



# 中2甲陽コンプリート化学

## 夏期講習会

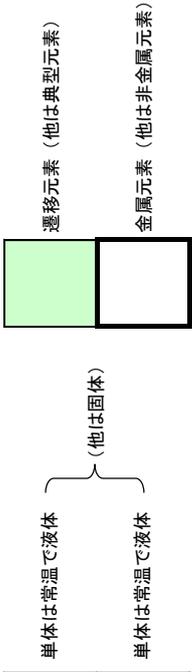
### ～酸と塩基～

氏名

私立中高一貫校対象英語数学個別指導 スタディ・コラボ



族	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	族
1	1H 水素 1.008												5B ホウ素 10.81	6C 炭素 12.01	7N 窒素 14.01	8O 酸素 16.00	9F フッ素 19.00	2He ヘリウム 4.003	1
2	3Li リチウム 6.941	4Be ベリウム 9.012											13Al アルミニウム 26.98	14Si ケイ素 28.09	15P リン 30.97	16S 硫黄 32.07	17Cl 塩素 35.45	10Ne ネオン 20.18	2
3	11Na ナトリウム 22.99	12Mg マグネシウム 24.31											13Al アルミニウム 26.98	14Si ケイ素 28.09	15P リン 30.97	16S 硫黄 32.07	17Cl 塩素 35.45	18Ar アルゴン 39.95	3
4	19K カリウム 39.10	20Ca カルシウム 40.08	21Sc スカンジウム 44.96	22Ti チタン 47.87	23V バナジウム 50.94	24Cr クロム 52.00	25Mn マンガン 54.94	26Fe 鉄 55.85	27Co コバルト 58.93	28Ni ニッケル 58.69	29Cu 銅 63.55	30Zn 亜鉛 65.41	31Ga ガリウム 69.72	32Ge ケルマニウム 72.64	33As ヒ素 74.92	34Se セレン 78.96	35Br 臭素 79.90	36Kr クリプトン 83.80	4
5	37Rb ルビ듐 85.47	38Sr ストロンチウム 87.62	39Y イットリウム 88.91	40Zr ジルコニウム 91.22	41Nb ニオブ 92.91	42Mo モリブデン 95.94	43Tc テクネチウム (99)	44Ru ルルチニウム 101.1	45Rh ロジウム 102.9	46Pd パラジウム 106.4	47Ag 銀 107.9	48Cd カドミウム 112.4	49In インジウム 114.8	50Sn スズ 118.7	51Sb アンチモン 121.8	52Te テルル 127.6	53I ヨウ素 126.9	54Xe キセノン 131.3	5
6	55Cs セシウム 132.9	56Ba バリウム 137.3	57-71 ランタノイド	72Hf ハフニウム 178.5	73Ta タンタル 180.9	74W タングステン 183.8	75Re レニウム 186.2	76Os オスマニウム 190.2	77Ir イリジウム 192.2	78Pt 白金 195.1	79Au 金 197.0	80Hg 水銀 200.6	81Tl タリウム 204.4	82Pb 鉛 207.2	83Bi ビスマス 209.0	84Po ポロニウム (210)	85At アスタチン (210)	86Rn ラドン (222)	6
7	87Fr フランシウム (223)	88Ra ラジウム (226)	89-103 アクチノイド	104Rf ラファエリウム (267)	105Db ドブニウム (268)	106Sg シーボグニウム (271)	107Bh ボヘリウム (272)	108Hs ハウンジウム (277)	109Mt マイトネリウム (276)	110Ds ダームスタチウム (281)	111Rg レントゲニウム (280)								7



希ガス元素

ハロゲン元素

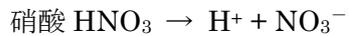
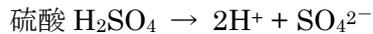
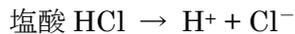
(Be, Al, Ca, K, Mg, Sr, Ba, Rb, Cs, Fr, Th, U, Np, Pu, Am, Cm, Bk, Cf, Fm, Md, No, Lr)  
アルカリ土類金属

(Li, Na, K, Rb, Cs, Fr)  
アルカリ金属

## ■酸と塩基■

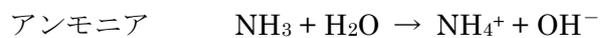
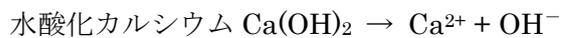
### ○アレニウスの定義

酸：「水溶液中で水素イオン  $H^+$  を生じる水素化合物である。」



生成した水素イオン  $H^+$  は、水溶液中では水分子と結合してオキソニウムイオン  $H_3O^+$  として安定に存在している。

塩基：「水溶液中で水酸化物イオン  $OH^-$  を放出する物質である。」

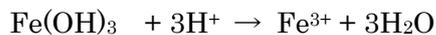
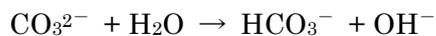
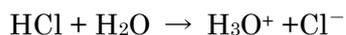


### ・アレニウスの定義の欠点

- (i) 水以外を溶媒とする溶液中での酸・塩基の区別ができない。
- (ii) 水にほとんど溶けない  $Fe(OH)_3$  や  $Al(OH)_3$  が塩基であることの説明ができない。
- (iii) ヒドロキシ基  $-OH$  をもたないアンモニアが、実質的に塩基性を示すことの十分な説明ができない。

### ○ブレンステッドとローリーの定義

「酸とは  $H^+$  を与えることのできる物質であり、塩基とは水素イオンを受け取ることのできる物質である。」



○酸・塩基の価数

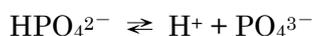
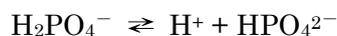
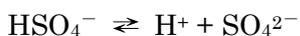
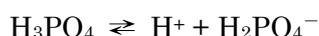
酸の価数 : 酸 1 分子が出しうる水素イオン  $H^+$  の数

塩基の価数 : 塩基 1 化学式が出しうる水酸化物イオン  $OH^-$  の数または受けとることができる水素イオン  $H^+$  の数

酸		塩基	
1 価の酸	HCl, HNO <sub>3</sub> , CH <sub>3</sub> COOH	1 価の塩基	KOH, NaOH, NH <sub>3</sub>
2 価の酸	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , (COOH) <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S	2 価の塩基	Ca(OH) <sub>2</sub> , Ba(OH) <sub>2</sub> , Mg(OH) <sub>2</sub> *
3 価の酸	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	3 価の塩基	Fe(OH) <sub>3</sub> *, Al(OH) <sub>3</sub> *

※酸・塩基の価数と強弱は無関係。\*印は水に不溶。

○多段階電離



第 1 段の電離が最も起こりやすく、第 2 段、第 3 段となるにしたがって電離は急激に起こりにくくなる。

○酸・塩基の強弱

水溶液中の  $H^+$  の濃度が大きいほど、酸性は強く、 $OH^-$  の濃度が大きいほど ( $H^+$  の濃度が小さいほど) 塩基性は強い。

電離平衡 : 溶液中の分子やイオンの間で成立する平衡状態

電離度 : 溶液中で溶質が電離する割合

酸・塩基は電解質であり、溶液中で電離して  $H^+$ ,  $OH^-$  を生じる。しかし、すべてが電離するわけではない。そこで、

$$\text{電離度 } \alpha = \frac{\text{電離した電解質の物質質量}}{\text{溶解した電解質の物質質量}} \quad (0 < \alpha \leq 1)$$

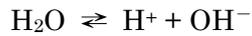
<例> Cmol/l の酢酸があり、その電離度を  $\alpha$  とする。



強酸	硫酸 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , 硝酸 HNO <sub>3</sub> , 塩酸 HCl, 臭化水素酸 HBr, ヨウ化水素酸 HI,	弱酸	酢酸 CH <sub>3</sub> COOH, 炭酸 H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , 硫化水素 H <sub>2</sub> S, リン酸 H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , フッ化水素酸 HF
強塩基	水酸化ナトリウム NaOH, 水酸化カリウム KOH, 水酸化カルシウム Ca(OH) <sub>2</sub> , 水酸化バリウム Ba(OH) <sub>2</sub>	弱塩基	アンモニア NH <sub>3</sub>

○水の電離平衡

水はわずかに電離して水素イオン  $\text{H}^+$  と水酸化物イオン  $\text{OH}^-$  を生じ、平衡状態になっている。



$$K = \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]} \text{ より, } \boxed{\text{水のイオン積 } K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/l})^2 \text{ (25}^\circ\text{C)}}$$

この式はすべての水溶液中で成り立つ。

純粋な水 (25°C) では  $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-7} \text{mol/l}$  ずつ存在する。

酸性  $\Rightarrow [\text{H}^+] > 1.0 \times 10^{-7} \text{mol/l} > [\text{OH}^-]$

中性  $\Rightarrow [\text{H}^+] = 1.0 \times 10^{-7} \text{mol/l} = [\text{OH}^-]$

塩基性  $\Rightarrow [\text{H}^+] < 1.0 \times 10^{-7} \text{mol/l} < [\text{OH}^-]$

<例題 1>

0.10mol/l の水酸化ナトリウム水溶液の水素イオン濃度  $[\text{H}^+]$  を求めよ。

○水素イオン指数

$$\boxed{\text{pH} = -\log[\text{H}^+] \text{ または } [\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}}}$$

<例題 2>

0.10mol/l のアンモニア水の電離度を 0.013 とし、次の各問いに答えよ。

(1) この水溶液の水素イオン濃度  $[\text{H}^+]$  は何 mol/l か。

(2) この水溶液の pH はいくらになるか。ただし、 $\log 7.7 = 0.89$  とする。

【1】水溶液の pH に関する次の各問いに答えよ。ただし、強酸・強塩基は完全に電離しているものとする。

(1)  $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/l}$  の塩酸の pH を求めよ。また、この塩酸  $1 \text{ ml}$  に水を加えて  $100 \text{ ml}$  にすると、pH はいくらになるか。

(2)  $0.2 \text{ mol/l}$  の水酸化ナトリウム水溶液の pH を求めよ。ただし、 $\log_{10} 2 = 0.30$  とする。

(3)  $0.10 \text{ mol/l}$  のアンモニア水の pH を求めよ。

ただし、アンモニアの電離度を  $\alpha = 0.01$  とする。

(4)  $0.050 \text{ mol/l}$  の酢酸水溶液の pH が 3.0 であった。この酢酸の電離度はいくらか。

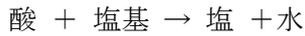
(5) pH が 3 の塩酸を水で 100 倍にうすめると pH はいくらか。また、pH が 12 の水酸化ナトリウム水溶液を水で 100 倍にうすめると pH はいくらか。

【2】 $1.0 \times 10^{-5} \text{ mol/l}$  の塩酸を純水で 1000 倍に希釈した溶液の pH を求めよ。

ただし、 $\log_{10} 2 = 0.30$ ,  $\log_{10} 3 = 0.48$ ,  $\log_{10} 7 = 0.85$  とする。

## ■中和反応■

酸と塩基が反応すると、酸から塩基へ  $H^+$  が移り、互いの性質が打ち消される。  
 このような反応を中和反応または中和という。



○中和の量的関係

中和する酸・塩基の量的関係には酸・塩基の強弱は全く無関係である。

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

<例題>

(1) 濃度不明の水酸化ナトリウム水溶液 15ml を中和するのに、0.30 mol/l の硫酸が 10ml 必要であった。水酸化ナトリウムの濃度は何 mol/l か。

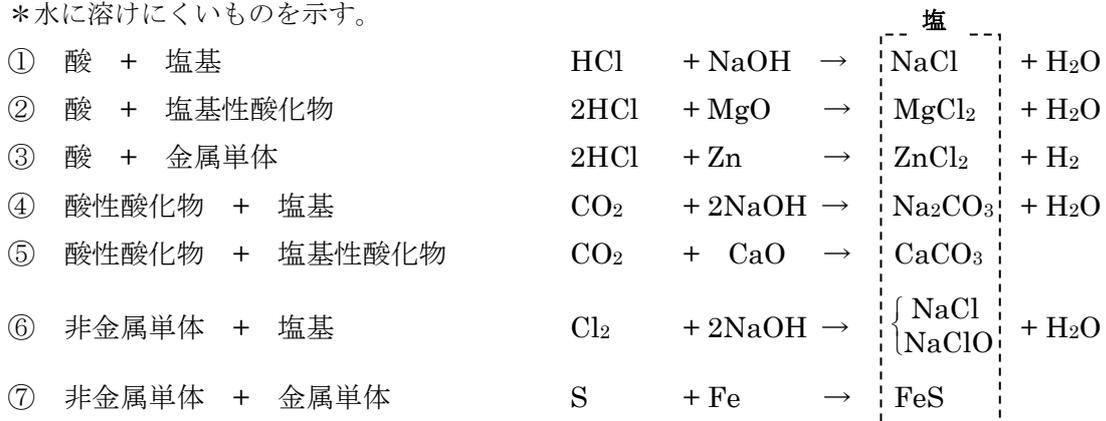
(2) 水酸化カルシウム 1.85g を中和するのに、0.50mol/l の塩酸が何 ml 必要か。

## ■塩■

○塩の生成

酸性酸化物	塩基性酸化物	両性酸化物
主に非金属元素の酸化物で、酸としてはたらく。	主に金属元素の酸化物で、塩基としてはたらく。	Al, Zn, Sn, Pb などの酸化物
$NO_2$ , $P_4O_{10}$ , $CO_2$ , $SO_2$ , $SO_3$ , $SiO_2^*$ , $Cl_2O_7$ , ...	$Na_2O$ , $CaO$ , $BaO$ , $K_2O$ , $MgO^*$ , $CuO^*$ , $Fe_2O_3^*$ , ...	$Al_2O_3^*$ , $ZnO^*$ , $SnO^*$ , $PbO^*$ , ...

\*水に溶けにくいものを示す。



○塩の分類

正塩	酸性塩	塩基性塩
化学式中に酸の H や塩基の OH が全く残っていない塩	化学式中に酸の H が残っている塩	化学式中に塩基の OH が残っている塩
MgCl <sub>2</sub> 塩化マグネシウム CH <sub>3</sub> COONa 酢酸ナトリウム Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 炭酸ナトリウム (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 硫酸アンモニウム	NaHCO <sub>3</sub> 炭酸水素ナトリウム NaHSO <sub>4</sub> 硫酸水素ナトリウム NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> リン酸二水素ナトリウム Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> リン酸一水素ナトリウム	MgCl(OH) 塩化水酸化マグネシウム Cu <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (OH) <sub>2</sub> 炭酸二水酸化二銅(II)

※形式的な分類法であって、水溶液の液性とは無関係である。

・複塩… 2種類以上の塩が一定の割合で組み合わさった塩

例：ミョウバン Al・K(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>・12H<sub>2</sub>O

○正塩の加水分解

塩を水に溶かした際、塩を構成するイオンの一部が水と反応して、もとの酸や塩基に戻ってしまうという現象。

正塩の液性を考える際には重要となる。

<例1> 酢酸ナトリウム CH<sub>3</sub>COONa (弱酸+強塩基)

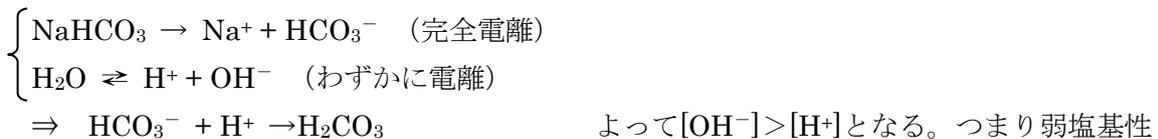


<例2> 塩化アンモニウム NH<sub>4</sub>Cl (強酸+弱塩基)



○酸性塩の水溶液の液性

<例1> 炭酸水素ナトリウム NaHCO<sub>3</sub>



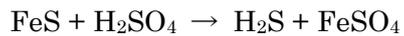
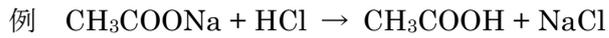
<例2> 硫酸水素ナトリウム NaHSO<sub>4</sub>



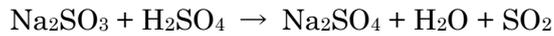
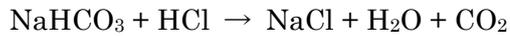
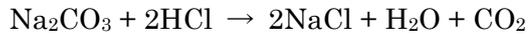
・塩基性塩はほとんど水に溶けない。

## ■弱酸・弱塩基の遊離■

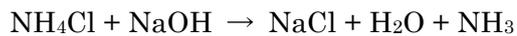
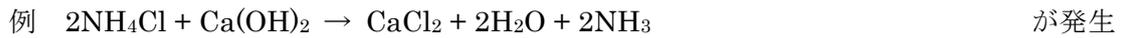
(i) 弱酸の塩 + 強酸 → 弱酸 + 強酸の塩 …弱酸が遊離



(ii) 弱酸の塩 + 強酸 → 強酸の塩 + 弱酸の気体 …弱酸の塩が分解, 弱酸の気体が発生



(iii) 弱塩基の塩 + 強塩基 → 強塩基の塩 + 弱塩基 …弱塩基の塩が分解, 弱塩基の気体



<例題>

次の塩を水に溶かしたとき, その水溶液の液性を示し, そのような液性を示す理由を化学式を用いて説明せよ。

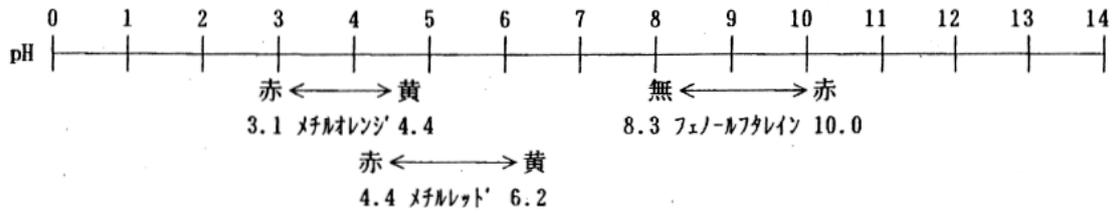
(1) 酢酸ナトリウム

(2) 塩化アンモニウム

## ■中和滴定■

### ○指示薬

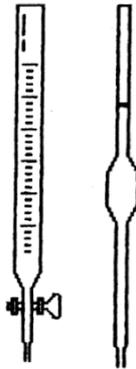
中和滴定に際して中和点を知るために加えられる試薬。指示薬は特定の pH の範囲で、分子構造が変わって変色する（指示薬の変色域という）色素のことである。



### ○中和滴定で利用する器具

#### ・ビュレット

下部にある活栓（コック）の開閉により、液体を少量ずつ滴下でき、任意の液体の正確な体積を測定できる。使用の際、蒸留水で洗った後、中に入れる溶液で洗う。（共洗いという。）※モル濃度を変化させないため。



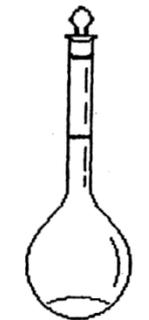
#### ・ホールピペット

一定量の液体の体積を正確に測り取る計量器具で、標線まで液体を吸い上げ、この液体を自然流下させたとき、流出した液体の体積が表示された体積となる。使用の際、蒸留水で洗った後、共洗いをする。

※モル濃度を変化させないため。

#### ・メスフラスコ

固体や液体を溶かして、正確な濃度の溶液をつくる時に用いる。一定の体積のみしか測定できない。水溶液をつくる時は、あらかじめ蒸留水で洗った後、ぬれたまま使用してもよい。※水を加えて溶かし、正確な体積にするので



#### ・コニカルビーカー（三角フラスコ）

振っても液体が飛び出さないように、上部の口をややすぼめたビーカーで、三角フラスコでも代用できる。使用の際、蒸留水で洗った後、ぬれたまま使用してよい。

※水を加えてうすめても、中に入っている溶質の物質量は変わらない。



・メスシリンダーは目盛りがついているが体積が正確ではないため、中和滴定では使用しない。

## ■ 滴定曲線 ■

中和滴定において、加えた酸または塩基の体積と、混合溶液の pH との関係を表した曲線

○ 強酸+強塩基

0.10mol/l 塩酸 10.0ml を 0.10mol/l 水酸化ナトリウム水溶液で滴定する場合

(i) 滴下前

塩酸は強酸なので完全電離  $[H^+] = 10^{-1} \text{mol/l} \therefore \text{pH} = 1.0$

(ii) 中和点の少し前の状態 (NaOH 溶液を 9.9ml 加えたとき)

$$1 \text{ 価} \times 0.10 \text{mol/l} \times \frac{10}{1000} - 1 \text{ 価} \times 0.10 \text{mol/l} \times \frac{9.9}{1000} = [H^+] \times \frac{10+9.9}{1000}$$

$$[H^+] \doteq 5 \times 10^{-4} \text{mol/l} \text{ よって } \text{pH} = -\log(5 \times 10^{-4}) \doteq 3.3$$

(iii) 中和点 (NaOH 溶液を 10ml 加えたとき)

$$[H^+] = 10^{-7} \text{mol/l} \therefore \text{pH} = 7.0$$

(iv) 中和点の少し後の状態 (NaOH 溶液を 10.1ml 加えたとき)

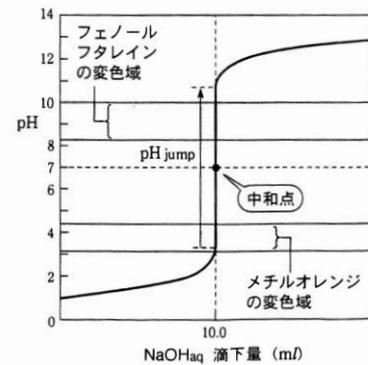
$$1 \text{ 価} \times 0.10 \text{mol/l} \times \frac{10.1}{1000} - 1 \text{ 価} \times 0.10 \text{mol/l} \times \frac{10}{1000} \\ = [OH^-] \times \frac{10.1+10}{1000}$$

$$[OH^-] \doteq 5 \times 10^{-4} \text{mol/l} \text{ よって } [H^+] \doteq 2 \times 10^{-11} \text{mol/l}$$

$$\text{pH} \doteq -\log(2 \times 10^{-11}) \doteq 10.7$$

適する指示薬：メチルオレンジやフェノールフタレインが使用できるが、

フェノールフタレインがよく利用される。



○ 弱酸+強塩基

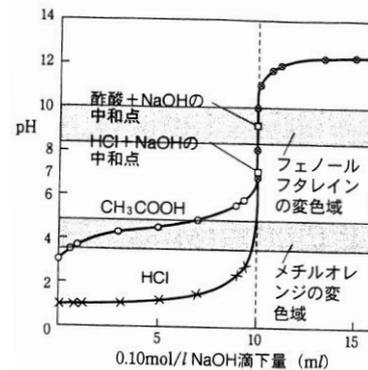
0.10mol/l 酢酸 10.0ml を 0.10mol/l 水酸化ナトリウム水溶液で滴定する場合

酢酸  $\text{CH}_3\text{COOH}$  の電離度を  $\alpha = 0.01$  とすると、NaOH を加える前は  $[H^+] = 1.0 \times 10^{-3} \text{mol/l}$  となり、 $\text{pH} = 3$  である。

中和点では加水分解により弱塩基性を示すので

$\text{pH} \doteq 8 \sim 9$  となる。

適する指示薬：フェノールフタレイン



○ 強酸+弱塩基

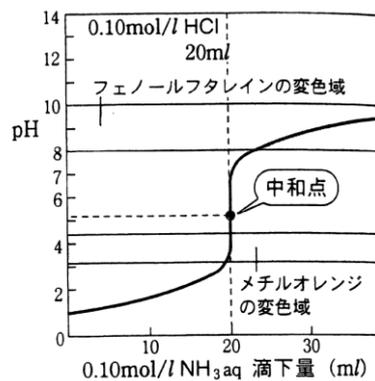
0.10mol/l 塩酸 10.0ml を 0.10mol/l アンモニア水で  
 滴定する場合

NH<sub>3</sub> 水を加える前の塩酸溶液は pH=1 である。

中和点では加水分解により弱酸性を示すので

pH≒5~6 となる。

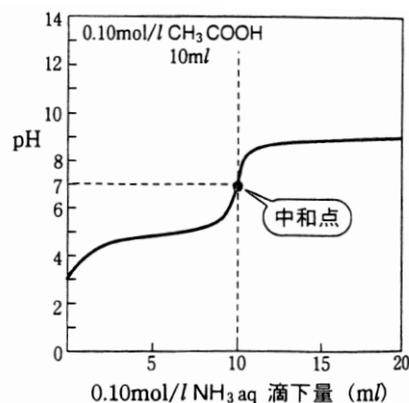
適する指示薬：メチルオレンジ



○ 弱酸+弱塩基

中和点で pHjump はほとんど見られない。

指示薬で中和点を判断するのは難しく、pH 計などを  
 用いる。



<例題 1 >

シュウ酸二水和物 H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O の結晶 0.63g を水に溶かして a100mlにした。  
 このシュウ酸水溶液を b10mlとり、水酸化ナトリウム水溶液を c滴下したところ、  
 中和までに 20mlを必要とした。

- (1) 操作 a, b, c に用いる器具の名称を記せ。
- (2) 指示薬として、フェノールフタレインとメチルオレンジのどちらが適当か。
- (3) 水酸化ナトリウム水溶液のモル濃度を求めよ。

<例題2> (逆滴定)

ある濃度のアンモニア水 100mlに 0.50mol/l硫酸 100mlを加えたところ、溶液は酸性になった。この過剰の硫酸を 1.0mol/l水酸化ナトリウム水溶液で中和するのに 50mlが必要であった。最初のアンモニア水の濃度は何 mol/lか。

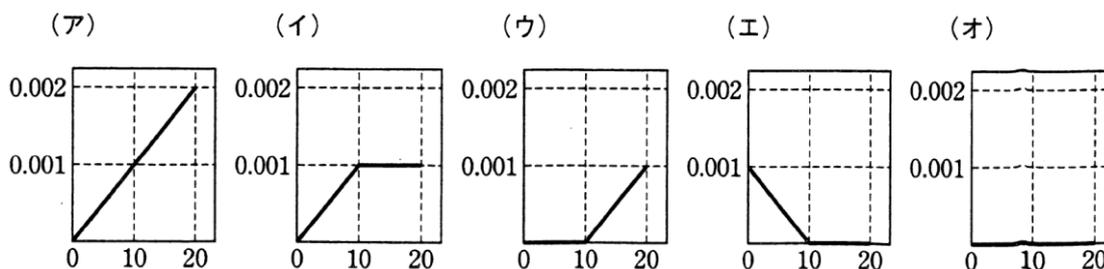
<例題3> (中和滴定のグラフ)

A群の(a)~(e)それぞれは、0.1mol/l 酢酸水溶液 10ml を同濃度の水酸化ナトリウム水溶液で滴定したときのコニカルビーカー内の水溶液中にある化学種である。滴下した水酸化ナトリウム水溶液の体積[ml]に対する、化学種の物質量[mol]の変化を示す最も適当なグラフはどれか。B群(ア)~(オ)から、それぞれ一つずつ選び、その記号で答えよ。

B群のグラフでは縦軸に化学種の物質量[mol]を、横軸に水酸化ナトリウム水溶液の体積[ml]を示している。

- A群 (a) ナトリウムイオン      (b) 酢酸分子      (c) 酢酸イオン  
 (d) 水素イオン                  (e) 水酸化物イオン

B群



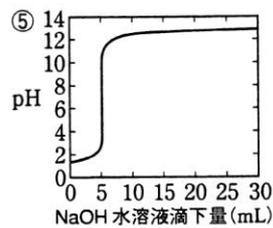
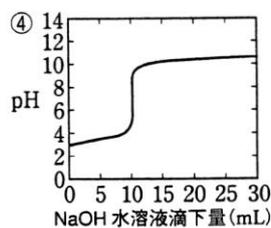
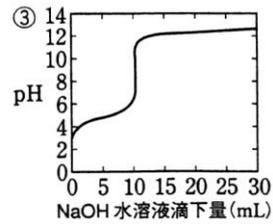
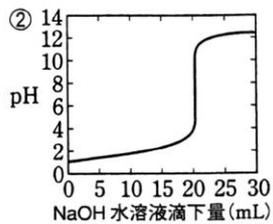
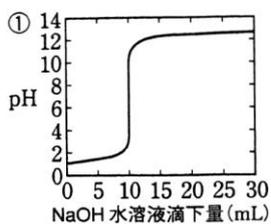
<例題4> (滴定曲線)

次の(1)～(3)に示す酸の $0.1\text{mol/l}$ 水溶液 $10\text{ml}$ を、 $0.1\text{mol/l}$ NaOH水溶液で滴定した

ときのpHの変化を示す図を、選択肢より選べ。

- (1) HCl (2)  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (3)  $\text{H}_2\text{SO}_4$

—選択肢—



## ■混合塩基の定量■

NaOH と Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> の混合物中の NaOH および Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> の量を求めたい場合

○ワルダー法

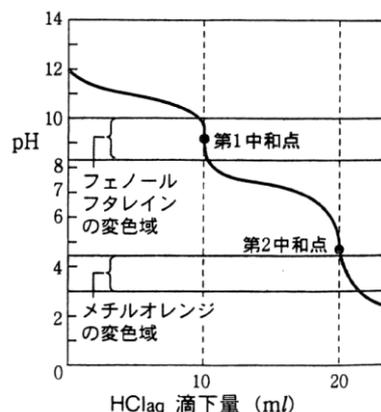
NaOH と Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> の混合水溶液に、フェノールフタレイン溶液を指示薬として加えて、赤色に呈色させ、これを塩酸の標準溶液で滴定していくと、右の図のような滴定曲線が得られる。

①  $\text{NaOH} + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$  この時点では赤色のまま(Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> の加水分解のため)

②  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NaHCO}_3 + \text{NaCl}$

第1 中和点 (pH≒8.5 となり赤色消失)

この時点までに加えた HCl の物質量は、混合水溶液に含まれる NaOH と Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> の物質量の和に相当する。



次に無色になった溶液に、メチルオレンジを加えると黄色を呈するが、ここへさらに HCl aq を加え続ける。

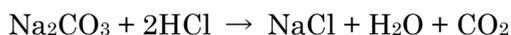
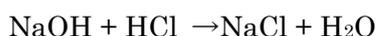
③  $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$  第2 中和点(黄⇒赤 H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> のため pH≒4)

第1 中和点から第2 中和点までに加えた HCl の物質量から、混合水溶液中に含まれる NaHCO<sub>3</sub> の物質量、つまり②より Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> の物質量が求められる。

○ウィンクラー法

NaOH と Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> の混合水溶液を、2 個の三角フラスコに等分する。

一方には、メチルオレンジを指示薬として加え溶液を黄色に呈色させたものを、塩酸の標準溶液で滴定していくと、溶液の色が赤色になるまでに、次の中和反応がおこる。



メチルオレンジの変色点は、第2 中和点に相当するから、NaOH の全量と Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> は2 価の酸として中和されたことを示す。

他方には、これ以上白色沈殿が生じなくなるまで塩化バリウム BaCl<sub>2</sub> 水溶液を加えると、次の反応がおこる。



この操作により、溶液中の Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> は水に不溶の沈殿 BaCO<sub>3</sub> として完全に除かれ、NaOH と NaCl だけの溶液となる。ウィンクラー法では、BaCO<sub>3</sub> の沈殿をろ過せずに、そのまま塩酸の標準溶液で中和滴定を行い、フェノールフタレインの赤色が消失した時点で滴定を止める。このときまでに加えた HCl の物質量から、溶液中に存在していた NaOH の物質量が求められる。

<例題 1 >

NaOH と Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> を含む混合水溶液 20ml を，ワルダー法で 1.0mol/l の塩酸で滴定したとき，滴定開始から第 1 中和点までに加えた塩酸が 18.0ml ，第 1 中和点から第 2 中和点までに加えた塩酸が 3.0ml であった。このとき，混合水溶液中に含まれていた NaOH および Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> のモル濃度をそれぞれ求めよ。

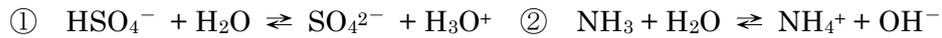
<例題 2 >

不純物として Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> を含む NaOH の結晶を水に溶かし 100ml の溶液とした。この溶液 20ml ずつを別々の容器にとり，一方にはメチルオレンジを指示薬として 1.0mol/l の塩酸で滴定したところ，溶液が変色するまでに 18.2ml を要した。

また，他方には，もはや白色沈殿が生じなくなるまで BaCl<sub>2</sub> 水溶液を加えたのち，フェノールフタレインを指示薬として加え，よく振り混ぜながら 1.0mol/l の塩酸で滴定したところ，溶液が変色するまでに 12.2ml を要した。このことから，最初の結晶中の NaOH および Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> の質量を求めよ。

【1】酸・塩基に関する次の各問いに答えよ。

(1) ブレンステッドの酸・塩基の定義によれば、次の反応が右に進むとき酸として働いているものはどれか。それぞれの化学式で示せ。



(2) 次の酸のうち、3価の酸（三塩基酸）はどれか。

(a) 塩酸    (b) 硫酸    (c) リン酸    (d) 酢酸

(3) 次の(a)～(e)のうち、弱塩基の組み合わせはどれか。

(a) アンモニアと水酸化ナトリウム    (b) 水酸化バリウムと水酸化鉄(Ⅲ)

(c) アンモニアと水酸化銅(Ⅱ)    (d) 水酸化カリウムと水酸化アルミニウム

(e) 水酸化カルシウムと水酸化アルミニウム

【2】0.10mol/lの塩酸をA液、0.10mol/lの水酸化ナトリウム水溶液をB液、0.10mol/lの酢酸水溶液をC液とする。次の各問いに答えよ。

(1) A液およびB液の水素イオン濃度とpHを求めよ。ただし、塩酸および水酸化ナトリウムの電離度はいずれも1とする。

(2) C液の水素イオン濃度とpHを求めよ。ただし、酢酸の電離度は0.013とし、 $\log 1.3 = 0.11$ とする。

(3) A液10mlに水を加えて100mlにしたときのpHはいくらか。また、B液10mlに水を加えて100mlにしたときのpHはいくらか。

【3】水溶液の pH に関する次の記述のうちから、正しいものを1つ選べ。

- ① 0.010mol/lの硫酸の pH は、同じ濃度の硝酸の pH よりも大きい。
- ② 0.10mol/lの酢酸の pH は、同じ濃度の塩酸の pH よりも小さい。
- ③ pH3 の塩酸を  $10^5$  倍にうすめると、水溶液の pH は 8 になる。
- ④ 0.10mol/l のアンモニア水の pH は、同じ濃度の水酸化ナトリウム水溶液の pH よりも小さい。
- ⑤ pH12 の水酸化ナトリウム水溶液を 10 倍にうすめると、水溶液の pH は 13 になる。

(1996 年 センター追試験)

【4】次の塩のうち、(a)1 価の強酸と 2 価の弱塩基、(b)2 価の弱酸と 1 価の強塩基から生じるものをそれぞれ選べ。

- ① 酢酸ナトリウム      ② 硝酸マグネシウム      ③ 塩化アンモニウム
- ④ 硫酸銅(II)          ⑤ 炭酸ナトリウム

【5】次に示した(ア)～(コ)の物質を水に溶かしたとき、その水溶液が酸性を示す物質、アルカリ性を示す物質、中性を示す物質に分類し、それぞれ化学式で答えよ。

- (ア) 塩化アンモニウム      (イ) 塩化ナトリウム      (ウ) 硫酸水素ナトリウム
- (エ) 硫酸ナトリウム      (オ) 炭酸水素ナトリウム      (カ) 硫酸銅(II)
- (キ) 硝酸ナトリウム      (ク) 酢酸ナトリウム      (ケ) 塩化カリウム
- (コ) 亜硫酸ナトリウム

【6】 次の(a)~(d)の溶液を pH の小さいものから順に並べるとどうなるか。

- (a) 0.10mol/l の塩酸と 0.10mol/l の水酸化ナトリウム水溶液の等量混合溶液
- (b) 0.10mol/l の酢酸と 0.10mol/l の水酸化ナトリウム水溶液の等量混合溶液
- (c) 0.10mol/l の硫酸と 0.10mol/l の水酸化ナトリウム水溶液の等量混合溶液
- (d) 0.10mol/l の塩酸と 0.10mol/l のアンモニア水の等量混合溶液

【7】 次の(a)~(e)の化合物を同じ濃度のうすい水溶液にしたとき、pH の値が最も小さいものはどれか。(a)~(e)の記号で示せ。また、その理由を簡単に説明せよ。

- (a)  $\text{CH}_3\text{COONa}$  (b)  $\text{NaHCO}_3$  (c)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (d)  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (e)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

【8】 次の各問いに答えよ。

- (1)  $0.20\text{mol/l}$  の硫酸  $5.0\text{ml}$  を中和するのに必要な  $0.20\text{mol/l}$  の水酸化ナトリウム水溶液は何  $\text{ml}$  か。
- (2) 濃度不明の塩酸  $10\text{ml}$  を中和するために、 $0.020\text{mol/l}$  の水酸化バリウム水溶液を  $8.0\text{ml}$  必要とした。この塩酸の濃度は何  $\text{mol/l}$  か。
- (3)  $0.010\text{mol/l}$  の希硫酸  $50\text{ml}$  に、気体のアンモニアを通じて硫酸を中和した。通じたアンモニアの体積は、標準状態で何  $\text{ml}$  か。

【9】次の文中の（ ）に適切な数値を入れ、下の各問いに答えよ。

濃度  $0.100\text{mol/l}$  のシュウ酸水溶液をつくるため、シュウ酸二水和物を正確に

( A ) g 秤量し、①水を加えて  $500\text{ml}$  にした。②このシュウ酸水溶液  $25.0\text{ml}$  を正確に三角フラスコにとり、③水酸化ナトリウム水溶液で滴定すると、終点までに  $42.5\text{ml}$  を要した。④この滴定実験より、水酸化ナトリウム水溶液の濃度は ( B )  $\text{mol/l}$  となる。

次に、食酢  $8.00\text{g}$  を別の三角フラスコ内に正確にとり、水  $30\text{ml}$  を加えたのち、前の実験で濃度を求めた水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ、終点までに  $48.0\text{ml}$  を要した。食酢中の酸を酢酸とすると、この中和滴定によって、食酢中の酢酸の濃度は ( C ) % であることがわかる。

- (1) 下線部①～③の操作に適したガラス器具名をそれぞれ記せ。
- (2) 下線部②の三角フラスコは、水でぬれていてもかまわない。その理由を述べよ。
- (3) 下線部④のように、水酸化ナトリウム水溶液の濃度は、固体を正確に秤量して求めるのではなく、シュウ酸との中和滴定によって求める。その理由を述べよ。

【10】 次の問いに答えよ。

0.10mol/l の塩酸 25ml を 0.10mol/l 水酸化ナトリウム水溶液で滴定する場合について、

- (1) 水酸化ナトリウム水溶液を 24.95ml 加えた中和点直前の pH はいくらか。
- (2) 水酸化ナトリウム水溶液を 25.05ml 加えた中和点直後の pH はいくらか。

【11】濃度未知の希硫酸，酢酸水溶液および塩酸がある。それぞれ 25.0ml をとり，  
 0.10mol/l の水酸化ナトリウム水溶液あるいは 0.10mol/l のアンモニア水で滴定した。  
 次の各問いに答えよ。

(1) 次の組み合わせ①～③の中和滴定で得られる  
 滴定曲線はどれか。曲線 a～d から選び，記号で  
 答えよ。

- ① 希硫酸とアンモニア水
- ② 酢酸水溶液と水酸化ナトリウム水溶液
- ③ 塩酸と水酸化ナトリウム水溶液

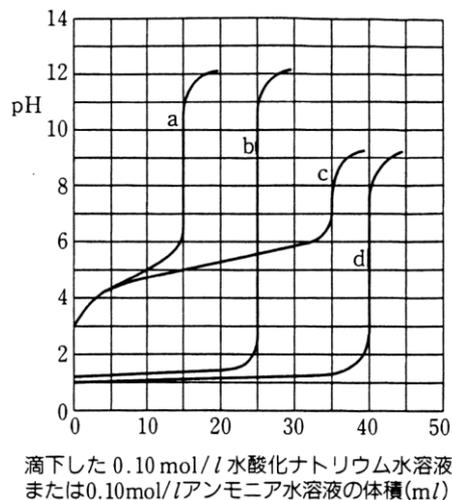
(2) (1) の②および③の中和滴定において，  
 共通に使用できる指示薬は何か。次の(ア)～(ウ)  
 から選べ。

- (ア) メチルオレンジ
- (イ) メチルレッド
- (ウ) フェノールフタレイン

(3) 滴定前の希硫酸，酢酸水溶液および塩酸のモル濃度はそれぞれ何 mol/l か。

(4) 滴定前の酢酸の電離度はいくらか。次の①～⑤から選べ。

- ① 0.0010    ② 0.017    ③ 0.625    ④ 1.7    ⑤ 2.35



【12】 次の文を読み、下の各問いに答えよ。

炭酸ナトリウムと水酸化ナトリウムを溶かした水溶液  $1000\text{ml}$  がある。この水溶液  $20.0\text{ml}$  をホールピペットを用いて三角フラスコに取り、指示薬としてフェノールフタレインを1~2滴加えて  $0.10\text{mol/l}$  塩酸で滴定したところ、 $12.0\text{ml}$  を要した。次に、この滴定後の水溶液に指示薬としてメチルオレンジを1~2滴加えて滴定を続けたところ、終点までにさらに  $0.10\text{mol/l}$  塩酸  $10.0\text{ml}$  を要した。

- (1) 下線部の器具を図示せよ。
- (2) フェノールフタレインを用いた最初の滴定で、炭酸ナトリウムと水酸化ナトリウムはそれぞれどのように変化したか。化学反応式で表せ。
- (3) メチルオレンジを用いた第2段目の滴定でおこる中和反応を化学反応式で表せ。
- (4) 滴定にともなう水溶液の色の変化について説明せよ。
- (5) 最初の混合水溶液  $1000\text{ml}$  中には、炭酸ナトリウムと水酸化ナトリウムがそれぞれ何  $\text{g}$  ずつ含まれていたか。
- (6) 第2段目の中和点を知るために、メチルオレンジよりも  $\text{pH}$  の変色域の値が小さい指示薬を使用したとすると、この混合水溶液中の炭酸ナトリウムと水酸化ナトリウムの量的関係は、(5)の場合と比較してどのように変わると予想されるか。説明せよ。

