

入門化学 09 コロイド溶液 酸と塩基、水素イオン濃度

- 1. 酸と塩基
- 2. 水素イオン濃度とpH
- 3. 中和反応と塩



6月21日課題の解説 (1)

100°Cにおける硝酸カリウムの飽和溶液100gは、

$100 \text{ g} \times 100 / (100 + 245) = 29.0 \text{ g}$ の水と、

$100 - 29.0 = 71.0 \text{ g}$ の硝酸カリウムを含む。

20°Cにおいて 29.0 g の水は $29.0 \times 32 / 100 = 9.28 \text{ g}$

の硝酸カリウムを溶解することができる。

従って、100°Cから20°Cに冷却すると、

$71.0 - 9.28 = 61.7 \text{ g}$ の硝酸カリウムが析出する。

6月21日課題の解説 (2)

空気中の各成分気体の体積比(A %)がわかっている。

各成分気体の分子量(M)は原子量から計算する。

22.4 L 中の体積は $22.4 \text{ L} \times A/100$ 。

各成分気体の物質量(mol)は、22.4Lが1 molなので

$$22.4 \text{ L} \times A/100 / 22.4 \text{ L} = A/100$$

各成分気体の質量(g)は、

$$M \times (A/100) = M \times A / 100 \text{ (g)} \text{ である。}$$

6月21日課題の解説(2)続き

0°C、1気圧における空気 22.4(L) 中の
各成分気体の体積、mol数、質量(g)

気体成分	分子量	体積比(%)	22.4L中の体積	mol	質量(g)
N ₂	28.0	78.1	17.5	0.781	21.9
O ₂	32.0	21.0	4.70	0.210	6.72
Ar	40.0	0.93	0.208	0.0093	0.371
CO ₂	44.0	0.04	8.96×10^{-3}	0.0004	0.018
空気全体	29.0	100	22.4	1.00	29.0

↑
平均分子量

第2章第3節「溶液」
の残りの部分

4 : p.130 -

コロイド溶液

コロイド p. 130 - p.133

ある物質が他の物質に混じるときに、粒子の直径が 10^{-9} から 10^{-7} m (1 nm から 100 nm) 程度の大きさで、均一に分散している状態をコロイドという。

分散している粒子はコロイド粒子という。

また、コロイド粒子の物質を分散質、
分散させている物質を分散媒という。

分散媒が液体のとき、とくにコロイド溶液という。

コロイド粒子の大きさ

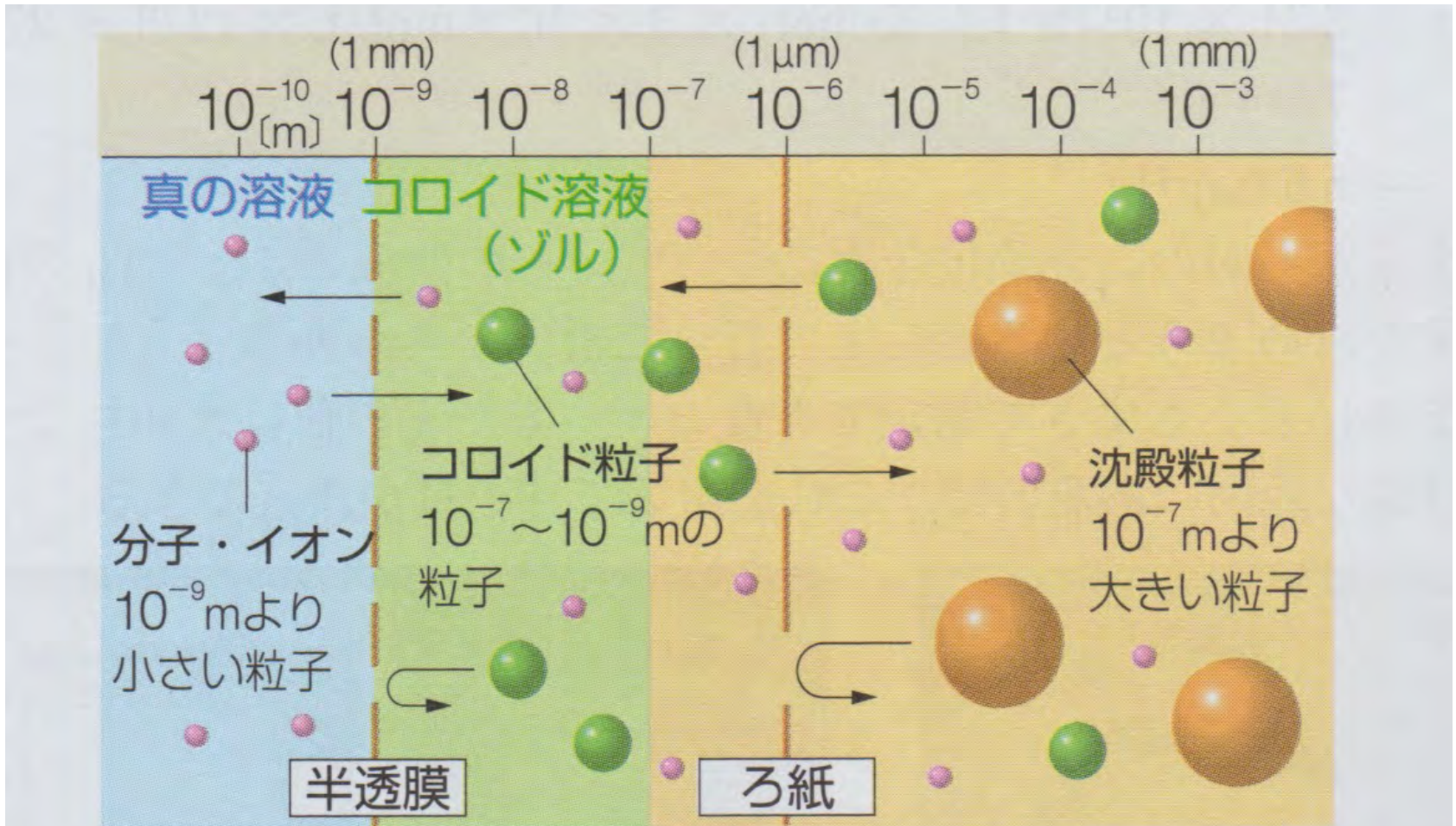


図 15 コロイド粒子の大きさ

コロイド粒子とコロイド溶液 の性質 p. 130 上

コロイド粒子の直径は、ろ紙は通過するが、
半透膜は通過できない大きさである。
しかし、浸透圧は発生する。

コロイド粒子は光を散乱するため、コロイド溶液は濁って見える。

コロイド溶液中のコロイド粒子は、一定の符号の電荷を帯びており、互いに反発して近づけないため、沈殿しないでコロイド状態を保っている。

いろいろなコロイド p. 130 表4

分散媒は液体に限らず、
気体や固体の場合もある。

分散質も、
固体、液体、気体の場合がある。

土壌中の粘土鉱物(<2 μm)や腐植物質
もコロイドである。

▼表4 さまざまなコロイド(緑枠はコロイド溶液(ゾル))

分散媒		固体(固体コロイド)	液体(液体コロイド)	気体(エアロゾル)
分散質	固体	 オパール 色ガラス 合金	 絵の具 泥水 墨汁	 煙 粉塵
	液体	 ゼリー*	 牛乳 マヨネーズ	 雲 霧 もや
	気体	 マシュマロ スポンジ	 セッケンの泡 ムースの泡	—

コロイド溶液(ゾル)は、分散媒と分散質の組み合わせが液体と液体は、乳濁液(エマルション)、液体と固体は、懸濁液(サスペンション)といい、気体が分散媒で液体や固体が分散質のコロイドをエアロゾルという。コロイド粒子より大きい粒子を含む場合も、乳濁液、懸濁液、エアロゾルとよぶことがある。

*ゼリーは分散媒を液体、分散質を固体とする場合もある。

ゾルとゲル p. 131 上

液体状態のコロイドをコロイド溶液またはゾルという。

固体状態のコロイドをゲルという。

ゼラチン、寒天などのコロイド溶液
室温放置 → 固まってゲル状態になる。

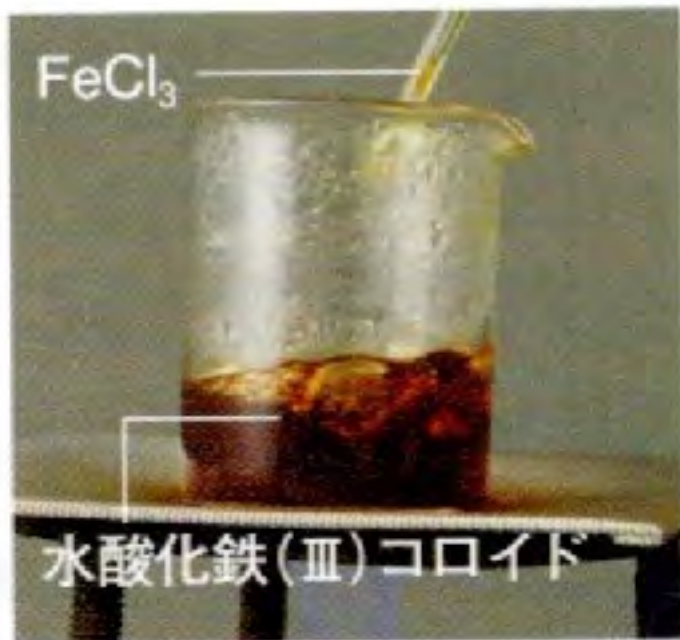
寒天におけるゾル・ゲル・キセロゲル



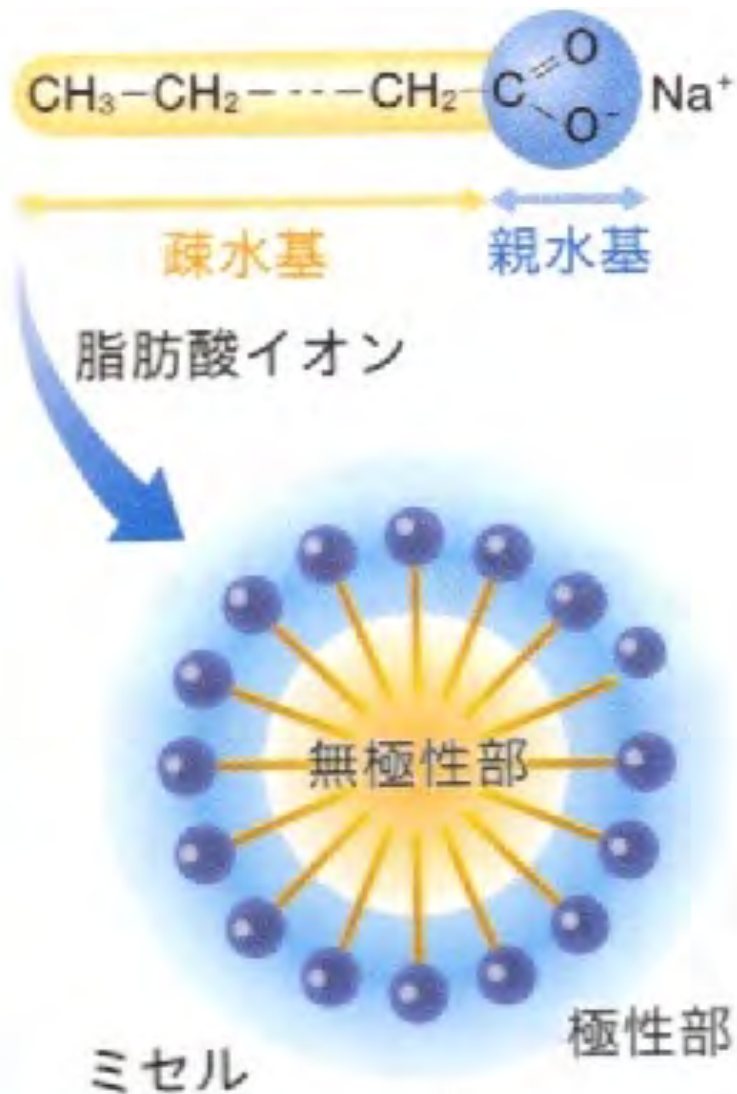
▲図22 寒天におけるゾル・ゲル・キセロゲル

コロイド粒子の構成

- **分散コロイド**：沸騰水中に不溶性の塩化鉄(III)を加えると水酸化鉄(III)コロイドとなる。
- **ミセルコロイド**：せっけん水のように、脂肪酸分子が無極性部分を中心にして集まりコロイド溶液になる。
- **分子コロイド**：デンプンなどの多糖や卵白などのタンパク質は分子1個がコロイド粒子の大きさなので、水に溶かしただけでコロイド溶液となる。



▲図23 水酸化鉄(Ⅲ)コロイド溶液
分散コロイドの例



▲図24 ミセルコロイド

コロイド溶液の性質 p. 132上

チンダル現象

コロイド溶液に強い光をあてて、光線の進行方向と直角の方向から見ると、**光の通路が明るく輝いて見える**。真の溶液の場合には見えない。
→ **光の散乱**による。

ブラウン運動

コロイド粒子が**不規則にふるえて運動**すること。最初は、水面に浮かんだ花粉粒子の観察によって発見された。→ **溶媒（分散媒）分子の衝突**。

チンダル現象

コロイド粒子による光の散乱

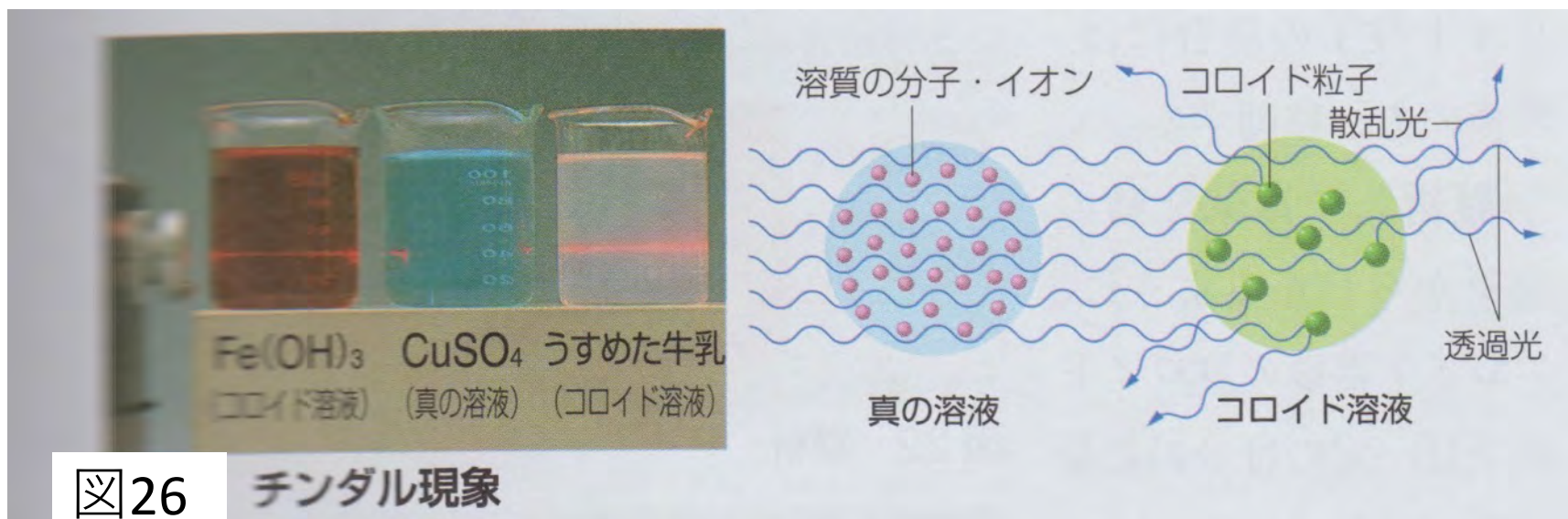
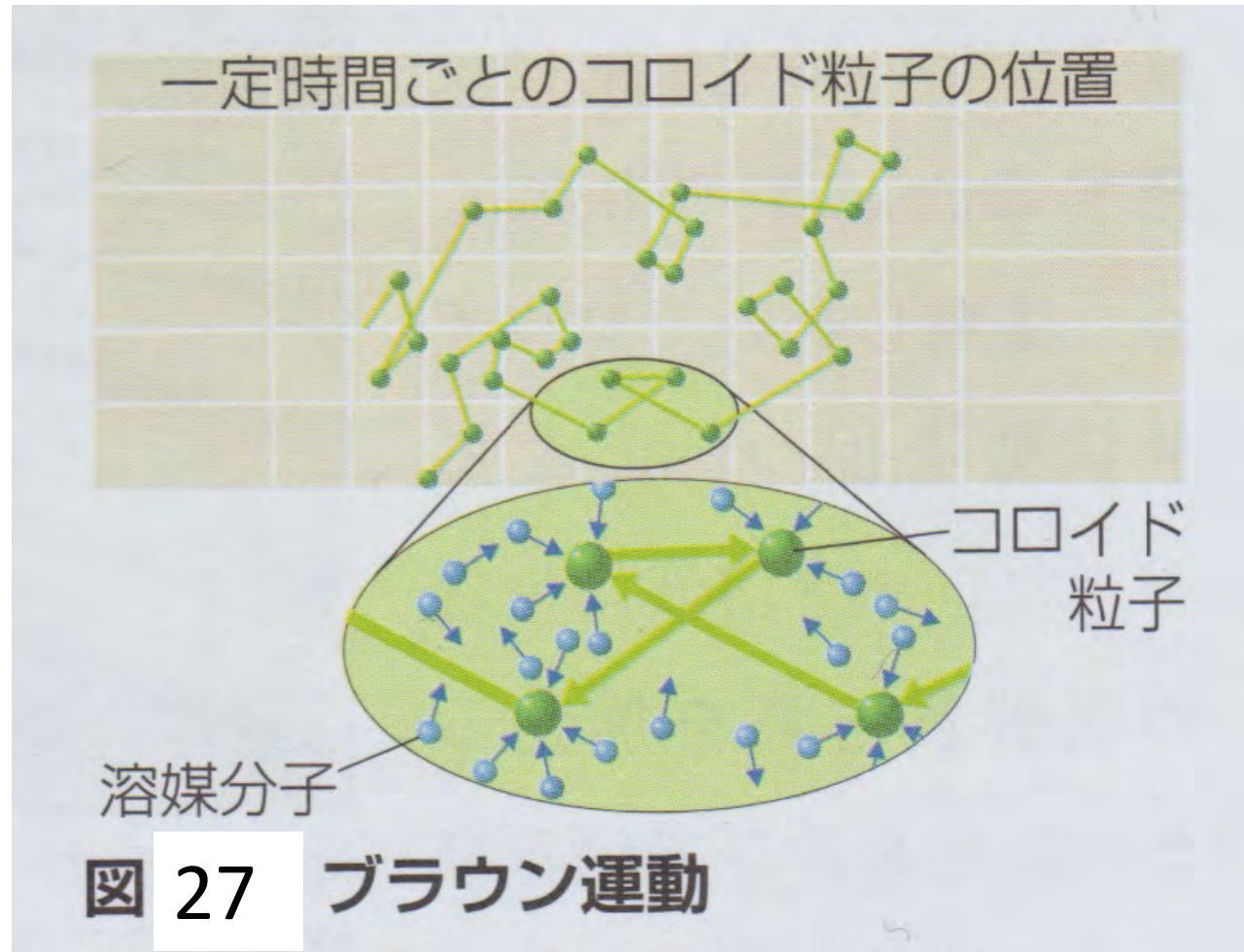


図26

チンダル現象

ブラウン運動

溶媒分子の衝突を受けたコロイド粒子が不規則に運動すること



コロイド溶液の性質 p. 132

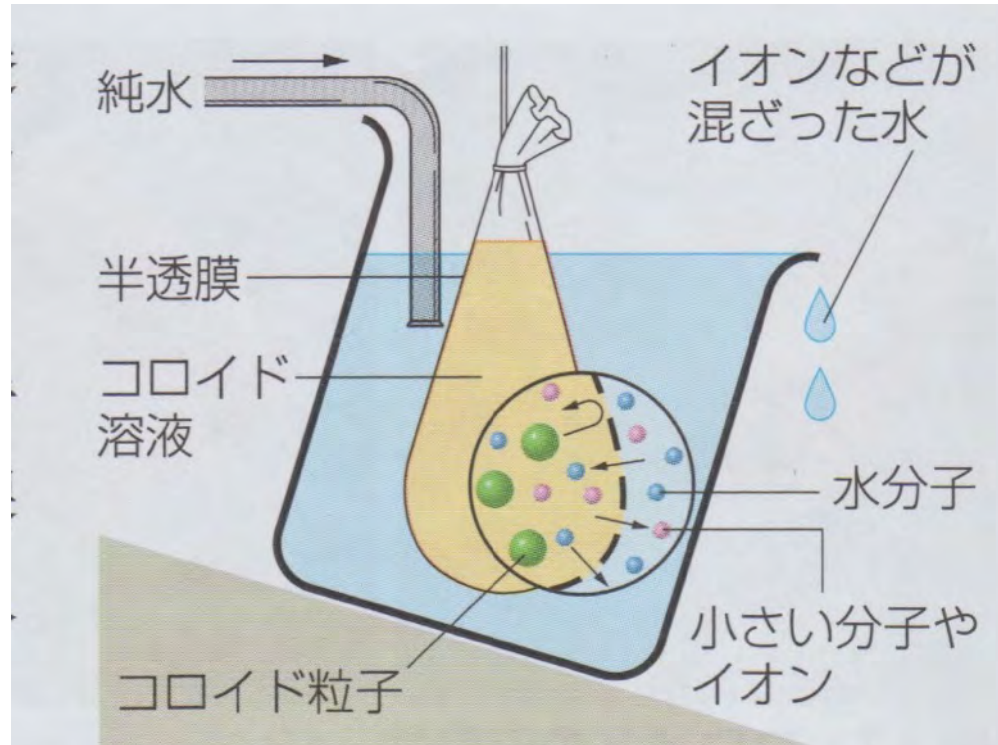
透析

コロイド粒子は半透膜を通過しないので、半透膜を用いるとそれを通る溶質をコロイド溶液から除くことができる。このような操作を透析という。

電気泳動

コロイド粒子をU字管に入れて2本の電極を直流電源につなぐと、コロイド粒子が一方の電極の方に引き寄せられて移動する。このような現象を電気泳動という。

透析

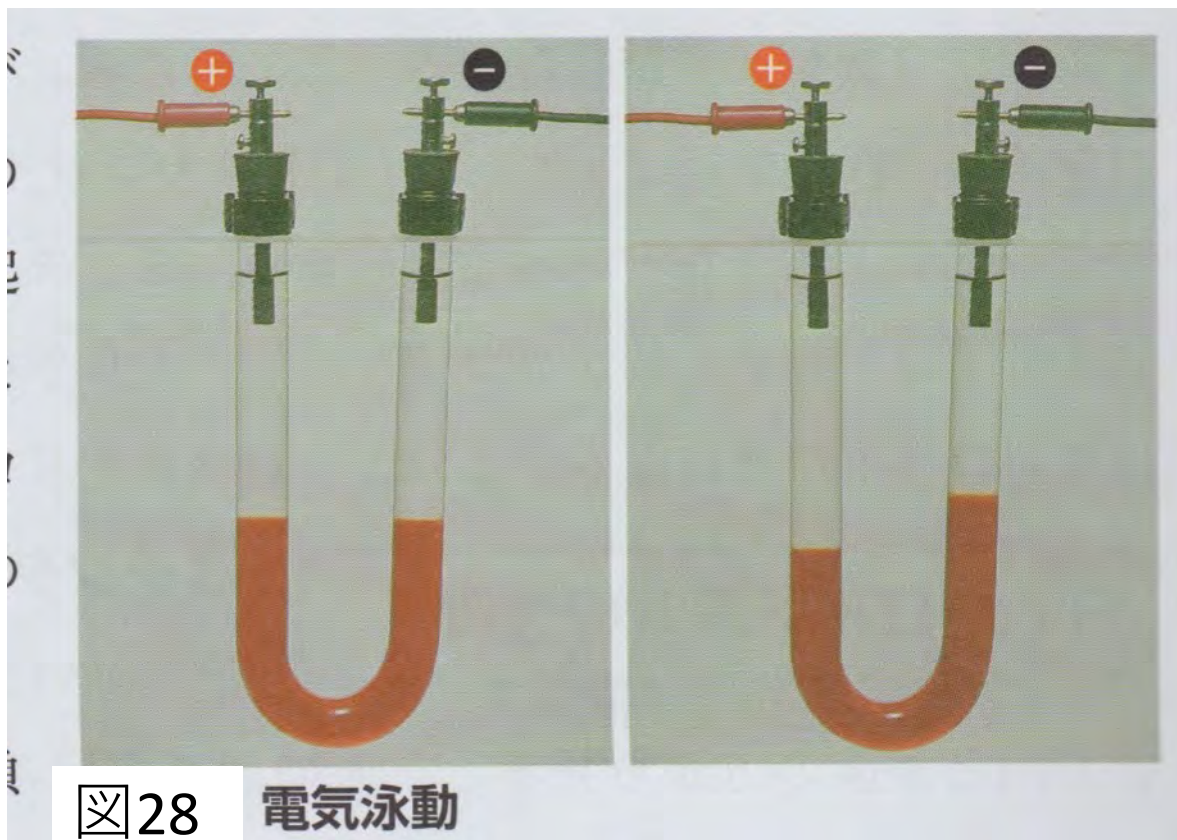


コロイド溶液を半透膜に包んで純水中に浸す。ビーカーに絶えず純水を注いで、半透膜の外側に拡散してきた小さい分子やイオンを流し去る。半透膜の内側にコロイド粒子だけが残る。

図25 透析

電気泳動

電荷を帯びたコロイド粒子が電極の一方に引かれる現象



コロイド溶液の性質 p. 132下

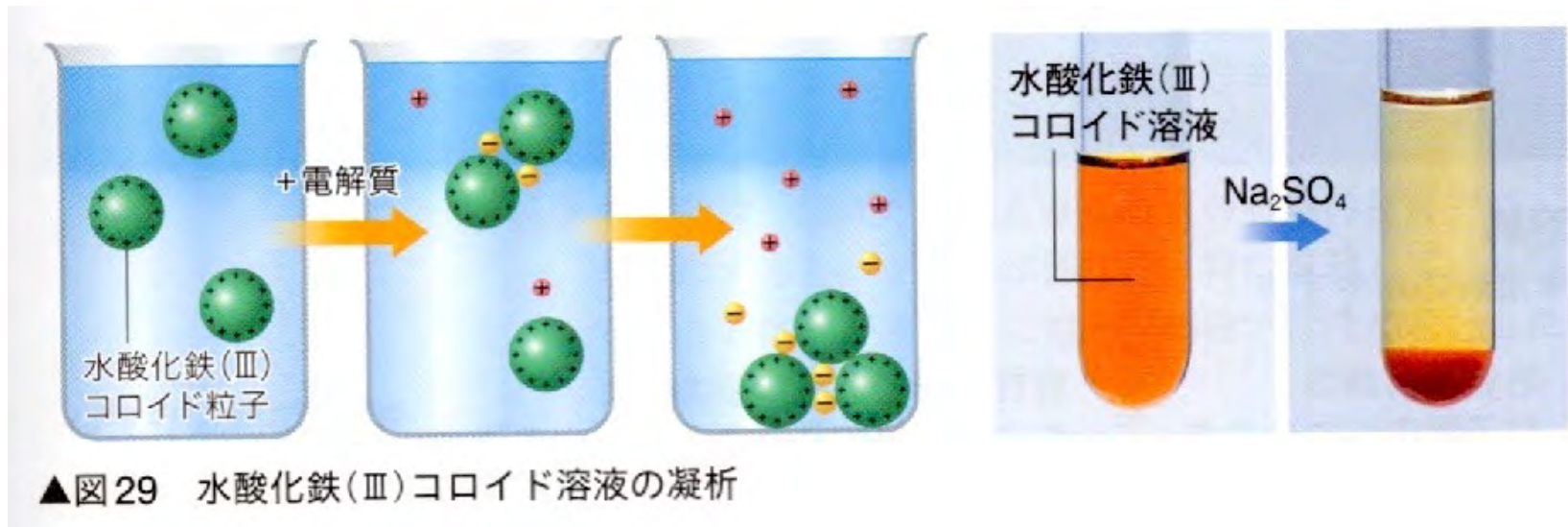
凝析

コロイド溶液に少量の電解質溶液を加えると、電荷を帯びているコロイド粒子に、それとは反対の符号の電荷をもつイオンが強く引き寄せられる。その結果、コロイド粒子は静電的な反発力を失い、互いに集合して大きな粒子となって沈殿する。この現象を凝析という。

コロイド粒子と反対の荷電をもち、価数の大きいイオンはコロイド粒子を数多く引き寄せられるので、凝析を起こさせやすい。凝析は河川の浄化などに利用されている。

凝析

コロイド溶液に少量の電解質を加えるとコロイド粒子は静電的な反発を失い集合して沈殿する。



コロイド溶液の種類 p. 133

疎水コロイド

少量の電解質溶液を加えたとき、凝析を起こしやすいコロイド。

親水コロイド

少量の電解質溶液を加えても、凝析しにくいコロイド。

コロイド粒子に多数の水分子が水和しているため、イオンの影響を受けにくい。

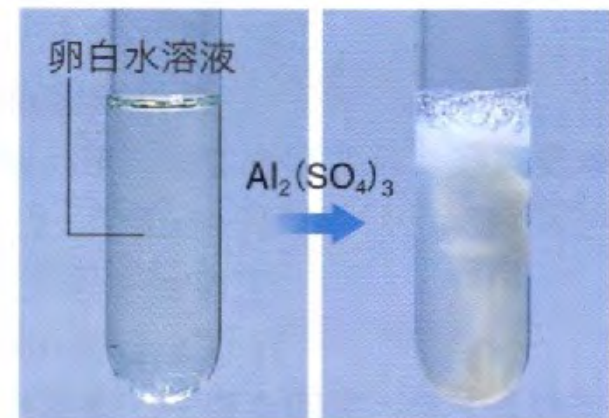
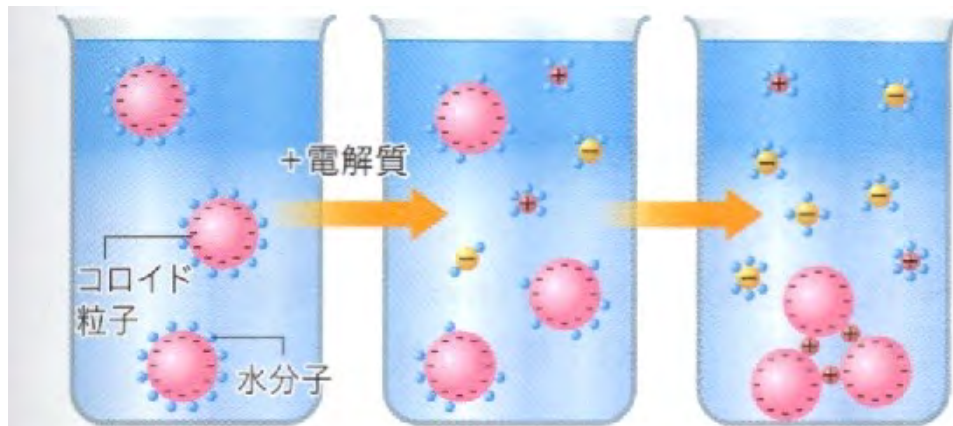
塩析 p. 133中

塩析

親水性コロイドに多量の電解質溶液を加えると、水和している水分子が引き離され、コロイド粒子が集合して分離する。この現象を塩析という。

塩析の例

卵白水溶液に多量の硫酸アルミニウムを加えると卵白アルブミンが分離する。



▲図30 親水コロイドと塩析

保護コロイド p. 133 下

保護コロイド

疎水コロイドの溶液に親水コロイドの溶液を加えると、疎水コロイドの粒子が親水コロイドの粒子に取り囲まれて、凝析しにくくなる。このような作用をもつ親水コロイドを**保護コロイド**という。

疎水コロイド・親水コロイド・ 保護コロイド

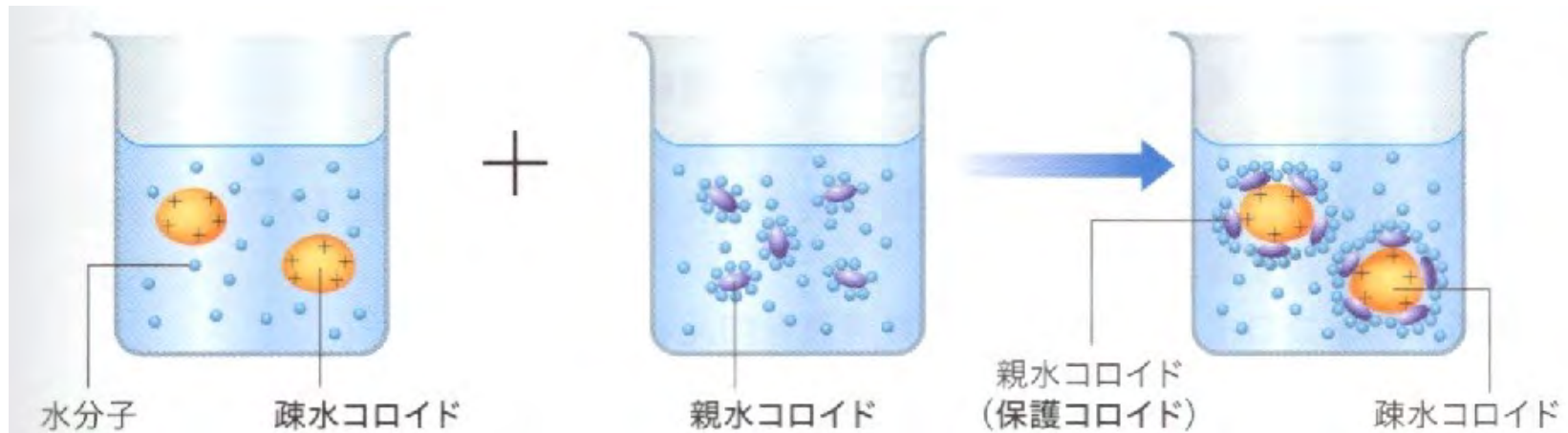


図32 保護コロイド

保護コロイドの利用



▲図31 保護コロイドの利用 墨汁は、炭素のコロイド溶液で、保護コロイドとしてにかわを加えてある。ポスターカラーには、アラビアゴムなどが添加されている。

第3章-1節-1項 酸と塩基

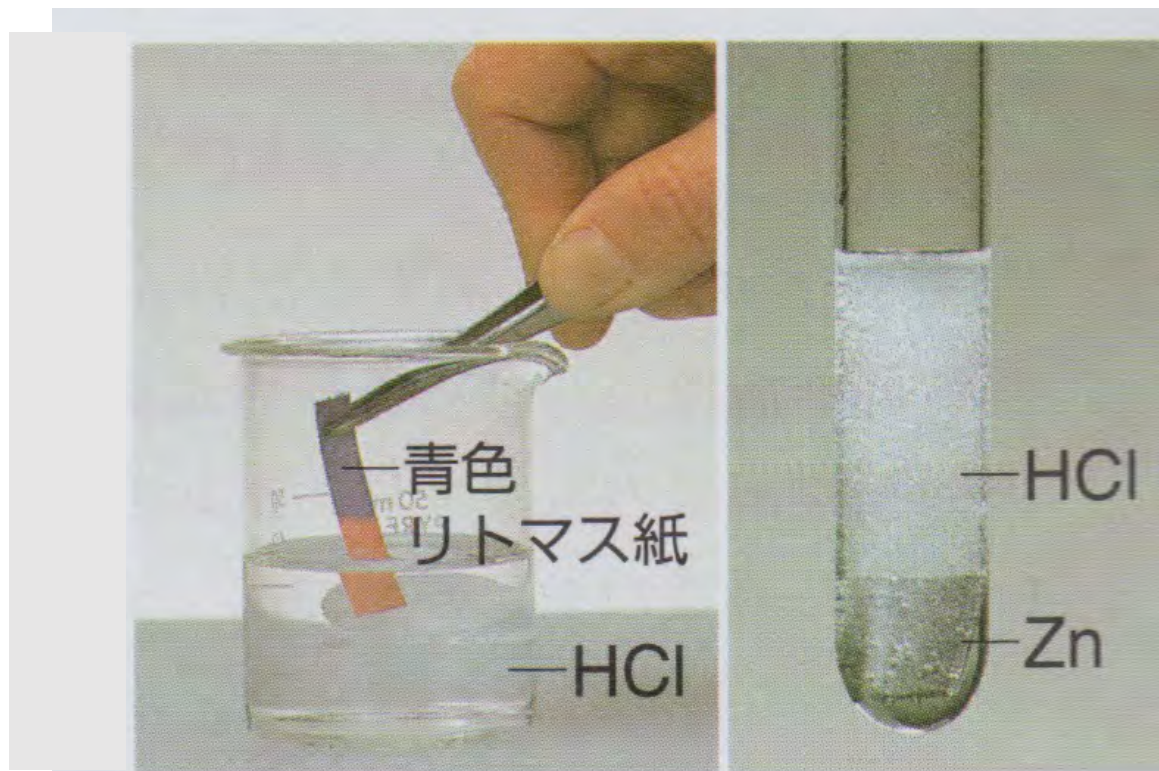
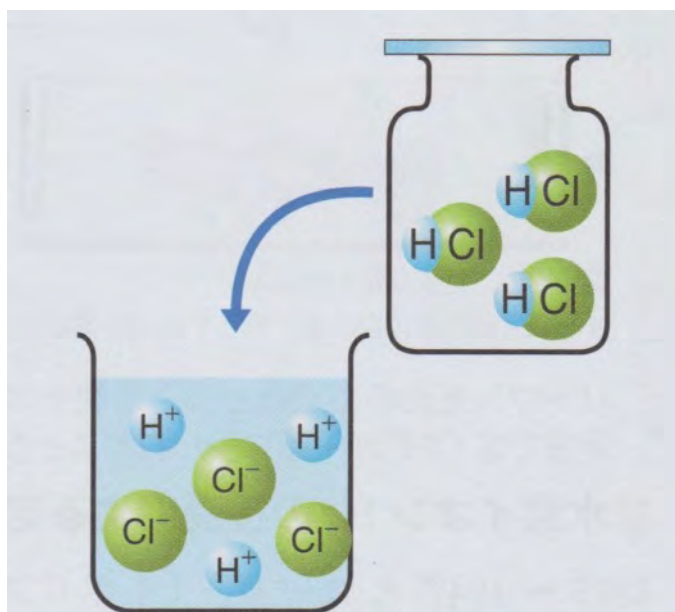


図 1 酸の性質

酸性とは p.138

- 塩化水素、硫酸、酢酸、硝酸などの水溶液は、次のような性質を示す。
- 酸味を示す。
- 青色リトマス紙を赤く変色させる。
- マグネシウムや亜鉛などの金属と反応して水素を発生させる。
- これらの性質を酸性といい、酸性を示す物質を酸という。
- 他にどんな酸を知っていますか？

塩化水素の水溶液中での電離



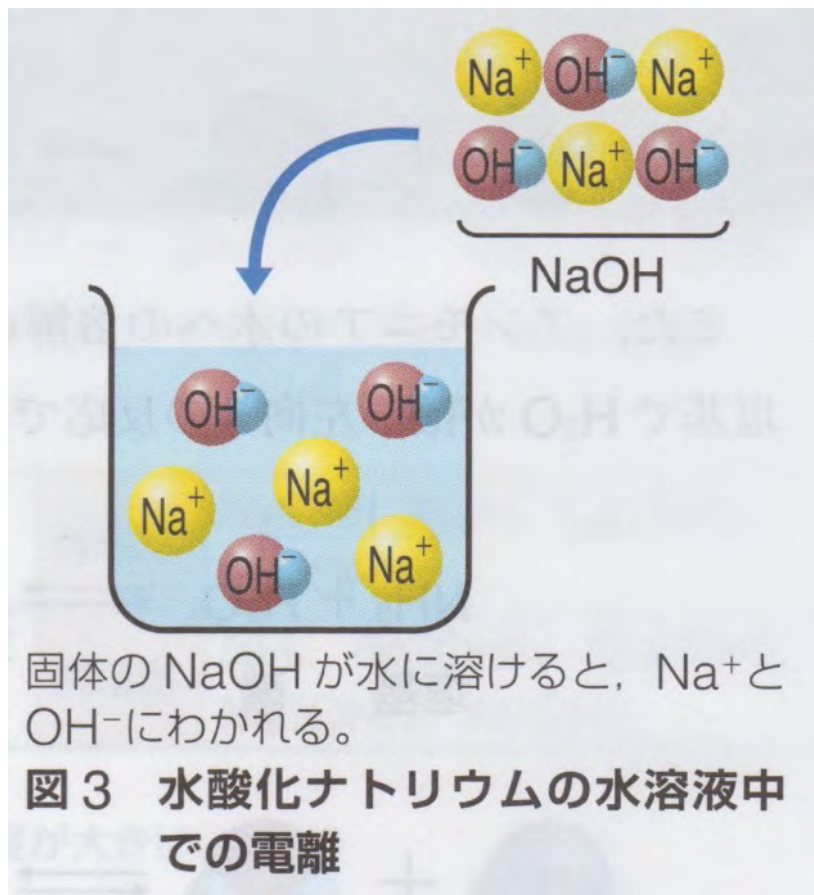
塩化水素 HCl の水溶液を**塩酸**といい、HCl 分子は、水に溶けると H^+ と Cl^- にわかれる。

図 2 塩化水素の水溶液(塩酸)中での電離

塩基性とは p.138

- 水酸化ナトリウム、水酸化カルシウム、アンモニアなどの水溶液は、次のような性質を示す。
- 酸と反応して酸性を打ち消す。
- 赤色リトマス紙を青く変色させる。
- これらの性質を塩基性といい、塩基性を示す物質を塩基という。
- 塩基のうち、水に溶けやすいものをアルカリと呼び、その性質をアルカリ性という。
- フェノールフタレインの色はようになるだろう？

水酸化ナトリウムの水溶液中での電離



酸と塩基の定義 (1) p.138下

アレニウスの定義

- 酸とは、水溶液中で水素イオン H^+ を生じる物質である。
- 塩基とは、水溶液中で水酸化物イオン OH^- を生じる物質である。
- 水系の反応にしか用いることができない。
- アレニウスは、反応速度と温度の関係についても解明しています。 p. 183

アレニウス

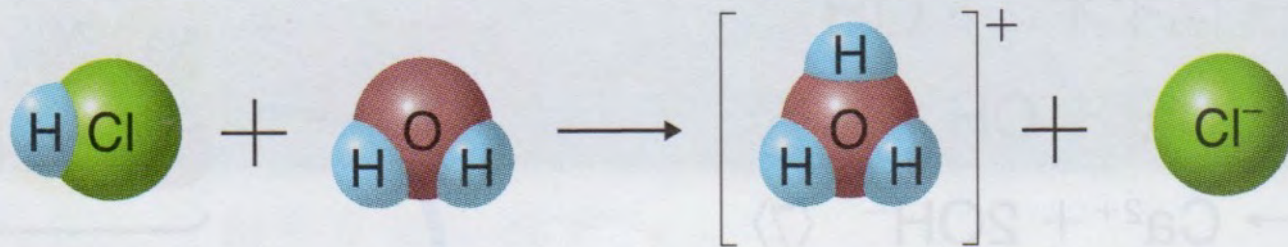
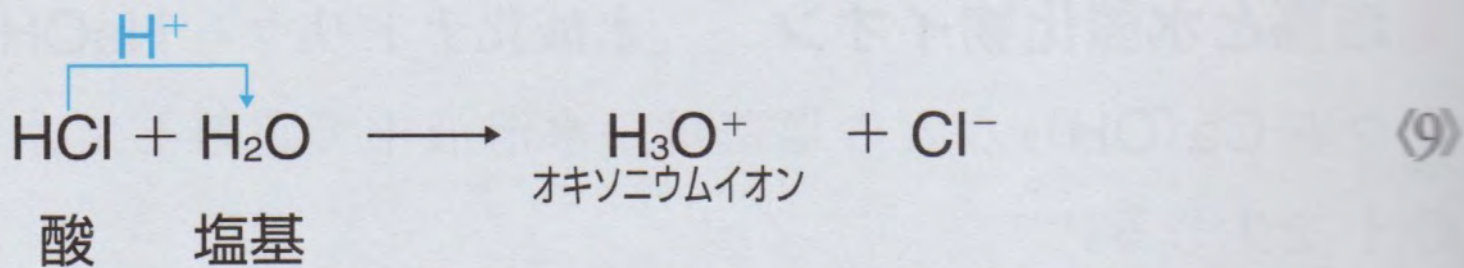
- スヴァンテ・アレニウス
- スウェーデンの科学者 (1859 – 1927)
- 水溶液中で塩が解離して荷電粒子になること。
- 酸と塩基の定義
- 二酸化炭素によって地球温暖化が起こることを説明。
- グレタ・トゥーンベリはアレニウスの子孫の一人。

酸と塩基の定義 (2) p.140

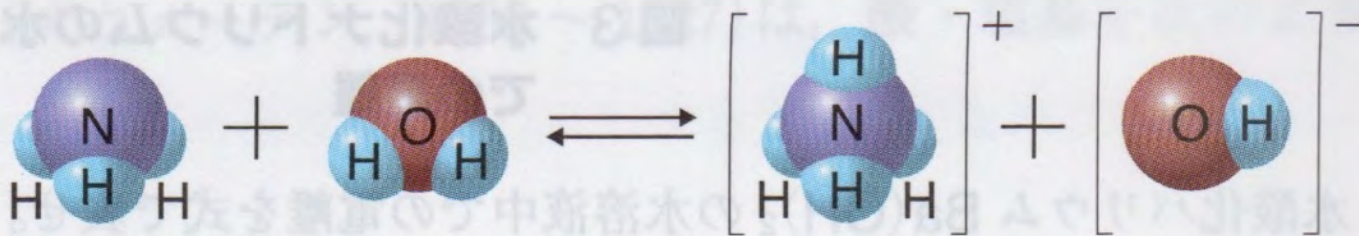
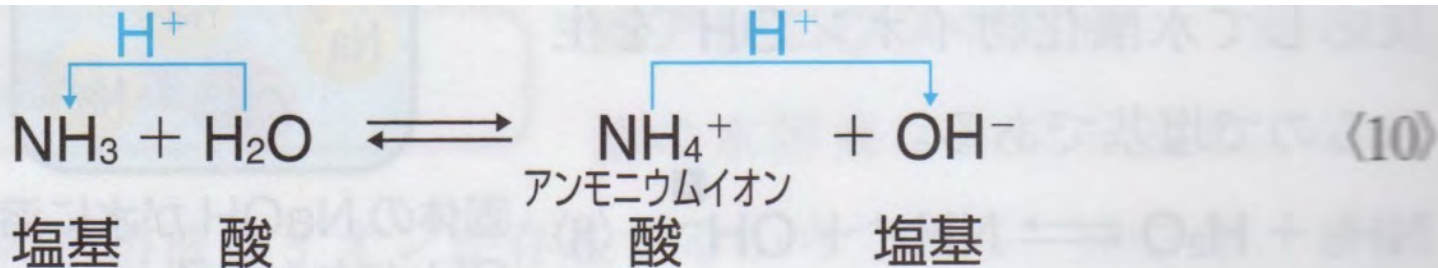
ブレンステッド・ローリーの定義

- 酸とは、相手に水素イオン H^+ を与える分子またはイオンである。
- 塩基とは、相手から水素イオン H^+ を受け取る分子またはイオンである。
- 非水系でも用いることができるが、プロトン H^+ の授受を伴う反応のみ。

HCl が H₂O に H⁺ を与えているので、
HCl が酸で H₂O が塩基である。



右向き反応ではNH₃が塩基でH₂Oが酸、左向き反応ではNH₄⁺が酸でOH⁻が塩基となる。



酸と塩基の定義 (3) 補足

ルイスの定義

- 酸とは、相手から電子対を受け取る物質である。
- 塩基とは、相手に電子対を与える物質である。

- 水素イオンが関与しない酸もある。
- 電子の授受によって判断するので、電子移動があれば扱うことができる。

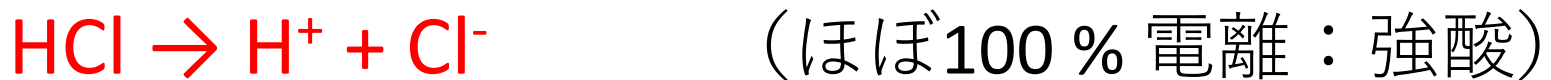
酸と水素イオン

p.139

塩酸は水溶液中で電離して水素イオンを生じる。



H_3O^+ は H^+ と表すことが多い。すなわち、



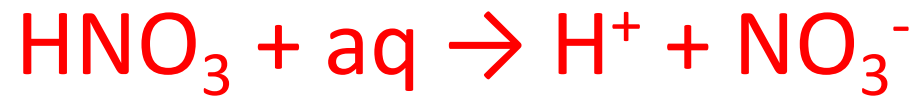
$+ \text{H}_2\text{O}$ も省略しているが、水中での反応である。

他の酸についても同様。

酢酸は一部の酸が電離して水素イオンを生じる。



硝酸の水溶液中での電離



塩基と水酸化物イオン

p.139

水酸化ナトリウム、水酸化カルシウムなどの塩基は水溶液中で電離して水酸化物イオンを生じる。

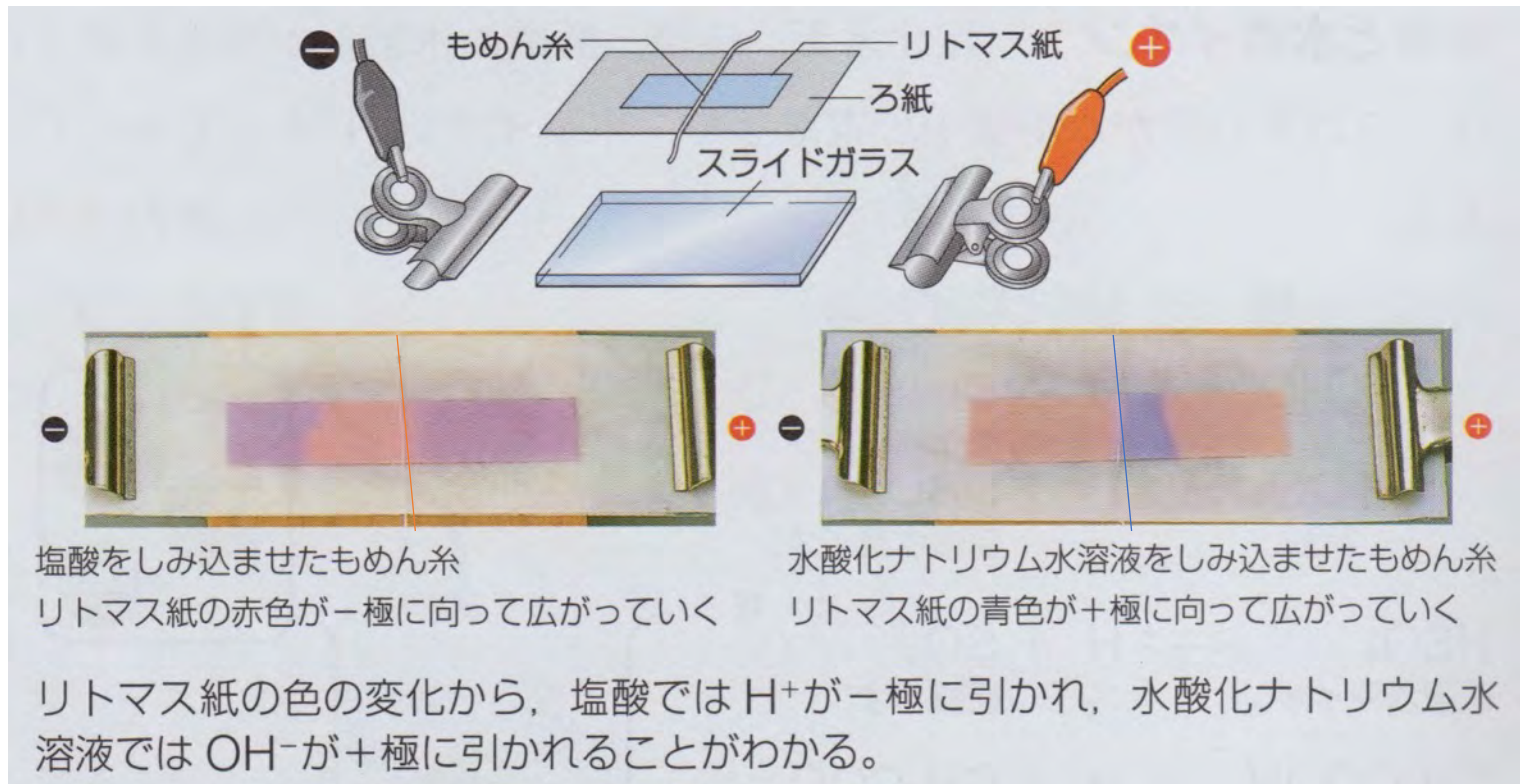


(ほぼ100%電離：強塩基)

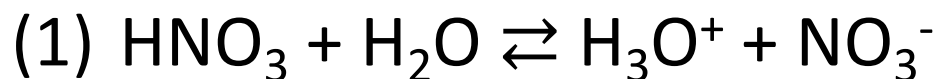
アンモニアは一部の分子が水と反応して水酸化物イオンを生じるので塩基である。(弱塩基)



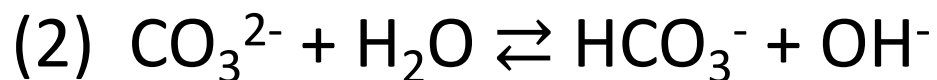
酸性や塩基性を示す粒子の正体を調べる。 H^+ と OH^- の電気泳動。



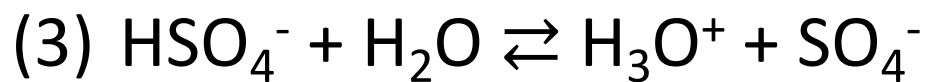
問 3 次の反応のうち、水が酸として働いているものはどれか？ p.140



H_2O は H^+ を受け取っている。→ 塩基。



H_2O は H^+ を与えている。→ 酸。



H_2O は H^+ を受け取っている。→ 塩基。

同じ水でも、反応する相手によって酸にも塩基にもなることができる。

酸と塩基の価数 p.140

酸・塩基の価数

- 酸の化学式で、電離して水素イオン H^+ となる水素原子の数を、その酸の価数という。
- 塩基では、その化学式中に含まれる水酸化物イオンの数を価数という。

酸の価数による分類

p.141

価数	酸	化学式
1 価	塩化水素	HCl
	硝酸	HNO ₃
	酢酸	CH ₃ COOH
2 価	硫酸	H ₂ SO ₄
	シュウ酸	(COOH) ₂ または H ₂ C ₂ O ₄
3 価	リン酸	H ₃ PO ₄

塩基の価数による分類 p.141

価数	塩基	化学式
1 価	水酸化ナトリウム	NaOH
	水酸化カリウム	KOH
	アンモニア	NH ₃
2 価	水酸化カルシウム	Ca(OH) ₂
	水酸化バリウム	Ba(OH) ₂
3 価	水酸化鉄(III)	Fe(OH) ₃
	水酸化アルミニウム	Al(OH) ₃

酸・塩基の強弱 p.141 下

- 水溶液中で、溶質のほとんどが電離している酸や塩基を強酸あるいは強塩基という。
- 水溶液中で、溶質のほとんどが電離していない酸や塩基を弱酸あるいは弱塩基という。

分類	化合物の例
強酸	HCl, HBr, HI, HNO ₃ , H ₂ SO ₄
弱酸	HF, H ₂ S, CH ₃ COOH, CO ₂ , (COOH) ₂
強塩基	NaOH, KOH, Ca(OH) ₂ , Ba(OH) ₂
弱塩基	NH ₃ , Fe(OH) ₂ , Cu(OH) ₂ , Mg(OH) ₂ , Al(OH) ₃

電離度

p.142 補足

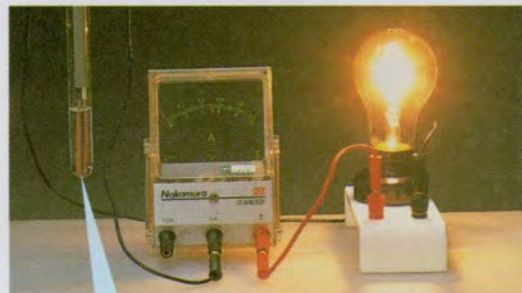
水に溶かした酸や塩基のような溶質のうち、電離したものの割合を電離度という。

$$\text{電離度 } \alpha = \frac{\text{電離した電解質の物質質量}}{\text{溶解した電解質の物質質量}}$$

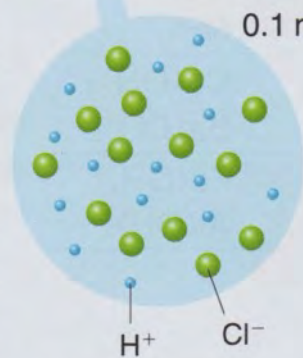
強酸・強塩基は電離度が大きく ($\alpha \doteq 1$)、
弱酸・弱塩基は電離度が小さい ($\alpha \doteq 0$)。

強酸と弱酸の性質の比較

[強酸の例]



0.1 mol/L 塩酸



Mgとの反応



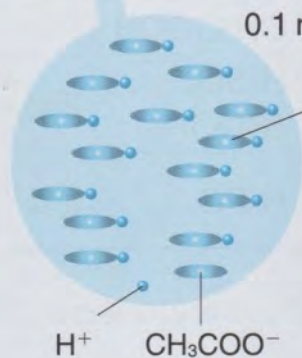
0.1 mol/L 塩酸

強酸のHClは、ほとんど H^+ と Cl^- に電離しているため、電球は明るく点灯し、マグネシウムとの反応は激しい。

[弱酸の例]



0.1 mol/L 酢酸水溶液



Mgとの反応



0.1 mol/L 酢酸水溶液

弱酸の CH_3COOH は、一部がわずかに CH_3COO^- と H^+ に電離しているため、電球は明るく点灯せず、マグネシウムとの反応は遅い。

入門化学 09-2

水素イオン濃度とpH

1. 酸と塩基

○ 2. 水素イオン濃度とpH

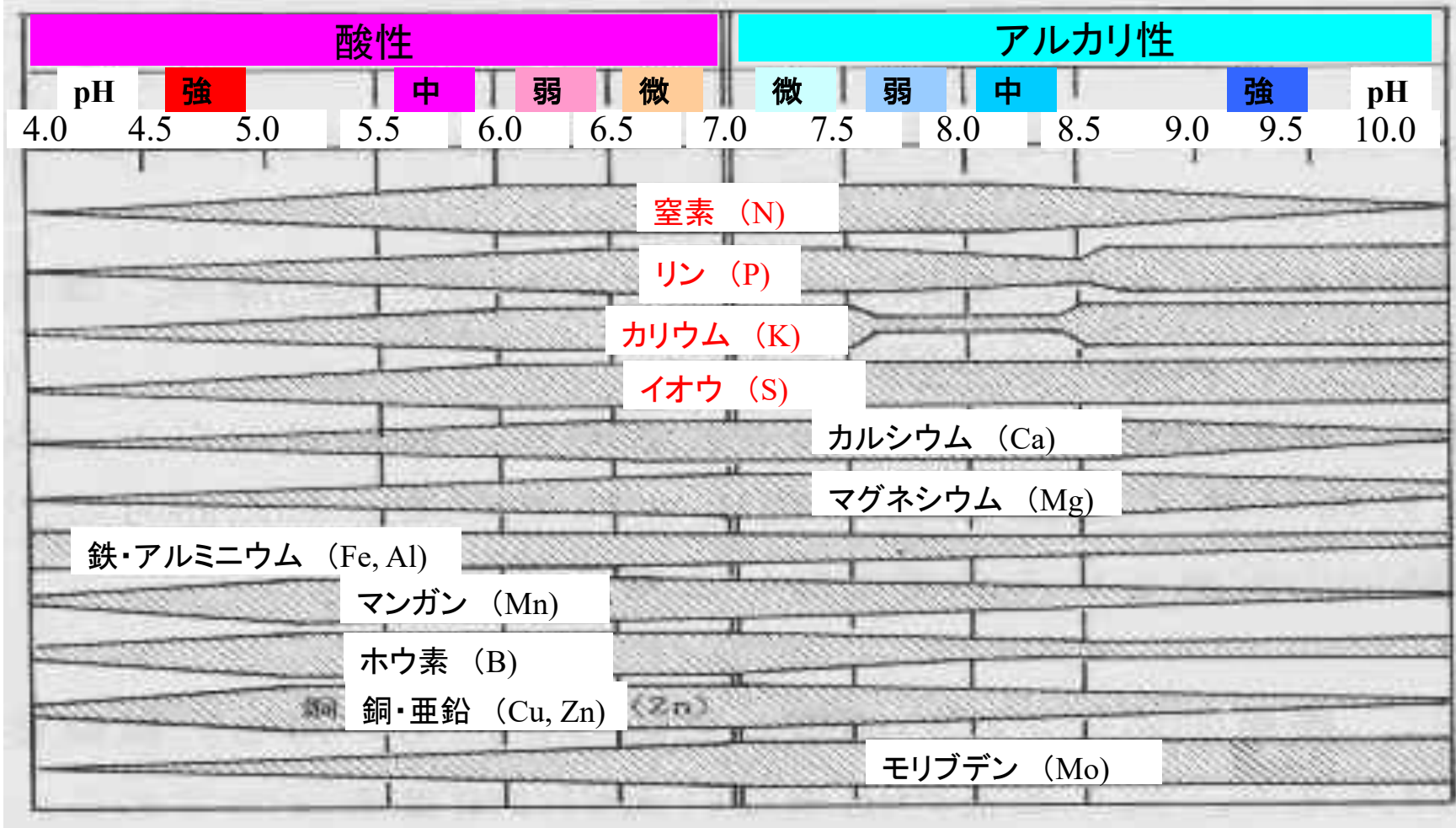
3. 中和反応と塩

pH

$$= -\log (H^+)$$



土壌のpHと植物養分の可給性



農業においても土のpHを適切に保つことが大切。

水素イオン濃度とpH (p.204)

水の電離と水のイオン積

- 純粋な水は、わずかながら電離して電離平衡になっている。



- 化学平衡の法則から、次の関係が得られる。

$$\begin{aligned} [\text{H}^+] [\text{OH}^-] &= K_w \\ &= 1.0 \times 10^{-14} \text{ (mol/L)}^2 \end{aligned}$$

K_w を水のイオン積という。

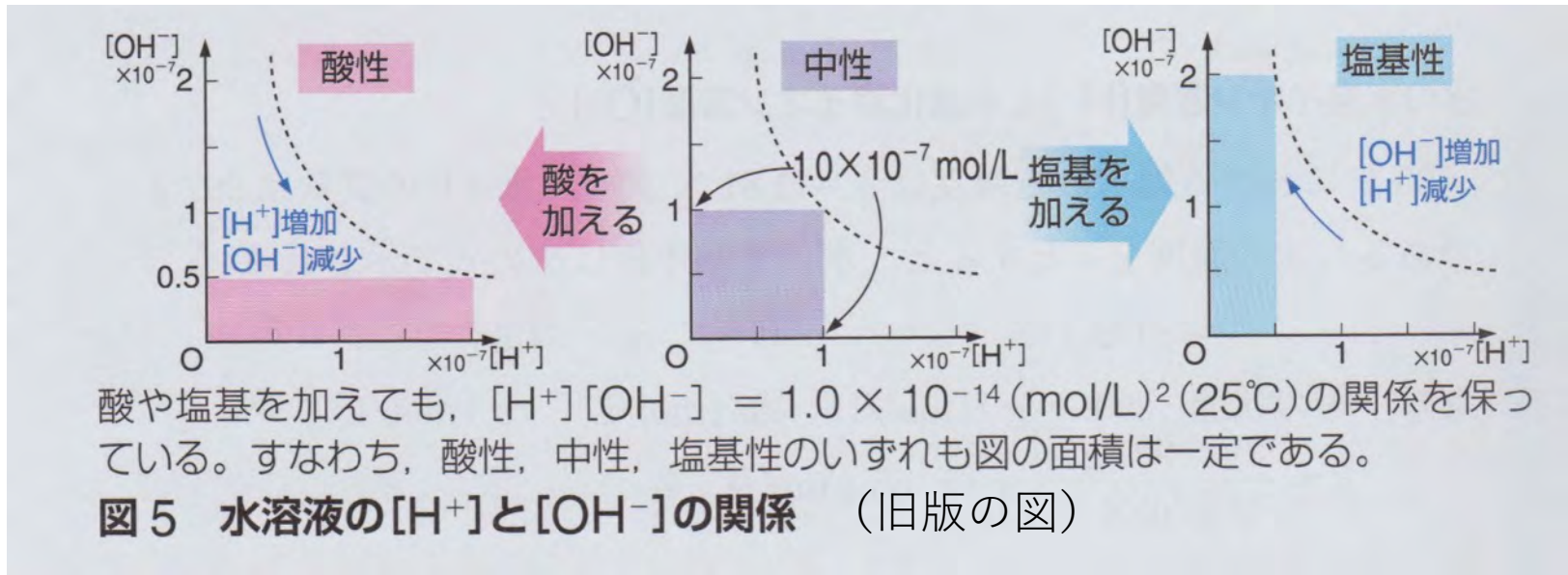
水溶液の $[H^+]$ と $[OH^-]$ の関係

The diagram illustrates the relationship between hydrogen ion concentration $[H^+]$ and hydroxide ion concentration $[OH^-]$ in water solutions, categorized into three states: acidic, neutral, and basic. Each state is shown with a beaker containing a specific color of BTB solution and associated ion concentrations and changes.

- 酸性 (Acidic):** The solution is yellow. It is labeled "BTB溶液を加えた水溶液". The concentration relationship is $[H^+] > 1.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L} > [OH^-]$. A pink arrow indicates that adding acid increases $[H^+]$ and decreases $[OH^-]$.
- 中性 (Neutral):** The solution is green. The concentration relationship is $[H^+] = [OH^-] = 1.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$.
- 塩基性 (Basic):** The solution is blue. A blue arrow indicates that adding base decreases $[H^+]$ and increases $[OH^-]$. The concentration relationship is $[H^+] < 1.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L} < [OH^-]$.

図4 水溶液の $[H^+]$ と $[OH^-]$ の関係 (旧版の図)

水溶液の $[H^+]$ と $[OH^-]$ の関係



水のイオン積と温度（補足）

水が電離する反応は吸熱反応である。



熱が加わって温度が高くなると、

平衡移動の原理（ルシャトリエの原理 p.146）により、平衡は右に移動するので、電離が起こりやすくなる。すなわち水のイオン積は温度が高くなるほど大きくなる。

$$\text{温度 } 10^\circ\text{C}, K_w = 2.917 \times 10^{-15}$$

$$\text{温度 } 25^\circ\text{C}, K_w = 1.007 \times 10^{-14}$$

$$\text{温度 } 50^\circ\text{C}, K_w = 5.470 \times 10^{-14}$$

水素イオン濃度とpH

p.204

水に酸や塩基を加えたとき、 $[H^+]$ と $[OH^-]$ の値は、一方が増加すると他方は減少して、水のイオン積は一定に保たれている。

したがって、水溶液の酸性、塩基性の程度を、水素イオン濃度 $[H^+]$ を用いて表すことができる。

水素イオン指数 pH (p.204)

- 水素イオン濃度 $[H^+]$ は非常に小さい値になることが多く、また、酸性溶液から塩基性溶液にわたって値が大きく変化する。
- この変化を表すのに水素イオン濃度の常用対数を用いると便利である。

$$pH = -\log [H^+]$$

- この数値をpH（ピーエイチ）または水素イオン指数という。ペーハーという呼び方も使われていた。

水素イオン濃度とpH

水素イオン濃度 $[H^+]$ は非常に小さな値になることが多いので、その常用対数値に -1 をかけた値 pH で表した方が便利である。

$$pH = -\log [H^+]$$

$$[H^+] = 0.1 \text{ mol} = 1 \times 10^{-1} \text{ mol}, \quad pH = 1$$

$$[H^+] = 0.01 \text{ mol} = 1 \times 10^{-2} \text{ mol}, \quad pH = 2$$

酸・塩基の濃度変化とpHの変化

酸の濃度が10倍になると、 $b = 10 a$

(a は最初の水素イオン濃度、 b はその10倍)

$$\text{pH} = -\log b = -\log (10 a) = -(\log 10 + \log a)$$

$$= -(1 + \log a) = -1 - \log a : \text{pH は 1 低くなる。}$$

酸の濃度が10分の1になると、 $c = a/10$

(a は最初の水素イオン濃度、 c はその10分の1)

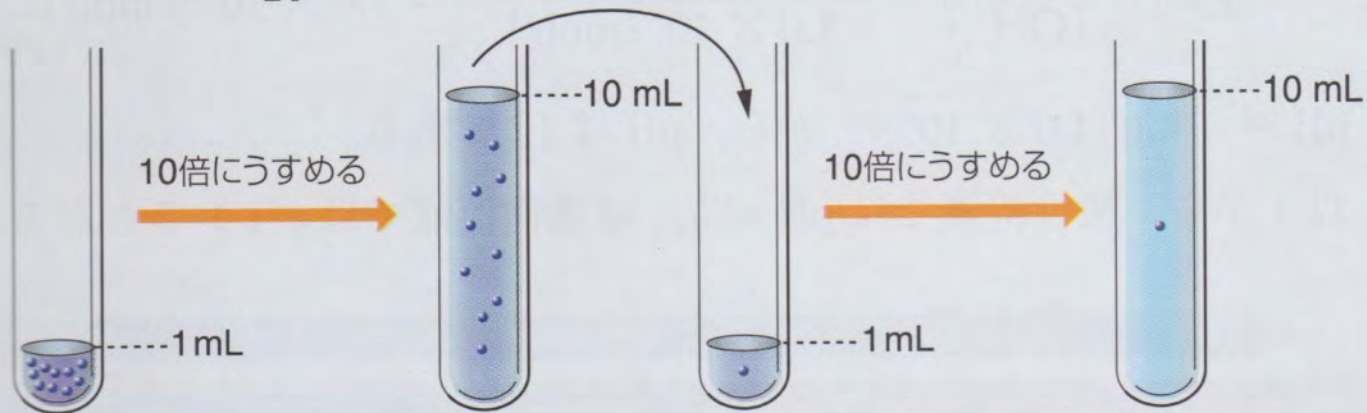
$$\text{pH} = -\log c = -\log (a/10) = -\{\log (1/10) + \log a\}$$

$$= -(-1 + \log a) = +1 - \log a : \text{pH は 1 高くなる。}$$

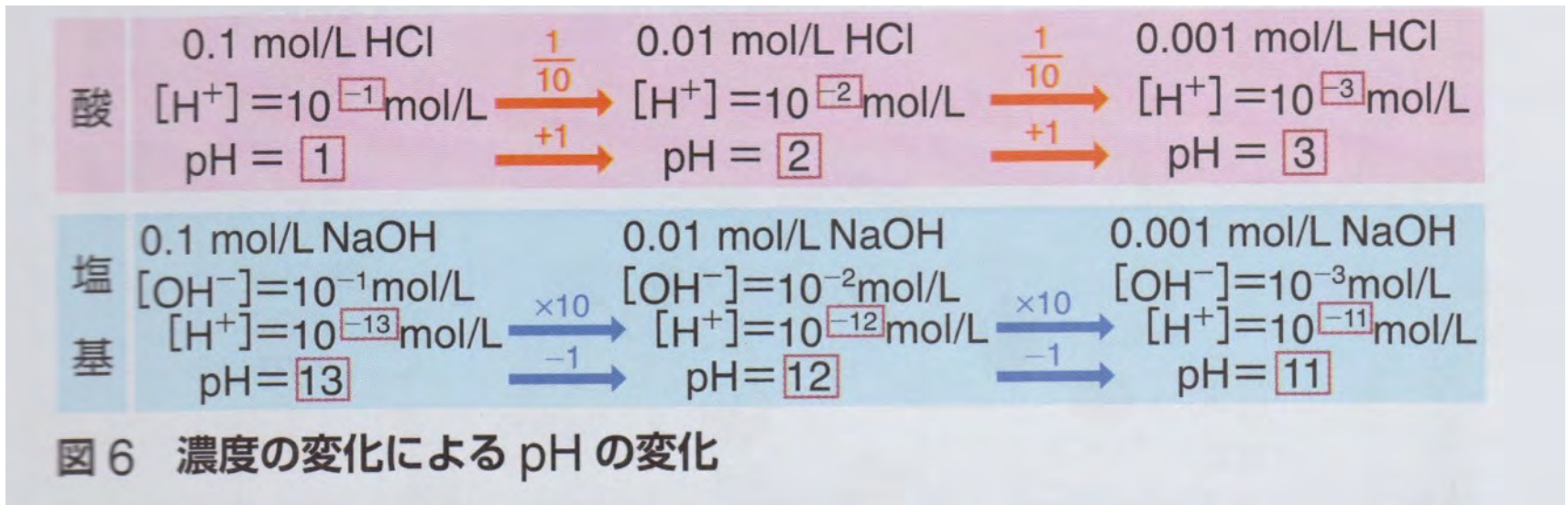
酸・塩基の濃度変化とpHの変化

■酸・塩基の濃度変化とpHの変化 酸の濃度が $\frac{1}{10}$ ($[H^+]$ が $\frac{1}{10}$)
になると、pHは1大きくなる。

塩基の濃度が $\frac{1}{10}$ ($[H^+]$ が10倍)になると、pHは1小さくなる。



濃度の変化によるpHの変化



参考：常用対数の計算

$10^a = b$ のとき、 a を b の常用対数といい、
 $a = \log b$ と表す。

$$\log 10^x = x, \quad -\log 10^{-n} = n$$

$$-\log 10^0 = 0, \quad -\log 10^{-1} = 1$$

$$\log (a \times b) = \log a + \log b$$

$$\log (a/b) = \log a - \log b$$

$$\log a^n = n \log a$$

酸性・塩基性水溶液のpH

0.01 mol/L の塩酸水溶液のpH :

塩化水素はこの水溶液中で完全に解離しているから、
 $[H^+] = 0.01 \text{ mol/L}$

$$\text{pH} = -\log [H^+] = -\log (0.01) = -(-2) = 2$$

0.01 mol/L のNaOH水溶液のpH :

NaOHはこの水溶液中で完全に解離しているから、
 $[OH^-] = 0.01 \text{ mol/L}$

$$\begin{aligned} \text{pH} &= -\log [H^+] = -\log \left(\frac{K_w}{[OH^-]} \right) = -(\log K_w - \log [OH^-]) \\ &= -\{\log K_w - \log (0.01)\} = -\{\log K_w + 2\} = -\{-14 + 2\} = 12 \end{aligned}$$

出席確認メールのお願い

出席確認のため、**授業終了後、当日中に**筒木宛にメールを送ってください。送り先は；

kiyosi.tutuki@icloud.com

メールのタイトルは、「**入門化学出席確認、学籍番号、氏名**」としてください。

メールの本文には、簡単で良いので**授業の感想**などを書いてください。

別途、**課題**を出すことがありますが、その際は、**別のメール**で送ってください。

6月28日課題 締切 7月3日 (月)

(1) 0.1 mol/L の酢酸水溶液のpHを測ったところ、約2.8であった。同じ濃度の塩酸水溶液のpHは1.0なのに、酢酸のpHはなぜ高いのか説明しなさい。

(2) pH 1.0 の塩酸を水で100倍に薄めたとき、pHはいくつになるか？

文章と式によって説明しなさい。

エゾリス 6月中旬

