

물: 생화학반응의 용매

2

강의 내용

1. 물의 중요성

2. 물의 구조

3. 물의 성질

1) 물은 극성을 띤다.

2) 물은 용매로 작용한다.

3) 물은 수소결합을 형성한다.

4) 물은 체온을 조절한다.

5) 물은 산과 염기로 작용한다

4. pH와 pKa

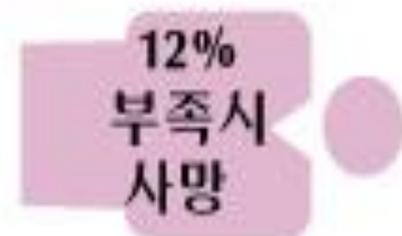
5. 완충용액

Extraordinary properties of Water

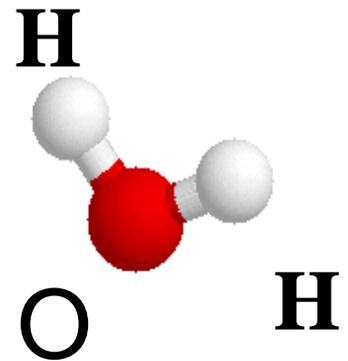
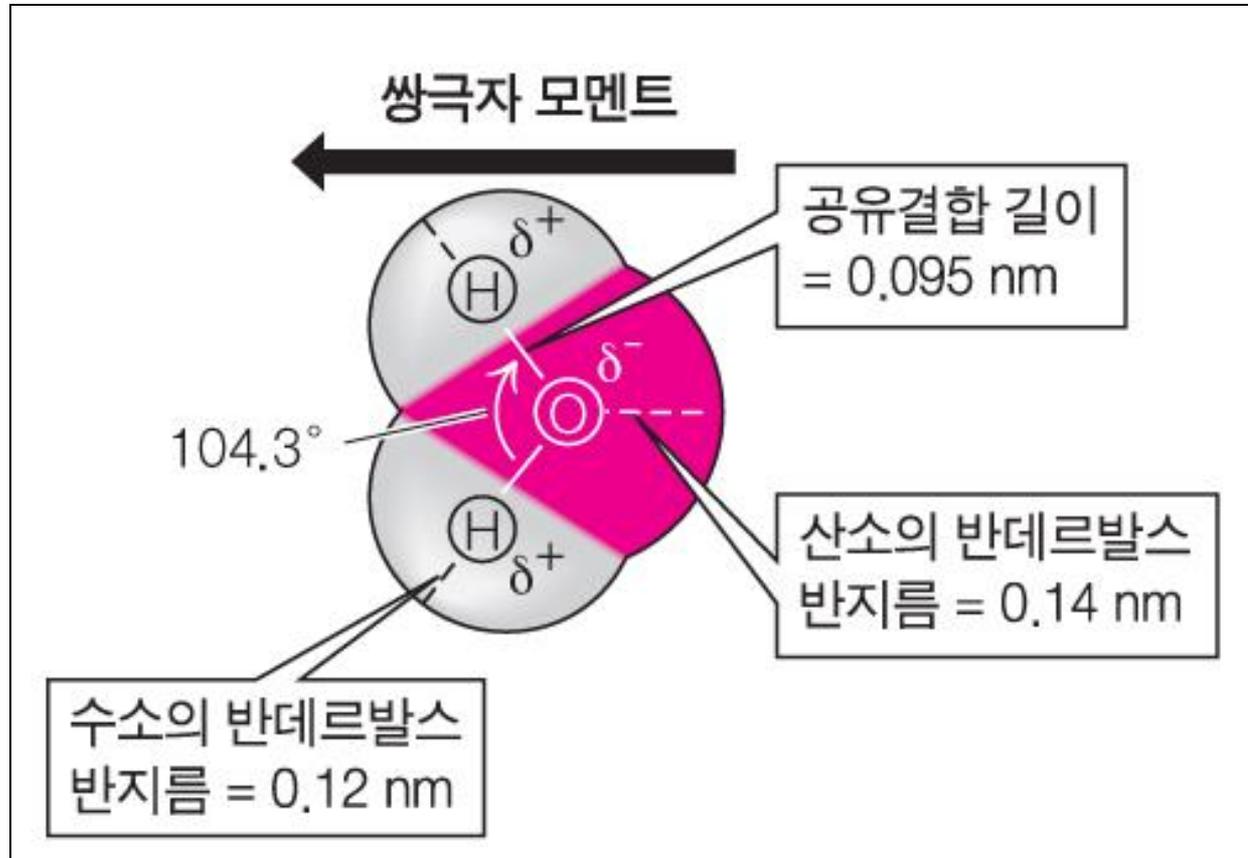


1. 물의 중요성

- 세포의 형태 유지
- 혈액과 조직액의 순환 원활
- 노폐물 체외 배설
- 체온 조절



2. 물의 구조



3. 물의 성질

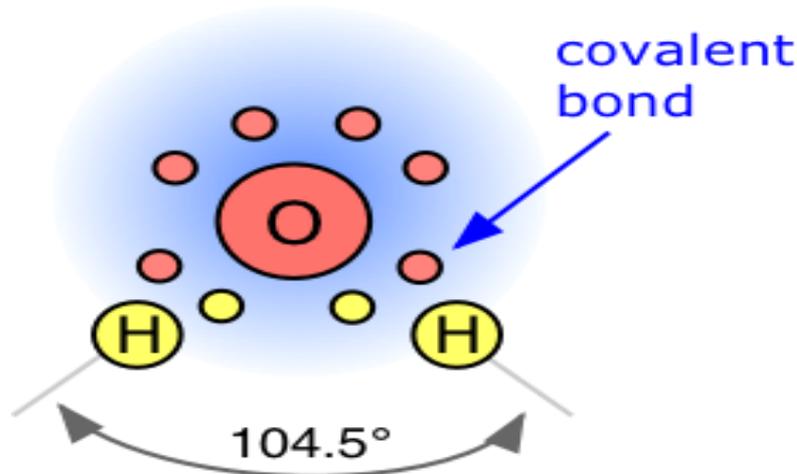
- 1) 물은 극성을 띤다.
- 2) 물은 용매로 작용한다.
- 3) 물은 수소결합을 형성한다.
- 4) 물은 체온을 조절한다.
- 5) 물은 산과 염기로 작용한다

3. 물의 성질

1) 물은 극성을 띤다.

- 극성 (polar nature)

Polar: 원자의 결합 시 전자가 균등하게
배분되지 않아서
즉, 원자간의 전기음성도 차이가 커서



전기음성도

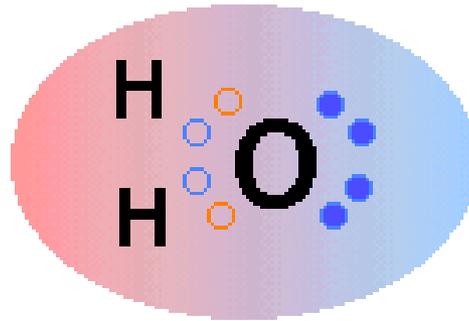
- 원자가 전자를 자기 쪽으로 끌어당기는 경향

표 2.1 몇 가지 선택된 원소들의 전기음성도

원소	전기음성도*
산소	3.5
질소	3.0
황	2.6
탄소	2.5
인	2.2
수소	2.1

*전기음성도 값은 상대치이며 양의 값으로 나타낸다. 일부 금속의 경우는 1보다 작은 값이며 플루오르의 경우는 4로서, 대부분 1~4의 범위 내에 있다.

극성이란 왜 생기는 걸까?



$\delta+$

$\delta-$



쌍극자(dipole)

전기음성도가 다른 원자가 결합하면 전자가
균등하게 배분되지 않아

(전자의 분포가 비대칭적으로 분산되어)

부분적인 음전하와 양전하를 띠게 된다.

→ 극성 (polar) 발생

Nonpolar (비극성)

- sharing of e^- in the bond is equal

예: CH_4

- 기하학적 구조가 대칭적인 경우

예: 이산화탄소 $\text{O}=\text{C}=\text{O}$ (CO_2)

Question : 다음 중 극성물질인 것은?

- 에탄 (C_2H_6)
- 프로판 (C_3H_8)
- C_2H_5OH (알코올)

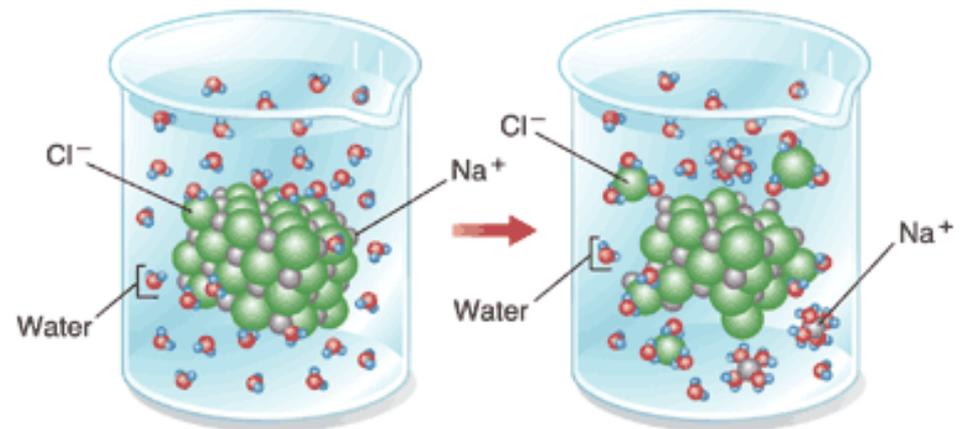
3. 물의 성질

2) 물은 용매로 작용한다.

Solvent (용매): 녹이는 물질

Solute (용질): 녹아있는 물질

Solution (용액): 용매 + 용질



소금이 물에 녹는 이유

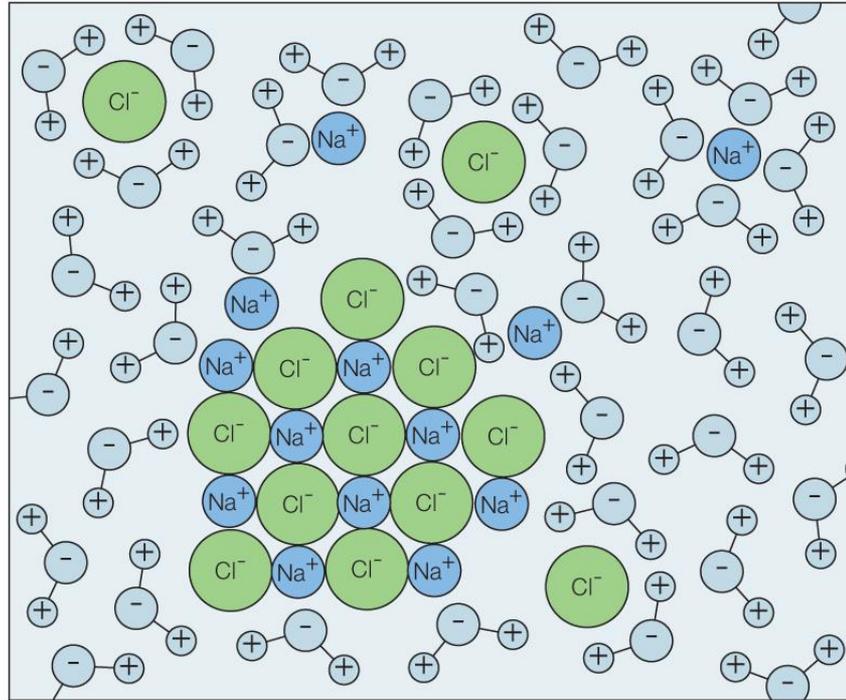


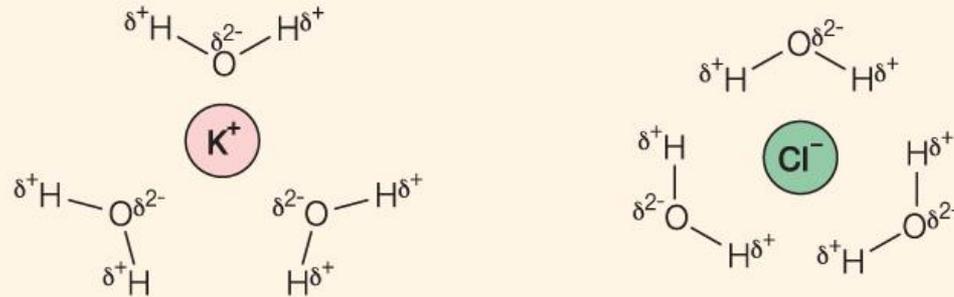
그림 2.2 이온결합이 이온-쌍극자 상호작용으로 대체된다. 이온성 고체에서는 이온결합이 양이온과 음이온을 같이 붙잡고 있다. 수용액에서는 이 이온결합들이 이온-쌍극자 상호작용으로 대체된다. 음전하를 띤 염소 이온들은 물에 있는 부분적인 양전하에 끌린다. 양전하를 띤 나트륨 이온들은 물에 있는 부분적인 음전하에 끌린다. 물을 둘러싸고 있는 이런 유형의 이온들을 수화 껍질(hydration shell)이라고 한다.

물에 녹는 물질과 녹지 않는 물질

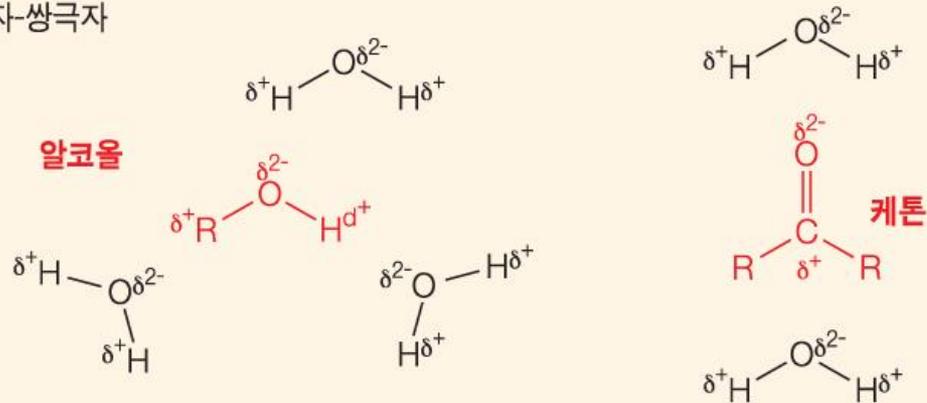
- 물은 극성을 띠므로 극성을 지닌 물질은 물에 녹는다.
- 이온화되는 화합물과 부분적 전하를 띤 물질은 물에 잘 녹는다.
 - NaCl, KCl
 - Carboxylic acid (-COOH) \rightarrow COO⁻
 - Ketone (C=O)

극성화합물이 물에 녹는 이유

A 이온과 물 사이의 이온-쌍극자 상호작용.



B 극성 화합물과 물 사이의 쌍극자-쌍극자 상호작용.



여기에 나타낸 예는 알코올(ROH)과 케톤($\text{R}_2\text{C}=\text{O}$)이다.

그림 2.3 이온-쌍극자 상호작용과 쌍극자-쌍극자 상호작용은 이온 화합물과 극성 화합물들이 물에 녹는 데 도움이 된다.

결합의 종류: 공유결합과 비공유결합

- 공유결합: 원자들간에 전자의 공유(Sharing)에 의해 화합물을 만드는 원자간의 화학결합
- 비공유결합: 원자들간에 화학적, 혹은 물리적 끌림에 의해 (일시적으로) 생기는 결합
 - 이온- dipole 결합
 - 염교
 - 반데르발스 힘
 - 소수성결합
 - 수소결합

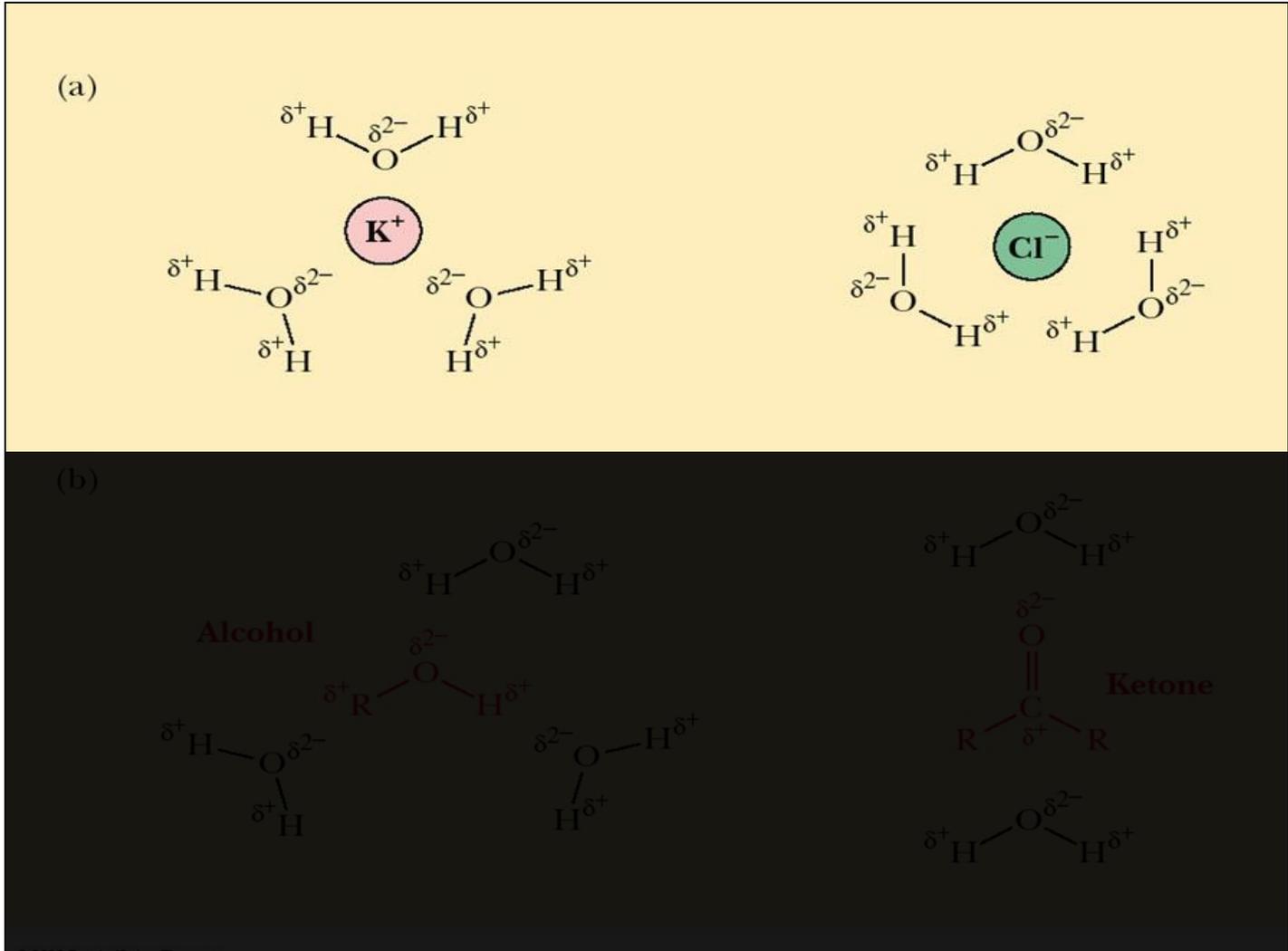
공유결합과 비공유결합의 결합에너지 비교

표 2.2

생화학에 나오는 결합들의 강도

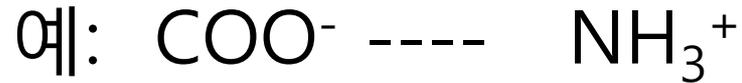
결합 유형	강도(kcal/mol)	강도(kJ/mol)
공유결합(C—H)	105	413
공유결합(O—H)	110	460
이온 상호작용	1~20	4~80
이온-쌍극자	5	20
수소결합	5	20
반데르발스 상호작용	1	4

① 이온-쌍극자 상호작용



② 염교 (Salt bridge)

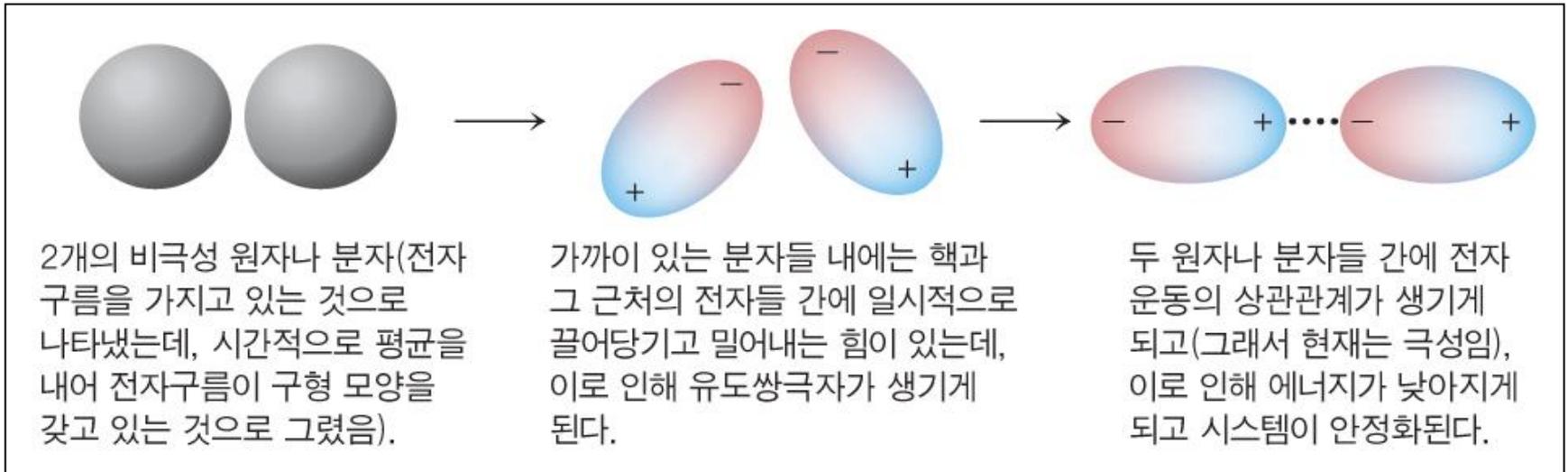
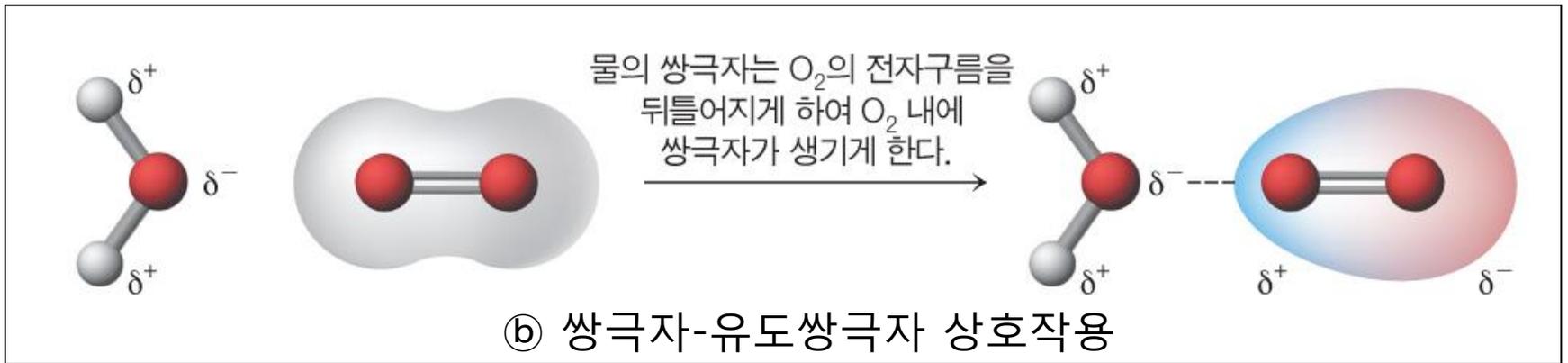
- 이온화 되어있는 작용기들 간의 결합
- 반대전하를 갖는 분자들간의 결합



③ 반데르발스 힘

일시적으로 생긴 쌍극자들간의 약한 인력

① 쌍극자-쌍극자 상호작용



③ 유도쌍극자-유도쌍극자 상호작용

용질의 분류

1. **Hydrophilic** (친수성): 물을 좋아하는 용질
물에 녹는다.
예: 알코올, 케톤, 아미노산, 인산, 염류
2. **Hydrophobic** (소수성): 물을 싫어하는 성질
벤젠이나 클로로포름과 같은 유기용매에 녹는다
예: 지방, 콜레스테롤
3. **Amphopathic** (양친매성):
친수성과 소수성을 모두 가짐

표 2.3 소수성 물질과 친수성 물질의 예

친수성

극성인 공유결합 화합물(예: C_2H_5OH [에탄올]과 같은 알코올류와 $(CH_3)_2C=O$ [아세톤]과 같은 케톤류)

당

이온 화합물(예: KCl)

아미노산, 인산 에스터

소수성

비극성인 공유결합 화합물(예: C_6H_{14} [헥세인]과 같은 탄화수소류)

지방산, 콜레스테롤

팔미트산의 나트륨염: 팔미트산염 나트륨
($\text{Na}^+ \text{OOC}(\text{CH}_2)_{14}\text{CH}_3$)

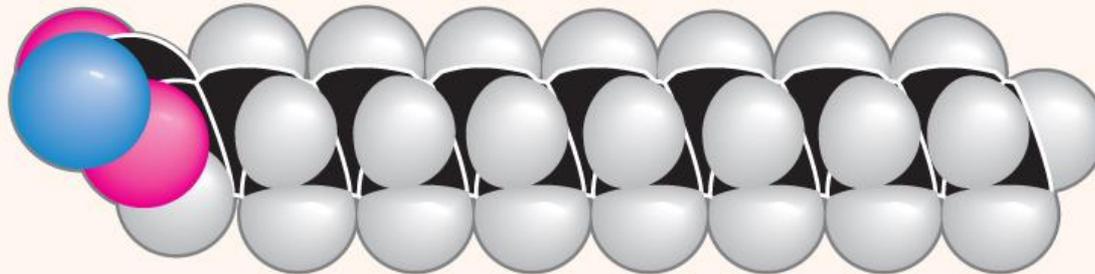
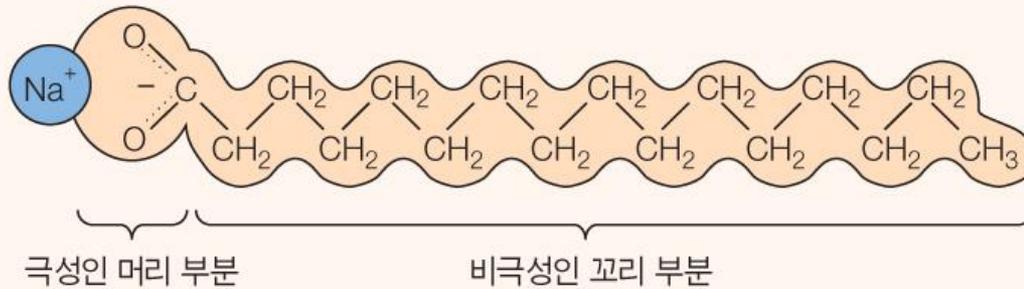


그림 2.6 양친매성 분자인 팔미트산염 나트륨. 양친매성 분자들은 종종 공과 지그재그 형의 선으로 된 구조(~~~~)로 기호화하여 나타낸다. 공은 친수성인 극성 머리 부분을 나타내고, 지그재그 선은 비극성인 소수성 탄화수소 꼬리를 나타낸다.

기름은 왜 물에 녹지 않는가?

④ 소수성 상호작용

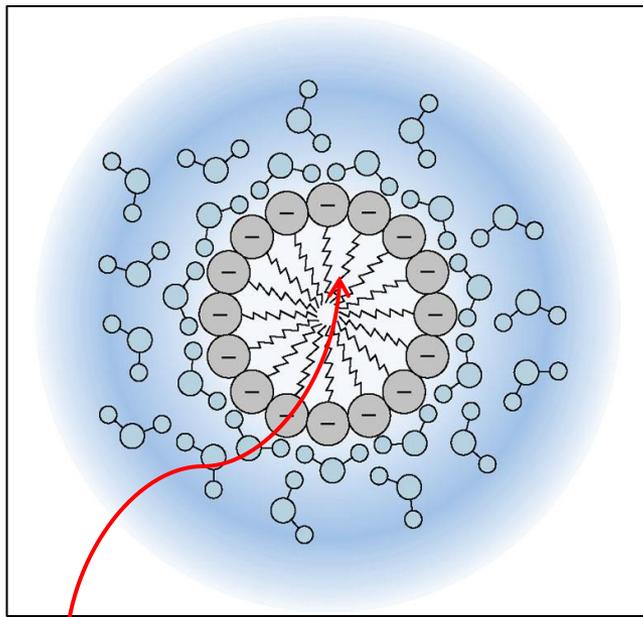
비극성물질은 물에 녹지 않는다.

그래서 기름은 물 위에 뜬다.

이유: 물 분자 간의 강한 수소결합이
기름분자를 밀어낸다 → 소수성 상호작용
혹은 소수성 결합이라 한다

유화 (emulsion)

물과 기름이 어울린 상태
계면활성제 필요 → 액체가 반고체상태로 전환



소수성결합

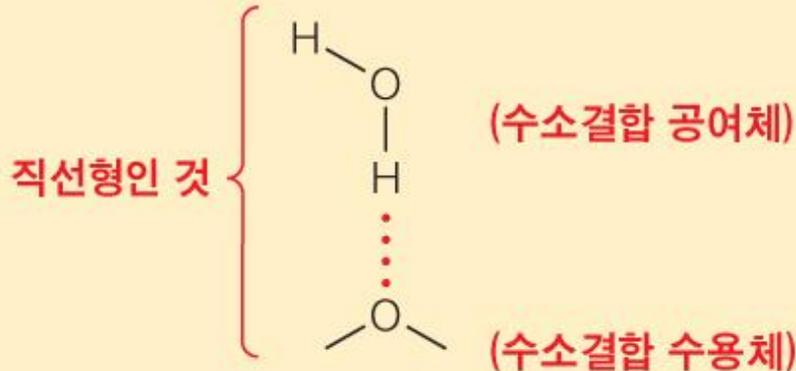
- 마요네즈
- O/W **유화**
(oil in water emulsion)
- 물 속에 기름이 분산되어
있는 형태



3. 물의 성질

3) 물 분자는 수소결합을 만든다.

산소나 질소에 공유결합되어 있는 수소는 양전하를 띠어 음전하를 띤 다른 원소의 전자에 접근하여 상호작용한다.



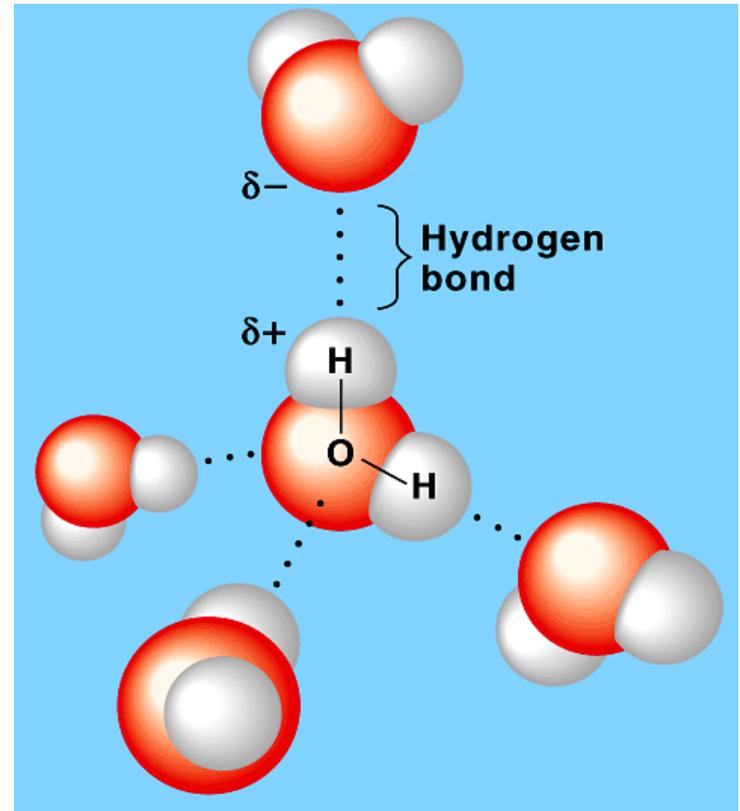
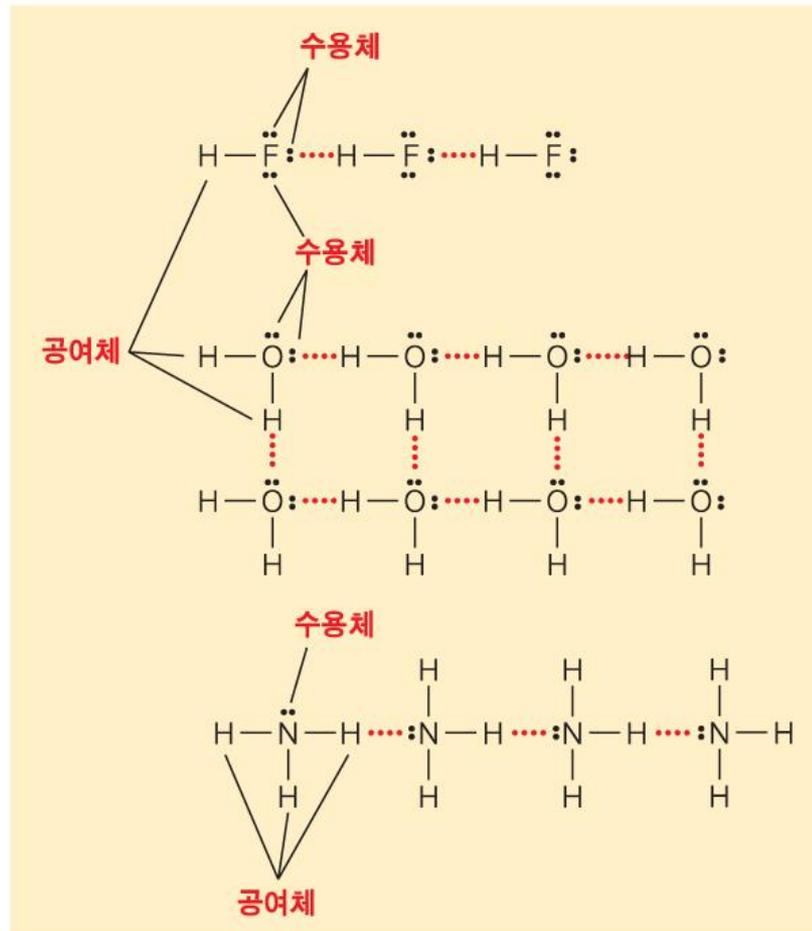


그림 2.9 수소결합 부위. HF, H₂O, NH₃ 내에 있는 수소 결합 부위의 개수 비교. (실제로 기하학적 구조는 나타내지 않았다.) 각 HF 분자는 1개의 수소결합 공여체와 3개의 수소결합 수용체를 가지고 있다. 각각의 H₂O 분자는 2개의 공여체와 2개의 수용체를 가지고 있다. 각 NH₃ 분자는 3개의 공여체와 1개의 수용체를 가지고 있다.

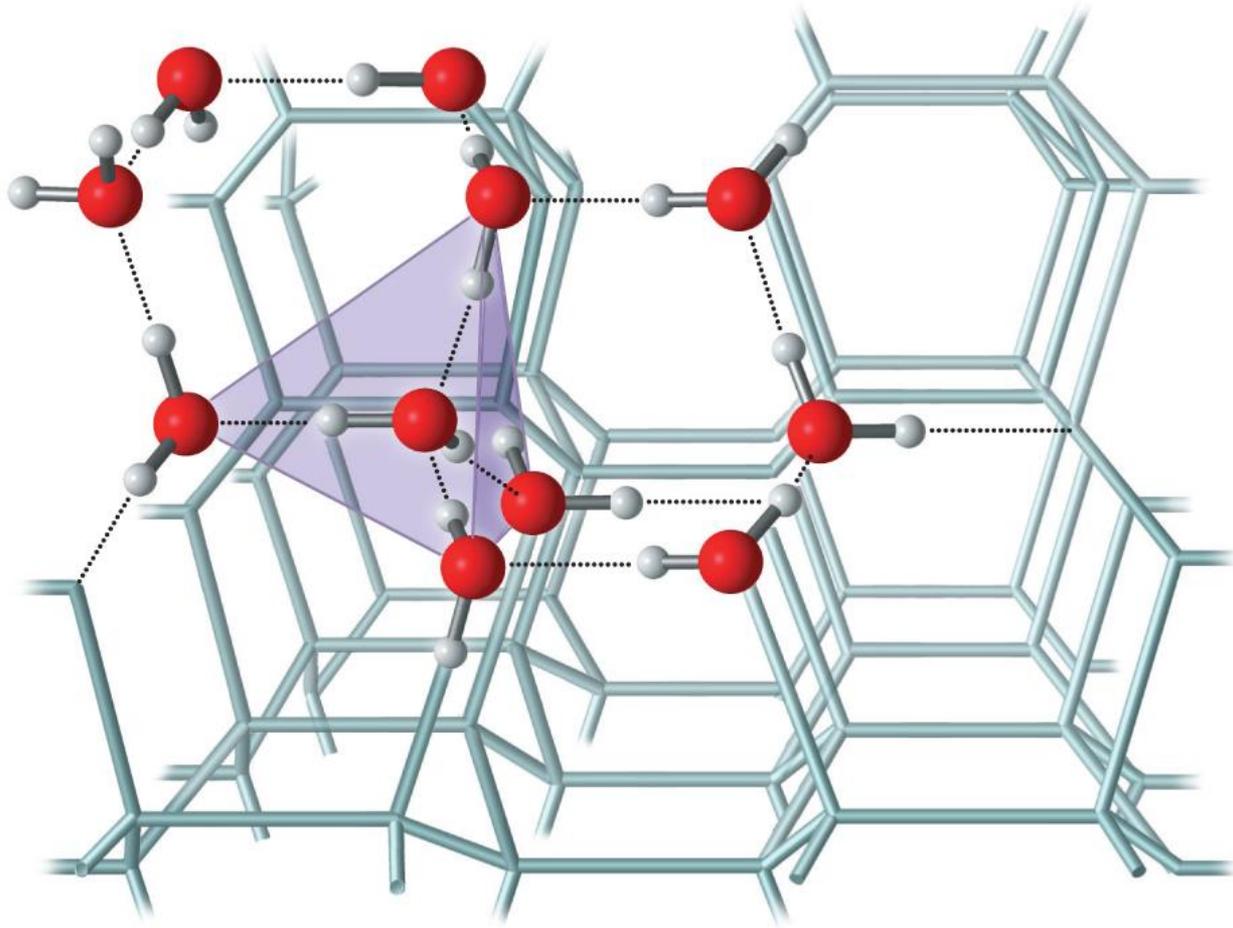


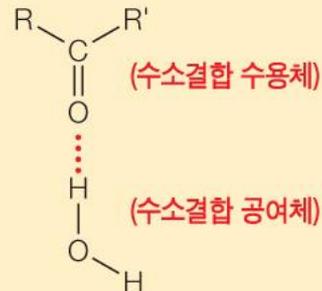
그림 2.10 H_2O 의 4면체형 수소결합. 얼음 결정에서 H_2O 분자의 배열을 보면 각각의 H_2O 분자는 다른 분자 4개와 수소결합을 형성하고 있다.

그림 2.11 극성 작용기와 물 사이의 수소결합.

알코올의 수산기와 H₂O 사이



케톤의 카보닐기와 H₂O 사이

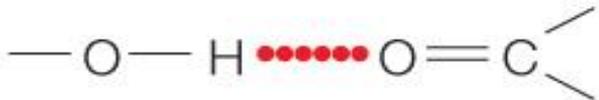
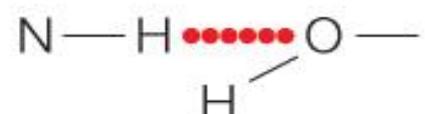
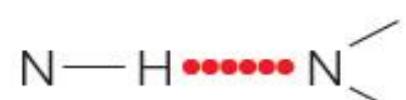
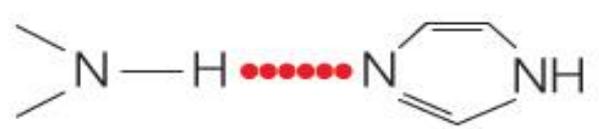


아민의 아미노기와 H₂O 사이



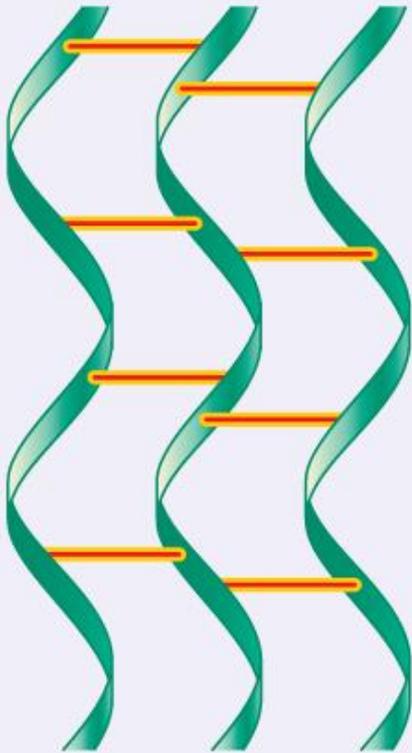
표 2.5

생물학적으로 중요한 분자들 내에서 발견되는
주요 수소결합의 유형

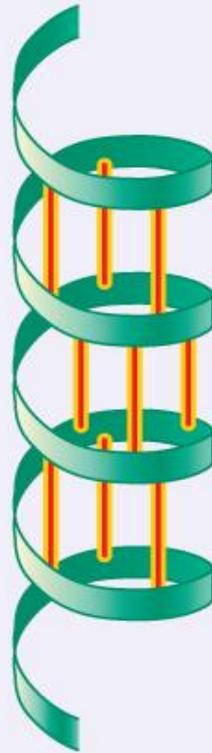
결합 배열	결합이 발생하는 분자
	H 결합이 H ₂ O 안에 형성됨
	물이 다른 분자와 결합됨
	<p>단백질과 핵산의 구조에 중요함</p>
	
	
	

생물학적으로 중요한 수소결합의 예

단백질 내의 수소결합의 유형



가닥 간의 수소결합



가닥 내의 수소결합

— = 수소결합

DNA 이중나선의 가닥들 사이의 수소결합



가닥 간의 수소결합

물의 끓는점이 높은 이유는 물 분자 간의 수많은 수소결합 때문이다

표 2.4 물, 암모니아, 메테인의 특성 비교

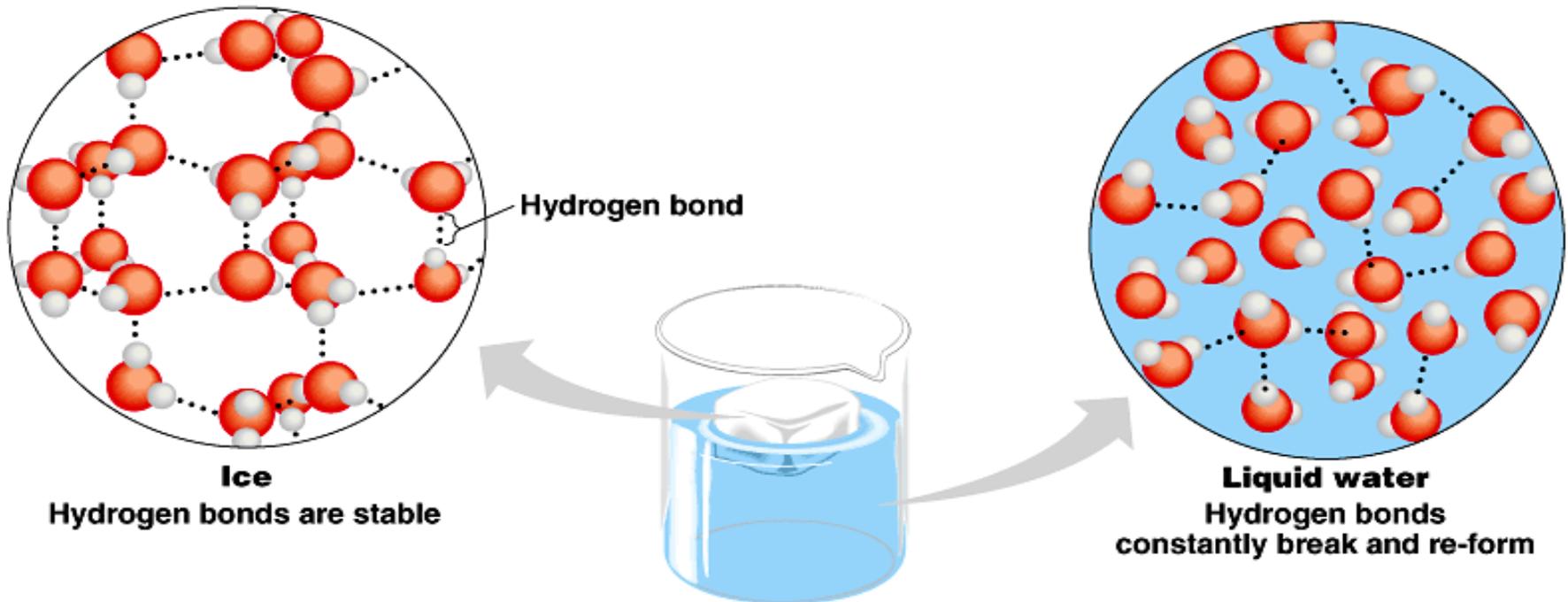
물질	분자량	녹는점(°C)	끓는점(°C)
물(H ₂ O)	18.02	0.0	100.0
암모니아(NH ₃)	17.03	-77.7	-33.4
메테인(CH ₄)	16.04	-182.5	-161.5

물의 밀도는 변화한다

Ice is 10% less dense as a solid than as a liquid

→ 얼음이 물위에 뜨는 이유

→ 맥주병을 냉동실에 두면 터지는 이유



3. 물의 성질

4) 물은 체온을 조절한다

- 물은 열용량이 높아 체온 조절이 용이하다.

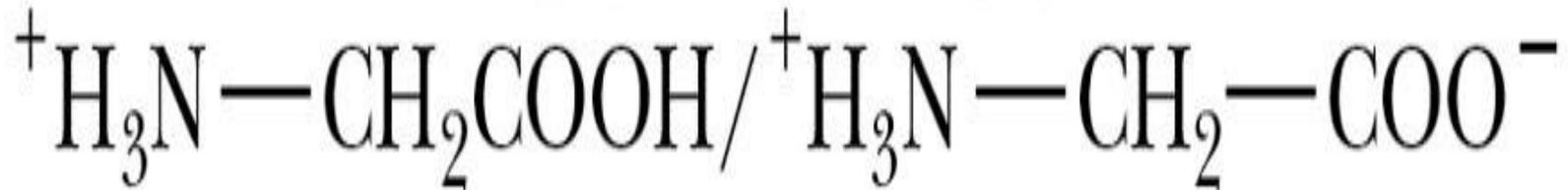
열용량: 온도를 1C 변화시키기 위해 첨가
또는 제거해야 하는 에너지

- 성인은 하루 1.2 L의 물을 배설하여 열을 손실한다.

요약

- 생화학에서 중요한 비공유결합은 이온-쌍극자, 염교, 반데르발스, 소수성, 수소결합이다.
- 수소결합은 쌍극자-쌍극자 결합이다
- 물분자는 광범위하게 수소결합되어 있다.
- 단백질과 핵산의 3차원 구조는 수소결합에 의해 안정화된다.

(문제) 산과 염기를 구별해 보세요

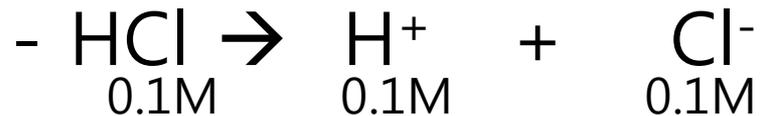


전해질: 물에 녹아 이온으로 쪼개져 전류가 흐르는 물질

- 강전해질

- 염산, 황산, 수산화나트륨 등

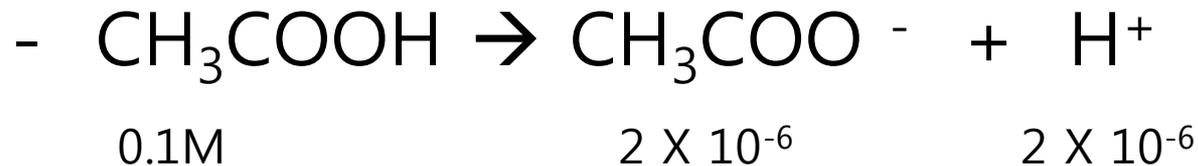
- 100% 전리



- 약전해질

- 초산, 인산, 탄산 등

- 10% 미만 전리



4. pH와 pKa

1) pH는 용액 중 수소이온 농도의 마이너스 대수
$$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+]$$

2) pKa는 Ka 즉, 산 해리상수의 마이너스 대수
$$\text{pKa} = -\log_{10} \text{Ka}$$

1) pH

용액 중 수소이온 농도의 마이너스 대수

$$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+]$$

예) $10^{-3} \text{ M HCl} \rightarrow [\text{H}^+]$ 가 10^{-3} M 생성

그러므로 $\text{pH} = -\log_{10} 10^{-3} = 3$ 이다.

예) $10^{-4} \text{ M NaOH} \rightarrow [\text{OH}^-]$ 가 10^{-4} M 생성

그러므로 $\text{pOH} = -\log_{10} 10^{-4} = 4$

$\text{pH} + \text{pOH} = 14$ 이므로

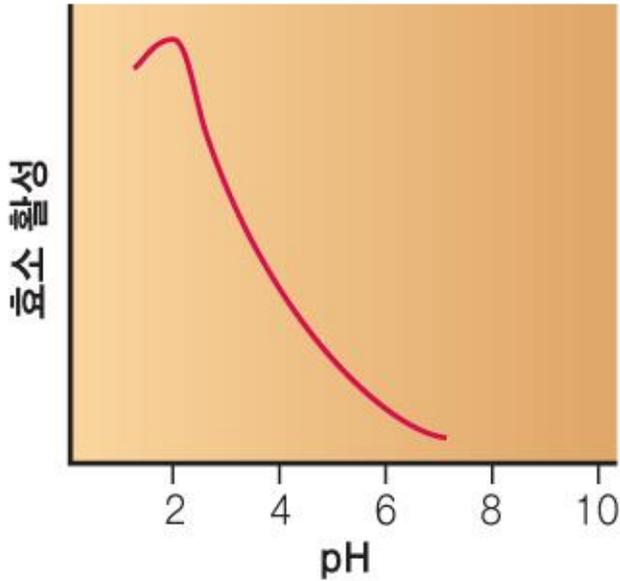
10^{-4} M NaOH 의 pH는 10 이다.

K_w (물의 이온적)

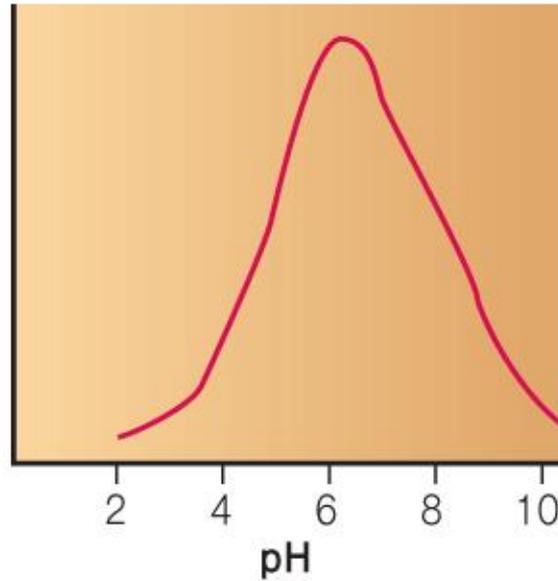
- $K_w = [H^+] [OH^-] = 10^{-14}$ 라 정의한다.
- $-\log [H^+] [OH^-] = -\log 10^{-14}$
- $pH + pOH = 14$

pH는 왜 중요한가?

펩신



트립신



라이소자임

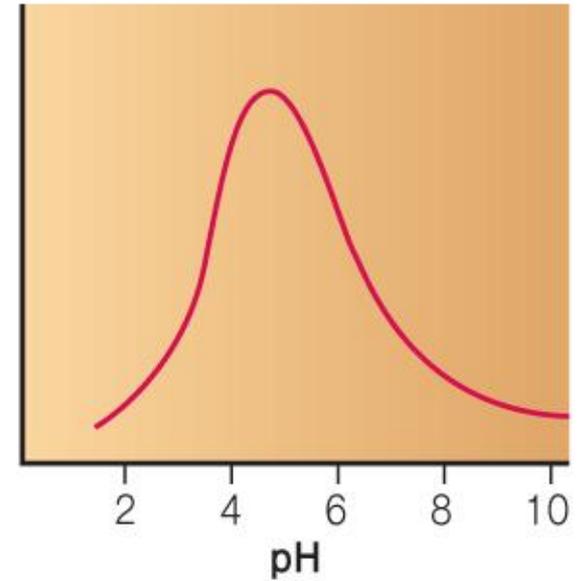


그림 2.14 pH 대 효소 활성. 펩신, 트립신, 라이소자임은 모두 pH 최적 곡선이 가파른 형태이다. 펩신은 위장에서 발견되는 소화효소에 대해 예상했듯이, 매우 산성인 조건하에서 최대 활성이 있다. 트립신은 pH 6 근방에서 가장 활성이 크며, 라이소자임은 pH 5 근방에서 최대 활성을 보인다.

Acid dissociation constant, K_a (산 해리상수)

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$$

K_a : 산의 강도를 나타내는 수치

예: K_a 가 10^{-1} , 10^{-2} 인 산이 있다.

이 중 산의 강도가 높은 것은 ?

Ka와 pKa의 관계

- $K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$

예: K_a 가 10^{-1} 인 산은 1/10 전리

K_a 가 10^{-2} 인 산은 1/100 전리

- 그러므로 K_a 가 10^{-1} 인 산이 10^{-2} 보다 전리하려는 성질이 강하다.
- 전리하려는 성질이 강할수록 강한 산이다.
- 즉, K_a 가 10^{-1} 인 산이 K_a 가 10^{-2} 인 산보다 강산이다.

Ka와 pKa의 관계 : $-\log_{10} K_a = pK_a$

K_a 가 10^{-1} 인 산은 pKa 값이 1이 되고
 K_a 가 10^{-2} 인 산은 pKa 값이 2가 된다.

K_a 가 10^{-1} 인 산이 K_a 가 10^{-2} 인 산보다 강산이므로
pKa 값이 작을수록 강한 산이 된다.

약산의 pKa

표 2.6 몇 가지 산의 해리상수

산	HA	A ⁻	K _a	pK _a
피루브산	CH ₃ COCOOH	CH ₃ COCOO ⁻	3.16 × 10 ⁻³	2.50
포름산	HCOOH	HCOO ⁻	1.78 × 10 ⁻⁴	3.75
젓산	CH ₃ CHOHCOOH	CH ₃ CHOHCOO ⁻	1.38 × 10 ⁻⁴	3.86
벤조산	C ₆ H ₅ COOH	C ₆ H ₅ COO ⁻	6.46 × 10 ⁻⁵	4.19
아세트산	CH ₃ COOH	CH ₃ COO ⁻	1.76 × 10 ⁻⁵	4.76
암모늄이온	NH ₄ ⁺	NH ₃	5.6 × 10 ⁻¹⁰	9.25
옥살산 (1)	HOOC—COOH	HOOC—COO ⁻	5.9 × 10 ⁻²	1.23
옥살산 (2)	HOOC—COO ⁻	⁻ OOC—COO ⁻	6.4 × 10 ⁻⁵	4.19
말론산 (1)	HOOC—CH ₂ —COOH	HOOC—CH ₂ —COO ⁻	1.49 × 10 ⁻³	2.83
말론산 (2)	HOOC—CH ₂ —COO ⁻	⁻ OOC—CH ₂ —COO ⁻	2.03 × 10 ⁻⁶	5.69
말산 (1)	HOOC—CH ₂ —CHOH—COOH	HOOC—CH ₂ —CHOH—COO ⁻	3.98 × 10 ⁻⁴	3.40
말산 (2)	HOOC—CH ₂ —CHOH—COO ⁻	⁻ OOC—CH ₂ —CHOH—COO ⁻	5.5 × 10 ⁻⁶	5.26
석신산 (1)	HOOC—CH ₂ —CH ₂ —COOH	HOOC—CH ₂ —CH ₂ —COO ⁻	6.17 × 10 ⁻⁵	4.21
석신산 (2)	HOOC—CH ₂ —CH ₂ —COO ⁻	⁻ OOC—CH ₂ —CH ₂ —COO ⁻	2.3 × 10 ⁻⁶	5.63
탄산 (1)	H ₂ CO ₃	HCO ₃ ⁻	4.3 × 10 ⁻⁷	6.37
탄산 (2)	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	5.6 × 10 ⁻¹¹	10.20
시트르산 (1)	HOOC—CH ₂ —C(OH)(COOH)—CH ₂ —COOH	HOOC—CH ₂ —C(OH)(COOH)—CH ₂ —COO ⁻	8.14 × 10 ⁻⁴	3.09
시트르산 (2)	HOOC—CH ₂ —C(OH)(COOH)—CH ₂ —COO ⁻	⁻ OOC—CH ₂ —C(OH)(COOH)—CH ₂ —COO ⁻	1.78 × 10 ⁻⁵	4.75
시트르산 (3)	⁻ OOC—CH ₂ —C(OH)(COOH)—CH ₂ —COO ⁻	⁻ OOC—CH ₂ —C(OH)(COO ⁻)—CH ₂ —COO ⁻	3.9 × 10 ⁻⁶	5.41
인산 (1)	H ₃ PO ₄	H ₂ PO ₄ ⁻	7.25 × 10 ⁻³	2.14
인산 (2)	H ₂ PO ₄ ⁻	HPO ₄ ²⁻	6.31 × 10 ⁻⁸	7.20
인산 (3)	HPO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻	3.98 × 10 ⁻¹³	12.40

Henderson-Hasselbach equation

- 약산의 해리상수와 pH를 연관 짓는 방정식

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} \quad \text{양쪽에 log를 취하면}$$

$$\log K_a = \log [H^+] + \log [A^-]/[HA]$$

$$-\log [H^+] = -\log K_a + \log [A^-]/[HA]$$

$$pH = pK_a + \log [A^-]/[HA]$$

- $pH = pK_a + \log [\text{공역염기}]/[\text{공역산}]$

- 용액의 pH는 존재하는 공역산과 공역염기의 비율을 결정한다.

질문:아세트산은 우리 몸에서 어떤 형태로 존재할까?

- CH_3COOH , $\text{pKa} = 4.76$
- 우리 몸의 pH를 7이라고 하면
$$\text{pH} = \text{pKa} + \log \frac{[\text{공역염기}]}{[\text{공역산}]}$$
$$\text{pH} = \text{pKa} + \log \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$
$$7 = 4.76 + \log \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$
$$\log \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = 2.24$$
$$\frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = 10^{2.24} = 174 = 174 / 1$$
- 따라서 우리 몸에서 초산은 CH_3COO^- 의 형태로 즉, 이온화된 형태로 주로 존재한다.

완충작용과 pH의 변화에 관한 실험

The diagram illustrates the effect of adding 0.1 M HCl to two beakers. The left beaker contains distilled water (완충작용이 없는 물) with a pH of 7.0. After adding 1 mL of 0.1 M HCl, the pH drops significantly to 3.0 (pH가 많이 낮아진다). The right beaker contains a buffer solution (완충용액) with a pH of 7.0. After adding 1 mL of 0.1 M HCl, the pH remains stable at 6.9 (완충용액으로 인해 pH가 안정적이다).

완충작용이 없는 물

완충용액, pH 7.0

0.1 M HCl 1 mL를 가한다.

pH가 많이 낮아진다.

완충용액으로 인해 pH가 안정적이다.

The diagram illustrates the effect of adding 0.1 M NaOH to two beakers. The left beaker contains distilled water (완충작용이 없는 물) with a pH of 7.0. After adding 1 mL of 0.1 M NaOH, the pH rises significantly to 11.0 (pH가 많이 높아진다). The right beaker contains a buffer solution (완충용액) with a pH of 7.0. After adding 1 mL of 0.1 M NaOH, the pH remains stable at 7.1 (완충용액으로 인해 pH가 안정적이다). Labels 'pH 측정기' and '전극' point to the pH meter and electrode respectively.

pH 측정기

전극

완충작용이 없는 물

완충용액, pH 7.0

0.1 M NaOH 1 mL를 가한다.

pH가 많이 높아진다.

완충용액으로 인해 pH가 안정적이다.

완충작용과 pH의 변화에 관한 실험

- 증류수 99ml (pH 7.0) 에 0.1M HCl 1ml을 가했을 때의 pH의 변화량은 ?
→ pH 3.0
- pH 7.0인 인산염 완충용액 99ml (pH 7.0) 에 0.1M HCl 1ml을 가했을 때의 pH 변화량은 ?
→ pH 6.9

증류수 99ml (pH 7.0) 에 0.1M HCl 1ml을 가했을
때의 pH의 변화량은 ?

0.1M HCl 1ml에 전리 된 H⁺의 수

$$0.1 \text{ M} \times 1\text{ml}/1,000\text{ml} = 10^{-4} \text{ M}$$

이것을 최종부피 100ml내의 농도로 환산하면

$$10^{-4} \text{ M} / 0.1 \text{ L} = 10^{-3} \text{ M}$$

$$\text{pH} = -\log 10^{-3} = 3.0$$

5. 완충용액 (buffer)

- 적은 양의 산이나 염기의 첨가 시 pH가 크게 변하지 않는 용액
- 약산과 그 공역염기로 구성됨

생리적 완충용액

- ① 인산 완충용액 (세포내액)
- ② 탄산-중탄산 완충용액 (혈액)

pH 7.0인 완충용액의 제조

1. pKa 값이 pH 7.0과 비슷한 약산을 선택한다. → pKa 값이 7.2인 인산이 적절하다.



1. 공역산과 공역염기의 비율을 결정한다.

$$\text{pH} = \text{pKa} + \log \frac{[\text{공역염기}]}{[\text{공역산}]}$$

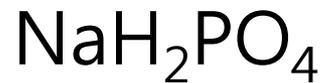
$$7.0 = 7.2 + \log \frac{[\text{공역염기}]}{[\text{공역산}]}$$

$$\frac{[\text{공역염기}]}{[\text{공역산}]} = 0.63$$

공역염기: 공역산 = 0.63 : 1의 비율로 혼합

pH 7.0인 완충용액의 제조

HPO_4^{2-} (염기): H_2PO_4^- (산) : 0.63:1 비율로
혼합한다.



계산을 통한 인산완충용액의 완충작용 확인

0.1M HCl 1ml에 전리 된 H⁺의 수

$$0.1 \text{ M} \times 1\text{ml}/100\text{ml} = 10^{-3} \text{ M} = 0.001\text{M}$$

인산완충용액에 0.1M HCl 1ml을 가하면

HPO₄²⁻ (염기) + H⁺ → H₂PO₄⁻ (산) 전환된다.

HPO₄²⁻ 의 농도는 0.063 M - 0.001 M = 0.062 M

H₂PO₄⁻ 의 농도는 0.1 M + 0.001 M = 0.101 M

$$\text{pH} = \text{pKa} + \log [\text{HPO}_4^{2-}]/[\text{H}_2\text{PO}_4^-]$$

$$= 7.2 + \log 0.062/0.101$$

$$= 6.99$$

인산완충용액의 완충작용

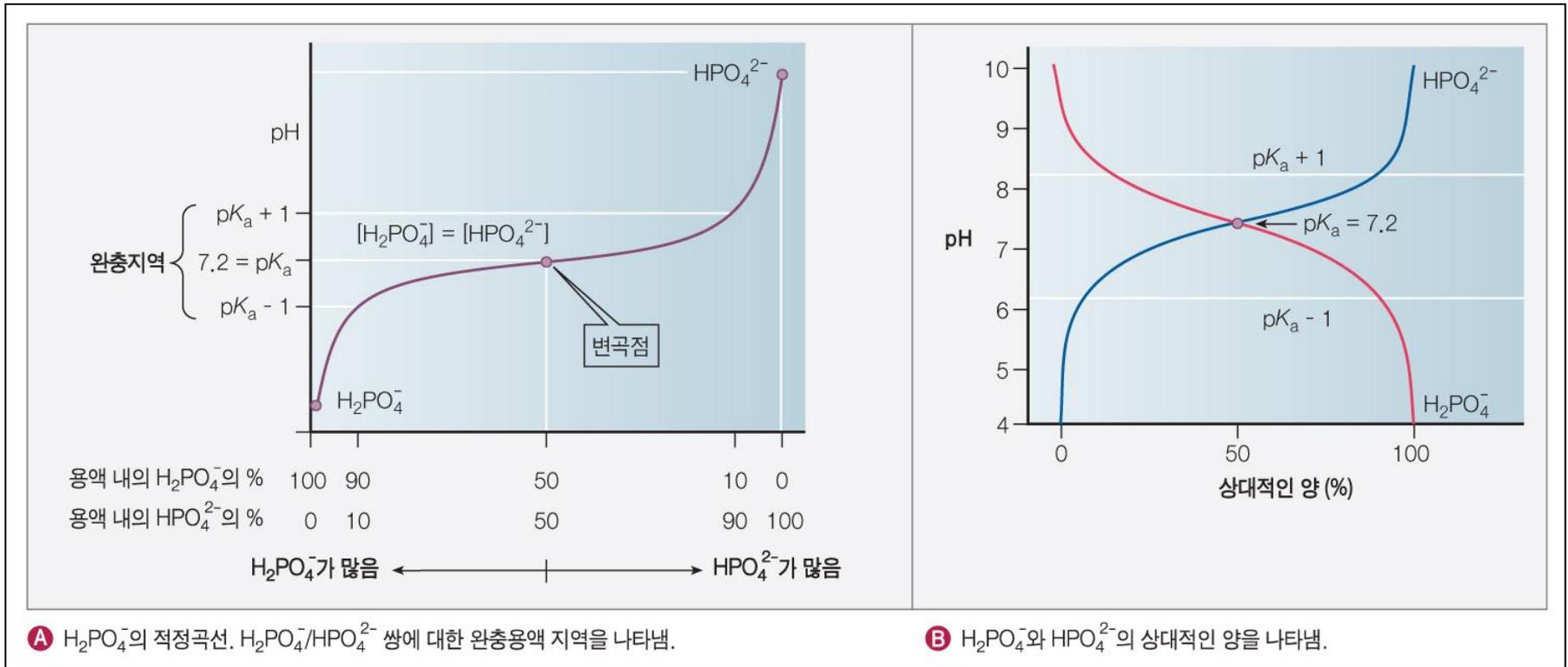
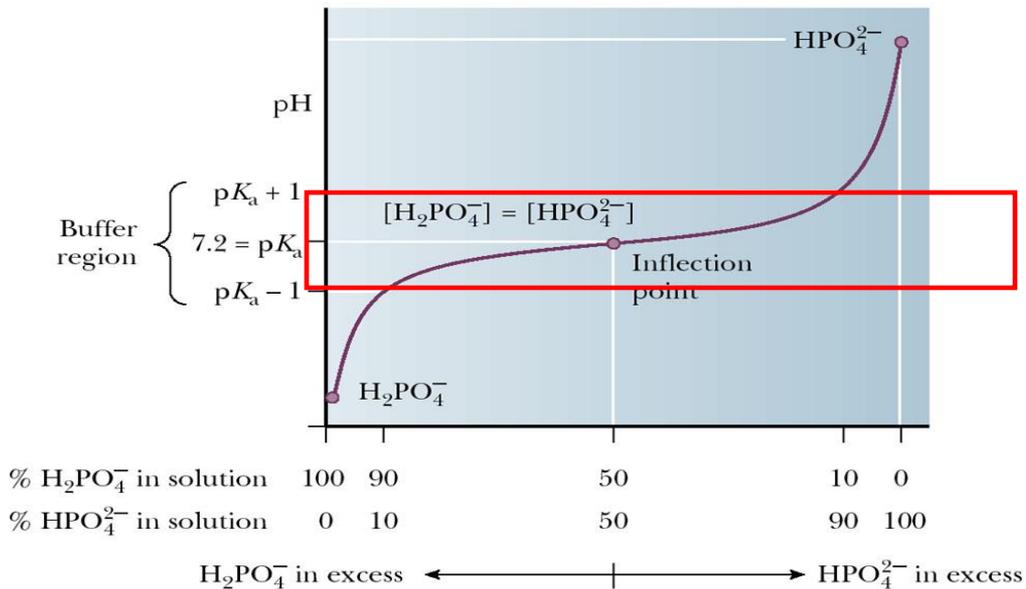


그림 2.17 H_2PO_4^- 의 경우, 적정곡선과 완충작용 사이의 관계.

완충지역

- 완충용액이 pH 변화에 저항하는 성질을 보이는 pH
- pH가 pKa와 같을 때 완충능력이 가장 강력하다.
- 완충지역은 $pK_a - 1 < pH < pK_a + 1$



탄산-중탄산 완충용액 (혈액)

① H_2CO_3 와 그 짝염기인 HCO_3^- 의 완충용액을 이루기 때문
$$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$$

② 탄산과 중탄산이온의 짝산—짝염기 쌍은
 H^+ 및 OH^- 을 흡수함으로써 pH의 급격한 변화를 막아 줌

㉠ H^+ 이 증가되면 $\Rightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^- \longrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$

㉡ OH^- 이 증가되면 $\Rightarrow \text{OH}^- + \text{H}_2\text{CO}_3 \longrightarrow \text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$

Lactic acid-Not always the bad guy

- 근육피로와 통증의 원인물질 (pH의 산성화)
- 젖산은 포도당으로 전환됨
- 근육의 수축이완이 계속될 수 있게 에너지 공급함

