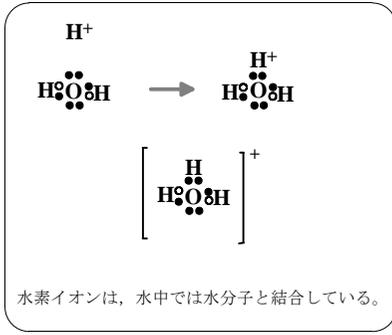


**酸 acid**

《酸》 acid (n: 酸, すっぱいもの a: 酸の, すっぱい)

《酸性》

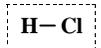
- pH ( ) 以下
- 酸っぱい味 (酸味) を持つ
- リトマス ( ) BTB ( )
- 金属と反応して ( ) を発生  
(例)  $Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2 \uparrow$



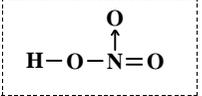
《酸性のもと》

水素イオン  $H^+$

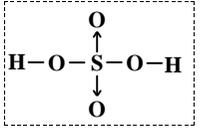
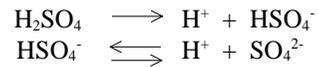
《塩化水素 HCl m.p. -114°C b.p. -85°C》



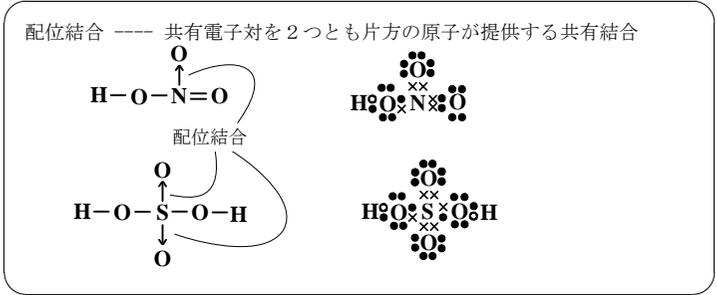
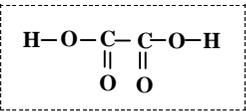
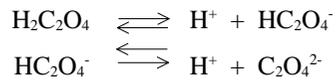
《硝酸 HNO3 m.p. -42°C b.p. 86°C》



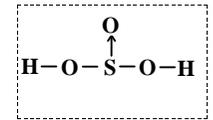
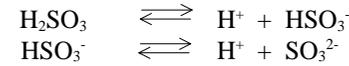
《硫酸 H2SO4 m.p. 10°C b.p. 330°C》



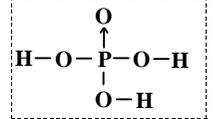
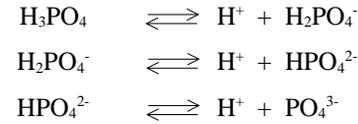
《シュウ酸 (COOH)2 pKa1=1.271 pKa2=4.266》



《亜硫酸 H2SO3 pKa1=1.76 pKa2=7.19》

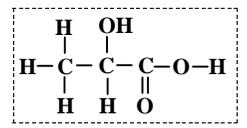
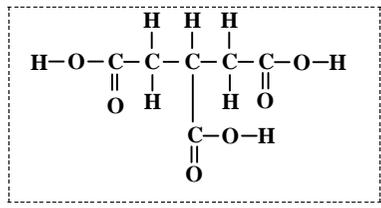


《リン酸 H3PO4 pKa1=2.15 pKa2=7.20 pKa3=12.38》

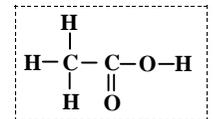


《クエン酸》

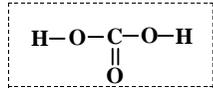
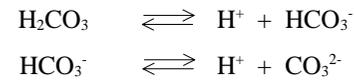
《乳酸》



《酢酸 CH3COOH pKa=4.757》



《炭酸 H2CO3 pKa1=6.352 pKa2=10.329》



強酸と弱酸	酸の価数
強酸 (ほぼ完全に電離)	1 価の酸 <b>HCl HNO3 CH3COOH</b>
塩酸 硝酸 硫酸	2 価の酸 <b>H2SO4 H2CO3</b>
弱酸 (一部が電離し平衡状態になる)	3 価の酸 <b>H3PO4</b>

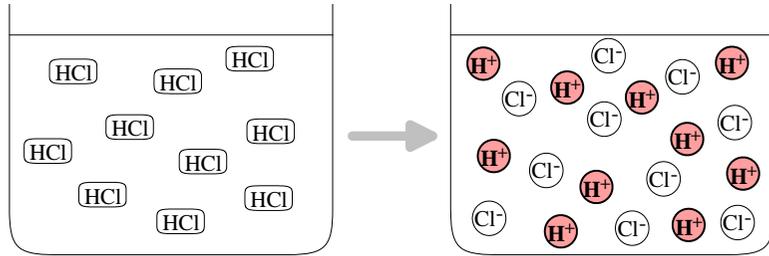
カルボキシル基



$H^+$  を放出した後の構造が安定している。

**強酸と弱酸**

強酸 HClの場合



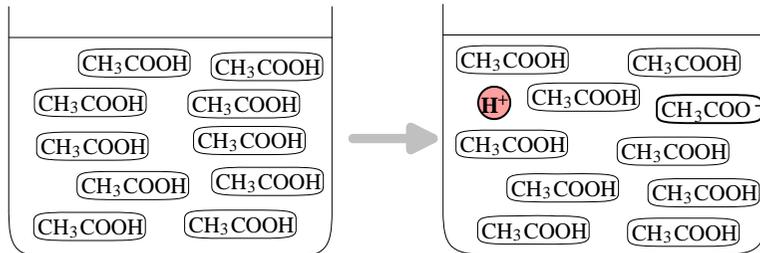
0.1 mol/L HCl



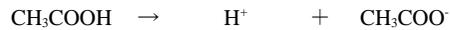
反応前	0.1 mol/L			
反応量	+)	- 0.1 mol/L	+ 0.1 mol/L	+ 0.1 mol/L
反応後			0.1 mol/L	0.1 mol/L

$\parallel$   
 $[\text{H}^+] = 10^{-1} \rightarrow \text{pH} = 1$

弱酸 CH<sub>3</sub>COOHの場合



0.1 mol/L CH<sub>3</sub>COOH



反応前	0.1 mol/L			
反応量	+)	- 0.001	+ 0.001	+ 0.001
反応後		0.099 mol/L	0.001 mol/L	0.001 mol/L

$\parallel$   
 $[\text{H}^+] = 10^{-3} \rightarrow \text{pH} = 3$

**塩基 base**

《塩基》 base

酸と反応して塩をつくる  
 (例)  $\text{NaOH} + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$

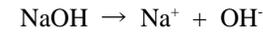
〈アルカリ性〉

- pH ( ) 以上
- リトマス ( ) B T B ( )
- 手につけると ( ) (slippery)

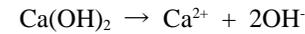
〈アルカリ性のもと〉

水酸化物イオン  $\text{OH}^-$

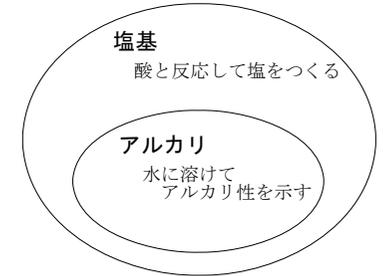
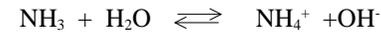
〈水酸化ナトリウム  $\text{NaOH}$  m.p. 328°C〉



〈水酸化カルシウム  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 〉

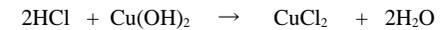


〈アンモニア  $\text{NH}_3$  m.p. -77.7°C b.p. -33.4°C〉



強塩基と弱塩基	塩基の価数
強塩基 (水に溶ける水酸化物) NaOH Ca(OH) <sub>2</sub>	1 価の塩基 NaOH KOH NH <sub>3</sub>
弱塩基 (一部が電離し平衡状態になる) NH <sub>3</sub>	2 価の塩基 Ca(OH) <sub>2</sub> Cu(OH) <sub>2</sub>
弱塩基 (水に溶けにくい水酸化物) Cu(OH) <sub>2</sub> Fe(OH) <sub>3</sub>	3 価の塩基 Fe(OH) <sub>3</sub>

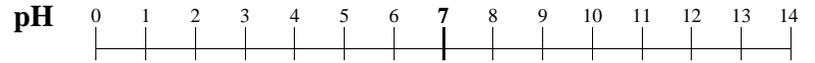
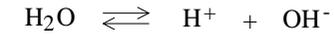
水に溶けにくい水酸化物 --- 酸とは反応 (中和) して塩を生じるので塩基である。



**pH** 水素イオン指数

**pH = -log[H<sup>+</sup>]**  
**pH = a ⇔ [H<sup>+</sup>] = 10<sup>-a</sup>**

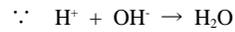
次の変化が、右向きに進んだり、左向きに進んだりしてバランスをとっている。



[H <sup>+</sup> ]	10 <sup>0</sup>	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-10</sup>	10 <sup>-11</sup>	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-13</sup>	10 <sup>-14</sup>
[OH <sup>-</sup> ]	10 <sup>-14</sup>	10 <sup>-13</sup>	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-11</sup>	10 <sup>-10</sup>	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>0</sup>

$[H^+] \times [OH^-] = 10^{-14}$

[H<sup>+</sup>], [OH<sup>-</sup>] の両方とも多量には存在できない。

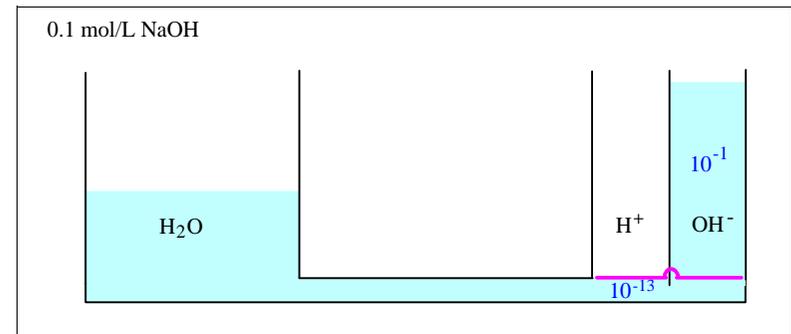
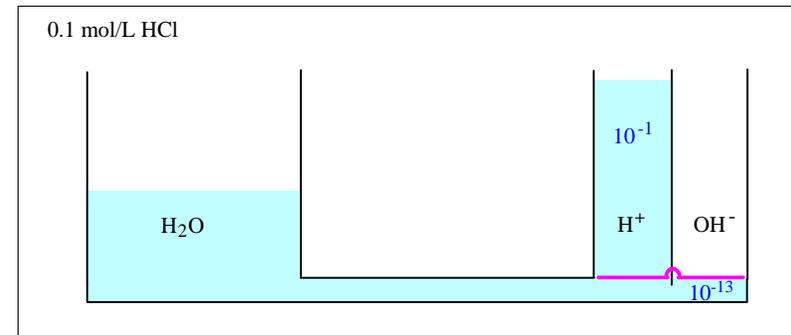
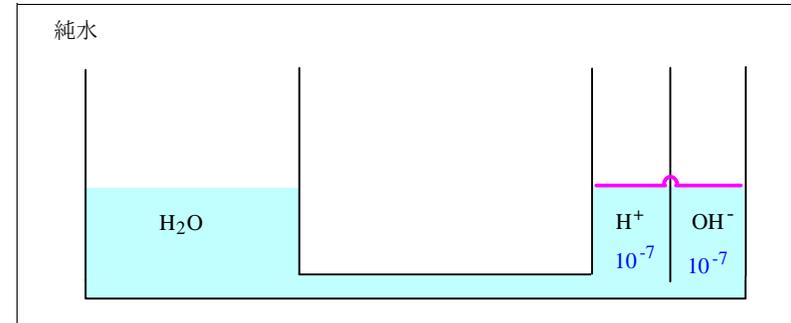


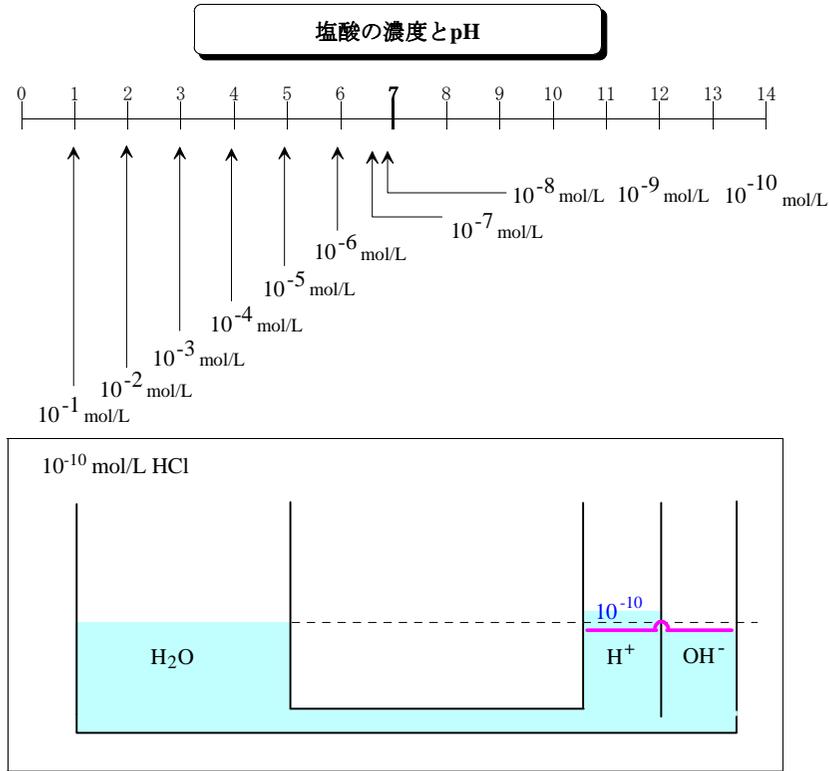
[H<sup>+</sup>], [OH<sup>-</sup>] の両方とも 0 にはならない。



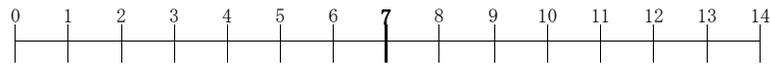
溶液	電離度	[HCl] mol/L	[H <sup>+</sup> ] mol/L	[OH <sup>-</sup> ] mol/L	pH
0.1M HCl	1.0	0.0	1.0 × 10 <sup>-1</sup>	1.0 × 10 <sup>-13</sup>	1
0.01M HCl	1.0	0.0	1.0 × 10 <sup>-2</sup>	1.0 × 10 <sup>-12</sup>	2
0.001M HCl	1.0	0.0	1.0 × 10 <sup>-3</sup>	1.0 × 10 <sup>-11</sup>	3
0.0001M HCl	1.0	0.0	1.0 × 10 <sup>-4</sup>	1.0 × 10 <sup>-10</sup>	4
0.00001M HCl	1.0	0.0	1.0 × 10 <sup>-5</sup>	1.0 × 10 <sup>-9</sup>	5

溶液	電離度	[CH <sub>3</sub> COOH] mol/L	[H <sup>+</sup> ] mol/L	[OH <sup>-</sup> ] mol/L	pH
0.1M CH <sub>3</sub> COOH	0.013	9.9 × 10 <sup>-2</sup>	1.3 × 10 <sup>-3</sup>	7.7 × 10 <sup>-12</sup>	2.9
0.01M CH <sub>3</sub> COOH	0.041	9.6 × 10 <sup>-3</sup>	4.1 × 10 <sup>-4</sup>	2.5 × 10 <sup>-11</sup>	3.4
0.001M CH <sub>3</sub> COOH	0.12	8.8 × 10 <sup>-4</sup>	1.2 × 10 <sup>-4</sup>	8.2 × 10 <sup>-11</sup>	3.9
0.0001M CH <sub>3</sub> COOH	0.34	6.6 × 10 <sup>-5</sup>	3.4 × 10 <sup>-5</sup>	3.0 × 10 <sup>-10</sup>	4.5
0.00001M CH <sub>3</sub> COOH	0.71	2.9 × 10 <sup>-6</sup>	7.1 × 10 <sup>-6</sup>	1.4 × 10 <sup>-9</sup>	5.1





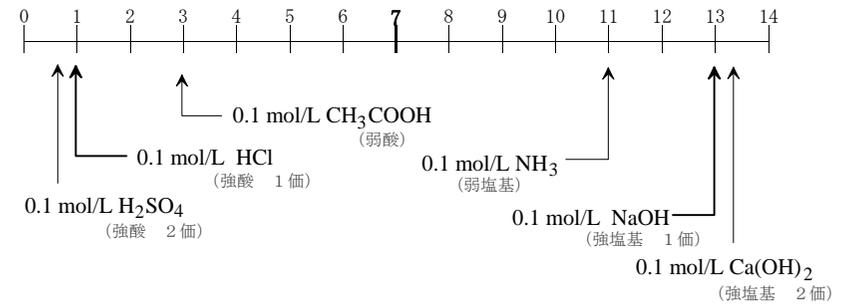
次の6種類の溶液のpHを図に描き入れなさい。おおよその位置でよい。



- 0.1 mol/L HCl
- 0.1 mol/L H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- 0.1 mol/L CH<sub>3</sub>COOH (電離度0.01)
- 0.1 mol/L NaOH
- 0.1 mol/L Ca(OH)<sub>2</sub>
- 0.1 mol/L NH<sub>3</sub> (電離度0.01)

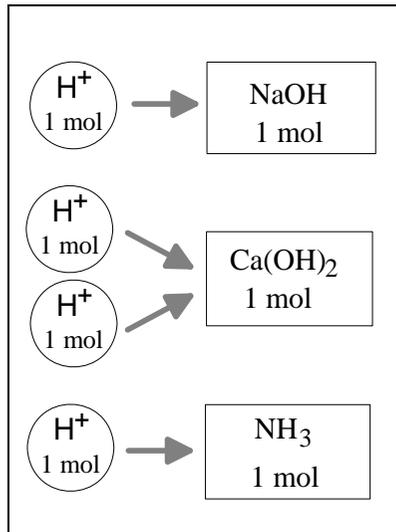
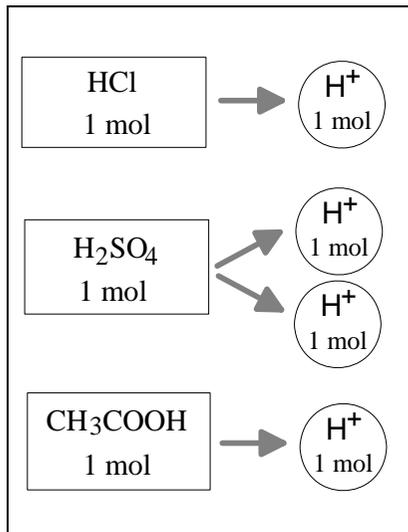
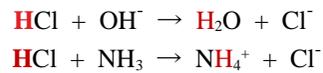
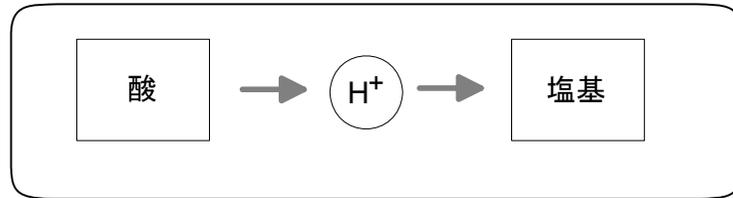
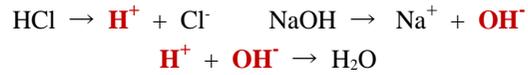
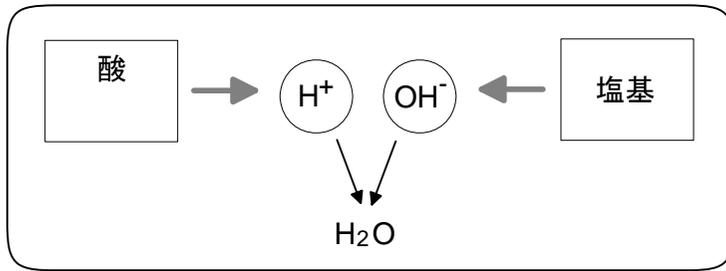
塩酸の濃度とpH

c (mol/L)	[H <sup>+</sup> ]	[OH <sup>-</sup> ]	pH
10 <sup>-1</sup>	0.10000000000	0.00000000000	1.0000
10 <sup>-2</sup>	0.01000000000	0.00000000000	2.0000
10 <sup>-3</sup>	0.00100000001	0.00000000001	3.0000
10 <sup>-4</sup>	0.00010000010	0.00000000010	4.0000
10 <sup>-5</sup>	0.00001000100	0.00000000100	5.0000
10 <sup>-6</sup>	0.00000100990	0.00000000990	5.9957
10 <sup>-7</sup>	0.00000016180	0.00000006180	6.7910
10 <sup>-8</sup>	0.00000010512	0.00000009512	6.9783
10 <sup>-9</sup>	0.00000010050	0.00000009950	6.9978
10 <sup>-10</sup>	0.00000010005	0.00000009995	6.9998



	[OH <sup>-</sup> ]	[H <sup>+</sup> ]	pH
0.1 mol/L HCl		0.1 = 10 <sup>-1</sup>	1
0.1 mol/L H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		0.2 = 2 × 10 <sup>-1</sup>	<1 (0.70)
0.1 mol/L CH <sub>3</sub> COOH (電離度0.01)		0.001 = 10 <sup>-3</sup>	3
0.1 mol/L NaOH	0.1 = 10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-13</sup>	13
0.1 mol/L Ca(OH) <sub>2</sub>	0.2 = 2 × 10 <sup>-1</sup>	0.5 × 10 <sup>-13</sup>	>13
0.1 mol/L NH <sub>3</sub> (電離度0.01)	0.001 = 10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-11</sup>	11 (13.3)

中和



中和の量的関係

$$\text{酸の放出する H}^+ \text{の物質質量} = \text{塩基の放出する OH}^- \text{の物質質量}$$

(塩基の受け取る H<sup>+</sup>の物質質量)

$$\text{酸の価数} \times \text{酸の物質質量} = \text{塩基の価数} \times \text{塩基の物質質量}$$

中和滴定の量的関係

酸	a 価	c mol/L	V mL
塩基	b 価	c' mol/L	V' mL

$$a \times c \times V / 1000 = b \times c' \times V' / 1000$$

$$a \times c \times V = b \times c' \times V'$$

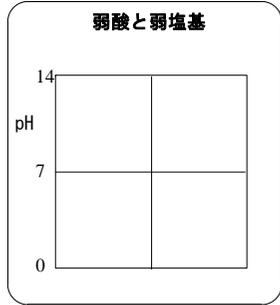
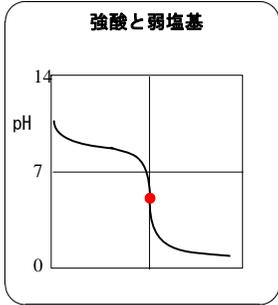
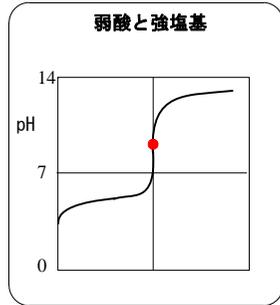
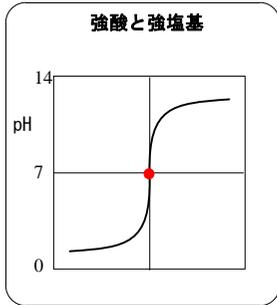
$$\text{酸の与える H}^+ \text{(mol)} = a \times c \text{ (mol/L)} \times V / 1000 \text{ (L)}$$

$$\text{塩基の受け取る H}^+ \text{(mol)} = b \times c' \text{ (mol/L)} \times V' / 1000 \text{ (L)}$$

次の酸と塩基が中和するように、( ) 内に数字を入れよ。

酸	塩基
HCl 1 mol	Ca(OH) <sub>2</sub> ( 0.5 ) mol
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.1 mol	NH <sub>3</sub> ( 0.2 ) mol
0.1 mol/L HCl 10 mL	0.1 mol/L NaOH ( 10 ) mL
0.1 mol/L H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 10 mL	0.1 mol/L NaOH ( 20 ) mL
0.1 mol/L HCl 10 mL	( 0.2 ) mol/L NaOH 5 mL
( 0.72 ) mol/L CH <sub>3</sub> COOH 10 mL	0.9 mol/L NaOH 8 mL
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 1 mol	NH <sub>3</sub> ( 44.8 ) L (標準状態)
0.1 mol/L H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 100 mL	NH <sub>3</sub> ( 0.448 ) L (標準状態)

滴定曲線



正塩の水溶液の液性

酸	塩基	塩
強酸	+ 強塩基	→ 中性
強酸	+ 弱塩基	→ 酸性
弱酸	+ 強塩基	→ 塩基性
弱酸	+ 弱塩基	→

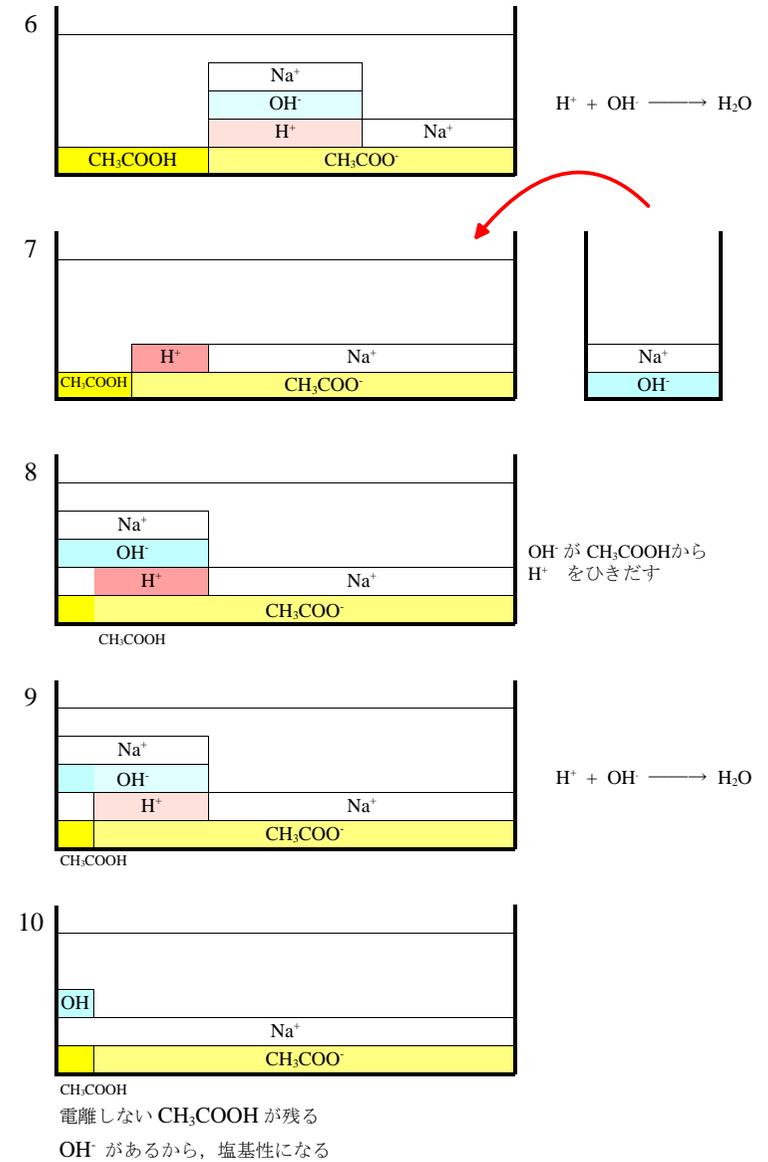
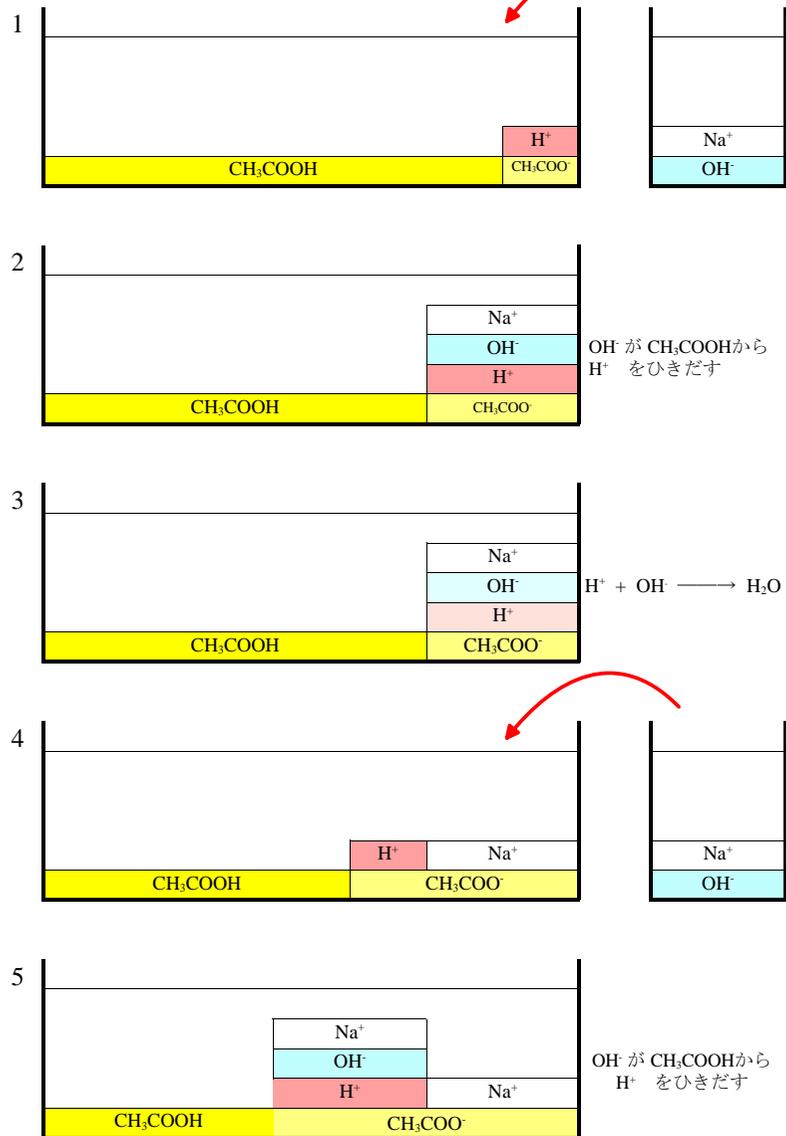
塩の水溶液の液性を推定

*n* : 中性  
*a* : 酸性  
*b* : 塩基性

酸 ( <i>Strong</i> )	塩基 ( <i>Weak</i> )	塩
HCl	S	NaOH S NaCl <i>n</i>
CH <sub>3</sub> COOH	w	NaOH S CH <sub>3</sub> COONa <i>b</i>
2HCl	S	Ca(OH) <sub>2</sub> S CaCl <sub>2</sub> <i>n</i>
HCl	S	KOH S KCl <i>n</i>
2HCl	S	Mg(OH) <sub>2</sub> w MgCl <sub>2</sub> <i>a</i>
HCl	S	NH <sub>3</sub> w NH <sub>4</sub> Cl <i>a</i>
HNO <sub>3</sub>	S	NaOH S NaNO <sub>3</sub> <i>n</i>
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	S	NaOH S NaHSO <sub>4</sub> <i>a</i>
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	S	2NaOH S Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> <i>n</i>
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	S	Ca(OH) <sub>2</sub> S CaSO <sub>4</sub> <i>n</i>
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	S	Mg(OH) <sub>2</sub> w MgSO <sub>4</sub> <i>a</i>
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	S	Cu(OH) <sub>2</sub> w CuSO <sub>4</sub> <i>a</i>
H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	w	NaOH S NaHCO <sub>3</sub> <i>b</i>
H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	w	2NaOH S Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> <i>b</i>
H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	w	2NaOH S Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> <i>b</i>
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	S	KOH S KHSO <sub>4</sub> <i>a</i>
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	S	2KOH S K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> <i>n</i>

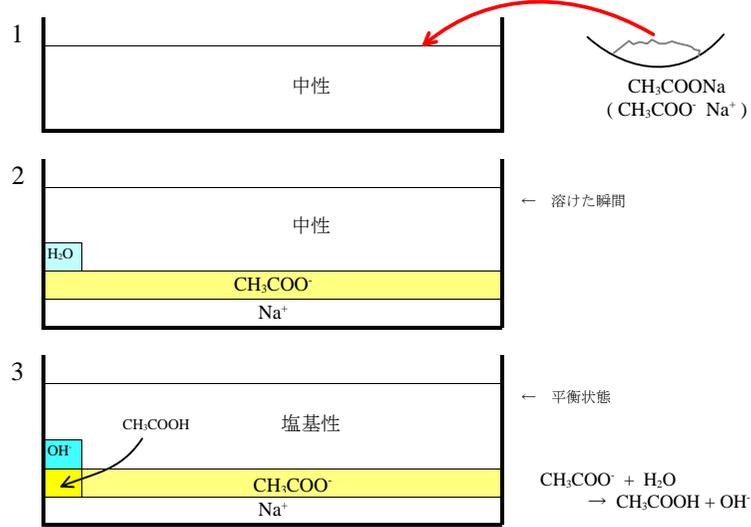
青字の場合は、正塩ではないので、規則は適用できない。ここにあげた3つの場合を覚えておけば十分である。  
 NaHSO<sub>4</sub> (KHSO<sub>4</sub>) は、H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> を NaOH (KOH) で完全に中和する途中の生成物だから酸性と考えてよい。

CH<sub>3</sub>COOH 水溶液を、NaOH 水溶液で滴定した場合、  
中和点ではなぜ塩基性になるか

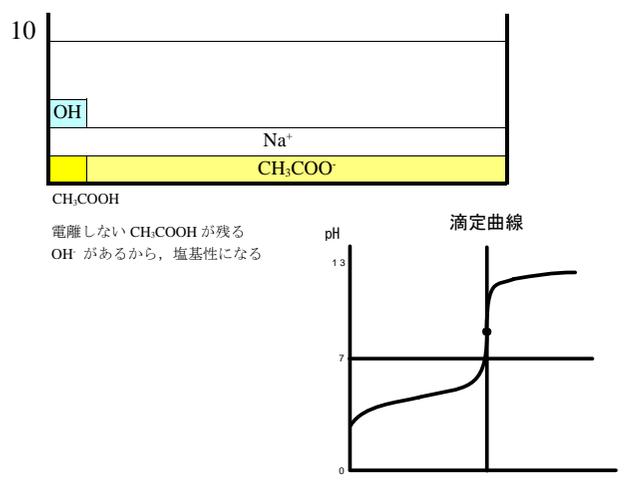


塩の加水分解

酢酸ナトリウム (CH<sub>3</sub>COONa) を水に溶かした場合

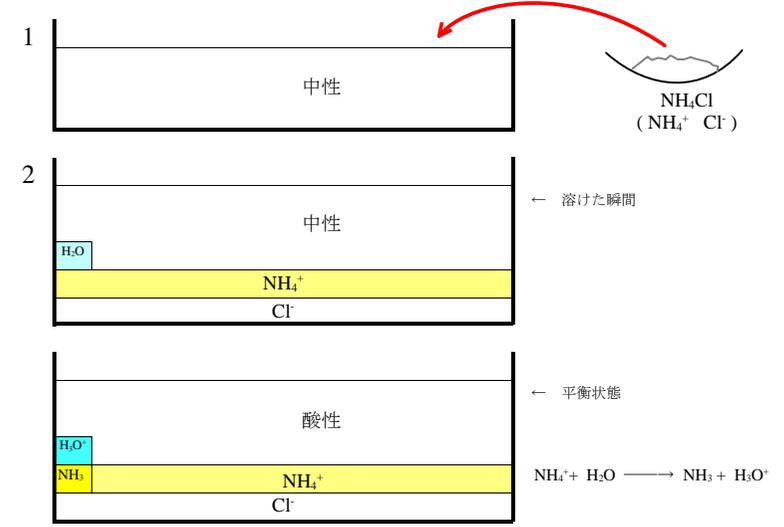


[参考] 酢酸と水酸化ナトリウム水溶液が中和して酢酸ナトリウム (CH<sub>3</sub>COONa) ができた場合

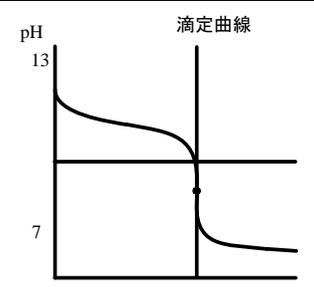


電離しない CH<sub>3</sub>COOH が残る  
OH<sup>-</sup> があるから、塩基性になる

塩化アンモニウム (NH<sub>4</sub>Cl) を水に溶かした場合



[参考] アンモニア水溶液を塩酸で中和して塩化アンモニウム (NH<sub>4</sub>Cl) ができた場合

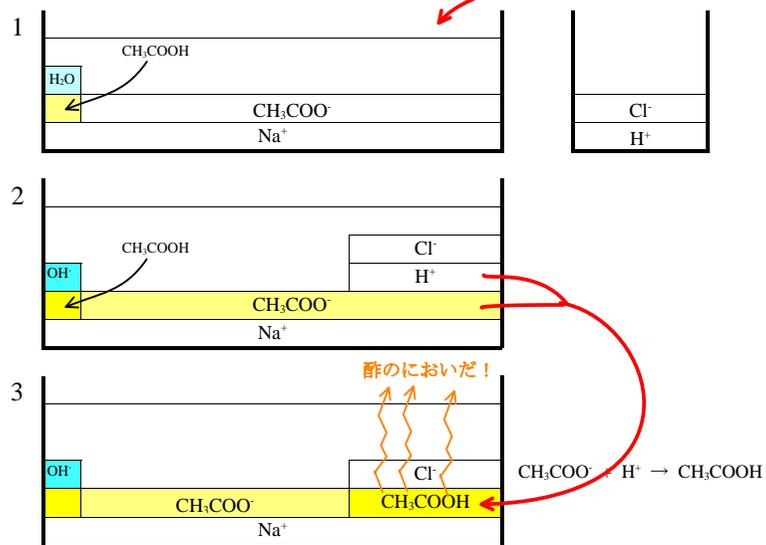


正塩の水溶液の液性

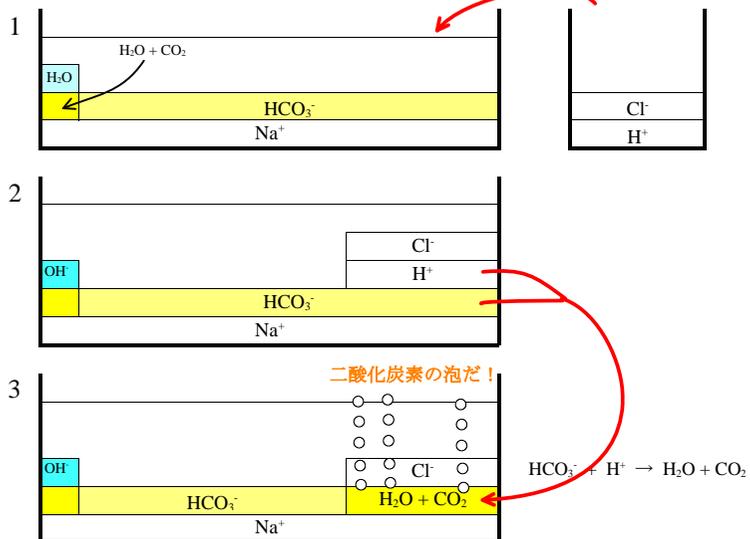
酸	塩基	塩
強酸	+ 強塩基	→ 中性
強酸	+ 弱塩基	→ 酸性
弱酸	+ 強塩基	→ 塩基性
弱酸	+ 弱塩基	→

強い酸が弱い酸を追い出す  
強い塩基が弱い塩基を追い出す

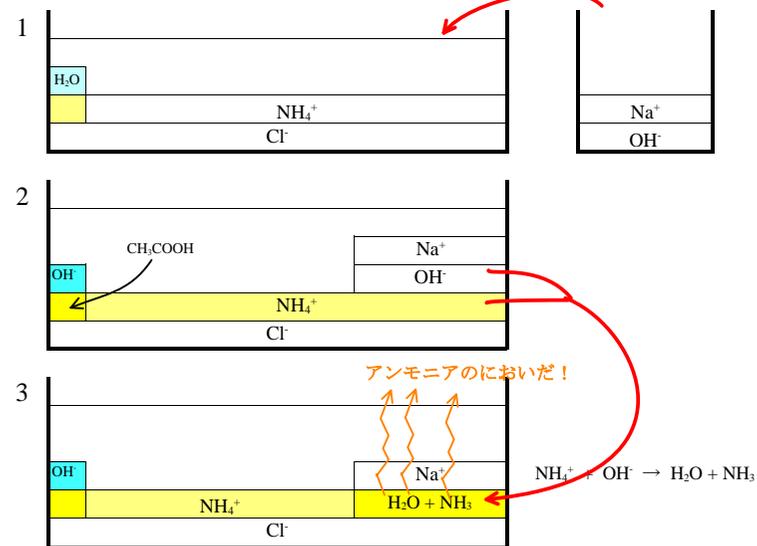
酢酸ナトリウム水溶液に塩酸を加えた場合



炭酸水素ナトリウム水溶液に塩酸を加えた場合



塩化アンモニウム水溶液に水酸化ナトリウムを加えた場合

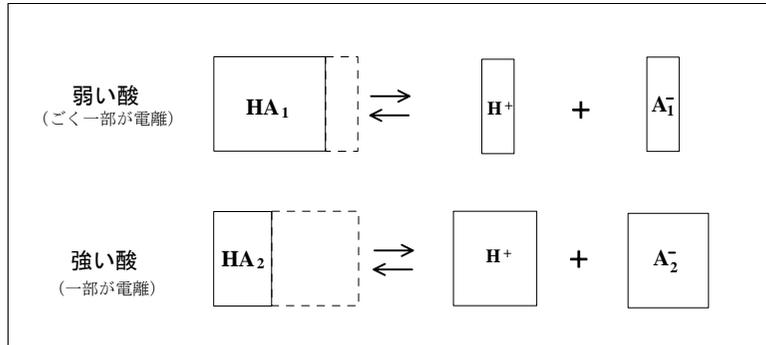


弱い酸の塩	強い酸	弱い酸
$\text{CaF}_2$	$+$ $\text{H}_2\text{SO}_4$	$\rightarrow$ $\text{HF} + \text{CaSO}_4$
$\text{FeS}$	$+$ $\text{H}_2\text{SO}_4$	$\rightarrow$ $\text{H}_2\text{S} + \text{FeSO}_4$
$\text{FeS}$	$+$ $2 \text{HCl}$	$\rightarrow$ $\text{H}_2\text{S} + \text{FeCl}_2$
$\text{NaHSO}_3$	$+$ $\text{H}_2\text{SO}_4$	$\rightarrow$ $\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 + \text{NaHSO}_4$
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	$+$ $\text{H}_2\text{SO}_4$	$\rightarrow$ $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4$
$\text{CaCO}_3$	$+$ $2 \text{HCl}$	$\rightarrow$ $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{CaCl}_2$
$\text{NaHCO}_3$	$+$ $\text{HCl}$	$\rightarrow$ $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{NaCl}$
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	$+$ $2 \text{HCl}$	$\rightarrow$ $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + 2 \text{NaCl}$
$2 \text{CH}_3\text{COONa}$	$+$ $\text{H}_2\text{SO}_4$	$\rightarrow$ $2 \text{CH}_3\text{COOH} + \text{Na}_2\text{SO}_4$

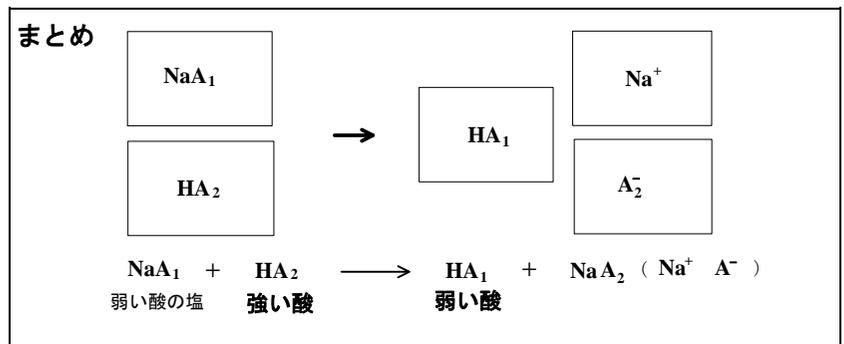
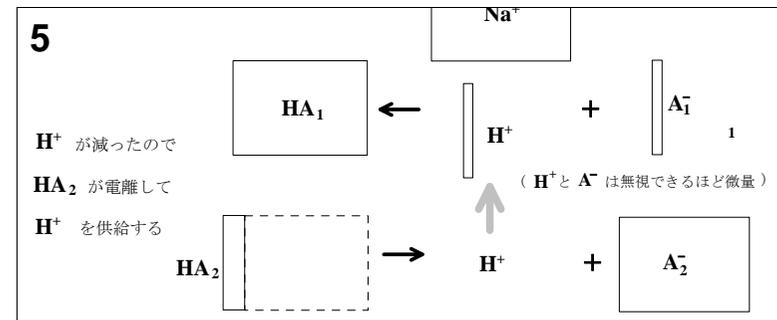
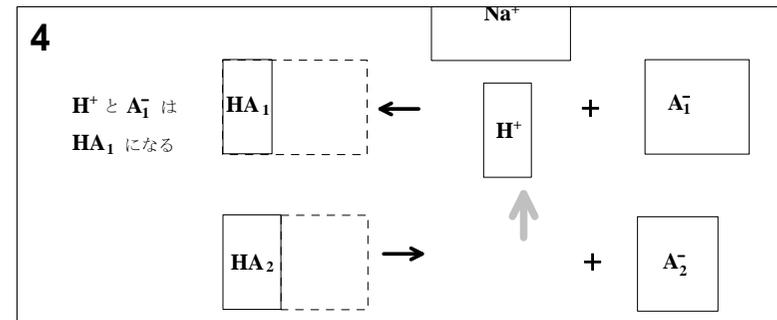
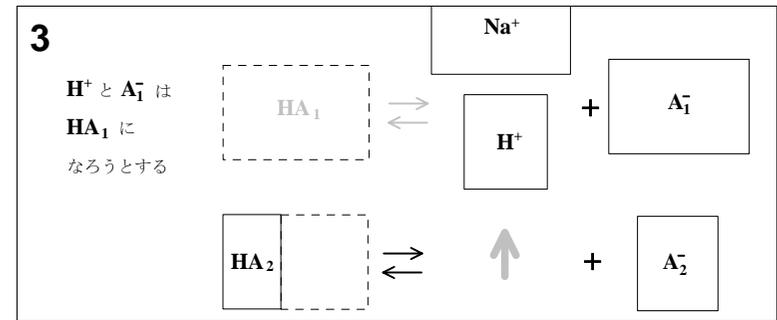
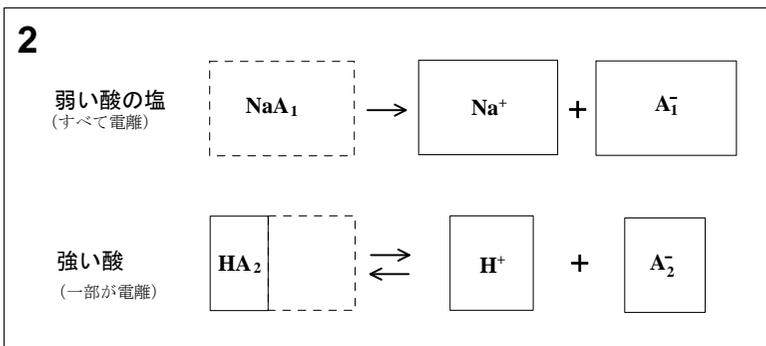
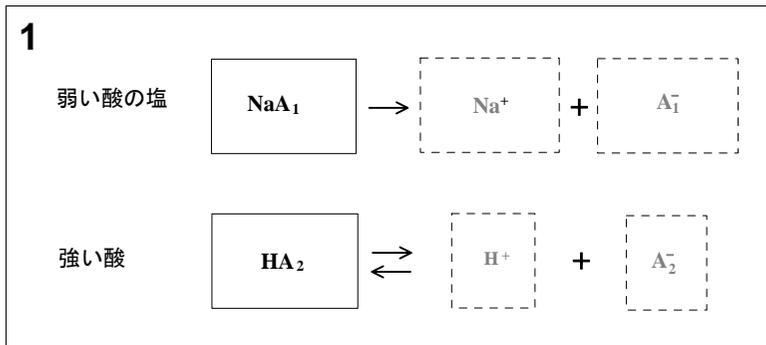
  

弱い塩基の塩	強い塩基	弱い塩基
$2 \text{NH}_4\text{Cl}$	$+$ $\text{Ca(OH)}_2$	$\rightarrow$ $2 \text{NH}_3 + \text{CaCl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$

弱い酸と強い酸



強い酸が弱い酸を追い出すとは



強い酸 が 弱い酸 を追い出す  
強い塩基 が 弱い塩基 を追い出す

弱い酸の塩	強い酸	弱い酸		
+	→	HF	+	CaSO <sub>4</sub>
+	→	H <sub>2</sub> S	+	FeSO <sub>4</sub>
+	→	H <sub>2</sub> S	+	FeCl <sub>2</sub>
+	→	H <sub>2</sub> O + SO <sub>2</sub> (H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> )	+	NaHSO <sub>4</sub>
+	→	H <sub>2</sub> O + CO <sub>2</sub> (H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	+	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
+	→	H <sub>2</sub> O + CO <sub>2</sub> (H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	+	CaCl <sub>2</sub>
+	→	H <sub>2</sub> O + CO <sub>2</sub> (H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	+	NaCl
+	→	H <sub>2</sub> O + CO <sub>2</sub> (H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	+	2 NaCl
+		2 CH <sub>3</sub> COOH	+	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>

弱い塩基の塩	強い塩基	弱い塩基		
+	→	2 NH <sub>3</sub>	+	CaCl <sub>2</sub> + 2 H <sub>2</sub> O

### 酸の強弱

HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> > Carboxylic Acid > H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> > Phenol  
( -COOH )

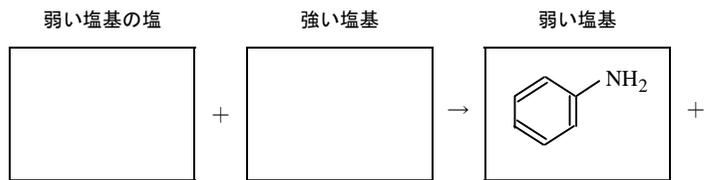
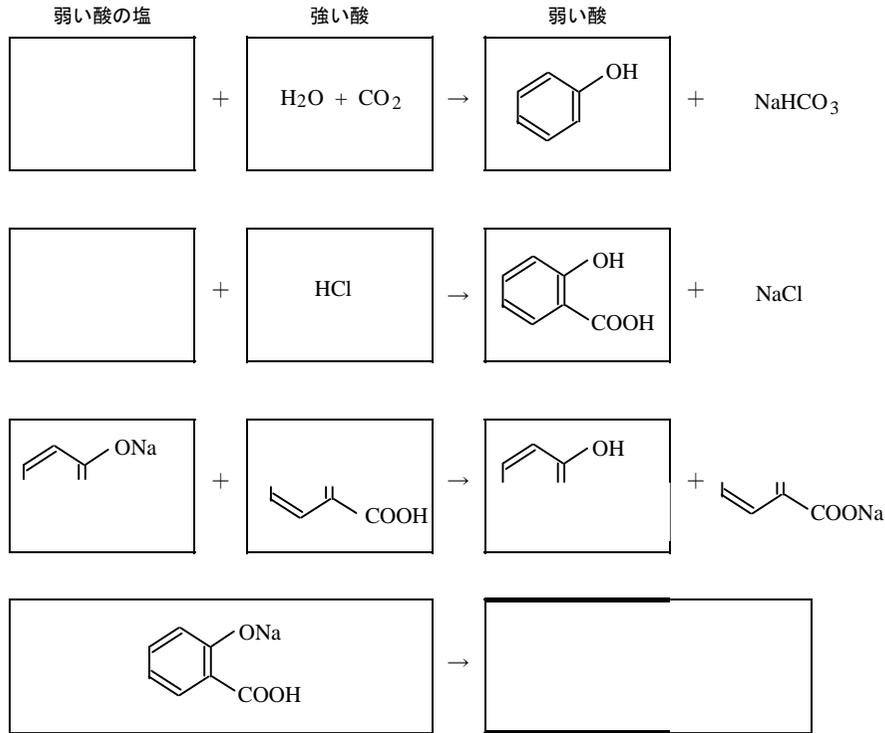
強い酸 が 弱い酸 を追い出す  
強い塩基 が 弱い塩基 を追い出す

弱い酸の塩	強い酸	弱い酸		
CaF <sub>2</sub>	+ H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	→ HF	+	CaSO <sub>4</sub>
FeS	+ H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	→ H <sub>2</sub> S	+	FeSO <sub>4</sub>
FeS	+ 2 HCl	→ H <sub>2</sub> S	+	FeCl <sub>2</sub>
NaHSO <sub>3</sub>	+ H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	→ H <sub>2</sub> O + SO <sub>2</sub> (H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> )	+	NaHSO <sub>4</sub>
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	+ H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	→ H <sub>2</sub> O + CO <sub>2</sub> (H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	+	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
CaCO <sub>3</sub>	+ 2 HCl	→ H <sub>2</sub> O + CO <sub>2</sub> (H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	+	CaCl <sub>2</sub>
NaHCO <sub>3</sub>	+ HCl	→ H <sub>2</sub> O + CO <sub>2</sub> (H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	+	NaCl
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	+ 2 HCl	→ H <sub>2</sub> O + CO <sub>2</sub> (H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	+	2 NaCl
2 CH <sub>3</sub> COONa	+ H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	→ 2 CH <sub>3</sub> COOH	+	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>

弱い塩基の塩	強い塩基	弱い塩基		
2 NH <sub>4</sub> Cl	+ Ca(OH) <sub>2</sub>	→ 2 NH <sub>3</sub>	+	CaCl <sub>2</sub> + 2 H <sub>2</sub> O

強い酸 が 弱い酸 を追い出す  
 強い塩基 が 弱い塩基 を追い出す



強い酸 が 弱い酸 を追い出す  
 強い塩基 が 弱い塩基 を追い出す

