方程式が成り立つ。

$$P_{N^2} V_1 = n_{N^2} R T \quad \text{より、}$$


 窒素のmol数

$$8.0 \times 10^4 \times V_1 = 0.20 \times 8.3 \times 10^3 \times (17 + 273)$$

答:  $V_1 \doteq 6.0$  (L)

**問3** 17℃のもとで、凝縮したヘキサンをすべて気体にするためには、

混合気体の体積を何L以上に膨張させなければならないか。

ヘキサンは0.20molすべてが気体となる。このときの瞬間の分圧は飽

和蒸気圧  $2.0 \times 10^4 P_a$       全体の体積を  $V_2$  とすると

窒素と共通の体積なので、

ヘキサンだけの状態方程式も成り立つ。

$$P_{hex} V_2 = n_{hex} R T$$

$$2.0 \times 10^4 \times V_2 = 0.20 \times 8.3 \times 10^3 \times (17 + 273)$$

$V_2 \doteq 24$  L      答: 24 L以上にしなければならない。



## さらに発展 気体が反応して、水をつくるとき

容積 8.3 L の容器にメタンと酸素を入れたとき、27°Cでの分圧は

メタン =  $4.0 \times 10^3 P_a$       酸素 =  $x \times 10^3 P_a$       とする。

容器内でメタンを完全燃焼させたあと、温度を 27°C に戻した結果、

水滴が生じ、全圧は  $7.8 \times 10^3 P_a$  となった。

問1 x は？

水の飽和水蒸気圧 =  $3.6 \times 10^3 P_a$

$R = 8.3 \times 10^3 (P_a \cdot L / (mol \cdot K))$

反応式を書いて、表を作ってみよう！

$P_a$  と mol は比例するので



はじめ      4.0              x              0              0 ( $\times 10^3 P_a$ )

反応量      -4.0      -8.0      +4.0      +8.0 ( $\times 10^3 P_a$ )

その後      0              x - 8.0      4.0      8.0 ( $\times 10^3 P_a$ )

これは水を気体としたときの値なので、実際は水滴が生じてい

るから  $\text{H}_2\text{O}$  の分圧は飽和蒸気圧の  $3.6 \times 10^3 P_a$

従って全圧  $7.8 \times 10^3 = (x - 8.0 + 4.0 + 3.6) \times 10^3$

x = 8.2      最初の酸素の分圧は  $8.2 \times 10^3 P_a$

**問2** 生じた水滴の質量は？

実際は飽和蒸気圧の  $3.6 \times 10^3 \text{ Pa}$  分が気体なので、この分の気体の質量は

$$PV = \frac{\omega}{M}RT \quad \text{より}$$

$$3.6 \times 10^3 \times 8.3 = \frac{\omega}{18} \times 8.3 \times 10^3 \times (27 + 273)$$

$$\omega = 0.216 \text{ (g)}$$

すべて気体となったときの  $8.0 \times 10^3 \text{ Pa}$  との差が、水滴になった分である。

$$(8.0 \times 10^3 - 3.6 \times 10^3) : y = 3.6 \times 10^3 : 0.216$$

$$= \text{気体(水)の圧力} : \text{気体(水)の質量}$$

$$y = \frac{(8.0 - 3.6) \times 10^3}{3.6 \times 10^3} \times 0.216 = 0.264$$

$$\text{答 } 0.26 \text{ g}$$

全部気体になったときと、凝縮したときとを比べてみよう！

## まとめ 混合気体について

混合気体が水と接して気液平衡状態にある場合、  
水の飽和蒸気圧の分だけ分圧が減る。

**混合気体の全圧から水の飽和蒸気圧を引くのを忘れず  
に！**

その結果、混合気体に含まれる気体の分圧も減ります。

一般に

液体Aが存在して、気液平衡状態にあるとき

**Aの分圧 = Aの飽和蒸気圧**

また、

**気体Aの分圧 = 全圧 × その気体Aのモル分率**

**体積が共通な時は、ひとつの気体だけで状態方程式  
が使える。**

10

# 溶解度

## ◎気体の溶解度

### ヘンリーの法則

わりとよく出る

温度が一定なら

一定量の溶媒に溶ける気体の質量（またはmol）は、その気体の圧力（混合気体なら分圧）に比例する。

$$[A] = k_0 P$$

溶液中の濃度（つまり溶解度）

気体の分圧

**注** 気体の体積はmolと

比例しますが、

圧力とは反比例するので

溶ける体積は変わりません。

ボイル・シャルルの法則

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$



$$[\text{H}_2\text{CO}_3] = k_0 P_{\text{CO}_2}$$

溶けた  $\text{CO}_2$  のモル  $\rightleftharpoons$   $\text{H}_2\text{CO}_3$  のモル 弱酸だからほとんど電離しない

### 例題

$N_2$ は $0^\circ C$ 、 $1.0 \times 10^5 P_a$ において水1 Lに24 mL溶解する。

$4.0 \times 10^5 P_a$  を $0^\circ C$ の水1 Lに接触させておいたとき、溶解込む $N_2$ の体積と質量は？

**体積**は変わらないので 24 mL

**質量**は

まず、 $PV = \frac{\omega}{M}RT$  より

$1.0 \times 10^5 P_a$ のときに溶ける量は

$$1.0 \times 10^5 \times \frac{24}{1000} = \frac{\omega}{28} \times 8.31 \times 10^3 \times 273$$

$$\omega = 0.0296$$

**その4倍なので**  $0.0246 \times 4 = 0.098 \text{ g}$

## ◎溶解度について

混同するな

同じ溶解度といっても、

単位が違うものがあるので、注意しよう。

前ページのヘンリーの法則とか、溶解度積とか、

平衡などに関連する溶解度は、

体積 1 L に溶けている mol [ ] なので、

**モル濃度**です。

**モル溶解度** と呼ぶ事もあります。

それに対して、**水 100 g に溶ける物質の質量 g**

**(固体)**

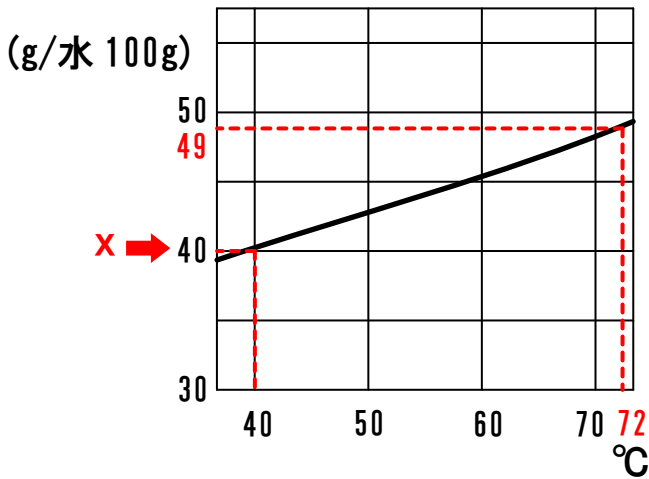
で表す溶解度もあります。



## 溶解度曲線＝温度と溶解度の関係

### 例題

KClの溶解度曲線



72℃で

100gの水にKCl 49gが  
溶けている。

この飽和水溶液100gを  
冷やすと6.1gのKClが  
析出した。

このときの温度は？

だまされるな

水100gに溶かしたのではなくこの飽和水溶液100gです！

冷やしたとき

100gの水に溶けているKClの量 = x とおくと、

飽和水溶液が2倍になったら析出量も2倍になる、つまり比例するので

析出量(g) : 飽和水溶液(g)

$$= 6.1 : 100 = 49 - x : 100 + 49$$

これを解くと  $x \doteq 40$  なので、グラフを読んで

溶解度が 40g/水100g となるような

温度をさがすと、

答：40℃

**例題** 水 100 g に対する硝酸カリウムの溶解度は 80℃ で 170, 20℃ で 32 である。

**問 1** 80℃ の硝酸カリウム飽和水溶液 300 g を 20℃ まで冷却すると、何 g の硝酸カリウムの結晶が析出するか。

$$300 : x = 270 : 138$$

$100 + 170$   
 飽和水溶液の量

$170 - 32$   
 析出した量

$$x = \frac{300 \times 138}{270} = 153.33 \dots \quad \text{答: } 150 \text{ g}$$

ちょっとまわりくどいやりかた

y = 80℃ のときの溶解している量とすると

$$300 : y = 270 : 170$$

$$y = \frac{300 \times 170}{270}$$

z = 20℃ のときの溶解している量とすると

$$300 : z = 270 : 32$$

$$z = \frac{300 \times 32}{270}$$

$$x = y - z = \frac{300}{270} (170 - 32) = 153.33 \dots$$

答: 150 g



問2

80℃の硝酸カリウムの飽和水溶液を20℃まで冷却すると、

30gの硝酸カリウムの結晶が析出した。

80℃の飽和水溶液は何gあったか。

飽和水溶液の質量をxとすると

$$x : 30 = \frac{270}{100+170} : \frac{13}{170-32}$$

飽和水溶液の量                  析出した量

$$x = \frac{30 \times 270}{138}$$

$$x \doteq 59 \text{ g}$$

はやく  
人間に  
なりた〜い!



ようかい人間

**発展****水和物が析出する場合****水の方を差し引こう！****例題**

100 gの水に硫酸銅(II)無水物は、0℃で14.8 g,

30℃で25.0 gまで溶ける。

30℃の硫酸銅(II)の飽和水溶液100 gを0℃まで冷却するとき、

硫酸銅(II)五水和物の結晶が何 g析出するか。

30℃のときに溶けているCuSO<sub>4</sub>をxとすると

$$100 : x = 100 + 25 : 25$$

溶液量

$$x = \frac{100 \times 25}{125} = 20.0 \text{ g}$$

0℃のときに析出するCuSO<sub>4</sub>・5H<sub>2</sub>Oをyとすると

溶液量全体は100 - y で、yの方だけ減り、

溶けているCuSO<sub>4</sub>は  $\frac{160}{250}y$  だけ減る。

$$100 - y : 20.0 - \frac{160}{250}y = 100 + 14.8 : 14.8$$

これを解いて

答：y ≒ 14 g

## ◎溶解度積 と 溶解平衡

塩がイオンになって溶ける反応も、

平衡が成り立つので、

平衡定数があります。

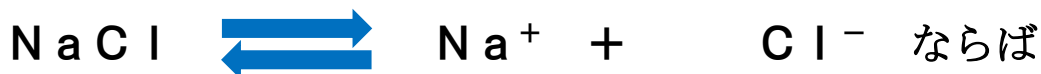
例



溶ける前は固体だから濃度に関係ないので、

$$K_{\text{SP}} = [\text{Pb}^{2+}] [\text{Cl}^-]^2 \quad \text{です。}$$

SP: solubility product



$$K_{\text{SP}} = [\text{Na}^+] [\text{Cl}^-] \quad \text{です。}$$

この値より、濃度が高くなると沈殿します。



$\text{PbCl}_2$ の溶解度を  $s$  とすると

$$K_{\text{SP}} = s \times (2s)^2 \quad \text{となります。}$$

$\text{Cl}^-$ は、1つの  $\text{PbCl}_2$ から 2つできるので、 $2s$ です。

つまり、物質量は、係数と比例します。

### 例題

$K_{SP} = 3.2 \times 10^{-8} \text{ (mol/L)}^3$  のとき、

0.10 (mol/L) の HCl への  $PbCl_2$  の溶解度 (mol/L)

を出せ。

ヒツカケ

同じ  $Cl^-$  があることに注意!



だけど、 $Cl^-$  は、0.10 mol/L を足さないといけない。

(HCl はほぼ電離していると考える。)

$$K_{SP} = 3.2 \times 10^{-8} = [Pb^{2+}] [Cl^-]^2$$

$PbCl_2$  の溶解度を  $s$  とすると

$$[Pb^{2+}] = s$$

$$[Cl^-] = 2s + 0.10$$

ここで、 $s$  は 0.10 と比べたら小さいと考える。

なにしろ HCl は強酸だからね!

なので  $2s + 0.10 \doteq 0.10$  とする。

$$K_{SP} = s \times (0.10)^2 = 3.2 \times 10^{-8}$$

$$s = \frac{3.2 \times 10^{-8}}{0.01} = 3.2 \times 10^{-6} \text{ (mol/L)}$$

11

## 浸透圧

すばらしいことに、

溶液の浸透圧の公式は、

気体の状態方程式と、同じです！

(ファン・ホッフの法則)

$$\Pi V = n R T$$

浸透圧

$$\Pi = \frac{n}{V} R T = c R T$$

ともできる

溶液のモル濃度

きゅうりの塩もみ



塩でもむと  
水が出てきて  
パリッとするのよ〜

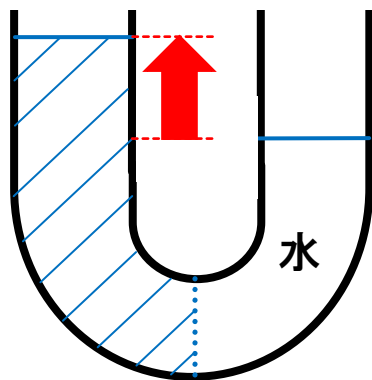
これも  
浸透圧

## 浸透圧とは

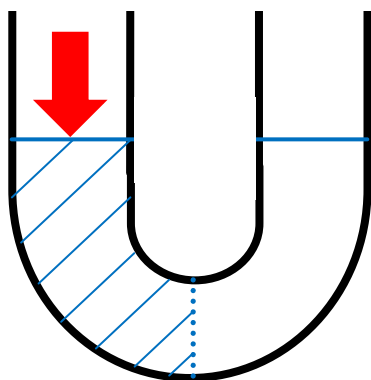
セロハン膜は、水のような小さい分子は通すが  
大きい分子は通さないので、

水と溶液を仕切ると、

水が溶液を薄めよう薄めようとして移動する。



圧力差が生じて、  
溶液を押し上げる



液面を同じにしようとしたら、  
新たに浸透圧を加えなければ  
ならない。



大気圧がもともと  
かかっているので、

実際にかかっている圧力は

浸透圧 + 大気圧

浸透圧は、実際にかかっている圧力から大気圧を引いた  
もの

### 例題

U字管の左側に水をV (mL)、右側に非電解質Xが $\omega$  (g) 溶けた水溶液V (mL) を入れた。

T°Cで放置したら水溶液の液面が高くなったので、同じ高さにした。

このとき、右側の圧力はP (Pa) だった。

Xのモル質量を式で表せ。

ただし、大気圧=1.0133×10<sup>5</sup> (Pa) とする。

液面を同じにするために加えた圧力が浸透圧

なので、

$$\Pi = P - 1.0133 \times 10^5 \text{ Pa}$$

大気圧は、差し引きます！

$$\Pi V = nRT = \frac{\omega}{M}RT \quad \text{より、}$$

$$M = \frac{\omega}{\Pi V}RT \quad \text{にあてはめるだけ！}$$

$$= \frac{\omega}{(P - 1.0133 \times 10^5) \times V \times 0.001} \times R \times (T + 273)$$

絶対温度にする！

mLからLにするの忘れずに！

基本

単位面積あたりに加わる圧力と、質量は比例する。

つまり、どんなものが乗っかっても、重けりや圧力かかるのです！

発展

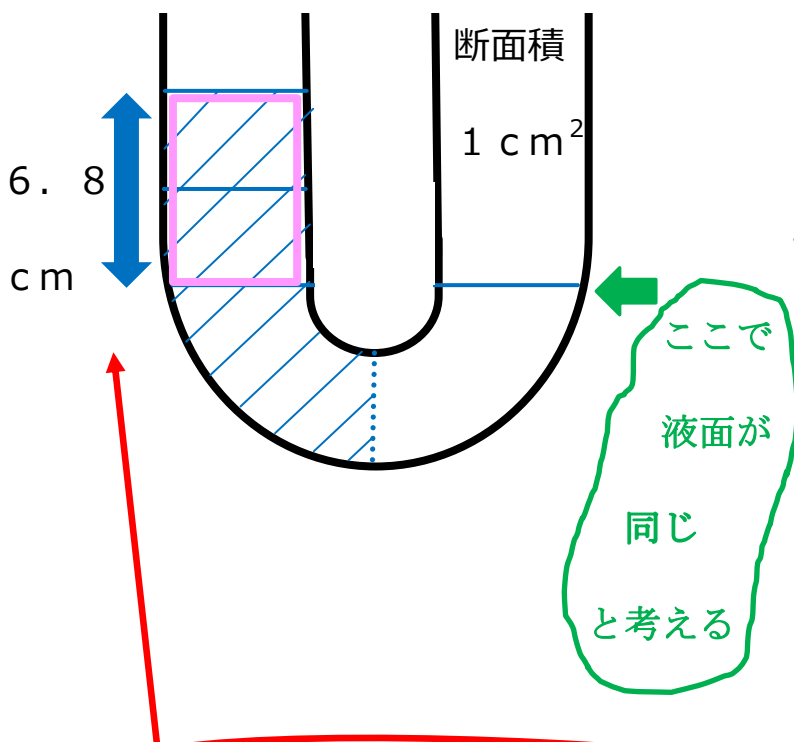
問1 このようになったとき、

デンプン水溶液の浸透圧は

何Paか。

ただし、

- ・  $1.00 \times 10^5$  (大気圧) は、  
76.0 cmの水銀柱による  
圧力と等しい。
- ・ 水銀の密度 =  $13.5 \text{ g/cm}^3$
- ・ デンプン水溶液の密度は  
常に  $1.0 \text{ g/cm}^3$  とする。



デンプン水溶液でできたフタと考える

6.8 cm分のデンプン水溶液の重さの圧力 = 浸透圧 と考える。

$$\Pi : 6.8 \text{ cm} \times 1.0 \text{ g/cm}^3 =$$

$$1.00 \times 10^5 \text{ Pa} : 76.0 \text{ cm} \times 13.5 \text{ g/cm}^3$$

なので  $\Pi : 6.8 = 1.00 \times 10^5 : 1026$

$$\text{答 } \Pi = 1.00 \times 10^5 \times \frac{6.8}{1026} = 6.62 \times 10^2 \text{ Pa}$$



問2 このデンプンのモル質量は？ ただし、

・U字管に入れる前のデンプン水溶液=1.34 gのデンプンを含む

10.0 mL

・U字管の断面積=1.0 cm<sup>2</sup>

・温度=300 K とする。

デンプン水溶液の体積は、押し上げられて

$\frac{6.8 \text{ cm}}{2} \times 1.0 \text{ cm}^2 = 3.4 \text{ cm}^3$ だけ増えているので

10.0 + 3.4 = 13.4 mL      モル質量=M とおくと

$$\text{モル濃度 } c = \frac{1.34 \text{ g}}{M} \times \frac{1}{13.4 \times 10^{-3} \text{ L}} = \frac{1.00 \times 10^2}{M} \text{ (mol/L)}$$

これを  $\Pi = cRT$  にあてはめる。

問1で求めた  $\Pi = 6.62 \times 10^{-2} \text{ Pa}$  より

$$6.62 \times 10^{-2} \text{ Pa} = \frac{1.00 \times 10^2}{M} \times 8.3 \times 10^3 \times 300$$

$$\text{答: } M = 3.76 \times 10^5 \text{ g/mol}$$

注

デンプンは重合度によってモル質量が変わるので、

ここでのMはモル質量であって、分子量ではない。

デンプンは  $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$

で、 $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5 = 162$  だから、

$$M = 162n \quad n = \text{重合度}$$

$\Pi = c R T$  にあてはめるときは、

電離しているときは気をつけよう！モル濃度は増えます。

例えば、電離度  $\alpha$  の酢酸  $\text{CH}_3\text{COOH}$  は、

電離平衡のところで出てきたような表を作ると、



はじめ	$c$	$0$	$0$	(mol/L)
変化量	$-c\alpha$	$+c\alpha$	$+c\alpha$	(mol/L)
電離平衡時	$c(1-\alpha)$	$c\alpha$	$c\alpha$	(mol/L)

なので、電離平衡時の全体の濃度は、

$$c(1-\alpha) + c\alpha + c\alpha = c(1+\alpha)$$

となります。

これおぼえとこ！

公式の  $c$  のところには、これをあてはめよう！

安易に初濃度  $c$  をあてはめるな！

強酸・強塩基・またはその塩 は、  
ほぼ電離している とみなします。

・  $\text{CaCl}_2$  なら、



濃度は **3倍** すればよい。

・  $\text{H}_2\text{SO}_4$  なら




**3倍**

・  $\text{HCl}$  なら



**2倍**

 ただし あくまでも  $\alpha \doteq 1$  ほぼ電離している

と、みなした場合です。

**$\alpha$  を厳密に出せ!** と言われたときは、弱酸・弱塩基と

同様に、前ページのようにして解きましょう。

⇒次ページ くわしく

## 発展

## 電離度 $\alpha$ を 厳密に考える場合

1 価の 弱酸・弱塩基

または その塩

強酸・強塩基

の場合は、 酢酸と同様に考える事ができます。



はじめ  $c$   $0$   $0$  (mol/L)

変化量  $-c \alpha$   $+c \alpha$   $+c \alpha$  (mol/L)

電離平衡時  $c(1-\alpha)$   $c \alpha$   $c \alpha$  (mol/L)

電離平衡時の全体の濃度は、

$$c(1-\alpha) + c \alpha + c \alpha = c(1+\alpha)$$

この式思い出せん！というときは

弱酸・弱塩基  $\alpha \doteq 0$

強酸・強塩基  $\alpha \doteq 1$

としてみよう！

あっ、なんだ！

弱酸・弱塩基なら  $c$  つまり、初濃度のまま。 ほぼ電離しない。

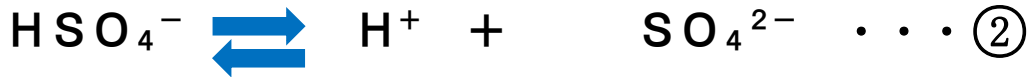
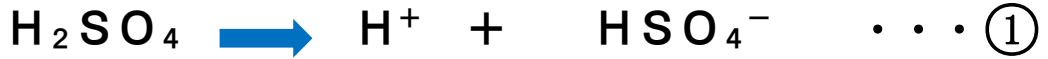
強酸・強塩基なら  $2c$  つまり、濃度が倍になる！ ほぼ電離する。

こうなるような式だ！と考えたら、 パツとかびますね！

さらに発展

2価の 強酸・強塩基 または その塩

例えば  $\text{H}_2\text{SO}_4$  では、



のように、

2段階に電離しますが、

1段階目は ほぼ完全に電離する。 と、いう条件がついてい  
れば、カンタンです。

①では



電離平衡時	0	c	c	(mol/L)
-------	---	---	---	---------

この c が 2段階目の電離をするので

②では



はじめ	c	0	0	(mol/L)
-----	---	---	---	---------

変化量	$-c\alpha$	$+c\alpha$	$+c\alpha$	(mol/L)
-----	------------	------------	------------	---------

電離平衡時	$c(1-\alpha)$	$c\alpha$	$c\alpha$	(mol/L)
-------	---------------	-----------	-----------	---------

で、②は 1価の場合と同じですが、

①で生じた  $[H^+]$  を、加えるのを忘れてはなりません！

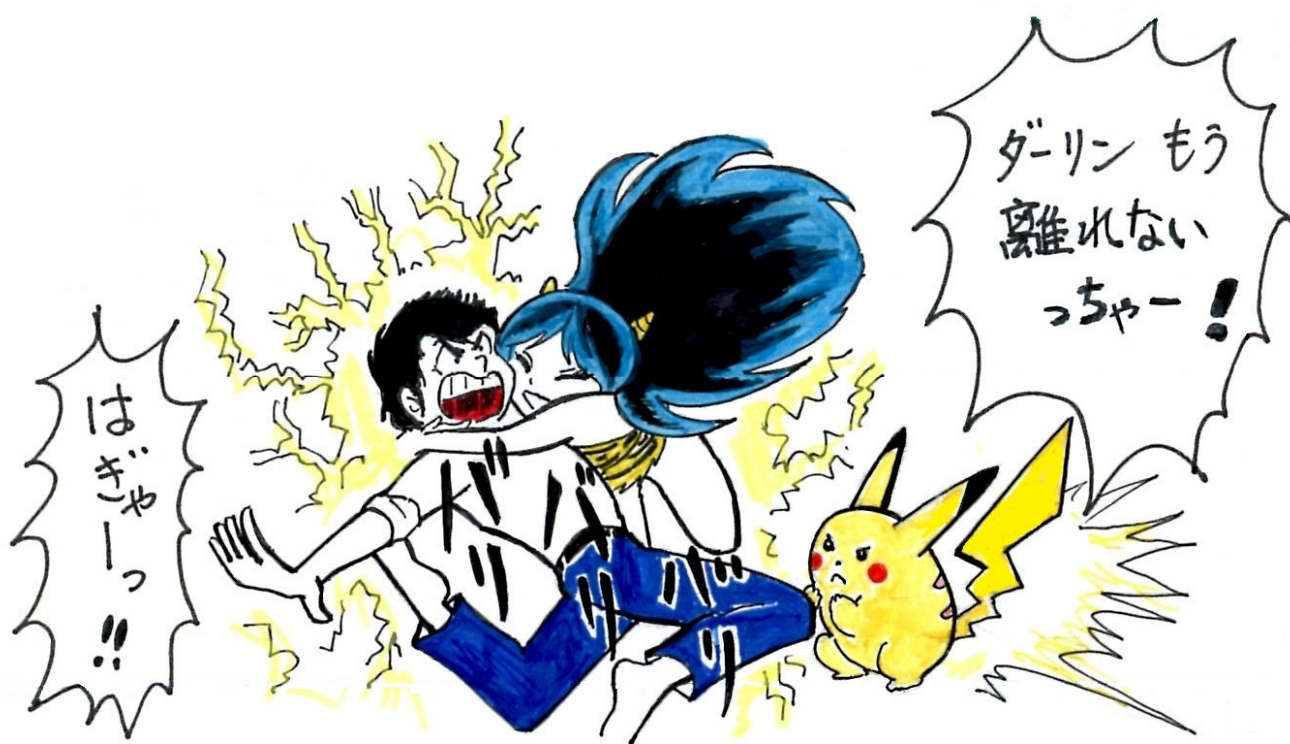
電離平衡時の全体の濃度 =  $c(1 + \alpha) + c =$   $c(2 + \alpha)$

$\alpha \div 1$  とおくと、  $3c$  ですね。

あつ、なんだ！ 結局、 $H_2SO_4 \rightleftharpoons 2H^+ + SO_4^{2-}$

だから、濃度が **ほぼ3倍** になるんですね。

## 電離度とは



。。。ちがいます。

## さらに発展

## 2価の弱酸・弱塩基 またはその塩

$\text{Fe}(\text{OH})_2$ とか

これが1番メンドーそうですが、でも！ 2段階の電離のうち、  
**一方の平衡定数Kがすごく小さい場合、**  
こっちはほぼ起こらない、と考えることができます。

例えば  $\text{H}_2\text{CO}_3$  では、



$$K_1 : 4.5 \times 10^{-7} \text{ mol/L} \dots \textcircled{1}$$



$$K_2 : 5.6 \times 10^{-11} \text{ mol/L} \dots \textcircled{2}$$

$\textcircled{2}$ の $K_2$ がとても小さいので、 $\textcircled{1}$ だけが起こると考えます。

そうすれば、1価の場合とまったく同じです！



はじめ	$c$	$0$	$0$	(mol/L)
-----	-----	-----	-----	---------

変化量	$-c\alpha$	$+c\alpha$	$+c\alpha$	(mol/L)
-----	------------	------------	------------	---------

電離平衡時	$c(1-\alpha)$	$c\alpha$	$c\alpha$	(mol/L)
-------	---------------	-----------	-----------	---------

電離平衡時の全体の濃度 =  $c(1-\alpha) + c\alpha + c\alpha = c(1+\alpha)$

弱酸の式  $\alpha^2 = \frac{K}{c}$  も使えます。

2価だからと、あわてる事なく、1価だと思えば良いです。

## 12 電極反応

第1編でも書きましたが、

どの極にどの物質がどのくらいできるか？ は、

1 まず、電子 $\ominus$ が何mol流れたか 計算する。

2 反応式を書いてみる！

電子 $\ominus$  1 mol に対して、物質が何molできるか  
考える。

だけ考えれば楽勝です。

おぼえかた 黒子 VS 天使

流れた電子 $\ominus$ のmolは

$$\frac{\text{電流} \times t \text{ (秒)}}{\text{ファラデー定数}} = \frac{\text{電流} \times t}{9.65 \times 10^4}$$

(電子 1 mol のもつ電気量)

⇒第1編で おさらいしよう！

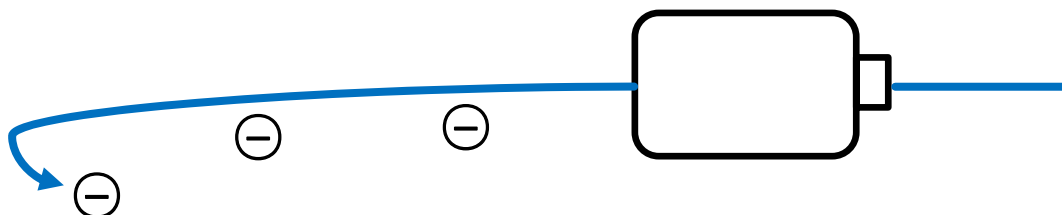


# 電気分解

基本は、

陰極（-）に +イオンがくる  
陽極（+）に -イオンがくる

でしたよね。



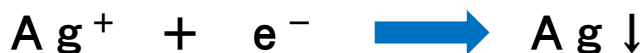
## 陰極（-）

電源の負極につないだものが陰極です。

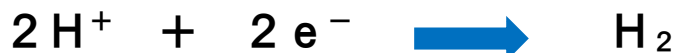
電子  $e^-$  は、負極から出てくるんだったよね！

電子  $e^-$  がやってくるから それを受けとりにくるので、

- ・  $H_2$  よりイオン化傾向の小さい金属があれば、析出。



- ・ そういう金属イオンがなくて、 $H^+$  があれば（酸性中ならば）



（中性・塩基性なら）

変形



水が還元されます！

## 陽極（+）

受け取った $e^-$ を、返して電源の正極に送らないといけません！

◎電極がPt・C以外なら電極が溶けて $e^-$ を出す。

白金（プラチナ）や炭素は、溶けない優秀な電極！

◎電極がPtかCならば

・ハロゲンイオンがあれば



・ $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{OH}^-$ なら

ハロゲンほどは酸化されにくく、この中だったら水が酸化されやすいです。

（塩基性なら）



変形

（中性・酸性なら）



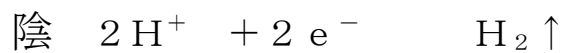
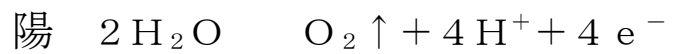
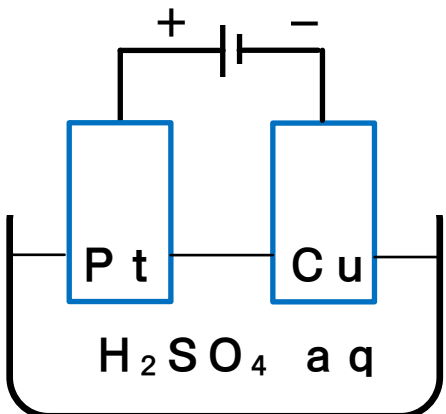
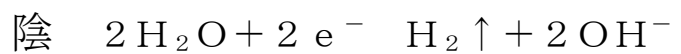
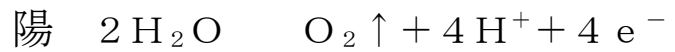
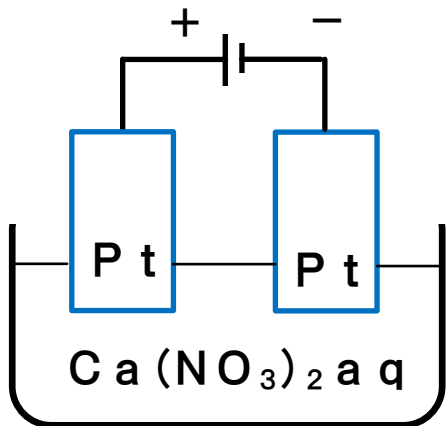
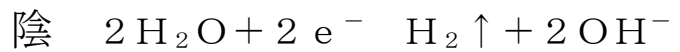
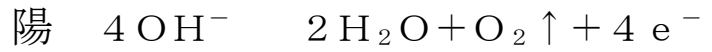
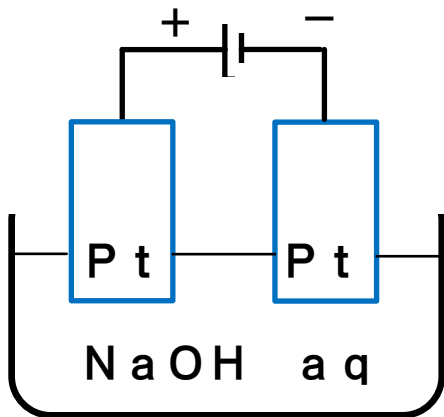
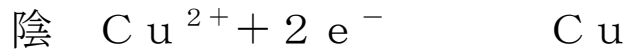
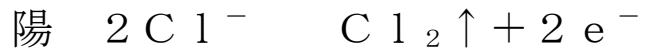
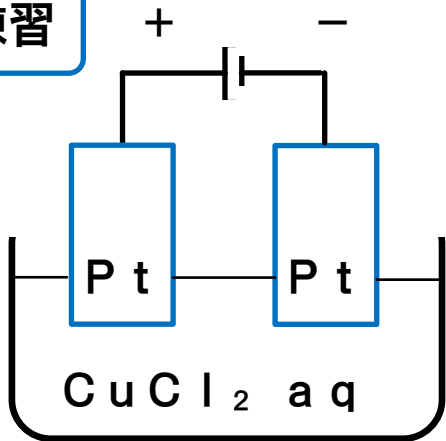
水が酸化されます！

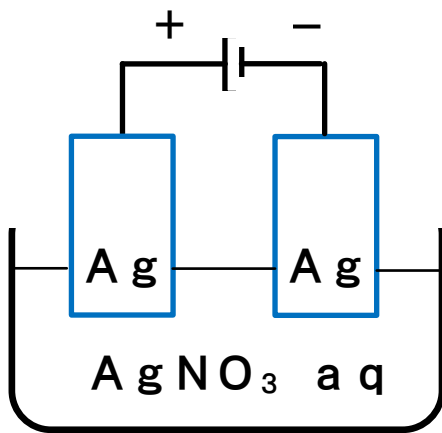
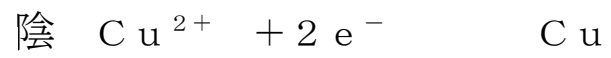
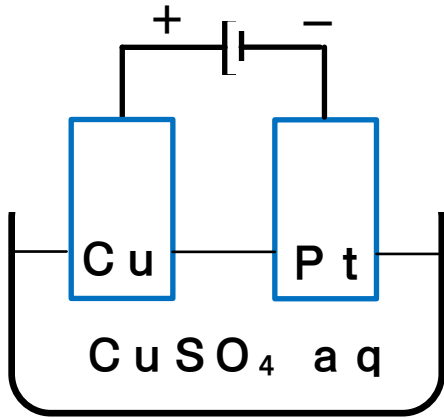
⇒P125 酸化チタンの触媒反応と同じ

□ は特に出るヨ。

おぼえにくいものほど出る！

練習

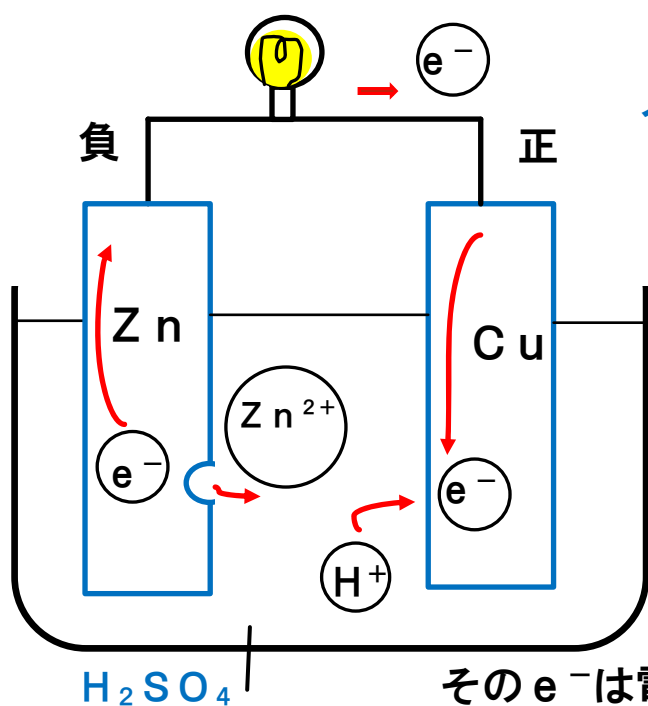




# 電池

第1編のおさらいですが、

電池のしくみは、1番基本的な **ボルタ電池** を思いうかべてみると、わかりやすいですネ。



まず、電極の

**イオン化傾向の大きい方 = Zn**

**が負極** となって **溶けます!**



つまり、**+イオン** となるので、

**電子  $e^-$  を放出** します。



その  $e^-$  は電線を通して、**正極** に来ます。

**この  $e^-$  めあてに +イオン =  $H^+$  が寄ってきます。**

しかし! 最近はクリーンな電池をめざしたり、どんどん電池も進化したり、そんな問題が出る傾向ですので、  
覚えた方がいいでしょう。

クリーンな電池は  $H_2O$  とか  $O_2$  とか  $H_2$  とか使えばなんとかなります! ホントかな・・・。

## 発展

電解質が **食塩水** や **アルカリ水溶液**



つまり、 $\text{H}^+$ があまりなくて金属イオンのイオン化傾向大のとき

$\text{Na}^+$ が  $\text{Na}$ になる、なんてまちがっても書いちゃダメよ！

$\text{Na}^+$ は、よっぽどでなければ  $\text{Na}$ にならないんですよ。

融解塩電解で、もう他に  $e^-$ うけとるもんねーよ！

くらいにしてやらないと。 ⇒第2編 P73

でも、 $\text{H}^+$ もなければ、誰が  $e^-$ を受け取るんだ??

大気中と接していて、 $\text{O}_2$ が豊富に供給される場合

**$\text{O}_2$ が還元されます！**



※空気電池の原理。燃料電池の一種。補聴器などに使われています。

なにしろ、原料が大気中の空気なのだから、軽いのです！

大気と一部しか触れず  $\text{O}_2$ が入ってこない場合

は、仕方がないので **水を還元させます。**



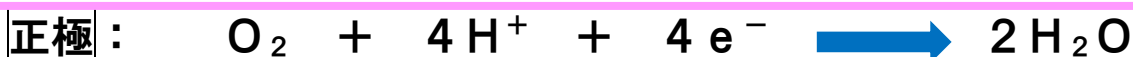
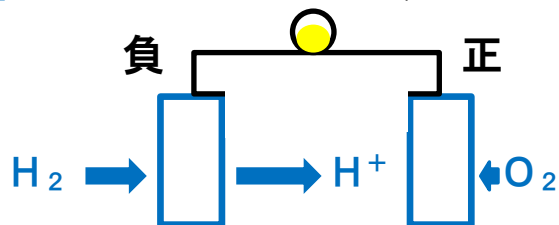
でも **燃料電池** は、

⇒第1編 P77

$O_2$ も $H_2$ もどんどん供給されて、

**正極**では $H_2$ からできた $H^+$ と $O_2$ がたくさんあるので、

こうなります。



つまり、水の電気分解の反対です。水の電気分解をしておけば、充電もできる。 **クリーンな電池デスネ!**

東北大2019年 ちょっとエー!な問題が出ました。

**負極が溶けない!**

負極に酸化チタンを使って、紫外線を当てる、というものです。

酸化チタンは変化しにくいし、光触媒 となるので

水を酸化させます!



溶けない電極でとてもクリーン、

これは、

**太陽電池** の原理です!

未来の太陽電池として注目されています。

この反応、地球温暖化を防いだり、

壁とかの湿気を防いだり、使えそうデスネ。

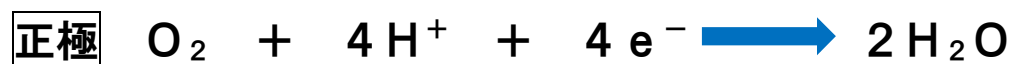
殺菌もできるし、きれいな壁を保つのに使います。



### 例題

燃料電池を用いて0.20molの電子の分だけの電気量を得たいとき、

必要となる水素と酸素の体積は？



4molの $e^-$ で2molの $H_2$ と1molの $O_2$ が必要なので、  
気体は1molで22.4Lなので、

$$H_2 \text{は} \quad 0.20 : x = 4 : (2 \times 22.4)$$
$$x \div 2.2 \text{ (L)}$$

$$O_2 \text{は} \quad 0.20 : y = 4 : 22.4$$
$$y = 1.12 \text{ (L)}$$



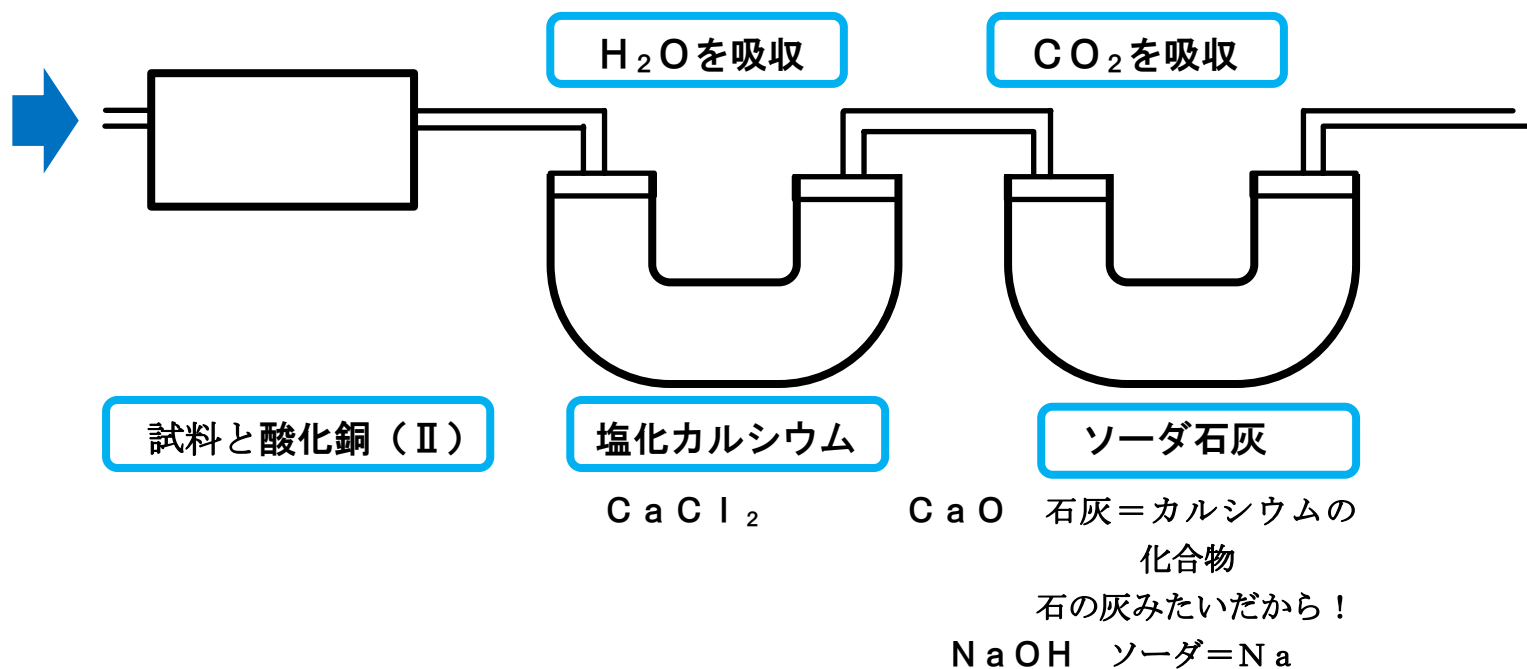
13

## 成分分析

### 有機化合物の組成式の決定

CとHとOだけでできている物質があるとして、

C, H, Oは いくつずつあるのか?  $C_xH_yO_z$  を調べる。



#### ◎酸化銅について

酸化剤。試料を完全燃焼させる。

#### ◎塩化カルシウム $CaCl_2$ について

$CaCl_2$ は、潮解性を持つので水を吸う。

中性なので酸性・塩基性関係なく乾燥できる。

#### ◎ソーダ石灰 ( $CaO+NaOH$ ) について

$CaO$ は塩基性酸化物なので $CO_2$ と $CaCO_3$ をつくる。

$NaOH$ はアルカリなので弱酸の $CO_2$ と $CaCO_3$ をつくる。

注

CaOもNaOHも水を吸うので、CaCl<sub>2</sub>を先にしないとダメだよ！ソーダ石灰はNH<sub>3</sub>の製法で乾燥に使ったね

⇒第2編68

CaOは、水を吸うと発熱するのでお弁当をあっためた。

⇒P第1編 32

NaOHは、潮解性がある。 ⇒P第1編 28

完全燃焼して出てきたCO<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>Oの量がわかれば、物質に含まれていたCとHの量はわかりますね！

$$\text{Cの質量} = \text{CO}_2\text{の質量} \times \frac{\text{Cの原子量}}{\text{CO}_2\text{の分子量}} = \text{CO}_2\text{の質量} \times \frac{12}{44}$$

$$\text{Hの質量} = \text{H}_2\text{Oの質量} \times \frac{2 \times (\text{Hの原子量})}{\text{H}_2\text{Oの分子量}} = \text{H}_2\text{Oの質量} \times \frac{2 \cdot 0}{18}$$

忘れないように！

C, H, Oしか入ってないから、Oは差し引けばいいですね！

$$\text{Oの質量} = \text{試料の質量} - (\text{Cの質量} + \text{Hの質量})$$

$$x : y : z = \frac{\text{Cの質量}}{\text{Cの原子量}} : \frac{\text{Hの質量}}{\text{Hの原子量}} : \frac{\text{Oの質量}}{\text{Oの原子量}}$$

$$\text{組成式} = \text{C}_x \text{H}_y \text{O}_z$$

$$\text{分子式} = (\text{組成式}) \times n$$

## 有機化合物の組成式の決定

大会への参加どうする？

酸化銅で燃焼させる

炎天下を軽く走ったら倒れそーだ・・・せっかくだけど。

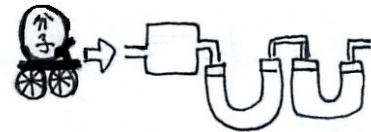
塩化カルシウム

ソーダ

石灰

を通す

途中で水分とらないと。



まん中の塩化カルシウムで水をとる。

組成を調べるロードレース



## 成分元素の確認方法

炭素 C	完全燃焼 させると	$\text{CO}_2$ ができる。	石灰水 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ に通じると白濁する。
---------	--------------	------------------------	--

$\text{CaCO}_3$ の沈殿ができるから！

水素 H	完全燃焼 させると	$\text{H}_2\text{O}$ ができる。	無水硫酸銅白 $\text{CuSO}_4$ $\rightarrow$ 水和物青 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
---------	--------------	-------------------------------	---

塩化コバルト紙青 $\rightarrow$ 淡赤
---------------------------

シリカゲルの水吸って青から赤に変わるやつは、塩化コバルトが入ってます。  
ここくらいしか出てこないのて意外と盲点。けっこう出ますヨ！

窒素 N	$\text{NaOH}$ を加えて 加熱	$\text{NH}_3$ ができる。	赤リトマス紙 $\rightarrow$ 青
---------	--------------------------	------------------------	------------------------

濃塩酸と接触させる と白煙。 $\Rightarrow \text{P}$ $\text{NH}_4\text{Cl}$ ができる
---

弱塩基だから負けて出てくる

塩素 Cl	焼いた銅線に つけて加熱	塩化銅 $\text{CuCl}_2$ ができる。	炎色反応 青緑色
----------	-----------------	---------------------------------	----------

$\text{Cu}$ だけだと気化しにくい、  
ハロゲン化銅にすると気化しやすくな  
って炎色反応ができる。  
(Br, Iでもできる。)

硫黄 S	$\text{Na}$ を加えて 加熱溶解	硫化ナトリウム $\text{Na}_2\text{S}$ ができる	酢酸鉛(II)水溶液 で黒色沈殿 $\Rightarrow$ 第1編 Sの沈殿 $\text{PbS}$ ができる。
---------	--------------------------	--	---

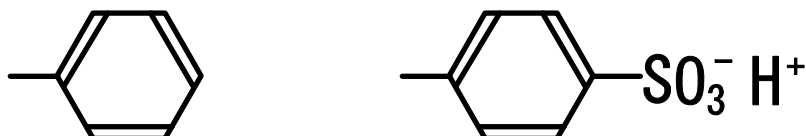
## 14 化学反応でできる量

◎ どんな反応なのか？を考える。

どの原子が減って、どの原子が増えるか考える。

例

・ 置換反応

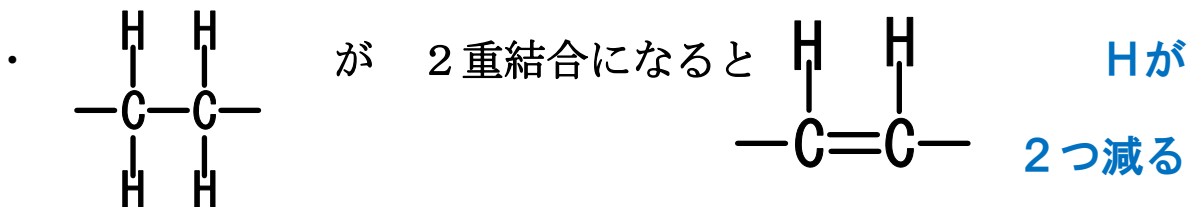


Hが減って  $-\text{SO}_3\text{H}$  が増えた。

ベンゼン環は

Hが省略されているのに注意！

・ 脱水縮合  $\text{H}_2\text{O}$ がとれるので 分子量が18減る。



◎ 何molの物質で何molの物質ができるのか？

何molの物質と何molの物質が反応するのか？

反応式を考えよう！ どっちかが余らないか気をつける。

基本

$$\text{mol} = \frac{\text{質量}}{\text{分子量}}$$

◎ 価数がつりあうように気をつける。

◎ Aが過不足なく反応した  
= Aがすべて反応して0になった。

◎ 1対1で反応する場合は、  
少ない方の物質をすべて使い、  
多い方が余る。

◎ 反応前後で分子量・原子量の合計は変わらない。

◎ わからないものはxとしてみる！

**例題**

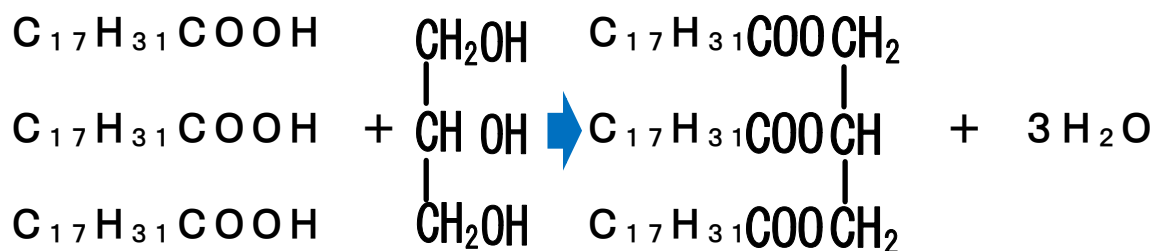
リノール酸  $C_{17}H_{31}COOH$  のグリセリンエステルだけからなる油脂がある。この油脂 400 g に付加するヨウ素  $I_2$  の質量は？

二重結合なしなら  $C_nH_{2n+1}COOH$

1 個二重結合なら  $C_nH_{2n-1}COOH$

2 個二重結合なら  $C_nH_{2n-3}COOH$

リノール酸は  $C_nH_{2n-3}COOH$  だから、二重結合が 2 個ある



リノール酸からできた油脂は

二重結合が 6 個ある！

分子量は 878

$I_2 = 254$  より  $I_2$  が 6 個つくので、

$254 \times 6 = 1524$  g のヨウ素が付加する。

$$878 : 1524 = 400 : x$$

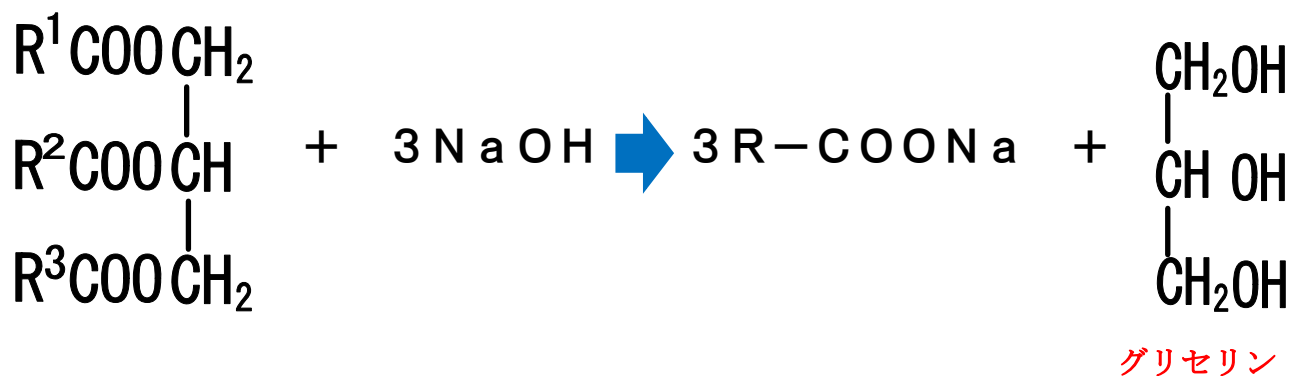
$$x \doteq 700 \text{ g}$$

**例題**

ある油脂 2400 g を完全にけん化するのに必要な

NaOH は 320 g であった。

この油脂の平均分子量は？

油脂 1 つに対して NaOH が **3つ** 反応する。

NaOH = 40   なので

$$M : 40 \times 3 = 2400 : 320$$

$$M = \frac{40 \times 3 \times 2400}{320}$$

$$M = 900$$



## 例題 イオン交換樹脂

陽イオン交換樹脂は陽イオンを、陰イオン交換樹脂は陰イオンを完全に交換する。

ある濃度の  $\text{CaCl}_2$  水溶液 40 mL を陽イオン交換樹脂に通してさらに水を通して集めた。

これを 0.20 mol/L の  $\text{NaOH}$  水溶液で中和滴定をしたら、24 mL を必要とした。

もとの  $\text{CaCl}_2$  水溶液の mol 濃度を求めよ。



$\text{CaCl}_2$  は完全に電離するので、すべての  $\text{Ca}^{2+}$  を  $2\text{H}^+$  に変化させる。

$\text{CaCl}_2$  水溶液の mol 濃度を  $x$  (mol/L) とすると

$$\text{Ca}^{2+} \text{ の mol 数} = \text{CaCl}_2 \text{ の mol 数} = x \times \frac{40}{1000} \text{ mol}$$

$$\text{H}^+ \text{ の mol 数} = x \times \frac{40}{1000} \times 2 \quad (\text{mol})$$

一方、

$$\text{NaOH} \text{ の mol 数} = \text{OH}^- \text{ の mol 数} = 0.2 \times \frac{24}{1000} \text{ mol}$$

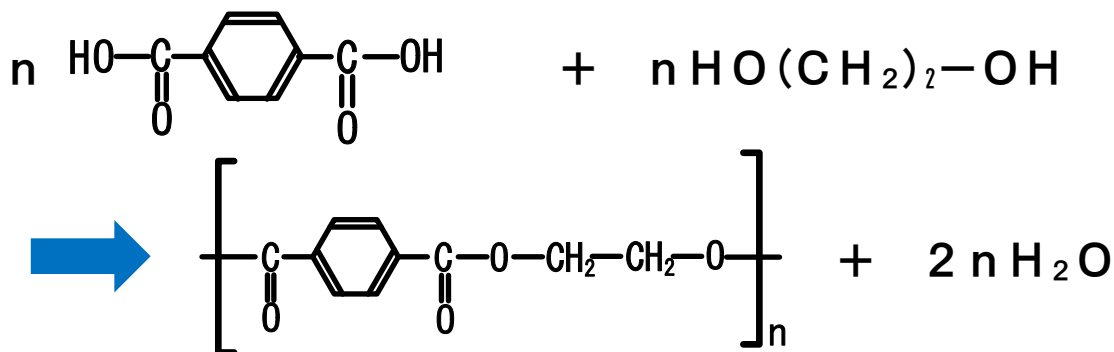
$$\text{中和したので} \quad x \times \frac{40}{1000} \times 2 = 0.2 \times \frac{24}{1000}$$

$$x = 0.06 \quad (\text{mol/L})$$

**例題** 24.9 g のテレフタル酸と 9.9 g のエチレングリコールを

完全に反応させてポリエステル繊維を合成した。

このとき生成する水の質量は？



$$24.9 \text{ g のテレフタル酸} = \frac{24.9}{166} = 0.150 \text{ mol}$$

分子量

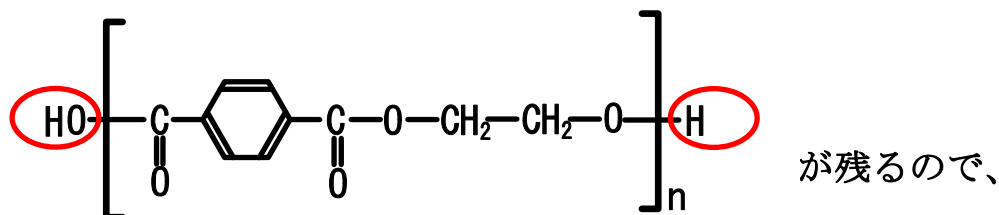
$$9.9 \text{ g のエチレングリコール} = \frac{9.9}{62} = 0.159 \text{ mol}$$

エチレングリコール > テレフタル酸 なので、

テレフタル酸の方を完全に使い、エチレングリコールが余る。

$$\text{水は (テレフタル酸のmol)} \times 2 = 0.150 \times 2 \times 18 = 5.40 \text{ g}$$

**注** 厳密に言ってしまうと、高分子のはしっこに



とれるH<sub>2</sub>Oは1分子だけ少ないのですが、

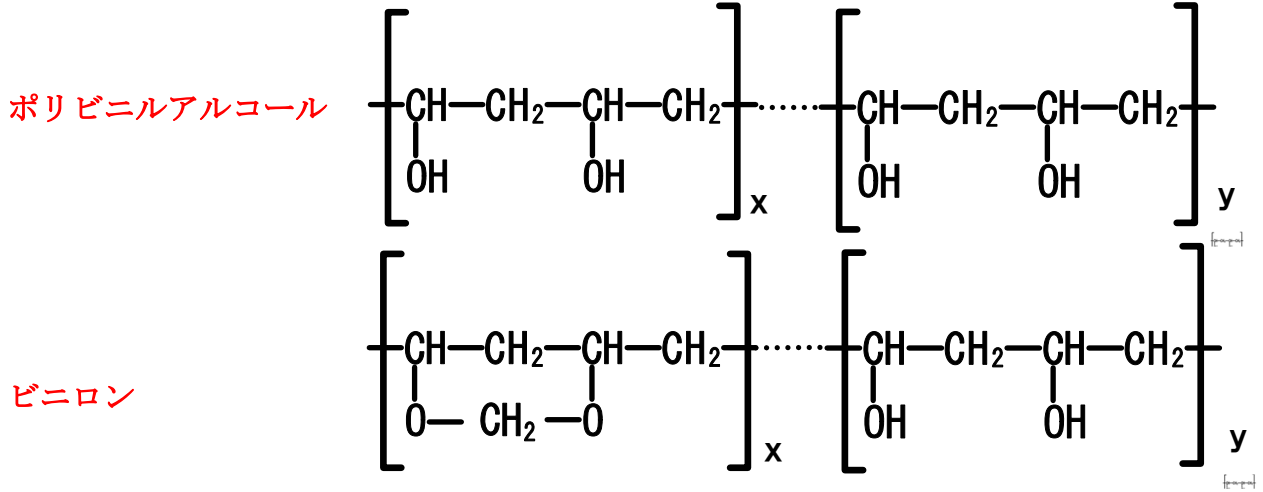
$$\text{質量は} \frac{18}{\text{アボガドロ数}} = \frac{18}{6.02 \times 10^{23}} \text{ g} \text{ なので! 誤差です誤差!}$$

水の個数を式で表せ、という問題なら考えましょう。

**例題**

ポリビニルアルコールの、ヒドロキシ基の一部をアセタール化

させ、ビニロンを作った。



ヒドロキシ基の50%がアセタール化される場合、

ポリビニルアルコール88gから得られるビニロンは何g？

ただし、 $\left[ \begin{array}{c} \text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2 \\ | \qquad \qquad | \\ \text{OH} \qquad \qquad \text{OH} \end{array} \right]$  の式量=88

$\left[ \begin{array}{c} \text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2 \\ | \qquad \qquad | \\ \text{O}-\text{CH}_2-\text{O} \end{array} \right]$  の式量は Hが2減ってCH<sub>2</sub>=14増えた  
 ので、88-2+14=100

ポリビニルアルコール88gのmolは  $\frac{88(\text{g})}{88x+88y}$  (mol)

50%のアセタール化なので  $x=y$  なので  $\frac{88}{88 \times 2x}$  (mol)

できるビニロンをωgとおくと

ビニロンのmolは  $\frac{\omega}{100x+88y} = \frac{\omega}{100x+88x}$  (x=yより)

前後でmolは変わらないので  $\frac{\omega}{88 \times 2x} = \frac{\omega}{100x+88x}$

$$\omega = 94 \text{ g}$$

## オマケ

### ワンポイントアドバイス

計算問題に限りませんが、選択肢をざっと比べてみると、重要なヒントが隠されていることがあります！

例えば、ケタの違うものが混じっていると、

「あれ、単位とかまちがってないかな？」とか、

2倍、3倍のものがあつたりすると、

「電離してるとか、価数とか見落としてないかな？」とか、

疑ってみよう！

出題者さんが、そんなウツカリさんを、ヒツカケようとしてるのかもしれないよ！

