

수 질 환 경 시 험 대 비 수 질 오 염 개 론 이 론 02	부산 금성기술전문학원 051) 806 - 2200	강 사 : 손 기 수
	http://www.kstech.co.kr	http://www.daum.net/sonkisoo

제3장 수질화학

1. 미량(微量) 성분의 농도

- 1) % (parts per hundred : 백분율 $\Rightarrow 10^{-2}$) %농도 = $\frac{\text{용질}}{\text{용액}} \times 100 = \frac{\text{용질}}{\text{용질} + \text{용매}} \times 100$
- 2) ‰ (parts per thousand : 천분율 10^{-3}) $\Rightarrow$ 퍼밀(permillage) $I = \frac{h}{L}$ 에서 I(기울기)의 단위로 주로 사용한다.
- 3) ppm (parts per million : 백만분율 $\Rightarrow 10^{-6}$) 단위 : mg/kg, $\mu\text{g/g}$, ng/mg 등, $\text{ppm} \times \rho = \text{mg/l}$
- 4) pphm(parts per hundred million : 1억분율) $\text{pphm} = \text{ppm} \times \frac{1}{100}$
- 5) ppb(parts per billion : 10억분율) $\text{ppb} = \text{ppm} \times \frac{1}{1000}$
- 6) epm(equivalent per million : 당량백만분) $\text{epm} = \text{ppm} \times \text{당량}$

2. 화학농도 : 물 농도, 노르말 농도(규정농도), 몰랄농도 (molality)

1) 주요 물질의 분자량 및 1 Mole

2) 몰농도(molar concentration)

- ① 용액 1ℓ속에 함유된 용질의 mole수로 표시한 농도이며 M으로 표시한다.
- ② 용질의 1mole은 그 용질의 분자량에 g을 붙인 값을 말한다.
- ③ $M = \text{비중} \times 10 \times \% \div \text{분자량}$

3) 노르말 농도(normal concentration)

물 질 명	분 자 식	분자량	1 Mole
수 소	H ₂	2	2g
암모니아	NH ₃	17	17g
염 산	HCl	36.5	36.5g
산 소	O ₂	32	32g
소석회	Ca(OH) ₂	74	74g
염화나트륨	NaCl	58.5	58.5g
황 산	H ₂ SO ₄	98	98g
가성소다	NaOH	40	40g

- ① 용액 1ℓ속에 함유된 용질의 g당량수로 표시한 농도이며 노르말 농도(규정농도)라고 하고 N으로 표시 한다.
- ② 산, 염기, 염, 산화제, 환원제 등의 농도를 표시한다.
 - ㉠ 수소이온(H⁺) 1 mole을 낼 수 있는 산의 양이 산 1g 당량이고, 수산이온(OH⁻) 1 mole을 낼 수 있는 염기의 양이 염기 1g당량이다.
 - ㉡ 산화제, 환원제의 경우는 전자를 받아들이다가 또는 방출하는 양을 각각 산화제, 환원제의 1g당량이다.
 - ㉢ 당량(當量, equivalent weight)

반응물질이 화학반응에 의하여 정량적으로 반응하였을 때 각 반응물질의 양적비(量的比)는 항상 일정하다. 이것을 서로 당량 또는 대등이라 한다.
 - ㉣ 산의 경우 $\Rightarrow \text{당량} = \text{분자량} / \text{H}^+\text{수}$

예) HCl은 1 mole이 전리되면 수소이온 1 mole을 만들므로 HCl 1mole은 1g 당량
H₃PO₄ (인산) 1 mole은 3g 당량, H₂SO₄ 1 mole은 2g 당량
 - ㉤ 알칼리의 경우 $\Rightarrow \text{당량} = \text{분자량} / \text{OH}^-\text{수}$

예) NaOH는 1 mole이 전리하면 수산이온 1 mole을 만들므로 NaOH 1 mole은 1g 당량
Ca(OH)₂ (수산화칼슘) 1 mole은 2g 당량
 - ㉥ 화합물의 경우 $\Rightarrow \text{당량} = \text{분자량} / \text{원자가 수}$

예) Na₂CO₃ 1 mole은 2g 당량, NaHCO₃ 1 mole은 1g 당량
 - ㉦ 이온의 경우 $\Rightarrow \text{당량} = \text{분자량} / \text{원자가 수}$

예) Ca⁺²의 1 mole $\Rightarrow$ 2g 당량
Mg⁺²의 1 mole $\Rightarrow$ 2g 당량
 - ㉧ 산화제와 환원제의 경우 $\Rightarrow \text{당량} = \text{분자량} / \text{전자수}$

예) KMnO₄ = 158/5 (산성용액에 작용시키는 경우)
2KMnO₄ + 3H₂SO₄ $\rightarrow$ K₂SO₄ + 2MnSO₄ + 3H₂O + 5O
K₂Cr₂O₇ = 294/6
KIO₃ = 214/6
Na₂S₂O₃ = 158/1
Na₂SO₃ = 126/2

- ③ $N = \text{비중} \times 10 \times \% \div \text{당량}$

4) 몰랄농도 (molality)

기호는 m으로 표시한다. 1,000g의 용매에 1몰의 용질을 포함하는 용액은 1몰랄농도이다

3. 용액(溶液, solution)과 용해도(溶解度, solubility)

1) 용액

액체에만 한정되지 않고, 액체였던 용액이 냉각 등에 의해서 고체로 된 고용체도 포함시키지만, 보통은 액체에 기체·액체 또는 고체를 녹인 액체를 말한다. 이 때 녹은 기체, 액체, 고체 등을 용질(溶質), 이것을 녹인 액체를 용매(溶媒)라고 한다.

① 용해도

㉔ 용질이 용매에 용해할 때, 일정 온도에서는 그 양에 한도가 있다. 이 한도를 용질의 용매에 대한 용해도라 하며, 보통 용매 100 g 속에 용해하는 용질의 g 수로 나타낸다.

㉕ 용질이 고체 또는 액체인 경우 용해도는 온도에 따라 변하는데, 대개의 경우 온도가 상승하면 용해도는 증가한다.

㉖ 용질이 기체인 경우에는, 용해도는 온도 및 그 기체의 분압(分壓)에 의해서 변화한다.

㉗ 용해도 이상으로 용질이 녹아 있는 불안정한 상태를 과포화용액이라고 한다.

② 용해도적(溶解度積, solubility product)

㉔ 포화용액에서 염(난용성염인 경우가 많다)을 구성하는 양이온과 음이온과의 농도의 곱을 말한다.

㉕ 이온평형에 대하여 질량작용의 법칙이 적용된다면 일정한 온도에서는 포화용액의 농도 및 이온화상수는 일정한 것으로 간주할 수 있으므로 용해도곱도 일정온도에서는 일정한 값을 보인다.

㉖ 침전적정(沈澱滴定)에서 특히 중요한 값이다.

예를 들면, 염화은의 포화수용액에서는 $AgCl \rightleftharpoons Ag^+ + Cl^-$ 과 같은 평형이 성립되어 있다.

따라서, 이때의 평형상수 K는

$$K = \frac{[Ag^+][Cl^-]}{[AgCl]}$$

으로 표시되는데, 포화용액이므로 $[AgCl]$ 은 온도가 일정하면 일정한 값을 가지며,

$[Ag^+][Cl^-] = K [AgCl] = K_{sp}$ 가 된다. 이 K_{sp} 가 용해도곱이다. 단, 각 이온의 농도는 mol/l로 나타낸다.

㉔ K_{sp} 는 난용성염 포화용액에서의 이온 농도의 곱이고 온도가 일정하면 항상 일정하다. 그리고 이것을 용해도적(溶解度積, solubility product) 또는 용해도곱이라 한다.

$[Ag^+][Cl^-] > K_{sp} \Rightarrow$ 과포화(supersaturation)이므로 침전이 생성된다.

$[Ag^+][Cl^-] = K_{sp} \Rightarrow$ 포화(saturation)이므로 침전생성의 한계이다.

$[Ag^+][Cl^-] < K_{sp} \Rightarrow$ 불포화(undersaturation)이므로 침전하지 않는다.

㉕ K_{sp} 가 적음은 물속에 적게 용존 되고 불용성인 침전물이 많이 생성 된다

2) 평형 상수 (K) : 산의 이온화 상수(K_a) 염기의 이온화 상수(K_b)

① 반응에서 평형 상수는 반응물질의 농도 곱과 생성물질의 농도 곱의 비로 나타내며, 이것을 화학 평형의 법칙이라 한다.

② 정해진 반응의 평형 상수는 오로지 온도에 의해서만 달라진다. 촉매, 압력, 농도를 변화시켜도 온도가 변하지 않는 한 평형 상수는 변하지 않는다.

$$K = \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b}$$

③ 평형 상태에서 정반응 속도와 역반응 속도는 같다.

4. 화학반응

1) 산(acid)과 염기(base)의 정의

① 아레니우스(Arrhenius, S. A.)

㉔ 산(acid) : 수용액에서 이온화하여 H^+ 를 내는 물질. 예) 염산 $HCl(aq)$, 황산 $H_2SO_4(aq)$ 등

㉕ 염기(base) : 수용액에서 이온화하여 OH^- 를 내는 물질. 예) 수산화나트륨 $NaOH(aq)$, 수산화칼슘 $Ca(OH)_2$ 등

② 브뢴스테드(Bronsted)-로리(Lowry)

㉔ 산(acid) : 양성자(H^+)를 내놓는 물질(분자 또는 이온) $\Rightarrow$ 양성자 주개(proton donor)

㉕ 염기(base) : 양성자(H^+)를 받아들일 수 있는 물질(분자 또는 이온). $\Rightarrow$ 양성자 받개(proton acceptor)

③ 루이스(Lewis)

㉔ 산(acid) : 전자쌍을 받는 화학종

㉕ 염기(base) : 전자쌍을 주는 화학종

2) 산(acid)과 염기(base)의 세기

① 전해질(電解質, electrolyte)과 비전해질(非電解質, nonelectrolyte)

㉔ 전해질: 물에 녹아 이온화하여 전기가 통하는 물질. 예) 염화나트륨($NaCl$), 염산(HCl) 등

㉕ 비전해질: 물에 녹아도 이온화를 하지 않아 전기가 통하지 않는 물질. 예) 설탕, 포도당, 에탄올 등

㉖ 물질(전해질)의 분류

㉔ 강한 전해질 : 강산: 염산(HCl), 황산(H_2SO_4) 등

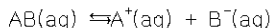
강염기: 수산화나트륨($NaOH$) 등

㉕ 약한 전해질 : 약산: 아세트산(CH_3COOH) 등

약염기: 수산화암모늄(NH_4OH) 등

② 이온화도(degree of electrolytic dissociation)와 산, 염기의 세기

㉔ 이온화 평형 상태 : 물에 용해된 전해질 분자 $AB(aq)$ 가 $A^+(aq)$ 과 $B^-(aq)$ 으로 해리되는 속도와 용액 중의 이온들이 결합하여 다시 전해질 분자로 되는 속도가 같은 상태이다.



㉕ 이온화도(degree of ionization, α)

㉖ 이온화 평형 상태에 있는 수용액에서 용해된 용질의 mol수에 대한 이온화된 용질의 mol수의 비.

- ㉔ 같은 물질인 경우는 온도가 높을수록, 농도가 높을수록 이온화도가 커진다.
- ㉕ 산의 이온화 상수(K_a)와 염기의 이온화 상수(K_b)의 성질
 - ㉔ 산 및 염기의 이온화상수 값은 온도가 일정하면 그 물질의 농도와 관계없이 항상 일정하다.
 - ㉕ 산의 이온화 상수(K_a)가 크면 정반응이 우세하여 H_3O^+ 을 많이 내므로 강한 산이고, K_a 가 작으면 역반응이 우세하여 H_3O^+ 을 적게 내므로 약한산이다.
 - ㉖ 산 및 염기의 이온화 상수가 작을수록 보다 약한산이나 염기가 된다.
- ㉖ 이온화 평형의 이동: 약한 전해질의 이온화 평형도 외부 조건에 따라 평형이 이동한다.
 - ㉔ 공통이온 효과(common ion effect) : 약한 전해질의 수용액에 그 속에 포함되어 있는 이온과 같은 종류의 이온을 가하면 용액의 이온화 평형은 가해진 이온의 농도가 감소하는 방향으로 이동하여 새로운 평형 상태로 되는 현상(르샤틀리에의 원리 적용).
 - ㉕ 완충 용액(buffer solution) : 약한산에 그 약한산의 염을 넣은 용액이나, 약한 염기에 그 약한 염기의 염을 넣은 용액은 산이나 염기를 가해도 용액의 pH가 공통 이온 효과 때문에 크게 변하지 않는 용액.
 - 예) CH_3COOH 에 CH_3COONa 를 가한 용액(=완충 용액):

$$CH_3COOH(aq) \rightleftharpoons CH_3COO^-(aq) + H^+(aq) \text{ (약한산이므로 약간 이온화 함)}$$

$$CH_3COONa(aq) \rightleftharpoons CH_3COO^-(aq) + Na^+(aq) \text{ (약한산의 염이므로 거의 100 이온화 함).}$$
 - 이 용액에 강산인 HCl을 가하면 H^+ 의 농도 증가로 역반응 진행(르샤틀리에 원리), 증가한 만큼 H^+ 의 농도 감소. 따라서 pH의 변화는 거의 없다. $CH_3COO^-(aq) + H^+(aq) \rightarrow CH_3COOH(aq)$
 - 강염기인 NaOH을 가하면 OH^- 이 생겨($H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$) H^+ 의 농도 감소로 정반응이 진행되어 감소한 만큼 H^+ 의 농도 증가. 따라서 pH의 변화는 거의 없다. $CH_3COOH(aq) \rightarrow CH_3COO^-(aq) + H^+(aq)$
- ㉗ 완충 방정식

$$pH = pK_1 + \log \frac{[A^-]}{[HA]}$$

4) 산화-환원 반응(redox reaction)

- ㉔ 산화와 환원
 - ㉔ 산화(oxidation): 반응물이 전자를 잃는 반응 $Na \rightarrow Na^+ + e^-$
 - ㉕ 환원(reduction): 반응물이 전자를 얻는 반응 $Cl_2 + 2e^- \rightarrow 2Cl^-$ → 산화와 환원은 항상 함께 일어난다.

$$2Na + Cl_2 \rightarrow 2Na^+ + 2Cl^-$$

환원제
산화제
- ㉕ 산화제와 환원제
 - ㉔ 산화제(oxidizing agent): 자신은 환원되면서 다른 물질을 산화시키는 물질
 - ㉕ 환원제(reducing agent): 자신은 산화되면서 다른 물질을 환원시키는 물질
- ㉖ 산화 환원 전위(oxidation-reduction potential : redox potential)
 - ㉔ 어떤 물질이 전자를 잃고 산화되거나 또는 전자를 받고 환원되려는 경향의 강도를 나타내는 것으로 그 용량의 측정치가 아니다.
 - ㉕ 어떤 화학반응의 내용을 예측하는데 중요한 단서가 된다.
 - ㉖ 가역 산화 환원 계를 나타내는 일반식은 아래와 같이 표시된다. Oxidized state + n electron ↔ Reduced state
여기서 산화환원전위는 E_h 로 표시되며 그 단위는 volt(또는 milli volt)이다.
 - ㉗ E_h 와 산화환원에 관여하는 물질의 활동도간에는 아래와 같은 일반식이 얻어진다.

$$E_h = E_0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{[Ox]}{[Red]} \dots\dots\dots (1)$$

여기서, E_h : 표준수소전극이 나타내는 값을 0으로 할 때의 전위
 E_0 : 표준 산화환원전위,
 n : 반응에 관여하는 전자의 수
 T : 절대온도,
 F : Faraday의 상수,
 R : 기체상수
 $[Ox]$: 산화상태 물질의 활동도,
 $[Red]$: 환원상태 물질의 활동도

식(1)에서 온도를 25℃, 자연대수를 상용대수로 대치하고 각 상수를 계산해주면 아래와 같이 된다.

$$E_h = E_0 + \frac{0.059}{n} \log \frac{[Ox]}{[Red]} \dots\dots\dots (2)$$

5) 중화 반응

- ㉔ 중화공식

$$N_a \cdot V_a = N_b \cdot V_b$$

여기서, N_a : 산의 규정농도(N농도: g당량/l), V_a : 산의 부피
 N_b : 염기의 규정농도(N농도: g당량/l), V_b : 염기의 부피
- ㉕ 혼합 공식
 - ㉔ 액성이 같은 경우(산 + 산, 알칼리 + 알칼리) $N_1V_1 + N_2V_2 = N_3 (V_1+V_2)$
 - ㉕ 액성이 다른 경우(산+알칼리) $N_1V_1 - N_2V_2 = N_3 (V_1+V_2)$

6) 반응과 반응속도론(Reaction kinetics)

- ㉔ 반응조(reactor: 화학적 또는 생물학적 반응이 일어나는 그릇, 용기 또는 tank)의 종류
 - ㉔ 회분식(batch reactor)반응조
 - 먼저 반응시키고자 하는 반응물질을 반응기에 넣고, 반응이 원하는 만큼 일어날 때까지 반응물을 더 이상 유입, 유출시키지 않고 원하는 반응이 일어난 후에 유출시키는 반응조 이다.
 - ㉔ 유체의 입·출입이 없다.
 - ㉕ 반응조는 완전혼합이다. 즉, 반응기의 모든 지점의 농도는 같다. 단지 시간에 따라서 전체의 농도가 변화할 뿐 이다.
 - ㉖ BOD 실험병이 이에 속한다.
 - ㉕ 연속식(continuous reactor)반응조
 - 반응기에 계속적으로 유입하고, 계속적으로 유출시키면서 반응을 시키는 방법이다. 연속식에는 압출 흐름(plug flow), 완전 혼합흐름(completely mixed flow), 불완전 혼합흐름(arbitrary flow) 3가지가 있다.
 - ㉔ 압출 흐름(plug flow) 반응조

- tank속을 통과하는 유체의 입자들은 같은 양으로 입·출 한다.
- tank속에 머무르는 시간은 이론적으로 동일하다.
- 이런 형태는 tank가 옆으로 길고, 상하의 혼합은 있으나 좌우혼합은 없다.
- 운전에 필요한 동력이 적다.
- 제거효율이 높아 동일한 제거효율을 얻기 위한 필요한 반응조 용량이 적다.
- 반응조내에서 흐름상태는 혼합이 없거나 최소이다
- 유입수량 및 수질 등의 변화, 즉 부하변동에 약하다

㉔ 완전 혼합흐름(completely mixed flow) 반응조

- 입자가 반응조 속에 들어가자마자 즉시 완전 혼합된다.
- 반응조를 빠져 나가는 입자는 통계학적인 농도로 유출된다.
- 유입유체는 반응조내에서 즉시 완전 혼합되어 균등 분산되며 유입유체의 일부분은 즉시 유출된다.
- 동일 용량 PFR에 비해 제거효율이 낮다.
- 처리효율이 같은 경우는 연속교반형 반응조가 플러그 흐름형 반응조보다 큰 반응조 용적이 필요하다.
- 충격부하에 강하다.
- 부하변동에 강하다.
- 유독물질이 유입되면 순간적으로 분산되어 미생물에 대한 영향이 적다.
- 완전혼합을 위한 동력소요가 크다.
- 단회로 흐름(short-circuiting)을 일으켜 dead space를 동반할 수 있다.

㉕ 불완전 혼합흐름(arbitrary flow) 반응조

이것은 plug flow와 완전 혼합흐름의 중간 형태이다.

㉖ morrill지수 = $\frac{t_{90}}{t_{10}}$ (t_{10} , t_{90} 은 각각 반응조에 유입된 물질의 10%와 90%가 유출되기까지의 시간)

	이상적 완전혼합	이상적 plug flow
분산(variance)	1	0
morrill 지수	값이 클수록	1
분산수(dispersion number)	∞ (무한대)	0
지체시간	0	이론적 체류시간과 동일

② 반응의 종류 : 폐수처리에서 일어나는 두 가지 기본 반응 형식

㉑ 균일 반응(homogeneous reaction) : 반응물이 유체 중에 전반적으로 균일하게 분포되어 있어서 이 유체 중의 모든 부분에서의 반응 속도가 동일하다.

① 가역(reversible) 반응 $A \rightleftharpoons B$ or $A + B \rightleftharpoons C + D$

② 비가역(irreversible) 반응 $A \rightarrow B$ or $A + A \rightarrow P$

③ 균일반응의 속도는 반응물의 농도들의 곱에 비례 한다. $A + B \rightarrow$ 생성물 속도 $\propto [A]^m[B]^n$

㉒ 불 균일 반응(heterogeneous reaction) : 특정 위치에서만 반응이 일어난다.

③ 반응속도

㉑ 임의의 양론적 반응에서 물질이 소비되거나 생성되는 속도

㉒ 단위시간, 단위부피 당 (균일 반응의 경우) 또는 단위 표면적이나 단위질량 당(불균일 반응의 경우)반응 물질의 몰수 변화를 나타낸다.

㉓ 반응물질의 농도가 커지면 반응속도가 커진다.

㉔ 일반적으로 온도가 높아지면 반응속도는 증가한다.

㉕ 기체 반응에서 압력이 증가하면 반응속도는 커진다.

㉖ 고체가 반응할 때 표면적을 크게 할수록 반응속도는 크다.

④ 화학반응이 평형에 있을 때 평형의 이동에 영향을 주는 조건 : 온도, 압력, 농도

가역 반응이 평형 상태에 있을 때 농도, 온도, 압력 중 어느 하나를 변화시키면 반응은 그 변화를 감소시켜 주려는 쪽으로 진행하여 새로운 평형 상태에 도달한다.

⑤ 속도식과 반응조의 체류시간 구하는 식

㉑ 0차 반응 속도식 : $d[C]/dt = -k$ 예) 표면반응에서의 확산속도, 암모니아의 아질산이온의 산화, 광화학 반응에서의 빛의 흡수

㉒ 1차반응 속도식 : $\frac{dC}{dt} = -KC \quad \therefore \ln\left(\frac{C_t}{C_0}\right) = -K \cdot t$

㉓ 2차반응 속도식 : $\frac{dC}{dt} = -KC^2 \quad \therefore \frac{1}{C_0} - \frac{1}{C_t} = -K \cdot t$

㉔ 압출 흐름(plug flow) 반응조의 체류시간(2차 반응)

$$\frac{1}{C_0} - \frac{1}{C_t} = -K \cdot t \quad \therefore t = \frac{1/C_0 - 1/C_t}{-K}$$

㉕ 완전 혼합흐름(completely mixed flow) 반응조의 체류시간(1차 반응) : 물질 수지식 이용

$$Q C_0 = Q C + V \frac{dC}{dt} + VKC \quad (1차 반응의 경우)$$

$$\text{정상 상태에서 } \frac{dC}{dt} = 0 \quad \therefore t = \frac{V}{Q} = \frac{C_0 - C}{KC}$$

6. pH(potential of Hydrogen, 수소이온농도지수)

1) 개요

- ① 수용액에서 $[H^+]$ 나 $[OH^-]$ 는 그 값이 매우 작아 서로 비교하기도 힘들고 사용하기에 불편하므로 $[H^+]$ 의 크기를 간단히 비교하기 위하여 pH가 사용된다. 여기서 p는 지수의 power를 뜻하고 H는 수소이온을 나타낸다. 즉 pH란 수소이온지수를 뜻한다.
- ② 순수한 물에서의 pH는 7이며 이때를 중성이라고 하고, pH가 7보다 작으면 산성, 7보다 크면 알칼리성이 된다.
- ③ pH의 범위는 보통 0-14까지이다..
- ④ pH는 수용액중에서 수소이온 농도 $[H^+]$ 의 크기를 나타내는 편의적인 수치로서 수소 이온의 지수를 말한다.
- ⑤ 순수한 물이나 수용액에서 물분자 H_2O 는 H^+ 와 OH^- 로 극히 소량의 이온이 된다.
- ⑥ 순수한 물은 25℃에서 1ℓ의 물중에 $10^{-7}g(10^{-7}mol)$ 의 H^+ 이온이 포함되어 있다.
- ⑦ pH는 용액중에 유리상태로 있는 수소이온 농도의 역수 대수치 이다.

$$pH = \log \frac{1}{[H^+]} = -\log [H^+]$$

2) 물의 이온화(ionization)

① 물의 자동 이온화

물은 양쪽성 물질이므로 H^+ 을 서로 주고 받아 수용액 중에서 아주 조금 이온화하여 다음과 같은 평형을 이룬다.



② 물의 이온곱 상수(K_w)

물의 자동 이온화는 가역 반응이므로 평형 상수를 나타내면

$$K = \frac{[H_3O^+][OH^-]}{[H_2O]^2}$$

물의 농도는 항상 일정하므로 $K \times [H_2O]^2$ 을 K_w 라 하면 $K_w = [H^+] \cdot [OH^-] = 1.0 \times 10^{-14} \text{ (mol/ℓ)}^2$ (at 25℃)에서 양변에 $-\log$ 를 취하면
 $-\log K_w = -\log([H^+] \cdot [OH^-]) = (-\log [H^+]) + (-\log [OH^-]) = -\log(1.0 \times 10^{-14}) \therefore pK_w = pH + pOH = 14$ (at 25℃)

$$pH = 14 - pOH = 14 - (-\log [OH^-]) = 14 + \log [OH^-]$$

② $[H^+]$ 나 $[OH^-]$ 중 어느 한 가지의 농도를 알면 상대 농도를 구할 수 있다.

③ K_w 도 일종의 평형 상수이므로 온도 의존 상수이다.

④ 알칼리성일수록 온도에 의한 pH 변화가 커진다.

③ 수소 이온 농도와 용액의 액성과의 관계

① 산성 : $[H^+] > [OH^-]$, $[H^+] > 1.0 \times 10^{-7}M$, $[OH^-] < 1.0 \times 10^{-7}M$

② 중성 : $[H^+] = [OH^-]$, $[H^+] = 1.0 \times 10^{-7}M$, $[OH^-] = 1.0 \times 10^{-7}M$

③ 염기성 : $[H^+] < [OH^-]$, $[H^+] < 1.0 \times 10^{-7}M$, $[OH^-] > 1.0 \times 10^{-7}M$

④ 지수- $\log$ 간 상호 변환을 하면

$$[H^+] = 10^{-pH}M, [OH^-] = 10^{-pOH}M$$